دراسة بعض الخواص الفيزيائية والكيميائية والهندسية لترب مختارة لموقع أبنية جامعية في جامعة بابل

عامر عطية لفتة
كلية العلوم–جامعة بابل

واثق جاسم موير
جامعة بابل

الخلاصة

تناول البحث إجراء دراسة للخواص الفيزيائية والكيميائية والهندسية لتربة موقع أبنية جامعية في جامعة بابل بالاعتماد على التحريات التي قامت بها شركة المعول عام 2011، حيث يهدف البحث الى اجراء التقييم لخصائص تربة موقع الدراسة لما له من أهمية في التصاميم الإنشائية المختلفة.

تضمنت الدراسة مراجعة عامة لجيولوجيةَ المناطق المجاورة لمنطقة الدراسة لغرض الحصول على معلومات جيولوجية للمناطق المجاورة لمنطقة الدراسة .

تضمنت الدراسة حفر أربعة حفر اختبارية (Boreholes) موزعة على موقع الدراسة وبعمق يتراوح بين (15 إلى 17)م. تم الاعتماد في التقييم على المعلومات المستحصلة من العمل الحقلي وعلى نتائج الفحص المختبري للنماذج المشوشة وغير المشوشة المأخوذة من تربة منطقة الدراسة.

من خلال تحليل نتائج الفحوصات المختبرية والحقلية التي أجريت على منطقة الدراسة ، أظهرت نتائج البحث بأن التربة طينية غرينية تحتوي على نسبة قليلة من رمل لغاية عمق 13.5 م وتصنف الى طينية عالية اللدونة وواطئة اللدونة وغرينية عالية اللدونة وواطئة اللدونة متذبذبة مع العمق، وللأعماق بعد 13.5م تصنف التربة بانها رملية غرينية متوسطة الى عالية الكثافة.

تم إجراء تحليل كيميائي للتربة وللماء الجوفي في منطقة الدراسة حيث أشارت النتائج الى ان الماء الجوفي ذو قاعدية قليلة اما الأملاح فكانت النسبة تتراوح بين متوسط إلى عالي ، وكذلك فان الماء يحتوي على نسبة من الكبريتات تراوحت بين (641–732 ppm). كما واشارت نتائج الفحوصات الكيميائية لتربة منطقة الدراسة الى ان محتوى الكبريتات للتربة يتراوح بين (0.35–1.42) % ولمختلف الاعماق ، وبلغت قيمة النسبة المئوية لمحتوى المواد العضوية في التربة بحدود (0.037)%، وكانت قيمة الاملاح الذائبة الكلية القابلة للذوبان في التربة بين (1.93–5.0) % في حين بلغت قيمة محتوى الجبس في التربة بين (0.58–2.67)%.

كما وقد تراوحت معدل عدد الضربات (N) لفحص الاختراق القياسي (SPT) بين (8–48) ضربة، مستوى المياه الجوفية من (0.1–0.25)م تحت مستوى سطح الأرض الطبيعي (N.G.S.) ، ومحتوى الرطوبة (M.C) بين (25.1%–30) % من وزن النماذج. أما التوزيع الحبيبي فقد تراوحت نسبة الطين بين (3%–71%) ونسبة الغرين بين (20%–43%)م ونسبة الرمل بين (4%–72%). اما حد السيولة (LL.) فقد تراوحت قيمته بين (41%–64%) وحد اللدونة (PL.) بين (11%–29%) ودليل للدونة (PI) بين (13%–43)، في حين كان معدل قيمة فعالية التربة بحدود (0.6) حيث على أساسها صنفت التربة بأنها غير فعالة. وقم تم حساب قابلية تحمل التربة بطريقتي Static Methodو Dynamic Method وقد تراوحت (CU) بين (1.8–6.1) طن/م2 و Φu بين (6–10°) بطريقة static method. اما المحسوبة بطريقة Dynamic method فقد تراوحت بين (4–16.4) طن/م^2 ولمختلف الأعماق. وقد تبين من خلال التحري ونتائج الفحص المختبري بأن التربة في موقع الدراسة تحتاج الى معالجات هندسية لغرض إقامة المنشآت الهندسية عليها.

Abstract

This research is carried out on the soil of university buildings in babil university , while is based on the investigations carried out by the Al-Mawal company in year 2001. The aim of this research is to study the effects of physical , chemical and engineering properties of soil which is important in different construction design.

This research included drilling four boreholes , distributed over all area of study. The depth of these boreholes was between (15-17) m e .The evaluation is based on the information's obtained from the field work and the results of laboratory test carried out on the compacted and not compacted samples taken from the soil of study area.

The results of this research showed that the soil is clay-silt with small amount of sand to the depth 13.5m below natural ground surface ,therefore soil classified to clay with high and low plasticity limits, and

silt with high and low plasticity limits fluctuating with depth. While for the depth below 13.5 m from the natural ground surface the soil classified to silty-sand with medium to high density.

Chemical Analysis for soil and ground water were conducted and the results shows that ground water is small alkalinity, medium to high in salts and it has harmful amount of sulfates. Result of chemical tests of soil shows that the Sulphat contact of soil between (0.35-1.42)%, Percentage of Organic Matter Content (ORG)is (0.037)%, Total soluble salts (T.S.S.) between (1.93-5.0)% and Gypsum content between (0.58-2.67)%.

The results shows that number of vales (N) of standard penetration test (SPT) is between (8-48 blow) and water table is between (0.1-0.25)m below natural ground surface (N.G.S).

The moisture content (M.C) is between (25.1%-30 %) of samples weight. From the analysis of grain size distribution, the percentage of clay is between (3%-71%), silt between (20%-43%), and sand between (4%-72%). Liquid limit (L.L)of soil between (41%-64%), the plastic limit (P.L) is (11%-29%) and the plasticity index (P.I) is (13%-43%). The average value of clay activity was (0.6) and the soil is classified to non active soil.

The dynamic and static methods was used to evaluate bearing capacity of soil cohesive (CU) and friction angle (Φu), the results shows that the value of (cu) is (1.8-6.1) ton/m2, and (Φu) is (6-10) in using the static method while in using dynamic method the value is (4-16.4)ton/m2 for different depths. The investigation and lab test showed that soil needs engineering treatments before construct building on it.

قائمة الرموز

الرمز	المعنى باللغة العربية	المعنى باللغة الانكليزية
G.S.	الوزن النوعي	Specific gravity
L.L.	حد السيولة	Liquid limit
P.L.	حد اللدونة	Plasticity limit
P.I.	معامل اللدونة	Plasticity index
A	فعالية التربة	Soil Activity
γd	الكثافة الجافة	Dry density
γt	الكثافة الكلية	Wet density
γ_{Sub}	الكثافة المغمورة	Submerged density
SPT	فحص الاختراق القياسي	Standard penetration test
N	عدد الضربات في فحص الاختراق القياسي	N-vales
W.T.	مستوى المياه الجوفية	Water table
BH	رمز البئر المحفور	Bore hole
σ_C	المقاومة الانضغاطية غير المحصورة	Unconfined compressive
cu	مقاومة التماسك	Cohesive
Øu	زاوية الاحتكاك الداخلي	Friction angle
e_o	نسبة الفراغات الابتدائية	Initial void
Cc	دليل انضمام التربة	Compress index

الرمز	المعنى باللغة العربية	المعنى باللغة الانكليزية
Cr	دليل انتفاخ التربة	Swelling index
Pc	ضغط الانضمام المسبق	Over consolidation pressure
M.C.	محتوى الرطوبة الطبيعية	Water content
E.C.	التوصيلية الكهربائية	Electrical conductivity
pH	الأس الهيدروجيني	pH
T.S.S.	الأملاح الكلية القابلة للذوبان	Total Soluble salts
O.M.	المادة العضوية	Organic matter
Nc	معامل التماسك	Cohesive factor
Nq	معامل ثابت	Constant factor
B	عرض الأساس	Width of footing
Df	عمق الاساس	Depth of footing
Nγ	معامل ثابت	Constant factor

1- المقدمة

بالنظر لما شهدته جامعات العراق في الأونة الأخيرة من التطور والتنمية الواسعة التي شملت إنشاء العديد من ألابنيه الجامعية المختلفة والمتعددة الأغراض مثل إنشاء قاعات دراسية لكليات تخصصية والخدمات الحديثة والأبنية المتعددة الطوابق وقد شمل هذا التوسع جامعة بابل.

ولا يخفى مطلقا ان معرفة التربة وهيئتها وخصائصها الهندسية والفيزيائية والكيميائية له تأثير كبير ومهم على نجاح المشروع المراد إنشاءه لان معرفة قدرة تحمل التربة ونوعها وخصائصها المختلفة يحدد بشكل أساسي اختيار نوع الأسس والمواد المستخدمة فيها. لذا أصبح من الضروري دراسة العوامل التي تؤثر على أقامة المشاريع والمنشآت المختلفة من النواحي التصميمية والتنفيذية وكذلك العوامل التي تساعد على ديمومة وأداء المشاريع المقامة، وذلك من اجل تقليل الكلفة والجهد المبذول سواء في الحفاظ على هذه المشاريع والمنشآت او عند أنشاء وإقامة المشاريع الجديدة مستقبلا .

ويتطلب إعداد هذه الدراسات عمل حفر اختبارية يعتمد عددها وعمقها والمسافة بين حفرة وأخرى على حجم وأهمية المشروع المراد إنشاءه وفي اغلب الأحيان تكون هذه الدراسات ذات كلفة عالية.

تشكلت التربة الطبيعية التي نتعامل معها نتيجة لتأثير مجموعة من العوامل الفيزيائية والكيميائية على طبقة القشرة الأرضية على مر السنين، ونتيجة لتأثير هذه العوامل تكونت الخصائص الرئيسية للتربة. ويتراوح العمر الزمني للتربة التي يتعامل معها الإنسان في نشاطه اليومي بين مئات الآلاف الى ملايين السنين، وقد يصل الى ما هو أكثر. وخلال هذه الفترة الطويلة كانت التربة معرضة للكثير من التأثيرات والتقلبات في الظروف الطبيعية، حيث تتشكل تربة

جديدة باستمرار. كما أن العوامل الخارجية كالرياح وتأثير المياه وتقلبات الحرارة تلعب دوراً لا يستهان به في تغيير تركيب التربة، يضاف إليها عوامل أخرى ليست أقل أهمية كالزلازل والبراكين.

لذا تم دراسة الخواص الفيزيائية والهندسية والكيميائية لتربة موقع ألابنيه ألجامعيه والمشاكل التي تتعرض لها وتأثير المياه الجوفية عليها، وتقييمها للأغراض الهندسية للوصول إلى فهم أدق وأفضل لتصرفها الهندسي عند إقامة المنشآت عليها. إضافة إلى المشاريع التي تتعامل مع طبقات التربة المختلفة, ومن ثم الفهم الصحيح و العلمي لبعض المشكلات التي تتعرض لها التربة ، حيث ان الإلمام بالخصائص الفيزيائية للتربة Physical Properties of Soil يمكن من خلاله استخدام هذه الصفات في تقويم التربة (عبد الهادي، 1998) ومن هذه الخصائص :-

1. التحليل الحجمي الحبيبي للتربة (Grain Size Analysis).
2. القوام حدود اتربيرك (Consistency & Atterberg Limits) (حد السيولة وحد اللدونة) ومؤشر اللدونة .
3. محتوى الرطوبة (Water Content)
4. فعالية التربة(Clay Activity)

حيث يعتبر التدرج الحبيبي للتربة هو الأساس الذي يمكن الرجوع اليه في أي نظام من أنظمة تصنيف التربة، اما الخواص الدالة للتربة (Index properties) ومنها دليل القوام(consistency Index) ودليل السيولة (liquidity Index) ودليل المتانة (Toughness Index) وكذلك نفاذية التربة ومقاومة القص وتصنيف التربة الطينية يمكن الحصول عليها من حدود اتربيك ، كما انها تشترك جميعها في معرفة تصرف التربة وتعطى انطباعاً فيما اذا كانت التربة تتعرض لظاهرتي الانكماش والانتفاخ وكذلك تخمين معدنية التربة .

كما وان معرفة الخصائص الكيميائية (Chemical Properties) للتربة تساعد على تحديد نوع المواد والمعالجات المستخدمة في الأسس. وقد شملت هذه الدراسة دراسة بعض الخصائص الكيميائية للتربة وحسب المعلومات المتوفرة عن منطقة الدراسة فقد شملت ايون الكبريتات (Sulphate content, SO3) ومحتوى التربة من المواد العضوية (ORG)ونسبة للأملاح الذائبة الكلية (T.S.S) .

والخواص الهندسية للتربة(Engineering Properties) تحدد قابلية تحمل التربة للأحمال المسلطة عليها ومدى الهبوط الذي يحصل فيها، وبهذا فهي تحدد مدى ملائمة التربة لغرض إنشاء الأبنية المختلفة من الناحية الهندسية. وقد تضمنت هذه الدراسة دراسة مقاومة التربة والمتمثلة بقيمة (N) في فحص الاختراق القياسي (S.P.T) وكذلك على مقاومة التماسك وزاوية الاحتكاك الداخلي التي نحصل عليها من فحص القص المباشر للتربة وخصائص الانضمام المتمثلة بمعاملات الانضمام حيث ان حسابها يعطي الإمكانية في معرفة تحمل التربة للأحمال المقامة عليها.

2- موقع وجيولوجية وهديدرولوجية منطقة الدراسة

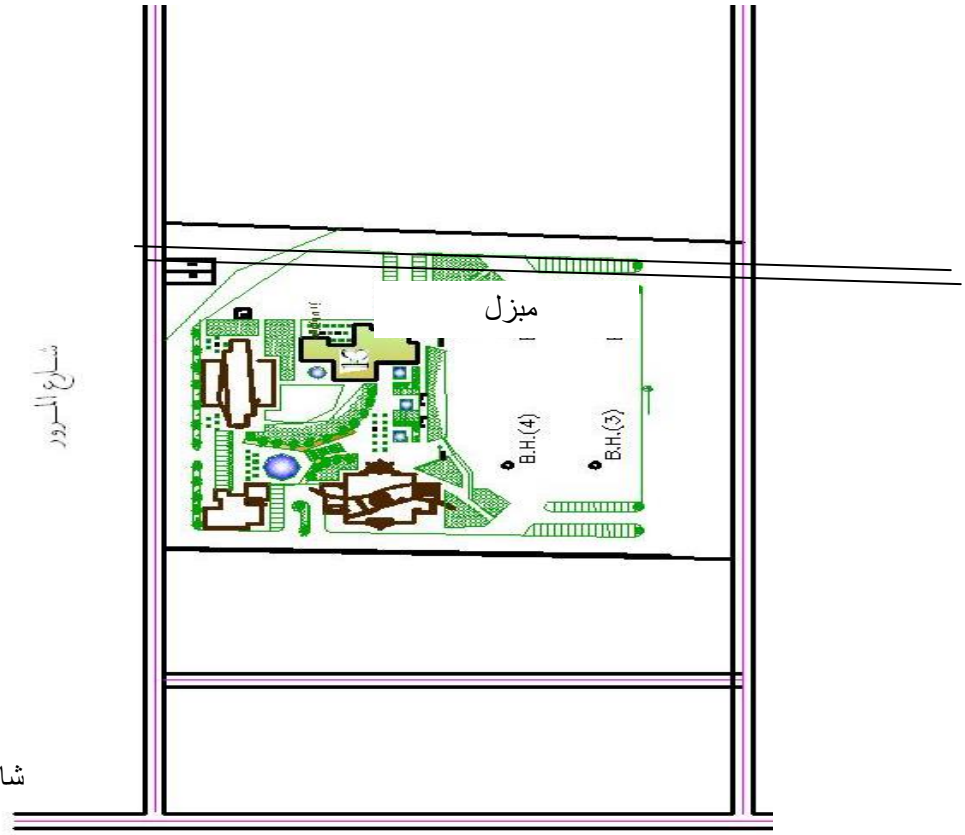
تقع منطقة الدراسة (الأبنية الجامعية) في مدينة الحلة مركز محافظة بابل في وسط العراق جنوب مدينة بغداد بحوالي 100 كم ضمن منطقة السهل الرسوبي. الشكل رقم (1) يبين منطقة الدراسة وهي منطقة منبسطة تقريبا ، كما ويوجد مبزل قديم يبعد عن منطقة الدراسة حوالي 500م تقريبا لكنه ممتلئ تقريبا بالمياه الراكدة حيث ان تصريف المياه فيه قليل وهو ما يسبب ارتفاع منسوب المياه الجوفية نسبياً في منطقة الدراسة حيث هذا المنسوب هو في الأصل مرتفع ويتراوح بين (0.1-0.25)م تحت مستوى سطح الأرض الطبيعي (.N.G.S)م كما موضح في الجدول رقم (2) حيث

تم قياس منسوب الماء الجوفي بعد ثبات ارتفاعه في الحفر الاختبارية وكما وتوجد المياه الجوفية ظاهرة على السطح في بعض الاماكن في منطقة الدراسة.

كما تم إجراء فحوصات كيمائية للماء الجوفي لغرض تحليله ومعرفه خواصه الكيميائية حيث أشارت النتائج الى ان الماء ذو قاعدية قليلة اما الأملاح فكانت النسبة تتراوح بين متوسط إلى عالي ، وكذلك فان الماء يحتوي على كميات من الكبريتات كما موضح في الجدول رقم (13) حيث يشير الى نتائج الفحوصات الكيميائية على الماء الجوفي في منطقة الدراسة .

لا تمتلك منطقة الدراسة مشروع صرف صحي. جيولوجياً المنطقة كباقي مناطق السهل الرسوبي مغطاة وبترسبات العصر الرباعي وهي تتكون من تتابعات طينية غرينية ذات نسبة قليلة من الرمل النهري الناعم.

.



شكل رقم (1) يبين موقع منطقة الدراسة بالنسبة الى مدينة الحلة

3- مراحل الدراسة Methods of Study

تضمن البحث دراسة الخواص الفيزيائية والهندسية والكيميائية لتربة منطقة الدراسة من خلال تقسيم العمل إلى مرحلتين رئيسيتين وكما يلي:

أولاً: مرحلة العمل الحقلي Field Works :

وهي المرحلة الأولى من الدراسة التي تمت فيها جمع بعض المعلومات المتوفرة عن موقع الدراسة حيث تم تقسم العمل فيها الى قسمين رئيسيين متداخلين مع بعضها البعض وكما يلي:

1- **تحديد موقع الدراسة وكذلك تحديد مواقع الحفر الاختبارية:** الجزء الأول من العمل يتم فيه تحديد مواقع الحفر الاختبارية وكذلك يتم إنجاز أعمال الحفر لأربعة حفر اختبارية ، حيث أنجزت أعمال الحفر بطريقة الحفر الدوراني (Rotary Drilling) وحسب المواصفات الجمعية الأمريكية للفحوصات (ASTM D-1452 –D5783) باستخدام حفارة ميكانيكية نوع (Flight Augers) بقطر (10 سم) وتم حفر الحفر داخل الموقع كما موضح في الشكل رقم (1)، كما وقد وصلت أعماق الحفر في بعض الحفرالاختبارية لغاية عمق (17 م) من سطح الأرض الطبيعية (N.G.S) وكما موضح في الجدول رقم (2). خلال هذه المرحلة تم الحصول على ثلاث أنواع من نماذج الفحص وكما موضح في جدول رقم (1) مع أهم الفحوصات المختبرية التي يمكن إجراءها على كل نموذج وهي كما يلي:

أ. **النماذج المشوشة ((Disturbed Samples (DS)** حيث يتم الحصول عليها من نواتج الحفر المتجمعة على عمود الحفارة وحسب الأعماق المثبتة في سجلات الحفر وحسب المواصفات الامريكية (ASTM D-1586) وعلى أعماق تتراوح بين (0.5 –1.5)م ، كما وان العينات المشوشة تكون مفتتة ويتم أخذها أثناء الحفر وعند أي عمق من الحفر وتوضع في أكياس نايلون وترسل الى المختبر لغرض إجراء الفحوصات المختبرية المطلوبة عليها.

ب. **نماذج آخذة العينات المنفلقة ((Split spoon Samples (SS)** حيث يتم الحصول عليها باستخدام آخذة العينات المنفلقة القياسية المستخدمة في انجاز فحص الاختراق القياسي (Penetration Test Standard) ويرمز له (S.P. T.) والتي تم تنفيذها في أعماق مختلفة عند كل حفرة اختباريه واعتمادا على تغير طبقات التربة في موقع الحفرة.

ج. **النماذج الغير المشوشة (Undisturbed Samples (US))** حيث يتم الحصول عليها باستخدام آخذة العينات نوع شلبي (Shelby Tube) قطرها الداخلي (100 ملم) وطولها (450 ملم) والتي تم سوقها داخل التربة بطريقة الدفع الاستاتيكي (Static Jacking) باستخدام مكابس هيدروليكية مناسبة لتقليل التشويش الى اقل حد ممكن ، وحسب المواصفات الامريكية (ASTM D-1587) وعلى أعماق تتراوح بين (1 –2)م او عندما يلاحظ تغير في طبقات التربة ، ثم يشمع النموذج من الأعلى و الأسفل بصورة جيدة ثم ينقل بعناية إلى المختبر لغرض إجراء الفحوصات المختبرية المطلوبة عليها.

جدول رقم (1) يوضح أنواع النماذج وطرق استخدامها ونوع الفحوصات المختبرية التي يمكن إجراءها عليها

نوع النموذج	طريقة الاستخراج	الفحوصات التي يتم إجراءها على النموذج
DS (مشوش)	بواسطة بريمة الحفر	فحوصات القوام ،التدرج الحجم الحبيبي،الفحوصات الكيميائية ، الوزن النوعي
SS (مشوش)	من فحص S.P.T	فحوصات القوام،التدرج الحجم الحبيبي ، الفحوصات الكيميائية ، الكثافة والمقاومة
US (غير مشوش)	بواسطة أنابيب شلبي	فحوصات المقاومة والانضمام والكثافة

2- الفحوصات الموقعية In-Site Testing

يتم إجراء هذا الجزء من العمل بصورة متداخلة من جزء العمل في الفقرة رقم (1) أعلاه حيث يتم إجراء الفحوصات الموقعية لتربة منطقة الدراسة خلال عملية الحفر للحفر الاختبارية من خلال إجراء فحص الاختراق القياسي وقياس منسوب المياه الجوفية وكما يلي:

أ- فحص الاختراق القياسي Standard Penetration Test (S.P.T.)

يعد فحص الاختراق القياسي (SPT) من الفحوصات الحقلية المهمة لحساب قابلية التحمل للتربة موقعيا لكل الأعماق وفي كل حفرة اختبارية وأيضا يتم معرفة الكثافة النسبية للتربة الرملية والحصوية (التربة الغير متماسكة Cohesionless) وقوام التربة (Consistency) للتربة الطينية الغرينية المتماسكة (Cohesive Soil) بالاعتماد على المواصفات (ASTM D 1586-99) .

يتألف جهاز الـ S.P.T. من أنبوب (Split Spoon) قطره الداخلي (35 ملم) وقطره الخارجي (50.8 ملم) وطوله (460 ملم) تدفع الى باطن الأرض بواسطة مطرقة حديدية وزنها (63.3 كغم) تتحرك على عمود حديدي طوله (760 سم) حيث تحسب عدد الضربات(N-blows) للنزول الى مسافة (300 ملم) . فإذا كانت التربة رخوة (Soft) يكون الاختراق سريعا وبعدد ضربات قليلة. أما إذا كانت التربة قوية (Hard) يكون الاختراق بطيئا وبعدد ضربات اكثر .

خلال أعمال الحفر ، تم إجراء فحص S.P.T. لأعماق مختلفة من الحفر الاختبارية يتراوح بين (2.5 إلى 17) م لكل حفرة اختبارية. الجداول رقم (14،15،16،17) في الملحق رقم (1) تبين الأعماق الحقيقة لكل نماذج الفحص وقيمة N-blows بالنسبة لفحص S.P.T لكل حفرة اختبارية.

ب- منسوب المياه الجوفية: Ground Water Table Observation

منسوب المياه الجوفية لكل حفرة من الحفر الاختبارية موضح في الجدول رقم (2) حيث تم قياسه من سطح الأرض الطبيعية خلال شهر شباط 2011 بعد مرور فترة 24 ساعة على إنهاء أعمال الحفر لكل حفرة اختبارية وثبوت منسوب المياه الجوفية في الحفرة الاختبارية وهو منسوب قابل للتغير خلال فصول السنة ، نماذج من الماء للحفر الاختبارية تم آخذة وإرساله الى المختبر لإجراء التحليل الكيميائي للماء الجوفي وكما موضح نتائجها في الجدول رقم (13)

جدول رقم (2) يوضح منسوب المياه الجوفية بالنسبة لسطح الأرض الطبيعية في منطقة الدراسة

تاريخ قياس منسوب المياه الجوفية	رقم البئر الاختباري	قطر البئر الاختباري (م)	عمق البئر الاختباري بالنسبة لسطح الأرض (م)	ارتفاع الماء الجوفي داخل البئر بالنسبة لسطح الأرض (م)
2001/2/9	1	0.1	15	- 0.2
2001/2/9	2	0.1	15	- 0.25
2001/2/10	3	0.1	15	- 0.1
2001/2/11	4	0.1	17	- 0.2

ثانياً: مرحلة العمل المختبري Laboratory Testing

بعد انجاز أعمال المرحلة الأولى أعلاه ، وبعد نقل جميع نماذج الفحص إلى المختبر تبدأ المرحلة الثانية وهي مرحلة العمل المختبري حيث يتم إجراء الفحوصات المختبرية على نماذج التربة إضافة إلى الفحوص الحقلية التي تم إجراءها (فحص الاختراق القياسي) .S.P.T. تضمن البحث تحديد برنامج الفحوصات المختبرية المطلوبة وكذلك إجراء فحوصات فيزيائية وكيميائية وفحوصات هندسية لتربة منطقة الدراسة وكذلك تم تحديد الفحوصات المطلوب إجراءها على كل نموذج اعتمادا على نوع نموذج الفحص (DS ,US and SS) وحسب مواصفات ASTM و BS لكل فحص من الفحوصات ، تضمن برنامج الفحص الفحوصات المختبرية التالية:

1. **الخصائص الفيزيائية للتربة Physical Properties of Soil**:
   أ. القوام وحدود اتربيرك (Consistency & Atterberg Limits).
   ب. محتوى الرطوبة (Water Content)
   ج. فعالية التربة(Clay Activity)
   د. التحليل الحجمي للحبيبات (Grain Size Analysis).
2. **الخصائص الهندسية للتربة Engineering Properties of Soil**:
   أ. فحص الاختراق القياسي (" S.P.T " Standard Penetration Test).
   ب. فحص القص .
   ج. الهبوط Settlements
3. **الخصائص الكيميائية للتربة Chemical Properties of Soil**:
   أ. النسبة المئوية لأيون الكبريتات (" SO3 % " Sulphate Ions).
   ب. النسبة المئوية للمواد العضوية (" ORG % " Organic Matter).
   ج. الأملاح الكلية القابلة للذوبان (Total soluble salts) (T.S.S)
   د. محتوى الجبس Gypsum content
   هـ. التحليل الكيميائي للمياه الجوفية (Chemical analysis for ground water).

4- النتائج والمناقشة

تم الاعتماد على المواصفات العالمية الأمريكية والبريطانية (ASTM and B.S) في أجراء الفحوصات المختبرية لنماذج منطقة الدراسة لغرض الحصول على الخواص الفيزيائية والهندسية والكيمياوية لتربة منطقة الدراسة وكما يلي:

4-1 : الخصائص الفيزيائية للتربة Physical Properties of Soil

أ- التحليل الحجمي الحبيبي (Grain Size Analysis)

يعتبر التحليل الحجمي للحبيبات الأساس في تصنيف التربة والاستدلال على خواصها (Bowles, 1984)، منحيات توزيع التدرج الحجمي الحبيبي لنماذج التربة المأخوذة من الحفر الاختبارية لمنطقة الدراسة وجدت من خلال التحليل المنخلي (sieve analysis)، في حين تم الاعتماد طريقة التحليل الرطب(Hydrometer analysis) في تحديد النسب المئوية للحبيبات الناعمة (الغرين والطين) العابرة من منخل رقم 200 والتي تكون مقاس حبيبات التربة

اقل من 0.075 ملم وعندما تكون نسبة المواد العابرة من منخل رقم 200 اكبر من 12% من وزن النموذج أو بما يقارب 50 غم.

نتائج فحص التحليل الحجمي الحبيبي لنماذج التربة المأخوذة من الحفر الاختبارية تمت جدولتها ووضعها الملحق رقم (1) في الجداول رقم (14،15،16،17)، حيث تراوحت النسبة المئوية الرمل من (4 – 72) ، اما نسبة للغرين فقد تراوحت نسبة (20 – 43) والنسبة المئوية الطين بين (3 – 71).

من نتائج الفحص أعلاه، يمكن تصنيف التربة بأنها تربة طينية غرينية تحتوي على نسبة رمل قليلة ولغاية عمق 13.5 م تحت مستوى سطح الأرض الطبيعية وتصنف الى طينية عالية اللدونة وواطئة اللدونة وغرينية عالية اللدونة وواطئة اللدونة متتذبذبة مع العمق، وللأعماق من 13.5 الى 17 م تحت مستوى الأرض الطبيعية تصنف التربة بأنها رملية غرينية متوسطة الى عالية الكثافة.

ب- حدود اتربرك (Atterbeg Limits)

تراوحت النسب المئوية لحد السيولة (L.L.) من (64- 41) وحد اللدونة (P.L.) بين (11-29) وبذلك يكون دليل اللدونة (P.I) ذات قيمة تتراوح بين (13-43) كما موضحة في الجداول رقم (14،15،16،17) في الملحق رقم (1) وبالاعتماد على تصنيف التربة الموحد (USCS) تكون التربة طينية عالية اللدونة (CH) وواطئة اللدونة (CL) وغرينية عالية اللدونة وواطئة اللدونة وهذه النسب متذبذبة مع العمق لكافة المواقع. كما ويعتبر دليل اللدونة من الخواص المهمة للتربة حيث يمكن تصنيف التربة تبعا لذلك كما في الجدول رقم (3).

جدول رقم (3) يبين تصنيف التربة اعتمادا على اللدونة (العشو ,1991)

دليل اللدونة	وصف التربة
صفر	تربة غير لدنة
5-1	تربة لدنة نوعا ما
10-5	تربة واطئة اللدونة
20-10	تربة متوسطة اللدونة
40-20	تربة عالية اللدونة
أكثر من 50	تربة ذات لدونة عالية جدا

جـ- محتوى الرطوبة Water Content

ان وجود الماء له تأثيران مهمان على تصرف وسلوك مختلف أنواع الترب :أولهما أنه يكوّن الضغط بين حبيبات التربة وخاصة الطينية منها والثاني انه يكوّن الضغط المسامي (pore pressure) والذي يؤثر على سلوكية التربة (فتوحي وآخرون ، 1990) كما تعد لدونة التربة كمؤشر على محتوى الرطوبة .

تم حساب محتوى الرطوبة وقد تراوحت النسبة المئوية الوزنية لها بين (25.1- 30)% كما موضحة في الجداول رقم (14،15،16،17) في الملحق رقم (1) ويعد هذا المحتوى الرطوبي عالي وما يسببه من مشاكل في عملية انضمام التربة والانتفاخ والانكماش وتقليل تماسكها حيث ان تربة منطقة الدراسة وكما اسلفنا طينية غرينية وان ارتفاع منسوب المياه الجوفية هو السبب الأساسي في ارتفاع محتوى الرطوبة .

د- فعالية التربة (Activity of Soil)

تراوحت معدل قيم فعالية التربة لمنطقة الدراسة بين (0.57 – 0.625) وهي موضحة في الجدول رقم (4)، حيث وجد ان متوسط قيمة فعالية التربة لمنطقة الدراسة هي (0.6) وهي قيمة منخفضة وتصنف التربة في منطقة الدراسة غير فعالة اعتماداً على درجة فعاليتها. الجدول رقم (5) يبين تصنيف التربة حسب فعاليتها (العشو، 1991).

جدول رقم (4) يوضح قيم فعالية التربة لكل حفرة اختبارية في منطقة الدراسة

نوع النموذج	رقم الحفرة الاختبارية	عمق النموذج (m)	نظام التصنيف				الخصائص الدالة			فعالية التربة
			Clay %	Silt %	Sand %	Grave. %	PL %	LL %	PI %	
US	1	2-2.5	63	25	12	0	22.0	58.0	36.0	**0.57**
DS	2	6.5-7	48	24	28	0	17.0	47.0	30.0	**0.625**
DS	3	10-10.5	58	25	17	0	22.0	57.0	35.0	**0.6**
US	4	10.5-11	65	29	6	0	21.0	59.0	38.0	**0.58**

جدول رقم (5) يبين تصنيف التربة حسب فعاليتها (العشو، 1991)

الفعالية (A)	تصنيف التربة
أقل من 0.75	تربة غير فعالة (Non active)
من 0.7−1.25	تربة اعتيادية الفعالية Normally Active
من 1.25− 2.0	تربة فعالة Active

2−4 : الخصائص الهندسية للتربة Engineering Properties of Soil

أ− قابلية التحمل (Bearing Capacity)

لقد تم الاعتماد على طريقتين لحساب قابلية التحمل للتربة وهما:− الطريقة الديناميكية Dynamic Method والتي تعتمد على عدد ضربات (N) فحص الاختراق القياسي (SPT) الحقلي،والطريقة الاستاتيكيةMethod Static والتي تعتمد على نتائج الفحوصات المختبرية وكما يلي:

أولا: الطريقة الديناميكية Dynamic Method:

تراوحت عدد الضربات بين (8 – 48) ضربة وعلى أساسها تراوحت قابلية التحمل بين (4−16.4) طن/م2 للأعماق من (1.5− 17) م على التوالي وحسبت بالاعتماد على معادلة (Meyerhof ,1965) وكما يلي:

$$qull=N/0.08\ [(B+0.3)/B]^2(1+0.33\ Df/B)$$

الجدول رقم (6) يبين قيمة عدد الضربات N لفحص الاختراق القياسي لكل حفرة اختبارية مع عمق النموذج مع قابلية التحمل

الجدول رقم (6) يوضح نتائج فحص الاختراق القياسي(SPT) لنماذج منطقة الدراسة

Depth Of Samples (m)	SPT(N) Total for 300mm BH.1	SPT(N) Total for 300mm BH.2	SPT(N) Total for 300mm BH.3	SPT(N) Total for 300mm BH.4	Average SPT(N) Total for 300mm	Ave. B.C T/M^2
1.5	8	8	-	-	8	4.00
3.5	17	-	13	-	15	7.80
4.0	-	-	-	15	15	7.80
5.0	-	21	-	-	21	9.30
6.5	18	-	11	-	14	7.30
7.0	-	-	-	12	12	6.00
9.5	29	9	21	24	21	9.30
12.0	13	28	14	26	20	9.10
14.5	-	-	18	25	21	9.30
19.0	52	18	-	-	35	13.00
17.0	-	-	-	48	48	16.40

ثانيا: الطريقة الاستاتيكية Static Method

في هذه الطريقة يتم احتساب قابلية التحمل بالاعتماد على الفحوصات الهندسية وكما موضح في الجدول رقم (7) ، حيث تراوحت قيم تماسك التربة (Cu) بين (1.8–6.1) طن/م2 وقيم زاوية الاحتكاك الداخلية Øu بين (6–10) درجة.

جدول رقم (7) يوضح نتائج الفحوصات المختبرية الهندسية

رقم الحفرة الاختبارية	العمق m	Cu T/m^2	ϕu
BH.1	**2-2.5**	**1.90**	**7**
=	**5-5.5**	**2.40**	**8**
=	**8-8.5**	**4.30**	**6**
=	**11-11.5**	**6.10**	**6**
BH.2	**2-2.5**	**2.20**	**7**
=	**5.5-6**	**3.00**	**9**
=	**7.5-8**	**4.37**	**9**
=	**10.5-11**	**4.10**	**8**
BH.3	**2-2.5**	**1.80**	**10**
=	**5-5.5**	**2.60**	**10**
=	**8-8.5**	**4.30**	**9**
=	**11-11.5**	**4.70**	**9**
BH.4	**2.5-3**	**1.80**	**9**
=	**4.5-5**	**3.70**	**6**
=	**10.5-11**	**5.40**	**7**

ويتم احتساب قابلية التحمل بالاعتماد على المعادلة التالية وللأعماق المختلفة

$$q_{ult} = C N_c + \gamma D_f N_q q + 0.5\gamma_{sub} B N_\gamma$$

The allowable bearing capacity for foundation:-

Df= the depth of foundation (m)	allowable bearing capacity T/m^2

(1.0) m	(5.3) T/m²
(2.0) m	(6.8 T/m²

من خلال نتائج فحص القص على نماذج التربة المستخرجة من الحفر الاختبارية وفحص الاختراق القياسي (SPT) والموضحة نتائجها في الجدولين رقم (6) و(7) ، حيث أشارت النتائج الى ان الترب التماسكية ذات قوام يتراوح من ضعيف الى متوسط الى قوي اما بالنسبة للترب العديمة التماسك فكان قوامها يتراوح بين ضعيف الى متوسط الى كثيف جدا

ب- الهبوط Settlement

من خلال إجراء فحص الانضمام على بعض نماذج التربة المستخرجة من الحفر الاختبارية تبين بان الهبوط المتوقع لموقع منطقة الدراسة ضمن الحدود المقبولة وان التربة التماسكية مفرطة الانضمام والجدول رقم (8) يبين نتائج فحص الانضمام

جدول رقم (8) يبين نتائج فحص الانضمام لنماذج منطقة الدراسة

رقم الحفرة الاختبارية	العمق m	فحص الانضمام				
		e0	Cc	Cr	Po T/ m^2	Pc T/ m^2
BH.1	5-5.5	0.808	0.117	0.023	10.06	14.0
BH.2	7.5-8	0.845	0.124	0.069	14.64	16.5
BH.3	11-11.5	0.780	0.146	0.037	21.16	19.0

3-4 الخصائص الكيميائية للتربة Chemical Properties of Soil

أ- محتوى الكبريتات في التربة Sulphate Content

تعد أملاح الكبريتات من أكثر الأملاح انتشارا في التربة خصوصا أملاح كبريتات الصوديوم والمغنيسيوم والكالسيوم (Bakir, 1998) وتعد ترسبات الجبس اهم مصادر الكبريتات، حيث ان التبخر المستمر لماء الجبس ($CaSO_4.2H_2O$) يؤدي الى ترسب املاح كبريتات الكالسيوم ($CaSO_4$)، (Majeed, 2000).

تأتي أهمية ايون الكبريتات (SO_3) من كونه يهاجم الخرسانة ويتفاعل مع مركبات الإسمنت (الالومينات)، وتكون نواتج هذا التفاعل هي الجبس وسلفوالومينات الكالسيوم وهذه التفاعلات تكون مصحوبة بزيادة في الحجم مؤدية الى تمدد وتفتت الخرسانة.

وتتراوح نسبة ايون الكبريتات (SO_3) لمنطقة الدراسة بين (% (0.35-1.42) % ولمختلف الأعماق ، ولغرض مقاومة تأثير أملاح الكبريتات الموجودة في التربة ينصح باستخدام الاسمنت المقاوم للكبريتات وطلاء الأسس بطبقة من القير او أي مادة أخرى مناسبة لمنع تاكل الخرسانة ويبين الجدول رقم (9) نسبة الكبريتات في تربة موقع الدراسة.

جدول رقم (9) يبين نتائج محتوى الكبريتات لمنطقة الدراسة

رقم الحفرة الاختبارية	العمق (m)	ايون الكبريتات (%) SO3
BH.1	1-1.5	0.35
BH.2	5.5-6	0.71
BH.3	11-11.5	1.15
BH.4	14.5-15	1.42

ب- النسبة المئوية لمحتوى المواد العضوية Organic Matter Content (ORG)

توجد المواد العضوية عادة على أعماق ضحلة ولكن في بعض الحالات توجد على اعماق كبيرة نتيجة للحركة الأرضية، ديدان الأرض، وبعض الأسباب الممكنة الأخرى (Bakir, 1998).

أن أصل المواد العضوية هو اما نباتي او حيواني, وتعتبر النباتات المصدر الرئيسي للمواد العضوية حيث تكون تنتج عن تحلل و تفسخ النباتات و الفحم و قطع الأصداف , كما و يمكن تميز التربة التي تحتوي على مواد عضوية بنسبة عالية من لونها الأسود أو الرصاصي الداكن , إضافة إلى رائحتها الصادرة من تلك العضويات (Terzaghi and peck,1974).

وتعتبر المواد العضوية من وجهة النظر الهندسية ذات خصائص غير مرغوب فيها ومن تأثيراتها غير المرغوب ما يلي: -

1. انخفاض في قابلية التحمل (Bearing Capacity) وزيادة الانضغاطية (Compressibility) (شيخل، 1999).
2. زيادة احتمالية الانتفاخ والانكماش (Swelling and Shrinkage) نتيجة حدوث تغير في محتوى الرطوبة حيث تمتص كميات كبيرة من الماء تصل إلى (5) مرات أو أكثر من الوزن الذي تحتله (Scott ,1974) ، حيث يمكن أن يؤدي التغيير الحجمي في التربة العضوية التي تقوم بامتصاص الماء إلى حصول ظاهرة الانتفاخ (Swelling)

وقد بلغت نسبة المواد العضوية في التربة بين (0.037)% كما موضحة في الجدول رقم (10). ويمكن وصف نسبة المواد العضوية في التربة بأنها عالية إذا زادت عن (1%) و لكن قد تكون نسبة (0.5)% كافية لأن تكون ذات مشكلات بالنسبة لقوة التربة وعموما عندما تتراوح نسبة المواد العضوية في التربة مابين (3%-2) فانها تغير من مقاومة التربة انضغاطيتها كما ذكر (الجبوري،2002).

جدول رقم (10) يبين النسبة المئوية للمواد العضوية (ORG) لنماذج منطقة الدراسة

رقم الحفرة الاختبارية	العمق (m)	(%) محتوى المواد العضوية
BH.1	1-1.5	0.037

جـ- الأملاح الكلية القابلة للذوبان Total soluble salts(T.S.S)

تعرف (T.S.S) بأنها جميع أملاح التربة القابلة للذوبان في الماء حيث تختلف درجة ذوبان الأملاح باختلاف طبيعتها فأملاح الكلوريدات بصورة عامة تكون أسهل ذوباناً من الكاربونات والكبريتات وتتأثر درجة الذوبان بدرجة الحرارة و قيمة الأس الهيدروجيني PH و كمية غاز(CO_2) المذاب فضلاً عن عملية التبخر والرطوبة.

وتأتي أهمية هذا الفحص لتقدير نسب الأملاح و التي تسبب تآكل الخرسانة و الأنابيب إضافة إلى حديد التسليح . و عندما تكون قابلية ذوبانها بشكل حر في الماء فأنها تؤثر تأثيراً شديداً على درجة تلف الخرسانة.

وقد تراوحت نسبة الأملاح الذائبة في تربة موقع الدراسة بين (1.93–5.0)% كما موضحة في الجدول رقم (11) ولمختلف الأعماق ، وتعد النسبة عالية إذا بلغت أكثر من (0.5)% لأنها تعمل على زيادة الإنفعال (Strain) في طبقات التربة الطينية , حيث أن الأملاح تعمل على تغيير المسافات البينية بين الحبيبات و من ثم تعمل الأملاح كأحد المركبات الرئيسة للإنفعال (Lambe and Whitman ,1969).

جدول رقم (11) يبين نتائج نسبة الأملاح الكلية القابلة للذوبان (T.S.S) لنماذج منطقة الدراسة

رقم الحفرة الاختبارية	العمق (m)	الأملاح الكلية القابلة للذوبان (%) TSS
BH.1	1-1.5	1.93
BH.2	5.5-6	4.34
BH.3	11-11.5	5.0
BH.4	14.5-15	5.0

د–محتوى الجبس Gypsum Content

تم دراسة محتوى الجبس في منطقة الدراسة لما تشكله من مخاطر على مقاومة التربة و على الهبوط التفاضلي للأبنية و الأسس وحصول الفجوات و التكهفات بسبب قابلية ذوبان الجبس في المياه الجوفية التي تغمر هذه الترب أو تمر من خلالها . كما أن له تأثير على الخرسانة لأن أيون الكبريتات يتفاعل مع الكلس (Slacked lime) $Ca(OH)_2$ الموجود في الأسمنت البورتلاندي ليكون الجبس البلوري و أن التمدد الحجمي للجبس يسلط تأثيراً تشققياً على الخرسانة (Kezdi, 1980) . كما ان وجود الجبس يقلل من الكثافة الجافة العظمى ويزيد نسبة محتوى الرطوبة ، ويقلل مقاومة التربة وإمكانية انتفاخ الترب الجبسية ومن ثم يعمل على تغيير في تركيب التربة أو دفع المنشآت والاسس في حالة تشبع هذه الترب ، وبما ان الجبس قابل للذوبان في الماء مما يؤدي إلى تأثير الترب الجبسية عند تعرضها لتغيرات في نسب المحتوى المائي بسبب تذبذب مستوى المياه الجوفية أو تسرب المياه اليها مما يؤدي إلى اذابة جزء من المحتوى الجبسي فيها وتكبير الفجوات الموجودة أصلاً في كتلة التربة وهذا يؤدي إلى هبوط التربة تحت الاحمال المسلطة (Peck, et al , 1974 , Hesse , 1971) .

أما بالنسبة إلى منطقة الدراسة فقد بلغت نسبة الجبس بين (0.58–2.67) % كما موضحة في الجدول رقم(12) ولمختلف الاعماق ، وتعد نسبة الجبس خطرة على الأسس اذا كانت أكبر من (5%) من النموذج Arutynyan and Manukyan , 1982

جدول رقم (12) يبين نتائج محتوى الجبس Gypsum content لنماذج منطقة الدراسة

رقم الحفرة الاختبارية	العمق (m)	محتوى الجبس (%) .Gypsum Content
BH.1	1-1.5	0.58
BH.2	5.5-6	2.62
BH.3	11-11.5	2.65
BH.4	14.5-15	2.67

و – التحليل الكيميائي للمياه الجوفية لمنطقة الدراسة Chemical Analysis For Ground Water

تم إجراء التحليل الكيميائي للمياه الجوفية في منطقة الدراسة وكانت نتائج التحليل الكيميائي كما موضحة في الجدول رقم (13) حيث أشارت نتائج تحليل الكيميائي للماء الجوفي الى ان الماء ذو قاعدية قليلة اما الأملاح فكانت النسبة تتراوح بين متوسط إلى عالي ، وكذلك فان الماء يحتوي على كميات من الكبريتات.

جدول رقم (13) يوضح نتائج التحليل الكيميائي للمياه الجوفية في منطقة الدراسة

SO3 ppm	Cl ppm	PH	EC * 10^3 mm hos/cm	TSS ppm	العمق (m)	رقم الحفرة الاختبارية
715	54	8.0	-	1062	0.00	1
708	57	8.0	-	1048	0.00	2
732	58	8.1	-	1211	0.00	3
641	55	8.0	-	1160	0.00	4

5- الاستنتاجات و التوصيات

1. إن معظم أجزاء منطقة الدراسة (ألابنيه الجامعية) هي تربة ذات خصائص متذبذبة لحد كبيرو تتضمن تبايناً عالياً في نسب حجوم الحبيبات المكونة للتربة كما أظهرت نتائج التحليل الحبيبي الحجمي للتربة مما جعل من الصعب إعطاء الخصائص شكلا واحدا متماثلا بالزيادة أو النقصان مع العمق ، وبصورة عامة يمكن تقسيم تربة منطقة الدراسة ولعمق (13.5م) تقريبا" تحت مستوى سطح الأرض الطبيعية هي تربة طينية وطينية غرينية ؛ مما يعني إنها تربة قابلة للانضغاط تحت تأثير الأحمال الساكنه كما قد تكون قابلة للانتفاخ عند تشبعها بالماء، وللأعماق بعد(13.5) م تكون التربة رملية ورملية غرينيه ومن ثم فهي ترب ذات قابلية انضغاط واطئة وذات مقاومة قصية جيدة . ويعود هذا التنوع في التربة الى تنوع البيئات الترسيبية المتمثلة بترسبات السهل الفيضي وترسبات الملء .
2. حسب نظام التصنيف الموحد (USCS) كان السائد في التربة الخشنة هو الرمل رديء التدرج (SP) والرمل الغريني (SM) والرمل ذو التدرج الجيد(SW) ، أما التربة الناعمة فكان السائد منها في منطقة الدراسة الطين الواطيء والعالي اللدونة (CH , CL) على التوالي .
3. تُعد تربة منطقة الدراسة وبشكل عام تربة غير فعالة (No-Active) .
4. يتراوح عدد الضربات (N) في فحص الاختراق القياسي (SPT) بين (8–48) ضربة مما يدل على ان مقاومة التربة ذات مدى واسع وتزداد المقاومة مع العمق بصورة عامة. أما فيما يخص مقاومة القص فقد تراوحت قيمة التماسك (CU) بين (1.8–6.1) طن/م2 وزاوية الاحتكاك الداخلي Φu بين (6–10°) وتتوزع بشكل متذبذب على الأعماق في منطقة الدراسة.
5. قابلية تحمل التربة المحسوبة بطريقة الداينميكية Dynamic method فقد تراوحت بين (4–16.4) طن/م2 ولمختلف الأعماق
6. تبين من خلال التحري ونتائج الفحص المختبري بأن التربة في موقع الدراسة تحتاج الى معالجات هندسية لغرض إقامة المنشآت الهندسية عليها.
7. تراوح عمق المياه الجوفية بين مستوى المياه الجوفية من (0.1–0.25)م تحت مستوى سطح الأرض الطبيعي (.N.G.S) حيث يلاحظ ان قرب المياه الجوفية من سطح الارض يزيد من احتمالية حصول انهيار أو هطول للتربة وعليه لابد من مشروع صرف صحي متكامل للمدينة.

8. من خلال نتائج التحليل الكيميائي للماء وجدت بان الماء الجوفي ذو قاعدية عالية اما الأملاح فكانت النسبة تتراوح بين متوسط إلى عالي ، وكذلك فان الماء يحتوي على كميات ضارة من الكبريتات مما يتطلب اتخاذ الاجراءات اللازمة والكفيلة بحماية الخرسانة.
9. تخفيض منسوب المياه الجوفية خلال مرحلة انشاء الاسس حيث يجب ان يخفض بالضخ الى الخارج باستخدام مضخات مغطى مأخذها بفلتر لمنع ضخ الدقائق الناعمة من التربة مع الماء.

المصادر

- الجبوري , حامد حسن عبد الله , 2002 , (الخرائط الجيوتكنيكية الاولية للتربة في محافظة بابل وبعض المناطق المجاورة) أطروحة ماجستير – كلية العلوم – جامعة بغداد
- شيخل , نازناز و فريد , عبد الاحد و توماس , نوال , 1999 , (برنامج تطوير كفاية الاداء , كراس الكيمياء « 3 ») , المركز الوطني للمختبرات الأنشائية والبحوث
- عبد الهادي ، يوسف محمد (1998) ، فيزياء التربة ، دار وائل للطباعة والنشر ، الطبعة الاولى، الاردن
- العشو، محمد عمر، 1991، مبادئ ميكانيك التربة، دار الكتب للطباعة والنشر، جامعة الموصل.
- فتوحي، زهير رمو، ثابت ، كنانه محمد ، الجسار ، سنان هاشم مشكور ، مصطفى (1989)، الجيولوجيا الهندسية والتحري الموقعي ، دار الكتب للطباعة والنشر ، جامعة الموصل.
- American Standards for Testing and Materials (ASTM), Manual Book, Part II, (1970) and (1973).
- Bakir, A. M., 1998, (The Geotechnical Maps Of Iraq [Southern Region]), M. Sc. Thesis, University Of Baghdad – College of Engineering
- Bowles,J.E.,1984,Physical and Geotechnical Properties of Soil. 2nd, ed. Intonation student Edition, Mc- Grw Hill Japan Ltd., Tokyo, Japan, . 578p.
- British Standards Institution (B.S. 1377), 1975, Methods of Test for Soil, for Civil Engineering purposes.130 p.
- Hesse,P. R., 1971, A Text Book of Soil Chemical Analysis, Chemical publishing Co., Inc., New York ,520p .
- Kezdi, A., 1980, Hand Book of Soil Mechanics, Soil Testing Vol. 2. Elesvier Scientific, Amsterdam. Oxford. New York, 200 p.
- Lambe , T. W. And Whitman , R. V., 1979, (Soil Mechanics), John Wiley And Sons , Inc., New York .
- Lambe, W. & whitman, R., 1969, Soil Mechanics, John Wiley & Sons Inc, New York. 553 p.
- Majeed, A. H., 2000, (Engineering Characteristics Of Gypseous Soils), Ph. D. Thesis – College Of Engineering – University Of Baghdad, Department Of Civil Engineering
- Nashat, I. H., 1990, Engineering Characteristics of Some Gypseous soils in Iraq, Ph. D. Thesis, Civil Engineering Department Collage of Engineering University of Baghdad. 467 p.
- Scott, C. R., 1974, An Introduction to Soil Mechanics and Foundation. 2nd. ed. Applied science. Ripple Road, Essex. England. 361 p.

- Terzaghi. K. & Peck R.B., 1974, Soil Mechanics in Engineering Practice. 2nd · ed. John Wiley and Sons. Inc. New York. 72 p.

ملحق رقم (1)

الجدول رقم (14) يوضح الخصائص الفيزيائية ونتائج الفحوصات الحقلية لتربة الأبنية الجامعية (موقع الدراسة)

Borehole No. :(1)

Type of sample	Depth (m)	System of classification				Properties index			Unit weight gm/cm³		Layers –Description	Gs	SPT "N" Value
		clay %	Silt %	sand%	Grave.	Mc %	LL %	Pi %	dry	wet			

					%								
DS	0-0.75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Fill material(pavement , sub base, clay ,silt)	-	-–
SS	1-1.5	54	29	17	0	-	-	-	–	-	Grayish sandy silty clay soil ,soft consistency, CH	-	8
US	2-2.5	63	25	12	0	29.0	58.0	36.0	1.41	1.82	=	2.72	-
SS	3-3.5	68	27	5	0	-	-	-	-	-	Brownish silty clay soil ,medium consistency, CH	-	17
DS	4-4.5	69	24	7	0	-	62.0	40.0	-	-	=	2.73	-
US	5-5.5	54	25	21	0	27.1	51.0	32.0	1.44	1.83	Grayish silty sandy clay soil ,medium consistency, CH	-	-
SS	6-6.5	56	20	24	0	-	-	-	-	-	=	2.72	18
DS	7-7.5	58	23	19	0	-	-	-	-	-	Brownish sandy silty clay soil ,medium consistency, CH	-	-
US	8-8.5	69	20	11	0	26.0	63.0	41.0	1.46	1.84	=	2.73	-
SS	9-9.5	67	29	4	0	-	-	-	-	-	Brownish silty clay soil ,medium consistency, CH		29
DS	10-10.5	71	23	6	0	-	64.0	43.0	-	-	=	-	-
US	11-11.5	63	29	8	0	25.6	-	-	1.48	1.86	=	–	-
SS	12-12.5	44	24	32	0	-	45.0	29.0	-	-	Grayish silty sandy clay soil ,medium consistency, CL	2.71	13
DS	13-13.5	6	33	61	0	–	-	-	–	–	Greenish, fine to medium silty sand soil , dense	–	-
DS	14-14.5	3	32	64	1	–	-	-	–	–	=	2.65	-
SS	14.5-15	3	30	67	0	26.4	-	-	-	-	=	-	48

الجدول رقم (15) يوضح الخصائص الفيزيائية ونتائج الفحوصات الحقلية لتربة الأبنية الجامعية (موقع الدراسة)

Borehole No. :(2)

Type of sample	Depth (m)	System of classification				Properties index			Unit weight gm/cm³		Layers –Description	Gs	SPT "N" Value
		clay %	Silt %	sand%	Grave. %	Mc %	LL %	Pi %	dry	wet			

DS	0-0.75	-	-	-	-	-	-	–	–	-	Fill material (pavement , sub base, clay ,silt)	-	-
SS	1-1.5	25	43	32	0	30.0	42.0	13.0	-	-	Grayish clayey sandy silt soil ,soft consistency, ML	-	8
US	2-2.5	54	31	15	0	27.3	-	-	1.43	1.82	Brownish sandy silty clay soil ,medium consistency, CH	2.72	-
DS	3.5-4	58	28	14	0	-	54.0	31.0	-	-	=	-	-
SS	4.5-5	57	25	18	0	-	-	-	-	-	=	-	21
US	5.5-6	54	26	20	0	26.7	-	-	-	-	=	2.72	-
DS	6.5-7	48	24	28	0	-	47.0	30.0	-	-	Grayish silty sandy clay soil ,medium consistency, CL	-	-
US	7.5-8	45	26	29	0	28.0	-	-	1.43	1.83	=	2.71	-
SS	8.5-9	59	23	18	0	-	-	-	-	-	Brownish sandy silty clay soil ,soft consistency, CH	-	9
DS	9.5-10	52	27	21	0	-	54.0	33.0	-	-	=	-	-
US	10.5-11	50	24	26	0	25.1	48.0	29.0	1.47	1.84	Grayish silty sandy clay soil ,medium consistency, CL	2.72	-
SS	11.5-12	42	25	33	0	–	-	-	–	–	=	–	28
DS	12.5-13	5	31	64	0	-	-	-	-	-	Greenish, fine to medium silty sand soil , medium dense	2.65	-
DS	13.5-14	3	30	67	0	27.8	-	-	-	-	=	-	-
SS	14.5-15	4	24	72	0	-	-	-	-	-	=	-	18

الجدول رقم (16) يوضح الخصائص الفيزيائية ونتائج الفحوصات الحقلية لتربة الأبنية الجامعية (موقع الدراسة)

Borehole No. :(3)

Type of sample	Depth (m)	System of classification				Properties index			Unit weight gm/cm³		Layers –Description	Gs	SPT "N" Value
		clay %	Silt %	sand%	Grave. %	Mc %	LL %	Pi %	dry	wet			

DS	0-1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Fill material (pavement , sub base, clay ,silt)	-	-
DS	1-1.5	16	29	55	0	29.3	-	-	-	-	Grayish clayey silty sand soil , loose dense	-	-
US	2-2.5	43	30	27	0	28.1	41.	27.	1.42	1.82	Brownish sandy silty clay soil , soft consistency, CL	2.70	-
SS	3-3.5	47	28	25	0	-	-	-	-	-	=	-	13
DS	4-4.5	45	26	29	0	-	-	-	-	-	Grayish silty sandy clay soil ,medium consistency, CL	2.71	-
US	5-5.5	41	25	34	0	28.	41.	27.	1.43	1.83	=	-	-
SS	6-6.5	7	31	62	0	-	-	-	-	-	Greenish fine , silty sand soil , loose dense	-	11
DS	7-7.5	39	28	33	0	-	-	-	-	-	Brownish silty sandy clay soil ,medium consistency, CL	2.71	-
US	8-8.5	46	25	29	0	26.0	44.	31.	1.46	1.84	=	-	-
SS	9-9.5	54	22	24	0	-	-	-	-	-	=	2.72	21
DS	10-10.5	58	25	17	0	-	57.	35.	-	-	Brownish sandy silty clay soil ,medium consistency, CH	-	-
US	11-11.5	57	23	20	0	25.1	-	−	1.47	1.84	=	2.71	-
SS	12-12.5	53	21	26	0	-	-	-	-	-	Grayish silty sandy clay soil ,medium consistency, CL	-	14
DS	13-13.5	42	27	31	0	-	43.0	29.	-	-	=	-	-
SS	14-14.5	6	30	64	0	-	-	-	−	-	Greenish, fine to medium silty sand soil , medium dense	2.65	18
DS	14.5-15	4	29	66	1	-	-	-	-	-	=	-	-

الجدول رقم (17) يوضح الخصائص الفيزيائية ونتائج الفحوصات الحقلية لتربة الأبنية الجامعية (موقع الدراسة)

Borehole No. :(4)

Type of sample	Depth (m)	System of classification				Properties index			Unit weight gm/cm³		Layers –Description	Gs	SPT "N" Value
		clay %	Silt %	sand%	Grave. %	Mc %	LL %	Pi %	dry	wet			

DS	0-1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Fill material (pavement , sub base, clay ,silt)	-	–-
DS	1-1.5	18	25	57	0	-	-	-	–	-	Grayish clayey silty sand soil , loose dense	2.66	-
US	2.5-3	53	26	21	0	27.3	55.	34.0	1.43	1.82	Brownish sandy silty clay soil , medium consistency, CH	-	-
SS	3.5-4	65	22	13	0	-	-	-	-	-	=	2.73	15
US	4.5-5	67	29	4	0	27.0	61.	37.0	1.44	1.83	Brownish silty clay soil ,medium consistency, CH	-	-
DS	5.5-6	61	31	8	0	-	-	-	-	-	=	2.73	-
SS	6.5-7	7	28	65	0	29.5	-	-	1.39	1.80	Greenish fine , silty sand soil , loose dense	-	12
DS	7.5-8	5	26	69	0	-	-	-	-	-	=	2.65	-
SS	8.5-9	43	23	34	0	-	-	-	-	-	Brownish silty sandy clay soil ,medium consistency, CL	2.71	24
DS	9.5-10	48	24	28	0	-	45.	31.0	-	-	=	–	-
US	10.5-11	65	29	6	0	24.3	59.	38.0	1.48	1.84	Brownish silty clay soil ,medium consistency, CH	-	-
SS	11.5-12	66	27	7	0	-	-	-	-	-	=	2.73	26
DS	12.5-13	57	20	23	0	-	-	-	-	-	Grayish silty sandy clay soil ,medium consistency, CH	-	-
SS	13.5-14	43	27	30	0	-	-	-	–	–	=	-	25
DS	14.5-15	6	32	62	0	25.8	-	-	-	-	Greenish, fine to medium silty sand soil , dense	2.65	-
DS	15.5-16	4	30	65	1	-	-	-	-	-	=	-	-
SS	16.5-17	4	28	68	0	-	-	-	–	-	=	2.65	48