مجلة الدراسات التربوية والعلمية - كلية التربية - الجامعة العراقية
العدد السادس والعشرون - المجلد الأول - علوم الفيزياء - أيلول 2025 م
doi.org/10.52866/esj.2025.01.26.13

دراسة بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية لترسبات من مواقع مختارة لخزان سدة سامراء ومنطقة اعالي ذراع دجلة/الثرثار ومدى تأثيرها الهندسي

أماني محمود عواد ، عبد السلام مهدي صالح
كلية العلوم -جامعة تكريت -العراق

مستخلص:

أظهرت دراسة الخصائص الفيزيائية والكيميائية لترسبات خزان سدة سامراء وأعالي ذراع دجلة/ الثرثار تباينًا في المحتوى الرطوبي في فصل الصيف (12.4٪ – 23.15 ٪) وفي فصل الشتاء (40.4٪ – 26.2٪) تبعاً لفصل وموسم الامطار مع هيمنة الرمل (40–60٪) في التركيب الحبيبي. سجلت الفحوصات الكيميائية ارتفاعًا في الأملاح الذائبة و(كلوريدات >1٪) ونسبًا معتدلة من الكبريتات، مع انخفاض محتوى الجبس والمواد العضوية وأشارت النتائج إلى عدم صلاحية الرواسب لصناعة الطابوق (وفق المواصفة العراقية رقم 25 /1993) بسبب هيمنة الرمل ونقص اللدونة، بينما يمكن استخدامها في الخلطات الخرسانية بعد المعالجة أو كمرشحات مائية. يُوصى بتطبيق إجراءات عزل كيميائي في الأساسات لتجنب تأثير الأملاح المسببة للتآكل. هذه النتائج تُؤكد أهمية التقييم المتكامل للتربة قبل توظيفها في المشاريع الهندسية أو الزراعية، مع مراعاة الخصائص الموسمية والبيئية.

الكلمات المفتاحية: سدة سامراء ، الثرثار ، الخصائص الفيزيائية ، الخصائص الكيميائية ، التأثير الهندسي.

Study of Some Physical and Chemical Properties of Sediments from Selected Sites of Samarra Dam Reservoir and Upper Tigris Arm/Tharthar Region and Their Engineering Impact”

Authors:
Amany Mahmoud Awad[1] Abdul Salam Mahdi Saleh[2]
[12]College of Science – Tikrit University – Iraq
Correspondence: amany.mahood@st.tu.edo.iq

Abstract :

The study of the physical and chemical properties of sediments from the Samarra Dam Reservoir and the Upper Tigris Arm/Tharthar region revealed a variation in moisture content depending on the season and rainfall patterns. During summer, moisture content ranged from (12.4% - 23.15%) while in winter, it increased to (26.2%–40.4%). with sand dominating the granular composition (40–60%). Chemical tests indicated elevated dissolved salts (chlorides >1%) and moderate sulfate levels, alongside low gypsum and organic matter content. The results demonstrated the unsuitability of these sediments for brick production (per Iraqi Standard No. 25/1993) due to the high sand content and low plasticity. However, they could be utilized in concrete mixtures after treatment or as water filtration media. It is recommended to implement chemical isolation measures in foundations to mitigate salt-induced corrosion risks. These findings underscore the necessity of comprehensive soil evaluation prior to its use in engineering or agricultural projects, with careful consideration of seasonal and environmental characteristics.

Keywords: Samarra Dam, Tharthar, physical harvesting, chemical harvesting, engineering effect.

1. المقدمة

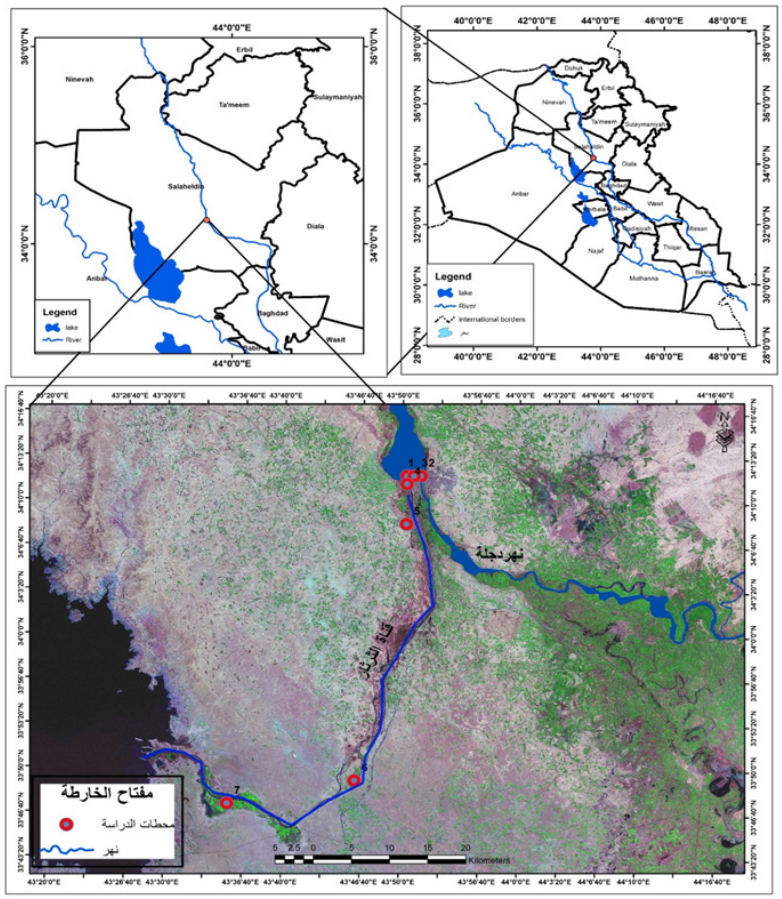
تعد دراسة الخصائص الفيزيائية والكيميائية للترسبات في الخزانات المائية وأحواض الأنهار أمراً بالغ الأهمية لتقييم جودة التربة وتأثيرها على البيئة المائية والبنى التحتية. في هذا البحث، تُدرس ترسبات مواقع مختارة من خزان سدة سامراء ومنطقة أعالي ذراع دجلة/ الثرثار، والتي تُشكل نظاماً هيدرولوجياً حيوياً في وسط العراق أكدت دراسة (Qader et al., 2022) أن العوامل الجيولوجية والهيدروديناميكية كتدفق المياه وعمليات تآكل التربة تؤثر بشكل مباشر على تركيز العناصر الكيميائية والتوزيع الحجمي لحبيبات التربة، مما يُحدِث تأثيرات واضحة على كفاءة تخزين المياه واستقرار الهياكل الهندسية كما كشفت الدراسةُ التي أُجريت على رواسب نهر دجلة عن ارتباط واضح بين الخصائص الكيميائية لهذه الرواسب ومصادر التلوث المحتملة، ومن جهة أخرى أبرزت دراسة (Abed & Azzubaidi., 2020) تأثير التغيرات المناخية في تغيير الخصائص الفيزيائية للتربة المحيطة بمناطق الخزانات المائية في العراق. وفي هذا الإطار، تسعى الدراسة الحالية إلى تحليل عينات التربة باستخدام منهجيات مخبرية قياسية لتقييم هذه العوامل بدقة.

2. موقع منطقة الدراسة

location of studying area

تقع منطقة الدراسة شمال العاصمة بغداد عند الاحداثيات **دائرة العرض** 11°34'45" شمالاً وخط الطول 51°43'02" شرقاً

وقد تم اختيار(7) مواقع لاختيار العينات، وكانت مواقع النمذجة على النحو التالي: (3) مواقع من الخزان و(4) مواقع من قناة الثرثار.



شكل (1) موقع منطقة الدراسة

جدول 1 يوضح احداثيات منطقة الدراسة

رقم المحطة	وصف الموقع	X	Y
1	يمين خزان سدة سامراء	43.843119	34.201398
2	يسار خزان سدة سامراء	43.860510	34.201629
3	وسط خزان سدة سامراء	43.852692	34.201332
4	منطقة التوسعة عند مدخل ناظم الثرثار	43.842976	34.192683
5	منطقة الحاوي مصيدة الترسبات	43.848264	34.148562
6	قرب سيطرة الجيش العراقي	43.776423	33.820253
7	اخر محطة من منطقة الدراسة	43.590256	33.796720

3. منهجية البحث:

تضمن العمل المختبري إجراء العديد من الفحوصات لتربة منطقة الدراسة، تمثلت في الفحوصات الفيزيائية ويتم قياس الفحوصات الفيزيائية وفقاً للمواصفات الامريكية التالية:

1. محتوى الرطوبة (ASTM D2216-10, 2010).
2. الوزن النوعي (ASTM D854-14, 2014).
3. التحليل الحجمي الحبيبي (ASTM D422-63 2014 (Reapproved 2007)).
4. حدود القوام ASTM, D-4318-00., (2004).

أما فحوصات الخواص الكيميائية، فقد شملت فحص نسبة الجبس، ونسبة الأملاح الذائبة، ونسبة المواد العضوية، ودرجة الحموضة او الاس الهيدروجيني pH، ونسبة الكلوريد وفقًا للمواصفة (Handbook No.60, (1959).

أولاً: الفحوصات الفيزيائية Physical tests

1 – **المحتوى الرطوبي** moisture content

يُمثل نسبة وزن الماء الموجود في نموذج التربة إلى وزن الجسيمات الصلبة لنفس نموذج التربة (العشو، 1991) ويمكن ايجاده من العلاقة :

$$mc\% = \{(W2 - W3) / (W3 - W1)\} X\ 100 \quad .....(1)$$

(mc٪) تمثل محتوى الرطوبة.

(W1) وزن العبوة فارغةً ب(غم).

(W2) وزن التربة الرطبة + وزن العبوة (غم).

(W3) وزن التربة الجافة + وزن العبوة (غم).

جدول (2) نتائج فحص محتوى الرطوبة في مواقع منطقة الدراسة في فصل الصيف

NO	الوزن قبل التجفيف(غم)	الوزن بعد التجفيف(غم)	وزن الماء(غم)	%mc
1	100	84.1	15.9	18.91٪
2	100	87.6	12.4	14.16٪
3	100	89.21	10.79	12.10٪
4	100	83.21	16.79	20.18٪
5	100	82.5	17.5	21.21٪
6	100	84.6	15.4	18.20٪
7	100	81.2	18.8	23.15٪

جدول (3) نتائج فحص محتوى الرطوبة في مواقع منطقة الدراسة في فصل الشتاء وزيادة الامطار

NO	الوزن قبل التجفيف	الوزن بعد التجفيف(غم)	وزن الماء(غم)	%mc
1	100	74.1	25.9	34.9٪
2	100	77.6	22.4	٪28.8
3	100	79.21	20.79	٪26.2
4	100	73.21	26.79	٪36.5
5	100	72.5	27.5	٪37.9
6	100	74.6	25.4	٪34
7	100	71.2	28.8	٪40.4

2- الوزن النوعي Specific Gravity

يمثل الوزن النوعي متوسط الأوزان النوعية لحبيبات التربة، ويمكن تعريفها على أنها النسبة بين وزن كمية محددة من التربة الجافة إلى وزن كمية ماء مقطر تساوي حجم التربة في الهواء عند درجة حرارة معينة. يعتمد الوزن النوعي للتربة على المحتوى المعدني والكيميائي لحبيبات التربة ودرجة حرارة (الحداد، 2005) ويتم حساب الوزن النوعي من المعادلة التالية والمعادلة حسب (ASTM D854-14, 2014):

(Gs = W3/(W1 +W3) -W2..(2)

(GsT20) = Gs T1 . A.....(3)

GS = الوزن النوعي

(W1) وزن الزجاجة + وزن الماء حتى 500 مل.

(W2) وزن الماء + وزن الزجاجة + وزن خليط التربة.

(W3) وزن نموذج التربة المجففة عند درجة حرارة (45) درجة مئوية.

(A) معامل تصحيح درجة الحرارة (يمثل الوزن النوعي للماء عند درجة حرارة معينة مقسومًا على الوزن النوعي للماء عند درجة الحرارة (20).

(T1) درجة الحرارة الابتدائية.

(T20) درجة الحرارة عند (20) درجة مئوية.

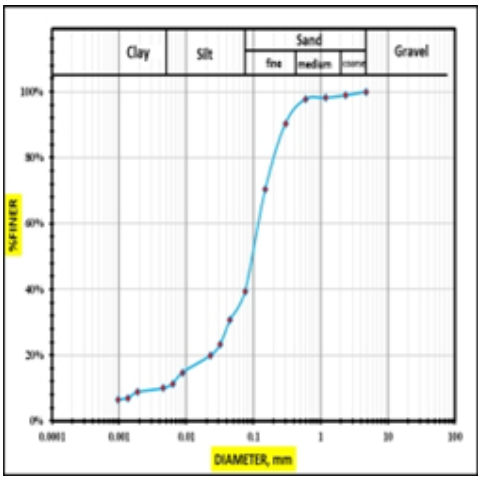
جدول (4) يوضح نتائج فحص الوزن النوعي للمواقع في منطقة الدراسة

NO	W1	W2	W3	T	A	Gs
1	618.2	680	98.5	22	0.9996	2.68
2	618.2	677.5	95	22	0.9996	2.66
3	618.2	678.21	97	22	0.9996	2.62
4	651.9	711.66	96.5	24	0.9991	2.62
5	651.9	712	96	24	0.9991	2.67
6	618.2	677.7	94.9	22	0.9996	2.68
7	618.2	711.7	94	22	0.9996	2.7

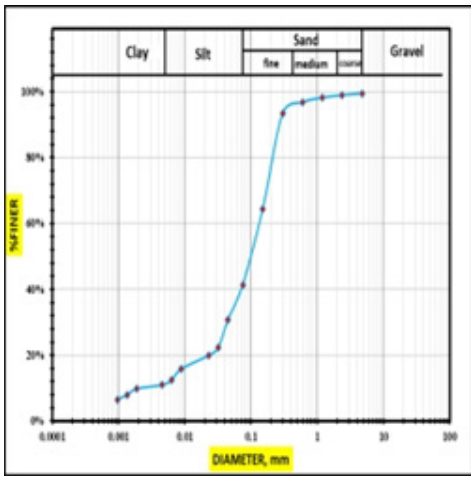
3- التحليل الحجمي Grain Size analysis

يعبر توزيع حجم الحبيبات عن النسبة المئوية لوزن فئات حجم جزيئات التربة المختلفة. (Wi-lun& starzewski., 1975) يهدف تحليل المنخل إلى تصنيف التربة إلى مجموعات مختلفة بناءً على النسب المئوية لوزن مكوناتها من الحصى والرمل والطمي والطين وفقًا للتصنيف (Dunn el at.,1980). تُدرج نتائج تحليل المنخل والتحليل الرطب في الجدول 4.

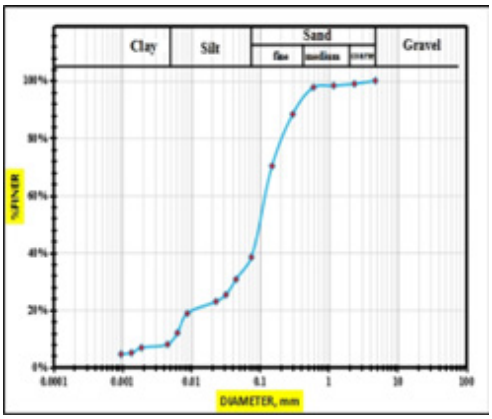
من الخشن إلى الناعم، تم تمثيل النتائج بيانيًا بواسطة منحنى توزيع حجم الجسيمات، كما هو موضح في الاشكال (2.3.4.5.6.7.8) وتم تصنيف التربة وفقًا لنظام التصنيف الموحد. يوضح الجدول (4) النسب المئوية لأحجام جزيئات الرواسب في منطقة الدراسة.



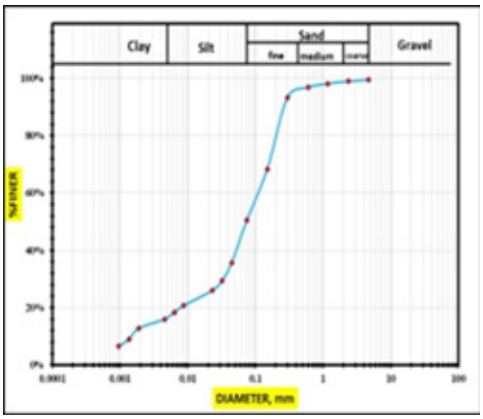
شكل 2 : التحليل الحجمي لنموذج1



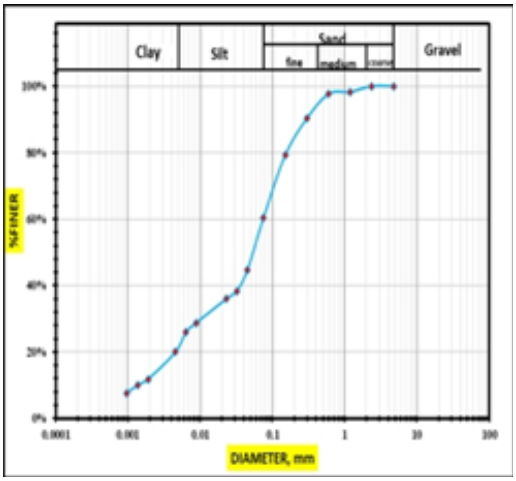
شكل 3 : التحليل الحجمي لنموذج 2



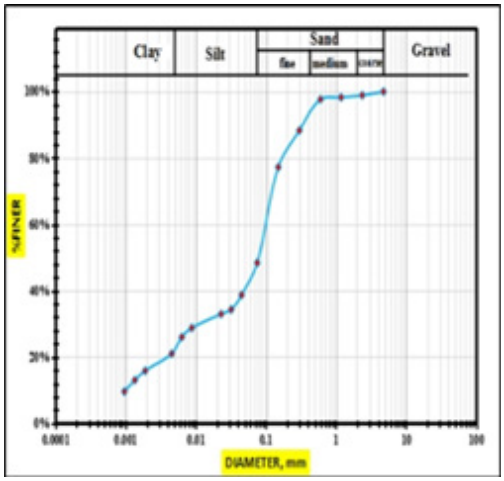
شكل 4 : التحليل الحجمي لنموذج 3



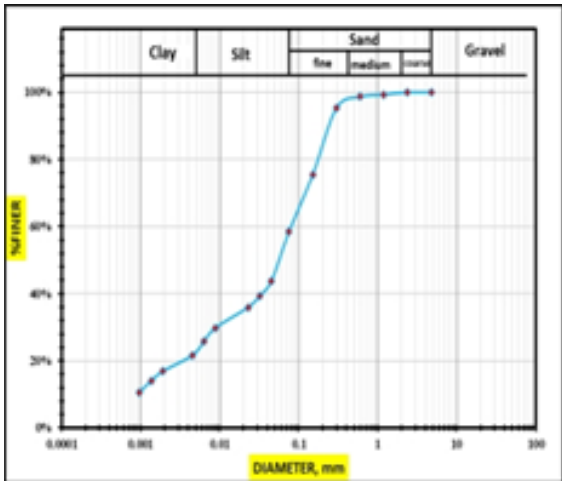
شكل 5 : التحليل الحجمي لنموذج 4



شكل 6 : التحليل الحجمي لنموذج 5



شكل 7 : التحليل الحجمي لنموذج 6



شكل 8 : التحليل الحجمي لنموذج 7

4 - حدود القوام او حدود اتيربيرك
Atterberg Limits

يُعتبر العالم السويدي (أتيربيرك Atterberg) عام 1911 أول من وضع حدود قوام التربة. يُعرف قوام التربة بأنه أقل محتوى مائي أو نسبة رطوبة في التربة يحدث عندها تغير في حالة التربة، حيث تُظهر تغيرًا واضحًا وسلوكًا مختلفًا عند تغير نسبة الرطوبة فيها، ويظهر تأثيرها بوضوح خاصة في الترب الطينية .(Braja& Das., 2018)

تكتسب حدود أتيربيرك (Atterberg Lim-its) أهمية كبيرة في تصنيف التربة، وقد تم اعتماد المواصفة الأمريكية ASTM, D-4318-00,. (2004)). في تحديدها

1. **حد السيولة** (L.L): هو أقل محتوى مائي تحتفظ عنده التربة بحالة سائلة ولكن بمقاومة قص منخفضة (Braja& Das., 2018)

2. **حد اللدونة** (P.L): هو أقل محتوى مائي يفصل بين الحالة اللدنة والحالة شبه الصلبة(Bra-ja& Das., 2018)

3. **دليل اللدونة** (P.I): هو المحتوى المائي الذي تبقى عنده التربة في حالة لدنة، ويُحسب بالفرق بين حدي السيولة واللدونة (Braja& Das., 2018) ويتم حساب دليل اللدونة من المعادلة التالية والمعادلة حسب ASTM, D-4318-00,. (2004):

$$P.I = L.L - P.L \quad .....(4)$$

جدول (5) نتائج حدود القوام لترسبات منطقة الدراسة

NO	Sand%	Slit %	Clay %	L.L	P.L	Plasticity Index P.I	Soil symbol
1	61	29	10	Non liquid	Non plastic	Non plastic	Sp
2	59	30	11	19.1	11.22	7.88	Sc
3	62	29	9	Non liquid	Non plastic	Non plastic	Sp
4	50	33	17	21.48	15.65	5.83	Ml
5	40	38	22	23.30	14.36	8.94	Ml
6	52	26	22	20.69	12.45	8.24	Ml
7	42	35	23	24.79	14.99	9.8	Ml

ثانياً: الفحوصات الكيميائية tests chemical

تعد دراسة الخواص الكيميائية للتربة ضرورية لتحقيق التنمية المستدامة في مجالات متنوعة مثل الزراعة والهندسة وتصنيع مواد البناء، فضلاً عن حماية البيئة في المجال الهندسي. يُعتبر فهم الخواص الكيميائية للتربة أمرًا بالغ الأهمية لتصميم الأساسات والمنشآت، إذ يمكن لبعض أنواع التربة التفاعل مع مواد البناء، مما يؤثر على استقراريه واستدامة المنشآت الهندسية.

1 – الأس الهيدروجيني (pH)

يُعد الأس الهيدروجيني أحد العوامل المؤثرة على حركة العناصر بشكل مباشر أو غير مباشر في عمليات الترسيب والذوبان وتكوين المعقدات وردود الفعل الأكسدة–الاختزال. عند انخفاض الـ (pH وسط حامضي)، تزداد قابلية ذوبان العناصر مثل الحديد والمنغنيز والألومنيوم، مما يجعل التربة سامة. في المقابل، تؤدي زيادة القلوية (pH مرتفع) إلى ارتفاع تركيز العناصر وترسيبها بسبب ضعف قدرتها على الذوبان (Al-Saffawi, 2018)اجري قياس الاس الهيدروجيني وفقاً

(Handbook No.60, (1959 طريقة تشخيص وتحسين التربة المالحة والقلوية، وزارة الزراعة الأمريكية، واشنطن العاصمة.

2 – مجموع الأملاح الذائبة TSD

تتفاوت قدرة الأملاح على الذوبان اعتمادًا على تركيبها الكيميائي، حيث تُعد أملاح الكلوريد الأعلى ذوبانًا. ومن أهم العوامل المؤثرة على الذوبان: درجة الحرارة، والـ pH ونسبة ثاني أكسيد الكاربون المذاب (CO_2)، وعملية التبخر، والرطوبة تذوب الأملاح بحرية في الماء بفعل تأثير الرطوبة (Al-Rashidi, 2004). أشار (Baver, 1972) إلى أن نسبة الأملاح المذابة الأقل من 0.5٪ لا تشكل خطرًا على المنشآت الهندسية.

3 – المواد العضوية Organic

أهم التأثيرات الهندسية للمواد العضوية وفقًا لـ (Sparks, 2003):

1. زيادة الانضغاطية بسبب انخفاض القدرة التحملية.

2. هبوط سريع وكبير ناتج عن الغازات المتكونة من تحلل المواد العضوية في فراغات التربة، مما يؤثر على معامل الالتواء في الاختبارات الهندسية.

3. تأثيرها على معاملات القص لاحتوائها على فراغات، مما يعطي قيمًا غير واقعية لمعامل القص.

زيادة محتوى الرطوبة يؤدي إلى تمدد وانكماش التربة.

4. ترتبط كمية المواد العضوية بالـ pH.

5. تُعتبر نسبة المواد العضوية مرتفعة إذا تجاوزت 1٪، خاصة في الترب الطينية المشبعة، مما يسبب مشاكل في قوة التربة (Al-Hashemi & Al-Shammari, 2020).

4 – الجبس Gypsum

يؤثر الجبس سلبًا على التربة لقابليته للذوبان في الماء، مما يتسبب في تشقق التربة وتشكل فراغات بين حبيباتها، وبالتالي انخفاض قوتها. تؤدي زيادة ذوبان الجبس إلى انخفاض الكثافة الجافة للتربة وارتفاع محتوى الرطوبة، مما يشكل خطرًا على أساسات المباني إذا تجاوزت نسبته 5٪ (Aratynyan & Manukyan, 1982). وفق تصنيف (Barazan-ji, 1973)، تُصنف تربة منطقة الدراسة كتربة غير جبسية.

5 – عنصر الكلور (Cl):

عند تفاعل الكلور مع الهيدروجين (H)، يتكون

حمض الهيدروكلوريك (HCl) الذي يتلف الخرسانة عبر تفاعله مع حديد التسليح (Salman, 1996). إذا تجاوزت نسبة الكلوريدات 0.1٪، فإن تأثيرها يكون سلبيًا على أساسات المنشآت .

6 – الكبريتات SO_3

تتطلب الزيادة في نسبة أملاح الكبريتات استخدام إسمنت مقاوم للأملاح في الخلطة الخرسانية لتقليل تأثيرها، مما يؤدي إلى تكاليف إضافية وإضعاف الخرسانة (Reyes et al., 2017).

جدول(6) يوضح نتائج الاختبارات الكيميائية لمنطقة الدراسة

NO	PH	TDS %	Organic %	Gypsum %	Cl %	SO_3%
1	8.01	5.11	0.17	0.208	0.96	0.24
2	8.08	5.14	0.16	0.208	0.93	0.20
3	8.03	5.10	0.17	0.21	0.90	0.26
4	8.02	5.2	0.20	0.22	0.88	0.34
5	7.77	4.88	0.16	0.26	0.84	0.35
6	7.69	4.92	0.30	0.25	0.83	0.33
7	7.89	4.7	0.32	0.26	0.81	0.36

4- المناقشة:

ظهرت نتائج الفحوصات الفيزيائية تباينًا في قيم المحتوى الرطوبي للتربة باختلاف الفصول ما بين الصيف والشتاء واوقات النمذجة التي جُمعت فيها العينات، التحليل الحبيبي كشفت الدراسة عن تنوع في التركيب الحبيبي للرواسب (رمل/ غرين/ طين)، مع هيمنة واضحة لحبيبات الرمل، وهو ما يتوافق مع طبيعة البيئة النهرية الحاضنة لها حيث تشكل التدفقات المائية عاملاً رئيسيًا في تشكيل هذه الرواسب.

فيما يتعلق بتصنيف التربة وفق النظام الموحد (USCS)، لوحظ تنوع في الخصائص بين النماذج:

– النماذج (4.5.6.7) (صنفت ضمن فئة) mL (طين لدونة بنسب طين (17– 23).

– ودليل لدونة (PI 5.83–9.8)، مما يجعلها مناسبة للتطبيقات الإنشائية متوسطة المتطلبات.

– النماذج (1.3 (صنفت كـ SP) رمل ضعيف التدرج بسبب هيمنة الرمل (>60٪) وغياب اللدونة (PI=0)، مما يستلزم تدعيمها لتحسين القدرة التحملية.

التحاليل الكيميائية:

– سجلت الرواسب تركيزات ملحية مرتفعة، قد تؤثر على استقرار التربة في حال استخدامها أساسات، مع تأكيد أن مصدرها يعود لبيئة ترسيب مائية.

– ظهرت نسب المواد العضوية ضمن الحدود المقبولة هندسيًا، بينما أشارت قياسات الجبس إلى تأثير محدود على خصائص التربة ما لم تتعرض لرطوبة عالية.

– تراوحت نسب الكبريتات ضمن مستويات متوسطة (مصادر جيولوجية أو مياه جوفية)،

مما يتطلب استخدام إسمنت مقاوم للأملاح في الإنشاءات.

ملاحظات على استخدام الرواسب كمواد بناء:

- فشل في تصنيع الطابوق: يعزى إلى:

○ انخفاض نسبة الطين (≤11%) وغياب اللدونة (PI=0) في عينات خزان سد سامراء(1.2.3)، مما قلل من تماسكها أثناء التشكيل.

○ عدم تجانس توزيع الحبيبات في عينات اعالي ذراع دجلة (4.5.6.7) رغم ارتفاع نسبة الطين (17٪-23٪).

5 - الاستنتاجات

– تُعد هذه الترسيبات مختلفة عن تلك الموجودة في منطقة الترسيب، وهي ترسيبات حديثة ناتجة عن التعرية المائية.

– تتميز ترسبات منطقة الدراسة بأنها رخوة وخالية من الحصى، وتتكون غالبًا من رواسب الرمل الناعم مع الغرين وقليل من الطين، والتي تعود في معظمها إلى الرواسب العصر الرباعي. (Quaternary sediments)

– يعتمد محتوى الرطوبي في هذه الرواسب بشكل رئيسي على تصاريف المياه، وفصول الفيضانات، وزيادة هطول الأمطار، بالإضافة إلى الموسم الذي تم فيه أخذ العينات.

– تهيمن حبيبات الرمل على الرواسب المتراكمة في الخزان وأمام ناظم الثرثار، بينما تظل نسبة الطين ضئيلة مع ملاحظة زيادة طفيفة في نسبة الطين عند النقطة الأخيرة من منطقة الدراسة، وهو ما أكدته تحاليل التدرج الحبيبي.

– تتميز الجزء الطيني من الترسبات في منطقة الدراسة من حيث حد السيولة (L.L) واللدونة بـ:

○ حد سيولة منخفض: حيث تراوحت قيمته بين (19.1–24.79).

○ دليل لدونة متوسط: حيث تراوحت قيمته بين (5.83–9.8).

– بينت الاختبارات الكيميائية انخفاض نسبة الجبس والمواد العضوية، وبالتالي تأثيرها المحدود على الخصائص الهندسية للتربة. مع ذلك، تجاوزت نسبة الأملاح الذائبة والكلوريدات 1٪، مما يستلزم الحذر من تأثيراتها السلبية مثل التآكل والتشقق، خاصة مع وجود نسبة معتدلة من الكبريتات.

المصادر References

Abed, M. S., & Azzubaidi, R. Z. 2020. Sediment Transport within the Reservoir of Mandali Dam. Journal of Engineering, 26(2), 29-41.

Al, A. R. M. A. R., & Al-Shammari, M. A. K. H. (2020). Environmental assessment of urban soil pollution with heavy elements in Wasit Governorate using pollution standards (CF, PLI, I, geo). journal of the college of basic education, (Proceedings of the First Virtual International Scientific Conference on Social Sciences / Part II / Geography

Al-Rashidi. M. H. N. (2004). Geotechnical Evaluation of the Soils of Al-Qadisiyah Governorate, Iraq. Master's Thesis, College of Science, University of Baghdad, 142 p.

Al-Saffawi, A.Y.T. (2018). Application of CCME WQI to assessment the environmental status of Tigris river water for aquatic life within Nineveh governorate, north Iraq. Alutroha for Environmental Sci. (5): 13-26. www.alutroha.com

Arutyunyan, R. N., & Manukyan, A. V.

Qader, M. S., Al-Hadad, K. A., & Abed, M. F. (2022). Geotechnical Properties Evaluation of Selected Reservoir Sediments in Samarra Barrage and Wind dam, Iraq. The Iraqi Geological Journal, 138-148.

Reyes, R. S. A., Alujas, A. D., Betancourt, S. R., Alberto, C. L. R., Fernando, J. M. H., Rodríguez, S. B., Rodríguez, C. A. L., Hernández, J. F. M.(2017). Assessment of Cuban Kaolinitic Clays as Source of Supplementary Cementitious Materials to Production of Cement Based on Clinker–Calcined Clay– Limestone Proc.

Salman,M.(1996). The effect of hydrogen sulphide gas on concrete and method of its repair with view of Al-Quaddssiya hydroelectric powe station

Sparks, D. L. (2003). Environmental soil chemistry: An overview. Environmental soil chemistry, 2, 1-42

Wilun, z. and starzewski, k., (1975) .soil Mechanics in Foundation.

الحداد، خالد احمد، (2005): دراسة تأثير الغسل على بعض خصائص تربة الجبس، منطقة سامراء – العراق، رسالة دكتوراه، كلية العلوم – جامعة بغداد، 221 صفحة

العشو، محمد عمر، 1991، مبادئ ميكانيك التربة، دار الكتب للطباعة والنشر، جامعة الموصل.

.

(1982). Prevention of piping deformations in gypseous soils in Erevan. Soil Mechanics and Foundation Engineering, 19(4), 151-154.

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

ASTM D422-63 (Reapproved 2007) 2014, Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils[1], American Society fo

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

ASTM, D-4318-00., (2004): Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils7p.

Barazanji, A. F. (1973). Gypseous Soil of Iraq, Ph. D. thesis, State University of Ghent

Baver, L.D. (1972). Soil Physics, 4th . ED., John Wiley & sons inc., New York, 498p

Braja, M., Das, K. S. (2018). principles of geotechnical engineering. Cengage Learning. Boston.

Dunn, I., Anderson, L, kiefer, F. (1980), Fundamental of Geotechnical analysis, John wiely& sons inc., USA, 414 p. Edition, New York, John wiley and sons, Inc. London Engineering, vol. 1, 2nd ed., surrey university press, p252.

Handbook No.60, (1959): Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils, Agric., US Department of Agriculture (USDA), Washington, D.C.