

تقييم الخصائص الجيوتكنيكية وانعكاساتها على المخاطر الجيومورفولوجية

لتربة شمال غرب بغداد

أ.م.د. وسن محمدعلي كاظم

wasanalmgoter@gmail.com

الجامعة المستنصرية/كلية التربية/قسم الجغرافية

المستخلص

تعد دراسة المخاطر التي تصيب المنشآت الهندسية بسبب التربة أحد فروع الجيومورفولوجيا التطبيقية. والتنبؤ بالمخاطر الجيومورفولوجية المتعلقة بالتربة يحتاج الى دراسة تفصيلية ووافية لخصائص التربة الطبيعية والعوامل الموقعية المؤثرة عليها، للوصول الى استنتاجات لنوع المخاطر الوارد حصولها للمنشآت الهندسية، وامكانية تجنبها عند التخطيط لمشاريع البنى التحتية المستقبلية. وعليه جاءت هذه الدراسة لتقييم مدى قدرة تحمل تربة شمال غرب بغداد، وتحديد مناطق (التاجي، الكاظمية، وجكوك)، المباني والمنشآت الهندسية الممكن اقامتها عليها مستقبلاً، وما هي المخاطر المحتملة والوارد حصولها.

اعتمدت الدراسة على نتائج عينات تربة (6) آبار تتراوح اعماقها من (20 - 30) متر تحت مستوى سطح الارض، والتي شملت اغلب الخصائص الفيزيائية والكيميائية والهندسية للتربة. جميع نتائج عينات تربة الآبار تم الحصول عليها من قسم تحريات التربة في المركز الوطني للمختبرات والبحوث الإنشائية التابع لوزارة الإعمار والإسكان.

بينت نتائج الدراسة ان اغلب تربة المنطقة لها قابلية عالية في تحمل الإنضغاط الناتج عن الزيادة في الحمل الخارجي المسلط عليها، مما يمكنها من مقاومة الهبوط والانخساف وهذا يعني ان امكانية حصول هبوط في المنشأ الهندسي المزمع إنشائه مستقبلاً سيكون قليلاً جداً. فعلى ضوء نتائج تحليل خصائص تربة المنطقة الطبيعية ظهر بإنها تربة صلبة الى صلبة جداً مما يعني انها تستطيع تحمل اجهادات عالية جداً دون ان يحدث فيها انهيار قص او هبوط متفاوت عند تحميل المساحة الملامسة لها، لكن بشرط ان تكون التربة جافة لا تتعرض للترطيب او زيادة محتواها المائي، كون حد السيولة متوسط الى عالي، وتصنف تربتها بإنها تربة متوسطة الى عالية اللدونة، وهذا يضعف قدرتها ويجعلها ذات مقاومة قليلة للتشوهات في حال تعرضها للترطيب، لذلك نوصي بإجراء عمليات دمك ورص جيدة جداً قبل البدء بإنشاء إي مشروع عليها.

الكلمات المفتاحية: جيوتكنيك، تربة، تخسفات، مخاطر جيومورفولوجية

Evaluation of geotechnical characteristics and their implications on the geomorphological hazard of soils northwest of Baghdad

Asst. Prof. Wasan MohammedAli Kadhim

wasanalmgoter@gmail.com

Department of Geography, College of Education, Al-Mustansiriya University

Abstract

One of the branches of applied geomorphology is the study of risks affecting structures due to soil. Predicting geomorphological risks related to soil requires a detailed and adequate study of factors such as natural soil characteristics and the locational factors affecting them in order to reach conclusions about the nature of potential risks impacting structures, and the possibility of mitigating them during the planning of future infrastructure projects. Thereupon, this study came about to assess the bearing capacity of the soil of northwestern Baghdad in supporting the building of structures and building

construction projects in the future and the potential associated risks, specifically in the areas of (Al-Taji, Al-Kadhimiya, and Jukuk).

The study relies on the results of soil samples from six wells ranging in depth of 20-30 meters below ground level, which included most of the physical, chemical and engineering properties of the soil. All the results of well soil samples are obtained from the Soil Investigation Department at the National Center for Laboratories and Structural Research affiliated to the Ministry of Construction and Housing.

The results of the study shows that most of the soil of the region has a high capacity to bear the pressure resulting from the increase in the external load imposed on it, subsequently enabling it to resist settlement and subsidence. This means no possibility of a subsidence in future but on the condition that the soil should be dry, Therefore we recommend to do soil compaction operations before starting a project on it.

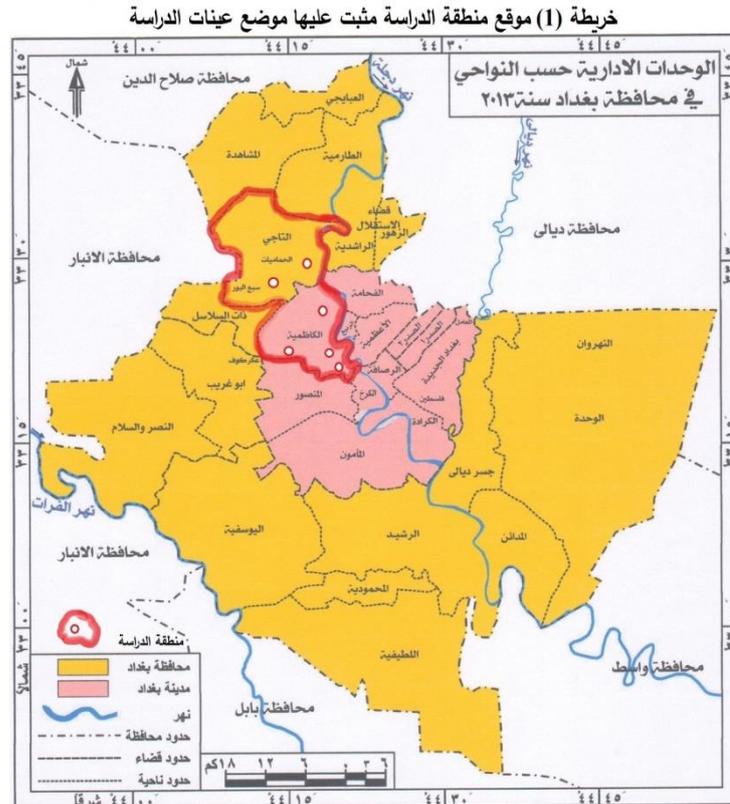
Keywords: geotechnics, soil, subsidence, geomorphological hazard

هدف الدراسة:

إن إجراء دراسة تفصيلية لخصائص تربة شمال غرب بغداد، والعوامل الطبيعية المؤثرة عليها، يتيح لنا إمكانية التنبؤ بسلوك التربة المحتمل عند إقامة منشآت هندسية وبنى تحتية عليها، مما يوفر إمكانية تقادي المخاطر الجيومورفولوجية المحتملة (كالإنخساف أو الإنتفاخ في التربة) بإجراء المعالجات اللازمة بالوقت المناسب. كما يستفاد من هذه الدراسة في عمل قاعدة بيانات يمكن الرجوع إليها في حالة إقامة مشروع هندسي في منطقة الدراسة، مما يقلل من تكاليف دراسة هذا المشروع، ويختصر الوقت خلال مرحلة الدراسة المكتبية.

موقع منطقة الدراسة:

تتحدد منطقة الدراسة بالمنطقة الشمالية الغربية من بغداد، جانب الكرخ، والممثلة ب (الكاظمية، التاجي، وجكوك) فلكياً تتحدد بخطي طول (7° 44") و(23° 44") شرقاً، ودائرتي عرض (20° 33") و(37° 33") شمالاً، خريطة (1)، طبيعياً تقع المنطقة ضمن أراضي السهل الرسوبي في وسط العراق.



الخصائص الطبيعية وأثرها في خصائص التربة في منطقة الدراسة:

يصنف مناخ منطقة الدراسة ضمن المناخ الجاف، الذي يتصف بارتفاع المدى الحراري اليومي والسنوي، والتطرف الكبير في درجات الحرارة، والجفاف في فصل الصيف، وقلة الأمطار الساقطة وتذبذبها في فصل الشتاء، حيث تصنف أمطارها بقلة كمياتها، وتذبذبها بين سنة وأخرى.

يوضح تحليل بيانات الجدول (1)، أن كمية متوسط هطول الأمطار السنوي حوالي (149.6) ملم، حيث يبدأ موسم تساقط الأمطار في تشرين الأول ويستمر حتى نهاية شهر آيار، بينما في الأشهر الأخرى يكون هطول الأمطار معدوماً. كما يتضح أن أعلى متوسط شهري لهطول الأمطار خلال فترة الدراسة كان خلال شهر تشرين الثاني (38.7) ملم.

كما تتصف معدلات درجات الحرارة في محطة بغداد بتقلبات ملحوظة على مدار العام نتيجة لتأثرها بالمنظومات الضغطية المختلفة، ويتضح ذلك من بيانات الجدول (1)، حيث يظهر أن أعلى متوسط شهري لدرجات الحرارة خلال الفترة التي تم تحليلها كان في شهر تموز حيث وصل إلى (36.7) درجة مئوية بينما كان أدنى متوسط شهري في شهر كانون الثاني (10.8) درجة مئوية.

جدول (1)

المعدلات الشهرية والسنوية لدرجة الحرارة (م) والأمطار في محطة بغداد للمدة (2009 - 2018)

المعدل السنوي	ك1	ت2	ت1	أيلول	آب	تموز	حزيران	آيار	نيسان	آذار	شباط	ك2	الشهر
الامطار ملم	22.6	38.7	13.7	0.2	0.0	0.0	0.0	5.3	17.2	15.1	21.1	15.7	149.6
الحرارة مئوية	12.3	17.0	25.7	31.9	36.2	36.7	34.3	29.8	23.9	18.2	13.6	10.8	24.2

المصدر: وزارة النقل والمواصلات، الهيئة العامة للأحوال الجوية والرصد الزلزالي، قسم المناخ، بيانات غير منشورة.

من الناحية الجيولوجية والجيومورفولوجية، فإن منطقة الدراسة تمثل جزء من أراضي السهل الفيضي، أكبر الوحدات الجيومورفولوجية الرسوبية الناشئة، الذي تكون خلال الفترات المطيرة الأربعة في عصر البلايوسين، حيث اشتدت غزارة الأمطار، وعملت المياه على تقطيع الطبقات المحدبة، الممثلة بجبال طوروس وركروس، الواقعة شمال وشمال شرق العراق، وتعرية أجزاء واسعة منها، ومن ثم نقل نواتج هذه التعرية بواسطة الأنهار وترسيبها في الطية المقعرة، بحسب حجم الحبيبات مكونة ظواهر تضاريسية مختلفة باختلاف موقعها عن مجرى النهر، حيث تترسب الحبيبات الخشنة على الضفاف أو قريباً منها لمسافة (1-2) كم، ويعود ذلك إلى فقدان مياه الفيضانات الطاقة اللازمة لنقل الحبيبات الأكبر حجماً بعيداً عن مجرى النهر، الأمر الذي يؤدي إلى تكوين كتوف النهر الطبيعية بمرور الوقت، والتي ترتفع فوق مستوى وادي النهر والأراضي المجاورة والمحيط بها بحدود (3-5) م. غالبية ترسبات اكتاف النهر تتألف من الحصى والرمل وبنسبة أقل من الغرين، لأنها كانت أول ما ترسب من المواد العالقة نظراً لقربها من النهر. أما الحبيبات الناعمة من الحمولة النهرية فتترسب بعيدة عن اكتاف الأنهار ويمرور الوقت تكون السهول الواسعة المنخفضة، وتتألف غالبية تربتها من الطين وبنسبة أقل من الغرين.

الترسبات التي تغطي منطقة الدراسة تعود إلى الزمن الرابع بعصره البلايوسين والهولوسين، والتي تتألف في غالبيتها من الرواسب النهرية القديمة والحديثة، وتضم رواسب الحصى والرمل والغرين والطين التي خلفها مياه الأنهار.

طوبوغرافياً يغلب على سطح المنطقة الانبساط، والارتفاع التدريجي باتجاه الشمال، حيث يصل أقصى ارتفاع لها بالقرب من التاجي (36) م فوق مستوى سطح البحر، كما يظهر في الخرائط الطبوغرافية لمنطقة الدراسة، وبشكل عام ينحدر السطح تدريجياً من الشمال والشمال الغربي نحو الجنوب والجنوب الشرقي، يبلغ الانحدار العام للمنطقة (0.1) م/كم من الشمال باتجاه الجنوب.

الخصائص الجيوتكنيكية (مفهومها وعلاقتها بمشاكل التربة):

الجيوتكنيك، هو علم يختص بدراسة الأثر المتبادل بين التربة والأساسات. وسلوك التربة عند تعرضها للأحمال والإجهادات. وتشمل الخصائص الجيوتكنيكية الخصائص الفيزيائية والكيميائية والهندسية للتربة، مضافاً إليها الخصائص الموقعية للتربة، والمعلومات

(الجيولوجية والجيومورفولوجية والهيدرولوجية). ان الهدف الاساسي من التقييم الجيوتكنيكي للتربة، هو تحقيق اعلى نسبة من الامان بعد إنشاء المشاريع الهندسية، لتجنب الهدر المالي وخسارة الارواح بعد انشاء المنشأ الهندسي عليها، من خلال التنبؤ بسلوك وتصرف التربة، عند تعرضها للاحمال الخارجية، وزيادة نسبة المحتوى المائي فيها، وتعرضها لعمليات التجوية، وتباين اتساع جبهة التجوية خلالها عمودياً وافقياً، الامر الذي يؤدي الى حدوث تغيير في خصائصها الجيوتكنيكية، مما ينتج عنه حدوث مشاكل تأثر على المنشآت الهندسية كهبوط سطح الارض (الانخساف) او انتفاخ التربة. وفيما يلي عرض تفصيلي لخصائص التربة الجيوتكنيكية في منطقة الدراسة لغرض تقييم مدى ملائمتها لإقامة بنى تحتية عليها:

1. الخصائص الفيزيائية:

1.1. التحليل الحبيبي الحجمي:

تتعرض صخور القشرة الارضية بشكل دائم ومستمر الى عمليات التجوية التي تعمل على تكسرها وتفتتها الى حبيبات اصغر مختلفة الاقطار لتقوم بعد ذلك عوامل التعرية بنقلها وترسيبها في اماكن أخرى، عندما تفقد طاقتها او قدرتها على حمل تلك الرواسب، وهذا ما تقوم به الانهار وقت الفيضانات عندما تنقل نواتج التجوية وترسيبها في سهولها الفيضية، لتقوم بعد ذلك ببناء التربة. ان التربة تتألف من حبيبات مختلفة الاحجام يتم تصنيفها بحسب نسب هذه الاحجام، ويستفاد من تحديد اقطار الحبيبات والتدرج الحجمي لها في معرفة بعض خواص التربة مثل مقدار مسامية التربة، وقدرتها على الاحتفاظ بالماء، ومدى حاجة التربة للرص والدمك، وسلوكها عند اقامة مشاريع انشائية عليها، ومقاومتها للأحمال الخارجية، والقص، والانضغاط.

وفقاً لبيانات الجداول (2، 3، 4، 5، 6، 7)، واعتماداً على نظام تصنيف التربة الموحد (USCS)، المعتمد من قبل الجمعية الامريكية للفحوصات والمواد (ASTM)، الذي اعتمده المركز الوطني للمختبرات والبحوث الإنشائية، قسم تحريات التربة، وزارة الإعمار والإسكان، يمكن توضيح الحجم الحبيبي لتربة عينات طبقات الخفر الاختبارية لمنطقة الدراسة بشكل تفصيلي كالتالي:

بالنسبة لجنوك فإن طبقة التربة العلوية عبارة عن مادة حشو تتكون من الطين والغرين والرمل والحصى الممزوج بمواد عضوية. تمتد هذه الطبقة من سطح الأرض نزولاً إلى عمق (1) متر، تليها طبقة (تربة متماسكة)، تتكون من طين بني شديد الصلابة (CL). تمتد هذه الطبقة أسفل الطبقة أعلاه وصولاً إلى عمق (6.75) متر، ثم بعد ذلك طبقة (تربة غير متماسكة)، تتكون من رمل طري رمادي متوسط (SM). تمتد هذه الطبقة أسفل الطبقة أعلاه وصولاً إلى عمق (8.75) م. والطبقة الثالثة عبارة عن (تربة متماسكة) تتكون من طين بني شديد الصلابة (CL) مع رمل. تمتد هذه الطبقة أسفل الطبقة أعلاه وصولاً إلى عمق (12.75) متر. تليها الطبقة الرابعة وهي (تربة غير متماسكة)، وتتكون من رمل غريني رمادي متوسط (SM). تمتد هذه الطبقة أسفل الطبقة أعلاه وصولاً إلى عمق (14.75) متر. ثم الطبقة الخامسة، (تربة متماسكة)، تتكون من طين بني صلب (CH، CL). تمتد هذه الطبقة أسفل الطبقة أعلاه وصولاً إلى عمق (18.75) متر. طبقة التربة الأخيرة عبارة عن (تربة غير متماسكة) تتكون من رمال طينية رمادية كثيفة جداً (SM). تمتد هذه الطبقة أسفل الطبقة أعلاه وصولاً إلى نهاية التجويف بعمق (20) متر.

تربة تاجي (1، 2)، الطبقة الأولى (تربة متماسكة) متوسطة الى شديدة الصلابة من الطين البني (CH، CL) إلى الغرين المرن (MH)، والذي يمتد من سطح الأرض حتى عمق (10.75-11.25) م. تليها طبقة (التربة غير المتماسكة)، والتي تتكون من الرمل الطري الرمادي السائب إلى متوسط الكثافة (SM) أو الرمل مع الغرين (SP-SM). تمتد هذه الطبقة أسفل الطبقة أعلاه نزولاً إلى عمق (25.0) م.

كازمية (1)، طبقة التربة العلوية عبارة عن مادة حشو تتكون من الرمل والحصى مع الطين والغرين والرمل مع الجذور والخرسانة. تمتد هذه الطبقة من سطح الأرض الطبيعي نزولاً إلى عمق (1.5) متر. تليها أول طبقة من التربة الرئيسية هي (طبقة متماسكة)، تتكون من الطين البني الناعم شديد الصلابة (CL.CH)، تمتد هذه الطبقة أسفل الطبقة أعلاه وصولاً إلى عمق (16.75) متر. تليها (تربة غير متماسكة)، تتكون من رمل غريني رمادي كثيف جداً، (SM) تمتد هذه الطبقة أسفل الطبقة أعلاه وصولاً إلى نهاية التجويف بعمق (30) متر.

كازمية (2)، طبقة التربة العلوية عبارة عن طبقة حشو تتكون من الطين والغرين مع الحصى والجذور. تمتد هذه الطبقة من سطح الأرض نزولاً إلى عمق (1) متر. تليها طبقة التربة الأولى وهي تربة متماسكة تتكون من طين ناعم إلى بني شديد الصلابة إلى طين

رمادي (CL.CH) مع الرمل، تمتد هذه الطبقة أسفل الطبقة أعلاه نزولاً إلى عمق (16.75) متر. طبقة التربة الثانية (تربة غير متماسكة)، وتتكون من رمل طري رمادي متوسط إلى كثيف جداً (SM). تمتد هذه الطبقة أسفل الطبقة أعلاه وصولاً إلى نهاية التجويف (25.0) متر. ظهرت طبقة من الطين البني شديد الصلابة (CL.CH) خلال أفاق هذه الطبقة.

كازمية (3)، الطبقة العليا عبارة عن رصيف بسمك 20 سم. تليها الطبقة الأولى من التربة عبارة عن (تربة متماسكة)، تتكون من خليط غريني خفيف من الطين شديد النعومة إلى البني القاسي إلى الأخضر أو الرمادي أو خليط من الغرين مع قطع من الطابوق (CL.ML). تمتد هذه الطبقة حتى عمق (8.75) متر. بعدها طبقة التربة الثانية وهي (تربة غير متماسكة)، وتتكون من رمل رمادي متوسط الكثافة مع غرين (SP-SM). تمتد هذه الطبقة أسفل الطبقة أعلاه نزولاً حتى عمق (14.5) متر. طبقة التربة الثالثة عبارة عن (تربة متماسكة)، تكون صلبة إلى بنية صلبة من البني إلى الأخضر المارلي الهزيل إلى الطين (CH, CL). تمتد هذه الطبقة أسفل الطبقة العلوية نزولاً حتى عمق (18.75) متر. الطبقة الأخيرة من التربة عبارة عن (تربة غير متماسكة)، تتكون من رمل رمادي سائب إلى كثيف مع غرين إلى رمل متدرج أو رمل طري أحياناً مع الحصى (SM, SP SM.SP). تمتد هذه الطبقة أسفل الطبقة أعلاه وصولاً إلى عمق التجويف (30.0)م.

ان نسب مكونات التوزيع الحبيبي الحجمي لجميع ترب عينات منطقة الدراسة يعطي نتائج متشابهة الى حد كبير، مما يعكس تشابه العمليات الجيومورفولوجية الترسيبية التي ساهمت في بناء تربة المنطقة. وان مصادر هذه الترسبات هو نفسه مصدر واحد. يغلب الطين في الافاق العليا ثم تنعكس الحال بزيادة العمق نحو الاسفل، حيث يصبح الرمل هو السائد.

جدول (2)

الفحوصات المختبرية الفيزيائية والكيميائية لعينات الحفرة الاختبارية لمنطقة جوك (BH NO:1)

الفحوصات الكيميائية								حدود التربة				وصف التربة	التحليل الحبيبي الحبيبي					العينات		
CaCo3 (%)	CL (%)	Org (%)	PH	TSS (%)	Gyp (%)	So3 (%)	MC (%)	L.L (%)	P.I (%)	SH.L (%)	USCS		S.P.T. "N"	طين (%)	غرين (%)	رمل (%)	حصى (%)	النوع	العمق (متر)	التماسك
		1.640	8		0.778	0.362							22	40	11	27	D	0-0.5	1	مادة حصى (سبيس) (الطين البني، الرمل الغريني والحصى الممزوج بالمواد العضوية) نفس المادة اعلاه
							12						15	43	16	26	U	0.5-1	2	
		0.276			0.067	0.031		34	14	13	CL	19					SS	1-1.5	3	(طبقة متماسكة) طين بني شديد الصلابة
							25				CL		40	51	9	0	U	2.5-3	4	(طبقة متماسكة) طين بني شديد الصلابة
								34	16		CL	22					SS	3-3.5	5	(طبقة متماسكة) طين بني شديد الصلابة
					0.043	0.020	25				CL		39	60	1	0	U	4.5-5	6	(طبقة متماسكة) طين بني
								38	18		CL	27					SS	5-5.5	7	(طبقة متماسكة) طين بني شديد الصلابة
											SM	26	17		83	0	SS	7-7.5	8	(طبقة غير متماسكة) رمل غريني رمادي متوسط
31.9					0.022	0.010					CL	21	26	55	19	0	SS	9-9.5	9	(طبقة متماسكة) طين بني شديد الصلابة مع رمل
								34	11		CL	27					SS	11-11.5	10	(طبقة متماسكة) طين بني شديد الصلابة
											SM	28					SS	13-13.5	11	(طبقة غير متماسكة) رمل غريني رمادي متوسط
36.2					0.232	0.108					CL	46	46	50	4	0	SS	15-15.5	12	(طبقة متماسكة) طين بني صلب
								60	32		CH	46					SS	17-17.5	13	(طبقة متماسكة) طين بني صلب
											SM	57	23		72	5	SS	19.5-20	14	(طبقة غير متماسكة) رمل غريني رمادي كثيف جدا
		7.42				0.175														

المصدر: وزارة الإعمار والإسكان، المركز الوطني للمختبرات والبحوث الإنشائية، قسم تحريات التربة، بيانات غير منشورة.

(D) عينة مخلخلة(****) (U) عينة غير مخلخلة(****) (SPT) اختبار الاختراق القياسي (USCS) صنف النسجة حسب نظام تصنيف التربة الموحد (SH.L) حد الانكماش (P.I) حد اللدونة (L.L) حد السيولة (M.C) محتوى الرطوبة (So3) ايون الكبريت (Gyp) محتوى الجبس (Org) المواد العضوية (CL) الكلوريد (CaCo3) كاربونات الكالسيوم

جدول (3)

الفحوصات المخبرية الفيزيائية والكيميائية لعينات الحفرة الاختبارية الاولى لمنطقة التاجي (BH NO:1)

الفحوصات الكيميائية							حدود التربة				وصف التربة	التحليل الحجمي الحبيبي					العينات		
CaCo3 (%)	CL (%)	Org (%)	PH	TSS (%)	Gyp (%)	So3 (%)	M.C (%)	L.L (%)	P.I (%)	SH.L (%)		USCS	S.P.T. "N"	طين (%)	غرين (%)	رمل (%)	حصى (%)	النوع	العمق (متر)
	0.05 7	0.40	8.23	3.40	2.47	1.15		38	14	12			25	50	15	10	D	0-1	1
							19						25	70	5	0	U	1-1.5	2
					0.12	0.06		38	17			7					SS	1.5-2	3
							26										U	3-3.5	4
								47	22			14	45	47	8	0	SS	3.5-4	5
							38	59	21								U	5-5.5	6
								59	23			12					SS	5.5-6	7
	0.16 0	0.15	8.11	0.35	0.25	0.12						24	38	59	3	0	SS	7.5-8	8
												20	45	50	5	0	SS	9.5-10	9
												9					SS	11.5-12	10
												7					SS	13.5-14	11
												26	20	80	0	0	SS	15.5-16	12
												18					SS	17.5-18	13
												26					SS	20-20.5	14
												27	10	70	20	0	SS	22-22.5	15
												29	10	90	0	0	SS	24.5-25	16

المصدر: وزارة الإعمار والإسكان، المركز الوطني للمختبرات والبحوث الإنشائية، قسم تحريات التربة، بيانات غير منشورة.

جدول (4)

الفحوصات المخبرية الفيزيائية والكيميائية لعينات الحفرة الاختبارية الثانية لمنطقة التاجي (BH NO:2)

الفحوصات الكيميائية							حدود التربة				وصف التربة	التحليل الحجمي الحبيبي					العينات		
CaCo3 (%)	CL (%)	Org (%)	PH	TSS (%)	Gyp (%)	So3 (%)	M.C (%)	L.L (%)	P.I (%)	SH.L (%)		USCS	S.P.T. "N"	طين (%)	غرين (%)	رمل (%)	حصى (%)	النوع	العمق (متر)
	0.39 5	0.34	8.21	3.49	2.94	1.37		35	11	10			20	10	35	35	D	0-1	1
								44	17			7					SS	1-1.5	2
							24										U	2.5-3	3
								48	24			12	30	65	5	0	SS	3-3.5	4
							27	43	19								U	4.4-5	5
	0.09 9	0.25	8.59	0.23	0.15	0.07		52	19			14					SS	4.5-5	6
							27										U	5.5-6	7
					0.22	0.10						27	45	50	5	0	SS	6-6.5	8
												18	52	40	8	0	SS	8-8.5	9
												11					SS	10-10.5	10
												9	10	62	28	0	SS	12-12.5	11
												29					SS	14.5-15	12
												21					SS	17-17.5	13
												26					SS	19.5-20	14
												28					SS	22-22.5	15
												28	11	67	22	0	SS	24.5-25	16

المصدر: وزارة الإعمار والإسكان، المركز الوطني للمختبرات والبحوث الإنشائية، قسم تحريات التربة، بيانات غير منشورة.

جدول (5)

الفحوصات المختبرية الفيزيائية والكيميائية لعينات الحفرة الاختبارية الاولى لمنطقة الكاظمية (BH NO:1)

الفحوصات الكيميائية							حدود التربة				وصف التربة	التحليل الحجمي الحبيبي				العينات			
CaCo3 (%)	CL (%)	Org (%)	PH	TSS (%)	Gyp (%)	So3 (%)	MC (%)	L.L (%)	P.I (%)	SH.L (%)		USCS	S.P.T. "N"	طين (%)	غرين (%)	رمل (%)	حصي (%)	النوع	العمق (متر)
	0.029		9.91			0.334							33	61	6	0	D	0-1.5	1
	0.021		9.81			0.157					CL		26	70	4	0	U	1.5-2	2
								43	25	12		6					SS	2-2.5	3
								27			CL		26	70	4	0	U	3-3.5	4
	0.025		9.99 0			0.143		48	28		CL	16					SS	3.5-4	5
								20	31	13	CL						U	5.5-6	6
	0.018		10.1 2			0.185					CL	24	26	69	5	0	SS	6-6.5	7
											SM	22	20	80	0	0	SS	8-8.5	8
								41	28		CL	26					SS	10-10.5	9
											CL	25	33	60	7	0	SS	12.5-13	10
											CL	41	28	72	0	0	SS	15-15.5	11
											SM	32	10	90	0	0	SS	18.5-19	12
											SM	38					SS	22-22.5	13
											SM	51	13	87	0	0	SS	25-25.5	14
											SM	52					SS	27.5-28	15
											SM	77	24	76	0	0	SS	29.5-30	16

المصدر: وزارة الإعمار والإسكان، المركز الوطني للمختبرات والبحوث الإنشائية، قسم تحريات التربة، بيانات غير منشورة.

جدول (6)

الفحوصات المختبرية الفيزيائية والكيميائية لعينات الحفرة الاختبارية الثانية لمنطقة الكاظمية (BH NO:2)

الفحوصات الكيميائية							حدود التربة				وصف التربة	التحليل الحجمي الحبيبي				العينات			
CaCo3 (%)	CL (%)	Org (%)	PH	TSS (%)	Gyp (%)	So3 (%)	MC (%)	L.L (%)	P.I (%)	SH.L (%)		USCS	S.P.T. "N"	طين (%)	غرين (%)	رمل (%)	حصي (%)	النوع	العمق (متر)
	0.650		8.90			1.190							28	55	17	0	D	0-1	1
							28				CL		30	68	2	0	U	1-1.5	2
								33	9	6	CL	٢					SS	1.5-2	3
								31			CL		29	50	21	0	U	3-3.5	4
											CL	٥	28	49	23	0	SS	3.5-4	5
	0.028		8.73 0			0.084					SC.SM		8	21	71	0	U	5-5.5	6
											CL.SM	١٥	21	49	30	0	SS	5.5-6	7
											SM	٧	15	85	0	0	SS	7.5-8	8
											SM.CL	١٣	25	59	16	0	SS	9.5-10	9
								47	21		CL	١٤					SS	11.5-12	10
	0.021		9.19 0			0.019					SM	١٤	19	81	0	0	SS	13.5-14	11
								68	42		CH	٢٤					SS	15.5-16	12
											SM	٢٢	18	82	0	0	SS	17.5-18	13
											SM.CL	٢٨	27	70	3	0	SS	19.5-20	14
											SM	٥٨	18	82	0	0	SS	22-22.5	15
											SM	٥٧	12	88	0	0	SS	24.5-25	16

المصدر: وزارة الإعمار والإسكان، المركز الوطني للمختبرات والبحوث الإنشائية، قسم تحريات التربة، بيانات غير منشورة.

جدول (7)

الفحوصات المخبرية الفيزيائية والكيميائية لعينات الحفرة الاختبارية الثالثة لمنطقة الكاظمية (BH NO:3)

الفحوصات الكيميائية							حدود التربة				وصف التربة	التحليل الحجمي الحبيبي					العينات		
CaCo3 (%)	CL (%)	Org (%)	PH	TSS (%)	Gyp (%)	So3 (%)	M.C (%)	L.L (%)	P.I (%)	SH.L (%)		USCS	S.P.T. "N"	طين (%)	غرين (%)	رمل (%)	حصي (%)	التربة	العمق (متر)
											ML		7	58	18	17	D	0-1	1
	0.11	0.22	8.19		0.73	0.34		36	12		CL						U.D	1-1.5	2
											CL	3					SS	1.5-2	3
28	0.06		8.59		0.15	0.07	39				CL		22	51	24	3	U	3-3.5	4
								35	11		CL	3					SS	3.5-4	5
30		0.19					39				CL		20	49	26	5	U	5-5.5	6
											CL	0	15	50	30	5	SS	5.5-6	7
								34	14		CL						D	6.5-7	8
											CL	8	4	73	23	0	SS	7.5-8	9
33	0.04		8.48		0.54	0.25					SP,SM	11					SS	9.5-10	10
											SP,SM	12	9	35	56	0	SS	11.5-12	11
											SP,SM	12					SS	13.5-14	12
								39	35		CH	26					SS	15.5-16	13
								55	30		CL	19	28	56	16	0	SS	17.5-18	14
											SP,SM	6					SS	19.5-20	15
											SP,SM	9	11	89	0	0	SS	21.5-22	16
											SP,SM	15					SS	23.5-24	17
											SP	17	1	96	3	0	SS	25.5-26	18
											SP	23					SS	27.5-28	19
											SP,SM	18	12	73	15	0	SS	29.5-30	20

المصدر: وزارة الإعمار والإسكان، المركز الوطني للمختبرات والبحوث الإنشائية، قسم تحريات التربة، بيانات غير منشورة.

1.2. النسبة المئوية لمحتوى الرطوبة (M.C):

ونقصد بها النسبة بين وزن الماء الى وزن الحبيبات الصلبة في التربة، ومعرفة قيمة هذه النسبة له اهمية في تحديد بعض المشاكل التي تتعرض لها المنشآت والمباني الهندسية مثل الإنتفاخ والإنضمام، نتيجة اختلاف سلوك التربة عند تشبعها بالماء، بحسب نوعها (الزبيدي، 2006) ويقدر محتوى الرطوبة الامثل بنسبة (13.5%)، (مهوس، 2017).

وفقاً لبيانات الجداول (2، 3، 4، 5، 6، 7)، لعينات الحفر الاختبارية للتربة في منطقة الدراسة، فقد تراوحت النسبة المئوية للرطوبة ما بين (12- 25)% لمنطقة جكوك، عند العمق (0.5- 1)م و (4.5- 5)م. ومستوى الماء الجوفي من سطح الأرض الطبيعي يبدأ عند عمق (1)م بعد 24 ساعة من الحفر. اما منطقة تاجي (1، 2)، فقد تراوحت النسبة المئوية للرطوبة ما بين (19- 38)% عند العمق (1- 1.5)م و (5- 5.5)م. ومستوى الماء الجوفي من سطح الأرض الطبيعي يبدأ عند عمق (1.5)م بعد 24 ساعة من الحفر. وتراوحت النسبة المئوية للرطوبة ما بين (20- 39)% لمنطقة كاظمية (1، 2، 3)، عند العمق (3- 3.5)م و (5.5- 6)م. ومستوى الماء الجوفي من سطح الأرض الطبيعي يبدأ عند عمق (2.4، 4.15، 1.70)م، للعينات (1، 2، 3) على التوالي بعد 24 ساعة من الحفر.

ويختلف عمق منسوب المياه الجوفية لجميع المناطق باختلاف المعدل السنوي لكمية الأمطار المتساقطة من سنة إلى أخرى، اذا كانت السنين جافة ام رطبة، وكذلك بحسب اختلاف شهور السنة. كما يرتفع المنسوب موقِعياً في حالة وجود تكسرات او تسرب من انابيب مياه الصرف الصحي والمياه العذبة.

وتختلف نسب الاملاح في المياه الجوفية في منطقة الدراسة حيث تتراوح من مياه عذبة الى مياه مالحة، أن المياه العذبة وتلك التي لها ملوحة قليلة تكون موجودة بالقرب من مجرى نهر دجلة.

1.3. حدود القوام (حدود اتربرغ):

حدود اتربرغ هي قرائن تستخدم لتمييز قوام التربة ذات الحبيبات الناعمة (الطين، والغرين) عند تغيير نسبة رطوبتها، الامر الذي يؤدي الى تغيير قوامها، وكنتيجة لذلك تتغير خواصها الهندسية، فزيادة رطوبة التربة بدءاً من الصفر يزيد سماكة الاغشية المائية المحيطة بالجزيئات الغضارية، وبذلك تتغير بنية التربة وحالتها (بني، 1996)، فقوام التربة ومدى ارتباط وتماسك حبيباتها يعتمد على نسبة المحتوى المائي بها، حيث ان العلاقة بينهما عكسية، فزيادة المحتوى المائي يعني تباعد حبيباتها المتجاورة عن بعضها البعض، ونقص قوامها وضعف تحملها، وتصبح اقرب الى السائل اللزج الكثيف. وتتواجد الترب الناعمة الحبيبات المتماسكة بأربع حالات اعتماداً على محتواها المائي هي الحالة (الصلبة، وشبه الصلبة، اللدنة، والسائلة)، (المناهج، بدون سنة نشر).

كما تعتبر قيم حدود اتربرغ مقياساً للتغير الحجمي للتربة بعلميتي الانتفاخ والانكماش عند تغير نسبة رطوبة التربة بالترطيب والتجفيف المتناوب، ان الانتفاخ يعني زيادة حجم التربة نتيجة لزيادة محتواها من الرطوبة ويحصل ذلك بشكل خاص في الترب الطينية. وهذه احد المشاكل الخطرة التي تعاني منها المشاريع الهندسية التي تقام على الترب الطينية، حيث تسلط التربة عند انتفاخها ضغط رافع على الأسس والأرضيات مسببة تشققات في المنشأ الهندسي خصوصاً في الأبنية ذات الأحمال الخفيفة (الزبيدي، 2006)، وتشمل حدود اتربرغ حد (السيولة، اللدونة، والانكماش)، وفيما يلي توضيح لهذه الحدود:

حد السيولة (L.L)، هو المحتوى المائي الذي تتحول عنده التربة الى الحالة السائلة، بمعنى انه اقل محتوى مائي تسيل عنده التربة او تنهار بفعل وزنها. (الراشدي، 2004). واذا ارتفعت قيمة حد السيولة في التربة فهذا يدل على ارتفاع نسبة الطين مما يجعل قوة تحملها للقوى منخفضة وتتصرف كما لو انها سائل لزج (المناهج، بدون سنة نشر).

حد اللدونة (P.I)، والانكماش (SH.L)، اذا ما بدأت التربة الطينية او التربة ذات الحبيبات الدقيقة او الناعمة التي بلغت حد السيولة بفقدان الماء بببطء فإن ذلك يعمل على تقارب حبيبات الطين من بعضها البعض اكثر مما يجعلها قادرة على مقاومة تغير شكلها (حجاوي، 2003)، وبذلك تكون قد وصلت حد اللدونة، فحد اللدونة هو المحتوى المائي الذي تبداً عنده التربة بالتحول من الحالة اللدنة الى الحالة شبه الصلبة (المناهج، بدون سنة نشر)، مع استمرار التربة الطينية في فقدان الماء تزداد صلابتها ويتقلص حجمها الى الحد الادنى وتصبح صلبة لتصل الى حد الإنكماش، الذي يعرف بأنه المحتوى المائي الذي تتحول عنده التربة من الحالة شبه الصلبة الى الحالة الصلبة (حجاوي، 2003)، ويستخرج دليل اللدونة من طرح قيمة حد اللدونة من حد السيولة ويلاحظ ان هناك علاقة عكسية بين قيمة دليل اللدونة وزاوية الاحتكاك الداخلي للتربة الطينية، فكلما زاد دليل اللدونة قلت قيمة زاوية الاحتكاك الداخلي للتربة الطينية. (الراشدي، 2004).

وفقاً لبيانات الجداول (2، 3، 4، 5، 6، 7)، واعتماداً على المقاييس المحددة بالجدول (8) فقد بلغت قيم (حد السيولة، واللدونة، والإنكماش) ودليل اللدونة لتربة عينات الحفر الاحتمالية لمنطقة الدراسة ما يلي:

يتراوح حد السيولة (L.L) في جوكوك بين (34-60)% وهذا حد سيولة متوسط الى عالي، بينما يسجل حد الإنكماش (L.Sh) قيمة (13)% ويتراوح دليل اللدونة (P.I) بين (11-32)% مما يجعل تربتها تصنف متوسطة الى عالية اللدونة بحسب الجداول. وفي منطقة التاجي (1) يتراوح حد السيولة (L.L) بين (38-59)%، وهذا حد سيولة متوسط الى عالي، وتبلغ قيمة حد الإنكماش (12)% ويتراوح دليل اللدونة (P.I) بين (14-23)% وعليه تصنف التربة بأنها تربة متوسطة اللدونة الى عالية اللدونة بحسب جدول (8). وفي منطقة التاجي (2) فإن حد السيولة (L.L) يتراوح بين (35-52)%، وهذا حد سيولة متوسط الى عالي، وتبلغ قيمة حد الإنكماش (L.Sh) (10)% ودليل اللدونة (P.I) يتراوح بين (11-24)% وتصنف تربتها بأنها متوسطة الى عالية اللدونة.

اما بالنسبة لتربة عينة كاظمية (1) يتراوح حد السيولة (L.L) ما بين (31-48)%، وهذا حد سيولة متوسط، وتبلغ قيمة حد الإنكماش (L.Sh) (12)%، ويتراوح دليل اللدونة (P.I) (13-28)% وعليه تصنف التربة بأنها متوسطة الى عالية اللدونة.

وتسجل كاظمية (2) حد السيولة (L.L) يتراوح ما بين (33-68)%، وهذا حد سيولة متوسط الى عالي، وقيمة حد الإنكماش (L.Sh) بلغت (6)%، بينما تراوح دليل اللدونة (P.I) بين (9-42)%، اي انها تصنف كترية متوسطة اللدونة الى تربة عالية جدا.

وفي كاظمية (3) يتراوح حد السيولة (L.L) بين (34-59) %، وهذا حد سيولة متوسط الى عالي، وتراوح دليل اللدانة (P.I) بين (11-35) % اي انها تربة متوسطة الى عالية اللدونة.

بشكل عام حد السيولة في تربة منطقة الدراسة متوسط الى عالي، وتصنف تربتها بإنها تربة متوسطة الى عالية اللدونة، وهذه نتيجة طبيعية لارتفاع نسبة الطين في حبيباتها، مما يجعل قوة تحملها للقوى منخفضة بسبب ضعف زاوية الاحتكاك الداخلي للتربة وبالتالي يضعف قدرتها ويجعلها ذات مقاومة قليلة للتشوهات.

جدول (8)

تصنيف التربة اعتماداً على قيم حد السيولة ودليل اللدونة

حد السيولة (L.L)	صنف التربة	دليل اللدونة (P.I.)	صنف التربة
اقل من 20	حد سيولة منخفض جداً	صفر-1	تربة غير لدنة
20-25	حد سيولة منخفض	1-5	تربة لدنة نوعاً ما
25-50	حد سيولة متوسط	5-10	تربة واطئة اللدونة
50-70	حد سيولة عالي	10-20	تربة متوسطة اللدونة
70-90	حد سيولة مرتفع جداً	20-40	تربة عالية اللدونة
اكثر من 90	حد سيولة مرتفع للغاية	أكثر من 50	تربة ذات لدونة عالية جداً

الراشدي، محمد حسن ناصر، التقييم الجيوتكنيكي لتربة محافظة القادسية، العراق، رسالة ماجستير (غير منشورة)، قسم علوم الارض، كلية العلوم، جامعة بغداد، 2004، ص 31، 32.

2. الخصائص والفحوصات الهندسية:

"ان الهدف من اجراء الفحوصات وتحديد الخصائص الهندسية للتربة هو التنبأ بسلوك التربة ومعرفة مدى مقاومتها للضغط والاحمال الخارجية عند اقامة المنشآت الهندسية عليها ومن ابرز هذه الفحوصات هو:

1.1 فحص الاختراق القياسي (S.P.T) (قيمة N):

يعد من اهم الفحوصات الحقلية لتقدير قابلية التحمل المسموح بها للتربة من خلال معرفة قيمة (N) لكل الاعماق، حيث تدل زيادة قيمة (N) على قوة التربة ومقاومتها للإجهادات والاحمال الخارجية المسلطة عليها والعكس صحيح. ويمكن اعتبار قيمة (N) كقيمة دالة لمعرفة الكثافة النسبية للتربة غير المتماكة (الرملية والحصى) ومعرفة قوام التربة للتربة المتماكة (الطينية والغرينية)، (الفرجي، 2016).

وفقاً لبيانات الجداول (2، 3، 4، 5، 6، 7)، واعتماداً على المقاييس المحددة بالجدول (9)، فقد أشار عدد ضربات اختبار الاختراق القياسي (S.P.T) في تربة عينة جكوك إلى أن قوام (طبقة التربة المتماكة) يكون شديد الصلابة، حتى عمق (14)م، وقاسي عند الاعماق (15-18)م. اما كثافة (طبقة التربة الغير المتماكة)، فتكون متوسطة الكثافة الى كثيفة جداً.

اما تربة عينات تاجي (1، 2)، فتشير نتائج اختبار الاختراق القياسي (S.P.T) إلى أن قوام (طبقة التربة المتماكة) متوسط وصلب الى شديد الصلابة. اما كثافة (طبقة التربة الغير المتماكة)، فتكون سائبة الى متوسطة الكثافة.

في كاظمية (1)، تشير قيم (N) إلى أن قوام (طبقة التربة المتماكة) تتدرج من متوسطة الى شديدة الصلابة وقاسية بزيادة العمق نحو الاسفل. اما بالنسبة (طبقة التربة الغير المتماكة)، تشير قيم (N) إلى أن الكثافة النسبية للتربة من كثيفة إلى كثيفة جداً.

اما تربة عينة كاظمية (2) فتشير قيم (N) إلى أن قوام (طبقة التربة المتماكة) متوسطة إلى صلبة. اما بالنسبة (طبقة التربة الغير المتماكة)، تشير قيم (N) إلى أن الكثافة النسبية للتربة متوسطة حتى عمق (21.5)م ثم تتحول إلى كثيفة جداً بزيادة العمق نحو الاسفل.

كاظمية (3) تشير قيم (N) إلى أن قوام التربة (لطبقة التربة المتماسكة)، ناعم حتى عمق (6)م إلى متوسطة وشديدة الصلابة بزيادة العمق. أما بالنسبة (لطبقة التربة غير المتماسكة)، تشير قيم (N) إلى أن الكثافة النسبية للتربة تكون سائبة إلى متوسطة، بزيادة العمق نحو الأسفل.

جدول (9)

يوضح العلاقة بين قيمة (N) والكثافة النسبية للتربة الرملية والقوام للتربة الطينية

الطين (التربة المتماسكة)		رمل (التربة غير المتماسكة)	
قوام التربة	عدد ضربات N	الكثافة النسبية	عدد ضربات N
لين جداً	اقل من 2	مفككة جداً	4-0
لين	4 - 2	مفككة	10-4
متوسط التماسك	8 - 4	متوسطة الكثافة	30 - 10
تماسك	15 - 8	كثيفة	50 - 30
شديدة التماسك	30 - 15	كثيفة جداً	اكثر من 50
قاسي	اكثر من 30		

المصدر: عبدالعزيز، الشريف محمد، تطبيقات في ميكانيكا التربة والاساسات، الجزء الاول، دار الكتب العلمية للنشر والتوزيع، القاهرة، 2007، ص35.

2.2. فحص القص المباشر:

عند تسليط حمل او قوى متزايدة في اتجاه معين من التربة بعد تلاشي فراغاتها، فإن ما سيحصل هو انزلاق حبيبات التربة الواحدة فوق الاخرى، وهذا ما نقصد به بمصطلح (القص المباشر). اما مقاومة التربة لهذا الانزلاق الحاصل فيسمى (مقاومة القص). ولتحديد مقاومة القص يجب معرفة قيمتي المركبين الرئيسيين لهذه المقاومة وهما (التماسك بين الحبيبات (C)، وزاوية الاحتكاك الداخلي بين حبيبات التربة (φ)). علماً ان التماسك يزداد في التربة الطينية، بينما تقل زاوية الاحتكاك الداخلي بين حبيباتها، بحيث تكون قيمة زاوية الاحتكاك في التربة الطينية المثالية تساوي صفر (φ = 0) والعكس يحدث في التربة الرملية، حيث تبلغ قيمة التماسك بين حبيبات التربة الرملية المثالية صفر (C = 0) وتزداد قيمة زاوية الاحتكاك بين حبيباتها (حجاوي، 2003).

تبين الجداول (10، 11، 12، 13، 14، 15) نتائج فحص القص المباشر لمنطقة الدراسة، ففي تربة جوكوك، تبين نتائج الفحص لطبقة التربة (غير المتماسكة) لعينات تربة (مخلخلة) فقط، ان قيمة (φ) تبلغ (36) وقيمة (C) تبلغ (صفر)، عند العمق (13-13.5)م.

وكانت نتائج فحص القص المباشر لمنطقة التاجي، التي اجريت لطبقة تربة (غير متماسكة) لعينات تربة (مخلخلة) فقط، ان قيمة (φ) تبلغ (35) وقيمة (C) تبلغ (صفر) عند العمق (14,5 - 15)م.

في تربة عينه كاظمية (1)، التي اجريت لطبقة تربة (غير متماسكة) لعينات تربة (مخلخلة) فقط، بلغت قيمة (φ) (38) وقيمة (C) تبلغ (صفر) عند العمق (22,5 - 22)م. اما نتائج تربة الكاظمية (2)، التي اجريت لطبقة (تربة غير متماسكة) لعينات تربة (غير مخلخلة)، فقد بلغت قيمة (φ) (35) وقيمة (C) تبلغ (صفر) عند العمق (5 - 5.5)م. وفي تربة عينه كاظمية (3)، التي اجريت لطبقة تربة (غير متماسكة) لعينات تربة (مخلخلة) فقط، بلغت قيمة (φ) (43، 40، 36) وقيمة (C) تبلغ (صفر)، عند الاعماق (9.5 - 10)م و(19.5 - 20)م، و(23.5 - 24)م، على التوالي.

مما تبين اعلاه يظهر ان زاوية الاحتكاك الداخلي (φ) بين حبيبات التربة الرملية في (الطبقة غير المتماسكة) في منطقة الدراسة مرتفعة، بينما تنعدم قيمة التماسك بين حبيباتها.

جدول (10) الفحوصات المخبرية الهندسية لعينات الحفرة الاختبارية لمنطقة جوك (BH NO:1)

نتائج فحص القص المباشر		فحص الإنضغاط الامحصور		فحص الانضمام					
التماسك بين الحبيبات (C)	زاوية الاحتكاك الداخلي بين حبيبات التربة (θ)	(q _u) kN/m ²	الضغط الحالي kN/m ² (P _o)	ضغط الإنضمام المسبق kN/m ² (P _c)	الإنضمام المفرط (O.C.R) (P _o) / (P _c)	نسبة الفراغات (e _o)	دليل الإنضغاط (C _e)	دليل الإنتفاخ (C _r)	العمق (متر)
		132	38	190	5.00	0.627	0.151	0.040	2.5-3
									3-3.5
		123	58	340	5.88	0.701	0.218	0.058	4.5-5
0	36								13-13.5

المصدر: وزارة الإعمار والإسكان، المركز الوطني للمختبرات والبحوث الإنشائية، قسم تحريات التربة، بيانات غير منشورة.

جدول (11)

الفحوصات المخبرية الهندسية لعينات الحفرة الاختبارية الاولى لمنطقة التاجي (BH NO:1)

نتائج فحص القص المباشر		فحص الإنضغاط الامحصور		فحص الانضمام					
التماسك بين الحبيبات (C)	زاوية الاحتكاك الداخلي بين حبيبات التربة (θ)	(q _u) kN/m ²	الضغط الحالي kN/m ² (P _o)	ضغط الإنضمام المسبق kN/m ² (P _c)	الإنضمام المفرط (O.C.R) (P _o) / (P _c)	نسبة الفراغات (e _o)	دليل الإنضغاط (C _e)	دليل الإنتفاخ (C _r)	العمق (متر)
		139	23	270	11.73	0.590	0.20	0.030	1-1.5
									2.5-3
			45	180	4	0.633	0.14	0.019	3-3.5
		323							5-5.5
0	35								14.5-15

المصدر: وزارة الإعمار والإسكان، المركز الوطني للمختبرات والبحوث الإنشائية، قسم تحريات التربة، بيانات غير منشورة.

جدول (12)

الفحوصات المخبرية الهندسية لعينات الحفرة الاختبارية الثانية لمنطقة التاجي (BH NO:2)

نتائج فحص القص المباشر		فحص الإنضغاط الامحصور		فحص الانضمام					
التماسك بين الحبيبات (C)	زاوية الاحتكاك الداخلي بين حبيبات التربة (θ)	(q _u) kN/m ²	الضغط الحالي kN/m ² (P _o)	ضغط الإنضمام المسبق kN/m ² (P _c)	الإنضمام المفرط (O.C.R) (P _o) / (P _c)	نسبة الفراغات (e _o)	دليل الإنضغاط (C _e)	دليل الإنتفاخ (C _r)	العمق (متر)
		139	39	180	4.615	0.619	0.169	0.038	2.5-3
		361							4.5-5
0	35	115	61	250	4.09	0.838	0.226	0.070	5.5-6

المصدر: وزارة الإعمار والإسكان، المركز الوطني للمختبرات والبحوث الإنشائية، قسم تحريات التربة، بيانات غير منشورة.

جدول (13)

الفحوصات المختبرية الهندسية لعينات الحفرة الاختبارية الاولى لمنطقة الكاظمية (BH NO: 1)

نتائج فحص القص المباشر		فحص الإنضغاط الامحصور	فحص الانضمام						
التماسك بين الحبيبات (C)	زاوية الاحتكاك الداخلي بين حبيبات التربة (θ)	(q_u) kN/m ²	الضغط الحالي kN/m ² (P_o)	ضغط الإنضمام المسبق (P_c) kN/m ²	الإنضمام المفرط (O.C.R) (P_o) / (P_c)	نسبة الفراغات (e_o)	دليل الإنضغاط (C_e)	دليل الإنفخاخ (C_r)	العمق (متر)
		163							1.5-2
		40	62	140	2.25	0.700	0.189	0.036	3.5-4
		217	82	180	2.19	0.462	0.096	0.022	5.5-6
0	38								22-22.5

المصدر: وزارة الإعمار والإسكان، المركز الوطني للمختبرات والبحوث الإنشائية، قسم تحريات التربة، بيانات غير منشورة.

جدول (14)

الفحوصات المختبرية الهندسية لعينات الحفرة الاختبارية الثانية لمنطقة الكاظمية (BH NO:2)

نتائج فحص القص المباشر		فحص الإنضغاط الامحصور	فحص الانضمام						
التماسك بين الحبيبات (C)	زاوية الاحتكاك الداخلي بين حبيبات التربة (θ)	(q_u) kN/m ²	الضغط الحالي kN/m ² (P_o)	ضغط الإنضمام المسبق (P_c) kN/m ²	الإنضمام المفرط (O.C.R) (P_o) / (P_c)	نسبة الفراغات (e_o)	دليل الإنضغاط (C_e)	دليل الإنفخاخ (C_r)	العمق (متر)
		35	25	160	6.4	0.765	0.172	0.030	1-1.5
			50	190	3.8	0.560	0.164	0.020	3-3.5
0	35								5-5.5

المصدر: وزارة الإعمار والإسكان، المركز الوطني للمختبرات والبحوث الإنشائية، قسم تحريات التربة، بيانات غير منشورة.

جدول (15)

الفحوصات المختبرية الهندسية لعينات الحفرة الاختبارية الثالثة لمنطقة الكاظمية (BH NO:3)

نتائج فحص القص المباشر		فحص الإنضغاط الامحصور	فحص الانضمام						
التماسك بين الحبيبات (C)	زاوية الاحتكاك الداخلي بين حبيبات التربة (θ)	(q_u) kN/m ²	الضغط الحالي kN/m ² (P_o)	ضغط الإنضمام المسبق (P_c) kN/m ²	الإنضمام المفرط (O.C.R) (P_o) / (P_c)	نسبة الفراغات (e_o)	دليل الإنضغاط (C_e)	دليل الإنفخاخ (C_r)	العمق (متر)
		110							2-2.5
			53	80	1.51	1.271	0.373	0.163	3-3.5
		44							4-4.5
0	43								9.5-10
0	40								19.5-20
0	36								23.5-24

المصدر: وزارة الإعمار والإسكان، المركز الوطني للمختبرات والبحوث الإنشائية، قسم تحريات التربة، بيانات غير منشورة.

3.2. فحص الإنضغاط اللا محصور (q_u):

يسمى بسعة التحميل القصوى، التي نحصل على قيمتها من خلال إجراء فحص الإنضغاط اللا محصور (q_u)، الذي يجري للتربة المتماسكة حصراً، كون التربة التي تخضع لهذا الفحص تكون غير محاطة بضغط جانبي، فالقوة المسلطة عليها ذات اتجاه رأسي بالنسبة لوحدة المساحة. ويمكن توضيح مفهوم سعة التحميل القصوى، بأنه أقصى إجهاد يحدث بعده انهيار قص أو هبوط متفاوت عند تحميل المساحة الملامسة للتربة به. وتبرز أهمية (q_u) في المواقع التي تكون معرضة للحمل الحركي الدوري الطبيعي الناتج عن الحركات التكتونية كالزلازل، والاصطناعي الناتج عن اهتزاز مركبات الحمل والمكائن وكذلك الحمل المستمر الذي يسببه ثقل المنشآت الهندسية المقامة، (الراشدي، 2004). والجدول (16) يوضح القيمة العددية لمقاومة (q_u) للتربة الطينية مقابل قوام التربة. ومن خلال ملاحظة الجداول (10، 11، 12، 13، 14، 15) يظهر ان قيمة (q_u) لتربة منطقة جوك تبلغ 132 kN/m^2 عند العمق (3-2.5)م، و 123 kN/m^2 عند العمق (4.5-5)م، مما يجعل تربتها تصنف بإنها صلبة، وفي تربة عينة تاجي (1) تبلغ قيمة (q_u) 139 kN/m^2 عند العمق (1-1.5)م، وتصنف كترية صلبة، وعند عمق (5-5.5)م، ترتفع قيمتها لتصل الى (323) kN/m^2 لتصنف كترية صلبة جداً. اما في تربة عينة التاجي (2) تبلغ قيمة (q_u) (78، 361، 115) kN/m^2 عند الاعماق (2.3-3)م، (4-4.5)م، (5.5-6)م، لتصنف كترية (متوسطة، صلبة جداً، صلبة) بحسب قيمة (q_u) عند مختلف الاعماق. اما كاظمية (1) فقد سجلت قيمة (q_u) (163، 40، 217) kN/m^2 عند الاعماق (1.5-2)م، (3.4-4)م، (5.5-6)م، لتصنف كترية (صلبة، طرية، صلبة جداً) بحسب قيمة (q_u) عند مختلف الاعماق. وفي تربة عينة كاظمية (2) فقد سجلت (q_u) قيمة (35) kN/m^2 عند العمق (1-1.5)م، لتصنف كترية طرية. وسجلت قيمة (q_u) في تربة عينة كاظمية (3) (110) kN/m^2 عند عمق (2-2.5)م، لتصنف كترية صلبة، وعند العمق (4-4.5)م بلغت قيمتها (44) kN/m^2 لتصنف كترية طرية.

جدول (16)

علاقة قوام الطين مع المقاومة الإنضغاطية غير المحصورة (q_u) بالنسبة للترب المتماسكة

Hard قاسي	Very Stiff صلب جداً	Stiff صلب	Medium متوسط اللينة	Soft لين	Very Soft لين جداً	Consistency القوام
اكثر من 400	400-200	200-100	100 - 50	50 - 25	اقل من 25	$q_u \text{ kN/m}^2$

جمهورية مصر العربية، وزارة الاسكان والمرافق والمجمعات العمرانية، المركز القومي لبحوث الاسكان والبناء، اللجنة الدائمة لاعداد الكود المصري لميكانيكا التربة وتصميم وتنفيذ الاساسات، الكود المصري لميكانيكا التربة وتصميم وتنفيذ الاساسات كود رقم 202-2001 (ECP 202-2001)، الجزء الاول: 1/202 دراسة الموقع، 2007، ص47.

2. 4. فحص الانضمام:

ان خروج الماء من فجوات التربة المشبعة به، تحت تأثير الأحمال الخارجية المسلطة عليها كالمنشآت والأبنية، ينتج عنه نقصان في حجم التربة بالإتجاه العمودي، كون التربة تحت تأثير الأحمال التي تمنعها من التمدد بالإتجاه الأفقي، وهذا ما يطلق عليه بمصطلح (الإنضمام)، (عبدالله، 2016)، من خلال اجراء فحص الإنضمام يمكن استخراج نسبة الفراغات (e_o) وقيم دليل الإنضغاط (C_e) ودليل الإنتفاخ (C_r) وضغط الإنضمام المسبق (P_e)، وفيما يلي شرح لأهمية كل واحدة من هذه الخواص

أ. نسبة الفراغات (e_o):

هي حجم الفراغات الموجودة بالتربة بالنسبة الى حجم المادة الصلبة فيها، وتختلف هذه النسبة حسب نوع التربة، فالقيم النموذجية للفراغات في التربة الرملية تتراوح ما بين (0.3-1.5)% بينما في التربة الطينية فالقيم النموذجية لنسبة الفراغات تتراوح ما بين (0.4-1)%، وتتعرض نسبة الفراغات للنقصان بزيادة الضغط المسلط على التربة والذي يتسبب بخروج الماء والهواء الامر الذي ينتج عنه زيادة في كثافة التربة. وتعد زيادة نسبة الفراغات مؤشر سلبي، إذ أن زيادتها تعني زيادة قابلية التربة للإنضغاط، وبالتالي تعرضها للهبوط، وما يرافق هذه العملية من تصدع واضرار في المنشآت الهندسية المقامة عليها، (الدليمي، 2015).

من خلال ملاحظة الجداول (10، 11، 12، 13، 14، 15) يظهر ان تربة منطقة جكوك نسبة الفراغات فيها تعد ضمن النسبة المثالية للتربة الطينية، إذ تتراوح ما بين (0.627-0.701) %، على عمق (2.5-5) م. اما في التاجي فقد كانت النسبة ضمن القيم المثالية للطين، في تربة عينات الحفرتين الاختباريتين حيث تراوحت بالحفرة الاولى ما بين (0.590-0.633) % على عمق (1-3.5) م، اما في الحفرة الاختبارية الثانية فتراوحت النسب ما بين (0.619-0.838) %، على عمق (2.5-6) م. نفس الحال تنطبق على تربة عينات كاظمية (1، 2) حيث تتراوح النسب ما بين (0.462-0.765) %، وعلى الاعماق الممتدة ما بين (1-6) م. وتشذ نتائج عينة كاظمية (3)، حيث سجلت قيمة بلغت (1.271) % بزيادة (0.271) عن القيم النموذجية للتربة الطينية، مما يعني ان نسبة الفراغات فيها مرتفعة، وهذا مؤشر سلبي للتربة.

ب. دليل الإنضغاط (C_e) ودليل الإنتفاخ (C_r):

يتيح كل من دليل الإنضغاط، والإنتفاخ امكانية التنبؤ بحدوث الهبوط والإنتفاخ في التربة عند اقامة المشاريع الهندسية، فدليل الإنضغاط يُمكن من تقدير احتمالات الهبوط المُمكنة في المشاريع الضخمة، اما اساسات المشاريع الخفيفة فيُعتمد فيها على دليل الإنتفاخ، لحساب الضغط الواجب تسليطه على التربة لتقليل او منع الإنتفاخ بحسب وزن البناية الواجب إعماده عند إنشائها وبعبسه يحصل الإنتفاخ، (الراشدي، 2004).

من خلال ملاحظة الجداول (10، 11، 12، 13، 14، 15)، فقد بلغت قيمة (C_e) في تربة جكوك (0.151) (0.218) للاعماق ما بين (2.5-5) م، وقيمة (C_r) بلغت (0.040) (0.058) للاعماق ما بين (2.5-5) م.

اما في التاجي فقد بلغت (C_e) في تربة عينات الحفرتين الاختباريتين ما بين (0.14) الى (0.226) للاعماق ما بين (1-6) م، وبلغت قيمة (C_r) (0.019) و (0.070) للاعماق ما بين (1-6) م.

وسجلت تربة عينات الحفر الاختبارية الثلاثة لمنطقة الكاظمية قيم (C_e) تراوحت ما بين (0.096) على عمق (6-5.5) م كحد ادنى في عينة كاظمية (1)، وبين (0.373) على عمق (3-3.5) م، كحد اعلى في عينة كاظمية (3)، اما قيمة (C_r) فقد تراوحت ما بين (0.020) على عمق (3-3.5) م كحد ادنى في عينة كاظمية (2) وبين (0.163) لنفس العمق كحد اعلى في عينة كاظمية (3).

ج. ضغط الإنضمام المسبق (P_c):

يمكن التنبؤ عن مدى تأثر الأبنية بالهبوط (الإنخساف) المتوقع للأساسات من نتائج فحص (P_c)، الذي يُعرف على انه اعلى ضغط سبق وان سلط على التربة، وينتج عن وزن التربة المتراكمة فوقها، مضافاً اليه وزن المؤثرات الاخرى مما يجبر التربة على الإنضمام خلال فترة من الزمن. واكثر الترب الحساسة لتأثير الضغوط السابقة هي التربة الطينية. ويمكن استخراج قيمة ($O.C.R$) الإنضمام المفرط، من قسمة قيمة (P_c) على (P_o)، حيث يمثل (P_o) وزن عمود التربة وهو (الضغط الحالي)، فإذا كانت النتيجة (P_o) اكبر من (P_c) فإن التربة غير كاملة الإنضمام، وهذا سيشكل خطراً يجب تقاديه عن طريق حساب مقدار الهبوط المتوقع ومراعاته عند التصميم وإذا كان (P_c) اكبر من (P_o) تكون التربة مفرطة الإنضمام، وعليه فإن هبوط المنشأ الهندسي سيكون قليلاً جداً ويمكن إهماله، وإذا تساوى (P_o) مع (P_c) عندها تكون التربة اعتيادية الإنضمام، (الزبيدي، 2006). ومن خلال ملاحظة الجداول (10، 11، 12، 13، 14، 15)، يظهر ان جميع نتائج عينات الحفر الأختبارية لتربة منطقة الدراسة تكون فيها قيمة (P_c) اكبر من قيمة (P_o)، مما يعني ان تربة المنطقة بالمجمل مفرطة الإنضمام. وهذا مؤشر ايجابي يعني أن هبوط المنشأ الهندسي مستقبلاً سيكون قليلاً جداً.

3. الخصائص الكيميائية للتربة:

تحتوي اغلب الترب في العراق على الأملاح بأنواعها المختلفة التي تشمل (الكربونات، والكبريتات، والكلوريدات، الجبس، الاملاح القابلة للذوبان (T.S.S))، ولكل نوع من هذه الاملاح نسبة محددة في التربة، جدول (17)، اذا تجاوزت كمية الأملاح هذه النسبة تصبح ضارة، ويمكن ان تتعرض الابنية والمنشآت الهندسية للهبوط التفاضلي والتخسف بسبب الفجوات والفراغات الناجمة عن ذوبان

هذه الاملاح في حال تشبع التربة الحاوية لها بالمياه، كما يمكن ان تتفاعل مكونات هذه الاملاح مع الخرسانة مسببة في بعض الاحيان تقويتها.

من خلال ملاحظة الجداول (2، 3، 4، 5، 6، 7)، واعتماداً على المقاييس المحددة بالجدول (17) يظهر ان نسبة (So3) تزيد عن النسبة المحددة (1%) في الطبقة السطحية وعند عمق (1م) في عينات تاجي (1)، (2)، وكذلك في الطبقة السطحية وعند عمق (1م) لعينة تربة الكاظمية (2).

وتزيد نسبة كاربونات الكالسيوم (CaCo3) عن (30%)، في تربة عينة جكوك، وفي تربة عينة كاظمية (3)، عند عمق (9.5-10م) تحديداً.

وترتفع نسبة الكلوريدات عن النسبة المسموح بها بشكل ملحوظ عند عمق (1م) في تربة عينة كاظمية (2) لتبلغ (0.650)%. اما نسبة الجبس في جميع عينات تربة المنطقة اقل من (2%)، ما عدا تربة عينة تاجي (2)، حيث بلغت (2.94) في الطبقة السطحية للتربة عند عمق لا يتجاوز (1م).

اما (TSS) نسبة الاملاح القابلة للذوبان، فترتفع نسبتها عن الحد المسموح به في تربة عينة التاجي (1 و 2) لتبلغ (3.40) %، و(3.49) % عند عمق (1م). والحال نفسه تنطبق على نسبة الكلوريدات في تربة تاجي (2)، حيث تبلغ نسبتها (0.398) % عند عمق (1م)، وهذه النسبة اعلى من الحد المسموح به.

بالنسبة للمادة العضوية (O.R.G) فتتخفف نسبتها في جميع عينات تربة منطقة الدراسة، بسبب قلة مصادرها نتيجة لجفاف المناخ.

ويعد الأس الهيدروجيني (Ph)، دليلاً على وجود الاحماض الحرة التي لها القابلية على إذابة المركبات الأسمنتية، وكذلك هيدروكسيد الكالسيوم و كاربونات الكالسيوم، فإذا كانت نسبة (Ph) اقل من (6.5) فذلك يدل على ان الوسط له آثار سلبية وضارة بالخرسانة، (الأساسات، 2007)، بالنسبة لترب منطقة الدراسة فجميعها تشير الى ارتفاع نسبة ال (Ph) عن (8) وبالتالي تعتبر هذه النسب آمنة.

جدول (17)

النسب المحددة للاملاح في التربة

الاملاح	الكلوريدات	كاربونات الكالسيوم	الجبس	الكبريتات	(T.S.S)
النسبة %	0.1	30	2.5 المواصفات البريطانية 10	1	0.5
الضرر	زيادتها تشكل خطورة على الاسس وحديد التسليح	زيادتها تسبب التخسف وهبوط الابنية التفاضلي	زيادته عن النسبة المحددة يعطي تركيب غير مستقر للتربة	تشكل خطورة على الخرسانة	زيادتها تتسبب بحدوث فجوات وهبوط وتفاعلات مع بعض المواد الاخرى

المصدر: 1. العكام، اسحق صالح، خلف، شيماء مجيد، الخصائص الفيزيائية والكيميائية لتربة قضاء الكرخ، مجلة كلية التربية للبنات، المجلد 28 (2) 2017، ص568، ص572.

2. محمود، رائد عزيز، المرسومي، عبد المطلب حسون، محمدعلي، انيس عبد الخضر، دراسة المحتوى الجبسي للتربة في مناطق مختارة من محافظة البصرة (جنوبي العراق) للاغراض الهندسية، مجلة ابحاث البصرة، العدد السابع والثلاثون، الجزء الاول، 15 شباط 2011، ص3

3. الزبيدي، جعفر حسين علي، دراسة جيوتكنيكية لترب مختارة بين مدينتي الحلة - الكوت (وسط العراق)، إطرحة دكتوراه (غير منشورة)، قسم علوم الارض، كلية العلوم، جامعة بغداد، 2006، ص89، 91.

المناقشة والاستنتاجات:

1. ساهم انبساط السطح في منطقة الدراسة، في ارتفاع منسوب المياه الجوفية، وما رافق ذلك من زيادة في المحتوى المائي للتربة الطينية والى زيادة قابلية الاطيان فيها على الانتفاخ، بسبب قابلية هذا النوع من التربة على التمدد عند تعرضها للترطيب.
2. يساهم مناخ المنطقة بزيادة مشاكل التربة، كونه يتصف بتعاقب الفصل الحار والبارد، مما يزيد من توالي عمليات ترطيب وتجفيف الترب الطينية السائدة في تربة منطقة الدراسة، وما لهذا من اثر سلبي في امكانية زيادة حصول مشاكل الانخساف والانتفاخ في التربة، وتأثيرها السلبي في تصدع وتلف المنشآت الهندسية المقامة عليها.
3. من خلال التحليل الحبيبي الحجمي لعينات التربة يظهر ان التوزيع العمودي لحجم حبيبات التربة يتدرج من الناعمة التي تتألف بشكل اساسي من الطين البني، وبنسبة اقل الغرين، في الافاف العليا، ثم تتعكس الحال حيث تبدأ نسبة الطين بالتناقص بزيادة العمق تقابلها زيادة في نسبة الرمل في الافاق السفلى وحتى نهاية تجويف الحفر الاختبارية. وهذا توزيع غير متجانس عمودياً، وربما يكون سببه تحول المناخ نحو الدافئ في عصر الهولوسين الذي تلى عصر البلايوسين المطير، نتيجة ارتفاع درجات الحرارة، وإنخفاض في غزارة الأمطار، وبالتالي قلة الفيضانات القادرة على حمل الحبيبات الاكبر حجماً، لذلك ترسب الرمل الذي نقلته الفيضانات خلال البلايوسين في الاعماق، يليه الغرين والطين ذي الحبيبات الانعم في الاعلى.
- تصاحب التربة الناعمة مشاكل تتعلق بمدى مقاومتها للأحمال المسلطة عليها اذ تقل قابلية هذا النوع من الترب على تحمل الاحمال عند ترطيبها ليزداد حد (اللدونة والسيولة) فيها، مما يزيد في قابليتها على (الانضغاط أو الانكماش أو الانتفاخ)، وهذا يعني إمكانية حدوث تخسف نتيجة الانضغاط أو تقطر في جسم المبنى نتيجة الانتفاخ بسبب ارتفاع معدن المونوموريولونيات في الاطيان وما يصاحبه من مشاكل في البنى التحتية من انتفاخ.
4. بينت نتائج تحليل عينات تربة الحفر الاختبارية في منطقة الدراسة ارتفاع النسبة المئوية لمحتوى الرطوبة (M.C) عن الحدود المثلى حيث، تراوحت النسبة ما بين (12 – 39) %، وذلك بسبب ارتفاع منسوب المياه الجوفية في المنطقة وكذلك الى سيادة التربة الطينية المعروفة بنسبها الناعم الذي يميل إلى الاحتفاظ بالماء وهذه الخاصية لها الكثير من السلبيات منها تركيز الاملاح بالسطح نتيجة الخاصية الشعرية التي تنشط بمثل هذا النوع من الترب، كما ان زيادة محتوى الرطوبة يعمل على تقليل زاوية الاحتكاك الداخلي للترب الطينية، وبالتالي يجعلها ترب هشة ليس لها قدرة على تحمل الضغوط والاحمال، كما يزيد من ظاهرة الانتفاخ أو التخسف.
5. بشكل عام حد السيولة في تربة منطقة الدراسة متوسط الى عالي، وتصنف تربتها بانها تربة متوسطة الى عالية اللدونة، وهذه نتيجة طبيعية لارتفاع نسبة الطين في حبيباتها، مما يجعل قوة تحملها للقوى منخفضة بسبب ضعف زاوية الاحتكاك الداخلي للتربة وبالتالي يضعف قدرتها ويجعلها ذات مقاومة قليلة للتشوهات.
6. بينت نتائج فحص الانضغاط اللا محصور (q_u)، ان اغلب نتائج العينات كانت صلبة الى صلبة جداً ما عدا عينات تربة كاظمية (2 و 3) في بعض الآفاق تكون طرية، وهذا مؤشر ايجابي لسعة التحميل القصوى لتربة المنطقة، كونها تستطيع تحمل اجهادات عالية جداً دون ان يحدث فيها انهيار قص او هبوط متفاوت عند تحميل المساحة الملامسة لها لكن بشرط ان تكون التربة جافة لا تتعرض للترطيب او زيادة محتواها المائي كون حد السيولة ودليل اللدونة فيها عاليين.
7. قيم نسبة الفراغات في نتائج العينات كانت ضمن النسب النموذجية في التربة الرملية والطينية، وهذا مؤشر ايجابي كون التربة لها قابلية عالية في تحمل الانضغاط الناتج عن الزيادة في الحمل الخارجي المسلط عليها، مما يمكنها من مقاومة الهبوط والانخساف. ولكن أستنتج من ذلك عينات كاظمية (3) التي سجلت زيادة في نسبة الفراغات، لذا وجب اجراء المعالجات لها قبل انشاء اي مبنى عليها.
8. بينت نتائج ضغط الإنضمام المسبق (PC) ان تربة المنطقة بالمجمل مفرطة الإنضمام، حيث أن قيمة (PC) اكبر من قيمة (P_0)، وهذا يعني ان امكانية حصول هبوط في المنشأ الهندسي المزمع إنشائه مستقبلاً سيكون قليلاً جداً.
9. اغلب نسب الاملاح في نتائج عينات الحفر الأختبارية لتربة منطقة الدراسة، ضمن النسب المسموح بها، ما عدا بعض الاستثناءات في بعض العينات والتي تحتاج الى إجراء معالجات قبل القيام بتشييد اي منشأ هندسي عليها تجنباً للمخاطر المحتملة الحدوث.

المصادر

- الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج. (بدون سنة نشر). تقنية مدنية خواص واختبارات التربة 204 مدن. المملكة العربية السعودية: المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني.
- اللجنة الدائمة لإعداد الكود المصري لميكانيكا التربة وتصميم وتنفيذ الأساسات. (2007). الكود المصري لميكانيكا التربة وتصميم وتنفيذ الأساسات كود رقم 202-2001 (ECP 202-2001) الجزء الأول: 1/ 202 دراسة الموقع. جمهورية مصر العربية: وزارة الإسكان والمرافق والمجمعات العمرانية.
- الزبيدي، جعفر حسين علي. (2006). دراسة جيوتكنيكية لترب مختارة بين مدينتي الحلة - الكوت (وسط العراق). اطروحة دكتوراه. قسم علوم الارض، كلية العلوم جامعة بغداد.
- بني، حنا. (1996). ميكانيك التربة. دمشق: منشورات جامعة دمشق.
- عبدالله، خالد احمد، ويس، عمر عبدالناصر. (2016). التقييم الجيوتكنيكي لتربة ناحية بابجي، كركوك، شمال العراق. مجلة تكريت للعلوم الصرفة، المجلد 21، العدد 7 الصفحات 143-151.
- الدليمي، خلف حسين علي، الشعباني، سعدون مشرف حسين. (كانون الاول، 2015). اهمية الخصائص الطبيعية للتربة في تخطيط المشاريع الهندسية في قضاء الرمادي. مجلة جامعة الانبار للعلوم الانسانية، المجلد 2، العدد 2، الصفحات 1-32.
- حجاوي، سامي احمد. (2003). فحوصات التربة للاغراض الانشائية. نابلس: لا يوجد اسم مطبعة.
- مهوس، فاروق مجيد، وآخرون. (2017). تأثير دورات الترطيب والتجفيف على خواص التربة الطينية الملوثة بمياه المخلفات الصناعية. مجلة ديالى للعلوم الهندسية، المجلد 10، العدد الثالث، الصفحات 1-21.
- الفريجي، محسن عبدعلي، وآخرون. (2016). دراسة جيوتكنيكية لبعض الخواص الفيزيائية والكيميائية والهندسية لتربة مدينة ابي غرق - محافظة بابل (وسط العراق). مجلة جامعة بابل، العلوم الهندسية، المجلد 24، العدد 2، الصفحات 1-23.
- الراشدي، محمد حسن ناصر. (2004). التقييم الجيوتكنيكي لتربة محافظة القادسية، العراق. رسالة ماجستير. قسم علوم الارض، كلية العلوم، جامعة بغداد.

References

- Abdullah, K. A., Wes, O. A. N. (2016). *Geotechnical evaluation of the soil of Yayji, Kirkuk, northern Iraq*. *Tikrit Journal of Pure Sciences*, Vol 21, Issue 7, P 143 – 151.
- Al-Dulaimi, K. H, Al-Shaabani, S. M. H. (2015). *The importance of the natural characteristics of the soil in planning engineering projects in Ramadi District*. *Anbar University Journal of Human Sciences*, Vol 2, Issue 2, P 1- 32.
- Al-Rashidi, M. H. (2004). *Geotechnical evaluation of the soil of Al-Qadisiyah Governorate*. A Thesis. Department of Geology, College of Science, University of Baghdad.
- Al-Fariji, M. A. (2016). *A geotechnical study of some physical, chemical and engineering properties of the soil of the city of Abu Gharq - Babil Governorate (central Iraq)*. *Babylon University Journal, Engineering Sciences*, Vol 24, Issue 2, P 1 - 23.
- Al-Zubaidi, J. H. (2006). *A geotechnical study of selected soils between the cities of Hilla and Kut (central Iraq)*. A Thesis. Department of Geology, College of Science, University of Baghdad.
- General Corporation for Technical Education and Vocational Training, (report without year). *Civil Technology, Soil Properties and Tests 204 Modon*, General Administration of Curriculum Design and Development, Kingdom of Saudi Arabia.
- Foundations, A. A. (2007). *Egyptian Code for Soil Mechanics and Foundation Design and Implementation Code No. 202- 2001 (ECP 202-2021) Site Study*. Arab Republic of Egypt: Unpublished.
- Hijjawi, S. A. (2003). *Soil tests for construction purposes*. Nablus.
- Mhous, F. M. (2017). *The effect of wetting and drying cycles on the properties of clay soil contaminated with industrial waste water*. *Diyala Journal of Engineering Sciences*, Vol 10, Issue 3, P 1- 21..
- Yeni, H. (1996). *Soil mechanics, part one*. Damascus: Damascus University Publications.