مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (32) العدد (3) 2010
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (32) No. (3) 2010

البحث في إمكانية تحسين صلابة الحصويات الكلسية الضعيفة لاستخدامها في رصف الطرق

الدكتور رامي حنا*
الدكتور بسام سلطان**
براءة محمود***

(تاريخ الإيداع 28 / 2 / 2010. قُبِل للنشر في 8/ 6 / 2010)

□ملخّص □

تهدف دراستنا لمعرفة إمكانية استخدام الحصويات الكلسية اللينة المتوافرة في ساحلنا السوري في رصف الطرق، وسيكون العامل المستخدم لبيان صلاحية المواد بعد التثبيت معامل لوس انجلوس .

في المرحلة الأولى تم إحضار عينات من مقالع برج اسلام ومقالع كسب وأجريت عليها التجارب المخبرية التي تقدّم توصيفاً حقيقياً لسلوك الحصويات تحت الحمولات، أثبتت التجارب أن المواد غير محققة للمتطلبات الفنية من حيث الاهتراء و كان معامل الاهتراء لعينات المصدر الأول 64.8% و للمصدر الثاني59.18%.

في المرحلة الثانية تم تثبيت المواد بإضافات متزايدة من الكلس الحي من3% حتى 30% لعينات المصدر الأول وتمت المعالجة للنماذج بالكلس لفترات زمنية مختلفة، ولعينات المصدر الثاني من3% حتى20% وعُولجت النماذج أيضاً بالكلس لفترات زمنية مختلفة .

دلت النتائج أنه وبعد التثبيت انخفض معامل الاهتراء لعينات المصدر الأول من64.8% إلى 43.3%، ومن 59.18 % إلى 49.7% للمصدر الثاني، النسب الجديدة للاهتراء تؤهل المواد من حيث المبدأ لاستخدامها في الرصف.

الكلمات المفتاحية: الحصويات، الكلس الحي، طبقات الرصف، تربة المسار، طبقة الأساس، طبقة ما تحت الأساس، التثبيت.

* أستاذ مساعد – قسم النقل والمواصلات – كلية الهندسة المدنية – جامعة تشرين – اللاذقية – سورية.
** أستاذ مساعد – قسم النقل والمواصلات – كلية الهندسة المدنية – جامعة تشرين – اللاذقية – سورية.
*** طالبة دراسات عليا (ماجستير) – قسم النقل والمواصلات – كلية الهندسة المدنية – جامعة تشرين – اللاذقية – سورية.

مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (32) العدد (3) 2010
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (32) No. (3) 2010

Studying The Ability of Improving Weak Lime Aggregates Durability Used in Roads Paving

Dr. Rami Hanna*
Dr. Bssam Sultan**
Baraa Mahmoud***

(Received 28 / 2 / 2010. Accepted 8 / 6 / 2010)

□ ABSTRACT □

Our study aims to know the ability of using weak lime aggregates – which are abundantly available in our Syrian Coast - in roads paving, and the factor used to show materials validity after stabilization is Los Angeles module.

At first stage, samples were brought from Burj – Islam and Kasab mines, and laboratory tests were performed on them which provided a realistic description of aggregate behavior under loading. Tests proved that these materials do not match the required specifications regarding abrasion. Los Angeles abrasion value for the first and second samples was 64٫8% & 59٫18% respectively. In the second stage, materials were stabilized with increased additions of quick lime,3–30% and 3–20% for first and second samples respectively, and specimens were treated with lime for different time periods.

Results indicated that abrasion modulus was lowered from 64٫8.% to 43٫3.% and from 59٫18% to 49٫7%f or first and second samples respectively. The new ratios of abrasion qualify these materials to be used in pavements.

Key Words: Aggregates, Quick lime, pavement, Base, Sub-Base, Stabilization.

* **Associate professor, Department of Transportation Engineering, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.**
** **Associate professor, Department of Transportation Engineering, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.**
*** **Postgrduate Student, Department of Transportation Engineering ,Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.**

مقدمة:

تُعدُّ الخلائط الحصوية أو المواد الحصوية المكون الأساسي والأهم لمنظومة الرصف الطرقي، فهي تستعمل كمادة غير لاصقة وتؤلف % 100 من حجم طبقات الأساس، و 93%–95% من حجم الإسفلت، وحوالى % 75–85% من حجم بيتون الأسمنت البورتلاندي . [1]

ومن هنا تأتي أهمية إيجاد مصادر للمواد اللازمة لبناء الطرق، وهي مسألة ليست سهلة بسبب وجود صعوبة في تأمين هذه المواد، وهي من المشاكل المهمّة التي تواجه مصممي ومنفذي طرق المواصلات المحلية والطرق الرئيسة بين المدن.

والجدير بالذكر أن كلفة إنشاء طبقات الرصف وبشكل خاص كلفة إنشاء طبقة الغطاء و طبقة الأساس في طبقات الرصف تشكل حوالى (50%–60) من كلفة إنشاء الطريق كله.

لذلك فإن توفير المواد الجيدة أو المطابقة للمواصفات الفنية المعتمدة محلياً المستخدمة في الرصف اللين هي مشكلة حقيقية، وفي حال التمكن من إيجاد مصادر الحصويات المطابقة للمواصفات فقد نواجه إشكاليتين:

1. صعوبة استخراج هذه المواد ونقلها لموقع المشروع إضافة إلى ازدياد الكلفة مقارنة بالمواد الكلسية الضعيفة المنتشرة بكثرة وبالقرب من المشاريع.
2. قد تبدي المواد الجيدة والمطابقة للمواصفات سلوك غير متوقع خلال العمر التصميمي لطبقات الرصف .

وإن المواد المستخدمة في طبقات الرصف تختلف طبيعتها وسماكتها ومكوناتها باختلاف حجم المرور وتكوينه (درجة الطريق)، وتكاليف المواد المتاحة، و وجهة نظر مصمّمي الطريق، ولكنها في أغلب الأحيان تستخدم المواد القريبة من المشروع. [2]

والجدير ذكره أن مدى ملاءمة استخدام الحصويات في بناء محدد يتم حسابه عن طريق تقييم المواد من حيث خصائصها الفيزيائية والميكانيكية وتتطلب معظم المواصفات أن تكون المواد الحصوية مواد قوية ومقاومة للاهتراء، وذلك لمنع تحطمها وتحللها وتفككها عند تكديسها أو مزجها مع الإسفلت أو وضعها في طبقات الرصف أو ضغطها أو تعرضها لحمولات السير.

كل المعطيات السابقة قادت للتفكير بالصخور الكلسية – المنتشرة في الساحل السوري وبشكل جيد – والتي تتشكل من رواسب كيميائية أو بيولوجية تندمج مع الحيوانات المرجانية وبقايا النباتات في المحيطات وقاع البحار حول العالم.

أما بالنسبة إلى التركيب الكيميائي لهذه الصخور فهي تتكون وبنسبة كبيرة من كربونات الكالسيوم (تزيد عن 55%) ونسبة قليلة من كربونات المغنزيوم وكميات قليلة من المعادن الأخرى .

تختلف متانة الحصويات الكلسية حسب أسلوب الترسيب، معدل الحجم، البنية الميكرونية، التركيب، الاختلاط (عدم النقاء) في البنية الكيميائية . [3]

وبما أن المواد الكلسية متوفرة محلياً وبكميات لا بأس بها فقد تكون مصدراً أساسيّاً مهماً يمكن الحصول منه على مواد رصف الطرق الثانوية حيث، إلا أن استخدام هذه المواد الكلسية لابد من أن يكون مبرهناً اقتصادياً وتكنولوجياً وبشكل دقيق حيث إنّ استخدام هذه المواد يتطلب خبرة جيدة ووسائل تنفيذ متطورة تكنولوجياً لتأمين الاستفادة منها علمياً بأقصى الحالات، وقد يستدعي الوضع في بعض الحالات اللجوء للإضافات لتحسين مواصفات المواد المذكورة.

في المرحلة الأولى من العمل تم تجميع عدد كبير من الأبحاث حول موضوع استخدام هذا النوع من المواد والإطلاع على تجارب العديد من البلدان في هذا المجال، وقد اعتمد البحث على قراءات ونتائج لأبحاث جرت على مواد كلسية ضعيفة المتانة في بلدان الاتحاد السوفيتي السابق والولايات المتحدة الأمريكية . [1-2-4-5-6-7-8] معظم الأبحاث تحدثت عن إمكانية استخدام هذه المواد في الرصف الطرقي سواء بوضعها الطبيعي أي من دون تثبيت أو بعد تثبيتها.

كما أنه ضمن هذه المرحلة تم إحضار نوعين من الحصويات من مصدرين مختلفين كان المصدر الأول للمواد مقالع برج اسلام أما المصدر الثاني للمواد فكان مقالع كسب، جرت أهم التجارب المخبرية اللازمة لتحديد الخواص الفيزيائية والميكانيكية لهذه المواد ومعرفة مدى تحقيقها للشروط والمواصفات فكانت هذه المواد غير محققة للمواصفات الفنية المشترطة محلياً لمواد الرصف الطرقي .

في المرحلة الثانية من العمل تم تثبيت كلا النوعين بالكلس الحي وتم ذلك وفق متحولين هما: نسبة الكلس المضاف، وزمن المعالجة بالكلس (التفاعل مع الزمن بين الكلس والحصويات)، أظهرت النماذج ومن كلا المصدرين تحسناً جيداً نتيجة إضافة الكلس حيث إنّ معامل الاهتراء للنوع الأول من المواد انخفض من 64.8%إلى% 43 أما بالنسبة إلى العينة الثانية فقد انخفض من 59%إلى 49%.

وبناء على هذه النتائج الايجابية تم وضع مجموعة من الاستنتاجات والتوصيات الواجب الانتباه لها عند اعتماد حل مشكلة توفير المواد اللازمة لرصف طرق الدرجة الثانية بالطريقة المذكورة خلال البحث .

أهمية البحث وأهدافه:

تأتي أهمية هذا البحث لكونه يبرهن على إمكانية الاستفادة من الحصويات الكلسية الضعيفة المنتشرة بكثرة في المنطقة الساحلية من قطرنا التي قد تكون عادة أقرب لمواقع المشاريع الأمر الذي سيخفف العبء الكبير الناتج عن المحاولة المستمرة للبحث عن المواد المحققة المواصفات الفنية، حيث إنّ مهمة مهندس الطرق جعل المواصفات تتسع المواد وليس العكس أي جعل المواد تتسع المواصفات، وعند ذلك لن يتم استبعاد المواد المحلية، والمشكلة الكبيرة تكمن في عدم وجود وثائق أو ثبوتيات متوفرة محلياً تجيز أو لا تجيز استخدام المواد الكلسية الضعيفة المتانة باستثناء اعتماد الشركات المحلية على مواصفات عالمية تتعلق بخواص الحصويات المستخدمة في إنشاء الطرق، وحتى في مرحلة الاطلاع على الدراسات التي تمت في مجال البحث واجهتنا عقبة، وهي أن التجارب في هذا المجال محدودة عالمياً، وفي حال تمكننا من إيجاد أبحاث فهناك عدم تفصيل في آلية العمل وحتى النتائج، وهذا الأمر أضاف أهمية للبحث لكونه يظهر وبالتفصيل آلية العمل ، والنتائج .

تم التوصيف الفيزيائي والميكانيكي اللازم للمواد الحصوية الكلسية من خلال مجموعة من التجارب المخبرية التي تمت في مخبر المواصلات في كلية الهندسة المدنية –جامعة تشرين خلال العام 2009/2008، وتم تحديد العلاقة بين نسبة الكلس المضاف و معامل الاهتراء، وكذلك العلاقة بين زمن غمر النماذج المثبتة بالكلس ومعامل الاهتراء .

طرائق البحث ومواده:

استخدام المواد الكلسية في الرصف اللين:

– إن الصخور الكلسية هي عبارة عن صخور كربوناتية رسوبية تتألف بشكل أساسي من كربونات الكالسيوم وشوائب المواد الغضارية والسيلسيوم وأكاسيد الحديد والدلوميت وغيرها من المواد .

من وجهة النظر العلمية كل أنواع المواد الكلسية يمكن تقسيمها إلى مجموعتين، المجموعة الأولى متينة أوجيدة المقاومة، والمجموعة الثانية قليلة المقاومة .

المواد الكلسية المتينة تتمتع بمتانة وصلابة عاليتين، وهذه المواد عبارة عن حبيبات كبيرة الحجم ومتوسطة الحجم، وتكون قليلة التشبع بالماء، وتملك مسامية قليلة، أما المواد الكلسية القليلة المتانة فتتميز بمتانة ليست عالية وبقابلية امتصاص ماء عالية أو متوسطة (نسبة التشرب بالماء تزيد عن 10%).

– بشكل عام تتطلب المواصفات الفنية مواد ذات متانة عالية لتستخدم في الرصف باعتبار أن طول عمر طبقات الرصف يتعلق بالخواص الفيزيائية والميكانيكية للحصويات المستخدمة في طبقات الرصف– إن المقصود بالخواص الفيزيائية، الميكانيكية للصخور الكلسية تلك الخواص التي تصف حالتها الفيزيائية وعلاقتها بالماء والتي تصف قوانين تغير متانتها وتشوهها– لكن مالا يمكن إغفاله أن نوعية المواد أو مطابقتها للمواصفات يتعلق بمكان وجودها في طبقات الرصف وسماكة تلك الطبقات ودرجة الطريق التي تقيّم وفقاً لحجم المرور اليومي، عدد حارات المرور السرعة التصميمية، الميل العرضي الأعظمي في المنعطف، نصف قطر المنعطف الأصغري، الميل الطولي الأعظمي، وغيرها.

– من خلال تقصي مجال استخدام الحصويات الكلسية بشكل عام في الرصف الطرقي تبين لنا أنه تم استخدام المواد الكلسية الضعيفة المتشكلة في الحقب الثالث، والتي تملك تركيباً ثابتاً وتكويناً ثابتاً، بعد مراعاة بعض الشروط التكنولوجية والمتطلبات (بشكل خاص التدرج الحبي، وشروط عمل الطبقة في المنظومة وتأثير الطبقات الأخرى عليها وتفاعلها معها، وتأثير المواد المضافة كمواد مقوية ورابطة)، المواد من هذا النوع والقليلة المتانة استخدمت بشكل واسع في بناء طبقات ما تحت الأساس في العديد من الدول وكان سلوك تلك المواد خلال العمر التصميمي للطريق جيداً وأميناً. [4–5]

من التجارب المهمة في هذا المجال تجربة بلدان الاتحاد السوفياتي السابق إذ إنّ أ. ك. سلافودسكي وف.ك. نيكراسوف قاما بوضع الأسس اللازمة لاستخدام المواد المحلية بأنواعها كافة في الرصف، لاسيما المواد التي لا تتطابق مع الشروط الفنية، وذلك اعتماداً على سلسلة من التجارب والاختبارات التي نفذت حقلياً و مخبرياً 1987 اعتمدت منهجية البحث على تقوية الحصويات اللينة باستخدام الكلس والأسمنت وكانت نتائج التثبيت بالأسمنت أفضل من التثبيت بالكلس. [7]

كما قام ب . إ .داغايف عام 1988 بوضع الأسس النظرية والتطبيقية لاستخدام تلك المواد وراقب العمل خلال /12/ عام في مدينة تولى في روسيا بينت النتائج أن المواد أعطت مؤشرات جيدة رغم وجود إمكانية لحدوث الصقيع على عمق لا يقل عن 170 سم أحياناً . [4]

نتيجة الأبحاث المذكورة وجد أن استخدام هذه المواد سابقاً ضمن طبقات الرصف أدى لتخريب سطح الطريق وطبقات الرصف بسبب عدم وجود آلية جيدة للاستخدام الأمثل للحصويات اللينة في الأساسات الطرقية وأن أفضل المواد التي استخدمت وحافظت على سوية أداء جيدة في أثناء عملها هي المواد المتجانسة التركيب التي

لا توجد فيها تطبقات من مواد مختلفة قد تكون أقوى أو أضعف، وأن بناء طبقات الرصف من المواد الكلسية قليلة المتانة في كل من تلك الدول بين أن الصخور الكلسية قليلة المتانة مع مرور الزمن بوجودها في طبقات الرصف اللين تزداد متانتها على حساب عملية السمنتة الذاتية التي تقوم بها المواد ذاتها . [2-4-5-7]

في بعض الحالات الخاصة بينت التجارب أن استخدام هذه المواد يقلل من استخدام المواد البحصية العالية الجودة بقدر يصل إلى 30% وتقلل كلفة إنشاء الرصف اللين بمقدار يصل إلى% 25، كما بينت تجارب أخرى أنه في حالة معالجة المواد الضعيفة الكلسية المنشأ بالروابط الإسمنتية أو ما شابهها من المواد الرابطة يقلل من كلفة إنشاء طبقات الرصف اللين والتقليل من السماكة المتوجبة فيما لو استعملت بدون تثبيت. [7]

إن إضافة الكلس الحي لمواد طبقة الأساس ينشط التفاعلات البوزلانية بين الحصويات والكلس المضاف، وبذلك يتم ربط المواد الحصوية ببعضها بشكل جيد والمقاومة المكتسبة هي مقاومة طويلة الأمد وتزداد مع الزمن.[3]

إلا أنه في كل حالة تصميمية يجب أن تتم دراسة دقيقة ومفصلة اقتصادياً تحدد فيها صلاحية طبقات الرصف عند وجود مواد كلسية ضعيفة في ظروف مناخية مختلفة مع الأخذ بعين الاعتبار زيادة كثافة الحركة وحمولات النقل وأوزانها .

المواد المستخدمة في البحث:

تم تحديد المصدرين اللذين سيتم إحضار المواد اللازمة للبحث منهما بعد القيام بالعديد من الجولات الميدانية على قطاعات مختلفة في محافظة اللاذقية استناداً إلى مصادر معلومات محلية من الشركة العامة للرخام و الإسفلت فكان المصدر الأول من مقالع برج إسلام ، وكان المصدر الثاني من مقالع كسب.

- **العينة الأولى:** مواد كلسية من مقلع برج اسلام حيث تم تحضير كمية 1500كغ من المواد المذكورة لإجراء التجارب المخبرية اللازمة لتحديد الخواص الفيزيائية والكيميائية لهذه المواد والقيام بتثبيتها بالكلس الحي، تم استنتاج صلاحية المواد للعمل عليها في هذا البحث من خلال نتائج تجربة لوس انجلوس، حيث أظهرت التجربة أن نسبة معامل لوس انجلوس 64.8%، وهي نسبة عالية وغير محققة للمواصفات الفنية المعتمدة محلياً لمواد الرصف الطرقي سواء لطبقة الأساس أو ما تحت الأساس.

- **العينة الثانية:**

مواد كلسية من مقالع كسب حيث تم تحضير كمية 1700كغ من المواد المذكورة لإجراء التجارب المخبرية اللازمة لتحديد الخواص الفيزيائية والكيميائية لهذه المواد والقيام بتثبيتها بالكلس الحي،نتيجة لتجربة الاهتراء في طبل لوس انجلوس وجد أن معامل لوس انجلوس لهذا النوع كان 59.18% ، وهذه القيمة غير مقبولة سواء لطبقة الأساس أو ما تحت الأساس .

المواصفات الفنية المحلية المطلوب توافرها في مواد الرصف الطرقي :

وضعت المواصفات الفنية للحصويات المستخدمة في إنشاء الطرق بعد الحرب العالمية الثانية ثم عدلت وأعيد تقييمها وتجريبها في الخمسينيات من القرن الماضي، فمثلاً بين عامي / 1978 / و / 1984/ كانت قيمة اهتراء لوس انجلوس للمواد المستخدمة في إنشاء طبقة الأساس 50% كحد أعلى ولكن بعد عام 1984 عدلت لتصبح 40% كحد أقصى نظراً لازدياد كثافة السير على الطرقات وارتباط مشاكل الاهتراء بديمومة الطريق وطبقاته بشكل أساسي، ولكن منذ عام 1984 بدأ التفكير باستخدام المواد الكلسية الضعيفة ذات الاهتراء العالي (أكبر من المسموح به) كمواد بناء طرقية ولكن بعد إيجاد طريقة مناسبة لوضعها في طبقات الرصف. [2]

نبين في الجدول رقم (1) الشروط المطلوب تحققها من طبقة الأساس وطبقة ما تحت الأساس وفقاً للمواصفات العامة للطرق والجسور.

الجدول رقم (1) الشروط المطلوب تحققها في طبقتي الأساس و ما تحت الأساس وفق المواصفات العامة للطرق والجسور عام 2002

المواصفات الفنية	طبقة الأساس	طبقة ما تحت الأساس
معامل لوس أنجلوس	45 كحد أعلى	50 كحد أعلى
المكافئ الرملي	45 كحد أدنى	25 كحد أدنى
حد السيولة	25 كحد أعلى	-
قرينة اللدونة	6 كحد أقصى	6 كحد أقصى

وكما نلاحظ فإن المواصفات موضوعة حسب مكان وجود المواد في طبقات الرصف ولا يتعلق الأمر بدرجة الطريق، وبالعودة إلى القانون رقم 26 لعام 2006 الخاص بشؤون تصنيف الطرق العامة وحمايتها، فقد تم تصنف الطرق العامة حسب وظيفتها والجهات المسؤولة عنها، أو فنياً، ولم يتم تصنيف الطرق وفقاً لكثافات السير أو للمواصفات الفنية للمواد المستخدمة في بنائها.

وبما أن التصنيف لا يأخذ كثافات السير بعين الاعتبار ولكونها لا توجد تجارب محلية سابقة عن التحسن الذي يطرأ على المواد المثبتة بالكلس ولأنه لا نريد تعميم تجربة غربية على بلدنا لأسباب مختلفة منها الأسباب التقنية والأسباب المناخية واختلاف نوعية المواد وطبيعتها وجدنا أن يتم استخدام هذا النوع من المواد في رصف الطرق ذات حجوم السير المنخفض .

النتائج والمناقشة:

بما أن الحصويات هي المكون الرئيس المقاوم للحمولات فيجب أن تتوافر بها مجموعة من الخواص الفيزيائية والميكانيكية تحددها المواصفات، وتُعدُّ مقاومة الاهتراء خاصية مهمة لتقييم جودة الحصويات، لذلك سيعتمد البحث وبشكل كبير على نتائج تجربة لوس انجلوس(IAAL) التي تقوم بحساب مقاومة اهتراء الحصويات، وخصوصاً بعد الاطلاع على دراسات أكدت وجود علاقة نظرية بين مقاومة الاهتراء وبين الخواص الفيزيائية والميكانيكية للعينات الصخرية، فمثلاً الحصويات التي كانت قيم لوس انجلوس منخفضة فيها كان التركيب الحبي جيداً في بنيتها والترابط قوي بين جزيئاتها، ووجد أن حجم الجزيئات هو عامل جيولوجي يتحكم في حساب مقاومة الاهتراء (فعند إجراء تجربة لوس انجلوس نتبع جداول موضوعة وفقاً للتركيب الحبي للعينة وفقاً له يتم تحديد عدد الكرات المستخدمة وعدد الدورات)، وأيضاً وجد أن هناك علاقة قوية بين مقاومة الحصويات وقوة ضغط الصخور الأم و معامل القوة المركزة للصخور . [2]

لذلك قمنا بالتوصيف الكامل للعينات قبل التثبيت لمعرفة مدى مطابقتها أو عدم مطابقتها للشروط الفنية، أما بعد التثبيت فتم إجراء تجربة لوس انجلوس لبيان التحسن في هذه المواد.

تمت الدراسة التجريبية على الحصويات الكلسية الضعيفة في مخبر المواصلات في كلية الهندسة المدنية – جامعة تشرين في العام الدراسي 2008–2009 ، حيث تم العمل على مرحلتين وسنفصل مراحل العمل ونتائجها فيما يأتي:

المرحلة الأولى التجارب التوصيفية للمواد:

تم في هذه المرحلة إجراء التجارب المخبرية التوصيفية للمواد لتحديد أهم الخواص الفيزيائية والميكانيكية للحصويات الكلسية المستخدمة في هذا البحث وتبين من خلال التجارب أن المواد غير محققة لبعض المواصفات الفنية المطلوبة

فيما يأتي سيتم إظهار نتائج العمل المخبري .

التجارب التوصيفية على العينة الأولى:

مصدر المواد مقالع برج إسلام و تم تحضير كمية 1500كغ منها للقيام بالتجارب المخبرية التوصيفية إضافة لتطبيق التثبيت من خلال إضافة الكلس الحي بنسب متزايدة ونورد فيما يأتي النتائج.

1- تجربة التحليل الحبي المنخلي :

نوضح على الجدول رقم (2) نتائج التحليل الحبي لثلاثة نماذج من العينة الأولى .

الجدول(2) نتائج تجربة التحليل الحبي لثلاثة نماذج من العينة الأولى

فتحة المنخل	نسبة المار % (1)	نسبة المار % (2)	نسبة المار % (3)	نسبة المار % الوسطي
2 أنش	90.6	100	95.9	95.5
1.5 أنش	80.9	86.8	83.4	83.7
1 أنش	65.5	69	66.5	67
0.75 أنش	55.6	60.1	56.2	57.3
0.5 أنش	45.1	49.7	46.8	47.2
0.375 أنش	38.5	42.8	39.1	40.1
رقم 4	25.3	31.4	26.4	27.7
رقم 8	16.2	20.9	16	17.7
رقم 10	14.2	17.6	15.6	15.8
رقم 20	7.7	9.9	8.5	8.7
رقم 40	3	5.7	4.5	4.4
رقم 80	1.7	3.7	2.4	2.6
رقم 200	0.8	1.3	0.9	1

2 - تجربة لوس أنجلوس (الاهتراء):

تم إجراء التجربة على ثلاثة نماذج من العينة الأولى والنتائج مبينة في الجدول رقم (3)

الجدول رقم (3) نتائج تجربة لوس انجلوس على ثلاثة نماذج من العينة الأولى

رقم التجربة	1	2	3	الوسطي
نسبة الاهتراء%	65.4	64.6	64.4	%64.8

3-تجربة بروكتور المعدلة:

تم إجراء التجربة على ثلاثة نماذج من العينة الأولى والنتائج مبينة في الجدول رقم (4).

الجدول رقم (4) نتائج تجربة بروكتور المعدلة على ثلاثة نماذج من العينة الأولى

رقم التجربة	الرطوبة الأصولية W%	الكثافة الجافة العظمى $\gamma dmax\ gr / cm^2$
1	17.95	1.795
2	20.45	1.780
3	18.15	1.792
الوسطي	18.85	1.789

4- تجربة المكافئ الرملي:

أجريت تجربة المكافئ الرملي على ثلاثة نماذج من العينة الأولى ونبين النتائج في الجدول رقم(5).

الجدول رقم (5) نتائج تجربة المكافئ الرملي على ثلاثة نماذج من العينة الأولى

رقم التجربة	المكافئ الرملي %	المكافئ الرملي الوسطي SE%
1	39	39.88
2	39	
3	41.66	

5-تجربة حدود اتربرغ:

تم إجراء التجارب اللازمة لحساب حد السيولة وحد اللدونة على ثلاثة نماذج من العينة الأولى ونبين النتائج في الجدول رقم (6) .

الجدول رقم (6) نتائج تجربة حدود اتربرغ على ثلاثة نماذج من العينة الأولى

رقم التجربة	حد السيولة LL%	حد اللدونة LP%	قرينة اللدونة IP%
1	37.5	27.5	10.6
2	39.8	28	
3	36.4	26.4	
الوسطي	37.9	27.3	

6-تجربة الوزن النوعي والحجمي:

تم إجراء تجربة الوزن النوعي والحجمي على ثلاثة نماذج من العينة الأولى نبين النتائج في الجدول رقم (7)

الجدول رقم (7) نتائج تجربة الوزن النوعي والحجمي على ثلاثة نماذج من العينة الأولى

رقم التجربة	1	2	3	الوسطي
الوزن النوعي g/cm^3	2.62	2.6	2.61	2.61
الوزن الحجمي g/cm^3	2.29	2.32	2.29	2.3

التجارب التوصيفية على العينة الثانية:

مصدر المواد مقالع كسب حيث تم تحضير كمية 1700كغ منها للقيام بالتجارب المخبرية التوصيفية إضافة لتطبيق التثبيت من خلال إضافة الكلس الحي بنسب متزايدة ونورد فيما يأتي النتائج.

1- تجربة التحليل الحبي المنخلي:

نوضح على الجدول رقم (8) نتائج التحليل الحبي على ثلاثة نماذج من العينة الثانية .

الجدول (8) نتائج تجربة التحليل الحبي على ثلاثة نماذج من العينة الثانية

فتحة المنخل	نسبة المار% للنموذج الأول	نسبة المار %(2)	نسبة المار %(3)	الوسطي
3 أنش	93.7	97.6	98.8	96.7
2.5 أنش	88.9	90.6	92.9	90.8
2 أنش	81.5	86.5	86.7	84.9
1.5 أنش	77.7	80.4	80.1	79.4
1 أنش	66.5	70	70.5	69
0.75 أنش	56.8	58.2	59	58
0.5 أنش	37.7	38.4	40.6	38.9
0.375 أنش	29.7	31.3	32	31
رقم 4	24	27.1	29.3	26.8
رقم10	17.5	20.2	20.8	19.5
رقم 40	15.2	18	18.4	17.2
رقم 80	13.9	16.6	16.9	15.8
رقم 200	12	14.4	15	13.8

2- تجربة لوس أنجلوس (الاهتراء):

تم إجراء التجربة على ثلاثة نماذج من العينة الثانية والنتائج مبينة في الجدول رقم (9)

الجدول(9) يمثل نتائج تجربة لوس انجلوس على ثلاثة نماذج من العينة الثانية

رقم التجربة	1	2	3	الوسطي %
نسبة الاهتراء%	59.10	58.59	59.85	59.18

3-تجربة بروكتور المعدلة:

تم إجراء التجربة على ثلاثة نماذج من العينة الثانية والنتائج مبينة في الجدول رقم (10)

الجدول رقم (10) نتائج تجربة بروكتور على ثلاثة نماذج من العينة الثانية

رقم التجربة	الرطوبة الأصولية w%	الكثافة الجافة العظمى $\gamma dmax\ gr / cm^2$
1	6.15	1.962
2	9.13	1.989
3	14.9	1.982
الوسطي	14.8	1.978

4- تجربة المكافئ الرملي:

تم إجراء التجربة على ثلاثة نماذج من العينة الثانية والنتائج مبينة في الجدول رقم (11).

الجدول (11) نتائج تجربة المكافئ الرملي على ثلاثة نماذج من العينة الثانية

رقم التجربة	المكافئ الرملي %	المكافئ الرملي الوسطي%
1	74	77.44
2	77.08	
3	81.25	

5-تجربة حدود اتربرغ:

تم إجراء التجربة على ثلاثة نماذج من العينة الثانية ونبين النتائج في الجدول رقم (12) .

الجدول رقم (12) نتائج تجربة حدود اتربرغ على ثلاثة نماذج من العينة الثانية

رقم التجربة	حد السيولة LL%	حد اللدونة LP%	قرينة اللدونة IP%
1	32.5	23.3	8.6
2	30.8	22.8	
3	29.4	20.7	
الوسطي	30.9	22.3	

6- تجربة الوزن النوعي والحجمي:

تم إجراء تجربة الوزن النوعي والحجمي على ثلاثة نماذج من العينة الثانية نبين النتائج في الجدول رقم(13)

الجدول رقم (13) نتائج تجربة الوزن النوعي والحجمي على ثلاثة نماذج من العينة الأولى

رقم التجربة	1	2	3	الوسطي
الوزن النوعي g/cm^3	2.7	2.66	2.68	2.68
الوزن الحجمي g/cm^3	2.43	2.4	2.39	2.406

المرحلة الثانية تحسين المواصفات الفنية للمواد بالتثبيت بالكلس الحي:

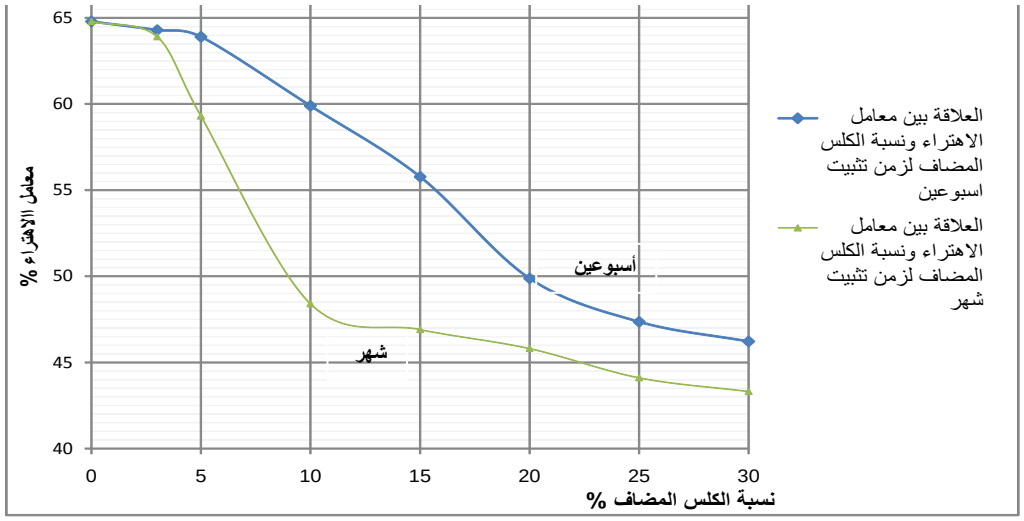
في هذه المرحلة تم تثبيت نماذج من كلا المصدرين (مقالع برج اسلام ومقالع كسب) بالكلس الحي كما يلي:

تثبيت العينة الأولى بالكلس الحي:

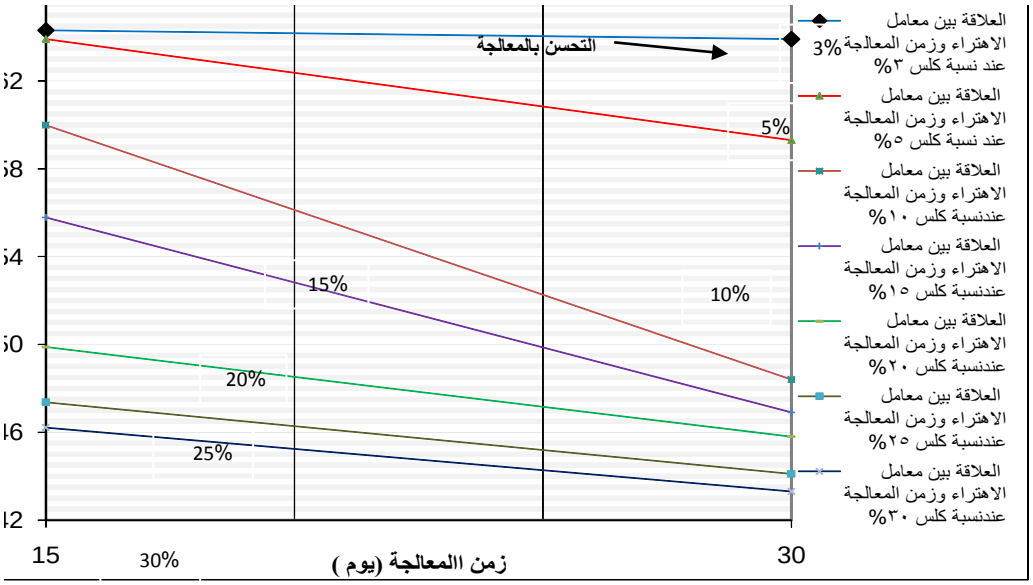
قمنا بتحضير اثني عشر نموذجاً من المواد الكلسية الضعيفة المحضرة من مقالع برج إسلام التي أجريت عليها تجربة لوس انجلوس وتبين أن معامل الاهتراء لهذه المواد كان 64.8% بحيث إنّ كل نموذج من هذه العينة مجهز لتتم عليها تجربة لوس أنجلوس بعد التثبيت بالكلس الحي الذي تم بنسب متزايدة (3%-5%-10%-15%-20%-25%-30%)، حيث تم حساب نسبة الكلس المضاف من وزن النموذج الجاف، وقسمنا هذه النماذج إلى مجموعتين المجموعة الأولى عبارة عن ستة النماذج تم معالجتها بالكلس الحي لمدة خمسة عشر يوماً، المجموعة الثانية هي ست النماذج المتبقية تم معالجتها لمدة شهر، وكانت جميع النماذج تم مزجها بشكل جيد مع الكلس المضاف بعد حل الكلس بلتر من الماء حيث كانت نسبة الماء المضاف ثابتة مع اختلاف نسب الكلس المضاف وجميع العينات كانت معرضة لأشعة الشمس ثم أجرينا تجربة لوس أنجلوس عليها وسنورد النتائج في الجدول رقم (14).

الجدول رقم (14) نتائج تجربة لوس انجلوس على النماذج المثبتة للحصويات الكلسية من النوع الأول

معامل اهتراء العينة قبل التثبيت	المدة الزمنية للغمر بالكلس	نسبة الكلس المضاف%	معامل اهتراء النموذج بعد التثبيت %	نسبة انخفاض معامل الاهتراء%
64.8%	أسبوعين	3	64.3	0.77
		5	63.9	1.39
		10	59.98	7.44
		15	55.78	13.92
		20	49.88	23.02
		25	47.36	26.91
		30	46.21	28.69
	شهر واحد	3	63.9	1.39
		5	59.3	8.49
		10	48.4	25.3
		15	46.9	27.63
		20	45.8	29.32
		25	44.1	31.94
		30	43.3	33.18



الشكل رقم (1) يمثل العلاقة بين نسبة الكلس المضاف ومعامل الاهتراء بعد معالجة بالكلس لأزمنة مختلفة للعينة الأولى



الشكل رقم (2) يمثل العلاقة بين معامل الاهتراء وزمن المعالجة عند إضافة الكلس بنسب متزايدة للعينة الأولى

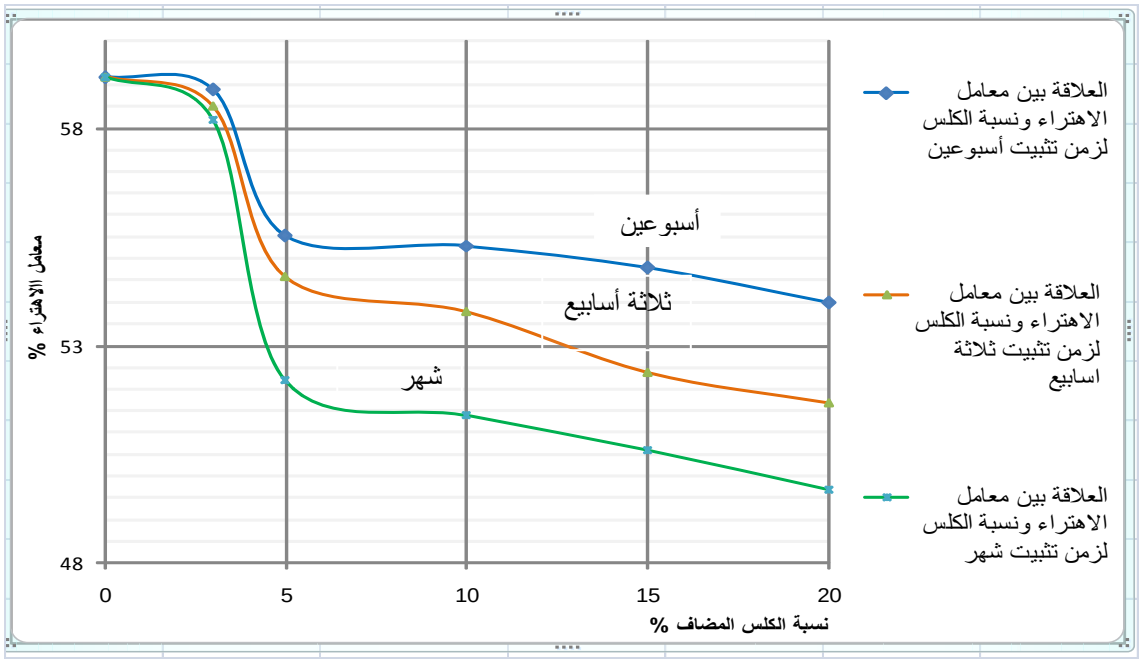
تثبيت العينة الثانية بالكلس الحي:

قمنا بتحضير اثني عشر نموذجاً من المواد الكلسية الضعيفة المحضرة من مقالع كسب، وكانت نسبة الاهتراء لهذه المواد 59.18% بحيث إنّ كل نموذج من هذه العينة مجهز لتتم عليها تجربة لوس أنجلوس بعد التثبيت بالكلس الحي بنسب متزايدة (3%–5%–10%–15%–20%)، حيث تم حساب نسبة الكلس المضاف من وزن النموذج الجاف وقسمنا هذه النماذج لثلاث مجموعات أربعة نماذج تم غمرها لمدة خمسة عشر يوماً، أربعة نماذج تم غمرها

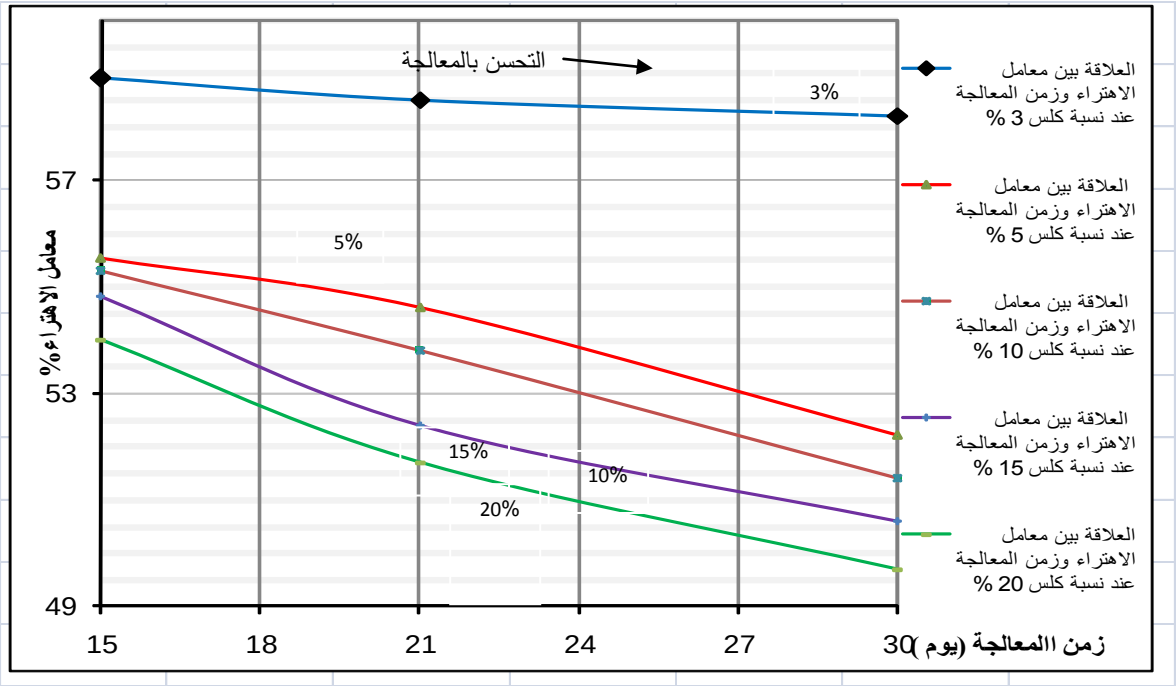
لمدة واحد وعشرين يوماً، النماذج الأربعة المتبقية غمرت لشهر ثم تم إجراء تجربة لوس انجلوس بعد التثبيت النتائج في الجدول رقم (15) .

الجدول رقم (15) نتائج تجربة لوس انجلوس على العينات المثبتة للحصويات الكلسية من النوع الثاني

معامل اهتراء العينة قبل التثبيت	المدة الزمنية للمعالجة بالكلس	نسبة الكلس المضاف%	معامل اهتراء النموذج بعد التثبيت %	نسبة انخفاض معامل الاهتراء%
59.18%	أسبوعين	3	58.9	0.47
		5	55.53	6.17
		10	55.3	6.56
		15	54.8	7.4
		20	54	8.75
	ثلاثة أسابيع	3	58.5	1.15
		5	54.6	7.74
		10	53.8	9.09
		15	52.4	11.45
		20	51.7	12.64
	شهر واحد	3	58.2	1.66
		5	52.2	11.79
		10	51.4	13.15
		15	50.6	14.5
		20	49.7	16.02



الشكل رقم (3) يمثل العلاقة بين نسبة الكلس المضاف ومعامل الاهتراء بعد معالجة بالكلس لأزمنة مختلفة للعينة الثانية



الشكل رقم (4) يمثل العلاقة بين معامل الاهتراء وزمن المعالجة عند إضافة الكلس بنسب متزايدة للعينة الثانية

الاستنتاجات والتوصيات:

1- تبين بالتجريب إمكانية استخدام الحصويات الكلسية الضعيفة بعد تثبيتها بالكلس الحي المضاف.

2- إن الحد الأدنى لنسبة الكلس الحي المضاف التي تحسن من اهتراء العينة هو% 5 أقل من هذه النسبة لا يظهر تحسن في متانة العينة مع زيادة زمن الغمر، وهذا واضح من خلال الجداول والأشكال حيث إنّ نسبة كلس مضاف 3% لا تبدي تحسناً مهمّاً مع زيادة زمن الغمر بالشكل الذي تبديه النسبة 5% .

3- إن الحصويات الكلسية من المصدر الأول أظهرت تحسناً في المتانة أكثر من العينات من المصدر الثاني والفارق واضح وكبير من خلال المقارنة بين الجدولين 14و15 لنسبة الكلس المضاف و زمن الغمر نفسه، وهذا منطقي إذا ما تم العودة إلى النتائج المخبرية للوزن النوعي والحجمي، حيث كان الوزن النوعي لحصويات المصدر الأول 2.61 g/cm^3 ولعينات المصدر الثاني 2.68 g/cm^3 وكان الوزن الحجمي لحصويات المصدر الأول 2.3 g/cm^3 و ولحصويات المصدر الثاني 2.406 g/cm^3 ، عدا عن أن هناك تفاعلاً كيميائياً في العينة الأولى أقوى من العينة الثانية، وهذا التفاعل على الأغلب بوزولاني.

4- من خلال التجارب تبين أن تأثير زمن الغمر بالكلس المضاف على تحسن متانة الحصويات الكلسية أكبر من تأثير نسبة الكلس المضاف مع العلم أن المواد الكلسية المثبتة ستزداد متانتها مع الزمن وليس فقط خلال شهر فهذا الزمن هو زمن اخترناه خلال البحث الذي له مدة محددة بينما على أرض الواقع المواد ستستخدم في الرصف بعد تثبيتها وسيستمر التفاعل الكيميائي بين الكلس المضاف والحصويات الكلسية المستخدمة خلال عمر الرصف مما سيسهم في زيادة متانتها مع الزمن.

ونورد فيما يأتي التوصيات النهائية:

1–في حال توافرت مواد محلية قليلة المتانة (التي يزيد معامل لوس انجلوس عن 50%) نقترح إضافة الحد الأدنى من الكلس الحي إلى الحصويات الكلسية (هي% 5) وخلطها جيداً حتى تتجانس وتركها مدة لا تقل عن شهر قبل استخدامها في إنشاء طبقات الرصف، لأن هذا الغمر يحسن من خاصية مقاومة الاهتراء .

2–لابد من إجراء دراسة تفصيلية على أي مادة يراد تحسين مواصفاتها، وذلك للتحقق من الدراسة المثالية لنسبة الكلس المضاف استناداً لدراسة اقتصادية – تقنية .

3–وضع خارطة رقمية لمحافظة اللاذقية تبين المقالع ذات المواد الكلسية الضعيفة المتانة، وذلك من خلال أبحاث معمقة تدرس إمكانية تحسين مواصفاتها الفنية بما ينسجم مع خطوات البحث المقدم .

4–اقتراح دراسة منهجية للمواصفات القياسية السورية للحظ هكذا نوع من المواد المحسنة .

5– استخدام الحصويات الكلسية الضعيفة المثبتة بالكلس الحي في رصف الطرق ذات حجوم السير المنخفضة كخطوة أولية نظراً لكون التجربة في بلدنا جديدة وليس هناك معرفة دقيقة بديمومة هذه المواد مع الزمن ومع كثافات السير الكبيرة .

المراجع:

1-YGUR, S.; DERIRDAG, H.; YAVUZ. *Effect of rock properties on the Los Angeles abrasion and impact test characteristics of the aggregates*, materials characterization x x (2009) xx – xxx, mtl-06705, accepted 26 October 2009, No of pages7.

2– بابكوف، ف.ف ؛ أندرييف، ف.و . *تصميم الطرق*،الجزء الأول، موسكو،368،1987.

3-KENNETH, L. B.; ANDREW, G. B. *Iowa thickness design guide for low volume roads using reclaimed hydratedclass C fly ash bases*, transporation conference proceedings,1998 ,253 -258.

4–داغاييف، ب. إ. *أساسات طبقات الرصف اللين باستخدام المواد الكلسية القليلة المتانة*، ترانسبورت، .186،1988

5– أيا، ت. *أساسات العمل الطويل الأمد للطبقات الإسفلتية على أساسات طرقية متنوعة (أساسات من مواد متينة وأساسات من مواد ضعيفة)*، مادي 236،1972.

6-WOODBRIDGE, M. E. *use of soft limestone for road-base construction in Belize*, transport research laboratory, united kingdom,1652,1999,181-191.

7– ابيتسيتين، ف.ك؛ شاك أ .م ؛ يايكوفلوف يو .م .*تجريب وتقييم متانة الرصف اللين المكون من مواد كلسية لينة*، ترانسبورت، موسكو،276،1989.

8- WOODBRIDGE, M. E.; GREENING, P.A.; NEWILL, D. *evaluation of weak aggregates for surface dressing on low-volume roads*, transport research record, 1291,1990 , 263-274.