الدراسة الميدانية والتجريبية لإصلاح البلاطات المعصبة المتضررة جزئياً بإحتوائها على فجوات

*م.عمار طواشي **د.م عبد الرزاق سالم ***د.م سليمان العامودي

(الإيداع: 23 كانون الأول 2018، القبول: 12 آذار 2019)

ملخص :

هناك عدد كبير من منشآت البيتون المسلح القائمة في سورية عانت من مشاكل التدهور والخراب والدمار الجزئي, مما أدى الى تقليل مدة العمر الافتراضي أو التشغيلي. ولما كانت مصادر التمويل غير متاحة عموماً للاستعاضة عن المنشآت المتدهورة بمنشآتٍ جديدة، فإن هناك حاجة إلى إنشاء الصيانة والتدعيم الوقائي، والإجراءات الترميمية لإطالة العمر الافتراضي بطريقة فعالة من حيث التكلفة.

إن التدابير اللازمة لإطالة العمر التشغيلي لعناصر البيتون المسلح يعتمد على ما اذا كان الهدف من الحماية هو السيطرة على نسبة الضرر الناتجة عن الخراب، أم رفع الكفاءة الإنشائية للمنشآت، أو كليهما في آن واحد.

فالبيانات عن أداء المنشآت بعد الإصلاح خلال العمر التصميمي، بالإضافة للمعلومات عن الزيادة المفترضة للعمر التصميمي بحاجةٍ، إلى تقييم مبدئي قبل القيام بعملية التدعيم اللازم للعنصر الإنشائي.

إن من الأشياء الحديثة و الهامة إصلاح و تدعيم العناصر الإنشائية، ونظراً للتقدم الملحوظ في المواد التي تستخدم في عملية التدعيم، وكثرة أنواعها، واختلافها، والارتفاع الكبير في أسعار مواد البناء، نجد أن الكثير من البلدان أصبحت تعتمد على إصلاح العناصر الإنشائية، واعتمدت ذاتياً على إنتاج هذه المواد لإصلاح العيوب في المنشآت القديمة، أو المنشآت التي تأثرت بالزلازل أو العوامل الخارجية، كالصدمات والانفجارات. لذا يجب الاهتمام بهذا العلم الحديث والدراسة الجيدة والاهتمام باكتشاف مواد تنفيذ عملية التدعيم والإصلاح في المستقبل.

الكلمات المفتاحية:

بلاطة–هوردي– أعصاب– قضبان تسليح–زيارات ميدانية–بلاطة مخربة–فجوات–تخريب.

* ماجستير هندسة إنشائية–كلية الهندسة المدنية–جامعة البعث.

** أستاذ في كلية الهندسة المدنية–جامعة حماة.

*** أستاذ مساعد في كلية الهندسة المدنية–جامعة البعث

Field and Experimental Study for the Repair of Ribbed Slabs Partially Damaged by Containing Gaps

*Ammar Tawashi ** Dr. Abdulrazzaq Salem ***Dr. Soleman Al-Amoudi

(Received:23 December 2018,Accepted:12 March 2019)

Abstract:

A large number of existing concrete structures in Syria have suffered from problems of deterioration destruction and partial destruction, resulting in a reduction in the life span or operational life. As funding sources are generally unavailable to replace degraded facilities with new facilities, maintenance, preventive reinforcement, and corrective measures to extend useful life in a cost-effective manner.

Measures to extend the operational life of the concrete elements depend on whether the purpose of the protection is to control the damage caused by the destruction, or to increase the structural efficiency of the installations, or both at the same time.

Since the data on the performance of the installations after the reform during the design age, in addition to information on the supposed extension of the design age needs to be evaluated in advance before the necessary reinforcement of the structural component.

Modern and important things are the repair and reinforcement of the structural elements, Due to the remarkable progress in the materials used in the consolidation process, the many types, and differences, and the large increase in the prices of building materials, many countries have become dependent on repairing structural elements, and self-reliance on the production of these materials to repair defects In the old installations, or installations affected by earthquakes or external factors, such as shocks and explosions. so must be aware of this modern science and good study and interest in the discovery of materials to implement the process of consolidation and reform in the future.

Key Words:

(Slab-Hollow Block Slab-Ribbed-Reinforcing bars-Field visits-Damaged Slab-Gabs-subversion)

---

* - Master of Structural Engineering - Faculty of Civil Engineering – AL-Baath University

**- Professor at the Faculty of Civil Engineering - University of Hama

*** Assistant Professor at the Faculty of Civil Engineering - Al-Baath University

1- المقدمة Introduction:

إن إصلاح الأسطح الأفقية هو أمر شائع على البلاطات إما بوجودها فوق بعضها أو في نفس المستوى, فقد يكون التدهور ناتجاً عن حدوث انفجار خارجي وتخريب جزء من السطح, أو تآكل جزءً من فولاذ التسليح الناتج في قطعة مخربة، كما تشمل الأسباب الأخرى الشائعة للتدهور التجميد والذوبان وهجوم كيماوي. وبعد تقييم المهندس للتدهور، ينبغي وضع خطة تشمل أهداف ومواصفات الاصلاح، والتي تشمل التخطيط، الإزالة، وإعداد الحواف، والخليط، والترابط، والصقل.

سنتطرق في بحثنا هذا بالحديث عن بلاطات الهوردي والتي تعتبر الأكثر استخداماً في سوريا مقارنةً مع الأنواع الأخرى من الأسطح الأفقية. حيث أدى تعرضها للتخريب خلال سنوات الحرب إلى حدوث خلل في عمل الجملة الإنشائية فيما يخص توزع وانتقال الأحمال إلى باقي العناصر الانشائية ناهيك عن حدوث أضرار في بقية العناصر المتصلة بها. وبالتالي لابد من إيجاد أسلوب لمعالجة التخريب الحاصل، وتقييم وضع البلاطة ككل فيما يساهم لوضع استراتيجية واضحة تحدد لنا إمكانية الإصلاح من عدمه، ويساهم بمعالجة الخلل الذي سببه الضرر في عمل العنصر الإنشائي، وإعادة العنصر للعمل بمقاومته التصميمية، أو بمقاومة أكبر من مقاومته التصميمية. وتحقيق كافة الشروط الواجب توفرها في العنصر المدعم حتى يعود ويعمل بشكلٍ سليم وبكامل خواصه الإنشائية، وإعادة عمل العنصر بالشكل الصحيح وإعادتها تخدم المساحة التي تغطيها من المبنى. وبأقل كلفة ممكنة بحيث لا تتجاوز كلفة تدعيمه كلفة إنشاءه من جديد.

ولكي ننجز هذا البحث سنأخذ أمثلة ميدانية والقيام بعملية الإصلاح وفق خطوات تكنولوجية واضحة، بالإضافة الى البحث التجريبي في مخبر البيتون المسلح.

2- هدف البحث Research Goal:

يهدف البحث إلى إجراء دراسة عملية تجريبية ومخبرية لإصلاح البلاطات الهوردي المحتوية على فجوات والمخربة جزئياً من أجل إطالة العمر الافتراضي لها وإعادة الشكل الجمالي للعنصر والحفاظ على السعة التحملية على القص، و الإنعطاف والبحث في الطرق التكنولوجية اللازمة لإسقاط النموذج المخبري على أرض الواقع من خلال مناقشة بعض حالات الدراسة

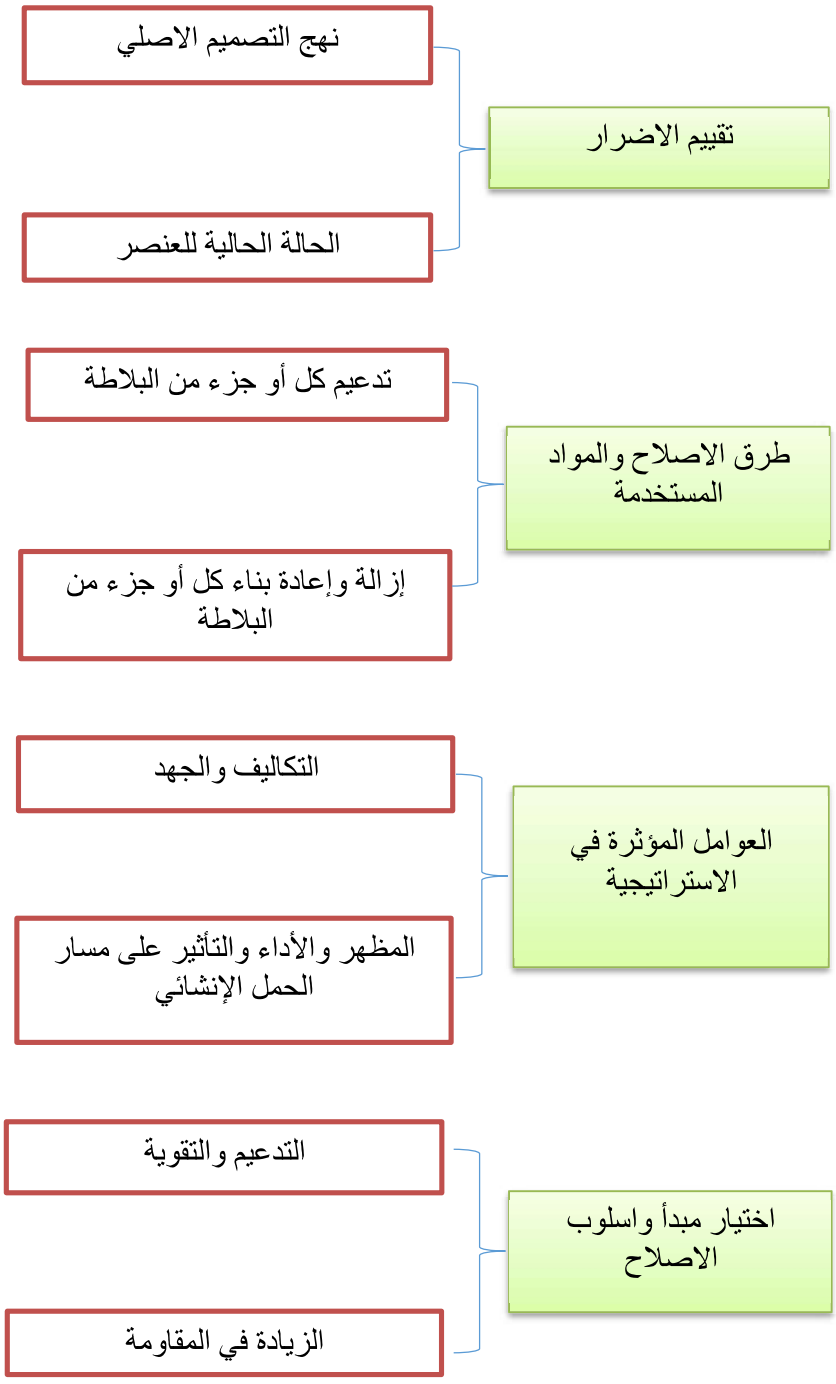
- **<u>وتتلخص أهداف البحث في :</u>**

أ- البحث في الطريقة التكنولوجية المتبعة لإصلاح التخريب الحاصل في الأسطح الأفقية، والتطبيق الميداني لها.

ب- دراسة التغيير في سلوك بلاطة الهوردي نتيجة إصلاح الأجزاء المخربة فيها، وتقويتها على القص، والإنعطاف و التحقق من العمل المشترك بين البيتون القديم والجديد .

3- الدراسة المرجعية Reference Study:

إن تقييم وتصميم وتنفيذ إصلاح للبلاطة القائمة هو بالواقع أكثر تعقيداً مقارنة مع البلاطة الجديدة، بالإضافة الى حالة المواد غير المعروفة للبلاطة القائمة، وبالتالي يمكن أن نضع استراتيجية للبحث يمكن اتباعها في الاصلاح و التدعيم الإنشائي كما هو موضح بالشكل رقم(1):



الشكل رقم (1): استراتيجية مراحل تدعيم البلاطة

عندما يتم التقييم الإنشائي لحالة معينة فإنه يجب تحديد العناصر الإنشائية الحرجة وفق الوضع الحالي، وذلك لكي يكون أساساً لتقدير الأداء في المستقبل أو الخدمة التشغيلية أو كليهما كجزء من عملية التقييم، ومن المهم ملاحظة عدم الإنتظام أو عدم الإتساق في خصائص المواد التصميمية وخصائص مواد التدعيم وتأثيرها على سلوك البناء، وكذلك وجود تأثير العوامل البيئية، ويتطلب التقييم الإنشائي حساب قدرة تحمل البلاطة كخطوة أولى ثم تتم معالجة متطلبات الأداء الأخرى من خلال اختبارات القدرة الانشائية التكميلية للخصائص [6].

3-1 الآليات الموصي بها المعهد الأمريكي للبيتون ACI لتقييم قوة العناصر البيتونية القائمة:

Mechanisms Recommended By (ACI) To Assess the Strength of Existing Concrete Elements

تشمل طرق تقييم قدرة تحمل البلاطة البيتونية القائمة تقييماً تحليلياً أو إختبار التحميل كما هو موضح في الشكل رقم(2) التالي:

الشكل رقم (2): الإجراءات الموصي بها (ACI) لتقييم العناصر البيتونية

ينصح بالتقييم التحليلي عندما تتوفر معلومات أساسية كافية (على سبيل المثال ،خصائص القطاعات ،خصائص المواد وجودة البناء)، إن إختبار التحميل الستاتيكي غير عملي بسبب تعقيد الإختبار أو مقدار الحمولة المطلوبة أو حدوث الإنهيار المفاجئ أثناء إختبار التحميل الستاتيكي والذي يمكن أن يشكل خطراً على سلامة العنصر أو المنشأ بكامله.

من المستحسن عند القيام بعملية التقييم أن تُجرى التحليلات النظرية، وفق مبادئ تصميم قدرة تحمل البلاطة ويمكن إعتبار العنصر محققاً إذا كانت قدرة التحمل و التشوه ومعايير أخرى للخدمة التشغيلية تلبي متطلبات الكود المعتمد[1] .

4- الطريقة التكنولوجية لمعالجة بلاطة الهوردي المخربة

Technological Method to Repair the Damaged Slab

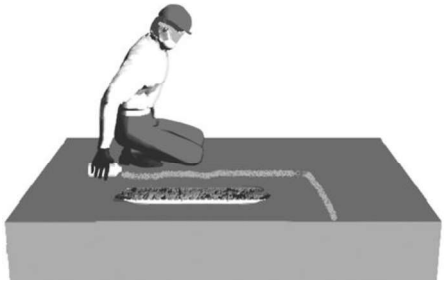
إن الغرض من إصلاح القطعة المخربة هو إصلاح البيتون المتدهور، إصلاح فولاذ التسليح التالف، واستبدال القسم المفقود من البيتون. ومن جهة أُخرى فإن إعداد السطح هو في الأساس نفسه، حيث يتم تنفيذ تدعيم مؤقت للبلاطة إذا كانت متشققة بشكلٍ كبير، وذلك قبل المباشرة بإجراء الإصلاح وذلك لتجنب حصول هبوط كبير وسهم غير مقبول خصوصاً عند البدء بأعمال نشر محيط الاصلاح[2].

ويتم تنفيذ الإصلاح حسب الطريقة المعتمدة لتقوية البلاطة وبما يتوافق مع الأعمال المطلوب تنفيذها، وبحيث يتم تأمين أكبر عمل مشترك بين البلاطة القديمة وعناصر التدعيم الجديدة. على أن تتم إزالة البيتون غير السليم. وتقوض القضبان المكشوفة ويتم تنظيف السطح بضاغط مائي عالي (1400 كغ على الأقل) أو بالجلخ ومن ثم بضاغط هوائي عالي.

❖ **مراحل تحضير السطح المتضرر**[4]

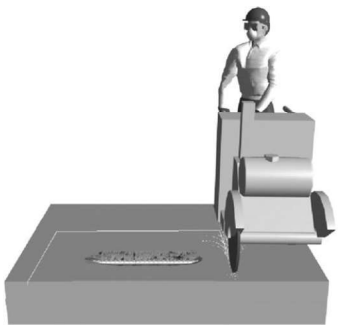
الخطوة 1- تنفيذ تدعيم مؤقت للبلاطة اذا كانت متشققة بشكلٍ كبير، ويمكن تحديد مناطق التخريب بشكلٍ كامل من خلال الطرق على السطوح وسماع صوت الطبطبة.

الخطوة 2- تحديد محيط منطقة الإصلاح، التخطيط الأفضل الذي يؤدي إلى أشكال هندسية بسيطة مع تقليل عدد الزوايا الداخلية كما هو موضح بالشكل رقم (3).



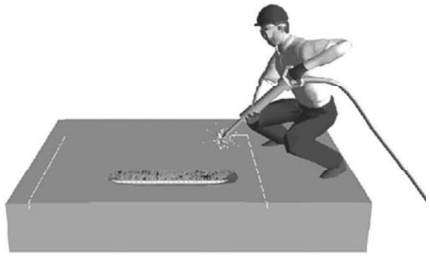
الشكل رقم(3): تحديد محيط منطقة الإصلاح

الخطوة 3- نشر محيط الإصلاح . لتحديد التسليح المتضرر ، لا ينبغي أن يكون النشر أعمق من طبقة التغطية إذا كان التخريب ناجماً عن التآكل، وفي حال كون التخريب حاصلاً على كامل ارتفاع البلاطة فإنه يزال بشكلٍ كامل كما هو موضح بالشكل رقم(4).



الشكل رقم(4): نشر محيط الإصلاح

الخطوة 4- إجراء عملية إزالة البيتون الأولية إما بالكسارة 7 كغ أو 15 كغ. وهذه الأخيرة قد تسبب أضراراً لفولاذ التسليح ، والبيتون المتبقي. ويبين الشكل رقم (5) استخدام الكسارة 7 كغ لعملية الإزالة الأولية للبيتون.

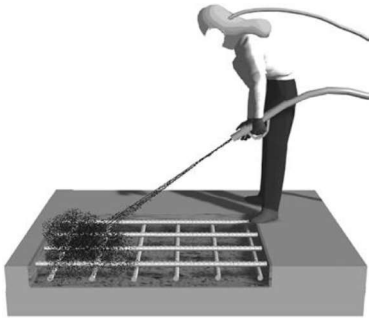


الشكل رقم (5): إجراء عملية إزالة البيتون الأولية إما الكسارة 7 كغ أو 15 كغ

الخطوة 5- إذا تم تآكل القضبان المكشوفة، فإنه بغض النظر عن مقدار التآكل يجب إزالة البيتون المحيط بها بشكل كامل، مما يسمح بتمرير اليد بين البيتون السليم والقضيب المتآكل، أما التنظيف حول القضبان فإنه يجب أن يكون حوالي(20 مم)، ومن ثم يمكن طلاء القضبان القديمة والجديدة.

الخطوة 6- إذا تم العثور على القضبان الصدئة والقضبان المفقودة في المقطع العرضي أثناء عملية الإزالة، ينبغي استشارة مهندس إنشائي واقتراح الحلول حسب الحالة.

الخطوة 7- التنظيف النهائي للتسليح المكشوف و للبيتون. يتم بإستخدام ضاغط مائي شديد، أو الجلخ ثم إستخدام ضاغط هوائي عالي. كما في الشكل رقم(6).



الشكل رقم(6): تنظيف البيتون المكشوف وفولاذ التسليح بضاغط مائي شديد

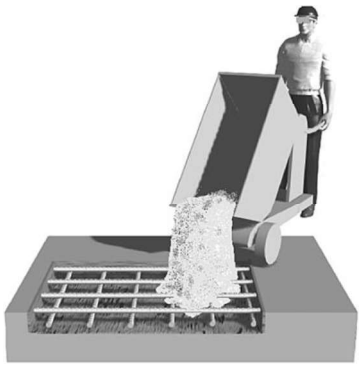
❖ **إجراءات الاصلاح وصيانة الفجوة**

الخطوة 8- يجب تخليص سطوح البيتون من المياه السطحية الحرة والبرك الصغيرة والعمل على تجفيف هذه السطوح لإن إمتلاء مسامات السطح بالماء يؤدي إلى إضعاف التماسك بين مواد الإصلاح وسطوح البيتون.

الخطوة 9- يمكن استخدام المواد الرابطة، وأكثرها شيوعاً الملاط الإسمنتي(المكون من الإسمنت والماء فقط)، وهنا من الواجب الحذر حتى لا يجف الملاط الإسمنتي قبل وضع مواد الإصلاح، كما يمكن إستخدام مواد رابطة إصطناعية أُخرى حسب تعليمات الشركة الصانعة، علماً أن خلط مواد الإصلاح بنسب معينة وشروط الموقع قد لا تتطلب مواد رابطة منفصلة.

الخطوة 10- خلط مواد الإصلاح وفقاً لتعليمات الشركة الصانعة،أما في حالة استخدام البيتون الجاهز، فتتم مراعاة متطلبات الخلط والنقل وفق مواصفات المشروع.

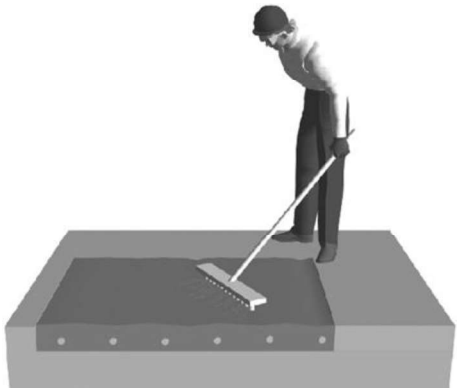
الخطوة 11- وضع مواد الإصلاح في التجويف باستخدام عربات، خط مضخة، أو طريقة أخرى مقبولة كما هو موضح بالشكل رقم (7).



الشكل رقم(7): وضع مواد الإصلاح في التجويف باستخدام عربات

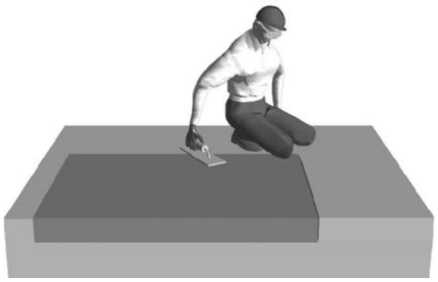
الخطوة 12- دمج مواد الإصلاح في التجويف باستخدام هزاز داخلي. الإهتزاز يسمح لمواد الإصلاح بالتدفق حول فولاذ التسليح وأيضاً يسبب إتصالاً وثيقاً مع سطح البيتون. ويساعد في إزالة الهواء المحبوس.

الخطوة 13- مسح وتسوية السطح الذي تم إصلاحه كما هو موضح بالشكل رقم(8).



الشكل رقم(8): المسح، ثم تسوية السطح الذي تم إصلاحه

الخطوة 14- صقل مواد الإصلاح أو تكنيس السطح بشكل أملس. كما موضح بالشكل رقم(9).



الشكل رقم(9): صقل السطح

الخطوة 15- عملية الإصلاح تتم وفقاً لتوصيات الشركة الصانعة في حال استخدام البيتون الجاهز، أو المصبوب بالموقع للإصلاح، وضع الخيش الرطب و ورقة البولي ايثيلين خلال الإصلاح لمدة لا تقل عن(7) أيام. كما هو موضح بالشكل رقم (10).

الشكل رقم(10): عملية الإصلاح مع أغطية للترطيب

4-1 تحديد المواد المناسبة لأعمال الصيانة

إذا تم استخدام البيتون الجاهز للإصلاح، نسبة المياه على الإسمنت (W/C) يجب أن تستخدم بحيث لا تزيد عن 0.40 كما أن المقاومة الإسطوانية يفضل أن تكون أكبر مما هي عليه في البيتون الأصلي ويجب ألا تقل عن(18Mpa). كما أن الإنكماش الأولي لمواد الإصلاح غير مرغوب به، ولذلك يمكن أيضاً استخدام المواد الجاهزة المصممة خصيصاً لإصلاح الأسطح البيتونية.[3]

5- تطبيق ميداني لإصلاح بلاطة هوردي في محافظة حمص السورية:

Field Implementation for the Repair of Hollow Slab in Syrian Governorate of Homs:

بلاطة هوردي معصبة في محافظة حمص السورية وهي بلاطة سقف أخير لمدرسة سعيد العاص تعرضت لصدم خارجي ناجم عن قذائف انفجارية مما سبب ضرراً للبلاطة في منطقتين مختلفتين على شكل فجوات حيث أن إحدى القذائف سببت تخريباً بعصب التقوية، والأخرى سببت تخريباً للأعصاب والجائز الطرفي الحامل بجانب فاصل التمدد، كما هو موضح بالشكل رقم (11).

الشكل رقم (11): الفجوة في السطح الاخير لمدرسة سعيد العاص

الجدول رقم (1): التقييم المبدئي النظري للبلاطة المخربة في مدرسة سعيد العاص بمحافظة حمص		
نوع البلاطة	البلاطة هوردي بقوالب دائمة	
الخواص الهندسية للبلاطة الهوردي	أبعاد البلاطة ومساحتها	$[7\times5m=35\ m^2]$
	ارتفاع المقطع	$24\,cm$
	عرض العصب	$15\,cm$
	التسليح الطولي والأساور للأعصاب	$2T12 \qquad C\phi6/20cm$
نوع الضرر والوضع الراهن	البلاطة تعرضت لصدم قذائف خارجية مما أدى لضرر على شكل فجوتين، في الأولى حصل تخريب في البلوك والأعصاب وعصب التقوية وانقطاع بفولاذ التسليح، أما الثانية فهي فجوة طرفية بجانب فاصل التمدد سببت ضرراً في الأعصاب والجائز الحامل الرئيسي و تغطية فاصل التمدد البيتوني.	

مراحل الاصلاح:

- القيام بالتدعيم المؤقت، وينفذ باستخدام مورين خشبي على تماس مباشر مع الأسقف الحالية على شكل شبكة متصالبة وفي نقاط تقاطع الشبكة يتم وضع دعامات معدنية تلسكوبيه كما هو موضح بالشكل رقم(12).

الشكل رقم (12): وضع الدعامات المؤقتة

- تحديد مناطق التخريب بشكلٍ كامل بجوار منطقة الفجوة مع تنظيف كافة الأنقاض الناتجة عن الانفجار.
- تكسير البيتون الواقع بجوار الفتحة باستخدام الكسارة وعلى كامل طول الأعصاب بين الجائزين الرئيسيين وبعرض يشمل كافة الأعصاب المتضررة للفجوة الأولى، أما الفجوة الثانية فالتكسير كان للأعصاب المتضررة من الجائز الطرفي المتضرر حتى عصب التقوية، مع قص الفولاذ بعد التكسير ويترك منه طول 30cm على شكل وصلات كما هو موضح بالشكل رقم (13).

الشكل رقم (13): تكسير البيتون المتضرر

- وضع كوفراج خشبي على كامل مساحة جزء البلاطة المحصور بين أربعة أعمدة في منطقة الفجوة الأولى، أما الفجوة الثانية فقد تم أولا صب جزء العامود المخرَّب بجوار الفجوة ومن ثم وضع كوفراج الفجوة، والجائز الحامل بآن واحد، ومن ثم ترطيب الأسطح البيتونية قبل وضع المواد اللازمة للإصلاح ولإزالة بقايا البيتون المتبقية والانتظار حتى جفاف القالب الخشبي كما موضح بالشكل رقم (14) والشكل رقم (15).

الشكل رقم (14): وضع الكوفراج الخشبي للفجوة الأولى

الشكل رقم (15): وضع الكوفراج الخشبي للفجوة الثانية مع الجائز الحامل

- تفرش بلوكات الهوردي وينفذ تسليح العصب بشكل مماثل (من حيث القطر والعدد) للقضبان التي تم قصها، ثم تلحم القضبان الجديدة مع الوصلات المتروكة بباص لحام مزدوج من الجانبين وبطول لحام لا يقل عن 15 مرة من قطر القضبان الملحومة. وتوضع أساور مناسبة بقطر 8mm وبخطوة 20cm وتكثف في مناطق الوصل لتصبح بخطوة 10cm كما هو موضح بالشكل رقم (16).[6]

الشكل رقم (16): فرش الهوردي وتنفيذ تسليح الأعصاب وشبكات التسليح وأعمال اللحام الكهربائي

- توضع شبكة من التسليح بقطر 6mm فوق الهوردي وبتباعد 20cm بالإتجاهين .
- يُصب البيتون مباشرةً بعد إنتهاء أعمال التسليح ثم تنفذعملية التسوية والصقل كما هوموضح بالأشكال رقم (18,17).

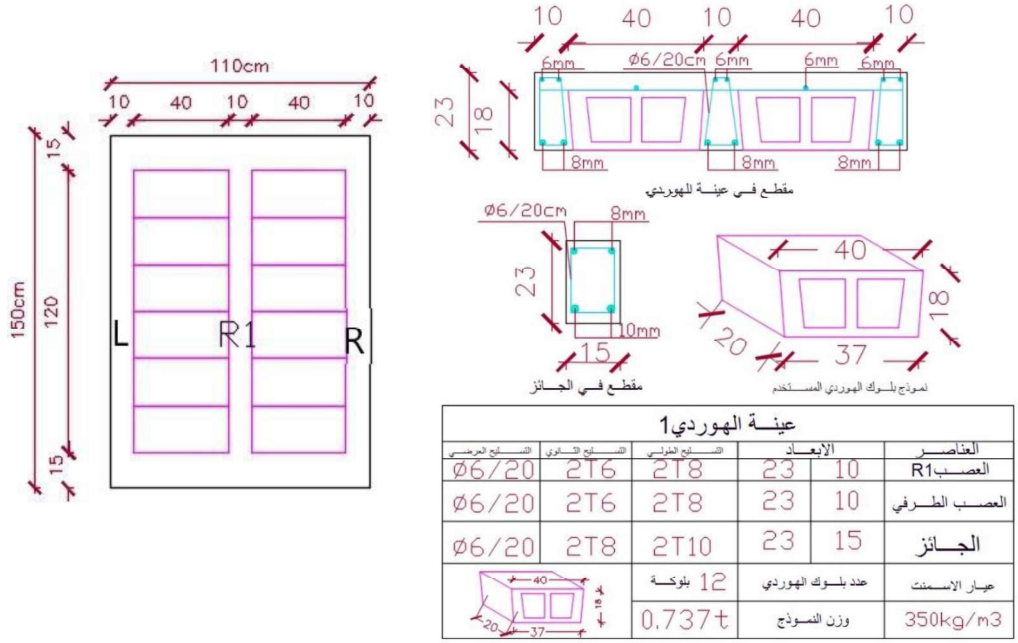
الشكل رقم (17): عملية صب البيتون في الفجوة

الشكل رقم (18): البلاطة بعد الاصلاح

6- الدراسة التجريبية في مخبر البيتون المسلح

Experimental Study in the Reinforced Concrete Laboratory

تم وضع نموذج للقيام بتجارب مخبرية على عينة افتراضية من بلاطة الهوردي المخربة والمدعمة وفق الإسلوب المتبع في سوريا ووفقاً للإمكانيات المحلية والمتاحة وذلك للحكم على صلاحية هذا الإسلوب بما يضمن العمل الصحيح لبلاطة الهوردي مما يجعلها صالحة للإستثمار وفق اشتراطات الكود العربي السوري، الشكل رقم (19) يوضح العينة المخبرية.



عينة الهوردي1

العناصر	الأبعاد		التسليح الطولي	التسليح الثانوي	التسليح العرضي
العصب R1	10	23	2T8	2T6	Ø6/20
العصب الطرفي	10	23	2T8	2T6	Ø6/20
الجائز	15	23	2T10	2T8	Ø6/20
عيار الاسمنت	عدد بلوك الهوردي		12 بلوكة		
350kg/m3	وزن النموذج		0.737t		

الشكل رقم (19): نموذج العينة المخبرية

6-1 صب العينة المخبرية

تم تحضير مواد البناء اللازمة والقيام بأعمال الكوفراج وتصميم فولاذ التسليح وفرش الهوردي، ومن ثم خلط مواد البناء بنسب محددة بما يحقق قابلية تشغيل جيدة للبيتون كما هو موضح بالشكل رقم (20).

الشكل رقم (20): عملية صب العينة

6-2 إختبار الكسر للعينات الإسطوانية

قمنا بصب ثلاث عينات إسطوانية غُمرت بالماء وتم إخراجها قبل 24 ساعة من كسرها في عمر 28 يوم و كانت النتائج وفق الجدول التالي و كما هو موضح بالشكل رقم (21): [5]

الشكل رقم (21): إختبار العينات اللإسطوانية

جدول رقم (2): خواص العينات الإسطونية وقيم المقاومات			
الخواص	العينة الأولى	العينة الثانية	العينة الثالثة
الحجم(cm3)	5301	5301	5301
الوزن (kg)	12.036	12.756	12.561
الوزن الحجمي(t/m3)	2.27	2.40	2.37
قوة الكسر (kN)	530	450	440
المقاومة الإسطوانية في عمر 28 (Mpa)	29.9	25.4	24.8

-وسطي نتائج الإختبارات:

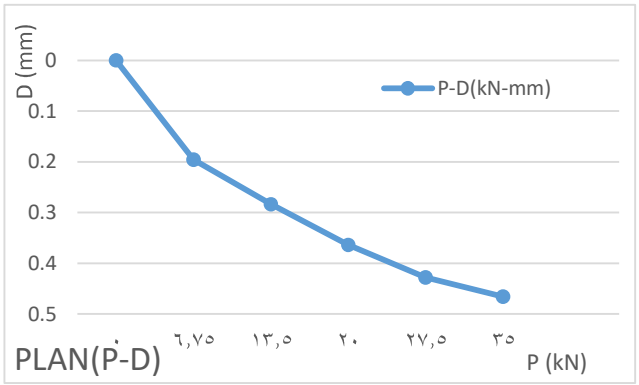
$$\overline{f'} = \frac{\sum f_i'}{n} = \frac{(29.9 + 25.4 + 24.8)}{3} = 26.7 \quad Mpa$$

6-3 إختبار سلوك البلاطة قبل إجراء التخريب الافتراضي

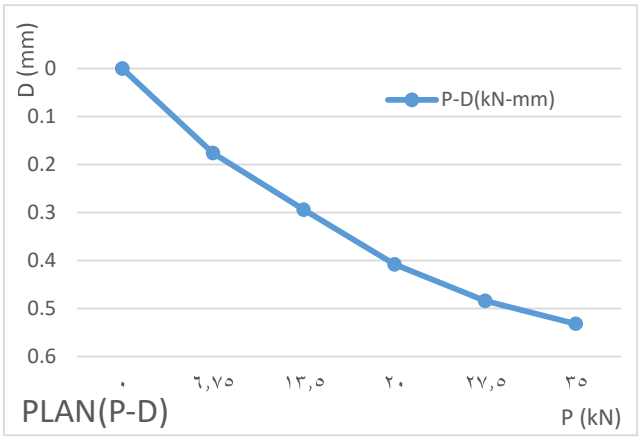
نقوم بوضع العينة المخبرية للبلاطة المعصبة (الهوردي) على المساند البيتونية المتوفر في مخبر البيتون المسلح، حيث يتم رفع العينة عن أرضية المخبر قدر الإمكان، مما يسمح لنا بوضع الحساسات وتثبيتها ويتيح إمكانية رؤية سلوك البلاطة مع تطبيق التحميل الستاتيكي، حيث قمنا بالإستعانة بجوائز مستعملة متوفرة في المخبر، واعتمادها كنقاط ثابتة تستند البلاطة عليها من جهة الجوائز المخفية، ومن ثم قمنا بتطبيق الحمولة الساكنه الناتجة عن حمل الجوائز البيتونية على الأعصاب الثلاثة من البلاطة، مع مراعاة توفير جميع اشتراطات المعهد الأميركي للبيتون ACI عند إجراء هذا النوع من التجارب والتي قمنا بذكرها سابقا"، الشكل رقم (22) يوضح لنا وضع العينة وتثبيت الحساسات:

الشكل رقم (22): وضع العينة على الجهاز وتثبيت الحساسات

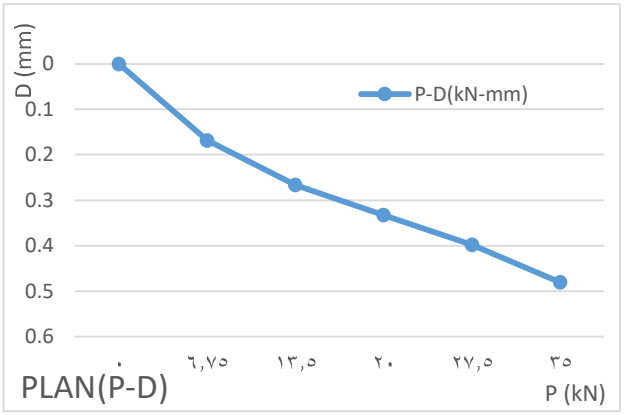
ندرج مخطط (القوة – الانتقال P-D) الذي أعطته الحساسات، التي تم تثبيتها في نقاط محددة على العينة وفق التالي:



الشكل رقم (23): مخطط (P-D) في منتصف العصب الوسطي R1

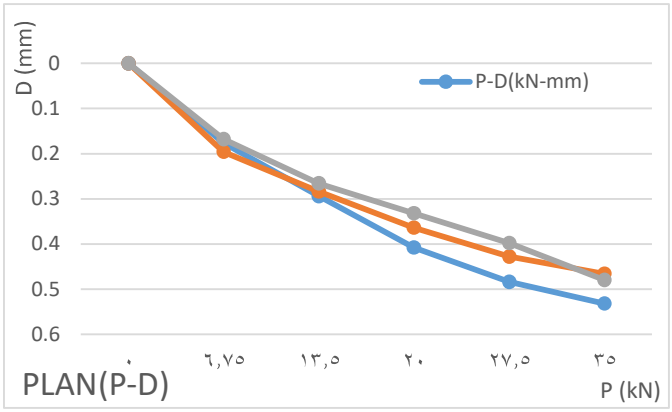


الشكل رقم (24): مخطط (P–D) في منتصف العصب اليساريL



الشكل رقم (25): مخطط (P–D) في منتصف العصب اليمينيR

يمكن توضح سلوك منتصف الاعصاب الثلاثة في منطقة الانعطاف وفق المخطط التالي:



الشكل رقم (26): مخطط (P–D) في منتصف الأعصاب الثلاثة

4-6 إجراء التخريب الإفتراضي للبلاطة:

إن القيام بالتخريب الافتراضي يجب أن يحقق عدة شروط، أهمها محاكاة التخريب الحاصل للبلاطة وذلك بأن تكون البلاطة قابلة للإصلاح بتخريب جزئي و بحاجة لتعويض المادة، وكذلك مساحة التخريب في البلاطة المخربة على ان تحقق شرط الجدوى الاقتصادية، حيث قمنا باجراء التخريب الافتراضي كما هو موضح بالشكل رقم(27) التالي:

الشكل رقم (27) إجراء التخريب الإفتراضي للبلاطة

5-6 إجراء عملية الإصلاح للبلاطة المخربة:

لقد تمت عملية الإصلاح بمراحل متتابعة مما يتيح إمكانية تحقيق جميع الشروط اللازمة لإجراء إصلاح مناسب وصحيح وبشكل يراعي تكنولوجيا الإصلاح التي تم ذكرها سابقا"، ويمكن إدراج هذه المراحل وفق التالي:

1) تحديد محيط منطقة الإصلاح بتحويلها إلى شكل هندسي بسيط وإزلة كافة بقايا البيتون المتضرر.
2) إصلاح القضبان الفولاذية المتضررة بتسويتها وإضافة قضبان وصل للقضبان المتقطعة على أن يتم الوصل باستخدام اللحام الكهربائي كما هو موضح بالشكل رقم (28).
3) التنظيف قبل القيام بعملية الصب ووضع الكوفراج وترطيب المنطقة المتضررة.
4) دمج مواد الاصلاح: الخلطة البيتونية تم صبها في المخبر مع إضافة مادة تزيد من قابلية تشغيل البيتون Flocrete SP90S للتقليل من إمكانية حدوث تشققات غير مرغوب بها.
5) إجراء التجارب اللازمة على الخلطة البيتونية مثل تجربة مخروط إبرامز و أخذ عينات أسطوانية لإختبارها على الضغط من عمر 28 يوماً.
6) القيام بعملية الصب والرج اليدوي للبيتون عند منطقة الإصلاح ومن ثم تسوية السطح والصقل الجيد و السقاية لمدة سبعة أيام كما هو موضح بالشكل رقم (29).

الشكل رقم (28): إصلاح القضبان الفولاذية المتضررة

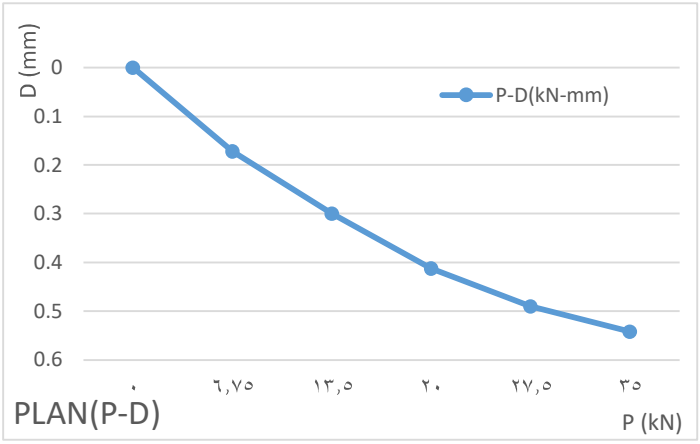
الشكل رقم (29): عملية الكوفراج والصب والصقل

6-6 إختبار سلوك البلاطة بعد إجراء التخريب الإفتراضي والإصلاح:

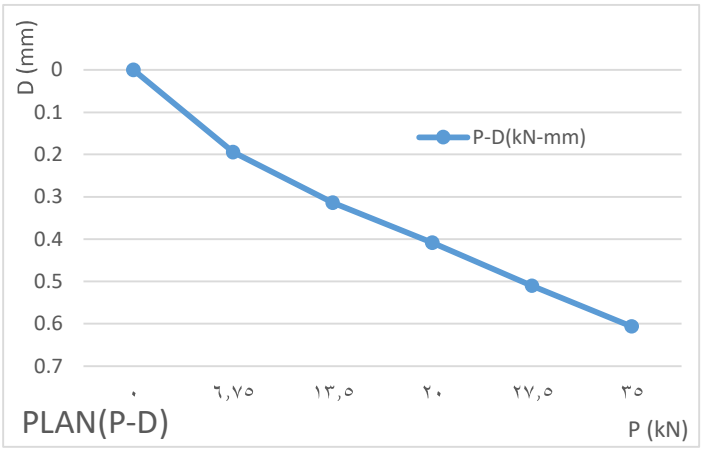
وبنفس أسلوب التحميل الستاتيكي الذي قمنا باستخدامة قبل إجراء التخريب الإفتراضي للبلاطة تم إختبار البلاطة بعد القيام بالإصلاح لمقارنة النتائج في كلتا الحالتين كما هو موضح بالشكل رقم (30):

الشكل رقم (30): وضع العينة على الجهاز وتثبيت الحساسات بعد الإصلاح

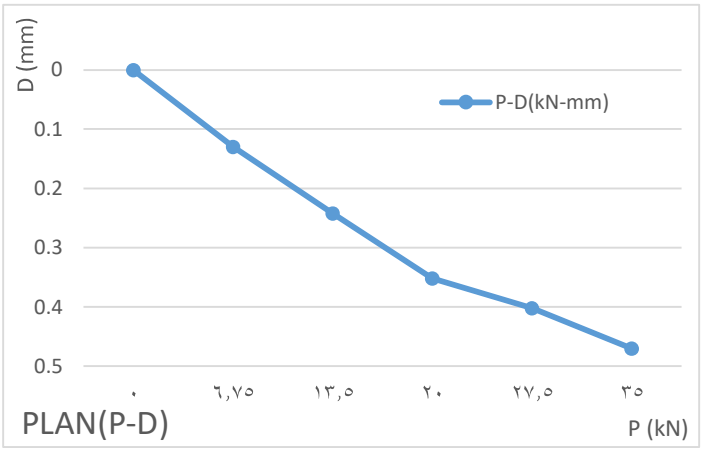
ندرج مخطط (القوة – الانتقال P-D) الذي أعطته الحساسات، التي تم تثبيتها في نقاط محددة على العينة وفق التالي:



الشكل رقم (31): مخطط (P-D) في منتصف العصب الوسطي R1 بعد الإصلاح

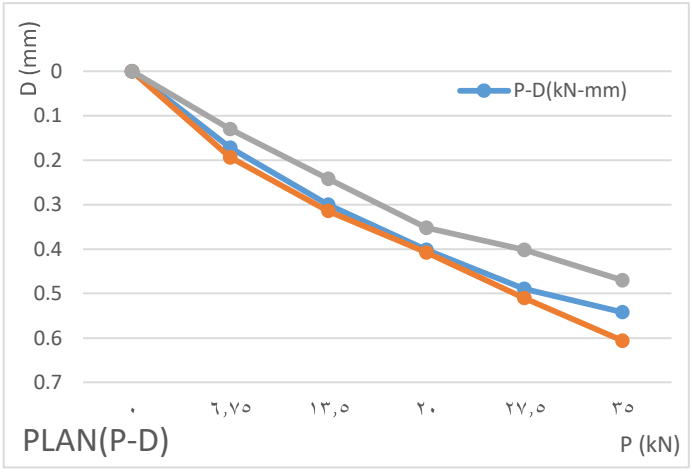


الشكل رقم (32): مخطط (P–D) في منتصف العصب اليساريL بعد الإصلاح



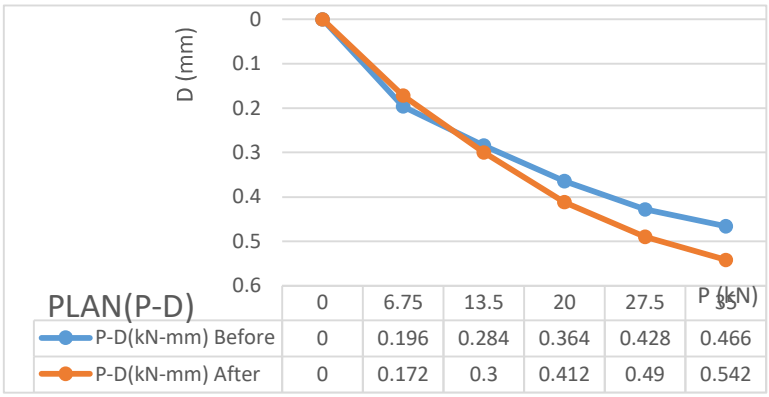
الشكل رقم (33): مخطط (P–D) في منتصف العصب اليمينيR بعد الإصلاح

يمكن توضح سلوك منتصف الاعصاب الثلاثة في منطقة الانعطاف وفق المخطط التالي:

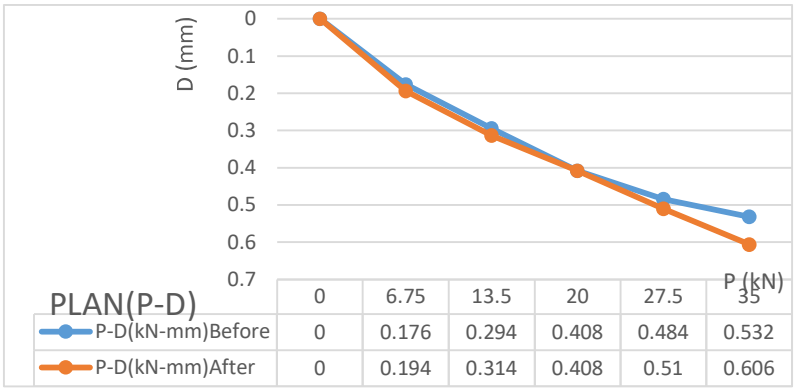


الشكل رقم (34): مخطط (P–D) في منتصف الأعصاب الثلاثة بعد الإصلاح

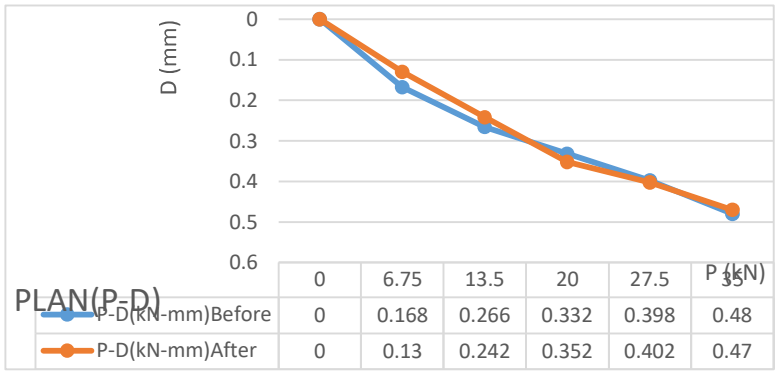
يمكننا توضيح سلوك عمل الأعصاب قبل وبعد الاصلاح وفق المخططات التالية:



الشكل رقم (35): مخطط (P–D) عند منطقة الانعطاف في العصب الوسطي [R1] قبل وبعد الاصلاح



الشكل رقم (36): مخطط (P–D)عند منطقة الانعطاف في العصب الطرفي [L] قبل وبعد الاصلاح



الشكل رقم (37): مخطط (P–D) عند منطقة الانعطاف في العصب الطرفي [R] قبل وبعد الاصلاح

ونلاحظ من المخططات التطابق الكبير بين سلوك البلاطة بعد الإصلاح وسلوكها قبل التخريب. وعلى العموم تعتبر عملية الإصلاح ناجحة إذا استعاد العنصر 90% على الأقل من خصائصه الأصلية.

5-النتائج Results:

1-الإقتصادية العالية الناتجة عن بساطة أسلوب التنفيذ، وإجراء إصلاح جزئي بإزالة الجزء المتضرر حول الفجوة دون الحاجة للإزالة الكاملة للبلاطة بين الأعمدة الأربعة.

2- بمقارنة التشققات الإنعطافية والقصية والإنتقالات في مواقع الإنعطاف الأعظمي، يتبيَّن وجو تطابق كبير بين سلوك البلاطة بعد الإصلاح وسلوكها قبل التخريب.

3- عدم ظهور أي تشققات في مناطق التماسك بين البيتون القديم والجديد، يدل على أن التماسك الناظمي والمماسي بينهما مؤمن بدرجة جيدة.

4- مدة تنفيذ إصلاح الفجوة قصير لا تتجاوز أسبوعاً واحداً، مما يسمح بالإسراع في وضع المنشأ قيد الإستثمار من جديد.

6-التوصيات Recommendations:

1- يوصى بتمييز نوع الضرر الجزئي الذي لحُق بالبلاطة وأدى لخلل فيها (هدم جزئي – حرق. الخ...)، ومن ثم وضع منهجية الإصلاح لكل حالة بشكل مستقل.

2- يوصى بوصل قضبان التسليح باللحام وبحيث لا يتم بالوصل المباشر بين التسليحين القديم والجديد بل باستخدام قطع وصل مكونة من قضبان لها نفس القطر مع مراعاة أطوال اللحام المناسبة، وعدم السماح بإعادة استخدام التسليح القديم في عملية الإصلاح.

3- جميع أعمال الإصلاح يجب أن تتم بدرجة عالية جداً من الدقة والإتقان في التنفيذ، مما تضمن نجاح عملية الإصلاح التي تعتبر ناجحة إذا إستعاد العنصر 90% على الأقل من خصائصه الأصلية.

7-المراجع العلمية References:

1. ACI Committee 201,(2008).Guide for Conducting a Visual Inspection of Concrete in Service. ACI 201.1R-08.American Concrete Institute, Farmington Hills,MI, American,pp:15.

2- AMERICAN CONCRETE INSTITUTE, (2010). Field Guide to Concrete Repair Application Procedures Spall Repair of Horizontal Concrete Surfaces. ACI Committee Repair Application Procedure Bulletin 7, E706, American, pp: 7.

3- INTERNATIONAL CONCRETE REPAIR INSTITUTE, 1997- Selecting and Specifying Concrete Surface Preparation for Coatings Sealers and Polymer Overlays. ICRI Technical Guideline No. 310.2-1997, American, pp: 41.

4- INTERNATIONAL CONCRETE REPAIR INSTITUTE, 2008- Guide for Surface Preparation for the Repair of Deteriorated Concrete Resulting from Reinforcing Steel Corrosion. ICRI Technical Guideline No. 310.1R-2008, American, pp:12.

5-الكود العربي السوري لتصميم وتنفيذ المنشآت بالخرسانة المسلحة. الطبعة الرابعة، دمشق

6- الملحق(4) للكود العربي السوري لتصميم المنشآت وتنفيذها بالخرسانة المسلحة، الدليل الإرشادي لتدعيم المباني والمنشآت القائمة وتاهيلها لمقاومة الزلازل، الطبعة الأولى، دمشق 2016