الجمهورية الجزائرية الدمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة عمار ثليجي – بالأغواط–

كلية الهندسة المدنية والهندسة المعمارية .

قسم :الهندسة المدنية

مذكرة ماستر

تقديم الطلبة : – تامر سعيد راضي

– الزهراء بلخضر

ميدان : علوم وتكنولوجيا

شعبة : هندسة مدنية

تخصص : هياكل

موضوع البحث:

الهبوط في المباني :
أعراضه وأسبابه وطرق علاجه

أعضاء لجنة المناقشة:

الإسم واللقب	الدرجة العلمية	الصفة
حيزية بلكحل	أ. محاضر .أ	رئيسا
محمد كمال قدودة	أ. التعليم العالي	ممتحنا
إدريس قوال	أ. التعليم العالي	مؤطرا

السنة الجامعية : 2021/2020

إهداء

الحمد لله حمداً يليق بجمال وجهك الكريم ، حمداً مليئ السمواتِ والأرضين لك يا ربي شكراً عجزت عن ذكره الأفواه والألسن. بعد جهد السنين ودروبٍ من حنين وشوقٍ أليم، رست السفينةُ مكللةً بالنجاح والفضل العظيم. إن خير من أهديت لهم نجاحي أولئك الذين قال الله فيهم (ولا تحسبن الذين قتلوا في سبيل الله أمواتا بل أحياء عند ربهم يرزقون). لمن سقوا الأرض بدمائهم الطاهرة النقية، للذين قدموا أرواحهم رخصية لكي تحيا كل ذرة في وطني الشامخ ، اليهم نجاحي وإن كان لا يرتقي بل إليهم دعائي عسا أن يفي.

إلى وطني الثاني، لمن احتضن جسدي بين ذراعيه عزيزا كريما ، إلى الجزائر الحبيبة.

أهدي ثمرة نجاحي لمن قال الله فيهم (واخفض لهما جناح الذل من الرحمة) لمن ربياني حسن التربية والقوا عليا ستر الدعوات الخيرة ومنعا عن أنفسهم ما لا يمنع لكي أجتاز الصعاب واقطف ثمار السنين الثقال.

أبي يا من أنرت دربي بفضلك الزاخر وشجعت مطلبي بحسن كلامك الفاخر أهديتك نجاحي.

أمي يا نبراسي في الظلمات ونوري في عتمة الطرقات يا من دعوتي الله في السر والخلوات لكي أنال الفلاح لكي النجاح وما بعد النجاح.

لمن كانوا لي سنداً دائم ، إلى نصفي البعيد أخوتي العظماء.

إلى أصدقاء الغربة، أحبتي وصحبي أهديكم جميعا نجاحي كما أهديتموني إخلاصكم.

تامر سعيد راضي

إهداء

ما الزمان وما المكان وما القديم وما الجديد سنكون يوما ما نريد لا الرحلة ابتدأت ولا الدرب انتهى وما توفيقي الا بالله بهذه المناسبة اهدي تخرجي

الى صاحب السيرة العطرة والفكر المستنير إلى معلمي الاول في الحياة ، الى من احمل اسمك بكل فخر يامن افتقدك في كل تفاصيل حياتي يامن اودعتني لله صغيرتك قد تخرجت، أهديك حلمنا الصغير الذي لطالما تمنيته ابي حبيبي (رحمك الله).

امي ربما لا تتاح الفرصة دائما لأقول لك شكرا، وربما لا أملك دائما جرأة التعبير عن الامتنان والعرفان ولكن يكفي أن تعرفي يا نور العين ومهجة الفؤاد ، أن لك ابنة تنتظر فرصة واحدة لتقدم لكي الروح والقلب والعين هدية رخيصة لكل ما قدمتيه ، حماك الله وأدامك نورا لبيتنا.

الى اخوتي واخواتي يامن كنتم سندي في الحياة، الى ابناء اخوتي وخاصة رميساء عبير و محمد

الى صديقاتي واخواتي الاتي قاسمنني فرحي وحزني جميدة مديحة فائزة حليمة فاطنة خديجة ايمان خيرة إلى جميع الاهل و الاصدقاء وكل من ساندني خلال مسيرتي الدراسية.

بلخضر الزهراء

شكر وعرفان

﴿ رَبِّ أَوْزِعْنِي أَنْ أَشْكُرَ نِعْمَتَكَ الَّتِي أَنْعَمْتَ عَلَيَّ وَعَلَىٰ وَالِدَيَّ وَأَنْ أَعْمَلَ صَالِحًا تَرْضَاهُ وَأَدْخِلْنِي بِرَحْمَتِكَ فِي عِبَادِكَ الصَّالِحِينَ ﴾ سورة النمل الآية 19.

الحمد لله رب العالمين الذي لا يبلغ وصفه الواصفون، ولا يدرك قدر عظمته المتفكرون، ويقر بالعجز عن مبلغ قدرته المعتبرون، نحمده ونشكره كثيرا عدد خلقه وكلماته وملء أرضه وسماواته على نعمه التي لا تعد ولا تحصى، وتوفيقه لي في إخراج هذا العمل، فإلى تراب دولة الجزائر المحتضنة للشهداء تحية و شكر و عرفان بإستقبالها لي قبل خمسة أعوام، و أنا اليوم أتوج بشهادة سيبقى ختم الجزائر عليها فكل الفخر بجزائرنا العظيمة، و شقيقة الروح تنادي ألم يحن وقت العودة يا أبنائي، فالشوق بعد الفراق ظلام و العودة الى أحضاني نور أتباهى به، ففلسطين أمي و الشكر لها موصول، أتقدم و أنا في بلاد الأحرار و الشهداء الى دولتي الحبيبة فلسطين بالقول والفعل وبإهداء رسالتي العلمية لدولتي وكل من فيها، والى عاصمتنا الجميلة القدس الشريف بالسلام واهداء رسالتي العلمية، فحفظ الله الدولتين من كل شر وسوء.

أما بعد، فاعترفنا بالفضل والجميل نتوجه بخالص شكرنا وتقديرنا وعظيم عرفاننا الى البروفيسور "قوال إدريس" على قبوله الإشراف على إنجاز هذه الرسالة، والذي قصدناه ليس فقط في الإشراف بل كان أبا و على درب العلم قد كان حريصا أن نسير، فاستقبلنا برحابة صدره وطيبة قلبه وطول باله، وأفادنا بعلمه حتى أتممنا هذه الدراسة العلمية ونحن الآن بصدد مناقشة رسالة التخرج المكملة لنيل شهادة الماستر في الهندسة المدنية، تخصص هياكل، و توسمت بعنوان الهبوط في المباني.

كما نتوجه بالشكر الجزيل إلى البروفيسور "قدودة محمد كمال" ممتحنا، ونشكره على قبوله لمناقشة موضوع الرسالة وتحمله عبء قراءتها، جزاه الله عنا كل خير.

كما نتوجه بالشكر إلى كل من ساعدنا على إنجاح هذا العمل من قريب أو بعيد.

ملخص

تعد ظاهرة الهبوط في المباني من المشاكل ذات الخطورة الكبيرة التي تواجهها المباني جديدة الإنشاء والقديمة منها على مستوى أنحاء العالم ويعود السبب الرئيسي لهده الظاهرة هو الهبوط في سطح الأرض نتيجة لزيادة الأحمال على التربة او تأثيرات الطبيعية والغير طبيعية للتربة وخواصها مما يخلف أضرار جسيمة في المباني وتظهر لنا على شكل أعراض مثل التشققات والتصدعات الجدرانية وحدوث ميلان ملحوظ في المبنى واضرار هيكلية غير متوقعة.

تهدف هذه الدراسة الى دراسة الأسباب التي تؤدي الي هبوط المباني، ولمعرفة وتحديد الاحتياطات اللازمة لتقليل من مخاطر هذه الظاهرة التي تتعرض لها المباني والتربة، من خلال فهم طبيعة التربة التي يمكن أن تخضع الي الهبوط التفاضلي والتحكم في العوامل التي يمكن ان تؤثر على طبيعة التربة. من خلال هذه الدراسة الإحصائية التي تتكون من جمع ومقارنة وتحليل التقارير التي أعدها الخبراء في هيئة المراقبة التقنية للمباني بولاية الأغواط والتي تم التطرق اليها في بحثنا.

تم التركيز في بحثنا على معرفة الأسباب ودراستها وإجراء الاحتياطات اللازمة لتجنبها وطرق علاجها.

الكلمات المفتاحية: الهبوط في المباني ، التربة الانتفاخية ، أسباب وإحتياطات الهبوط، جريان المياه الجوفية.

Abstract

The phenomenon of subsidence in buildings is one of the problems of great danger faced by new and old buildings around the world. The main reason for this phenomenon is the subsidence in the surface of the earth as a result of increased loads on the soil or the natural and abnormal effects of the soil and its properties, which causes severe damage in the Buildings appear in the form of symptoms such as cracks, wall cracks, noticeable tilt in the building and unexpected structural damage. This study aims to study the reasons that lead to the collapse of buildings, and to know and determine the necessary precautions to reduce the risks of this phenomenon that buildings and soil are exposed to by understanding the nature of soil Which can be subject to differential decline and control of the factors that can affect the nature of education through this statistical study, which consists of collecting, comparing and analyzing reports prepared by experts in the Lambati Technical Monitoring Authority in the state of Laghouat, which were addressed in our research. Knowing the causes, studying them and taking the necessary precautions to avoid them and ways to treat them.

Keywords : Landing in buildings, tree Swelling, causes and precautions for subsidence, groundwater run-off

جدول الأشكال

شكل1-1: شكل توضيحي لخزانات المياه الجوفية في طبقات التربة	10
الشكل 1-2: رسم توضيحي لقوة الجاذبية وقوة الجريان	13
الشكل 1-3: توزيع القوى في حالة الجريان من أعلى الى أسفل	14
الشكل 1-4: هبوط مستوى التربة نتيجة لزيادة رص التربة بفعل مياه الأمطار. (الأغواط – حي المقام على امتداد الطريق الوطني رقم 01-)	15
الشكل 1-5: توزيع القوى في حالة الجريان من أسفل الى أعلى	16
الشكل 1-6: الحالة العامة للتدفق تحت الأرض	17
شكل 1-7: مسببات ظاهرة الانتفاخ والانكماش في التربة الطينية	18
الشكل 1-8: الأضرار الناتجة عن ظاهرة الانتفاخ والانكماش في التربة الطينية	20
الشكل 1-9: تأثير التربة الإنهيارية على الطرق والمنشآت	21
الشكل 1-10: حالة التربة قبل وبعد حدوث الزلزال	23
شكل 1-11: الأسباب التي تساهم في حدوث الهبوط التفاضلي	24
الشكل2-1: شروخات رأسية	27
الشكل2-2: الشروخ الأفقية	29
الشكل2-3: شروخات قطرية مائلة	30
الشكل 2-4: الأعراض التي لوحظت على مستوى المكتبة المركزية بالقطب الجامعي الجديد بالأغواط	31
شكل 2-5: ميلان هيكل المنشأ أكثر من المتوقع	32
شكل 2-6: أعمال المهندس الجيوتقني لتشخيص طبقات التربة	33
شكل 2-7: يوضح طريقة الربط بين القواعد	34
شكل 2-8: المسافة بين الأعمدة باستخدام الكمرات الساقطة	35
الشكل 2-9: القمصان الخرسانية	37
الشكل 2 -10: عملية حقن التربة	38

الشكل 2-11: الخوازيق (الأساسات) العميقة	39
الشكل 2-12: مادة الريزين	40
الشكل 2-13: عملية العلاج بالحقن الناتجة عن الهبوط بمادة الريزين	41
الشكل 3-1: خريطة الجزائر، حالة الأغواط	45
الشكل 3-2: موقع المبنى(J)	45
الشكل 3-3: حالة الشقوق داخل وخارج المبنى (1)	46
الشكل 3-4: مخطط التأسيس للمبنى	47
الشكل 3-5: تسرب مياه الصرف الصحي من خلال الأنابيب المتشققة	48
الشكل 3-6: تم نقل مجاري غرف التفتيش الرئيسية بالكامل خارج المبنى	49
الشكل 3-7: عملية إصلاح هيكل الخرساني لأساسات عمارة رقم J بحي 600 سكن المقام -الأغواط	50
الشكل 3-8: أعراض الناتجة عن الهبوط	53
الشكل 3-9: مظهر لغرف تفتيش الصرف الصحي.	53
الشكل 3-10: تسرب المياه.	54
الشكل3-11: تفتت الأسطح العازلة	54
الشكل 3-12: عدم وجود رصف	55
الشكل 3-13: قسم تابعة لكلية العلوم والتكنولوجيا "هندسة كهربائية"	59
الشكل 3-14: تشققات الأعمدة في قسم الهندسة الكهربائية	60
الشكل3-15: الأسقف المجاورة لمكتب رئيس القسم	60
الشكل3-16: تشققات أرضية	61
الشكل 3-17:اسقف قسم الهندسة الكهربائية	61
الشكل 3-18:سلالم المكتبة المركزية	62
لشكل3-19: أضرار هيكلية خرسانية	62

المقدمة العامة

التربة هي المساحة التي تتم عليها البناء للعيش او العمل او غيرها وهي مادة غير متجانسة ومتباينة الخواص تتكون من معادن ومواد عضوية وان وجود الماء والهواء فيها يجعلها مادة معقدة بتأثير الزمن.

ندرك وجود مخاطر و أضرار لحركة التربة تحت المباني نتيجة لعوامل طبيعية او عوامل غير طبيعية التي بدورها تؤدي الى أضرار هيكلية وهبوط في المباني مثل الشقوق والتصدعات الجدرانية والميلان الملحوظ في المبنى والأضرار الهيكلية غير المتوقعة وغيرها. من هنا تأتي الحاجة الى عمل دراسة جيوتقنية على التربة المراد البناء عليها لتفادي الأضرار المحتملة.

تهدف هذه الدراسة إلى تشخيص الأعراض الناتجة عن هبوط المباني، والعمل على إيجاد الحلول الممكنة والمناسبة لتجنب أو التقليل من مخاطر الهبوط وتحديد طرق العلاج المناسبة والفعالة التي تساعد على الزيادة في ديمومة المباني. وذلك من خلال المعلومات التي يتم جمعها من دراسة أسباب حدوث هده المشكلة ودراسة الحلول وتحليلها واستخلاص النتائج الدقيقة.

تعتبر هذه الدراسة محاولة لتشخيص جل الأسباب التي تخص الهبوط والاعراض الناجمة عنه، وتحديد كيفية أخد الاحتياطات اللازمة لتجنب الهبوط في المباني ومعالجته.

تتكون هذه الدراسة من ثلاثة فصول:

الفصل الأول يتضمن الاسباب الرئيسية لهبوط المباني

الفصل الثاني يتضمن أعراض واحتياطات وطرق علاج الهبوط في المباني

الفصل الثالث تضمن هبوط المباني في ولاية الأغواط

الفصل الأول:

أسباب هبوط المباني

LES CAUSES DE TASSEMENT DES STRUCTURES

- **مقدمة**

بلا هوادة، تهبط الأرض تحت أقدامنا بسبب الضخ المفرط للمياه الجوفية، وزن المباني ، الجفاف... في جميع أنحاء العالم. ففي هولندا مثلا 25٪ من الأرض تحت مستوى سطح البحر.

على المستوى العالمي، إذا كانت الأوضاع المحلية معروفة جيدًا، فإن هذه الظاهرة يتم تقييمها بشكل سيئ. حيث كشفت دراسة جديدة نُشرت في الأول من يناير في مجلة Science أن ضغط التربة سيؤثر على 635 مليون شخص أو 19٪ من سكان العالم بحلول عام 2040. لذلك وضع الباحثون تصنيفا عالميا لمؤشر الهبوط في التربة لأكثر المناطق عرضة، كما هو موضح في الجدول 01 [1].

هناك نوعان من الهبوط في المباني ألا وهوما:

الهبوط الكلي: هو الهبوط الذي للمنشأ بأكمله وبنفس المستوى ونفس الوقت وينتج عنة أضرار خفيفة.

الهبوط التفاضلي:هو الهبوط الذي يحدث للمنشأ ويكون هناك تفاوت في مستوى الهبوط لجزء من المنشأ دون الاخر ويعتبر الهبوط التفاضلي هو الاخطر ويؤدي الى شروخ وتشققات واضرار هيكلية لان المنشأ لايهبط بنفس المستوى.

في هذا الفصل سوف يتم مناقشة الأسباب الرئيسية للهبوط فى طبقات التربة التي تعتبر السبب الرئيسي في هبوط المباني، والتي لا يختلف عليها أي باحث انشائي. وهي كالتالي:

1. تأثير حركة المياه الجوفية Mouvement des eaux souterraines
2. تأثير أنواع التربة في الهبوط Influence du type de sols sur le tassement
3. تأثير تميع التربة على الهبوط La liquéfaction du sol et le tassement
4. أسباب خاصة بمحيط المنشأ

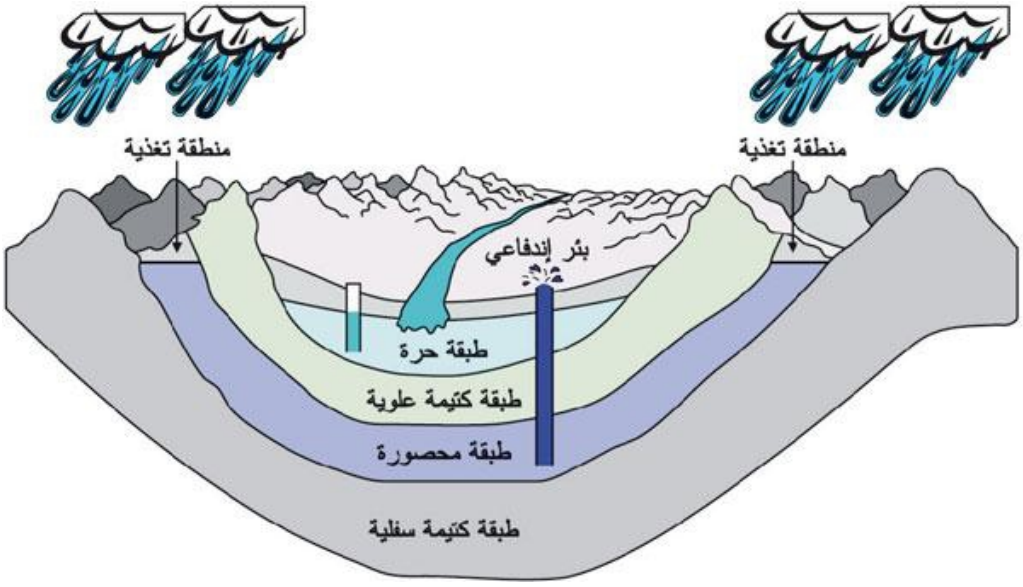
المؤشر التالي يحدد المساحة المعرضة للهبوط ما بين سنة 2010 - 2040

الجدول 01: التصنيف العالمي لمؤشر الهبوط في التربة

الدولة	مؤشر الهبوط في التربة	
	سنة 2010	سنة2040
الصين	60,8	51,2
الولايات المتحده الامريكيه	54,2	29 ,5
اليابان	41	30,0
مصر	40,5	39
الهند	39,3	41,4
اندونيسيا	31,3	17 ,8
المكسيك	28,5	17,9
هولندا	24,2	20,7
ايطاليا	23,1	14,4
بنغلاديش	22,3	20,5
بورما	22,2	10
الجزائر	20,5	11,4
تايوان	20,1	00
فيتنام	19,7	26,1
فلسطين	17,7	17
شيلي	14,6	5,3
ألمانيا	13,7	7 ,1
باكستان	12,9	14
الفلبين	12,7	15,9
فرنسا	12,6	7,5
بيرون	12	0,5
بلجيكا	11,3	7 ,6
ايران	11	4,1
تايلاند	10,8	8,2
إسبانيا	10,2	5

1. تأثير حركة المياه الجوفية Mouvement des eaux souterraines

تعتبر حركة سطح الأرض أفقيا أو رأسيا إحدى التأثيرات البيئية الناتجة عن ضخ واستغلال الماء الجوفي، وتعرف الحركة الرأسية للقشرة الأرضية عادة بهبوط سطح التربة أو (tassement). هذا الهبوط يظهر بشدة وبشكل واضح في المناطق التي يرتكز فيها استغلال المياه الجوفية، حيث تتعدى معدلات الضخ المحددة معدلات إنتاج الأمان، والتي تتسبب في خفض مناسيب المياه الجوفية أو السطح البيزومتري في الخزانات المستغلة. ويزداد هذا الهبوط كلما ازداد هبوط منسوب الماء الجوفي أو السطح البيزومتري، كما هو موضح في الشكل1-1.



شكل1-1: شكل توضيحي لخزانات المياه الجوفية في طبقات التربة.

أما الحركة الأفقية لسطح التربة أو القشرة الأرضية فيمكن أن تسبب شروخاً وشقوقًا في سطح التربة، حيث تسبب مزيد من الدمار لكل ما هو موجود فوق سطحها، وقد سجلت حالات انهيار وتدمير كامل لكثير من المباني والطرق و الأنفاق وخطوط السكك الحديدة وخطوط شبكات المياه والمجاري والكهرباء نتيجة لهذه الحركة الأفقية، علاوة على انهيار وتقوس كثير من أنابيب تغليف آبار المياه الجوفية وذلك نتيجة لإجهاد التكوينات الصخرية. وقد سجلت كذلك كثير من حالات انعكاس ميل قنوات الخاصة بالري والصرف، وكذلك

نتيجة الهبوط التفاضلي والمتفاوت لسطح الأرض. وقد تسبب ظاهرة الهبوط فى سطح الأرض زيادة فى خطورة الفيضانات التي تتعرض لها المناطق المنخفضة .

الجدير بالذكر إن هبوط سطح التربة الطويل الأمد (tassement à long terme) الذي يكون سببه استغلال وضخ المياه الجوفية، يمكن إيقافه عن طريق خفض معدلات ضخ المياه الجوفية الى معدلات إنتاج الأمان. وقد سجلت حالات كثيرة تعرضت لهبوط سطح التربة، وذلك نتيجة للضخ والاستغلال المكثف للمياه الجوفية، نذكر بعض منها:

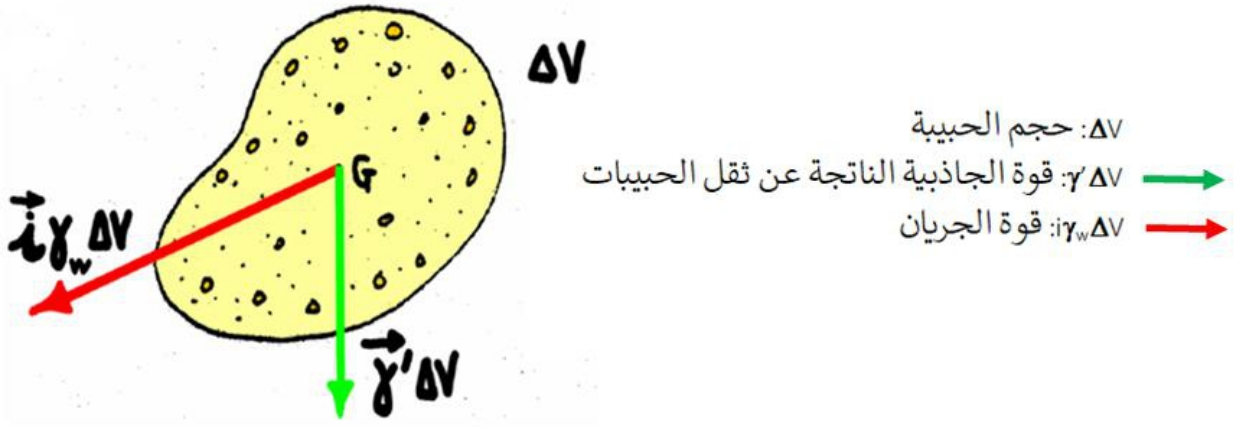
- تعتبر مدينة البندقية في ايطاليا إحدى الأمثلة الواضحة التي تعانى من مشاكل هبوط الارض بشكل خطير وذلك لأن التربة مكونة أساسا من الطين و الطمي . حيث سجل هبوط لسطح التربة في هذه المدينة بمقدار 15 سم فى المدة ما بين1930-1973 ، وذلك نتيجة الضخ الشديد للمياه الجوفية. وقد قدر ان سطح الأرض في البندقية سوف يستمر في الهبوط وبمقدار يتراوح من 0,8 ملم إلى 10 ملم في السنة إذا استمر معدل الضخ الحالي للمياه الجوفية أما إذا أوقف الضخ الحالي للمياه الجوفية في كامل المنطقة، فيمكن آن يعود سطح الأرض الى الارتفاع بمقدار 2سم [1]
- هبطت أجزاء من مدينة المكسيك **Mexique** بمقدار8 أمتار وذلك منذ بدا عمليات ضخ الماء الجوفي الشديد والمكثف عام 1938؛
- 3-في اليـابان هبطـت أجزاء من مدينتي **طوكـيوTokyo واوساكاOsaka**، وكان أقصى هبوط سجل فيها هـــو 4 أمتار، وذلك في الفترة ما بين 1928-1934 ؛
- في الصين سجل هبوط قدره متر واحد، وذلك في مدينة **تايبيه Taipei**وذلك نتيجة لضخ الماء من الحوض الجوفي؛
- في انجلترا هبطت أجزاء من مدينة لندن **London** بمقدار يتراوح من16- 18 سم من الفترة ما بين 1865-1930، وذلك نتيجة لانضغاط طبقات الطين

السميكة والتي سببها هبوط السطح البيزو متري للخزان الجوفي الطباشيري الذي يقع أسفل هذه الطبقات؛

- في الولايات المتحدة الأمريكية وفي المنطقة الصناعية لمدينة **باتون-روج Baton Rouge** بولاية أريزونا ، حيث يتركز استغلال ضخ الماء الجوفي، تم تسجيل هبوط بمقدار 30سم نتيجة انخفاض السطح البيزومتري بمقدار 60م ، وذلك منذ بدأ عمليات الضخ في عام 1890، أي أن معدل الهبوط كان 5سم لكل عشرة أمتار هبوط في السطح البيزومتري. أما في منطقة **هوستن_جال بتكساس** فقد كان أقصى هبوط لسطح الأرض هو 150 سم وذلك نتيجة هبوط في منسوب المياه الجوفي بمعدل 60م، أي ما يعادل 25سم لكل عشرة أمتار هبوط في منسوب المياه الجوفي. وقد سجلت التقارير الحديثة، عن هبوط سطح الأرض في هذه المنطقة، أن هذا الهبوط قد ازداد حتى وصل الى 2.7 م، مما سبب في ازدياد الفيضانات للمناطق المنخفضة فيها. وقد أدى هذا الهبوط والفيضانات الى تدمير كثير من المباني والإنشاءات المختلفة وقدرت هذه الخسائر مابين 1969_1973 بحوالي 73 مليون دولار؛
- أدى استغلال الماء الجوفي في العاصمة **الإندونيسية جاكرتا،** لوحظ أن أجزاء من المدينة تغرق بمعدل 2.5 متر في العقد الواحد. أما في العاصمة **الإيرانية طهران،** سجل هبوط للتربة بمعدل 25 سم سنويا؛
- في **نيوزيلندا** أدى استغلال الماء الجوفي الساخن من حقول الماء الحراري الجوفي، واستخدامه في عمليات توليد الطاقة الكهربائية والتدفئة ولأغراض أخرى، إلى حدوث هبوط فى منطقة **ايركى** بمعدل 40سم فى السنة، وقد قدرت مساحة المنطقة المتأثرة بهذا الهبوط بحوالي 65 كم^2، ووصل الهبوط الكلي لسطح الأرض منذ بدأ استغلال الحقل الجوفي الحراري عام 1956 الى غاية 1970حوالي 4 أمتار؛
- فى ولاية **كلفورينا** وفى مناطق استغلال النفط فيها، ظهرت حركات أفقية ورأسية للقشرة الأرضية وقدر الهــبوط فى حقل ولنجوتن بحوالي 9 أمتارأما الإزاحة

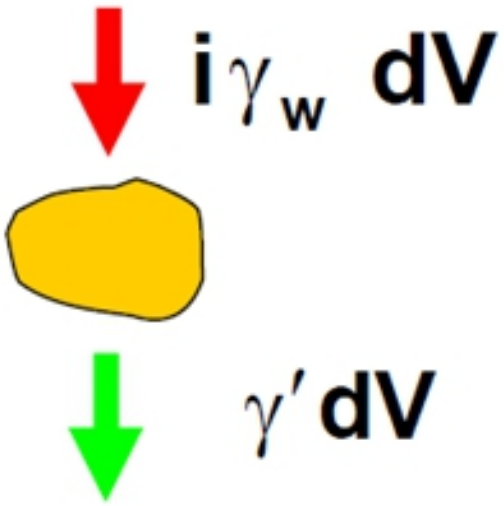
الأفقـية فبلغت 3,7 مترا، وذلك نتيجة الضخ المكثف للنفط من هذه المنطقة، حيث قدرت خسائر الهبوط فى المعدات والإنشاءات بحوالي مئة مليون دولار.

من المعروف انه عندما تبدأ أو تزيد حركة المياه الجوفية خلال وسط حبيبي، نجد أن الاحتكاك بين الماء المتحرك وحبيبات الوسط الثابتة يسبب نوع من المقاومة، وتظهر هذه الأخيرة على شكل قوتان تؤثران على الحبيبات وسط الجريان، وتسمى هاتين القوتين بقوة الجريان أو ضغط التسرب و قوة الجاذبية الناتجة عن ثقل الحبيبات، كما هو موضح فالشكل 1-2. [2]،[3]



الشكل1-2: رسم توضيحي لقوة الجاذبية وقوة الجريان. [3]

في حالة الجريان من الأعلى الى أسفل، فإن قوة الجريان تكون بنفس إتجاه قوة الجاذبية، كما هو موضح في الشكل 1-3. يؤدي الى زيادة الضغط بين الحبيبات. هذا النوع من المقاومة يرجع سببه بدرجة كبيرة الى الاحتكاك ما بين الجسيمات، وتكون حركة الحبيبات المستقلة أو الفردية بسبب التغير في قوة التسرب. ويحدث الانضغاط الناتج خلال الإسراع في الجريان حول الحبيبات، والذي يؤدي بدوره إلى زيادة الرص بين الحبيبات ،حيث ينتج عنه هبوط في طبقات الأرض. يمكن أن نتوصل الى حركة ثابتة أو منتظمة بعد حدوث الانضغاط. [2]



الشكل1-3: توزيع القوى في حالة الجريان من أعلى الى أسفل.[3]

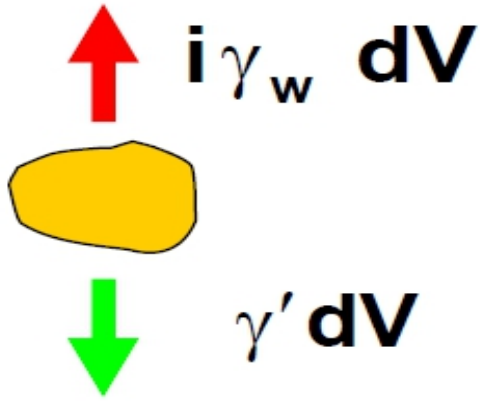
يعتبر الضغط بين الحبيبات أو الضغط المؤثر في الخزانات الجوفية والتكوينات تحت السطحية الأخرى هو العامل الحاسم في عمليات الهبوط والحركة الأفقية في سطح الأرض. ويمكن تعريف الضغط بين الحبيبات بأنه الضغط المنتقل خلال نقاط تماس الحبيبات المستقلة (حصى – رمل – سلت أو طين).

عندما يزداد الضغط بين الحبيبات، وذلك بوضع ثقل معين على المادة الحبيبية نجد أن الحبيبات الفردية المستقلة تتحرك بالنسبة لبعضها البعض، وتقل نسبة الفراغات أو المسام نتيجة لحركة الحبيبات المستقلة.

كما أن هناك أنواع من التربة التي تتميز بأنها خفيفة الى متوسطة القوام، وذات مسامية متوسطة الى جيدة ، والغنية بالجزيئات الرملية والحصى والحجارة ، تسمح بتغلغل جيد لمياه الأمطار ومياه الري ، وبالتالي تخفض الحت المائي بالإضافة الى الرطوبة، سواء كانت متوفرة على شكل مطر أو ندى، فإنها تعمل علي زيادة رص التربة والضغط بين الحبيبات، والتي تؤدي الى هبوط مستوى التربة. الشكل1-4 يوضح صورة لهبوط مستوى التربة نتيجة لزيادة رص التربة بفعل مياه الأمطار.

الشكل1-4: هبوط مستوى التربة نتيجة لزيادة رص التربة بفعل مياه الأمطار.
(الأغواط – حي المقام على امتداد الطريق الوطني رقم 01-)

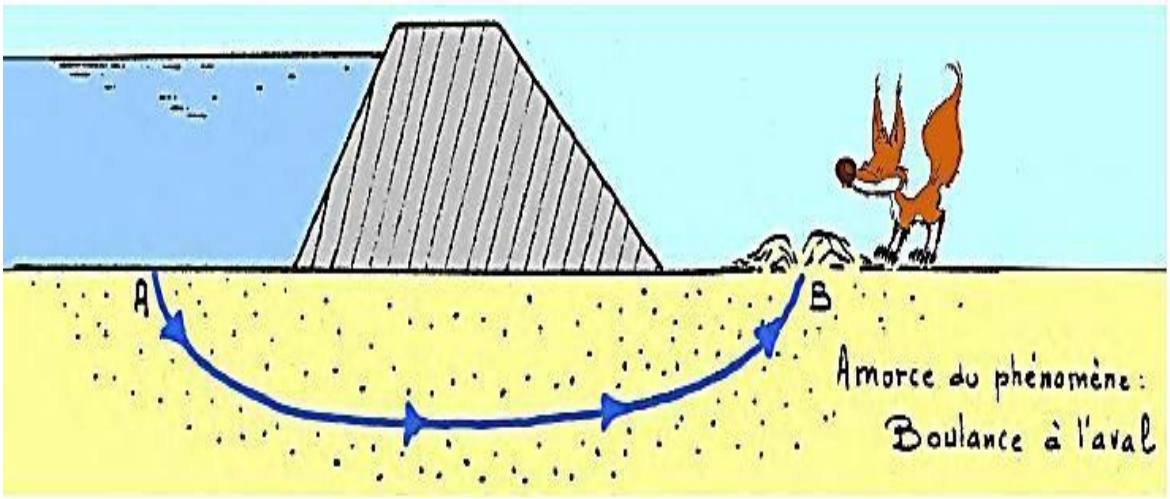
نتيجة لبدأ الحركة الرأسية نجد أن النقص في الضغط ما بين الحبيبات، يظهر في قطاعان الاجهاد الكلي والضغط المسامي في خزان المياه الجوفية متكون من الرمل ذو منسوب ماء جوفي هذه الحالة يكون الضغط المسامي عند عمق معين اكبر منه في حالة عدم وجود حركة وذلك ينطبق على سطح الأرض. ونجد كذلك انه في حاله الجريان من أسفل الى أعلى تكون قوة التسرب عكس قوة الجاذبية، كمل هوا موضح في الشكل1-5[2]



الشكل1-5: توزيع القوى في حالة الجريان من أسفل الى أعلى.[3]

ويحتاج الى ضغط اضافي، وعلي ذلك نجد أن بداية الحركة أو السريان الراسي يسبب ضغط أو انحراف خط الضغط المسامي، وعند ما يصبح الضغط المسامي منطبقا مع الاجهاد الكلى، تصبح قيمة الضغط ما بين الحبيبات تساوى صفرا، وعند هذه اللحظة لن يكون هناك اي التصاق مؤثر بين حبيبات الرمل الفردية المتجاورة وتصبح هذه الحبيبات في الواقع معلقة في الماء المتحرك الى أعلى وبنا على ذلك نجد أن حبيبات الرمل تفقد قوة تحملها وتعرف هذه الحالة باسم حالة عدم الثبات أو الرمال سريعة الانهيار أو الرمال المتحركة، أو الرمال الفوارة وتعرف هذه الظاهرة بظاهرة **بولونس أو الثعلب - Phénomène de Boulance ou renard** كما هو موضح في الشكل1-6.[4]

تحدث ظاهرة **بولونس أو الثعلب** في الحالة للتدفق الماء الجوفي من أسفل الى أعلى تحت المنشأ، يحدث أن تزداد سرعة الجريان الموضعية، فيتم من خلالها جذب جزيئات التربة الناعمة، مما يؤدي ذلك الى الزيادة في النفاذية الموضعية، و الذي ينتج عنها زيادة في سرعة التسرب، الذي ينجر عنها جذب للحبيبات الخشنة، مما يتسبب في التآكل التدريجي للتربة على طول خط التيار.



الشكل1-6: الحالة العامة للتدفق تحت الأرض. [3]

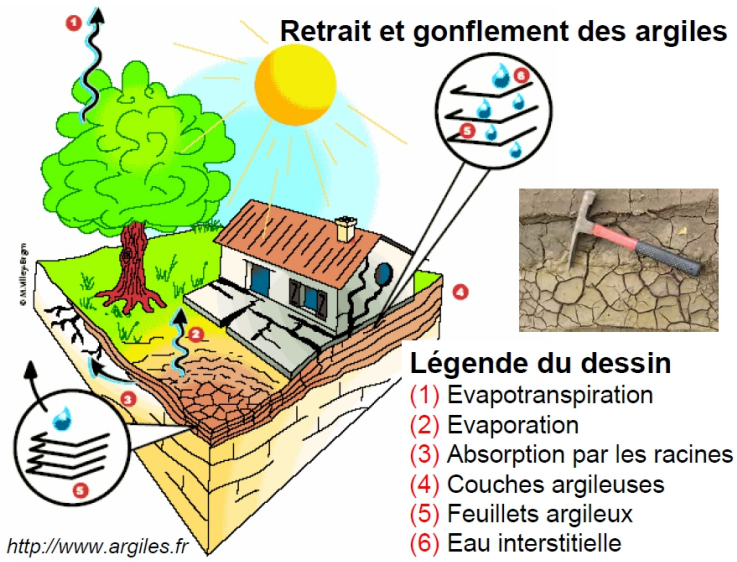
يمكن أن تحدث مثل هذه الظاهرة تحت السدود الترابية أو القواطع الإنشائية الأخرى والتي تستخدم لحجز الماء أو تحت الينابيع أو مناطق تسرب المياه الجوفية ولعلاج هذه الظاهرة يمكن زيادة الضغط بين الحبيبات وذلك بحفظ الضغط المسامي بواسطة قنوات

صرف أو بزيادة الاجهاد الكلى وذلك بوضع طبقة من الصخور أو اي مادة أخرى حصوية وخشنة الحبيبات على السطح ويجب أن تكون هذه المادة ذات مسامية عالية لكي تسمح للمياه أن تتحرك بين الحبيبات ومن ثم الهبوط في سطح الأرض حتى أن لم يحدث هبوط في منسوب المياه الجوفية ويمكن لمثل هذه الحالات أن تحدث في حالة استغلال خزان جوفي شبه مقيد أو متصل بخزان جوفي حر عن طريق طبقة شبه صماء وان تم ضخ المياه في الخزان الجوفي شبه المقيد نجد أن هناك تعويض لهذه المياه ياتي من الخزان الجوفي الحر العلوي عن طريق الحركة الرأسية من الاعلى الى الاسفل خلال طبقة شبه صماء وتبدأ هذه الحركة وتسبب في خفض ضغط المسامات في الطبقة شبة الصماء وكذلك في خزان شبه المقيد وبالتالي يحدث زيادة ضغط بين الحبيبات وانضغاط المادة وإذا لم يتأثر منسوب المياه الجوفية في الخزان الحر وظلت ثابتا. ويمكن تقدير الانضغاط ذلك بحساب قطاع ارتفاع الضغط في الطبقة شبة الصماء(دراسى) للحالة المنتظمة نهائيا وتقدير الضغط المسامي المقابل له وبمعرفة قطاع عند ظروف البداية الثابتة بدون حركة ويمكن حساب قيمة الضغط للطبقة شبة الصماء.

2. تأثير أنواع التربة في الهبوط Influence du type de sols sur le tassement

1.2 التربة الانتفاخية

تعتبر ظاهرة الانكماش والانتفاخ للتربة الطينية الانتفاخية من الأخطار الطبيعية التي سببها المناخ شكل1-7، و ترتبط ارتباطا مباشرا بظروف الأرصاد الجوية. و يتغير سلوكها تبعا لكمية الماء أو تبعا لفحوى الماء، فمثلا عندما تكون التربة الطينية في الحالة الرطبة، فإنها تبدو مرنة وقابلة للطرق أو التشكيل. أما عندما تكون في الحالة الجافة فإنها تكون صلبة وهشة.



شكل 1-7: مسببات ظاهرة الانتفاخ والانكماش في التربة الطينية.[3]

في التربة الطينية الانتفاخية، عندما يزداد الفحوى المائي يزداد حجمها وهذا ما يسمى بظاهرة "انتفاخ التربة". والعكس صحيح فعندما ينقص الفحوى المائي يؤدي ذلك الى نقصان حجمها وهذا ما يسمى بظاهرة "انكماش التربة". ويتسبب هذا الأمر إلى حدوث أضرار بالغة في المباني.

كمثال على هذا ففي فرنسا مثلا تم انفاق في الفترة المحددة ما بين 1989-2014, ما يقارب 4,5 مليار يورو. كتعويضات للملاك وللحد من الإضطرابات المرتبطة بهذه الظاهرة. على إثر ذلك تم فتح تحقيقات على مستوى 158 بلدية المتضررة من جراء هذة الظاهرة. هاتة التحقيقات التي إستغرقت 40 يوما من فترة 21 سبتمبر الى 30 اكتوبر 2015. حيث تم اصدار نصوص قانونية تخص حماية هاته المنطقة من الكوارث الطبيعية.

- متى يصبح وجود التربة الانتفاخية مشكلة؟

إذا توافرت العوامل الثلاثة فسوف يؤدى وجود التربة الانتفاخية إلى مشاكل يتعين علينا دراستها:

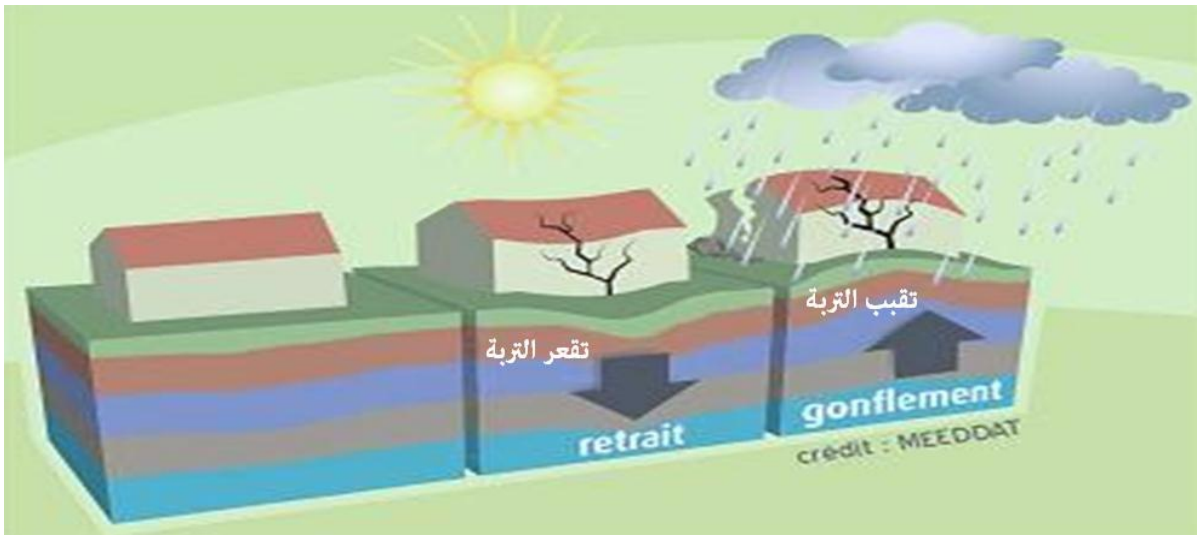
أ. أن تحتوى التربة على مكونات معدنية ذات الخواص الانتفاخية العالية؛

ب. أن تتعرض هذه التربة لتغيرات كبيرة في محتوى الرطوبة أو الفحوى المائي؛

ج. أن يكون سمك طبقة التربة المعرضة للانتفاخ بسمك كاف لكي تحدث حركة تكفي لإحداث أضرار على سطح التربة.

إن التغير في مستوى الرطوبة بالتربة ليس مقصورا على الأسباب المناخية. حيث يحدث تأثير مماثل على مستوى الرطوبة بالتربة، نتيجة لوجود أي تسرب من قنوات المياه أو الصرف الصحي في جانب من جوانب المنشأ، فان أطراف المنشأ ترتفع بالنسبة لوسطه، ويحدث ما يسمى تقعر الترب.

في مواسم الجفاف يؤدى إلى هبوط أطراف المنشأ بالنسبة لوسطه، وهذه الظاهرة تسمى تقبب التربة تحت المنشأ، كما هو موضح فالشكل1-8.



الشكل1-8: الأضرار الناتجة عن ظاهرة الانتفاخ والانكماش في التربة الطينية.

2.2 التربة الإنهيارية

التربة الإنهيارية هي التربة التي تحت تأثير الإجهادات المنقولة من المنشآت أو تحت تأثير الإجهادات الذاتية نتيجة لوزن التربة نفسها تهبط بشكل فجائي عندما تزيد نسبة رطوبتها . وهى ذات سلوك هندسي جيد يتمثل في قوة تحمل عالية الإجهادات وتغير حجمي قليل عند التحميل تحت الظروف الجافة، إلا أنها تفقد كثيراً من قوه تحملها وينقص حجمها فجأة عند تشبعها بالماء. وتنتشر هذه التربة على مساحات شاسعة في العالم، حيث توجد في وسط المملكة العربية السعودية وكاليفورنيا في الولايات المتحدة الأمريكية، وفلسطين

ومصر وبلغاريا والصين والبرازيل وجمهوريات الاتحاد السوفيتي سابقا و تايلاند وغيرها. وتوجد هذه التربة على سماكات مختلفة من منطقه إلى أخرى ومن قارة إلي أخرى، وتصل هذه السماكات من 5 إلى 50 م أو أكثر.

تتكون التربة الإنهيارية من الطمي أو الرمل أو خليط منهما معا مع روابط من الطين وقد تحوى أحيانا قليل من الحصى نقلت ورسبت بفعل الرياح أو المياه. وتتميز بنسبة فراغات عالية وكثافة قليلة (الكثافة الجافة اقل من 1,6 غ/سم^3) وقليل من الرطوبة (نسبة الرطوبة 2,4% في أغلب المناطق شبه الصحراوية والجافة.

صاحبت النهضة العمرانية الشاملة في المناطق السالفة ذكرها خلال المائة عام الماضية نمو وتطور الأحياء السكنية والمرافق الصناعية، وما تتطلبه من خدمات للبنية التحتية الأساسية كالطرق وخطوط أنابيب المياه والصرف الصحي وغيرها. أدى هذا التطور العمراني والصناعي إلى زيادة في استهلاك المياه وري المسطحات الخضراء والحدائق، علاوة على زيادة التسربات المستمرة والمؤقتة من شبكات المياه والصرف الصحي وخزانات المياه، مما أدى إلي زيادة في رطوبة التربة وارتفاع منسوب المياه فيها. وقد نتج عن ذلك انهيار في التربة وهبوط حاد في أساسات المباني والطرق وأنابيب الخدمات الرئيسية المقامة عليها وبالتالي تدهور تلك المنشآت والطرق شكل 1-9.

الشكل1-9: تأثير التربة الإنهيارية علي الطرق والمنشآت.

3. تأثير تميع التربة على الهبوط (la liquéfaction du sol et le tassement)

إثر حدوث الزلازل تتسبب في حدوث ظاهرة تسمى تميع التربة (Liquéfaction du sol). التي ينتج عنها إنخفاض في مقاومة التربة للقص. هذه الظاهرة تحدث عموما في التربة المغمورة بالمياه الجوفية، ذات تدرج حبيبي المنتظم المحصورة في المجال 0,05 إلى 1,5مم أي مابين الطمي – الرمل [6].

تؤدي ظاهرة تميع التربة الى حدوث اضرار بليغة في المنشآت الجديدة والأثرية، وغالبا لا يمكن إصلاحها. وتتسبب هذه ظاهرة في إحداث الأضرار التالية كما هو موضح في الشكل1-10.

- عدم توازن المنشآت
- إنهيار السدود
- إنهيار جدار الجبهة للجسور
- هبوط الرواسب الرملية، وإزاحة جانبية للتربة .... إلخ

الحركة الجانبية و الطولية **Déplacement latéral et longitudinal**

إنهيار جدار الجبهة للجسور **Effondrement des tabliers**

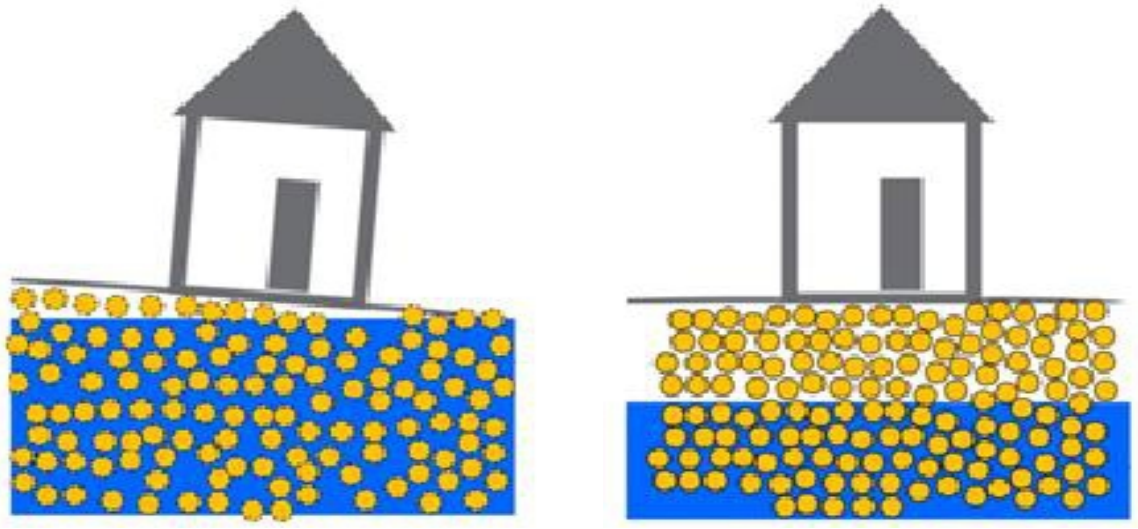
Déplacements latéraux du terrain إزاحة جانبية للتربة

Bâtiments renversés عدم توازن المنشآت

الشكل1-10: تأثير تميع التربة على الهبوط

- كيف تحدث ظاهرة التميع؟

قبل وقوع الزلزال، يكون الضغط المسامي منخفضا نسبيا. وعند حدوث الزلزال يتسبب في زيادة معتبرة في الضغط المسامي الي الحد الذي يمكن فيه لجسيمات التربة أن تتحرك بسهولة فيما بينها. يعتبر التميع فعالا حينما يقترب الضغط المسامي الى ضغط التراص، الذي يؤدي الى انخفاضا في الإجهادات الفعالة للتربة، وفي بعض الأحيان الى إنعدامها. الشكل 1-11، يوضح حالة التربة قبل وبعد حدوث الزلزال.



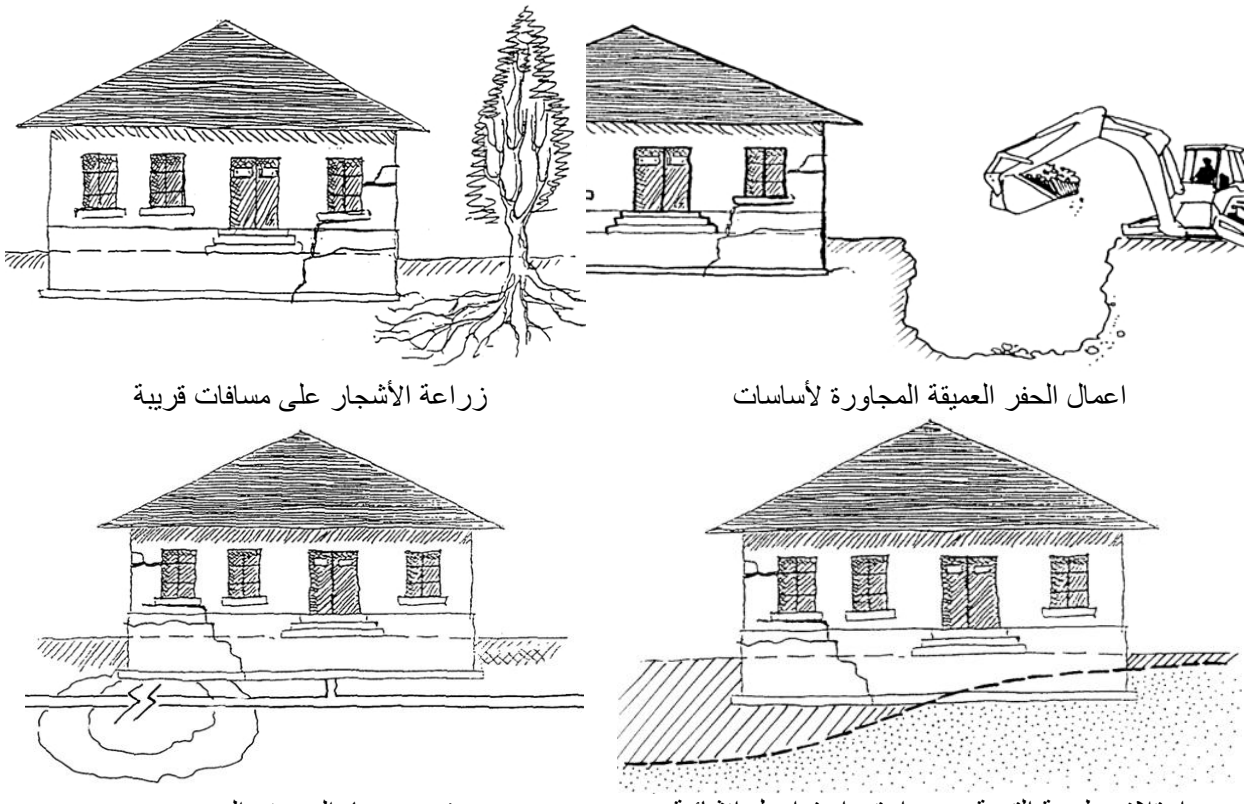
قبل حدوث الزلزال بعد حدوث الزلزال

الشكل 1-11: حالة التربة قبل وبعد حدوث الزلزال.

4. أسباب خاصة بمحيط المنشأ

هناك أسباب أخرى يمكن أن تساهم في حدوث الهبوط التفاضلي للمباني، التي تخص محيط المبنى (شكل 1-12)، نذكر منها:

- زراعة الأشجار على مسافات قريبة من المباني
- بناء المنشآت في مناطق يكون فيها منسوب المياه كبير مثل حواف الأنهار والوديان
- بناء المنشآت قريبة من البيارات المفتوحة وخزانات الصرف البدائية
- الحفر العميق المجاور للمباني الذي بدورة يساعد على زحف التربة
- بناء المنشآت في مناطق معرضة للإهتزازات مثل مناطق المجاورة للمطارات وسكك الحديد
- إختلاف طبيعة التربة المقام عليها المنشآة دون إستخدام الفواصل الانشائية



اعمال الحفر العميقة المجاورة لأساسات — زراعة الأشجار على مسافات قريبة

اختلاف طبيعة التربة وعدم استخدام فواصل إنشائية — تسرب مياه الصرف الصحي

شكل 1-12: الأسباب التي تساهم في حدوث الهبوط التفاضلي

- **خلاصة**

في هذا الفصل تم التطرق الى الاسباب الرئيسية للهبوط في التربة الذي اتفق عليها جل الباحثين. حيث تطرقنا الى تأثيرات كل من تغير حركة ومنسوب مياه الجوفية من جراء الضخ المستمر والعشوائي والتأثيرات الطبيعية وتأثير طبيعية التربة وخصائصها على هبوط المباني.

من خلال هذا الفصل نستطيع ان نستخلص ان جميع الاسباب السالف ذكرها تؤدي الى هبوط التربة الذي يشكل السبب الرئيسي للهبوط في المباني. حيث إن جميع الأسباب متداخلة فيما بينها فلا نستطيع التحدث عن سبب معين دون التطرق للأسباب الاخرى.

في الاخير لمعرفة الاحتياطات الواجب اتخاذها لتجنب وتقليل الهبوط في المباني والأضرار الناتجة عنه يجب علينا أولا التطرق الى الأسباب التي تحدث هذه الظاهرة وهذا ما سنتطرق إليه في الفصل التالي.

الفصل الثاني:

الأعراض و الاحتياطات و طرق علاج هبوط المباني

Manifestations, prévention et remède des Tassement des structures

- **مقدمة**

كثرت بشكل كبير ظاهرة الهبوط في المباني على مستوى العالم أثناء بناء المنشآت وقبل وصولها الى الحمل التصميمي او بعد فترة وجيزة من انشائها. تحدث هذه الظاهرة التي لها عدة أسباب التى تم ذكرها الى تصدعات كاملة او تشققات في المنشأ. وهذه الظاهرة تشغل الكثير من الباحثين للوصول الى ظروف وأسباب حدوثها وكذلك الى الاحتياطات اللازمة لتقليل من مخاطرها و طرق علاجها. لذلك يجب أخذ جميع الاعتبارات لهذه الظاهرة وذلك لضمان ديمومة المنشأ وجمع المسببات التي تؤدي الى حدوث ظاهرة الهبوط والعمل على ايجاد وتطبيق الاحتياطات اللازمة لتجنب حدوث هذه الظاهرة قبل البدء في انشاء المباني ، او تطبيق طرق العلاج على المباني التي تعرضت للهبوط.

في هذا الفصل سنتطرق الى الاعراض الناتجة عن ظاهرة هبوط المباني والاحتياطات والتوصيات التي بدورها تجنبنا من حدوث هذه الظاهرة، وطرق العلاج للمباني التي تعرضت لها.

1. الاعراض الناتجة عن هبوط المباني

إن تصدعات والشقوق التي تظهر على جدران المبنى ليست دائما العلامات الرئيسية الاولى للهبوط. لمعرفة نوع الشقوق ولتحديد طبيعة الشقوق الخاصة بالهبوط يتم ذلك من خلال الفحص النظري للمبنى. عموما الشقوق الناجمة عن الهبوط عادةً ما تكون أكثر سمكا من الشقوق الشعرية الدقيقة، والتي قد تكون ناجمة عن الحركة الطبيعية للهيكل، وتميل إلى أن تتسع كلما اتجهت الى الجزء العلوي للهيكل وتتواجد علامات الهبوط حول نقاط الضعف في هيكل البناية، مثل الأبواب والنوافذ. قد نجد أن الأبواب والنوافذ عالقة بسبب حركة هيكل المنشأة. كما أن الشقوق الناجمة عن الهبوط تكون شائعة أيضا حيث يلتقي الامتداد بالهيكل الرئيسي للمنشأة، مشيراً إلى أن هذا الإمتداد يسحب بالإتجاة العاكس كما لو أنه ينفصل عن الهيكل الرئيسية.

1.1 أنواع الشروخ التي تظهر على المباني من حيث أشكالها ومكان ظهورها

قد تصنف شروخ المبنى حسب مكان وطبيعة ظهورها إلى شروخ هيكلية أو غير هيكلية ، وقد تصنف حسب عرضها إلى شروخ رقيقة أو شروخ متوسطة أو شروخ عريضة أو متشعبة. قد تصنف حسب مسارها إلى شروخ مستقيمة أو شقوق مسننة أو شقوق متدرجة أو شقوق شكل الخريطة أو شقوق رأسية أو شقوق أفقية أو شقوق قطرية مائلة.

- **الشروخ الرأسية**

في العناصر الخرسانية قد تحدث شروخ رأسية في الأعمدة نتيجة صدأ الحديد الرأسي أو ضعف العمود تحت تأثير الأحمال كم هو موضح في الشكل2-1.

الشكل2-1: شروخات رأسية

تحدث الشروخ الرأسية عندما يتم بناء جدران طويلة من الطوب بإحكام بين الأعمدة الخرسانية. يتم ضغط الطوب والتواءه بسبب التمدد الحراري والرطوبي. علاوة على ذلك ، فإن كمية صغيرة من الحركة الخطية في مسطح الطوب الطويل يمكن أن تنتج انتفاخًا في الجدار. لذلك ، يحتاج مالك المنزل إلى اتخاذ الاحتياطات أثناء وقت البناء. يُنصح باستكمال الأعمال الخرسانية الأساسية لجميع الطوابق قبل تنفيذ بند البناء بالطوب.

تحدث شروخ رأسية بين العمود والجدار نتيجة اختلاف معامل التمدد الحراري بين مادتي التكوين لهما. لمنع ظهور تلك الشروخ يجب اتباع الطرق والممارسات الصحيحة في البناء والتشطيبات، ولعل توفير شبك معدني قبل المحارة قد يقلل من فرص ظهورها.

حدوث الشروخ الرأسية بسبب الهبوط الزائد للكمرات والأسقف. علاوة على ذلك ، يعتمد موقع ونمط الشروخات على النسبة بين طول إلى ارتفاع جدران التقسيم المعمارى وفتحات الأبواب والنوافذ.

يتم ملاحظة التشققات الرأسية في الجزء الأوسط السفلي من جدران الطوب عندما تكون نسبة الطول إلى الارتفاع للجدار كبيرة ، أي ٢ أو أكثر ولا يوجد باب أو نافذة في الجدار.

هبوط السقف العلوي أو الكمره العلوية فوق جدار الطوب أكبر من هبوط السقف أو الكمره السفلية تحت الجدار. يتم نقل الضغط من أعلى الجدار إلى أسفل في الغالب عن طريق تصرف الكمرات حيث يتصرف الجدار كأنه كمره كبيرة ومن ثم يتكون إجهاد الشد في الجدار وبالتالي يتطور إلى شروخ رأسية في الجدار في الجزء الأوسط السفلي.

يؤدي تقصير العمود (انكماش العمود يصغر طوله) أيضًا إلى تفاقم الشرخ في الحائط بسبب الإجهاد المرن والزحف والانكماش.

- **الشروخ الأفقية**

في حالة ظهور الشروخ الأفقية ، يكون هبوط السقف السفلي أو الكمره السفلية أسفل الجدار أكبر من هبوط السقف أو الكمره العلوية أعلى الجدار. تظهر هذه التشققات في الجزء الأوسط السفلي من الجدار.

تخضع مواد البناء مثل الطوب والخرسانة وغيرها للتشوه بسبب الأحمال بموجب "قانون هوك". تتشوه تدريجيًا وببطء بسبب الحمل المستمر (الوزن). كما أنها تتوسع وتتقلص بسبب تغير الرطوبة أو درجة الحرارة. وبالتالي، يؤدي هذا التشوه إلى تشققات بسبب الإجهاد المرن، والزحف وانكماش مواد البناء وفرق معامل التمدد الحراري. كما هو موضح فالشكل2-2.

الشكل2-2: الشروخ الأفقية

تظهر الشروخ الأفقية بسبب تولد قوى الشد في جدران المباني والعوامل الرئيسية التي تولد قوى الشد في الجدران هي الإجهاد المرن والزحف والانكماش.

ليس من السهل منع الشروخ تمامًا في جدران من الطوب، حيث يصعب التخلص من الظواهر المذكورة أعلاه. لكن مالك المنزل يحتاج إلى اتباع الإجراءات العامة للحد من التشققات والتصدعات.

- **الشروخ المائلة القطرية**

يلاحظ وجود تشققات قطرية في الجدران على جانبي زاوية الباب أو النافذة عندما تكون نسبة الطول إلى الارتفاع كبيرة للجدار وفتحة الباب في المنتصف أو على جانب واحد إذا كانت الفتحات على الأطراف. تظهر تشققات قطرية مائلة بسبب العمل المشترك لانحناء الشد

في جزء المباني فوق الفتحة والوزن الذاتي للمباني غير المدعومة على جانب الفتحة. تبدأ التشققات من العتب وتتجه لأعلى. تكون التشققات القطرية المائلة أوسع عند زاوية الباب وتصبح أنحف عندما تتحرك لأعلى كما هو موضح في الشكل2-3.

الشكل2-3: شروخات قطرية مائلة

هذه التشققات شائعة جدًا لأن معظم الناس لا يهتمون بتنفيذ الأعتاب فوق الباب والنافذة بصورة صحيحة.

سوف تحدث التشققات القطرية أيضًا عند جلسات النوافذ، إذا لم يتم وضع جلسات خرسانية مسلحة، بسبب تركيز الإجهاد عند التغيير المفاجئ للمقطع العرضي.

سوف تحدث شروخ نتيجة هبوط الأساسات والكمرات قطرية مائلة وتكون عريضة عميقة من أعلى ورقيقة كلما نزلت لأسفل،

يمكن حصر الدلائل الشائعة (أنظر الشكل 2-4) على احتمالية حدوث هبوط في النقاط التالية:

- ظهور نوعية الشقوق السالف ذكرها في حواف الأبواب والنوافذ والجدران والارضيات ؛
- تصبح الارضيات غير متماثلة ومتفاوتة في المستوى ؛
- حدوث أضرار هيكلية وغير متوقعة (مثال: المكتبة المركزية بالقطب الجامعي الجديد بالأغواط .أنظر الشكل 2-4)؛
- تصبح الابواب والنوافذ عصية عن الفتح والاغلاق؛
- يبدو الهيكل وكأنه مائلا الي احد الاتجاهات اكثر من المتوقع (شكل 2-5)؛
- يبدا الماء بالجريان في التجاه الخطأ في الاحواض والحمامات؛
- اضرار على شبكة المياه قد تكون بسبب حركة الهياكل؛
- توقف مصاريف المياه عن العمل او تعمل بشكل سيء.

الشكل 2-4: الأعراض التي لوحظت على مستوى المكتبة المركزية بالقطب الجامعي الجديد بالأغواط

شكل 2-5: ميلان هيكل المنشأ أكثر من المتوقع

كل هاته الدلائل المذكورة يمكن أن نصادفها سواء في الهبوط الكلي أو التفاضلي الذي تطرقنا له فيما سبق إلا أن الهبوط التفاضلي يعتبر من أخطر الأنواع لذلك سوف نناقش الإحتياطات اللازمة لتجنب الهبوط التفاضلي للمباني وطرق علاجه.

2. الإحتياطات اللازمة لتجنب الهبوط التفاضلي للمباني

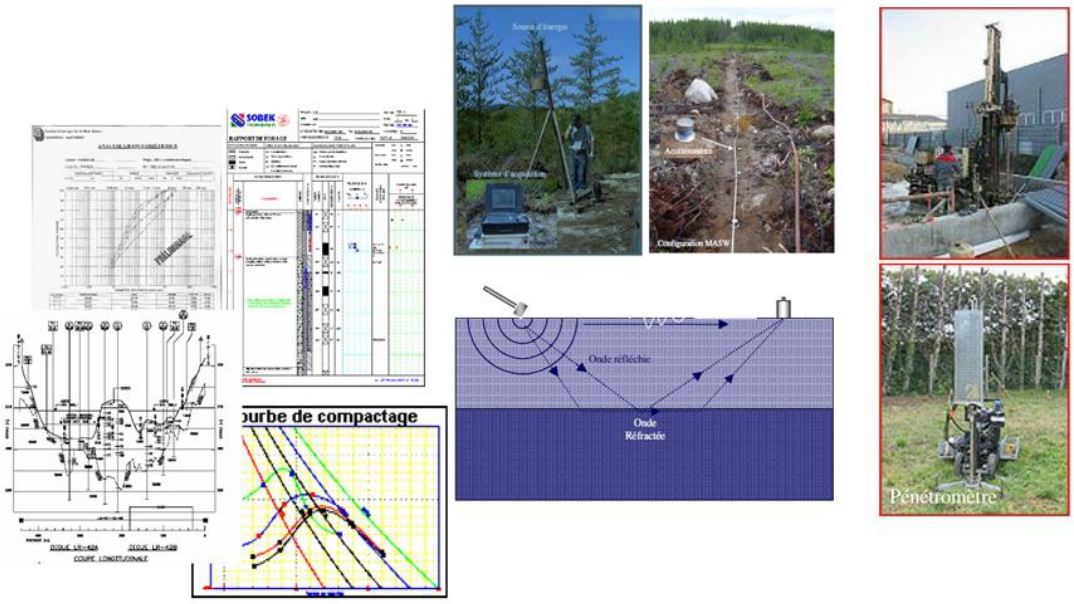
ترتبط دراسة التربة (الجيوتقنية) و دراسة الانشائية (الاساسات) ارتباطا وثيقا ويشكلان العامل الاساسي لتجنب أو التقليل من الأضرار الناتجة عن الهبوط.

1.2 إحتياطات جيوتقنية

تشخيص طبقات التربة التي تتحملها التربة، الهدف من الاستكشاف هو تجميع معلومات الأساسية التي تساعد المهندس الجيوتقني في :

- تحديد نوع و عمق الأساسات للمبنى المراد إنشاؤه؛
- تقييم قدرة تحمل التربة لأساسات للمبنى؛
- تحديد او حساب قيمة الهبوط المحتمل للمنشأ؛
- فحص التربة قبل البناء وذلك لتفادي المشاكل المحتملة (التربة الانتفاخية، التربة الانهيارية، ...)؛

- تحديد موضع مستوى المياه الجوفية وكذلك حالتها (ثابتة أو متحركة)؛
- تحديد الإجهادات الجانبية للمنشآت الإستنادية ؛
- وضع طريقة إنشائية لاختيار التربة الجيدة للبناء او معالجة التربة الغير جيدة وكذلك تقنية تحسين التربة الفعالة.



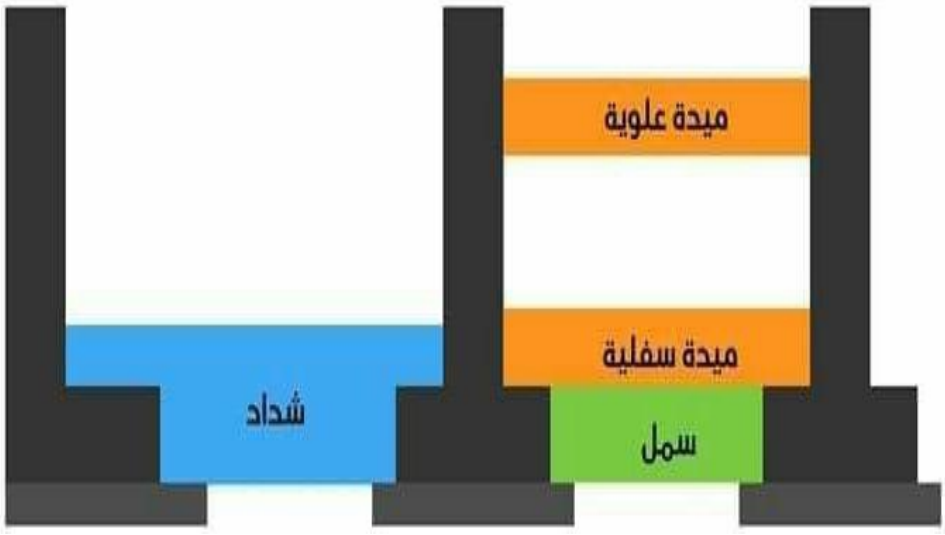
شكل 3-6:أعمال المهندس الجيوتقني لتشخيص طبقات التربة [7]

2.2 احتياطات إنشائية

اضافة الي الاحتياطات الجيوتقنية سالفة الذكر، هناك احتياطات انشائية يجب اتخاذها لتفادي الأسباب المحتملة لهبوط التفاضلي للأساسات وتأثيره على الاستقرار والاتزان الكلي للهياكل والبنايات. لذاك من أجل التقليل من تأثير الهبوط التفاضلي يمكن تلخيص الاحتياطات انشائية فيما يلي:

- اختيار مقاول حسن السمعة
- مراجعة التصاميم جيدا.

- توفير فحص وإشراف دوري هندسي جيوتقني وإنشائي؛
- الالتزام بالقوانين الإنشائية و شروط البناء للمنطقة،وخاصة عمق الأساسات؛
- في حاله تغير نوع التربة أفقيا يجب تجنب تأسيس البناية على الشكل الواحد، وذلك عن طريق تقبسيم المبنى الواحد الى أجزاء باستخدام فواصل إنشائية؛
- الحساب الدقيق للأحمال الفعلية للمبنى مع الاخذ بعين الإعتبار الاحمال الميتة والحيه والقوى النتاجة عن الرباح والزلازل والأحمال الغير مركزية؛
- الاختبار الجيد والتصميم الدقيق لنوع الاساسات بالنسبة لنوع التربة على أن تكون الأجهادات المتولدة من المنشأ داخل حدود الّأمان بالنسبة لقدرة التربة على تحمل الإجهادات؛
- مراعاه تماسك المبنى كوحدة واحدة بزياده القطاعات الإنشائية للأساسات والإهتمام بتنفيذ الميدة او السمل او الشداد كما هو موضح في الشكل2-7؛
- تقليل المسافة بين الأعمدة واستخدام الكمرات الساقطة كما هو موضخ في الشكل 2-8؛
- تنفيذ نظام الصرف والسباكة بإحكام
- تصميم مباني مقاومة للزلازل في المناطق المعرضة لها ، كاستعمال جدران الخرسانة المسلحة وتجنب انشاء مباني ذو ارتفاعات كبيرة.



شكل 2-7: يوضح طريقة الربط بين القواعد

شكل 2-8: المسافة بين الأعمدة باستخدام الكمرات الساقطة

3.2 احتياطات شاملة حول محيط المباني

إضافة إلى الاحتياطات الجيوتقنية والإنشائية الواجب اتخاذها هناك نوع اخر من الاحتياطات تخص محيط المبنى التي يجب مراعاتها أثناء التهيئة العمرانية، نذكر منها :

- يجب تفادي زراعة الأشجار على مسافات قريبة من المبنى؛
- الابتعاد عن البيارات وخزانات الصرف البدائية، والتخلص من البيارات المفتوحة في أقرب وقت؛
- البعد بقدر الامكان عن مناطق الاهتزازات. مثل المناطق المجاورة للمطارات وخطوط السكك الحديدية والطرق المعرضة لمرور الاحمال الثقيلة؛
- يجب تفادي اعمال الحفر خاصة العميقة المجاورة لأساسات المباني القديمة، منعا لزحف التربة جانبيا؛
- يجب تفادي البناء بالقرب من المناطق التي يكون فيها منسوب الماء كبير. مثل التربة القريبة من المجاري المائية؛
- اذا أصبح من الضروري البناء على تربة ضعيفة، فيجب تمديد أساسات العميقة (الخوازيق) حتى يتم الوصول إلى طبقة صلبة؛

- في حالة التربة الانتفاخية يعتبر تغيير الموقع المرشح للبناء احد الحلول لتفادي المشاكل المحتملة، وفي حال تعذر ذلك يتم : [9]

- إزالة طبقة التربة الانتفاخية إن أمكن ذلك
- إعادة تصميم المنشأ ليكون أكثر مرونة
- معالجة التربة لتقليل من تغير الحجمي لها و ذلك بتحسين خواصها بإضافة مواد كيميائية مثل الجير والإسمنت لتقوية ترابط جزيئاتها وزيادة قوتها
- تحكم بصرف مياه الامطار وذلك بإيجاد شبكة جيدة لتصريف المياه الأرضية والسطحية واستخدام الطرق الحديثة لري المزروعات و الأشجار المحاذية للمنشأ
- ادارة النباتات والاشجار الخاصة بالمنشأ.
- استخدام اللبشة الخرسانية على كامل مسطح المبنى في تصميم الأساسات.
- التحكم في اتجاه انتفاخ التربة بتصميم أساسات لها تجاويف تسمح بالانتفاخ دون الإضرار بالمبنى **Gaufre Dalle**
- تحميل التربة بأحمال مساوية أو أكثر من ضغط الأحمال التي ستقام عليها بوضع ردم ثم إزالته بعد فترة زمنية محددة.

و أخيرا تعتبر كل الاحتياطات المذكورة أعلاه مساعدة لإنشاء المبنى في ظروف جيدة. إلا أنه من الضروري طلب المساعدة من المهندس الجيوتقني لتقييم نتائج تحقيقات التربة لقيمة الهبوط المتوقعة قبل عملية البناء، لإجراء معالجات خاصة على التربة لقيمة الهبوط الناتجة قبل بناء الهيكل. هذا سوف يساعد في تقليل الهبوطات التفاضلية.

3. طرق علاج الهبوط التفاضلي للمباني

بالرغم من كل الاحتياطات التي تم اتخاذها قبل إنشاء المبنى فمن المحتمل حدوث ظاهرة الهبوط وذلك بناءً على ظهور الأعراض سالفة الذكر لحدوث الهبوط، وبعد تحديد الأسباب الناجمة عن هذا الهبوط يمكن تحقيق معالجة المباني المعرضة للهبوط من خلال تطبيق العديد من التقنيات، الأكثر استخدامًا هي:

أ. التدعيم الخرساني

يقصد بعملية التدعيم الخرساني، هو عملية إجراء تعديلات إنشائية على العناصر الخرسانية للمبنى القائم و ذلك بسبب حدوث مشاكل إنشائية للمبنى.

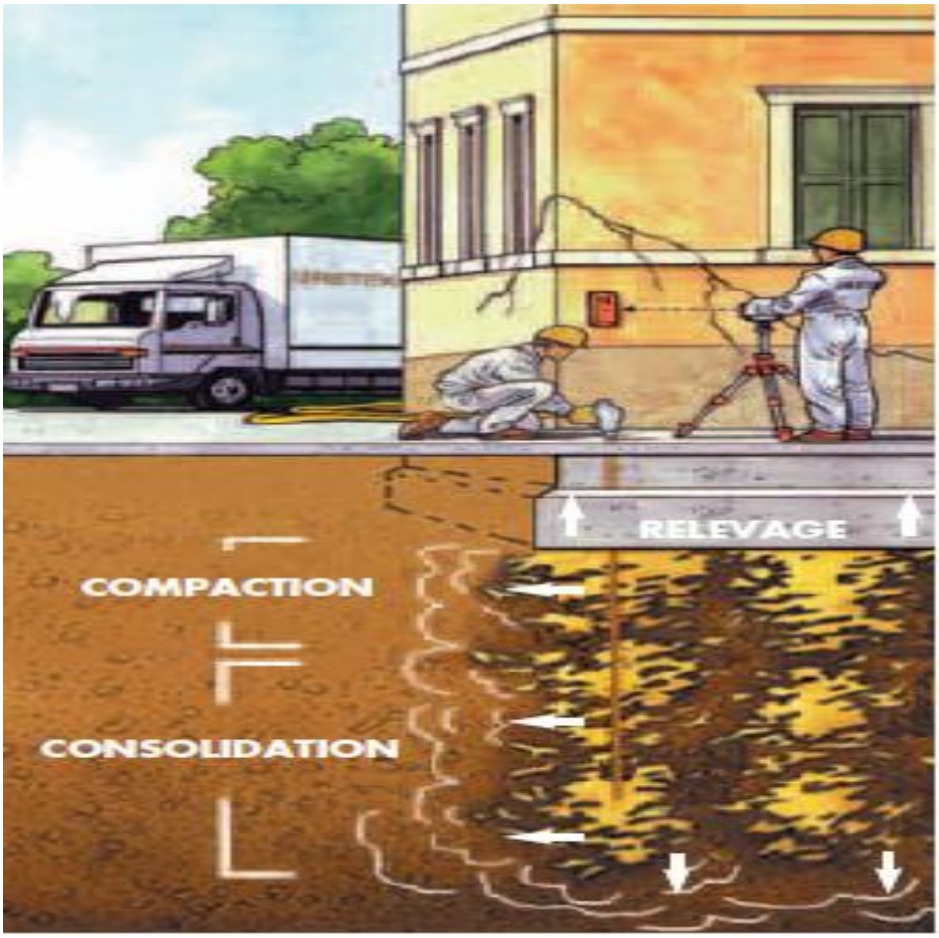
هناك العديد من طرق التدعيم للمنشآت الخرسانية والتي يتم تصميمها من خلال الإستشاري الإنشائي للمشروع أو استشاري متخصص في عمليات التدعيم مثل عمل قمصان للعناصر الخرسانية. ومن أشهر طرق التدعيم و أوسعها انتشاراً هي طريقة زيادة قطاعات الخرسانة للعناصر الخرسانية المُختلفة، وزيادة تسليحها من خلال عمل قمصان خرسانية، كما هو موضح في الشكل2-9.

الشكل2-9: القمصان الخرسانية

ب. حقن التربة

تستخدم هذه الطريقة لملىء الفراغات والتكهفات الموجودة في الصخور او المسامات في التربة التي تساعد على الزيادة في تدفق المياه، والتي تؤدي الى إضعاف التربة والتقليل من مقاومتها وقدرة تحملها. ان عملية الحقن تتم باستعمال ميلاط مكون من الاسمنت والرمل والماء.

يتم تطبيق هذه الطريقة من خلال منافذ تخترق طبقات التربة المتضررة حتى الوصول الى طبقة سليمة ذات صلابة وقدرة تحمل عالية (يتم تحديد ذلك من خلال تأثيرها على آلية الحفر)، حيث يتم حقن الميلاط من اسفل نقطة مع سحب انبوب الحفر تدريجيا للأعلى اثناء الحقن ليتم تعبئة جميع الفجوات والفراغات على عدة مستويات حتى الوصول الى أعلى نقطة. الشكل 2-10 يوضح عملية الحقن.



الشكل2-10: عملية حقن التربة [10]

تعتبر طريقة حقن التربة بالاسمنت طريقة اقتصادية مقارنة مع الطرق التقليدية، مثل الازالة والاستبدال او حتى طرق التدعيم بالركائز، حيث انها لا تقتصر على مساحات محدودة كما يمكن استخدامها للاماكن التي يصعب الوصول إليها عن طريق حفر المنافذ بشكل قطري اوما شابه.

ج. الخوازيق (الأساسات) العميقة

لخوازيق العميقة هي احد انواع الاساسات التي تستخدم عندما تكون طبقة التربة السطحية ضعيفة، حيث لا يمكن لهذه الطبقة أن تتحمل وزن المبنى، لتصل هذه الخوازيق إلى طبقة التربة الصالحة للتأسيس (صلبة وقوية).

هناك نوعان من الخوازيق:

- خوازيق عاملة: تقوم بنقل حمل المبنى من على سطح الارض وتوصيله الي تربة التأسيس الصالحة، كما هو موضح في الشكل2-11-أ.
- خوازيق سند: وهي خاصة بالمباني المجاورة، حيث تقوم بسند المباني المجاورة أثناء عملية الحفر، وتقوم بدور جدار الاستناد لمنع زحف التربة. كما هو موضح في الشكل2-11-ب

أ:خوازيق عاملة

ب: خوازيق السند

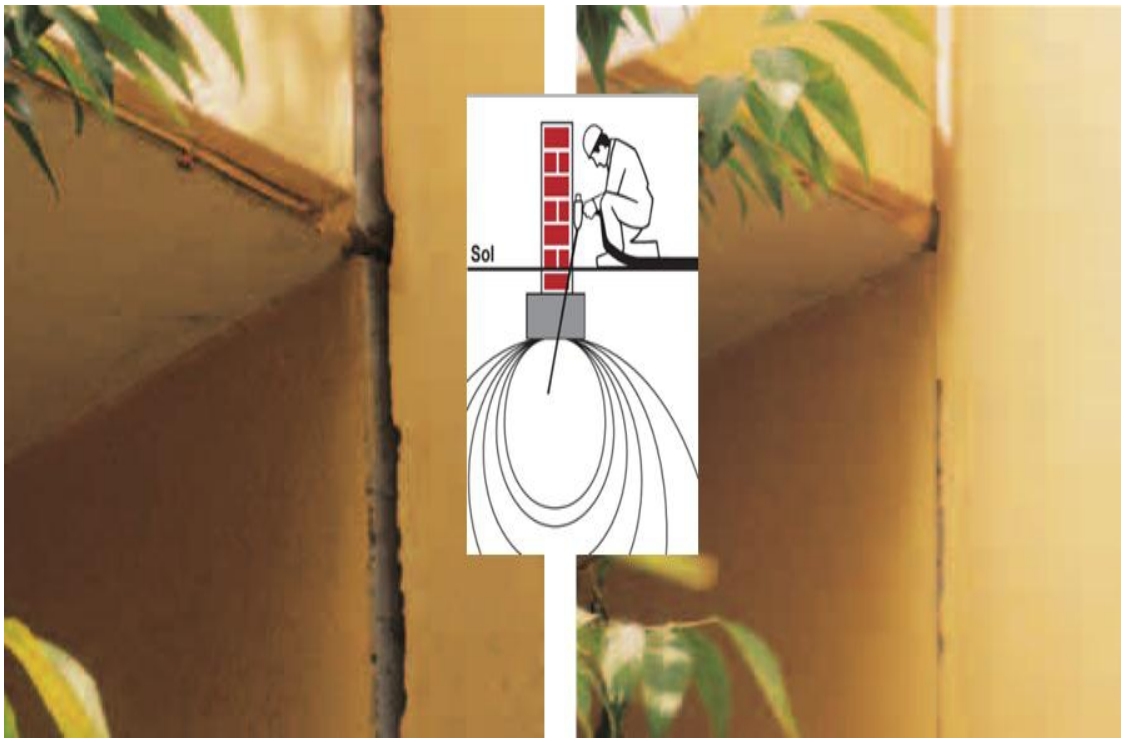
الشكل2-11: الخوازيق (الأساسات) العميقة

د. علاج الأساسات باستخدام حقن جيوبوليمرات القابلة للتمدد [10]

الحقن باستخدام جيوبوليمرات القابلة للتمدد هي عمليه الحقن العميق، التي تستخدم خصائص التمدد الموجودة في مزيج راتنجات الجيوبوليمر الفريدة مع التقنيات المتخصصة لزيادة قدرة تحمل التربة الكامنة أسفل الأساسات تحت المباني والمنشآت الأخرى.

- تتمتع المواد المركبة لمزيج راتنجات الجيوبوليمر بسرعة جفاف وتصلب عالية، حيث تستقر بشكل دائم ولا تعتبر مادة ملوثة للتربة لأنها مصنعة من مواد صديقة للبيئة، ولتكون عملية الحقن فعالة يجب الا تتعدى حمولات الناتجة عن المنشأ قيمة قوة الانتفاخ المادة المحقونة الريزين حوالي (5-6بار) (الشكل 2-12).
- عملية الحقن العميقة يتم استطلاع ظروف التربة لتحديد مدى عمق الحقن الذي تحتاجه التربة بمادة الجيوبوليمر وأي نوع من العقبات التي يمكن مواجهتها في التربة لفهم التربة ومتطلباتها. ثم يتم حقن الجيوبوليمر إلى العمق المطلوب في التربة الكامنة أسفل الأساسات المستهدفة، كما هو موضح ف الشكل وعندما تقتضي الحاجة يستخدم الجيوبوليمر لرفع الأساسات إلى الارتفاع المطلوب مباشرة. الشكل 2-13 يوضح نتائج الحقن العميق بمادة الريزين، والتي توضح فاعلية العلاج بهاته الطريقة.

الشكل 2-12: مادة الريزين



بعد الحقن قبل الحقن

الشكل3-13:عملية العلاج بالحقن الناتجة عن الهبوط بمادة الريزين

4. الخلاصة

في هذا الفصل تم التطرق الى الأعراض الناتجة عن الهبوط والاحتياطات اللازمة لتجنب والتقليل من أضرار الناجمة عنه في المباني. كذلك تم عرض جل الطرق المتبعة لعلاج المشاكل الناتجة عن الهبوط. ومن خلال هذا الفصل نستطيع ان نحدد حسب طبيعة المشكل طريقة العلاج الصحيحة. وعموما لتفادي الهبوط يجب الأخذ بجميع الاعتبارات لهذه الظاهرة لضمان ديمومية المنشأ، بحوصلة كل المسببات التي تؤدي الى حدوث ظاهرة الهبوط والعمل على ايجاد وتطبيق الاحتياطات اللازمة لتجنب حدوثها البدء في انشاء المباني ، او تطبيق طرق العلاج على المباني التي تعرضت للهبوط.

الفصل الثالث:

هبوط المباني في ولاية الأغواط

Le Tassement des structures dans la wilaya de Laghouat

هذا الفصل مخصص لعرض بعض الأمثلة لهبوط المباني في ولاية الأغواط، اعتمدنا في هذا الامر على التقارير الميدانية التي اصدرتها الهيئة الوطنية للرقابة الوطنية على البناء CTC فرع الأغواط . حيث نشرح طريقة عمل تقرير حول ظاهرة الهبوط في منشأ :

في هذه الامثلة المعروضة تمت المحافظة على كل المصطلحات المستعملة من طرف الهيئة المذكورة اعلاه.

المثال الاول: إعادة تأهيل هيكل المبنى بحي 600 سكن إجتماعي – المقام :

في هذا التقرير حول ظاهرة الهبوط في المبنى بحي 600 سكن إجتماعي – المقام بسبب التربة الإنتفاخية تم إتباع الخطوات التالية:

- مقدمة
- حالة الموقع المدروس
- فحص الصرف الصحي للمباني والأساسات
- تدابير الإصلاح والعلاج
- الاستنتاجات

يعرض هذا المثال النتائج التي تم الحصول عليها من دراسة حالة أجريت على حي مقام (600 مدينة سكنية اجتماعية) في الأغواط، الجزائر. كانت في بناية (J) في هذا الموقع، التي تعاني من الأضرار التي تُعزى إلى تفاعل التربة الطينية الممتدة مع التخلص من مياه الصرف الصحي تحت الأساسات، موضوع إعادة التأهيل في هذه الدراسة. تمت دراسة الأسباب الرئيسية للأضرار الهيكلية الملحوظة من خلال الخبرة التشخيصية (عملية التفتيش والتقييم) للشقوق ونظام التخلص من مياه الصرف الصحي للكتلة. تظهر نتائج هذا التحقيق التشخيصي أن الأضرار الرئيسية كانت في الأساس لانتفاخ التربة في ظل وجود خسائر ناتجة عن التخلص من مياه الصرف الصحي. تم اقتراح إجراءات علاجية لمراجعة

وإصلاح جميع أنظمة التخلص من مياه الصرف الصحي وتقوية أسس المبنى لتجنب المزيد من الأضرار.

الكلمات المفتاحية: التربة الممتدة، نظام الصرف الصحي، التلف، إعادة التأهيل، الإصلاح.

1. مقدمة:

يمكن للتربة الإنتفاخية أن تمارس في وجود الماء، قوة كافية على المبنى لإحداث أضرار جسيمة. الأساسات المتشققة والأرضيات وجدران الطابق السفلي هي أنواع نموذجية لهذا الضرر. انتشار التربة الإنتفاخية في المناطق الجنوبية والجافة بشكل أكثر وضوحًا مثل حالة منطقة الأغواط في جنوب الجزائر. بسبب الانتفاخ والانكماش المحتمل للتربة في المنطقة القاحلة، فقد أصبحت مشكلة خطيرة للمهندسين المدنيين. عندما يتم تنفيذ البناء على تربة إنتفاخية في ظل ظروف بيئية قاحلة دون فهم مسبق لخصائصها، سيكون الضرر شديدًا بشكل كبير.

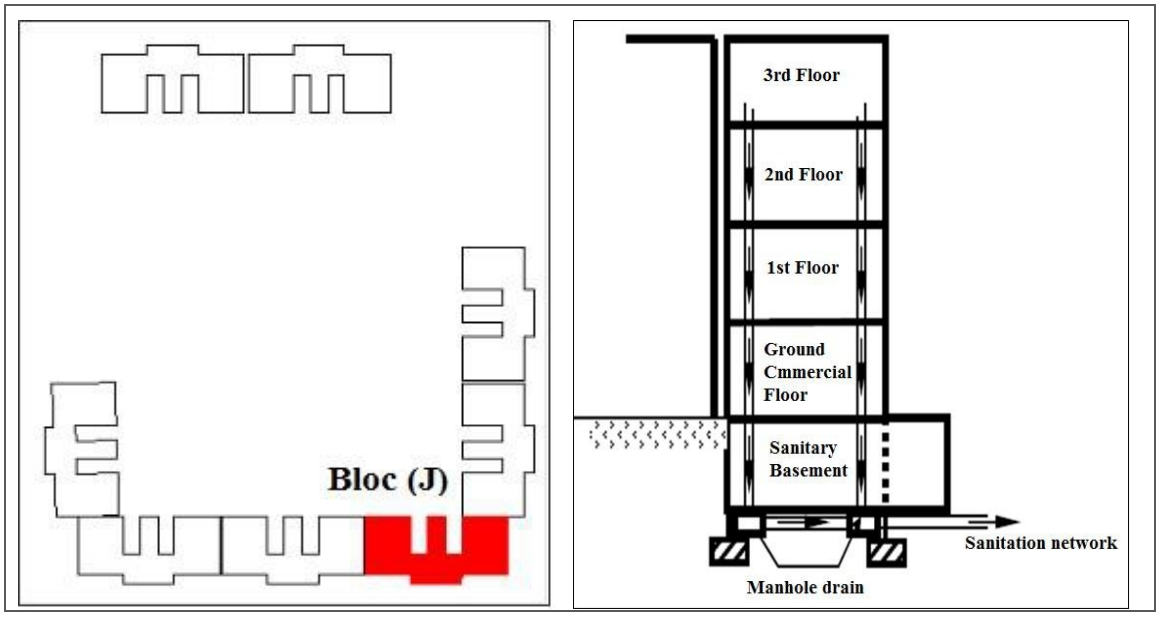
تقدم الورقة دراسة حالة من منطقة قاحلة (الأغواط، الجزائر) تتميز بتكوين سطحي للتربة شديدة الاتساع. تم التحقيق في مبنى سكني اجتماعي (بناية) مع علامات الشدة والشقوق التي يمكن ملاحظتها للإبلاغ عن مصدر ومستوى الأضرار وإجراءات إعادة التأهيل المقترحة.

2.حالة الموقع المدروس

يقع الموقع المدروس في ولاية الأغواط، الجزائر (الشكل 3-1). تعتبر الأغواط منطقة شبه قاحلة، تتميز بمناخ حار جاف صيفاً، يليها فصل ممطر بارد. الموقع المدروس (منطقة المقام) مغطى بتربة طينية إنتفاخية. تتحقق بنية الكتلة المدروسة بالخرسانة المسلحة. يتكون بناية (J) من قبو صحي وطابق تجاري وثلاثة طوابق للاستخدام السكني كما هو موضح في الشكل 3-2. أظهر الفحص البصري للهيكل أدلة على تشقق الجدران الخارجية والداخلية للطابقين الأول والثاني. بعض الصور التي تظهر الحالة الحالية

للشقوق داخل وخارج مبنى البناية (J)معروضة في الشكل 3-3. تم العثور على معظم الشقوق في المبنى في الجدران الداخلية للطابقين الأول والثاني [11] .

الشكل 3-1: خريطة الجزائر، حالة الأغواط.



الشكل 3-2: موقع البناية (J).

أ-الخارج ب- الداخل

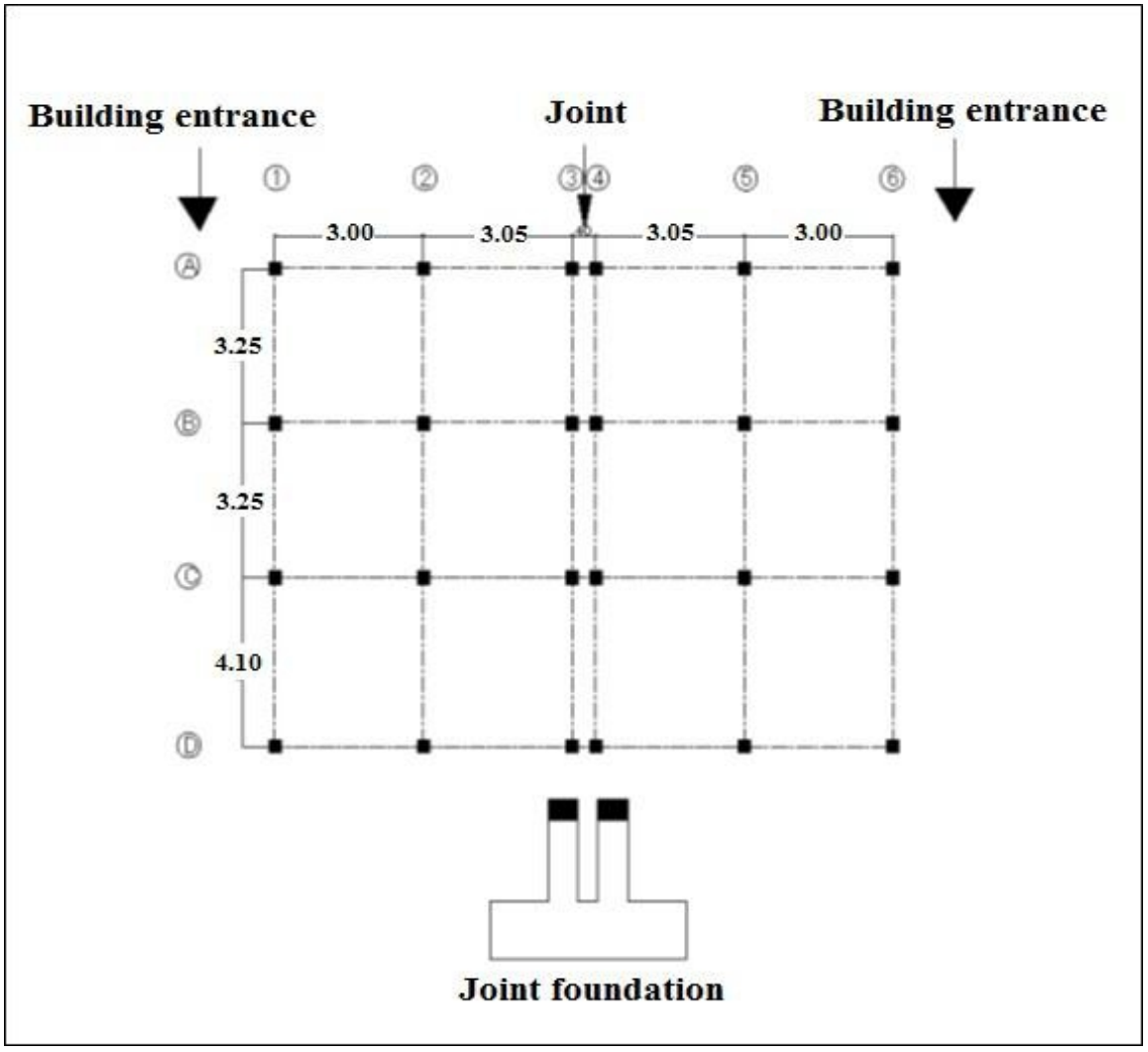
الشكل 3-3: حالة الشقوق داخل وخارج المبنى (1) [11].

3. فحص الصرف الصحي للمباني والأساسات

أساس المبنى المدروس هو من النوع السطحي، ويتكون من أساسات معزولة مرتبطة بأوتار. يتم وضع هذه النعال على الخرسانة الضخمة. يتم عرض مخطط الأساس للمبنى المدروس في الشكل 3-4.

يقع نظام الصرف الصحي الرئيسي للمبنى في الطابق السفلي ويقوم بتجميع مياه الصرف الصحي من مجاري الأرضيات والتي يمكن أن تؤدي إلى المرض وتدمير الأشياء الثمينة وتلف ممتلكات المبنى. تم تحديد الأضرار في نظام الصرف الصحي في الطابق

السفلي للمبنى المدروس مما تسبب في تسرب المياه العادمة من خلال الأنابيب المتشققة شكل 3-5 [11].



الشكل 3-4: مخطط التأسيس للمبنى.

الشكل 3-5: تسرب مياه الصرف الصحي من خلال الأنابيب المتشققة.

4. تدابير الإصلاح والعلاج

يعتمد نوع أي إصلاح مقترح أو تدابير علاجية يتم اتخاذها على المبنى المتضرر على العوامل التالية: مدى الضرر، والمصدر المتسبب في الضرر، وتكلفة الحلول العلاجية. في هذه الدراسة، تمت التوصية بالتدابير العلاجية وأنواع إصلاح المباني التالية:

4.1 إصلاح قنوات الصرف الصحي للمباني

الخطوة الأولى لإصلاح الأضرار هي إصلاح قنوات الصرف الصحي للمباني. يتمثل الحل في إجراء فحص لمرافق مياه الصرف الصحي، قبل أي إصلاح، لتحديد ما إذا كانت هناك مشكلة في نظام أنابيب الصرف الصحي للأرضيات. بعد هذا الفحص الأولي، تم تغيير فتحة الصرف الصحي الرئيسية الموجودة في الجزء الداخلي من المبنى (في الطابق السفلي) إلى الخارج، قبل الصرف الصحي الرئيسي في الشارع، لتجنب أي تسرب لمياه الصرف الصحي حول الأساسات الشكل 3-6.

الشكل 3-6: تم نقل مجاري غرف التفتيش الرئيسية بالكامل خارج المبنى

4.2 تدعيم أساسات المباني

يتم فحص أي إصلاح مرفق بمياه الصرف الصحي والقضاء على أي تسرب لمياه الصرف الصحي إلى الأساسات المحددة في القسم السابق، سيحد من مشكلة انتفاخ وانكماش تربة الأساس بشكل ملحوظ. إذا لم يتم اكتشاف أي حركة أخرى بعد تنفيذ التدابير العلاجية لمجاري المباني، فقد يتم المضي قدمًا في إصلاح الأساسات والشقوق. التفتيش والتقييم هي المرحلة الرئيسية لأي إعادة تأهيل وإصلاح للمبنى. فحص المبنى هو العملية التي يتم من خلالها ملاحظة وتسجيل أي ضرر في أساسات المبنى، بينما يشير التقييم إلى جميع الأعمال لتحديد وتقييم حالة المبنى بناءً على خطوة التفتيش. الغرض منه هو تقييم الحالة العامة للهيكل وتحديد أي مجالات نقص. تعتمد أعمال الإصلاح المتبعة إلى حد كبير على استنتاجات عملية التفتيش والتقييم.

الشكل 3-7 يوضح عملية إصلاح الهيكل الخرساني للأساسات باستبدال أو تصحيح أو تقوية المواد التالفة؛ هيكل المكونات (إدريسو، 2006)، وذلك بغرض تحسين ثبات المبنى

وتصحيح فتحات فواصل التمدد الناتجة عن تفاضل حركة الأساسات، حيث يتم تثبيت قواعد خرسانية مسلحة مع أشرعة محيطية على جانبي كل مفصل تمدد على طول ارتفاع الطابق السفلي الإجمالي للمبنى.

الشكل 3-7: عملية إصلاح هيكل الخرساني لأساسات عمارة رقم J بحي 600 سكن المقام –الأغواط[11].

5. الاستنتاجات

التحقيق في مبنى سكني اجتماعي متضرر بسبب انتفاخ التربة في شكل دراسة الحالة. تم إجراء التحليلات التشخيصية للضرر من خلال عملية التفتيش والتقييم. كانت هذه النتيجة للعملية المتبعة مهمة في تحديد أسباب الحركة التفاضلية للأساسات والتشقق النهائي للجدران الداخلية والخارجية للمبنى.

تم تحديد التدابير العلاجية في الدراسة الحالية. ركزت الإجراءات العلاجية المقترحة على مراجعة وإصلاح نظام الصرف الصحي لجميع الطوابق ونقل فتحة الصرف الصحي الرئيسية إلى خارج المبنى لتجنب أي تسلل وعزل أساسات المبنى عن مياه الصرف الصحي،

ونقترح أيضًا تقوية الأساسات، لتعزيز ثبات المبنى وتصحيح الفتحات في فواصل التمدد الناتجة عن الحركة التفاضلية للأساسات، وذلك باستخدام قواعد خرسانية مسلحة مع أشرعة محيطية تم تركيبها على جانبي كل مفصل التمدد على طول الارتفاع الكلي لقاعدة المبنى.

المثال الثاني: هبوط في مدرسة الإبتدائية في بلدية سيدي مخلوف.

في هذا التقرير حول تصدع الحاصل في المدرسة الابتدائية في منطقة الفصفصة التابعة لبلدية سيدي مخلوف تم إتباع الخطوات التالية:

- وصف العمل
- الاعراض الناتجة عن الهبوط
- أسباب التي أدت الى هبوط المبنى
- التوصيات والإستنتاجات

1- وصف العمل

تقع المدرسة الابتدائية بمنطقة الفصفصة على بعد 20 كم من عاصمة ولاية الأغواط على الطريق السريع RN23باتجاه أفلو، تتكون من بناية تحتوي على ثلاثة فصول ومطعم مدرسي يتسع ل 200 شخص.

تم بناء المبنى الطبقي في بداية التسعينيات بينما يعود تاريخ المقصف إلى بداية العقد الأول من القرن الحادي والعشرين. يعتبر البناء من النوع القائم بذاته، ويتكون من أعمدة – عوارض، حيث أن الجدران الخارجية وكذلك الفواصل الداخلية مصنوعة من أحجار البناء.

أما الأسقف فهي عبارة عن بلاطة مكونة من احجار مجوفة بسمك اجمالي 20 سم (16 + 4). بالنسبة للأساسات فهي عبارة عن أساسات مصنوعة من أساسات عازلة بينما أساسات المطعم مصنوعة من أساسات متصلة.[12] .

للعلم ان المبنى المخصص للأقسام لم يخضع لرقابة الهيئة الوطنية للرقابة التقنية على البناء CTC، عكس مطعم المدرسة.

2-الأعراض الناتجة عن الهبوط

- ظهور شقوق أفقية ومائلة بزاوية 45° في الجدران الداخلية للبناء

الشكل أ: شقوق أفقية ومائلة عند 45 درجة (الاقسام)

الشكل ب: شقوق مائلة عند 45 درجة (مقصف)

الشكل 3-8: أعراض الناتجة عن الهبوط

3- أسباب التي أدت الى هبوط المبنى

- تلف في شبكة الصرف الصحي

الشكل 3-9: مظهر لغرف تفتيش الصرف الصحي.

- ترسب المياه بسبب تلف ترصيص أنابيب الصرف الصحي

الشكل 3-10: تسرب المياه.

- قدم الأسطح العازلة

الشكل3-11: تفتت الأسطح العازلة

- عدم وجود رصف خرساني محيط بالمبنى

الشكل 3-12: عدم وجود رصف

4- التوصيات والاستنتاجات

تعود هذه الاضطرابات بشكل رئيسي إلى ضعف مختلف شبكات الصرف الصحي وقنوات إمدادات مياه الشرب، حيث لعبت طبيعة التربة في تضخيم هذه المشاكل، من المعروف أن تربة هذه المنطقة مكونة أساسا من طين قابل للإنتفاخ، والذي يفقد تماسكة وقوامه بوجود الماء مما ينتج زيادة في حجم التربة الذي يؤدي الى رفع البناء الذي ينشأ عنه ازدواجية الشقوق.

من أجل تجنب تطور هذه الحالات ، يجب اتخاذ تدابير معينة على الفور، وهي[12]:

- إنشاء رصيف محكم الإغلاق حول الإنشاءات على عرض يساوي 1.50 متر على الأقل بميل أدناه 2٪. سيتم تنفيذه بواسطة رصف خرساني مسلح بمقاس

TS 150x150x5mmبسمك 10، يستند على تربة رملية قادمة من الوادي بسمك 15 إلى 20 سم مرصوصة جيدًا.

- تجديد الأسطح العازلة (ويفضل أن يكون من النوع الصحراوي)، ولتجنب أي تسرب لمياه الامطار نحو أرضية الأساسات، يجب ان تكون قنوات التصريف في انبوب PN4 PVCالذي سيتدفق مباشرة إلى غرف التفتيش.
- تجديد شبكة الصرف الصحي المستعملة والتأكد من تنفيذها بشكل صحيح، ويجب أن تكون غرف التفتيش مبنية بخرسانة مركبة ب 400 كج من أسمنت / CPJ 42.5 م ²من الخرسانة. تأكد من استخدام مواد إضافية طارد للماء.
- تجديد شبكة التزويد بمياه الشرب والتأكد من إيقاف جميع تسربات المياه.
- يجب أن تكون الأشجار والمساحات الخضراء على الأقل 3 أمتار أو 1.5 ضعف ارتفاع الشجرة البالغة. يجب ألا يكون الري غزيرًا أبدًا.

بمجرد تنفيذ كل الإجراءات المذكورة أعلاه، يمكن البدء في إصلاح الشقوق .

بعد الانتهاء من هذه التوصيات، يمكن للمدرسة الخاضعة لهذه الخبرة الاستمرار في العمل في ظروف جيدة.

المثال الثالث: دراسة ميدانية للقطب الجامعي الجديد رقم 02

جامعة عمار ثليجي القطب الجديد رقم 02 – ولاية الاغواط.

في هذا التقرير حول ظاهرة الهبوط في القطب الجامعي الجديد كلية التكنولوجيا بالاغواط، بسبب التربة الطينية الانتفاخية. هذا التقرير هو معاينة مبدئية للموقع الذي تم تسليمه سنة 2017. حيث أن الموقع لم يتمم 3 سنوات وضهرت كل هذه الأعراض الكارثية ،فقد قمنا بإتباع الخطوات التالية :

- مقدمة
- حالة الموقع المدروس
- منهجية
- نتائج
- الخلاصة
- التوصيات

1.المقدمة

القطب الجامعي الجديد رقم 2 فرع تابع لجامعة عمار ثليجي بالاغواط، تم تسليمه سنة 2017 . معانات لا تنتهي يعيشها الطلبة فعلى غرار مشاكل المتعلقة بالموقع ذاته ها هي الأن شقوق على الجدران والاسطح واضحة وكارثية بنسبة لمبنى جديد وكذلك الأسطح تنفجر ماءا ليمر مع جدران بها بعض الأسلاك والتوصيلات الكهربائية التي تشكل خطراً كبيرعلى حياة الطلبة.

2.حالة الموقع

بعد زيارتنا إلى جامعة عمار ثليجي القطب االجديد، من خلال الفحص النظري لاحظنا وجدود العديد من الشقوق التي تظهر على جدران المكتبة المركزية وكذا الاقسام والأضرار الهيكلية الموجود على أعمدة السلالم الرئيسية حاولنا معاينة و فحص هذه الشقوق من أجل تشخيص المشكلة وتحديد سبب الشقوق الملحوظة من جهة ، واقتراح الإجراءات التصحيحية المطلوبة من جهة أخرى.

3.المنهجية

استخدمنا المنهجية التالية:

- تم زيارة اغلب المباني: المكتبة المركزية، الاقسام ، دورات المياه، الإدارات؛
- معاينة حالة الأرضيات وأسطح الجدران بصريًا للتحقق من وجود تشققات.
- معاينة الجدران الخارجية الخلفية للمبنى.
- قمنا بإجراء فحص بصري خارجي لهذا المبنى للحصول على فكرة عن حالة الموقع.

- قمنا بمعاينة جميع الشقوق لمعرفة ما إذا كانت الشقوق قد اجتازت الجدران أم لا.

4. النتائج

في يوم زيارتنا لاحظنا الحقائق التالية:

1- تشققات من أنواع مختلفة في جدران المكتبة المركزية وكذلك الاقسام التابعة لكلية العلوم والتكنولوجيا "هندسة كهربائية" والسلالم التابعة للقسم . وهذه الشقوق مائلة أحيانًا وأحيانًا مستقيمة ، بدءًا من الأعلى إلى الأسفل.

الشكل 3-13: قسم تابعة لكلية العلوم والتكنولوجيا "هندسة كهربائية"

2- وجود تشققات على طول الأعمدة الخرسانية داخل الاقسام ذات سماكة كبيرة.

الشكل 3-14: تشققات الأعمدة في قسم الهندسة الكهربائية

3- انهيار أسقف الأقسام ووجود شقوق واضحة على الحدران.

الشكل3-15: الأسقف المجاورة لمكتب رئيس القسم

4- وجود تشققات في أرضيات الأقسام واختلاف في مستولا الأرضيات.

الشكل3-16: تشققات أرضية

5- وجود آثار تسربات لقنوات الصرف الصحي وكذا الأسقف المتعرضة للرطوبة.

الشكل 3-17:اسقف قسم الهندسة الكهربائية

5- اغلاق سلالم المكتبة المركزية خوفا من انهيارها بفعل التصدعات والشقوق في الهيكل الخرساني .

الشكل 3-18:سلالم المكتبة المركزية

الشكل3-19: أضرار هيكلية خرسانية

5. الخلاصة

قد تكون الأسباب التالية هي سبب التشققات والأضرار الهيكلية الذي لوحظت في الجدران الخارجية والأقسام الداخلية لهذا المبنى :

- من المحتمل أن تكون الاضطرابات الملاحظة مرتبطة بنوعية التربة الطينية الانتفاخية التي تم البناء عليها .
- يمكن أن تعود هذه الاضطرابات بشكل رئيسي إلى فشل مختلف شبكات الصرف الصحي وإمدادات مياه الشرب التي تضخمت بسبب طبيعة التربة في الواقع، من المعروف أن تربة هذه المنطقة تتكون أساسًا من طين منتفخ يميل في وجود الماء إلى فقدان تماسكه مما يؤدي إلى زيادة حجمه، وإلى رفع البناء الذي ينشأ عنه ازدواجية الشقوق.
- غرس الأشجار بالقرب من المبنى مع عدم أخذ بعين الاعتبار المسافة المتفق عليها، بالإضافة إلى الري المستمر والمساحات الخضراء غير المنظمة ، يمكن أن يتسبب ركود المياه أيضًا في هبوط التربة.
- عدم وجود صيانة دورية يزيد من تفاقم الوضع.

6. التوصيات

لاستعادة الوضع ، يوصى باتباع الإجراءات التقنية التالية:

- تحقق بدقة من جميع الأعمال التي تم تنفيذها بالفعل، وصيانة عاجلة لقنوات الصرف الصحي التالفة الموجودة في داخل وخارج المبنى.
- توفير نظام تصريف مياه الأمطار، وعمل صناديق توصيل خاصة لتسهيل تجميع مياه الأمطار.

- وقف الري المستمر للمساحات الخضراء، بالإضافة إلى تقليم الأشجار أمر ضروري.
- علاج الاعمدة والكمرات والأساسات المعرضة للأضرار باستخدام التدعيم الخرساني
- تجديد جميع الجدران و الأسطح المتشققة، ويجب أن يتم تنفيذ هذا العمل من قبل شركة متخصصة في صناعة البناء والتشييد، وذلك أثناء تنفيذ اعمال الإصلاح، وذلك للتحقق من حالة الاساسات القائمة.

الخاتمة

تعتبر هذه الدراسة كحوصلة لدراسة أعراض ظاهرة الهبوط في المباني وحصر الأسباب الرئيسية لحدوث هذه الظاهرة وكذلك الاحتياطات اللازمة لتجنب وتقليل الأضرار الناتجة عن هذه الظاهرة وطرق اعلاجها.

في هذا العمل تعرفنا أن من أهم الأسباب المساعدة على حدوث ظاهرة هبوط المباني هي التأثيرات الناجمة عن تغير في حركة منسوب المياه الجوفية من جراء الضخ المستمر والعشوائي والتأثيرات الطبيعية وتأثير طبيعية التربة وخصائصها على هبوط المباني. و من خلال ذلك نستخلص ان الموضوع الرئيسي لهبوط المباني هو التغيرات التي تطرأ على التربة.

استخلصنا من خلال هذا العمل أن جميع التصدعات والشقوق التي تظهر على جدران المبنى ليست دائما العلامات الرئيسية الاولى للهبوط. وللتمييز بين نوع وطبيعة الشقوق الناجمة عن الهبوط وشبيهتها المتعلقة بأخطاء الناجمة عن عملية الإنجاز والتشطيبات في المباني، يجب إجراء عمليه فحص نظري للمبنى. عموما الشقوق الناجمة عن الهبوط عادةً ما تكون سميكة وتتسع كلما اتجهت الى أعلى، وغالبا ما تحدث حول نقاط الضعف في هيكل المبنى.

تم الطرق الي جل الاحتياطات اللازمة اتخاذها لتجنب حدوث ظاهرة الهبوط قبل البدء واثناء انشاء المباني، وكذلك تم عرض طرق علاج

المباني التي تعرضت للهبوط وكيفية تطبيقها ، وذلك لضمان ديمومة المنشأ.

من الأخطاء الشائعة لدى البعض أنه يقوم بمعالجة الشروخ في المبنى وإعادة تشطيبه من الخارج دون معالجة المسبب للهبوط ومعالجة الهبوط، وهذا ما يؤدي إلى ظهور تشققات وشروخ ومشاكل أكبر في المبنى بعد إعادة تشطيبه بفترة وجيزة، لذا ينصح في حال ظهور أي تشققات أو شروخ أو هبوط في أرضيات المبنى استشارة مهندس مشرف وتوكيل العمل لمؤسسة أو شركة مقاولات مختصة تحت إشراف المهندس المشرف لمعالجة مسبب الهبوط بالدرجة الأولى.

وفي الأخير بسبب الأزمة الصحية التي شهدها العالم اختصر بحثنا هذا على الجانب النظري فقط ونتمنى أن يكون كمرحلة أولى لدراسات تطبيقية مستقبلية للطلبة في هذا المجال.

جدول المصطلحات

Réservoirs exploités	الخزنات المستغلة
Mouvement horizontal	الحركة الأفقية
Tassement différentiel	الهبوط التفاضلي
Sol expansifs	التربة الانتفاخية
Teneur en eau	فحوى الماء
Minéral components	مكونات معدنية
Concavité du sol	تقعر التربة
Convexité de sol	تحدب التربة
Sols effondrables	التربة الانهيارية
Résistance au cisaillement	مقاومة التربة للقص
Pression interstitielle	الضغط المسامي
Pression d’empilage	ضغط التراص
Fissure	الشقوق
Réservoir d’eau Souterrain	البيارات
Chemisage en béton	قميص خرساني
Fondation profondes	الخوازيق
Revêtement en béton	اللبشة الخرسانية
Cavitations	التكهفات
Parpaing	احجار البناء

قائمة المراجع

[1]. Gerardo Herrera-García, Pablo Ezquerro, Roberto Tomás, Marta Béjar-Pizarro, Juan López-Vinielles, Mauro Rossi, Rosa M. Mateos, Dora Carreón-Freyre, John Lambert, Pietro Teatini, Enrique Cabral-Cano, Gilles Erkens, Devin Galloway, Wei-Chia Hung, Najeebullah Kakar, Michelle Sneed, Luigi Tosi, Hanmei Wang, Shujun Ye . Mapping the global threat of land subsidence.*Science* 01 Jan 2021: Vol. 371, Issue 6524, pp. 34-36.DOI: 10.1126/science.abb8549.

[2]. ميكانيك التربة، الناشر دار الكتب العلمية للنشر عبد الفتاح القصبي، كتاب ISBN والتوزيع بالقاهرة، الطبعة الأولى سنة 1993، 736 صفحة، رقيم دولي 2 – 39 – 5035 -977

[3]. Cours de mécanique des sols 02, section 3ème année LMD S5, chapitre 01 écoulement des eaux dans les sols.

[4]. ميكانيك التربة، الناشر دار الكتب العلمية للنشر عبد الفتاح القصبي، كتاب ISBN والتوزيع بالقاهرة، لطبعة الخامسة سنة 2014، 588 صفحة، ترقيم دولى 1- 041 -726 – 977- 978

[5]. Cours de mécanique des sols 02, section 3ème année LMD S5, chapitre 02 Tassement, Compressibilité et consolidation des sols dans les sols.

[6]. Mohamed MEKERBI, Ismail BENABDERRAHMANE et Benouar. LIQUEFACTION DES SOLS :Description, Méthodes D'évaluation, Traitement, Poste liquéfaction, U.S.T.H.B. (2009)

[7]. Holtz, R., et Kovacs, W., 1996. Introduction à la géotechnique. Edition de l'Ecole Polytechnique de Montréal. Pp 808.

[8]. Règlement parasismiques algériens RPA 99 /Modifie 2003, Document Technique Règlementaire DTR B C 2 48.

[9]. Gueddouda, M. K., 2011. Comportement hydro-mécanique des sols compactés: Application à la conception d'une barrière ouvragée « sable de dune –bentonite. Thèse de doctorat, Université Aboubakr Belkaid, Tlemcen, Algérie, 249 p.

[10]. URETEK, Présentation Technique des Systèmes Expansifs pour la Consolidation des sols. (2001). Internet: www.uretek.ch · E-mail: uretek@uretek.ch.

[11]. Idrissou, M. M. (2006). Reliability in interpreting non-destructive testing (NDT) results of concrete structures (Doctoral dissertation, Universiti Teknologi Malaysia).

Kamel, G. M., Idriss, G & ,.Benchaa, B. (2013). Effet de chaux ,ciment et sel sur le potentiel de gonflement des argiles gonflantes des régions arides en Algérie. European Journal of Environmental and Civil Engineering ,(5)17 , .328-315

Kolay, P. K & ,.Ramesh, K. C. (2016). Reduction of expansive index, swelling and compression behavior of kaolinite and bentonite clay with sand and class C fly ash. Geotechnical and Geological Engineering, 1(34 ,(.101-87

Mughieda, O & ,.Hazirbaba, K (2015). Expansive Clay Soil-Structure Interaction: A Case Study. In: Recent Advances in Mechanics , Mechatronics and Civil, Chemical and Industrial Engineering, Proceedings of the International Conference on Civil Engineering. ISBN: 978-1-61804-325-2, pp .200-195 :

Seco, A., Ramírez, F., Miqueleiz, L & ,.García, B. (2011 .(Stabilization of expansive soils for use in construction. Applied Clay Science-348 ,(3)51 , .352

[12]. الهيئة الوطنية للرقابة التقنية لمراقبة البناء بولاية الأغواط (CTC)

ملخص

تعد ظاهرة الهبوط في المباني من المشاكل ذات الخطورة الكبيرة التي تواجهها المباني جديدة الإنشاء والقديمة منها على مستوى أنحاء العالم ويعود السبب الرئيسي لهده الظاهرة هو الهبوط في سطح الأرض نتيجة لزيادة الأحمال على التربة او تأثيرات الطبيعية والغير طبيعية للتربة وخواصها مما يخلف أضرار جسيمة في المباني وتظهر لنا على شكل أعراض مثل التشققات والتصدعات الجدرانية وحدوث ميلان ملحوظ في المبنى واضرار هيكلية غير متوقعة.

تهدف هذه الدراسة الى دراسة الأسباب التي تؤدي الي هبوط المباني، ولمعرفة وتحديد الاحتياطات اللازمة لتقليل من مخاطر هذه الظاهرة التي تتعرض لها المباني والتربة، من خلال فهم طبيعة التربة التي يمكن أن تخضع الي الهبوط التفاضلي والتحكم في العوامل التي يمكن ان تؤثر على طبيعة التربة. من خلال هذه الدراسة الإحصائية التي تتكون من جمع ومقارنة وتحليل التقارير التي أعدها الخبراء في هيئة المراقبة التقنية للمباني بولاية الأغواط والتي تم التطرق اليها في بحثنا.

تم التركيز في بحثنا على معرفة الأسباب ودراستها وإجراء الاحتياطات اللازمة لتجنبها وطرق علاجها.

الكلمات المفتاحية: الهبوط في المباني ، التربة الانتفاخية ، أسباب وإحتياطات الهبوط، جريان المياه الجوفية.

Résumé

Le phénomène d'affaissement dans les bâtiments est l'un des problèmes de grand danger auxquels sont confrontés les bâtiments neufs et anciens dans le monde.La raison principale de ce phénomène est l'affaissement de la surface de la terre en raison de charges accrues sur le sol ou les effets naturels et anormaux du sol et de ses propriétés, qui causent de graves dommages dans les bâtiments, apparaissent sous la forme de symptômes tels que des fissures, des fissures dans les murs, une inclinaison notable du bâtiment et des dommages structurels inattendus.Cette étude vise à étudier les raisons qui conduire à l'effondrement des bâtiments, et de connaître et déterminer les précautions nécessaires pour réduire les risques de ce phénomène auxquels les bâtiments et les sols sont exposés en comprenant la nature des sols qui peuvent être soumis à une dégradation différentielle et la maîtrise des facteurs pouvant affecter la nature de l'éducation à travers cette étude statistique qui consiste à collecter, comparer et analyser les rapports préparés par les experts de l'Autorité technique de contrôle de Lambati dans l'état de Laghouat, qui ont été abordés dans notre recherche. Connaître les causes, les étudier, et prendre les les précautions nécessaires pour les éviter et les moyens de les traiter. Gonflement, causes et précautions d'affaissement, ruissellement des nappes phréatiques

---

Abstract

The phenomenon of subsidence in buildings is one of the problems of great danger faced by new and old buildings around the world. The main reason for this phenomenon is the subsidence in the surface of the earth as a result of increased loads on the soil or the natural and abnormal effects of the soil and its properties, which causes severe damage in the Buildings appear in the form of symptoms such as cracks, wall cracks, noticeable tilt in the building and unexpected structural damage. This study aims to study the reasons that lead to the collapse of buildings, and to know and determine the necessary precautions to reduce the risks of this phenomenon that buildings and soil are exposed to by understanding the nature of soil Which can be subject to differential decline and control of the factors that can affect the nature of education through this statistical study, which consists of collecting, comparing and analyzing reports prepared by experts in the Lambati Technical Monitoring Authority in the state of Laghouat, which were addressed in our research. Knowing the causes, studying them and taking the necessary precautions to avoid them and ways to treat them. Keywords : Landing in buildings, tree Swelling, causes and precautions for subsidence, groundwater run-off