

تشخيص حالة المنشأ

د . جودة غانم

تشخيص حالة المنشأ

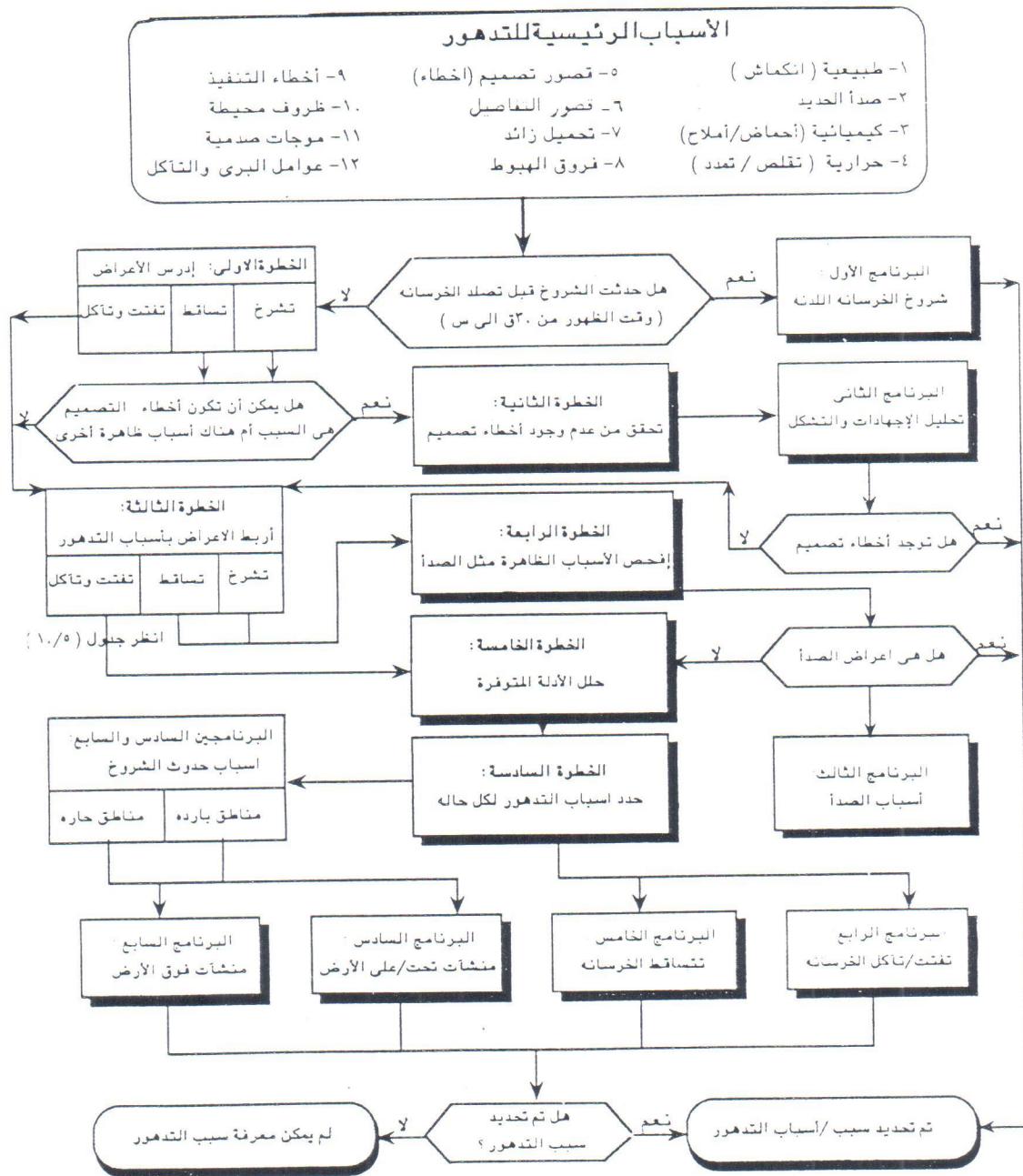
مقدمة:

إن تشخيص الأعراض التي ظهرت على منشاً خرساني ، ومعرفة سبب التدهور ، تعتبر إلى حد كبير عملية استبعاد للاحتمالات غير المرجحة وحتى الوصول إلى الاحتمال الأكثـر ترجيحاً - شـكل (٣) - ويجب الأخذ في الاعتـبار إن أي طـريقة للـتشخيص مـهما كانت شاملة فقد لا تؤدي دائمـاً إلى اـحتمـال وـحـيد للـتصـدـع ، وسبـب ذـلـك غالـباً هو نـقـص المـعـلومـات الدـقـيقـة عن تـارـيخ المـنـشـأ وـوقـت ظـهـور الشـرـوخ وـالمـلـابـسـاتـ الـمـحيـطـةـ بـذـلـكـ وـهـنـاكـ سـبـبـ آخـرـ هوـ مـسـتـوـيـ المـعـرـفـةـ الـحـالـيـةـ وـالتـقـدـمـ الـعـلـمـيـ فـيـ مـجـالـ اـخـتـبـارـ الـمـنـشـآـتـ الـخـرـسـانـيـةـ وـمـدـىـ الـقـدـرـةـ عـلـىـ تـشـخـيـصـ اـسـبـابـ الـعـيـوبـ ،ـ وـلـكـنـ فـيـ بـعـضـ الـحـالـاتـ يـكـونـ سـبـبـ الـعـيـوبـ ظـاهـراًـ ،ـ وـعـنـ طـرـيقـ بـعـضـ الـاخـتـبـارـاتـ التـأـكـيـدـيـةـ يـمـكـنـ تـحـدـيدـ بـثـقـةـ وـالـبـدـءـ فـيـ العـلاـجـ .ـ

ومشكلة نقص المعلومات مشكلة أساسية في صعوبة التشخيص ، ويرجع ذلك لعدم تسجيل المعلومات الهامة أولاً ، ثم لعدم الاحتفاظ بها في السجلات الخاصة بالمنشأ بعد انتهاء الإنشاء ، فكثيراً ما نجد إن معلومات أساسية مثل نوع وكمية الأسمنت في الخلطة ونسبة الماء ومصدر الركام وطريقة الدلك والظروف الجوية وغير ذلك غير معلومة، ولكن رغم هذا العائق فإنه باتباع أسلوب علمي في التشخيص - كالخطوات المبينة في هذا الجزء - وعمل الاختبارات الملائمة والاعتماد على الحكم الهندسي السليم ، يمكن عمل الكثير نحو تشخيص اسباب التصدع ووضع خطوط عريضة للإصلاح .

و قبل عرض الخطوات الواجب اتباعها عند التشخيص فلا بد من كلمة تحذير وهي : انه مالم يكن السبب الذي تم التوصل اليه ظاهرا بما لا يدع مجالا للشك ، فلا ينصح بالتوقف عند خطوة ما في طريق التشخيص ؛ لأن العيوب التي ظهرت قد تكون بسبب عدة عوامل وليس عاملـاً واحدـاً، ولا يكفي تحديد عامل واحد وعلاجه حتى وان كان اكثـرـ هـذـهـ العـوـاـمـلـ ظـهـورـاًـ ،ـ وـاـنـماـ يـجـبـ تـحـدـيدـ كلـ الـعـوـاـمـلـ الـتـيـ قـدـ تـكـونـ السـبـبـ فـيـ هـذـهـ الـعـيـوبـ لـكـيـ يـكـونـ العـلاـجـ سـلـيـماًـ .ـ

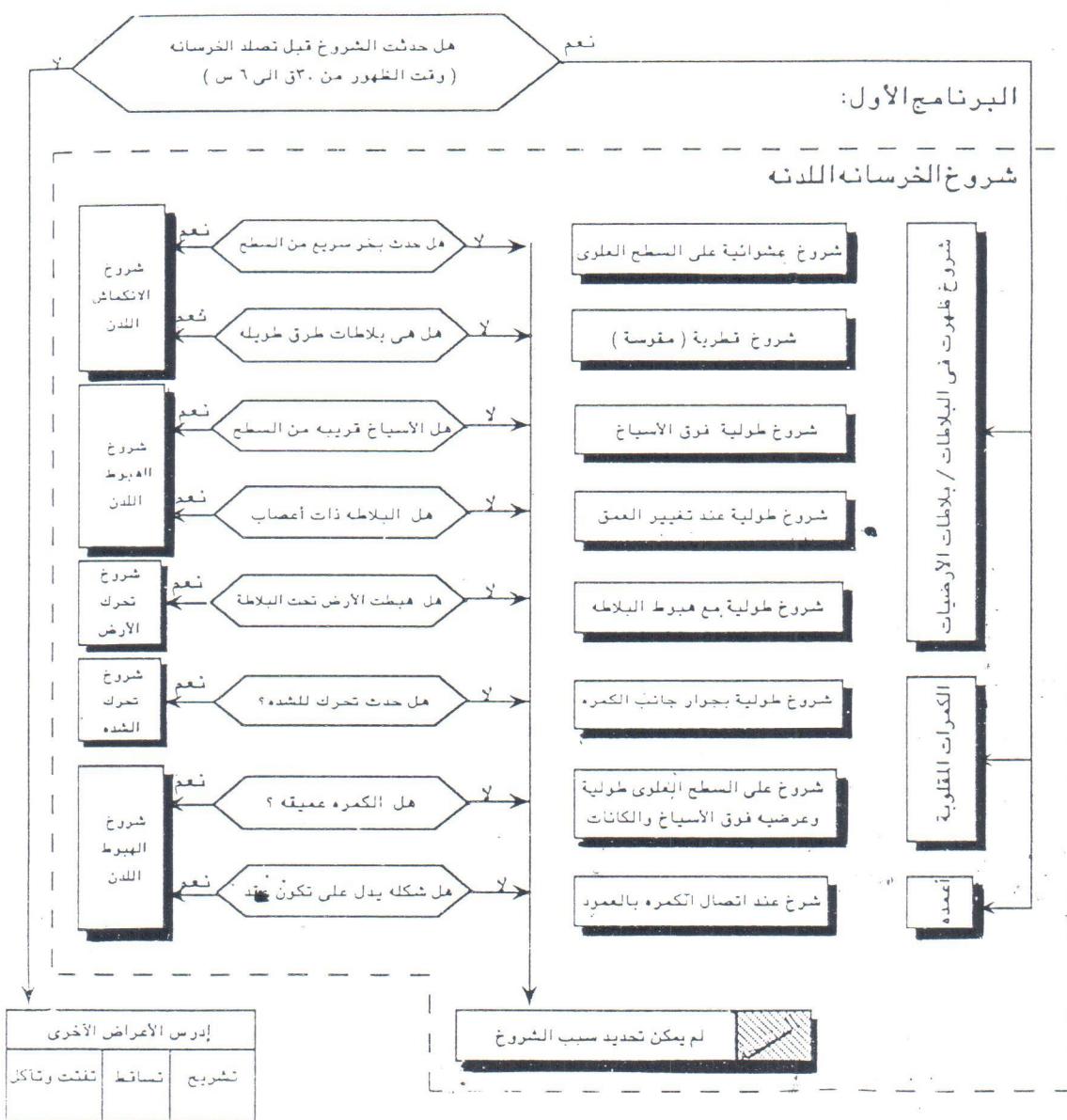
تشخيص حالة المنشآت



شكل (٣) رسم تخطيطي لأسلوب تشخيص أسباب التدهور

تشخيص شروخ الخرسانة اللدننة :

و هذه الشروخ تظهر في مرحلة التنفيذ و قبل تصلد الخرسانة - اي في مدى ست ساعات من الصب - و تحديد اسباب ظهور هذه الشروخ يختلف باختلاف مكان الظهور و شكل الشروخ فالشروخ التي تظهر في البلاطات قد يكون سببها الانكماش اللدن اذا حدث بخر سريع من السطح - وتكون الشروخ في هذه الحالة ذات شكل عشوائي - او اذا كانت شروخا في سطح بلاطات الطرق الخرسانية تكون مقوسة و متتالية شكل (٤) .



شكل (٤) رسم تخطيطي لخطوات البرنامج الأول لشرح شروخ الخرسانة اللدننة

اما الشروخ الطولية التي تأخذ شكل الأسياخ العلوية فغالباً ماتكون بسبب الهبوط اللدن قرب الأسياخ عن السطح العلوى ، والشروخ الطولية في حالة عدم وجود اسياخ قريبة من السطح قد تكون بسبب التغير في العمق في حالة البلاطات ذات الأعصاب أو التغير في عمق البلاطات الالکمرية - وقد تكون هذه الشروخ بسبب هبوط الشدة أو هبوط الأرض تحت الشدة وشكل الشروخ في هذه الحالة هو الذي يعطى فكرة عن السبب وملحوظة إن هبوطاً قد حدث هي التي تترجمه .

اما الشروخ في الكمرات المقلوبة فتظهر في السطح العلوى ، وهى اما شروخ طولية بجانب احد جانبي الكمرة ، ويكون سببها في هذه الحالة هو تحرك جانب الشدة او شروخ طولية وعرضية تأخذ شكل التسلیح العلوی والکانات وسببها غالباً الهبوط اللدن في حالة الكمرات العميقه . وظهور شروخ عند اتصال الكمرة بالعامود بعد فك العامود مباشرة يكون سببها الهبوط اللدن اذا كان الشرخ مقوساً ، يدل على حدوث عقد Arch . اما الشروخ الرأسية فغالباً ما يكون سببها عدم تدعيم الشدة وحركتها بعد الشك الابتدائي للخرسانة .

تشخيص عيوب الخرسانة المتصلة :

دراسة الأعراض (الخطوة الأولى) :

هناك ثلاثة اعراض لتصدع المنشآت الخرسانية :

- اما شروخ Cracking
- او تساقط الخرسانة Spalling
- او نفخة وتأكل الخرسانة السطحية Disintegration .

ودراسة هذه الأعراض يعني ملاحظة الأسباب الظاهرة للعيوب مثل أعراض الصدأ ، أو الانفاس والتلميح المصاحب لهجوم الكيماويات ، أو الهبوط في الأساسات نتيجة حفر مجاور أو مشابه ذلك من الأسباب ، لأنه في حالة وجود اسباب ظاهرة واضحة فان التشخيص سيكون سهلاً ، ولا يصبح هناك داعياً لاتباع باقي الخطوات الا اذا كان هناك شك في وجود اسباب اخرى غير الاسباب الظاهرة .

وفي حالة عدم وجود اسباب واضحة أو الرغبة في متابعة استقصاء اسباب العيوب ، فلا بد من الإجابة على سؤال هام وهو : هل يمكن ان تكون اخطاء التصميم هي السبب في حدوث العيوب ام لا ؟ فإذا كانت الأعراض بعيدة عن ان تسببها اجهادات عالية أو تشكل زائد أو هبوط وحركة في الأساسات - وذلك بخلاف تأثير العمل في موقع مجاور - فان خطوة التحقق من وجود

اخطاء تصميم يمكن إغفالها ، اما اذا كان احتمال ان تكون اخطاء التصميم هي السبب الأكثر احتمالا لامكان استبعاده ، فالخطوة التالية يجب أن تكون تقصى هذا الاحتمال ، وفي هذا الصدد يجب التنبيه على إن تفتت وتأكل الخرسانة السطحية من غير الممكن ان يكون سببه اخطاء في التصميم وانما ذلك قاصر على اعراض التسريح وتساقط الخرسانة فقط .

←تحقق من عدم وجود أخطاء تصميم (الخطوة الثانية) - (شكل ٥) :

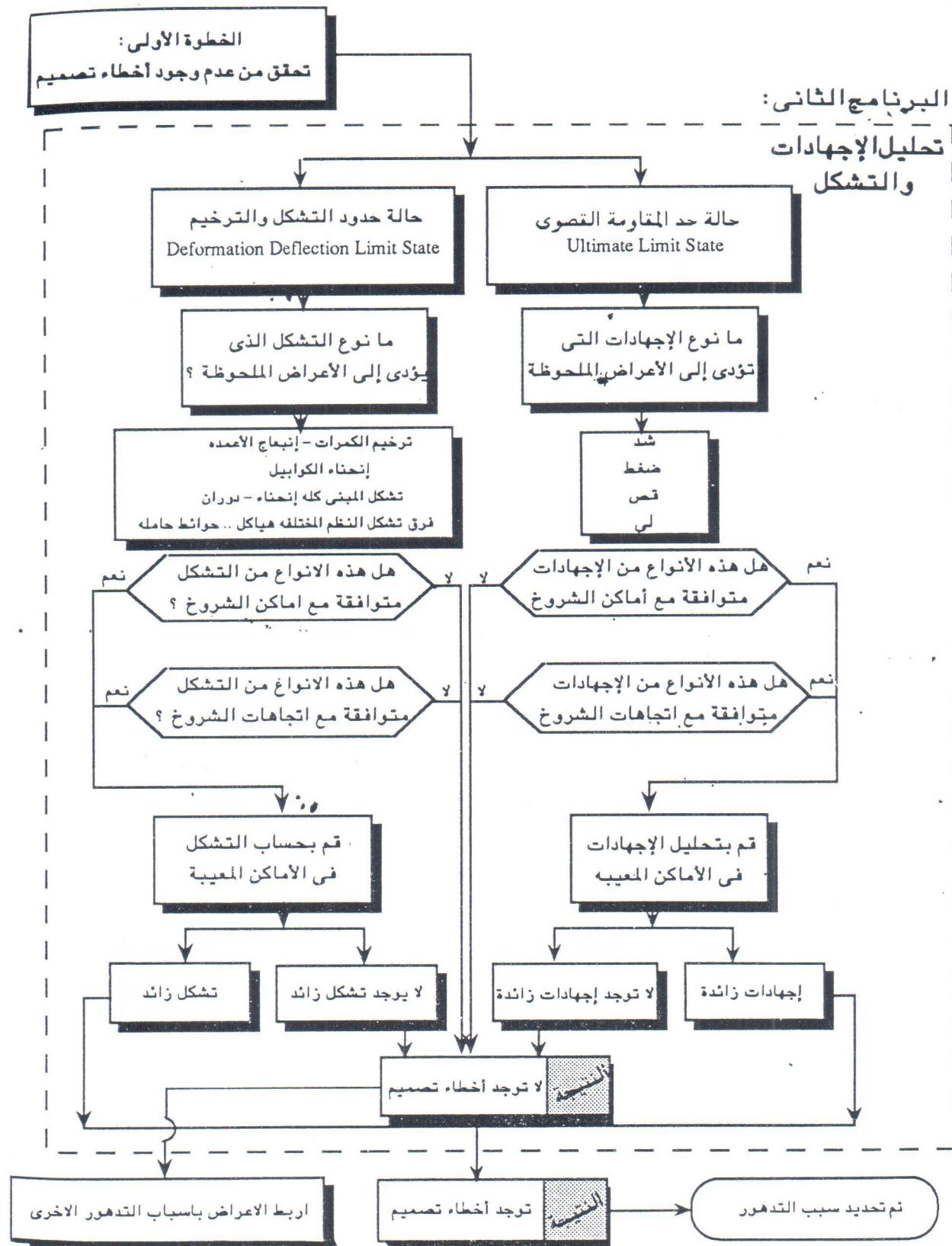
واخطاء التصميم التي يمكن ان تسبب حدوث تصدعات فى المنشآت الخرسانية تدرج تحت ثلاثة اقسام رئيسية :

١. أخطاء تصميم تؤدى إلى زيادة الإجهادات عن قدرة الأعضاء على التحمل Overstress
٢. أخطاء تصميم تؤدى إلى زيادة التشکل عن المسموح به .
٣. أخطاء تصميم تؤدى إلى هبوط أو حركة في الاساسات لا يستطيع المنشآت استيعابها بدون تصدع .

ويجب التنويه على انه اخطاء التصميم لاتحدث كثيرا و خاصة بعد استحداث نظم مراجعة التصميم قبل التنفيذ - من جهة غير الجهة المصممة - ولكنها تحدث احياناً ، ولذا فان مراجعة الرسومات والنوتة الحسابية الخاصة بالمنشآت يتم فقط اذا كان هناك دليل واضح على احد اخطاء التصميم المبينة عاليه .

القسم الأول :

- وبالنسبة للقسم الأول من اقسام اخطاء التصميم ، فان اسلوب المراجعة يمكن ان يتم كما يلى :
- يحدد نوع الاجهادات التي من المحتمل ان تكون سبب الاعراض التي تم ملاحظتها - اجهادات شد ، ضغط ، قص ، لى (Torsion) تمسك ... الخ - فعلى سبيل المثال اجهادات الشد تسبب شروحاً بدون تساقط فى الخرسانة وعادة ما يكون شرعاً واحداً او مجموعة قليلة من الشروخ كافية لليزول القيد على الحركة المسببة للشروخ ، اما اجهادات الضغط العالية فغالباً ماتكون مصاحبة بتساقط الخرسانة وتقتتها (Crushing) قبل تحفييف او زوال القيد على الحركة ، وزيادة اجهادات القص او الى قد يصاحبها تساقط الخرسانة او لا يصاحبها . ولكن شكل الشروخ يكون واضح الدلالة لأنها شروخ مائلة ، وعلى ذلك فإذا كانت الشروخ غير مائلة وغير مصاحبة بتساقط فى الخرسانة فيمكن استبعاد اجهادات الضغط والقص الزائد وبالعكس اذا كان هناك تساقط فى الخرسانة فيمكن استبعاد اجهادات الشد الزائد.



شكل (٥) رسم تخطيطي لخطوات البرنامج الثاني تحليل الإجهادات و التشكّل

كما انه يمكن ربط مكان واتجاه الشرخ فى العضو الخرسانى بنوع الإجهاد الزائد المحتمل، فمثلاً العصب (Web) عادة ما يقاوم القص ، والشروخ فيه عادة ماتكون نتيجة نقص فى تسلیح القص ، اما الشفة (Flange) فهى تقاوم الانحناء ، وتكون اجهادات الشد القصوى نتيجة الانحناء هى عادة سبب الشروخ الطولية فيها ، وتبلغ اجهادات اللي اقصى قيم لها فى منتصف الأسطح الخارجية للكمرات المستطيلة ، وتحدث شروخ اللي على الوجهين ولكن فى اتجاهين مختلفين ، وبالتالي فان ظهور شروخ قص فى الشفة أو شروخ شد أو ضغط فى العصب يكون غير متفق مع نمط الإجهادات الأصلية ، ولابد أن له سبباً آخر غير اخطاء التصميم ، وعلى سبيل المثال فان ظهور شروخ شد فى الشفة المعرضة للضغط يكون غير متفق مع الاجهادات الأصلية ، ويصعب أن يكون سببها زيادة فى الإجهادات ، وبالمثل فتساقط الخرسانة فى منطقة الشد أو تفتها لا يتفق مع الإجهادات الأصلية .

اما فى حالة العصب المعرض لإجهادات مركبة - قص وضغط مثلاً - فيمكن ان يتعرض لشروخ قص او تساقط الخرسانة وتفتها نتيجة اجهادات ضغط زائدة حسب العلاقة بين قيم الإجهادات العمودية على القطاع - اجهادات الضغط - والإجهادات الواقعية فى القطاع - اجهادات القص .

ب- وبعد تحديد نوع الاجهادات المحتمل ان تكون سبباً فى الشروخ التي ظهرت ، يمكن مقارنة مكان هذه الاجهادات بأماكن العيوب التي ظهرت فعلاً والتحقق من وجود اتفاق بين هذه وتلك .

ج- واذا لم يظهر اي اتفاق بين مكان العيوب ومكان الاجهادات العالية فالخطوة الثالثة هي فحص اتجاه الشروخ ، والتحقق من توافق نمط واتجاه الإجهادات الأساسية مع اتجاه الشروخ ، فشرط الشد يجب ان تكون عمودية على اتجاه اجهادات الشد ، وشروط القص تظهر في صورة شد قطري ، وشروط هبوط الأساسات عادة ماتكون ذات اتجاه قطري كذلك .

د- اما اذا كان هناك عدم توافق بين مكان او اتجاه او نوع الشروخ مع نمط واتجاه الإجهادات الأساسية - كما اوضحنا عليه - فاحتمال ان تكون الإجهادات العالية هي سبب المشكلة احتمال ضئيل جداً ، ويمكن استبعاده ، ولكن ان كان هناك توافق بين مكان واتجاه العيوب وبين مكان واتجاه الإجهادات الأساسية في العضو الخرساني ، فيمكن ان يكون التصميم

هو سبب المشكلة ، وفي هذه الحالة يتم عمل تحليل اجهادات دقيق في المناطق المعيبة لحساب الإجهادات الفعلية ، ومقارنتها بقدرة الأعضاء الفعلية على مقاومة الإجهادات .

القسم الثاني :

اما القسم الثاني من اخطاء التصميم الذي قد يؤدي إلى عيوب في المنشأ وهو الخاص بالتشكيل الزائد ، فيمكن مراجعته طبقاً للخطوات التالية :

- يحدد نوع التشكيل الذي قد يكون سبباً في العيوب التي تمت ملاحظتها، فالكمرات يمكن ان يحدث بها ترخيم زائد نتيجة الأحمال العالية مع نقص الجسأة أو تشكل نتيجة فروق هبوط الأساسات والأعمدة أو نتيجة انحناء أو دوران المبني ككل نتيجة الرياح مثلاً ، والكوابيل عادة ما يكون تشكلاً عبارة عن انحناء زائد ، اما الأعمدة فيمكن ان يحدث بها انبعاج نتيجة زيادة الطول غير المدعم ، أو تشكل نتيجة دوران أو انحناء المبني ككل ، أو دوران وهبوط الأساسات ... وهكذا .

ب- يحدد هل هذه الأنواع من التشكيل متوافقة مع اماكن الشروخ ؟ فمثلاً هل الشروخ في الكمارات ذات البحر الكبير موجودة في منتصف الكمرة من اسفل ؟ وهل شروخ الأعمدة في منتصف الارتفاع من ناحية وعند اتصاله بالسقف أو الأساسات من الناحية الأخرى ؟ وهل شروخ الكوابيل موجودة عند اتصال الكابولي بالعامود أو البحر المجاور ؟

ج- التحقق من موافقة اتجاه الشروخ بأنواع التشكيل المحتمل ان تسببها ، وفي هذا الصدد فلابد من تخيل كيفية دوران الوصلات المختلفة Joints ، مثل اتصال العامود بالقاعدة ، واتصال الكمرة بالعامود ، وذلك لرسم خط التشكيل Deflected line (العضو الخرساني المعيب لتحديد اتجاهات الشروخ التي يسببها تشكيل معين ، وهناك اكثر من خط تشكيل محتمل حسب دوران الوصلات وحسب الجسأة النسبية للأعضاء المتصلة ، ولكن بوجه عام فان اتجاه الشرخ الذى يسببه تشكيل الأعضاء يكون عمودياً على الاتجاه الطولى للعضو ، وعادة ما يكون عند منتصف الطول أو عند اتصال العضو باعضاء اكبر جسأة .

د- في حالة وجود تواافق بين اماكن الشروخ واتجاهها وبين انواع التشكيل المحتملة ، يمكن حساب التشكيل في الأماكن المعيبة وذلك على مستويين : حساب التشكيل للعضو الخرساني بمفرده مع الأخذ في الاعتبار حالة الأطراف End conditions ، وحساب التشكيل والدوران للمبني ككل نتيجة احمال الرياح أو هبوط الأساسات مثلاً ، وهذا الحاله تحتاج إلى الاستعانة ببرنامج على الحاسوب الآلى ، وبمقارنة التشكيل والترخيم المحسوب بالقيم المسموح بها يمكن التتحقق من ان سبب العيوب هو تشكيل زائد من عدمه .

القسم الثالث :

والقسم الثالث من اخطاء التصميم والخاص بالخطأ في تصميم الأساسات لاظهر الحاجة إلى بحثه الا في حالة ربط العيوب بحدوث حركة أو هبوط في الأساسات ، ويكن الوصول إلى هذه النتيجة عن طريق ملاحظة اماكن واتجاه العيوب ، فهو هبوط الأساسات بسبب اضرارا بالادوار السفلية اساسا ، وتكون على هيئة شروخ قطرية في المبنى قبل ان تظهر في الاعضاء الخرسانية ولكن حتى عندما يكون الاحتمال الاكبر ان يكون السبب هو هبوط الأساسات فيصعب التفرقة بين الهبوط الذي يكون سببه اخطاء التصميم أو ان يكون له سبب من الاسباب الكثيرة المؤثرة في الهبوط مثل الحفر المجاور أو المياه المتسللة ... الخ ، ولکى يمكن استبعاد احتمال وجود خطأ في تصميم الأساسات فلابد من اعادة الحسابات من واقع الاحمال الفعلية الواقعه على الأساسات ومن واقع الخصائص الفعلية للترابة ، بعد عمل الجسات اللازمة ، ومقارنة هذه الحسابات بحسابات التصميم الأصلية للتحقق من الآتى :

١. عدم وجود زيادة في الاحمال الفعلية عن الاحمال التي تم التصميم عليها .
٢. عدم وجود اعادة توزيع للاحمال لم تكن مأخذة في الاعتبار عند التصميم - نتيجة فروق ارتفاعات أو تغيير في الاستخدام مثلا .
٣. ان الاجهاد المفترض ان تتحمل التربة بامان هو الاجهاد الفعلى المبني على دراسة معملية لعينات غير مقلقة أخذت من التربة .

←ربط الاسباب الرئيسية للتصدع بالأعراض الثلاثة الرئيسية (الخطوة الثالثة) :

اذا تم استبعاد احتمال ان يكون سبب العيوب هو وجود خطأ في التصميم أو التفاصيل الانشائية، فالخطوة التالية هي استبعاد اسباب التدهور التي لا علاقه لها بالأعراض التي ظهرت على المنشآ، وذلك عن طريق ربط اسباب التدهور الرئيسية الاثني عشر بأعراض التصدع الثلاثة - الشروخ ، وتساقط الخرسانة وتفتت الخرسانة السطحية - كما في جدول (٣) ويظهر من هذا الجدول بأنه في حالة تساقط الخرسانة السطحية فان هناك ايضا خمسة احتمالات فقط - بعد استبعاد قصور التصميم والتفاصيل - اما في حالة الشروخ فان هناك سبعة احتمالات بخلاف اخطاء التصميم وقصور التفاصيل.

الحالة الراهنة لسبب التدهور	أعراض التدهور			الأسباب الرئيسية للتدهور
	التفتت / التأكل	تساقط الخرسانة	الشروخ	
غير فعال			*	١. طبيعة (انكماش)
فعال		*	*	٢. صدأ الحديد
فعال	*	*	*	٣. كيميائية (أحماض / أملاح)
فعال			*	٤. حرارية (تقاصل / تمدد)
غير فعال		*	*	٥. قصور التصميم
غير فعال		*	*	٦. قصور التفاصيل
فعال/غير فعال			*	٧. تحمل زائد
فعال			*	٨. فروق الهبوط
فعال/غير فعال	*	*	*	٩. أخطاء التنفيذ
فعال	*	*		١٠. ظروف محطة (جوية)
فعال	*	*		١١. موجات صدمية
فعال	*			١٢. عوامل البرى و التأكل

جدول (٣) ربط الأعراض بأسباب التدهور :

فحص الاحتمالات الظاهرة (الخطوة الرابعة) :

بعد ربط كل نوع من انواع الاعراض الثلاثة بالاحتمالات الخاصة بها يمكن البدء بالاحتمالات

الظاهرة لتحديد هل هي سبب المشكلة ام يمكن استبعادها ؟

والاحتمالات الظاهرة هي : صدأ الحديد ، المياه السريعة والأمواج ، عوامل البرى .

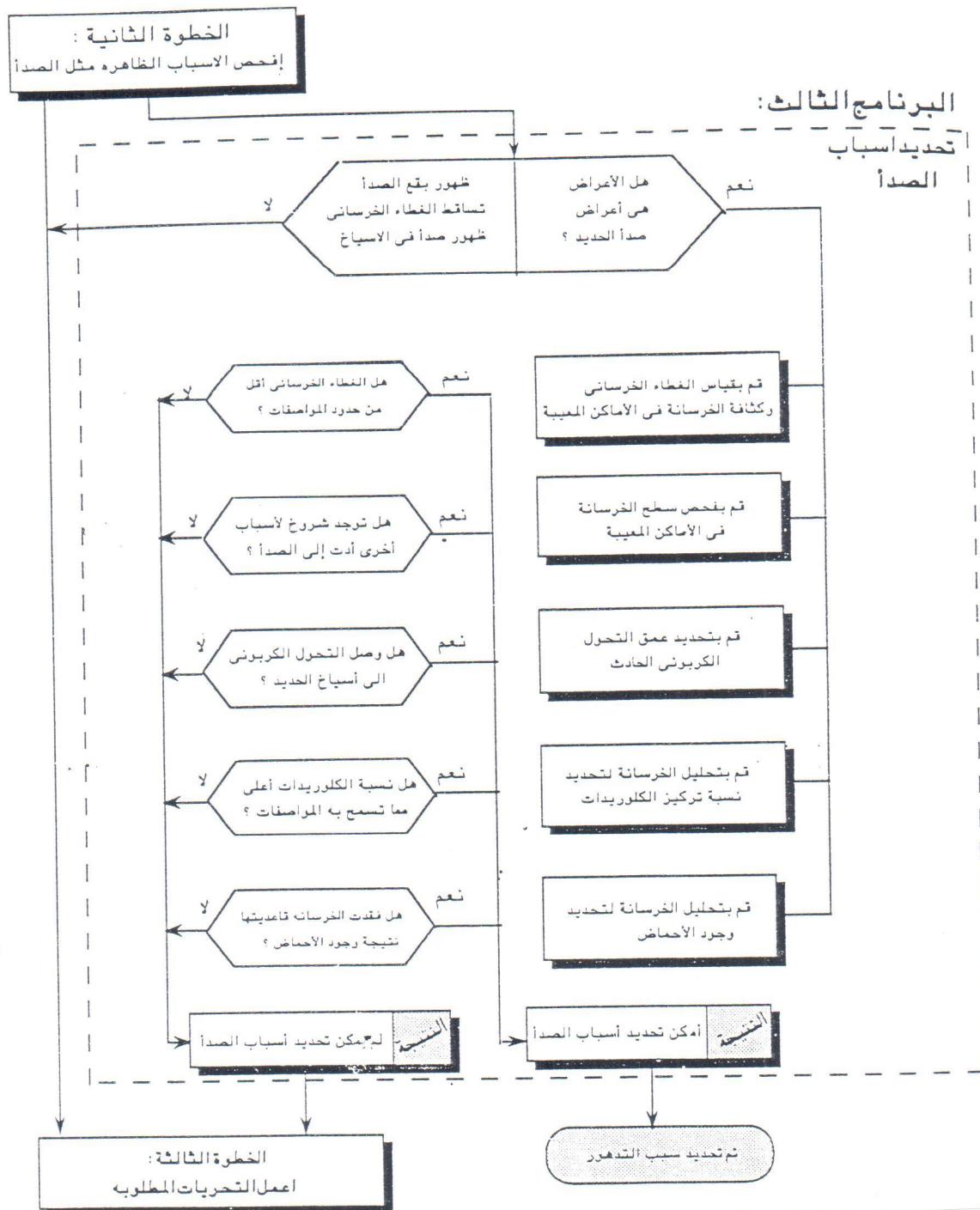
أ- صدأ الحديد :

وهذا السبب من اسباب التدهور يمكن تحديده بسهولة ، فالغطاء الخرسانى يتتساقط فتظهر الأسياخ الصدأة فى المراحل المتأخرة من الصدأ ، اما فى المراحل الأولى فتدهور الخرسانة يبدأ بمجموعة من الشروخ المتوازية والموازية للأسياخ الطولية ، و بعد مدة قصيرة يحدث سطح انفصال بين الخرسانة السطحية والأسياخ الصدأة ، كما تظهر بقع الصدأ البنية على الشروخ وتتساقط الخرسانة السطحية بعد وصول الصدأ إلى مرحلة متاخرة .

ولتأكيد التشخيص على انه نتيجة صدأ الحديد أو استبعاد هذا الاحتمال - فى المراحل الأولى للصدأ - يمكن التتحقق من ان موقع واتجاه الشروخ متوافق مع موقع واتجاه اسياخ التسلیح ، كما يمكن ازالة الخرسانة السطحية والكشف عن الأسياخ للاحظة آثار الصدأ ، ويمكن قياس مقاومة الأسياخ كهربياً لتحديد احتمال وجود الصدأ الذى لم يظهر بعد . وبعد تحديد ان الصدأ هو السبب الأكثر احتمالاً لحدوث اعراض التصدع الملحوظة يمكن بالفحص المتأنى تحديد اسباب الصدأ لاستكمال التشخيص وذلك على النحو التالى شكل (٦) :

- ١ - القيام بقياس سمك الغطاء الخرسانى واختبار كثافة الخرسانة، فإذا كان الغطاء الخرسانى غير كاف كما تحدده الموصفات يكون ذلك هو سبب الصدأ، واختبار كثافة الخرسانة يكون بقياس معدل امتصاصها للرطوبة Moisture absorption، كما يمكن اختبارها عن طريق الموجات فوق الصوتية وبمقارنة نتائج الخرسانة المعيبة بنتائج خرسانة جيدة في نفس ظروف الموضع وفحص الأعضاء المعيبة للتحقق من عدم وجود فجوات أو تعشيش أو عدم دmak، يمكن تحديد: هل كثافة الخرسانة هي سبب الصدأ أم لا ؟
- ٢ - القيام بفحص سطح الخرسانة في المناطق المعيبة لتحديد احتمال وجود شروخ لأسباب أخرى غير الصدأ - شروخ في الخرسانة اللدنة مثلاً - هي التي أدت إلى الصدأ ، وهذا السبب يصعب تحديده إلا أن وجود شروخ ليست موازية لصلب التسلیح أو قريبة منه ووجود شروخ بدون صدأ يوحى باحتمال أن الصدأ نتيجة لشروخ سببها عوامل أخرى ، وتنشأ الصعوبة من أن وجود شروخ تؤدي إلى الصدأ يتبعه شروخ جديدة مما يجعل الفصل بين السبب والسبب صعباً.
- ٣ - القيام بتحديد عمق التحول الكربوني الحادث ، فإذا كان التحول الكربوني قد وصل إلى صلب التسلیح فهو سبب الصدأ على الأرجح وهذا السبب أكثر حدوثاً في الخرسانة التي تركت بدون بياض فترة طويلة .
- ٤ - القيام بتحديد نسبة الكلوريدات وذلك بتحليل الخرسانة السطحية كيميائياً ، فإذا كانت نسبتها أكثر من المسموح به فهي سبب الصدأ.
- ٥ - القيام بالتحقق من وجود احماض أدت إلى الصدأ ، ويمكن اولاً التتحقق هل سبب الصدأ كيميائي أم كهربائى Electrolytic بالكشف على الأسياخ وفحصها ، فإذا كان الصدأ حدث على مسافات قصيرة معزولة أو عند التقاء الأسياخ الطويلة بالعرضية فالسبب غالباً كهربائى نتيجة وصول الرطوبة إلى الأسياخ ، أما إذا كان الصدأ عاماً في الأسياخ كلها

في منطقة معينة فالسبب غالباً كيميائي ، والتحليل الكيميائي للخرسانة هو الذي يرجح ذلك ويحد العنصر الكيميائي أو الحامض المسبب للصدأ .



شكل (٦) رسم تخطيطي لخطوات البرنامج الثالث تحديد أسباب الصدأ

بـ- الموجات الصدمية : Shock Waves

مالم يكن التصدع قد مضى عليه وقت طويل بحيث ان الاعراض تغيرت مع الوقت ، فان التدهور الناشئ عن الموجات الصدمية (Impact) له شكل مميز ، فقطاعات من الخرسانة تتتساقط بحيث تظهر اسياخ التسلیح والکانات ، والاسطح المكسوفة تكون لها مظهر الخرسانة التي تم زمبرتها - كشفها بالمطرقة والأزميل - ولم تتأثر بالعوامل الجوية ، والأسياخ غير صدأة ، كما ان عمق الخرسانة المتتساقطة عادة ما يكون كبيراً وحتى ققص التسلیح وليس تساقطا سطحيا ، والأهم من ذلك ان المنشأ نفسه يكون عرضة للصدمات مثل رصيف الشحن أو الكوبرى أو أعمدة الجراجات ، بحيث يمكن ارجاع التساقط الناتج لهذا السبب بالذات ، وبالنسبة للمنشآت التي لا تتعرض عادة للصدمات فان حدوث صدمة عنيفة لدرجة احداث ضرر واضح بالخرسانة لابد وان يكون حدثا لايمكن نسيانه بسهولة ، ولا بد ان شاغلى العقار أو المنشأ يتذكرون مثل هذه الصدمة ، وبذلك يمكن تحديد سبب العيب.

جـ- عوامل البرى والتآكل :

إن عيوب البرى والتآكل السطحي تكون على شكل تآكل الطبقة السطحية وظهور الركام لاماً تحتها واسبابها تكاد تكون محسورة في العوامل التي تسبب البرى والتآكل وهي :

١- الاحتكاك مع عجلات المركبات - وذلك بالنسبة لبلالات الطرق الخرسانية وأرضيات المصانع .

٢- الرياح المحملة بالرمال - وذلك للخرسانة الظاهرة الخارجية في المناطق الصحراوية.

٣- الحبوب المندفعة - وذلك لصومام الغلال من الخرسانة المسلحة .

٤- المياه السريعة وخاصة المحتوية على حبيبات - وذلك للمنشآت الساحلية والقاطر والسدود والترع والقنوات الخرسانية .

٥- الدخان وخاصة المحتوى على رماد - وذلك للمداخن والمواسير من الخرسانة .

٦- ظهور عيوب البرى والتآكل في المنشآت المذكورة يكون سببه واضحاً ، اما في حالة عدم وجود سبب ظاهر للبرى فقد تكون الظروف قد تغيرت بحيث اصبح السبب غير ظاهر وهذا يستدعي فحص تاريخ المنشأ ومعرفة الظروف التي كان معرضاً لها في الماضي ما أمكن .

← تحليل الأدلة المتوفرة لتحديد اسباب التدهور (الخطوتان الخامسة والسادسة) :
وهذا هو الجزء الصعب في التشخيص ، ويمثل تحدياً للمهندس المسئول عن الإصلاح ، ويمكن
تقسيم العمل فيه إلى الآتي :

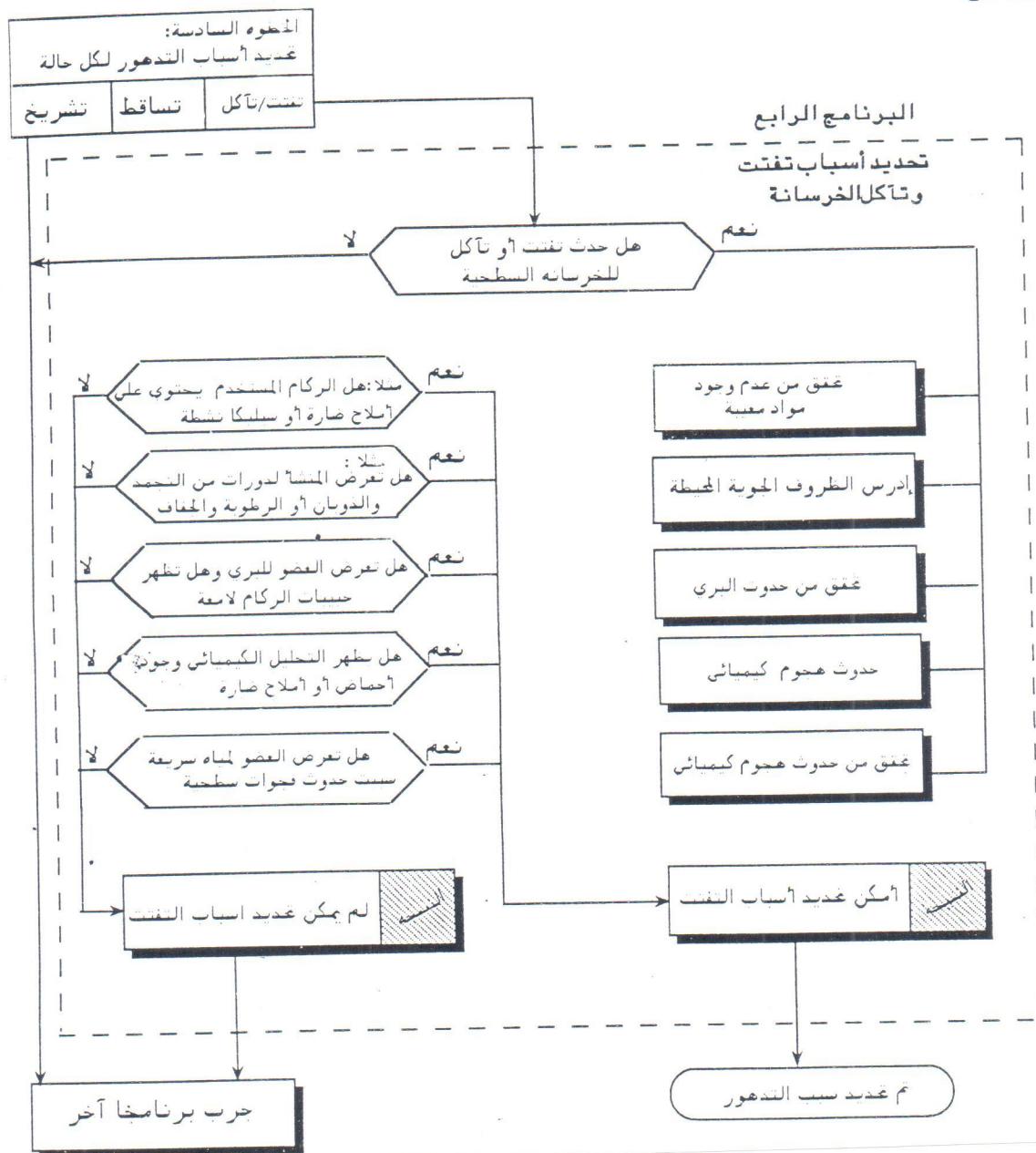
أ- في حالة التفتت والتآكل السطحي (شكل ٧) :

الاحتمالات المتبقية هي هجوم الكيماويات أو الظروف الجوية المحيطة القياسية أو أخطاء التنفيذ ،
وأول شيء يمكن أن نبدأ به هو تحليل مواد الخرسانة في معمل متخصص ومقارنة النتائج
بمواصفات المشروع ، وكذلك فحص مواصفات المواد في المشروع على ضوء المعلومات
المتاحة عن ظروف الموقع والخبرة المتوفرة عن العمل في هذه المنطقة :

- ◊ فإذا كانت المواد من النوع غير السليم فقد أمكن الوصول إلى نتيجة ومعرفة سبب
التدهور ، والأمثلة على ذلك أن يكون الركام محتواً على أملاح ضارة أو سيليكا نشطة
أو تكون نسب الأملاح في الأسمنت أو الماء زائدة عن حدود المواصفات .
- ◊ أما إذا كانت المواد مطابقة لمواصفات المشروع ولكنها لا تصل إلى الجودة المطلوبة في
المواصفات القياسية أو لا تصلح للاستخدام في منطقة المشروع ، فقد أمكن تحديد السبب
كذلك ، والأمثلة على ذلك : عدم توصيف استخدام أسمنت مقاوم للكبريتات في
الأساسات - في حالة وجود كبريتات في المياه الجوفية - أو عدم كفاية محتوى
الأسمنت في مواصفات المشروع - أي مقاومة غير كافية للظروف المحيطة .
- ◊ أما إذا كانت المواد غير معيبة والمواصفات سلية فقد استبعنا أخطاء التنفيذ ويبقى
احتمالان ، والخطوة التالية هي تحديد أيهما سبب التدهور ، ولذا فالخطوة التالية هي
فحص الظروف الجوية المحيطة ، فإذا كانت الأجزاء المعيبة غير معرضة لدورات
التجمد والذوبان - مناطق غير باردة أو جوها في محيط دافئ نسبياً داخل المنشأ مثلًا -
وإذا كانت غير معرضة لدورات من البتل والجفاف بمجرد صبها أو لدورات من الغمر
بالماء (saturation) في الأجواء الباردة ، وإذا كانت غير معرضة للرياح الشديدة
المحملة بالرمال - في المناطق الصحراوية - فيمكن استبعاد احتمال أن تكون الظروف
الجوية المحيطة هي سبب المشكلة .

ولبحث احتمال حدوث هجوم الكيماويات على الأعضاء المعيبة يمكن فحص مدى تغلغل التفتت
في عجينة الأسمنت داخل الكتلة الخرسانية ، فإذا كان هذا التغلغل عميقاً فغالباً سببه هجوم
كيميائي ، أما إذا كان التفتت سطحياً - لعمق ٢ إلى ٥ سم - فغالباً سببه ظروف جوية قاسية -
ويمكن كذلك فحص الظواهر المصاحبة لهجوم الكيماويات مثل حدوث انفصال بين الركام

والعجبية ، وظهور بعض نواتج التفاعل الكيميائي الجيلاتينية ، ولكن الذى يؤكّد حدوث هجوم للكيماويات هو عمل تحليل كيميائى للخرسانة فى الأجزاء المعيبة وفى اجزاء سليمة ولكن من نفس الصبة مأمون ، فإذا تغيرت نسب المواد أو ظهرت مواد جديدة أو اختفت بعض المواد الأصلية من الخلطة أو نقصت بشدة ، فإن احتمال حدوث تفاعل كيميائى يكون كبيراً ، ويمكن الاستدلال على طبيعة هذا التفاعل من نوعية المواد التي اختفت او نقصت أو ظهرت بعد التفاعل.



شكل (٧) رسم تخطيطي لخطوات البرنامج الرابع تحديد أسباب تفتق و تأكل الخرسانة

ب- في حالة وجود شواهد على حدوث انتفاخ في الخرسانة :

وفي حالة وجود شواهد تدل على الانتفاخ يمكن حصر الاحتمالات في ثلاثة احتمالات: تفاعل كيميائي أو امتصاص الرطوبة أو ارتفاع في درجة حرارة الكتلة الخرسانية ، ويمكن استبعاد الاحتمال الثاني وهو امتصاص الرطوبة اذا لم تكن هناك أدلة على وجود مياه كافية لغمر الأعضاء المعيشية ، ومحاولة قياس درجة حرارة قلب الكتلة الخرسانية يفيد في استبعاد أو ترجيح الاحتمال الثالث ، اما ترجيح الاحتمال الأول فيكون بعمل تحليل كيميائي لمكونات الخرسانة ، أو في حالة وجود شروخ شبكية pattern cracking مصاحبة لانتفاخ الخرسانة ، أو وجود شواهد للمواد الجيلاتينية المنقحة - نواتج التفاعل .

ج- في حالة تساقط الخرسانة السطحية :

بعد استبعاد احتمال الصدأ واحتمال وجود أخطاء في التصميم - قطاع خرساني غير كاف - فان التساقط اذا كان محصوراً في أماكن بعينها فالاحتمال الأكبر ان يكون سببه عيوباً في التفاصيل الإنسانية ، ويمكن فحص التفاصيل الإنسانية في منطقة التساقط لاستبعاد أو ترجيح هذا الاحتمال ، وهناك احتمال آخر وهو حدوث تفاعل كيميائي عند المنطقة المعيشية مثل تفاعل الركام والسيليكا ، ويرجح هذا الاحتمال ان يكون التساقط على هيئة قطع صغيرة متاثرة pop-outs .

اما اذا كان التساقط عاماً وغير محصور في منطقة بعينها ، فالأرجح ان يكون سببه هو الصدأ ، ولابد من الرجوع مرة ثانية للتحقق من هذا الاحتمال ولو استدعي الأمر قياس التيار الكهربائي في الأسياخ ، فإذا ثبت انه ليس سبب التساقط فالاحتمالات المطلوب بحثها هو تأثير الظروف الجوية المحيطة من ناحية التعرض لدورات التجمد والذوبان أو امتصاص الرطوبة أو احتمال استخدام مواد معيشية أو أخطاء في التنفيذ سبب سطح انفال أو احتمال حدوث هجوم كيميائي ، وقد سبق التعرض لكيفية استبعاد أو ترجح احد هذه الاحتمالات في الجزء الخاص بالتفتت والتآكل السطحي .

د- في حالة الشروخ :

بعد استبعاد احتمالات صدأ الحديد واخفاء التصميم وقصور التفاصيل يتبقى ستة احتمالات لسبب حدوث الشروخ وهي اما اسباب طبيعية أو كيميائية أو حرارية أو تحمل زائد أو فروق هبوط أو اخطاء في التنفيذ ، وهي احتمالات متعددة لأن كل منها عبارة عن عدة احتمالات .

ولذا يتعين على القائم بالتشخيص تصنيف الشروخ ، ويتم ذلك اما بوقت حدوث الشرخ او مكانه او شكله .

تصنيف الشروخ :

ويمكن تصنيف الشروخ بوجه عام إلى شروخ إنسانية وشروخ غير إنسانية ، والشروخ غير الإنسانية يمكن تصنيفها حسب وقت ومكان الظهور ، اما الشروخ الإنسانية فمصنفة في جدول (٤) ، وهذا التصنيف يساعد على تحديد أسباب الشروخ في المنشآت الخرسانية المختلفة كما يظهر من التحليل التالي:

أ- شروخ الأساسات :

وهي اما شروخ عشوائية او شروخ رأسية ، فالشروخ العشوائية اذا كانت مصاحبة بتآكل سطحي فغالباً السبب هو هجوم الكبريتات الموجودة في المياه الجوفية ، ولكن في حالة عدم وجود كبريتات فان تغير لون الخرسانة المتصدعة يوحى بأن هناك مواداً معيبة في الخلطة ، أو ان نسبة الأسمنت اقل مما يجب ، وتحدث شروخ عشوائية على السطح العلوي لل blatas السميكة في المناطق الباردة نتيجة التقلص الحراري المبكر ، اما في المناطق الحارة فالشروخ العشوائية على السطح تظهر على البلاطات الرفيعة نتيجة الانكماش المصاحب للجفاف اذا كانت المعالجة بعد الصب غير كافية .

والشروخ الرأسية في الميدات يكون سببها فرق الهبوط اذا كانت تبدأ من السطح السفلي للميدة في ناحية وعلى السطح العلوي في الناحية المقابلة ، اما الشروخ الرأسية في جوانب القواعد الخرسانية فغالباً ما تكون نتيجة صدأ أرجل حديد تسليح القاعدة .

ب- شروخ البلاطات والأسقف :

ويمكن تقسيمها إلى شروخ تظهر على السطح السفلي للبلاطة ، وآخر تظهر على السطح العلوي ، فإذا كانت الشروخ على السطح السفلي وتأخذ شكل اسياخ الحديد - شروخ في اتجاه واحد أو اتجاهين ومتوازية - فلابد من دراسة احتمال ان يكون الصدأ هو سببها ، اما اذا كانت طولية وفي منتصف البحر مع وجود ترخيم ملحوظ ، فالسبب يمكن ان يكون نقص سمك البلاطة عن السمك التصميمي او حدوث تحميل زائد ، والشروخ الطولية عند الكمرات والموازية لها غالباً ما تكون بسبب اجهادات التماسك ، حيث تكون اطوال الرباط لأسياخ التسليح غير كافية .

اما الشروخ التي تظهر على السطح العلوى فهى قد تكون عند الكرمات وموازية لها ، وذلك يدل على عدم كفاية الحديد العلوى سواء لقصور فى التصميم أو فى التنفيذ ، وقد تكون عشوائية نتيجة دورات التجمد والذوبان فى الأجواء الباردة ، واذا كانت مصاحبة بفتات سطحى غائر وفي الأماكن الرطبة فتفاعل القلويات مع الركام المحتوى على سيليكا نشطة يصبح سبباً مرجحاً، اما اذا كانت في اماكن جافة فتفحص آثار التفاعلات الكيميائية فان وجد عرف السبب ، وان لم توجد آثار يتم تحليل الخرسانة بحثاً عن المواد المعيبة او عن تغير في تركيبة الخلطة ليتم تحديد السبب ، واذا ظهرت شروخ السطح العلوى مبكراً - خلل اسبوع من تصلد البلاطة - فقد تكون شروخاً سرطانية نتيجة النهو الزائد ، واذا لم تظهر مبكراً وكان الجو حاراً والبلاطة رفيعة ، فلابد من دراسة احتمال ان يكون الانكماش نتيجة الجفاف هو سبب الشروخ ، وتراجع طريقة المعالجة المتبعة لتأكيد او نفي هذا الاحتمال .

وفي المناطق الحارة بالذات تحدث الشروخ الطولية بالسطح العلوى للبلاطة عندما تكون ممنوعة من الحركة نتيجة الانكمash ، كما تحدث شروخاً شعرية في الاسطح الأخيرة اذا لم تكن معزولة حرارياً نتيجة التمدد والانكمash الممنوع من الحركة .

ج- شروخ الكرمات :

ويحدد السبب حسب اتجاه وميل الشrox ، فالشروخ الأفقية بأسفل جانب الكرمة وفي بطنيتها - عند مستوى اسياخ التسلیح - تكون غالباً نتيجة الصدأ ، اما الشروخ الافقية بالسطح العلوى للكمرة فقد تكون نتيجة صدأ الحديد العلوى وقد تكون نتيجة تحرك الشدة .

والشروخ الرئيسية عند نهاية بحر الكرمة مكانها اما بأعلى الكرمة وغالباً ما تكون بسبب نقص الحديد العلوى ، أو سقوطه اثناء التنفيذ ، واما بأسفل الكرمة منتصفها وتبدأ من اسفل ، فإذا كانت مصحوبة بترخيم ملحوظ فسببها نقص القطاع الخرساني - والتحميم الزائد - واذا لم يوجد ترخيم زائد فالسبب قد يكون نقص التسلیح الرئيسي السفلي ، واذا كانت الشروخ الرئيسية تبدأ من السطح السفلي في احدى نهايتي الكرمة ومن السطح العلوى في النهاية الأخرى فلابد ان هناك فرق هبوط قد حدث بين ركيزتي الكرمة .

والشروخ المائلة قد تكون شروخ قص أو لى ، والتفرقة بينهما ممكنة حسب اتجاه ميل الشrox ، فالشروخ الناشئة عن نقص تسلیح القص أو اجهادات القص الزائدة تكون ذات ميل في اتجاه واحد على الوجهين وقريبة من الركيزة ، اما الشروخ الناشئة عن نقص تسلیح اللى ، فتكون ذات ميل مختلف على كل من وجهي الكرمة عند نفس الركيزة .

اما الشروخ العشوائية على الوجه الجانبي للكمرة فإذا كانت مصحوبة بتفتت غير موجودة في الأماكن الرطبة فقد يكون سببها تفاعل الركام مع القلويات ، اما اذا لم توجد رطوبة فقد تكون بسبب تفاعلات كيميائية أو مواد معيبة ، وتحليل الخرسانة كيميائيا يحدد السبب بدقة ، ولكن اذا كانت شروحاً سرطانية نتيجة استعمال شدة غير منفذة للماء فهى تظهر فى خلال اسبوع من التصلد ، اما اذا ظهرت الشروخ العشوائية بعد ذلك فقد تكون سرعة فك جوانب الكمرة مع قصور المعالجة نتج عنهما انكمash كبير - وخاصة في الجو الحار - مما أدى إلى الشروخ ، وفي كمرات الأدوار الأخيرة في المناطق الحارة تؤدي الإجهادات الحرارية إلى شروخ رئيسية ومائلة بسبب عدم كفاية العزل الحراري .

د- شروخ الأعمدة :

الشرخ الأفقي في العمود خطير ويدل على هبوط في الأساسات تحت العمود ، اما الشرخ الأفقي على شكل عقد فهو أقل خطورة ، وسببه الهبوط اللدن مع جفاف الخرسانة المستعملة ، مما أدى إلى هذا الشرخ - وهو عادة ما يكون عند اتصال الكمرة بالعمود .
والشروخ الرئيسية يحدد سببها حسب مكانها ، فإذا كانت في الأركان مع تساقط السوكة - زاوية حافة العمود - فغالباً سببها صدأ الصلب ، وإذا كانت متوازية مع حدوث تمدد عرضي وتتوفر الرطوبة فقد يكون تفاعل القلويات مع الركام هو السبب ، وإذا كانت انفصالية مع ملاحظة انبعاج في العمود فيجب البحث عن الكائنات في منطقة الشروخ ، فإن كانت متبااعدة عما حدثته الموصفات فذلك هو السبب ، والا فقد يكون نقص القطاع أو زيادة التحميل هو السبب .
واسباب حدوث الشروخ العشوائية في الأعمدة هي نفس اسباب حدوثها في الكمرات .

هـ- شروخ الحوائط الخرسانية (فوق سطح الأرض) :

الشروخ الرئيسية في الحوائط اذا كانت مصاحبة بتساقط الخرسانة وآثار الصدأ فسببها صدأ الحديد ، وإذا كانت متوازية مع حدوث تمدد عرضي وظهرت في الأماكن الرطبة فقد يكون تفاعل القلويات مع الركام هو السبب ، وإذا كانت الشرخ الرأسى يبدأ من الأساسات والحوائط سميكاً والجو بارداً فالنقلص الحراري المبكر غالباً هو السبب وفي هذه الحالة قد يظهر شرخ افقي كذلك عند الدليل (kicker) أسفل الحائط .

وفي المناطق الباردة تسبب دورات التجمد والذوبان شروحاً عشوائية ، مع تفتت للخرسانة السطحية والإجهادات الحرارية الناشئة عن تدفئة المبنى من الداخل ، والبرودة الخارجية تسبب

شروحاً في الحوائط الخارجية قد تكون عشوائية أو شروخ انحناء حسب نوع القيد على الحركة، أما في المناطق الحارة فعدم وجود وصلات كافية يسبب شروخ الانكمash عند الجفاف ، وهى طولية وافقية حسب نوع القيد على الحركة ، كما تظهر الشروخ الحرارية في الحوائط الخارجية للمباني ذات التكييف المركزى .

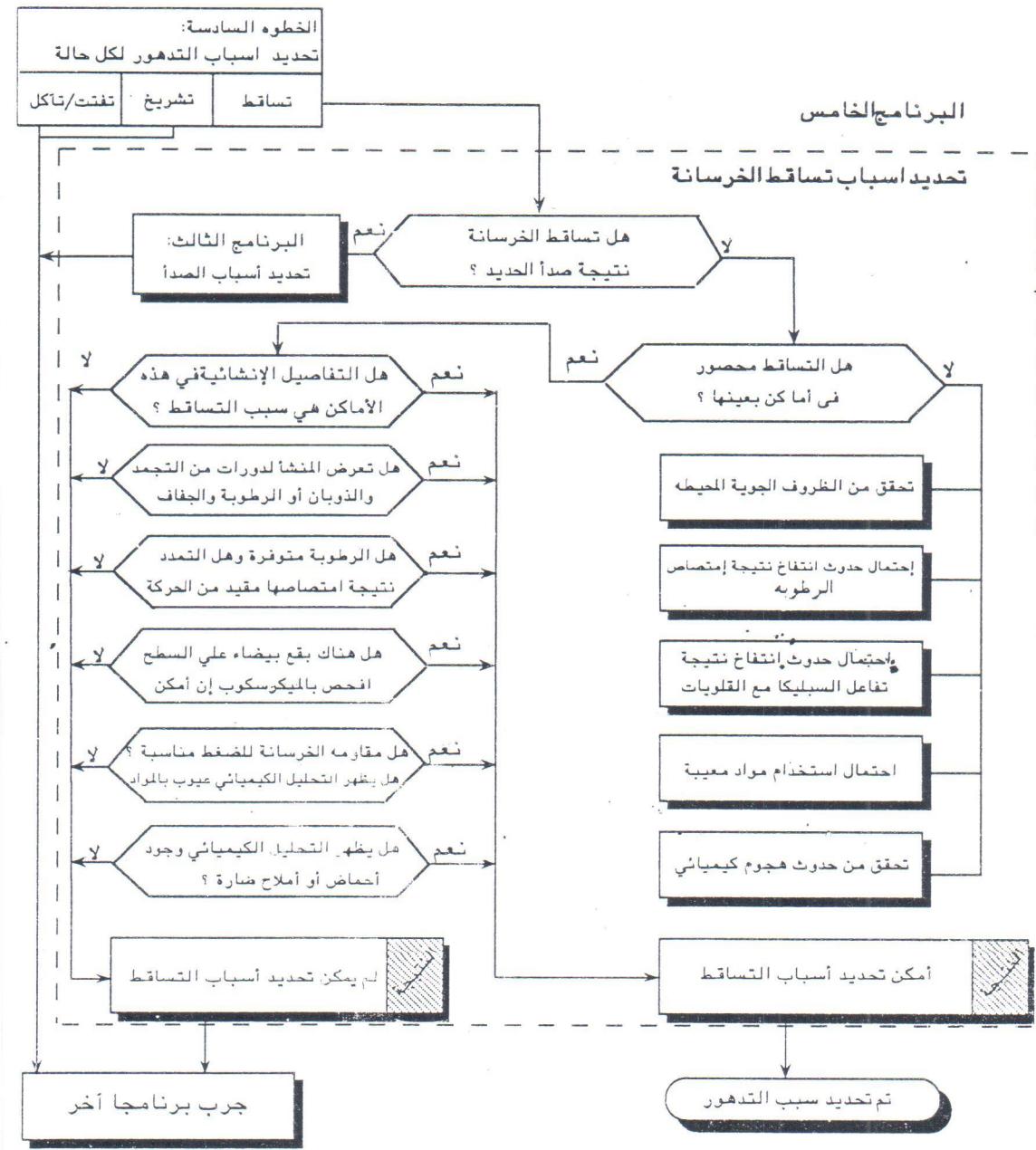
اما الشروخ العشوائية التي تظهر في اماكن غير رطبة فسببها مواد معيبة أو هجوم الكيماويات، وتلك التي تظهر على الخرسانة الظاهرة فهى شروخ سرطانية نتيجة الشدة غير المنفذة للماء وفي الحوائط الرفيعة غالباً ما تكون الشروخ العشوائية شروخ انكمash نتيجة الجفاف .

تشخيص حالة المنشأ

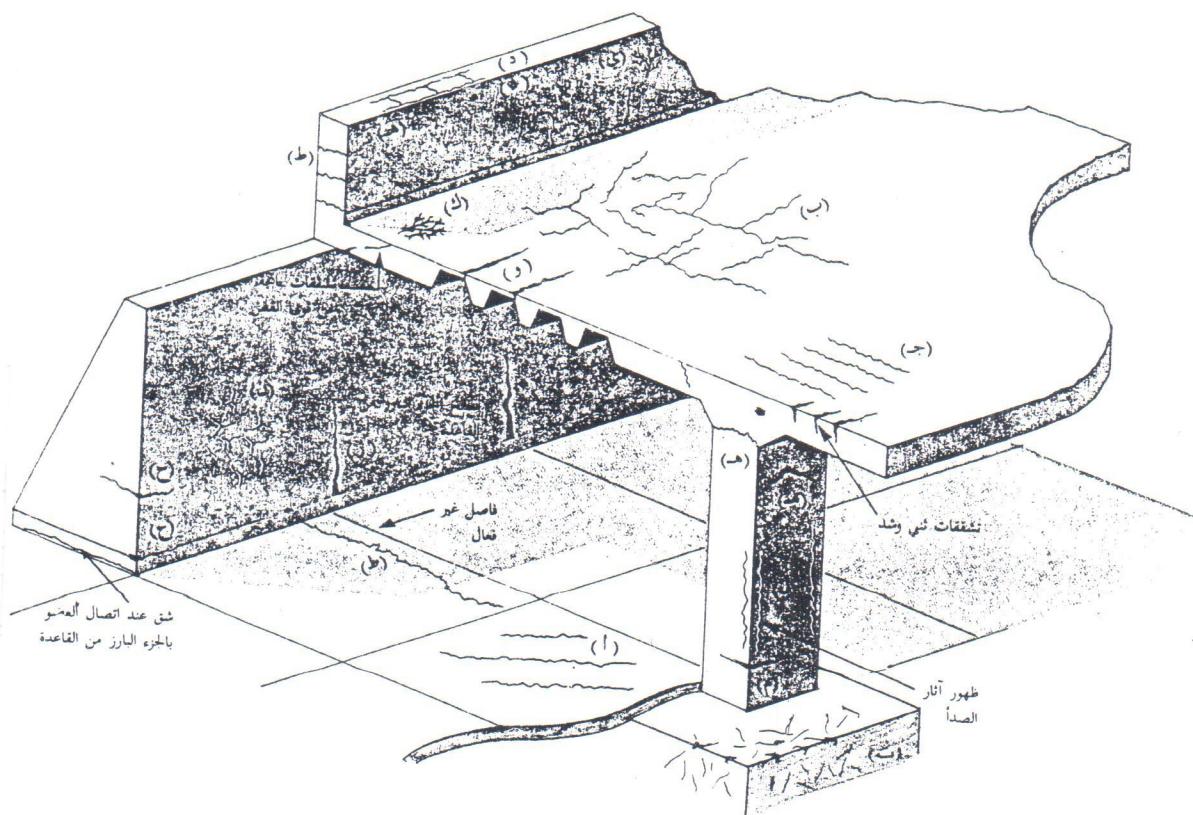
زمن ظهور الشققات	مزيد من التفاصيل انظر الفقرة	العلاج	عوامل ثانوية	السبب الرئيسي (٠)	أكثر المواقع شيوعاً	تقسيم فرعى	المميز الحرفى (انظر الشكل ٨/٥)	زمن ظهور الشققات مسمى
٣٠ من دقيقة إلى ٦ ساعات	(الباب الرابع) ١ - ١	العناية والاهتمام بالمعالجة المبكرة	معدل التزف منخفض	جفاف سريع مبكر	الطرق والبلاطات الأرضية	مائلة (قطرية)	أ	انكماش الخرسانة وهي لدنة
					بلاطات خرسانية مسلحة	عشواة	ب	
					بلاطات خرسانية مسلحة	فوق التسلیح	ج	
١٠ من دقائق إلى ٦ ساعات	٢ - ١	تقليل التزف أو إعادة الدمك	جفاف مبكر وسرع	نرف زائد	القطاعات العميقه	فوق التسلیح	د	هوط الخرسانة وهي لدنة
					أعلا الأعمدة	مقوسه (عقدية)	هـ	
					بلاطات ذات أغصان	عند التغير في العمق	و	
من يوم إلى أسبوعين أو ثلاثة	- ٣ - ٢	تقليل الحرارة المتولدة من الإماهة أو استعمال العزل	برودة سريعة	تولد حرارة إماهة زائدة فرق كبير في درجة الحرارة بين السطح والداخل	حوائط سميكه	بساب الإعاقة الخارجية للحركة	ز	تقلص حراري مبكر
					بلاطات سميكه	بساب الإعاقة الداخلية للحركة	ح	
بعد عدة أسابيع أو شهور	- ١ - ٢	تقليل كمية الماء في الخلطة والعنابة	انكماش زائد بالأمسنة ومعالجة سيئة	فواصل غير فعالة	بلاطات وحوائط رفيعة	-	-	انكماش ناج عن الحفاف
من يوم إلى سبعة أيام أحياناً أكثر بكثير	- ١ - ٢	العناية بالمعالجة والإنهاء (التشطيب)	خلطة غيبة بالأمسنة ومعالجة سيئة	شدة غير منفذة للماء صغل زائد	خرسانة ذات سطح ناعم بلاطات باللامسة	ملامسة للهدنة خرسانة مقصولة باللامسة (المسطرين)	ـ ـ	شروخ سلطانية (Grazing)
					أعدة وجسور	ـ ـ	ـ ـ	
بعد أكثر من سنتين	- ٢ - ٢	تفادي الأساب	خرسانة ذات نوعية سيئة	الغطاء الخرساني أقل من المطلوب كلوريد كالسيوم زائد	ـ ـ	ـ ـ	ـ ـ	تأكل صلب التسلیح (الصدا)
					خرسانة الوحدات الجاهزة كالسيوم	ـ ـ	ـ ـ	
بعد أكثر من ٥ سنوات	- ٢ - ٢	تفادي الأساب	واسمنت سبة عالية الكلورية	ركام متفاعل يحتوى على من المواد	موقع ذات رطوبة عالية	-	-	تفاعل قلوي مع الركام
أكبر من ستين	- ٢ - ٢	غطاء كاف خرسانة كثيفة	غطاء خرسانى غير كاف وخرسانة ضعيفة	مياه بها ترکيز عال من الكبريتات	الأساسات	-	-	هجوم الكبريتات

* بدون القيد على الحركة .

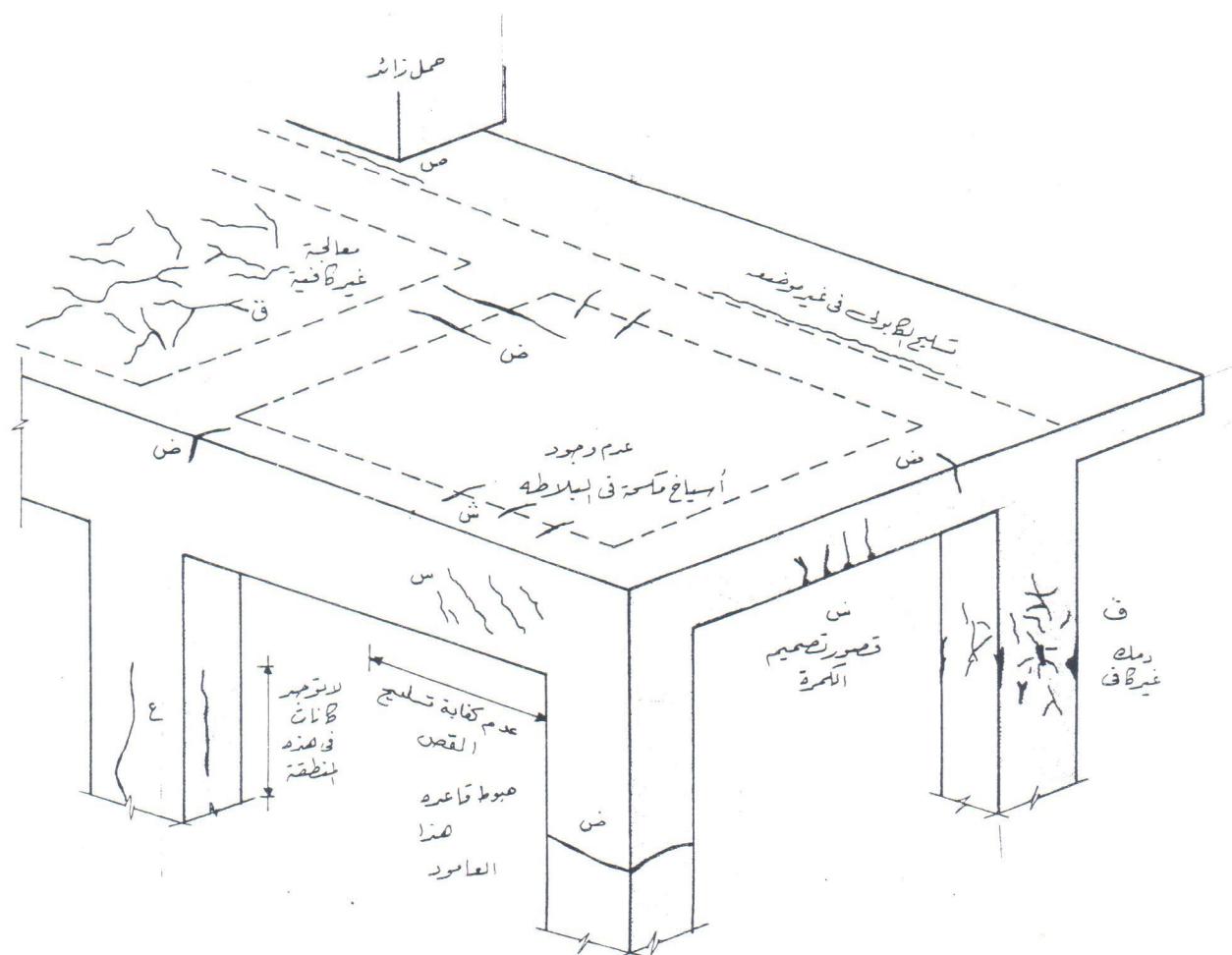
جدول (٤) تصنیف الشروخ حسب زمان و مكان ظهورها



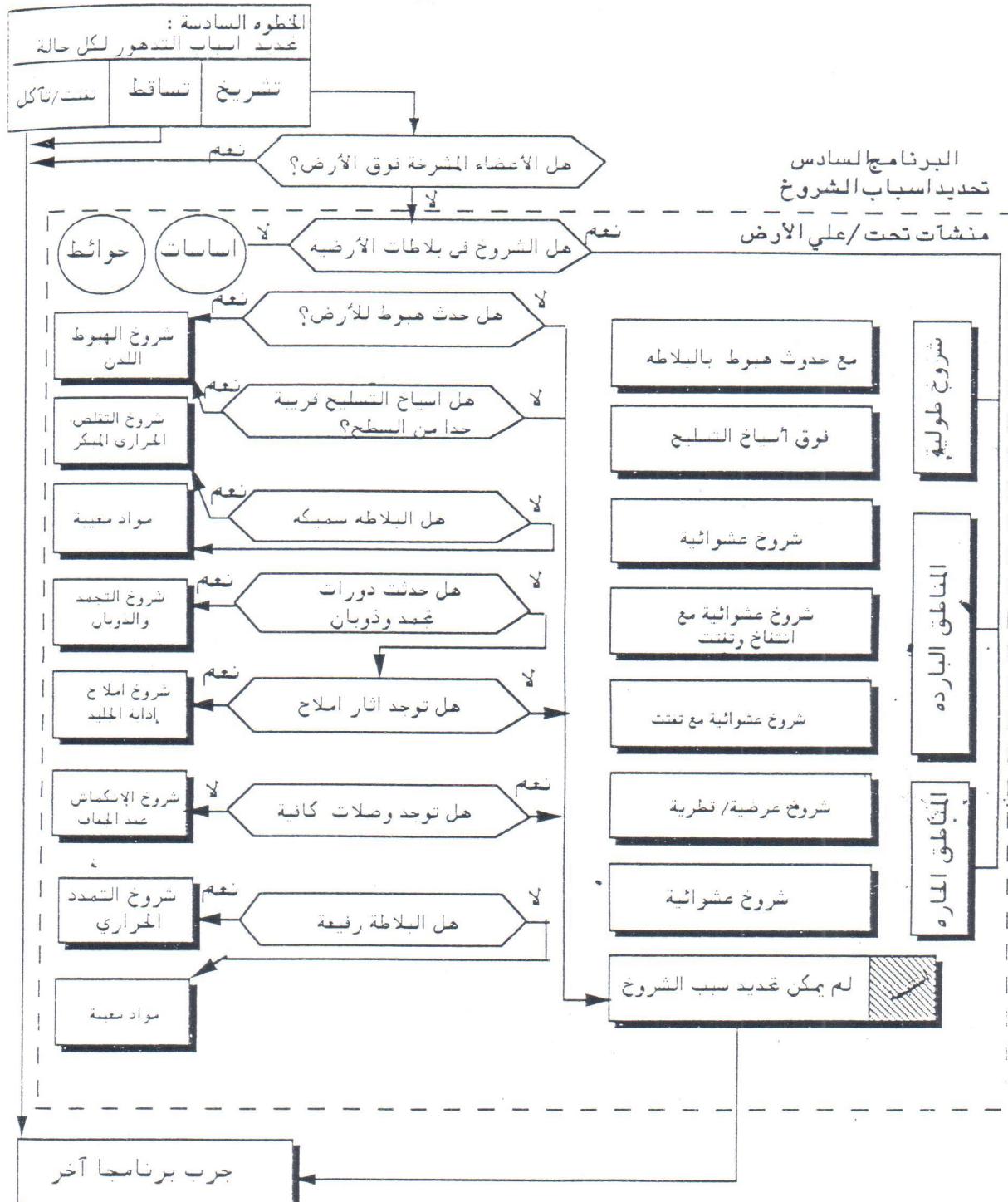
شكل (٨) رسم تخطيطي لخطوات البرنامج الخامس
تحديد أسباب تساقط الخرسانة



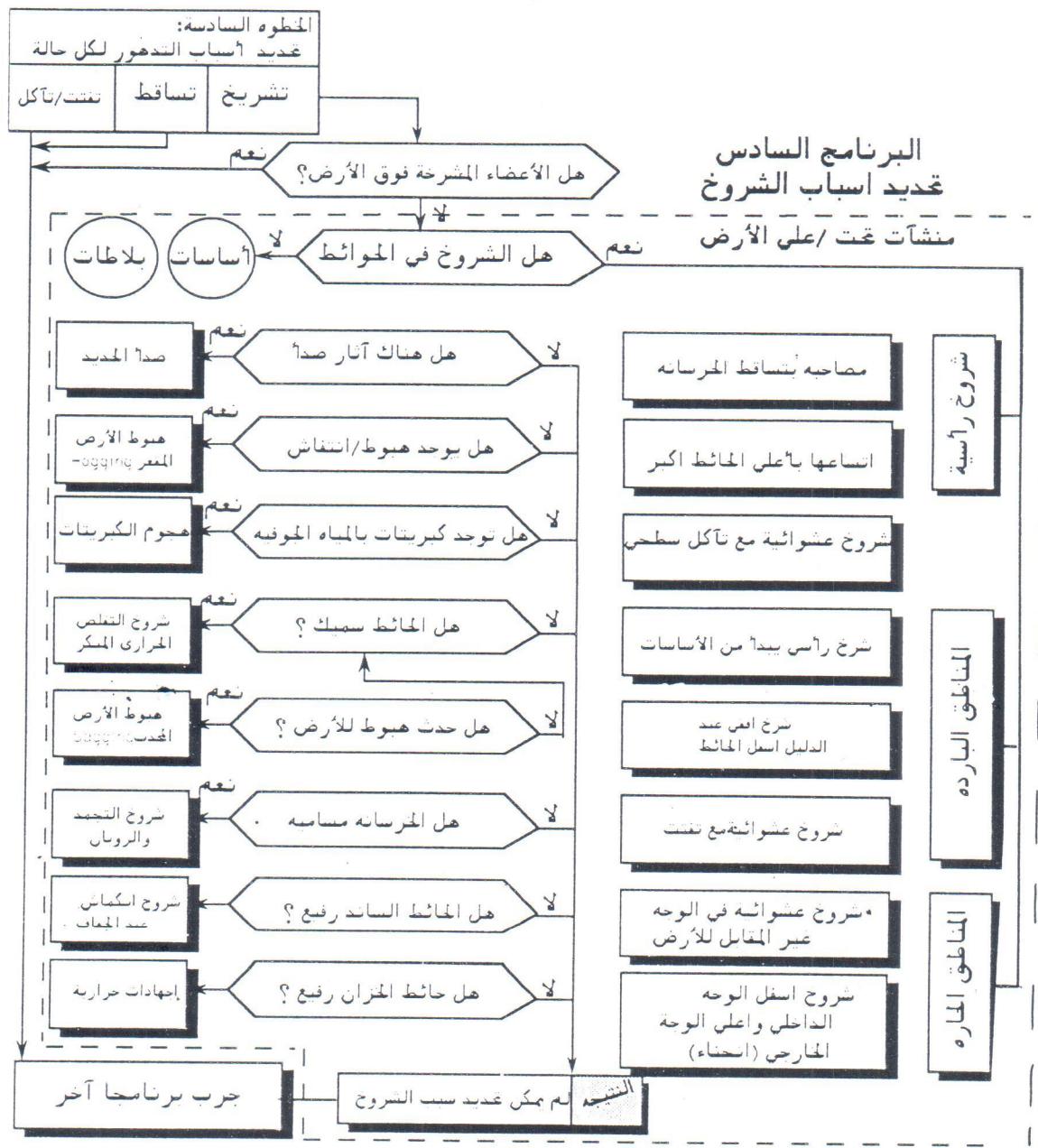
شكل (٩) الأشكال المختلفة للشروخ في مواقعها



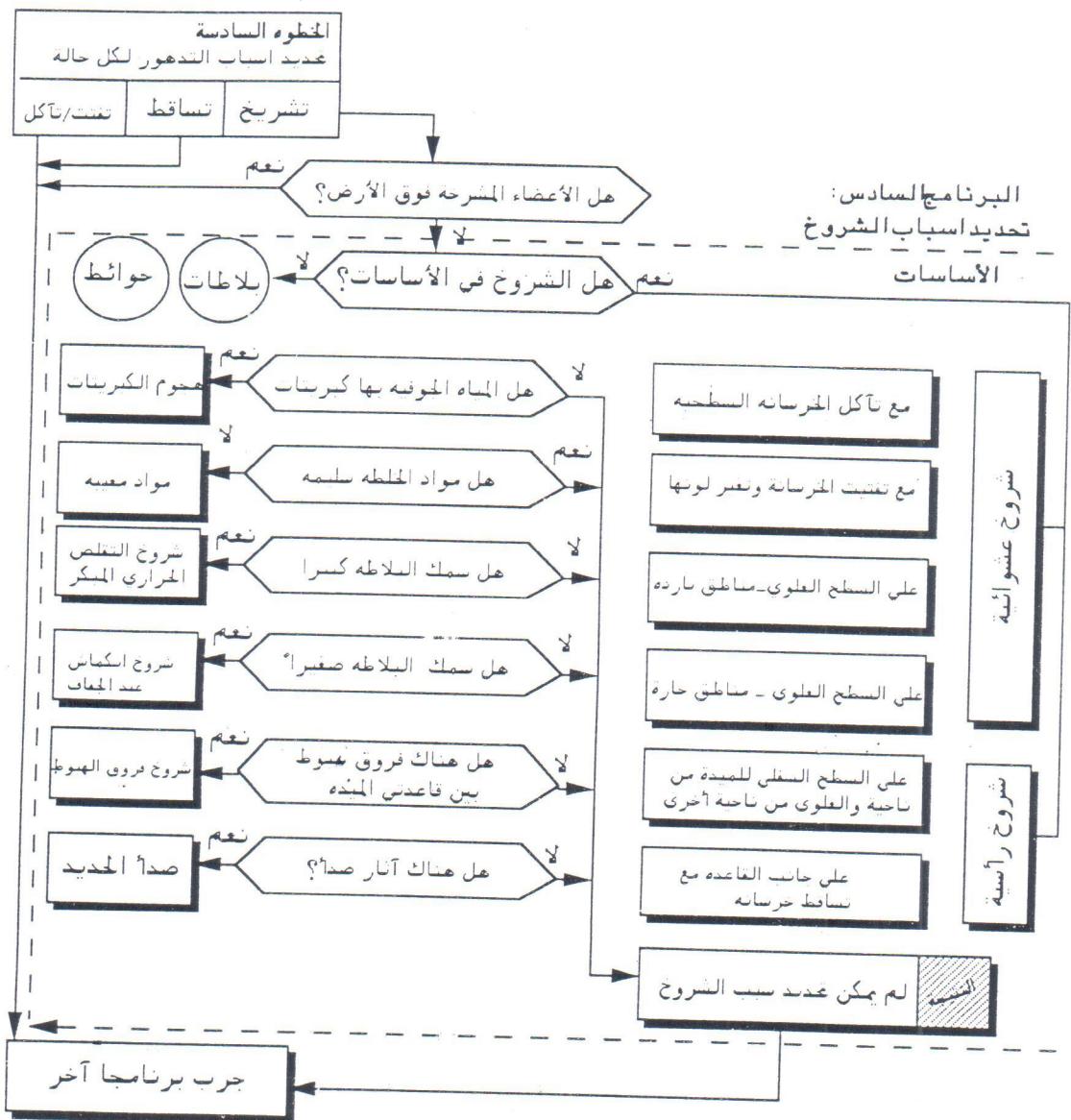
شكل (١٠) أمثلة للشروط الإلشائية



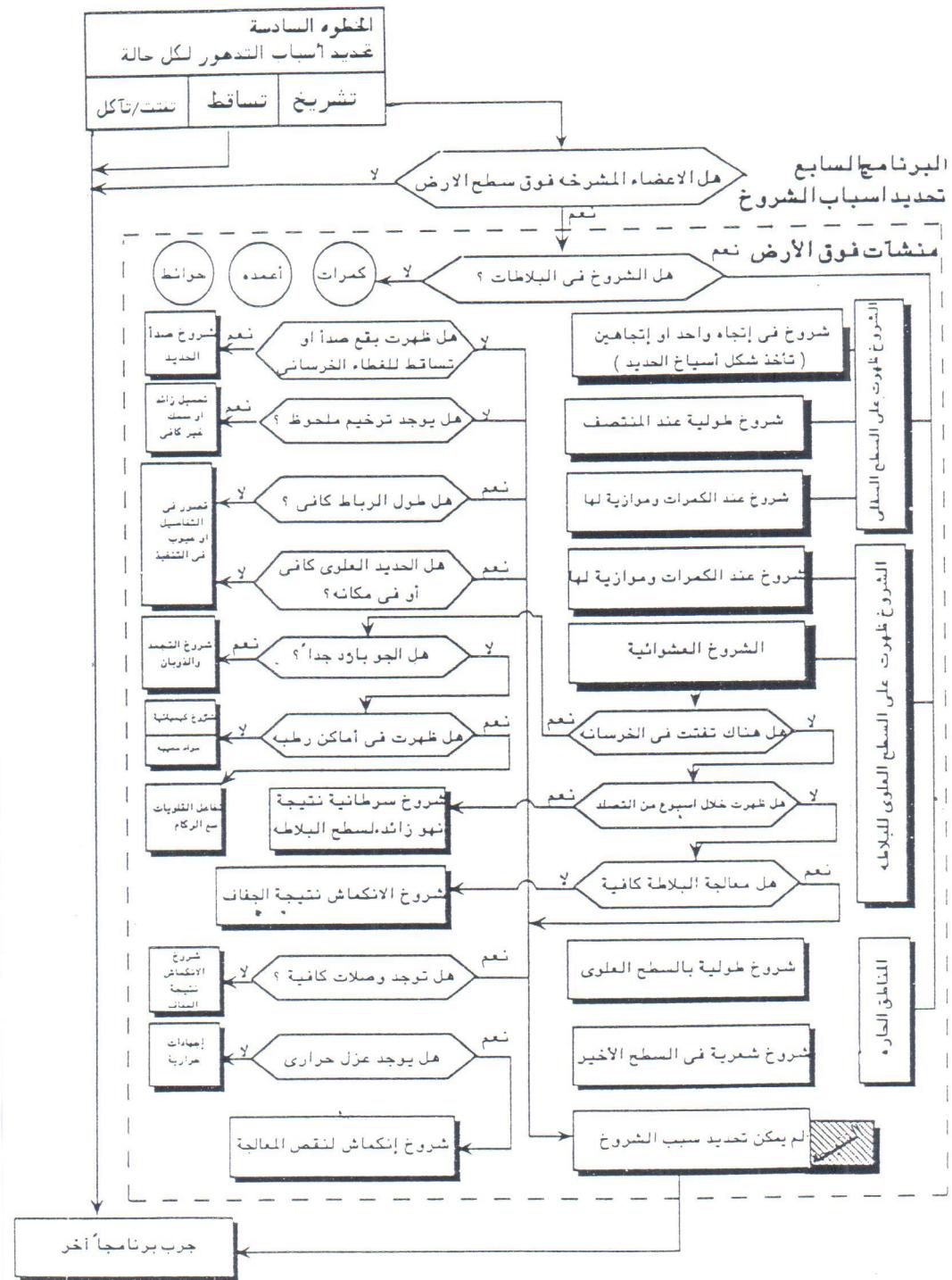
شكل (١١) رسم تخطيطي لخطوات البرنامج السادس
تحديد أسباب التهوي في بلطات الأرضية



شكل (١٢) رسم تخطيطي لخطوات البرنامج السادس
تحديد أسباب الشروخ في الحوائط السائدة وحوائط الخزانات

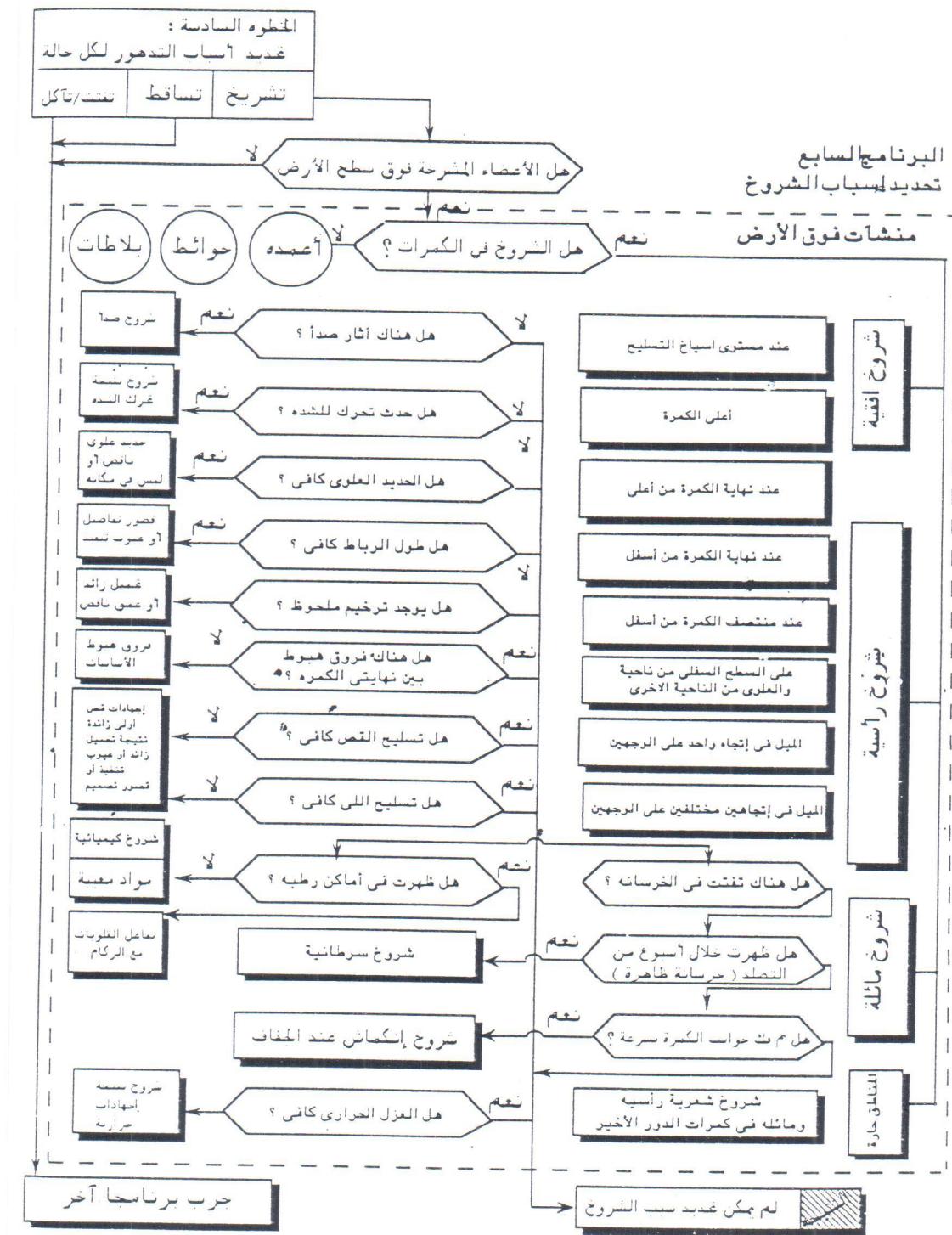


شكل (١٣) رسم تخطيطي لخطوات البرنامج السادس
تحديد أسباب الشروخ في الأساسات



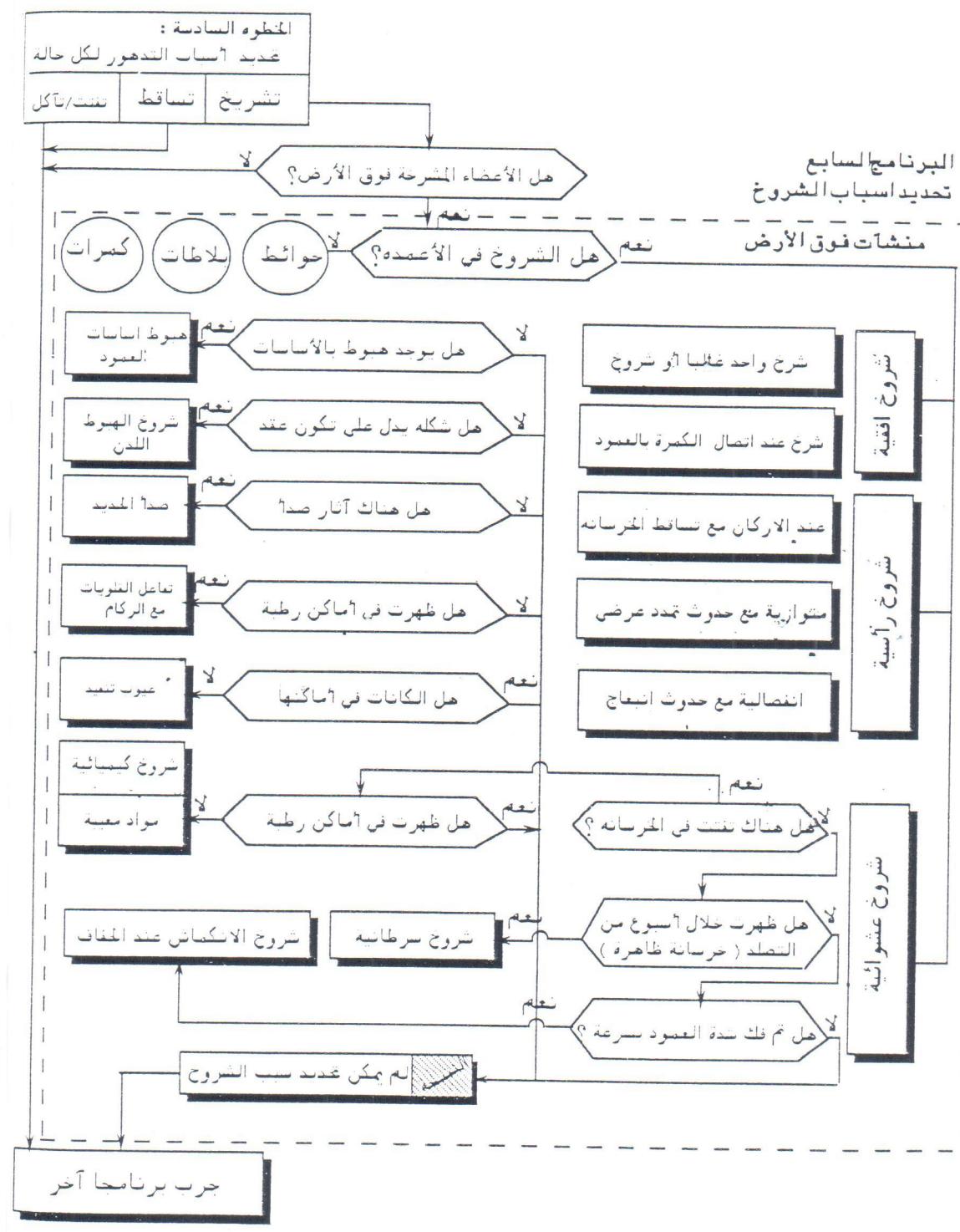
شكل (١٤) رسم تخطيطي لخطوات البرنامج السابع

تحديد أسباب الشروخ في البلاطات



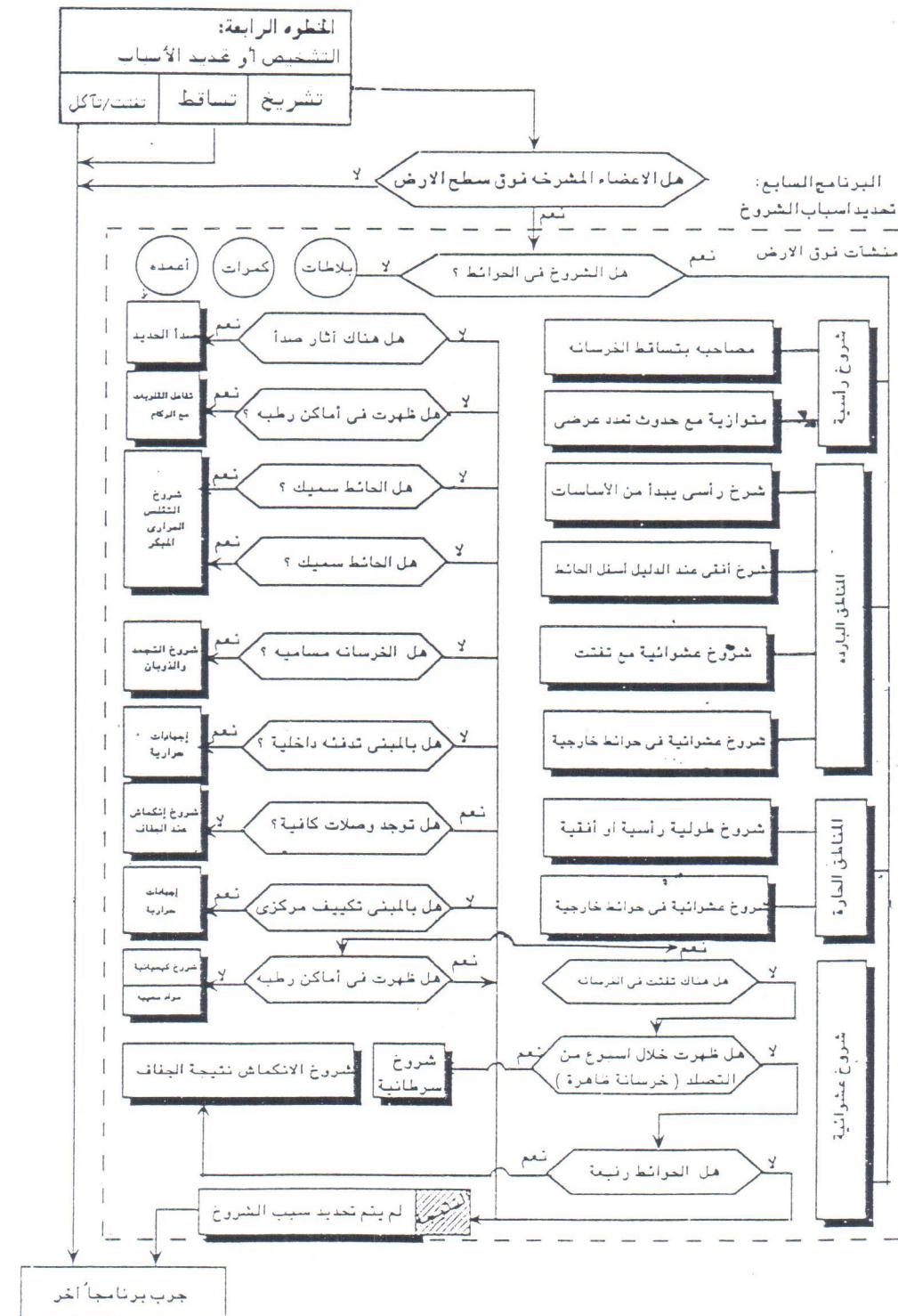
شكل (١٥) رسم تخطيطي لخطوات البرنامج السابع

تحديد أسباب الشروخ في الكمرات



شكل رقم (١٦) رسم تخطيطي لخطوات البرنامج السابع

تحديد أسباب الشروخ في الأعمدة



شكل رقم (١٧) رسم تخطيطي لخطوات البرنامج السابع
تحديد أسباب الشروخ في الحوائط الحاملة

أسباب شائعة	السبب الرئيسي	مكان الحدوث الأكثر احتمالاً	التقسيم الفرعى	الحرف	سبب التشريح
خرسانة ضعيفة	إجهادات شد مرتفعة	بطنية الكمرات جانب الكمرات	الأبعاد	س	قصور التصميم
-	حديد غير كاف	حروف البلاطات	تفاصيل الإنسانية	ش	
أحمال زائدة أثناء التنفيذ	إجهادات زائدة	الكوابيل والكمرات	استعمال العضو في غير الغرض منه	ص	التحميل الزائد
عدم وجود بوابي بسيطة الارتكاز	تصميم أساسات	اتصال البلاطات بالكمرات واتصال الكمرات بالأعمدة	هبوط الركيزة	ض	فروق الهبوط
إشراف ضعيف	عدم اتباع المواصفات	الأعمدة وحروف البلاطات	رص الحديد	ع	
زمن غير كاف	خلطات جافة جدا - دمك غير كاف	الأعمدة والكمرات الضعيفة	صب الخرسانة	ف	أخطاء التنفيذ
دورات من البول والجفاف	معالجة غير كافية أو متأخرة	البلاطات	المعالجة	ق	

جدول (٥) تصنيف الشروخ الإنسانية حسب مكان ظهورها