تحليل جيومورفولوجي وجيوتكنيكي تطبيقي لخسفة مخازن الفارس في بغداد

أ.م.د.وسن محمدعلي كاظم
الجامعة المستنصرية / كلية التربية / قسم الجغرافية
wasanalmgoter@uomustansiriyah.edu.iq

Geomorphological and applied geotechnical analysis of the Al-Faris collapse in Baghdad

Asst .Prof Wasan MohammedAli Kadhim
Department of Geography, College of Education, Al-Mustansiriya University

المستخلص

يُعد إنخساف سطح الأرض احد المخاطر الجيومورفولوجية التي تصيب القشرة الأرضية، والذي ينتج عنه حفر تتفاوت أعماقها وأشكالها، لاسباب مختلفة ومتنوعة، أحد هذه الأسباب إختلاف سلوك التربة عند ارتفاع نسبة الرطوبة فيها وزيادة الأحمال السطحية المسلطة عليها، والذي كان السبب في هبوط سطح الأرض مقابل مركز تموين الفارس، إذ تسببت التشوهات التي إنتابت التربة الرملية الممتلئة حد الأشباع بمياه الصرف الصحي بسبب إستمرار الأفراط بالأحمال السطحية المسلطة عليها من حركة المركبات المختلفة على الطريق المشيد فوق موضع الخسفة تماماً بحدوث الهبوط.

إن الهدف من هذا النوع من الدراسات التطبيقية، هو تحديد أسباب المشكلات والمخاطر التي تنتاب المنشأت الهندسية، لتجنبها أثناء التخطيط لمشاريع البنية التحتية في المستقبل، ومعالجة الخلل الحاصل في الوقت الراهن.

تمت الدراسة بالإعتماد على نتائج تحليل عينات حفرتين اختباريتين عمقهما يصل الى (٢٣.٥) متر، مأخوذة من امانة بغداد، دائرة المجاري، بالإضافة الى الزيارات الميدانية المتعددة لموقع الخسفة في منطقة الحرية، وتحديداً في الشارع المقابل لمركز تموين الفارس في منطقة الدباش، لتوثيق الحالة من خلال التقاط الصور، وكذلك قياس عمق الحفرة لمعرفة حدود الإنخساف الحاصل.

الكلمات المفتاحية: جيومورفولوجية تطبيقية، خسفة، جيوتكنيك التربة.

Abstract

Collapses is one of the geomorphological processes that occur on the surface of the earth, leaving behind pits of various depths, for many and varied reasons. One of the primary contributing factors is the soil type which is one of these reasons and it is responsible for the occurrence of (Al Fariss Collapse) which is the subject of the study, where the collapsing sandy soil was saturated with sewage water, which is exposed to loads and continues pressure due to construction of a Road over it, the reason behind the Collapse.

The importance of this type of applied studies is to monitor the causes of problems and risks affecting engineering facilities, in order to mitigate such risks in future infrastructure planning. The study relied on repeated field visits to the Collapse site, located in the Hurriya area at the Dabbash stores.Were used for geotechnical analysis. All laboratory tests for soil were obtained from the Municipality of Baghdad. The study was based on the analysis of tests of analysis two pits that presented the study field.

Keywords: Applied geomorphology, Collapses, soil geotechnics

بسم الله الرحمن الرحيم

مشكلة الدراسة:

تعاني بعض شوارع بغداد من هبوط سطح الأرض الناتج عن ظاهرة الانخساف، مما يتسبب بخسائر مادية وأضرار بالبنى التحتية، غالباً ما تكون هذه التخسفات نتاج للعوامل الطبيعية والموقعية لموضع الخسفة، وعليه يمكن صياغة مشكلة البحث بالسؤال التالي:

هل يمكن أن تساهم الخصائص الطبيعية والموقعية في حصول ظاهرة الانخساف وتحديداً (خسفة مخازن الفارس).

فرضية الدراسة:

تفترض الدراسة ان الخصائص الطبيعية والموقعية لخسفة مخازن الفارس كانت السبب في حصول الانخساف.

هدف الدراسة:

تُعد ظاهرة الانخساف احد المخاطر الجيومورفولوجية التي يتوجب دراسة اسباب حدوثها لتجنب مخاطرها قدر المستطاع، والبحث الحالي ركز على دراسة أحد هذه الاسباب، التي تتعلق بنوع التربة وإختلاف سلوكها في حال تشبعها بالمياه، عند زيادة الأحمال والإجهادات الخارجية المسلطة عليها، الأمر الذي ينتج عنه هبوط سطح الارض.

منهجية الدراسة:

تمت الدراسة بالإعتماد على المنهج التحليلي الذي تم بتفسير وتحليل نتائج عينات الحفر الأختبارية لبئرين يبلغ عمق كل منهما (٢٣.٥) متر، على ضوء الخصائص الطبيعية والموقعية لموضع حدوث الانخساف.

موقع منطقة الدراسة:

موقع الخسفة في نقطة تقاطع خط طول (١٩" ٤٤°) ودائرة عرض(٢٠" ٣٣°)، وكما يظهر في خريطة (١)، وتقع ضمن الحدود الإدارية لبلدية الكاظمية، التابع الى جانب قضاء الكرخ، في محافظة بغداد، التي تتوسط العراق.

خريطة (١) موقع منطقة الدراسة

المصدر: المديرية العامة للمساحة، خريطة الوحدات الادارية في محافظة بغداد مقياس ١: ٢٥٠،٠٠٠ لسنة ٢٠١٠
. مجلس محافظة بغداد، بيانات تقسيمات الوحدات الادارية لمحافظة بغداد لسنة ٢٠١٣

تعريف الانخساف ومسبباته:

المقصود بإنخساف سطح الأرض هو حركة المواد السطحية للأرض بإتجاه الأسفل نتيجة إزاحتها بشكل عمودي بإتجاه باطن الارض، وذلك بسبب فقدان الطبقات الحاملة لها لأسباب طبيعية أو بشرية، أو مزيجًا من الاثنين، ومن الجدير بالذكر أن مساحات شاسعة من سطح الأرض يصيبها الإنخساف ولكن بمعدلات متباينة[١].

ويُعدّ الانخساف الناتج عن ذوبان الصخور الكارستية بسبب المياه الجوفية الغنية بغاز ثاني أكسيد الكربون، أكثر أنواع الانخساف إنتشاراً والذي يحدث بسبب حركة المياه المشبعة بغاز Co2 خلال الفواصل والشقوق التي تتقاطع مع بعضها البعض تحت سطح الأرض، خاصة في المناطق التي تحتوي صخورها على نسبة تتجاوز (٥٠)% من معادن الكلس أو الدولوميت، أو في التكوينات الصخرية الجبسية[٢].

كما يمكن أن يحدث الانخساف بسبب خضوع سطح الأرض لتأثيرات حركة الصفائح التكتونية، مثل الزلازل، والانكسارات. ومن العوامل الأخرى المسببة للإنخساف هي سحب الموائع من جوف الأرض كالمياه الجوفية، والنفط، والغاز الطبيعي، التي يعمل سحبها بشكل مستمر على خفض مخزونها، وبالتالي خفض ضغطها الذي كان مسلط على الطبقات الحاملة لها، بسبب تلاشي الفراغات التي كانت الموائع تشغلها، وإندماج الحبيبات التي تتألف منها الطبقة الأرضية مع بعضها البعض، ما يجعلها غير قادرة على مقاومة ضغط الطبقات العليا التي تستند عليها، تمهيداً لإنخسافها[٣]. فعلى سبيل المثال تناقص مستوى المياه الباطنية يخلف إجهادات على الصخور العلوية تصل إلى طن لكل متر مكعب[٤].

ومن الأسباب الأخرى الموجبة للإنخساف الخصائص الجيوتكنيكية، لبعض أصناف التربة لا سيما عند إرتفاع المحتوى المائي لها وتكبدها أحمال خارجية مسلطة عليها،

مما يتسبب في انكماش حجم التربة ونقص كتلتها وأخيراً إنخسافها، وينتج عن ذلك أضرار كبيرة للمنشآت الهندسية فوقها. ويعد هذا النوع من الانخساف السبب الرئيسي وراء حدوث "خسفة مخازن الفارس" موضوع الدراسة الحالي، وكما يظهر بالصور (١،٢).

صورة (١) خسفة مخازن الفارس في منطقة الدباش في الحرية

تمت الدراسة الميدانية بتاريخ ٢٠/ ١٠/ ٢٠١٩

صورة (٢) المقطع العرضي للخسفة على إمتداد عرض الشارع بين مخازن الدباش ومحطتا معالجة مياه الصرف الصحي التابع لقاطع بلدية الكاظمية يوضح عمق الانخساف والتصدع

تمت الدراسة الميدانية بتاريخ ٢٠/ ١٠/ ٢٠١٩

كيفية حصول الانخساف في التربة:

هناك عدة أطوار تمر بها التربة قبل حدوث الانخساف، اولها يبدء عند زيادة الأحمال السطحية المسلطة عليها، للحد الذي يعمل على إندماج حبيباتها بسبب تلاشي الفراغات الفاصلة بين تلك الحبيبات بإستمرار تأثرها بثقل هذه الأحمال، وتُعرف هذه المرحلة بمرحلة "الانضغاط"، التي تنتهي بزوال الفراغات بين حبيبات التربة بشكل تام، وإذا صادف وأستمر تأثير زيادة وزن الأحمال السطحية فعِند ذاك تأخذ الحبيبات بالانزلاق أعلى بعضها البعض، لتنتقل عندها الى مرحلة "القص" التي تنتهي ببلوغ التربة قدرتها القصوى على التحمل، إذ يعقبها بروز اسطح انزلاق متصلة، عند أزدياد الأحمال السطحية عليها، لتصل الى المرحلة الأخيرة وهي مرحلة "الانهيار"، عندها تكون التربة قد فقدت استقرارها وتوازنها مما يجعلها معرضة للإنخساف بإي لحظة(٥).

وفي حال تعرضت التربة للمزيد من الإجهادات وهي ممتلئة بالماء حد الإشباع، فإن الحبيبات الصلبة تبدأ تدريجياً بالإندماج والإلتصاق أكثر مع بعضها البعض، ويتزامن ذلك مع خروج المياه من فجوات التربة وبإستمرار وتزايد ضغط الأحمال السطحية ينكمش حجم التربة،، وتعرف هذه العملية "بالإنظمام"، ونظرًا لوجود التربة أسفل المنشآت الهندسية المشيدة، فإنها لاتستطيع التمدد بالإتجاه الأفقي كونها مقيدة بحدود مفروضة عليها، وبالتالي يحدث الانضمام والإنكماش في حجمها بالإتجاه الرأسي فقط. كما يحدث "الانضمام" بشكل أسرع في الترب النفاذة كالتربة الرملية مقارنةً بباقي أنواع الترب، لقدرة المياه على الخروج من فجواتها بشكل أسرع عند تعرضها لأعباء الأحمال السطحية، كما أن خروج الماء بسبب الضغط المسلط يقلل من قوى الشد الشعري داخل الفراغات، مما يؤثر على تماسك الحبيبات وقوة التربة الإجمالية(٦).

كما لا يمكن إغفال التأثير الكيميائي الضار للمياه عند تشبع التربة بها لفترات طويلة والمتمثل بإذابة المواد اللاحمة (كاربونات الكالسيوم، الاملاح، الجبس، والمواد الطينية، اكاسيد الحديد) أو نقلها بعيداً، خاصةً المياه الباطنية الممزوجة والملوثة بمياه الصرف الصحي، مما يترك بنية التربة الداخلية ضعيفة ومفرغة، حيث تبدو التربة عندها مستقرة ظاهرياً، إلا أنها تصبح عرضة للانهيار المفاجيء والكامل عند تشبعها بالماء، فالمواد اللاحمة تزيد ترابط جزيئات التربة الصلبة وتُعزز مواجهتها لقوى القص(٧).

جيولوجية وجيومورفولوجية موقع "خسفة مخازن الفارس":

تقع "الخسفة" منطقة الدراسة ضمن محافظة بغداد التي تعتبر جزء من السهل الرسوبي العراقي، الذي تكون نتيجة ترسيب نهري دجلة والفرات لحمولتهما النهرية خلال الفيضانات وبشكل خاص خلال فترات إشتداد الأمطار في عصر البلايوستوسين، حيث ساهمت الأمطار الغزيرة آنذاك في نقل كميات كبيرة من المواد الناتجة عن تجوية وتعرية صخور سلاسل مرتفعات طوروس وزاكروس الواقعة شمال وشمال شرق العراق، مما ساهم في إمتلاء طية السهل الرسوبي المقعرة برواسب أغلبها يتألف من "الطين، والغرين، والرمل، والحصى"، وتختلف مواقع ترسيبها بشكل عامودي وأفقي بحسب حجمها وقربها من النهر، حيث ترسبت الحبيبات الأكبر حجماً من الأسفل الى الأعلى عند أقرب المواقع لمجرى النهر ولمسافة كيلومتران تقريباً، بعد ذلك ترسبت حبيبات الطين الدقيقة في المواقع الأبعد. ويرجع ذلك إلى انخفاض قابلية الماء على نقل الترسبات الخشنة لمسافات طويلة. ونتيجة لهذه العملية الترسيبية، نشأ مظهر جيومورفولوجي يُعرف بـ "أكتاف الأنهار"، وهو الشريط المرتفع المحاذي لمجاري

الأنهار، والذي تغلب عليه التربة الرملية والغرينية، بينما تُعرف المناطق الأبعد بـ أحواض الأنهار" وتتألف غالبية تكويناتها الجيولوجية من الطين.

هيدرولوجية موقع "خسفة مخازن الفارس":

موقع الخسفة جزء من محافظة بغداد، التي تتصف بإن مستوى الماء العلوي للمياه الباطنية فيها يبدأ عند عمق "٢" متر، ويختلف هذا المستوى بإختلاف مجموع التساقط المطري بين سنة وأخرى، وبين شهور السنة الواحدة، ويتأثر كذلك بالمؤثرات المحلية والموقعية كالتكسرات التي تصيب أنابيب الصرف الصحي أو أنابيب المياه العذبة الذي يتسبب بتسرب مياه هذه الانابيب التالفة، مما يؤدي إلى ارتفاع منسوب المياه الباطنية محلياً في موقع دون الآخر.

الخصائص الجيوتكنيكية لتربة موقع "خسفة مخازن الفارس":

خصائص التربة الجيوتكنيكية تعتمد على الخصائص المعدنية للصخور المصدرية التي أُشتقت منها التربة بعمليات التجوية المختلفة اولاً، والظروف الطبيعية للمنطقة والعمليات الترسيبية التي ساهمت في بناء التربة ثانياً، حيث تتألف التربة من حبيبات أحجامها تختلف بإختلاف نوعها (الحصى، الرمل، الغرين، والطين)، ويُحدد صنف التربة بالإعتماد على الحجم الغالب لتلك الحبيبات والذي يُحدد بدوره كيفية حركة الماء خلال تلك الجزيئات، وكيفية تفاعل حبيباتها مع الماء بحسب نوع المعادن التي تتألف منها تلك الحبيبات وبالتالي تصرفها وتغير خصائصها عند إنشاء مباني أو منشآت هندسية ضخمة عليها، فالتصنيف الأولي لمقدار تحمل التربة يعتمد على دراسة التحليل الحجمي الحبيبي للتربة. ومن تتبع الجدولان ((R2B–1)، (R3–2)) اللذان

يمثلان نتائج فحوصات عينات الآبار المدروسة التي يصل عمق كل منهما الى (٢٣.٥)متر تحت مستوى سطح الأرض، التي يظهر من خلالها أن الرمل يشكل الغالبية العظمى بالنسبة لباقي مفصولات التربة وبنسبة تصل الى (٨٤.٧٥)% كحد أعلى عند العمق (٥.٥- ٦)متر ولا تقل عن (٥٢)% عند العمق (٣.٥- ٤)متر، في البئر (١)، و (٨٩)% عند العمق (١٢.٥- ١٤)متر و (٥٥)% عند العمق (٠- ٣،٥)متر في البئر (٢)، وتختلف قيم نسب الرمل بإختلاف عمق العينة، ولكن بشكل عام تنخفض النسبة في كلا البئرين عند الطبقة السطحية ولحد عمق (٣،٥- ٤)متر، بسبب المواد المستخدمة في طبقة الدفن التي ترتفع فيها نسبة الطين وبقايا مواد البناء، صورة (٣)، وينعكس الحال بالتوغل نحو الأسفل حيث ترتفع نسبة الرمل في نتائج فحص العينات بزيادة عمق العينة.

أما بالنسبة لخصائص التربة الكيميائية فقد بينت نتائج فحوصات عينات الآبار المدروسة أن نسبة الأملاح (الكبريت، الجبس، الكالسيوم، ومجموع الأملاح المذابة) منخفضة بسبب موقع الخسفة ضمن أراضي كتف نهر دجلة، وكما بينا سابقاً فإن الشريط المحاذي لمجاري الأنهار غالباً ما ترتفع أراضيه عن الأراضي المجاورة له، كما إن أحجام حبيبات تربته تكون أكبر، وهذا يعني أرتفاع نفاذيتها، الأمر الذي يعطيها قدرة أعلى على تصريف المياه، وبالتالي عدم تجمع الأملاح في فراغاتها.

جدول (١) نتائج الفحوص المختبرية لعينات البئر (١) ((R2B-1) :BH NO)

العينات			التحليل الحجمي الحبيبي			الفحوصات الكيميائية				
التسلسل	العمق (متر)	النوع	رمل (%)	العابر من منخل رقم (٢٠٠)	USCS	ايون الكبريت (%)	محتوى الجبس (%)	مجموع الاملاح الكلية الذائبة (%)	المواد العضوية (%)	كاربونات الكالسيوم (%)
1	0-3.5	DS	59	41	SM	-	-	-	-	-
2	3.5-4	US	52	48	SM	-	-	-	-	-
3	4-4.5	SPT	60	40	SM	0.046	0.098	0.585	0.882	0.065
4	5.5-6	SPT	84.7	15.2	SM	-	-	-	-	-
5	6-6.5	US	65	35	SM	0.034	0.074	0.645	1.216	0.019
6	6.5-8	DS	60	40	SM	-	-	-	-	-
7	8-8.5	SPT	66	34	SM	-	-	-	-	-
8	9.5-10	SPT	83.3	16/6	SM	0.094	0.112	0.250	1.166	0.058
9	10-10.5	US	60	40	SM	-	-	-	-	-
10	10.5-12	DS	70	30	SM	-	-	-	-	-
11	12-12.5	SPT	77	23	SM	-	-	-	-	-
12	12.5-14	DS	69	31	SM	-	-	-	-	-
13	14-14.5	US	80	20	SM	-	-	-	-	-
14	14.5-16	DS	65	35	SM	-	-	-	-	-
15	16-16.5	SPT	75	25	SM	-	-	-	-	-
16	16.5-18	DS	71	29	SM	-	-	-	-	-
17	18-18.5	SPT	80	20	SM	-	-	-	-	-
18	18.5-20	DS	64	36	SM	-	-	-	-	-
19	20-20.5	SPT	78	22	SM	0.122	0.263	0.720	1.232	0.239
20	20.5-22.5	DS	73	27	SM	-	-	-	-	-
٢١	22.5-23.5	SPT	80	20	SM	-	-	-	-	-
المعدل			**70.1**	**29.9**						

المصدر: امانة بغداد، دائرة المجاري، بيانات غير منشورة.

(DS) عينة مقلقلة (١*) (US) عينة غير مقلقلة (٢*) (SM) تربة رملية مائلة للنعومة وفق تصنيف (USCS)

جدول (٢) نتائج الفحوص المختبرية لعينات البئر (٢) (BH NO:R3-2)

العينات			التحليل الحجمي الحبيبي			الفحوصات الكيميائية				
التسلسل	العمق (متر)	النوع	رمل (%)	العابر من منخل رقم (٢٠٠)	USCS	ايون الكبريت (%)	محتوى الجبس (%)	مجموع الاملاح الكلية الذائبة (%)	المواد العضوية (%)	كاربونات الكالسيوم (%)
1	0–3.5	DS	55	45	SM	0.126	0.270	0.755	1.984	0.163
2	3.5–4	US	60	40	SM	–	–	–	–	–
3	4–5.5	DS	73	27	SM	0.076	0.165	0.450	1.242	0.054
4	5.5–6	SPT	65	35	SM	–	–	–	–	–
5	6–6.5	DS	76	24	SM	–	–	–	–	–
6	6.5–8	SPT	69.4	30.5	SM	0.083	0.122	0.230	0.721	0.056
7	8–8.5	DS	81	19	SM	–	–	–	–	–
8	9.5–10	SPT	65	35	SM	–	–	–	–	–
9	10–10.5	DS	62	38	SM	–	–	–	–	–
10	10.5–12	SPT	63	٣٦.٠٨	SP–SM	–	–	–	–	–
11	12–12.5	DS	77	23	SM	–	–	–	–	–
12	12.5–14	SPT	89	11	SM	–	–	–	–	–
13	14–14.5	DS	88	12	SM	–	–	–	–	–
14	14.5–16	SPT	85	15	SM	–	–	–	–	–
15	16–16.5	DS	82	18	SM	–	–	–	–	–
16	16.5–18	SPT	78	22	SM	–	–	–	–	–
17	18–18.5	DS	80	20	SM	–	–	–	–	–
18	18.5–20	SPT	76	24	SM	0.145	0.312	0.650	1.103	0.082
19	20–20.5	DS	70	30	SM	–	–	–	–	–
20	20.5–22.5	SPT	80	20	SM	–	–	–	–	–
21	22.5–23.5	DS	85	15	SM	–	–	–	–	–
المعدل			**74.3**	**25.7**						

المصدر: امانة بغداد، دائرة المجاري، بيانات غير منشورة.

(DS) عينة مقلقلة (US) عينة غير مقلقلة (SM) تربة رملية مائلة للنعومة وفق تصنيف (USCS)

صورة (٣) المواد المستخدمة في طبقة الدفن حيث تزداد فيها نسبة الطين وبقايا مواد البناء

تمت الدراسة الميدانية بتاريخ ٢/ ١/ ٢٠٢٠

التصنيف الحجمي الحبيبي لتربة الخسفة وفق المعايير العالمية المعتمدة في المركز الوطني للمختبرات والبحوث الإنشائية، قسم تحريات التربة، وزارة الإعمار والإسكان:

- **تصنيف نظام الجمعية الامريكية للطرق (AASHTO):**

إعتماداً على قيم نتائج الجدولان (١، ٢) يظهر أن نسبة المواد الناعمة المارة من منخل (٢٠٠) في أعلى تقدير لها أقل من (٥٠)% حيث تبلغ (٤٠– ٤٨)% في البئر

(١) وأقتصرت على (٥) عينات فقط من مجموع (٢١) عينة لنفس البئر، بينما سجلت قيم نسب باقي العينات ما بين (١٥.٢٥- ٣٦)%، ونفس الحال تنطبق على قيم نتائج عينات البئر (٢) والتي سجلت أعلى قيمة للمواد الناعمة المارة من المنخل (٢٠٠) (٤٠- ٤٥)%، وأقتصرت على عينتين فقط من مجموع (٢١) عينة لنفس البئر، وباقي قيم العينات تتراوح ما بين (١١- ٣٨)% في البئر (٢)، حيث بلغ معدل قيم المواد الناعمة التي مرت من منخل (٢٠٠) (٢٩.٩)% وبلغ معدل قيم المواد الخشنة التي لم تمر (٧٠.١)% في البئر (١)، وفي البئر (٢) بلغ معدل قيم المواد الناعمة التي مرت من منخل (٢٠٠) (٢٥.٧)% وبلغ معدل قيم المواد الخشنة التي لم تمر (٧٤.٣)%، بما معناه أن أكثر من ثلثي تربة الخسفة تُصنف على أنها **تربة حبيبية خشنة** وهذا المعدل يتوافق مع معدل النسبة المئوية للرمال في عينات الدراسة التي يتظمنها الجدول (١، ٢).

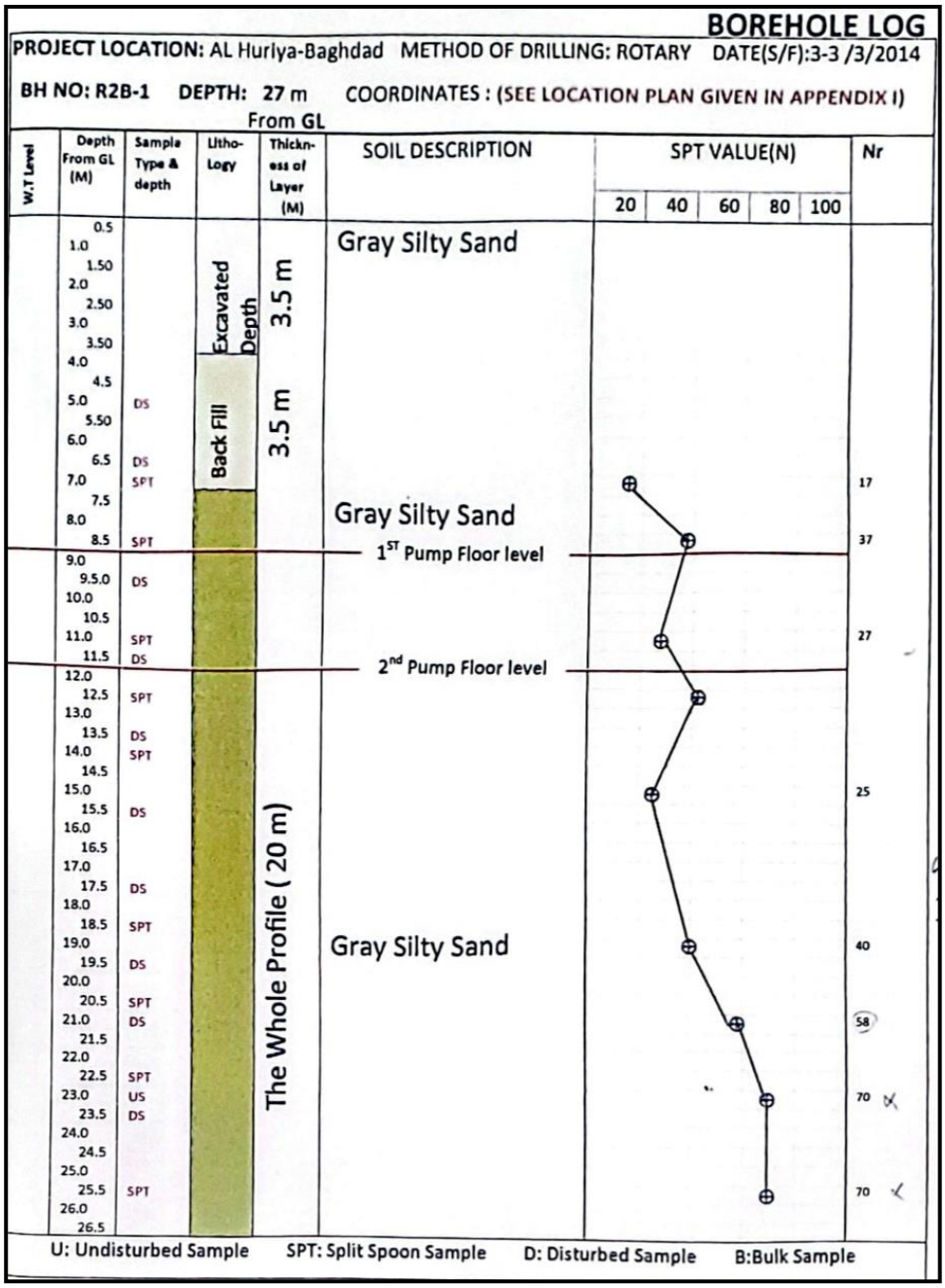
- **وفق النظام الامريكي الموحد (USCS):**

نسبة الرمل في جميع نتائج عينات الدراسة تتجاوز **(٥٠)%**، مما يجعلها مصنفة على أنها تربة رملية، ذات لون رمادي، تكاد تخلو من المواد الاحمة التي لا تتجاوز نسبتها (٢)% من مجموع مكونتها، وبسبب إرتفاع نسبة الرمل فإن حبيباتها غير متماسكة وهذا يجعل قيمة عاملي اللدونة والسيولة فيها يساوي صفر، سمكها يتراوح ما بين **(١٣- ٣٠٠) مليمتر**، وهذا يجعلها طبقة رملية بحسب مقايس التكوين الطبقي المُعتمد في العالم.

- **الكثافة النسبية وتحمل تربة الخسفة للأحمال:**

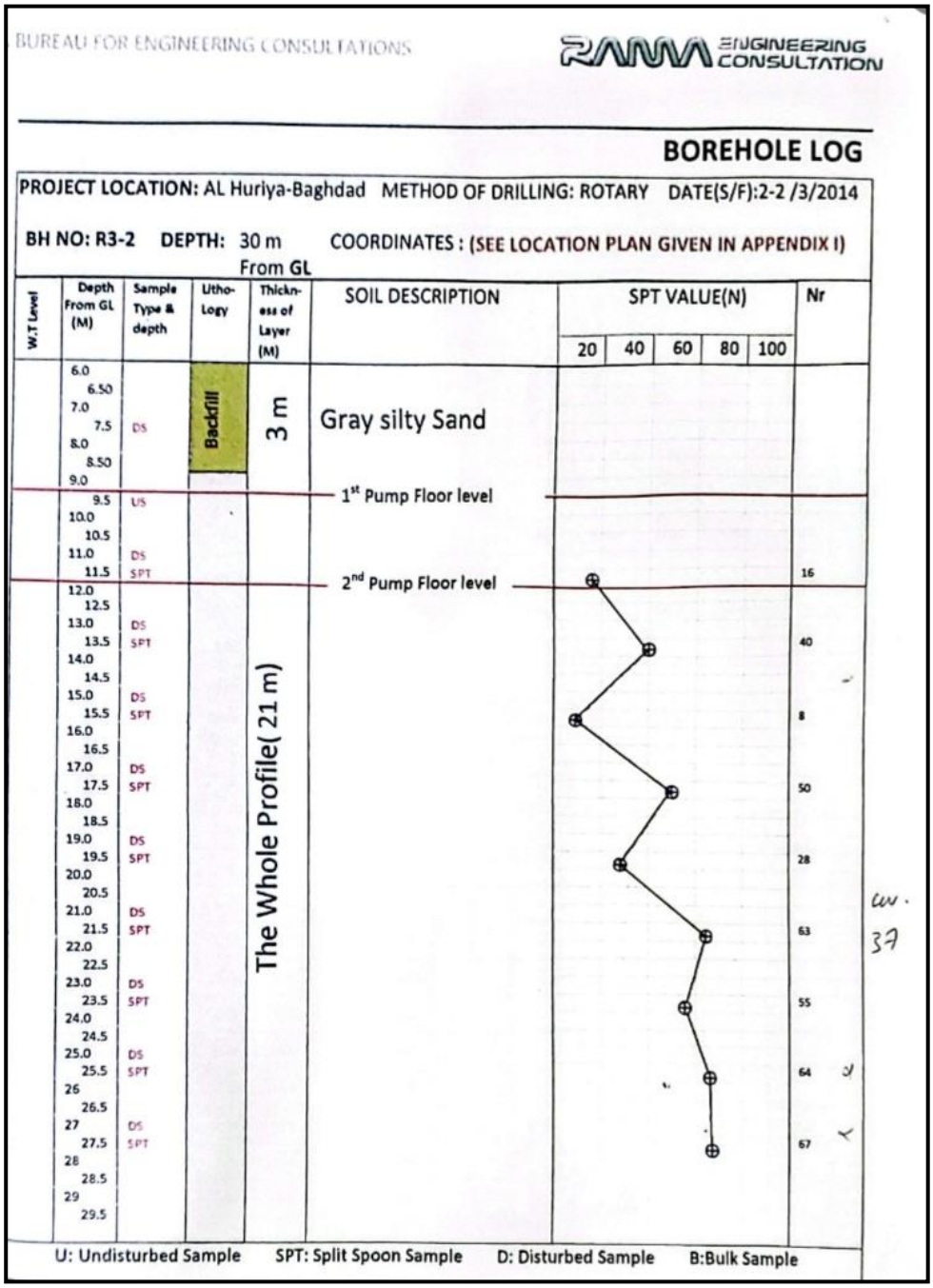
من معرفة قيمة (N) التي يُستدل عليها من نتائج فحص الاختراق القياسي للتربة (SPT)[٣*] يتم تحديد (الكثافة النسبية)، التي يُستعان بها لمعرفة حالة دمك التربة الرملية الحبيبية للخسفة، فكلما زادت قيمة (N) دل ذلك على زيادة تماسك وكثافة التربة. بالإطلاع على شكل (١، ٢)، وإعتماد الضوابط المحددة عالمياً للعلاقة بين قيمة (N) والكثافة النسبية للتربة الرملية في جدول (٣)، يظهر أن قيمة (N) في الشكلين تبلغ (١٨) ضربة، ولحد عمق (٧) متر في البئر (١)، و (١١.٥) متر في البئر (٢)، ومعنى ذلك ان حالة دمك تربة الخسفة من الطبقة السطحية لحدود هذين العمقين توصف بإنها (متوسطة)، ما يعني إنخفاض قابليتها على تحمل الثقل الخارجي المسلط عليها، الأمر الذي ينذر بحصول إنخساف عند زيادة الحمل عليها أو إستمراره، وهذا ماحصل بالفعل عند موضع الخسفة. بعد هذين العمقين ولحد عمق (٨.٥) متر في البئر (١) و (١٣.٥) متر في البئر (٢)، تزداد قيمة (N) الى (٥٠) ضربة، في كلا البئرين وبذلك تصنف تربتها على أنها (كثيفة)، لديها القدرة على تحمل الأثقال، بعد هذه الأعماق، وعلى عمق (١١) متر تهبط قيمة (N) الى (٤٥) ضربة في البئر (١)، لتصنف على إنها (كثيفة)، أما في البئر (٢) وعلى عمق (١٥) متر فبلغت قيمة (N) (٧) ضربة، لتصنف على إنها (سائبة) هشة لا تتحمل تسليط الأحمال عليها، بعدها تتأرجح قيم (N) مابين الأرتفاع والإنخفاض حتى تستقر عند عمق (١٥) متر بقيمة (٤٦) ضربة في البئر (١)، و (٤٢) ضربة عند عمق (١٩.٥) متر في البئر (٢)، ثم تأخذ بالإرتفاع المستمر لتصل الى (٨٨) ضربة عند عمق (٢٥.٥) متر في البئر (١)، و (٤٢) ضربة عند عمق (٢٧.٥) متر في البئر (٢)، لتكون التربة كثيفة جداً عند تلك الأعماق.

شكل (١) عدد ضربات (N) في عينات البئر (١) ((R2B−1) :BH NO)



المصدر: امانة بغداد، دائرة المجاري، بيانات غير منشورة.

شكل (٢) عدد ضربات (N) في عينات البئر (٢) (BH NO:R3-2)



المصدر: امانة بغداد، دائرة المجاري، بيانات غير منشورة.

جدول (٤) يوضح العلاقة بين قيمة (N) والكثافة النسبية للتربة الرملية

حالة الدمك	عدد ضربات N لكل (٣٠)سم
سائبة جدا	٠-٤
سائبة	٤-١٠
متوسطة	١٠-٣٠
كثيفة	٣٠-٥٠
كثيفة جدا	اكثر من ٥٠

الراشدي، محمد حسن ناصر، التقييم الجيوتكنيكي لتربة محافظة القادسية، العراق، رسالة ماجستير، قسم علوم الارض/الجيولوجيا الهندسية، كلية العلوم، جامعة بغداد، ٢٠٠٤، ص٢٧.

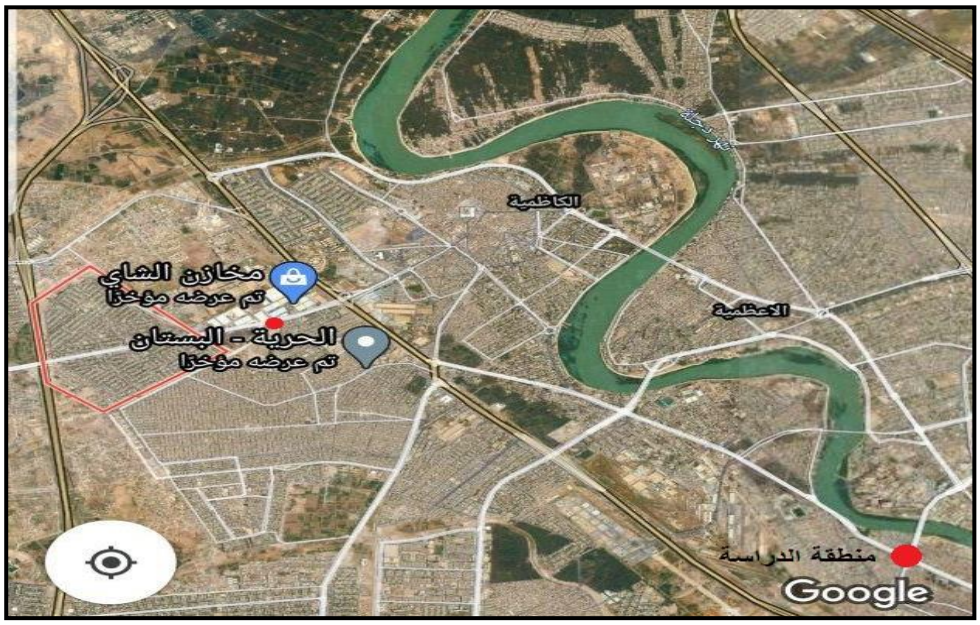
تحليل أسباب الانخساف والتوصيات لمنع حدوثه مستقبلاً:

اعتماداً على المعلومات التي تم جمعها خلال الزيارات الحقلية المتعددة لموقع الدراسة الذي تعرض للإنخساف، ومعرفة ما يحيط به من منشآت هندسية كان لها الأثر البالغ في حدوث الإنخساف، وكذلك الإستعانة بالبيانات التفصيلية الغير منشورة لتربة الخسفة والمأخوذة من (أمانة بغداد، دائرة المجاري)، تم تحديد أسباب إنخساف هذا الموضع دون غيره وبالشكل التالي:

موضع الخسفة قريب من منعطف الكاظمية، ضمن الأراضي المصنفة كجزء من اكتاف نهر دجلة، كما تظهره صورة (٤)، وهذا يعني من الناحية الجيومورفولوجية إن التربة تكونت نتيجة ترسيب نهر دجلة لحمولته الأكبر حجماً عند ضفتي النهر والمؤلفة في غالبيتها من الرمل وبنسبة أقل من الغرين، والتي تتصف بنفاذيتها العالية جداً،

التي تسمح بدخول وحركة وخروج الماء بسهولة، تاركةً فراغات خلال جزيئاتها يسهل تلاشيها عند تسليط حمل خارجي زائد عن الحد عليها وبشكل مستمر، ينتج عنه نقص حجم التربة، وحصول الإنخساف كمرحلة أخيرة. هذا السيناريو حدث بالفعل في موضع الإنخساف، فعلى الجهة اليمنى من الطريق المؤدي الى منطقة الكاظمية والذي حصل فيه الإنخساف، كما يظهر بالصور (٥)، تقع محطتا ضخ مياه الصرف الصحي (R2B, R3) التابعتان لقاطع بلدية الكاظمية على بعد أمتار قليلة من المنطقة المتضررة، وقد أدى تسرب المياه من أنابيب الصرف الصحي التالفة التابعة للمحطتين إلى ارتفاع منسوب المياه الباطنية وتشبع التربة بالمياه، التي زادت من ضعف التربة اولاً وأذابت المواد اللاحمة والأملاح، مما زاد من نسبة الفراغات ثانياً.

صورة (٤) موضع الخسفة ضمن اكتاف ومنعطفات نهر دجلة



المصدر: خرائط برنامج Google Map

صورة (٥) موضع الخسفة بالنسبة لمحطتي ضخ مياه الصرف الصحي (R2B, R3) التابعة لقاطع بلدية الكاظمية، حيث يظهر على الجانب الأيمن باب الدخول الى الدائرة باللون الأبيض

تمت الدراسة الميدانية بتاريخ ٢٠/ ١٠/ ٢٠١٩

وعلى الجانب الآخر من الطريق، توجد مخازن شاي الدباش التابعة لمركز الفارس التمويني صورة (٦)، مما يعني أن الطريق كان يتعرض باستمرار لأحمال ثقيلة ناتجة عن حركة الشاحنات المحملة بالبضائع التي كانت تُنقل من والى مخازن الدباش، تسبب الثقل المستمر لهذه الأحمال في خروج الماء المحصور من فراغات وتجاويف التربة والذي كان قبل خروجه يولد ضغطاً يحافظ على تماسك كتلة التربة ككتلة واحدة، ولكن حال خروجه بسبب الأحمال أرغم حبيبات التربة الرملية على الاندماج مع

بعضها البعض، مما أدى إلى تقليل المسافات بين الحبيبات ونتيجة لذلك تدنى جهد القص الذي ينتج عن الاحتكاك بين الحبيبات، مما أدى إلى إزاحة المواد السطحية وحدوث الانخساف، وقد أشارت بعض الدراسات إلى أن كتلة التربة في مثل هذه الحالات يمكن أن تنخفض إلى أقل من ١.٣ غم/سم^3 من حجمها الأصلي[٩].

وصل عمق الانخساف في خسفة مخازن الفارس التموينية إلى حوالي (٣) أمتار، ووفقًا لما تحدث به مهندس الصيانة المسؤول عن الموقع (محمد جبار رشم) عند مقابلته، تم تغيير مسار أنبوب الصرف الصحي لمنع تسرب المياه مستقبلاً، وتكرار حصول الإنخساف كما تم ردم المنطقة المتضررة باستخدام التربة الطينية كمادة دفن سطحية، صورة (٧)، وتمت إعادة تبليط الشارع المتضرر صورة (٨)، ولكن عند مرور المركبات على موضع الخسفة يشعر الراكب بهبوط واضح لسطح الأرض أثناء سير المركبة، والى هذه اللحظة التي تختتم بها الباحثة كتابة بحثها عن الخسفة موضوع الدراسة تجري عمليات حفر للشارع نفسه بعيداً عن موقع الإنخساف بحوالي (١٠٠) متر، وتظهر مياه الصرف الصحي لمحطتا (R2B, R3) مكشوفة، وكما يظهر بالصورة (٩).

صورة (٦) موضع الخسفة من محطة معالجة مياه الصرف الصحي قاطع بلدية الشعلة يقابلها على الجانب الآخر مخازن مركز الفارس التموينية

المصدر: خرائط برنامج Google Map

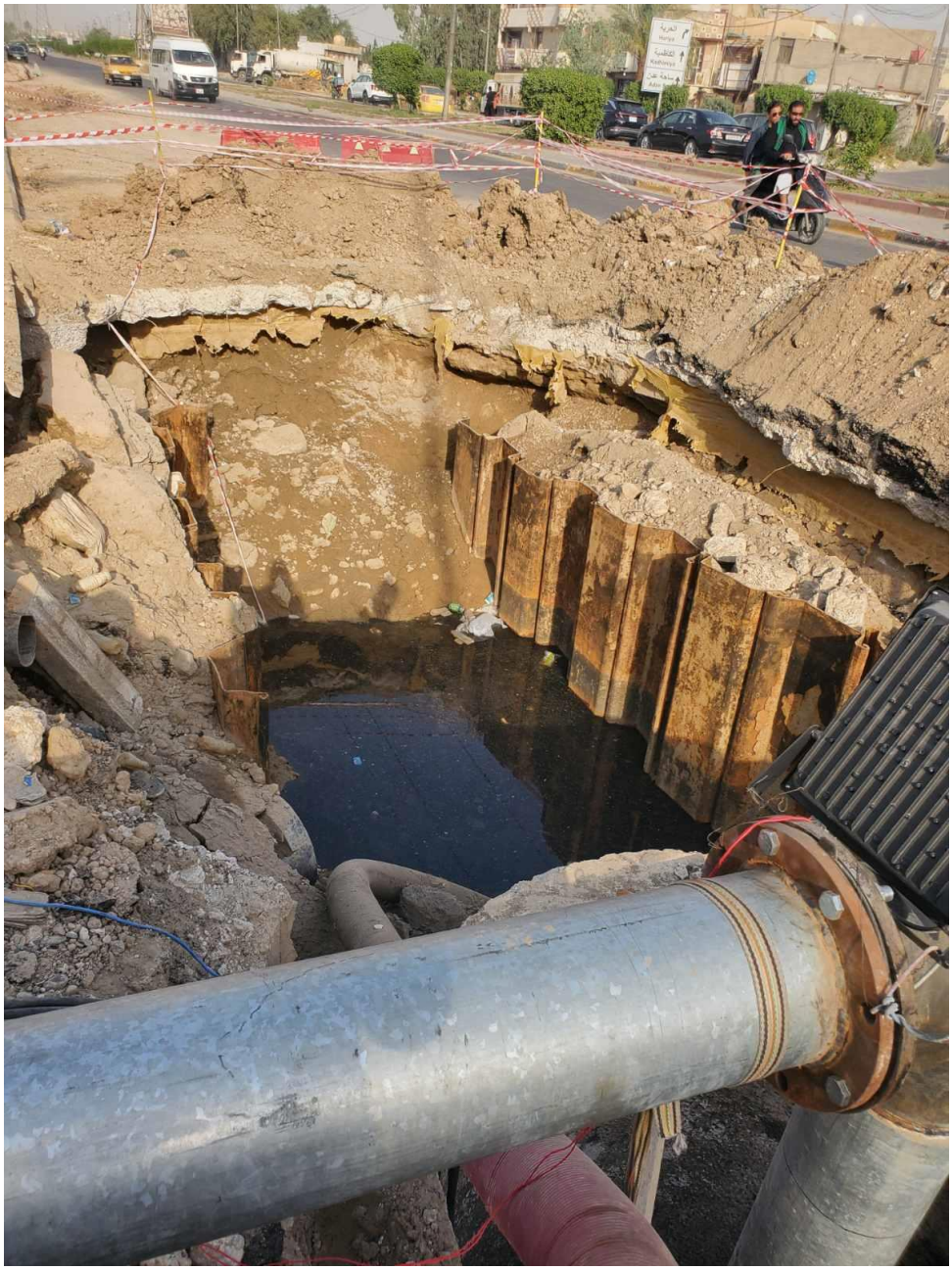
صورة (٧) طمر المنطقة المتضررة باستخدام التربة الطينية كمادة دفن سطحية

تمت الدراسة الميدانية بتاريخ ١٦/٥ /٢٠٢١

صورة (٨) إعادة تبليط الشارع المتضرر فوق موضع الخسفة

تمت الدراسة الميدانية بتاريخ ٢٠ / ٣ / ٢٠٢٥

صورة (٩) عمليات الحفر الجارية للشارع اللذي حصلت فيه الخسفة والقريبة من موضع الإنخساف وتظهر مياه الصرف الصحي مكشوفة



تمت الدراسة الميدانية بتاريخ ٢٢ / ٤ / ٢٠٢٥

الأستنتاجات والتوصيات:

أدى توفر البيئة المثالية في موضع الخسفة، بدءً من تشبع التربة بمياه الصرف الصحي لقربها من احدى دوائر المجاري، مضافاً اليه نوع التربة التي تزيد نسبة الرمل فيها عن (٧٠)%، والتي تتصف بنفاذيتها العالية جداً، يقابل ذلك إنخفاض الكثافة النسبية للتربة في الطبقة السطحية للأرض، مما قلل من قدرتها على الصمود أمام ضغط حركة السيارات ومركبات الحمل الثقيل التي تمر على طريق الخسفة بشكل يومي، مما تسبب بهبوط سطح الأرض، وعليه يفترض إعتماد عدة تدابير كان من ضمنها ما أوصى به (المشرف الفني العام في أمانة بغداد الأستاذ فهد جبر موسى)، بعد إجراء مقابلة شخصية معه بتأريخ (١٢/ ١٠/ ٢٠٢٠)، وكالتالي:

١. ضمان عدم تسرب المياه الى التربة من خلال صيانة وترميم منظومة شبكة انابيب الصرف الصحي والمياه العذبة لتقليل وصول المياه الى التربة الى أدنى حد ممكن، ويستحسن إجراء فحوص دورية للأنابيب.

٢. إجراء عملية دمك ميكانيكي للتربة التي تُعد من أفضل الوسائل لتحسين خصائص التربة وقدرتها على تحمل الأحمال الأضافية، ولضمان التخلص من الفراغات والفجوات بين جزيئاتاتها بشكل كامل وتماسك وتلاحم حبيباتها عن طريق إستخدام مدحلة ثقيلة، أو مطارق خاصة، أو الهز لضغط جزيئات التربة بعد ترطيبها بصورة جيدة بالماء مما يجعلها أكثر استقراراً.

٣. يمكن تصميم أساسات متينة وعميقة تتجاوز الطبقات الضعيفة وفق نتائج الفحوص الجيوتكنيكية، بإستخدام الركائز قبل بناء الإنشاءات الهندسية تضمن أمكانية إستقرارها مستقبلاً.

٤. لزيادة الترابط بين دقائق التربة يمكن إضافة بعض المواد الكيميائية التي تحسن مواصفات التربة وتزيد من متانتها ومقاومتها للضغوط المسلطة عليها، مثل الجير والأسمنت أو المواد البوليمرية وفقاً لنوع التربة وظروف الموقع.

٥. عند الشروع ببناء أحد منشآت البنى التحتية، على المسؤولين المختصين إجراء دراسة مفصلة للموقع المقترح، لتحديد مدى ملاءمته للمشروع المخطط له، بهدف تجنب أي مشكلات قد تؤثر على سلامة المنشأة وتؤدي إلى خسائر بشرية أو مادية في المستقبل.

٦. من الواجب قبل الشروع ببناء أي منشأ هندسي إجراء كافة الفحوصات اللازمة للتربة وطبقة الأساس، ومن الواجب إختيار المواد المستخدمة في البناء ذات جودة عالية ومقاومة للرطوبة والتآكل ومطابقة للمواصفات العراقية والعالمية لإستدامة المبنى المزمع إنشاؤه.

المصادر:

١.داود, تغلب جرجيس،، علم أشكال سطح الأرض التطبيقي (الجيومورفولوجيا التطبيقية)، مطبعة الجامعة المستنصرية، ٢٠٠٢، ص١٤٧.

٢.خضر، صهيب حسن، الاثار البيئية لظاهرة الكارست في تلوث المياه الجوفية (دراسة حالة في مدينة تلعفر)، مجلة جامعة تكريت للعلوم الانسانية، المجلد (١٦)، العدد (٥)، ٢٠٠٩، ص٢٠٩.

٣.الاحيدب، ابراهيم بن سليمان، اثر النشاط البشري على سطح الارض، جامعة الامام محمد بن سعود الاسلامية، الرياض، ط١، ١٩٩٦، ص٦.

٤.شعلة، ماجد محمد محمد، مورفولوجية حفر الانهيار الغائرة باسياح القصيم بالمملكة العربية السعودية، مجلة الجمعية الجغرافية الكويتية، العدد (٣٠٩)، ٢٠٠٦، ص٢٠.

٥.حجاوي، سامي احمد، فحوصات التربة للاغراض الانشائية، نابلس، ٢٠٠٣، ص١٦٤، ١٦٥.

٦.الراشدي، محمد حسن ناصر، التقييم الجيوتكنيكي لتربة محافظة القادسية، العراق، رسالة ماجستير، قسم علوم الارض/الجيولوجيا الهندسية، كلية العلوم، جامعة بغداد، ٢٠٠٤، ص٢٧، ٣٨.

٧.القصبي، عبدالفتاح، ميكانيك التربة، دار الكتب العلمية للنشر، جمهورية مصر العربية، ١٩٩٣، ص٦٦٥.

٨.داود, تغلب جرجيس، مصدر سابق، ص١٤٧، ١٤٩.

(*١) US عينة غير مقلقلة، هذا النوع من العينات على العكس من العينة المقلقلة (DS)، حيث يشترط في التربة ان تحتفظ بتركيبها وتكوينها الطبيعي، عند إستخرج عيناتها في الميدان. الغرض منها معرفة الخصائص الميكانيكية للتربة بإجراء الفحوص المتعلقة بذلك والمتمثلة ب (فحوصات القص، والانضغاط، والتضاغط، والنفاذية، .... الخ)، كما يجب ان لاتقل نسبة الاستخلاص عن (٩٥)%. .ينظر في ذلك:

جمهورية مصر العربية، وزارة الاسكان والمرافق والمجتمعات العمرانية، المركز القومي لبحوث الاسكان والبناء، اللجنة الدائمة لاعداد الكود المصري لميكانيكا التربة وتصميم وتنفيذ الاساسات،

٢٠٠٧، الكود المصري لميكانيكا التربة وتصميم وتنفيذ الاساسات كود رقم ٢٠٢- ٢٠٠١ (ECP 202-2001)، الجزء الاول: ١/٢٠٢ دراسة الموقع، ص٣٢، ٣٦.

(*٢) DS عينة مقلقلة، الهدف من هذه العينة معرفة تركيب التربة ميدانياً وبشكل سريع، ولمعرفة خصائص التربة الفيزيائية والكيميائية، للحصول عليها يشترط أن يتم الحفر بشكل شاقولي وتكون المسافة بين عينة وأخرى (١.٥) متر فما دون، وإذا حصل تبدل في طبقات التربة عند إذ تتم الإستعانة بعينة تربة غير مقلقلة كبديل عنها لإجراء الفحوصات اللازمة بشرط خلخلة الأخيرة بالأسلوب السليم للحصول على نتائج متطابقة.

(*٣) أحد الفحوصات والإختبارات الميدانية، يتم إجرائهُ لمعرفة قابلية التربة القصوى على مقاومة الثقل الخارجي المسلط عليها، فزيادة قيمة (N) في نتائج الإختبار تدل على ارتفاع كثافة التربة وقوامها مما يجعل تحمل التربة لإجهاد الاحمال المسلطة عليها عالية. المصدر:

الراشدي، محمد حسن ناصر، التقييم الجيوتكنيكي لتربة محافظة القادسية، العراق، رسالة ماجستير، قسم علوم الارض/الجيولوجيا الهندسية، كلية العلوم، جامعة بغداد، ٢٠٠٤، ص٢٧.

References:

1 .Dawood, Taghlib Jarjis, 2002, Applied Geomorphology, Al-Mustansiriya University Press, p. 147.

2 .Khader, Suhaib Hassan, (2009), Environmental Impacts of the Karst Phenomenon on Groundwater Pollution (A Case Study in the City of Tal Afar), Tikrit University Journal of Humanities, Vol. (16), No. (5), p. 209.

3 .Al-Ahedib, Ibrahim bin Sulaiman, (1996), The Impact of Human Activity on the Earth's Surface, Imam Muhammad bin Saud Islamic University, Riyadh, 1st ed., p. 6.

4 .Sha'la, Majid Muhammad Muhammad, 2006, Morphology of Sunken Collapse Pits in Asiyah Al-Qassim, Kingdom of Saudi Arabia, Journal of the Kuwaiti Geographical Society, No. (309), p. 20.

5 .Hijawi, Sami Ahmed, 2003, Soil Tests for Construction Purposes, Nablus, pp. 164, 165.

6 .Al-Rashidi, Muhammad Hassan Nasser, 2004, Geotechnical Evaluation of the Soil of Al-Qadisiyah Governorate, Iraq, Master's Thesis, Department of Earth Sciences/Engineering Geology, College of Science, University of Baghdad, pp. 27, 38.

7 .Al-Qasabi, Abdul Fattah, 1993, Soil Mechanics, Dar Al-Kotob Al-Ilmiyah Publishing House, Arab Republic of Egypt, p. 665.

8 .Dawood, Taghlib Jirjis, previous source, pp. 147, 149.

(١*)US: Undisturbed Sample. This type of sample is the opposite of the disturbed sample (DS), where the soil is required to retain its natural composition and structure when extracted in the field. Its purpose is to determine the mechanical properties of soil by conducting related tests (shear, compression, compaction, permeability, etc.). The extraction rate must not be less than (95)%. See:

Arab Republic of Egypt, Ministry of Housing, Utilities and Urban Communities, National Center for Housing and Building Research, Permanent Committee for the Preparation of the Egyptian Code for Soil Mechanics and Foundation Design and Implementation, 2007, Egyptian Code for Soil Mechanics and Foundation Design and Implementation, Code No. 202-2001 (ECP 202-2001), Part One: 202/1 Site Study, pp. 32, 36.

(٢*) DS: Disturbed Sample. The purpose of this sample is to quickly determine the soil composition in the field, and to determine the soil's physical and chemical properties. To obtain this sample, drilling must be

done vertically, with the distance between each sample being (1.5) meters or less. If a change in soil layers occurs, an undisturbed soil sample is used as an alternative to conduct the necessary tests, provided that the sample is disturbed in the proper manner to obtain identical results.

(٣*)One of the field tests and examinations conducted to determine the maximum capacity of a soil to resist an external load. An increase in the value of (N) in the test results indicates a higher density and texture of the soil, which increases the soil's ability to withstand the applied loads. Source: Al-Rashidi, Muhammad Hassan Nasser, 2004, Geotechnical Evaluation of the Soil of Al-Qadisiyah Governorate, Iraq, Master's Thesis, Department of Earth Sciences/Engineering Geology, College of Science, University of Baghdad, p. 27.