تأثير الغسل بمحاليل بعض الأملاح في خصائص الترب الانتفاخية

د. عدنان جايد زيدان **موفق عبد الجبار نور الدين**

جامعة تكريت – قسم الهندسة المدنية

الخلاصة

تتناول هذه الدراسة تأثير الغسل بمحاليل الأملاح في خصائص الترب الانتفاخية، استخدمت ثلاث ترب أخذت من مدينة الموصل، وتبين من الفحوصات أنها ذات خواص انتفاخية متوسطة إلى عالية الانتفاخ. أظهرت نتائج التحليل المعدني بجهاز حيود الأشعة السينية أن الترب تمتلك المعادن الطينية (المونتموريلونايت (Montmorillonite)، الكاؤولينايت (Kaolinite)، الالايت (Illite)، الكلورايت (Chlorite)، الباليكورسكايت (Palygorskite). وأن الاختلاف في نسب (كمية) المعادن الطينية.

أستعمل في الغسل ثلاثة أنواع من محاليل الأملاح {كلوريد الصوديوم (NaCl)، كلوريد البوتاسيوم (KCl)، كلوريد الكالسيوم ($CaCl_2$)}. وذلك لمعرفة تأثير الغسل لكل أيون على خواص اللدونة والانتفاخ للترب المختارة، حضرت محاليل الأملاح بنسب (1%، 3%، 5%) على شكل نسب وزنية ولثلاث مرات غسل لكل نسبة.

بينت النتائج انخفاضاً في مقدار حد السيولة ودليل اللدونة للترب في الغسلة الأولى، ومع زيادة نسبة وعدد مرات الغسل حصل تغير (انخفاض وارتفاع) في مقدار حد السيولة ودليل اللدونة للترب. كما أظهرت النتائج أن نسبة الانخفاض في دليل اللدونة للترب التي غسلت بمحاليل كلوريد البوتاسيوم أعلى من الغسل بمحاليل كلوريد الصوديوم و كلوريد الكالسيوم، ونسب المثلى لتأثير الغسل بمحاليل الأملاح على خواص اللدونة هي 3% من كلوريد البوتاسيوم في الغسلة الثالثة لتربة اليرموك (تربة طينية واطئة اللدونة)، 5% من كلوريد البوتاسيوم أيضاً في الغسلة الثانية لتربة الجامعة (تربة طينية عالية اللدونة)، 1% من كلوريد البوتاسيوم أيضاً في الغسلة الثالثة لتربة الكسك (تربة طينية عالية اللدونة).

دلت النتائج أنَّ تأثير الغسلة الأولى بمحاليل الأملاح للترب المرصوصة عند المحتوى الرطوبي الأمثل (O.M.C) والكثافة الجافة العظمى ($\gamma_{d\ max}$) المأخوذة من منحني الرص المعدل ، أدى إلى حصول انخفاض في قيم خصائص الانتفاخ مع زيادة نسب الغسل بمحاليل الأملاح. اما بالنسبة لخصائص الانتفاخ فان النسب المثلى لتأثير الغسل بمحاليل الأملاح على خصائص الانتفاخ هي 5% من كلوريد البوتاسيوم في الغسلة

الأولى لتربة اليرموك (تربة طينية واطئة اللدونة)، 5% من كلوريد الكالسيوم في الغسلة الأولى لتربة الجامعة (تربة طينية عالية اللدونة)، 5% من كلوريد الكالسيوم أيضاً في الغسلة الثالثة لتربة الكسك (تربة طينية عالية اللدونة).

الكلمات الدالة : تربة طينية، معادن طينية، محاليل الأملاح، حدود أتربك ، الانتفاخ الحر، ضغط الانتفاخ

المقدمة :

تنتشر الترب الانتفاخية في أرجاء متعددة من العراق وبدرجات انتفاخ متفاوتة (واطئة ، متوسطة ، عالية). وخصوصا في المنطقتين الوسطى والشمالية (Sabbah, 1987) (السنجري، 1997) وقد تبين أن التربة ذات الخواص الانتفاخية هي من أكثر أنواع الترب في شمال العراق (الصائغ، 1988) ونتيجة لذلك فقد ظهرت مشاكل في منشآت مختلفة نتيجة لاحتوائها على هذه الأنواع من الترب، وتعد مدينة الموصل مثالاً جيداً للتربة الانتفاخية إذ تم ملاحظة التربة الانتفاخية وبدرجات انتفاخ متفاوتة وفي مواقع مختلفة مما دفع عدداً من الباحثين إلى دراسة هذه الظاهرة في مدينة الموصل (Al-Ashou, 1977) (Al-Layla, and Al- Ashou, 1985) (السنجري، 1997) (Al-Dabbagh, 2000) (الرحال، 2009).

والمظهر الخارجي للتربة الانتفاخية يتمثل بزيادة الحجم عند زيادة محتواها الرطوبي، ومعدن المونتموريلونايت من المعادن الطينية الرئيسية الذي يستجيب لخصائص الانتفاخ للتربة، والسلوك الهندسي للتربة الطينية يتأثر بعدد من العوامل من بينها العوامل الفيزوكيميائية، ومن الخصائص الفيزوكيميائية المهمة التي تؤثر على خصائص الانتفاخ هي تركيز ونوع الايونات الممتزة (انجذاب) الموجودة في ماء المسام (Pore Water) على أسطح المعادن الطينية وكذلك سعة التبادل الأيوني للمعادن الطينية (Grim, 1968).

إن ميكانيكية الانتفاخ مسألة معقدة بسبب تأثرها بعدة عوامل، والعوامل الفيزوكيميائية من بين العوامل المؤثرة على جهد الانتفاخ (Swelling Potential) وأي تغيّر في هذا العامل يؤدي إلى تغيّر توزيع الايونات في نظام الطين، والماء، والمحاليل الكهربائية، الذي يؤثر على سمك الطبقة الأيونية المزدوجة والذي بدوره يؤثر على جهد الانتفاخ (Mitchell, 1976) (Lambe and Whitman, 1979). وكذلك تغيّر العوامل الفيزوكيميائية يؤثر

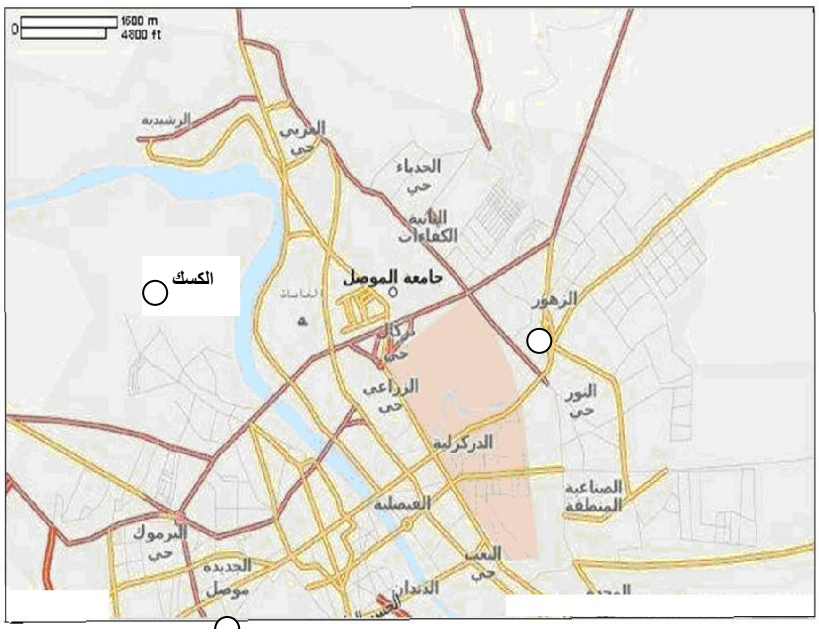
مباشرة على بنية التربة والتي بدورها تؤثر على سلوك التضخم للتربة (Lambe and Whitman, 1979). إن نسبة ونوعية المعادن الطينية له تأثير كبير على قابلية انتفاخ هذه التربة، إذ ذكر(Gromko, 1974) أن لنوعية المعدن الطيني دوراً مهماً في حساب الحركة العمودية للتربة الانتفاخية، وأشار (Grim, 1968) إلى أن حجم حبيبات المعدن الطيني في الترب الانتفاخية يؤثر في تغيّر الحجم وذلك بالسيطرة على تكون طبقة الماء المزدوجة (Double- Water Layer) على المحيط الخارجي لحبيبات الطين.

تهدف هذه الدراسة إلى بيان تأثير غسل الترب بمحاليل أملاح وبنسب مختلف من كلوريد الصوديوم (NaCl)، كلوريد البوتاسيوم (KCl) وكلوريد الكالسيوم ($CaCl_2$) على خواص اللدونة والانتفاخ (نسبة وضغط الانتفاخ). حيث أخذت الترب من ثلاث مناطق في مدينة الموصل (حي اليرموك، جامعة الموصل ومنطقة الكسك) وغسلت بالمحاليل أعلاه وبنسب مختلفة، كما تم دراسة تأثير عدد مرات الغسل على هذه الخصائص.

المواد وطرائق العمل.

<u>التربة</u>:

ثلاثة أنواع من الترب استخدمت في هذه الدراسة أخذت من ثلاث مناطق من مدينة الموصل كالآتي وكما موضح في الشكل رقم (1). تربة من حي اليرموك رمز لها (Y)، تربة من جامعة الموصل رمز لها (J) وتربة من منطقة الكسك ورمز لها (Ks). أخذت هذه الترب من عمق 1.5 م تقريبا تحت مستوى سطح الأرض، وتم اختيار هذه الترب الانتفاخية بسبب المشاكل الكثيرة في الأبنية المقامة عليها وكما هو الحال في الكثير من أحياء الموصل ومنها حي اليرموك.



الشكل رقم (١) المواقع التي أخذت منها نماذج التربة في مدينة الموصل

الماء:

تم استخدام الماء المقطر (Distilled Water) في فحوصات اللدونة وفحص نسبة الانتفاخ الحر وضغط الانتفاخ وماء الإسالة في بقية الفحوصات.

الأملاح:

ثلاثة أنواع من الأملاح استخدمت في غسل التربةوهي: كلوريد الصوديوم (NaCl)، كلوريد البوتاسيوم (KCl) و كلوريد الكالسيوم (CaCl2).علما أن هذه الأملاح متوفرة تجاريا وبكلفة منخفضة. وقد استخدمت محاليل الأملاح في غسل التربة على شكل نسب وزنية (1%، 3%، 5%)، ولثلاث مرات غسل لكل نسبة.

الفحوصات المختبرية .

اجريت الفحوصات التالية على الترب الطبيعية و الترب المعالجة (المغسولة بمحاليل الأملاح) وحسب الطرائق المتبعة من قبل الجمعية الأمريكية للفحوصات والمواد (ASTM) :

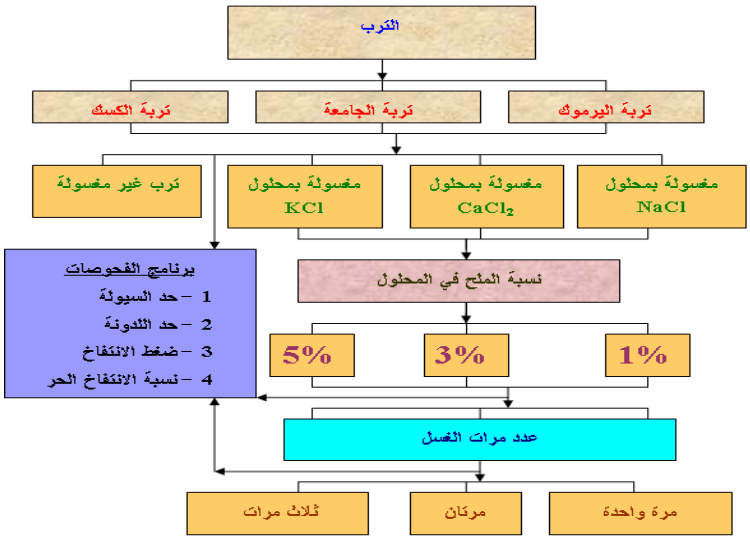
المحتوى الرطوبي، حدود أتربك، Atterberg Limits ، الوزن النوعي، التحليل الحبيبي، فحص الرص، فحص الانتفاخ الحر، فحص ضغط الانتفاخ، وكذلك تم اجراء التحليل المعدني بجهاز حيود الأشعة السينية لجميع الترب الطبيعية غير المعالجة.

عملية الغسل .

غسل التربة بمحاليل الأملاح هي زيادة تركيز الأملاح في الماء (المسبب للانتفاخ) مما يسبب امتصاص أقل، إضافة إلى استقرار قسم من الايونات بين الخلية الوحدوية لجسيمة الطين مما يسبب انتفاخ أقل، فيما يلي الطريقة التي اتبعت في غسل التربة :-

١. **تحضير المحاليل (Solution):** يعرف المحلول بأنه مزيج متجانس لمادتين أو أكثر. وكل محلول يتألف من مادة مذابة (Solute) غالبا تكون بكميات قليلة، والوسط الذي تنتشر فيه المادة المذابة بشكل أيونات أو جزيئات والذي يطلق عليه اسم المذيب (Solvent). وعندما يؤخذ الماء بنظر الاعتبار مذيبا فيطلق على المحلول اسم المحلول المائي (Aqueous solution)، تم تحضير محاليل الأملاح بنسب مختلفة ومن صنف المحاليل غير المشبعة (كمية المادة المذابة فيها أقل مما تتطلبه قابلية ذوبان تلك المادة لإشباع 100 غم من المذيب في درجة حرارة معينة)(الهيتي، 1978)، وكمثال لتحضير 3% من محلول كلوريد الصوديوم حيث تذاب 3 غرام من كلوريد الصوديوم في 100 غرام ماء مقطر (Distilled Water) كنسبة وزنية (Harvey, 2000) ويترك لمدة 24 ساعة.

2. **تحضير المحلول المعلق** (Suspension)**:** وهو المحلول الذي يمكن تمييز دقائق المذاب فيه بالعين المجردة وهو محلول غير متجانس سرعان ما تنفصل فيه دقائق المذاب عن المذيب وتستقر في قعر الإناء الذي يحويها (الهيتي، 1978) التربة العابرة من منخل رقم 40 تخلط مع المحلول المحضر في الخطوة رقم 1 وبنسبة 2:1 ثم تمزج في الخلاط لمدة 15 دقيقة ثم يوضع المحلول العالق على ورق ترشيح ويترك ليجف (Al-Shibli, 1991) ، التربة عابرة منخل رقم 40 تجري فحوصات حد السيولة واللدونة، نسبة الانتفاخ الحر وضغط الانتفاخ. طريقة الغسل المتبعة أعلاه تكرر مرة ثانية (لنموذج التربة المجففة والمطحونة والعابرة منخل رقم 40) وتجري نفس الفحوصات أنفة الذكر، وتكرر الغسلة لمرة ثالثة مع إجراء الفحوصات وملاحظة تأثير الغسل، والشكل (٢) يوضح مخطط انسيابي لبرنامج العمل والشكل (3) يوضح مراحل عملية غسل التربة وطريقة الفحص.



شكل (1) مخطط انسيابي يوضح برنامج العمل

الشكل (2) مراحل عملية غسل التربة وطريقة الفحص

– الأملاح. 2– محاليل الأملاح في الاسطوانة المدرجة والتربة العابر من منخل رقم 40. 3– خلاطه لخلط المحاليل والتربة . 4– محلول عالق على ورق ترشيح. 5– التربة بعد الغسل بمحلول كلوريد البوتاسيوم والتجفيف للمرة الثالثة. 6– النموذج داخل كيس (نايلون) . 7– حلقة الانضمام والمكبس (اسطوانة مجوفة وكابسة) . 8 و9– النموذج أثناء الكبس . 10– النموذج مكبوس داخل حلقة الانضمام . 11 – النموذج في خلية الانضمام. 12– موازنة جهاز الانضمام . 13 و14– فحص نسبة الانتفاخ الحر. 15 و16– فحص ضغط الانتفاخ.

النتائج والمناقشة

خواص الترب الطبيعية

الجدول رقم (1) يبن خاص الترب الطبيعية غير المعالجة

الجدول (1) خواص الترة الطبيعية المستخدمة في البحث

تفاصيل الخواص (Details of properties)		القيمة (value)		
		Y	J	Ks
العمق (m)		1.5	1.5	1.5
المحتوى الرطوبي (%)		9.08	15	16
الوزن النوعي (Gs)		2.71	2.82	2.84
حد السيولة (L.L)(%)		49	75	76
حد اللدونة (P.L)(%)		26	35	32
محتوى اللدونة (P.I)(%)		23	40	44
الفعالية (A)		0.64	0.85	0.86
الانتفاخ الحر (%)		5.38	9.93	12.2
ضغط الانتفاخ*100 (kPa)		4.38	6.1	7.04
طاقة الرص القياسية	الكثافة الجافة العظمى (kN/m^3)	16.26	14.32	14.08
	المحتوى الرطوبي الأمثل (%)	19.8	25.4	24
طاقة الرص المعدلة	الكثافة الجافة العظمى (kN/m3)	17.66	16.48	16.28
	المحتوى الرطوبي الأمثل (%)	17.5	19.5	19

التدرج الحبيبي للتربة	نسبة الطين (%)	M.I.T.	36	47	51
	نسبة الغرين (%)		59	41	46
	نسبة الرمل (%)		4	9	3
	نسبة الحصى (%)		1	3	0
تصنيف التربة	نظام التصنيف الموحد (USCS)		CL	CH	CH
	نظام تصنيف الجمعية الأمريكية للطرق (AASHTO)		A-7-6	A-7-5	A-7-5
	التصنيف بحسب معادلة (Seed et al, 1962b) $Sp\ (\%) = 3.6^{*}\ 10^{-5}\ A^{2.44}\ C^{3.44}$		2.73 (متوسطة الانتفاخ)	13.68 (عالية الانتفاخ)	18.64 (عالية الانتفاخ)

<u>التحليل المعدني</u>

الجدول رقم (2) يبين نتائج التحليل المعدني بواسطة حيود الأشعة السينية لتربة اليرموك وتربة الجامعة تربة الكسك .

جدول رقم (2) نتائج التحليل المعدني للترب

الترب	الكثافة (Intensity)				
	المونتموريلونايت*	لكاؤولينايت#	الالايت#	الكلورايت*	الباليكورسكايت#
اليرموك	600	600	670	670	710
الجامعة	2175	975	1175	-	1200
الكسك	2200	900	1050	-	1100

- ***المقارنة على أساس الترب المعاملة بمادة اثيلين كلايكول في فحص التحليل المعدني بواسطة حيود الأشعة السينية.**
- **# المقارنة على أساس الترب الطبيعية في فحص التحليل المعدني بواسطة حيود الأشعة السينية.**

<u>تأثير نسب مختلفة وعدد مرات الغسل بمحاليل الأملاح في خواص اللدونة</u>

يوضح الجدول (3) قيم كل من حد السيولة (Liquid Limit)، وحد اللدونة (Plastic Limit) ودليل اللدونة (Plasticity Index) للترب الطبيعية (اليرموك، الجامعة،

الكسك) والترب المغسولة بمحاليل الأملاح بنسب مختلفة من كلوريد الصوديوم، كلوريد البوتاسيوم وكلوريد الكالسيوم ولثلاث مرات غسل، إذ يلاحظ انخفاض في قيم حد السيولة ودليل اللدونة مع زيادة نسبة الغسل بمحاليل الأملاح للمرة الأولى ويعود السبب في ذلك إلى زيادة تركيز الايونات الموجبة في التربة ونتيجة لذلك تحصل عملية تجمع (Flocculation) لجسيمات الطين، وتقل فعالية الطين بسبب انخفاض لدونة التربة، وكذلك نسبة من الطين مع زيادة نسبة الغسل بمحاليل الأملاح قد تتحول إلى سلوكية الغرين ونتيجة لذلك يقل امتصاصها للماء ويؤدي إلى تقليل سمك الطبقة الثنائية المنتشرة .

الجدول (3) خواص اللدونة للترب الثلاث المعاملة بمحاليل الأملاح

Number of Washes	Y	NaCI				KCl				$CaCl_2$		
1		1%	3%	5%		1%	3%	5%		1%	3%	5%
L.L(%)	49	42	41	34		47	37	36		41	36	39
P.L(%)	26	20	23	21		28	24	24		20	20	22
P.I (%)	23	22	18	13		19	13	12		21	16	17
2												
L.L(%)		40	39	37		35	37	38		43	34	37
P.L(%)		24	25	25		24	26	27		20	20	20
P.I (%)		16	14	12		11	11	11		23	14	17
3												
L.L(%)		42	39	38		38	36	37		41	34	40
P.L(%)		27	26	25		29	29	30		27	21	20
P.I (%)		15	13	13		9	7	7		14	13	20
1	J	1%	3%	5%		1%	3%	5%		1%	3%	5%
L.L(%)	75	70	62	54		64	59	57		64	63	57

P.L(%)	35	30	29	32		34	35	38		27	29	24
P.I (%)	40	40	33	22		30	24	19		37	34	33
2												
L.L(%)		61	57	54		62	59	55		63	60	55
P.L(%)		25	27	31		37	36	37		34	32	30
P.I (%)		36	30	23		25	23	18		29	28	25
3												
L.L(%)		60	55	52		63	55	55		63	55	52
P.L(%)		36	33	33		42	35	37		37	29	25
P.I (%)		24	22	19		21	20	18		26	26	27
1	Ks	1%	3%	5%		1%	3%	5%		1%	3%	5%
L.L(%)	76	70	65	64		75	67	65		70	68	63
P.L(%)	32	35	37	37		47	41	40		30	30	29
P.I (%)	44	35	28	27		28	26	25		40	38	34
2												
L.L(%)		64	60	57		70	65	62		69	65	60
P.L(%)		42	34	33		49	40	41		40	38	34
P.I (%)		22	26	24		21	25	21		29	27	26
3												
L.L(%)		61	64	61		67	63	59		65	61	51
P.L(%)		44	39	42		51	41	42		36	35	25
P.I (%)		17	25	19		16	22	17		29	26	26

ومن خلال النتائج يتبين ان أعلى نسبة انخفاض في حد السيولة لتربة اليرموك هو (30.61%) عند غسلها بمحلول كلوريد الصوديوم بنسبة (5%) في الغسلة الأولى ، و(26.53%) عند غسلها بمحلول كلوريد البوتاسيوم بنسبة (5%) في الغسلة الأولى و (26.53%) عند غسلها بمحلول كلوريد الكالسيوم بنسبة (3%) في الغسلة الأولى ، وعند مقارنة النتائج مع مقدار نسبة الانخفاض لحد السيولة في الغسلة الثانية والثالثة لنفس النسب

أعلاه في غسل التربة بمحاليل الأملاح يظهر نسبة انخفاض قليلة أو ارتفاع في قيم حد السيولة نسبة إلى تأثير أول غسلة للتربة بمحاليل الأملاح. والسبب في ذلك يعود إلى حصول أعلى تبادل أيوني في الغسلة الأولى لنسبة (5%) من كلوريد الصوديوم والبوتاسيوم و (3%) من كلوريد الكالسيوم، ينتج عنه زيادة تركيز الايونات الموجبة في التربة ونتيجة لذلك تحصل عملية تجمع (Flocculation) لجسيمات الطين مما يقلل سمك الطبقة الأيونية المزدوجة (Al-Shibli, 1991). ويلاحظ الانخفاض القليل والارتفاع في قيم حد السيولة في الغسلة الثانية والثالثة، الانخفاض في قيم حد السيولة للاسباب التي ذكرت، والارتفاع في قيم حد السيولة سببها الزيادة المفرطة في تركيز الايونات الموجبة الذي ينتج عنه انجذاب الماء بقطبها السالب.

وان أعلى نسبة انخفاض في دليل اللدونة لتربة اليرموك هي (47.83%) عند غسلها بمحلول كلوريد البوتاسيوم بنسبة (5%) في الغسلة الأولى، (43.48%) عند غسلها بمحلول كلوريد الصوديوم بنسبة (5%) في الغسلة الأولى، (30.43%) عند غسلها بمحلول كلوريد الكالسيوم بنسبة (3%) في الغسلة الأولى. والسبب في انخفاض دليل اللدونة يعود إلى حصول عملية تجمع لجسيمات الطين للتربة المعاملة بمحاليل الأملاح، وكما ذكر سابقا أن الايونات المختلفة لها طاقة تميئ مختلفة فأن طاقة التميئ العالية للايون (لها نفس التكافؤ) يحتاج إلى طاقة عالية لفصل الايون الموجب من جزيئة الماء أثناء الامتزاز، لذلك طاقة تميئ أيون البوتاسيوم (K^{+1}) أقل من طاقة تميئ ايون الصوديوم (Na^{+1})، والطاقة اللازمة لفصل أيون البوتاسيوم من جزيئة الماء في المحلول العالق أقل هذا من جهة ومن جهة أخرى طبيعة الايونات الموجبة قابلة للتبادل وايونات البوتاسيوم المتميئة صغيرة الحجم ($3.8A^{\circ}$ – 5.32 A°) تتجه وتتبادل مع أيون الصوديوم الكبير الحجم المتميئ ($5.6\ A^{\circ}$ - $7.9\ A^{\circ}$)، ويمتاز أيون البوتاسيوم بأنه يدخل ضمن تركيب معدن الالايت وتربط بين طبقاته الموجود في التربة (Grim, 1968) (Wu, 1966)، حجم أيون ا لصوديوم المتميئ أصغر من حجم أيون الكالسيوم المتميئ ($9.6\ A^{\circ}$)، لذلك تأثير أيون الصوديوم في تقليل لدونة التربة أعلى من أيون الكالسيوم. ويلاحظ أن نسبة قيم انخفاض حد السيولة ودليل اللدونة في الغسلة الأولى أعلى من الغسلة الثانية والثالثة لتأثير الغسل بمحاليل الأملاح، والسبب يعود إلى أن زيادة

تركيز الايونات الموجبة التي يؤدي إلى انجذاب الماء بقطبها السالب وانتفاخ جسيمة الطين بسبب تغير نسبة تركيز الأملاح وهذا عبر عنه (Al-Shibli, 1991) بواسطة قانون نسبة (Ratio law) عندما لاحظ التبادل الأيوني في تربة في أول غسله أعلى من الغسله الثانية والثالثة بمحاليل الأملاح والذي ينص عندما تكون الايونات الموجبة في المحلول العالق في حالة توازن مع عدد اكبر من الايونات القابلة للتبادل، أي تغير في تركيز المحلول العالق لن يعكر الموازنة إلا إذا تغير تركيز كل أيونات أحادية التكافؤ (Monovalent) في النسبة الواحدة، تغير تركيز كل ثنائي التكافؤ (Divalent) في مربع النسبة، تغير تركيز كل ثلاثي التكافؤ في مكعب النسبة "(Greenland, 1978).

وكذلك يوضح الجدول (3) قيم حد السيولة ودليل اللدونة لتربة الجامعة والكسك ،ويظهر من الجدول أن سلوك التربة مشابهة لسلوك تربة اليرموك. فيما يلاحظ انخفاض حد السيولة ودليل اللدونة في الغسله الأولى لجميع نسب الأملاح المستعملة والسبب في ذلك يعود إلى أن تربة الجامعة تحتوي على نسبة عالية من الطين التي تحتوي على معدن المونتموريلونايت والالايت بينما تربة الكسك تحتوي نسبة أعلى من الطين التي تحتوي على نسبة أعلى من معدن المونتموريلونايت ونسبة من الالايت، ونتيجة لذلك يزداد السطح النوعي (Specific surface)، وبذلك يزداد تركيز الشحنات السالبة لجسيمة الطين وبالتالي تحتاج إلى عدد اكبر من الايونات الموجبة لموازنة هذه الشحنات، ونتيجة لذلك الايونات الموجبة المتوفرة في التربة نتيجة عملية الغسل بمحاليل الأملاح مما يؤدي إلى حصول عملية تجمع (Flocculation) لجسيمات الطين ولنفس الأسباب السابقة يؤدي إلى تقليل سمك الطبقة الثنائية المنتشرة.

مما تقدم يتضح أن النسب المثلى لتأثير الغسل بمحاليل الأملاح على خواص اللدونة هي 3% من كلوريد البوتاسيوم (KCl) في الغسلة الثالثة لتربة اليرموك، 5% من كلوريد البوتاسيوم أيضاً في الغسلة الثانية لتربة الجامعة، وكذلك 1% من كلوريد البوتاسيوم في الغسلة الثالثة لتربة الكسك. وذلك لما يمتاز بها أيون البوتاسيوم للأسباب التي ذكرت فيما سبق.

تأثير نسب مختلفة وعدد مرات الغسل بمحاليل الأملاح في خصائص الانتفاخ

يوضح الجدول (4) قيم نسبة الانتفاخ وضغطه لتربة اليرموك وتربة الكسك المعاملة بمحاليل الأملاح بنسب مختلفة من كلوريد الصوديوم، وكلوريد البوتاسيوم وكلوريد الكالسيوم ولثلاث مرات غسل عند المحتوى الرطوبي الأمثل (O.M.C) والكثافة الجافة العظمى ($\gamma_{d\ max}$) لفحص الرص المعدل، إذ يلاحظ انخفاض في قيم نسبة الانتفاخ وضغطه مع زيادة الغسل بمحاليل الأملاح والسبب ربما يعود إلى زيادة تركيز الايونات الموجبة (cations) على أسطح جسيمة الطين (في التربة) حسب نسبة الأملاح المستعملة في الغسل، إذ يلاحظ أن استعمال (1%) من محلول كلوريد الصوديوم في غسل التربة يؤدي إلى زيادة تركيز الايون الموجبة (Na^+) في التربة، وإن إضافة الماء إلى التربة المعاملة بمحاليل الأملاح تؤدي إلى امتزاز الايونات الموجبة (المتوفرة في التربة) والقابلة للتبادل مع أيونات أخرى، فأن هذه النسبة من الايونات الموجبة لا تعادل الشحنات السالبة على أسطح جسيمة الطين، ونتيجة لذلك تمتز الايونات الموجبة من ماء التربة الحاوية على الأملاح وضمن المجال الكهربائي (Electric field) بفعل قوة كولوم (Coulomb Electrical) وفي الوقت نفسه يحصل تنافر للايونات بفعل الطاقة الحرارية (Thermal Diffusion) وينتج عنه تكوين الطبقة الأيونية المزدوجة.

وعند زيادة نسبة الأملاح المستعملة في الغسل الترب من محلول كلوريد الصوديوم إلى (3%)، (5%) على التوالي، يلاحظ زيادة تركيز أيونات الصوديوم (Na^+) الذي ينتج عنه تقليل من امتزاز جسيمة الطين السالبة الشحنة للايونات الموجبة، ونتيجة لذلك يقل سمك الطبقة الأيونية المزدوجة مما يقلل نسبة وضغط الانتفاخ، هذا من جهة ومن جهة أخرى زيادة تركيز الأملاح في التربة يعمل على تقليل المسافة بين جسيمات الطين وزيادة التأثير الصافي للقوى بين جسيمات التربة التي هي قوة تجاذب ونتيجة لذلك تزداد قوى فاندروالز بين جسيمات الطين (Singh, 1992)، التي تؤدي إلى تشكيل بنية متعامدة للتربة (Flocculated) (Lambe and Whitman, 1976). كما يلاحظ أن غسل تربة اليرموك بمحاليل الأملاح بنسب مختلفة من كلوريد البوتاسيوم وكلوريد الكالسيوم تسلك التربة سلوكا متشابهاً في التقليل من سمك الطبقة الأيونية المزدوجة ونتيجة لذلك تقل نسبة وضغط الانتفاخ حسب درجات نسب الأملاح المستعملة في الغسل. ومن خلال الجدول (4) يلاحظ أن قيم تأثير الغسل بمحاليل الأملاح على تربة الكسك تسلك التربة سلوكاً مشابهة لتربة اليرموك.

الجدول (4) قيم نسبة وضغط الانتفاخ لتربة اليرموك وتربة الكسك المعاملة بمحاليل الأملاح عند محتوى رطوبي الأمثل والكثافة الجافة العظمى لفحص الرص المعدل

Number of Washes	Y	NaCI				KCl				CaCl2		
1		1%	3%	5%		1%	3%	5%		1%	3%	5%
Swelling Pressure *100(kPa)	4.38	3.9	3.57	2.87		3.42	1.61	0.95		3.63	1.67	1.50
Free Swell(%)	5.38	5.28	5.0	4.9		4.48	3.16	1.72		4.59	3.45	1.89
2												
Swelling Pressure *100(kPa)		2.09	2.3	1.75		3.13	2.53	2.08		3.30	1.4	1.37
Free Swell(%)		3.5	3.2	1.89		3.2	3.79	3.7		4.20	3.30	1.7
3												
Swelling Pressure *100(kPa)		4.36	3.17	3.01		2.03	1.93	3.87		3.93	2.19	1.38
Free Swell(%)		5.36	5.15	5.1		3	3.35	4.51		4.32	4.37	3.79
1	Ks	1%	3%	5%		1%	3%	5%		1%	3%	5%
Swelling Pressure *100(kPa)	7.04	6.21	5.13	4.57		6.5	4.74	4.28		5.84	4.5	3
Free Swell(%)	12.2	11.96	10.33	10.14		11.48	7.7	6.6		10.81	9	6.2
2												

Swelling Pressure *100(kPa)		6.1	3.8	3.72		6.35	4.58	4.64		5.5	2.88	1.64
Free Swell(%)		11.1	8.85	9.57		10.53	7.42	8		10.5	7	6
3												
Swelling Pressure *100(kPa)		4.88	4.01	3.36		6.12	4.42	3.5		4.98	2.66	1.39
Free Swell(%)		10	9.57	9.57		8.71	7.4	6.08		10.33	7	5.69

ويلاحظ من الجدول (5) قيم نسب انخفاض تأثير الغسل بمحاليل الأملاح على نسبة الانتفاخ وضغطه لتربة الكسك في الغسلة الأولى، حيث يلاحظ أن تأثير محلول كلوريد الكالسيوم يسبب انخفاض ضغط و نسبة الانتفاخ الحر بنسبة (57.38%)(49.18%) على التوالي عند غسلهما بنسبة (5%)، وهو أعلى من تأثير محلول كلوريد البوتاسيوم الذي يسبب انخفاض بنسبة (39.2%)(45.9%) على التوالي من ضغط و نسبة الانتفاخ الحر عند غسلهما بنسبة (5%)، وهذا أعلى من محلول كلوريد الصوديوم الذي يسبب انخفاض بنسبة (35.09%)(16.84%) على التوالي من ضغط و نسبة الانتفاخ الحر عند غسلهما بنسبة (5%)، والسبب يعود إلى أن ايون الكالسيوم (Ca^{+2}) ثنائي التكافؤ (Divalent) وحسب نظرية (The Gouy-Chapman Theory) تأثيره أعلى من احادي التكافؤ (Monovalent) في التقليل من سمك الطبقة الأيونية المزدوجة (Mitchell, 1976).

والسبب أيضا يعود إلى أن امتزاز أيون الكالسيوم (Ca^{+2}) أقوى وأكثر إحكاما من أيون البوتاسيوم (K^{+1}) وأيون الصوديوم (Na^{+1}) إلى أسطح جسيمة الطين السالبة الشحنة (Singh, 1992) وهذا نتيجة الجهد الكهربائي أو الجهد السطحي (Surface Potential){ الذي يعرف بأنه العامل المطلوب على جلب وحدة الشحنة الموجبة (a positive unit charge) من حالة الإشارة (عند وصول الماء) إلى النقطة المحددة (أسطح جسيمة الطين السالبة الشحنة) في المجال الكهربائي (Electric field)}(Mitchell, 1976).

الجدول (5) نسبة الانخفاض في قيم نسبة وضغط الانتفاخ لتربة الكسك المعاملة بمحاليل الأملاح

Number of Washes		NaCI			KCl			CaCl2		
1	Ks	1%	3%	5%	1%	3%	5%	1%	3%	5%
نسبة الانخفاض في (%)	Swelling Pressure (kPa)	11.79	27.13	35.09	7.67	32.67	39.20	17.05	36.07	57.38
	Free Swell(%)	1.97	15.33	16.84	5.9	36.88	45.9	11.39	26.213	49.18
	2									
	Swelling	13.35	46.02	47.16	9.8	34.94	34.09	21.87	59.09	76.70

	Pressure (kPa)											
	Free Swell(%)	9.02	27.46	21.56		13.69	39.18	34.42		13.93	42.62	50.82
	3											
	Swelling Pressure (kPa)	30.68	43.04	52.27		13.07	22.37	50.28		29.26	62.22	80.26
	Free Swell(%)	18.03	21.56	21.56		28.61	39.34	50.16		15.33	42.62	53.36

الجدول (6) يوضح قيم نسبة وضغط الانتفاخ لتربة الجامعة المعاملة بمحاليل الأملاح بنسب مختلفة من كلوريد الصوديوم ، كلوريد البوتاسيوم وكلوريد الكالسيوم ولـــثلاث مـــرات غسل عند محتوى رطوبي الأمثل (O.M.C) والكثافة الجافة العظمى ($\gamma_{d\ max}$) لفحص الرص المعدل، حيث يلاحظ أن تربة الجامعة تسلك سلوكاً مشابهة لتربة اليرموك والكسك في التقليل من سمك الطبقة الأيونية المزدوجة والذي يؤدي إلى انخفاض نسبة وضغط الانتفاخ.

ومن خلال النتائج يلاحظ أن تأثير محلول كلوريد الكالسيوم يسبب أعلى انخفاض بنسبة (86.07%)(66.06%) على التوالي من ضغط و نسبة الانتفاخ الحر عند غسلهما بنسبة (5%)، وهو أعلى من تأثير محلول كلوريد البوتاسيوم الذي يسبب انخفاض بنسبة (63.28%)(47.83%) على التوالي من ضغط و نسبة الانتفاخ الحر عند غسلهما بنسبة (5%)، وهذا أعلى من محلول كلوريد الصوديوم الذي يسبب انخفاض بنسبة (53.28%)(32.73%) على التوالي من ضغط و نسبة الانتفاخ الحر عند غسلهما بنسبة (5%)، والسبب يعود إلى نفس الأسباب التي ذكرت لتربة الكسك، بينما الانخفاض والارتفاع في الغسلة الثانية والثالثة أيضا مشابهة لسلوك تربة الكسك

الجدول (6) قيم نسبة وضغط الانتفاخ لتربة الجامعة المعاملة بمحاليل الأملاح عند محتوى رطوبي الأمثل والكثافة الجافة العظمى لفحص الرص المعدل

Number of Washes						

	J	NaCI				KCl				CaCl2		
1		1%	3%	5%		1%	3%	5%		1%	3%	5%
Swelling Pressure *100(kPa)	6.1	4.83	3.36	2.85		5.06	3.52	2.24		2.59	2.44	0.85
Free Swell(%)	9.93	9.70	8.29	6.68		9.2	6.08	5.18		6.33	6.2	3.37
2												
Swelling Pressure *100(kPa)		2.67	2.27	2.13		4.87	2	3.26		3.68	2.93	0.91
Free Swell(%)		7.49	6.28	5.83		8.52	5	7.11		8.24	7	3.37
3												
Swelling Pressure *100(kPa)		5.53	2.75	1.22		5.98	3.99	2.74		2.97	1.67	0.81
Free Swell(%)		9.9	6.51	5.73		9.25	6.78	5.93		6.3	4.32	2.91

مما تقدم يتضح أن النسب المثلى لتأثير الغسل بمحاليل الأملاح على خصائص الانتفاخ هي 5% من كلوريد البوتاسيوم في الغسلة الاولى لتربة اليرموك، 5% من كلوريد الكالسيوم في الغسلة الأولى لتربة الجامعة، 5% من كلوريد الكالسيوم أيضاً في الغسلة الثالثة لتربة الكسك.

يلاحظ من الجداول (٤)(5)(6) أن تأثير (1%) غسل الترب بمحاليل الأملاح للمرة الأولى يؤدي إلى انخفاض ضغط الانتفاخ، والسبب يعود إلى زيادة تركيز الايونات الموجبة على أسطح الجسيمات في التربة، مما يقلل امتزاز أسطح جسيمة الطين السالبة الشحنة للايونات الموجبة عند تعرضها للماء مما يقلل مسافة الانفصال بين الجسيمات ويكون التأثير

الصافي للقوى، قوة التجاذب وتتشكل بنية متعامدة مما يقلل سمك الطبقة الأيونية المزدوجـــة ونتيجة لذلك يقل ضغط الانتفاخ.

الأستنتاجات

من هذه الدراسة التي تناولت تأثير الغسل بمحاليل الأملاح في خصائص الترب الانتفاخية، فقد تم التوصل إلى الاستنتاجات الآتية :-

1. غسل الترب الانتفاخية بمحاليل الأملاح يقلِّل من خواص اللدونة للتربة.
2. قد يكون أيون البوتاسيوم (K^{+1}) له خاصية تقليل فعالية التربة نتيجة انخفاض لدونة التربة. ويمتاز أيون البوتاسيوم (K^{+1}) في تقليل خصائص الانتفاخ في الترب متوسطة الانتفاخ أو الترب الحاوية على نسب أكبر من معدن الالايت نسبة إلى المعادن الأخرى. اما أيون الكالسيوم ثنائي التكافؤ (Ca^{+2}) يمتاز في تقليل خصائص الانتفاخ في الترب عالية الانتفاخ أو الترب الحاوية على نسب أكبر من معدن المونتموريلونايت نسبة إلى المعادن الأخرى.
3. عدد مرات الغسل بمحاليل الأملاح يقلل من خواص اللدونة للتربة مالم يتغير تركيز الأملاح.
4. غسل الترب الانتفاخية بمحاليل الأملاح يقلل من خصائص الانتفاخ للتربة، وعدد مرات الغسل بمحاليل الأملاح يقلل أيضا من خصائص الانتفاخ للتربة مالم يتغير توزيع الايونات في نظام الطين– الماء والمحاليل الكهربائية.
5. النسب المثلى لتأثير الغسل بمحاليل الأملاح على خواص اللدونة هي 3% من كلوريد البوتاسيوم (KCl) في الغسلة الثالثة لتربة اليرموك (تربة طينية واطئة اللدونة)، 5% من كلوريد البوتاسيوم أيضاً في الغسلة الثانية لتربة الجامعة (تربة طينية عالية اللدونة)، 1% من كلوريد البوتاسيوم أيضاً في الغسلة الثالثة لتربة الكسك (تربة طينية عالية اللدونة).اما تأثير الغسل بمحاليل الأملاح على خصائص الانتفاخ فأن النسب المثلى هي 5% من كلوريد البوتاسيوم (KCl) في الغسلة الأولى لتربة اليرموك (تربة

طينية واطئة اللدونة)، 5% من كلوريد الكالسيوم ($CaCl_2$) في الغسلة الأولى لتربة الجامعة (تربة طينية عالية اللدونة)، 5% من كلوريد الكالسيوم أيضاً في الغسلة الثالثة لتربة الكسك (تربة طينية عالية اللدونة).

References

- Al-Ashou, M.O. (1977), " Expansive Properties of the Clay in Mosul Area ", M. Sc. Thesis, Civil Engineering Department, University of Mosul.
- Al-Dabbagh, A.W. (2000), " Study of Expansive Behavior of Clay Using Soil Suction as Applied to Al-Wahda District Soil in Mosul Area ", M. Sc. Thesis, Civil Engineering Department, University of Mosul.
- Al-Layla, M.T. and Al-Ashou, M.O. (1985), " Swelling Properties of Mosul Clay ", Iraqi Conference on Engineering. ICE, Baghdad University, Engineering College, Baghdad-Iraq, pp. 29 - 32.
- Al-Shibli (1991)," Effect of Physico-Chemical Changes on Swelling Characteristics of Azraq Green Clay ", M. Sc. Thesis, Civil Engineering Department, University of Science and Technology, Jordan
- Greenland, D. J., and Hays, M. B. (Editors), (1978), " The Ghemistry of Soil Constituents ", John Wiley and Sons, Ltd, New York
- Grim, R.E. (1968), " Clay Mineralogy ", 2nd Ed., McGraw – Hill, New York.
- Gromko, G. J. (1974), " Review on Expansive Soil ", Journal of the Geotechnical Engineering Division, Proceeding of the American Society of Civil Engineers (ASCE), Vol. 100, No. GT6, June, pp. 667 - 685.
- Lambe, T. W. and Whitman, R.V. (1979), " Soil Mechanics ", John Wiley and Sons, Inc., New York, 553 p.

- Mitchell, J. K. (1976), " Fundamental of Soil Behaviour " , John Wiley and Sons , Inc., New York.
- Sabbah, M.R. (1987), " Evaluation of Soil Properties in Middle Part of Iraq ", M. Sc. Thesis, Dept. of Building and Construction Engg., University of Technology, Baghdad, Iraq
- Singh, A. (1992), " Modern Geotechnical Engineering ", 3rd Edition, CBS Publishers & Distributors (India), 846 p.
- الرحال ، طارق حسن محمد (2009)، تأثير إضافة كاربونات الكالسيوم والمستحلب الإسفلتي على التربة الطينية الانتفاخية ، رسالة ماجستير، كلية الهندسة– جامعة الموصل
- السنجري ، عثمان عبد الكريم ناصر (1997)، " دراسة بعض الخصائص الانتفاخية لتربة مدينة الموصل (حي الكفاءات الثانية) ، رسالة ماجستير، كلية الهندسة – جامعة الموصل.
- الصائغ ، سلوان كمال (1988)،خصائص الانتفاخ لتربة مدينة أربيل حي 7 نيسان ، رسالة ماجستير، كلية الهندسة – جامعة صلاح الدين.
- الهيتي ، إسماعيل خليل (1978)، الأسس النظرية للتحليل الكيميائي النوعي للمواد غير العضوية، الطبعة الأولى – جامعة السليمانية، 309 صفحة.

Effect The of Washing by Salts Solution on The Expansive Soil

Adnan ,J.Z. , Mofak , A.N

College of Engneering University of Tikrit

Abstract

This thesis deals with studying the effect of salts Solutions washing on the characteristics of expansive soil. The expansive soil was brought from three areas of Mosul city (The Yarmouk district, University of Mosul, and AL- Kasak). It emerged from the tests that the soils swelling properties are medium to high depend on clay contents. Where the results of the mineral analysis by X-ray diffraction device showed that the soils have the clay minerals: Montmorillonite, Kaolinite, Illite, Chlorite, and Palygorskite. But there is difference in the proportions of (quantity) clay minerals.

Three types of salts solutions are used in the washing, {Sodium Chloride (NaCl), Potassium Chloride (KCl), and Calcium Chloride ($CaCl_2$)}. To determine the effect of the washing for each ion on the index and swelling properties of the chosen soils sample, solutions were prepared at rates (1%, 3%, and 5%) in form of weight percentage, and three times washing for each rate.

The results showed a decrease in the amount of liquidity limit and the plasticity index of the soils in the first wash by salts solutions. with as increasing the rate and number of washing it obtained change (low and high) in the amount of liquidity limit and plasticity index of soils.

Also the results showed that the rate of reduction in the plasticity index of soils that washed by potassium chloride was the highest than soils that washed by sodium chloride and calcium chloride. And the optimum effect rates of washing by salts solution on the plasticity index are 3% of Potassium Chloride in the third wash for Yarmouk soil (clayey low plasticity soil), 5% of Potassium Chloride in the second wash for University soil (clayey high plasticity soil), and 1% of Potassium Chloride in the third wash for AL- Kasak soil (clayey high plasticity soil).

The results indicated that the first wash effect of salts solutions in the swelling properties of the soils that compacted at Optimum Moisture Content (OMC) and Maximum Dry Density ($g_{d\ max}$) taken from the Modified compaction curve, led to a reduction in the values of swelling properties as an increase in washing rate by salts solution. The results showed a reduction in the swelling properties in the first wash of the Yarmouk soil by potassium chloride at higher rate than using solution of sodium chloride and calcium. Also the results showed a reduction in the swelling properties in

the first wash of the University and AL Kasak soils by calcium chloride at higher rate than using solution of potassium chloride and sodium. And the multiple wash led to change (low and high) in the swelling properties. The optimum effect rates of washing by salts solution on the swelling properties are 5% of Potassium Chloride in the first wash for Yarmouk soil (clayey low plasticity soil), 5% of Calcium Chloride in the first wash for University soil (clayey high plasticity soil), 5% Calcium Chloride in the third wash for AL- Kasak soil (clayey high plasticity soil).