بسم الله الرحمن الرحيم

جامعة السودان للعلوم والتكنولوجيا
كلية الدراسات العليا

بحث تكميلي لنيل درجة الماجستير في هندسة التشييد بعنوان:

# صيانة المنشآت الخرسانية (دراسة حالة مدينة ود مدني )

# Maintenance of Concert Building

# (Case Study Wad Madani City )

إعداد/ عفراء محمد عثمان

إشراف/ دكتور أبو سمرة عوض

أغسطس 2017 م

# الآية

(أَفَمَن أَسَّسَ بُنيانَهُ عَلى تَقوى مِنَ اللَّهِ وَرِضوانٍ خَيرٌ أَم مَن أَسَّسَ بُنيانَهُ عَلى شَفا جُرُفٍ هارٍ فَانهارَ بِهِ في نارِ جَهَنَّمَ وَاللَّهُ لا يَهدِي القَومَ الظّالِمينَ)

صدق الله العظيم

[التوبة ١٠٩]

# إهداء

الي أبي

صديق عقلي وروحي من علمني انه بالعلم تسمو الروح وترتفع الهمة ...

وعلم خطاي السير في دروب المعرفة ... اليه اهدي كل الحب ....

له الرحمة والمغفرة وطيب الله ثراه وأسكنه فسيح جناته

والي امي

معلمتي الاولى والدائمة ..... ملجأي وملاذي ... حبيبة القلب ونور العين ... كل الحب وكامل الاحترام

اليهما اهدي جهدي المتواضع

# شكر وعرفان ....

الشكر أجزله لدكتور/ **ابو سمرة عوض**

لما بذلة معي من جهد كي يري هذا البحث النور .. الذي لولا توجيهاته لما خرج هذا البحث بهذه الصورة

وكل الشكر للدراسات العليا بجامعة السودان لإتاحة الفرصة لنا ببرنامج الماجستير الذين لولاهم لما وصلنا هنا

واخص بالشكر مكتب تنسيق الدراسات العليا بكلية الهندسة وقسم الهندسة المدنية

# المستخلص

الغرض من هذه الدراسة هو وضع رؤية واضحة عن صيانة و اعادة تأهيل المباني الخرسانية . وهي مصممة لتعريف القارئ ببعض الحلول للحفاظ على المباني الخرسانية فضلاً عن اعطاء الخطوط العريضة للنظر بشكل خاص في اعادة تأهيل هذه الانواع من المباني.

حيث تطرقت الدراسه الى بعض المشاكل في المنشآت الخرسانية مثل الصدأ والشروخ والتعشيش أسبابها وكيفية معالجتها وتطرق ايضاً الى كيفية تقوية العناصر الإنشائية المختلفه ، وتم تنظيم دراسة الحالة لإعطاء خلفية عن مبنى خرساني، والوصف العام للمشاكل، والتصميم الجديد له وفقاً للاستخدام في الوقت الحاضر واستعراض الحلول المستخدمة لإنجاز اعادة التأهيل.

وتوصي الدراسه الى ضرورة عمل الدراسات الكافية قبل البدء في التنفيذ وضرورة الاهتمام أثناء التنفيذ وأن يكون تحت إشراف كادر مؤهل وضرورة الإهتمام بالصيانه الدوريه .

# ABSTRACT

The purpose of this study is providing a clear vision about the maintenance and dy is designed to introduce the reader to rehabilitation of the concrete buildings, the stu some solutions to preserve the concrete buildings in addition to the outlines to give special attention rehabilitation of these types of buildings

as corrosion The research dealt with some problems in concrete structures such cracking and nesting, their causes and how to deal with them and also how to strengthen the different structural elements. The case study was organised to give a and the background on a concrete building, the general description of the problems new design for it according to its use at the present time, and review of the solutions used to complete the rehabilitation

The research recommend to do adequate studies before starting the implementation y qualified staff and the importance of giving implementation must be supervised b attention to the periodic maintenance of concrete buildings

## قائمة المحتويات


| الموضوع | رقم الصفحة |
|---|---|
| الآية | أ |
| الإهداء | ب |
| الشكر والعرفان | ج |
| المستخلص باللغة العربية | د |
| المستخلص باللغة الإنجليزية | هـ |
| قائمة المحتويات | و |
| قائمة الأشكال والجداول | ي |
| **الباب الأول (المقدمه العامه)** | |
| 1.1 مقدمة | 1 |
| 1.2 مشكلة البحث | 1 |
| 1.3 أهداف البحث | 1 |
| 1.4 منهجية البحث | 2 |
| 1.5 هيكل البحث | 2 |
| **الباب الثاني ( الإطار النظري )** | |
| 2.1 مقدمة | 3 |
| 2.2 صدأ حديد التسليح | 4 |
| 2.2.1 أسباب صدأ حديد التسليح | 6 |
| 2.2.2 طرق تفادي الصدأ | 8 |
| 2.3 الشروخ | 13 |
| 2.3.1 شروخ الأساسات | 14 |
| 2.3.2 شروخ الطرق و الارضيات | 15 |
| 2.3.3 شروخ الاعمدة | 15 |
| 2.3.4 شروخ لأسباب غير انشائية | 15 |
| 2.3.5 الشروخ الانشائية وأسبابها | 16 |
| 2.3.6 كيفية حدوث الشروخ | 17 |
| 2.3.7 طرق تفادي الشروخ | 17 |

| | |
|---|---|
| 2.3.8 علاج الشروخ | 23 |
| 2.4 تعشيش الخرسانة | 26 |
| 2.4.1 أسباب حدوث التعيشيش | 26 |
| 2.4.2 إعداد العضو للإصلاح | 26 |
| 2.4.3 طرق اصلاح التعشيش | 27 |
| 2.4.4 ترميم وتقوية البلاطات الخرسانية | 28 |
| 2.4.5 ترميم وتقوية الكمرات الخرسانية | 29 |
| 2.5 **نظم تقوية واعادة تأهيل المنشآت الخرسانية** | 34 |
| مقدمة | 34 |
| 2.5.1 تقوية الأساسات | 34 |
| 1 زيادة مساحة التحميل | 35 |
| 2 زيادة مساحة القواعد المنفصلة | 35 |
| 3 ربط قاعدتين منفصلتين او اكثر لعمل قاعدة شريطية | 35 |
| 4 تحويل القواعد المنفصلة الى لبشة مسلحة | 36 |
| 5 وقف صدأ حديد التسليح للأساسات | 36 |
| 6 زياده سمك اللبشة المسلحة | 36 |
| 7 حقن التربه | 36 |
| 8 رفع المبنى بالروافع الهايدرليكية | 37 |
| 9 تقوية الأساسات العميقة | 37 |
| 2.5.2 تقوية الاعمدة الخرسانية | 41 |
| 1 السند الدائم | 41 |
| 2 استبدال الجزء التالف | 42 |
| 3 التغليف | 42 |
| 4 القمصان الحديد ثم ملئ اماكن الاحزمة للأعمدة | 45 |
| 5 زرع عمود بالسطح في حالة عدم وجود اشاير | 45 |
| 6 ازالة العمود واستبدالة | 45 |
| 2.5.3 تقوية البلاطات | 46 |
| 1 الشد الخارجي | 46 |
| 2 تخفيض بحر البلاطة | 47 |

| | |
|---|---|
| 3 اضافة طبقة جديدة من الخرسانة المسلحة على البلاطات الاصلية | 47 |
| 4 تقوية البلاطات المفرغة ذات الاعصاب بزيادة السمك وحديد التسليح من اسفل | 49 |
| 5 تقوية البلاطات المصمتة بزيادة سمكها من اعلى ( نسبة لضعف الخرسانة) | 49 |
| 6 تقوية البلاطات الكابولية المصمتة بزيادة سمكها من اعلى | 49 |
| 2.5.4 تقوية الكمرات | 59 |
| 1 علاج وتقوية الكمرات بعمل قمصان | 50 |
| 2 علاج وتقوية الكمرات بتثبيت وإضافة الواح حديدية من اعلاها واسفلها | 50 |
| 3 علاج وتقوية الكمرات بتثبيت وإضافة قطاعات من الحديد أسفلها | 51 |
| 4 تقوية كمر كابولى بضافة حديد علوي | 51 |
| 5 تقوية الكمر الكابولى بإضافة كانات وحديد سفلى | 52 |
| 6 تقوية كمر كابولى باستخدام أربطة والواح | 52 |
| 7 زيادة قدرات الكمرات فى القص عند المفصل المتحرك | 52 |
| 8 زيادة عمق الكمرة | 53 |
| 9 زيادة تسليح الشد | 54 |
| 10 زيادة تسليح القص واللى | 55 |
| 11 تقوية وتدعيم الكمرات مع علاج صدأ الحديد | 55 |
| 12 استخدام الشد الخارجي | 56 |
| 13 تخفيض بحر الكمرة | 56 |
| 2.5.5 تقوية الحوائط الخرسانية المسلحة | 60 |
| 1 التغليف | 60 |
| 2 تقوية الحوائط الخرسانية المسلحة بلصق الواح حديدية على سطحها | 60 |
| 3 إضافة الجدران الخرسانية المسلحة | 60 |
| **الباب الثالث (دراسة الحالة )** | |
| 3.1 دراسة الحالة الأولى مبني منطقة البحوث الزراعية | 64 |
| 3.2 دراسة الحالة الثانية مبنى إدارة جامعة الجزيرة | 67 |
| **الباب الرابع (المناقشه والنتايج )** | |
| 4.1 مبنى البحوث الزراعيه | 75 |
| 4.2 مبنى إدارة جامعة الجزيرة | 82 |
| **الباب الخامس ( الخلاصة والتوصيات )** | |

| | |
|---|---|
| 1.5 الخلاصة | 84 |
| 2.5 التوصيات | 85 |
| المراجع | 86 |

## قائمة الأشكال والجداول :


| الشكل | رقم الصفحة |
|---|---|
| الشكل (2.1): طريقة زيادة قدرة التحمل لقاعدة منفصلة | 38 |
| الشكل (2.2): وصل القواعد لعمل قاعدة شريطية. | 39 |
| الشكل (2.3): تحويل القواعد المنفصلة إلى لبشة مسلحة | 39 |
| الشكل(2.4): طريقة زيادة قطاعات الأساسات | 40 |
| الشكل (2.5): إضافة خوازيق جديدة لقاعدة مصبوبة | 40 |
| الشكل (2.6): السند الدائم للعمود | 41 |
| الشكل (2.7): استبدال الجزء التالف باستخدام طريقة ضغط الخرسانة الجديدة | 42 |
| الشكل (2.8) إصلاح خوازيق حاملة لكوبري بعمل قميص لها | 43 |
| شكل (2.9) شكل يوضح نقل الحمل بكفاءة لزيادة قدرة الأعمدة للضغط | 43 |
| الشكل (2.10): القمصان الحديدية للأعمدة الخرسانية | 45 |
| الشكل (2.11) ملء الخرسانة بين القميص والعمود | 44 |
| الشكل (2.12): زرع أشاير عمود. | 46 |
| الشكل(2.13) يوضح تصحيح انحراف الأعضاء بواسطة ألواح الصلب الملصوقة | 48 |
| الشكل (2.14): تغطية بطنية الأسقف. | 49 |
| الشكل (2.15): التغطية فوق سطح السقف | 50 |
| الشكل (2.16): قميص خرساني للكمرات | 51 |
| الشكل (2.17): التسليح من ألواح الصلب الملصوقة | 53 |
| الشكل (2.18) تدعيم قدرات الكمرات في القص عند المفاصل المتحركة | 54 |
| الشكل (2.19): علاج وتقوية الكمرات | 55 |
| الشكل (2.20): تقوية كمرة خرسانية بواسطة لصق لوح من الصلب | 57 |
| الشكل (2.21) يوضح إصلاح شروخ القص باستخدام الشرائح لاحقة الشد الخارجيه | 59 |
| الشكل(2.22): يوضح معالجة شروخ القص | 59 |
| الشكل (2.23): تقوية بناء حجري قديم أو متضرر باستخدام شبكة تسليح داخلي وخارجي مغطى بطبقة من البيتون الناعم | 61 |
| الشكل (2.24): تقوية الحوائط بلصق ألواح حديدية | 62 |

| | |
|---|---|
| الشكل (2.25):إعادة تأهيل مدرسة في شيكاغو بإضافة جدران قص لمقاومة الزلازل | 62 |
| الشكل(2.26) يوضح تقوية بناء إطاري عن طريق إحاطته بجملة من جدران القص (القصر العدلي في مكسيكو) | 63 |
| الشكل(2.27) يوضح التدعيم المائل للحوائط المتدهورة | 63 |
| الشكل (3.1): التهشم والإنبعاج في العمود القصير. | 64 |
| الشكل (3.2): إنبعاج الأعمدة القصيرة. | 65 |
| الشكل (3.3): تأثر المباني بحركة الأعمدة | 65 |
| الشكل (3.4) المبنى الاداري | 67 |
| الشكل (3.5) مخطط للمبنى من الخارج. | 68 |
| الشكل (3.6) مخطط للطابق الأرضي. | 68 |
| الشكل (3.7): يوضح تشابك المباني عند فواصل الحركة في سقفة الدرج الغربي. | 69 |
| الشكل (3.8) التصدعات عند فواصل الحركة بين و حدات المبنى من الجهة الغربية | 69 |
| الشكل (3.9): الفاصل بين الوحدة الغربية والجنوبية | 70 |
| الشكل (3.10): الفاصل بين وحدة السلم والوحدة الجنوبية | 70 |
| الشكل (3.11): مواقع حفر الاستكشاف و المراقبة التي تم حفرها | 71 |
| الشكل (3.12) توصيلات الصرف الصحي و المياه العذبة | 72 |
| الشكل (3.13): توصيل مواسير نوازل تصريف السقف | 72 |
| الشكل (3.14): مخطط مواقع نوازل تصريف السقف | 71 |
| الشكل (4.1): طريقة عمل القميص. | 76 |
| الشكل (4.2):عملية صيانة العمود | 78 |
| الشكل (4.3): تعشيش في العمود وصدأ لحديد تسليح العمود | 78 |
| الشكل (4.4): الوصله بعد عملية صيانة صدأ حديد التسليح والتعشيش | 80 |
| الشكل (4.5): معالجة العمود الركني | 81 |
| الشكل (4.6)مخطط يوضح طريقة تجميع نوازل السقف | 82 |
| الجدول (3.1): نتائج حفر الاستكشاف. | 72 |

# الباب الأول
# المقدمة العامة

## 1.1 مقدمة:-

المباني كأي شي علي الأرض ، تتعرض لمراحل النمو و الحياة من النشؤ الي الارتقاء ، ثم فالتقدم فالزوال ثم تدور عجلة الحياة من جديد هكذا. العوامل البيئية يمكن أن تؤثر سلبا علي البناء، مثل الإشعاع الشمسي، المطر التلوث الجوي، الكائنات الحية و الرطوبة .مثلا عمليات التدفئة و التبريد تسبب تمدد وإنكماش في مواد المبني و بالتالي تصدعات في المباني .

تزايدت في الفترة الأخيرة ظاهرة تصدع وإنهيار المنشآت الخرسانية سواء كانت مباني هيكلية (عمود او عارضة ) أو بنظام الحوائط الحاملة .

ولما كانت المباني الخرسانية تشكل جزءا اساسيا من الثروة الانشائية القومية للبلاد وتمس حياة طبقة كبيرة من المواطنين فقد اصبح واجبا علي المتخصصين دراسة ظاهرة تصدع المباني ومعرفة اسبابها وطرق علاجها و الوقاية منها .

## 1.2 مشكلة البحث :-

تعتبر المشاكل الانشائية مثل الشروخ الخرسانية ،صدا حديد التسليح، تصدع الخرسانة ومشاكل البلاطات من أهم المشاكل التي تواجه المنشآت الخرسانية و التي يتطرق اليها البحث بالدراسة .

مشكلة البحث هي دراسة مشاكل المباني الخرسانية ودراسة أسبابها وطرق صيانتها .

## 1.3 أهداف البحث:-

1. دراسة المشاكل التي تواجه المباني الخرسانية.
2. دراسة كيفية صيانة المباني الخرسانية.
3. دراسة طرق صيانة العناصر الإنشائية الخرسانية.
4. دراسة حالة المبني ودراسة طرق إصلاح المشاكل القائمة به.
5. دراسة بعض حلول والمشاكل التي تؤرق المستخدمين للمنشات الخرسانية.

6. دراسة طرق معالجة الشروخ و الشقوق و التشققات.

## 1.4 منهجية البحث:-

تستند منهجية البحث علي التعرف علي المشاكل التي تواجه المباني ودراسة هذه المشاكل وأسبابها وطرق علاجها و المواد المستخدمة في العلاج ،ثم التعرف علي كيفية إختيار المواد المستخدمة في الصيانة من ناحية هندسية بحته مع مراعاة النواحي الإقتصادية .

يحتوي البحث علي دراسة حالة المنشاة المراد صيانتها ومدي الأضرار الواقعة عليها وطرق صيانتها ومعالجتها باقل التكاليف المالية و الزمنية .

مصادر المعلومات المستخدمة في البحث :

- المراجع الهندسية الموثق بها .
- المواقع الهندسية المتخصصة في صيانة المباني .
- المواقع المتخصصة على شبكة الإنترنت .

## 1.5 هيكل البحث:-

يحتوي الباب الأول علي مقدمة عامة للبحث .

يحتوي الباب الثاني علي إطار النظري ووصف للمشاكل وطرق علاجها وتفاديها .

يحتوي الباب الثالث علي كيفية معالجة مشكلات الأعضاء الخرسانية .

يحتوي الباب الرابع علي دراستي حالة لمبنيين .

يحتوي الباب الخامس علي الخاتمة والتوصيات .

# الباب الثاني
# الإطار النظري

## 2.1- مقدمة :-

عملية ترميم المنشآت الخرسانية تحتاج الي اتخاذ احتياطات وحذر ويجب أن تتم بواسطة مهندسين متخصصين وعمال مهرة ،ويجب أن يتعامل المهندس او العامل مع المنشأ المراد ترميمه بحذر وحرص شديدين ويجب أن تكون الخطوات مدروسة لتامين المنشأ أثناء العمل .من الضروري كذلك التعامل الجيد مع مواد الترميم من حيث إختيار العينة حسب المواصفات المطلوبة ثم إستلام الكميات وإختبار مطابقتها للعينة المعتمدة ثم التخزين الجيد لهذه المواد بعيدا عن الحرارة و الرطوبة و الإستخدام الأمثل لهذه المواد وحفظها أولاً بأول و التأكد من صلاحيتها وجودة المنتج .

لعلاج أي مشكلة يجب معرفة المصدر الرئيسي الذي تسبب في وجود هذه المشكلة سواء كان متعلقا بالشروخ وصدأ حديد التسليح أو الرطوبة أو غيرها فليس من المنطق أن يتم علاج مشكلة ترك السبب الأساسي دون علاج .وبناء علي ذلك يجب علاج المشاكل بعد إيقاف المصدر الرئيسي الذي تسبب فيها وبالتالي يكون العلاج هو المرحلة التالية التي تمكن المنشأ الخرساني من إستعادة وضعه الطبيعي الذي يمكنه ان يتحمل ما يقع عليه من أحمال .

تعتبر عملية حماية المنشآت ومعالجتها من المشاكل التي تنشأ بعد الانشاء من اولي اولويات الدراسات المدنية الخاصة بالمنشآت الخرسانية ، فإغفالها وإهمالها يسبب الخسائر المادية و البشرية ويحدث زيادة مستمرة في تكاليف انشا وتشغيل تلك المنشآت .

تعتبر الصيانة و المعالجة ذات اهمية خاصة في المناطق ذات العوامل و الظروف القاسية وغير ملائمة حيث تؤثر الظروف البيئية السائدة في المدن الساحلية – كمثال – علي متانة المواد الانشائية المستخدمة في المباني الخرسانية إذا لم تتوفر الحماية اللازمة لها من التآكل ، ففي الولايات المتحدة الأمريكية مثلا حصرت تكلفة الصدأ السنوية في العقد السابق بحوالي 150 مليون دولار نتيجة لمشاكل الصدأ علي المباني و الجسور والتي تحدث في أمريكا وأوروبا نتيجة إزابة الجليد بإستخدام الملح وفي المملكة المتحدة أيضا تقدر تكلفة إصلاح الجسور نتيجة للصدأ في حديد التسليح بحوالي 616 مليون جنيه إسترليني وهذا بإنجلترا وويلز فقط (1989)وهي فقط 10%

من اجمالي الجسور في المملكة المتحدة ، العمر الإفتراضي للمباني السكنية الخرسانية لا يقل عن خمسين عاما كحد ادني وفقا للمعايير الدولية لتصميم المنشآت الخرسانية ، ويجب أن تقاوم هذه المباني خلال هذه الفترة جميع العوامل الطبيعية و التشغيلية التي تؤثر علي جودة ومتانة المنشأة (مكوناتها الانشأئية ) دون الحاجة الي إصلاحات رئيسية (مع الالتزامات بتنفيذ أعمال الصيانة الدورية والوقائية اللازمة لها) سنتعرض للمشاكل الأكثر حدوثا في المنشآت الخرسانية ومنها :-

**2.2- صدأ حديد التسليح :-**

يتكون الصدأ بوجه عام نتيجة تعرض الحديد للهواء و الماء ، يبدا صدأ حديد التسليح في التكون من نفرات صغيرة (Pit Formation) في الحديد ثم تذداد هذه النقرات وتتحد مما يكون الصدأ العام و الخرسانة بطبيعتها مادة مسامية تحوي رطوبة ولذلك من الطبيعي حدوث صدا للحديد بداخلها اذا تعرض للهواء .

من الأسباب غير المباشرة لتكون الصدأ البكتريا الموجودة بالتربة والتي تقوم بتحويل الأملاح والاحماض الي حمض الكبريتك الذي يهاجم الحديد ويسبب الصدأ . حيث تتآكل الخرسانة نتيجة للتفاعل الكيميائي الذي يحدث بين الكبريت الذائب مع الأسمنت مما يؤدي الي ضعف متانتها وبالتالي الي تصدعها وتفتيت اجزائها وتعريض الحديد للهواء (1)

تعتبر البيئة البحرية من أكثر البيئات تأثيرا علي عمر المنشأة الخرسانية المسلحة بشكل عام من خلال عدة عوامل أهمها :

- درجة الحرارة ونسبة الرطوبة في الجو.
- درجة احتواء الغبار و الرطوبة علي الأملاح الضارة .
- درجة تركيز الأملاح الضارة في التربة .

وهذه العوامل تحدث تفاعلا كيميائيا مع الخرسانية العادية أو المسلحة مما يؤدي الي تحليل المكونات الرئيسية للخرسانة وتآكلها مع التأثير السلبي علي القضبان الحديد الامر الذي يؤدي الي تأكسدها زمن ثم تآكل الحديد وتكون طبقة من الصدأ تعمل علي تشقق الخرسانية .

الخرسانة تعمل علي وضعه طبقة حول حديد التسليح تقوم بحماية الحديد من الصدأ بتكوين طبقة قلوية كثيفة تمنع حدوث الصدأ (طبقة حماية سلبية ) ويحدث الصدأ نتيجة تكسير طبقة الحماية السلبية التي تحول دون وصول أملاح الكلورايد و الأملاح الضارة عبر الخرسانة الي حديد التسليح وتدخل هذه الاملاح الي جسم الخرسانة عن طريق عوامل خارجية مثل التربة المحيطة بالخرسانة و الرياح المحملة بغبار يحتوي علي الأملاح ،كذلك رزاز المياه المشبع بالأملاح في المباني القريبة من البحر أو المواد التي تدخل في الخلطة الخرسانية مثل الرمل و الحصي و المياه التي تحوي علي نسبة عالية من الأملاح عملياً هناك عدة عوامل تؤدي الي كسر هذه الطبقة تتمثل في الكربنة Carbonation من الجو المحيط بالخرسانة .

مهاجمة الكلوريدات للخرسانة (من التربة المحيطة بالخرسانة و المواد المستخدمة بالخلطة الخرسانية وعدم استخدام المياه المناسبة للخلط .

وتتفاوت درجة تأثير تلك العوامل علي الخرسانة بتفاوت نفاذية الخرسانة حيث كلما زادت النفاذية زاد تأثير العوامل السابقة .

معدل الصدأ يرتبط بعوامل كثيرة وتعتبر الرطوبة ودرجة الحرارة عوامل رئيسية ومؤثرة بدرجة كبيرة جداً في معدلات الصدأ ولذلك يجب التحكم في تلك العوامل للحيلولة دون تفاقهما الي مشكلة فنية واقتصادية علي المنشأة الخرسانية . لأن الوقاية خير من العلاج يفضل حماية المنشأة الخرسانية المسلحة من التآكل الذي يسببه الصدأ ، إذا تم الحفاظ علي المنشأة الخرسانية من التعرض للصدأ يكون ذلك اكثر واقعية واقتصادية وحفاظا علي المنشأ . يتم تفادي صدأ الحديد التسليح بالتقييد بمواصفات التصميم و التنفيذ وبإتباع مدونات التصميم المختلفة الخاصة بتصميم القطاعات الخرسانية والتي تعمل علي تقليل إحتمالات حدوث الصدأ في حديد التسليح .

من العوامل المهمة في حماية المباني الخرسانية من صدا حديد التسليح الإهتمام بطريقة إستخدام الخرسانة وتحديد محتوي الاسمنت و الإهتمام بالمعالجات الخرسانية أثناء عملية الكربنة حيث قد تسبب هذه العوامل صدأ حديد التسليح ولكنها لا تؤثر علي الخرسانة بطريقة مباشرة .

توجد أسباب أخرى مثل وجود بعض الكيماويات بداخل الفجوات الخرسانية وتلك تؤثر علي حديد التسليح أو وجود بعض الأحماض مثل الكبريتات التي ستقوم بمهاجمة الخرسانية وإحداث تصدعات بها وتآكل ثم تقوم بتكسير الطبقة القلوية حول حديد التسليح .

ومن ذلك يلاحظ أن مهاجمة الأحماض تؤثر علي الخرسانية وتسبب صدأ حديد التسليح ولهذا فسيتم هنا مناقشة العوامل الرئيسية التي تسبب في الصدأ في المنشآت سواء المعرضة للكربنة او الكلوريدات .

### 2.2.1- أسباب صدأ حديد التسليح :-

**A - عملية الكربنة:**

الكربنة هي نتيجة تفاعل بين غاز ثاني اوكسيد الكربون المتواجد في الهواء الجوي مع القلويات المختلفة المتواجدة في الخرسانة .ومثل غالبية الغازات فان ثاني اوكسيد الكربون يذوب في الماء ويكون الاحماض الكربونات لا تهاجم الاسمنت ولكن تقوم بالتعادل مع القلويات في المياه مما يعمل علي تكوين الكربونات من خلال الفجوات .

توجد عوامل كثيرة تؤثر علي قدرة الخرسانة المسلحة علي مقاومة توغل الكربنة في الخرسانة ،من اهمها سمك الغطاء الخرساني ونسب الخلط التي تحقق اعلي جودة ،فعندما تكون الخرسانة ذات جودة عالية وعملية الدمك سليمة تماما وكذلك المعالجة قد تمت بشكل جيد للخرسانة فان ثاني اوكسيد الكربون سيواجه صعوبة في التوغل داخل الخرسانة .

المواصفات المختلفة قد حددت السمك المناسب للغطاء الخرساني حسب طبيعة المنشأة او استخدامها وكذلك حددت نسبة المياه للإسمنت وزمن المعالجة اللازم لتلافي حدوث عملية الكربنة .وعملية الكربنة هي السبب الرئيسي لصدا حديد التسليح في المنشآت التي تم بناؤها بشكل سيئ او المنشآت الحجرية التي تحتوي علي نسبة قليلة من محتوي الاسمنت في الخلطة الخرسانية . الشكل (2-1) يوضح صدا حديد تسليح في بلاطة خرسانية قبل صبها [1]

اما المنشآت المعرضة لمياه البحر او الاملاح الذائبة فغالبا ما تتوغل الكلوريدات في حديد التسليح وتسبب الصدأ للحديد قبل عملية الكربنة بفترة طويلة حيث ان دورة الجفاف والبلل علي سطح

الخرسانة تساعد علي سرعة عملية الكربنة حيث تسمح بدخول غاز ثاني اوكسيد الكربون في دورة الجفاف ويتم اذابتها في دورة البلل وهذا يعتبر مشكلة في بعض البلاد الساحلية التي تتعرض لدورات البلل و الجفاف مثل الدول التي تطل علي المحيطات .

**B- مهاجمة الكلوريدات:**

يمكن ان تهاجم الكلوريدات الخرسانية من مصدرين :الاول ان تكون بداخل الخرسانة نفسها اثناء الصب و الثاني ان تنتقل للخرسانة من الخارج الي الداخل. الكلوريدات التي تتواجد في الخرسانة عند صب تكون نتيجة اما لاستخدام مياه البحر في الخلطة الخرسانية او لاستخدام كلوريد الكالسيوم في الاضافات اللازمة لتسريع زمن الشك . كما قد تتواجد الكلوريدات في الركام .

ويمكن ان تغلغل الكلوريدات داخل الخرسانة من الخارج عن طريق عرض الخرسانة لرزاز المياه المالحة او تعرضها بصفة مستمرة لمياه مالحة .وقد تتغلغل الكلوريدات اذا تم استخدام الملح في اذابة الجليد

**C- حركة الكلوريدات داخل الخرسانة:-**

معدل حركة الكلوريد في تزايد مستمر .ولكن في هذه الحالة هي اكثر تعقيدا من عملية الكربنة فالمياه المالحة تمتص بسرعة بواسطة الخرسانة الجافة وفي بعض الحالات تمتص المياه المالحة بواسطة الخاصية الشعرية كما تحدث بعض التفاعلات بين الخرسانة و الكلوريدات وقد تمتص في فجوات الخرسانة .

توغل الكلوريدات داخل الخرسانة لا يعتمد فقط علي معامل الانتشار بل توجد عوامل اخري ففي البداية يكون التأثير للخاصية الشعرية ومعامل الامتصاص .ويمكن توضيح مقدار معدل صدا بانه في بداية الامر يحدث الصدأ فقط وعند حدوثه فان تدهور حديد التسليح يعتمد علي معدل صدا حديد التسليح .وهو يعتمد علي عوامل عديدة :مثل درجة الرطوبة النسبية داخل فجوات الخرسانية (اقل من 75%) والرطوبة النسبية حتي (95%) كما ان درجة الحرارة لها تأثير كبير علي معدل الصدأ ولاي نوع من الصدأ يحدث نقص في معدل الصدأ من (5- 10%) عند حدوث انخفاض في درجة الحرارة وقد توقف تماما لعملية .الصدأ عند درجة التجمد درجة الحرارة (0-5م) لذلك فان معدل الصدأ يجب ان يتم قياسه علي مدار السنة [1].

**D- سقوط الغطاء الخرساني:**

اكثر المشاكل التي تحدث بسبب صدا حديد التسليح بسبب سقوط الغطاء – الخرساني توجد دراسات كثيرة وابحاث تمت لحساب كمية الصدأ التي وتسبب سقوط في الغطاء الخرساني وقد وجد ان الشروخ تحدث عند حدوث نقص الغطاء الخرساني في قطاع حديد التسليح وهذا يعتمد علي توزيع الاكسيدات وقدرة الخرسانة علي تحمل الاجهادات وكذلك علي توزيع حديد التسليح .

انهيار المنشآت نتيجة صدا حديد التسليح تحدث بنسبة قليلة وذلك لان عملية الصدأ تعطي بعض المحاذير وحدوث التدهور يكون واضح من لون الخرسانة ووجود الشروخ مما يساعد علي اتخاذ القرار المناسب لإجراء عملية الاصلاح في الوقت المناسب واغلب المشاكل كما ذكرنا من قبل تكون نتيجة سقوط الغطاء الخرساني .ومن هنا نجد انه يجب ان يكون الصدأ في حديد التسليح تحت السيطرة بحيث لا يؤدي الي سقوط الخرسانة .وسقوط الخرسانة يكون نتيجة الاوكسيدات المتكونة علي سطح حديد التسليح التي لها حجم 10مرات الحجم الاصلي لها ولان الحديد يكون مدفون في الخرسانة فزيادة الحجم تولد قوي مما يؤثر علي الجهة الضعيفة وهي غطاء الخرساني مما يكون الشروخ ثم سقوط الخرسانة بعد ذلك .ونلاحظ ان الغطاء الخرساني في الركن هو اكثر عرضه للسقوط حيث انه يتعرض بدرجة كبيرة لنفاذ ثاني اوكسيد الكربون او التعرض للكلوريدات وكذلك نفاذ الاوكسجين ولذلك فهو غالبا اسرع جزء تحدث به الشروخ.

**2.2.2- طرق تفادي الصدأ :-**

بالحديث عن موانع الصدأ نكون قد تحدثنا عن طرق تفادي مشكلة صدا الحديد اجمالا ويوجد نوعين من موانع الصدأ النوع الاول وهو الحماية الانودية فهو يعتمد علي حماية الطبقة الحماية السلبية حول حديد التسليح اما النوع الثاني الحماية الكاثودية فهي مبنية علي اساس منع توغل الاكسجين في الخرسانة .وقد لوحظ ان الاكثر فاعلية هي الحماية الانودية فهي الافضل من الحماية الكاثودية بالتالي في شائعة الاستخدام من الناحية العملية .

**A- الحماية الانودية:-**

في ذلك النوع من الحماية نجد ان المواد الأكثر شيوعا في الاستخدام هي نترات الكالسيوم حيث انها متوافقة مع عملية صب الخرسانة في الموقع حيث لا يوجد بها تأثير ضار علي خواص

الخرسانة وهو في حالته الاولي او وهو في حالته المتصلدة حيث توجد انواع اخري مثل نترات الصوديوم ونترات البوتاسيوم فهما لديهما كفاءة عالية في منع الصدأ ولكنهما لا يستخدما حيث انهما يؤديا في حالة وجود ركام قلوي الي التفاعل مع بعض الاسمنت مما يسبب اضرار واسعة لذلك فانه لا تستخدم نترات الكالسيوم بصورة واسعة منذ منتصف 1970 .وكما هو جدير بالذكر فان استخدام نترات الكالسيوم يجعل من زمن الشك في الخرسانة

ولذلك يجب عند خلط الخرسانة إضافة بعض الإضافات التي تزيد من زمن الشك بخلاف ذلك لا يوجد أي ضرر علي الخرسانة ،ونلاحظ ان تلك المادة الاندوية تستخدم مع الخرسانة المعرضة للكلوريدات وبالتالي ترفع نسبة الكلوريدات الأزمة لحدوث الصدأ طبقا لاختبارات يتم تحديد كمية نترات الكالسيوم المطلوب اضافتها حسب كمية الكلوريدات التي تتعرض لها الخرسانة ويمكن ان يتم ذلك عمليا او عن طريق الخبرة السابقة بمعرفة كمية الكلوريدات التي يتعرض لها المنشأة. ومما هو جدير بالذكر فان اضافة موانع الصدأ لا يقلل من اهمية ضبط جودة الخرسانة و المحافظة علي سمك الغطاء الخرساني المناسب وقد لوحظ انه في حالة خرسانة عالية وغطاء خرساني مناسب وكثافة خرسانية طبقا للمواصفات فقد لا نحتاج لموانع صدا حتي 20 عاما ولكنه يستخدم عندما يتعرض المنشأ للكلوريدات بسرعة مثل المنشأ البحرية [2].

**B- الحماية الكاثودية:-**

الموانع الكاثودية يتم استخدامها عن طريق اضافتها اثناء عملية خلط الخرسانة وبعد عملية الصب فانه يتم امتصاص المواد الكاثودية بواسطة سطح حديد التسليح وتعمل كعازل لتقليل كمية الاوكسجين وهو الذي يعتبر المحرك الاساسي لعملية صدا حديد التسليح المدفون في الخرسانة .وقد اجريت بعض الاختبارات علي موانع الصدأ وهذه الاختبارات تمت باستخدام ASTM G109-92 وسنجد ان الغرض من تلك الاختبارات هو تحديد تأثير الاضافات الكيميائية علي صدأ الحديد المدفون في الخرسانة ومن ذلك الاختبار تم تم التوصل الي ان موانع الصدأ تعمل علي تحسين مقاومة الصدأ اعلي من التحكم في جودة الخرسانة فقط ولكنه وجد ان تأثير الموانع الكاثودية اقل بكثير من تأثير الموانع الاثودية ومن تلك التجارب وجد انه للحصول علي كفاءة عالية من استخدام الموانع الكاثودية يجب تضاعف كمية كبيرة جدا منها في الخلطة الخرسانية

وذلك للحصول علي تأثير عالي في مقاومة حديد التسليح للصدأ ولكن من ناحية اخري فان اغلب الموانع الكاثودية مثل الامين و الفوسفات والزنك تذيد من تاخير زمن الشك بدرجة كبيرة.

ومن كل ما سبق يمكن ان نتوصل الي الموانع الانودية لها تأثير اقوي من الموانع الكاثودية ولذلك فغالبا ما يتم استخدام الموانع الانودية في الواقع العملي .كما توصلنا الي انه اذا تم استخدام الموانع الكاثودية فيجب الاخذ في الاعتبار حدوث تاخير في زمن شك الخرسانة [2].

**C- استخدام الحديد المجلفن Galvanized bar:-**

اوصت بعض الابحاث الامريكية باستخدام الحديد المجلفن في صناعة الخرسانة المسلحة واقترحت المنظمة الفدرالية للطرق السريعة بأمريكا FHWA ان عمر حديد التسليح المجلفن يصل الي 15 سنة في حالة استخدام خرسانة ذات جودة عالية وتحت تأثير مهاجمة الكلوريدات طبقا لأبحاث (Andrade et al 1994) ويعتبر الحديد المجلفن ذو كفاءة عالية ومناسب خاصته في حالة المنشآت التي تتعرض للكربنة .تتم عملية الجلفنة عن طريق طبقة من الزنك ولتوضيح ذلك باختصار فان طريقة الجلفنة تتم عن طريق غمر قضيب من الحديد في محلول زنك عند درجة حرارة 450م وبعد ذلك يتم تبريد القضيب ويتكون غطاء من الزنك مكون من اربعة طبقات علي القضيب الطبقة الخارجية ،عبارة عن طبقة من الزنك الصافي اما بقية الطبقات فهي خليط من الزنك و الحديد .وطبقة الزنك مثل اغلب المعادن يحدث لها صدا مع الزمن .ولذلك نجد ان عملية الجلفنة تعتمد كليا علي نسبة تساوي 12.6 هو 2 ميكرو متر اما في حالة تساوي 13.2 فيصل النقص في الغطاء الجلفة الي 18 ميكرومتر مع ملاحظة ان يحدث قبل حدوث طبقة الحماية .وعن طريق التجارب العملية مع استخدام انواع مختلفة من الاسمنت البورتلاندي لها قاعدية مختلفة وبافتراض ان الصدأ متساوي لوحظ انه عند سمك الغطاء يساوي 60 ميكرومتر فان العمر الافتراضي حوالي 200 سنة في حالة قاعدية بسيطة للاسمنت .ولذلك يلاحظ بان سمك الغطاء يجب ان يزيد عن 20 ميكرومتر وفي المواصفات الامريكية (ASTM A 767 A767 M-90) وهي المواصفات الخاصة بطبقة الحديد المجلفن لحديد التسليح حددت نوعين من الجلفنة النوع الاول Class1و النوع الثاني Class2 الذي يكون السمك لهم اكبر من 1070و 610جم /م بالترتيب وهو يساوي 85 ميكرومتر و 150 ميكرومتر بالترتيب .كما ان اقصي سمك لغطاء الزنك حوالي 200ميكرومتر الذي يوصي به Building Research UK 1969وبزيادة السمك

يعمل علي تقليل التماسك بين حديد التسليح و الخرسانة .وكما ذكرنا من قبل انه في حالة PH بين 12.6و 8 ويلاحظ ان الزنك اكثر ثباتا منه في حالة زيادة قيمة PHولذلك يلاحظ ان الزنك يعطي كفاءة عالية في حالة ان يكون المنشأ معرض بدرجة كبيرة للكربنة حيث ان الكربنة تقلل PHكما ذكرنا من قبل .ولكن في حالة مهاجمة الكلوريدات فان الجلفنة لا تقوم بمنع الصدأ ولكنها تقلل بدرجة كبيرة من معدل الصدأ ولوحظ ان الجلفنة يمكن ان تزيد قيمة الكلوريدات الذي يحدث الصدأ الي 200%- 150 مما يزيد وقت حدوث الصدأ الي 4 مرات وهذا عن طريق دراسة سنة 1994 ولدراسة مزايا وحدود الجلفنة . فتلك بعض النقاط الهامة التي يجب اتباعها عند استخدام الجلفنة وهي مواصفات معهد الخرسانة الاستوائية لسنة 1994م.

الجلفنة تزيد من حماية حديد التسليح من الصدأ ولكنها لا تعوض استخدام خرسانة جيدة مع وجود غطاء خرساني مناسب . يجب تجنب وضع حديد مجلفن مع حديد غير مجلفن حيث انه يحدث تآكل للجلفنة بصورة سريعة .

يجب فحص طبقة الجلفنة بعد عملية ثني حديد التسليح وتشكيله مع زيادة قطر الانحناء

ويجب ان تؤخذ بعض الاحتياطات عند استخدام اللحام مع حديد التسليح المجلفن [2].

**D- دهان حديد التسليح بالايبوكس:-**

يمكن دهان حديد التسليح عن طريق استخدام انواع معينة من المواد الايبوكسية القادرة علي حماية حديد التسليح من الصدأ وهذه الطريقة اعطت نتائج ايجابية وخاصة في حديد التسليح المعرض لمياه البحر ولقد تمت هذه الدراسة .بواسطة المنظمة الفدرالية الامريكية للطرق السريعة حيث يتم تقييم استخدام طبقة الايبوكس للحماية في حالة التعرض للكلوريدات . كما توجد بعض الابحاث العديدة التي قام بها Pike et سنة 1994م وسنة 1992م وسنة 1993م اثبت اهمية استخدام دهان حديد التسليح ومن سنة 1970م تم استخدام مادة الايبوكس في دهان حديد تسليح الكباري و المنشآت البحرية .ولكن عند استخدام تلك الطريقة لوحظ بعض العيوب التي يجب تجنبها عن طريق الاحتياطات التي يجب مراجعتها اثناء التصنيع و التشغيل في دهان الحديد مثل تجنب عدم وجود أي احتكاك بين حديد التسليح مما يؤثر علي تآكل الطبقة نتيجة الاحتكاك باي عوامل اخري كما يصعب استعمال طرق لقياس معدل الصدأ لذلك يصعب التنبؤ بصدأ حديد التسليح .

كما حدث المواصفات الامريكية بدقة مواصفات الدهان وسمكه حسب ASTM A77 SM-93-77Mحسب المتطلبات التالية : سمك طبقة الدهان يجب ان تتراوح بين 130-300ميكرومتر

ثني حديد التسليح يجب ان تكون طبقا لمواصفات و الا تحدث شروخ نتيجة ثني الحديد

عدد عيوب الدهانات في سيخ الحديد لا تزيد عن 6 مواقع في المتر الواحد

المساحة التي حدث بها انهيار للدهان لا تزيد عن 2% وتلك العيوب التي تذكرها المدونة الامريكية نتيجة التشغيل او النقل او التخزين ،وتوجد بعض الاحتياطات التي يجب مراعاتها في تلك المراحل لتجنب الشروخ في الدهون .يلاحظ ان استخدام دهان حديد التسليح يقلل من التماسك بين الخرسانة و الحديد ولذلك يجب زيادة طول الرباط لحديد التسليح وحسب المدونة الامريكية تكون حوالي 20 الي 50% في حالة من طول السيخ حسب ACI Committee -318(1989)- في حالة دهان حديد التسليح يجب زيادة طول الرباط بحوالي 50% في حالة ان يكون غطاء الخرسانة اقل من 3 مرات قطر سيخ حديد التسليح او المسافة بين اسياخ الحديد اقل من 6 مرات قطر السيخ اما في الظروف الأخرى فان زيادة طول الرباط يكون بحوالي 20%

مما هو جدير بالذكر بان المدونة المصرية لم تأخذ دهان حديد التسليح في الاعتبار كما تم دراسة ذلك بواسطة EL-Reedy M.A et al سنة 1995م وجدت المعادلة المذكورة في المدونة المصرية لحساب طول الرباط يمكن تطبيقها في حالة دهان حديد التسليح الايبوكس بدون زيادة طول الرباط ولكن سمك طبقة الدهان يجب ان تكون محددة ولا تزيد عن القيمة التي ذكرتها المدونة الامريكية وهي 300 ميكرو متر .

ويجب مراعاة عدم زيادة سمك الغطاء الخرساني في أي حال عن 300 مايكرومتر حيث انه عند دهان حديد التسليح بسمك 350ميكرو متر واستخدامه لتسليح بلاطة خرسانية وجد بالاختبار حدوث شروخ كثيرة جدا ما ادي الي انفصال حديد التسليح عن الخرسانة وقد تم عمل مقارنة بين اسياخ حديد التسليح العادية واخري مدهونة الايبوكس وتم تعريض كلاهما للمياه من صنبور ثم وضع عينات اخري في المياه به كلوريد صوديوم وكبريتات صوديوم ثم عمل مقارنة بينهما ودراسة معدل الصدأ يلاحظ ان هذه الطريقة رخيصة كما انها واسعة الاستخدام حيث ان العاملين و

المقاولين في شمال امريكا و الشرق الاوسط قادرين علي استخدام هذه الطريقة وتعتبر الطريقة الشائعة الاستخدام لديهم مع ملاحظة أن دهان حديد التسليح لا يعفي من استخدام خرسانة ذات جودة عالية مع المحافظة علي غطاء خرساني مناسب .

**E- حديد التسليح مقاوم للصدأ:**

في بعض التطبيقات الخاصة جدا يتم استخدام حديد مصنوع من مادة مقاومة للصدأ وذلك تجنبا لحدوث عملية الصدأ ولكنه غالي التكاليف بدرجة عالية جدا ،وقد يتم استخدام حديد عادي مطلي بطبقة من مادة مقاومة للصدأ بسمك 1مم الي 2 مم ولكنه ايضا يعتبر رغم ذلك مرتفع التكاليف .وهنا لابد ان نذكر نفس الاحتياطات التي يتم ذكرها بنسبة الحديد المجلفن حيث يجب مراعاة عدم وضع حديد عادي بجوار حديد مطلي بطبقة مقاومة للصدأ حيث ان ذلك يؤدي الي حدوث عملية تآكل سريعة وقد تم ذلك عمليا في تصميم بعض البلكونات.

**3.2- الشروخ**

من أهم مظاهر التلف و الضرر بالخرسانة هو ظهور الشروخ و تعتمد درجة ظهور الشروخ علي :

- نوع المنشأ الخرساني وطريقة سلوكه الاستاتيكي ونوع استخدامه
- نوع ومكان ووظيفة العنصر الانشائي المصاب بالشروخ
- مكان الشرخ وحجمه .
- طبيعة ونوعية الشروخ الظاهرة

والشروخ تأخذ اشكالا مختلفة تتواجد في اماكن متباينة علي العنصر الانشائي ويتغير شكل الشروخ منذ ظهوره وطول عمره مع الزمن .ونظرا لتنوع أنواع الشروخ وأشكالها وفقا لمسببتها فاته من الاهمية القصوى القول بانه قبل الشروخ يجب علاج مسبباتها علاجا جزريا حتي لا تظهر الشروخ وبعد الانتهاء من العلاج يكون ذلك الترميم غير مجدي وعلي ذلك يجب علاج الشروخ بعد الاستقرار من حيث من حيث الشكل و الامتداد من مكان لأخر وعلي ذلك فان ظهور الشروخ يعتبر احد الإنذارات الاتية التي تسبق الانهيار او تصدع المنشاة .

تحلل او تلف المواد المستخدمة في المنشأ وظهور الشروخ بأشكالها وانواعها المختلفة وعدم استقرار و قد يصاحب ذلك سماع اصوات فرقعت .وميل العنصر او المبني راسيا او افقيا عن وضعه الاصلي وتحدد بعض المواصفات ان لا تذيد نسبة الميول الراسية 1:500 اما في حالة زيادتها عن 1:300 فإنها تسبب شروخا وتشققات بعناصر المبني وعند زيادتها الي قيمة 1:250 الي 1:150 فان ذلك يؤدي تصدع و انهيار العنصر او المبني بالكامل . تنقسيم الشروخ وفقا لنوع العنصر الإنشائي :-

### 2.3.1- شروخ الأساسات

وتتمثل في الاشكال الاتية :-

- شروخ جوانب الأساسات او الكمرات الأساسية الرابطة نتيجة صدا حديد تسليح هذه العناصر
- الشروخ راسية في الابيام و الأساسات تمتد من اسفل الي اعلي عند اتصال هذه الابيام بالأساسات نتيجة هبوط في الأساسات .
- شروخ في المقاطع الحرجة لعزوم الانحناء وقد تكون سلفية في القواعد المنفصلة او سلفية وعلوية في الأساسات اللبشة و القواعد المشتركة .
- شروخ عشوائية من تآكل سطح الأساسات نتيجة هجوم الكبريتات علي خرسانة الأساسات
- شروخ الخرسانة اللدنة اعلي سطح الأساسات اللبشة المسطحة
- شروخ عشوائية من تغير لون الخرسانة او تآكل السطح نتيجة استخدام مواد معينة او نقص في نسبة الاسمنت او صدا حديد التسليح .

### 2.3.2- شروخ الطرق و الارضيات :-

وتتمثل في الاشكال الاتية :-

- شروخ طويلة نتيجة هبوط التربة اسفل الخرسانة الطرق و الارضيات
- شروخ طويلة موازية لسياخ التسليح نتيجة الهبوط اللدن للخرسانة
- شروخ عشوائية علي السطح العلوي في الاجواء الحارة نتيجة الانكماش اللدن او نتيجة شروخ انكماش الجفاف لعدم وجود وصلات تمدد وانكماش كافية .

- شروخ عشوائية علي سطح العلوي في الاجواء البادرة نتيجة استخدام مواد معينة اذا كانت الخرسانة رفيعة او نتيجة التقلص الحراري المبكر اذا كانت الخرسانة سميكة .

### 2.3.3- شروخ الاعمدة :-

وتتمثل في الاشكال الاتية :-

- شروخ راسية في اركان الاعمدة وقد تكون مصبوبة بسقوط خرسانة الركن نتيجة استخدام شداد خشبية متهالكة او سوء اعمال فك الشدادات .
- شروخ راسية بالقرب من اركان الاعمدة قد تكون مصحوبة بسقوط خرسانة الركن و ظهور حديد التسليح وذلك نتيجة صدا حديد التسليح الاعمدة او غياب الكانات او عدم كفاءتها .
- شروخ راسية في منتصف الواجهات الراسية للعمود نتيجة زيادة التحميل او نقص القطاع او عدم وجود كانات

### 2.3.4- شروخ لأسباب غير انشائية :-

وهي شروخ ليست نتيجة لأخطاء في التصميم او لتعرض المنشأة لاحمال غير عادية ومن هذه الشروخ شروخ نتيجة الهبوط أثناء الصب او اثناء تصلد الخرسانة وفي بعض الأحيان فان الشروخ نتيجة الهبوط اثناء الصب تستطيع الوصول الي الحديد وبالتالي تصبح خطرة جدا ولكن في العادة تكون هذه الشروخ صغيرة وسطحية .شروخ نتيجة الانكماش اللدن وتتكون نتيجة تبخر السريع جدا لمحتوي الرطوبة و المياه من سطح الخرسانة اثناء تصلدها وهي ما زالت لدنة وعادة ما تكون الشروخ و اللدنة نتيجة انكماش الخرسانة تكون صغيرة في الطول وسطحية وتظهر في وقت واحد في الاتجاهات العرضية وتتضاءل خطورة شروخ الانكماش اللدن في الوحدات الخرسانية السابقة التجهيز و المنتجة بعناية ومعالجة جيدة .شروخ نتيجة التقلصات الحرارية وتنتج اثناء عملية الامتصاص و الصلادة المبكرة للخرسانة نتيجة التفاعل الكيميائي بين الماء و الاسمنت واجهادات الشد الحرارية يمكنها احداث شروخ ولكنها تولد وتشكل اسطح ضعيفة دائما داخل الخرسانة اما الخرسانة سابقة التجهيز فان الانكماش العادي بعد عمل وصلات العناصر سابقة التجهيز قد يؤدي الي توسيع هذه الشروخ .

شروخ الانكماش الجاف هذا النوع يظهر عندما يتعرض تقلص العناصر الانشائية ذات التسليح الصغير الي منع هذا التقلص عن طريق بعض التثبيت الانشائي .من اخطار الشروخ الناتجة عن الانكماش او الاختلاف درجات الحرارة انها تقلل صلابة المنشأة .

### 2.3.5- الشروخ الانشائية وأسبابها :-

شروخ ناتجة من قلة حديد التسليح داخل قطاعات الخرسانية مما يسبب اجهادات عالية في حديد التسليح يؤدي الي زيادة الاستطالة الحادثة به عن المسموح مما يتولد عنه حدوث شروخ ظاهرة من الأمثلة الشائعة :

- نقص حديد التسليح الموجود في اتجاه الشد في القطاعات الخرسانية لمقاومة عزوم الانحناء .عدم وضع الحديد الكافي لمقاومة القص في الكمرات من حديد مكسح اوكانات او وضع كانات علي مسافات غير مطابقة للمواصفات و التصميمات الانشائية .
- شروخ نتيجة الخلطة الخرسانية
- شروخ نتيجة قلة القطاع الخرساني عن القطاع التصميمي يحدث غالبا من التلاعب في التنفيذ بحيث تصبح اقل من المفروض لها في التصميمات الانشائية .
- شروخ نتيجة حدوث هبوط متفاوت في التربة وهذه الشروخ تظهر عادة عند التأسيس علي تربة ضعيفة تحت المبني في حالة عدم دراسة خواصها قبل الأنشاء وبالتالي عدم اختيار نوع الاساس المناسب كما تظهر شروخ طويلة علي طول الاسياخ نتيجة عيوب في التماسك .

وفي بعض الاحيان تكون الشروخ علامات للخطر مثلا شروخ شدة الانحناء او شروخ القص التي تتوسع باستمرارية او شروخ في مناطق اجهادات الضغط في الخرسانة و التي تمثل سلوكا غير عادي للمنشأة وفي حالة هذه الشروخ فان عملية توفير ونزع وتقليل الاحمال تصبح ضرورية ثم يتم دراسة و معرفة اسباب هذه الشروخ ومعالجتها .

### 2.3.6- كيفية حدوث الشروخ :

تتوقف كيفية حدوث الشروخ علي انواع مسببات الشروخ وعوامل المسببة لها التي قد تكون عوامل انشائية وغير انشائية او كيمائية او حرارية و تحدث الشروخ نتيجة توافر عامل او اكثر مما يلي .

- زيادة الاجهاد عن مقاومة الشد
- زيادة الانفعال عن قدرة الخرسانة للانفعال بالشد .
- العوامل الكيميائية .
- العوامل الحرارية .

### 2.3.7- طرق تفادي الشروخ :-

من وسائل منع الشروخ انخفاض درجة الحرارة في الاجواء الشديدة البرودة حيث تنخفض درجة الحرارة الي تحت الصفر فان الخرسانة الجافة ذات نسبة اقل من 80% لن تتعرض حد كبير للتلف نتيجة الصقيع وذلك لانها تحتوي علي بعض الفراغات المملؤة بالماء مما يجعلها توفر الماء المطلوب داخل الخرسانة عند تجمد الماء الحر لمنع حدوث التلف اما الخرسانة التي تتعرض لدرجات حرارة عالية ما دون التجمد وهي مشبه بالماء درجة تشبع قريبة من 100% فيمكن منع تدهورها اثناء دورات التجمد والذوبان باستعمال الخرسانة ذات الهواء المحبوس بطريقة صحيحة فإنها لا تتمدد عند تجمدها وانما تتقلص فعندئذ لا يحدث لها شروخ .

اما شروخ التقلص الحراري المبكر فهي في الاجواء الباردة عندما يزيد الفارق بين درجة حرارة الاماهة و درجة حرارة الجو المحيط عن 20 درجة ولمنع هذه الشروخ التي هي ليست بسيطة فان الامر يتطلب تعاونا بين المصمم و المنفذ بحيث يأخذ كل منها في اعتباره العوامل التي تزيد من حدة المشكلة وهي :

1.طرق التفادي بالنسبة للمواصفات و التصميم :

- القيد علي الحركة (والعمق الكلي للصبة و المسافة بين وصلات الحركة)
- حديد التوزيع (ويوضع للحد من الشروخ ويحدد اخذا في الاعتبار كل من العوامل الاخري وخاصة سمك العضو و المسافة بين الوصلات ) .
- تولد الحرارة (سمك العضو ونوع الاسمنت وكميته في الخلطة).

اما بالنسبة للتنفيذ فيتم التفادي كالاتي :

- القيد علي حركة ( تتابع وتوقيت الصبات وعمل وصلات و الحركة الاضافية )تولد الحرارة (اختبار نوع مواد الخرسانة ونوع الشدة ) وقت وحجم التعرض للبرد (زمن فك الشدة ونوع المعالجة و العزل )
- وتتفادي الشروخ ايضا يكون عن طريق عمل تصميم وتفاصيل جيدة تاخذ في الاعتبار :تركيز الاجهادات حول اركان الفتحات .حالة حد الشروخ وكل متطلباتها في المدونة لكل عضو علي حدة تأثير القيد علي الحركة اثناء الصب او بعد الفك علي حدوث الشروخ
- العوامل الحيوية المحيطة بالمباني .
- دراسة التربة وافيه وتجنب حدوث هبوط في الأساسات

التصميم الجيد هو الذي يوفر تفاصيل التسليح حول الفتحات يأخذ متطلبات حد الشرخ لكل عنصر من عناصر الخرسانية في اعتباره وتفاصيل التسليح اللازمة للحد من الشروخ وكذلك تفاصيل الغطاء الخرساني واكبر قطر لحديد التسليح ...الخ يدرس القيد علي الحركة وتأثير علي الشروخ وهذه الحركة تكون سبب الزحف او الانكماش او فروق درجات الحرارة .دراسة العوامل الجوية المحيطة بالمبني اساسية في التصميم الجيد .

لمنع حدوث الشروخ الناشئة عن هبوط الأساسات يمكن اتباع الاحتياطات الاتية :ان يكون تصميم اساسات المبني علي تقرير لأبحاث التربة لا يبين فقط التغير في خواص التربة مع العمق وانما يبين ايضا تغيرها في الاتجاه العرضي في المواقع الكبيرة مما يمكن معه رسم خرطة معقولة للتغير من الخواص بالنسبة للتربة في الموقع . عند تصميم المدادات يمكن اخذ القيمة المسموح بها في زاوية الهبوط وتساوي 500/1 وهذا اكثر واقعية من تصميم الأساسات علي فرق هبوط بوصة او نصف بوصة تذكر بعض تقارير المجسات عندما يكون هبوط الأساسات محتملا في الارض الرخوة يمكن عمل تفاصيل انشائية لتقاطع الكمرات و الاعمدة بحيث يحمل كإطارات مستوية وذلك يمد الحديد المسافة الكافية لنقل العزوم .يمكن الاستفادة من مشاركة الحوائط الطوب في المباني الهيكلية في زيادة جساءة المبني ومقاومة فروق الهبوط ولكن ذلك يقتضي ربط هذه الحوائط بالأعضاء الخرسانية ربطا جيدا وخاصة عند الاركان .

اما ان شروخ الانكماش بسبب نشؤ فروق في التغير الحجمي للخرسانة اللدنة ولذا فان الوسيلة الوحيدة العملية لمنع شروخ الانكماش هو تقليل الماء نتيجة التبخر وذلك عن طريق المعالجة

المبكر ،الخرسانة السطحية يجب الحد من معدل تبخر الماء من الخرسانة في الوقت الحرج الذي تكون فيه قدره الخرسانية علي الانفعال عند حدة ادني وذلك من 2 الي 6 ساعات ساعتان في الاجواء الحارة وست ساعات في الاجواء الباردة

خطوات منع الفقد السريع لرطوبة الخرسانة السطحية نتيجة السطحية نتيجة الجو الحار او الرياح الجافة :

- استعمال وشاشات المياه الدوارة لزيادة تشبع الهواء الذي يعلو الخرسانة
- تغطية سطح الخرسانة بطبقات من الخيش او رشها بمواد سريعة التصلد تكون طبقة تمنع تبخر الماء قبل انتهاء الادماء
- استعمال كاسرات الرياح وهي الواح مائلة تعمل علي تخفيض سرعة الهواء فوق سطح الخرسانة
- استعمال المظلات التي تعمل علي تخفيض درجة الحرارة الاسطح المعرضة للشمس
- ترتيب صب البلاطات بعد تركيب الحوائط حيث تعمل الحوائط علي تقليل سرعة الهواء وتوفير الظل للبلاطات

**وسائل منع الشروخ هبوط الخرسانة اللدنة :-**

- تقليل ادماء وتضاغط الخرسانة
- تقليل العوامل التي تقيد من حركة الخرسانة ذات الهواء المحبوس او الاضافات التي تؤدي الي تقليل الماء من الخلطة الخرسانية وزيادة الهواء
- تقليل العوامل التي تقيد من حركة الخرسانة خصوصا قرب السطح
- اعادة دمك الخرسانة يمكن ان تخلصنا تماما من شروخ الهبوط
- ترك فترة زمنية كافية بين صب الاعمدة وصب البلاطات و الكمرات واستخدام اقل كمية مياه للوصول لدرجة التشغيل المطلوبة .
- منع شروخ انكماش الخرسانة عند جفافها يمكن منع شروخ الانكماش عند جفاف الخرسانة باستعمال اكبر كمية ممكنة من الركام في الخلطة الخرسانة او اقل كمية ممكنة من الماء ويمكن تقليل كمية الماء في الخلطة الخرسانية عن طريق الاتي :-

- استعمال ركام يكون المقياس الاعتباري الاكبر له ما يمكن
- استعمال خرسانة لها درجة تشغيل اقل ما يمكن مع عدم الاخلال بسهولة الصب واتمام الدمك
- استعمال الاضافات المناسبة التي تعمل علي تقليل كمية الماء في الخلطة الخرسانية ولمن مع احتياطات من تأثير الجانبي لها خاصة الملدنات الفائقة ،لان اعطاء جرعة اكبر من المطلوب من هذه الملدنات قد تأتي باثر عكسي فقد اثبت الابحاث ان كل الملدنات الفائقة تؤدي الي زيادة نتيجة الجفاف اذا استعملت بجرعة عالية

وبالإضافة الي ما سبق يمكن تقليل شروخ الانكماش عن طريق :

- الحد من العوامل الخارجية المقيدة للحركة حتي تتكمش الخرسانة وذلك عن طريق عمل وصلات الحركة كلما امكن ذلك
- عمل معالجة مناسبة للأسطح المعرضة للجو وخاصة المساحات الكبيرة وذلك بعد صب الخرسانة وتسوية سطحها مباشرة
- اضافة حديد كافي للتحكم في الشروخ كما توجد طريقة لصب الحوائط تساعد علي تقليل شروخ هبوط الخرسانة اللدنة و الحد من شروخ انكماش الجفاف معا وهي ان يتم تقليل كمية الماء في خلطة الحائط مع تقدم الصب من اسفل الي اعلي لكي تنجح هذه الطريقة لابد من التحكم الدقيق في نسبة الخلطة و ايضا الرقابة عند الدمك .

وسائل منع الشروخ السرطانية :

بالنسبة للأسطح التي يتم تسويتها بالقدة يراعي ما يلي :-

- تجنب الخلطات ذات المحتوي الزائد من الماء و الاسمنت.
- الدمك يجب ان يكون مناسبا اما اذا زاد بطريقة مبالغ فيها فان ذلك يؤدي الي زيادة محتوي الاسمنت و الماء في الطبقة السطحية مما يؤدي الي تشرخها
- تجنب النمو المبالغ فيه و تجنب السطحية مما يؤدي الي هبوط الركام وستحسن تأجيل التسوية باستعمالها القدة الصلب حتي اختفاء اللمعان من سطح البلاطة

- يجب معالجة الخرسانة بطريقة مناسبة ومستمرة لعدة ايام ويجب الا يتعرض السطح لدورات الرطوبة و الجفاف بسبب نقص المعالجة تحت أي ظرف من الظروف .

وبالنسبة لأسطح الخرسانة الظاهرة التي استعملت فيها شدادت معدنية او خشبية يراعي مايلي:

- تجنب المحتوي الزائد من الماء و الاسمنت
- تجنب استخدام شدة يمنع سطحها نفاذ الماء تماما
- اذا تم فك الشدة بعد اقل من ثلاثة ايام من تاريخ الصب فيجب ان تمم المعالجة بمجرد الفك
- مسح الاسطح اذا تم مس اسطح بالمونة لمعالجة أي فجوات او أي اماكن مسامير الشدة فيجب ان يقتصر (اللمس ) علي مناطق معينة اما اذا شمل اللمس جانب الكمرة كله فمن المحتمل ان تحدث شروخ سرطانية علي الجانب الممسوس.
- اضافة مادة طاردة للماء اذا تمت معالجة الخرسانة باستخدام السيليكون كمادة طاردة للماء لأنه سيقلل التحركات نتيجة الرطوبة المسببة للشروخ السرطانية.

**منع شروخ هجوم المواد الكيمائية :**

ويكون بمنع تعرض الاسطح الخرسانية للمواد الكيميائية الضارة وتشمل وسائل حماية الاسطح التي يمكن ان تتعرض لهجوم المواد الكيميائية استعمال خرسانة كثيفة وزيادة الغطاء الخرساني وعمل خرسانة ظاهرة و الدهان بالطبقات العازلة و الجيدة دهانا سليما لا يترك فجوات كما تشمل وسائل حماية الخرسانة من هجوم الكبريتات بالذات هي استعمال اسمنت مقاوم للكبريتات.

بالنسبة للشروخ الناتجة عن استخدام كلوريدات الكالسيوم فالوقاية منها يكون بمنع استخدام هذه المادة كإضافة للخرسانة منعا باتا.

منع شروخ تفاعل الركام مع القلويات :-

- تجنب استعمال الركام المحتوي علي سيليكا نشطة وكذلك الركام المحتوي علي الكربونات .
- استعمال اصغر مقاس اعتباري ممكن للركام .
- استعمال اسمنت ذو نسبة قلويات منخفضة .

نلاحظ ان الوسيلة الاولي تمنع حدوث المشكلة من اصلها بينما الوسيلتان الاخريات تعملان علي تقليل نسبة القلويات في الخلطة لتساوي نسبة السيليكا النشطة مما يؤدي الي تكون الكالسيوم القلوية الغير قابلة للتمدد فلا ينشا عنها مشاكل .

وسائل منع شروخ صدا الحديد :-

بما ان اسباب معظم المشاكل المتعلقة بصدأ الحديد تتلخص في نقص و الغطاء الخرساني او الخرسانة ذات النفاذية العالية او بها محتوي كبير من الكلوريدات ولذلك فان افضل حماية هي استعمال خرسانة غير مسامية و التأكد من الغطاء الخرساني ومن الاسس الهامة لتحديد سمك هذا الغطاء في المدونة منع حدوث التحول الكربوني للخرسانة السطحية التي تغطي الحديد من الوصول الي اسياح حديد التسليح اثناء العمر الافتراضي للمنشأ الخرساني كلما قلت احتمالات حدوث الصدأ .

### 2.3.8 علاج الشروخ:

1- طريقة علاج الشروخ الشعرية الغير نافذة:-

يتم علاج هذا النوع من الشروخ التي لا تمثل خطورة انشائيا وانما تعتبر مؤثرة في الشكل الجمالي للمبني وذلك لان سببها غالبا انكماش في الخرسانة مما يؤدي الي انها غير نافذة لأعماق كبيرة منتشرة بشكل غير منتظم وخوات علاجها كالاتي :-

- تنظيف سطح الخرسانة تماما من اجزاء الخرسانة الضعيفة او المفككة.
- ضمان جفاف الخرسانة
- دهان سطح الخرسانة عدة اوجه بمادة ايبوكسية ذات لزوجة منخفضة يمكنها التسرب داخل هذه الشروخ الشعرية .
- طريقة علاج الشروخ قليلة الاتساع في الاسقف الافقية :-
- ضمان جفاف سطح الخرسانة.
- تنظيف سطح الخرسانة وازالة الاجزاء المفككة و الضعيفة من الخرسانة وكذلك ازالة زبد الاسمنت.
- توسيع الشروخ حتي 5 ملم.

- تنظيف الشروخ جيدا من الاجزاء المفككة للخرسانة.
- في حالة الشروخ النافذة حتي السطح المقابل للخرسانة يتم سد الشروخ من الجهة الأخرى باستعمال مونة ايبوكسية مناسبة.
- تحقن مادة الايبوكسية ذات لزوجة منخفضة داخل الشرخ مباشرة حتي يمتلئ.
- طريقة علاج الشروخ العميقة في الاسطح الراسية.
- ضمان تمام جفاف الخرسانة.
- تنظيف الخرسانة كما سبق.
- توسيع الشرخ حتي 5 ملم وتنظيفه باستخدام الهواء المضغوط الجاف
- يتم تقليل الشروخ بواسطة ايبوكسية مناسبة ذات لزوجة منخفضة.
- يتم عمل ثقوب في السطح السابق تقفيله وتكون المسافات بين الثقوب بين 30– 60 سم.
- يتم تثبيت انابيب معدنية ذات صمام مانع للرجوع في الثقوب ويتحدد عمق هذه الانابيب طبقا لعمق الشرخ ودرجة مسامية الخرسانة.
- يتم حقن مادة الايبوكسية قليلة اللزوجة في الانابيب ويستمر الحقن من اسفل الي اعلي باستخدام مضخة خاصة تعمل بالهواء المضغوط.
- اذا كان الشرخ نافذا للجهة المقابلة فيجب اغلاق هذه الجهة بمونة ايبوكسية مناسبة
- يجب التأكد من تاريخ انتهاء صلاحية المواد الايبوكسية المستخدمة و التأكد من انها لا زالت لديها الكفاءة حتي تنتهي عملية الحقن.
- الهواء المضغوط اللازم لتنظيف الشرخ يجب ان يكون خاليا من الرطوبة ومن الزيت ويكون الضغط غير مرتفع ولا يزيد عن 5كجم سم مربع.
- يجب ان تكون الادوات المستخدمة في عملية الحقن نظيفة تماما قبل عملية الحقن وان تنظف بعد الحقن
- يجب الاهتمام بالترتيبات الامنية للحفاظ علي سلامة العامل الذي يقوم بعملية الحقن بان يرتدي قفازات ونظارات كي لا تلتصق المواد المحقونة بجلدة او عينية مع وجود التهوية الكافية .

**طريقة علاج الشروخ المتسعة كما يلي:**

- يتم فتح الشروخ علي هيئة حروف Vوتعتمد ابعاد الفتحات علي عمق واتساع الشرخ
- تنظيف الشرخ بالهواء المضغوط كما سبق ازالة المواد الخرسانية المفككة وزبد الاسمنت
- يتم ملئ الشرخ باستخدام احد انواع المونة التالية :-
- المونة البولمرية الاسمنتية (مونة الاديبوند)
- المونة البولمرية الاسمنتية بالالياف (الياف الفيبرجلاس )
- المونة الايبوكسية
- وقبل المليء بالمونة وفي حالة استخدام المونة البولمرية الاسمنتية او بالألياف يتم طرطشة اسطح الشرخ برؤية الايبوند .
- تقوية وترميم العناصر الانشائية المختلفة وفي بعض الاحيان تكون الاضرار بأحد العناصر الانشائية (اعمدة – بلاطات – كمرات اساسات ) تكون بالغة بحيث يجب ترميم هذه العناصر وتقويتها لتستطيع ان تتحمل الاجتهادات المعرضة لها بأمان.

**2-علاج الشروخ و التشققات بالأساسات :-**

بعد علاج صدا حديد التسليح يتم ازالة الاجزاء الضعيفة وفتح الشروخ بعمق مناسب ثم التنظيف التام ثم ملئ هذه الشروخ بالمونة الغير قابلة للانكماش او بالمونة الايبوكسية او بمونة الفيبرجلاس مع التأكد من وصول المونة الي عمق الشرخ يلي ذلك عزل وحماية تامة للأساسات وتمم كل هذه الاعمال تحت اشراف مهندس استشاري انشائي ذو خبرة .

مسالة تحديد عرض الشروخ هي مسالة تعتمد علي وجهة النظر او معيار التحديد مثلا الشكل و التحمل مع الزمن .....الخ وهنالك اعتبار اخر لمسالة العرض المسموح به للشروخ الانشائية فالشرخ الشعري مثلا مسموح به (حتي 0.3 ) ملم في معظم المباني السكنية وغيرها ويصعب ملاحظتها ويعتبر مقبولا ولكن في بعض المنشآت الخرسانية كالخزانات مثلا يسمح بالشروخ الشعرية وفي المباني العامة يصبح اهتمام الناس بالشروخ اقل من المباني خاصة وهنالك شروخ غير متسعة ولا يلاحظها الا الخبير ولكنها في منطقة التقاء الكمرة بالعمود وقد تكون خطيرة وغير مقبولة من الصعب وضع حدود رقمية لسعه الشروخ المقبولة حيث ان المعيار الخاص بذلك معيار

غير موضوعي ولكن هناك بعض الاقتراحات لتحديد عرض الشروخ المسموح من ناحية المظهر وعدم النفاذية ،وصدا الحديد ،و التحمل مع الزمن ونأتي اليها بالتفاصيل :

المظهر : مما سبق ذكره ان لا يزيد عرض الشرخ عن (0,3) ملم حتي يكون مقبول من ناحية المظهر عدم النفاذية للماء :نقترح مواصفات المدونة البريطانية ا ناقصي عرض عن (0,1) مم لعرض الشروخ في الاماكن المعرضة للدورات البلل والجفاف و0,2 للاماكن الأخرى بالخزانات صدا حديد التسليح :هنال نقطة مهمة خاصة بسعة الشروخ المسببة للصدأ وهي انه كلما زاد غطاء الخرسانة كلما ادي الي شروخ اكثر اتساعا عند السطح ولكن زيادة الغطاء الخرساني حتي وان ادت الي شروخ اكثر اتساعا فهي الحل المفضل في بعض الاجواء للحد من للصدأ .

**2.4- تعشيش الخرسانة :-**

**2.4.1- أسباب حدوث التعيشيش :-**

1- المسافات بين حديد التسليح لا تسمح بمرور الخرسانة .

2- استعمال خرسانة جافة اكثر من اللازم .

3-نقص الدمك نتيجة توقف الهزازات او تعطلها اثناء عملية الصب

4-قلة عرض القطاع الخرساني للكمرات او الحوائط اقل من 12 سم

5-حركة الشدة اثناء الصب نتيجة عدم التقوية او نتيجة عدم تصميمها لمقاومة الاحمال الافقية لمعدات صب الخرسانة

قبل الحديث عن الاصلاح الغرض من الاصلاح لابد ان نصل الي القطاع الخرساني التصميمي كاملا وخاصة في حالة التعشيش الداخلي كما يلزم توفير الحماية التامة للاسياخ الصلبة في حالة التعشيش الخارجي

**2-4-2 إعداد العضو للإصلاح :-**

عند الشك في وجود التعشيش داخل العضو الخرساني فان الاختبارات التي يجب أجراءها تتراوح بين ازالة الخرسانة السطحية بالنحت اليدوي واخذ قالب خرساني في المنطقة المشكوك فيها وعمل

اختبار بالموجات فوق الصوتية او عمل اختبار بالأشعة وعند التأكد من وجود تعشيش فان الحل هو الاصلاح لهذه المنطقة وازالة هذا الجزء وقد يقتضي الامر ازالة العضو كله او ازالة الخرسانة المفككة واستبدالها بخرسانة مدموكه جيدا وتمكن الصعوبة الاساسية في التأكد من ان الخرسانة الجيدة مدموكة جيدا والا فان المعالجة ان تنجح ولن يتم الوصول الي مقطع خرساني كامل يعمل بكفاءة عالية .

واعداد البعض و يشمل الاتي :-

- إزالة الخرسانة السطحية لكشف الخرسانة الداخلية المفككة .
- إزالة الخرسانة المفككة او الغير مطابقة للمواصفات باستخدام الطرق اليدوية او الخاصة.

### 2.4.3 طرق اصلاح التعشيش

#### 1- اصلاح التعشيش باستخدام الخرسانة

تستعمل الخرسانة او المونة الاسمنتية لاستعمال الخرسانة الا اذا كان حجم الجزء المزال كبيرا وفي هذه الحالة يجب تحضير الخرسانة التي تستخدم في ملء الفراغ بالمواصفات الاتية :

- غنية بالاسمنت
- بها تدرج حبيبي جيد للركام
- قابلة تشغيل عالية وهذا يتم استعمال اضافات زيادة اللدونة

وبعد تحضير الخرسانة يجب ملء الفراغ تماما ودمك الخرسانة جيدا وقد يحتاج الامر عند الاصلاح بطينة الكمرات او اصلاح اجزاء كبيرة من الاعمدة الي استعمال الواح خشبية ويجب معالجة الخرسانة الجديدة بجعلها رطبة دائما ولمدة اربعة ايام علي الاقل ولا فمن الممكن حدوث شروخ انكماش بها

#### 2- اصلاح التعشيش باستخدام مونة الاسمنت :-

تستخدم مونة الاسمنت و الرمل عندما يكون التعشيش صغيرا او في حالة الاعضاء الغير حاملة وطريقة التنفيذ تعتمد علي حجم الفراغ المراد ملؤه

وفي حالة الفراغات الصغيرة اقل من 10 سم يتم ملء الفراغ يدويا باليد مع الضغط الجيد حتي يتم الدمط ويجب الوصول الي مونة كثيفة مدموكة جيدا داخل جيدا الفراغات لمطلوب ملؤه ويجب ان يكون محتوي الماء اقل ما يمكن حتي نقلل من انكماش المونة عند جفافها فاذا كان التعشيش سطحيا فيمكن استعمال مونة جافة جدا

وفي حالة الفراغات الكبيرة 10 سم فاكثر فيستحسن استخدام طريقة الرش و الرش يمتاز بانه يضمن حدوث اتصال كامل بين المونة و الخرسانة القديمة وحديد التسليح كما يوفر تماسكا افضل بينهما .وفي الحالتين يتم تسوية السطح يدويا ويجب ان يكون السطح ممسوحا جيدا كي تكون النفاذية اقل من ما يمكن وقد تظهر شروخ شعرية الي جزء من مادة الاسيرين او ما يماثلها .استخدام الملء اليدوي ولإزالة هذه الشروخ يوصي بحك المونة الجديدة بفرشاة خشنة جدا وحك الخرسانة القديمة المحيطة بالمونة بفرشاة سلك لإزاله الطبقة السطحية الضعيفة وذلك لمسافة 10 سم من كل ناحية من الحد الفاصل للمونة وذلك بعد تصلد المونة ثم يتم دهان المنطقة بطبقة سميكة من المونة الاسمنتية المكونة من جزئين اسمنت الي جزئي من مادة الاستيديت بوتادين او ما يماثلها .

وفي الاصلاح لابد من الاعتناء جيدا بمعالجة الاماكن التي يتم اصلاحها وقد تكون المعالجة صعبة وخاصة عندما تكون هذه الاماكن متباعدة ولكن المعالجة ضرورية للغاية لكي لا تحدث شروخ في منة الاصلاح وقد تحدث شروخ عند محيط المونة رغم العناية بمعالجتها نتيجة الانكماش اثناء الجفاف ومن التوصيات الفعالة لمعالجة ان تتم تغطية سطح العضو الذي به اصلاحات بالكامل بطبقة ذات مقاومة كاملة مع الزمن تظهر في المونة

وعندما يكون التعشيش سطحيا بعمق صغير فقد يفضل استعمال المعالجة السطحية بدلا من ازالة الخرسانة لإعادة ملء الفراغ ولكن يجب التأكد في هذه الحالة ان هذا التعشيش السطحي لا يخفي وراءه تعشيشا داخليا عن طريق الاختبارات و العلاج في هذه الحالة يكون بتغطية التعشيش بطبقة من المونة و العيب الرئيسي لهذا العلاج انه يحتاج الي تجديد كل فترة ولكن ميزته الاساسية ان كل مراحل العلاج ظاهرة للعين المجردة اعداد السطح ثم التغطية بالمونة بعكس ملء الفراغ تحت ضغط وهي غير ظاهرة لا يمكن التأكد ان كل الفراغات قد ملئت واعداد السطح يتم ازالة الطبقة السطحية الضعيفة وكشف الركام بعمق كافي 30 ملم علي الاقل وينصح بدهان السطح بطبقة

مبدئية ذات لزوجة منخفضة ثم دهان بعدة طبقات من المونة للوصول الي سمك لا يقل عن 0.75 ملم

### 2.4.4 ترميم وتقوية البلاطات الخرسانية :-

زيادة الاحمال علي البلاطات او عدم امان التصميم الاصلي للبلاطات الخرسانية او صدا حديد التسليح وتريخ البلاطة يستلزم أحد الحلول الاتية :-

- اضافة تسليح علوي اضافي وذلك في حالة عدم الامان بالنسبة للعزوم السالبة وكفاية التسليح السفلي ويتم اضافة شبكة تسليح علوية وتثبيتها بواسطة الحوائط.
- اضافة طبقة جديدة خرسانية اعلي البلاطة الخرسانية وهذا الحل يكون عندما يكون الموجب غير امن وعندما يكون الحمل الميت الذي اضيف للطبقة الجديدة قيمته اصغر كثيرا من الاحمال الحية المحملة علي البلاطة.

وتنفذ كالاتي :-

- يزال الغطاء الخرساني وينظف حديد التسليح من للصدأ بواسطة فرشاة سلك ويتم دهان سطح الحديد بمادة مانعة للصدأ.
- في حالة نسبة عالية من الصدأ في حديد التسليح او استلزم الامر تقوية البلاطات الخرسانية تضاعف شبكة جديد من حديد التصميم طبقا لقواعد معروفة.
- يتم تثبيت الشبكة الجديدة السلفية من حديد التسليح راسيا بواسطة اشاير في بلاطة السقف وافقيا بواسطة اشاير في الكمرات المحيطة
- يدهن سطح الخرسانة بمادة ايبوكسية لاصقة لاحمه للخرسانة القديمة بالخرسانة الجديدة
- يتم طرطشة سطح برؤية الاديبوند قبل اتمام جفاف المادة اللاصقة
- يتم اعادة الغطاء الخرساني او الزيادة المطلوبة في سمك البلاطات علي مراحل بالمضخة الخرسانية
- طرق اخري لتقوية البلاطات :-
- تقوية قوة القص للبلاطات بإضافة شرائح حديدية مقاومة بمسامير
- استخدام خرسانة سابقة الاجهاد

- اضافة كمرات معدنية
- في حالة البلاطات المفرغة يضاف حديد تسليح وخرسانة داخل فراغات البلاطة

### 2.4.5 ترميم وتقوية الكمرات الخرسانية :-

يتطلب الامر ان تتم تقوية الكمرات الخرسانية اما نتيجة عدم أمان القطاع الخرساني أو عدم أمان وكفاية حديد التسليح أو زيادة الأحمال وتوجد عدة حلول تذكر منها :

**1-زيادة حديد التسليح الرئيسي بدون زيادة الابعاد الخرسانة وتنفذ كالاتي :-**

- تزال طبقات الغطاء الخرساني اعلي حديد التسليح العلوي واسفل حديد التسليح السفلي.
- يتم تنظيف حديد التسليح المكشوف من للصدأ ويدهن بمادة مانعة للصدأ.
- يتم عمل ثقوب في كامل طول الكمرة اسفل بلاطة السقف وعلي مسافات تتراوح بين 15 – 25 سم ويكون الثقب بكامل عرض الكمرة.
- يتم ملئ الثقوب السابقة بمونة ايبوكسية قليلة اللزجة وتزع العشائر لعمل الكانات الجديدة.
- تفريغ الاسطح الجانبية بابعاد 2*2 سم في أماكن الكانات الجديدة.
- تزرع اشاير في الاعمدة بنفس الطريقة السابقة في اماكن الحديد.
- يتم تقفيل الكانات بسلك رباط ويوضع الحديد الرئيسي الجديد داخل هذه الكانات الجديدة.
- يتم دهان الاسطح المكشوفة بمادة ايبوكسية لاصقة.
- يتم اعادة الغطاء الخرساني فوق الحديد الرئيسي والكانات الجديدة.

**2-زيادة حديد التسليح مع زيادة الابعاد الخرسانية :-**

كشف وازالة الغطاء الخرساني مع تخشين سطح الكمرات المكشوف وتنظيف حديد التسليح ودهانه بمادة مانعة للصدأ

يتم عمل ثقوب في كامل طول الكمرة ولكامل عرضها اسفل السقف مباشرة وعلي مسافات 15 – 250متر

- تملأ الثقوب بمونة اسمنتية قليلة اللزوجة وتزع اشاير لعمل الكانات الجديدة.
- تزرع اشاير في الاعمدة بنفس الطريقة السابقة في اماكن حديد التسليح الرئيسي الجديد.

- يتم تقفيل الكانات ووضع الحديد الرئيسي الجديد.
- تدهن الاسطح الخرسانية بمادة ايبوكسية لاصقة لاحمه قبل الصب.
- يصب القميص من الخرسانة الخاصة قليلة الانكماش.

**3-تقوية الكمرات بواسطة تثبيت شرائح حديدية :**

عندما يكون المطلوب تقوية قطاع الكمرات الخرساني لزيادة المقاومة ضد العزوم او ضد الاجهاد القص نتيجة ضعف الكانات او حديد التسليح المكسح فانه يتم تصميم ابعاد وتخانات شرائح الالواح الحديدية المطلوب لهذا الغرض وتستخدم هذه الطريقة ايضا عندما تكون هنالك شروخ نافذة فيها

خطوات تنفيذ تركيب الالواح الحديدية كما يلي:

- يتم تنظيف وصنفرة السطح الخرساني في المنطقة التي سوف يتم تثبيت الالواح الحديدية عليها.
- يتم دهان الاسطح الخرسانية قبل تثبيت الشرائح الحديدية بمادة ايبوكسية لاصقة.
- يتم عمل ثقوب في الالواح الحديدية و السطح الخرساني.
- توضع طبقة بسمك 5 مم من المونة ايبوكسية فوق الشرائح.
- يتم تثبيت الالواح الحديدية في الاسطح الخرسانية باستعمال مسامير فيشر.
- وقد يتطلب الامر في بعض الاحيان تخفيف الاحمال للكمرات المعالجة او نزع الاحمال تماما عنه.

**4-ترميم وتقوية الاعمدة الخرسانية :-**

يتم ترميم الاعمدة الخرسانية الاتية :-

- الرغبة في زيادة حمل العمود اذا كان التصميم الاساسي خطاء او حالة زيادة عدد طوابق للمبني.
- وجود صدا بحديد التسليح او سقوط الغطاء الخرساني.

- مقاومة الضغط لخرسانة العمود او اذا كان نسبة ونوع الحديد غير مطابقة للمواصفات القياسية.
- حدوث شروخ بالعمود.
- وجود ميلان في العمود او هبوط في الأساسات.
- حدوث تعشيش مؤثر في خرسانة العمود.

**الخطوات الأساسية لمعالجة العيوب السابقة ذكرها :**

أ/ ترميم الغطاء الخرساني للأعمدة (في حالة تطبيل للغطاء الخرساني انفصال نتيجة لصدا حديد التسليح بدرجة ليست بخطيرة مؤثرة علي كفاءة العمود )

- يتم ازالة الغطاء الخرساني للعمود.
- تنظيف حديد التسليح جيدا باستعمال فرشاة سلك .
- يتم دهان الاسطح الخرسانية بمادة ايبوكسية لاصقة لاحمة لتقويتها.
- يتم طرطشة الاسطح بروبة المستحلبات البلومرية.
- يتم عمل الغطاء الخرسانية من خرسانة خاصة تتكون من الركام الرفيع الذي لا يزيد اقصي حجم له عن 5 مم و الرمل بنسبة عالية و الاسمنت بنسبة عالية لا تقل عن 400 كجم /متر3 واضافات نسبة السيولة بنسبة مناسبة.

ب– في زيادة عدد طوابق المبني أو زيادة قوة أحمال الأعمدة :

- رفع الحمل جزئيا بواسطة روافع ميكانكية بين الطوابق.
- وضع دعامات اضافية بين الطوابق (بمعني شدة السقف).
- عمل ازالة لبعض طوابق المبني ثم ترميم واصلاح المبني.

**خطوات تنفيذ القميص كما يلي :**

- ازالة الغطاء الخرساني.
- تنظيف حديد التسليح من الصدأ بفرشاة سلك او مسدس رمل.
- يتم دهان حديد التسليح بمادة ايبوكسية مانعة للصدأ.

- يتم تركيب القميص الحديد بالابعاد و السمك المطلوب في تصميم مع عمل فتحات لصب المونة الايبوكسية اللاصقة بين العمود بين العمود الخرساني و القميص.
- يتم ملئ الفراغات بين العمود الخرساني و القميص باستعمال مونة ايبوكسية مناسبة في بعض الاحيان وفي حالة الرغبة في ان يقوم العمود بتحمل عزوم انحناء وينقلها بنجاح خلال الطوابق يتم تثبيت طوق حديدي في رقبة العمود ويتم التثبيت بواسطة مسامير او باستخدام مواد لاصقة.

**5- ترميم وتقوية الأساسات :-**

يتم عن طريق :

- تحويلها من قواعد منفصلة الي اساسات مستمرة.
- عمل شدادات.
- صب خرسانة بكامل موقع المنشأ لتحويل الأساسات الحالية الي مجرد لبشة يتم اساسات جديدة اعلاها لتحميل كامل احمال المنشأ.
- عمل اقمصة خرسانية للقواعد العادية و المسلحة وربطهما بالقواعد القديمة بالمواد الايبوكسية المناسبة.

**يتم علاج صدا حديد التسليح الأساسات :**

- في البدء قبل المرحلة الاولي من علاج أي عنصر خرساني هو البحث وراء حديد التسليح من حيث كفايته التصميمية و التنفيذية ثم البحث عن تسرب الرطوبة و الصدأ وتحديد نسبة هذا الصدأ.
- يجب العناية التامة بعزل وحماية الأساسات من أي مؤثرات خارجية سواء كانت مياه جوفية اصرف صحي او خلافه.
- يتم العلاج بإزالة الغطاء الخرساني وصنفرته جيدا بفرشاة سلك المركبة علي شنيور او بجهاز مسدس الرمل يلي ذلك دهان الحديد بالدهانات الايبوكسية المحتوية علي زنك او بدهانات بها

كروميد ورشة بالرمل لتماسك الزنك لوقف امتداد الصدأ يلي ذلك عمل طرطشة بمونة بنسبة اسمنت 400 كجم / متر 3 مع اضافة مواد رابطة أو دهان.

- عزل الأساسات وحمايتها.

## 2.5 نظم تقوية واعادة تأهيل المنشآت الخرسانية

**مقدمة**

عند تعرض المبنى الى تدني في مستوى اداءة فأنه لابد من القيام بالمعالجات الضرورية لتجنب حدوث انهيار في مبنى وخسارته ،واستعادته على ما كان عليه او لزيادة مقدراته القائمة ويتم ذلك بعدة طرق وهو ما يعرف بنظم تقوية واعادة تأهيل المباني.

توجد عدة اسباب تؤدي الى حدوث هذا التدني في مستوى التشغيل منها ما هو قبل الانشاء كمشاكل في التربة او اخطاء في تصميم المبنى او اخطاء في التنفيذ وايضا هنالك مشالك يتعرض لها المنشأ اثناء التشغيل.

عندما يراد تقوية مبنى فإنه يتوجب اعتبار العوامل التالية:

1. المستوى المطلوب للمقاومة الإنشائية للبناء.
2. الشكل الإنشائي العام و التغيير المطلوب.
3. مواد عناصر التقوية و درجة اتصالها مع البناء القائم.
4. حالة الأساسات و إمكانية الإنشاء فوقها.
5. أثر التقوية على مظهر البناء و وظيفته.
6. التقوية المطلوبة للعناصر غير الإنشائية و التجهيزات والخدمات الأخرى.
7. الفترة الزمنية لعدم استثمار البناء.
8. تكلفة التقوية

في هذا الباب سنتناول الطرق المستخدمة في تقوية واعادة تأهيل المباني وذلك تبعا لأسباب المشاكل واماكن حدوثها في المنشأ ابتداء من تقوية الأساسات ثم الكمرات والاعمدة والبلاطات و الحوائط الخرسانية.

### 2.5.1 تقوية الأساسات

الاساس هو الجزء من المنشأ الذي يحول الحمل من المنشآت العلوية الي التربة بأمان و نلجأ لتقوية وتدعيم الأساسات في الحالات الاتية:

1. وجود ميل وهبوط بالأساسات (يحدث هذا غالبا عند اقامة مبنى اخر مجاور دون مراعاة القواعد الهندسية من سند الجوانب وخلاف) .
2. وجود أحمال كبيرة تتطلب منا تقوية وتدعيم الأساسات.
3. عدم انتظام توزيع الاحمال
4. تأثير المياه الجوفية
5. وجود عيوب فى التربة مثل التربة الانتفاخية وخلافه.

وتختلف المعالجة وان اتفقت في الاسس بين انواع الأساسات المختلفة وتأخذ صور عدة ومن الطرق المستخدمة في تقوية الأساسات:

**1 زيادة مساحة التحميل:**

وتكون بعمل كتلة من الخرسانة المسلحة او العادية تحت القاعدة وغالبا ما يحتاج الامر الى تخفيض او ازالة حمل القاعدة قبل الاصلاح ويمكن ربط الكتل الخرسانية الجديدة بشبكة من الحديد كما في الشكل (2.1) .

**2 زيادة مساحة القواعد المنفصلة:**

يكمن ذلك بزيادة مساحة القواعد نفسها دون الحفر اسفلها وهي طريقة اقل تكلفة وخطورة من الاولى و لكن لابد من الاخذ في الاعتبار ان عمل قميص للقاعدة القديمة سيؤدي الى تولد قوى قص كبيرة عند اتصال الخرسانة القديمة بالجديدة وذلك تحت تأثير الحمل الجديد لذلك تزود بمسامير قص لنقل قوى القص ،اما اذا كان المقصود من عمل القميص للقاعدة القديمة زيادة عمقها لتعويض النقص الناشئ في مساحة صلب التسليح نتيجة للصدأ فان قوى القص بين القطاع الجديد والقديم لن تكون كبيرة ويمكن الاكتفاء بدهان سطح الاتصال بمادة تزيد تماسك الخرسانة الجديدة بالقديمة كما في الشكل (2.1) .

**3 ربط قاعدتين منفصلتين او اكثر لعمل قاعدة شريطية :**

ان عمل القاعدة الشريطية يكون في جزء منة مماثل لعمل قمصان للقواعد الاصلية وفي الجزء الموجود بين القاعدتين ياخذ شكل القاعدة الشريطية العادية شكل (2.2).

**4 تحويل القواعد المنفصلة الى لبشة مسلحة:**

خاصة اذا كانت القواعد المنفصلة المسلحة على لبشة من الخرسانة العادية ويتم حساب السمك والتسليح اللازمين للبشة بالطريقة المعتادة ويجب لحام الاسياخ الجديدة شكل (2.3)

بالقديمة لزيادة الترابط كما يلزم ربط السطح الرئيسي للقواعد الاصلية بالخرسانة الجديدة بمسامير لمقاومة القص

**5 وقف صدأ حديد التسليح للأساسات:**

يكون ذلك بعده طرق منها الحمايه الكهربية الا انها مكلفه او بعزل الأساسات جيدا وزياده الغطاء الخرساني او تحسين هذا الغطاء باستعمال انواع المونة التي تمنع تغلغل الكبريتات او الرطوبة.

**6 زياده سمك اللبشة المسلحة:**

في حاله الرغبة في تعويض النقص الناشئ في مساحه صلب التسليح نتيجة الصدأ او الرغبة في تقويه اللبشة الخرسانية نتيجة زياده الاحمال علي الأعمدة فانه يمكن اضافه طبقه جديده علي اللبشة المسلحة لزياده العمق ويراعى في هذه الطبقة ان يتم ربطها باللبشة القديمة بواسطه مسامير قص شكل (2.4).

**7 حقن التربه**

يستخدم لتقوية التربة وزيادة السعة التحميلية لزيادة تحمل الأحمال لكن في بعض الحالات تكون تكلفة حقن التربة أعلى من تكلفة زياده مساحه الأساسات لتحمل الاجهادات وتكون الاخيرة مضمونه اكثر والعكس في بعض الحالات ويعتمد اختيار احدي الطرقتين علي التكلفة اولا وعلى السهولة والظروف المحيطة في حاله حقن التربة يجب ان يكون الحقن الى عمق كافي تحت القاعدة الاصلية بحيث يحقق انتشار الحمل لمنع حدوث اجهاد زائد اسفل الطبقه التي تم حقنها.

## 8 رفع المبنى بالروافع الهايدرليكية:

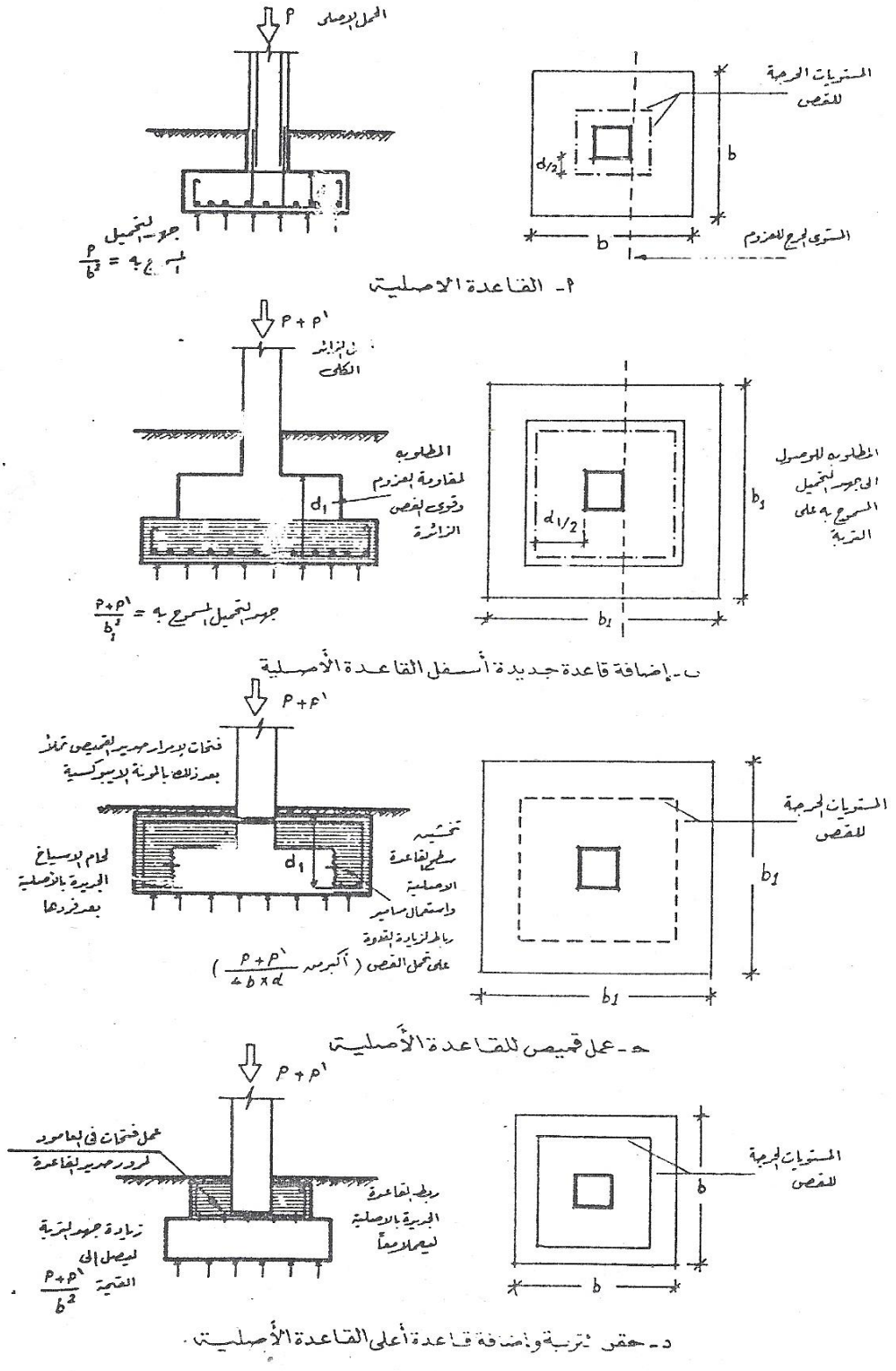
هنالك بعض المباني التي تعاني من الهبوط المستمر نتيجة وجود طبقات ضعيفة وعميقة او وجود الطبقات القوية على اعماق كبيرة لا يمكن للخوازيق الوصول اليها او وجود مباني ملاصقة تمنع انتشار الاحمال افقيا هذا الانتشار الذي من شأنه ان يقلل الهبوط وفي هذه الحالات يمكن معالجة الهبوط المستمر أي انه كل فترة يتم ارجاع المنشأ

الى وضعة الاصلي بالروافع الهيدروليكية وتظهر هذه المشكلة اكثر في المدن ذات التربة الضعيفة.

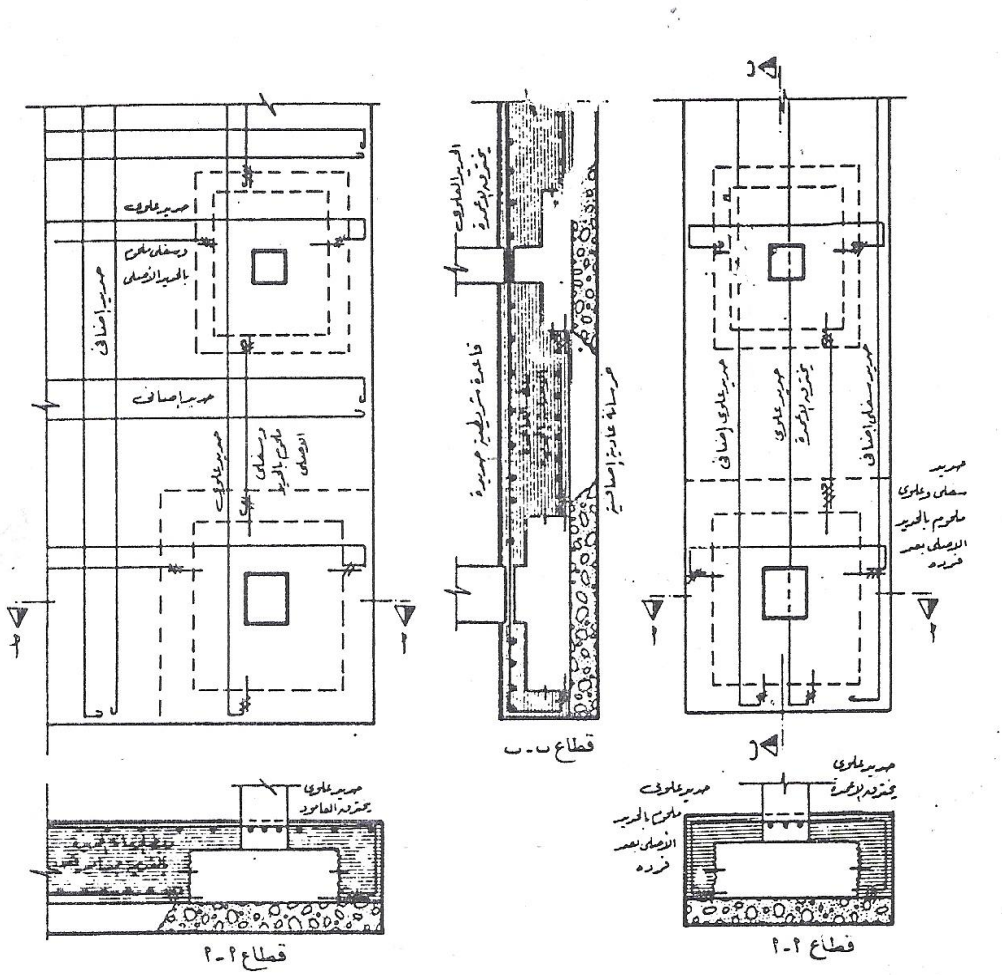
## 9 تقوية الأساسات العميقة:

في حالة عدم القدرة على اصلاح الخوازيق الموجودة اصلاحا فعالا او في حالة الرغبة في تقوية الأساسات السطحية الى طبقات اعمق واكثر تماسكا فيتم اضافة خوازيق جديدة الشكل(2.5) وهذه الاضافة تأخذ عدة اشكال هي كما يلي:

1. عمل خوازيق جديدة بجوار الأساسات القائمة ثم ربطها بالأساسات القائمة.
2. عمل خوازيق بميل خفيف ثم سحبها تحت القواعد القائمة.
3. اضافة خوازيق جديدة للوسائد.



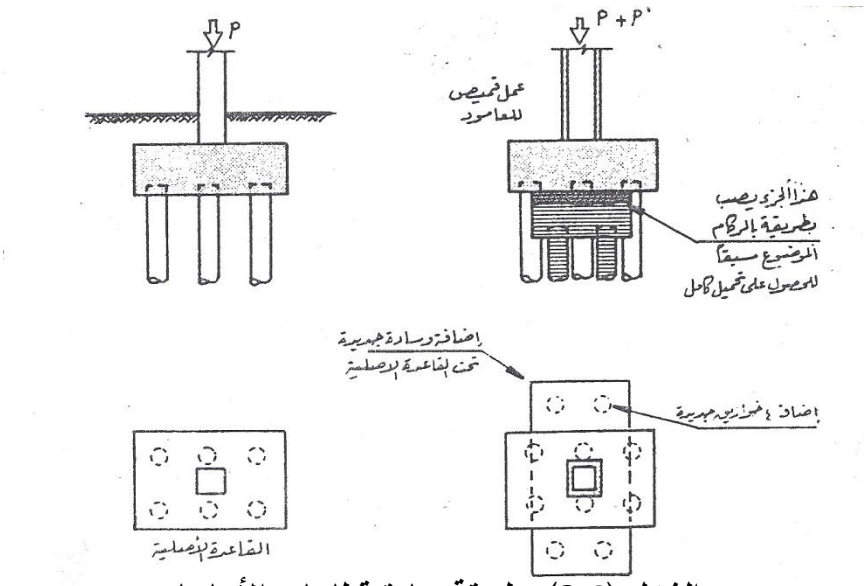

**الشكل (2.1): طريقة زيادة قدرة التحمل لقاعدة منفصلة.**



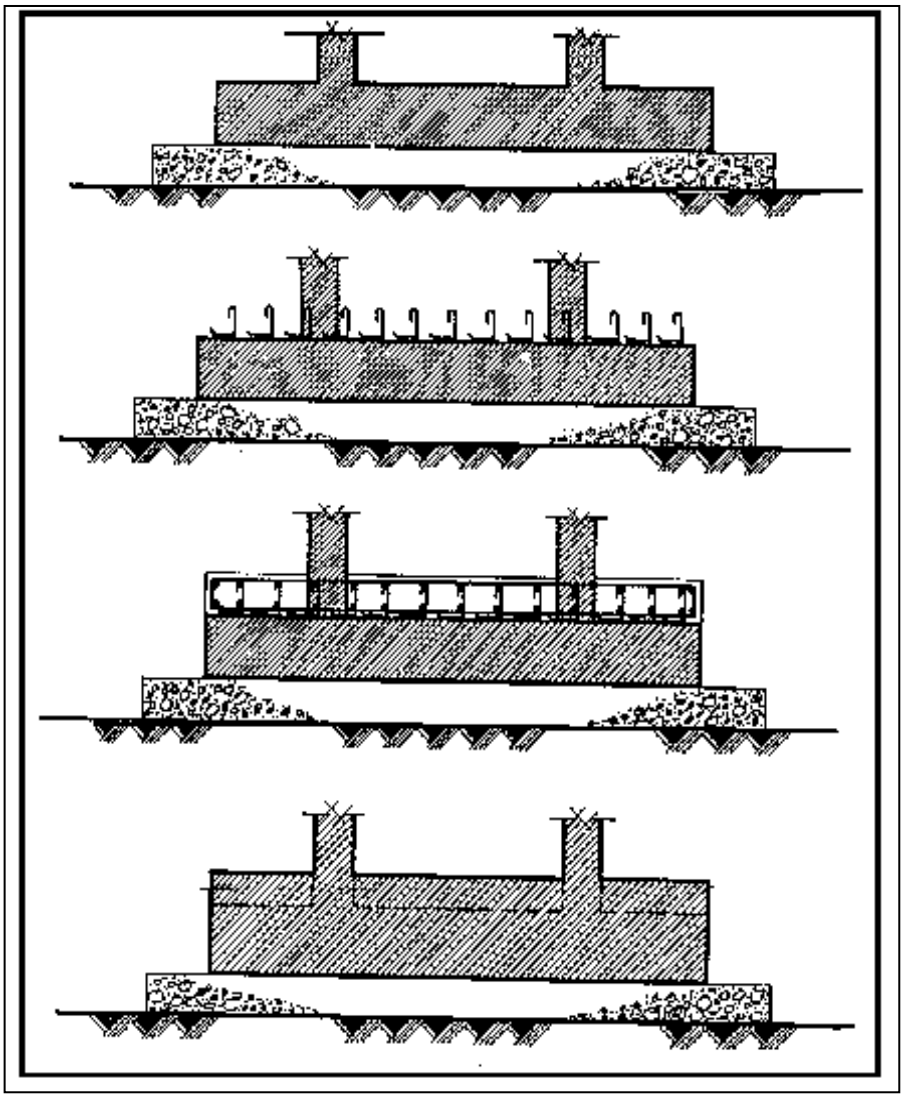
**الشكل(2.2): وصل القواعد لعمل قاعدة شريطية.**



**الشكل (2.3): تحويل القواعد المنفصلة إلى لبشة مسلحة**




**الشكل (2.4): طريقة زيادة قطاعات الأساسات.**



**الشكل (2.5): إضافة خوازيق جديدة لقاعدة مصبوبة.**

### 2.5.2 تقوية الاعمدة الخرسانية:

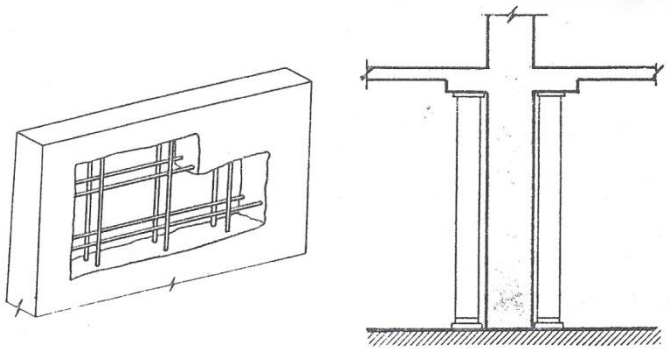
يتم تقوية الأعمدة لاحد الاسباب التالية:

1. الخطأ في التصميم. او زيادة حمل علي العمود و ذلك بسبب زيادة عدد الادوار
2. حديد تسليح العامود اقل من المنصوص عليه سواء بالمواصفات او الرسومات الهندسية لخطأ في التنفيذ.
3. وجود ميل بالأعمدة اكثر من المسموح به في المواصفات الفنية
4. هبوط الأساسات
5. تأكل حديد التسليح بنسب عالية.
6. وجود شروخ نافذه بالأعمدة

ويتم تقوية الاعمدة بأحدي الطرق التالية:

**1 السند الدائم:**

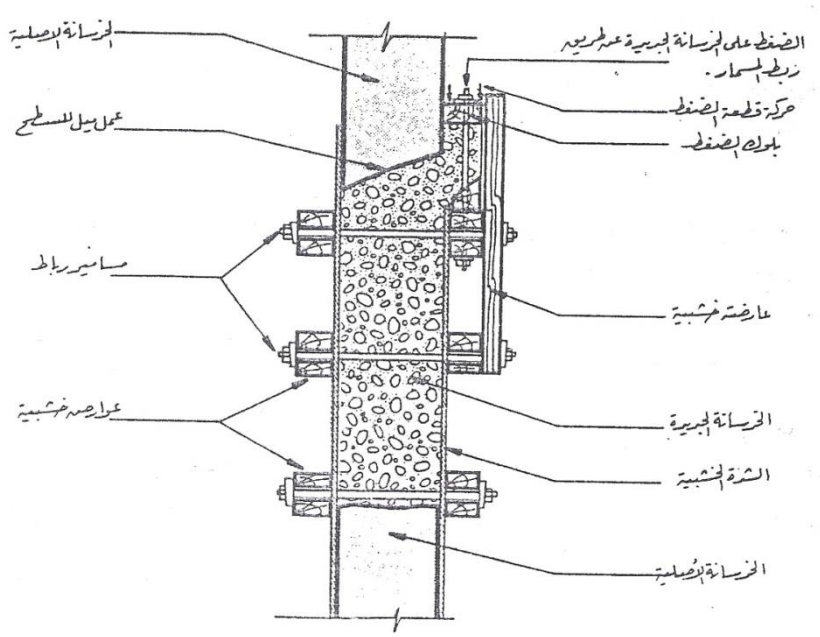
في حالة عدم القدرة على اصلاح العمود وعدم الرغبة في أزالته واستبداله بآخر فيمكن سند العمود بواسطة داعم دائمة على جانبي العمود ويتم ازالة حمل العمود جزئيا وذلك باستعمال روافع هيدروليكية بين الادوار :و توضع الدعامات الرئيسة بحيث لا توجد مسافة بينها وبين الكمرة او البلاطة او رأس العمود قبل ازالة الروافع وذلك حتى تساهم في حمل نصيب من حمل العمود حيث ان هذه الدعامات دائمة فيستحسن صب خرسانة مسلحة حولها لحمايتها من العوامل الجوية وزيادة عمرها التشغيلي ويجب ان يتم نقل حمل الدعامات اسفلها وحتى الأساسات مباشرة ولكن من عيوبه فاقد كبير من المساحة المشغلة للدور شكل(2.6) .



**الشكل (2.6): السند الدائم للعمود**

**2 استبدال الجزء التالف:**

في حالة وجود تعشيش شديد بالعمود يؤدي الى نقص كبير في مساحة المقطع بالإضافة الى تفكك الخرسانة وضعفها او في حالة وجود خرسانة معيبة في جزء من العمود ولكن بكامل قطاعة فإنه يلزم ازالة الخرسانة تماما واستبدال الجزء التالف وذلك باستخدام طريقة الحقن على الركام الموضوع مسبقا او المليء بالخرسانة ثم ضغطها. كما في شكل (2.7).

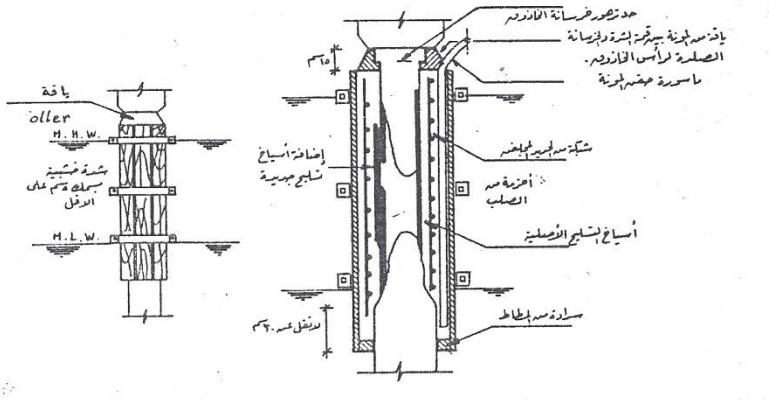



**الشكل(2.7): استبدال الجزء التالف باستخدام طريقة ضغط الخرسانة الجديدة.**

**3 التغليف:**

وهي اكثر الطرق استخداما في اصلاح الاعمدة وتزيد من قدرتها على تحمل الاحمال الجديدة وفي منع حدوث تدهور جديد اذا كان الوسط المحيط ضارا بالخرسانة وهذه الطريقة تستخدم كذلك في اصلاح الخوازيق ودعامات الكباري شكل (2.8) وهي مفيدة بصفة خاصة في حالة الاصلاحات تحت الماء واستعادة او زيادة القطاع الخرساني وتغليفه بطريقة جديدة من الخرسانة المسلحة وذلك لإحاطة العضو الخرساني بطبقة غير منفذ للرطوبة مما يوفر الحماية للعضو وزيادة مساحة القطاع العرضي في حالة الرغبة في زيادة قدرة العضو على تحمل الاحمال وزيادة مساحة الصلب الرئيسي في حالة حدوث صدأ للصلب الاصلي و توفير ضغط جانبي عن طريق التسليح العرضي

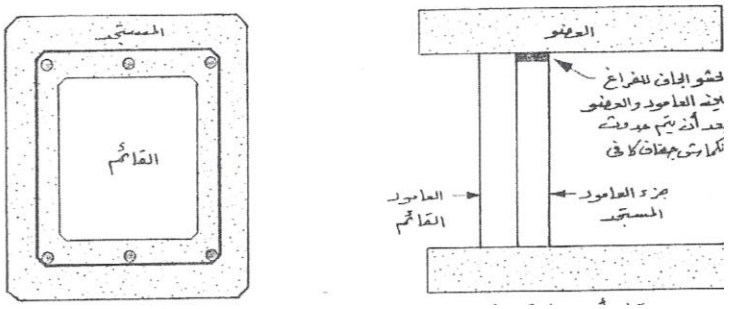
والقطاع العرضي للقميص مما يؤدي الى زيادة قدرة العمود الاصلي حتى وان لم يزد قطاعة وايضا يستخدم لتلافي ميل فيها او هبوط في الأساسات وهنالك عدة انواع للقمصان .




**الشكل(2.8) إصلاح خوازيق حاملة لكوبري بعمل قميص لها.**

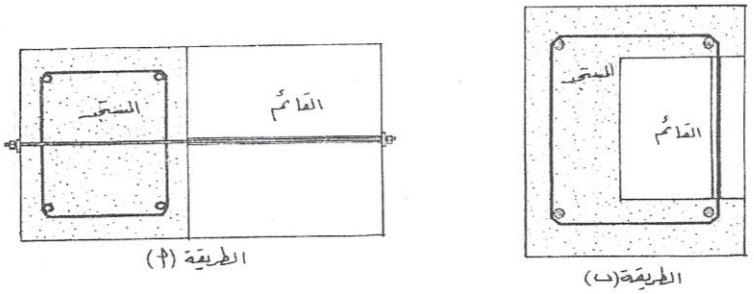
- **قميص بكامل اوجة العمود**

وهو تغليف بالكامل للعمود وهذا النوع ليس له مشاكل لا في طريقة الشد ولا في توزيع الاحمال ولكن يجب زيادة الكانات لزيادة كفاءة العمود ويمكن استعمال مسامير قص او اشاير تثبت بمونة ايبوكسية شكل(2.9).




**شكل (2.9) يوضح نقل الحمل بكفاءة**

**لزيادة قدرة الأعمدة للضغط**



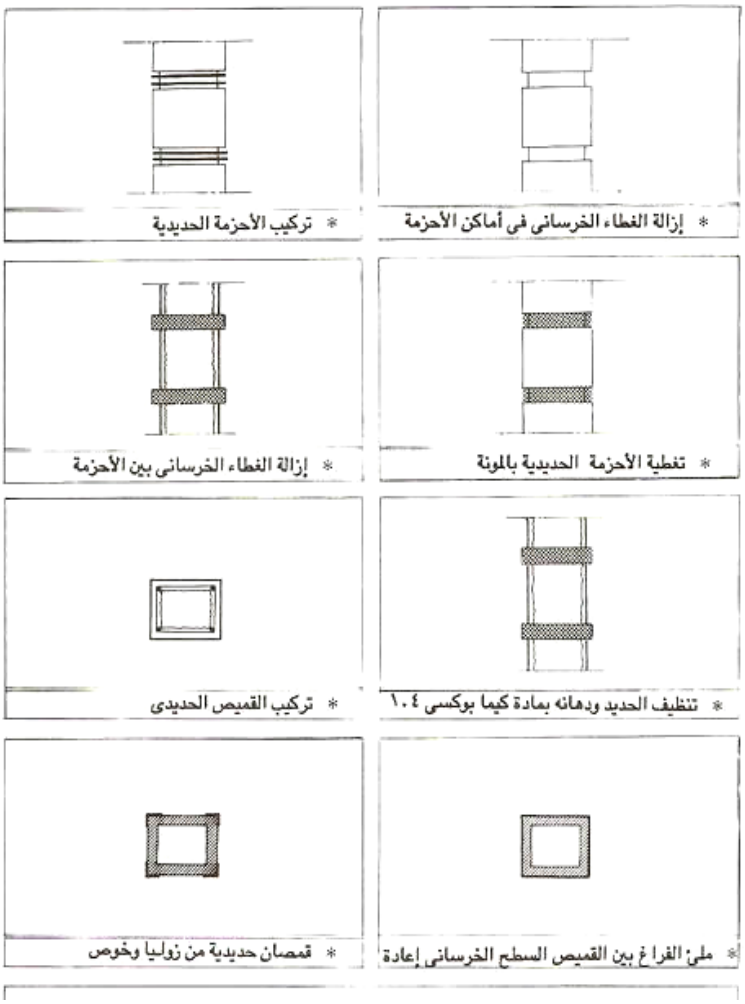
- قميص على ثلاث اوجه :

وهو تغليف للعمود من ثلاث جوانب شكل (2.10).

- قميص على وجهين للعمود:

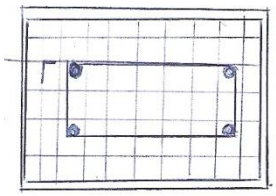
وهو تغليف للعمود على جانبين فقط من جوانب العمود

في الحالتين السابقتين يستحسن ربط كانات القميص بالحديد الرئيسي للعمود الاصلي حتى لا يحدث لامركزية في الحمل على القطاع الجديد وحدوث عزوم وانفصال بين القميص والعمود القديم ويجب زيادة الكانات في المنطقة العليا والسفلى للعمود مع ضرورة وضع مسامير القص او اشاير تثبت بالمواد الايبوكسية.



**4 القمصان الحديد ثم ملئ اماكن الاحزمة للأعمدة**

وهي تستعمل في حالة الحاجة الى ترميم العمود وزيادة الحمالة و مقاومته بدون زيادة الابعاد الخرسانية وذلك بعمل احزمة او اربطة للعمود بعد ازالة الغطاء الخرساني وتنظيف الحديد ثم تخريم العمود في اماكن الاحزمة (بمادة اديبوند65 )او(كون فيس كيمابوكسي 165 ) ويتم ازالة الغطاء الخرساني في الاماكن بين الاحزمة ، ينظف الحديد ويدهن( بكيما بوكسي 131 )ويركب القميص ثم يملئ الفراغ بين القميص و العمود شكل(2.11).



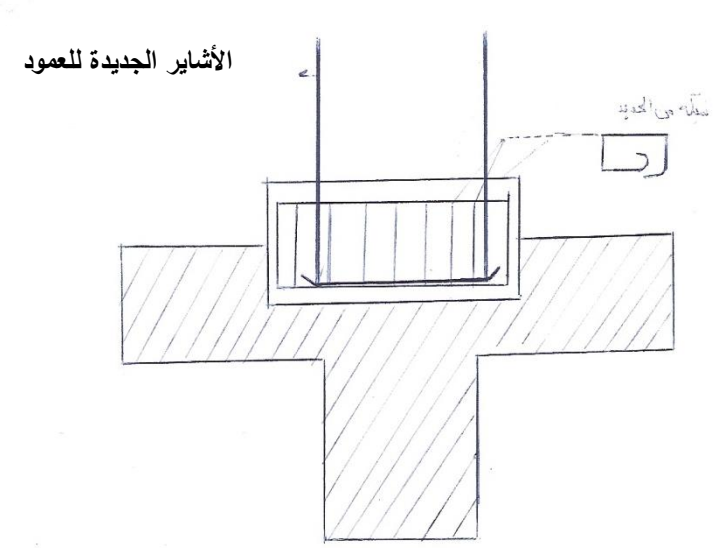

**الشكل (3-10): القمصان الحديدية للأعمدة الخرسانية.**

**5 زرع عمود بالسطح في حالة عدم وجود اشاير**

في حالة عدم وجود اشاير في الدور الاخير ومطلوب تعليته نقوم بتكسير الجزء المحيط بالعمود بعمق5سم وابعاد تتوقف على ابعاد العمود ويتم وضع شبكة من الحديد في الاتجاهين الذي يمكن اعتباره كقاعدة للعمود ثم وضع الاشاير الجديدة للعمود وتزرع بعمل ثقوب في عمود الدور السفلي وتثبت عن طريق ملئ الثقوب بمونة لاصقة ايبوكسية ثم تنظيف سطح الخرسانة ودهانها بمادة لاصقة ثم صب القاعدة على ان لا يقل سمكها عن 10سم ومن خرسانة ذات مقاومة عالية شكل (2.12).

**6 ازالة العمود واستبدالة**

في حالة وصول التدهور لدرجة ان صلب لتسليح قد اصابة الصدأ بحيث ان الاسياخ لم تعد تصلح للعمل او ان هناك ميلا كبيرا في العمود لا يمكن إصلاحه فالحل ان يتم استبدال هذا العمود بآخر سليم بعد نقل حملة على دعائم مؤقتة وحتى الأساسات.




**الشكل (2.12): زرع أشاير عمود.**

### 2.5.3 تقوية البلاطات:

ان طرق تقوية البلاطات تتوقف على الغرض من التقوية. وتكون التقوية بسبب زيادة الاحمال على البلاطات او عدم امان التصميم الاصلي للبلاطات او الصدأ وتكون عملية التقوية ذلك بعدة طرق:

**1 الشد الخارجي :**

تظهر شروخ الانحناء في البلاطات نتيجة اجهاد ات الشد ويجب وقفها عن طريق ازالة هذه الاجهادات فقد يمكن غلق هذه الشروخ بإضافة قوى ضغط كافية للتغلب على قوى الشد المسببة للشروخ و جعل بطنية البلاطة معرضة لإجهادات ضغط ، وقوى الضغط الطلوبة يمكن الحصول عليها عن طريق الاجهاد السابق و الذي ينشئ من شد القضبان او الاسياخ ثم ربطها وتثبيتها والتثبيت هو المشكلة في هذه الطريقة لان التثبيت يجب ان يكون في جزء جاسئ وقد يتم ذلك بتثبيت في البلاطة نفسها او بعمل ثقوب والتثبيت في الكمرة المحيطة وفي كلتا الحالتين يجب حساب الاجهاد ات التي ستتولد في البلاطة نتيجة قوى الضغط الجديدة وقوى التثبيت كما يجب الاحتياط من انتشار الشروخ نتيجة تغيير الاجهادات في البلاطة.

**2 تخفيض بحر البلاطة**

في بعض الاحيان يتم تخفيض بحور البلاطات بغرض تدعيم البلاطات ومساعدتها على تحمل الاحمال الواقعة عليها وذلك بطرق الاتية:

- **اضافة حائط حامل**

ولا يكون هذا الحائط مؤثر الا اذا تم رفع البلاطة هيدروليكيا ثم بناء الحائط بحيث يوفر الركيزة المطلوبة للبلاطة ويجب في هذه الحالة وضع تسليح علوي في الجزء الذي اضيف فيه الحائط لمقاومة عزوم الانحناء التي ستتولد.

- **اضافة كمرات اسفل البلاطة**

يمكن ان تكون هذه الكمرات معدنية او من الخرسانة الجاهزة والاولى قد تغلف بالخرسانة ودهانها بمادة تمنع الصدأ ولابد من رفع البلاطة لوضع الكمرة ملاصقة تماما للسطح السفلي للبلاطة ولتفادي حدوث شروخ انحناء عند الدعامة الجديدة .الكمرة المضافة نتيجة لعدم وجود حديد تسليح علوي فوقها يمكن عمل شق طولي بمنشار الخرسانة حتى تصبح الخرسانة مرتكزة ارتكاز بسيط على الكمرة الجديدة .

**3 اضافة طبقة جديدة من الخرسانة المسلحة على البلاطات الاصلية:**

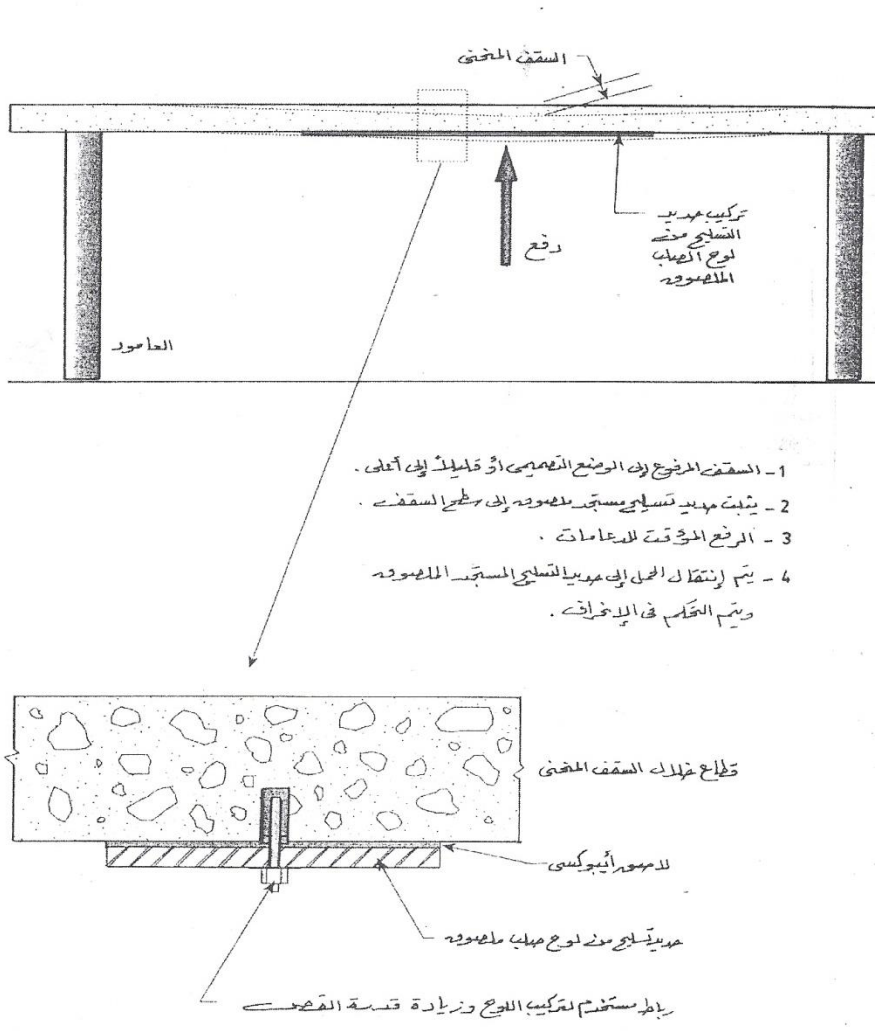
وذلك بغرض الاتي:

1. زيادة عمق القطاع الخرساني لزيادة قدرته على تحمل الاحمال.
2. اضافة شبكة من صلب حديد التسليح لتعويض الحديد الذي تعرض للصدأ.
3. علاج الشروخ السطحية وكذلك علاج تساقط الخرسانة .
4. حماية الخرسانة من الظروف المحيطة المحتوية على مواد ضارة.

في حالة علاج كلا من صدأ حديد التسليح السلبي وعلاج الشروخ السطحية وتساقط الخرسانة وحمايتها من الظروف المحيطة تكون طريقة العلاج بإضافة طبقة جديدة من الخرسانة او المونة اسفل البلاطة بدون وضع حديد تسليح اضافي و يكون ذلك بإزالة الغطاء الخرساني ثم تنظيف الحديد ودهانة بمادة كيما بوكسي المانعة لاستمرار الصدأ ودهن السطح بمادة (كيما

بوكسي 104) مبطئ للشك لالتصاق الخرسانة القديمة بالجديدة وقبل جفافها يتم طرطشة السطح ثم اعادة الغطاء الخرساني.

في حالة علاج صدأ حديد التسليح الموجب وتقوية البلاطات المصمتة بزيادة السمك وحديد التسليح من اسفل في هذه الحالة تكون طريقة العلاج بإضافة طبقة جديدة من الخرسانة مع وضع شبكة من حديد التسليح اسفل البلاطة بغرض زيادة السمك لتقوية هذه البلاطة وزيادة قدرة تحملها للاحمال وذلك بعد ازالة الغطاء الخرساني وتنظيف حديد التسليح ودهانه بمادة ايبوكسية مانعة لاستمرار الصدأ ثم تزرع الاشاير الرئيسية لتعليق شبكة حديد تسليح اضافي ويتم الزرع باستخدام مونة ايبوكسية لاحمة ثم يتم دهان كل المسطح للبلاطة السفلية بمادة لاحمة ايبوكسية للخرسانة القديمة مع الجديدة ثم يتم طرطشة البلاطة من اسفل وصب الزيادة المطلوبة للسمك المطلوب باستخدام خرسانة خاصة الشكل(2.13)



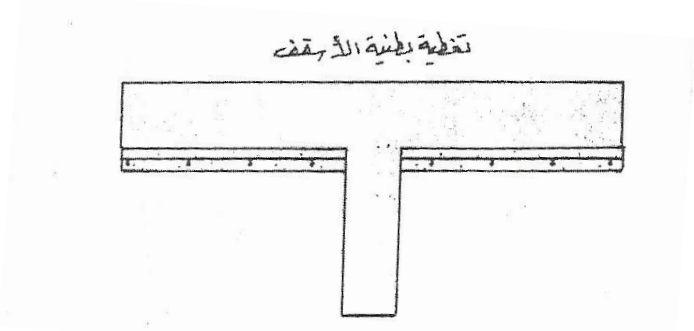

**الشكل(2.13) يوضح تصحيح انحراف الأعضاء بواسطة ألواح الصلب الملصوقة**

**4 تقوية البلاطات المفرغة ذات الاعصاب بزيادة السمك وحديد التسليح من اسفل:**

يتم اتباع نفس الخطوات السابقة مع استخدام الواح من الصلب فيتم تثبيتها ببطنية البلكونات الخرسانية المسلحة ولحامها بحديد التسليح وذلك قبل صب طبقة الخرسانة الجديدة

**5 تقوية البلاطات المصمتة بزيادة سمكها من اعلى ( نسبة لضعف الخرسانة):**

يتم عمل وتنفيذ هذه الطريقة بإزالة الغطاء الخرساني من اعلى وتنظيف الخرسانة ثم دهان الحديد القديم( بكيمابوكسي131) ثم تزرع الاشاير في كامل المسطح العلوي في الاتجاهين مع استعمال مادة لاصقة لتثبيت الاشاير ثم تركيب شبكة من حديد التسليح على كامل مسطح البلاطة بالإضافة الى مناطق العزم السالب ثم دهان كل مسطح البلاطة العلوي بمادة لاصقة لضمان التصاق الخرسانة القديمة بالجديدة وقبل الجفاف يتم صب الخرسانة المطلوبة الشكل (2.14)




**الشكل (2.14): تغطية بطنية الأسقف.**

**6 تقوية البلاطات الكابولية المصمتة بزيادة سمكها من اعلى:**

يتم اتباع نفس الطريقة المتبعة في البلاطات المصمتة بزيادة سمكها من اعلى مع ضرورة ان يمتد حديد شبكة الحديد العلوية الجديدة بالكابولي مرة ونصف طول الكابولي داخل البحر المجاور.

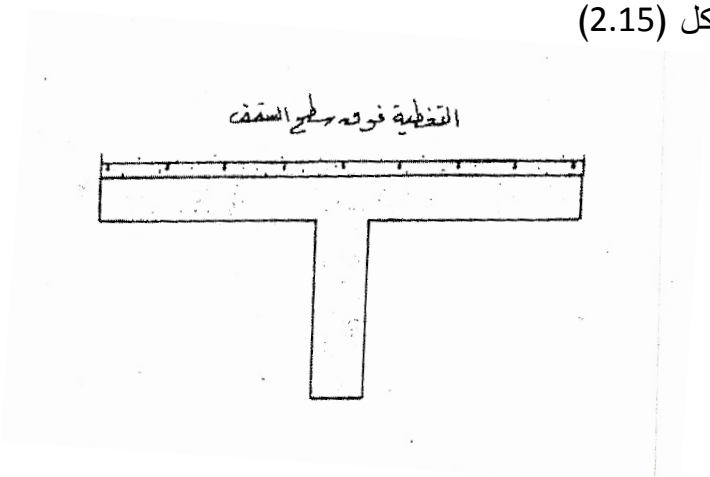
**2.5.4 تقوية الكمرات:**

لابد لنا ان نحدد اسباب الضرر الواقع علي الكمرات لنحدد بالتالي اساليب العلاج فاذا اردنا ان نقوي الكمرات لزيادة احمال ناشئة عن عيوب في التصميم او التنفيذ او الاستخدام (كتحويل سقف خرساني لمخزن به احمال كبيرة وغير مصمم لتحمل ذلك ) ففي هذه الحالة سيتم حساب الاحمال الجديدة واعادة التصميم وعمل التقوية للكمرات – واحيانا يكون السبب في معالجة الكمرات صدأ

الحديد و هنا نحدد نسبة الضرر في قطاع حديد التسليح وما اما اذا كان يحتاج الي استعاضة للحديد مع عمل قميص وزيادة ابعاد الكمرة ام لا .وقد نحتاج الي التدعيم وعلاج الصدأ معا في نفس الوقت

**1 علاج وتقوية الكمرات بعمل قمصان :**

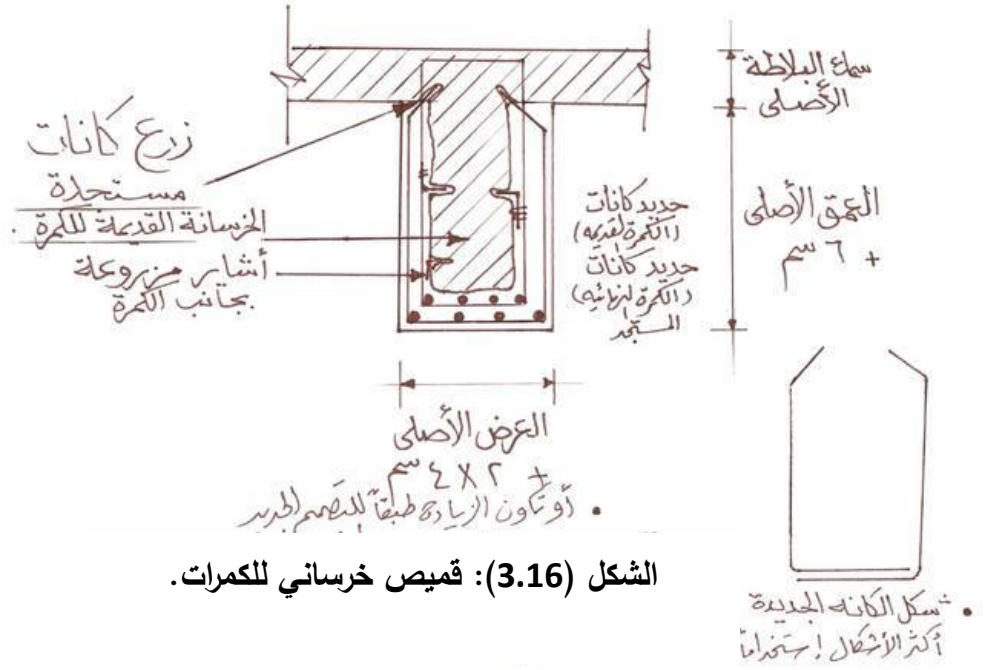
ويكون ذلك بغرض زيادة أبعادها وحديد تسليحها وزيادة مقاومتها لكل من عزوم الانحناء وقوى القص وتتم هذه الطريقة بإزالة البياض وعلاج اى عيوب موجودة باستخدام مواد ايبوكسية ، تركيب كانات حديدية ثم دهانها بمادة كيمابوكسى 104 صب القميص فبل جفاف هذه المادة فى حدود ساعة شكل (2.15)




**الشكل (2.15): التغطية فوق سطح السقف.**

**2 علاج وتقوية الكمرات بتثبيت وإضافة الواح حديدية من اعلاها واسفلها :**

تصلح هذه الطريقة عندما تكون هنالك شروخ نافذة فى الخرسانة وذلك عن طريق وضع وتثبيت الواح حديدية بأبعاد وتخانات معينة وبأطوال معينة حسب مقدار الزيادة المطلوبة ومواقع الشروخ على كل من السطح العلوى والسفلى للكمرات المراد تقويتها وذلك بعد معالجة الشروخ ويكون ذلك بصنفرة وتنظيف السطح ثم دهان الاسطح قبل تثبيت الشرائح الحديدية بمادة كيما بوكسى 104 ثم عمل ثقوب فى الالواح الحديدية والسطح الخرسانى ثم يتم تثبين الواح حديدية فى الاسطح الخرسانية باستعمال مسامير فيشر مع وضع طبقة من المونة الايبوكسية فوق الالواح كيميا بكسى 165 بسمك 5ملم على الوجه المقابل لسطح الخرسانى وذلك قبل وضعها شكل (2.16)




**الشكل (3.16): قميص خرساني للكمرات.**

**3 علاج وتقوية الكمرات بتثبيت وإضافة قطاعات من الحديد أسفلها:**

يمكن تقوية الكمرات بإضافة قطاعات من الحديد إليها فتتكون كمره مركبة من الحديد والخرسانة هذا وتجدر الاشارة الى ان توزيع الاحمال والاجهادات فى هذه الكمرة المركبة يعتمد على عدة عوامل من أهمها طريقة نقل القوى القاصة بين القطاع الخرسانى والقطاع الحديدى هذا ويمكن عن طريق إطافة قطاعات من الحديد زيادة عمق الكمرة أو يجب ان تكون مسامير الربط كافية لنقل القوى القاصة .

**4 تقوية كمر كابولى بضافة حديد علوي:**

ويكون ذلك بإزالة الغطاء الخرسانى للكابولى ولمسافة قدرها مرة ونصف طول الكابولى بداخل الركيزة حتى يظهر حديد التسليح القديم مع صنفرة ودهانه بمادة كيميابوكسى 131 المانعة لاستمرار الصدأ ، يتم وضع حديد التسليح الاضافى فى الحديد طبقا للتصميم المطلوب مع تنظيف السطح الخرسانى جيدا ويعاد صب الجزء الذى تم إزالته باستخدام مونة إيبوكسية أو خرسانية خاصة مع إستخدام إضافة للمياه ومادة لاصقة ولاحمة للخرسانة القديمة مع الجديدة .

**5 تقوية الكمر الكابولى بإضافة كانات وحديد سفلى:**

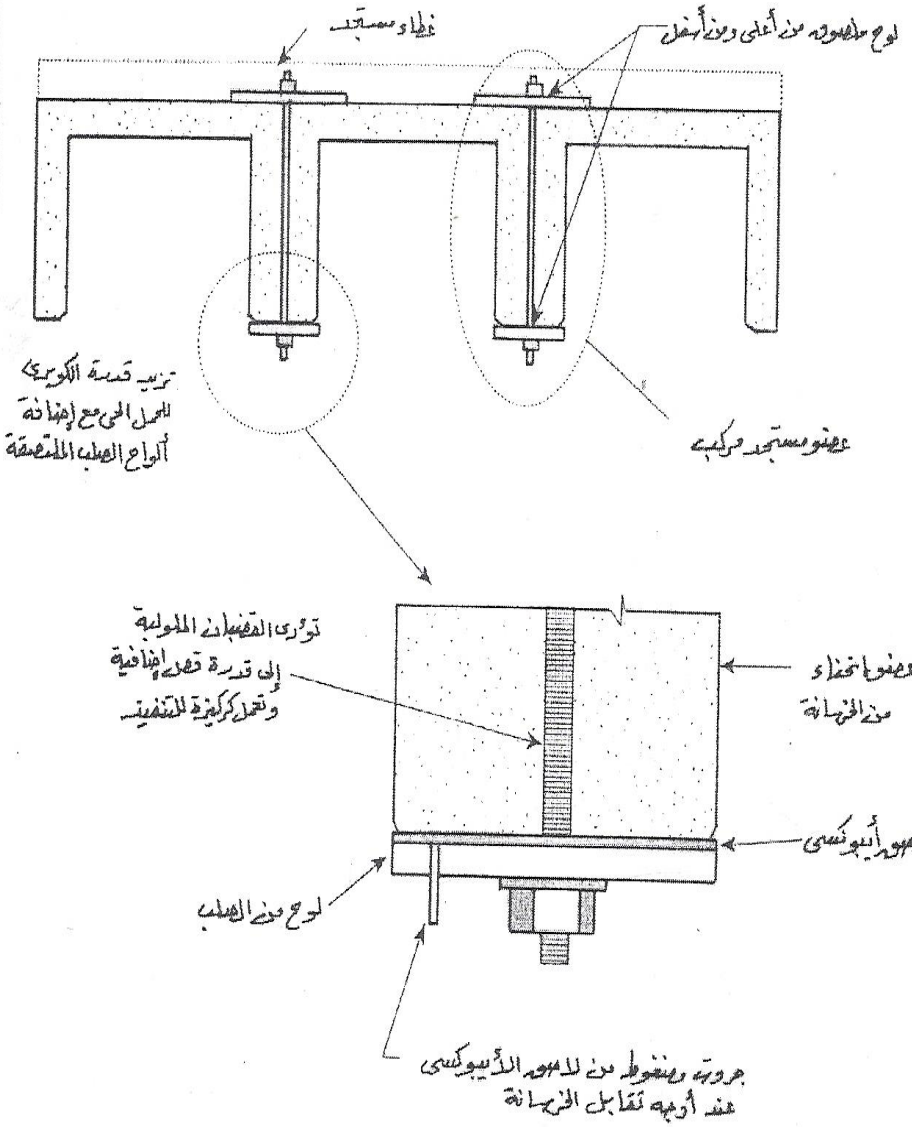
ويتم ذلك بزنبرة سطح الخرسانة السفلى للكمرة الكابولى وإمتداده مع جزء العمود الملاصق للجزء الذى سوف يضاف لعمق الكابولى ويتم عمل ثقوب فى العمود وملؤها بمادة لاحمة مثل كيبابوكسى 165 لتثبيت الاسياخ المستجدة فى العامود ثم إضافة كانات جديدة للجزء المضاف ولحامها بالكانات القديمة ثم تنظيف سطح الخرسانة وصب الجزء المطلوب باستخدام خرسانة خاصة ودهان سطح الخرسانة القديمة بمادة لاصقة كيميابوكسى 104 لضمان لحامها مع الخرسانة الجديدة.

**6 تقوية كمر كابولى باستخدام أربطة والواح :**

يمكن زيادة مقاومة كابولى الكمرات لكل من عزوم الانحناء وقوى القص وذلك بتثبيت ألواح حديدية على كل من السطح العلوى والسفلى بلصقها ، وعلاج وترميم الشروخ المتواجدة بالكمرات المستمرة أو الكوابل على السطح العلوى بالقرب من منطقة العزوم السالبة ، يتم صلب الكابولى وإزالة طبقة البياض وتنظيفه جيدا وتثبيت الواح الصاج ببطنه وظهر الكمرة أو الكابولى مع ربطها باستخدام أسياخ من الصلب الطري بالابعاد المحددة .

**7 زيادة قدرات الكمرات فى القص عند المفصل المتحرك :**

إن وجدت هنالك تغيرات حرارية عالية بالاضافة الى قدرة شد غير كافية عند بطن العضو الخرسانى فانه قد يتولد مفصل جديد عند مناطق تكون الشروخ الجديدة أو عند فواصل التنفيذ قريبا من الاعمدة وتتحرك نتيجة لتغيرات الحرارية اليومية ،قد تكون الشروخ مصدر للازعاج حيث انه يشير الى ضعف فى قدرة القص ويلزم عند تقوية الاعضاء عن طريق إصلاح الشروخ الاخذ فى الاعتبار السماح للحركة فى المفصل ومثال على ذلك كيفية تركيب مشبك Clamp قص لاحق الشد لتقوية كمرة لها شروخ وكذلك السماح بالحركة لدعامة منزلقة شكل (2.17).




**8 ز**

عدة

صور اها

والكم مل

ثقوب يط

بالاض بقة

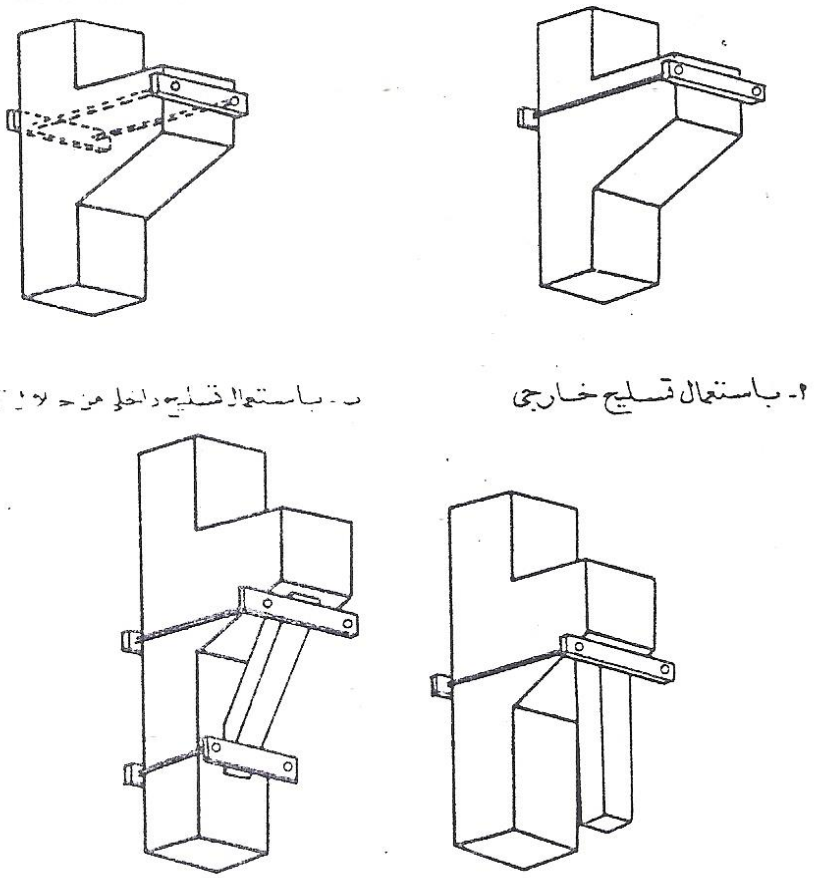
سفلي ات

المعر نية

جديد ديد

شكل ،

**الشكل (2.17): التسليح من ألواح الصلب الملصوقة**



**9 زيادة تسليح الشد :**

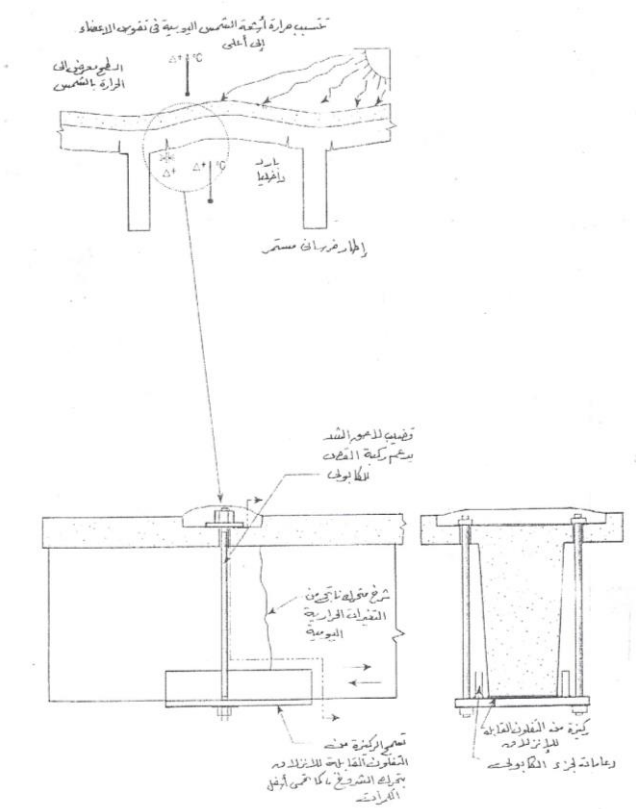
**ويتم ذلك بإحدى طريقتين**

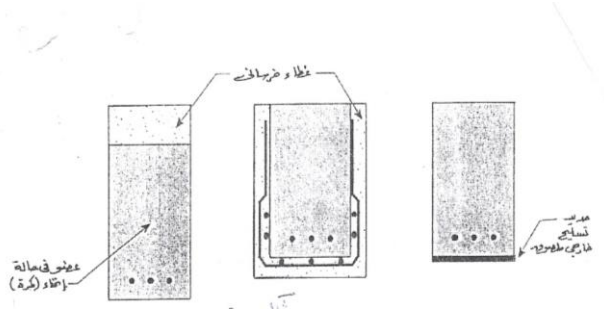
- **إضافة أسياخ تسليح فى منطقة الشد**

حيث يتم إزالة الغطاء الخرسانى وتنظيف الصلب الأصلي تماما ، وعمل فجوات الربط إما أسفل اسياخ التسليح الاصلية أو أعلاها فى حالة إزالة خرسانة معيبة أعلى الاسياخ وتخشين السطح ثم تثبيت مسامير الربط الخطافيه ويغطى بطبقة من الخرسانة بطريقة الرش .

- **إضافة الواح من الصلب فى منطقة الشد**

وتستعمل فى حالة الرغبة فى تقوية القطاع مع عدم وجود صدأ فى الصلب الأصلي وفيها يتم تثبيت الواح الصلب على سطح الخرسانة السفلى سواء بمسامير الصلب أو با للصق، قد نستعمل قطاعات الحديد المدلفن ويجب أن تفوق قوة التصاف الالواح بالخرسانة للقص كما يجب أن يكون سمك مونة اللصق أقل ما يمكن ويستحسن إستعمال مسامير صلب كل مسافة فى حالة التثبيت باللصق تحسبا لخطر فقد الالتصاق فى حالة الحريق مثلا شكل (2.19) .





**الشكل (2.19): علاج وتقوية الكمرات.**

## 10 زيادة تسليح القص واللى

ويمكن زيادة مقاومة الكمرات لقوى القص والى باحدى الطرق التالية:

- **إضافة كانات خارجية**

هى اساسا من مسامير الصلب عالية المقاومة ويتم تثبيتها على الكمرة بواسطة ألواح وزوايا من الصلب باستعمال للصواميل أو عن طريق بلوكات تثبيت من الحديد أو الخرسانة إذا كان الشكل النهائي مقبول ويجب حماية هذه المسامير والالواح وزوايا التثبيت من الصدأ عن طريق الدهانات المناسبة أو تغليفها بالخرسانة.

- **إستخدام الواح الصلب**

وفد تستخدم شرائح من الواح الصلب ليتم لحامها على جاب الكمرة أو قطاعات من الصلب ليتم ربطها فى الكمرة بمسامير قلاووظ شكل (2.20).

- **تغليف الكمرة بالخرسانة ( قمصان)**

سواء كان القيص كاملا أو من ثلاث جهات فانه يؤدى الى زيادة قطاع الكمرة طولا وعرضا مما يؤدى الى زيادة قدرتها على تحمل قوى القص الزائدة ، كما يمكن إصلاح الشروخ الناشئة عن قوى القص السالبة إما باستخدام القميص فى منطقة القص العالى أو باستخدام الضغط الخارجى عن طريق الشد اللاحق.

## 11 تقوية وتدعيم الكمرات مع علاج صدأ الحديد :

صلب البلاطات و الكمرات في حالة وجودها وإزالة الغطاء الخرساني وتنظيف حديد التسليح ودهانة بالايبوكسي لمنع الصدأ باستخدام مسدس رمل او فرشاة سلك كهربائية او يدوية ثم عمل

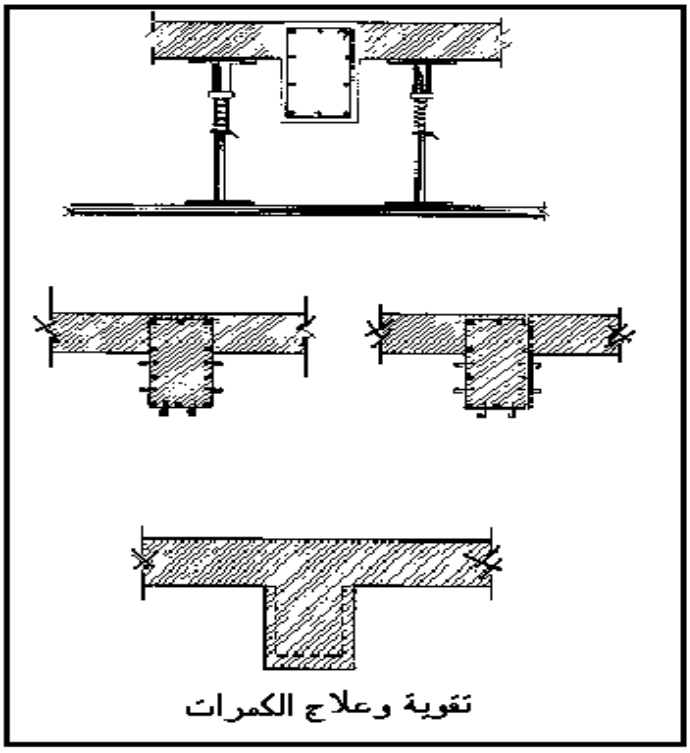
فتحات بالمثقاب الكهربائي وتنظيفها ووضع ايبوكسي لربط حديد الكانات وتثبيت الاشاير وتربيطها جيدا مع الحديد القديم ، دهان سطح الخرسانة القديمه بالايبوكسي الرابط للخرسانات القديمة بالجديدة صب القميص الخرساني بخرسانة غير قابلة للانكماش ويتم صب القميص واستخدام مدفع الخرسانة اوعمل شدة خشبية او معدنية بفتحات بالجانب ثم الصب وتلبيش الجزء العلوي بمونة الجراوت اوالتلبيش اليدوي الرسم المرفق يبين عمل معالجة لكمرة خرسانيه بعد معالجة صدأ الحديد مع ملاحظة اننا قد نقوم بعمل فتحات بجانب الكمرة في حالة زيادة عمق الكمرة الاصلي عن 50 سم

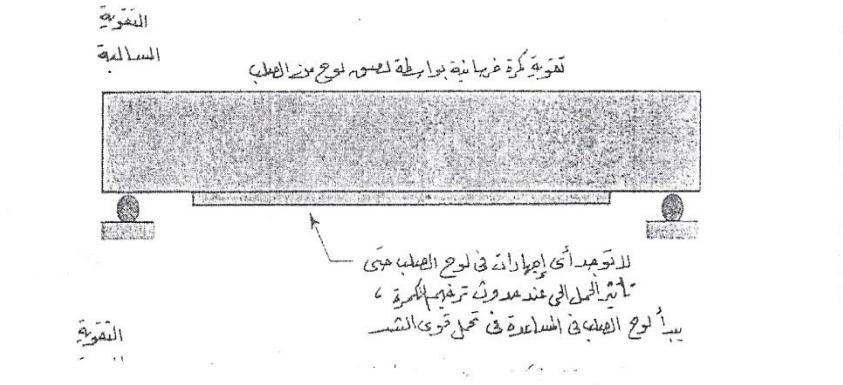
**12 استخدام الشد الخارجي:**

وهو يؤدي الى استحداث قوى ضغط تعمل على تقليل اجهادات الانحناء في الكمرة وكذلك تؤدي الى تقليل الترخيم وتقليل الشد اللاحق على الترخيم وزيادة قدرة الكمرة على تحمل الاحمال وذلك باختيار مسارات مختلفة و اماكن مختلفة لكابلات الشد المختلفة وكذلك تثبيتها والحسابات اللازمة لتحديد هذه الاماكن واختيار نظام الشد اللاحق الذي يمكن استخدامه يعتمد على المساحة المتاحة لتثبيت الكابلات فأن طرق التثبيت المستخدمة في الخرسانة سابقة الاجهاد يمكن استبدالها بقطاعات خاصة من الصلب معدلة لغرض التثبيت ويجب مراعاة القوى التي ستنشأ في منطقة التثبيت الشكل (2.21) .

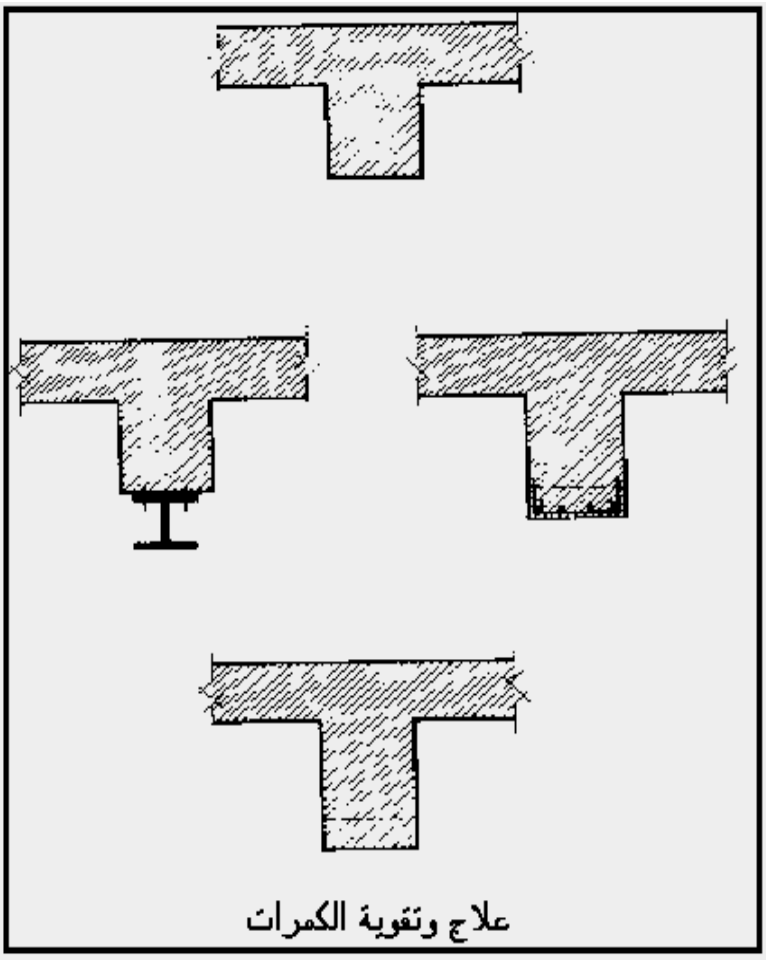
**13 تخفيض بحر الكمرة:**

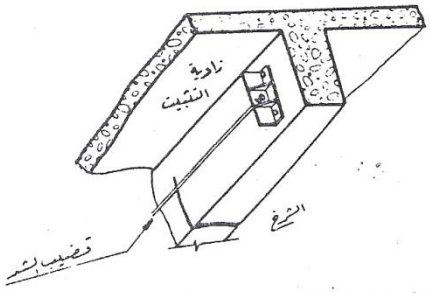
من المكن تخفيض بحر الكمرة بزيادة عرض الركيزة الشكل (2.22).



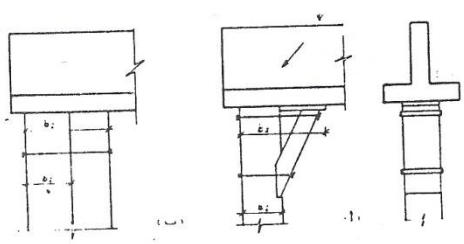



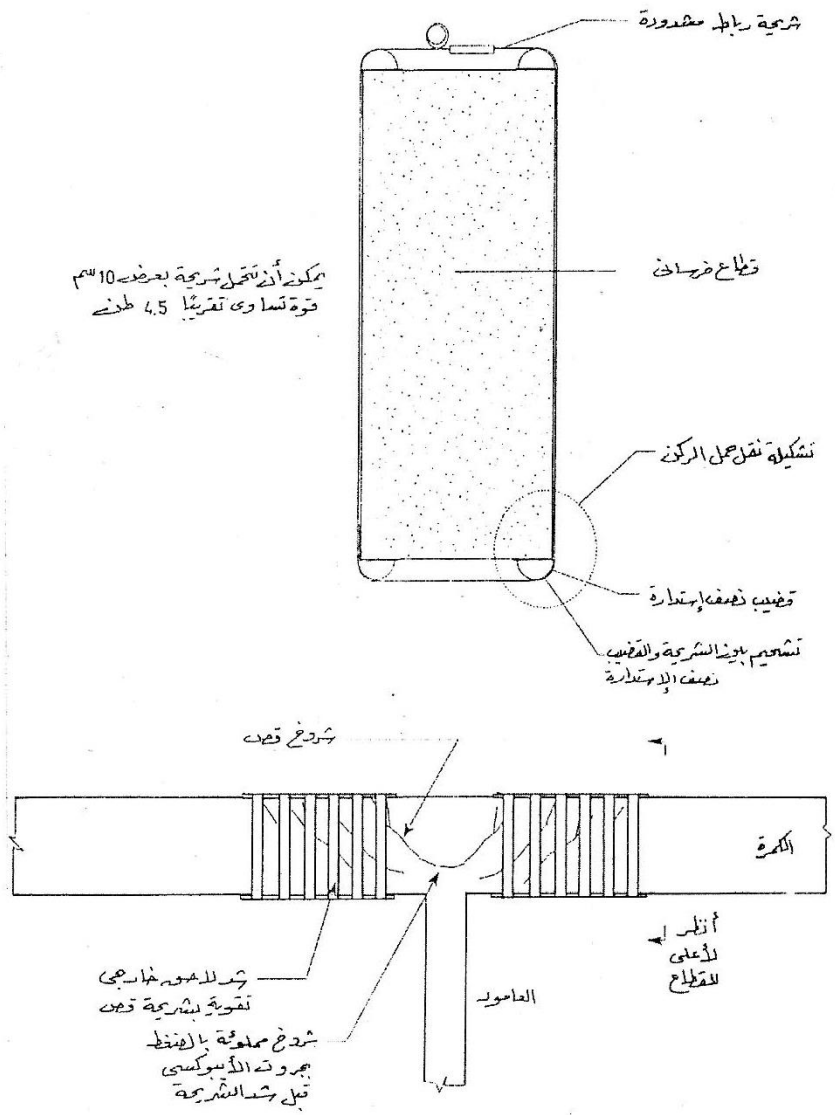

**الشكل (2.20): تقوية كمرة خرسانية بواسطة لصق لوح من الصلب**



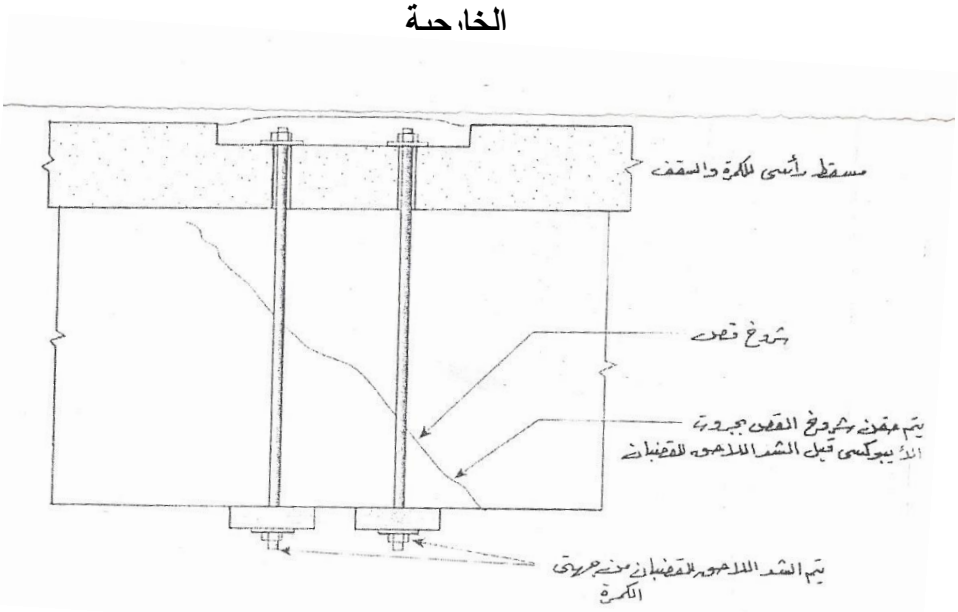




شكل ( ٨ / ٨٢ ) إصلاح شروخ الكمرات عن طريق الشد الخارجى






**الشكل (2.21) يوضح إصلاح شروخ القص باستخدام الشرائح لاحقة الشد الخارجية**




**الشكل(2.22): يوضح معالجة شروخ القص**

### 2.5.5 تقوية الحوائط الخرسانية المسلحة :

ويتم ذلك بعدة طرق منها الاتي:

**1 التغليف :**

يتم عمل القميص لزيادة الابعاد وذلك بعد تنظيف السطح الخرساني بكامل المساحة وازالة الاجزاء المعيبة في حالة وجود حديد تسليح بة صدأ يتم صنفرته ودهانة بكيمابوكسي 131 ثم يتم زرع الاشاير علي كامل السطح بالاتجاهين ويتم زرع اشاير في الأساسات بنفس القطر والعدد لحديد التسليح الرئسي الذي سوف يتم وضعة علي جانبي الحائط ثم تركب شبكة حديد التسليح الخاصة بالحائط ثم دهانها وكامل السطح بمادة كيمابوكسى 104 ويتم صب خرسانة القميص بالسمك والابعاد المطلوبة في حدود ساعة من دهان السطح شكل (2.23).

**2 تقوية الحوائط الخرسانية المسلحة بلصق الواح حديدية على سطحها:**

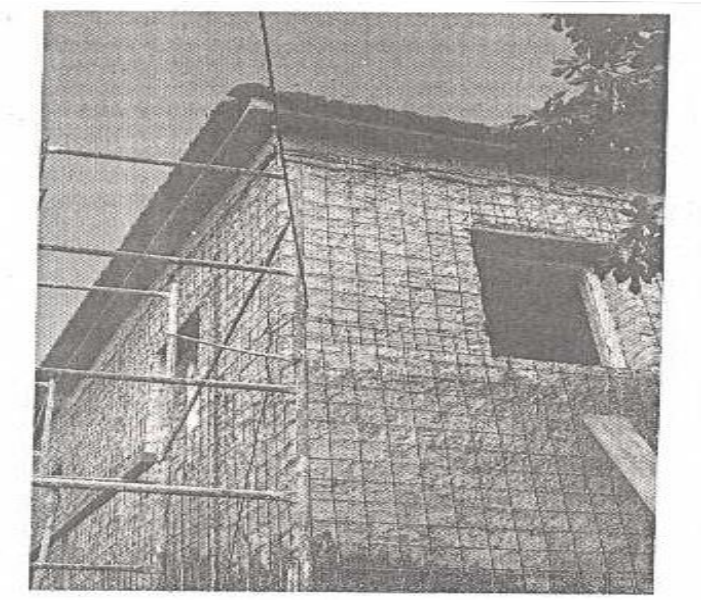
يمكن تقوية الحوائط الخرسانية بوضع الواح او شرائح حديدية على سطحها ويتم ذلك بعد ازالة الغطاء الخرساني اذا كان مطبل ويتم تنظيف السطح الخرساني مع دهان الحديد بكيما بوكسي 131 لمنع استمرار الصدأ ثم يتم تجهيز الشرائح والالواح الحديدية مع عمل ثقوب في هذه الشرائح ثم وضع طبقة من المونة الايبوكسية علي السطح ثم لصق الشرائح بعد دهانها بكيما بوكسي 150 من جهة وناحية الملاصقة للسطح الخرساني بعد الجفاف بعد وضع مسامير فيشر في اماكن الثقوب الموجود ة بالشرائح الحديدية ثم يتم تثبيت الشرائح في الأساسات او الكمرات عن طريق زوايا يتم لحامها في الشرائح الحديدية مع تثبيت الزوايا في الخرسانة بواسطة مسامير فيشر ومونة ايبوكسية

اذا كان سطح الخرسانة سليم وليس بة تطبيل يتم زنبرة السطح الخرساني ووضع طبقة مع المونة الايبوكسية علي السطح مع اتباع نفس الخطوات شكل (2.23).

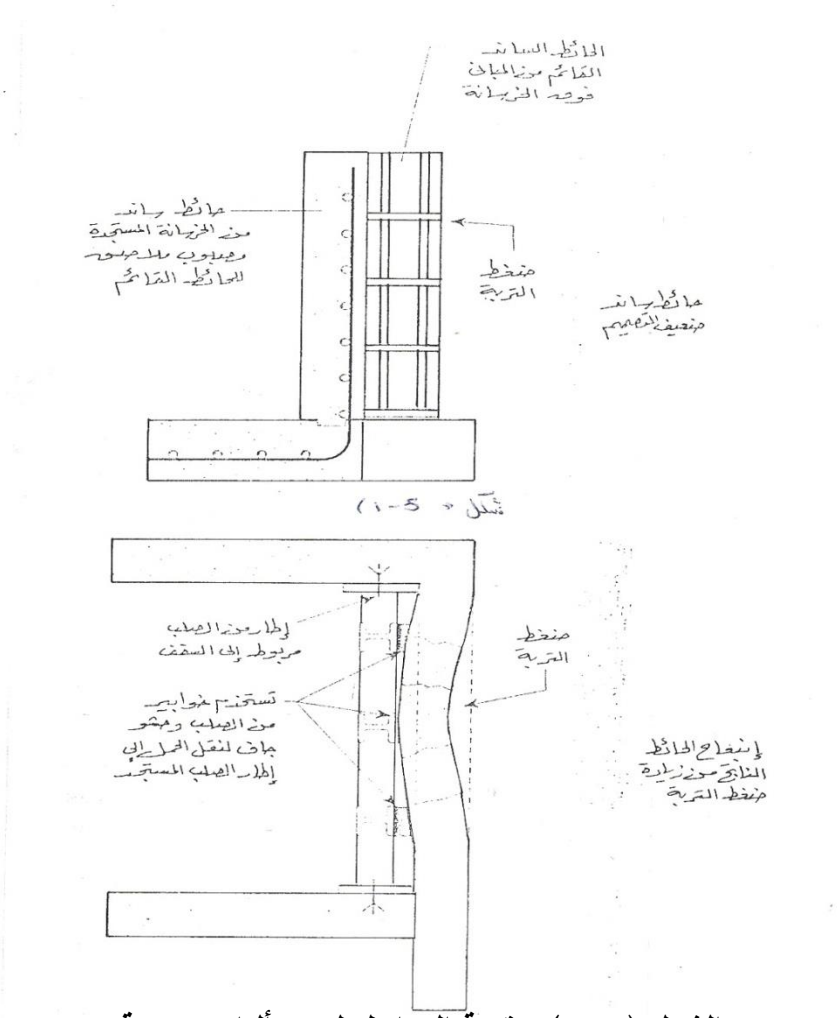
**3 إضافة الجدران الخرسانية المسلحة:**

هذه الجدران المضافة تزيد من الصلابة الجانبية ومن مقاومة المنشأ. وبالمقابل تزداد الكتلة ، وليس من المؤكد الوصول إلى تغير معتبر لقيمة الدور الطبيعي للمنشأ. ومع هذا فإننا نلاحظ

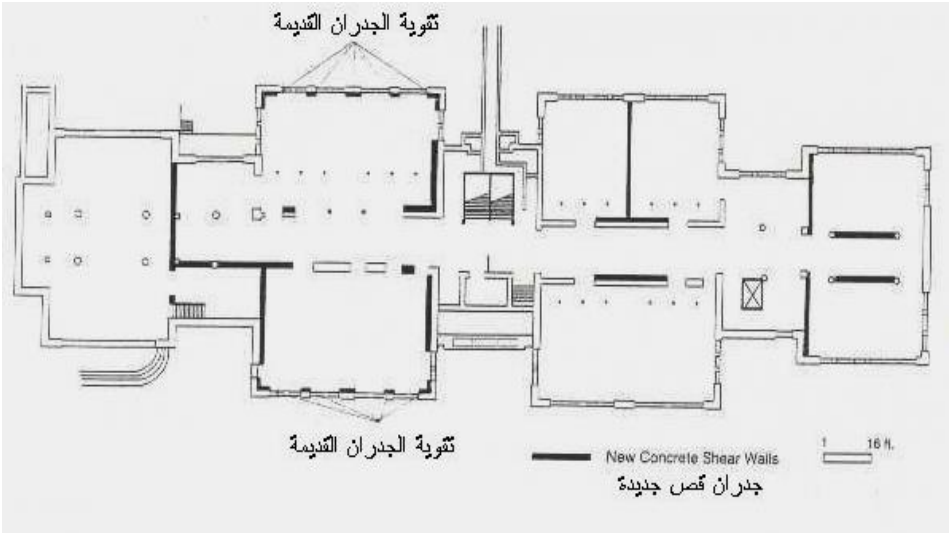
أن طريقة التدعيم هذه هي الأكثر استخداما لتقوية الأبنية القائمة التي يتألف هيكلها الحامل من جملة من الإطارات الخرسانية المسلحة. ونذكر أنه يجب تأمين ارتباط وثيق بين الجملة القديمة والجديدة (تفصيلات واضحة) مع مراقبة دقيقة للمواد شكل (2.24).



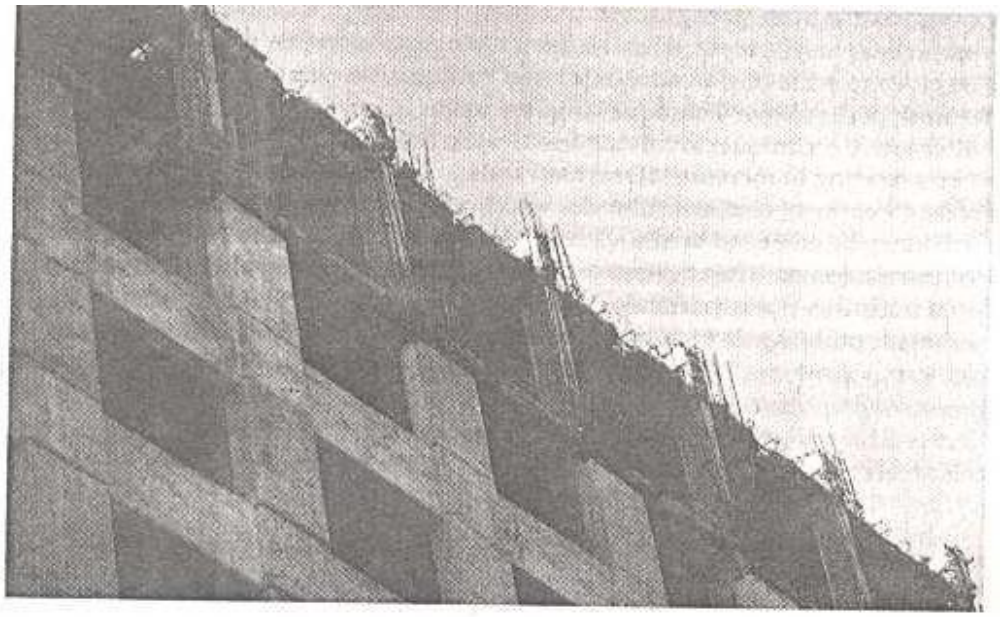
**الشكل (2.23): تقوية بناء حجري قديم أو متضرر باستخدام شبكة تسليح داخلي وخارجي مغطى بطبقة من البيتون الناعم.**



**الشكل (2.24): تقوية الحوائط بلصق ألواح حديدية.**

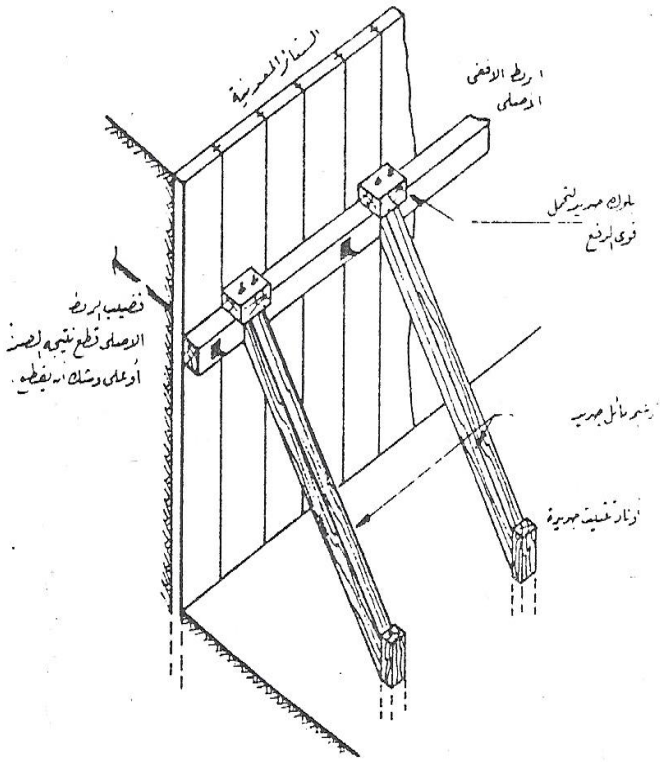



**الشكل (2.25 ):إعادة تأهيل مدرسة في شيكاغو بإضافة جدران قص لمقاومة الزلازل.**



**الشكل (2.26) يوضح تقوية بناء إطاري عن طريق إحاطته بجملة**

**من جدران القص (القصر العدلي في مكسيكو)**




**الشكل (2.27) يوضح التدعيم المائل للحوائط المتدهورة**

# الباب الثالث
# دراسة الحالة

**مقدمه**

في هذا الباب سيتم وصف المنشأه قيد الدراسه و كل المشاكل التي حدثت فيها كيفية حدوثها وأسبابها .

## 3.1 دراسة الحالة الأولى مبني منطقة البحوث الزراعية

. يقع المبني في ولاية الجزيرة محلية ود مدني الكبرى منطقة البحوث الزراعية التي تقع جنوب غرب مدينة ودمدني . والمبنى عبارة عن مكاتب إداريه لإدارة البساتين في البحوث الزراعيه ،يشغل المبنى مساحة 220 م$^2$ وتحتوي على عدد 24 عمود ، مقسمة الى عدد 9 مكاتب .

انحصرت المشاكل الداعية لإجراء عملية الصيانة فيما يلي :-

1. انفصال الأعمدة العليا عن العارضات و الأسقف .
2. إنبعاج الأعمدة العليا .
3. تلف مادة الخرسانة بشكل عام وخاصة في الأعمدة القصيرة داخل التربة .

الاشكال من(3.1) حتي (3.3) توضح صور عن حالة الموقع .

**الشكل (3.1): التهشم والإنبعاج في العمود القصير.**

**الشكل (3.2): إنبعاج الأعمدة القصيرة.**

**الشكل (3.3): تأثر المباني بحركة الأعمدة.**

يوضح صور للعمود القصير مع القاعدة والعارضة الارضية ( Grade beam) يُري بشكل واضح تآكل خرسانة الأساسات مع تهشم العمود القصير في الأسفل وانبعاج لحديد التسليح. من المرجح ان هذا التهشيم نتيجة لضعف مقاومة الخرسانة للاجهادات (أبعاد المقطع غير كافية ) او الحمولة الواقعة علي العمود و الانبعاج بسبب زيادة الحمولة الواقعة علي حديد التسليح نتيجة ضعف مقاومة الخرسانة .

## 2.4 دراسة حالة الثانية مبنى إدارة جامعة الجزيرة

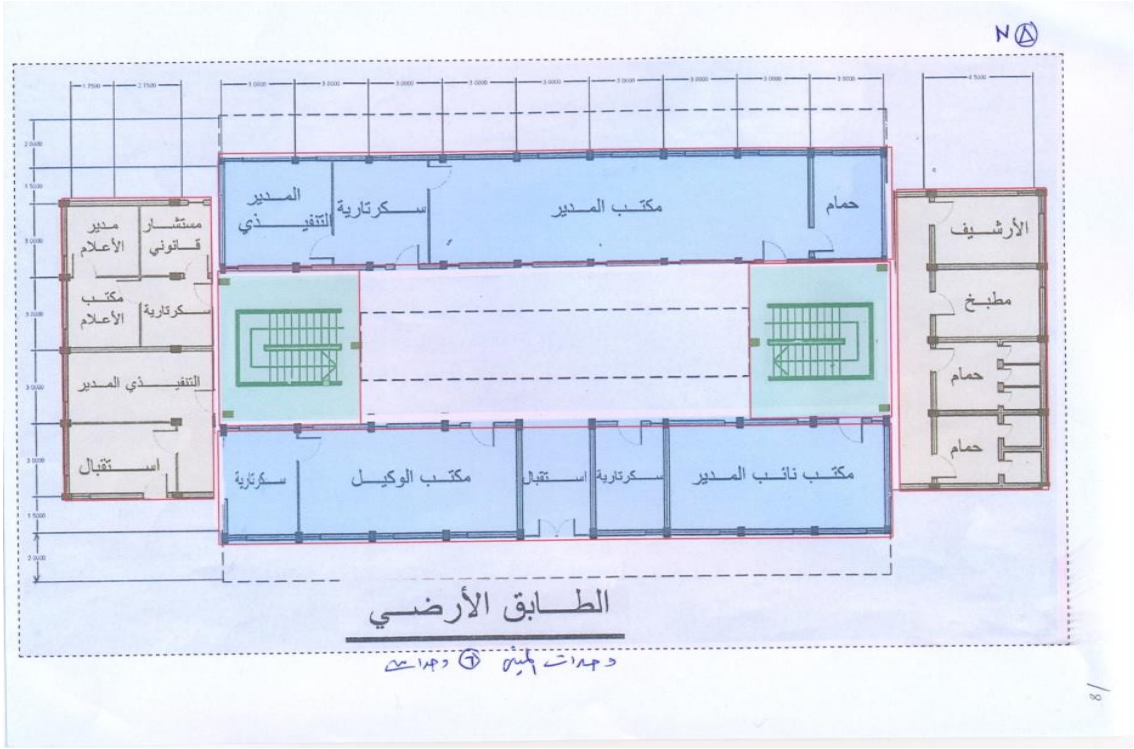
المبنى يقع شمال مدينة ودمدني، يوجد المبنى الإداري في الجهة الشمالية داخل مباني رئاسة جامعة الجزيرة ( النشيشيبة ) يتكون من ( أرضي + 3 طوابق) الشكل (3.4). يتكون المبنى من 6 وحدات منفصلة كما موضح في الشكل (4-11 ) و تفاصيلها كالتالي :

1. 1.المبنى الرئيسي يتكون من وحدتين منفصلتين الوحدة الشمالية ( جهة مكتب المدير) و الوحدة الجنوبية ( جهة مكتب الوكيل)
2. وحدتي الدرج وهي وحدات منفصلة واحدة من الجهة الشرقية و الثانية من الجهة الغربية تصل طوابق المبنى الرئيسي و كذلك وحدتي الخدمات
3. وحدتي الخدمات و توجد عند نهايات المبني من الجهة الشرقية و الغربية .

بدأ العمل في تشييد هذا المبنى فى النصف الثاني من ثمانينيات القرن الماضي (1985)م . لم يتم العثور على مخططات المبنى التنفيذية أو أي مستندات مكتوبة عن حالته بعد الاكتمال (As – Built Records) كما لا توجد مستندات صيانة دورية (Maintenance Record) للمبنى منذ إكتماله و حتى تاريخ حدوث المشكلة للاستفادة منها في تقييم حالة المبنى.

**الشكل (3.4) المبنى الاداري.**

شكل (3.5) مخطط للمبنى من الخارج.




في نهاية العام 2014 م حدثت حركة ظاهرة في وحدة الخدمات الغربية و يظهر ذلك بوضوح عند فاصل الحركة مع الوحدات الرئيسية و وحدة الدرج الغربية كما حصلت تصدعات و شروخ في مناطق التشابك في سقف الدرج عند الطابق العلوي و كذلك في بعض الحوائط و التصدعات كما في الأشكال من(3.7) الى(3.10) تمت إزالتها كمطلوبات سلامة. المبنى بصورة عامة بحالة جيدة ( أعمدة – كمرات – بلاطات – حوائط ) حيث لاتوجد تصدعات أو شروخ عدا مناطق الفاصلة.

**الشكل (3.7): يوضح تشابك المباني عند فواصل الحركة في سقفة الدرج الغربي.**

**الشكل (3.8) التصدعات عند فواصل الحركة بين و حدات المبنى من الجهة الغربية.**

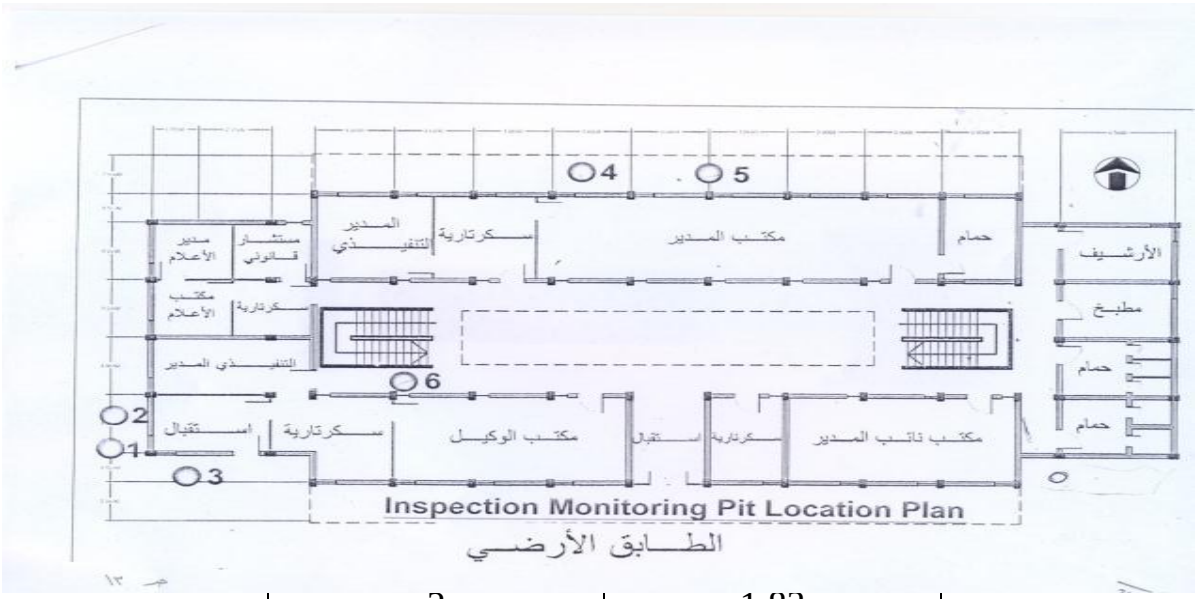
**الشكل (3.9): الفاصل بين الوحدة الغربية والجنوبية.**

**الشكل (3.10): الفاصل بين وحدة السلم والوحدة الجنوبية.**

مما لا شك فيه إن الحركة الموجودة في الجزء الغربي من المبنى تُعزي لحركة غير متماثله بين وحدة الخدمات الغربية مع وحدتي المبنى الرئيسي ووحدة الدرج . السبب الرئيسي لمثل هذه المشاكل هو تجمع الماء بكميات كبيرة في منطقة القواعد حيث تكون نفاذية التربة عالية مقارنة مع التربة الاصلية – Virgin Soil مما يؤدي الى الهبوط االصلد للقواعد Consolidation Settlement.

لتحديد أسباب وجود المياه و مصادرها تم التالي:

- تم حفر 5 نقاط إستكشافية في المواقع الموضحة في الشكل ( 3.11) و وجد الماء في 4 نقاط على عمق حوالي 1.5 م من سطح الأرض الجدول (3.1).
- البئر الموجودة في الناحية الشرقية وجدت مليئة بالماء لعمق 1.5 م من سقف البئر ( سطح الأرض) مما يؤشر إلى أن بها كمية كبيرة من الرواسب و إمكانية تسرب الماء منها الى التربة المنقولة حولها و الى تحت المبنى كبير.
- وجد إن السبتك تانك لا يعمل البتة و أن طريقة إستعماله ( تنظيف + ملئ بالماء) لا تتم بصورة صحيحة مما أدى الى نقل الرواسب بكميات كبيرة للبئر و أن السبتك تانك يستعمل كوعاء لتجميع الرواسب و لا يقوم بوظيفة التحليل و هذا الخطأ جاري في كل وحدات التخمير في الجامعة.
- توصيلات الصرف الصحي و ماء الشرب في الناحية الشرقية متهالكة ومخالفة للمواصفات القياسية Manhole shall be provided at change of direction or pipe size لهذه الأسباب يتم تسريب الماء من التوصيلات بكميات كبيرة كما في الشكل (4-17) .



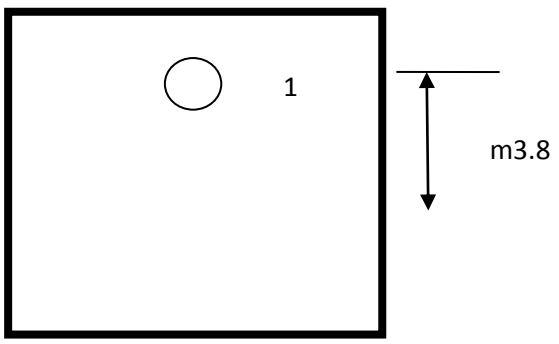

| | |
|---|---|
| 2 | 1.83 |
| 3 | 1.48 |

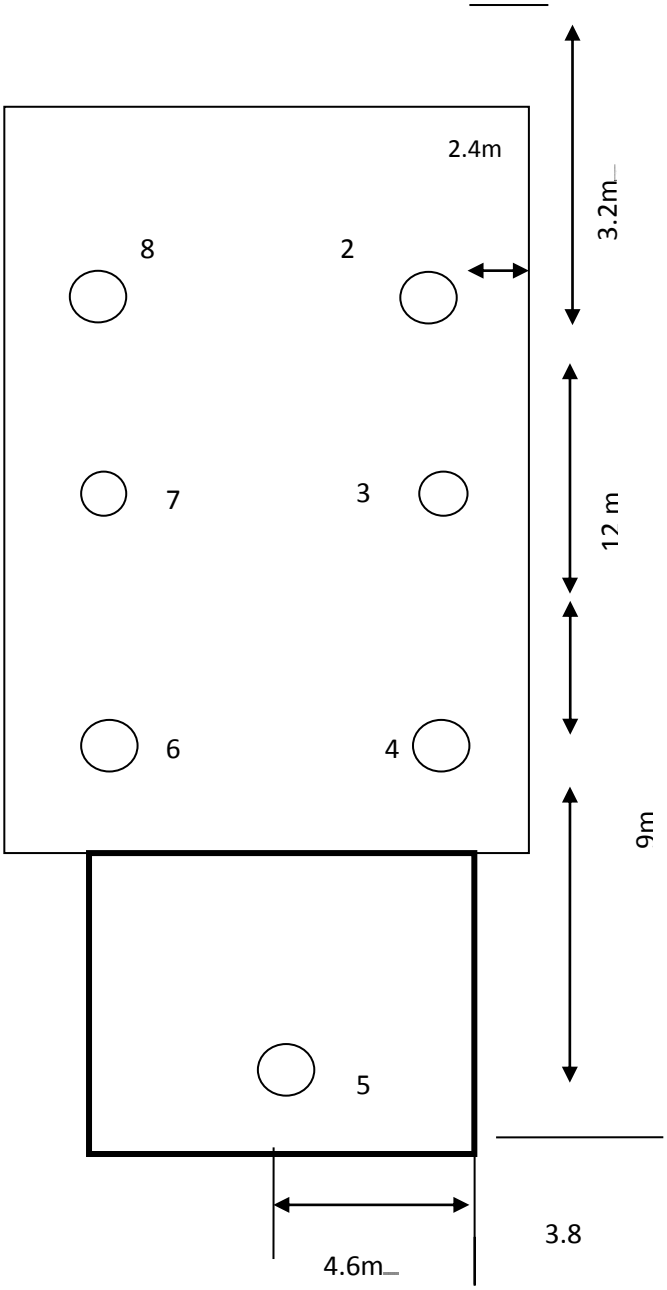
| | |
|---|---|
| 4 | 1.49 |
| 5 | 1.44 |

**الشكل (3.12) توصيلات الصرف الصحي و المياه العذبة.**

- توجد عدد 8 نوازل لصرف ماء المطر من السقف و هى عبارة عن ماسورة 4 بوصة أسبستوس مع وصلة (PVC) كما هو موضح في الأشكال (3.12) (3.13) والتي تمثل مصدر لتسريب الماء تحت المبنى حيث أن طريقة التوصيل مخالفة للمواصفات.

**الشكل (3.13): توصيل مواسير نوازل تصريف السقف.**






**الشكل (3.14): مخطط مواقع نوازل تصريف السقف.**

- تصريف مياه الأمطار في منطقة البهو يتم من خلال المانهول الموجود عند مدخل مكتب المستشار القانوني و الذي يمثل مصدراً كبيراً و محتملاً للمياه الموجودة غربي المبنى و اليها يُعزى سبب الحركة في وحدات المبنى من الناحية الغربية.
- مياه ري الساحات و الأشجار حول المبنى ( الجهة الجنوبية و الغربية) تمثل مصدراً آخر محتملا للمياه تحت المبنى.

# الباب الرابع

# المناقشه والتحليل

## مقدمه

في هذا الباب سيتم مناقشه ماتم جمعه من معلومات في الباب السابق وكيفية حل هذه المشكلات تحليل طرق المعالجة .

## 4.1 مبنى البحوث الزراعيه :

لحل مشكلة الأساسات يجب التخلص من تأثير المياه الجوفية بعمل عازل للمياه وذلك بعد تصريفها ويتم ذلك بعمل حفر في المكان المسموح به دون ان يؤثر علي الابنية المجاورة وشطف المياه بواسطة الأنابيب عن طريق المضخات. ازالة كل الخرسانة الضعيفة حتي الوصول للمنطقة الثابتة ونظافة حديد التسليح جيدا من الصدأ وذلك بصنفرة ودهان حديد التسليح بمادة إيبوكسيية مانعة للصدأ مع مراعاة زيادة طول الرباط في حديد التسليح لأن الدهان يقلل من التماسك بين الخرسانة وحديد التسليح تنص مدونة التصميم الامريكية أن الزيادة بالنسبة لطول الرباط تكون حوالي 50% في حالة ان يكون غطاء الخرسانة أقل ثلاث مرات من قطر السيخ ويجب الا يزيد سمك طبقة الدهان عن القيمة التي ذكرتها المدونة وهي 300 ميكرومتر .

زيادة سمك القاعدة مع زيادة حديد التسليح ، ويجب ان يكون حديد التسليح مقاوم للصدأ مع مراعاة عدم وضع حديد عادي بجوار الحديد المقاوم للصدأ حيث يؤدي ذلك الي حدوث عمليات تآكل سريعة .

صب الخرسانة بعد الانتهاء من عملية التسليح مع مراعاة استخدام موانع للصدأ مع الخلطة الخرسانية ، ويفضل استخدام نترات الكالسيوم حيث انها مناسبة للصب في الموقع حيث لا يوجد لها أي تأثير سلبي علي خواص الخرسانة يجب التنبه الي ان نترات الكالسيوم تعجل من زمن الشك في الخرسانة ولذلك يجب عند خلط الخرسانة اضافة بعض الاضافات التي تزيد من زمن الشك .

أما بالنسبة للعمود القصير، يجب زيادة مقطع العمود لتحمل الاجتهادات الواقعة عليه وذلك بعمل قميص خرساني أو حديدي و القميص هو جسم خرساني يلتف حول الخرسانة القديمة لتقوية العمود . ولكي يكون القميص فعالاً يجب تخفيف الحمل الواقع علي العمود قبل عمل القميص و الا لن ينقل العضو القديم جزء من حمله إلى القيمص . وتخفيف الأحمال يتم إما بإزالة بعض الحوائط و الأرضيات او بعمل دعامات راسية لرفع الكمرات المتصلة بالعمود قليلا قبل عمل القميص . يتم عمل القميص باتباع الخطوات التالية :-

1- إزالة طبقات البياض وينظف السطح الخرساني جيدا .
2- يتم تثقيب جميع الأسطح يدوياً باستعمال الأجنة و المطرقة بطريقة لا تاثر علي سلامة العمود.
3- تزرع أشائر في البلاطات و القواعد لربط الكانات بقطر 10 او 8 ملم علي حسب تصميم القميص علي مسافات متباعدة يحددها المصنع كما هو مبين في الشكل (4.1).

**الشكل (4.1): طريقة عمل القميص.**

4-تزرع عشائر في العمود عن طريق ثقوب علوية وسفلية تزرع فيها العشائر بطول لا يقل عن 70 سم او 50 مرة قطر حديد التسليح أيهما أطول. لزرع العشائر سواء للكانات أو الحديد الرئيسي يجب تنظيف الثقوب جيدا عن طريق ضغط الهواء ثم تحقن الثقوب بمادة رابطة ايبوكسية .

5-يتم دهن سطح العمود القديم بمادة رابطة قبل الانتهاء من نجارة الضلع الرابع لفرم القميص بعد عمل الحديد.

6-يتم الصب قبل مرور ساعة من دهن المادة علي الجسم العمود القديم لربطه بالجديد.

7-يتم الصب بواسطة خرسانة معدلة عن طريق استخدام الاضافات لزيادة زمن الشك، وذلك للتمكين من الصب و الدمك الجيد لضمان التماسك بين العناصر الجديدة و القديمة.

8-يتم صب القميص باستخدام مضخة خرسانية ، لصعوبة الصب من اعلي وقد تم اتباع نفس الخطوات السابقة في تنفيذ عملية الصيانة الفعلية في المواقع كما يوضح الشكل (4.5)

**المعالجات المقترحة :-**

**لعمل معالجة يقترح عمل قميص للعمود التالف بالمواصفات التالية :-**

- تجنب الركام الذي يحتوي علي السليكا النشطة وكذلك الركام الذي يحتوي علي الكربونات لتجنب تفاعل الركام مع القلويات التي تسبب شروخ قد تحدث تلفاً لمادة خرسانة العمود مجددا.
- ايضا استعمال اسمنت ذو نسبة قلويات منخفضة استعمال ركام ذو مقاس اعتباري صغير ويمكن ايضا دهان حديد التسليح عن طريق استخدام انواع معينة من الايبوكسي قادرة علي حماية حديد التسليح من الصدأ

**تتلخص خطوات الصيانة في الآتي:-**

- إزالة الغطاء الخرساني للعمود ثم تنظيف حديد التسليح باستخدام فرشة سلك ثم رفع الحمل جزئيا بواسطة روافع ميكانيكية.
- دهان حديد التسليح بمادة إيبوكسية مانعة للصدأ ، ملء الفراغ بين العمود الجديد والقديم بمادة إيبوكسية أما بقية الخطوات لا تختلف عن ما سبق ويمكن اختصارها بخطوات القميص العادي السابق ذكرها.

**الشكل (4.3): تعشيش في العمود وصدأ لحديد تسليح العمود.**

الشكل (4.3) يوضح التعشيش في خرسانة الوصلة بين العمود والكمرة و صدأ حديد التسليح ومن المرجح أن التعشيش يكون نتيجة استعمال خرسانة جافة أكثر من اللازم او نقص في الدمك نتيجة توقف الهزاز أو عدم استخدامه نهائياً.

**كيفية المعالجة :-**

- ازالة الخرسانة التالفة في العنصر الانشائي المراد صيانته .
- صنفرة حديد التسليح لإزاله الصدأ باستخدام فرشة سلك .
- يدهن حديد التسليح بمادة ايبوكسية مانعة للصدأ .
- تدهن الأجزاء الخرسانية أسفل الغطاء الخرساني المزال بمادة إيبوكسية ويراعي إعادة الغطاء الخرساني قبل تمام جفاف المادة المستخدمة .
- إعداد فرم تتناسب مع شكل العضو الانشائي .
- عمل خلطة خرسانية وبالمواصفات التالية :

أ/ التأكد من التدرج السليم للركام ويجب أن يكون خالي من الاملاح .

ب/ استعمال مياه صالحة ومناسبة سواء في الخلطة أو غسيل الركام ويحظر استخدام المياه الراكدة .

ج/ الاهتمام بإجراء الاختبارات علي المواد المستخدمة .

د/ استخدام اضافات مانعة للنفاذية .

هـ/ اضافة الياف للخلطة الخرسانية لتزيد من تماسك الخرسانة .

و/ عدم تاخير الصب بعد الخلط .

وقد تم اتباع نفس الخطوات في الموقع لحل هذه المشكلة

**الشكل (4.4): الوصله بعد عملية صيانة صدأ حديد التسليح والتعشيش.**

يوضح الشكل (4.5) عمود ركني واضح من الشكل حدوث شرخ في منطقة التقاء العمود بالعارضة مع ظهور حديد تسليح العارضة بالقرب من العمود. مثل هذا النوع من المشاكل يرجع الي ضعف مقاومة الخرسانة أو صب العمود دون عمل عشائر لربطها مع العارضة وبالتالي حدوث انفصال بين العمود و العارضة .

**المعالجة المقترحة :-**

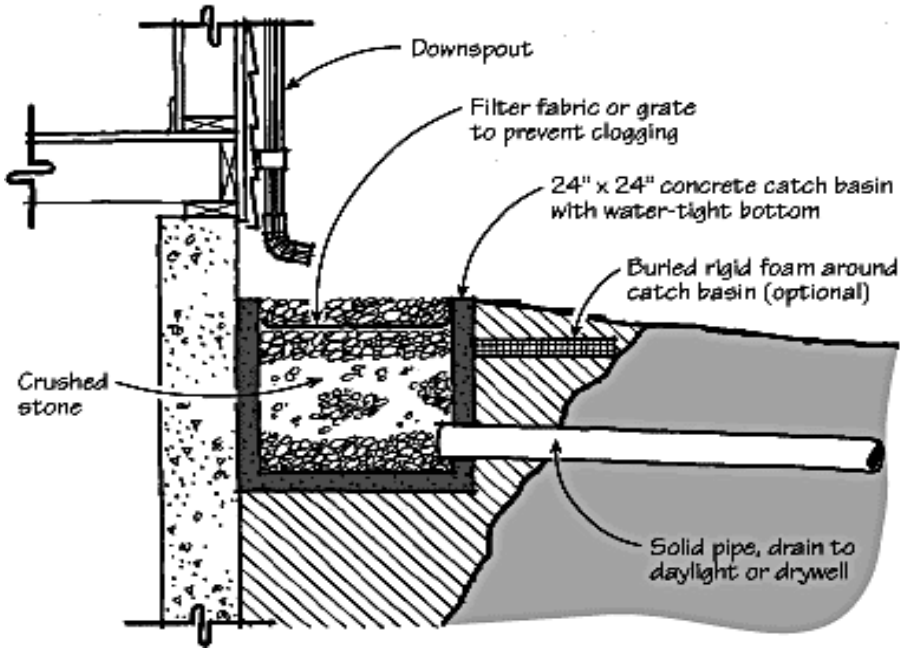
- ازالة البياض تماما خاصة في منطقة الشرخ لتوضيح الرؤية ومعرفة عرض الشرخ ومكانه بالتحديد
- تكسير الخرسانة التالفة بواسطة المطرقة
- تنظيف المنطقة التي تم تكسيرها بواسطة جهاز ضغط الهواء
- زيادة مقطع العمود وزيادة حديد التسليح بعمل قميص
- عمل ثقوب للعمود مع نظافة الثقوب .
- تحقن مادة ايبوكسية داخل الثقوب ثم تزريع حديد التسليح في الثقب مهمة هذه السيخة ربط العمود القديم بالقميص الجديد
- اعداد الفرم وتثبيتها
- يتم الصب بواسطة المضخة داخل الفرم لصعوبة الصب يدويا .

**الشكل (4.5): معالجة العمود الركني.**

## 4.2 مبنى إدارة جامعة الجزيرة :

**لمعالجة هذا المبني يقترح عمل الآتي:**

1. عمل نظافة للبئر مع التقويص لعمق 30 سم في الرمل النظيفه وكذلك نظافة حوض التخمير من الرواسب جيداً وعمل فلتر عند مخرج حوض التخمير .
2. إزالة كل خطوط الصرف الصحي المسربة للمياه و إستبدالها بمواد جيدة و تركيبها بصورة صحيحة Manhole shall be provided at change of direction or pipe size بواسطة عمالة مدربه و إختبارها قبل إعادة تشغيلها .
3. توجد عدد 8 نوازل لصرف ماء المطر من السقف و هى عبارة عن ماسورة 4 بوصة أسبستوس مع وصلة (PVC). نوصي بمراجعة ميول السقف مع توفير Proper downspout Connection كما هو موضح في الشكل (3.14).




**الشكل (4.6): مخطط يوضح طريقة تجميع نوازل السقف.**

4. بالنسبة لتصرف مياه البهو من خلال المانهول الموجود عند مدخل مكتب المستشار القانوني يحتاج لإختبار للتأكد من عدم وجود تسريب و أن ماسورة التصريق مستقيمة و تصرف المياه

بعيداً عن المبنى، نوصي بتصريف هذه المنطقة عبر مصرف Trench مفتوح ( 20×20سم) حتى ولو أدى ذلك لإلغاء أحد الغرف.

5. مراقبة حركة المبنى خاصة الجزء الغربي لقياس مقدار الحركة. في حالة زيادة الحركة و ظهور تأثيرها السالب على عناصر الهيكل الرئيسية نوصي بإخلاء الوحدات المتأثرة أو إزالتها.
6. إن سلامة الهيكل الخرساني للمبنى حتى تاريخ هذه الدراسة بفضل التصميم الجيد لفواصل الحركة و الذي نوصي أن يتخذ من مطلوبات Mandatory Requirements التصميم مستقبلاً خصوصا في حالات التشييد على التربة الطينية.

# الباب الخامس
# الخلاصة و التوصيات

## 1.5 الخلاصة :

لاشك أن المجهود الفكري المبذول بواسطة المهندس لتقييم المباني المتصدعة ذو أهمية كبيرة لمعرفة الأسباب التي أدت للتصدع وبالتالي إختيار المعالجة المناسبة حيث أن تصدعات المباني أصبحت ظاهرة ملحوظة تعددت أنواعها وأشكالها ، بدءا من الشروخ البسيطة أوالميل الخفيف إلى الإنهيار الجزئي أو الكامل ، وتعددت أسبابها من أخطاء في التصميم أوقصور في دراسة التربة و الظروف المحيطة وعدم كفاية في التفاصيل إلى أخطاء في التنفيذ وقصور في الإشراف عليه .

دراسة هذه العيوب وتحسين فهمنا لطبيعة الخرسانة المسلحة وطبيعة الحركة في المنشآت غير المحددة استاتيكيا يساعد على الحد منها كما أن دراسة حالات الانهيار التي حدثت وتحليلها يساعد في تفادي حدوثها مرة أخرى

من دراسات الحالة السابق ذكرها و المشاكل التي بالمبني واسبابها باختلافها من مشاكل في الاساسات و الاعمدة و الوصلات بين الاعمدة و الابيام والتي تتمثل في التكل في الرخرسانة وضعف مقاومتها وصدا في حديد التسليح وشروخ في الاعمدة وانحراف بعض الاعمدة الطرفية .تمت معالجة المشاكل وفقا للحلول المقترحة كالتالي :-

1- زيادة مقطع العمود وتذريع حديد تسليح جديد لحل مشكلة تهشم الخرسانة في الاعمدة.
2- تنظيف الحديد الصدأ وازالة الجزء المنبعج تماما قبل عمل القميص للأعمدة.
3- ازالة المياه و الجزء المعشش من المقطع الخرساني وصبه من جديد.
4- حقن مادة إيبوكسية داخل الشرخ بعد تنظيفه تمامنا وإزالة البياض عنه .
5- تجنب الركام الذي يحتوي علي السليكا النشطة وكذلك الركام الذي يحتوي علي الكربونات لتجنب تفاعل الركام مع الغلويات.
6- استخدام حديد تسليح مقاوم للصدا لتسليح القميص الخرساني.
7- استخدام مادة رابطة يدهن بها سطح العمود القديم قبل الانتهاء من عملية نجارة القميص.
8- مراعاة استخدام اضافات للخلطة الخرسانية مقاومة للتاكل عند تنفيذ معالجة الاساسات.

9- اضافة الياف الي الخلطة الخرسانية المستخدمة في معالجة التعشيش لتزيد من تماسك الخرسانة.

10- حقن مادة ايبوكسية داخل الثقوب ثم ادخال سيخة في الثقب مهمة هذه السيخة ربط العمود القديم بالقميص الجديد

11- تعتبر التصدعات من أكبر وأهم المشاكل التي تواجه المنشآت الخرسانية .

12- إن تجمع الماء بكميات كبيرة في منطقة القواعد حيث تكون نفاذية التربة عالية مقارنة مع التربة الأصلية – Virgin Soil يؤدي الى هبوط التصلد للقواعد Consolidation Settlement الذي يظهر بدوره في شكل حركة .

13- أهمية الصيانات الدورية للمباني ومراجعة خطوط الصرف الصحي والمياه الحلوة .

**2.5 التوصيات :-**

من أهم نتائج هذه الدراسة تأكيد إمكانية تشييد مباني خرسانية ذات ديمومة عالية كما يسلط الضوء على أهمية التقييم الفني للمباني المتصدعة بإعتبارها وسيلة للتعلم والإستفادة من الأخطاء السابقة وتحديد المعالجة المثلى ولتحقيق ذلك نوصي باللآتي :

1- عمل الدراسات الكافية والمناسبة لطبيعة الموقع ونوع التربة ومعرفة خواصها وقوة تحملها وتأثيرها الجانبي علي المبنى.

2- الإهتمام بالتصميم والإفتراضات التي بنى على أساسها، وطريقة التنفيذ.

3- عمل الاختبارات اللازمة للخرسانة اللدنة والمتصلدة لمعرفة مدي مقاومتها للاحمال و الاجهادات

4- عمل الاختبارات اللازمة لحديد التسليح لتحديد مدي مقاومته للاحمال الواقعة عليه والتاكد من مطابقته للمواصفات.

5- ان يتم تنفيذ الاعمال الخرسانية تحت اشراف المهندس وفقا للمواصفات و الشروط والعمل علي تجنب اخطاء التنفيذ

6- الالتزام بالصيانة الدورية للمبني و ترميمه لتجنب الاسباب التي تؤدي الي الانهيار .

7- الإهتمام بتأهيل الكادر الفني المنوط به عمل الدراسات الفنية للمباني المتصدعة .

**المراجع :**


1. أ.د خليل ابراهيم واكد ( اسباب انهيار المباني ) الناشر دار الكتب العلمية للنشر و التوزريع – القاهرة
2. أ.د عبد الفتاح القصبي (ترميم المنشات الخرسانية ) الطبعة الاولي 2009م
3. شريف ابو المجد ، عمرو سلامة ، م /امير كمال ( تصدع المنشات الخرسانية طرق إصلاحها)
4. م : محمد عبد الله نجيب الريدي ( اصلاح وصيانة المنشات الخرسانية المعرضة للصدا ) الطبعة الأولي 2002م