



تقييم الخصائص الجيوتكنيكية لترسبات قناة مشروع ري كركوك للاستخدامات الهندسية المختلفة

مهند عيسى خضر^{1*} ID، صبار عبدالله صالح² ID، عمر صباح ابراهيم³ ID

^{2,1} قسم علوم الارض التطبيقية، كلية العلوم، جامعة تكريت، تكريت، العراق.

³ قسم علوم الارض التطبيقية، كلية العلوم، جامعة كركوك، كركوك، العراق.

الملخص

يهدف البحث الى دراسة وتقييم بعض الخواص الجيوتكنيكية للترسبات الموجودة داخل مشروع ري كركوك ابتداء من سدة الدبس وصولاً الى نهاية قضاء طوز خورماتو حيث تم اجراء الفحوصات الجيوتكنيكية لستة محطات ممثلة لهذه الترسبات. اظهرت الفحوصات الجيوتكنيكية ان ترسبات المشروع تحتوي على احجام متفاوتة من الترسبات، لذلك تعد تربة غير متجانسة في خواصها كما صنفتم من خلال مخطط اللدونة على انها تربة طينية واطئة اللدونة (CL) في بعض النماذج، بينما في اغلب النماذج كانت التربة غرينية واطئة اللدونة (ML). تراوحت قيم الوزن النوعي ما بين (2.66 و 2.74) فيما اظهرت التحليلات الكيميائية ان قيم نسبة الجبس والاملاح الذائبة الكلية ونسبة المواد العضوية ونسبة الكبريتات تتراوح ما بين (5.33 و 13.23) %، (7.13 و 15.18) %، (0.12 و 0.65)، و (0.9 و 0.47) % على التوالي. كما تراوحت قيم الاس الهيدروجيني (pH) ما بين (7.94 و 8.3)، وهذه النسب العالية تؤثر على الخصائص الهندسية للترسبات (وخصوصاً نسبة الجبس والاملاح الذائبة الكلية). ومن خلال الفحوصات الجيوتكنيكية، تبين ان قيم التماسك تتراوح ما بين (2.2 و 14.9) كغ/سم²، أذ تزداد قيم التماسك كلما ازدادت نسبة المواد الناعمة، وتقل كلما ازداد المحتوى المائي ونسبة المواد الخشنة، في حين تراوحت قيمة زاوية الاحتكاك الداخلي ما بين (8° و 22°)، أذ تتأثر زاوية الاحتكاك الداخلي بقيم معامل اللدونة وزيادة نسبة المواد الخشنة، وتم الاستنتاج بان ترسبات منطقة الدراسة بشكل عام يمكن استخدامها لبعض الأغراض الهندسية بعد معالجاتها.

معلومات الارشفة

تاريخ الاستلام: 27- ديسمبر - 2024

تاريخ المراجعة: 03- فبراير - 2025

تاريخ القبول: 11- ابريل - 2025

تاريخ النشر الالكتروني: 01- ابريل - 2026

الكلمات المفتاحية:

الجيوتكنيكية،

مشروع ري كركوك،

الترسبات النهرية،

المراسلة:

الاسم: مهند عيسى خضر

Email: Mohanaddroesh@tu.edu.iq

DOI: [10.33899/injes.v26i2.56129](https://doi.org/10.33899/injes.v26i2.56129), ©Authors, 2026, 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/>).

Evaluation of the Geotechnical Properties of Sediments in the Kirkuk Irrigation Project Canal for Various Engineering Applications

Mohanad Essi Khudher^{1*} , Sabbar Abdullah Saleh² , Omer Sabah Ibrahiem Al-Tamimee³ 

^{1,2} Department of Applied Geology, College of Science, University of Tikrit, Tikrit, Iraq.

³ Department of Applied Geology, College of Science, University of Kirkuk, Kirkuk, Iraq.

Article information

Received: 27- Dec-2024

Revised: 03- Feb -2025

Accepted: 11- Apr -2025

Available online: 01- Apr-2026

Keywords:

Geotechnics,
Kirkuk Irrigation Project,
Fluvial Deposits,

Correspondence:

Name: Mohanad Essi Khudher

Email: Mohanaddroesh@tu.edu.iq

ABSTRACT

The research aims to study and evaluate some geotechnical properties of the sediments within the Kirkuk Irrigation Project, starting from the Al-Dibs Barrage to the end of the Tuz Khurmatu district. Geotechnical tests were conducted on six stations representing these sediments. The tests revealed that the project sediments exhibit varying grain sizes, indicating that the soil is heterogeneous in its properties. Based on the plasticity chart, some samples were classified as low-plasticity clay (CL), while most samples were classified as low-plasticity silt (ML). The specific gravity values ranged between 2.66 and 2.74. Chemical analyses showed that the gypsum content, total dissolved salts (TDS), organic matter, and sulfate content ranged between 5.33–13.23%, 7.13–15.18%, 0.12–0.65%, and 0.9–4.7%, respectively. The pH values ranged from 7.94 to 8.3. These high levels, particularly gypsum and TDS, significantly affect the engineering properties of the sediments. Geotechnical tests indicated that cohesion values ranged between 2.2 and 14.9 kg/cm². Cohesion values increase with a higher fine particle content and decrease with increased moisture content and coarse particle content. The internal friction angle ranged between 8° and 22°, and it is influenced by the plasticity index and the proportion of coarse particles. In conclusion, the sediments in the study area can generally be utilized for certain engineering purposes after proper treatment.

DOI: [10.33899/injes.v26i2.56129](https://doi.org/10.33899/injes.v26i2.56129), ©Authors, 2026, 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/>).

المقدمة

تختلف الرواسب من مكان إلى آخر باختلاف ظروفها الترسيبية؛ استناداً إلى الطرائق التي تتكون بها وعلاقات مكونات التربة الأصلية من ناحية صخور الأصل والصخور الأساسية التي كونت هذه الرواسب وعوامل النقل المختلفة فضلاً عن التأثيرات المناخية والبيئية من موقع إلى آخر، تؤثر الخواص الجيوتكنيكية على بعضها البعض وكذلك على استقرارية المنشآت الهندسية واستناداً إلى ما تقدم تعتبر عملية إجراء الفحوصات الجيوتكنيكية خطوة أساسية أولى ومهمة في أي دراسة هندسية (Roy and Bhalla, 2017).

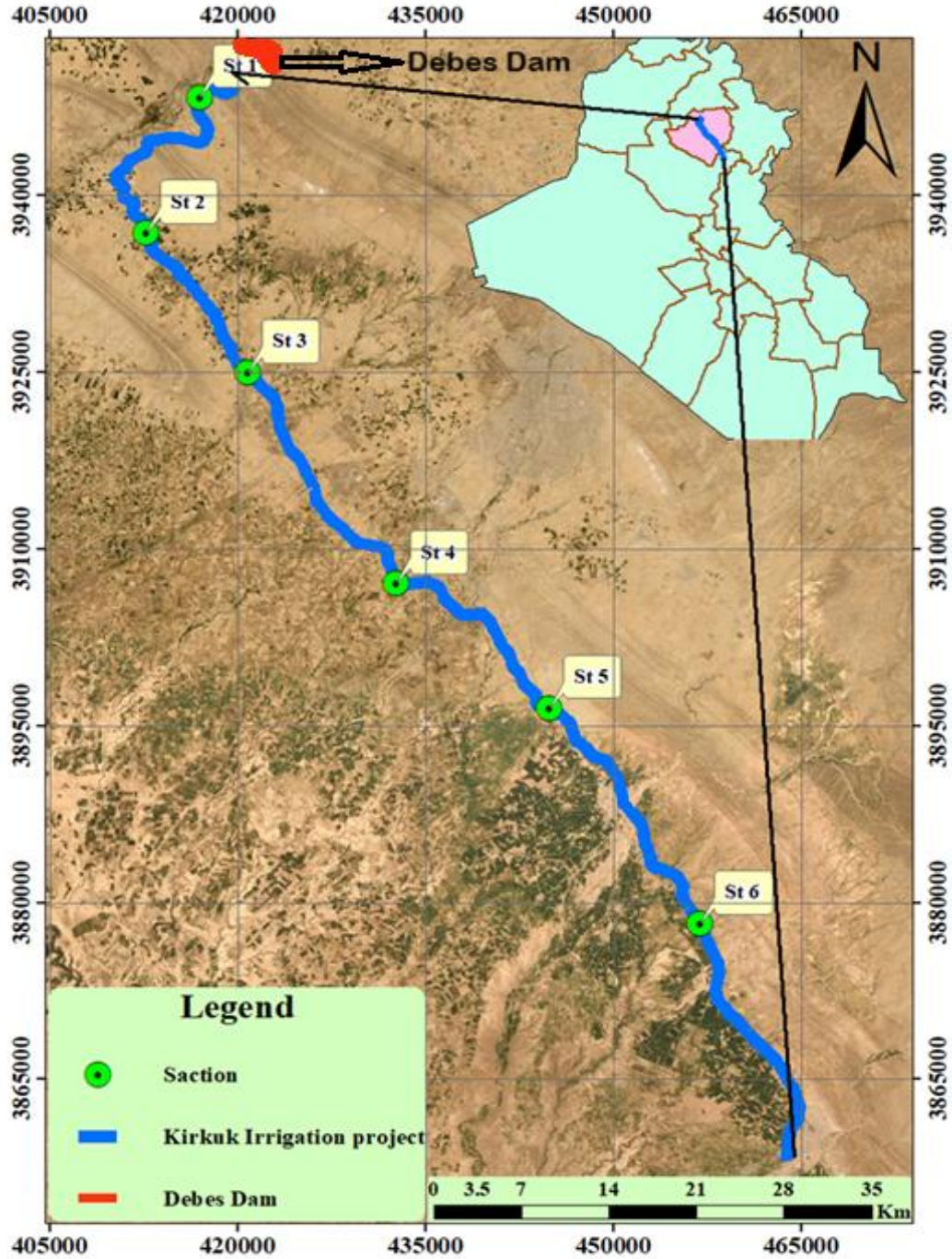
إن دراسة القناة تعتبر أساساً لتحسين الإدارة المائية وتحسين موازنتها (Khudher *et al.*, 2025)، فدراسة وتقييم الرسوبيات في مشروع ري كركوك (منطقة الدراسة) من الناحية الجيوتكنيكية. من الضروري التعرف على الخصائص الفيزيائية والهندسية والكيميائية لهذه الرسوبيات. حيث تُعد هذه الخصائص أساساً للتقييم الجيوتكنيكي. تؤثر الخصائص الفيزيائية مثل المحتوى الرطوبي، التحليل الحجمي، حدود أتربيرغ، والوزن النوعي بشكل كبير على سلوك الصخور الهندسية. بما في ذلك مقاومة الانضغاط، مقاومة القص، والرص، والتآكل الميكانيكي. تُعد الخصائص الفيزيائية للتربة من العوامل المهمة في تصنيفها لاستخداماتها الهندسية (Bowles, 1984 ; Scott, 1974). وتكمن أهمية النتائج الناتجة عن الفحوصات الجيوتكنيكية في دورها الأساسي بتصميم المشاريع الهندسية. حيث تسهم في الكشف عن المشكلات التي قد تظهر مستقبلاً. مما يساعد في وضع حلول فعالة لمعالجتها بطريقة مناسبة.

الهدف من الدراسة

تهدف الدراسة الحالية الى دراسة وتقييم بعض الخواص الجيوتكنيكية لترسبات مشروع ري كركوك (الفيزيائية والكيميائية والهندسية) وفق مواصفات الجمعية الامريكية للفحص والمواد (ASTM) وبيان مدى صلاحيتها للاستخدامات الهندسية المختلفة.

موقع منطقة الدراسة

تقع منطقة الدراسة شمال العراق في محافظة كركوك على طول مشروع ري كركوك وبالباغة بحدود 100 كم. ابتداء من مدينة الدبس وصولا الى حدود قضاء طوز خورماتو مع قضاء سليمان بيك. بين احداثيات التشرقيق (410000 و 4650000) واحداثيات التشميل (3850000 و 3940000) (الشكل 1).



الشكل 1. خريطة موقعية مبيّن عليها مواقع محطات الدراسة في مشروع ري كركوك وموقع سدة الدبس.

جيولوجية منطقة الدراسة

تم تحديد جيولوجية منطقة الدراسة بالإعتماد على (Jassim and Goff, 2006)

تشمل المنطقة المدروسة وحدات صخرية مختلفة كما في الشكل (2)، وتشمل الوحدات الجيولوجية التالية:

تكوين فتحة: Fat'ha Formation

يتميز تكوين فتحة بسيادة صخور المتبخرات. ويتألف من صخور الأنهيدرايت والجبس مع وجود تداخلات من الحجر الجيري والطين الجيري والرمال الطينية والتي تكون ناعمة نسبياً. كما ويمتاز هذا الكتونين بسمكه الكبير. تعود فترة تكوينه إلى المايوسين الأوسط (Jassim and Goff, 2006)

تكوين إنجانا: Injana Formation

يتألف تكوين إنجانا من الحجر الرملي الجيري والطين الأحمر والأخضر مع وجود طبقة رقيقة من الجبس ويحتوي الحجر الرملي الجيري على علامات النيم. حيث يتم تغطيتها بدورات من الطين الرملي والطين الأحمر. سمك التكوين متغير بسبب التآكل الحاصل على الطيات الرئيسية (Jassim and Goff, 2006). وعادة ما تعود فترة التكوين إلى المايوسين الأعلى

تكوين مقداية: Mukdadiya Formation

يبدأ تكوين مقداية عادةً بالحجر الرملي الحصى. يتميز بطبقات سميكة من الحجر الرملي والطين الرملي بكونها سمة مميزة لهذا التكوين. يمكن ملاحظة نقصان في حجم الحبيبات جزئياً على طول محور منطقة الترسيب الرئيسية (Buday, 1980)

تكوين باي حسن: Bai Hassan Formation

يتألف من تناوب الكونكولومريت والطين الرملي مع الحجر الرملي والطين الرملي. تظهر هذه المكونات تبايناً سواءً مع الطول أو عمودياً. عمر التكوين يعود إلى أواخر البليوسين. (Jassim and Goff, 2006).

ترسبات العصر الرباعي: Quaternary Sediments

تتألف من مزيج من مختلف احجام الرواسب بما في ذلك الحصى، والحجارة الصغيرة، والرمال، والغرين، والطين. الحصى في الغالب من الكربونات والتي تُشتق من تكوين باي حسن. هذه الرواسب تغطي تكوين باي حسن والتميز بينهما صعب للغاية نظراً لتشابه تركيبهما الصخري وغياب الأحافير في كلتا الوحدتين. سمك الرواسب الرباعية متغير ويغطي معظم مساحة منطقة الدراسة. عمر هذه الرواسب يمتد من البليستوسين إلى الهولوسين.

المواد وطرائق العمل:

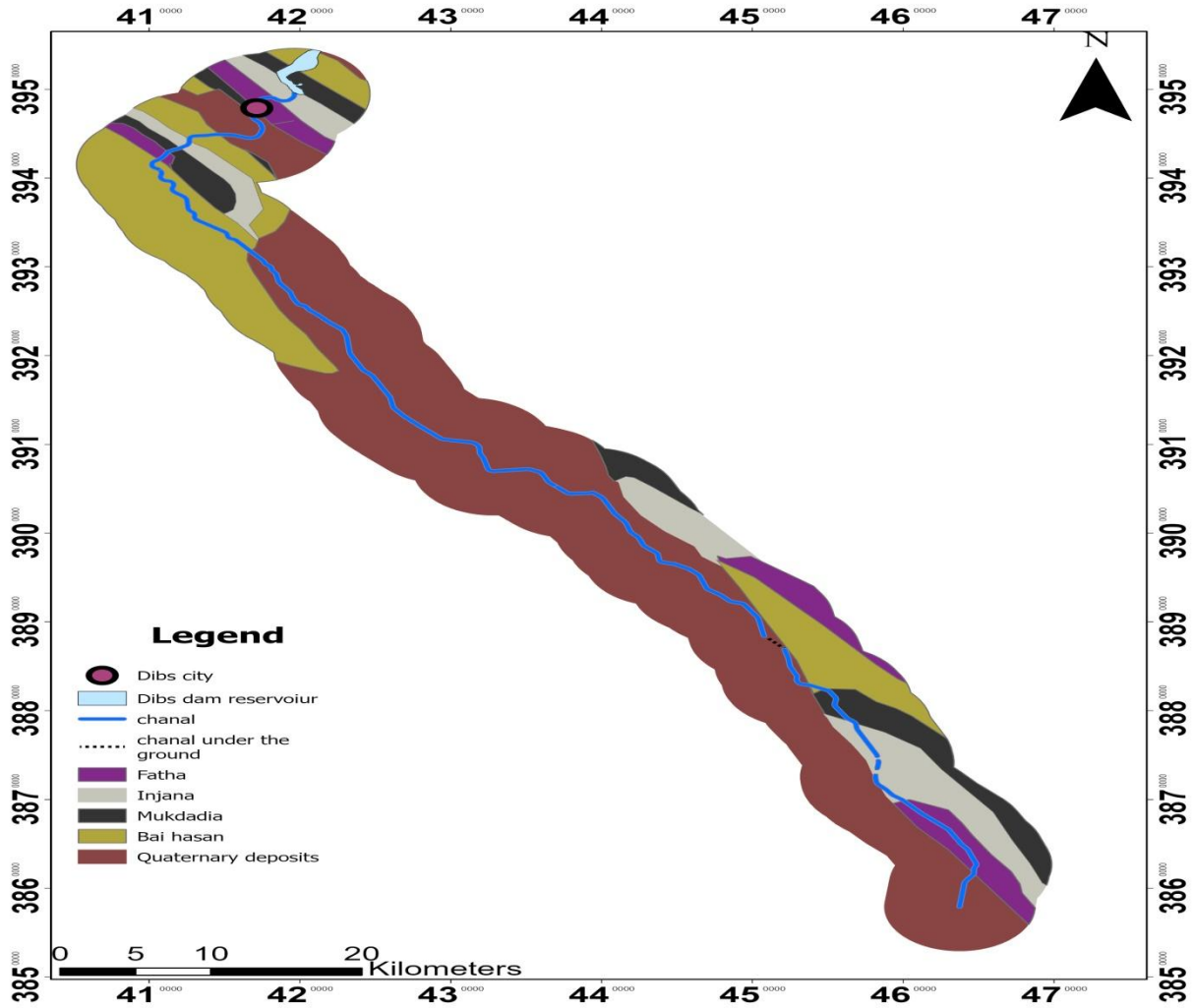
1- الوزن النوعي هو نسبة وزن حبيبات التربة إلى وزن الماء (Sivakugan,2021). تم إجراء اختبارات النماذج في مختبرات قسم علوم الأرض التطبيقية بكلية العلوم في جامعة تكريت.

2- التحليل الحجمي: يستخدم التحليل الحجمي الحبيبي لتصنيف التربة إلى عدة مجاميع مختلفة حسب النسبة المئوية الوزنية لمكوناتها والتي تشمل الحصى والرمل والغرين والطين. (Braja and Das., 2018) فحصت النماذج حسب (ASTM- (D422,63 Reapproved 2007 -2014).

3 - حدود اتربرك: ويعبر عنها بالنسبة المئوية للرطوبة في التربة عند حصول التغييرات التي تحدث عليها، وتبدي جميع التربة تأثيراً مختلفاً وسلوك واضح عند تغير النسبة في رطوبتها وبالأخص في التربة الطينية (Braja and Das., 2018). فحصت النماذج في مختبرات قسم علوم الأرض التطبيقية/كلية العلوم/جامعة تكريت. تم حساب حدود اتربرك وفق (ASTM- (D4318,14 -2014).

4 - فحص القص المباشر: تم تحديد التماسك اضافة الى زاوية الاحتكاك الداخلي من خلال إجراء الاختبارات على النماذج في مختبرات قسم علوم الأرض التطبيقية، كلية العلوم، جامعة تكريت. وقد تم تنفيذ الفحص وفق (-ASTM D3080 11, 2011).

5- الخواص الكيميائية: تم حساب الخواص الكيميائية كنسبة مئوية حسب المواصفة البريطانية (1377:1990.B.S) وتم فحص النماذج في مختبرات قسم الهندسة الكيماوية، كلية الهندسة، جامعة تكريت.



الشكل 2. خريطة جيولوجية مبين عليها سدة الدبس ومسار مشروع ري كركوك والتكوينات الظاهرة في منطقة الدراسة معدلة من (Sissakian and Fouad, 2015).

النتائج والمناقشة:

الخواص الجيوتكنيكية لنماذج منطقة الدراسة

أ. الخواص الفيزيائية (Physical properties)

1. التحليل الحجمي للحبيبات (Grain size analysis)

يستخدم التحليل الحجمي الحبيبي في تصنيف التربة إلى مجاميع مختلفة وفق النسبة المئوية الوزنية لمكوناتها والتي تشمل الحصى والرمل والغرين والطين (Braja and Das., 2018) الجدول (1).

تم اختبار العينات وفق (ASTM D422-63, 2007) (Reapproved 2014) لتحديد النسبة المئوية للأوزان الخاصة بالأحجام المختلفة لجزيئات التربة. يُعد التحليل الحجمي للتربة عنصراً أساسياً في عملية تصنيفها.

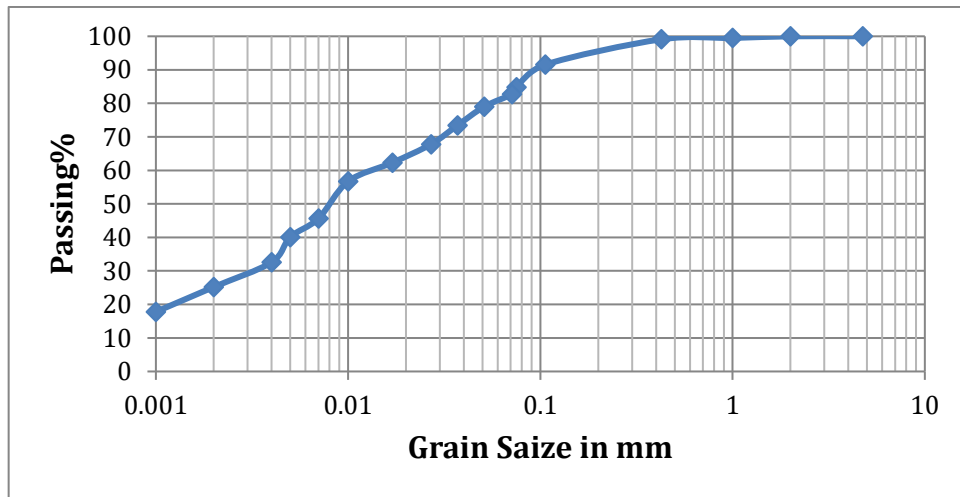
الجدول 1: بعض أحجام المناخل المستخدمة في عملية التحليل المنخلي عن (Braja and Das., 2018)

U.S Standard Sieve Number	Opening (mm)	Type of Soil
4	4.75	Gravel
10	2.00	Coarse Sand
40	0.425	Medium Sand Sand
200	0.075	Fine Sand
Pan	0.075	Fines (Silt, Clay)

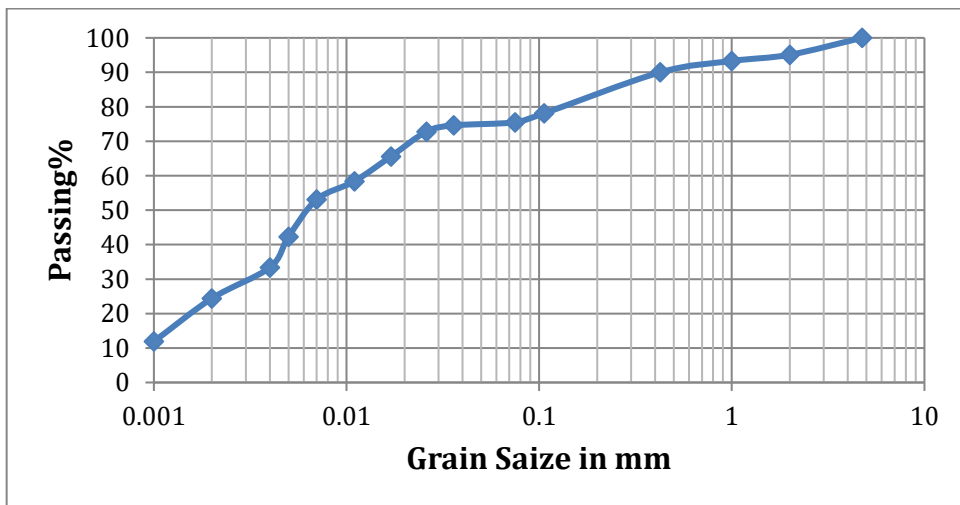
ترسم العلاقة بين النسب المئوية العابرة للأوزان مع توزيع الأحجام على أوراق نصف لوغاريتمي (Semi-log) كما في الاشكال (8) (7) (6) (5) (4) (3) وكانت النتائج كما في جدول (2).

جدول رقم 2: نتائج التحليل الحجمي الحبيبي لمحطات منطقة الدراسة.

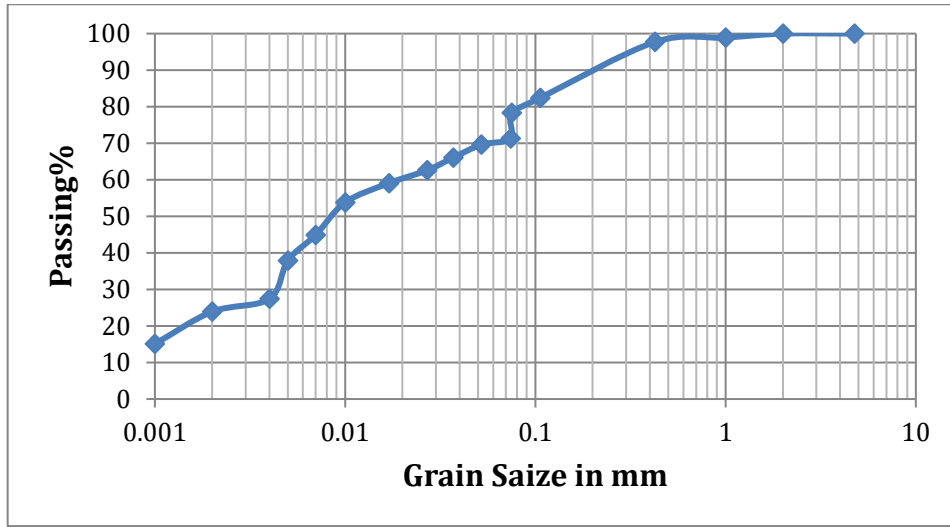
Station No.	Clay%	Silt %	Sand %
1	32	53	15
2	33	41	26
3	28.5	50	21.5
4	38.5	45	16.5
5	28	55	17
6	28	56	16



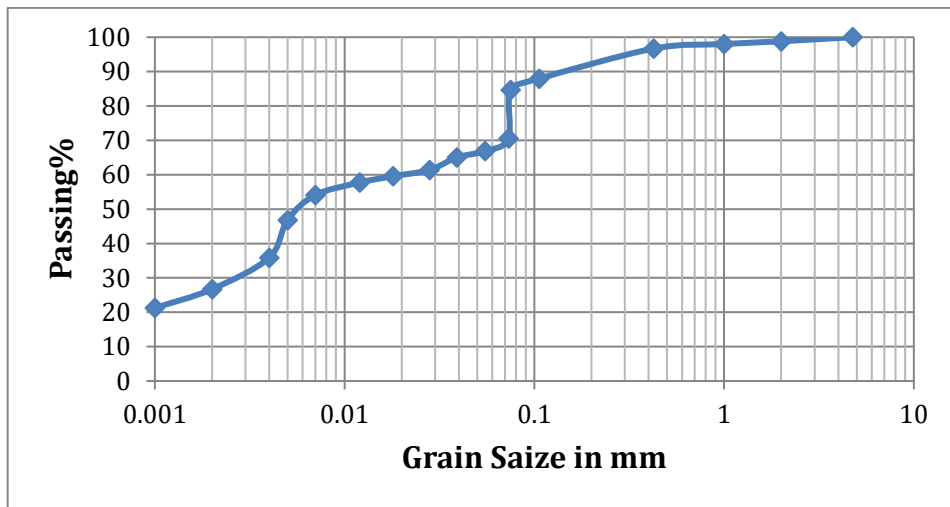
الشكل 3. التحليل الحجمي الحبيبي لترسبات المحطة الاولى



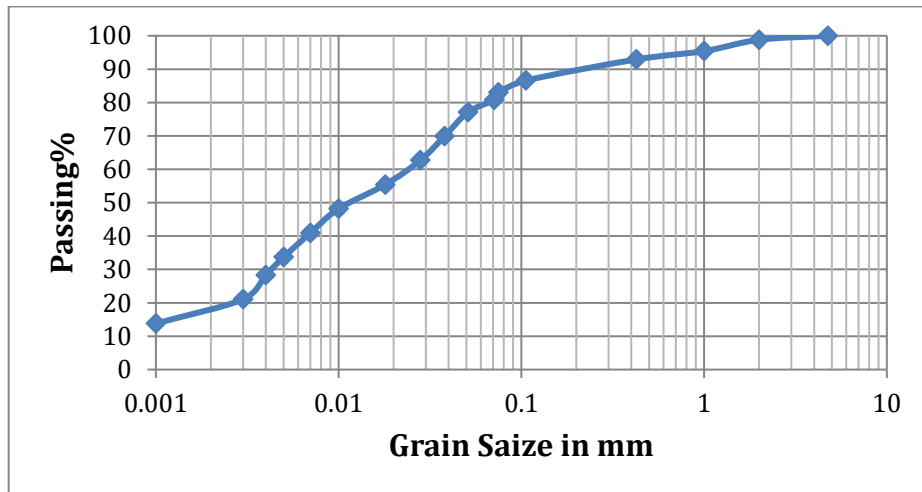
الشكل 4. التحليل الحجمي الحبيبي لترسبات المحطة الثانية



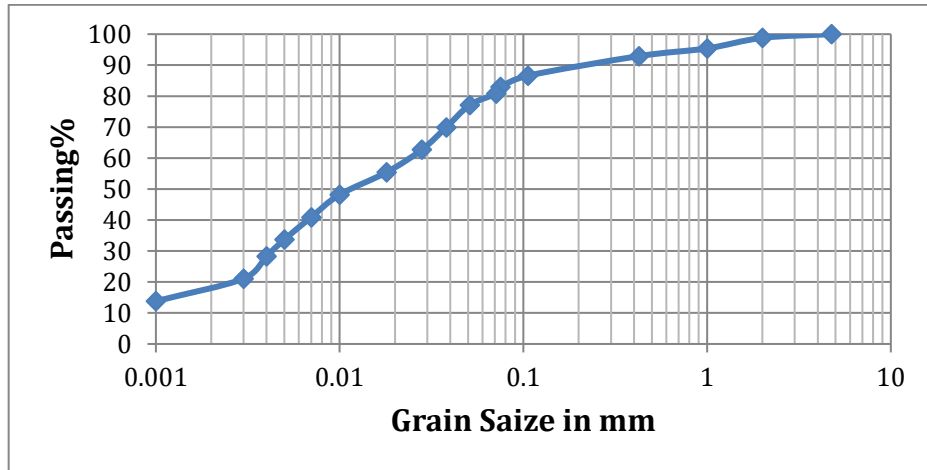
الشكل 5. التحليل الحجمي الحبيبي لترسبات المحطة الثالثة



الشكل 6. التحليل الحجمي الحبيبي لترسبات المحطة الرابعة



الشكل 7. التحليل الحجمي الحبيبي لترسبات المحطة الخامسة



الشكل 8. التحليل الحجمي الحبيبي لترسيبات المحطة السادسة

من خلال نتائج التحليل الحجمي يستدل على ان الرواسب عبارة عن مواد تم نقلها نتيجة التصريف اليومي لمجرى القناة وتتأثر بطاقة وانحدار وسرعة جريان القناة التي تزداد اثناء موسم الشتاء حيث هناك تساقط نسبة كبيرة من الأمطار وذوبان الثلوج وهذا يزيد من تصاريف القناة والسبب في ذلك ان المكونات يتم نقلها من الجهات العليا للقناة باعتباره المصدر المجزء الاول وتنقل هذه المواد على شكل مواد عالقة (Abed and Azzubaidi, 2020; Jassam, 2021).

2. حدود أتربيرغ Atterberg Limits:

تمثل حدود أتربيرغ النسب المئوية لرتوبة التربة عند حدوث تغييرات في حالتها الفيزيائية. تُظهر جميع أنواع التربة سلوكًا مختلفًا وتأثيرًا واضحًا مع تغير نسبة الرطوبة فيها وخاصةً التربة الطينية (Braja and Das, 2018). في هذه الدراسة تم اختبار حدود أتربيرغ، بما في ذلك حد السيولة وحد اللدونة حسب (ASTM D14-4318, 2014).

حد السيولة (L.L Liquid Limit)

حد السيولة هو المحتوى المائي الذي تصل عنده التربة إلى حالة سائلة وتفقد قدرتها على الاحتفاظ بشكلها (Tsytoovich, 1986). وفقًا لـ (Capper and Cassie, 1974). يُعتبر حد السيولة أدنى نسبة مئوية للمحتوى المائي حيث تبدأ التربة في الانهيار أو السيلان تحت تأثير وزنها. ويُعد أدنى محتوى مائي يجعل التربة في حالة سائلة (Braja and Das, 2018). تراوحت قيم حد السيولة للنماذج المدروسة بين 30% و48% كما هو موضح في الجدول (3).

حد اللدونة (P.L Plastic Limit)

حد اللدونة هو أدنى نسبة مئوية للمحتوى المائي تفصل بين الحالة اللدنة والحالة شبه الصلبة للتربة (Braja and Das, 2018). كما يُعرف بأنه أعلى محتوى مائي تبدأ فيه التربة بالتفتت أو الانهيار عند تشكيل خيط بقطر 3 ملم. بالنسبة للنماذج المدروسة. تراوحت قيم حد اللدونة بين 20% و37%، كما هو مبين في الجدول (3).

دليل اللدونة (P.I Plasticity Index)

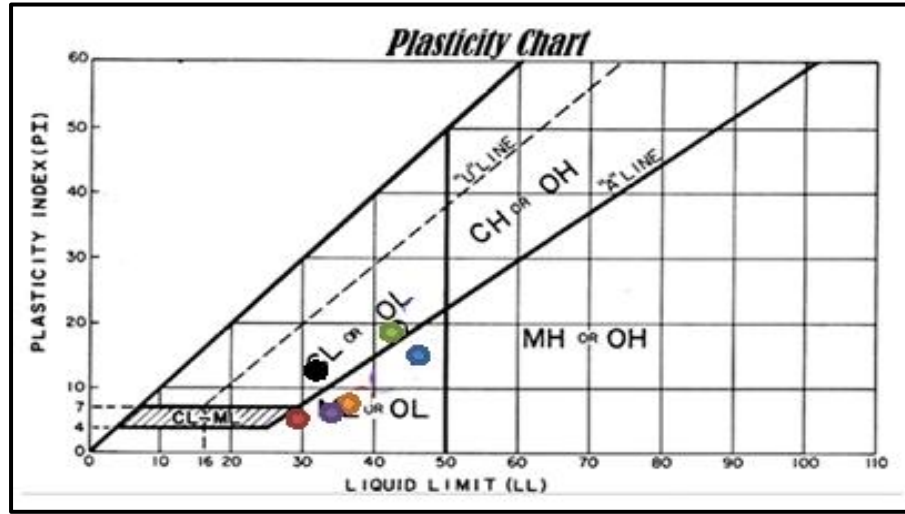
يعبر دليل اللدونة عن النطاق الرطوبي الذي تظل فيه التربة في الحالة اللدنة، ويُحسب كفرق بين حد السيولة وحد اللدونة ($P.I = L.L - P.L$). يتأثر هذا المؤشر بالتركيب المعدني للأطيان، وحجم الحبيبات، ونسبة المعادن غير الطينية والمادة العضوية (Lambe, 1951). تراوحت قيم دليل اللدونة للنماذج قيد الدراسة بين 6% و17% كما هو موضح في الجدول (3). تم تصنيف النماذج باستخدام دليل اللدونة وفق تصنيف (Budnikov, 1964) والجدول (4)، حيث وُجد أن النماذج تقع ضمن مجالات اللدونة المختلفة: العالية، المتوسطة، والقليلة. كما تم تصنيفها وفق النظام الموحد للتربة (ASTM D14-2487, 2014) كما يظهر في الشكل (9).

الجدول 3: يوضح نتائج فحوصات حدود أتيربيرك لمحطات منطقة الدراسة

Station No.	حدود أتيربيرك (Atterberg)		
	Liquid limit (L.L) (%)	Sample No.	Plasticity index (P.I) (%)
1	46	32	14
2	38	30	8
3	34	27	7
4	30	24	6
5	32	20	12
6	42	25	17

الجدول 4: توزيع عينات الدراسة حسب معامل لدونتها إعتماًداً على تصنيف (Budnikov, 1964)

Classification	Plasticity Index	Station No.
Super plastic	25 <	
Plastic	15 – 25	6
Moderately plastic	7 – 15	1, 2, 3, 5
Poorly plastic	7 >	4
Non plastic	Not forming a plastic mass	



الشكل 9. تصنيف محطات الدراسة حسب التصنيف الموحد (ASTM- D,2487,200)4

● محطة 1 ● محطة 2 ● محطة 3 ● محطة 4 ● محطة 5 ● محطة 6

3. الوزن النوعي Specific gravity

يُعرّف على أنه نسبة وزن معين من حبيبات التربة عند درجة حرارة معينة إلى وزن نفس الحجم من الماء المقطر عند نفس درجة الحرارة (Sivakugan,2021). تم إجراء اختبار الوزن النوعي للنماذج للدراسة وفق (ASTM D854-14,) (2014). بعد إجراء الفحص، تم حساب قيم الوزن النوعي باستخدام المعادلات التالية:

$$GsT_1 = W_3 / (W_1 + W_3) - W_2 \dots\dots(2-5)$$

$$GsT_{20} = GsT_1 \cdot A \dots\dots\dots(3-5)$$

حيث ان:

(W₁) = وزن القنينة الحجمية مملوءة بالماء المقطر ، (W₂) = وزن القنينة الحجمية مع خليط التربة.

(W₃) وزن التربة المجففة بدرجة حرارة (105) مئوية ، (A) عامل تصحيح حراري.

(T₁) درجة الحرارة الابتدائية ، (T₂₀) درجة الحرارة (20°).

يُعتبر الوزن النوعي عنصراً أساسياً في حسابات التحليل الحجمي لحبيبات التربة. يدخل الوزن النوعي في حسابات التحليل الحجمي لحبيبات التربة حسب التصنيف الموحد لتحديد نوعية التربة وذلك لان كل نوع من انواع التربة له وزن نوعي حيث ان

الوزن النوعي للرمل يتراوح ما بين (2.63 و 2.67) والوزن النوعي للغرين يتراوح ما بين (2.68 و 2.71) اما الوزن النوعي للطين والطين الغريني فيتراوح بين (2.72 فأكثر) وعند استخراج الحجم الحبيبي للتربة حسب التصنيف الموحد يتم استخدام الوزن النوعي لتحديد نوع التربة. اضافة الى ذلك يعد إيجاد الوزن النوعي للتربة مهم جدا في التطبيقات الهندسية اذ يمكن عن طريقه تمييز انواع التربة المختلفة بصورة تقريبية كما يستفاد منه في بعض الفحوصات الهندسية مثل الأنضمام والتحليل بواسطة المكثاف .

الجدول 5: نتائج الوزن النوعي لمحطات منطقة الدراسة

Station No.	Specific gravity
1	2.7
2	2.69
3	2.67
4	2.66
5	2.71
6	2.74

ب. الخواص الكيميائية (Chemical Properties)

تتعرض المنشآت الهندسية المقامة على تربة حاوية على معادن قابلة للذوبان الى العديد من المخاطر, إذ تعتبر المعادن القابلة للذوبان ذات تاثير سلبي في مواد البناء التي تدخل في الإنشاء والتي تؤدي إلى تدهور مؤثر في خصائصها و صفاتها وان الجبس يمكنه ان يدمر بعض مواد البناء عند ما يذوب ويكون على تماس مباشر معها. تزداد قابلية الجبس في تأثيراته للتاكل بزيادة درجة الحرارة بشكل تماسي ومباشر مع عناصر البناء (Al-Naimi,1999). مما يعزز مستويات التلوث في الأنهار وبالتالي ينعكس على ترسبات الانهار (Faraj et al.,2007). كما أشار (AL-Kindi et al., 2022). تم تحديد الخواص الكيميائية للنماذج وتحليلها كنسب مئوية، وذلك بالاعتماد على الطرق الموصوفة في المواصفة القياسية (S.1377:1990.B.S). يعرض الجدول (6) النتائج المستخلصة للخواص الكيميائية لنماذج منطقة الدراسة.

جدول رقم 6: نتائج الفحوصات الكيميائية لنماذج منطقة الدراسة.

Station No.	pH	Total Dissolved Salts	SO ₃ %	Organic Materials %	Gypsum CaSO ₄ .2H ₂ O %
1	8.3	7.13	0.9	0.12	5.33
2	8.02	10.8	0.13	0.19	7.19
3	7.98	15.18	0.47	0.65	13.23
4	8.1	12.15	0.26	0.42	9.43
5	7.96	14.1	0.35	0.53	11.6
6	7.94	11.9	0.23	0.31	8.92

تراوحت قيم الاس الهيدروجيني في نماذج منطقة الدراسة ما بين (7.94 و 8.3)، يعتبر الاس الهيدروجيني من العوامل المهمة التي تؤثر في حركة العناصر الثقيلة بصورة مباشرة او غير مباشرة في عمليات الاذابة والترسيب وتفاعلات الاكسدة والاختزال وتكوين المعقدات (Al-Saffawi.,2018). تدل هذه النسب لاس الهيدروجيني على ان التربة ضعيفة الى متوسطة القلوية.

يؤدي وجود المواد العضوية في التربة الى نتائج عكسية للاعمال الهندسية، إذ تزيد من قابلية التربة على الأنضغاط وتؤدي الى الهبوط السريع وانخفاض السعة التحميلية. وحسب النتائج التي تم الحصول عليها فان نسبة المواد العضوية في منطقة الدراسة تعتبر غير مؤثرة من الناحية الهندسية.

كما يعتبر المحتوى الجبسي خطر ويؤثر سلبا عندما تكون نسبته عالية، اذ يؤثر على الاسس التي تقام عليها المنشآت بحيث يقلل من المقاومة القصية للتربة ويعمل على زيادة امكانية الانتفاخ للترب الجبسية كما يعمل على الزيادة في المحتوى الرطوبي والتقليل من الكثافة، كما تعد نسبة الجبس خطرة جدا على الاسس اذا تجاوزت (5.0 % في التربة) (Qader, 2023) لذا تعتبر هذه النسب العالية للجبس في منطقة الدراسة خطرة جدا وتؤثر بصورة مباشرة على الاسس الهندسية التي من الممكن ان تقام عليها المنشآت لان الترب الجبسية ستؤدي الى مشاكل هندسية تظهر على شكل تشققات في الابنية او ميلان الابنية

وفي بعض الاحيان قد يحدث انهيار بعض هذه المنشآت او يحدث هبوط غير متجانس بصورة سريعة نسبيا اذا ما تعرضت للمياه.

تدخل الاملاح القابلة للذوبان في عملية الاماهة عندما تكون نسبتها عالية حيث يكون تأثيرها سريعا عندما تكون بشكل حر في الماء.

استناداً إلى (Baver,1972) فان نسبة الأملاح القابلة للذوبان تعد عالية إذا بلغت أكثر من (0.5 %), لذلك فان وجود هذه النسب العالية من الاملاح في منطقة الدراسة تعتبر خطرة جدا على المنشآت الهندسية التي من الممكن اقامتها عليها.

ت. الخواص الهندسية Engineering Properties

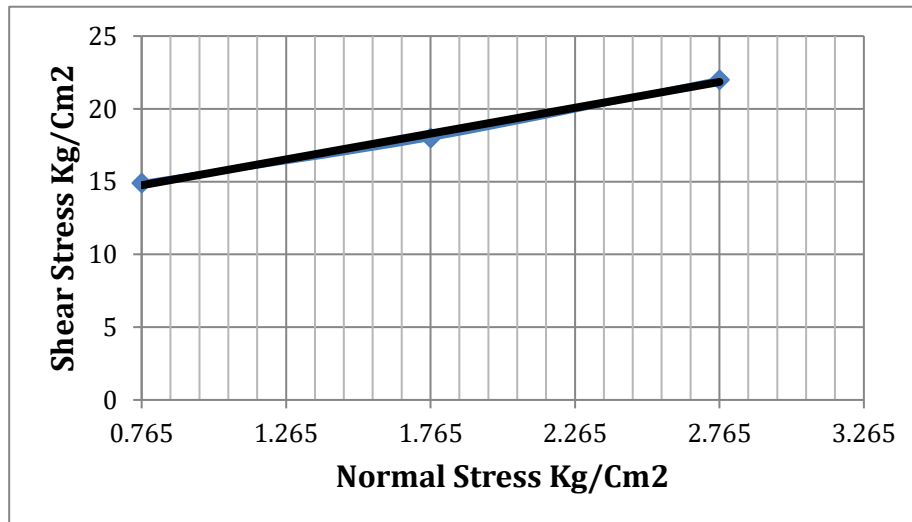
فحص القص المباشر Direct Shear test

هي عملية انزلاق لطبقة أو جزءا من التربة على طبقة أخرى تكون ضمنيا داخل جسم التربة، وفي اغلب الاحيان تكون هذه القوى افقية بحيث يتم ذلك نتيجة لتسليط القوى المتزايدة في اتجاه الانزلاق (Braja and Das,2018). أما المقاومة القصية فتعرف بأنها مقاومة التربة التي تبديها ضد الانزلاق الذي قد يحدث بداخلها نتيجة لتسليط القوة الخارجية عليها، وأن سرعة الإزاحة التي من الممكن ان تتعرض لها النماذج أثناء الفحوصات تعد من العوامل المهمة في النتائج التي يتم الحصول عليها خاصة بالنسبة للترب التي تكون نفاذيتها قليلة، ولمنع تاثيرات ضغط ماء الفجوات في هذه الترب يستوجب استعمال سرعة قليلة جداً (et Hassan.al., 2022) اجري هذا الفحص وفق (ASTM D 3080-11, 2011).

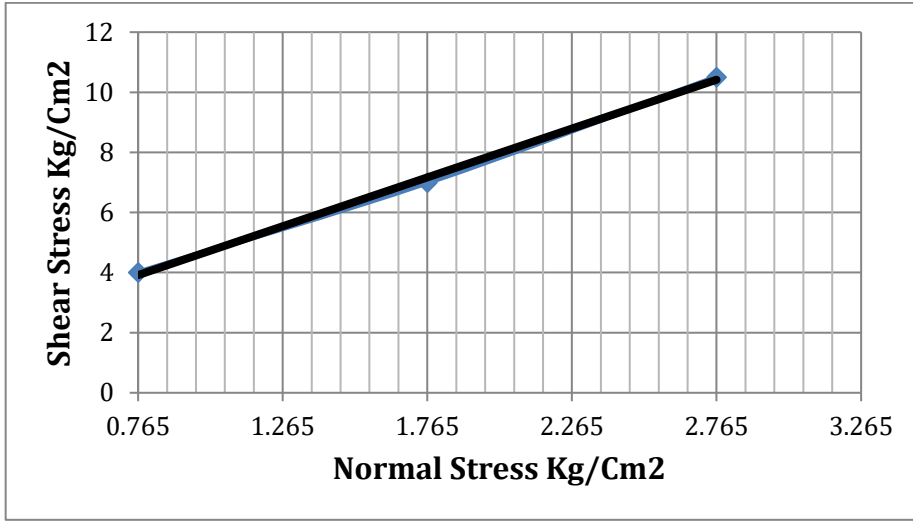
حسبت مقاومة التماسك الجدول (6)، كلما ازدادت نسبة المواد الناعمة (الغرين والطين) تزداد بدرجة كبيرة نسبة التماسك في التربة ويقل كلما ازداد محتواها المائي حيث تقل نسبة الجسيمات في وحدة الحجم وبالتالي تتناقص قوة تماسكها. كما ان ذلك يعتمد على التركيب المعدني للجزيئات في التربة (Al-Sultani et al.,2023). والاشكال (10) (11) (12) (13) (14) (15) تبين العلاقة بين الاجهاد العمودي واجهاد القص للنماذج التي تم اجراء الفحص لها.

جدول رقم 6: نتائج فحص القص المباشر لنماذج منطقة الدراسة.

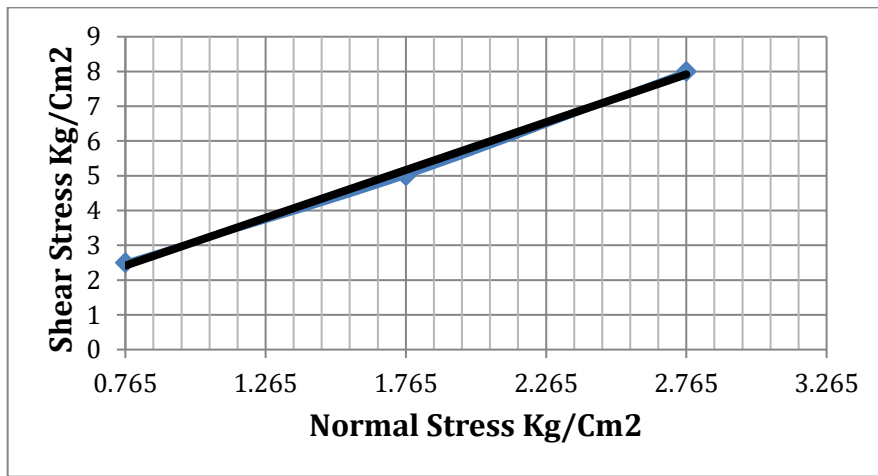
Station No.	زاوية الاحتكاك الداخلي (Φ)	التماسك (2C) Kg/Cm
1	10	12
2	17	4
3	15	2.2
4	22	2.5
5	11	8.5
6	8	14.9



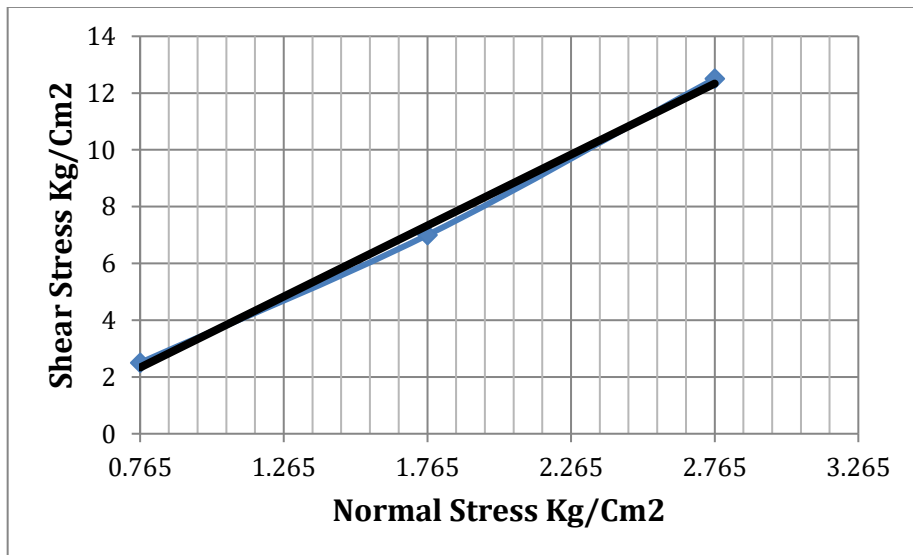
الشكل 10. فحص القص المباشر للمحطة الاولى



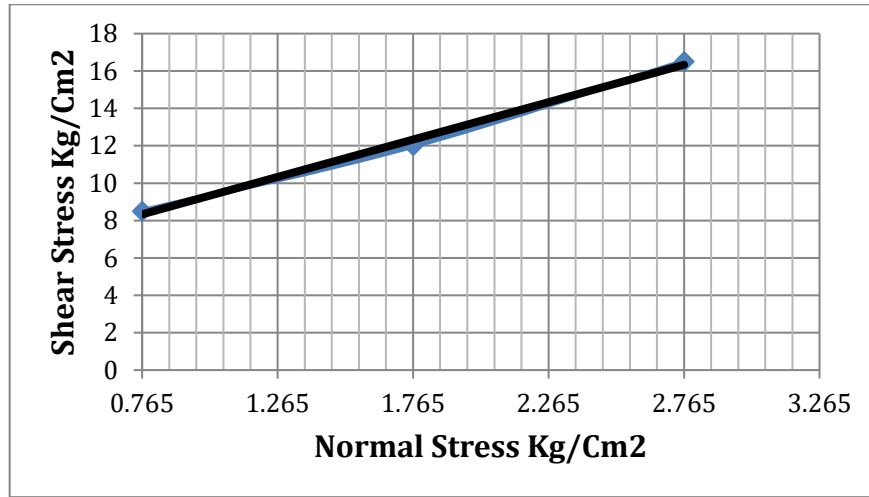
الشكل 11. فحص القص المباشر للمحطة الثانية



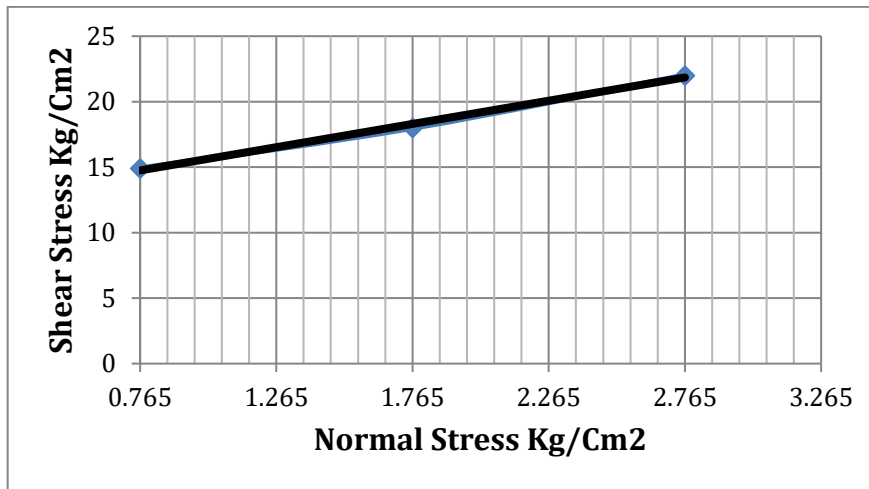
الشكل 12. فحص القص المباشر للمحطة الثالثة



الشكل 13. فحص القص المباشر للمحطة الرابعة



الشكل 14. فحص القص المباشر للمحطة الخامسة



الشكل 15. فحص القص المباشر للمحطة السادسة

الاستنتاجات:

بينت نتائج التحليل الحجمي الحبيبي سيادة نسبة التربة الناعمة في جميع نماذج منطقة الدراسة، كما اظهرت هذه الدراسة بان التربة تحتوي على طور واسع من احجام الرسوبيات واختلاف في نسبة حجوم الحبيبات المكونة للتربة، وعليه فانها تعتبر من التربة غير المتجانسة في خواصها. يؤدي هذا الاختلاف في طبيعة التربة الى حدوث هبوط متباين والى انحراف المنشآت التي من الممكن ان تقام عليها. كما صنفت النماذج المدروسة على إنها طينية واطنة اللدونة وغرينية واطنة اللدونة، وتبين من تصنيف قيم حد السيولة زيادة نسبة المواد الطينية، وزيادة هذه الخواص تخلق مشاكل هندسية، فيما وجد ان قيم الوزن النوعي للترب الناعمة والرمل تقع ضمن حدود الرمل والغرين والطين وهذا يعتمد على نوعية المواد المكونة للتربة. كما تبين من خلال الدراسة تاثير زاوية الاحتكاك الداخلي بشكل كبير بقيم معامل اللدونة ونسبة المواد الخشنة، فيما اظهرت نتائج القص المباشر زيادة قيم التماسك بازياد نسبة المواد الناعمة (الغرين والطين) وانخفاضها بازياد نسب المحتوى المائي ونسبة المواد الخشنة.

شكر و عرفان

يعرب المؤلفون عن امتنانهم الكبير الى السيد رئيس تحرير المجلة العراقية الوطنية لعلوم الارض الأستاذ الدكتور ريان غازي ذنون، ومدير التحرير الأستاذ المساعد الدكتور عزالدين صالح الجوادي، وجميع المحررين الفنيين على جهودهم الكبيرة وتعليقاتهم القيمة.

المصادر

- Abed, M.S. and Azzubaidi, R.Z., 2020. Sediment Transport within the Reservoir of Mandali Dam. *Journal of Engineering*, 26(2), 29-41. <https://doi.org/10.31026/j.eng.2020.02.03>
- AL-Kindi, G.Y., Al-Haidri, H.A., and Hussain, T.A., 2022. Studying the effect of the state of floating cages on soil and sediment geochemistry in Al Hilla city. *Innova. Infrastruct. Solute.* 7, 202 (2022). <https://doi.org/10.1007/s41062-022-00803-1>
- Al-Naimi, S.A., 1999. The effect of nitric acid on some geotechnical properties of gypsum soils in the Latifiya region (central Iraq)", MSc Thesis, College of Science - University of Baghdad, 84 pages (In Arabic).
- Al-Sultani, N.K., Al-Amar, H.A., and Al-Zubaydi, J.H., 2023. Geotechnical Properties of Soil Slopes of the Great Musaiyab Project, Babylon, Middle of Iraq. *The Iraqi Geological Journal*, 273-280. <https://doi.org/10.46717/igj.56.1B.20ms-2023-2-28>
- ASTM D3080-11, 2011. Standard Test Method for Direct Shear Test of Soils Under Consolidated Drained Conditions1.
- ASTM D422-63 (Reapproved 2007), 2014. Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils, American Society for Testing Materials, West Conshohocken, Pennsylvania.
- ASTM D4318-14, 2014. Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils1.
- ASTM D854-14, 2014. Standard Test Methods for Specific Gravity of Soil Solids by Water Pycnometer, American Society for Testing Materials, West Conshohocken, Pennsylvania.
- ASTM-D, 2487 - 00, 2004: Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System).
- B.S.1377-3, 1990. Methods of Testing Soil for Civil Engineering Purposes British Standards Institution London
- Baver, L.D., 1972. *Soil Physics*, 4th. Ed., John Wiley and Sons Inc., New York, 498 P.
- Qadir, Manal Samir, 2023. Geotechnical and environmental geochemical characteristics of the sediments of the Samarra Dam, Al-Wind and Mandali Dam reservoirs and their suitability for some industrial purposes, unpublished PhD Thesis, College of Science, Tikrit University (In Arabic)
- Bowles, J.E., 1984. *Physical and Geotechnical Properties of Soil*, 2nd ed, McGraw-Hill Japan Ltd., 578 P.
- Braja, M., Das, K.S., 2018. *principles of geotechnical engineering*. Cengage Learning. Boston, 845 P.
- Budnikov, P.P., 1964. *The Technology of Ceramics and Refractories*, M.I.T. Press, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, 647 P.
- Capper, P.L., and Cassie, 1974. *The Mechanics of Engineering Soils*, Wiley and Sons, (5th Ed.). E&f.n. Spon. Ltd., London, UK. 309 P.
- Das, M. Braja, 1982. *Soil Mechanics Laboratory Manual*, The University of Texas at El Paso.
- Khudher, M.E., Abdullah S., and Sabah I.O., 2025. Assessment of the Hydrochemical Characteristics of Groundwater in the Vicinity of Kirkuk Irrigation Project. *Iraqi National Journal of Earth Science (INJES)*, 25(3), pp. 44–57. <https://doi.org/10.33899/earth.2024.148833.1270>
- Lambe, T.W., 1951. *Soil Testing for Engineers*, John Wiley and Sons, Inc, New York, 165 P.

- Roy, S. and Bhalla, S.K., 2017. Role of geotechnical properties of soil on civil engineering structures. Resources and Environment, 7(4), pp. 103-109. [DOI: 10.5923/j.re.20170704.03](https://doi.org/10.5923/j.re.20170704.03)
- Scott, C.R., 1974: An Introduction to Soil Mechanics and Foundations, 2nd Ed., Applied Science, Ripple Road, Essex, England, 361 P. [DOI: 10.30572/2018/kje/090308](https://doi.org/10.30572/2018/kje/090308)
- Sissakian, V.K. and Fouad, S.F., 2015. Geological map of Iraq, scale 1: 1000 000, 2012. Iraqi Bulletin of Geology and Mining, 11(1), pp. 9-16.
- Sivakugan, N., 2021. Soil Mechanics and Foundation Engineering: Fundamentals and Applications. McGraw-Hill Education.
- Tsytovich, N., 1986. Soil Mechanics. (2nd ed.) Mir Publishers, Moscow, 302 P.