مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلمية - سلسلة العلوم الهندسية المجلد (20) العدد (6+7)1998
Tishreen University Journal for Studies and Scientific Research –Engineering Science Series Vol. (20) No (6+7) 1998

تثبيت التربة في الأساسات الطرقيّة ببقايا تصنيع وجلي البلاط

الدكتور المهندس رامي حنا*
الدكتور المهندس نزيه خير بك**

(قبل للنشر في 1998/9/21)

❐ ملخص ❐

تركز البحث على تثبيت التربة بإحدى النفايات الملوثة للبيئة لاستخدام المزيج (مثبت–تربة) في إنشاء طبقات رصف الطرق والطبقات السفلية من الأساس وما تحت الأساس وفي إنشاء الردميات. بينت نتائج التجريب فعالية كبيرة لنفاية تصنيع البلاط في تثبيت التربة فارتفعت مقاومة التربة 9.5 ضعف عند نسبة مثالية من نفاية مضافة بلغت 10% من الوزن الجاف للتربة الخام (المقاومة على الضغط البسيط بعد إشباع العينات بالماء). أما مؤشرات المتانة على الضغط البسيط التي حصلنا عليها تسمح لنا باستخدام المزيج في إنشاء الطبقة السفلية من طبقة الأساس في منظومة الرصف الطرقية حسب المواصفات الروسية والمواصفات البريطانية. أما مؤشرات اللدونة فقد انخفضت عند إضافة النفاية للتربة إلى حدود تسمح بها أغلب المواصفات.

* مدرس في كلية الهندسة المدنية – جامعة تشرين – اللاذقية – سورية.
** أستاذ مساعد في كلية الهندسة المدنية – جامعة تشرين – اللاذقية – سورية.

مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلمية - سلسلة العلوم الهندسية المجلد (20) العدد (6+7) 1998
Tishreen University Journal for Studies and Scientific Research –Engineering Science Series Vol. (20) No (6+7) 1998

SOIL STABILIZATION BY USING INDUSTRIAL RESIDUALS

Dr. Eng. Rami HANNA*
Dr. Eng. Nazih KHERBIK**

(Accepted 21/9/1997)

❐ ABSTRACT ❐

Our research was concentrated on stabilizing the soil by using the residuals of floor tile industry.The mixe(soil – residual)can be used in road pavement (bese and sub-base)and embankment. in order to use the mix in building the pavement of roads (base and sub-bease) and embankment. The results of tests have shown high effect in stabilizing the soil by this residua.The strength of soil has increased in 9.5 th. once when we add 10% percent of residual. Compression strength of mixture has allowed us to use it in building sub-bases and lower layers of bases according to SNIP and B.S. Plastic index decreased when we added residuals to limits allow us to use mix according to most of cods.

* Faculty of civil Engineering Department of Transportation University Tishreen. Lattakia – Syria.

** Faculty of civil Engineering Department of Geotechnic University Tishreen. Lattakia – Syria.

I- مقدمة:

أخذ الاهتمام بتزايد أكثر فأكثر في الأعوام الأخيرة من أجل وضع الحلول المناسبة لمشاكل تلوث البيئة وذلك نظراً لاستفحالها وفداحة تأثيرها على مظاهر الحياة كافةً. وعلم تثبيت التربة، شأنه شأن بقية العلوم الأخرى المهتمة بهذا الموضوع، أخذ يبحث عن السبل والمواد التي يمكن استخدامها لتحسين الخواص الفيزيائية والميكانيكية للترب الضعيفة التي لا تصلح بوضعها الخام الذي هي عليه لأغراض إنشاء الردميات الترابية وتأسيس طبقات رصف الطرق[1،2،3]. لذلك فإن التوجه نحو استخدام المواد المحلية لأغراض الإنشاء بأنواعها المختلفة في مجال الهندسة المدنية أصبح محتوماً، ونظراً لندرة توفر المواد عالية الجودة والملائمة لأغراض الإنشاء. فلابد من معالجة المواد المحلية بهدف الوصول إلى الغاية المرجوة منها. والجدير بالذكر أن هناك طرائق عديدة باتت معروفة في تثبيت التربة، منها تثبيت التربة بالأسمنت أو بالكلس أو بالسيليكات وغيرها من المواد الكيميائية الفعالة[2،3،4].

ونحاول في موضوعنا هذا أن نبحث عن مواد مثبتة جديدة نتوخى أن تفي بالغرض الذي ذهبنا إليه لذلك فقد وقع اختيارنا على مادة نفايات تصنيع البلاط (جلي وقص وتصنيع) كون هذه النفاية تشابه بسلوكها المثبت سلوك الأسمنت والكلس المطفأ.

ونفايات البلاط كما هو معلوم، تسبب مشكلة بيئية كبيرة فهي تدمر الغطاء النباتي حيثما تكون موجودة وهذا ما لاحظناه في المناطق التي ترمي بها معامل البلاط هذه النفايات عند مداخل المدن والأماكن غير المأهولة. إضافة إلى ذلك فإن لهذه النفايات تأثيراً سلبياً على شبكات تصريف المياه المالحة ومياه الأمطار، التي إذا ما تم تصريف هذه النفايات عبرها فإن عمرها التصميمي ينخفض إلى النصف لأنها تتصلب بعد مدة من الزمن داخل الأنابيب وتعطل عملها الطبيعي. واستناداً إلى المعطيات الوافرة عن كميات كبيرة من النفايات تقدر بآلاف الأطنان سنوياً وضعنا مخططاً تجريبياً لتثبيت تربة منتقاة بهذه النفاية تتمتع بوضعها الخام بمواصفات متانة سيئة لا تسمح باستخدامها في إنشاء طبقات رسف الطريق.

II- الخواص الفيزيائية والميكانيكية البدائية للتربة المنتقاة وللنفاية المستخدمة في التثبيت:

وقد اختيارنا على تربة مدخل جامعة تشرين (مشروع نفق الجامعة) حيث تتمتع هذه التربة بواصفات متانة وتشوه سيئتين إضافة إلى خواص فيزيائية (خواص اللدونة مثلاً) لا تسح باستخدامها في إنشاء حتى الطابق الترابي، كون هذه التربة تتطلب سماكات كبيرة من الرصف الجيد فوقها لؤدي الطريق متطلبات المتانة والاستقرار اللازمين. ومعلوم أن هذه التربة تم استبدالها في مدخل الجامعة والاستعاضة عنها بمواد جيدة لإنشاء الطابق الترابي والطبقة السفلية من الأساس في منظومة الرصف التي استخدمت عند توسيع مدخل الجامعة.

علماً بأن سماكة الطبقة المستبدلة من هذه التربة وصلت إلى 160cm في بعض الحالات، وهذا برأينا الشخصي حل مبالغ به من الوجهة الإنشائية ويمكن الاستعاضة عنه بالتفكير بحلول التثبيت التي تعتبر ناجعة في أغلب الحالات. أما نتائج تجريب التربة فهي مبينة في الجدول رقم (1).

جدول (1): الخواص الفيزيائية والميكانيكية البدائية للتربة

الخاصة	رقم الكود	القيمة	
1- حد السيولة	ASTM D423-66		LL = 37.5%
2- حد اللدونة	ASTM D424-59		LL = 25.4%
3- قرينة اللدونة			PI = 12
4- الوزن النوعي	ASTM D854-58		G_s = 2.74gr/cm^3
5- التركيب الحبي	ASTM D422-93	قطر المنخل	نسبة المار (%)
		No. 10	97.6
		No. 40	91
		No. 200	56
6- نسبة التحمل الكاليفور (C.B.R) لوسطي ثلاث عينات		قبل الإشباع C.B.R = 35.7%	بعد الإشباع C.B.R = 7%
7- الانتفاخ النسبي			S = 1%
8- المقاومة على الضغط البسيط لعينات أسطوانية (PCT-USSR-82-79)		058 MPa	0.18 MPa
9- معامل مرونة التربة		E = 18.5 MPa	E = 8.75 MPa
10- زاوية الاحتكاك الداخلي		ϕ =24°	ϕ = 9°
11- التماسك		C = 0.22 MPa	C = 0.078 MPa

لقد تم رص العينات التي اختبرت للحصول على قيم (C.B.R) والمقاومة على الضغط البسيط وعوامل المرونة ومواصفات القص وفق الكثافة الجافة العظمى والرطوبة المثالية بحيث تكون قيمة $\gamma_d = \gamma_{d\max} \pm 2\%$

من نتائج التحليل الحبي وخواص اللدونة نجد بأن تصنيف التربة وفق تصنيف الـAASHTO كان (A-6) فهي حسب هذا التصنيف[5] فقيرة الخواص إلى ضعيفة لاستخدامها في إنشاء الطابق الترابي والردميات لذلك تعتبر هذه التربة من الغضاريات أو مواد غضارية سيلتية كون المار من المنخل (No. 200) بتجاوز نسبة 35%. أما الخواص الفيزيائية والميكانيكية الأساسية للنفاية فكانت كما يلي:

1- الوزن النوعي 2.78.
2- قرينة اللدونة PI = 6%.
3- الكثافة الجافة العظمى 1.69 g/cm^3.
4- المقاومة على الضغط البسيط في الحالة المشبعة 12Kg/cm^3.

III- تثبيت التربة المنتقاة بنسب متزايدة من نفاية تصنيع البلاط:

تم وضع مخطط تجريبي لتثبيت التربة المنتقاة بنسب متزايدة من نفاية معامل البلاط، وعند كل نسبة تمت دراسة تبدل الخواص الفيزيائية والميكانيكية. ففي بحثنا هذا قمنا بإضافة كل من النسب التالية كنسب من الوزن الجاف للتربة (5%,7.5%,10%,12.5%,15%).

III-1: تغير خواص اللدونة للتربة مع إضافة نسب متزايدة من النفاية:

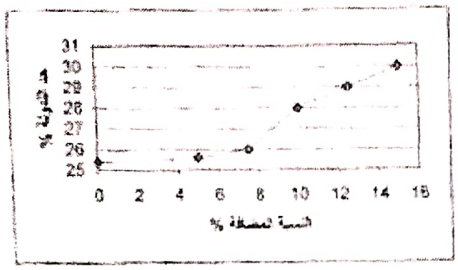
مع إضافة نسب متزايدة من النفاية للتربة أصبحت خواص اللدونة للمزيج كما هي موضحة بالجدول رقم (2).

جدول (2): يمثل العلاقة بين نسبة النفاية المضافة وكل من قيم حد السيولة وحد اللدونة وقرينة اللدونة للمزيج الكلي

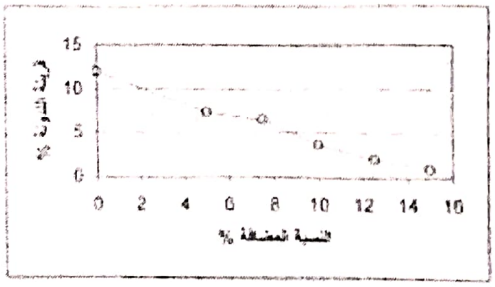
نسبة النفاية المضافة %	حد السيولة للمزيج (LL%)	حد اللدونة للمزيج (PL%)	قرينة اللدونة (PI%)
5	32.9	25.6	7.3
7.5	32.5	26.0	6.5
10	31.7	28.0	3.7
12.5	31.0	29.0	2.0
15	30.5	30.0	1.0

وتبين الأشكال التالية: رقم (1) و(2) و(3) تبين خواص السيولة واللدونة وقرينة اللدونة وفقاً للنسب المضافة من النفاية للتربة.

الشكل (1): يبين العلاقة بين نسبة الكمخة المضافة وحد السيولة للمزيج



الشكل (2): يبين العلاقة بين نسبة الكمخة المضافة وحد اللدونة



الشكل (3): يبين العلاقة بين نسبة الكمخة المضافة وقرينة السيولة اللدونة للمزيج

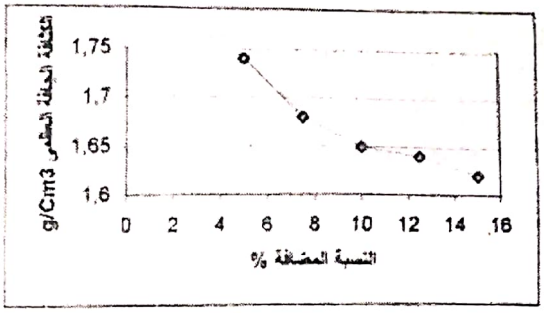
III-2: دراسة قدرة التحمل الكاليفورنية C.B.R والانتفاخ النسبي للمزيج (تربة + نفاية):

مع إضافة كل نسبة من النفاية تم تحديد الكثافة الجافة العظمى للمزيج (تربة + نفاية) والرطوبة الأصولية وعند الرطوبة الأصولية تم إعداد ثلاث عينات بقوالب الـ(C.B.R) ووفق الكثافة الجافة العظمى، تم خلال ذلك غمر القوالب في الماء لمدة أربعة أيام ومراقبة الانتفاخ خلالها وسجلت النتائج في الجدول رقم (3).

جدول (3): يمثل العلاقة بين نسبة النفاية المضافة والكثافة الجافة العظمى وقرينة التحمل والانتفاخ النسبي على التوالي للمزيج الكلي.

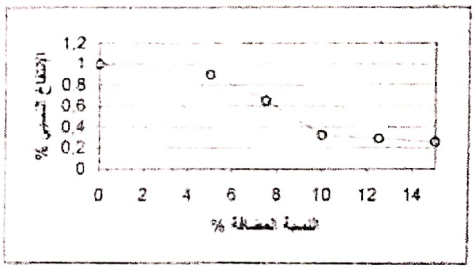
نسبة الكمخة المضافة (%)	الكثافة الجافة العظمى للمزيج g/cm^3	قيمة C.B.R لعينات مشبعة بالماء	الانتفاخ النسبي للمزيج (%)
5	1.74	24.0	0.90
7.5	1.68	34.5	0.65
10	1.65	49.5	0.32
12.5	1.64	38.3	0.29
15	1.62	30.5	0.26

ونبين على الأشكال رقم (4) و(5) و(6) العلاقة بين نسبة النفاية المضافة والكثافة الجافة العظمى وفق بروكتور المعدلة والعلاقة بين قيمة C.B.R للخليط (تربة + نفاية) ونسبة النفاية المضافة للتربة، والعلاقة بين الانتفاخ النسبي للمزيج ونسبة النفاية المضافة بينما الشكل (7) يمثل المقاومة على الضغط البسيط وتطورها مع الزمن.

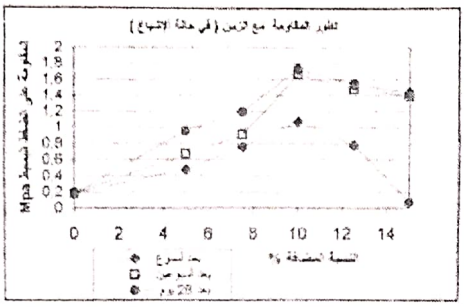


الشكل (4): العلاقة بين نسبة الكمخة المضافة والكثافة الجافة العظمى

الشكل (5): العلاقة بين نسبة الكمخة المضافة وقرينة التحمل C.B.R



الشكل (6): العلاقة بين نسبة الكمخة المضافة والانتفاخ النسبي



الشكل (7): العلاقة بين نسبة الكمخة المضافة والمقاومة على الضغط البسيط وتطور المقاومة مع الزمن

III-3: دراسة المقاومة على الضغط البسيط:

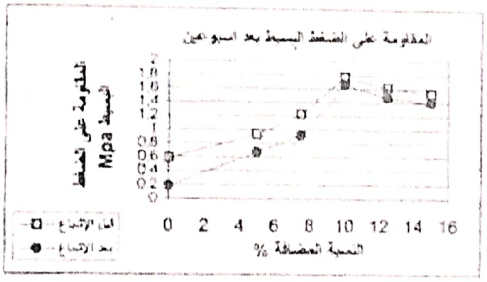
ولدراسة المقاومة على الضغط البسيط تم تصنيع قوالب معدنية ذات مقاومة عالية وتتحمل ضغوطات كبيرة لتستطيع تحمل عملية قولبة التربة المضافة إليها النفاية بنسب متزايدة، وبحيث يحصل المزيج إلى الكثافة التصميمية وفق بروكتور المعدلة. إذن وعند كل نسبة مضافة من النفاية تم تصنيع عينات أسطوانية بالقوالب المعدنية ذات أبعاد (H=D=5cm) وذلك وفق المواصفة الروسية رقم (PCT-USSR-82-79)[6] وتمت عملية التصنيع بحيث نحصل على الأقل على (20) عينة أسطوانية ليصار بعدها إلى تجريب العينات مع الزمن وذلك لدراسة تأثير التفاعل المتبادل بين النفاية والتربة الخام. ونبين في الجدول رقم (4) المقاومة على الضغط البسيط وتبدله مع الزمن بعد أسبوع، وأسبوعان، وأربعة أسابيع من التصنيع عند كل نسبة مضافة:

جدول (4): يمثل العلاقة بين نسبة النفاية المضافة والمقاومة على الضغط البسيط بعد أسبوع، وأسبوعين، وأربع أسابيع للمزيج الكلي على التوالي

نسبة الكمخة المضافة	المقاومة على الضغط	البسيط بعد أسبوع (MPa)	المقاومة على الضغط	البسيط بعد أسبوعين (MPa)	المقاومة على الضغط	البسيط بعد 4 أسابيع (MPa)
	في الحالة الجافة	في حالة الإشباع	في الحالة الجافة	في حالة الإشباع	في الحالة الجافة	في حالة الإشباع
%5	0.550	0.480	0.93	0.670	1.13	0.960
%7.5	0.980	0.760	1.22	0.910	0.42	1.195
%10	1.183	1.072	1.77	1.660	1.91	1.730
%12.5	0.840	0.780	1.61	1.472	1.73	1.537
%15	0.830	0.734	1.53	1.396	1.61	1.432

ونوضح على الأشكال (8) و(9) و(10) العلاقة بين نسبة الكمخة المضافة والمقاومة على الضغط البسيط بعد أسبوع، نسبة الكمخة المضافة والمقاومة على الضغط البسيط بعد أسبوعين، نسبة الكمخة المضافة والمقاومة على الضغط البسيط بعد 28 يوماً على التوالي وكل ذلك في الحالة المشبعة للعينات.

الشكل (8): العلاقة بين نسبة الكمخة المضافة المقاومة على الضغط البسيط بعد أسبوع



الشكل (9): العلاقة بين نسبة الكمخة المضافة المقاومة على الضغط البسيط بعد أسبوعين

الشكل (10): العلاقة بين نسبة الكمخة المضافة المقاومة على الضغط البسيط بعد 28 يوماً

IV- النتائج:

1- واضح من الشكل رقم (3) أنه بسبب التفاعل الكيميائي بين النفاية والتربة وبسبب الوزن النوعي للنفاية المنخفض تنخفض قرينة التحمل للمزيج مع زيادة نسبة النفاية المضافة. بإضافة نفايات معامل البلاط ونفايات جلي البلاط تتحسن خواص الفيزيائية للتربة الأم، فتنخفض قرينة اللدونة بحيث تصل نسبة الانخفاض عند إضافة 15% من الوزن الجاف إلى

12 مرة، وهذا مؤشر ممتاز على سلوك المزيج إذا ما استخدم في إنشاء الطبقة السفلية من طبقة الأساس أو طبقة ما تحت الأساس في منظومة الرصف الطرقية.

2- بالرجوع إلى الشكل رقم (4) نجد أنه مع زيادة نسبة النفاية المضافة تنخفض الكثافة الجافة العظمى للمزيج وذلك بسبب التفاعل الكيميائي بين التربة والنفاية عدا عن أن الوزن النوعي للنفاية أخفض من الوزن النوعي للتربة نفسها. وبالرجوع إلى الشكل رقم (5) نجد أنه مع زيادة نسبة النفاية المضافة إلى التربة ترتفع قرينة التحمل الكاليفورنية بشكل ملحوظ بحيث تصل نسبة الزيادة فيها عند إضافة 10% من الوزن الجاف للتربة الخام إلى 600% وهذه النسبة مثالية، حيث نلاحظ أن قيمة قرينة التحمل للخلائط بنسب أقل منها أو أكبر منها هي أقل منها قيمة. إلا أنه يجب أن ننوه على أن هذه النسب المضافة تسمح باستخدام المادة في إنشاء طبقة ما تحت الأساس أو الطبقة السفلية من طبقة الأساس حسب المواصفات البريطانية والـAASHTO والمواصفات الروسية.[5،6،7].

وهذا مؤشر على درجة كبيرة من الأهمية ويسمح بدون أي شك في استخدام المزيج في الإنشاء، فمؤشرات المتانة والتشوه واللدونة أصبحت جيدة جداً. فيما يخص الانتفاخ النسبي نلاحظ من الشكل رقم (6) أن الانتفاخ النسبي للمزيج ينخفض مع زيادة نسبة النفاية المضافة وذلك بسبب انخفاض الغلاف المائي المدمص حول جزيئات التربة بسبب التفاعل بين التربة والنفاية.

3- بالرجوع إلى أشكال تزايد المتانة على الضغط البسيط شكل رقم (7) رقم (8) رقم (9) ورقم (10) نجد بأن المتانة مع ازدياد نسبة النفايات حتى الوصول إلى نسبة 10% لتعود بعدها فتنخفض مع ازدياد النسبة المذكورة وهذا يتوافق مع النتائج التجريبية لقريبة التحمل الكاليفورنية. ونستنتج أخيراً أن العلاقة بين المقاومة على الضغط البسيط بحالة الإشباع ونسبة النفاية المضافة علاقة شبيهة بمنحني بروكتور وهذه نتيجة منطقية.

V- التوصيات:

1- نوصي بتطبيق هذه النتائج في ظروف بلدنا كون كمية النفايات من هذه المواد لا بأس بها عدا عن كونها مصدراً مخرباً للبيئة ولشبكات تصريف المياه المطرية والمالحة.

2- يجب توجيه المعامل المنتجة لمخلفات تصنيع البلاط بحيث ترميها في أماكن خاصة بعيدة عن مصادر المياه وعن الغطاء النباتي ليتثنى لمن يهتم بمسائل تثبيت التربة لاستخدام النفايات بأفضل الوسائل.

References المراجع

[1]- C.A. O'Flaherty. Highway Engineering Vol.2 London WC 1B 3 DQ 1990.

[2]- ف.م. بيزروك، تثبيت التربة (مبادئ أساسية) موسكو 1992. باللغة الروسية.

[3]- س.ن. يليانون، ن.س. الكسيفيتش، تثبيت التربة العضوية واللاعضوية من نفايات معامل التعدين لأغراض إنشاء طرق المواصلات. معهد مادي – موسكو 1991. باللغة الروسية.

[4]- U.M. Vsiliev, V.P. Agafiniova, V.C. Isaiev and all. Drognie Adiegde Asnavania is Okroplienie Matrialov Moscow Transport. 1992.

[5]- American Association of State Highway and Transportation Officils (AASHTO) Highway Subcommittee on Materials Washington, D.L. 2001-1991.

[6]- B.M. Bezrik. Osnovnie Principe Ukreplenie Grontovne Eznaztva Transport Moscow 1997.

[7]- E.J. Yoder, M.W. Witczak. Principles of Pavement Design. Second Edition. Now York, London Sydney, Toronto Printed in USA 1975.