

دراسة عملية عن تأثير نظام المراهنة على معدل الرشح في القنوات الجبسية المعالجة بالاسمنت

وسام سامي الجاسم^{1*} ميسم ثامر الحديدي²

¹المركز الوطني لإدارة الموارد المائية – وزارة الموارد المائية – بغداد

² جامعة بغداد – كلية الهندسة – قسم هندسة الموارد المائية – بغداد

* المؤلف المرسل : Wissamiraq2000@yahoo.com

الملخص

شحة المياه في القنوات الاروائية تتطلب اتخاذ إجراءات محددة من قبل وزارة الموارد المائية . واحد هذه الإجراءات تطبيق نظام المراهنة في القنوات الاروائية. من المحتمل أن لهذا النظام تأثير على خصائص القنوات الاروائية. لذلك، فإن دراسة نظام المراهنة للقنوات الاروائية مهم في كل من هندسة الموارد المائية والهندسة المدنية، خاصة اذا كانت تلك القنوات مبنية على تربة جبسية. من أجل تقييم نظام المراهنة في القنوات الجبسية المعالجة بنسبة معينة من الأسمنت، أجريت تجارب عملية لكشف تأثير دورات الترطيب والتجفيف على السلوك الفيزيائي والهيدروليكي لهذه التربة وحساب بعض خواص التربة كمعدل والمحتوى الرطوبي في كل دورة (10 أيام ترطيب و 10 أيام تجفيف). حيث تم جلب تربة جبسية المحتوية على نسبة من الجبس 65% من بحيرة ساوة الى المختبر الهيدروليكي في جامعة بغداد وتم اجراء الفحوصات الميكانيكية والفيزيائية والكيميائية وفق الطرق المتبعه لكل فحص. ان نموذج صندوق الرشح الذي تم انشاءه لهذا البحث يحتوي على أربع عينات، عينتان للتربة غير المعالجة (8 دورات تشغيل)، تعرضت إحداها لنظام المراهنة ، بينما تم خلط العينتين الأخرين للتربة المزوجة بنسبة 10% أسمنت (5 سم من خليط الأسمنت فوق 15 سم تربة) 8 دورات أيضاً، وتعرضت إحدهما لنظام المراهنة. تظهر الورقة أن استخدام الأسمنت كمادة معالجة تقلل من معدل الرشح وذوبان الجبس بحوالي 88%. تطبيق نظام المراهنة يخفض معدل الرشح بشكل كبير بحوالي 77% للتربة المعالجة، وفي حالة الترب الغير معالجة يزيد بنسبة 20%. تتعكس النتائج بالكامل عند عدم تطبيق نظام المراهنة. المادة المستخدمة في المعالجة أو التبطين هي طريقة مقترحة لخلط التربة بالأسمنت وهي طريقة غير تقليدية أفضل من استخدام الأسمنت فقط، حيث الأسمنت يتعرض للشقوق مما يزيد من معدل الرشح. في حالتنا هذه لم تظهر هذه المشكلة.

الكلمات المفتاحية : نظام المراهنة، معدل الرشح، الترطيب و التجفيف، التربة الجبسية، قنوات الري.

Experimental Study on the Effect of Rationing System on the Infiltration Rate of Cement-Treated Gypseous Canals

Wissam S. Al-Jassim^{1,*}

Maysam Th Al-Hadidi²

¹ National center for water resources management- Ministry of Water Resource- Baghdad

² Professor in Water Resources Engineering, College of Engineering – University of Baghdad

*Corresponding author's email : Wissamiraq2000@yahoo.com

Abstract

Water scarcity in irrigation canals requires specific procedures to be taken by the Ministry of Water Resources. One of these procedures is the application of the rationing system in the irrigation channels. The study of the irrigation canals is important in both water resources engineering and civil engineering, especially if those canals are built on gypsum soil. In order to evaluate the rationing system in gypsum channel treated with a certain percentage of cement, practical experiments were conducted to discover the effect of wetting and drying cycles on the physical and hydraulic behavior of this soil and to calculate some soil properties such as infiltration rate and moisture content in each cycle (10 wetting days and 10 drying days). Gypseous soil containing 65% gypsum was used in this study. The infiltration box model that was built for this research contains four samples and two samples of untreated soil (8 rationing cycles), one of which was exposed to the rationing system, while the other two samples were mixed with soil mixed with 10% cement (5 cm of cement mixture over 15 cm soil) 8 cycles as well, and one of them was exposed to the rationing system. This paper shows that the treating by cement reduces the infiltration rate about 88%. The application of the rationing reduces the infiltration rate about 77% for treated soils, and in the case of untreated soils, the infiltration rate increases by 20%. In the absence of a rationing system, the results are quite reversed.

Keywords: Rationing System, Infiltration Rate, Wetting and Drying, Gypseous Soil, Irrigation Channels.

1. المقدمة

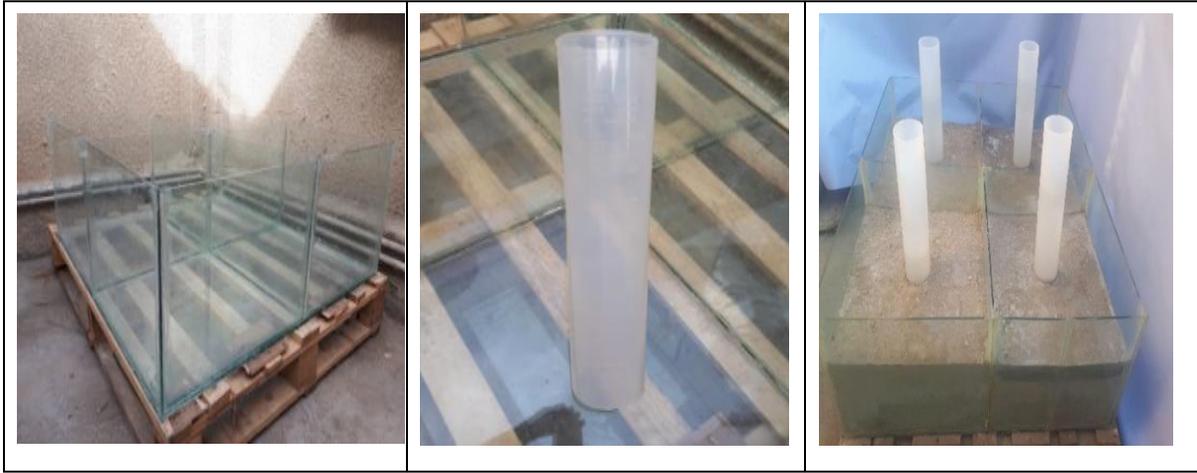
شحة الموارد المائية اجبرت اصحاب القرار على اتباع طرق بديلة لإدارة المياه والاقتصاد في استهلاك المياه و توزيعها, ومن ابرز هذه الطرق هي تطبيق نظام المرافنة, وهذا الاجراء يعرض قنوات الري لتغيرات ممنهجة في الرطوبة والجفاف, وبالتالي قد تتغير خصائص التربة وفقاً لهذه التغيرات, لمعرفة تأثير هذه التغيرات يتم دراسة خصائص تربة مختبرية المعرضة لظروف مماثلة لتلك الموجودة في الحقل مثل دورات الترتيب والتجفيف. تعتبر دراسة الخصائص الفيزيائية والهيدروليكية للتربة الحبيسية مهمة في وزارة الموارد المائية لان لها تأثير كبير على منشآت الري وتبطين القنوات.

التربة الجبسية هي التربة التي تحتوي على كميات من الجبس، الجبس هو أحد الأملاح المعدنية المعروفة باسم كبريتات الكالسيوم ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) ذات الوزن النوعي منخفض (2.32 G.S), حيث له تأثير كبير على الخواص الفيزيائية والميكانيكية للتربة الحاوية على نسب عالية من الجبس (Ahmad, et al., 2012). التربة الجبسية تنتشر في جميع أنحاء العالم، خاصة في منطقة الشرق الأوسط والبحر الأحمر والخليج العربي (Razouki, et al., 2010). التربة الجبسية تغطي حوالي 28.6% من إجمالي مساحة الأراضي في العراق, أي ما يعادل حوالي 8.7% من التربة الجبسية في العالم (Jafarzadeh & Zinck, 2002). التربة الجبسية تمثل أعقد المشاكل والتحديات التي تواجه المهندسين المدنيين والجيوتكنيك، لذلك من الضروري دراسة وتحسين معظم خصائصها بسبب الأضرار التي لحقت بالمباني والمنشآت الهيدروليكية المبنية على تلك التربة (Al-Musawi, 2005). الزبيدي وآخرون درسوا تأثير ظروف الطقس المختلفة على التربة الجبسية، فلاحظوا أن مرور الماء عبر التربة تسبب في تدمير التربة و زيادة نفاذية والانتفاخ في تلك التربة (Al-Zubaydi, et al., 2011). دراسة رزوقي وسالم تمثلت أنها الدراسة الأولى التي تناولت ترتيب وتجفيف التربة الجبسية، وتضمنت دراستهما (3 أشهر) من الترتيب تليها (3 أشهر) تجفيف (Razouki & Salem, 2015). الحديدي و ابراهيم اجروا دراسة مختبرية على تحسين القنوات الجبسية بمواد البولي يوريثين لتقليل الذوبان والتآكل والرشح في القنوات الأرضية, وخلص الباحثون إلى أن نسبة (10%) من مادة البولي يوريثين تقلل التآكل والرشح في التربة (Al-Hadidi & Ibrahim, 2018). الحديدي والمعموري اجروا دراسة مختبرية تتضمن تحسين القنوات الجبسية بمادة خليط تربة مع الاسمنت وكانت دراستهم مقتصرة على فعالية المادة المعالجة على تآكل سطح القناة (Al-Hadidi & AL-Maamori, 2019). دراسة الجاسم والحديدي تعتبر اول دراسة مختبرية على تأثير نظام المرافنة على بعض الخواص ترب الجبسية, حيث اجروا اختبارات معدل التآكل في سطح القناة و معدل الرشح وذوبان الجبس على قناة مختبرية مبطنة بخليط تربة ونسبة 10% من الاسمنت (Al-Jassim & Al-Hadidi, 2018). دانوش والحديدي قاما بدراسة تأثير نظام المرافنة على قناة بيرمانا الترابية في حالات التغير السريع لمنسوب المياه وتحليل التسرب وعامل الامان لمنحدرات القناة (Danooosh & Al-Hadidi, 2022). هناك العديد من المعالجات لهذه التربة، كالمعالجات الفيزيائية والميكانيكية والكيميائية, هذه المعالجات تزيد من متانة التربة وتقلل من انحلال هذه التربة حيث يقل التسرب تحت الهياكل والقنوات الاروائية. الحل الأكثر شيوعاً لتقليل التسرب هو تبطين القنوات أو استبدالها بأنابيب، لكن الأخير مكلف مقارنة بالتبطين. هناك طرق اخرى لتقليل الضرر على المنشآت القائمة على التربة الجبسية و من هذه الطرق كحفر التربة واستبدال الجزء أو استبدالها كلها (Namdar & Gopalakrishna, 2009), يعتبر المعالجة بالاسمنت من أكثر التقنيات اقتصادا لتحسين الخواص الميكانيكية والهيدروليكية للقنوات المبنية على التربة جبسية. ان الهدف الرئيسي لهذه الدراسة هي تقييم اداء الاسمنت كمادة معالجة للتربة الجبسية تحت تأثير دورات الترتيب والتجفيف.

2. المواد المستخدمة في الدراسة وبرنامج العمل المختبري

1.2. صندوق الرش (The Infiltration Box Model)

صندوق الرش المستخدم في هذا البحث تم تطويره من قبل الحديدي وجاسم (Al-Hadidi & Al-Jassim, 2020). يتكون هذا الصندوق من قاعدة زجاجية مربعة سمكها (10 مم) وطول (1 م) وجوانب زجاجية بارتفاع (0.35 م) مقسمة إلى أربعة أقسام، قياس كل قسم (0.5 م × 0.5 م)، في منتصف كل قسم يتم إدخال أنبوب مدرج (قطر 8.5 سم & طول 60 سم)، يتم وضع الماء في هذه الأنابيب لغرض قراءة وحساب نزول الماء مع مرور الوقت (Al-Hadidi & Al-Jassim, 2020)، الشكل (1) يوضح صندوق الرش ومكوناته المستخدم في هذه الدراسة.



الشكل (1) : صندوق الرش ومكوناته المستخدم في هذه الدراسة (Al-Hadidi & Al-Jassim, 2020).

2.2. المواد المستخدمة (Materials Used)

1.2.2. التربة (Soil)

التربة المستخدمة في هذه الدراسة هي التربة الجبسية، تم جلبها من موقع قريب لبحيرة ساوة التي تقع في الجزء الغربي من محافظة المثنى (280 كم جنوب بغداد – العراق). الكمية المستخدمة للتربة هي (300) كغم ذات محتوى جبسي عالي 65.4% من عمق (1.5-2 م) تم نقلها إلى المختبر الهيدروليكي في كلية الهندسة في جامعة بغداد لاجراء الفحوصات عليها.

2.2.2. الاسمنت (cement)

الأسمنت هو المادة الاساسية التي تستخدم في معالجة التربة الجبسية في هذه التجارب، الأسمنت المستخدم من الأسمنت محلي من النوع البورتلاندي المقاوم للملاح.

3.2.2. الماء (water)

في هذا العمل، تم استخدام ماء الاسالة في جميع الاختبارات.

3.2. برنامج العمل المختبري (Experimental Work Program)

الرسم التخطيطي (schematic diagram) لجميع الاختبارات التي أجريت في هذه الدراسة موضح في الشكل (2). برنامج الاختبار ينقسم إلى جزأين، الجزء الأول يخص فحوصات التربة الجبسية في الحالة الطبيعية والتي تشمل فحوصات التربة

(الفحوصات الفيزيائية، الكيميائية و الميكانيكية) وكذلك اختبار الأشعة السينية لمادة الأسمنت، الجزء الثاني من برنامج الاختبار هو التجارب التي أجريت على صندوق الرش، بما في ذلك معدل الرش والمحتوى المائي ونسبة الجبس. يمكن تلخيص هذه الاختبارات كما يلي:

1.3.2 الفحوصات الفيزيائية (Physical tests)

الفحوصات الفيزيائية تجري على التربة الجبسية، وشملت هذه الفحوصات:

1.1.3.2 فحص الوزن النوعي (Specific Gravity Test GS)

يتم تحديد الوزن النوعي للتربة الطبيعية وفقاً للمعايير البريطانية (BS 1377: 1990, Test 6B, Head 2004)، يتم استخدام مادة الكبروسين بدلاً من الماء لتجنب انحلال الجبس في الماء أثناء الاختبار.

2.1.3.2 توزيع حجم حبيبات التربة (The particle size distribution)

يتم إجراء اختبار تحليل المنخل القياسي لتحديد التحليل الحبيبي للتربة (Grain Size Analysis) وفقاً للطريقة المعتمدة من قبل الجمعية الأمريكية للفحوصات والمواد (ASTM D422) الاختبار القياسي الغريلة الجافة. النتيجة موضحة في الشكل (3).

3.1.3.2 المحتوى الرطوبي (Water content)

تم حساب المحتوى الرطوبي للتربة اعتماداً على الطريقة المتبعة وفقاً للمعايير البريطانية (BS 1377: 1990, Test A, Head 2004) عن طريق تجفيف التربة عند درجة حرارة (45 درجة مئوية) وذلك لأن التربة ذات نسبة عالية من الجبس.

2.3.2 الفحوصات الكيميائية (Chemical Tests)

تم إجراء الفحوصات الكيميائية على التربة والاسمنت اعتماداً على الطرائق والمواصفات العائد لكل فحص وتشمل هذه الفحوصات:

1.2.3.2 محتوى الجبس في التربة (Gypsum Content)

محتوى الجبس في التربة تم تحديده بطريقتين:

2.2.3.2 طريقة الاماهة (Hydration Method)

محتوى الجبس يتم حسابه بطريقة الاماهة، حيث يتم تجفيف عينة التربة بواسطة فرن عند درجة حرارة (45 درجة مئوية) حتى يتم ثبات وزن العينة وتسجيل هذا الوزن عند (45 درجة مئوية)، وتجفف نفس العينة عند درجة حرارة (110 درجة مئوية) لمدة 24 ساعة وتسجيل هذا الوزن و نستخدم المعادلة (1) لحساب محتوى الجبس (Al-Muftly and Nashat, 2000).

$$\chi \% = \frac{w_{45^{\circ}\text{C}} - w_{110^{\circ}\text{C}}}{w_{45^{\circ}\text{C}}} \times 4.778 \times 100 \quad (1)$$

Where: W_{45} = Weight of the soil in (45°).

W_{110} = Weight of the soil in (110°).

3.2.3.2 تركيز الكبريتات (Concentration of Sulfate Method)

طريقة تركيز الكبريتات المستخدمة لتحديد محتوى الجبس وفقاً للمعايير البريطانية (BS 1377: 1975) كما في المعادلة (2)

$$\chi \% = \text{SO}_3 \times 2.15 \quad (2)$$

Where χ %: Gypsum content (%), SO_3 : Sulfur trioxide

4.2.3.2. اختبار الأشعة السينية (X-ray Fluorescence spectrometer test)

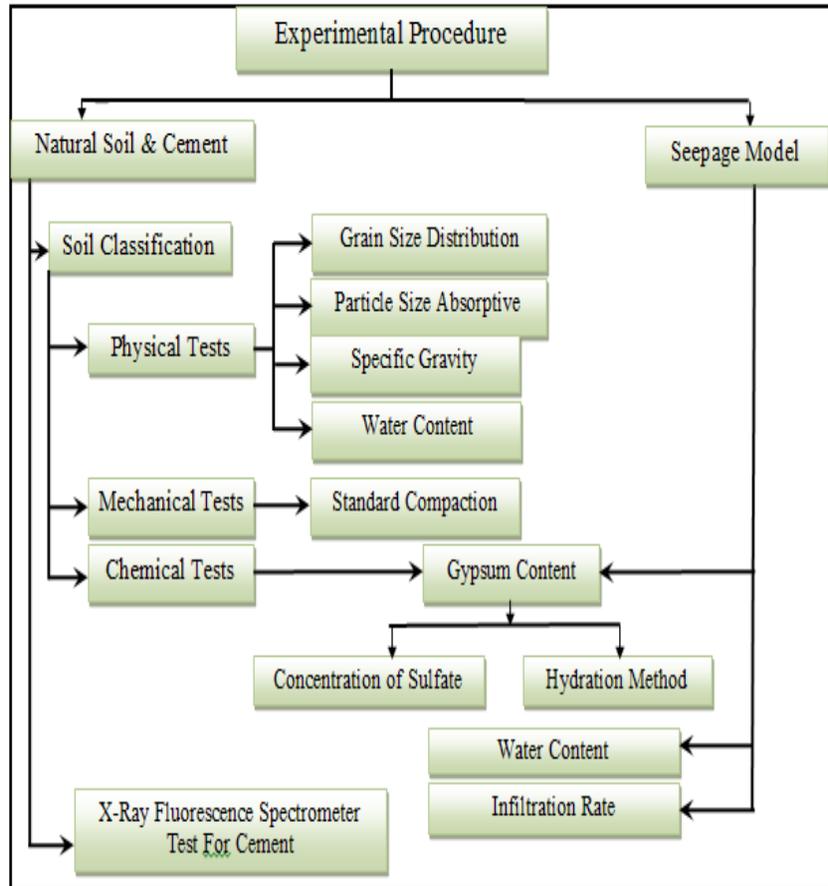
طريقة الأشعة السينية هي الطريقة الأكثر استخدامًا لتحديد ودراسة التركيب البلوري للمعادن, تم اجراء هذا الاختبار في المختبر العراقي الألماني في كلية علوم الأرض في جامعة بغداد. من نتيجة اختبار حيود الأشعة السينية لمادة الأسمنت تبين أنه مقاوم للكبريتات حيث يتميز بانخفاض معامل الألومينا وكذلك معامل تشبع الجير حسب المواصفة العراقية رقم 5 للأسمنت البورتلاندي (Standard Specification for Cement.1984). جدول رقم (1) يوضح ملخص فحوصات الأشعة السينية والحدود المحددة لمركبات الاسمنت البورتلاندي بالمواصفة العراقية رقم 5 لسنة (1984).

3.3.2. الفحوصات الميكانيكية (Mechanical Tests)

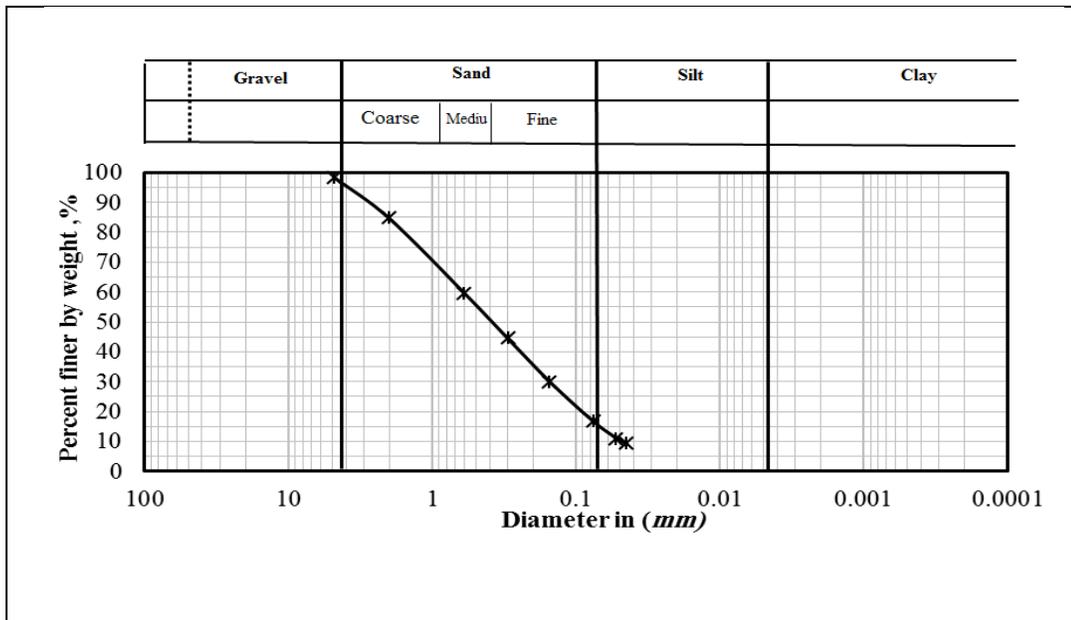
يتم إجراء الاختبارات الميكانيكية على التربة ونحتاج في هذه الدراسة اختبار الرص فقط.

● فحص الرص (Compaction Test)

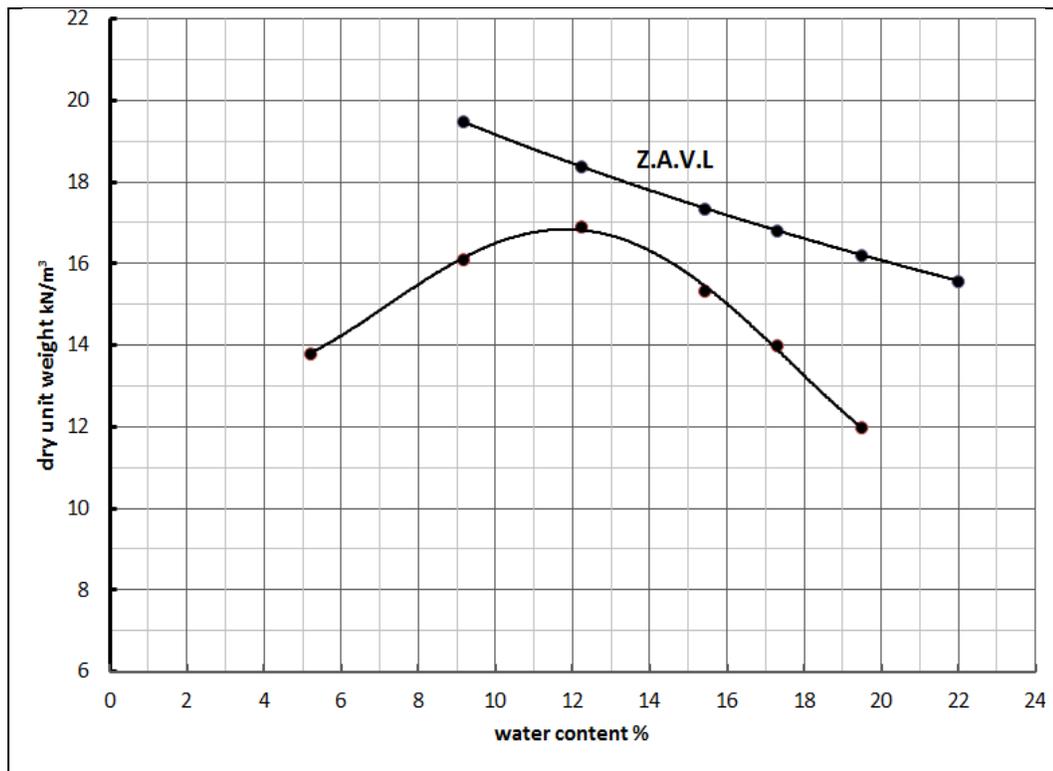
يتم إجراء اختبار الضغط القياسي للتربة الطبيعية لتحديد العلاقة بين الكثافة والرطوبة, يتم تنفيذه اعتماداً على الطريقة المتبعة من قبل الجمعية الأمريكية للفحوصات والمواد وبالرمز المثبت ASTM D698-91. الشكل (4) يوضح نتيجة اختبار الضغط القياسي للتربة الطبيعية والجدول (2) يوضح الخواص الفيزيائية والكيميائية للتربة الطبيعية.



الشكل (2) : مخطط لطريقة تنفيذ جميع الاختبارات.



الشكل (3) : منحنى توزيع حجم حبيبات التربة المستخدمة في هذه الدراسة.



الشكل (4): اختبار الضغط القياسي للتربة الطبيعية المستخدمة في هذه الدراسة.

جدول (1) : ملخص فحوصات الأشعة السينية لمركبات الاسمنت البورتلاندي والحدود المحددة بالمواصفة العراقية رقم 5 لسنة 1984.

Properties	The result of the X-ray fluorescence	The limits specified according to the standard Iraqi no. 5 (1984)
Fe ₂ O ₃	5.504	2 - 4
Al ₂ O ₃	2.576	4 - 8
SiO ₂	19.16	18 - 24
CaO	68.62	60 - 69
SO ₃	2.967	0.3 - 2.7
MgO	1.943	2 - 5
S.M	0.46	1.9 - 3.2
A.M	2.24	1.5 - 2.5
L.S.F	1.017	1.02 - 0.66

جدول (2): ملخص الفحوصات الفيزيائية والكيميائية للتربة الطبيعية.

Properties	Value
Gypsum Content (%)	65%
Max. dry unit weight, γ_{max}	16.8 (kn/m ³)
Optimum Water Content (%)	11.8
Specific Gravity, (Gs)	2.37
Void ratio, (e)	0.411
Porosity, (n)	0.29
D10	0.05 mm
D60	0.6 mm
D30	0.16 mm
Coefficient of curvature, Cc	12
Coefficient of uniformity, Cu	0.85
Soil Classification (USCS)	Gypsum soil (SP)

3. تحضير التربة وإجراء الاختبارات

يتم تحضير نماذج التربة عند محتوى رطوبي مساوٍ للمحتوى الرطوبي الأمثل اعتماداً على الطريقة المتبعة من قبل الجمعية الأمريكية للفحوصات والمواد وبالرمز المثبت ASTM D698, حيث يتم خلط نماذج التربة بعناية مع الكمية المحددة من الماء حتى تصل التربة إلى المحتوى الرطوبي الأمثل. يتم إجراء الاختبارات بواسطة صندوق الرش والمكشوف مباشرة في الغلاف الجوي و تتكون هذه الاختبارات في هذه الدراسة من جزئين: الجزء الأول هو التربة الجبسية غير المعالجة (نموذجان) والجزء الثاني هو التربة المعالجة بالأسمنت (نموذجان) .

1.3. تحضير التربة الجبسية غير المعالجة في صندوق الرش

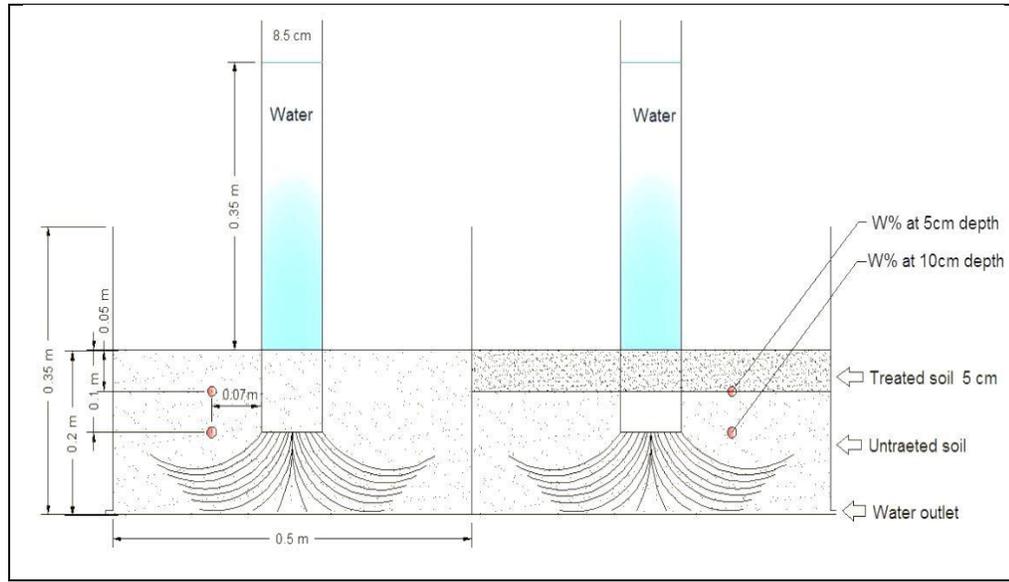
يتم تحضير نموذجين من تربة الجبسية غير المعالجة في صندوق الرش بسلك 20 سم وحدلها بأقصى كثافة وزنية (16.8 كيلو نيوتن/م³) عند محتوى الرطوبي الأمثل (11.8%) و يتم وضع أنابيب مدرجة (قطر 8.5 سم) في منتصف هذين النموذجين. وعلى عمق 10 سم.

2.3. تحضير التربة الجبسية المعالجة بالأسمنت في صندوق الرش

يتم تحضير نموذجين من تربة المعالجة بالأسمنت بنسبة 10% وحدلها بأقصى كثافة وزنية (16.8 كيلو نيوتن / م³) ومحتوى رطوبي (11.8%) بسلك 5 سم و يتم وضع أنابيب مدرجة (قطر 8.5 سم) في منتصف هذين النموذجين, وعلى عمق (10 سم). حيث يبلغ سمك التربة الإجمالي في هذه النماذج 20 سم ، ومدة نضج خليط الأسمنت 14 يوماً.

3.3. قياس معدل تسرب المياه في التربة

بعد تحضير النماذج الأربعة, نضع الماء في الأنابيب المدرجة و نقيس كمية الماء التي تنزل في التربة بمرور الوقت والتي تمثل معدل الرش, ثم يتم حساب سرعة الرش وذلك بقسمة معدل الرش على مسامية التربة, حيث هنالك نموذجان للتربة (تموج تربة غير المعالجة و نموذج تربة معالجة) يخضعان لنظام المراسنة (10 أيام ترطيب و 10 أيام تجفيف) ، حيث يتم حساب معدل الرش لمدة 10 أيام فقط ثم يترك 10 أيام بدون ماء. اما النموذجان الأخران (نموذج التربة غير المعالجة ونموذج التربة المعالجة) لا يخضعان لنظام المراسنة, حيث يستمر الماء في الأنبوب لمدة 150 يوم ويسجل القراءات كل 12 ساعة ويتم إدخال البيانات في برنامج الاكسل لتحديد العلاقة بين معدل الرش بمرور الوقت, يتم قياس ذلك بوحدة (مم/يوم) و الشكل (5) يمثل رسم تخطيطي يوضح تفاصيل صندوق الرش المستخدم في التجربة.



الشكل (5): رسم تخطيطي يوضح تفاصيل صندوق الرش.

4. النتائج والمناقشات (Results and Discussions)

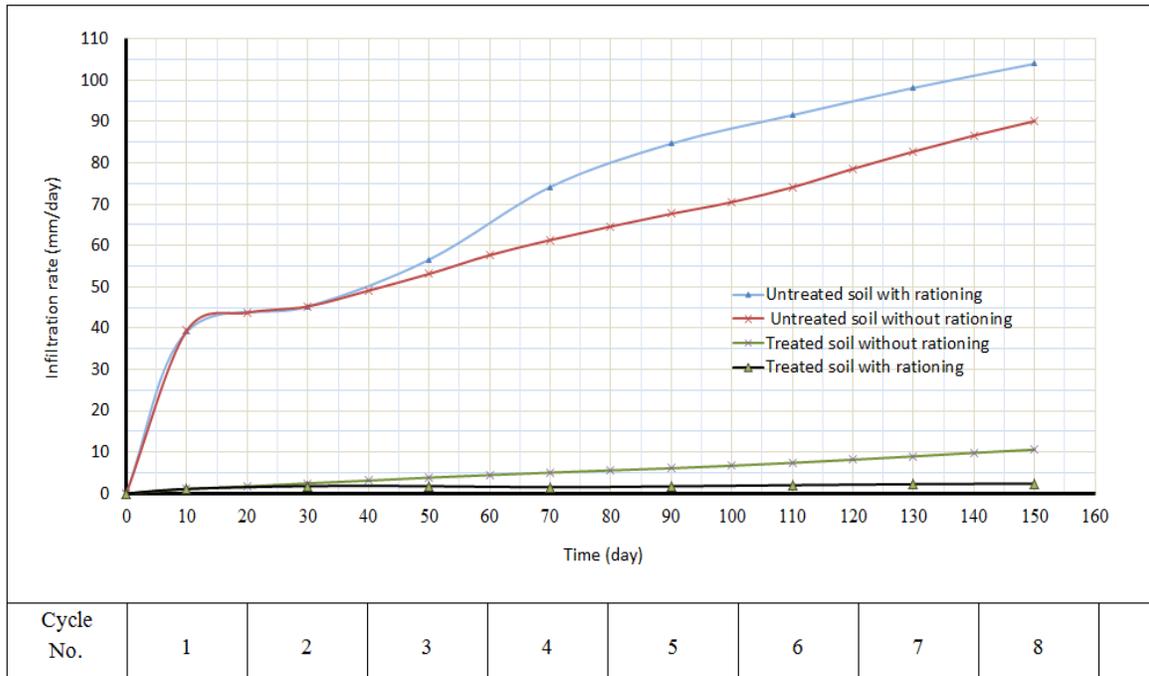
1.4. تأثير المرشنة على معدل الرش

1.1.4. معدل الرش في التربة الجبسية بدون نظام المرشنة

الجدول (3) والشكل (6) يوضحان نتائج معدل الرش للتربة الجبسية غير المعالجة والمعالجة بدون استخدام نظام المرشنة خلال 150 يوم. في حالة التربة الجبسية غير المعالجة، أن معدل الرش يزداد بنسبة 62.5% بسبب ذوبان الجبس في التربة (Jaleel, 2011). في حالة التربة المعالجة، يكون معدل الرش صغيرة جداً مقارنة بالتربة غير المعالجة بسبب كفاءة الأسمت، حيث تراوحت نسبة الانخفاض في قيمة معدل الرش في التربة الجبسية المعالجة مقارنة بالتربة الجبسية غير المعالجة ما بين (88% - 97%).

2.1.4. معدل الرش في التربة الجبسية بوجود نظام المرشنة

الجدول (3) والشكل (6) يوضحان نتائج معدل الرش للتربة الجبسية غير المعالجة والمعالجة. في حالة التربة الغير معالجة ان معدل الرش بوجود نظام المرشنة يزداد بنسبة تتراوح (بين 13.8 % الى 20.1%) مقارنة بعدم استخدام هذا النظام في جميع الدورات ويعود السبب الى تشتت وحركة جزيئات التربة في بداية كل دورة ترطيب (Asghari et al., 2014). في حالة التربة المعالجة ان معدل الرش بوجود نظام المرشنة يقل بنسبة (75% الى 77%) مقارنة بعدم استخدام هذا النظام في جميع الدورات. تم تلخيص الاختلاف في نسبة الفراغ الأولي والنهائي ومسامية التربة الجبسية في الجدول (5)، حيث يلاحظ تغير نسبة الفراغ، المسامية والكثافة الوزنية بعد 150 يوم. الجدول (4) يمثل ملخصاً لسرعة التسرب الأولية والنهائية للتربة الجبسية غير المعالجة والمعالجة.



الشكل (6): تغير في معدل الرش مع مرور الوقت للحالات الأربع في صندوق الرش.

الجدول (3) : ملخص معدل الرش في التربة المعالجة و غير المعالجة (ملم/يوم).

Time (day)	Untreated gypseous soil		Treated gypseous soil	
	With rationing	Without rationing	With rationing	Without rationing
0	0	0	0	0
10	39.178	39.19	1.079	1.081
30	45.207	45.27	1.779	2.444
50	56.57	53.14	1.762	3.824
70	74.16	61.31	1.494	5.029
90	84.67	67.68	1.711	6.092
110	91.554	74.11	1.997	7.399
130	98.155	82.73	2.232	8.951
150	104.61	90.13	2.383	10.591

الجدول (4): التباين في نسبة الفراغات والمسامية والكثافة الوزنية للتربة الجبسية.

The state		Initial void ratio, porosity and unit weight	Final void ratio, porosity and unit weight	Variation in void ratio, porosity and unit weight
Untreated soil	Without rationing	e =0.411	e =0.600	+31.5%
		n =0.29	n =0.375	+22.6%
		$\gamma=16.8 \text{ kn/m}^3$	$\gamma=14.9 \text{ kn/m}^3$	-11.3%
	With rationing	e =0.411	e =0.460	+10.6%
		n =0.29	n =0.315	+7.9%
		$\gamma=16.8 \text{ kn/m}^3$	$\gamma=16.2 \text{ kn/m}^3$	- 3.5%
Treated soil	Without rationing	e =0.239	e =0.293	+18.4%
		n =0.193	n =0.226	+14.6%
		$\gamma=22 \text{ kn/m}^3$	$\gamma=18.8 \text{ kn/m}^3$	- 14.5%
	With rationing	e =0.239	e =0.266	+ 10.1%
		n =0.193	n =0.210	+ 8.1%
		$\gamma=22 \text{ kn/m}^3$	$\gamma=19.3 \text{ kn/m}^3$	- 12.27%

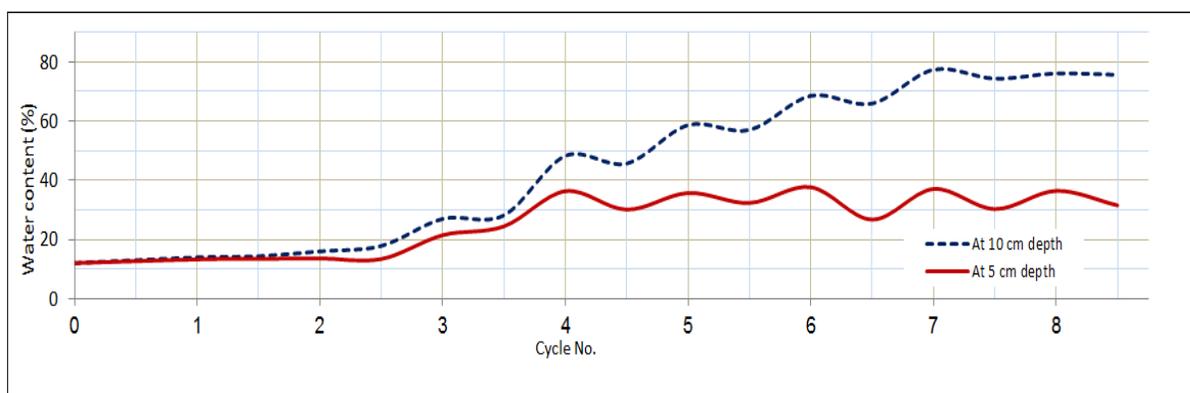
الجدول (5) ملخص سرعة التسرب الأولية والنهائية للتربة الجبسية غير المعالجة والمعالجة.

The state		Initial seepage velocity	Final seepage velocity after 150 days
Untreated soil	Without rationing	135.08	276.01
	With rationing	135.09	286.12
Treated soil	Without rationing	5.6	46.863
	With rationing	5.6	11.348

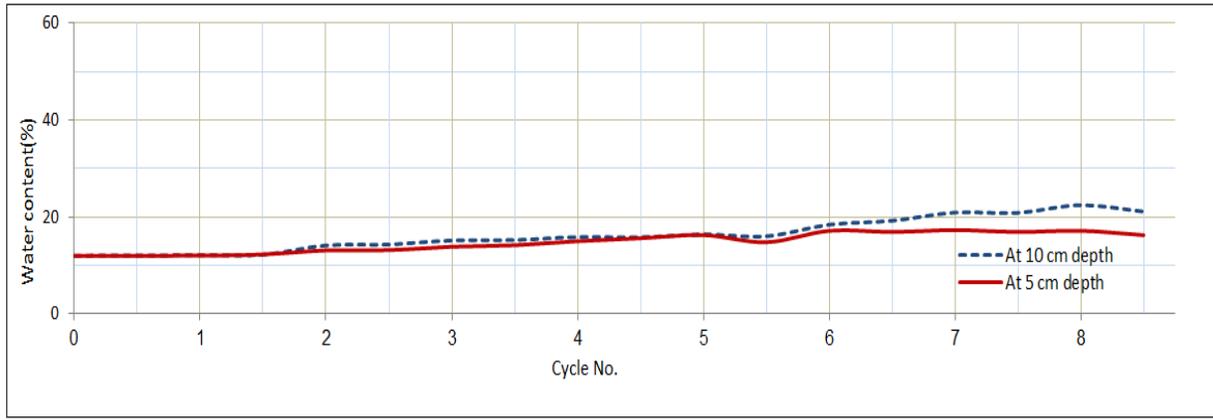
2.4. تأثير نظام المراقبة على المحتوى الرطوبي

الشكل (7) والشكل (8) يوضحان نتائج المحتوى الرطوبي مع دورات المراقبة، نلاحظ أن تغير طفيف في المحتوى الرطوبي في التربة الجبسية المعالجة.

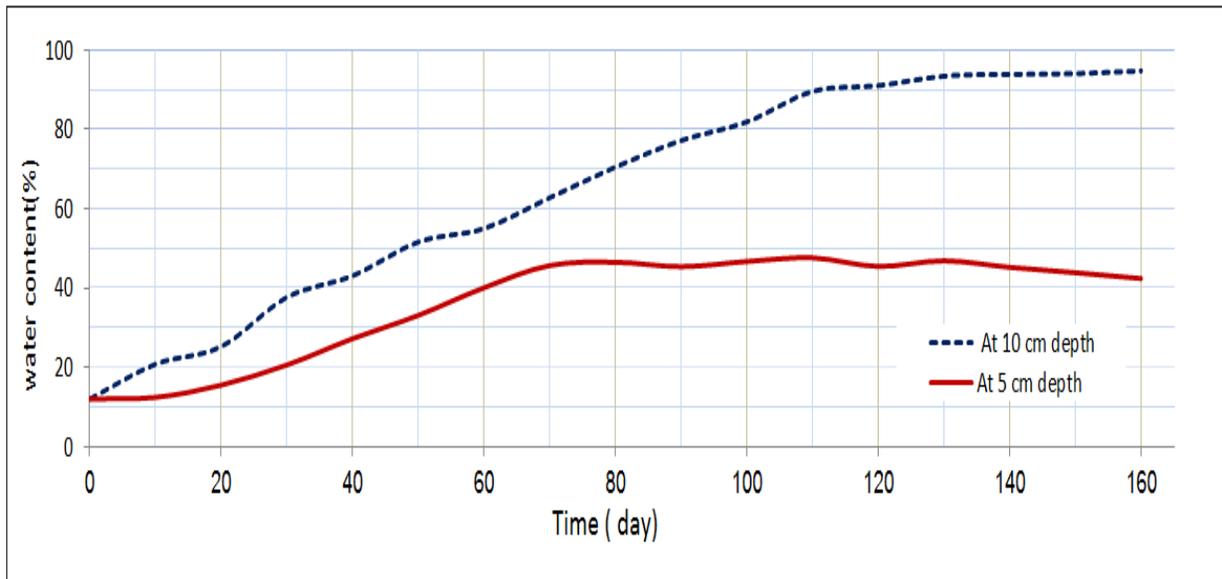
الشكل (9) والشكل (10) يوضحان نتائج المحتوى الرطوبي بدون نظام المراقبة. نلاحظ أن محتوى الرطوبة خلال مدة 150 يومًا قد زاد بنسبة قليلة جدا خلال تلك الفترة في التربة الجبسية المعالجة. من الجدول (6) يؤدي نظام المراقبة إلى زيادة نسبة عمق التربة الرطب إلى عمق التربة (DS / D) من 19.7% إلى 29.6% في حالة التربة غير المعالجة ، والنقصان من 11.2% إلى 4.2% في حالة التربة المعالجة.



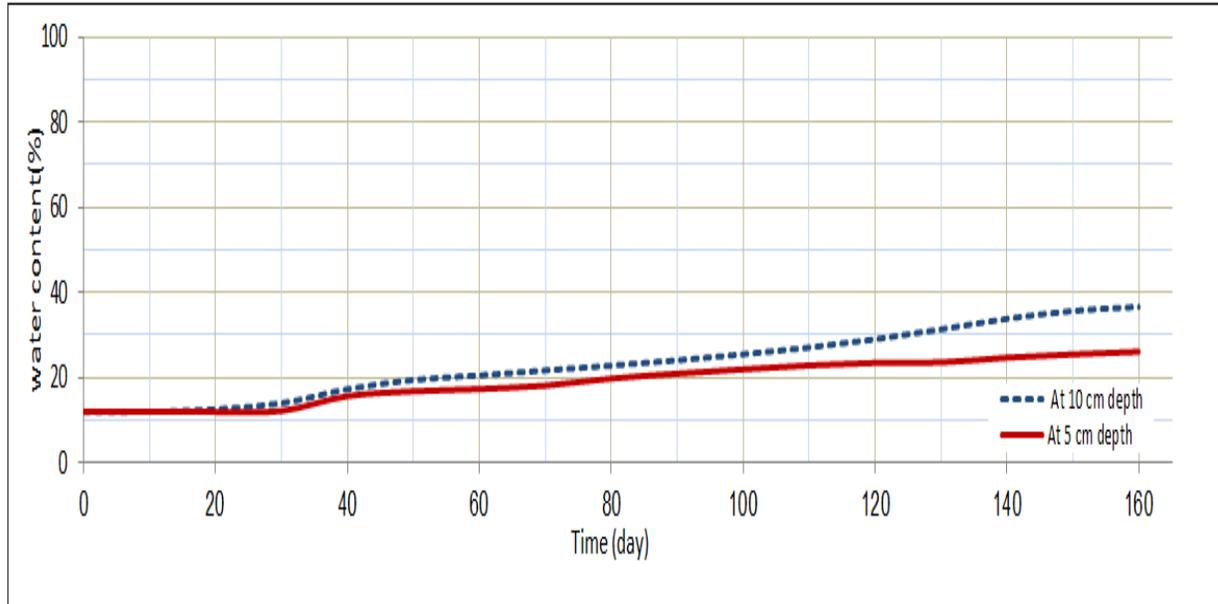
الشكل (7): المحتوى المائي للتربة الجبسية غير المعالجة بنظام المراقبة.



الشكل (8): المحتوى المائي للتربة الجبسية المعالجة بنظام المراهنة.



الشكل (9): المحتوى المائي للتربة الجبسية غير المعالجة بدون نظام المراهنة.



الشكل (10): المحتوى المائي للتربة الجبسية المعالجة بدون نظام المراقبة.

الجدول (6): تباين محتوى الماء الحجمي ونسبة العمق الرطب.

The state		After 10 day from the start of the test				After 150 day from the start of the test				
		Water content %	Volumetric water content (θ)	Added water height (cm), De	Wet Soil depth, Ds in (cm)	Water content %	Volumetric water content (θ)	Added water height (cm), De	Wet Soil depth, Ds in (cm)	Wet depth ratio, (Ds/D) in (%)
Untreated soil	Without rationing	13.81	0.39	1.06	2.70	94.03	2.23	4.41	1.97	19.7
	With rationing	13.99	0.26	2.29	8.81	76.16	2.17	6.43	2.96	29.6
Treated soil	Without rationing	12.62	0.28	0.11	0.39	35.73	0.95	1.06	1.12	11.2

With rationing	12.11	0.26	0.18	0.69	21.11	0.50	0.21	0.42	4.2
----------------	-------	------	------	------	-------	------	------	------	-----

5. الاستنتاجات

وفقًا لنتائج العمل التجريبي للدراسة الحالية ، يمكن استخلاص الاستنتاجات التالية:

1. أن استخدام خليط التربة والأسمت كمادة معالجة تقلل من معدل الرش داخل التربة بحوالي 87.8%.
2. في القنوات الغير معالجة , عند تطبيق نظام المرافنة يزيد معدل الرش بنسبة تتراوح بين 13.8% الى 20.1%, بينما في حالة استمرار وجود الماء دون تطبيق نظام المرافنة تقل, لذلك لا ينصح بالتطبيق نظام المرافنة في حالة القناة غير المبطنة أو التربة غير المعالجة.
3. في القنوات المعالجة تنعكس النتائج تماما, عند تطبيق نظام المرافنة ينخفض معدل الرش بشكل كبير بحوالي 77.5% للتربة المعالجة , بينما في حالة استمرار وجود الماء دون تطبيق نظام المرافنة يزداد بشكل طفيف مع الوقت وبالتالي فإن عملية المرافنة لم تؤثر على كفاءة المادة المبطنة .
4. المادة المستخدمة في المعالجة أو التبطين هي طريقة مقترحة لخلط التربة بالأسمت وهي طريقة غير تقليدية أفضل من استخدام الأسمت فقط, حيث الأسمت يتعرض للشقوق مما يزيد من معدل الرش, في حالتنا هذه لم تظهر هذه المشكلة.

شكر وتقدير

نقدم جزيل الشكر الى ادارة المركز الوطني لادارة الموارد المائية وكادر قسم هندسة الموارد المائية في جامعة بغداد للدعم والتشجيع المتواصل على اجراء البحوث التي تصب في خدمة وزارة الموارد المائية العراقية .

المصادر

- Ahmad, F., Said, M. A., & Najah, L., 2012. Effect of leaching and gypsum content on properties of gypseous soil. *IJSRP*, 2(9), 1-5.
- Al-Hadidi, M. T., & Al-Jassim, W. S. , 2020. The rationing system effect on seepage from the cement-treated gypsum canals. *In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 737, No. 1, p. 012153). IOP Publishing.
- Al-Hadidi, M. Th., & AL-Maamori, Z. H. N, 2019, Improvement of Earth Canals Constructed on Gypseous Soil by Soil Cement Mixture, *Journal of Engineering*, 25(3), 23-37.

- Al-Hadidi, M. Th., & Ibrahim, A. G., 2018, Improvement of Gypsum Soil by Using Polyurethane to Reduce Erosion and Solubility of Irrigation Canals, *International Journal of Engineering & Technology*, 7(4.20), 372-376.
- Al-Jassim, W. S., & Al-Hadidi, M. T., 2020, Impact of rationing on the properties of cement-treated gypsum canals. *Association of Arab Universities Journal of Engineering Sciences*, 27(3), 15-30
- Al-Muftay, A. A., & Nashat, I. H. , 2000, Gypsum content determination in gypseous soils and rocks. In 3rd International Jordanian Conference on Mining (Vol. 2, pp. 485-492).
- Al-Musawi, Q. S. K. , 2005, Effect of leaching on engineering properties of High Gypseous subgrade soil. Master's thesis, Dep. of Highway and Transportation Engineering, University of Al-Mustansiriya.
- Al-Zubaydi, A. H., Al-Atalla, M. A., & Al-Kiki, I. M. , 2011, Long term strength and durability of clayey soil stabilized with lime. *Engineering and Technology Journal*, 29(4).
- Asghari, S., Ghafoori, M., & Tabatabai, S., 2014, “The evaluation of changes in permeability and chemical composition of gypseous soils through leaching in southern Mashhad, Iran”. *Malaysian Journal of Civil Engineering*, 26(3).
- Danoosh, A. H., & Th. Al-Hadidi, M. , 2022, Numerical simulation to the effect of applying rationing system on the stability of the Earth canal: Birmana canal in Iraq as a case study, *Journal of the Mechanical Behavior of Materials*, 31(1), 729-738.
- Jafarzadeh, A. A., & Zinck, J. A. , 2000, Worldwide distribution and sustainable management of soils with gypsum. *ISD Ana sayfasi*, 25(16), 337-344.
- Jaleel, Z. T., 2011, Effect of Soaking on the CBR-Value of Subbase Soil, *Engineering and Technology Journal*, 29(6), 1069-1079.
- Namdar, A., & Gopalakrishna, G. S. , 2009, Analysis of mixed soil model characteristics, *Modern Applied Science*, 3(5), 199-203.
- Razouki, S. S., & Salem, B. M. , 2015, Impact of soaking–drying cycles on gypsum sand roadbed soil. *Transportation Geotechnics*, 2, 78-85.

Razouki, S. S., Kuttah, D. K., & Abood, M. H., 2010, Compaction and design of gypsiferous fill for hot desert road pavements, *Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Construction Materials*, 164 (1), 3-11.

Standard Specification for Cement “*specifications Iraqi standards*” *Iraqi Ministry of Planning*, no. 5, 1984