Iraqi National Journal of Earth Science
www.earth.mosuljournals.com

تقييم الخصائص الجيوتكنيكية لتربة موقع محطة كهرباء بيجي الغازية الثالثة ومسار الخط الستراتيجي وتأثير التذبذب في منسوب المياه الجوفية: دراسة حالة في شمال محافظة صلاح الدين، العراق

سجى قحطان نصيف [1*]، محمد راشد عبود [2]، صبار عبد الله صالح [3]

[3,2,1]قسم علوم الأرض التطبيقية، كلية العلوم، جامعة تكريت، تكريت، العراق.

معلومات الارشفة

تاريخ الاستلام: 15- يناير -2024

تاريخ المراجعة: 10- ابريل -2024

تاريخ القبول: 13- مايو -2024

تاريخ النشر الالكتروني: 01- ابريل -2025

الكلمات المفتاحية:

الاجهادات

الهبوط

التحاليل الكيميائية

المياه الجوفية

المنشآت الهندسية

المراسلة:

الاسم: سجى قحطان نصيف

Email:sajaqahtan8@gmail.com

الملخص

يهدف البحث الى تقييم الخصائص الجيوتكنيكية لترسبات العصر الرباعي، لإقامة بعض المنشآت الهندسية أضافة الى دراسة تأثير تذبذب منسوب المياه الجوفية، والتنبؤ بالهبوط الأرضي المحتمل الناتج عن سحب المياه الجوفية ومدى تأثير هذا التذبذب على الخواص الهندسية للتربة في منطقة بيجي/ شمال محافظة صلاح الدين لموقع محطة كهرباء بيجي الغازية الثالثة ومسار الخط الستراتيجي، تراوحت نسب محتوى الرطوبة للنماذج بين (4.41 - 5.84%) اما قيم الوزن النوعي فتراوحت بين (2.69- 2.65)، ومن نتائج التحليل الحجمي وجد ان نسبة الطين والغرين هي الأعلى، تبين حسب مخطط اللدونة ان نوع التربة CL- ML،ML ، بين فحص القص المباشر ان زاوية الاحتكاك الداخلي تراوحت بين(21°-22°) والتماسك بين (39-49 كيلو باسكال) وبينت نتائج فحص الانضمام ان التربة مفرطة . O.C.R من نتائج التحاليل الكيميائية لمحتوى الجبس كانت النسبة عالية ، كما انها تربة متعادلة القلوية ذات محتوى عضوي عالي وتحتوي على نسبة عالية من الكبريتات والكلوريدات والبيكاربونات و ان نسبة الاملاح المذابة تزيد عن نسبة (0.5%) وهي تعتبر عالية تم قياس الأعماق الى المياه الجوفيـــة لـ11 بئر موزعة على منطقة الدراسة وأخذت عينات منها لأجراء التحليلات الكيميائية لها، وبينت نتائج هذه التحاليل ان تصنيف المياه حسب قيمة (pH) متعادلة القلوية ومن نوع Brakish Water وحسب تصنيف المياه اعتمادا على قيم العسرة الكلية وجد أنها من النوعً Very Hard كذلك تم حساب الإجهادات الكلية والمتعادلة والفعالة لغرض حساب الهبوط الأرضي المحتمل الناتج عن سحب المياه الجوفية تراوحت نسبة الهبوط للتربة بين (0.200 - 0.275 سم). والخواص اعلاه تشير الى مشاكل هندسية في تربة منطقة الدراسة لذا يجب معالجتها قبل اقامة أي منشأ هندسي.

DOI: 10.33899/earth.2024.146117.1220, ©Authors, 2025, College of Science, University of Mosul.
This is an open access article under the CC BY 4.0 license (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Assessment of the Geotechnical Properties of the Third Baiji gas Power Station Site Soil, Strategic Line Route and the Effect of Groundwater Level Fluctuation: A Case Study in Northern Salah Al-Din Governorate, Iraq

Saja kahtan Nsaeef [1*], **Mohammed Rashid Abood** [2], **Sabbar Abdullah Saleh** [3]
[1,2,3] *Department of Applied Geology, College of Science, University of Tikrit, Tikrit, Iraq.*

Article information

Received: 15- Jan -2024

Revised: 10- Apr -2024

Accepted: 13- May -2024

Available online: 01- Apr – 2025

Keywords:
Stresses
Subsidence
Chemical Analyzes
Groundwater
Engineering Facilities

Correspondence:
Name: Saja kahtan Nsaeef

Email:sajaqahtan8@gmail.com

ABSTRACT

The research aims to evaluate the geotechnical properties of the Quaternary deposits, for the establishment of some engineering facilities in addition to studying the effect of groundwater level fluctuation and predicting the possible subsidence resulting from groundwater withdrawal and impact of this oscillation on the engineering properties of the soil in the Baiji / North Salah al-Din Governorate for the site of Baiji gas power station power station and the path of the strategic line, and the soil moisture changes, the moisture content ratios of the samples ranged between (4.41-5.84%) Specific gravity values ranged between) 2.65-2.69) and from the results of the Grain size analysis of soil, the percentage of clay and silt was found to be the highest, and based on the plasticity chart, it was found that the type of soil CL- ML, ML, the direct shear test showed that the angle of internal friction ranged between (21°-22°) cohesion strength between (39-49 kPa) and the results of the Consolidation Test showed that the soil is over Consolidation O.C.R. From the results of chemical analyses gypsum content was a high percentage, neutral alkaline soil with a high organic content and a high percentage of sulfates, chlorides, and bicarbonates, and the percentage of dissolved salts exceeds (0.5%), which is considered high, The depths to the groundwater of 11 wells were measured and distributed over the study area and samples were taken from them Chemical analyses, and the results of these analyses showed that the classification of water according to the value of (pH) neutral alkalinity and Brakish Water type, and according to the classification of water depending on the values of the total hardness, it was found that it is of the Very Hard type, as well as the stresses were calculated. Total, neutral, and effective for calculating the possible ground subsidence resulting from groundwater withdrawal, the percentage of subsidence of the soil ranged between (0.200 - 0.275 cm), and the above properties indicate engineering problems in the soil of the study area so they must be addressed before the establishment of any engineering facility.

DOI: 10.33899/earth.2024.146117.1220, ©Authors, 2025, College of Science, University of Mosul.
This is an open access article under the CC BY 4.0 license (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

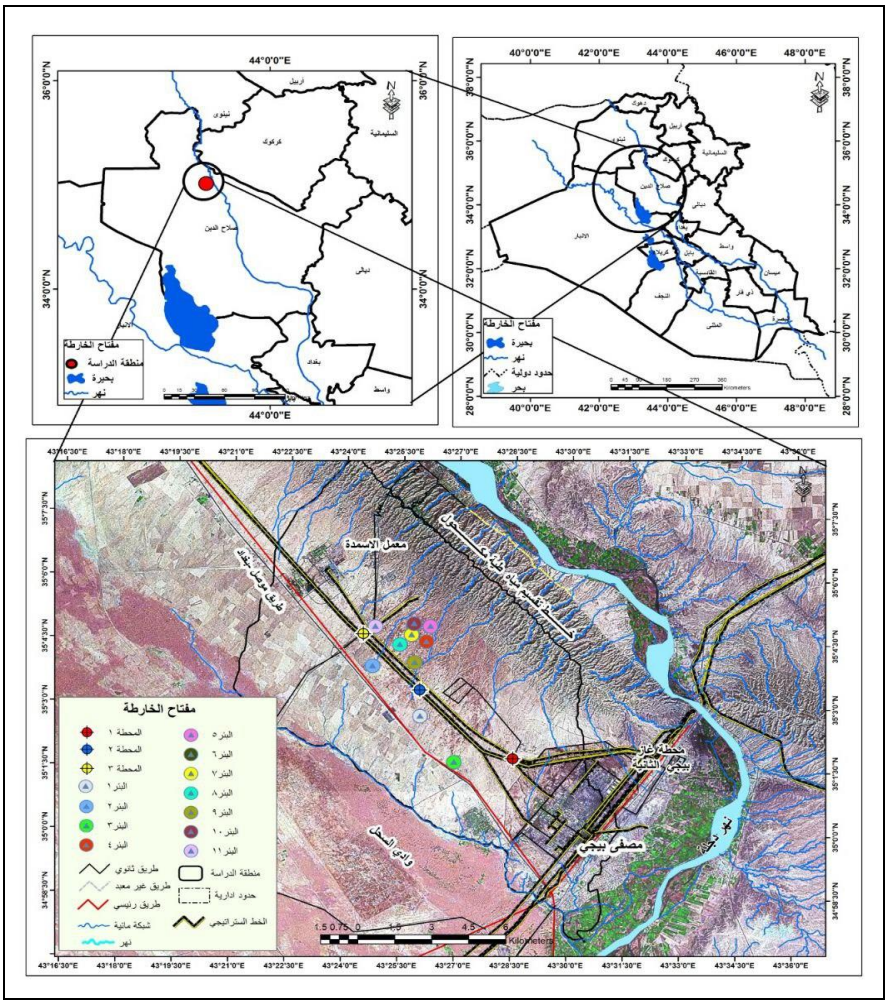
Introduction المقدمة

ان التقييم الجيوتكنيكي يعد الخطوة الأساسية الأولى في أي مشروع هندسي، والغرض منه هو تحقيق أعلى نسبة من الأمان والاقتصادية في أي تصميم يراد تنفيذه، إذا ان التربة مهمة جداً من الناحية الهندسية، بسبب تحملها للأساسات المختلفة، إذ يجب ضمان عدم فشلها تحت تأثير الأحمال المسلطة عليها، لذا يتوجب القيام بالفحوصات الضرورية، وأخذها بنظر الاعتبار أثناء تصميم المشاريع الهندسية (AL-Rashdi, 2004)، ويلعب الماء الموجود داخل التربة دورا في حساب الاجهادات، وإن أي حمل يسلط على التربة يتوزع على حبيبات التربة والماء الموجود في الفجوات، كذلك فالماء لا يسهم بتحمل أي نسبة من هذا الحمل عندما تكون التربة غير مشبعة، أما عندما تكون التربة مشبعة فإن الماء داخل الفجوات سيتحمل جزءا من هذا الحمل، لذا تتغير الاجهادات داخل التربة عند سحب المياه الجوفية، إذ إن مصدر التحميل أو زيادة الأحمال يأتي من ان التربة التي كانت تحت مستوى الماء الجوفي سوف تكون عند نزول منسوب الماء

(W.T) فوقه, وبهذا فان مثل هذه الطبقات لن تعود مغمورة بوساطة الماء في تلك المنطقة ,وهذا يعمل على زيادة الثقل Load لكل الطبقات التحتية وبالتالي يؤدي الى الهبوط (Ranjan, 2016), ان تعرض الأسس للمياه الجوفية الحاوية على املاح تآكلية يهدد سلامة المنشآت اذ يؤدي الى تأكل الخرسانة وضعفها عن طريق مهاجمة هذه الاملاح للأساس الكونكريتي، ان وجود الجبس في المنطقة يعني ان المياه الجوفية حاوية على الكبريتات والتي لها تأثير تآكلي، (Barazanji, 1972) وبالتالي قد تؤدي الى التآكل في نطاق الأسس.

موقع منطقة الدراسة Location of the study area

تقع منطقة الدراسة شمال محافظة صلاح الدين، في مدينة بيجي، على الجناح الجنوبي الغربي لطية مكحول بين خطي طول ("30 '22 °43) و("30 '32 °43) شرقاً ودائرتي عرض ("30 '58 °34) و ("00 '05 °35) شمالا، وكما في الشكل (1).



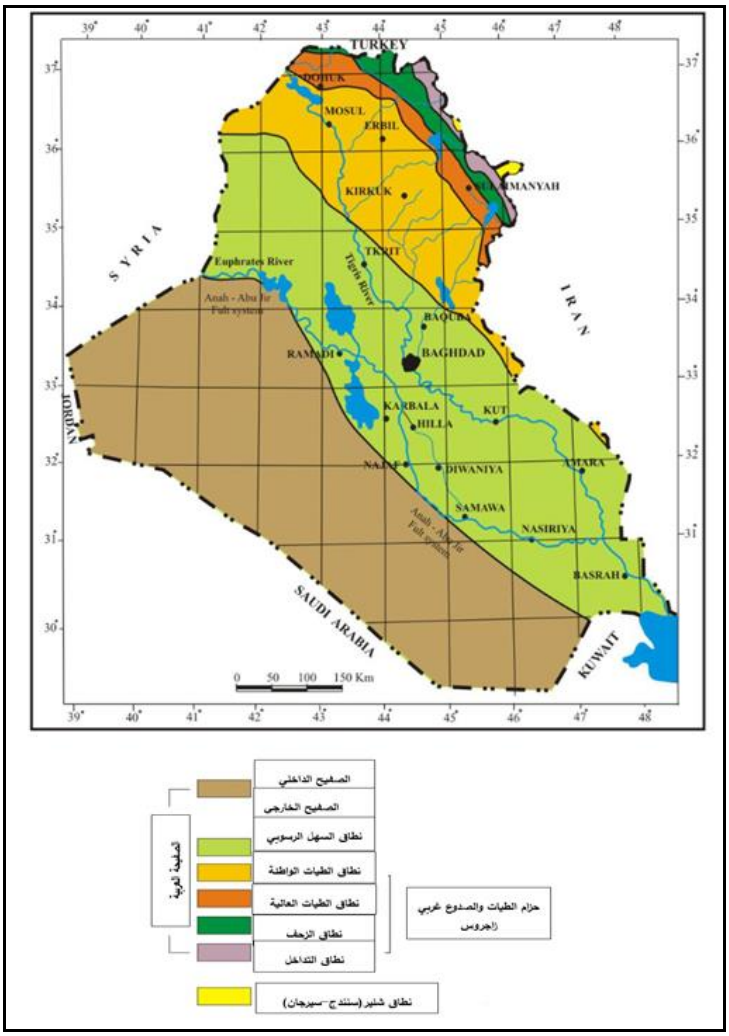
الشكل 1. خارطة توضح منطقة الدراسة.

الهدف من الدراسة The aims of the study

تهدف الدراسة إلى إجراء تقييم جيوتكنيكي للتربة في امتداد الخط الستراتيجي وتصنيفها وفق المواصفات القياسية لغرض إقامة بعض المنشآت الهندسية الجديدة او تطوير خطوط انابيب النقل القديمة، ومعرفة صلاحيتها لتحقيق أعلى نسبة من الأمان في أي تصميم هندسي يراد تنفيذه، وتقييم نوعية المياه الجوفية من خلال إجراء التحليلات الكيميائية للأيونات السالبة والموجبة الرئيسية والثانوية، ومدى تأثير هذه الخصائص على تربة نطاق الأسس، وكذلك التنبؤ بتأثير ارتفاع وانخفاض مناسيب المياه الجوفية في المنطقة، ومدى تأثيرها على قيم الاجهادات التي تتعرض لها التربة.

Geology of the studying Area جيولوجية منطقة الدراسة

تتكون تربة بيجي من تعرية للصخور الرسوبية الناتجة من التكوينات الأقدم وتحتوي على الحصى ، الرمل والغرين والطين وتظهر بشكل مراوح فيضية والمتمثلة بترسبات العصر الرباعي الناتجة من تعرية سلسلة جبال مكحول، وأهمها صخور عصر المايوسين والمتمثلة بالصخور الجبسية والصخور الجيرية والطينية لتكوين الفتحة والصخور الرملية والطينية لتكوين إنجانة ينكشف تكوين الفتحة وإنجانة على الجناح الجنوبي الغربي للطية، من الناحية الطبوغرافية يبدو الموقع بشكل عام كمنطقة مستوية، يتخللها تموج بسيط للغاية الى الشرق من الموقع على مسافة حوالي 3.5 كم يوجد جبل مكحول، تعد طية مكحول المحدبة التي تحد منطقة الدراسة من الشرق والشمال الشرقي أحد أهم الظواهر التركيبية فيها والتي تتجه جنوب شرق – شمال غرب والتي تمثل الجزء الشمالي الشرقي من نطاق (فوالق مكحول – حمرين الإقليمي) ، وفي الوقت نفسه فان هذه الطية تمثل جزءاً من الحد الجنوبي الغربي لنطاق الطيات الواطئة (Jassim and Goff, 2006). الشكل(2) يمثل خارطة العراق التكتونية.



الشكل 2. يمثل خارطة العراق التكتونية (Fouad, 2015).

Methodology المواد والطرق العمل

تم نمذجة ثلاث مواقع وسجلت الإحداثيات لها باستخدام جهاز (GPS) كذلك هُيئت كافة الادوات الحقلية اللازمة من شريط قياس لحساب سمك الترسبات، تم الحفر بوساطة حفار هايدروليكي (بوكلاين) جمعت نماذج مخلخلة واخرى غير مخلخلة (بشكل كتل) وعلى أعماق تراوحت بين (1.5-2.7 م)، تضمن العمل المختبري إجراء الفحوصات المختبرية، بعد تهيئة النماذج الخاصة بها شملت الفحوصات الفيزيائية فحص الوزن النوعي وفق المواصفة الأمريكية (ASTM D854-14, 2014) والتحليل الحجمي بصنفيه المنخلي والرطب وفق المواصفة الأمريكية (ASTM D422-63, 2014)

فحص حدود القوام (حدود اتربيرك) وفق المواصفة الأمريكية (ASTM D4318-10, 2007)، وحساب محتوى الرطوبة وفق المواصفة (ASTM D2216-10, 2010) الشكل (3) يوضح العمل الحقلي.

الشكل 3. يوضح العمل الحقلي في منطقة الدراسة.

اما الفحوصات الهندسية فتضمنت فحص القص المباشر للتربة Direct shear test for soil وفق المواصفة الأمريكية (ASTM, D 3080-03)، وشمل هذا الفحص قياس مقاومة قص التربة (shear strength of soil) من خلال إيجاد عناصر المقاومة القصية للتربة والمتمثلة بزاوية الاحتكاك الداخلي angle of internal friction (Ø) ومقاومة التماسكcohesion resistance (C) وفحص الانضمام Consolidation test وفق المواصفة الأمريكية ASTM D2435-11, 2011 لغرض حساب (Coefficient of Consolidation) ثم إيجاد نسبة الفراغات (Void ratio) و دليل الانتفاخ (Swelling Index) ونسبة الأفراط بالانضمام Over Consolidation Ratio (O.C.R.) وضغط الانضمام المسبق Pre Consolidation pressure (Pc)، اما التحاليل الكيميائية Chemical analyses للتربة التي تشمل نسبة الجبس percentage of gypsum، نسبة المواد العضوية matter percentage of organic، مجموع الأملاح الذائبةtotal dissolved salts، قياس الأس الهيدروجيني (pH)، التوصيلة الكهربائية electrical (EC) Conductivity، ومحتوى الكلوريدات بيكربونات bicarbonate and chlorides، أجريت الفحوصات في مختبرات جامعة تكريت كليات العلوم والزراعة والهندسة، كذلك تم إجراء تحليل العناصر الموجبة والسالبة الرئيسية والثانوية والأس الهيدروجيني والتوصيلية الكهربائية والأملاح الذائبة الكلية للنماذج المائية المأخوذة من مياه الابار.

الفحوصات الفيزيائية Physical Properties Tests

المحتوى الرطوبي Moisture Content (M%)

يعبر محتوى الرطوبة عن النسبة المئوية للماء الموجود في نموذج التربة، وبمعنى اخر هو نسبة كتلة الماء (Mw) الى كتلة الحبيبات او المادة الصلبة (Md) في كتلة التربة (Abboud, and Zarrak, 2015) والجدول (1) يوضح قيم محتوى الرطوبة.

$$M\% = [(M_2 - M_3)/(M_3 - M_1)] \times 100 \ldots\ldots\ldots (1)$$

حيث ان: –

حيث يمثل (W%) محتوى الرطوبة.

(M2) كتلة الاناء مع التربة الرطبة بوحدات gm.

(M3) كتلة الاناء مع التربة الجافة بوحدات gm.

(M1) كتلة الاناء فارغ بوحدات gm.

تراوحت قيم المحتوى الرطوبي بين (4.412– 5.84)

الجدول 1: يوضح قيم محتوى الرطوبة لمواقع لمنطقة الدراسة.

No	Sampling depth(m)	Moisture Content W%
ST1	1.85	5.84
ST2	1.5	4.412
ST3	2.7	5.37

الوزن النوعي Specific gravity (GS)

يعبر عنه بنسبة وزن او كتلة من حجم مادة الى وزن او كتلة نفس الحجم من الماء في درجات حرارة معينة عند درجة حرارة (20°) ASTM D854-14, 2014 ويحسب من خلال المعادلة:

$$(G_S)(at\ T_1C^\circ)= \frac{W_3}{(W_1+W_3)-W_2} \dots\dots\dots\dots\dots (2)$$

حيث ان:

(G_S) (at T_1 C°) = الوزن النوعي بدرجة حرارة التجربة .

W1 = وزن القنينة الحجمية + وزن الماء الى حد (500 ml).

W2 = وزن الماء + وزن القنينة + وزن التربة.

W3 = وزن النموذج الجاف.

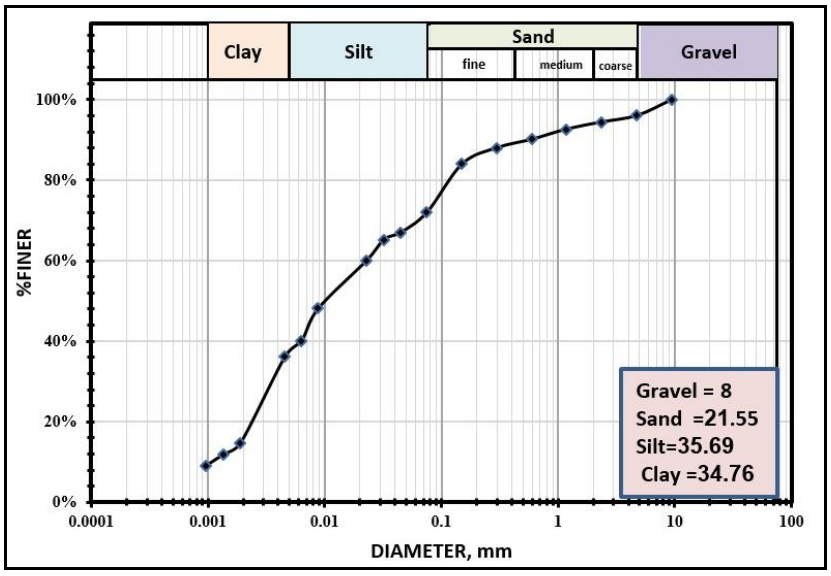
تراوحت قيم الوزن النوعي بين (2.65–2.69).

الجدول 2: يوضح قيم الوزن النوعي لمواقع منطقة الدراسة وتصنيفها حسب.,Das, M. Braja., 1982

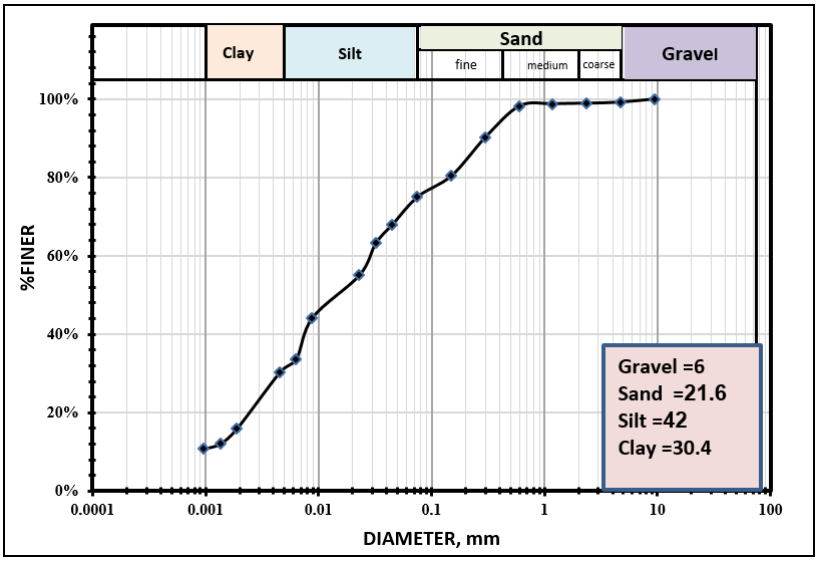
NO	Sampling depth(m)	specific gravity	Soil Type
ST1	1.85	2.67	Silty Clay
ST2	1.5	2.65	Silt
ST3	2.7	2.69	Silty Clay

التحليل الحجمي Grain size analysis

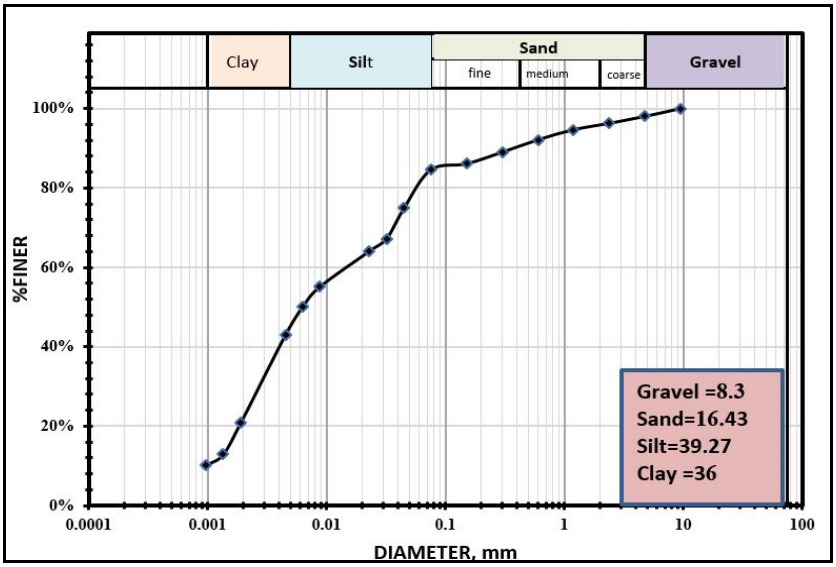
يتضمن التحليل المنخلي فصل الحبيبات الخشنة مثل الحصى والرمل إلى حجوم مختلفة بالتحريك اليدوي أو الميكانيكي والذي يحدد من خلال وزن التربة على مجموعة من المناخل ذات الفتحات القياسية ووفق المواصفة ASTM D422-63 (Reapproved 2007) , 2014 يستخدم لفحص الحبيبات ذات الإحجام الأكبر من (0.075mm) والاشكال (6,5,4) تبين التحليل الحجمي لتربة منطقة الدراسة والجدول (4) يبين نتائج التحليل الحجمي وتصنيفها.



الشكل 4. منحنى التحليل الحجمي التراكمي لتربة المحطة الأولى.



الشكل 5. منحنى التحليل الحجمي التراكمي لتربة المحطة الثانية.



الشكل 6. منحني التحليل الحجمي التراكمي لتربة المحطة الثالثة.

حدود اتربيرك Atterberg Limits

أن اول من وضع حدود القوام للتربة هو العالم أتربيرك، وسميت تلك الحدود باسمه أو حدود القوام (Consistency Limits)، وتعرف بأنها المحتوى الرطوبي للتربة الذي تنتقل فيه التربة من حالة إلى أخرى (Al-Ashw, 1991) وتصنف التربة حسب مخطط اللدونة كما في الشكل (7). ومن خلال الفرق العددي بين حد السيولة وحد اللدونة يمكن حساب معامل اللدونة Plasticity Index، ويدل على المحتوى المائي الذي تبقى فيه التربة في الحالة اللدنة والنتائج في الجدول (3).

حيث ان:

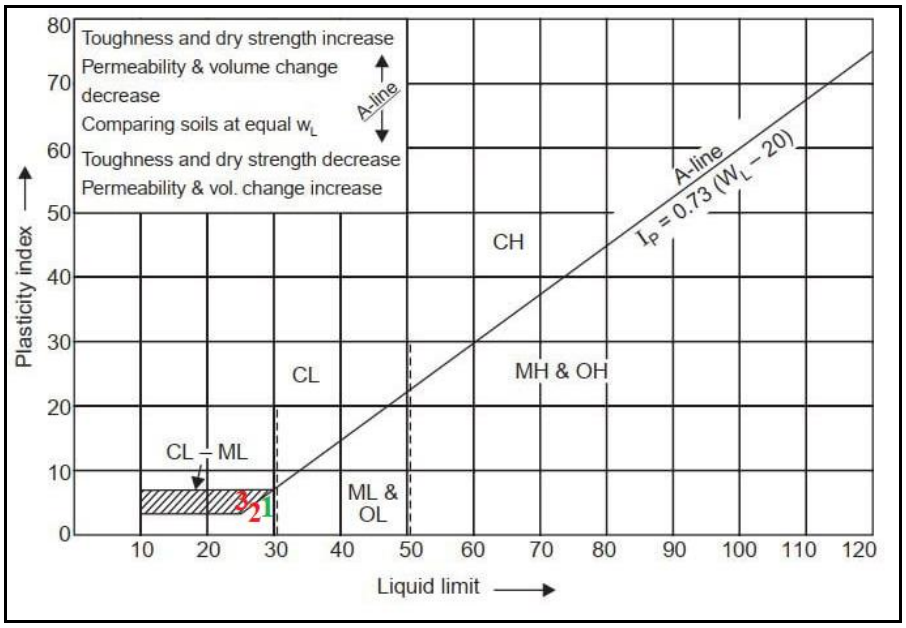
PI = معامل اللدونة.

LL = حد السيولة.

PL = حد اللدونة.

جدول 3: يوضح نتائج قيم حدي السيولة واللدونة بالإضافة إلى دليل اللدونة لتربة لنماذج منطقة الدراسة وتصنيفها حسب (Das, 2010).

NO	P. L	L.L	P. I	Classification Soil
ST1	25.78	29	3.22	Slightly plastic
ST2	25.09	27.65	2.66	Slightly plastic
ST3	24	28	4	Slightly plastic



الشكل 7. تصنيف تربة محطات منطقة الدراسة حسب مخطط اللدونة.

الجدول 4: جدول نتائج التحليل الحجمي وتصنيفها حسب التصنيف الموحد (USCS) لتربة منطقة الدراسة.

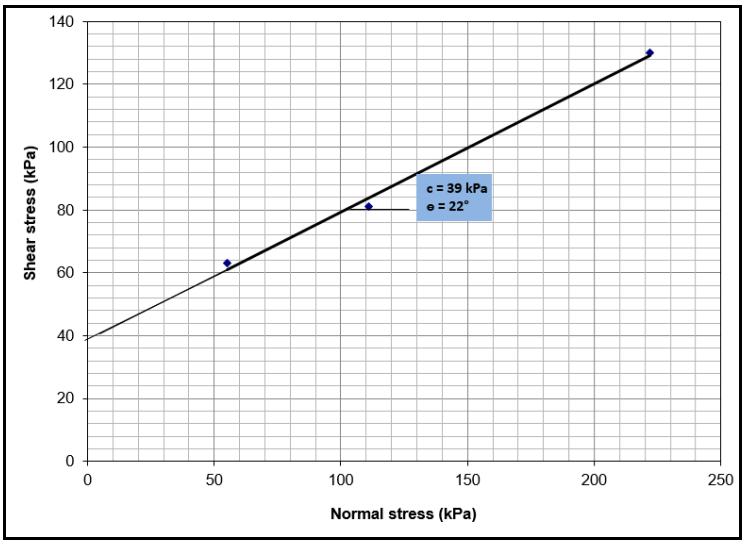
N0	Plasticit limit	Liquidity limit	Plasticity Index	Gravel ratio%	Sand ratio%	Clay ratio%	Silty ratio%	Classification Soil
ST1	25.78	29	3.22	8	21.55	34.76	35.69	ML
ST2	25.09	27.75	2.66	6	21.6	30.4	42	ML
ST3	24	28	4	8.3	20.43	32	39.27	CL- ML

الفحوصات الهندسية Engineering Tests

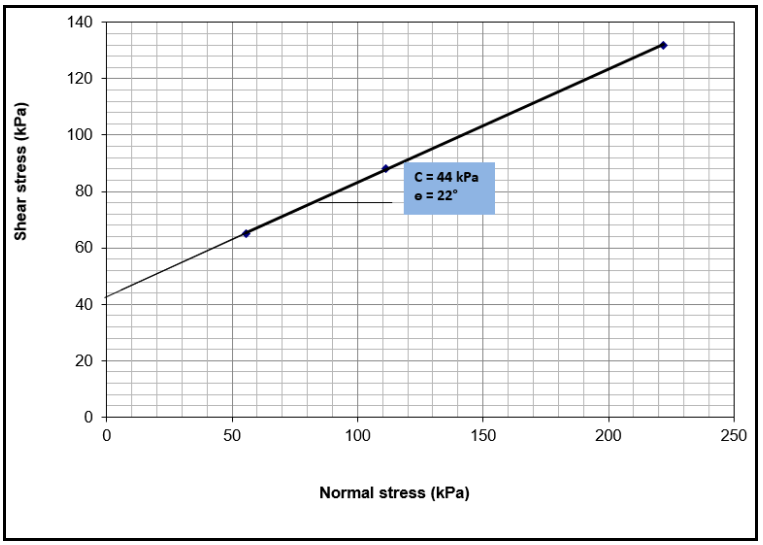
فحص القص المباشر Direct Shear Test

يُعرف فحص القص للتربة، بانه عملية انزلاق جزء محدد من كتلة التربة فوق جزء آخر منها، أما بالنسبة لمقاومة القص فهي عبارة عن القوة التي تبديها التربة ضد الانزلاق الذي يحصل داخلها نتيجة ثقل خارجي مسلط عليها، تنشأ قوة مقاومة القص في داخل التربة ويرجع سببها إلى الضغط المباشر المسلط عليها، ويتجاوز ذلك الاجهاد الحد الاقصى لقوة

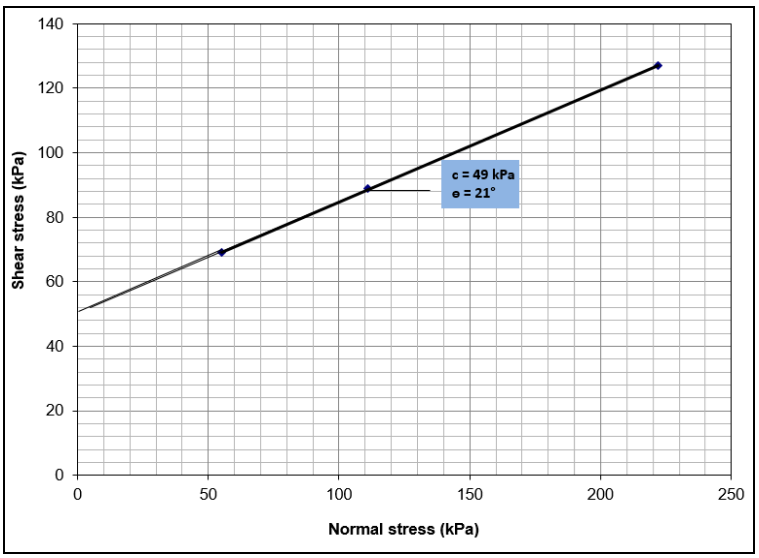
القص، يسبب في البداية تحريك أو انزلاق لحبيبات التربة بعضها على البعض (Majeed, 2004) والاشكال (8, 9, 10) توضح العلاقة بين الإجهاد العمودي والإجهاد القصي من خلال فحص القص المباشر لنماذج مواقع الدراسة.



الشكل 8. العلاقة بين الإجهاد العمودي والإجهاد القصي من خلال فحص القص المباشر لتربة المحطة الأولى.



الشكل 9. العلاقة بين الإجهاد العمودي والإجهاد القصي من خلال فحص القص المباشر لتربة المحطة الثانية.



الشكل 10. العلاقة بين الإجهاد العمودي والإجهاد القصي من خلال فحص القص المباشر لتربة المحطة الثالثة.

الجدول 5: يوضح نتائج فحص القص المباشر لنماذج مواقع الدراسة.

NO	Ø	C (kpa)
ST1	22	39
ST2	22	44
ST3	21	49

فحص الانضمام Consolidation Test

يعرف الانضمام على انه التناقص الذي يحدث في حجم التربة المشبعة، بسبب دفع الماء وأزاحته من الفراغات داخلها نتيجة تأثير الاحمال الخارجية المسلطة عليها، كالأبنية المقامة وغيرها، ولعدم قابلية التربة من التمدد تحت الابنية لانحصارها فأن نقصان حجم التربة (الانضمام) يحدث بالاتجاه العمودي بصورة أساسية (Al-Ashw, 1991) ، يحدث الهبوط للتربة عندما تتعرض الى إجهادات الاسس المقامة عليها، ويكون هذا الهبوط ليس مرناً وناتجاً عن انضغاط أعمدة الفولاذ أو الخرسانة الكونكريتية أو الانزلاق في المسافات الفراغية، الاشكال(11، 12، 13) توضح مخطط فحص الانضمام. ومن خلال هذا الفحص تم إيجاد الخواص الاتية الجدول (6):

نسبة الفراغات Void Ratio (e) يقصد بها حجم الفجوات إلى حجم المادة الصلبة (Al-Ashw., 1991) ، وهي دلالة على كثافة التربة وتحسب من العلاقة التالية:

$$e = \frac{\Delta H}{Hs} \quad \text{..... (4)}$$

دليل الانضغاط Compression Index C_c

يستخدم لحساب انضمام التربة عند تعرضها للأحمال اثناء الانشاء المتوقع، يعبر عن دليل الانضغاط بانحدار منحني العلاقة التي تربط بين نسبة الفراغات ولوغاريتم الضغط (log p). يتم حساب معامل الانضغاط وفق المعادلة التالية (Wilum & Starzewski.,1975).

$$C_c = \frac{e2-e1}{\log\left(\frac{P2}{P1}\right)} \quad \text{..... (5)}$$

دليل الانتفاخ Swelling Index C_r

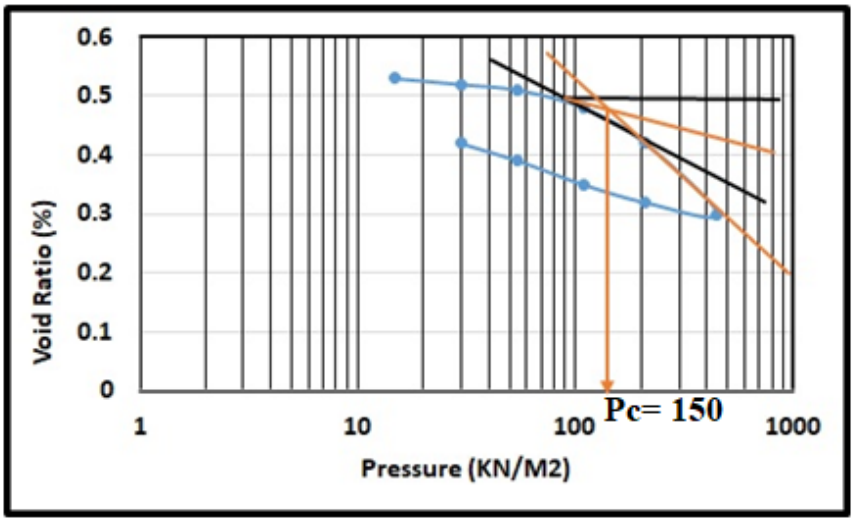
يقصد به ميل منحني الانتفاخ الذي يكون من النوع غير الخطي أو هو يمثل مقياس التزايد في حجم التربة في حال رفع الاجهاد عن العينة (Al-Ashw, 1991) يتم استخراجه حسابياً من المعادلة:

$$C_r = \Delta e / \Delta \log p \quad \text{..... (6)}$$

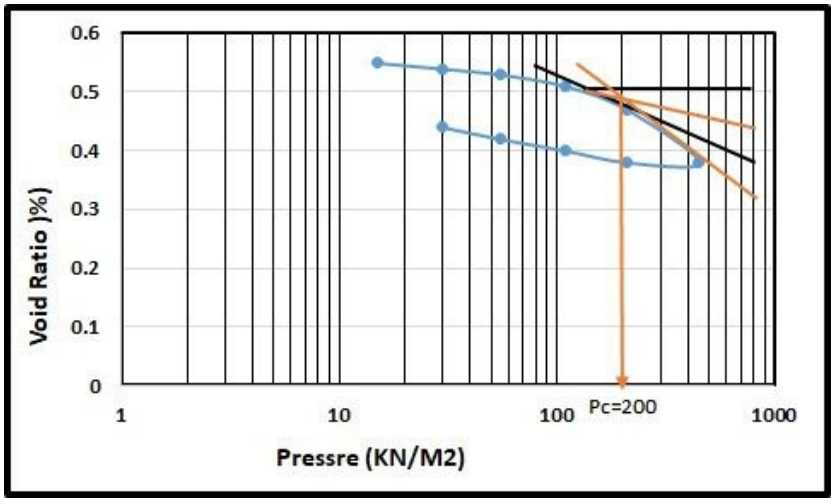
ضغط الانضمام المسبق Preconsolidation pressure P_c

يمثل اعلى ثقل سبق وان تم تسليطه على التربة وتعد قيمة ضغط الانضمام المسبق ذات فائدة كبيرة في معرفة التأريخ الجيولوجي للتربة (Capper and Cassie.,1974).

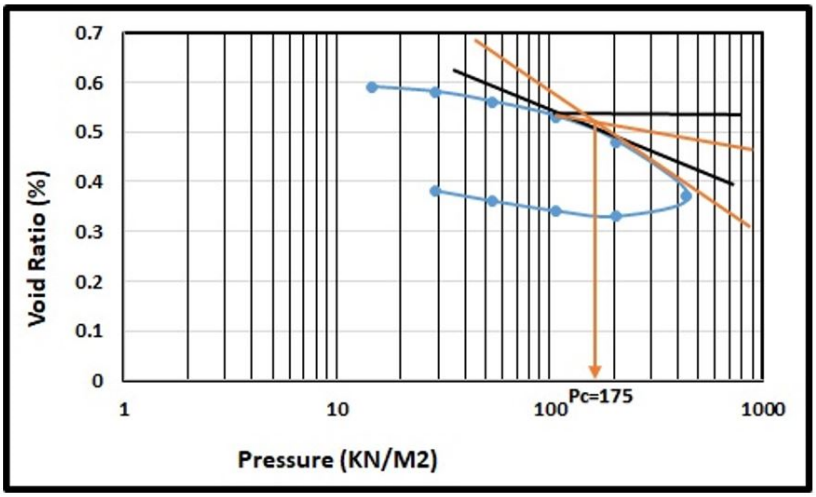
$$O.C.R = \frac{Pc}{Po} \text{..... (7)}$$



الشكل 11. يوضح مخطط فحص الانضمام لتربة المحطة الاولى.



الشكل 12. يوضح مخطط فحص الانضمام لتربة المحطة الثانية.



والشكل 13. يوضح مخطط فحص الانضمام لتربة المحطة الثالثة.

الجدول 6: يوضح نتائج فحص الانضمام.

NO	Depth (m)	γ_d kN/m^3	Cc	Cr	E	Po kN/m^2	Pc	OCR
ST1	1.85	13	0.114	0.043	0.77	24.05	150	6.237
ST2	1.5	13.3	0.147	0.0382	0.760	19.95	200	10.025
ST3	2.7	14.7	0.236	0.0186	0.739	39.69	175	4.409

التحاليل الكيميائية Chemical Analysis

الخواص الكيميائية للتربة تعد عاملاً مهماً جدا في معرفة التصرف الكيميائي لها ومدى تحملها للعوامل الخارجية المؤثرة عليها كعمليات التعرية والتجوية. والجداول (9,8,7) توضح نتائج التحاليل الكيميائية للتربة.

الجدول 7: يمثل نتائج محتوى الجبس وتصنيف الترب الجبسية اعتماداً AL-Barazanji A. F., Gypsiferous وقيم pH وتصنيفها بالاعتماد على (Ryan,2003) نتائج TDS لبعض نماذج منطقة الدراسة.

NO	GYP%	Classification	pH	Classification	TDS PPm
ST1	28.4	عالية الجبسية	7.91	متعادلة القلوية	2930
ST3	25.82	عالية الجبسية	8.01	متعادلة القلوية	3260

الجدول 8: نتائج نسبة الكلوريدات والمواد العضوية لبعض نماذج منطقة الدراسة.

NO	O.M	Cl (meq/l)
ST1	1.09	3.20
ST3	1.16	2.00

الجدول 9: يبين نتائج ايون البيكاربونات والكبريتات والتوصيلية الكهربائية لبعض نماذج منطقة الدراسة.

NO	HCO_3 (meq/l)	EC at 25°	SO_4%
ST1	3.00	4.90	19.16
ST3	2.81	4.41	4.71

حساب الإجهادات الكلية والمتعادلة والفعالة

Calculate total, neutral and effective stresses

ان وجود المياه الجوفية في التربة يمكن ان يقلل من قابلية تحمل التربة والتي تعد من الخصائص الهندسية للتربة وهي تحدد قابلية تحمل التربة للأثقال الخارجية المسلطة عليها ومدى الهبوط الذي يحصل فيها بسبب الطريقة التي تؤثر بها المياه على معاملات القص، وهي التماسك وزاوية الاحتكاك الداخلي .(Al-Dulaimi and Al-Shabani, 2020) إن أحد الغايات لهذه الدراسة هو الهبوط الأرضي المحتمل الناتج عن سحب المياه الجوفية او تذبذب مناسيبها، ولا يمكن تحليل هذا الهبوط من دون معرفة الاجهادات داخل التربة والتغير في هذه الاجهادات عند تغير رطوبة التربة، إذ يلعب الماء الموجود داخل التربة دورا مهما في حساب هذه الاجهادات، وإن أي حمل يسلط على التربة سيتوزع على حبيبات التربة والماء الموجود في الفجوات، كذلك فالماء لا يسهم بتحمل أي نسبة من هذا الحمل عندما تكون التربة غير مشبعة أما عندما تكون التربة مشبعة فإن الماء داخل الفجوات سيتحمل جزءا من هذا الحمل، لذا تتغير الاجهادات داخل التربة عند سحب المياه الجوفية والموضحة طريقة حسابها في ادناه (Al-Ashw, 1991) .في هذه الدراسة تم حساب الإجهاد الكلي Total stress σt والإجهاد المتعادل Neutral stress u او ضغط الماء المسامي Pore water pressure والإجهاد الفعال $\bar{\sigma}$ والنتائج موضحة في الجداول (12,11,10) ، على اعماق مختلفة للآبار، لنماذج منطقة الدراسة حيث تم افتراض تذبذب منسوب الماء الجوفي على عمق (3م) و(7م).

الجدول 10: نتائج حساب الاجهادات لتربة المحطة الأولى.

depth (m)	σt KN/m²	U KN/m²	$\bar{\sigma}$ KN/m²
1	24.06	0	24.06
2	50.05	0	50.05
3	89.05	0	89.05
4	141.05	10	131.05
5	206.05	30	176.05
6	284.05	60	224.05
7	375.05	100	275.05

الجدول 11: نتائج حساب الاجهادات لتربة المحطة الثانية.

depth (m)	σt KN/m²	U KN/m²	σ¯KN/m²
1	19.95	0	19.95
2	46.55	0	46.55
3	86.45	0	86.45
4	139.65	10	129.65
5	206.15	30	176.15
6	285.95	60	225.95
7	379.05	100	279.05

الجدول 12: نتائج حساب الاجهادات لتربة المحطة الثالثة.

depth (m)	σt KN/m²	U KN/m²	σ¯KN/m²
1	14.7	0	14.7
2	54.39	0	54.39
3	98.49	0	98.49
4	157.29	10	147.29
5	230.79	30	200.79
6	318.99	60	258.99
7	421.89	100	321.89

حساب الهبوط Subsidence calculation

يحصل الهبوط بسبب الانضمام الذي يحدث في طبقة أو طبقات التربة وفي اغلب الأحيان تكون التربة غير متجانسة ومكونة من طبقات مختلفة الخواص والسمك؛ لذلك فمن الضروري حساب الهبوط (Al-Ashw, 1991). تم حساب الهبوط بطريقة دليل الانضغاط (C_c)، فبما أن دليل الانضغاط يمثل ميل منحنى الانضمام، (الشكل5)، وعليه يمكن حساب الهبوط باستعمال دليل الانضغاط. تم حساب الهبوط حسب المعادلة (8) والنتائج موضحة في الجدول (13):

$$\Delta h = \frac{\Delta e}{1+e_o} \times H \text{.....(8)}$$

الجدول 13: يبين قيم الهبوط الارضي لمحطات منطقة الدراسة.

Station	subsidence (cm)
1	0.275
2	0.200
3	0.253

هايدروكيميائية المياه الجوفية Groundwater hydrochemical

تضمنت الدراسة إجراء التحليلات الكيميائية للنماذج المائية المأخوذة من 11 بئرا والمتمثلة بالأيونات الموجبة الرئيسة (Major Cations) وتشمل ايونات الصوديوم (Na^+)، والبوتاسيوم(K^+)، والكالسيوم (Ca^{++})، والمغنيسيوم (Mg^{++})، وكذلك الأيونات السالبة الرئيسة (Major Anions) وتشمل الكلوريد (Cl^-)، والكبريتات (SO_4^{--})، والبيكاربونات (HCO_3^-) أضافة إلى قياس الصفات الفيزيوكيميائية للمياه الجوفية المتمثلة بالتوصيلية الكهربائية (EC) Electrical Conductivity، والمواد الصلبة الذائبة الكلية (TDS)، والرقم الهيدروجيني (pH) والنتائج موضحة في الجدول (14).

الجدول 14: يوضح نتائج التحليلات الكيميائية للنماذج المائية.

NO	Ca PPm	Na PPm	K PPm	Mg PPm	Cl PPm	HCO_3 PPm	CO_3 PPm	SO_4 PPm	PH	T.H	EC µc/cm³	T.D.S mg/l
Well 1	444.6	62.55	3.84	175.5	120.7	82.9	0	1740	7.4	1832.46	3810	3048
Well 2	437	57.08	5.12	198.3	170.4	97.6	0	1820	7.5	1804.50	4560	3648
Well 3	440	106.34	10.55	353	568	97.6	0	2315	7.78	1830.38	8080	6464
Well 4	460.2	68.85	7.26	273.6	426	78.1	0	2005	7.75	1904.97	5250	4200
Well 5	420	63.88	6.62	262.2	145.55	63.4	0	1988	7.65	1738.55	5040	4032
Well 6	448.4	51.92	5.62	214.3	136.2	68.3	0	1743	7.72	1852.49	4160	3328
Well 7	456	83.64	9.89	319.2	816.5	73.2	9.6	2190	7.64	1894.33	6450	5160
Well 8	456	69.04	7.64	234.8	227.2	78.1	0	1860	7.7	1888.70	4580	3664

Well 9	460	83.52	9.26	296.4	2982	73.2	0	2010	7.58	1909.15	6010	4808
Well 10	494	93.88	6.56	330.6	745.5	63.4	0	2065	7.37	2041.80	5490	4392
Well 11	415	64.12	5.22	228	355	73.2	0	1840	7.8	1714.55	5400	4320

وعند مقارنة تركيز المواد الصلبة الذائبة الكلية في المياه الجوفية جدول (14) في منطقة الدراسة، مع تصنيف (Todd, 2005)، وجد أن مياه منطقة الدراسة هي Brakish Water، وحسب تصنيف المياه اعتمادا على قيم العسرة الكلية (Todd, 2005). وجد أن مياه منطقة الدراسة هي من النوع العسر جداً (Very Hard)، وتصنف المياه حسب قيمة pH Davis and Dewiest 1996 انها ضعيفة القلوية.

تأثير المياه على خواص التربة The effect of water on soil properties

ان وجود الجبس في التربة بكميات عالية يؤدي الى حدوث مشاكل كبيرة عند تعرضها لتغيير في نسب المحتوى الرطوبي بسبب تذبذب منسوب الماء الجوفي او بسبب تسرب الماء اليها حيث يؤدي الى أذابه جزء من المحتوى الجبسي فيها وتزداد المسامات الموجودة في التربة كما إن مقاومة القص قد تختزل أيضا بسبب هذه العملية ويؤدي ذلك الى ظهور التشققات و هبوط التربة تحت الأحمال المسلطة فوقها, لذلك من الضروري تحديد منسوب المياه الجوفية قبل وبعد انشاء المنشأ (Abdel Ghaffar, 2015) تراوحت مناسيب المياه الجوفية للابار في منطقة الدراسة بين (3.85− 14.85م). ان منسوب المياه الجوفية في المنطقة عال فإذا ما تواجدت التربة الجبسية ووصلت اليها المياه الجوفية فأن هذا الامر سيؤدي الى ذوبان الجبس وبالتالي سيؤدي الى مشاكل للمنشآت، كانت نسبةTDS و الجبس لنماذج المحطات عالية جدول (14).

إن النسب المئوية للكلوريدات ذات تأثير على الترب التي تحتويها فمن نتائج الفحص للنماذج وجد بأن نسبة الكلوريدات عالية كانت أكبر من (0.1) وهي نسبة تشكل خطورة على الأسس التي تعلوها فلابد من مراعاة ذلك عند المباشرة بالتصميم فيجب استعمال طبقة واقية للخرسانة بسمك (5 -15) سم حول الأسس تتعرض المنشآت الهندسية القائمة على تربة حاوية على معادن قابلة للذوبان الى مخاطر مختلفة، حيث تكون ذات تأثير تدميري على مواد البناء الداخلة في المنشات الهندسية.

المشاكل التي تسببها الترب الجبسية Problems of gypsiferious

من المعروف بأن الجبس يُعد من المعادن القابلة للذوبان بالماء وعادة يوجد بهيأة بلورات متمركزة في الفراغات ما بين الحبيبات المكونة للتربة ويكون سانداً لها وأن ذوبانها يسبب زيادة نسبة الفراغات في التربة، كما يزداد تركيز (Ca^{+2}) و (SO_4^{-2}) في مياه التربة, إن وجود الجبس بنسبة عالية يؤدي الى مشاكل هندسية Engineering problems تتعرض المنشآت الهندسية القائمة على تربة حاوية على معادن قابلة للذوبان الى مخاطر مختلفة, حيث تكون ذات تأثير تدميري على مواد البناء الداخلة في الانشاء والتي تؤدي إلى تدهور مؤثر في صفاتها وان الجبس يمكن أن يؤدي فعله التدميري فقط عند ذوبانه في المياه الجوفية ووقوعه على

تماس مباشر مع بعض عناصر البناء، حيث تؤدي الى تكون الشقوق، ازالة جزء من الاسمنت إضافة الى تأكل حديد التسليح وتقشير الطلاء خاصة عند وجود تراكيز عالية من الكبريتات والكلوريد (Olorunfemi and Adeleke, 2017). من ناحية اخرى فعندما تترشح مياه الأمطار الى اسس التربة الحاوية على الجبس فأنها تسبب في ذوبانها ونشوء فجوات بين حبيبات التربة تكون في بعض الأحيان على شكل كهوف يتبعه حدوث هبوط منتظم او غير منتظم او ميلان المنشأ يعرف بالهبوط التفاضلي (Differential settlement) (Majbel, 2023)، بلغ تركيز (Ca^{+2}) لمياه الأبار في منطقة الدراسة بين (460.2-494 ppm) اما تركيز (SO_4^{-2}) بلغ (1740- 2315ppm) جدول (14).

الاستنتاجات Conclusion

1. أوضحت نتائج فحص القص المباشر ان التربة هي من النوع المتماسك.

2. تعكس القيمة القليلة للفراغات طبيعة التربة في منطقة الدراسة كونها تربة ناعمة ومتراصة بسبب تقارب الحبيبات مع بعضها البعض.
3. بينت نتائج فحص الانضمام ان دليل الانضغاط للتربة قليل بسبب قلة الفراغات ودليل انتفاخ متفاوت وان التربة مفرطة الانضمام R.C.O.
4. قيم Subsidence متقاربة لتجانس تربة منطقة الدراسة.
5. أن التربة في منطقة الدراسة هي عبارة عن ترسبات حديثة متمثلة بالسهل الفيضي والتي تكون ذات نفاذية عالية وان هذه التربة تمثل بيئة مناسبة لحدوث الهبوط الأرضي عند عملية سحب المياه الجوفية.
6. وجد أن مياه منطقة الدراسة هي (brackish water) وصنفت هذه المياه على إنها عسرة جداً(Very Hard) .
7. وجود تراكيز عالية من ايونات الكالسيوم في المياه وهذه نتيجة عملية اذابة الجبس وكاربونات الكالسيوم والدولومايت او المعادن الطينية الموجودة في تربة منطقة الدراسة.

Acknowledgements شكر وتقدير

تتقدم الباحثة بالشكر الى كل من مد يد العون لي والى السادة المقيمين الافاضل ورئيس تحرير المجلة المحترم والعاملين فيها.

References المصادر

Abboud, M.R. and Ghazi A.Z., 2015. Practical Applications in Engineering Geology, Baghdad, Dar Al-Kutub and Documents,153 P. https://iraqnla.gov.iq/opac/fullrecr.php.

Abdel Ghaffar, I.M., 2015. The Impact of Environmental Factors on Buildings, Supplementary Research Submitted for a Master's Degree in Civil Engineering, Construction Engineering, Sudan University of Science and Technology.

Al-Ashw, M.O., 1991. Principles of Soil Mechanics, Dar Al-Kutub for Printing and Publishing, University of Mosul, 547 P. https://doi.org/10.1002/9781394192250.ch2

AL-Barazanji A.F., 1973. Gypsiferous Soils of Iraq, Ph. D Thesis, University of Ghent Belgium.

Al-Rashdi, M.H., 2004. Geotechnical Assessment of the Soil of Al-Qadisiyah Governorate-Iraq, MSc. Thesis, Unpublished, University of Baghdad, College of Science.

ASTM D2216-10, 2010. Standard Test Methods for Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock by Mass.

ASTM D2435-11, 2011. Standard Test Methods for One-Dimensional Consolidation Properties of Soils Using Incremental Loading.

ASTM D422-63, 2014. Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils, American Society.

ASTM D4318-10, 2007. Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils.

ASTM D854-14, 2014. Standard Test Methods for Specific Gravity of Soil Solids by Water Pycnometer[1], American Society for Testing Materials, West Conshohocken, Pennsylvania. https://doi.org/10.1520/d0854-23

ASTM, D 3080-03, 2004. Standard Test Method for Direct Shear Test of Soils Under Consolidated Drained Conditions.

Capper, P.L. and Cassie, 1974. The Mechanics of Engineering Soil, Willey and soil, (5th Ed.). E & F.N. Spon. Ltd., London, UK. 309 P.

Das, B.M., 2010.Principles of Geotechnical Engineering 7th Ed., USA, Cengage learning.

Das, M.B., 1982. Soil Mechanics Laboratory Manual, The University of Texas at EI Paso.

Davis, S.N., and De Wiest, R.J. 1966, Hydrogeology, John Wiley and Sons, Inc. New York, 463 P.

Fouad, S.F.A., 2015. Tectonic Map of Iraq, Scale 1: 1000 000, 3rd Edition, 2012, Iraqi Bulletin of Geology and Mining, 11(1), 8 P.

Jassim, S.Z. and Goff, J.C., 2006, Geology of Iraq Dolin, Prague and Moravian Museum, Brno, Czech Republic, p:1341. https://books.google.iq/books?id=LLH8aygMJFwC&printsec=frontcover&hl=ar

Khalaf, H.A., Al-Dulaimi, S.M. Al-Shabani H., 2020. Geotechnical Information and Engineering Project Planning (Applied Study) First Edition, Dler Printing and Publishing-Baghdad 384 p.

Majbel, H.R., 2023. Precipitation Behavior - Load for Three Forms of Foundations Based on Manufactured Gypsum Soils, Master Thesis, College of Engineering, Diyala University.

Majeed, N., 2004. Study of the Geotechnical Properties of Gypsum Soils in Selected Sites in the City of Kirkuk, Unpub. PhD Thesis, University of Baghdad – College of Science.

Olorunfemi, K.O., Ibiwoye, E.O. and Adeleke D.J., 2017. Assessment of the Effect of Underground Water on Civil Engineering Structures (A Case Study of Gaa-Odota Ilorin) Technology (ICONSEET), 2(21): 161-167, 2017. ISSN 0794-9650. https://www.repcomseet.org/doc/21_Olorunfemi%20Assessment%20of%20the%20Effect.pdf

Ranjan, G. and Rao, A.S.R., 2016. Basic and Applied Soil Mechanics. New Age International. pp. 478-479. https://g.co/kgs/a2mt3kz

Ryan, J., Stephen, G. and Abdul Rashid, 2003. Soil and Plant Analysis Laboratory Manual, Aleppo, Syria, first edition in Arabic published jointly by the International Source for Agricultural Research in the Dry Areas (ICARD) and the National Agricultural Research Foundation, available at ICARD.

Todd, D. K., 2005. Groundwater Hydrology (3 edition). John Wiley and Sons New York, USA, 652 P. https://www.scribd.com/document/530473687/todd-Mays.

Wilun, Z. and Starzewski, K, 1975. Soil Mechanics in Foundation. https://www.amazon.com/Soil-Mechanics-Foundation-Engineering-v/dp/0903384140