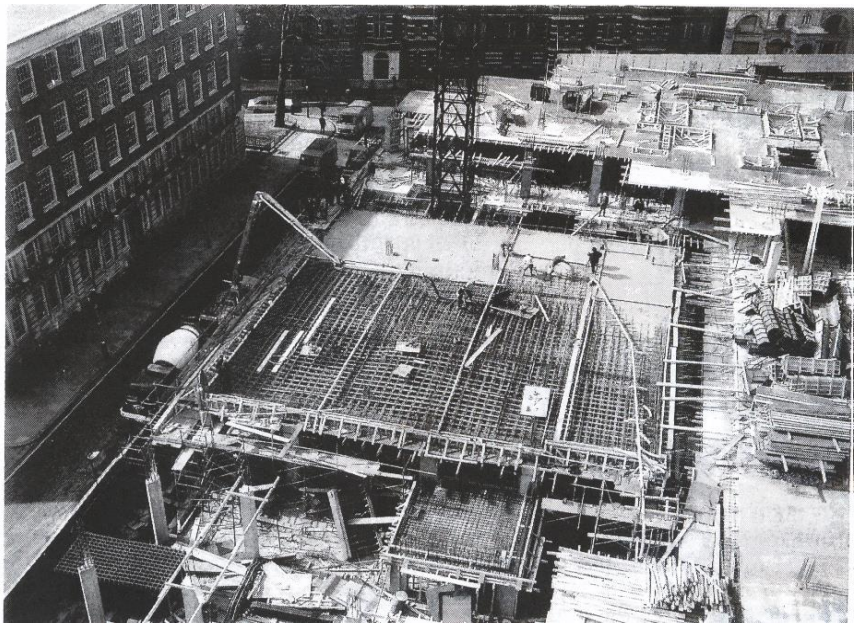
منشورات جامعة البعث
كلية الهندسة المدنية

تكنولوجيا الإنشاء (٢)



الدكتور المهندس
عبد الخالق طالب
أستاذ
في قسم الإدارة الهندسية والإنشاء

الدكتور المهندس
معين خضور
أستاذ مساعد
في قسم الإدارة الهندسية والإنشاء

السنة الخامسة
نظري + عملي (مدني عام)

مديرية الكتب والمطبوعات
٢٠٠٨ – ٢٠٠٩

تكنولوجيا الإنشاء (٢)

الفهرس

الموضوع	الصفحة
المقدمة	١١
الفصل الأول : فعالية تنفيذ المشاريع الهندسية	**١٣**
1-1 – مقدمة .	**١٣**
1-2 – علم الإنشاء .	**١٣**
1-3 – فعالية تنفيذ المنشآت البيتونية .	١٥
الفصل الثاني : تكنولوجيا أعمال البيتون المصبوب في المكان .	**٢٥**
2-1 – مقدمة .	٢٥
2-2 – أعمال القالب .	٢٦
2-2-1 – الأنواع الرئيسية للقوالب .	٢٦
2-2-2 – القوالب الخشبية .	٢٦
2-2-2-1 – المتطلبات العامة للقوالب .	٢٧
2-2-2-2– تحقيق الأمان في قوالب البيتون .	٢٨
2-2-2-3 – تحضير القوالب قبل الصب .	٢٨
2-2-2-4 – تنفيذ الأعمال في الموقع .	٢٨
1– قوالب الأساسات والشناجات .	٢٨
2 – قوالب الأعمدة والجدران .	٣١
3 – قوالب البلاطات المسلحة .	٣٥
4 - القوالب المعدنية .	٣٩
5 – القوالب النفقية .	٤٩
6 – القالب المنزلق .	٥٣
7 – القالب القافز .	٦٢
2-3 – أعمال التسليح .	٦٨
2-4 - أعمال البيتون (جبل وخلط البيتون).	٧٢

2-4-1 - خلط المواد الحصوية وفق النسب الحجمية .	٧٥
2-4-2 - خلط المواد الحصوية وفق النسب الوزنية .	٧٦
2-4-3 –خلط الاسمنت .	٧٩
2-4-4 – التزويد بالمياه .	٨١
2-5 – تكنولوجيا جبل وخلط البيتون .	٨٣
2-5-1 – الأنواع الأساسية للجبالات البيتونية .	٨٥
2-5-2 – معامل صنع البيتون .	٩٤
2-5-3 – نقل البيتون .	٩٥
2-6 – تكنولوجيا نقل البيتون .	٩٦
2-6-1 – طرق نقل البيتون .	٩٩
2-6-2 – اختيار آلية النقل المناسبة .	١٠٤
2-7 - ضخ البيتون .	١٠٥
2-7-1 – ضخ البيتون بالرافعة.	١٠٥
2-7-2 – ضخ البيتون بالمضخة.	١٠٦
2-7-3 – خواص البيتون المضخوخ.	١١٢
2-7-4 – انسداد أنابيب الضخ .	١١٤
2-7-5 – انتقاء آلية الضخ المناسبة .	١١٧
2-7-6 – البيتون المقذوف	١١٧
2-8 – صب البيتون .	١٢٠
2-8-1 – التحضير للصب .	١٢٠
2-8-2 – صب البيتون .	١٢١
2-8-3 – الصب العميق .	١٢٥
2-8-4 – صب البيتون تحت الماء .	١٢٧
2-9 – رص البيتون .	١٣٠
2-10 – الفواصل في المنشآت المصبوبة في المكان .	١٣٩

2-10-1 – أنواع الفواصل في البيتون العادي والمسلح.	١٣٩
2-10-2 – طرق تنفيذ الفاصل الانشائي .	١٤٢
2-10-3– طريقة وشكل الاتصال في الفاصل الإنشائي .	١٤٣
2-11 – معالجة البيتون .	١٥٠
2-12 – تشقق البيتون الكتلي .	١٥٥
2-13 – المواد المضافة .	١٦٠
2-13-1 – الغرض من الاضافات .	١٦٠
2-13-2 – المسرعات .	١٦٠
2-13-3 – المبطئات .	١٦١
2-13-4 – الاضافات المخفضة للماء .	١٦٢
2-14 – أعمال البيتون في الجو الحار .	١٦٢
2-14-1 – خلط ومعالجة البيتون في الجو الحار .	١٦٤
2-14-2 – طرق تبريد البيتون .	١٦٧
2-14-3 – حماية البيتون والحكم بالتشققات .	١٦٨
الفصل الثالث تكنولوجيا تنفيذ المنشآت البيتونية المسلحة مسبق الصنع	**١٧٣**
3-1 – مقدمة .	**١٧٣**
3-2 – جودة تنفيذ الأعمال .	**١٧٣**
3-3 – التصاميم النموذجية القياسية للمنشآت المسبقة الصنع .	١٧٦
3-4 – العناصر الحاملة الشاقولية .	١٨١
3-4-1 – الأعمدة .	١٨١
3-4-2 – الجدران الحاملة .	١٨٢
3-5 – العناصر الحاملة الأفقية .	١٨٧
3-5-1 – العناصر الخطية .	١٨٧
3-5-2 – العناصر المسطحة .	١٩٠
3-5-3 – عناصر السقف .	١٩٦

3-6 – العناصر الخاصة .	١٩٧
3-7 – الاجهاد المسبق للعناصر مسبقة الصنع .	١٩٨
3-8 – الوصلات غير الميكانيكية .	٢٠٠
3-9 – تأمين اندماج العينة العامة للمنشأ.	٢٠٤
3-10 – دمج التجهيزات التقنية الأخرى في البنية .	٢٠٥
3-11 – طرق تركيب الهياكل الانشائية .	٢٠٥
3-12 – مكونات عملية التركيب .	٢١٨
3-12-1 – تجهيز الهياكل والعناصر وخطفها .	٢١٩
3-12-2 – الرفع والنقل .	٢٢٠
3-12-3 – ضبط وتوجيه ونصب العناصر .	٢٢١
3-12-4 – المعايرة .	٢٢٢
3-12-5 – التثبيت .	٢٢٣
3-12-6 – ربط العناصر والهياكل بالبراغي والمسامير .	٢٢٤
3-12-7 – لحام الوصلات .	٢٢٤
3-12-8 – إغلاق الوصلات والشقوق وحمايتها من الصدأ .	٢٢٥
3-12-9 – إغلاق الوصلات والفواصل في منشآت البيتون المسلح .	٢٢٦
3-13 – تنظيم عمليات التركيب .	٢٢٦
3-13-1 – التركيب بالاتجاه الأفقي .	٢٢٧
3-13-2 – التركيب بالاتجاه الشاقولي .	٢٢٩
3-13-3 – التركيب بالاتجاه المختلط .	٢٢٩
الفصل الرابع : تكنولوجيا تنفذ المنشآت .	**٢٣٣**
4-1 – تكنولوجيا تنفيذ الخزانات الأرضية .	٢٣٣
4-1-1– مقدمة .	٢٣٣
4-1-2 – متانة وكتامة الخزانات الأرضية .	٢٣٤
4-1-3 تنفيذ هيكل الخزانات .	٢٣٤

4-1-4 – تنفيذ أعمال الاكساء .	٢٤٢
4-1-5 – العناصر الملحقة بالخزانات.	٢٤٨
4-2 – تكنولوجيا تنفيذ السدود الترابية .	٢٥٠
4-2-1 – مقدمة .	٢٥٠
4-2-2 – تحضير الموقع .	٢٥١
4-2-3 – أعمال التفجير والخلخلة الآلية للتربة .	٢٥٢
4-2-4 – نقل التربة .	٢٥٣
4-2-5 – التركيب الحبي للتربة .	٢٥٥
4-2-6 – فرش التربة في جسم السد .	٢٥٥
4-2-6-1 – رص التربة .	٢٥٨
4-2-7 – اختيار بارامترات الرص الأساسية .	٢٦١
4-2-8 – مراقبة نوعية التربة .	٢٦٤
4-3 – تكنولوجيا تنفيذ الأنفاق .	٢٦٦
4-3-1 – مقدمة .	٢٦٦
4-3-2 – أصناف التربة .	٢٦٦
4-3-3 – تكنولوجيا حفر الأنفاق .	٢٦٨
4-3-4 – أعمال التفجير .	٢٦٩
4-3-5 – تحميل ونقل نواتج التفجير .	٢٧٠
4-3-6 – التدعيم المؤقت في الأنفاق .	٢٧١
4-3-7 – تنفيذ بطانة النفاق .	٢٨٠
4-4 – إمداد شبكات المياه والصرف الصحي .	٢٨٣
4-4-1 – الأعمال التحضيرية والمساعدة .	٢٨٣
4-4-2 – المواد المستخدمة في تصنيع شبكات المياه والصرف الصحي .	٢٨٣
4-4-3 – قواعد وأساسات شبكة الأنابيب .	٢٨٧
4-4-4 – تمديد شبكات الأنابيب وإغلاق الفواصل .	٢٩٠

4-4-5 – شبكات المياه المضغوطة وتركيبها .	٢٩٣
4-4-6 – اختبار الأنابيب والشبكات .	٢٩٧
القسم العملي	٢٩٩
الفصل الأول	٢٩٩
تمرين 1	٢٩٩
تمرين 2	٣٠٢
الفصل الثاني	٣٠٧
حساب قوالب الجدران . تمرين (1)	٣٠٧
حساب قوالب الأعمدة . تمرين (2)	٣١١
حساب قوالب البلاطات . تمرين رقم (3)	٣١٣
مسائل نقل وضخ البيتون .	٣٣٩
تمرين 1	٣٣٩
تمرين 2	٣٤١
تمرين 3	٣٤٤
تمرين 4	٣٤٦
تمرين 5	٣٥١
تمرين 6	٣٥٢
تمرين 7	٣٥٣
تمرين 8	٣٥٤
تمرين 9	٣٥٦
تمرين10	٣٥٨
مشروع مسبق الصنع .	٣٦١
المراجع المستخدمة .	٤١٥

مُقَدِّمَة

تطور علم التكنولوجيا في الآونة الأخيرة بشكل سريع جداً حيث شمل مختلف علوم المعرفة كعلوم الطب والفلك والفضاء حيث استطاع الإنسان التعرف إلى هذا الفضاء الواسع الرحب بما فيه من مجرات تحوي الملايين من الكواكب

ومن بين هذه العلوم التي تطورت كثيراً كان تكنولوجيا علم البناء والذي شهد خلال الحقبة الزمنية الماضية تسارعا" كبيراً بمختلف الميادين والذي استطاع الإنسان من خلالها تسخير علوم المكننة والأتمتة وخواص المواد المستخدمة في خدمة هذه التكنولوجيا بهدف خفض تكاليف التنفيذ وزمنه وتحسين جودة المنتج فظهرت المصانع التي تعمل بشكل مؤتمت دون تدخل الإنسان وكذلك فقد تطور علم الآليات حيث ظهرت الآليات الحديثة المتطورة والمؤتمتة والمواكبة لمتطلبات العصر والتي حققت للإنسان العمل بسهولة في قاع البحار والمحيطات عن طريق التحكم عن بعد وكذلك فقد تطورت علوم تكنولوجيا البيتون بما فيها البيتون المصبوب في المكان والبيتون المسبق الصنع حيث ظهرت أنواع جديدة منه كالبيتون الخفيف أما بالنسبة لطرق التشييد للمنشآت بمختلف أنواعها فشهدت طرق التشييد للمنشآت المختلفة من حيث الحجم والارتفاع تطوراً واسعاً حيث تم تشييد ناطحات السحاب الشاهقة الارتفاع و استخدمت الأنواع الحديثة من القوالب وتم تحديث طرق صب البيتون وغيرها .

وانطلاقاً من ذلك كان لابد من تناول الموضوعات الأكثر أهمية ووضعها في أيدي المهندسين والطلبة كي تكون مفيدة لهم في حياتهم العملية والمستقبلية المتعلقة بعلوم تكنولوجيا التشييد .

يتألف الكتاب من قسمين الأول وهو القسم النظري والذي يضم أربعة فصول تتناول الموضوعات الآتية :

الفصل الأول : فعالية تنفيذ المنشآت البيتونية .

الفصل الثاني : تكنولوجيا أعمال البيتون المصبوب في المكان .

الفصل الثالث : تكنولوجيا تنفيذ المنشآت البيتونية المسلحة مسبقة الصنع .

الفصل الرابع :تكنولوجيا تنفيذ المنشآت .

وقد قام الدكتور عبد الخالق طالب بوضع الفصل الأول ، والفصل الثاني من خلال الفقرة المتعلقة بتكنولوجيا أعمال البيتون حتى نهاية الفصل الثاني ، أما الدكتور معين خضور فقد قام بوضع الفصل الثالث والرابع ، بالإضافة إلى المشاركة بالفصل الثاني من خلال الفقرات المتعلقة بأعمال القالب والتسليح .

أما القسم العملي فيضم تطبيقات عملية للمواضيع النظرية المطروحة ، كما أن الكتاب مزود بالرسوم والجدوال والمخططات اللازمة للوصول إلى مستوى الفائدة المرجوة منه .

وأخيراً نرجو أن نكون وفقنا في إعداد هذا المقرر بشقيه النظري والعملي بما يحقق الغاية المرجوة منه ، ألا وهي الفائدة لطلابنا خلال دراستهم وحياتهم المهنية ، والله ولي التوفيق .

حمص – حزيران ٢٠٠٨ المؤلفان

الفصـل الأول
فعـاليــة تنفيذ المشاريع الهندسية

1-1- مقدمة:

يوجد من خلال المشاريع الهندسية عدة أنواع من المنشآت البيتونية وذلك حسب طريقة تنفيذها (منشآت بيتونية مصبوبة في المكان ، منشآت بيتونية مسبقة الصنع ، منشآت بيتونية مكونة من عناصر مسبقةالاجهاد) .

تتميز المنشآت البيتونية بشكل عام بأن كلفة تنفيذها أقل من كلفة تنفيذ مثيلاتها (المنشآت المعدنية ، المسبقة الصنع ، ...) .

يستخدم البيتون المصبوب في المكان لتنفيذ العديد من العناصر الإنشائية كالأساسات والجدران والأعمدة والجوائز والأسقف والأدراج والبنية والمنشآت البيتونية تحت سطح الماء وغيرها .

1-2 – علم الإنشاء:

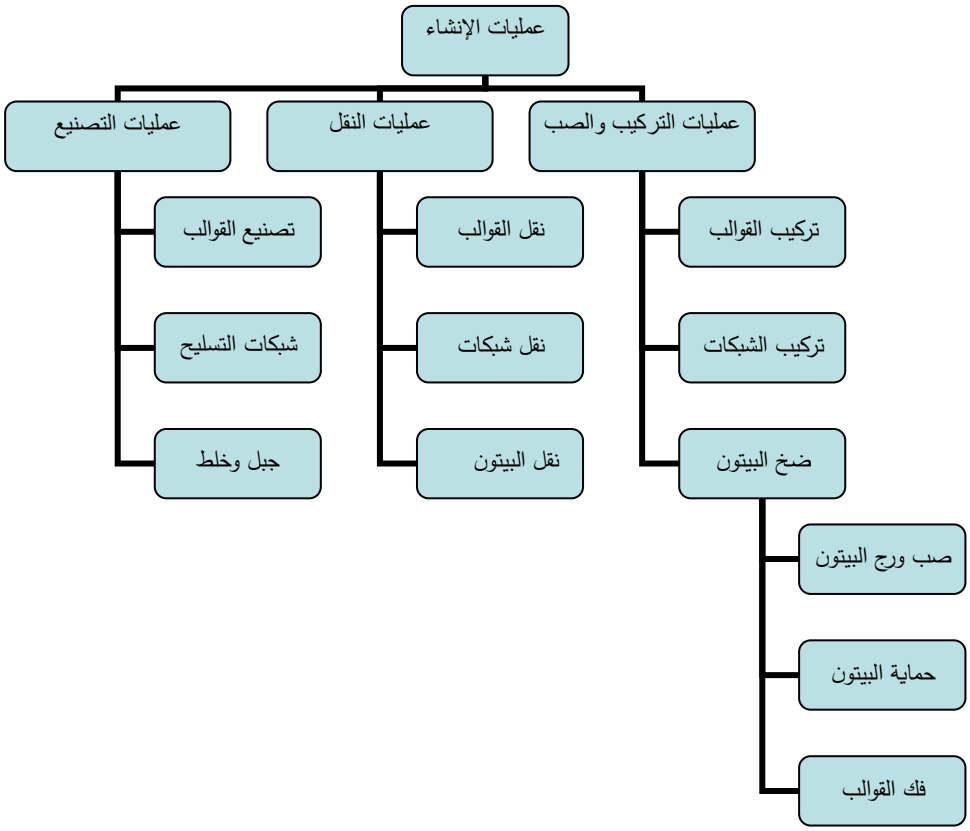
هو مجموعة من العمليات التي يشترك بها العديد من مواد البناء ووسائط النقل والتي تتحرك ضمن الورشات وفق مختلف مخططات العمل وبمختلف الظروف المناخية والجوية بهدف تنفيذ المنشآت الحديثة أو ترميمها أو توسيعها .

– عمليات تحضيرية : وهي العمليات التي يتم من خلالها تصنيع مواد البناء (الإسمنت، الحديد ، ..) أو تصنيع العناصر البيتونية المسبقة الصنع .

– عمليات النقل : وهي مجموعة العمليات التي تؤمن نقل كافة المواد والتجهيزات والآليات إلى الورشات ، حيث تستخدم كآليات نقل عامة (السيارات القلابة ، السيارات الجبالة ، سيارات قاطرة) أما ضمن الورشات فتستخدم آليات نقل خاصة (رافعة ، مضخة بيتونية ، سير ناقل) .

– عمليات التركيب والصب : وهي مجموعة العمليات التي تؤمن الحصول على العنصر المراد تنفيذه (تركيب قوالب ، تركيب حديد التسليح ، صب البيتون ، ...) وهي ليس لها علاقة بنوع المنشأة المشادة ومواصفاتها.

يوضح الشكل (1-1) تصنيف مختلف العمليات الواجب إنجازها من أجل تنفيذ المنشآت البيتونية المصبوبة في المكان .



الشكل (1-1) تصنيف العمليات الأساسية لتنفيذ المنشآت البيتونية المصبوبة في المكان

1-3 – فعالية تنفيذ المنشآت البيتونية .

إن تنفيذ المنشآت البيتونية ليس سوى مجموعة من العمليات المختلفة والتي يشترك بها العديد من مواد البناء ووسائط لنقل والتي تتحرك ضمن الورشات وفق مخططات عمل محددة وبمختلف الظروف .

تنفذ المشاريع وفق عدد من المخططات التنفيذية ويتعلق الحل المناسب للتشييد بتحديد أسس وقوانين التغير في استخدام وسائل ووسائط العمل ومخططات وأنظمة الإنتاج .

من أهم المعايير التي تؤثر على فعالية التنفيذ :

. زمن التنفيذ الأصغري .

. كلفة التنفيذ الأصغرية .

. الجهد المصروف الأصغري .

تعتبر مهمة زيادة فعالية تنفيذ المشاريع بما في ذلك مستوى الإنتاج من أهم المهام المطروحة أمام مهندسي البناء من خلال تشييد المنشآت البيتونية حيث يعتبر اختيار المخطط الأمثلي للتشييد والذي يؤمن إدخال المنشآت في الاستثمار بأقل الأزمنة وبالمواصفات التكنولوجية المطلوبة المهمة الرئيسية المطروحة أمامهم .

تتم زيادة مستوى الإنتاج بالأخذ بعين الاعتبار العديد من الحلول والتي من أهمها:

a. التنظيم الدوري لعمليات الإنشاء .

b. مكننة عمليات البناء .

تتمتع كل من الحلول السابقة بخصائصها الذاتية ، على سبيل المثال – ينظر إلى مجموعة آلات العمل على أنها واسطة لتنفيذ الأعمال التكنولوجية والتي بدونها لايمكن تحقيق قفزة كبيرة في زيادة كمية الإنتاج في المنشآت البيتونية .

أما التنظيم الدوري لعمليات الإنشاء فينظر إليها على أنها طريقة علمية تؤمن التنظيم العالي لأعمال البناء وتضبط الهدر في الزمن والجهد وكميات المواد المصروفة.

يتم التوصل إلى الفعالية التكنولوجية والاقتصادية العظمى من خلال دمج العاملين السابقين معا" في التنفيذ ، الشكل (2-1) .

a – التنظيم الدوري لعمليات الإنشاء:

تمثل عمليات الإنشاء بمجموعة من الخطوط الإنتاجية الاختصاصية والتي تنفذ بشكل مستمر ودون توقف . يمكن إظهار الخطوط الإنتاجية بطرق مختلفة وتعتبر طريقة السيكلوغراما الأفضل حيث تتميز بإظهار جبهة العمل وزمن التنفيذ بآن واحد وذلك لكل خط إنتاجي ، الشكل (3-1) .

ينقسم الخط الإنتاجي إلى مرحلتين :

. مرحلة الإقلاع : وهي الزمن الفاصل مابين بدء تنفيذ أول عمل في الخط الإنتاجي وبدء تنفيذ آخر عمل منه . وهذه المرحلة محددة بالأحرف AC .

يحسب زمن مرحلة الإقلاع للخط الإنتاجي بالعلاقة:

$$t_1 = k\,(n-1) + \Sigma\, t_t + \Sigma\, t_o \qquad (1)$$

حيث :

K : دور الخط الإنتاجي .

n : عدد الخطوط الإنتاجية

t_t : زمن التوقفات التكنولوجية ، day .

t_o : زمن التوقفات التنظيمية ، day .

. مرحلة الإنتاج: تتميز هذه المرحلة بتنفيذ جميع أعمال الخط الإنتاجي بآن واحد وعلى عدة جبهات حيث يتم خلال هذه المرحلة إنتاج المنشأة المطلوبة والبدء بتنفيذ مرحلة الإقلاع للمنشأة التالية .

تحدد استمرارية مرحلة الإنتاج بالأحرف CC_1 والتي تحسب بالعلاقة :

$$t_2 = m.\,k \qquad (2)$$

حيث :

m: عدد الأقسام التنظيمية في كل منشأة .

k: دور آخر خط إنتاجي .

وبالتالي فإن الزمن الكلي اللازم لتنفيذ منشأة ما يعطى بالعلاقة:

$$T= t_1 + t_2 = k\,(m + n - 1) + \Sigma\, t_t + \Sigma\, t_o \qquad (3)$$

يعتمد التنظيم الدوري للتنفيذ على تقسيم المنشأة المشادة إلى عدد من التقسيمات التنظيمية بحيث يعتبر دور تنفيذ كل عمل مساويا" لدور الخط العملي الرئيسي .

إن الخط العملي الرئيسي هو العمل القائد والموجه لبقية الأعمال والذي يحدد شكلها ومواصفاتها (استطاعة ، عدد عمال ، ...) .

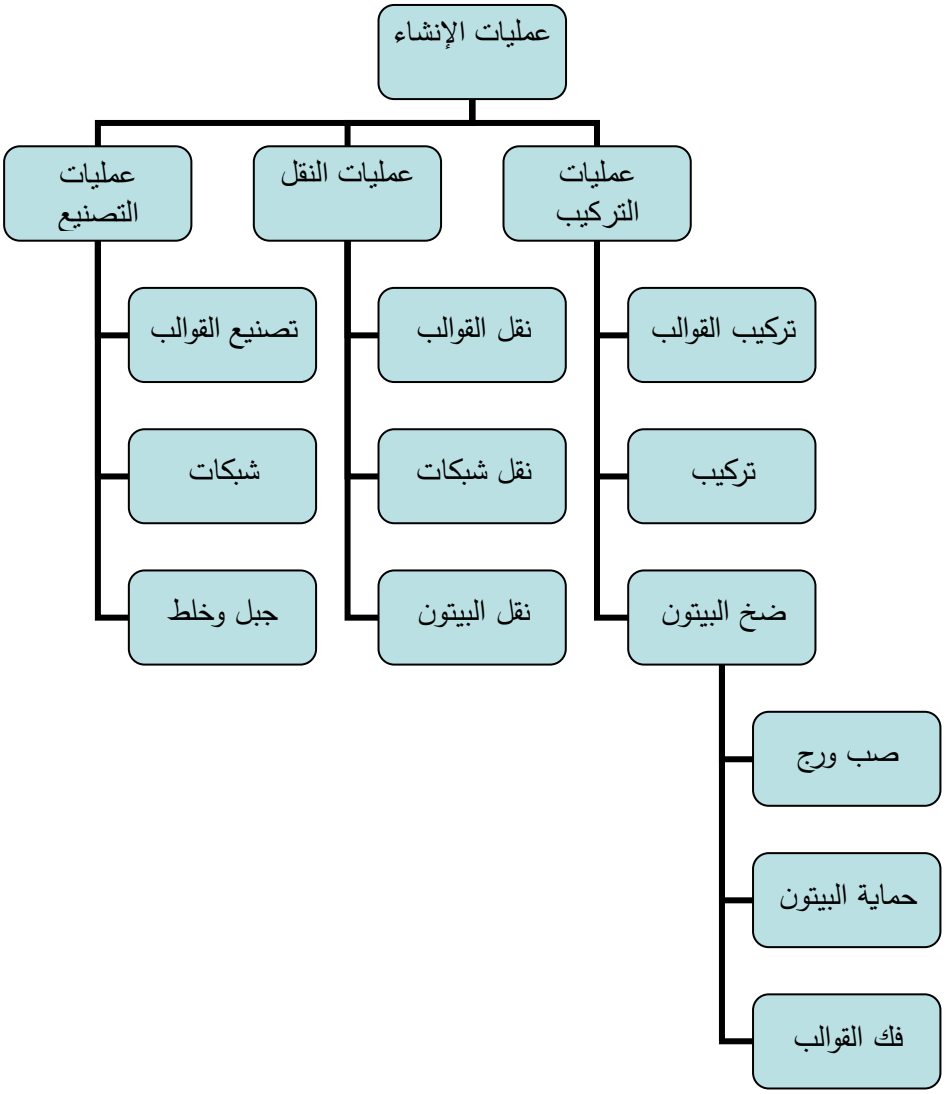
تعتبر عملية صب البيتون العمل الرئيسي في تنفيذ المنشآت البيتونية والذي ترتكز عليه بقية الأعمال (تركيب وفك القوالب ، تركيب حديد التسليح ...)

وتحسب استطاعته بالعلاقة :

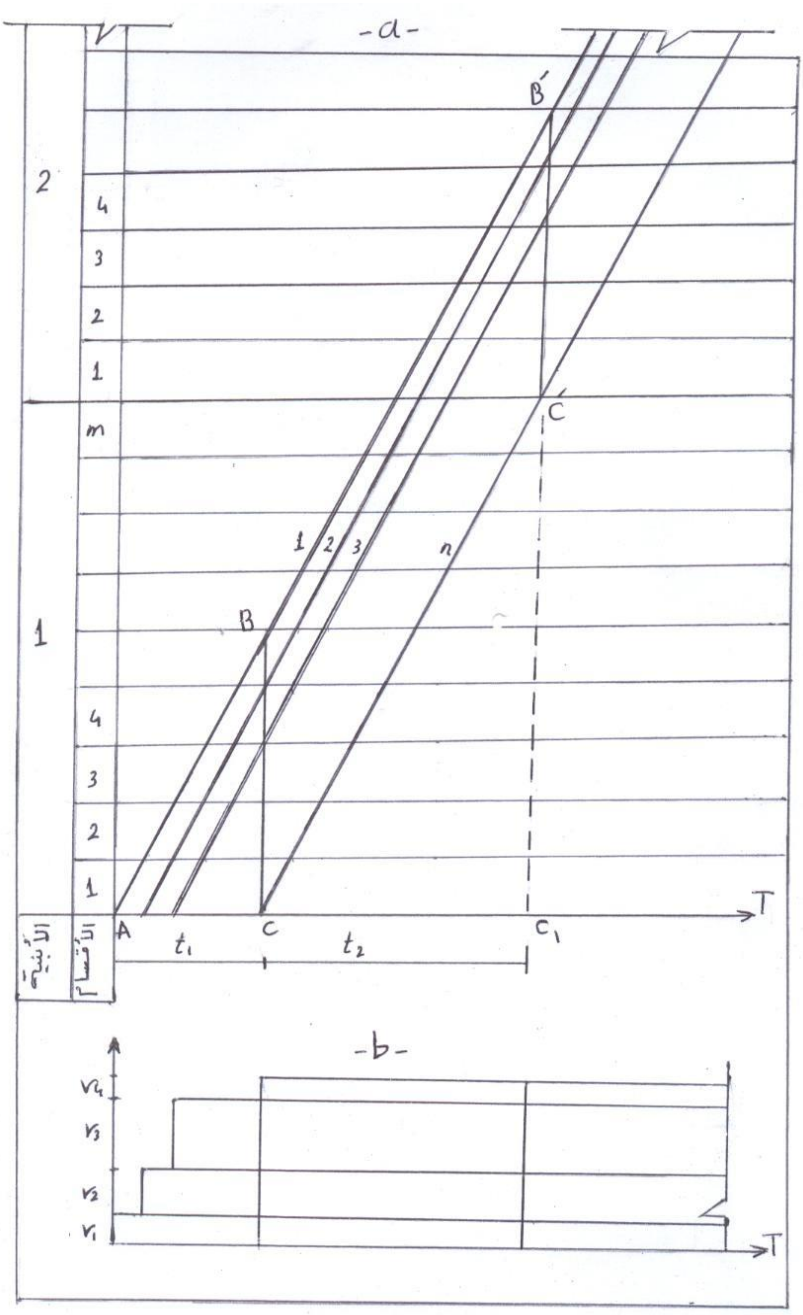
$$W = \frac{P}{m.k} \qquad (4)$$

حيث :

W، P : حجم واستطاعة تنفيذ الخط العملي الرئيسي m^3 ، m^3 / day .



الشكل (2-1) العوامل الرئيسية المؤثرة على فعالية تنفيذ المنشآت البيتونية



الشكل (3-1) سيكلوغراما تنفيذ المنشآت البيتونية

a – مخطط السيكلوغراما b - مخطط صرف المواد

وبالتالي تحدد استطاعة بقية الأعمال والموافقة لاستطاعة العمل الرئيسي بالعلاقة:

$$m.k = \frac{W_1}{P_1} = \frac{W_2}{P_2} = \frac{W_3}{P_3} = \frac{W_i}{P_i} =$$

حيث :

W_i، P_i : حجم واستطاعة تنفيذ الخط العملي i .

أي أن:

$$(5)\ W_1 = \frac{P}{p} = .W$$

يحدد عدد العمال N_i الواجب استخدامهم لتنفيذ العمل i بالعلاقة :

$$(6)\ N_i = \frac{W}{P}.Q_1$$

حيث :

Q_i : الجهد الكلي المصروف لتنفيذ العمل i.

– الأعمال التكنولوجية خلال مرحلة الإقلاع:

هي أقل كمية من مواد البناء يجب تأمينها وأقل حجوم أعمال يجب تنفيذها خلال مرحلة الإقلاع والتي تنفذ بشكل مستمر ومنتظم (تركيب القوالب ، تركيب حديد التسليح ، صب البيتون ، ...) ، وهي ممثلة على الشكل (3-1) بالمثلث ABC .

إن الأعمال التكنولوجية خلال مرحلة الإقلاع ABC هي مجموع كميات أعمال غير متجانسة (قوالب m^2 ، حديد T ، بيتون m^3 ، ..) والتي لايمكن التعامل معها حسابيا" إلا عن طريق تحويلها إلى سلع ذات قيمة مالية، أي

. SP/m^3 ، SP/T ، SP/m^2

تعتمد فعالية التشييد للمنشآت البيتونية والمنفذة وفق العديد خمن المخططات التنفيذية المختلفة بشكل رئيسي على كلفة المواد المصروفة خلال مرحلة الإقلاع C_{TZ} .

إن كلفة المواد المصروفة خلال مرحلة الإقلاع C_{TZ} تساوي كلفة تنفيذ جميع الأعمال المنفذة خلال الزمن AC ، الشكل (3-1) ، والتي تحدد بالعلاقة:

$$C_{TZ} = \sum_{i=1}^{i=n-1} C_i \qquad (7)$$

وبالأخذ بعين الاعتبار أن :

C_i: السعر الو احدي للعمل i ، SP/T ، SP/m^3 .

W_i: استطاعة تنفيذ العمل i ، m^3/day ، m^2/day .

t_t، t_o : زمن التوقف التكنولوجي والتنظيمي ، day .

وكذلك العلاقة رقم (4) ، والشكل (3-1) فإن C_{TZ} تساوي:

$$C_{TZ} = C_1.W_1.[k(n-1) + \Sigma t_t + \Sigma t_o] + C_2.W_2[k(n-2) + \Sigma t_t + \Sigma t_o]$$

$$+C_3W_3[k(n-3) + \Sigma t_t + \Sigma t_o] + \ldots\ldots + C_{n-1}.W_{n-1}.K$$

وباستخدام العلاقة (5) نجد أن :

$$C_{TZ} = C_1.\left(1 - \frac{P_1}{P}\right).W.[k(n-1) + \Sigma t_t + \Sigma t_o] +$$

$$+ C_2.\left(1 - \frac{P_2}{P}\right).W.[k(n-1) + \Sigma t_t + \Sigma t_o] + \ldots +$$

$$+ C_{n-1}.\left(1 - \frac{P_{n-1}}{P}\right).W.k$$

ونستطيع أن نعيد صياغة المعادلة السابقة بالشكل التالي :

$$C_{TZ} = \frac{W}{P}.\{C_1 P_1.[k(n-1) + \Sigma t_t + \Sigma t_o] +$$

$$+ C_1 P_2.[k(n-1) + \Sigma t_t + \Sigma t_o] + \ldots.. + C_{n-1}.P_{n-1}.k\}$$

وبالتالي نحصل على العلاقة الرئيسية لحساب C_{TZ} :

$$C_{TZ} = \frac{W}{P} .\{ \sum_{i=1}^{n-1} C_i \, Pi. \, K\,(n-i) + t_t . \sum_{i=1}^{n1} Ci. \, pi + t_o \sum_{i=1}^{n2} Ci \, . \, pi \}$$

(8)

حيث إن :

$\frac{W}{P} \sum_{i=1}^{n-1} C_i \, Pi \, K\,(n-i)$: كلفة الأعمال المنفذة بشكل مستمر ودون توقف

$t_t . \sum Ci. P \frac{W}{P}$: كلفة الأعمال المنفذة خلال مرحلة التوقف التكنولوجي

$t_o \sum Ci \, . \, pi \frac{W}{P}$: كلفة الأعمال المنفذة خلال مرحلة التوقف التنظيمي

في حال ازدياد استطاعة ضخ البيتون من w_1 إلى w_2 فإن كلفة المواد المصروفة

خلال مرحلة الإقلاع ستزداد و ستصبح :

$$C_{TZ} = \frac{W_2}{P_2} .\{ \sum_{i=1}^{n-1} C_1 \, Pi. \, K'\,(n-i) + t_t . \sum_{i=1}^{n1} Ci. \, Pi + t_o \sum_{i=1}^{n2} Ci \, . \, pi \}$$

حيث :K' . دور الخط الإنتاجي الموافق للاستطاعة W_2

يتم تقييم فعالية مختلف المخططات التنفيذية بالاعتماد على معامل الفعالية K_{ef}

$$K_{ef} = \frac{C_{year}}{C_{cz}}$$

حيث :

C_{year} : كلفة الأعمال المنفذة خلال عام واحد ، SP / year

C_{cz} : الكلفة الكلية التكنولوجية للمبنى الواحد . SP/ house

ويكون المخطط التنفيذي المناسب هو الذي يوافق معامل الفعالية K_{ef} الأكبر .

b- مكننة عمليات الإنشاء :

إن تحسين سوية الإنتاج في عمليات البناء تتطلب استخدام مجموعة متجانسة من الآليات (رافعة ، مضخة ، سيارة جبالة) وذلك لتنفيذ جميع الأعمال الإنشائية الرئيسية والثانوية منها بحيث تؤمن تحقيق الإنتاجية العظمى و الاستثمار الأمثل لها وتحقيق معايير اقتصادية وتكنولوجية مناسبة (تقليل الكلفة والهدر وتحسين المواصفات ....) .

- التصنيع المسبق للمنشآت :

يهدف التصنيع المسبق للعناصر الإنشائية والذي يأخذ بعين الاعتبار مجمل الحلول التصميمية الحديثة للعناصر المجمعة والمركبة بطرق ممكنة فعالة إلى تنفيذ المشروعات الإنشائية ضمن المدة الزمنية المحددة وبجودة عالية .

تتطلب مسألة تصنيع عمليات البناء دراسة مختلف الحلول المناسبة لتجميع الأبنية والمنشآت وتحديد درجة جودتها ، ويعالج تصنيع عمليات البناء إلى تحويل معظم هذه العمليات إلى شروط وظروف المصانع (مكننة ، أتمتة ، دقة تصنيع ، جودة عالية للمنتجات المصنعة ومواد البناء ...) .

لقد تم تطوير صناعة البيتون المسبق الصنع من خلال استخدام الأنظمة المؤتمتة لإدارة العمليات التكنولوجية وبكلفة أقل وخلال فترة زمنية قصيرة وذلك لمختلف النماذج والقياسات وكذلك الأمر من خلال إدخال تكنولوجيا التركيب الحديثة للمنشآت المسبقة الصنع والمتعلقة بالحلول التصميمية والتخطيطية لهذه المنشآت وبالكتل ودقة التحضير والتصنيع للعناصر الإنشائية والتي تؤدي في نهاية الأمر إلى خفض في الكلفة والزمن خلال مرحلتي التصنيع والتركيب دون أن يؤثر ذلك على جودة التنفيذ من حيث المتانة والنوعية والوظيفة للعناصر والهياكل سواء" كانت مفردة أو منشآت متكاملة .

الفصل الثاني

تكنولوجيا أعمال البيتون المصبوب في المكان

Technology Of Fresh Concrete Works

2-1- مقدمة :

تنفيذ المنشآت البيتونية بمختلف أنواعها يتم باستخدام الأنواع المختلفة من البيتون أو البيتون المسلح مثل : البيتون المصبوب في المكان ، البيتون المسبق الصنع ، البيتون المسبق الإجهاد .

غير أن أغلب الأبنية والمنشآت البيتونية وبمختلف أشكالها تنفذ باستخدام البيتون المصبوب في المكان والذي يمتاز بزمن الخدمة الطويل والمقاومة العالية والجيدة للوسط المحيط ، وبالتالي حماية حديد التسليح من الصدأ . بالإضافة إلى ذلك فإنه تجدر الملاحظة إلى أن كلفة تنفيذ المنشآت البيتونية هي أخفض من كلفة تنفيذ نفس المنشآت فيما لو كانت معدنية .

يستخدم البيتون المصبوب في المكان لتنفيذ الأساسات بمختلف أشكالها (أساسات منفردة ،أساسات مشتركة ، حصيرة بيتونية) ، الجدران البيتونية ذات الأبعاد المختلفة ، الصوامع ، خزانات الوقود ، الأبراج وكذلك الأمر تنفيذ المنشآت البيتونية الخاصة تحت سطح الماء . غير أن الأهم هنا هو تنفيذ منشآت الأبنية السكنية المتعددة الطوابق والمنشآت البيتونية العامة .

تحتاج عمليات تشييد المنشآت البيتونية لبذل الكثير من الجهد ، حيث أنه يصرف لتنفيذ العمليات الأساسية 84% - 80 من الجهد الكلي اللازم للتنفيذ والذي يوزع إلى 43 45% - لتنفيذ الأعمال البيتونية ، 14% - 13 لتنفيذ عمليات التسليح واللحام الكهربائي و 25% - 24 لأعمال القوالب .
وما تبقى فيوزع لتنفيذ مختلف العمليات الاحتياطية .

2-2- أعمال القالب :

تضم أعمال القالب العمليات الجزئية التالية : صنع وتجهيز القوالب ، تركيب القالب في المكان المخصص ، فك القالب وتنظيفه ، إجراء أعمال الصيانة للقالب ، نقل القالب ومن ثم إعادة تركيبه من جديد لتنفيذ عنصر إنشائي آخر . ويقصد بالقوالب عموماً ، مجموعة القطع والتجهيزات والإكسسوارات "الخشبية أو المعدنية أو البلاستيكية " التي

تُصنع أو تُركب وفق نماذج وأشكال معينة ، لتعطي شكل العنصر البيتوني المطلوب صبه .

تنفذ القوالب لإظهار الأشكال التصميمية للعناصر الإنشائية اللازم تنفيذها مع الأخذ بعين الاعتبار خصائص هذه العناصر وأبعادها (طول،عرض،ارتفاع) وأماكن توضعها . ومن ثم يقوم القا لب بالمحافظة على البيتون المصبوب بداخلها .

غير أن هذه القوالب بغض النظر عن كونها عنصر أساسي في عملية التنفيذ إلا أنها لها صفة الاستخدام المؤقت أو الزمن المحدد في أغلب الأحيان ، وذلك حتى يتم فكها بعد امتلاك البيتون المصبوب بداخلها المقاومة المطلوبة .

1 -2-2- الأنواع الرئيسية للقوالب: The main formworks

تقسم القوالب تبعا" لطريقة عملها ومجال استخدامها ونوعية المادة المصنعة منها إلى :

1- القوالب الخشبية .

2 – القوالب المعدنية الحديثة .

3 – القوالب النفقية .

4 – القالب المنزلق .

5 – القالب القا فز .

2- 2 – 2 – ا لقوالب الخشبية : Wood Formworks

تستخدم القوالب الخشبية في البناء بشكل واسع جداً، نظراً لمرونة استخدامها وقلة كلفتها بالنسبة للمباني ذات العناصر الإنشائية المتكررة ، فهي قابلة لإعطاء الشكل المطلوب وبالأبعاد المطلوبة .

ويتمتع الخشب بالمواصفات التالية:

- سهولة الاستخدام والفك والتركيب.
- سهولة التشكيل والتصنيع وإعطاء الأطوال المطلوبة.
- المرونة العالية في الاستخدام والمتانة الجيدة والعازلية الحرارية.
- استخدام عدد قليل من القطع والإكسسوارات لتشكيل أي قالب.
- خفة وزن القالب مما يجعل استخدامه أوحمله سهلاً من قبل العمال دون الحاجة لآليات الرفع.

إلى جانب هذه المزايا يتمتع الخشب أيضاً بمساوئ تحد من استخدامه بعض الشيء:

- الثمن الباهظ لمادة الخشب.
- الهدر في الوقت اللازم لعمليات الفك والتركيب.
- التأثر بالرطوبة والالتصاق الكبير مع البيتون وصعوبة التنظيف ، لهذا فالقالب الخشبي لا يعطي سطوحاً ملساء مما يزيد من كلفة أعمال التلييس والدهان .
- الاهتلاك المرتفع للمادة مقارنة مع القوالب المعدنية.
- صعوبة الضبط والمعايرة بعد تركيب القالب.

2-2- 2 - 2-1 المتطلبات العامة للقوالب:

من المتطلبات الأساسية لقالب البيتون هو أن يكون آمناً ، وأن يؤمن الشكل المطلوب والسطح المناسب للبيتون ، وأن يكون اقتصادياً ، كما يجب أن تكون القوالب الخشبية كتيمة تمنع فقدان الروبة الإسمنتية من خلال إ نشاء عقد مثبتة ومحكمة .

وقبل صب البيتون في القالب يجب صف وتنسيق القوالب أفقياً وشاقولياً وتدعيمها لكي نحافظ على وضعيتها ، مع ملاحظة ومراقبة تنسيق واصطفاف قوالب البيتون بشكل مستمر أثناء صب البيتون، ويجب أن يتم ضبط تنسيقها عندما يكون الأمر ضرورياً ومن الضوابط المتبعة أثناء التنفيذ:

- يجب تنظيف القوالب من الداخل وإزالة أي حطام أو أنقاض قبل صب البيتون، ويمنع انفصال مكونات الخلطة أثناء الصب في القوالب عالية الارتفاع ، ولمنع حدوث ذلك تستخدم الأقمعة أو الخراطيم المطاطية.
- يجب ألا يزيد ارتفاع السقوط الحر عن **1m** في البلاطات ، و**2m** في الأعمدة والجدران .
- أخيراً تزال القوالب بعد وصول البيتون إلى المقاومة المطلوبة، ويجب إزالته بعناية وحرص لكي نتجنب الضرر والتلف المحتمل لسطح البيتون المصبوب أثناء عملية الإزالة .

2-2- 2 - 2-2 تحقيق الأمان في قوالب البيتون :

من الإجراءات المتبعة لدى تركيب قوالب البيتون بشكل عام والخشبية بشكل خاص :

- تأمين القواعد الكافية ووضع قواعد أسفل الدعامات المستندة على الأرض .
- تأمين التدعيم الكافي للقوالب وخصوصاً للدعامات الشاقولية ، والتأكد من أن كل نقاط الوصل مثبتة بشكل مناسب وخاصة الوصلات الظفرية .
- التحكم بمعدل وموضع صب البيتون حتى لا نتجاوز الحمولة التصميمية .
- التأكد من عدم إزالة القوالب والدعامات قبل وصول البيتون للمقاومة المطلوبة ، وعدم السماح بتطبيق حمولات المنشأ على البيتون المتصلب جزئياً .
- يجب أخذ الحيطة والحذر في أثناء وضع القوالب المسبقة التشكيل .

3-2- 2 - 2- تحضير القوالب قبل الصب :

- **التنظيف:** يجب تنظيف القوالب بعناية قبل الصب مباشرة بإزالة الأتربة والفضلات ، كما يوصى بتجهيز فتحات خاصة في القالب لتسهيل ذلك ، ويتم التنظيف بالماء أو بالهواء المضغوط .
- **الترطيب:** ترش القوالب الخشبية بالماء عدة مرات ، وذلك لمنع امتصاص الأخشاب لماء خلطة البيتون، ويجب ترك مسافات ضيقة بين الألواح بحيث تسمح بتمددها بسبب الرطوبة بدون حدوث أي تقوس أو فراغ تمر من خلاله المونة الأسمنتية.

4-2- 2 - 2- تنفيذ الأعمال في الموقع : (Construction of site work)

سوف نتحدث بالتفصيل عن تنفيذ قوالب الأساسات وقوالب البلاطات البيتونية .

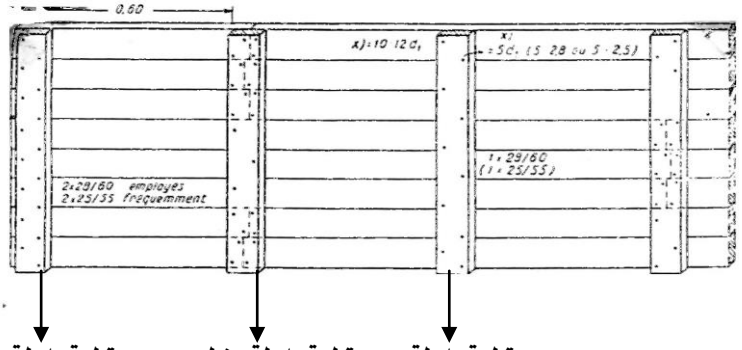
1 - قوالب الأساسات والشناجات : (Foundations and ground beams)

الأساسات كما هو معروف هي الجزء السفلي من المنشأ الخرساني الذي يتم صبه أولاً وتأتي ضمنها الفئات التالية: الأساسات الشريطية- قبعات – مجموعة الأوتاد المغروسة – أساسات الحصيرة - الشناجات وجزء البلاطة القاعدية التي تغطي موقع البناء.

في البداية وقبل كل شيء من أجل ضمان التنفيذ الجيد للقالب الخاص بالأساس أو الشناج على حد سواء يجب أن تكون أعمال الحفر وشق خنادق الشناجات قد نُفذت بشكل جيد حتى المنسوب المطلوب وكما هو مقرر في المخططات المعمارية والإنشائية.

تتألف القوالب من ألواح خشبية بأبعاد محددة حسب التصميم الإنشائي ، وغالباً ما تكون بسماكة لا تزيد عن (2.7cm) ولتجنب التواء الألواح توضع القطع الرابطة، كما

في الشكل (1 - 2) وهذه القطع بأبعاد (2.7cm - 10) والتباعد الأعظمي لها يكون بمقدار (60cm) يتم وضع القطع الرابطة الطرفية على مسافة من طرف اللوح تساوي سماكة الدف وتثبت بمسار واحد لكل لوح .



قطعة رابطة طرفية **قطعة رابطة تغطي منطقة الوصل بين الدفوف** **قطعة رابطة وسطية**

الشكل (1 - 2) تجميع دفوف قالب الأساس.

تدعيم قالب الأساس :

من خلال معرفة نوعية التربة وخواصها يتم اختيار طريقة التدعيم المناسبة، ففي حالة التربة الجيدة القادرة على التحمل، ننفذ القالب بألواح جانبية فقط ثم يوضع التسليح ويتم الصب.

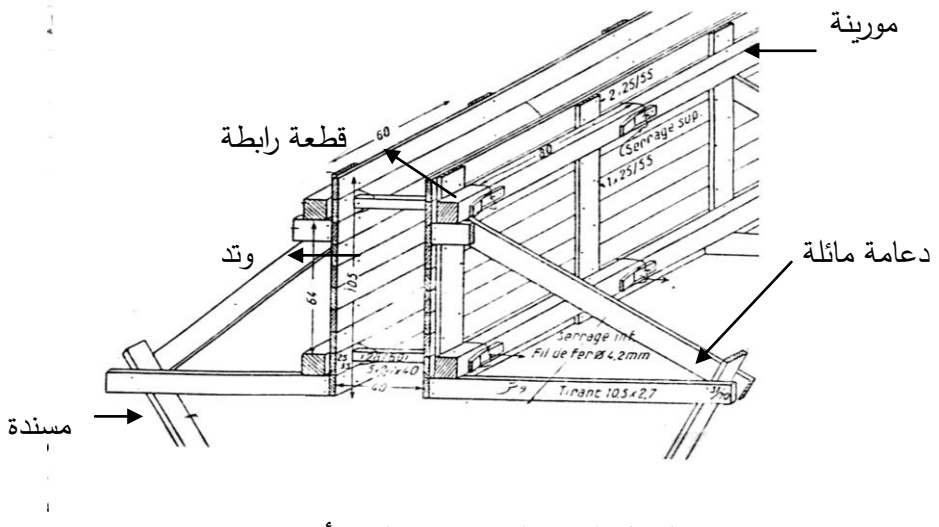
وفي حالة التربة الرملية وغير المتماسكة تستوجب دعم القالب بشكل جيد، أما الترب الغضارية المتماسكة فيمكن أن نلغي عمل القالب كلياً أو جزئياً باستثناء الأساسات ذات الارتفاع الكبير حيث يمكن وضع قوالب جانبية فقط .

- **التدعيم الأفقي:**

تتم عملية التدعيم الأفقي من وجه الحفرية ، إما بأسلاك تمر خلال البيتون أو بواسطة أوتا د مغروسة في التربة ، وهذه الطريقة محصورة بالحالات التي تكون فيها التربة ذات تحمل جيد.

- **التدعيم المائل:**

تُستخدم الدعامات المائلة في الأماكن التي تسمح بذلك وبزاوية تصل حتى (60^o) وتقاوم هذه الدعامات قوى الشد والضغط المؤثرة عليها بفضل استنادها بواسطة الأوتاد المغروسة في التربة ، ويرتبط طولها بالتباعد مابين الألواح والأوتاد وبارتفاع الأساس، حيث يتم وضع دعامة أفقية تربط بين الوتد وأسفل اللوح ، الشكل (2-2) .



الشكل (2-2) تدعيم قالب الأساسات .

2- قوالب الأعمدة والجدران :(Wood Column and wall Formwork)

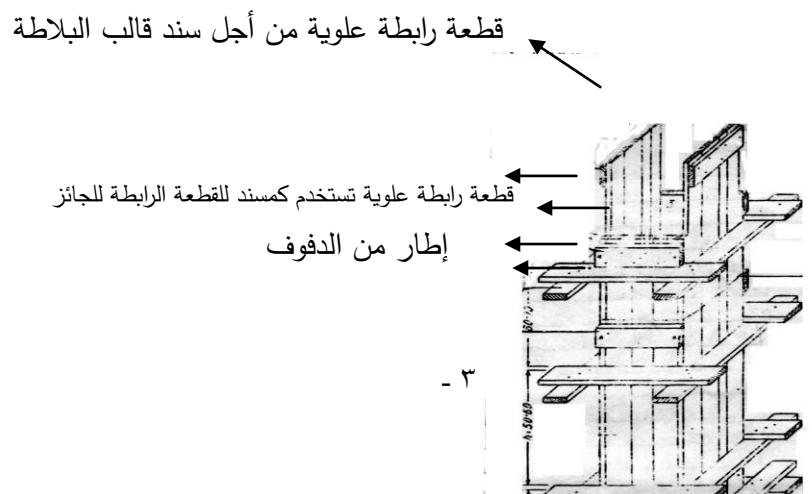
يشكل قالب العمود الجزء الأكثر أهمية في تصميم قالب البيتون الخشبي، كونه يشكل الركيزة الأساسية للمنشأة البيتونية، وتوجد عدة أنواع من قوالب الأعمدة تبعاً لأبعاد العمود(قوالب كبيرة متوسطة – صغيرة) ، ويمكن أن نميز أعمدة ذات مقطع دائري أو مستطيل أو مربع .

ويعتبر تدعيم الأعمدة أمر مهم جداً ينبغي أن يجري بشكل صحيح لأنه يكفي أن ترتخي دعامة واحدة أو تتحرك تحت تأثير الدفع أو الاهتزاز حتى يأخذ العمود وضعاً

غير عمودي يسبب أضرار للمنشأة البيتونية قد تصل إلى حد الانهيار في بعض الحالات.

إن قالب العمود يجب أن يُدعم ويُضبط شاقولياً قبل وبعد الصب،وغالباً ما يتم استخدام الدعامة ذات الميل الكبير، كما ينبغي الانتباه وبشكل دائم إلى ترطيب القالب بشكل جيد حتى لا يمتص الخشب ماء البيتون، فعندما يتم صب البيتون في قا لب جا ف، يمتص القالب الماء من البيتون، وهذا يعني أن الزوايا وسطح البيتون ستفقد مائها، أما الكتلة الداخلية للبيتون تأخذ نصيبها من الماء بشكل صحيح أي تأخذ مقاومتها الكافية ،ولكن القسم الخارجي يصبح ذات مقاومة ضعيفة تنكسر حين فك القالب.

- يتألف القالب من أربع ألواح متقابلة كل واحد هو مجموعة من الدفوف الخشبية ذات أبعاد ومقاييس محددة حسب أبعاد العمود، تجمعها قطع رابطة خشبية مسمرة مع الدفوف ، نجمعها حين يوضع القالب في مكانه.
- كذلك يوضع إطار يحيط بالعمود ويحميه من الكسر والالتواء مما يوفر المواد واليد العاملة . ونلاحظ وجود أنواع مختلفة من القطع الرابطة : روابط قاعدية وروابط رأسية ، وبين هذه وتلك نجد الروابط الوسطية ، روابط القاعدة توضع على مسافة بين (20-25)cm تقريباً من أسفل العمود، والرابط الرأسي يوضع على مسافة (2.7)cm من حافة العمود العلوي أو على بعد (13cm) من مكان قولبة البلاطة ، ثم نضع على مسافة تقدر بين (70-80)cm روابط وسطية كما يجب أن يتضمن قالب العمود فتحة تنظيف في قاعدته من أجل تنظيف القالب قبل الصب.
- يقوى قالب العمود بإطا رات مكونة من أربعة دفوف ، وتثبت هذه الدفوف بمسامير عادية كما هو مبين في الشكل (3-2)



قطعة رابطة وسطية

فتحة تنظيف

إ طار القاعدة

الشكل (3 – 2) : قالب عمود عادي cm (30× 30)

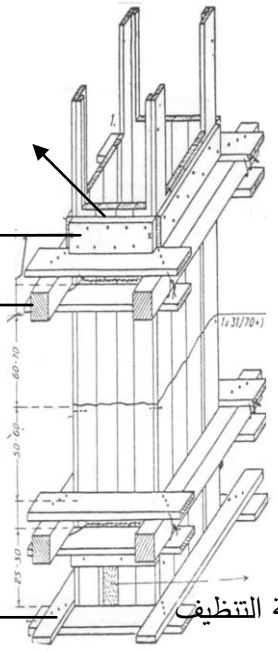
– وتوزع الإطارات الخشبية على طول العمود، ويتبع ذلك لضغط البيتون المصبوب.

فالإطارات الموجودة في الثلث السفلي تتحمل معظم الضغط ، لذلك تُقلص التباعدات بينها، فالإطار عند القاعدة يوضع ملاصقاً للأرض، والإطار الثاني على بعد cm (20 - 30) عن إطار القاعدة ، ثم إطار يبعدcm (45-50)، ومن ثم 50- cm (60) ، وهكذا بحيث لا يزيد التباعد الأعظمي عن cm(70 - 80) ، كما يمكن وضع مورينات خشبية تثبت مع الدفوف بقضبان معدنية ، الشكل (4 -2) .

قطعة ربط علوية
وتستخدم أيضاً لسند قالب البلاطة

كيفية الربط بالمسامير

مورينة



فتحة التنظيف

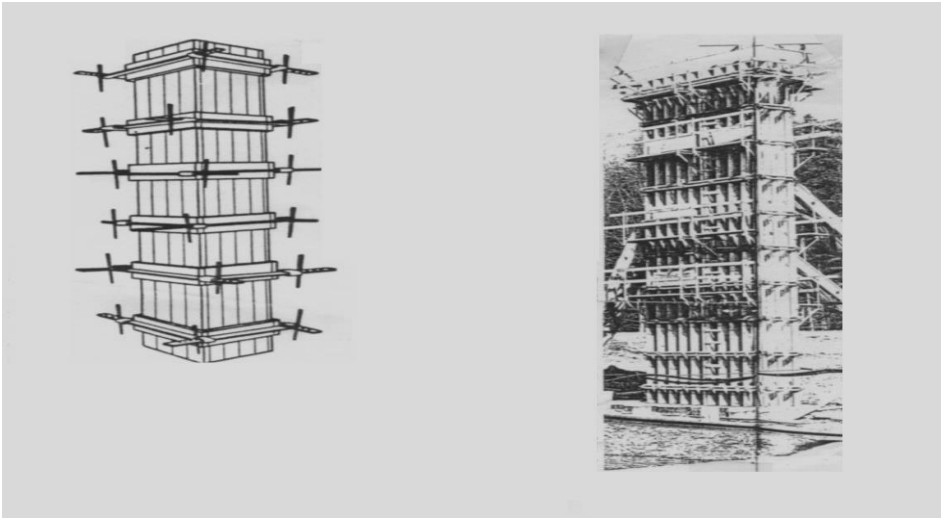
إطار القاعدة

الشكل (4 - 2) قالب عمود .

وفي حالة القوالب ذات الارتفاع الكبير يتم تأمين فتحات على ارتفاعات مختلفة من أجل تسهيل صب البيتون كما نستطيع وضع تركيبات خاصة بالقرب من أسفل القالب وذلك لضخ البيتون من خلالها.

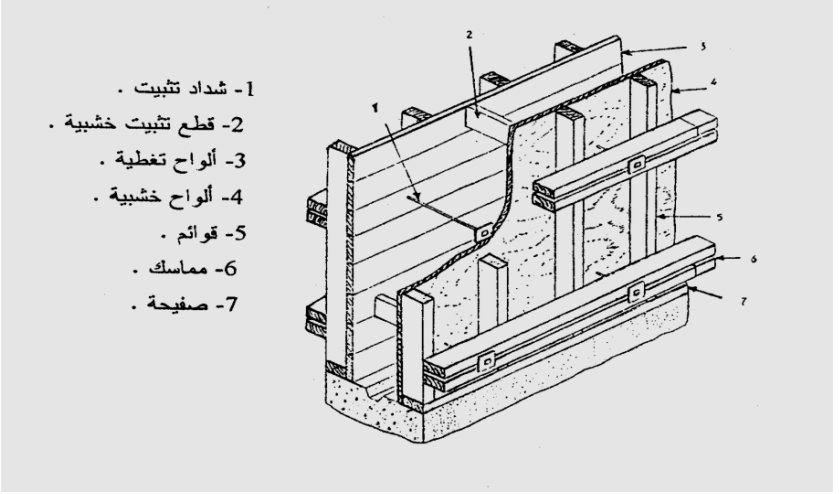
في الشكل (5-2) شكل نموذجي لقالب خشبي مدعم بملازم أو أسافين معدنية وإطارات معدنية على شكل جمالونات تؤمن قوة ومتانة في التدعيم.

- تبدأ عمليات تشكيل الأعمدة بصب مخدة متوضعة بشكل دقيق في مركز القضبان الأولية، وتوضع بما يتناسب مع العلامات الموضوعة خلال بدء الإجراءات من أجل الأعمدة الضخمة .
- تُصب الأعمدة حتى كامل الارتفاع .



الشكل (5-2) قالب مدعم بملازم .

أما بالنسبة للجدران فتستخدم المماسك وشدادات التثبيت كما هو مبين في الشكل(6-2) . تؤثر في قيمة الضغط الجانبي للبيتون والمؤثرة في قوالب ا لجدران الخشبية عوامل عدة منها :



الشكل (6-2) قالب جدار .

سرعة تصلب البيتون ، التركيب الحبي للخلطة البيتونية ، طرق رج ورص البيتون ، درجة الحرارة .

لذلك توجد عدة علاقات تجريبية معتمدة في حسا ب الضغط ا لجانبي للبيتون P والمؤثر على جدران القوالب الشاقولية . ففي حال رج البيتون باستخدام الرجاجات الداخلية تحسب قيمة الضغط الجانبي (P) بالعلاقة التالية : $P = \gamma . H$ وذلك إذا كانت سماكة الطبقة البيتونية المصبوبة h أصغر أو تساوي (R نصف قطر تأثير الرجاج) و سرعة الصب v أقل من 0.5 m/h .

أما إذا كانت : $h \geq 1m$ و $v \geq 0.5$ m/h فتحسب P بالعلاقة :

$$P = \gamma.(0.27\ v + 0.78\ ) K_1 . K_2$$

حيث أن :

γ : كثافة البيتون m^3 / h .

K_1 : معامل يتعلق بطراوة البيتون 1.2- 0.8 .

K_2 : معامل يتعلق بدرجة حرارة البيتون 1.15- 0.85 .

أما في حال استخدام الرجاجات الخارجية لرج البيتون وكانت

$v \geq 4.5$ m/h و $h \leq 2R$ فتحسب P وفق العلاقة التالية :

$$P = \gamma . H$$

3 –قوالب البلاطات البيتونية المسلحة:

Reinforced Concrete slap (Formwork)

تتألف قوالب البلاطة عادةً من :

١. **سطح القالب :** وهو العنصر الملامس مباشرة للبيتون ، والذي يعكس شكل العنصر وهو عبارة عن مجموعة من الدفوف الخشبية العادية ذات أبعاد محددة cm (-10 15) والسماكة cm(2 - 1.5) والطول 4 m - 3 وذلك حسب الدراسة التصميمية.

٢. **المورينات الأفقية :** وهي عبارة عن مورينات خشبية عادية أو مثقبة طولياً بمسافات محددة لتسهيل ربط عناصر الهيكل مع بعضها بواسطة.

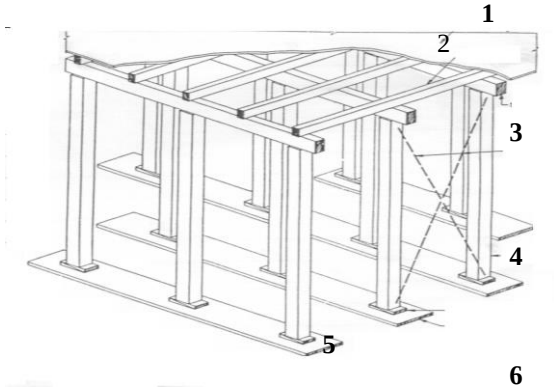
٣. **الركائز:** وهي ا لعناصر ا لحاملة لهيكل القالب والتي تنقل جميع القوى المؤثرة على القالب خلال التنفيذ إلى الأرض، وهي عبارة عن مورينات خشبية دائرية أو مربعة الشكل ترتبط أبعادها بقيمة الحمولات المطبقة ، ا لشكل (6 - 2) .

٤. **عناصر التقوية :** وتستخدم لحماية القالب من الانقلاب والانزياح وتحمل القوى الأفقية، وتقوم هذه العناصر بالربط بين الركائز الخشبية قطريا" .

تصميم القوالب :

يتم تصميم القوالب الخشبية بشكل مشابه لتصميم العناصر الإنشائية ، بحيث لا تتجاوز الإجهادات الناتجة عن تأثير الحمولات في عناصر القالب الإجهادات المسموحة ، ويتم ذلك وفق التسلسل الآتي:

- تحديد الحمولات المؤثرة على ا لقالب .
- تصميم عناصر القالب بالاعتماد على قوانين ميكانيك الإنشاءات .
- التحقق من الإجهادات ضمن عناصر ا لقالب .



الشكل (6 - 2) عناصر قالب البلاطة

١- سطح القالب . **٤- الجوائز الثانوية .**

٢- الجوائز الرئيسية . **٥- عنصر التقوية .**

٣- الدعامات الشاقولية . **٦- قاعدة .**

الحمولات المؤثرة على القالب الخشبي : وهناك نوعان من الحمولات :

1- **الحمولات الشاقولية** : وتتألف من :

- الوزن الذاتي للقالب .
- الوزن الذاتي للبيتون الطري .
- حمولات إضافية ناتجة عن تفريغ البيتون .
- حمولات ناجمة عن رج البيتون .

2- **الحمولات الأفقية** : وتتألف من :

- الحمولات الناجمة عن قوى الرياح .
- القوى الناجمة عن عدم شاقولية الركائز .
- قوى الضغط الجانبي للبيتون .

عند تصميم الألواح الخشبية المورينا ت الأفقية (الجوائز الرئيسية والثانوية) والمورينات الشاقولية

(الركائز) تعتمد قوانين حساب عزوم الانعطاف بحالة الجوائز المستمرة .

١. العزم :

$$f_b = M / S_x \leq \bar{f}_b$$

$$\bar{f}_b = wL^2 / 10\, S_x \quad ، \quad L = 3{,}16 \sqrt{\frac{s_x \cdot \bar{f}_b}{w}}$$

إذ أن : L – التباعد بين المورينات الأفقية (الجوائز الثانوية) .

w – الحمولة الموزعة بانتظام والمؤثرة على القالب .

٢. القص :

$$f_v = \frac{3Q}{2A} = \frac{w.l}{4A}$$

$$L = 1{,}33 \quad \frac{A.\bar{f}_v}{w}$$

إذ أن : A – مساحة المقطع .

٣. السهم :

$$\delta = \frac{wl^4}{145EI} = \frac{L}{360}$$

$$L = 0.738 \sqrt[3]{EI/w}$$

ويتم اختيار القيمة الصغرى من بين القيم الثلاث السابقة .

أما بالنسبة لاختيار وتصميم الدعامات الشاقولية فتستخدم العلاقة التالية :

$$F = = \frac{P}{A} \quad \frac{\pi.^2 E}{k(L/0.3d)^2}$$

إذ أن : K – معامل أمان ويؤخذ عادة (3) .

كما تستخدم العلاقة التالية : $F = \frac{P}{A} = \frac{0.3E}{\left(\frac{l}{d}\right)^2}$

إذ أن : d – البعد الأصغر في المقطع ونصف قطر المقطع الدائري .

L – الطول الأكبر غير المستند جانبياً $\frac{l}{d} \le 50$.

وفي حالة التحقق من الإجهادات في مقاطع عناصر القالب الخشبي للبلاطة فالخطوات هي :

١- **التحقق من إجهادات الانعطاف :** حالة الجائز المستمر

$M = \frac{wl^2}{10}$ ، $F_b = \frac{M}{S_x} = \frac{6M}{Ph^2} \le \bar{f}_b$

إذ أن : S_x – عزم المقطع المقاوم m^3 .

f_b – الإجهاد الأعظمي في الليف العلوي للجائز بحالة الانعطاف .

$\bar{f}_b$ – إجهاد الضغط أو الشد الأعظمي المسموح به على الانعطاف .

b,h – أبعاد المقطع .

٢- **التحقق من إجهادات القص :**

$Q = \frac{wl}{2}$ ، $f_v = \frac{Q.S}{I.b} = \frac{3Q}{2A} \le \bar{f}_v$

٣- **التحقق من السهم في المقطع الحرج :**

$$\delta = \frac{wl^4}{145EI} \le \bar{\delta} = \frac{L}{360}$$

أما بالنسبة للإجهادات الموضعية الناشئة في نقاط الاستناد بين العناصر في قوالب البلاطات والجدران وهي : – منطقة استناد الجائز الثانوي على الجائز الرئيسي .

- منطقة استناد الجائز الرئيسي على الدعامة الشاقولية .
- منطقة التماس مابين الشداد والمماسك .

وهذه الاجهادات ينبغي أن لا تتجاوز الاجهادات المسموحة ، ويتم التحقق منها من خلال حسا ب سطح التما س والقوة المنقولة عبر هذا السطح .

مثال : سطح التماس بين الجائز الرئيسي والثانوي هي : $a \times b$ ، والقوة المنقولة عبر السطح تحسب بالعلاقة : $P = w.a.b$

إذ أن : w – الحمولة الموزعة المؤثرة على m^2 من البلاطة .

a – التباعد بين الجوائز الرئيسية .

b – التباعد بين الجوائز الثانوية .

$$f = \frac{P}{A} \leq \bar{f}$$

إذ ان : A – مساحة سطح الاستناد .

$\bar{f}$ – إجهاد الدهس المسموح .

4- القوالب المعدنية : (MODERN STEEL FORMWORK)

بدأت القوالب المعدنية الحديثة تغزو معظم الإنشاءات البيتونية ، وتحل تدريجياً محل القوالب الخشبية نظراً لتعدد مزاياها التي تجعل استخدامها مرغوباً . وتقسم القوالب المعدنية إلى قسمين أساسيين :

- **القوالب المعدنية اليدوية البسيطة (قوالب معيارية صغيرة) :**

وهي لا تحتاج إلى روافع بل يستطيع العمال حملها وتركيبها .

- **القوالب المعيارية الكبيرة التي تحتاج إلى روافع ومكابس هيدروليكية لتركيبها وفكها أو تحريكها:** مع تقدم وتطور آليات الرفع ، حصل تحسن كبير في صناعة القوالب المعدنية ، لتصبح قابلة للحركة والارتفاع والانتقال تدريجياً بحيث يتم صب البيتون مع حركة القالب شاقولياً أو أفقياً .

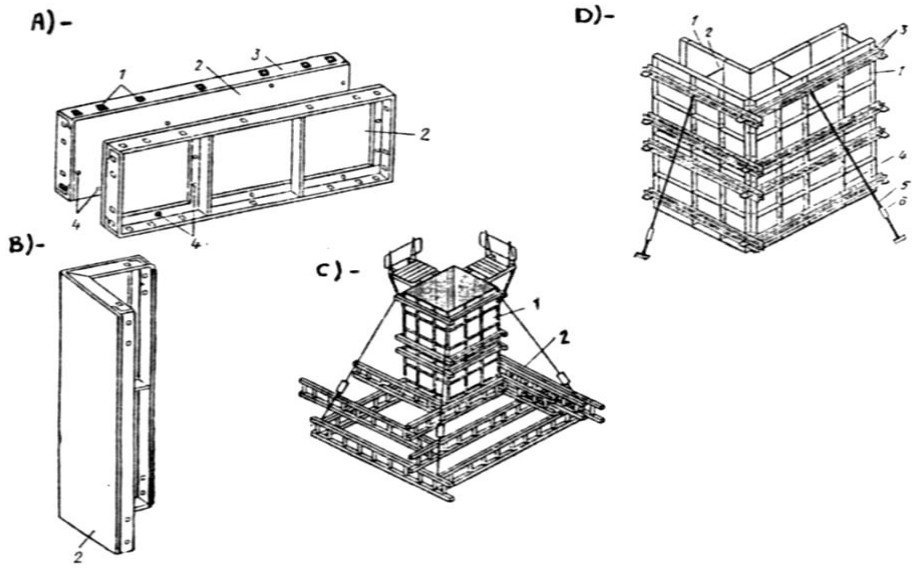
القوالب المعدنية اليدوية البسيطة :

وهي قوالب يمكن تشكيلها من قطع يسهل نقلها وفكها ورفعها وتركيبها من قبل اليد العاملة مباشرة دون اللجوء إلى استخدام معدات خاصة كالروافع ، وغيرها حيث تكون هذه

الأنواع خفيفة الوزن إلا أنها تحتاج إلى كميات كبيرة من الملحقات والإكسسوارات للحصول على القالب المطلوب .

تتألف هذه القوالب من ألواح معدنية مختلفة الأبعاد ، تحل مكان الدف في القوالب الخشبية ، وتُثبت هذه الألواح بمجموعة من (البراغي والعزقات) وأدوات التثبيت المختلفة ، وبذلك يتم تشكيل قوالب الأسقف والأعمدة والجدران والجوائز، وتتكون هذه القوالب من العناصر الآتية :

- الألواح المعدنية الملحومة مع بعضها بعضاًوالمشكلة لإطارات ذات أبعاد مختلفة تستعمل في صب بلاطات الأسقف وأطراف الأعمدة كما هومبين في الشكل (7-2)



الشكل (7– 2) قوالب الجدران والأعمدة المعدنية المعيارية .

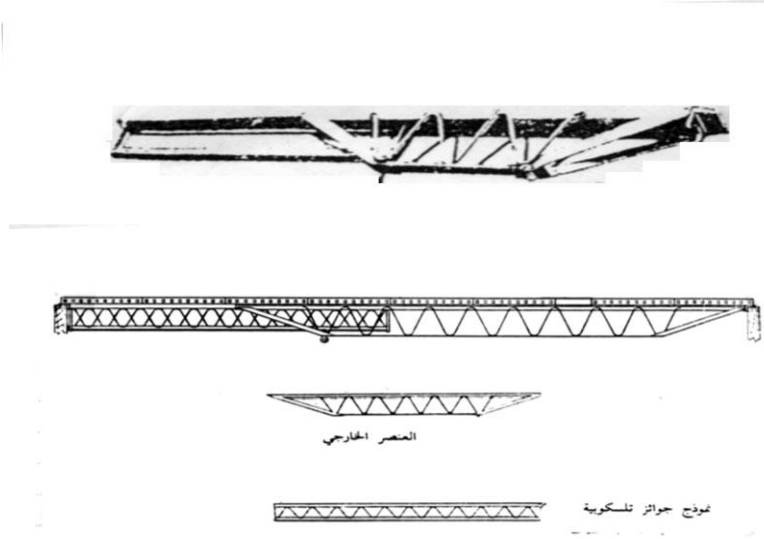
A– الألواح الأساسية . B – ألوح جانبية للقالب .1– ثقوب وفتحات لربط ووصل الألواح 2– القالب 3– الهيكل 4– فتحات لشد الألواح .C– قالب الأساس تحت العمود . 1– ألواح قابلة للفك والتركيب 2– عوارض حاملة . D – قالب معدني لزوايا الجدران . 1– صفائح القالب 2– عوارض حاملة 3– إفريز تثبيت 4– قامطة نابضية 5– سلك للشد 6– حلقة .

الجوائز المعدنية التلسكوبية المنزلقة بهدف تغيير أطوالها ، وتتألف من جائز شبكي أساسي تتداخل معه جوائز معدنية عادية أو شبكية من طرف واحد أو من طرفين ، الشكل (8 - 2) .

– هياكل التدعيم المعدنية :

غالباً ما يفضل استخدام الدعائم المعدنية كركائز للقالب الخشبي بشكل عام ، وللقالب المعدني بشكل خاص فالدعائم المعدنية تتفوق على الدعائم الخشبية بعدد مرات استخدامها وقلة تكاليفها في الاستخدام والصيانة ، كما أنها تعطي مجالاً واسعاً للارتفاعات المطلوبة وتحتل حيزاً صغيراً في أثناء التخزين .

ولا تختلف أنواع الدعائم عن بعضها بعضاً كثيراً من حيث التركيب، لكن جميعها تستعمل مقاطع معدنية أنبوبية متداخلة (ركائز تلسكوبية معدنية) وركائز برجية مصنوعة من الحديد الصلب أو العادي أو الحديد المغلفن وهو أفضلها .



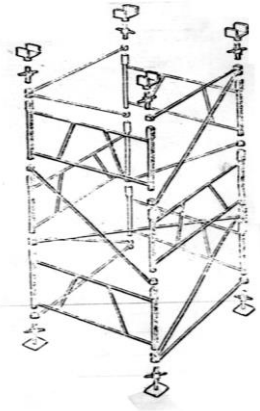
الشكل (8 - 2) جائز تلسكوبي أصلي مع وصلة لتغطية الفتحات الصغير.

– الركائز التلسكوبية المعدنية : وهي عبارة عن أنابيب متغيرة الطول تتداخل فيما بينها ونستطيع من خلالها الحصول على الارتفاعات المطلوبة بانزلاق أحدهما داخل الآخر ، وهي مجهزة بقواعد ذات لوالب قابلة للدوران تؤمن حركة الركيزة وشاقوليتها.

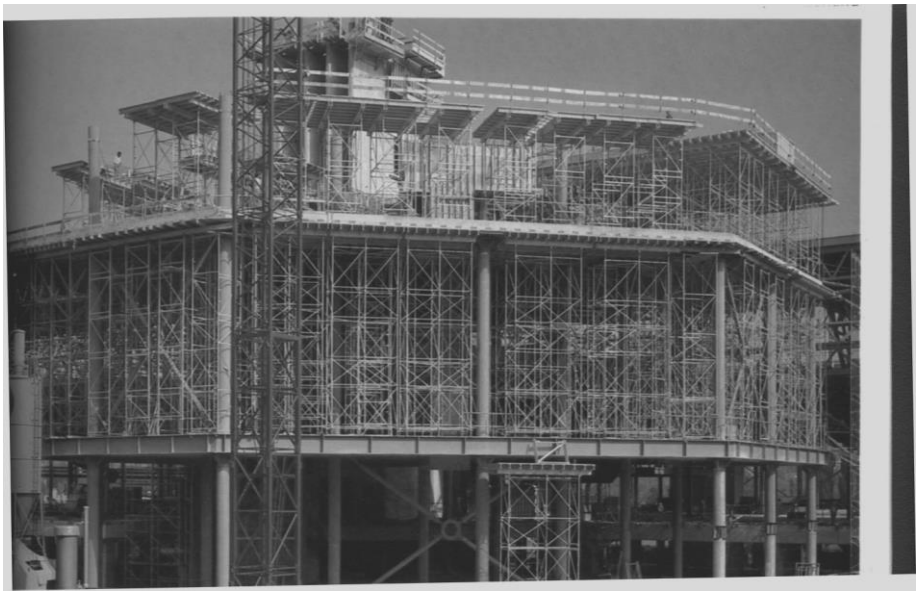
تتركب الركائز من قوائم رأسية متداخلة من الأنابيب المعدنية قطرها الداخلي (40mm) والخارجي (48mm) ، وتتراوح أطوال أنابيب القوائم مابين (180– 120 cm) وترتكز قوائم هذه الركائز على قواعد مستديرة من المعدن قطرها (20 cm – 15) ، كما في الشكل (9 - 2) .

الشكل(9 - 2) قالب سقف محمول على سفالة معدنية وركائز تلسكوبية .

- **الركائز البرجية :** وهي على شكل أعمدة مكونة من مقاطع معدنية تستخدم في حالة الارتفاعات والقوى المؤثرة الكبيرة ، وتكون مجهزة بآلية للحصول على الارتفاع المطلوب لتأمين الشاقولية ، الشكل (10- 2) ، الشكل (11 - 2) .



الشكل (10-2) الركائز البرجية .



الشكل (11 - 2) الركائز البرجية .

القوالب المعدنية المعيارية المركبة من الألواح الكبيرة :

تعّد هذه القوالب من أكثر الأنواع الحديثة انتشاراً في البناء ، وتتكون من أجزاء أو قطع يتم تركيبها من قبل العمال في موقع العمل ثم ترفع إلى مكانها بالروافع ، ويفضل استخدام هذا النوع من القوالب لأسباب عديدة أهمها :

- ارتفاع كلفة القوالب الخشبية التقليدية ، وكذلك أجور العمال والجهد اللازم لتركيبها وفكها وخاصة في المنشآت ذات المساحات الواسعة .
- الدقة العالية في البناء ، وجودة السطوح الناتجة وخاصة عند استخدامها مع مكونات أو عناصر مسبقة الصنع .
- سرعة تشييد ورفع هذه القوالب وسهولة إزالتها وفكها .
- زيادة فعالية استخدام الروافع البرجية ذات القدرة العالية ، والتي تعتبر ذات أهمية كبيرة عند استخدام هذه القوالب نظراً لثقلها .
- أنظمة هذه القوالب تسمح بسهولة إمكانية احتوائها على ثغرات أو قنوات خاصة بالتوصيلات الكهربائية والتمديدات الصحية ، والتي يتم تحديدها بشكل مسبق ضمن المخطط ،الأمر الذي يوفر الوقت اللازم لإنهاء أعمال إعداد الخدمات المرافقة لإنشاء

المباني ، ويتيح إمكانية استخدام التقنيات المسبقة الصنع اللازمة لإعداد الأقنية .كما أنها تتيح إمكانية احتوائها على فتحات الأبواب والنوافذ .

- تمكن ألواح الفولاذ الكبيرة المزودة بمفاصل بين الألواح من وضع التزيين أو الديكور المطلوب دون الحاجة إلى استخدام الجبصين .

يمكن استخدام هذه القوالب لعدد كبير ومتنوع من الأبنية في مجال الهندسة المدنية، وخاصة المباني المحتوية على تكرار كبير مثل (الجدران – الجسور – الممرات السفلية – الأبنية المتعددة الطوابق والبلاطات البيتونية) .

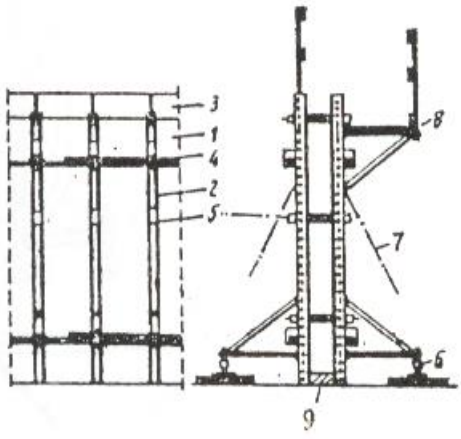
تتألف هذه القوالب من قطع صغيرة ملائمة للمشاريع التي تتطلب إعادة أو تكرار قليل أو من قطع كبيرة تستخدم في المشاريع التي تتطلب إعادة الاستخدام بشكل متكرر لأنها تصبح أكثر اقتصادية وذات مكونات أقل ، مع توفير في الوقت والجهد .

من أهم هذه القوالب :

– قوالب الجدران : (WALLFORM)

يتألف القالب الجداري الشكل (12 -2) من الألواح والدعائم الساندة له ، وتتكون هذه الألواح بارتفاع طابق واحد ، عرضها قد يصل حتى 90 cm والطول الأعظمي لها 2.7 m ، تجمع الألواح مع بعضها بعضاً بواسطة ملاقط تثبيت ، حيث يتم تركيبها على الأرض ثم إكمالها بعد الرفع بدعامات وأكتاف.

إن استخدام قوالب الجدران المعدنية يؤدي إلى توفير كبير في الجهد وزيادة في الإنتاجية مقارنة مع القوالب التقليدية وهذا ما يوضحه الجدول (1 - 2) .

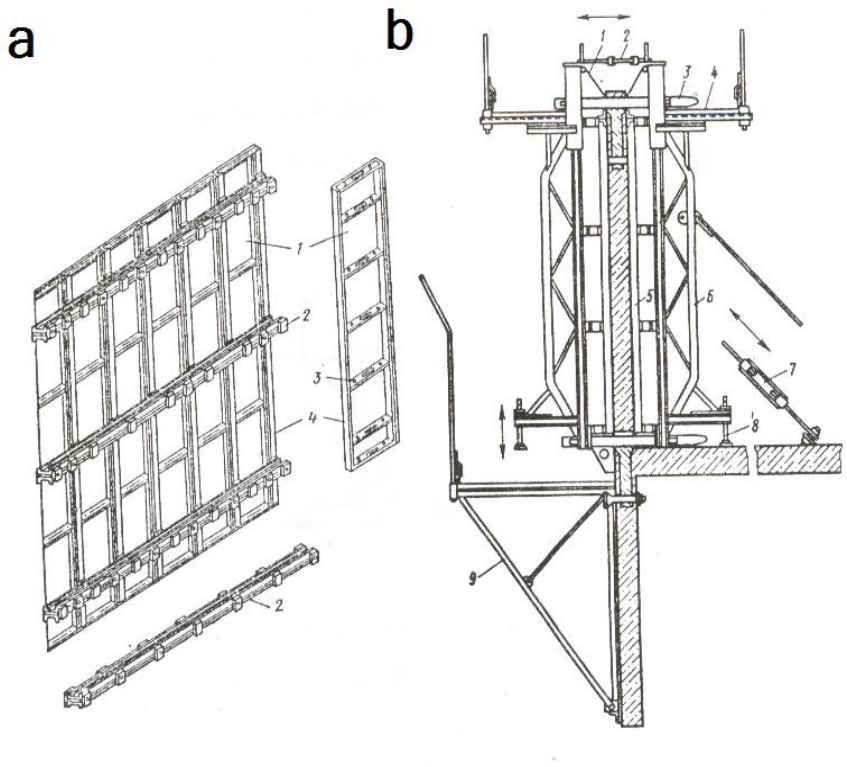


الشكل (12 – 2) قالب جدار .

1- سطح القالب 2- هيكل القالب 3- وصلة لزيادة الارتفاع 4- عناصر تقوية 5 – عنصر ربط بين وجهي القالب6 – قاعدة تثبيت القالب مجهزة بلولب حلزوني 7 - دعامة مائلة 8- منصة عمل 9- عتبة بيتونية

الجدول (1 - 2) الإنتاجية و الجهد المصروف لتركيب قوالب الجدران

نوع القالب	الجهد المصروف $man.h/m^2$	الإنتاجية، m2 /h
القوالب الخشبية التقليدية	0,48h	باستخدام عاملين $4,2m^2$
قوالب معيارية ذات ألواح صغيرة معدنية	0,35h	باستخدام عاملين $5.5m^2$
قوالب خشبية ذات ألواح كبيرة	0,123h	باستخدام عاملين $24m^2$
قوالب معدنية معيارية ذات ألواح كبيرة	0,114h	باستخدام عاملين $26m^2$



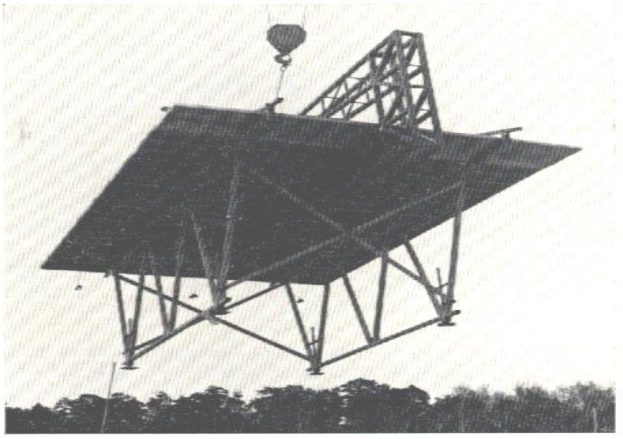
الشكل (13-2) ألواح قوالب الجدران المعدنية الكبيرة .

a – ألواح الجدران المعدنية.1– سطح القالب 2 –عوارض أفقية 3 –فتحات الشد4 –إطار معدني

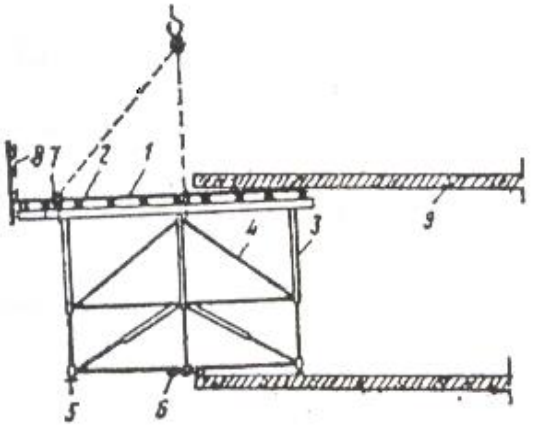
b – قالب معياري لصب قوالب الجدران والقواطع . 1– موجه للبيتون 2 – شدادة 3 – قضيب شد 4 – منصة مؤقتة5 – سطح القالب 6 – جمالون معدني 7 – شداد تثبيت 8 – مرفاع هيدروليكي 9 – منصة لتركيب الألواح الخارجية

– قوالب الأسقف : (TABLE FORM)

تصمم هذه القوالب لصب بلاطات الأسقف حصراً وهي موضحة في الشكلين (2- 13 ، (14- 2)



الشكل (13 - 2) قالب الأسقف البيتونية .



الشكل (14-2) عناصر قالب السقف .

1- سطح القالب 2- هيكل القالب حامل للسطح 3- ركائز تلسكوبية 4- عناصر تقوية 5- لولب 6 - عجلات 7- أماكن التعليق 8- حاجز 9- بلاطة مصبوبة

تنفذ عملية تركيب وفك قوالب الأسقف وفق أحد الأسلوبين :

الأسلوب الأول :

تستخدم خلاله الرافعة البرجية ذات العارضة بشكل حرفU ، ويعّد هذا الأسلوب ذا فعالية جيدة ، لأن استخدام هذه العارضة يسهل إزالة القالب بدون حصول أضرار للجدران المصبوبة سابقاً .

الأسلوب الثاني :

يتم تشكيل الأرضية بين الجدران المتقاطعة ، وذلك بوضع أكتاف مثبتة على الجدران المصبوبة من قبل ، ثم يتم رفع قالب الأرضية إلى موقعه ويثبت باستخدام الروافع .

أما عملية إزالة القالب فتتم بواسطة خفض القالب ، ووضعه على الأكتاف السابقة ، ثم إزاحته عن طريق اللوالب أو الأسطوانات المثبتة على الأكتاف . وتتميز هذه الطريقة بصعوبتها كونها تتطلب التدعيم المتواصل خلال عملية الفك، لكنها تعطي اتساعاً واضحاً في المساحة. كما يجب الانتباه أثناء إزالة القالب إلى تدعيم الأرضيات من خلال وضع دعامات بين القوالب ، أو أن يتم تدعيم أحد أجزاء القالب قبل إزالة العناصر الأخرى .

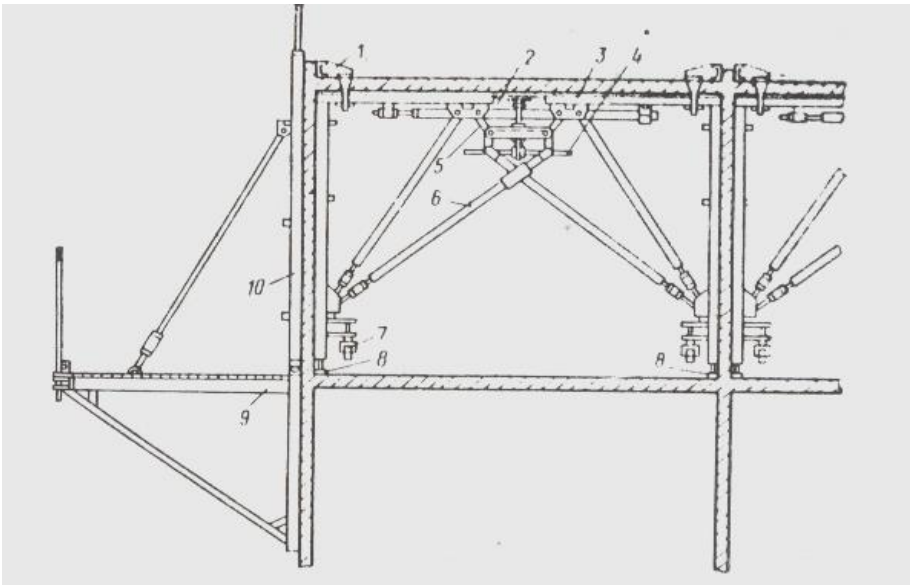
يبين الجدول (2-2) معدلات الإنتاج باستخدام القوالب المسطحة ذات القطع المعدنية الكبيرة والقوالب الخشبية التقليدية .

الجدول (2-2) الإنتاجية والجهد المصروف لتركيب قوالب الأسقف .

نوع القالب	الجهد المصروف man. h / m^2	الإنتاجية m^2/h
القوالب الخشبية التقليدية	0.25 h	با ستخدام عاملين $8m^2$
القوالب المعدنية المسطحة	0.073h	با ستخدام عاملين $27m^2$

5- القالب النفقي: (TUNNEL FORM) .

تتيح هذه القوالب صب الجدران والأسقف بآن واحد، كما هو مبين في الشكل (2- 15).



الشكل (15 - 2) القالب النفقي .

1 – قطعة معدنية لتحديد سماكة الجدار 2,4,5,6– أجزاء الهيكل المعدني الحامل .

3– قالب نفقي على شكل L مقلوب 7 – دولاب . 8 – براغي حاملة .

9– مصطبة أفقية . 10– قالب الجدار الخارجي .

يتمتع القالب النفقي بالمزايا التالية:

١. تعّد هذه القوالب من أكثر الأنواع اقتصادية ، إذا مااستخدمت لبناء نماذج من الأبنية ذات التفصيلات الإنشائية المتكرر ة (مدارس ، مستشفيات ، فنادق ..) .

٢. تمتاز بسرعة الإنجاز من حيث الفك والتركيب .

٣. تعطي هذه القوالب جدران وأسقف مترابطة وتشكل كتلة خرسانية واحدة.

٤. تقوم الجدران بوظيفة إنشائية فهي جدران حمّالة ، وبذلك يمكن الاستفادة من الفراغات الداخلية بشكل أفضل .

٥. الميزة الرئيسية لهذه القوالب هو أن حمولات الصب تتوضع على جدران الطابق الأدنى ، وبالتالي لا توجد حمولات على طابق الصب إلا في أثناء عملية البناء ، لذلك فإن الدعامات المستخدمة في هذه الحالة متمفصلة بحيث يمكن تحريكها مما يوفر إمكانية الدخول إلى داخل القالب بحرية .

٦. يفضل استخدام هذه القوالب في مناطق الجو الحار والمناطق غير المستقرة .

غير أن استخدام هذه القوالب يعاني من بعض الصعوبات في التنفيذ مثل :

١. صعوبة الصب المتواصل والحاجة إلى الدقة العالية ومراقبة جميع أعمال التنفيذ ، بالإضافة إلى أن هذه القوالب لا تلائم سوى الأبنية المتعددة الطوابق وذات التفصيلات الإنشائية المتكررة والمتماثلة .

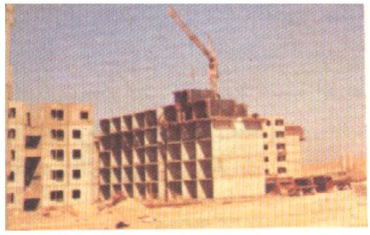
٢. سرعة التنفيذ ليست كبيرة ، نتيجة الوقت اللازم لوصول البيتون إلى المقاومة الكافية لتحمل وزنه الذاتي والحمولات الإضافية الأخرى .

٣. عدم إمكانية فك قوالب الجدران قبل الأسقف ، لذلك تبقى في مكانها ريثما يتم تصلب بيتون السقف مما يقلل من إمكانية استثمارها .

يستخدم القالب النفقي في البناء وفق أحد الأشكال :

- نفق يتشكل من حائطين وقالب سقف يتصل بهما ، وهذا يؤمن صب الجدران حتى ارتفاع 3m وصب الأسقف بمجازات تصل حتى 7.5m .
- نفق من قالبين على شكل حرف Γ (جدار + نصف سقف) يوضعان بشكل متعاكس من أجل تغطية مجازات طويلة تصل حتى 14m .

يظهر الشكل (16-2) دورة عمل تنفيذ المنشآت البيتونية باستخدام القالب النفقي (على شكل حرف Γ) ، التي تساعد في عملية صب الحائط والسقف في وقت واحد .

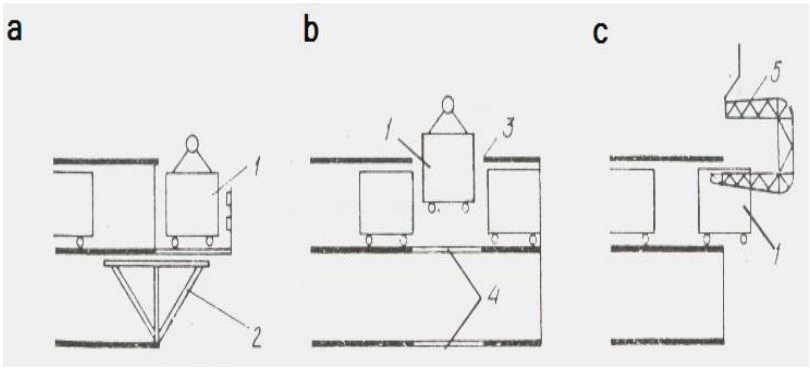


الشكل(16 - 2) دورة عمل القالب النفقي

يتم إخراج القالب النفقي من المبنى بإحدى الطرق التالية :

- استخدام مصطبة أفقية مثبتة على المبنى من الخارج .
- استعمال حامل معدني .
- ترك فتحة في السقف ، الشكل (17 - 2) .

تبلغ إنتاجية القوالب النفقية حوالي $30m^2 / h$ باستخدام ثلاثة عمال ، أما الجهد المصروف لتركيب أوفك m^2 من القالب فهي على التوالي، $man.h/m^2$ (0.22 0.27) .



الشكل (12-2) طرق إخراج القالب النفقي

a – إخراج القالب النفقي باستخدام المصطبة الأفقية . b–بترك فتحة في السقف ، c– باستخدام حامل معدني .1 – القالب النفقي ، 2– هيكل معدني حامل ، 3– سقف بيتوني 4 – بلاطة مسبقة الصنع ، 5– حامل معدني

6– القالب المنزلق : (Slip Form)

يستخدم هذا النوع من القوالب في تنفيذ جدران المنشآت البيتونية المسلحة ذات المقطع الثابت وبدون توقف، مثل المداخن ، الصوامع ، الأبنية البرجية ، نواة الأبنية العالية ، ركائز الجسور، خزانات المياه العالية.

بنية القالب : يتألف القالب المنزلق من العناصر الأساسية التالية :

1– القالب :

يتألف من سطح القالب الشاقولي والمستوي تماماً ، والذي يميل عن الشاقول بزاوية (°6 -°4) بهدف تخفيف الاحتكاك بين القالب والبيتون . مسقط السطح الأفقي منطبق تماماً على مسقط البناء المراد تنفيذه. ويصنع السطح من الدفوف الخشبية المصقولة بسماكة 30mm ،أومن الحديد ويفضل أن تكون مصنوعة من المعدن للحصول على قوالب تتميز بصلابة كبيرة وصلاحية للاستعمال فترة طويلة . يبلغ ارتفاع القالب حوالي 120 cm – 100 . الهيكل الحامل لسطح القالب يتألف من عارضتين معدنيتين أفقيتين واحدة في الأعلى والأخرى في أسفل السطح تقوى هذه العوارض بعوارض مائلة لإعطاء القالب مقاومة كافية ضد التشوه في مستوي السطح خلال التنفيذ .

2– تجهيزات الانزلاق :

١. **قضبان الارتكاز:** تستخدم هذه القضبان لنقل جميع الحمولات الشاقولية الناتجة عن التنفيذ إلى الأساسات، وهي قضبان من الحديد قطرها mm(25-20) وطولها 2.5 - 3m . تغرس هذه القضبان في الجدار البيتوني الواجب صبه . يتم وصل قضبان الارتكاز مع بعضها بعضاً بحيث تتداخل نهاياتها فيما بينها وترتكز القضبان على القاعدة بواسطة صفيحة معدنية.

٢. **روافع الانزلاق** : وهي مكابس هيدروليكية قابلة للحركة الشاقولية ، وهي مثبتة حول قضبان الارتكاز، وتقوم برفع القالب المنزلق المُثبت عليها بواسطة الإطار الحامل. ويجب أن لا تزيد المسافة مابين روافع الانزلاق عن 2.5m ، تبلغ سرعة المرفاع 10-15cm/h.

٣. **أنابيب الانزلاق** : وهي عبارة عن أنابيب مغموسة في الجدران تحيط بقضبان الانزلاق ، وتمتد من الأسفل إلى منسوب القالب السفلي وتثبت مع الإطارات الحاملة بحيث تنزلق داخل الجدار إلى الأعلى مع ارتفاع القالب ، والهدف منها تسهيل نزع قضبان الارتكاز من الجدار البيتوني بعد الانتهاء من صبه .

3- الإطارات الحاملة :

تتشكل من مقاطع معدنية لها شكل حرف U مقلوب ، ويثبت على حوافها الداخلية القالب مع منصات العمل وترتكز على قضبان الارتكاز بحيث تنزلق إلى الأعلى بشكل متوافق من روافع الانزلاق .

4- منصات العمل: وتنقسم إلى منصات علوية وأخرى سفلية .

٤. **منصات علوية** : ترتكز هذه المنصات في مستوي الحرف العلوي للقالب ، وتستعمل من أجل تأمين حركة العاملين ومواد العمل (ويمكن أن تصمم إضافة لهذه المنصات منصة علوية فوق مستوى الحرف العلوي للقالب تستعمل من أجل التخزين المرحلي للبيتون وحديد التسليح) .

٥. **منصات سفلية** : تقع دون مستوي القالب وتستخدم من أجل معالجة السطح البيتوني بعد خروجه من القالب ومراقبة وإصلاح سطح القالب. يوضح الشكل (2-13) تجهيزات القالب المنزلق .

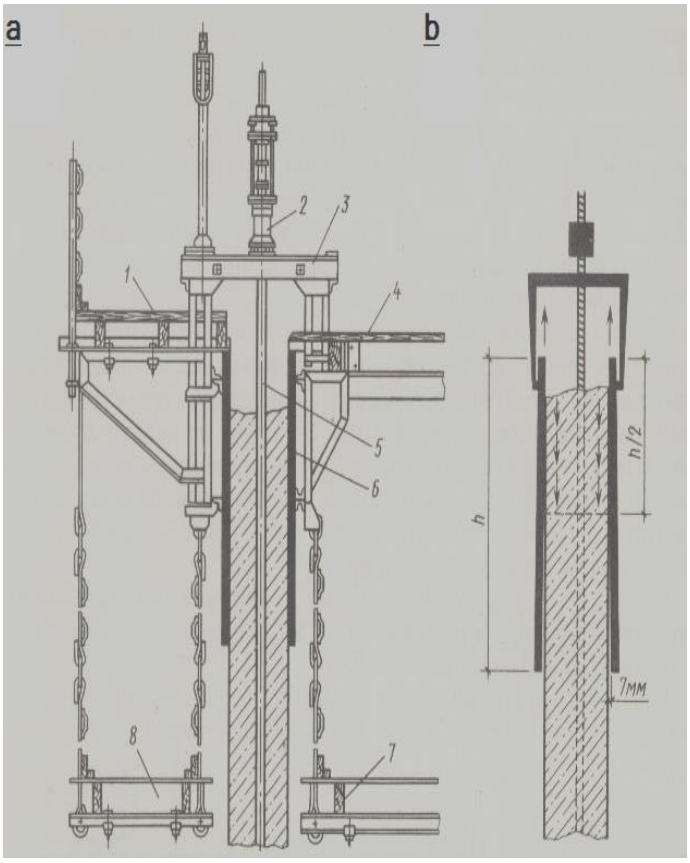
ميزات العمل بالقالب المنزلق:

١. تعّد طريقة الصب بالقالب المنزلق ذات اقتصادية جيدة للأبنية المتعددة الطوابق التي لا يكون عدد طوابقها أقل من (12 - 10) طابقاً . وذلك للحصول على منشأ متجانس يعمل كقطعة إنشائية واحدة مستمرة ومعدل سرعة مرتفع نتيجة استمرار عمليات الصب دون توقف ليلاً ونهاراً.

٢. سرعة رفع القالب المنزلق تتراوح ما بين cm (15- 10) في الساعة الواحدة ، وهذه السرعة يجب أن تحدد بدقة لأن عملية الرفع بمعدل أسرع من اللازم تؤدي إلى تشقق البيتون المصبوب بعد تركه للقالب كونه لم يتصلب بالقدر الكافي.

٣. يؤدي رفع القالب بمعدل أقل من اللازم إلى التصاق البيتون بجسم القالب وبالتالي تشوه السطح الخارجي للجدار البيتوني المصبوب ، أو يمكن أن يؤدي إلى انفصال الجزء المصبوب عن الجزء السفلي الذي تم صبه .

٤. يتم الكشف الدوري على سير العمل كل (8-4) ساعات ، بالإضافة إلى الكشف على القالب ذاته قبل بداية أية مرحلة مهما تعددت هذه المراحل،لذلك لا بدّ من اختيار قالب مدعم جيداً بحيث نضمن عدم التوائه أثناء العمل ثم إجراء القياسات الدورية للتأكد من سلامة العمل وذلك بوضع علامات ثابتة .



الشكل (13 - 2) عناصر القالب المنزلق .

a– تجهيزات القالب المنزلق .b – مقطع يبين القوى المؤثرة في أثناء رفع القالب المنزلق

1– منصة علوية . 2 – رافعة . 3– إطار حامل 4– منصة داخلية 5– قضبان الا رتكاز 6– سطح القالب 7 ، 8 - منصات سفلية .

٥. تتعلق سرعة الرفع بالدرجة الأولى بسرعة تصلب البيتون ، وبالتالي بدرجة حرارة الجو. ففي فصل الشتاء يؤدي انخفاض درجة الحرارة إلى انخفاض معدل زلق القالب لذلك يضاف إلى جسم القالب واق من الهواء البارد لحماية العمال والبيتون . ويمكن إضافة مواسير البخار داخل البيتون لتسريع تصلبه . أما في فصل الصيف فتطلى القوالب باللون الأبيض بهدف التقليل من التأثير الحراري وأثناء الرفع تعلق قطعة من القماش أو الخيش من جهة الشمس . وفي كافة الأحوال يجب مراعاة توازن درجة الحرارة على كل من السطح الداخلي والخارجي للجدار المصبوب حتى لا يؤدي اختلاف درجة الحرارة بين السطحين إلى تشققات داخلية في البيتون .

٦. تحديد المنسوب على قضبان الارتكاز ، بحيث يتم التأكد من أن جميع الروافع تقف عند منسوب واحد أو من خلال قياس مساحي لمناسيب القالب والروافع من نقطة ثابتة .

٧. يفضل عدم احتواء الجدار على بروزات أو فتحات أو تغيير في السماكة ، لأن هذا كله يحتاج إلى توقف أعمال الصب لحين الانتهاء من تشكيل هذه الأعمال .

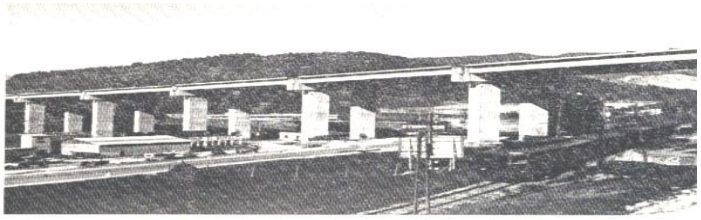
٨. ينجز العمل بالقالب المنزلق بتسلسل تكنولوجي دقيق بدون توقف ، لذلك يجب قبل البدء بعملية الصب تأمين كمية كافية واحتياطية من المواد الضرورية والهياكل والآلات حتى إذا خرجت أحدى الآليات من العمل أن يكون الاحتياطي جاهزاً . ويبين الشكل(14-2) أشكال لمنشآت تم تشييدها باستخدام القالب المنزلق (أعمدة جسر سيارات ، صوامع حبوب ، مداخن ....).

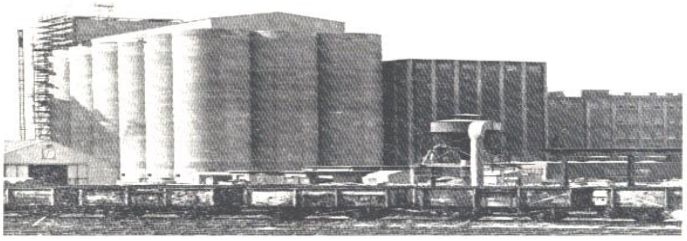
عيوب استخدام القالب المنزلق :

- الاقتصار على صب الجدران الشاقولية .
- الحاجة إلى الدقة الكبيرة في العمل أثناء صب الجدران .
- العيوب في الجدران المصبوبة ، وبالتا لي الجهدالكبير اللازم صرفه لإصلاحها.

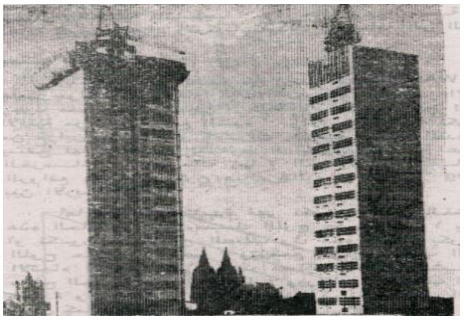
a

b





c



الشكل (14- 2) نماذج لمنشآت نفذت بوساطة القالب المنزلق .

a– مدخنة تنفذ بالقالب المنزلق . b– صوامع حبوب . c– تشييد الأبنية بطريقة البلاطات المرفوعة . – Lift slabsوالقالب المنزلق .

تصميم القالب المنزلق :

يتلخص التصميم في مرحلتين :

المرحلة الأولى : في هذه المرحلة من التصميم يتم حساب الحمولات المتمركزة على مجموع الروافع الهيدروليكية الموجودة فوق الجدار .

$$\sum g = g_1 + g_2 + g_3$$

حيث أن : g_1 – وزن القالب ومنصات العمل .

g_2– الحمولات الثابتة والديناميكية على منصات العمل .

g_3 – الحمولات المؤثرة نتيجة الاحتكاك والتماسك مابين ا لقالب والبيتون .

A– حساب الحمولة g_1 :

$$g_1 = \sum p_I = p_1 + p_2 + p_3 + p_4$$

حيث أن : p_1 ـ وزن منصات العمل ا لخارجية .

p_2 – وزن منصا ت العمل الداخلية .

P_3 – الوزن الذاتي للقالب مع الإطار الحامل .

P_4 – وزن منصات العمل ا لسفلية .

ويتطلب حساب الحمولات السابقة معرفة الأوزان النوعية ومعاملات التحميل للعناصر المكون منها القالب المنزلق ، وتؤخذ من الجدول (3-2) .

الجدول (3-2) الأوزان النوعية ومعاملات التحميل .

معامل التحميل	الوزن النوعي p_i	الواحدة	الرمز	عنصر القالب المدروس
1.4	64	$Kg/m^{'}$	P_1	المنصة الخارجية
1.5	98	Kg/m^2	P_2	منصة العمل
1.25	158	$Kg/m^{'}$	P_3	وزن القالب المعدني مع الإطار الحامل
1.25	121	$Kg/m^{'}$	P_3	وزن القالب الخشبي مع الإطار الحامل
1.3	70	$Kg/m^{'}$	P_4	المنصة السفلية

وتحسب الحمولات p_1 ، p_4 ، p_3 بالعلاقة التالية :

$$p = p_Y \cdot l \cdot k$$

حيث أن : p_y – وزن واحدة الطول **Kg/m'** .

L – طول الجدار ، m .

K – معامل التحميل .

أما الحمولة P_2 فتحسب بالعلاقة التالية :

$$p_2 = p_Y \cdot F \cdot k_2$$

حيث أن : F – مساحة منصة العمل ، m^2 .

٢– حساب الحمولات الثابتة والديناميكية المؤثرة على منصات العمل g_2 :

$$g_2 = g_{2,a} + g_{2.b} + g_{2.c}$$

حيث أن : $g_{2.a}$ – الحمولات المؤثرة على المنصة الخارجية للقالب .

$g_{2.b}$ - الحمولات المؤثرة على المنصة الداخلية .

$g_{3.c}$ – الحمولات المؤثرة على المنصات السفلية .

وتحسب الحمولات المذكورة أعلاه $g_{2.a}$ ، $g_{2.b}$ ، $g_{3.c}$ بالصيغة التالية :

$$g_{2.a} = g_{y.i} \cdot F_i \cdot K_i$$

حيث أن: $g_{y.i}$ –الحمولات الثابتة والديناميكية المؤثرة على مساحة $1m^2$ من العنصر I

F_i– مساحة العنصر .

K_i – معامل التحميل للعنصر المدروس i ، ويؤخذ من الجدول(4 – 2) .

B– حساب الحمولة g_3 الناجمة عن قوى الاحتكاك والتماسك بين ألواح القالب وسطح البيتون .

وتحسب بالعلاقة التالية :

$$g_3 = 2\sigma_k \cdot F_k \cdot K_3$$

حيث أن : σ_k – قوة الالتصاق الواحدية، **Kg/m²** .

F_k – مساحة سطح التماس بين البيتون والقالب ، m^2 .

K_3 – ثابت متعلق بنوع القالب .

$$F_k = h_k \cdot L_k$$

حيث أن : L_k ، h_k – طول وارتفاع سطح التماس بين البيتون والقالب .

الجدول (4 – 2) الأوزان النوعية ومعاملات التحميل للحمولات الثابتة والديناميكية .

عنصر القالب المدروس	الرمز	الواحدة	الوزن النوعي pi	معامل التحميل
المنصة الخارجية	$g_{2.a}$	Kg/m^2	100	1.3
المنصة الداخلية	$g_{2.b}$	Kg/m^2	120	1.3
المنصة السفلية	$g_{3.c}$	Kg/m^2	60	1.3

المرحلة الثانية : خلال هذه المرحلة يحسب عدد الروافع الهيدروليكية، وذلك بالعلاقة :

$$n = \frac{\sum g}{Q} \quad ، \quad Q = Q_{\max} \cdot K_u$$

حيث أن : n – عدد الروافع .

Q – قدرة الرافعةالواحدة .

Q_{MAX} – قدرة التحمل الأعظمية للرافعةالواحدة .

k_U – معامل مرتبط بنوعية الروافع المستخدمة وبظروف العمل .

السماكة الأصغرية للجدار:

يتعرض الجدار إلى جملة من القوى الشاقولية وهي :

P_1 – القوى الناجمة عن الوزن الذاتي للبيتون ضمن الجدار ، وهي معاكسة لحركة القالب .

$p\sigma$, $p\tau$ - قوى الاحتكاك والتلاصق مابين البيتون والقالب ، وهي قوى شاقولية متجهة نحو الأعلى تعمل على رفع البيتون ونزعه إلى الأعلى .وضمان عدم حدوث التشوهات خلال عملية الصب يجب أن تتحقق المعادلة التالية :

$$P_1 \rangle P_\sigma + P\tau$$

ومع فرض قوى الاحتكاك والتماسك موجودة على ارتفاع نصف القالب ، فإن المعادلة السابقة تأخذ الشكل التالي : $\frac{h}{2} \cdot b \cdot \gamma \rangle 2\sigma \cdot \frac{h}{2}$

ومنه نجد : $b_{\min} = \frac{2\sigma}{\gamma}$

حيث أن : σ – قوى الاحتكاك والتلاصق بين سطح القالب والبيتون ، Kg/m^2 .

γ – كثافة البيتون ، kg/m^3 .

h – ارتفاع القالب المنزلق ، m .

b – سماكة الجدار البيتوني المراد صبه ، m .

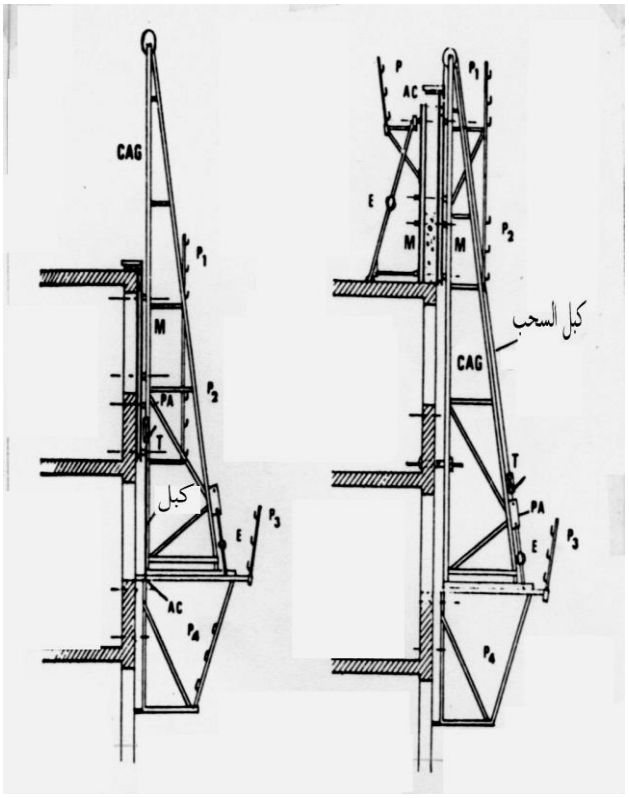
7– القالب القافز : (Jumping form)

وهو عبارة عن قالبين متوازيين ارتفاعهما يتراوح بين m (2 – 1) ، وقد يصل ارتفاعه إلى ارتفاع الطابق . يتم ملء البيتون ضمن هذين القالبين ، ومن ثم بعد تصلبه يقفز القالب إلى الأعلى على شكل قفزات متتالية حيث يرتفع بشكل ذاتي هيدروليكي .

تستخدم هذه الطريقة ببناء ناطحات السحاب حيث أن ارتفاع المبنى الأعظمي غير محدود ، وذلك لأن القالب والسارية يستندان مباشرة على الجدار الذي تم صبه للتو، **وهناك نوعان :**

– القالب المتسلق ذو الكابلات :

يتكون القالب من قسمين، سارية محيطة بالبناء وقالب منفصل عنها، الشكل (15 - 2).



الشكل (15-2) القالب القافز ذو الكابلات

السارية (CAG) : وهي محيطة بالبناء من كل أطرافه، وهي بشكل مثلث من الأعلى وشبه منحرف في الأسفل . ويوجد على رأس السارية بكرة يتحرك عليها كابل يسحب معه منصات عمل لسير العمال هي P_3 . P_4 .

القالب (M) : وهو منفصل عن السارية ، ولكنه قابل للانزلاق على السارية للأعلى إن كانت السارية مثبتة على الجدار . يبلغ ارتفاع السارية ثلاثة أضعاف ارتفاع القالب ، كما يبلغ ارتفاع القالب ارتفاع الطابق على الأقل .

من الضروري دهن القوالب من الداخل بالزيت حتى يسهل زلقها بحيث لا تلتصق بالبيتون . وقد لا تكفي سارية واحدة لرفع القالب ، لذلك نستخدم أكثر من سارية واحدة حيث توضع سارية كل $2.5m \rightarrow 3m$ m من طول الجدار المصبوب .

ملاحظة :

- إن الجدران المصبوبة يجب أن تكون شاقولية تماماً دون أي ميل ، ولكن شكل المسقط الأفقي غير محدد .
- يمكن ترك فتحات الجدران (الأبواب والنوافذ) عن طريق إدخال قالب خشبي أو إطارات فولاذية ضمن قالب الصب له شكل الفتحة و بسماكة القالب (التباعد بين القالبين المشكلين للجدار) .
- **القالب المتسلق ذو المكابس الهيدروليكية:**

Jumping form by (hydraulic jack)

يستخدم هذا القالب في بناء الجدران ذات المقطع الشاقولي أ و المائل أ و المنحني، ويتراوح ارتفاعه ما بين m (4 . 1) . ويتألف من سقالة معدنية ذات طابقين تحمل قا لب الصب. تكون هذه السقالة قابلة للميل وتستند على الجدار بواسطة براغي تثبيت عندما تكون في طور رفع القالب إلى الأعلى ، الشكل (16-2) . وتتلخص طريقة العمل بالاعتماد على الشكل المذكور أعلاه كما يلي:

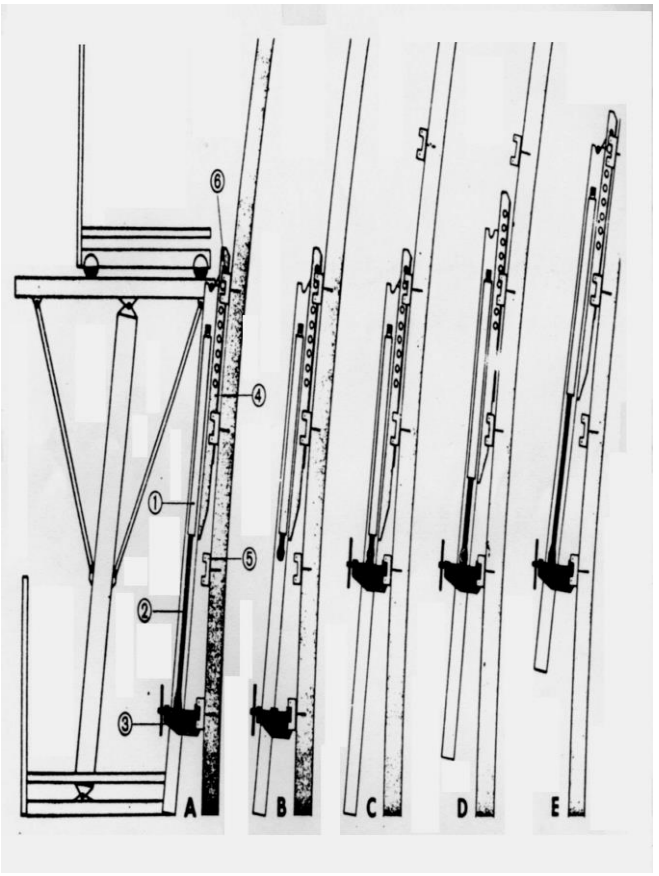
A- تستند السقالة على الجدار المصبوب ، وينزلق القالب نحو الأعلى ويجري صب البيتون.

B- يتم فك ذراع المكبس من الرابط السفلي ، ويتم إدخال ذراع المكبس ضمن أسطوانة المكبس حتى الحد الأقصى وبهذا يبلغ ارتفاع التسلق حوالي m (100 - 25) .

C- يتم فك الارتباط مع زاوية التثبيت السفلية والتثبيت على الزاوية التي تعلوها.

D- يتم ضخ الزيت ضمن أسطوانة المكبس مما يؤدي إلى رفع القالب والسقالة معاً مستندين على زاوية الاستناد.

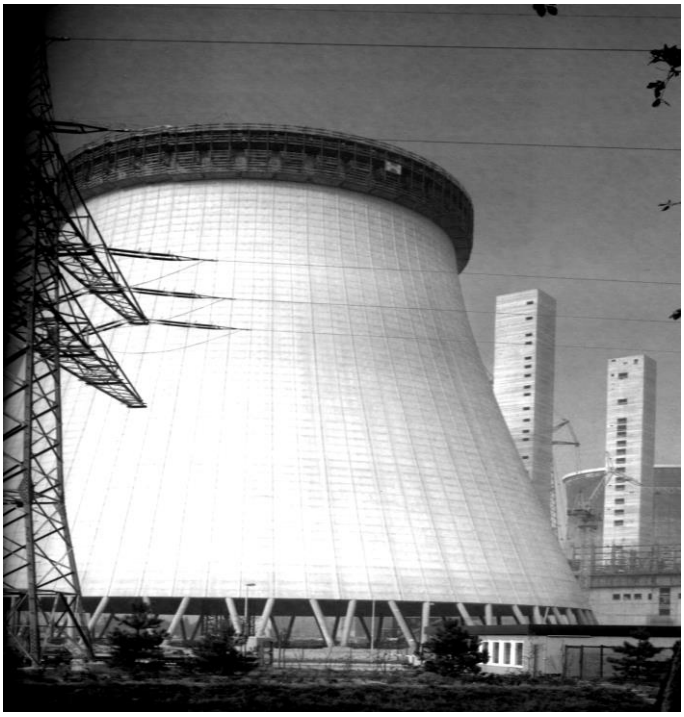
E- يصل ذراع المكبس إلى أعلى حد ممكن ، وبالتالي يصل القالب إلى الذروة وتبدأ عملية صب البيتون، ويتم تكرار العمليات السابقة بعد تصلب البيتون وامتلاكه المقاومة الكافية.



الشكل (16-2) القالب المتسلق ذو المكابس الهيدروليكية.

١ – المكبس الهيدروليكي، ٢ – ذراع المكبس المتطاول بفعل ضغط الزيت .٣ –رابط السفالة والقالب مع الجدار الذي صب مسبقاً ،– حامل القالب المعدني. ٥ – زاوية معدنية مثبتة بالجدار المصبوب تستند عليها السفالة وذراع المكبس. ٤٦ – براغي الاستناد الرابطة بين القالب و السفالة تحمل السفالة والقالب مؤقتاً ريثما يتم نقل الرابط إلى الأعلى وتثبيته على الزاوية المعدنية التالية .

ملاحظة: في كل دورة عمل يتسلق فيها القالب يتم تغيير اتجاهه بحدود تصل حتى $\pm 30^{o}$ لأن استناد القالب على السقالة له طبيعة مفصلية بحيث نحافظ على السقالة أفقية رغم أن القالب مائل عن الشاقول ، الشكل (17- 2) .



الشكل (17-2) برج لتبريد الماء نفذ بطريقة القالب المتسلق ذي المكبس الهيدروليكي.

الأسس المعتمدة لاختيار نوع القالب :

تستخدم في تنفيذ المنشآت البيتونية أنواع مختلفة من القوالب (القوالب الخشبية، المعدنية ، النفقية ، المنزلقة ....) . ولكل قالب من القوالب المذكورة سابقاً مجال مناسب للاستخدام ، لذلك لابد لمهندس البناء من اختيار القالب المناسب لتنفيذ المنشأة البيتونية سواء" أكانت مبنى سكني متعدد الطوابق أم صوامع حبوب أو مستشفى أو غيرها من المنشآت .

يتم اختيار القالب المناسب على مرحلتين :

المرحلة الأولى : يتم خلالها انتقاء القوالب ذات المواصفات (طول ، ارتفاع ، ..) المتوافقة مع مواصفات المنشأة الواجب تنفيذها .

المرحلة الثانية : اختيار القالب المناسب اعتماداً على المعايير التكنو– اقتصادية (الجهد المصروف للتنفيذ ، زمن التنفيذ ، وغيرها من المؤشرات المعتمدة في التقييم ..) .

ويحسب الجهد الكلي اللازم لتركيب وفك القوالب T بالعلاقة :

$$T = T_o + \frac{T_n + T_p}{n}$$

حيث أن: T_o:الجهد المصروف على استخدام القالب(تركيب، فك، تنظيف وتزييت ..).

T_n : الجهد المصروف على تصنيع القالب .

T_p : الجهد المصروف على إصلاح القالب .

N : عدد مرات استخدام القالب .

ويتعلق الجهد المصروف بنوع القالب المستخدم لتنفيذ العنصر البيتوني ، وبمواصفات ومقاييس هذا العنصر، الجدول (3-2) .

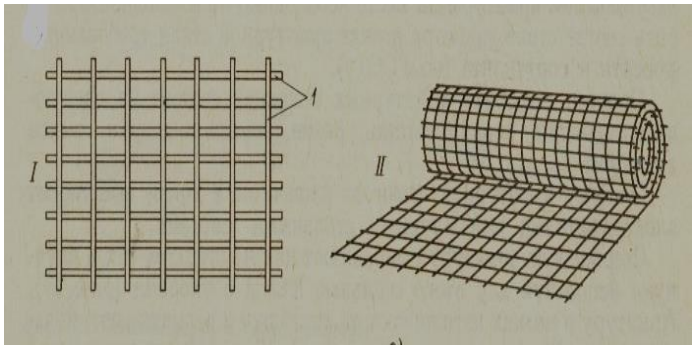
الجدول (5 - 2) الجهد المصروف على استخدام القوالب .

نوع العمل	الجهد الواحدي (شخص. يوم)
تركيب (فك) $1m^2$ من القالب النفقي	0 .27 (0.22)
تركيب (فك) $1m^2$ من القوالب المستوية مساحة القالب الواحد : حتى $6m^2$ $6 – 10\ m^2$ أكبر من $10m^2$	 0.64(0.38) 0.59(0.56) 0.56(0.35)
تركيب (فك) 1m من القالب المنزلق المصنع من : - صفائح خشبية ومعدنية . - صفائح معدنية .	 20.04 (16.3) 33.1 (17.3)
زلق القالب	1.4
تركيب 1t حديد تسليح في الجدران الأسقف	 19.64 13.9

3 -2 – أعمال التسليح :

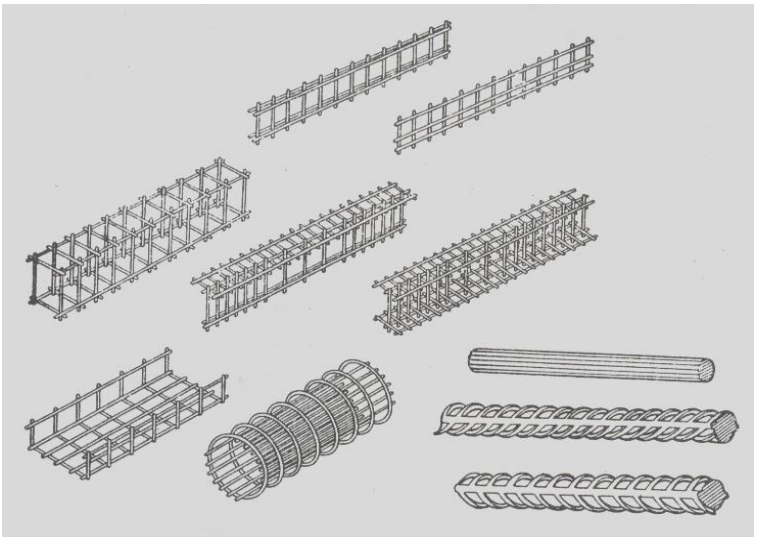
إن تجهيز عناصر وهياكل التسليح المستخدمة في المنشآت البيتونية المصبوبة في المكان يتحول تدريجياً من مواقع التشييد(ساحات التنفيذ) إلى و رشات ضمنها أو إلى مصانع وورشات مركزية متخصصة بتشكيل الهياكل المعدنية للعناصر الإنشائية .

يجري تشكيل وتصنيع هياكل التسليح بأشكال مختلفة (شبكات مسطحة ، هياكل فراغية) بشكل مؤتمت جزئياً أو كلياً كما هو مبين في الشكلين (20 - 2) و (2 - 21)، أما عمليات التقويم والتنظيف والقطع والتكسيح ، فتقوم بها آلات مؤتمتة يتبعها عمليات التجميع واللحام الكهربائي .



الشكل (20 – 2) شبكات مسطحة .

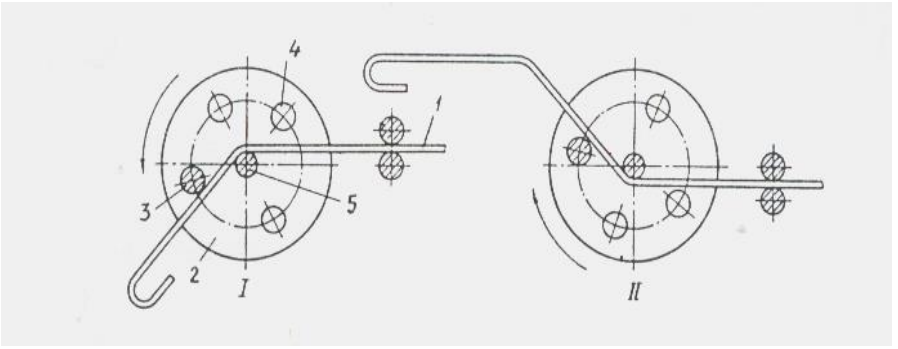
وعند إعداد هياكل التسليح وتجهيزها تنفذ العمليات التالية: تقويم قضبان التسليح ، تنظيف سطوح التماس ، اللحام ، قطع الأطوال المطلوبة ، تكسيح وثني القضبان وفق المخططات الموضوعة .



الشكل (21 – 2) الهياكل الفراغية .

– ثني وتكسيح القضبان :

نحصل من خلال تنفيذها على الأشكال المطلوبة من أساور و عكفا ت ، وتستخدم لهذه الغاية الآلات ذات المحاور المركزية الشاقولية ، ومحاور ثانوية إسطوانية بأقطار مختلفة للتكسيح كما هو مبين في الشكل (22 - 2) .



الشكل (22 - 2) آليات تكيح القضبان .

١– قضيب التسليح . 2– قرص دوار معدني . 3 – محور ثانوي . 4– ثقوب ارتكاز . 5 – محور مركزي .

– لحام قضبان التسليح :

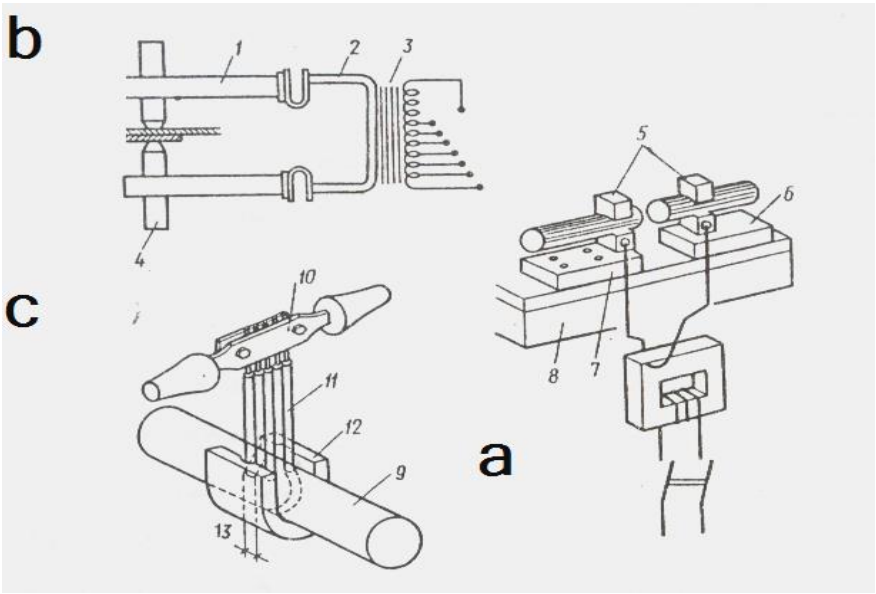
يستخدم اللحام الكهربائي نظراً لمزاياه العديدة والمتمثلة بتوفير كميات التسليح نتيجة عدم وجود العكفات والتي تصل إلى حدود % 15– 10 ، كما تحقق نقاط اللحام في الهياكل تماسكاً جيداً مع البيتون ، وعدم تشوه الهيكل في أثناء النقل والتركيب نتيجة المتانة الفراغية للهيكل ونقاط اللحام التي تشكل عقداً ثابتة ، وأخيراً النوعية الجيدة للهياكل الملحومة مقارنة مع طرق الوصل والربط اليدوية.

ومن الأنواع الشائعة الاستخدام عند تحضير وإعداد وتجميع هياكل التسليح :

١. لحام المقاومة التناكبي .
٢. لحام المقاومة النقطي .
٣. اللحام الكهربائي الخبثي .
٤. لحام المغطس (الحوض) .
٥. القوس الكهربائي .

لحام المقاومة التناكبي : من خلال إمرار التيار الكهربائي في نهايات القضبان المراد وصلها،ونتيجة لارتفاع درجة الحرارة في منطقة التماس يذوب المعدن ، ومع الضغط على القضبان من الأطراف يتم الوصل ونحصل على قضبان التسليح ، كما هو مبين في الشكل (A - 23 – 2) .

لحام المقاومة النقطي : وهي طريقة شائعة الاستخدام لدى تصنيع شبكات التسليح والهيا كل المستوية ، أي لحام القضبان المتقاطعة والمتصالبة وتستخدم لهذه الغاية آلية اللحام النقطي والمبينة في الشكل (B- 23 – 2) ، ويتلخص مبدأ عملها : في أن تطبيق التيار الكهربائي على نقاط تماس المعدن يؤدي إلى إذابة المعدن في تلك المناطق ، ومع الضغط بوساطة الالكترودات تزداد مساحة سطح التماس وتترافق بزيادة شدة التيار الكهربائي ، الأمر الذي يؤدي إلى تسريع عملية لحام القضبان وأسلاك الشبكات نتيجة ارتفاع درجات الحرارة وكميتها المنتشرة .



الشكل (23 – 2) أنواع اللحام المستخدم في ورشا ت إعداد هياكل التسليح .

a – اللحام التناكبي . b – اللحام النقطي . c – لحام المغطس .

1– عنا صر ناقلة للتيار الكهربائي . 2 – ملف المحرك الثانوي . 3 – وشيعة . 4– مثبتات القضبان . 11، 5 – الالكترودات .6 – – صفيحة تماس متحركة . 7 – صفيحة تماس ثابتة . 8 – قاعدة للارتكاز . 9 – القضبان الملحومة .10 – مماسك الالكترودات . 12– قالب . 13 – فجوة (ثغرة) .

ولكن في هذا النوع من اللحام تلعب نسبة الفحم دوراً هاماً في تحديد سرعة بطء اللحام ، فعندما لا تتجاوز نسب الفحم 0.2 % فاللحام النقطي ينفذ بشكل سريع أو بطيء ، وعند تجاوز هذه النسبة يصبح اللحام بطيئاً فقط .

لحام المغطس : توضع نهايات القضبان المراد وصلها في قالب نحاسي يحتوي على فجوة معدة لعملية الوصل كما هو مبين في الشكل (C – **23 – 2**) ، حيث تتوضع الالكترودات والأقطاب الكهربائية فيها ، ومع مرور التيار بين القالب والأقطاب يتشكل مغطس من المعدن المنصهر ، والذي يقوم بدوره بلحام القضبان مع بعضها بعضاً.

من الإجراءات الضرورية لدى تركيب هياكل التسليح التأكد من التوضع الصحيح للتسليح ضمن قالب العنصر الإنشائي المراد تنفيذه ، بالإضافة إلى تأمين طبقة حماية كافية ، والتأكد من تثبيت المقاطع والقضبان في أماكنها .

2-4- جبل وخلط البيتون : Batching and Mixing Concrete

يتطلب إنتاج البيتون في معامل صنع البيتون القيام بعدد من العمليات نذكر منها :

– عمليات التفريغ والتخزين :

وتضم عمليات نقل مواد الإسمنت والحصويات والماء وتفريغها وتخزينها في أماكن التخزين الخاصة بها .

–العمليات التكنولوجية لجبل البيتون :

وتضم معايرة الاسمنت والماء والمواد الحصوية والمواد المضافة وتفريغهم ضمن وعاء الجبالة وخلط هذه المواد حسب الزمن المحدد ومن ثم تفريغ الخلطة البيتونية الناتجة في أوعية التفريغ كي تفرغ في آليات النقل .

–العمليات الاحتياطية :

وتضم حساب كميات المواد المصروفة وحجم الخلطات البيتونية المصنعة وتأمين الطاقة الكهربائية اللازمة وصنع وتخزين ونقل المواد المضافة بالإضافة إلى نقل المواد الحصوية والإسمنت من معامل صنع البيتون إلى أماكن أخرى .

إن السيطرة والإشراف على البيتون في الموقع يتم بفحص المواد الحصوية عند استلامها، فالتحليل الحبي الذي يمكن إجراؤه على الحصويات الخشنة غير المجففة مسبقاً، يعطي نتائج دقيقة لتبين الأخطاء الهامة التي قد تقع عند فحص الحصويات، وينصح بأخذ عينات من أجزاء مختلفة من حمولة الحصويات للاختبار، حيث أن التدرج الحبي للمواد المتوضعة في أسفل الكومة قد تختلف عنه في الأعلى.

إن الاستدلال الأولي على نظافة الرمل يمكن الحصول عليه من خلال التقاط القليل من الرمل وفركه بين الأصابع فإذا بقيت الأصابع نظيفة بعد الفرك فهذا دليل على نظافة الرمل أما إذا كانت هناك عوالق على أطراف الأصابع فإن الرمل يحمل كمية زائدة من السيليت والغضار وهنا يتطلب الأمر تحديداً أكثر لكمية الغضار والسيلت.

وفي المناطق حيث تحمل الرمال بواسطة الرياح قد يكون من الضروري إنشاء حواجز حماية للحصويات لمنع تلوثها بالرمال وفي المناطق ذات المناخ الحار هناك فائدة

يجب تحقيقها وهي حماية الحصويات من التسخين الناتج عن أشعة الشمس لمنع درجة حرارة البيتون من الارتفاع قدر الإمكان عند الخلط.

وعزل الحصويات يجب أن يتم بحذر لمنع تجمع قياسات الحبيبات المختلفة مع بعضها كما في الشكل (24-2) وعموماً فإن تكديس الحصويات بشكل متقارب يؤدي إلى بعض أشكال الفصل بين قياسات الحصويات المختلفة . كما يمكن إجراء فصل مناسب للحصويات بواسطة بناء جدران من البلوك أو القرميد أو جدران بيتونية قياسية.

وحيث يوجد أكثر من قياس واحد للحصويات ينصح بوضع لوحات توضيحية ضمن كل قسم يوضح عليها قياس الحصويات .

وإذا كانت الجبالة ستبقى لفترات معينة في مكان واحد، فإن المساحة التي تخزن عليها الحصويات يجب تغطيتها بطبقة من البيتون بسماكة 10-75mm أو برص التربة بسماكة 150mm منعاً لضياع الحصويات ضمن الوحل.

كما أن التصريف المعقول يفترض أن محتوى الرطوبة للحصويات الناعمة يتصرف بانتظام عبر الكومة، وذلك بعد 14 ساعة من الوضع بالمكان باستثناء طبقة بسماكة 300 mm من أسفل الكومة فإنها تبقى مشبعة . وعموماً فإنه لتمكين التصريف يستخدم مكانان للتخزين حيث توضع الحصويات الجديدة في مكان ثان في حين يتم تصريف الدفعة السابقة وذلك بحيث تبقى نسبة الماء إلى الإسمنت ثابتة بشكل معقول أثناء إنتاج البيتون بدون تغيير في كمية الماء المضافة من جبلة لأخرى.

الشكل (24-2) تخزين المواد الحصوية

كما أن استخدام أماكن تخزين مزدوجة وخاصة للحصويات الناعمة قلما يكون اقتصادياً ،ويجب أن يكون مقاس الحصويات المسلمة مدرجاً من القياس الأعظمي للحبات وحتى قياس 5mm فقد يحصل أحياناً أن يملأ مورد الحصويات الشاحنة بحصويات تحوي دفعتين مدرجتين من 10-20 mm بالإضافة لدفعة مدرجة من 5-10 mm لذلك يجب التأكد من أن الحصويات المجلوبة تغطي كامل مجال التدرج بشكل متناسب .

كما أن الحصويات المجلوبة غالباً ما تكون مخلوطة بشكل غير متجانس وفي الأعمال الصغيرة تنشأ صعوبات في تحقيق تجانس خليط الحصويات وأفضل الحلول هو الإصرار على أن يقوم مورد الحصويات بخلطها بشكل أساسي وأولي.

وإذا كان لا بد من خلط الحصويات في الموقع فيجب أن يتم ذلك بأخذ نسب من مختلف الكومات وبمختلف القياسات للحبات مع العلم أنه في بعض الأحيان يمكن أن يجلب المورد حصويات خشنة وناعمة مجمعة .

تحدد كميات (نسب) المواد الحصوية ضمن الخلطة البيتونية وفق الطرق التالية :

2-4-1 - خلط المواد الحصوية وفق النسب الحجمية:

VOLUME BATCHING OF AGGREGATE

تعتمد طريقة القياس أو المعايرة على ما يلي:

أ. مدى تكدس الرمل: والذي يعتمد على محتوى الرطوبة الخاص بالرمل.

ب. مدى تراص وتقارب جزيئات المواد المستخدمة ، حيث أن الوزن الحجمي الصلب للمواد المتراصة يزداد أكثر من المواد المخلخلة .

ولذلك فإنه في عملية الجبل بالنسب الحجمية للحصويات هنالك مصدران للأخطاء :

- اختلاف الحجم الصلب للحصويات المحتواة ضمن حجم محدد.
- الأخطاء التي تحصل عند قياس الحجوم.

إن الاختلافات الأولى يمكن تقليصها ولكن من الصعب التخلص منها نهائياً أما الأخطاء فيمكن تلافيها عن طريق توخي الحذر والدقة عند القياس وعلى الرغم من الاختلافات التي تحدث في آلية الجبل وفق النسب الحجمية فإن هذه الطريقة ربما تكون جيدة في الأعمال الصغيرة حيث يكون الإشراف غير كاف وحيث تكون آليات الجبل وفق الوزن غير متوفرة وهذا لا يعني أن تكون طريقة الجبل هذه أدنى مستوى من طريقة الجبل وفق الوزن حيث أظهرت التجارب أن الإشراف ضمن الموقع هو أكثر أهمية بكثير من نوعية الآلات المستخدمة.

وفي حالة إنتاج البيتون الخفيف يفضل استخدام طريقة الجبل وفق الحجم للحصويات الخفيفة المستخدمة وذلك يعود لمحتوى الرطوبة الذي يمكن أن تكون هذه الحصويات قد امتصته قبل الاستخدام.

وغالباً ما يتم استخدام مجارف لملء الجبالات بالحصويات وهذه العملية سيئة للأسباب التالية:

١- لا يوجد شخصان يقومان بملء المجرفة بنفس الكمية مما يسبب تفاوت في الكميات.

٢- عدد المجار ف يكون كبيراً وغالباً ما يتم عد التفريغات بدون إشراف.

٣- يكون من الصعب التحقق من الكميات إلا في حال قيام شخص باستجواب كل عامل بما حمله.

كما أن جبل الحصويات بواسطة الآليات كالدراكلاين أو الحفارات هو غير مرض عموماً إلا في حالة الأعمال البيتونية الكبيرة حيث يتم تشكيل بيتون ضعيف كتلي لملء الحفر وغيرها.

وإن شكل صندوق القياس مهم جداً حيث أفضل النتائج يتم الحصول عليها باستخدام أوعية ذات سطح صغير كما أن عربة النقل اليدوية ليست جيدة للقياس وقد يكون ملء صندوق المعايرة يدوياً ثم سكبه في الجبالة مرضياً والإشراف غير دقيق فلا داعي لفعل ذلك . وهناك عدة طرق للفصل والتمييز مثل وضع علامات لكل مجموعة أو زوايا حول أطراف الجوانب أو قضبان. ولكن لا يوجد طريقة مرضية تماماً.

2-4-2 - خلط المواد الحصوية وفق النسب الوزنية :

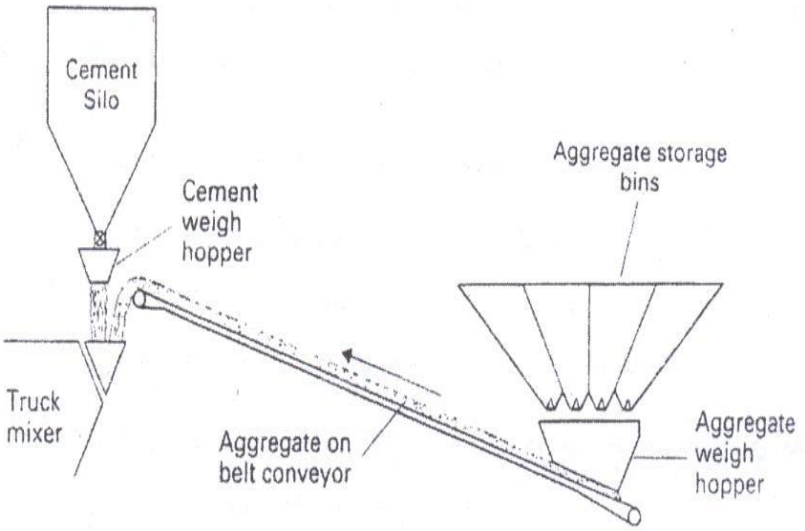
BATCHING OF AGGREGATES BY WEIGHT

إن طريقة الخلط وفق النسب الوزنية تتخلص من الأخطاء المرتبطة بوجود نسب من الفراغات المختلفة ضمن حجم محدد والتي تظهر أهميتها عند خلط الرمل.

ولكن هذه الطريقة تحتاج دوماً إلى معايرة آلات الوزن بشكل منتظم للحصول على الدقة المنطقية وهذا ليس بالأمر السهل وخصوصاً في الأعمال والمواقع الصغيرة والمنعزلة وحيث تتوفر الصيانة المنتظمة فإن طريقة الجبل وفق الوزن تفضل عن طريقة الحجم بالإضافة لفائدة أخرى وهي التجانس بين مختلف جبلات البيتون المتتابعة.

وهناك أنواع مختلفة من الخلط وفق النسب الوزنية صالحة للاستخدام في الأعمال الصغيرة والكبيرة ففي الأعمال الكبيرة هناك أوعية للوزن يمكن أن تملأ بواسطة

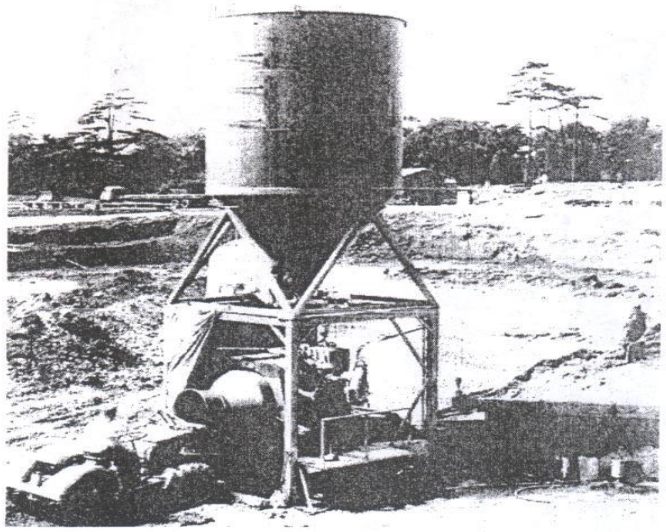
مستودعات موجودة فوقها ويتم إيصال المواد إلى هذه الأوعية إما بواسطة النقالة "السقوط الحر" أو بواسطة السيور الناقلة الشكل (25-2) .



الشكل (25-2) الترتيب العام لجبل الحصويات الجاف

إن أوعية الوزن بآليات رفع وخلايا تحميل هي شائعة الاستخدام في أعمال الجبل الكبيرة وتعتمد أنظمة تحكم وإشارات كهربائية للوزن.

أما في موقع العمل الأصغر فإن الحصويات تخلط وزناً ضمن أوعية تحميل مثبتة مباشرة فوق الجبالة ، الشكل (26-2) .



الشكل (26-2): مجبل أوتوماتيكي برجي بحمولة 30 T.

إن لطريقة إيصال المواد إلى وعاء الوزن تأثير على دقة عملية الخلط حيث أن التزويد مباشرة من فوق وعاء الوزن قد يكون أكثر دقة من الطرق الأخرى.

و يستخدم في السنوات الأخيرة في أعمال الخلط الكبيرة الهواء المضغوط كقوة مساعدة وللتحكم بعملية الجبل بشكل ملائم ومريح من خلال غرفة مزودة بلوحة تحكم ومؤشرات.

تنفذ معظم الأعمال الكبيرة حالياً بآليات جبل ووزن أوتوماتيكية مما يعني أنه ليس على عامل التشغيل سوى الضغط على زر أو اثنين ليبدأ وزن مختلف المواد وجبلها ويتوقف بنفس الطريقة عندما يصل للوزن والمواصفات المطلوبة.

ويعتبر التشغيل الأوتوماتيكي الأفضل والأكثر ملائمة لأعمال البيتون الجاهزة.

- الوزن المستمر للحصويات :CONTINUOS WEIGHING OF AGGREGATES

يستخدم هذا النظام في أعمال الجبل الكبيرة حيث أن مبدأ الوزن المستمر يعتمد على جلب الحصويات بمعدل ثابت عبر مزود موجود مباشرة فوق سير ناقل مزود بمتدحرجات محورية والتي يضبط توازنها بواسطة رافعة محورية تحدد معدل تدفق الحصويات عبر السير الناقل وعندما يتغير معدل التدفق عن المعدل المختار فإنه أوتوماتيكياً يتم السيطرة عليه.

كما يجب تأمين سير ناقل لكل قياس أو مجموعة من الحصويات ليقوم بنقلها ثم تجمع معاً نحو الجبالة وبهذه الطريقة فإن الجبالة تستقبل سيلاً مستمراً من المواد بنسب توافق تصميم الخلطة ومتطلباتها. كما يجب تأمين سير ناقل للإسمنت يؤخذ من صومعة خاصة نحو الجبالة لكن تعتبر طريقة الوزن العادية أكثر دقة.

2-4-3 - خلط الاسمنت: BATHING OF CEMENT

يتم خلط الإسمنت إما على شكل أكياس وزن كل منها 50 kg أو من صوامع خاصة موجودة في الموقع ومهما كانت الطريقة المستخدمة فإنه يجب توخي الحذر كي لا ينسكب الإسمنت خارج وعاء الجبالة . وهذا يحصل بكثرة في المناطق ذات هبوب رياح قوي ويجب عدم خلط الإسمنت حجمياً لأن ذلك يقود إلى أخطاء كثيرة في طريقة الملء والقياس وأخطاء تنتج عند الخلل في التعبئة وعدم الدقة فيها.

أ. الخلط باستخدام أكياس الإسمنت :

BATHING BY BAGS OF CEMENT

يكمن الخطأ هنا باختلاف وزن الكيس الواحد من قبل المصنع.

حيث تم رصد الاختلاف للكيس الواحد من 45 kg إلى 54 kg . ويجب أن يكون قياس خلطة البيتون مضبوطاً لذا تستخدم الأكياس الكاملة، حيث أن تمزيق الأكياس والاستهلاك منها يؤدي إلى أخطاء أساسية لذا يجب وزن الأكياس الناقصة. وضمن اشتراطات ASTM يجب ألا تزيد نسبة الأكياس ذات الوزن غير القياسي عن 3%.

ب. وزن الإسمنت في الموقع من خلال صوامع :

BATHING CEMENT ON SITE

هناك العديد من الفوائد يمكن تحصيلها من جراء استخدام الإسمنت الحر ضمن الصوامع ووزنه في الموقع ومنها :

١- هو أرخص من الإسمنت المعبأ في أكياس .

٢- لا حاجة لليد العاملة من أجل التحميل والتفريغ كما في حالة الأكياس.

٣- تلافي مشاكل حماية الإسمنت خلال التخزين.

٤- إمكانية عمل الجبالة في استطاعات عالية دون حصول الأخطاء التي قد تحصل بسبب استخدام الأكياس المنفصلة .

إن عملية وزن الإسمنت أصعب منها في حالة الحصويات ويعود ذلك بشكل أساسي إلى أنه يصعب تأمين تدفق منسجم ومتجانس للإسمنت ، كما أن استخدام الهواء المضغوط يحتاج عادة لقوة أكبر للتغلب على مقاومة الصمامات في الأنابيب المستخدمة.

وصعوبة أخرى تنشأ عندما يكون الجو رطباً وهي إمكانية تكدس وتجمع الإسمنت في وعاء الوزن . وإذا كانت الحصويات والإسمنت توزن معاً فإنه يمكن تشكل كتل إسمنتية بسبب رطوبة الحصويات ضمن وعاء الوزن وهذا مايتطلب إجراء اهتزاز لوعاء الوزن لتسريع انسكاب البيتون.

وعادة ما تستخدم آلات الوزن الآلية بالترافق مع استخدام صوامع تخزين الإسمنت في كل من الأعمال الصغيرة والكبيرة.

ويتم ضخ الإسمنت بالضغط من صهاريج خاصة بحمولات 12T وأكثر مباشرة نحو الصوامع وهذه الصوامع مزودة بآليات وزن تعطي الكميات الصحيحة وتخلطها وتوزعها نحو وعاء الجبالة .

وعادة ما يتم تفريغ حاويات وزن الإسمنت مباشرة ضمن وعاء الجبالة ولكن في الأعمال الكبيرة فإن خزانات الإسمنت تتوضع على جانب واحد للمحافظة على الارتفاع وتأمين انتقال الإسمنت أفقياً وصولاً نحو حاويات الوزن وتستخدم هنا التغذية الحلزونية لهذا الغرض ولكنه يوجد أسلوب أكثر فعالية وهو استخدام تيار هوائي يمر عبر قناة صغيرة ذات أرضية ملساء مما يسبب انسياب الإسمنت بشكل حر وحتى مع وجود ميل بسيط جداً.

وإذا كان هناك أكثر من نوع من الاسمنت فإنه يفضل استخدام صومعة خاصة لكل نوع . وغالباً تقسم الصومعة إلى خزانين يستخدم كل منهما لنوع خاص من الاسمنت من خلال علامات توضع على الصومعة لتشير إلى النوع الموجود في هذه الصومعة كما أن الصوامع والخزانات يجب تزويدها بفتحات تصريف منفصلة ومزودة بفلاتر.

- **قياسات الرطوبة للحصويات الناعمة :**

MOISTURE METERS FOR FINE AGGREGATE

في أعمال الجبل الكبيرة يتم استخدام أجهزة قياس الكترونية للرطوبة الخاصة بالرمل ويجب التحقق من دقة هذه الأجهزة يومياً بقياس محتوى رطوبة الرمل بأكثر من طريقة و هذه الأجهزة تعطي مؤشراً مفيداً لمحتوى الرطوبة الذي يدل على كمية الماء اللازم إضافتها وبذلك فهي تساهم في السيطرة والتحكم.

2-4-4 - التزويد بالمياه : WATER SUPPLY

1 – تنقية المياه : PURITY OF WATER

إن الماء المستخدم في جبل البيتون يجب أن يكون خالياً بشكل معقول من الشوائب كالسيليت والغضار والمواد والأحماض العضوية والأملاح الأخرى.

فالسيليت والغضار وبقايا النباتات يمكن إزالتها بالسماح لها بأن تترسب في خزانات مناسبة ولكن المواد العالقة والمنحلة صعبة الإزالة.

لذلك ينصح بأخذ عينات من الماء إلى المختبر وتحليلها . ويجب التأني عند اختيار عينات الماء من حيث استخدام زجاجات نظيفة ومغسولة قبل أخذ العينات.

وكقاعدة عامة يجب أن يكون التركيب الكيميائي للماء صالحاً للشرب أو مأخوذاً من محطات المعالجة حتى يمكن استخدامه في البيتون.

وهناك حدود مقترحة للمؤثرات على نقاوة الماء فمثلاً كمية الكلوريدات في الماء يجب ألا تزيد عن 50 mg من الكلور في الليتر. وكمية الكبريتات يجب ألا تزيد عن 100 mg من الكبريتات الثلاثية في الليتر الواحد من ماء الجبل المستخدم.

وكمثال واضح على الماء الحاوي على الكلوريدات هو ماء البحر الذي نسبته عالية من الكلوريدات تجعله غير مناسب للبيتون المسلح أو مسبق الإجهاد الذي يؤدي

على تآكل قضبان التسليح أو الحزم الفولاذية وحتماً إلى انهيار البيتون نفسه ولكن يختلف استخدامه ضمن اشتراطات معينة في تحضير البيتون غير المسلح.

وفي الأقاليم الحارة والجافة فإن ماء الجبل يتم جلبه من مسافات معتبرة كما أنه إذا كانت صهاريج النقل والأنابيب تتعرض للشمس لفترات طويلة فإنه يصبح من الصعب لمس الماء بسبب حرارته واستخدام هذا الماء مع الحصويات الحارة يسبب زيادة التبخر السريع للماء من البيتون المنقول وبالتالي نقص زمن التصلب مما قد يجعل الصب أصعب في الفصول الحارة. لذا من الضروري طمر أنابيب الماء وتغطية الصهاريج .

2 – قياسات الرطوبة للحصويات الناعمة :

WATER SUPPLY ON THE SITE

في أعمال الجبل الكبيرة يتم استخدام أجهزة قياس الكترونية للرطوبة الخاصة بالرمل ويجب التحقق من دقة هذه الأجهزة يومياً بقياس محتوى رطوبة الرمل بأكثر من طريقة و هذه الأجهزة تعطي مؤشراً مفيداً لمحتوى الرطوبة الذي يدل على كمية الماء اللازم إضافتها وبذلك فهي تساهم في السيطرة والتحكم.

3 – التحكم بالماء في المجبل:

WATER CONTROL AT THE MIXER

يتم تحديد نسبة الماء / الاسمنت تبعاً لقابلية التشغيل المطلوبة وذلك من خلال نسب محددة لكل من الحصويات و الإسمنت لتحقيق المواصفات المطلوبة للبيتون الواجب صبه ومن خلال التحكم الجيد والمراقبة لقابلية التشغيل في المجبل حيث أن أية تغيرات في نسبة الماء للإسمنت ستؤدي إلى تغيير في مقاومة البيتون.

كما أن تحكماً أكبر في كمية الماء يمكن الحصول عليه بإجراء الاختبارات على محتوى الرطوبة للحصويات والرمل على فترات متفاوتة ومعاينة كمية الماء المضافة للجبالة بالاعتماد على ذلك.

يجب اختبار قابلية التشغيل بواسطة اختبار الهبوط أو أجهزة عامل الرص ومن ثم تشكيل مكعبات لاختبارات الكسر.

في معظم الجبالات فإنه يبقى كمية مواد ناعمة قليلة ملحوظة من الجبلات الأولى ضمن وعاء الجبالة لذلك فإنه بعد إنجاز محدد لجبلتين أو ثلاث بنسب صحيحة فإن البيتون يبدأ بالترسب والتكتل ضمن الجبالة .

2-5- تكنولوجيا جبل وخلط البيتون:

TECHNOLOGY OF CONCRETE MIXING

تشكل عملية جبل المواد المشكلة للخلطة البيتونية وخلطها العملية التكنولوجية الرئيسية حيث يتم من خلالها تحقيق التجانس بين مكونات الخلطة البيتونية وتأمين الظروف المناسبة لإتمام العمليات الفيزيائية والكيميائية (تميه الإسمنت، اكتساب البيتون للمقاومة) للحصول على المواصفات التكنولوجية المطلوبة (المقاومة على الضغط ، مقاومة البرودة ، ...) .

يحدد الزمن اللازم للجبل مخبريا" والذي يتعلق بمواصفات المواد المستخدمة في عملية الجبل ، تركيب الخلطة البيتونية ، قابليتها للتشغيل (هبوط مخروط أبرامز) وبطريقة الجبل أيضا" (الجبل القسري،الجبل بالسقوط الحر للمواد) .

كذلك الأمر فقد أظهرت الأبحاث أن عدد دورات وعاء الجبالة أكثر أهمية من زمن الجبل نفسه وعموماً لا يلزم أكثر من 20 دورة لتأمين الخلط المناسب ومن أجل معظم الجبالات ذات السعة الأكثر من $1m^3$ والتي تعمل بسرعتها الصحيحة فإن زمن الجبل مابينmin 1.5 -1 يعتبر مناسباً.ويحدد الحد الأدنى لزمن الجبل والمناسب للعمل ولمصادر الماء والطاقة كما يلي:

(حيث يبدأ التوقيت بعد إضافة كافة المواد ماعدا الدفعة الأخيرة من الماء)

استطاعة الجبالة m^3	زمن الجبل (min)
2 وأقل	$1\ ^1/_2$
2	2.5
$2\ ^1/_2$	3.0
3	5.0

وينبغي أن ننوه إلى أن زمن دورة الجبالة ليس فقط زمن الجبل بحد ذاته . فعلى سبيل المثال من أجل جبالة تتطلب 1.5 دقيقة كزمن للجبل فإن تصميم أبعاد وعاء الجبالة يتم على أساس كمية المواد اللازم انسيابها ببطء إلى داخل الجبالة وقد يكون زمن الانسياب هذا حوالي 30 ثانية أو أكثر وإعادة ملء الوعاء بالبيتون المجبول قد تكون بطيئة وتستغرق دقيقة وأكثر وخاصة إذا كان الخليط جافاً وبإضافة الزمن اللازم لرفع حمولة وعاء الجبالة والتأخيرات الثانوية الأخرى فإن الزمن الإجمالي لدورة الجبالة يصل

إلى 4 دقائق مما يعني أنه لا يمكن إتمام أكثر من 15 جبلة كاملة في الساعة مقارنة مع 35-40 جبلة كاملة في الساعة في الجبالات الأكثر فعالية وبالتالي فإن إنتاجية الجبالة الساعية تعتمد إلى حد كبير على كفاءة التنظيم لكل من عمليتي تزويد الجبالة بالمواد وإبعاد البيتون المجبول عنها.

وينبغي الإشارة على أن خلط البيتون لزمن أطول سيؤدي إلى تبخر الماء من الخلطة وبالتالي انخفاض قابلية التشغيل وسحق الحصويات (خاصة" الناعمة منها) وبالتالي يصبح التدرج الحبي أكثر نعومة وكذلك الأمر فإن درجة حرارة الخلطة ستزداد أيضا" بسبب عملية المزج و الاحتكاك بالإضافة إلى ذلك فإن ظاهرة انفصال مكونات الخلطة البيتونية يصبح واردا".

ليس هناك قواعد عامة فيما يخص ترتيب تغذية المحتويات في الخلاط(الجبالة) كونها تعتمد على خصائص الخلط والخلاط . وبشكل عام يجب وضع كمية قليلة من الماء أولا" ثم يتبع بكل المواد الصلبة ويفضل أن تتم التغذية بشكل مناسب وبوقت واحد ومن ثم يضاف باقي الماء بعد المواد الصلبة .

تتعلق فاعلية عملية جبل الخلطة البيتونية بشكل وثيق بظاهرة امتزاج الإسمنت مع المواد الحصوية والتي بدورها تحدد مواصفات الخلطة البيتونية .

نميز طريقتين لجبل البيتون :

١- **الجبل بالسقوط الحر :**

ويتم بدوران وعاء الجبالة حول محور أفقي مما يؤدي إلى رفع كمية من المواد إلى للأعلى بوساطة الأجنحة المثبتة على السطح الداخلي لوعاء الجبالة ومن ثم سقوطها بشكل حر تحت تأثير وزنها الذاتي .

٢- **الجبل القسري :**

ويتم من خلالها جبل البيتون بتحريك الأذرع المثبتة والموزعة ضمن وعاء الجبالة بدون توقف مما يؤدي إلى تحقيق مزج السائل الإسمنتي بالمواد الحصوية .

تمتاز الطريقة الأولى للجبل (السقوط الحر) بالبساطة والاقتصادية وينصح باستخدامها لرج البيتون المتوسط والقليل الطراوة فقط .

أما الطريقة الثانية للجبل (الجبل القسري) فتستخدم لجبل مختلف أنواع البيتون مهما كانت طراوته وتتميز بالاقتصاد بكمية الإسمنت المستخدم وبزيادة تجانس ومقاومة البيتون وبزمن جبل أقل من زمن الجبل بالسقوط الحر ، غير أنها تترافق بالهدر الكبير في الطاقة الكهربائية ،الكلفة العالية لجبل البيتون ، التقيد بقطر أعظمي للمواد الحصوية وبسرعة اهتلاك الجبالات التي تعمل وفق نظام الجبل القسري .

2-5-1-الأنواع الأساسية للجبالات البيتونية:

THE MAIN TYPE OF CONCRETE MIXERS

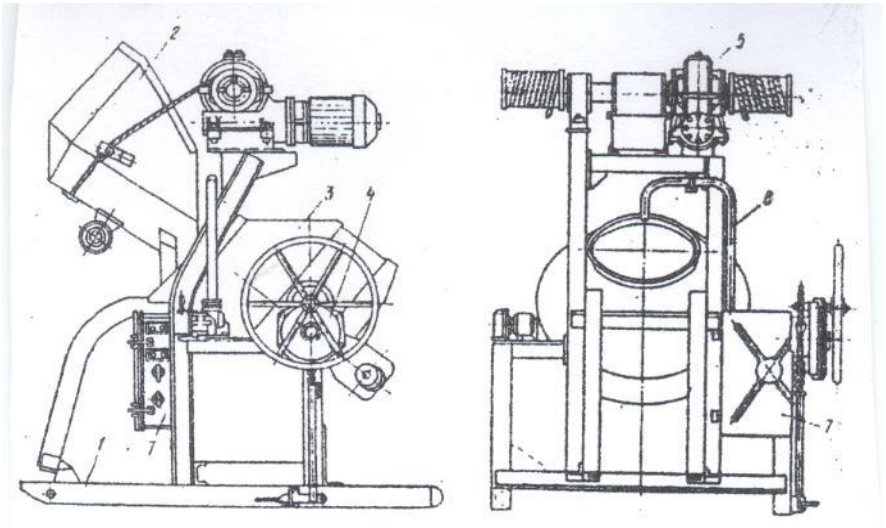
إن الخلط الآلي للبيتون يتم بأشكال مختلفة غير أن المظهر والشكل المتجانس للخلطة البيتونية يبقيان معيار عملية الجبل . يتم تحديد آلية الجبل المناسبة آخذين بعين الاعتبار خصائص الجبالات ونظام عملها ومواصفات الخلطة البيتونية المناسبة .يتم تصنيف الجبالات حسب نظام عمل هذه الجبالات وحسب طريقة جبل البيتون إلى :

- الجبالات ذات نظام العمل الدوري والسقوط الحر لمواد :

1- الجبالات ذات الأسطوانة القلابة:

وهي عبارة عن صندوق أسطواني يدور حول محور شاقولي قابل للميلان في داخله أجنحة مثبتة على المحيط ترفع المواد إلى الأعلى أثناء الدوران . يتم ملءالمواد وتفريغها من جهة واحدة من الجبالة.

ويكون للجبالة دلو لملء وتفريغ للمواد وتستند الجبالة على هيكل محمول على عجلات ، الشكل (27-2) .



الشكل (2-27) الجبالة ذات الاسطوانة القلابة

1 – مسند الجبالة 2 – سطل التفريغ 3–الأسطوانة القلابة 4 – مقود الحركة ، 5 – الملفاف ، 6 – لوحة التحكم

يتراوح الحجم الشائع لهذه الجبالات مابين 250-100 ليتر من البيتون المجبول والذي يتم تحميل مواده مباشرة ضمن وعاء الجبل بواسطة دلوالجبالة .

لكن هذه الطريقة غير مرضية في أعمال البيتون عالي الجودة إذ يجب تأمين المعايرة المطلوبة.

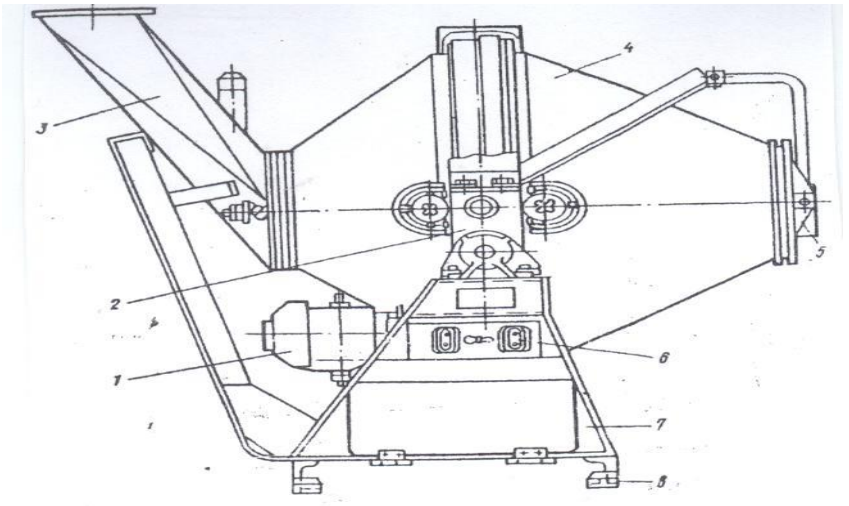
تستخدم الجبالات ذات القياسات المتوسطة والكبيرة والتي تتراوح سعتها مابين $1\text{-}7.5\ m^3$ في الأعمال الكبيرة وخاصة المنشآت المنفذة فوق البحار .

كما أن هذه الجبالات مناسبة أكثر للبيتون ذي الحصويات الكبيرة على سبيل المثال 150 mm ونظراً لسرعة تفريغها فهي مناسبة للبيتون ذي قابلية التشغيل المنخفضة .

2 – الجبالات ذات الحركة المعكوسة:

هي عبارة عن حجيرة تتألف من جذعي مخروطين كبيرين ومحور الدوران أفقي وغير قابل للتغيير تتميز هذه الجبالة بالحجم الكبير 1600-170 ليتر وبالإنتاجية الكبيرة $6\text{-}35m^3/h$. تتم معاينة المواد الداخلة في الجبالة حجمياً.

تثبت على الوجه الداخلي للجبالة ثمانية أجنحة مائلة تتوزع ضمنها بشكل منسق ومدروس ، الشكل (28-2) .



الشكل (28-2) الجبالة ذات الحركة المعكوسة

1 – محرك الجبالة ، 2 – تجهيزات الدوران ، 3 – سطل التفريغ ، 4 – وعاء الجبالة 5 – غطاء الجبالة ، 6 – لوحة التحكم ، 7 – الهيكل الحامل ، 8 – المساند

إن شكل وميل الأجنحة والقواطع يتحكمان بحركة المواد ضمن الجبالة حيث أن دوران وعاء الجبالة باتجاه ما سيؤدي إلى الجبل المستمر للمواد ، وفي حال دوران الوعاء وفق الاتجاه المعاكس فإنه سيتم تفريغ الخلطة البيتونية من داخله.

هذا النوع من الجبالات فعال في أعمال البناء الصغيرة ولا يسبب تجمع البيتون ضمن الوعاء وهي تناسب بشكل خاص البيتون الجاف ويتم وضع مخروط مطاطي أو معدني في مكان التفريغ لتأمين انسياب البيتون بسهولة دون انسكاب أو تناثر. يوضح الجدول (4-2) المواصفات التكنولوجية لبعض الجبالات ذات نظام العمل الدوري والسقوط الحر للمواد .

جدول(4-2) المواصفات التكنولوجية للجبالات ذات نظام العمل الدوريوالسقوط الحر للمواد .

نوع الجبالة	حجم وعاء الجبالة ، L	حجم الخلطة البيتونية ، L	الإنتاجية الساعية، m3/h	عدد الخلطات في الساعة	وزن الخلطة الواحدة، Kg
c-333	500	330	8.5	18.2	1370
cb-91	750	500	12.0	17.0	1550
cb-10B	1200	800	16.5	17.0	3817
c-230A	2400	1600	29.0	17.0	8046

– الجبالات ذات نظام العمل الدوري والجبل القسري للمواد:

1– الجبالة ذات الأرجل المتحركة حلزونياً :

تمتلك هذه الأنواع من الجبالات عدة فوائد بالمقارنة مع الجبالات ذات نظام السقوط الحر كونها قادرة على خلط كل من البيتون الطري والجاف بفعالية ولهذا السبب تستعمل بشكل واسع في معامل البيتون ، الشكل (2-29) .

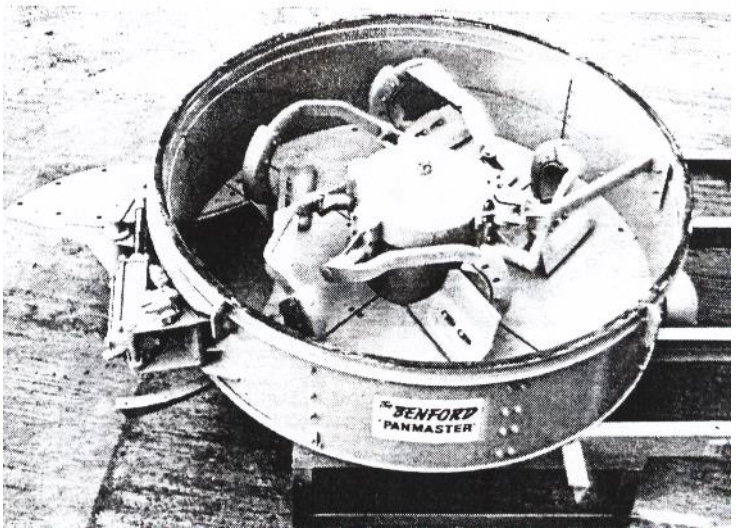
وهي مخصصة لجبل المواد ذات مقاس الحبات التي لاتزيد عن 70mm .

صندوق الجبالة ذو شكل اسطواني يتراوح قطره مابين 2.5m -1.5 وارتفاعه 0.6m. تتراوح استطاعة الجبالة مابين 10-40 m^3 /h تتم معايرة المواد وزنياً وبشكل آلي وكذلك زمن الجبل وفتح الفوهة العليا والسفلى لأسطوانة الجبالة وإغلاقهما.

تجري عملية جبل وخلط المواد ضمن الجبالة عن طريق دوران أرجل الجبالة (4-3 أرجل) ضمنها حول محور شاقولي والذي بدوره يدور حول نفسه راسماً دائرة مركزها المحور الشاقولي أي أن الأرجل تدور راسمةً مساراً حلزونياً ضمن وعاء الجبالة ويجري

رش الماء من الأعلى أثناء عملية جبل المواد المشكلة للبيتون بحيث تصبح الخلطة متجانسة .

بالإضافة إلى تلك الأرجل فإنه توجد أرجل كاشطة تقوم بكشط جوانب الأسطوانة وقعرها من البيتون .



الشكل (2-29) الجبالة ذات الأرجل المتحركة حلزونياً.

2 – ا لجباله ذات الوعاء الدوار :

وهي تشبه الجبالة السابقة إلا أن وعاء الجبالة يدور حول محور شاقولي والأرجل تدور حول محورها الخاص ، الشكل (30-2) .تتراوح استطاعة الجبالة مابين – 20 80 m^3 / h . تتم معايرة المواد وزنياً وبشكل آلي وكذلك زمن الجبل وفتح الفوهة العليا والسفلى لأسطوانة الجبالة وإغلاقهما .

3– الجبالة العنفية:

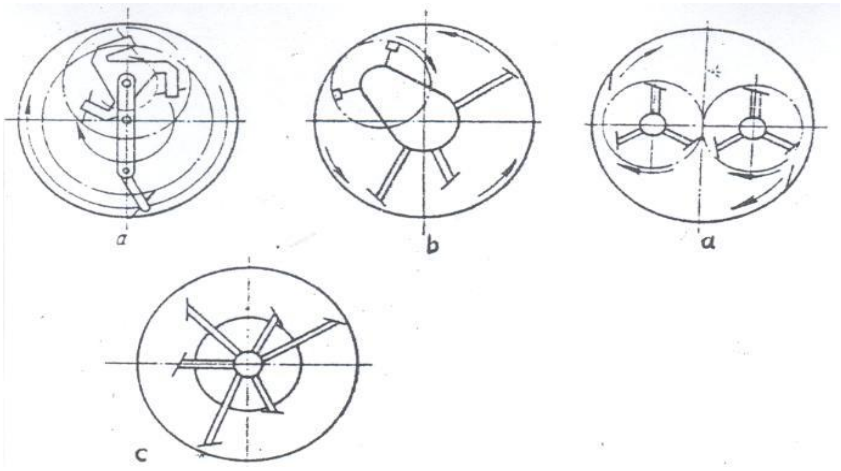
تتألف هذه الجبالة من وعاء أسطواني ثابت يحوي ضمنه أرجلاً عريضة عددها(10) تدور حول المحور الشاقولي للجبالة ، وهي موزعة بشكل منتظم ضمن الوعاء بحيث تمسح كامل حجم الوعاء أثناء دورانها،الشكل (30-2) .

تبلغ استطاعة الجبالة حوالي 40 m^3 / h ، تفرغ المواد من فتحة سفلية تفتح وتغلق بشكل آلي .

– الجبالات ذات نظام العمل المستمر والسقوط الحر للمواد :

دخلت هذه الجبالات الاستخدام منذ سنوات في الأعمال الإنشائية كالسدود والأساسات والجدران الاستنادية والبيتون الكتلي ولقد وجد أيضاً أنها مفيدة بشكل خاص في إنتاج البيتون الخاص لمشاريع الطرق.

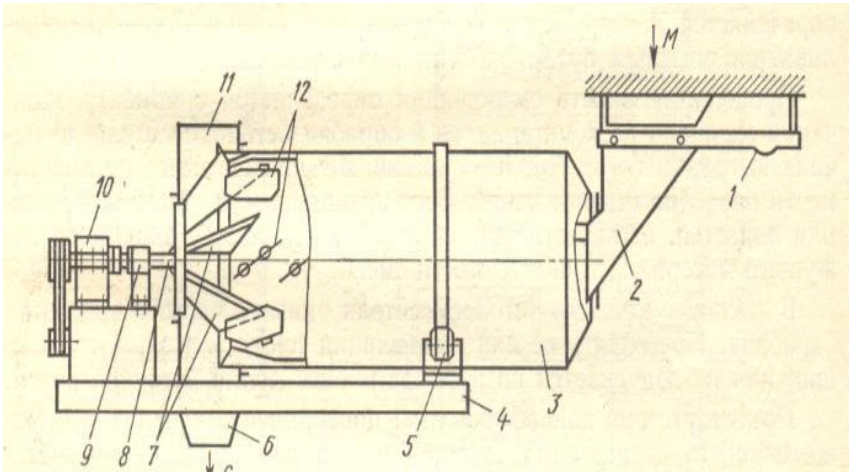
تستخدم هذه الجبالات لجبل البيتون ذي الطراوة الكبيرة ومقاس الذرات الذي لايتجاوز 70mm.



الشكل (2-30) الجبالات ذات نظام العمل الدوري والجبل القسري للمواد

a– الجبالة ذات الأرجل المتحركة حلزونيا" ، b – الجبالة ذات الوعاء الدوار C– الجبالة العنفية.

في الأنواع الأولى من هذه الجبالات كانت الحصويات والإسمنت تصل للجبالة بواسطة ناقل مستقل وكانت نسب المواد تختلف بفعل اختلاف سرعة حركة السير الناقل. وبمجرد دخول المواد لوعاء الجبالة يتم خلطها وانتقالها نحو نهاية الوعاء بواسطة أذرع (شفرات) مثبتة على الجدار الداخلي للوعاء ، يصل عدد هذه الأذرع حتى 48 ذراعاً موزعة بشكل منتظم بدءاً من فتحة دخول المواد وانتهاء" بفتحة خروج البيتون الذي ينساب البيتون كتيار مستمر، الشكل (2-31). تصل استطاعة هذه الجبالات حتى $135m^3/h$.



الشكل (31-2). الجبالة ذات نظام العمل المستمر والسقوط الحر للمواد

1-4- جائز ، 2-6 – مثبت ، 5 – حامل الأذرع ، 7 – الأذرع ، 8 – محور الأسطوانة ،9 – الأسطوانة ، M – دخول المواد ، C – خروج البيتون

تزود هذه الجبالات بالمواد وفق النسب الحجمية مما يتطلب تحقيق الدقة في نسب الخلط وقد تم التغلب على ذلك لاحقاً في موديلات من الجبالات المستمرة والتي صممت مع نظام وزن مستمر. وهذا النوع له القدرة على إنتاج بيتون عالي الجودة بالإضافة إلى فائدة أخرى وهي إمكانية التحقق دائماً من قابلية التشغيل لكل جبلة ، يستخدم هذا النوع من الجبالات أحياناً في إنتاج البيتون الجاهز.

- إنتاجية الجبالات :

١ - الجبالات ذات نظام العمل الدوري :

تتعلق إنتاجية الجبالات ذات نظام العمل الدوري بحجم وعاء الجبالة وبالزمن اللازم لتحضير خلطة بيتونية واحدة .

تحسب إنتاجية الجبالة بالعلاقة :

$$Q = v \cdot n \cdot \eta_1 \cdot \eta_2$$

حيث :

Q : الإنتاجية الساعية للجبالة ، m^3 / h .

V : حجم وعاء الجبالة ، m^3 .

n : عدد الدورات في الساعة .

η_1 : نسبة حجم الخلطة البيتونية إلى حجم المواد الجافة ، 0.75 -0.6

η_2 : عامل استغلال الزمن ، 0.95 ـ 0.9

تحسب n بالعلاقة :

$$n = \frac{3600}{T}$$

حيث :

T : الزمن اللازم لتحضير خلطة بيتونية واحدة ، sec .

٢- الجبالات ذات نظام العمل المستمر :

تحسب إنتاجية الجبالة بالعلاقة :

$$Q = F \cdot v \cdot \eta_3$$

حيث :

Q : مساحة فتحة خروج البيتون من الجبالة ، m^2 .

v : السرعة الوسطية لخروج البيتون من الجبالة ، m / h .

η_3 : عامل لزوجة البيتون 0.9 . 0.7 .

ملاحظات عامة في استخدام الجبالات البيتونية:

GENERAL PRINCIPLES IN THE USE OF CONCRETE MIXERS

١- يجب تزويد الجبالة بالإسمنت والرمل والحصويات الخشنة بشكل متزامن ومتوافق وبطريقة تضمن الحصول على بيتون أكثر تجانساً بالمقارنة مع البيتون الناتج من إضافة كل مكون للجبالة على حدة وخاصة إذا كانت الكميات غير متوافقة.

إذ أن تحميل وعاء الجبالة بطبقات من البحص والإسمنت والرمل مع طبقات أخرى ذات قياسات مختلفة من البحص في الأعلى يحقق ظروفاً أفضل للخلط فتوضع البحص في أسفل وعاء الجبالة يقود عل الأغلب إلى عملية تنظيف ذاتية وبالتالي استبعاد تشكل الملاط المتصلب في قاع الوعاء.

٢- ينصح بإضافة كمية قليلة من ماء الجبل في الجبالة في وقت يسبق بدء انسكاب المواد الأخرى فيها .

فإذا أضيفت كل كمية الماء للجبالة قبل البدء بإدخال المواد الأخرى فقد تختلف حالة الخلطة البيتونية كما أن اتجاه انسياب الماء في الجبالة يؤثر في عملية التجانس.

٣- يجب استمرار عملية الخلط إلى أن يتحقق التجانس في التكوين والمظهر للبيتون وبالنسبة للجبالات ذات الأوعية الدائرية (الطبلية) ينصح أن يراقب عامل الجبالة نهايتي الوعاء ويشاهد مدى التجانس ويمكن أن يقوم بأية إضافة ضرورية للماء.

٤- يجب عدم تحميل الجبالة فوق استطاعتها فذلك يقود إلى حدوث انفصال للمكونات ويصبح الخلط أقل فاعلية بالإضافة لتعريض أجزاء الجبالة لجهود زائدة مفرطة.

٥- يجب ضبط وإعداد الجبالة بدقة إذ يجب المحافظة على محور دوران وعائها أفقياً إلا في حالة الجبالة ذات الوعاء بمحور مائل حيث أن الضبط غير الدقيق قد يسبب خلطاً ضعيفاً أو مروراً سريعاً أو بطيئاً للمواد كما في حالة الجبالات المستمرة.

٦- من أجل تحقيق فعالية أداء الجبالة بحيث تكون قادرة على إنتاج بيتون متجانس فإن كمية الحصويات ذات المقاسات الأكبر في نهاية عملية التزويد يجب ألا تختلف بأكثر من 20% عند كمية المواد الحصوية المضافة في بداية عملية التزويد بالمواد.

٧- يجب تشغيل الجبالة وفق السرعة الصحيحة المقررة من قبل المصنّع و تفقدها بشكل دوري ومنتظم .

٨- عادة يعلق بعض الملاط الإسمنتي على شفرات الجبالة وحول الوعاء ولذلك و لتلافي حدوث صعوبات في الصب فإنه تتم إضافة حوالي 10% من الإ سمنت والرمل والنواعم فوق الكمية الأصلية من الجبلة الأولى.

٩- قد تلتصق بالشفرات والسطح الداخلي لوعاء الجبالة كميات معتبرة من البيتون مما يقلل فعالية الخلط لذلك فإن التنظيف الدوري للجبالة ضروري بعد نهاية كل جبلة لمنع تراكم البيتون فيها وخاصة عند خلط بيتون قليل الطراوة.

١٠- إن الشفرات الرديئة والبالية والثملة للجبالة تقلل من فعالية الجبل ويجب استبدالها كما أن إهتراء مداخل ومصاريف الجبالة يسبب خسارة المواد فيجب معالجتها بالإصلاح المناسب.

2-5-2 – معامل صنع البيتون :

يوجد العديد من أنواع المعامل البيتونية والتي تتميز عن بعضها بعضاً من حيث الاستطاعة ومخطط العمل وطريقة التخزين للمواد ففي حين نجد أن هناك معامل بيتونية توجد ضمن محيط المشروع الواجب تنفيذه ذات استطاعة لا تتجاوز $10m^3/h$ تنتج البيتون وبشكل دوري وهي قابلة للانتقال من ورشة إلى أخرى كذلك الأمر فإنه تتواجد معامل بيتونية تقوم بتأمين حاجة عدد من المشاريع من البيتون في آن واحد تنتج البيتون بشكل مستمر وتصل استطاعة كل منها حتى $30m^3/h$ وهذه المعامل مستقرة في مكانها لزمن يتجاوز عشر سنوات . ويتم اعتماد أي من هذه المعامل لغرض توفير البيتون وتأمين احتياجات المشاريع من حيث الاستطاعة أو مسافة النقل إلى خصائص المشروع المراد تنفيذه (بناء مفرد أو مجموعة من الأبنية) ، طرق تنظيم عملية التشييد ، آلية نقل البيتون إلى موقع المشروع . وتتألف هذه المجابل بشكل عام من جبالة بيتوني تحقق استطاعة الجبل ومواصفات البيتون المطلوبة (طراوة البيتون ، مقاس المواد الحصوية ، ...) بالإضافة إلى خزان أوخزانان للإسمنت و خزان للماء أما المواد الحصوية فتخزن بشكل نجمي يفصل بينها جدران استنادية من البيتون المسبق الصنع ويتم تلقيم المواد الحصوية ضمن الجبالة بوساطة الجرافة الآلية (دراكلاين) .

وتجدر الإشارة إلى أنه هناك في الخارج نوع آخر من معامل البيتون يؤمن إنتاج البيتون وبشكل مستمر وعلى مدار العام وباستطاعة كبيرة تصل حتى وهي على شكل مبنى مرتفع مقسم إلى أقسام عدة (قسم تخزين $240m^3/h$ المواد، قسم التجهيزات ومعدات الوزن والمعايرة، قسم جبل البيتون وتجهيزات التفريغ)، والجبالة المستخدمة هي ذات نظام عمل مستمر . وتجري كافة الأعمال ضمن المعمل البيتوني من نقل المواد إلى الوزن والمعايرة والجبل والتفريغ بشكل آلي .

2-5-3- نقل البيتون : Transporting Concrete

يجب أن تحقق عملية نقل البيتون من المجبل إلى الو رشات ثلاثة متطلبات أساسية :

١- تنفيذ عملية النقل بسرعة بحيث لا يجف البيتون ولا يفقد قابلية تشغيله أو لدونته.

٢- التقليل ما أمكن من ظاهرة انفصال مكونات الخلطة البيتونية لتجنب الحصول على بيتون غير متجانس . لنفس السبب السابق فإنه يجب تجنب أي نقصان في المواد الناعمة أو الإسمنت أو الماء.

٣- تنظيم عملية النقل بحيث لا يؤدي التأخير خلال صب أي كمية من البيتون أو أي مقطع إلى تشكيل مستويات فاصلة أو فواصل إنشائية .

ينقل البيتون من المجبل إلى الورشة وفق أحد المخططين :

- نقل البيتون من المجبل إلى الورشة كي يتم صبه مباشرة" في العنصر البيتوني المطلوب (أساسات ، جدران استنا دية) .
- نقل البيتون من المجبل ومن ثم إعادة تفريغه في آلية نقل أخرى أو آلية ضخ البيتون (سطل الرافعة ، وعاء مضخة البيتون).

2-6- تكنولوجيا نقل البيتون :

Technology of Transporting Concrete

إن المحافظة على تجانس وطراوة وحرارة الخلطة البيتونية حتى لحظة صبها هي من أهم الشروط الواجب تحقيقها أثناء عملية النقل وهذا ما يتحقق من خلال اختيار التركيب الحبي المناسب للخلطة ، استخدام المواد المضافة (إن لزم الأمر) ، استخدام وسائل نقل متخصصة ، اختصار زمن النقل ، تحديد مسافة النقل الأعظمية و تحديد طريقة نقل البيتون (على شكل خلطة بيتونية أو بيتون جاف) .

تحدد طراوة البيتون الواجب تحقيقها بالورشة حسب نوع العنصر الواجب صبه وتكنولوجيا تنفيذه .

يؤثر على معدل جفاف البيتون وفقدانه لقابلية التشغيل العديد من العوامل:

١- درجة حرارة الجو المحيط.

٢- الرطوبة.

٣- سرعة الرياح.

٤- درجة التعرض للوسط الخارجي.

٥- درجة حرارة مكونات الخلطة البيتونية.

٦- نوعية الإسمنت.

٧- فروق درجات الحرارة بين الجو المحيط والبيتون.

٨- درجة امتصاص المواد الحصوية.

إن العديد من هذه العوامل تعتمد على ظروف الطقس ولذا فإنها متغيرة إلى حد كبير ولهذا السبب فإنه من غير المنطقي أن نحاول الحد من فقدان قابلية التشغيل عن طريق تحديد حدود زمنية بسهولة ومن غير المستغرب أن حدود الزمن المسموح لنقل البيتون تختلف من مواصفة لأخرى.

جميع هذه الأزمنة المختلفة المحددة يمكن في الواقع تصحيحها من أجل مجموعات محددة من الشروط المفروضة.

في مواقع العمل الصغيرة حيث يكون الإشراف متقطعاً أو محدوداً فإنه يمكن أن يكون هناك بعض الحسنات في تحديد الزمن الأعظمي للنقل والتفريغ للبيتون الممزوج بالمكان.

يحدد الزمن المسموح للنقل بالاعتماد على زمن بدء تجمد البيتون ، نوع آلية النقل وجودة الطريق وكذلك مجمل العوامل المذكورة أعلاه .

ويحسب الزمن المسموح للنقل وفق العلاقات التجريبية التالية :

$$T_2 = \frac{200\ W / C}{Mc \; C + \frac{-}{100}}$$

$$T_1 = 1/2\ (T_2 .1\ )$$

حيث :

T_2 : زمن بدء تجمد البيتون ، hour .

T_1 : الزمن المسموح للنقل ، hour .

C : درجة حرارة البيتون .

Mc : عيار الإسمنت .

بما أن أجهزة الخلط المركزية (المجابل البيتونية) تعمل تحت شروط محددة ، فالتحكم الدقيق لكل عمليات إنتاج البيتون الطري تكون ممكنة . كما يمكن تأمين العناية اللائقة خلال نقل البيتون .

هناك صنفان أساسيان من البيتون المنقول، في الأول يتم الخلط في المجابل البيتونية ومن ثم يتقل البيتون الممزوج في سيارة جبالة تدور ببطء بمعدل6–2 دورة/دقيقة لمنع انفصال الحصويات وتخفيض سرعة تصلب البيتون . هذا النوع من البيتون يعرف بالمخلوط مركزيا" ويكون مميزاً عن الصنف الثاني وهو البيتون الممزوج أثناء النقل حيث تخلط المواد في المجابل البيتونية ويتابع مزجها وخلطها في السيارة الجبالة أثناء عملية النقل و قبل التفريغ.

يسمح الخلط أثناء النقل بالنقل لمسافة أطول في السيارة الجبالة ولذلك فهو أقل عرضة للعطب في حال التأخير ، غير أن استطاعة الجبالة هي فقط 63% أو ربما أقل . بينما تكون 80% بالنسبة للبيتون المخلوط في المجابل المركزية.

أحيانا" يخلط البيتون بشكل جزئي في المجبل البيتوني (من دون إضافة الماء) الأمر الذي يؤدي إلى زيادة استطاعة المجبل البيتوني حيث يبدأ الخلط بإضافة الماء قبل الوصول إلى الورشة بحوالي 10 min –5 ،يعرف هذا البيتون بالبيتون الجاف حيث تسمح هذه الطريقة بزيادة مسافة نقل البيتون حتى 100Km أو أكثر وذلك حسب رطوبة المواد الجافة (حصويات ، إسمنت) المنقولة .

الشرط الرئيسي في إنتاج البيتون هو المحافظة على قابلية التشغيل المناسبة للخلطة البيتونية (طراوة البيتون) حتى لحظة الصب ، حيث يبدأ البيتون بالتشكل مع مرور الزمن وتقل الطراوة بشكل كبير عندما تكون مسافة النقل كبيرة أو درجة الحرارة عالية .

يتعرض البيتون خلال نقله لظاهرة انفصال المواد الداخلة في تركيبه نتيجةً للاهتزاز ، يزداد الانفصال بازدياد درجة طراوة البيتون وأيضاً إذا كان شكل وعاء التحميل غير مناسب، لذلك من الضروري إعادة خلط البيتون من جديد قبل صبه وذلك من أجل إعادة تجانس مكوناته .

لابد من أخذ الاحتياطات المناسبة (حماية الخلطة البيتونية ، استخدام المواد المضافة ، اختيار الآلية المناسبة لنقل البيتون ...) والتي تحافظ على درجة حرارة الخلطة البيتونية في حال نقلها صيفاً أو شتاءً على حد سواء.

1 -6-2- طرق نقل البيتون : Transporting Concrete Methods

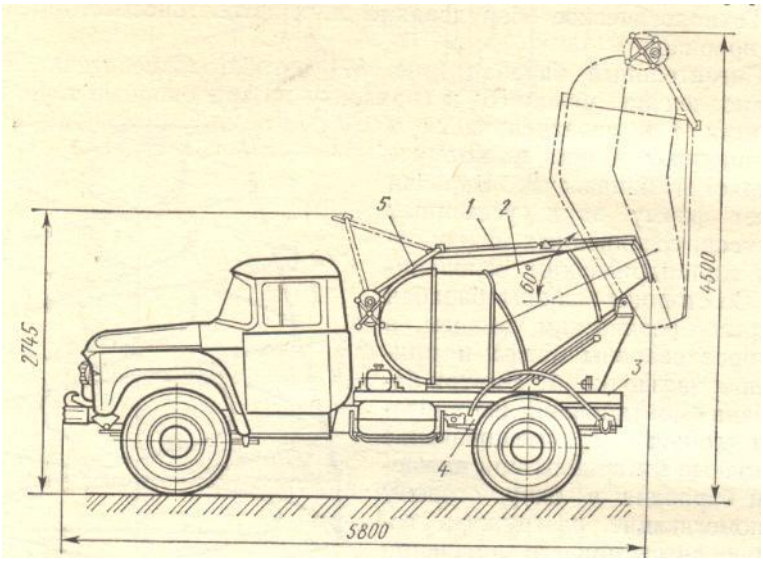
يتم نقل البيتون بوساطة :

1 – السيارة القلاب : Dumpers

وهي عبارة عن سيارة ذات صندوق مصمم بحيث يلائم نقل البيتون، لذلك يكون عميقاً في بدايته بالقرب من حجرة القيادة أما قسم التفريغ في الخلف فيتوضع بزاوية لاتقل عن °60 عن الأفق يصل حجم الصندوق إلى $6\text{-}9\ m^3$ ،الشكل(32-2) .

تستخدم السيارة القلاب لنقل البيتون بكميات غير كبيرة و إذا كانت مسافة النقل لا تتجاوز 15Km أما طراوة البيتون المنقول فهي أقل من 3cm وكذلك تستخدم إذا كان منسوب العنصر الواجب صبه أخفض من منسوب وقوف الآلية .

إن السلبيات الرئيسية لنقل البيتون بهذه الطريقة هي فقدان % 3 – 2 من الروبة الإسمنتية أثناء عملية النقل ، عدم إمكانية التفريغ الحصصي للخلطة البيتونية ، تأثير العوامل المناخية (الصيف ، الشتاء) على مواصفات الخلطة البيتونية المنقولة بالإضافة إلى خطر انفصال جزيئات البيتون وذلك في حال السير على طرق غير مستوية .



الشكل (32-2) سيارة قلاب مخصصة لنقل الخلطة البيتونية

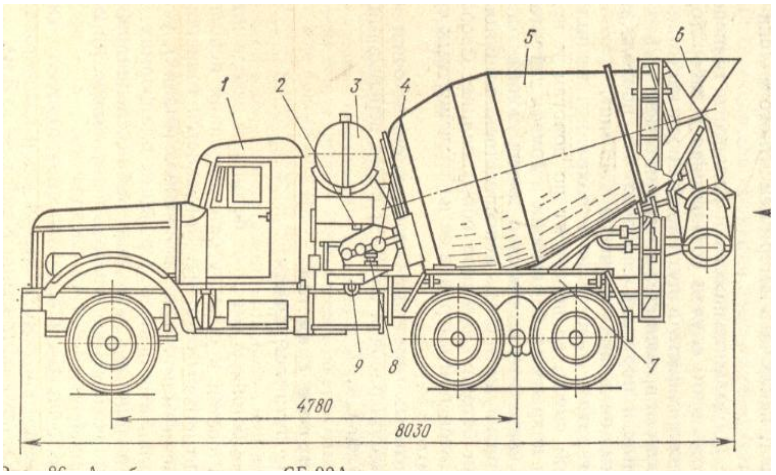
2،1 ،5 – صندوق السيارة القلاب . 3 ، 4 – الهيكل الحامل (الشاسيه)

2- السيارة الجبالة : Truck mixers

تتألف السيارة الجبالة من خزان للماء و وعاء أسطواني مركب على هيكل شاسيه سيارة شاحنة ويميل محور دورانه °15 عن الأفق وله فوهة واحدة للتفريغ والإملاء وقد

ثبت على الجدار الداخلي للجبالة عدة صفوف من الأجنحة الحلزونية ، الشكل (2-33) .

تؤمن السيارة الجبالة نقل البيتون على شكل خلطة بيتونية أو على شكل بيتون جاف حيث يتراوح حجم الخلطة البيتونية المنقولة بالسيارة الجبالة مابين $2.5\text{-}10\ m^3$



الشكل (2-33) السيارة الجبالة

1 – حجرة السائق ، 6,4,2 – تجهيزات خاصة بالسيارة الجبالة

3 – خزان الماء ، 5 – وعاء الجبالة ، 9,8,7 – (شاسيه) السيارة

الجدول (2-5) المواصفات التكنولوجية لبعض أنواع السيارات الجبالة .

المواصفات التكنولوجية	ماركة السيارة الجبالة

Fiat / 2632 /	Mercedes / 2624 /	Cb- 127	
6.5	6.1	6.8	حجم وعاء الجبالة، m^3
5.3	4.8	5.5	حجم الخلطة البيتونية في الوعاء ، m^3
15	15	15	زاوية ميلان وعاء الجبالة ، درجة
0.83	0.75	1.1	حجم خزان الماء ، m^3
6-15	8-12	3.0 - 15	عدد دورات وعاء الجبالة بالدقيقة
9.1	11.5	12.2	وزن الجبالة ،T

كما أنه يمكن نقل البيتون على شكل بيتون جاف – كما سبق ذكره – حيث يتم إضافة الماء من الخزان المتوضع أعلى السيارة الجبالة إلى مزيج المواد الحصوية والإسمنت قبل الوصول إلى موقع العمل بحوالي5–10 min ومن ثم يبدأ وعاء الجبالة بالدوران بمعدل 6-12 دورة / دقيقة حتى الحصول على خلطة بيتونية طازجة.

يتم نقل البيتون جافا" إلى موقع العمل بالسيارة الجبالة في الحالات التالية :

١- تجاوز مسافة النقل 30 Km .

٢- تجاوز عدد مواقع العمل التي يخدمها معمل بيتوني واحد 30 – 20 موقع .

تحدد المسافة المسموحة لنقل البيتون الجاف بـ 100 km إذا كانت رطوبة الجو عالية ولا يسمح بأن تتجاوز رطوبة المواد الجافة المنقولة % 4-3 .

ولابد من الإشارة إلى أن نقل البيتون جافا" يزيد من إنتاجية المعمل البيتوني بمعدل 30 % – 25 بسبب انخفاض دورة عمله .

تحسب الإنتاجية الساعية للسيارة الجبالة بالعلاقة :

$$Q = \frac{60 \cdot v \cdot k_1 \cdot k_2}{T}$$

حيث :

v– حجم وعاء الجبالة ، m^3 .

k_1 – نسبة حجم الخلطة البيتونية إلى حجم المواد المشكلة لها .

k_2 – معامل استثمار الجبالة .

T – زمن دورة النقل ، min

$$T = 60\, L \left(\frac{v_1 + v_2}{v_1 * v_2} \right) + t_1 + t_2$$

t_1 ، t_2 : زمن تعبئة وتفريغ الجبالة ، min .

L : مسافة النقل ، Km .

v_1 ، v_2 : سرعة السيارة الجبالة في الذهاب والإياب ، Km / h .

ملاحظات هامة عند استعمال السيارة الجبالة لتغذية المضخات البيتونية :

- بقاء الجبالة بحالة دوران دائم خلال عملية تغذية المضخة .

- عدم إملاء الجبالة المتحركة بالبيتون الجديد قبل التأكد من نظافة الجبالة من بقايا البيتون القديم.
- تحاشي ضخ البيتون الذي يبقى في الجبالة مدة تزيد عن 1.5 hour.

3- السير الناقل :

إن حركة البيتون على سير ناقل مطاطي هي عملية مستمرة ويجب أخذ هذا الأمر بعين الاعتبار عند اختيار هذه الطريقة خصوصاً عملية إنتاج البيتون وعملية الصب النهائية للبيتون. إذ أننا لا نحتاج لخلطة بيتونية ذات تصميم خاص لتلائم هذه الطريقة وتكون قابلية التشغيل المثالية لمعظم الأعمال البيتونية المنقولة بالسير الناقل هي ذات هبوط 50-100 mm.

إن استخدام السيور الناقلة في عملية النقل على الأغلب محدود ويقتصر على المسافات القصيرة التي يتم تغطيتها بوحدة أو وحدتين ناقلتين من السيور- في حال استخدامه لنقل البيتون ضمن الو رشات - ، أما في حال الضرورة فيتم استخدام السيور الناقلة بشكل واسع على شكل سلسلة من الوحدات المتصلة لنقل البيتون لمسافات معتبرة تصل حتى 15Km -5.

تعمل السيور الناقلة أفضل ما يمكن عندما يتم نقل البيتون أفقياً لكن يمكن استخدامها كذلك لرفع البيتون إلى حد معين عندما تميل السيور على بعضها.

تتراوح زاوية ميلان السيور الناقلة النظامية ذات السطح الناعم مابين 15° من أجل الخلطة البيتونية العالية الطراوة و25° للخلطة البيتونية القليلة الطراوة .

يتأثر معدل نقل البيتون بسرعة السير الذي يمكن أن يتغير ضمن حدود كبيرة. بشكل عام سرعة السير هي ضمن المجال $(30-200)\,m/\min$ و عرض السيور هي بحدود 400 mm إلى 600 mm مما يعطي استطاعة نقل بشكل مستمر ودون انقطاع تتراوح من $75m^3/hr$ إلى $270m^3/hr$ بالترتيب .

من المآخذ على هذه الطريقة لنقل البيتون :

١- حدوث ظاهرة انفصال مكونات البيتون الذي يتم نقله على السيور الناقلة والذي يعزى إلى الميل الكبير للسير الناقل وعند نقاط الانتقال من سير لآخر .

٢- جفاف الخلطة البيتونية المعرضة لأشعة الشمس والهواء .

٣- ضياع في كمية الروبة الإسمنتية أثناء النقل .

٤- التصاق المونة الإسمنتية على القشاط المتحرك .

ولكن وبالرغم من السلبيات المذكورة سابقاً فإن نقل البيتون بالسير الناقل يكون الحل الأفضل في حال لزوم نقل الخلطة البيتونية في المناطق ذات التضاريس الصعبة والتي يصعب فيها استعمال طرق النقل الأخرى (السيارات) .

إن عملية تفريغ البيتون من السير الناقل تعتمد بشكل أساسي على أحد الترتيبين. الترتيب الأول يؤمن نهاية خاصة للتفريغ موجودة في آخر وحدة من وحدات السير الناقل على طول خط السيور والتي يتم تثبيتها على مسند يقوم بأرجحة نهاية التفريغ على طول قوس في حين أن ذراع التشغيل يمكن إطالتها أو تقصيرها. ووفق هذا الأسلوب فإنه يتم القيام بالتفريغ المباشر على مساحة كبيرة.

الترتيب الثاني يتضمن التفريغ الجانبي في مقطع من مقاطع السير الناقل عن طريق مجراف قابل للحركة أو شفرة قاشطة تتوضع بزاوية 45° بشكل عرضي على السير . هذا الأمر من شأنه أن يؤمن تفريغ البيتون من السير الناقل في أي نقطة على كامل طول السير.

2-6-2 - اختيار آلية النقل المناسبة: Suitable Transporting Concrete

يتم اختيار آلية النقل المناسبة على مرحلتين :

المرحلة الأولى:

تطابق المواصفات التي تحققها آلية النقل مع المواصفات المطلوبة للبيتون من حيث مسافة نقل البيتون ، درجة الطراوة المطلوبة للخلطة البيتونية ...

المرحلة الثانية :

اختيار آلية النقل التي تحقق الكلفة الكلية الواحدية الأصغرية لنقل $1m^3$ من البيتون Ɔ .

2-7- ضخ البيتون : PUMPING CONCRETE

تتلخص عملية ضخ البيتون بإيصاله إلى العنصر البيتوني الواجب صبه مع تحقيق المواصفات التكنولوجية المطلوبة للبيتون (تجانس ، طراوة) .

ينفذ ضخ البيتون بوسائل مختلفة (رافعة ، مضخة بيتونية ، سير ناقل ...) .

1-7-2-ضخ البيتون بالرافعة :

تستخدم الروافع بشكل كبير في أعمال ضخ البيتون وخاصة" في المشاريع البيتونية الضخمة إذ يتم في البداية تفريغ الخلطة البيتونية في سطل الرافعة ومن ثم يتم إيصاله لمسافة تقع ضمن مجال عمل الرافعة ، الشكل (34 - 2).

يتراوح حجم سطل الرافعة مابين $0.3 - 3\ m^3$

١- أن تسمح مواصفات الرافعة بإيصال البيتون إلى أي مكان في المنشأة .

٢- أن توافق استطاعة الرافعة استطاعة الضخ الواجب تأمينها .

٣- أن لايؤثر استخدام الرافعة لضخ البيتون سلبا" على تنفيذ بقية الأعمال الإنشائية .

يعدّ استخدام الروافع لضخ البيتون مبررا" إذا تحققت الشروط التالية :

أن تستخدم أنواع مختلفة من الروافع لضخ البيتون :

-الروافع البرجية : وتستخدم لضخ البيتون في المنشآت البيتونية العالية (أبنية سكنية عالية ، أبراج ...) .

-الروافع الجسرية : وتستخدم لضخ البيتون في الأساسات والمنشآت الأرضية وفي الأماكن التي يصعب فيها استعمال الروافع الأخرى .

تحسب الإنتاجية الساعية للرافعة بالعلاقة :

$$Q = \frac{v}{t} \cdot k$$

حيث :

v = حجم سطل الرافعة ، m^3

t = زمن دورة عمل الرافعة ، hour .

k = معامل استثمار الرافعة ، 0.85 . 0.75

إن استخدام دلو رافعة ذي حجم كبير سوف يزيد من إنتاجيتها وفعاليتها.

يؤخذ على استخدام الرافعة لضخ البيتون الملاحظات التالية :

١. الإنتاجية الساعية القليلة .

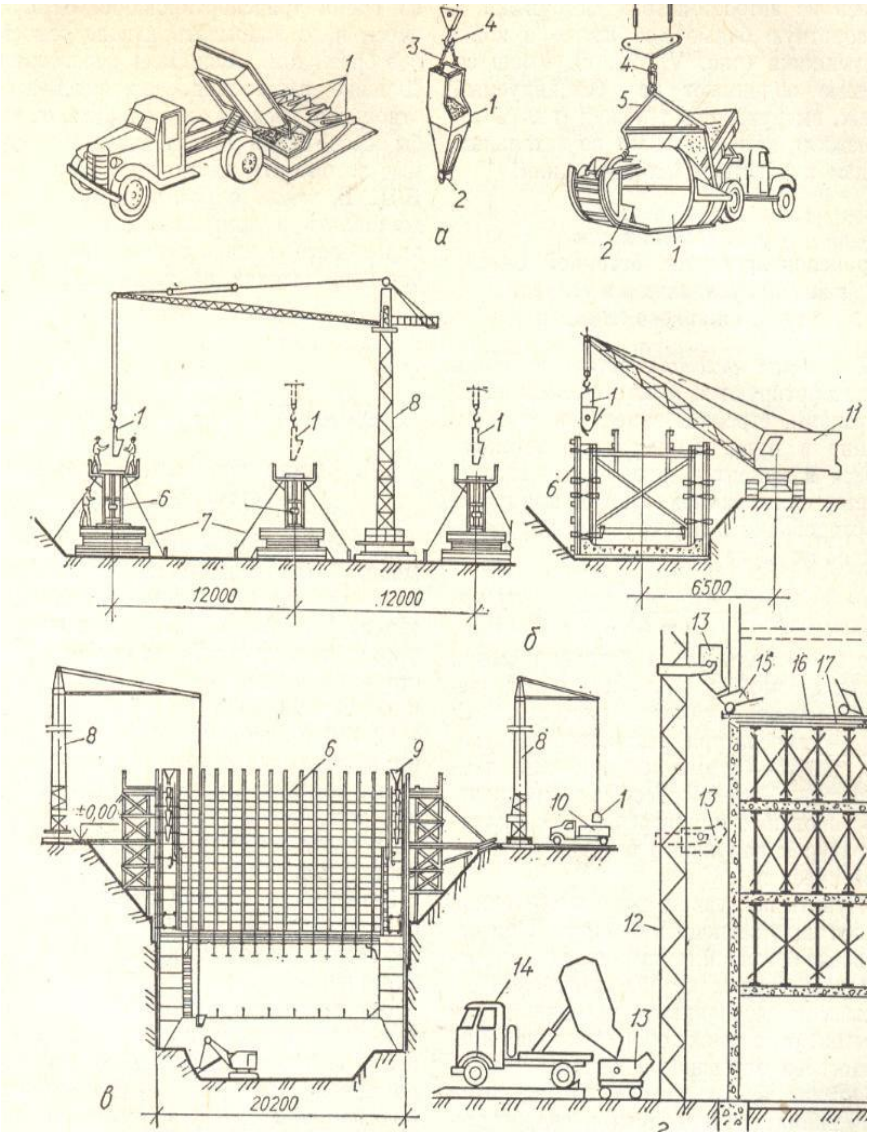
٢. الهدر الكبير في الخلطة البيتونية أثناء الإملاء والتفريغ .

٣. الجهد الكبير المصروف لفك وتركيب الرافعة .

2-7-2 – ضخ البيتون بالمضخة :

إن استخدام المضخات والأنابيب المرتبطة بها ليس إحدى أسرع طرق ضخ البيتون فحسب ولكنها إحدى أكثر الطرق اقتصادية في العديد من الحالات . إن طريقة ضخ البيتون تلائم الأماكن المزدوجة والمكتظة على وجه الخصوص .

بدأ استخدام المضخات لنقل البيتون في بدايات الثلاثينات من القرن الماضي وفي السنوات التالية ازداد استخدام هذه الطريقة حيث تشكلت القناعة بأن ضخ البيتون يسمح بصب كميات كبيرة من البيتون في أماكن مكتنزة ذات حجوم بيتونية كبيرة مثل حالة الأساسات الضخمة .



الشكل (2-34) ضخ البيتون باستخدام الرافعة

1 , 2 – دلوالرافعة . 3,4,5 – تجهيزات تعليق الدلو بالرافعة .6 – قالب

7 – شدادات . 8 – رافعة برجية .9 – قمع معدني .10,14 – آلية نقل البيتون

11 – رافعة مجنزرة .12 ,13 – تجهيزات لنقل البيتون نحو الأعلى

15 – عربة .16,17 – القالب

معظم مضخات البيتون يتم تزويدها بمكبس أو بمكبسين يدفعان البيتون من حجرة الضخ إلى أنابيب الضخ.

النماذج الأولى من مضخات البيتون كانت تشغل بشكل يدوي ومن ثم ميكانيكيا إلا أن معظم المضخات هذه الأيام يتم تشغيلها هيدروليكيا.

إن المضخات الهيدروليكية ذات حركة أسلس من المضخات الميكانيكية وبما أنها تطبق ضغطاً منتظماً على البيتون فإنها أقل عرضة لتشكيل الحواف البيتونية عالية الضغط الملازمة للنوع الميكانيكي ، وبالتالي فإن احتمال انسداد الأنابيب ينخفض في المضخات الهيدروليكية . إحدى أهم الفروق الجوهرية بين النوعين هي خفة وزن المضخات الهيدروليكية وهذا ما يسمح بقطرها مباشرة عن طريق الشاحنات الخفيفة .

يحقق استخدام المضخة البيتونية ضخ البيتون باستمرار ودون توقف وخفض الهدر المصروف بنسبة % 40 – 35 ، والكلفة بنسبة % 25 – 20 و تحسين مواصفات البيتون وزيادة مقاومته بنسبة % 20 – 10 ، وتزداد فعالية استخدامها عند صب المنشآت البيتونية الضخمة والمنشآت البيتونية الكثيفة التسليح .

يوجد نوعان من المضخات البيتونية وذلك حسب قابليتها للحركة :

1 – مضخات البيتون الثابتة (static pumps) :

والتي تستخدم عموماً عندما يكون مطلوباً ضخ كمية كبيرة من البيتون لمسافة طويلة وعندما تكون مرونة التفريغ محدودة عند نهاية الأنابيب . النماذج القابلة للقطر من هذه المضخات أصبحت واسعة الانتشار بسبب سهولة نقلها بين المواقع.

ينقل البيتون إلى المضخة البيتونية الثابتة بوساطة السيارة الجبالة أو السيارة القلاب التي تقوم بتفريغ البيتون في الخلاط ومن ثم في المضخة الثابتة ،تسمح هذه المضخات بضخ البيتون إلى مسافة 400m أفقياً و 100 m شاقولياً وباستطاعة تصل حتى 100 m^3 /h ، الشكل (2-35) .

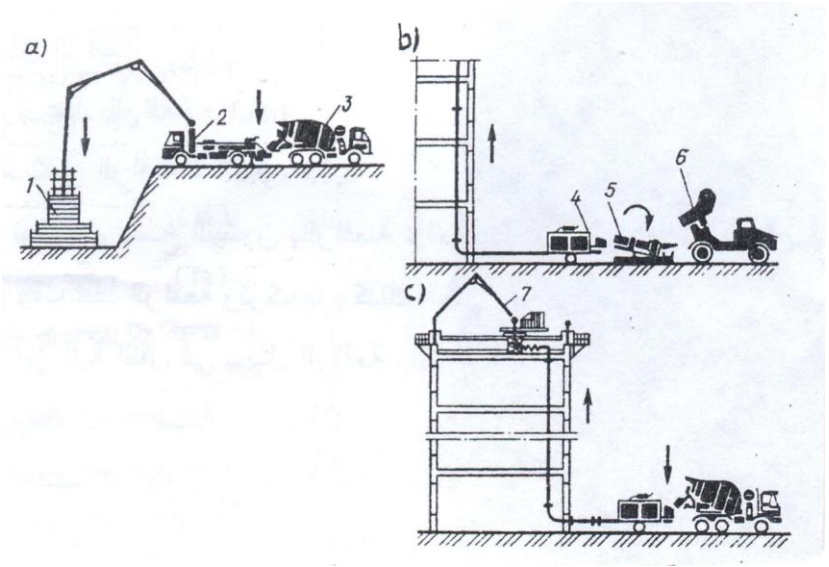
2- المضخات النقالة (Mobil pumps) :

والتي يتم تثبيتها على شاحنات خفيفة لسرعة النقل من مكان لآخر ما بين مواقع العمل أو ضمن موقع عمل واحد . تزود الشاحنات التي تنقل هذه المضخات بأنابيب ضخ مؤلفة من ثلاثة أجزاء يتم تحريكها هيدروليكياً وتنتهي بأنبوب مطاطي طوله 1 - 2 m ، الشكل (35 - 2) . تملك هذه المضخات مرونة جيدةً عن طريق قابلية الأذرع للدوران بزاوية تصل حتى 360° .

يوضح الجدول (6-2) الخصائص التكنولوجية لبعض أنواع المضخات البيتونية

	CE-126	CE-80	CE-123	CE-95	Stetter
استطاعة الضخ، m3/h	15-65	80	40	25	60
مجاز الضخ (شاقولي) ،m	80	80	50	50	80
(أفقي) ، m	400	400	300	250	200
قطر الأنبوب ' mm	125	125	125	150	180
طراوة البيتون ، cm	4 - 14	4 - 14	4 - 12	4 - 12	6 -12

تؤمن مضخة الضخ النقالة ضخ البيتون لمسافة 27m ولارتفاع 23m تقريبا" وباستطاعة 40-80 m^3 /h . ينقل البيتون إلى المضخة النقالة بوساطة السيارة الجبالة فقط والتي تقوم بإعادة خلطه قبل تفريغه في وعاء المضخة .



الشكل (35-2) ضخ البيتون بوساطة المضخة الثابتة والمحمولة

a – ضخ البيتون بالمضخة المحمولة ، b , c – ضخ البيتون بالمضخة الثابتة

1 – العنصر الواجب صبه ،2 – مضخة البيتون المحمولة ،3 – السيارة الجبالة ،

4 – مضخة البيتون الثابتة ، 5 – الجبالة ، 6 – السيارة القلاب ، 7 – آلية فرش البيتون .

– أنابيب الضخ : Pipelines

تستخدم أنابيب الضخ لنقل البيتون من المضخات الثابتة عبر موقع العمل وصولاً إلى نقاط التفريغ . إن الوحدة النظامية من شبكة الأنابيب تتألف من أنبوب من الفولاذ الصلد بطول 3m ويتم وصل الأنابيب عن طريق روابط سريعة وسهلة العمل. بالإضافة إلى أن هناك عدداً من الأنابيب الملحقة ذات زوايا انحناء 22.5° ، 45° ، 90° . يتراوح قطر الأنابيب ما بين 150 - 180 mm. في حال المضخات النقالة فإن قطر الأنابيب عادة ما تكون 100 mm أو 125mm . هذه الأقطار الصغيرة تسمح بسهولة نقل شبكة الأنابيب إلى نقاط جديدة. الأنابيب المرنة المصنوعة من مادة النيوبرين المطاطية هي بديل عن استخدام الأنابيب الفولاذية ويصبح استخدامها لازماً في حال وجود أذراع مضخة ذات مفاصل على الأقل من أجل القسم المتدلي.

إن وجود أنابيب مرنة قصيرة الطول في نهاية الأنابيب الفولاذية يمكن أن يسهل عملية نقل موقع التفريغ بسرعة.

تحسب الاستطاعة الاستثمارية للمضخة البيتونية بالعلاقة :

$$Q = Q_T \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3$$

حيث :

Q_T : الاستطاعة التصميمية للمضخة ، m^3/h .

K_1 : معامل يتعلق بنوع العنصر المصبوب ، K_1=0,7-0,95 .

K_2: معامل يتعلق بطول أنبوب الضخ.

K_3 : معامل استثمار المضخة ، $K_3 = 0,8$.

يتم تحديد K_2 بالاعتماد على الطول المكافئ للأنابيب $L_\circ$ ، وذلك من خلال جداول أو مخططات خاصة .

تحسب $L_\circ$ وفق العلاقة التالية :

$$L_\circ = L_h + K. L_v + L_\alpha$$

حيث :

L_h : مجموع أطوال الأنابيب الأفقية ، m.

L_v : مجموع أطوال الأنابيب الشاقولية ،m .

L_α : الطول المكافىء للأكواع ويقدر بـ $\frac{\sum\alpha}{10}$

K : معامل التكافؤ للأنابيب وهو يتعلق بزاوية ميلانها ،الجدول (7-2) لابد من الأخذ بعين الاعتبار الملاحظات التالية في حال ضخ البيتون بالمضخة البيتونية :

- الإقلال مأأمكن من الأكواع والمنحنيات .
- ضخ البيتون بأقل طول ممكن من الأنابيب .
- أن لايقل طول الأنبوب الأفقي الخارج من المضخة عن 10m .
- تحديد سرعة الضخ المبدئية للبيتون .

جدول (7-2) معامل التكافؤ K

زاوية ميلان الأنبوب	90	60	45	30	15
معامل التكافؤ K	12	8	7	5	4

2-7-3- خواص البيتون المضخوخ: Properties of the concrete for pumping

يجب أن يمتلك البيتون الواجب ضخه لزوجة وتجانس كبيرين وأن يحقق المواصفات الفيزيائية والميكانيكية المطلوبتين .

إذا أردنا ضخ البيتون فإنه يجب أن يكون ذا قابلية تشغيل كافية حيث أنه إذا كان البيتون صلباً جداً فإما أن يستحيل ضخه على الإطلاق أو أنه قد يلزمنا جهد كبير لذلك وبالطبيعي أن تقصر المسافة الأعظمية التي يمكن ضخ البيتون بها. البيتون المثالي للضخ هو ذلك الذي يملك هبوطاً مقداره $(75-100)\,mm$ ، مع العلم أن البيتون الذي يزيد هبوطه عن 100 mm بمقدار معتبر يتم ضخه بنجاح وذلك بانتقاء المواد الحصوية بعناية .

بشكل عام فالبيتون المضخوخ يجب أن يحتوي رمل بمقدار %(3-5) أكثر من البيتون ذي الاستخدام العادي.

إن نقصان الرمل يؤدي إلى خلطة بيتونية خشنة مما يؤدي إلى انفصال مكونات الخلطة داخل الأنابيب وحصول مشاكل انسداد لاحقة في الأنابيب.

الحصويات ذات الأشكال المدورة هي المفضلة عندما نريد ضخ البيتون والحصويات البحرية هي الأكثر ملائمة . الحصويات المكسرة قد تؤدي إلى صعوبات إلا أنه يمكن استخدامها بنجاح إذا تم استخدام محتوى عالٍ من الرمل. لا ينصح باستخدام الرمل الناتج عن التكسير إلا أنه تبين أن النتائج تكون مرضية إذا تم خلط هذا الرمل مع رمل ناعم أخر بنسب متساوية .

يفضل أن يكون منحني التدرج الحبي للحصويات ذا شكل انسيابي عند رسمه بالطرق الاعتيادية ، وهذا ينطبق على وجه الخصوص على قسم المواد الرملية الناعمة. إن مقدار المواد الناعمة في الرمل هي ذات أهمية كبيرة وبشكل عام فإن الرمل المناسب للبيتون المضخوخ هو ذلك الرمل الذي %(15-20) من وزنه يعبر عبر المنخل ذي الفتحات $300\mu m$ وَ 3% من وزنه يجب أن يمر من المنخل ذي الفتحات $150\mu m$. إن مقدار المواد الناعمة في الرمل أمر مهم لأن هذه المواد تعمل عمل المز لقات داخل الأنابيب. إن وجود كمية ضئيلة جداً من المواد الناعمة في الخلطة البيتونية والتي بدورها تؤدي إلى تشكل انسدادات جافة وصلبة داخل الأنابيب وبالتالي

انسداد هذه الأنابيب على نحو جزئي أو كلي. بالمقابل فإن زيادة هذه المواد الناعمة جداً على نحو كبير يزيد القوة اللازمة لضخ البيتون .

يتم التحقق الجيد من قابلية الخلطة البيتونية للضخ عن طريق حساب حجم الفراغات الإجمالي في خليط المواد الحصوية والتي يجب أ ن لا تشكل أكثر من 25% من الحجم الإجمالي .

طبعاً فإن الفراغات الكائنة بين خليط المواد الحصوية سوف يتم ملؤها بالمادة الإسمنتية والماء ومن الضروري أن تكون حجم الروبة الإسمنتية كافية أي يزيد حجمها بمقدار 40% عن حجم الفراغات المتشكلة وذلك كي نضمن ملء جميع الفراغات .

كي نضمن نجاح عملية ضخ البيتون فإنه يجب أن يكون عيار الاسمنت الأدنى $250kg/m^3$ أو أن يكون العيار الكلي لجميع المواد فائقة النعومة $350kg/m^3$ كحد أدنى ، حيث أن المواد فائقة النعومة هي خليط الاسمنت والمواد التي قطرها دون $300\mu m$.

على الرغم مما سبق يجب أن نتجنب زيادة كمية الإسمنت على نحو مفرط لأن هذا من شأنه أن يكسب البيتون خاصية التصاقية وسيؤدي إلى زيادة المقاومة الاحتكاكية داخل الأنابيب (كما تفعل المواد الناعمة الموجودة في الرمل) يفضل أن تتراوح نسبة الماء إلى الإسمنت مابين 0.6-0.4 على أن لاتزيد عن 0.75 .

التأثير المشترك بين كمية الإسمنت ومقدار الفراغات في الحصويات على خواص الضخ لخلطة بيتونية مبين في الشكل (36-2)، حيث تم تحديد البيتون القابل للضخ بالشريحة المركزية التي تتدرج من الحالة التي تكون فيها الفراغات متدنية وكمية الإسمنت كذلك متدنية إلى الحالة التي تكون فيها الفراغات وكمية الإسمنت مرتفعين . يمكن توسيع حدود هذه الشريحة المركزية عن طريق استعمال الإضافات. استخدمت الملدنات بنجاح للحصول على قابلية تشغيل عالية حيث كانت هناك صعوبات في إنتاج خلطات لها خواص معينة . إلا أنه في الخلطات ذات الفراغات العالية والمعرضة لظاهرة انفصال مكونات الخلطة البيتونية فإن الملدنات قد تزيد الأمر سوءاً.

2-7-4 - انسداد أنابيب الضخ : Blockages Pipeline

من الممكن أن يحصل انسداد جزئي أو كلي لأنابيب الضخ حيث تتشكل خثرة بيتونية والتي تعتبر من أهم العوامل التي تعيق استثمار المضخة البيتونية .

يحصل انسداد أنابيب الضخ لأسباب عديدة نذكر منها:

-ضخ كمية من الروبة الإسمنتية أقل من اللازم ضمن الأنابيب .

-قوة ضخ البيتون ضمن الأنابيب أقل من اللازم .

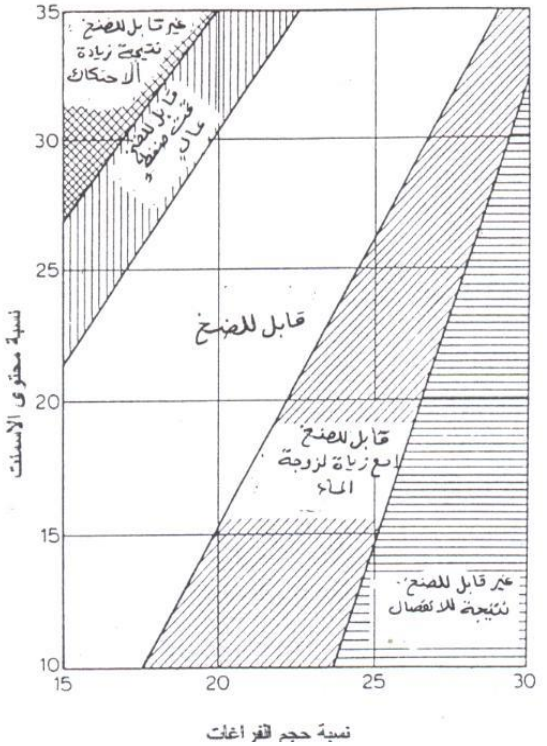
-زيادة مدة بقاء البيتون المضخوخ ضمن الأنابيب .

-التوقف الجزئي عن ضخ البيتون لزمن أكثر من الزمن المسموح .

-التأثر بالعوامل الجوية المحيطة .

-عدم وصل أنابيب ضخ البيتون فيما بينها بشكل وثيق .

-عدم تنظيف الأنابيب بشكل جيد بعد انتهاء عملية الضخ .



الشكل (2-36) تأثير محتوى الإسمنت وكمية الفراغات على خواص الضخ

في بعض أنواع مضخات البيتون فإنه يمكن التخلص من الانسداد عن طريق عكس آلية حركة المضخة لفترة وجيزة وإعادة البيتون إلى وعاء التفريغ ، إذا لم تنجح هذه الطريقة فانه يجب تحديد مكان الانسداد في الأنابيب. وأفضل طريقة للقيام بهذا الأمر يكون بمتابعة خطوط الأنابيب وحل الروابط قليلاً بين الأنابيب وبالتتالي كل 6 m أو 9 m (أي كل أنبوبين أو ثلاث أنابيب متتالية). إذا خرج البيتون من الوصلة بقوة فهذا يعني أن الانسداد في الأنابيب اللاحقة ويجب عندها إعادة وصل الأنابيب والتحقق من مكان لاحق على طول خط الأنابيب. إذا لم يخرج البيتون بقوة من نقطة الوصل التالية فإن الانسداد في مكان ما بين نقطة الوصل هذه ونقطة الوصل التي تم فحصها سابقاً . بعدما يتم تحديد مكان الانسداد فإن البيتون يجب أن يزال من المقطع المسدود عن طريق استبدال الأنبوب أو فكه و تنظيفه وإعادته إلى مكانه بأسرع وقت.

من الضروري أن يتم فقط حل الروابط بين الأنابيب عند التحقق منها وليس فكها بالكامل ويجب فك الروابط بشكل كامل فقط عندما تتوقف المضخة كلياً ولا يعود هناك ضغط داخل الأنابيب.

إذا لم نتمكن من تحديد مكان الانسداد فقد تكون المشكلة بالمضخة نفسها . في بعض الأحيان قد يؤدي تقصير الأنابيب إلى إزالة الانسداد حيث تنخفض المقاومة الكلية في خط الأنابيب.

يجب الانتباه بشكل خاص لتجنب الانسداد عندما يتم ضخ البيتون إلى المنحدرات لأن الجيوب الهوائية قد تتشكل عند أعلى نقطة من خط الأنابيب في حين أن البيتون يذهب بعيداً عن هذه النقطة العالية .

- **اعتبارات التخطيط : Planning considerations**

كان الاعتقاد في الماضي أنه إذا توفرت رافعة أو أكثر في المشروع فإنها سوف تستخدم بشكل تلقائي لنقل البيتون، إلا أنه غالباً، تتشغل الروافع بشكل كلي في نقل مواد أخرى ولا يمكنها دوماً الوصول إلى كافة أقسام العمل ، ولهذا فإن الحالة الأفضل هي تأمين الروافع ومضخات البيتون للعمل معاً في مواقع العمل عندما يكون هناك كميات كبيرة من البيتون يجب صبها. إن توفر المضخات النقالة يعزز خيار صب البيتون عن

طريق ضخه خصوصاً عندما يكون المطلوب صب كميات كبيرة من البيتون في فترة زمنية قصيرة.

إن إنتاجية المضخات النقالة تعتمد على عدة عوامل خصوصاً حجم البيتون ونوعية ومسافة الضخ المطلوبة. يمكن الوصول إلى إنتاجية بحدود $40-60 m^3/hr$ علماً بأن إنتاجية مقدارها $25-30 m^3/hr$ تعتبر ذات قيمة معقولة لمضخة واحدة تعمل لعدة ساعات . عند استخدام مضخة هيدروليكية كبيرة ذات أسطوانتين يمكن أن نطلب إنتاجية تصل حتى $130 m^3/hr$. تعتمد مسافة الضخ الممكنة للبيتون بشكل رئيسي على حجم المضخة وقطر الأنابيب.

المسافات التي تفوق الـ 1000 m أفقياً وَ 300 m شاقولياً يتم الوصول إليها عن طريق المضخات الكبيرة، ولكن هذه الأرقام هي أرقام استثنائية والمسافات العملية غالباً ما تكون أقل من ذلك بكثير وعلى أي حال فإنه لا يلزمنا أن نضخ البيتون لمسافات طويلة خصوصاً عند استخدام المضخات النقالة التي يمكن تحريكها . في الحالات الخاصة التي نضطر فيها لضخ البيتون لمسافات طويلة وارتفاعات عالية يمكن استخدام طريقة الضخ على مرحلتين وباستخدام مضختين الأولى لإيصال البيتون إلى نصف مسافة النقل تقريباً والثانية لباقي المسافة.

التخطيط الجيد ضروري من أجل نجاح عمليات ضخ البيتون ويجب أن يكون هناك تنسيق جيد بين جميع الأشخاص في المشروع.

2-7-5- انتقاء آلية الضخ المناسبة :

كما هو الحال في انتقاء آلية النقل المناسبة فإنه يتم انتقاء آلية الضخ المناسبة على مرحلتين :

المرحلة الأولى :

تطابق المواصفات التي تحققها آلية الضخ (ارتفاع – مجاز – حمولة ...) مع المواصفات المطلوب تحقيقها في الورشة .

المرحلة الثانية :

حساب الكلفة الكلية لضخ $1m^3$ بيتون . ويتم ذلك وفق نفس التسلسل لحساب الكلفة الكلية لنقل $1m^3$ بيتون آخذين بعين الاعتبار أن$L_1 = 0$ (المسافة المكافئة للنقل) .

2-7-6 – البيتون المقذوف : Gunit (Shotcrete)

هو الاسم المعطى للملاط أو البيتون المنقول بواسطة خرطوم والمقذوف بواسطة الهواء المضغوط بسرعة عالية على سطح داعم .قوة النفاث المؤثرة على السطح تزيد من تماسك المادة بحيث يمكنها الالتصاق دون تساقط ولو على سطح شاقولي.

تمنح هذه الطريقة البيتون مزايا هامة في عدة تطبيقات (بطانات الأنفاق ، القشريات ، تصليح البيتون المهترىء ، تثبيت المنحدرات الصخرية ،...) .

تتألف المونة الإسمنتية بشكل أساسي من خليط من الاسمنت والرمل والماء يتم رشه من فوهة خاصة على المكان المطلوب، كذلك يمكن استخدام الحصويات الخشنة ذات قطر 10 mm .

هناك عمليتان أساسيتان يمكن بهما تطبيق البيتون المقذوف :

الأولى هي عملية الخلط الجاف (وهي الأكثر شيوعاً) حيث يخلط الإسمنت والرمل وفقاً لنسب مطلوبة. بعدها يتم تعبئة هذا المزيج في قسم من الآلة اسمه المدفع يتألف من حجرة أو أكثر متصلة إلى وحدة الهواء المضغوط. تقوم هذه الآلة بتغذية هذه المادة بشكل مستمر الجريان داخل أنابيب بواسطة الهواء المضغوط وصولاً إلى الفوهة الموجودة في النهاية الخاصة بالصب. عند الفوهة يتم إدخال رشاش من الماء المضغوط إلى المواد المارة وتخرج المادة الناتجة من الفوهة بسرعة عالية ترش على السطح

المطلوب. المسافة المثلى ما بين الفوهة والسطح هي بحدود $1-1.5m$ ، الشكل (37 -2).

يجب أن يكون الرمل قبل خلطه مع الإسمنت جافاً (إذا كانت الرطوبة بحدود $3-5\%$ فإن هذا أمر جيد ومرغوب) وذلك من أجل أن تحتفظ حبيبات الرمل بطبقة إسمنتية مغلفة لها.

يتم التحكم بمقدار الماء الذي يتم إضافته عند الفوهة عن طريق صمام يتحكم به الشخص الحامل للفوهة . مقدار الماء هذا هو أمر مهم وحرج لأن الخلطة الرطبة جداً قد تسبب سقوط المادة المرشوشة على السطح ، في حين أن الخلطة الجافة جداً سوف تفتقد إلى الالتحام والتماسك وسوف تتسبب في خسارة كمية معتبرة من المواد نتيجة الارتداد عن السطح.

الشكل (37 -2) رش المونة الإسمنتية على جدار خزان بيتوني يتم إصلاحه.

أما العملية الثانية فهي عملية الخلطة الرطبة والميزة الرئيسية لهذه العملية هي أن كل المحتويات بما في ذلك ماء الخلط تخلط معا" وبعد ذلك تدخل الخلطة إلى قسم معدات التوزيع ومن هناك تنقل عبر الهواء المضغوط . يحقن الهواء المضغوط في الفوهة ويقذف المادة بسرعة فائقة على السطح ليصقل .

كلتا العمليتين تقدم بيتوناً مقذوفاً ممتازاً، لكن عملية الخلط الجافة تكون مناسبة أكثر مع الحصويات المسامية الخفيفة الوزن والمزودة بأجهزة منظمة للسرعة . يمكن التحكم بقوام الخلطة مباشرة عند الفوهة، ويمكن تحقيق قوة عالية بسهولة (50Mpa).

ومن جهة أخرى فإن عملية الخلط الرطبة تحقق تحكماً أفضل بمقدار ماء الخلط، كما أنها تؤدي لإنتاج كمية غبار أقل ومن المحتمل أن يكون أقل ارتدادا" وبالتالي فهي ملائمة في حالة الحجوم الكبيرة .

قد يكون استخدام البيتون المقذوف أكثر اقتصادية في العناصر الإنشائية الرقيقة حيث يلزمنا القالب من أحد الجهات فقط وقد لا يلزمنا قالب بتاتاً .

من الواضح وأنه بسبب انخفاض محتوى المونة من الماء وبسبب كثافتها العالية ، فإنه قد يمكن إنتاجها بمقاومات عالية على الضغط (ضمن المجال $50-80\,N/mm^2$)، ولكن بسبب الاختلاف في عمليات التصنيع فإن المقاومة الدنيا التي يجب اعتمادها من خلال التجارب في الحياة العملية يجب أن تتراوح مابين ($20-40\,N/mm^2$) .

من الضروري توافر طاقم تشغيل ذي مهارات جيدة للقيام بهذه العملية وبجودة عالية .

2-8 – صب البيتون: Placing Concrete

2-8-1– التحضير للصب: Preparation For Placing

إن التحضيرات ضرورية قبل البدء بعملية الصب حيث يعتمد على نوع المنشأة والمكان الذي سنصب فيه البيتون.من أجل الأساسات والطرقات فإنه لابد من تهيئة سطح التربة حيث أنه من الضروري في أعمال الهيكل تنظيف أماكن اتصال المنشآت تماماً حتى نحصل على تلاصق جيد بين البيتون الطري والبيتون المتصلب.

تعتمد طرق تحضير سطوح الأساس على نوعية تربة التأسيس و على درجة التلاصق المطلوبة عندما يلزم صب البيتون فوق طبقة صخرية.

بشكل عام يستخدم الغضار والمواد العضوية ومواد أخرى مشابهة كأساس للبيتون ويجب أن يكون السطح خالياً من الشوائب والأتربة وتجمعات المياه وفي الطقس الجاف يجب ترطيب تربة التأسيس.

إن المواد النفوذة للماء مثل الرمل، الحصى والرماد يجب جمعها وتغطيتها بورق النشاف أو نسيج من البولي إتيلين أو بقطعة قماش أو ما شابه لمنع تبخر الماء منها، ومن الجيد وضع طبقة من البيتون عيار($150\ kg/m^3$)، بسماكة (50-75)mm فوق الموقع في المراحل الأولى لأن هذا يؤمن أعمال رصف جيدة ويمنع تلوث بيتون الأساس من قبل الطبقات الأرضية.

عندما يكون من الضروري الحصول على تلاحم جيد مع الأساس الصخري (كما هو الحال في منشآت السدود) فإن السطح الصخري يجب أن يكون قاسياً بشكل جيد وأن يُنظف من جميع البقايا الصخرية والشوائب والشقوق الناعمة والمواد الغريبة الأخرى ويتم هذا التنظيف بواسطة مضخات هواء أو ماء الخ... وثم تنظيف كامل السطح بواسطة الماء وفرشاة معدنية.

أما بالنسبة للقوالب (الخشبية أو المعدنية) فإنه يجب تفقد سلامتها ونظافتها وتوضع حديد التسليح ونظافته ومطابقته للدراسات التصميمية ، حيث ترش القوالب الخشبية بالماء قبل ساعة من بدء الصب أما المعدنية فتدهن بالزيت .

وفي حال نصب حديد التسليح على كامل ارتفاع المنشأة الواجب صبها فإنه لابد من أخذ كافة الاحتياطات لمنع تلوث حديد التسليح ببقايا البيتون .

يحدد ارتفاع السقوط الحر للبيتون بـ 1m في حال صب الأسقف و 2m في حال صب العناصر الشاقولية (جدران ، أعمدة ،...) وسوف يحصل انفصال في جزيئات البيتون في حال تجاوز الارتفاعات المحددة أعلاه .

يصب البيتون بطريقة مباشرة أو غير مباشرة .

يصب البيتون بالطريقة المباشرة في حال عدم لزوم وجود حاجة لتجهيزات الصب مابين آلية الضخ والعنصر الواجب صبه (إذا لم يتجاوز ارتفاع السقوط الحر للبيتون 1- 2 m) .

أما الصب بالطريقة غير المباشرة فيتم باستخدام تجهيزات مابين آلية الضخ والعنصر الواجب صبه (أقمعة معدنية ، مزراب مائل ، ..) .وفي حال عدم إمكانية استخدام التجهيزات السابقة (بسبب كثافة التسليح للعنصر الواجب صبه أو بسبب صغر عرضه) فيجري الصب عبر فتحات في جدران القالب بتباعدات شاقولية لاتزيد عن 2m .

2-8-2 – صب البيتون: Placing Concrete

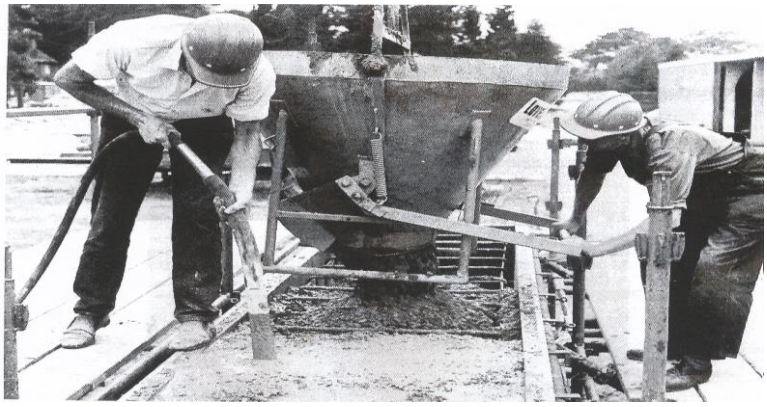
يمكن أن تظهر عيوب خطيرة في المنشآت التي تم بناؤها نتيجة إغفال إجراءات وقائية معينة لدى صب البيتون في القالب فإلى جانب الإزاحات الممكن حدوثها لحديد التسليح وممرات الكابلات المسبقة الإجهاد، وروابط القوالب وأية مواد مثبتة أخرى فإن صب البيتون غير المدروس بعناية من الممكن أن يسبب حركة وضرراً للقالب. ويبين الشكل (38 – 2) تفريغ البيتون بعناية من الوعاء بالإضافة إلى الرج .

إن انفصال الحصويات الخشنة هو عيب مرتبط بالصب السيئ وهذا الانفصال يحدث بشكل جزئي عند تفريغ البيتون من الوعاء أو من مجرى مائل حيث يُسمح له فقط بالسقوط بشكل مستمر والتجمع في مكان واحد. ونتيجة لذلك فإن الحبات الحصوية الأكثر خشونة تهبط على جوانب المخروط وتتجمع في الأسفل.

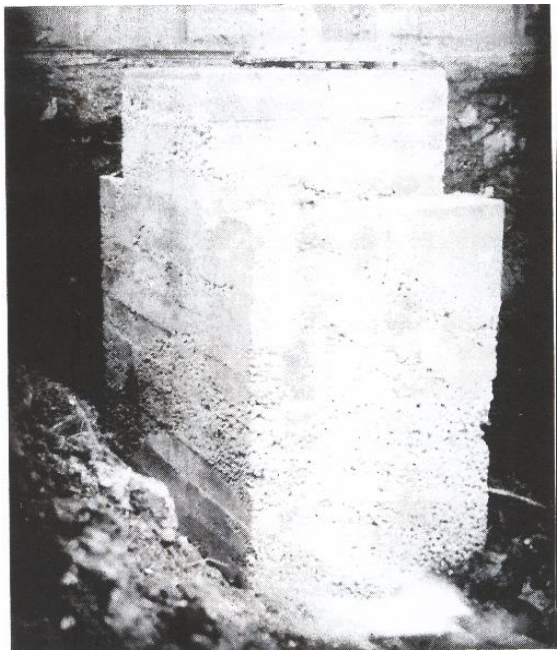
وهذا أكثر وضوحاً في الخلطات الرطبة جداً ذات التماسك القليل لكن الخلطات البيتونية المدعمة الجافة تتعرض أيضاً لنفس المشكلة.

يوضح الشكل (39-2) مثالاً على الانفصال الناتج عن السقوط الحر للبيتون من عربة إلى قاعدة عمودية كبيرة، ويمكن ملاحظة الشكل المخروطي في المناطق التي يحدث فيها تعشيش.

يمكن أن يكون الانفصال واضحاً عند تفريغ البيتون من نهايات السيور الناقلة إذا لم يتم تأمين أنابيب لها شكل قمع.

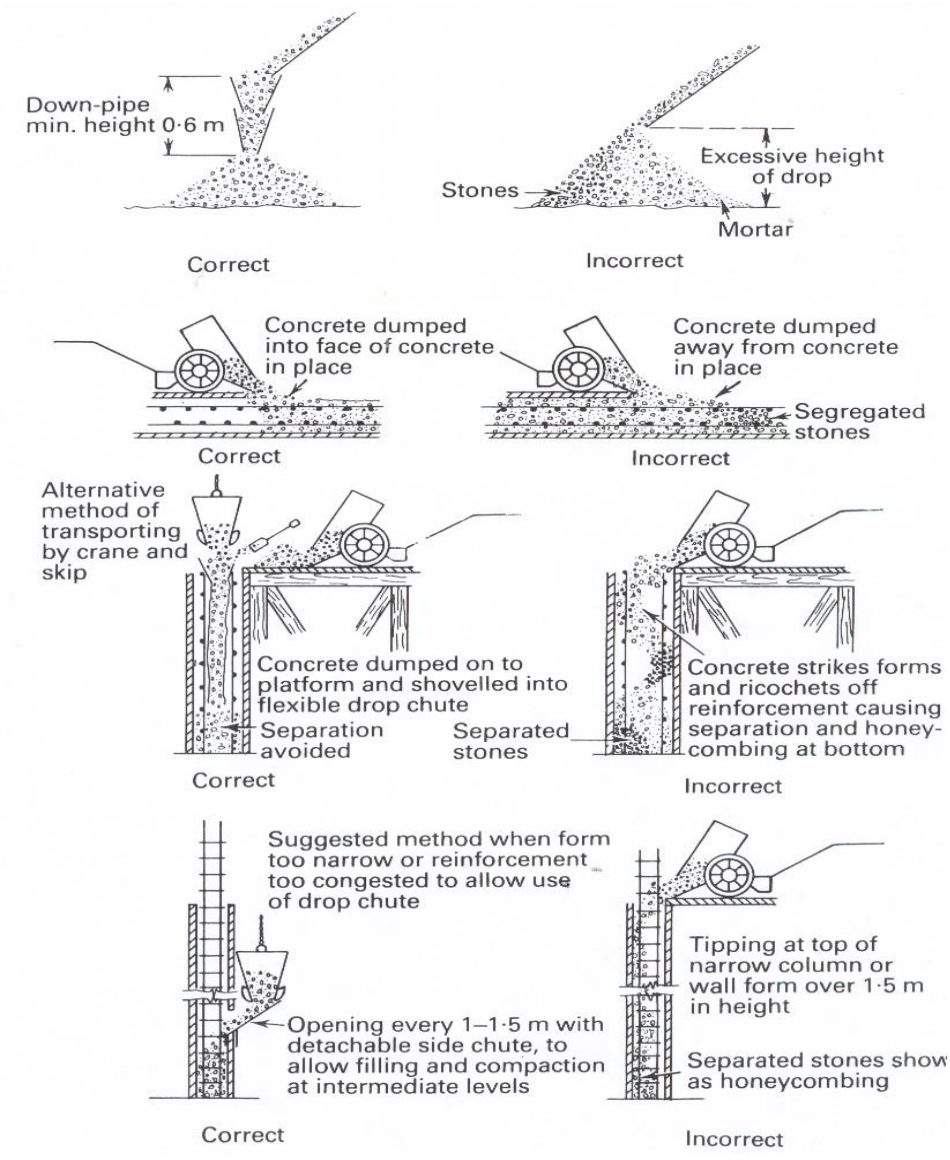


الشكل (38-2) تفريغ البيتون من وعاء الصب



الشكل (39 - 2) : حدوث تعشيش في قاعدة عمود كبير

هناك توضيحات مقترحة للتحكم بسقوط (صب) البيتون بشكل سليم موضحة في الشكل (40 - 2)



الشكل (40 - 2) الطرق الصحيحة لصب البيتون

يجب أخذ التحذيرات التالية بعين الاعتبار خلال عملية الصب وإعطاؤها أهمية خاصة:

١. يجب صب البيتون بشكل يجعله قابلاً للتنفيذ بحيث يكون قريباً من وضعه النهائي، ويجب ألا يوضع بكمية كبيرة في أي نقطة وأن يُسمح له بالانسياب على طول القوالب وإن الإخفاق في عمل ذلك يسبب انفصالاً في البيتون وتعشيشاً وانزلاقاً في السطوح التي تم صبها ورصها بشكل سئ.

٢. يجب صب البيتون في طبقات أفقية ورص كل طبقة بشكل كامل قبل صب الطبقة التالية وبقدر ما يتم صب كل طبقة بشكل عملي في عملية واحدة مستمرة فإن سماكة الطبقة تعتمد على حجم وشكل المقطع وكثافة البيتون والتباعد بين حديد التسليح وكذلك طرق الرص. وضرورة صب الطبقة التالية قبل تصلب الطبقة السابقة ومن المناسب في مجال البيتون المسلح أن يتم صب البيتون في طبقات بسماكة (0.2~ 0.4)m. وفي الكتل البيتونية ينصح باستخدام طبقات أكثر سماكة 0.6 m ـ 0.4.

ويمكن صب العديد من هذه الطبقات على التوالي لتشكل كتلة واحدة حيث تُتبع كل طبقة بأخرى بشكل سريع لتجنب تشكل فواصل بين الطبقات، وبحرص وتصميم جيد للقالب يمكن صب البيتون على ارتفاعات تصل إلى (10m) أو أكثر للكتلة الواحدة أي أنه يجب أن يكون هناك حيز كاف ضمن القالب وحول حديد التسليح لتأمين مدخل من أجل معدات الرص.

٣. يجب أن تستمر عملية صب البيتون بشكل مستمر ودون توقف وذلك لتجنب ظهور فواصل ضمن البيتون .

٤. يجب أن يُصب البيتون بشكل كامل في الموقع حول حديد التسليح وزوايا القالب مع الرج .

3-8-2 - الصب العميق: DEEP LIFTS

يعتبر صب البيتون لارتفاعات أكبر من (2m) غير مقنع بسبب مشاكل الانفصال التي تحدث في البيتون وصعوبة الحصول على رص جيد.

إذا تم صب البيتون من ارتفاع أكثر من (2~3)m فإنه من المفضل أن يسقط بحرية بدون أن يلامس حديد التسليح أو جوانب القالب وهذا يتم تحقيقه أحياناً بتوجيه صب البيتون من خلال مركز العنصر أسفل المنشأة أو من خلال بعض المناطق الأخرى الخالية من حديد التسليح.

يمكن ببساطة تحقيق نتائج جيدة من خلال صب البيتون من أعلى القالب لكن نجاح هذا الأسلوب يعتمد على التفريغ الدقيق من الوعاء وعلى الحجز الذي يشكله حديد التسليح.

إن الأسلوب الذي يتم اعتماده غالباً هو نظام القساطل المعدنية أو الأنابيب لإيصال البيتون إلى الأسفل. ولهذه التقنية مزايا وهي إعطاء تحكم أفضل في تحديد موضع البيتون في الأسفل وحماية أي عامل يعمل ضمن القوالب من البيتون الساقط.

باستخدام القساطل المعدنية أو الأنابيب فإنه لا يوجد حد للارتفاع الذي من خلاله يمكن إسقاط البيتون.

على سبيل المثال في المنشآت ذات التخطيط (التصميم) العمودي كالمناجم أو قنوات تنظيم جريان الماء من أجل الأعمال الكهرومائية يمكن إسقاط البيتون عدة مئات من الأمتار خلال أنبوب بقطر (150mm) بدون نتائج عكسية.

في حالات كثيرة تسمح فتحات موجودة في القالب من جهة واحدة بتحكم أفضل بعملية الصب والرص خاصةً في الجزء السفلي من الكتلة، هذه الفتحات والتي يمكن اعتبارها مداخل أو نوافذ تتدرج مساحتها من $0.3m^2$ وحتى طول 1m وارتفاع 0.7m يتم وضعها عادةً عند ثلث إلى منتصف ارتفاع الكتلة على أن لاتزيد المسافة بين كل فتحتين شاقوليا" عن 2 – 2.5m .

إذا تم تزويد البيتون من خلال هذه الفتحات فإن أي مشاكل تنشأ عند إسقاط البيتون خلال كامل ارتفاع الكتلة (العنصر) يمكن تجنبها أو على الأقل تقليلها بشكل أساسي.

وأهم من ذلك هو أن هذه الفتحات تمكن من رؤية البيتون بشكل أوضح والتحكم بسهولة أكبر بإبرة الرجاجات. تفيد هذه الفتحات خاصةً في حالة الجدران الرقيقة والأعمدة حيث يكون هناك كثافة كبيرة نوعاً ما في حديد التسليح وحيث من غير الممكن عملياً رؤية أسفل العنصر من الأعلى.

علاوة على ذلك فإن الفراغات الموجودة بين قضبان التسليح في الجدران والأعمدة تكون أحياناً غير كافية للسماح بإدخال أية أنابيب سفلية.

في الأعمدة المائلة والجدران لا يمكن الاستغناء عن الفتحات لأنه من الصعب جداً تمرير البيتون للأسفل من الأعلى في مثل هذه العناصر.

يتم تزويد البيتون من خلال الفتحات عادةً والتي يجب أن تكون مرتبة بحيث يُفرغ البيتون في العنصر بسرعة قليلة نوعاً ما وبدون ضرب القالب في الجهة المقابلة. من الممكن بتصميم مناسب إدخال ألواح في الفجوات تشكل مداخل وتثبت في المكان حيث تكون جاهزة لصب بيتون إضافي خلال دقائق معدودة.

إن إحدى أهم الخواص المطلوب تحقيقها في البيتون من أجل المنشآت ذات الارتفاع الكبير هي التماسك.

يجب التأكد أيضاً بأن أية خسارة في المونة حول حديد التسليح أو في أي مكان عندما يتم صب البيتون لا يسبب نقصان في كمية المواد الناعمة في الخلطة خلال عملية الرص لذلك يجب أن تحتوي الخلطة على محتوى رملي مرتفع نسبياً.

إن تخفيض رشح الماء هام خاصةً في المنشآت ذات الارتفاع الكبير لأن التأثير يمكن أن يتراكم من طبقة لأخرى من طبقات البيتون المصبوب حتى في الخلطة المصممة بشكل جيد فمن الصعب منع الماء أو أحد المواد الناعمة من زيادة نسبتها داخل البيتون وزيادة محتوى الماء والمواد الناعمة في كل طبقة لاحقة.

هناك حل وحيد وهو تعديل محتوى الماء في البيتون عندما يقترب العمل من الانتهاء، وهذا يتطلب في الواقع عناية فائقة لأن التصحيح الزائد يمكن أن يؤدي إلى اختلاف غير مرغوب في نوعية البيتون. غير أن تعديلات من هذا النوع نادراً ما يتم إجراؤها في الحياة العملية.

4 -8-2 –الصب تحت الماء: PLACING UNDER WATER

إضافةً إلى طرق صب البيتون تحت الماء والتي تم ذكرها في الجزء الأول من كتاب تكنولوجيا الإنشاء / 1 / فإنه يمكن أن يُصب البيتون باستخدام أوعية تفريغ سفلية ، الشكل (41 - 2) أو باستخدام أنابيب الضخ.

عندما تستخدم الأوعية فإنها يجب ألا تفرغ من الأسفل حتى يتم وصلها بالأساس أو حتى يتم صب سطح البيتون مسبقاً.

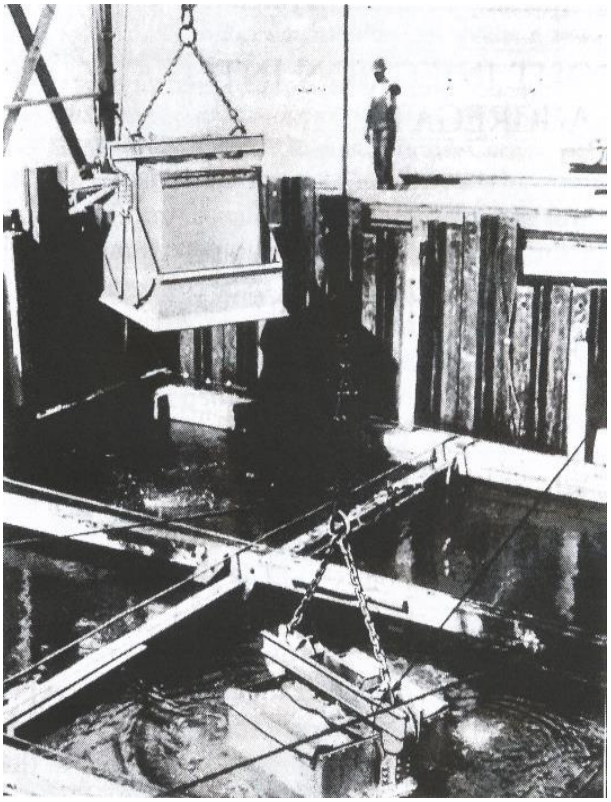
أنابيب الضخ نهايتها العلوية بشكل قمع يتم فيها تعبئة البيتون أما النهاية السفلية فيجب أن يُحافظ عليها بشكل مستمر أسفل سطح البيتون الناعم لذلك فإن التشوه يكون قليلاً قدر الإمكان.

يتم صب البيتون بشكل مستمر حيث يتم رفع الأنبوب ببطء في حين يزداد عمق الإسمنت المترسب.إذا انكسرت الحلقة من الأسفل فإن الخلطات اللاحقة من البيتون يجب أن تكون غنية بالإسمنت لتعوض الإسمنت الضائع في الماء.

بشكل عام من الضروري استخدام بيتون عالي التشغيل ذي هبوط (150mm) أو أكثر حتى يتمكن من الانزلاق من أنبوب الضخ فوق مساحة أفقية ضرورية للوصول إلى جوانب القالب بفراغ معقول وسطح علوي أملس وكلما قل تخلخل البيتون أثناء جريانه إلى المكان كان ذلك أفضل كما يجب تجنب اتساخ السطح في الأعمال التي تتم تحت الماء. من الضروري صب البيتون على سطح صخري كما أنه من الضروري أن يتم التأكد من أن البيتون لا يتسرب من أسفل القوالب.

إن نجاح طريقة الضخ بالأنبوب تعتمد على شد حلقة التثبيت المائية عند أسفل الأنبوب لذلك فإن البيتون لا يكون عرضة للماء عن بدء الصب.

هناك طريقة واحدة لسد أنابيب الضخ وهي إدخال مصرف يتألف من كرة مطاطية توضع في مدخل الأنبوب بعد أن يتم تعليقها في القالب في الموضع الذي سيستخدم فيه.



الشكل(41 - 2): أعمال البيتون تحت الماء باستخدام أوعية تفريغ سفلية .

يتم إنزال المصرف بشكل قسري إلى أسفل الأنبوب بواسطة البيتون المزود من الأعلى وعند عمل ذلك فإن قوى الماء والهواء تخرج من الأسفل.

مع الوقت يتم إزالة المصرف من أسفل الأنبوب حيث ينحدر بسرعة بين أسفل الأنبوب والأساسات ليشكل كتلة حول أسفل الأنبوب.

يتم التأكد من تدفق البيتون بإنزال الأنبوب إلى الأسفل بينما يتم تعبئة المزيد من البيتون من الأعلى بعد ذلك يُرفع الأنبوب بشكلٍ كافٍ من الأسفل ليسمح للبيتون بالتدفق باستمرار.

يسبب استخدام هذه الطريقة مشكلة عندما يكون التحريك المتكرر ضرورياً وذلك عند تقدم العمل من نقطة لأخرى وحيث في الأوضاع التي تستخدم فيها الأنابيب يكون

هناك عادة حالات ازدحام من جراء حديد التسليح والتثبيت ..الخ وإلا فإنه يُفضل وضع أنابيب الضخ أسفل أوعية التفريغ.

إن الخلطات الفنية الحاوية على ($360\sim400\ kg/m^3$) من الإسمنت ضرورية إذا تم الصب تحت الماء باستخدام سطل تفريغ سفلي أو باستخدام أنابيب الضخ.

- حقن الملاط الإسمنتي داخل الكتل مسبقة الصب(استخدام أنابيب الضخ):

CEMENT GROUT INJECTION INTO PREPLACED AGGREGATE

يتم أحياناً اعتماد طريقة من أجل أعمال الصب وهي عبارة عن صب حصويات في القالب ذات حجم أصغري (20mm) وغالباً ليس أقل من (40mm) وبعد ذلك حقن الملاط الإسمنتي من خلال أنابيب فولاذية شاقولية مرتبة في تجمع بنهايتها السفلية بالقرب من أسفل الكتلة التي سيتم صبها. يتم ضخ الملاط ويُرفع بثبات خلال التجمع، ويحتوي الملاط عادةً على ملدن أو عنصر مدخل للهواء لتحسين خواص الانسياب وعندما يُخلط في جبالة ذات سرعة كبيرة فإنه يوصف عادةً بالملاط الصمغي.

عندما يُحقن الملاط داخل الفراغات الهوائية فإنه يتغلغل بحرية نوعاً ما لكن تحت الماء فإن الاختلاف بالجاذبية المميزة للملاط والماء يكون غير كاف لتأمين جريان أفقي لأكثر من قدم.

زاوية انحدار سطح الملاط تحت الماء يجب أن تكون على الأقل 30^o. يؤمن الصب المسبق للحصويات الخشنة خطوة خطوة تماساً من خلال الكتلة البيتونية وبذلك يعيق تقلص البيتون.

مثل هذا البيتون ليس دائماً خالياً من التعشيش ونسبة الإسمنت للماء العالية ضرورية لتأمين جريان حر للملاط لا يؤدي لمقاومة عالية وكتامة.

إن هذه الطريقة هي عرضة للانتقاد في أعمال صب البيتون تحت الماء حيث يتوضع الغضار والسيليت في ثقوب الحصويات قبل أن يتم صب الملاط فوقها.

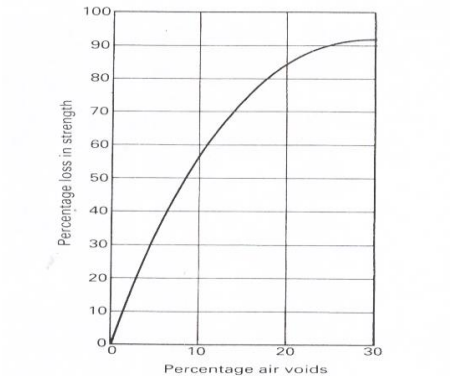
إذا تم اعتماد تقنيات صب البيتون التقليدية فإنه من الضروري صب البيتون بكميات صغيرة.

2-9- رص البيتون : Compaction of Concrete

إن الهدف من عملية رص البيتون هو طرد الفقاعات الهوائية والحصول على كثافة أعظمية، كما يؤمن الرص ارتباطاً وثيقاً بين البيتون وحديد التسليح والأجزاء المتداخلة مع البيتون.

للحصول على كثافة أعظمية من الضروري استخدام خلطة ذات قابلية تشغيل كافية حتى يتمكن العامل من صبها بدون صعوبة مع الأدوات المتوفرة.

من الضروري من جهة أخرى ألا تكون الخلطة طرية جداً لأنها تكون عرضة للانفصال ولتكاثف المواد الناعمة بشكل كبير في أعلى الصبة والضعف وقلة الكثافة التي تعود إلى الحجم الذي يشغله الماء الزائد. ويبين الشكل (42 – 2) إشارة إلى انخفاض المقاومة العائد إلى وجود الفراغات.



الشكل (42 – 2)العلاقة بين انخفاض المقاومة وحجم الفراغات الهوائية

تتضمن هذه الفراغات حجم الهواء المحصور والفراغات المتشكلة نتيجة تبخر الماء الزائد، لذلك فإنه من الواضح أن الحل الذي يجب الوصول إليه يعتمد على تأمين قابلية تشغيل كافية مع ضرورة إنقاص نسبة الماء إلى الإسمنت قدر الإمكان ،حيث يتميز البيتون قبل الرص بنسبة فراغات كبيرة تتراوح مابين 45% - 40 في البيتون القليل الطراوة و 15 % – 10 في البيتون الطري فإذا علمنا أن كل 1% من حجم الفراغات تخفض مقاومة البيتون بنسبة 3%-2 فسوف ندرك أهمية رص البيتون وفعاليته .

من الضروري عند رص البيتون عدم تغيُّر وضعية حديد التسليح وألا يتضرر القالب أو يُزاح من مكانه و يجب أخذ الحذر عند الرص كي نضمن أن السطح النهائي للبيتون سيكون كثيفاً وخالياً من التعشيش والفقاعات الهوائية.

ينفذ رص البيتون بطرق مختلفة :

1- الرص اليدوي: HAND COMPACTION

إن طرق الرص اليدوية العادية هي عبارة عن الرص والتحشية بواسطة قضبان حديدية. وتستلزم الطرق اليدوية للرص بواسطة القضبان والتحشية استخدام خلطة لدنة نوعاً ما إذا كانت المقاطع كلها رقيقة والفراغات بين حديد التسليح صغيرة، وربما من الضروري أن يكون الهبوط من (100mm) إلى (175mm) إذا كان هناك ازدحام في حديد التسليح.

2 -الرص بالرج: COMPACTION BY VIBRATION

إن الطريقة الأكثر فعالية لرص البيتون هي الرج والذي يمكن أن يكون داخلياً أو خارجياً، حيث أن الرج يعمل على تخفيض الاحتكاك الداخلي بين جزيئات البيتون لذلك فهي ترتص بجوار بعضها بعضاًوتتحرر الفقاعات الهوائية من داخله .

إن تعريض البيتون للاهتزاز سيلغي الاحتكاك والتلاصق بين جزيئاته ويضعف بنية الروبة الإسمنتية المحيطة بها مما يؤدي إلى تحرر الفقاعات الهوائية المحصورة بداخله وانزلاق حبات البحص والرمل لتملأ الفراغات التي تركها حوله الهواء المحصور وبالتالي ينقص حجم البيتون وتزداد كثافته وتتحسن مواصفاته .

تتعلق فعالية الرص بالرج بمقاس الذرات المشكلة للخلطة البيتونية وشكل سطحها حيث يحتاج البيتون الذي يحتوي على نسبة كبيرة من الذرات الناعمة إلى قوة وزمن رج أكبر منه في حال رص البيتون الذي يحتوي نسبة أقل من الذرات .أما رص البيتون ذي الذرات الملساء فيحتاج إلى قوة وزمن رج أقل منه إذا كانت ذراته خشنة .

تتراوح ترددات الرجاجات المستخدمة لرج البيتون مابين 2800-20000 هزة في الدقيقة ، أما المطال فيتراوح مابين 0.1-3 mm .

يمكن أن يكون البيتون مائعاً جداً وذلك عندما يكون هناك كمية زائدة من الروبة في الخلطة مما يؤدي إلى حدوث انفصال بين جزيئاته نتيجة لرجه بحيث أن الجزيئات

الأكبر حجماً ستهبط للأسفل وستتشكل طبقة من الروبة على السطح، لذلك فإن زمن تطبيق الرج يجب أن يكون محدوداً لفترة قصيرة جداً.

تعمل آليات الرج على البنزين أو الهواء المضغوط أو الكهرباء غير أن الرجاجات التي تعمل على الطاقة الكهربائية هي الأكثر استخداما" .

تقسم الرجاجات حسب طريقة عملها إلى:

١. رجاجات داخلية.
٢. رجاجات متصلة بالقالب (خارجية).
٣. رجاجات سطحية.

ويجب الأخذ بعين الاعتبار التحذيرات التالية :

١. يجب أن تكون القوالب متينة قدر الإمكان لتجنب تسرب الروبة والتعشيش اللاحق، كما يجب أن يكون القالب مثبتاً بإحكام لمنعه من الانزياح وأن تكون كل الأوتاد والقطع المتعلقة بالمسافة مثبتة، ومن أجل القوالب المعدنية من الضروري تأمين تثبيت كاف لها.
٢. لتجنب الهواء المحصور ضمن البيتون فإنه يجب أن تكون سماكة البيتون المصبوبة قليلة بقدر ما هو عملي ولكن ليس أقل من 150mm.
٣. تجنب إطالة فترة الرج في أي وضع لأن هذا من شأنه أن يسبب تعشيشاً وانخفاض في التجانس.
٤. يجب الانتباه لتجنب عمل إضافي وهكذا يتم سحب الملاط الزائد إلى السطح والذي يمكن أن يفسد أو يتقشر لاحقاً.

ينصح باستخدام الرجاجات ذات التردد المرتفع لرج البيتون في الجدران الرقيقة وذات كثافة التسليح المرتفعة وكذلك رج البيتون الذي يحتوي على نسبة كبيرة من الذرات الناعمة .

للرجاجات التي تعمل بالهواء المضغوط مزايا معينة ومساوئ مقارنة مع الرجاجات الكهربائية. من هذه المزايا هو أن الوزن الذاتي الذي تتم معالجته من قبل العمال هو عادة أقل ولا توجد مشاكل كهر بائية، من جهة أخرى فإن الأسطوانات الهوائية ملائمة للتجمد في الطقس البارد نتيجة التحرر المفاجئ لضغط الهواء.

- الرجاجات الداخلية: INTERNAL VIBRATORS

تستخدم الرجاجات الداخلية لرج بيتون الكتل الكبيرة (الأساسات ، الجدران الاستنادية ، الأعمدة والجوائز) ، وتتميز بأن لها كفاءة أعلى من الأنواع الأخرى حيث أن كل الطاقة تُرسل مباشرةً إلى البيتون، وهناك سهولة في التعامل معها كونها متنقلة ويمكن أن تستخدم مباشرةً في المواقع الصعبة.

وتتألف الرجاجات الداخلية من إبرة ذات أقطار تتراوح مابين 25- 100 mm وأطوال 300-500mm. تعمل الرجاجات الداخلية على البنزين أو الكهرباء أو الهواء المضغوط.

يعتمد الاختيار الأفضل لمنبع الطاقة للرجاج على ظروف الموقع فمحركات البنزين ليس دائماً من السهل تشغيلها، كما أن الإخفاقات الناتجة من التضرر والصيانة غير الكافية ليست نادرة.

تؤمن المحركات الكهربائية سرعة ثابتة ويمكن نقلها بشكل مناسب ولكن ما لم يتوفر تزويد مناسب بالكهرباء فإنه يتطلب وجود مولد مع تكاليف ونفقات لوازمه.

أما المحركات التي تعمل بالهواء المضغوط فإنها غير جديرة بالثقة لأنها تتطلب كميات كبيرة من الهواء وتسبب مشاكل نتيجة التجمد في الجو البارد.

من الضروري الإبقاء على رأس الرجاج الداخلي ضمن البيتون أثناء عملية الرج . تعتمد كمية البيتون التي يمكن رصها بواسطة الرجاج على حجم وقوة التطبيق وعلى قابلية تشغيل البيتون.

إن الرجاج يرص كمية من البيتون مقدارها $6m^3$ خلال ساعة من أجل بيتون ذي هبوط 40mm وقطر إبرة الرجاج 50mm.

يجب إدخال الرجاجات الداخلية ضمن البيتون ببطء وبشكل شاقولي ويجب عدم إدخال الرجاجات داخل البيتون بشكل جانبي لأن هذا يمكن أن يؤدي إلى انفصال الجزيئات ، الشكل (43 - 2) .

يجب أن تُبعد الرجاجات عن الحافة الرئيسية للقالب بمقدار لا يقل عن (120mm)، وكقاعدة عامة يجب أن تستخدم الرجاجات على بعد لا يقل عن (100mm) من وجه القالب لكي نحصل على مظهر متجانس.

إذا لامس الرجاج سطح القالب فمن المحتمل جداً حدوث خط من الرمل ويمكن أيضاً أن يتضرر سطح القالب. يتراوح الزمن اللازم للرج مابين sec (50-20) وذلك حسب طراوة البيتون واستطاعة جهاز الرج.

الشكل (43 - 2) رج البيتون باستخدام الرجاج الداخلي

يقوم الرجاج برج البيتون ضمن دائرة قطرها R=10D حيث (D:قطر الرجاج)

ومن الممكن قياس نصف قطر تأثير الرجاج مخبريا" بتشغيله لمدة دقيقة واحدة وقياس نصف قطر الدائرة التي تشكلها الروبة الإسمنتية التي تطفو على السطح

يجب سحب الرجاج حالما تبدأ الروبة الإسمنتية بالظهور، ويعاد إدخاله بعد فترة قصيرة على مسافة أفقية من الموضع السابق.

تنتهي عملية الرج عند توقف ظهور الفقاعات الهوائية على السطح وظهور الروبة الإسمنتية على السطح وثبات حجم البيتون.

إن متابعة رج البيتون بعد ذلك سيؤدي إلى انفصال جزيئاته أما رجه لزمن أقل من الزمن اللازم فسيؤدي إلى حدوث تعشيش في البيتون وفي كلتا الحالتين فإن هذا سيؤثر سلبا" على مواصفات البيتون .

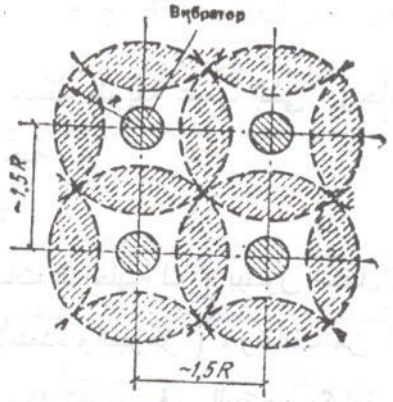
تنقل إبرة الرجاج من موضع إلى آخر – بعد انتهاء عملية الرج – بمسافة أفقية قدرها 1.5R (حيث R : نصف قطر تأثير الرجاج) حيث تتقاطع الدوائر مع بعضها بعضاً وذلك لضمان عدم ترك جيوب غير مرجوجة ،الشكل(44 -2)، وفي كافة الأحوال فإن مسافة نقل إبرة الرجاج يجب أن لاتزيد عن 45cm .

تحسب الإنتاجية الساعية للرجاجات بالعلاقة :

$$Q = 60\ L_B.\ R^2$$

حيث :

L_B : مقدار انغماس إبرة الرجاج في البيتون ، m .



الشكل (44 – 2) مخطط أماكن غرس إبرة الرجاج الداخلي

هناك بعض الملاحظات الواجب الإشارة إليها أثناء رج البيتون بالرجاجات الداخلية :

١. يجب إدخال الرجاج إلى العمق الكامل للبيتون الطري، ويفضل أن يُغمس لمسافة (25-50)mm في الطبقة السابقة لضمان عدم حدوث فاصل بين الطبقات.

٢. يجب تجنب الرج الزائد لتجنب خطر الانفصال والتشقق.
٣. لا يسمح بإضافة الماء إلى البيتون أثناء رجه.
٤. لا يسمح برج البيتون السائل لأن ذلك يؤدي إلى انفصال جزيئاته .
٥. يفضل عدم ملامسة إبرة الرجاج لحديد التسليح قدر الإمكان .
٦. إن رج البيتون ذي الطراوة العالية يزيد من نصف قطر تأثير الرجاج بنسبة 20- 30% ويقلل زمن الرج إلى النصف .

إن وجود الفراغات الهوائية على سطح البيتون هو أكثر إزعاجاً عندما تستخدم الرجاجات أكثر من اعتماد التحشية اليدوية.

- الرجاجات الخارجية: EXTERNAL VIBRATORS

تُثبت رجاجات القوالب أو الرجاجات الخارجية بشكل متين على القوالب باستخدام شداد أو ملزمة تسبب حركة اهتزازية للقالب تنتشر داخل البيتون.

تستخدم رجاجات القوالب عادة في حال عدم إمكانية استخدام الرجاجات الداخلية مثل العناصر ذات التسليح الكثيف أو العناصر الصغيرة والرقيقة ولكن باعتبار أن القالب يمتص كمية معتبرة من الطاقة فإن هذه الرجاجات تتطلب طاقة أكبر مقارنة مع الرجاجات الداخلية.

يجب أن يكون القالب قوياً كفاية وصلباً حتى يمنع حدوث تذبذب ويجب أن يكون متيناً بشكل خاص لمنع فقدان الروبة.إن القوالب الخشبية في تجمعها الخاص ربما تحتاج لعناصر ربط حيث يتم ذلك عادة باستخدام المسامير.

تتراوح المسافة بين الرجاجات المثبتة على القالب بين 75 – 100 cm في الاتجاهين الأفقي والشاقولي .

لا تستخدم هذه الرجاجات بشكل واسع لأن القوالب الخشبية والمعدنية غير مدروسة على الأغلب على تحمل الضغوطات الكبيرة الناتجة عن الرجاجات الخارجية بالإضافة إلى الانتشار الواسع لتكنولوجيا البيتون السائل الذي لايحتاج إلى عملية الرج، لذلك فإن الرج الخارجي للبيتون يستخدم بشكل أساسي لرج البيتون الجاف والقليل الطراوة وفي الأمان التي لايمكن فيها استخدام الأنواع الأخرى من الرجاجات .

من الضروري عند استخدام الرجاجات الخارجية صب البيتون على طبقات بارتفاع لا يزيد عن (150mm) لإعطاء بناء متناسق.

إن الفراغات الهوائية تكون أكثر حدوثاً عند استخدام الرجاجات الخارجية منها عند استخدام الرجاجات الداخلية وخاصة بالقرب من أعلى العنصر.من الأفضل رص الـ (600mm) الأخيرة من البيتون المرصوص يدوياً أو باستخدام الرجاج الداخلي إذا كانت المسافة تسمح بذلك.

تعتبر الطاولات الرجاجة أحد أنواع الرجاجات الخارجية التي تتميز برج القالب ككل بشكل متجانس وهي تعمل على الكهرباء أو الهواء المضغوط وتستخدم بشكل واسع في تصنيع منتجات البيتون المصبوب مسبقاً.

- الرجاجات السطحية: SURFACE VIBRATORS

تستخدم الرجاجات السطحية لرج بيتون الطرقات وبلاطات الأرضيات والأسقف ومهابط الطائرات باستخدام صفائح خشبية أو معدنية والتي يمكن أن يُركب عليها رجاجات تعمل على البنزين أو الكهرباء.

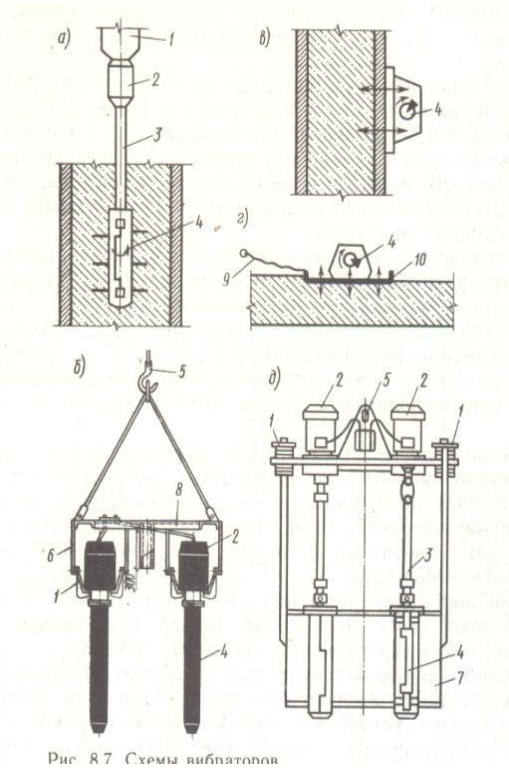
هناك نوع آخر من الرجاجات السطحية تتألف بشكل أساسي من صفيحة أفقية يُركب عليها واحد أو أكثر من الوحدات الرجاجة الكهربائية أو التي تعمل بالهواء المضغوط ذات نموذج مشابه لتلك التي يتم ربطها بالقالب. يجب أن تكون الرجاجات السطحية قوية ومتينة بحيث تؤمن نقل الترددات إلى البيتون بشكل متساو على كامل مساحة الزحافة . يوضح الشكل(45 -2) مختلف أنواع الرجاجات .

تتعلق سماكة طبقة البيتون المرجوج بزمن الرج وبطراوة البيتون وبالضغط المطبق عليه من الرجاج. بشكل عام إن الرجاجات السطحية تكون فعالة لعمق يصل بين (200-300mm).

- ورشة العمل: WORKMANSHIP

إن وجود العمال المهرة أساسي لإعطاء تجانس وبيتون مرصوص بشكل جيد حيث يعتمد الصب الصحيح ورص البيتون في القياسات الكبيرة على معرفتهم وخبرتهم، ومن المهم بشكل خاص تعليم العمال أن كل جهد سيبذلونه يمكن الحصول عليه بتعاونهم.

إن الرج من قبل عمال غير مهرة من المحتمل أن يكون أكثر خطراً من الرص اليدوي باستخدام التحشية حيث سيكون هناك مخاطرة نتيجة الرج القليل أو المفرط للبيتون.



الشكل (45 - 2) رجاجات البيتون

a– رجاج داخلي ، β – رجاج خارجي ، δ – رجاج سطحي ، ϭ ، ∂ – مجموعة رجاجات تعمل معاًومثبتة إلى هيكل معدني

يمكن أن يحصل هذا على سبيل المثال إذا تُرك الرجاج في موقع واحد لفترة طويلة نتيجة لجهل أو عدم انتباه العمال.

من أجل الحصول على أفضل النتائج باستخدام الإبرة الرجاجة يجب مناقشة برامج أعمال البيتون بشكل مستمر مع العمال حيث يتوجب عليهم معرفة كيفية صب البيتون والأساليب الخاصة التي يجب اعتمادها مع إبر الرجاجات لتحقيق رص كامل بشكل سريع قدر الإمكان. كما يجب الحفاظ على أدوات الرج نظيفة وخالية من بقايا البيتون كما أن

الصيانة المستمرة هو أمر ضروري أيضاً إذا كان المطلوب من الرجاجات أن تعمل بشكل كفء.

2-10 – الفواصل في المنشآت البيتونية المصبوبة في المكان :

تطورت أساليب البناء وتكنولوجيا تنفيذ المباني حتى أننا نجد اليوم الأبراج العالية (ناطحات السحاب) والمباني الضخمة الممتدة على مساحات كبيرة فاستخدمت المجازات والارتفاعات الكبيرة ونتيجة لظروف الخدمة التي تخص كل مبنى من المباني المتجاورة ظهر التفاوت في الارتفاعات وكنتيجة لما سبق ظهرت الحاجة لتنفيذ الفواصل في أماكن متعددة من هذه المباني أي تجزئة المبنى إلى وحدات بيتونية بأبعاد ومجازات مدروسة ومحددة مسبقاً .

والفاصل بالتعريف هو ذلك الفراغ الذي تلتقي عنده الوحدات البيتونية والذي يعبر عن مسألة استمرارية المنشأة ويكون أمان وسلامة المنشأة وسلامتها محققين إذا تمتعت هذه المناطق بالمقاومة و القساوة والاستمرارية اللازمة .

ومن أهم واجبات المهندس المدني أو الإنشائي أو المعماري المعرفة الكاملة بكافة أنواع الفواصل (سواء" كانت فواصل إنشائية أو وظيفية) وكذلك وظيفة كل منها وأماكن توضعها وتصميمها بهدف حماية المنشأة المشادة وتأمين سلامتها من خطر التشوه أو الانهيار.

1 -10– 2 - أنواع الفواصل في البيتون العادي والمسلح:

– الفواصل الإنشائية أو وصلات توقف الصب:

وهي عبارة عن انقطاع اضطراري في صب البيتون بسبب انتهاء العمل في الوردية أو بسبب انتهاء كمية البيتون المخصصة للصب ،حيث نضطر لإيقاف الصب في منطقة معينة (يتم اختيارها وتحديدها سلفا)ثم نتابع الصب في وقت لاحق بحيث يتصل البيتون القديم (المصبوب سابقا)بالبيتون الجديد المصبوب لاحقا بدون أي تأثير على سلامة البيتون ومقاومته من جراء التوقف عن الصب ثم متابعته

– الفواصل الحر كية (الوظيفية):

هي فواصل اصطناعية يجب القيام بها وتنفيذها لأنها تؤدي وظيفة أو عدة وظائف بحيث تحقق تأمين حرية حركة جزء أو أجزاء من المنشأة بهدف تأمين سلامته ومقاومته.

تقسم الفواصل الوظيفية إلى عدة أنواع : فاصل التمدد ،الفاصل الموجه أو فاصل التحكم،فاصل الانكماش(التقلص)،فاصل الهزات الأرضية (الزلازل) ،الفواصل الخاصة .

إن الفواصل تمثل كلفة مرتفعة ومن الأفضل دمجها ببعضها بقدر الإمكان بحيث يقوم الفاصل بعدة وظائف بأن واحد ، ويفضل دوما أن يكون مكان توقف الصب (الفاصل الإنشائي) عند الفاصل الوظيفي .

. الفواصل الإنشائية أو فواصل توقف الصب :

من الضروري التميز بين الفاصل الحركي والفاصل الإنشائي لأن الفاصل الحركي يسمح بالحركة لقسم من البناء بمعزل عن القسم الأخر المنفصل عنه بينما في الفاصل الإنشائي نعتبر أنه ليس هناك انفصال بينهما بل يجب أن يكون الفاصل متصلاً وكتيماً بشكل جيد بحيث يؤمن الترابط بين البيتون المتصلب سابقا(البيتون القديم) و البيتون الطازج المصبوب حديثا" .

فعندما يكون العنصر الواجب صبه في المنشأة كبيراً بحيث لا نستطيع صب البيتون فيه دفعة واحدة وبشكل متواصل عندها يتوجب علينا أن نؤمن في منطقة توقف الصب الكتامة ضد تسرب المياه وتأكسد الحديد والمقاومة ضد القوى الخارجية كالشد والقص .ولا يمكن للمهندس أن يترك موضوع الفاصل الإنشائي لإرادة مهندس التنفيذ والمتعهد بل عليه تحديد المناطق التي يمكن أن يتوقف فيها الصب بدون حصول أي خطر أو عيب في المنشأ.

- أماكن توضع الفاصل الإنشائي :

في البداية لابد من التذكير بأن الفاصل الإنشائي (فاصل توقف الصب) يتوضع في الأماكن التي ينعدم فيها إجهاد القص أو يكون أصغرياً .

١-العناصر البيتونية الشاقولية الخاضعة للضغط :

تتوضع الفواصل بشكل أفقي في الأعمدة والجدران (التي يوجد فيها إجهاد ضغط فقط) ويكون الفاصل متعامدا" مع اتجاه الضغط ويسمح فقط بانحراف (+10) درجات عن الاتجاه المذكور وذلك في مستوى أسفل الأعمدة والجدران أو في أعلاها أسفل الجيزان أو البلاطات ، الشكل (a ، 46- 2) .أما في البلاطات الفطرية فتتوضع الفواصل أسفل التاج المتواجد أعلى العمود حيث أن التيجان يجب أن تصب مع البلاطة بنفس الوقت ، الشكل (b ، 46- 2) .

٢- العناصر البيتونية الخاضعة للانعطاف :

تتوضع الفواصل في الأقسام الخاضعة للانعطاف (الجيزان والأسقف العادية و الأسقف المعصبة) بشكل شاقولي أو تميل (45) درجة بالنسبة للمحور السليم وذلك في الأماكن التي يكون إجهاد القص فيها أصغريا" بالقرب من منتصف البلاطة أو الجيزان .

ويجب عدم التوقف عند المساند حيث يكون إجهاد القص أعظميا" . وفي حال كانت أبعاد الجيزان كبيرة فإنه يمكن وضع فاصل توقف صب على مسافة 2-3 cm من أسفل البلاطة .

٣- في البلاطات المستندة على جوائز بيتونية :

في حال صب البلاطات المستندة على جوائز رئيسية وثانوية فإن مكان توضع فواصل الصب يكون في المنطقة التي يكون فيها إجهاد القص أصغريا"أي في منتصف الجيزان الثانوية وذلك إذا كان اتجاه صب البيتون متعامدا" مع الجيزان الرئيسية ، وتتوضع في منتصف المسافة مابين الجيزان الثانوية إذا كان اتجاه صب البيتون موازياً للجيزان الرئيسية ويجب عدم التوقف عند المسند حيث يكون القص أعظميا ، الشكل(d ،c ،46- 2) .

يجب عدم توقف الصب في منتصف الجوائز الرئيسية إذا كان هناك جائز ثانوي يستند عليها ،في هذه الحالة يجب أن تبعد نقطة توقف الصب عن منطقة استناد الجائز الثانوي بمقدار ضعفي ارتفاعه .

2 –10– 2 - طرق تنفيذ الفاصل الإنشائي :

١. يجب أن لايكون سطح الفاصل أملس بل خشناً ،ويمكن تثقيب سطح البيتون متابعة عند الفاصل لتأمين مسامير ربط بين البيتون القديم والحديث . وبعد التصلب يتم تنظيف سطح الفاصل لطرد بقايا البيتون الناعمة المكسرة بهدف تحقيق التلاصق الجيد بين البيتون القديم والحديث وذلك باستعمال الماء أو الهواء المضغوط إذا كانت مقاومة البيتون أكثر من $3\ Kg\ /\ m^3$ أو باستخدام الفرشاة المعدنية إذا كانت المقاومة أكثر من $15\ Kg\ /\ m^3$

٢. يجب تفادي رج القالب أو استخدام الرجاج على مسافة 1m من الفاصل أثناء متابعة الصب – في حال كان البيتون المصبوب سابقا" لايزال محتفظا" ببعض طراوته وذلك للمحافظة على تماسك البيتون القديم مع حديد التسليح .

يمكن صب البيتون ورجه في المنطقة المجاورة لمنطقة الفاصل إذا امتلك البيتون المصبوب سابقا" مقاومة لا تقل عن $10 - 20\ Kg\ /\ m^3$.

٣. عندما يكون سطح الفاصل مائلاً (٤٥) درجة يفضل وضع قضبان حديد تؤمن الاتصال بين طرفي الفاصل .

٤. يجب تحاشي صب روبة إسمنتية عند منطقة الفاصل لأنه قد يجعل الاتصال ضعيفاً.

٥. يمكن استعمال مادة مبطئة لتصلب الإسمنت في البيتون المصبوب حالياً حتى لا يجف بسرعة وحتى يلتصق بالبيتون الجديد المصبوب لاحقاً.

٦. يمكن استعمال مواد لاصقة حديثة في مكان الفاصل لتأمين الارتباط الجيد بين البيتون القديم والبيتون المصبوب حديثاً.

3 –10– 2 - طريقة وشكل الاتصال في الفاصل الإنشائي :

هناك عدة أشكال لفاصل الصب نذكر أهمها :

١ فاصل مستقيم سواء كان مستوي الفاصل أفقياً أو مائلاً أو شاقولياً .

٢ فاصل بشكل زاوية .

٣ فاصل بشكل متعرج بعدة زوايا قائمة .

٤ فاصل بشكل شبه منحرف ويسمى اتصالاً بشكل مفتاح .

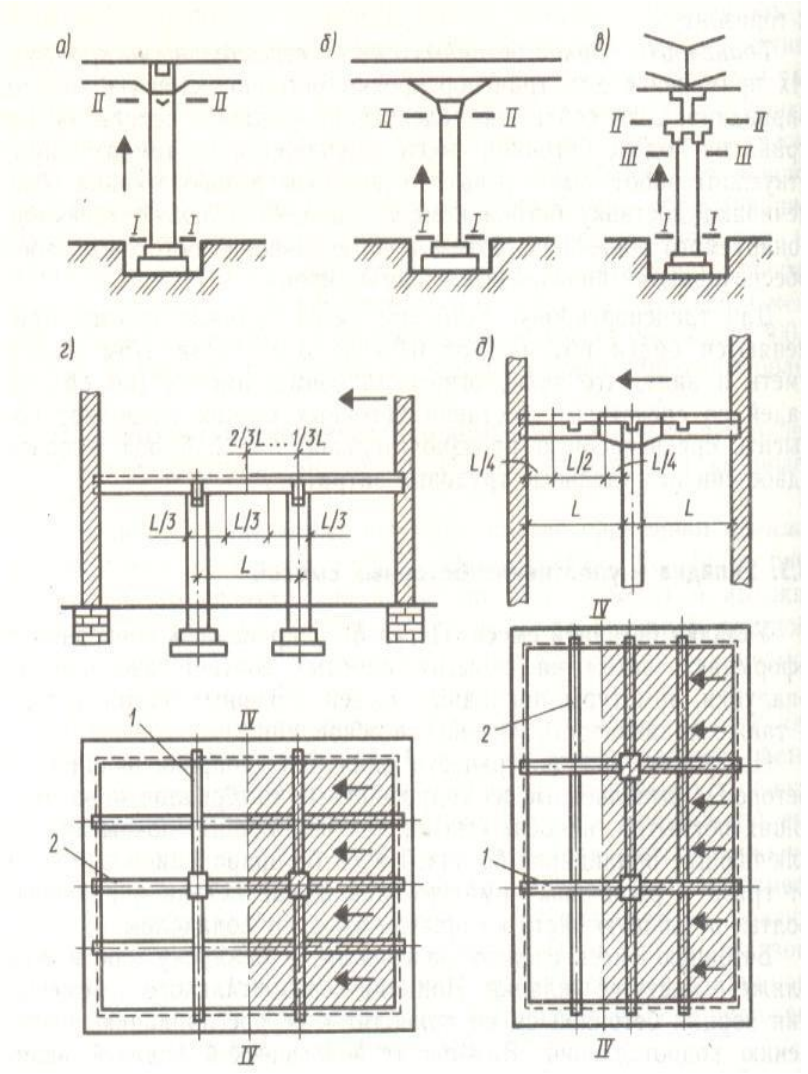
ومن أجل تأمين تلك الأشكال يستعمل قالب خاص يحجز خلفه البيتون المصبوب في المرة الأولى عند توقف الصب ثم يفك القالب بعد جفاف وتجمد البيتون ويعالج السطح ثم نقوم بالصب اللاحق .

- الفواصل الحركية الوظيفية :

إن شكل البناء وحجمه وتعدد الكتل فيه يحدد مكان الفاصل الحركي ،لهذا يجب معاينة شكل المنشأ في الاتجاهين الأفقي والشاقولي .

١ . شكل المنشأ أو البناء في المسقط الأفقي :

كثيرا ما يكون مسقط البناء على شكل(T)أو (L) أو(Y) أو(U) أو غيرها من الأشكال التي يكون مسقطها غير مستقيم بل فيه زوايا و تعرجات في هذه الحالات يجب حتماً وضع فاصل وظيفي عند الزوايا أو نقط الالتقاء لأنها أماكن تركيز وتكثيف للإجهادات بالإضافة إلى أنه في هذه النقاط يتغير اتجاه الإجهادات ضمن العنصر الإنشائي مع تغير اتجاه المنشأ،ويمكن اعتبار تلك النقط هي نقط حرجة يجب قطع الارتباط بينها وجعل كل جزء يعمل لوحده



الشكل (46 - 2) أماكن توضع فواصل توقف الصب

а . في الأعمدة ، в – δ . في البلاطات الفطرية ، д . في حال صب البيتون باتجاه مواز للجيزان الثانوية ، г . في حال صب البيتون باتجاه مواز للجيزان الرئيسية .

1 . جائز ثانوي ، 2 . جائز رئيسي

وذلك بعمل فاصل وظيفي في تلك المناطق وتجدر الإشارة إلى أنه من الضروري عمل فاصل وظيفي عندما نريد بناء منشأ جديد ملاصق لمنشأ قديم مهما كان شكل البناء القديم أو الجديد .

٢ . شكل البناء في المسقط الشاقولي :

عندما يكون البناء مؤلفاً من عدة كتل مختلفة بالارتفاع (بناء برجي متصل ببناء قليل الارتفاع) فإنه لابد من حصول تغير في الإجهادات في الأقسام المتجاورة حيث أن كتل البناء المرتفع سوف تتعرض لإجهادات أكبر من إجهادات البناء المنخفض كما يوجد فرق واضح في تأثير الرياح على البناء العالي والمنخفض أما الاختلاف الأساسي فهو في الهبوط التفاضلي للأساس حيث سوف يهبط البناء المرتفع أكثر من البناء المنخفض وبالتالي سيحصل تشققات بينهما لهذا يجب عمل فاصل عند وجود اختلاف في الارتفاع هذا الفاصل يلحظ في منطقة التماس بين القسمين المختلفين في الارتفاع .

أ . فاصل التمدد : من أجل تحاشي الخطر الناجم عن التمدد في العناصر البيتونية بسبب تغير درجات الحرارة فإنه بجب القيام بعمل فواصل تمدد بالاتجاهين الأفقي والشاقولي بحيث يصبح المنشأ أجزاء منفصلة عن بعضها بعضاً.

تحدد الأبعاد القصوى بين الفواصل كما يلي :

- (45)m في المناطق العالية الرطوبة .
- (40) m في المناطق الرطبة .
- (35) m في المناطق المتوسطة الرطوبة .
- (30) m في المناطق الجافة .

ويتم عمل الفاصل بترك فراغ ففي كامل البناء ،ويمكن إملاء ذلك الفراغ بمادة لدنة قابلة للانضغاط مثل الستيروبور ، إذا كانت الكتامة غير مطلوبة (كالجدران العادية للأبنية) أو بمادة كتيمة إذا كانت الكتامة مطلوبة .

أما الأساسات الصغيرة الموجودة في باطن التربة التي لا يتوقع حدوث تمدد فيها فيمكن إلغاء الفاصل وجعل الأساس متصلاً ولكن في هذه الحالة يجب إضافة تسليح إضافي لمقاومة إجهادات الشد الناجمة عن التمدد في بيتون الأساس لتأمين عدم الانفصال فيه . أما في البيتون الكتلي فإنه يجب صبه على مراحل ووضع فواصل تمدد فيه حيث يحدد سطح وحجم الكتل البيتونية الأعظمي مسبقا" .

يبلغ عرض فتحة الفاصل حوالي 2 – 3 cm في الأبنية أو الصالات الكبيرة ويمكن إنقاص فتحة الفاصل في الأبنية السكنية لأن التقلص الناجم عن انكماش

البيتون هو دوما أهم وأكثر خطورة .

- تفاصيل إنشائية لفاصل التمدد :

١- يتم عمل فاصل التمدد في الأبنية الهيكلية عند الأعمدة بحيث ينشأ عمود مزدوج أي عمودان منفصلان عن بعضهما بدلا من عمود واحد ويترك بينهما فراغ يوضع فيه صفائح الستيبور.

٢- ينشأ أيضاً جائزان منفصلان عن بعضهما يستند كل منها على أحد الأعمدة المذكورة سابقا

٣- في بعض الحالات يمكن توفير بناء عمودين وجائزين منفصلين وذلك بجعل فاصل التمدد يقع في البلاطة وفي المنطقة التي ينعدم فيها العزم و يتم الاتصال بين جزئي البلاطة بواسطة مسند مرن قابل للحركة .

ب . فاصل التحكم أو الفاصل الموجه (للتقلص) :

عند انخفاض درجات الحرارة وخاصة" في الشتاء فإنه في المساحات البيتونية الكبيرة مثل أرضيات المطارات أو الصالات الكبيرة وأرضيات المعامل وبلاطات الطرق وكذلك في الجدران البيتونية الطويلة سوف يحصل تقلص وانكماش في البيتون بسبب البرودة بحيث ينجم عنه تشققات عشوائية تضر بالمنشأ من حيث الشكل والمتانة ،لهذا فإن الحل الأمثل هو وضع فواصل تحكم في المنشأ بحيث نتحكم في التشقق في مكان نحدده سلفاً ونعطيه شكلاً هندسياً مستقيماً ونعالجه بدلاً من أن نتركه يتشقق بتأثير القص بشكل غير منتظم وغير معالج . يتم التحكم بمكان التقلص بقص حفرة في مقطع البيتون في مكان نختاره سلفا" كي يحصل فيه التشقق الناجم عن قوى الشد التي تحدث بفعل التقلص وانكماش البيتون .

١- **الفاصل الموجه في الجدران الطويلة :** يتم تثبيت قضبان نافرة في القالب بحيث تترك شقاً شاقولياً في الجدار بعمق 1/5 من سماكته كي يحصل التشقق فيه عند حدوث التقلص ويمكن أن يتواجد هذا الشق في أحد أطراف الجدار أو في كلا الطرفين وهو المفضل غالبا" .

٢- **الفاصل الموجه في البلاطات :** يمكن تقسيم البلاطات الكبيرة إلى أقسام ذات أبعاد مقبولة وأشكال هندسية ملائمة ويجري حفر تلك الشقوق في البيتون بحيث نتحكم بمسار الشقوق ونجعل شكلها ومكانها حسب الطلب .

هذا الشق الاصطناعي ليس من الضروري أن يكون عميقاً بل يكتفى بعمق يعادل تقريبا(1/5) من عمق البلاطة بحيث يحدث منطقة ضعيفة فيها وبالتالي سيحصل التشقق الناجم عن التقلص في ذلك المكان حتماً .

٣- **الفاصل الموجه والإنشائي بآن واحد (في الجدران والبلاطات) :**

في بعض الأحيان يمكن أن يكون الفاصل الإنشائي والفاصل الموجه واقعين في المكان نفسه لهذا فإن سطح التماس (سطح الفاصل) يجب أن يكون بشكل شبه منحرف مع وجود شق في الأعلى عندما يكون الفاصل واقعاً في الجدار وبدون شق عندما يكون الفاصل واقع في البلاطة ، يجب أن يدهن سطح الاتصال في منطقة الفاصل بمادة خاصة (زيت أو إسفلت) كي تؤمن الحركة وتسمح بالتقلص

ج . شرائح التقلص :

تستخدم هذه الطريقة لتخفيف التقلص في البيتون المصبوب حديثا" وذلك في المنشات ذات الأبعاد الكبيرة كالجدران الطويلة أو البلاطات الكبيرة ولهذا يترك فراغ (شريحة صغيرة) بين أجزاء البيتون المصبوب ويبقى هذا الفراغ بدون صب مدة أسبوعين على الأقل حتى يتقلص البيتون الموجود في طرفي الشريحة بشكل طبيعي طالما أن لديه الحرية بالتقلص خلال فترة تصلب البيتون ثم يتم صب البيتون في ذلك الفراغ بعد أن يكون البيتون المصبوب سابقا" قد اخذ حده بالتقلص ،هذه الشريحة الضيقة التي يؤجل صبها لمدة أسبوع أو أسبوعين تؤمن التقلص وبحرية للأجزاء البيتونية المجاورة ، تستعمل هذه الطريقة في الجدران والبلاطات و الأرضيات ، يبلغ عرض هذه الشريحة – 50 100 cmويجب أن يمتد حديد التسليح في كلا طرفي الجزأين المتجاورين بحيث يغطي كامل عرض الشريحة .

هناك طريقة أخرى تحل محل شرائح التقلص وهي القيام بتقسيم العنصر الواجب صبه (ساحة بيتونية) إلى شرائح متساوية من حيث العرض ومن ثم يتم الصب بشكل متناوب بحيث تصب أولا" الأجزاء ذات الأرقام الفردية ثم في المرحلة الثانية وبعد جفاف

الأجزاء الفردية خلال أسبوعين نقوم بصب الأجزاء ذات الأرقام الزوجية في الفراغات المتروكة بحيث يمكن الاستغناء عن الفواصل الموجهة للتقلص وذلك لأن الشرائح الأولى المصبوبة سابقاً قد تقلصت بحرية ،أما البلاطات المصبوبة لاحقا فإنها سوف تتقلص في منطقة الاتصال المعروفة سلفاً .

د . فاصل الهزات الأرضية (الزلازل) :

يوضع فاصل الزلزالي لتحاشي فعل الهزات الأرضية مابين الأبنية العالية أو مختلفة الارتفاع والحجم يسمح هذا الفاصل لكلا من الكتل بالاهتزاز والحركة المتناسبين مع ارتفاعها وحجمها بدون أن تصطدم ببعضها البعض حين حدوث الهزات الأرضية بحيث تتحرك وتهتز كل كتلة لوحدها بدون أن تؤثر على الأخرى ، يوضع الفاصل الاهتزازي عندما يكون هناك اختلاف في حجم المنشاءات المتجاورة أو يوجد عدم تناظر في الأبنية العالية المتلاصقة .

يتم حساب عرض فتحة الفاصل كما يلي :

$$B = 1 + \frac{H - 6}{3} * 0.5$$

حيث :

B : عرض الفاصل الزلزالي ، inch .

H : ارتفاع المنشأة ، m .

هـ . الفواصل ذات الأهداف الخاصة :

١ . الفاصل الموجه المرن:

من أجل تحسين خواص الفاصل الموجه كي يتاح المجال أمام البيتون ليتقلص بحرية عند منطقة الفاصل بدلا من أن يحصل تشقق عشوائي فإنه من الضروري عزل حديد التسليح عن البيتون في منطقة الفاصل حتى لا يعرقل عملية التقلص التي ستحصل عند الفاصل الموجه ، لهذه الغاية يجب إحاطة حديد التسليح بمادة من الشحم أو الزيت أو بأنبوب رقيق حتى نمنع التلاصق بين الحديد والبيتون على طول محدد محيط بالفاصل وذلك للسماح للبيتون بالتقلص بحرية كاملة في منطقة الفاصل الموجه .

٢ . الفاصل المفصلي :

يسمح هذا الفاصل للمنشأ بالدوران ويلاحظ عادة لإنقاص عزم الانعطاف أو جعله معدوماً ،ويستعمل في المنشآت من البيتون المسلح عند نقاط استناد الأعمدة مع القواعد وفي بلاطات الطرق ومهابط الطائرات .

يتم تسليح منطقة الفاصل المفصلي بشكل كثيف لتأمين عدم انفصال منطقة التماس عن بعضها ومساعدة البيتون على استيعاب قوى القص و الحمولات الشاقولية المؤثرة على أحد طرفي الفاصل .

٣ . الفاصل المنزلق :

يستعمل الفاصل المنزلق عند الحاجة لتأمين سطح انزلاق كتلة بيتونية على كتلة أخرى بحيث يؤمن حركة الانزلاق باتجاه متعامد معها ويتواجد هذا الفاصل بشكل كبير في الجسور البيتونية حيث يسمح بتمدد أو تقلص الجوائز البيتونية للجسر والمرتكزة على الجدران الاستنادية البيتونية المحيطة به . يستعمل عند سطح الاستناد مواد تؤمن الانزلاق مثل الإسفلت أو الشحوم أو المطاط وفي بعض الحالات نستعمل صفيحة فولاذية مدهونة بالشحم .

يستطيع هذا الفاصل تأمين الحركة والتقلص والتمدد بدون حصول أي إجهاد في منطقة الفاصل لهذا يجب ترك مسافة كافية بين المنشأ الساند والمنشأ المستند عليه وهي المسافة (d) التي يمكن أن تصل إلى 5cm يستعمل هذا الفاصل عندما تكون الكتامة ضد تسرب المياه غير مطلوبة .

و . الفواصل في البلاطات الأرضية :

إن البلاطات الأرضية هي التي تستند على التربة الأرضية وطالما أنها تختلف عن البلاطات العادية للسقوف وليس فيها جوائز فإنها تصب في مساحات وأطوال كبيرة ولما كانت هذه الأرضيات سوف تتقاطع مع الأعمدة والجدران فإنه من الضروري دراسة نقط الالتقاء بينها وبين تلك الأقسام حتى لا تحصل تشققات غير منتظمة بسبب اختلاف الحمولات واختلاف التمدد والتقلص بين البلاطات والأجزاء الأخرى.

ويمكن أن نميز في البلاطات الأرضية ثلاثة أنواع من الفواصل :

١ . فاصل موجه (تحكم) : يؤمن الحركة التفاضلية في الاتجاه الأفقي فقط

٢ . فاصل عازل : ويسمح بالحركة التفاضلية في كل الاتجاهات

٣ . فاصل إنشائي : ويجرى إنشاؤه كفاصل موجه أي لا يسمح بالتوقف عن الصب إلا عند الفاصل الموجه .

2-11 – معالجة البيتون: CURING CONCRETE

يعتمد التفاعل الكيميائي الذي يؤدي إلى تصلب البيتون على وجود الماء ومع أننا في العادة نجد أكثر من الكمية الكافية للتميه الكامل عند الخلط فإنه من الضروري التأكد أن الماء المؤمن سابقاً أو المؤمن كافٍ لاستمرار التفاعل الكيميائي.

إن الفاقد المائي الناتج عن التبخر قد يصل بعملية التميه إلى التوقف ويؤدي إلى تناقص مقاومة البيتون وقد يؤدي أيضاً التقلص السريع بالجفاف مسبباً اجهادات شد وما لم يكن البيتون قد أحرز قوة كافية لمقاومة هذه الاجهادات فإنه سيتشقق. لذلك صُممت طرق المعالجة لتأمين رطوبة دائمة على مدار الساعة ولعدة أيام بل ربما لأسابيع وذلك إما بمنع التبخر بالإعداد المسبق لبعض أغطية الحماية المناسبة أو بالترطيب المتكرر للسطح.

إضافة إلى ذلك فإنه يجب حفظ البيتون في ظروف مناسبة(درجة الحرارة مابين 10-25C والرطوبة أكثر من 90%) مع بذل العناية اللازمة لتجنيب البيتون التغيرات الكبيرة في درجة الحرارة في البيتون وفي الوسط المحيط.

إن المعالجة الخاصة للبيتون ستحسن خواصه من عدة نواحٍ بعضها لجعله أقوى وأشد مقاومة للسوائل الكيميائية وبعضها الآخر لزيادة كتامة البيتون تجاه الماء وغيره.

تنفذ المعالجة بطرق مختلفة :

١. المعالجة بالترطيب المائي : وتعتمد على الإبقاء على سطح البيتون مغمورا" بالماء بسماكة 3-5cm حتى امتلاكه المقاومة المطلوبة .
٢. المعالجة بتغطية سطح البيتون : ويتم ذلك بواسطة مواد رطبة (قماش ، رمل ، تراب ...)
٣. المعالجة باستخدام مركبات كتومة : حيث يطلى سطح البيتون بالبيتومين السائل أو الإسفلت أو الراتنج وغيرها وذلك بهدف خفض نسبة تبخر الماء من سطح البيتون.

يجب أن تبدأ حماية البيتون (المعالجة) فوراً بعد إنهاء رجه واكتنازه (الحماية المبكرة) والتي يتم البدء بتنفيذها خلال 10- 12 hours من صبه أما في الجو الحار فيجب حمايته خلال 2-3 h . في حال عدم توفير الحماية (المعالجة) المناسبة للبيتون ولفترة من الزمن ريثما يمتلك المقاومة المطلوبة فإن مواصفاته ستكون منخفضة حتى لو كانت مواصفات مواده جيدة وذات تركيب حبي جيد وموافق للبيتون المصبوب .

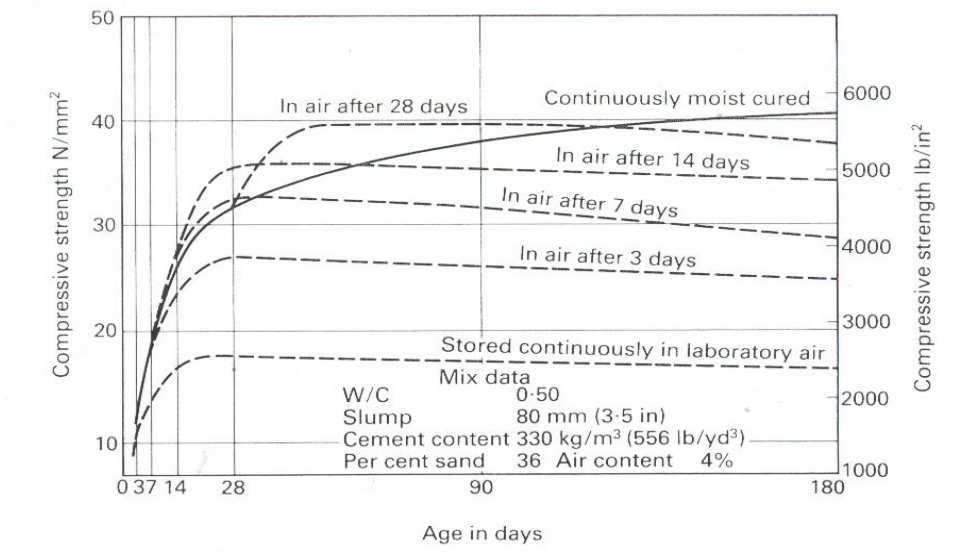
من الناحية العملية تبدأ المعالجة للبيتون متأخرة جداً وفي كثير من الحالات فإن كل ما يتلقاه البيتون من معالجة لا يعدو رشات ماء نادرة وغير منتظمة. وما لم تجر اختبارات على المنشأ بعد انتهاء إنشائه فإن الأدلة على النقص الحاصل في مقاومة وكتامة البيتون تكون قليلة. يوضح الشكل (47-2) العلاقة بين مقاومة البيتون على الضغط وظروف معالجته .

لابد من الأخذ بعين الاعتبار الملاحظات التالية خلال معالجة البيتون:

١. إن السطوح العلوية المعرضة خصوصاً كالبلاطات والأرصفة تتطلب حماية مباشرة بعد الصب لمنع نقص الرطوبة أو الزيادة الحادة في درجة الحرارة.
٢. يجب أن تعالج القوالب بشكلٍ كافٍ قبل فكها وفي المناخ المعتدل لا تُفك القوالب بشكل مبكر جداً.

في حال تحقيق الرطوبة والحماية مع رطوبة نسبية تزيد عن 80% وحماية من أشعة الشمس والريح فإنه يوصى بمعالجة لا تقل عن ثلاثة أيام شريطة استخدام الإسمنت البورتلاندي العادي أو الإسمنت البورتلاندي سريع التصلب أو الإسمنت المقاوم للكبريتات شريطة أن تبقى حرارة البيتون أكثر من 10^oC. تزداد هذه المدة إلى ما لا يقل عن أربعة أيام إذا استخدمت أنواعاً أخرى من الإسمنت تحتوي خبث الفرن العالي الحبيبي ورماد الوقود المسحوق.

تطبق معالجة البيتون بشكل واسع جداً وبأشكال مختلفة تبعاً لنوع المنشأ وظروف الموقع وحجم وشكل العنصر.



الشكل (47-2) تأثير ظروف معالجة البيتون على مقاومته على الضغط

تقسم المعالجات الأكثر شيوعاً إلى مجموعتين بشكل واسع وهما:

١. معالجة السطوح الأفقية الضخمة كالطرق والأرضيات.

٢. معالجة البيتون المشكَّل كالأعمدة والجوائز والجدران.

1 . السطوح الأفقية الضخمة: LARGE HORIZOTAL SURFACES

إن معالجة دقيقة بدءاً من زمن الصب مطلوبة في البيتون ذي السطوح الضخمة غير المحمية بواسطة القوالب كما يحدث في حالة الطرق وبلاطات أراضي المطارات والأرضيات والسدود. وبين العديد من طرق المعالجة المتوفرة فإن أفضلها بلا شك تلك التي يحفظ فيها البيتون رطباً باستمرار بحجز الماء أو رشه وهذا يؤمن معالجة جيدة ويحفظ الحرارة منخفضة بسبب التبخر ويقلل بذلك التقلص الحراري (يستحسن أن تكون حرارة الماء قريبة من حرارة البيتون).

إن الرش المستمر بالماء ليس دائماً طريقة عملية ومن الحكمة في الغالب اللجوء إلى طرق أخرى.

وربما كان الرش المباشر بعد الصب والتغطية ببلاستيك البوليتين أو الورق الخشن العازل هو الطريقة الفعالة الأخرى ومع ذلك وبسبب ضعف عزل هذه المواد يتطلب ستراً إضافياً في البيتون لتقليل الآثار الحرارية للإشعاع الشمسي وكبديل يمكن وضع الخيش

الرطب مباشرةً على السطح البيتوني بعد حصوله على تصلب كاف فالخيش لا يؤذي السطح ولا يلتصق به، كما أن طبقة رملية رطبة سماكتها 50mm تعتبر جيدة في معالجة السطوح الأفقية الضخمة ولكن من النادر تطبيق إحدى هاتين الطريقتين بشكل جيد بسبب نسيان الترطيب المنتظم ليلاً ونهاراً فيهما غالباً.

وأيضاً ليست طريقة المعالجة بالرش المطبقة بالأكثر فعالية وعملية واقتصادية خصوصاً للسطوح الأفقية الضخمة والطريقة الأرخص نسبياً في اليد العاملة والمواد والأكثر فعالية هي تلك التي تمنع التبخر من البلاطات المنبسطة المصبوبة حديثا" .

تجف سطوح الأرضيات بسرعة كبيرة بسبب رقتها وهذا ما يعطيها سطوحاً مغبرة ضعيفة المقاومة للحت لذلك فإنه يجب الإبقاء على سطح البيتون رطبا" بعد انتهاء عمليات المالج (المسطرين) وذلك بالتغطية بالأوراق المانعة لتبخر الماء أو صفائح بلاستيك البوليتين أو بالدهان بمواد كتيمة وهذا لن يؤذي السطوح. إن المعالجة السابقة تحقق الفائدة ما دام البيتون رطباً.

2 – البيتون المشكل (المقولب ضمن قوالب): FORMED CONCRETE

غالباً ما تؤمن القوالب حماية مناسبة ضد الجفاف ولكن السطوح المكشوفة كأعالي الجيزان والجدران يجب أن تُغطى بعد الصب مباشرةً في الطقس الجاف.

من الممكن تنفيذ معالجة جيدة للسطوح الشاقولية للجيزان والأعمدة والجدران بالرش المستمر للماء.

نادراً ما يكون هذا عملياً خصوصاً بالنسبة للسطوح الشاقولية بسبب الأذى الذي يسببه تنقيط المياه على الأشغال الأخرى تحته. يمكن معالجة العناصر الصغيرة المقاطع كالأعمدة والجوائز بشكلٍ مرضٍ برشها بالماء ثم لفها برقائق البوليتين بعد إزالة القوالب مباشرةً. من الممكن كبديل استعمال الخيش المبلل ملامساً للسطوح شريطة إجراء التدابير الضرورية في الموقع لضمان بقاء الخيش مبللاً وملاحظة إمكانية جفاف الخيش في الأيام الدافئة بل حتى في الأيام الباردة إذا رافقتها الرياح.

من غير الممكن عادةً لف جدران البيتون بصفائح البوليتين وسيكون من الحكمة لف البيتون بالخيش المتجعد المبلل من أعلى الجدار مع العناية بإحكام ضم جميع الحواف منعاً للتبخر. إذا لم تتوفر رقائق البوليتين فإنه يمكن استخدام الخيش أو حصائر

القش لتقليل كمية السقاية المطلوبة وتقليل تنقيط المياه على الأشغال الأخرى السابقة أدناه ومن المفيد أيضاً الأقمشة الكتيمة والأوراق الكتيمة للماء وذلك لتقليل معدل تبخر الماء.

تتطلب الأجزاء البيتونية الصغيرة المقطع حماية أكثر من الكتل الأكبر ذات السطوح الأكبر نسبياً بالمقارنة مع حجومها ومن المحتمل أن تضعف الزوايا والحواف بالجفاف المبكر.

- المعالجة بالمواد المركبة (التركيبية): CURING COMPOUNDS

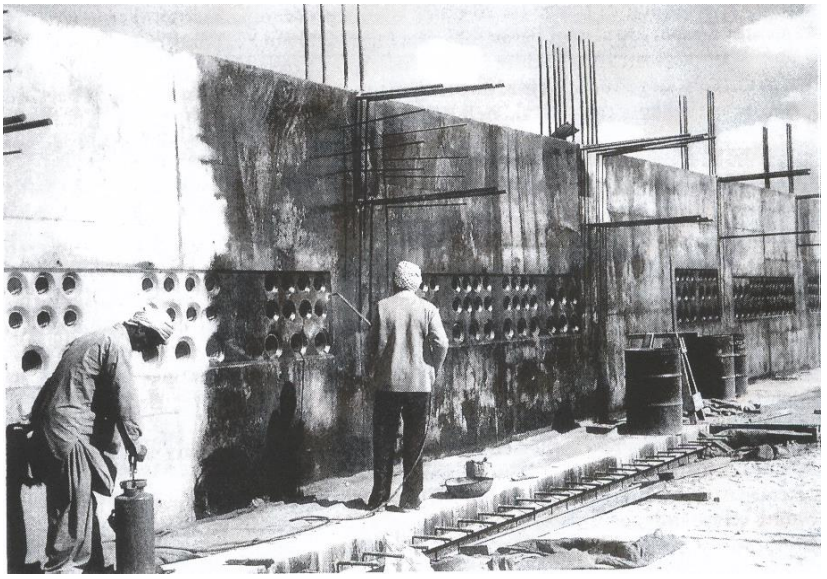
مركبات المعالجة هي سوائل تُرش على سطوح البيتون لإبطاء تبخر الماء منها (البيتومين السائل ، الإسفلت ، قطران الفحم ، ...) . إن المعالجة الأكثر توفراً والتي لاقت قبولاً عاماً تتألف من مادة الراتنج الصمغية المذابة. بعد تطبيق هذه المادة يتبخر المذيب تاركاً خلفه على سطح البيتون غشاءً رقيقاً مستمراً من الراتنج. يحتبس معظم الماء في البيتون ويبقى محافظاً على نفسه لحوالي أربعة أسابيع ليصبح بعدها قصيفاً ويبدأ بالتقشر والسقوط بفعل ضوء الشمس والعوامل الجوية .

إن معظم المعالجات الخاصة للمركبات متوفرة على درجات مختلفة وبصورة أساسية الدرجة القياسية التي تؤمن فعالية 75% وبدرجة متطورة تؤمن فعالية90%.ولتحقيق وجود غطاء كتيم مستمر تنفذ طبقتان من مركب مانع التسرب أو طبقة واحدة فقط حسب الحاجة ، شكل (48-2) .

تطبيق المعالجة بالمواد المركبة على السطوح البيتونية الطرية والتي لم تجف بعد وإذا كانت سطوح البيتون قد جفت فيجب إشباعها بالماء أولا" بعدها يتم معالجتها.

12-2- تشقق البيتون الكتلي (الصبات الكبيرة): LARGE POURS CRACKS

إن المشكلة الرئيسية في صب الكتل البيتونية الضخمة هي تشقق البيتون بسبب الحرارة المتطورة داخله والعائدة إلى تميه الإسمنت. حديثاً أصبح هناك زيادة في استخدام الصبات الكبيرة من أجل مراحل العمل الأخرى وبشكل بارز في أساسات الأبنية العالية.



شكل (48-2) تطبيق المعالجة بالمركب بواسطة الرش (البخ) على جدار

تتضمن صبات البيتون العادية تحديد أحجام البيتون بـ$(200\sim300)m^3$، ولكن بالنسبة لأحجام أكبر فإن هذا يتضمن توسيع العمل لساعات أكثر من الاعتيادية .

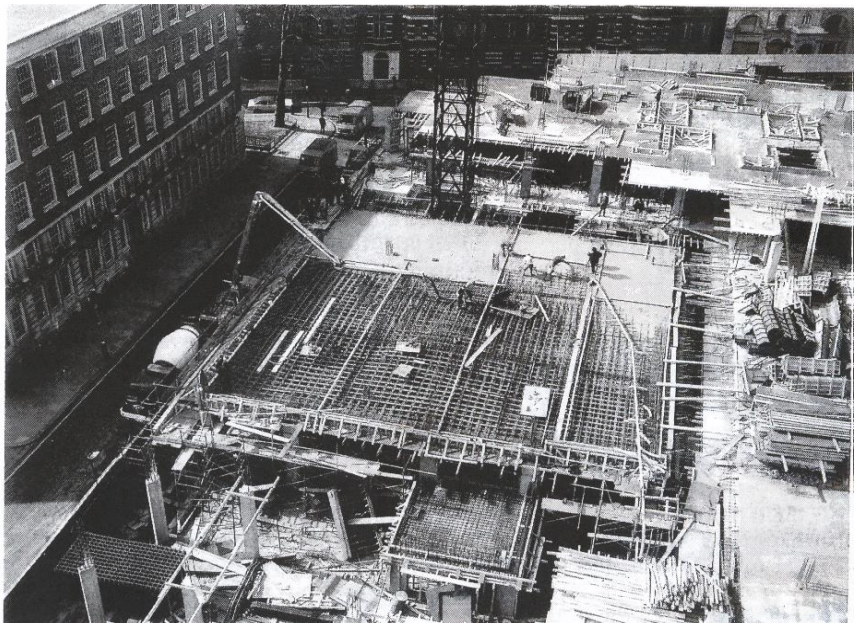
يتأثر الخيار ما بين صبة مستمرة كبيرة أو عدة صبات صغيرة من أجل صب كتلة كبيرة من البيتون بعدة عوامل تقنية واقتصادية.

من بين المشاكل التي تنشأ هي التحضير المسبق لمكان فواصل توقف الصب بحيث يمكن تسليح الأساسات التي تتحمل حمولات كبيرة حيث أنه من الصعب والمكلف تزويد فواصل توقف الصب بنهايات توقف وذلك عبر مقاطع يمر من خلالها عدد كبير من قضبان التسليح. إذاً هناك دافع قوي للاستغناء عن فواصل توقف الصب وصب البيتون بشكل مستمر في صبات كبيرة.

هناك عامل آخر مفضل للصبات الكبيرة وهي قدرة بعض شركات البيتون المختصة بالخلطات الجاهزة على تأمين كميات كبيرة من البيتون بسرعة بالإضافة إلى أن التطور في الوقت الحاضر في استخدام المضخات البيتونية الحديثة النقالة ساهم في سرعة صب كميات كبيرة من البيتون ، الشكل (49 –2).

تعزى الشقوق في الصبات الكبيرة من البيتون وبشكل رئيسي إلى تدرجات الحرارة الداخلية التي تبدأ في البيتون وأيضاً إلى الانكماش الحراري الإجمالي عندما يُبرد البيتون بشكل متتابع.

إن الطريقة التقليدية لتجنب هذه التشققات المتبع عادةً في منشآت السدود البيتونية الكتلية هو استخدام مركبات ذات محتوى إسمنتي منخفض ومواد إسمنتية خاصة ذات حرارة منخفضة معاً وذلك ضمن حدود ارتفاعات العنصر والحجم المصبوب (هذا يعني فواصل صب إنشائية متكررة) .



الشكل(49–2): صبة بيتون كبيرة لبلاطة أرضية .

ولكن في حالة أساسات بلاطة المباني الضخمة فإن الصلابة المحددة للبيتون لا تسمح بوجود مكونات إسمنتية منخفضة وعلى أية حال فإن تحديد حجم العينة ومواصفات

البيتون المصبوب بالإضافة إلى ظروف الصب يحدد مدى التطور في الحرارة الداخلية للبيتون وإمكانية ظهور التشققات .

ويمكن التغلب على هذه المشكلة (ظهور التشققات) بالاعتماد على :

١. ضبط الإجهاد الحراري الداخلي.

٢. تجنب المقيّدات الخارجية المطبقة.

٣. صب كامل المقطع البيتوني المسلح في صبة واحدة مستمرة.

عملياً يتم تحقيق المبدأ الأول من خلال التأكيد عمليا" على أنه لا يُسمح لجزء من كتلة بيتونية متميهة بأن تصبح أبرد من الجزء الأسخن بأكثر من 20^oC.

يعتمد هذا المبدأ على الافتراض أنه يتم الوصول إلى إجهاد الشد في البيتون عندما يزداد الاختلاف الحراري الداخلي عن 20^oC وبما أنه من غير الممكن الاحتفاظ بالبرودة داخل البيتون فإن الطريقة المعتمدة للحفاظ على حرارة البيتون الخارجية هو تأمين عزل مناسب لسطح البيتون.

كي نضمن أن الفرو قات الحرارية داخل كتلة البيتون مناسبة (أقل من20^oC) فإنه من الضروري قياس درجات الحرارة عند النقاط الأكثر حرارة والأكثر برودة في البيتون.إذا لم يتم التحكم بالفرو قات الحرارية ضمن حدود 20^oC فإن الإجهادات الحرارية التي ستنشأ يمكن أن تسبب:

- شقوق خارجية والتي يمكن رؤيتها على السطح.
- شقوق داخلة لا تمتد إلى السطح.

هناك شكل آخر من الشقوق والذي يمكن أن يكون أكثر خطورةً وهو نوع من الشقوق الذي يمتد إلى عمق المقطع إذا تم تجاهل المبدأ الثاني لتجنب التقييدات الخارجية المطبقة.

يحدث هذا النوع من الشقوق بسبب الممانعة للانكماش الحراري الكلي عندما يبرد البيتون بعد وصوله لأعلى درجة حرارة أو نتيجة لصب البيتون على قاعدة متصلبة مسبقاً أو بسبب تسلسل الصب .

إن الصب المنفصل في عنصر إنشائي واحد يسبب بالتأكيد اختلافاً مع مبدأ صب كامل العنصر في صبة واحدة إلا أن هناك أسباباً تعود إلى حجم العمل حيث لا تتوافر كمية كافية من البيتون في فترة الزمن المعطاة.

لذلك في الواقع يمكن أن يُبنى العنصر الضخم بعدد كبير من الصبات البيتونية الكبيرة المجاورة لبعضها بعضاً.

إن الطريقة المناسبة لتجنب المشاكل التي تنشأ من صب البيتون في الفجوات المحصورة هو صب صبات كبيرة متجاورة ومتتالية على أيام متتابعة وبسرعة قدر الإمكان. في الحالات التي يكون فيها من غير الممكن تجنب ممانعة التغير الحراري فإنه من الضروري تأمين توزيع متساوي لحديد التسليح لضبط الشقوق الحرارية المبكرة.

يجب التنويه على أن الشقوق الحرارية تتجاوز إلى حد بعيد شقوق التقلص الجاف كخطر إنشائي رئيسي في الصبات الكبيرة حيث أن معظم المقاطع تكون كبيرة إلى حد أنها تكون بطيئة جداً في جفافها.

إن أنواع الإسمنت البورتلاندي المختلفة لها حرارة تميه مختلفة بشكل كبير في مراحل مختلفة عندما تُجرب تحت ظروف معيارية (شروط نظامية) وإن اختيار نوع الإسمنت من أجل البيتون في الصبات الكبيرة يحدد غالباً بقيمة التطور الحراري هذا. إن درجات الحرارة القصوى التي يتم الوصول إليها في الصبات الكبيرة ستكون أخفض إذا ما تم استخدام إسمنت ذي درجة تميه منخفضة بالإضافة إلى أن الصبة ذات ارتفاع أقل بـ (2~2.5)m.

على أية حال بالنسبة للارتفاعات الكبيرة للبيتون فإن مركز الكتلة البيتونية غير قادر على تشتيت حرارتها المتطورة بسهولة بسبب التأثير العازل للطبقات الخارجية من البيتون المتميه، لذلك فهو يبقى في وضع عازل ربما لعدة أيام.

جميع أنواع الإسمنت يتسرع معدل إنتاجها للحرارة عندما ترتفع درجة الحرارة التي تتميه عندها وقد وُجد أن درجات الحرارة العظمى المتشابهة تحدث في الصبات الكبيرة من أجل محتويات إسمنتية متشابهة بغض النظر عن نوع الإسمنت.

أكدت الدراسات على أنه يمكن تأخير ارتفاع درجة الحرارة ولكن لا يتم تخفيضها باستخدام المبطئات في حالة المقاطع البيتونية التي سماكتها 2m أو أكثر . على أي

حال فإن استخدام هذه الإضافات يمكن أن يسبب انخفاضاً في ارتفاع درجة الحرارة من أجل المقاطع الأصغر والتي تكون مكشوفة.

إن نظرة عامة حالية على الممارسات المطبقة على صب البيتون في الكتل الضخمة أظهرت بأنّ العوامل التي تبدو أكثر شيوعاً في تحديد حجوم الصب هي:

١. توفر تزويد البيتون لإنجاز صبة في عملية واحدة وإمكانية ذلك.
٢. نوعية التحكم المستخدمة للبيتون.
٣. توفر اليد العاملة التي تسمح بتغيير مؤقت وقابلية رفع مستوى العمل.
٤. قيود على كمية القوالب وحديد التسليح والتي يمكن استخدامها في الصبة الواحدة.
٥. خصائص البيتون المستخدمة (محتوى الإسمنت، نوعية الحصويات وإمكانية استخدام الإضافات).
٦. أسلوب المعالجة المطبق المناسب للظروف البيئية السائدة في وقت الصب.
٧. التسلسل المتبع في صب الكتل المجاورة.

إن الأمر الرئيسي الواجب الانتباه له هو إمكانية وجود شقوق مرنة عائدة إلى التقلص المبكر بسبب تبخر الماء وبكمية كبيرة من سطح البيتون .

يمكن معالجة الشقوق المرنة في البيتون بصقل السطح بشكل جيد أو بإعادة الرج عندما يكون البيتون طرياً بشكلٍ كافٍ ويستجيب للمعالجة .

من أجل تطبيق هذا الأمر فإنه من الضروري أن يكون الفاصل الزمني بين الخلط والرج الأخير أو الصقل محدوداً بساعتين لا أكثر وذلك مع الأخذ بعين الاعتبار درجة حرارة البيتون .

13-2- المواد المضافة :

تستخدم المواد المضافة لتعديل خواص البيتون الطري أو المتصلب أو كليهما ، والتي لايمكن تعديلهما من خلال تغيير خواص أو مكونات الخلطة البيتونية العادية .على سبيل المثال يتم إضافة الملدنات أو الحشوة المسامية لجعل المزيج البيتوني أكثر طراوة" وتماسكا" .

2-13-1- الغرض من الإضافات :

١. تحسين قابلية التشغيل
٢. تسريع تصلب البيتون في الأجواء الحارة .
٣. إبطاء عملية التصلب للبيتون في ظروف صب خاصة .
٤. تقليل الحرارة المتولدة عن الإماهة .
٥. المحافظة على درجة حرارة حفظ البيتون .
٦. تقليل ظاهرة الانكماش عند التصلب .
٧. تقليل النفوذية .
٨. تقليل التغيرات الحجمية في البيتون .
٩. تسريع أو إبطاء بعض التفاعلات الكيميائية في البيتون .
١٠. إكساب اللون للحصول على خرسانة ذات ألوان مختلفة .

تدخل الإضافات ضمن تركيب الخلطة البيتونية بكميات دقيقة نسبيا" حيث أن إعطاء كميات زائدة أمر غير مرغوب به .

من المحتمل أن يكون لبعض المواد المضافة نفس التأثيرات كما هو الحال من أجل المبطئات والإضافات المخفضة للماء .

2-13-2-المسرعات :

تستخدم المسرعات لتسريع وصول البيتون إلى مقاومته المطلوبة في ظروف الطقس البارد . ومن أكثر أنواع المسرعات استخداما" هو كلوريد الكالسيوم وذلك لتأثيره الواضح على مقاومة البيتون خلال الساعات الأولى من صبه بالإضافة إلى رخص سعره . ولكن استخدام كمية زائدة منه ستؤدي إلى صدأ حديد التسليح . لذلك يوصى ألا يضاف كلوريد الكالسيوم إلى البيتون الحاوي على معدن مغموس كقضبان التسليح أو أسلاك مسبق الإجهاد ، واقتصار استخدامه على البيتون العادي الغير مسلح من أجل الحصول

على تصلب سريع مبكر للبيتون وبالتالي فك القوالب بوقت أسرع وزيادة الإنتاجية وتوفير في الكلفة .

ويجب صب البيتون الحاوي على كلوريد الكالسيوم خلال نصف ساعة بعد الخلط لأن زيادة الزمن عن ذلك ستؤدي إلى تصلب البيتون وبالتالي الحاجة إلى إضافة المزيد من الماء والتسبب بانخفاض مقاومة البيتون .

من مساوئ استخدام كلوريد الكالسيوم زيادة في الانكماش الجاف في البيتون حيث أن إضافته بنسبة 2% من وزن الإسمنت ستزيد من الانكماش الجاف في البيتون حوالي 70% بعد 14 يوم ، و 15% بعد ثلاثة أشهر .

بالإضافة إلى ماسبق فإنه ستنخفض مقاومة البيتون للكبريتات وهذا مايفرض علينا عدم استخدام الكلوريد كمواد مضافة عند استخدام الإسمنت البورتلاندي المقاوم للكبريتات .

بالإضافة إلى كلوريد الكالسيوم فإنه تعمل العديد من المواد الكيماوية كمسرعات عندما تضاف إلى البيتون غير أنها حساسة لمكونات الإسمنت الكيميائية مما يؤدي إلى إضعاف المقاومة القصوى للبيتون .

وقد تم استخدام أنواع أخرى من المسرعات تفيد في جعل البيتون يتصلب خلال بضع دقائق مثل كلوريد الألمنيوم ، الكربونات ، السيليكات وغيرها ، والتي يجب استخدامها بشكل دقيق لتجنب انخفاض مقاومة البيتون الحاوي على هذه المواد .

2-13-3- المبطئات:

تستخدم المبطئات لتأخير تصلب البيتون في الجو الحار وذلك عند نقله لمسافات طويلة وعند صبه بكميات كبيرة في الجو الحار تجنبا" لتشكل الوصلات

الباردة . إذا كان الصب عميقا" فإن تأخير التصلب يكون مفضلا" . إن المكونات الكيماوية هي نفسها للمبطئات ومخفضات الماء وهذا مايجعلها تبدي مميزات موحدة .

2-13-4- الإضافات المخفضة للماء :

تستخدم هذه المواد لتخفيض نسبة الماء في البيتون مع المحافظة على قابلية تشغيل جيدة ، حيث يتم خفض الماء بنسبة حوالي % 10-5 حسب مواصفات الخلطة وبالتالي زيادة المقاومة بحدود 10% .

تستخدم الإضافات المخفضة للماء بشكل أساسي عند وجود نسبة منخفضة من W/C مع الحاجة إلى مقاومات بيتونية عالية وقابلية تشغيل جيدة، وتشكل الكمية النموذجية لهذه الإضافات 0.2% من وزن الإسمنت تقريبا" .

من أهم المواد المخفضة للماء الليكنوسلفونات ، أملاح حمض الكربوكسيل .

تؤمن الليكنوسلفونات تماسكا" أكثر للبيتون مع انخفاض بقابلية الرشح .كذلك الأمر فإن كلا النوعين السابقين يملكان تأثير المبطئات على تصلب البيتون .

2-14– أعمال البيتون في الجو الحار:

CONCRETING IN HOT WEATHER

تنفذ الأعمال البيتونية في الطقس المعتدل بشكل عام مع المحافظة على المراقبة اللازمة لمنع حدوث صعوبات بسبب حالات الحر بما فيها الفترات المفاجئة وغير المتوقعة للطقس المشمس. أما في البلدان ذات المناخ الحار فيجب اتخاذ التدابير الوقائية اللازمة واعتبار ذلك في البرنامج الزمني للتنفيذ لضمان كون الأشغال بسوية جيدة.

يتميز الجو الحار والجاف بدرجة الحرارة المرتفعة (تزيد عن 30^oC) ونسبة الرطوبة القليلة (أقل من 50%) .

إن الأعمال البيتونية المنفذة خلال الجو الحار والجاف ليست بالأعمال العادية لأن ذلك يتطلب العديد من الإجراءات للسيطرة على تأثيرات درجة حرارة الجو المحيط ودرجة حرارة البيتون المرتفعة والرطوبة النسبية والسرعة العالية للرياح والإشعاع الشمسي الشديد .

إن تنفيذ الأعمال البيتونية في الجو الحار والجاف يؤدي إلى ظهور العديد من العقبات الواجب أخذها بعين الاعتبار ، نذكر منها :

١. زيادة درجة حرارة الخلطة البيتونية وما يتبعه من زيادة كمية الماء اللازم لتحقيق الطراوة المطلوبة وأيضا" زيادة كمية الإسمنت .
٢. الفقدان السريع للطراوة خلال عملية نقل البيتون نتيجة لسرعة تشكل هيكله ولتبخر الماء منه .
٣. الجفاف السريع للبيتون وانخفاض مواصفاته الفيزيائية والميكانيكية .

تكون التدابير الوقائية على البيتون الطري والبيتون المتصلب بالتحكم ما أمكن بتبخر الماء الزائد (المفرط) والذي يحدث في درجات الحرارة العالية وخاصة إذا ترافق بانخفاض الرطوبة النسبية وبهبوب رياح جافة. إن مثل هذه الظروف تتسبب بشقوق في البيتون قبل وبعد التصلب، ولتجنب هذه التأثيرات الضارة للبيتون من حيث النوعية والمتانة في المنشأ البيتوني المنفذ توجب أنظمة مواصفات أشغال البيتون عدم الصب في درجات حرارة عالية فعلى سبيل المثال ينصّ الكود البريطاني على وجوب الصب في درجة حرارة لا تزيد عن 30^oC. وفي الشرق الأوسط (ومن ضمنها سوريا) حيث يتراوح معدل الحرارة سنوياً من 10^oC إلى 50^oC حيث ترتفع الحرارة من تموز إلى أيلول يشترط الكود العربي لتصميم وتنفيذ الخرسانة المسلحة على أن تتراوح الحرارة العظمى المسموحة للبيتون وفق التطبيقات الحديثة من 25^oC إلى 30^oC على أن يُراقب البيتون المصبوب بعدها للتأكد المستمر من التدابير الوقائية اللازمة لتقليل حجم المشكلات المتوقعة.

ولمعهد البيتون الأمريكي وجهة نظر يوصي بها بعدم اشتراط درجة حرارة عظمى لاختلاف الظروف بشكل كبير لأن الحد المقبول في حالة قد لا يكون مقبولاً في حالة أخرى.

1-14-2- خلط ومعالجة البيتون في الجو الحار:
CONCRETE IN HOT WEATHER MIXING AND HANDLING

يجب حفظ المواد المخصصة لصناعة البيتون (في المناطق الحارة) باردة ما أمكن لذا يوصى بالاحتياطيات الآتية لتطبيقها في البلاد ذات الطقس الحار:

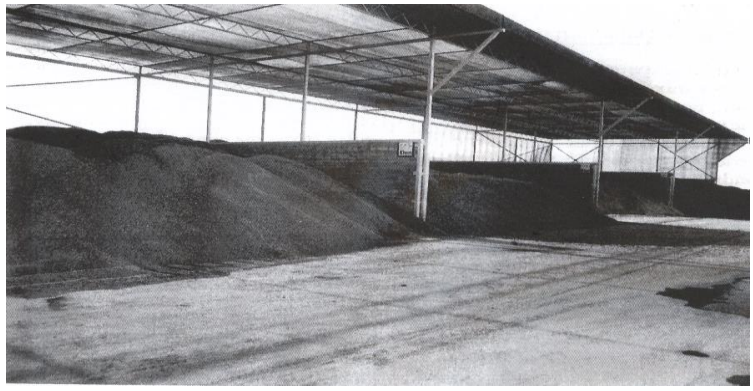
١- تحفظ أكوام البحص والرمل مغطاة من الشمس كما في الشكل (50-2) الذي يبين حفظ الخلطة الجاهزة للجبل.

٢- الرش الدوري للخلطات بالماء مفيد للتبريد وتقليل التبخر ويفضل ما أمكن استعمال الماء البارد لتأمين أفضل تأثير فالعناية ضرورية لمنع الاختلافات الكبيرة في محتوى رطوبة الخلطة بتأمين تأثير معاكس والتحكم في قابلية تشغيل البيتون المنتج.

٣- يجب حفظ ماء الخلط بارداً ما أمكن بتخزينه في خزانات تحت الأرض أو تغطية الخزانات وطلاؤها بالأبيض أما أنابيب التغذية فيجب عزلها أو طمرها.

٤- في المناطق الحارة جداً يجب تبريد الماء بواسطة الثلاجات أو إضافة الثلج المبشور إلى الماء.

٥- يجب تجنب استعمال الإسمنت الحار ماأمكن .



الشكل (50-2) أكوام البحص والرمل مغطاة من الشمس في مستودع لحفظ الخلطة الجاهزة

لابد عند انتقاء المواد الحصوية وتحديد نسبتها في الخلطة البيتونية من الأخذ بعين الاعتبار ظروف الطقس الحار والجاف . وكذلك فإنه يجب تحاشي استخدام الحصويات

ذات الفراغات والثقوب لأنها تمتص كمية من الماء اللازم لعملية تصلب البيتون وتؤثر على مقاومته .

يجب أن تزيد ماركة الإسمنت عن ماركة البيتون بـ 150% وذلك لتقليل التغير الحجمي في البيتون . ويعتبر الإسمنت البورتلاندي السريع التصلب من أفضل الأنواع ملائمة" لظروف الطقس الحار والجاف حيث يتميز بسرعة تشكل هيكله وصغر كمية الماء المتبخرة منه وخفض زمن حماية البيتون .

يمكن حساب حرارة البيتون T من درجة حرارة مكوناته وأوزانها كل على حدة باستخدام العلاقة التالية :

$$T=0.22\ \frac{Ta.Wa + Tc.Wc + Tw.Ww}{.Wa + .Wc + .Ww}$$

حيث :

T : درجة حرارة البيتون بالدرجة المئوية .

W : كتلة المكونات بالنسبة لواحدة الحجم من البيتون ، Kg/m^3

لتقليل درجة حرارة الخلطة البيتونية 1^oC يجب تخفيض حرارة خلطة البحص والرمل 2^oC أو تخفيض حرارة الماء بمقدار 4^oC.

تبرد الحصويات برشها بالماء أو تعريضها لتيار من الهواء البارد خلال نقلها بالسيارات أو بالسير الناقل ، أما في المعمل فيجب أن تغطى أكوام الحصويات وتظلل من أشعة الشمس .

دلت الخبرات على أن استعمال الماء الساخن في البيتون يسرع تصلبه بعد خلطه فيتسبب في صعوبة تحقيق اكتنازه وصبه وقولبته خلال المدة المقررة للنقل والصب فإن اضطررنا لاستعمال مثل هذا الماء فيجب العمل على تقليل مدة نقله ما أمكن وكتدبير وقائي يمكن تغطية البيتون بالخيش أثناء نقله مع رش حاويات نقل البيتون بالماء دورياً لتبريدها ومنع هروب الماء من البيتون. ويفضل دهان جميع معدات الخلط والنقل باللون الأبيض أو بلون فاتح وذلك لجميع السطوح المعرضة للشمس لتقليل ازدياد درجة

حرارتها بفعل أشعة الشمس وستكون السطوح المطلية بالأبيض أخفض حرارة من السطوح المطلية بالأسود أو الرمادي الغامق بحوالي 17^oC.

من الممكن زيادة محتوى الماء في البيتون مسبقا" لتعويض فاقد الماء أثناء النقل وهذا إجراء جيد معقول ولكنه يقلل التحكم بنوعية البيتون كما أن زيادة رطوبة الخليط المصبوب قد تظهر فيه شقوقاً تقلص كما تؤدي إلى فصل مكونات البيتون أثناء المعالجة والنقل.هناك أمر آخر وهو أن تأخير عملية المزج للمواد المشكلة للبيتون يمنعه من التصلب السريع، وهذا ما يجب الانتباه إليه أثناء تنفيذ الأعمال البيتونية في الأجواء الحارة وذلك لمنع التصلب أثناء المعالجة ولتقليل الماء والاستفادة من خصائص اللدونة. وللتأخير فائدة خاصة إذ يبطل أثر التسريع الذي ينتج عن زيادة الحرارة المرتفعة لمعدل إماهة الإسمنت إذا لم يمكن تجنب نقل البيتون لمسافة طويلة نسبياً فمن المفضل استخدام العربات الخلاطات في الموقع في حالات الطقس الحار ليس فقط لحماية البيتون في وعاء الخلاطة بل ولإمكانية تأجيل الخلط وذلك حتى نصل إلى نقطة التفريغ. يمكن تبريد وعاء الخلاطة نسبياً برش الماء عليه دورياً.

بالنسبة لعملية نقل البيتون فيجب تأمين التنظيم الدقيق لعملية النقل بحيث يصل البيتون إلى الورشة بأقل زمن ممكن وذلك عن طريف حذف كافة العوائق التي تؤخر وصوله .

ينصح باستخدام وسائل النقل التي تؤمن تحقيق الطراوة المطلوبة للبيتون في مكان الصب كالسيارات الجبالة التي تؤمن نقل البيتون على شكل خلطة بيتونية أو على شكل بيتون جاف وذلك إذا كان زمن النقل أكبر من الزمن المسموح .

يجب أن لا يتجاوز زمن النقل 30 – 50 min إذا كانت درجة حرارة البيتون 25C و 10 – 25 min إذا كانت درجة حرارته 30C و 10 – 15 min إذا كانت درجة حرارته أكثر من ذلك (يفضل في هذه الحالة نقل البيتون على شكل بيتون جاف كما ذكر سابقا") .

هناك اعتبار هام آخر ألا وهو تجنب صب البيتون في ساعات منتصف النهار الحارة والاكتفاء بأوقات الصباح والمساء وفي حالات الحر الشديد يكون الصب ليلاً فقط.

كما يجب اتخاذ الإجراءات الوقائية اللازمة لمنع تسخين القوالب الخشبية بأشعة الشمس الحارة قبل عملية الصب و القوالب المعدنية أيضاً إذ سيؤدي إهمال ذلك إلى تبخر الماء بسرعة وتغير نوعية البيتون لذلك يجب تغطية القوالب أو رشها بالماء لتبريدها قبل صب البيتون كي لاتمتص ماء البيتون أو تسمح بتسربه من خلالها .

كذلك الأمر فإنه يجب أن لاتزيد درجة حرارة البيتون لحظة الصب عن 25 C – 20 بالنسبة للمنشآت البيتونية العادية (الأبنية مثلا") و 20C للمنشآت البيتونية الضخمة (السدود) .

يجب إعادة رجّ البيتون إذا ظهرت شقوق على السطح المصبوب حديثا" نتيجة" لسرعة الجفاف وذلك خلال زمن لايتجاوز 1hour من إنهاء الصب .

2-14-2– طرق تبريد البيتون : METHODS OF COOLING CONCRETE

من الإجراءات العملية والأكثر أمانا" وأقل كلفة" لتقليل درجة حرارة الخلطة البيتونية ألا وهي خفض درجة حرارة مكوناته والتحكم بتوقيت صب البيتون (وهذا ما تم ذكره في الفقرة السابقة) .

غير أنه هناك عدة طرق يمكن اعتمادها في تبريد البيتون ولكن تأمين درجات تبريد هامة قد يتطلب عملاً معقداً و مكلفاً. من ذلك آلات التبريد الميكانيكي لماء الخلط وهي طرق مباشرة وجاهزة وسهلة المراقبة والتنفيذ خاصة من أجل الإنتاج الضخم من البيتون.

في معظم العمليات الاقتصادية يجب أن تتصل أجهزة التبريد بخزان ضخم معزول جيداً وذي نظام إعادة تدوير تلقائي (أوتوماتيكي). إن استعمال الجليد هو الطريقة التقليدية لتبريد ماء خلط البيتون وقد يكون هذا الجليد كتلاً أو رقائق أو مهروساً حسب ما هو متوفر والجليد طريقة تبريد فعالة جداً إلا أن تحويله إلى ماء يتطلب طاقة حرارية تكفي لرفع درجة حرارة الماء ثمانين درجة مئوية كما أنه ليس من السهل متابعة كون الثلج قد ذاب تماماً وذلك على فواصل زمنية منتظمة كما سنحتاج أيضاً للوقت المناسب ليأخذ التبريد أثره.

يمكننا أيضاً أن نضيف رقائق الثلج أو الثلج المسحوق مباشرةً وبكميات مدروسة إلى البيتون في الخلاطة بوساطة فوهة خرطوم مناسبة إلا أن في هذه الطريقة مجازفة أن

بعض الجليد قد لا يذوب تماماً أثناء الخلط ويؤدي بالتالي إلى مسامات في البيتون مملوءة بالماء ضمن البيتون المكتنز ولهذا السبب يفضل ألا يزيد قطر قطعة الثلج المستعملة عن 10mm.

3-14-2- حماية البيتون والتحكم بالشقوق:

CONCRETE PROTECTION AND CRACK CONTROL

تنظم الحماية المناسبة للبيتون خلال مرحلة تصلبه بهدف محاصرة ظاهرة تشوه وتشقق البيتون الناتجين عن تغيره الحجمي وكذلك حمايته من الوسط الخارجي .

ولا يسمح خلال المرحلة الأولى لحماية البيتون (الحماية المبكرة) بتماسه مع الماء تجنباً لحدوث إجهادات حرارية داخلية فيه .

تستمر الحماية المبكرة للبيتون حتى امتلاكه مقاومة $5\ kg\ /\ cm^2$ وذلك لمنع جفافه ولتفادي ظهور التشققات المبكرة على سطحه . تتعلق مدة الحماية المبكرة بنوع المنشأة المشادة وبظروف الطقس وغيرها من العوامل حيث تستمر مابين 6-8 hour

تنفذ الحماية الرئيسية للبيتون بعد ذلك مباشرة" بتغطية سطحه بالماء أو بالمواد الرطبة (بحص . رمل) أو بأغطية رقيقة من الأقمشة الكتيمة أو طلاء سطحه بمركبات كتومة (بيتومين سائل) تترسخ على شكل طبقة رقيقة تمنع الماء من التبخر.

يفضل الاستمرار بالحماية الرئيسية للبيتون حتى بعد امتلاكه المقاومة المطلوبة لعدة أيام وذلك بالإبقاء على سطحه رطبا" .

إن المعالجة الرئيسية للبيتون والذي لم تتوفر له المعالجة (الحماية) الأولية لايمكن أن تعوضه وبشكل كامل كميات الماء التي فقدها بالتبخر بعد الصب مباشرة ولا تؤمن له المتانة والمقاومة المطلوبتين والتي كان سيحصل عليهما لو توفرت له المعالجة الأولية .لا يكتسب البيتون الحرارة فقط من حرارته الخاصة عن طريق التميه بل أيضاً من أشعة الشمس المباشرة خصوصاً بيتون الأرضيات والطرق وأرصفة المطارات.

تدل التجارب على أنه في الأيام الحارة يمكن أن ترتفع درجة الحرارة من عشر إلى خمس عشرة درجة مئوية في بلاطات الأرصفة بعد أربع إلى خمس ساعات من صبها وعندما يبرد البيتون في الليل فقد يسبب التقلص إجهادات شد تؤدي لحدوث تشققات في البيتون.

إذا كانت بعض الشقوق تنشأ عن تغيرات في درجة الحرارة فإن هناك شقوقاً تنشأ عن التقلص اللدن المترافق بالتبخر السريع للماء من السطوح المعرضة للشمس والهواء من البيتون وهذا النوع من الشقوق ليس مقتصراً على الأشغال المنفذة في درجات الحرارة العالية مع أنه أكثر احتمالاً في الطقس الحار.

تكون الشقوق عموماً مستقيمة تقريباً وتتراوح أطوالها من 50mm إلى حوالي مترين وغالباً ما شوهدت سلاسل من الشقوق المتوازية مع استقامات بزاوية 45^0 بالنسبة لاتجاه المنشأ وعادةً ما تحدث شقوق التقلص اللدن بعد ساعة إلى ثلاث ساعات من تمام صب البيتون ومع الاعتقاد أن شقوقاً سطحية لن تتلف البيتون المنفذ فقد تبين وجود فرصة لاختراق كامل عمق بلاطات الطابق.

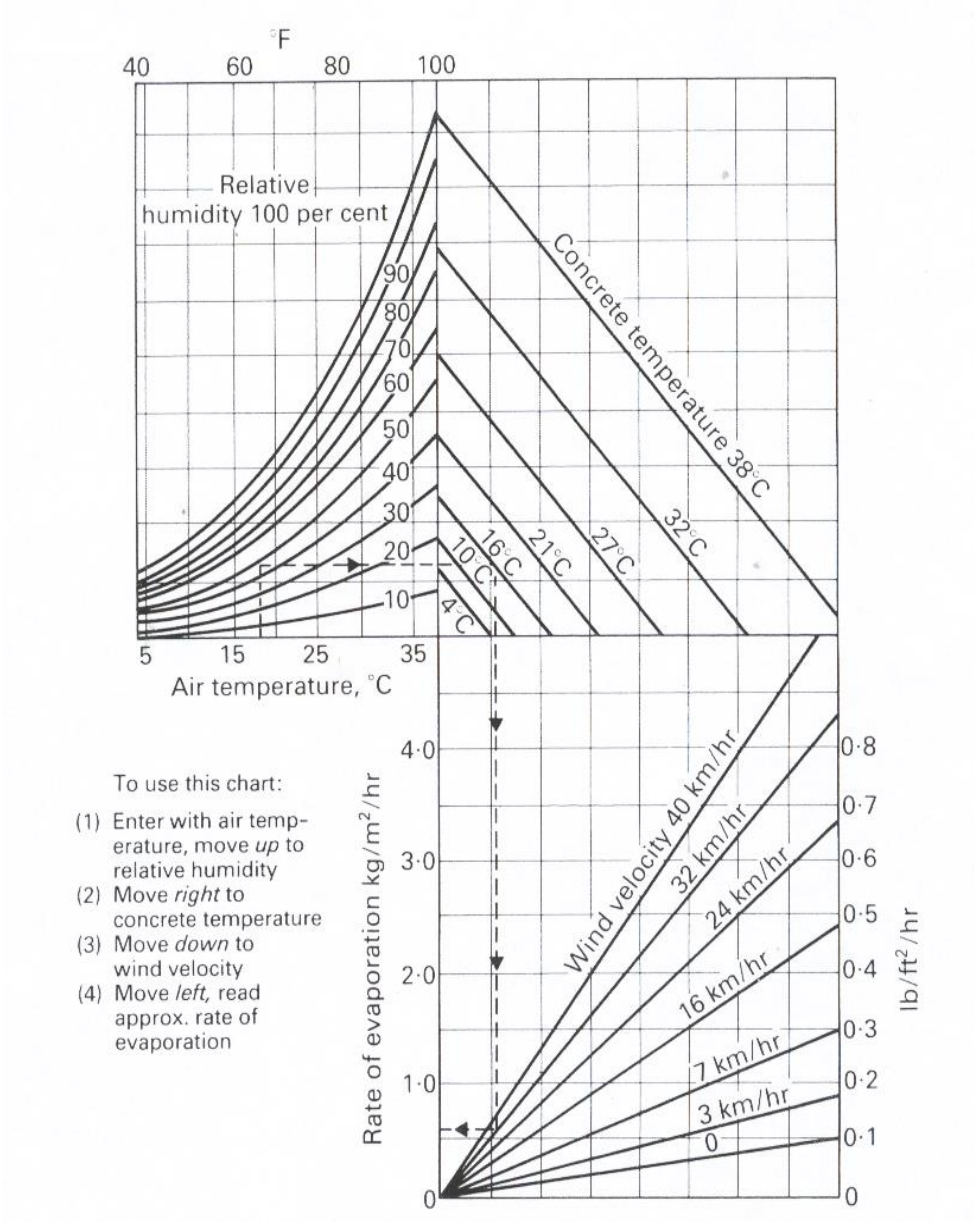
تعتمد شدة التشقق اللدن على نسبة تبخر الماء من السطح وهذه بدورها تعتمد على درجة حرارة الهواء ودرجة حرارة البيتون والرطوبة النسبية وسرعة الرياح ويمكن حساب تأثير هذه العوامل من الشكل (51-2) حيث المخطط مزود بطريقة تخطيطية لتقدير ضياع الرطوبة النسبية في حالات الطقس المختلفة وإذا وصل التبخر إلى أكثر من 1Kg / m^2 / h فمن الضروري أخذ تدابير وقائية لتجنب حدوث الشقوق اللدنة وهذا مايتم بمنع تبخر الماء من السطوح بقدر الإمكان.

تنفذ المعالجة المبكرة (والتي تم الإشارة إليها سابقاً) حالما تتوقف أعمال إنهاء صب السطح البيتوني حيث تفرش صفائح polythene فوق السطح البيتوني خلال نصف ساعة من انتهاء أعمال البيتون ومن المرغوب أيضاً منع ارتفاع درجة الحرارة في البيتون لمنع الشقوق الناتجة عن التدرج الحراري والتقلص التالي له لذلك من الضروري وضع أغطية فوق سطح البيتون لمدة ست إلى ثمان ساعات لمنع اكتساب البيتون للحرارة من الشمس ولكن من الأهمية بمكان السماح بتهوية مناسبة تحت هذه الأغطية لضمان أن درجة الحرارة تحتها لن تكون مرتفعة.

يوصى بطريقة أخرى وهي تغطية سطوح البيتون بالخيش لإبقائها رطبة باستمرار ويمكن رشها برذاذ الماء بشكل متكرر ولكل من هاتين الطريقتين ميزة إبقاء البيتون بارداً .

ومن الناحية العملية فإن العناية الدقيقة المطلوبة لإبقاء الخيش رطباً هي في الغالب غير متوفرة. وحتى لو توفرت مصادر المياه وكانت تملك بعض الملوحة فإنه

سيتشكل من جراء الرش المستمر والتبخر كثافة ملحية على أو قرب سطح البيتون مسببا" طفحا" ملحيا" قد يضعف الطبقة السطحية ، ومن المستحسن في هذه الحالات تجعيد الخيش ليغطي سنتيمترات إضافية خارج السطح البيتوني لو كان هذا ممكنا" ورش الخيش بحيث لا يصل الماء إلى البيتون مطلقاً .



الشكل (51 - 2) طريقة تخطيطية لتقدير ضياع الرطوبة النسبية

الفصل الثالث

تكنولوجيا تنفيذ المنشآت البيتونية المسلحة مسبقة الصنع

3 -1- مقدمة :

يلعب البيتون المسلح المسبق الصنع في هذه الأيام دوراً أساسيًا في إنشاء الأبنية والجسور وخصوصًا في البلدان الصناعية ، والمعروف أن المسبق الصنع يجهز مسبقاً في معامل خاصة ، ويكون التصنيع للمنشأة بشكل كامل أو على شكل أجزاء ، حيث تجمع لاحقًا في موقع المشروع ، الأمر الذي يعني أن التصنيع المسبق للعناصر والمنشآت ليس فقط في مجال الهياكل البيتونية المسلحة ، إنما يوجد فعلاً في مجالات أخرى كالمنشآت المعدنية والخشبية .

3-2- جودة تنفيذ الأعمال :

نحصل على النوعية الجيدة للأعمال من خلال تنفيذها بأفضل الظروف (الشروط المثالية) والبعيدة عن تقلبات الطقس وتغير درجات الحرارة، وباستعمال الآلات الحديثة يجري تحضير الخلطة المثالية للبيتون (النوعية الجيدة والمعايرة المضبوطة للمكونات : الحصى ، الإسمنت ، كمية ونوعية الماء واختيار الإضافات و الملونات ، .....) وأيضاً التنفيذ الدقيق للتسليح والبيتون ، بالنتيجة نحصل على أعمال بجودة عالية وأفضل بكثير من المنفذ في الورشة ضمن موقع العمل.

- **سرعة التنفيذ :**

إن سرعة إنهاء الأعمال من الأسباب الهامة التي دفعت إلى اعتماد التصنيع المسبق ، حيث تتحقق سرعة التنفيذ بواسطة المكننة والأتمتة في التصنيع من جهة ، ومن جهة أخرى هي إمكانية البدء بالتصنيع المباشر للهياكل والعناصر مع بدء تنفيذ أعمال التأسيس كالحفر والأساسات في المشروع .أما وقت التركيب للأجزاء المصنعة مسبقاً في مكان المشروع أقل حتماً من زمن تنفيذ البيتون المصبوب بالمكان.

- **الكلفة :**

لا يكون التوفير الممكن الحصول عليه نتيجة اعتماد الحل المسبق الصنع فقط نتيجة أسلوب تنفيذ الأعمال (كلفة المتر المكعب من البيتون المجبول في المعمل أغلى منه في الورشة) ، ولكن ناتج عن سرعة وبساطة التركيب والتجميع باعتبار " الوقت هو المال " .

- **المظهر الجمالي :**

من الناحية الجمالية تنفذ المنشآت بطرق مختلفة ، وتتأثر هذه الناحية كثيراً بالشكل الهندسي وبالتفاصيل المطلوبة .وهنالك إمكانيات متعددة لمعالجة السطوح الناتجة (لمنع الشقوق الشعرية على السطح الخارجي) وكسر اللون الرمادي للبيتون وهو المظهر المضاد للبيتون ، وتعتبر هذه المعالجات جزءاً لا يتجزأ من المسبق الصنع ولا يمكن تنفيذه على المنشآت التقليدية (المصبوبة بالمكان) .

وطريقة المسبق الصنع كأية طريقة تنفيذ لها حسناتها وسيئاتها فالوصلات (مناطق الوصل) بين العناصر تقلل من استمرارية العناصر، وهي الميزة الأساسية للمنشأة المصبوبة في المكان ، وهذه نقطة الضعف الوحيدة في التنفيذ المسبق الصنع ، ولهذا فحساسية هذا النوع تأتي من هذه النقطة ، والشكل (1-3) يبين منشآت منفذة وفق طريقة المسبق الصنع .

ونتيجة لنقاط الضعف المذكورة أعلاه والتنفيذ المتكرر للأعمال بشكل رتيب وأقل أناقة خصوصاً بالنسبة للجسور والمباني السكنية ، أعطت هذه الأمور صورة سلبية عن المسبق الصنع ، لكن ومع مرور الزمن تغيرت النظرة كلياً بسبب استخدام الآليات والمعدات الحديثة ، وخاصة القوالب التي بواسطتها يمكن تصنيع العناصر والأجزاء المتنوعة من حيث الشكل الهندسي والأبعاد،وهذا الأمر أدى إلى إعطاء مواصفات جيدة للمنشآت المنفذة بهذه الطريقة .

الشكل (1-3) منظر عام لمبنى مسبق الصنع .

ويحتاج نجاح أي مشروع يراد تنفيذه بطريقة المسبق الصنع إلى تنظيم جميع الأمور المرتبطة بعملية التنفيذ ، وترتبط هذه الأمور منذ البداية بالتخطيط الدقيق الهادف إلى التوفير ودقة تنفيذ الأعمال ، وخاصة في مجال التصنيع النهائي ، حيث أن استعمال الطرق المبرمجة مرتبطة ببداية المشروع ، كما أن التوجه نحو التصنيع المسبق يحتاج إلى احترام القواعد والمعايير التي تسمح بالحصول على تركيب وتجميع دقيقين ونوعية جيدة ، وعلى إمكانية استعمال العناصر المصنعة ، ومن أهم المعايير الموجودة في أغلب النور مات العالمية الموحدة المعيارية التالية :

١- مصطلحات الأبعاد (القياسات) :

يمكن تعريف الشكل الهندسي للعناصر اعتماداً على المقاييس والأبعاد والتي هي من مضاعفات البعد المعياري ، وهو مثلاً 10 cm .

هذا المصطلح (الافتراضي) يسمح لمعامل مسبق الصنع باختيار التجهيزات الضرورية القادرة على إنتاج العناصر الملبية لطلبات كافة الأشكال الهندسية المتوقع اعتمادها في الحلول التصميمية المراد تنفيذها ، كما يضمن تجميع عناصر مصنعة من قبل عدة مصانع .

٢- مصطلحات ومعايير التثبيت والتركيب :

وتسمح مصطلحات التركيب بوصل العناصر بدقة في الورشة ولكافة الأجزاء (العناصر) ، حيث تتطابق الفتحات المقابلة للبراغي المجهزة للتثبيت .وخطوط التثبيت

المحددة أيضاً بتابع قياسي معياري والمرتبطة بطبيعة التثبيت ونوعه (مسمار – فتحة – مجرى .....) .

٣- مصطلحات عناصر الوصل (الوصلات) :

تسمح هذه المصطلحات بتوفير وتأمين المواصفات الهندسية والفيزيائية و الميكانيكية والكيميائية للعناصر، وخاصة عندما تتحدد الإجهادات (قيم الضغط – الحمولات) والمؤثرات الخارجية ، والتغيير في درجات الحرارة والتي يفترض أن تقاومها الوصلات ، كما تسمح أيضاً بتجديد ومعرفة الخصائص والمواصفات الميكانيكية الضرورية للمواد المستخدمة في عمليات الوصل .

٤- مصطلحات معايير الجودة (معدل الاستعمال) :

ترتبط هذه المعايير بضمان الجودة (ضبط الجودة أو ضبط النوعية) ، حيث تتحدد إمكانية الديمومة والأمان للمنشأ عند استخدام العناصر وتمتع المواد والمركبات المشكلة للعناصر والهياكل بالخصائص الفيزيائية المناسبة .

وتراقب هذه الأمور في العديد من الدول المتقدمة من قبل منظمات مختصة ، حيث تقدم تلك المنظمات تقارير عن مواقع الإنتاج والاستثمار والتنفيذ مثلاً : في فرنسا " Avis Techniques " ، " الرأي التقني " يقدم من المركز العلمي والتقني للمنشآت المدنية .

3-3- التصاميم النموذجية (القياسية) للمنشآت المسبقة الصنع :

نميزّ نوعين من الجمل في الأبنية المسبقة الصنع الكلاسيكية بناءً على أساس النوعية والخصائص الحاملة :

١- العناصر الطولية :

وتتألف من عناصر شاقولية وأفقية على شكل (أعمدة، جوائز، أساسات، جسور)

٢- العناصر ثنائية الأبعاد (المسطحة) :

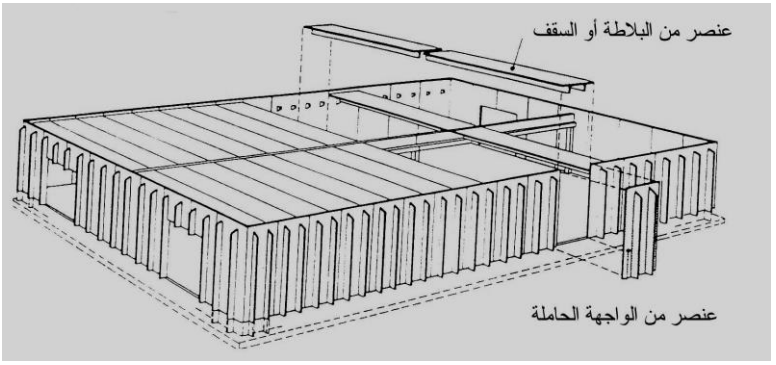
وتتكون عادة بشكل أساسي من بلاطات، جدران حاملة ، وجدران خارجية (واجهات) حاملة ، كما يجب التمييز مابين الأبنية ، فهناك الأبنية المؤلفة من طابق أو عدة طوابق ، حيث أن المنشآت وحيدة الطابق الصغيرة أو متوسطة المجاز (المساحة) تمثل المجال الأوسع والأسهل والمفضل لتطبيق طريقة التنفيذ المسبق الصنع ، أيضاً

المستودعات والمحلات الكبيرة وصالات العرض ، باعتبار أن نقل الهياكل والعناصر ضمن ممرات محدودة خلال التنفيذ تبقى بمستوى واحد، وفي تلك الحالات من المناسب والاقتصادي التشييد وفق أسلوب التجميع البسيط للواجهات الحاملة وللبلاطات، الشكل(3-2) .

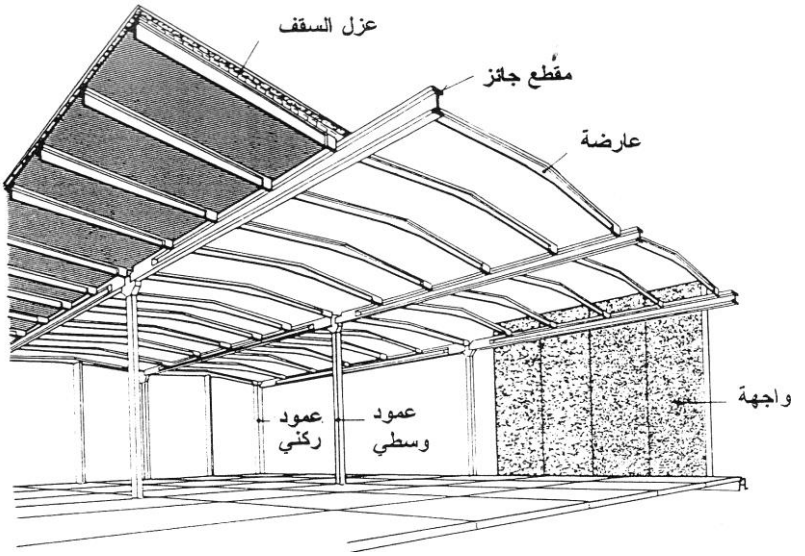
وتسمح هذه الطريقة باستغلال أمثلي واقتصادي للمساحة ، لعدم وجود هياكل داخلية تعيق العمل في الفراغ الداخلي للمنشأة .أما فيما يتعلق بالوصل ما بين السقف والجدران فيتم عادة ويرتكز على الواجهات الحاملة (أو عن طريق مساند مدمجة في الواجهات) ، ومن خلال الشقوق في المستوى الأعلى للواجهات وعناصر السطح ، وهي عادة عناصر قياسية لنوع البلاطات والأسقف يمكن تأمين الاستناد والتثبيت وتحقيق الاستقرار والمقاومة في المستوى الأفقي للمنشأة .

أما فيما يتعلق بالمقاومة الشاقولية فيجب الاعتماد على الواجهات الموثوقة والمرتبطة فيما بينها ، ومع تطور الأسقف المسبقة الإجهاد الذي ساعد على زيادة المجازات حتى 25 m تقريباً ، وهذه الوسيلة الأكثر استعمالاً بسبب التوفير والبساطة .

أما في حالة الأبنية الصناعية وحيدة الطابق ،وكما هو مبين في الشكل (3-3) فمن الطبيعي استعمال النموذج الذي يسمح بمساحات حرة أكبر ، حيث يرتكز البناء على أعمدة مثبتة بالقواعد (الأساسات) ، وترتكز عليها شبكة رئيسية وثانوية من الجوائز والبلاطات ، وفي هذه الحالة تعمل الأعمدة والجوائز كجوائز مستمرة (Poutres continues) ، وتسمح بإنقاص واضح لأبعاد المقاطع ، وتعطي في الوقت نفسه بناء خفيف الوزن.

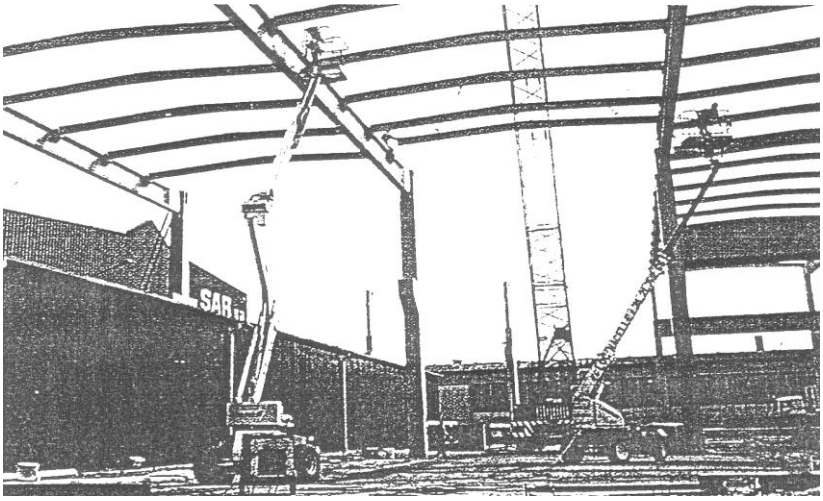


الشكل (3-2) : عناصر الواجهات الحاملة وعناصر السقف.



الشكل (3-3) : بنية وشكل الهيكل المسبق الصنع .

ويبين الشكل(4 -3) أحد أساليب التركيب باستخدام الروافع الهيدروليكية ، مع ملاحظة غياب تجهيزات التدعيم وسقالات التركيب ، بالإضافة إلى الأمان الكبير لطاقم العمال المشارك في التنفيذ .وبالفعل هذه الحلول غير مكلفة لعدم وجود السقالات ، حيث تنقل العناصر والهياكل بالشاحنات وتوضع في مكانها بواسطة روافع هيدروليكية ذات دواليب مطاطية .

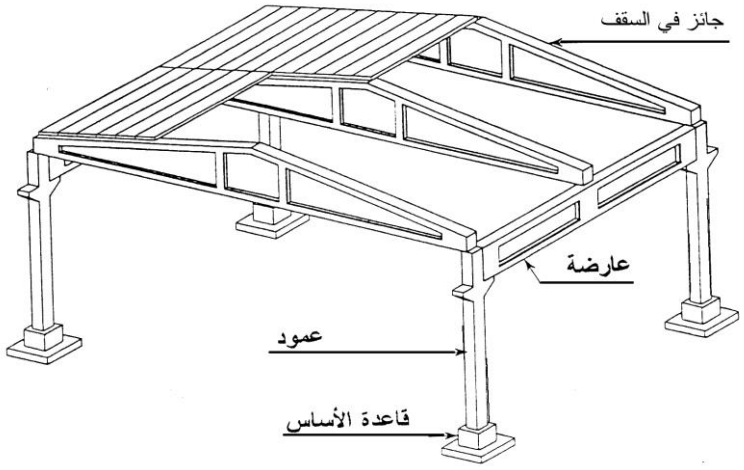


الشكل (4 -3) : تركيب صالة من هياكل مسبقة الصنع

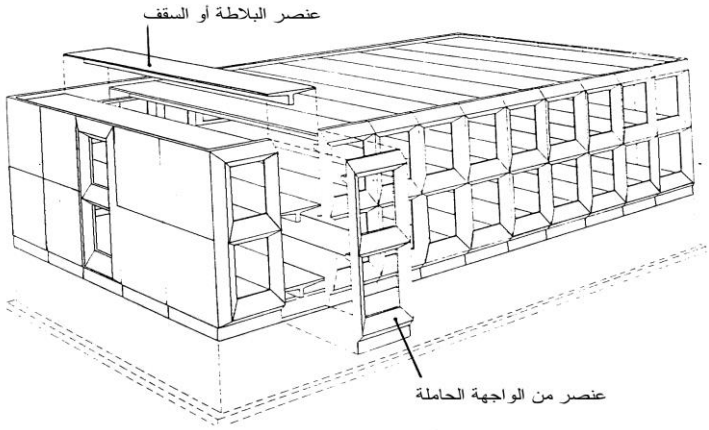
كما تتميز هذه الهياكل بأنها تسمح بالتغطية البسيطة المكونة من ألواح معدنية ومختلفة الأشكال مثبتة مباشرة على جوائز بيتونية مسلحة .أما فيما يتعلق بالعزل ومنع تسرب السطوح فيتحقق من خلال معالجة الوجه العلوي للألواح.

إن تزايد الحاجة إلى توفير مساحات كبيرة حرة وارتفاعات كبيرة كالمستودعات والمعامل دفع إلى اعتماد الحلول الإنشائية ذات المجازات المتوسطة والكبيرة ، وهو ما يوضحه الشكل (5 -3) حيث الأعمدة المثبتة في القاعدة الحاملة للجوائز الطولية ، والأخيرة تحمل الجوائز العرضية ذات المجازات التي تصل إلى (35 m) وكذلك تحمل جوائز الروافع الجسرية .

وتصنع الأسقف عادة من (المعدن) وتثبت على جوائز ثانوية خفيفة ، أو توضع مباشرة على الجوائز الحاملة ، والنموذج المتشكل من تلك العناصر سيتحمل تأثيرات قوى الرياح والحمولات الديناميكية الناجمة عن حركة الجسر المتحرك ، وباستعمال الواجهات غير الحاملة يمكن زيادة مجازات الفتحات (كما هو منتشر في المباني الصناعية) .



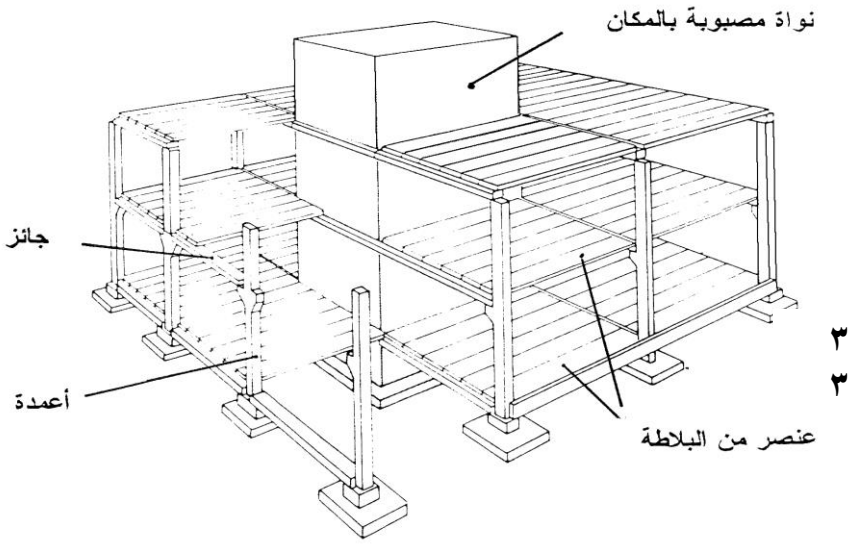
الشكل (5 -3) : هيكل مبنى صناعي بمجازات كبيرة .



الشكل (6 -3) : نموذج لبناء متعدد الطوابق

وتستعمل في حالة الأبنية العالية عناصر داخلية (جدران حاملة مسبقة الصنع ، نواة مركزية مصبوبة بالمكان) بهدف مقاومة الأحمال الطبيعية والزلازل و التأثيرات الأخرى .

أما في حالة الأبنية المؤلفة من الهياكل بشكل كامل فتظهر ضعفاً واضحاً وخصوصاً بالنسبة للأبنية البيتونية المسلحة المسبقة الصنع والعالية بسبب مشكلات مقاومة الحمولات الأفقية، والجمع ما بين الأعمدة والجوائز وعناصر الأسقف ذو أهمية كبيرة ، وإدخال نواة مركزية صلدة مع جدران حاملة يعطي المنشأة مقاومة أفضل، كما هو مبين في الشكل (7 - 3).



الشكل (7 -3) : عناصر هيكل مسبق الصنع متعدد الطوابق .

3-4- العناصر الحاملة الشاقولية :

3-4-1- الأعمدة :

يرتكز تصنيع الأعمدة وتحديد أبعادها على دراسات عديدة ومبادئ أساسية ، ولكن سوف نسلط الضوء على المشاكل الخاصة المتعلقة بالأعمدة مسبقة الصنع ، وكيفية وصلها مع العناصر الأخرى .

في الأبنية العادية المصبوبة بالمكان ، استعمال الأعمدة المسبقة أمر طبيعي والوصلات بين هذه الأعمدة و باقي العناصر الأخرى أمر سهل ، فبواسطة قضبان الربط والوصل توصل الأعمدة مباشرة مع البلاطات (الأسقف) أو الجوائز خلال عملية صب تلك العناصر. أما في حالة المنشأ المسبق الصنع بكامله ، فمن الضروري استعمال أجهزة وأساليب خاصة قادرة على نقل الحمولات المؤثرة على العناصر عبر الوصلات .

ويمكن وجود الأعمدة الطويلة نسبياً ، بحيث يمكنها تغطية طابقين أو ثلاثة ، وفيما يتعلق بمناطق الوصل مع العناصر الحاملة الأفقية فيجري استعمال العناصر النافرة ضمن الأعمدة للتقليل من توقف صب البيتون عند مستوى كل طابق وترك (إبقاء) حديد الربط .

وتتم تعبئة مكان الوصل بالبيتون بخلطة جيدة لا تتشقق، وهنالك عدة أمثلة لتثبيت الأعمدة الموضحة في الشكل (8 -3) ، أما الوصل بالعناصر الأفقية فهناك الأمثلة المبينة في الشكل (9 -3) .

3-4-2- الجدران الحاملة :

إن المجال الأوسع لاستخدام المسبق الصنع هو الوجهان ، علماً أن الجدران الداخلية لا يوجد فيها أشياء تذكر. في البداية يجب التأكد من وظيفة الواجهات هل هي حاملة وتقاوم العوامل والمؤثرات الخارجية والتغييرات الحرارية،أوأنها فقط لإعطاء البناء الشكل النهائي .

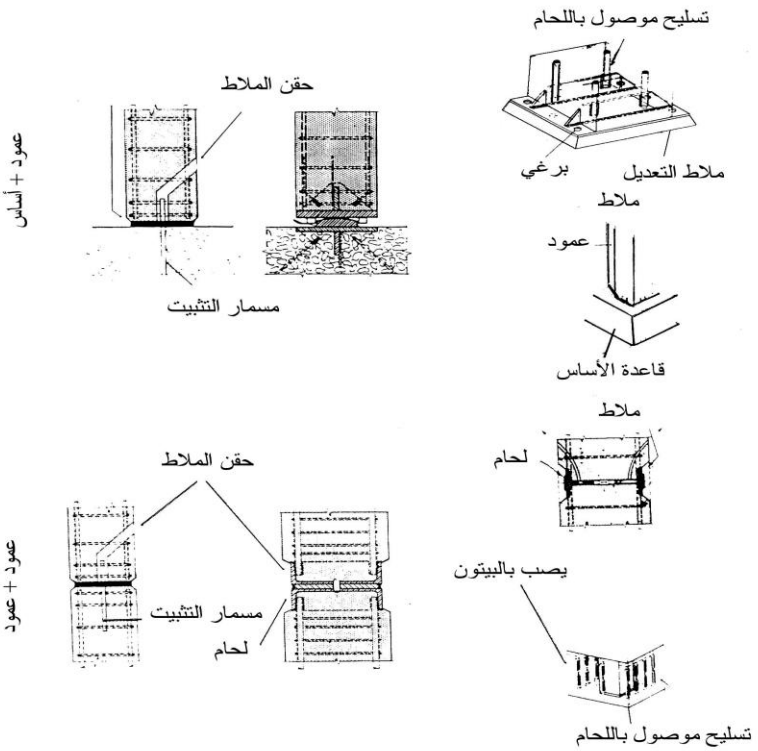
كما ينبغي الإشارة إلى أن معالجة العناصر المسبقة الصنع هي أحد ميزاته ، ويسمح البيتون المسبق الصنع بالوقت ذاته بحرية كبيرة غير محدودة فيما يتعلق بالشكل والرسوم ، وهذا التنوع تبعاً للأطوال والخصائص يمكن إيضاحه بالشكل (10 -3) .

لذلك يتطلب مبدأ استعمال الواجهات الحاملة معرفة المقطع البيتوني المطلوب لضمان تنفيذ المساحة الكافية والضرورية لتحمل الإجهادات ، وهذا بدوره يؤدي إلى إمكانية اعتماد العناصر الأفقية لتلقي الحمولات ومقاومة الحمولات الأفقية .

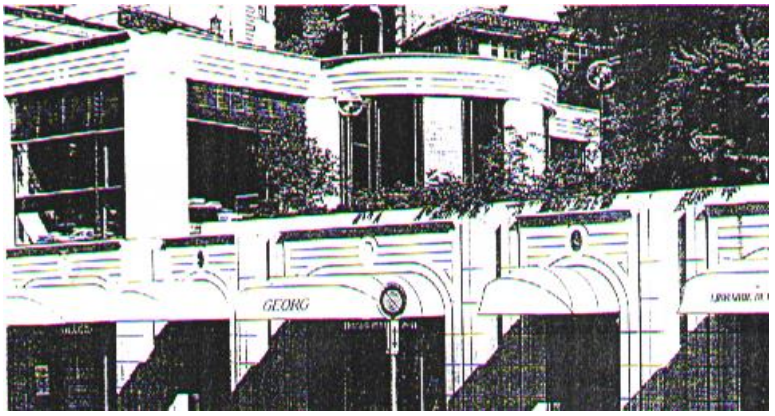
تقترب القاعدة الهندسية المعتمدة للعناصر غالباً من استعمال المقطع T المزدوج، الأمر الذي يسهل عملية الحصول على الفتحات والنوافذ .

كما أن احترام الشروط الفيزيائية للبناء يفرض وضع مواد عازلة حرارية كأساس لاستعمال الواجهات Sandwish المكونة من :

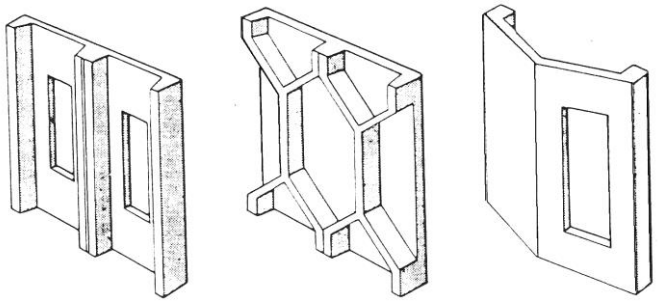
- طبقة خارجية غير حاملة تسمى (Parement) بسماكة (6 – 8 cm) .
- جزء داخلي سماكته (10– 16 cm) يشكل الطبقة الحاملة (Le pporteur)
- طبقة عازلة بسماكة (6 – 10 cm) ، الشكل (11 -3) .



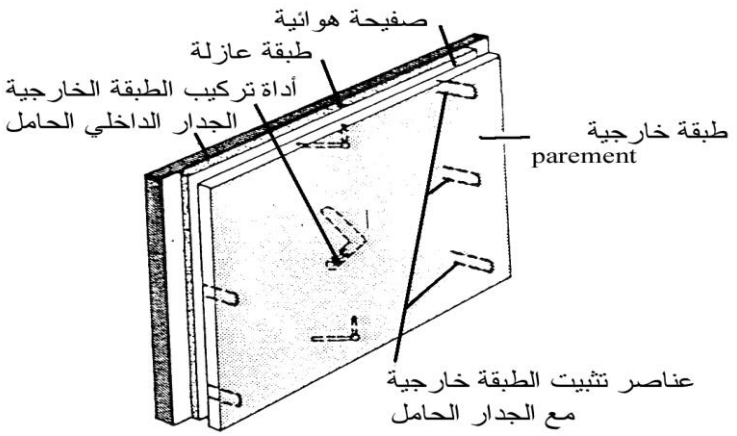
الشكل (8 -3) : أمثلة على وصل (عمود – عمود) و (عمود – أساس) .



الشكل (9 -3) مثال على واجهات مسبقة الصنع .



الشكل (10 -3) : الأشكال الأساسية لعناصر الواجهات الحاملة

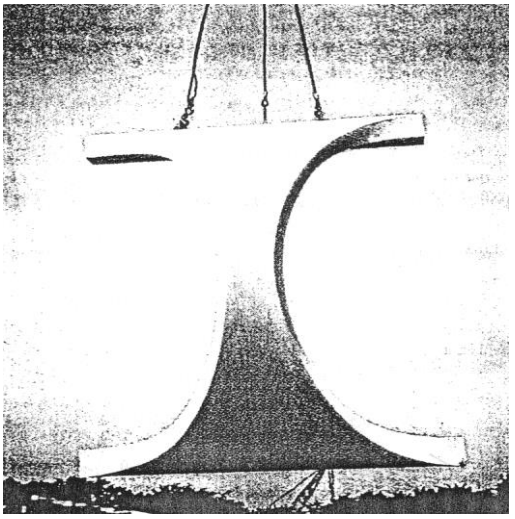


الشكل (11 -3) : بنية و تركيب عنصر الواجهة

وتشكل دقة تنفيذ الوصلات وتركيبها ودقة عملية الربط العامل الأساسي للنوعية الجيدة مع تحقيق العزل وعدم هدر الطاقة وجعل كلفة الصيانة والمعاينة بحدودها الدنيا.

والواجهات مثل الأعمدة يمكن أن تغطي طابق أوعدة طوابق، وتكون مصنعة كعنصر واحد ، أما نسبة الأبعاد (الارتفاع / العرض) فهي محددة تبعاً لهندسة البناء وإلى إمكانيات النقل والتركيب والإنتاج ، وتصنيع الواجهات يبقى عادياً بمستوى إنتاج قطع مفردة في القوالب المتعددة .

إن تطور القوالب المصنعة من مواد بوليميرية (Syntheteque) يسمح بتنفيذ واجهات وسطوح منحنية دون صعوبات كبيرة كما هو موضح في الشكل (12 -3) .



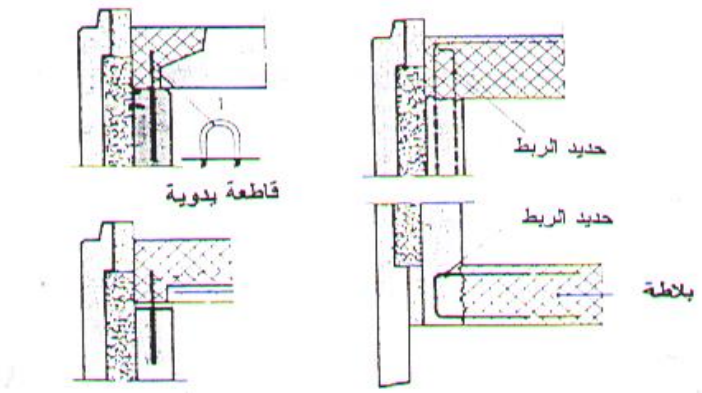
الشكل (12 -3) : عنصر واجهة ذو شكل معقد .

أما فيما يتعلق بطريقة تثبيت العناصر الحاملة من الواجهات مشابهة للتثبيت بحال البيتون المصبوب بالمكان ، وحديد الربط هو الذي يؤمن عملية الربط والتثبيت ونقل الإجهادات من بلاطة السقف أو العناصر العليا إلى العناصر الحاملة .

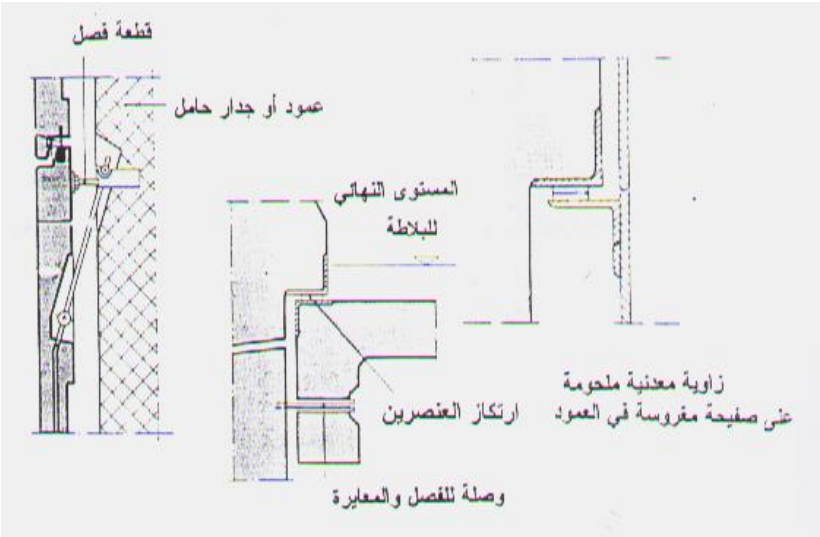
ومن المهم أيضاً تأمين استمرارية العزل الحراري وعدم وجود نقاط ضعف في عملية العزل يوجد معدات وركائز بسيطة عازلة لمنع انتقال الحمولات الأفقية بين البلاطات والجدران ، ومن الأمثلة على الوصلات ما هو موضح في الشكل (13 -3).

فيما يتعلق بالجدران غير الحاملة من الواجهات المعلقة على عناصر حاملة رئيسية من البناء فتجرى العملية إما بواسطة وسائط خاصة ، أو بواسطة الوصل بالبيتون المصبوب بالمكان ، ففي هذه الحالة تثبت الألواح بواسطة الأجهزة الخاصة وتصبح بعد الصب غير معرضة للصدأ ، ويلي ذلك معالجة العزل .

إن استعمال عناصر السندويش (Sandwish) غير الحاملة لها مساوئ الوزن الميت المهم،وهنالك أمثلة كثيرة على تثبيت الواجهات كما يظهرها الشكل (14 -3)،ويجب الإشارة هنا إلى أن المراقبة الدقيقة لنوعية الأعمال المنفذة واستعمال المثبتات والمواد المستعملة ضرورية جداً ، وذلك لإبعاد العوامل غير المتوقعة كالصدأ أو تحرك الألواح بالنسبة لبعضها بعضاً.هذه المساوئ لها نتائج خطيرة على الوصلات الأفقية والعمودية بين العناصر ، ويمكن أن تكون سبباً للمشاكل العديدة .



الشكل (13 -3) : أمثلة على تثبيت الواجهات الحاملة و الروابط مع البلاطة .



الشكل (14 -3) : أمثلة على المثبتات الميكانيكية للواجهات غير الحاملة .

3-5- العناصر الحاملة الأفقية

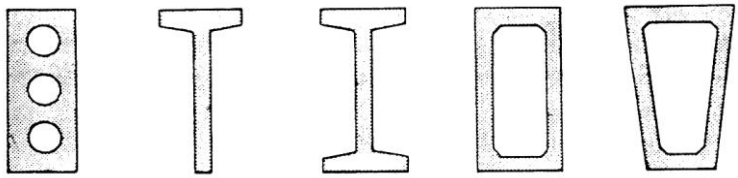
Elements Porteurs Horizontaux:

3-5-1- العناصر الخطية (جائز ، عصب ، جسر) :

يجري تمييز النماذج الخطية وفق دورها وطريقة عملها ومنها :

- **الجوائز** : تستعمل في البنية الأولية لهيكل البناء كي تتحمل الأسقف ذات الأحمال الكبيرة ، ومن أجل حمل العناصر الخاصة مثل سكة الروافع المتحركة (روافع جسرية) .
- **الأعصاب** : وتشكل البنية الثانوية، وتؤمن نقل حمولات من الأسقف إلى الجوائز .
- **الأساسات** : وهذه العناصر ضرورية كونها ركيزة كبيرة لعناصر البلاطات ، حيث تنقل الحمولات من الأعمدة إليها .

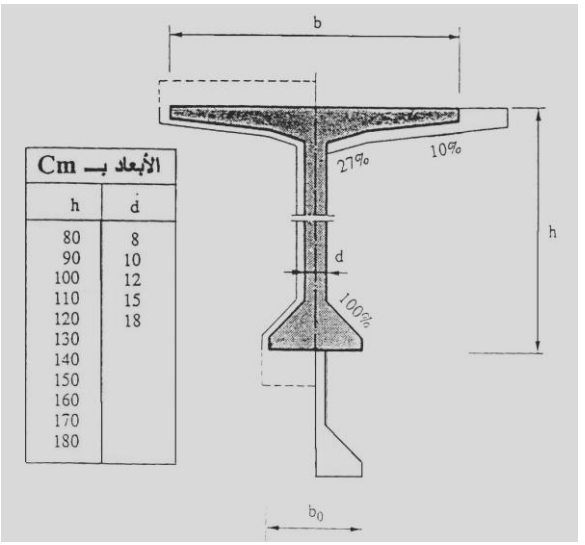
يسمح المسبق الصنع بتوفير المواد واستعمالها ووضعها في مكانها الصحيح ، ومعرفة الوزن ، الأمر الذي يسهل عملية النقل وتركيب العناصر ذات الأبعاد الكبيرة .والشكل النموذجي للجوائز المسبقة الصنع هو I أو T ، و لكن هنالك أشكال أخرى قريبة مبينة في الشكل (15 - 3) .



الشكل (15 -3) : الأشكال النموذجية للجوائز المسبقة الصنع

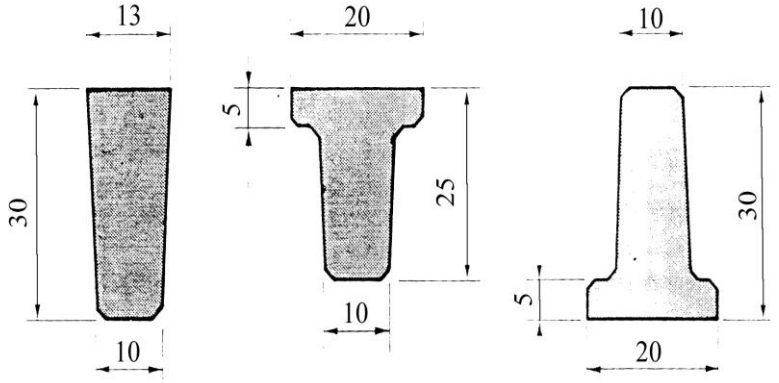
أما المقاييس الصحيحة بالنسبة للارتفاع فهي متعلقة باحتمال امتداد القوالب و ارتفاعاته المختلفة ، و نشير إلى أن الأبعاد الخاصة لهذه الجوائز محددة بالنسبة للأطوال و الارتفاعات و تغطي هذه الجوائز مجازات تصل إلى 35 m مع وزن معقول و حمولة إضافية 20 KN / m .

تتطلب الجوائز السابقة (جوائز مستمرة أو بسيطة) وجود وصلات صلبة و حديد تسليح مستمر أو إجهاد شد مسبق . كما هو مبين في الشكل (16 - 3) .



الشكل (16 - 3) : الأشكال القياسية المسبقة الصنع .

والمبدأ الاقتصادي للمواد والأوزان المعمول بها للجوائز،تبقى صحيحة من أجل العناصر الطولية (الخطية) .أما الشكل النموذجي للأعصاب فهو المقطع T أو شبه منحرف بارتفاع قليل وسماكة قليلة لأطوال (6 – 12 cm) وحمولات خفيفة كما في الشكل (17 -3) .



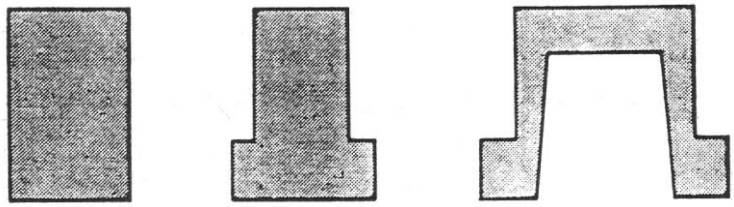
الشكل (17 -3) : الأشكال الكلاسيكية للأعصاب

تستخدم الأعصاب بشكل عام كعناصر تغطية خفيفة من الحديد أو عناصر شفافة تسمح بمرور أشعة الشمس ، وارتكازها يكون على الجوائز مباشرة ، أو بشكل غير مباشر بواسطة التثبيت على نتوءات من الجائز ، وهذا يسمح بوضع (الأعصاب ، الجوائز) على المستوى المطلوب .

أما الأساسات فتتوضع على رؤوس الركائز (الأعمدة) ، وهي مخصصة لتحمل البلاطات مباشرة،مع الأخذ بعين الاعتبار عدم زيادة سماكة السقف الكلي الضروري للبلاطة ، لذلك من الأفضل جعل الارتكاز ذا مساحة صغيرة بشكل يسمح بتدرج ارتفاع الأساسات في سماكة البلاطة ، لهذا السبب فإن المقاطع المستعملة والشائعة هي غالباً بشكل T أو U مقلوبة كما في الشكل (18 -3) .

كما يجب الإشارة إلى أن المجازات الأقل من 4m يفضل استعمال بلاطة مصمتة ، وهي على الغالب أكثر اقتصادية .

من أجل تجميع العناصر الخطية هناك الوصلات المختلفة ما بين العناصر المختلفة وكل نوع يكون بحسب الأبعاد والشكل الهندسي للعناصر المراد تجميعها .

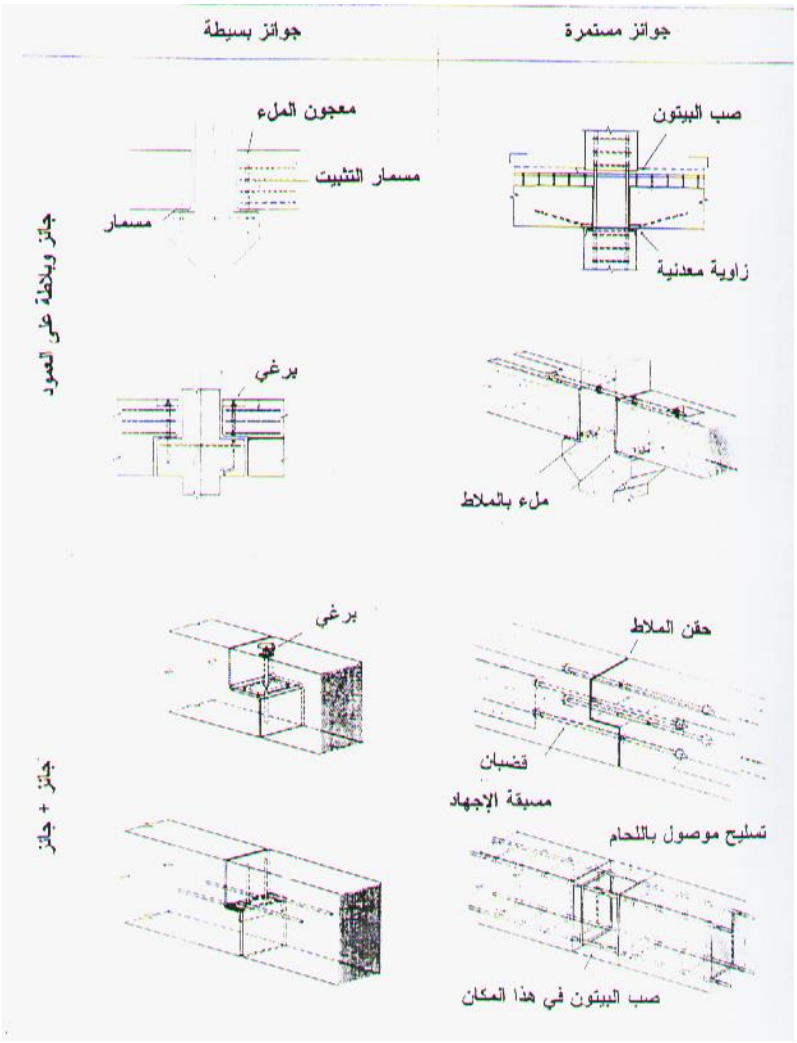


الشكل (18 -3) : الأشكال القياسية للحصيرة (الأساس).

إن الشكل (19 - 3) يظهر أمثلة ونماذج عديدة لأساليب الوصل بين العناصر الخطية بحسب طبيعة الإجهادات المنقولة ، تلك الأشكال توضح وضعية التسليح الإضافي وكيفية ملء الوصلات البيتونية .

3-5-2- العناصر المسطحة (بلاطة – سقف) :

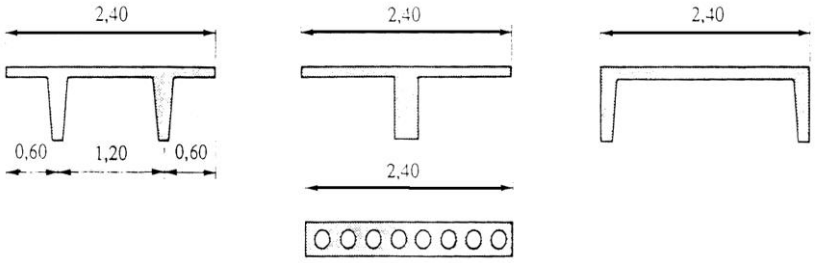
تشكل البلاطات جزءاً مهماً من المنشآت المسبقة الصنع الحديثة ، وإنتاجها يكون مستمراً بطلبيات وبأطوال كبيرة ، ومن الممكن الحصول على الأطوال المختلفة بواسطة القص .



الشكل (19 - 3) : أمثلة على ربط العناصر الخطية.

يتحدد طول البلاطات بإمكانية النقل والجمع وقدرة الرفع كالآلات المستخدمة في تركيب العناصر والطول يمكن أن يصل إلى 18m. تصنف الأشكال الهندسية للبلاطات بأربعة أشكال : U , TT , T مقلوبة ، أو مستطيل مفرغ بأشكال أسطوانية والشكل (3-20) يظهر تلك الأشكال .

ونشير هنا إلى أن بلاطات الهوردي هي أشكال خارج المسبق ، أما البلاطات المصمتة فتستعمل للمجازات القصيرة فقط بسب الوزن الميت الكبير .



الشكل (20 - 3) : نماذج البلاطات

إن العرض الأساسي لعناصر البلاطة هي 2.4 m أو 1.2 m مع تصنيع عناصر الوصل وعناصر بأبعاد خاصة يتناسب مع نوع البناء(أبعاد خاصة متناسقة مع نوع المنشأة) .

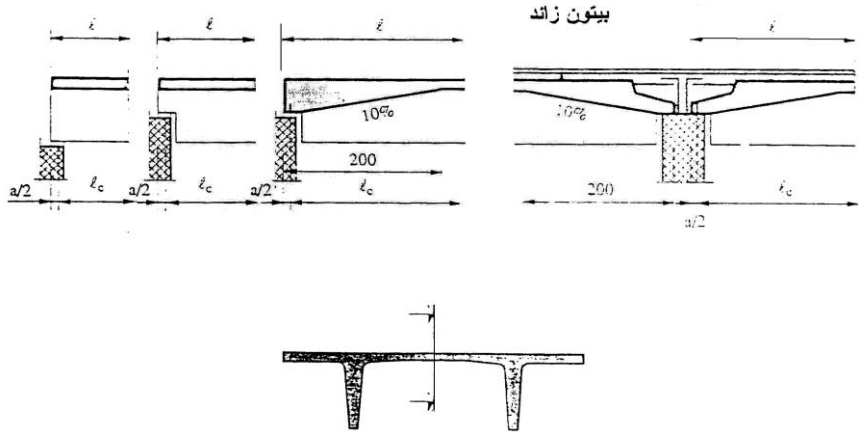
وتتألف البلاطة ذات الشكل T أو TT أو U مقلوبة من رأس واحد أو اثنين تثبت بجزء من البلاطة فتتشكل البلاطة المسطحة الأفقية . وتتغير الأبعاد بالنسبة لشكل وحجم العنصر الوسطي تقريبا 3 Kn /m^2 ، والارتفاع الكلي يتغير مابين (20 – 60 Cm) ، كما يمكن أن تنفذ البلاطة مع زيادة كمية الإسمنت الداخلية في البيتون مما يؤدي إلى زيادة المقاومة ، وبسماكة تصل إلى 15 Cm أو بسماكة 4 Cm .

الحل الأول له إيجابيات واضحة كونه يعطي استمرارية جزئية وتشابه في التركيب ، وطبيعي أن تكون مفصولة عند منطقة الاتصال مع العناصر ، وهذه الطريقة جيدة لحل القضايا المتعلقة بالتركيب .والسماكة الضرورية في هذه الحالة للبلاطة مسبقة الصنع

تتراوح ما بين (6 – 8 cm) ، الأمر الذي يسمح بتصنيع عناصر أقل وزناً مما يسهل عمليات النقل والتركيب .

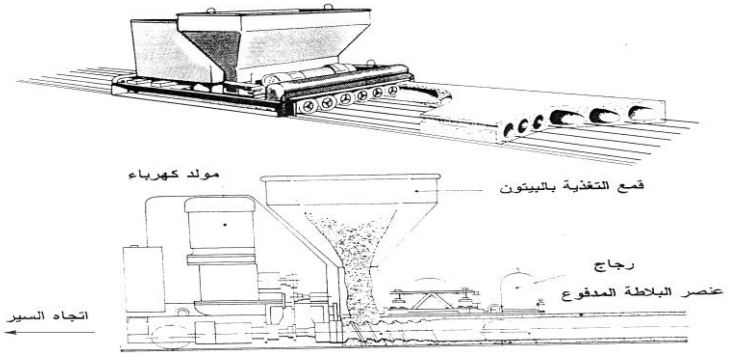
إن أطراف البلاطات المعصبة (Nervurees) يمكن تنفيذها مع أو بدون تقوية وبشكل يتناسب مع مختلف احتمالات الارتكاز ، كما هو موضح في الشكل (21 - 3).

عموماً هذه العناصر المسبقة الإجهاد طولياً بواسطة أسلاك متلاصقة ، في حين أن البلاطات المفرغة (Hollow care slabs) هي الأكثر استعمالاً في هذه الأيام عند تنفيذ وإنشاء الأسقف ، ولها سماكات متغيرة (10 – 14 cm) وبمجازات تصل إلى 18 m تقريباً ، ومن الممكن أن تكون مسبقة الإجهاد ، أما تصنيع هذه البلاطات فيتم بمساعدة تجهيزات وآليات مؤتمتة وممكننة بشكل آلي .



الشكل (21 - 3) : مبدأ ارتكاز العناصر TT

إن النجاح الكبير للبلاطات المفرغة المسبقة الإجهاد يأتي بشكل أساسي من النسبة (الكلفة / الجودة) خصوصاً باستعمال طريقة التفريغ (Estrusion) عند صناعة العناصر كما هو مبين في الشكل (22 - 3) .



الشكل (22 - 3) : مقطع طولي لآلة تصنيع البلاطات

عملية الصب تكون على طاولة معدنية مسطحة وبدون أي قالب ، والآلة هي نفسها تكون القالب ، يدفع البيتون إلى خارج الآلة بواسطة براغي (بدون نهاية حادة)، تتركز الآلة على البيتون الطري بهدف رج البيتون مما يسمح بالحصول على نوعية جيدة للمنتج ويتمتع بمقاومة عالية .ومعدل الإسمنت المستخدم يكون في حدود المعدل الطبيعي (عيار البيتون يكون ضمن المعدل الطبيعي $350\ Kg / m^3$) ، بالعكس هذه الطريقة تسمح بالصب بأقل رطوبة ممكنة ، حيث تصل نسبة W/C إلى 0.2 ، وأن درجة الحرارة الخفيفة خلال وقت التجفيف تسمح بالحصول على بيتون بمقاومة عالية $60\ N /mm^2$ بعد 24 heur .

إن فكرة البلاطات مسبقة الإجهاد بواسطة أسلاك متلاصقة وبدون أي تسليح طولي أو عرضي تتفق مع المبادئ والأعراف المتعلقة بعدم اعتبار قدرة البيتون على الشد خلال دراسة موضوع أمان المنشأ ، في هذه الحالة تخلق القوى القاصة إضافة إلى الفتل العرضي والتصاق الأسلاك ، وبدون إجهادات الشد في البيتون لا تكون الجملة في حالة توازن .

من أجل تبرير تلك المركبات من الضروري اللجوء للنور مات وما يتعلق بتجارب الأبعاد (desing by testing) ، (Dimmensionnement par essays) .

لذلك فإن عدداً كبيراً من البلاطات المفرغة يجري اختبارها في كل مرحلة من مراحل تصنيعها بشكل صحيح وبأمان جيد ومقبول ، وتركيبها يتم بوضع العناصر في أماكنها الصحيحة .أما الارتكاز يكون بسيطاً أو مستمراً تبعاً لنوع الوصل المعتمد، والوجه الداخلي لا يحتاج إلى معالجة ويكون جاهزاً لاستقبال طبقة الطلاء بعد إزالة الكوفراج المعدني،أما الوجه العلوي فيغطى بقبعة بـ 4cm تسليح بسيط يتم بعدها إكساء الأرضية مباشرة .كما يجب أن تكون البلاطة المنفذة من عناصر مسبقة الصنع بنفس جودة البلاطة المصبوبة في المكان .

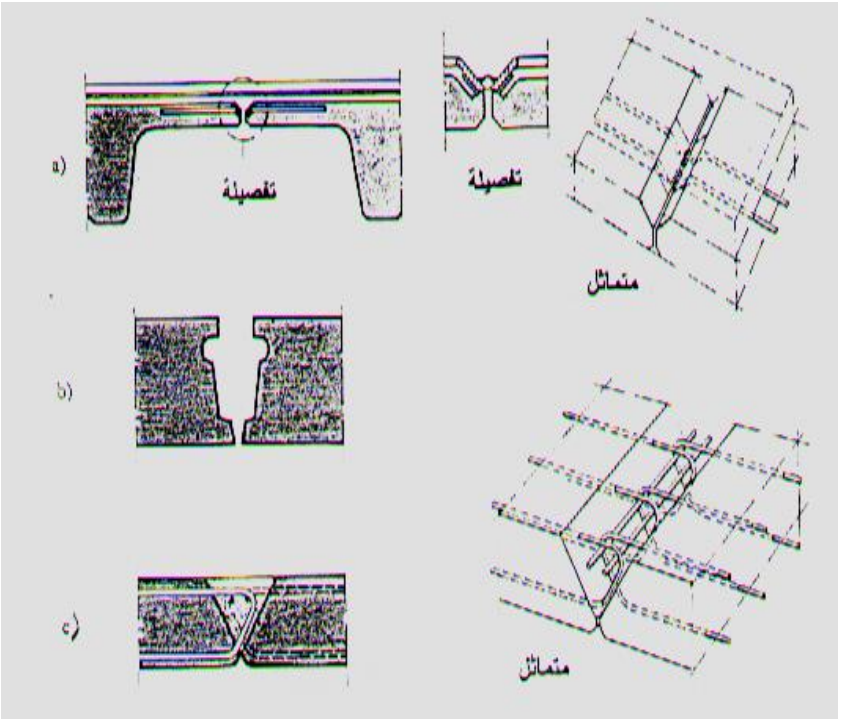
إن سلوك المنتج النهائي أثناء نقل الإجهادات الأفقية مهم جداً ، خاصة عند تعرض المنشأ إلى الاهتزازات الناجمة عن الزلزال ، ومن الضروري عندها تأمين الوصل الطولي ما بين العناصر القادرة على نقل الحمولات القاصة ، الناظمية ، وعزوم الفتل .

بالنسبة لوصلات العناصر المصبوبة بالبيتون الإضافي (Surbeton) ، فالمسألة محلولة كون الاستمرارية محققة بواسطة البيتون وتسليح الطبقة العليا .

والربط بين العناصر المسبقة الصنع مهم جداً ، مع الحذر عند تنفيذ الوصلات كونها تحتاج إلى الدقة المطلوبة كما في الشكل (a – 23 -3) ، لضمان حساب التشوهات المتعلقة بالعناصر خاصة عند صب البيتون الفائض وكون الأحمال غير متساوية .

العناصر المعقدة مثل TT أو البلاطات المفرغة ، مناطق الوصل فيها تتمثل بإطار مرسوم يملأ بالبيتون أو بملاط دون سحب ، الأمر الذي يحقق النقل الصحيح للأحمال كما في الشكل (b – 23 -3) .

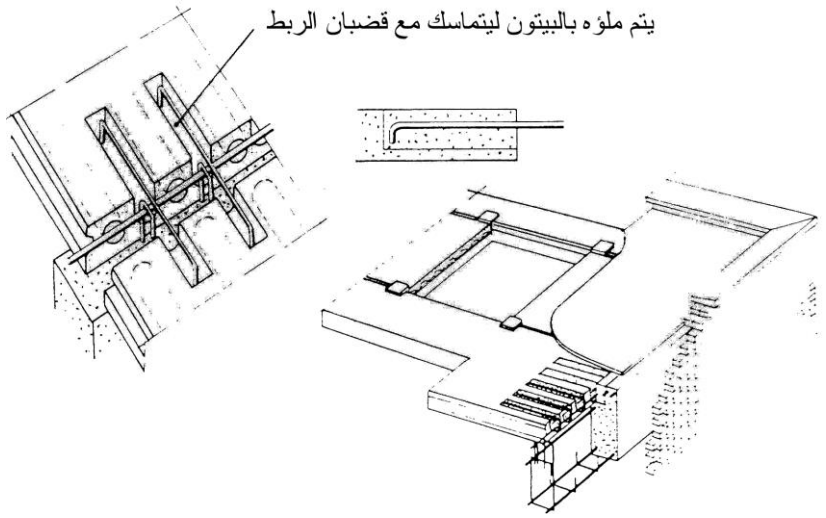
في حالة إجهادات الفتل العرضية الهامة يحقق التسليح المتشابك مع القضبان الإضافية وأسلاك الربط المطلوبة كما في الشكل (c – 23 -3) .



الشكل (23 - 3) : وصلات طولية وعرضية لعناصر البلاطة .

أما الوصلات العرضية فهي مهمة جداً قياساً بمدى قدرتها على نقل الحمولات المؤثرة على النظام الستاتيكي الفعلي للعناصر . ونشير هنا إلى أن العناصر TT لها أطراف ارتكاز مختلفة ، ونقل الإجهادات يتم من خلال ربط المركبات الخطية ، أما نقل الحمولات فيجري سواء بواسطة القضبان أو بواسطة الوصلات مسبقة الإجهاد .

وتتحقق الاستمرارية في حالة البلاطات المفرغة باستخدام قضبان تسليح في الوصلات الطولية لهذه العناصر قبل الصب ، وقد نحتاج إلى إضافة بضعة قضبان على عرض العنصر كما في الشكل (24 -3) ، ومن الضروري وضع تسليح إضافي عند الربط بالجدار ، بحيث تكون القضبان منحنية وممتدة في الجدار و تتطلب استمرارية التسليم عند الركائز .

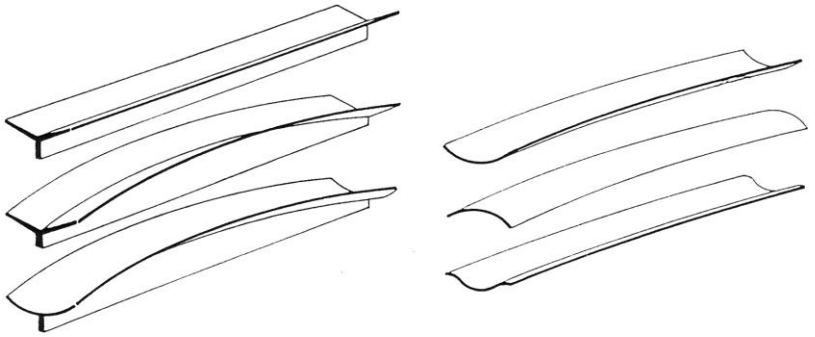


الشكل (24 - 3) : مثال الوصل في حال الارتكاز على البلاطات

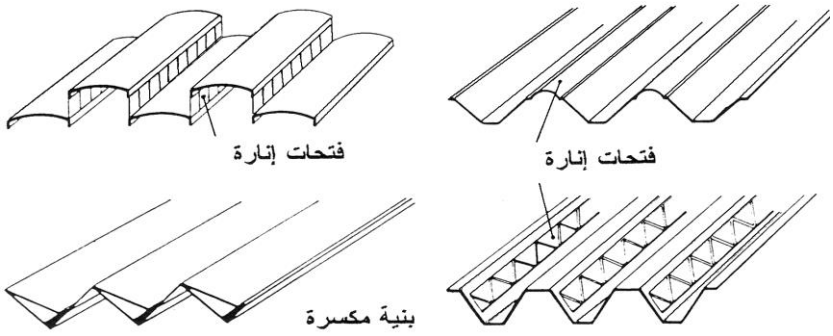
3-5-3- عناصر السقف :

تلبي عناصر السقف ذات المجازات الكبيرة الحاجات الضرورية لمتطلبات الإنشاء الصناعية ، واستخدامها أفضل من الحواجز (pannes) بسبب قلة العناصر الداخلة في الإنشاء ، الأمر الذي ينعكس على أزمنة التصنيع ومدة التركيب . عند وصل هذه العناصر ببعضها تصبح على شكل صفيحة واحدة صلبة تؤمن متانة السطح.

ينفذ السقف من عناصر تقليدية كالبلاطات المسطحة أو السطوح المسننة، والقبب، وتسمح هذه الأشكال الهندسية بالنقل الصحيح للإجهادات والجمع مع تقنيات المسبق الإجهاد بتنفيذ عناصر ذات سماكات قليلة وصلابة عالية ، الأمر الذي يسمح بزيادة المجاز وانخفاض الوزن ، وتسمح أيضاً بالحصول على الشكل المعماري المتميز، مع تحقيق الاندماج المنسجم مع العناصر الشفافة ، والشكل (25) يبين نماذج للأشكال المتنوعة الممكنة ذات السماكات الوسطية للبيتون والمتغيرة من (6 – 8 cm) للعناصر ذات الانحناء الثنائي ، و(8 – 12 cm) للأشكال المنكسرة،والمجاز الشائع لهذا النوع من الأسقف هو من (15 – 25 cm) ، كما يمكن أن تكون هذه العناصر مسبقة الإجهاد بواسطة أسلاك متلاصقة ، وهي ضرورية في تنفيذ المباني الصناعية .



عناصر ذات انحناء واحد أو انحنائين (أسطوانة قطع مكافئ وناقص، هرم)



الشكل (25 - 3) : أمثلة على مركبات سقف القبة و البنية المكسرة .

3-6- العناصر الخاصة :

تقدم لنا تقنية المسبق الصنع ميزة هامة في مجال تنفيذ العناصر الخاصة بأشكالها المختلفة ، الأمر الذي يسمح بإحضارها و تركيبها كقطعة واحدة في الورشة . هذا المجال يغطي العناصر التالية : الأدراج ، عتبات الأبواب ، النوافذ ، و أي قطعة تندمج جيداً مع الإنشاء التقليدي أو المسبق الصنع كما في الشكل (26 -3) .

تنوع العناصر الخاصة كبير وغير محدود ، ويحدد استخدامها وفق مواصفات النوعية والكلفة ، وزمن التنفيذ .

الشكل (26 -3) : درج مسبق الصنع .

3-7 الإجهاد المسبق للعناصر مسبقة الصنع :

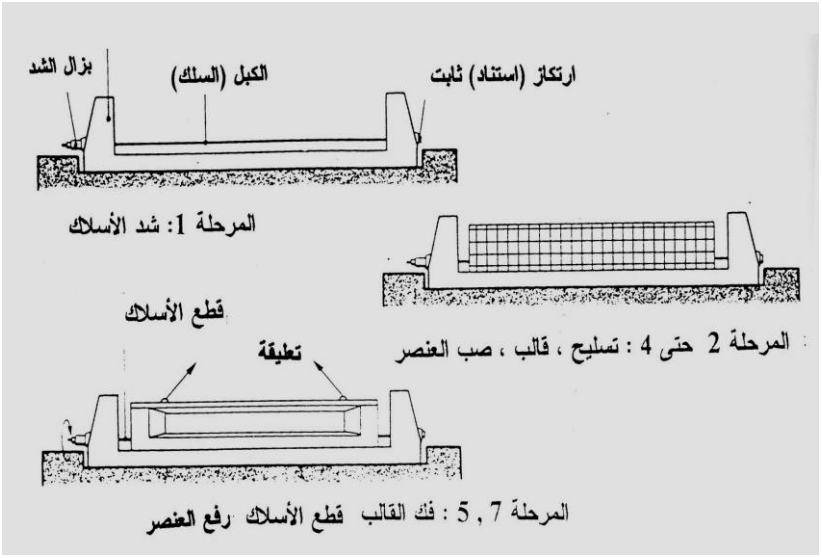
تختلف أنظمة الإجهاد المسبق المطبقة في المسبق الصنع عن الطرق التقليدية لـ Post – tension المستخدمة في الإنشاء التقليدي .

إن بساطة هذا التنفيذ واقتصاديته المميزة باستخدام الكابلات يمكن تسميته الإجهاد المسبق بالأسلاك المتلاصقة ، وترتكز هذه الطريقة على مرونة الأسلاك أو القضبان المجهدة (المسبقة الإجهاد) قبل صب العنصر المرتكز على كتلة مصمتة خارج الكوفراج .

هذه العملية تتم لمرة واحدة على لوح مسبق الإجهاد بطول يتجاوز 100 m ، أما التسليح الثانوي للعناصر ، فيركب حول القضبان ، والعناصر وتصب بعدها العناصر بعد إغلاق الكوفراج (القالب) . قد يحدث تصلب البيتون عندها يجب مد الأسلاك حتى نهايتها وقطعها ، لتنقل قوة الشد من الأسلاك إلى البيتون عن طريق الاحتكاك ، عندها يخضع البيتون لقوى الإجهاد المسبق بسبب الالتصاق البسيط ما بين القضبان والبيتون ، كما في الشكل (27 -3) .

غياب الركائز عند الأطراف والتغليف وحقن الكابلات يحقق اقتصادية كبيرة لهذه الطريقة ، وينبغي دوماً تغليف القضبان بشكل كاف بالبيتون لتأمين نقل الحمولات ، أما مسار الكابلات فيكون مستقيماً لتحقيق الاستقرار .

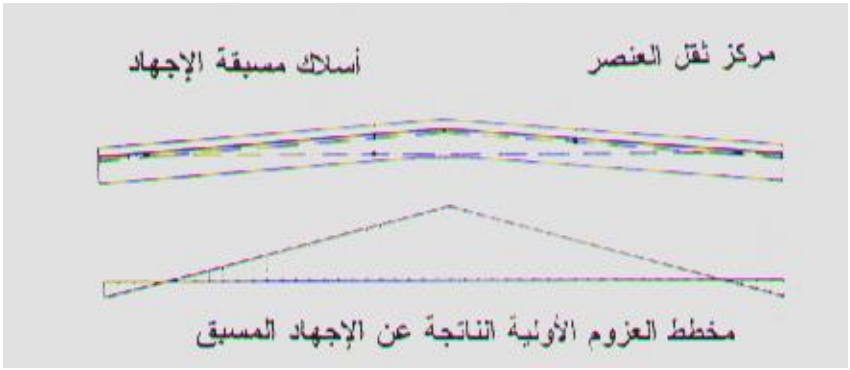
ويسمح اختيار الشكل الهندسي للجوائز بوضع الكابلات بشكل منحرف (مائل) بالنسبة لمحور العنصر ، الأمر الذي يؤدي إلى استفادة من سهولة وبساطة المسبق الإجهاد بالشد اللاحق ، كما في الشكل (28 -3) .



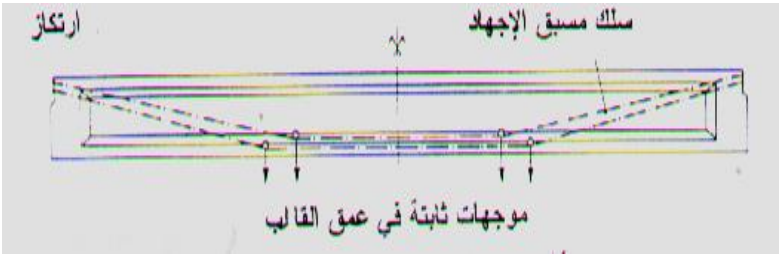
الشكل (27 - 3) : طريقة المسبق الصنع بواسطة الأسلاك المتلاصقة .

وينبغي الإشارة هنا إلى أن غالبية النور مات والمواصفات ونوع منطقة الاستناد (الارتكاز Ancrage) ، والتي تتم فيها عملية نقل الإجهادات من القضبان إلى البيتون ، واقعة ضمن المنطقة المغلفة بالبيتون ، وهذا هو السبب في تصنيع العناصر على شكل قطع مجزأة . أما في حالة الجوائز المستمرة فتوضع المساند (Ancrage) عند كل طرف ، وبتحويل الكابلات بواسطة سرج Z (Selles) على كامل ارتفاع القالب ، كما هو مبين في الشكل (29 -3) .

تسمح هذه الطريقة بتنفيذ استمرارية العناصر ، وتحسن عملية التحويل وتعوض قليلاً الضياعات الآنية للمسبق الإجهاد ، بسبب القوة الإضافية الناتجة بعد فك القطعة ، كما أن بساطة هذه الطرق تؤدي إلى تعميم استخدامها في الكثير من العناصر المسبقة الصنع ، حتى في حال السماكات الصغيرة كالأسقف و البلاطات ، وفيما يتعلق بزيادة الوزن الصافي فتؤخذ أيضاً بعين الاعتبار مما ينعكس على النقل والتركيب .



الشكل (3-28) تأثير الإجهاد المسبق على العصب .



الشكل (3-29) مسار الكابلات مسبقة الإجهاد في جائز مستمر .

3-8- الوصلات غير الميكانيكية :

تلعب هذه الوصلات دوراً رئيسياً في تأمين اندماج البنية مع بعضها بعضاً، ويجب أن تكون مقاومة للظروف الطبيعية عند استثمار المنشأ ، وتحقق نوعية الوصل الديمومة الجيدة والعمر الطويل ، على الرغم من السلبيات المتعلقة بالأبنية المسبقة الصنع الناتجة عن سلبية الإتقان وعمليات الإنهاء ، أو بسبب ضعف هذه الوصلات الذي يظهر سريعاً على العناصر المجاورة .

إن احترام القواعد البسيطة التالية يكفل تحقيق النتائج الجيدة ، وهي :

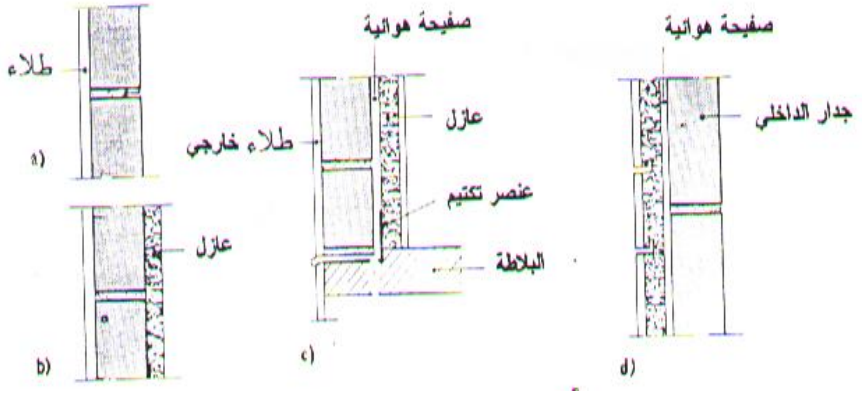
عازلية مناطق الوصل للهواء والمياه ، والتي تلعب دوراً هاماً في هذا النوع من المنشآت وضعف منطقة الوصل يقود إلى مجموعة من المؤثرات هي :

- على مستوى القالب نقل الضجيج ، وتسرب الهواء والروائح .
- على مستوى الديمومة تآكل وحت المثبتات وانتشار العفن .

- على المستوى الاقتصادي ضياعات حرارية، التقليل من خصائص العزل للمواد .

كما أن طريقة العزل المستخدمة للماء والهواء تلعب دوراً هاماً في الفراغات الداخلية للمنشأ فهي تمنع تسرب الماء عن طريق البلاطة الأرضية وتحقق عازلية مطلوبة للصوت .

تخضع الوصلات الأفقية والشاقولية في الواجهات للتأثيرات الخارجية ، وتتطلب المعالجة الجيدة ، كما ينبغي التمييز ما بين الواجهات المنفذة بواسطة عناصر ذات أبعاد صغيرة ، وتلك المؤلفة من عناصر بارتفاع طابق مثلاً . في الحالة الأولى ارتفاع أو طول الوصلات مهم جداً والحجم القليل للعناصر لا يسبب أية تغيرات حجمية ناجمة عن التأثيرات الحرارية . تستخدم عملياً في عمليات الوصل الشاقولي والأفقي تقنيات محددة مع بعض التغيرات حسب موقعها ، والحل الأكثر بساطة وسهولة يتلخص بتغطية الوصلة بطلاء أو بتلبيسة لضمان كتامة الواجهة ، كما في الشكل (a – 30 -3) .

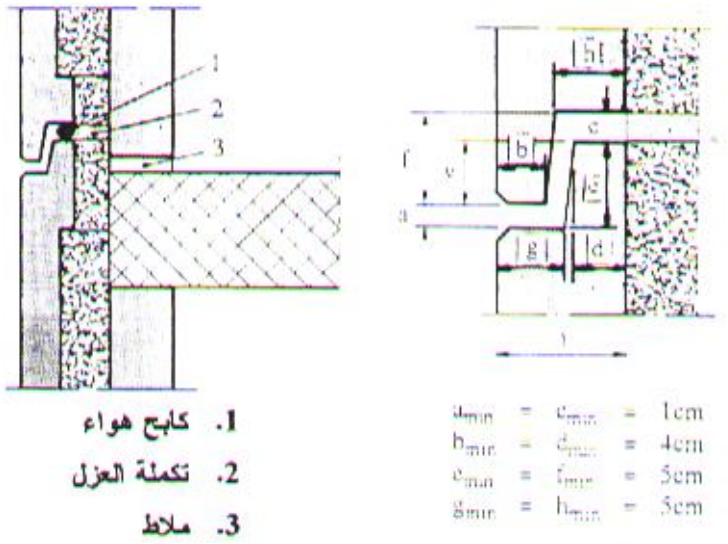


الشكل (30 -3) مناطق الوصل الأفقي .

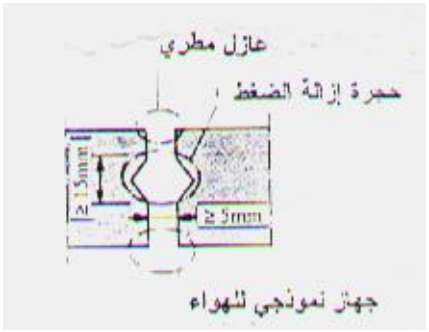
في الواجهات المنفذة من عناصر ذات ارتفاع طابق واحد أو أكثر ، فإن أبعاد الوصلة تحدد وفق معدلات التمدد الحراري ، وتحدد تلك الأبعاد بفتحة مكونة من مجموعة العناصر المشكلة للواجهة ذات المظهر الجميل والحفرة الأصغرية هي بحدود 5 mm .

كما تعتبر الوصلات حساسة جداً للتأثيرات الخارجية وللحركات النسبية ما بين العناصر الناتجة عن Fluge، التغيرات الحرارية ، تأثيرات الرياح والزلازل .

تحتوي الوصلات الأفقية على مسارات ذات أشكال عديدة تحتاج إلى تحقيق الكتامة والعزل الجيد ضد تسرب المياه والحرارة ، لذا يفترض مراعاة القيم والأبعاد الموضحة في الشكل (31 -3) .أما الوصلات الشاقولية فهي ذات شكل هندسي مستقيم تحتاج إلى طبقة عازلة للمياه ، حجرة لإزالة الضغط (Une chamber de decomression) ، وصفيحة مانعة لتسرب الهواء ، كما في الشكل (32 -3) .



الشكل (31 -3) وصلات أفقية للواجهات من عناصر كبيرة .



الشكل (32 -3) عناصر الوصلة الشاقولية في الواجهة .

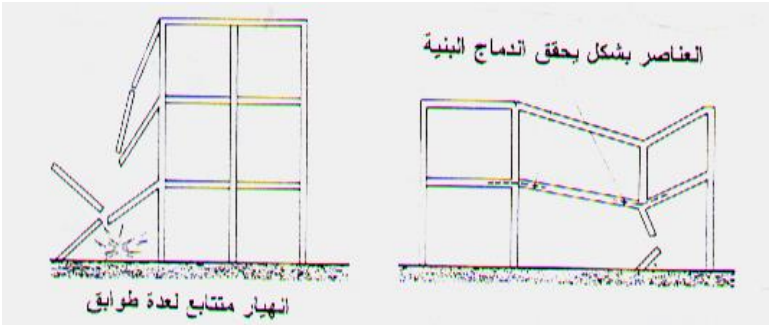
إن الطوق العازل للمياه مؤلف من معجون ومواد قادرة على التكيف مع كل أنواع وأشكال العناصر، واستخدامها يحتاج إلى دقة في التنفيذ للوصول إلى الديمومة والمرونة لزمن طويل ، وهناك أشكال أخرى لتأمين عزل مناطق الوصل والمؤلفة من بروفيل مصنع من مادة الكاوتشوك ، أو من مواد بلاستيكية أكثر بساطة وسهولة في التركيب ، ولكنها تحتاج غالباً إلى المزا لق المخصصة لها في البيتون عند عملية تصنيع العناصر .

هذه الأنظمة مكلفة قليلاً وتحتاج عند تركيبها إلى شروط جوية معينة ، خاصة عند مستوى الوصلات الأفقية، كما يجب الحرص على تأمين استمرارية الطوق العازل ، والتأكد من تأمين المسار المستمر للمياه إلى الخارج .

من الضروري أيضاً التأكيد على ضرورة إخلاء حجرة إزالة الضغط وعلى كامل ارتفاع البناء أو إلى مستوى كل بلاطة من الماء المتكاثف ما بين الطوق العازل للماء وصفيحة منع تسرب الهواء .أما فيما يتعلق بتحقيق الأمان الكافي ضد الحرائق فيجب أن تلعب الوصلات دوراً في إيقاف تطور اللهب والغازات خلال الزمن المطلوب لإخماد الحريق ، وتلك الخصائص تؤخذ بعين الاعتبار عند اختبار المواد المستخدمة في الوصلات .

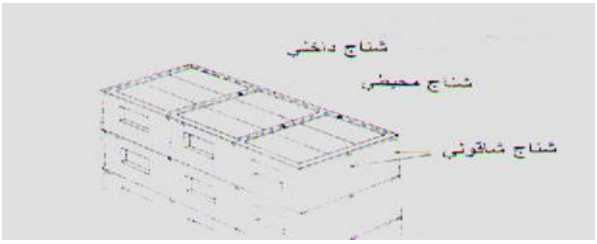
3-9- تأمين اندماج العينة العامة للمنشأ :

تسمح مجموعة الأجهزة المستخدمة في الإنشاء المسبق الصنع بتأمين نقل الحمولات الأفقية والشاقولية وبشكل آمن ، وإلى الربط الجيد فيما بينها ، ولكن نضيف بضعة أجهزة تهدف لإعطاء عناصر البناء الحرية لسلوك جيد مع الجوار وتجنب الخطر من انقطاع متسلسل ، كما في الشكل (33) .



الشكل (33 -3) اندماج المبنى .

واعتماداً على مبدأ الالتزام بقواعد البناء والتنفيذ والمطبقة خاصة على العناصر الحاملة ، نشير هنا إلى بعض التأثيرات كالانفجارات ، الزلازل ، الحركات والهزات الأرضية المؤثرة بشكل كبير ومخيف على المباني والمنشآت وبنسبة أقل إلى مركز البناء ، لذلك من الضروري تنفيذ بنية قادرة على تأمين المتانة الفراغية الكاملة للمنشأ ، كما في الشكل (34 -3) .



الشكل (34 -3) اندماج بنية المنشأة .

3-10- دمج التجهيزات التقنية الأخرى في البنية :

تحتاج المنشآت المسبقة الصنع إلى تصاميم تندمج خلالها مجموعة التجهيزات التقنية مثل شق القنوات ، الشبكة الكهربائية والتمديدات الضرورية لاستثمار المنشأ .

وبشكل عام يوجد ثلاثة احتمالات مختلفة لدمج العناصر في الإنشاء المسبق الصنع :

- الفصل الكامل للتجهيزات والإنشاء ، حالة الإنشاء التقليدي ، كما في الشكل (35 -3 – a) .

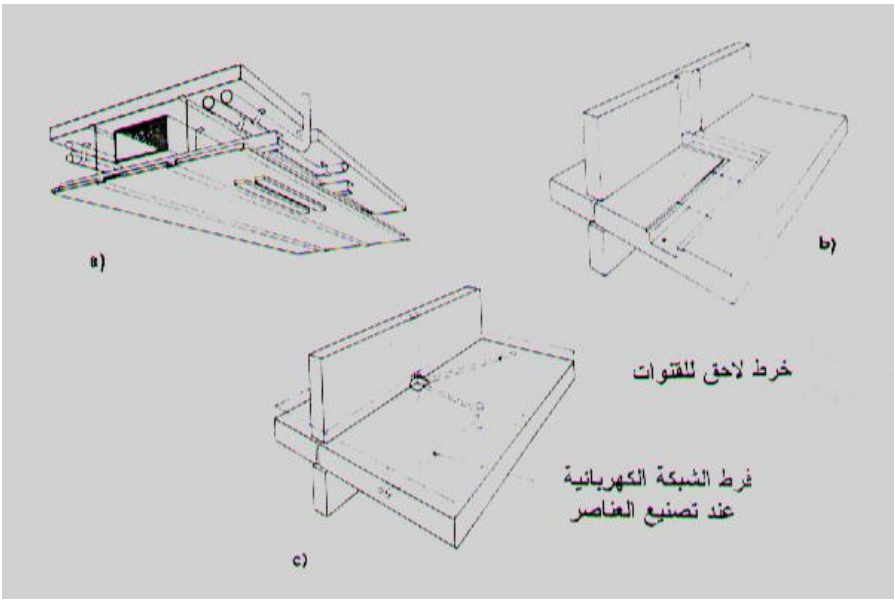
- تصنيع العناصر بحيث لا تسمح لاحقاً بتركيب التجهيزات في أمكانها المحدودة ، كما في الشكل (3- 35 - b)
- دمج مباشر للتجهيزات في العناصر المصنعة ، الشكل (3- 35 - c) ، كفتحات التهوية ومجموعة الأنابيب اللازمة لتصريف المياه وغيرها .

3-11- طرق تركيب الهياكل الإنشائية :

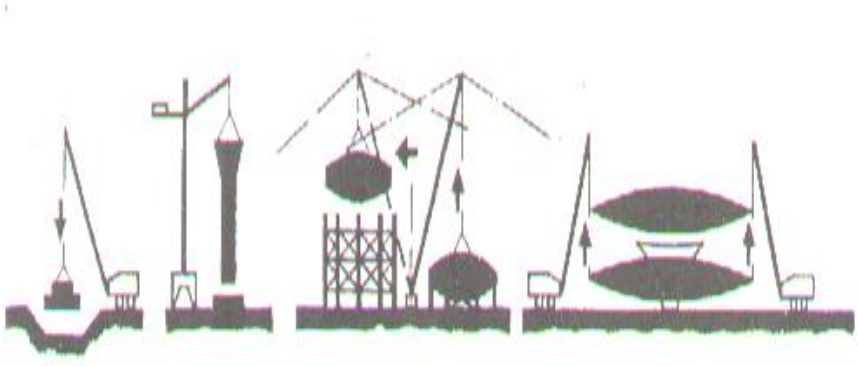
تتم عملية تركيب الهياكل بطرق متعددة ، حيث تمتاز كلاً منها بتفاعل معدات التركيب مع مواد العمل بشكل يعكس طريقة تنفيذ العمليات الجزئية الداخلة ضمن تلك العملية .

١- طريقة التركيب الحرة :

عمليات نقل ورفع وتحريك العناصر والهياكل بالفراغ تجري بدون قيود باتجاه التركيب والوصل الشاقولي والأفقي ، ودقة التركيب خلال ذلك تتحقق بالمراقبة البصرية وتعتبر هذه الطريقة الأسلوب الشائع والتقليدي للتركيب ، كما ونتبع هذه الطريقة لتجميع كافة أنواع المنشآت والمباني من العناصر والهياكل المفردة المستقلة (من الأمثلة تركيب قواعد وأعمدة المباني الصناعية أحادية الطابق) ، والشكل (3- 36) يوضح عملية التركيب بالطريقة الحرة .



الشكل (35 -3) الطرق المختلفة لدمج العناصر في المسبق الصنع .



الشكل (36 -3) الطريقة الحرة لتركيب الهياكل مسبقة الصنع .

٢- طريقة التركيب القسرية :

رفع العناصر والهياكل مقيداً بالفراغ شاقولياً أو أفقياً ويصادف الأشكال التالية :

- نقل وتركيب الهياكل بالاتجاه الشاقولي (أعمدة ، نواة مركزية) .
- نقل وتحريك وتركيب العناصر بالاتجاه الأفقي .

- تدوير الهياكل المجمعة بالاتجاه القطري حول مفصل ثابت أو متحرك بمستو عمودي .
- إزاحة العنصر ونقله في الوضعيات والحالات المختلفة المذكورة أعلاه يكون مقيداً باتجاه محد د ووحيد .

٣- طريقة التركيب وفق مبدأ الإحداثيات :

انتشار هذه الطريقة غير واسع لأنها تحتاج إلى معدات ذات تصاميم خاصة ودقة عالية لتجهيز وتحضير العناصر المراد تركيبها ، وفيها تدرس حركة العنصر بالإحداثيات المقررة ووفق الخطة المطلوبة ، كما وأن إدارة الآليات والمعدات غالباً ما يكون مبرمجاً .

٤-طريقة التركيب المختلطة :

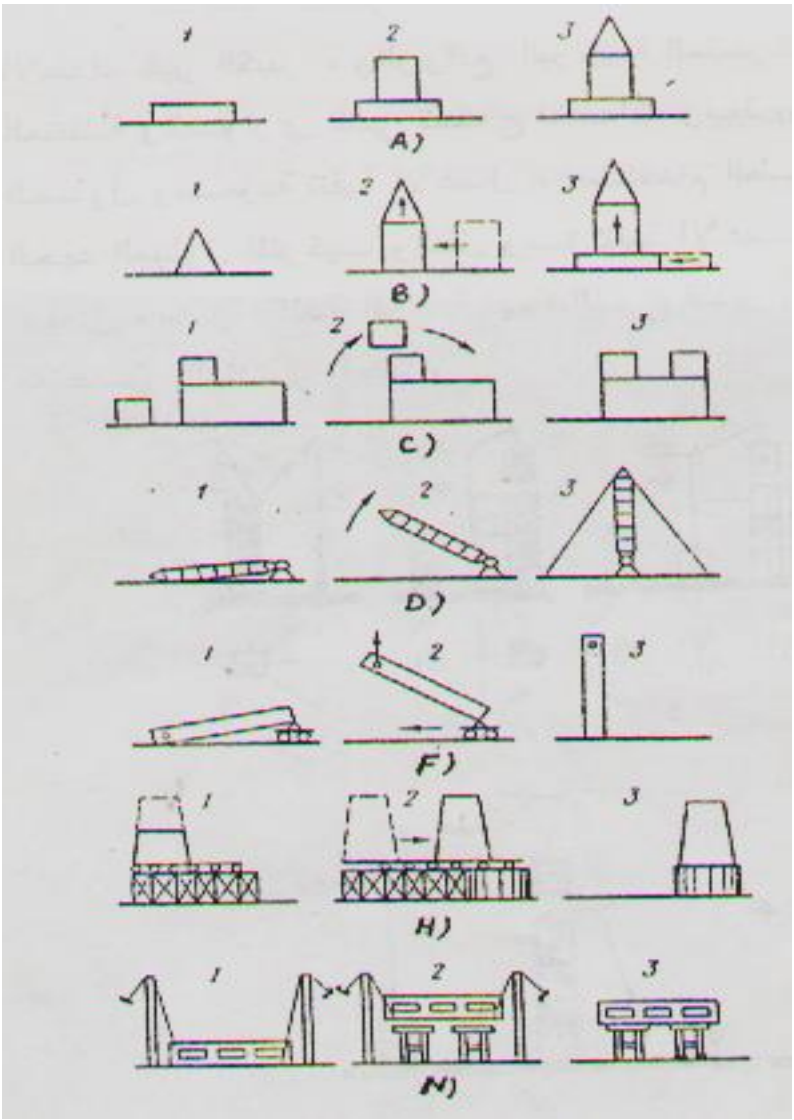
تعتمد فيها أكثر من طريقة من الطرق السابقة و اعتمادها يتوقف على العمليات التكنولوجية المتبعة لتركيب العناصر و الهياكل المكونة للمنشأة الشكل (37 -3) يوضح طرق التركيب المختلفة .

أما فيما يتعلق بطرق وأساليب التركيب المعتمدة وفق أسلوب الوصل بين العناصر فتشمل الحالات التالية :

أولاً – وصل العناصر وتركيبها بالاتجاه الشاقولي : يتميز هذا الأسلوب بالوصل المتعاقب للعناصر من الأسفل باتجاه الأعلى ، وتتعرض العناصر التي سبق تركيبها للحمولات (الوزن الذاتي ، وزن أدوات ومعدات التعليق ، تأثير حمولات الرياح والثلوج) ، وتصل قيم هذه الحمولات إلى قيمها الأعظمية عند انتهاء التركيب .

نواقص وعيوب هذه الطريقة تتلخص بالجهد الكبير المبذول وصعوبة التنفيذ والخبرة الكبيرة لدى القائمين على التنفيذ والتركيب ، وضرورة القيام بأعمال التثبيت والربط بهدف تأمين استقرار العناصر الشاقولية . ففي الشكل (38 -3) يبين أنواع آليات النقل الشاقولي المستخدمة ، وتضم الروافع السهمية المتحركة ذاتياً والفعالة عند تركيب المباني والمنشآت ذات الامتداد غير الكبير ، والروافع البرجية المتحركة على سكة حديد ، والروافع المتنقلة والسواري التي تحتاج لمعدات ربط وتثبيت كثيرة تزيد من الجهد المبذول وصعوبة تنفيذ الأعمال ، استخدام الطائرات الحوامة يؤدي لإختصار الجهد المبذول

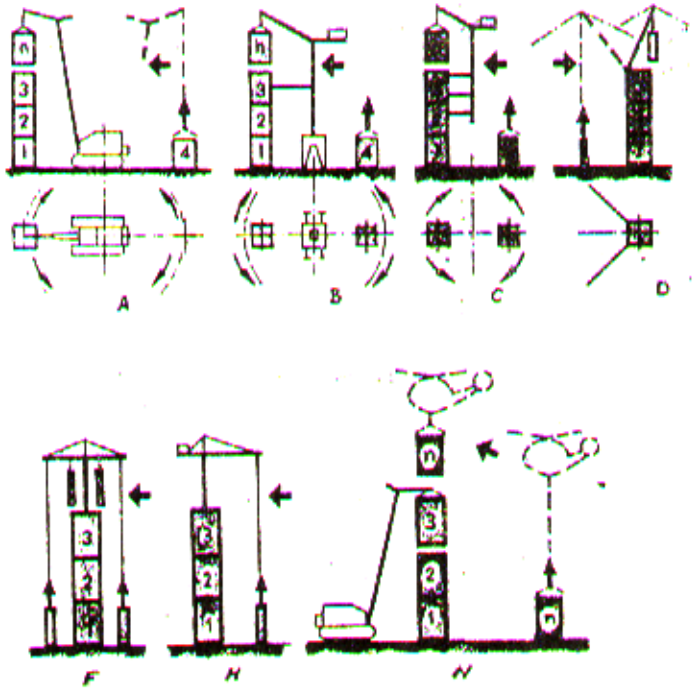
للتركيب النقل ومدة تنفيذ الأعمال دون الحاجة إلى مد وشق الطرق، ولكن الكلفة العالية لهذا النوع يتطلب اتخاذ الإجراءات الكفيلة بالتحضيرالهندسي الجيد.



الشكل (37 -3) طرق التركيب .

a) – التركيب المتتابع نحو الأعلى . b) – تركيب العناصر السفلية بدفع العناصر العلوية . C) – تركيب العناصر عن طريق حركتها الفراغية المعقدة . d) – تركيب بالدوران . F) – تركيب بالدوران والانزلاق . h) – تركيب العنصر العلوية بالدحرجة والانزلاق . N) – تركيب العناصر برفعها شاقولياً .

مراحل التركيب : 1 – ابتدائية . 2 – مرحلية . 3 – نهائية .



الشكل (38 -3) آليات ومعدات النقل الشاقولي للعناصر والهياكل مسبقة الصنع .

a)– رافعة مجنزرة b) - رافعة برجية . c) – رافعة متسلقة . d) – آلية رفع ذاتية سهمية .

F) – رافعة ذات ذراعين . h) – رافعة ذات ذراع وحيد . n) – الحوامات .

ثانياً – وصل العناصر والهياكل بالاتجاه الأفقي :

الأسلوب الأول :

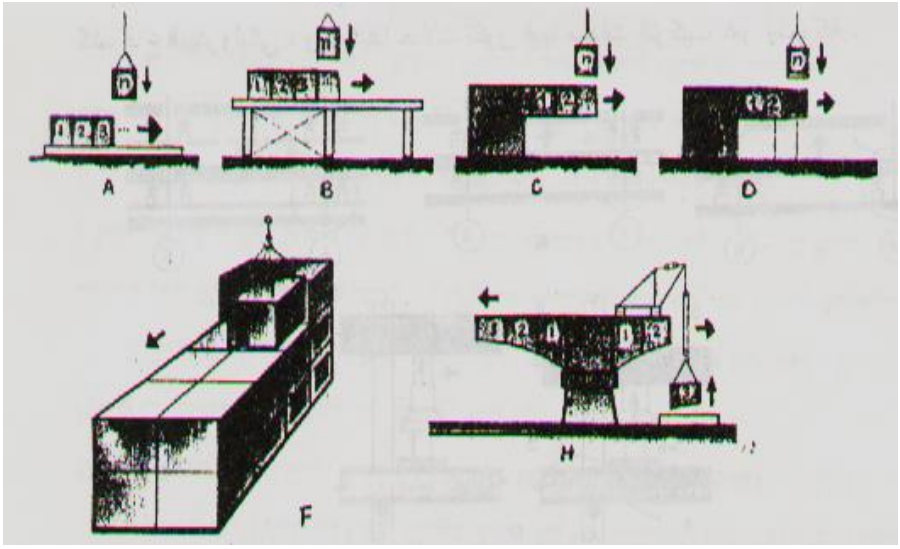
ربط العناصر بالاتجاه الأفقي ووصلها باستخدام منصات مؤقتة خاصة ، حيث أنه في البداية تتوضع العناصر المراد تركيبها على المنصات المتحركة أو الثابتة ومقاييسها مرتبطة بمقياس وأبعاد المبنى أو المنشأ وأجزائهم . ومن شروط المنصات تأمين ظروف العمل الملائمة للآليات والمعدات والعاملين ، وحسابها يجري على الحمولات الثابتة مضافاً إليها الحمولات الديناميكية الناشئة خلال عمليات التركيب .

بعد تركيب الهياكل والعناصر وتثبيتها ووصول متانة الفواصل والوصلات إلى المتانة المطلوبة يجري إزالة المنصات ، والمنصات المؤقتة سواء كانت ثابتة أم متحركة تتوضع على ارتفاعات محددة أو على مستوى سطح الأرض كما هو مبين في الشكل (39 -3) .

الأسلوب الثاني :

وصل العناصر والهياكل المرفوعة بالاتجاه الأفقي أو المائل مع العناصر المركبة مسبقاً بدون مساند (ثابتة أو متحركة) مؤقتة كما هو مبين في الشكل (39 -3)

معدات التركيب المستخدمة في هذه الحالة تتوضع على العناصر المركبة سابقاً أو تتوزع ضمن ساحات التركيب بشكل ثابت ، وفي حالة عدم كفاية معدات التركيب تستخدم الآليات المتحركة ضمن حدود ساحة التركيب .يستخدم هذا الأسلوب لدى تشييد كافة أنواع المنشآت ذات الأبعاد الأفقية الكبيرة (الجسور ، عناصر التغطية الضخمة ، القشريات بأنواعها المختلفة.....إلخ) .



الشكل (39 – 3) وصل العناصر والهياكل بالاتجاه الأفقي .

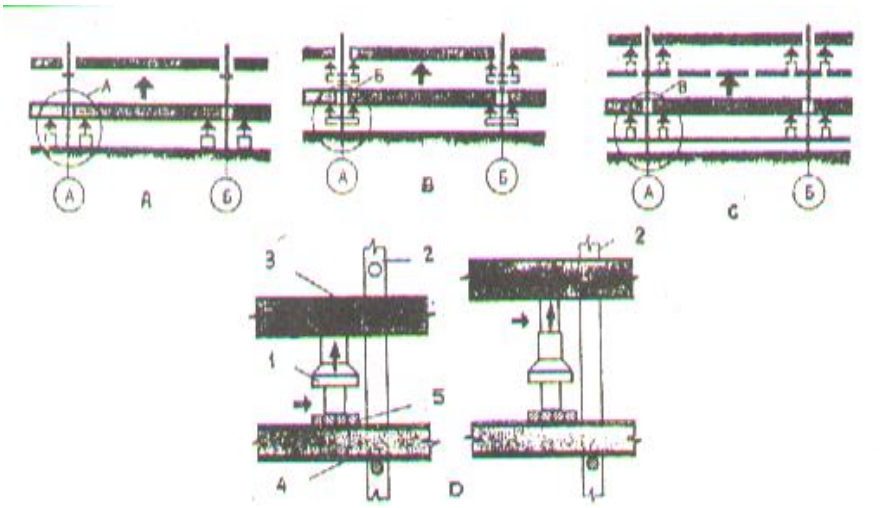
a)– منصات مؤقتة منخفضة .b) - منصات مؤقتة مرتفعة. c) – تركيب العناصر بالوضعية المعلقة . d) – تركيب نصف معلق . F) – تركيب عناصر فراغية بدون مساند . h) – التركيب باتجاهين .

الأسلوب الثالث :

التركيب ذو التعليق الجزئي تركيب العناصر والهياكل يعتمد على استخدام مساند مؤقتة تنقل لأماكن جديدة بعد تثبيت تلك الهياكل ، والآليات المستخدمة هي الروافع البرجية والسهمية والروافع المحمولة على سيارات خاصة في هذا النوع من التركيب عند تركيب القشريات المختلفة المجمعة من عناصر بيتونية مسبقة الصنع .

ثالثاً – رفع العناصر شاقولياً وتحريكها بطريقتي الشد والدفع :

ينفذ رفع العناصر بطريقتي الدفع أو الشد ، وبشكل يجمع الأسلوبين معاً ففي الشكل (40 -3) أسلوب دفع العناصر بالاتجاه الشاقولي بتحريك وسائط التركيب المستخدمة كالمرفاع الهيدروليكي ، وتصادفنا حالات تكون فيها معدات التركيب غير متحركة .



الشكل (40 -3) طريقة الدفع الشاقولي للعناصر .

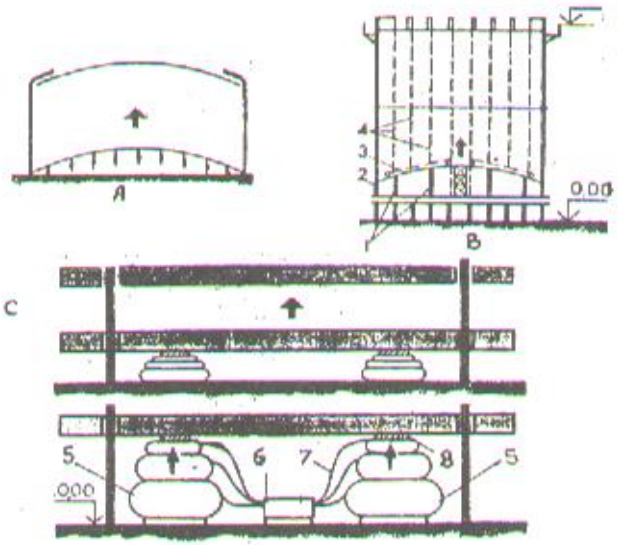
a)– وسائل التركيب ثابتة . (b – c) – تحريك أدوات التركيب على مساند إ ضافية .

d) – المرفاع الهيدروليكي .

وتستخدم أيضاً طريقة الدفع بواسطة الهواء المضغوط الناتج عن مضخات ضاغطة مبينة في الشكل (41 -3)،أما في الشكل (42 -3) فيبين طريقة شد العناصر المفردة وتركيبها ، وأما حالة شد عدد من العناصر فيوضحها الشكل (43 -3) .

– من الشروط الواجب توفرها لتنفيذ عمليات الدفع و الشد :

1- وجود موجهات (ثانوية مؤقتة) ضمن المخطط التصميمي للمنشأ تستخدم للتركيب بالاتجاه الشاقولي، والموجهات عادة تكون (أعمدة ، جدران ، أنفاق برجية منفذة من عناصر مسبقة الصنع أو المصبوب بالمكان)، وينتشر هذا النوع من التركيب بشكل كبير لدى رفع الهياكل ذات الحجوم والأبعاد الكبيرة، العناصر القشرية، بلاطات تغطية المباني أحادية ومتعددة الطوابق، أما آليات التركيب ومعداته فهي المرفاع الهيدروليكي والونش المرتكز تحت الهياكل والعناصر المراد تركيبها أو فوقها .

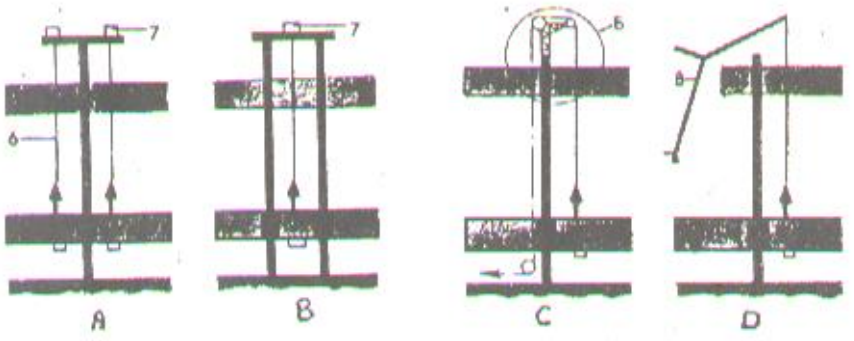


الشكل (41 -3) طريقة دفع الهياكل الانشائية بالهواء المضغوط .

a – b) – ضخ الهواء في الأماكن المغلقة . c) – استخدام الوسائد الهوائية .

1 – مسند للتركيب . 2 – مزلاج تثبيت . 3 – القشرية المراد رفعها . 4 – موجهات الحركة .

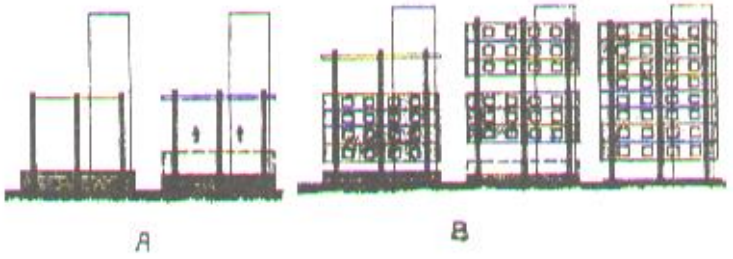
5 – وسادة هوائية . 6 – ضاغط هواء . 7 – خراطيم نقل الهواء . 8 – كتلة سند متحركة .



الشكل (42 -3) طريقة الشد .

a – b)– شد الهياكل الإنشائية بوساطة الأسلاك . c) – الشد بوساطة الونش. d)– الشد بوساطة الرافعة .

6 – أسلاك شد فولاذية . 7 – مرفاع . 8 – ذراع الرافعة .



الشكل (43 -3) طريقة شد مجموعة من العناصر دفعة واحدة بعد تجميعها .

a – نصب الهياكل على المساند . b – رفع وتثبيت الهياكل المجمعة .

2- تجميع الهياكل المراد تركيبها ضمن منطقة التركيب وتوريدها بشكل مريح وآمن .

رابعاً – طريقة التركيب المعتمدة على دفع العناصر العلوية وربط اللاحقة من الناحية السفلية:

والمنشآت التي تعتمد هذه الطريقة مبينة في الشكل (44 -3) ، يتطلب التركيب وفق هذا الأسلوب الإمساك المؤقت أو تثبيت الجزء المراد تركيبه ، والأدوات المستخدمة هي الروافع والصواري وآلات الرفع المختلفة ، وفي حالة تركيب المنشآت الضخمة تستخدم أجهزة تركيب خاصة كالبكرات وأحياناً المرفاع الهيدروليكي.

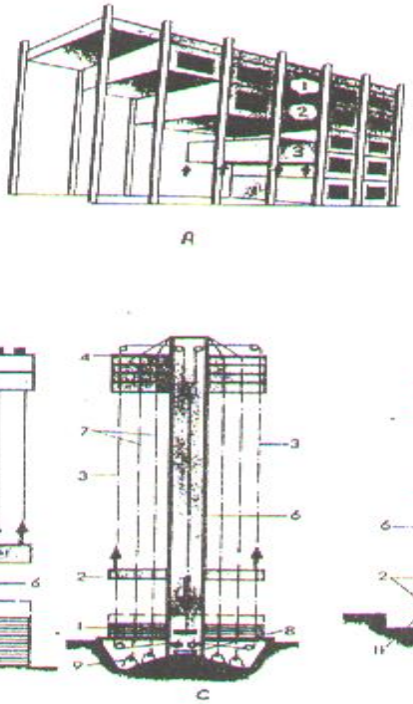
وعيوب هذه الطريقة تتلخص :

- ضرورة توفر وسائل الإمساك والتثبيت للأجزاء و العناصر المراد تركيبها .
- عدم استثمار أجهزة التركيب بطاقتها الكاملة خلال المراحل الانتقالية لعمليات التركيب .
- صعوبة تأمين استقرار المنشأة عند التركيب ومتانتها .

ونتيجة لتلك النواقص والعيوب ينحصر استخدامها في الحالات التي تتخذ فيها إجراءات إضافية خاصة لدى إعداد المخططات التصميمية للمباني والمنشآت، ولكنها ملائمة جداً لتشييد الأبراج العالية، الخزانات، المباني والمنشآت الصناعية والسكنية .

خامساً – نقل الهياكل بالاتجاهات المائلة والأفقية وتركيبها :

تستخدم هذه الطريقة بشكل واسع لدى تشييد المباني الإنتاجية و الصالات و المؤسسات كونها تسمح بالجمع ما بين أعمال التركيب الخاصة وأعمال البناء العادية، والقيام بتجميع الهياكل والعناصر في أماكن التركيب، وإمكانية التركيب دون الحاجة إلى روافع ذات طاقات كبيرة .



الشكل (44 -3) تركيب العناصر الفراغية من الأعلى نحو الأسفل .

a – دفع الهياكل الإنشائية مع تحريك معدات التركيب.b – شد الهياكل نحو الأعلى دون تحريك وسائل التركيب. c – رفع العناصر وتركيب النواة المركزية في وقت واحد.d – تركيب النواة المركزية أولاً .

1- مجموعة البلاطات المطلوب رفعها وتركيبها . 2 – الهيكل الفراغي . 3 – أسلاك الشد . 4 – كتيفة .

5 – آلية الرفع . 6 – النواة المركزية . 7 – حبال التعليق . 8 – اسطوانات الونش . 9 – شداد التثبيت .

10 – حلقة . 11 – منصة . 12 – مسند مؤقت . 13 – مرفاع هيدروليكي .

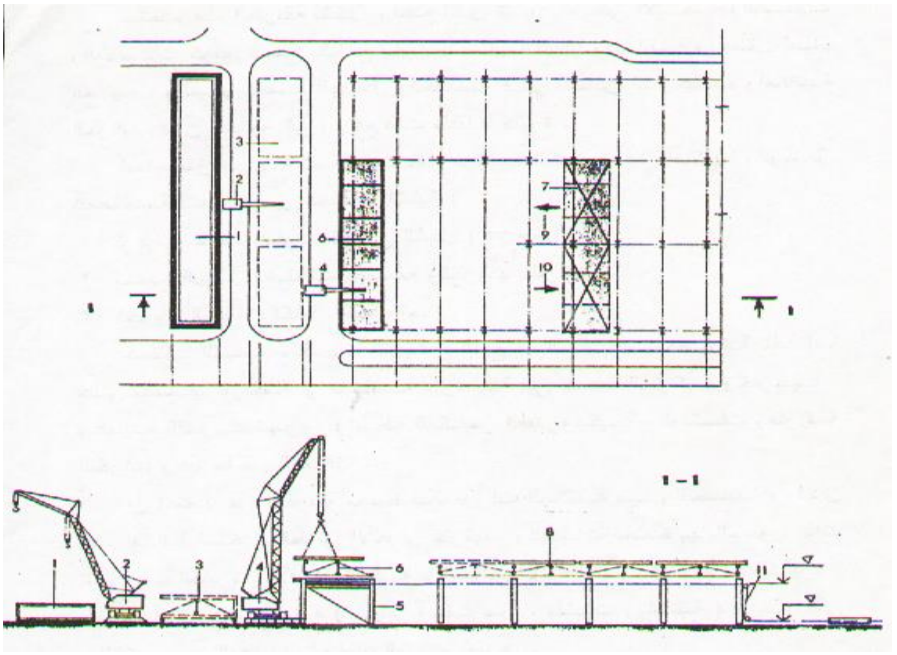
فيما يتعلق بدرجة تجميع و تعاقب تركيب العناصر في أماكنها و الوسائل المستخدمة لتنفيذها نميز الحالات التالية :

١- تركيب عناصر مفردة كما في الشكل (45 -3) .

٢- تجميع الهياكل بخطوات متلاحقة و تحريكها للتركيب .

٣- تحريك المنشأة بالكامل دفعة واحدة .

عمليات التجميع ، اللحام ، التثبيت ، الدفع ، والعمليات التحضيرية تنفذ إما على منصات مرتفعة أو منخفضة متوضعة في نقاط التركيب وخارجها ، وعملية التحريك تجري بوساطة المكابس الهيدروليكية والونشات وطريقة البكرات وغيرها من المعدات.



الشكل (45 -3) تركيب بلاطات تغطية مبنى صناعي بالاتجاه الأفقي .

1 – مستودع (ساحة تخزين) . 2 – رافعة مجنزرة . 3 – الهياكل الإنشائية .

4 – رافعة ناقلة للهياكل إلى المنصة المؤقتة . 5 – منصة مؤقتة . 6, 7, 8 – عناصر التغطية .

9 – اتجاه التركيب . 10 – اتجاه الدفع والتحريك . 11 حبال الشد .

إن اعتماد هذه الطريقة مرتبط بالمبررات الملائمة فنياً واقتصادياً ، ولدى عدم إمكانية استخدام الطرق الأخرى للتركيب والمنشآت المنفذة بها الجسور ذات المجازات الكبيرة ، الأفران العالية، المناجم الأسقف ذات المجازات الكبيرة ، المباني الإنتاجية والعامة (سينما ، معارض ، منشآت رياضية) ، أيضاً في حالات توسيع المعامل وشوارع المدن والطرق .

سادساً – طريقة تدوير الهياكل في سطوح شاقولية وأفقية :

١- تدوير الهياكل في سطوح أفقية :

يعني التحريك القطري للهيكل حول نقطة أو عدداً من النقاط لدى توجيه الهياكل فوق نقاط التركيب أو لدى تغيير الاتجاه أثناء نقل و تدوير الهياكل .

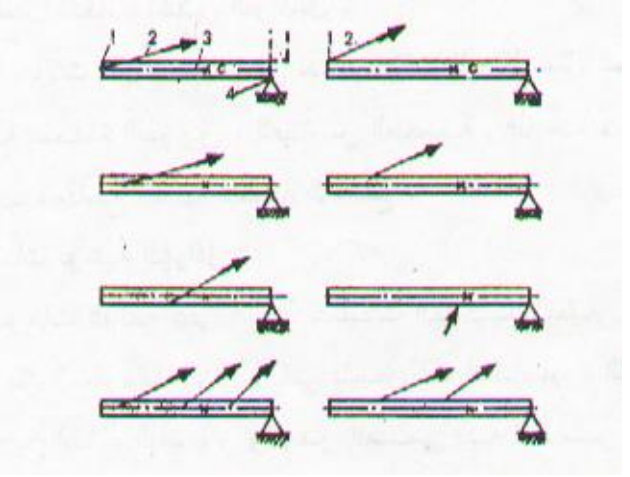
٢- تدوير الهياكل في سطوح شاقولية :

وهو تحريك العنصر قطرياً حول نقاط ثابتة أو متحركة (مفاصل موضوعة في المكان المراد تركيب العناصر فيها) ، ومن ميزات هذه الطريقة من التركيب :

- أعمال تجميع الهياكل ولحامها تجري على منصات سفلية وبظروف آمنة وملائمة .
- أعمال المراقبة والاختبار للأعمال المنفذة تجري في مكان تجميعها .
- تزويد الهياكل المجمعة بأوقات قصيرة نسبياً ، الأمر الذي يسمح بتشييد عدد من المنشآت بوقت واحد في حال توزعها القريب من بعضها بعضاً.
- تحقق هذه الطريقة الأمان الكافي لتنفيذ الأعمال باعتبار الإجهادات الأعظمية تنخفض بالتدريج إلى قيمها الأصغرية عند وصول العنصر إلى الوضعية الشاقولية .

نقاط التعليق اللازمة لتدوير الهياكل تتوضع أعلى وأسفل محور التناظر للعنصر وتكون بنقطة واحدة أو عدة نقاط كما هو مبين في الشكل (46 -3) .

تلاقي طرق التدوير في الفراغ انتشاراً كبيراً لدى تركيب الأعمدة والإطارات ، وكذلك أثناء تحويل العناصر من الوضعية الأفقية إلى الشاقولية بدورانها حول مفاصل خاصة ، كما تستخدم هذه الطرق لتركيب المنشآت البرجية العالية وأنابيب التهوية والمعدات المختلفة .



الشكل (46 -3) نقاط تعليق العنصر .

1 – نقطة تعليق . 2 – حبال التعليق . 3 – الهيكل الماد تركيبه . 4 – مفصلة دوران .

3-12– مكونات عملية التركيب :

عملية التركيب وأساليب تنفيذها ومكوناتها الجزئية تفرض الشروط التكنولوجيا للتنفيذ والمرتبطة مباشرة بمشاركة القائمين عليها وحماية العمال والأمن الصناعي ، تنفذ العمليات الجزئية الداخلة في عملية التركيب بما يتوافق والمواصفات المعتمدة ووفق تعليمات مخطط تنفيذ الأعمال والخرائط التكنولوجيا الملحقة والجداول العملية ، وبما يتطابق مع الوثائق التصميمية والتكنولوجيا للمشروع .

حسب الخصائص التكنولوجيا للعمليات الجزئية المكونة لعملية التركيب يمكن تقسيمها إلى :

عمليات تحضيرية : مرتبطة بتحضير الهياكل للرفع والخطف والتعليق والمعدات المستخدمة في عمليات التركيب .

عمليات تركيب أساسية : وتتضمن رفع ، ضبط ، توجيه ، فك التعليق ، تدعيم ، لحام الفواصل وإغلاقها .

عمليات مساعدة : الحماية من المؤثرات الخارجية والصدأ ، منع التسرب ، صب البيتون في الفواصل ، وضع عناصر التثبيت المؤقت .

إن تعاقب تنفيذ العمليات الجزئية يتوقف على نوعية العنصر المراد تركيبه والخصائص الإنشائية والمعيارية للمنشأ وأسلوب تنظيم عملية التركيب الكاملة ووسائل التنفيذ المستخدمة ، علماً بأن المدة الزمنية المقررة واللازمة للقيام بالعمليات اليدوية لدى تركيب عناصر البيتون المسلح المجمعة تحددها المواصفات ولكل صنف من أصناف المنشآت (الصناعية ، المباني الهيكلية ذات الألواح الكبيرة ، المباني الهيكلية متعددة الطوابق .....إلخ) .

عمليات التركيب الجزئية تنفذ بأساليب تنظيمية متعددة (متعاقب، متوازي، متتابع) ، وتعتمد طريق التنفيذ المتتابع في حالة حجوم الأعمال الكبيرة والظروف الملائمة ، واختيار وسائل التركيب والمعدات يجري تبعاً للمواصفات والمعايير المعتمدة.

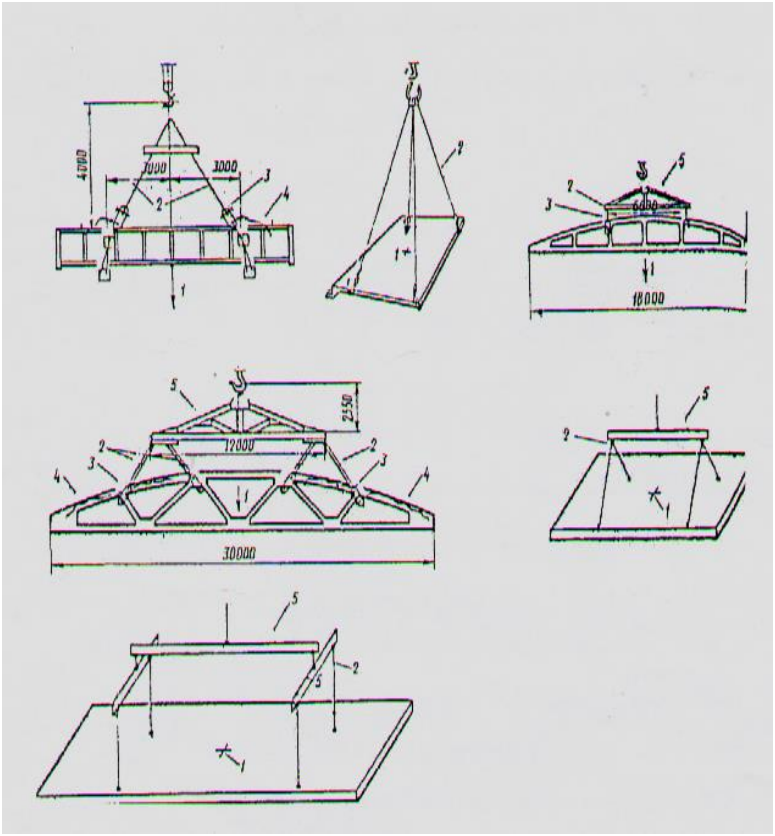
1-12-3- تجهيز الهياكل والعناصر الإنشائية وخطفها :

تجهيز العنصر بالعدد والتجهيزات اللازمة والضرورية لتركيبه ضمن المنشأ يخلق الظروف الملائمة لتنفيذ أعمال التركيب ، وهناك تجهيزات تدعم عملية رفع وإنزال العناصر الشكل (49 -3) .

والخطف هي العملية التي تؤمن تعشيق الهياكل مع آليات التركيب المستخدمة ووسائلها ، وينبغي أن تحقق وسائل الخطف المتطلبات التالية :

- المحافظة على وضعية الحمل واستقراره خلال عملية الرفع .
- توزيع الإجهادات بين مختلف حبال التعليق بشكل منتظم ، ومنع حدوث تركز للإجهادات في العناصر المراد تركيبها .
- عدم حصول تداخل وتشابك بين حبال التعليق .
- السماح لعمليات التعليق والفك أن تجري بسهولة وخلال زمن قصير .
- كتلتها ليست كبيرة .
- خلق ظروف العمل الآمنة .

ويشترط أن تجري عمليات الالتفاف والخطف ضمن الأماكن المشار إليها والمحددة في مخطط تنفيذ الأعمال .



الشكل (47 -3) نقاط التعليق وأدوات الخطف المستخدمة .

1 – مركز ثقل العنصر . 2 – حبال التعليق . 3 – قفل نصف آلي . 4 – حبل الفك . 5 – أجهزة تعليق .

2-12-3– الرفع والنقل :

وهي العملية الجزئية الرئيسية المرتبطة بانتقال جميع أو بعض نقاط الهياكل والعناصر في الفراغ ، كما هو الحال لدى رفع العناصر شاقولياً .

وفق خصائص وميزات وسائل النقل نميز ما يلي :

حسب أسلوب الرفع :

– بسيط : ويكون باتجاه شاقولي أو أفقي .

– معقد : يجمع طريقتين أو أكثر (شاقولي + أفقي) ، (شاقولي + قطري) .

حسب درجة الحرية (القيود) أثناء النقل – حرة ومقيدة .

حسب اتجاه التحريك – شاقولي ، أفقي ، مختلط .

حسب طريقة التنفيذ (التركيب) – شد ، دفع ، إنزال ، دوران .

3-12-3– ضبط وتوجيه ونصب الهياكل :

- **الضبط :** يؤمن الاقتراب الأعظمي للهيكل (العنصر) المراد تركيبه من المكان المحدد وبالوضعية الطبيعية له ، ودرجة الاقتراب مرتبطة دوماً بالشكل ومبدأ الوصل مع العناصر المركبة سابقاً .
- **التوجيه :** يهدف إلى تأمين الاقتراب من الوضعية الفعلية من العناصر التي جرى تركيبها في السطح الأفقي ، ومطابقة الاتجاه بين العناصر المراد تركيبها مع العناصر الموضوعة سابقاً ، والغاية الأساسية من عمليات التوجيه والضبط هو تقليص مسافات النقل أفقياً وشاقولياً إلى الحدود الدنيا وبالتالي تقليص النفقات .
- **التركيب :** تتبع هذه العملية مباشرة الضبط والتوجيه وبتنفيذها نصل إلى الوضع النهائي للعنصر ويتحقق الالتصاق الكامل للسطوح فيما بينها ، ويتوقف تأمين الالتصاق التام على أشكال وخصائص العناصر الستاتيكية وطرق التركيب المتبعة

ووفق القيود المؤثرة على حرية حركة العناصر في الفراغ تصادف الحالات التالية :

الحالة الأولى – التركيب الحر :

عمليات الضبط والتوجيه خلالها تتم بصرياً وتستخدم لتركيب الهياكل الطويلة شاقولياً ذات سطح الارتكاز الصغير ومراكز الثقل المرتفعة نسبياً ، ويتميز التركيب الحر بصعوبة تنفيذ عمليات التركيب والمعايرة والتجهيزات الإضافية للتثبيت المؤقت ، والعمل اليدوي المصروف يصل إلى % 60 من إجمالي الجهد المبذول لأعمال التركيب.

الحالة الثانية – المقيد جزئياً :

تصادفنا هذه الحالة لدى تركيب العناصر المستقرة ستاتيكياً (مركز الثقل منخفض نسبياً ، ساحة الاستناد الكافية) . مثال : عناصر أفقية مسطحة ، بلاطات تغطية ، وقواعد وأساسات مجمعة مسبقة الصنع . كما يستخدم هذا النوع في تركيب العناصر غير المستقرة ستاتيكياً ذات الحركة المقيدة (عناصر شاقولية مسطحة، إطارات خارجية وداخلية، قواطع) .

الحالة الثالثة – المقيد :

وهي حالة العناصر التي تكون حركتها مقيدة في جميع الاتجاهات (الأعمدة، الجوائز، الجدران في المباني السكنية)، ونحتاج خلال التركيب إلى تجهيزات خاصة .

3-12-4- المعايرة :

تهدف هذه العملية إلى تأمين التطابق التام للهياكل مع الوضعية التصميمية ، ويجري تحقيقها بالارتفاع في المستوي الشاقولي ، ونسبياً بالنسبة للعناصر المركبة مع مراقبة الانحراف في تطابق المحاور .والانحرافات (التسامحات) المسموحة للبارامترات الهندسية للعناصر والهياكل والذي يطلق عليه تسمية الخطأ في التجهيز والإعداد والتركيب تحددها المواصفات الفنية وتعتبر مؤشراً هاماً يميز نوعية الناتج النهائي .

كما أن دقة التركيب المسموحة تحدد مسبقاً في مخطط تنفيذ الأعمال أو تحسب خلال التنفيذ بهدف إيجاد الحدود المنطقية المسموحة للانحراف .

- **المعايرة البصرية** : نقوم بها في حال تطابق السطوح مع بعضها بدقة كافية ولقاء الأساسات مع الأعمدة والفواصل ما بين الهياكل .
- **المعايرة الآلية** : نعتمدها أثناء وجود صعوبة في الوصول إلى الدقة الكافية وتجري عادة خلال تركيب الهياكل الحاملة وغير الحاملة والتجهيزات الخاصة المستخدمة أثناء التركيب ، والمعدات اللازمة للقيام بها التيودليت ، النيفو ، أجهزة القياس الليزرية .
- **المعايرة المؤتمتة** : تجري لدى تركيب العناصر والهياكل الإنشائية بشكل مؤتمت ، ومن شروط إجرائها تأمين وتوفير استقرار الهياكل نتيجة تأثير الحمولات الديناميكية الناشئة أثناء التركيب والوزن الذاتي والرياح وغيرها من القوى .

3-12-5- التثبيت :

يهدف إلى تأمين استقرار وأمان وتنفيذ أعمال التركيب عن طريق إزالة درجات الحرية للعناصر بحيث لا تستطيع التأثيرات الخارجية الممكنة من تغيير وضعية التركيب المطلوبة ودقتها . وهناك نوعان للتثبيت مؤقت و دائم . وينفذان وفق مخططات ارتكاز العناصر الآتية :

- استناد نقطي : الاستناد على نقطة واحدة أو عدد من النقاط .
- استناد خطي : وتكون فيه الجدران الداخلية والخارجية مرتكزة على جوانبها شاقولياً .
- استناد كامل : وفيه تستند العناصر والهياكل على كامل السطح .

1- التثبيت المؤقت :

يحقق بدوره استقرار الهياكل والعناصر بالوضعية التصميمية خلال أعمال المعايرة والتثبيت الدائم وجفاف البيتون في الفواصل وأماكن الوصل ، ويمكن الاستغناء عنه في حالة تركيب العناصر المستقرة ستاتيكياً . أما الهياكل غير المستقرة تدعم وتثبت بشكل مؤقت لما بعد التثبيت النهائي بهدف تحرير وسائل التركيب المستخدمة نتيجة لطول فترة إعداد ومعالجة الفواصل وتنفيذ أعمال الوصل اللازمة .

ويقاس مؤشر وثوقية التثبيت المؤقت بمدى تحقيق متطلبات المعايرة ودقتها المحددة بالمعامل K ، ومستوى المحافظة على النوعية نتيجة لتأثير الوزن الذاتي وحمولات التركيب وتأثيرات الوسط الخارجي المحيط .

2- التثبيت الدائم :

هدفه تأمين استقرار الهياكل في وضعيتها التصميمية وخلال مرحلتي التنفيذ والاستثمار ، ونقوم بتثبيت جميع الهياكل دون استثناء سواء كانت مستقرة أو غير مستقرة ستاتيكياً لتحقيق شروط المتانة و دقة التركيب الكافية . ويفترض قبل القيام بالتثبيت النهائي توفير الظروف الملائمة للقيام بعمليات اللحام وإغلاق الفواصل ، وأحياناً يمكن القيام بالتثبيت قبل اللحام و وضع البراغي وصب البيتون في الفواصل .

6-12-3- ربط العناصر و الهياكل بالبراغي والمسامير :

تربط العناصر ببراغي مختلفة الدقة (عالية ، عادية) أثناء تجميع الهياكل المعدنية وتركيبها وتثبيتها في أماكنها المحددة .

١. **البراغي العادية والمتوسطة الدقة** : وتستخدم في عمليات الوصل غير الأساسي لتدعيم عنصر بآخر، وكذلك لنصب هياكل وأعمدة الإنارة والهاتف .....إلخ، وصلات العناصر ذات البراغي العادية تحتوي على فجوات كبيرة بين البرغي وجدران الفتحات الخاصة به وتعمل هذه الوصلات بشكل رئيسي على مقاومة إجهادات الشد .

٢. **البراغي عالية الدقة** : تستخدم في أعمال الوصل و التركيب الأساسي للعناصر و الهياكل الحاملة (كالجوائز ، الإطارات ، والعتبات) ، وتسمح هذه البراغي بتخفيض نسبة التشوه الحاصلة في الوصلات نتيجة عملها على القص والدهس بشكل جيد ، وأقطارها تتراوح ما بين 12 – 48 mm وأطوالها 25 – 300mm من الفولاذ ، وتوزعها ينبغي أن يؤمن المتانة المطلوبة والتنفيذ الآمن والمريح .

3-12-7- لحام الوصلات :

تتلخص عملية اللحام بالصهر الموضعي وإملاء الفراغ ما بين خطوط الالتحام وزوايا الهياكل المعدنية بالمعدن المذاب ، وكذلك الفراغ مابين قضبان البيتون المسلح .

أنواع اللحام المستخدمة لدى القيام بأعمال التجميع والتركيب هي :

١. اللحام النقطي اليدوي : وهو شائع الاستخدام رغم الجهد الكبير المبذول والإنتاجية غير العالية كونه يتمتع بإمكانية اللحام في الأماكن التي يصعب الوصول إليها والوضعيات المختلفة للوصلات ويكون اللحام النقطي مؤتمت أو ممكن .

٢. اللحام الكهربائي بالأسلاك ذات المسحوق : سلك اللحام عبارة عن قضبان قطرها 2-3 mm ومزودة بمسحوق خبثي يحمي المعدن المنصهر من تأثير الهواء والجو المحيط ، ويتمتع هذا النوع بإنتاجية عالية مقارنة مع اللحام النقطي كونه ممكنن .يسبق لحام وصلات الأعمدة البيتونية المسلحة تحضير سطوح العناصر وتنظيفها من بقايا البيتون .

٣. لحام المغطس (الحوض) : و ينفذ لدى لحام الوصلات التناكبية للقضبان الفولاذية عن طريق إذابة المعدن بالالكترودات وإبقائه بالحالة السائلة إلى حين انتهاء عملية

الوصل وتكون الوضعية أفقية أو شاقولية . يمنع من اعتمادها هذا النوع من اللحام عند الرطوبة النسبية التي تزيد عن 80% ، وفي ظروف درجات الحرارة المنخفضة غالباً ما نعتمد الأساليب العادية لأعمال اللحام .

تجري مراقبة أعمال اللحام و نوعيتها على مراحل :

المرحلة الأولى : الاختبار المسبق

تسبق عملية اللحام وتشمل : اختبار نوعية المواد المستخدمة في اللحام ، شروط خزنها اتخاذ الإجراءات الضرورية لتنفيذ أعمال اللحام ، اختبار الوصلات المعدة لأعمال اللحام وتحضيرها .

المرحلة الثانية : الاختبار الفعلي

وتجري أثناء إجراء عملية اللحام وتتضمن اختبار مدى التنفيذ الصحيح للتعليمات التكنولوجية وينفذ أكثر من مرة خلال وردية عمل واحدة .

المرحلة الثالثة : اختبار الاستلام

خلال هذه المرحلة يتم التأكد من عدم وجود العيوب والنواقص في اللحام بالمشاهدة والمراقبة والفحص الخارجي ، وينبغي أن لا تتجاوز تلك العيوب الحدود المسموحة وفي حال تجاوزها فتوجد عدة أساليب لإزالتها بواسطة اللحام .

8-12-3- إغلاق الوصلات و الشقوق وحمايتها من الصدأ :

الحماية من الصدأ :

تهدف إلى صيانة الهياكل وحفظها من تأثير الصدأ بواسطة التغطية بالدهان والتلبيس ، ومن الشروط الواجب توفرها في التغطية المقاومة للصدأ المتانة والنعومة .حماية الهياكل المعدنية ووصلاتها من الصدأ تجري وفق متطلبات المواصفات المعتمدة في المعامل المتخصصة بإنتاج وتصنيع الهياكل والوصلات و العناصر المجمعة وخلال مرحلة النقل والحفظ والتخزين ، أما الدهان فيجري عادة ضمن ساحة البناء والتركيب . ونركز الاهتمام خلال عملية اختبار التغطية ونوعيتها على المتانة والديمومة ، والنفاذية والاستقرار .

إحكام سد الفواصل :

نقوم بهذه العملية بهدف حماية الفواصل والوصلات في الجدران والإطارات الخارجية للمباني السكنية والعامة والصناعية من تأثيرات الرطوبة والهواء ، ومن المواد المستخدمة لإحكام السد ومنع التسرب المواد البلاستيكية والمرنة ذات خاصية الالتصاق والتماسك الجيد مع البيتون . ونولي الاهتمام الكبير لإحكام السد ومنع التسرب في مناطق التقاطع (أماكن الوصل الأفقية مع العمودية) ، حيث تغطى بشكل جيد بسدات لاصقة على سطوح جافة .

3-12-9- إغلاق الوصلات و الفواصل في منشآت البيتون المسلح :

تهدف عملية الإغلاق إلى تدعيم وضعية الهياكل التصميمية والمحافظة على المتانة والاستقرار لفترة طويلة جداً ، وحماية الهياكل من الصدأ والرطوبة وتأمين العزل الصوتي والحراري الجيد ، نقوم بإغلاق الفواصل بالبيتون أو المحاليل الخاصة بعد إنهاء معايير العناصروالهياكل وأعمال اللحام والوصل بالبراغي ، وإنهاء أعمال الحماية من الصدأ. وتتوقف الطرق المتبعة في إغلاق الوصلات والفواصل على الخصائص التصميمية للعناصر الموصولة ودرجات الحرارة السائدة نذكر منها :

الطريقة التقليدية – وهي شائعة الاستخدام تتلخص بوضع البيتون أو الخلائط مباشرة في الفاصل أو قالب الوصلة بواسطة (المضخات ، يدوياً مع الاهتزاز) ، ولزيادة كتامة ومتانة الوصلة يمكن اعتماد مبدأ المكبس لضغط البيتون في الوصلة مما يساعد على زيادة الكتامة وخروج الماء .

3-13- تنظيم عمليات التركيب :

تتناول عملية التنظيم مجموعة الإجراءات الموجهة لخلق الظروف الملائمة لتنفيذ أعمال التركيب وترتيب تسلسلها في ساحة الإنشاء،ومن الأمور الواجب دراستها خلال ذلك :

-تطور جبهة العمل .
-تحديد تتابع وتعاقب تركيب الهياكل والعناصر الإنشائية .
-درجة تجميع الهياكل .
-توريد ونقل الهياكل إلى مناطق التنفيذ .

ويهدف تنظيم عمليات التركيب بشكل عام إلى تحقيق المتطلبات الضرورية الآتية : رفع إنتاجية العمل ، اختصار مدة تنفيذ المشروعات ، الإقلال قدر الإمكان من العمليات المنفذة بأساليب يدوية ، تحقيق أمان وحماية العمال خلال جميع مراحل التركيب إلى حين الانتهاء من التشييد . وخلال عملية التنظيم تناقش مختلف الحلول الممكنة فيما يتعلق بتطور جبهة العمل عند تركيب المباني والمنشآت المسبقة الصنع واتجاهات محاورها (العرضية ، الطولية ، الخطية ، الشاقولية ، المختلطة) .

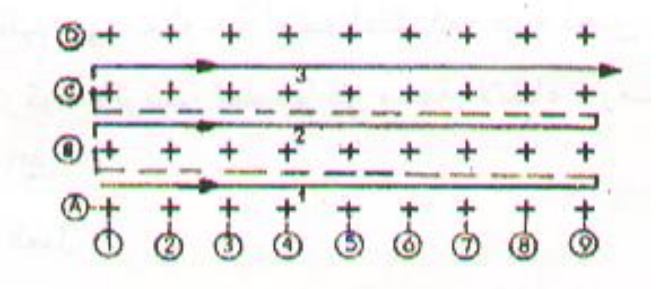
3-13-1- التركيب بالاتجاه الأفقي :

و تطور جبهة العمل وفق هذا النوع من التركيب بأحد الأشكال الآتية:

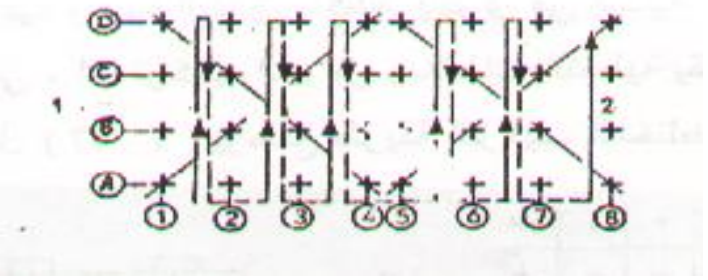
1- الاتجاه الطولي : في هذه الحالة تتحرك معدات التركيب على طول المجاز أو بموازاة الضلع الكبير في المسقط الأفقي ، و هو شائع الاستخدام لدى تشييد المباني الصناعية وحيدة الطابق و المنشآت متعددة الطوابق وحيدة المجاز ، و لكن هذا النوع من التركيب مرتبط بكيفية إمداد العناصر اللازمة للتركيب و وضعية مسارات حركة آليات النقل والرفع وتتابع تنفيذ الأعمال . تركب وفق هذا الاتجاه العناصر التالية :

الأعمدة مسبقة الصنع ، جوائز التغطية ، بلاطات التغطية ، الجوائز الشبكية والجمالونات في الأبنية الإنتاجية والصناعية ، والشكل (48 -3) يوضح كيفية التركيب وفق هذا الاتجاه وجبهات العمل والقطاعات المحددة لذلك .

2- الاتجاه العرضي : تتحرك آليات ومعدات التركيب أثناء تنفيذ عملها بشكل متعامد على المجاز الطويل كما في الشكل (49 -3) ، ويمتاز هذا الأسلوب بإمكانية إدخال أجزاء من المبنى أو المنشأ في مرحلة الاستثمار رغم بقاء الأجزاء الأخرى قيد التركيب ، وهو مناسب لتركيب عناصر التغطية في المنشآت الصناعية وحيدة الطابق ذات الفتحات 18 – 24 m وخطوة الأعمدة 12 m .

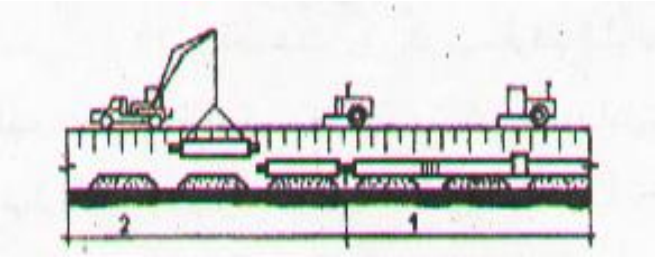


الشكل (48 -3) التركيب بالاتجاه الطولي .



الشكل (49 -3) التركيب بالاتجاه العرضي .

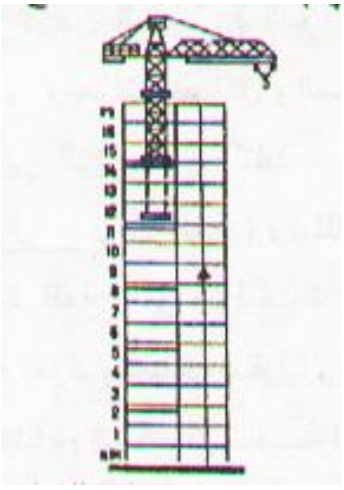
3- الاتجاه الخطي : ويستخدم في حالة تشييد المنشآت الخطية الطويلة مثل (الأنابيب ، الطرق ،الجسور وغيرها) كما يبين الشكل (50 -3) عملية تنفيذ شبكة أنابيب .



الشكل (50 -3) تمديد شبكة أنابيب .

3-13-2- التركيب بالاتجاه الشاقولي :

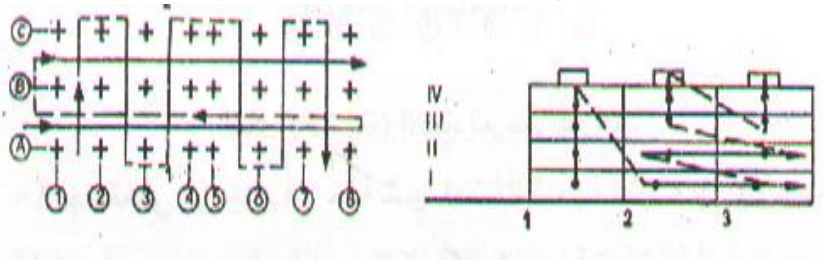
ينتشر هذا الأسلوب من التركيب بشكل كبير لدى تشييد المباني والمنشآت العالية (الأبراج ، المباني العالية ذات الأبعاد الصغيرة نسبياً في مسقطها الأفقي) ، كما هو موضح في الشكل (51 -3) .



الشكل (51 -3) تركيب المباني العالية والأبراج .

3-13-3- التركيب بالاتجاه المختلط :

ويجمع هذا النوع بين نوعين أو أكثر من الأنواع المذكورة سابقاً ، وهو شائع الاستخدام عند تركيب الهياكل والعناصر المشكلة للمباني الصناعية وحيدة الطابق ، فمثلاً يجري في البداية تركيب قواعد الأعمدة بالاتجاه الطولي ، أما تركيب الجوائز وبلاطات التغطية يكون بالاتجاه العرضي لاحقاً ، والشكل (52) يوضح طريقة التركيب المختلط .



الشكل (52 -3) التركيب المختلط .

1, 2 – القطاعات . I I, I – أرقام الطوابق .

إن تنظيم عمليات التركيب وتعاقب تركيب الهياكل في جبهات العمل المحددة مرتبط بأبعاد ومجازات المنشآت المراد تنفيذها خاصة وساحة الإنشاء (الساحة التكنولوجية) ومجالها بشكل عام ، حيث أن الساحة التكنولوجية ومكوناتها هي الحيز المتميز بالبارامترات والخواص (الارتفاع H ، العرض B ، الطول L) ومكوناتها (مناطق التركيب ، التخزين ، التجميع المرحلي ، التفريغ ، النقل ، .....إلخ) . كما يرتبط التسلسل المنطقي لعمليات التركيب بالمخطط التصميمي للمبنى ويهدف تحديد ذلك التسلسل إلى تحقيق المتانة والاستقرار وثبات وضعية الهياكل ، ونصادف في الحياة العملية ثلاث طرق للتركيب هي :

1- الطريقة المجزأة :

وفق هذه الطريقة يجري تركيب العناصر المتشابهة والمتماثلة ضمن قطاع العمل (جبهة العمل) دفعة واحدة ، ومن الأمثلة على ذلك تركيب الأعمدة وتثبيتها بشكل نهائي مع إغلاق الشقوق خلال المرحلة الأولى ثم يجري تركيب جوائز الروافع الجسرية والجمالونات وبلاطات التغطية وفي النهاية عناصر السقف . تعتبر هذه الطريقة فعالة عندما تكون حجوم الأعمال كبيرة كونها تساعد على تخفيض نفقات العمل ، ومن مساوئها : عدد أشواط الرافعة الكبير اللازم لتركيب العناصر والهياكل .

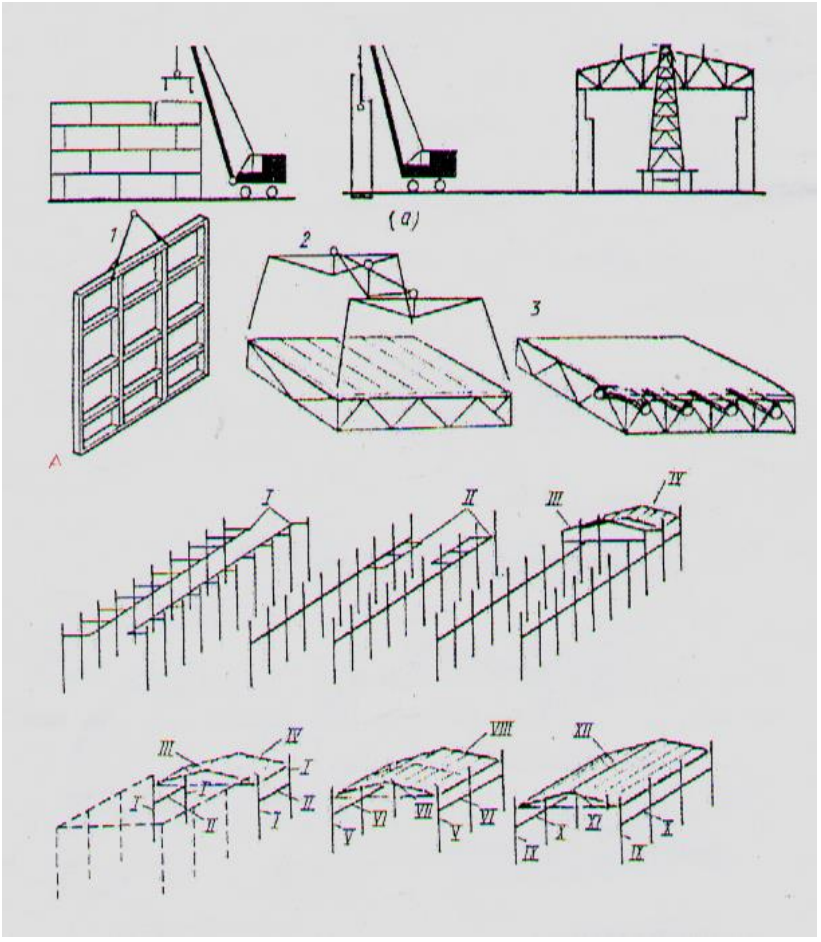
2- الطريقة المركبة :

نعتمدها في تركيب العناصر والهياكل المجمعة في أمكنتها المحددة ضمن المنشآت ، وفيها لا يمكن تحقيق استمرارية التركيب خاصة لدى تركيب الأعمدة البيتونية المسلحة والمجمعة والمجهزة بكؤوس لقواعدها بسبب الحاجة إلى الوقت الكافي لوصول البيتون إلى المتانة الكافية % 70 من المتانة التصميمية .

ينصح باستخدامها في تركيب الهياكل المعدنية ولكن تنظيم عمل مجموعات العمال وفقها أكثر صعوبة من الطريقة المجزأة . ومن أهم ميزاتها : إمكانية افتتاح جبهات عمل لتنفيذ عمليات لاحقة للتركيب في قطاعات العمل المختلفة ، الأمر الذي يؤدي إلى اختصار مدة التنفيذ .ومن مساوئها : عدم استغلال كامل قدرة الروافع واستثمارها بالشكل الأمثلي نظراً لتركيب عناصر إنشائية وهياكل مجمعة ذات أوزان متفاوتة ضمن وردية العمل الواحدة .

3- الطريقة المختلطة :

وهي تجمع بين الطريقتين السابقتين وتلاقي انتشاراً واسعاً خلال تركيب المباني وحيدة الطابق ومتعددة الطوابق المؤلفة من هياكل بيتونية مسلحة، وتسمح هذه الطريقة باستخدام الروافع بفعالية كبيرة ، وهذا يساعد على اختصار مدة التركيب بالمقارنة مع الطريقة المجزأة. فعلى سبيل المثال: تركيب الأعمدة في مبنى صناعي بطريقة التركيب المجزأ ، أما تركيب عناصر التغطية بالطريقة المركبة ، الشكل (53 -3) .



الشكل (53 -3) التركيب المجزأ والمركب للعناصر والهياكل .

الفصل الرابع
تكنولوجيا تنفيذ المنشآت

4-1- تكنولوجيا تنفيذ الخزانات الأرضية :

4-1-1- مقدمة :

يحتاج تنفيذ الخزانات إلى شروط و مواصفات المنشآت البيتونية المسلحة العامة ، إضافة إلى وجوب زيادة الاعتناء بتطبيق تلك الشروط فيما يتعلق بطرق الصّب و المعالجة و دقة تنفيذ كافة العناصر بغية تحقيق شروط المتانة ، وعدم ظهور التشققات ، وبالتالي الكتامة التامة و الديمومة، ويعتبر تحقيق الكتامة شرطاً أ ساسياً وهاماً في مرحلتي التنفيذ والاستثمار بالنسبة للخزانات، من هنا وجبت المحافظة على مواصفات البيتون المطلوبة في التنفيذ بشكل دقيق ، وكذلك مواصفات التسليح وأعمال الإكساءات ، كما يجب تنفيذ الفواصل بدقة عالية لتحقق الغاية المرجوة منها على الوجه الأمثل .

وعند الحاجة إلى مواد مضافة للبيتون كالملدنات ومسرعات التصلب ومانعات الرشح ، فيجب درا سة هذه المواد بشكل دقيق قبل ا ستخدامها ، والتعرف على مدى تأثيرها على خواص البيتون بعد الصّب مباشرة ، و بعد اكتساب البيتون للمقاومة المطلوبة .أما بالنسبة لأعمال الردم في الخزانات المطمورة مثلاً فيجب تنفيذها حسب المواصفات المطلوبة ، وتتم تلك العملية بعد اكتساب البيتون لمقاومته الكلية .والبيتون المستخدم في الخزانات لا تقل كمية الإسمنت في المتر المكعب عن 350 kg للحصول على مقاومة عالية للشد .

ومما يجب مراعاته أثناء التنفيذ هو معالجة البيتون بشكل جيد ، وخاصة بعد صبه بعدة ساعات وحتى 15days من الصّب عن طريق رشه بالماء بشكل منتظم وكاف ، ويكون الاهتمام بهذه المعالجة في الخزانات أكثر من غيرها من المنشآت كون التقلص يلعب الدور الأساسي في حصول التشققات .

4-1-2- متانة و كتامة الخزانات الأرضية :

تحقيق المتانة للخزانات وتقليل النفاذية إلى حدها الأصغري منعاً للتسرب يمنحها الديمومة خلال الزمن طيلة فترة الاستثمار .ويتم الوصول إلى هذا الهدف من خلال المراحل التالية :

١. تنفيذ هيكل المنشأ بدقة وفق الشروط والمواصفات وتعليمات المخططات .
٢. تنفيذ إكساءات الخزانات بصورة تتضمن استثمار المواد المستخدمة في التنفيذ بشكلها الأمثل .
٣. الصيانة الدورية للخزانات خلال مرحلة الاستثمار .

4-1-3- تنفيذ هيكل الخزانات :

1 - تنفيذ الأعمال الترابية (الحفريات) :

تبدأ عملية تنفيذ الهيكل بإنشاء الحفرية إما للخزان الأرضي أو لأساسات الخزانات المرفوعة، وتنص معظم الشروط و المواصفات على تحقيق ما يلي :

1- 1 - إجراء الحفريات آلياً أو يدوياً وفقاً للأعماق والكميات المطلوبة، ويحظر استخدام التفجير في أعمال الحفر بسبب الخلخلة التي تحدث في الطبقات السفلى للتربة، والتي تؤدي إلى هبوطات كبيرة لا تؤخذ بالحسبان أثناء إجراء الدراسة .

1- 2 - يجب التحقق من عمق الحفرية ومنسوب التأسيس بدقة ، و في الحالات التي يزيد فيها عن العمق المطلوب لسبب ما في التنفيذ، فيجب عندها إنشاء طبقة من البيتون العادي بعيار kg/m^3(150-200) حتى الوصول إلى منسوب التأسيس .

1- 3 - ’يعطى قاع الحفرة الميول المطلوبة في الخزانات الأرضية حسب الشروط الفنية،ويوصى بإزالة الطبقة المخلخلة يدوياً، ولا يسمح عند الحفر باستخدام الآليات وخاصة الثقيلة منها ومرورها فوق تربة التأسيس كونها تسحق الطبقة السطحية من الحفرية .

كما يمنع استخدام الضواغط (الكومبرسات) والآلات الرجاجة الأخرى فوق سطح التربة،إلا في الحدود التي لا تحدث تصدعاً في الطبقة المقررة للتأسيس .

1- 4 - في حال فردية الحفريات المطلوبة فإنزالها يجب أن يكون صحيحاً ولا يفضل حفر مناطق إضافية ليست مقررة للتأسيس .

1- 5 - فور الانتهاء من عمليات الحفر يجري رصف الحجر المكسر (البلوكاج) و صب طبقة بيتون النظافة بعيارات من الإسمنت تتراوح بين kg/m^3(150-250) ، و لا ينصح بترك الحفرية معرضة للعوامل الجوية أكثر من يومين كحد أعظمي بسبب تعرضها لتغيير في طبيعة ومواصفات التربة المعدة للتأسيس .

1- 6 - تنفذ جميع العمليات المذكورة أعلاه بإشراف المهندس مباشرة ويتولى حل أي مشكلة تتعلق بالبنود المذكورة .

2- البيتون :

تنفذ أعمال البيتون في الخزانات بعيارالبيتون لعناصر الخزان من البيتون المسلح لا يقل عن $350\ kg/m^3$ ،أما إذا كانت من البيتون العادي أو الكتلي عندها يلزم التقيد بتعليمات المهندس المصمم .

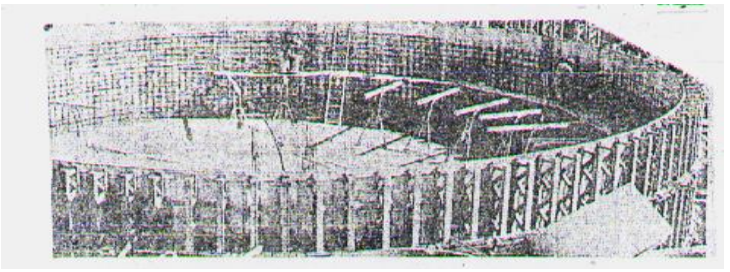
ولابد من التأكيد على تطابق مواصفات المواد الداخلة في البيتون المسلح من إسمنت وحديد وحصويات وماء مع الشروط العامة الواجب تحققها في هذه المواد . وتجري تجارب على عينات لتحديد مقاومة البيتون ومقاومة التسليح ، والتحليل الحبي لمواد الحصويات، والتأكد من صلاحية الماء المستخدم للخلط وتجارب قبل البدء بالتنفيذ. ومن البديهي أثناء التنفيذ التحقق من مواقع فولاذ التسليح، والسماكات المطلوبة، والاعتناء بالرج والسقاية .

2- 1 - القالب :

يتطلب تحقيق الدقة في تنفيذ أعمال القالب التأكد من الأمور الأساسية التالية :

– **الأبعاد :** صحة أبعاد القالب بالمسافات الجزئية والكلية والزوايا والمنحنيات، إضافة لدقة المستويات الأفقية والشاقولية والمائلة والمنحنية بشكل شاقولي أو أفقي . كما يجب أن تحقق القوالب في الخزانات عدم تسرب الروبة الإسمنتية منها أثناء الصّب، وخاصة إذا كان القالب خشبياً كون القوالب المعدنية تضمن غالباً هذه الناحية .ويبين الشكل (1- 4) نماذجاً لبعض قوالب الخزانات الخشبية والمعدنية وطرق تنفيذها .

A)-



B)-

الشكل (1-4) القوالب المستخدمة في تنفيذ الخزانات الأرضية .A–قوالب خشبية. b –قوالب معدنية ومختلطة .

2- 2 - السقائل والدعامات :

تنص معظم دفاتر الشروط والمواصفات على ضرورة تمتع السقائل والقوالب بالصلابة الكافية كي تؤدي مهامها دون هبوطات أو تشوهات خطرة ، وأن تتحمل الحمولات المؤثرة أثناء التنفيذ، وعند تصميم هذه العناصر يفترض الأخذ بعين الاعتبار جميع التشوهات اللحظية واللاحقة . ومادامت القوالب والسقائل والدعامات مطابقة للترتيبات النظامية المثبتة الصلاحية للاستعمال نتيجة الخبرة المتوفرة ، فيجب أن تترافق المخططات والحسابات مع المخططات التنفيذية، ومن الضروري وضوح أبعاد القوالب والسقالات فيها، بالإضافة إلى بيان نوعية الدعامات و تباعداتها ووجود مختلف المساقط والواجهات .

2- 3 - رج البيتون :

تنفذ عملية رج البيتون عند الصّب من قبل المؤهلين ذوي الخبرة المسبقة ، خصوصاً في حالة الخزانات فهي تساعد على إعطاء هيكلاً بيتونياً خالياً من الفجوات والفراغات، الأمر الذي يضمن كتامة بيتون الخزان ويساعد على تجانسه الذي يلعب دوراً هاماً في اكتساب المقاومة المطلوبة . ويفضل أثناء تنفيذ عمليات الرج والرص عدم استخدام الإبر الرجاجة التي يزيد قطرها عن 42mm أو 7% من سماكة العنصر المرجوج لضمان دخول هذه الإبر في الفجوات ما بين حديد التسليح .

كما ويمنع نهائياً الرج بعد بدء عملية تصلب البيتون ، ومن الضروري استمرار عملية الرج للمدة المحددة في المواصفات دون زيادة أو نقصان .

2- 4 - تنفيذ فواصل الصّب :

في بعض الحالات الاضطرارية يحتاج المنفذ إلى إحداث فواصل الصّب في مناطق معينة من الخزان ، أو لوصل البيتون القديم بالبيتون الحديث ، يجب عندها تنظيف البيتون المتصلب من المواد الغريبة العالقة بشكل جيد وسقايته بالماء ، ثم تحضير خلطة من البيتون بعيار من الإسمنت لا يقل عن (130%) من العيار المستخدم في البيتون القديم ، ويجري صب هذه الخلطة فوق البيتون المتصلب مع إجراء الرج لمدة تزيد عن المدة العادية بمقدار (50%) ، ويتابع الصّب بعدها كالمعتاد .

يحذر في هذه الحالات من استخدام الروبة الإسمنتية في عمليات الوصل كونها تشكل فاصلاً بين البيتون القديم والحديث .

2- 5 - التسليح :

بعد التأكد من مقاومة التسليح المطلوبة بإجراء تجربة الشد على الأقطار والأنواع المختلفة يجري إعداد هياكل التسليح وفق المخططات ، بحيث تتحقق أطوال التماسك التي تحددها الكودات والمواصفات ، ويعتبر هذا الأمر ذو أهمية كبيرة في حالة الخزانات الأرضية خصوصاً في العناصر المعرضة لشد محوري أو مركب . ويكون المنفذ مسؤولاً عن دراسة المخططات ومراجعتها قبل التنفيذ وعن التحقق من نسب وأقطار ونوعية التسليح ومطابقة المقاومات للمخططات .

2- 6 - المعالجة :

تتيح المعالجة الصحيحة تأمين الظروف المثالية لإماهة الإسمنت عن طريق التحكم في درجات الحرارة وحركة الرطوبة من وإلى البيتون ، وبمعنى آخر تعني المعالجة الحفاظ على البيتون في حالة مشبعة أو قريبة منها حتى يتم إملاء الفراغ الذي يشغله الماء الموجود أصلاً في الخلطة البيتونية الطازجة إلى الدرجة المطلوبة بالمادة المتكونة نتيجة إماهة الإسمنت ، وتتوقف معالجة البيتون قبل الوقت اللازم لإتمام إماهة الإسمنت .

ويجدر التنويه إلى عدم إمكانية استمرار الإماهة في حال كمية المياه الموجودة في الخلطة تقل عن كمية المياه الداخلة في تفاعل الإماهة ، كما أن تبخر الماء من البيتون يرتبط بدرجة حرارة ورطوبة الجو المحيط به ، لذا يجب سقايته بشكل مستمر في درجات الحرارة العالية و الرطوبة القليلة .

2- 7 - المواد المضافة :

إن المواد المضافة إلى الخلطة البيتونية متعددة ومختلفة الأشكال فقد تكون سائلة أو بشكل مساحيق ، وتضاف بنسب معينة تحددها نشرات الشركات المصنعة . وعند لزوم استخدام مادة ما ينبغي إجراء تجارب عليها قبل التنفيذ للتأكد من مدى تأثير هذه المواد على مقاومة البيتون وعلى خواصِه الأخرى ، إذ أن معظمها يؤدي إجمالاً لتخفيض المقاومة ، وخاصة إذا كانت كمية الإسمنت في البيتون قليلة نسبياً.

وكقاعدة عامة يفضل الاستغناء عن هذه المواد إذا سمحت لنا الشروط الاقتصادية برفع كمية الإسمنت في الخلطة ، كونها أقل كلفة من استخدام الإضافات بشكل عام .كما يمكن الاستعاضة عن المواد الإضافية أثناء الجبل والمانعة للرشح بمواد يغطى بها سطح البيتون الملامس للماء من أجل منع الرشح وتخفيف النفاذية ، ومن هذه المواد :

1 - لفافات تلصق بالسطح البيتوني بواسطة إسفلت ساخن .

2 - محاليل إسفلتية .

3 - بارا فين مذاب بمحاليل متطايرة .

4 - راتينجات ألكيلية (Alkyd Resin)

ويشترط الكود العربي في الإضافات المستعملة ألا يكون لها أي تأثير ضار على البيتون أو التسليح ، كما يشترط تحديد النسب المئوية لهذه المواد من وزن الإسمنت بعد التأكد من صلاحية استخدامها بحيث لا تقل مقاومة الضغط والانعطاف والتماسك مع التسليح عن 85% من القيم المناظرة في البيتون الذي لا يحتوي على هذه المواد .

وبشكل عام إن استخدام أي نوع من الإضافات إلى البيتون في حالة الخزانات يتطلب التأكد من عدم تأثيرها الكيميائي على البيتون أوعلى المواد المخزنة فيها ، وتفضل دوماً المواد ذات التأثير الميكانيكي على البيتون كالتي تخلق غلافاًبلاستيكياًحول حبيبات البيتون لإعطاء درجة تشغيل أفضل .

3 - الفواصل :

يجب التمييز بين الفواصل الإنشائية التي تبقى مفتوحة خلال الفترة الأولى من مرحلة الاستثمار للمنشأ ، وتعطي الخزان حرية الحركة نتيجة لعمليات الانكماش في البيتون و الهبوطات التفاضلية في الأساسات المولدة للإجهادات المرنة في المنشأ ، وبين فواصل التمدد والتقلص التي تسمح للمنشأ بتلك الحركات ، وتعمل كمناطق كتيمة في الخزان عند استمرارية التسليح في هذه الفواصل ، ويقطع البيتون بطبقات مطاطية أو ما شابهها .

وهناك الفواصل التنفيذية التي لا يقطع فيها البيتون ، وإنما يتم الصّب على أجزاء كون الكميات كبيرة . تنص المواصفات الفرنسية بشكل عام على أن المسافة بين الفواصل الإنشائية تتراوح بين(12-15 m) والمسافة بين فواصل التمدد والتقلص (40 - 50m) ، إذ أن التأثيرات التي تتعرض لها الخزانات سواء في مرحلة التنفيذ أو في مرحلة الاستثمار تملي علينا إدخالها . وبالنسبة للفروقات الحرارية تؤخذ تغيراً منتظماً لدرجات الحرارة السنوية ، كما يمكن اعتبار معامل المرونة في مناخ معتدل ($20C^{\circ} \pm 2C^{\circ}$) أو لمناخ ذي فروقات حرارية كبيرة مساوٍ إلى جداء التمدد النسبي في معامل تشوه البيتون .وتفاوت درجات الحرارة في سوريا لا تسبب إلا تشوهات بطيئة ينطبق عليها ما ذكر أعلاه .

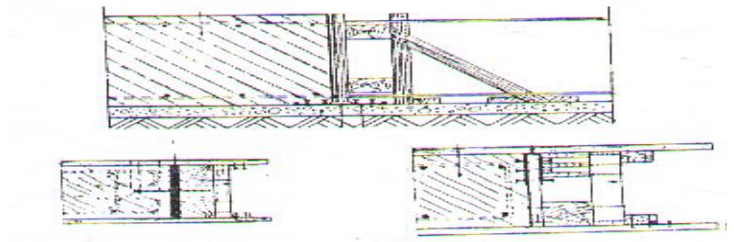
إن احتمال تشقق العناصر المشدودة من البيتون تعرض المنشأ للتشوهات التي تزيد عن المفترض في الحسابات المعتادة ، لذا ففي الحالات الخاصة يمكن تبني فرضيات أخرى يعتبرها المصمم مناسبة .ويعتبر معامل التمدد الطولي للبيتون في الكود العربي بفعل الحرارة (0.01 mm/m) لكل درجة حرارة مئوية ، أما معامل الانكماش بسبب التقلص والتابع لرطوبة الجو و نسبة الماء إلى الإسمنت وسماكة العنصر ونوع الرمل والحصويات الأخرى فيمكن اعتباره بشكل وسطي كما في الجدول (1-4) لخلطة بيتونية فيها نسبة الماء إلى الإسمنت (60%) ، ونسبة التسليح (0.01) .

الجدول (1-4)

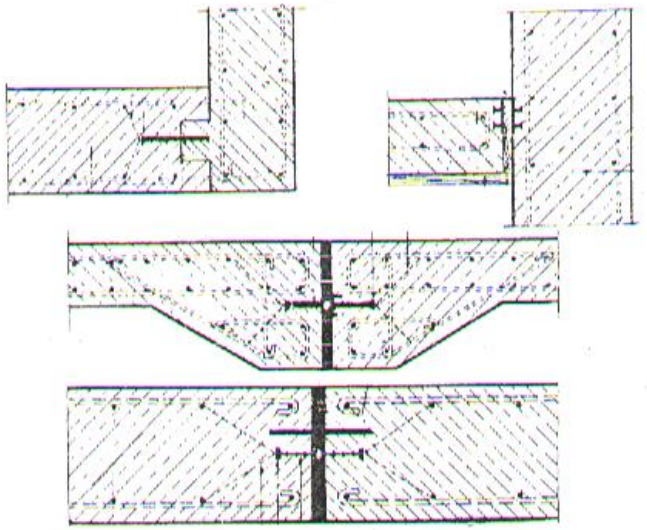
رطوبة الجو المحيط $\varepsilon_{sh}*10^{-3}$	نوع العنصر و سماكته		
	بلاطات رقيقة	جوائز عادية	جدران كثيفة

	10 cm	ارتفاع 60 cm	سماكة 50 cm
90% عالي الرطوبة	0.14	0.09	0.07
70% متوسط الرطوبة	0.36	0.24	0.19
40% عالي الجفاف	0.55	0.36	0.29

تنفذ الفواصل من المواد التي تتمتع بصفات الكتامة و المرونة كالصفائح النحاسية أو الرصاصية المحاطة بمواد إسفلتية ، أومن المواد المطاطية أو البلاستيكية . ولا يفضل هنا استخدام الصفائح المغلفنة أو الخشب أو الأقمشة المشربة بالمواد الإسفلتية ، لأن التجارب أثبتت أن هذه المواد تعطي نتائج غير مرضية ، يبين الشكل (2-4) بعض النماذج عن طرق تنفيذ الفواصل وكيفية تثبيت المواد عليها، كما يبين الشكل(3-4) وضع الفواصل بعد الصّب .



الشكل (2-4) نماذج منطقة الفاصل وكيفية تثبيت المواد عليها .



الشكل (3-4) وضعية الفواصل بعد الصب .

ولتأمين كتامة الوصلات ينصح باستخدام غشاء كتيم من المطاط ، يتألف من صفيحة من الكاوتشوك تعرف باسم (ووترستوب) كما في الشكلين (2-4 ,3-4)

كما تنص غالبية دفاتر الشروط على تنفيذ الفواصل في الأماكن المحددة لها في المصورات و المخططات بحيث تتألف من ثلاثة أجزاء رئيسية :

١. مادة أو ألواح مرنة كتيمة غير قابلة للتأكسد معدنية (كالنحاس أو الرصاص أو الحديد المطلي بشكل جيد) أو من الكاوتشوك أو البلاستيك المرن .
٢. معجونة خاصة لتغطية تلك الفواصل ، يحدد نوعها المهندس المصمم ، أو تترك حرية الاختيار للمهندس المنفذ .
٣. مادة إسفلتية أو ما شابه ذلك لملء فراغات الفواصل ، بحيث تحقق إملاء الفراغات بشكل كامل .وتحفظ هذه المواد بعيدة عن الحرارة و الرطوبة و العوامل الضارة .

يجب التأكد قبل المباشرة بتركيب الفواصل من عدم وجود الأجسام الغريبة الصلبة في فراغات الفاصل والمقاومة للحركة المرنة لعناصر المنشأ ، ولا يجوز تركيب الفواصل إلا بعد تجهيز القوالب والحديد بصورة نهائية ، أي قبل الصّب مباشرة، ولا يفضل تعريضها للشمس لوقت طويل ، كما تغطى الفواصل بعد تركيبها بأغطية أو مواد حافظة كالخشب وغيره ولا تجري إزالتها إلا بعد إتمام تنفيذ المنشأة .

وتنفذ فواصل الأرضيات كما يلي :

ينظف سطح الأرضية في منطقة الفاصل ، وتوضع الطبقة الأولى من المعجونة ، ثم تركب المادة المرنة بين طبقتين من الألياف وتثبت مع القالب بقطع خشبية صغيرة ، ويتم بعدها صب البيتون .ترفع القطع الخشبية وتملأ الفراغات بطبقة ثانية من المعجونة بعد تنظيف المكان بتيار هوائي لإزالة القطع العالقة .يغطى سطح المعجونة بمادة تحميها من المواد الصلبة وغيرها ، ويمكن أن تكون من الخشب المعاكس ولا ترفع هذه المواد إلا قبل استخدام الخزان مباشرة .

أما فواصل الجدران فيمكن تنفيذها بتركيب فاصل من الكاوتشوك مثلاً على عمق من سطح الجدار تبينه المخططات أو تمليه الشروط ، ويتم تثبيته جيداً كي لا يتحرك

أثناء الصّب ، ثم تركب أمامه وخلفه ألواح من الألياف مع ترك فراغات تبعد عن سطح الجدار (2- 4 cm) بواسطة قطع خشبية ، و يتابع العمل بعدها كما في فواصل الأرضيات .يملأ الفراغ بين كل مسندين ودعامتين بالإسفلت المائع . ويتم تنفيذ فواصل الأسقف ، كما في الجدران ، ولكن بدون استخدام المادة الإسفلتية الأخيرة .

4-1-4- تنفيذ أعمال الإكساء :

تفرض شروط التخزين واستثمار هذه المنشآت والظروف المناخية إجراءات خاصة لأعمال الإكساء داخل الخزان وخارجه ، وذلك للحفاظ على منع التسرب والرشح وعلى المعدل الحراري المطلوب ، إضافة إلى المظهر الخارجي المطلوب للخزان المكشوف .

1- العزل الحراري :

يؤثر ارتفاع درجة الحرارة صيفاً وانخفاضها إلى درجة التجمد شتاءً على سلامة المنشأ و استثماره .وقد دلت الخبرات على أن العزل الحراري في الخزانات الكبيرة ذات السعة $1000m^3$ والأكثر من ذلك غير ضروري إلا في أغطية هذه الخزانات فقط ، أما في الخزانات الأصغر حجماً فيلزم إتباع تفصيلات خاصة لعزل كل من الأرضيات والجدران والأسقف .

- عزل الأرضيات :

جرت العادة على فرش طبقة من الرمل فوق أرضية الخزان تعلوها طبقة من البيتون العادي مغطاة بطبقة من المونة الإسمنتية الممزوجة بمواد مانعة للرشح .

وقد وجد أن بلاط السيراميك المنفذ بإتقان يحقق الغرض نفسه ، كما يمكن استبدال هذه المواد بتنفيذ أرضية من القرميد المفرغ فوق طبقة من الرمل (30-60 cm) ، وهذه الأخيرة تحقق شروط الكتامة والعزل الحراري في الأرضية بشكل أفضل .

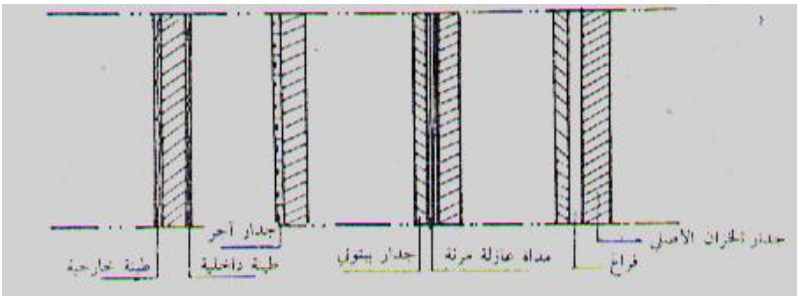
تعتبر جميع التفصيلات المذكورة أعلاه ذات كلفة مرتفعة، لذا يكتفى في الخزانات الصغيرة بتنفيذ طبقة من الطينة الداخلية بنسبة عالية من الإسمنت($450\ kg/m^3$) ، وتصقل بفرش الإسمنت الناشف على الطينة الرطبة بمعدل($1.5\ kg/m^3$) .

- عزل الجدران :

يجري عزل الجدران حرارياً بطرق عديدة أقلها كلفة بناء جدار من البلوك المفرغ سماكة(10cm) داخل جدران الخزان أو خارجها تكسى بطينة عادية عيار الإسمنت فيها

($450kg/m^3$) .ويمكن تأمين العزل الحراري ببناء جدار خارجي من البيتون المسلح ، يفصل بينه وبين جدار الخزان الأصلي طبقة من المواد العازلة ، كالبوليسترين أو الصفائح المرنة أو من نشارة الخشب المشكلة بشكل ألواح ، أو يمكن ترك فراغ هوائي بين الجدارين ، كما يمكن استخدام جدران الآجر المفرغ بدلاً من جدران البيتون المسلح .

وفي حالة الخزانات المنفذة في مناطق معتدلة حرارياً تستخدم الطينة المسلحة الخارجية المصقولة جيداً مع إجراءات بسيطة للعزل الداخلي للجدران و يبين الشكل (4-4) نماذج العزل الحراري للجدران .



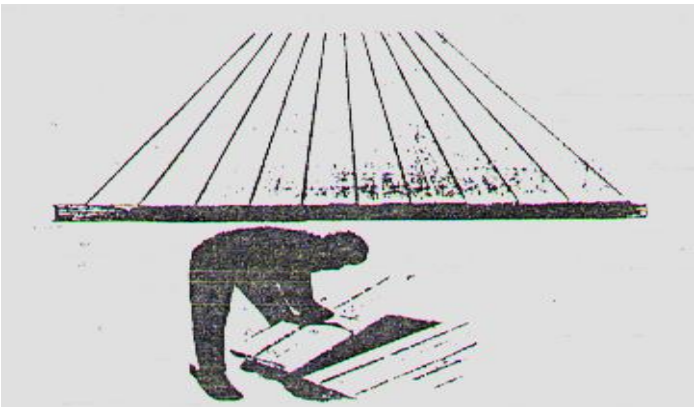
الشكل (4-4) العزل الحراري لجدران الخزانات الأرضية .

- عزل الأسقف :

تعتبر الأسقف من أهم عناصر الخزانات في عملية التبادل الحراري ما بين داخله وخارجه ، لذلك يجب تنفيذ عملية العزل في كافة الظروف المناخية حتى تلك التي لا تتطلب عزل الجدران والأرضيات .

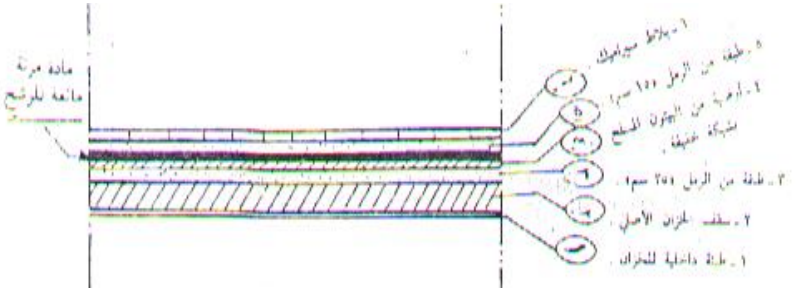
وجرت العادة على تنفيذ عمليات عزل الأسقف كما في الأرضيات تماماً، إلا أنه في السنوات الأخيرة قدمت المؤسسات والشركات المختصة طرقاً حديثة لعزل هذه العناصر.

فعلى سبيل المثال استخدمت في بعض الخزانات المنفذة مؤخراً في سوريا صفائح من (P.V.C) بأبعاد مختلفة على شكل ألواح طولية محشوة من الداخل بالبوليسترين، و ثبتت هذه الألواح على طبقة من الإسفلت المائع كما في الشكل (4-5).



الشكل (5-4) عزل أ سقف الخزانات .

كما استخدمت في بعض الخزانات طبقة من البيتون المسلح بشبكة خفيفة فوق سقف الخزان المستوي بعد فصلها عنه بطبقة من الرمل (25 cm) ، ويمكن استخدام أي مادة عازلة أخرى بدلاً من الرمل ، ويمثل الشكل (4-6) إحدى طرق العزل المستخدمة في الخزانات والتي يستخدم سقفها كأرضية لمنشآت كالمطاعم والمقاهي والنوادي .



الشكل (4-6) طريقة عزل الأسقف .

2- العزل المائي :

يتطلب الوصول إلى الكتامة العالية للخزانات إتباع الشروط المذكورة في تنفيذ هيكل الخزانات وبعدها تنفيذ أعمال التكسية بالطينة للوجوه الداخلية للأرضيات ولجدران الخزانات بعيار من الإسمنت لا يقل عن ($500\ kg/m^3$) .وفي كافة الأحوال يكون موضوع التكسية الداخلية أمراً أساسياً بحيث يولى الاهتمام الكافي كونه يخدم أغراض العزل الحراري و الكتامة معاً .

أحياناً تنفذ التكسية من بلاط السيراميك أو البورسلين فوق الطينة الداخلية للخزانات ، وغالباً ما تستخدم هذه الطريقة في خزانات مياه الشرب ذات الحجوم الصغيرة وأحواض السباحة، حيث تساعد في الحالة الأولى بإعطاء سطح صقيل يفيد في سهولة تنظيف قاع الخزان من الرواسب المتراكمة ، وخاصة إذا كانت ميول القاع صغيرة .ويستخدم بعضهم المواد المانعة للرشح في خليطة الطينة، وهذه المواد أعطت نتائج مرضية في حال استخدامها بالنسب النظامية، وينصح دوماً بإجراء تجارب مخبرية على الطينة لدراسة تأثير تلك المواد عليها قبل اعتمادها في العزل . يبين الشكل (7-4) تكسية سقف الخزان بالآجر العادي فوق طبقة من الإسفلت المائع .

في الخزانات الصغيرة التي تقل حجومها عن $200\ m^3$ يكتفى بتنفيذ طبقة من المواد الإسفلتية فوق الجدران البيتونية مباشرة إذا كانت هذه الجدران صقيلة ، شريطة ألا تكون هذه المواد ذات آثار ضارة على المواد المخزونة .

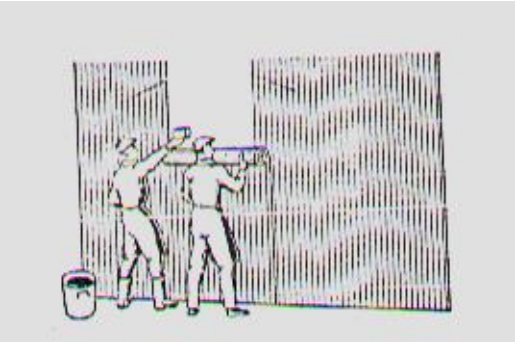
عموماً ينبغي دراسة التأثيرات الكيميائية والتأثيرات الأخرى للمواد الملامسة للمادة المخزنة في الإكساءات الداخلية ، وكذلك تأثير تلك المواد على الإكساءات والتأكد من صلاحية مواد الإكساء .

الشكل (7-4) إكساء سقف الخزان بالآجر .

ويهدف العزل كما هو معلوم إلى حماية الهياكل الإنشائية البيتونية المسلحة والمنشآت الأرضية من تأثيرات التربة والمياه . وتجري عملية حماية قواعد وجدران وأرضيات الخزانات الأرضية من تأثير الرطوبة والرشح .ووفق المبدأ المعتمد في التشييد ونوعية المواد المستخدمة يمكن تمييز الأنواع التالية :

- العزل بواسطة الدهان .
- العزل بواسطة الغراء (اللصاق) + لفافات عازلة .
- العزل بواسطة الإكساء و البطانات .
- العزل بواسطة الدهان عن طريق تغليف السطوح بطبقة من البيتومين البارد و الساخن أو مواد العزل الصحي ، وتحضير تلك المواد مشابه لتحضير المواد اللازمة لعزل الأسقف والأسطح .

وتتألف عادة مواد العزل الصحي من (الدهان ، مساحيق بوليميرية ، مواد لاصقة) وتتمتع تلك المواد بخصائص وميزات عالية الثبات في الماء .وتنفذ أعمال اللصاق (الغراء) من مواد مصنعة على شكل لفافات مشكلة من مواد عازلة مقاومة للمياه ، حيث تستخدم لحماية المنشآت الأرضية والمرتفعة من تأثير المياه الجوفية ، ويتم لصق هذه المواد بواسطة الغراء (البيتومين وغيره من المواد اللاصقة) الشكل (8-4) .



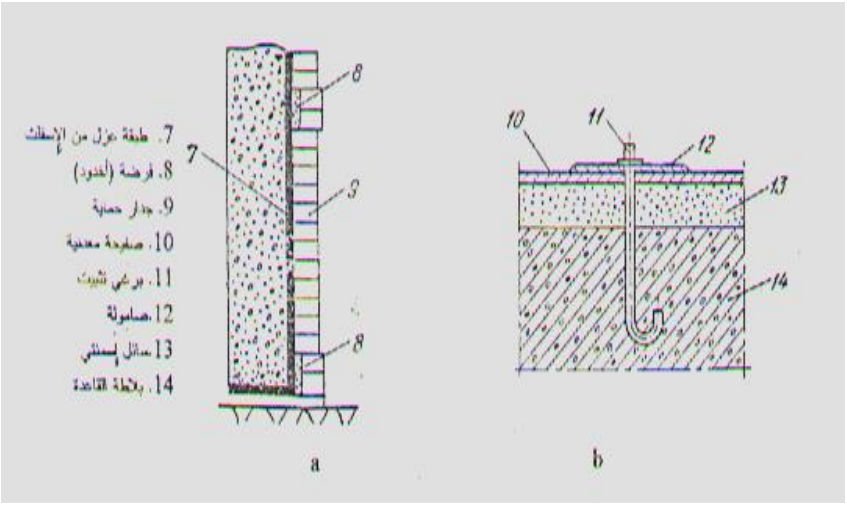
الشكل (8-4) كيفية عزل الأوجه الشاقولية للخزانات .

يتلخص عزل العناصر الشاقولية بتنفيذ جدران من البيتون أو البلوك، ويستخدم عندها الرابط البيتوميني أو الإسمنتي لتشييد جدران البلوك ، وبالنسبة للفراغات و الفواصل ما بين مواد العزل و الجدران ذات التباعدات التي تصل (15mm) فتملئ بالسائل الإسمنتي .

– أعمال العزل بواسطة التلييس والطينة : تصنع الطينة في هذه الحالة من الإسمنت (الإسمنت المستخدم للعزل هو من النوع المقاوم للمياه والرطوبة) والرمل الناعم و سماكتها تتراوح ما بين (5 - 40 mm) ، والتركيب الحبي 1 :1 أو 2 :1 . كما ينفذ العزل بغطاء

من الإسفلت البارد (البيتومين مع مسحوق مينرالي إسمنت مثلاً) أو الساخن سماكته حتى 20mm للسطوح الشاقولية و الأفقية الداخلية و الخارجية .

وأخيراً بالنسبة للعزل بواسطة الإكساء والبطانات فهي تنفذ من صفائح معدنية فولاذية سماكتها 4 - 2 mm أو من صفائح بلاستيكية .تستخدم الصفائح المعدنية في حالة الضغوط الكبيرة للمياه على الأجزاء السفلية ، أما البلاستيكية فهي تتمتع بمقاومة جيدة في الأوساط المخربة والمعادية للبيتون الشكل (4-9) .



الشكل (4-9) طريقة العزل بوساطة الصفائح والإسفلت .

A – عزل الجدران بطبقة من الإسفلت . b – العزل بوساطة الصفائح .

4 -1-5 – العناصر الملحقة بالخزانات :

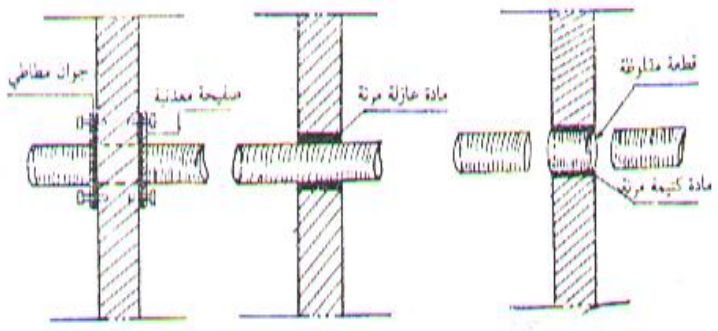
1 - فتحات الأنابيب :

تنفذ فتحات أنابيب الضخ والتغذية والغسيل والفائض بتثبيت قوالب لهذه الفتحات ، تزيد أقطارها ببعض الميليمترات فقط عن أقطار الأنابيب على قوالب جدران وأرضيات الخزانات ، وذلك بشكل محكم كي لا تتحرك أثناء الصّب . ويجري بعد ذلك تحديد هذه الأنابيب وإغلاق الفراغ المحيط بها بمواد إسفلتية أو بمعجونة خاصة أو بجوان مطاطي أو بصفيحة تثبت ببراغي على الجدران بشكل إسوارة تحيط بالأنبوب ، أو بأية طريقة تحقق عدم تسرب المياه من هذه الفراغات . كما يمكن تركيب الأنابيب بوضع قطعة مقلوظة من

الأنبوب المطلوب ضمن القالب، شريطة تأمين طريقة جيدة لتثبيت القطعة، يوصل بعدها الأنبوب من الداخل والخارج حسب الطلب .

ويحذر صب الجدران بشكل مصمت وتكسيرها فيما بعد ، بحجم فتحة الأنبوب خشية حدوث تشققات ليست بالحسبان مجاورة لهذه الفتحات أو بعيدة عنها بسبب استخدام أداة التكسير . يجب ألا يملك الأنبوب أية قدرة على الدوران بعد تركيبه لأن دورانه ولو بمسافات صغيرة جداً يعني عدم إحكام سد الفراغات المحيطة به . كما يجب أن يكون اختراق الأنابيب للجدران أو الأرضيات أفقياً أو شاقولياً ، ولا ينصح بإعطاء هذه القطع أية زاوية غير ذلك ، ويبين الشكل (10-4) طريقة تمديد الأنابيب عبر الجدران .

تنص المواصفات ودفاتر الشروط على أنه عند اجتياز القساطل للجدران والأرضيات في الخزانات يجب ألا يبقى القسطل بتماس مباشر مع البيتون ، بل يركب ضمن قطعة قسطل بقطر يزيد عن قطر القسطل بنصف إنش .وتثبت قطعة القسطل هذه بالبيتون،على أن يكون مستوى أطرافها بارزاً عن مستوى الوجه النهائي للجدار أو الأرضية بأقل من 1cm .



الشكل (10-4) إدخال الأنابيب عبر جدران الخزانات الأرضية .

2 - السلالم :

نحتاج في كافة أنواع الخزانات إلى مجموعة من السلالم للوصول إلى حوض التخزين أو غرفة السكورة أو أمكنة الضخ أو غيرها ، حسبما يتطلب نوع الخزان وشكله وحجمه .

تختلف أشكال هذه السلالم و طرق استنادها ، فمنها البيتوني الذي يستند إلى ميدات عادية كما في بعض الخزانات الأرضية ، أو تحمله جسور أو يستند إلى عمود وسطي كما في بعض الخزانات العالية وقد يكون حلزونياً أو عادياً.

وهناك السلالم المعدنية المصنعة من أنابيب الحديد العادي أو المزيبق ، أو من مقاطع الحديد النظامية المتعارف عليها. وفي كافة الأحوال يجب أن تطلى السلالم المعدنية بدهان يمنع الصدأ والتآكل بعد التأكد من عدم تأثير هذا الدهان على السائل المختزن .

ما يهمنا في السلالم هو تأمين الوصول إلى جميع عناصر الخزان بطرق بسيطة و قصيرة ، بحيث تضمن راحة المستثمر و تشعره بالأمان .وتلعب طرق تثبيت السلالم و أنواعها دوراً هاماً في هذا الموضوع وخاصة في الخزانات العالية .

4-2- تكنولوجيا تنفيذ السدود الترابية :

4-2-1- مقدمة :

تعتبر السدود الترابية من المنشآت المنفذة منذ آلاف السنين وغايتها حجز المياه للاستفادة منها في أعمال الري والإستخدمات البشرية المختلفة ، وبناؤها عادة من المواد المحلية المتوفرة في الموقع . ونظراً لبساطة التصميم وإمكانية استعمال الآليات بشكل واسع في التنفيذ، وتطور العلوم الجيوهندسية ساعدت على بناء سدود ترابية ذات ارتفاعات وحجوم تخزين كبيرة .

هناك عدة أ ساليب لتصنيف السدود الترابية فيمكن أن يكون الارتفاع (منخفضة ، متوسطة الارتفاع ، عالية) أو المادة المستخدمة (سدود ترابية طبيعية ، سدود حجرية ترابية ، سدود حجرية) أو التصميم المعتمد (سدود متجانسة ، غير متجانسة ، ركامية) ، أما التصنيف حسب طريقة الإنشاء والتنفيذ فيمكن أن تشمل :

- السدود الردمية : وتشيد هذه السدود بطريقة ردم التربة الجافة ثم رصها ودحيها بواسطة المداحي المتعددة الأصناف .
- السدود الترابية الترسيبية : إنشاؤها يجري بمساعدة التجريف الهيدروليكي و تحضر المواد وترسب في جسم السد بواسطة طاقة المياه .

- السدود نصف الترسيبية : إنشاء النواة المركزية فيها فقط بواسطة التجريف الهيدروليكي .
- السدود التي تبنى بطريقة التفجير الموجه .

تنجز قبل البدء بتنفيذ عناصر السد جملة من الأمور أهمها :

١. اختيار وتحديد الخطة العامة للبناء والتنفيذ ، وتتضمن تحديد طواقم الآليات المشاركة في أعمال الحفر وتفتيت التربة ، مع الأخذ بعين الاعتبار الخصائص الفيزيائية والميكانيكية وحجم التربة المطلوب معالجته ونقله ووضعه في المنشأة ، ووتيرة العمل المطلوب لتنفيذ الأعمال ، الظروف الطبوغرافية في منطقة السد ، والمسافة بين مآخذ التربة وموقع السد .
٢. استخدام الطرق الرياضية عند التخطيط للعمليات المتعلقة بالتنفيذ واعتماد النمذجة الرياضية باعتبارها ذات تأثير واضح على اختيار الحل الأمثل للآليات وطواقمها ، ونظام استخدامها التابع لظروف الطقس والمناخ ،الأمر الذي يؤدي لخفض الضياعات الزمنية أثناء التنفيذ وتوظيف الإدارة المؤتمتة لأعمال النقل والتحميل في تنفيذ بعض السدود .

2-2-4- تحضير الموقع :

في البداية يجهز الموقع بإجراء عملية تنظيف قاعدة السد من الأشجار وجذورها و بقايا مواد البناء والرواسب وغيرها ، بالإضافة إلى إزالة الطبقة السطحية غير الملائمة والكشف عن التربة الصالحة لاعتمادها كأساس لبناء السد ، بعدها يجري القيام بالأعمال المساحية ووضع النقاط الجيوديزية المطلوبة ورفع المناسيب وتثبيتها . ولكن من الأمور الهامة الواجب أخذها بعين الاعتبار هو تغير الرطوبة كونها تختلف عن الرطوبة المثالية المطلوبة ، وتجري عملية الترطيب بأساليب عديدة منها :

- إملاء خنادق أو آبار ضمن الموقع بالمياه أو غمر كامل المساحة المحاطة بأكتاف ارتفاعها لا يتجاوز (0.5 m) .
- الترطيب بواسطة أنابيب المياه .

علماً بأن ترطيب سطح موقع السد الترابي فعال في حالة التوضع الطبيعي للتربة ذات معامل النفاذية الكبير بالوضعية الشاقولية كالترب اللحقية .أما في حال طبقات التربة

المختلفة ذات معامل النفاذية المتفاوت في المقطع الشاقولي للتربة ، فيفضل في هذه الحالة حفر الخنادق والآبار، وعند وصول التربة إلى الرطوبة المتساوية تبدأ معالجتها بعد فترة زمنية محددة .

عملية غمر التربة بالمياه لمدة من الزمن تزيد من الرطوبة وحفرها بعد انخفاض تلك الرطوبة، ولكن فيما يتعلق بكمية المياه اللازمة لعملية الترطيب في المقلع (المأخذ) فتحسب وفق الصيغة :

$$q = \gamma\ ck\ (\ Wo - Wk - Wn\ )$$

حيث أن :

γ ck– كثافة تربة المأخذ (المقلع) .

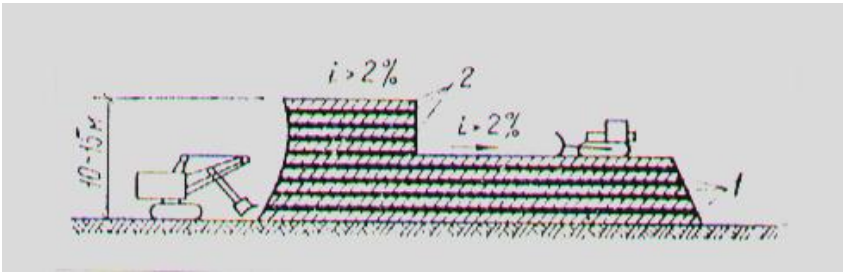
Wo – الرطوبة المثالية .

Wk – رطوبة التربة في المقلع .

Wn – ضياع الرطوبة عند النقل و الفرش في جسم السد و تتراوح مابين 1-2 % .

وفيما يتعلق بتجفيف التربة بعد ترطيبها فيجري عن طريق تنفيذ آبار تصريف للمياه أو إتباع أساليب أخرى للتجفيف ، علماً بأن تغير رطوبة التربة ضمن حدود معينة ممكن وليس دائماً، وخاصة للتربة في المقالع ، وتترافق عملية ترطيب التربة بتغير في التركيب الحبي كالتربة الغضارية ذات الحبيبات الكبيرة .

تحضر مادة النواة من طبقات التربة الموجودة في المأخذ كماهومبين في الشكل (4-11) ،وعند تجهيزها بوساطة الحفارات الآلية تنقل التربة بشكل متوازن مع المحافظة على الرطوبة المثالية والمتانة والخصائص المطلوبة الأخرى في نواة السد الترابي .



الشكل (4-11) خلط ومزج التربة الغضارية مع الترب ذات الحبيبات الكبيرة .

4-2-3- أعمال التفجير والخلخلة الآلية للتربة :

تحتاج التربة الصخرية ونصف الصخرية في المقالع والمآخذ المطلوبة إلى خلخلة مسبقة ، وفي أغلب الحالات تستخدم طريقة التفجير ، وتتضمن أعمال التفجير حفر الآبار والثقوب بهدف وضع المواد المتفجرة اللازمة لتنفيذ تلك الأعمال . وفيما يتعلق بأقطار تلك الآبار تتراوح ما بين 150 mm -75 شاقولية أو مائلة أو موازية للكتف الترابي، أما عمقها فيتحدد وفق ارتفاع الكتف وطريقة معالجة القطع ، ولكن في معظم الحالات مابين 10-15m . وتتوزع الآبار بصف واحد أو عدة صفوف والمسافة ما بينها) (3 - 4 m ، وعند توضع عدة صفوف من الآبار تستخدم طريقة التفجير ذات الفواصل الزمنية وهذا يسمح بزيادة المسافة بين الصفوف .

أما في حالة معالجة التربة في المآخذ (المقالع) بواسطة الآليات فتكون الطريقة المعتمدة على التفجير ذات فعالية كبيرة، ولكن ينبغي الإشارة إلى أن التفجير البطيء ذات الفواصل الزمنية يؤدي إلى تفتيت التربة لدرجة واحدة و متماثلة في حجم الجزيئات، وهذه الحالة لا تتلائم مع وجهة نظر الحصول على التركيب الحبي المطلوب، ولإعداد مآخذ التربة وجوانب الحفر يمكن اعتماد طريقة الثقوب في التفجير وتتوضع المتفجرات في ثقوب قطرها 25-75 mm. وفي حال عدم توافق التركيب الحبي للتربة الجبلية بعد التفجير يمكن تعديله بانتقاء وتغيير بارامترات التفجير (كمية المواد المتفجرة، توزيع العبوات ، زاوية الميل و المسافة بين الآبار ، عمقها ..... إلخ)

تعتبر الطريقة الميكانيكية لمعالجة التربة فعالة جداً في خلخلة الترب الصخرية و نصف الصخرية المتشققة بشكل كبير ذات الطبقات المتنوعة ، ويستخدم لهذه الغاية الريبر المرتبط بتراكتورات ثقيلة وعمق الخلخلة تتبع نوع التربة المعالجة ويتراوح عادة مابين 0.5 -2 m . أما نسبة التخفيض بالتكاليف مقارنة مع طريقة التفجير فتصل حتى 50 % ، ويمكن استخدامها بفعالية عند توفر السكريبرات الضخمة المتلائمة مع تعبئة ونقل الترب الجبلية .

4-2-4- نقل التربة :

عند وضع مخطط حفر ونقل التربة ونوعية الآليات تؤخذ أنواع الترب وظروف حفرها في المقلع بعين الاعتبار ، بالإضافة إلى مسافة النقل وحجم ومدة تنفيذ الأعمال .

يمكن إجراء حفر التربة بآليات ذات العمل المستمر والدوري وللنقل تستخدم الشاحنات والسكك الحديدية .

الآليات ذات العمل الدوري كالحفارات وحيدة السطل وبوعاء حجمه m^3 4.6 - 0.4 أمامية ، طاقة التحميل وعدد وسائط النقل العاملة مع المجرفة الآلية تتحدد وفق حجم الوعاء ومسافة النقل ، طريقة معالجة التربة وكيفية فرشها في جسم السد . وانطلاقاً من شروط و ظروف العمل والطاقم الآلي يمكن اعتماد المعطيات المبينة في الجدول (4-2) .

الجدول (4-2) العلاقة بين حجم وعاء المجرفة الأمامية ومجموعة وسائط النقل

حجم وعاء المجرفة m^3	حمولة وسائط النقل T		حجم وعاء المجرفة m^3	حمولة وسائط النقل T	
	شاحنات	جرارات		شاحنات	جرارات
0. 4 - 0. 5	3. 5 – 6	-	1. 2.5 – 2	12 – 18	9 - 18. 5
0. 65 – 1	7 – 10	9 –12	2. 5 – 4. 6	27 – 40	-

تعتبر نفقات نقل التربة غالباً معادلة لنصف كلفة عملية الردم ، والاتجاه الأساسي لتحسين المؤشرات الفنية والاقتصادية لعمل آليات النقل هو زيادة حمولة آليات النقل كونها تخفف كلفة الوحدة المعتبرة للأعمال الترابية .وفي بعض الظروف الخاصة يمكن استخدام السكك الحديدية ضمن الطاقم المشارك في عملية نقل التربة ، وهذا الأمر مرتبط بتضاريس وظروف موقع السد الطبوغرافية وظروف التعبئة والتفريغ من مآخذ التربة وموقع الردم . وعند وجود حجوم كبيرة للأعمال واعتماد أسلوب التحميل المستمر لوسائط النقل يمكن استخدام آليات عديدة منها المجارف المتعددة المغارف (حجم الأوعية السبعة المؤلفة لها تقدر ب m^3 1.38 و إنتاجيتها تصل إلى m^3/h 4360) ، واللولب الدوار بالمشاركة مع السيور الناقلة ، وإنتاجية المجارف هذه تصل إلى m^3/h 1500-2000 ولكن بمساعدة بلدوزرات عددها يتراوح ما بين (5-8) لتأمين التربة لها ، كما تستخدم لتحميل التربة والحجارة في وسائط النقل المختلفة .

في أغلب الحالات وعند استخدام السيور الناقلة تتوضع في أماكن الردم (جسم السد) أوعية بشكل قمع ، وتزود السيور بالتربة بوساطة وسائل النقل .كما تستخدم عادة السكريبرات لنقل التربة لمسافة تتجاوز 1Km ، أما السكريبرات العادية المتحركة على

دواليب مطاطية أو مجنزرة فتعتمد عند وجود مسافة نقل تتراوح ما بين4Km - 2 ، إضافة إلى عملها الأساسي هنا وهو نقل التربة فإنها تقوم بخلخلتها ومعالجتها وتسويتها عند الردم ، كما أن هذه الآلية تستخدم بحالة حفر ونقل التربة الرملية والغضارية بعد تزويدها بمعدات مثل المغارف والأسنان مع الريبر من أجل حفر ونقل التربة الصخرية ونصف الصخرية .

4-2-5- التركيب الحبي للتربة :

يتحدد التركيب الحبي لتربة المقلع بما يتوافق مع المؤشرات الفنية والاقتصادية خاصة عند عدم صلاحيتها للفرش في جسم السد الترابي وفق خواصها الفيزيائية والميكانيكية أو وفق تكنولوجيا تنفيذ الأعمال .و فيما يتعلق بالتركيب الحبي المطلوب يجري خلط الأنواع المختلفة من الترب سواء باستخدام المناخل أو إضافة نواتج التكسير ، أو غسل التربة لتخليصها من الجزيئات الغضارية وغيرها من الأساليب .

عند وجود عدة طبقات من التربة في المقلع مع وجود طبقة غير ملائمة للاستخدام غالباً ما نلجأ إلى ردم جسم السد بالتربة الممزوجة أثناء معالجتها بواسطة الحفارات الآلية ، كما أنه في الواقع يجب دائماً إزالة قطع الحجارة الكبيرة من التربة المراد ردمها وبطرق منها :

عند تحميل التربة من المقلع تجري عملية التمرير عبر المناخل لإزالة المقاييس غير المطلوبة من الحجارة ، أو خلال نقلها إلى مكان الردم تجري غربلتها مباشرة في ذلك المكان بوساطة البلدوزرات المجهزة بالمناخل .

ونتيجة للخبرات المتوفرة لا يسمح باستخدام الترب بدون معالجة عند ردم نواة السد إذا كانت هناك نوعيات مختلفة من التربة وذات رطوبة متفاوتة لكل منها تتراوح ما بين 6 % 14 – ، وفي حال بناء السدود من الترب الطينية فإن المخطط الأمثلي لتنفيذ الأعمال يعتمد أسلوباً محدداً وهو :

إجراء عملية غربلة الترب وفرز الحجارة ذات الأقطار التي تتراوح ما بين - 100 200 mm ، حيث توضع نواتج الغربلة لاحقاً في موشور الأساس للسد ، أو تطحن لاستخدامها مع الأجزاء الناعمة في الستارة المانعة للتسرب .

4-2-6- فرش التربة في جسم السد :

عملية ردم التربة تتكون من مراحل أساسية هي : ردم ، تسوية ، رص التربة .وقبل عملية الرص مباشرة هناك مرحلة إضافية هي تمهيد التربة من أجل عملية الترطيب اللاحق والمتوازن ، وفي حالة استخدام السكر يبر لإيصال التربة إلى الموقع فتختصر المراحل الأساسية للتشييد من خلال جمع عمليتي الردم و التسوية .

تقسم ساحة التشييد الفعلية إلى قطاعات متساوية الطول كما هو مبين في الشكل (12-4) ، وتنفذ في كل قطاع الأعمال التالية :

-تفريغ التربة من الشاحنات .

-فرش التربة بواسطة البلدزورات و ترطيبها .

-رص التربة بآلات الرص المعتمدة .

وفيما يتعلق بمقاييس وأبعاد أماكن الردم فتحدد وفقاً للمواصفات الفنية والتقنية للآليات المستخدمة وظروف تنفيذ الأعمال وكمثال على تجزئة الموقع إلى قطاعات فالشكل(12-4) يبين أسلوب التجزئة على طول السد عند قمته ، حيث أن الأعمال الدورية المذكورة أعلاه في قطاعات العمل تسمح بتنفيذ ردم التربة بشكل مستمر وبدون توقف للآليات المشاركة .ويحدد طول الشوط عادة بأقل من المسافة الجاري رصها في القطاع و يتوقف على نوعية التربة والمخطط المعتمد أثناء الرص ، وعادة يتراوح ما بين 100 m - 50 عند اعتماد المداحي المتحركة ذاتياً ويصل إلى 200 m في المداحي المقطورة .

قبل البدء بردم التربة في جسم السد يجري ترطيب أو تجفيف القاعدة لتحقيق الرطوبة المثالية وبعدها ترص القاعدة ، وقبل وضع الطبقة الأولى مباشرة من التربة المتماسكة نقوم بخلخلة سطح التربة ولعمق 5cm لزيادة الاتصال والالتصاق مع الطبقات اللاحقة من الردم ، وهذه الخطوة نجريها قبل كل عملية ردم لاحقة .

عند ضرورة ترطيب التربة كونها تختلف عن الرطوبة الأمثلية في الموقع فكمية المياه اللازمة لـ $1\ m^2$ من التربة باللتير تتحدد بالعلاقة :

$$q = \frac{h.\ \gamma_{ck}}{100\ \alpha} (Wo - Wk - Wn)$$

حيث أن :

γ_{ck} – اكتناز التربة Kg/m^3 .

h – ارتفاع (سماكة) طبقة التربة المرطبة .

Wo – الرطوبة المثالية للتربة .

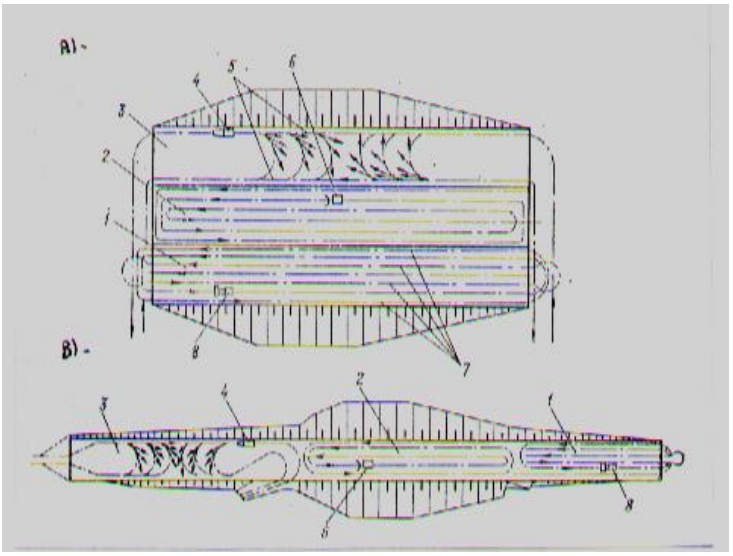
Wk – رطوبة التربة في المقلع (المأخذ) % .

Wn – ضياع الرطوبة عند الحفر والنقل والردم للتربة و تتراوح % 2-3 .

α – معامل خلخلة التربة و يساوي 1.20 – 1.15 .

تجري عملية الترطيب في القطاعات المبنية في المخطط بخراطيم المياه وتبعاً لأسلوب ردم التربة (مخاريط مستقلة ، بشكل دليل عند أطراف الميل) ، ثم تنفذ عملية التسوية للحصول على السماكة التصميمية للطبقة بالبلدوزرات . سماكة الطبقة المراد رصها عند الردم غالباً ما تتحدد بـ 1 m – 0.5 ، أما في حالة التربة الجبلية من الصخور فتصل السماكة 1 m – 1.5 ، ووفق الطريقة المعتمدة على مبدأ الدليل فالسماكة تتراوح مابين 2 m – 2.5 .

وتتحسن شروط رص التربة عند إغراقها بالماء ، وخاصة إذا كانت الجزيئات المكونة لها كبيرة نسبياً ، عملية الترطيب تتم إما في وعاء الشاحنات ، أو في موقع الردم بعد تسوية الطبقة ، أو في الميول الموجودة و كمية المياه اللازمة لـ $1\ m^3$ تتراوح ما بين $0.15 - 0.3\ m^3$ عند رشها بالخراطيم ، وتصل إلى $1\ m^3 – 0.5$ عند استخدام المآخذ المائية ذات الضغط الكبير .



الشكل (4-12) مخطط تجزئة في القسم السفلي والعلوي للسد A – القسم السفلي . B– القسم العلوي (القمة).
١– رص طبقة التربة . ٢– تسوية التربة . ٣– تفريغ التربة . ٤– الشاحنات . ٥– مسار حركة الشاحنات .
٦– البلدوزر . ٧– مخطط حركة المدحاة . ٨– المدحاة .

4-2-6-1– رص التربة :

هي العملية الأكثر أهمية في ردم التربة ، وتفرض نوعية وأسلوب رص التربة تكويناً حبيبياً محدداً، ورطوبة أولية ، وكذلك خصائص التأثير المباشر لآلية الرص . درجة الرص التصميمية يعبر عنها باكتناز التربة، وينبغي أن تحقق المتانة العالية ، مقاومة التشوهات ، وكتامة التربة .وتعتبر جزيئات التربة الجافة مسؤولة عن قوى الاحتكاك والانزلاق المقاومة لعملية الارتصاص ، ومع زيادة الرطوبة فإن قوى الاحتكاك تتناقص وترتص التربة عندها بشكل أفضل ، ولدى وصول التربة إلى الرطوبة الأمثلية فإن الكثافة تصبح أعظمية ، ومع ازدياد الرطوبة فوق الأمثلية تصبح عملية الرص أكثر صعوبة وتصل إلى حالة عدم الارتصاص عند الرطوبة العالية . كما أن التربة الغضارية ذات الترابط القوي تزيد عملية الرص صعوبة نتيجة معامل المسامية الضعيف ، حيث أن مدة إخراج المياه من طبقة التربة تزداد تحت تأثير الحمولات المؤثرة والمنقولة عبر آليات الرص .

ينفذ الرص الميكانيكي للتربة في السدود الترابية بعدة طرق هي : الدحي ، الطرق ، الاهتزاز ، الطريقة المختلطة التي تجمع أكثر من مبدأ للرص . واختيار مبدأ الرص أو

آليات الرص يتم وفق الخواص الفيزيائية والميكانيكية للتربة وظروف التنفيذ والخصائص التصميمية للآليات ، فمن أجل التربة المتماسكة تستخدم المداحي المطاطية والملساء، وكذلك المداحي الاهتزازية ، أما آليات الطرق (بلاطات ، مطارق متنوعة) فنلجأ إليها في رص التربة في المناطق القريبة من الشواطئ والمنشآت البيتونية ، وفي المناطق التي لا تسمح باعتماد الطرق الأخرى للرص ، وفي الظروف الصعبة كأوقات الشتاء . بالنسبة للترب المفككة فالآليات الأكثر فاعلية لرصها تعتمد على مبدأ الاهتزاز بشكل خاص ، بالإضافة إلى المداحي الملساء وذات النتوءات والطرق أيضاً.

١ – الدحي :

ينفذ الدحي بوساطة آليات الضغط الستاتيكي ، وفاعلية الرص في هذه الحالة تتوقف على كتلة المدحاة وقطرها وسرعة حركتها ، عدا عن ذلك فإن القيمة الفعلية هي ضغط الإسطوانات أو الدواليب المطاطية وقيمة القوة الناشئة عنها . وينصح عند الرص بالمداحي أن تتراوح سرعتها مابين 1.5 – 2 km/s في الشوط الأول والأخير ، وبسرعة 3. 5 – 4 km/s في الأشواط المرحلية .وتشارك المداحي بكافة أنواعها في عملية الرص منها المداحي ذات الإسطوانات الملساء رغم عيوب الأخيرة و المتعلقة بالتعرجات على السطح الناتج بعد الرص و نعومته .

المداحي ذات النتوءات : وهي مخصصة لرص التربة الغضارية بسماكة تصل حتى 0. 5 m للطبقة المراد رصها وبعرض للشريحة 1.8 – 4 m و طول 120 – 200 m ، والنتوءات عادة ذات أطوال تتراوح ما بين 1/7 – 1/6من قطر المدحاة ، وتنقسم هذه المداحي وفق وزنها إلى خفيفة حتى 8 t متوسطة 16 t ثقيلة حتى 28 t ولا ينصح باستخدامها في المناطق الباردة كون الترب متجمدة.

المداحي المطاطية : عدد الدواليب فيها يتراوح ما بين (8 - 3) وعرضها من 17 – 68 cm موزعة على محور أو محورين ، والمسافة مابين الدواليب لا تتجاوز 0.5 – 0.4 m من عرضها وتصنف هذه المداحي إلى أربعة نماذج : خفيفة حتى 15 t – متوسطة 25 t – ثقيلة 50 t – ثقيلة جداً وتصل إلى 100 t .

أما في حالة محور وحيد فان الوزن للخفيفة 15 t – المتوسطة 30 t – الثقيلة 45 t واستخدامها محبذ في الترب المفككة والمترابطة (المتماسكة) ، وسماكة طبقة التربة المرصوصة 0.5 – 0.7 cm ، وعدد الأشواط الضرورية يتروح (4 – 6) أشواط .

٢- الطرق :

وينفذ ببلاطات كتلتها 1.5 – 4 t وتصل حتى 40 t وبأبعاد 0.8 * 0.8 m إلى 1.3 * 1.3 m بواسطة الحفارات الآلية .وعمق تأثير الرص من ارتفاع 1 m للبلاطات حوالي 0.6 – 0.7 وبعدد الطرقات 5 وعند ثلاث من ارتفاع 2m يصل حتى 0.8m ، أما في حالة استخدام البلاطات الثقيلة والتي تصل كتلتها إلى 40t وسقوط كبير فالعمق يصل إلى 9 – 10 m .

آليات الفعل الديناميكي (الطرق) ترص التربة بالطرقات من ارتفاعات معينة، ومعامل الرص باستخدامها يتحدد فقط بكتلة العنصر الفعال وسرعته في لحظة السقوط على الطبقة المرصوصة.

٣- الاهتزاز :

يتلائم هذا النوع كما ذكر سابقاً لرص الترب الرملية و البحصية الرملية و الترب ذات المزيج من الرمل والطفال ، وتتمتع هذه الأنواع بقوى احتكاك قليلة بين جزيئاتها ويمكن انعدامها.كما أن المداحي الاهتزازية ذات فعالية أكبر من الستاتيكية ولنفس الوزن وطول الشريحة لهذه المداحي يتروح ما بين 50 – 100 m .

٤- الطريقة المختلطة :

يجرى رص الترب المفككة والمترابطة بآليات تجمع مبدأي الطرق والاهتزاز ولها تأثير سطحي وكتلتها تتروح مابين 1 – 2t ، كما تستخدم في حالة الترب الغضارية وسماكة طبقة التربة تصل إلى 1 m، أما المفككة تصل إلى 1.5 m والرملية حتى 2 m .

أخيراً ينبغي تدعيم وتسوية جوانب السد الترابي من خطر الانهيارات الجانبية من خلال تقوية الميول وتسوية حافتها بالبلد وزر خلال عملية تنفيذ الجسم ، والتربة المقطوعة تنقل للأعلى لفرشها في الطبقات اللاحقة، ولتدعيم الجوانب نقوم بزرع عوارض، حشوة صخرية، ردم البحص أو وضع بلاطات بيتونية مصبوبة بالمكان أو مسبقة الصنع .

4-2-7- اختيار بارامترات الرص الأساسية :

تتحدّد درجة رص الترب المردومة في جسم السد تبعاً لخصائصها وتوزعها فيه، ارتفاع وصنف السد ، المؤشرات الفنية والاقتصادية ، ودرجة الرص لتربة ذات تركيب حبي محدّد يعبر عنها بوساطة كثافة التربة الجافة γ_{ck} أو مسامية الكتلة .

من اجل تقييم درجة رص التربة المردومة يمكن اعتماد النصائح التالية :

١ – اكتناز التربة الغضارية الجافة تتحدد بالعلاقة :

$$\gamma ck = \frac{\gamma y \gamma B(1-V)}{\gamma B + \gamma y Wo}$$

حيث أن γy – كثافة جزيئات التربة

γB – كثافة جزيئات الماء g / cm^3 .

γy – حجم الهواء 0.06 – 0.04 .

W0 – الرطوبة الأمثلية ٪ 3 – 2 .

٢ – اكتناز التربة الرملية الجافة والبحصية تؤخذ مساوية لكثافتها الطبيعية في المقلع.

٣ – درجة رص الكتل الصخرية تتوقف على التركيب الحبي وعادة ما توافق الكثافة النسبية

J = 0.8 – 0.9 .

٤ – اكتناز الترب ذات الجزيئات الكبيرة والجافة تحسب بالعلاقة :

$$\gamma = r \cdot \gamma_o \cdot \eta$$

حيث أن : r – معامل الاكتناز النسبي المتعلق بالتركيب الحبي للتربة كما هو مبين في الجدول (3-4) .

η – المعامل المتعلق بدرجة رص المادة و المعتمد في مشروع تنظيم الأعمال γ_o – اكتناز الجزيئات المنفصلة بحالة التربة المخلخلة ويتراوح عادة ما بين 1.44 – 1.6 T/m^3 .

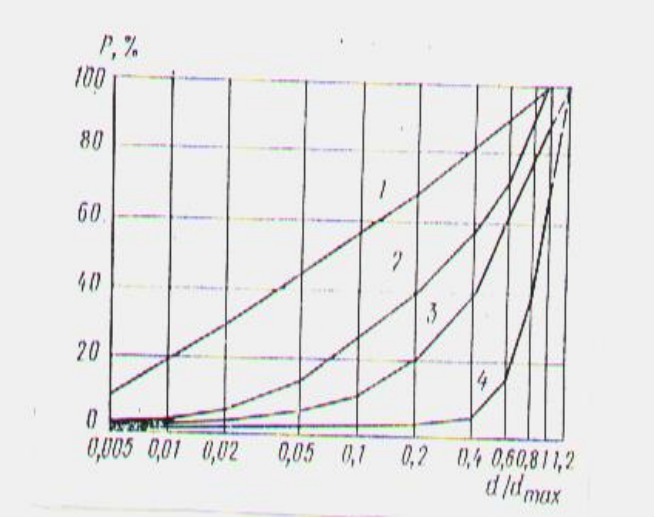
علماً أن القيم المدونة في الجدول (4-3) هي قيم لمنحنيات التركيب الحبي المبينة في الشكل (4-13) .

أما فيما يتعلق بالعلاقة بين الرطوبة و اكتناز التربة فإن الشكل (4-14) يبين الرطوبة الأمثلية المقابلة لكثافة التربة الأعظمية ، والقيم التقريبية للرطوبة الأمثلية وفق نوع التربة مبينة مع الشكل .

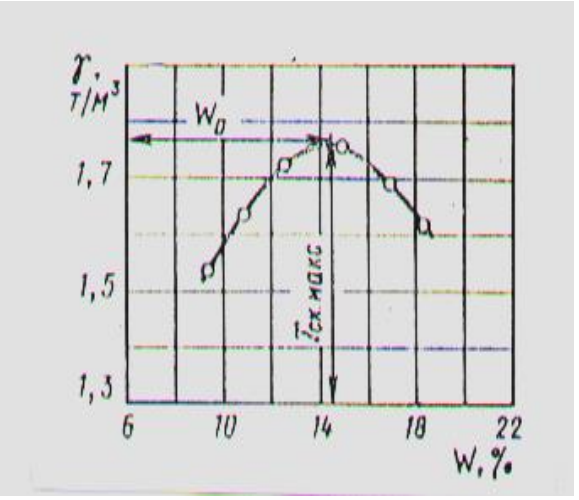
الجدول (4-3) قيم المعاملات (r,η)

نوع التربة	المعامل r لأنواع الترب المبينة في الشكل (3)			
	1	2	3	4
التربة البحصية	1.22	1.24	1.18	1.04
التربة الجبلية	1.18	1.20	1.16	1.02

نوع التربة	المعامل η عند الرص			
	مداحي اهتزازية	مداحي مطاطية	وسائط النقل	الوزن الذاتي
التربة البحصية	1.07-1.09	1.02-1.05	1.005-1.025	1.015-1.025
التربة الجبلية	1.06-1.16	1.08-1.10	1.015-1.025	1.01-1.04



الشكل (4-13) منحنيات التركيب الحبي للترب .

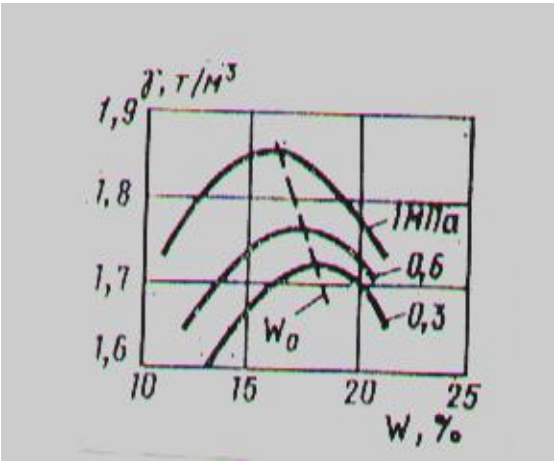


الشكل (4-14) علاقة كثافة التربة مع الرطوبة .

التربة الرملية 6-12 % ، التربة الغضارية 16-26 % ، التربة الطفالية 8-14 %

تربة طينية رملية 12-22 %

ولكن الرطوبة المثالية لا تتوقف على نوع التربة ، و إنما على الحمولة المطبقة أثناء الرص وعدد الطرقات أو الأشواط كما يوضحه الشكل (4-15) .



الشكل (15-4) علاقة درجة ارتصاص التربة الغضارية والرطوبة وحمولة الرص.

لذلك فالرطوبة المثالية والاكتناز التصميمي يتحددان بشكل نهائي وفق الخبرة ،وفي الظروف العملية ومع استخدام الأدوات والآليات السابقة تتحدد البارامترات الخاصة بالرص وهي :

- سماكة طبقة التربة .
- عدد الأشواط أو الطرقات .
- الرطوبة المثالية الموافقة للآلية المستخدمة ، والتي تصل من خلالها النفقات إلى القيمة الأصغرية لتحقيق الكثافة المطلوبة لجسم السد .

4-2-8- مراقبة نوعية التربة :

تدون في صحيفة المشروع نتائج الاختبارات الجارية على العينات المأخوذة من الموقع مع تحديد الزمان والمكان ، حيث أن شكلها يتوقف على نوع التربة وخصائصها . وتصاغ النتائج السابقة على شكل جداول ومخططات ، وتسمح المعطيات الموجودة فيها بوضع وإقرار خصائص التربة الملائمة والموضوعة في جسم السد ،وتشكل أيضاً الوثائق التقنية اللازمة الضرورية لتسليم المنشأة عند انتهاء التنفيذ ، وعند الضرورة يستفاد من المعطيات السابقة لتعديل وتحسين تكنولوجيا تنفيذ الأعمال عند البناء والتشييد واتخاذ الإجراءات الدقيقة بتنفيذ الأعمال الموثوقة ضمن السد ، وكذلك تعتمد لملاحظة المخالفات الحاصلة أثناء عمل المنشأة خلال مرحلة الاستثمار .

تتضمن مراقبة نوعية السدود الترابية الأمور التالية :

١. التأكد من تطابق نوعية الأساس والقاعدة مع المتطلبات التصميمية ، وانطلاقاً من هذا الهدف تتحدد مواصفات التربة وخصائصها الميكانيكية والفيزيائية .
٢. مراقبة صحة دراسة نوعية التربة في المقالع والمآخذ الثانوية ، وفي حال اختلاف مواصفات التربة (التركيب الحبي ، الرطوبة) عن المخطط لها يجري تعديل تكنولوجيا معالجة التربة في المقلع وفرشه في المنشأة .
٣. مراقبة حالة المنشأ (السد الترابي) وتكنولوجيا الإنشاء (مراقبة التركيب الحبي ، الرطوبة في موقع الردم ، سماكة الطبقة المرصوصة ، عدد الأشواط اللازمة للرص، دورية فرش التربة في جسم السد) .
٤. – مراقبة نوعية التربة المردومة في جميع مناطق السد : الموشور القاعدي ، العناصر المانعة للتسرب ، الفلاتر المعاكسة للمصارف .

والمعايير الأساسية لنوعية التربة هي : الكثافة التصميمية للرص (اكتناز التربة)، رطوبة التربة الغضارية، التركيب الحبي، الكتامة، المرونة، زاوية الاحتكاك الداخلي ، اللزوجة ، معامل نفاذية التربة .

تتولى مختبرات التربة المجهزة بأدوات ومعدات ضرورية لإجراء التجارب و المراقبات الإختبارية على عينات التربة وبإشراف المهندس المشرف على التنفيذ ، وتجري تلك الاختبارات تبعاً للوثائق والمخططات والشروط الفنية والتقنية الموضوعة للتشييد ، و وفق القواعد والإرشادات المقررة للمراقبة .

تؤخذ العينات من أماكن عديدة منها : قواعد السد ، المقالع المدروسة ، التربة المردومة في جسم السد وتختبر بالطرق المعروفة في ميكانيك التربة .

يتحدد عدد وحجم عينات الاختبار وفق شكل التربة المحدد بالمواصفات ، مكان أخذ العينات ، حجم وأهمية المنشأة ، فمن أجل تحديد المجموعة الكاملة للخصائص الفيزيائية و الميكانيكية للتربة تؤخذ عينة واحدة لكل 50 – 20 ألف متر مكعب من التربة المردومة ، كما تؤخذ العينات من أجل تحديد الخصائص الأساسية من كل طبقة مرصوصة للتربة وفق المواصفات المعتمدة .

مراقبة أخذ العينات مرتبطة بنوع الاختبارات المراد إجراؤها ، وكذلك نوعية التربة فمثلاً: تحديد الرطوبة والكثافة لعينات تربة غضارية أو رملية تؤخذ بواسطة الاسطوانة المعدنية ذات القطر 60-70 mm و سماكة جدارها 1 mm وتنغرس في التربة حتى الامتلاء الكامل،أما في حال تحديد المتانة والتشوه والنفاذية للعينات الغضارية ، فإنها تؤخذ بشكل صحيح وسليم غير مشوه (بنية مخربة) ذات أبعاد 20 x 20 x 20 cm للحفاظ على الرطوبة الطبيعية وبسرعة لاختبارها ، حيث أن الطرق السريعة لتحديد الرطوبة و الكثافة للترب الرملية والغضارية تعطي نتائج موثوقة .

4-3- تكنولوجيا تنفيذ الأنفاق

4-3-1- مقدمة :

تعدّ الأنفاق من المشاريع الصعبة التنفيذ ، حيث تمتاز بمقاطع ومقاسات وأشكال متعددة (أنفاق – مناجم) . كما أن اختلاف العوامل الجيولوجية والهندسية تزيد من صعوبة تنفيذ مشاريع الأنفاق كون تكنولوجيا تنفيذها متعلقة إلى حد كبير بالخواص الهندسية والجيولوجية لكتل الصخور المشكلة لها (الخواص الفيزيائية والميكانيكية ، تشقق الكتل الترابية ، وجود الأنفاق تحت مستوى المياه الجوفية).

4-3-2- أصناف التربة :

- الترب القاسية : وتشمل جميع أنواع الترب غير النفوذة ذات المقاومة العالية على الضغط .
- الترب متوسطة القساوة : وهي التربة التي تنخفض مقاومتها وخواصها عند معالجتها.
- الترب الرخوة : وتشمل الترب الرملية والغضارية .

تتحدد مقاومة التربة على اعتبارها من أهم الخواص الهندسية الواجب اعتمادها لدى دراسة الأنفاق بمعامل الصلابة المساوي لـ 10% من مقاومة التربة على الضغط ، والمعبر عنها بالعلاقة التالية :

$$f = R / 10$$

ويكون معامل الصلابة للترب القاسية $f > 8$ ، والترب متوسطة القساوة $f =$ 4-8 ، أما الترب الرخوة فيكون $f < 4$.

ومن الخواص الأخرى للتربة والواجب معرفتها لدى دراسة تنفيذ المنشآت الأرضية ومنها الأنفاق نذكر : التماسك ، المسامية ، النفاذية ، الرطوبة الطبيعية حد السيولة ، حد اللدونة ، زاوية الاحتكاك الداخلي ، وغيرها من الخواص .

في حال تنفيذ الأنفاق العميقة تجري عملية سقف النفق بقبة صخرية أو بيتونية وتكون قوة الضغط المؤثر على الدعامات ناتجة عن الترب المحيطة بالنفق مباشرة ، أما في حال حفر الأنفاق غير العميقة (العمق أقل من ضعف ارتفاع النفق) عندها لا حاجة لتشكيل القبة ، ويكون الضغط المؤثر على الدعامات هو مجموعة الحمولات الموجودة أعلى النفق .

إن ضغط التربة المؤثر على النفق له أشكال متعددة ، وهو مرتبط بمواصفات الكتل الترابية ، ففي حال الترب القاسية يؤثر الضغط الشاقولي فقط ، وأحياناً يوجدالضغط الجانبي بسبب الشقوق المتواجدة بطبقة التربة المحيطة بالنفق ، وفي حالة الأنواع الأخرى للترب يؤثر على الدعامات وبطانة النفق ضغطا شاقولي وجانبي بآن واحد ، وفي بعض الأحيان ضغط من الأسفل .أما في حالة الترب الرخوة فيوجد جميع أنواع الضغوط المذكورة أعلاه، وعليه يجب دراسة الضغوط المختلفة المؤثرة على النفق أثناء عمليات الحفر ودراسة خواص الترب وإمكانية الانزلاق بسبب وجودالمياه ، وكذلك دراسة وجودالغازات الضارة وتحليلها كيميائياً لكي يتم حفر وتنفيذ النفق بشكل آمن .

واستناداً إلى ما ذكر أعلاه يمكن اختيار طريقة التنفيذ ونوع طبقات التبطين تبعاً لمعامل الصلابة ومقاومة الانزلاق ونسبة الشقوق المؤثرة على ضغط التربة ، وبالتالي على اختيار نوع التدعيم المؤقت للنفاق والبطانة (قشرة النفق) .وفي حالة وجود المياه ضمن التربة المحيطة بالنفق ، فانه يجب علينا دراسة تخفيض منسوب المياه الجوفية ، وعزل طبقات التبطين عن الماء ، واستخدام الأنواع الخاصة من الإسمنت ، ولابد من إعطاء أهمية كبيرة لنوعية الغازات الموجودة في التربة وخاصة H_2S والمتواجد بكثرة في الترب وCO_2 وCH_4 ، والذي يتطلب بالنتيجة تهوية الأنفاق .

4-3-3 - تكنولوجيا حفر الأنفاق :

تتلخص تكنولوجيا شق الأنفاق بخلخلة وتفتيت الكتل الترابية القاسية بالتفجير أو باستعمال المطارق الآلية ، ويحفر مقطع النفق دفعة واحدة أو على دفعات مع إحلال

الدعامات المؤقتة للمقطع بدلاً من الكتل المستخرجة ، كما وينفذ مقطع النفق بطريقتي الحفر المتواصل أو بتجزئة المقطع .

١- طريقة الحفر المتواصل :

تستعمل هذه الطريقة لحفر الأنفاق ذات الكتل الترابية الكبيرة والعالية المقاومة، معامل صلابتها $f > 4$ ، حيث يتم من خلال هذه الطريقة حفر جبهة العمل بشكل كامل (دون تجزئة المقطع إلى أقسام) مع إجراء عمليات التدعيم المؤقت وتنفيذ القشرات (البطانات)الدائمة .أما حفر الكتل الترابية القاسية فيتم دون تدعيم مؤقت ، وفي حال وجود الشقوق فتدعم بوساطة الدعامات المعدنية التلسكوبية ، وتنصب الدعامات الهيكلية المعدنية في حال ازدياد قيمة ضغط التربة وانخفاض مقاومة سقف النفق .

إن عدم كفاية صلابة الهيكل المعدني وعدم قدرته على تحمل الضغط الناجم عن التربة يستدعي تنفيذ البطانة البيتونية للنفق على مسافة لا تزيد عن 100 m من جبهة الحفر . و في حال الحفر ضمن الكتل الصخرية المتشققة ذات معامل الصلابة $f = 2\text{-}3$ ، فتدعم برشها بطبقة من البيتون مباشرة بعد التفجير ، ومن ثم تنصب شبكة من الدعامات المعدنية التلسكوبية وبطول يتراوح ما بين 2,5-3 m على شكل شبكة 1,5 x 1,5 m وترش الطبقة البيتونية الثانية بسماكة 10 cm ، و نقوم بتسليحها لمنع حدوث التشققات في هذه الطبقة.

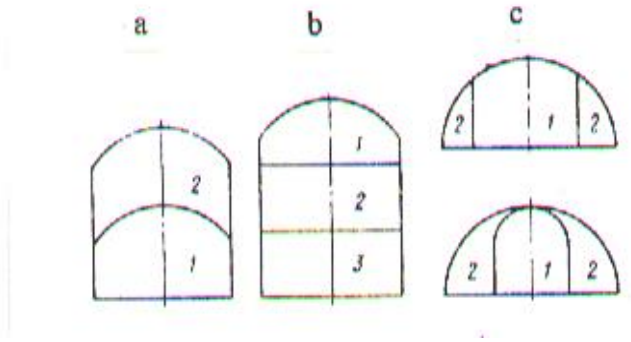
٢- طريقة الحفر المجزأ للمقطع :

تلاقي هذه الطريقة انتشاراً واسعاً في الأنفاق ذات الأطوال الكبيرة والمقاطع التي تزيد عن $100\ m^2$ وارتفاع يتجاوز 10 m ، حيث يجري تقسيم جبهة الحفر إلى عدة أقسام ، وينفذ الحفر وفق ثلاثة مخططات رئيسية هي :

- **مخطط الحفر الأول** : يحفر القسم السفلي من المقطع في البداية وعلى كامل طول النفق ، ومن ثم يحفر القسم العلوي ، الشكل (16-A) .
- **مخطط الحفر الثاني** : وهي الطريقة الأكثر انتشاراً وتعتمد على حفر مقطع النفق على مرحلتين أو ثلاث مراحل كما في الشكل (16- B) ، حيث يتم في البداية حفر القسم العلوي من النفق على كامل طوله ، ومن ثم صب البطانة العلوية . بعد ذلك يتم حفر القسم الثاني وصب بطانة (قشرة) الجدران ، وأخيراً يحفر القسم السفلي

وتصب الأرضية . تؤمن هذه الطريقة تقوية سريعة لسقف النفق في حالة الترب سريعة الانهيار ، وتسمح باستخدام آلات الحفر ذات الإنتاجية العالية .

- **مخطط الحفر الثالث :** يستخدم هذا المخطط في حالة المقاطع الكبيرة (العرض أكبر من 20m)، وذلك في الترب القاسية والقاسية ذات الشقوق ، وتسمح هذه الطريقة بتقوية سقف النفق بشكل كبير واختيار آلات الحفر المناسبة ، الشكل (16– C) .

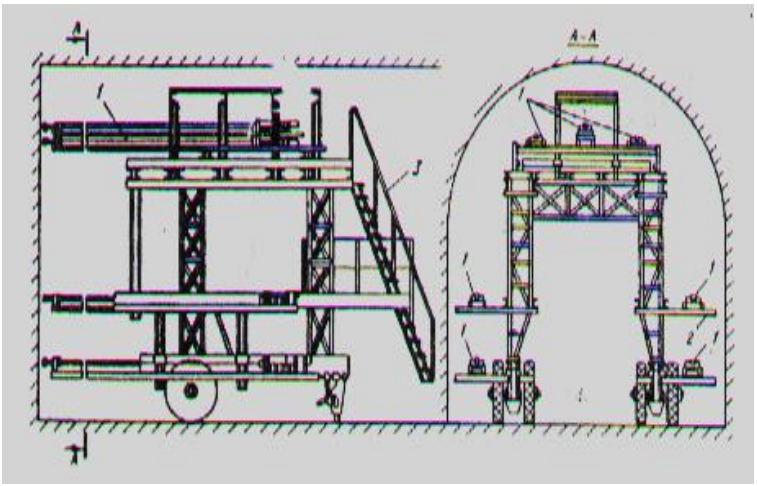


الشكل (16-4) طرق الحفر .

A , B , C – مخططات حفر النفق . 1, 2 – تسلسل الحفر .

4-3-4- أعمال التفجير :

تحفر حوالي 95% من الكتل الترابية القاسية بوساطة التفجير كون هذه الطريقة تتمتع بسهولة الاستخدام وبالإنتاجية الكبيرة ، حيث يتم تجهيز الثقوب والآبار داخل الكتل الترابية وتوضع المتفجرات بداخلها،وعملية التفجير تؤدي بالنتيجة إلى تفتيت الكتل الترابية القاسية وإضعافها ، كما تستعمل في حفر واجهة النفق الهياكل المعدنية الخاصة والمزودة بمثاقب آلية مثبتة على الهيكل ، الشكل (17-4) .



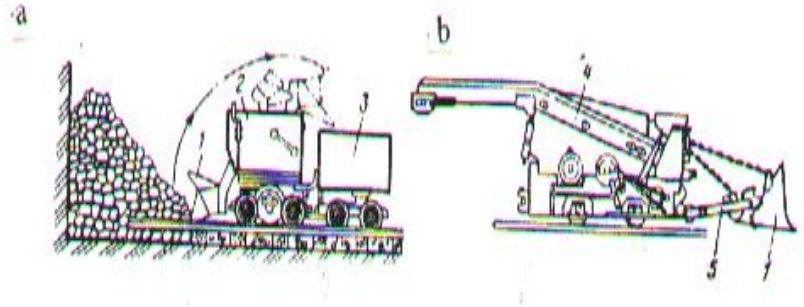
الشكل (17-4) هيكل خاص بثقب واجهة النفق .

١- مثقب ٢- حوامل المثاقب ٣- سلم

4-3-5- تحميل ونقل نواتج التفجير :

تتشكل بعد تنفيذ عملية التفجير أكوام من التربة المفتتة بدرجات نعومة مختلفة ، ومن خلال الحسابات الدقيقة لعمليات التفجير فان مقاسات الأكوام المتشكلة تتراوح ما بين 0,25-0,70 من ارتفاع المقطع و 2-2,5 من مجازه ، وهذا الأمر يساعد على تشكيل جدران وسقف النفق المراد تنفيذه ، كما ويزيد من فعالية أعمال تحميل التربة .

في حال نقل التربة داخل النفق بالسكك الحديدية يجري تحميل الربة داخل عربة القطار بوساطة آليات تحميل خاصة تسير على سكة حديدية ، وتكون هذه الآليات ذات نظام عمل دوري ، الشكل (18- a) ، حيث يقوم وعاء الآلية بتعبئة التربة ، ومن ثم تفريغها في العربة المخصصة أو آليات ذات نظام عمل مستمر ،الشكل (18- b) ،والتي تختلف عن سابقتها بتفريغ التربة على سير ناقل ، وبعدها تفرغ التربة في عربة القطار ، وتصل إنتاجية هذا النوع من الآليات إلى $60\ m^3 / h$. وتستخدم الشاحنات في نقل التربة في حالة الأنفاق ذات المقاطع الكبيرة دون الحاجة لسكة حديد نظراً لسهولة عمليات التحميل .



الشكل (18-4) آليات تحميل نواتج الحفر .

A – آلية ذات نظام عمل دوري . b – آلية ذات نظام عمل مستمر .

١– وعاء التحميل ٢– حجرة القيادة ٣– صندوق التحميل ٤– قشاط متحرك ٥– ذراع وعاء التحميل .

4-3-6– التدعيم المؤقت في الأنفاق :

من أجل تحقيق حالة الأمان في الوسط الصخري غير المستقر بشكل كاف عند القيام بأعمال الحفريات لإنشاء الأنفاق ، فإنه يستخدم تدعيم مؤقت لمنع تطور ونمو ضغط التربة وانسلاخ وتساقط الكتل الصخرية غير المستقرة ولحماية العمال والفنيين داخل الحفرية حتى لحظة إنشاء قشرة النفق (التدعيم الدائم) ، وتتعلق أبعاد وهيكل منشأ التدعيم وطرق التدعيم بدرجة كبيرة بالشروط الطبيعية للوسط الصخري وسلوكه بعد حفر مقطع المنشأة . في الصخور المتشققة والمتطبقة وتوضعات الترب الغضارية يمكن أن يحصل حركة و انهيارات بعد إجراء الحفر في بعض الكتل بشكل مستقل أو في الطبقة الترابية بالكامل عندما تفقد استقرارها والذي يحصل بعد فترة زمنية تستمر عدة أيام وليس مباشرة بعد حفر المقطع ، هذه الفترة الزمنية تكون كافية من أجل وضع تدعيم مؤقت على جزء حفرية النفق بطول 2 - 4 m (بالعلاقة مع طابع و خصائص الصخر) .

من أجل الاختيار الصحيح لمنشأة التدعيم وأبعادها من الضروري تحديد المعطيات الجيوهندسية الكاملة والمواصفات الفيزيائية – الميكانيكية للوسط الصخري وقيم ضغط الوسط الصخري أو بارامترات الطبقة المفتتة من الصخر ، لكن تحديد ضغط الصخر مسألة معقدة جداً وليس دائماً تعطي حلاً دقيقاً حتى بعد حفر الصخر ، عدا على ذلك فإن الحمولات المطبقة على منشأة التدعيم يمكن أن تتغير مع الزمن لعدة أسباب وهي :

تأثير أعمال التفجير ، تغير المواصفات الفيزيائية – الميكانيكية للترب نتيجة التأثيرات الحرارية و إشباعها بالماء .

أما أهم المتطلبات الفنية والاقتصادية والتكنولوجية للتدعيم المؤقت فهي :

- **المتطلبات الفنية** : المتانة العالية والاستقرار بهدف تحمل القوى المؤثرة (الستاتيكية والديناميكية والزلزالية والقوى الناتجة عن أعمال التفجير) مع عامل أمان احتياطي.
- **المتطلبات الاقتصادية** : توفر المواد اللازمة للتدعيم والعمر الاستثماري الطويل و الكلفة غيرا لكبيرة ، وأبعاد التدعيم وكتلته القليلة .
- **المتطلبات التكنولوجية** : بساطة وسهولة تحضير وتنفيذ التدعيم وإمكانية مكننة العمل بهدف إنجاز التدعيم بأقل وقت ممكن بحيث لا تعيق بقية أعمال الإنشاء .

يمكن تقسيم التدعيم المؤقت حسب طبيعة عمله إلى تدعيم تثبيت وتدعيم تمتين (بهدف زيادة متانة الصخر) ، التدعيم المؤقت المثبت يكون بالإطارات المعدنية ، أما النوع الثاني بالأوتاد (شدادات) أو بالبيتون المقذوف . وتستهلك الإطارات المعدنية كميات كبيرة من المقاطع الفولاذية وتستخدم فقط في الصخور غير المستقرة ذات عامل صلادة $f_k < 4$ ،و ينصح في المنشآت المائية تحت الأرضية باستخدام الأوتاد والبيتون المقذوف .

يستخدم التدعيم بالأوتاد بشكل عام مع طبقة من البيتون المقذوف أو بدونه في الصخور عندما يكون $f_k \geq 4$ ، ويتم استخدام هذا النوع من التدعيم في الصخور الأكثر ضعفاً عند توفر أسس الاختبارات الطبيعية، وكقاعدة يتم استخدام الأوتاد والبيتون المقذوف معًا عند وجود شبك معدني (شبكة تسليح) ، كما يسمح باستخدام التدعيم من البيتون المقذوف مع أوتاد وشبك معدني في الصخور الأكثر ضعفاً مثل الغضار الكثيف لمنع حدوث الانتفاخ الموضعي فيه .

أما التدعيم بالبيتون المقذوف (المؤقت) في الصخور ذات معامل صلادة $f_k \geq 6$ عندما لا يقل تماسك البيتون المقذوف مع الصخر عن $0.5\ Kg/CM^2$.وفي الصخور الضعيفة جداً $f_k < 2$ وخاصة في المناطق التكتونية يمكن استخدام تدعيم مؤقت من البيتون الذي يصب مباشرة بعد إجراء الحفرية بمساعدة قالب درع الحفارة .

١ – التدعيم بالإطارات المعدنية :

يستخدم هذا النوع من التدعيم في الشروط الجيوهندسية المعقدة و الصخور الضعيفة والمنهارة ذات عامل صلادة $f_k < 4$ ، و هي عبارة عن منظومة فراغية مضلعة أو قوسية ذات مقطع على شكل I أو مجراة أو مقاطع خاصة تتصل مع بعضها بقضبان أو شدادات وفق الاتجاه الطولي للنفق لتحقيق الاستقرار الطولي للتدعيم ، المسافة ما بين القضبان تتراوح بين 1.5 m – 1 ، و لتحقيق قساوة و استقرار توضع الإطارات في مناطق الانهيار التكتوني ينصح بصب البيتون عند استناد القوائم و بارتفاع 1.5 m – 1 .

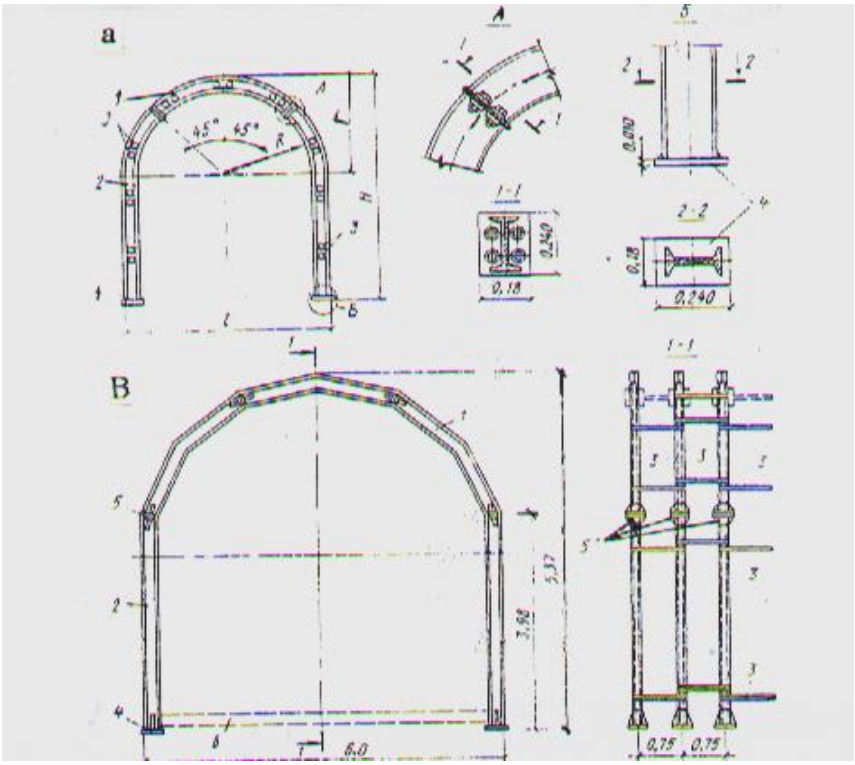
تتكون الإطارات المعدنية من عناصر عدة مرتبطة بأبعاد الحفرية و تتصل مع بعضها ببراغي تثبيت ، نبين في الشكل (4-19) إطارات التدعيم الأكثر انتشاراً و هي ذات قبة نصف دائرية أو مضلعة الشكل . أما الإطارات المعدنية نفسها فتكون ذات مقطع I (*No*14-27) و المسافة بين الإطارات تتراوح ما بين 1.3 m – 0.5 ، كما أن القوائم الشاقولية للإطارات توضع في حفرة بعمق 20 cm – 15 ضمن الأرضية ، و عند وجود ضغط جانبي فإن هيكل الإطار يكون مغلقًا . يوضع ما بين الإطارات و الصخر وفق كامل محيط ألواح خشبية أو بلاطات من البيتون المسلح المثبتة بشكل جيد إلى الصخر باستثناء الجدران المستقرة نسبياً حيث توضع الألواح أو البلاطات عند قبة الحفرية فقط ، أما في الأنفاق المضغوطة لا يسمح باستخدام الألواح خشبية .

يتم وضع الإطارات المعدنية مباشرة بعد تعزيل الصخر المفتت ، في البداية توضع القوائم من الجهتين بنفس الوقت و من ثم بقية العناصر حتى إغلاق المقطع بالكامل ، يتم تجميع عناصر القبة برافعة متحركة .

يتم الحساب الستاتيكي للإطار بطريقة مشابهة لحساب القشرات على ضغط التربة فقط ، طريقة تحديد عامل المقاومة تكون مختلفة .

من أجل الاقتصاد في استهلاك المعدن تستخدم في بعض الحالات المتفرقة أقواس شبكية مكونة من زوايا و قضبان تسليح محلزن ، كما أن هذه الأقواس تستخدم كحديد تسليح لقشرة النفق الدائمة من البيتون المسلح،نبين في الشكل (4-20) هيكل الأقواس الشبكية المكونة من عناصر مجمعة ، و كل عنصر من عناصر الشبكة يتكون من أربعة قضبان من التسليح العامل (1) أقطارها 26 mm – 24 و وصلات فيما بينها (2)

أقطارها 16 mm و صفائح استناد (3) أبعادها 300 x 350 mm حيث يوجد فيها ثقوب (4) لتجميع البراغي.



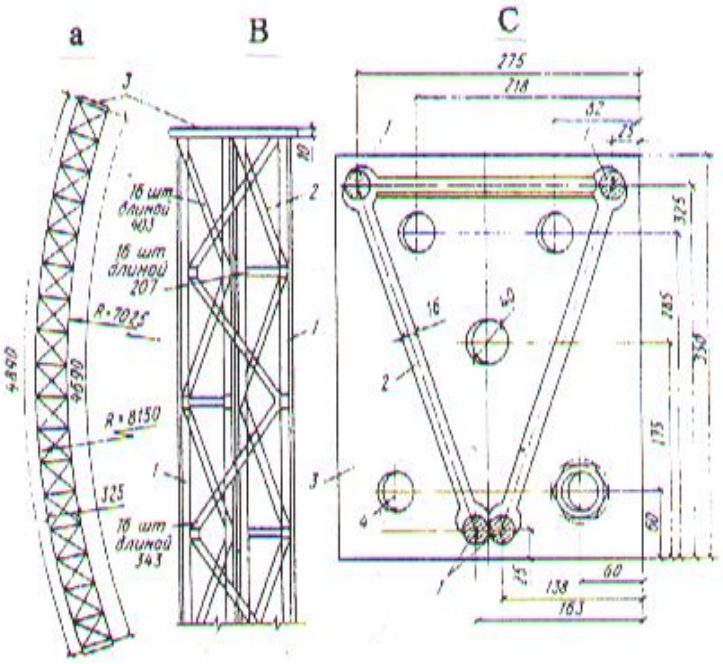
الشكل (19-4) الإطارات المعدنية المستخدمة في التدعيم المؤقت .

A – إطار ذو قبة نصف دائرية . b – إطار مضلع الشكل .

١– قوس علوي ٢– قوائم ٣– شدادات وصل معدنية ٤–٠ صفائح استناد ٥– وصلة تجميع ٦– شدادات .

٢ – التدعيم بالأوتاد :

تقوم الأوتاد بمنع حدوث التكهفات في الصخر نتيجة انهياره ، وكذلك تسمح بإدخال الوسط الصخري المحيط بالعمل المشترك مع قشرة النفق وتحول قبة وجدران الحفرية إلى منظومة إنشائية واحدة قادرة على تحمل قوى عالية ، يتحقق خلالها استقرار الحفرية عند استخدام أوتاد التدعيم بفضل زيادة الخصائص الحاملة للتربة بنتيجة تثبيت طبقاته المنفصلة أو المناطق المنهارة من داخل الصخر .

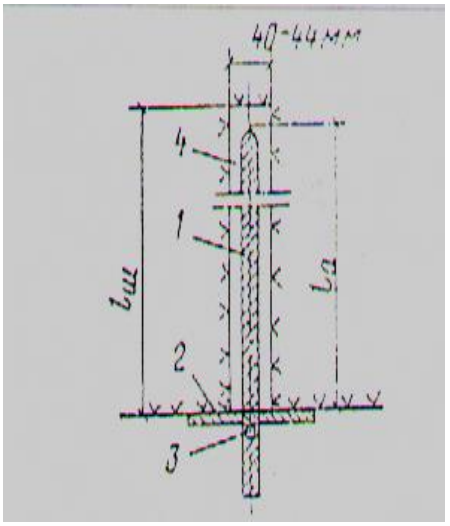


الشكل (20-4) القوس الشبكي المعدني .

A – الشكل العام للقوس . b – مخطط فراغي للشبكة . c – شريحة استناد .

ويوجد وفق هيكل ومبدأ التثبيت في الصخر ثلاثة أنواع من الأوتاد : معدني ، بيتون مسلح، أوتاد من المواد الإيبوكسية اللاصقة . في الأنفاق والمنشآت المائية تحت الأرضية لاقت الأوتاد البيتونية المسلحة انتشاراً واسعًا الشكل (21-4) فهي تحقق متانة تثبيت عالية وتتحمل بشكل جيد قوى الشد والقص ، وهي تنفذ من قضبان فولاذية محلزنة قطارها تتراوح بين 16 – 25 mm ، أما السبر فيملأ بالمحلول الإسمنتي – الرملي المحضر من اسمنت بورتلاندي عيار M 300 – M 400 ، وفي بعض الحالات عندما يتطلب إدخال الأوتاد في العمل مباشرة تستخدم أنواع مختلفة من إسمنت الألو مينا التي تسمح بالحصول على متانة تثبيت عالية للشداد تكفي لتحمل قوة 6 – 8 Tc خلال 4 – 6 hour ، وقدرة تحمل الأوتاد من البيتون المسلح يصل حتى 10 – 18 Tc تبعاً لأقطارها

ولأطوالها . في الصخور المغمورة من المنطقي استخدام أوتاد من المواد البوليميرية المسلحة حيث يستعاض عن المحلول الإسمنتي الرملي بمواد لاصقة سريعة التصلب .



الشكل (21-4) الأوتاد البيتونية المسلحة .

١- تسليح محلزن ٢- صفيحة استناد ٣- عزقة ٤- محلول إسمنتي .

المسافة بين الأوتاد بالاتجاهين الطولي والعرضي عند قبة الحفرية تساوي القيمة الدنيا من بين القيم المحددة بالشروط التالية على أن لا تقل عن 1.0 m :

١- تشكل قبة صخرية .

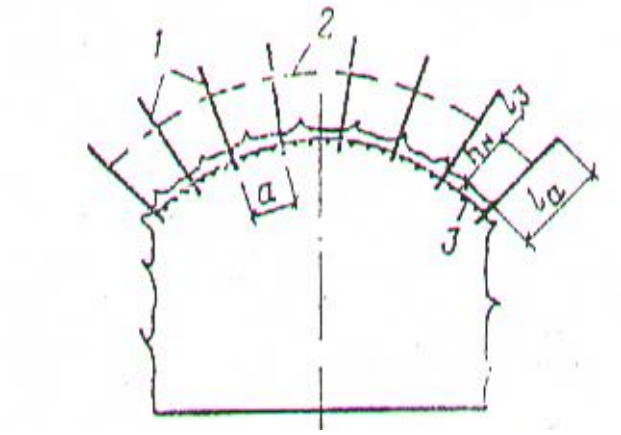
٢- استقرار الصخر بين الأوتاد .

٣- متانة تثبيت الأوتاد .

تتحدد ضرورة استخدام أوتاد تدعيم في جدران الحفرية من خلال الشروط الجيوهندسية والحالة الإجهادية للوسط الصخري،وبغض النظر عن نوع الأوتاد فإنها يمكن أن تستخدم بالتناسق مع شبك معدني (كما نوهنا سابقًا) من قضبان محلزنة أقطارها – 2 6 mm والخطوة بين القضبان تتراوح بين 30 x 30 mm وحتى 100 x 100 mm ، يتوضع الشبك بين الأوتاد لحفظ الحفرية من تساقط الحجارة والصخور الشكل (22-4) .

أما طريقة إملاء السبر بالمحلول الإسمنتي فهي تنقسم إلى : حشوي ، حقن ، نوع مموج (محزم) كما في الشكل (23-4) ، والأوتاد الأكثر استخداماً وانتشاراً هي النوع

الحشوي ، ولإنشاء هذا النوع من الأوتاد في البداية تملأ السبور المحفورة في الصخر بمحلول إسمنتي كثيف القوام،ومن ثم يدخل القضيب المعدني،لقد استخدمت مثل هذه الأوتاد بشكل واسع كتدعيم مؤقت في المنشآت تحت الأرضية مثل المحطات الكهرمائية .



الشكل (22-4) مخطط تدعيم الحفرية بوساطة الأوتاد .

١- أوتاد ٢- حدود المنطقة القابلة للانهيار ٣- شبكة معدنية .

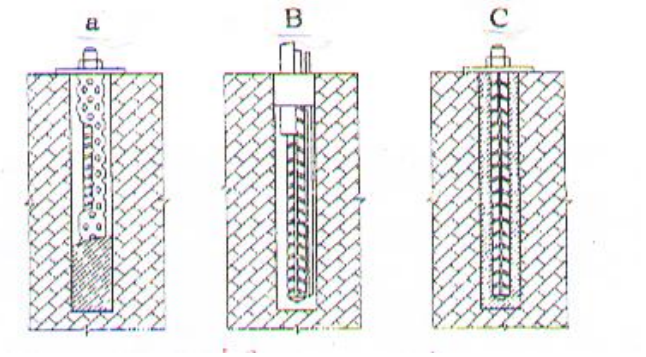
المادة الأساسية التي تحدد متانة الوتد والفترة الزمنية اللازمة لدخوله في العمل و تكنولوجيا الإنشاء هي المحلول الإسمنتي – الرملي أو المحلول الإسمنتي .

في حالة الأنفاق ذات المقاطع الكبيرة عندما يكون هناك ضرورة لحقن المحلول في السبر من مسافة 15 m – 10 فإن تكوين المحلول يجب أن يحقق المتطلبات التالية : القدرة الحركية التي تحقق إمكانية انتقال المحلول عبر الخرطوم لقطع المسافة المطلوبة ، تجانس المحلول و عدم ترسبه ، متانة عالية ، و تخفف لزوجة المحلول و تحسين شروط حركته في الخرطوم ينصح باستخدام رمل صغير الجزيئات ذي معامل حبيبي M = 1.3 – 1.5 . والمحاليل الأكثر استخداماً في الأوتاد من الناحية العملية هي التي تحقق المواد الداخلة في تركيبه النسب التالية : C/S = 1/0 (لا يوجد رمل في المحلول) مع W/C = 0.3 – 0.35 والمحلول C/S = 1/1 أو C/S = 2/1 مع W/C = 0.3 – 0.4 .

حيث : C - رمز الإسمنت ، S - الرمل ، W - الماء .

ولكن السيئة الأساسية للأوتاد البيتونية المسلحة التي تزود بالقضبان المعدنية بعد صب المحلول الإسمنتي هو أن الحمولات التصميمية تتراوح بين 120 KN – 80 ، وهذه الأوتاد تدخل في العمل فقط بعد وصول متانة المحلول إلى المتانة المطلوبة .

من أجل اختصار زمن تصلب المحلول يستخدم إسمنت ألومينا سريع التصلب وهو أكثر كلفة، كما يمكن استخدام مواد مسرعة للتصلب (كربونات البوتاسيوم وألومينات الصوديوم والزجاج السائل وكلوري الكالسيوم) .



الشكل (23-4) الأوتاد البيتونية المسلحة .

A – إملاء الوتد بالحشوة b – الحقن c – مموج .

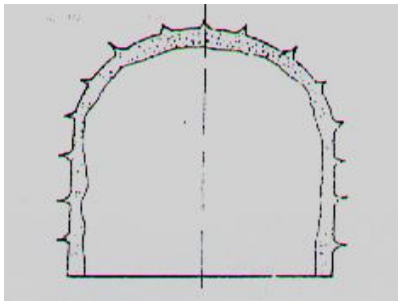
من أجل تسريع وتيرة العمل والحصول على مقاومات عالية يمكن استخدام المواد البوليميرية في الأوتاد، والمركب المثبت الأساسي في هذه المواد هي الإيبوكسية والبوليفرية والفينولية اللاصقة ، ويدخل في التركيب رمل ناعم أو اسمنت ومواد مسرعة للتصلب، تعبأ المواد البوليميرية ضمن عبوات من النايلون التي تدخل في السبر المحفور، ومن ثم يدخل القضيب المعدني ذو النهاية الحادة الذي عند دقه يمزق غلاف العبوة وتختلط جميع مكونات المادة البوليميرية .

٣- التدعيم بالبيتون المقذوف :

يعتبر التدعيم بالبيتون المقذوف الأكثر فعالية فهو يمكن أن يكون تدعيماً مؤقتاً سريع التصلب وتدعيماً دائماً للوسط الصخري . خلال عملية صب البيتون المقذوف تحت ضاغط عال فإن جزيئات الإسمنت والرمل المتطايرة تعمل على إغلاق الفجوات والشقوق

الموجودة في الطبقة السطحية الضعيفة ، وتعمل طبقة الصخر المشبعة بالإسمنت مع طبقة البيتون المقذوف سواء أكان تدعيماً مؤقتاً أم قشرة دائمة ضمن فعل متبادل مما يؤدي إلى ظهور منشأة عالية التحميل . ويخفف البيتون المقذوف من تركيز الإجهادات في الوسط الصخري ويزيد من استقراره ، بفضل التماسك بين البيتون المقذوف والصخر ، ولا يحصل انسلاخ طبقة البيتون عن الصخر حتى لو كانت طبقة التغطية رقيقة فإنها تحمي الصخر من الانهيار بفعل العوامل الخارجية ، وبدون هذه الطبقة فإن متانة الكثير من الصخور تنخفض مع الزمن حتى % 70 – 60 من القيمة البدائية ، وفي الوسط الصخري الضعيف غير المستقر نسبياً يتم صب البيتون المقذوف مباشرة بعد إجراء الحفرية .

تتراوح سماكة طبقة التدعيم المؤقت من البيتون المقذوف من عدة سنتيمترات وحتى 15 cm حسب تجاويف سطح الصخر الشكل (4-24) ، في التنفيذ العملي فإن سماكتها تساوي بشكل وسطي 10 cm – 5 ، عندما يكون سطح التماس كاملاً مع الصخر المحيط ومستوى تنفيذ العمل جيد ، فإن منشأة البيتون المصبوب بالقالب (قشرة النفق الدائم) تكون ذات مواصفات تحمل عالية . وبالعلاقة مع الشروط الجيوهندسية للمشروع فإن التدعيم بالبيتون المقذوف بالتناسق مع الأوتاد الشكل (4-25) يمكن أن يتغير ضمن مجال واسع وذلك بتقوية أوتاد التثبيت وزيادة سماكة طبقة البيتون المقذوف وتثبيت الصخر بالحقن الإسمنتي واستخدام شبكة معدنية . وعند استخدام التدعيم بالإطارات المعدنية فإن البيتون المقذوف يمكن أن يستخدم كطبقة مالئة للفراغ المتشكل بين الإطارات عوضًا عن استخدام العوارض الطولية (الشدادات أو القضبان المعدنية) الواصلة بين الإطارات مما يحقق بذلك استقرار الإطارات .



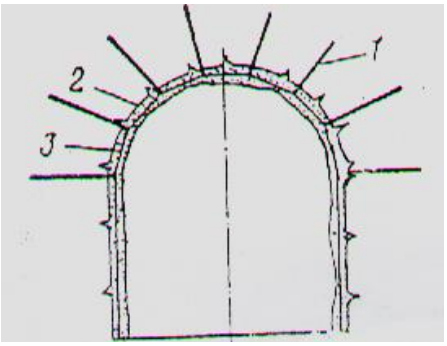
الشكل (24-4) التدعيم المؤقت بالبيتون المقذوف .

4-3-7-تنفيذ بطانة الأ نفاق :

يمكن تبطين الأنفاق بالبيتون المسبق الصنع أو بالبيتون المصبوب بالمكان أو بطبقة من البيتون المختلط .

١- التبطين بالبيتون مسبق الصنع :

يتم تشكيل القطع اللازمة من البيتون مسبق الصنع وتربط لاحقاً في موقع التنفيذ مع بعضها بوساطة مفاصل خاصة .



الشكل (25-4) تدعيم مؤقت بالأوتاد .

١- الوتد ٢- شبك معدني ٣- بيتون مقذوف .

٢- التبطين بالبيتون المصبوب بالمكان :

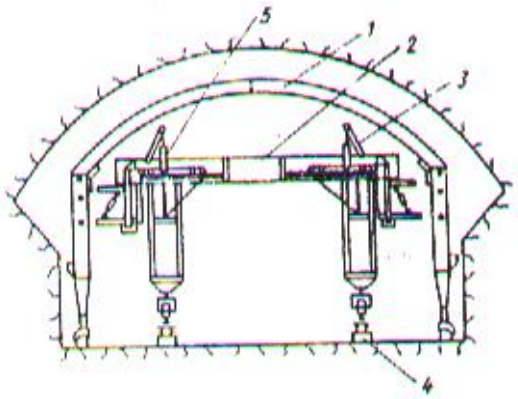
في حالة البيتون المصبوب بالمكان يجري التبطين بعدة طرق أهمها :صب البيتون باستخدام القوالب وتتلخص بما يلي : في البداية يتم تركيب القوالب الثابتة أو المنزلقة ، وبعدها تجري عمليات صب البيتون ذي هبوط مخروط أبرامز الذي يتراوح مابين 8 - 6 cm خلف القوالب ، ومن ثم يرج البيتون بوساطة الرجاجات الخارجية .

تصنع القوالب المستخدمة في تبطين الأنفاق بشكل مسبق في المعامل ، وهي ذات أشكال مختلفة (مسطحة – دائرية – ذات أشكال فراغية متنوعة) متوافقة مع المقطع المراد تنفيذه ، وتكون هذه القوالب على الأغلب معدنية كونها تستخدم لعدد كبير من

المرات ، أما عيوب هذه القوالب فهي مقتصرة على عملية التنفيذ البطيئة والتي تصل لمسافة 30-40m في الشهر ، والهدر الممكن حصوله في أثناء التنفيذ .

والقوالب الشائعة في تنفيذ الأنفاق ذات المقاطع ذات المساحة الأكثر من 30 m^2 35 - فهي القوالب الميكانيكية ذات المفاصل والمكونة من صفائح القالب، وهيكل حامل متحرك على سكة حديدية، الشكل (26-4) ، وتجري عملية فك القالب بعد صب البيتون واكتسابه المقاومة المطلوبة ،وذلك وفق التسلسل التالي :

في البداية يرفع الهيكل الحامل إلى الأعلى لتثبت عليه صفائح القالب ، بعد ذلك تفصل تلك الصفائح عن البيتون بوساطة المرفاعات الهيدروليكية ، ومن ثم تنقل صفائح القالب المحمولة على الهيكل الحامل إلى مكان آخر للتركيب .



الشكل (26-4) القوالب الميكانيكية ذات المفاصل لصب سقف النفق والجدران .

١– قالب السقف ٢– هيكل معدني حامل ٣– مرفاع هيدروليكي ٤– سكة حديد ٥– حامل المرفاع الهيدروليكي .

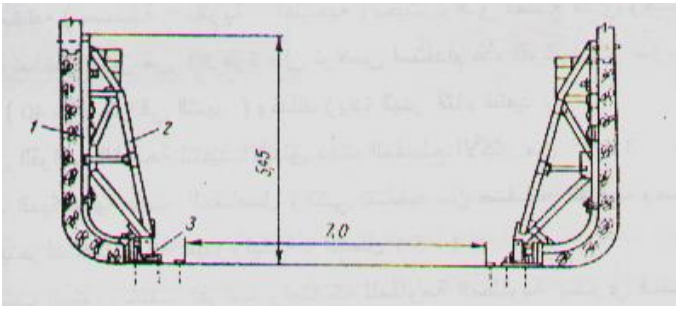
أما فيما يتعلق بعملية تبطين الأجزاء السفلية من جدران النفق فتتم باستخدام قوالب منزلقة ذات صفائح بمساحة m^2 4 - 3,5 ، حيث تثبت صفائح القالب إلى الهيكل المعدني المتحرك على السكة المعدنية الشكل (27-4)، ويصب أ سفل النفق حسب السماكة وشكل المقطع المطلوب باستخدام القوالب أو بدونها .

ويصب البيتون في الأنفاق ذات المقاطع الصغيرة أو المتوسطة على مرحلتين :

في المرحلة الأولى يجري صب الجدران والأسقف، ومن ثم أسفل النفق في المرحلة الثانية . أما في حالة الأنفاق ذات المقاطع الكبيرة فالصّب يتم على ثلاث مراحل : السقف،الجدران ، أرضية النفق .

٣ - تبطين جدران النفق بالطريقة المختلطة :

يتم تغليف جدران النفق بطبقتين : الخارجية من البيتون مسبق الصنع سماكة 20 cm ، والداخلية من البيتون المصبوب بالمكان بسماكة لا تزيد عن 12cm ، وفي حال ضرورة تأمين الكتامة المرتفعة لجدران النفق المنفذ ضمن طبقات من التربة الرخوة ، فإن التبطين يجري بطريقتين : الخارجية من البيتون المصبوب بالمكان ، أما الداخلية فيتم تبطينها بصفائح من الحديد ذات سماكة 10 - 40 mm (تبعاً لقطر النفق والضغط الناتج عن نفاذية الماء) ، وبعرض يصل إلى 2,5 m وتوصل مع بعضها البعض بوساطة اللحام لمنع تسرب المياه. بعد تركيب وصب البطانة بجميع أنواعها يحقن الفراغ الموجود بينها وبين سطح النفق بالروبة الإسمنتية ذات التركيب المرتبط بظروف التنفيذ والمقاومة المطلوبة .



الشكل (27-4) القوالب المعدنية المستخدمة في صب جدران الأنفاق .

١- جدران القالب ٢- هيكل معدني ٣- سكة حديد .

4-4- إمداد شبكات المياه والصرف الصحي :

4-4-1- الأعمال التحضيرية والمساعدة :

من المنشآت الطولية (الخطية) المتنوعة والكثيرة نذكر شبكات المياه والصرف الصحي ، وتمديدات الغاز الطبيعي والتدفئة المركزية ، وفي البداية يوضع التصميم العام للمقطع الطولي باختيار النقاط المميزة للتضاريس ، وهو الذي يأخذ شكل خط منكسر ،

حيث يتم إنزال المنشآت الأرضية المتقاطعة مع المسار (خطوط الأنابيب ، وشبكات الطرق ، وخطوط السكك الحديدية، وخطوط نقل القدرة، والكابلات، والأنفاق وغيرها من المنشآت) ، أما في حالة تقاطع الشبكات مع خطوط أنابيب أخرى، فإنه يشار إليها في المخططات بخطوط ذات سماكات أخرى مختلفة ، مع بيان القطر والمادة المصنوعة منها تلك الأنابيب ، كما يتم إنزال المناسيب الشاقولية العليا والدنيا للمياه مع تواريخ حصولها باعتبارها تؤثر في اختيار محطات الضخ وطاقتها وجميع الأجهزة التابعة للشبكات، سواء أكانت شبكات مياه أم شبكات صرف صحي .

بالإضافة إلى ما تم ذكره من الأعمال المرتبطة مباشرة بالأعمال المساحية ، فهناك تحضير الأرض (إزالة الأشجار وقطعها، وتنظيف الموقع ، وهدم المنشآت و المباني) ، وتصريف المياه السطحية والجوفية وغيرها من الأعمال التي بحثت في الفصل الثاني .

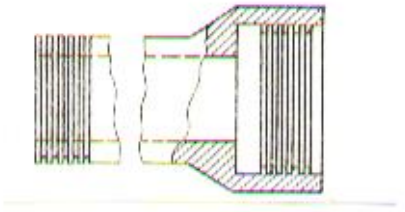
2-4-4- المواد المستخدمة في تصنيع شبكات المياه والصرف الصحي :

تستخدم في شبكات المياه الخارجية الأنابيب المصنوعة من الحديد الصب ذات القدرة الكبيرة على تحمل الضغوط ، كما تستخدم الأنابيب الفولاذية والبيتونية المسلحة من الإسمنت الأسبستوسي بأقطار كبيرة ، وأقطار أنابيب الحديد الصب تتراوح ما بين – 80 1050 mm وطولها يتراوح من 10 m – 2 مع ضرورة توفر حلقات لتأمين كتامة الفواصل ومناطق الوصل ، كما تختلف السماكات أيضاً ومن ثم تحمل الضغوط الداخلية ، والأنابيب المصنوعة من الإسمنت الأسبستوسي لها أنموذجات عدة بحسب تحملها للضغوط التي تتراوح مابين 1.2 MBa– 0.6 ، والأنابيب البيتونية المستخدمة في شبكات المياه غالبًا ما تكون مسبقة الإجهاد وأقطارها 1500 mm – 300 وتتحمل ضغوطاً تصل إلى 1 ميغا باسكال ، وتنفذ فيها الفواصل على نحو مرن بوساطة مواد مطاطية كتيمة تحقق الكتامة الجيدة تحت تأثير ضغوط المياه، أما في حالة استخدامها في شبكات الصرف الصحي، فتدهن سطوحها الخارجية بالبيتومين لتأمين العزل الكافي.

من الأجهزة والمعدات المستخدمة : صمامات عكسية ، وصمامات منزلقة متحركة ، وصمامات لخروج الهواء وتفريغه ، وصنابير لإطفاء الحرائق ، وصنابير المياه الرئيسية ، وفتحات الخروج .والأنابيب المستخدمة في شبكات الصرف الصحي ينبغي أن تتصف بالمواصفات والميزات التالية :

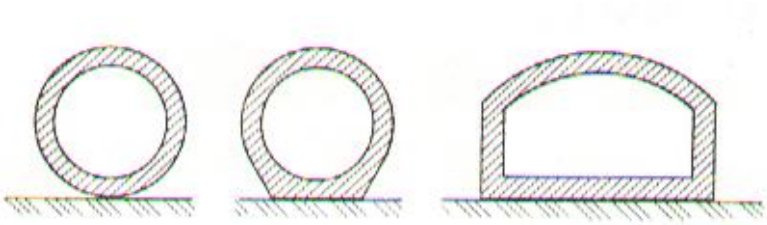
الكتامة وعدم تسريب المياه ، والمقاومة الضعيفة للتيار المائي نتيجة توفر السطوح الملساء للأنابيب ، وعدم التأثر بالعوامل المختلفة الضارة كالصدأ ، وانخفاض كلفة تلك الأنابيب ، وتكون تلك الأنابيب مصنعة من القرميد ، أو من البيتون والبيتون المسلح ، أو الإسمنت الأسبستوسي ، وفي حالة الشبكات المضغوطة فتكون الأنابيب من الفولاذ ، أو الحديد الصب ، أو البيتون المسلح .....إلخ .

– وتكون الأنابيب المصنوعة من القرميد ذات مقاطع دائرية والفوهات مخروطية الشكل ، وهي منتشرة بكثرة بأطوال 1.2 mm – 1 و قطرها من 50 cm – 15 والسطح الداخلي وكذلك الخارجي بأسنان مموجة وهو لا يحتوي على شقوق ، وهي قادرة على تحمل الضغط حتى 0.15 ميغا باسكال وغير نفوذة والشكل (28-4) يبين أنابيب الصرف الصحي القرميدية .



الشكل (28-4) أنابيب من القرميد لشبكات الصرف الصحي .

– الأنابيب البيتونية والبيتونية المسلحة لشبكات الصرف الصحي وتكون : مضغوطة وغير مضغوطة (جريان طبيعي) ، وتحضر هذه الأنابيب بطريقة الطرد المركزي وبأقطار 60 cm – 20 ، والمسلحة منها قادرة على تحمل ضغوط تصل إلى أكثر من 0.1 ميغا باسكال ، وهي ذات مقاطع دائرية أقطارها تصل حتى 250 cm والشكل (29-4) يوضح المقاطع المختلفة لها . وتتمتع الأنابيب البيتونية المسلحة بديمومة أقل من القرميدية ، ولكنها ذات كلفة أقل ، ومتانتها الجيدة تجعلها أكثر استخدامًا في شبكات الصرف الصحي في وقتنا الحالي .



الشكل (29-4) مقاطع الأنابيب البيتونية المسلحة .

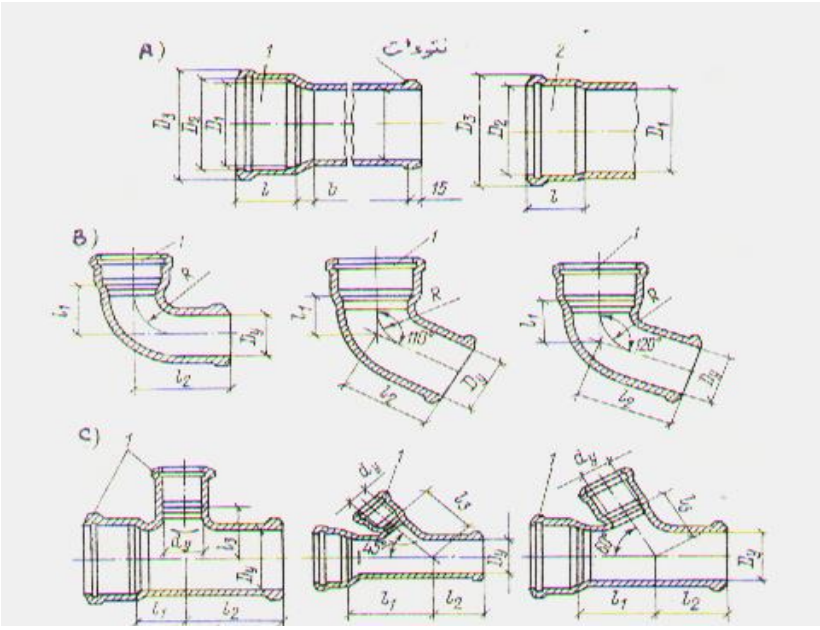
– **الأنابيب المصنوعة من الإسمنت الأسبستوسي** تستخدم في شبكات الصرف الصحي ذات الجريان الطبيعي غير المضغوط ، بلا فوهات مخروطية ، وأقطارها تتراوح من 10 – 40 cm وبأطوال 3 – 4 m للوصلة الواحدة ، وهي منتشرة بكثرة نتيجة الكلفة المنخفضة مقارنة مع البيتونية والبيتونية المسلحة .

– **الأنابيب المصنوعة من الحديد الصب** تستعمل في تمديدات الصرف الصحي والمياه داخل المباني ، وفي حالات محددة جداً تستعمل في شبكات الصرف الصحي الخارجية ذات الجريان الطبيعي : عند التقاطع مع شبكات الطرق والسكك الحديدية ، وكذلك بالقرب من أساسات المباني لمنع التأثيرات الخارجية فيها ، والشكل (30-4) يبين الأجزاء والقطع التابعة لأنابيب الحديد الصب غير المضغوطة .

تزود شبكات الصرف الصحي الخارجية بفتحات رأسية في أماكن محددة ونميز الأنواع التالية حسب وظيفتها :

- فتحات الكشف والاختبار وتتوضع في أماكن تغير الضغط في الشبكة وعند المنحنيات ، وفي أماكن الاتصال بين شبكتين للصرف الصحي ، وفي القطاعات المستقيمة لمسافات تتوقف على قطر الأنابيب : قطر 60 cm توضع فتحة كل 50 m ، قطر 140 cm كل 75 m ، قطر أكبر من 140 cm كل 150 m .
- فتحات وآبار مراقبة وتوضع في أماكن اتصال الشبكات على مستوى واحد وبمسافات ليست كبيرة .
- فتحات للتنظيف والغسيل وتتوضع في النقاط العلوية والمرتفعة في الشبكة .
- حفر لتصريف مياه الأمطار وتتمركز على الطرق والشوارع .

- حفر ترسيب وتجهز بها شبكات الصرف الصحي بهدف استخلاص الجزيئات الصلبة المارة ضمن الأنابيب وإزالتها .

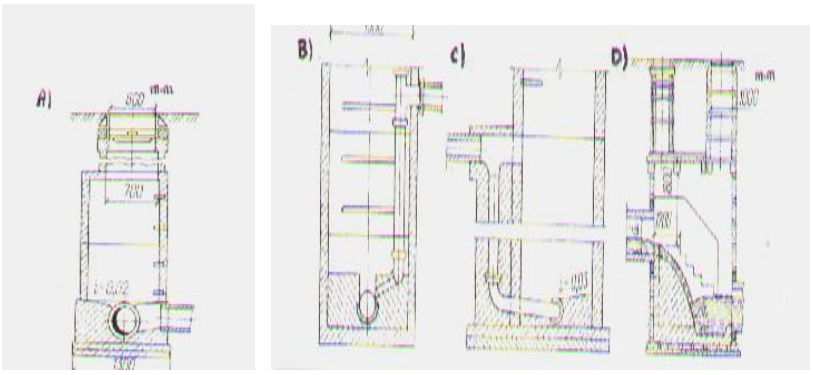


الشكل (4-30) الفوهات وقطع وصل الأنابيب من الحديد الصب .

A– فوهات الأنابيب . B – الأكواع . C – وصلات مختلفة (ثنائية ، حرف T) .

– حفر (آبار) في مناطق تغير المناسيب وهدفها الإقلال من ارتفاع سقوط التيار المائي ، وخفض سرعة المياه ، ويتوقف ارتفاع الحفرة على أقطار الأنابيب فمثلاً : في حالة الأقطار 60 cm فالارتفاع يكون 2 m ، وفي حالة فرق المنسوب – (أقل من 0.7 m) – لا داعي لوجودها على الشبكة .

عندما تتجاوز غزارة المياه 0.3 m^3/sec فهذه الآبار تتوضع على عدة مستويات ، والمسافة الفاصلة بين درجتين متتاليتين تتراوح ما بين 2 m – 1.5 ، وتصاميم حفر التجاوز لفرق المناسيب وللفحص والاختبار مبينة في الشكل (4-31) .



الشكل (31-4) حفر شبكات الصرف الصحي وآبارها.

A – فتحة مراقبة . B, C, D – حفر تفاوت المنسوب .B– حالة وجود عتبات داخل الحفرة .C – حالة وجود عتبات خارج الحفرة . D– مع مصرف لتصريف المياه .

4-4-3– قواعد وأساسات شبكة الأنابيب :

يسمح بتنفيذ الأعمال الترابية عند القيام بإمداد شبكات المياه والصرف الصحي بعد انتهاء الأعمال المساحية ، وإنزال المنشآت الأرضية كافةً ومطابقتها مع الإشارات والعلامات على الشبكة (الجيوديزية) العامة .وتؤخذ أبعاد الخنادق بحسب القيم الواردة في الجدول (4-4) عند تنفيذ القواعد الاصطناعية لشبكات الأنابيب والصرف الصحي .

وإذا كانت شبكات المياه والصرف الصحي ضمن حدود المدن ، فتحفر الخنادق بجوانب شاقولية لمنع تأثير أعمال الحفر في المباني المجاورة ، ولكن الخنادق في هذه الحالة ذات عرض أكبر من أقطار الأنابيب بما يعادل 0.7 m مع إمكانية وجود تدعيم للجوانب .

جدول (4-4) عرض الخنادق عند تنفيذ الشبكات

١– طريقة تمديد أنابيب	٢– العرض الأصغري للخندق بجوانب شاقولية بلا حساب التدعيم / م /
	٣– مادة الأنبوب

الشبكة	فولاذ – بلاستيك	حديد صب – بيتون مسلح إسمنت اسبستوسي	بيتون – بيتون مسلح مع نوا بض من القرميد
وصلات منفصلة من الأنابيب ذات قطر أقل من 0.7 m	+ 0.3 m	–	–
أكثر من 0.7 m	D x 1.5	–	–
أنابيب بقطر خارجي D (متر) حتى 0.5m	0.5 m + D	0.6 m + D	0.8 m + D
من 0.5 m – 1.6 m	0.8 m + D	1 m + D	1.2 m + D
من 1.6 m – 3.5 m	1.4 m + D	1.4 m + D	1.4 m + D

عرض الخنادق في حالة وجود ميول جانبية تؤخذ كما يلي :

تمديد الأنابيب من قطع منفصلة لا يقل عن 0.5 m + D .

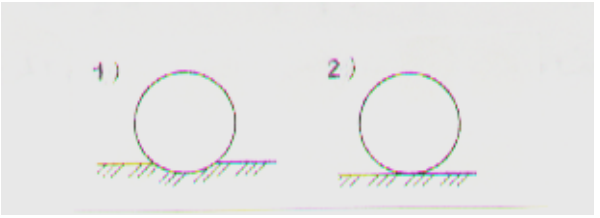
تمديد الأنابيب يتم بإنزال أنابيب موصولة بعضها ببعض لا يقل عن 0.3 m + D .

يجري حفر الخنادق بوساطة المجارف الآلية المخصصة لهذه الغاية ، وبجدران شاقولية للجوانب بلا تدعيم في حالة الترب المتماسكة (غضارية ، وغضارية رملية) ولعمق يصل إلى 3 m ، وبعد ذلك يجري إنزال الأنابيب ووصلها مع إغلاق الفواصل في الخنادق غير مدعمة الجوانب ، ويفضل أن تكون العمليات السابقة في أزمنة قصيرة نسبياً .

إن نوعية الأساسات تحت الأنابيب مرتبطة بقدرة التربة وتحملها للحمولات الخارجية، وهناك حاجة ملحة لوضع أساسات اصطناعية بحسب تصاميم مدروسة (رملية ، حصى ، بيتون مسبق الصنع ، وبيتون مصبوب بالمكان ، وأخشاب ، وأوتاد وغيرها) .وعند تمديد شبكات الأنابيب ووضعها مباشرة على التربة الطبيعية تأخذ

الوضعية المبينة في الشكل (4-32) بهدف زيادة قدرة تحملها ومقاومتها للإنزياح الذي يحتمل حصوله في زمن التنفيذ .

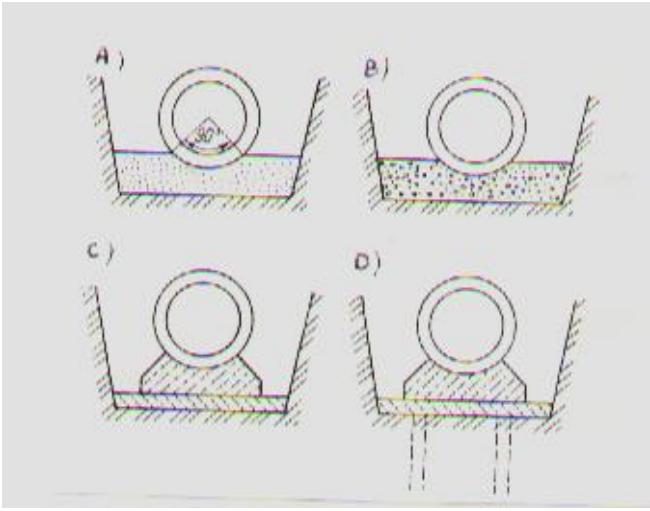
حسب المواصفات والمعايير المعتمدة يجب تسوية مقر الخندق ورصه قبل تمديد الأنابيب إلا في حالات مثل التربة الصخرية والتربة الرطبة الناعمة .



الشكل (4-32) وضعية الأنابيب على التربة الطبيعية.

الأنابيب المصنوعة من القرميد الصغيرة الأقطار توضع في الخنادق مباشرة على التربة الطبيعية ، أما عندما يتراوح القطر بين 45–60 cm، فيفضل وضع أساسات من الحجارة المكسرة (دبش) لمنع الهبوطات المحتملة للتربة، أو لمعالجة أعطال القوابض والمماسك التي تصل بين الأنابيب، وفي حالة وجود التربة الصخرية، توضع الأنابيب على وسادة من الرمل المحلي أو الحصويات بسماكة تزيد عن 10cm .

وفي حالات وجود مناسيب عالية للمياه الجوفية والتربة المغمورة بالمياه والقابلة للانزلاق ولمنع حصول الهبوطات لشبكات الصرف الصحي تركز الأنابيب على أساسات متينة تكون إما وسادة من البيتون ، أو بلاطات بيتونية مسلحة مرتكزة على أوتاد ، أو حصيرة من الأوتاد، في الشكل (4-33) بعض أنواع الأساسات الاصطناعية.

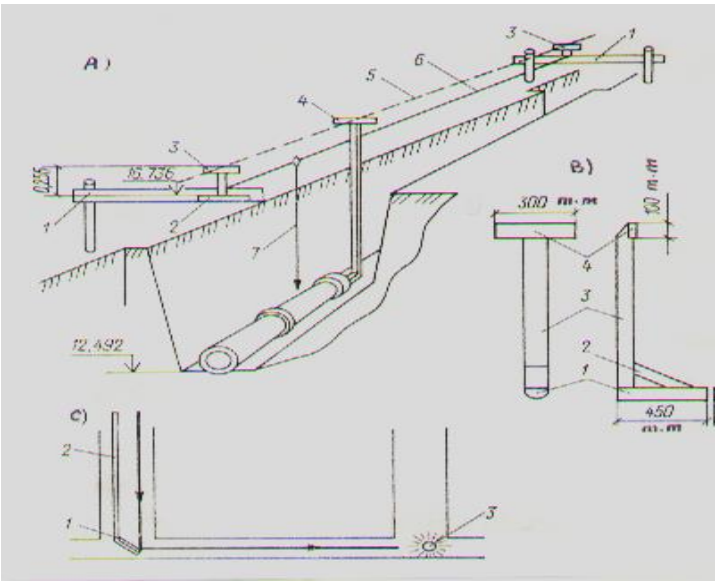


الشكل (4-33) الأساسات الاصطناعية تحت الشبكة .

A – أساس رملي. B – أساس من الحصويات . C – أساس بيتوني . D – أساس وتدي .

4-4-4- تمديد شبكات الأنابيب وإغلاق الفواصل :

إن دقة تركيب الأنابيب لها أهمية كبيرة والانحراف الأفقي المسموح به عند التركيب يجب ألا يزيد عن 5 cm بالاتجاهات كافة ، أما الانحراف الشاقولي فلا يتجاوز 5 mm ، و يتم تحقيق الميل الطولي للأنابيب بطرائق عدة ، ولكن الطريقة الأكثر شيوعاً هي استخدام الموجه الثابت والمتحرك ، وجوهرها يتلخص بإنزال نقاط المناسيب وتثبيتها على عوارض ذات سماكة 50 mm ، وبذلك يتشكل خط الميل التصميمي للشبكة ، ولتسهيل تلك العملية ينظم الجدول المحتوي على النقاط والمناسيب ، وبعد تحديد المناسيب المطلوبة ، تحفر الخنادق وتنزل الأنابيب استناداً إلى الموجه الدال على المنسوب المطلوب كما في الشكل (4-34).



الشكل (34-4) تمديد أنابيب الشبكة .

A – مراقبة عملية مد الأنابيب . ١– عارضة خشبية ٢– حشوة ٣– موجه مستعرض ٤– مهداف متنقل ٥– خط التسديد ٦– حامل الشاقول ٧– الشاقول .

B – تركيب الموجه المتنقل ومكوناته . ١– نعل ٢– ذراع ٣– دعامة ٤– قطعة مستعرضة .

C – اختبار الشبكة بوساطة الضوء . ١– مرآة ٢– دعامة (قائم) ٣– مصدر ضوئي .

وهكذا تحدد مسارات الشبكة بحسب الميل المطلوب بوساطة الموجه المنزلق والثابت ، وإن التحقق من توضع الأنابيب الصحيح بحسب الاتجاه المطلوب بالأجزاء المستقيمة للشبكة يتم بوساطة الضوء كما هو مبين في الشكل (34– c) ، وغالباً ما تستخدم الحبال للتأكد من توضعها الصحيح .

إن أكثر العمليات صعوبة عند إمداد شبكات المياه والصرف الصحي ، هي نقل الأنابيب وإنزالها في الخنادق وتركيزها في المكان المحدد ، ولهذا نحتاج في أثناء تنفيذ ذلك إلى الآليات والمعدات بطاقات تحميل مختلفة في أثناء الرفع والنقل .

إن الأنابيب المصنوعة من الخزف تركب على نحو مجزأ أو مجمع نقطتين أو أكثر ، ولكن بطول لا يتجاوز 8 m ، وتغلق مناطق الوصل بسدادات مغطاة بالبيتومين بسماكة 30 mm ، وبعدها يوضع البيتون أو الإسفلت وأحياناً مزيج من الإسمنت الإسبستوسي .

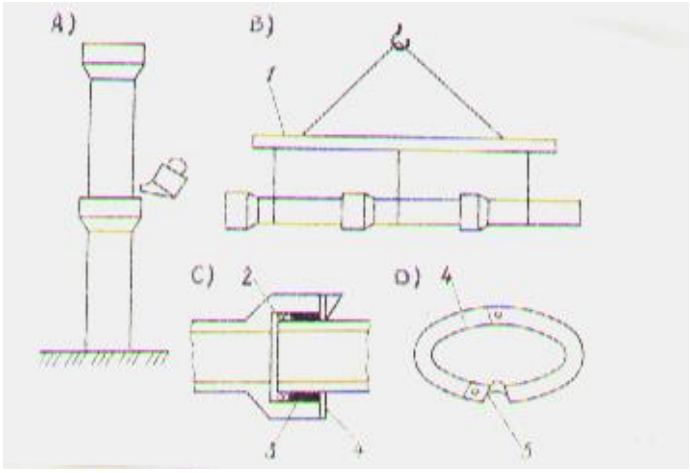
إن المسافة الفاصلة بين أطراف الأنابيب مرتبطة بأقطارها ، وتتراوح بين 7 – 5 mm للأنابيب ذات الأقطار (300 mm) ، أما في حالة الأقطار الكبيرة فتصل المسافة إلى 10 mm ، وعملية إنزال الأنابيب الخزفية تتم يدوياً بمساعدة الحبال (والكابلات) وبعدها تغلق الشقوق الفاصلة بين الأنابيب ، وبهدف تحسين نوعية تنفيذ الفواصل وتسريع عملية إغلاق تجمع الأنابيب على جوانب الحفر بالوضعية الشاقولية يتم إنزالها بوساطة الحبال لتحقيق أفقية الأنابيب في أثناء عملية الإنزال ، والشكل (35-4) يبين الخطوات المتبعة لإغلاق الفواصل بين أنابيب شبكة الصرف الصحي .

إن الأنابيب المصنوعة من الإسمنت الإسبستوسي تستخدم عادةً في شبكات الصرف الصحي وتستخدم السدادات الإسفلتية أو المحاليل من الإسمنت الإسبستوسي لإغلاق الفواصل.

أما الأنابيب البيتونية والبيتونية المسلحة فتغلق فيها الفواصل عادةً بمادة الإسمنت ، وبعد الفاصل متعلق بقطر الألنبوب وتتراوح عادةً بين 18 mm – 8 ، وعملية سد الفواصل تنفذ في الخنادق باعتبارها غير ممكنة قبل إنزالها وتركيبها والشكل (36-4) يوضح عملية إغلاق الشقوق في هذه الأنواع من الأبنية ، والفواصل في مناطق التماس والالتحام بينها .

4-4-5- شبكات المياه المضغوطة وتركيبها :

تستخدم عند تمديد هذه الشبكات أنواع مختلفة من الأنابيب المصنوعة من البيتون المسلح ، الإسمنت الإسبستوسي ، أو الحديد الصب ، أو الفولاذ ، أو البلاستيك .



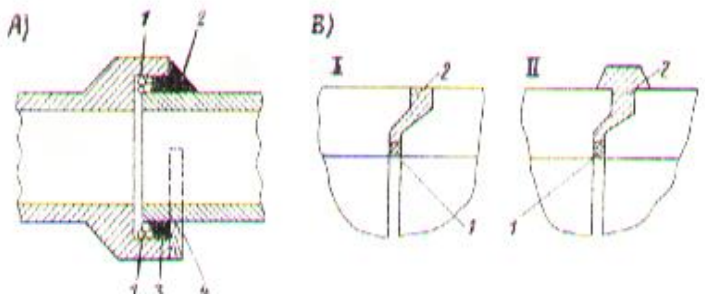
الشكل (4-35) طريقة إغلاق فواصل الأنابيب الخزفية .

A – تجميع الأنابيب . B – إنزال الأنابيب في الخندق . C – إغلاق الشقوق والفواصل .

D – طوق دائري .

١- عارضة ٢- ثنية ٣- وسادة بيتومينية ٤- طوق ٥- بوابة .

تركب هذه الأنابيب بوساطة الروافع ذات الأذرع المتحركة على سكة حديدية ، حيث توضع في البداية القواعد الضرورية اللازمة من البيتون والمواد الأخرى بهدف تأمين استقرار الشبكة عند التنفيذ والاستثمار .



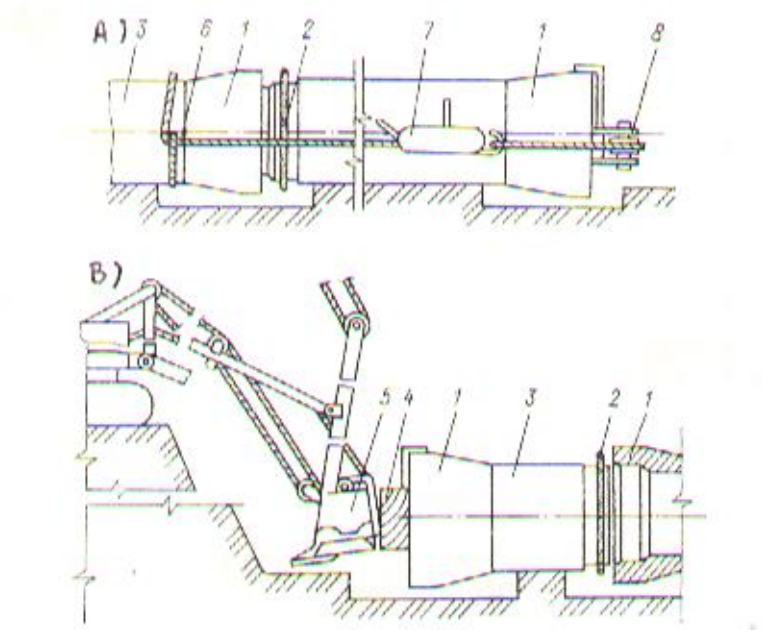
الشكل (4-36) تنفيذ وصلات الأنابيب البيتونية .

A – عناصر وصلات الأنابيب.١ – ثنية إسفلتية ٢- حشوة ٣- الجزء المصبوب من الوصلة ٤- القالب .

B – وصلة بشكل فرزة . I – بلا شريط II – شريطية .١- ملقاط من الجص ٢- محلول إسمنتي .

وفي أثناء عملية إنزال الأنابيب تزود النهايات عند التماس بحلقات مطاطية (أطواق) لمنع التسرب ، ومن الضروري التأكد من التركيب الصحيح والتطابق بين نهايات الأنابيب الملساء الأقمعة وتوضع الحلقات المطاطية المانعة للتسرب ، وبعد التأكد من صحة تركيب الأنابيب وتوضعها في الخندق وإغلاق الفواصل تجري عمليات ردم التربة حولها كما في الشكل (37-4) الموضح لخطوات التركيب المرتبطة بطريقة تنفيذ الأعمال ومكنتها .

إن أنابيب الحديد الصب المستخدمة في تمديد شبكات المياه لها أصناف عدة بحسب الضغط الذي يتحمله الأنبوب ، وتركيبها يتبع الأقطار ، فالصغيرة منها تركب على جوانب الحفرة ، والكبيرة ذات القطر الأكبر من 200 mm يتم إنزالها إلى الخندق يدوياً بمساعدة الحبال (الكابلات) أو بوساطة الروافع المخصصة لتركيب الأنابيب .



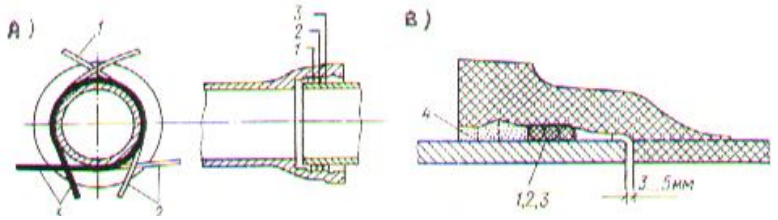
الشكل (37-4) عملية تركيب الأنابيب البيتونية المسلحة .

A – التركيب بالطريقة اليدوية . B – التركيب بوساطة المجرفة الآلية .

١– فوهة مخروطية الشكل ٢– حلقة تثبيت ٣– الأنبوب ٤– مسند خشبي ٥– مجراف ٦– كبل ٧– المرفاع ذو الذراع ٨– مسند فولاذي .

في أثناء عملية تنفيذ الفواصل يجري تأمين التطابق بين الفوهات المخروطية وأطراف الأنابيب الملساء مع توفير الفرجة اللازمة بين الأنابيب ، وتوجد ثلاث طرائق أساسية لإغلاق الفواصل بين الأنابيب المصنوعة من الحديد الصب :إما بأسلاك مغطاة (بالبيتومين) ، حلقة (طوق) مطاطية ، أو باستخدام مادة مانعة للتسرب ، وبعدها يملأ الشق بخليط من الإسمنت الإسبستوسي على طبقات ، ولسماكة تصل حتى 10 mm . الشكل (38-4) يوضح كيفية إغلاق الفواصل والشقوق في أنابيب الحديد الصب .وإنه في حالات نادرة يمكن إغلاق الشقوق في الأنابيب المصنوعة من الحديد الصب بإذابة الرصاص وملئها به .

إن الأنابيب المصنوعة من الإسمنت الإسبستوسي تستخدم في شبكات المياه الحلوة ، ولها نهايات ملساء ، وعملية الوصل وإغلاق الشقوق تتم بوساطة قوا بض من الإسمنت الإسبستوسي أو الحديد الصب ، وتكون المادة المانعة للتسرب هي الحلقات المطاطية الموضوعة مع القوابض .



الشكل (38-4) وصلات أتابيب حديد الصب المضغوطة .

A – تعاقب وضع ثنايا القنب . B – الوصلة الجاهزة .

١,٢,٣ – ثنايا القنب ٤– سداده من الاسمنت الأسبستوسي .

وفي بعض الحالات تستخدم في شبكات المياه الخارجية المضغوطة الأنابيب المعدنية الفولاذية ، التي يتم وصلها بوساطة اللحام وخصوصاً اللحام النقطي الأكثر شيوعاً وذلك لأنه ينفذ على نحو مستمر ومتقطع . وبعد تنفيذ أعمال اللحام والانتهاء منها ينبغي القيام بالاختبارات الأولية والنهائية للتأكد من الوصل الجيد . إن المرحلة الأساسية لتنفيذ الفواصل ولحامها هي تجهيز أطراف الأنابيب ونهاياتها وتنظيفها من الصدأ ، كما

تقاس الأقطار .ومن شروط تنفيذ أعمال اللحام توفير درجة حرارة خارجية لا تقل عن 10 درجات مئوية ، وفي حالة انخفاضها يجب تسخين الأنابيب إلى درجة تصل حتى 200 درجة مئوية ولمسافات تصل لـ 20 cm وعند الانتهاء من اللحام من الضروري تأمين التبريد التدريجي للأنابيب ، وتؤثر نسبة الفحم الموجودة في الأنابيب بدرجات الحرارة الكافية للقيام بأعمال اللحام .

وفي أثناء عمليات لحام الأنابيب الفولاذية نقوم بعملية تدويرها وذلك لأنه أسهل للقائم بها من تدوير الأنبوب ذاته ، ولحل هذا الأمر تجرى عمليات اللحام على جوانب الخندق وبالأطوال المسموح بها وترفع بوساطة الروافع لإنزالها ووضعها في مكانها .

وإن المراقبة والاختبار لأعمال اللحام للأنابيب الفولاذية تنفذ بالمشاهدة الخارجية للتأكد من وجود تشققات وتصدعات لأعماق تزيد عن 0.5mm ، وذلك بهدف تدعيمها بدروب دائرية من اللحام،أما العيوب الداخلية للحام فتوجد طرائق عدة لكشفها وتحديدها:
الطريقة الأولى: تحديد مكان توضع العيب (الطريقة فوق الصوتية) .
الطريقة الثانية: تحديد صفة العيب و خصائصه (طريقة الفحص بالأشعة). الطريقة الثالثة: التصوير بالأشعة .

ولحماية الأنابيب الفولاذية من الصدأ تغطى بطلاء أساسي بعد تنظيفها جيداً، وتوضع المواد العازلة (البيتومين مثلاً) بعد تسخينها لدرجات حرارة تصل إلى 100 درجة مئوية ، بالإضافة إلى توفير الشروط المناسبة لتنفيذ عمليات اللحام خصوصاً تأثير الظروف الجوية .

وبانتهاء أعمال التركيب ووضع الأنابيب وإغلاق الفواصل والشقوق تجري عمليات اختبار الشبكات الخارجية للصرف الصحي والمياه ، ولكن تتخذ بعض الإجراءات الضرورية لتنظيم عمليات تمديد الشبكات منها : التمركز الصحيح للروافع المستخدمة على جوانب الحفريات ، وتحديد ارتفاع تعليق الأنابيب والوصلات الملحومة الأصغري ، وتحقيق التلامس الكامل للأنابيب مع قاع الخندق ، والتأكد من توضع الأنابيب شاقولياً وبالوضعية التصميمية المطلوبة .

6-4-4- اختبار الأنابيب والشبكات :

توجد طرائق عدة للاختبار: منها الطريقة الهيدروليكية واستخدام الهواء المضغوط ، ولكن اختبار الشبكات غير المضغوطة يتم بالطريقة الهيدروليكية للتأكد من تمديد الشبكة الصحيح.وتجري عمليات اختبار شبكات الصرف الصحي غير المضغوطة بهدف التحقق من عدم التسرب والنفاذية، وهي على مرحلتين :

المرحلة الأولى :

الاختبار المسبق (الأولي) للأنابيب بالضغط الهيدروليكي الساكن ويتحدد بارتفاع منسوب الماء في حفرة التفتيش أو أنابيب الاختبار الشاقولية الموضوعة على الشبكة، وتجري هذه التجربة في مدة 30 دقيقة، ولا يسمح في أثنائها بانخفاض مستوى الضغط أكثر من 20 m . وتعتبر الأنابيب كتيمة بنتيجة هذا الاختبار إذا لم يلاحظ جريان (تسرب) المياه منها.

المرحلة الثانية:

الاختبار النهائي (القبول) للأنابيب البيتونية المسلحة يجري حجز المياه فيها لمدة 72 ساعة ، أما بقية الأنابيب من المواد الأخرى فيكون ذلك لمدة 24 ساعة .

وأما اختبارات الشبكات المضغوطة للمياه والصرف الصحي فينفذ على مرحلتين كالسابق ، ولكن قبل البدء بهذا من المفروض أن تكون جميع الأعمال السابقة منتهية : أعمال التركيب، والإغلاق والسد للفواصل ، ووضع القواعد والمساند اللازمة، وتركيب التسليح والأجهزة، والتأكد من نتائج الاختبار النهائي لأعمال اللحام، والعزل الهيدروليكي للفواصل ، وهناك بعض الأعمال المساعدة مثل السد والإغلاق من الفتحات والثقوب في الشبكات، وقياس الضغط ، وردم التربة إلى ارتفاع (منسوب) نصف قطر الأنابيب المتروكة على نحو مكشوف للمشاهدة في أثناء اختبار الوصلات .

إن الاختبار الهيدروليكي لهذه الشبكات يكون بقياس التسرب من داخل الأنابيب إلى الخارج أو بتحديد النفوذية إلى داخل الأنابيب (تحديد تيار المياه من التربة إلى الأنبوب الموضوع في التربة الرطبة) ، وتكون فيها مناسيب المياه الجوفية أعلى من مستوى نصف قطر الأنابيب) .

- اختبار الشبكات على المتانة وإحكام السد والإغلاق :

إنه عند الاختبار على المتانة يستمر الضغط في الأنابيب لمدة 10 دقائق بلا انخفاض وفي حالة حصول هبوط في الضغط ينبغي أن لا يتجاوز 0.1 ميغا باسكال ، وغالباً ما تختبر شبكات المياه تحت تأثير ضغط يزيد بمقدار 25 % عن الضغط الحسابي للأنابيب دون تجاوزه للضغط الذي يتحمله الأنبوب بحسب المواصفات المعتمدة . وبعد الانتهاء من اختبار المتانة يجري اختبار الأنابيب على الكتامة وعدم النفوذية (إحكام السد والإغلاق) كما شرحت أعلاه .

- اختبار الشبكات المضغوطة على المتانة والنفاذية بوساطة الهواء المضغوط :

إنه قبل إجراء هذا الاختبار يجري تجفيف الهواء المحصور ضمن الأنابيب لتأمين التوازن الحراري للهواء والتربة معاً ، والزمن الأصغري للتجفيف يرتبط بقطر الأنابيب المطلوب اختبارها ويتراوح عادة بين 2 – 32 ساعة .

ويستمر اختبار الشبكات على المتانة وعدم النفاذية بوساطة الهواء المضغوط لمدة 24 ساعة وبضغط يصل إلى 0.05 (ميغا باسكال) ويخفض بعدها إلى قيمة 0.03 (ميغا باسكال) ، ولكن المدة الزمنية الفاصلة بين توقف ضخ الهواء في الشبكة وقياس الضغط فتتراوح ما بين 15 دقيقة و6 ساعات تبعاً لنوعية مادة الأنبوب .

أما الاختبار المسبق بوساطة الهواء فيجري في 30 دقيقة ويخفض بعدها وتراقب الشبكة بهدف التحقق من الكتامة بوساطة السمع .

وأخيرا تعتبر الشبكة صالحة للاستثمار والاستخدام في حالة حدوث هبوطات في الضغط في أثناء الاختبار بحيث لا تزيد عن القيم المسموح بها في المواصفات المعتمدة.

القسم العملي
الفصل الأول

تمرين1 :

يلزم تنفيذ أعمال البيتون المسلح في منشأة مقسمة تنظيمياً إلى عشرة أقسام، فإذا علمت أن كمية الأعمال المنفذة في كل قسم هي وفق الجدول المبين أدناه.

	تركيب القوالب (واحدة سطح)	تركيب حديد التسليح (شبكة تسليح)	صب البيتون (m3)	فك القوالب (واحدة سطح)
كمية الأعمال	80	900	870	80
الجهد المصروف (شخص) يوم / واحدة السلعة	1.8	0.15	0.137	1.35

والمطلوب حساب عناصر الخط الإنتاجي وزمن التنفيذ الكلي مع العلم بأن زمن التوقف التكنولوجي (زمن بقاء البيتون في القالب) ١٠ يوم وأن دور الخط الإنتاجي k=2day.

الحل:

١- حساب استطاعة الخط الإنتاجي المشكلة للخط الإنتاجي.

- استطاع الخط العملي الرئيسي (حسب البيتون)

$$W = \frac{P}{m-k} = \frac{870}{10.2} = 43.5 m^3 / day$$

تحسب استطاعة بقية الأعمال الإنشائية بشكل متوافق مع استطاعة الخط العملي الرئيسي وذلك وفق العلاقة التالية:

$$W_i = \frac{P_i}{P}.W$$

- استطاعة تركيب القوالب:

$W_1 = \frac{80}{870}.43.5 = 4$ واحدة سطح / يوم

- استطاعة تركيب حديد التسليح:

$W_2 = \frac{900}{870}.43.5 = 45$ شبكة تسليح / يوم

- استطاعة فك القوالب

$W_4 = \frac{80}{870}.43.5 = 4$ واحدة سطح/ يوم

٢-حساب الجهد المعروف لتنفيذ كل عمل إنشائي

يتم حساب الجهد الكلي المصروف وفق العلاقة:

$$Q_i = Q_i \ .P_i$$

حيث:

Qi: الجهد الواحدي المصروف لتنفيذ العمل.

Pi: كمية العمل i ,m^2, $T.m^3$

- الجهد الكلي المعروف لتركيب القوالب

$Q_1 = 1.8.80 = 144$ شخص . يوم

- الجهد الكلي المصروف لتركيب حديد التسليح:

$Q_2 = Q_2 - P_2 = 0.15.900 = 135$ شخص . يوم

- الجهد الكلي المصروف لصب البيتون:

$Q_3 = Q_3.P_3 = 0{,}137 - 870 = 119{,}2$ شخص . يوم

- الجهد الكلي المصروف لفك القوالب:

شخص . يوم

$Q_4 = Q_4.P_4 = 80.1.35 = 108$

٣- حساب عدد العمال:

يحسب عدد العمال اللازم لتنفيذ العمل i بالعلاقة:

$$Ni\frac{W}{P}\ Qi=\frac{43,5}{870}Qi=0,05Qi$$

- عدد عمال تركيب القالب:

$N_1=0,5.144=7,2\cong 7$ عامل

- عدد عمال تركيب حديد التسليح:

$N_2=0,05.135=6,75\cong 7$ عامل

- عدد عمال صب البيتون:

$N_3=0,05.119,2=5,96\cong 7$ عامل

- عدد عمال فك القوالب:

$N_4=0,05.108=5.4\cong 5$ عامل

٤- حساب الزمن الكلي للتنفيذ:

يقسم الزمن الكلي للتنفيذ إلى $T=t_1+t_2$

حيث:

t_1: زمن المرحلة التحضيرية ، day

T_2: زمن مرحلة الانتاج، day

- حساب t_1 زمن المرحلة التحضيرية:

$$t_1=K(n-1)+t_t$$

$$t_1=2(4-1)+10=16day$$

- حساب زمن مرحلة الانتاج:

$$t2= m .\ k = 10 . 2 = 20 \text{ days}$$

وبالتالي فإن زمن التنفيذ الكلي:

$$T=t_1+t_2=16+20\ 36\ day$$

تمرين2:

يلزم تنفيذ الهياكل البيتونية لمنشأة بيتونية مقسمة إلى ستة أقسام. فإذا علمت أن الكميات الواحدية لكل عمل هي كالتالي:

	تركيب القوالب	تركيب حديد التسليح	صب البيتون	فك القوالب
الكمية	$500m^2$	7000kg	$120m^3$	$500m^2$
الجهد الواحدي (شخص) يوم / واحدة السلعة	0.7	0.039	0.48	0.3
الكلفة الواحدية	350 $S.P/m^2$	80S.P /kg	3500 $S.P/m^3$	150 $S.P/m^2$

وبفرض أن زمن تصلب البيتون 10day واستطاعة صب البيتون $w = 10m^3 / day$

والمطلوب:

١- حساب زمن التنفيذ

٢- حساب كلفة المواد المنفذة خلال المرحلة التحضيرية.

٣- حساب فعالية التنفيذ

٤- حساب عدد العمال اللازمين للتنفيذ.

الحل:

١- حساب زمن التنفيذ الكلي:

- حساب دور الخط الانتاجي K:

$$K = \frac{P}{m.W} = \frac{120}{6.10} = 2\ day$$

حساب t_1 زمن المرحلة التحضيرية:

$$t_1 = k(n-1) + t_t$$

$$t_1 = 2(4-1) + 10 = 16 days$$

- حساب t_2 زمن مرحلة الإنتاج:

$$t_2 = m.K = 6.2 = 12\ days$$

- حساب زمن التنفيذ الكلي:

$$T = t_1 + t_2 = 16 + 12 = 28\ days$$

٢- حساب كلفة المواد المنفذة خلال المرحلة التحضيرية:

لدينا العلاقة الرئيسية لحساب $C_{T.Z}$ وهي:

$$C_{T.Z} = \frac{W}{P}.\left\{\sum_{i=1}^{n-1} Ci\ Pi.K(n-i) + t_t \sum_{i=1}^{n1} Ci.Pi. + to \sum_{i=1}^{n2} Ci.Pi.\right\}$$

حيث: $\frac{W}{P}\sum_{i=1}^{n-1} C_i.p_i.K(n-i)$: كلفة الأعمال المنفذة بشكل مستمر

$\frac{W}{P} t_t.\sum_{i=1}^{n_2} C_i.P_i$: كلفة الأعمال المنفذة خلال مرحلة التوقف التكنولوجي

$\frac{W}{P} t_o \sum_{i=1}^{n_2} C_i.P_i$: كلفة الأعمال المنفذة خلال مرحلة التوقف التنظيمي

للسهولة نقوم بحساب كل جزء على حدة ثم نطبق العلاقة السابقة :

$$\frac{W}{P}\sum_{i=1}^{n-1} C_i.P_i.K(n-1) = \frac{10}{120}[350.500.2(4-1) + 80.7000.2.(4-2) + 3500.120.2\ (4-3)] = 34416667\ S.P$$

$$\frac{W}{P}.t_t \sum_{1=1}^{n1} C_i.P_i = \frac{10}{120}\,10[350.500 + 80.7000] = 61250 S.P$$

لأن $t_o=0$ أي لا يوجد زمن توقف تنظيمي $\frac{W}{P}.t_o.\sum_{i=1}^{n2} C_i.P_i = oday$

وبالتالي كلفة المواد المنفذة خلال المرحلة التحضيرية $C_{T.Z}$:

$$C_{T.Z} = 34416667 + 61250 = 405416675.P$$

٣- حساب معامل الفعالية kef:

$$Kef = \frac{C_{year}}{C_{C.Z}}$$

C_{year}: كلفة الأعمال المنفذة خلال عام واحد S.P /year

$C_{C.Z}$: الكلفة الكلية التكنولوجية للمنشأة المنفذة S.P/house

$$C_{year} = T_{year} . Cw$$

حيث: C_W : الكلفة الساعية للأعمال المنفذة S.P.

T_{year}: عدد أيام العمل في السنة الواحدة day

$$C_{year} = T_{year} \ [C_1.W_1 + C_2.W_2 + C_3.W_3]$$

من أجل حل المعادلة السابقة فإنه لا بد من حساب W_1, W_2, W_3

والتي تحسب وفق العلاقة:

$$W_i = \frac{P_i}{P}.W$$

- الاستطاعة اليومية لتركيب القوالب:

$$W_1 = \frac{500}{120}.10 = 41{,}67 m^2 / day$$

- الاستطاعة اليومية لتركيب حديد التسليح:

$$W_2 = \frac{7000}{120}.10 = 583.3 kg / day$$

- الاستطاعة اليومية لفك القوالب:

$$W4 = \frac{500}{120}.10 = 41{,}67 m^2 / day$$

وبالتالي:

$$C_{year} = 280(35.41{,}67 + 80.583{,}3 + 3500.10) = 26{,}95.10^6$$

- حساب $C_{C.Z}$

تحسب $C_{C.Z}$ وفق العلاقة:

$$C_{C.Z} = C_{T.Z} + C_{bel}$$

حيث Cbel: كافة المنشأة بشكل كامل

$$C_{bel} = (350.500 + 80.7000 + 3500.120 + 150.500)$$

$$C_{bel} = 123.10^4 \ \ S.P$$

وبالتالي:

$C_{C.Z} = 40541667 + 123.10^4 = 16351675 S.P$

وبالتالي يكون معامل الفعالية للتنفيذ:

$$Kef = \frac{C_{year}}{C_{Cz}}$$

$$Kef = \frac{26,95.10^6}{1635416,7} = 16,48$$

٤- حساب عدد العمال:

يتم حساب عدد العمال بالاعتماد على العلاقة التالية:

$$Ni \frac{W}{P}.Qi$$

- عدد عمال تركيب القوالب

$N_1 = \frac{10}{120}(500.\ 0,7) = 29,1 \cong 29$ عامل

- عدد عمال تركيب حديد التسليح:

$N_2 = \frac{10}{120}(7000 - 0,039) = 22,7 \cong 23$ عامل

- عدد عمال صب البيتون

$N_3 = \frac{10}{120}(120.\ 0,48) = 4,8 \cong 5$ عامل

- عدد عمال فك القوالب

$N_4 = \frac{10}{120}(500.\ 0,3) = 12.5 \cong 13$ عامل

الفصل الثاني
تمارين تصميم القوالب الخشبية

حساب قوالب الجدران :

تمرين (1) :

يراد تصميم قالب خشبي للجدار ذي المواصفات التالية : ارتفاع الجدار $4m$ ، سرعة الصب $V_b = 2\ m/h$ ، وسيتم صب الجدار بدرجة حرارة $t_c = 20\ c^\circ$.

أما الخشب المستخدم من النوع الأول حيث تؤخذ القيم من الجدول (1) مواصفات مقطع الخشب

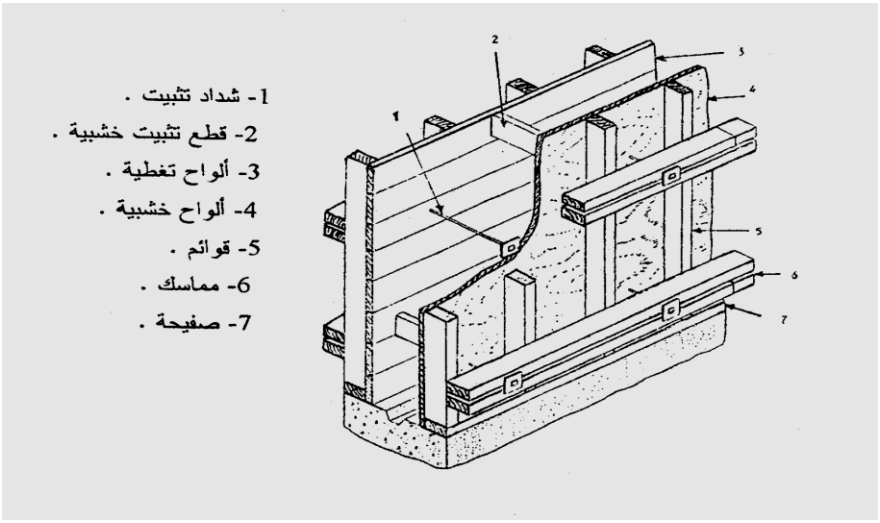
F_b : (إجهاد الشد المسموح على الانعطاف) = $110\ Kg/cm^2$

F_v : (إجهاد العصب المتعامد مع الألياف) = $12.5\ Kg/cm^2$

E : معامل المرونة = $12500\ Kg/cm^2$

F_y : إجهاد الخضوع للفولاذ = $2400\ Kg/cm^2$

الصفائح المستخدمة $cm\ (10 \times 3.2)$.القوائم المستخدمة $cm\ (10 \times 10)$.ا لمماسك المستخدمة $(2 \times 15 \times 7.5)$.



الحل :

لدراسة هذا القالب ينبغي تحليل الحمولات المؤثرة عليه ، وهي عبارة عن الضغط الجانبي للبيتون و يتم حسابه وفق طريقة الكود الأمريكي ***(ACI)***، وبفرض عمق الضغط الجانبي ***1.2m*** من سطح البيتون ، وأن سرعة الصب مقدارها***(2m/h)*** ، وتكون قيمة الضغط الأعظمي معطاة بالعلاقة :

$$\underline{P} = 877 + \frac{172750 \times V_b}{1.8t + 30} \quad \begin{matrix} \leq 11700\ Kg/m^2 \\ \leq 2800^*\ h\ (Kg/m^2) \end{matrix}$$

حيث h : ارتفاع الجدار :

$$\underline{P} = 5957.882\ Kg/m^2 \quad \begin{matrix} \leq 11700\ Kg/m^2 \\ \leq 2800^*\ 4 = 11200\ Kg/m^2 \end{matrix}$$

$$\Rightarrow \underline{P} = 5957.882\ Kg/m^2$$

١- تصميم الصفائح و اختيار التباعد بين القوائم :

$$W = q \times b = 5957.88 \times 0.1 = 595.788\ Kg/m \quad .i$$

b : عرض الصفائح .

مواصفات مقطع الخشب المستخدم كصفائح ***cm (10 × 3.2)***

$$A = 32\ cm^2 . \quad I_x = 27.3\ cm^2 . \quad S_x = 17.1\ cm^3$$

من شرط الانعطاف نجد أن :

$$\overline{F}_b = \frac{M}{S_x} = \frac{Wl^2}{10S_x} \quad ، \quad l = 3.16\sqrt{\frac{S_x . F_b}{W}}$$

$$l = 3.16\sqrt{\frac{17.1 \times 110}{595.788 \times 10^{-2}}} = 56.15\ Cm$$

الجدول (2-1) : خواص و مواصفات الخشب المستخدم.

نوع الخشب	الإجهاد العملي المسموح (KG/CM^2)				
	شد موازي للألياف في حالة الانحناء	٥.١.١.١ قص متعامد مع الألياف	٥.١.١.١ ضغط موازي للألياف	ضغط عمودي على الألياف	معامل المرونة $E[Kg/Cm^2]$
نوع رابع	55	6.2	52	25	79000
نوع ثالث	69	8.6	66	28	91000
نوع ثاني	86	10.5	83	32	105000
نوع أول	110	12.5	105	35	125000

من شرط القص نجد أن :

$$\bar{F}_v = \frac{3Q}{2A} = \frac{3Wl}{4 \times A} \quad ، \quad l = \frac{1.33 \times A \times \bar{F}_v}{W}$$

$$l = 1.33 \frac{32 \times 12.5}{595.788 \times 10^{-2}} = 89.3 Cm$$

من شرط السهم نجد أن :

$$\bar{\delta} = \frac{Wl^4}{145EI} = \frac{l}{360}$$

$$l = 0.738 \sqrt[3]{\frac{EI}{W}} = 0.738 \sqrt[3]{\frac{125000 \times 27.3}{595.788 \times 10^{-2}}} = 61.3 Cm$$

إذاً : $l = 55 \ Cm$ أصغر القيم الثلاث السابقة .

٢- تصميم القوائم واختيار التباعد بين المماسك :

بفرض مقطع القائم $(10 \times 10) cm$

$$A = 100 \ cm^2 \ , I_x = 833 \ Cm^4 , \ S_x = 167 \ Cm^3$$

الحمولة على المتر الطولي :

$$W = q \times L_1 = 5957.88 \times 0.55 = 3276.835 \ Kg / m'$$

من شرط الانعطاف :

$$l = 3.16 \sqrt{\frac{167 \times 110}{3276.835 \ . \ 10^{-2}}} = 74.819 \ Cm$$

من شرط القص :

$$l = \frac{1.33 \times 100 \times 12.5}{3276.835 \times 10^{-2}} = 50.734\ Cm$$

من شرط السهم :

$$l = 0.738\sqrt{\frac{125000 + 833}{3276.835 \times 10^{-2}}} = 108.498\ Cm$$

البعد بين المماسك هو القيمة الصغرى بين القيم الثلاث السابقة $\Leftarrow$

$\mathbf{L_2 = 50\ cm \Rightarrow}$

٣- تصميم المماسك واختيار التباعد بين الشدادات :

بفرض المماسك التي تم اختيارها $(2 \times 15 \times 7.5)\ cm$

$S_x = 2 \times 281 = 562$ ، $I_x = 2 \times 2109 = 4218\ Cm^3$ ، $A = 2 \times 112.5 Cm^4\ \ Cm^2$

الحمولة على المتر الطولي :

$$W = 5957.88 \times 0.5 = 2978\ Kg/m^2 \quad 5.1.3$$

من شرط الانعطاف :

$$L = 143.95\ cm \quad 5.2$$

من شرط القص :

$$L = 125.569\ cm \quad 5.3$$

من شرط السهم :

$$L = 192.327\ cm \quad 5.4$$

L_3 min [143.95cm ..or . 192.327cm or 125.569cm]

$\mathbf{L_3 = 125\ cm \Rightarrow}$

٤- تصميم مقطع الشداد :

$$\underline{P} = q \times L_2 \times L_3$$

$$\underline{P} = 5957.882 \times 0.5 \times 1.25 = 3723.676\ Kg$$

مقطع الشداد : $\Leftarrow$

$$A = \frac{\underline{P}}{F_y} = \frac{3723.676}{2400} = 1.548\ cm^2$$

نختار قضبان ذات مقطع (**Φ 14 m.m**)

مساحة الاستناد :

$$A = 2 \times 10 \times 7.5 = 150\ cm^2$$

القوة المؤثرة في منطقة الاستناد :

$$\underline{P} = q \cdot L_1 \cdot L_2 = 5957 \times 882 \times 0.55 \times 0.5 = 1638.418\ Kg$$

ويكون الإجهاد الموضعي المتعامد مع الألياف :

$$P_{cr} = \frac{P}{A} = \frac{1638.418}{150} = 10.923 Kg/Cm^2 < \overline{F} = 35\ Kg/Cm^2$$

فتكون التباعدات النهائية :

$$(L_1 = 55\ cm\ ,\ L_2 = 50\ cm\ ,\ L_3 = 125\ cm\ )$$

حساب قوالب الأعمدة :

تمرين (2) :

ليكن لدينا العمود ذو الأبعاد **(100.30) cm** والارتفاع ***4m*** .

– عيار البيتون المستخدم هو $350Kg/cm^2$ ووزنه الحجمي $2500Kg/m^3$.

– المضخة المستخدمة في المشروع إنتاجيتها $15\ m^3/h$ زمن التصلب ***4h*** ، و بفرض استخدام رجاج داخلي طول إبرته ***0.85 m*** ، وزاوية الاحتكاك 90°

و أن ***K=0.13***

الحل :

مساحة مقطع العمود $0.3m^2$ وحجمه $1.2m^3$.

حساب ***h*** عمق الطبقة التي لم تتصلب بعد وهي تساوي : $h = t_b \cdot V_b$

t_b : زمن التصلب و يقدر بالساعة .

V_b : سرعة الصّب الشاقولية (***m/h***) .

$$v = \text{مساحة العمود / إنتاجية المضخة} = \frac{15}{0.3} = 50 m/h$$

$$h = t_b \cdot v_b = 4 \cdot 50 = 200\ m$$

$$h = min\ [\ h = 200\ ,\ h = 4\ m\ ] = 4\ m \quad h = 4\ m \Rightarrow$$

حساب الضغط الأعظمي على القالب الخشبي :

$$P = \gamma_b\ (\ h_1 + (\ h - h_1\ ) \cdot K\ ) \cdot \sin \alpha$$

$$P = 2500\ (\ 0.85 + (\ 4 - 0.85\ ) \times 0.13\ ) \cdot \sin 90 \Rightarrow$$

$$P = 3148.75\ Kg/m^2$$

حصة الوجه الواحد $P / 4 = 787.188\ Kg / m^2$

يتم تثبيت وجهي القالب باستخدام الملازم المعدنية حيث :

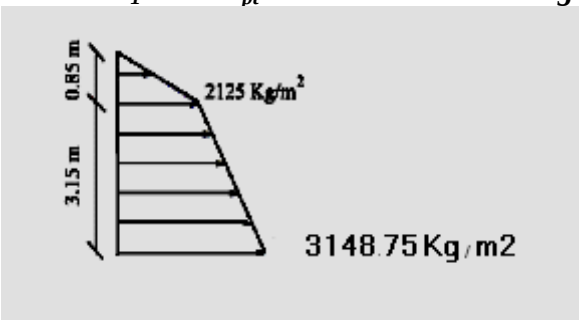
المسافة بين الملازم في الأعلى ($80\ cm - 70$)، أما المسافة بين الملازم في الأسفل ($50\ cm$) .

حساب قدرة تحمل الملازم المعدنية :

A : مساحة الملزمة المختارة $1\Phi 18 = 2.5\ cm^2$

F_{pt} : الإجهاد المسموح في منطقة الاستناد للفولاذ $1990\ Kg / cm^2$

a. $F_1 = A.F_{pt} = 0.7 \times 1990 = 1393\ Kg$



الشكل (٢-١) مخطط الضغط الجانبي على القالب .

حساب عدد الملازم في المتر الطولي :

$$N = \frac{F}{F_1} = \frac{3875}{1393} = 2.78 = 3$$ ملزمة

العمود (30×120) في الطابق الأول ذي الارتفاع 3.74m والمساحة $0.36\ m^2$ والحجم$(1.34m^3)$ وبنفس معطيات العمود السابق .

$$V_b = \Longrightarrow h = t_b \times V_b \ \frac{15}{0.36} = 41.667\ m / h$$

$$h = 4 \times 41.667 = 166.667\ m$$

$$h = min\ [\ h = 166.667\ m\ ..and\ ..h = 3.74\ m\ ]$$

$$\mathbf{h = 3.74\ m}$$

قيمة الضغط على عمق تأثير الرجاج الداخلي المغموس في البيتون يساوي :

$$P = \gamma_b..h_1 = 2.5 \times 0.85 = 2125\ k\ g / m^2 \ .$$

أما قيمة الضغط عند القاعدة فهي :

$$P = \gamma_b \cdot (h_1 + (h - h_1) \cdot K) \cdot \sin \alpha$$

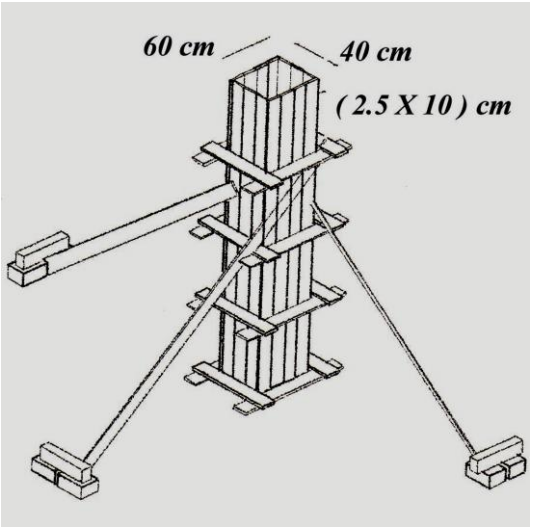
$$P = 2500 \cdot (0.85 + (3.74 - 0.85) \times 0.13) \cdot \sin 90 \quad \Rightarrow$$

$$P = 3064.25 \quad Kg / m^2$$

$P / 4 =$ ⟸ حصة الوجه الواحد

$$766.063 \; Kg / m^2$$

بنفس الطريقة السابقة نجد أن عدد الملازم المستخدمة في المتر الطولي هو (3)



الشكل (2-2) قالب عمود .

حساب قوالب البلاطا ت :

تمرين (3) :

سندرس نوعين من القوالب الخشبية لبلاطتين مختلفتين في السماكة

أ – القالب الخشبي للبلاطة المصمتة ذات السماكة (12cm) :

الخشب المستخدم من النوع الأول ذو المواصفات المبينة في الجدول (2-2) المتعلق بخواص ومواصفات الخشب المستخدم الصفائح المستخدمة ***(2.5 × 15) cm*** ،مورينات الجدران الثانوية والرئيسية و الدعامات الشاقولية ***(5 × 10) cm*** .

الحمولات : الوزن الذاتي للبلاطة

$$W_1 = 0.12 \times 2500 = 300 \; Kg / cm^2$$

حمولات العمال و النقل :

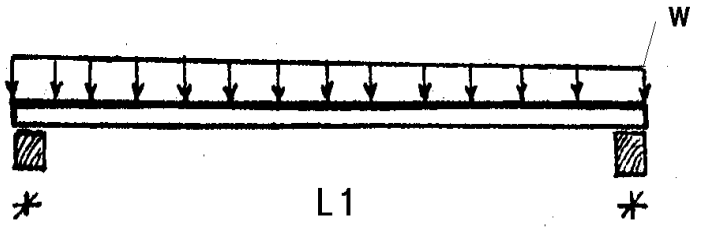
$W_2 = 250\ Kg/m^2$

حمولات ناتجة عن تفريغ البيتون :

$W_3 = 200\ Kg/m^2$

تحديد التباعدات : (L_1, L_2, L_3)

التباعد بين المورينات الثانوية L_1



الجدول (2-2) مواصفات مقطع الخشب .

العرض (B) Cm	السماكة (الارتفاع) Cm (H)	مساحة المقطع Cm^2 (F)	عزم العطالة Cm^4		العزم الستاتيكي Cm^3	
			I_y	I_x	S_y	S_x
10	1.6	16	133	3.4	26.7	4.3
	1.9	19	158	5.7	31.6	6.0
	2.5	25	208	13.0	41.7	10.4
	3.2	32	267	27.3	53.3	17.1
	4.0	40	333	53.3	66.7	26.7
	5.0	50	417	104	83.3	41.7
	6.0	60	500	180	100	60
	7.5	75	625	352	125	94
	10	100	833	833	167	167
15	2.5	37.5	705	16.9	94	15.6
	3.2	48	900	41	120	25.6
	4.0	60	1125	80	150	40
	5.0	75	1406	156	187	62.5
	6.0	90	1687	270	225	90
	7.5	112.5	2109	527	281	141
	10.0	150	2812	1250	375	250
	13	195	3656	2746	487	422
	15	225	4219	4219	562	362
20	5.0	100	3333	208	333	83
	6.0	120	4000	360	400	120
	7.5	150	5000	703	500	187
	10	200	6667	1667	667	333
	15	300	10000	5625	1000	750
	20	400	13 333	1333	1333	1333
25	20	500	26042	16667	2083	1657
	22	550	28646	22183	2292	2017
	25	625	32552	32552	2604	2604

الحمولة على المتر الطولي : m' $q_1 = W \times b_2 = 750 \times 0.15 = 112.5$ Kg

من شرط العزم :

$$l = 3.16\sqrt{\frac{S_1 . \overline{F_b}}{q_1}} = 3.16\sqrt{\frac{15.6 \times 110}{112.5 \times 10^{-2}}} = 123.42\ Cm$$

من شرط القص :

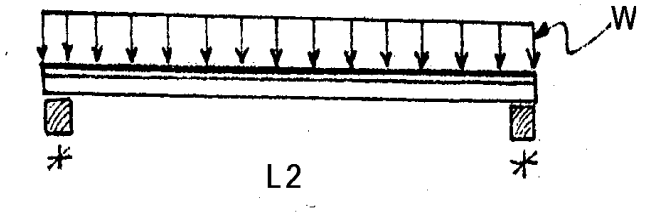
$$l = \frac{1.33 \times A \times \overline{F}_v}{q_1} = \frac{1.33 \times 37.5 \times 12.5}{112.5 \times 10^{-2}} = 554.17\ Cm$$

من شرط السهم :

$$l = 0.738\sqrt[3]{\frac{EI}{W}} = 0.738\sqrt[3]{\frac{125000 \times 19.6}{112.5 \times 10^{-2}}} = 95.7 Cm$$

نختار القيمة الصغرى $\Rightarrow$ $L_1 = 95$ cm

التباعد بين مورينات الجوائز الرئيسية L_2



الحمولة على المتر الطولي : m' $q_2 = 750 \times 0.95 = 712.5$ Kg

من شرط العزم :

$$l = 3.16\sqrt{\frac{41.7 \times 110}{712.5 \times 10^{-2}}} = 80.178\ Cm$$

من شرط القص :

$$l = \frac{1.33 \times 50 \times 12.5}{712.5 \times 10^{-2}} = 116.667\ Cm$$

من شرط السهم :

$$l = 0.738\sqrt[3]{\frac{125000 \times 104}{712.5 \times 10^{-2}}} = 90.179 Cm$$

$L_2 = 80$ cm $\Rightarrow$ ***نختار القيمة الصغرى***

التباعدات بين الدعامات الشاقولية L_3

الحمولة على المتر الطولي: $q_3 = W \times 0.8 = 600$ Kg / m'

من شرط العزم :

$$l = 3.16\sqrt{\frac{41.7 \times 110}{600 \times 10^{-2}}} = 87.372\,Cm$$

من شرط القص :

$$l = \frac{1.33 \times 50 \times 12.5}{600 \times 10^{-2}} = 138.54\,Cm$$

من شرط السهم :

$$l = 0.7383\sqrt{\frac{125000 \times 104}{600 \times 10^{-2}}} = 95.496Cm$$

$L_2 = 80$ cm $\Rightarrow$ ***نختار القيمة الصغرى***

التحقق من الإجهادات في مقاطع عناصر القالب :

١ – الصفائح :

على العزم :

$$M = \frac{q \times l_1^2}{10} = \frac{112.5 \times 0.95^2}{10} = 10.5\ \ Kg.m$$

على القص :

$$Q = \frac{q_1 \times l_1}{2} = \frac{112.5 \times 0.95}{2} = 53.44\ \ Kg / cm$$

$$F_V = \frac{3Q}{2A} = \frac{353.44}{2 \times 37.5} = 2.138\ Kg / cm^2$$

على السهم :

$$\delta = \frac{q_1 \times l_1^4}{145EI} = \frac{112.5 \times 10^{-2} \times (0.95)^4}{145 \times 125000 \times 19.6} = 0.258\,Cm$$

$$\bar{\delta} = \frac{l_1}{360} = \frac{95}{360} = 0.2639 > \delta$$

٢ – في مورينات الجوائز الثانوية :

على العزم :

$$q_2 = 712.5\ Kg/m' \quad , l_2 = 0.8\ m$$

$$M = \frac{q \times l_2^2}{10} = 45.6\ \ Kg.m$$

$$F_b = \frac{M}{S_x} = \frac{45.6 \times 10^2}{41.7} = 109.352\ Kg/cm^2 \ < \overline{F}_b = 110\ Kg/cm^2$$

على القص :

$$Q = \frac{q_2 \times l_2}{2} = \frac{712.5 \times 0.8}{2} = 285\ \ Kg$$

$$F_v = \frac{3Q}{2A} = \frac{3}{2} \times \frac{285}{50} = 8.55\ Kg/cm^2 < \overline{F}_v = 12.5 Kg/cm^2$$

على السهم :

$$\delta = \frac{q_2\ \times l_2^4}{145EI} = \frac{712.5 \times 10^{-2} \times (80)^4}{145 \times 125000 \times 104} = 0.155\ Cm$$

$$\overline{\delta} = \frac{l_2}{360} = \frac{80}{360} = 0.222 > \delta$$

⇐ مقطع الجائز الثانوي يحقق الإجهادات المسموحة .

٣ – مورينات الجوائز الرئيسية :

على العزم :

$$q_3 = 600\ Kg/m' \quad , l_3 = 85\ \ cm$$

$$M = \frac{q_3 \times l_3^2}{10} = \frac{600 \times 0.85^2}{10} = 43.35\ \ Kg.m$$

$$F_b = \frac{M}{S_x} = \frac{43.35 \times 100}{41.7} = 103.956\ Kg/cm^2 \ < \overline{F}_b = 110\ Kg/cm^2$$

على القص :

$$Q = \frac{q_3 \times l_3}{2} = \frac{600 \times 0.85}{2} = 225 \ Kg$$

$$F_v = \frac{3Q}{2A} = \frac{3}{2} \times \frac{225}{50} = 7.65 \ Kg/m' < \overline{F}_v = 12.5 Kg/cm^2$$

على السهم :

$$\delta = \frac{q_3 \times l_3^4}{145EI} = \frac{600 \times 10^{-2} \times (85)^4}{145 \times 125000 \times 104} = 0.166 \ Cm$$

$$\overline{\delta} = \frac{l_3}{360} = \frac{85}{360} = 0.236 > \delta$$

٤ – في الدعامات الشاقولية :

$N = W \times l_2 \times l_3 = 750 \times 0.8 \times 0.85 = 510$ Kg

$$A = \frac{N}{m \times F_c} = \frac{510}{0.85 \times 110} = 5.455 < 50 \ cm^2$$

⇐ الإجهادات محققة في الدعامات الشاقولية

٥ – تحقيق الدهس :

$P = W \times l_1 \times l_2 = 750 \times 0.95 \times 0.8 = 570$ Kg

$$F = \frac{P}{A} = \frac{570}{100} = 5.7 \ Kg/cm^2 < 35 \ Kg/cm^2$$

التباعدات النهائية هي :

$(L_1 = 95cm , \quad L_2 = 80 \ cm , \quad L_3 = 85 \ cm)$

ب – القالب الخشبي للبلاطة المصمتة ذات السماكة (14 cm) :

الخشب المستخدم نوع أول – الصفائح $(15 \times 2.5) \ cm$ ، مورينات الجوائز الثانوية و الرئيسية و الدعامات الشاقولية $(10 \times 5) \ cm$.

الحمولات :

الوزن الذاتي للبلاطة

$W_1 = 0.14 \times 2500 = 350$ Kg /cm^2

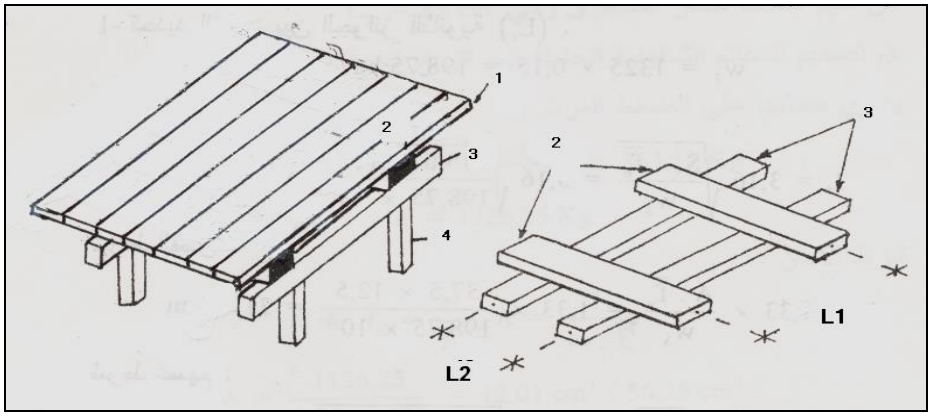
حمولات العمال و النقل :

$W_2 = 250\ Kg/m^2$

حمولات ناتجة عن تفريغ البيتون :

$W_3 = 200\ Kg/m^2$

$$W = \sum W_i = 800\ Kg/m^2$$



الشكل (3-2) عناصر القالب الخشبي للبلاطة .

1- الصفائح الخشبية.2-جوائز ثانوية.3 -جوائز رئيسية. 4 – الدعامات الشاقولية .

أ – تحديد التباعدات : ***(L_1 , L_2 , L_3)***

التباعد بين المورينات الثانوية ***L_1***

$$q_1 = W \times b = 800 \times 0.15 = 120\ Kg/m'$$

من شرط العزم : ***$L = 119.496\ Cm$***

من شرط القص : ***$L = 519.53\ Cm$***

من شرط السهم : ***$L = 93.623\ Cm$***

نختار القيمة الصغرى : $L_1 = 90\ cm$

٢ – التباعد بين مورينات الجوائز الرئيسية ***L_2*** :

$$q_2 = W \times 0.9 = 720\ Kg/m'$$

من شرط العزم : ***$L = 79.76\ Cm$***

من شرط القص : ***$L = 115.451\ Cm$***

من شرط السهم : ***$L = 89.866\ Cm$***

نختار القيمة الصغرى $\Leftarrow$ $L_2 = 75\ cm$

٣ – التباعدات بين الدعامات الشاقولية L_3

$q_3 = W \times 0.75 = 600\ Kg / m'$

من شرط العزم : $L = 87.372\ Cm$

من شرط القص : $L = 138.541\ Cm$

من شرط السهم : $L = 95.496\ Cm$

نختار القيمة الصغرى $\Leftarrow$ $L_3 = 85\ cm$

ب – التحقق من الإجهادات في مقاطع عناصر القالب :

١ – الصفائح :

على العزم : $q_1 = 120\ Kg/m'$ ، $L1 = 0.9\ m$ ، $M_2 = 9.72\ Kg.m$

$$F_b = \frac{M}{S_x} = 62.3\ Kg/Cm^2 < \overline{F}_b = 110\ Kg/cm^2$$

على القص : $Q = 54\ Kg$

$$F_v = \frac{3Q}{2A} = 2.16\ Kg/cm^2 < \overline{F_v} = 12.5\ Kg/m^2$$

على السهم : $\delta = 0.221\ Cm < \overline{\delta} = \frac{90}{360} = 0.25cm$

$$\overline{\delta} = \frac{l_1}{360} = \frac{95}{360} = 0.2639 > \delta$$

$\Leftarrow$ مقطع الصفائح يحقق الإجهادات المسموحة .

٢ – في مورينات الجوائز الثانوية :

على العزم :

$q_2 = 720\ Kg/$, $l_2 = 0.75\ m\ m'$

$$F_b = \frac{M}{S_x} = 97.122\ Kg/Cm^2 < \overline{F}_b = 110\ Kg/cm^2$$

على القص : $Q = 270\ Kg$

$$F_v = \frac{3Q}{2A} = 8.1\ Kg/cm^2 < \overline{F}_v = 12.5\ Kg/cm^2$$

على السهم: $\delta = 0.121\ Cm < \overline{\delta} = \frac{75}{360} = 0.205cm$

$\Leftarrow$ مقطع المورينات في الجوائز الثانوية يحقق الإجهادات المسموحة .

٣ – مورينات الجوائز الرئيسية :

على العزم :

$$, l_3 = 85 \ cm \ m' \quad q_3 = 600 \ Kg /$$

$$\Rightarrow M = 43.35 \ Kg.m$$

$$F_b = 103.956 \ Kg / cm^2 \ < \overline{F}_b = 110 \ Kg / cm^2$$

على القص :

$$Q = \frac{q_3 \times l_3}{2} = \frac{600 \times 0.85}{2} = 225 \ Kg$$

$$F_v = \frac{3Q}{2A} = \frac{3}{2} \times \frac{225}{50} = 7.65 \ Kg / m' < \overline{F}_v = 12.5 Kg / cm^2$$

على السهم: $\delta = 0.166 Cm < \overline{\delta} = 0.236cm$

مقطع الجوائز الرئيسية محقق للإجهادات المسموحة .

٤ – في الدعامات الشاقولية :

$$N = W \times l_1 \times l_2 = 800 \times 0.75 \times 0.55 = 510 \text{ Kg}$$

$$A = \frac{N}{m \times F_c} = \frac{510}{0.85 \times 110} = 5.455 < 50 \ cm^2$$

⇐ الإجهادات المسموحة محققة في الدعامات الشاقولية

٥ – تحقيق الدهس :

$$P = W \times l_1 \times l_2 = 800 \times 0.75 \times 0.9 = 540 \text{ Kg}$$

$$F = \frac{P}{A} = \frac{540}{100} = 5.4 \ Kg / cm^2 < 35 \ Kg / cm^2$$

فالتباعدات النهائية هي : $(L_1 = 90 \ cm , \ L_2 = 75 \ cm , L_3 = 85 \ cm)$

مسائل نقل وضخ البيتون

تمرين ١:

يلزم نقل البيتون المجبل بيتون إلى منشأة بيتونية بواسطة سيارة جبالة والمطلوب حساب الإنتاجية الساعية للسيارة الجبالة:

١- إذا كانت المنشأة تبعد عن المجبل مسافة L=10km والاستطاعة الوسطية لضخ البيتون $q = (10 - 20\,30)$

٢- ٢-في حال إذا كانت الاستطاعة الوسطية لضخ البيتون $q = 20m^3/h$ والمنشأة تبعد عن المجبل مسافة $L = (10,15,25)km$

علماً بأن: زمن الإملاء والتفريغ $t_1 + t_2 = 20\min$، حجم وعاء الجبالة $V=5,2m^3$، حجم الخلطة في الجبالة $V'=4,5m^3$، سرعة الجبالة في الذهاب ولإياب $V_1 = 25km/h$ ، $V_2 = 40km/h$ ، $K_1 = 0,93$ ، $K_2 = 0,85$

الحل:

الطلب الأول: $L = 15km$, $q = (10,20,30)m^3/h$

١- تحسب الإنتاجية الساعية للسيارة الجبالة بالعلاقة:

$$Q = \frac{60v.K_1.K_2}{T}$$

حيث:

T: زمن دورة عمل السيارة min.

V: حجم وعاء الجبالة: m^3

$$T = t_1 + 60L\frac{V_1 + V_2}{V_1 + V_2} + t_2$$

$$T = 20 + 60.10.\frac{25 + 40}{25.40} = 59\min$$

وبالتالي فإن الإنتاجية الساعية للسيارة الجبالة:

$$Q = \frac{60.5,2.0.85}{59} = 4.18\ m^3/h$$

يتم حساب عدد السيارات اللازمة لنقل البيتون وفق العلاقة:

$$N = \frac{T.q}{60V`} + 1\frac{59.q}{60.4,5} + 1 = 0,21q + 1$$

يتم حساب عدد السيارات اللازمة وفق الجدول المبين:

Qm^3/h	T,min	$Q.m^3/h$	N	N'
10	59	4,18	3,18	3
20	59	4,18	5,36	5
30	59	4,18	7,54	8

الطلب الثاني:

$L = 10, 15, 25\ km/h$ ، $q = 20m^3/h$

تحسب الإنتاجية كما هو في الطلب السابق

$$Q = \frac{60.v.K_1.K_2}{T} = \frac{60.5,2.\ 0,93.0,85}{T}$$

$$Q = \frac{246,63}{T}$$

تتعلق إنتاجية الجبالة الآلية بزمن دورة العمل T وذلك وفق العلاقة السابقة

$$T = t_1 + 60.\ L\ \frac{V_1 + V_2}{V_1.V_2} + t_2$$

$$T = 20 + 60.\ L\ \frac{25 + 40}{25.40} = 20 + 3,9\ L$$

وبالتالي فإن Q تحسب كما يلي:

$$Q = \frac{246,63}{20 + 3.9L}$$

أما عدد السيارات اللازمة N فتحسب بالعلاقة:

$$N = \frac{T.V}{60V'} + 1 = \frac{T.20}{60.4.5} + 1 = \frac{T}{13,5} + 1$$

نشكل جدول لحساب T,Q, N حسب مسافة النقل L

L,km	T,min	$Q.m^3/h$	N	N'
10	59	4,18	5,3	5
15	78,5	3,14	6,8	7
25	117,5	2,1	9,7	10

تمرين ٢:

المطلوب حساب بالكلفة الكلية لنقل 1m3 بيتون المجبل إلى الورشة بوساطة سيارة جبالة بالحالتين:

١- نقل البيتون إلى مسافة 10km وباستطاعة وسطية $q = (5,10,15) m^3 / h$

٢- نقل البيتون إلى مسافة (10, 15, 25) km وباستطاعة وسطية q = 15 m^3 / h

مع العلم أن :

A S.P	C s.p/km	C_{car} S.P	$\overline{V}$ km/h	V,m^3	V' ,m^3	K_1	K_2	t_1+t_2 min
7000	3,5	$1,5\times10^6$	30	6	2,5	1	1	25

الطلب الأول:

تحسب الكلفة لنقل $1m^3$ بيتون وفق التسلسل التالي:

١- في البداية يتم حساب كلفة استخدام الآلية لمدة ساعة واحدة Ch والتي تغطى بالعلاقة:

$$Ch = \frac{E}{T_0} + \frac{A}{T_y} + C.L_1$$

حيث:

E- الهدر المصروف لنقل الآلية إلى مكان المشروع S.P

To- زمن بقاء الآلية في العمل بالمشروع hours.

A- الهدر المصروف على الآلية خلال عام، S.P / year

Ty- عدد ساعات العمل خلال العام، hours

C- الهدر المتعلق بمسافة النقل المكافئة S.P/km.

L1- المسافة لمكافئة للنقل لمدة ساعة واحدة km

يحسب L_1 بالعلاقة:

$$L_1 = \frac{2L}{t_1 + L\frac{v_1 + v_2}{v_1.v_2} + t_2} = \frac{2L}{\frac{25}{60} + \frac{2L}{30}}$$

$$L_1 = \frac{2L}{0,417 + 0,067L}$$

وبالتالي

$$Ch = \frac{70000}{2050} + 3,5.\frac{2.10}{0,417 + 0,067.10} = 98,49$$

٢- حساب Co (سعر نقل $1m^3$ بيتون):

$$C_o = \frac{ch}{q}.K_1.N$$

$$C_o = \frac{98,49}{q}.1.N = 98,49.\frac{N}{q}$$

تحسب N بالعلاقة: $N = \frac{T.q}{60v'} + 1$

من الممكن حساب T من العلاقة

$$T = t_1 + 2.60\frac{L}{V} + t_2 = 25 + 120\ \frac{10}{30} 65\min$$

وبالتالي

$$N = \frac{65.q}{60.5,2} + 1\ \ 0,2q + 1$$

٣- حساب الكلفة الكلية د لنقل $1m^3$ بيتون :

تحسب $\in$ وفق العلاقة:

$$\in = C_o + E_o\ \frac{C_{car}}{Q}.N$$

حيث :

C_{car}: سعر الآلية ، S.P

Q: الإنتاجية المسؤولة للآلية، $m^3 / year$

$$Q = q.\ Ty.K_2 = \ 2050.1.q = 2050q$$

نشكل جدول لحساب $\in$ مع مفرداتها بدلالة q

q m^3/h	Ch S.P/h	Q m^3/year	T min	N	N`	Co S.P/m^3	$E_o \frac{Car}{Q} N`$	$\in$ S.P/m^3
5	98,49	10250	65	2	2	39,39	35,12	74,51
10	98,49	20500	65	3	3	29,55	26,34	55,89
15	98,49	30750	65	4	4	26,26	23,41	49,67

الطلب الثاني:

١- حساب Ch:

$$Ch = \frac{E}{T_o} + \frac{A}{T_y} + C.L_1 = \frac{A}{T_y} + C.\frac{2L}{t_1 + \frac{2L}{\overline{V}} + t_2}$$

$$Ch = \frac{70000}{2050} + 3{,}5.\frac{2L}{0{,}417 + \frac{2L}{30}} = 34{,}14 + 7.\frac{L}{0{,}417 + 0{,}067.L}$$

٢- حساب Co:

$$C_o = \frac{Ch.K_1}{q}.N = \frac{Ch}{15}.N$$

تحسب N بالعلاقة:

$$N = \frac{T.q}{60V`} + 1$$

في البداية نقوم بحساب T:

$$T = t_1 + 60\ .\frac{2L}{\overline{V}} + t_2$$

$$T = 25 + 120.\frac{L}{30} = 25 + 4L$$

وبالتالي:

$$N = \frac{T.15}{60.5{,}2} + 1 = \frac{T}{20{,}8} + 1$$

٣- حساب الكلفة الكلية د لنقل $1m^3$ بيتون:

$$\in = C_o + E_o \frac{C_{car}}{Q}.N$$

تحسب Q بالمعادلة:

$$Q = q.Ty.K_2 = 15.2050.1 = 30750m^3 / day$$

تشكل الجدول التالي لحساب ∈ بدلالة L:

L km	Ch S.P/h	Q m^3/year	T min	N	N`	Co S.P/m^3	$E_o \frac{Car}{Q} N`$	∈ S.P/m^3
10	98,49	30750	65	4,1	4	26,26	23,41	49,67
15	107,98	30750	105	6,04	6	43,19	35,12	78,31
25	117,79	30750	125	7,00	7	54,97	40,97	95,94

تمرين ٣:

يلزم نقل بيتون من مجبل بيتوني ذي استطاعة $45m^3/h$ بنفس الوقت إلى عدد من المشاريع البيتونية المتوزعة على مسافات مختلفة (15,25)Km وباستطاعات ضخ مختلفة $(10, 20)m^3/h$ على التوالي فإذا علمت أن حجم البيتون المنقول في كل سيارة $6m^3$ سرعة السيارة ذهاباً 25Km/h وإياباً 40km/h، زمن الإملاء 5min والتفريغ 8min والمطلوب.

١- حساب عدد السيارات اللازمة لتأمين نقل البيتون لكل مشروع.

٢- بفرض لزوم نقل البيتون إلى مشروع ثالث بنفس الوقت أيضاً والذي يقع على مسافة 35Km عن المجبل البيتوني حيث استطاعة الضخ بالمشروع $25m^3/h$ وبالتالي: ماالذي تغير بواقع العمل وما هو اقتراحك حول ذلك؟

وما هو عدد الآليات اللازمة لنقل البيتون لكل من المشاريع الثلاثة.

ملاحظة:عدد ساعات العمل باليوم ثماني ساعات، وتؤخذ جميع المعاملات مساوية للواحد.

الطلب الأول :

يتم حساب عدد السيارات اللازمة لنقل البيتون إلى كل مشروع بالعلاقة التالية:

$$N_i = \frac{T_i q_i}{60 V_i} + 1$$

- حساب زمن دورة العمل T_1 والخاصة بنقل البيتون لمسافة L=15km

$$T_1 = t_1 + 60L\frac{V_1 + V_2}{V_1, V_2} + t_2$$

$$T_1 = 5 + 60.15.\frac{25+40}{25.40} + 8 = 71{,}5\,\min$$

- حساب T_2 والخاصة بنقل البيتون لمسافة L = 25km

$$T_2 = 5 + 60.25.\frac{25+40}{25.40} + 8 = 110{,}5\,\min$$

وبالتالي فإن عدد الآليات اللازمة لنقل البيتون إلى المشروع الأول (L=15km)

$$N_1 = \frac{71{,}5.10}{60.6} + 1 = 2{,}9 \cong 3Car$$

وعدد السيارة اللازمة لنقل البيتون إلى للمشروع الثاني المتواجد على مسافة (L_2=25km)

$$N_2 = \frac{110{,}5.20}{60.6} + 1 = 6{,}1 \cong 6Car$$

وبالتالي فإن عدد السيارات الكلي اللازم تأمينها لنقل البيتون لكلا لمشروعين :

$$N = N_1 + N_2 = 3 + 6 = 9\ Car$$

الطلب الثاني:

بما أن مسافة النقل للمشروع الثالث $30Km < 35Km$ فإن البيتون يجب أن ينقل على شكل بيتون جاف.

كذلك الأمر فإن الإنتاجية الساعية الواجب تحقيقها في المشاريع للبيتون المضخوخ هي $10 + 20 + 25 = 55m^3/h > 45m^3/h$ أي أنها أكبر من إنتاجية المجبل البيتوني لذلك فإن الاقتراح اللازم هو نقل البيتون من المجبل البيتوني إلى كافة المشاريع على شكل بيتون جاف الأمر الذي يؤدي إلى زيادة الإنتاجية بنسبة 30% وبالتالي في هذه الحالة فإن إنتاجية المجبل البيتوني ستصبح $45 \times 1{,}3 = 58{,}5 > 55m^3/h$ أي أنه تم تأمين نقل البيتون إلى المشاريع الثلاثة وبالاستطاعة المطلوبة.

عدد الآليات اللازمة لكل مشروع:

$$N_1 = 3car \leftarrow L_1 = 15km$$

$$N_2 = 6car \leftarrow L_2 = 25km$$

$L_3 = 35 Km$ ← حسب الدراسة السابقة:

$N_3 = 11{,}38 \cong 11 car \leftarrow T_3 = 149{,}5$

وبالتالي تصبح عدد آليات النقل الكلية :

$N = N_1 + N_2 + N_3 = 3 + 6 + 11 = 20$ car

تمرين ٤:

يلزم نقل وتوزيع البيتون من المجبل إلى عدد من الورشات الموجودة على مسافات مختلفة عن المجبل وباستطاعات نقل مختلفة وذلك باستخدام سيارة جبالة وأخرى قلاب ذات المواصفات التالية:

نوع الآلية	A, S.p	T y,hoyr	C s.p/km	Ccar S.p	V Km / h	V_1 m^3
سيارة قلاب	45000	2050	3	$0{,}9\times10^6$	25	3,5
سيارة جبالة	70000	2050	2.7	$1{,}5\times10^6$	30	4,5

والمطلوب: تحديد المجال الأمثلي لاستخدام آليات النقل.

ملاحظة : تؤخذ باقي العوامل مساوية للواحد .

الحل :

الخطوة الأولى هي تحديد كلفة الكلية لنقل البيتون Ɔ سواءً للسيارة القلاب أو الجبالة وذلك وفق نفس التسلسل في التمارين السابقة.

وذلك من أجل استطاعات نقل مختلفة: $q = 5,10,15,20$ m^3/h

١- حساب ɘ للسيارة الجبالة أو القلاب من أجل استطاعات نقل مختلفة مابين 5 m^3/h . $25 m^3/h$.

تظهر الجداول التالية نتائج الدراسة وذلك حسب استطاعة نقل البيتون q :

$q = 5 m^3 / h$

السيارة الجبالة

L	C_h	Q	T	N	N`	C_o	$E_o \frac{C_{car} - N}{Q}$	Э
5	64,14	10250	50	1,86	2	25,65	35,12	60,77
10	77,03	10250	70	2,2	2	30,812	35,15	65,93
15	84,14	10250	90	2,56	3	50,48	52,68	103,16
20	88,69	10250	110	2,9	3	52,314	52,68	104,99
25	91,83	10250	130	3,2	3	55,09	52,68	107,77
30	94,14	10250	150	3,6	4	75,312	70,24	145,5

السيارة القلاب

L	C_h	Q	T	N	N`	C_o	$E_o \frac{C_{car} - N}{Q}$	Э
5	55,28	10250	54	2,4	2	22,11	21,07	43,18
10	68,105	10250	78	3,03	2	40,86	31,609	72,46
15	74,89	10250	102	3,6	3	59,92	42,14	102,06
20	79,02	10250	126	4,20	3	63,27	42,14	105,41
25	81,95	10250	150	4,9	3	81,95	52,68	134,63
30	84,02	10250	174	5,53	4	100,82	63,21	164,01

$q = 10 m^3 / h$

السيارة الجبالة

L	C_h	Q	T	N	N`	C_o	$E_o \frac{C_{car} - N}{Q}$	Э
5	64,14	20500	50	2,7	3	19,24	26,34	45,58
10	77,03	20500	70	3,5	4	30,8	35,12	65,9
15	84,14	20500	90	4,2	4	33,65	35,12	68,77
20	88,69	20500	110	4,8	5	44,34	43,902	88,24
25	91,83	20500	130	5,5	6	55,09	52,68	107,77
30	94,14	20500	150	6,2	6	56,48	52,68	109,66

السيارة القلاب

L	C_h	Q	T	N	N`	C_o	$E_o \frac{C_{car} - N}{Q}$	Э
5	55,28	20500	54	3,8	4	22,11	21,07	43,18
10	68,105	20500	78	5	5	34	26,34	60,34
15	74,89	20500	102	6,3	6	44,93	31,6	76,53
20	79,02	20500	126	7,5	8	63,21	42,146	105,35
25	81,95	20500	150	8,8	9	73,75	47,4	121,15
30	84,02	20500	174	10	10	84,02	52,68	136,7

$q = 15m^3 / h$

السيارة الجبالة

L	C_h	Q	T	N	N`	C_o	$E_o \frac{C_{car} - N}{Q}$	Э
5	64,14	30750	50	3,6	4	17,104	23,41	40,5
10	77,03	30750	70	4,6	5	25,98	29,26	55,24
15	84,14	30750	90	5,6	6	33,65	35,12	68,73
20	88,69	30750	110	6,72	7	41,38	40,97	82,35
25	91,83	30750	130	7,7	8	84,97	46,82	95,79
30	94,14	30750	150	8,8	9	56,4	52,68	109,08

السيارة القلاب

L	C_h	Q	T	N	N`	C_o	$E_o \frac{C_{car} - N}{Q}$	Э
5	55,28	30750	54	5,2	5	18,42	17,56	35,98
10	68,105	30750	78	7,09	7	31,7	24,58	56,28
15	74,89	30750	102	8,96	9	44,93	31,609	76,59
20	79,02	30750	126	10,84	11	57,99	38,63	96,62
25	81,95	30750	150	12,7	13	71,02	45,65	116,67
30	84,02	30750	174	14,59	15	84,02	52,68	136,7

$q = 20m^3 / h$

السيارة الجبالة

L	C_h	Q	T	N	N`	C_o	$E_o \frac{C_{car} - N}{Q}$	Э
5	64,14	41000	50	4,4	4	12,82	17,56	30,38
10	77,03	41000	70	5,8	6	23,1	26,34	49,44
15	84,14	41000	90	7,25	7	29,44	30,73	60,17
20	88,69	41000	110	8,6	9	39,9	39,5	79,4
25	91,83	41000	130	10,02	10	54,915	43,9	98,18
30	94,14	41000	150	11,4	11	51,77	48,29	100,06

السيارة القلاب

L	C_h	Q	T	N	N`	C_o	$E_o \frac{C_{car} - N}{Q}$	Э
5	55,28	41000	54	6,6	7	19,34	18,43	37,77
10	68,105	41000	78	9,1	9	30,64	23,7	54,34
15	74,89	41000	102	11,6	12	44,93	31,6	76,53
20	79,02	41000	126	14,12	14	55,31	36,8	92,11
25	81,95	41000	150	16,6	17	69,65	44,78	114,43
30	84,02	41000	174	19,1	19	79,89	50,04	129,85

$q = 25m^3 / h$

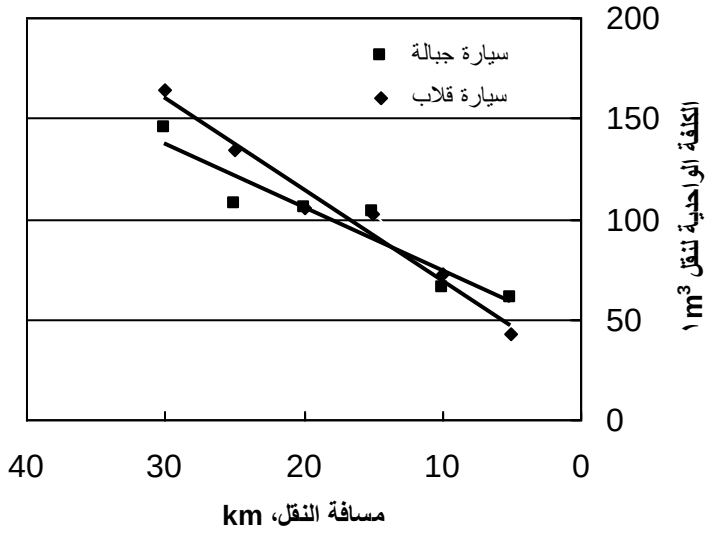
السيارة الجبالة

L	C_h	Q	T	N	N`	C_o	$E_o \frac{C_{car} - N}{Q}$	Э
5	64,14	51250	50	4,4	4	12,82	17,56	30,38
10	77,03	51250	70	5,8	6	23,1	26,34	46,14
15	84,14	51250	90	7,25	7	29,44	30,73	61,89
20	88,69	51250	110	8,6	9	39,9	39,5	77,65
25	91,83	51250	130	10,02	10	54,915	43,9	86,91
30	94,14	51250	150	1,4	11	51,77	48,29	101,88

السيارة القلاب

L	C_h	Q	T	N	N`	C_o	$E_o \frac{C_{car} - N}{Q}$	Э
5	55,28	51250	54	8,03	8	17,68	16,85	43,53
10	68,105	51250	78	11,1	11	29,96	23,18	53,14
15	74,89	51250	102	14,2	14	41,93	29,5	71,43
20	79,02	51250	126	23,6	24	53,73	35,82	89,55
25	81,95	51250	150	17,4	17	68,83	44,25	113,08
30	84,02	51250	174	20,5	21	80,56	50,5	131,15

بعد ذلك نرسم الأشكال الموافقة لكل استطاعة ضخ سواء للسيارة الجبالة أو السيارة القلاب لتحديد المجال الأمثل لاستخدام كل منهما كما يبين الشكل التالي وذلك من أجل $q=10m^3/h$ على سبيل المثال:



نلاحظ من المخطط السابق أنه بالنسبة للسيارة الجبالة فإنه من أجل استطاعة النقل $q=10m^3/h$ فإن Э تتغير بشكل خطي متزايد فعندما $L=5km$ تكون $\in = 45,58 S.P/m^3$ لتصل إلى $\in = 109,66\ S.P/m^3$ عندما تكون $L = 30km$

أما بالنسبة للسيارة فإنه عندما تكون L=5km تكون $\in = 43{,}18\ S.P/m^3$ وهي تزداد مع ازدياد المسافة .

أما المجال الأكثر اقتصادية الاستخدام السيارة القلاب من أجل $q=10m^3/$ فهو عند $Lo = 12{,}5k_m$

بعد ذلك أي عندما $L > 12{,}5Km$ تكون الأفضلية لنقل البيتون باستخدام السيارة الجبالة. أي أن $L_o = 12{,}5Km$ هي المسافة الحدية لنقل البيتون سواءً بالسيارة الجبالة أو القلاب وذلك إذا كانت استطاعة النقل $q = 10m^3/h$

وتجدر الملاحظة إلى أن L_o (المسافة الحدية) ليست ثابتة وإنما تتغير بتغير استطاعة نقل البيتون q .ويوضح الجدول التالية تغير L_o حسب تغير استطاعة النقل للبيتون

$q,m^3/h$	5	10	15	20	25	30
Lo km	16	12,5	8,7	5	3,75	0

تمرين ٥:

لدينا رافعة برجية ذات حجم دلوها $V=1m^3$ ومعامل استثمار K=0,8 فإذا علمت أن زمن دورة عمل الرافعة 4 min والمطلوب:

١- حساب الإنتاجية الساعية للرافعة.

٢- حساب عدد السيارات الجبالة اللازمة لنقل البيتون لتأمين العمل المستمر للرافعة مع العلم بأن حجم البيتون المنقول في الدورة الواحدة

$6m^3$ ، L=20km، v_1= 25 km/h ، v_2 = 35km/h ، $t_1 + t_2 = 15$ min .

الحـل :

الطلب الأول:

تحسب الإنتاجية الساعية للرافعة وفق العلاقة:

$$Q = 60\frac{V}{t}.K$$

حيث:

V: حجم وعاء الرافعة m^3

t: زمن دورة عمل الرافعة، min

$$Q = 60.\frac{1}{4}.0,8 = m^3/h$$

الطلب الثاني:

تحسب عدد السيارات اللازمة لنقل البيتون بالعلاقة:

$$N = \frac{T.q}{60v`} + 1$$

$$T = t_1 + 60.L\frac{V_1 + V_2}{V_1.V_2} + t_2 = 15 + 60.20\frac{25 + 35}{25.35} + 97,28$$

وبالتالي:

$$N = \frac{97,28 \cdot 12}{60 \cdot 6} + 1 = 4,2 = 4 \text{ car}$$

تمرين٦ :

لدينا رافعة برجية ذات حجم دلو $V=1.25m^3$ ومعامل استثمار 0.85 فإذا علمت أن زمن دورة عمل الرافعة 5min والمطلوب:

١. حساب عدد السيارات الجبالة اللازمة لنقل البيتون لتأمين العمل المستمر للرافعة مع العلم بأن مسافة النقل $L = 20km$ ، $V_1 = 25km/h$ ، $V_2 = 35km/h$ ، $t_1 + t_2 = 20\min$ ، حجم الخلطة البيتونية في الجبالة $.5m^3$

٢. تحديد طريقة نقل البيتون حيث أن درجة حرارة الخلطة البيتونية 20C، w/c=0,6، $M_c = 350Kg/m^3$.

الحل :

الطلب الأول:

تحسب عدد السيارات اللازمة بالعلاقة:

$$N = \frac{T.q}{60v`} + 1$$

وتعطى الإنتاجية الساعية للرافعة q بالعلاقة:

$$Q = 60\frac{v}{t}.K = 60\frac{1,25}{5}.0,85 = 12,75m^3/h$$

$$T = t_1 + 60.L\frac{v_1 + v_2}{v_1 - v_2} + t_2$$

$$T = 20 + 60.20\ \frac{25+35}{25.35} = 102,3\min$$

وبالتالي:

$$N = \frac{102,3.12,75}{60.5} + 1 = 5,3 \cong 5Car$$

الطلب الثاني :

لتحديد طريقة نقل البيتون فإنه يجب حساب الزمن المسموح به للنقل T_2

$$T_1 = \frac{200w/c}{C + \frac{Me}{100}} = \frac{200.0,6}{20 + \frac{350}{100}} = 5,1hour$$

$$T_2 = \frac{1}{2}(T_1 - 1) = \frac{1}{2}(5,1-1) = 2,05huor$$

يجب مقارنة T_2 مع الزمن اللازم لنقل البيتون من المجبل إلى الورشة T_3

$T_3 = 60L / v_1 + t_1 + t_2 = 60 . 20 / 25 + 20 = 68\min = 1.13h$

وبما أن $T_3 < T_2$ فإن البيتون سينقل على شكل خلطة بيتونية .

تمرين ٧:

المطلوب حساب الإنتاجية الساعية لمضخة بيتونية ذات استطاعة تصميمية $45m^3/h$ وذلك لضخ البيتون إلى منشأة ذات ارتفاع كلي 13m. علماً بأن أبعد نقطة أفقية للصب عن مكان توضع المضخة ويتطلب نظام التمديدات كوعين 90° وكوعين 45°.

مع العلم بأن $K_1 = 0,95$ ، $K_3 = 0.88$ ، $K = 12$ (معامل التكافؤ للأنابيب الشاقولية).

الطول المكافئ للأنابيب m	150	175	200	225
K2	0.7	0.65	0.55	0.45

الحل :

١- تحسب الإنتاجية الساعية للمضخة البيتونية بالعلاقة:

$$Q = Q_0.K_1.K_2.K_3$$

لحساب K_2 لا بد في البداية من حساب الطول المكافئ للأنابيب L_m والذي يعطى بالعلاقة:

$$L_m = L_h + K.L_v + L_x$$

حيث K معامل التكافؤ للأنابيب الشاقولية والمائلة وهو يتعلق بزاوية ميلانه

$K=12 \leftarrow$ والأنبوب شاقولي ، $Lv=13m$ ، $Lh=17m$

$$L_x = \frac{\sum_x}{10} = \frac{2.90 + 2.45}{10} = 27m$$

$$L_o = 17 + 12.13 + 27 = 198m$$

$$k_2 = 0,56 - \frac{0,65 - 0,55}{200 - 175}(198 - 175) = 0,558$$

ومنه $$Q = 45,0,95.0.558.0,88 = 20,99m^3/h$$

تمرين ٨:

المطلوب حساب عدد السيارات الجبالة اللازمة لنقل البيتون إلى مضخة بيتونية ذات استطاعة تصميمية $70m^3/h$ والتي تقوم بضخ البيتون إلى منشأة ذات ارتفاع كلي 25m، مع العلم بأن الطول الكلي للأنابيب الأفقية للمضخة 20m وطول الأنبوب المطاطي المتدلي في النهاية 2m، $k_1=0,9$ $K_3=0.95$ ، k_2 حسب الجدول:

L0,m	330	340	350	360	370	380
K2	0.9	0.85	0.8	0.75	0.7	0.7

مسافة نقل البيتون 24Km ، حجم الخلطة البيتونية في الجبالة $6m^3$ وحجم وعاء الجبالة $7.5m^3$، زمن إملاء وتفريغ السيارة 20min، V_1=40Km/h، V_2=30Km/h.

ملاحظة : معامل التكافؤ للأنابيب الشاقولية k=12

عدد الأكواع الكلية للأنابيب 3 زاوية كل منها 90°

تؤخذ باقي العوامل مساوية للواحد.

الحل :

في البداية وقبل حساب عدد السيارات اللازمة لنقل البيتون فإنه لابد من حساب استطاعة الضخ بالمضخة البيتونية Q:

$$Q = Q_0 .K_1 . K_2 . K_3$$

$$Q = 70.0,9.K_2.0,95 = 59,85K_2$$

تحسب K_2 حسب الطول المكافئ للأنابيب L_o:

$$L_o = lh + K,Lv + Lx$$

$$Lh = 20m$$

$$Lv = 25m$$

$$L\alpha = \frac{3 . 90 + 90}{10} = 36\ m$$

إن الرقم 90 والذي تم إضافته في العلاقة السابقة يعود إلى الزاوية بين الأنبوب المطاطي الشاقولي وأنبوب المضخة الأفقي. مع العلم بأن طول الأنبوب المطاطي المتدلي لم يدخل في الحساب لأن البيتون يمر عبره بالسقوط الحر نحو الأسفل أي لا توجد ممانعة مرور للبيتون.

$$L_o = 20 + 12.25 + 365m$$

$$K_2 = 0,75 - \frac{0,75 - 0,7}{370 - 360}(365 - 360) = 0,725$$

$$Q = 59,85.0,725 = 43,39m^3 / h$$

عدد السيارات الجبالة اللازمة لنقل البيتون N تحسب بالعلاقة :

$$N = \frac{T.q}{60.v`} + 1$$

$$T = t_1 + 60L\frac{v_1 + v_2}{v_1.v_2} + t_2 = 20 + 60.25\frac{30 + 40}{30.40} = 107,5\min$$

$$N = \frac{107,5 .43.39}{60 .6} + 1 = 13.9 = 14car$$

تمرين ٩:

المطلوب اختيار آلية الضخ المناسبة (رافعة، مضخة بيتونية) لضخ $4000m^3$ بيتون حيث أن استطاعة الضخ الساعية $q = 20m^3/h$، زمن دورة عمل الرافعة t=5min، ومعامل استثمار k=0,9 وحجم سطل الرافعة $1m^3$ والاستطاعة الاستثمارية للمضخة $Q = 35m^3/h$ ومواصفات آلتي الضخ هي حسب الجدول:

نوع الآلية	A S.P	T, hour	Ccar.S.P	E_o	K_1	K_2	E
رافعة	45000	2050	$2,5\times10^6$	0,12	1,1	0,93	3500
مضخة	52000	2050	$3,5\times10^6$	0,12	1,05	0,95	2000

الحل:

يتم اختيار آلية الضخ المناسبة (رافعة، مضخة) وذلك بعد حساب الكلفة الكلية لضخ $1m^3$ كل منها واختيار الآلية التي توافق د الأصغرية .

١- حساب د في حال ضخ البيتون بالرافعة:

- حساب الاستطاعة الاستثمارية للرافعة Q

$$Q = 60\frac{V}{t}.k = 60.\frac{1}{5}.0,9 = 10,8m^3/h$$

– حساب عدد الروافع الواجب استخدامها:

$$N = \frac{q}{Q} = \frac{20}{10,8} = 1,85 \cong 2$$

أي أننا بحاجة لرافعتين في المشروع.

– حساب كلفة استخدام الرافعة لمدة ساعة واحدة:

$$Ch_1 = \frac{E}{T_o} + \frac{A}{T_y} + C.L_1$$

إن $C.L_1$ محذوف في آليات الضخ لأنها لا تقوم بعملية النقل أي $L_1=0$ وبالتالي:

$$Ch_1 = \frac{E_1}{T_o} + \frac{A}{T_y} = \frac{3500}{4000/20} + \frac{45000}{2050} = 39,45 S.P/hour$$

– حساب $C_{o,1}$

$$C_{o,1} = \frac{Ch_1.K_1}{q}.N_1 = \frac{39,45.1,1}{20}.2 = 4,34 S.P/m^3$$

– حساب $э_1$:

$$э_1 = C_{o,1} + E_o \frac{C_{car1}}{Q_1}.N_1$$

$$Q_1 = q.Ty.K_2 = 20.2050.0,93 = 38130 m^3/year$$

وبالتالي

$$э_1 = 4,34 + 0,12 \frac{2,5.10^6}{38130}.2 = 20,07 S.P/m^3$$

٢– ضخ البيتون باستخدام المضخة البيتونية:

– حساب Ch_2:

$$Ch_2 = \frac{E}{T_o} + \frac{A}{T_y} = \frac{2000}{4000/20} + \frac{52000}{2050} = 35,36 S.P/h$$

– حساب $C_{0.2}$

$$C_{0.2} = \frac{ch_2.K_1}{q}.N_2 = \frac{35,36.1,05}{20}.1 = 1,85 S.P/m^3$$

– حساب $э_2$:

$$э_2 = Co.2 + Eo\frac{C_{car2}}{Q_2}.N_2$$

$$Q_2 = q.Ty.K_2 = 20.2050.0{,}95 = 38950 m^3 / year$$

$$э_2 = 1{,}85 + 0{,}12\frac{3{,}5.10^6}{38950}.1 = 12{,}63\ S.P / m^3$$

بالمقارنة بين $э_1$ و $э_2$ نجد أن ضخ البيتون بوساطة المضخة هو الأفضل لأنه يحقق الكلفة الكلية الأصغرية لضخ البيتون $э = 12{,}63 S.P / m^3$.

تمرين ١٠:

يلزم ضخ $2000m^3$ من البيتون باستخدام الرافعة أو المضخة البيتونية فإذا علمت أن المواصفات التكنو – اقتصادية للرافعة والمضخة هي وفق الجدول:

نوع الآلية	AS.P	Ty hour	Ccar S.P	K_1	K_2	E
رافعة	120000	2050	$1{,}6.10^6$	1,02	0,85	5000
مضخة	140000	2050	$3{,}5.10^6$	1,05	0,95	2500

وحيث أن حجم دلو الرافعة $V=1.5m^3$ وزمن دورة عملها 5min ومعامل استثمارها k=0.9 والاستطاعة الاستثمارية للمضخة $Q = 35m^3 / h$ ، E_o= 0.12 .

والمطلوب : تحديد المجال المثل لاستخدام كل من آليتي ضخ البيتون .

الحل:

كي يتم تحديد مجال استخدام كل من الآلتين فإنه لابد من رسم مخطط بياني لكل منهما يربط ما بين استطاعة الضخ والكلفة الكلية لضخ $1m^3$ بيتون э.

١– حساب الكلفة الكلية لضخ 1m3 بيتون بواسطة الرافعة:

- حساب الكلفة الساعية لاستخدام الرافعة:

$$Ch_1 = \frac{E}{T_o} + \frac{A}{T_y}$$

$$ch_1 = \frac{5000}{2000}.q + \frac{120000}{2050} = 2{,}5q + 58{,}23$$

- حساب الإنتاجية الساعية للرافعة:

$$Q = 60\frac{v_1}{t}.<= 60\frac{1{,}5}{5}.0{,}9 = 16{,}2m^3/h$$

- حساب كلفة ضخ $1m^3$ بيتون:

$$C_{o.1} = \frac{ch_1.K_1}{q}.N_1$$

- حساب الكلفة الكلية لضخ $1m^3$ بيتون:

$$э_1 = C_{0.1} + E_o\frac{C_{car}}{Q_1}.N_1$$

$$Q_1 = q.T_y.K_2 = q.2050.0{,}85 = 1742{,}5q$$

$$э_1 = C_{0.1} + 0{,}12\frac{1{,}6.10^6}{1742q}.N_1 = Co{,}1 + \frac{110{,}2}{q}.N_1$$

نشكل الجدول التالي لحساب $э_1$ حسب تغير استطاعة الضخ q.

qm^3/h	$Ch_1\ S.P/m^3$	$Q_1 m^3/year$	$N_1^{`}$	N_1	$C_{0,1}\ S.P/m^3$	$э_1$
4	68.53	6970	0.24	1	17,47	45,02
8	78,53	13940	0.49	1	10,10	23,79
12	88,53	20910	0,74	1	7,67	16,85
16	98,52	27880	0,98	1	6,28	13,17
32	138,5	55760	2	2	8,83	15,71

٢- حساب الكلفة الكلية لضخ $1m^3$ بوساطة المضخة

وفق منهج الخطوات السابقة نفسها نجد ما يلي:

$$Ch_2 = \frac{2500}{2000}.q + \frac{14000}{2050} = 1{,}25q + 68{,}29$$

$$C_{0,2} = \frac{Ch_2.K_1}{q}.N_2$$

$$Q_2 = q.T_y.K_2 = q.2050.0,95 = 1947,5q$$

$$э_2 = C_{0,1} + E_o \frac{C_{car}}{Q_2}.N_2 = C_{0,2}.0,12\frac{3,5.10^6}{1947,5q}.N_2$$

$$э_2 = C_{o,2} + \frac{215,66}{q}.N_2$$

نشكل جدولاً لحساب $э_2$ مشابهاً للجدول السابق :

qm^3/h	$Ch_2\ S.P/m^3$	$Q_2 m^3/year$	$\dot{N_2}$	N_2	$C_{0,2}\ S.P/m^3$	$э_2$
4	73,29	7790	1	1	19,23	73,14
8	78,29	15580	1	1	10,27	37,22
12	83,29	23370	1	1	7,29	25,26
16	88,29	31160	1	1	5,79	19,27
24	98,29	49740	1	1	4,3	13,28
32	108,29	62320	1	1	3,55	10,29

٣- رسم المخطط البياني والذي يربط ما بين q و э للرافعة والمضخة معاً.

يظهر من الشكل السابق والجدولين المرفقين أن مجال استخدام الرافعة هو حتى استطاعة الضخ الحدية $q_0 = 20m^3/h$. أما استخدام المضخة فهو ابتداء من الاستطاعة الحدية $q_0 = 20m^3/h$.

****

مشـروع عملي

المشروع عبارة عن مبنى صناعي أحادي الطابق مسبق الصنع المسقط الأفقي للمبنى مبين في المخطط (1) ، أما مواصفاته فهي : طول المبنى 84 m ، وبعرض 54 m ، يوجد في المبنى فاصل تمدد ويقسم المبنى إلى جزأين .عدد المجازات المؤلف منها (14 فتحة) ، عرض الفتحة الواحدة 6 m و عدد الفتحات (3) على عرض المبنى ، وبعد الفتحة الواحدة 18 m .

المطلوب : تحديد الحل الأمثل لعملية تركيب المبنى الصناعي المسبق الصنع .

الحل :

1- تحديد مواصفات هياكل المبنى الصناعي :

تم اختيار مواصفات عناصر المبنى الصناعي مسبقة الصنع من أعمدة وجوائز تغطية وبلاطات تغطية وجدران خارجية وفق الكودات والمواصفات الروسية،واختيرت القواعد والأساسات بحيث تكون قادرة وبشكل ملائم على نقل الإجهادات والحمولات المؤثرة إلى التربة بدون أية تأثيرات جانبية .

أ- اختيار الأعمدة :

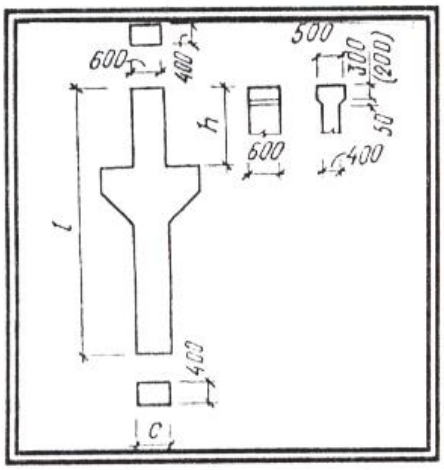
لدينا نوعان من الأعمدة :

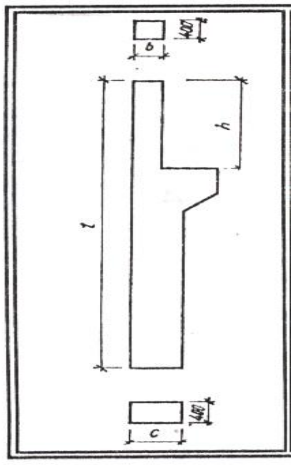
A- أعمدة طرفية .

B- أعمدة وسطية .

عدد الأعمدة الطرفية 32 عمود و الأعمدة الوسطية 32 عمود .وحسب خطوة الأعمدة المساوية 6m ومجاز الفتحة 18m وحمولة الرافعة الجسرية تم اختيار الأعمدة ذات المواصفات التالية:

A –





B –

الشكل (1) أشكال الأعمدة الطرفية والوسطية وجوائز التغطية .

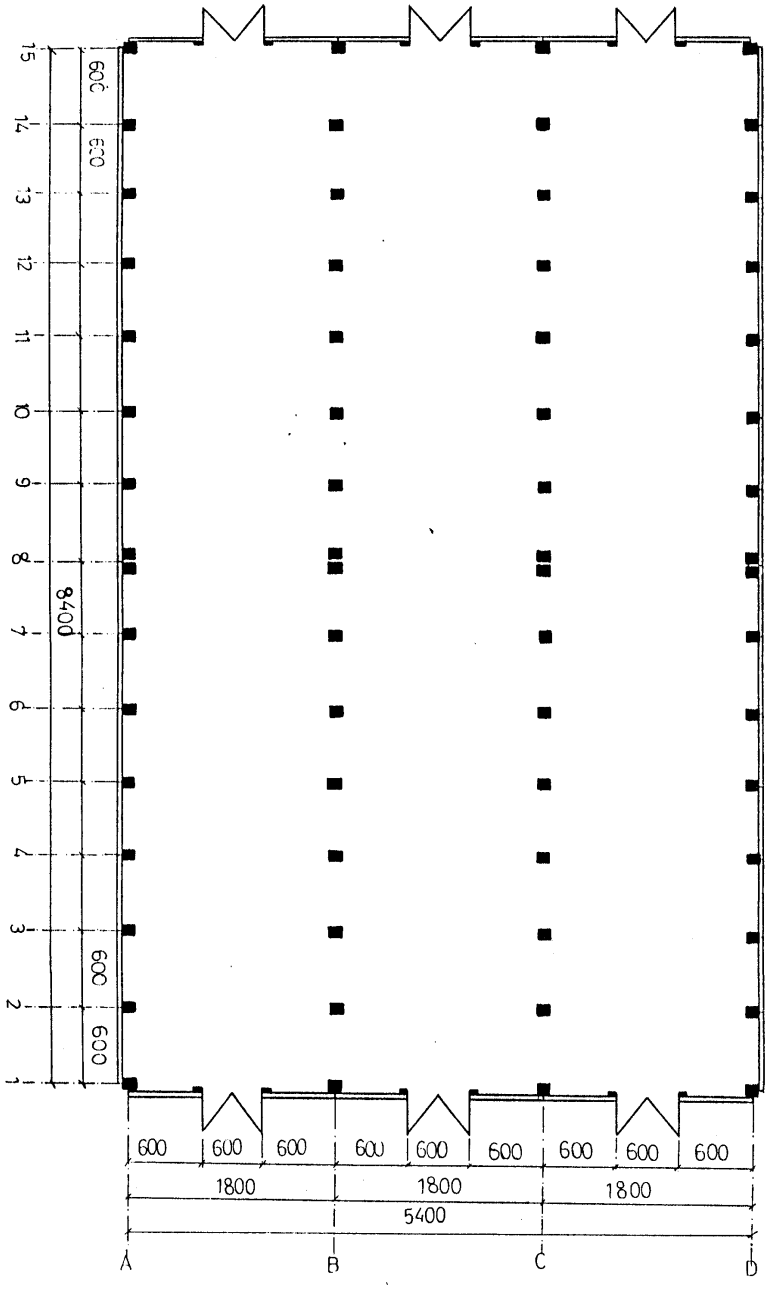
A– العمود الطرفي : I = 9300mm , h = 3500mm ، ***b = 380mm , C = 600mm***

5 T =وزن العمود ، **$V = 2\ m^3$** حجم العمود

b -العمود الوسطي : *I = 9300mm , h = 3500mm* ، *$C = 600mm$, $V = 2.8\ m^3$*

وزن = 7 T

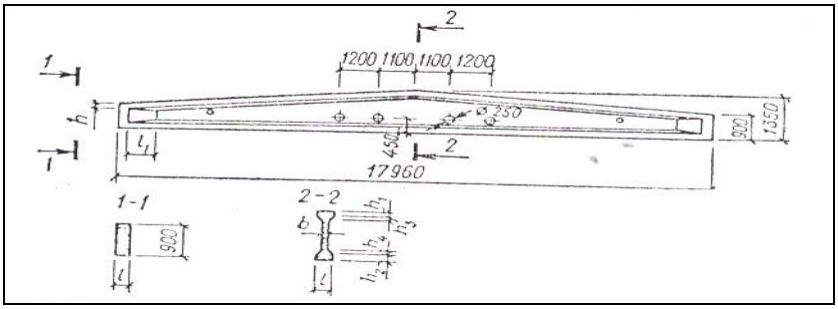
المخطط (1)


15
14
13
12
11
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
600
600
600
600
8400
600
600
600
600
600
600
600
600
600
1800
1800
1800
5400
A
B
C
D

ب- جوائز التغطية :

اختيرت الجوائز كما في **الشكل (2)** .

1 mm	l 1 mm	b	h	h_1	h_2	h_3	h_4	V m^3	الوزن T
230	750	70	80	80	110	40	80	2.25	5.6



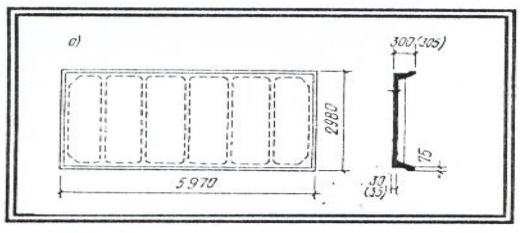
الشكل (2) جائز التغطية

ت- بلاطات التغطية :

البلاطات الملائمة طولها 6m و عرضها 3m و سماكتها 30cm

مواصفاتها : **$V = 1.07\ m^3$** الحجم .

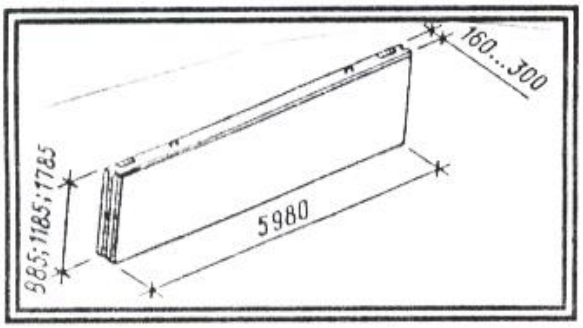
$2.65\ T$ = الوزن .



الشكل (3)

ث- ألواح الجدران الخارجية :

قياسها ***(6 × 1.2) m*** ، سماكة الجدران ***20 cm*** ، مواصفات ألواح الجدران الوزن = ***3.6 T*** الحجم ***1.44 m^3*** كما في **الشكل (5)** .



الشكل (4) الجدار الخارجي .

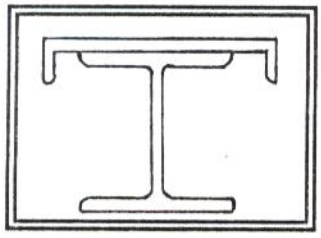
ح- جوائز الرافعة الجسرية :

مجاز هذا الجائز ***6 m*** :نختار مقطع الجائز اعتماداً على الدراسة المعتمدة في المنشآت المعدنية ، حيث حمولة الرافعة ***5T – 16T*** و النوع المختار من الشكل :

- مواصفات المقطع **I** :ً ***533 ×210 ×92 Kg /m***

T = 15.6 ، السماكة للجسد **t = 10.2 mm** ، الارتفاع **D = 533.1 mm**

mmالسماكة للجناح .



الشكل (5) مواصفات المقطع .

– مواصفات المقطع] :

305 ×102 ×46.18 Kg /m

D = 304.8 mm الارتفاع

t = 10.2 mm السماكة للجسد

T = 14.8 mm السماكة للجناح .

وزن العنصر : ***(92 + 46.18) × 6 = 830 Kg***

خ– اختيار أجهزة التعليق :

١– تجهيزات تعليق العمود (الطرفي والوسطي) :

ارتفاع التعليق mm	وزن التعليق Kg	أقصى حمولة للعنصر المحمول T
1700	310	12.5

٢– تجهيزات تعليق جائز التغطية :

جائز مماثل للجائز الذي لدينا :

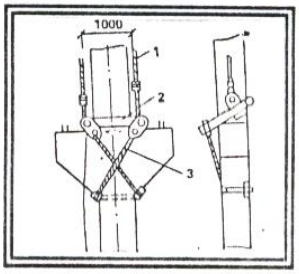
أقصى حمولة للعنصر المحمول T	وزن التعليق Kg	ارتفاع التعليق mm
10	143.2	5300

٣– تجهيزات تعليق بلاطة التغطية :

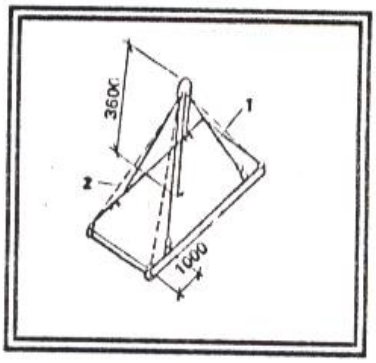
أقصى حمولة للعنصر المحمول T	وزن التعليق Kg	ارتفاع التعليق mm
5	90	4500

٤- تجهيزات تعليق الجدران :

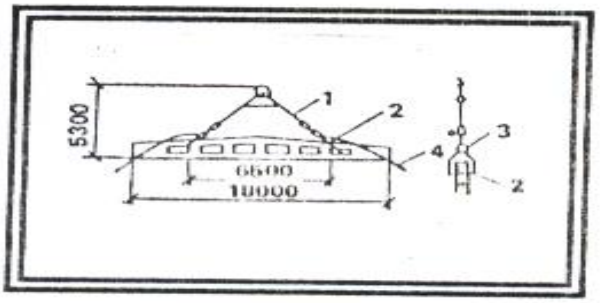
بوزن **20 kg** و ارتفاع التعليق **2 m**



B-



A-



C-

الشكل (6) أجهزة التعليق.

A- البلاطات . B – الأعمدة . C- جوائز التغطية .

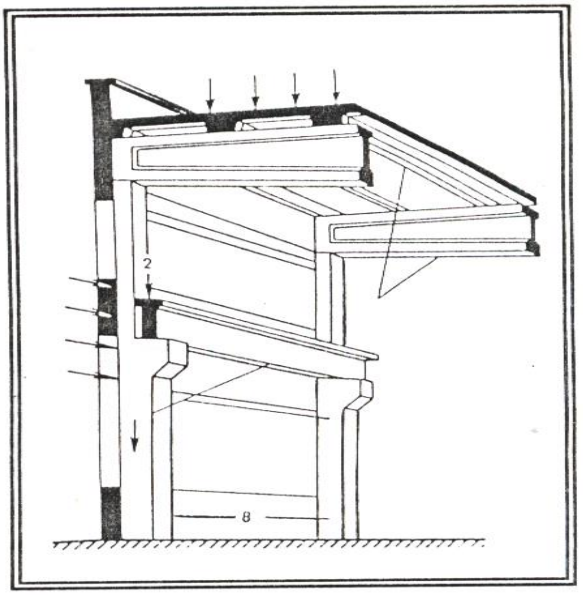
هـ- تجهيزات تعليق جائز الرافعة الجسرية :

نفس أداة تعليق بلاطات التغطية أي بوزن **90 Kg** و ارتفاع تعليق **4.5 m** .

يظهر **الشكل (10)** عناصر المبنى الصناعي وفق مقطع طولي،والأرقام المبينة عليه تبين الحمولات المؤثرة حيث :

1-2 حمولات دائمة + مؤقتة . 3- حرارة الوسط الداخلي . 4- الرطوبة . 5- تأثير المواد الكيماوية . 6- تأثير البكتيريا . 7- تأثير الصوت .

يجري تركيب الجوائز الشبكية مباشرة على العمود ومن ثم تركيب بلاطات التغطية على الجوائز أما تركيب ألواح الجدران الخارجية فيجري خارج الأعمدة الطرفية،وتثبت الأعمدة مع الجدران .



الشكل (7) مقطع عرضي .

د- اختيار نموذج الروافع المراد استخدامها ومواصفاتها المطلوبة :

نقوم باختيار آليات الرفع اللازمة للتركيب بعد تحديد طريقة تركيب العناصر والهياكل في المنشآت مع اعتبار أبعاد المبنى (المنشأة) ، وارتفاعه وكذلك :

أ. أوزان العناصر المرفوعة المراد تركيبها على الارتفاعات المختلفة .

ب. طول ذراع الرافعة و نصف قطر مجال تأثيرها (مجال التركيب) .

ج. مسافة الاقتراب الدنيا للرافعة من المبنى عند نقل العناصر و رفعها و تركيبها .

- تحديد كتلة العناصر المراد تركيبها مع أوزان أدوات الرفع و الخطف تحدد بالعلاقة :

$\mathbf{Q_1 + Q_2 + Q_3 \geq Q_k}$ قدرة الرفع للرافعة .

إذ أن : Q_1 : كتلة العنصر المراد تركيبه .

Q_2 : كتلة أداة التركيب .

Q_3 : كتلة أداة الخطف .

يجري اختيار الرافعة المطلوبة على أساس حساب الارتفاع التركيبي HK والعمق التركيبي LK .

- $\mathbf{H_K}$ الارتفاع التركيبي يحسب بالعلاقة :

$$\mathbf{H_K = H_o + H_3 + H_E + Hc}$$

حيث أن: $\mathbf{H_o}$: ارتفاع العناصر المركبة سابقاً أو ارتفاع الركيزة التي سيتم عليها تركيب العنصر.

$\mathbf{H_3}$: ارتفاع الأمان وهو الفرق بين ارتفاع الركيزة و أسفل العنصر المركب تتراوح (0.5-1.5m) .

$\mathbf{H_E}$: ارتفاع العنصر المركب أو سماكة العنصر .

Hc : ارتفاع حبال التعليق .

- $\mathbf{L_K}$ العمق التركيبي يمثل المسافة من محور دوران الرافعة حتى محور العنصر الأكثر بعداً عن محور الرافعة .

الرافعة المجنزرة السهمية :

هذه الروافع شائعة الاستخدام في تركيب و تجميع المباني الصناعية أحادية الطابق بشكل خاص و عند استخدامها غالباً ما يجري تركيب العناصر و الهياكل بالطريقة المختلطة و من تيارات محددة :

- التيار الأول (الخط الإنتاجي الأول) الأعمدة .
- التيار الثاني (الخط الإنتاجي الثاني) جوائز الرافعة ، جوائز التغطية ، بلاطات التغطية ، ولكنه في حالة حجوم الأعمال الكبيرة يمكن تقسيم الخط الإنتاجي الثاني إلى أكثر من تيار فمثلاً جوائز الرافعة – و جوائز التغطية كلّ على حده .
- التيار الثالث (الخط الإنتاجي الثالث) تركيب الجدران الخارجية والتركيب هنا يجري بالطريقة المتسلسلة (المتعاقبة) .

(المواصفات) البارامترات التكنيكية للرافعة :

$$\mathbf{Lc\ ,\ L_k\ ,\ H_k\ ,\ Q_k}$$

حيث :

Lc : طول الذراع الأساسي المائل .

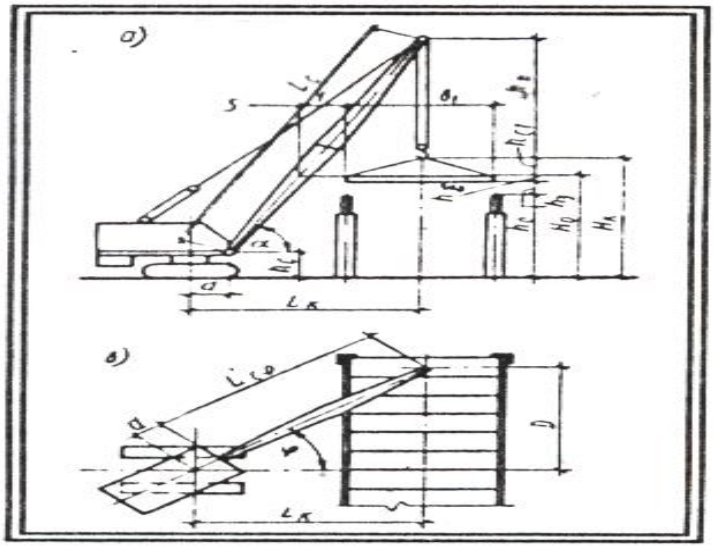
$\mathbf{L_k}$: مسقط الذراع على الأفق.

$\mathbf{H_k}$: ارتفاع التركيب .

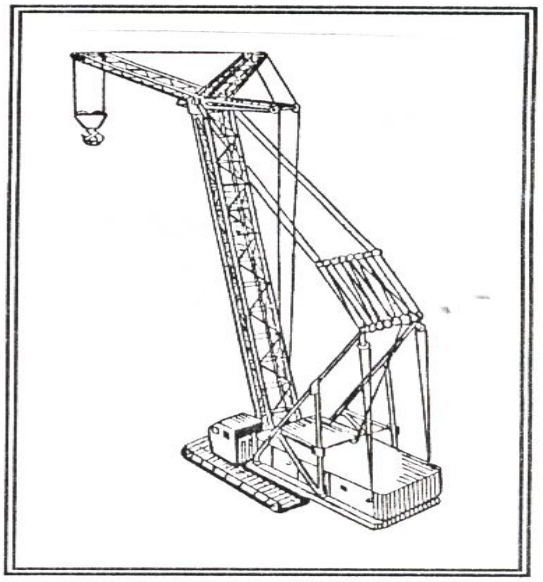
$\mathbf{Q_k}$: حمولة الذراع .

واختيار نوع الآلية اعتماداً على وزن أثقل عنصر وهو 7T والذراع المناسب لتركيب كافة العناصر من تمركز محدد : وهذا مبين **بالشكل** (٨) .

وفي المشروع ومن المعطيات المتوفرة تم اختيار الرافعة المجنزرة ذات النوع ($\mathbf{P\pi k-250-1}$) وذراع هذه الرافعة يتألف من قسمين ذراع أصلي (أساسي) + ذراع ثانوي متمفصل مع الأساسي بهدف زيادة الارتفاع التركيبي للرافعة : كما يبين الشكل(12) .



الشكل (٨) الرافعة المجنزرة .



الشكل (٩) الرافعة المجنزرة المتمفصلة .

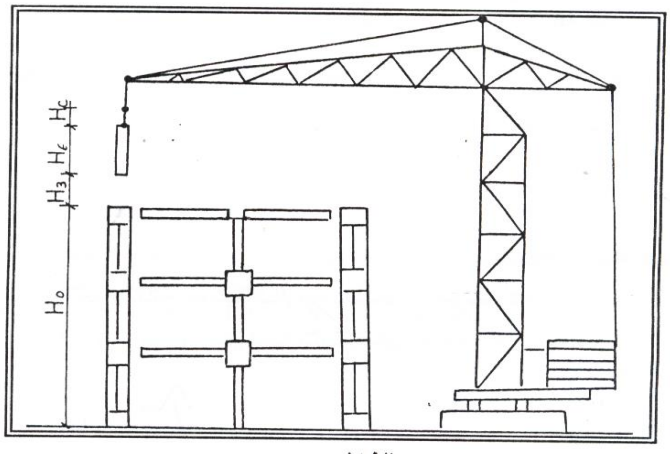
مواصفات الرافعة (**Pπk – 250 – 1**) مبينة **بالجدول (2)** .

الجدول (2)

طول الذراع الأساسي = LcT	**12.5 m**
طول الذراع مع الذراع المساعد	**20.3 m**
طول الذراع الثانوي = Lr	**7.8 m**
الحمولة بحالة الذراع الأصغر	**25 T**
الحمولة بحالة الذراع الأكبر	**3.6 T**
سرعة رفع الخطاف الأساسي 10^{-2} . m/c	$V1 = 25 \times 10^{-2} \times 60 = 15 m/min$
سرعة انزال الخطاف 10^{-2} . m/c	$V2 = 25 \times 10^{-2} \times 60 = 15 m/min$
سرعة دوران القاعدة	**n = 0.44 Scl /min**
سرعة حركة الخطاف الأفقية	$V3 = 15 m/min$
سرعة حركة المجنزرة Km / h	$V_4 = 1.17 \times 1000/60 = 20 m/min$
كتلة الرافعة	**T = 43.5 T**

عند اجراء عمليات التركيب باستخدام الرافعة المجنزرة ، يجري التركيب من وسائل النقل مباشرة .

الرافعة البرجية : نوع الرافعة المستخدمة (**Kb - 503**) مبينة **بالشكل (10)** .



الشكل (10) الرافعة البرجية .

الارتفاع التركيبي :

$$H = H_o + H_3 + H_E + Hc$$

مواصفات الرافعة مبينة بالجدول (3) : **الجدول (3)**

طول الذراع الأعظمي	**35 m**
الحمولة عند الذراع الأدنى	**10 T**
الحمولة عند الذراع الأعظمي	**7.5 T**
سرعة رفع الحمل 10^{-2} . m/c	$V_1 = 50.\ 10^{-2} . 60 = 30$ m/min
سرعة انزال الحمل 10^{-2} . m/c	$V_2 = 5 . 10^{-2} . 60 = 3$ m/min
سرعة دوران القاعدة	**n = 0.6 Scl /min**
سرعة حركة الخطاف الأفقية	$V_3 = 15$ m /min
سرعة حركة الرافعة 10^{-2} . m/c	$V_4 = 14.60.10^{-2}.60 = 8.4$m/min
كتلة الرافعة	**145 T**
كتلة الوزن المعاكس	**55 T**
عرض سكة الرافعة a	**7.5 m**
البعد من طرف السكة الأقرب لحافة المبنى و طرف المبنى b	$2.6\text{ m} \Longleftarrow + b = 6.35\text{ m} \frac{a}{2}$

طريقة التركيب وكيفية اختيار الحل الأمثل للتنفيذ :

١- تحديد المواصفات التركيبية للعناصر مسبقة الصنع

(الكتلة – الارتفاع التركيبي – الذراع التركيبي)

١-١ **حساب الكتلة :** كتل العناصر المراد تركيبها وأوزان أدوات التعليق مشمولة في الجدول (٣)

١-٢ حساب الارتفاع التركيبي :

$$H_k = H_o + H_3 + H_E + Hc$$

- الأعمدة : $H_{k1} = 0 + 0.5 + 9.3 + 1.7 = 11.5\ m$
- الجوائز التغطية : $H_{k2} = 9.3 + 0.5 + 1.35 + 5.3 = 16.45\ m$
- بلاطات التغطية : $H_{k3} = 9.3 + 1.35 + 0.5 + 0.3 + 4.5 = 11.5\ m$
- جوائز الرافعة: $H_{k4} = 5.8 + 0.5 + (0.553 + 0.010) + 4.5 = 11.34\ m$

الجدول (4)

أسماء العناصر مسبقة الصنع الواجب تركيبها	عدد العناصر	الكتلة			الكتلة التركيبية للعنصر الواحد	الكتلة التركيبية للعناصر (T)
		وزن العنصر T	عنصر التعليق			
			وزنه T	ارتفاعه m		
أعمدة الصفوف الخارجية	32	5	0.310	1.7	5.31	169.92
أعمدة الصفوف الداخلية	32	7	0.310	1.7	7.31	233.92
جوائز الرافعة	84	0.83	0.09	4.5	0.92	77.28
جوائز التغطية	48	5.6	0.143	5.3	5.743	275.66
بلاطات التغطية	252	2.65	0.09	4.5	2.74	690.48
ألواح الجدران الخارجية	320	3.6	0.02	2	3.62	1158.4
$\sum$ =2605.66T						

- ألواح الجدران الخارجية :

لدينا 7 عناصر في الواجهة الأمامية والخلفية وعلى جوانب المبنى يوجد 8 عناصر،وهذا ما سنلاحظه في الرسم عند دراسة تركيب الجدران .

أما الارتفاع التركيبي لكل عنصر يتغير عن العنصر الآخر بحسب موقعه في المبنى .

Hk = 0 + 0.5 + 1.2 + 2 = 3.7 m للعنصر السفلي الأول .

Hk = 1.2 + 0.5 + 1.2 + 2 = 4.9 m للعنصر الثاني .

Hk = 2.4 + 0.5 + 1.2 + 2 = 6.1 m للعنصر الثالث .

Hk = 3.6 + 0.5 + 1.2 + 2 = 7.3 m للعنصر الرابع .

Hk = 4.8 + 0.5 + 1.2 + 2 = 8.5 m للعنصر الخامس .

Hk = 6 + 0.5 + 1.2 + 2 = 9.7 m للعنصر السادس .

Hk = 7.2 + 0.5 + 1.2 + 2 = 10.9 m للعنصر السابع .

Hk =(1.2 + 1.2 + 0.9) + 0.5 + 1.2 + 2 = 13 m للعنصر الثامن .

حيث **0.9m** المسافة المتبقية من العمود بعد تركيب سبعة ألواح من الجدران،ويستخدم هذا الجزء لوضع نوافذ علوية بارتفاع **90cm** . أما العنصر الجداري الثامن فيركب بعد وضع النوافذ وكتغطية للفراغ بين الجوائز الشبكية ، الشكل (10) يبين التفاصيل السابقة .

١-٣ : الذراع التركيبي :

- في حالة الرافعة المجنزرة : أبعد عنصر يراد تركيبه من نقطة التمركز المعتبرة هو **10.82 m** .
- أما بالنسبة للرافعة البرجية فيساوي **35m** .

٢ - طرق التركيب المتبعة :

سندرس حالتين وهما حالة تنفيذ أعمال التركيب بالأسلوب المتسلسل والأسلوب المختلط

٢-١ التركيب باستخدام الرافعة المجنزرة :

٢-١-١ الأسلوب المتسلسل في التركيب : تركيب العناصر يجري بتيارات مستقلة ، حيث نقوم بتركيب الأعمدة بتيار مستقل وجوائز الرافعة بتيار واحد و كذلك الجوائز

الشبكية و بلاطات التغطية بتيار واحد ، أما الجدران الخارجية فتركيبها في تيار منفصل ومستقل أخيراً .

أولاً – حساب الزمن اللازم لتركيب عنصر ما :

$$T = \frac{Hk}{V1} + \frac{Hk}{V_2} + \left(\frac{a_i}{180.n} + \frac{L_{ri}}{V_3} \right) Kc + \frac{L_{ni}}{Pi.V_4} + Tpi + \frac{L}{V_4}$$

Hk : الارتفاع التركيبي m .

V_1 : سرعة رفع الخطاف m / min .

V_2 : سرعة إنزال الخطاف m / min .

V_3 : سرعة تحريك الخطاف بالأفق m / min .

V_4 : سرعة تحريك الرافعة m / min .

ai : زاوية وسطية لدوران الرافعة عند تركيب الهيكل وتؤخذ من مركز التخزين إلى مركز التركيب ،وتقدر بالدرجة .

n : سرعة دوران القاعدة أو عدد الدورات بالدقيقة : دورة / دقيقة .

Kc : معامل تداخل العمليات يؤخذ 0.75 .

Lri : مسافة نقل العنصر أفقياً من مركز التخزين إلى مركز التركيب و بالعكس أي :

Lri = Lrg + Lro

حيث :

Lrg : مسافة نقل العنصر أفقياً حيث أن الخطاف محمل .

Lro : مسافة عودة الخطاف فارغ .

وقياس **Lr** : نجد أن : دوران ذراع الرافعة من مركز التخزين إلى مركز التركيب هو عبارة عن قوس، ووضع الذراع لدى تناول العنصر من مركز التخزين يختلف عن وضعه أثناء التركيب أحياناً ، والفرق بين القوسين هو **Lr** وتجاوزاً يعتبر الفرق ما بين قوسين هو الفرق ما بين المسافة من الرافعة إلى مركز التخزين و المسافة من الرافعة إلى مركز التركيب بالقيمة المطلقة . زمن عودة الخطاف الفارغ يدخل ضمن الشوط اللاحق للتركيب .

Lni : يمثل مسافة تحرك الرافعة متضمناً الشوط الفارغ (m) .

ولكن الحد ($\mathbf{Lni / Pi . V_4}$) بالنسبة للرافعة المجنزرة يأخذ القيمة المساوية للصفر كونها ثابتة مكانها دون تحرك عند تناول العنصر من مركز التخزين ، أما مركز التخزين (الشاحنة) فإنها تنتقل مرافقة للرافعة .

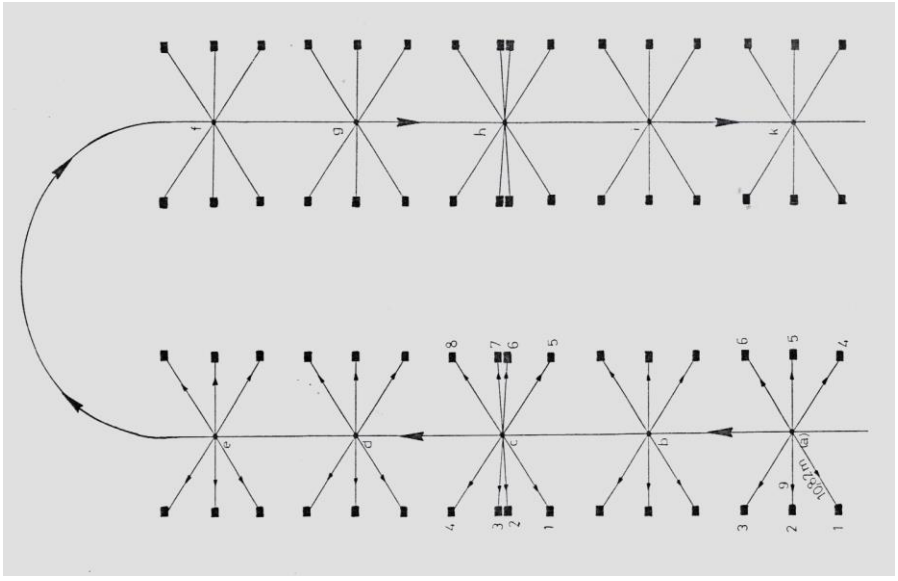
L/V_4 : زمن تنقل الرافعة من تمركز إلى آخر ، و يضاف بعد حساب كامل زمن تركيب العناصر .

Tpi : زمن العمل اليدوي : و يأخذ القيم التالية تبعاً للعنصر (الهيكل) المراد تركيبه :

- الأعمدة بطول 10 m 26 دقيقة .
- جوائز الرافعة الجسرية مجاز 6m 28 دقيقة .
- جوائز التغطية $40\ m^2 \leq$ 30 دقيقة .
- جدران 1.2 x 6 23.2 دقيقة .

١- حساب زمن تركيب الأعمدة :

في البداية نحسب الزمن اللازم لتركيب الأعمدة وفق أسلوب التنفيذ المتسلسل كما هو موضح في المخطط (2).



المخطط (2)

من تمركز الرافعة في نقاط محددة يجري تركيب الأعمدة الواقعة ضمن مجال عمل الرافعة . تستخدم العلاقة التالية و المستخدمة في حساب زمن تركيب الأعمدة :

$$t = \frac{11.5}{15} + \frac{11.5}{15} + \left(\frac{a}{180.0,44} + \frac{L_{ri}}{15} \right) 0,75 + 26 \Rightarrow$$

زمن تركيب الأعمدة من التمركز (a) و وفق العلاقة السابقة يتضمنه الجدول (5) :

الجدول (5)

رقم العمود	a	Lrg (m)	Lro (m)	t (min)
العمود (1)	57	10.82 - 9	0	28.16 min
العمود (2)	90	9 - 9	10.82 - 9	28.48
العمود (3)	123	10.82 - 9	9 - 9	28.79
العمود (4)	57	1.82	1.82	28.26
العمود (5)	90	9 - 9	1.82	28.48
العمود (6)	123	1.82	9 - 9	28.79

t = 170.96 x 8 = 1376.68 min = 22.8 h

حيث يوجد 8 تمركزات متماثلة .

ومع اعتبار أن الشاحنة موضوعة على مسافة 9m من الرافعة .

أما تركيب العناصر من نقاط التمركز H و C فيكون على الشكل التالي وفق الجدول(6)

الجدول (6)

رقم العمود	a	Lrg (m)	Lro (m)	t (min)
العمود (1)	57	1.82	0	28.16 min
العمود (2)	90	0	1.82	28.48
العمود (3)	91	0	0	28.4
العمود (4)	123	1.82	0	28.79
العمود (5)	57	1.82	1.82	28.26
العمود (6)	90	0	1.82	28.48
العمود (7)	91	0	0	28.4
العمود (8)	123	1.82	0	28.79
$\sum t = 227.76 \text{min} = 3.8 \text{h}$				

يوجد تمركزان متماثلان $\Leftarrow$ $t = 227.76 \quad 2 = 455.52 \text{ min} = 7.6 \text{ h}$ $\times$

$$T = 1367.68 + 455.52 = 1823.2 \text{ min}$$

الزمن اللازم لتركيب الأعمدة من التمركزات السابقة ،وبإضافة زمن الانتقال من تمركز إلى آخرالمسافة من تمركز لآخر $= 18m \Leftarrow t = 18/20 = 0.9 \text{ min}$

لدينا 8 انتقالات $\Leftarrow t = 0.9 \quad \times \quad 8 = 7.2 \text{ min}$

ونراعي زمن الانتقال من الفتحة الأولى إلى الثالثة

$$t = 36/20 = 1.8 \text{ min} \quad \Leftarrow$$

$$t = 1.8 + 7.2 = 9 \text{ min} \quad \Rightarrow$$

الزمن الكلي لتركيب الأعمدة مع اعتبار زمن تنقل الرافعة

وبتشغيل وردية واحدة في اليوم مدتها 8 h $\Leftarrow$

$$T = 1823.2 + 9 = 1832.2 \text{ min} = 30.54 \text{ h}$$

$$T = \frac{30.54}{8} = 3.8 \text{ Day} \approx 4 \text{ Day}$$

مع اعتبار أن أقصى مسافة أفقية مناسبة للتركيب هي 10.82 m

٢- حساب زمن تركيب جوائز الرافعة الجسرية :

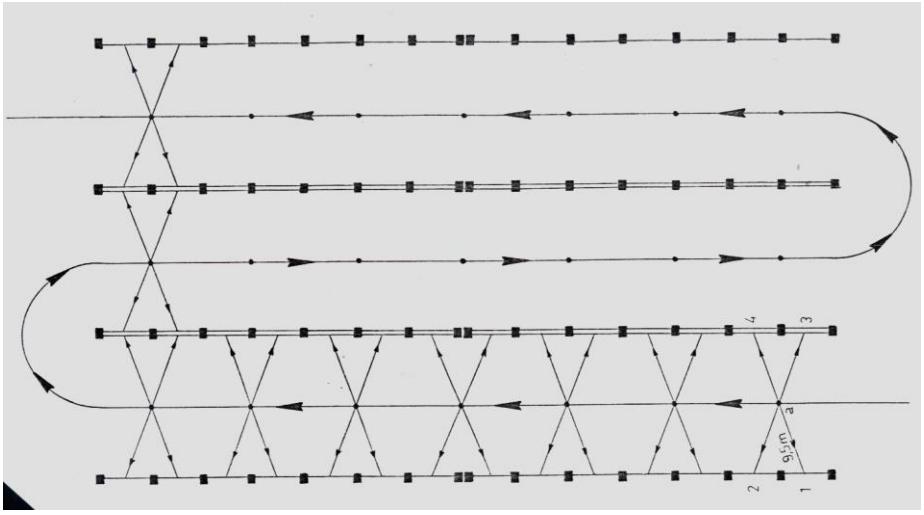
يتم حساب الزمن وفق العلاقة :

$$t = \frac{11.34}{15} + \frac{11.34}{15} + \left(\frac{ai}{180.0,44} + \frac{L_{ri}}{15} \right) 0,75 + 28 \Rightarrow$$

حيث بعد الشاحنة عن الرافعة 9m . يكون زمن تركيب العناصر من التمركز (a) كما في الجدول (7) والمخطط (3) .

الجدول (7)

رقم الجائز	a	Lrg (m)	Lro (m)	t (min)
الجائز (1)	71	9.5 – 9	0	30.2 min
الجائز (2)	109	0.5	0.5	30.59 min
الجائز (3)	71	0.5	0.5	30.23 min
الجائز (4)	109	0.5	0.5	30.59 min
$\sum t = 121.61 min = 2h$				



المخطط (3)

وهناك 21 تمركز متماثل ⇐

$$T = 121.61 \times 21 = 2553.81 \text{min}$$

ولدينا مسافة الانتقال من تمركز الآخر = 12 m

$$t = \frac{12}{20} \times 18 = 10.8 \text{ min} \Leftarrow$$

$$t = 12.6 \text{ min}$$ ⇐ t = 1.8 min وبين الفتحات

الزمن الكلي اللازم لتركيب سكة الرافعة :

T = 2566.41 min = 42.77 h = 6 day

مع اعتبار أن أقصى مسافة أفقية مناسبة للتركيب هي 10.82 m .

٣- حساب زمن تركيب جوائز وبلاطات التغطية :

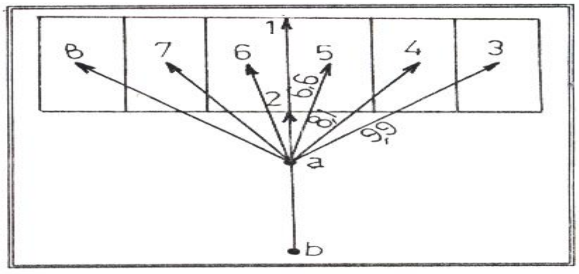
نستخدم العلاقة التالية و المستخدمة في حساب زمن تركيب جوائز التغطية :

$$t = \frac{16.45}{15} + \frac{16.45}{15} + \left(\frac{ai}{180.0,44} + \frac{L_{ri}}{15} \right) 0,75 + 30$$

تعتبر المسافة ما بين الشاحنة و الرافعة لكل تمركز 9m .

$$t = \frac{15.95}{15} + \frac{15.95}{15} + \left(\frac{ai}{180.0,44} + \frac{L_{ri}}{15} \right) 0,75 + 15$$

يتم تركيب الجوائز و البلاطات كما في الشكل (11) ووفق المخطط (4) .

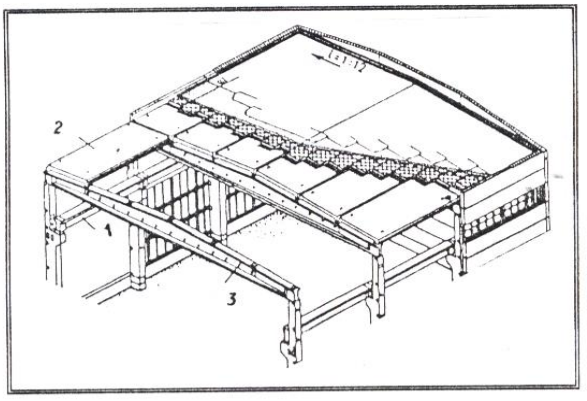


الشكل (11) .

أما الشكل (2) يبين توزيع البلاطات على جائزي التغطية واستناد جوائز التغطية على الأعمدة . أما نتائج الحسابات المتعلقة بزمن التركيب مبينة في الجدول (8) .

الجدول (8)

المواصفات	ai	Lrg (m)	Lro (m)	t (min)
تركيب الجائز (1)	180	9 – 9	0	33.9
تركيب الجائز (2)	180	0	0	33.9
تركيب البلاطة (3)	129	9.9 – 9	0	18.39
تركيب البلاطة (4)	142	9 – 8.1	9.9 – 9	18.56
تركيب البلاطة (5)	164	9 – 6.6	9 – 8.1	18.84
تركيب البلاطة (7)	129	9.9 – 9	9 – 6.6	18.51
تركيب البلاطة (8)	142	9 – 8.1	9.9 – 9	18.56
تركيب البلاطة (6)	164	9 – 6.6	9 – 8.1	18.84



الشكل (12) .

الزمن المتكرر في عدد من التمركزات يحسب بالعلاقة :

$t = t_1 + t_2 + t_3$

حيث :

t_1 : زمن تركيب الجائز (2)

t_2 : زمن الانتقال من **b** إلى **a**

t_3 : زمن تركيب البلاطات .

$$t = 33.9 + 0.3 + 111.7 + = 145.9\ min$$

وهناك 13 تمركزاً متماثلاً متماثل $\Leftarrow$

$$t = 13 \,.\, 145{,}9 = 1896.7\ min$$

أما في التمركز H و المتعلق بتركيب الجائزين فالزمن يساوي :

$$t = 2 \times 33.9 + 0.3 + 111.7 = 179.8\ min$$

زمن تركيب الجوائز و البلاطات في الفتحة الواحدة :

$$t = 33.9 + 1896.7 + 179.8 = 2110.4\ min$$

زمن الانتقال من تمركز إلى آخر :

زمن الانتقال من **a** إلى **b = 0.3 min** و زمن الانتقالات الأخرى يساوي :

$$13 \times \frac{12}{20} = 7.8\ \ min$$

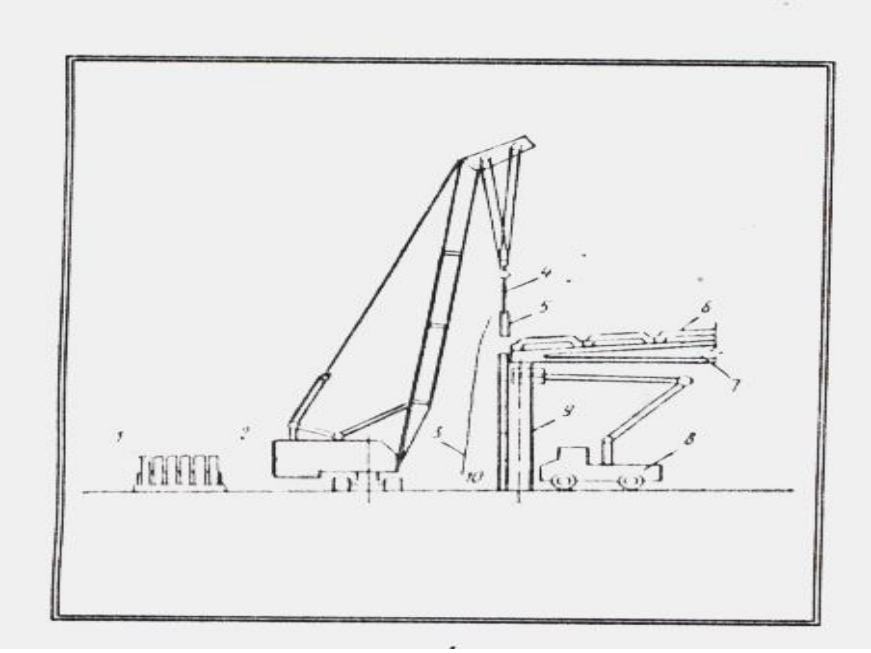
$$t = 0.3 + 7.8 = 8.1\ min \Rightarrow$$

الزمن الكلي لتركيب جوائز و بلاطات التغطية .

$$T = (2110.4 + 8.1) \times 3 = 6355.5\ \ min = 105.93h = 13Day$$

٤- حساب زمن تركيب ألواح الجدران الخارجية :

يجري تركيب ألواح الجدران في مكانها المحدد بواسطة آلية الرفع المتمركزة بين علب الجدران و المبنى ، حيث أن المسافة من محور الرافعة للشاحنة تساوي المسافة من محور الرافعة لمكان تمركز العنصر تساوي 9m $\Leftarrow$ Lrg = Lro = 0 والشكل (12) يوضح تمركز الرافعة أثناء التركيب .

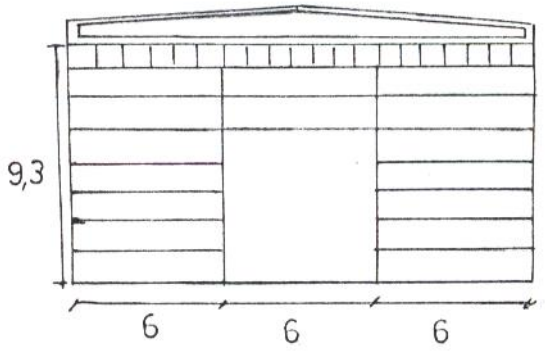


الشكل (13).

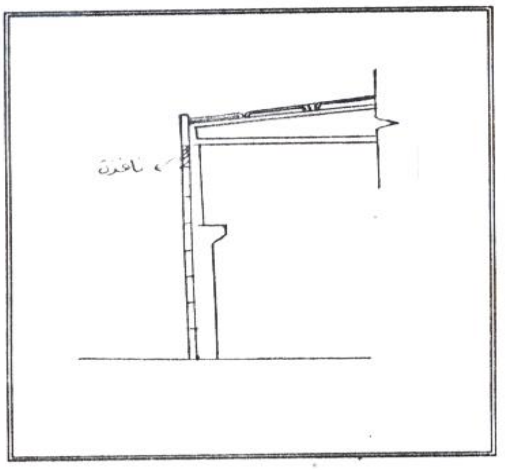
– في البداية نقوم بحساب عدد القطع اللازمة للجدران الخارجية الجانبية ، وتتوضع ألواح الجدران فوق بعضها بعضاً، حيث أن طولها يساوي 6m و ارتفاعها 1.2m فيكون عدد الألواح على كامل الارتفاع الفعلي للمبنى (7) ألواح ، أما الارتفاع المتبقي 0.9m فيترك لفتحات التهوية والنوافذ .

الارتفاع = 7 . 1.2 + 0.9 = 9.3 m

أعلى النوافذ نضع لوح جدار ليغطي الفراغ بين جوائز التغطية و يكون هذا اللوح بنفس مواصفات ألواح الجدران السابقة . والشكل (14) يوضح كيفية توضع قطع الجدران الجانبية والنوافذ .وبالنسبة لعدد الألواح اللازمة للواجهة الأمامية و الخلفية للمبنى فنحسب عددها و كما هو موضح في الشكل (15) ، حيث نحدد أبعاد الباب الخارجي و هي 6.6 m و بالتالي نضع في الفتحة الواحدة التي أبعادها 18m ثلاث مجموعات من ألواح الجدران ذات الطول 6m .



الشكل (14)



الشكل (15).

بعد تحديد الألواح اللازمة للجدران الخارجية يجري تحديد زمن التركيب و ينظم الجدول (9) حيث علاقة الزمن تعطى بالشكل :

$$t = \frac{Hk}{15} + \frac{Hk}{15} + \left(\frac{a_i}{180.0,44} \right) 0.75 + 23.2$$

حيث :

Tpi = 23.2 min , ai = 180 , Lri = 0

Lri = 0 حيث المسافة بين الرافعة و المبنى و الرافعة و الشاحنة متساوي .

الجدول (9)

الجدار	HK (M)	T (MIN)
الجدار (1)	3.7	25.4
الجدار (2)	4.9	25.55
الجدار (3)	6.1	25.72
الجدار (4)	7.3	25.88
الجدار (5)	8.5	26.04
الجدار (6)	9.7	26.19
الجدار (7)	10.9	26.36
$\sum t = 181.17\ min$		

عدد التمركزات (28) لتركيب ألواح الجدران الجانبية .

$$t = 28 \,.\, 181{,}17 = 5072{,}76\ min = 84.5\ h \Rightarrow$$

زمن تركيب لوح الجدار الثامن أعلى النافذة : حيث Hk = 13m

$$t = \frac{13}{15} \times 2 + \left(\frac{180}{180.0{,}44} \right)\ 0.75 + 23.2 = 26.64\ min$$

وعدد التمركزات 28 $\Leftarrow$ $t = 26.64 \,.\, 28 = 745.86\ min$

زمن تركيب الجدران الجانبية الكلية :

T = 5072.76 + 745.86 = 5818.62 min

– جدران الواجهة : في الفتحة الواحدة التي مجازها 18m يحسب الزمن بالعلاقة :

$$t = t_6 + t_7 + (181.17 \,.\, 2)$$

حيث :

t_6 : زمن تركيب العنصر (6) .

t_7 : زمن تركيب العنصر (7) .

$$t = 26{,}19 + 26{,}36 + 181{,}17 \,.\, 2 = 414.89\ min \Rightarrow$$

وهناك ثلاث فتحات في الواجهة الأمامية $\Leftarrow$

$$t = 414{,}89 \,.\, 3 = 1244{,}67\ min$$

أما زمن تركيب ألواح الواجهة الخلفية فيساوي نفس الزمن .

$$T = 5818,62 + 1244,67 \cdot 2 = 8307.96 \text{ min}$$

نضيف زمن الانتقال من تمركز إلى آخر : 0.3min و عدد الانتقالات (42) فيكون زمن الانتقال النهائي :

$$t = 0,3 \cdot 42 = 12,6 \text{ min}$$

$$T = 8307.96 + 12.6 = 8320.56 \text{ min} = 138.68 \text{ h} = 18 \text{ day}$$

زمن التركيب الكلي للجدران الخارجية مع اعتبار الانتقالات .

الزمن الكلي اللازم لتركيب كامل عناصر المبنى الصناعي :

$$\mathbf{T = T_1 + T_2 + T_3 + T_4}$$

حيث :

$\mathbf{T_1}$: زمن تركيب الأعمدة = 4 day .

$\mathbf{T_2}$: زمن تركيب جوائز الرافعة = 6 day .

$\mathbf{T_3}$: زمن تركيب بلاطات و جوائز التغطية = 13 day .

$\mathbf{T_4}$: زمن تركيب ألواح الجدران = 18 day .

$$T = 4 + 6 + 13 + 18 = 41 \text{ day}$$

ثانياً – حساب الكلفة المباشرة للتركيب :

تعطى علاقة كلفة التركيب للطن الواحد من الهياكل بالشكل :

$$C_1 = \frac{C_o}{P}$$

حيث : **Co** : الكلفة الكلية ليرة سورية . **P** : الوزن الكلي للعناصر T .

و تعطى **Co** بالعلاقة :

$$C_o = 1.08 \cdot \sum Cm \cdot Tk + 1.5 \cdot \sum Qi \cdot Tk$$

حيث :

Tk : زمن عمل الرافعة الكلي بالوردية .

Cm : كلفة استخدام و تشغيل الرافعة لوردية عمل : و تؤخذ من الجداول ، وحسب نوع الرافعة

وهنا في الرافعة المجنزرة تؤخذ Cm = 43.13 بالعملة الأجنبية .

1.08 : معامل النفقات المصروفة على استثمار الآليات .

1.5 : معامل النفقات المصروفة من أجرة عمال التركيب .

$\sum Qi$: متوسط أجرة العامل في الوردية الواحدة لمختلف الاختصاصات

حيث نعتمد أن أجرة العامل اليومية ١٥٠ ليرة سورية .

وإذا اتخذنا خمس عمال في اليوم للتركيب (طاقم التركيب) والمؤلف من :

عناصر تثبيت مؤقت	سائق عربة نقل الهياكل	سائق الرافعة و معاونه
2	1	العدد الكلي (2)

ونعتمد عامل تحويل للعملة مقداره (٨٠ ليرة سورية) من العملة الأجنبية إلى العملة السورية .وبالتالي علاقة الكلفة المباشرة لتركيب جميع عناصر المبنى تعطى بالعلاقة :

$$C_1 = \frac{C_o}{P} \Rightarrow C_o = 1.08 \cdot \sum Cm \cdot Tk + 1.5 \cdot \sum Qi \; Tk$$

حيث Tk = 14 day $\Leftarrow$

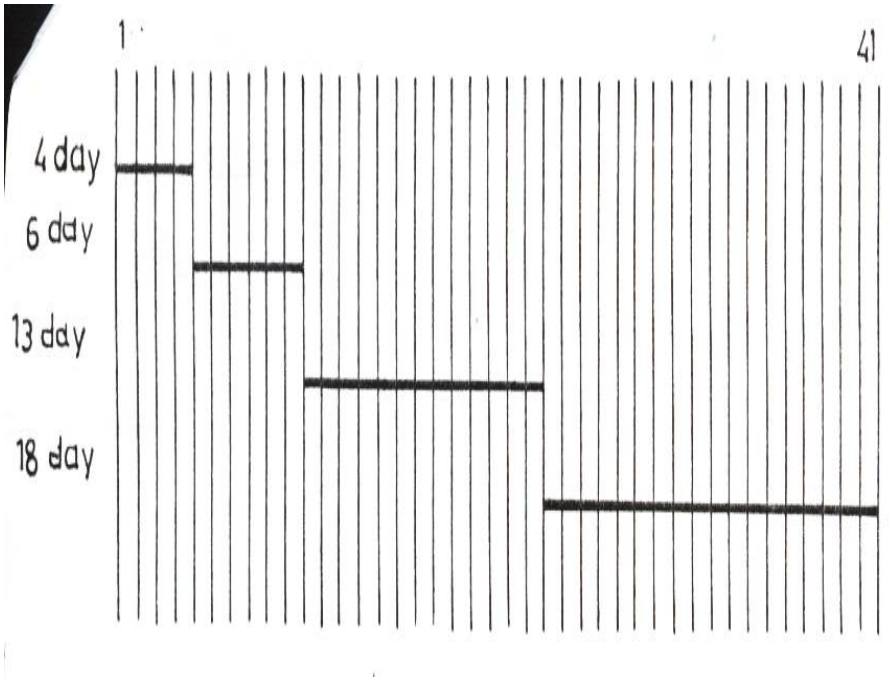
$$C_o = 1.08 \cdot 43,13.41,80 + 1,5.150.5.41 = 198901$$

$$C_1 = \frac{C_o}{P} \Rightarrow$$

P : كتلة العناصر الكلية = t 2605.66

$$C_1 = \frac{198908,71}{2605,66} = 76,331 / T \approx 771 / T$$

ثالثاً – المخطط الزمني لتركيب عناصر المبنى الصناعي :



٢–١–٢– الأسلوب المختلط في التركيب :

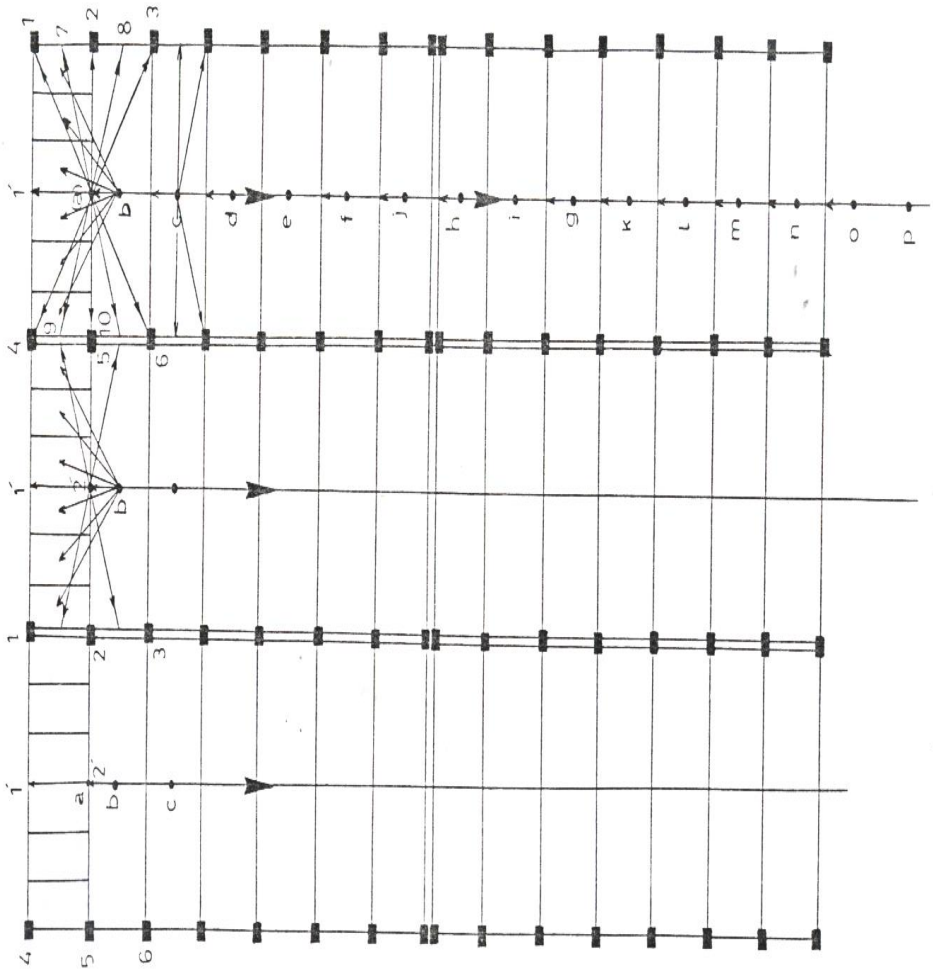
وفق هذا الأسلوب يجري تركيب الأعمدة وجوائز الرافعة الجسرية وجوائز التغطية والبلاطات من تمركز واحد ، ولكن ألواح الجدران الخارجية يجري تركيبها من الناحية الخارجية للمبنى .

– المخطط (5) يوضح طريقة التركيب المختلط للعناصر .

أولاً – حساب الزمن :

فمثلاً من التمركز (a) نركب الأعمدة من (6-1) ثم نركب السكك من (7-10) وأزمنة تركيب العناصر من التمركز (a) موضحة في الجدول (7) . وحيث توضع الشاحنة يكون في كل التمركزات على بعد 9 m من الرافعة .

المخطط (5)



الجدول (10)

العنصر	Hk (m)	a	Lrg (m)	Lro (m)	tp	(min)
العمود (1)	11.5	123	1.82	0	26	28.79
العمود (2)	11.5	90	0	1.82	26	28.48
العمود (3)	11.5	57	1.82	0	26	28.16
السكة (7)	11.34	109	0.5	1.82	28	30.66
السكة (8)	11.34	71	0.5	0.5	28	30.23
العمود (4)	11.5	123	1.82	0.5	26	28.81
العمود (5)	11.5	90	0	1.82	26	28.48
العمود (6)	11.5	57	1.82	0	26	28.16
السكة (9)	11.34	109	0.5	1.82	28	30.66
السكة (10)	11.34	71	0.5	0.5	28	30.23
$\sum t = 292.66 \min$						

وبالتالي الزمن اللازم لتركيب عناصر الفتحة الأولى يعطى بالشكل :

$$T = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + t_6 + t_7$$

حيث :

t_1 : زمن تركيب العناصر من التمركز (a) = 292.66 min .

t_2 : زمن تركيب الجائز (1) من التمركز (b) = 33.9 .

t_3 : هو عبارة عن زمن مكرر في عدد من التمركزات :

ففي التمركز (C) يتم تركيب الجائز (2) بزمن t = 33.9 min و تركيب العمودين 11 و 12 بزمن :

$$t = 2 \times \left(\frac{11.5}{15} \times 2 + \left(\frac{71}{180.0,44} + \frac{0.5}{15} \right) 0.75 + 26 \right) = 56.46\, min$$

وتركب السكتين 13 و 14 بزمن :

$$t = 2 \times \left(\frac{11.34}{15} \times 2 + \left(\frac{90}{180.0,44} \right) 0.75 + 28 \right) = 60.73 \, min$$

ويتم حساب زمن العودة للتمركز b و حساب زمن تركيب البلاطات ⇐

$t = 111.7 + 0.3 = 112 \, min$

وبالتالي الزمن هو :

$t = 33.9 + 56.46 + 60.73 + 112 = 263.09 \, min$

وهذا الزمن مكرر في 10 تمركزات :

$t_3 = 263,09 \, . \, 10 = 2630,9 \, min$

$\mathbf{t_4}$: زمن تركيب أربعة أعمدة وسكتين وجائز وبلاطات من التمركز j :

$t_4 = 4 \, . \, 28,23 + 60,73 + 112 + 33,9 = 319,55 \, min$

$\mathbf{t_5}$: زمن تركيب جائزين وعمودين وسكتين وبلاطات من التمركز I :

$t_5 = 2 \, . \, 33,9 + 60,73 + 56,46 + 112 = 296,99 \, min$

$\mathbf{t_6}$: زمن تركيب جائز وبلاطات من التمركز O :

$t_6 = 33,9 + 112 = 145,9 \, min$

$\mathbf{t_7}$: زمن تركيب جائز وبلاطات من التمركز P :

$t_7 = 145,9 \, min$

$T_1 = 292.6 + 33.9 + 2630.9 + 319.55 + 296.99 + 145.9 + 145.9$

⇒

$T_1 = 3864$ min زمن تركيب العناصر في الفتحة الأولى

يضاف زمن تركيب الانتقال من تمركز إلى آخر :

T1 = 3864 + 8 = 3872 min الزمن الكلي للتركيب للفتحة الأولى

* أما تركيب الفتحة الأولى و الثالثة فيستغرق الزمن المحدد بالعلاقة :

$T_{1,3} = 3872 \, . \, 2 = 7744 \, min$

* أما الفتحة الثانية :

التركيب في الفتحة الثانية يكون لجوائز وبلاطات التغطية وجوائز الرافعة دون الأعمدة

الزمن اللازم للتركيب يعطى بالشكل :

$\mathbf{T_2 = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5}$

حيث :

t_1 = 121.6 min ⇐ (a) من السكك تركيب زمن : **t_1**

t_2 = 33.9 min : (b) من التمركز (1) الجائز تركيب زمن : **t_2**

t_3 : زمن تركيب الجائز (2) و السكتين في (C) ثم الانتقال إلى (b) و تركيب البلاطات :

$$t = 60.73 + 33.9 + 112 = 206.63 \ min$$

t_3 : زمن مكرر في 11 تمركز :

$$t_3 = 206{,}63 \ . \ 11 = 2272{,}93 \ min$$

t_4 : زمن تركيب جائزين و سكتين و بلاطات من التمركز (I) :

$$t_4 = 2. \ 33{,}9 + 60{,}73 + 112 = 240{,}53 \ min$$

t_5 : زمن تركيب جائز و بلاطات من O و P :

$$t_5 = 2 \ . \ 145{,}9 = 291{,}8 \ min$$

زمن تركيب عناصر الفتحة الثانية

$$T_2 = 121{,}6 + 33{,}9 + 2272{,}93 + 240{,}53 + 291{,}8 \Leftarrow T_2 = 2960.77 \ min$$

الزمن الكلي لتركيب عناصر الفتحة الثانية .

$$T_2 = 2960.77 + 8 = 2968.77 \ min$$

حيث زمن الانتقال من تمركز إلى آخر = 8 min

و يكون الزمن اللازم لتركيب عناصر المبنى بالطريقة المختلطة هو :

$$\boldsymbol{T = T_{1,3} + T_2 + T_3}$$

حيث :

$T_{1,3}$: زمن تركيب عناصر الفتحة الأولى و الثالثة = 7744 min

T_2 : زمن تركيب عناصر الفتحة الثانية = 2968.77 min

T_3 : زمن تركيب ألواح الجدران الخارجية = 8320.56 min

$$T = 7744 + 2968.77 + 8320.56 = 19033.33 \ min \Rightarrow$$
$$317.22 \ h = 39.62 \ day = 39 \ day \ and \ 5 \ h =$$

نعتبر الزمن T = 40 day

ثانياً – حساب الكلفة :

$$C_1 = \frac{C_o}{P} \Rightarrow C_o = 1.08 \cdot \sum Cm \cdot Tk + 1.5 \cdot \sum Qi \cdot Tk$$

$$\Rightarrow C_1 = \frac{C_o}{P} = 19405.28 / 2605.66 = 74.5 \ 1/T = 75 \ 1/T$$ Tk = 40 day

٢-٢ : التركيب باستخدام الرافعة البرجية :

٢-٢-١ : الأسلوب المتسلسل في التركيب :

أولا – الزمن اللازم للتركيب :

$$T = \frac{Hk}{V1} + \frac{Hk}{V_2} + \left(\frac{a_i}{180.n} + \frac{L_{ri}}{V_3} \right) 0.75 + \frac{L_{ni}}{Pi.V_4} + tpi$$

حيث يلغى هذا الحد $\frac{L_{ni}}{Pi.V_4}$ كون أن الرافعة البرجية ثابتة .

وقد استخدمت رافعتان برجيتان بنفس المواصفات لتغطية كامل عمليات التركيب للمبنى

١- زمن تركيب الأعمدة :

يجري تركيب الأعمدة باعتماد تمركزين للرافعة المسافة ما بين التمركزين 42m ⇐

الزمن اللازم لقطع المسافة 42 / 8.4 = 5 min .

بعد مركز التخزين عن مركز الرافعة 23.3 m

بعد مركز التخزين عن محور سكة الرافعة 10 m

ارتفاع التركيب 11.5 m

نتائج حساب زمن التركيب اللازم للأعمدة مبينة في الجدول (11)

إذ أن Li : المسافة من مركز الرافعة إلى نقطة التركيب .

L_{ro} , L_{rg} : مسافة نقل العنصر الأول الخطاف و هو مملوء و الثاني الخطاف فارغ

$L_{rg} = | Li - 23.3 |$ ، والتمركزات متماثلة – زمن العمل اليدوي 26 min

جدول (11)

الرقم	ai	Li	L_{r_g}	L_{r_o}	t_{yi}
1	157	32.2	8.9	–	5.75
2	148	28.6	5.3	8.9	5.96
3	136	26	2.7	5.3	5.56
4	123	24.5	1.2	2.7	5.27
5	109	24.5	1.2	1.2	5.09
6	96	26	2.7	1.2	5.08
7	84	28.6	5.3	2.7	5.2
8	75	32.2	8.9	5.3	5.45
9	171	21.9	1.4	8.9	5.92
10	177	16.2	7.1	1.4	5.87
11	171	11	12.3	7.1	6.38
12	142	7	16.3	12.3	6.64
13	91	7	16.3	16.3	6.48
14	62	11	12.3	16.3	6.08
16	43	21.9	1.4	7.1	4.94

الزمن الكلي لتركيب الأعمدة $\sum t = 91.21 min$

$$T = (t_1+t_2) . 2 + t_3$$

حيث :

t_1 : زمن عمل الرافعة $t_1 = 91.21$ min

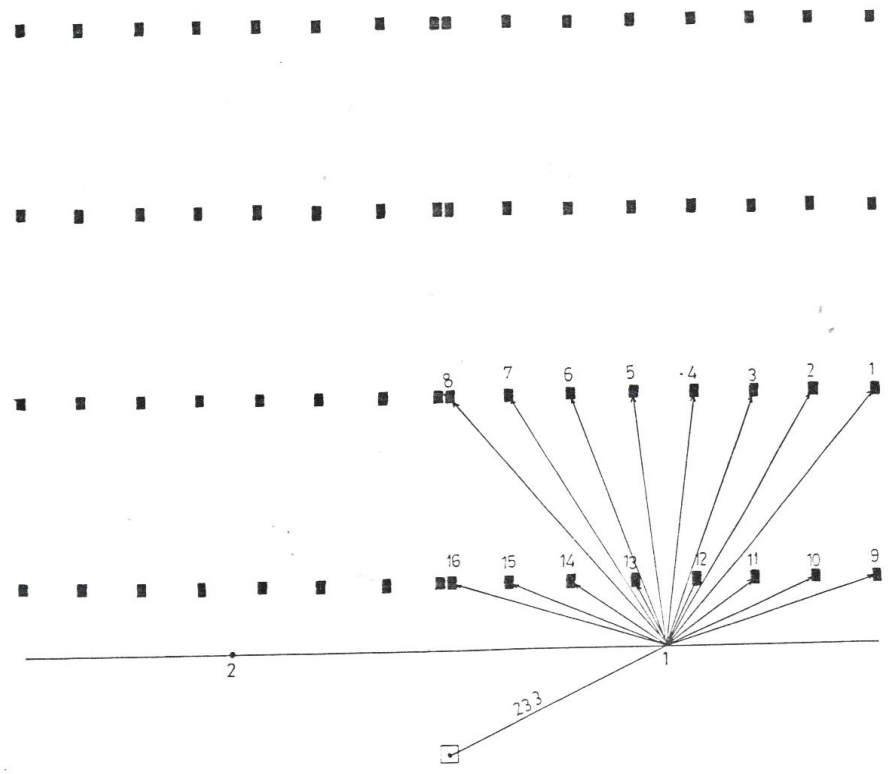
t_2 : زمن العمل اليدوي $t_2 = 26.16 = 416$ min

t_3 : زمن قطع المسافة من التمركز الأول إلى التمركز الثاني $t_3 = 5$ min

$T = (91.21 + 416) . 2 + 5 = 1019.42$ min

المخطط (6) يبين كيفية تركيب الأعمدة .

المخطط (6)



٢- زمن تركيب جوائز الرافعة الجسرية :

تركيب جوائز الرافعة يتطلب تمركزين للرافعة ، المسافة ما بين التمركزين 42 m والزمن اللازم لقطعها : 42 / 8.4 = 5 min ، ارتفاع التركيب 11.34 m ، زمن العمل اليدوي 28 min وأزمنة التركيب موضحة في الجدول رقم (12) :

زمن التركيب الكلي لجوائز الرافعة الجسرية $T = (t_1+t_2) . 2 + t_3$

حيث : t_1 : زمن عمل الرافعة $t_1 = 116.29$ min

t_2 : زمن العمل اليدوي $t_2 = 28.21 = 588$ min

t_3 : زمن قطع المسافة من التمركز الأول إلى التمركز الثاني $t_3 = 5$ min

$T = (116.29 + 588) . 2 + 5 = 1413.58$ min $= 23.56$ h $= 3$ day

المخطط (7) يبين كيفية تركيب جوائز الرافعة الجسرية .

جدول (12)

t_{yl}	L_{ro}	L_{rg}	L	a	الرقم
5.57	–	7.4	30.7	151	**1**
5.91	7.4	6.6	29.9	152	**1**ó
5.68	6.6	4.3	27.6	141	**2**
5.52	4.3	3.4	26.7	142	**2**ó
5.53	3.4	2.3	25.6	129	**3**
5.23	2.3	1.3	24.6	130	**3**ó
5.1	1.3	1.6	24.9	116	**4**
5.06	1.6	0.6	23.9	116	**4**ó
5.4	7.4	6.6	29.9	79	**7**ó
5.96	6.6	4	19.3	183	**8**

6.04	4	9.5	13.8	173	**9**
6.41	9.5	14.2	9.1	153	**10**
6.49	14.2	16.4	6.9	115	**11**
6.21	16.4	14.2	9.1	75	**12**
5.73	14.2	9.5	13.8	55	**13**
5.16	9.5	4	19.3	47	**14**

$$\sum t = 116.29\,min$$

٣- زمن تركيب جوائز التغطية :

تركيب جوائز التغطية يجري من خلال ثلاثة تمركزات ، التمركز الأول على بعد 9m من طرف المبنى والتمركز الثاني على بعد 24m من التمركز الأول ، أما التمركز الثالث على بعد 15m من الطرف الآخر للمبنى .

المسافة مابين مركز التخزين و مركز الرافعة للتمركز الأول 34.5 m

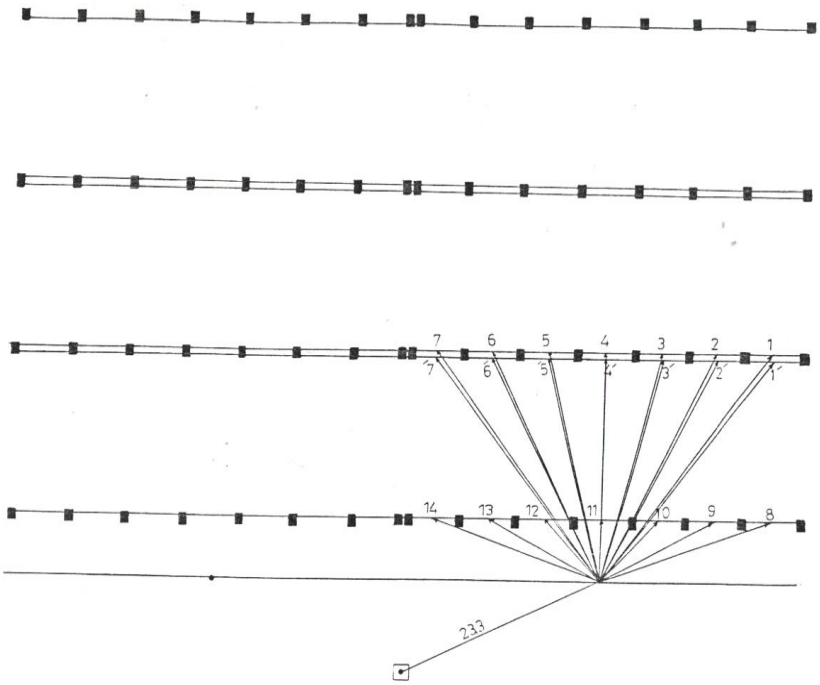
المسافة مابين مركز التخزين و مركز الرافعة للتمركز الثاني 13.5 m

المسافة مابين مركز التخزين و مركز الرافعة للتمركز الثالث 28.8 m

الجدول (1-13) يوضح أزمنة التركيب جوائز التغطية من أجل التمركز الأول

الجدول (2-13) يوضح أزمنة التركيب من أجل التمركز الثاني .

المخطط (7)



الجدول (1-13)

t_{yl}	L_{ro}	L_{rg}	L	a	لرقم
6.88	–	0	34.5	122	
6.86	0	1	33.5	112	
6.84	1	1	33.5	102	
6.72	1	0	34.5	92	
7.82	0	16.7	17.8	137	
8.63	16.7	18.9	15.6	118	

8.59	18.9	18.9	15.6	97	
8.35	18.9	16.7	17.8	77	

$$\sum t = 60.69 min$$

الجدول (2- 13)

t_{yl}	L_{ro}	L_{rg}	L	a	الرقم
8.14	–	21	34.5	155	**1**
9.07	21	20	33.5	145	**2**
8.97	20	20	33.5	13.5	**3**
8.92	20	21	34.5	125	**4**
8.47	21	4.3	17.8	171	**5**
7.39	4.3	2.1	15.6	151	**6**
7.14	2.1	2.1	15.6	128	**7**
7.11	2.1	4.3	17.8	110	**8**

$$\sum t = 65.21 min$$

الجدول (3-13) يوضح أزمنة التركيب من أجل التمركز الثالث .

جدول (3- 13)

t_{yl}	L_{ro}	L_{rg}	L	a	الرقم
7.49	–	7.3	21.5	156	**1**
7.91	7.3	11	17.8	140	**2**
8.07	11	13.2	15.6	119	**3**
8.04	13.2	13.2	15.6	99	**4**
7.08	13.2	11	17.8	79	**5**
7.40	11	7.3	21.5	66	**6**

6.93	7.3	2.8	26	56	**7**
6.63	2.8	2.3	31.1	50	**8**

$$\sum t = 60.27\ min$$

الزمن الكلي اللازم للتركيب

$$T = t_1 + t_2 + t_3$$

t_1 : زمن عمل الرافعة

$$t_1 = 60.69 + 65.21 + 60.27 = 186.17\ min$$

t_2 : زمن العمل اليدوي

$$t_2 = 30 \cdot 24 = 720\ min$$

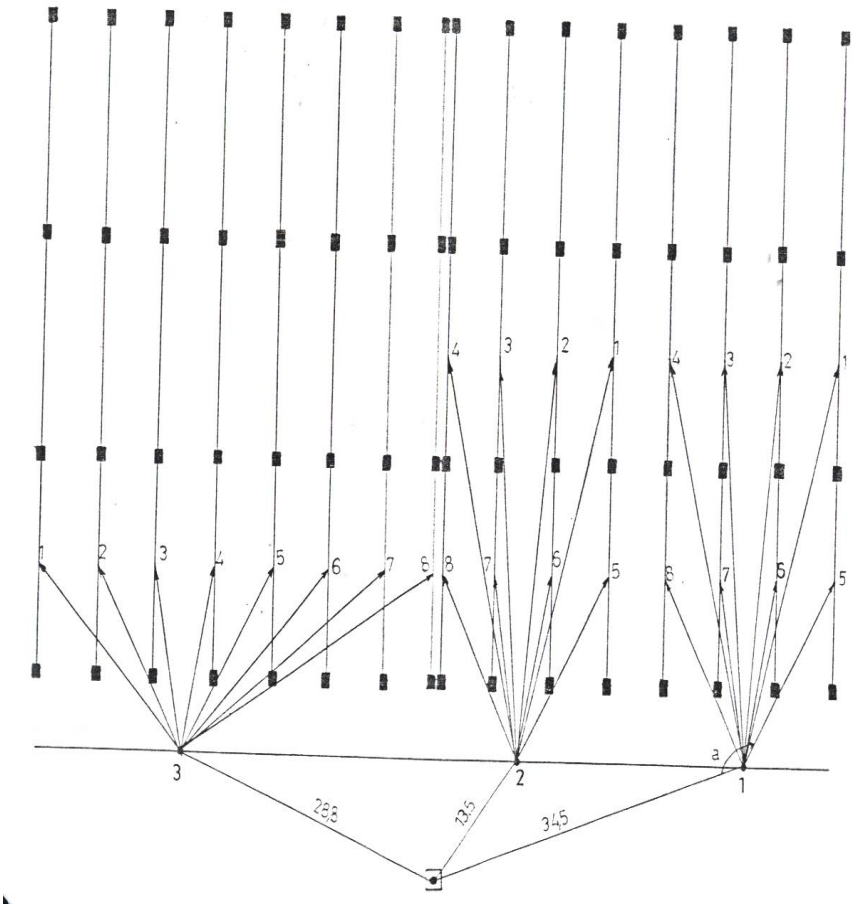
t_3 : زمن الانتقال من تمركز إلى آخر

$$t_3 = 24 / 8.4 + 36 / 8.4 = 7.14\ min$$

$$T = 186.17 + 720 + 7.14 = 913.31\ min = 15.22\ h \simeq 2\ day$$

المخطط (8) يبين تركيب جوائز التغطية .

المخطط (8)



٤- زمن تركيب بلاطات التغطية :

تركيب بلاطات التغطية يتم من خلال ثلاثة تمركزات كما هو موضح في المخطط (9) وأزمنة التركيب موضحة في الجدول (1-14) و الجدول (2- 14)

الارتفاع التركيبي 15.95 m ، زمن العمل اليدوي 15 min .

الجدول (1- 14)

t_{yl}	L_{ro}	L_{rg}	L	a	الرقم
7.73	–	14.5	14.3	167	**1**

8.3	14.5	12.6	16.2	158	**2**
8.05	12.6	10.5	18.3	151	**3**
7.79	10.5	8.1	20.7	145	**4**
7.51	8.1	5.6	23.2	141	**5**
7.23	5.6	3	25.8	137	**6**
6.94	3	0.3	28.5	134	**7**

$\sum t = 427.02 min$

الجدول (2- 14)

t_{yl}	L_{ro}	L_{rg}	L	a	الرقم
8.14	–	23.1	33.1	164	**1**
9.00	23.1	16	26	173	**2**
8.81	16	19	29	174	**3**
9.11	19	22	32	174	**4**

$\sum t = 35.06 min$

الزمن الكلي لتركيب البلاطات

$T = (t_1 + t_2 + t_3) . 2$

t_1 : زمن عمل الرافعة

$t_1 = 427.02 + 35.06 = 462.08 min$

t_2 : زمن العمل اليدوي

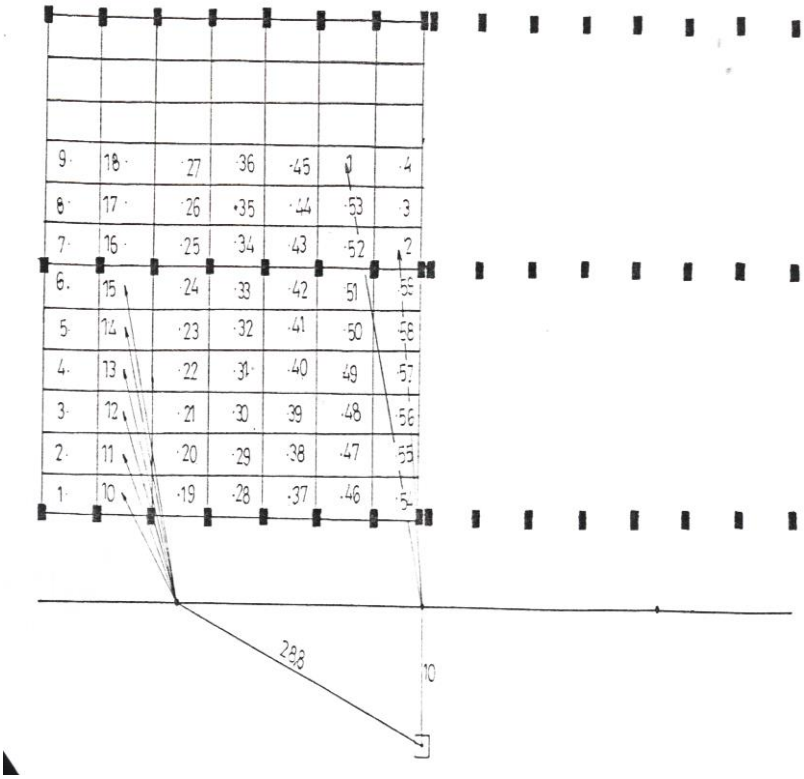
$t_2 = 15 . 63 = 945 min$

t_3 : زمن الانتقال من تمركز إلى آخر

$t_3 = 27 / 8.4 = 3.21 min$

$T = (462.08 + 945 + 3.21) . 2 = 2280.58 min = 47 h \underset{\sim}{} 6 day$

المخطط (9)



٥- زمن تركيب ألواح الجدران :

التركيب يتم من خلال تمركزين للرافعة كما هو موضح في المخطط (10) والزمن اللازم للتركيب مبين في الجدول (1-15) والجدول (2-15)

جدول (1- 15)

H=13	H=10.9	H=9.7	H=8.5	H=7.3	H=6.1	H=4.9	H=3.7	L_{rg}	L	α	الرقم
	5.77	5.33	4.89	4.45	4.01	3.57	3.13	2.4	31.2	220	1
	5.76	5.32	4.88	4.44	4.00	3.56	3.12	2.7	26.1	213	2
	6.16	5.72						7.3	21.5	204	3
	6.43	5.99	5.55	5.11	4.67	4.32	3.79	11	17.8	190	4
7.59	6.82	6.38	5.94	5.50	5.06	4.62	4.18	15.2	13.6	184	5
8.21	7.44	7.00	6.56	6.12	5.68	5.24	4.80	20.1	8.7	201	6
7.77	7.00	6.56	6.12	5.68	5.24	4.80	4.36	22.4	6.35	110	7
7.25	6.48	6.08	5.60	5.16	4.72	4.28	3.84	20.1	8.7	64	8
6.62	5.85	5.01	4.97	4.53	4.09	3.65	3.21	15.2	13.6	45	9
6.01	5.24	4.80	4.36	3.92	3.48	3.04	2.60	9.7	19.1	38	10
5.41	4.64	4.20	3.76	3.32	2.88	2.44	2.00	4	24.8	34	11
5.18	4.4	3.97	3.53	3.09	2.65	2.21	1.77	1.9	30.7	37	12

Σ = 423.05 min

جدول (2 - 15)

H=13	H=10.9	H=9.7	H=8.5	H=7.3	H=6.1	H=4.9	H=3.7	L_{RG}	L	A	الرقم
	5.65	5.21						0	34.5	238	1
	6.19	5.75	5.31	4.87	4.43	3.99	3.55	5.7	28.8	234	2
5.96	5.2	4.75	4.31	3.87	3.43	3	2.56	9.7	24.8	33	11

$$\mathbf{T = t_1 + t_2 + t_3}$$

t_1: زمن عمل الرافعة $t_1 = 425.05 + 409.9 = 834.95$ min

t_2 : زمن العمل اليدوي $t_2 = 23.2 * 162 = 3758.4$ min

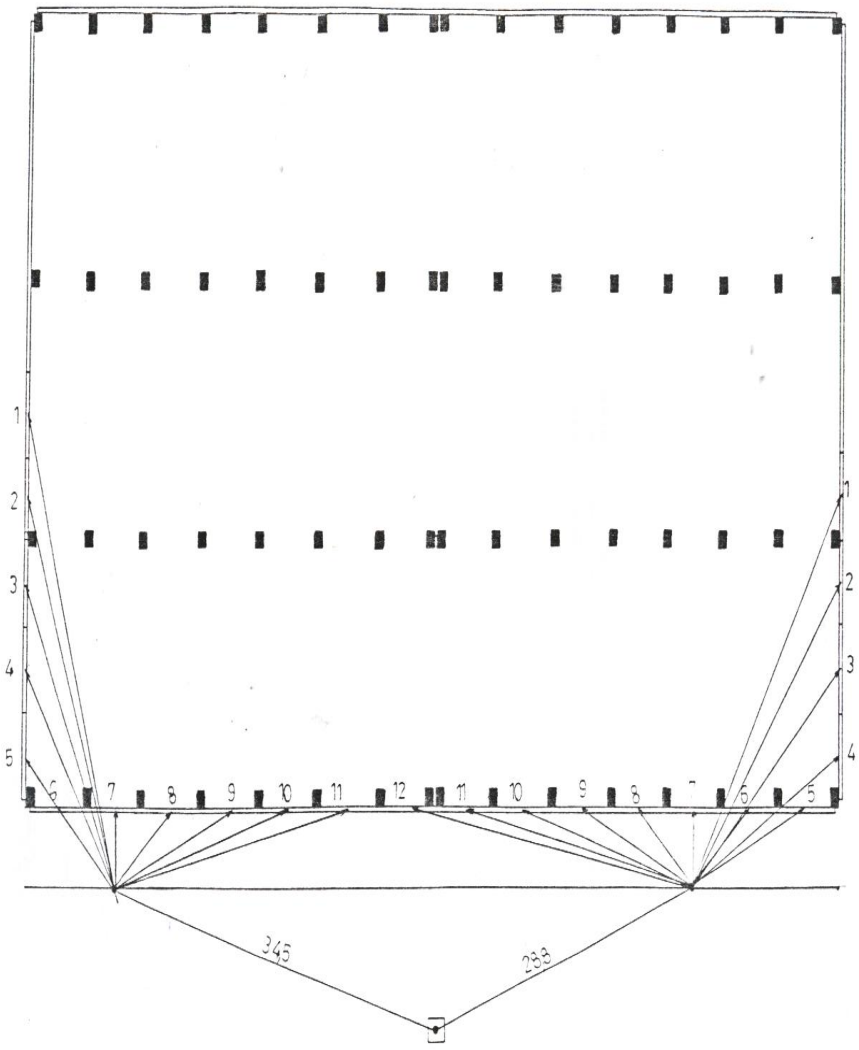
t_3 : زمن الانتقال من تمركز إلى آخر $t_3 = 60 / 8.4 = 7.14$ min

$T = 834.95 + 3758.4 + 7.14 = 4600.49$ min $= 76.67$ h $\simeq$ 10 day

الزمن اللازم لتركيب جميع العناصر

$T = 17 + 23.56 + 15.22 + 47 + 76.67 = 179.45$ h $= 22.47 \simeq 23$ day

المخطط (10)



ثانياً – حساب الكلفة :

$$C_1 = \frac{C_o}{P} \Rightarrow C_o = 1.08 \,.\, \sum Cm \;.\; Tk + 1.5 \;.\sum Qi \;\; Tk + 1.08 \,.\, C'o.m$$

حيث :

C_m : كلفة استخدام و تشغيل الرافعة لوردية عمل 28.86 .

$\sum Qi$: متوسط أجرة العامل في الوردية الواحدة و اتخذنا ستة عمال

$$\sum Qi = 150.6$$

$C'o$: النفقات عن الأعمال التحضيرية 148 .

m : عدد قطع السكة وتؤخذ حسب طول المبنى وحيث يكون طول القطعة مساويا 12.5 m

عدد القطع :

$$m = \frac{84}{12.5} = 6.7 = 7$$

$$C_o = 1{,}08 \,.\, 28{,}86.80.23 + 1{,}5.6.150.23 + 1{,}08 \,.\, 148.80.7$$

لرافعة واحدة :

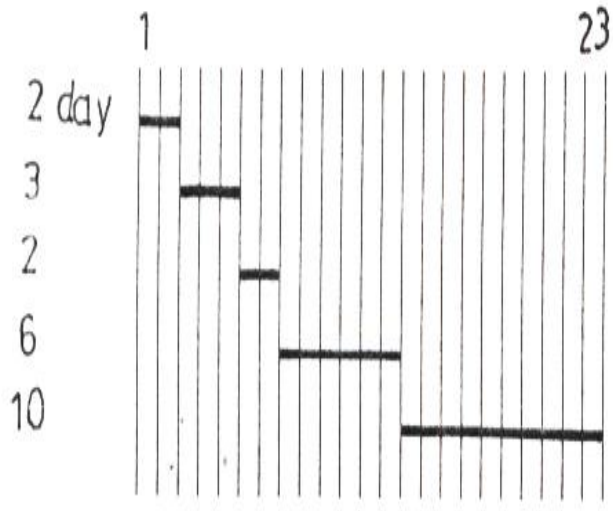
$$C_o = 177910{,}9921$$

من أجل رافعتين :

$$C_1 = \frac{C_o \times 2}{P} = \frac{355821{,}98}{2605{,}66} = 136{,}561 / t$$

ثالثاً – المخطط الزمني لتركيب عناصر المبنى :

موضح في الشكل (16)



الشكل (16)

٢-٢-٢- أسلوب التركيب المختلط للهياكل و العناصر :

يجري التركيب في هذه الحالة كما هو مبين في المخطط (11) .

أولا – زمن تركيب العناصر والهياكل من التمركز الأول مبينة بالجدول (1- 16) .

الجدول (1-16)

Ty	Tp	tyi	Lro	Lrg	L	a	H	الرقم
31.53	26	5.53	–	8.6	25.9	127	11.5	1
31.94	26	5.94	8.6	10	24.5	114	11.5	2
31.91	26	5.91	10	10	24.5	100	11.5	3
31.75	26	5.75	10	8.6	25.9	87	11.5	4
31.46	26	5.46	8.6	5.9	28.6	75	11.5	5
31.08	26	5.08	5.9	2.3	32.2	66	11.5	6
32.62	26	6.62	2.3	23.5	11	160	11.5	7
33.67	26	7.67	23.5	27.5	7	130	11.5	8
33.52	26	7.52	27.5	27.5	7	80	11.5	9
33.12	26	7.12	27.5	23.5	11	51	11.5	10
32.58	26	6.58	23.5	18.2	16.3	40	11.5	11
31.99	26	5.99	18.2	12.6	21.9	34	11.5	12
31.39	26	5.39	12.6	6.8	27.7	30	11.5	13
$\sum t = 1853.97\ min$								

زمن التركيب من أجل هذا التمركز

$\mathbf{T = t_1 + t_2 + t_3}$

t_1 = 1853.97 min

t_2 : زمن تركيب جوائز التغطية

$t_2 = 10 * 30 + 76.11 = 376.11$ min

t_3 : زمن تركيب الجدران

$t_3 = 409.9 + 23.2 * 73 = 2103.5$ min

T = 4333.58 min = 72.22 h

التمركز الثاني فأزمنة التركيب مبينة في الجدول (2- 16).

الجدول (2- 16)

Ty	Tp	tyi	Lro	Lrg	L	a	H	الرقم
31.68	26	5.86	0	11.1	24.6	131	11.5	1
32.22	26	6.22	11.1	12.5	26	117	11.5	2
32.29	26	6.29	12.5	12.5	26	116	11.5	3
32.34	26	6.34	12.5	15.1	22.6	107	11.5	4
32.59	26	6.59	15.1	18.7	32.2	98	11.5	5
31.25	26	5.25	6.5	2.5	11	85	11.5	6
31.05	26	5.05	2.5	2.5	11	85	11.5	7
30.97	26	4.97	2.5	2.8	16.3	71	11.5	8
31.23	26	5.23	2.8	5.8	22	65	11.5	9
34.11	28	6.11	5.8	11.4	24.9	138	11.34	1
34.21	28	6.21	11.4	10.4	23.9	138	11.34	1ó
34.15	28	6.15	10.4	12.1	25.6	125	11.34	2
34.18	28	6.18	12.1	11.1	24.6	124	11.34	2ó
33.37	28	5.37	6.6	4.4	9.1	96	11.34	3
23.19	15	8.19	4.4	20.5	34	158	15.95	1
23.87	15	8.87	20.5	17.8	31.3	160	15.95	2
23.61	15	8.61	17.8	15	28.5	161	15.95	3
23.57	15	8.57	15	18.9	32.4	148	15.95	4
23.63	15	8.63	18.9	16	29.5	149	15.95	5
23.34	15	8.34	16	13	26.5	150	15.95	6
23.52	15	8.52	13	21.4	34.9	137	15.95	7
23.79	15	8.79	21.4	18.4	31.9	137	15.95	8
23.49	15	8.49	18.4	15.4	28.9	137	15.95	9
								27
								28
$\sum t = 1097.11\,min$								

بالتالي زمن التركيب اللازم من أجل هذا التوقف .

$\mathbf{T = t_1 + t_2}$

t_2 : زمن تركيب جوائز التغطية

$t_2 = 6 * 30 + 49.36 = 229.36$ min

$T = 1326.47$ min $= 22.1$ h

زمن التركيب في التمركز الثالث الجدول (3- 16) :

جدول (3- 16)

Ty	Tp	tyi	Lro	Lrg	L	a	H	الرقم
21.2	26	5.2	0	0.2	28.6	141	11.5	1
21.27	26	5.27	0.2	2.8	26	130	11.5	2
21.38	26	5.38	2.8	4.3	24.5	117	11.5	3
21.35	26	5.35	4.3	4.3	24.5	102	11.5	4
21.2	26	5.2	4.3	2.8	26	91	11.5	5
22.21	26	6.21	2.8	12.5	16.3	177	11.5	6
22.87	26	6.87	12.5	17.8	11	165	11.5	7
23.13	26	7.13	17.8	21.8	7	135	11.5	8
22.99	26	6.99	21.8	21.8	7	86	11.5	9
22.58	26	6.58	21.8	17.8	11	56	11.5	10
34.07	28	6.07	17.8	1.2	27.6	136	11.34	1
33.28	28	5.28	1.2	2.1	26.7	137	11.34	1ó
33.29	28	5.29	2.1	3.2	25.6	124	11.34	2
33.39	28	5.39	3.2	4.2	24.6	124	11.34	2ó
33.33	28	5.33	4.2	3.9	24.9	110	11.34	3
33.36	28	5.36	3.9	4.9	23.9	110	11.34	3ó
33.23	28	5.23	4.9	3.2	25.6	96	11.34	4
33.19	28	5.19	3.2	4.2	24.6	97	11.34	4ó
33.01	28	5.01	4.2	1.2	27.6	84	11.34	5
32.91	28	4.91	1.2	2.1	26.7	85	11.34	5ó
32.87	28	4.87	2.1	1.9	30.7	74	11.34	6
32.82	28	4.82	1.9	1.1	29.9	75	11.34	6ó
32.96	28	4.96	1.1	5.8	34.6	66	11.34	7
33.16	28	5.16	5.8	5.1	33.9	67	11.34	7ó
34.36	28	6.36	5.1	15	13.8	172	11.34	8
34.95	28	6.95	15	19.7	9.1	153	11.34	9
35.03	28	7.03	19.7	22.4	6.4	110	11.34	10
34.74	28	6.74	22.4	19.7	9.1	69	11.34	11
34.23	28	6.23	19.7	15	13.8	49	11.34	12
33.66	28	5.66	15	9.5	19.3	40	11.34	13
33.07	28	5.07	9.5	3.8	25	36	11.34	14
$\sum t = 925.09 min$								

وبالتالي زمن التركيب اللازم من أجل هذا التوقف .

$$\mathbf{T_2 = t_1 + t_2 + t_3 + t_4}$$

حيث :$\mathbf{t_2}$: الزمن اللازم لتركيب الجوائز (حسب في الطريقة المتسلسلة)

$t_2 = 60.27 + 8 * 30 = 300.27$ min

t_3 : زمن تركيب البلاطات

$t_3 = 310.96 + 15 * 42 = 940.96$ min

$\mathbf{t_4}$: الزمن اللازم لتركيب قطع الجدران

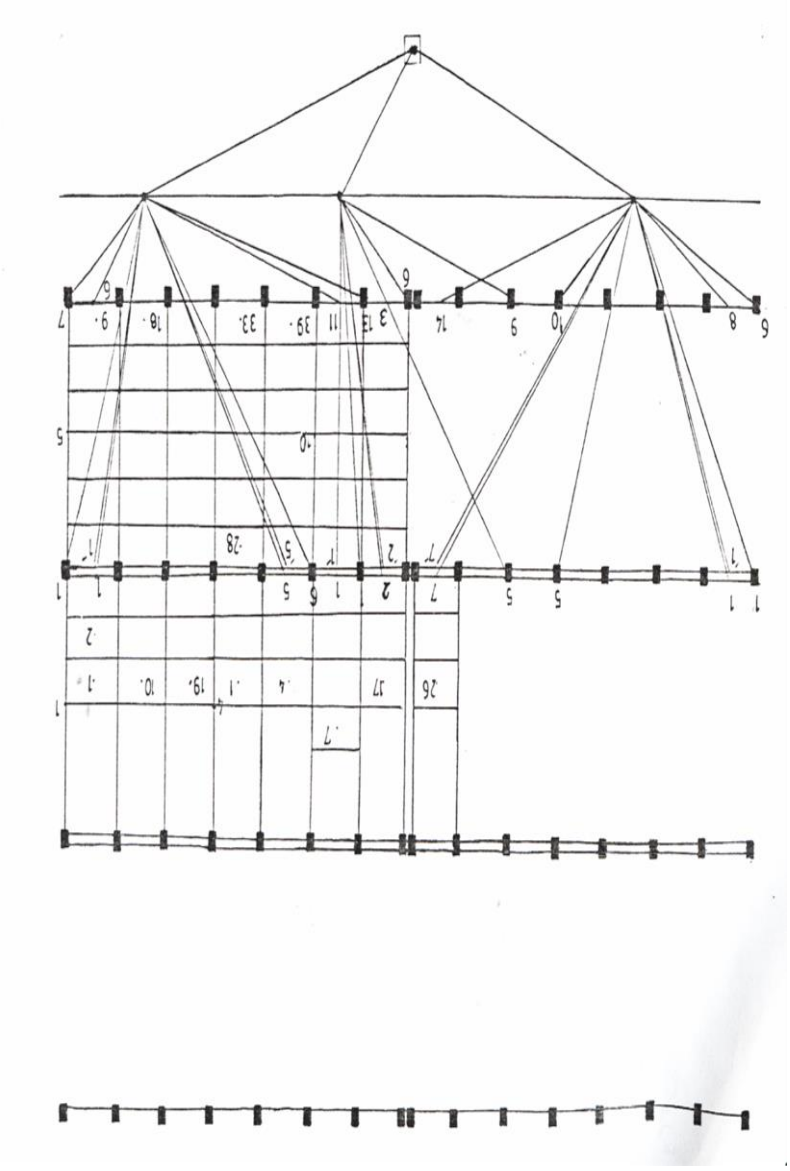
$t = 425.05 + 23.2 * 87 = 2443.45$ min

$T = 925.09 + 300.27 + 940.96 + 2443.45 = 4609.77$ min $= 76.83$ h

الزمن الكلي لتركيب عناصر المبنى :

$T = 72.22+22.1+76.83+24/8.4+36/8.4 = 178.29$ h $= 22$ day

المخطط (11)



٣- مقارنة الحلول المقترحة واختيار الحل الأمثل :

يمكن تلخيص النتائج التي حصلنا عليها من خلال التنفيذ والتركيب بالأساليب المذكورة كما في الجدول التالي :

بواسطة الروافع البرجية	بواسطة الرافعة المجنزرة	
عدد الروافع (2)	عدد الروافع (1)	عدد الروافع
T = 23 day	T = 41 day زمن كلي	التركيب المتسلسل-1
T = 40 day	T = 22 day	التركيب المختلط -2
T = 40 day	T = 22 day	الحل الأمثل

****

المراجع العلمية المستخدمة

المراجع العربية :

١. تكنولوجيا الإنشاء (2) ، د . عبد الخالق طالب ، د. معين خضور ،1997 ، جامعة البعث .

٢. تكنولوجيا الإنشاء ، د . بسام حسن ، 1993 ، جامعة تشرين .

٣. تكنولوجيا الإنشاء، د . فتحي الصدي،د. نصر الدين خير الله ، 1990 ، جامعة دمشق .

٤. تكنولوجيا الإنشاء ، م . عبد الكريم الشامي ، 1994 ، جامعة حلب .

المراجع الأجنبية :

5- Properties of concrete , A . M . Neville , 2000 .
6- Technology , Mechanism , Computerized structure .
7- pof . C.C.Atayev , Moscow, 1990 .
8- The technology of industrial construction of cast , pof . C.C.Atayev , Moscow, 1989 .
9- Concrete materials and practice , K . M . Brook ,
10- J . D . Dewar , London , 2000.
11- The technology of concrete , L. A.Alimov ,B.B. Boronin , Moscow, 2004 .
12- 10 – Concrete Admixture , V . Dodson , New York , 1997 .
13- 11 – Fresh Concrete , P . Baratos , Amsterdam ,1998 .
14- 12 - Technology of structure , Dratchinka , Erisova , Moscow , 1990 .
15- 13- Anna, K ,Experemental study on basic phenomena of shrinkage and cracking of fresh concrete ,1995- Cement and Concrete Research . Vol . No . 1.
16- 14- Ravina , D , 1998- Plastic shrinkage cracking .ACI Journal, Vol .No . 65.