المجلد 01
العدد 01

نوفمبر
2026

الهيئة العربية
للاستثمار والإنماء الزراعي
ARAB AUTHORITY FOR
AGRICULTURAL INVESTMENT & DEVELOPMENT

مجلة
الاستثمار والأمن الغذائي المستدام

مجلة الهيئة العربية للاستثمار والإنماء الزراعي

مجلة علمية محكمة

الرقم الدولي المطبوع: 3080-2644
الرقم الدولي الإلكتروني: 3080-2652



https://doi.org/10.68363/jifs.01.01.52

الابتكار في معالجة الترب الجبسية لتعزيز متانة البنى التحتية للري باستخدام التقنيات الحديثة

محمد بسام عيد
المركز العربي لدراسات المناطق الجافة والأراضي القاحلة (أكساد)
الصبورة – دمشق – سورية

تاريخ الاستلام: 02-03-2026 تاريخ القبول: 08-08-2026

الملخص:

تُمثل الترب الجبسية تحديًا هندسيًا كبيرًا، خاصة في المناطق الجافة وشبه الجافة التي تعتمد على مشاريع الري. فعلى الرغم من تمتعها بخصائص ميكانيكية جيدة في حالتها الجافة، إلا أنها تفقد متانتها وتصبح عُرضة للانهيار عند الترطيب، مما يهدد استدامة المنشآت الهيدروليكية كقنوات الري والسدود. يقدم هذا البحث حلًّا ابتكاريًا لمعالجة هذه المشكلة باستخدام تقنية حديثة قائمة على الإسفلت السائل، بهدف تعزيز قدرة التربة على التحمل ومنع الانهيار.

تم دراسة عينات من ترب جبسية من منطقتين مختلفتين في سوريا، حيث تم تحليل الخصائص الفيزيائية والميكانيكية للتربة بتغيير نسبة الجبس بشكل منهجي. كجزء مبتكر من الدراسة، تم تطبيق تقنية المعالجة بالإسفلت السائل على التربة بمحتواها الأصلي من الجبس، وتم تقييم تأثيره على خصائص مثل مقاومة الضغط غير المحصور، وقيمة دليل تحمل كاليفورنيا (CBR)، وقابلية الانهيار والانتفاخ.

أظهرت النتائج أن إضافة الإسفلت السائل أدت إلى تحسن ملحوظ في خصائص التربة، حيث بلغت مقاومة الضغط غير المحصور ذروتها عند نسبة (6%) للتربة الرملية (SM) و(8%) للتربة الغضارية (CH)، كما تحسنت قيمة (CBR) بشكل كبير حتى نسبة (8%) للتربة الرملية و(10%) للتربة الغضارية. بالإضافة إلى ذلك، انخفضت قابلية الانهيار والانتفاخ انخفاضًا كبيرًا مع زيادة نسبة المعالجة بالإسفلت السائل، مما يؤكد فعالية هذه التقنية في تحسين متانة التربة.

يبرز هذا البحث إمكانية استخدام الإسفلت السائل كحل مبتكر وفعّال لمعالجة الترب الجبسية، مما يساهم في تعزيز متانة وقدرة تحمل منشآت الري ويطيل عمرها الافتراضي. نوصي بتطبيق هذه التقنية في المشاريع الزراعية والهيدروليكية في المناطق الجافة. كما نأمل أن يشكل هذا البحث أساسًا لأبحاث مستقبلية تستكشف تقنيات معالجة أخرى ومقارنتها بالنتائج التي توصلنا إليها.

الكلمات المفتاحية: الترب الجبسية، معالجة التربة، الإسفلت السائل، قابلية الانهيار، الابتكار الزراعي، تقنيات الري المستدام.

المقدمة:

تتميز الترب الجبسية بخصائص ميكانيكية عالية وذات بنية مستقرة في حالتها الجافة إلا أنها تصبح عرضةً للانهيار عند ترطيبها، لذلك فهي تتطلب اهتماماً خاصاً عند تنفيذ المشاريع والمنشآت الهندسية وخاصةً المنشآت الهيدروليكية كأقنية الري والسدود.

تعتبر أقنية الرّي من أهم المنشآت التي تُستخدم لاستجرار المياه من المصادر المائية "كالأنهار أو البحيرات" إلى المناطق التي تفتقر إلى المصادر المائية وخاصةً في المناطق الجافة وشبه الجافة التي لا يتجاوز معدل الهطول السنوي للأمطار 250 mm سنوياً كما هو الحال في المنطقة الشرقية والشمالية الشرقية من الجمهورية العربية السورية حيث قامت الحكومة السورية بتنفيذ مشروع ري لمدينة الرقة، المشروع عبارة عن أقنية ري إسمنتية مكشوفة بطول 600 كم ولم يؤخذ بالحسبان وجود الجبس في أرضية الأساسات وعند دخول أقنية الري حيز التشغيل عام 1973 حدث تسريب للمياه بين الأقنية مما أدى إلى إذابة الجبس أسفل الأساسات مسبباً الانهيار والهبوط في منشآت الري بعد 20 -10 يوماً من الاستثمار (MLA, Ministry of Local Administriation, 2008) (Aldagher, 2000).

في العراق: أدى الذوبان المستمر للجبس في تربة الأساس لسد الموصل إلى نشوء فراغات داخل بنية التربة مما دفع بالمهندسين إلى حقن أرضية السد بالإسمنت لملء هذه الفراغات المتكونة (Shakir, 2017). تنتشر الترب الجبسية بشكل شاسع في العالم وتشغل أكثر من 90 مليون هيكتار وتبلغ مساحة هذه الترب في سوريا حوالي (20-22%) من مساحتها وتنتشر بكثرة في المناطق الشرقية والشمالية الشرقية (Ilaiwi, 1983).

تعتمد انحلالية الجبس في الماء على عدة عوامل (Food and Agricultural Organaziation of the United Nation, 1990):

- منها التركيب الكيمائي للمحلول المائي
- درجة الحرارة
- الضغط
- نوع الشوارد المنحلة وتركيزها في المحلول، وسرعة جريان الماء

إن سلوكية الترب التي تحتوي على الجبس تختلف عن بقية أنواع الترب إذ إنَّ خواصه الفيزيائية والكيمائية تميزه عن كافة أنواع المينرالات وتجعل من قياس الرطوبة وتحديد التركيب الحبي والوزن النوعي للتربة ولاحقاً الخصائص المرتبطة بها أمراً معقداً ولهذا فإن وجود الجبس في التربة لا سيما إذا كان مركباً رئيسياً يقتضي استخدام منهجيات نوعية وتقنيات خاصة بالترب الجبسية (Cooper, 1998) .

نظراً للتأثيرات السلبية والمشاكل العديدة التي تسببها الترب الجبسية فقد قام العديد من الباحثين بتحسين خصائص هذه الترب باستخدام عدة إضافات منها (الإسمنت والجير والإسفلت والبوليمرات... وغيرها)، إن اختيار نوع الإضافة (المثبت) يعتمد على ما هو الهدف أو الغاية من التثبيت فإذا كان الغاية من التثبيت زيادة المقاومة يجب اعتماد مثبت يؤمن زيادة في المقاومة، أما إذا كان الغاية هي العزل فيجب البحث عن مثبت يؤمن العزل الكافي لحماية التربة من التغيرات الحجمية التي تطرأ على التربة نتيجة وصول الماء (Al-Harbawy, A.F.Q., Al-Khashab, M.N.,، 2004).

يعتبر التثبيت بالإسفلت شكلاً سلبياً من أشكال التثبيت أي أنه لا يوجد تفاعل كيمائي بين الترب ومادة الإسفلت المضافة، كما أن آلية التثبيت بالإسفلت تختلف اختلافاً كبيراً عن تلك المستخدمة في تثبيت الترب بالإسمنت والكلس. الآلية الأساسية في التثبيت بالإسفلت للترب الناعمة هي العزل مما

يحسن من المقاومة والمتانة حيث تُغلف حبيبات التربة بالإسفلت مما ينتج غشاء أو غلافاً من الإسفلت يمنع تغلغل ووصول المياه إلى حبيبات التربة، أما في الظروف العادية فتؤدي إلى انخفاض مقاومة القص، مقاومة الضغط، ومعامل المرونة وغيرها من الخصائص الميكانيكية، إلا أن جزيئات التربة المغلفة بالإسفلت هي أكثر مقاومة للآثار الضارة للمياه مثل التغير الحجمي المرتبط بتغير الرطوبة (American Road & Transportation Builders Association، 1989)

هدف وأهمية البحث:

إن الاهتمام بدراسة سلوكية الترب الجبسية من وجهة نظر هندسية له أهمية كبيرة في تقدير المخاطر المحتملة واقتراح الحلول المناسبة عند استخدامها كقواعد تأسيس للمنشآت الحديثة المراد إقامتها على هذه الترب، تتركز أهمية البحث في تقديم رؤية واضحة حول تأثير الجبس على الخصائص الهندسية للترب بتغير محتواها من الجبس، كما يركز على مدى ملاءمة الإسفلت في تحسين خصائص الترب الجبسية للترب بتغير محتواها من الجبس.

مراجعة الأدبيات:

تناولت الدراسة تأثير الجبس على حدود القوام (حدود اتربيرغ) ووجدت أن إضافة الجبس إلى التربة تؤدي إلى تقليل حدود السيولة واللدونة وقرينة اللدونة كما أن قابلية الانهيار للترب الطينية الجبسية والتربة الرملية تزداد مع محتوى الجبس (Ismael, N. F, 1993).

كما أشارت الدراسة إلى أن انحلال الجبس يؤدي إلى زيادة نفاذية التربة ونسبة الفراغات وانضغاطيتها كما أشارت النتائج إلى أن الجبس يعمل على خفض قدرة تحمل التربة (American Road & Transportation Builders Association, 1988).

بينت الدراسة أن استخدام الإسفلت السائل يحسن من قدرة تحمل التربة تحت ظروف مشبعة (Shakir, 2017).

منهجية البحث:

يعتمد البحث على المنهج التجريبي حيث تم إحضار عينات من الترب الجبسية من منطقتين مختلفتين، الأولى من محافظة دير الزور وتحديداً من منطقة كباجب على عمق 1.5 متر من سطح الأرض وصُنفت التربة بناءً على نظام التصنيف الموحد USCS على أنها تربة رملية سلتية SM، محتوى الجبس (32%)، أما التربة الثانية فقد أُحضرت من محافظة حمص وتحديداً من منطقة السخنة على عمق أيضاً متر من وصُنفت التربة بناءً على نظام التصنيف الموحد USCS تربة غضارية عالية اللدونة CH ذات محتوى جبسي (30.6%) علماً أن كلتا التربتين هي ترب غير سليمة البنية "عينات مقلقلة".

التجارب المخبرية المنفذة:

تم تحديد الخواص الفيزيائية والميكانيكية للترب بناءً على سلسلة من التجارب:

- الوزن النوعي (ASTM D-2261)
- بروكتور النظامي (ASTM D698-91)
- القص المباشر (ASTM D3080-98)
- التحليل الحبي (ASTM C117-17) (ASTM C136-06)

- حدود آتربيرغ (ASTM D-4318)
- الانتفاخ الحر (ASTM D4546-98)
- احتمالية الانهيار (ASTM D5333-92)
- تجربة الانضغاطية (ASTM D-2435)

حيث تم تقسيم مراحل العمل إلى ثلاث مراحل:

- المرحلة الأولى: وهي تحديد الخواص الفيزيائية والميكانيكية للتربتين خلال إجراء التجارب الواردة في الفقرة السابقة. يبين الجدول (1) الخواص الفيزيائية والميكانيكية الرئيسية للتربتين.
- المرحلة الثانية: يمكن أن نلخصها بنزع الجبس من التربتين ومن ثم إضافته بنسب مختلفة لكلتا التربتين ومن ثم دراسة تغير الخصائص الفيزيائية والميكانيكية لكل نسبة من نسب الجبس المضافة للتربتين.
- بالنسبة للجبس المراد إضافته فقد أُحضر من المنطقة الشرقية على شكل كتل صخرية تم تنظيفها ثم طحنها وتمريرها على المنخل (No 200 ASTM) وذلك لسهولة الخلط مع الترب المدروسة علماً أنه تم تحديد خصائص الجبس من خلال إجراء التحاليل الكيمائية في معمل الإسمنت بطرطوس وتبين أن الصيغة الكيمائية للجبس المستخدم هي ($CaSo_4 2H_2o$) ووزنه النوعي ($G_s = 2.3$) ونسبة الشوائب (8.21%). يبين الجدول (2) خصائص مادة الجبس المستخدمة.
- المرحلة الثالثة: فقد شملت إضافة مادة الإسفلت السائل بنسب متفاوتة إلى الترب بمحتواها الأصلي من الجبس. الجدول (3) يبين خصائص الإسفلت المستخدم.

تم إحضار مادة الإسفلت من مصفاة بانياس عيار (70/50) Bitumen حيث تم تصنيعه وفقاً للمواصفات القياسية السورية. تم خلط مادة الإسفلت بمادة الكيروسين القابلة للتطاير بنسبة (للإسفلت 92% وللكيروسين 8%) بعد تعريض الإسفلت لدرجة حرارة ($80\ C^0$) لمدة ثلاث ساعات وذلك لجعل مادة الإسفلت سائلة لمدة زمنية من أجل خلطها مع التربة المراد دراستها.

الجدول (1) الخواص الفيزيائية والميكانيكية الرئيسية للتربتين

الترب المختبرة		مستودعات كباجب	موقع مبنى بلدية السخنة
رمز التربة		I	II
نسبة الجبس %		32	30.6
محتوى الرطوبة البدائي	$\omega\%$	9.7	18.7
الوزن الحجمي الرطب	γ_b t/m3	1.68	1.80
الوزن الحجمي الجاف	γ_d t/m3	1.53	1.48
الوزن النوعي	G_s	2.51	2.57
نسبة الرمل	S %	61.5	17.1
نسبة السيلت	M %	32.8	42.12
نسبة الغضار	C %	5.7	40.78
حد السيولة	$\%WL$	29	67.2
حد اللدونة	WP %	25.2	36.4
دليل اللدونة	IP %	3.8	30.8

التربة المختبرة		مستودعات كباجب	موقع مبنى بلدية السخنة
زاوية الاحتكاك الداخلي	$\Phi\ degree$	28	10
التماسك	$C\ kPa$	0.21	0.34
الوزن الجاف الأعظمي	$\gamma_{d\ Max}\ \mathrm{t/m3}$	1.64	1.52
الرطوبة الأصولية	$\omega_{opt}\ \%$	11.2	18
احتمالية الانهيار	$\%C_p$	10.31	14.7
التصنيف حسب نظام USCS		SM	CH

الجدول (2) يبين خصائص مادة الجبس المستخدمة

اسم المينرال	النسبة المئوية المتوسطة في الصخر
Al2O3	0.28%
SO3	47.5%
CaO	33.9%
LOI	10.39%
Sio2	1.1%
Fe2o3	0.23%
MgO	0.7%
T.c	5.2%
نسبة CaSo4.2H2O	91.79%
نسبة الشوائب	8.21%

الجدول (3) الخصائص الفيزيائية والكيمائية لمادة الإسفلت المستخدمة

الخصائص		الصنف (70/50)	طريقة الاختبار المعتمدة
الوزن النوعي	G_s	1.05	ASTM
الغرز بدرجة 25o	0.1 mm	(70 – 50)	ASTM D5
درجة التلين	co	(54 – 46)	ASTM D36
المط عند الدرجة 25o كحد أدنى	Cm	100	ASTM D113
درجة الوميض حد أدنى	C^0	230	ASTM D92
نسبة الذوبان في ثلاثي كلور الإيتلين كحد أدنى	% Weight	99.0	ASTM D2042
الفاقد بالتسخين عند درجة حرارة 163o ولمدة خمس ساعات كحد أدنى	% Weight	1.0	ASTM D6
نسبة التغير في الغرز بعد التسخين للدرجة 163o ولمدة خمس ساعات حد أدنى	%	53	ASTM D1754

طريقة إزالة الجبس من التربة:

من أجل دراسة تأثير الجبس على الخصائص الهندسية للتربة تم أولاً إزالة الجبس من التربتين عن طريق أخذ كمية كافية من كل تربة ووضعها في حوض كبير يحتوي على الماء، حُركت التربة داخل الحوض لعدة

دقائق ومن ثم الانتظار إلى أن تترسب، بعد انتهاء عملية الترسيب تم تبديل ماء الحوض للتخلص من الجبس، كُررت العملية عدة مرات وفي كل مرة يتم استبدال الماء داخل الحوض. تم التأكد من غسل الجبس من التربتين بشكل كامل عن طريق تحليل ماء الغسل وقياس كمية الجبس في التربتين.

النتائج:

تم تقسيم النتائج إلى مجموعتين: المجموعة الأولى إظهار تأثير محتوى الجبس على خصائص التربة والمجموعة الثانية إظهار تأثير الإسفلت على الخصائص الهندسية للترب الجبسية:

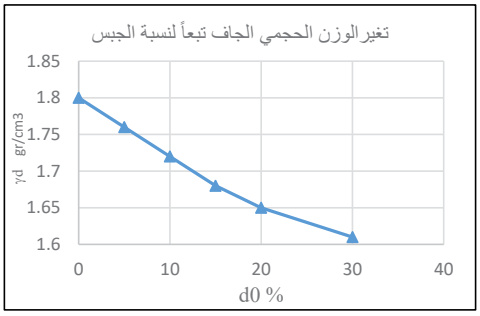
المجموعة الأولى: إظهار تأثير محتوى الجبس على خصائص التربة:

تأثير محتوى التربة من الجبس على الوزن الحجمي الجاف الأعظمي والرطوبة الأصولية:

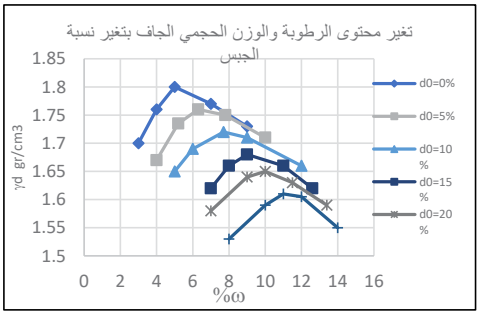
أُجريت تجربة الرّص باستخدام جهاز بروكتور النظامي على خمس عينات من التربة المأخوذة من منطقة كباجب، بعد إزالة الجبس منها وتجفيفها تم إضافة الجبس بالنسب التالية ($d_0 =$ $0, 5, 10, 15, 20, 30$ %) وقد حصلنا على النتائج المبينة في الجدول 4 والأشكال (1، 2، 3).

الجدول 4 تغير الوزن الحجمي الجاف الأعظمي ومحتوى الرطوبة الأصولية بتغير نسبة الجبس

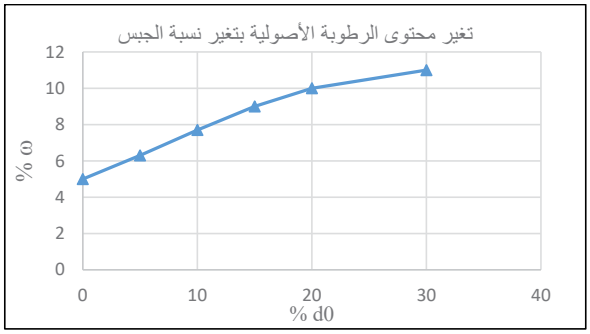
Υ_d	ω	Υ_d	ω	Υ_d	ω	Υ_d	ω	Υ_d	ω	Υ_d	ω
1.53	8	1.58	7	1.62	7	1.65	5	1.67	4	1.7	**3**
1.59	10	1.64	9	1.66	8	1.69	6	1.735	5.2	1.76	**4**
1.61	11	1.65	10	81.6	9	1.72	7.7	1.76	6.3	1.8	**5**
1.605	12	1.63	11.5	1.66	11	1.71	9	1.75	7.8	1.77	**7**
1.55	14	1.59	13.4	1.62	12.6	1.66	12	1.71	10	1.73	**9**



الشكل (2) تغير الوزن الحجمي الجاف بتغير نسبة الجبس



الشكل (1) تغير محتوى الرطوبة والوزن الحجمي الجاف بتغير نسبة الجبس



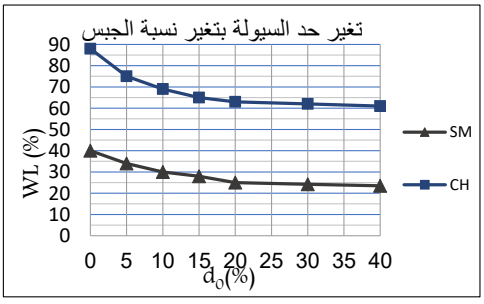
الشكل (3) تغير محتوى الرطوبة بتغير نسبة الجبس

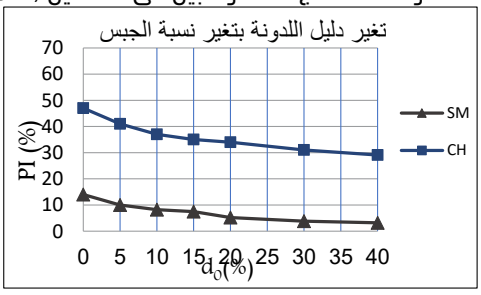
يُلاحظ من الشكل (2) انخفاض قيمة الوزن الحجمي الجاف الأعظمي بزيادة محتوى التربة من الجبس ويُعزى السبب إلى أن الوزن الحجمي للجبس أقل من الوزن الحجمي للتربة وكذلك فإن الشكل (3) يُظهر أن الرطوبة الأصولية تزداد بزيادة محتوى التربة من الجبس لأن الجبس يحتاج إلى رطوبة أكبر أي أنه شره جداً للماء.

تأثير محتوى الترب من الجبس على خصائص اللدونة:

أُجريت تجربة حدود آتربيرغ على التربتين السابقتين بعد نزع الجبس والمارتين من المنخل No 40 ثم تم إضافة الجبس بنسب متفاوتة لكلتا التربتين ((% $\boldsymbol{d_0 = 0, 5, 10, 15, 20, 30, 40}$).

بعد إضافة الجبس للترب تم إضافة الماء إلى العينات من أجل كل نسبة من نسب إضافة الجبس وتُركت لمدة 24 ساعة لإتاحة المجال للتفاعلات الكيمائية الممكن أن تحدث بين التربة والجبس بوجود الماء وكانت النتائج كما هو مبين في الشكلين (4، 5).





الشكل (4) تغير حد السيولة بتغير نسبة الجبس

الشكل (5) تغير دليل اللدونة بتغير نسبة الجبس

نلاحظ من الشكلين (4،5) أن حد السيولة ودليل اللدونة يتناقصان بشكل كبير مع زيادة نسبة الجبس حتى 10% للترب (SM) وحتى نسبة 15% للتربة (CH) حيث يحصل تبادل شاردي كامل لشوارد الكالسيوم $\boldsymbol{Ca^{+2}}$ مع الكاتيونات الموجودة في الغضار، ومن المعروف أن شوارد الكالسيوم تمتاز بقدرتها على تجميع حبيبات الغضار الناعم الموجودة في التربة. هذا الأمر يؤدي إلى حدوث تكتلات وتجمعات

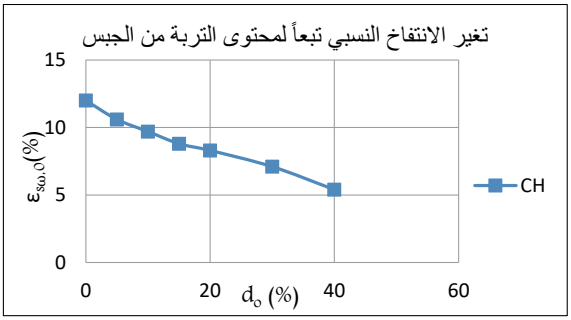
لحبات الغضار ونتيجةً لذلك ينقص السطح النوعي للتربة وبالتالي تقل كمية المياه المغلفة للحبات أي تتناقص الرطوبة.

بينما مع زيادة نسبة الجبس عن النسب السابقة لكلتا التربتين يصبح التغير في قيمة حد السيولة ودليل اللدونة أقل حدة، وقد يُفسر ذلك ببقاء قسم من شوارد الكالسيوم غير متبادلة وذلك على اعتبار أنه تم تثبيت وزن التربة البدائي قبل خلطها بالجبس وبالتالي تساهم بلورات الجبس غير المنحلة في زيادة السطح النوعي ولكن بنسبة أقل من الحالة الأصلية للتربة.

تأثير محتوى التربة من الجبس على الانتفاخ للتربة:

أُجريت تجارب الانتفاخ وفقاً لـ ASTM باستخدام جهاز الانضغاطية (الآدومتر) ذي حلقة مساحتها $\boldsymbol{40cm^2}$. شُكلت العينات من الترب الغضارية عالية اللدونة CH المأخوذة من منطقة السخنة بعد نزع الجبس وبرطوبة أولية قدرها (15%) وبوزن حجمي جاف ($\boldsymbol{1.55\ gr/cm^2}$).

ثم أُضيف الجبس بالنسب التالية ($\boldsymbol{d_0 = 0, 5, 10, 15, 20, 30, 40}$ %)، بعدها أُشبعت العينات بالماء، لكل نسبة من النسب السابقة والسماح لها بالانتفاخ. الشكل (6) يوضح تغير الانتفاخ النسبي الحر للتربة تبعاً لمحتوى التربة من الجبس.



الشكل (6) تغير الانتفاخ النسبي تبعاً لمحتوى التربة من الجبس

يظهر المنحنى السابق في الشكل (6) تغير الانتفاخ النسبي بزيادة محتوى التربة من الجبس. هذا السلوك مرتبط بقابلية الانتفاخ المرتفعة لمينرالات التربة الغضارية الخالية من الجبس مقارنةً مع جزيئات الجبس الخاملة باعتبارها مشبعة بالماء وسطوحها البلورية لا تحتوي على شحنات غير مرتبطة لتسمح بجذب إضافي للماء، وبالتالي فإن كافة مظاهر الانتفاخ في الترب عائدة للمينرالات الغضارية بهذه الحالة، لهذا فهي تتناقص مع ارتفاع المحتوى الجبسي على حساب المحتوى الغضاري في التربة.

تأثير محتوى الجبس على انضغاطية التربة:

لدراسة تأثير محتوى التربة من الجبس على قابليتها للانضغاط، تم إجراء تجربة الانضغاطية ضمن جهاز الآدومتر على العينات من الترب الغضارية عالية اللدونة CH المأخوذة من منطقة السخنة بعد نزع الجبس ومن أجل قيم مختلفة من الرطوبة، تم اعتماد طريقة المنحنيين لتحديد مقدار الانحلال النسبي.

أُجريت التجارب على العينة الأولى برطوبات أولية، أما العينة الثانية فقد عُرضت لتيار مائي مستمر وذلك بوضعها بحلقة انضغاطية تتميز بقدرتها على تصريف بغية غسلها من الجبس، وقد استمرت عملية الغسيل حوالي الشهر تقريباً.

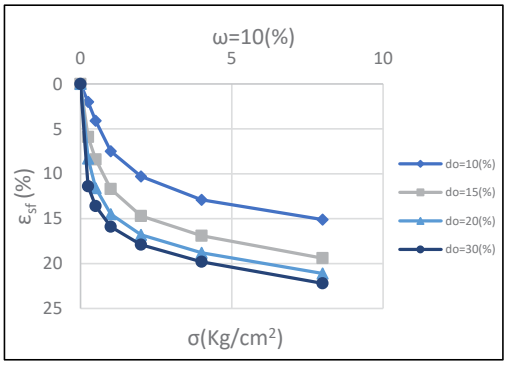
شُكلت العينات بوزن حجمي جاف $\gamma_d = 1.55\ gr/cm^2$ وكانت العينات تتكون من مجموعتين رئيسيتين:

المجموعة الأولى: أُجريت التجارب في ظروف الرطوبة الأولية فقط (دون غمر).

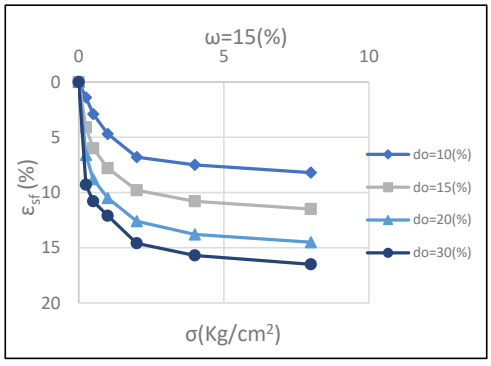
المجموعة الثانية: أُجريت التجارب على العينات بعد تعريضها لتيار مائي مستمر.

علماً أن كلتا المجموعتين تتكون من مجموعات ثانوية، كل مجموعة توافق رطوبة ثابتة واحدة من القيم ($\omega = 10 - 15 - 20 - 25\%$) وكل مجموعة من المجموعات الثانوية تتكون من أربع عينات، كل عينة توافق نسبة محددة من الجبس ($d_0 = 10, 15, 20, 30\ \%$)

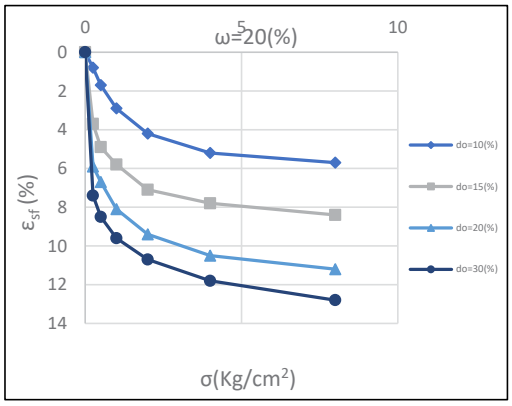
توضح الأشكال التالية (7، 8، 9، 10) العلاقة بين الإجهاد المطبق والهبوط الانحلالي تبعاً لمحتوى التربة من الجبس.



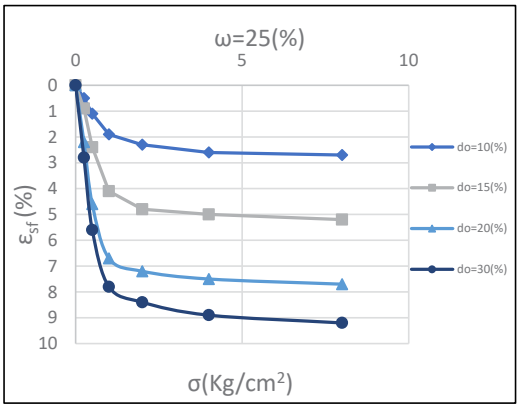
الشكل (7) تغير الهبوط الانحلالي تبعاً للإجهاد المطبق تحت رطوبة أولية (10%)



الشكل (8) تغير الهبوط الانحلالي تبعاً للإجهاد المطبق تحت رطوبة أولية (15%)



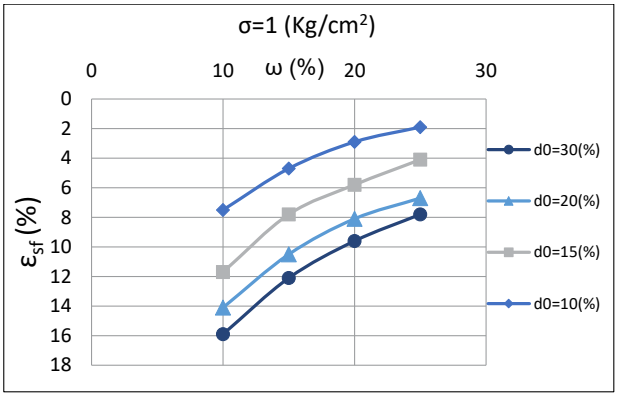
الشكل (9) تغير الهبوط الانحلالي تبعاً للإجهاد المطبق تحت رطوبة أولية (20%)



الشكل (10) تغير الهبوط الانحلالي تبعاً للإجهاد المطبق تحت رطوبة أولية (25%)

نلاحظ من المنحنيات أن الهبوط الانحلالي يزداد بزيادة الإجهادات المطبقة على العينة مهما كان محتوى التربة من الجبس.

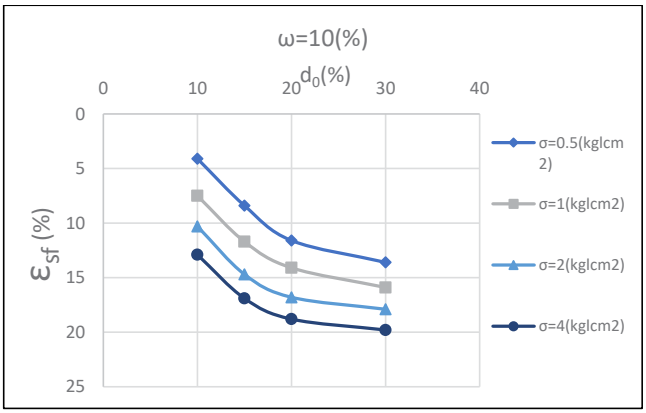
لإبراز تأثير رطوبة التربة على قيم الهبوط الانحلالي فقد أُجريت التجربة على عينات متباينة في رطوبتها الأولية وكذلك بمحتوى الجبس ومن أجل إجهاد ثابت وتم الحصول على النتائج المبينة في الشكل (11).



الشكل (11) تغير الهبوط الانحلالي مع الرطوبة الأولية من أجل إجهاد $\sigma = 1\ kg/cm^2$

يبدو من الشكل (11) أنه يتناقص مقدار الهبوط الانحلالي بزيادة الرطوبة الأولية، ومن الجدير بالذكر أن جزءاً من الجبس يبدأ بالانحلال من أجل الرطوبة المشكلة بها وتزداد نسبة الجبس المحلولة بزيادة الرطوبة المشكلة بها مما يفسر انخفاض قيمة الهبوط الانحلالي مع زيادة الرطوبة الأولية للعينات.

يُظهر الشكل (12) تأثير محتوى الجبس على قيم الهبوط الانحلالي من أجل محتوى رطوبة (10%).



الشكل (12) تأثير محتوى التربة من الجبس على قيم الهبوط الانحلالي من أجل رطوبة أولية (10%)

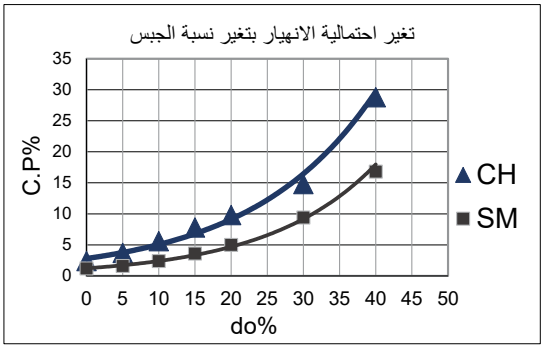
تبين من الشكل السابق أن الهبوط الانحلالي يزداد بزيادة نسبة الجبس في التربة حيث إن الجبس عند خلطه مع التربة وبمحتوى رطوبة محدد يأخذ حجماً معيناً ويزداد هذا الحجم مع زيادة نسبة الجبس في التربة وعند غسل التربة ينحل الجبس تاركاً فراغاً في التربة مما يؤدي إلى زيادة الهبوط الانحلالي.

تأثير محتوى التربة من الجبس على قابلية الانهيار:

لحساب قابلية التربة للانهيار لكلتا التربتين تم استخدام الطريقة المقدمة من قبل [9] حيث شُكلت العينات بالوزن الحجمي الجاف الأعظمي والرطوبة الأصولية مع إضافة نسب مختلفة من الجبس ووُضعت في جهاز الانضغاط (الآدومتر)، بعدها تم تطبيق حمولات متدرجة وصولاً إلى إجهاد يساوي $\boldsymbol{\sigma_w = 2kg/cm^2}$ وعند هذا الإجهاد غُمرت العينة بالماء وتُركت لمدة 24h. علماً أنه تم حساب معامل الفراغات عند هذا الإجهاد قبل الغمر وبعد الغمر وتعطى قابلية التربة للانهيار بالعلاقة التالية:

$$\boldsymbol{C.p\% = \varepsilon_{sl}\% = \frac{e_1 - e_2}{1 + e_0} * 100\%}$$

يبين الشكل (13) قيم احتمالية الانهيار للتربتين بتغير نسبة الجبس المضافة حيث تزداد قابلية التربة للانهيار بزيادة نسبة الجبس المضافة وتكون الزيادة أكبر في الترب الغضارية عالية اللدونة.



الشكل (13) تغير احتمالية الانهيار بتغير نسبة الجبس للتربتين

المجموعة الثانية: إظهار تأثير الإسفلت على الخصائص الهندسية للتربة الجبسية:

تحضير العينات:

تم تحضير العينات المراد دراستها من الترب الأساسية وخلطها بنسب مختلفة من الإسفلت السائل مع زمن معالجة (72 hours) لضمان تبخر الكيروسين وبدرجة حرارة المختبر، بحيث أُخذت عينات جافة من كل تربة وتم ترطيبها بالرطوبة الأصولية الموافقة لكل تربة لنحصل بذلك على عينات مشكلة بالوزن الحجمي الجاف الأعظمي والرطوبة الأصولية الموافقة لكل نوع من التربة، بعدها تم إضافة لكل عينة نسبة محددة من الإسفلت السائل ($\boldsymbol{E.A = 0 - 2 - 4 - 6 - 8 - 10 - 12}$ %)، تم خلط التربة مع الإسفلت السائل بشكل جيد حتى تجانس القوام لنحصل بذلك على عينات مشكلة بالوزن الحجمي الجاف الأعظمي والرطوبة الأصولية من أجل كل نسبة من الإسفلت السائل المضافة مع العلم أنه تم اتخاذ زمن معالجة وقدره (72 hours) لضمان تبخر مادة الكيروسين.

تأثير إضافة الإسفلت السائل على مقاومة الضغط غير المحصور:

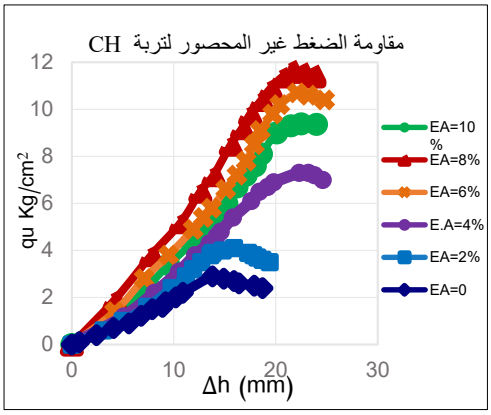
أُخذت عينتان جافتان من كلتا التربتين ونُخلت على المنخل ($\boldsymbol{N_{10} = 2mm}$) وبعدها تم تشكيل العينات كما هو وارد في الفقرة السابقة (4.6). تم إجراء تجربة الضغط غير المحصور للعينات المعالجة بالإسفلت ذات النسب ($\boldsymbol{E.A = 0 - 2 - 4 - 6 - 8 - 10}$ %)، وبسرعة تحميل ($\boldsymbol{0.8\ mm/min}$)، تم تسجيل قراءة التشوه الموافقة لمؤشر القوة.

يُظهر الشكل (14) تغير مقاومة الضغط غير المحصور تبعاً لمحتوى التربة من الإسفلت السائل والانتقال الموافق لبلوغ المقاومة القصوى، حيث يبدو بوضوح أن مقاومة الضغط غير المحصور ($\boldsymbol{q_u}$) تزداد كلما زاد محتوى التربة من الإسفلت السائل حتى نسبة معينة، بعدها تنخفض المقاومة مع زيادة محتوى التربة من الإسفلت السائل.

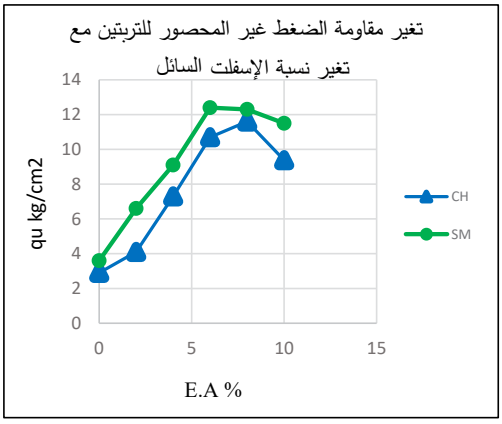
إنَّ الزيادة في مقاومة الضغط غير المحصور مع إضافة الإسفلت السائل تعود إلى زيادة قوة التماسك بين جزيئات التربة من خلال توفر طبقات رقيقة متواصلة من الإسفلت السائل الذي يُغلف ذرات التربة حتى قيمة مثالية من نسبة الإسفلت السائل مما يؤمن زيادة في التماسك، بعدها تنخفض مقاومة

الضغط غير المحصور مع زيادة محتوى التربة من الإسفلت السائل، يعود ذلك إلى زيادة في سماكة طبقة الإسفلت السائل المغلف لذرات التربة حيث ينخفض التماسك وتقل زاوية الاحتكاك الداخلي بين ذرات التربة بزيادة نسبة الإسفلت السائل عن تلك القيمة.

أما الشكل (15) فيظهر تغير مقاومة الضغط غير المحصور للتربتين بتغير نسبة الإسفلت السائل المضاف، حيث يبدو بوضوح أن مقاومة الضغط غير المحصور (q_u) بالنسبة لتربة (CH) تزداد كلما زاد محتوى التربة من الإسفلت السائل حتى نسبة معينة وهي (8%)، بعدها تنخفض المقاومة مع زيادة محتوى التربة من الإسفلت السائل، أما بالنسبة للتربة (SM) فقد بلغت مقاومة الضغط غير المحصور قيمتها العظمى عند محتوى (6%) وعند زيادة محتوى الإسفلت السائل عن هذه النسبة بدأ مقاومة الضغط غير المحصور بالانخفاض. أي نستطيع القول إنَّ التحسن يكون أكبر للترب الخشنة (SM) كما أن النسبة المثالية للإسفلت السائل المضاف للتربة تتعلق بنوع التربة المراد معالجته فكلما زادت نعومة التربة تحتاج التربة لنسبة أكبر من الإسفلت السائل والتحسن يكون أقل مقارنةً مع التربة الخشنة مما يجعلنا نستنتج ملاءمة هذا الأسلوب في تقوية الترب الجبسية للترب الخشنة.



الشكل (14) مقاومة الضغط غير المحصور للعينات المشكلة بنسب مختلفة من الإسفلت السائل لتربة CH



الشكل (15) تغير مقاومة الضغط غير المحصور للتربتين مع تغير نسبة الإسفلت السائل

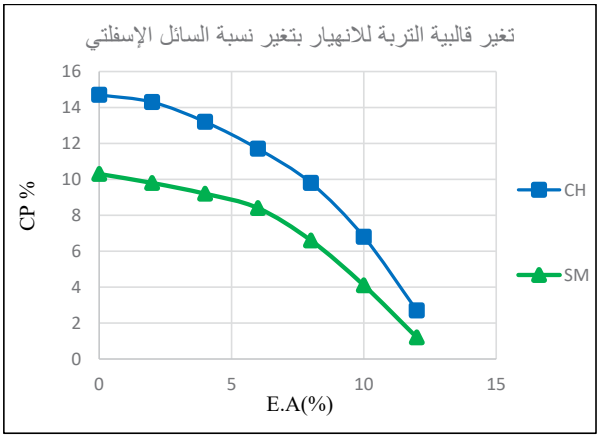
تأثير إضافة الإسفلت السائل على قابلية التربة للانهيار:

لدراسة تأثير الإسفلت السائل على قابلية التربة للانهيار لكل من التربتين السابقتين تم استخدام تجربة الآدومتر ذات حلقة تشديد مساحة مقطعها ($A = 40cm^2$) وارتفاع ($H = 2cm$) حيث شُكلت العينات بالوزن الحجمي الجاف الأعظمي والرطوبة الأصولية وبعدها تم إضافة الإسفلت بالنسب التالية ($E.A = 0 - 2 - 4 - 6 - 8 - 10 - 12\%$) كما هو وارد في الفقرة السابقة (4-1).

بعد تشكيل العينات ووضعها في حلقة التشديد تم تحميل العينات بحمولة تدريجية وصولاً إلى إجهاد قدره ($\sigma = 2kg/cm^2$) وعند هذا الإجهاد تم غمر العينات بالماء لإشباعها وتُركت لمدة 24 ساعة مع العلم أنه تم حساب معامل الفراغات e_1 قبل الغمر وe_2 بعد الغمر وتم حساب قابلية التربة للانهيار وفقاً للمعادلة التالية:

$$C.P = \frac{e_1 - e_2}{1 + e_0}$$

يُظهر الشكل (16) تغير قيم قابلية التربة للانهيار بتغير نسبة الإسفلت حيث تتناقص قابلية التربة للانهيار بزيادة نسبة الإسفلت وكلما زادت نسبة الإسفلت تنخفض قابلية التربة للانهيار ويعود ذلك لأن الإسفلت السائل يُغلف ذرات الجبس بطبقة رقيقة وبالتالي يقلل من انحلالية الجبس الموجود بالتربة وبالتالي تقليل من قابلية التربة للانهيار.

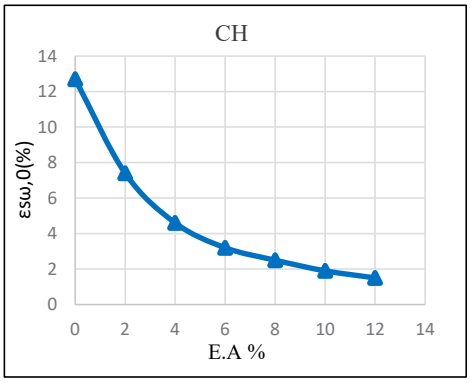


الشكل (16) تغير قيم قابلية التربة للانهيار بتغير نسبة الإسفلت السائل

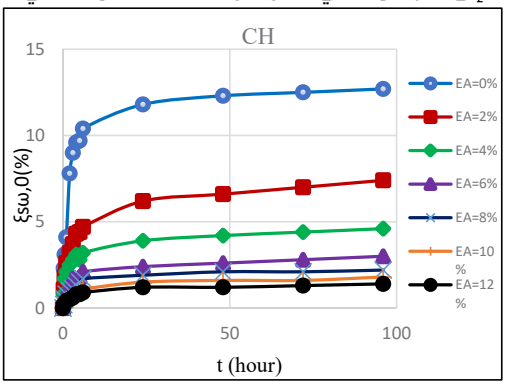
تأثير إضافة الإسفلت السائل على خصائص الانتفاخ للتربة:

أُجريت تجارب الانتفاخ وفقاً لمواصفات (ASTM, 1993) باستخدام تجربة الآدومتر بحلقة تشديد مساحة مقطعها ($A = 40cm^2$) وارتفاع ($H = 2cm$). أُجريت التجارب على التربة المأخوذة من منطقة السخنة (CH). شُكلت العينات برطوبة مساوية للرطوبة الأصولية وبوزن حجمي جاف مساوٍ للوزن الحجمي الجاف الأعظمي وبنسب مختلفة من الإسفلت السائل ($E.A = 0 - 2 - 4 - 6 - 8 - 10 - 12$ 14%)، بعد تشكيل العينات أُجريت تجارب التشديد بوضع العينات في جهاز الآدومتر وغُمرت بالماء، وبعدها تم قياس الانتفاخ النسبي الحر لجميع العينات، بعد الحصول على قيمة الانتفاخ النسبي الحر تم تحميل العينات بحمولات متدرجة للحصول على قيمة الانتفاخ لكل نسبة من الإسفلت السائل المضاف إلى التربة. (تم إشباع التربة بالماء بعد مضي 3 أيام على إضافة الإسفلت السائل).

الشكلان (17)، (18) يوضحان تغير الانتفاخ النسبي الحر تبعاً لنسبة الإسفلت السائل المضاف إلى التربة، الشكل (17) يوضح انخفاض قيمة الانتفاخ النسبي الحر بزيادة نسبة الإسفلت المضافة للتربة. ويُفسر هذا الانخفاض بأن السائل الإسفلتي يملأ فراغات التربة ويغلف حبيبات التربة بغشاء رقيق يمنع دخول الماء إلى التربة وبالتالي يقلل من قيمة الانتفاخ النسبي الحر.

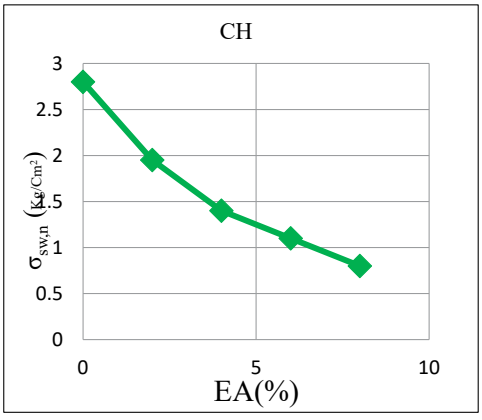


الشكل (17) تغير الانتفاخ النسبي الحر تبعاً لمحتوى التربة من الإسفلت السائل

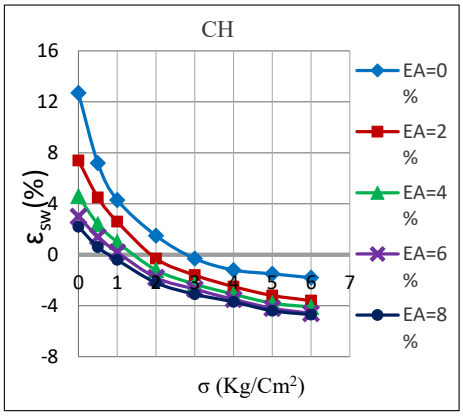


الشكل (18) تغير الانتفاخ النسبي مع الزمن تبعاً لمحتوى التربة من الإسفلت السائل

لإظهار تغير تشوهات الانتفاخ للتربة المعالجة بالإسفلت السائل تحت تأثير الإجهادات أجرينا تجربة التشديد حيث طُبقت حمولات متدرجة وقد حصلنا على النتائج الموضحة في الأشكال (19)، (20). نلاحظ أن ضغط الانتفاخ يتناقص مع زيادة نسبة الإسفلت إلى التربة.



الشكل (20) تغير ضغط الانتفاخ تبعاً لمحتوى التربة من الإسفلت السائل

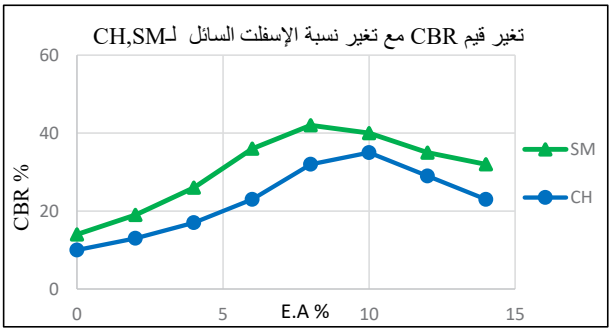


الشكل (19) تغير الانتفاخ النسبي مع الإجهاد من أجل نسبة محددة من الإسفلت

تأثير إضافة الإسفلت السائل على مقاومة CBR:

أُخذت عينتان جافتان من كلتا التربتين، بعدها قُسمت كل عينة إلى ثمانية أجزاء متساوية وبعدها شُكلت العينات كما هو وارد في الفقرة السابقة (3-3) ومن أجل النسب التالية من السائل الإسفلتي ($\boldsymbol{E.A = 0 - 2 - 4 - 6 - 8 - 10 - 12 - 14}$ %).

أظهرت نتائج التجارب التي أُجريت على كلتا التربتين كما هو مبين في الشكل (5) أن قيم CBR% تزداد بزيادة محتوى التربة من الإسفلت السائل المضاف إلى التربة حتى قيمة (8%) بالنسبة للترب الخشنة (SM) وحتى قيمة (10%) بالنسبة للتربة الناعمة (CH) أي أن التربة (CH) تحتاج إلى قيمة أكبر من الإسفلت السائل لبلوغ القيمة القصوى لـ CBR% في حين أن التربة (SM) تحتاج إلى قيمة أدنى من الإسفلت السائل، أما نقصان قيم CBR% بزيادة نسبة الإسفلت السائل عن هذه القيم لكلتا التربتين فيُعزى لزيادة اللدونة في التربة مما يؤدي إلى زيادة تغلغل المكبس في تجربة CBR.



الشكل (20) تغير قيم CBRمع تغير نسبة الإسفلت السائل لـ SM, CH

النتائج الرئيسية للبحث:

تأثير الجبس على خصائص التربة:

الخصائص الفيزيائية – انخفاض الوزن الحجمي للتربة وزيادة الرطوبة الأصولية مع زيادة نسبة الجبس:

الخاصية	بدون الجبس	نسبة الجبس 30%	نسبة التغير
الوزن الحجمي الجاف Kg/cm^3	1.79	1.63	انخفاض 9%
الرطوبة الأصولية ω_{opt}%	%5	%11	زيادة 120%

ويعد ذلك تدني قيمة الوزن الحجمي الجاف للجبس طبيعته الهيغروسكوبية "شره جداً للماء وبالتالي شديد الامتصاص".

خصائص اللدونة – تحسين في القوام ولكن هشاشة تحت التشبع:

الخاصية	بدون الجبس	نسبة الجبس 30%	نسبة التغير
حد السيولة (% WL)	%88.5	%62.3	انخفاض 30%
حد السيولة (% PI)	%46.3	%31	انخفاض 33.3%

وذلك بسبب التبادل الأيوني للشوارد Ca^{+2} الذي يعمل على تجميع حبيبات الغضار مما يقلل السطح النوعي ويخفض كمية الماء المطلوبة للتشبع وهذا يبدو إيجابياً لكنه يخفي هشاشة بنيوية تظهر عند التشبع الكامل.

قابلية الانهيار – تهديد مباشر لاستقرار المنشآت:

نوع التربة	بدون الجبس	نسبة الجبس 30%	نسبة التغير
الترب الرملية (SM)	2.1%	10.31%	زيادة 391%
الترب الرملية (CH)	3.5%	14.7%	زيادة 320%

يشكل الجبس هيكلاً مسامياً غير مستقر في الحالة الجافة وعند التشبع يذوب الجبس تاركاً فراغات هيكلية تؤدي إلى انهيار مفاجئ تحت الحمل.

الانتفاخ – تناقص طفيف لكن غير كاف:

الخاصية	بدون الجبس	نسبة الجبس 40%	نسبة التغير
الانتفاخ النسبي الحر (%)	%12	%5	انخفاض 58%

تنخفض قابلية الانتفاخ للترب الغضارية بزيادة نسبة الجبس، يعود السبب إلى استبدال الجزء النشط (الغضار) بجزء خامل (الجبس المشبع)، لكن هذه الميزة تُلغى أمام خطر الذوبان والانهيار الذي يسببه الجبس.

الهبوط الانحلالي – تهديد طويل الأمد:

حالة العينة	بدون الجبس	نسبة الجبس 30%	نسبة التغير
تحت إجهاد ($\sigma = 1kg/cm^2$)	%2	%7.8	زيادة 280%

يزيد الجبس من مسامية التربة ونفاذيتها مما يسهل عملية غسل وذوبان الجبس مع مرور الوقت مسبباً هبوطاً تراكمياً يهدد استقرار المنشآت على المدى البعيد.

- يظهر الجبس تحسناً ظاهرياً في بعض الخصائص (اللدونة والانتفاخ) لكنه يُخفي مخاطر كارثية عند التشبع كما أن الجبس يجمع بين خاصيتين وهما الذوبان السريع والانهيار الكلي مما يجعله من أخطر التحديات الجيوتكنيكية ولا سيما أن محاولات التحكم بالرطوبة وحدها غير كافية بسبب طبيعة الجبس الهيغروسكوبية وقابليته العالية للذوبان.

تأثير الإسفلت على الخصائص الهندسية للترب:

تحسن ملحوظ في مقاومة التربة "تجربة الضغط غير المحصور" Unconfined Compressive Strength UCS:

نوع التربة	النسبة المثالية للإسفلت	نسبة الجبس 30%
الترب الرملية (SM)	6%	زيادة قدرها 255% مقارنة بالعينة غير المعالجة
الترب الرملية (CH)	8%	زيادة قدرها 286% مقارنة بالعينة غير المعالجة

- تعمل طبقة الإسفلت كمادة رابطة تعزز التماسك بين حبيبات التربة مما يزيد من قدرتها على تحمل الأحمال الشاقولية دون انهيار.

انخفاض مخاطر الانهيار (Collapse Potential):

- الترب الرملية (SM): تنخفض قابلية التربة للانهيار من 10.31% إلى 1.2% بنسبة تحسن قدرها 88.4%.
- الترب الغضارية (CH): تنخفض قابلية الترب للانهيار من 14.7% إلى 2.8% بنسبة تحسن 82%.

الغشاء الإسفلتي يشكل عازلاً فعالاً يمنع وصول الماء إلى حبيبات الجبس مما يقلل عملية الذوبان ويحافظ على استقرار بنية التربة.

التحكم في الانتفاخ (Swelling Potential):

- **الترب الغضارية (CH):** انخفاض الانتفاخ النسبي الحر من 12.7% إلى 2.2% بنسبة تحسن 82%.
- **ضغط الانتفاخ:** انخفض من 2.5 kg/cm^2 إلى 0.5 kg/cm^2 بنسبة تحسن 80%.

الإسفلت السائل يعمل على ملء الفراغات بين الحبيبات ويقلل من مساحة السطح النشط مما يحد من قدرة التربة على امتصاص الماء والانتفاخ.

أثبتت تقنية الإسفلت السائل كفاءة عالية في تحسين خصائص الترب الجبسية بنسب تتراوح بين 200% و250% في الخصائص الأساسية، كما أن نوع التربة له دور أساسي في تحديد النسبة المثالية لإضافة الإسفلت السائل حيث تعتبر نسب (8-10)% مناسبة للترب الغضارية ونسبة (6-8)% مناسبة للترب الرملية، كما يمكن لتقنية المعالجة هذه زيادة العمر الافتراضي لمنشآت الري بنسبة قد تصل إلى أكثر من 50% وفقاً للتقديرات الأولية.

التوصيات:

- تطبيق هذه التقنية في مشاريع الري والسدود في المناطق الجافة مثل الإمارات والسعودية والعراق.
- إجراء تحليل للتكلفة والعائد لمعالجة التربة بالإسفلت مقارنة مع الطرق التقليدية.
- إمكانية دمج الإسفلت مع مواد بوليمرية لتعزيز الفعالية وتقليل الكميات المستخدمة.

- استخدام مستشعرات رطوبة التربة وطرق الرصد الذكية لمراقبة أداء الترب المعالجة.

المراجع:

Abood, M. K. (1993). The treatment of gypseous soils with sodium silicate [Master's

thesis, Department of Building and Construction Engineering, University of Technology].

Akpokodje, E. G. (1985). The engineering classification of some Australian arid zone soils. Bulletin of the International Association of Engineering Geology-Bulletin de l'Association Internationale de Géologie de l'Ingénieur, 31(1), 5-8.

Al-Ani, H. M., Sherief, J. A., Mansour, S. L., & Hasso, H. G. (1988). An investigation into the effect of gypsum on the properties of highway materials [Unpublished report]. NCCL.

Al-Harbawy, A. F. Q., & Al-Khashab, M. N. (2004). The effect of emulsified asphalt addition on some of the engineering properties of expansive clayey soils. Engineering and Technology, 23(2), 51–71.

Al-Morshedy, A. D. (2001). The use of cutback MC-30 for controlling the collapsibility of gypseous soils [Master's thesis, Department of Building and Construction, University of Technology].

Al-Mufty, A. A., & Nashat, E. H. (2000). Gypsum content determination in gypseous soil and rock. In Proceedings of the 3rd Jordanian International Mining Conference (Vol. 2, pp. 485–492). Amman, Jordan.

Alateya, H. H. M. (2013). Influence of the use of additives on the properties of compacted gypseous soils [Master's thesis, Department of Civil Engineering, College of Engineering, University of Kufa].

Al-Aqaby, M. (2001). Effect of kerosene on properties of gypseous soils [Master's thesis, Department of Civil Engineering, University of Baghdad].

Aldagher. (2000). Protection and maintenance of open irrigation channels in gypsum lands. In Symposium on saline gypsum soils between irrigation, agriculture and reclamation. Publications of the Supreme Council of Damascus.

American Road & Transportation Builders Association. (n.d.). Stabilization and pavement recycling (Education and Information Guide).

ASTM International. (1988). Cement; lime; gypsum. Annual Book of ASTM Standards.

Collins, R. J. (1975). Waste products as a potential replacement for aggregates. In Proceedings of the Fourth International Ash Utilization Symposium. St. Louis, MO.

Cooper, A. H., & Callow, R. C. (1998). Avoiding gypsum geohazards: Guidance for planning and construction (Technical Report WC/98/5). British Geological Survey.

Elrashidi, M. A., Hammer, D., Seybold, C. A., Engel, R. J., Burt, R., & Jones, P. (2007). Application of equivalent gypsum content to estimate potential subsidence of gypsiferous soil. Soil Science, 172(3), 207–224.

Esho, B. G. (2004). Stabilization of gypseous soils by lime and emulsified asphalt [Master's thesis, College of Engineering, University of Mosul].

Food and Agriculture Organization of the United Nations. (1990). Management of gypsiferous soils (FAO Soils Bulletin No. 62). Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2006). World reference base for soil resources (WRB) (World Soil Resources Reports No. 103). Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Haddad, K. A. (2008). The collapse of gypsum soils in the city of Samarra in Iraq. Department of Applied Geosciences, College of Science, Tikrit University.

Herrin, M. (1960). Bituminous-aggregate and soil stabilization. In K. B. Woods (Ed.), Highway engineering handbook (Section III). McGraw-Hill Book Company.

IUSS Working Group WRB, International Union of Soil Sciences, International Soil Reference and Information Centre, & Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2006). World reference base for soil resources (WRB) (World Soil Resources Reports No. 103). Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Ilaiwi, M. (1983). Contribution to the knowledge of the soils of Syria [Doctoral dissertation, State University of Ghent].

Ismael, N. F. (1993). Laboratory and field leaching test on coastal salt-bearing soils. Journal of Geotechnical Engineering, 119(3), 453–470.

Jennings, J. E., & Knight, K. (1975). A guide to construction on or with materials exhibiting additional settlement due to collapse of grain structure.

Porta, J. (1998). Methodologies for the analysis and characterization of gypsum in soils: A review. Geoderma, 87, 31–46.

Shakir, Z. H. (2017). Improvement of gypseous soil using cutback asphalt. Department of Building and Construction Engineering, University of Technology.

Subhi, H. M. (1987). The properties of contaminated soils and their influence on the performance of roads in Iraq [Doctoral dissertation, Queen Mary College, University of London].

The Ministry of Local Administration. (2008). Recommendations of the investment conference in the Eastern Region—Syria.

Zanbak, C., & Arthur, R. C. (1986). Geochemical and engineering aspects of anhydrite/gypsum phase transition. Bulletin of the Association of Engineering Geologists, 23(4), 419–433.

Innovation in Treating Gypsum Soils to Enhance the Durability of Irrigation Infrastructure Using Modern Techniques

Mohammad Bassam Eid

Arab Center for the Studies of Arid Zones and Dry Lands (ACSAD)
Al-Saboura, Damascus, Syria

Received Date: 02-03-2026 Accepted Date: 08-08-2026

Abstract:

Gypsum soils present a significant geotechnical challenge, particularly in arid and semi-arid regions dependent on irrigation projects. Although they possess favorable mechanical properties in their dry state, they lose their strength and become prone to collapse upon wetting, threatening the sustainability of hydraulic structures such as irrigation canals and dams. This research proposes an innovative solution to this problem using a modern technique based on Cutback Asphalt, aiming to enhance the soil's bearing capacity and prevent collapse.

Soil samples from two different gypsum regions in Syria were studied. Their physical and mechanical properties were analyzed by systematically varying the gypsum content. As an innovative part of the study, Cutback Asphalt treatment was applied to the soil with its natural gypsum content, and its effect on key properties was evaluated, including Unconfined Compressive Strength (UCS), California Bearing Ratio (CBR), and collapse and swelling potential.

The results indicated that the addition of Cutback Asphalt led to a significant improvement in soil properties. The Unconfined Compressive Strength peaked at an optimal content of 6% for sandy soil (SM) and 8% for clayey soil (CH). The CBR value also improved substantially, reaching optimal values at 8% for sandy soil and 10% for clayey soil. Furthermore, the collapse potential and swelling susceptibility decreased markedly with increasing Cutback Asphalt content, confirming the effectiveness of this technique in enhancing soil durability.

This research highlights the potential of Cutback Asphalt as an innovative and effective solution for stabilizing gypsum soils. Its application can contribute to enhancing the durability and load-bearing capacity of irrigation infrastructure, extending its service life. We recommend implementing this technique in agricultural and hydraulic projects in arid regions. We also hope this study will serve as a foundation for future research exploring other treatment methods and comparing them with our findings.

Keywords:

Gypsum soils, Soil stabilization, Cutback Asphalt, Collapse potential, Agricultural innovation, Sustainable irrigation technologies.