جامعة السودان للعلوم والتكنلوجيا

كلية الدراسات العليا

التشققات في المنشآت الخرسانية

(دراسة حالة: مبنى كلية الدراسات الاقتصادية والاجتماعية جامعة النيلين)

Cracks in Concrete Structures

Case Study:

The Collage Building of The Economics and Social Studies

بحث لنيل درجة الماجستير في العمارة والتخطيط خدمات المباني

اعداد الطالب:

عمر خوجلي يوسف

إشراف

م م د. عوض سعد حسن

فبراير 2018م

بسم الله الرحمن الرحيم

قَالَ تَعَالَىٰ:

﴿ قَدْ مَكَرَ ٱلَّذِينَ مِن قَبْلِهِمْ فَأَتَى ٱللَّهُ بُنْيَـٰنَهُم مِّنَ ٱلْقَوَاعِدِ فَخَرَّ عَلَيْهِمُ ٱلسَّقْفُ مِن فَوْقِهِمْ وَأَتَىٰهُمُ ٱلْعَذَابُ مِنْ حَيْثُ لَا يَشْعُرُونَ ﴾

صدق الله العظيم

سورة النحل آية (26)

الاهـــــداء ...

إلى روح والدي . . طيب الله ثراه

إلى أمي . . نسمة من الجنة حفظها الله ورعاها

إلى ابنتي ونور عيني . .

إلى كل باحث علم في مجال الهندسة المعمارية . .

الشكر والعرفان

أشكر الله العلي القدير الذي أنعم عليّ بنعمة العقل والدين . القائل في محكم التنزيل "وَفَوْقَ كُلِّ ذِي عِلْمٍ عَلِيمٌ" سورة يوسف آية (76) . . . . صدق الله العظيم.

وفاءً وتقديراً واعترافاً مني بالجميل أتقدم بجزيل الشكر لأولئك المخلصين الذين لم يألوا جهداً في مساعدتنا في مجال البحث العلمي، وأخص بالذكر الدكتور /د .م **عوض سعد حسن** على هذه الدراسة وصاحب الفضل في توجيهي ، فجزاه الله كل خير.

ولا أنسي أن أتقدم بجزيل الشكر للأستاذة/ لبنى خوجلي يوسف والتي قدمت الكثير لهذه الدراسة ومساعدتي في تجميع المادة البحثية .

وأخيراً ، أتقدم بجزيل شكري إلي كل من مد لي يد العون والمساعدة في إخراج هذه الدراسة علي أكمل وجه.

الباحث

المستخلص

تعتبر منطقة المقرن من أقدم المناطق بولاية الخرطوم من حيث المباني والسكان وتميزت بالموقع الجغرافي السياحي والنشاط التجاري الاداري وأغلبية المباني دووابن الحكومة.

وكان سابقاً تغمر منطقة المقرن مياه النيل وذلك قبل قيام السدود مما أكسبها خصوبة في التربة الطينية. فالتربة الطينية والمياه السطحية القريبة هي المشكلة الأساسية وعامل أساسي في خلف التشققات في المنشآت الخرسانية.

هناك دوما إحساس بعدم الأمان لمستخدمي المباني الآيلة الى السقوط ذات التكلفة الباهظة في أعمال الصيانة وإعادة التأهيل ، وقد حدد البحث فرضيات تبحث عن أسباب مشاكل التشققات في المنشآت الخرسانية بمنطقة المقرن في التربة الطينية المنتفخة والمياه السطحية وقربها والمواد المكونة لبناء المنشأة والعمالة غير المدربة في تنفيذ المنشآت.

تتناول الدراسة التشققات في المنشآت الانشائية – منطقة المقرن وذلك بالوقوف على المشكلة من خلال أسباب التشققات وخطورتها على المنشأة وحياة البشر في حالة الإنهيار. كما تهتم الدراسة بالتربة وأنواعها ودورها في عمل التشققات وتهديد المبنى وأهمية دراستها وفحصها وعمل الاختبارات العملية والمعملية لها.

كما ناقشت الدراسة تصنيف أنواع التشققات الخرسانية من حيث الأسباب الانشائية وغير الانشائية ومقترحات معالجة التشققات وخطوات تلافي أو الحد من سعة التشققات.

كذلك تناولت الدراسة عملية تقويم التشققات وفق منهجية واضحة. وركزت الدراسة على منطقة المقرن من حيث الموقع والمناخ وطبيعة الأرض والمياه السطحية.

انتهج البحث منهجية التحليل الاحصائي وهي من الطرق العلمية التي تعمل للاستدلال عن معالم المجتمع بناءً على المعلومات التي تم الحصول عليها من العينة المأخوذة منه، وذلك وفق الطرق الإحصائية المعلومة. ودراسة حالة مبنى كلية الدراسات الإقتصادية بجامعة النيلين بمنطقة المقرن ومشاريع مشابهة ، ومنها خرج البحث بنتائج في مرحلة التقييم ومرحلة التنفيذ ومرحلة استثمار المبنى على مستوى منطقة المقرن ، وتوصيات تمكن في دراسة التربة ونوعيتها وكيفية المعالجة.

توصلت الدراسة الى أهمية التنسيق والتعاون ومشاركة الآراء على مستوى الفريق الهندسي من معماريين ومدنيين وميكانيكا وكهرباء وغيرهم. وأهمية عمل الدراسات الاولية والتفاصيل الانشائية التنفيذية.

Abstract

Al-Mugran is one of the oldest neighborhoods of Khartoum state in terms of buildings and inhabitants. It is characterized by its commercial and tourist activities, and it embraces the main administrative institutions and government chambers.

In the past, before the construction of dams and water reservoirs, the area used to be flooded by the River Nile water, which makes it alluvial and fertile land. However, the alluvial soil and the near groundwater have another serious consequence: they are the major cause of cracks in concrete constructions and buildings in the area. There has always been concern and insecurity among the residents and visitors of these rather expensive buildings threatening to collapse in Al-Mugran district.

The study proposed some hypotheses specifying the causes of the problem as: the swollen alluvial soil; the near groundwater; the quality of the construction material; and the untrained labor working hired to work in these constructions.

The study examined buildings' cracks in Mugran district by investigating the causes of these cracks and their threat for buildings and the life of the inhabitants. The study also investigated the soil: its types and its role in causing cracks in buildings, and made numerous laboratory tests to make such investigation.

Cracks of buildings were classified in terms constructional and non-constructional causes, and accordingly solutions to the avoidance and maintenance of cracks were suggested.

Furthermore, the study dealt with the maintenance of cracks according to a clear methodology. The study examined Al-Mugran area in terms of location, climate, geomorphology and groundwater.

The data required for the purposes of the study were collected from the selected sample "inhabitants of threatened buildings" in Al-Mugran neighborhood via a questionnaire. Another tool of data collection was a survey done to the buildings of the Faculty of Economic and Social Studies of Al-Neelain Univeristy and other similar projects in the area.

The study revealed important findings in planning phase, the implementation phase and the utilization phase of buildings in Al-Mugran neighborhood.

Based on the obtained findings, the study suggested some recommendations mostly focused on the soil, its types and methods of its processing. The study also recommended that it is necessary to have coordination, cooperation and sharing of ideas and views among construction teams, including: architects, civil engineers, electrical engineers, mechanics, etc. Finally, the study also laid emphasis on the importance of conducting comprehensive preliminary studies and construction details.

فهرس المحتويات

الرقم	الموضوع	الصفحة
.1	الآية	أ
.2	الأهداء	ب
.3	الشكر والعرفان	ج
.4	المستخلص	د
.5	Abstract	هـ
.6	فهرس المحتويات	و
.7	فهرس الجداول	ط
.8	فهرس الأشكال	ي
.9	**الفصل الاول** **الاطار العام للدراسة**	
.10	الإطار العام للدراسة	1
.11	**الفصل الثاني** **التشققات وأنواعها ومسبباتها**	
.12	2-1 مقدمة	8
.13	2-2 التشققات لغةً	8
.14	2- 3 الدراسات السابقة	9
.15	**تصنيف التشققات الخرسانية**	13
.16	2- 4 تشققات غير إنشائية (لأسباب غير إنشائية)	13
.17	2-5 التشققات الإنشائية	16

.18	6-2 مراقبة التشققات	17
.19	2- 7 معالجة التشققات في الخرسانة	17
.20	**أنواع التشققات في المباني**	23
.21	8-2 أنواع التشققات في المباني - أسبابها وعلاجها	23
.22	9-2 أسباب أخرى لتشقق المباني	25
.23	**الفصل الثالث** **التشققات في المنشآت الخرسانية**	
.24	3-1 التشققات الخرسانية	38
.25	**أسباب التشققات الخرسانية**	39
.26	3-2 أسباب التشققات في الخرسانة	39
.27	3- 3 التشققات الإنشائية	41
.28	**الأعراض والأسباب المحتملة للتشققات الخرسانية**	47
.29	3- 4 الأعراض والأسباب المحتملة	47
.30	3- 5 تقويم التشققات	48
.31	**التشققات في المنشآت البيتونية والبيتونية المسلحة**	51
.32	3-6 تشقق العناصر الإنشائية البيتونية والبيتونية المسلحة	51
.33	3-7 الانعطاف في التشققات	56
.34	**الفصل الرابع** **دراسة الحالة ـ منطقة كلية الدراسات الاقتصادية والاجتماعية**	
.35	**جغرافيا المنطقة**	61
.36	4-1 مقدمة	61
.37	4-2 المناخ	61

.38	4-3 نوع التربة بمنطقة - **كلية الدراسات الاقتصادية والاجتماعية**	62
.39	4- 4 العوامل المؤثرة في مقدار الانتفاخ	65
.40	4-5 تصنيف التربة القابلة للانتفاخ	72
.41	**4-6. طرق معرفة مقدار الانتفاخ المتوقع للتربة:**	72
.42	4-7 معالجة التربة القابلة للانتفاخ وطرق التأسيس عليها	72
.43	4-8. المنهجية المتبعة في دراسة الحالة	73
.44	4-9. طريقة المعالجة	77
.45	**الفصل الخامس** **النتائج التوصيات**	
.46	النتائج	80
.47	التوصيات	82
.48	المراجع والمصادر	85

فهرس الجداول

الرقم	الموضوع	الصفحة
.1	جدول رقم (2-1). تصنيف التربة القابلة للانتفاخ Holtz (1959) Reclamation	27
.2	جدول رقم (2-2). تصنيف التربة القابلة للانتفاخ (Raman (1967	29
.3	جدول رقم (2-3). تصنيف التربة القابلة للانتفاخ Sowers and Sowers (1970) معيار اللدونة (P.I) حد الإنكماش (S. L.) تصنيف قابلية الانتفاخ	30
.4	جدول رقم (2-4) تصنيف التربة القابلة للانتفاخ طريقة Snethen 1984	31
.5	جدول رقم (2-5). تصنيف التربة القابلة للانتفاخ(1988) Chen	31
.6	جدول رقم (4-1) تشخيص المشكلة	76

فهرس الاشكال

الرقم	الموضوع	الصفحة
.1	شكل رقم (2-1) تصنيف التربة القابلة للانتفاخ Seed , Woodward, and Lundgren (1962)	28
.2	شكل رقم (2-2) تصنيف التربة القابلة للانتفاخ Van Der Merwe (1964) طريقة Raman (1967)	28
.3	شكل رقم (2-3) تصنيف التربة القابلة للانتفاخ Dakshanamanthy and Raman (1973)	30
.4	شكل رقم (2-4) تصنيف التربة القابلة للانتفاخ McKeen (1992)	32
.5	شكل رقم (2-5) مقارنة بين قيم الانتفاخ المقاسه في المعمل والمقاسه في الحقل	35
.6	شكل رقم (3-1) سؤ الخرسانة وزيادة التحميل	54
.7	شكل رقم (4-1) انهيار بسبب ضعف التربة	63
.8	شكل (4-2) توزيع مناطق وجود التربة القابلة للانتفاخ في العالم	64
.9	شكل رقم (4-3) مبنى كلية الدراسات الاقتصادية بمنطقة كلية الدراسات الاقتصادية	66
.10	شكل (4- 4) شكل يوضح التشققات بسبب هبوط المبني	66
.11	شكل (4-5) تسرب المياه من الخزانات داخل المبنى	67
.12	شكل (4-6) فتحات في المبنى نتيجة لتسرب المياه	67
.13	شكل رقم(4-7) السلم الشرقي بكلية الدراسات الاقتصادية والاجتماعية	68
.14	شكل رقم(4-8) السلم الغربي بكلية الدراسات الاقتصادية والاجتماعية	68
.15	شكل رقم(4-9) السقفة الخارجية للقاعات بكلية الدراسات الاقتصادية والاجتماعية	69
.16	شكل رقم(4-10) شق في جزء من السقفة بكلية الدراسات الاقتصادية والاجتماعية	69
.17	شكل رقم(4-11) شق في سقف الطابق العلوي بكلية الدراسات الاقتصادية والاجتماعية	70
.18	شكل رقم(4-12) فاصل هبوط بكلية الدراسات الاقتصادية والاجتماعية	70
.19	شكل رقم (4-13) تشققات خرسانية بسبب الرطوبة ورداءة المواد المستخدمة	71

الفصل الأول

الاطار العام للدراسة

الإطار العام للدراسة

1-1. **المقدمة**:

من المعلوم ان المتطلبات الاساسية للمنشآت الهندسية هي المتانة، الوظيفة، الجمال والاقتصاد. ولا يمكننا ان نقول ان لدينا منشآت هندسية قابلة للاستثمار إذا لم تحقق شروط المتانة.

يجب أن يتحقق شرط المتانة من خلال مقاومة عناصر المنشأة للاجهادات الناتجة عن تطبيق أشكال مختلفة من الحمولات التصميمية بدون أن يؤدي ذلك لظهور أية عيوب أو تشققات في المبنى. لكن أثناء تنفيذ واستثمار المنشأة الهندسية تظهر انواع مختلفة من التشققات، بعضها دليل على عدم سلامة المنشأة واستقرارها، وبعضها الاخر لا يؤثر في سلامة المبنى، لكنه يعطي شعوراً لدى مستخدمي المنشأة بعدم الامان والراحة وكأن هذه التشققات تنبئ بوقوع كارثة.

تتعرض المنشآت الخرسانية والخرسانية المسلحة للتشقق مع الزمن، ويمكن أن تظهر هذه التشققات بعد عدة سنوات أو عدة شهور او عدة اسابيع من تنفيذ المنشأة وليس سهلا تحديد اسباب ظهور التشققات في كثير من الاحيان.

يمكن ان نعزي التشققات في سطوح الخرسانه لعدة اسباب، والتي تؤثر في المظهر العام للخرسانة، وقد يكون لها أثر في التصرف الانشائي أو انهيار العنصر إذ يمكن ان تتوقف المشكلة عند الشقوق فقط ويمكن أن تتطور الى مشكة أكبر.

ترتبط أهمية الشقوق بنوع المنشأة وطبيعة هذه الشقوق. فعلى سبيل المثال فان هذه التشققات المقبولة بالنسبة للمباني يمكن أن تكون او لا تكون مقبولة بالنسبة للمنشآت الخاصة بخزانات المياه.

لا بد من الاشارة الى أن العيوب في المظهر الخارجي للمنشآت الخرسانية المسلحة غالبا كما يمكن ان تخلق حساسية وخوف عند المستخدمين لهذه المنشآت وخاصة عند زيادة واتساع الشقوق في المنشآت الهندسية. وبشكل عام من المتوقع حدوث الشقوق في هذه المنشآت لكن الحد من سعة الشقوق وبشكل كبير باستخدامنا لفولاذ التسليح بكمية كافية تحقق المتطلبات التصميمية والمواصفات المطلوبة وبما أن ظاهرة التشقق هي احدى الظواهر التي قد تسبب انيهار المبنى فقد تم تكريس هذا البحث لدراسة هذه الظاهرة.

توجد في السودان انواع مختلفة من البنايات وتختلف من حيث طرق تشييدها ومواد بنائها مع توفر المواد الخام المتنوعة في السودان ساهم ذلك في تنوع مواد البناء مثل الطين والركام والرمل والحديد وغيرها وشكّل ذلك انواع البنايات فمنها الطينية والخرسانية حيث كانت اغلب البنايات من المواد الطينية لكن مع تطور وسائل البناء استخدم الناس الخرسانة المسلحة في

البناء. حيث تتميز بصلابتها وقوتها ومرونتها وامكانية ارتفاعاتها العالية وطول فترة بقائها كما تتميز بسرعة وسهولة تنفيذها.
تواجه المنشآت بمختلف انواعها مشاكل في هياكلها مثل التعرض للعوامل الطبيعية و التعرية والسيول والفيضانات والزلازل والبراكين والعوامل البشرية مثل الحروب والتعدي على المباني بسبب الزراعة والمباني العشوائية. كل هذه العوامل تساهم في اكبر مشكلة تواجه المنشآت وهي التشققات. حيث تعتبر التشققات في جميع المنشآت سواء كانت طينية أم خرسانية البناء. او هياكل حديدية حيث يتناول هذا البحث مشكلة التشققات ويتعرض لاسبابها ونتائجها وطرق علاجها.
تعتبر منطقة كلية الدراسات الاقتصادية والاجتماعية من اقدم المناطق في الخرطوم من حيث السكان والنشاط التجاري وسميت كلية الدراسات الاقتصادية والاجتماعية نسبة لالتقاء النيل الابيض والنيل الازرق وهي منطقة سياحية تتميز بالمنشآت الحديثة. تميز نوع البنيان في منطقة كلية الدراسات الاقتصادية والاجتماعية بالنوع الطيني حتى عهد قريب ولكن تغيرت الحياة وتطورت فظهر نوع جديد من انواع البنيان وهو النوع الخرساني.
حيث يتناول البحث منطقة كلية الدراسات الاقتصادية والاجتماعية كدراسة حالة.

2-1. مشكلة البحث:

لاحظ الباحث تعرض العديد من المنشآت الخرسانية للتشققات في السقوفات والاعمدة والأبيام.
ركزت مشكلة البحث على مبنى كلية الدراسات الاقتصادية بجامعة النيلين لمعرفة اسباب التشققات التي ظهرت في الهيكل الخرساني للسلم الشرقي للمبنى ومحاولة معرفة هل أسباب التشققات بيئية أم فنية أم طبيعية، والسعي لوضع معالجيات وحلول لدرء المخاطر التي يتعرض لها المبنى وكذلك مستخدمي المنشأة.

3-1. أهداف البحث:

من أهم اهداف البحث ما يلي:

أ. دراسة التشققات في المباني وخاصة مباني منطقة كلية الدراسات الاقتصادية والاجتماعية .
ب. ابراز أهمية خطورة التشققات في المنشآت الخرسانية وأثرها على حياة المبنى.
ج. القاء الضؤ على أنواع التشققات في المباني الخرسانية.
د. معرفة أسباب التشققات في المباني الخرسانية ومدى أثر هذه التشققات على سلامة المنشآت وذلك لمحاولة الحد من ظهور هذه التشققات مستقبلا.
ه. التعرف على الوسائل الحديثة التي تساهم في معالجة التشققات في المباني الخرسانية وترميمها.

4-1. أهمية البحث:

تنبع أهمية البحث من الوقوف على خطر التشققات وتبعاتها على المبنى كليةً فهي تشكل مهدد رئيسي على المنشآة يؤدي الى انهيار جزئي أو كلي مما يشكل خطرا على حياة البشر في حالة الانهيار. ويمكن أن يسبب انهيار المنشأة الى اضرار جسيمة تهدد البيئة المحيطة للمنشأة حيث يسبب الغبار والاتربة الناتجة عن الانهيار الى أمراض تصيب الجهاز التنفسي للانسان والحيوان وتؤثر على الصحة العامة.

تنبع أهمية البحث كذلك من أهمية زيادة الوعي بخطورة التشققات في المباني الخرسانية. بالتركيز على منطقة كلية الدراسات الاقتصادية والاجتماعية والتي تشكل نموذجا أكثر عرضةً للتشققات.

1-5. **فرضيات البحث: وضع البحث** فرضيات كما يلي:

أ. قد تكون أسباب التشققات طبيعية كالتربة الطينية غير الثابتة (أساسات) والمياه السطحية.

ب. قد تكون أسباب التشققات فنية مرتبطة بعدم تنفيذ المواصفات والكميات والمواد المكونة لبناء المنشأة.

ج. قد تكون أسباب التشققات الخرسانية في أعلى السلم بيئية ومرتبطة بتآكل حديد التسليح أو انكماش وتمدد الخرسانة.

د. عدم الدراسات الكافية قبل التنفيذ تشكل خطرا على المنشأة.

1-6. **أسئلة البحث:**

أ. ماهي التشققات وأسباب تكوينها.؟

ب. ما هي الطرق المتبعة في معالجات التشققات؟

ج. ما هي الدراسات المطلوبة لتقليل التشققات قبل التنفيذ؟

د. ما هو دور الإدارة والاشراف على المشروع في منع التشققات.؟

1-7. **منهجية البحث:**

أ. استخدم البحث المنهجية الوصفية التحليلية، والتحليل الإحصائي هو تلك العملية التي يجري من خلالها تجهيز البيانات باستخدام كافة الطرق سواء الرياضية أم المنطقية وذلك من أجل الوصول إلى معلومات مفيدة يمكن اتخاذ القرارات بناء عليها.

ب. حيث قام الباحث بزيارة الى مبنى كلية الدراسات الاقتصادية والاجتماعية بكلية الدراسات الاقتصادية والاجتماعية وقام بدراسة الخرط الانشائية والمعمارية.

1-8. **أدوات البحث:**

المصادر الأولية وهي الملاحظة، المقابلات، والدراسات السابقة والمصادر الثانوية وهي الكتب والبحوث والمحاضرات ودراسة الحالة مباني جامعة النيلين بمنطقة كلية الدراسات الاقتصادية والاجتماعية .

1-9. **الأهمية العلمية:**

تأتي الاهمية العلمية لهذه الدراسة من خلال ما يمكن أن تسهم به من دراسة علم الهندسة وما تمثله من اضافة للتراكم العلمي المعرفي من خلال تزويد المكتبة العلمية بدراسة علمية حول التشققات في المباني الخرسانية علي مستوي منطقة كلية الدراسات الاقتصادية والاجتماعية

.

1-10. **الاهمية العملية:**

تبزر الاهمية العملية لهذه الدراسة في النتائج التي يؤمل ان تسفر عنها من خلال ما يمكن أن تخدم به الباحثين والمهتمين في هذا المجال. حيث ان النتائج المتوقعة لهذه الدراسة تشكل أهمية في أثر مخاطر التشققات في المباني الخرسانية. وكذلك إفادة المسؤولين والمختصين في مجال الدراسات الهندسية.

1-11. **حدود البحث:**

الحدود المكانية : منطقة كلية الدراسات الاقتصادية والاجتماعية بولاية الخرطوم.

الحدود الزمانية :1977 - 2017م

1-12. **هيكل البحث :**

تم تقسيم البحث الى عدة فصول تناول الفصل الاول الاطار المفاهيمي للبحث اما الفصل الثاني فتناول البحث مفهوم التشققات، والفصل الثالث تناول البحث مسببات التشققات وانواعها، وتناول الفصل الرابع اثر التشققات في المباني الخرسانية في منطقة كلية الدراسات الاقتصادية والاجتماعية كدراسة حالة، اما الفصل الخامس فتناول النتائج والتوصيات.

الفصل الثاني

التشققات وأنواعها ومسبباتها

التشققات وأنواعها ومسبباتها

2-1. مقدمة:

تعتبر التشققات في المنشآت الخرسانية من أكبر المشاكل التي تواجه المهندس وصاحب العمل أثناء وبعد استخدام المبنى. ويجب على المهندس أن يجد الوسائل المناسبة وبأفضل التقنيات الحديثة وبأقل التكاليف الممكنة للتغلب على مشكلة التشققات في المنشآت الخرسانية باختلاف أنواعها ويتناول هذا الفصل أنواع التشققات الإنشائية وغير الانشائية كما يتطرق الى أنواع التشققات في المباني ووسائل معالجتها.

2-2. التشققات لغةً:

أ. **تشقّق** المنزل
- تصدّع وظهرت به فجوات وشقوق :- (يَوْمَ **تَشَقَّقُ** الأَرْضُ عَنْهُمْ سِرَاعًا) قاموس المعجم الوسيط

ب. **تَشَقَّقَ**
- **تَشَقَّقَ** :تَصدَّعَ وبَدَت شقوقه .

وفي التنزيل العزيز : (يَوْمَ **تَشَقَّقُ** الأرْضُ عَنْهُمْ سِرَاعًا) سورة ق آية 44 .
و **تَشَقَّقَ** الفرسُ : ضَمُرَ .
ويقال في **تَشَقَّقَ** :اشَّقَّقَ.

ج. **تَشَقَّقَ**
- (ش ق ق). (فعل : خماسي لازم). تَشَقَّقَتْ، تَتَشَقَّقُ، مصدر **تَشَقُّقٌ**
- **تَشَقَّقَ** الجِدَارُ :- : تَصَدَّعَ، صَارَتْ بِهِ شُقُوقٌ . :- تَشَقَّقَتِ الأَرْضُ .

تَشَقَّقَتْ شَفَتُهُ :-: تَفَلَّقَتْ، صَارَ بِهَا فَلَقٌ، شُقَّتْ.

د. **التشقق**: تشقق الشيءُ: إذا انشق كثيرًا، قال الله تعالى: {وَيَوْمَ تَشَقَّقُ السَّماءُ بِالْغَمامِ}سورة الفرقان آية 25، وكذلك وله: {يَوْمَ تَشَقَّقُ الْأَرْضُ عَنْهُمْ سِراعًا} وهو رأي أبي عبيد والباقون بالتشديد. ولم يختلفوا في تشديد قوله: {لَما تَشَّقَّقُ فَيَخْرُجُ مِنْهُ الْماءُ ويقال: تشقق البرق: إذا تفتح.

- **التشققات اصطلاحاً:**

تشقق البناء هو التصدع والتدهور الذي يحدث في المنشأة نتيجة انخفاض في متانة المبنى أو أي مظاهر ضعف تهدد سلامته الإنشائية أو تهدد صلاحيته الاستثمارية.

2-3. الدراسات السابقة :

أ. (**تصدعات المنشآت وتقنيات الترميم**)، عبد الله قادر خضر، 2011م.:

تناولت الدراسة تصدعات المباني وطرق علاجها وترميمها ونوع الحجر واهم العوامل المؤثرة فيه، وكذلك طرق صيانة الحجر وتنظيفه وتقنيات حديثة متبعة في ترميم الحجر.

وكذلك دراسة لحالة مشابه في ترميم الحجر وهي الترميم الخارجي لجدار الكعبة المشرفة.

يرى الباحث أن هذه الدراسة قد ركزت على ترميم الحجر ونوعه وتناولت التقنيات الحديثة في ترميمه ولكن لم تتناول التشققات الخرسانية في المنشآت واسبابها وطرق علاجها.

ب. (**السيطرة على تشققات الانكماش للجدران المنتجة من خرسانة المساحيق الفعالة**)، نيران محمد صادق شربه، رسالة ماجستير، القاهرة،2017:

تناولت الدراسة استخدم البحث نماذج بحث مصغرة يعتقد بأنها توفر ظروفا مشابهة للظروف الطبيعية الموقعية لدراسة سلوك الانكماش للجدران المصنوعة من خرسانة المساحيق الناعمة بعدد ستة جدران لنسب مختلفة من الطول / الارتفاع (52 -5 10) بوجود ألياف الحديد بنسبتين (1%- 2%) تم تقييد تلك الجدران بواسطة أساس خرساني أما الخواص الميكانيكية للخرسانة التي تضمنها البحث، مقاومة الانضغاط، مقاومة الشد (الانشطار)، مقاومة الشد (الانحناء) ومعامل المرونة، تراوحت القيم بالنسبة لخرسانة المساحيق الناعمة، مقاومة الانضغاط (75-3-140-1) ميكا باسكال، مقاومة الشد بالانشطار (707 -5024) ميكا باسكال، ومعامل المرونةالاستاتيكي (3217-4711) كيكا باسكال للأعمار من (3-60 يوم) .

وتبين من خلال المراقبة أن جميع هذه الجدران ولهذه النسب من الطول/الارتفاع لا تبدي تشققا خلال فترة تعرضها للجفاف قدرها (90) يوم، وكانت قيم الانكماش غالبا ما تزداد كلما اتجهنا نحو نهايات الجدار.

كانت نسب الزيادة في القيم العظمى للانكماش للجدران ذات 1% من ألياف الحديد بحوالي (29% 28% 28%) من القيمة العظمى للانكماش للجدران ذات 2% من ألياف الحديد لنسب الطول إلى الارتفاع على التوالي

وقد بينت النتائج المختبرية للعتبات الخرسانية المقيدة إن الانكماش الحر في وقت حدوث الشق للعتبات ذات 1% من ألياف الحديد أعلى مما هو عليه للعتبات ذات 2% من ألياف الحديد بحوالي (24%) انفعال الشد الأقصى للعتبات ذات 1% من ألياف الحديد أعلى مما هو عليه للعتبات ذات 2% من ألياف الحديد بحوالي (45%) وانفعال الشد المرن للعتبات ذات 1% من ألياف الحديد أعلى مما هو عليه للعتبات ذات 2% من ألياف الحديد بحوالي (42%)، بالإضافة إلى ذلك عند مقارنة نتائج الانكماش هذه مع نتائج الانكماش للخرسانة عالية المقاومة وللخرسانة العادية في البحوث السابقة نجد إن خرسانة المساحيق الفعالة بالأعمار المبكرة أعلى انكماشا من الخرسانة عالية المقاومة

والخرسانة العادية لكن بالأعمار المتأخرة اقل انكماشا من الخرسانة العالية المقاومة والخرسانة العادية.

يرى الباحث ان هذه الدراسة تناولت الانكماش في الخرسانة ومقاومة الشد والضغط ودراسة النسب بينهم، ونجد ان الدراسة قد تطرقت الى كيفية تشققات الانكماش دون التطرق الى بقية التشققات وسبل علاجها وعلى مستوى منطقة كلية الدراسات الاقتصادية والاجتماعية وجدت الدراسة قيد البحث أن من الاسباب التي تُحدث تشققات في المنشآت الخرسانية الانكماش والشد والضغط مع الاختلاف في ان دراسة نيران محمد صادق اسبهت في عمل النسب في الجدران المنتجة من المساحيق الفعالة.

ج. (**التحليل اللاخطي للعناصر المحددة للاعمدة الخرسانية المسلحة**)، رسالة ماجستير، جواد كاظم مريس، بجامعة البصرة،2016م.:

هدفت الرسالة الى دراسة سلوك الاعمدة الخرسانية المسلحة المعرضة الى احمال عمودية وعرضية باستخدام برنامج(ANSYS) . تضمن العمل باختيار خمسة اعمدة خرسانية مسلحة ذات مقطع مستطيل معرضة الى احمال عرضية (اربعة منها معرضة الى احمال عمودية) حيث تم ايجاد اقصى حمل عرضي والهطول العرضي للدراسة العملية نسبة الى اقصى حمل للنتائج النضرية تراوح بين 1.0038 و 1.098، اضافة الى بيان نوع الفشل ومتابعة مراحل تطور التشققات.

يرى الباحث ركزت هذه الدراسة على الاعمدة الخرسانية المسلحة وتعرضها الى احمال عمودية وأسباب تشققها مما يسبب مخاطر على المباني من خلال (انفجار العمود) ولكن لم تتعرض هذه الدراسة الى التشققات الخرسانية في المنشآت ككل.

د. **(أسباب إنهيار المباني وطرق معالجتها)**،مختار غحدالله مختار، جامعة سنار،2014:

تناولت الدراسة أسباب انهيار المباني لاسباب تتعلق بانهيار التربة والرطوبة وعوامل التأسيس وسلامة الأساسات، وكذلك سؤ المواد المستخدمة أو عدم الالتزام بالمواصفات والمقاييس وقلة خبرة العمالة. وكذلك أسباب تتعلق بتلف الخرسانة لاسباب كيميائية او عمومل تتعلق بالاسمنت وكمياته ونوعه، وتناولت الدراسة معالجات أساب الانهيار من ناحية الترميم وحماية الخرسانة والمنشآت.

يرى الباحث أن الدراسة لمم تتناول أسباب التشققات الأساسية في المنشآت الخرسانية وانما ركزت الدراسة على انهيار المباني عموما.

تصنيف التشققات الخرسانية

4-2. تشققات غير إنشائية (لأسباب غير إنشائية):

1. **تشققات الانكماش الحراري:**

يتولد أثناء عملية التصلب المبكرة حرارة ناتجة من التفاعل الكيميائي بين الماء والإسمنت .تولد كمية كبيرة من الحرارة خلال الخرسانة، وعند ما تبرد الخرسانة وتنكمش تبدأ الاجهادات الحرارية في الظهور والنمو خاصة إذا كان التبريد غير منتظم خلال العنصر . وقد يحدث اجتهاد الشد الحراري تشققاتا دقيقة جدًا يقدر أن يكون لها أهمية إنشائيًا .ولكن ذلك يوجد أسطحًا ضعيفة داخل الخرسانة، كما أن انكماش الجفاف العادي يؤدي إلى توسيع هذه التشققات بعد ربط العناصر مسبقة الصنع (آمال مصطفى 2013)

2. **تشققات الانكماش اللدن:**

تحدث نتيجة التبخر السريع للماء من سطح الخرسانة وهي لدنه أثناء تصلدها . وهذا التبخر السريع يتوقف على عوامل كثيرة أهمها درجة الحرارة وسرعة الشمس المباشرة تجعل معدل التبخر أعلى من معدل طفو الماء على سطح الخرسانة. وتكون تشققات الانكماش اللدن عادة قصيرة وسطحية وتظهر في اتجاهين عكسيين في آن واحد . وفي حالة عناصر المنشآت سابقة الصب التي تصنع في أماكن مغلقة وتعالج جيدًا فلا يخشى من خطورة تشققات الانكماش اللدن لصغرها.

إن الوسيلة الوحيدة العملية لمنع تشققات الانكماش هو تقليل الفاقد من الماء نتيجة البخر وذلك عن طريق المعالجة المبكرة للخرسانة السطحية(آمال مصطفى 2013)، وهناك عدة طرق لمنع الفقد السريع لرطوبة الخرسانة السطحية نتيجة الجو الحار أو الرياح الجافة منها:

أ. استعمال رشاشات المياه الدوارة لزيادة تشبع الهواء الذي يعلو الخرسانة بالرطوبة.
ب. تغطية سطح بعدة طبقات من الخيش.
ج. التصلد لتكون طبقة تمنع تبخر الماء قبل انتهاء فترة الادماء.
د. استعمال كاسرات الرياح – وهي الواح مائلة تعمل على تخفيض سرعة الهواء فوق سطح الخرسانة.
ه. استعمال المظلات التي تعمل على تخفيض درجة حرارة الاسطح المعرضة للشمس.

3. **تشققات انكماش الجفاف** DRYING SHRINKAGE CRACKING

يحدث هذا النوع من التشققات عندما تقابل العناصر القصيرة ذات التسليح القليل حواجز تعيقها) كما في حالة اتصال كورنيشية ذات ثخانة صغيرة ببلاطة شرفة ذات ثخانة كبيرة وفي الكمرات مسبقة الصنع فإن خرسانة الأطراف المفصلية تصب في مجاري من وصلات متصلدة

مسبقة الصنع) كقالب . (ونظرًا لضيق هذه المجاري نسبيًا لتسهيل عملية الصب، وتحدث في الفواصل الرأسية غالبًا تشققات دقيقة نتيجة الانكماش.

4. **فروق الإجهاد الحرارية :** DIFFERENTIAL THERMAL STRAINS

إن أسلوب الإنشاء في المنشآت مسبقة الصب يساعد على التأثر باختلاف درجة الحرارة ولذا تظهر التشققات في البحور المحصورة. الطقس الطبيعي أو نتيجة التسخين عند ما يكون اتصال وجهيها بالمنشأ متينًا . كما أن الحرارة المفاجئة لها تأثير آخر حيث يولد الارتفاع المفاجئ في درجة الحرارة سلسلة من التشققات أيضًا إذا حدث اختلاف كبير في درجة الحرارة بين وجهي بلاطة أو كمرة . وهذا التأثير نادر الحدوث في المنشآت السكنية . ولكن قد يحدث في منشآت معينة، مثل حوائط الخزانات وفي حالات خاصة عندما يكون السائل المخزون داخل الخزان ساخنًا أو باردًا جدًا . كما تحدث إجهادات بالمنشأ نتيجة اختلاف درجة الحرارة بين أجزئه المختلفة، فإن أطراف الواجهة تتعرض لأشعة الشمس المباشرة فتتمدد، بينما تظل درجة حرارة باقي المنشأ منخفضة، فينتج عن ذلك ظهور تشققات قطرية من الزوايا في أرضيات المنشآت الطويلة جدًا أو المتينة جدًا . وهناك أنواع أخرى من التشققات قد تحدث تحت هذا التأثير وبخاصة مع حدوث الضوضاء والاهتزازات، وتقلل التشققات الناتجة من الانكماش وفروق درجات الحرارة من متانة المنشأ وهذا يعني أن الاجتهادات لا تتزايد بعد حدوث التشققات(آمال مصطفى 2013).

5. **تشققات نتيجة التآكل:**

هناك نوعان رئيسان من العيوب يساعدان على تزايد تأثير عوامل التعرية على المنشأ الخرساني، وهما:

أ. **تآكل حديد التسليح:**

ينمو الصدأ ويتزايد حول حديد التسليح منتجًا تشققاتا بامتداد طولها . وقد يؤدي ذلك إلى سقوط الخرسانة كاشفة حديد التسليح وتساعد كلوريدات الكالسيوم الموجدة في الخرسانة على ظهور هذا العيب، كما تساعد على ذلك الرطوبة المشبعة بالأملاح في المناطق الساحلية تحمل كلوريد الكالسيوم، وبالتالي فإن خطورة تآكل الحديد تصبح كبيرة في هذه الحالة . إن تشققات تآكل الحديد خطيرة على عمر المنشأ وتحمله حيث تقلل مساحة الحديد في القطاع الخرساني، وهذه الظاهرة خطيرة بصفة خاصة في الخرسانة مسبقة الإجهاد.

ب.**نحر الخرسانة:**

هناك تفاعلات كيميائية تؤدي إلى تهتك الخرسانة والحالة الأكثر شيوعًا هي تكوين النتيجة اتحاد الكبريت مع ألومينات الإسمنت في وجود الماء . والملح الناتج ذو حجم أكبر من العناصر المكونة له، والتمدد الناتج يؤدي إلى تفجر التشققات وسقوط أجزاء الخرسانة المتهتكة . وقد

يظهر خلل كيميائي نتيجة اختيار حبيبات (حصى) غير ملائمة، فإن النتوءات والحفر التي تظهر على السطح الخرساني تعني أن الحبيبات المعزولة قد تفتتت.

2-5. التشققات الإنشائية:

تتعرض الخرسانة المسلحة لاجتهادات الشد عند تحميل المنشأ، ولذلك تحدث تشققات في الكمرات) وهذا طبيعي (في الجانب المعرض للشد تحت تأثير عزم الانحناء). فإذا كان التسلح المستخدم موزعًا بالشكل الملائم) فريد الحديد (وكانت الخرسانة جيدة النوعية فإن هذه التشققات تكون دقيقة بالقدر الكافي لتجنب تآكل الحديد. وعمومًا فإن هذه التشققات مقبولة إذا كان سمكها 2.0 مم وقد أثبتت التجارب أن التآكل والصدأ يتزايدان بسرعة فقط عندما يزيد سمك الشرخ عن 4.0مم. وقد تظهر بعض التشققات نتيجة اجتهادات القص، وإن كانت نادرة، وتكون تشققاتا قطرية مائلة (في اتجاه أسياخ التسليح) التكسيح (وتحدث بسبب عيوب في ترابط أسياخ الحديد ذات القطر الكبير مع الخرسانة، خاصة إذا كان غطاء الحديد قليل السمك، أو إذا كان جنش الأسياخ قصيرة مما يؤدي إلى ضعف الربط بين أسياخ الحديد والخرسانة أو إذا كانتهذه التشققات معقولة في الحدود المسموح بها وتشير إلى سلوك طبيعي للمنشأ فلا خطر منها ولكن في بعض الحالات تكون هذه التشققات ظاهرة **بدرجة تشكل خطرًا مثل:**

أ. تشققات عزوم الانحناء أو القص التي يزداد اتساعها بصفة مستمرة.

ب. تشققات تحدث في أجزاء الخرسانة المعروضة للضغط وهذا ينبه إلى أن هناك سلوكًا غير عادي يحدث في المنشأ.

ج. تفتت الخرسانة في مناطق الضغط) الأعمدة أو الكمرات أو البلاطات في الجانب المعرض للضغط (وهذه الحالة من أقصى درجات الخطورة على المنشأ. عند حدوث مثل هذه الأنواع من التشققات فقد يكون من الضروري تدعيم المنشأ وُتزال الأحمال فورًا، وبعد ذلك يدرس أساس ومصدر الخلل في المنشأ، ونبدأ في حل مشكلة تقوية المنشأ وكيفية معالجة التشققات. وقد يكون سبب الخلل زيادة في الأحمال على المنشأ، أو أن التسليح غير كاف، أو أن نوعية الخرسانة رديئة أو أن هناك هبوطًا في التربة(آمال مصطفى 2013)

.

2-6. مراقبة التشققات:

يجب ملاحظة التشققات عندما تظهر في المنشأ الخرساني وعند ظهورها يجب اختبار سمك الشرخ وطوله وعمقه. ومن المهم ملاحظة ما إذا كان الشرخ يتسع بمرور الوقت أم لا . وهناك طرق كثيرة تستخدم الدراسة ذلك) مثل استخدام بقع الجبس فوق التشققات ومتابعة

حدوث التشققات في الجبس، أو باستخدام جهاز يقيس العرض بين كرتين من الحديد مثبتتين على جانبي الشرخ.(ويجب قياس تشوه أو انحناء عناصر المنشأ التي تحدث فيها التشققات الإنشائية باستخدام نقط المناسيب المعروفة كمرجع للقياس) من الضروري معرفة الهبوط النهائي للأساسات (وسوف تقودنا الملاحظة وأحذ القراءات المختلفة إلى معرفة نوع التشققات من حيث أسبابها . وغالبًا ما تؤثر عدة أسباب في وقت واحد. من الممكن الآن اقتراح طريقة للعلاج) الترميم (التقوية المنشأ مثلا أو حقن التشققات وما إلى ذلك.

7-2. معالجة التشققات في الخرسانة:

بالنسبة للتشققات في الخرسانة أو لا ينظر لحالة هده التشققات وأسبابها وهل هي تشققات بسبب مشاكل إنشائية أو تشققات عادية و أنواع التشققات تنقسم إلى قسمين قبل تصلد الخرسانة وتحدث بسبب أضرار التجمد المبكر - انكماش الخرسانة وهي لدنة - هبوط الخرسانة وهي لدنة - حركة الشدة - حركة التربة السفلية والقسم الثاني يحدث بعد تصلد الخرسانة وأسابها إما أن تكون فيزيائية أو حرارية أو كيميائية أو إنشائية وهى اخطر الأنواع.

أما بالنسبة للعلاج فيتم بإحدى الطرق الآتية :إما عن طريق الحقن وتوجد مواد تحقن التشققات الدقيقة حتى 2.0 مم مثل مادة سيكا دور 52 وهوا عبارة عن راتنج ايبوكسى أو يتم معالجة التشققات بواسطة مواد على شكل طلاء متل سيكا بروف او سيكا توب 107 أو 105 أو مادة مثل ماستر سيل 550 أو 541 من شركة الباسف وهدا في حالة الشقوق الشعرية أما إذا كانت الشقوق غير شعرية يتم توسعة الشقوق وملأها باحدى المواد الاتية سيكا دور 31 أو كونكريسيف 2200 أو مونه جاهزة مثل سيكا .توب 122 أو ايماكو اس 88.

1. **معالجة التشققات وترميم المنشأ:**

تعتبر معالجه التشققات إحدى خطوات الترميم اللازمة لإعادة المبنى إلى حالته الأصلية وقد يحتاج الأمر إلى خطوات أخرى لتلافى حدوث التشققات مره أخرى يتوقف ذلك على الفحص الإنشائي للمبنى والأسباب المتوقعة للتشققات وبالتالي تحديد خطوات العلاج اللازمة.

2. **معالجه التشققات الشعرية غير النافذة:**

التشققات الشعرية المنتشرة بشكل كبير على الأسطح الخرسانية والتي تنتج عاده من زيادة انكماش الخرسانة يمكن علاجها بدهانها عده أوجه بماده ايبوكسيه منخفضة اللزوجة يمكنها التسرب داخل التشققات الشعرية يجب أن يكون سطح الخرسانة تام الجفاف ونظيف وخالي من أجزاء الخرسانة الضعيفة أو المفككة.

3. **معالجه التشققات الأفقية قليله الاتساع:**

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

أ. يتم توسيع التشققات من أعلى بعرض5 مم على الأقل.

ب. في حاله التشققات النافذة حتى السطح المقابل للخرسانة يتم سد التشققات من الجهة الأخرى باستعمال مونه ايبوكسيه أو بمونه إسمنتية بولمريه.
ج. يتم تنظيف الشرخ جيدا و إزالة الأجزاء المفككة من الخرسانة ولا يتم علاج التشققات بهذه الطريقة إلا في حاله تمام جفاف سطح الخرسانة.
د. يتم صب ماده ايبوكسيه قليله اللزوجة داخل التشققات مباشره حتى يمتلئ.

4. **معالجه التشققات العميقة بطريقه الحقن:**

تصلح طريقه التشققات بالحقن تحت تأثير ضغط الهواء لجميع أنواع التشققات الخرسانية الأفقية والرأسية سواء كان الشرخ من جهة واحده أو نافذ إلى السطح الأخر من الخرسانة يتم حقن التشققات طبقا للخطوات التالية :

أ. 1سم - يحدد مسار الشرخ ويتم توسيعه إلى عمق وعرض.
ب. يملأ الشرخ بماده ايبوكسيه ويتم العمل من الجهتين فى حاله التشققات النافذة .
ج. يعمل ثقوب في السطح السابق لملئه بالمونه الايبوكسيه) من جهة واحده فقط في حاله التشققات 50 سم بعمق يتحدد طبقا لعمق الشرخ ودرجه مسامية - النافذة وذالك على مسافات تتراوح بين 25 الخرسانة ويثبت مواسير معدنية في الثقوب.
د. يبدأ الحقن من أسفل من خلال المواسير المعدنية بعد تثبيت صمام مانع للرجوعية ويتم الحقن باستعمال مواد ايبوكسيه قليله اللزوجة ويستمر الحقن حتى خروج ماده الحقن من الماسورة العلوية التي تلي النقطة التي يتم الحقن من خلالها مباشرة.
ه. بعد إتمام الحقن من جميع النقاط التي يتم الحقن من الوجه الأخر في حاله التشققات النافذة.

5. **معالجه التشققات المتسعة:**

في حاله التشققات المتسعة والنافذة يتم العلاج على الوجه التالي:

أ. تعتمد أبعاد الفتحات على عمق واتساع الشرخ 1- **V** يتم تفتيح التشققات على هيئه حرفV.
ب. ينظف الشرخ وتزال جميع الأجزاء المفككة بالهواء المضغوط
ج. يتم ملىء الشرخ باستعمال المواد التالية:
-المونه الإسمنتية البولمريه.
-المونه الإسمنتية البولمريه المسلحة بالألياف.
-المونه الايبوكسيه.

د. في حاله المونه الإسمنتية البوليمريه والإسمنتية البوليمريه المسلحة بالألياف يتم ترطيب الشرخ ثم طرطشه الأسطح بطبقه من ماده رابطه قبل ملء الشرخ مباشرة.

6. **معالجه تشققات المباني:**

في حاله تشققات المباني تتم المعالجة على الوجه التالي:

أ. وتزال جميع أجزاء المباني المفككة.
ب. يتم تفتيح الشرخ على هيئه حرفV.
ج. ينظف السطح الداخلي للشرخ بالهواء المضغوط ويرطب بالمياه
د. يدهن السطح الداخلي بمادة بوليمريه أو ايبوكسيه رابطه
ه. يملاء الشرخ بمونه ايبوكسيه خاصة.
و. في بعض الأحوال) مثل حاله التشققات الإنشائية في الحوائط الحاملة (يتم تزرير الشرخ باستعمال على مسافات تتراوح بين 25 سم إلى 50 سم بعمل ثقوب على جانبي الشرخ باستعمال الشنيور وتملأ هذه الثقوب بماده ايبوكسيه رابطه وتزرع فيها الاشاير ويفضل دهان الاشاير قبل زرعها بماده مانعه للصدأ.

7. **علاج التشققات باستخدام المواد المرنة:**

سوف نتناول هنا حلول ومشاكل ملء تشققات الخرسانة مع متابعة الترميمات الأخرى الضرورية:

أ. المواد المستخدمة:

تستخدم البوليمرات العضوية والإسمنت في علاج التشققات وسوف نشير إليها بالروابط. وأكثر البوليمرات العضوية استخداما في الترميمات الإنشائية هي الروابط الإيبوكسية . وهي عبارة عن مصلد أو معجل للتصلب، حيث يجب خلطها بالنسب epoxy binders مركب أساسي وللروابط الإيبوكسية خاصية الالتصاق بالخامات كالخرسانة والحديد وقلة الانكماش، كما أنها ذات قوة شد وضغط عاليتين . يعيب البوليمرات العضوية ضعف مقاومتها للحريق ودرجات الحرارة المرتفعة. والروابط الإيبوكسية تنتمي إلى فصيلة البوليمرات حرارية التصلد وهي تشمل ضمن تركيبها البوليرثان مجهزًا على هيئة مركبين خلطهما عند الاستخدام ويعد البوليستر من نفس الفصيلة . هو يتكون عادة من ثلاث مركبات أساس راتنجي، وسيط مساعد، ومعجل تصلب. Thermoplastic وهناك فصيلة أخرى من الروابط العضوية تتكون من البوليمرات البلاستيكية وهي سريعة التصلب ولا تلتصق بالخرسانة Acrylamid Binder أو الروابط الاكريليكية polymers ، وهي ذات انكماش عال في الظروف الجافة ولذا فإن استخدامها الرئيسي يكون في سد التشققات في حالات الرطوبة والتشبع لمقاومة تسرب الماء

والإسمنت المستخدم هنا هو الإسمنت البورتلاندي العادي، كما أن الإسمنت قليل الانكماش والإسمنت سريع التصلب يمكن خلطهما بالبوليمرات العضوية.

ب.اختيار الخامات:

يستخدم (إسمنت الحقن) اللباني (لملء التعشيشات والفراغات الهامة، كما يستخدم الإسمنت السريع التصلب في بعض حالات ملء التشققات وتستخدم البوليمرات البلاستيكية) الراتنجات الاكليريكية (بصفة رئيسية لملء التشققات تحت ضغط الماء لإيقاف نفاذا الماء. كما تستخدم أيضا أَلبوليمرات حرارية التصلد(آمال مصطفى 2013).

الحد من سعة التشققات:

يمكن تلافي وصول التشققات في عناصر الخرسانة المسلحة إلى الحد غير المسموح به باتخاذ ما يلي:

أ. إستعمال الخرسانة الكثيفة ما أمكن.

ب.تأمين طبقة كافية من الخرسانة لحماية حديد التسليح ضد عوامل التآكل بما لا قل عن 2 سم في البلاطات المعروضة لتأثيرات جوية، و 5.2 سم للكمرات والأعمدة، على أن لا تقل سماكة هذه الطبقة عن أكبر قطر لحديد التسليح المستعمل - الحفاظ على درجة حرارة منخفضة للخرسانة أثناء التصلد برشها بالماء البارد لمدة 24 ساعة على الأقل.

الخلاصة:

تشكل التشققات مصدر قلق وتوتر لمستخدمي المنشأة سواء كانت التشققات إنشائية أو غير انشائية. لذا يجب معرفة نوع التصدع أولاً وسببه سواء كانت بسبب الإنكماش الحراري أو الانكماش اللدن أو إنكماش الجفاف أو عن طريق تآكل حديد التسليح أو التشققات الإنشائية، عندها يجب مراقبة التشققات أولاً بعمل القياسات الدورية اللازمة وأخذ العينات وفحصها في معامل متخصصة، ومن ثم تحديد نوعية المعالجة اللازمة والمناسبة لنوع الشقوق المراد معالجتها بطريقة الحقن أو بالمواد الايبوكسية مع مراعاة الوسائل العلمية والخطوات الصحيحة في المعالجة حسب نوعية ودرجة ونسبة الشقوق في المنشأة.

أنواع التشققات في المباني

8-2.أنواع التشققات في المباني - أسبابها وعلاجها:

تظهر في المباني تشققات معيبة أحيانًا و خطرة أحيانًا أخرى و كنوع من التبسيط سنشير إلى أهم حالات التشقق في المباني وما هي الملاحظات الواجب التأكد منها لضمان السلامة الإنشائية للمبنى وهي كالتالي :

1. **التشققات الأفقية في العناصر الأفقية :** يحدث هذا التشقق في مناطق الالتقاء بين الجسور وجدران البلوك وسبب التشقق هو التمدد والتقلص فرق عامل المرونة بين المادتين وهي تشققات تظهر على جانبي الغرفة وهي غير خطرة لكنها معيبة، أن التشققات الأفقية في العناصر الأفقية والتشققات الشاقولية في العناصر الشاقولية تظهر2مم (معيبة وغير خطرة .تجري معالجتها بنزع - على جانبي الغرفة و هي تشققات ضيقة) التلبيس(ووضع طبقة من حديد تسليح للطينة) شبك دجاج وإعادة تنفيذ طينة مسلحة(.د/ أشرف رجب علي محمد 2009).
2. **التشققات الشاقولية في العناصر الشاقولية :** يحدث في مناطق التقاء الأعمدة بالبلوك و هي تشققات معيبة لكنها غير خطرة أيضًا.
3. **تشققات مائلة بزاويةٌ 45 درجة:** و هي تشققات خطرة غالبًا و لها اشكال كثيرة:
   أ. **تشققات مائلة بجانب فتحات الأبواب العليا:** هذه التشققات سببها نقص طول النجفة العلوية للباب أو أنها غير موجودة أصلا .. مما يؤدي إلى تشقق الطينة والبلوك أحيانًا تحت ضربات الباب المتلاحقة وهي تشققات غير خطرة. يعالج هذا التشقق بتنفيذ نجفة مسلحة فوق الباب و تنفيذ تسليح شبك دجاج للطينة.
   ب. **تشققات مائلة بجانب الفتحات السفلية للنوافذ :** تشققات خطرة سببها وجود هبوط تفاضلي في إحدى قواعد المبنى أو أكثر .. هذا التشقق يطلب فيه استشارة مهندس مختص و خبير خصوصًا إذا كان طول الشق كبيرًا.
   ج. **تشققان مائلان ينطلقان من زاوية العمود العلوية إلى منتصف الجسر السفلي بزاوية 45 درجة مْن طرفي الجدار:** تشقق خطر للغاية سببه وجود ضعف في الجسر السلفي أو الشيناج الأرضي وغالبًا ما يكون مكسورًا. تتم عملية دراسة كاملة لتدعيم المبنى بشكل علمي.
   د. تشققان مائلان ينطلقان من زاوية العمود السفلية إلى منتصف الجسر العلوي:

يتم بسبب وجود هبوط تفاضلي في إحدى القواعد (مكان التشقق) و يترافق عادة مع تشققات في أطراف النوافذ السفلية.

4. **تشققات أفقية في الأعمدة :** تشقق خطير جدًا سببه انهيار القاعدة تمامًا مما أدى إلى سحب العمود نحو الأسفل يجري تدعيم العمود بواسطة أساور معدنية أو طرق أخرى(د.أشرف رجب علي محمد 2009)
..
5. **تشققات شاقولية في الجسور :** يحدث إما في الطرف و هو خطير سببه تجاوز قوى القص للقيمة المسموحة أو في الوسط وهو أكثر خطورة سببه تجاوز العزم للقيم المسموحة : هذا التشقق يبدأ من الأسفل على شكل شعر يتزايد باطراد حتى يتجاوز منتصف ارتفاع الجسر .. لا يمكن تجاهله أبدًا و يطلب استشارة مهندس مختص.

ويرى الباحث أن الانهيارات المفاجئة في المباني تحدث نتيجة ضعف التربة . أما نقص كميات الحديد فتحدث إنذارات كثيرة قبل الانهيار بسبب قابلية الحديد للاستطالة قبل الانقطاع بينما ينهار المبنى تحت الضغط دون استطالة و دون أي انذار مبكر. تحدث انهيارات كثيرة بسبب الكهوف أو وجود طبقات من الكلس الحي تحت المباني و التي تتأثر بكثرة بالمياه الجوفية ..وهذه الانهيارات لا علاقة لها بصلابة المبنى فإن كانت التربة ضعيفة يجب تدعيمها وتسليحها أو استخدام طرق تأسيس مثل الحصائر أو الأوتاد العميقة.

2-9.أسباب أخرى لتشقق المباني:

لا يخفى على جاهل أن نقص الكميات من اسمنت أو حديد يؤدي إلى ضعف عام في المبنى و لكن هذا الضعف وحده لا يؤدي عادة إلى الانهيار. الأسوأ من ذلك أن هناك قطاعات تقوم بوضع الكميات المطلوبة و لكن في المكان غير الصحيح. فيتم توزيع الحديد بشكل عشوائي و في مناطق غير مرغوبة .. و قد جهل هؤلاء أن ما يزيد عن الحد ينقلب إلى الضد. في أحد المباني المتصدعة كان السبب الرئيس هو زيادة كميات الحديد و وضعها في أعلى الجسر بدلا من أسفله .

تتعرض الجسور إلى قوى عزم في المنتصف تجعل الجسر مشدودًا من الأسفل و مضغوطًا من الأعلى لذا يجب أن تقوية أسفل الجسر لمنع التشقق قبل أن يبدأ و ذلك بوضع الحديد في الأسفل. تجري دراسة جميع الجسور على أساس أن مركز الثقل يقع تحت خط النصف و لهذا يكون الحديد السفلي أكثف من الحديد العلوي فوظيفة الحديد هي مقاومة الشد و الذي يحصل تحت خط مركز الثقل بينما يقوم المبنى بمقاومة الضغط الموجود في الأعلى.

إن زيادة الحديد في الأعلى في نقل مركز ثقل الجسر من تحت خط المنتصف وهو ما يتم التصميم بموجبه .

يعتقد الكثير من الناس أن الأسباب الرئيسية لانهيار المباني هو نقص الحديد أو ضعف الاسمنت ولا شك أن هذه العوامل تسهم بشكل ما في الانهيارات لكنها ليست على الغالب السبب

الحقيقي.. و لنشرح الأسباب الحقيقية لانهيار المباني لا بد أن نبين عوامل الأمان التي تتخذ عند التصميم الإنشائي للمباني السكنية العادية(د/ أشرف رجب علي محمد 2009).

1. إن أول ما يفعله المهندس المصمم هو تقدير الحمولات الطابقية بدقة، و بما أن حمولات الوزن الذاتي و وزن البلاط و قواطع البلوك) الحمولات الميتة (تحسب بدقة فليس هناك مشكلة فيها. أما حمولات الأثاث والأشخاص فتختلف حسب طبيعة استثمار المبنى)سكني – مكتبة – مخزن)..
2. بعد الانتهاء من تحليل الحمولات الميتة و الحية فيحسب التصميم على أساس مقاومة البيتون ومقاومة الحديد وهكذا تتضاعف عوامل الأمان في المباني من حيث تقدير حمولات مثالية عالية القيمة قيمة المقاومة للبيتون و الحديد . اذًا لماذا تنهار المباني. ؟

أن النظام المعتمد لتصميم المنشآت وهو مأخوذ من الكود الأمريكي .يعتمد الكود في تصميمه للمنشآت على إحدى طريقتين رئيسيتين Vertical Geomembranes on Four Highways" (1985):

أ. **الطريقة المرنة :** و هي تعتمد على أخذ عوامل الأمان للمواد المستخدمة) (4.0 للبيتون) ٠.٥٥للحديد.(الطريقة الحدية :وهي تعتمد على أخذ عوامل الأمان على الحمولات بحيث نقوم بتصعيد الحمولات)الميتة بنسبة (15) % والحمولات الحية بنسبة (180) % الحمولات الديناميكية 110 %) بحيث تصبح معادلة التصميم على الحمولات:

1.1 × 5.1 + الحمولات الديناميكية × 8.1 + الحمولة الميتة × الحمولة الكلية = الحمولة الحية

و لكن ما هي هذه الحمولات ؟؟.

ب. **الحمولات الميتة** : هي مجموع الوزن الذاتي للمنشأ + أوزان حمولات الإكساء الثابت) بلاط – رخام -قواطع بلوك ... الخ.(الحمولات الحية : هي مجموع الأوزان المتوقعة للأفراد و الأثاث .. الخ.

الحمولات الديناميكية : و هي حمولات الرياح - الزلازل - التمدد والتقلص - الارتجاج والدق في المعامل - الحرارة و حمولات الحريق Vertical Geomembranes on Four .. (1985)

1. **طريقة:** (Holtz (1959 **:**

م تصنيف التربة في هذه الطريقة على أساس محتواها الغروي ٢ميكر ومعيار اللدونة وحد الإنكماش والانتفاخ المحتمل كما هو موضح في جدول (2-1). ويصنف انتفاخ التربة في هذه الطريقة إلى منخفض، ومتوسط، وعالي، وعالي جدا . ويستخدم هذه الطريقة مكتب الإصلاح الأمريكي U.S. Bureau of

جدول (2-1). تصنيف التربة القابلة للانتفاخ Holtz (1959 Reclamation

المحتوى الغروري	معيار اللدونة	حد الانكماش	الانتفاخ	الانتفاخ
اقل من 2 ميكرومتر	(P.1)	(S.L)	المحتمل	
اقل من 15 بين 13 و23 بين 20 و31 أكبر من 28	اقل من 18 بين15 و28 بين25 و 41 أكبر من 35	15 بين 10 و16 بين 7 و12 أكبر من 11	اقل من 10 بين 10 و20 بين20 و30 اكبر من 30	منخفض متوسط عالي عالي جدا

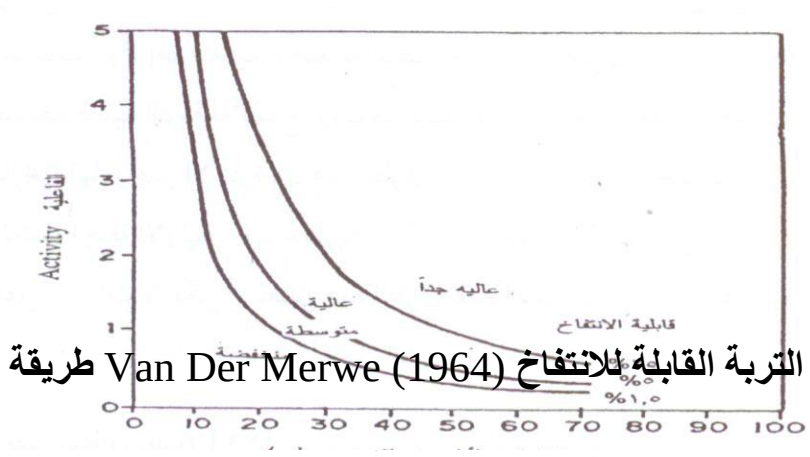
2. **طريقة** Seed , Woodward, and Lundgren (1962) **:**

تعتمد هذه الطريقة على نسبة الطين في العينة (أقل من 2ميكرو متـر)، والفاعليـة، وكذلك على مقدار الانتفاخ المقاس في جهاز الأودوميتر. ويتم تصنيف قابلية التربة للانتفـاخ إلى منخفضة، ومتوسطة، وعالية، وعالية جدا كما هو موضح في شكل (2-1).

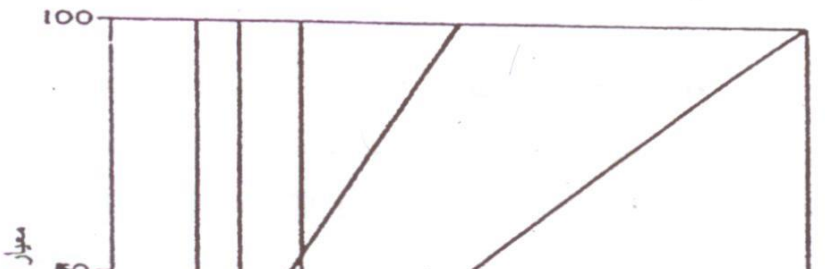
3. **طريقة** (Van Der Merwe (1964 **:**

يبين شكل (2-2) طريقة تصنيف التربة في هذه الطريقة حيث يعتبر معيار اللدونة لكل العينة وكذلك نسبة الطين في كل العينة (أقل من 2ميكرو متر) العاملان الرئيسيان لتـصنيف التربة في هذه الطريقة.

شكل (2-1). تصنيف التربة القابلة للانتفاخ Seed , Woodward, and Lundgren (1962)



شكل (2-2).تصنيف التربة القابلة للانتفاخ Van Der Merwe (1964) **طريقة** Raman (1967)



يبين جدول (2-2) تصنيف التربة بهذه الطريقة حيث تعتمد على معيار اللدونة ومعيار الإنكماش لتصنيف التربة. وتصنف قابلية التربة للانتفاخ في هذه الطريقة إلى منخفضة، ومتوسطة، وعالية، وعالية جدا.

جدول (2-2). تصنيف التربة القابلة للانتفاخ (Raman (1967

معيار اللدونة (P.I) **معيار الإنكماش** (. S.I) * **تصنيف قابلية الانتفاخ**

أقل من 12 بين 12 و 23 بين 23 و 32 أكبر من 32

أقل من 15	منخفضة
بين 15 و 30	متوسطة
بين 30 و 40	عالية
أكبر من 40	عالية جدا

* معيار الإنكماش = حد السيولة – حد الإنكماش

4. **طريقة** (Sowers and Sowers (1970 **:**

يتم تصنيف التربة في هذه الطريقة على أساس معيار اللدونة وحد الإنكماش كما هو موضح في جدول (2-3). وتصنف قابلية التربة للانتفاخ في هذه الطريقة إلى منخفضة، ومتوسطة، وعالية.

5. **طريقة** (Dakshanamanthy and Raman (1973**:**

تستخدم هذه الطريقة منحنى اللدونة (الذي يعتمد على حد السيولة ومعيار اللدونة) لتصنيف التربة كما هو موضح في شكل (2-3) حيث يصنف انتفاخ التربة في هذه الطريقة إلى منخفض، ومتوسط، وعالي، وعالي جدا، وعالي جدا جدا.

6. **طريقة** (Snethen (1984 **:**

في هذه الطريقة تم إضافة ضغط المص للتربة (soil suction) كأحد العوامل الرئيسية للتصنيف بالإضافة إلى حد السيولة ومعيار اللدونة وقابلية الانتفاخ كما هو موضح في جدول (2-4). وتستخدم هذه الطريقة محطة التجارب المائية للجيش الأمريكي U.S. Army،

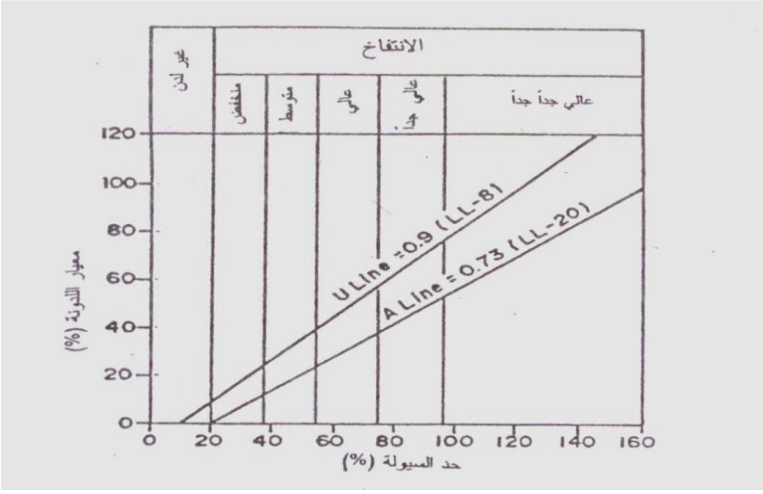
Waterways Experiment Station وتعتبر هذه الطريقة من أكثر الطـرق اسـتخداما لتصنيف التربة القابلة للانتفاخ في الولايات المتحدة الأمريكية . وتصنف قابليــة التربــة للانتفاخ في هذه الطريقة إلى منخفضة، ومتوسطة، وعالية.

جدول (2-3). تصنيف التربة القابلة للانتفاخ (Sowers and Sowers (1970 **معيار اللدونة**(P.I) **حد الإنكماش** (S. L.) **تصنيف قابلية الانتفاخ**

أقل من 15 بين 15 و 30 أكبر من 30

أكبر من 12	منخفضة
بين 10 و 12	متوسطة
أقل من 10	عالية

شكل (2-3). تصنيف التربة القابلة للانتفاخ Dakshanamanthy and Raman (1973)



جدول (2-4) تصنيف التربة القابلة للانتفاخ طريقة Snethen (1984)

أقل من 5.1	منخفضة
بين 5.1 و 4	متوسطة
أكبر من 4	عالية

قابلية الانتفاخ = الانتفاخ الرأسي تحت ضغط يساوي ضغط التربة في الموقع.

7. **طريقة**:Hen (1988)

يبين جدول رقم (2-5) تصنيف التربة بهذه الطريقة حيث تعتمد على معيار اللدونة فقط لتصنيف التربة. وتصنف قابلية التربة للانتفاخ في هذه الطريقة إلى منخفضة، ومتوسطة، وعالية، وعالية جدا .

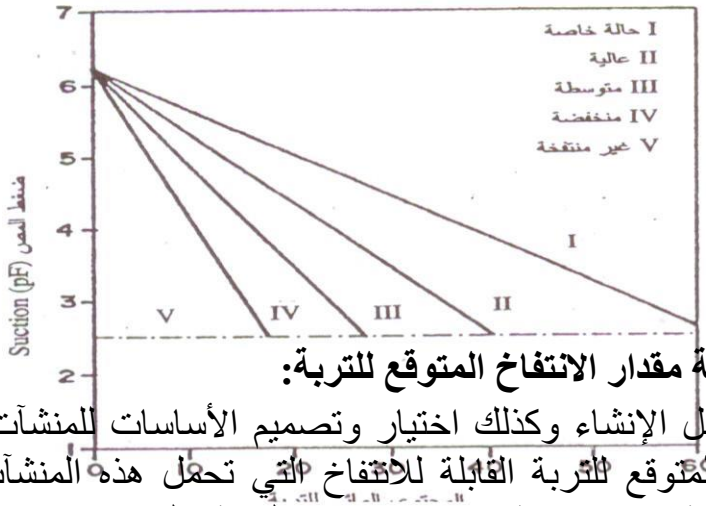
جدول (2-5). تصنيف التربة القابلة للانتفاخ (1988)

معيار اللدونة (P.I)	**تصنيف قابلية الانتفاخ**
15 أو أقل	منخفضة
بين 10 و 35	متوسطة
بين 20 و 55	عالية
أكبر من 55	عالية جدا

8. **طريقة** (McKeen (1992

يتم تصنيف التربة في هذه الطريقة على أساس المحتوى المائي، بالإضافة إلى ضغط المص للتربة (Soil suction). وتصنف قابلية التربة للانتفاخ إلى حالة خاصة، وعالية، ومتوسطة، ومنخفضة، وغير منتفخة كما هو موضح في شكل (2-4).

شكل (2-4). تصنيف التربة القابلة للانتفاخ McKeen (1992)



6-4. طرق معرفة مقدار الانتفاخ المتوقع للتربة:

تعتمد المعالجة قبل الإنشاء وكذلك اختيار وتصميم الأساسات للمنشآت على المعرفة الدقيقة لمقدار الانتفاخ المتوقع للتربة القابلة للانتفاخ التي تحمل هذه المنشآت. وهناك العديد من الطرق المستخدمة في معرفة مقدار انتفاخ التربة المتوقع(Sowers , G. B. and Sowers1970) من أهمها ما يأتي:

1. **جهاز الأودوميتر** Oedometer Test

يعتبر جهاز الأودوميتر من أكثر الأجهزة استخداما في قياس انتفاخ التربة كما أنه أقلها تكلفة، حيث أنه يوجد في معظم معامل التربة في الجامعات ومراكز الأبحاث في العالم. وتتم معظم تجارب التغير الحجمي للتربة القابلة للانتفاخ في جهاز الأودوميتر تحت حالات تحميل أحادية الاتجاه. ويتم قياس مقدار الانتفاخ الرأسي بواسطة عدة طرق في جهاز الأودوميتر، حيث تعتمد هذه الطرق على طريقة تحميل العينة ومقدار الحمل، وطريقة ترطيب العينة، وطريقة التغير الحجمي للعينة. ويوجد وصف تفصيلي لهذه الطرق في كتاب المواصفات الذي تصدره الجمعية الأمريكية لاختبار المواد تحت رقم (**ASTM D 4546**)(Vertical Geomembranes on Four Highways ,1985).

2. **اختبار الانتفاخ الحر** Free Swell Test**:**

في هذا الاختبار يتم وضع العينة في جهاز الأودوميتر، ويتم السماح لها بالانتفاخ بحرية تامة تحت حمل مقداره 7 kPa، وذلك بترطيبها بالماء. ويتم حساب مقدار الانتفاخ (نسبة مئوية) بعد انتهاء انتفاخ العينة وذلك بقسمة التغير الحاصل في ارتفاع العينة على الارتفاع الأصلي للعينة قبل الانتفاخ مضروبا في مائة. وبعد ذلك يتم إضافة أحمال للعينة وذلك لإرجاعها إلى ارتفاعها الأصلي، ويتم حساب ضغط الانتفاخ بقسمة مجموع الأحمال على مساحة العينة السطحية.

3. **اختبار الحجم الثابت** Constant Volume Swell Test

يتم وضع العينة في جهاز الأودوميتر في هذا الاختبار، ويتم ترطيبها بالماء ولكن لا يسمح لها

بالانتفاخ حيث يبقى حجمها ثابت (يبقى ارتفاع العينة ثابت) وذلك بإضافة أحمال لمنعها من الانتفاخ. ومجموع هذه الأحمال يمثل ضغط الانتفاخ بعد قسمتها على مساحة العينة السطحية (Vertical Geomembranes on Four Highways 1985).

4. **اختبار ضغط التربة الانتفاخي** Swell Overburden Test

يتم وضع العينة في جهاز الأودوميتر تحت حمل يساوي قيمة ضغط التربة في الحقل، ويتم ترطيبها بالماء ويسمح لها بالانتفاخ حتى ينتهي. ويحسب مقدار الانتفاخ بعد انتهاء انتفاخ العينة وذلك بقسمة التغير الحاصل في ارتفاع العينة على الارتفاع الأصلي للعينة قبل الانتفاخ مضروبا في مائة (نسبة مئوية). ويتم عمل عدة اختبارات تحت أحمال مختلفة ويتم إيجاد ضغط الانتفاخ من منحنى الانتفاخ – الضغط عند انتفاخ مقداره 0%.

ولقد قام الكاتب بدراسة لمقارنة نتائج هذه الاختبارات المختلفة باستخدام عينات من تربة كلية الدراسات الاقتصادية والاجتماعية القابلة للانتفاخ حيث أعطت نتائج مختلفة ويرجع السبب في ذلك لظروف الترطيب والتحميل المختلفة في كل اختبار. وقد وجد أحد الباحثين أن اختبار الأودوميتر بطرقه المختلفة يعطي قيما للانتفاخ وضغطه أكبر من القيم المقاسه في الحقل وذلك لأنه يتم في جهاز الأودوميتر قياس انتفاخ التربة في الاتجاه الرأسي فقط حيث يتم منع العينة من الانتفاخ في الاتجاهات الأخرى بينما يكون انتفاخ التربة في الحقل في جميع الاتجاهات وبالتالي فقد تم اقتراح ضرب الانتفاخ المقاس في جهاز الأودوميتر بمعامل قدره ثلث حتى يكون مساويا للانتفاخ المقاس في الحقل Deformation of High Void Ratio (Expansive Soil FoundationD.C1985)..

٢. **جهاز الثلاثة محاور** Triaxial Test

يتم في هذه التجربة السماح للعينة- بعد ترطيبها بالماء- بالانتفاخ في جميع الاتجاهات، ويمكن قياس الانتفاخ الحجمي في هذا الجهاز. يتميز هذا الجهاز بأنه يمثل ما يحدث للتربة في الحقل حيث يسمح للعينة بالانتفاخ في جميع الاتجاهات وذلك خلاف ما يحدث في جهاز الأودوميتر حيث يسمح للعينة بالانتفاخ في الاتجاه الرأسي فقط.

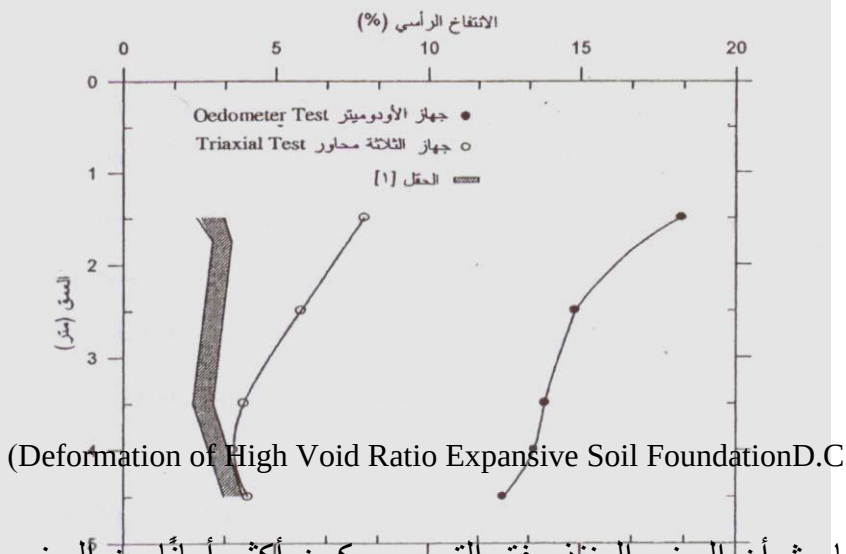
كما أنه في جهاز مسار الإجهاد ذو الثلاثة محاور Stress Path Triaxial يمكن قياس الانتفاخ الرأسي وكذلك الانتفاخ الحجمي للعينة وبالتالي فإنه يمكن حساب الانتفاخ الجانبي في هذا الجهاز. ويعطي الجهاز نتائج الانتفاخ المقاسه باستخدام جهاز مسار الإجهاد ذو الثلاثة محاور قيما قريبة من قيم الانتفاخ المقاسه في الحقل في مدينة كلية الدراسات الاقتصادية والاجتماعية عند مقارنتها بنتائج جهاز الأودوميتر والتي أعطت نتائج متحفظة جدا (عالية) كما هو موضح في شكل (2-5) (Deformation of High Void Ratio Expansive Soil FoundationD.C1985)..

٣. **اختبار ضغط المص** Suction Test

يتم في هذا الاختبار قياس ضغط المص للتربة بواسطة أجهزة السيكرومتر

Psychrometer أو بواسطة ورق الترشيح Filter Paper .ويتم حساب مقدار الانتفاخ بواسطة معاملات تربط المحتوى المائي للتربة بقيم ضغط المص. وتعتبر هذه الطريقة أقل تكلفة وأكثر سرعة من تجارب الانتفاخ في جهاز الأودوميتر وجهاز الثلاثة محاور ولكنها أقل دقة.

شكل (2-5). مقارنة بين قيم الانتفاخ المقاسه في المعمل والمقاسه في الحقل



المصدر: ..(Deformation of High Void Ratio Expansive Soil FoundationD.C1985)

الخلاصة :

يرى الباحث أن المبنى المنفذ وفق التصميم يكون أكثر أمانًا من المبنى الذي استنفذ فيه المنفذ خيارات الأمان فقام بتعديل أقطار الحديد وخفض نسبة الاسمنت في البيتون مما أضعف القيمة الإجمالية لمقاومة المبنى. لكن هذا نادرًا ما يكون سببًا للانهيار المفاجئ.

يرى الباحث ان الانهيارات المفاجئة تحصل نتيجة عدم الدراسة الوافية للتربة و نتيجة جهل المصمم لما تحت الأرض ..فهناك وسائل كثيرة لمعرفة باطن الأرض و هناك علم كامل يسمى علم) الجيو تكنيك (مختص بدراسة التربة قبل التنفيذ و تحديد مقاومة التربة).

لكن هذه التجارب تتطلب معدات لكشف تحليل نوع التربة و إيجاد طريقة التأسيس المناسبة) أساسات منفردة – مشتركة – حصائر – أوتاد ... الخ.

يعتمد كثير من المهندسين على الحدس في تقدير مقاومة التربة أو يأخذون عيناتهم من السطح أو من أعماق قريبة كما حدث في مبنة كلية الدراسات الاقتصادية بجامعة النيلين بمنطقة كلية الدراسات الاقتصادية والاجتماعية ، و غالبًا ما تكون هذه العينات مقبولة إلا إذا وجد تكهف تحت البناء أو طبقة من الكلس الحي قابلة للانحلال بالماء .و هنا تبدأ المشاكل قبل البدء بالتفصيل.

الفصل الثالث

التشققات في المنشآت الخرسانية

التشققات في المنشآت الخرسانية

3-1. التشققات الخرسانية:

تعتبر التشققات في الخرسانة من أهم العناصر التي تعطي مؤشراً واضحاً عن حالة المنشأ فهي تتباين تبعاً لخطورتها وتأثيراتها على المنشآت ومدة ظهورها كما تتباين من حيث اتساعها وعمقها ودرجة تأثيرها على المنشأ (أ.د /شفيق شوقي شفيق 2009).

لذلك، فقد قام العلماء بتقسيم التشققات وفقاً لعدة معايير منها:

أ. نوع التشققات وتأثيرها على المنشأ :

1- التشققات البسيطة.
2- التشققات الخطرة.

ب.طبيعتها:

1- تشققات ذاتية: ناتجة عن الانكماش اللدن أو الهبوط أوالتقلص المبكر أو الجفاف.
2- تشققات خارجية: ناتجة عن زيادة الحمولات أو سوء استخدام المبنى أو سوء التنفيذ أو سوء التصميم أو عدم استعمال مواد مطابقة للمواصفات.

ج. أسباب التشققات:

1- تشققات غير إنشائية.
2- تشققات إنشائية.

د. تصلب الخرسانة:

1- تشققات قبل التصلد.
2- تشققات بعد التصلد.

وغير ذلك من المعايير التي تتفق جميعها على أن ظاهرة التشقق في الخرسانة هي ظاهرة خطيرة يجب دراستها فور مشاهدتها أو الوقاية ما أمكن من حدوثها ثم معالجة ما ظهر، وذلك لتلافي المشكلات قبل حدوثها.

أسباب التشققات الخرسانية

3-2. أسباب التشققات في الخرسانة:

توجد اسباب مختلفة لانواع التشققات في الخرسانة وهي كالتالي:

1. **تشققات الانكماش اللدن** :

تنتج بشكل رئيسي بسبب الجفاف السريع نتيجة تعرض الأسطح لتيارات هوائية شديدة مما يؤدي إلى تبخر الماء بدرجة أعلى من معدل خروج مياه النزف في الخرسانة وينتج عن ذلك إجهادات شد تؤدي إلى التشققات(أ.د /شفيق شوقىشفيق 2009).

2. تشققات الهبوط اللدن :

تحدث عندما تكون هناك نسبة عالية من النزف والهبوط وذلك بعد انتهاء عمليات الصب والدمك والإنهاء حيث تستمر زيادة كثافة الخرسانة ذاتياً طالما أنها في الحالة اللدنة وعندما تعاق هذه الحركة أو تكون مقيدة بواسطة التسليح أو الكوفراج أو غير ذلك تؤدي إلى حدوث تشققات مجاورة للعناصر المعيقة للحركة حيث تظهر التشققات فوق قضبان التسليح الثابتة وعلى شكل التسليح وتظهر بشكل تقوس عند التقاء العمود بالجوائز.

3. تشققات التقلص الحراري المبكر:

تتولد أثناء عملية التصلب المبكر حرارة ناتجة عن التفاعل الكيميائي بين الاسمنت والماء وغالباً ما تتولد كمية كبيرة من الحرارة وترتفع درجة حرارة الخرسانة أكثر بكثيرة عن درجة حرارة الجو المحيط وخاصة في العناصر الضخمة، وبعد أيام قليلة لا تزيد عن 10 أيام يهبط معدل تولد الحرارة إلى أقل من معدل فقدانها (لانخفاض درجة التفاعل) فتنخفض درجة حرارة الخرسانة إلى درجة حرارة الجو المحيط، وخلال هذه التغيرات التي تطرأ على درجة حرارة الخرسانة تعاق حركة التقلص الناتجة عن انخفاض درجة حرارتها وتتولد نتيجة لذلك إجهادات شد تسبب التشققات.

وتتناسب هذه الإجهادات مع مقدار التغيير في درجة الحرارة ومعامل التمدد الحراري ومعامل المرونة ودرجة إعاقة الحركة.

4. تشققات الانكماش الناتج عن الجفاف :

تظهر عندما يتعرض تقلص العناصر الإنشائية ذات التسليح الصغير إلى منع هذا التقلص عن طريق بعض التثبيت الإنشائي.

5. التشققات الشبكية (التشققات السرطانية):

تنتج عن إجهادات الشد التي يتعرض لها السطح وذلك نتيجة الفروق الواضحة في كمية الماء السطحية عن تلك المتوفرة في الطبقة الأدنى منها (الداخلية) وهي لا ترتبط بالزمن وإنما

بالظروف المناخية القاسية كانخفاض الرطوبة النسبية، وبنوع الكوفراج، وكمية الاسمنت في الخلطة، وطريقة الهز للبيتون مما يؤدي أحياناً إلى طبقة سطحية ناعمة وغنية بالماء.

6. التشققات بسبب تآكل التسليح :

وهي تنتج عن تأكسد حديد التسليح بسبب رطوبة الجو المحيط أو تسرب المياه من مواسير المياه أو زيادة نسبة الكلوريدات بالخلطة أو التحول الكربوني للخرسانة الخارجية أو حدوث تشققات نتيجة أسباب أخرى غير الصدأ مما يسهل وصول الرطوبة إلى التسليح ويبدأ الصدأ.

7. التشققات بسبب التفاعل القلوي للحصويات:

وهي تنتج عن تفاعل القلويات مع السيليكا التي تظهر عند إماهة الاسمنت ومصدر هذه القلويات هو إما أملاح معدنية في الاسمنت أو في الإضافات أو استخدام مياه جوفية أو مياه البحر أو مواد إكساء تحتوي عليها.

8. **التشققات الناتجة بسبب تفاعل الخرسانة مع الكبريتات** :

تنتج عن استخدام مياه تحتوي على كبريتات قابلة للذوبان أو من تربة تحتوي على كبريتات، وعندما تتسرب هذه المواد إلى البيتون وتتفاعل مع ألومينات الكالسيوم المائية تتفاعل معها مكونة ألومينات الكالسيوم الكبريتية ويصاحب ذلك زيادة كبيرة في الحجم تؤدي إلى إجهادات شد موضعية عالية تسبب تآكل الخرسانة وتصدعها مع الزمن(أ.د /شفيق شوقيشفيق 2009).

3-3. التشققات الإنشائية:

1. **تشققات بسبب أخطاء التصميم** :

تنتج هذه الأخطاء لبعض الأسباب التالية أو جميعها:

أ. عدم اتباع اشتراطات المواصفات القياسية والقواعد التطبيقية لتصميم وتنفيذ الخرسانة المسلحة (مثل تصميم الخلطات الخرسانية).
ب. اختيار جملة إنشائية غير مناسبة.
ج. الأخطاء الحسابية.
د. استعمال تسليح غير كافي.
ه. إهمال تأثير الإجهادات الحرارية.
و. إهمال تأثير القيود على حركة الأعضاء المعرضة لتغيرات حجمية.
ز. إهمال تفاصيل حديد التسليح وأماكن توقفها وتوزعها والاختلاف في أقطارها وعدم الاهتمام بتفاصيل الأتاري وحديد التسليح وحديد الوصل بين العناصر والحديد الأفقي واستعمال حديد مختلف في نفس العنصر.

ح. نقص البيانات أو عدم توضيح أماكن فواصل التمدد والتقلص وقيمة الغطاء الخرساني وعدم تحديد أماكن فواصل الهبوط وعدم تحديد أماكن فواصل الصب.
ط. أخطاء ناتجة عن افتراض خاطئ للأحمال وحركة الأوزان على المنشأ أو عدم الأخذ بالاعتبار بعض الأحمال مثل الرياح والزلازل.
ي. عدم أخذ تأثير تركيز الإجهادات في الاعتبار وبالأخص عند الأركان الداخلية.
ك. سوء اختيار الأساسات المناسبة للتربة الحاملة للمنشأ.
ل. عدم حساب الهبوط الكلي المتوقع تحت الأساسات ومقارنته بالحدود المسموح به لنوعية التربة.
م. عدم الاهتمام بتصميم الشيناجات القوية الرابطة للأساسات وخصوصاً للأساسات التي تقع بجوار المنشآت القائمة.
ن. إهمال الظروف المحيطة بالموقع والتي قد تؤثر على التصميم مثل منسوب ونوعية أساسات المباني المجاورة والتغيير المنتظر في منسوب المياه الجوفية.

2. **تشققات بسبب أخطاء التنفيذ**:

أ. عدم الاهتمام بالتفاصيل المعطاة بالمخططات واعتماد المهندس المنفذ على خبرته الخاصة والشخصية(عبد الرا زق، جنان عبد الوهاب2001) .
ب. عدم العناية بقراءة الملاحظات والتحذيرات الموجودة على المخططات.
ج. عدم الاتصال بالمهندس المصمم لاستيضاح بعض النواحي الفنية الغير واضحة على المخططات.
د. عدم تتبع التعديلات المتتالية والمراحل الخاصة بالتصميم وتعديلاته.
ه. عدم دراية وإلمام المهندس المنفذ بالمواصفات والشروط الفنية الخاصة بالمنشأ موضوع التنفيذ.
و. التخزين غير المناسب للمواد سواء الاسمنت أو البحص أو الرمل أو الإضافات.
ز. عدم فحص المواد المكونة للخرسانة وذلك لبيان مدى تطابقها مع المواصفات القياسية.
ح. استخدام حديد تسليح صدأ أو عليه شحوم وزيوت أو طين أو مكونات أخرى تؤدي لعدم تماسكه مع الخرسانة بعد الصب.
ط. استخدام حصويات غير متدرجة وغير متطابقة مع نسب تصميم الخلطة أو تحتوي على شوائب مثل الأملاح أو المواد العضوية أو مواد ناعمة كثيرة.
ي. استخدام اسمنت منتهي المدة أو اسمنت لا يتلاءم وطبيعة الظروف الجوية المحيطة بالمنشأ أولا يتلاءم ونوعية الأملاح الموجودة بالتربة والملاصقة مباشرة للأساسات.

ك. استخدام مياه غير مناسبة للخلط مثل مياه البحر أو مياه جوفية تحوي على أملاح أو حموض ضارة أو استخدام مياه تزيد عن الحد المسموح به.
ل. وجود عيوب في الكوفراج من حيث قوته واتزانه وأبعاده وعدم نفاذيته ومنسوبه مما يؤدي إلى حدوث هبوط أثناء وبعد صب الخرسانة.
م. عدم المعايرة الصحيحة للمواد المستخدمة.
ن. عيوب في طريقة الصب من ناحية الخلط أو النقل أو الهز أو المعالجة أو استخدام كميات زائدة من الماء أو المبالغة في أعمال الهز وعدم اتخاذ الحماية اللازمة للخرسانة في ظروف الحرارة الشديدة الجفاف والرياح الشديدة أو التجمد أو ضمن الماء أو الفك المبكر للكوفراج قبل وصول الخرسانة إلى المقاومة المناسبة لتحميلها وغير ذلك.
س. إهمال القيام بتنفيذ الاختبارات المعملية اللازمة للتأكد من جودة الخرسانة مثل تعيين مقاومة الضغط ودرجة الامتصاص أو نسبة الدمك أو قابلية التشغيل.
ع. أخطاء تعديل حديد التسليح من حيث أنواع أو أقطار الحديد وعدم وضعه في أماكنه الصحيحة والمسافات المحددة بالمخططات وبالتشكيل والأطوال والامتداد المناسب مع التثبيت الجيد للحديد المدد والمكسح والأتاري.
ف. هز الحديد بعد شك الخرسانة ابتدائياً وبالأخص هز أسياخ الأعمدة مما يؤدي إلى سقوط الأتاري وتراكمها في أسفل العمود أو تباعدها عن الحدود المقررة مما يؤثر على كفاءة العمود.
ص. عدم ترك مسافة كافية بين حديد التسليح والكوفراج الخشبي للحصول على التغطية المناسبة طبقاً لنوع العنصر والمواصفات الخاصة به.
ق. عدم وضع كراسي تحت حديد تسليح البرندات (الأظفار) مما يؤدي إلى سقوط الحديد العلوي أثناء الصب إلى الأسفل وعدم وجود حديد في مناطق الشد.
ر. عدم وضع وصلات الحديد في الأماكن المناسبة وبالأطوال المحددة والعدد الكافي للحديد وبنفس القطر.
ش. عدم الاهتمام بتنفيذ فواصل الصب في الأماكن الغير معرضة لقوى وإجهادات عالية وعدم تخشين سطحها من أجل التماسك عند متابعة الصب.
ت. عدم الاهتمام بتنفيذ فواصل التمدد والهبوط في المنشأة أو العناصر الإنشائية بشكل جيد وعدم العناية بنظافتها ومعالجتها وفق الأصول مما يعني أنها ستصبح منطقة ضعيفة لتسرب الرطوبة والمياه الجوفية التي تؤثر على المدى البعيد في حدوث صدأ في التسليح ثم تشقق الخرسانة.
ث. عدم استقامة الأعمدة وخاصة رقاب الأعمدة.

خ. عدم نزح المياه من المناطق المجاورة للأساسات.
ذ. الصب على تربة غير صالحة تحتوي على مواد عضوية أو طين.
ض. عدم الاهتمام بمواد الردم بين الأساسات واستخدام تربة تحتوي على مواد كبريتية أو عضوية تعمل على تآكل حديد التسليح.
غ. عدم عزل الأساسات في حالة ارتفاع منسوب المياه الجوفية عن منسوب الأساسات.
ظ. الخطأ في تطبيق أساليب التنفيذ والخلط بينها مثل تنفيذ النواة المركزية وبارتفاعات كبيرة باستخدام طريقة القوالب المنزلقة مثلاً وإنشاء المبنى بالطريقة التقليدية (قوالب عادية) مما يؤدي إلى هبوط نسبي غير محسوب.
أأ. الخطأ في تنفيذ أعمال الإكساء التي تؤدي إلى حدوث التشققات والعيوب في البناء مثل عدم الاهتمام بالتمديدات الصحية مما يؤدي إلى تسرب المياه الآسنة إلى الجدران والأساسات وتفاعلها مع حديد التسليح.
بب. كسر أو فتح ثقوب كبيرة في الشيناجات لتمرير التمديدات الصحية الأرضية في أماكن خطرة.
جج. عدم تنفيذ طبقات العزل للرطوبة أو الماء خصوصاً بالأسقف الأخيرة للمنشأ أو بالأقبية أو تنفيذ ذلك بطريقة سيئة غير مطابقة للمواصفات الفنية أو استخدام مواد عازلة غير سليمة.
دد. عدم الاهتمام برص التربة في الأقبية بشكل جيد قبل التبليط مما يؤدي إلى تكسير هذه الأرضيات وتسرب المياه إلى تربة التأسيس الأمر الذي يؤدي إلى هبوط تلك الأساسات بشكل متفاوت يؤدي لحصول تشققات خطيرة بالمنشأ.
هه. القيام بصب البيتون من ارتفاعات عالية مما يؤدي إلى فصل مكوناته وبالتالي حصول فجوات فيه (التعشيشات).
وو. التحفير غير السليم من قبل عمال التمديدات الكهربائية والصحية وخصوصاً في الأعمدة.

3. التشققات نتيجة هبوط التربة وفروق الهبوط النسبية للأساسات:

أ. بسبب انكماش وانتفاخ التربة بسبب تسرب المياه نتيجة الأمطار أو كسر أنبوب مياه فإن التربة تنتفخ ويزداد حجمها وهذه الحركة أكثر وضوحاً في التربة المتماسكة الطينية ثم بعد إزالة الأسباب تنكمش التربة مما يؤدي إلى تصدعات في المباني الطويلة قليلة الارتفاع.
ب. بسبب التضاغط نتيجة استثمار المبنى فإن الأحمال تؤدي إلى ضغط يسبب هبوط في التربة يكون كبيراً وسريعاً في حالة التربة الرملية وإذا أنقصت الأحمال نتيجة الحفر مثلاً فإن عملية التضاغط ستنعكس مما سيؤدي إلى تصدعات وتشققات.

ج. في حال تباين مساحات الأساسات المنفردة نتيجة تباين أحمال الأعمدة تبايناً كبيراً فإن الهبوطات تتناسب طرداً مع مساحة القاعدة مما يؤدي إلى فرق هبوط بين الأساسات الكبيرة والصغيرة.

د. الهبوط نتيجة عن الاتزان الناجم عن عوامل جيولوجية أو اصطناعية أو الاثنين معاً فمثلاً في التربة الطينية ذات الميول من المتوقع أن تتحرك الأساسات هابطة مع الميل ببطء إذا زادت درجة الميل عن 10/1 ويحدث هبوط أشد في حالة تساقط الجليد أو وجود جرف قريب(أ.د/شفيق شوقىشفيق 2009).

4. التشققات نتيجة لعدم وجود صيانة وحماية للمنشآت :

أ. غياب وجود حماية للمنشآت وخاصة الأساسات وبقية العناصر الإنشائية المكونة للمنشآت مثل العزل وعمل الاحتياطات اللازمة لمنع التشقق وحماية أسطح الخرسانة لبعض المنشآت الخاصة مثل المنشآت الساحلية ومصانع الكيماويات والصباغة والحلويات والورق والأنفاق والطرق وغير ذلك(عبد الرا زق، جنان عبد الوهاب2001).

ب. ضرورة حماية المنشأ ضد الحرائق الناتجة عن عيوب التوصيلات الكهربائية أو توصيلات الغاز أو المواد القابلة للاشتعال.

ج. عدم توفير الصيانة اللازمة للمنشآت تؤدي على المدى الطويل إلى حدوث تدهور للخرسانة وبالتالي عيوب في العناصر الإنشائية المختلفة بالإضافة إلى عدم سلامة العناصر والوصلات وأعمال الصرف الصحي ومياه الأمطار ونظام التغذية بالمياه والتوصيلات الكهربائية والغاز وأجهزة التبريد والتسخين.

الأعراض والأسباب المحتملة للتشققات الخرسانية

3-4. الأعراض والأسباب المحتملة:

فيما يلي أنواع التشققات المختلفة التي تظهر في جدران الأبنية وتوصيفها ومدى خطورتها على المبنى:

1. **تشققات نشطة** (مستمرة الإتساع):
   أ. تشققات شاقولية.
   ب. تشققات مائلة.
   ج. زيادة في العزوم.
   د. زيادة في القص أو الفتل.
2. **تشققات ساكنة.**
   أ. رأسية أو مائلة زيادة مؤقتة في الأعمال.
   ب. شقوق منفصلة ممتدة بكامل طول العضو الإنشائي انكماش محكوم الحركة أو درجات حرارة محكومة الحركة .
   ج. تشقق عند تغيري القطاع تركيز موضعي للإجهادات.
   د. تشقق عند تغيير في شكل المنشأ نقص في وصلات التحكم (فواصل الهبوط أو التمدد).
   ه. تشقق عزوم منفصل في منطقة تكون العزوم فيها قليلة توقف قضبان في المنطقة يعمل بداية للتشقق.
   و. تشققات سطحية ساكنة معالجة ضعيفة – فقدان للمياه السطحية- رياح شديدة أثناء الصب.
3. تناثر وتفتت الخرسانة إجهادات ضغط زائدة أو هجوم كيمائي.
4. انتفاخ وتضخم في الخرسانة تفاعل الفحص القلوي.
5. تغير لون الخرسانة هجوم كيميائي، نمو طحالب، صدأ حديد التسليح.
6. تآكل الخرسانة كشط أو احتكاك الخرسانة، هجوم كيميائي، خرسانة ذات نفاذية عالية.
7. حدوث إجهاد وخضوع للحديد تحميل زائد.
8. إنقصاف حديد التسليخ حدوث كسر هش أو وصول إجهادات الكلال للحديد
9. حدوث ترخيم زائد للعضو الإنشائي تحركات الأساسات، تحميل زائد، وضع خاطئ لحديد التسليح.
10. صدأ حديد التسليح نفاذية الغطاء الخرساني، توصيل تيار كهربائي ضال(حمد الله، رغد نعمة الله 1999).

3-5. تقويم التشققات:

تشمل عملية تقويم التشققات على تحديد مواقعها ومداها وأسباب حدوثها ومدى الاحتياج للترميم وقد يضطر المهندس الذي يقوم بهذه العملية إلى إعادة دراسة المخططات ودراسة المذكرة الحسابية وإعادة الحسابات ومراجعة المواصفات ومطابقة ذلك كله مع ما تم تنفيذه وتدوين أي تعارض أو تباين ومن ثم إعطاء الرأي حول الترميم أو الإصلاح أو الحلول المناسبة (حمد الله، رغد نعمة الله 1999).

وتتم عملية **تقويم التشققات وفق منهجية واضحة** حسب الخطوات التالية:

1. الفحص البصري:

يستعان بمخطط وضع راهن للمبنى يحتوي على شبكة المحاور التي صمم على أساسها وذلك لتحديد المواقع المختلفة والمريضة بدقة ومن ثم تدوين الملاحظات التالية عليه:

أ. أماكن الشقوق وأبعادها.

ب. المواقع التي تصدعت فيها حواف الخرسانة.

ج. أماكن التسليح الظاهر وبقع الصدأ إن وجدت.

د. مدى تآكل الخرسانة.

ه. أية أضرار أخرى ظاهرة في سطح الخرسانة مثل التعشيش ومن المفضل أن ترفق هذه الملاحظات بصور فوتوغرافية توضح حالة المنشأ وشكل الشقوق وتساعد في مناقشة ودراسة الحالة مع عدد من الخبراء في مختلف الاختصاصات.

2. الفحص الآلي :

أ. يمكن الطرق على السطح بواسطة مطرقة لاكتشاف التشققات القريبة من السطح بدلالة التطبيل الذي يدل على وجود نقاط ضعف أو تشققات تحت السطح..

ب. استخدام ميكروسكوب صغير مزود بتدرج على عدسته الخارجية لقياس عرض الشقوق.

ج. استخدام أجهزة الموجات فوق الصوتية التي تعطي قيمة مكتوبة لزمن عبور الموجات وبالتالي تدل على وجود شقوق أو تجاويف.

د. هناك أجهزة أشعة سينية وأشعة جاما لاستكشاف مستويات التشقق الموازية لاتجاه الأشعة.

ه. وهناك أجهزة لتحديد أماكن التسليح وعمقها وقياس القضيب(حمد الله، رغد نعمة الله 1999).

3. الفحص المخبري:

أ. الاختبارات الغير متلفة للبيتون.

ب. الاختبارات المتلفة.

ويعتبر من أهم الأعمال أخذ الجزرات (القلوب) الخرسانية التي تستخرج من أماكن مختارة في المنشأ وذلك لبيان نوعية الخرسانة بواسطة اختبارات الضغط واختبار التفاعلات الكيماوية أو أية مواد ضارة.

4. مراجعة المخططات :

يجب مراجعة التصميم الإنشائي ومخططات التسليح التنفيذية حتى يمكن التعرف على أماكن الضعف أو المراحل التي يمكن أن تظهر عندها التشققات ويمكن مراجعة الحسابات للتأكد من أن التسليح كافياً لتحمل ما تعرض له المنشأ من أحمال.

5. الحكم على الشقوق :

من الصعب وضع حدود حول عرض الشقوق المقبولة، لذلك فإن الكودات العالمية وضعت بعض الحدود التي تؤخذ بالاعتبار عند تصميم المنشآت الخرسانية:

- الكود البريطاني: يقبل حداً يصل إلى 0.2 مم.
- الكود الأمريكي: يقبل شقوقاً حتى 0.41مم في الأجزاء الداخلية، و0.33 في الأجزاء الخارجية.

التشققات في المنشآت البيتونية والبيتونية المسلحة

6-3. تشقق العناصر الإنشائية البيتونية والبيتونية المسلحة:

تتعرض المنشآت البيتونية والبيتونية المسلحة للتشقق مع الزمن ويمكن أن تظهر هذه التشققات بعد عدة سنوات أو عدة شهور أو عدة أسابيع أو حتي بعد عدة ساعات من تنفيذ المنشأة وليس من السهل تحديد أسباب ظهور هذه التشققات في كثير من الأحيان.

يعتبر ظهور التشققات في المنشآت البيتونية والبيتونية المسلحة دلالة مرضية علي الرغم من أن بعض أنواع هذه التشققات لا يبدي تأثيرا سلبيا علي عمل المنشأة من وجهة نظر المتطلبات الإستثمارية. وعلي سبيل المثال فإن ظهور التشققات الشعرية في المناطق المشدودة في عناصر المنشآت البيتونية المسلحة يدل علي العمل الطبيعي للعناصر هذه تحت تأثير الحمولات الإستثمارية إذا لم تكن هذه التشققات ناجمة عن التغيرات الفيزيائية – الكيميائية للمواد(رسول، هوشيار قادر، 2003)

يجمع العديد من المؤلفين علي أن أسباب ظهور تشققات كثيرة و متداخلة وليس من السهولة بمكان الحصول عليها دائما.

وقد قسم بعضهم أسباب تشكل التشققات في المنشآت البيتونية والبيتونية المسلحة إلي مجموعتين : تضم الأولي الأسباب المتعلقة بالعمليات الفيزيائية الحاصلة في المادة وعلي سبيل المثال تغير حجم البيتون نتيجة للتصلب والتأرجحات الحرارية، إذ يتعرض للإنكماش والإنتفاخ، أما المجموعة الثانية فتضم الأسباب المتعلقة بمتانة المادة، حيث يمكن أن تحصل التشققات علي سبيل المثال هنا بسبب الحمولات الزائدة عن الحمولات التصميمية أو بسبب هبوط القواعد أو أخطاء التصميم والتنفيذ.

كما شرح بعض العلماء مراحل تشكل التشققات إنطلاقا من وضعيات نظرية المرونة واللدونة وذلك تبعا لتطبيق الحمولات الخارجية وتزايدها.

وقد صنف علماء آخرون التشققات فيبما يلي:

أ. التشققات الإبتدائية (الولادية) وتنشأ عند صنع العناصر أو حين ربطها مع بعضها البعض وما شابه ذلك .

ب. التشققات المرئية على الطينة أو على الأكساء الأخرى، لكنها غير ممتدة إلى العناصر الإنشائية .

ج. التشققات الناتجة عن الحمولات الزائدة.

د. التشققات المتعلقة بحديد التسليح (وعلى سبيل المثال حصول الخطأ في تصميم أو تنفيذ حديد التسليح).

ه. التشققات الناجمة عن تغير المخطط التوازني للمبنى.

و. التشققات الطارئة.

ونظرا لأن الأسباب التي تؤدي للتشققات يمكن أن تكون معيارا لتصنيف هذه التشققات، فإنه يمكننا أن نضع المجموعات التالية لأسباب تشكل وأنتشار التشققات في المنشآت البيتونية والبيتونية المسلحة والمجموعات هي.

أ. التشققات الناجمة عن الحمولات الزائدة.

ب. التشققات الناجمة عن تقلص وانتفاخ وزحف (سيلان) البيتون.

ج. التشققات الناجمة عن التقلبات الحرارية.

د. التشققات الناجمة عن التأثيرات الكيميائية الضارة.

ه. التشققات الناجمة عن الهبوطات المنتظمة في المنشأة (رسول، هوشيار قادر2003).

1. التشققات الناجمة عن الحمولات الزائدة:

الحمولات الزائدة هي الحمولات التي تتجاوز الحمولات المعتبرة عند التصميم (في الحسابات الاستاتيكية).

عند تطبيق الحمولات الزائدة عن العناصر كما في الشكل (3-1) البيتونية غير المسلحة يظهر عادة تشقق واحد يؤدي إلى حصول الانكسار السريع للعنصر، أما عند تطبيق الحمولات الزائدة على العناصر البيتونية المسلحة فإنه يظهر عدد من التشققات المتتالية التي لا تترافق بانكسار سريع ومفاجيء كما هو الحال في العناصر البيتونية الخالية من التسليح، ويحصل هذا الانكسار إما سبب ضعف مقاومة البيتون عندما تكون نسبة حديد التسليح كافية أو بسبب قلة حديد التسليح عندما تكون مقاومة البيتون كافية أو بسبب تطبيق حمولات زائدة سريعة أو مفاجئة(رسول، هوشيار قادر، 2003).

يمكن أن تنشأ الحمولات الزائدة في العناصر الإنشائية نتيجة لتأثير عوامل مختلفة أخرى مثل تغير المخطط التوازني للمنشأة بسبب تنفيذ غير السليم لها أو بسبب صغر مقطع حديد التسليح عند عدم دقة التصميم أو التنفيذ أو بسبب التنفيذ الخاطىء لفواصل التشوه والاظفار وغيرها من المناطق الحساسة في المنشأة، كما وتنشأ الحمولات الزائدة في العنصر بسبب الاجهادات الكبيرة التي تتعرض لها العناصر بتأثير الانعطاف والقص والفتل والضغط اللامركزي والشد وسوف نأتي الآن على تفصيل تأثير كل من هذه القوى كل على حدة.

شكل رقم (3-1) سؤ الخرسانة وزيادة التحميل،المصدر الباحث.

2. التشققات الناجمة عن الشد والضغط المحوري:

عندما يتعرض العنصر إلى شد محوري تظهر التشققات دائما عبر كامل المقطع وتكون عمودية على اتجاه تأثير القوة، وتنشأ هذه التشققات على مسافات متساوية ومقابل الأساور عادة . وفي العناصر البيتوينة المسلحة المشدودة يقوم البيتون عادة بدور حماية حديد التسليح من التآكل قبل أي شيء آخر، وقد بينت الدراسات أن تشققات البيتون التي لا يتجاوز عرضها 0.1 – 0.2 مم لا تؤدي إلى تآكل حديد التسليح . يمكن القول من أن ظهور التشققات الأفقية على أحد طرفي العنصر الشاقولي المشدود يدل على أن هذا العنصر مشدود لامركزيا.

أما التشققات الناجمة عن الضغط المحوري في الأعمدة البيتونية غير المسلحة فهي تشبه التشققات الحاصلة في العينات المخبرية عند تعريضها لضغط المكابس لهدف تحديد مقاومة البيتون على الضغط، ويبين الرسم الشكل النموذجي للتشققات المتشكلة في عمود بيتوني مرن وفي عمود كتلي نتيجة لتطبيق قوة ضغط كبيرة . من هذه الأشكال نلاحظ أن التشققات تحضل عادة في الجزء الأوسط (بالنسبة للإرتفاع) من العمود . ويبين الشكل (3-1) التشققات الناجمة عن التحميل الزائد للعناصر البيتونية المسلحة بتسليح عادي المضغوطة مركزيا . ونتيجة لظهور التشققات تنفصل طبقة بيتون الحماية ويتبع ذلك إلتواء حديد التسلح الطولي وخاصة عندما تكون خطوة الأتاري كبيرة وتقوم الأتاري بعد ذلك بإعاقة عملية حصول الإنهيار مؤقتا.

يبين الشكل (3-1) التشققات الشاقولية التي تحصل في طبقة حماية بيتون الأعمدة المسلحة تسليحا حلزونيا ومن الجدير بالإنتباه إلي أن هذه التشققات تحصل قبل تطبيق الحمولات الإستثمارية المكاملة أي قبل الوصول إلي حد أمان متانة العنصر فبالتالي فإنه يمكن زيادة الحمولة عددا من المرات قبل حصول الإنكسار الكامل

3. التشققات الناجمة عن تأثير عزم الإنعطاف:

قبل دراسة التشققات الناجمة عن الإنعطاف ينبغي إعارة بعض الإهتمام إلي مسألة الضغط اللامركزى حيث تظهر التشققات دائما في منطقة عزم الإنعطاف الأعظمي.

ونضرب مثالا علي ذلك أعمدة الإطارات الموثوقة من الطرفين حيث تتعرض الأعمدة للضغط اللامركزي ويبين هذا الشكل وضعيات هذا العمود قبيل الإنهيار ومن ثم توضع التشققات في لحظة الإنهيار الذي يتعرض فيه البيتون لعملية الهرس.

أما إذا كان هذا العمود موثوقا من طرف واحد ومستند مفصليا عند الطرف الآخر فإن التشققات قبيل مرحلة الإنهيار تحصل علي شكل خطوط متوازية يتناقص طولها كلما اقتربت من المفصل وعند وصول العمود إلي مرحلة الإنهيارالكامل والتي يحصل فيها هرس البيتون حيث أن وصول العمود إلي هذه الحالة يعتبر خطرا جدا ويتطلب تدخلا سريعا لمنع حصول الإنهيار الكامل(رأفت،احمد علي 2014).

3-7. الانعطاف في التشققات:

قبل الإنتقال إلي بحث تشكل التشققات في العناصر البيتونية المسلحة الخاضعة للإنعطاف ينبغي الإشارة إلي أن الإنعطاف غالبا ما يترافق مع القص ولكن التشققات الناجمة عن الإنعطاف تظهر غالبا قبل التشققات الناجمة عن القص.

في العناصر الخاضعة للإنعطاف توضع التشققات دائما بشكل عمودي علي حديد التسليح، ونعد تطبيق الحمولات التصميمية تظهر على العنصر تشققات شعرية لكنها لا تكون خطرة على المنشأة وتدل على العمل الطبيعي للعنصر المنعطف في الطور الثاني وينبغي أن نميزها عن التشققات المرئية المتزايدة مع زيادة التحميل وتدل على إقتراب الإجهادات في العنصر من الإجهادات الحديدية(رسول، هوشيار قادر، 2003).

إن طبيعة ومكان ظهور التشققات في الجوائز البيتونية المسلحة يتعلق بنسبة التسليح .تتعلق قيمة عزل الإنعطاف التي تظهر عندها التشققات في العنصر بمقاومة البيتون على الشد بالدرجة الأولى وبنسبة التسليح بالدرجة الثانية . هذا يعني أنه من أجل نوعية بيتون محددة يبدأ ظهور التشققات في العنصر الخاضع للإنعطاف عند قيم متماثلة تقريبا لـ(اجهادات الفولاذ في الطور الأول) وعند قيم مختلفة لـ(الاجهادات في الفولاذ في الطور الثاني) .

إن هذه الإجهادات لاتتعلق بحد لدونة الفولاذ، ويمكن ان نستنتج مما ذكر أعلاه أنه يمكن أن تكون هناك تشققات متماثلة عند اجهادات مختلفة في الفولاذ وبالتالي فإن التشققات المتماثلة يمكن أن تمثل درجات مختلفة من الخطورة.

في الجوائز الخاضعة للإنعطاف ذات المقطع المستطيل التي تتأرجح نسبة التسليح فيها من 0.8 وحتى 1.5 بالمئة تبلغ الإجهادات في الفولاذ بعد تشكل التشققات مباشرة حوالي 1000-1200 كغ/سم^2 ويبلغ العزم في المقطع نصف قيمة عزم الإنكسار تقريبا(رسول، هوشيار قادر، 2003).

تظهر التشققات في الجوائز الخاضعة للإنعطاف بالتتالي الواحد بعد الآخر، فكلما ازدادت الحمولة المطبقة على الجائز ازداد العزم في المقاطع إلى القيمة التي تسبب التشققات، ويظهر التشقق الاول في منطقة العزم الأعظمى ثم تظهر التشققات بصورة مزدوجة على يمين ويسار التشقق الاول.

إذا تعرضت الجوائز لعزوم الإنعطاف متساوية في مقاطع مختلفة فإن التشققات تظهر في هذه المناطق بنفس الوقت ولا يتغير موضع هذه التشققات مع ازدياد التحميل وتكون هذه التشققات عمودية عادة على حديد التسليح وتميل فقط المناطق المعرضة للاجهادات القاصة .

يبين الاطوار المتتالية لنمو تشقق نموذجي ناتج عن تعرض الجائز للإنعطاف . فقبل لحظة الانكسار يصل تشقق واحد إلى حدود منطقة الإنضغاط ، ويبدأ هذا الشق بالتفرع مشكلا اسفينا يبلغ إرتفاعه ربع ارتفاع المقطع ويتعرض البيتون داخل هذا الاسفين لعملية الهرس.

إن ظهور التشققات ذات العرض الكبير في العناصر الخاضعة للإنعطاف يدل على وصول الاجهادات في الفولاذ إلى حد اللدونة وفي هذه الحالة يتغير عرض التشققات ما بين 0.5 وحتى 2مم تبعا لقيمة الاجهادات وتماسك البيتون مع الفولاذ ونسبة حديد التسليح،كما ان ظهور تشقق عريض في مقطع ما بالمقارنة مع عرض التشققات المجاورة يدل على وصول الفولاذ في هذا المقطع إلى حد السيلان وهذا يعني استنفاذ العنصر لمرحلة الامان إلى مرحلة الخطر ويعتبر العنصر عندئذ متعطلا أو خارجا عن العمل(رسول، هوشيار قادر، 2003)..

يمكن أن يصل عرض التشقق قبل الانكسار إلى عدة مليمترات وأحيانا إلى أكثر من عشرة مليمترات ولكن العرض المسموح به للتشققات يقاس بأجزاء المليمترات وذلك تبعا للوضعية الحدية المسموح بها (راجع الكود العربي أو الكودات العالمية الأخرى) (رسول، هوشيار قادر، 2003).

دلت الأبحاث على أن المسافة بين التشققات تزداد كلما ازداد قطر قضبان التسليح وكلما قلت نسبة وكلما قلت مقاومة البيتون على الشد، تأثير نسبة التسليح على تشكل التشققات وذلك في الجوائز ذات- المجاز الواحد والمقطع الواحد والمحملة بقوتين مركزتين.

وبعد التحميل ظهرت ثلاثة تشققات بنفس الوقت عندما وصل إجهاذ الفولاذ إلى قيمة عالية وقد تعرض البيتون للهرس ضمن اسفين غير كبير.
أما عندما تكون نسبة التسليح أقل من ذلك فإنه يظهرتشقق واحد فقط قي الوقت الذي تكون الاجهادات في البيتون غير كبيرة أي أنه لا يحصل هرس في البيتون ويمكن أن ينهار الجائز بشكل مفاجيء دون ظهور مسبق للتنشققات.

يبين تطور تشكل التشققات في جائز نسبة التسلح فيه متوسطة وقد بدأ الإنهيار في هذا الجائز عندما تجاوزت الإجهادات في منطقة الضغط مقاومة البيتون علي الضغط، بينما كانت إجهادات الفولاذ منخفضة في هذه المرحلة إلا أن عدم تجانس البيتون أدي إلي حدوث إنهيار موضعي في المناطق التي كانت فيها مقاومة البيتون أصغرية.

مما ذكر أعلاه ينتج أن ظهور عدد قليل من التشققات في الجوائز المسلحة تسليحا ضعيفا يدل علي قرب وصول مقاومة مادة العنصر إلي الحالة الحدية آي الحالة التي يعتبر العنصر فيها خارجا عن العمل.
مما سبق نستنتج أن تقييم حالة خطورة الجاتز المتصدع يحتاج إلي معرفة قيمة مقطع التسليح حيث أن التقييم المعتدم فقد علي أساس شكل التشققات يمكن أن يؤدي إلي نتائج خاطئة . ففي الوقت الذي يدل فيه حدوث تشقق واحد في الجائز المسلح تسليحا ضعيفا علي خضوع الجائز إلي حمولات زائدة كبيرة فإن ظهور عدد من التشققات في الجائز المسلح تسليحا قويا يدل علي العمل الطبيعي للجائز في المرحلة الثانية.

في الجوائز المستمرة تتشكل التشققات بشكل مختلف قليلا عنه في الجوائز البسيطة . فالتشققات تظهر في المنطقة السفلى من المجاز أو فوق المساند، إلا أن طبيعة التشققات تكون متشابهة في الجوائز المستمرة والجوائز البسيطة . إن تشكل التشققات وانكسار الجائز في المجازات يمكن أن ينتج عن تحميا مجازا واحدا فقط، أما تشكل التشققات فوق المساند فيمكن أن ينتج عن تحميل مجازين متجاورين وهذا ما يحصل بصورة أوضح.

الفصل الرابع

دراسة الحالة – منطقة كلية الدراسات الاقتصادية والاجتماعية

منطقة كلية الدراسات الاقتصادية والاجتماعية بجامعة النيلين

جغرافيا المنطقة :

4-1. مقدمة :

تقع منطقة كلية الدراسات الاقتصادية والاجتماعية في منطقة المقرن في ولاية الخرطوم داخل مدينة الخرطوم وهي من اقدم واعرق احياء الخرطوم. وهي منطقه مهمه في الخرطوم لعب سكانها أدواراً رئيسيه في النشاط الاقتصادي، السياسي، والاجتماعي في السودان. ومنطقة المقرن هي مكان التقاء رافدين ليندمجا في نهر واحد. فأتت التسمية من موقعه المتميز عند التقاء النيلين ومياه نهل النيل الأزرق هي مياه طينيّة داكنة، أمّا مياه النيل الأبيض هي مياه بيضاء صافية، فيتّحدا ليشكّلا نهراً واحداً مياهه ذات زرقة خفيفة.

تشير المراجع إلى أن منطقة (مقرن النيلين) كانت تقع في العصور القديمة في وطن عنصر (النيليين) . فقد كشفت الحفائر الأثرية سنة 1945م عن وطن للنيليين في الطرف الجنوبي لمدينة الخرطوم الحالية ترجع حضارته إلى عصر ما قبل الأسرات، كما ثبت انه كان مأهولا في عصر مملكتي (نبتة) و (مروى) 750ق م – 350م . وقد عثر أيضا على أكثر من أثنى عشر موضعا حول مقرن النيلين لسكن هؤلاء (النيليين)(معهد ابحاث الطرق والبناء2016 جامعة الخرطوم)

4-2. المناخ :

منظقة المقرن في مدينة الخرطوم التي تعتبر واحدة من المدن الرئيسية الأكثر حرارة في العالم. فقد تتجاوز درجات الحرارة فيها 48 درجة مئوية في منتصف الصيف، إلا أن المتوسط السنوي لدرجات الحرارة القصوى يبلغ حوالي 37.1 درجة مئوية، مع ستة أشهر في السنة يزيد المتوسط الشهري لدرجة الحرارة فيها عن 38 درجة مئوية. وفي كل الأحوال فأن درجات الحرارة في الخرطوم تهبط بمعدلات كبيرة خلال الليل، إلى أدنى من 15 درجة مئوية في شهر يناير/كانون الثاني وقد تصل إلى 6 درجات مئوية عند مرور جبهة هوائية باردة(معهد ابحاث الطرق والبناء2016 جامعة الخرطوم)

4-3. نوع التربة بمنطقة كلية الدراسات الاقتصادية والاجتماعية :

تغطي التربة الطينية والتربة القابلة للانتفاخ مساحات شاسعة من أرض كلية الدراسات الاقتصادية والاجتماعية . وقد تسببت هذه التربة في ظهور العديد من التصدعات والتشققات في المباني، وكذلك حدوث ارتفاعات نتوءات كبيرة في الأرصفة والطرق المقامة على هذه التربة. كما،رصدت بعض الانهيارات والخسائر الكبيرة التي كلفت ملايين الجنيهات السودانية. ولا يوجد حتى الآن أرقام دقيقة تبين مدى التلف الناتج من انتفاخ التربة

وتقدم هذه الدراسة نبذة عن التربة الطينية القابلة للانتفاخ، وأهم العوامل المؤثرة في

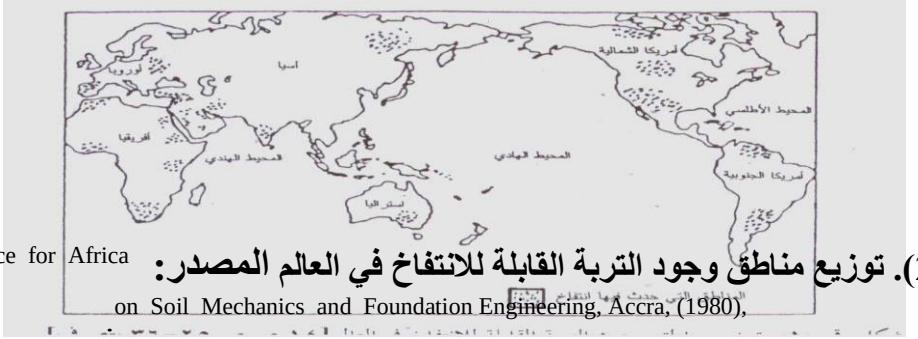
مقدار الانتفاخ. كما تعرض الدراسة أهم الطرق المستخدمة لتصنيف هذه التربة وكذلك طرق قياس مقدار الانتفاخ المتوقع. وأهم طرق معالجة التربة القابلة للانتفاخ وطرق التأسيس عليها.

التربة القابلة للانتفاخ هي التربة التي يتغير حجمها نتيجة تغير المحتوى المائي لها، حيث يزداد حجمها وتنتفخ عندما تمتص الماء، وينقص حجمها ويتقلص عندما تجف. وتغير الحجم يؤدي إلى تشوهات في التربة تكون على شكل هبوط كما في الشكل (4-1) بسبب انكماش التربة نتيجة جفافها أو على شكل انتفاخ بسبب انتفاخ التربة نتيجة امتصاصها للماء وزيادة رطوبتها. وانتفاخ التربة يؤدي إلى تصدعات وانهيارات إنشائية تتضمن انتفاخ في الأرصفة وتشققات في الأسوار والجسور الأرضية المسلحة وتشوهات في البلاطات الأرضية وهياكل الأبواب وقد تكون هذه التشوهات خفيفة أو متوسطة أو كبيرة حسب مقدار الانتفاخ.

شكل رقم (4-1) انهيار بسبب ضعف التربة، المصدر: مختار عبد الله مختار 2014، أسباب انهيار المباني وطرق معالجتها،دراسة بكلاريوس، جامعة سنار.

وتنتشر التربة القابلة للانتفاخ في مختلف أنحاء العالم حيث ‘توجد في مناطق متعددة من[1، 2]، والأردن [3]، ومصر [4]، والسودان [5]، وجنوب أفريقيا [6]، وغانا [7]، واستراليا[8]، والصين [9]، وكندا [10] والولايات المتحدة الأمريكية [11،12،13]. ويبين شكل (4-2) توزيع التربة القابلة للانتفاخ في العالم [14] حيث تنحصر في المناطق شبه القارية (الجافة)، وتكثر التربة القابلة للانتفاخ في المناطق التي تزيد فيها كمية التبخر السنوية عن كمية هطول الأمطار[1] Regional Conference for Africa on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Accra, (1980), 301-309. لم يتم التعرف على مشاكل التربة القابلة للانتفاخ كما في الشكل (4-2) حتى عام 1930 م وفي عام 1938 م، اعتبرت التربة القابلة للانتفاخ السبب الرئيسي لانهيار

أساسات أحد المباني في ولاية أوريجون في الولايات المتحدة الأمريكية(2) Percentage Clay Fraction of Soils", *The Civil Engineer in South Africa*. ومنذ ذلك الحين كانت دراسة التربة القابلة للانتفاخ مثار اهتمام العديد من المختصين حيث ،عقدت المؤتمرات والندوات لدراستها كما ،كتبت العديد من الكتب والتقارير حولها. وتعتبر التربة القابلة للانتفاخ السبب الرئيس لمعظم الأضرار التي تصيب المنشات والطرق المقامة عليها والتي قد تصل قيمتها إلى مليارات الدولارات سنويا. على سبيل المثال ،قدرت الخسائر الناجمة عن التربة القابلة للانتفاخ بحوالي ستة إلى عشرة ملايين دولار سنويا لصيانة الطرق في ولاية تكساس فقط بالولايات المتحدة الأمريكية، و،قدرت الخسائر الناتجة عن تصدعات وانهيار المباني والطرق المقامة على التربة القابلة للانتفاخ في الولايات المتحدة الأمريكية عام 1985م بحوالي 10 مليارات دولار سنويا، حيث ،أنفق نصف هذه الأموال على إصلاح الطرق وحدها Regional Conference for Africa on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Accra, (1980),



شكل (4-2). توزيع مناطق وجود التربة القابلة للانتفاخ في العالم المصدر: Regional Conference for Africa on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Accra, (1980),

لا توجد حتى الآن أرقام دقيقة تبين مدى التلف الناتج من انتفاخ التربة على المستوى المحلي وذلك لقلة المعلومات المتوفرة لتقدير هذه الأضرار. وقد وجد أن كثيرا من المباني المنشأة على التربة القابلة للانتفاخ في معظم مناطق المقرن قد تعرضت لتصدعات وتلف كبير رغم أن الكثير منها حديث الإنشاء. فعلى سبيل المثال، حدثت العديد من التصدعات في المباني التي شيدت في جامعة النيلين ومباني الشرطة ومباني بجامعة السودان وبعض المباني التجارية والحكومية والتي مكونة من دور واحد في الاغلب ومبنية من الخرسانة المسلحة حيث شملت هذه التصدعات الأجزاء الأساسية من المباني من أسقف وجسور وأعمدة وقواعد لدرجة أن بعض هذه المباني يجب إزالتها بسبب هذه التصدعات لخطورتها على السكان بسبب تسرب المياه إلى طبقة التربة المقامة عليها الاساسات وانتفاخها وحركة المياه السطحية القريبة لطبقة التاسيس.

4-4. العوامل المؤثرة في مقدار الانتفاخ:

إن العوامل المؤثرة في مقدار الانتفاخ عديدة ومختلفة، ولكن يمكن تقسيمها إلى قسمين رئيسين

هما:

١. العوامل الداخلية:

ويقصد بها خواص التربة الهندسية وتشمل محتوى الماء الطبيعي، والكثافة الجافة الأولية، ومحتوى الطين، والتركيب المعدني للتربة، ونوع معادن الطين ونفاذية التربة. حيث أن التربة الجافة تمتص الماء أكثر من التربة الرطبة وبالتالي تنتفخ أكثر. وكلما زادت الكثافة الجافة الأولية للتربة زاد الانتفاخ عند تعرضها للماء. والتربة المحتوية على معدن المونتموريلونايت تنتفخ أكثر من التربة المحتوية على معادن الكالونايت والألايت وذلك لضعف الترابط بين جزيئات معدن المونتموريلونايت حيث يتمكن الماء من الدخول بينها ويتسبب في تباعدها وبالتالي في زيادة حجمها وانتفاخها. ويبدو ذلك جليا في التشققات الظاهرة على مبنى جامعة النيلين كلية الدراسات الاقتصادية بمنطقة كلية الدراسات الاقتصادية والاجتماعية كما في الاشكال أدناه .

شكل رقم (4-3)مبنى كلية الدراسات الاقتصادية بمنطقة كلية الدراسات الاقتصادية والاجتماعية (المنظر العام)،المصدر الباحث

شكل (4-4) شكل يوضح التشققات بسبب هبوط المبني، المصدر: الباحث

شكل رقم (4-5) تسرب المياه من الخزانات داخل المبنى،المصدر الباحث

شكل رقم (4-6) فتحات في المبنى نتيجة لتسرب المياه،المصدر الباحث

شكل رقم(4-7) السلم الشرقي بكلية الدراسات الاقتصادية والاجتماعية،المصدر الباحث

شكل رقم(4-8) السلم الغربي بكلية الدراسات الاقتصادية والاجتماعية، المصدر الباحث

شكل رقم(4-9)السقفة الخارجية للقاعات بكلية الدراسات الاقتصادية والاجتماعية،المصدر الباحث

شكل رقم(4-10) شق في جزء من السقفة بكلية الدراسات الاقتصادية والاجتماعية،المصدر الباحث

شكل رقم(4-11) شق في سقف الطابق العلوي بكلية الدراسات الاقتصادية والاجتماعية،المصدر الباحث

شكل رقم(4-12) فاصل هبوط بكلية الدراسات الاقتصادية والاجتماعية،المصدر الباحث

٢. العوامل الخارجية:

وتشمل العوامل الحقلية والعوامل المعملية. حيث تشمل العوامل الحقلية الأحوال المناخية (الرطوبة والحرارة) كما في الشكل (4-8)، وسمك طبقة التربة القابلة للانتفاخ والعمق التي توجد عليه، ونوعية المباني ومدة تطبيق الأحمال على التربة، وتاريخ التربة وما تعرضت له في الماضي من رطوبة وجفاف وأحمال، ومنسوب المياه الجوفية. وكذلك فإن طريقة الدمك ونوعية العينات (مقلقلة أو غير مقلقلة) وحجمها تؤثر على مقدار الانتفاخ المقاس في المعمل. حيث أنه كلما كانت تقلبات المناخ (رطوبة وجفاف) كبيرة كلما زادت قابلية التربة للانتفاخ. كما أنه كلما زاد سمك طبقات التربة القابلة للانتفاخ وقربها من منطقة التأسيس للمباني كلما زاد خطر احتمال الانتفاخ. وتتعرض المباني الخفيفة والأسوار والأرصفة للضرر اكثر من المنشات الضخمة الثقيلة الوزن. كما تعتبر المياه الجوفية مصدرا للرطوبة وامتصاص الماء. وكلما زادت قلة عينات التربة كلما زاد مقدار الانتفاخ المقاس في المعمل.

شكل رقم (4-13) تشققات خرسانية بسبب الرطوبة ورداءة المواد المستخدمة،المصدر الباحث

4-5. تصنيف التربة القابلة للانتفاخ:

هناك العديد من الطرق المستخدمة في تصنيف مدى قابلية التربة للانتفاخ، حيث يعتمد التصنيف بشكل أساسي على خواص التربة الجيوتكنيكية (خاصة حدود أتربرج، ومعيار اللدونة، ومحتوى الطين، ومحتوى الماء الطبيعي) في معظم طرق التصنيف، وتم إضافة قيمة ضغط المص للتربة في الطرق الحديثة كأحد العوامل لتصنيف قابلية التربة للانتفاخ. وسوف نستعرض أهم هذه الطرق حسب التسلسل التاريخي لها. وتجدر الإشارة بأن هذه الطرق لا تأخذ في الاعتبار خواص التربة في الحقل كالكثافة الجافة الأولية، وبنية التربة، وكذلك حالات الإجهاد والأحمال الموجودة في الحقل. ولذلك لا يمكن أن تعطي هذه الطرق تقدير لتصرف التربة في الحقل، وإنما تعطي احتمالية وجود انتفاخ للتربة في المراحل الأولية لدراسة هذه التربة.

4-6. معالجة التربة القابلة للانتفاخ وطرق التأسيس عليها:

يوجد العديد من الخيارات لمعالجة التربة القابلة للانتفاخ وتخفيف آثارها على كلية الدراسات الاقتصادية، وتشمل معالجة التربة الطرق التالية:

1. استبدال التربة القابلة للانتفاخ بتربة جيدة، وذلك عندما تكون التربة القابلة للانتفاخ قريبة من سطح الأرض وذات سمك قليل حيث يمكن استبدالها بتربة أفضل منها ويتم دمك التربة الجديدة جيداً.(Dhowian, A.W)

2. تغيير طبيعة التربة القابلة للانتفاخ وخواصها الهندسية، ويتم ذلك بعدة طرق من أهمها:
   أ. الدمك Compaction المنتظم لطبقات التربة.
   ب. الترطيب المسبق Prewetting وذلك بإشباع التربة بالماء والسماح لها بالانتفاخ قبل بدء الانشاء ومن عيوب هذه الطريقة أنها تستغرق وقتا طويلا قد يصل إلى عدة شهور.
   ج. منع تسرب المياه للتربة القابلة للانتفاخ المقام عليها كلية الدراسات الاقتصادية وذلك باستخدام عوازل للرطوبة مثل بعض الألواح المعدنية أو الحواجز المائية لتقليل تسرب الماء للتربة وبالتالي تقليل مقدار الانتفاخ. وقد تكون هذه العوازل أفقية لمنع تسرب المياه من سطح الأرض، أو تكون عمودية تحيط بالمنشأة وتمنع تسرب المياه بشكل أفقي.
   د. معالجة التربة القابلة للانتفاخ كيميائياً Chemical Stabilization وذلك بضخ المثبتات الكيميائية مثل الجير أو الأسمنت بين فراغات التربة حيث تساعد على تقليل حد السيولة ومعيار اللدونة وبالتالي تقليل مقدار الانتفاخ.
3. تقوية المنشآت وذلك بتصميم عناصر المنشأ من بلاطات، وجدران، وأعمدة، وأساسات لتتحمل الانتفاخ والضغط الناتج عنه.
4. استخدام الركائز Piles كأساسات للمبنى بحيث تنقل الأحمال خلال التربة القابلة للانتفاخ إلى التربة غير المنتفخة التي ترتكز عليها هذه الركائز.
5. عمل نظام تصريف للمياه في الموقع بعيد عن المنشآت بحيث يمنع تجمع المياه وبالتالي تسربها للتربة القابلة للانتفاخ.

يرى الباحث أنه يمكن استخدام أكثر من طريقة معا من الطرق السابقة وذلك بناء على خصائص تربة الموقع الانتفاخية وكذلك طبيعة المنشآت في الموقع وبالتالي فإنه لا يوجد طريقة معالجة واحدة يمكن أن تكون فعالة وعملية لكل الحالات.

4-7. المنهجية المتبعة في دراسة الحالة:

1. القيام بزيارة ميدانية لمبنى كلية الدراسات الاقتصادية.
2. الاجتماع بادارة الكلية العميد وبعض الاساتذة.
3. الاجتماع مع الإدارة الهندسية بجامعة النيلين.
4. التفاكر مع الشركة المنفذة لمبنى كلية الدراسات الاقتصادية.
5. دراسة الخرط الانشائية والمعمارية.

1. **استعراض المشكلة:**

لاحظ الباحث بأن مبنى السلم الشرقي الملحق بمباني كلية الدراسات الاقتصادية والاجتماعية

بجامعة النيلين به العديد من التشققات الرأسية وتحديدا في المنطقة التي تربط الابيام مع الاعمدة وحائط القص، وأن الوضع مع وجود بعض التشققات أخف بكثير في مبنى السلم الغربي، هذا الوضع ازعج إدارة الكلية كثيرا بحسبان أن هذا الأمر في حال تطوره سوف يؤدي الى انهيار هذا الجزء من المبنى مما يعرض حياة المستخدمين والطلاب الى الخطر.

اهتدى الباحث بما تم ذكره أعلاه والمنجهية التي تم استعراضها مسبقا بالنظر في أسباب التشققات واقتراح حل هذه المشكلة، وعند قيام الباحث بالزيارة الميدانية لاحظ الآتي:

أ. التصاق مبنى السلم بالمبنيين الجنوبي والشمالي المكونبين لكلية الدراسات الاقتصادية والاجتماعية دون مراعاة لفواصل التمدد التي يجب أن نضع لها الكثير من الاعتبار عند تنفيذ المباني متعددة الطوابق.

ب. وجود صهاريج للمباه في الطابق الارضي والاخير دون مراعاة لتصريف أي مياه يمكن ان تتسرب من هذه الصهاريج.

عند مراجعة الخطط المعمارية والانشائية لتضح للباحث الآتي:

أ. الخرط المعمارية والانسائية المستلمة بها نواقص كثيرة وغير مكتملة ولا توجد بها تفاصيل دقيقة لبعض عناصر المبنى.

ب. لا توجد سجلات سير العمل (Control Document) من حيث مراقبة للعمل واجراء الاختبارات للجودة وتعديلات للمخططات (Asbuilt Drwaing)، وأي مكاتبات فنية يمكن الرجوع اليها.

ت. الجمع مكون من اربعة مباني تفصلها فواصل هبوط.

ث. المباني مصممة لخمسة طوابق.

ج. أساسات المبنى عبارة عن اساسات خازوقية باقطار مقاس 70سم و 50سم و80سم وعمقها 20م، وحديد التسليح بها قطره 20ملم حسب الخرط، كما يجود بالمبنيين الشرقي والغربي أساست خازوقية مشتركة وأساسات حصرية (Raft) بين الخوازيق (Piles) واساس في كل من المبنين حصيرى ممتد في شكل كابولي (غير مسنود بخوازيق) من الاساس الحصيري المسنود بخوازيق.

ح. توجد خرط التفاصيل الاعمدة والسقوف بابيامها (Slabs with Beams).

خ. تم تنفيذ مباني مجمع الكلية في اوقات مختلفة.

2. **عناصر ومكونات المبنى:**

يتكون مبنى المجمع من الاتي:

1. المبنى الشمالى عبارة عن مبنى مكتمل ويحتوي على القاعات الدراسة بدائية تاريخ العمل به قبل العام 2005.
2. المبنى الجنوبي: عبارة عن مبنى غير مكتمل ويحتوي على الطابق الاول والارضي به

مكاتب ادارية وتم استخدامه منذ العام 2005.

3. مبنى السلم السلم الغربي: عبارة عن مكتمل ويحتوي على السلم وبئر المصعد الشرقي.
4. مبنى السلم الشرقي: عبارة عن مبنى مكتمل ويحتوي على السلم وبئر المصعد الغربي.
5. الخرط والمخططات التي تمت معاينتها توجد بها فواصل للحركة الافقية والراسية (فواصل الهبوط).

3. **تشخيص المشكلة:**

اهتداءاً بالمنهجية التي تم استعراضها في هذا البحث قام الباحث بعدة زيارات للمواقع بغرض المعاينة وتجميع البيانات حيث خلص لما هو مبين في الجدول التالي:

جدول رقم (4-1) تشخيص المشكلة

الرقم	المشكلة	الاسباب	المطلوب عمله
.1	انهيار الابيام الطرفية في مبنى السلم وغرفة المصعد الشرقي.	□ اسناد حمولة السلم وحوائط القص على اساس حصيري بسمك 40 سم وعدم وجود اساسات خازوقية بمنطقة السلم الامر الذي جعل هذا الجزء من المبنى يهبط جزئيا نتيجة لعدم وجود أساس خازوقي كما في باقي المبنى. □ فواصل الهبوط الموجودة بالخرط لم يتم تنفيذها بصورة صحيحة في مرحلة الإنشاء. □ الهبوط الجزئي الذي حدث في المبنى ساهم بصورة كبيرة في تصدع الابيام الطرفية. □ ضعف تصميم الأساسات في منطقة السلم وحوائط القص ساهم بصورة كبيرة في تصدع المبنى.	اعادة حساب الاحمال والعزوم وقوى القص بغرض اجراء المعالجة المناسبة. تدعيم مؤقت للجزء الشمالي الشرقي لبئر السلم درءاً لتطور المشكلة لانهيار كامل. كشف ومراجعة الأساس الحصيرة -تحت السلم ومعالجة أي تشققات او تصدع فيه نتائج عن الازاحة الجزئية
.2	المياه السطحية والجوفية	وجود شواهد أن تؤكد ترسب مياه الامطار الى تحت المبنى. وجود دلالات لتسرب مياه الشرب والمحملة بالصهاريج تحت المبنى.	العمل على تصريف مياه الامطار بعيدا عن المجمع مع مراجعة كافة توصيلات مياه الشرب هذا بالاضافة بالنظر في ترحيل الصهريج الارضي الى مكان آخر.
.3	ظهور مبادئ	مماثلة لمبنى السلم وغرفة المصعد	اجراء معالجة المناسبة

	التشققات المماثلة في الابيام الطرفية وفي مبنى السلم وغرفة المصعد الغربي	الشرقي.	للاساس

8-4. طريقة المعالجة:

بعد أن تم استعراض المشكلة من جميع جوانبها النظري منها عند معاينة الخرط والعمل منها عند الاجتماع بالمقاول قد تأكد للباحث أن أس المشكلة هو عدم تصميم وتنفيذ أساس خازوقي مناسب في منطقة السلم وغرفة المصعد الشرقية والغربية الأمر الذي يحسب أنه ساهم كثيراص في حدوث هبوط جزئي وتسريع وتيرة عزم الالتواء حتى وصل الأمر الى حدوث التشققات والتصدعات التي يمكن أن تزداد يوما بعد يوم بفعل الزمن واستمرارية الاستخدام، لذلك فقد رأت الدراسة ضرورة تصميم وتنفيذ الساسيات المناسبة، ويمكن في هذا الاطار أجراء المعالجات الآتية:

1. تدعيم كل من المبنيين بعدد (2) أساس خازوقي بقطر 70سم وبعمق 20م بجانبي السلم الشرقي، وجانبي السلم الغربي علىأن تشيد الخوازيق بطريقة لا تؤثر على المبنى المجاور.
2. العمل على ربط الأساس الخازوقي المقترح في البند (1) بعناصر السلم الموجودة أصلا بغرض التدعيم وتوزيع الأحمال.
3. تمديد الأساس الخازوقي بطول مناسب فوق سطح البدروم (يحدد عند اجراء الحسابات والحفريات).
4. صب طافية الخازوق (Pile Head) بارتفاع 1م من طرف الخازوق الاعلى حتى ارتفاع يسمح بعمل ثقوب على حوائط القص لتمديد حديد التسليح عبر الحوائط (يتم تحديده من قبل الاستشاري بعد أعمال الحفر).
5. عمل Beam بمقطع وتسليح حسب التصميم المرفق يمتد بين الخازوقين بحيث تخترق أسياخ حوائط القص.
6. المعالجة بمواد حاقنة ورابطة.
7. العمل على فصل المباني في المواضع التي صممت لتلائم عملية الهبوط والتمدد (فواصل الهبوط والتمدد) بعد اكمال دعم الأساسات ومعالجة كل التشققات والتصدع المتبقي بعد ذلك.
8. اجراء التصميمات بعد حساب الأحمال بصورة دقيقة وتفريغها في جداول كميات بغرض التنفيذ.

9. الاسراع في التدعيم المؤقت للجزء الشمالي الشرقي لبئر السلم بالمبنى الشرقي ن ،ان تتم كل عمليات التشييد مع مراعاة التدعيم المؤقت المناسب وتجنيب أي آثار سالبة على المبانى القائمة.

الخلاصة:

يقترح الباحث استخدام جهاز مسار الإجهاد ذو الثلاثة محاور لقياس مقدار الانتفاخ الرأسي والحجمي للتربة القابلة للانتفاخ وذلك للأغراض البحثية. ونظرا لعدم توفر هذا الجهاز في معظم معامل التربة العادية، فإنه يجب الأخذ في الاعتبار أن قيم الانتفاخ المقاسة في جهاز الأودوميتر متحفظة وعالية نسبيا مقارنة بما يحدث في الحقل .

وجد أن الكثير من المباني المنشأة على التربة القابلة للانتفاخ في معظم مناطق كلية الدراسات الاقتصادية والاجتماعية قد تعرضت لتصدعات وتلف كبير رغم أن الكثير منها حديث الإنشاء. ولا يوجد حتى الآن دراسة دقيقة تبين مدى التلف الناتج من انتفاخ التربة في كلية الدراسات الاقتصادية والاجتماعية حيث قدر أحد مهندسي(معهد ابحاث البناء والطرق) أن التربة القابلة للانتفاخ في كلية الدراسات الاقتصادية والاجتماعية تتسبب في خسارة ملايين الجنيهات السودانية.

الفصل الخامس

النتائج والتوصيات

النتائج والتوصيات

النتائج:

بعد دراست التشققات وأنواعها ومسبباتها الإنشائية وغير الإنشائية في منطقة كلية الدراسات الاقتصادية والاجتماعية بالخرطوم والأعراض الأسباب المحتملة للتشققات الخرسانية وجغرافية المنطقة وخواص ونوع التربة إستنتج الباحث نتائج حسب المراحل التالية:

أ. مرحلة التصميم

ب. مرحلة التنفيذ

ج. مرحلة استثمار المبني

أ. **مرحلة التصميم** :

1. اعتماد مخطط منفذ في منطقة أخرى وتم التنفيذ بمنطقة كلية الدراسات الاقتصادية والاجتماعية دون مراعات لظروف طبيعية منطقة كلية الدراسات الاقتصادية والاجتماعية .
2. عدم التقرير السليم للأهمال والقوى كعدم أخذ تأثير الإنكماش أو الانتفاخ نتيجة تغير دراجات الحرارة .
3. عدم تصميم الأساسيات بحيث تكون الإجهادات تحتها متساوية اي لا يكون الهبوط تحتها متساوياً وبالتالي تحدث فروقات في الهبوط تحت الأساسات مما يؤدي الي تصدعات وتتفاقم المشكلة .
4. سوء وعدم كفاية الرسومات التفصيلية المعمارية والانشائية.
5. ضعف مواصفات البناء والمواد المستخدمة وعدم ملاءمتها للمنشأة خاصة عند تدني نوعية المواد المستخدمة في الخلطة الخرسانية ونسبة الماء الي الأسمنت ونوعية الركام.
6. الشروط الجزائية المالية الصارمة التي تقيد المصمم والمنفذ لوضع الإحتياطات الازمة كالعزل المائى والحرارى وغيرها.
7. عدم اختيار المهندس الإستشاري الكفء للقيام بعملية التصميم المعماري والإنشائى.

ب. **مرحلة التنفيذ**:

1. الخطأ والتقصير في تنفيذ التصاميم وشروطها الفنية بالشكل الصحيح من تقليل كمية التسلح وتقليل مقاسات العناصر الإنشائية.
2. عدم اصلاح ما يكتشف من اخطاء في الوقت المناسب وعدم تقدير ذلك في الوقت الناسب من قبل المنفذ والإستشارى (كما حدث في مبني مياة ولاية الخرطوم).
3. عدم الخبرة والدراية الجيدة للإستشاريين المعماريين بالجانب التنفيذي الإنشائى.

4. إغفال إجراء إختبارات الجودة بشكل دورى علي الخرسانة المسلحة والتحقق من مطابقتها للمواصفات.
5. التعرض للظروف المناخية والهزات الأرضية وعدم مراعاة ما يقتضيه ذلك من احتياطات وتدابير كما حدث في كلية الدراسات التجارية بجامعة السودان (الغربي) بعد الزلزال في منتصف التسعينات.

ج. مرحلة استثمار المبني:

1. تغير وظيفة المبني عن الوظيفة الأصلية المصمم له كتعديل المبنى السكني الي كلية تعليمية كما حدث في جامعة النيلين وجامعة السودان .
2. زيادة طوابق المبني عن الحالة التي صمم لها.
3. تغيير مناسيب المياة الجوفية نتيجة وجودة الري للحدائق المجاورة غير المحمية بعازل.
4. سوء استخدام المبني وعدم إصلاح الأعطال فيه بالوقت المناسب وتسريب المياة الي الأسساسات من تهريب الإمدادات الصحية.

التوصيات:

1. توصلت الدراسة الى أهمية التنسيق والتعاون ومشاركة الآراء على مستوى الفريق الهندسي من معماريين ومدنيين وميكانيكا وكهرباء وغيرهم. وأهمية عمل الدراسات الاولية والتفاصيل الانشائية التنفيذية.
2. لعل من أهم المواد التي تتميز بها صناعة التشييد ومواد البناء هي ارتباطها الوثيق بالتقدم الحضاري والصناعي باعتباره من أهم مقدمات هذا العصر. ولهذا لزم على الحكومات أن تولى جُل اهتمامها في تطوير هذه الصناعة وانشاء مصانع حديثة توفي المقومات المالية والفنية اللازمة لانطلاقها لتلبية احتياجات السوق المحلية المتزايدة والأذواق المعمارية المختلفة.
3. التوصية للمهندسين والمعماريين الى إرشاد المستهلكين للمواد والتمييز بين النافع والفاسد منها بنسب للتقليل من تأثيرها على الأجيال اللاحقة.
4. وجوب وجود العديد من الهيئات والاتحادات بحيث تغطي كافة الاتجاهات من اشراف ومراقبة وخلافه.
5. عمل مقررات دراسية توجه لاهمية التعامل مع التصدعات والشروخ وكيفية معالجتها.
6. وضع عقوبات رادعة لكل من تسول له نفسه انتهاك حقوق الأخرين في مجالات الانشاءات الهندسية.
7. باعتبار مجال عملنا الهندسي واطلاعنا على مجال الهندسة المعمارية نوصي بالاتي:
   أ. عمل تصاميم معمارية تليق بمنطقة مقرن النيلين من حيث الموقع الجغرافي السياحي والاستثماري.
   ب. يجب التأكد من أن المواد المستخدمة للانشاء على درجة عالية من الجودة.

ج. الحفاظ على المنشآت هي مسئولية تكافلية بين جميع الجهات (المالك- المصمم والاستشاري-المقاول).

8. قبل الشروع في التصميم من قِبل المهندس المعماري يجب عمل دراسة صحيحة لتربة الموقع وأخذ عينات كافية وعلى أعماق مختلفة.
9. تحديد نوع أساس جيد للمنشأة بعد التنسيق مع مهندس استشاري مختص (ميكانيا تربة) وأن تكون لديه خبرة كافية.
10. تجفيف مصادر المياه الواصلة الى أساسيات المبنى.
11. التنسيق التام قبل البدء في الشروع في التصميم المعماري بين الفريق العامل (معماري – مدني-ميكانيكا ..ألخ) والتشاور.
12. في مرحلة التنفيذ يجب أن تتم العناية التامة بجميع المواد التي تدخل تصميم الخرسانة المسلحة مثل ماء الخلط وحديد التسليح والرمل والاسمنت.
13. عند مرحلة التصماميم الأنشائية يجب اسنادها الى مهندسين مختصين ذوي خبرة ودراية عالية.
14. على المهندس المعماري عمل التصاميم المعمارية المناسبة للمكان (نوع المشروع) وأن يراعي نوعية التربة التي سيقام عليها المشروع.
15. المعرفة والدراية التامة للمهندس المعماري بالمواصفات وأعمال الخرسانات والتشطيبات.
16. وقوف المهندس المعماري الاستشاري على إمكانات الجهة المنفذة للمشروع من حيث المعدات والعمالة والمواد الموردة في الموقع.
17. الشروع في تنفذ المخطط الهيكلي لولاية الخرطوم وبالذات الجزئية التي تلي منطقة كلية الدراسات الاقتصادية والاجتماعية ، وذلك بخلق مساحات خضراء ومتنفسات وبعض المباني الشاهقة.
18. الاهتمام بعزل الاساسات من مصادر المياه.
19. استخدام التقنيات الحديثة في معالجة التشققات في الخرسانات المسلحة.

المصادر والمراجع

المصادر والمراجع

أولاً: القرآن الكريم.

ثانياً: المصادر والمراجع:

1. .ازم مجيد،، 2000 التكتونك في العمارة، بحث قدم الى قسم العمارة، كلية الهندسة، جامعة بغداد.
2. أشرف رجب على محمد، 2009، آلية الهندسة، محاضرات مواد هندسية متقدمه السنة الثالثة مدنى أستاذ قسم الهندسة الإنشائية قسم الهندسة المدنية، جامعة الأسكندرية - جمهورية مصر العربية.
3. آمال مصطفى - د.م /عزيز شنودة الطرق الحديثة لترميم وتقوية وحماية المنشآت الخرسانية.
4. حمد الله، رغد نعمة الله،،1997 التكنولوجيا والشكل :اثر التكنولويجا الحديثة في شكل المسكن، رسالة ماجستير، القاهرة.
5. دشفيق شوقى شفيق خورى 2009-محاضرات لمادة الترميم السنة الثالثة / أستاذ بقسم الهندسة الإنشائية قسم الهندسة المدنية - آلية الهندسة - جامعة الأسكندرية - مصر.
6. رأفت احمد.علي، 1999، كتاب ثلاثية الابداع المعماري، القاهرة.
7. رسول هوشيار قادر،2003 العمارة والتكنولوجيا :دراسة تحليلية للفعل التكنولوجي في العمارة، رسالة دكتواره.
8. طاهر يحى، 2002 ثنائية الشكل والوظيفة في عمارة المسلمين، رسالة ماجستير،.
9. عبد الرازق، جنان عبد الوهاب،2001 ، الطراز المعماري كمنظومة تواصلية، المدينة والانسان :وقائع المؤتمر القطري السنوي الاول للهندسة المعمارية.
10. قاموس المعجم الوسيط،اللغة العربية المعاصر. قاموس عربي عربي.
11. مختار عبد الله مختار، 2014، اسباب انهيار المباني وطرق معالجتها، جامعة سنار.
12. مركز أبحاث الطرق والبناء - جامعة الخرطوم.

ثالثاً :المراجع باللغة الانجليزية :

1. Percentage Clay Fraction of Soils,1980, The Civil Engineer in South Africa
2. Regional Conference for Africa on Soil Mechanics and Foundation Engineering,1985, Accra, 301-309

3. Sowers , G. B. and Sowers, G. F,1970. " Introductory Soil Mechanics and Foundations" , Macmillan Company,
4. Vertical Geomembranes on Four Highways 1985,Transportation Research Record no. 1032, National Research Council, Washington, D.C. , U.S.A.,), 48-