تجريبية لتقوية الأعمدة الخرسانية المسلحة

عبد الحميد كيخيا

، دمشق، استاذ مساعد جامعة دمشق، كلية الهندسة المدنية، قسم الهندسة الإنشائية
(abdalhamedkikhea@hotmail.com)

الأعمدة الخرسانية –الممطولية – تقوية .

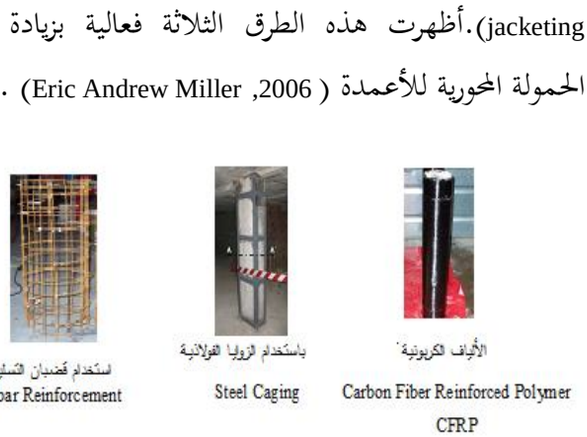
Ferrocemen (مونة اسمنتية مع شبك تسليح معدني) إحدى الطرق البسيطة
لسلحة المتصدعة ، أو لرفع كفاءتها لمقاومة الحمولات الخارجة المطبقة .

لتقوية الأعمدة الخرسانية المسلحة ، باستخدام هذه التقنية البسيطة ، وباستخدام المواد
ات التسليح الملحومة والمصنعة في سوريا ، وذلك بعد أن تم تحميلها بحمولات مختلفة ،
ن حمولة الإنهيار ، أي في حالات (إجهادية – تشوهية) مختلفة ، وذلك بهدف معرفة
تمت التجارب المخبرية في مخابر كلية الهندسة المدنية – جامعة دمشق .

إن استخدام الفيروسمنت يؤدي إن رفع مقدرة الأعمدة الخرسانية المسلحة ، وإن مقدار
ة – التشوهية للأعمدة عند تنفيذ التقوية . كما إن هذا الأسلوب من التقوية يؤدي
رفع كفاءتها لمقاومة الحمولات وتغيير شكل واسلوب انهيارها ، من الهش إلى المطاوع .

دة منها في عملية تقوية الأعمدة المتصدعة أو رفع مقدرة الأعمدة السليمة ، والتي تعتبر
ـية في عمليـــة تـــرميم وتـــدعيم المنشـــآت الخرســـانية المســـلحة .

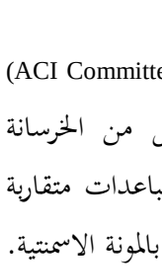
القمصان الفولاذية (steel jacketing)، القمصان من البوليمرات المسلحة بالألياف (fiber reinforced polymer FRP jacketing).أظهرت هذه الطرق الثلاثة فعالية بزيادة طاقة الحمولة المحورية للأعمدة (Eric Andrew Miller ,2006) .



ا ، في
نبار إن
لإنشائية

لتدعيم
الأعمدة

الأعمدة لم يتم
فاعليته وإمكان
هذه الطرق هي
والتي تسمى في
قة الفيروسمنت



ن الفيروسمنت ،
WWMs.

نها :

ة للتقوية وإعادة

(ACI Committe
ن من الخرسانة
باعدات متقاربة
بالمونة الاسمنتية.
آت أو العناصر
فيذها بمستواها

Ferro)كما ورد
B. Kon) بأنها
ي سلوك مختلف
سلوك المقاومة

المونة الإسمنتية يسهم بتحسين العديد من الخواص الهندسية للمادة ، كالشد (Tensile)، مقاومةالانعطاف Flexural (Strength) ، الصلابة (Toughness)، الانكسار (Fracture)، التحكم بالشقوق (Crack Control)، مقاومة التعب (Fatigue Resistance)، وأيضا مقاومة الصدم (Impact Resistance).

يوجد أشكال مختلفة ومتعددة من شبكات التسليح ، إلا إن المتوفر والمصنع محلي ، في مصانع سوريا هي المبينة على الشكل (٣) .

Weight(K.g)	Hole(c.m)	Size(c.m)	Wire diameter (m.m)
3,900	2,5× 2,5	200× 100	2,00 mm
2,000	5×5	200× 100	2,00 mm
6,250	2,5× 2,5	200× 100	2,50 mm
3,000	5×5	200× 100	2,50 mm
8,250	2,5× 2,5	200× 100	3,00 mm
4,500	5×5	200× 100	3,00 mm
2,500	9×9	190× 90	3,40 mm
3,250	8×8	192× 88	3,40 mm
6,000	5×5	200× 100	3,50 mm
8,000	5×5	200× 100	4,00 mm
3,450	5×5	200× 95	2,70 mm
3,500	5×5	200× 95	2,70 mm
1,620	7,5× 7,5	100× 100	3,00 mm

الشكل (٣) مواصفات الشبكات المصنعة في سوريا ، التي استخدمت في البحث الحالي .

أظهر استخدام طبقة (Ferrocement)في تدعيم وتقوية العناصر الإنشائية فعالية كبيرة في تأمين مطاوعة ومقاومة إضافية. بالاضافة لذلك فإن مثل هذه التقنية لديها ميزات أساسية تميزها عن التقنيات الأخرى من أهمها :

١. إن تغليف شبكات الأسلاك الملحومة بطبقة من المونة الإسمنتية عالية المقاومة تساعد في تأمين حماية مناسبة من التآكل لقضبان التسليح وحماية جيدة من الحرائق .

٢. تعتبر طريقة التدعيم المقترحة غير مكلفة اقتصادياً بالمقارنة مع طرق تدعيم أخرى.

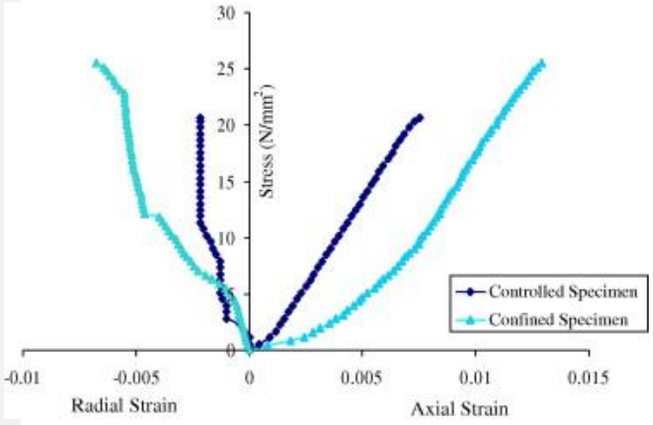
عليه تعليق [y١]:

عليه تعليق [R٢A١]:

عليه تعليق [y٣]: لاتنسَ تعديل رقم المرجع في الحاشية السفلية والخاص بالمعجم الهندسي....

عليه تعليق [R٤A٣]:

واحدة فقط من شبكة الأسلاك ، ثم وضعت طبقة من المونة الاسمنتية بنسب خلط ١:٢ ونسبة ماء إلى إسمنت تعادل ٠,٤ ، بحيث تكون سماكة طبقة التدعيم ١٥مم ، وبالتالي يكون قطر العينات المطوقة ١٨٠مم ،ثم عولجت العينات المقواة لمدة ٧ أيام . يوضح الشكل (٤) منحني الإجهاد–التشوه (المحوري والجانبي) حيث يلاحظ من هذا المنحني أن العينات المقواة أعطت قيم مرتفعة للحمولة الحدية والتشوهات بالمقارنة مع حالة العينات الأساسية .



الشكل (٤) منحني إجهاد–تشوه للعينة الخرسانية الأساسية والمقواة (B. Kondraivendhan and Bulu Pradhan, 2009)

من الدراسة التجريبية والنظرية خلص الباحثان إلى ما يلي:

١. يمكن استعمال طبقة الفيروسمنت بشكل فعال للتطويق

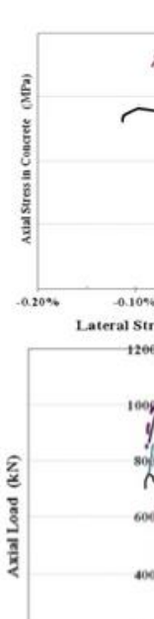
٢. التطويق باستعمال طبقة الفيروسمنت أدى إلى زيادة في المقاومة وذلك بالمقارنة مع العينات الأساسية وفق نسب تتراوح بين ٤٥–٧٨% بحسب صنف الخرسانة.

كذلك قام الباحثان (S.M. Mourad and M.J. Shannag, 2012) بدراسة تدعيم وتقوية الأعمدة الخرسانية المسلحة المربعة الشكل باستخدام طبقة من الفيروسمنت. حيث تمّ صب مجموعة من ١٠ عينات من الأعمدة الخرسانية المسلحة والمربعة الشكل بمقياس ٣/١ وتم تحميلها مسبقا" بحمولة ضغط محوري

عيمها باستخدام
ن من شبكات
طبقة من المونة
ومن ثمّ أعيدت

(Load carrying
(axial displac
axial stress a)،
ولية (ductility).

حمولة (Load-
(Stress-Strain)



تشوه – إجهاد
S.M. Moura)

١. يمكن استخدام قمصان من الفيروسمنت (Ferrocement)كتقنية تدعيم وتقوية بديلة لزيادة طاقة التحمل المحورية وأيضا لزيادة مطاوعة الأعمدة الخرسانية المسلحة.

٢. أظهرت نتائج الاختبار أن تدعيم نفس الأعمدة الخرسانية المسلحة بمقطع عرضي مربع الشكل ومحمّلة مسبقا" حتى **٦٠%** و **٨٠**% من طاقة الحمولة المحورية الحدية وباستخدام نفس القمصان ، زيادة مقدارها **٢٨%** و **١٥%** في طاقة تحمل الحمولة المحورية الحدية بالمقارنة مع العينات الأساسية.

٣. أظهرت نتائج الإختبار أن تدعيم نفس الأعمدة الخرسانية المسلحة بمقطع عرضي مربع الشكل ومحمّلة مسبقا حتى الانهيار وباستخدام نفس القميص ، أنه استرجعت معظم طاقة تحمل الحمولة المحورية الحدية والصلابة للعينات الأساسية.

كذلك قام الباحثان (A. B. M. Amrul Kaishl Alam, 2011) بدراسة سلوك الأعمدة الخرسانية المسلحة بمقطع عرضي مربع الشكل والمقواة باستخدام طبقة من الفيروسمنت تحت تأثير التحميل اللامركزي (Eccentric Loading) ، حيث استخدمت ثلاثة طرق مختلفة لتقوية الأعمدة الخرسانية المسلحة باستخدام شبكات الأسلاك الملحومة. تم اختبار ثمانية أعمدة مربعة الشكل منها ستة أعمدة مقواة واثنان من الأعمدة الغير مقواة **NJ** ، حيث اختبرت هذه الأعمدة تحت تأثير حمولة ضغط بلامركزية صغيرة حتى حدوث الانهيار. وتم استعمال ثلاث طرق مختلفة بالتقوية هي:أعمدة مقواة باستخدام طبقة واحدة من شبكات الأسلاك الملحومة (Single layer wire mesh) وأعطيت الرمز **SL** ، أعمدة مقواة باستخدام طبقة واحدة من

دام طبقة واحدة
ستخدام طبقات
د كل زاوية من
الشكل (٦)

أعمدة الخرسانية
(A

تحميلها بحمولة
فاظ على نفس
بنات (المرجعية

الخاضعة لتحميل

يروسمنت كمادة
ل لامركزي.

مت زيادة في
وهات الطولية

اً نفس الحمولة
أعطت قيم
بنات **SL**.

للحمولة الحدية

٥- أظهر شكل انهيار العينات RSL ممطولية أكبر بالمقارنة مع العينات الأخرى .

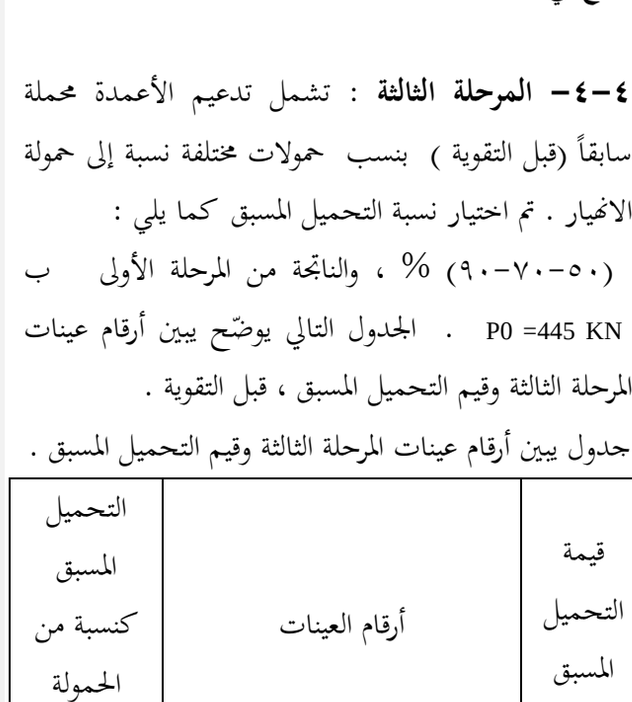
٤- الدراسة التجريبية :

تم إجراء دراسة تجريبية ، في مخابر كلية الهندسة المدنية –جامعة دمشق ، لتدعيم الأعمدة الخرسانية المسلحة باستخدام طبقة الفيروسمنت والتي استخدمت فيها شبكات الأسلاك الملحومة WWMs المصنعة محلياً ، حيث تم دراسة أثر التدعيم على مقاومة الضغط القصوى للعمود، ممطولية العمود، ونمط الانهيار .

٤-١- تحضير العينات :

تمّ صب ١٥ عينة من الأعمدة الخرسانية المسلحة المربعة الشكل بمقطع عرضي **150X150mm** وبارتفاع **1000mm** باستخدام مواد الخرسانية المحلية ، وسلّحت بتسليح طولي بقطر **10mm**عالي المقاومة بحد خضوع **Fy=491 MPa** وتسليح عرضي بقطر**6mm** من النوع الأملس بحد خضوع **Fy=240MPa** ، مقاومة الخرسانية المستخدم **F_c=15 MPa** .

الشكل (٧)يبيّن مخطط أبعاد وتفاصيل التسليح لعينات الأعمدة الخرسانية المسلحة.



الشكل (٩) شكل العينات بعد تنفيذ التقوية وتجربة التحميل مع مقطع في الأعمدة المدعمة .

٤-٤- المرحلة الثالثة : تشمل تدعيم الأعمدة محملة سابقاً (قبل التقوية) بنسب حمولات مختلفة نسبة إلى حمولة الانهيار . تم اختيار نسبة التحميل المسبق كما يلي :

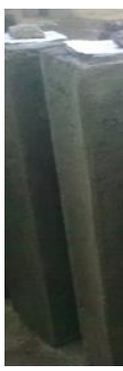
(٥٠-٧٠-٩٠) % ، والناتجة من المرحلة الأولى ب P0 =445 KN . الجدول التالي يوضّح يبين أرقام عينات المرحلة الثالثة وقيم التحميل المسبق ، قبل التقوية .

جدول يبين أرقام عينات المرحلة الثالثة وقيم التحميل المسبق .

قيمة التحميل المسبق Tons	أرقام العينات			التحميل المسبق كنسبة من الحمولة الحدية P_0 %
22.25	SJ-50-1	SJ-50-2	SJ-50-3	50
31.15	SJ-70-1	SJ-70-2	SJ-70-3	70
40	SJ-90-1	SJ-90-2	SJ-90-3	90

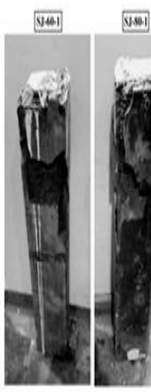
وبعدها قمنا بتقوية العينات المحملة مسبقاً وفق الطريقة المقترحة.(عدد العينات الكلي لهذه المرحلة ٩ عينات). كما مبين على الشكل (١٠)

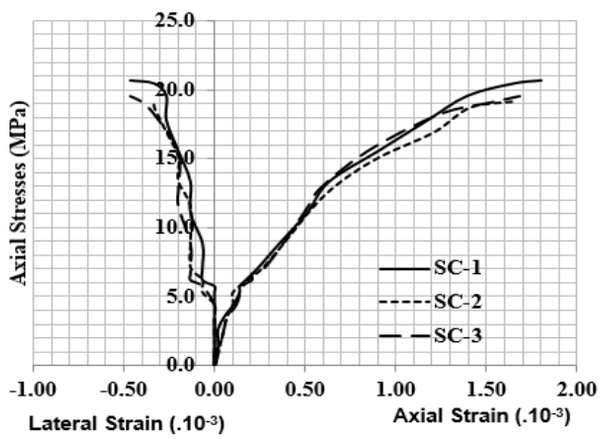
العينة	وسطي حمولة الإنهيار	الزيادة الحاصلة بحمولة الإنهيار بالنسبة للعينة الأساسية
SC	**44.5**	
SJ-0	**64.5**	**1.45**
SJ-50	**58.5**	**1.31**
SJ-70	**54**	**1.21**
SJ-90	**47.5**	**1.07**



عّمة بعد التحميل

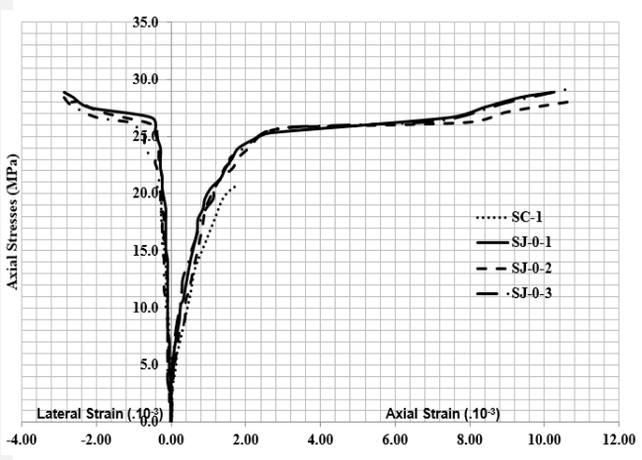
ط محورية متزايدة
اشكال انهيار



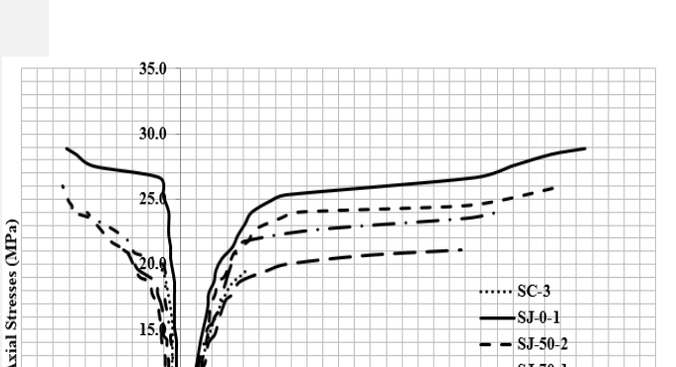


الشكل (١٢) نتائج تحميل العينات SC

لعينات وقيم
تبين نتائج هذه
حمولة الانهيار
والزيادة في قيمة
ية.



الشكل (١٣) نتائج تحميل العينات SJ-0



الشكل (١٧) مقارنة نتائج التحميل لبعض العينات

من المخططات والجدول أعلاه نلاحظ بأن تقوية الأعمدة الخرسانية المسلحة ، المحملة مسبقا بحمولات ٥٠% ، ٧٠% ، ٩٠ % من حمولة الأنهيار ، بطبقة من الفيروسمنت ، أدت إلى رفع مقاومتها بمقدار ٣١% ، ٢١% ، ٧% على التوازي ، وهذه النتيجة قريبه جدا من النتائج التي حصل عليها الباحثان (S.M. Mourad and M.J. Shannag, 2012) المبينة أعلاه .

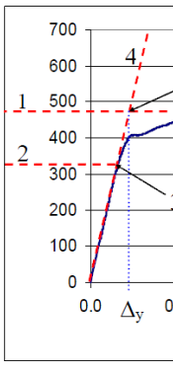
٤-٥- حساب الممطولية :

تحسب الممطولية μ وفق **(Eric Andrew Miller,2006)** من المعادلة التالية :

$$\mu = \frac{\Delta_u}{\Delta_y}$$

حيث : Δ_y -الانتقال عند حد الخضوع، Δ_u- الانتقال الحدّي .

لايمكن تحديد الانتقال عند حد الخضوع بشكل قاطع للعينات المؤلفة من طبقات متعددة من الخرسانية والفولاذ وبخصائص مختلفة . لذلك سيتم حساب Δy ، Δ_u باستخدام إجراء كماهو موضّح وفق الشكل (١٨) .



العينة	وسطي معامل الممطولية $\mu = \frac{\Delta_u}{\Delta_y}$	زيادة الممطولية بالنسبة للعينة الأساسية
SC	1.64	
SJ-0	6.56	4.0
SJ-50	6.90	4.2
SJ-70	5.57	3.4

نلاحظ الزيادة الكبيرة في قيمة الممطولية للعينات المدعة بطبقة من الفيروسمنت مقارنة مع العينات الغير مدعمة ، حتى في حالة التحميل المسبق .

٥- الخلاصة (Conclusion):

١- أظهرت الدراسة الحالية فعالية استخدام طبقة الفيروسمنت ، مع شبكات الأسلاك الملحومة **WWMs** المصنعة في سوريا ، لتدعيم الأعمدة الخرسانية المسلحة.

٢- أظهرت النتائج أن تقوية الأعمدة الخرسانية المسلحة وغير محمّلة مسبقا وباستعمال طبقتين من شبكات الأسلاك الملحومة **WWMs** زيادة مقدارها ٤٥% على حمولة الضغط المحورية القصوى بالمقارنة مع العينات الأساسية.

٣- أظهرت نتائج الاختبار أن تدعيم نفس الأعمدة الخرسانية المسلحة بمقطع عرضي مربع الشكل ومحمّلة مسبقا" حتى ٥٠% و ٧٠% و ٩٠% من طاقة الحمولة المحورية الحدية وباستخدام نفس القمصان ، زيادة مقدارها ٣١% و ٢١% و ٧% على الترتيب على حمولة الضغط المحورية القصوى

ما كانت فعالية

من الفيروسمنت
الغير مدعمة .
كبير على كفاءة
تبين ذلك من
اة بشكل انهيار
ضح من خلال
قال–حمولة عند
انهيار هش
ساسية.

1. **ACI**
for th
Ferro
2. **A.B.**
Rabiu
FERF
REIN
ECCE
Kand
3. **Eric**
Reinf
The C
4. **B. Ko**
of fer
concr
vol. 2
5. **G.J.**
Yan,
circul

and Building Materials, vol. 25, no. 5, pp. 2263 - 2268, 2011 **.**

6. **M. Yaqub**, "Axial compressive and seismic shear performance of post-heated columns repaired with composite materials", vol. Ph.D. thesis, Manchester University, 2010.
7. **Shehab Eldin M. Mourad,** "Performance of Plain Concrete Specimens Externally Confined with Welded Wire Fabric," *King Saud University college of Engineering*, 2006 .
8. **S.M. Mourad and M.J. Shannag, "**Repair and strengthening of reinforced concrete square columns using ferrocement jackets," *Cement and Concrete Composites*, vol. 34, no. 2, pp. 288-294, February 2012
9. **Sung-Hoon Kim and Dae-Kon Kim, "**Seismic retrofit of rectangular RC bridge columns using wire mesh wrap casing," *KSCE Journal of Civil Engineering*, vol. 15, no. 7, pp. 1227-1236, 2011 **.**

١٠- **مأمون سمكري؛ غادة العسراوي،** "دراسة التشوهات وأشكال الانهيار للأعمدة المدعّمة بألياف الكربون،" *مجلة جامعة دمشق للعلوم الهندسية*، المجلد ٢١، رقم ١، **pp. 67-91، 2005**

١١- **رضوان الجرف؛ علي شاش،** "معجم مصطلحات الهندسة وإدارة التشييد إنكليزي_عربي،" ***in*** *الميسّر* ***AL-MUYASSIR***، الظهران، جامعة الملك فهد للبترول والمعادن ، ١٩٩٥.

١٢- **الكود العربي السوري لتصميم وتنفيذ المنشآت بالخرسانة المسلحة،** المجلد الطبعة الثالثة، دمشق: نقابة المهندسين، ٢٠٠٤.

Experimental Study on Strengthening of Reinforced

Abd Al-Hamed Kikhea

Assistant professor at Damascus University, Faculty of C

Key Words: Ferrocement, Reinforced concrete columns, Strengthening, Du

Abstract:

Ferrocement technique (mortar and wire mesh) is considered as a simple and p
retrofitting of damaged reinforced concrete columns, or for increasing its capa

loads.

This research shows an experimental study for strengthening of reinforced
technique (Ferrocement) – by using raw materials available in Syria to form
mesh manufactured in Syria- All column specimens were preloaded under a
fractions (0, 50, 70 and 90%) of its ultimate strength; repaired using ferrocem
to find out the efficiency of this method of repairing. All the experimental w

the Faculty of Civil Engineering – University of Damascus .

The test results of this investigation indicate that repairing of concrete co
increases the load capacity of repaired columns in different ratios depending
repairing. Also, the test results indicate that using this repairing technique en
repaired columns and thus raises their efficiency to resist loads, and change

from brittle to ductile failure.

The results of this research can be used in the process of repairing of
strengthening of concrete columns to increase its load capacity, which is co
repairing and re-habitation of concrete structures.