الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

N° d'ordre :
N° de série :

جامعة غرداية

كلية العلوم و التكنولوجيا
قسم الهيدروليك و الهندسة المدنية

مذكرة تخرج تدخل ضمن متطلبات نيل شهادة

ماستر

ميدان: *علوم و تكنولوجيا*
الشعبة: هندسة مدنية
التخصص: *هياكل*

بواسطة: بلكحل عائشة و جعيدير عائشة

الموضوع

دراسة حالات أمراض المنشآت المتعلقة بمشاكل التربة
دراسة حالة دار الضياف بحاسي القارة

تحت إشراف الأستاذ: عمير عبد الناصر.

السنة الدراسية: 2020/2021

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

N° d'ordre :
N° de série :

جامعة غرداية

كلية العلوم و التكنولوجيا
قسم الهيدروليك و الهندسة المدنية

مذكرة تخرج تدخل ضمن متطلبات نيل شهادة

ماستر

ميدان: *علوم و تكنولوجيا*
الشعبة: هندسة مدنية
التخصص: *هياكل*

بواسطة: بلكحل عائشة و جعيدير عائشة

الموضوع

دراسة حالات أمراض المنشآت المتعلقة بمشاكل التربة
دراسة حالة دار الضياف بحاسي القارة

تحت إشراف الأستاذ: عمير عبد الناصر.

السنة الدراسية: 2021/2020

بسم الله الرحمن الرحيم

الشكر و العرفان

الحمد لله الذي أعاننا على إتمام هذه المذكرة ولا يسعنا إلا أن نسجد لله شكرا ونحمده على توفيقه لنا.

بعد فضل الله عز وجل يقتضي الواجب من باب الاعتراف بالجميل أن نتقدم بالشكر الجزيل والثناء الخالص لأستاذنا المشرف "المهندس **عمير عبد الناصر**" "المدير التقني للأشغال العمومية للجنوب" الذي تفضل بالإشراف على هذه المذكرة وعلى ما قدمه لنا من دعم وإرشاد وما بذله من جهد ووقت لكي تكتمل هذه المذكرة بهذه الصورة، فجزاه الله عنا خير الجزاء ونفع به كل طالب علم ومعرفة، داعينا المولى عز وجل له التوفيق والخير والسداد.

كما نشكر عمال وموظفين في بلدية "**حاسي القارة**" لإمدادهم لنا بمعلومات متعلقة بمحل الدراسة "تاريخ بناية دار الضياف" ونخص بالشكر السيدة **أبو طالب فتيحة**.

ومن الواجب أيضا أن نتقدم بالشكر الجزيل للمهندس "**بعلي عبد القادر**" مدير فرع هيئة المراقبة التقنية للبناء بالجنوب، على حسن استقباله لنا في كل مرة نقصده وعلى إمداده لنا بمعلومات وكتب متعلقة بترميم وتدعيم البناء.

كما نشكر أيضا مدير هيئة المراقبة التقنية للجنوب بغرداية "**لروي حسين**" على حسن استقباله وشرحه لنا الكثير من الأمور المتعلقة بالدراسة خاصة فيما يخص دراسة الخبرة لبناية متضررة.

كما نشكر "**مصطفى مقدم**" مدير مكتب دراسات التربة بالمنيعة لإمداده لنا بدراسة تربة لمشروع يقع في نفس منطقة دراستنا.

أيضا نتقدم بشكر خالص للأستاذ المحترم الكريم "**صبرو فاروق**" أستاذ لغة انجليزية بجامعة غرداية على ما قدمه لنا من مساعدة في ترجمة الكثير من الأمور المهمة في هذه المذكرة فجزاه الله عنا كل خير وأكثر من أمثاله وثبته على فعل الخير والكرم.

كما نتقدم بالشكر الجزيل "**لجامعة ورقلة**" على حسن استقبالهم وسماحهم لنا بالبحث عن كتب ومذكرات تخرج دون عوائق.

كما نرفع كلمة شكر **للوالد** الغالي والأخ العزيز **بلكحل صالح** لمرافقتهم لنا لمكان الدراسة الخالي من السكان والغالية بلكحل **مريم** لمساعدتها لنا في هذه المذكرة من ناحية التصوير وتصور المخططات المعمارية للبناية، فلهم جزيل الشكر.

كما نتقدم بالشكر الجزيل لكل أساتذة قسم الهندسة المدنية "جامعة غرداية" الذين تعلمنا منهم الكثير وكان لهم الفضل في تنمية خبراتنا ومهاراتنا وخاصة الأستاذ **صالحي** والأستاذ **عزيز محمد نجيب** والأستاذة **دهان سارة** فلهم منا كل الاحترام والتقدير.

كما نتقدم بالشكر الجزيل للأساتذة الأفاضل أعضاء **لجنة المناقشة**.

ونشكر كل **زملائنا** دفعة 2021، وكل من ساهم من قريب أو بعيد في إنجاز هذا المذكرة ولو بالكلمة الطيبة.

بلكحل عائشة

بجيدير عائشة

الإهداء

أهدي عملي هذا إلى الغالي أبي الذي كان رفيق دربي والذي طالما كان سندي ودعما لي في مشواري أبي الذي افتخر دائما بكوني إبنته

الى امي التي انجبتني وسهرت من اجلي ولولا دعائها لم أصل الى ما انا عليه الان

إلى إخوتي وأخواتي زهرة مريم طاهر محمد أحمد ميرة فاطمة وسليمان وآخر العنقود تقى وجميع آل جعيدير

إلى أساتذتي في كل مراحلي التعليمية

إلى أصدقاء المواقف فريحة ومسعودة

إلى جميع أصدقاء الدراسة

ج.عائشة

الإهداء

إلى أغلى الناس أبي وأمي

إلى أخي وأخواتي

إلى إبن أختي وبنات أخي

إلى جدتي وخالتي وبناتها

إلى صديقاتي على مر الزمان

ب.عائشة

الرقم	العنـــــــوان	الصفحة
جدول (1.1)	الحدود التقريبية لحجم حبيبات نسيج التربة.....	08
جدول (2.1)	درجات الحموضة في التربة.....	13
جدول (1.2)	مجالات قصور التصميم والتفاصيل وكيفية التعرف على الأخطاء التي تنجم عنها.....	56
جدول (1.3)	سجل تاريخ المنشأ.....	76
جدول (2.3)	تقييم حالة البيئة المحيطة بالمنشأ.....	77
جدول (3.3)	التقييم الإنشائي لعناصر الجوائز والبلاطات الخرسانية المسلحة.....	79
جدول (4.3)	التقييم الإنشائي لعناصر الأعمدة و الجدران الخرسانية المسلحة.....	80
جدول (5.3)	التقييم الإنشائي لجميع العناصر الخرسانية المسلحة.....	81
جدول (6.3)	التقييم الإنشائي للعناصر الخرسانية المسلحة نتيجة الحريق.....	82
جدول (7.3)	تقييم ميلان واستقرار المنشأ.....	83
جدول (8.3)	أسس ومعايير التقييم الفني لعناصر الإكساءات.....	81
جدول (9.3)	أسس ومعايير التقييم الفني لعناصر الإكساءات.....	85
جدول (10.3)	نسب الفقدان الفيزيائي لقيمة البلاطات والجوائز.....	86
جدول (11.3)	نسب الفقدان الفيزيائي لقيمة الأعمدة والجدران الخرسانية المسلحة.....	87
جدول (12.3)	تصنيف حالة البناء.....	88

الرقم	العنـــــــــوان	الصفحة
شكل (1.1)	مخطط توضيحي يبين أنواع التربة.....	03
شكل (2.1)	العناصر المكونة للتربة.....	05
شكل (3.1)	مختلف حالات الماء في التربة.....	07
شكل (4.1)	البناء الحبيبي للتربة الخشنة.....	08
شكل (5.1)	البناء الحبيبي للتربة الناعمة.....	09
شكل (6.1)	شكل الحفر المكشوفة العميقة نوعا ما.....	16
شكل (7.1)	مثاقيب يدوية لعمل جسات الحفر المكشوف.....	17
شكل (8.1)	الطريقة الميكانيكية.....	18
شكل (9.1)	يوضح طريقة آبار الجذب لتعيين النفاذية.....	21
شكل (10.1)	صندوق القص.....	31
شكل (11.1)	خلية الأيدومتر.....	31
شكل (12.1)	منحنى الانضغاط.....	32
الشكل (1.2)	ملخص لأهم العيوب التي تصيب المبنى كوحدة متكاملة.....	36
شكل (2.2)	تشققات تحصل حول العمود في الأساسات المنفردة.....	40
شكل (3.2)	تحميل زائد مركزي و غير مركزي على العمود.....	40
شكل (4.2)	صدأ حديد التسليح الطولي والعرضي.....	41
شكل (5.2)	شق مائل في جدار فاصل.....	42
شكل (6.2)	شق عمودي وسط الجدار بسبب تقوس الحزام.....	42
شكل (7.2)	شقوق عمودية وأفقية بسبب انكماش وتمدد الجدار.....	43
شكل (8.2)	تشققات زوايا الفتحات بسبب تغير الإجهادات على أجزاء الحائط المختلفة.....	43
شكل (9.2)	شقوق نتيجة أحمال زائدة (شقوق الانحناء والشد والقص).....	44

شكل (10.2) تشققات الانكماش اللدن العشوائية.....45

شكل (11.2) شقوق تظهر نتيجة نقص كمية حديد التسليح.....46

شكل (12.2) تشققات نتيجة زيادة عزم الالتواء.....47

شكل (13.2) صدأ وتآكل الحديد.....53

شكل (14.2) خطر انهيار أساس نتيجة قصور في دراسة التربة.....55

شكل (15.2) المسافة بين البناء والشجرة المغروسة.....56

شكل (16.2) حركة التربة.....61

شكل (17.2) هبوط متجانس.....61

شكل (18.2) هبوط تفاضلي.....61

شكل (1.3) معايير التقييم الفني و الإنشائي للمنشأ.....75

شكل (1.4) علاج شروخ المباني.....96

شكل (2.4) إضافة قاعدة خرسانية أسفل القاعدة القائمة.....97

شكل (3.4) قميص خرساني للأساسات المنعزلة.....98

شكل (4.4) إضافة قاعدة جديدة فوق القاعدة القديمة.....98

شكل (5.4) ربط قاعدتين منعزلتين متجاورتين.....99

شكل (6.4) إصلاح جدار بواسطة الخرسانة المقذوفة.....100

شكل (7.4) القمصان الحديدية للأعمدة الخرسانية.....103

شكل (8.4) علاج صدأ حديد التسليح للكمرات.....106

شكل (9.4) الكانات المستجدة للكمرات.....107

شكل (10.4) علاج صدأ حديد التسليح وزيادته بدون زيادة الابعاد الخرسانية للكمرات.....108

شكل (11.4) علاج صدأ حديد التسليح وزيادة التسليح والابعاد للكمرات الخرسانية.....110

شكل (12.4) تقوية الكمرات بتثبيت شرائح حديدية.....111

شكل (13.4) وصلة مقاومة للعزوم.....111

شكل (14.4) خاصية تذكر الشكل.....112

شكل (15.4) تقوية البلاطات بزيادة السمك وحديد التسليح.....113

شكل (16.4) تقوية البلاطات الكابولية من أعلى.....114

شكل (17.4) علاج صدأ الحديد للبلاطات الخرسانية.....115

شكل (18.4) تقوية البلاطات بزيادة السمك وحديد التسليح.....116

شكل (19.4) عزل القواعد الخرسانية المنعزلة بالسيروتكت.....122

شكل (1.5) المخطط المعماري للدور الأرضي.....132

شكل (2.5) المخطط المعماري للدور الأول.....132

شكل (3.5) التباعد بين الكانات في العمود المكشوف.....140

الرقم	العنـــــــــــوان	الصفحة
صورة (1.1)	شكل الحفر المكشوفة.....	16
صورة (2.1)	الجسة بالطريقة اليدوية.....	17
صورة (3.1)	صورة لإحدى الحفارات المستخدمة في تحريات التربة.....	18
صورة (4.1)	فرن تجفيف و ميزان حساس.....	22
صورة (5.1)	أدوات اختبار حدود أتربارغ (حد السيولة واللدونة).....	24
صورة (6.1)	مراحل وضع التربة في المناخل.....	26
صورة (7.1)	مراحل اختبار التحليل الهيدرومتري.....	28
صورة (8.1)	جهاز القص المباشر.....	30
صورة (1.2)	هبوط كبير متساوي لمبنى.....	37
صورة (2.2)	هبوط غير متساوي (ميل) للمبنى بدون شروخ.....	37
صورة (3.2)	هبوط غير متساوي (ميل) للمبنى مع شروخ في اتجاه الميل.....	38
صورة (4.2)	انزلاق لمبنى.....	38
صورة (5.2)	انهيار جزئي لبناية قديمة.....	38
صورة (6.2)	انهيار كلي بسبب الزلزال.....	39
صورة (7.2)	شروخ وكسور في رقبة العمود بسبب الزلزال.....	41
صورة (8.2)	شق مائل في جدار فاصل.....	42
صورة (9.2)	شقوق عمودية وأفقية بسبب انكماش وتمدد الجدار.....	43
صورة (10.2)	شقوق بسبب صدأ الحديد.....	44
صورة (11.2)	شقوق بسبب غطاء خرساني كبير.....	44
صورة (12.2)	شروخ نتيجة أحمال زائدة (شروخ ضغط).....	45
صورة (13.2)	شروخ بسبب صدأ حديد التسليح السفلي.....	46

صورة (14.2)	صدأ عمود.....	48
صورة (15.2)	تقوس عارضة معدنية.....	48
صورة (16.2)	انبعاج عمود.....	48
صورة (17.2)	تعفن سقف خشبي.....	49
صورة (18.2)	شقوق في الرافدة.....	49
صورة (19.2)	هجوم الحشرات.....	49
صورة (20.2)	تبقع بسبب صدأ الحديد.....	50
صورة (21.2)	تبقع بسبب الزيوت والشحوم.....	50
صورة (22.2)	سقوط تلبيس السقف بسبب سمكه الكبير.....	51
صورة (23.2)	تفتت خرسانة تلبيس جدار حامل.....	51
صورة (24.2)	تآكل خرسانة سطح منزل بفعل الامطار والرياح.....	52
صورة (25.2)	تسويس وتعشيش الخرسانة.....	53
صورة (26.2)	تأثير غرس الأشجار على البناء.....	59
صورة (27.2)	اصطدام سيارة بعمارة.....	60
صورة (1.3)	مبين حركة ميكانيكي.....	72
صورة (1.4)	ملأ شرخ شعري بمادة إيبوكسية منخفضة اللزوجة.....	92
صورة (2.4)	توسعة شرخ بعمق (1-2) سم.....	93
صورة (3.4)	ملأ شرخ بمادة إيبوكسية.....	93
صورة (4.4)	تثبيت مواسير معدنية في ثقوب على مسافات تتراوح بين 25-50 سم.....	93
صورة (5.4)	حقن الشروخ بمادة إيبوكسية ومسحها بمونة إسمنتية.....	94
صورة (6.4)	خطوات معالجة الشروخ العميقة والمتسعة.....	95

صورة (7.4) إزالة طبقات البياض بالمطرقة أو بالشنيور..... 101

صورة (8.4) زرع أشاير لربط الكانات في العمود..... 101

صورة (9.4) زرع أشاير في القواعد الخرسانية والكمرات..... 102

صورة (10.4) صب خرسانة القميص..... 102

صورة (1.5) موضع البناية المدروسة "دار الضياف" سلم 200/1 م..... 127

صورة (2.5) خريطة جديدة لتقسيم المناطق (بعد زلزال بومرداس)..... 128

صورة (3.5) عدد أدوار دار الضياف..... 132

صورة (4.5) بلاطة الدور الأرضي..... 133

صورة (5.5) رصف محيط خارج البناية مهترأ..... 133

صورة (6.5) رصف داخل البناية مهترأ..... 133

صورة (7.5) تسرب مياه الأمطار عبر جدار درج البناية وشقوق مصاحبة له..... 133

صورة (8.5) آثار الرطوبة أسفل الشرفات..... 134

صورة (9.5) آثار تسرب مياه الحمامات في الطابق الأرضي..... 134

صورة (10.5) شقوق موازية لحديد التسليح الرئيسي..... 134

صورة (11.5) شقوق موازية لحديد التسليح الرئيسي..... 134

صورة (12.5) شق كبير في الجدار الخارجي..... 135

صورة (13.5) شق عريض يفصل البناية إلى قسمين..... 135

صورة (14.5) شقوق أفقية أسفل العمود..... 135

صورة (15.5) تفتت الغطاء الخرساني بسبب الضغط..... 135

صورة (16.5) من الداخل شقوق عند زاوية فتحة الغرفة 2 مائلة بزاوية 45°..... 136

صورة (17.5) شق مائل بزاوية 45° في جدار رواق الغرف بالدور الأول..... 136

صورة (18.5) شق مائل بزاوية 45° في ركن أحد المغاسل في الدور الأرضي..... 136

صورة (19.5) انفصال الجدار عن الحزام..... 137

صورة (20.5) انفصال الجدار عن العمود..... 137

صورة (21.5) شق أفقي في منتصف الجدار..... 137

صورة (22.5) سقوط رخام الجدار قرب العمود..... 137

صورة (23.5) صدع كبير في ركن إحدى الغرف..... 138

صورة (24.5) شق نافذ في إحدى الغرف..... 138

صورة (25.5) تقوس في بلاطة الطابق الأرضي..... 138

صورة (26.5) جدار غرفة صرف صحي من الآجر..... 138

صورة (27.5) صور توضح أن الأساسات منعزل..... 139

صورة (28.5) الكشف عن حديد التسليح عن طريق تحطيم الخرسانة..... 139

صورة (29.5) سمك الغطاء الخرساني..... 140

قائمة الملاحق

الرقم	العنـــــــوان
الملحق (1.1)	جدول تحديد المحتوى المائي
الملحق (2.1)	اختبار حد السيولة
الملحق (3.1)	اختبار التحليل المنخلي
الملحق (4.1)	تسجيل المعلومات والبيانات في قطاع نموذجي لجسة في طبقات صخرية
الملحق (5.1)	بعض الرموز المستخدمة في قطاع الجسات
الملحق (1.2)	تأثير الرياح على المباني المرتفعة
الملحق (2.2)	ميكانيكية حدوث الصدأ في حديد التسليح
الملحق (1.3)	جهاز قياس الشقوق المكبر
الملحق (2.3)	جهاز قياس تآكل حديد التسليح
الملحق (3.3)	الكشف عن النوافذ والنتائج (باتشوميتر)
الملحق (4.3)	جهاز سيكلورومتر
الملحق (1.4)	مساحة وحدود دار الضياف
الملحق (2.4)	مخطط الكتلة
الملحق (3.4)	تقرير الخبرة صفحة 1
الملحق (4.4)	تقرير الخبرة الصفحة 2

الفهرس

العـــــــــــــنوان	الصفحة
قائمة الجداول	
قائمة الأشكال	
قائمة الصور	
قائمة الملاحق	
الفهرس	
الملخص	
المقدمة	أ - ت
الفصـــل الأول: عموميات حول دراسة التربة	
تمهيد	02
المبحث الأول: عمـوميات حـول التـربـة	03
المطلب الأول: تعريف التربة	03
المطلب الثاني: أنواع التربة	03
المطلب الثالث: مكونات التربة	05
المطلب الرابع: خصائص التربة	07
المطلب الخامس: مشاكل التربة في منسوب التأسيس	14
المبحث الثاني: طـريـقة دراسـة الأرضـية	15
المطلب الأول: الدراسة الميدانية أو استكشاف الموقع	15
المطلب الثاني: التجارب المخبرية	21
المطلب الثالث: تقرير التربة	33

الفصـــل الثاني: الأضرار التي تصيب المنشآت وأسباب حدوثها

تمهيد 35

المبحث الأول: أنواع العيوب التي تصيب المنشآت 36

المطلب الأول: عيوب تصيب المنشأ كوحدة متكاملة 36

المطلب الثاني: عيوب تصيب العناصر الإنشائية 39

المطلب الثالث: عيوب تصيب مواد البناء 49

المبحث الثاني: الأسباب المحتملة لتدهور المنشآت 55

المطلب الأول: الأخطاء 55

المطلب الثاني: أضرار بأسباب ميكانيكية 60

المطلب الثالث: أضرار بأسباب كيميائية وفيزيائية 62

المطلب الرابع: أسباب عارضة (غير متوقعة) 65

الفصـــل الثالث: طرق وأدوات تقييم المنشآت المتضررة

تمهيد 67

المبحث الأول: التشخيص التقني للمنشآت الخرسانية 68

المطلب الأول: تعريف التشخيص التقني 68

المطلب الثاني: مراحل التشخيص التقني 68

المطلب الثالث: عملية التوثيق (مراجعة وثائق المبنى) 68

المطلب الرابع: الفحص البصري 69

المطلب الخامس: الفحوصات والأدوات 70

المبحث الثاني: أسس ومعايير التقييم الإنشائي 73

المطلب الأول: تعريف عملية التقييم الإنشائي للمنشآت 73
المطلب الثاني: الخطوات النموذجية لعملية تقييم المنشآت الخرسانية القائمة 73
المطلب الثالث: أسس ومعايير التقييم الفني 74
المطلب الرابع: أسس ومعايير التقييم الاقتصادي 86
المطلب الخامس: القواعد الأساسية لعملية التقييم 88

الفصـــل الرابع: طرق ترميم وتقوية وحماية المنشآت الخرسانية

تمهيد 90
المبحث الأول: طرق تقوية وترميم المنشآت الخرسانية 91
المطلب الأول: تعاريف أساسية 91
المطلب الثاني: معالجة الشروخ وترميم المنشآت 92
المطلب الثالث: إصلاح وتقوية الأساسات 96
المطلب الرابع: ترميم وتقوية الأعمدة والحوائط الخرسانية 100
المطلب الخامس: تقوية وترميم الكمرات الخرسانية 105
المطلب السادس: تقوية وترميم العقد (جائز، عمود) 111
المطلب السابع: تقوية وترميم البلاطة الخرسانية 113
المطلب الثامن: طرق تحسين قدرة تحمل التربة 117
المبحث الثاني: طرق حماية المنشآت الخرسانية 120
المطلب الأول: حماية المنشآت الخرسانية ضد تأثير العوامل الجوية 120
المطلب الثاني: حماية المنشآت الخرسانية من تأثير العوامل الكيميائية 121
المطلب الثالث: حماية المنشآت الخرسانية من تسرب المياه 121

المطلب الرابع: حماية الأساسيات الخرسانية ضد تأثير المياه الجوفية 122

المطلب الخامس: حماية الأرضيات الخرسانية ضد المواد الكيميائية والأحمال الميكانيكية 123

المطلب السادس: حماية الأسطح الخرسانية من تأثير الحرارة الجوية 123

الفصـــل الخامس: دراسة حالة "دار الضياف بحاسي القارة"

تمهيد 125

المبحث الأول: تقديم عام لمكان الدراسة "دار الضياف بحاسي القارة" 126

المطلب الأول: تعريف ونشأة دار الضياف 126

المطلب الثاني: تقديم منطقة الدراسة 126

المبحث الثاني: تشخيص البناية وتقييم الضرر 129

المطلب الأول: مراجعة الوثائق 129

المطلب الثاني: الفحص البصري 132

المطلب الثالث: كشوفات وأخذ قياسات موقعية 139

خاتمة الفصل 141

الخاتمة العامة 143

قائمة المراجع والمصادر 148

الملاحق 154

الملخص:

أي منشأة أو بناية قديمة كانت أو حديثة معرضة إلى تدهور وضعف في أحد عناصرها أو كلها وهذا ما يدعى بأمراض البنايات، وهذا نتيجة لأسباب وعوامل مختلفة، الأمر الذي يستدعي وبشكل ضروري تقييم حالة هذه المنشأة أو البناية ومعرفة مدى تضررها، وذلك لضمان الاستثمار الآمن والسليم لها، واتخاذ الإجراءات الضرورية لذلك.

في هذا العمل قمنا بزيارة ميدانية لبناية متضررة **"دار الضياف"** "بمدينة حاسي القارة بالمنيعة"، أين قمنا بالمعاينة البصرية، والهدف من ذلك جمع وتصنيف مختلف أنواع الأضرار والتشققات في مختلف عناصر البناية الأساسية والثانوية وتحديد أسباب هذه الأضرار، كما استعنّا بوثائق البناية، وكذلك دراسة التربة التي أجريت لها من قبل المكاتب والمخابر الدراسية التي تكفلت بها، وذلك من أجل تقييم الضرر وتحديد مدى خطورته، واقتراح حلول جدرية، أو الوصول لهدم البناية.

الكلمات المفتاحية: أمراض، شقوق، الفحص البصري، تقييم، تدعيم، حقن التربة.

Abstract:

Any facility or a building (old or new) is exposed to a deterioration and weakness in one or all of its elements. That's what called Building's disease, this due to different reasons and factors which necessarily demands an assessment of the condition of this facility or building to discover the extent of its degradation , that to ensure its secure and healthy investment and to take the necessary measures for that.

In this project, we visited a deteriorated building (Dar Eddiyaf) in Hassi Garra city _ wellaya El Golea) where we performed the visual preview in order to collect and sort out the differents damages and cracks in essentials/ secondary elements of this building. and identify the principal/ potential reasons for that. As we used the building documents, and the soil study which was already done by offices and labs.(Which ,if not for lack of time we had done it on our own) in order to assess the damage and identify it's danger and to suggest radical solutions or decide to demolish the building.

Key words: Clay soil, diseases, cracks, visual diagnosis, assess, Reinforcement, soil injection.

المقدمة

مقدمة

مشكلة أمراض المنشآت وبصفة خاصة المنشآت الخرسانية قد أصبحت من المشاكل الملحة التي يجب أن تتكاثف الجهود للوصول إلى حلها، ومن أهم أسباب هذه المشكلة عدم وجود الوعي الكافي لدى جمهور المهندسين بأسباب مختلف أمراض المنشآت وخاصة التشققات حتى يمكن تلافيها، وبطرق العلاج السليمة حتى يمكن اتباعها.

وتعامل المهندس أو الاستشاري الإنشائي مع مبنى أصابته بعض الأمراض يشبه لحد كبير تعامل الطبيب مع مريض ظهرت عليه أعراض المرض، فكلا المجالين يشملان التنقيب عن الأسباب المؤدية لهذا المرض بالسؤال والفحص ثم التشخيص السليم بالتحليل والدراسة ثم وصف العلاج الناجع، مع الحرص على الوقاية لمنع المرض من الحدوث من جديد، لا بل الحرص على منع المرض من الحدوث أساسا.

وهنا نطرح الإشكالية التالية: **كيف تدرس حالات أمراض المنشآت خاصة المرتبطة بمشاكل التربة**، ولتبسيط فهم هذه الإشكالية نطرح التساؤلات التالية: هل دراسة التربة ضرورية قبل إنشاء أي منشأ، وما الأمراض التي تصيب المنشآت؟ وهل هناك أمراض لها علاقة بالتربة؟، كيف السبيل للكشف عنها وتقييمها؟، ما الطرق وما الوسائل المستخدمة؟، وأخيرا ما هي الحلول المناسبة لوقاية هذه المنشآت وضمان استمرارية عملها بأمان طيلة عمرها الافتراضي؟، وللإجابة على هذه التساؤلات اتبعنا المخطط التالي:

بما أن التربة هي التي تستقبل كل أحمال المبنى فوقها من الأساس إلى آخر حمل فوق سطحها، ولما للتربة من أهمية كبيرة في ثبات المبنى واستقراره، لدى أولا وقبل أي شيء تطرقنا لدراسة التربة من أجل التعرف عليها، وعلى أنواعها، ومكوناتها، وخصائصها الفزيائية والكيميائية وخاصة الميكانيكية، كما تناولنا طرق وأساليب الكشف عنها حقليا ومخبريا، كما أوردنا جانبا يختص بمشاكل التربة على مستوى تأسيس المنشأ.

كما تناولنا العديد من أنواع الأضرار والعيوب التي يمكن أن تصيب المنشآت و مختلف الأسباب المؤدية لذلك.

أيضا تطرقنا لعملية التشخيص: طرق فحص وكشف العيوب وإجراء الاختبارات والتحاليل اللازمة والأدوات المستخدمة لكل فحص واختبار، ثم أوردنا كيفية دراسة وتقييم الأمراض للوصول إلى التشخيص السليم.

وأخيرا وليس آخرا تطرقنا لطرق العلاج المختلفة، ومتى يتم استخدام كل طريقة منها، وما الخطوات الدقيقة لتهيأت العنصر للإصلاح، ثم الإصلاح.

في آخر هذا العمل قمنا بمثال عن ما سلف ذكره: ما استطعنا تطبيقه قدر الإمكانيات التي توفرت لنا، فكثيرا من الأحيان لم نحصل على المعلومات التي نحتاجها للدراسة.

لقد اخترنا انجاز هذا العمل (مذكرة التخرج) باللغة العربية عملا بقول المفكر الجزائري والنابغة مالك بن نبي: **"لم تعرف البشرية شعبا تطور بغير لغته"**، حتى يتمكن القارئ سوآءا كان طالبا في قسم الهندسة المدنية أو قسم علوم الأرض ...الخ، أو حتى الأساتذة والمهندسين من فهم الكثير من المواضيع داخل هذا العمل، من دراسة تربة، ومن أنواع أمراض بنايات وأسبابها، وتشخيصها وتقييمها والحكم عليها، وعلاجها، والحد منها ... الخ، واتضح ذلك جليا حيث استطعنا فهم الكثير من الأمور لم نكن لنعرفها لو كنا نعمل بلغة غير لغتنا العربية، وتسهيلا للوصول إلى المعلومة التي يبحث عنها الباحث، نوضح لكم تقسيمات هذا العمل:

- **الفصل الأول:** عموميات حول دراسة التربة ؛
- **الفصل الثاني:** العيوب التي تصيب المنشآت وأسبابها ؛
- **الفصل الثالث:** طرق ووسائل تشخيص وتقييم المنشآت المتضررة ؛
- **الفصل الرابع:** طرق ترميم وتقوية وحماية المنشآت ؛
- **الفصل الخامس:** دراسة حالة (دار الضياف بحاسي القارة).

الفصل الأول:

عموميات حول دراسة التربة

الفصل الأول

تمهيد

لدراسة التربة أهمية كبيرة في البناء وذلك من أجل تحديد خواصها وتصنيفها والكشف عن طبيعتها وسمكها وترسب طبقاتها، ولمعرفة مدى متانتها وتوازنها وثباتها واستقرارها، ومن ثم استعمال المعلومات الناتجة عن دراسة التربة في الدراسات الإنشائية للأساسات والمنشآت الأرضية والتدعيم آخذين بعين الاعتبار النواحي الاقتصادية والعلمية.

تتلخص الواجبات المهنية لمهندس التربة بأن يضع ثقافته العلمية وخبرته الفنية ليقوم بدراسة موضوعية ومجردة لتحديد القيم الحسابية والعلاقات الكمية لوصف التربة وتعريف قوة احتمالها ومن ثم القيام بالتوصيات الفنية اللازمة لتصميم وتنفيذ منشآت أمنية وخالية من الشوائب بحيث لا تعرض حياة المواطنين للخطر أو أملاكهم للضياع والحفاظ على البيئة وعدم إتلافها أو تشويهها.

إن الغرض من دراسة التربة هو تحقيق المتطلبات الضرورية ولكن غير الحصرية:

- ✓ تحديد قوة تحميل التربة بحيث تكون دائما أقل من قوة تحمل التربة الحقيقية بنسبة أو بعامل يدعى **" عامل الأمان "** بحيث يتلاءم مع مقتضيات الدراسة والحلول الاقتصادية ؛
- ✓ تحديد حساب مقدار الهبوط الكلي أو النسبي للمنشأة لأخذها بعين الاعتبار أثناء التصميم لضمان سلامة المنشأة من أي تشقق أو تصدع وأيضا للحفاظ على السلامة العامة ؛
- ✓ دراسة مدى تأثير المنشأة أو طريقة تنفيذها إذا لزم الأمر على المنشآت المجاورة لضرورة اتخاذ الخطوات اللازمة للحماية[1]؛
- ✓ اختيار نوع وعمق وأبعاد الأساس المناسب لكل من أحمال المنشأ والتربة الذي سوف يقام عليها المنشأ وذلك بأمان تام سواء للمنشأ نفسه أو المباني المجاورة له مع أقل تكلفة[2].

وسنتطرق في هذا الفصل إلى مبحثين:

- **المبحث الأول: عموميات حول التربة ؛**
- **المبحث الثاني: طريقة دراسة الأرضية.**

1- ويكي الجامعة (2021/04/06)، **هندسة جيوتقنية**، تم الاطلاع عليه يوم (2021/06/08)، هندسة_جيوتقنية /ar.wikiversity.org/wiki.

2- **مقابلة مع**: بعزيز مصطفى، مخبر الأشغال العمومية المنيعة، يوم 2021/03/18، على الساعة: 9:00.

المبحث الأول: عمـوميات حـول التـربـة

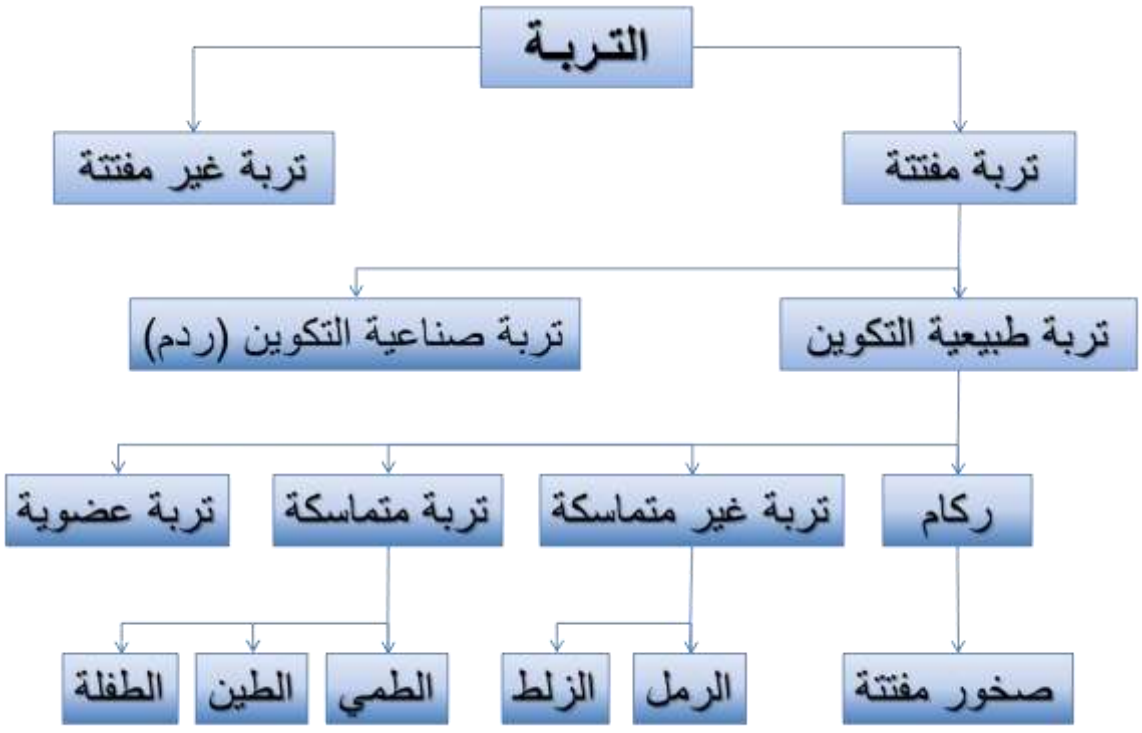
المطلب الأول: تعريـف التـربـة

التربة هي الطبقة السطحية الهشة أو المفتتة التي تغطي سطح الأرض، تتكون من مواد صخرية مفتتة خضعت من قبل للتغير بسبب تعرضها للعوامل البيولوجية والكيميائية والبيئية (منها التجوية، والتعرية)، كما تعرف التربة أيضا باسم الأرض، وهي المادة التي اشتق منها كوكب الأرض الذي نحيا عليه اسمه[1].

والتربة في الهندسة المدنية هي الجزء السطحي من القشرة الأرضية الذي ترتكز عليه أساسات المنشآت، وهي تعتبر جزء من الأساس.

المطلب الثاني: أنـواع التـربـة

تنقسم التربة بشكل رئيسي إلى تربة مفتتة وتربة غير مفتتة، حيث تنقسم التربة بعد ذلك إلى أقسام كثيرة تندرج تحت القسمين السابقين، كما هو موضح بالشكل **(1.1)** [2]:



شكل (1.1): مخطط توضيحي يبين أنواع التربة.
مصدر: الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج، مرجع سبق ذكره، ص 42.

1- مظفر أحمد الموصلي، **أساسيات التربة العامة**، ط1، دار دجلة للنشر والتوزيع، عمان، الأردن، طبعة حديثة.

2- الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج، **التربة والأساسات**، دون نسخة، المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني، المملكة العربية السعودية، 2018، ص 42.

الفصل الأول

أولا. التربة المفتتة

ويقصد بها تلك المواد المفتتة من سطح القشرة الأرضية وهي إما أن تكون متماسكة أو غير متماسكة ويمكن تقسيمها إلى الأنواع التالية:

1. تربة طبيعية التكوين

وهي التربة الموجودة في الطبيعة ولم يتدخل الإنسان في تكوينها ولها عدة أنواع:

1.1. الركام:

ويقصد به أجزاء الصخور ذات الأحجام الصغيرة والتي انفصلت عن صخورها الأصلية بفعل العوامل الجوية فتحركت واستقرت في مناطق أخرى.

2.1. تربة غير متماسكة:

ويقصد بها الرمل والزلط (الحصى) أو خليطهما وتقسم هذه التربة حسب حجم حبيباتها فالزلط يكون حجم حبيباته (من 2 مم إلى 6 مم) أما الرمل فيكون حجم حبيباته أصغر من ذلك (من 0.06 إلى 2 مم) وهذه النوعية من التربة إذا ما تعرضت للأحمال فإنه يحدث لها انضغاط لحظي ولا يستغرق وقتا طويلا ولا يحدث لها انضغاط بعد ذلك طالما ظلت الأحمال ثابتة القيمة ولم تتغير.

3.1. تربة متماسكة:

هذه النوعية من التربة حجم حبيباتها أقل من 0.06 مم ولا يمكن رؤية حبيباتها بالعين المجردة ونفاذية هذه التربة للماء أقل من الأنواع السابقة كما وإنها إذا تعرضت للأحمال يحدث لها انضغاط بطيء يستمر لفترة طويلة من الزمن، وتنقسم التربة المتماسكة إلى عدة أنواع هي:

أ. **الطمي:**

وتتراوح مقاسات حبيباته (من 0.06 إلى 0.02 مم) ويكون لونها أسود أو بني وغالبا ما تكون في الطبيعة مختلطة بالرمال.

ب. الطين:

وهي تربة تقل أبعاد حبيباتها عن (0.002 مم) وهي عبارة عن رقائق دقيقة جدا وفي حالة وجود الماء تتولد قوة تجاذب بين هذه الرقائق مما يكسب هذه النوعية من التربة خاصية التماسك واللدونة.

ج. الطفلة:

وهي تربة من الطين مختلطة من الرمل مع نسبة من الجير وهي شديدة التماسك في حالة جفافها وسريعة التفكك إذا تعرضت للماء.

د. تربة عضوية:

هذه النوعية من التربة تحتوي على نسبة كبيرة من بقايا النباتات وقد تحتوي على نسب مختلفة من الرمل الناعم أو الطين ويمكن تمييز هذه التربة من رائحتها وتكون في حالتها الطبيعية رخوة جدا ولا تتحمل الضغوط، لذلك إذا تواجدت هذه التربة في موقع يراد عمل منشأ به يجب إزالتها أو اختراقها للوصول لطبقة أخرى من التربة الصالحة للتأسيس عليها.

2. تربة صناعية التكوين (الردم)

ويقصد به الطبقات من التربة التي كونتها يد الانسان، ويفضل عدم التأسيس على أرض مردومة إلا بعد التأكد من قدرتها على تحمل الأحمال، أما طبقات الردم التي تحوي مخلفات منزلية مثل القمامة فهي لا تصلح للتأسيس عليها وذلك لاحتوائها على نسبة عالية من المواد العضوية بالإضافة إلى احتمال حدوث نسبة هبوط عالية نتيجة تخللها وبسبب الضغط الناتج عن ثقل المبنى.

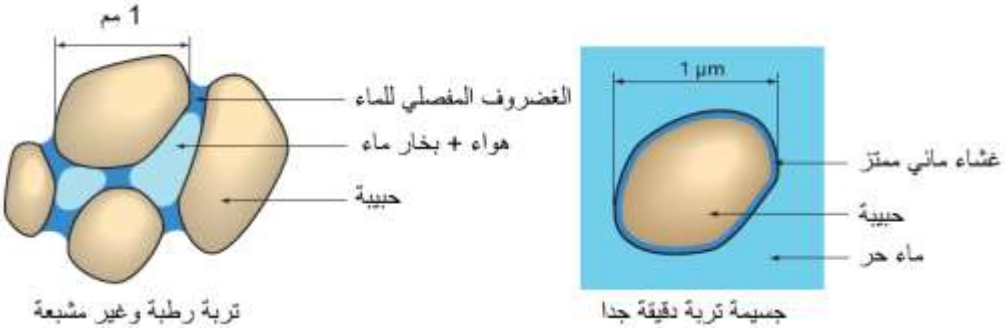
ثانيا. التربة غير المفتتة

ويقصد بها الصخور ذات التكوين الصلب المستمر وهذه النوعية من التربة لها قدرات عالية جدا على تحمل الأوزان (الأحمال).

المطلب الثالث: مكونات التربة

تتكون عينة التربة من ثلاث أطوار (حالات) [1]:

- ✓ طور صلب ؛
- ✓ طور سائل ؛
- ✓ طور غازي.



شكل (2.1): العناصر المكونة للتربة.

مصدر: Alain Franck Béchade, **La pathologie des fondations superficielles : diagnostic, réparations et prévention**, CSTB, France, 2014, P 20.

1- M.a.j. Par M. CALLAUD, **Cours de mécanique des sols**, Tome I, 2iE, Groupe EIER_ETSHER, Institut international d'ingénierie de l'Eau et de l'Environnement, 2004, P 6.

1. الطور الصلب

يتكون من خليط المواد المعدنية والعضوية بأحجام مختلفة بحيث تكون هيكل التربة[1].

2. الطور الغازي

في داخل هيكل التربة نظام من المسامات تمثل قنوات الاتصال بين جسم التربة والمحيط الخارجي تكون مشغولة بهواء التربة الجافة[2] أو خليط من الهواء وبخار الماء للتربة الرطبة، عندما تمتلئ جميع الفراغات بالماء يقال إن التربة مشبعة[3].

3. الطور السائل

المسامات التي تكون مشغولة بالماء مع كمية مختلفة من المواد الذائبة[4]، يمكن العثور على الماء في التربة بأربعة أشكال:

1.3. الماء الأساسي:

هو جزء من التركيب الكيميائي للمعادن التي تشكل حبيبات التربة.

2.3. الماء الممتز (أو الماء المربوط):

الماء المربوط أو الماء الممتز الذي يشكل غشاءً رقيق شبه صلب لزج حول كل حبة، إنه ليس متحركًا ويتم إجلاؤه فقط في درجات حرارة عالية جدًا (أقل من 300 درجة مئوية)[5]، يتراوح سمكه من 10^{-3} إلى 10^{-2} ميكرومتر ويحيط بحبيبات الطين ويرجع جزء من تماسك التربة إلى هذه المياه بالإضافة إلى ذلك يشارك هذا النوع من الماء في الطبيعة اللزجة لسلوك الطين.

3.3. المياه الشعرية:

في التربة غير المشبعة تحتل المياه الملامسة للهواء المسامي جزءا من الفرغات بين الحبيبات، في التربة الطينية يمكن أن يصل ارتفاع الحافة الشعرية إلى عدة عشرات من الأمتار فوق منسوب المياه الجوفية بينما يبلغ ارتفاعها بضعة سنتمترات في التربة الرملية.

4.3. مياه مفتوحة:

هذا النوع من المياه يملأ جميع الفراغات ويشكل منسوبا مائيا يدور بحرية بين الحبيبات تحت تأثر التدرج الهيدروليكي.

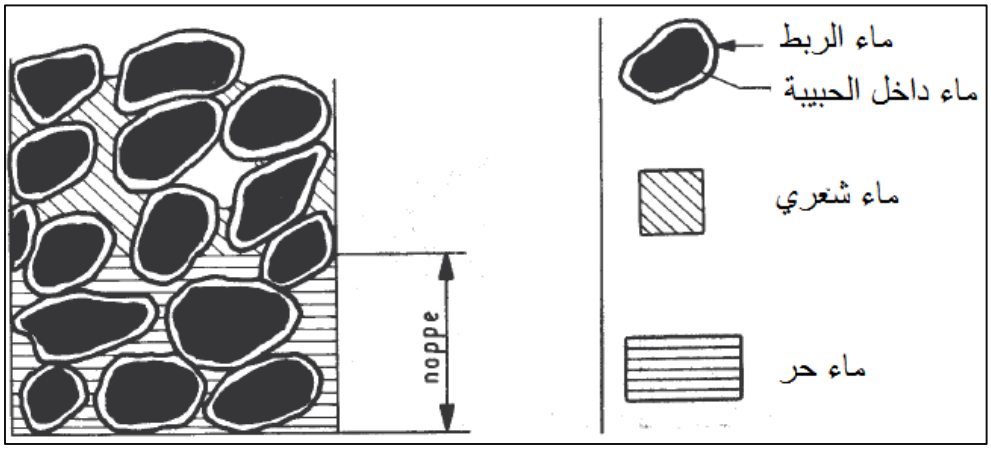
1- ربيعة ينبوع (دون تاريخ نشر)، **مكونات التربة**، تم الإطلاع عليه يوم (2021/06/08)، /مكونات_التربة/cutee.net.

2- ربيعة ينبوع (دون تاريخ نشر)،**مكونات التربة**، مرجع سبق ذكره.

3 - M.a.j. Par M. CALLAUD, **Cours de mécanique des sols**, Référence déjà mentionnée, P 6.

4- ربيعة ينبوع (دون تاريخ نشر)،**مكونات التربة**، مرجع سبق ذكره.

5 - M.a.j. Par M. CALLAUD, **Cours de mécanique des sols**, Référence déjà mentionnée, P 7.



شكل (3.1): مختلف حالات الماء في التربة.

مصدر: M.a.j. Par M. CALLAUD, **Cours de mécanique des sols**, Référence déjà mentionnée, P 7

نلاحظ أن منسوب المياه الجوفية يتم الاحتفاظ به عموما بواسطة طبقة من التربة غير منفذة للماء تسمى جدار منسوب مائي مجاني عند الراحة، إذا كان الماء يمكن أن يتدفق فإن منسوب المياه الجوفية هو جدول مائي يتحرك بحرية.

تكون الأرض عبارة عن طبقة مياه جوفية إذا كانت المياه تدور بحرية، وخزانا مائيا إذا كانت الأرض غير منفذة.

الحالة الصلبة في التربة ثابتة نسبيا بالنسبة لتكوينها وكيفية ترتيب مكوناتها، بينما تعاني الحالتين السائلة والغازية من تغيرات كبيرة ومستمرة، مكونات التربة لا تكون منفصلة عن بعضها البعض في الطبيعة وإنما تتداخل فيما بينها[1].

المطلب الرابع: خصائص التربة

1. الخصائص الفيزيائية (Physical properties of soil)

1.1. قوام التربة (نسيج التربة) (Soil Texture):

يقصد بقوام التربة أو نسيج التربة حجم الحبيبات التي تتكون منها، ويتدرج حجم الحبيبات من الحصى إلى الحصباء ثم الرمال بمختلف أحجامها ثم الغرين ثم الصلصال.

ولقد وضع مكتب الكيمياء والتربة في الولايات المتحدة الأمريكية حدودا تقريبية لحجم الحبيبات التي يتكون منها نسيج التربة كما هو موضح في الجدل (**1.1**)[2]:

1- ربيعة ينبوع (دون تاريخ نشر)،**مكونات التربة**، مرجع سبق ذكره.

2- عبد الله عزة، **الخصائص العامة للتربة**، جامعة بنها، مصر، 2016، ص 20.

جدول (1.1): الحدود التقريبية لحجم حبيبات نسيج التربة.

التسمية	قطر الحبيبة (مم)
صلصال (Clay)	أصغر من 0.002
غرين (Silt)	من 0.002 إلى 0.05
رمل (Sand)	من 0.05 إلى 2
حصى وحصباء (Grit)	أكبر من 2

مصدر: عبد الله عزة، **الخصائص العامة للتربة**، مرجع سبق ذكره، ص 2.

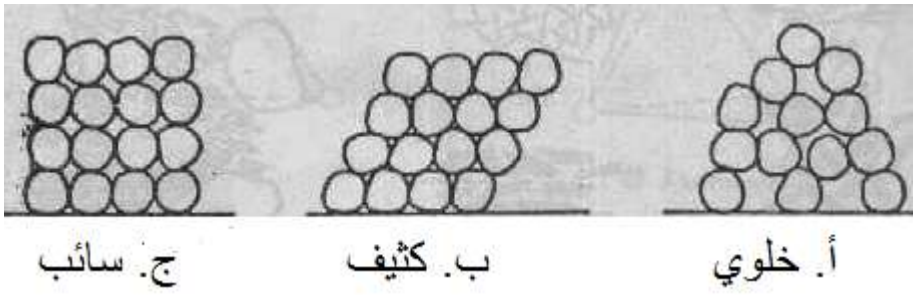
2.1. البناء الحبيبي للتربة (Soil Structure):

يقصد ببنية التربة طريقة بناء حبيبات التربة وبقية العناصر المكونة لها (مواد عضوية، ماء، هواء)، هذا المفهوم مكمل لمفهوم قوام التربة، ولذلك من الضروري عند دراسة نسيج التربة دراسة النظام الذي يتجمع فيه جزيئيات التربة بعضها مع بعض.

قد تتجمع الجزئيات مع بعضها البعض في شكل رقائق أفقية أو في شكل كتل مستديرة، ولهذا تأثير على درجة مسامية التربة ونفاذيتها للمياه، التربات ذات الرقائق الأفقية والثقيلة القوام ضعيفة المسامية وبالتالي فهي ضعيفة النفاذية للمياه، أما التربات التي تكون حبيباتها ذات شكل كتل مستديرة وخفيفة القوام تتميز بدرجة مسامية عالية ونفاذية كبيرة للمياه[1]، ويمكن تمييز البنيات التالية:

1.2.1. البناء الحبيبي للتربة الخشنة (الغير متماسكة):

البناء الحبيبي لهذه التربة يتكون تحت تأثير قوى الجذب الأرضي لأن وزن الحبيبات هو العامل المؤثر وأي شحنات كهروميغناطيسية موجودة على أسطح الحبيبات يكون تأثير مهمل إذا كانت التربة جافة وتزيد تأثير قوى الجذب بين الحبيبات بتواجد نسبة الرطوبة بين الحبيبات بسبب (التوتر السطحي) ويتراوح هذا البناء في التربة غير المتماسكة من بناء كثيف (Dense) إلى بناء سائب (Loose) إلى خلوي (Honeycombed) [2] كما هو موضح في الشكل (**4.1**).



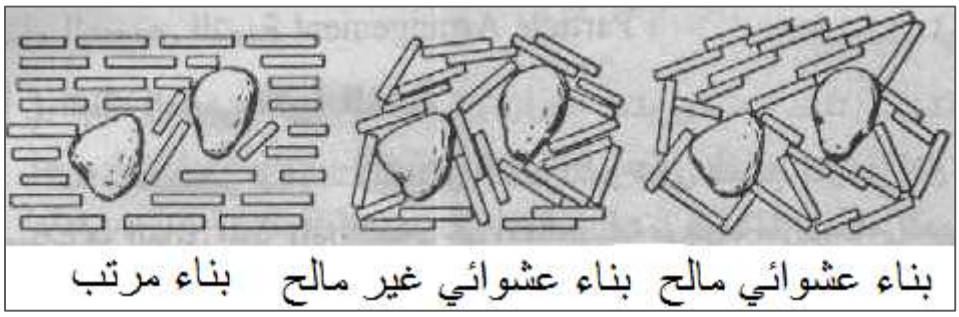
شكل (4.1): البناء الحبيبي للتربة الخشنة.
مصدر: قصبي عبد الفتاح، **ميكانيك التربة**، مرجع سبق ذكره، ص 13.

1- عبد الله عزة، **الخصائص العامة للتربة**، مرجع سبق ذكره، ص 9.
2- قصبي عبد الفتاح، **ميكانيك التربة**، ط1، دار الكتب العلمية للنشر والتوزيع، القاهرة، مصر، 1993، ص 13.

2.2.1. البناء الحبيبي للتربة الناعمة (المتماسكة):

يكون البناء الحبيبي لهذه التربة متأثر بقوى التجاذب والتنافر بين الحبيبات نظرا لصغرها المتناهي ووزنها الضئيل وتأثيره مهمل إذا ما قورن بمجموع الشحنات الكهروستاتيكية وحيث أن المساحة السطحية للحبيبات كبيرة فإن ترتيب الحبيبات يعامد على نوع تلك الشحنات، وتنقسم التربة الناعمة إلى:

- ✓ تربة ناعمة ذات بناء مرتب وهذا الترتيب ينتج عن التنافر بين الحبيبات لتشابه الشحنات على أسطحها ويحدث ذلك عند ترسب الحبيبات في مياه عذبة ؛
- ✓ تربة ناعمة ذات بناء عشوائي وهو ما ينتج عن التجاذب بين الحبيبات لاختلاف الشحنات على أسطحها ويحدث ذلك عند ترسب الحبيبات في مياه مالحة، وتنقسم التربة ذات البناء العشوائي إلى قسمين:
  - ➢ عشوائي غير مالح ؛
  - ➢ عشوائي مالح. [1]



شكل (5.1): البناء الحبيبي لتربة الناعمة.
مصدر: قصبي عبد الفتاح، مرجع سبق ذكره، ص 14.

3.1. كثافة التربة (Soil density):

كثافة أي مادة هي كتلة وحدة الحجم لها، ويعبر عنها بالمعادة الآتية[2]:

$$\text{الكثافة} = \frac{\text{الكتلة}}{\text{الحجم}}$$

أي أن:

$$\rho = \frac{m}{v}$$

1- قصبي عبد الفتاح، **ميكانيك التربة**، مرجع سبق ذكره، ص 13.

2- الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج، **أساسيات التربة**، نسخة أولية، المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني، المملكة العربية السعودية، 1425هـ. ص 42.

وحيث أن الأرض مسامية تتكون من جزأين أساسيين هما الجزء الصلب ويشمل المواد المعدنية والعضوية، والجزء غير الصلب ويشمل المسافات البينية بين الحبيبات ويشغله الماء والهواء الأرضي، يترتب على ذلك وجود حجمان للأرض أحدهما يمثل الحجم الجزء الصلب فقط ويسمى بالحجم الحقيقي، والثاني يمثل حجم الجزء الصلب مضاف إليه حجم الجزء الغير الصلب (الحجم الكلي للتربة) ويسمى بالحجم الظاهري، وتبعا لذلك يكون للأرض نوعان من الكثافة هما: الكثافة الحقيقية، والكثافة الظاهرية.

الكثافة الحقيقية (Real Density of Soil):

عبارة عن كثافة الجزء الصلب فقط من التربة، وهي نسبة كتلة معينة من التربة (ك) إلى حجم الحبيبات فقط معبرا عنه بالجرام/سم^3:

$$\text{الكثافة الحقيقية} = \frac{\text{الكتلة}}{\text{الحجم الحقيقي}}$$

أي أن:

$$\frac{m_s}{v_s} = \rho_s$$

حيث:

- ✓ ρ_s: الكثافة الحقيقية ؛
- ✓ m_s: كتلة الحبيبات ؛
- ✓ v_s: الحجم الحقيقي للتربة.

الكثافة الظاهرية (Apparent Density of soil):

عبارة عن كثافة الحجم الكلي للتربة (الحبيبات والمسافات) وهي نسبة كتلة معينة من التربة إلى الحجم الكلي لحبيبات التربة معبرا عنه بالجرام/سم^3.

$$\text{الكثافة الظاهرية} = \frac{\text{الكتلة}}{\text{الحجم الظاهري}}$$

أي أن:

$$\frac{m_s}{v_T} = \rho_b$$

حيث:

- ✓ ρ_b: الكثافة الظاهرية ؛
- ✓ m_s: كتلة التربة ؛
- ✓ v_T: الحجم الظاهري[1].

1- الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج، **أساسيات التربة**، مرجع سبق ذكره، ص 43.

4.1. المسامية (Soil Porosity):

هي حجم الفراغات الموجودة بين جزيئات التربة المعدنية أو شقوقها والتي يشغلها الماء الهواء، وهي عبارة عن مسام على شكل أنابيب شعرية مختلفة الأقطار يتوقف حجمها على حجم الحبيبات ونظام ترتيبها أي على قوام وبناء التربة.

أنواع المسامية في التربة:

1.4.1. المسامية الشعرية:

وهي الفراغات البينية الدقيقة الصغيرة الحجم وهي تحتفظ بالماء، ويكثر هذا النوع في الترب الطينية، وزيادته تحد من حركة الماء والهواء بدرجة كبيرة[1].

2.4.1. المسامية الهوائية:

وهي الفراغات البينية الكبيرة الحجم نسبيا (متوسطة) في التربة وهي تساعد على تسهيل حركة الغازات بين التربة والجو، ويكثر هذا النوع في الترب الرملية وزيادته تؤدي إلى سرعة ضياع الماء بدرجة كبيرة.

طريقة تقدير المسامية:

يعين الحجم الظاهري لكتلة جافة من الأرض ثم يعين حجمها الحقيقي، فتكون[2]:

$$\text{المسامية}\% = \frac{\text{الحجم الظاهري} - \text{الحجم الحقيقي}}{\text{الحجم الحقيقي}} \times 100$$

ويمكن أيضا حساب المسامية بمعرفة كل من الكثافة الحقيقية (ث$_{ق}$) والكثافة الظاهرية (ث$_{ظ}$) للتربة بتطبيق القانون التالي:

$$\text{المسامية }\% = \frac{\text{الكثافة الظاهرية} - \text{الكثافة الحقيقية}}{\text{الكثافة الحقيقية}} \times 100$$

1- الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج، **أساسيات التربة**، مرجع سبق ذكره، ص 45.
2- الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج، **أساسيات التربة**، مرجع سبق ذكره، ص 46.

2. الخصائص الميكانيكية (Mequanical properties of soil)

من أهم الخصائص الميكانيكية للتربة مايلي[1]:

1.2. انضغاطية التربة:

تتلخص هذه الخاصية في قابلية التربة (إلى درجة كبيرة أحيانا) لتغيير بنيتها تحت تأثير المؤثرات الخارجية إلى بنية أكثر تراصا على حساب تقليل مسامية التربة.

2.2. نفاذية التربة للماء:

هي قابلية ترشيح الماء والترشيح في التربة يعتمد على درجة التشديد أو التراص للتربة، وفي الغضار عالي اللدونة وشبه الصلب يعتمد الترشيح على وجود التدرج الابتدائي للضغط، الذي تبدأ حركة الماء عند التغلب عليه فقط.

3.2. مقاومة التربة للقص أو الزحزحة:

تحت تأثير الحمل الخارجي، يمكن للضغوط الفعالة في بعض النقاط أن تتفوق على الأربطة الداخلية بين دقائق التربة، وتنشأ انزلاقات (زحزحات) لبعض الدقائق ويمكن هنا أن يختل اتصال التربة في إحدى المناطق أي يتم التغلب على مقاومة التربة في تلك المنطقة.

إن المقاومة الداخلية المعارضة أو المانعة لإزاحة أو زحزحة الدقائق الصلبة في الأجسام السائبة المثالية تكمن فقط في الاحتكاك الناشئ في نقاط تلامس أو اتصال الدقائق، أما في التربة المتماسكة المثالية مثل الأطيان اللزجة ستقوم بمقاومة زحزحة الدقائق فيها الأربطة البنيوية الداخلية ولزوجة الأغلفة الغروانية المائية للدقائق فقط وليس في الاحتكاك الناشئ في نقاط تلامس أو اتصال الدقائق.

4.2. إجهاد التحميل الاقصى للتربة:

هو الإجهاد الذي تنهار بعده التربة ولا تتحمل أكثر منه ويقدر بـ: كجم/سم^2[2].

5.2. إجهاد التحميل المسموح به للتربة:

إجهاد التحميل المسموح به للتربة وهو نسبة (من 2/1 إلى 3/1 تقريبا) من إجهاد التحميل الأقصى لها وهو الذي يستخدم في تصميم الأساسات وبمعرفة نوعية التربة المتواجدة في الموقع يمكن تحديد إجهاد التحميل المسموح به لها[3].

3. الخصائص الكيميائية للتربة (Chemical properties of soil)

تتعلق الخصائص الكيميائية للتربة بما تحتويه الأخيرة من مواد يسبب وجودها أضرارا للأجزاء المطمورة من المبنى أو المنشأ المتلامسة مع التربة، مثل الأساسات بأشكالها، جدران القبو، الأنابيب

1- https://ar.wikipedia.org/wiki/ ميكانيكا_التربة

2- الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج، **التربة والأساسات**، مرجع سبق ذكره، ص 32.

3- الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج، **التربة والأساسات**، مرجع سبق ذكره، ص 32.

الخرسانية وأية أجزاء أخرى متلامسة مع التربة المحيطة، وفيما يلي عرض موجز لأهم الجوانب العملية التي تتعلق بالخصائص الكيميائية للتربة:

1.3. محتوى الكبريتات في التربة (Sulphate content):

تكون الكبريتات الذائبة في الماء والتي تتواجد عادة في التربة على شكل كبريتات الصوديوم وكبريتات المغنيسيوم وتوجد كبريتات الكالسيوم على شكل جبس، ولكنها بطيئة الذوبان في الماء، ويعبر عن نسبة الكبريتات الموجودة في التربة عادة من خلال ايجاد نسبة ثالث أكسيد الكبريت فيها.

2.3. محتوى المواد العضوية (Organic matter content):

تتنوع المركبات العضوية التي قد توجد في التربة تنوعا كبيرا تبعا لتنوع مصادرها، فالمواد العضوية في التربة تتشكل من مخلفات الحيوانات والمزارع، وأما تأثير وجود هذه المواد العضوية على سلوك التربة فهو سلبي.

3.3. محتوى الكلوريد (Chloride content):

تساعد معرفة محتوى الكلوريد في المياه الجوفية أو في التربة على تحديد ما إذا كانت المياه الجوفية هي مياه بحر أو إذا كانت التربة قد تعرضت لمياه البحر.

4.3. درجة حموضة التربة (PH value):

يسمي أحياناً حالة محيط التربة، أو (PH) التربة، وهي إما أن تكون حامضية أو قاعدية أو متعادلة، ويظهر التأثير القاعدي في التربة بكمية تراكم أملاح الكالسيوم والمغنيسيوم والصوديوم، حيث تسود أيونات الهيدروكسيد (OH^-) على أيونات الهيدروجين (H^+) في محلول التربة، وتكون التربة متعادلة عندما تتساوي أيونات الهيدروكسيد والهيدروجين، وتستعمل عدة طرق في الدلالة عليها منها استعمال الكواشف أو ورقة الليتموس، أو استعمال مقياس الأس الهيدروجيني.

وتتصف الأراضي الجافة والصحراوية بأنها قاعدية، بينما تسود الحالة الحامضية في أراضي المناطق الرطبة (الباردة)؛ إذ يلعب المطر وزيادة الماء بالتربة دوراً كبيراً في عمليات غسيل أملاح الكالسيوم والمغنيسيوم من الطبقات السطحية للتربة[1].

جدول (2.1): درجات الحموضة في التربة.

بيان درجات الحموضة في التربة									
رقم الـPH	11-10	10-9	9-8	8-7	7	7-6	6-5	5-4	4-3
حالة التربة	شديدة القلوية جدا	شديدة القلوية	قلوية	ضئيلة القلوية (خفيفة)	متعادل	ضئيلة الحموضة (خفيفة)	حامضية	شديدة الحموضة	شديدة الحموضة جدا

مصدر: https://ar.wikipedia.org/wiki، مرجع سبق ذكره.

1- https://ar.wikipedia.org/wiki/ تربة.

المطلب الخامس: مشاكل التربة في منسوب التأسيس

في هذا المطلب نتطرق لبعض مشاكل التربة في منسوب التأسيس[1]:

1. *الردم:* عادة يكون الردم غير متجانس وتاريخه غير معروف، ويحدث له هبوط تحت الحمل وحركة المياه الجوفية، كما قد لا يكون خاملا وقد يتولد عنه غازات.

2. *الرمال السائبة:* هذه التربة قابلة للانضغاط، ويحدث لها هبوط تحت تأثير الاهتزازات وقد تحدث لها حالة سيولة في ظروف خاصة.

3. *الطينة الحساسة:* سهلة إعادة التشكل أثناء التنفيذ، مثل: عند دق الخوازيق أو عند حركة المعدات، يمكن أن يحدث لها نقص حاد في مقاومة الضغط.

4. *الطين الصفحي:* يلين عند التعرض لتيار المياه، أو دورات البلل والجفاف، أي أن التربة ستتحرك مع فصول السنة.

5. *التربة المنهارة:* يحدث لها نقص في المقاومة عند ما تتسرب المياه لها أو تتعرض للغمر بالماء، كما أن تيارات المياه تسبب لها التآكل وحركة جزيئياتها.

6. *الطينة المحتوية على فواصل رملية وطفلية:* تسمح بانتقال ضغط المياه الداخلية عبر الشقوق الكبيرة مما يسبب انضغاط سريع لطبقات الطينة الملاصقة للشقوق، وقد تحدث في هذه التربة شقوق عند ضخ المياه أو الحقن إذا كان الضغط مرتفعا.

7. *الطينة المتبقية:* خط الصخر غير محدد بدقة ومتعرج مما يؤدي إلى مشاكل في تحديد عمق الخوازيق، وممكن أن تحتوي على فجوات في الأرض وخاصة في الصخور الجيرية.

8. *التربة القابلة للذوبان:* دخول المياه قد يؤدي إلى إزالة الأملاح مما يسبب هبوط انهياري.

1- شريف أبو المجد ... و آخرون، **تصدع المنشآت الخرسانية و طرق اصلاحها**، دار النشر للجامعات المصرية – مكتبة الوفاء، المنصورة، مصر، 1992 م، ص 52.

المبحث الثاني: طريقة دراسة الأرضية

المطلب الأول: دراسة ميدانية أو استكشاف الموقع (Site Investigation)

يتطلب تصميم المنشآت إلى نوع من استكشاف الموقع وتحديد خواص التربة بعمل بعض الاختبارات الحقلية والمعملية لعينات التربة تؤخذ من مواقع وأعماق مختلفة[1].

1. طرق الاستكشاف (Methods of Exploration)

أكثر الطرق انتشارا لاكتشاف المواقع المحدودة (Compact Sites) هي الجسّات حيث ينفذ ثقب في الأرض وتستخرج عينات من التربة (مقلقلة أو غير مقلقلة) لفحصها واختبارها.

وللمساحات الكبيرة يكون التصوير الجوي مع حفر بعض الثقوب البسيطة والحفر السطحية (Test pits) أكثر اقتصادا من الجسّات التفصيلية وأنسب للمشروعات الممتدة، ويستحسن في التصوير الجوي أن يكون ملونا ليعطي معلومات كافية عن التربة المستكشفة.

وتستخدم أيضا الطرق الجيوفيزيائية (Geophysical Methods) في الاستكشاف الممتد، وتقع الطريقة في واحدة من القطاعين التاليين: الطرق الزلزالية (Seismic) والمقاومة الطبيعية (Resistivity)، ويقتصر استخدام الطرق الجيوفيزيقية على تحديد منسوب الطبقات الصخرية والطبقات الزلطية أو الرملية ومنسوب الماء الحر.

ويعتبر نوع التربة من العوامل الهامة لتحديد طريقة ومنهاج الاستكشاف للوصول إلى أقصى فائدة من الاستكشاف اقتصاديا، في بحثنا هذا سوف نتناول فقط طريقة الجسّات لاكتشاف المواقع المحدودة[2].

2. الجسّات (Soil Borings)

تعرف الجسّة بأنها ثقب رأسي ينفذ في الموقع المراد استكشافه بغرض الحصول على عينات التربة لدراستها، ومن ناتج تفريغ هذا الثقب يمكن التعرف على نوعية وترتيب الطبقات التحتية[3].

1.2. طرق تنفيذ الجسّة:

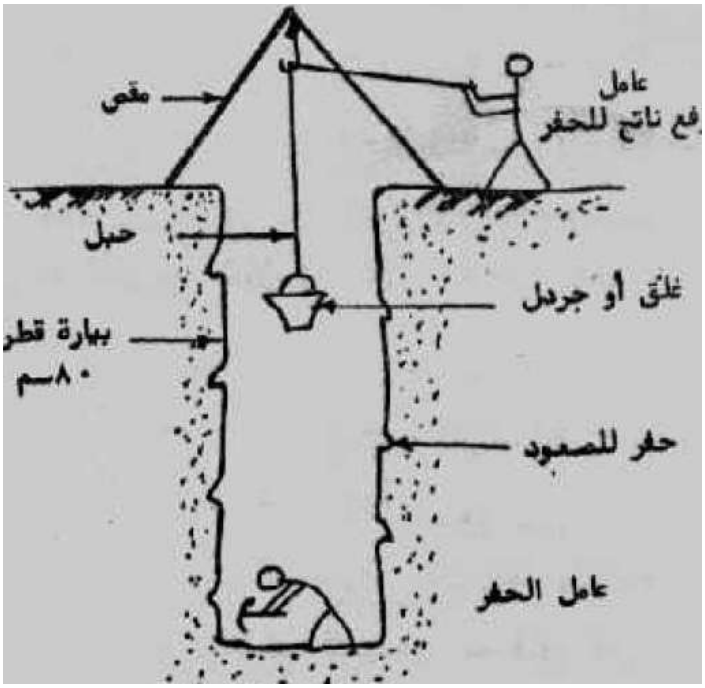
1.1.2. طريقة الحفر المكشوف:

عبارة عن حفر تم عملها في الموقع بالأدوات التقليدية للحفر، إما أن تكون سطحية أو آبار عميقة، يتوقف قطاع الحفر والعمق على طبيعة التربة وثبات جوانب الحفر، تزداد تكاليف الحفر بزيادة العمق.

1- أسامة مصطفى الشافعي، **الأساسات**، ج1، دار الراتب الجامعية، بيروت، لبنان، 1986، ص 15.
2- أسامة مصطفى الشافعي، **الأساسات**، مرجع سبق ذكره، ص ص 16-17.
3- أسامة مصطفى الشافعي، **الأساسات**، مرجع سبق ذكره، ص 21.

يمكن أخذ عنات مقلقلة وغير مقلقلة من هذه الحفر سواء من جوانبها أو قاعها، عادة ما يكون قطر الحفر 80 سم في الحفر الدائرية، عند زيادة عمق الحفر يتم اخراج ناتج الحفر بواسطة مقص موجود أعلى الحفرة معلق به خطاف وحبل سميك.

تستخدم طرقية الحفر المكشوفة عند تنفيذ المنشآت الصغيرة والأماكن التي يصعب فيها عمل الجسات لضيق المكان، ولا يمكن تنفيذ الحفر المكشوفة أسفل منسوب المياه الجوفية أو في التربة المتحجرة أو التي تنهال اثناء الحفر، ويراعى ردم هذه الحفر ودكها بالطرق الفنية المناسبة[1].



شكل (6.1): شكل الحفر المكشوفة العميقة نوعا ما.
مصدر: إسلام حمدي رزق (2013/12/26)، مرجع سبق ذكره، ص 20.

صورة (1.1): شكل الحفر المكشوفة.
مصدر: إسلام حمدي رزق (2013/12/26)، مرجع سبق ذكره، ص 21.

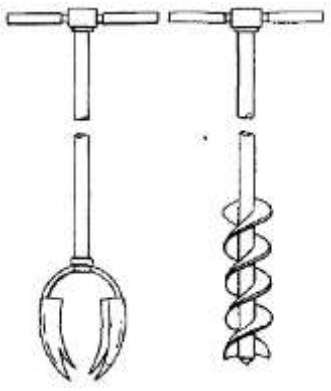
1- اسلام حمدي رزق (2013/12/26)، **أعمال الجسات**، دورة إعداد مهندس موقع، ص 20.

2.1.2.الثقب بالطريقة اليدوية:

يتم تحديد مكان الجسة ويتم نصب مقص مكون من ثلاث مواسير من الحديد يعلق أعلاه خطاف ببكرة ويعلق بالبكرة حبل سميك مربوط بونش يدوي لإنزال ورفع المواسير[1]، تعتبر هذه الطريقة من أفضل الطرق للحصول على درجة من عدم القلقلة، ويمكن الحصول على أعماق تصل إلى عشرة أمتار يدويا، وعموما جسات بعمق يتراوح بين مترين وخمسة أمتار يكون كاف لأعمال الطرق والمطارات والمنشآت الصغيرة[2].

صورة (2.1): الجسة بالطريقة اليدوية.
مصدر: اسلام حمدي، **أعمال الجسات**، مرجع سبق ذكره، ص 23.

كما توجد أجهزة يدوية لعمل الجسات تسمى مثاقيب يدوية، تستخدم في حالة التربة الناعمة مثل الطين، تستخدم في حالة الطرق والمنشآت الصغيرة أو الأماكن الضيقة التي يصعب عمل الجسات العميقة بها، ويمكن أخذ عينات حتى عمق خمسة متر، العينات الناتجة عن هذه الطريقة عينات مقلقلة[3].



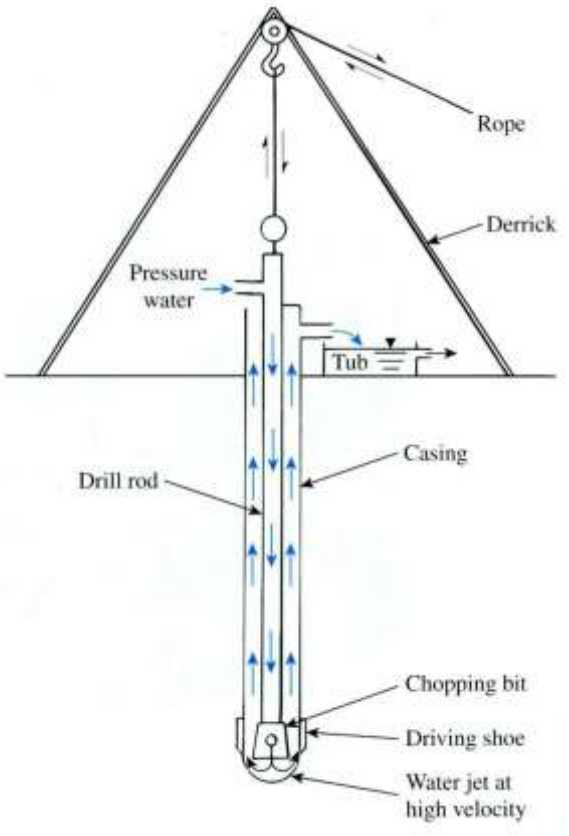
شكل (7.1): مثاقيب يدوية لعمل جسات الحفر المكشوف.
مصدر: اسلام حمدي رزق، **أعمال الجسات**، مرجع سبق ذكره، ص 22.

1- اسلام حمدي رزق، **أعمال الجسات**، مرجع سبق ذكره، ص 22.
2- أسامة مصطفى الشافعي، **الأساسات**، مرجع سبق ذكره، ص ص (21-22).
3- اسلام حمدي رزق، **أعمال الجسات**، مرجع سبق ذكره، ص 22.

3.1.2. الثقب بالطريقة الميكانيكية:

نستخدم هذه الطريقة بكثرة خاصة في حالة وجود تربة صخرية أو متحجرة يصعب معها عمل الجسات اليدوية، تتميز بأنها موفرة للوقت والمجهود وتستخدم بكثرة في الأعماق الكبيرة.

صورة (3.1): صورة لإحدى الحفارات المستخدمة في تحريات التربة.
مصدر: الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج، **خواص واختبارات التربة**، مرجع سبق ذكره، ص 125.



شكل (8.1): الطريقة الميكانيكية.
مصدر: اسلام حمدي رزق، **أعمال الجسات**، مرجع سبق ذكره، ص 33.

4. التجارب الحقلية

بسبب صعوبة أخذ عينات للترب حقليا لاختبارها فقد طورت طرائق الاختبار الحقلية (في الموقع)، إن التجارب الحقلية ذات فائدة كبيرة لتقدير مقاومة التربة وحساسيتها، إضافة إلى أنها تمكننا من تقدير الحاجة لزيادة عدد الجسات وأعماقها، وأهم هذه التجارب الحقلية هي الآتية[1]:

1.4. تجربة الاختراق الناظمية (standard penetration test):

يجرى في هذه التجربة تحديد عدد الضربات اللازمة لتخترق آخذة عينات التربة مسافة 30 سم، وتنجز هذه التجربة بجهاز السبر ذاته حيث تستعمل مطرقة بوزن 63.5 كغ تسقط من ارتفاع 76 سم ويمكن من نتائج هذه التجربة ومن علاقات خاصة تقدير كثافة التربة النسبية وزاوية احتكاكها الداخلي ووزنها الحجمي وذلك بالنسبة للترب الرملية، كما يمكن تقدير قوة الانضغاط غير المحصور qu وكثافة التربة بالنسبة للترب الغضارية المتماسكة cohesive soils، ومنها تحسب قدرة تحمل هذه التربة.

2.4. تجربة التحميل بالصفيحة (plate-load testing):

ويتم بهذه التجربة محاكاة تحميل قواعد الأساسات، وذلك باستعمال صفيحة بقطر 30 سم تطبق فوقها حمولات متزايدة ويقاس الهبوط الحاصل تحتها من تأثير هذه الحمولات، وتستمر هذه التجربة إلى أن يحصل هبوط قدره 25 مم، وبرسم منحنى الهبوط ـ لوغاريتم الزمن يمكننا منه تحديد الهبوط الأعظمي من زيادة حمولة معينة، وبرسم منحني الحمولة ـ الهبوط يمكننا تقدير ضغط التصميم الأعظمي وعامل مرونة التربة.

3.4. تجربة القص بالمروحة (vane-shear testing):

ويتم في هذه التجربة غرس مروحة عيارية ضمن الترب المتماسكة إلى عمق محدد ويتم تدويرها لقص أسطوانة من التربة حولها ويقاس العزم اللازم لذلك، إذ يمكن أن نستخرج قوة القص المغلقة للتربة.

4.4. تجربة الضغط بالبالون (borehole pressuremeter testing):

تعتمد هذه التجربة على مبدأ توسيع أسطوانة ضمن جذع سبر محفور في التربة، وبملاحظة مقدار التوسع والضغط اللازم للحصول على هذا التشوه، وباستعمال نظرية أسطوانة ثخينة لا نهائية خاضعة لضغط داخلي يمكن الحصول على الثوابت المرنة للتربة مثل معامل الإجهاد ـ التشوه E وعامل دفع التربة في حالة الراحة K_0.

1- محمد شحرور، عبد العزيز حجار (دون تاريخ نشر)، **تطبيقات ميكانيك التربة**، الموسوعة العربية، المجلد السادس، ص 554.

5.4. تجربة الاختراق بالمخروط أو اختبار الاختراق الساكن (conepenetration test):

يغرس في هذه التجربة مخروط في طبقة التربة التي يُهتم بمعرفة خواصها ويُقام بقياس المقاومة المقابلة لذلك الغرس، ولما كانت هذه التجربة سريعة نسبيا كان لابد أن تتولد شروط قص تربة من دون تصريف الماء المسامي، ومن ثم ترتبط مقاومة التربة لاختراق المخروط بقوة القص المغلقة.

6.4. تجارب تعيين معامل النفاذية (Field permeability Tests):

في حالة التربة الغير متماسكة (cohesionless Soil) يكون تحديد معامل النفاذية وتعيينه في الموقع أكثر دقة من تعيينه في المخبر، وذلك لتأثر معامل النفاذية بحالة التربة الطبيعية وخاصة كثافتها وترتيب حبيباتها في الطبيعة، وذلك بالإضافة إلى صعوبة الحصول على عينة غير مقلقلة (undistuibed) للتربة الغير متماسكة، ويمكن تعيين معامل النفاذية في الموقع بعدة طرق نذكر منها طريقة واحدة فقط في عملنا هذا والتي هي[1]:

آبار الجذب (Well pumping Test, Gravity Wells):

تجرى هذه التجربة الموقعية لمعرفة معامل النفاذية للتربة الحاملة للماء الغير محصور (Unconfined Aq)، ولإجراء التجربة تدق بئر لسحب الماء منه وبئران آخران لملاحظة ورصد منسوب المياه الجوفية فيهما، ويلزم أيضا تحديد سمك الطبقة الحاملة للمياه الجوفية ومنسوب الطبقة السفلى الغير منفذة، كما يلزم بعد آبار الملاحظة عن بئر السحب، والشكل (**9.1**) يوضح هذه التجربة، ويحسب معامل النفاذية كما يلي:

$$q = K_i \, A$$

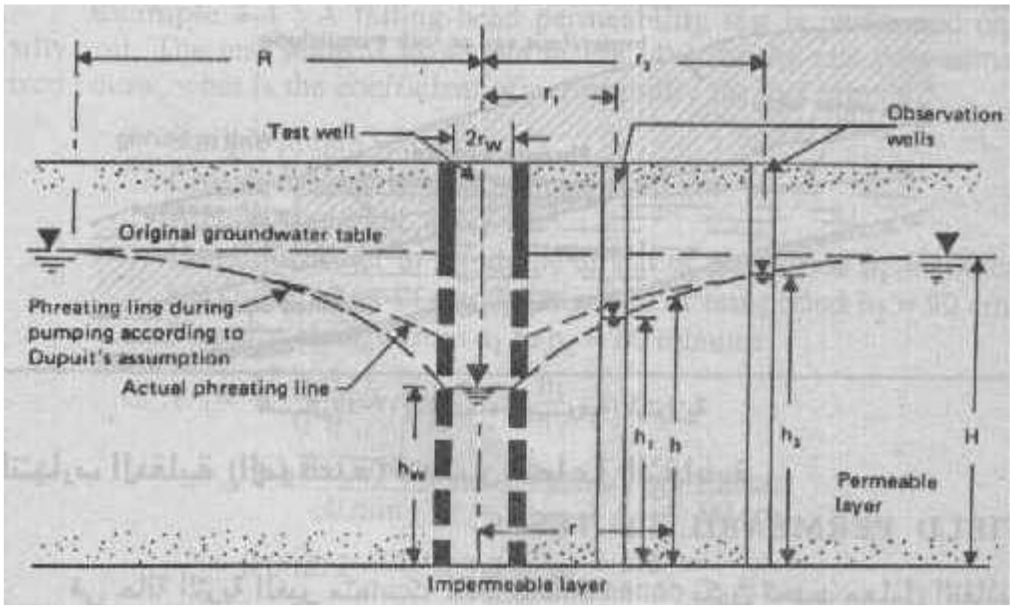
$$A = 2\pi \, r \, h$$

$$q = k \frac{dh}{dr} 2\pi \, r \, h$$

$$\int_{r_1}^{r_2} \frac{dr}{r} = \frac{2\pi \, r \, h}{q} \int_{h_1}^{h_2} h dh$$

$$k = \frac{2.303 \, q \left[log \frac{r_2}{r_1} \right]}{\pi \left({h_2}^2 - {h_1}^2 \right)}$$

1- عبد الفتاح قصبي، **ميكانيكا التربة**، مرجع سبق ذكره، ص 195.



شكل (9.1): يوضح طريقة آبار الجذب لتعيين النفاذية.
مصدر: عبد الفتاح قصبي، **ميكانيكا التربة**، مرجع سبق ذكره، ص 196.

المطلب الثاني: التجارب المخبرية

يمكن تصنيف التجارب المخبرية بحسب المجموعات الآتية:

1. التجارب الفيزيائية

وتضم التجارب الآتية:

1.1. اختبار المحتوى المائي Water Content Test

الأدوات المستخدمة:

- ميزان لا تقل درجة دقته عن 0.01 ملغ ؛
- فرن تجفيف بدرجة حرارة م°5 ± م°110 ؛
- علبة صفيح أو ألمونيوم ؛
- ملقاط أو أداة واقية للحرارة ؛
- ماء مقطر ؛
- سكينة خلط.

طريقة العمل:

1) وزن علبة الصفيح أو الألمنيوم بعد التأكد من نظافتها وخلوها من الرطوبة والتأكد من وجود علامة التصنيف عليها، وليكن (W_1).

2) وضع عينة التربة الرطبة في العلبة ومن ثم وزن التربة والعلبة معا، وليكن (W_2).

3) وضع العلبة والتربة الموضوعة فيها بعد وزنها في فرن التجفيف وعند درجة حرارة تتراوح بين 105°م و 110°م، ولمدة لا تقل عن 12 ساعة، ومن الأفضل أن تكون بعد 24 ساعة.

4) تستخرج العلبة من الفرن باستخدام الملقاط، ومن ثم إيجاد وزن العلبة بعد التأكد من جفافها، ويفضل أن يكون على نفس الميزان، وليكن الوزن (W_3).

العمليات الحسابية:

يحسب المحتوى المائي بإيجاد النسبة بين وزن الماء الموجود في العينة (W_W) ووزن المواد الصلبة للعينة (W_S)، وذلك من العلاقة:

$$W(\%) = \frac{W_W}{W_S} \times 100$$

وبمعرفة الأوزان التي تم تحديدها من التجربة، فإن المحتوى المائي يمكن تحديده كما يلي:

$$w(\%) = \frac{W_2 - W_3}{W_3 - W_1} \times 100$$

حيث:

- ✓ (W_1): وزن العلبة ؛
- ✓ (W_2): وزن العلبة + التربة الرطبة ؛
- ✓ (W_3): وزن العلبة + التربة.

صورة (4.1): فرن تجفيف و ميزان حساس.

مصدر: أنمار النقيب (2021/02/28)، تجربة ايجاد حد السيولة وحد اللدونة للتربة أو حدود أتربرج (Atterberg Limits)، تم الإطلاع عليه يوم (2021/06/08)، https://www.alnaqeeb.me/liquid-limit-and-plastic-limit-test

2.1. اختبار حدود أتربارغ (Atterberg Limits Test)

أ. اختبار حد السيولة (Liquid Limit Test)

الأدوات المستعملة:

- جهاز كازاجراند (Cassagrande) مع أداة القطع التابعة له ؛
- ميزان لا تقل درجة دقته عن 0.01غ ؛
- فرن تجفيف بدرجة حرارة 110°م ±5°م ؛
- علبة صفيح أو ألمنيوم ؛
- ملقاط أو أداة واقية للحرارة ؛
- منخل رقم 40 ؛
- ماء مقطر ؛
- سكينة خلط ؛
- لوح زجاجي أو بلاستيكي.

طريقة العمل:

1) التأكد من معايرة جهاز كازاجراند وتصحيحه إذا لزم ذلك بحيث تكون مسافة سقوط الجهاز 1 سم.

2) وزن أربع علب بعد معرفة تصنيفها لتحديد المحتوى المائي.

3) أخذ حوالي 100-150 غ من التربة بعد مرورها من منخل رقم 40 وخلطها مع الماء المقطر حتى تتشكل عجينة ذات قوام منتظم، وضع جزء من التربة المخلوطة في الوعاء الخاص بجهاز كازاجراند وعمل تنعيم لسطحها بحيث تكون على سمك نصف البوصة (تقريبا سنتيم ونص)، ثم يرسم بأداة القطع مجرى محوري على طول العينة على أن تكون أداة القطع عمودية على الوعاء، انظر الصورة (**5.1**)، بدأ تشغيل جهاز كازاجراند بمعدل دورتين في الثانية، حساب عدد الضربات اللازمة لإقفال المجرى بمسافة نصف بوصة في أسفل الوعاء، أخذ جزء من عينة التربة من قرب المجرى وتحديد وزنها ثم وضعها في الفرن لتحديد محتواها المائي.

4) إعادة خلط عينة التربة التي في الوعاء وبمحتوى مائي مختلف، تكرر خطوات التجربة من أربع إلى ستة مرات، حيث يتم تحديد المحتوى المائي لأربع عينات تربة وبعدد ضربات يتراوح بين العشرة والأربعين، ويفضل البدأ بتربة جافة ويتم زيادة الماء عليها في كل مرة.

5) رسم العلاقة بين المحتوى المائي ولوغاريتم عدد الضربات وبمتوسط أربع نقاط، وبالتالي فإن حد السيولة هو المحتوى المائي المناظر لعدد 25 ضربة.

العمليات الحسابية:

يحسب المحتوى المائي في كل مرة بإيجاد النسبة بين الماء الموجود في العينة ووزن المواد الصلبة للعينة وذلك من العلاقة:

$$w(\%) = \frac{W_2 - W_3}{W_3 - W_1} \times 100$$

صورة (5.1): أدوات اختبار حدود أتربارغ (حد السيولة واللدونة).
مصدر: أنمار النقيب(2021/02/28)، مرجع سبق ذكره.

اختبار حد السيولة انظر للملحق (م2.1)[1].

ب. اختبار حد اللدونة (Plastic Limit Test)

طريقة الاستعمال:

1) خلط حوالي 15 غ من التربة بعد مرورها من منخل رقم 40 مع الماء المقطر حتى تتشكل عجينة ذات قوام منتظم.

2) تشكيل عينة التربة على هيئة خيط وبدأ في دحرجته باليد على اللوح الزجاجي (أو البلاستيكي) حتى يصبح قطرها حوالي ثمن بوصة (تقريبا 3 مم) دون أن ينقطع.

3) اخذ جزء من عينة التربة المدحرجة وتحديد وزنها ووضعها في الفرن لتحديد محتواها المائي.

4) تكرار الخطوتين 2 و 3 وبمحتويات ماء مختلفة.

1- الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج، **خواص واختبارات التربة**، مرجع سبق ذكره، ص ص 138-139.

العمليات الحسابية:

يتم عمل التجربة ثلاث مرات ويؤخذ المتوسط لتحديد حد اللدونة كما يلي:

$$PL = \frac{PL_1 + PL_2 + PL_3}{3} \times 100$$

معمليا، تعد التربة عديمة اللدونة عند ما يكون حد اللدونة أكبر أو مساويا لحد السيولة، او عندما يصعب تحديد حدي السيولة واللدونة، انظر اختبار حد اللدونة الملاحق [1].

3.1. التدرج الحبيبي (Grain Size Distribution)

أ- اختبار التحليل المنخلي (Sieve Analysis Test)

الأدوات المستعملة:

- مجموعة من المناخل القياسية ؛
- ميزان لا تقل درجة دقته عن 0.1 غ ؛
- فرن تجفيف بدرجة حرارة 110°م ±5°م ؛
- فرشة تنظيف المناخل ؛
- محقنة.

طريقة العمل:

1) وزن جميع المناخل المستخدمة بعد التأكد من نظافتها.

2) ترتيب المناخل من الأعلى إلى الأسفل تبعا لأقطار فتحتها.

3) وزن حوالي 500 غ كعينة من التربة الممثلة بحيث تكون جافة وأحجام حبيباتها تتناسب مع فتحات المناخل المختارة.

4) وضع التربة على المناخل والبدا بهزها باليد لمدة نصف ساعة أو استخدام الهزاز الميكانيكي لمدة عشرة دقائق، ويمكن استخدام الفرشة لإزالة الحبيبات العالقة في المناخل.

5) وزن كل منخل مع التربة المتبقية عليه.

6) طرح أوزان المناخل المحددة في الخطوة (1) من الأوزان المحددة في الخطوة (5) لمعرفة وزن التربة المتبقية على كل منخل.

1- الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج، **خواص واختبارات التربة**، مرجع سبق ذكره، ص 141.

صورة (6.1): مراحل وضع التربة في المناخل.
مصدر: أنمار النقيب (2021/01/31)، **تجربة التحليل المنخلي للتربة**، تم الاطلاع عليه يوم (2021/06/08)، https://www.alnaqeeb.me تجربة-التحليل-المنخلي-للتربة/

العمليات الحسابية:

نسبة المتبقي على كل منخل = (وزن التربة المتبقية على كل منخل ÷ الوزن الإجمالي للتربة) × 100

النسبة التراكمية للمتبقي على كل منخل = مجموع النسب المتبقية على المنخال التي تسبق ذلك المنخل

نسبة التربة المارة من كل منخل = 100 % – النسبة التراكمية للتربة المتبقية

اختبار التحليل المنخلي أنظر الملحق (م3.1)[1].

ب- اختبار التحليل الهيدروميتري (Hydrometer Analysis Test)

الادوات المستعملة:

- هيدروميتر ؛
- أسطوانات اختبار مدرجة ؛
- خلاط ؛
- ميزان لا تقل درجة دقته عن 0.1 غ ؛
- فرن تجفيف بدرجة حرارة 110°م ±5°م ؛
- وعاء تجفيف ؛
- محقنة ؛
- ساعة توقيت ؛
- ترمومتر ؛
- ماء مقطر.

1- الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج، **خواص واختبارات التربة**، مرجع سبق ذكره، ص 143.

طريقة العمل:

1) خلط حوالي 50 غ من التربة المارة من منخل رقم 200 مع ماء مقطر حتى تصبح عجينة ناعمة ورقيقة.

2) وضع العينة في كأس سعتها 250 مل وإضافة عليها 125 مل من محلول مثل ميتافوسفات الصوديوم الذي تركيزه 4 %، ثم ترك المزيج يتشرب لمدة لا تقل عن 16 ساعة.

3) نقل المزيج إلى كأس الخلاط بعناية بحيث لا يفقد جزءا منه، يضاف إليه ماء مقطر بواسطة المحقنة حتى يصل لأكثر من نصف كأس الخلاط.

4) خلط المزيج في الخلاط لحوالي 15 دقيقة حتى تتفتت حبيبات التربة إلى جزيئات مستقلة.

5) نقل المزيج إلى أسطوانة الاختبار المدرجة وإضافة عليها الماء المقطر حتى يصل إلى علامة حجم 1000 مل.

6) وضع راحة اليد بإحكام (أو غطاء محكم) على فتحة الأسطوانة ثم قلبها إلى أسفل وإلى أعلى لمدة دقيقة، والتأكد من عدم التصاق المزيج بأسفل الأسطوانة، ثم وضعها على طاولة ثابتة والبدا في حساب الوقت.

7) ملأ أسطوانة اختبار مدرجة أخرى بالماء المقطر وذلك لحفظ الهيدروميتر فيها بين القراءات.

8) بعد مضي دقيقتين يتم إدخال الهيدروميتر ببطء إلى أسطوانة المزيج وتسجيل قراءة الهيدروميتر لأعلى سطح السائل وكذلك درجة الحرارة باستخدام الترمومتر، مع ملاحظة تجفيف الهيدرومتر قبل استخدامه وإدخاله في أسطوانة الخليط بمدة تتراوح بين 20 و 25 ثانية وذلك في كل مرة.

9) تكرار تسجيل قراءتي الهيدرومتر والترمومتر بعد مضي الأوقات التالية: 5، 15، 30، 60، 250، 1440 دقيقة، وقد تحتاج التجربة إلى وقت أطول حتى تصبح قراءة الهيدرومتر مقاربة للواحد أو عندما يكون تغير القراءة بسيط جدا بعد مضي وقت طويل، وبعد كل قراءة يزال الهيدرومتر من المزيج ويوضع في أسطوانة الاختبار المدرجة المملوءة بالماء المقطر.

10) تغطية فتحة أسطوانة المزيج بين القراءات لمنع حالة التبخر وضمان عدم وصول غبار أو خلافه إلى المحلول.

11) وزن وعاء التجفيف لأقرب من 0.01 غ.

12) بعد آخر قراءة، يصب المزيج (المحلول) في وعاء التجفيف وذلك بعناية فائقة لمنع فقدان أي من حبيبات التربة.

13) وضع المحلول في الفرن حتى يتبخر الماء لتتبقى حبيبات التربة في حالتها الجافة، ثم يوزن وعاء التجفيف مع التربة الجافة لأقرب من 0.01 غ.

14) حساب وزن التربة الجافة من الخطوتين (11) و (13).

صورة (7.1): مراحل اختبار التحليل الهيدرومتري.

مصدر: أنمار النقيب (2021/02/27)، **اختبار التحليل الحبيبي للتربة بطريقة الهيدروميتر**، تم الاطلاع عليه يوم (2021/06/08)، https://www.alnaqeeb.me/التحليل-الحبيبي-للتربة-بالهيدروميتر/

العمليات الحسابية:

أ- حساب القطر المؤثر لحبيبات التربة من العلاقة:

$$D = \sqrt{\frac{30\eta}{980}(G_S - G_T)\frac{L}{T}}$$

$$D = K\sqrt{\frac{L}{T}}$$

حيث:

D: قطر جزيئات التربة (مم)؛

η:معامل لزوجة الماء عند درجة حرارة الاختبار (Poises)؛

G_S:الوزن النوعي لحبيبات التربة الصلبة؛

G_T:الوزن النوعي للماء عند درجة حرارة الاختبار، انظر الملحق (م5.1) ؛

T:الفترة الزمنية من بداية ترسب الجزيئات حتى أخذ القراءة (دقيقة)؛

K: ثابت يعتمد على درجة حرارة المحلول وعلى الوزن النوعي لحبيبات التربة الصلبة، انظر الملحق(م6.1) ؛

L:المسافة من سطح المحلول إلى المستوى الذي تقاس عنده كثافة العينة، انظر الملحق (م7.1) ؛

ب- حساب نسبة التربة الناعمة من العلاقة التالية:

$$N = \left[\frac{G_S}{G_S - 1} \times \frac{100000}{W_S}\right](R - G_T)$$

حيث:

- ✓ N: نسبة التربة الناعمة (%)؛
- ✓ G_S: الوزن النوعي لحبيبات التربة الصلبة؛
- ✓ G_T: الوزن النوعي للماء عند درجة حرارة الاختبار، انظر الملحق (م4.1) ؛
- ✓ W_S: وزن التربة الجافة؛
- ✓ R: قراءة الهيدروميتر[1].

2. التجارب الميكانيكية

تنفذ هذه التجارب لتحديد وسائط التربة المستخدمة في حساب قدرة تحمل التربة والهبوط المتوقع فيها، ومن أهمها:

1.2. اختبار صندوق القص (القص المباشر) Shear box test (Direct Shear test):

اختبار صندوق القص يسمى أحيانا اختبار القص المباشر لأن الاجهادات العمومية واجهادات القص على مستوى الانهيار تقاس مباشرة وجهاز القص المباشر يتكون من صندوق مستطيل أبعاده الأفقية 60*60 وارتفاعه 20 مم مكون من جزئين مما يولد في عينة التربة داخله قص أحادي[2].

1- الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج، **خواص واختبارات التربة**، مرجع سبق ذكره، ص (145-147).
2- عبد الفتاح قصبي، **ميكانيكا التربة**، مرجع سبق ذكره، ص 336.

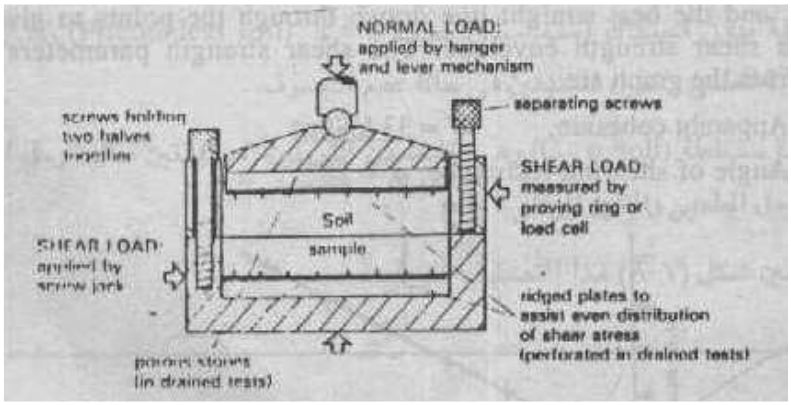
صورة (8.1): جهاز القص المباشر.

مصدر: أنمار النقيب (2021/03/05)، تجربة القص المباشر للتربة مع المناقشة (Direct Shear Test)، تم الاطلاع عليه يوم (2021/06/11)، https://www.alnaqeeb.me/direct-shear-test/

وبعد وضع عينة التربة المراد اختبارها في الجهاز تعرض لضغط عمودي مع السماح للنصف العلوي بالتحرك عرضيا بتأثير قوى عرضية (قوى القص)، والقوى العمودية تكون ثابتة القيمة طول التجربة وقوى القص تبدأ من الصفر وتزداد إلى أن تنهار العينة بالقص، ويتم أثناء الاختبار تسجيل قراءات قوى القص والإزاحة الأفقية، والإزاحة الرأسية لكل قوة عمودية ثابتة، وتكرر خطوات الاختبار أربع أو خمس مرات لقوى عمودية مختلفة ثم تمثل العلاقة بين الإجهاد الرأسي σ واجهاد القص عند الانهيار لكل مراحل الاختبار ومنها تعين زاوية الاحتكاك (angle of friction): φ، وتماسك التربة (soilcohesion): C.

والشكل (**10.1**) يبن صندوق القص وكيفية ربط جزئيه أثناء وضع العينة ثم فكهما في بداية الاختبار لإحداث القص[1].

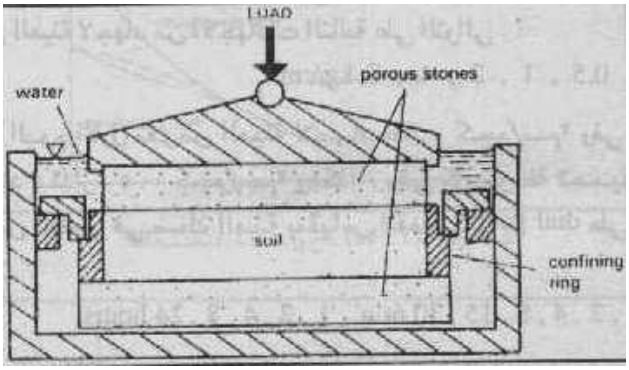
1- عبد الفتاح قصبي، **ميكانيك التربة**، مرجع سبق ذكره، ص 336.



شكل (10.1): صندوق القص.
مصدر: عبد الفتاح قصبي، **ميكانيك التربة**، مرجع سبق ذكره، ص 336.

2.2. تجربة التصلب (consolidation test(Oedome test):

الانضغاطية للتربة سواء كمية الهبوط أو معدلة تعين من اختبار التصلب باستخدام الأيدومتر شكل (**11.1**) وشكل (**12.1**).

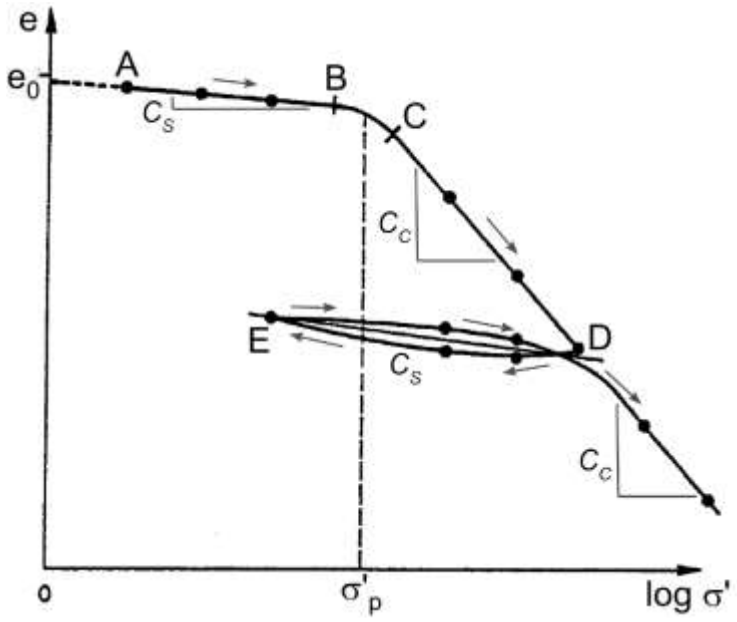


شكل (11.1): خلية الأيدومتر.
مصدر: عبد الفتاح قصبي، **ميكانيك التربة**، مرجع سبق ذكره، ص 491.

تجهز عينة التربة غير المقلقلة (undisturbed) وتوضع في حلقة الاختبار قطرها 75 مم وارتفاعها 15-20 مم حيث توضع هذه الحلقة حجرين نفاذين (Porous Stones) داخل خلية الأيدومتر، كما يمكن في بعض الأحيان اختبار عينات مشكلة (Remoulded)، وتعمل التجربة على أن يكون تشكل العينة في الاتجاه الرأسي فقط كما يعمل الحجر النفاذ على السماح للمياه بالحركة إلى داخل العينة وإلى خارجها، وهذا يعني أن التجربة ستكون ثنائية التصرف (double drainage)، كما يؤثر على العينة حمل استاتيكي رأسي ويقاس التغير في ثخانة العينة بمقياس انفعال يركب على الخلية، ويتم إجراء الاختبار على مراحل تستغرق كل مرحلة أربعة وعشرون ساعة (وأحيانا 48 ساعة) وفي كل مرحلة تعرض العينة لإجهاد من الاجهادات التالية على التوالي: 0.25، 0.5، 1، 2، 4، 8 كلغ/سم^2.

أي في اليوم الأول تعرض العينة لإجهاد 0.25 كغ/سم^2 وفي اليوم الثاني تعرض العينة لإجهاد مقداره 0.5 كغ/سم^2 وهكذا، وفي كل مرحلة تحميل من المراحل السابقة ويقاس النقص في سمك بمقياس

انفعال (dial gauge) على فترات زمنية تؤخذ عادة عند: 0.5، 1، 2، 4، 8، 15، 30 دقيقة، 1، 2، 4، 8، 24 ساعة، ويجب ملاحظة أن عدد مراحل التحميل وقيمتها تتوقف على نوع التربة ومدى الذي تتراوح بينه قيم الإجهاد المتوقع في الموقع، وبعد إتمام عملية التصلب تحت آخر حمل يزال الحمل الرأسي مرة واحدة أو على عدة مرات ويسمح حينئذ للعينة بالانتفاخ، ثم يعين المحتوى المائي النهائي، وحينما يكون منحنى الانتفاخ مطلوبا فإن رفع الحمل يجب أن يتم على مراحل مع قياس التغير في سمك العينة، نسبة الفراغات للتصلب الكامل في نهاية كل مرحلة تحميل تعين بالراجع مع المحتوى المائي الأخير ومن ثخانة العينة النهائية[1].



شكل (12.1): منحنى الانضغاط.

مصدر: Luc Sibille, **Bases de la Géotechnique Module MXG4 IUT Génie Civil et Construction Durable**, Université Crenoble Alpes, Licence, France, 2018, P 45.

3. التجارب الكيميائية

إن احتواء التربة على مواد عضوية تتفسخ يولد هبوطا تفاضليا قد يؤدي لحدوث تصدعات في المنشأة، ومن الضروري أحيانا معرفة احتواء التربة على مركبات كيماوية ذات تأثير مخرب أو ضار على الخرسانة والأساسات، ومن هذه التجارب:

1.3. تحديد احتواء المواد العضوية:

إن وجود المواد العضوية يسبب هبوطا عاليا في المنشآت عند تفسخ المادة العضوية، وإذا كان هناك شك بوجود نسبة ذات أهمية من المادة العضوية نحدد نسبتها بتحطيم المادة العضوية بالعوامل المؤكسدة ونقيس خسارة الوزن.

1- عبد الفتاح قصبي، **ميكانيك التربة**، مرجع سبق ذكره، ص (491-492).

2.3. تحديد احتواء الكبريتات:

مثل كبريتات المغنزيوم والصوديوم، وبذوبانها بالمياه الجوفية أو السطحية تتفاعل مع الإسمنت في خرسانة قواعد الأساسات لتتشكل مركبات مثل كبريتات الكلسيوم مع زيادة في الحجم تؤدى إلى تخريب الخرسانة ونخرها، وتتم تجربة تحديد نسبة الكبريتات بترسيبها بمركب كبريتات الباريوم ثم الوزن لتقدير خسارة الوزن.

المطلب الثالث: تقرير التربة

يتضمن التقرير الفني عادة معلومات عن المشروع الذي يتم سبر التربة من أجله والوظيفة المطلوبة له، كما يتحدث عن الأعمال الاستكشافية وعن منسوب المياه الجوفية وعن التجارب المخبرية للتربة بما يوضح خصائصها الفيزيائية والميكانيكية، كما تحدد الوسائط الهندسية التي تستعمل في التصميم والعلاقات والصيغ المستعملة في الحساب لاستخراج قدرة تحمل التربة والهبوط المتوقع مع جميع العوامل اللازمة وخاصة عامل الأمان المقترح، وتحدد التوصيات الفنية لكل نوع من أنواع الأساسات كما يأتي:

أ ـ فيما يتعلق بالأساسات السطحية:

يجب تحديد طبقة التأسيس وعمقه وقدرة تحمل التربة والهبوط المتوقع والهبوط التفاضلي.

ب ـ فيما يتعلق بالأساسات العميقة (الأوتاد والركائز):

يجب تحديد طول الوتد ونوعه والأقطار المقترحة والحمولات التصميمية للوتد والهبوط المتوقع وطريقة التنفيذ، وتحدد بشكل مفصل طريقة إجراء تجارب التحميل من حيث الحمولات ومراحلها ومددها وغيره.

ج ـ فيما يتعلق بالجدران الإستنادية:

تحدد المعلومات اللازمة لتصميم الجدران الإستنادية مثل خصائص التربة خلف الجدار التي تشمل: زاوية الاحتكاك الداخلي ـ التماسك ـ الوزن الحجمي ـ وزاوية احتكاك التربة مع وجه الجدار الخلفي، وعامل الدفع الفعال لكتلة التربة خلف الجدار واحتكاك قاعدة الجدار مع تربة التأسيس وتماسك قاعدة الجدار مع تربة التأسيس، كذلك بالنسبة لكتلة التربة أمام قدم الجدار التي تشمل: زاوية الاحتكاك الداخلي والوزن الحجمي وعامل دفع التربة المنفعل لهذه الكتلة، إضافة التوصيات اللازمة لصرف المياه من كتلة التربة خلف الجدار، كما تحدد الوسائط المستخدمة في تصميم الجدران الإستنادية مع التحقيقات اللازمة لتأمين توازنها ضد الانقلاب والانزلاق وضغط التربة في مستوى القاعدة .

د ـ فيما يتعلق بتوازن المنحدرات: تحدد الحلول المناسبة لتأمين استقرار المنحدرات[1].

1- محمد شحرور، عبد العزيز حجار، مرجع سبق ذكره، ص 554.

الفصل الثاني:

العيوب التي تصيب المنشآت وأسبابها

تمهيد:

المباني كأي شيء على الأرض، تتعرض لمراحل النمو والحياة من النشوء إلى الارتقاء، ثم الهرم فالقدم فالزوال ثم تدور عجلة الحياة من جديد وهكذا، والعيوب التي تصيب المنشأ متنوعة وعديدة، وهي إما عيوب في المنشأ ككل كالميل والالتواء والانزلاق والإزاحة الأفقية...الخ، أو عيوب في عناصره الإنشائية والمواد المكونة لها كالانبعاج والانحناء وتدهور الخرسانة المسلحة وصدأ حديد التسليح ...الخ، ولهذه العيوب أسباب كثيرة منها الأخطاء الإنشائية والتنفيذية ومنها ما هو متعلق بالتربة وبالعوامل الطبيعية كالرطوبة والحرارة والهبوط الغير منتظم ومنها ما هو متعلق بالعوامل البيولوجية كالحشرات والفطريات ومنها ما هو متعلق بالكوارث الطبيعية كالزلازل والفيضانات ....الخ.

تم تقسيم هذ الفصل كما يلي:

- **المبحث الأول: أنواع العيوب التي تصيب المنشآت ؛**
- **المبحث الثاني: الأسباب المحتملة لتدهور المنشآت.**

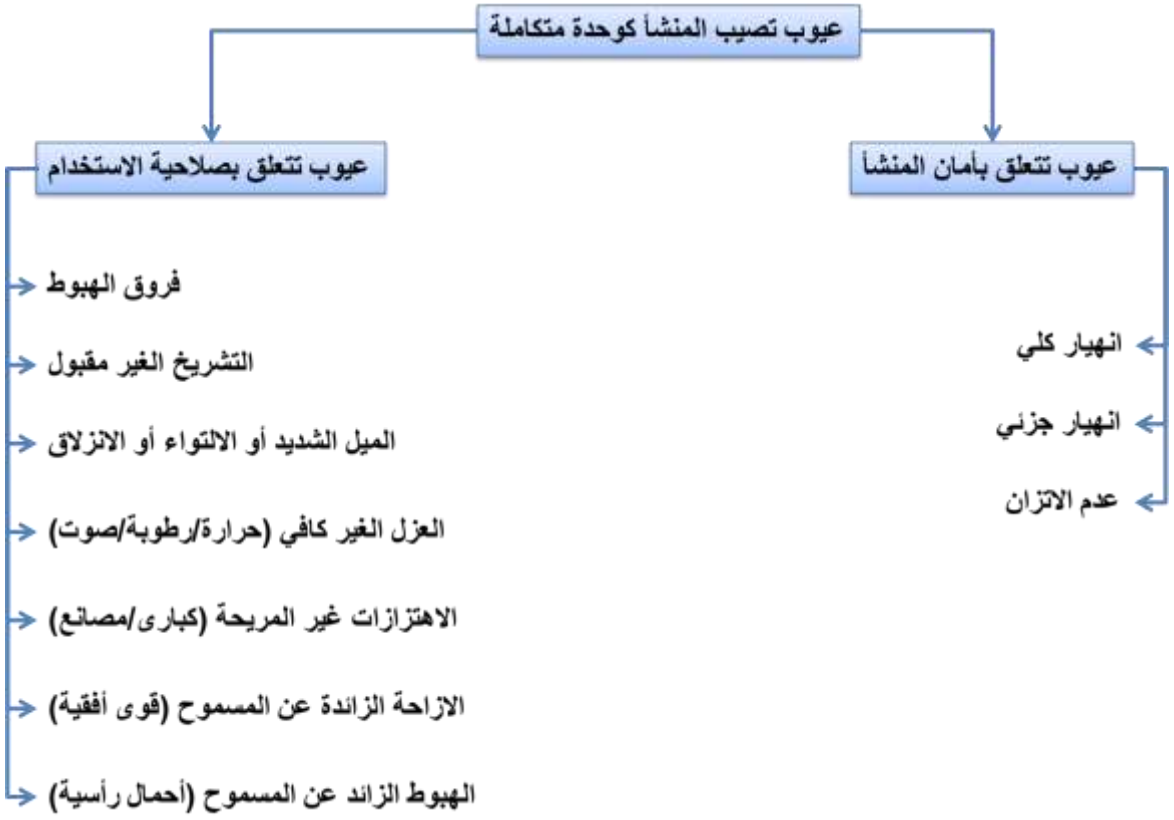
المبحث الأول: أنواع العيوب التي تصيب المنشآت

العيوب التي تصيب المنشآت القائمة يمكن أن تتجلى في عدة أشكال، ولهذا السبب نرى أنه من المفيد تصنيفها إلى عدة أقسام للتمييز بينها، كما أن هذه المنشآت كوحدة متكاملة (Structure as a whole) مكونة من وحدات أو بتعبير آخر عناصر البناء (Elements of the structure) وتلك الوحدات مكونة من مواد بناء (Building materials)، من هنا توصلنا لهذا التصنيف:

- عيوب تصيب المنشأ كوحدة متكاملة ؛
- عيوب تصيب العناصر الإنشائية ؛
- عيوب تصيب مواد البناء.

المطلب الأول: عيوب تصيب المنشأ كوحدة متكاملة

أي منشأة أو بناية معرضة إلى أضرار عديدة وبدرجات متفاوتة الخطورة، فهناك أضرار تصيب المنشأ ككل مثل الهبوط والميل والانزلاق ...الخ، وهذه الأضرار تؤثر على سلامة المنشأة وربما عدم صلاحيته للاستخدام، كما تأثر على أمان المنشأ، حتى يمكن أن تصل إلى الانهيار الكلي للمنشأ، نلخص هذه الأضرار في الشكل (**1.2**).



شكل (1.2): ملخص لأهم العيوب التي تصيب المبنى كوحدة متكاملة.

1. عيوب تتعلق بالصلاحية للاستخدام

إذا تعرض المنشأ إلى فرق في الهبوط يؤدي إلى انحرافه عن وضعه الأصلي، فقد يميل المنشأ أو يحدث له التواء، وقد ينزلق المنشأ نتيجة وجوده على تربة تختلف طوبوغرافيتها اختلافا كبيرا أو حدث بها انهيار محدود وعندما يتعرض المنشأ إلى هبوط غير منتظم تحت أجزائه، فإن هذا يؤدي إلى ظهور تشققات أو شروخ بالحوائط في المقام الأول، ثم تظهر الشروخ في الأعضاء الخرسانية بعد ذلك إلا أنه في بعض الحالات قد لا تظهر هذه الشروخ في الحوائط نتيجة جساءة المبنى ككل (المباني المرتفعة).

وإذا تعرض المنشأ إلى إزاحة أفقية زائدة عن المسموح بها أو هبوط رأسي أكبر من اللازم، فسيؤثر ذلك بالتأكيد على أدائية المبنى، كما يؤثر عليها العزل غير الكافي ضد الحرارة أو الرطوبة أو الصوت والاهتزازات غير المريحة في حالة الجسور مثلا (حركة السيارات) أو المصانع (اهتزازات الماكينات[1].

الصورة (1.2): هبوط كبير متساوي لمبنى.
المصدر: سيف الدين أحمد زيد (2017/03/28)، تصدع المنشآت الخرسانية، تم الاطلاع عليه يوم (2021/04/20)، www.slidesshare.net/Ahmed.

صورة (2.2): هبوط غير متساوي (ميل) للمبنى بدون شروخ.
مصدر: سيف الدين أحمد (2017/03/28)، مرجع سبق ذكره.

1- شريف أبو المجد ... وآخرون، **تصدع المنشآت الخرسانية وطرق اصلاحها**، مرجع سبق ذكره، ص 36.

الصورة (3.2): هبوط غير متساوي (ميل) للمبنى مع شروخ في اتجاه الميل.
المصدر: سيف الدين أحمد (2017/03/28)، مرجع سبق ذكره.

الصورة (4.2): انزلاق لمبنى.
المصدر: سيف الدين أحمد (2017/03/28)، مرجع سبق ذكره.

2. عيوب تتعلق بأمان المنشأ

الشروخ الانشائية والصدأ الشديد لصلب التسليح وسوء أو تغيير الغرض من استخدام المبنى والتحميل الزائد كل ذلك يؤدي إلى تعريض سلامة المنشأ للخطر، فيصل إلى حالة عدم اتزان أو انهيار جزئي، وقد يصل الأمر إلى الانهيار الكلي للمنشأ[1].

صورة (5.2): انهيار جزئي لبناية قديمة.
مصدر: المغرب الأوسط (2020/12/28 18:07)، انهيار جزئي لبناية قديمة في حي القصبة، المغرب الأوسط، العدد 4040.

1- شريف أبو المجد ...و آخرون، **تصدع المنشآت الخرسانية و طرق اصلاحها**، مرجع سبق ذكره، ص 36.

صورة (6.2): انهيار كلي بسبب الزلزال.
مصدر: ر.د (12 أوت 2020)، 100 سكن اجتماعي إضافي وإعانات مالية وطبية لمنكوبي زلزال ميلة، الاتحاد، العدد 2208.

المطلب الثاني: عيوب تصيب العناصر الإنشائية

إن ظهور بعض العيوب في الأعضاء الخرسانية قد تؤثر على المظهر فقط وقد تكون دليلا على وجود تدهور خطير يجب تداركه وسرعة إصلاحه، وقد تكون هذه العيوب تلف كلي وقد تكون مجرد إشارة إلى وجود مشاكل أعمق وأخطر، إن خطورة ظهور أي عيب من عيوب الخرسانة يعتمد على نوع المنشأ كما يعتمد على وقت ظهور وشكل هذا العيب الأمر الذي يستوجب ضرورة التعامل مع مشكلة ظهور عيوب في الأعضاء الخرسانية بالاهتمام الواجب والفهم الكامل بأسبابها ومدى خطورتها، في هذه الحالة ليس بالضرورة أن تصاب جميع عناصر المنشأة بهذه الأضرار، فهي يمكن أن تصيب فقط عناصر معين على سبيل المثال: الأساسات، الأعمدة، الروافد، البلاطات، الجدران ...الخ.

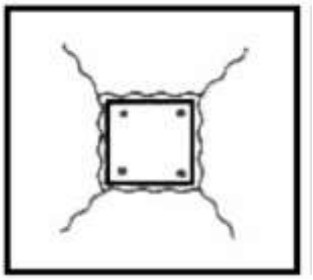
1. عناصر المنشآت من الخرسانة المسلحة

الأضرار التي تصيب عناصر الإنشاءات الخرسانية المسلحة غالبا ما تكون:

1.1. التشققات في الأساسات (Fondation Crack):

نادراً ما يمكن ملاحظة التشققات في الأساسات بسبب كونها مطمورة وعادة تلاحظ مشاكل الأساسات بانعكاسها على المنشأ العلوي سواء كان ذلك على الأعمدة أو الجدران أو القواطع أو الجسور الخرسانية المسلحة، ومع ذلك هناك بعض التشققات الناتجة عن الانكماش في الخرسانة المسلحة يمكن ملاحظتها بسبب أنها تحدث بعد صب الخرسانة المسلحة بفترة قصيرة وقبل أن يجري ردم الأساسات، مثال على ذلك هي التشققات التي تحصل حول العمود بالأساسات المنفردة إذا كان تسليح الأساس عبارة عن شبكة سفلية واحدة، شكل **(2.2)**[1].

1- أحمد أمين الهيتي، أحمد طارق الإجباري، **دراسة انهيارات وتشققات الأبنية المنفذة على الترب الطينية وطرق تدعيمها**، المجلة العراقية للهندسة المدنية، كانون الأول-2007، العدد التاسع، ص 93.



شكل (2.2): تشققات تحصل حول العمود في الأساسات المنفردة.
مصدر: أحمد أمين الهيتي، أحمد طارق الإجباري، مرجع سبق ذكره، ص 93.

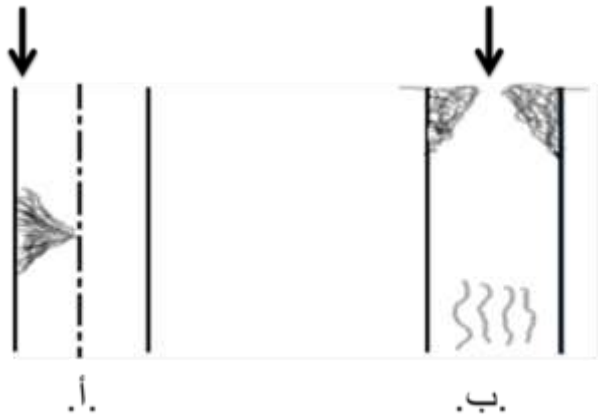
2.1. التشققات في الأعمدة (Columns Crack):

وهي عناصر تتعرض بشكل أساسي إلى اجهادات ضغط لذلك فإن التشققات في هذه العناصر لا تظهر إلا في مرحلة متأخرة[1] فيما يلي نذكر أهم الأضرار التي يتعرض لها العمود:

شروخ نتيجة تحميل زائد (Overloading): شقوق رأسية في الرقبة السفلية للعمود وتساقط للخرسانة في الرقبة العلوية للعمود بسبب أحمال زائدة مركزية الشكل **(3.2 .أ.)**، شقوق وكسور وتساقط خرسانة وسطية في جنب العمود بسبب أحمال زائدة غير مركزية، أنظر الشكل **(3.2 .ب.)**[2].

شروخ نتيجة صدأ حديد التسليح (Steel corrosion): شقوق جانبية على طول التسليح الطولي بسبب صدأ التسليح الطولي، الشكل **(4.2 .أ.)**، شقوق أفقية بسبب صدأ التسليح العرضي (الكانات)، الشكل **(4.2 .ب.)**.

شروخ نتيجة الزلازل (Quake): شقوق وكسور في رقبة العمود بسبب تأثير الزلازل، انظر الصورة **(7.2)**[3].



شكل (3.2): تحميل زائد مركزي و غير مركزي (Overloading) على العمود.
مصدر: من إعداد الباحثتين.

1- أحمد أمين الهيتي، أحمد طارق الإجباري، **دراسة انهيارات وتشققات الأبنية المنفذة على الترب الطينية وطرق تدعيمها**، مرجع سبق ذكره، ص 91.
2- محاضرة بعنوان: **تقييم وتأهيل منشآت خرسانية**، محمد التلباني، (جامعة غزة/ غزة/ فلسطين).
3- **مقابلة مع**: بعلى عبد القادر، مدير فرع هيئة المراقبة التقنية للبناء بالجنوب، فرع هيئة المراقبة التقنية للبناء بالجنوب، المنيعة، 2021/03/25، على الساعة 10.30.

شكل (4.2): صدأ حديد التسليح الطولي والعرضي (Corrosion).
مصدر: من إعداد الباحثتين.

صورة (7.2): شروخ وكسور في رقبة العمود بسبب الزلزال.
مصدر: سيف الدين أحمد (2017/03/28)، مرجع سبق ذكره.

3.1. التشققات في الجدران غير الحاملة (Walls):

شروخ الهبوط (Settement): إذا وجدت الشقوق في الجدار مائلة بزاوية 45° في الغالب هذا دليل على وجود هبوط في الأساس (Fondation Settement) كما هو موضح في الشكل **(5.2)**.

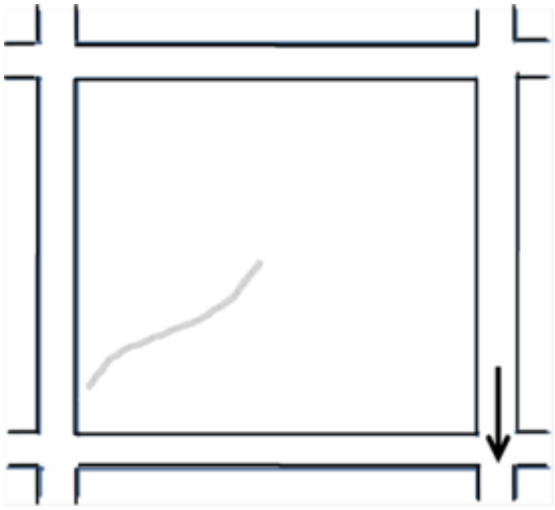
شروخ نتيجة تقوس زائد في الحزام (Beam Deflection): شقوق عمودية في منتصف الجدار عريضة في أسفله وتصغر في أعلاه تدريجيا وهذا بسبب تقوس زائد في الحزام، وهذا بسبب الجدار موضوع مباشرة على التربة أو موضوع على أساس بارتفاع صغير 30 سم مثلا، الشكل **(6.2)**[1].

شروخ نتيجة الانكماش الحراري (Shrinkage): يحدث شق عمودي بين الجدار والعمود بسبب الانكماش الحراري المختلف للعنصرين بسبب اختلاف تكوينهما فبتكرار هذه العملية عملية التمدد والانكماش يحدث شق يفصلهما عن بعض، نضيف شبك (معدني أو بلاستيكي ...) حتى يمنع أو يقلل التشرخات الشكل **(7.2)**، يحدث نفس الأمر بين الجدار وأسفل السقف أو أسفل الكمرة بسبب التمدد

1- **مقابلة مع**: بعلي عبد القادر، مرجع سبق ذكره.

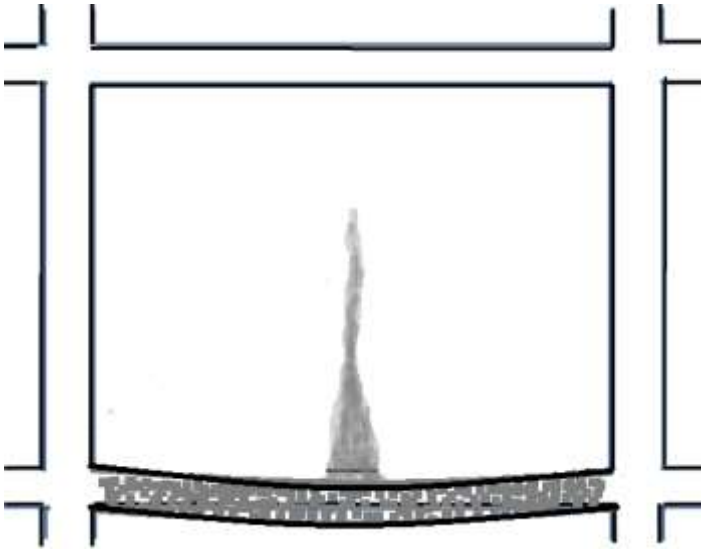
والانكماش ولكن هذه المرة بشكل أفقي، أنظر الشكل (**7.2**)، أيضا في بعض الأحيان نرى التشققات الأفقية في منتصف الجدار بسبب انكماش الجدار من الناحية العلوية والجانب السفلي يصبح ضعيف فيحدث شق يفصل الجدار لجزأين علوي وسفلي.

تشققات على زوايا فتحات الجدار: بسبب تغير الإجهادات على أجزاء الحائط المختلفة، ولمنع هذه التشققات نقوم بعمل جلسة خرسانية أسفل الفتحة وكشفة خرسانية فوقها الشكل (**8.2**)[1].



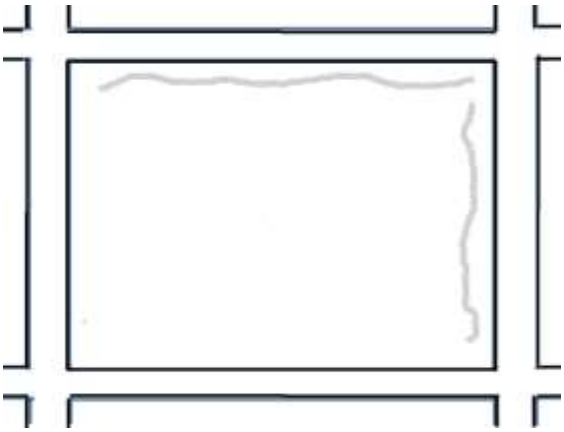
شكل (5.2): شق مائل في جدار فاصل.
مصدر: من إعداد الباحثتين.

صورة (8.2): شق مائل في جدار فاصل.
مصدر: دار الضيوف، تصوير الباحثتين.



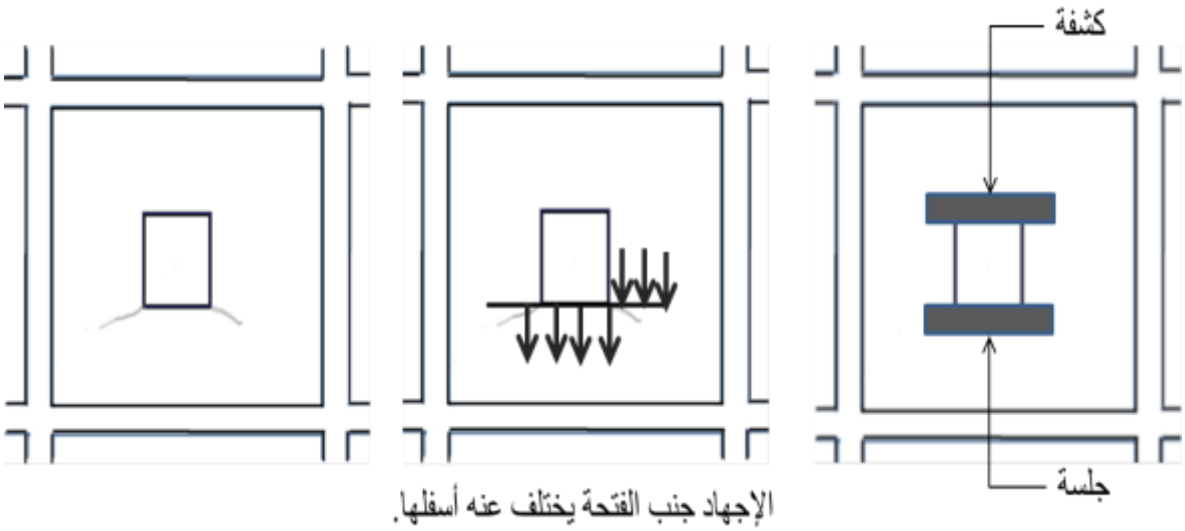
شكل (6.2): شق عمودي وسط الجدار بسبب تقوس الحزام.
مصدر: من إعداد الباحثتين.

2- محمد التلباني، مرجع سبق ذكره.



شكل (7.2): شقوق عمودية وأفقية بسبب انكماش وتمدد الجدار.
مصدر: من إعداد الباحثتين.

صورة (9.2): شقوق عمودية وأفقية بسبب انكماش وتمدد الجدار.
مصدر: دار الضيوف بحاسي القارة، تصوير الباحتتين.



شكل (8.2): تشققات على زوايا الفتحات بسبب تغير الإجهادات على أجزاء الحائط المختلفة.
مصدر: من إعداد الباحثتين.

4.1. التشققات في الأحزمة (Beams):

شروخ نتيجة صدأ حديد التسليح: تحدث شقوق أفقية على جانب الحزام أو في الأسفل انظر الصورة **(10.2)**.

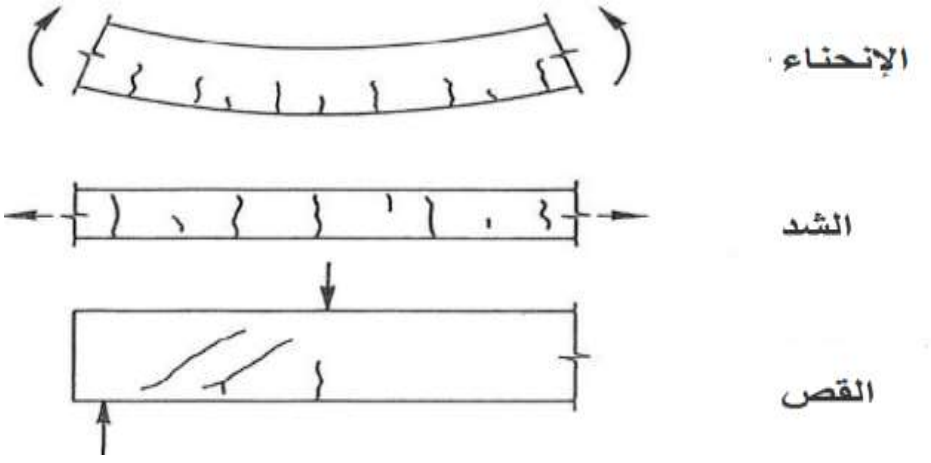
شروخ نتيجة غطاء خرساني كبير: كما تحدث شقوق أفقية أسفل الحزام بسبب غطاء خرساني كبير لا يتحمل الشد أنظر الصورة **(11.2)**[1].

2- **مقابلة مع**: بعلى عبد القادر، مرجع سبق ذكره.

صورة (10.2): شقوق بسبب صدأ الحديد.
مصدر: سيف الدين أحمد (2017/03/28)، مرجع سبق ذكره.

صورة (11.2): شقوق بسبب غطاء خرساني كبير.
مصدر: سيف الدين أحمد (2017/03/28)، مرجع سبق ذكره.

شروخ نتيجة تحميل زائد: حيث عزوم الالتواء (الانحناء) بأعظم قيمة له أين يظهر الشق الأول في منتصف الفضاء تليه شقوق أخرى بصورة مزدوجة يمين ويسار الشق الأول، بسبب عدم التصميم الجيد وظروف الصب وتفاصيل تنفيذ التسليح ... الخ[1]، كما تظهر شقوق مائلة جنبي الحزام (شقوق قص) بسبب عدم كفاية الكانات وعدم توزعها بالشكل الصحيح، كما تحدث شروخ عمودية على طول الحزام بسبب شد لسبب ما انظر الشكل (**9.2**)[2].



شكل (9.2): شقوق نتيجة أحمال زائدة (شقوق الانحناء والشد والقص).
مصدر: GUELMINE Layachi, Référence déjà mentionnée, P 13.

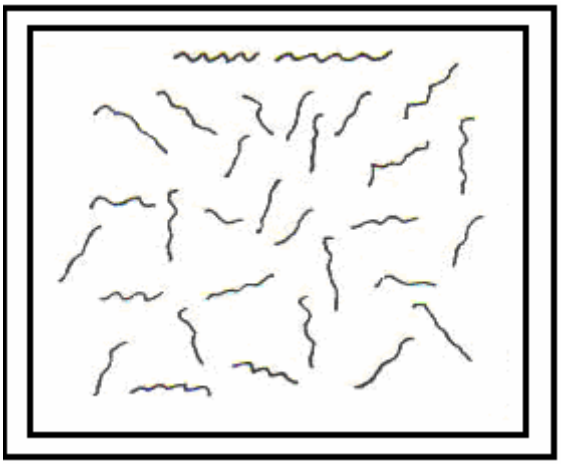
1- أحمد أمين الهيتي، أحمد طارق الإجباري، **دراسة انهيارات وتشققات الأبنية المنفذة على الترب الطينية وطرق تدعيمها**، مرجع سبق ذكره، ص 91.
2 -GUELMINE Layachi, (October 2019), **Pathologies des constructions**, vu le (21/03/2021), (copie électronique), P 13.

كما تحدث شروخ ضغط نتيجة تصغير قطاع الحزام لأغراض معمارية وزيادة كمية التسليح انظر الصورة **(12.2)**[1].

صورة (12.2): شروخ نتيجة أحمال زائدة (شروخ ضغط).
مصدر: سيف الدين أحمد (2017/03/28)، مرجع سبق ذكره.

5.1. التشققات في السطوح (Slabs):

شروخ الانكماش اللدن (Plastic Shrinkage): تكون مائلة ومتوازية منتظمة، أو عشوائية هذه الشروخ تظهر في الساعات الأولى من الصب قبل جفاف الخرسانة أين يحدث تبخر سريع للماء داخل الخرسانة بسبب الرياح أو الحرارة في المناطق الحارة وبالتالي يحدث انكماش أقوى من قوة تحملها[2].

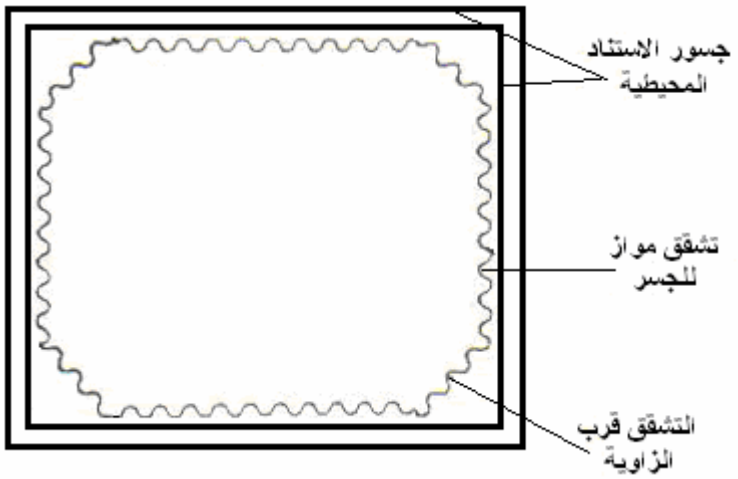


شكل (10.2): تشققات الانكماش اللدن العشوائية.
مصدر: أحمد أمين الهيتي، أحمد طارق الإجباري، مرجع سبق ذكره، ص 93.

شروخ نتيجة نقص الحديد: أما في السطح العلوي فتظهر تشققات غالباً عند الزوايا وتتوضع بشكل عمودي على قطر البلاطة، الشكل **(11.2)** ويعود ذلك لنقص كمية التسليح السالب المزودة بها

1- سيف الدين أحمد (2017/03/28)، مرجع سبق ذكره.
2- **مقابلة مع** : بعلى عبد القادر، مرجع سبق ذكره.

البلاطات عن الكمية اللازمة لتأمين الاستمرار أو الاحكام على محيط البلاطة (أي ناتجة عن احمال القوى)[1].



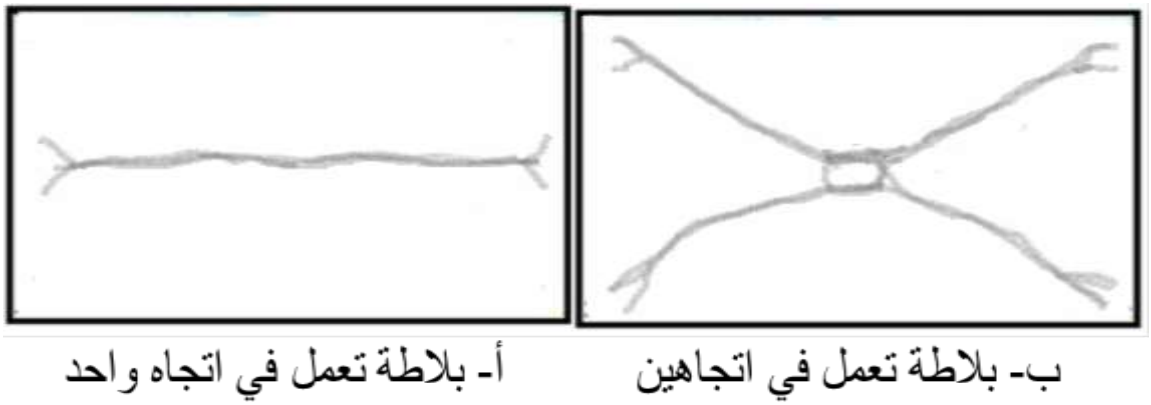
شكل (11.2): شقوق تظهر نتيجة نقص كمية حديد التسليح.
مصدر: أحمد أمين الهيتي، أحمد طارق الإجباري، مرجع سبق ذكره، ص 92.

شروخ نتيجة صدأ الحديد: ينمو الصدأ ويتزايد حول حديد شبكة التسليح منتجا شروخ في البلاطة من الأعلى أو الأسفل أو كلاهما في اتجاهين أو في اتجاه واحد، وقد يؤدي ذلك إلى سقوط الخرسانة كاشفة عن شبكة الحديد، كما نشاهد بقع بنية دلالة على الصدأ انظر الصورة (**13.2**).

صورة (13.2): شروخ بسبب صدأ حديد التسليح السفلي.
مصدر: KHINECHE HOURIA, **Diagnostique de la fissuration dans les constructions (Cause et classification),** Mémoire de Master, Université Mohamed Khider, Biskra, Algérienne, 2019, P 7.

1- أحمد أمين الهيتي، أحمد طارق الإجباري، **دراسة انهيارات وتشققات الأبنية المنفذة على الترب الطينية وطرق تدعيمها**، مرجع سبق ذكره، ص 92.

شروخ نتيجة تحميل زائد: في البلاطات البسيطة تظهر تشققات أسفل البلاطة عمودية على التسليح الرئيسي الممتد بالاتجاه القصير، وفي البلاطات التي تعمل باتجاهين تظهر على السطح السفلي وفي الوسط شقوق موازية للتسليح الثانوي ثم تميل نحو الزوايا عند الأطراف، وتظهر على الوجه السفلي للبلاطة تشققات موضحة في الشكل **(12.2)** حيث تنتج هذه التشققات عن زيادة عزوم الالتواء وبالتالي زيادة اجهادات الشد في أسفل البلاطة (نتيجة زيادة القوى الشاقولية) على ما يمكن لكمية التسليح الموضوعة في البلاطة مقاومته.



شكل (12.2): تشققات نتيجة زيادة عزم الالتواء.
مصدر: من إعداد الباحثتين.

6.1. التشققات في الجدران الحاملة:

تتعرض الجدران الحاملة إلى قوى ضغط شاقولية ينتج عنها قوى شد أفقية فإذا كانت الجدران الحاملة من الخرسانة المسلحة فيقوم التسليح الأفقي بمقاومة اجهادات الشد إضافة لمقاومته لإجهادات الانكماش الناتجة عن تقلص الخرسانة المسلحة، أما في الجدران الحاملة من الحجر الطبيعي أو الطابوق فتكون اجهادات الضغط الشاقولية عادة ضعيفة وكذلك اجهادات الشد الأفقية فيتم مقاومتها بمادة البناء ذاتها (الحجر والمونة) أو (الطابوق و المونة).

7.1. التشققات لأسباب غير إنشائية:

و نذكر منها[1]:

أ – تشققات الإنكماش الحراري:

تتولد أثناء عملية التصلب المبكر حرارة ناتجة من التفاعل الكيميائي بين الماء والإسمنت وغالبا ما تعالج العناصر المسبقة الصنع بالبخار (steam curing) وهذه المعالجة الحرارية تولد كمية كبيرة من الحرارة خلال الخرسانة.

1- أحمد أمين الهيتي، أحمد طارق الإجباري، **دراسة انهيارات وتشققات الأبنية المنفذة على الترب الطينية وطرق تدعيمها**، مرجع سبق ذكره، ص 92.

ب – تشققات الإنكماش اللدن:

تحدث نتيجة التبخر السريع للماء من سطح الخرسانة وهي لدنه أثناء تصلدها وهذا التبخر السريع يتوقف على عوامل كثيرة أهمها درجة الحرارة وتعامد أشعة الشمس المباشرة تجعل معدل التبخر أعلى من معدل طفو الماء على سطح الخرسانة.

ج – فروق الإجهاد الحراري:

إن أسلوب التنفيذ في المنشآت مسبقة الصب يساعد على التأثير باختلاف درجة الحرارة لاختلاف الطقس الطبيعي أو نتيجة التسخين (Steam curing) ولذا تظهر هذه التشققات.

د – تشققات نتيجة التآكل:

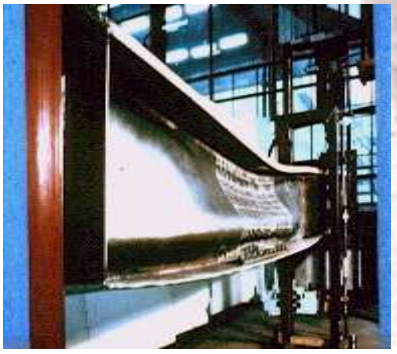
هناك نوعان رئيسيان من العيوب يساعدان على تزايد تأثير عوامل التعرية (التأكل) على المنشأ الخرساني وهما تآكل حديد التسليح ونخر الخرسانة نتحدث عنهما في المطلب الثالث.

2. عناصر المنشآت من المعدن

أكثر الأضرار شيوعا على مستوى عناصر البناء المعدنية[1]:

- انبعاج العناصر الطويلة (الأعمدة و العوارض) ؛
- التقوس المفرط في العوارض ؛
- صدأ الأعمدة.

صورة (14.2): صدأ عمود.



صورة (15.2): تقوس عارضة معدنية.
مصدر: Samira Zemouli, **Modélisation numérique du comportement des PRS vis-à-vis de l'instabilité élastique**, Mémoire de Magistère, Université Badji-Mokhtar, Annaba,2008, P 23.

صورة (16.2): انبعاج عمود.
مصدر: Samira Zemouli, Référence déjà mentionnée, P 22.

1 - chérif DERARDJA, **Types, causes et remèdes des dégradations des constructions existantes**, Mémoire de Magister, Université de Biskra, Biskra, Algérie, 2004, P 24.

3. عناصر المنشآت من الخشب

يمكن أن يكون الضرر الذي يلحق بعناصر الإنشاءات الخشبية كما يلي[1]:

- الشقوق ؛
- التكسر ؛
- الانبعاج ؛
- التعفن ؛
- هجوم الحشرات ؛
- اختلاف الأبعاد.

صورة (17.2): تعفن سقف خشبي.

صورة (18.2): شقوق في الرافدة.

صورة (19.2): هجوم الحشرات.

المطلب الثالث: عيوب تصيب مواد البناء

1. عيوب تصيب الخرسانة

1.1. تمليح الخرسانة:

وهي عبارة بقع بيضاء ملحية في صورة بلورات تتكون على السطح (كربونات كالسيوم تظهر في صورة ترسيب أبيض اللون يعرف بالتمليح) وهذا نتيجة للأسباب الآتية[2]:

- احتواء الخرسانة على هيدروكسيد كالسيوم وذلك بعد اماهة الإسمنت وهذا الهيدروكسيد قابل للذوبان في الماء و يتكون في المسام والفجوات الداخلية للخرسانة حيث يحدث له تفاعل مع ثاني أوكسيد الكربون الموجود في الجو الذي يتغلغل إلى المسام الخرسانية ومع وجود الماء نتيجة لرش الخرسانة أو سقوط الأمطار عليها مكونة كربونات الكالسيوم والتي تظهر في صورة تمليح و بقع بيضاء على السطح الخارجي للخرسانة ؛
- احتواء الركام على أملاح أو زيادة في الجبس في الإسمنت ؛
- سوء تخزين الركام بحيث تصل إليه المياه المحتوية على الأملاح.

1 - chérif DERARDJA, **Types, causes et remèdes des dégradations des constructions existantes**, Référence déjà mentionnée, P 28.

2- شريف أبو المجد ... وآخرون، **تصدع المنشآت الخرسانية وطرق اصلاحها**، مرجع سبق ذكره، ص 175.

2.1. تبقع الخرسانة:

هناك صور عديدة لأنواع البقع المحتمل ظهورها على السطح الخارجي للخرسانة منها[1]:

أ- بقع صدأ الحديد:

هذه البقع تظهر بالقرب من الحديد أو الصلب الدفون في الخرسانة وهي نبيهة اللون وتؤثر تأثيرا ضارا على شكل الخرسانة.

ب- بقع الحريق:

عندما يتعرض أي منشأ خرساني للحريق عادة ما يسوء سطحها بفعل النيران والدخان المتصاعد من الحريق تاركة لون اسود على سطحها وهذا اللون الأسود يلزم إزالته وذلك إذا لم تؤثر درجة حرارة الحريق ومدته إنشائيا على العضو الخرساني والذي من الممكن أن يحدث له تشريخ وضعف للخرسانة وتشققات تفقد الحديد تماسكه مع الخرسانة والذي من المحتمل ان يؤدي الى انهيار هذا العضو.

ت- بقع الزيوت و الشحوم:

وهي عادة ما يتم ملاحظتها على أسطح الخرسانة الظاهرة من أرضيات وحوائط وكمرات وذلك في المطابخ والمطاعم والمطابع وهذه يمكن إزالتها بسهولة عند ملاحظتها.

صورة (20.2): تبقع بسبب صدأ الحديد.
مصدر: تصوير الباحثتين، منزل إحدى الباحثتين.

صورة (21.2): تبقع بسبب الزيوت والشحوم.
مصدر: تصوير الباحثتين، منزل إحدى الباحثتين.

3.1. تساقط الخرسانة:

إن تساقط الخرسانة ممثلا في سقوط الغطاء الخرساني لحديد التسليح للعناصر الإنشائية بسبب الصدأ أو سقوط تلبيس الأسقف بسبب سوء التنفيذ.

1- شريف أبو المجد ... وآخرون، **تصدع المنشآت الخرسانية وطرق اصلاحها**، مرجع سبق ذكره، ص ص 175-176.

صورة رقم (22.2): سقوط تلبيس السقف بسبب سمكه الكبير.
مصدر: من تصوير الباحثتين، منزل إحدى الباحثتين.

4.1. تفتت الخرسانة السطحية:

يظهر تفتت الخرسانة عند تصلبها ويحدث بفعل الرياح والماء تحت سطح معين من الخرسانة ويتسبب في فصل جزء من الخرسانة يتراوح من بضعة سنتيمترات إلى بضعة أمتار مربعة[1]، كما أن الأحماض تتفاعل مع الملاط والإسمنت الأمر الذي يؤدي إلى نقص التماسك بين حبيبات الركام وبالتالي تفتت الخرسانة السطحية، وأيضا الأملاح الضارة وبالأخص كلوريد الصوديوم[2].

صورة رقم (23.2): تفتت خرسانة تلبيس جدار حامل.
مصدر: من تصوير الباحثتين، منزل إحدى الباحثتين.

1 - Ghobrini Mohammed Tadjeddine, Cheikh Amina, **L'impact de la corrosion des armatures sur les degradations du béton armé**, Mémoire de Master Academique, Université Abdelhamid ibn Badis, Mostaganem, Algérie, 2019, P 25 .

2- شريف أبو المجد ... وآخرون، **تصدع المنشآت الخرسانية وطرق اصلاحها**، مرجع سبق ذكره، ص 278.

5.1. التآكل السطحي للخرسانة:

هو فقدان المادة الناتج عن احتكاك جسم صلب وآخر مائع يحتوي على جسيمات صلبة في حالة تعليق وفي حالة حركة، والخرسانة على الرغم من مقاومتها الميكانيكية تظل مادة يمكن إضعافها بسبب بيئتها، الرياح، ومياه الأمطار من خلال تدفقها، وعمل المجاري المائية ومياه البحر تؤدي إلى تآكل الخرسانة. هذا يقلل من طلاء التعزيز ويسهل تغلغل العوامل العدوانية[1].

صورة (24.2): تآكل خرسانة سطح منزل بفعل الامطار والرياح.
مصدر: من تصوير الباحثتين، منزل إحدى الباحثتين.

6.1. انتفاخ الخرسانة:

ان انتفاخ الخرسانة مصحوبا بتقييد حركتها غالبا ما يؤدي الى سقوط الخرسانة وتدهور سطحها وتشريخها[2].

7.1. التسويس الخرسانة:

ظهور الحصى الخشن على الوجه الخارجى للجزء الخرساني ويمكن ملاحظتهما غالبا في أسفل الاعمدة، بسبب وجود فتحات في الشدة الخشبية وهذا يتسبب في نزف مونة الخرسانة، وعدم استعمال الهزاز وقت الصب أو الافراط في استعماله، وبسبب قوام الخرسانة الجاف أو العكس بزيادة نسبة الماء بالخرسانة مما يؤدي إلى فصل مكونات الخرسانة عن بعضها (Ségrégation)، أو صب الخرسانة من مكان عالي أكثر من الحد الأعلى لسقوط الخرسانة (1.5 م)، كثافة في التسليح وقرب المسافة ما بين قضبان حديد التسليح من بعضها[3].

8.1. تعشيش الخرسانة:

تكهف أو فراغات غير ممتلئة بالخرسانة بالشكل المطلوب لعدم وصولها في بعض المناطق ويمكن ملاحظتها غالبا في أسفل العمود، بسبب عدم استعمال الهزاز أثناء الصب أو استعماله بشكل خاطئ، أو صب الخرسانة من مكان عالي أكثر من الحد الأعلى لسقوط الخرسانة (1.5 م)، كما أن

1 - Ghobrini Mohammed Tadjeddine, Cheikh Amina, Référence déjà mentionnée, P 28.

2- شريف أبو المجد ... وآخرون، **تصدع المنشآت الخرسانية وطرق اصلاحها**، مرجع سبق ذكره، ص 277.

3- محمود كامل (2020/08/19)، **بالصور الفرق بين التسويس والتعشيش**، تم الإطلاع عليه يوم (2021/06/15)، https://www.mib4eng.com

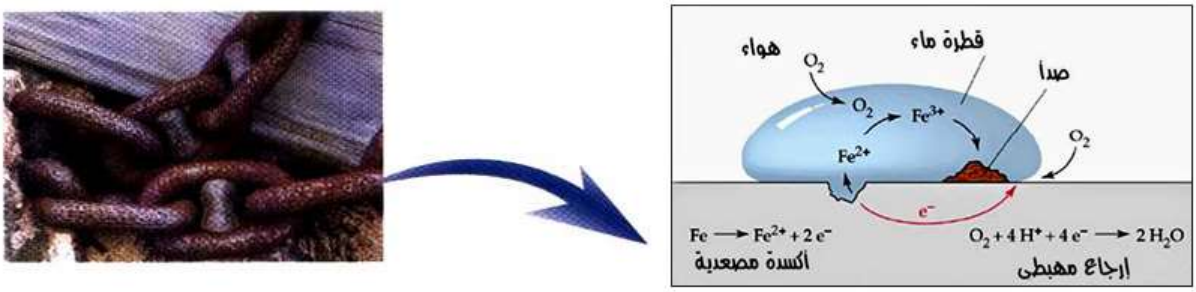
وجود عائق في القالب الخشبي تؤدي إلى وقوف قطع من الحصى بمنطقة ما وبالتالي عدم وصول الخرسانة حولها[1].

صورة (25.2): تسويس وتعشيش الخرسانة.
المصدر: محمود كامل (2020/08/19)، مرجع سبق ذكره.

2. عيوب تصيب الحديد

1.1. صدأ الحديد:

ينمو الصدأ ويتزايد حول حديد التسليح منتجاً شروخاً بامتداد طولها وقد يؤدي ذلك إلى سقوط الخرسانة كاشفة حديد التسليح وتساعد كلوريدات الكالسيوم الموجودة في الخرسانة على ظهور هذا العيب كما تساعد على ذلك الرطوبة المشبع بالأملاح في المناطق التي تحمل كلوريد الكالسيوم[2].



شكل (13.2): صدأ وتآكل الحديد.
مصدر: عمر بن عبد الله الهزازي، **الكيمياء الكهربية المتقدمة**، ج2، جامعة أم القرى، القاهرة، مصر، ص 12.

2.1. تأكل حديد التسليح:

يتآكل الحديد بسبب الصدأ، وهو أكسدة الحديد لتشكيل أكسيد معدني، صدأ الحديد لا يلتصق بسطح المعدن مما يسبب تواصل واستمرار التآكل الذي يبدأ من نقاط صغيرة يمكن أن نسميها لسعات التآكل ثم بمرور الزمن ينتشر الصدأ ويؤدي إلى اهتراء الهياكل المعدنية، فالصدأ حادثة كهروكيميائية تحدث عندما يتعرض الحديد للهواء الرطب، حيث يتفاعل مع أكسجين الهواء لتشكيل أكسيد الحديد

1- مهندس محمد (2020/07/07)، **التعشيش في الخرسانة–الأسباب والعلاج**، تم الإطلاع عليه يوم (2021/06/15)، https://www.hadasa.xyz/
2- أحمد أمين الهيتي، أحمد طارق الإجباري، **دراسة اخيارات وتشققات الأبنية المنفذة على الترب الطينية وطرق تدعيمها**، مرجع سبق ذكره، ص 92.

الثلاثي في وسط مائي توفره الرطوبة، مما يؤدي إلى تشكل عمود كهربائي pile، أو خلية كهروكيميائية يمثل معدن الحديد مصعدها، وغاز الأكسجين مهبطها، والشوارد المائية المنحلة في الرطوبة المحيطة بمثابة الجسر الملحي، علما أنه توجد أشكال أخرى للتآكل حسب البيئة التي يوجد فيها معدن الحديد[1].

3. عيوب تصيب الخشب

1.3. الفطريات:

في الإطار القديم، تتعرض العديد من الهياكل الخشبية للهجوم من قبل الكائنات المفترسة مثل الفطريات والحشرات xylophagous، حيث أن الرطوبة على شكل بخار الماء محاصرة في الإطار، نوعان من الفطريات تهاجم الخشب: الأول ، المعروف باسم "التلوين"، لا يضر بهيكل المنشأ: فهي تعمل فقط على الخشب العصاري على السطح، تتكون العائلة الثانية من فطريات آكلة للخشب والتي كما يوحي الاسم تدمر الخشب، يتخذ شكل الهجوم ثلاثة أشكال أساسية:

- ✓ العفن المكعب (خشب على شكل جمر)، وهو الأكثر شيوعًا بسبب العفن الجاف أو "فطر المنزل" ؛
- ✓ تعفن ناعم، سمة من سمات الأخشاب المشبعة بالمياه ؛
- ✓ تعفن ليفي يهاجم الخشب عند ملامسته للماء.

إن الظروف البيئية (الرطوبة ودرجة الحرارة والضوء والطلاء وما إلى ذلك) والأنواع المعنية من الخشب (الصنوبريات والأخشاب الصلبة) هي التي تحدد سرعة ودرجة التجوية للخشب.

2.3. الحشرات:

يمكن أن تكون هجمات الحشرات من عمل اليرقات أو الحشرات الكاملة، والأكثر شيوعًا هي الجدي، اليرقة هي من النوع xylophagous ويمكن أن تعيش لعدة سنوات مدمرة للخشب، بينما الحشرة نفسها تظل غير ضارة، وأما النمل الأبيض (الحشرات الاجتماعية)، فهو الحشرات الوحيدة المثالية التي تعيش في الأكل، تلك من عائلة (Saintonge و Aquitaine التي تجذبها الصنوبريات) هي الأكثر تدميرا إلى حد بعيد، عادة في الأرض يهاجمون هياكل المباني عن طريق الصعود من الطابق السفلي إلى الطوابق العليا محميًا من الضوء بواسطة الحبال خلال الممرات الصعبة، في بعض الأحيان يستعمرون في العلية خلال فترة الاحتشاد (في الربيع): يخرج الأفراد المجنحون والسود للتكاثر خارج كومة النمل الأبيض، عدم عمل فتحات خروج، فالنمل الأبيض يمكن اكتشافه فقط من خلال وجود الحبال (إن وجدت)، عن طريق السبر أو الصدمات، في كثير من الأحيان، بمجرد اكتشافه، غالبًا ما يكون قد فات الأوان للتدخل "لإنقاذ" العارضة التي تتطلب تقويتها، وعلى أي حال عملًا كبيرًا، غالبًا ما يتم الخلط بين النمل الأبيض والنمل، على عكس النمل، نادرًا ما يتحرك نمل الخشب المفترس على سطح التربة أو الخشب، وهناك اختلاف ملحوظ في عملية التطور والسلوك[2].

1- عمر بن عبد الله الهزازي، **الكيمياء الكهربية المتقدمة**، مرجع سبق ذكره، ص 67.

2- Odile ABRAM … et otre, **Pathologie générale – Pathologie du béton**, 3e édition, Techniques de l'Ingénieur, France, 1990, P P (22-23).

المبحث الثاني: الأسباب المحتملة لتدهور المنشآت

المطلب الأول: الأخطاء

1. أخطاء المشيدون

1.1. قصور في دراسة التربة واختبار الأساسات:

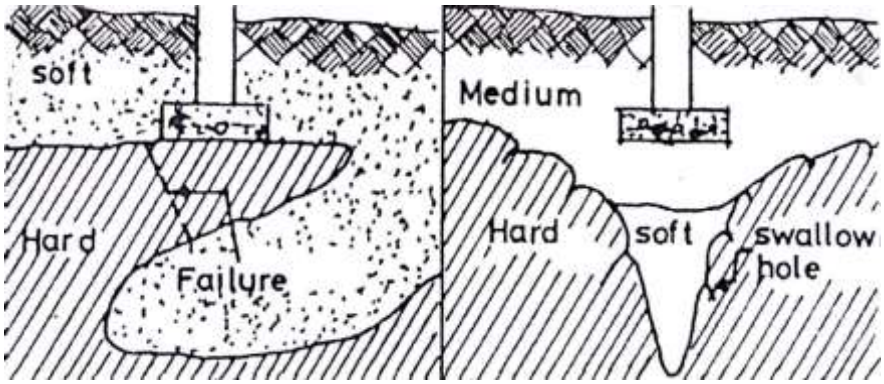
عدم اختيار النوع المناسب للأساس، ومنسوب تأسيسه، وعدم التقدير الحقيقي لجهد تصميم الأمان للتربة مما يؤدي إلى انهيار التربة تحت الأساس في حالة تجاوز اجهادات التحميل قدرة تحمل التربة تحت الأساس.

التأسيس على تربة غير صالحة من عيوبها الانضغاط الكبير لطبقاتها تحت تأثير أحمال المبنى مما يعرضه إلى هبوط كلي أو هبوط متفاوت تحت تأثير أجزائه المختلفة بقيم كبيرة تتجاوز المسموح به.

التأسيس على تربة قابلة للانتفاخ عند غمرها بالمياه ويحدث هذا في المناطق الجافة التي تتواجد فيها حركة مياه أرضية أو يكون منسوب المياه عند أعماق كبيرة، وهذا العيب الخطير يؤدي إلى تعريض أساسات المبنى إلى تحركات إما إلى أعلى وإما إلى أسفل حسب نوع التربة.

حدوث تحركات للتربة نتيجة أعمال الحفر وتنفيذ أساسات مبنى مجاور بطريقة خاطئة وبدون اتخاذ الاحتياطات اللازمة لسند جوانب الحفر عند الوصول إلى منسوب التأسيس، كما تحدث تصدعات لبعض المنشآت نتيجة الاهتزازات الناتجة عن دق الخوازيق الميكانيكية للمباني المجاورة.

تخفيض المياه الأرضية إلى ما تحت منسوب التأسيس التصميمي قد يؤدي إلى انضغاط غير منتظم لطبقات التربة، ويجب ملاحظة أن تخفيض منسوب المياه بالموقع يؤدي إلى تغير في منسوب المياه الأرضية بالمنطقة المحيطة للموقع إلى مسافات تزيد عن المائتي متر، والشكل **(14.2)** يبين لنا بعض الأخطاء في اختيار تربة التأسيس نتيجة عدم أخذ عدد كاف من الجسات مما يتسبب في حدوث انهيار للتربة تحت الأساس وبالتالي انهيار المنشأ كله[1]،وفي بعض الأحيان لا تتم الدراسة من الأساس.



شكل (14.2): خطر انهيار أساس نتيجة قصور في دراسة التربة.
مصدر: خليل إبراهيم، **أسباب انهيارات المباني**، مرجع سبق ذكره، ص 61.

1- خليل إبراهيم، **أسباب انهيارات المباني-طرق الترميم والصيانة**، ط3، دار الكتب العلمية للنشر والتوزيع، القهرة، مصر، 2003، ص ص 60-61.

2.1. قصور في التصميم والتفاصيل الإنشائية:

إن القصور في التصميم قد يرجع إما إلى أخطاء في الحسابات سواء بالنسبة للأحمال أو النظام الإنشائي، أو عدم صحة الافتراضات التي بني على أساسها التصميم، أو عدم أخذ كل الظروف البيئية المحيطة في الاعتبار، مثل المواد ذات التأثير الضار على الخرسانة أو الرطوبة أو الأبخرة الضارة، وقد يرجع إلى أن مقاومة بالمواد المستخدمة أو الأعضاء الخرسانية أقل من الإجهادات الواقعة عليها، أو إلى مشاكل الدعامات، أو إلى نقل الإجهادات المفاجئة من قطاع لآخر بدون وجود تجهيزات ملائمة.

وقد يكون وراء العيوب التي تصيب المنشآت القصور في التفاصيل الانشائية والتي قد لا يبينها المصمم بأسلوب واضح على اللوحات الإنشائية، على سبيل المثال توزيع التسليح وأشكال الأسياخ والوصلات وأطوالها وأماكنها، وتحديد الغطاء الخراساني المناسب لكل عضو حسب الظروف المحيطة التي سيتعرض لها المنشأ، وقد تكون عدم كفاية المواصفات أو عدم انطباقها مع الحالة في الطبيعة هي سبب العيوب[1]،والجدول التالي يبين ذلك:

جدول (1.2): مجالات قصور التصميم والتفاصيل وكيفية التعرف على الأخطاء التي تنجم عنها.

الحالة	المجال	الأخطاء	التعرف عليها
القصور في التصميم	الحسابات	▪ أخطاء في التحليل الإنشائي ▪عدم كتابة الأبعاد	▪مراجعة النوتة الحسابية ▪مراجعة اللوحات مع النوتة
	الأحمال	عدم أخذ كل حالات التحميل في الاعتبار (رياح، زلازل، ...الخ)	مراجعة حالات التحميل
	الافتراضات	أخطاء في افتراض الأحمال أو حركة الأوزان	مراجعة الأوزان و الأحمال حسب طبيعة المنشأ
	المواد والعناصر	أخطاء في تقدير مقاومة المواد والعناصر للإجهادات المختلفة	مراجعة ملاحظات اللوحات
	الدعامات	عدم أخذ تأثير الحركة نتيجة الاحتكاك عند الركائز المتحركة	مراجعة تفاصيل الدعامات
	التمدد والانكماش	عدم وجود وصلات كافية	مراجعة لوحات الوصلات
	الظروف المحيطة	عدم أخذ الظروف المحيطة في الاعتبار	مراجعة حالات الحدود
القصور في التفاصيل	الغطاء الخرساني	عدم تحديد الغطاء الخرساني المناسب للظروف التي سيتعرض لها المنشأ	لوحات التفاصيل
	أطوال التماسك	عدم تحديد أطوال التماسك المناسب للأسياخ وخاصة في نهاية الكمرات	لوحات البلاطات والكمرات
	الوصلات	عدم تحديد أماكن وصلات الصب والتمدد أو عيوب في تفاصيلها	هل الوصلات تسمح بالحركة
	القطاعات	تكدس الحديد مما يسبب التعشيش أو استعمال أقطار صغيرة	قطاعات الأعمدة والكمرات والحوائط

مصدر: شريف أبو المجد وآخرون، **تصدع المنشآت الخرسانية وطرق اصلاحها**، مرجع سبق ذكره، ص 53.

1- شريف أبو المجد ... وآخرون، **تصدع المنشآت الخرسانية وطرق اصلاحها**، مرجع سبق ذكره، ص 55.

3.1. القصور في أساليب التنفيذية:

من أهم الأسباب وراء ظهور العيوب في المنشآت والانهيار الكامل في بعض الأحيان هو سوء التنفيذ والذي يشمل التخزين غير المناسب للمواد، سواء الإسمنت أو الركام أو صلب التسليح أو الإضافات أو المواد الأخرى، كما أن القصور في التنفيذ قد يكون وراء عدم التنفيذ بالشروط المذكورة في كودات الممارسة، من معايير صحيحة للمواد أو الخلطة أو النقل أو الصب، أو الدمك أو المعالجة والترميمات اللازمة بعد فك الشدّات في حالة ظهور عيوب كالتعشيشات في الخرسانة أو الغطاء الخرساني أو غيرها.

كما أن من الأخطاء الشائعة و التي تؤدي إلى ضعف في مقاومة الخرسانة وإلى المسامية الكبيرة وما يتبعها من أضرار هو إضافة ماء زائد عن متطلبات الخلطة الخرسانية.

من الأخطاء الشائعة في التنفيذ استعمال ركام غير مطابق للمواصفات من حيث تدرجه ووجود زلط كبير الحجم يسبب حدوث فجوات بالخرسانة وبالتالي تتسبب هذه الفجوات في حدوث صدأ الحديد التسليح داخل الخرسانة.

عدم تنفيذ الإطارات (كانات) الأعمدة والكمرات طبقا للرسومات، وعدم الاهتمام بدمك الخرسانة فيهما جيدا، وعدم دمك التربة في الأدوار الأرضية قبل تبليط الأرضيات قد يسبب تكسيرا في بلاط الأرضيات بعد تركيبه.

عدم عمل ميول بأرضيات الحمامات أو دورات المياه مما يسبب تجمع للمياه التي تسبب بدورها تأكل في السقف الخرساني و في أرضيات الحمامات.

عدم عمل كمرات لتوزيع حمل السقف على الحوائط عند بناء المساكن بنظام الحوائط الحاملة، واستخدام إسمنت غير مطابق للمواصفات نتيجة سوء التخزين الذي قد يعرضه للرطوبة التي تقلل من قوته.

كما أن خلط مكوناتها بطريقة خاطئة وعلى التربة مباشرة فتختلط بها الأتربة يتسبب في أضرارا جسيمة للخرسانة، وعدم دمك الخرسانة أو صبها دون تكثيفها بدرجة كافية مما يؤدي إلى وجود فجوات تضعف القطاع الخرساني وتتسبب في صدأ حديد التسليح.

استخدام صلب التسليح الذي تعرض إلى العوامل الجوية مما سبب له صدأ دون تنظيفه قبل صب الخرسانة و دون التأكد من أنه يفي بمتطلبات المواصفات القياسية وشراء أنواع رديئة من حديد التسليح والإسمنت اقتصادية في التكاليف، ورص حديد التسليح في العناصر الإنشائية بطريقة خاطئة تسبب انهيارات مفاجئة.

كما أن تعلية عدد من الأدوار أكثر من المسموح به في التصميم الأساسي للمشروع ينتج عنه زيادة في الحمل وبالتالي ضرر للمنشأ[1].

1- خليل إبراهيم، **أسباب انهيارات المباني**، مرجع سبق ذكره، ص ص 64-65.

4.1. القصور في المواد المستعملة:

إن المواد المعيبة هي المواد التي لا تفي في خواصها بمتطلبات المواصفات القياسية، وهي أحد الأسباب الهامة وراء ظهور العيوب بالمنشآت، كما أن القصور في تصميم الخلطة الخرسانية بحيث لا تفي بالخواص المطلوبة لها في الحالة الطازجة وبعد التصلد من مقاومة وخواص طبيعية وقوة تحمل تحت ظروف التشغيل قد يؤدي إلى ظهور عيوب عديدة بالمنشآت، كما قد يكون وراء ظهور عيوب في المنشأ استخدام إضافات للخرسانة غير مناسبة أو بكميات غير مناسبة، أو أن تكون الإضافات غير مطابقة للمواصفات[1].

2. أخطاء المستخدمون

1.2. اشغال المبنى:

يظل الاستخدام العادي للمبنى من قبل شاغله هو السبب الرئيسي لتآكل الطلاء، واتساخ الأسطح، والصدمات، وانتاج بخار الماء ...الخ، ولهذا السبب يجب أن يكون إصلاح التدهور دوريا.

2. 2. تعديل البناء:

في معظم الحلات يقوم المستفيدون من المساكن بإجراء تعديلات عليها من أجل تنفيذ ترتيب وتهيئة تناسبهم بشكل أفضل، وبالتالي يمكن هدم أو تمديد جزء من البناء دون اتخاذ الإجراءات اللازمة قد يسبب ظهور أضرار.

3.2. تغيير استخدام المنشآت:

إن تغير استخدام المنشآت عما صمم عليه وما يتبعه من أحمال أو ظروف تشغيل لم تؤخذ في الاعتبار عند التصميم، قد تؤدي إلى ظهور عيوب أو انهيارات، ومن أمثلة تغير استخدام المنشآت: استخدام المباني السكنية كمخازن أو مكتبات أو مصانع أو ورش أو مدارس، أو تغيير نوع المعدات من حيث الأوزان الثقيلة أو الاهتزازات الناتجة أو الأحجام أو الأبعاد والتي لم تؤخذ في الاعتبار عند التصميم، وعليه فيجب عمل مراجعة إنشائية لتحديد الكفاءة الإنشائية للمبنى تحت ظروف التشغيل الجديدة قبل تغيير الاستخدام و إلا فقد تحدث العيوب بالمنشأ قد تصل به إلى الانهيار الكامل.

4.2. عدم صيانة المنشآت:

إن الصيانة الدورية للمنشآت تمثل عنصرا هاما وراء التغلب على المسببات التي قد تؤدي إلى ظهور العيوب بالمنشآت، وهذه الصيانة تعمل على سلامة العناصر والوصلات وأعمال الصرف مياه الأمطار ونظام التغذية بالمياه وشبكة الصرف الصحي والتوصيلات الكهربائية والغاز، كما أن عدم صيانة أجهزة التبريد والتسخين وما قد يتسرب منها من سوائل وكذلك قربها أو بعدها من العناصر الإنشائية تمثل عنصرا هاما وراء حدوث عيوب للمنشأ.

1- شريف أبو المجد ... وآخرون، **تصدع المنشآت الخرسانية وطرق اصلاحها**، مرجع سبق ذكره، ص 56.

5.2. حماية غير كافية للمنشآت:

إن غياب الحماية أو الحماية الغير مناسبة للمنشآت بعناصرها المختلفة من أساسات وميد وأعمدة وكمرات وأسقف وحوائط وغيرها، والمعرضة للظروف المحيطة القاسية مثل الأجواء الساحلية أو القارية أو المتغيرة غير الثابتة أو المشبعة بالأبخرة الكيماوية أو الأملاح، تؤدي إلى تدهور عناصر المنشآت وتغير لونها والصدأ والتشرخ وقد تؤدي إلى الانهيار في النهاية، ومثالا عن هذه المنشآت المعرضة لمثل هذه الظروف القاسية: المنشآت الساحلية، والأساسات الخازوقية، ومصانع الكيماويات، ومصانع الصباغة، ومصانع الورق، ومحطات القطارات والأنفاق تحت الأرض، ودورات المياه، ومراكز الغسيل، وحمامات السباحة المغطاة.

كما أن الحماية ضد الحرائق الناتجة عن عيوب التوصيلات الكهربائية أو توصيلات الغاز أو المواد القابلة للاشتعال سواء الداخلة في العناصر الإنشائية للمبنى أو في التغطيات أو الأثاث المستخدم، قد تمنع حدوث العيوب والانهيارات نتيجة هذه الحرائق، والتي يمكن التغلب عليها في حالة حدوثها بنظام إندار مناسب وأسلوب مدروس للمقاومة.

6.2. وجود نقاط مياه بالقرب من المباني:

يساعد وجود نقاط المياه بالقرب من المباني على تسربه عبر التربة عن طريق الجاذبية، مما قد يكون له تأثير ضار على تربة الأساس.

7.2. زراعة الأشجار بالقرب من المباني:

يمكن أن يكون وجود الأشجار بالقرب من المباني سببا لبعض الأضرار، حيث يمكن أن تسبب جفاف التربة التي كانت رطبة مما يؤدي إلى الهبوط، كما تسبب أيضا في ترطيب التربة الجافة سابقا بسبب الري بشكل دوري، ومن تم تعديل خصائصها، كما تقوم جدور الأشجار برفع عناصر البناء مثل الأوتار والأرضيات[1].

صورة (26.2): تأثير خرس الأشجار على البناء. **شكل (15.2):** المسافة بين البناء والشجرة المغروسة.

مصدر: KHINECHE HOURIA, **Diagnostique de la fissuration dans les constructions (Cause et classification)**, Mémoire de Master, Université Mohamed khider, Biskra, Algérie, 2019, P 15.

1 -chérif DERARDJA, **Types, causes et remèdes des dégradations des constructions existantes**, Référence déjà mentionnée, P (59-62).

المطلب الثاني: أضرار بأسباب ميكانيكية

1. الصدمات

عندما يحدث تلف بالخرسانة نتيجة الاصطدام أو الاحتكاك بها فإن ذلك يكون واضحا عادة والوقاية منه وترميم أثاره تكون دائما ضرورية[1].

صورة (27.2): اصطدام سيارة بعمارة.

مصدر: KHINECHE HOURIA, **Diagnostique de la fissuration dans les constructions (Cause et classification)**, Référence déjà mentionnée, P 13.

2. حركة العناصر الإنشائية

إن الأسباب الرئيسية لحدوث الحركة في المنشآت المسببة للتشريخ ملخصة في اختلاف درجات الحرارة، وتغير محتور الرطوبة، وأسباب طبيعية أخرى مثل فقد المواد القابلة للتطاير والتجمد، وبسبب الأحمال على المنشأ والأرض، كذلك حركة التربة، والتغيرات الكيميائية من صدأ وهجوم كبريتات وتحول كربوني[2]، وتحدث الشروخ نتيجة الحركة بين الأعضاء أو في داخل العضو نفسه ودورات التمدد والانكماش الحراري[3].

3. حركة التربة

يمكن أن يختلف حجم التربة الطينية الضحلة (السطحية) بسبب التغيير في محتواها المائي في فصل الصيف، بسبب الحرارة العالية والأمطار الغزيرة، تسبب الهبوط التفاضلي، فإن حركات الأرض المرتبطة بظاهرة الانكماش هذه، والانتفاخ، تؤدي إلى ظهور تشققات تؤثر على المنشآت[4].

4. هبوط تربة الأساسات

إن الحمولات تنتقل ضمن التربة بزاوية 45 أو 60 درجة مئوية، و إن الضغط تحت الأساس ينعدم على عمق 2.5 إلى 3 مترات من عرضه وعندما تزداد الحمولات التي يتعرض لها الأساس عن

1 -KHINECHE HOURIA, Diagnostique de la fissuration dans les constructions (Cause et classification), Référence déjà mentionnée, P 13.

2- شريف أبو المجد ... وآخرون، **تصدع المنشآت الخرسانية وطرق اصلاحها**، مرجع سبق ذكره، ص 60.

3- شريف أبو المجد ... وآخرون، **تصدع المنشآت الخرسانية وطرق اصلاحها**، مرجع سبق ذكره، ص 58.

4 -KHINECHE HOURIA, Diagnostique de la fissuration dans les constructions (Cause et classification), Référence déjà mentionnée, P 14.

إجهاد التربة المسموحة سيؤدي إلى الانخفاض تحت الأساس "هبوط الأساس" وانتفاخ الجوانب، ذلك سيؤدي بدوره إلى تشوهات في المبنى.

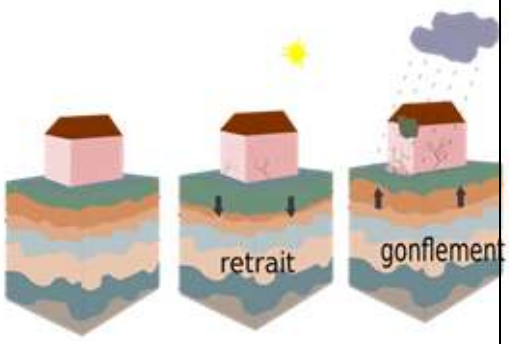
هبوط الأساسات هو عبارة عن الانزياح الشاقولي الذي يمكن أن تتعرض له الأساسات نتيجة نقل حمولات أكبر من الحمولات التي من الممكن لتربة التأسيس أن تتحملها، وهو يعبر عن السلوك المرن للتربة الناتج عن تغير حجمي فيها، أو عن السلوك اللدن الناتج عن انضغاط التربة وحركتها الجانبية، مع تغير في بنيتها الداخلية، ويمكن أن نقسم هبوط الأساسات إلى ما يلي:

1.4. هبوط منتظم متجانس:

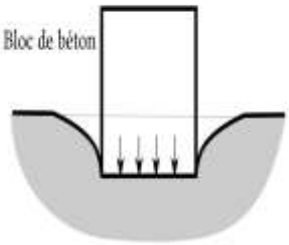
وهو أن يتم هبوط أساسات المبنى بأكمله بمستوى واحد، في هذه الحالة لا يتأثر المبنى إلا إذا كان الهبوط كبير، حيث يمكن أن يحدث خلل في نقاط اتصال المنشأة مع الخدمات الخارجية كأنابيب المياه مثلا، أما إذا كان الهبوط صغيرا فلا يتأثر المبنى، وفي بعض الأحيان لا يلاحظ هذا الهبوط.

2.4. هبوط غير منتظم غير متجانس "هبوط تفاظلي":

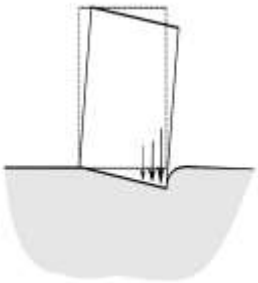
وهو هبوط أساسات المبنى بنسب متفاوتة[1].



شكل (16.2): حركة التربة



شكل (17.2): هبوط متجانس



شكل (18.2): هبوط تفاظلي

مصدر: https://fr.wikipedia.org/wiki/Tassement_du_sol, Tassement du sol, Wikipédia, 2021

5. الكوارث الطبيعية (الزلزال، الأعاصير، الرياح)

تقوم الزلازل بالتأثير على المبنى بقوة أفقية كبيرة واهتزازات عرضية نتيجة تحركات التربة مما يؤدي إلى انهيار المبنى إذا لم يتم تصميمه لمقاومة هذه القوى الإضافية، وقد تسبب الأعاصير في حدوث تشكل زائد لجسر معلق مما أدى إلى انهياره، وحمل الرياح الشديدة يختلف تأثيره على المباني باختلاف ارتفاع المباني المجاورة و باختلاف شكل المبنى، ومن التبسيط غير الدقيق أخذ حمل الرياح على أساس ضغط عرضي منتظم فقط[2].

1- م. مرح سيفو (2019/02/10)، هبوط الأساسات، تم الإطلاع عليه يوم (2021/04/15)، https://www.emufeed.com/ar/article

2- شريف أبو المجد ... وآخرون، **تصدع المنشآت الخرسانية وطرق اصلاحها**، مرجع سبق ذكره، ص 62.

المطلب الثالث: أضرار بأسباب كيميائية وفيزيائية

1. أسباب تتعلق بصدأ حديد التسليح

قد يكون الصدأ بسيط ويظهر في صورة تشققات رفيعة عند قضبان التسليح أو بقع صدأ، وقد يزيد فيؤدي إلى تساقط الخرسانة المكونة للغطاء الخرساني، وقد يصل الصدأ إلى حدوث انهيار للعنصر بأكمله، وخطورة الصدأ تتلخص في أنه يبدأ ويستمر لمدة طويلة بدون ظهور أعراض وذلك لأن التدهور المصاحب لصدأ الحديد بطيء وقد يستمر لسنين، وهنا تكمن الخطورة حيث أنه طالما بدأ الصدأ سوف يستمر حتى لو أزيل مصدر الرطوبة مالم يزال الحديد الصدئ والخرسانة المتضررة وتستبدل بخرسانة سليمة، وأي إجراء يتبع لإصلاح الوضع المتدهور لخرسانة يعتمد كليا على الفهم السليم لأسباب حدوث الصدأ ووسائل السيطرة عليه ومنعه من الاستمرار.

والحقيقة أن الرطوبة والأكسجين هما السببان الرئيسيان لصدأ الحديد الذي يبدأ حينما تفقد الحماية التي توفرها الخرسانة للقضبان نتيجة أسباب عديدة مثل زيادة نسبة الكلوريدات بالخلطة أو التحول الكربوني للغطاء الخرساني أو حدوث شروخ نتيجة أسباب أخرى مما يسهل وصول الرطوبة إلى حديد التسليح[1].

2. هجوم الكبريتات الخارجية

تعتبر هجمات الكبريتات الخارجية من بين التدهورات التي تؤثر على متانة الهياكل الخرسانية، المواد الإسمنتية المعرضة لهجوم الكبريتات الخارجية تظهر عليها علامات تدهور تتميز بتمدد المادة الناتج عن تكوين منتجات مثل: التوماسيت والجبس والإترينجيت الثانوي، سيؤدي ذلك إلى خلق ضغوط شد داخلية تؤدي في المقام الأول إلى تمدد المادة، وتشقق سطحها، وزيادة النفاذية، وفك التماسك، وأخيراً انخفاض في خصائصها الميكانيكية[2].

3. التحول الكربوني للخرسانة

تفقد خرسانة الغطاء الخارجي قاعديتها نتيجة عملية تسمى التحول الكربوني للخرسانة وهي تفاعل ثاني أكسيد الكربون الموجود في الجو مع المواد القاعدية الموجودة بالخرسانة (هيدروكسيد الكالسيوم) محولا إياها إلى كربونات في وجود الرطوبة[3]:

4. التآكل

التأكل هو تدمير مادة ما عن طريق تفاعل كيميائي أو كهروكيميائي مع البيئة المحيطة بها، هذا يعني أنه يفترض وجود نظام بيئة مادية قادر على التفاعل[4].

1- بحري أميرة، قوقي فتيحة، **تدهور البنايات السكنية بسبب تسربات التراكيب الصحية (حي 20 مسكن والمستقبل بمدينة تقرت نموذجا)**، مذكرة ماستر مهني، جامعة قاصدي مرباح، ورقلة، الجزائر، 2018، ص 18.

2 - Mohammed Nadjib AZIEZ … et autres, **Effet combiné de la température et de l'attaque au sulfate de magnésium sur la durabilité du mortier à base de ciment composé au laitier**, Journal of Advanced Research in Science and Technology, 6(2), Algérie, 2019, P 985.

3- شريف أبو المجد … وآخرون، **تصدع المنشآت الخرسانية وطرق اصلاحها**، مرجع سبق ذكره، ص 214.

4 -Azhar BADAOUI, **Sur la corrosion des aciers dans le béton arme**, Mémoire de Magister, Université STHB, Algérie, 2003, P 6.

5. تفاعل القلويات مع السيليكا (Silica gel)

تفاعل قلويات السيليكا النشط هو تفاعل كيميائي بين القلويات في الإسمنت والركام غير المستقر كيميائياً أين تتكون مادة هلامية تسمى السيليكا (Silica gel) تنتفخ وتؤدي إلى تمدد وتشقق الخرسانة وتساقطها[1].

6. سبب التجمد و الذوبان

عندما تنخفض درجة الحرارة إلى أقل من 0°م يتجلى الصقيع في التربة الرطبة، وهكذا يتحول الماء إلى جليد مع زيادة الحجم (معلوم أن الماء عندما يتجمد يزداد حجمه)، عندما يحدث هذا في تربة خشنة الحبيبات ورطبة ولكنها غير مشبعة كما هو الحال على سبيل المثال في التربة الحصوية، فإن تمدد الجليد يكون حرا نظرا لوجود حجم كافي بين الحبيبات الرطبة ونتيجة لذلك لا تنتفخ الأرض والأساسات الموضوعة على هذا النوع لا تخضع للحركة، بينما إذا كانت التربة مكونة من حبيبات دقيقة ونقعت مساميتها بالماء، فإن تمدد الجليد لا يمكن أن يتم بحرية دون إزالة الحبيبات من التربة، مما يؤدي إلى انتفاخ التربة، ونتيجة لذلك الأساسات الخفيفة إذا تم وضعها على مثل هذه الأرض فستخضع للرفع أثناء الصقيع و انخفاض أثناء الذوبان[2].

7. الرطوبة نتيجة مياه الأمطار والثلوج

إن أحد الوظائف الأساسية لأي مبنى في العالم منذ العهود القديمة وحتى الآن هي حماية سكانه من الأمطار والرياح، وتنجح الأمطار كثيرا في التغلغل داخل المبنى وتخلل فراغاته من خلال الفراغات بين الحوائط والشبابيك وكذلك من خلال مسامية مواد البناء ومسامية خرسانة الأسقف وتعتبر هذه الظاهرة مزعجة جدا وقد تؤدي تدريجيا إلى التسبب في أضرار جسيمة بالمبنى، ويمكن أن نقول إنه عموما فإن الأمطار تحاول التجمع والتمركز في الزوايا الداخلية والخارجية لأي مبني وعلى حواف هذا المبنى، ودرجة تشبع حوائط المبنى بمياه المطر تعتمد على نوع المادة المصنوع منها هذا الطوب ومساميته، وسرعة جفاف الحوائط من مياه الأمطار والمتشربة فيها تعتمد على درجة الحرارة للجو المحيط وسرعة الرياح والرطوبة وكذلك على نوع المادة المصنوع منها الطوب، وفي حالة وصول مياه الأمطار إلى شروخ موجودة في المنشأ فإن هذا يسبب كثيرا من الأضرار للمبنى الخرساني من بينها تأكل حديد التسليح.

أما بالنسبة للثلوج فإنه يجب أخذ وزنها في الاعتبار كأحمال إضافية على الاسقف في المناطق التي تتساقط فيها الثلوج وكذلك فإنها يمكن أن تنفذ داخل الشروخ بعد ذوبانها، وذلك فإن التصميم المعماري و الإنشائي الجيد لأي مبنى يجب أن يضع في اعتباره استخدام الوسائل اللازمة لمنع نفاذية واختراق مياه الأمطار للمباني.

8. الرطوبة نتيجة الأنشطة الإنسانية

توجد كمية كبيرة من الرطوبة في الجو نتيجة الأنشطة والتصرفات الإنسانية الطبيعية وهذه الرطوبة تعتبر أحد أسباب ظاهرة تكثيف بخار الماء.

1- شريف أبو المجد ... وآخرون، **تصدع المنشآت الخرسانية وطرق اصلاحها**، مرجع سبق ذكره، ص 277.

2 - chérif DERARDJA, **Types, causes et remèdes des dégradations des constructions existantes**, Référence déjà mentionnée, P (81-82).

وتتولد أكثر من نصف الكمية اليومية للرطوبة في أي منزل عادي من داخل المطبخ و بخار الطعام نتيجة احتراق الوقود وطهي الدهون.

9. تكثيف بخار الماء

إن وجود الرطوبة لا يؤدي فقط إلى هجوم مباشر على مواد البناء ولكن يؤدي أيضا إلى عملية تكثيف لبخار الماء وهذه العملية خطيرة جدا ولها مؤثرات كبيرة على كثير من المباني، وسبب التكثيف يكون من أن الهواء يحتوي بطبيعته على كمية من بخار الماء، والهواء الدافئ يكون أكثر قدرة على حمل بخار أكثر من الهواء البارد، لذلك فعند حدوث تبريد شديد للهواء الحامل البخار الماء فإن هذا يؤدي وعند درجة حرارة معينة إلى عدم قدرة الهواء لحمل الرطوبة كلها الموجودة فيه ودرجة الحرارة هذه تسمى نقطة الندى dew - point وعندها يصبح الهواء مشبعا saturated air، ونقطة الندى هي درجة الحرارة التي عند أقل منها تبدأ عملية التكثيف.

وبخار الماء في الهواء يقوم ببذل ضغط يقوم بتحريك الهواء والرطوبة خلال أي مواد مسامية لينتقل إلى المساحات ذات ضغط البخار الأقل، وعند درجة معروفة فإن النسبة بين ضغط البخار الفعلي المبذول منسوبا إلى ضغط البخار الممكن إذا كان الهواء مشبعا تعرف هذه النسبة بالرطوبة النسبية relative humidity (rh)، وكلما زادت قيمة الرطوبة النسبية (rh) كلما اقترب الهواء من درجة التشبع، وقد وضعت خرائط ومنحنيات لبيان العلاقات بين ضغط بخار الماء ودرجة الحرارة ونقطة الندى والرطوبة النسبية، وأي سطح معرض لهواء تحت نقطة الندى dew-poin سوف يتعرض الظاهرة التكاثف (التكثيف السطحي مثال ذلك ما نشاهده على زجاج النوافذفى المنازل والحوائط الخارجية والأنابيب الباردة). وهذه الظاهرة تعطي إشارة تحذير أن نسبة الرطوبة في الجو عالية. ولان ضغط بخار الماء داخل المنازل يكون عادة أكبر من الضغط خارجها فإن هذا يؤدي لتحرك بخار الماء من الداخل إلى الخارج خلال مسام المباني ومواد البناء واثناء مسار حركته للخارج قد يحدث له عملية تبريد حتى درجة الندي معها يؤدي لحدوث تكثيف لبخار الماء داخل مسام مواد الإنشاء في الفراغات بينهما، وهذا التكثيف يساعد على نمو الفطريات خصوصا إذا كانت الرطوبة النسبية أكبر من 70%.

وتكثيف بخار الماء يؤدي إلى تواجد المياه داخل مسام مواد الإنشاء والحوائط مما يؤدي إلى زيادة التوصيل الحراري لها وبالتالي انعدام وظيفتها المهمة في العزل الحراري، ويمكن بالتهوية المناسبة واستخدام طرق العزل الجيدة مع تحسين وسائل وطرق الإنشاء والتصميم المعماري الجيد ورفع مستوي التعليم والثقافة يمكن أن تؤدي إلى تقليل عملية التكثيف.

10. درجات حرارة عالية (نار):

تعتمد مقاومة المواد الإسمنتية للحريق (الملاط، الخرسانة) على تركيبتها، وهذه الخصائص الفيزيائية الميكانيكية وظروف البيئة التي تتعرض لها، مثل معدل ارتفاع درجة الحرارة، ودرجة الحرارة القصوى التي تم الوصول إليها، ومدة التعرض، يؤدي تعرض الهياكل الخرسانية للحريق إلى عدة أشكال من الضرر الحراري (عدم الاستقرار) مثل انفجار وانفصال الخرسانة السطحية[1].

1- خليل إبراهيم، **أسباب انهيارات المباني–طرق الترميم والصيانة**، مرجع يق ذكره، ص ص (76-79).

المطلب الرابع: أسباب عارضة (غير متوقعة)

1. تلف الخرسانة بواسطة الحرائق والجليد

من العوامل الطبيعية التي يؤدي إلى تلف الخرسانة الشديد عاملان أساسيان هما الحرائق وتراكم الجليد، لأن الخرسانة عادة ما تفقد قوتها تدريجيا بزيادة درجة الحرارية المحيطة بها عن 300 °م، وهذا الخطر والتلف يصبح أكبر باستخدام حبيبات ركام مثل الكوارتزيت الذي له معامل تمدد حراري عال وتقل الخطورة باستخدام ركام مثل الحجر الجيري الذي له معامل تمدد حراري منخفض.

أما بالنسبة لهجوم الجليد و أثاره في الخرسانة فهذا يحدث في الدول الأوربية أو شمال أمريكا حيث الحرارة منخفضة جدا (قد تصل إلى -10°م تحت الصفر) فإن آثار إتلافه للخرسانة تظهر على هيئة تناثر سطح الخرسانة على هيئة شظايا أو يحدث شروخ متفرقة، والجيوب الخرسانية التي يمكن أن تحتوي على المياه بالامتصاص تسبب كثيرا من التلف للخرسانة لأن المياه عندما تتجمد تتمدد مما يؤدي إلى تشرخ وتشقق الخرسانة المحيطة[1].

2. انفجارات الغاز الطبيعي أو انابيب البوتاجاز

هذا السبب من الأحداث العارضة التي قد تسبب انهيار كامل أو جزئي للمبنى لأن عند انفجار الغاز الطبيعي فهذا يؤدي إلى تولد قوة ضغط عالية جدا تسبب أضرارا جسيمة للمباني[2].

3. الحروب

وهذا السبب أيضا من الأسباب العارضة التي قد تسبب انهيار كامل أو جزئي للمبنى.

1- خليل إبراهيم، **أسباب انهيارات المباني–طرق الترميم والصيانة**، مرجع سبق ذكره، ص 73.

2- خليل إبراهيم، **أسباب انهيارات المباني–طرق الترميم والصيانة**، مرجع سبق ذكره، ص 80.

الفصل الثالث:

طرق ووسائل تقييم المنشآت المتضررة

تمهيد:

في الفصل السابق تطرقنا لأغلب العيوب التي تصيب المنشآت القائمة، كما تعرفنا على الكثير من العوامل التي تتسبب في ظهور هذه العيوب، في هذا الفصل سوف نتطرق لطرق ووسائل تقييم هذه العيوب ومدى تأثيرها على المنشأ.

عملية تقييم المنشآت القائمة تحتاج إلى كم كبير من البيانات والمعلومات اللازمة للإحاطة بحالتها، وذلك انطلاقا من تقييم العناصر الإنشائية المكونة لها، حيث أن كل عنصر من عناصر المنشأ قد تظهر عليه علامات وآثار تخريب وأضرار مختلفة ومتباينة وذات دلالات مختلفة باختلاف هذه الآثار ومكانها وحجمها، وبالتالي فإن الإحاطة بكافة البيانات والمعلومات اللازمة لعملية التقييم أمر شاق وقابل للخطأ من قبل المهندس أو الفني القائم على عملية التقييم التي تتطلب وقتاً وجهداً كبيرين [1].

تم تقسيم هذ الفصل كما يلي:

- **المبحث الأول: التشخيص التقني للمنشآت الخرسانية ؛**
- **المبحث الثاني: أسس ومعايير التقييم الإنشائي.**

1- خالد عباس، **التقييم الفني والانشائي للمنشآت الخرسانية المسلحة المتضررة باستخدام برنامج حاسوبي**، رسالة ماجستير، جامعة دمشق، سوريا، 2015، ص 18.

المبحث الأول: التشخيص التقني للمنشآت الخرسانية

المطلب الأول: تعريف التشخيص التقني

يهتم التشخيص في الهندسة المدنية بالكشف عن العيوب التي تصيب المنشآت، ويكون ذلك بطرق تقنية متعددة وأجهزة متخصصة تجعلنا نصل في الأخير للعلاج المناسب والسليم والصيانة الصحيحة لما طرأ عليها من مشاكل للحفاظ عليها لمدة أطول وذلك إما بتقوية العناصر المتضررة أو ترميمها أو هدمها وإعادة انشاءها ...الخ[1].

المطلب الثاني: مراحل التشخيص التقني

من اطلاعنا على الكثير من المراجع تبين لنا تقسيم عملية التشخيص إلى أربعة مراحل وهي:

- **المرحلة الأولى:** التوثيق (مراجعة وثائق المنشأة) ؛
- **المرحلة الثانية:** الفحص البصري ؛
- **المرحلة الثالثة:** الفحوصات والاختبارات ؛
- **المرحلة الرابعة:** التقييم واختيار العلاج المناسب والبدء فيه[2].

المطلب الثالث: عملية التوثيق (مراجعة وثائق المبنى)

في هذه المرحلة تتم مراجعة وثائق المنشأ أو المصادر الخاصة به، من مخططات تنفيذ المبنى والمواصفات الفنية (مواصفات المواد والأعمال) وكل المعلومات المتعلقة بعملية التنفيذ (البلدية، صاحب المنشأ، المهندس المصمم ... الخ) وهي كما يلي:

1. المعلومات التصميمية

- ✓ المخططات التصميمية ؛
- ✓ المواصفات الفنية للأعمال المنفذة ؛
- ✓ حسابات المشروع ؛
- ✓ تقارير المشروع ؛
- ✓ دراسة التربة (تقرير التربة)، من أجل التأكد من شكل الأساسات.

1- بحري أميرة، قوقي فتيحة، **تدهور البنايات السكنية بسبب تسربات التراكيب الصحية (حي 20 مسكن والمستقبل بمدينة تقرت نموذجا)**، مرجع سبق ذكره، ص 9.

2- بحري أميرة، قوقي فتيحة، **تدهور البنايات السكنية بسبب تسربات التراكيب الصحية (حي 20 مسكن والمستقبل بمدينة تقرت نموذجا)**، مرجع سبق ذكره، ص ص (10-11).

2. المعلومات التنفيذية

- ✓ المخططات التنفيذية (مثل تسليح الحديد) ؛
- ✓ مخططات الحديد في داخل المقاطع الإنشائية ؛
- ✓ مخططات تعديلات على المبنى إن حصل ذلك ؛
- ✓ المخططات حسب الواقع المنفذ ؛
- ✓ الصور التي أخذت أثناء التنفيذ ؛
- ✓ المراسلات بين طاقم التنفيذ، خصوصا لو حصلت مشكلة ؛
- ✓ التقارير الموقعية تقارير تقدم المشروع في الموقع مثل حالة الجو.

3. معلومات المواد

- ✓ الخلطة الخرسانية ؛
- ✓ فحص المواد المستعملة (فحص الحديد، الاسمنت، الخرسانة، الركام ... الخ) ؛
- ✓ مواصفات المواد المستعملة ؛
- ✓ المصنع للمواد المستعملة.

4. معلومات تاريخ خدمة المنشأ

- ✓ معلومات عن مستخدم المنشأ الحديث أو القديم ؛
- ✓ سجلات الصيانة والتصليحات السابقة إن وجد ذلك ؛
- ✓ سجلات الأعمال أو الظروف الجوية وكيف أثرت على المنشأ وخدمته ؛
- ✓ مقابلات مع الناس التي تختص بتشغيل المبنى وصيانته ؛
- ✓ مراجعة سجلات النشاط الزلزالي ؛
- ✓ سجلات الأضرار التي تعرض لها المنشأ مثل (الحرائق، الزلازل، الأعاصير ... الخ)، وكيف تم اصلاحها[1].

المطلب الرابع: الفحص البصري

يعتبر هذا الفحص من وسائل فحص المنشآت بل يعتبر أهمها على الإطلاق ويشمل الآتي:

1. فحص الواجهات الرئيسية: ويشمل الآتي:

- ✓ ملاحظة وجود أي ميول رأسية أو أفقية في المنشأ بكامل ارتفاعه ؛
- ✓ ملاحظة عدم وجود ترخيم (انحناء) في البلاطات ؛
- ✓ ملاحظة عدم وجود تسرب مياه من وصلات التركيبات الصحية في الأدوار المختلفة ؛
- ✓ ملاحظة وجود نشع من المياه الأرضية أسفل الحوائط الخارجية ؛

1- **مقابلة مع**: بعلى عبد القادر، مدير فرع هيئة المراقبة التقنية للبناء بالجنوب، فرع هيئة المراقبة للبناء بالجنوب، المنيعة، 2021/04/08، على الساعة 09:15.

- ✓ ملاحظة وجود شروخ في الحوائط الخارجية وخصوصا عند أركان النوافذ والشبابيك، وعند أعتابها.

2. الفحص الداخلي للمنشأ: ويشمل:

- ✓ اختبار سهولة فتح وغلق الأبواب والنوافذ وذلك لضمان عدم وجود ترخيم في الكمرات العلوية للأسقف.
- ✓ ملاحظة وجود شروخ داخلية في الحوائط والأسقف والكمرات ومقدار اتساع هذه الشروخ واستمرارية اتساعها من عدمه وكذلك نفاذية هذه الشروخ للجهة الأخرى من الحائط (ويطلق على الشروخ النافذة اسم شروخ منورة أي داخلها النور) ويمكن اختبار استمرارية اتساع الشروخ عن طريق استخدام ورقة بفرة أو عمل بؤج من الجبس على عرض الشروخ وتركها لمدة شهر مثلا فإذا انقطعت الورقة أو حدث شرخ في البؤجة يكون هذا الشرخ مستمر في الاتساع ويعتبر من النوع الخطر.
- ✓ ملاحظة وجود نشع في المياه في دورات المياه وكذلك نشع المياه الأرضية في الدور الأرضي أو البدرومات.
- ✓ اختبار وملاحظة وجود تطبيل في بلاطات السقف (التطبيل هو سماع صوت يشبه صوت الطبل دلالة على أن السقف مجوف).
- ✓ ملاحظة وجود انهيار للغطاء الخرساني للأعمدة، والكمرات، والبلاطات، ووجود صدأ في حديد التسليح المكشوف.
- ✓ ملاحظة حالة بلاط أرضيات الدور الأرضي أو البدروم ومقدار هبوطه ونوعه إذا كان منتظما أو متفاوت من جهة أخرى.
- ✓ فحص شامل لدورات المياه وسلامة التركيبات والوصلات الصحية بها وحالة الأسقف والكمرات بها[1].

المطلب الخامس: الفحوصات والأدوات

اختبارات الخرسانة المتصلدة:

وهي قياسات الشروخ والاختبارات التي تجرى على العناصر الخرسانية لتحديد:

1) مقاومة الخرسانة في العنصر للأحمال وخاصة مقامة الضغط ؛
2) تحديد أماكن وأقطار أسياخ التسليح في العنصر ؛
3) تحديد بعض الخواص الطبيعية للخرسانة كالنفاذية والامتصاص ؛
4) تحديد التركيب الكيميائي للخرسانة من حيث محتوى الإسمنت ونوعه، نسبة الركام إلى الإسمنت، نسبة الماء إلى الإسمنت، نوع الإضافات، نسبة الجير إلى نسبة الأملاح ... الخ ؛

1 – خليل إبراهيم، **أسباب انهيارات المباني–طرق الترميم والصيانة**، مرجع سبق ذكره، ص ص (15–16).

5) التحقق من احتمالات الصدأ عن طريق قياس القابلية إلى المقاومة الكهربائية، عمق التحول الكربوني، محتوى الكلوريدات ؛
6) التحقق من وجود عيوب بالعنصر من عدمه، كالتحقق من وجود فراغات داخلية (تعشيش في الأعمدة أو اختناق في المقطع في الخوازيق)، أو شروخ داخلية أو صدأ بصلب التسليح ... الخ.

وتنقسم هذه الاختبارات إلى اختبارات متلفة (**non-destructive tests**) وأخرى غير متلفة (**Destructive tests**)، حيث أن الاختبارات غير المتلفة لا تؤدي إلى تلف العنصر الخرساني، أما الأخرى فيجري فيها اقتطاع جزء من الخرسانة لاختباره، ويلزم إصلاح هذا التلف بعد ذلك، وهذه الاختبارات مرتبطة بتصدع المنشآت الخراسانية ولازمة لتشخيص أمراضها.

أصبح من الممكن الحكم على جودة الخرسانة وتحملها مع الزمن من خلال هذه الاختبارات، كما أصبح من الممكن تحديد كمية ومكان صلب التسليح ودرجة الصدأ بدون الكشف عن الأسياخ.

وخواص الخرسانة المرغوبة والتي يمكن التحقق منها عن طريق الاختبارات غير المتلفة هي:

- ✓ سلامة وجودة العناصر الخرسانية (Structural integrity) ؛
- ✓ تحمل الخرسانة مع الزمن (Durablility) ؛
- ✓ ومظهر الخرسانة وتفاوت أبعادها (Appearance and tolerance).

ويمكن التحقق من سلامة العناصر الخرسانية عن طريق الاختبارات التالية:

أ. إجراء الاختبارات على العناصر الخرسانية:
- خ 1: اختبارات الاهتزازات (Vibration techniques) ؛
- خ 2: النبضة الصوتية (Sonic pule method) ؛
- خ 3: أشعة جاما (Gamma ray back-scatter method) ،

ب. اختبارات تقدير مقاومة الخرسانة:
- خ 4: التصدع الداخلي (الاقتلاع) Internal fracture test (pull-out) ؛
- خ 5: الدفع للخارج (push-off test) ؛
- خ 6: اختبار وندسور (windsor probe) ؛

ج. اختبارات كثافة الخرسانة وجودة دمكها (وتعطي فكرة عن مقامة الخرسانة كذلك) :
- خ 7: المطرقة المرتدة (Rebound hammer) ؛
- خ 8: الموجات فوق الصوتية (Ultrasonic pulse velocity measurements) ؛
- خ 9: اختبارات الأشعة (Radiographic techniques) ؛

د. تحديد مكان وكمية صلب التسليح عن طريق:
- خ 10: مقياس الغطاء الخرساني (Electromagnetic covermeter) ؛
- خ 3: اختبار أشعة جاما (Gamma Radiography) .

ه. قياس اتساع الشروخ عن طريق:
- خ 11: المنظار المكبر (Crack comarator) ؛
- خ12: أجهزة قياس الانفعال والحركة (Mechanical strain and movement gauges)

و. اختبارات صدأ الحديد (والقابلية للصد):

- خ 13: قياس القابلية الكهربية (Measuremnt of electrical potential (half-cell ؛
- خ 14: قياس المقاومة الكهربية (Measuremnt of electrical resistance) ؛
- خ 15: جهاز الأندوبروب (Endoprobe test) ؛
- خ 16: عمق التحول الكربوني (Testing for carbonation) ؛
- خ 17: محتوى الكلوريدات (Chloride content).

ز. اختبارات الامتصاص:

- خ 18: الامتصاص السطحي (Initial surface absorbtion test) ؛
- خ 19: النفاذية (Permiability test)[1].

شرح لإحدى الاختبارات:

قياس اتساع الشروخ، اختبار المنظار المكبر (خ11):

قد أمكن قياس اتساع الشروخ بدقة حتى 0.25 مم وذلك باستعمال جهاز القياس المعياري وهو عبارة عن ميكروسكوب صغير يمكن استخدامه باليد ويوضع على عدسته الملاحظات الخاصة بأوصاف الشروخ من عمق واتساع وشكل وذلك ببيان حديد التسليح والتطورات الحادثة على سطحه نتيجة الشروخ كما يمكن مراقبة التحرك الذي يحدث في الشروخ من زيادة الاتساع أو العمق وذلك عن طريق المبين الميكانيكي شكل (**1.3**)، ولمبينات الحركة الميكانيكية أنواع كثيرة.

صورة (1.3): مبين حركة ميكانيكي.

مصدر: Kamal Raftani, **Pathologies des bâtiments traditionnels dans le contexte spécifique des médinas marocaines (GUIDE DE RÉFÉRENCE)**, REMAM, Rabat, Moroc, 2018, P 38.

ومن مميزات هذه المقاييس الميكانيكية للشروخ إنها لا تحتاج إلى حفظها من الرطوبة في لا تتأثر بها، وفي حال رصد الشروخ وحركتها لمدة طويلة فيمكن عمل ذلك عن طريق استعمال شرائط يمكن حفظها وبرمجتها بالحاسب الآلي، وهناك مبينات إليكترونية عديدة أيضا[2].

1- شريف أبو المجد ... وآخرون، **تصدع المنشآت الخرسانية وطرق اصلاحها**، مرجع سبق ذكره، ص ص (117-118).

2- خليل إبراهيم، **أسباب انهيارات المباني-طرق الترميم والصيانة**، مرجع سبق ذكره، ص ص (17-18).

المبحث الثاني: أسس ومعايير التقييم الإنشائي

إن عملية التقييم الفني والإنشائي للمنشآت هي عملية كشف وتحقق من ميزات وخصائص العناصر الإنشائية للمنشأ، والوقوف على كافة التغيرات والتبدلات والأضرار التي تعرض لها هذا المنشأ، لتشكيل قاعدة بيانات كاملة وكافية لتحديد مستوى السلامة والأداء، و الإجراءات الواجب إتباعها لتحسين أدائه واستمرارية عمله ضمن متطلبات الرموز (codes) المرتبطة بهذا المجال.

إن عملية التقييم الفني والإنشائي في حالة الضرر هي مسألة صنع قرارات متعددة المعايير، ويجب اتخاذ القرار فيها استنادا إلى أهمية معايير التقييم المختلفة.

المطلب الأول: تعريف عملية التقييم الإنشائي للمنشآت

التقييم الإنشائي للمنشآت الهندسية هي عملية كشف واختبار العناصر الإنشائية وفق قواعد وأسس ومقارنتها مع قيم معيارية وفق رموز البناء الناظمة الخاصة بسلامة وديمومة المنشآت، ومن ثم بيان وضعها الفني والإنشائي، وتحديد مقدار الضرر الحاصل فيها ومدى ديمومتها للقيام بالوظيفة المنوطة بها، واتخاذ القرار المناسب في حال الحاجة إلى تدعيم أو الإجراءات الأخرى حسب وضعها الفني والإنشائي[1].

المطلب الثاني: الخطوات النموذجية لعملية تقييم المنشآت الخرسانية القائمة

نموذجيا تتألف عملية التقييم للمنشآت المتصدعة من الخطوات التالية:

1) كشف بصري مع فحص تمهيدي أولي للتحقق من حالة المنشأ، تحميل المنشأ، التأثيرات البيئية، الحاجة لاختبارات متقدمة أكثر ....الخ ؛
2) مراجعة كل الوثائق والمستندات والمخططات الخاصة بالمنشأ ومن ضمنها تاريخ المنشأ من عمليات تغيير في التحميل وعمليات الصيانة والإصلاح وأي تغيرات حاصلة فيه وطبيعة البيئة المحيطة ؛
3) إجراء اختبارات وقياسات محددة في الموقع في حال لزومها (مثل التأكد من الحمولات، التأكد من مقاومة المواد والعناصر ...الخ) ؛
4) تسمية العناصر الإنشائية وترقيمها على المخططات والمساقط المعمارية والإنشائية ورسم مخططات العيوب والتشوهات الحاصلة في المنشأ وفق الأسس الناظمة لذلك.
5) تحليل البيانات واجراء الحسابات الإنشائية اللازمة للحصول على تصور صحيح لحالة المنشأ الإنشائية ومقاومته للحمولات والتأثيرات المطبقة ؛

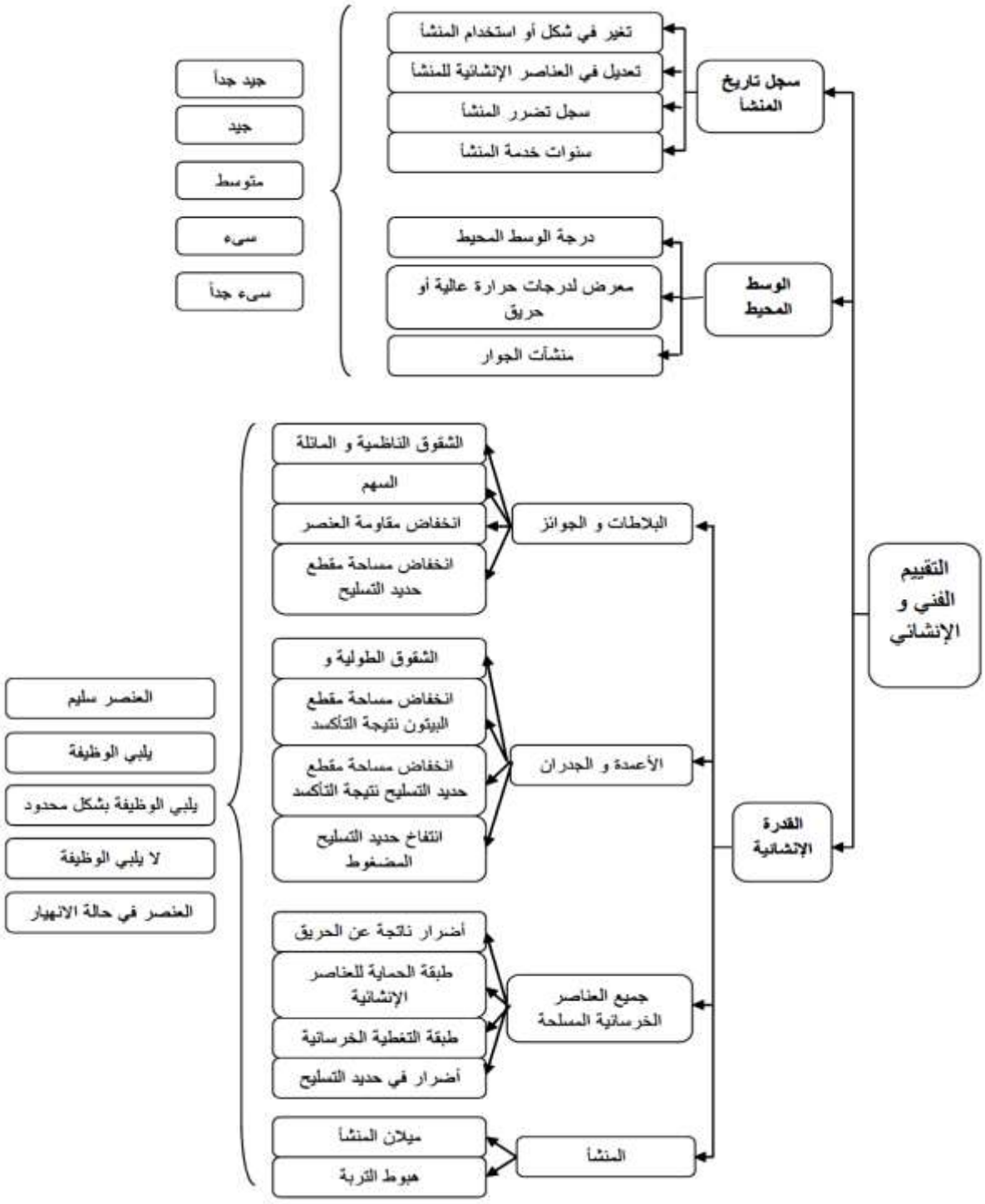
1- عبد الحميد كيخيا، **التقييم الإنشائي للمنشآت البيتونية المسلحة المتصدعة**، مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية، 2015، المجلد 37، العدد 4، ص 1.

6) تصنيف المنشأ وفق حالته الإنشائية كما هو مبين في المطالب القادمة في هذا الفصل، وذلك وفق العيوب والتصدعات الحاصلة فيه ونتيجة الاختبارات والقياسات المنفذة ؛
7) تقييم وحساب نسبة الفقد الفيزيائي للعناصر الإنشائية للمنشأ ونسبة الفقد المادي التقديرية للجملة الإنشائية ؛
8) اتخاذ القرارات المناسبة[1].

المطلب الثالث: أسس ومعايير التقييم الفني

إن عملية التقييم الفني للمنشأ تهدف إلى الإحاطة بكافة الأضرار الممكن ملاحظتها في العناصر الغير إنشائية للمنشأ، وتصنيف مدى تأثير هذه الأضرار على عمله وأدائه، يمكن تمثيل عملية التقييم الإنشائي وفق المعايير الرئيسية: سجل تاريخ المبنى، الوسط المحيط، قدرة التحمل الإنشائية، والشكل (**1.3**) يوضح المعايير الرئيسية والفرعية المنبثقة عنها[2]:

1- خالد عباس، **التقييم الفني والانشائي للمنشآت الخرسانية المسلحة المتضررة باستخدام برنامج حاسوبي**، مرجع سبق ذكره، ص 14.
2- خالد عباس، **التقييم الفني والانشائي للمنشآت الخرسانية المسلحة المتضررة باستخدام برنامج حاسوبي**، مرجع سبق ذكره، ص 20.



شكل (1.3): معايير التقييم الفني و الإنشائي للمنشأ.
مصدر: خالد عباس، مرجع سبق ذكره، ص 21.

1. سجل تاريخ المنشأ (Structure History Record)

إن سجل تاريخ المنشأ يمكن الاطلاع عليه عن طريق مراجعة تقارير وسجلات ووثائق المنشأ، ويستخدم لوصف تغير شكل واستخدام المبنى وعناصره خلال فترة عمر المنشأ والتي من المتوقع خلالها

أن يتعرض المنشأ إلى أشكال متنوعة من الحوادث (زلازل، حرائق، حمولات انفجارية، فيضان، ... الخ)، و قد تم تصنيف المعايير المتعلقة بسجل تاريخ المنشأ كما هو موضح في الجدول **(1.3)**، مع أن هذه الحوادث يمكن ألا تشكل ضرراً مباشراً في الوقت الحالي، لكنها من الممكن أن تضعف وتقلل من قساوة المنشأ ومتانته على المدى الطويل أو القصير[1]:

جدول (1.3): سجل تاريخ المنشأ

	معيار التقييم	تصنيف العنصر	توصيف التشوه والضرر
سجل تاريخ المنشأ	تغير في شكل واستخدام المنشأ	جيد جد اً	لا يوجد تغيير في شكل (و، أو) استخدام المبنى
		جيد	تغيير جزئي في شكل(و، أو) استخدام المبنى، مع زيادة طفيفة في الأحمال
		متوسط	تغير كامل في شكل(و، أو)استخدام المبنى، مع زيادة طفيفة في الأحمال
		سيء	تغيير جزئي في شكل(و، أو)استخدام المبنى، مع زيادة كبيرة في الأحمال
		سيء جدا	تغير كبير في شكل(و، أو)استخدام المبنى مع زيادة كبيرة في الأحمال
	تعديل في العناصر الإنشائية للمنشأ	جيد جد اً	لا يوجد تعديل في عناصر المبنى
		جيد	تعديل جزئي لعناصر المبنى الإنشائية مع تأثير طفيف
		متوسط	تأثير متوسط الشدة نتيجة تعديل في عناصر المبنى الإنشائية
		سيء	تأثير شديد نتيجة تعديل في عناصر المبنى الإنشائية
		سيء جدا	تعديل كامل في العناصر الإنشائية للمبنى مع تأثير شديد وواسع
	سجل تضرر المنشأ	جيد جد اً	لم يتعرض المبنى لأي حوادث سابقا
		جيد	تعرض المبنى لحادث مع تأثر إنشائي طفيف
		متوسط	تعرض المبنى لحادث مع تأثر إنشائي متوسط الشدة
		سيء	تعرض المبنى لأكثر من حادث مع تأثر إنشائي شديد
		سيء جدا	تعرض المبنى لأكثر من حادث مع تأثر إنشائي شديد وواسع
	سنوات خدمة المنشأ	جيد جد اً	عمر المنشأ أقل من 11 سنوات
		جيد	عمر المنشأ يتراوح بين 11 حتى 31 سنة
		متوسط	عمر المنشأ يتراوح بين 31 حتى 51 سنة
		سيء	عمر المنشأ يتراوح بين 51 حتى 71 سنة
		سيء جدا	عمر المنشأ أكبر من 71 سنة

مصدر: خالد عباس، مرجع سبق ذكره، ص 22.

1- خالد عباس، **التقييم الفني والانشائي للمنشآت الخرسانية المسلحة المتضررة باستخدام برنامج حاسوبي**، مرجع سبق ذكره، ص 22.

2. البيئة المحيطة Environment Conditions

إن طبيعة البيئة المحيطة ومدى جودة الخرسانة يمكن أن تؤثر بشكل سلبي على المنشآت الخرسانية ومستوى تقييم المنشأ، الظروف البيئية يمكن أن تكون محيطة بالمنشأ كاملا أو ببعض عناصره، كدرجات الحرارة العالية، الرطوبة، المواد الكيميائية، ... الخ، والتي من الممكن أن تظهر بشكل طبيعي نتيجة الطبيعة المحيطة أو نتيجة الظروف الصناعية التي يمكن أن يستثمر بها المنشأ أو يتعرض لها، والجدول (**2.3**) يبين معايير تقييم البيئة المحيطة بالمنشأ[1]:

جدول (2.3): تقييم حالة البيئة المحيطة بالمنشأ

	معيار التقييم	تصنيف العنصر	توصيف التشوه والضرر
البيئة المحيطة	درجة الوسط المحيط	جيد جدا	المبنى غير معرض لأضرار التملح
		جيد	تركيز الأملاح في الجو المحيط بالمبنى قليل، بعيد عن الشاطئ
		متوسط	تركيز الأملاح في الجو المحيط بالمبنى متوسط، قريب نسبيا من الشاطئ
		سيء	المبنى معرض لتركيز كبير للأملاح في الجو المحيط (قريب من الشاطئ مع وجود مشاكل تأثير مياه المجاري وأنابيب المياه)
		سيء جدا	المبنى معرض بشكل شديد للأملاح
	التعرض لدرجات حرارة	جيد جد اً	المبنى معرض لدرجة الحرارة الطبيعية
		جيد	المبنى معرض لدرجات حرارة أعلى من الطبيعية ولكن أقل من 300 °م (لون الخرسانة طبيعي)
		متوسط	المبنى معرض لدرجات حرارة بين 300 إلى 600 °م (لون الخرسانة حتى الزهري)
		سيء	المبنى معرض لدرجات حرارة بين 600 إلى 1000 °م (لون الخرسانة من الزهري حتى الأحمر)
		سيء جدا	المبنى معرض لدرجات حرارة أعلى من 1000 °م (لون الخرسانة حتى الأصفر الغامق)
	منشآت الجوار	جيد جد اً	لا يوجد منشآت ملاصقة لمبنى
		جيد	المنشآت الملاصقة للمبنى تعرضت للضرر لكن دون تأثر
		متوسط	المنشآت الملاصقة للمبنى تعرضت للضرر مع تأثر طفيف
		سيء	المنشآت الملاصقة للمبنى تعرضت للضرر مع تأثر كبير
		سيء جدا	تأثر إنشائي شديد نتيجة منشآت الجوار

مصدر: خالد عباس، مرجع سبق ذكره، ص 23.

1- خالد عباس، **التقييم الفني والانشائي للمنشآت الخرسانية المسلحة المتضررة باستخدام برنامج حاسوبي**، مرجع سبق ذكره، ص 23.

3. القدرة الإنشائية للمبنى Structural Capacity

إن عملية تقييم القدرة الإنشائية لعناصر المنشأ تعتمد على قياس نسبة الضرر في العنصر من حيث شكل الضرر ونوعه وأبعاده، وبالتالي فإن "عملية القياس يجب أن تكون دقيقة"، ويمكن الاستعانة بأجهزة القياس الغير مخربة للعناصر في قياس هذه الأضرار، حيث يمكن استخدام جهاز السايكلومتر Cyclometer لقياس المقاومة الفعلية للعنصر على الضغط ومقارنتها مع المقاومة التصميمية لحساب نسبة فقد المقاومة في هذا العنصر، أيضاً يمكن استخدام أجهزة تعتمد على مبدأ الأشعة أو النبضات الكهربائية لقياس نسبة التآكل في حديد التسليح.

سيتم اعتماد خمسة تصنيفات لحالة العناصر الإنشائية هي على الترتيب:

1) العنصر سليم.
2) العنصر يلبي الوظيفة (مقبول).
3) العنصر يلبي الوظيفة بشكل محدود (غير مقبول).
4) العنصر لا يلبي الوظيفة (غير مقبول).
5) العنصر في حالة الانهيار[1].

1- خالد عباس، **التقييم الفني والانشائي للمنشآت الخرسانية المسلحة المتضررة باستخدام برنامج حاسوبي**، مرجع سبق ذكره، ص 24.

1.3. الجوائز والبلاطات:

جدول (3.3): التقييم الإنشائي لعناصر الجوائز والبلاطات الخرسانية المسلحة

نوع الضرر	تصنيف العنصر	القيم الحدية للتشوه أو الضرر
اتساع الشقوق الناظمية	سليم	0.1 مم
	العنصر يلبي الوظيفة	0.3 مم
	العنصر يلبي الوظيفة بشكل محدود	0.5 مم
	العنصر لا يلبي الوظيفة	1 مم
	العنصر في حالة الانهيار	أكبر من 1 مم
اتساع الشقوق المائلة	سليم	---
	العنصر يلبي الوظيفة	0.2 مم
	العنصر يلبي الوظيفة بشكل محدود	0.3 مم
	العنصر لا يلبي الوظيفة	0.4 مم
	العنصر في حالة الانهيار	أكبر من 0.4 مم
انحناء الجائز	سليم	---
	العنصر يلبي الوظيفة	1/150
	العنصر يلبي الوظيفة بشكل محدود	1/100
	العنصر لا يلبي الوظيفة	1/75
	العنصر في حالة الانهيار	أكبر من 1/50
انحناء الجائز الحامل للروافع	سليم	---
	العنصر يلبي الوظيفة	1/400
	العنصر يلبي الوظيفة بشكل محدود	1/300
	العنصر لا يلبي الوظيفة	1/200
	العنصر في حالة الانهيار	أكبر من 1/200
انخفاض المقاومة%	سليم	---
	العنصر يلبي الوظيفة	---
	العنصر يلبي الوظيفة بشكل محدود	20
	العنصر لا يلبي الوظيفة	30
	العنصر في حالة الانهيار	أكبر من 30
انخفاض في مساحة مقطع حديد التسليح نتيجة التأكسد%	سليم	---
	العنصر يلبي الوظيفة	5
	العنصر يلبي الوظيفة بشكل محدود	10
	العنصر لا يلبي الوظيفة	20
	العنصر في حالة الانهيار	أكبر من 20

مصدر: عبد الحميد كيخيا، مرجع سبق ذكره، ص 7.

2.3. الأعمدة والجدران:

جدول (4.3): التقييم الإنشائي لعناصر الأعمدة و الجدران الخرسانية المسلحة

نوع الضرر	تصنيف العنصر	القيم الحدية للتشوه أو الضرر
اتساع *الشقوق* الطولية (الشاقولية)	سليم	---
	العنصر يلبي الوظيفة	0.2 مم
	العنصر يلبي الوظيفة بشكل محدود	0.3 مم
	العنصر لا يلبي الوظيفة	0.4 مم
	العنصر في حالة الانهيار	أكبر من 0.4 مم
اتساع الشقوق العرضية (الأفقية)	سليم	0.1 مم
	العنصر يلبي الوظيفة	0.3 مم
	العنصر يلبي الوظيفة بشكل محدود	0.4 مم
	العنصر لا يلبي الوظيفة	0.5 مم
	العنصر في حالة الانهيار	أكبر من 0.5 مم
انخفاض في مقطع البيتون نتيجة التأكل (التأكسد%)	سليم	5
	العنصر يلبي الوظيفة	10
	العنصر يلبي الوظيفة بشكل محدود	15
	العنصر لا يلبي الوظيفة	25
	العنصر في حالة الانهيار	أكبر من 25
انخفاض في مقطع حديد التسليح نتيجة التأكسد%	سليم	---
	العنصر يلبي الوظيفة	5
	العنصر يلبي الوظيفة بشكل محدود	10
	العنصر لا يلبي الوظيفة	20
	العنصر في حالة الانهيار	أكبر من 20
انتفاخ في حديد التسليح المضغوط	سليم	-
	العنصر يلبي الوظيفة	-
	العنصر يلبي الوظيفة بشكل محدود	-
	العنصر لا يلبي الوظيفة	+
	العنصر في حالة الانهيار	+

مصدر: عبد الحميد كيخيا، مرجع سبق ذكره، ص 8.

3.3. جميع العناصر الخرسانية المسلحة:

جدول (5.3): التقييم الإنشائي لجميع العناصر الخرسانية المسلحة

نوع الضرر	تصنيف العنصر	توصيف التشوه أو الضرر و القيم الحدية
طبقة الحماية للعناصر الإنشائية	سليم	لا يوجد تخريب في طبقات الحماية للخرسانة، بعض الشقوق الشعرية في الأسطح الغير معزولة
	العنصر يلبي الوظيفة	يوجد تخريب في طبقات الحماية في بعض المناطق، يوجد بقع زيتية، أو رطبة، أو ملحية
طبقة التغطية الخرسانية	سليم	سماكة طبقة التغطية الخرسانية تقل عن التصميمية بمقدار حتى 20 %
	العنصر يلبي الوظيفة	سماكة طبقة التغطية الخرسانية تقل عن التصميمية بمقدار حتى 30 % وضمن منطقة لا تزيد عن 30 % من سطح العنصر
	العنصر يلبي الوظيفة بشكل محدود	انكشاف حديد التسليح الثانوي/الإنشائي، انكشاف بعض حديد الأتاري وانقطاع بعضها بسبب التأكسد، عدم وجود شقوق في هذه المنطقة
	العنصر لا يلبي الوظيفة	تفتت في الخرسانة في المقطع الخرساني الرئيسي بعد طبقة التغطية
	العنصر في حالة الانهيار	تفتت في الخرسانة في المقطع الخرساني الرئيسي بعد طبقة التغطية وانسلاخ بعض الحصويات الكبيرة
أضرار في حديد التسليح	سليم	سطوح حديد التسليح نظيفة بعد الكشف عليها
	العنصر يلبي الوظيفة	يوجد ظواهر تأكسد لحديد التسليح العرضي أو الثانوي على طبقات الحماية في بعض المناطق، لا يوجد ظواهر لتأكسد حديد التسليح العامل
	العنصر يلبي الوظيفة بشكل محدود	ظواهر أكسدة أو تبقعات في حديد التسليح العامل في منطقة الشقوق الطولية
	العنصر لا يلبي الوظيفة	انقطاع في حديد تسليح الأتاري في منطقة الشقوق المائلة للجوائز، انبعاج أو انحناء في حديد التسليح للأعمدة
	العنصر في حالة الانهيار	انقطاع في حديد تسليح الأتاري في الأعمدة والعناصر المضغوطة، انقطاع حديد تسليح الأتاري في منطقة الشقوق المائلة، انقطاع في بعض قضبان حديد التسليح المشدودة العاملة، انبعاج أو تحنيب في حديد تسليح منطقة الضغط

مصدر: خالد عباس، مرجع سبق ذكره، ص 27.

جدول (6.3): التقييم الإنشائي للعناصر الخرسانية المسلحة نتيجة الحريق

نوع الضرر	تصنيف العنصر	لقيم الحدية للتشوه أو الضرر
انسلاخ في طبقات الخرسانة نتيجة الحريق	سليم	لا يوجد
	العنصر يلبي الوظيفة	في طبقة التغطية لا تزيد عن ثلاثة مناطق وبحدود لا تزيد عن 31 سم^2 في كل منطقة
	العنصر يلبي الوظيفة بشكل محدود	في طبقة التغطية وبحدود لا تزيد عن51 سم^2 في كل منطقة ماعدا منطقة الوثاقات
	العنصر لا يلبي الوظيفة	بعمق يزيد عن طبقة التغطية ولكن لا يزيد عن 5 سم ما عدا في منطقة الوثاقات
	العنصر في حالة الانهيار	بعمق يزيد عن5 سم
الشقوق في الخرسانة نتيجة الحريق	سليم	1 مم
	العنصر يلبي الوظيفة	0.3 مم
	العنصر يلبي الوظيفة بشكل محدود	0.5 مم
	العنصر لا يلبي الوظيفة	1 مم
	العنصر في حالة الانهيار	أكبر من 1 مم
انخفاض في مقاومة الخرسانة نتيجة الحريق %	سليم	لا يوجد
	العنصر يلبي الوظيفة	5
	العنصر يلبي الوظيفة بشكل محدود	20
	العنصر لا يلبي الوظيفة	30
	العنصر في حالة الانهيار	أكبر من 30
تغير لون الخرسانة نتيجة الحريق	سليم	لا يوجد تغير
	العنصر يلبي الوظيفة	لا يوجد تغير
	العنصر يلبي الوظيفة بشكل محدود	حتى الزهري
	العنصر لا يلبي الوظيفة	من الزهري حتى الأحمر
	العنصر في حالة الانهيار	حتى الأصفر الغامق

مصدر: خالد عباس، مرجع سبق ذكره، ص 28.

4. ميلان واستقرار المنشأ:

جدول (7.3): تقييم ميلان واستقرار المنشأ

نوع الضرر	تصنيف العنصر	القيم الحدية للتشوه أو الضرر
ميلان المنشأ	سليم	الإزاحة الطابقية أقل من 0.004 hs
	المنشأ يلبي الوظيفة	الإزاحة الطابقية تتراوح بين 0.005 hs حتى 0.007 hs
	المنشأ يلبي الوظيفة بشكل محدود	الإزاحة الطابقية تتراوح بين 0.008 hs حتى 0.0107 hs
	المنشأ لا يلبي الوظيفة	الإزاحة الطابقية تتراوح بين 0.0107 hs حتى 0.012 hs
	المنشأ في حالة الانهيار	الإزاحة الطابقية أكبر من 0.012 hs
هبوط التربة	سليم	لا يوجد دلائل هبوط للتربة
	المنشأ يلبي الوظيفة	ظهور تشققات في العناصر الغير إنشائية للمبنى (الهبوط التقريبي) أكبر من 50 مم
	المنشأ يلبي الوظيفة بشكل محدود	ملاحظة تشققات في العناصر الغير إنشائية للمبنى، تشققات خفيفة في العناصر الإنشائية ناتجة عن هبوط في أساسات المبنى
	المنشأ لا يلبي الوظيفة	تشققات كثيرة في العناصر الإنشائية ناتجة عن هبوط في أساسات المبنى
	المنشأ في حالة الانهيار	تشققات شديدة في المبنى (الهبوط التقريبي) أكبر أو يساوي 1000 مم

مصدر: خالد عباس، مرجع سبق ذكره، ص 29.

حيث: (hs): إرتفاع الطابق.

5. التقييم الفني للعناصر الغير انشائية

إن عملية التقييم الفني للمنشأ تهدف إلى الإحاطة بكافة الأضرار الممكن ملاحظتها في العناصر الغير الإنشائية للمنشأ، وتصنيف مدى تأثير هذه الأضرار على عمله وأدائه، والجدولان (**8.3**) و (**9.3**) يوضحان مستويات التقييم وتوصيف التشوهات والأضرار الممكن ملاحظتها[1]:

1- خالد عباس، **التقييم الفني والانشائي للمنشآت الخرسانية المسلحة المتضررة باستخدام برنامج حاسوبي**، مرجع سبق ذكره، ص 31.

جدول (8.3): أسس ومعايير التقييم الفني لعناصر الإكساءات

نوع العنصر	تصنيف العنصر	توصيف التشوه والضرر
عناصر التغطية	صالح للعمل	تشققات صغيرة (عرض أقل من 1.6 مم) ، انحناء في عناصر التغطية
	مستوى الإشغال الفوري	تشققات صغيرة (عرض أقل من 1.6 مم)، انحناء في عناصر التغطية
	مستوى أمان الأرواح	تشوه شديد في الوصلات، تشققات موزعة ومنتشرة، انحناء، سحق وتقشر وتشظي لعناصر التغطية، بعض التكسر لعناصر التغطية لكن دون سقوطها.
	مستوى منع الانهيار	تشوه شديد في الوصلات، تشققات موزعة ومنتشرة، انحناء، سحق وتقشر وتشظي لعناصر التغطية، بعض التكسر لعناصر التغطية، سقوط العناصر المتكسرة ما عدا في أماكن تجمع العامة
عناصر الإكساء الزجاجي	صالح للعمل	تشقق بعض الألواح الزجاجية دون انكسارها
	مستوى الإشغال الفوري	تشقق بعض الألواح الزجاجية دون انكسارها
	مستوى أمان الأرواح	تشققات شديدة ومنتشرة للألواح الزجاجية وتكسر بعضها
	مستوى منع الانهيار	تحطم كامل للزجاج وتشوه للإطارات في الأماكن الغير مأهولة، تشققات شديدة ومنتشرة للزجاج و تكسر بعضها في الأماكن المأهولة
جدران القواطع	صالح للعمل	تشققات حتى عرض 1.6 مم عند الفتحات، سحق وتشققات قليلة في الزوايا
	مستوى الإشغال الفوري	تشققات حتى عرض 1.6 مم عند الفتحات، سحق وتشققات قليلة في الزوايا
	مستوى أمان الأرواح	ضرر موزع ومنتشر: بعض التشققات الشديدة، سحق وتشققات في بعض المناطق
	مستوى منع الانهيار	ضرر موزع ومنتشر: بعض التشققات الشديدة، سحق وتشققات في بعض المناطق
لأسقف الداخلية	صالح للعمل	ضرر مهمل وغير ملاحظ بشكل عام، انزياح الصفائح و الألواح من مكانها، أو تشققات في الأسقف الصلبة
	مستوى الإشغال الفوري	ضرر قليل، تضرر بعض قرميد الأسقف المثبت دون سقوطه، سقوط بعض الألواح، تشققات صغيرة في الأسقف الصلبة.
	مستوى أمان الأرواح	ضرر موزع ومنتشر: سقوط قرميد الأسقف، تشققات متوسطة الشدة في الأسقف الصلبة.
	مستوى منع الانهيار	ضرر موزع و منتشر: سقوط قرميد الأسقف، تشققات متوسطة الشدة في الأسقف الصلبة.

مصدر: خالد عباس، مرجع سبق ذكره، ص 31.

جدول (9.3): أسس ومعايير التقييم الفني لعناصر الإكساءات

نوع العنصر	تصنيف العنصر	توصيف التشوه والضرر
التصوينة والعناصر التزيينية	صالح للعمل	ضرر خفيف
	مستوى الإشغال الفوري	ضرر خفيف
	مستوى أمان الأرواح	ضرر موزع و منتشر: سقوط بعض الأجزاء في بعض المناطق الغير مأهولة
	مستوى منع الانهيار	ضرر موزع و منتشر: سقوط بعض الأجزاء في بعض المناطق الغير مأهولة
المظلات	صالح للعمل	ضرر خفيف
	مستوى الإشغال الفوري	ضرر خفيف
	مستوى أمان الأرواح	ضرر متوسط
	مستوى منع الانهيار	ضرر متوسط
الرفوف والمداخن	صالح للعمل	ضرر مهمل
	مستوى الإشغال الفوري	ضرر خفيف
	مستوى أمان الأرواح	ضرر موزع ومنتشر دون انهيار
	مستوى منع الانهيار	ضرر موزع ومنتشر دون انهيار
الأدراج ومخارج الحريق	صالح للعمل	ضرر مهمل
	مستوى الإشغال الفوري	ضرر خفيف
	مستوى أمان الأرواح	ضرر موزع و منتشر: بعض التخريب والتشققات في البلاطات، لكنها ما تزال قابلة للاستعمال
	مستوى منع الانهيار	ضرر شديد، خروج العنصر عن العمل
الأبواب	صالح للعمل	ضرر خفيف، الأبواب تعمل بشكل سليم
	مستوى الإشغال الفوري	ضرر خفيف، الأبواب تعمل بشكل سليم
	مستوى أمان الأرواح	ضرر موزع ومنتشر، بعض الأبواب المخربة والعالقة
	مستوى منع الانهيار	ضرر موزع ومنتشر، العديد من الأبواب المخربة والعالقة

مصدر: خالد عباس، مرجع سبق ذكره، ص 32.

المطلب الرابع: أسس ومعايير التقييم الاقتصادي

1. درجة الفقد الفيزيائي Physical lose Coefficient

تعني درجة فقدان القيمة الفيزيائية فقدان البناء أو أحد أجزاءه، قدرا ما من المواصفات الفيزيائية الأولية في بداية الاستثمار، نتيجة تأثير تغيرات في البنية الداخلية لمواد البناء، أو تأثيرات القوى والظروف المحيطة الخارجية، ويتم تحديد درجة فقدان البناء لقيمته الفيزيائية والجمالية بشكل عام من أجل تقدير القيمة الاقتصادية له من أجل التأمين، أو اتخاذ القرار بخصوص تقويته أو هدمه أو الاستمرار باستثماره.

تقاس نسبة فقدان القيمة الفيزيائية للبناء بشكل عام كمتوسط مجموع نسب الفقدان الفيزيائية للعناصر المكونة للبناء:

$$\mathrm{v} = \sum_{1}^{n} \frac{y_i \times v_i}{100}$$

v : نسبة فقدان القيمة الفيزيائية للبناء بشكل عام %؛

n : عدد العناصر الرئيسية في البناء ؛

y_i : وزن سعر العنصر ؛

i: بالنسبة لسعر البناء بشكل كامل في لحظة القيام بالحساب ؛

v_i : مقدار فقدان العنصر i لمقدرته والتي تحدد كالتالي:

$$\mathrm{vi} = \min\left(\frac{N_{ii}^{f}}{N_{ii}^{n}}\right)$$

N_{ii}^{f} : القيمة الفعلية لمقدرة العنصر في لحظة الحساب آخذين بعين الاعتبار العيوب والتشوهات الحاصلة فيه.

N_{ii}^{n}: القيمة التصميمية الحسابية لمقدرة العنصر.

و يمكن الحصول على قيمة مقدار فقدان كل عنصر لمقدرته vi من جداول خاصة و هي[1]:

1- عبد الحميد كيخيا، **التقييم الإنشائي للمنشآت البيتونية المسلحة المتصدعة**، مرجع سبق ذكره، ص 9.

جدول (10.3): نسب الفقدان الفيزيائي لقيمة البلاطات والجوائز:

العيوب والتشوهات	قيمة العيوب والتشوهات	نسبة الفقدان الفيزيائي %
شقوق في منطقة اتصال البلاطات مع الجدران	اتساع الشقوق حتى 0.5 مم	10 - 0
شقوق في البلاطات باتجاه الطول العامل للبلاطة أو شقوق تقلص	اتساع الشقوق حتى 2 مم مجموع طول شقوق التقلص لا يزيد عن 0.8 م على مساحة 1 $م^2$	20 - 11
شقوق في البلاطات بالاتجاه العمودي على الاتجاه العامل، شقوق تقلص كثيرة	اتساع الشقوق حتى 2 مم مجموع طول شقوق التقلص لا يزيد عن 1.5 م على مساحة 1 $م^2$	30 - 21
شقوق، انحناء، آثار تسرب أو رشح مياه	اتساع الشقوق أكثر من 2 مم انحناء حتى 1/150 من المجاز	40 - 31
تطور الشقوق في منطقة الاستناد، انحناء	انحناء حتى 1/100 من المجاز	50 - 41
ازدياد الشقوق والتحنيب مع الزمن	الانحناء أكثر من 1/100 واتساع الشقوق أكبر من 3 مم	100 - 51

مصدر: عبد الحميد كيخيا، مرجع سبق ذكره، ص 10.

جدول (11.3): نسب الفقدان الفيزيائي لقيمة الأعمدة والجدران الخرسانية المسلحة

العيوب والتشوهات	قيمة العيوب والتشوهات	نسبة الفقدان الفيزيائي %
شقوق في منطقة الشد على كامل ارتفاع العمود في الزوايا، انتفاش أو انتفاخ في السطح.	اتساع الشقوق حتى 0.5 مم عمق الانتفاش حتى 5 مم بعدد لا يزيد عن 3 في المتر المربع	40 - 0
شقوق في منطقة الشد والضغط على محيط العمود، انسلاخ في طبقة التغطية الخرسانية، انحناء في حديد التسليح، انحناء في العمود.	اتساع الشقوق حتى 2 مم انحناء في العمود حتى 1/200 من الارتفاع	60 - 41
شقوق على كامل ارتفاع العمود في منطقة الشد والضغط، انسلاخ في طبقة التغطية الخرسانية على كامل الارتفاع، تأكسد في حديد التسليح، انحراف في شاقولية العمود.	اتساع الشقوق أكثر من 2 مم	100 - 61

مصدر: عبد الحميد كيخيا، مرجع سبق ذكره، ص 10.

المطلب الخامس: القواعد الأساسية لعملية التقييم

1) لتصنيف حالة البناء الفنية والإنشائية حسب الدرجات الواردة في الجداول الخاصة بكل حالة تقييم، يكفي وجود ظاهرة واحدة من هذه الظواهر أو عدد منها حسب الدرجة.

2) لتصنيف البناء في إحدى الحالات الواردة في الجداول الخاصة بكل حالة تقييم، مع وجود ظواهر وعيوب غير واردة في الجدول، في بعض المواقف الصعبة والمسئولة، وخصوصاً عندما يتوقف القرار على عدم الاستمرار في استثمار البناء، يجب إجراء تحليل حسابي لحالة التشوهات والإجهادات للعناصر الإنشائية الرئيسة للبناء والعلاقة التبادلية بينها على الحمولات والمواصفات الفعلية المطبقة في مرحلة الاستثمار وذلك من قبل جهة اختصاصية بمثل هذه الأعمال.

3) قبل البدء بعملية التقييم يجب على المهندس القائم على عملية التقييم إعطاء اسم أو رقم لكل عنصر إنشائي (بلاطة، جائز، عمود، جدار) ليتم تمييزه عن الآخر.

4) عند تسجيل العيوب والأضرار الملاحظة في العنصر باسم أو رقم سيتم إحصاء وتقييم النتائج لهذا العنصر التي تمت ملاحظة العيب فيه دون تداخل العناصر في بعضها البعض، للخروج بنتائج وتوجيهات ونصائح بشكل واضح و دقيق.

5) بناء على جميع نتائج الاختبارات يتم اتخاذ القرار اللازم اتخاذه وذلك وفق الحالة الفنية والإنشائية للبناء كما هو مبين في الجدول (**12.3**) التالي:

جدول (12.3): تصنيف حالة البناء

تصنيف حالة البناء	القرار
بناء سليم	لا شيء
بناء يلبي الوظيفة (مقبول)	يجب إصلاح طبقة التغطية، والعيوب الظاهرة
بناء يلبي الوظيفة بشكل محدود (غير مقبول)	يجب تقوية البناء
بناء لا يلبي الوظيفة (قبل الانهيار)	يجب ترميم البناء بشكل كامل مع تدعيمه، يجب التقليل من الحمولات والقوى المؤثرة
الانهيار	يجب الإسراع في تدعيم البناء بشكل مؤقت ورفع الحمولات والقوى المؤثرة، واجراء تدعيم كامل أو إزالة البناء.

مصدر: خالد عباس، مرجع سبق ذكره، ص 39.

الفصل الرابع:

طرق تقوية وترميم وحماية المنشآت

الفصل الرابع

تمهيد

بعد أن تناولنا في الفصول السابقة شرح وافي ومفصل حول ما يتعلق بالعيوب والأضرار التي تتعرض لها المنشآت من حيث أنواعها وأسبابها، وكذلك سرد لكيفية الكشف عنها وتحديد أسس تقييمها، وهذا يوصلنا في النهاية إلى عمليات الإصلاح والعلاج والترميم والتقوية بطرق مدروسة وسليمة ومضمونة، كذلك هذا يوصلنا لطرق الحماية وتلافي الأضرار ومع حدوثها، تم تقسيم هذ الفصل كما يلي:

- **المبحث الأول: طرق ترميم وتقوية المنشآت الخرسانية ؛**
- **المبحث الثاني: طرق حماية المنشآت الخرسانية.**

الفصل الرابع

المبحث الأول: طرق تقوية وترميم المنشآت

في الحياة العملية هناك العديد من تقنيات تقوية المنشآت الخرسانية، هذه التقنيات تتراوح بين طرق بسيطة وسهلة إلى طرق أكثر تعقيدا وأكثر تطورا في هذا المجال.

الطرق البسيطة والسهلة مثل زيادة المقطع الخرساني التقميص (jacketing)، أو إضافة طبقات أعلى العنصر الإنشائي القائم (overlays)، أو زيادة طبقات أسفله (underlays)، ...الخ.

أما في الطرق المتطورة والمتقدمة في عملية التقوية يمكن تحقيقها عن طريق لصق شرائح من الحديد على المقاطع الخرسانية من الخارج بحيث تزيد من قوة هذه العناصر الإنشائية في الشد، أو ممكن زيادة قوتها لمقاومة قوى القص، ممكن أيضا تكون الطرق المتقدمة هذه عبارة عن الشد اللاحق الخارجي بحيث تزيد قدرته للتحمل للأحمال الواقعة عليه، وممكن أيضا أن تكون عبارة عن شرائح الألياف، وممكن أن تكون عن خلائط ذكرية كخلائط تذكر الشكل ...الخ.

المطلب الأول: تعاريف أساسية

1. تعريف الترميم

إصلاح العيوب المعمارية الخاصة بالإكساء وإعادة الوضع على ما كان عليه أو أحسن، وكذلك إصلاح النوافذ، الأبواب، الدهان، الرخام وغير ذلك من العناصر المعمارية.

2. تعريف التدعيم

إصلاح العناصر الإنشائية الحاملة لتصبح قادرة على مقاومة الأحمال السابقة.

3. تعريف التقوية

استخدام أساليب تسبب زيادة قدرة التحمل للعناصر الإنشائية إلى الحد المطلوب.

4. تعريف الاستبدال

إزالة العنصر الإنشائي واستبداله بآخر جديد لفقدان الجدوى الاقتصادية لوجوده[1].

5. تعريف الحماية

هي أن يكون المنشأ في مأمن من العوامل الخارجية التي تؤثر على سلامته سواء كانت عوامل جوية أو كيميائية أو ميكانيكية.

1- يامن علي، **تدعيم الأعمدة البيتونية المسلحة باستخدام الشبكات المعدنية الملحومة المتوافرة محليا**، رسالة أعدت لنيل درجة الماجستير، جامعة دمشق، دمشق، سوريا، 2014، ص 7.

المطلب الثاني: معالجة الشروخ وترميم المنشآت

تتم المعالجة حسب نوع الشرخ كما يلي[1]:

1. معالجة الشروخ الشعرية غير النافذة

هذه الشروخ الشعرية المنتشرة بشكل كبير على الأسطح الخرسانية والتي تنتج عادة من زيادة انكماش الخرسانة يمكن علاجها بدهانها عدة أوجه بمادة إيبوكسية منخفضة اللزوجة يمكنها التسرب داخل الشروخ الشعرية يجب أن يكون سطح الخرسانة تام الجفاف ونظيف وخالي من أجزاء الخرسانة الضعيفة أو المفككة.

صورة (1.4): ملأ شرخ شعري بمادة إبوكسية منخفضة اللزوجة.
مصدر: أسامة طارق، **ترميم وتدعيم المنشآت الخرسانية**، مرجع سبق ذكره، ص 30.

2. معالجة الشروخ الأفقية قليلة الاتساع

في حاله الشروخ الأفقية قليله الاتساع تتم المعالجة على الوجه التالي:

1. يتم توسيع الشروخ من أعلى بعرض 5 مم على الأقل.

2. في حاله الشروخ النافذة حتى السطح المقابل للخرسانة يتم سد الشروخ من الجهة الأخرى باستعمال مونه إيبوكسيه أو بمونة إسمنتية بولمرية.

3. يتم تنظيف الشرخ جيدا وازالة الأجزاء المفككة من الخرسانة ولا يتم علاج الشروخ بهذه الطريقة إلا في حاله تمام جفاف سطح الخرسانة.

4. يتم صب مادة إيبوكسيه قليلة اللزوجة داخل الشروخ مباشرة حتى يمتلئ.

3. معالجة الشروخ العميقة بطريقة الحقن

تصلح طريقه الشروخ بالحقن تحت تأثير ضغط الهواء لجميع أنواع الشروخ الخرسانية الأفقية والراسية سواء كان الشرخ من جهة واحدة أو نافذ إلى السطح الآخر من الخرسانة يتم حقن الشروخ طبقا للخطوات التالية:

1- أسامة طارق، **ترميم وتدعيم المنشآت الخرسانية**، جامعة الاسكندرية، الإسكندرية، مصر، 2007، ص (30-33).

1. يحدد مسار الشرخ ويتم توسيعه إلى عمق وعرض(1-2) سم.

صورة (2.4): توسعة شرخ بعمق (1-2) سم.
مصدر: أسامة طارق، **ترميم وتدعيم المنشآت الخرسانية**، مرجع سبق ذكره، ص 31.

2. يملاء الشرخ بمادة إيبوكسية ويتم العمل من الجهتين في حاله الشروخ النافذة.

صورة (3.4): ملأ شرخ بمادة إيبوكسية.
مصدر: أسامة طارق، **ترميم وتدعيم المنشآت الخرسانية**، مرجع سبق ذكره، ص 31.

3. يعمل ثقوب في السطح السابق لملئه بالمونة الإيبوكسية (من جهة واحده فقط في حالة الشروخ النافذة) وذلك على مسافات تتراوح بين (25 - 50) سم بعمق يتحدد طبقا لعمق الشرخ ودرجة مسامية الخرسانة ويثبت مواسير معدنية في الثقوب.

صورة (4.4): تثبيث مواسير معدنية في ثقوب على مسافات تتراوح بين (25-50) سم.
مصدر: أسامة طارق، **ترميم وتدعيم المنشآت الخرسانية**، مرجع سبق ذكره، ص 32.

4. يبدأ الحقن من أسفل من خلال المواسير المعدنية بعد تثبيت صمام مانع للرجوعية ويتم الحقن باستعمال مواد إيبوكسية قليلة اللزوجة ويستمر الحقن حتى خروج مادة الحقن من الماسورة العلوية التي تلي النقطة التي يتم الحقن من خلالها مباشرة بعد اتمام الحقن من جميع النقاط يتم الحقن من الوجه الآخر في حالة الشروخ النافذة بعد ذلك مسحة بمونة اسمنتية.

صورة (5.4): حقن الشروخ بمواد إيبوكسية ومسحها بمونة إسمنتية.
مصدر: أسامة طارق، **ترميم وتدعيم المنشآت الخرسانية**، مرجع سبق ذكره، ص 32.

4. معالجة الشروخ المتسعة

في حاله الشروخ المتسعة والنافذة يتم العلاج على الوجه التالي:

1. يتم تفتيح الشروخ على هيئه حرف v وتعتمد أبعاد الفتحات على عمق واتساع الشرخ.
2. ينظف الشرخ وتزال جميع الأجزاء المفككة بالهواء المضغوط.
3. يتم ملئ الشرخ باستعمال المواد التالية:

- ✓ المونة الإسمنتية البولمرية ؛
- ✓ المونة الإسمنتية البولمرية المسلحة بالألياف ؛
- ✓ المونة الايبوكسية وفي هذه الحالة يجب أن يكون السطح جافا مع دهانة بطبقة من الإيبوكسي.

في حاله المونة الإسمنتية البوليمرية والإسمنتية البوليمرية المسلحة بالألياف يتم ترطيب الشرخ ثم طرطشه الأسطح بطبقة من مادة رابطه قبل ملئ الشرخ مباشرة.

في حالة استعمال المونة الإيبوكسية، يجب أن يكون السطح جافا تماما ويدهن بطبقة من الكيمابوكسي 150 قبل ملئه بمونة كيمابوكسي 165.

صورة (6.4): خطوات معالجة الشروخ العميقة والمتسعة.
مصدر: أسامة طارق، **ترميم وتدعيم المنشآت الخرسانية**، مرجع سبق ذكره، ص 34.

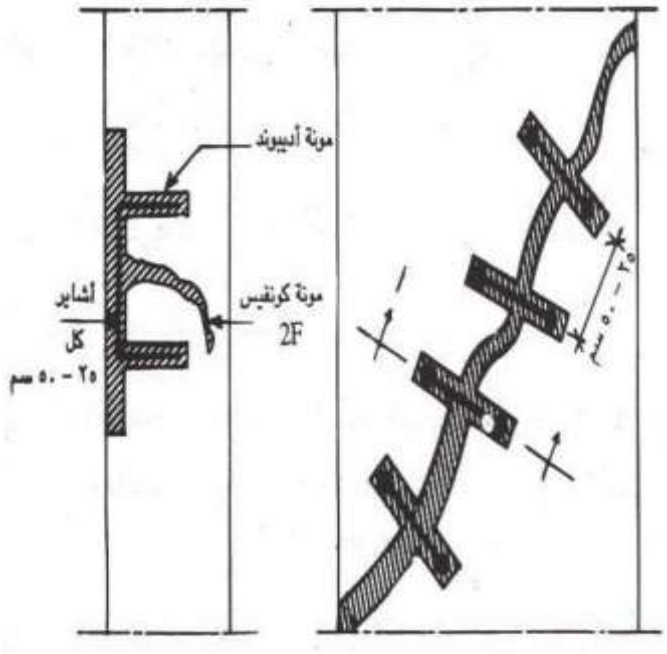
5. معالجة شروخ المباني

في حالة شروخ المباني تتم المعالجة على الوجه التالي:

1. يتم تفتيح الشرخ على هيئة حرف V وتزال جميع أجزاء المباني المفككة، أنظر الشكل **(1.4)**.
2. ينظف السطح الداخلي للشرخ بالهواء المضغوط ويرطب بالمياه.
3. يدهن السطح الداخلي بروبة الأديبوند 65.

4. يملأ الشرخ بمونة كونفيس 2 إف.

5. في بعض الأحوال (مثل حالة الشروخ الإنشائية في الحوائط الحاملة) يتم تزرير الشرخ باستعمال أشاير من حديد التسليح على هيئة حرف U على مسافات تتراوح بين (25-50) سم، وتثبت الأشاير بعمل ثقوب على جانبي الشرخ باستعمال الشنيور وتملأ هذه الثقوب بمونة الأديبوند 65 وتزرع فيها الأشاير، ويفضل دهان الأشاير قبل زرعها بمادة كيمابوكس 131 المانعة للصدأ[1].



شكل (1.4): علاج شروخ المباني.
مصدر: كمال مصطفى، عزيز شنودة، مرجع سبق ذكره، ص 58.

المطلب الثالث: إصلاح وتقوية الأساسات

يختلف أسلوب التدعيم والتقوية باختلاف نوع الأساس، فتدعيم اللبشة يكاد يقتصر على زيادة عمقها، أما تدعيم الأساسات المنفصلة فيأخذ صورا عدة[2]:

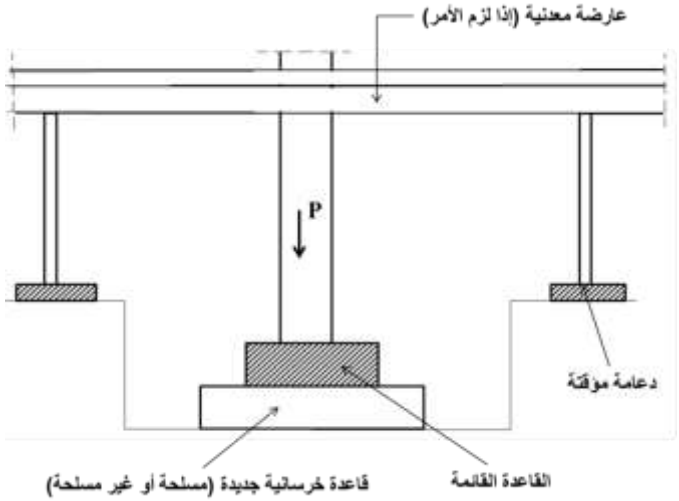
1) زيادة مساحة التحميل السطحية للقاعدة، وهي ثلاث أشكل كما يلي:
   أ. زيادة قاعدة أسفل القاعدة القائمة (underlay) ؛
   ب. تقميص القاعدة القائمة (jacketing) ؛
   ج. إضافة قاعدة فوق القاعدة القائمة (overlay).
2) ربط قاعدتين منفصلتين متجاورتين ؛
3) ربط القواعد المنفصلة كلبشة.

1- كمال مصطفى، عزيز شنودة، **الطرق الحديثة لترميم وتقوية وحماية المنشآت الخرسانية**، دط، القاهرة، مصر، 2000، ص 59.
2- محمد التلباني، مرجع سبق ذكره.

1. زيادة مساحة التحميل السطحية للقاعدة القائمة

أ. إضافة قاعدة أسفل القاعدة القائمة (underlay):

ويتم ذاك بعمل كتلة من الخرسانة المسلحة أو العادية تحت القاعدة بحيث تصبح المساحة السطحية أكبر وتستطيع تحمل الأحمال، وغالبا ما يحتاج الأمر إلى تخفيض أو إزالة حمل القاعدة قبل إصلاحها وذلك باستخدام الدعم المؤقت ويستخدم في ذلك حزام حديدي يرتكز عليه الدعم المؤقت حتى لا يخترق هذا الدعم البلاطة ويقلل من قوى الثقب، بعد ذلك يتم الحفر أسفل القاعدة ويتم عمل أشاير من أجل تقليل قوى القص بين الكتلتين القديمة والجديدة وزيادة الترابط بينهما، ثم تصب القاعدة الجديدة.



شكل (2.4): إضافة قاعدة خرسانية أسفل القاعدة القائمة.
مصدر: من إعداد الباحثتين.

ب. تقميص القواعد المنفصلة (jacketing):

من أجل عمل قميص خرساني نتبع الخطوات التالية:

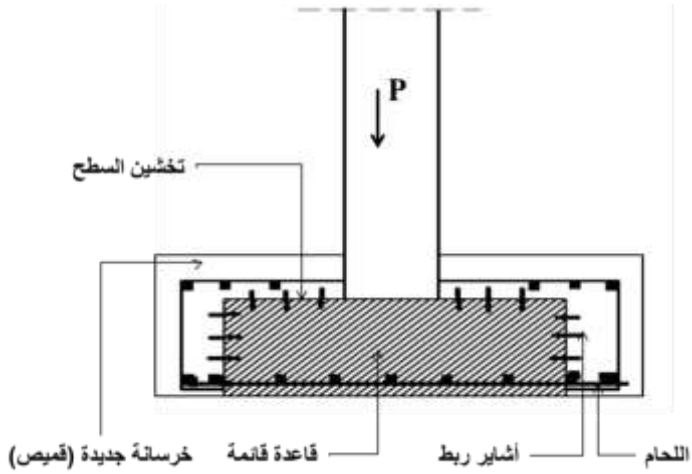
1- إزالة الغطاء الخرساني (البياض) وتخشين السطح من أجل زيادة الترابط بين القاعدة الخرسانية القديمة والقميص الخرساني.

2- فرد حديد التسليح القديم من أجل ربطه مع الحديد الجديد بواسطة اللحام.

3- زرع أشاير ربط من أجل تحمل قوى القص الذي يحدث بين الخرسانة القديمة والجديدة.

4- دهان سطح الاتصال بمادة تزيد تماسك الخرسانة الجديدة بالقديمة.

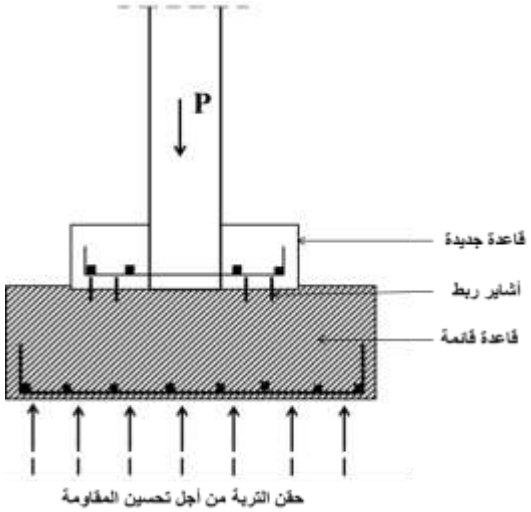
5- صب القميص الخرساني.



شكل (3.4): قميص خرساني للأساسات المنعزلة.
مصدر: من إعداد الباحثتين.

ج. إضافة قاعدة أعلى القاعدة القائمة:

بما أننا لا نستطيع تحسين المساحة السطحية لذلك نحسن التربة التي أسفلها عن طريق الحقن بأي طريقة مناسبة حتى تصبح مقاومة ولا يحدث هبوط، بعد ذلك نقوم بعمل قاعدة مسلحة جديدة فوق القاعدة القديمة، يجب دهان سطح الاتصال بمادة تزيد تماسك الخرسانة الجديدة بالقديمة.



شكل (4.4): إضافة قاعدة جديدة فوق القاعدة القديمة.
مصدر: من إعداد الباحثتين.

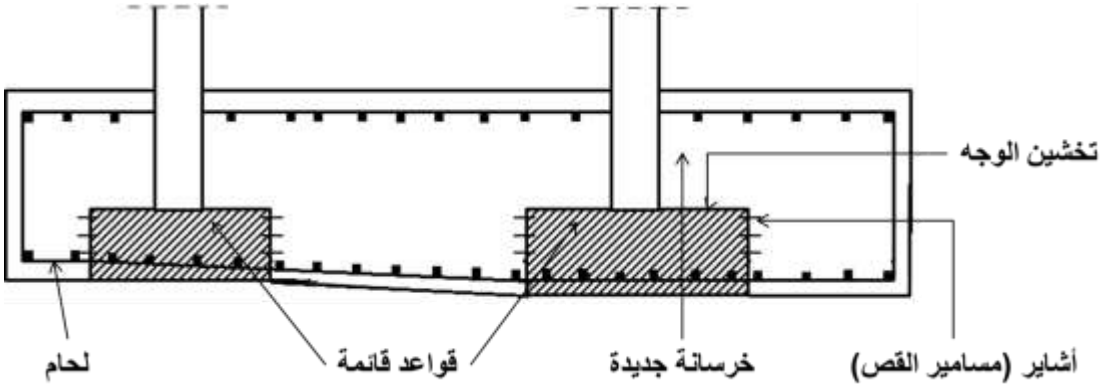
2. ربط قاعدتين منعزلتين متجاورتين

إن عمل القاعدة الشريطية يكون في جزء منه مماثل لعمل قمصان للقواعد الأصلية، وفي الجزء الموجود بين القاعدتين يأخذ شكل القاعدة الشريطية العادية، ومن المشاكل التي تصادف المصمم في هذه الحالات التالية:

-عدم وجود القواعد على خط واحد وفي هذه الحالة يمكن زيادة عرض القاعدة الشريطية أو ربط كل مجموعة على خط واحد تقريبا بقاعدة شريطية.

- اختلاف سمك الخرسانة العادية والمسلحة للقواعد مما يجعل صلب التسليح بها ليس في مستوى أفقي واحد ويمكن في هذه الحالة عمل ميل خفيف في الخرسانة العادية التي تصب بين القاعدتين مع تكسير الخرسانة العادية القديمة بميل لزيادة الرباط.

-ضرورة إضافة تسليح علوي في منتصف البحر بين الأعمدة لمقاومة العزوم السالبة الناشئة في القاعدة الشريطية ويوصى بعمل ثقوب في الأعمدة لإمرار التسليح العلوي، يملأ بعد ذلك بمونة مناسبة.



شكل (5.4): ربط قاعدتين منعزلتين متجاورتين.
مصدر: من إعداد الباحثتين.

3. ربط القواعد المنعزلة كلبشة

نفس تقنية القاعدتين المنعزلتين المتجاورتين.

4. استخدام الخوازيق

إذا كانت هناك طبقة متماسكة وعلى عمق أكبر نقدر على تحمل الحمل من الطبقة الموجود أسفل القواعد مباشرة، فإنه يمكن نقل الأحمال لهذه الطبقة عن طريق الخوازيق (العريضة والقصيرة) أو عن طريق الخوازيق العادية وتنفيذ الخوازيق تحت القاعدة يستدعي إزالة الحمل عنها ثم الحفر لصب الخازوق أما تنفيذ الخوازيق العادية فيتم بإحدى الصور الآتية[1]:

1- دق الخازوق بميل خفيف ثم ربطه بالقاعدة الأصلية أو سحبه تحتها.

2- ثقب القاعدة الأصلية في أماكن الخوازيق ثم عمل رأس للخازوق أسفل القاعدة مع ملء الثقوب بالمونة المناسبة.

3- دق الخوازيق خارج القاعدة ثم صب الوسادة الأعرض تحت القاعدة الأصلية بطريقة الركام الموضوع.

1 – شريف أبو المجد ... وآخرون، **تصدع المنشآت الخرسانية وطرق إصلاحها**، مرجع سبق ذكره، ص 663.

المطلب الرابع: ترميم وتقوية الأعمدة والحوائط الخرسانية

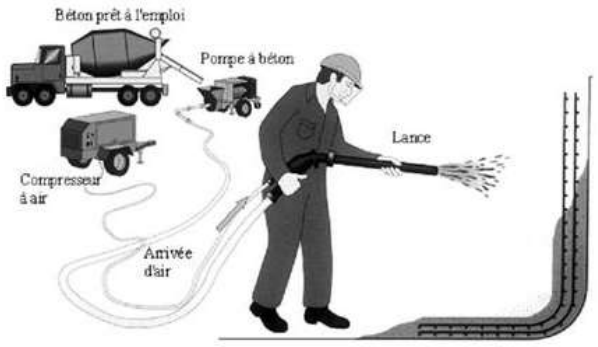
ويتم ترميم الأعمدة والحوائط الخرسانية في حال وجود شروخ مؤثرة في العمود، أو صدأ في حديد التسليح وتطبيل في الغطاء الخرساني، ووجود تعشيش مؤثر في خرسانة العمود، كما يتم تقوية الأعمدة في حالة الرغبة في زيادة حمل العمود سواء بسبب زيادة عدد الأدوار أو بسبب الخطأ في التصميم، وبسبب مقاومة الانضغاط لخرسانة العمود أو نسبة ونوعية حديد التسليح أقل من المنصوص في المواصفات القياسية، كذلك وجود ميل في الأعمدة أكثر من المسموح به في المواصفات القياسية، ووجود هبوط في الأساسات[1].

1. ترميم وإصلاح الأعمدة والجدران الخرسانية

إذا كان لدينا جزء من عمود أو جدار خرساني تعرض لضرر كالتعشيش أثناء الصب أو حدث له صدأ في حديد التسليح أو حدثت له كربة خرسانة، فنحن لسنا بحاجة لإزالة العنصر الإنشائي كله بل يتم إزالة الجزء المتضرر فقط كما يلي[2]:

1- تنظيف الخرسانة القائمة من كل الشوائب.
2- تنظيف حديد التسليح من الصدأ بواسطة مدفع الرمل مثلا.
3- دهن حديد التسليح بمواد مانعة للصدأ.
4- دهن الخرسانة القائمة بمواد من أجل الترابط مع الخرسانة الجديدة.
5- تركيب القالب من أجل الصب.
6- صب الخرسانة الجديدة (عالية المقاومة، عديمة الانكماش، أو محسنة بالبوليمرات ...الخ).

هناك طريقة أخرى لإضافة الخرسانة المستجدة: هي طريقة الخرسانة المقذوفة بواسطة مدفع الخرسانة.



شكل (6.4): إصلاح جدار بواسطة الخرسانة المقذوفة.

مصدر: Joseph Abou Zeid, **Méthodes de réparation et de protection des ouvrages en béton armé**, Université libanaise, Paris, 2016, P 19.

1- كمال مصطفى، عزيز شنودة، **الطرق الحديثة لترميم وتقوية وحماية المنشآت الخرسانية**، مرجع سبق ذكره، ص 60.
2- محمد التلباني، مرجع سبق ذكره.

2. تقوية الأعمدة والحوائط الخرسانية بقميص خرساني

يتم تقوية الأعمدة بعمل قميص خرساني وتعتمد أبعاد القميص الخرساني وأقطار وعدد أسياخ حديد التسليح على المتطلبات التي أدت إلى ضرورة عمل القميص طبقا للخطوات التالية[1]:

1- تزال طبقات البياض وينظف السطح الخرساني جيدا ثم يتم زنبرة جميع الأسطح بطريقة لا تؤثر على سلامة العمود.

صورة (7.4): إزالة طبقات البياض بالمطرقة أو بالشنيور.

2- تزرع أشاير لربط الكانات المستجدة للقميص في الاتجاهين على مسافات 25-50 سم وتزرع الأشاير عن طريق عمل ثقوب في سطح العمود بقطر يزيد بمقدار 2 مم عن قطر الأشاير أي في حدود 5 إلى 7 مرات قطر الأشارة.

3- تنظيف الثقوب جيدا بالهواء المضغوط وتدهن من الداخل بمادة كيمابوكسي 150 ثم تملأ بمونة كيمابوكسي 165 وتزرع الأشارة ويراعى أن تكون الأشارة بطول كاف لربطهما مع الكانات المستجدة للقميص برباط سلك.

صورة (8.4): زرع الأشاير لربط الكانات في العمود.

1- أسامة طارق، **ترميم وتدعيم المنشآت الخرسانية**، مرجع سبق ذكره، ص (100-101).

4- تزرع أشاير للحديد الرأسي بنفس العدد والقطر المستعمل في حديد التسليح الرأسي وبطول لا يقل عن 50 مرة قطر الأشارة، وتزرع هذه الأشاير عن طريق عمل ثقوب في القواعد الخرسانية المسلحة أو في الكمرات طبقا للحالة ويكون قطر الثقوب أكبر من قطر الأشارة بمقدار 4-2 مم وعمقها في حدود 5 إلى 7 مرات قطر الأشارة، تنظف الثقوب بالهواء المضغوط وتدهن بمادة كيمابوكسى 150 ثم تملأ بمونة كيمابوكسي 165 وتزرع الأشارة.

صورة (9.4): زرع أشاير في القواعد الخرسانية والكمرات.

5- يتم تركيب الحديد الرأسي ثم الكانات طبقا لتصميم قميص العمود.

6- يتم دهان سطح العمود بمادة كيمابوكسي 104 لربط الخرسانة المستجدة بالخرسانة القديمة ويراعى أن يتم صب خرسانة القميص قبل جفاف الدهان.

7- يصب القميص من خرسانة القميص من خرسانة غير منكمشة تتكون من الركام الرفيع (الفينو) والرمل والإسمنت بنسبة لا تقل عن 400 كجم/م^3 والاضافات المانعة للانكماش مثل أديكريت BVS أو أديكريت BVF بنسبة لا تقل عن 6 كجم/م^3.

8- يتم صب خرسانة القميص إما عن طريق مدفع الخرسانة (Shotrcrete) أو عن طريق الشدات العادية بعمل فتحات في الشدة وفى بلاطة السقف وصب القميص على مراحل.

صورة (10.4): صب خرسانة القميص.

3. تقوية الأعمدة الخرسانية بعمل قمصان حديدية

القميص المعدني هو إحاطة العمود في قفص أو أنبوب معدني مكون من قضبان وزوايا مسطحة أو صفائح ملحومة[1]، تستعمل القمصان الحديدية في حالة وجود الحاجة إلى ترميم العمود وزيادة تحمله بدون زيادة الأبعاد الخرسانية وتتبع الخطوات التالية:

- تملأ أماكن الأحزمة بمونة أديبوند 65 أو كونفيس 2 إف أو كيمابوكسي 165.

- يزال الغطاء الخرساني في الأماكن بين الأعمدة.

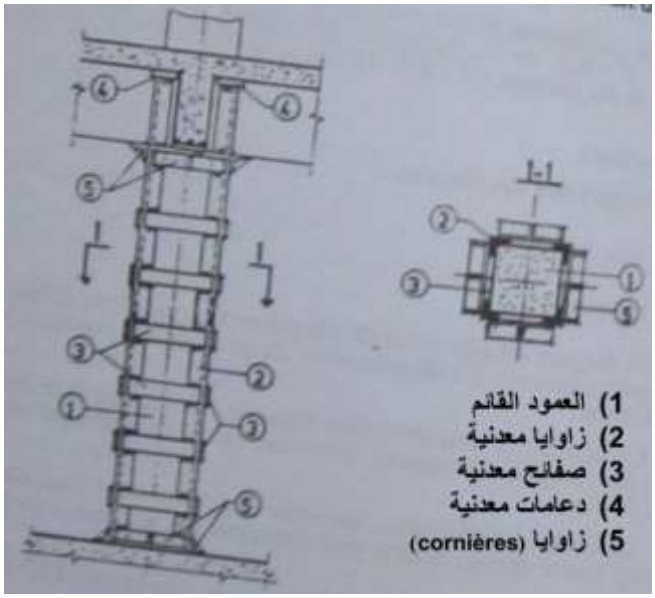
- ينظف حديد التسليح من الصدأ.

- يدهن حديد التسليح بمادة كيمابوكسى 131 المانعة للصدأ.

يركب القميص الحديدي بالأبعاد والأسماك المطلوبة في التصميم الإنشائي ويمكن تغطي كامل سطح العمود أو من قطاعات صلب الانشاء مثل الخواص والزوايا وغيرها

تملأ الفراغات بين القميص والعمود الخرساني باستعمال مونة كيمابوكسي 165 وفي حالة القمصان المغلقة التي تتكون من الواح من الصلب يترك فتحات في جوانب القمصان لصب المونة اللاصقة على أن يبدا الصب من اسفل الى أعلى

أما في حالة استعمال قمصان من قطاعات مختلفة منا الصلب الانشائي تملأ الفراغات بين هذه القطاعات والعمود بمونية لاصقة ويكمل باقي الغطاء الخرساني في الأماكن المكشوفة بنفس المونة[2].



شكل (7.4): القمصان الحديدية للأعمدة الخرسانية.

مصدر: F.Tabbal … et autres, Référence déjà mentionnée, P 40 .

1- F.Tabbal … et autres, **Catalogue des méthodes de réparation et de renforcement des ouvrages**, OPU/CGS, Ministère de l'habitat et de l'urbanisme, Algérie, 1989, P 40.

2- كمال مصطفى، **عزيز شنودة، الطرق الحديثة لترميم وتقوية وحماية المنشآت**، مرجع سبق ذكره، ص 66.

4. تقوية الأعمدة بشرائح الألياف (الكربونية والزجاجية والأراميدية)

1.4. التغليف بصفائح الألياف الزجاجية (GFPR Wrapping):

أولا يتم تنظيف سطح الخرسانة من ذرات الغبار العالقة عن طريق فرشاة خاصة، ثم يتم استخدام آلة بعد ذلك يتم وضع طبقة ابتدائية على سطح خاصة للحصول على سطح أملس ثم يتم وضع المادة الرابطة والتي تتكون من جزأين: أساس ومقوي، يتم خلطهما معا بنسب متساوية وتطبق على سطح البيتون عن طريق فرشاة يد وبعدها فورا يتم وضع الألياف ولفها حول العمود الخرساني، وخلال اللف يتم أخذ الحذر بحيث تكون الألياف بالاتجاه الأفقي لتعطي تأثير التطويق المناسب عند التحميل[1].

2.4. التغليف بصفائح الألياف الكربونية (CFPR):

ميزة هذه المادة: إن سهولة تركيب هذه المادة يجعل تنفيذها مع استمرار المشروع ممكنا وهي لا تتطلب معدات ثقيلة، كما أنه لا داعي لوصلها كونها موجودة بأطوال كبيرة، وهذه الميزات تجعلها في بعض الأحيان كافية لتكون حلا اقتصاديا يغطي غلاء ثمنها، لهذه المادة ديمومة كبيرة ومقاومة للتأكل وللتأثيرات الكيميائية والأملاح والأتربة والصدأ، وهي مادة ذات مقاومة عالية على الشد، ويمكن استخدامها تحت سطح الماء حيث لها أنواع مناسبة لكل حالة، مقاومتها للتغيرات الحرارية عالية، وهي عازلة ومقاومة للحرائق ولذلك تنفذ أحيانا على الأبواب، ولا تتطلب قوالب، ويمكن استخدامها في الأماكن الضيقة والحرجة، كما يمكن استخدامها في تدعيم أعمدة الجسور دون إيقاف الحركة المرورية عليها، لها عوامل مرونة ومواصفات هندسية جيدة متوافرة بأبعاد (طول، عرض، سمك) مختلفة، توجد ألياف باتجاه واحد أو باتجاهين، ذات منظر جميل وصفائحها رقيقة لذا يمكن استخدام أكثر من طبقة للتقوية، كما يمكن استخدام هذه المادة لتقوية العناصر البيتونية، والحديدية، والخشبية، والحجرية[2].

طريقة التنفيذ: هذه التقنية مفيدة في حالة الخسارة الكبيرة في مساحة الحديد الرئيسي، وعندما يخضع الهيكل لإضافة أحمال مقارنة بما يمكن أن يدعمه، تتضمن هذه الطريقة لصق شرائح من قماش ألياف الكربون على الأسطح المعيبة، خطوات التطبيق التالية وفقًا لـ "ASLAN FRP" ، هي ضرورية:

1. يجب تحضير الأسطح بواسطة السفع الرملي أو النفخ بالماء لكشف أسطح الركام الناعم.

2. إجراء اختبارات الانسحاب (عملية بالقرب من السطح، يتم فيها ربط قرص صلب دائري بسطح الخرسانة باستخدام راتينج إيبوكسي أو بوليستر، القوة المطلوبة لسحب هذا القرص من المنطقة بطبقة من الخرسانة المرفقة، يقاس).

3. قياس نعومة أو تسطيح السطح المعد، سيؤدي السطح غير المستوي إلى تقشير مبكر للصفائح، يتم قياس ذلك عن طريق وضع مسطرة مستقيمة على السطح المُجهز، يجب ارتداء المساحات غير المستوية بمدافع الهاون أو المعجون.

1- محمد حسام الملك، **دراسة تأثير تقوية الأعمدة البيتونية بالألياف الزجاجية GFRP**، دراسة أعدت لنيل درجة الماجيستر، جامعة دمشق، دمشق، سوريا، 2015، ص 45.

2- غ العسراوي، م سمكري، **دراسة التشوهات وأشكال الانهيار للأعمدة المدعمة بألياف الكربون**، مجلة جامعة دمشق للعلوم الهندسية، 2005، المجلد الحادي والعشرون، العدد الأول، ص (70-71).

4. قبل تطبيق اللاصق الهيكلي على قماش CFRP، يتم مسح الجانب المصنوع من الرمل أو الخشن من الصفيحة باستخدام الأسيتون أو أي مذيب آخر حتى يتم إزالة أي بقايا زائدة من لوحة الكربون.

5. يتم تطبيق مادة لاصقة هيكلية على كل من الكربون وسطح الخرسانة.

6. يتم وضع القماش بعناية وضغطه في مكانه باستخدام بكرة مطاطية صلبة لتحقيق سماكة خط الربط بين 2 مم إلى 3 مم، ثم يتم مسح المادة اللاصقة الزائدة عن الجوانب قبل أن تتصلب.

7. لتسهيل فحص مراقبة الجودة ، يجب تحضير لوحات الاختبار المجاورة للمنطقة التي يتم تعزيزها في نفس الوقت مع كل من العمليات المذكورة أعلاه، يمكن بعد ذلك إجراء اختبار الانسحاب للتحقق من صحة التثبيت[1].

3.4. التغليف بصفائح الألياف الأراميدية (FPR aramid):

غالبًا ما يُطلق عليها اسم KEVLAR، وتأتي ألياف الأراميد من كيمياء مادة البولي أميد المسلحة، هناك نوعان من ألياف الأراميد ذات صلابة مختلفة:

- ✓ ألياف ذات معامل منخفض: تستخدم للكابلات والسترات الواقية من الرصاص.
- ✓ ألياف عالية المعامل: تستخدم في تقوية المركبات عالية الأداء[2].

المطلب الخامس: تقوية وترميم الكمرات الخرسانية

1. علاج صدأ حديد التسليح بدون زيادة الأبعاد أو التسليح

يتم علاج صدا حديد التسليح في الكمرات بدون زيادة الأبعاد أو التسليح طبق الخطوات الأتية[3]:

1- يتم صلب الكمرات عن طريق صلب البلاطات والكمرات الثانوية.

2- تزال طبقة الغطاء الخرساني أعلى حديد التسليح الذي تعرض للصدأ.

3- ينظف حديد التسليح جيدا من الصدأ باستعمال فرش سلك أو بمسدس أو فرش سلك مركب على شنيور أو بمسدس الرمل.

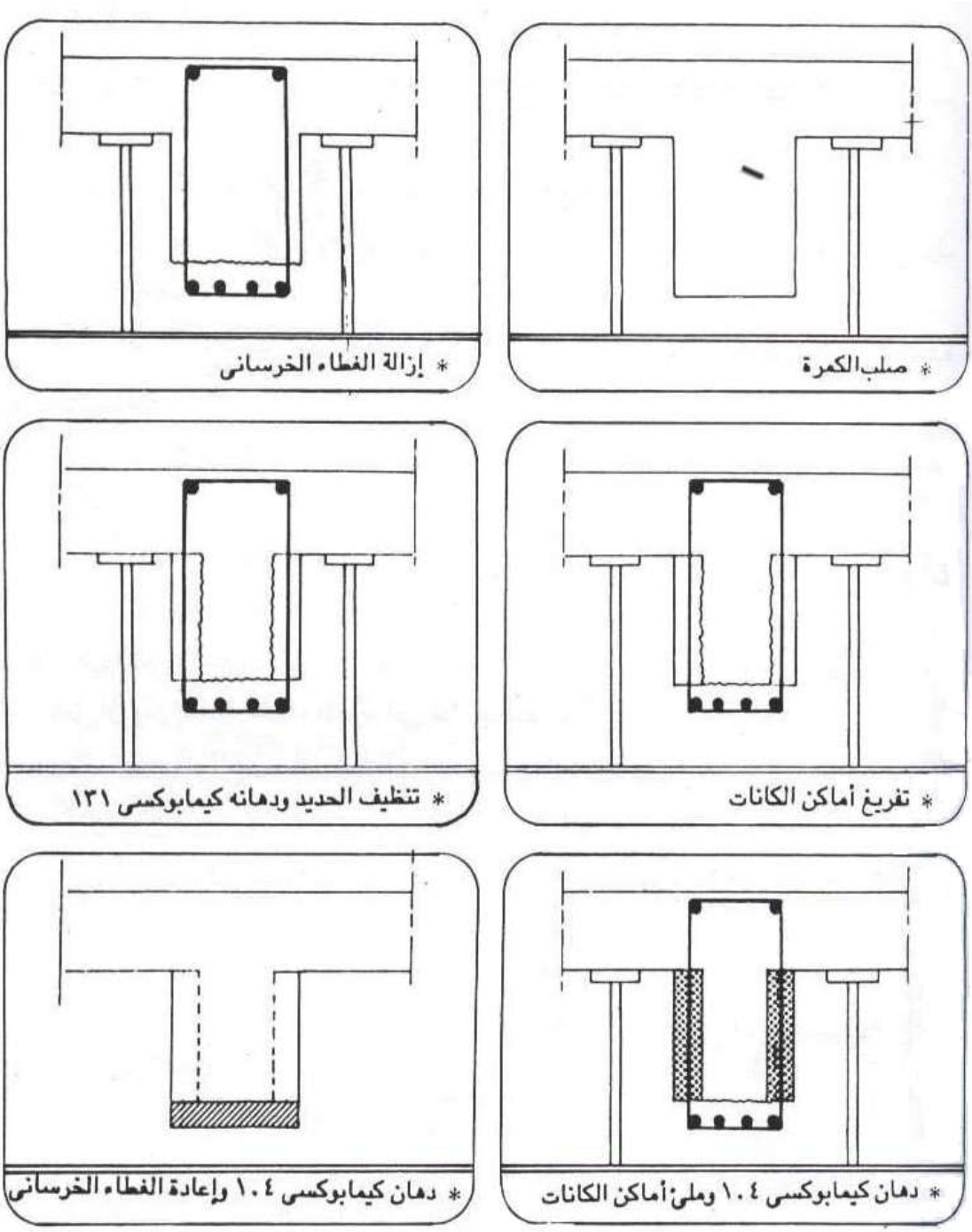
4- يدهن حديد التسليح بمادة كيمابوكسي 131 المانعة للصدأ ويترك 24 ساعة .

5- تدهن الاجزاء الخرسانية اسفل الغطاء الخرساني المزال بمادة كيمابوكسي 104 ويراعى اعادة الغطاء الخرساني قبل تمام جفاف مادة كيمابوكسي 104.

1 - Joseph Abou Zeid, **Méthodes de réparation et de protection des ouvrages en béton armé**, Référence déjà mentionnée, P 22.
2- Yahiaoui Souad, **Etude expérimentale de la durabilité des éléments fissures en béton arme rigidités par les matériaux composites**, Mémoire de Magister, Université Mehamed Bou Gara, Boumerdes, Algérie, 2006, P 28.
3- كمال مصطفى، عزيز شنودة، **الطرق الحديثة لترميم وتقوية وحماية المنشآت**، مرجع سبق ذكره، ص 66.

6- يعاد الغطاء الخرساني أعلى الكانات باستعمال مونة اسمنتية بوليمريه (اديبوند65).

7- يتم صب الغطاء الخرساني لحديد التسليح الرئيسي باستعمال مونة السيتوركس جراوت أو عن طريق التلبيش باستعمال مونة الاديبوند 65 او مونة كونفيس 2 إف[1].



شكل (8.4): علاج صدأ حديد التسليح للكمرات.
مصدر: كمال مصطفى عزيز شنودة، مرجع سبق ذكر، ص 69.

1- كمال مصطفى، عزيز شنودة، **الطرق الحديثة لترميم وتقوية وحماية المنشآت**، مرجع سبق ذكره، ص 68.

2. علاج صدأ الحديد وزيادته بدون زيادة الأبعاد الخرسانية

يتم علاج صدأ حديد التسليح وزيادته طبق الخطوات التالية[1]:

1- يتم صلب الكمرات عن طريق صلب البلاطات والكمرات الثانوية.

2- تزال طبقة الغطاء الخرساني لحديد التسليح الذي تعرض للصدأ.

3- ينظف حديد التسليح جيدا ويدهن بمادة كيمابوكس 131 المانعة للصدأ ويترك لمدة 24 ساعة.

4- تركب أشاير الحديد الرئيسي بنفس العدد والقطر عن طريق عمل ثقوب في الاعمدة بقطر يزيد من 2-4 مم عن قطر حديد التسليح الرئيسي وبعمق 5-7 قطر الحديد الرئيسي وتملأ الثقوب بمادة كيمابوكسى 165 ويثبت بها الأشاير.

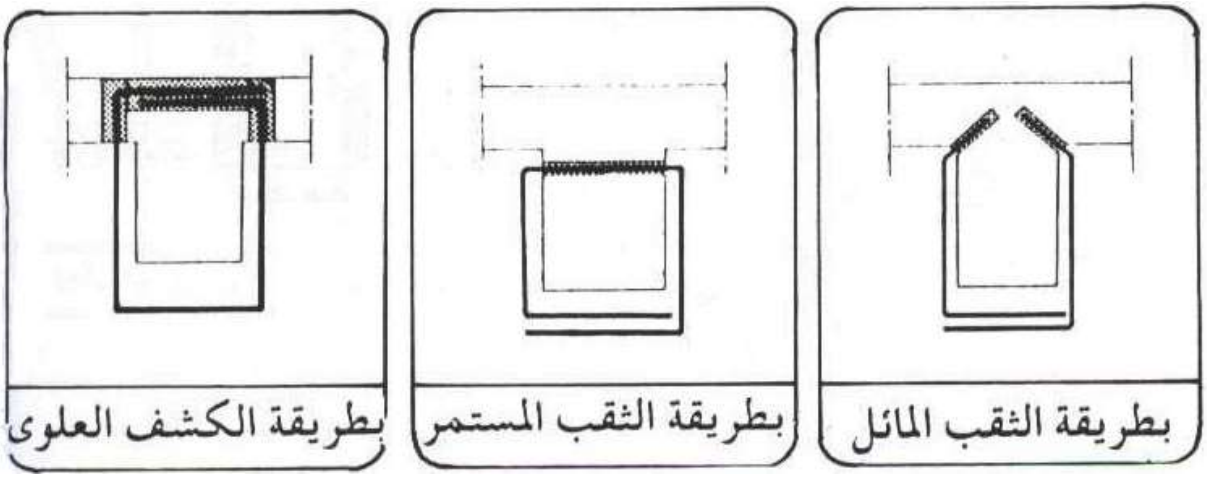
5- يركب الحديد الرئيسي المستجد.

6- تركب الكانات المستجدة عن طريق تثبيت أشاير بمونة إيبوكسية بعمل تجويف في قاع وجانبي الكمرة مقاس 2*2 سم لوضع الكانات بإحدى الطرق الموضحة في الشكل (**7.4**).

7- تدهن الأجزاء الخرسانية في أماكن الغطاء الخرساني المزال بمادة كيمابوكسي 104 على أن يتم إعادة الغطاء الخرساني قبل جفافها.

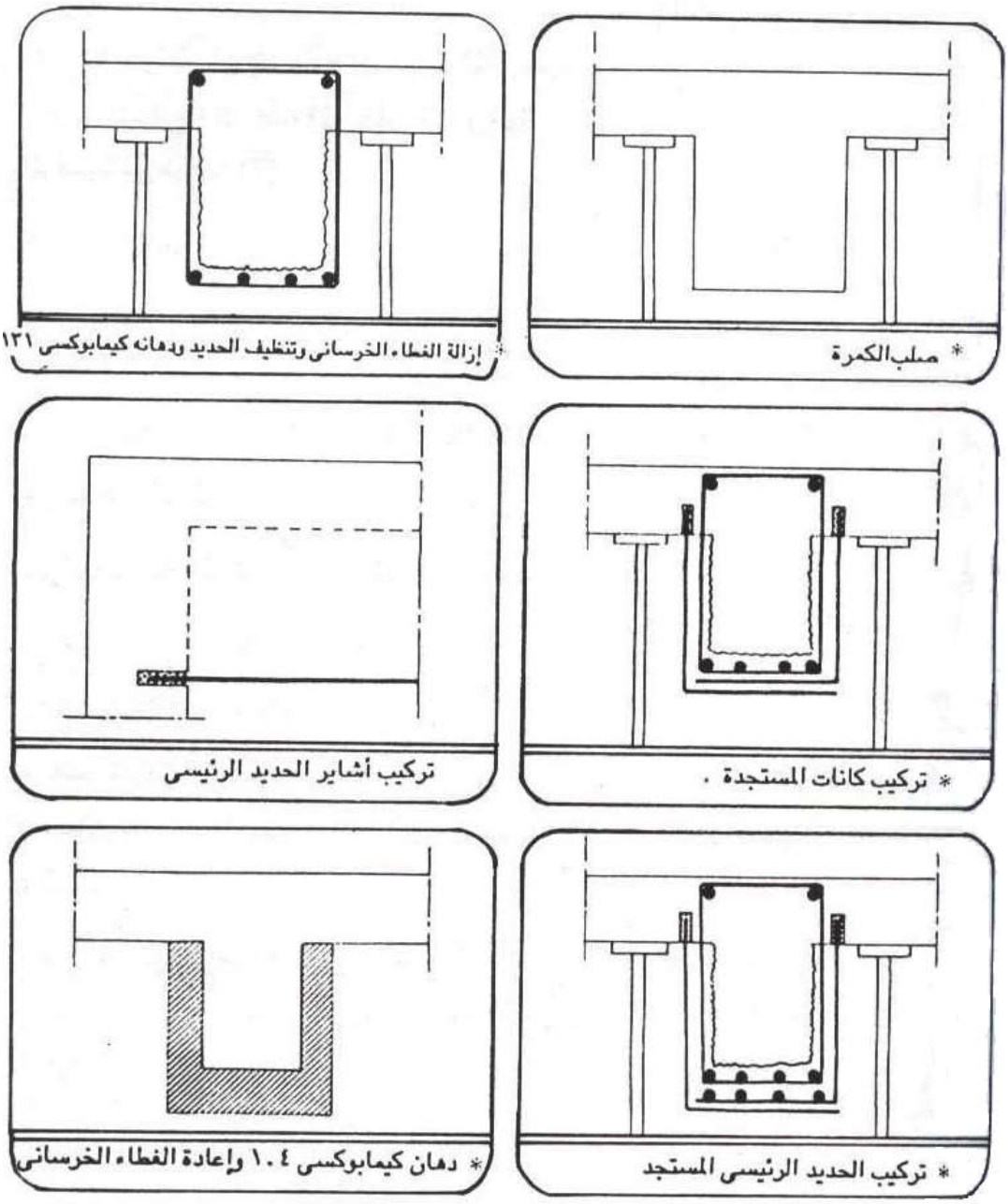
- يعاد الغطاء الخرساني للكانات القديمة والكانات المستجدة باستعمال مونة الاديبوند 65 .

- يصب الغطاء الخرساني للحديد الرئيسي للكمرة باستعمال السيتويركس جراوت أو عن طريق التلبيس بمونة الاديبوند 65 او بمونة كونفيس 2 إف.



شكل (9.4): الكانات المستجدة للكمرات.
مصدر: كمال مصطفى، عزيز شنودة، مرجع سبق ذكره، ص 70.

1- كمال مصطفى، عزيز شنودة، **الطرق الحديثة لترميم وتقوية وحماية المنشآت**، مرجع سبق ذكره، ص 70.



شكل (10.4): علاج صدأ حديد التسليح وزيادته بدون زيادة الابعاد الخرسانية للكمرات.
مصدر: كمال مصطفى، عزيز شنودة، مرجع سبق ذكره، ص 71.

3. تقوية الكمرات بزيادة حديد التسليح والأبعاد الخرسانية

يتم زيادة حديد التسليح والأبعاد الخرسانية بغرض تقوية الكمرات وزيادة مقاومتها للأحمال ويراعى أن يتم علاج أي عيوب تكون موجودة بالكمرة مثل الشروخ أو صدأ بحديد التسليح قبل البدء في عملية التقوية ويتم تقوية الكمرات طبق الخطوات الآتية[1]:

1- كمال مصطفى، عزيز شنودة، **الطرق الحديثة لترميم وتقوية وحماية المنشآت**، مرجع سبق ذكره، ص 72.

1- يزال البياض وينظف السطح جيدا ويتم زنبرتة من جميع الجوانب.

2- تركب أشار لحديد التسليح الرئيسي بنفس العدد والقطر عن طريق عمل ثقوب في الأعمدة بقطر يزيد من 2-4 مم عن قطر حديد التسليح وبعمق من 5-7 قطر حديد التسليح وتملا الثقوب بمادة كيمابوكسي 165 وتزرع الأشارة.

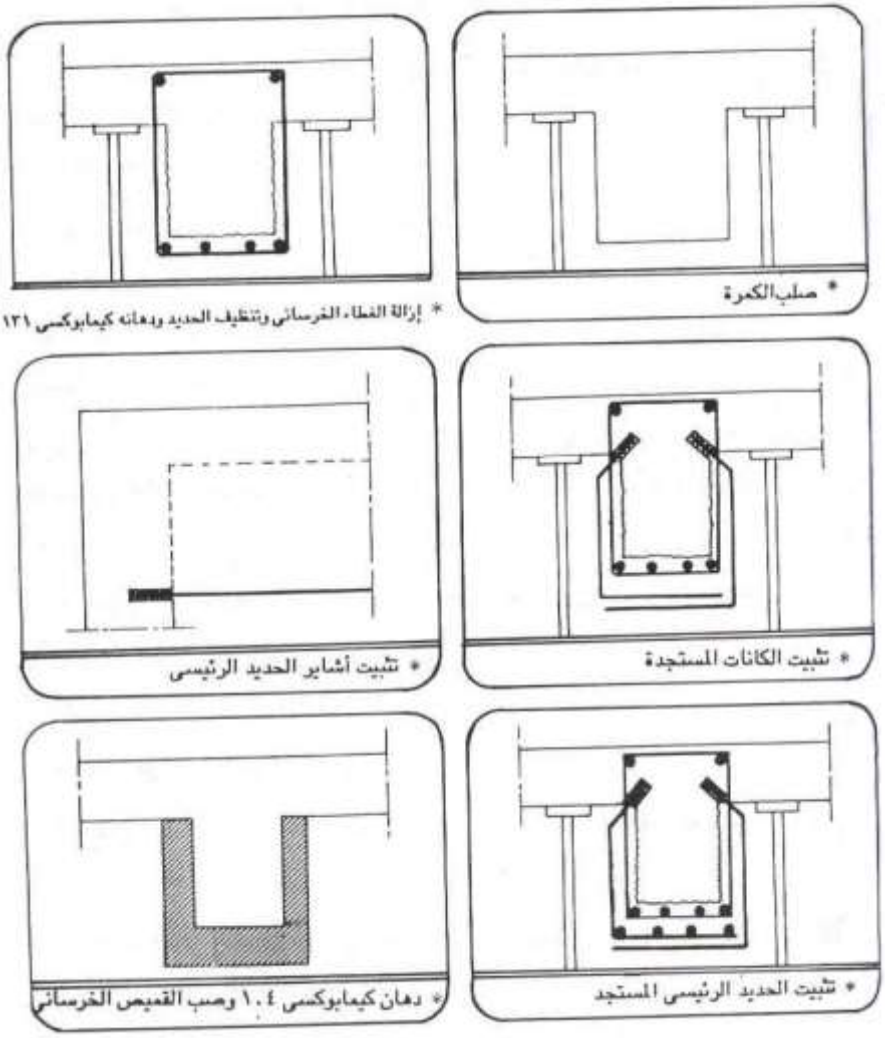
3- يركب الحديد الرئيسي المستجد.

4- تركب الكانات المستجدة بإحدى الطرق المبينة في الشكل (**11.4**).

5- يدهن كامل سطح الكمرات بمادة كيمابوكسي 104 على أن يتم صب القميص قبل تمام جفاف مادة كيمابوكسي 104 .

6- تصب خرسانة القميص من الخرسانة خاصة تحتوي على نسب عالية من الإسمنت وركام فينو ويضاف إليها مادة الأديكريت بي في إس أو الأديكريت بي في إف بمعدل 6 كجم/م^2.

7- يتم باستعمال مدفع الخرسانة أوعن طريق عمل شدات عادية بها فتحات جانبية تصب منها الخرسانة على أن يكمل الجزء الأعلى من الجاكت بالتلبيش بمونة سيتوركس جروات، ويمكن أيضا عن طريق عمل فتحات في البلاطات الخرسانية العلوية.



شكل (11.4): علاج صدأ حديد التسليح وزيادة التسليح والابعاد للكمرات الخرسانية
مصدر: كمال مصطفى، عزيز شنودة، مرجع سبق ذكره، ص 73.

4. تقوية الكمرات بتثبيت شرائح حديدية

يتم تحديد أماكن تثبيت الشرائح وأبعادها وسماكتها طبقا لحالة العلاج المطلوب، وتستعمل هذه الطريقة في الأحوال الأتية[1]:

1- تقوية الحديد الرئيسي العلوي والسفلى للكمرات.

2- زيادة مقاومة اجهادات القص (shear strength) نتيجة لضعف الكانات أوالحديد المكسح (bent bars)

3- تقوية الكمرات في حالة وجود الشروخ النافذة ويتم لصق هذه الشرائح بعد علاج الشروخ بالطرق السابقة، وفي جميع الأحوال يتم تثبيت الشرائح الحديدية في الكمرات الخرسانية بطريقة للصق بمونة ايبوكسية والتثبيت بالمسامير كما يالي:

1- كمال مصطفى، عزيز شنودة، **الطرق الحديثة لترميم وتقوية وحماية المنشآت**، مرجع سبق ذكره، ص 74.

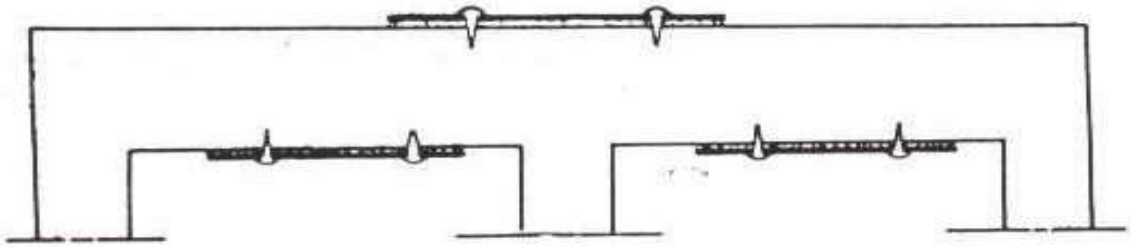
1- يتم عمل زنبرة وتنظيف السطح الخرساني في المنطقة التي سوف يتم تثبيت الشرائح الحديدية عليها.

2- يتم دهان الشرائح الحديدية بمادة كيمابوكسي 131 المانعة للصدأ.

3- يتم عمل ثقوب في الشرائح الحديدية والسطح الخرساني.

4- يتم وضع طبقة من المونة الايبوكسية (كيمابوكسي 165) فوق الشرائح بسمك حوالى 5 مم .

5- يتم تثبيت الشرائح الحديدية في الأسطح الخرسانية بعد دهانها بكيمابوكسي 150 أو باستعمال مسامير فيشر أو هيلتى.

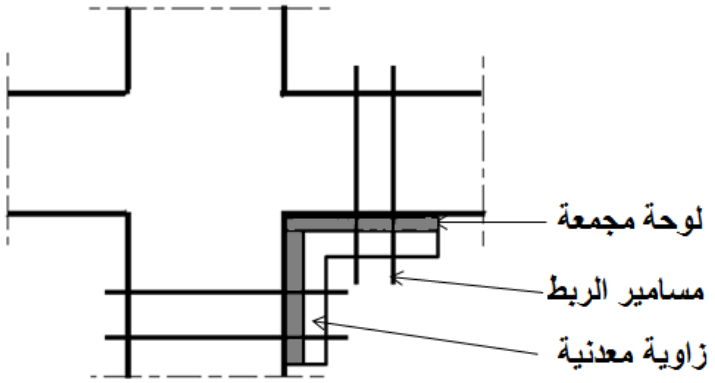


شكل (12.4): تقوية الكمرات بتثبيت شرائح حديدية
مصدر: كمال مصطفى، عزيز شنودة، مرجع سبق ذكره، ص 75.

المطلب السادس: تقوية وترميم العقد (جائز، عمود)

1. الوصلات المقاومة للعزوم

إذا كانت الوصلة ليست مصممة في الأصل لنقل العزوم من الحزام إلى العمود ولكي تصير هذه الوصلة مقاومة للعزوم نقوم بإضافة زاوية معدنية، هذه الزاوية يتم ربطها على الحزام القائم مع العمود القائم بواسطة استخدام مسامير ربط، كما هو موضح في الشكل (**13.4**) [1].



شكل (13.4): وصلة مقاومة للعزوم.
مصدر: من إعداد الباحثتين.

1- محمد تلباني، مرجع سبق ذكره.

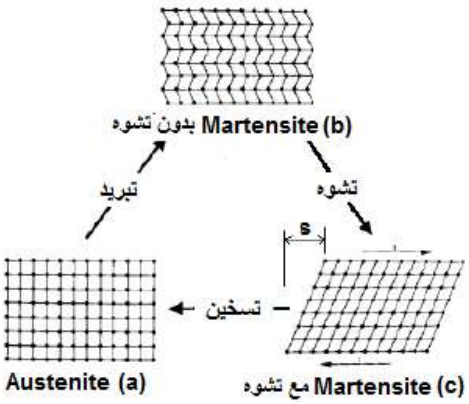
2. استخدام خلائط تذكر الشكل Shape Memory Alloy (SMA)

1.2. تعريف:

هي عبارة عن خلائط معدنية استثنائية ذات قدرة على الخضوع لتشوهات كبيرة مع القدرة على العودة لشكلها الأصلي إما بعد إزالة الإجهاد وهذا ما ندعوه بالمرونة العالية (Super elasticity) أو عن طريق التسخين وهو ما يدعى بأثر تذكر الشكل (Shape Memory Effect)، إن الخواص الاستثنائية لـ SMAجعلت منها مواد ذكية لها إمكانية الاستخدام في منشآت ذكية تستجيب وتتكيف مع التغيرات في شروط التحميل والبيئة المحيطة، أدخلت الـ SMA في مجال واسع من التطبيقات في مختلف المجالات والصناعات، فقد استخدمت في المحركات والصمامات والمحولات وأجهزة الاستقبال وحتى كمخمدات اهتزاز، وحاليا يشهد استخدامها تطورا متسارعا في الحقل الطبي، وفي جميع الحقول الهندسية[1].

2.2. تصنيع الـ SMA

عادة ما يتم تصنيع الـ SMA عن طريق صهر الخليط المعدني في فراغ عالي HIGH VACUUMأو في بيئة غاز خامل وذلك لتجنب حدوث التلوث الذي من الممكن حدوثه إذا ما تفاعل الخليط المعدني مع الأوكسجين، ومن ثم يتم التعامل مع الخليط على البارد أو على الساخن للحصول على الشكل المطلوب كالأسلاك والأشرطة والأنابيب والصفائح والقضبان، لتكون المرحلة الأخيرة من التصنيع هي معالجة تذكر الشكل (Shape Memory) التي تعطي الـ SMA ميزة عن باقي العناصر الإنشائية المعدنية الأخرى، حيث يتم فيها اخضاع الخليط إلى المعالجة الميكانيكية الحرارية لنحصل على خاصتي أثر تذكر الشكل Shape Memory Effect والمرونة العالية، Superelasticity وبهذا نحصل على الشكل النهائي للخليط المعدني ذات الخصائص الميكانيكية المحسنة، عادة ما تبقى درجة حرارة المعالجة تحت درجة التبلور التي عندها تستعيد (تتذكر) السبيكة شكلها، وهنا لابد من التنويه إلا أن السبائك (الخلائط) المشغولة على البارد تستجيب بشكل أكثر وثوقية إلى الشكل المراد نتيجة المعالجة الحرارية من تلك المشغولة على الساخن[2].



شكل (14.4): خاصية تذكر الشكل.
مصدر: ياسين الغرير، مرجع سبق ذكره، ص 122.

1- ياسين الغرير، **تحسين أداء الإطارات المختلطة في المنشآت الهيكلية**، دراسة أعدت لنيل الدكتوراه، جامعة دمشق، دمشق، سوريا، 2015، ص 118.
2- ياسين الغرير، **تحسين أداء الإطارات المختلطة في المنشآت الهيكلية**، مرجع سبق ذكره، ص 119.

المطلب السابع: تقوية وترميم البلاطة الخرسانية

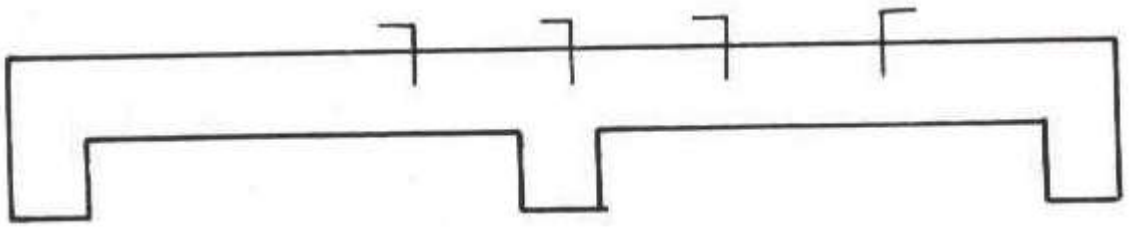
1. تقوية البلاطة الخرسانية بزيادة السمك من السطح العلوي

يتم العمل طبقا للخطوات التالية [1]:

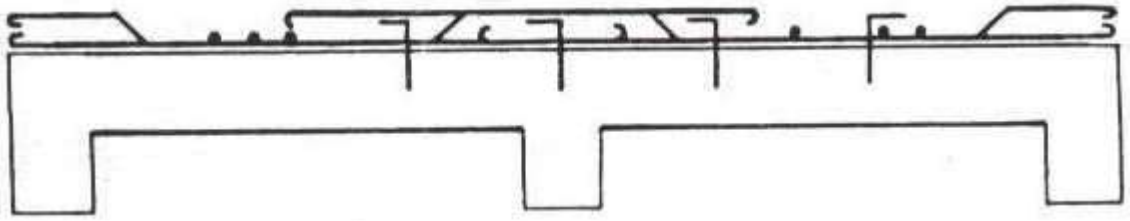
1- تنظيف الأسطح الخرسانية من أعلى جيدا وتزرع أشاير بقطر 8 مم وبعمق 5 سم في سطح البلاطة العلوي على مسافة 25-50 سم في الاتجاهين وتستعمل مادة كيمابوكسي 165 في زرع الأشاير.

2- تركب شبكة من حديد التسليح العلوي في أماكن عزم الانحناء السالب وشبكة من حديد التسليح في أماكن عزم الانحناء الموجب.

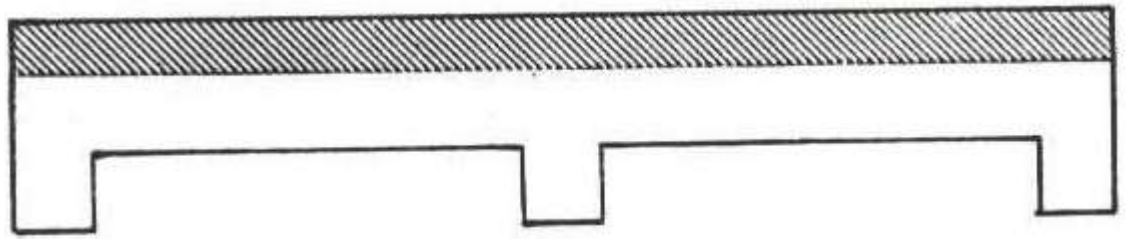
3- يدهن كامل سطح البلاطات العلوي بمادة كيمابوكسي 104، قبل تمام جفاف مادة كيمابوكسي 103.
4- تصب الخرسانة بالسمك المطلوب ويراعى استعمال إضافات تقليل الإنكماش مثل أديكريت بي في إس أو أديكريت بي في إف بنسبة لا تقل عن 6 كجم/م^3 من الخرسانة.



زرع أشاير بكامل سطح البلاطة الخرسانية في مسافات 25-50 سم في الاتجاهن.



تركيب شبكة التسليح المستجدة وربطها مع الأشاير.



دهان البلاطات كيمابوكسي 104 وصب السمك المستجد للبلاطات.

شكل (15.4): تقوية البلاطات بزيادة السمك وحديد التسليح.
مصدر: كمال مصطفى، عزيز شنودة، مرجع سبق ذكره، ص 77.

1- كمال مصطفى، عزيز شنودة، **الطرق الحديثة لترميم وتقوية وحماية المنشآت**، مرجع سبق ذكره، ص 76.

2. تقوية البلاطة الكابولية بزيادة العمق من أعلى

يتم العمل طبقا للخطوات التالية [1]:

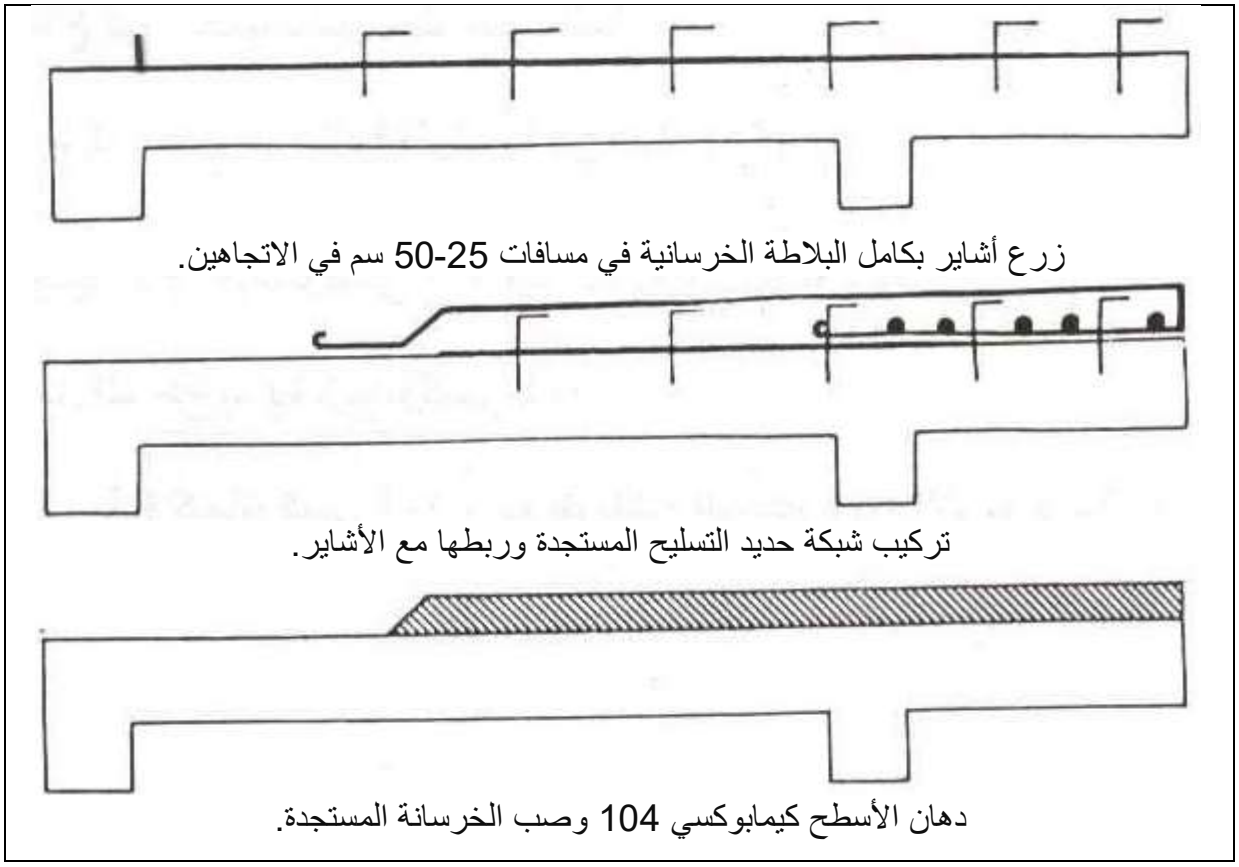
1- تنظيف الأسطح الخرسانية من أعلى جيدا.

2- تزرع أشاير بقطر 8 مم وبعمق 5 سم في سطح البلاطة الكابولية العلوي على مسافات 25-50 سم في الاتجاهين ويستمر زرع الأشاير في البلاطات المجاورة بطول مرة ونصف البلاطات الكابولية.

3- يركب الحديد الرئيسي المستجد للبلاطات الكابولية وكذلك الحديد الثانوي ويراعى أن يمتد الحديد الرئيسي بطول مرة ونصف البلاطات الكابولية.

4- يدهن سطح الخرسانة بمادة كيمابوكسي 104.

5- تصب الخرسانة المستجدة قبل جفاف الدهان بالسمك المطلوب ويراعى استعمال إضافات تقليل الانكماش مثل أديكريت بي في إس أو أديكريت بي في إف بنسبة 6كجم/م^3.



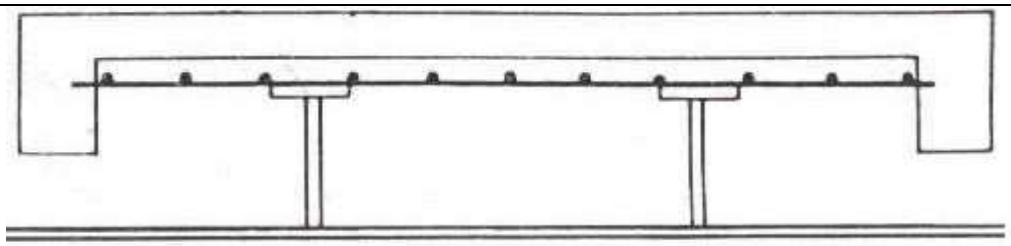
شكل (16.4): تقوية البلاطات الكابولية من أعلى.
مصدر: كمال مصطفى، عزيز شنودة، مرجع سبق ذكره، ص 79.

1- كمال مصطفى، عزيز شنودة، **الطرق الحديثة لترميم وتقوية وحماية المنشآت**، مرجع سبق ذكره، ص 78.

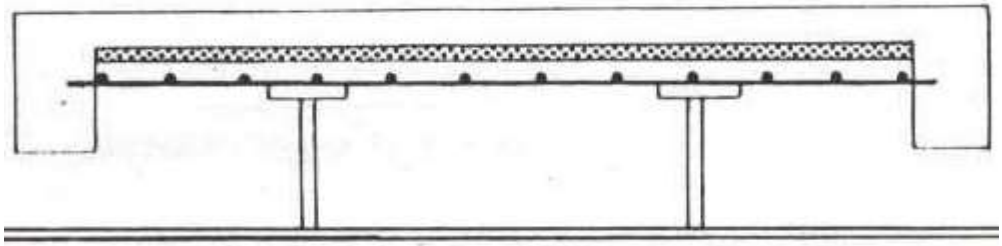
3. علاج صدأ الحديد بالبلاطة الخرسانية

يتم العمل طبقا للخطوات التالية [1]:

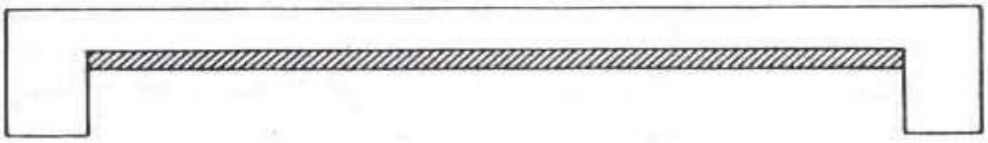
1) تصلب البلاطات.
2) يزال الغطاء الخرساني من الأسفل.
3) يتم تنظيف الحديد من الصدأ.
4) يدهن الحديد بمادة كيمابوكسي 131 ويترك لمدة 24 ساعة ليجف.
5) يدهن كامل السطح بمادة كيمابوكسي 104.
6) قبل جفاف كيمابوكسي 104 يتم طرطشة السطح بروبة الأديبوند 65 .
7) يتم إعادة الغطاء الخرساني من مونة الأديبوند 65 أو المونة الإسمنتية قليلة الانكماش التي تتكون من م^3 رمل و300 كغ إسمنت ويضاف إليها مادة الأديكريت بي في إس أو الأديكريت بي في إف بمعدل 6 كجم /م^3.



صلب البلاطات وإزالة الغطاء الخرساني، وتنظيف حديد التسليح من الصدأ ودهانه كيما بوكسي 131.



دهان السطح كيمابوكسي 104 وعمل طرطشة من روبة الأديبوند 65.



إعادة الغطاء الخرساني.

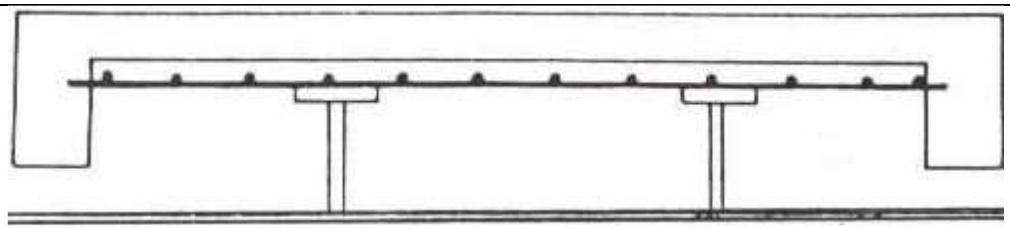
شكل (17.4):علاج صدأ الحديد للبلاطات خرسانية
مصدر: كمال مصطفى، عزيز شنودة، مرجع سبق ذكره، ص 81.

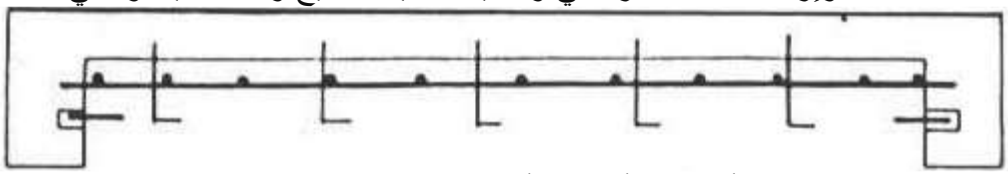
1- كمال مصطفى، عزيز شنودة، **الطرق الحديثة لترميم وتقوية وحماية المنشآت**، مرجع سبق ذكره، ص 80.

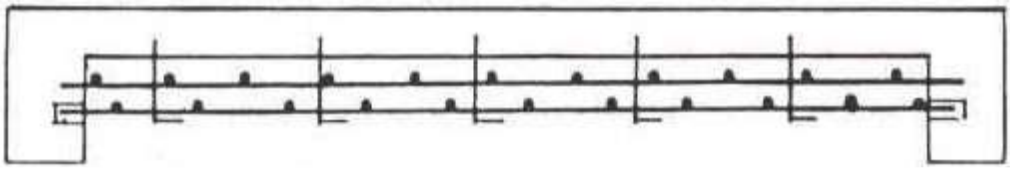
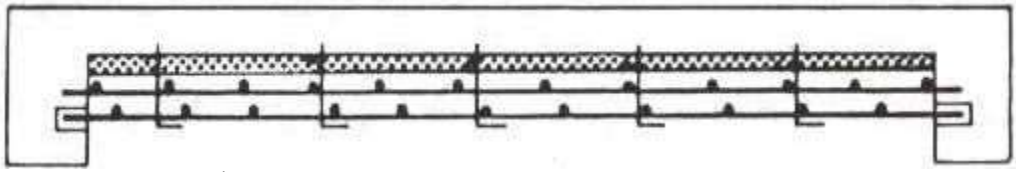
4. علاج صدأ حديد التسليح مع زيادة السمك وحديد التسليح

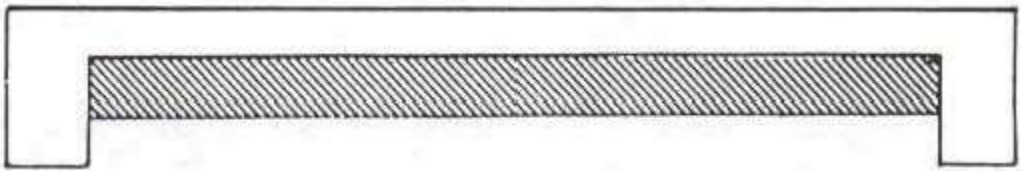
يتم العمل طبقا للخطوات التالية[1]:

1) صلب البلاطات وإزالة الغطاء الخرساني وتنظيف الحديد ودهانه بمادة كيمابوكسي 131 .
2) تركيب الأشاير الرأسية والأفقية كل 25 سم في الاتجاهين.
3) تركيب شبكة حديد التسليح المستجد .
4) دهان السطح كيمابوكسي 104 وعمل طبقة طرطشة بروبة الأديبوند.
5) صب الزيادة المطلوبة من سمك بلاطة السقف.


صلب البلاطات وإزالة الغطاء الخرساني وتنظيف حديد التسليح ودهانه كيمابوكسي 131.


تركيب الأشاير الرأسية والأفقية كل 25 سم في الاتجاهين.


تركيب شبكة حديد التسليح المستجدة

دهان السطح كيمابوكسي 104 وعمل طرطشة بروبة الأديبوند.


صب الزيادة المطلوبة من سمك بلاطة السقف.

شكل (18.4): تقوية البلاطات بزيادة السمك وحديد التسليح.
مصدر: كمال مصطفى، عزيز شنودة، مرجع سبق ذكره، ص 83.

1- كمال مصطفى، عزيز شنودة، **الطرق الحديثة لترميم وتقوية وحماية المنشآت**، مرجع سبق ذكره، ص 82.

المطلب الثامن: طرق تحسين قدرة تحمل التربة

هناك العديد من الطرق لتحسين قدرة التربة على التحمل قبل الإنشاء أو حتى بعد الإنشاء أسفل الأساسات ومن بين أهم هذه الطرق نذكر ما يلي[1]:

1. زيادة عمق التأسيس

زيادة عمق التأسيس هي أبسط طريقة لتحسين قدرة تحمل التربة، تقتصر هذه الطريقة على المواقع حيث يكون مستوى المياه تحت التربة أقل بكثير ولا تؤدي الحفريات (عمليات الحفر) العميقة إلى زيادة تكلفة الأساسات بشكل غير متناسب.

2. تصريف المياه

يعتبر الصرف طريقة معروفة لتحسين قدرة تحمل أنواع معينة من التربة، توضع المصارف (ذات الوصلات المفتوحة) في خنادق عند قاعدة الأساسات فقط، يتم تصريف المياه من باطن التربة والتي يتم تجميعها من خلال نظام مصارف الأنابيب إلى خارج حدود المبنى.

3. تحسين مكونات التربة

عن طريق مزج المواد الحبيبية، مثل الرمل أو الحصى أو الحجر المسحوق في التربة الطبيعية عن طريق الدمك، تصبح طبقة التربة التي تكونت بهذه الطريقة أقوى بكثير وتكون ذات قدرة تحمل محسنة.

4. استخدام الستائر المعدنية

عن طريق حصر التربة في منطقة مغلقة بمساعدة الستائر المعدنية، تستخدم هذه الطريقة مع الأساسات الضحلة في التربة الرملية.

5. استخدام خوازيق الرمل

عن طريق دق ودفع خوازيق الرمال، تعتمد هذه الطريقة على مبدأ تقليل حجم الفراغ للتربة الطبيعية، تصنع الثقوب في التربة الناعمة بمساعدة خوازيق خشبية أو وسائل أخرى ثم يتم ملء الثقوب بالرمل ويدك، يمكن تحسين قدرة تحمل التربة اللينة بشكل ملحوظ من خلال دفع خوازيق الرمل في مسافات بينية قريبة.

ضغط انتفاخ التربة الطينية ينخفض عند إضافة نسب صغيرة من الرمل، فكلما زادت نسبة الرمل كلما انخفض الضغط، لقد ظهر أن إضافة الرمل يزيد من الكثافة الجافة القصوى ويقلل المحتوى المائي الأمثل لنسب تتراوح من 10 إلى 30 بالمئة من الرمل[2].

1- مهندس محمد (2020/04/7)، طرق تحسين قدرة تحمل التربة قبل البناء، تم الإطلاع عليه يوم (2021/07/17)، https://www.handasa.xyz/2020/07/methods-to-improve-bearing-capacity-of-soils.html

2- Benaissa Mohamed, **Etude expérimentale sur la stabilisation des sols gonflants de la région de Mostaganem et de Relizane**, Mémoire de Magister, université Abdelhamid ibn Badis, Mostaganem, Algérie, 2011, P 49.

6. إزالة واستبدال التربة الضعيفة

هي عبارة عن إزالة التربة ذات مشاكل، إذا كانت الطبقة رقيقة فيمكن إزالتها تماما، أما إذا كانت سميكة للغاية فلا يمكن تصور الإزالة الكاملة، فمن الضروري الحفر إلى عمق معين ثم الردم بالرمل أو أي مادة أخرى حصوية[1]، ويتم رصها على مراحل (طبقات رقيقة السمك، لأنه لا يمكن رصها دفعة واحدة)[2]، لكن هذه الطريقة لديها مخاطرة بخصوص الهبوطات التفاضلية للأساسات، يمكن أن يكون استخدام هذا الخيار لأعماق أكثر من أربع أمتار غير اقتصادي.

7. الدمك والضغط

عن طريق تطبيق أحمال حيث يمكن ضغط الأرض بحمولات ثقيلة من الركام أو المواد الأخرى لتسريع الهبوط وتحسين قدرة تحمل التربة، لكن هذا الخيار يمكن أن يؤخر مشروع البناء، حيث قد يتطلب دمج التربة أو هبوطها وقتا من أسابيع إلى سنوات بناء على نوع التربة.

8. اهتزاز (هز) سطح الأرض والأعمدة الحجرية

يتم استخدام هذه الطريقة لتقوية التربة عن طريق إعادة ترتيب وضغط الجزيئات الحبيبية الخشنة لتكوين أعمدة حجرية من سطح الأرض إما باستخدام التربة الحبيبية الخشنة الطبيعية أو عن طريق الإحلال، يتم ذلك عن طريق هزاز بوكر كبير له نصف قطر ضغط فعال من 1.5 م إلى 2.7 م، تكثف هذه الأعمدة الحجرية من التربة المحيطة بها أثناء تشكيلها وتسمى أيضا بإحلال الاهتزاز، تستخدم هذه الطريقة لتقوية الأرض لزيادة قدرة تحمل التربة بمدى يتراوح من 200 إلى 500 كيلو نيوتن / م^2.

9. الضغط الديناميكي للتربة

تعتمد هذه الطريقة على إسقاط الوزن الثقيل حوالي 5 إلى 20 طن من ارتفاع كبير، هذه الطريقة فعالة بشكل خاص في التربة الحبيبية.

عندما يكون الماء موجودًا في باطن الأرض، يتم تصريفه أولا قبل استخدام طريقة الضغط الديناميكي، يتم تحديد شكل وحجم ووزن وارتفاع إسقاط الثقل في الضغط الديناميكي بما يتناسب مع الموقع على حدى، بشكل عام يتم إجراء 3 أو 4 إسقاطات في كل موضع لتشكيل فوهة بعمق يصل إلى 2.5 م وقطر 5 م.

يؤدي استخدام طريقة الضغط الديناميكي إلى حدوث اهتزازات في المناطق المحيطة بسبب السقوط الحر للوزن الثقيل، يمكن أن يسبب هذا مشاكل في الهياكل والمباني المجاورة لذلك، يجب مراعاة ظروف المباني القائمة المجاورة قبل استخدام هذه الطريقة لتحسين قدرة تحمل التربة.

1- Benaissa Mohamed, Référence déjà mentionnée, P 49.

2- **مقابلة مع**: بعزيز مصطفى، مرجع سبق ذكره.

10. الحشو النفاث jet grouting

يمكن استخدام طريقة التقوية هذه في جميع أنواع التربة، يتم الحشو النفاث عن طريق إنزال مسبار مراقبة إلى فتحة محفورة مسبقا قطرها 150 ملم.

يتكون المسبار من نفاثتين، تنفث النفاثة العليا بالماء، وتتركز بالهواء المضغوط لدفع أي مادة سائبة إلى أعلى التوجيه إلى مستوى الأرض، تملأ النفاثة السفلية الفراغ بجراوت الإسمنت شديد التماسك الذي يتحول إلى كتلة صلبة مكونا ما يشبه الأعمدة، قد يستخدم في حقن تربة المشاريع والمباني القائمة التي تعرضت لمشاكل بسبب تربة التأسيس.

11. حقن التربة

حقن الجراوت المتماسك في التربة تحت ضغط كبير، الجراوت لا يختلط مع التربة، تتسبب عملية الحقن في التمدد إلى سلسلة من التكتلات السفلية التي تدفع التربة المحيطة وتزيحها لزيادة الكثافة في التربة المجاورة، عادة يتكون الجراوت من خليط من التربة والإسمنت والماء، على الرغم من أن قوة الجراوت غير مهمة، حيث أن التقنية تكثف التربة بدلا من تقويتها، نظرا لأنها تستخدم معدات صغيرة الحجم ويمكن التحكم فيها وخالية من الاهتزازات، فإن الحشو المضغوط مناسب بشكل خاص للاستخدام أسفل الهياكل القائمة وبالاقتران مع تطبيقات الترميم، ومع ذلك يمكن لهذه التقنية أن تسبب انتفاخا أرضيا في التربة السطحية التي تفتقر إلى ما يكفي من القوة المكثفة لحصر تمدد الجراوت.

المبحث الثاني: طرق حماية المنشآت الخرسانية

يتم حماية المنشآت الخرسانية عند تعرض العناصر الخرسانية لعوامل خارجية تؤثر على سلامة هذه العناصر مثل:

* العوامل الجوية ويشمل ذلك الأمطار والرياح المحملة بالغازات الصناعية والارتفاع والانخفاض في درجة حرارة الجو.

* تسرب المياه نتيجة لعدم كفاءة الطبقات العازلة للمياه أو عدم كفاءة وصلات الصرف الصحي والمياه.

* المياه الجوفية التي تحتوي على نسب عالية من الأملاح التي تؤثر على سلامة الأساسات.

* الأبخرة والغازات في المصانع المنتجة للمواد الكيميائية مثل مصانع الأسمدة وغيرها.

* والمواد الكيميائية والمواد السكرية التي تتعرض لها الأرضية أثناء تصنيع المواد الغذائية والأدوية وغيرها.

*الصدم والبري الناتج عن الأحمال الميكانيكية التي تتعرض لها الأرضيات الخرسانية .

وتختلف طرق حماية العناصر الخرسانية طبقا للعوامل المؤثرة، وطبقا لنوعية العنصر الخرساني[1].

المطلب الأول: حماية المنشآت الخرسانية ضد تأثير العوامل الجوية

1. حماية الواجهات الخارجية

في حالة المدن السياحية والمدن التي تزيد فيها كثافة الأمطار يلزم حماية الواجهات الخارجية من تأثير الأمطار وذلك باستعمال دهان السيلكون (مثل مادة كيم تكت)، تدهن مادة كيم تكت على الأسطح الخارجية لحوائط الخرسانة والطوب والحجر والبياض فتتشر بداخل المسام بدون تكوين طبقة دهان ذات سمك أو لون واضح، وتعمل على تجمع قرات المياه وطردها مما يساعد على نظافة الأسطح ومنع امتصاص المياه، ويتم دهان مادة الكيم تكت على الوجه التالي:

- تنظف الأسطح من الأتربة والتلوث أو أي شوائب أخرى تكون عالقة بالأسطح.
- تعالج الشروخ غير الانشائية باستعمال مادة السيتوسيل 400 ولا تعالج الشروخ التي عرضها أقل من150 ميكرو ن.
- يدهن وجه أو أكثر من محلول السيليكون باستعمال الفرشاة أو الرولة أو بطريقة الرش.
- يدهن الوجه الثاني بعد تمام امتصاص المواد وقبل تمام جفاف الوجه الأول.
- يعتمد عدد الأوجه المدهونة على مسامية الأسطح وعادة يدهن من وجهين إلى ثلاثة أوجه.

1- كمال مصطفى، عزيز شنودة، **الطرق الحديثة لترميم وتقوية وحماية المنشآت الخرسانية**، مرجع سبق ذكره، ص 91.

- يعتمد زمن الجفاف على درجة حرارة الجو وعادة يتراوح بين 12 - 24 ساعة.
- تنظف المعدات الاستعمال مباشرة بمادة الكيروسين.

2. حماية الهيكل الخرساني

في حالة زيادة نسبة الرطوبة الجوية أو زيادة الأمطار يفضل عزل الهيكل الخرساني لمنع تسرب المياه والرطوبة إلى داخل الخرسانة مما يسبب صدأ حديد التسليح، سيتم عزل الهيكل الخرساني باستعمال مواد العزل الإسمنتية وذلك على الوجه التالي:

- تنظف الأسطح جيدا وترطب بالماء.
- يخلط الأديكور بالماء بمعدل 10 لتر ماء لكل 50 كجم أديكور ويدهن بالفرشة بمعدل استهلاك حوالي 20 كجم/م^2.
- يتم دهان الوجه التالي بعد مرور 24 ساعة وبعد تنظيف الزوائد والأجزاء الضعيفة بفرشة سلك، الحد الأدنى لعدد طبقات الدهان وجهين.
- يتم بعد ذلك طرطشة الأسطح بروبة الأديبوند ثم عمل طبقة البياض من مونة إسمنتية مضاف إليها مادة الأديكريت بي بمعدل 2 كجم/م^3 [1].

المطلب الثاني: حماية المنشآت الخرسانية من تأثير العوامل الكيميائية

في حالة تعرض أسطح الهيكل الخرساني لتأثير الأبخرة والغازات في المصانع المنتجة للمواد الكيميائية، يلزم حماية الأسطح الخرسانية للهيكل الخرساني باستعمال إحدى المواد البولمرية وذلك على الوجه التالي:

** الدهانات التي أساسها مادة الأكريليك:* تستعمل الدهانات التي أساسها مادة الأكريليك كمواد لحماية الأسطح الخرسانية ضد تأثير الأبخرة والغازات الكيميائية ولتشطيب نهائي للأسطح الخرسانية.

** الدهانات التي أساسها المواد الإيبوكسية:* تتكون معظم المواد الإيبوكسية من مركبين، يتم خلطهما قبل الاستعمال مباشرة، وفي هذه الحالة تصلح الدهانات الإيبوكسية كتشطيب نهائي للأسطح الخرسانية المعرضة الأبخرة المواد الكيميائية [2].

المطلب الثالث: حماية المنشآت الخرسانية من تسرب المياه

يتم حماية المنشآت الخرسانية من تسرب مياه الأمطار أو المياه الناتجة عن عدم كفاءة وصلات الصرف الصحي والمياه بعمل طبقة عازلة من المستحلب البيتومينى (سيروتكت) أو المستحلب البيتومينى المطاط (سيروبلاست) وهذا بتنظيف السطح الخرساني جيدا، ويدهن وجه أولي من

1- كمال مصطفى، عزيز شنودة، **الطرق الحديثة لترميم وتقوية وحماية المنشآت الخرسانية**، مرجع سبق ذكره، ص ص (91-92).
2- نفس المرجع، ص 92.

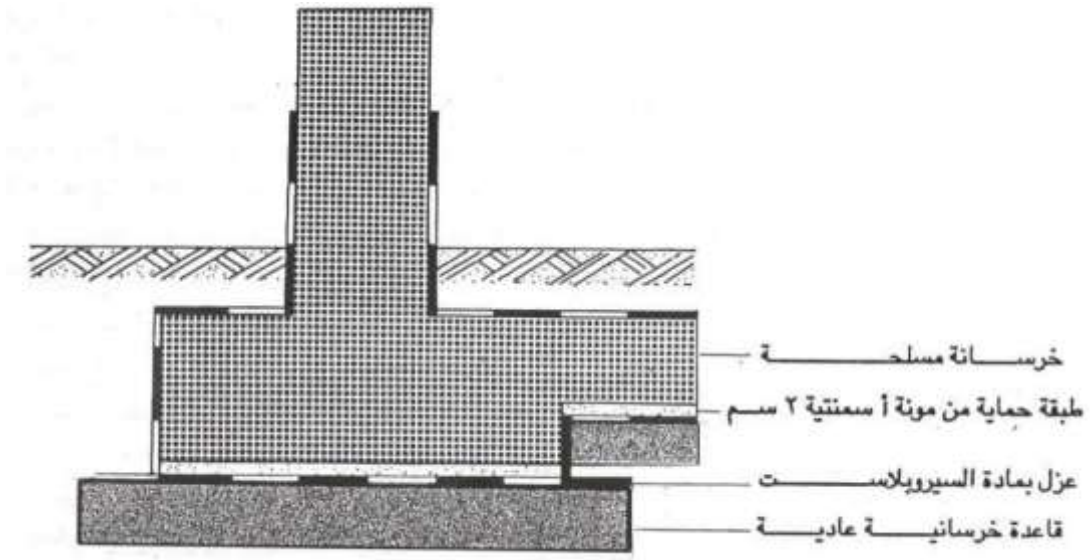
السيروتكت أو السيروبلاست المخفف بالماء بنسبة 3/1، ومن ثم يدهن وجهين أو أكثر من السيروتكت أو السيروبلاست طبقا لمعدل الاستهلاك المطلوب.

ويراعى عمل طبقة حماية للطبقة العازلة من السيروتكت أو السيروبلاست عند تعرض هذه الطبقة للعوامل الجوية [1].

المطلب الرابع: حماية الأساسيات الخرسانية ضد تأثير المياه الجوفية

في حالة تعرض الأساسات الخرسانية للمياه الجوفية التي تحتوي على نسب عالية من الأملاح تزيد عن المسموح به طبقا للمواصفات القياسية فإنه يجب عمل الاحتياطات اللازمة لعدم تسرب هذه المياه إلى خرسانة الأساسات حيث يؤدي تسرب المياه إلى صدأ حديد التسليح وفي النهاية انهيار المبنى بالكامل، وتتبع الخطوات التالية لحماية الأساسات الخرسانية من تأثير المياه الجوفية التي تحتوي على نسب عالية من الأملاح:

- يجب أن تحتوي الخرسانة المستعملة على نسب عالية من الإسمنت لا تقل عن 300 كجم/م^2 ولا تقل مقاومة الانضغاط للخرسانة عن 200 كجم/سم^2 بعد 28 يوم، ويضاف إلى الخرسانة إحدى الإضافات التي تقلل من مسامية الخرسانة مثل أديكريت دي إم 2 الحديث والذي يضاف بمعدل 0.5% إلى 1 % من وزن الإسمنت المستعمل.
- يتم عمل طبقة عازلة للأساسات من المستحلب البيتوميني سيروتكت[2].



شكل (19.4): عزل القواعد الخرسانية المنعزلة بالسيروتكت.
مصدر: كمال مصطفى، عزيز شنودة، مرجع سبق ذكره، ص 94.

1- كمال مصطفى، عزيز شنودة، **الطرق الحديثة لترميم وتقوية وحماية المنشآت الخرسانية**، مرجع سبق ذكره، ص 93.
2- نفس المرجع.

المطلب الخامس: حماية الأرضيات الخرسانية ضد المواد الكيميائية والأحمال الميكانيكية

1. تقوية الأسطح الخرسانية وزيادة مقاومتها لتكون الغبار

يتم تقوية الأسطح الخرسانية وزيادة مقاومتها عن طريق دهانها بمركب منخفض اللزوجة يتغلغل داخل مسام الخرسانة ويقوي الطبقة السطحية العلوية مثل مادة كيورادور 65، يدهن كيورادور بعد تنظيف الأسطح الخرسانية ويجب أن يتم الدهان بعد فترة سبعة أيام من صب الأرضيات الخرسانية.

2. الدهانات الإيبوكسية للأرضيات الخرسانية

يعتبر إعداد السطح الخرساني من أهم العوامل التي تساعد على أن تؤدي الدهانات وظيفتها لذلك يجب أن تتوفر الاشتراطات التالية في الأسطح الخرسانية:

- سطح صلب خالي من الأجزاء المفككة والتعشيش وفواصل الصب.
- سطح نظيف خالي من الشوائب.
- سطح جاف خالي من الرطوبة.
- خرسانة ذات مقاومة عالية لا تقل عن 200 كجم/سم^2.
- درجة حرارة الخرسانة لا تقل عن 10°م ولا تزيد عن40°م.

3. الأرضيات من المونة الإيبوكسية

تستعمل هذه المونة عندما يكون هناك حاجة إلى مقاومة للأحمال الميكانيكية بجانب الحاجة إلى مقاومة المياه والمواد الكيميائية وذلك مثل أرضيات المصانع خاصة مصانع الأغذية التي تتعرض فيها الأرضيات إلى عوامل ميكانيكية بجانب تعرضها إلى المياه المحملة بالمواد الكيميائية.

المطلب السادس: حماية الأسطح الخرسانية من تأثير الحرارة الجوية

لتوفير الحماية اللازمة هناك نوعيات متعددة من المواد العازلة للحرارة ويعتبر بلاط التايل فوم من أحدث المواد المستعملة في هذه الأغراض، وتنتج هذه الطبقة بألوان وأشكال متعددة لتناسب مجال الاستعمال سواء كبلاطات عازلة للأسقف أو كوحدات عازلة للحوائط لا تحتاج إلى طبقة بياض أو دهان ويستخدم التايل فوم في أسلوب العزل المقلوب للأسطح على النحو التالي:

- دهان طبقة عازلة للمياه من مستحلب البيوميني سيروتكت أو مستحلب البيتوميني المطاط سيروبلاست بمعدل 2 كجم/م^2.
- تركب بلاطات التايل فوم بالمونة الإسمنتية لتحل محل الطبقات العازلة للحرارة والبلاط النهائي للأسطح[1].

1- كمال مصطفى، عزيز شنودة، **الطرق الحديثة لترميم وتقوية وحماية المنشآت الخرسانية**، مرجع سبق ذكره، ص ص (95-96).

الفصل الخامس:

دراسة حالة (دار الضياف بحاسي القارة)

تمهيد

بعد ما تطرقنا في الجانب النظري إلى أنواع العيوب التي تصيب المنشآت والأسباب التي أدت لذلك، خاصة تلك العيوب المتعلقة بالتربة من حيث تكوينها وخصائصها والمناخ المؤثر عليها والبيئة المحيطة بها، كما تطرقنا لكيفية تشخيص هذه العيوب والأدوات المساعدة على ذلك، وهذا من أجل اقتراح حلول لهذه المشاكل.

في هذا الفصل سنحاول إسقاط ما سلف ذكره في الدراسة النظرية على أرض الواقع، وذلك من خلال دراسة تربة منطقة البناية القائمة "دار الضياف بحاسي القارة"، من أجل معرفة نوع التربة وكيفية سلوكها خلال تغيرات المناخ حسب فصول السنة وما تأثير ذلك على البناية، أيضا ما نوع الأساسات اللازم اعتمادها على هذه التربة، كذلك سنقوم بزيارة البناية وندون الأضرار التي تعرضت لها ونقيم مدى خطورتها، وفي الأخير نقوم باقتراح حلول وتوصيات كختام لهذه الدراسة.

تم تقسيم هذا الفصل إلى مبحثين وهما الآتي:

المبحث الأول: تقديم عام لمكان الدراسة "دار الضياف بحاسي القارة" ؛

المبحث الثاني: تشخيص البناية وتقييم الضرر.

المبحث الأول: تقديم عام لمكان الدراسة "دار الضياف بحاسي القارة"

المطلب الأول: تعريف ونشأة دار الضياف

تم إنشاء دار الضياف بحاسي القارة سنة 2005م[1]، من طرف المقاول أولاد عمران بوجمعة[2]، ملك لبلدية حاسي القارة[3].

البناية مكونة من ساحة ومدخل رئيسي وعدة مداخل أخرى وثلاث قاعات ومطبخين ومخزنين وستة مراحيض –أكرمكم الله- ومغسلين في الطابق الأرضي وشرفة رئيسية في الطابق الأول وثلاث شرف لثلاث غرف وإحدى عشرة غرفة نوم كل غرفة مزودة بمرحاض وحمام وخزانة جدارية، كما أن البناية ليس لها مباني مجاورة ولا طرق ولا غيرها البناية معزولة تماما[4].

المطلب الثاني: تقديم منطقة الدراسة

1. موقع منطقة الدراسة

تقع بناية دار الضياف على أرض بمساحة إجمالية 20163.75 م^2 مساحة مبنية 670.55 م^2 ومساحة غير مبنية 19493.20 م^2 [5].

تقع في حي الزيتون بحاسي القارة شرق مدينة المنيعة على الجانب الأيسر من الطريق الوطني RN° 01 المؤدي إلى عين صالح[6]، يحدها من الشمال والجنوب والشرق فضاء أما من الغرب يحدها طريق غير معبد وفضاء[7] انظر الصورة **(1.5)**، الإحداثيات الجغرافية (UTM) المأخوذة بواسطة (GPS) لنقطة في وسط الموقع هي[8]:

1- من الوثائق الخاصة بالبلدية، من مكتب الممتلكات.
2- **مقابلة مع**: بعلي عبد القادر، مرجع سبق ذكره.
3- **مقابلة مع**: أبوطالب فتيحة، مكتب الممتلكات، مصلحة المحاسبة والمالية، 2021/02/28، على الساعة 10:35.
4- من الزيارة الميدانية للباحثتين.
5- من الوثائق الخاصة بالبلدية، من مكتب الممتلكات.
6- من معرفة الباحثتين، فإحدى الباحثتين من منطقة حاسي القارة.
7- من الوثائق الخاصة بالبلدية، مكتب الممتلكات.
8- من موقع جوجل خرائط.

''E;02.71'91Y : 2° ''N;54.38'56X: 30°

صورة (1.5): موضع البناية المدروسة "دار الضياف" سلم 200/1 م.
مصدر: من موقع جوجل خرائط.

2. جيولوجيا منطقة الدراسة

الهيكل الجيولوجي لمنطقة المنيعة جزء من المنصة الصحراوية، معظم الهياكل المهيمنة في هذه المنطقة هي نتوءات من العصر الطباشيري السفلي وكذلك التكوينات القارية للعصر الرباعي.

3. الهيدرولوجيا وعلم المناخ

أ. الهيدروجيولوجيا:

وفقًا للبيانات الجيولوجية، تتميز المنطقة بمستويين مختلفين من طبقات المياه الجوفية (من الأسفل إلى الأعلى):

- ✓ **البركان القاري:** مياهه أحفورية، مخزنة خلال الفترات الممطرة في العصر الرباعي، في التكوينات القارية من الحجر الرملي والطين، يعمل على عمق 200 متر، هو الأكبر في الصحراء.
- ✓ **منسوب المياه:** الماء هذا سطحي، قريب جدا من السطح، يوجد في التكوينات الرباعية، يستفيد من المياه التي يجمعها واد سقر، والتي تأخذ مصدرها من الأطلس ثم تضيع في كثبان العرق الغربية، منسوب المياه 1.40 م ويرتفع تدريجيا باتجاه الجنوب إلى أعماق أقل من 1 م و 0.70 م بحي حاسي القارة.

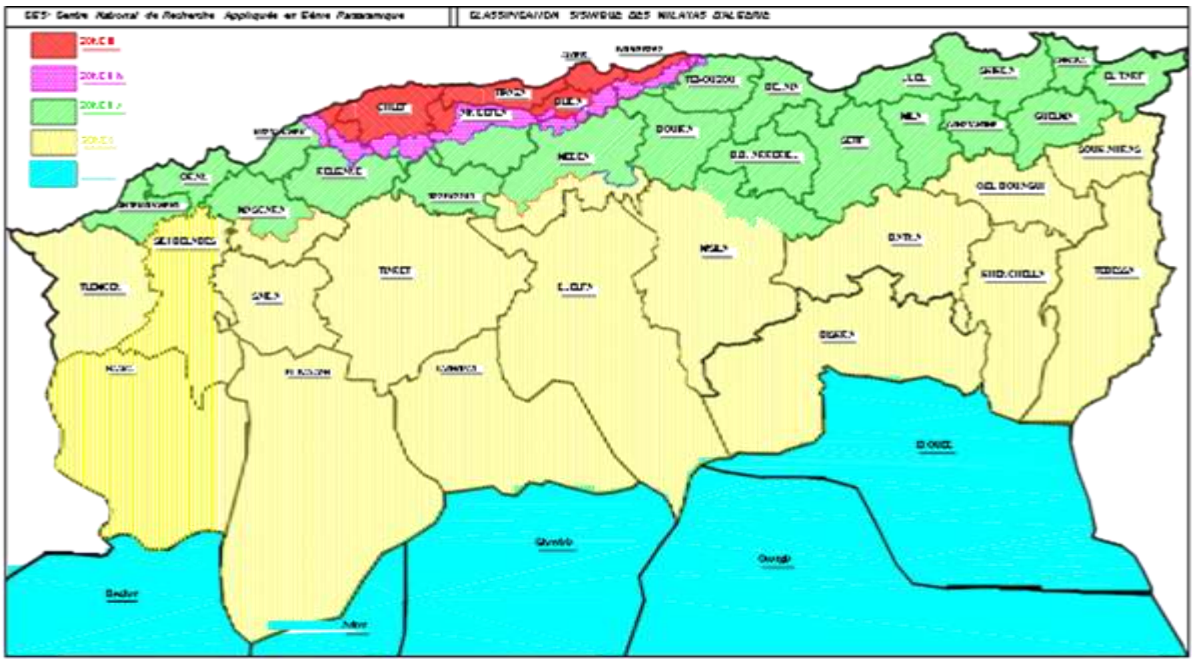
ب. علم المناخ:

مناخ منطقة المنيعة عادة صحراوي (جاف)، يتميز بموسمين: موسم حار وجاف (من أبريل إلى سبتمبر) وآخر بارد (من نوفمبر إلى مارس)، حيث يوجد فرق كبير بين الصيف (35°م) والشتاء (12°م).

يتم تسجيل متوسط سنوي قدره 25°م مع تبخر يصل إلى 200 ملم في السنة وانخفاض هطول الأمطار، ونادرًا ما يتجاوز هطول الأمطار 20 ملم في السنة.

4. زلزالية المنطقة

وفقًا لـ CGS واستنادًا إلى خريطة تقسيم المناطق الجديدة التي تم وضعها في عام 2003 م، تم تصنيف منطقة غرداية بما في ذلك موقع الدراسة في المنطقة 0، والتي تتوافق مع منطقة خالية من الزلازل انظر الصورة (**2.5**).



صورة (2.5): خريطة جديدة لتقسيم المناطق (بعد زلزال بومرداس)
مصدر: CGS (2003)

المبحث الثاني: تشخيص البناية وتقييم الضرر

المطلب الأول: مراجعة الوثائق

للأسف لم نتمكن من الحصول على وثائق المنشأة (كما أوردنا في الفصل الثالث) بسبب تحفظ كبير من المسؤولين، كل ما تمكنا من إيجاده من وثائق، وثيقة تقرير خبرة من طرف هيئة المراقبة التقنية للبناء للجنوب فرع المنيعة بتوصية من مدير الهيئة بغرداية، من خلال تقرير الخبرة اتضح أن دراسة حالة البناية (التشخيص) تمت سنة 2009 م يوم 25 أكتوبر، وكذلك تمكنا من الحصول على دراسة الأرضية التي أنجزها مخبر الأشغال العمومية للجنوب.

1. مراجعة تقرير دراسة الأرضية

للتأكيد من خصائص الأرضية ومدى ملائمتها مع الأساسات المختارة للبناية قمنا باستعمال دراسة الأرضية التي أنجزها مخبر الأشغال العمومية للجنوب في عين المكان والتي أسفرت على ما يلي:

1.1. موقع المشروع:

يقع المشروع موضوع هذه الدراسة ببلدية حاسي القارة بالمنيعة حي الزيتون على يسار الطريق الوطني رقم 01 اتجاه عين صالح.

2.1. الدراسة الجيولوجية للموقع:

مكنت الدراسة الجيولوجية للموقع التي تمت بواسطة عملية سبر عميق من تحديد الطبقات المكونة للأرضية وهي كالتالي:

تتكون الأرضية الحاملة للمشروع من طبقة طينية تحتوي على أملاح متعددة الألوان سمكها يفوق التسعة أمتار (9 م) مغطات بطبقة غير سميكة من الرمل الناعم أحمر اللون، سمك الطبقة الرملية يكبر كلما أتجهنا غربا لم يتم ملاحظة أي مياه جوفية في الموقع على الأقل إلى غاية عمق عشر أمتار (10 م).

3.1. الخصائص الجيوتقنية للتربة:

لتحديد خصائص التربة أجريت مجموعة من التجارب على عينات مأخوذة من الطبقتين المكونتين للأرضية:

1.3.1. الرمل الناعم:

- ✓ يبين التوزيع الحبيبي للرمل بأنه يحتوي على نسبة عالية من العناصر الخشنة (رمل خشن) مما يبين أن التربة عبارة عن رمل خشن ؛
- ✓ بينت تجربة آتربارغ أن الدقائق الموجودة في التربة ذات لدونة ضعيفة إلى منعدمة ؛

- ✓ بين التحليل الكيمائي الطبيعة السلبية للتربة وأنها تحتوي نسبة ضعيفة من الأملاح ؛
- ✓ من تجربة القص المباشر يتبين أن التربة ذات معامل احتكاك عالي وقوة تماسك نسبيا ضعيفة.

2.3.1. التربة الطينية:

- ✓ يبين التوزيع الحبيبي أن هذه التربة تحتوي على نسبة عالية من الطمي ؛
- ✓ معامل اللدونة لهذه التربة محصور بين 22 - 44 % مما يميز بأن التربة عالية اللدونة، جد متأثرة بالماء ؛
- ✓ الكتلة الحجمية للتربة تتراوح ما بين 1.80 و1.90 غ/ سم^3 ؛
- ✓ التحليل الكيمائي للتربة أثبت أن التربة طينية ذات أملاح ؛
- ✓ تجربة القص المباشر بينت أن معامل التماسك عالي بلغ 1.42 بار ومعامل الاحتكاك بين 22° و 25° ؛
- ✓ تجربة الانضغاط بينت أن التربة ضعيفة الانضغاط وقوية الانتفاخ.

4.1. اختبار نوعية الأساسات:

لقد بينت الدراسات أن التربة الطينية لمنطقة حاسي القارة تعتبر جد حساسة لتغير كمية الماء فيها مما يؤثر على حالتها وقدرتها على تحمل أعباء البناية، لذلك وجب اعتماد نوعية أساسات تتماشى مع نوعية وأهمية المشروع.

1.4-1. نوع الأساسات:

الحل الأمثل في هذه الحالة هو اعتماد أساسات سطحية من نوع أساسات مستمرة.

2.4-1. عمق ادماج الأساسات:

بالنظر إلى نوعية التربة المشكلة لأساس المشروع فإننا نقترح أن يكون عمق الأساسات على الأقل 1.5 م من السطح.

3.4-1. قدرة تحمل الأساسات:

بأخذ بعين الاعتبار لخصائص التربة فإن قدرة التحمل المحسوبة بعلاقة ترزاقي (TERZAGUIE) تتعدى 2 بار (2 bar) ولأكثر أمان فإننا نقدر التحمل بـ: 1 بار (1 bar).

4.4-1. التشوهات تحت الأساسات:

نظر للطبيعة الطينية للتربة فإن خطر انضغاط التربة تحت الأساسات يبقى وارد في حال تسرب المياه تحت الأساسات، وعليه وجب حماية الأساسات من كل تسرب للمياه مهما كان حجمه.

5.4-1. عدوانية التربة:

أثبتت التحاليل الكيميائية للتربة بأنها تحتوي على أملاح خطيرة على الخرسانة لذا وجب استعمال اسمنت خاص مقاوم للأملاح لإنجاز كل الخرسانة الملامسة للتربة (أساسات، روابط سفلية، ...الخ).

2. مراجعة وثيقة تقرير خبرة لهيأة المراقبة التقنية للبناء للجنوب

1.2. الملاحظات:

قامت هيئة المراقبة التقنية للجنوب بدراسة خبرة حول المنشأ **"دار الضياف"**، وهذا ما تم ملاحظته:

وجود تشققات كبيرة في الجدران الخارجية والداخلية، وبعد المسوحات التي أجروها في غرف الصرف الصحي، تم ملاحظة ما يلي:

- ✓ سوء تنفيذ غرف الصرف الصحي (جدران غرف التفتيش مصنوعة من الطوب الأحمر) ؛
- ✓ تسرب المياه عبر جدران غرف الصرف الصحي ؛
- ✓ رصف محيط خارج الهيكل غير مقاوم للماء.

2.2. التوصيات:

وبعد ذلك قدمت الهيئة من خلال هذه الدراسة مجموعة من الحلول والتوصيات لانقاد المشروع، وهي الآتي:

طلب إلى صاحب المشروع: **"بلدية حاسي القارة"** (A.P.C Hassi Gara) ما يلي:

1) استئناف شبكة الصرف الصحي داخل وخارج الهيكل وفقا للتوصيات المذكورة أدناه:
   - ✓ ستكون غرف التفتيش مانعة لتسرب الماء ومصنوعة من الخرسانة المسلحة بإسمنت مقاوم للكبريتات (HTS أو CRS) ؛
   - ✓ إزالة غرف التفتيش داخل المبنى ؛
   - ✓ ستكون أنابيب الصرف الصحي (PVC) داخل مزراب خرساني لمنع تسرب المياه أو في حالة حدوث تسرب في الأنابيب.
2) فحص وإصلاح جميع تسربات المياه في أنابيب A.E.P داخل وخارج الهيكل ؛
3) استئناف أعمال الرصف المحيطي خارج الهيكل وفقا للتوصيات المذكورة أدناه:
   - ✓ سيكون رصفا مقاوما للماء ؛
   - ✓ توفير منحدر خارجي لتصريف مياه الأمطار وتجنب ركود المياه بالقرب من الأساسات.
4) إذا تم اتباع التوصيات المذكورة أعلاه بدقة، قم بإغلاق أي شقوق داخل وخارج الهيكل.

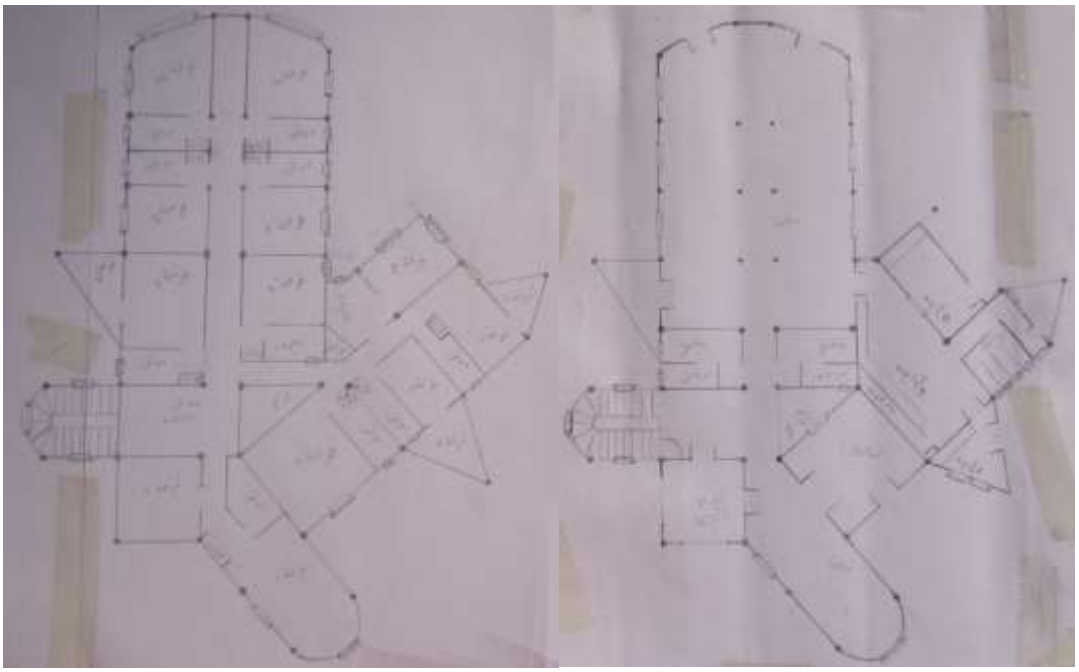
لكن للأسف لم تؤخذ هذه التوصيات بعين الاعتبار مما أدى إلى تدهور حالة البناية وآلت إلى ماهي عليه اليوم (حالة حرجة).

المطلب الثاني: الفحص البصري

من خلال زيارتنا لمحل الدراسة **"دار الضياف"** لاحظنا أن البناية مكونة من دورين (أرضي + أول)، أنظر صورة **(3.5)**، ولا يوجد منشآت مجاورة لها.

صورة (3.5): عدد أدوار دار الضياف

كما تمكنا من تحديد المخطط المعماري للبناية، حيث تمكنا من معرفة أماكن الأبواب ونوافذ ... الخ، الشكل **(1.5)** والشكل **(2.5)**.



شكل (1.5): المخطط المعماري للدور الأرضي. **شكل (2.5):** المخطط المعماري للدور الأول.

كما تمكنا من معرفة النظام المعتمد في إنشاء هذه البناية، نظام الأعمدة والجوائز والبلوكات المفرغة، كل العناصر من الخرسانة المسلحة انظر صورة **(4.5)**.

صورة (4.5): بلاطة الدور الأرضي.

رصف الأرضيات المحيطة بالبناية متدهور جدا ومهترئة، حيث حدث لها انتفاخ واقتلاع للبلاط انظر الصورة (**5.5**)، كذلك البلاط داخل البناية انظر الصورة (**6.5**).

صورة (5.5): الرصف خارج البناية مهترئ.

صورة (6.5): البلاط داخل البناية مهترئ.

آثار رطوبة مياه الأمطار وتسربها في الجدران الخارجية وشقوق مصاحبة لها كما هو موضح في الصورة (**7.5**).

صورة (7.5): تسرب مياه الأمطار عبر جدار درج البناية وشقوق مصاحبة له.

آثار رطوبة مياه الأمطار في بلاطة الشرفات من الأسفل انظر للصورة (**8.5**)، وآثار الرطوبة جراء تسربات مياه الحمامات في سقف الدور الأرضي انظر للصورة (**9.5**).

صورة (8.5): آثار الرطوبة أسفل الشرفات.

صورة (9.5): آثار تسرب مياه الحمامات في الطابق الأرضي.

شقوق أفقية موازية لحديد التسليح الرئيسي في الجوائز انظر الصورة (**10.5**)، وشقوق عمودية موازية لحديد التسليح الرئيسي في العمود انظر الصورة (**11.5**).

صورة (10.5): شقوق موازية لحديد التسليح الرئيسي لجائز.

صورة (11.5): شقوق موازية لحديد التسليح الرئيسي لعمود.

شقوق كبيرة في الجدران الخارجية صورة (**12.5**)، شق عمودي يفصل البناية إلى قسمين عريض من الأسفل ويزداد عرضه في أعلى البناية دلالة على حصول هبوط انظر الصورة (**13.5**).

صورة (12.5): شق كبير في الجدار الخارجي.

صورة (13.5): شق عريض يفصل البناية إلى قسمين.

شقوق أفقية في أسفل العمود انظر الصورة (**14.5**)، شقوق عمودية تفصل بين الجدار والعمود، وشقوق أفقية أسفل الجدار وتفتت الغطاء الخرساني أسفل الجدار بسبب الضغط انظر الصورة (**15.5**)،

صورة (14.5): شقوق أفقية أسفل العمود.

صورة (15.5): تفتت الغطاء الخرساني بسبب الضغط.

شقوق عند زوايا الفتحات مائلة بزاوية 45°، من الخارج ومن الداخل انظر الصورة (**16.5**).

صورة (16.5): من الداخل شقوق عند زاوية فتحة الغرفة 2 مائلة بزاوية 45°.

في الدور الأول كل الغرف متشققة بشقوق مائلة بزاوية 45° انظر الصورة (**17.5**) خاصة عند الفتحات، كذلك متكررة في أماكن عديدة في الدور الأرضي انظر الصورة (**18.5**).

صورة (17.5): شق مائل بزاوية 45° في جدار رواق الغرف بالدور الأول.

صورة (18): شق مائل بزاوية 45° في ركن أحد المغاسل في الدور الأرضي.

كما شاهدنا انفصال الجدران عن الأحزمة، وانفصالها عن الأعمدة في أماكن عديدة من البناية بل أغلب الأعمدة منفصلة عن الجدران ، كما هو موضح في الصورة (**19.5**) والصورة (**20.5**) على التوالي.

صورة (19.5): انفصال الجدار عن الحزام.

صورة (20.5): انفصال الجدار عن العمود.

كما شاهدنا شقوق أفقية في منتصف الجدار في الدور الأول انظر الصورة (**21.5**)، وشاهدنا تساقط لرخام الجدار قرب الأعمدة انظر الصورة (**22.5**).

صورة (21.5): شق أفقي في منتصف الجدار.

صورة (22.5): سقوط رخام الجدار قرب العمود.

ملاحظة تصدعات عند أركان بعض الغرف كما هو موضح في الصورة (**23.5**)، وشقوق نافدة كما هو موضح في الصورة (**24.5**).

صورة (23.5): صدع كبير في ركن إحدى الغرف.

صورة (24.5): شق نافذ في إحدى الغرف.

ملاحظة تقوس في بلاطة الطابق الأرضي بسبب الماء المتسرب من إحدى حمامات غرف الدور الأول كما هو موضح في الصورة (**25.5**)، كما لا حظنا أن جدران غرف الصرف الصحي مصنوعة من مواد منفذة للماء الطوب الأحمر (الآجر) انظر الصورة (**26.5**).

صورة (25.5): تقوس في بلاطة الطابق الأرضي.

صورة (26.5): جدار غرفة صرف صحي من الآجر.

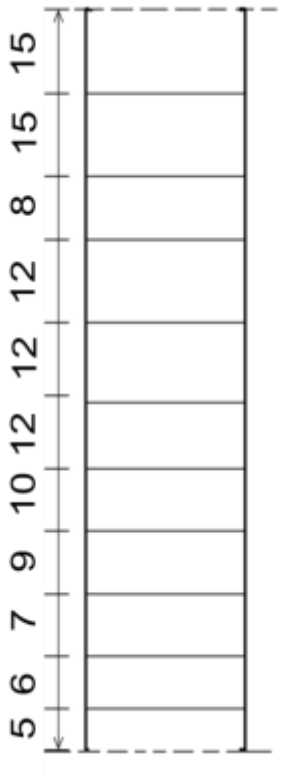
المطلب الثالث: كشوفات وأخذ قياسات موقعية

من خلال الكشف عن الأساسات بواسطة الحفر لاحظنا أن الأساسات المعتمدة في هذه البناية أساسات منعزلة، وهذا مخالف لما ورد في تقرير التربة، ولاحظنا وجود الكمرات من خشب كما هو موضح في صورة (**27.5**).

صورة (27.5): صور توضح أن الأساسات منعزل.

أيضا بعد ما قمنا بالكشف عن حديد التسليح في عمود وسطي بالطابق الأرضي بالطريقة التحطيمية اتضح لنا أن حديد التسليح منفذ بشكل جيد من حيث التصميم كما هو موضح في الصورة (**28.5**)، أين يكون تباعد الكانات متقارب في منطقة رقبة العمود المعرضة لقوى القص كما هو موضح في الشكل (**3.5**).

صورة (28.5): الكشف عن حديد التسليح عن طريق تحطيم الخرسانة.



شكل (3.5): التباعد بين الكانات في العمود المكشوف.

بعدما كشفنا عن حديد التسليح قمنا بقياس سمك الغطاء الخرساني والذي كان بسمك حوالي 3 سم كما هو موضح في الصورة (**29.5**).

صورة (29.5): سمك الغطاء الخرساني.

خاتمة الفصل

من خلال المعاينة تبين لنا ما يلي:

البناية مكونة من دورين (دور أرضي ودور أول) من الخرسانة المسلحة والنظام البلاطات المستخدم هو نظام البلاطات من الأعمدة والجوائز والبلوكات المجوفة، وكما سلف في هذا الفصل هذه البناية "دار الضياف" تم تشييدها في عام 2005، وكان استغلالها عبارة عن دار لضيافة أعوان الدولة كما هو معروف لدى أهل المنطقة.

في عام 2009 تم تشخيص البناية من طرف هيئة المراقبة التقنية للبناء بالجنوب، هذا يعني أنها تعرضت للضرر في وقت وجيز مند إنشائها، من شقوق وتسريب مياه وسوء صرف كما هو مذكور في تقرير الخبرة الذي أنجزوه.

كما أنها معزولة تماما ولا تجاورها أي منشأة أو طريق، لم تتعرض للكوارث الطبيعية (زلازل أو حرائق أو أعاصير)، كما أنها لم تتغير وظيفتها (تغير الاستعمال)، ولا شكلها (تعلية أو إزالة أو إضافة عمود ... الخ)، كما أن سنوات خدمة البناية لم تتعدى الستة عشرة سنة (16 سنة) منذ انشائها، كما تبين لنا عدم وجود أي باب أو نافذة، كذلك عدم وجود تمديدات الكهرباء ولا الماء ولا الغاز، بمعنى آخر البناية مهجورة ومعرضة للخطر لا توجد بها أي حراسة.

توجد شروخ عديدة ومتنوعة من حيث الاتجاه والاتساع والعمق في أماكن مختلفة من الداخل والخارج، فهناك الشقوق المائلة والأفقية والعمودية والواسعة والعميقة والمنورة ... الخ.

وجود أثر لمياه دورات المياه في بلاطة الطابق الأرضي لأغلب دورات مياه الغرف، بسبب أن حمامات الغرف من الخرسانة والبلاط هذا يعني أنها منفذة للمياه، كذلك مياه الأمطار في الجدران الخارجية وأسفل الشرفات، كما لاحظنا وجود غرفة تفتيش من الطوب الأحمر (الآجر) داخل البناية.

ومن خلال عمل بعض الكشوفات تبين لنا البناية مؤسسة على أساسات منعزلة من الخرسانة المسلحة، وهذا منافي لما ورد في تقرير التربة قبل الإنشاء (نوع أساس التربة عبارة عن أساس لبشة[1]).

خلاصة: أغلب المشاكل كانت عبارة عن شقوق بسبب هبوط غير منتظم حصل لأساسات البناية، والسبب في ذلك سبب تنفيذي فالأساسات لم تنفذ كما هو مقرر في دراسة التربة (أساس لبشة) بل نفذت على أساسات منفردة وهذا النوع من الأساسات لا يصلح مع نوع تربة المنطقة، تربة تتأثر بالمياه كما أشرنا لها في الفصل الأول.

سبب آخر هو عدم تنفيذ التوصيات والاصلاحات التي استخلصت من تقرير الخبرة التي أجرته هيئة المراقبة التقنية للبناء بالجنوب للبناية عام 2009 بعد ما تم تشخيصها، بل تركوا الأمر كما هو حتى تفاقم الوضع أكثر وأصبحت البناية في حالة حرجة.

1- **مقابلة مع**: مصطفى مقدم، مدير مكتب دراسات تربة، مكتب دراسات التربة، المنيعة، يوم (2021/02/28).

الحلول المقترحة

بما أن دراسة التربة أثبتت أن التربة طينية أسفل البناية عمقها فاق التسع أمتار هذا يعني أن حقن التربة لا يجدي نفع لأنه مكلف جدا، كذلك نحن لا نعرف عمق هذه التربة لكي نستعمل الخوازيق الشعرية لتثبيت البناية أسفل الأساسات.

وبما أن عدد الشقوق متفاوتة الأحجام والأعماق ومتكررة في جميع أنحاء البناية، ونحن أوردنا في الفصل الثاني لو تكررت الشقوق الخطيرة في جميع أنحاء المنشأة يتم هدمها، لأن إصلاحها يكون غير مجدي اقتصاديا في هذه الحالة ولأن البناية لا يجاورها أي شيء يكون هدمها سهل بدون تقنيات معقدة.

لذلك نقترح هدمها وإعادة بناء محطة قطارات للبضائع أو للركاب لما لها من فائدة تعود على المدينة من ربط ولاية المنيعة بالولايات المجاورة وازدهار التجارة ..الخ، فمن المعلوم أن المدن تزدهر كلما ازدهرت شبكات الطرق بها، وهذا كله بعد إعادة تحسين قدرة تربة التأسيس على حمل الأحمال الواقعة عليها وذلك باستخدام إحدى الطرق التي أوردناها في الفصل الرابع كطريقة استبدال التربة بتربة عالية المواصفات.

الخاتمة العامة

خاتمة

إن موضوع دراسة حالات أمراض المنشآت وتشخيصها من مواضيع الساعة والأكثر أهمية، لما يصيب المنشآت من تدهور، ولما له من تبعيات اقتصادية واجتماعية على حد سواء، لذلك يجب الاهتمام بهذا الموضوع أكثر وإعطائه أولوية وعناية خاصة.

ومن خلال دراستنا لحالات أمراض المنشآت استخلصنا أن دراسة الأرضية ضرورية جدا قبل توقيع أي مشروع، ولا يجب إهمالها، كما نرى كثيرا من الأشخاص يبنون منازلهم دون القيام بدراسة الأرضية، وفي الأخير تبدأ الأضرار في الظهور وتكثر المشاكل، مثل مشكلة هبوط الأساسات، والشقوق التي تتبع هذا الهبوط، عندها يلجؤون لدراسة الأرضية متأخرون من أجل إيجاد الحلول لهذه المشاكل، وهكذا تكون الخسارة أكبر من لو أنهم قاموا بها قبل توقيع مشاريعهم.

كما استخلصنا أن الشقوق هي أخطر ضرر على المنشآت، حيث كلما زاد اتساعها زاد خطرها وأصبحت المنشأة مهددة أكثر.

ومن خلال هذه الدراسة اتضح لنا أن التشخيص ليس له قوانين ثابتة، كما أن مهندس التشخيص والاستشاري التقني يكون ذا خبرة مكتسبة من كثرة الممارسة ودو معرفة واسعة، ليس أي مهندس يمكنه تولي مسؤولية التشخيص و تقييم الضرر.

كما استنتجنا أنه من أجل حلول سليمة يجب أن يكون التشخيص سليم ومناسب من حيث الجدوى والاقتصاد، وهذا لا يكون إلا بمعرفة السبب الرئيسي للضرر وتحديده بدقة ثم علاجه، بعد ذلك يتم معالجة الأضرار الظاهرة.

مثلا: لو كان هناك هبوط في الأساسات في بناية على تربة رملية قريبة من الساحل فحقن التربة حل ليس فعال نتيجة لحركة المياه المستمرة، لذلك الحل الأنسب هو الخوازيق الشعرية بالإضافة أنه يمكن تنفيذه لمعظم أنواع الأساسات.

مثال آخر: لو وجدنا شقوق في بناية ما لا نعالج الشقوق قبل ما نشخص السبب الرئيسي، مثلا هذه الشقوق بسبب صدأ في الحديد أو بسبب هبوط في الأساسات ... الخ، ثم نعالجه بعد ذلك نعالج هذه الشقوق.

وحتى بعد ما نحدد الحلول المناسبة نقوم قبل تطبيقها بتجارب نختبر فيها إن كان الترميم والتقوية والإصلاح جيد وسليم أم لا، وبعد ذلك نقوم بتطبيق هذه الحلول.

كما استخلصنا أنه هناك طرق وتقنيات عديدة لتقوية المنشآت الخرسانية، كل ضرر وما تناسبه من تقنية.

كما استنتجنا أن المقابلات الشخصية مع خبراء في المجال وفنيون ومسؤولون هندسيين هي من أفضل المراجع المعمول بها لإعدادا مذكرتنا بل وأكثر قاعدة فكرية ومهنية عن المجال والمادة المدروسة لدى الباحث.

ومن الجانب التطبيقي استخلصنا أنه كلما تأخر التشخيص والإصلاح كلما تفاقم الوضع أكثر، كما شاهدنا ما حصل لدار الضياف بحاسي القارة، والتي تم تشخيصها عام 2009، من خلال التشخيص يظهر أن الضرر كان بسيط وفي بدايته، وخلال دراستنا لها هذا العام 2021 يظهر لنا أن البناية في حالة حرجة، اثنتا عشرة سنة دون إصلاح، لذلك يجب إصلاح المنشآت مند أول ظهور أو اكتشاف للضرر.

في الجانب التطبيقي واجهنا صعوبات من جهة المسؤولين والموظفين في بعض المؤسسات، حيث لم نتمكن من الحصول على الكثير من المعلومات التي كنا بحاجة لها خاصة وثائق البناية، من مخططات تصميمية وتنفيذية والمواد المستخدمة في الإنشاء وتقرير التربة قبل الإنشاء ... الخ، بسبب تحفظهم الشديد حول هذه المعلومات.

كما تلقينا وعود كاذبة فيما يخص إجراء التجارب التشخيصية التي أوردناها في الفصل الثالث، كتجربة مطرقة شميدر (سيكليرومتر)، وتجربة المنظار المكبر لقياس اتساع الشقوق ...الخ.

أيضا واجهتنا صعوبة موقع البناية يقع خارج المدينة كما هو موضح في الفصل الخامس، وبما أنها خالية ومهجورة وبدون حراسة تعد وكرا للكلاب، حيث في إحدى الزيارات ونحن في الطابق الأول للبناية مر بجانبها كلبان ضخمين، كما لا يمكننا زيارتها إلا بمرافق والمرافق لا يتوفر كلما احتجناه.

التوصيات:

من خلال دراستنا يمكن الوصول إلى التوصيات التالية:

- نوصي قبل البدء في أي مشروع بدراسة الأرضية.
- كما نوصي بتكليف مهندسين متخصصين في مجال التشخيص لهذه الوظيفة.
- نوصي قبل علاج أي ضرر بمعرفة السبب الرئيسي له من أجل الحد منه والوقاية من حدوثه مرة أخرى.
- أيضا نوصي بالإصلاح في وقته دون أي تأخير، مند ظهور أول شق ولو كان رقيق جدا، فالشقوق هي الدليل على قدوم خطر لا يحمد عقباه.
- كما نوصي بالصيانة الدائمة للمنشآت.
- يجب عند تنفيذ الأعمال الخرسانية المسلحة اختيار مكونات الخرسانة من أفضل الأنواع وخالية من المواد الغير نظامية والترابية ومختلف الشوائب والتأكد من حديد التسليح من حيث توضعه ونظافة سطحه وضرورة الانتباه إلى عدم وجود الكلوريدات على حديد التسليح والعمل على تلافيها.

- يجب إضافة كافة المواد التي تفيد في تأمين مواصفات جيدة للخرسانة من حيث النخر، النفاذية، رشح الماء بالطرق العملية الحديثة.
- التأكد من نسب المواد المضافة إلى الخرسانة حيث أن أي زيادة أو نقصان تؤثر في مواصفات الخرسانة.
- التأكد من نوعية التشققات التي تظهر في الخرسانة المسلحة فيما إذا كانت خطيرة ومدى خطورتها وما هي أسبابها.
- اختيار المواد الأنسب لطرق المعالجة ومنع استخدام مواد تؤثر تأثيرا سلبيا من جهة أخرى مع تأمين كافة الوسائل اللازمة للحماية.
- يجب تأمين كافة الاحتياطات لمنع تآكل حديد التسليح.
- تأمين كافة الاحتياطات الأمنية أثناء عمليات الترميم من حماية للأفراد والمنشآت.
- يجب التمييز بين حالات التدعيم أثناء التنفيذ وحالات التدعيم أثناء الاستغلال.
- أثناء التدعيم بالخرسانة المسلحة يجب العمل على تأمين ترابط قوي بين الخرسانة المسلحة القديم والخرسانة المسلحة الحديثة.
- أثناء التدعيم باستخدام مقاطع فولاذية يجب أن نؤمن وصل جيد بين هذه المقاطع مع بعضها البعض من جهة وبينها و بين الكتلة المدعمة من جهة أخرى.
- ضرورة استخدام طريقة التدعيم الأفضل بعد إجراء عدة مقارنات بينها من حيث الجودة الاقتصادية وإمكانية التنفيذ.
- تعتبر مشكلة الزلازل والاضطرابات الجوية والانفجارات قرب الأبنية مشكلة العصر الحديثة حيث يجب عند دراسة المباني أن تؤخذ بعين الاعتبار وتحقيق الشروط والاحتياطات المطلوبة في تربة الأساسات بالإضافة إلى تصميم وتنفيذ الأساسات في المباني وفق الشروط التي تقاوم الزلازل.
- كما نوصي بنمذجة معلومات البناء قبل تصميم أو تنفيذ أي منشأة جديدة ومحاكاتها قبل تنفيذها على أرض الواقع.
- ونوصي الأساتذة بتناول موضوع تقييم وتشخيص وطرق التقوية والترميم لأنه موضوع لا يذكر ولا يعطى أهمية كبيرة في مجتمعنا العربي.
- كما نوصي أيضا الأساتذة بجامعة غرداية بتدريس تكنولوجية نمذجة معلومات البناء هذه التكنولوجيا التي دخلت للجزائر فقط سنة 2018.

الاقتراحات:

- القيام بالدراسات والأبحاث حول طرق التشخيص وتقييم المنشآت المتضررة.
- إضافة موضوع التشخيص ضمن المقرر الدراسي بجامعة غرداية.
- دراسات حول مواد تحسين التربة.
- نقترح من الجامعة أن تكون على تواصل مع المؤسسات، لأن الكثير من الطلبة لا يتمكنون من إجراء الجانب التطبيقي بسهولة بسبب تعسف مسؤولي المؤسسات.

آفاق البحث:

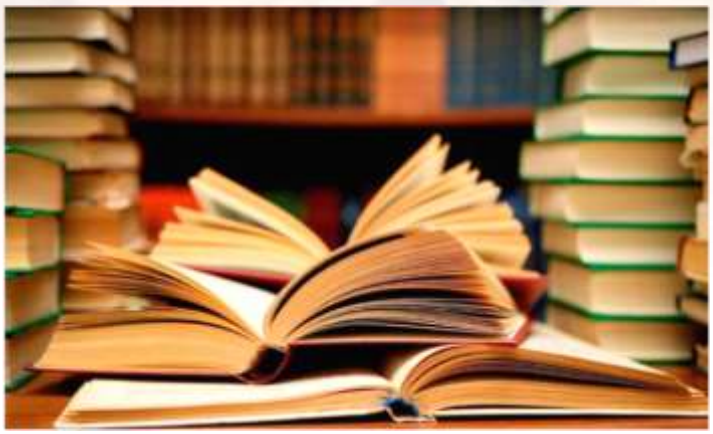
أثار انتباهنا ونحن نختم هذا العمل عدة مواضيع أخرى متممة لهذا المجال وحبذا لو تتم معالجتها من باحثين أخرين في المستقبل وهي كما يلي:

- طرق هدم المنشآت المتضررة (دراسة حالة دار الضياف بحاسي القارة).
- تطبيق نمذجة معلومات البناء على مشروع إنجاز محطة قطارات بحاسي القارة، (البلدية تنوي هدم دار الضياف وإنجاز مأوى للاجئين الأفارقة مكانها، ونحن نقترح أن تكون محطة قطارات إما للبضائع أو للسكان).
- ترميم وتقوية تربة التأسيس ذات مشاكل (دراسة حالة تربة دار الضياف بحاسي القارة).
- إدارة مشاريع التشييد والبناء باستخدام تكنلوجيا نمذجة معلومات البناء.
- هدم المنشآت المرتفعة والمجاورة لبنايات أخرى.
- طرق إنشاء بنايات قليلة الارتفاع بجوار بنايات عالية.
- تشخيص وإعادة تأهيل المنشآت الصناعية (المصانع).

وخلاصة القول أن موضوع دراسة حالات أمراض المنشآت وتشخيصها موضوع شاسع مهما سردنا من معلومات واستنتاجات يبقى هناك الكثير من الأمور التي لم نذكرها، لأنه كما قلنا سابقا أن التشخيص ليس له بنود وقوانين نتبعها بل يعتمد على المشخص في حد ذاته: المهندس لما يمتلكه من خبرة، والباحث لما يمتلكه من حسن بحث وتفحيص، وإخلاص وعدم سرقة لكليهما.

وفي الأخير لا يسعنا إلا أن نسأل الله عز وجل أن نكون قد وفقنا في اختيار الموضوع، وحسن معالجته.

قائمة المراجع والمصادر



أولا: المراجع باللغة العربية

1. الكتب:

[01] أسامة طارق، ترميم وتدعيم المنشآت الخرسانية، جامعة الاسكندرية، الإسكندرية، مصر، 2007، ص (30-33).

[02] أسامة مصطفى الشافعي، الأساسات، ج1، دار الراتب الجامعية، بيروت، لبنان، 1986، ص 15 .

[03] خليل إبراهيم، أسباب انهيارات المباني-طرق الترميم والصيانة، ط3، دار الكتب العلمية للنشر والتوزيع، القهرة، مصر، 2003، ص ص 60-61.

[04] شريف أبو المجد ...و آخرون، تصدع المنشآت الخرسانية و طرق اصلاحها، دار النشر للجامعات المصرية - مكتبة الوفاء، المنصورة، مصر، 1992 م، ص 52.

[05] قصبي عبد الفتاح، ميكانيك التربة، ط1، دار الكتب العلمية للنشر والتوزيع، القاهرة، مصر، 1993، ص 13.

[06] كمال مصطفى، عزيز شنودة، الطرق الحديثة لترميم وتقوية وحماية المنشآت الخرسانية، دط، القاهرة، مصر، 2000، ص 59.

[07] مظفر أحمد الموصلي، أساسيات التربة العامة، ط1، دار دجلة للنشر والتوزيع، عمان، الأردن، طبعة حديثة .

[08] الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج، التربة والأساسات، دون نسخة، المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني، المملكة العربية السعودية، 2018، ص 42.

[09] الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج، أساسيات التربة، نسخة أولية، المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني، المملكة العربية السعودية، 1425ه، ص 42.

2. المجلات العلمية والدورات:

[10] أحمد أمين الهيتي، أحمد طارق الإجباري، دراسة انهيارات وتشققات الأبنية المنفذة على الترب الطينية وطرق تدعيمها، المجلة العراقية للهندسة المدنية، كانون الأول-2007، العدد التاسع، ص 93.

[11] اسلام حمدي رزق (2013/12/26)، أعمال الجسات، دورة إعداد مهندس موقع، ص 20.

[12] عبد الحميد كيخيا، التقييم الإنشائي للمنشآت البيتونية المسلحة المتصدعة، مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية، 2015، المجلد 37، العدد 4، ص 1.

[13] عبد الله عزة، الخصائص العامة للتربة، جامعة بنها، مصر، 2016، ص 20

[14] محاضرة بعنوان: تقييم وتأهيل منشآت خرسانية، محمد التلباني، (جامعة غزة/ غزة/ فلسطين).

[15] محمد شحرور، عبد العزيز حجار (دون تاريخ نشر)، تطبيقات ميكانيك التربة، الموسوعة العربية، المجلد السادس، ص 554.

[16] غ العسراوي، م سمكري، دراسة التشوهات وأشكال الانهيار للأعمدة المدعمة بألياف الكربون، مجلة جامعة دمشق للعلوم الهندسية، 2005، المجلد الحادي والعشرون، العدد الأول، ص (70-71).

3. مذكرات التخرج:

[17] بحري أميرة، قوقي فتيحة، تدهور البنايات السكنية بسبب تسربات التراكيب الصحية (حي 20 مسكن والمستقبل بمدينة تقرت نموذجا)، مذكرة ماستر مهني، جامعة قاصدي مرباح، ورقلة، الجزائر، 2018، ص 18.

[18] محمد حسام الملك، دراسة تأثير تقوية الأعمدة البيتونية بالألياف الزجاجيةGFRP ، دراسة أعدت لنيل درجة الماجيستر، جامعة دمشق، دمشق، سوريا، 2015، ص 45.

[19] ياسين الغرير، تحسين أداء الإطارات المختلطة في المنشآت الهيكلية، دراسة أعدت لنيل الدكتوراه، جامعة دمشق، دمشق، سوريا، 2015، ص 118.

[20] يامن علي، تدعيم الأعمدة البيتونية المسلحة باستخدام الشبكات المعدنية الملحومة المتوافرة محليا، رسالة أعدت لنيل درجة الماجستير، جامعة دمشق، دمشق، سوريا، 2014، ص 7.

[21] خالد عباس، التقييم الفني والانشائي للمنشآت الخرسانية المسلحة المتضررة باستخدام برنامج حاسوبي، رسالة ماجستير، جامعة دمشق، سوريا، 2015، ص 18.

4. المقابلات الشخصية:

[22] مقابلة مع: أبوطالب فتيحة، مكتب الممتلكات، مصلحة المحاسبة والمالية، 2021/02/28، على الساعة 10:35.

[23] مقابلة مع: بعزيز مصطفى، مخبر الأشغال العمومية المنيعة، يوم 2021/03/18، على الساعة: 9:00.

[24] مقابلة مع: بعلى عبد القادر، مدير فرع هيئة المراقبة التقنية للبناء بالجنوب، فرع هيئة المراقبة التقنية للبناء بالجنوب، المنيعة، 2021/03/25، على الساعة 10.30.

[25] مقابلة مع: بعلى عبد القادر، مدير فرع هيئة المراقبة التقنية للبناء بالجنوب، فرع هيئة المراقبة للبناء بالجنوب، المنيعة، 2021/04/08، على الساعة 09:15.

[26] مقابلة مع: لروي حسين، مدير هيئة المراقبة التقنية للبناء بالجنوب، هيئة المراقبة التقنية للبناء بالجنوب، غرداية، 2021/03/31، على الساعة: 10:45.

[27] مقابلة مع: مقدم مصطفى، مدير مكتب دراسات تربة، مكتب دراسات التربة، المنيعة، يوم (2021/02/28).

ثانيا. المراجع باللغة الأجنبية:

1. الكتب:

[28] Alain Franck Béchade, La pathologie des fondations superficielles : diagnostic, réparations et prévention, CSTB, France, 2014, P 20.

[29] F.Tabbal … et autres, Catalogue des méthodes de réparation et de renforcement des ouvrages, OPU/CGS, Ministère de l'habitat et de l'urbanisme, Algérie, 1989, P 40 .

[30] Joseph Abou Zeid, Méthodes de réparation et de protection des ouvrages en béton armé, Université libanaise, Paris, 2016, P 19

[31] Kamal Raftani, Pathologies des bâtiments traditionnels dans le contexte spécifique des médinas marocaines (GUIDE DE RÉFÉRENCE), REMAM, Rabat, Moroc, 2018, P 38.

[32] M.a.j. Par M. CALLAUD, Cours de mécanique des sols, Tome I, 2iE, Groupe EIER_ETSHER, Institut international d'ingénierie de l'Eau et de l'Environnement, 2004, P 6.

[33] Odile ABRAM … et otre, Pathologie générale – Pathologie du béton, 3e édition, Techniques de l'Ingénieur, France, 1990, P P (22-23).

2. مذكرات التخرج:

[34] Azhar BADAOUI, Sur la corrosion des aciers dans le béton arme, Mémoire de Magister, Université STHB, Algérie, 2003, P 6.

[35] Chérif DERARDJA, Types, causes et remèdes des dégradations des constructions existantes, Mémoire de Magister, Université de Biskra, Biskra, Algérie, 2004, P 24 .

[36] Ghobrini Mohammed Tadjeddine, Cheikh Amina, L'impact de la corrosion des armatures sur les degradations du béton armé, Mémoire de Master Academique, Université Abdelhamid ibn Badis, Mostaganem, Algérie, 2019, P 25 .

[37] KHINECHE HOURIA, Diagnostique de la fissuration dans les constructions (Cause et classification), Mémoire de Master, Université Mohamed Khider, Biskra, Algérienne, 2019, P 7.

[38] KHINECHE HOURIA, Diagnostique de la fissuration dans les constructions (Cause et classification), Mémoire de Master, Université Mohamed khider, Biskra, Algérie, 2019, P 15.

[39] Luc Sibille, Bases de la Géotechnique Module MXG4 IUT Génie Civil et Construction Durable, Mémoire de Licence, Université Crenoble Alpes, France, 2018, P 45.

[40] Yahiaoui Souad, Etude expérimentale de la durabilité des éléments fissures en béton arme rigidités par les matériaux composites, Mémoire de Magister, Université Mehamed Bou Gara, Boumerdes, Algérie, 2006, P 28 .

ثالثا. المقالات الإلكترونية ومواقع الأنترنت:

[41] GUELMINE Layachi, (October 2019), Pathologies des constructions, vu le (21/03/2021), (copie électronique), P 13 .

[42] https://fr.wikipedia.org/wiki/Tassement_du_sol, Tassement du sol, Wikipédia, 2021.

[43] Mohammed Nadjib AZIEZ … et autres, Effet combiné de la température et de l'attaque au sulfate de magnésium sur la durabilité du mortier à base de ciment composé au laitier, Journal of Advanced Research in Science and Technology, 6(2), Algérie, 2019, P 985.

[44] https://ar.wikipedia.org/wiki/ - تربة.

[45] CGS (2003).

[46] https://ar.wikipedia.org/wiki /ميكانيكا_التربة1

[47] أنمار النقيب (2021/03/05)، تجربة القص المباشر للتربة مع المناقشة (Direct Shear Test)، تم الاطلاع عليه يوم (2021/06/11)، https://www.alnaqeeb.me/direct-shear-test/

[48] أنمار النقيب (2021/02/27)، اختبار التحليل الحبيبي للتربة بطريقة الهيدروميتر، تم الاطلاع عليه يوم (2021/06/08)، https://www.alnaqeeb.me/ التحليل-الحبيبي-للتربة-بالهيدروميتر/

[49] أنمار النقيب (2021/02/28)، تجربة ايجاد حد السيولة وحد اللدونة للتربة أو حدود أتربرج (Atterberg Limits)، تم الإطلاع عليه يوم (2021/06/08)، https://www.alnaqeeb.me/liquid-limit-and-plastic-limit-test

[50] أنمار النقيب (2021/01/31)، تجربة التحليل المنخلي للتربة، تم الاطلاع عليه يوم (2021/06/08)، https://www.alnaqeeb.me تجربة-التحليل-المنخلي-للتربة /

[51] ر.د (12 أوت 2020)، 100 سكن اجتماعي إضافي وإعانات مالية وطبية لمنكوبي زلزال ميلة، الاتحاد، العدد 2208.

[52] ربيعة ينبوع (دون تاريخ نشر)، مكونات التربة، تم الإطلاع عليه يوم (2021/06/08)، /مكونات_التربة.cutee.net/

[53] سيف الدين أحمد زيد (2017/03/28)، تصدع المنشآت الخرسانية، تم الاطلاع عليه يوم (2021/04/57D)، www.slidesshare.net/ Ahmed .

[54] م. مرح سيفو (2019/02/10)، هبوط الأساسات، تم الإطلاع عليه يوم (2021/04/15)، https://www.emufeed.com/ar/article

[55] محمود كامل (2020/08/19)، بالصور الفرق بين التسويس والتعشيش، تم الإطلاع عليه يوم (2021/06/15)، https://www.mib4eng.com

[56] المغرب الأوسط (18:07 2020/12/28)، انهيار جزئي لبناية قديمة في حي القصبة، المغرب الأوسط، العدد 4040.

[57] مهندس محمد (2020/07/07)، التعشيش في الخرسانة-الأسباب والعلاج، تم الإطلاع عليه يوم (2021/06/15)، https://www.hadasa.xyz /

[58] مهندس محمد (2020/04/7)، طرق تحسين قدرة تحمل التربة قبل البناء، تم الإطلاع عليه يوم (2021/07/17)، https://www.handasa.xyz/2020/07/methods-to-improve-bearing-capacity-of-soils.html

[59] موقع جوجل خرائط.

[60] ويكي الجامعة (2021/04/06)، هندسة جيوتقنية، تم الاطلاع عليه يوم (2021/06/08)، ar.wikiversity.org/wiki/هندسة_جيوتقنية.

الملاحق

رقم الوعاء						
وزن الوعاء + التربة الرطبة (جم)						
وزن الوعاء + التربة الجافة (جم)						
وزن الوعاء (جم)						
وزن التربة الجافة (جم)						
وزن التربة الرطبة (جم)						
المحتوى المائي (٪)						

ملحق (1.1): جدول تحديد المحتوى المائي.

المشروع:..... رقم العملية:.....

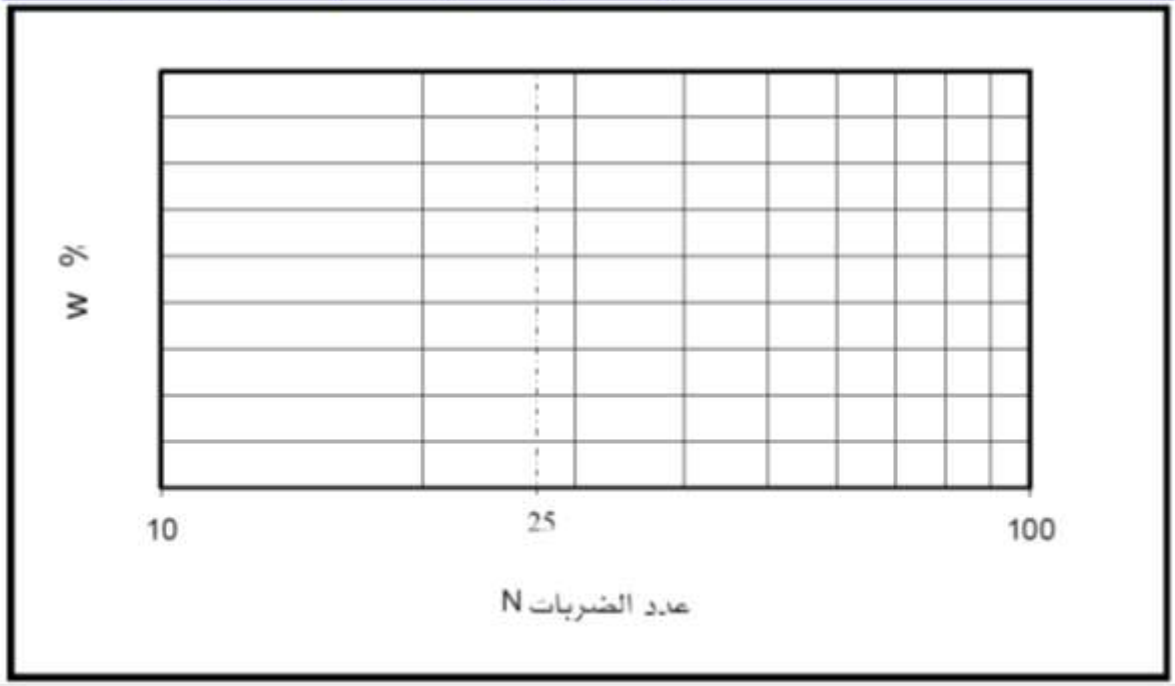
موقع المشروع:..... رقم الجسة: ..... رقم العينة: .....

وصف التربة: ....

عمق العينة:..... اسم الفاحص: ..... التاريخ: .....

جدول تحديد حد السيولة

رقم الوعاء						
وزن الوعاء + التربة الرطبة (جم)						
وزن الوعاء + التربة الجافة (جم)						
وزن الوعاء (جم)						
وزن التربة الجافة (جم)						
وزن التربة الرطبة (جم)						
المحتوى المائي (٪)						
عدد الضربات (N)						



ملحق (2.1): اختبار حد السيولة.

وصـف عينة التربة: ..... موقع العينة: .....

رقم الجســـــــة: ..... رقم العيـــنة: .....

عـمق العـــــينة: ..... رقم الاختبار: .....

المحـــتوى المائي: ..... الوزن النوعي: .....

اســـم الفاحص: ..... التـــــأريخ: .....

جدول التحليل المنخلي

رقم المنخل	قطر فتحة المنخل (مم)	وزن المنخل (جم)	وزن المنخل + وزن التربة (جم)	وزن التربة المتبقية (جم)	نسبة التربة المتبقية (%)	النسبة التراكمية للتربة المتبقية (%)	نسبة المار (%)
-	25.40						
-	12.70						
-	6.35						
4	4.75						
10	2.00						
20	0.850						
40	0.425						
100	0.15						
200	0.074						
Pan							

ملحق (3.1): اختبار التحليل المنخلي.

مشروع :	جسة رقم:	ملف رقم :
منسوب سطح الارض :	عمق المياه الارضية	الابتدائى : تاريخ : النهائى : تاريخ :
معندس المعمل :	معندس الموقع :	الحفار:
تاريخ :	المعدات :	لوحة رقم من

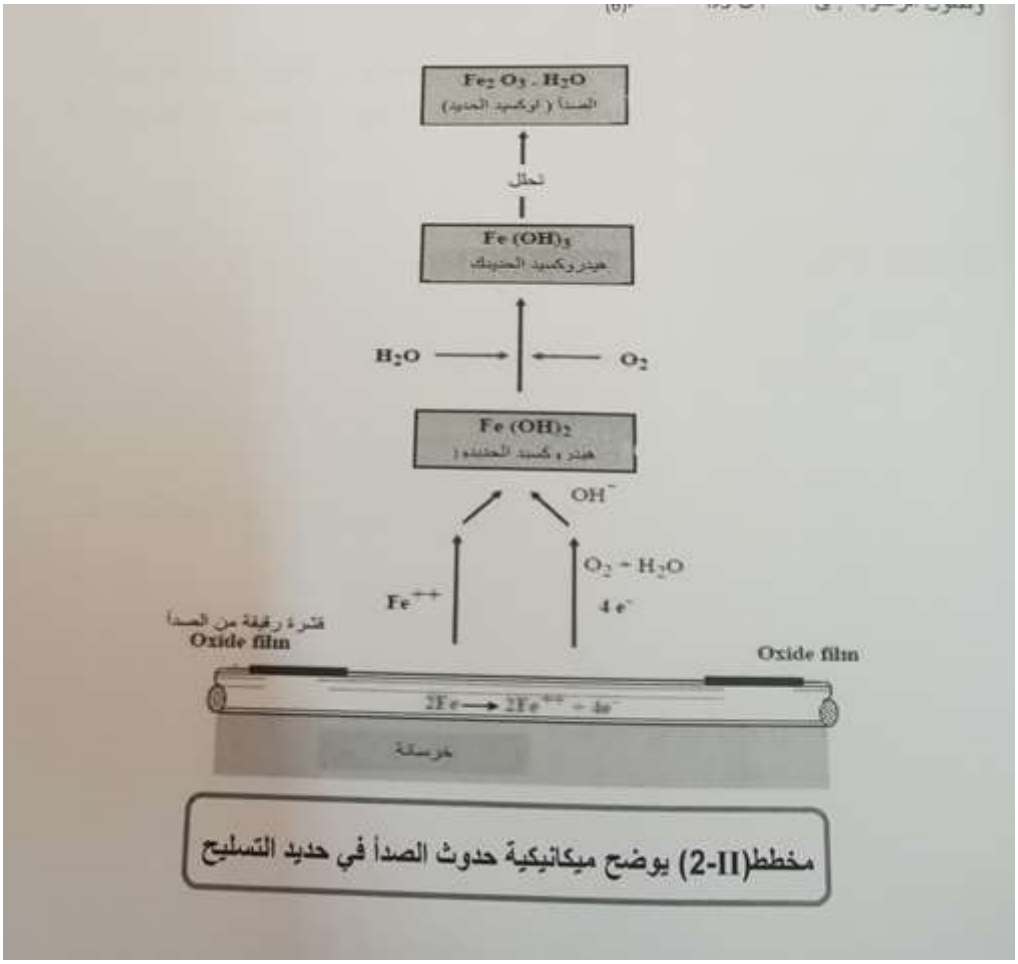
العمق (متر)	عينة رقم	عينة نوع	عدد الطرقات	الطبقة السمك بالمتر	الطبقة القطاع	التصنيف والتوصيف	الضغط الفيرسماط بالجابيتون/م٢	معامل جودة الصخر (RQD) %	نسبة الاسترداد (Recovery) %	الكثافة النسبية كيلونيوتن/م٣
١	١		٢٠	١,٢٠		ردم مكون من رمل وطمى وزلط متدرج - بنى				
٢	٢			١,٧٠		رمل متوسط الى كبير الحبيبات متوسط الكثافة مع بعض الزلط الدقيق -أصفر				
٣	٣									
٤	٤			٣,٦٠		حجر رملى متوسط الصلابة - متوسط التجوية - كتل رقيقة - عالى التكسير متوسط الحبيبات - بنى مصفر	١٢,٥	١٠	٤٠	٢١
٥	٥							٢٥	٥٥	٢٣
٦	٦						٢١,٠	٢٠	٦٠	٢٢
٧	٧						١٦,٠	١٥	٤٥	٢٠
٨	٨			٥,٥٠		حجر جيرى متوسط الصلابة - ضعيف الجودة - متوسط التجوية - أبيض مصفر	١٣,٥	١٥	٤٠	١٦
٩	٩							٣٠	٥٥	٢٢
١٠	١٠						٢٠,٠	٣٥	٦٠	٢١
١١	١١							٤٠	٧٠	٢٢
١٢	١٢						٢٦,٠	٥٥	٨٥	٢٣
١٣	١٣							٤٠	٦٥	٢٢
١٤						نهاية الجسة على عمق ١٢,٠٠ متر				
١٥										

ملحق (4.1): تسجيل المعلومات والبيانات في قطاع نموذجي لجسة في طبقات صخرية

ملحق (5.1): بعض الرموز المستخدمة في قطاع الجسات.

شكل (٢ / ١٦) تأثير الرياح على المباني المرتفعة (مرجع ٣)

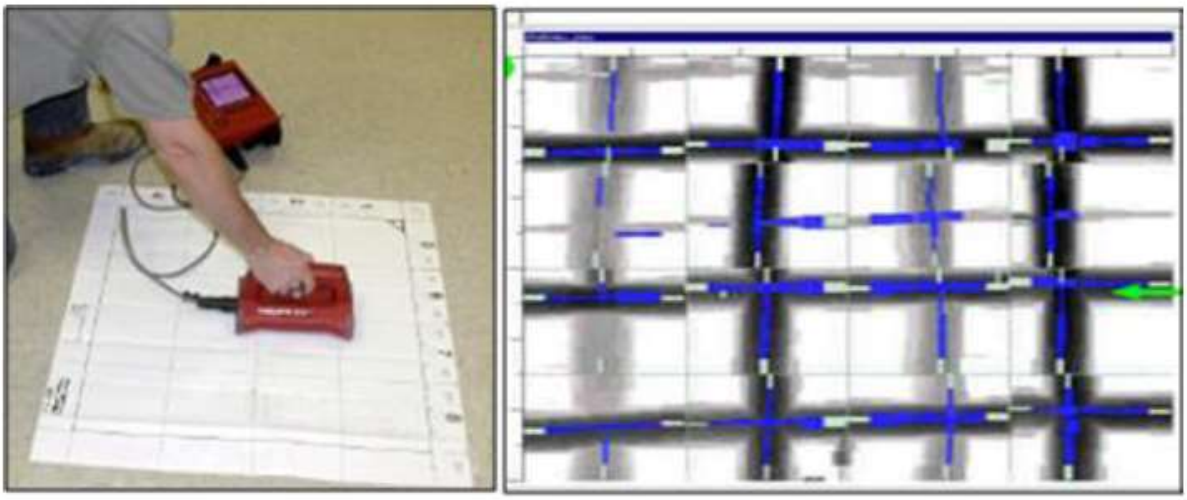
الملحق (1.2): تأثير الرياح على المباني المرتفعة.



الملحق (2.2): ميكانيكية حدوث الصدأ في حديد التسليح.

ملحق (1.3): جهاز قياس الشقوق المكبر.

ملحق (2.3): جهاز قياس تآكل حديد التسليح.



ملحق (3.3): الكشف عن النوافذ والنتائج (باتشوميتر).

ملحق (4.3): جهاز سيكلورومتر.

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

مكتب الدراسات التقنيات

و المسح الطبوغرافي

تقرير الخبير العقاري

نحن السيد : نحن العربي دحو بشير احمد الخبير العقاري المعتمد لدى الهيئة الوطنية للخبراء العقاريين

بولاية الاغواط .

وبناءا على الفاتية مع بلدية حاسي الفارة رقم 65 بتاريخ 1016/12/15 لانجاز المخططات مسحية لعقارات البلدية من اجل تسوية وضعيتها .

انتقلنا الى عين المكان مع الفرقة التقنية من اجل تحديد ورفع المعالم العقار وكذا ابعاده وقياس مساحته.

التعيين الدقيق للعقار :(موقعه – طبيعته – شكله الهندسي – مساحته -حدوده .....) .

طبيعة العقار: دار الضيوف

مساحة المبنية : 670.55 م^2 مساحة الغير المبنية : 19493.20 م^2 مساحةالاجمالية : 20163.75 م^2

حدود القطعة

الشمال : فضاء

الجنوب: فضاء

الشرق: فضاء

الغرب: طريق غير معبد + فضاء

ملاحظة : الخبير العقاري المعضي ادناه يصرح ان تحديد العقار الموصوف اعلاه , قد تم بناءا على قياسات من المكان كما هي موضحة في المخطط المرفق .

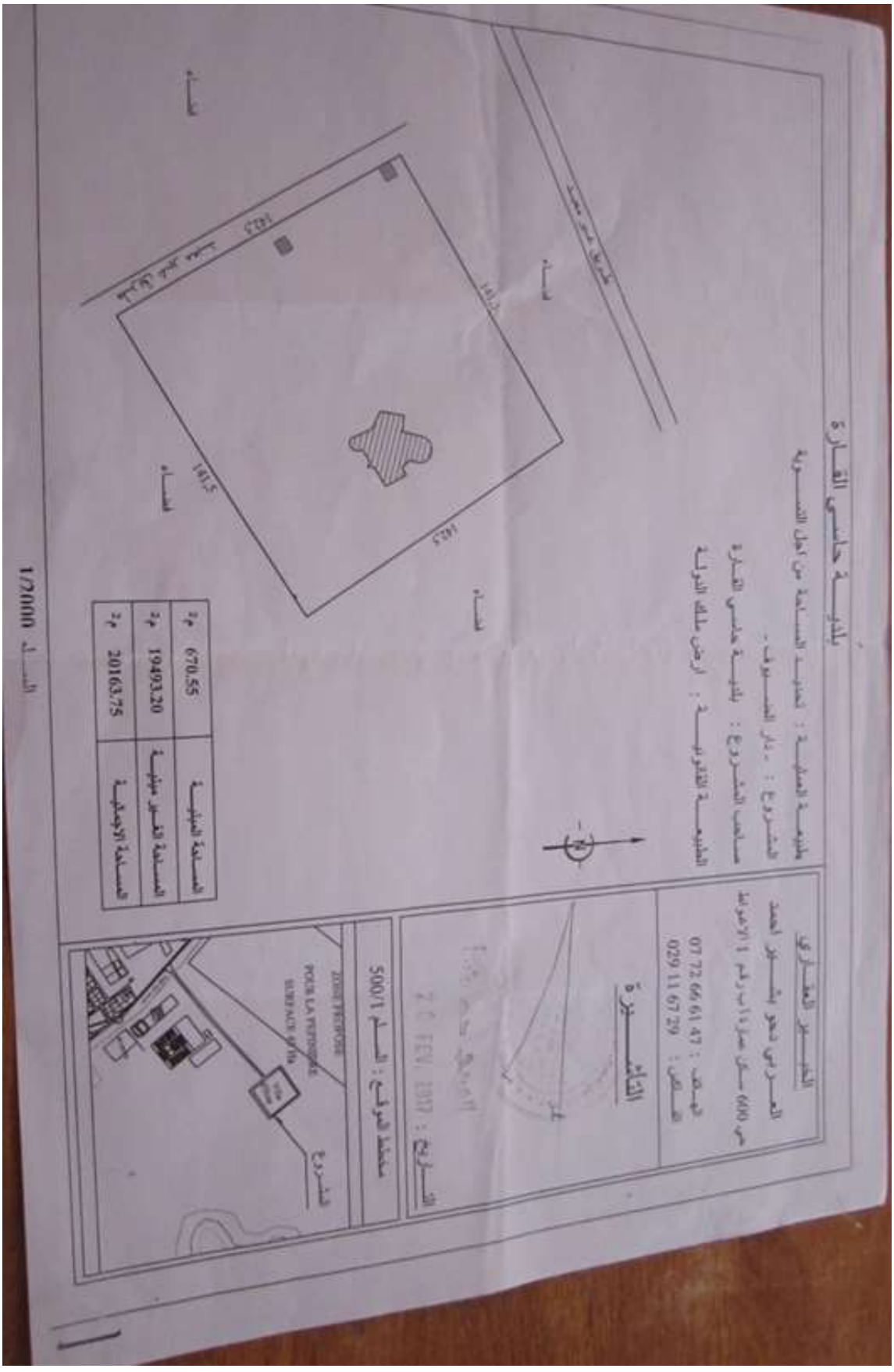
وبعد ان اكملنا المهمتنا حررنا هذا التقرير للملكية المذكورة لاستعمالها في اطار ما يسمح به القانون

28 FEV 2017

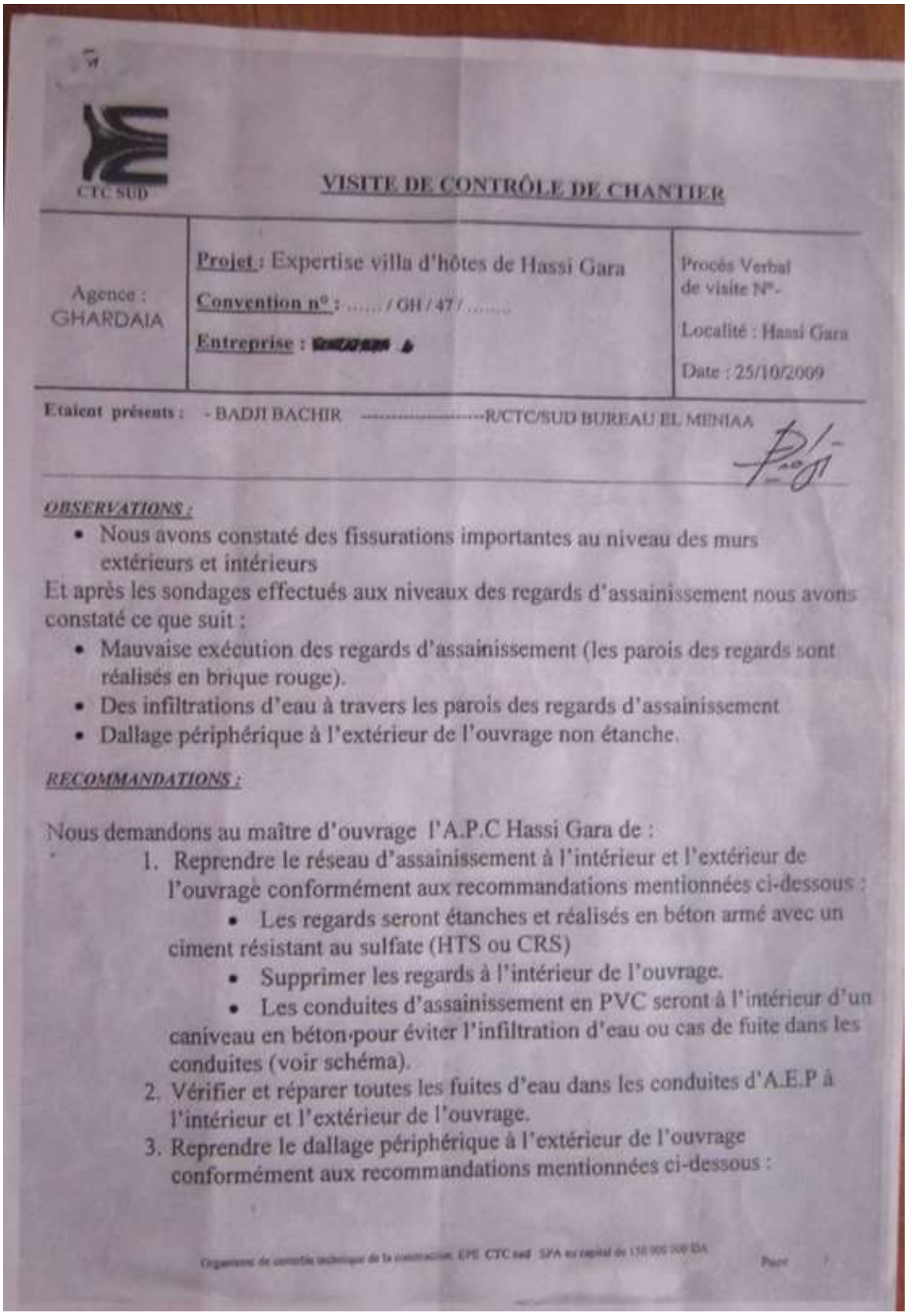
الاغواط في

الخبير العقاري

الملحق (1.4): مساحة وحدود دار الضياف.



الملحق (2.4): مخطط الكتلة.



CTC SUD

VISITE DE CONTRÔLE DE CHANTIER

Agence : GHARDAIA	**Projet :** Expertise villa d'hôtes de Hassi Gara **Convention n° :** ...../ GH / 47 /..... **Entreprise :** [redacted]	Procès Verbal de visite N°- Localité : Hassi Gara Date : 25/10/2009

Etaient présents : - BADJI BACHIR ----------R/CTC/SUD BUREAU EL MENIAA

OBSERVATIONS :

- Nous avons constaté des fissurations importantes au niveau des murs extérieurs et intérieurs

Et après les sondages effectués aux niveaux des regards d'assainissement nous avons constaté ce que suit :

- Mauvaise exécution des regards d'assainissement (les parois des regards sont réalisés en brique rouge).
- Des infiltrations d'eau à travers les parois des regards d'assainissement
- Dallage périphérique à l'extérieur de l'ouvrage non étanche.

RECOMMANDATIONS :

Nous demandons au maître d'ouvrage l'A.P.C Hassi Gara de :

1. Reprendre le réseau d'assainissement à l'intérieur et l'extérieur de l'ouvrage conformément aux recommandations mentionnées ci-dessous :
   - Les regards seront étanches et réalisés en béton armé avec un ciment résistant au sulfate (HTS ou CRS)
   - Supprimer les regards à l'intérieur de l'ouvrage.
   - Les conduites d'assainissement en PVC seront à l'intérieur d'un caniveau en béton pour éviter l'infiltration d'eau ou cas de fuite dans les conduites (voir schéma).
2. Vérifier et réparer toutes les fuites d'eau dans les conduites d'A.E.P à l'intérieur et l'extérieur de l'ouvrage.
3. Reprendre le dallage périphérique à l'extérieur de l'ouvrage conformément aux recommandations mentionnées ci-dessous :

Organisme de contrôle technique de la construction EPE CTC sud SPA au capital de 150 000 000 DA Page 1

الملحق (3.4): تقرير الخبرة صفحة 1.

- Sera un dallage étanche.
- Prévoir une pente à l'extérieur pour l'évacuation des eaux pluviales et pour éviter la stagnation d'eau à proximité des fondations.

4. Si les recommandations formulées ci-dessus sont respectées scrupuleusement, procéder au colmatage des fissurations à l'intérieur et l'extérieur de l'ouvrage.

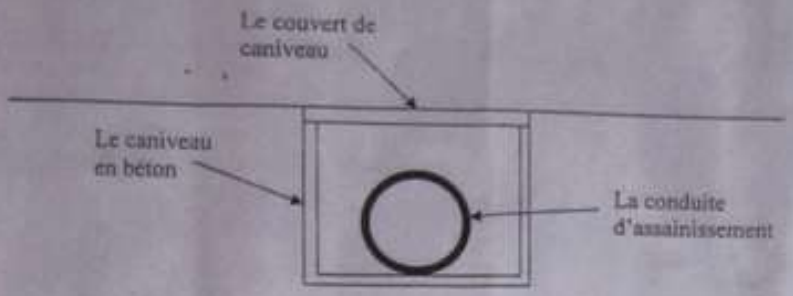


Schéma : Les conduites d'assainissement à l'intérieur d'un caniveau en béton pour éviter l'infiltration d'eau ou cas des fuites dans les conduites

FIN PV

Copie pour information pour:
- Mr le Chef Daïra El Meniaa
- Mr le P.A.P.C Hassi El Gera

الملحق (4.4): تقرير الخبرة صفحة 2.