

مجلة جامعة البعث

سلسلة علوم الهندسة المدنية والمعمارية



مجلة علمية محكمة دورية

المجلد 43 . العدد 14

1442 هـ - 2021 م

الأستاذ الدكتور عبد الباسط الخطيب

رئيس جامعة البعث

المدير المسؤول عن المجلة

رئيس هيئة التحرير

أ. د. ناصر سعد الدين

رئيس التحرير

أ. د. درغام سلوم

مديرة مكتب مجلة جامعة البعث

بشرى مصطفى

عضو هيئة التحرير	د. محمد هلال
عضو هيئة التحرير	د. فهد شريباتي
عضو هيئة التحرير	د. معن سلامة
عضو هيئة التحرير	د. جمال العلي
عضو هيئة التحرير	د. عباد كاسوحة
عضو هيئة التحرير	د. محمود عامر
عضو هيئة التحرير	د. أحمد الحسن
عضو هيئة التحرير	د. سونيا عطية
عضو هيئة التحرير	د. ريم ديب
عضو هيئة التحرير	د. حسن مشرقي
عضو هيئة التحرير	د. هيثم حسن
عضو هيئة التحرير	د. نزار عبشي

تهدف المجلة إلى نشر البحوث العلمية الأصيلة، ويمكن للراغبين في طلبها

الاتصال بالعنوان التالي:

رئيس تحرير مجلة جامعة البعث

سورية . حمص . جامعة البعث . الإدارة المركزية . ص . ب (77)

. هاتف / فاكس : ++ 963 31 2138071

. موقع الإنترنت : www.albaath-univ.edu.sy

. البريد الإلكتروني : [magazine@ albaath-univ.edu.sy](mailto:magazine@albaath-univ.edu.sy)

ISSN: 1022-467X

شروط النشر في مجلة جامعة البعث

الأوراق المطلوبة:

- 2 نسخة ورقية من البحث بدون اسم الباحث / الكلية / الجامعة) + CD / word من البحث منسق حسب شروط المجلة.
 - طابع بحث علمي + طابع نقابة معلمين.
 - إذا كان الباحث طالب دراسات عليا:
يجب إرفاق قرار تسجيل الدكتوراه / ماجستير + كتاب من الدكتور المشرف بموافقة على النشر في المجلة.
 - إذا كان الباحث عضو هيئة تدريسية:
يجب إرفاق قرار المجلس المختص بإنجاز البحث أو قرار قسم بالموافقة على اعتماده حسب الحال.
 - إذا كان الباحث عضو هيئة تدريسية من خارج جامعة البعث :
يجب إحضار كتاب من عمادة كليته تثبت أنه عضو بالهيئة التدريسية و على رأس عمله حتى تاريخه.
 - إذا كان الباحث عضواً في الهيئة الفنية :
يجب إرفاق كتاب يحدد فيه مكان و زمان إجراء البحث ، وما يثبت صفته وأنه على رأس عمله.
 - يتم ترتيب البحث على النحو الآتي بالنسبة لكليات (العلوم الطبية والهندسية والأساسية والتطبيقية):
عنوان البحث .. ملخص عربي و إنكليزي (كلمات مفتاحية في نهاية الملخصين).
- 1- مقدمة
 - 2- هدف البحث
 - 3- مواد وطرق البحث
 - 4- النتائج ومناقشتها .
 - 5- الاستنتاجات والتوصيات .
 - 6- المراجع.

- يتم ترتيب البحث على النحو الآتي بالنسبة لكليات (الآداب - الاقتصاد - التربية - الحقوق - السياحة - التربية الموسيقية وجميع العلوم الإنسانية):
- عنوان البحث .. ملخص عربي و إنكليزي (كلمات مفتاحية في نهاية الملخصين).

1. مقدمة.
 2. مشكلة البحث وأهميته والجديد فيه.
 3. أهداف البحث و أسئلته.
 4. فرضيات البحث و حدوده.
 5. مصطلحات البحث و تعريفاته الإجرائية.
 6. الإطار النظري و الدراسات السابقة.
 7. منهج البحث و إجراءاته.
 8. عرض البحث و المناقشة والتحليل
 9. نتائج البحث.
 10. مقترحات البحث إن وجدت.
 11. قائمة المصادر والمراجع.
- 7- يجب اعتماد الإعدادات الآتية أثناء طباعة البحث على الكمبيوتر:
- أ- قياس الورق 25×17.5 B5.
- ب- هوامش الصفحة: أعلى 2.54- أسفل 2.54 - يمين 2.5- يسار 2.5 سم
- ت- رأس الصفحة 1.6 / تذييل الصفحة 1.8
- ث- نوع الخط وقياسه: العنوان . Monotype Koufi قياس 20
- . كتابة النص Simplified Arabic قياس 13 عادي . العناوين الفرعية Simplified Arabic قياس 13 عريض.
- ج . يجب مراعاة أن يكون قياس الصور والجداول المدرجة في البحث لا يتعدى 12سم.
- 8- في حال عدم إجراء البحث وفقاً لما ورد أعلاه من إشارات فإن البحث سيهمل ولا يرد البحث إلى صاحبه.
- 9- تقديم أي بحث للنشر في المجلة يدل ضمناً على عدم نشره في أي مكان آخر، وفي حال قبول البحث للنشر في مجلة جامعة البعث يجب عدم نشره في أي مجلة أخرى.
- 10- الناشر غير مسؤول عن محتوى ما ينشر من مادة الموضوعات التي تنشر في المجلة

11- تكتب المراجع ضمن النص على الشكل التالي: [1] ثم رقم الصفحة ويفضل استخدام التهميش الإلكتروني المعمول به في نظام وورد WORD حيث يشير الرقم إلى رقم المرجع الوارد في قائمة المراجع.

تكتب جميع المراجع باللغة الانكليزية (الأحرف الرومانية) وفق التالي:
آ . إذا كان المرجع أجنبياً:

الكنية بالأحرف الكبيرة . الحرف الأول من الاسم تتبعه فاصلة . سنة النشر . وتتبعها معترضة (-) عنوان الكتاب ويوضع تحته خط وتتبعه نقطة . دار النشر وتتبعها فاصلة . الطبعة (ثانية . ثالثة) . بلد النشر وتتبعها فاصلة . عدد صفحات الكتاب وتتبعها نقطة . وفيما يلي مثال على ذلك:

-MAVRODEANUS, R1986- Flame Spectroscopy. Willy, New York, 373p.

ب . إذا كان المرجع بحثاً منشوراً في مجلة باللغة الأجنبية:

. بعد الكنية والاسم وسنة النشر يضاف عنوان البحث وتتبعه فاصلة، اسم المجلد ويوضع تحته خط وتتبعه فاصلة . المجلد والعدد (كتابة مختزلة) وبعدها فاصلة . أرقام الصفحات الخاصة بالبحث ضمن المجلة . مثال على ذلك:

BUSSE,E 1980 Organic Brain Diseases Clinical Psychiatry News , Vol. 4. 20 – 60

ج . إذا كان المرجع أو البحث منشوراً باللغة العربية فيجب تحويله إلى اللغة الإنكليزية و التقيد

بالبنود (أ و ب) ويكتب في نهاية المراجع العربية: (المراجع In Arabic)

رسوم النشر في مجلة جامعة البعث

1. دفع رسم نشر (20000) ل.س عشرون ألف ليرة سورية عن كل بحث لكل باحث يريد نشره في مجلة جامعة البعث.
2. دفع رسم نشر (50000) ل.س خمسون ألف ليرة سورية عن كل بحث للباحثين من الجامعة الخاصة والافتراضية .
3. دفع رسم نشر (200) مننأ دولار أمريكي فقط للباحثين من خارج القطر العربي السوري .
4. دفع مبلغ (3000) ل.س ثلاثة آلاف ليرة سورية رسم موافقة على النشر من كافة الباحثين.

المحتوى

الصفحة	اسم الباحث	اسم البحث
40-11	علاء برموا د. ميادة الأحمد الكوسا د. هالة حسن	دراسة مقارنة أنظمة العزل القاعدي (الاحتكاكي والمطاطي) مع إضافة مخمدات خلانط ذاكرة الشكل (SMAs) لتحسين الاستجابة الزلزالية للمباني
74- 41	صفا علي مؤيد صبح	أثر كثافة وتوزيع الثقوب التاجية على سلوك البلاطات المختلطة المعرضة لحمولات شاقولية ساكنة
100-75	غريب صالح أ.د. أمين سليمان د.م. مازن سلوم	الموازنة المائية لبحيرة قطينة
130-101	د.م. ربيع الصفدي م. لمى برنبو	تأثير تغيير كتلة الطابق على دراسة نموذج استجابة الصدم على الأبنية المتجاورة تحت تأثير الزلازل
166-131	مريم قيس الابراهيم د.م. سليمان العامودي	تأثير تقوية الأعمدة باستخدام تقنية القميص البيبتوني في السلوك الزلزالي للإطارات البيبتونية المسلحة بفتحة واحدة

دراسة مقارنة أنظمة العزل القاعدي (الاحتكاكي والمطاطي) مع إضافة مخمدات خلائط ذاكرة الشكل (SMAs) لتحسين الاستجابة الزلزالية للمباني

طالب الدكتوراه: علاء برممو - المعهد العالي للبحوث والدراسات الزلزالية -
جامعة دمشق

الدكتورة المشرفة: ميادة الأحمد الكوسا

المشرفة المشاركة: د. هالة حسن

المخلص

تستخدم أنظمة العزل والتخميد الزلزالي عند قاعدة المنشآت لتخفيض قوة القص القاعدي والتسارعات والإزاحات الطابقيه بالمقارنة مع الأبنية ذات الصلابة العالية (منخفضة الارتفاع)، وتتخفف فعالية العزل الزلزالي مع زيادة ارتفاع المنشأ، بالتالي كان لا بد من البحث في تطوير نظام عزل وتخميد فعال في تخفيض قوة القص والإزاحات الطابقيه والتسارعات للأبنية العالية.

تم في هذا البحث دراسة أثر استخدام السلوك الهستيري لأسلاك خلائط ذاكرة الشكل (SMAs) كأجهزة تخميد وإعادة تمركز، وذلك لتطوير نظام عزل هجين مكون من عوازل الانزلاق المسطحة (FSB)، والعوازل المطاطية المزودة بنواة رصاصية (LRB)، ومقارنتها مع استجابة الأبنية المعزولة باستخدام نظام عزل هجين (FSB+LRB) لوحده، وذلك لتوفير تبديد أكبر للطاقة دون التسبب بزيادة الإزاحات المتبقية.

تم إجراء التحليل الزلزالي لبعض الأبنية المدروسة بارتفاعات طابقيه متزايدة، بطريقة التحليل الديناميكي اللاخطي (Nonlinear Dynamic Analysis)، وبمساعدة برنامج (SAP2000 v22)، واستعمال السجل الزمني لزلزال السنترو (El-Centro). أظهرت

دراسة مقارنة أنظمة العزل القاعدي (الاحتكاكي والمطاطي) مع إضافة مخمدات خلائط ذاكرة الشكل (SMAs) لتحسين الاستجابة الزلزالية للمباني

النتائج فعالية استخدام أسلاك خلائط ذاكرة الشكل (SMAs) كأجهزة تخميد وإعادة تمركز لتكميل عمل نظام العزل القاعدي (LRB+FSB+SMAs). كان له أثر كبير في تحسين أداء المنشأ لمقاومة الزلازل وخصوصاً في تخفيض الانتقالات (Displacements) وقوة القص القاعدية (Base shear) مع زيادة الارتفاع، وانسيابية الإزاحات الطابقية (Drift).

الكلمات المفتاحية: العزل الزلزالي، خلائط ذاكرة الشكل (SMAs)، المرونة الفائقة، العزل القاعدي، التخميد، الإزاحات المتبقية.

Comparison Studies of the Effectiveness of Base Isolation Systems (Friction and Rubber) with Shape Memory Alloy Dampers (SMAs) to Improve the Seismic Response of Isolated Buildings

ABSTRACT

Increased resistance to earthquake forces is not always a desirable solution for buildings which house contents that are irreplaceable or simply more valuable than the actual primary structure (eg museums, data storage Centre's, etc.). Base isolation and seismic dampers can be employed to minimize inter-story drifts and floor accelerations via specially designed Isolation and dampers System at the structural base, or at higher levels of the superstructure.

In this research we'll examine the response of isolated buildings using the flag-shaped hysteretic behavior of Shape Memory Alloys (SMAs) can be conveniently used for developing efficient isolation systems consisting of Lead-Rubber Bearings (LRB), Flat Sliding Bearings (FSB), and compared with the response to the isolated buildings with (LRB+FSB), about providing energy dissipation without implying residual displacements.

We will conduct seismic analysis of the twenty-story building height Where we'll as a way "TIME HISTORY ANALYSIS", with help of SAP2000 v22, and using a registry timetable for earthquake (El-Centro).

Numerical simulation results indicated that developing the base Isolation system (LRB + FSB) by using shape memory alloy wires ((SMAs)) as a re-centering damper can reduce structure's displacement, Base shear, Drift flow response effectively ,with increase the Story

Consequently, it is considered as a very effective solution to use shape memory alloy with the protection and isolating systems about earthquakes effects on structures and buildings.

دراسة مقارنة أنظمة العزل القاعدي (الاحتكاكي والمطاطي) مع إضافة مخمدات خلائط ذاكرة الشكل (SMAs) لتحسين الاستجابة الزلزالية للمباني

KEYWORDS: Seismic isolation, Shape memory alloys, Super elasticity, basement isolation, Residual roof displacement, drift.

دراسة مقارنة أنظمة العزل القاعدي (الاحتكاكي والمطاطي) مع إضافة مخمدات خلائط ذاكرة الشكل (SMAs) لتحسين الاستجابة الزلزالية للمباني

1- مقدمة:

يعتبر العزل الزلزالي من أهم الطرق الإبداعية للتصميم الزلزالي، حيث يهدف إلى حماية المنشأ من الخطر الناتج عن الزلازل، وذلك بتخفيض القوى الزلزالية التي يتعرض لها المنشأ وليس بمقاومة تلك القوى بشكل مباشر، حيث تصمم العوازل الزلزالية القاعدية بصلاية صغيرة بالإتجاه الأفقي لكن يجب أن تحقق التوازن لتخفيض القوة التي يتم نقلها عبر العازل إلى الجملة الإنشائية، وبين الانتقال للعازل ليكون بالحد المقبول، وذلك خلال التعرض للزلازل بالإضافة إلى قوة إرجاع تعيد المبنى لوضعه الأولي وتقلل من الانتقالات المتبقية.

ومع ذلك، حتى إذا كانت العوازل مصممة جيداً، فإن عددًا قليلاً من أنظمة العزل الفعلية تمنع حدوث أضرار كبيرة في الجملة الإنشائية كالتشققات في البيتون، بالتالي تحتاج هذه العوازل إلى الإصلاح أو الاستبدال بعد الزلازل لإعادة الجملة الإنشائية إلى وضعها الأصلي عند الاساسات.

بالتالي هناك مطلب آخر لنظام العزل، وهو قدرة الإرجاع الكافية لتعيد المبنى لوضعه الأولي، وتقلل من الانتقالات المتبقية. وللحصول على هذه الغاية تم التركيز لتحسين قوة إعادة التمرکز لمختلف أنظمة العزل، ([10] Kelly) . وعلى سبيل المثال اقترح ([10] Kelly) الجمع بين عوازل الانزلاق المسطحة (FSB)، والعوازل المرنة (LRB)، للاستفادة من الميزات الأفضل لكل نوع من العوازل، حيث استخدمت العوازل المسطحة لتأمين دور أكبر للمنشأ، بينما استخدمت العوازل المطاطية لتأمين إعادة التمرکز. كما قام ([11] Mokha) بدراسة تجريبية لاستخدام عازل النواس الاحتكاكي، حيث يتم حمل الجملة الإنشائية على سطح انزلاق مقعر لتأمين قوة الإرجاع.

في الآونة الأخيرة فإن فئة من المواد الذكية تسمى خلائط ذاكرة الشكل (SMAs) أصبحت مكوناً رئيسياً في تطبيقات العزل الزلزالي ([12] K. Wilde)، وذلك للعديد من خصائصها المميزة كتأثير ذاكرة الشكل ((shape memory effect (SME))، والمرونة الفائقة ((super elasticity (SE))، وقدرتها لتبديد الطاقة من خلال حلقات هستيرية كبيرة، والعمر التصميمي الكبير، ومقاومتها العالية للعوامل الجوية، وبناءً على هذه

الخواص تم تطوير العديد من أجهزة تبديد الطاقة من خلائط ذاكرة الشكل، حيث قام ([13] Clark) وآخرون للمرة الأولى بتقديم مخمد من خلائط ذاكرة الشكل الذي يتكون من مجموعتين متوازيتين من أسلاك (SMAs) مسبقة الشد، كما قام ([14] Dolce) وآخرون بتطوير هذا المخمد بإضافة مجموعات أخرى من أسلاك (SMAs) تعمل لإعادة التمرکز. أجرى ([15] Ling) وآخرون اختبارات على الخواص الميكانيكية لأسلاك خلائط (SMAs) Ti-Ni، ثم تمت المحاكاة البرمجية للحلقة الهستيرية لمخمد إعادة التمرکز، وأثبتت نتائج المحاكاة العددية فعالية المخمد لتقليل الانتقالات. تركز الدراسة على استراتيجية أنظمة العزل التقليدية (LRB) و (FSB)، وذلك باستخدام سلوك المرنة الفائقة لمواد حفظ ذاكرة الشكل (SMAs)، حيث تتميز هذه المواد بقدرتها لإعادة التمرکز بالإضافة لتبديد الطاقة. بالتالي يمكن التقليل من الازاحات الطابقيه وانتقال المبنى، مقارنةً مع المباني الموثوقة أو المعزولة بنظام العزل التقليدي وذلك باستعمال برنامج (SAP2000 v22)، وذلك بطريقة التحليل الديناميكي اللاخطي (Nonlinear Dynamic Analysis)، حيث ستعرض قاعدة المنشأ لـ 20 sec من زلزال EL Centro.

2- هدف البحث:

يهدف البحث لدراسة أثر استخدام سلوك المرنة الفائقة لخلائط ذاكرة الشكل كأجهزة تخميد وإعادة تمرکز مع نظام العزل الزلزالي القاعدي (LRB+FSB)، على استجابة المنشأ من حيث (تبديد الطاقة، والانتقالات المتبقية، وتخفيض الإزاحات الطابقيه (DRIFT)، وتوزع القوى القصية على ارتفاع المبنى).

3- منهجية ومجال البحث:

- عرض ملخص ومراجعة للأبحاث السابقة
- دراسة نظرية وطرق نمذجة العوازل والمخمدات المستخدمة في البحث.
- الدراسة التحليلية باستخدام برنامج (SAP2000-V22) ومناقشة النتائج:

نمذجة ودراسة البناء الخرساني المعزول الشكل (7-a) بمواصفات الدراسة المرجعية (Mahfouz, 2011 [18]) بعدة ارتفاعات (ثمانية، إثنا عشر، ستة عشر طبقاً)، باستخدام السجل الزمني لزلزال إلسنترو الشكل (7-c) وإجراء المقارنات لحالات الدراسة:

- الحالة الأولى: النموذج موثوق مع أساساته.
- الحالة الثانية: باستخدام وسائل العزل القاعدي (العوازل المطاطية والعوازل الانزلاقية) (LRB،FSB).
- الحالة الثالثة: باستخدام وسائل العزل القاعدي (العوازل المطاطية والعوازل الانزلاقية مع إضافة التخميد وإعادة التمرکز من خلائط ذاكرة الشكل عند قاعدة البناء) (LRB، FSB،SMAs).

4- خلائط ذاكرة الشكل (shape memory alloys SMAs): (L. Janke [16])

تتميز خلائط ذاكرة الشكل (shape memory alloys SMAs) بالقدرة على العودة إلى شكلها الأصلي تماماً، من خلال عدة تأثيرات كزيادة شدة الحرارة حتى في حال وجود الحمولات الكبيرة، كما تتميز بقدرتها على تبديد الطاقة عند خضوعها لأحمال تكرارية، كذلك يمكن استخدام هذه الخلائط ذات الخصائص المميزة كحساسات (تختلف مقاومتها الكهربائية بتغير حالة ارتصاص ذراتها) أو كمشغلات (محركات).

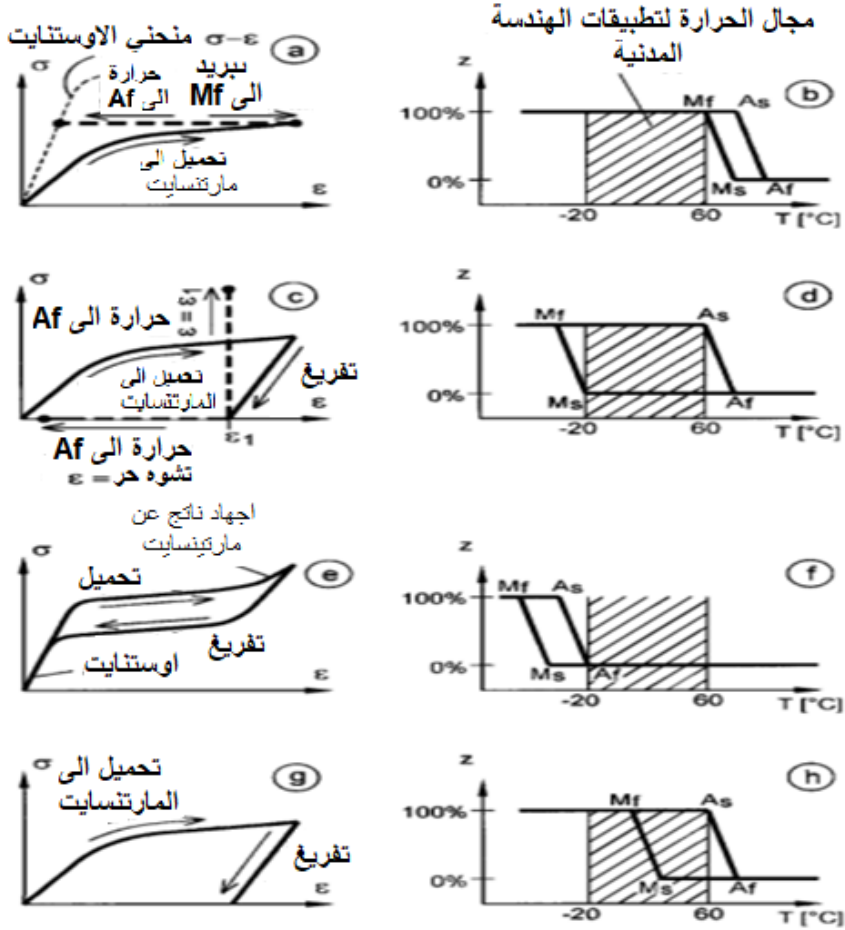
4-1 أطوار مواد خلائط ذاكرة الشكل (SMAs): (L. Janke [16])

تملك (SMAs) كمعظم الخلائط المعدنية أكثر من تركيب بلوري (crystal structure or polymorphism)، والذي يعتمد على درجة حرارة المادة والضغط الخاضعة له، يدعى الطور في الحرارة العالية بـ (austenite) حيث تكون الذرات أكثر انتظاماً وتزداد صلابة المادة، ويدعى الطور في درجات الحرارة الأدنى بـ (martensite) حيث تكون ذرات المادة أقل ترصاً، وتكون المادة أقل صلابةً وقابليةً للتشوه. إن قدرة خلائط (SMAs) على تبديل حالتها الكهربائية والحرارية والميكانيكية بين هذين الطورين هو ما يمنحها أهمية في تطبيقات الهندسة المدنية.

يوجد حتى الآن أكثر من 30 نوع من هذه الخلانط، ولكن قليل منها لديه القدرة ليتم استخدامه في تطبيقات الهندسة المدنية في ظروف حرارة معينة وتكاليف مقبولة، أهمها خلانط النيكل تيتانيوم (Ni-Ti) وخلانط الحديد المنغنيز والسيليكون (Fe-Mn-Si).

4-2- الظواهر المميزة لخلانط ذاكرة الشكل: (L. Janke [16])

- تعرف خلانط ذاكرة الشكل بقدرتها للعودة لشكلها الطبيعي عند تعرضها للحرارة بعد أن تكون اكتسبت تشوهات لدنة زائفة (pseudo plastic deformations) في طور الحرارة المنخفضة الشكل (1) (d & c)، ومن هنا اكتسبت تسمية خلانط ذاكرة الشكل. عند تقييد عودة المواد لحالتها قبل التشوه تتولد إجهادات في المادة يمكن استغلالها لإدخال قوة جديدة للمنشأ (قوة إرجاع - قوة سبق إجهاد).



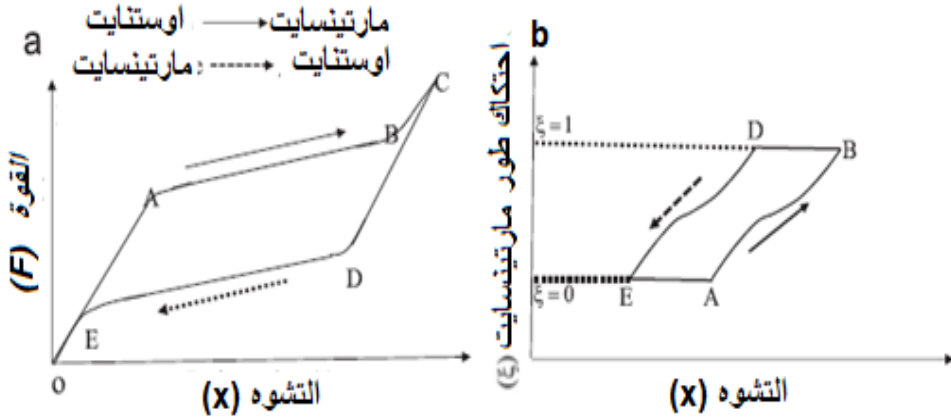
الشكل (1) منحنيات التشوهات والاجهادات الرئيسية لخلائط ذاكرة الشكل مع مخططات وأطوار التبدل الحراري (a) و (b)، ظاهرة استعادة الشكل (c & d)، ظاهرة المرونة الزائفة (super elasticity) (e & f)، تخميد طور Martensite (g & h). (L. Janke [16]).

- تملك خلائط SMAs ظاهرة أخرى هامة تدعى المرونة الزائفة (super elasticity or pseudo elasticity)، تحدث هذه الظاهرة عندما تتحول المادة بين طورَي (austenite) و (martensite) دون تغيير درجة حرارتها لكن من خلال تطبيق اجهادات على المادة مما يمنح هذه الخلائط شكل حلقة هستيرية مميز مرن ومبدد للطاقة الشكل (1) (e & f).

- أخيراً يجب ذكر خاصية ذاكرة الشكل باتجاهين حيث تملك بعض الخلائط القدرة على تذكر شكلين مختلفين تبعاً لدرجة حرارتها، ويتم ذلك من خلال تدريبها في شروط ميكانيكية وحرارية خاصة.

5- نمذجة ومحاكاة سلوك المرونة الفائقة لـ خلائط (SMA) : (Wilde, [17])

يتم الاعتماد على المرونة الفائقة لخلائط ذاكرة الشكل واستخدامها بشكل رئيسي لتبديد الطاقة في أنظمة العزل، في هذا الفصل سيتم تقديم أحد المعلومات النظرية للسلوك التجميعي للمرونة الفائقة والتي تعتبر من أهم خواص خلائط ذاكرة الشكل SMA والموضحة في الشكل (2)، في ظل شروط درجات حرارة متجانسة وأعلى من A_f ، ويتعرض مواد SMA لدورة تحميل وتفريغ ميكانيكي،



الشكل (2): a - يبين سلوك المرونة الفائقة b - انفعال طور التحول (martensite)

تكون خلائط ال SMA بداية وقبل تطبيق الحمل في طور (austenite) (AO)، وإثناء التحميل يبدأ التحول إلى طور (martensite) (AB) وتؤدي إلى أكبر قيمة للإجهاد. ومن ثم ينتهي التحول التدريجي في البنية المجهرية من طور (austenite) إلى طور (martensite) عند النقطة B.

يمكن تحديد جزء martensite في أي لحظة بـ ξ الشكل (2-b). عند التحميل الإضافي أو الزائد يظهر جزء martensite مرة أخرى متحول بشكل كامل وذلك دليل على الإجهاد الزائد (BC).

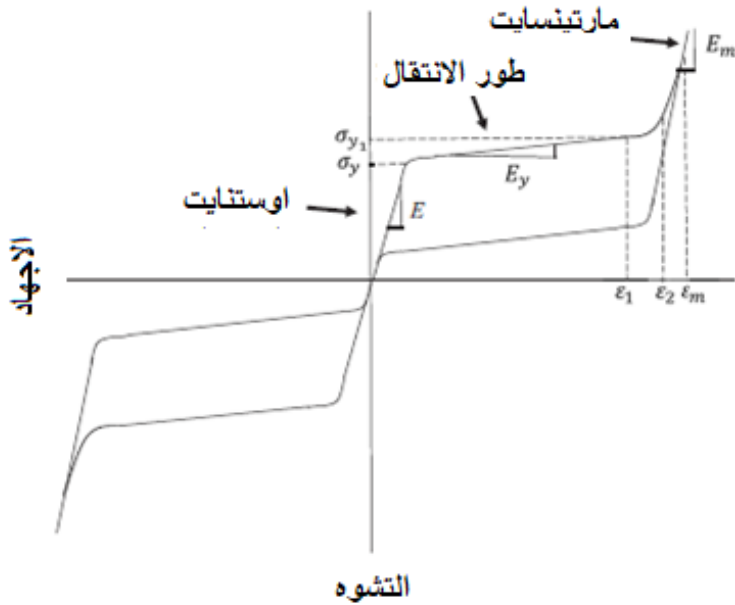
أثناء تفريغ الحمل (الجزء CD في الشكل (2-a)) يستعيد martensite شكله بشكل تدريجي إلى الخلف متحولاً من (martensite) إلى ((DE) austenite)، ويكون مصحوباً بتناقص في جزء (martensite) (ξ). تتحقق درجة اكتمال الـ (martensite) والمشار إليها في النقطتين B و E في الشكل (2a). يلاحظ أنه لا يبقى أي ازاحة متبقية بعد الانتهاء من عملية التحول الخلفي خلال عملية التفريغ للحمولة، وهذا خلافاً للسلوك التقليدي لإجهاد الانفعال لدى المعادن، وباعتبار (ξ AE) تعبر (austenite) عن (ξ BD) تعبر عن (martensite) فإن:

$$\xi AE + \xi BD = 1$$

..... (1)

هناك ميزتين مهمتين للحلقة الهستيرية لـ خلائط SMA:

- الحلقة الهستيرية كافية لتبديد الطاقة الزلزالية.
- لا تترك الحلقة الهستيرية أي ازاحة متبقية بعد انتهاء تبديد الطاقة.



الشكل (3) يبين تخطيط الحلقة الهستيريه لسلوك المرونة الفائقة [17]

من الشكل (3) شكل الحلقة الهستيريه يشكل دورة التحميل ومساحتها تشكل كمية الطاقة المبددة، على كل الأحوال للتوسع في الانفعال الذي يحصل عنده قساوة أكبر مثلما يحصل عند التحول إلى سلوك (Martensite) وفق نموذج (G-C)، تم التعبير عن التوسع بالنموذج المعدل من قبل وايلد وآخرون [17] Wilde et al وفق المعادلة :

$$\frac{d\sigma}{dt} = E \left[\frac{d\varepsilon}{dt} - \left| \frac{d\varepsilon}{dt} \right| \left(\frac{\sigma - \beta}{Y} \right)^n \right] u_I(\varepsilon) + E_m \left(\frac{d\varepsilon}{dt} \right) u_{II}(\varepsilon) + (3a_1 \frac{d\varepsilon}{dt} \varepsilon^2 + 2a_2 \text{sign}(\varepsilon) \frac{d\varepsilon}{dt} \varepsilon + a_3 \frac{d\varepsilon}{dt}) u_{III}(\varepsilon) \dots \dots \dots (2)$$

في هذه المعادلة تمثل:

σ N/m² : الاجهاد الخطي، ε mm : الانفعال /التشوه، E N/m² عامل المرونة لـ Austenite، Em N/m² هو عامل المرونة لـ Martensite ، المتغير t هو زمن

لتحديد نسبة اجهاد/تشوه (stress/strain) ، البارامترات a_1, a_2, a_3 هي ثوابت للتحكم بالمنحني المتعلق بتحول الطور، المتغيرات $u_I(\varepsilon), u_{II}(\varepsilon), u_{III}(\varepsilon)$ يعبر عنها كما يلي:

$$u_I(\varepsilon) = (1 - u_{II}(\varepsilon) - u_{III}(\varepsilon)) \dots \dots \dots (3.a)$$

$$u_{II}(\varepsilon) = \begin{cases} 1 & |\varepsilon| \geq \varepsilon_m \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \dots \dots \dots (3.b)$$

$$u_{III}(\varepsilon) = \begin{cases} 1 & \varepsilon \frac{d\varepsilon}{dt} > 0 \text{ and } \varepsilon_1 < |\varepsilon| < \varepsilon_m \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \dots \dots \dots (3.c)$$

بينما المصطلح $u_{II}(\varepsilon)$ ($d\varepsilon / dt$) في Eq(2) لوصف السلوك المرن لـ martensite، يتم تنشيطه لأن التشوه أعلى من ε_m ، والتشوه المقصود هو الذي يتم عنده اكتمال التحول من (austenite) إلى (martensite).

التحول الانسيابي للمنحني من E_y إلى E_m يتم الحصول عليه بإضافة عامل ثالث وأخير إلى المعادلة (2) ويقدر خلال التحميل وفي نطاق $\varepsilon_1 \varepsilon \varepsilon_m$.
 β : هو إجهاد إرجاع أحادي البعد، والذي يوصف بمعادلة:

$$\beta = E a \left\{ \varepsilon^{in} + f_t |\varepsilon|^c \operatorname{erf}(\alpha \varepsilon) \left[H \left(-\varepsilon \frac{d\varepsilon}{dt} \right) \right] \right\} \dots \dots \dots (4)$$

حيث تمثل ε^{in} التشوه غير المرن وتعطى وفق العلاقة:

$$\varepsilon^{in} = \left\{ \varepsilon - \left(\frac{\sigma}{E} \right) \right\} \dots \dots \dots (5)$$

المتغير α هو ثابت يتحكم في الميل (على غرار نسبة الصلابة) لمنحني $\sigma - \varepsilon$ ويتم تعريفها وفق:

$$\alpha = (E_y / (E - E_y)) \dots \dots \dots (6)$$

حيث E_y معامل المرونة وهو يمثل الميل بعد الخضوع.
التابع $\text{erf}(x)$ و $H(x)$ هو تابع واحدة الخطوة ويحدد على أنه:

$$\text{erf}(x) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^x e^{-t^2} dt \dots \dots \dots (7.a)$$

$$H(x) = \begin{cases} 1 & x \geq 0 \\ 0 & x < 0 \end{cases} \dots \dots \dots (7.b)$$

حيث ان المعاملات c, a, f, t تتحكم باستعادة التشوه المرن خلال مرحلة التفريغ للحمل.
في الوقت الحاضر، معظم خلائط SMA تكون في شكل أسلاك، وهي تخضع للتحميل المحوري الدوري وبالتالي يتم التعبير عن قوة الإرجاع اثناء التقيد للسلك ب المعادلة:

$$FS = A * \sigma \dots \dots \dots (8)$$

حيث أن:

A : تمثل كامل مساحة السلك SMA،

σ : إجهاد التحميل المحوري في السلك SMA.

6- الدراسة التحليلية:

تم إجراء التحليل الزلزالي للبناء المعزول بنظام العزل (LRB+ FSB) مع إضافة أجهزة التخميد وإعادة التمركز (SMAs) الشكل (7-a) وذلك تحت تأثير 20 ثانية من السجل الزمني لزلزال السنترو الشكل (7-c)، وتم تطوير نموذج المنشأ باستخدام برنامج "V22 SAP2000" حيث تم إجراء الدراسة لثلاث مباني بارتفاعات (ثمان طوابق، إثنا عشر طابقاً، ستة عشر طابقاً)، وإجراء التحليل للمنشأ الموثوق مع أساساته، والمنشأ المعزول باستخدام (العوازل المطاطية والعوازل الانزلاقية) (LRB،FSB) والمنشأ المعزول باستخدام (العوازل المطاطية والعوازل الانزلاقية مع إضافة مخمدات خلاط ذكرة الشكل عند قاعدة البناء) (LRB، FSB،SMAs).

6-1- حالات الدراسة:

أولاً: المنشأ الموثوق بدون استخدام وسائل العزل الزلزالي.

ثانياً: المنشأ العزول باستخدام وسائل العزل الاحتكاكي (العوازل المطاطية والعوازل الانزلاقية) (LRB،FSB).

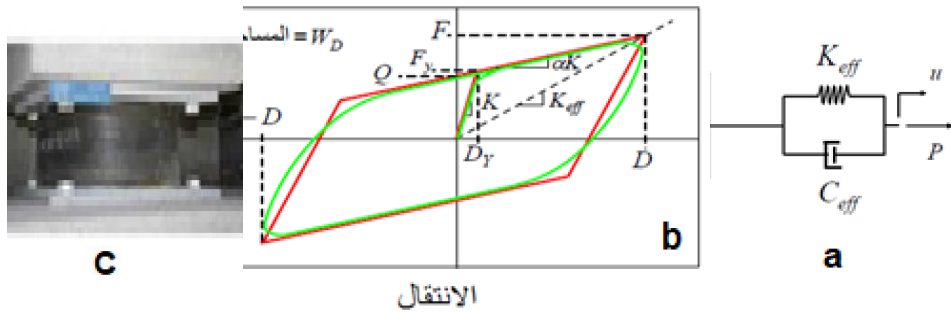
فيما يلي يبين الشكل (4) الموديل الرياضي الخطي للعازل المطاطي وخواصه المتمثلة بالبارامترين k_{eff} & C_{eff} ، حيث:

K_{eff} : الصلابة الفعالة الموافقة للانتقال التصميمي.

C_{eff} : التخميد الفعال المرتبط بالانتقال التصميمي.

وكذلك سلوك العازل المتمثل بالعلاقة بين قوة القص، والانتقال في المسند المطاطي.

دراسة مقارنة أنظمة العزل القاعدي (الاحتكاكي والمطاطي) مع إضافة مخمدات خلاط ذكرة الشكل
(SMAs) لتحسين الاستجابة الزلزالية للمباني



الشكل (4) (a) النموذج الرياضي للعازل المطاطي، (b) توضيح العلاقة بين القوة والانتقالات، (c) شكل العازل.
[1]

كما يبين الشكل (5) الحلقة الهستيرية وشكل عازل الانزلاق (Flat Sliding Bearings) والذي تحدد خواصه بالاعتماد على شرطين (parameters) ويوضح ذلك بالمعادلة التالية:

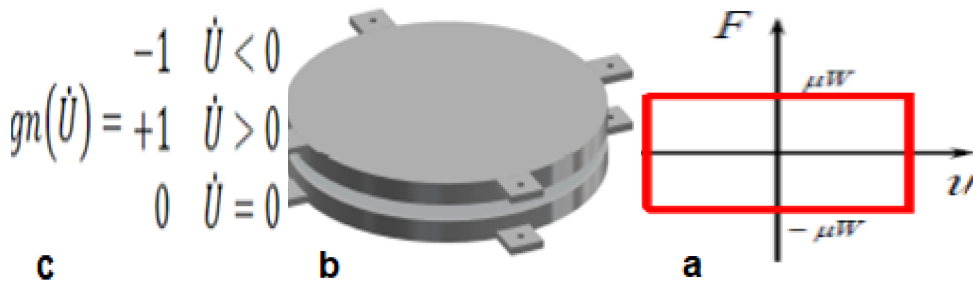
$$F(t) = \mu W \text{sign } \dot{U} \dots \dots \dots (9)$$

حيث:

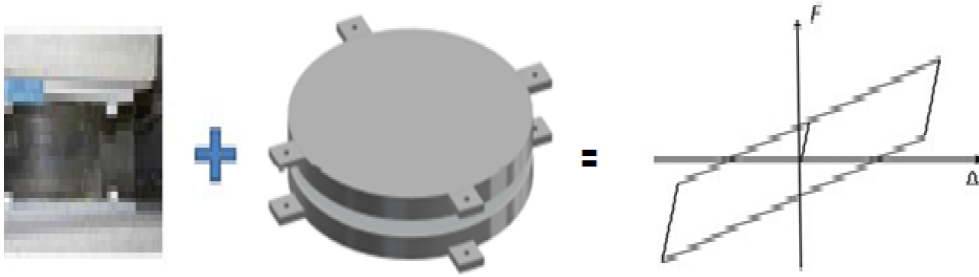
μ : هو معامل احتكاك سطح الانزلاق (coefficient of friction for the sliding)

W : مجموع القوى الزلزالية،

$\text{sign}(\dot{U})$: تابع إشارة

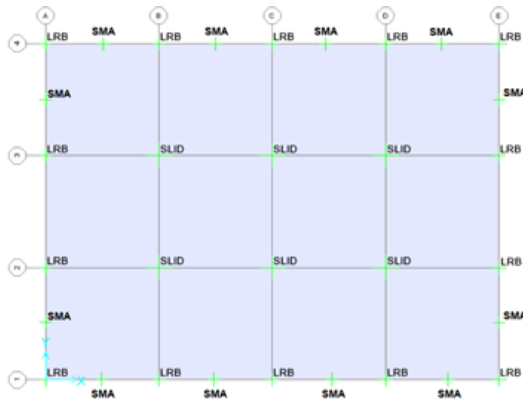


الشكل (5) يبين (a) الحلقة الهستيرية لعازل الانزلاق Flat Sliding Bearings متمثلة بعلاقة القوة-انتقال، (b) شكل العازل، (c) قيم تابع الإشارة

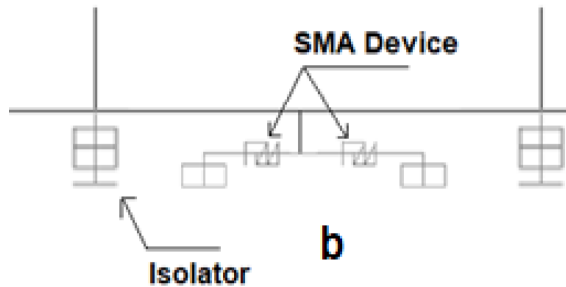


الشكل (6) يوضح الحلقة الهستيريرية لنظام العزل الهجين (LRB·FSB)

ثالثاً: باستخدام وسائل العزل الاحتكاكي (العوازل المطاطية والعوازل الانزلاقية مع إضافة مخمدات خلائط ذاكرة الشكل عند قاعدة البناء) (LRB، FSB·SMAs)، يوضح الشكل (7) مسقط المنشأ المدروس وتوضع أجهزة العزل والتخميد تحت تأثير زلزال السنترو:

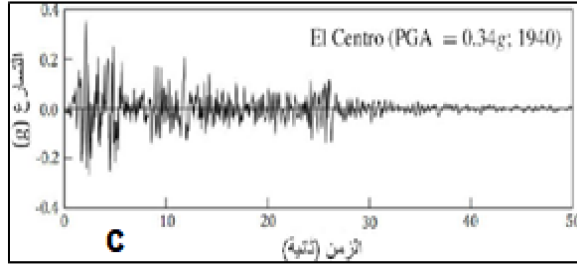


a



b

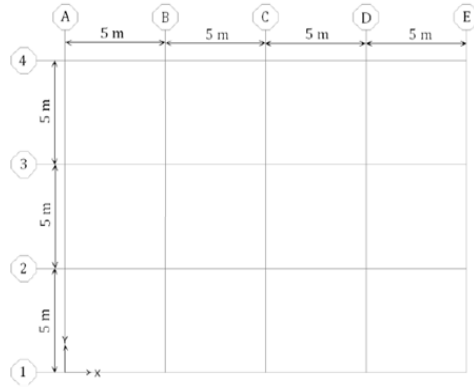
دراسة مقارنة أنظمة العزل القاعدي (الاحتكاكي والمطاطي) مع إضافة مخمدات خلاط ذاكرة الشكل (SMAs) لتحسين الاستجابة الزلزالية للمباني

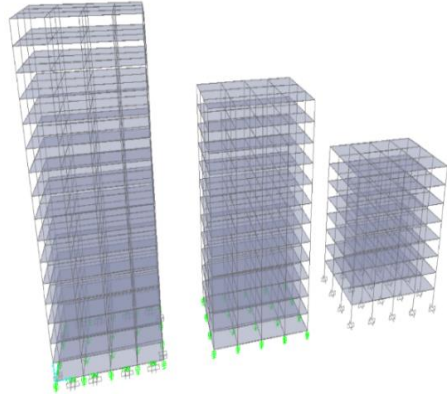


الشكل (7): (a) نموذج المنشأ ب 8 طوابق باستخدام برنامج "SAP2000 V22" وتوضيح لتوزيع العوازل الزلزالية، (b) حالات توضع مخمدات SMAs على مسقط البناء لحالات الدراسة تحت تأثير 20 ثانية من زلزال السنترو (c)

2-6- مواصفات المنشأ والمواد المستخدمة في التحليل:

يبين الشكل (8) البناء المدروس من البيتون المسلح، وارتفاع طابقي يساوي 3 m، أبعاد الأعمدة: (50X50) cm، أبعاد الجوائز: (70X30) cm، البلاطة مصممة بسماكة 15 cm، أحمال التغطية: 3KN/m^2 الأحمال الحية: 3KN/m^2 ، تم تخصيص ديفرام صلب عند كل طابق في النموذج الفعلي للبناء.





الشكل (8) يبين مسقط البناء المدروس وعدد الطوابق لحالات الدراسة [15]
المساند المطاطية المستخدمة بالدراسة من نوع (LRB) وخصائصها كما يلي:

$$\begin{aligned} k_{eff} &= 825 \text{ KN/M} && \text{الصلابة الفعالة:} \\ C_{eff} &= 67.140 \text{ KN.Sec/m} && \text{التخميد الفعال:} \\ f_y &= 54.43 \text{ KN} && \text{قوة السيـلان:} \end{aligned}$$

كما أن عوازل الانزلاق المسطحة من نوع (FLAT SLID BEARING) تم اعتبار قوة الاحتكاك تساوي 10% من الحمولة الميتة: $F(t) = 0.10WD$ $F(t) = \mu W$ تم استخدام خلائط ذاكرة الشكل Ferrous SMA (FNCATB) في البحث بالقيم العددية الموضحة بالجدول (1) وذلك بمراعاة:

- الشروط البيئية المحيطة /الحرارية / للمنطقة التي ستستخدم بها خلائط ذاكرة الشكل.
- قيم الانفعال الأعظمي المسموح بها لخلطة ذاكرة الشكل المستخدمة.
- قدرة الخلطة على تبديد أكبر للطاقة.
- مطابقة نتائج بيانات مخطط (اجهاد-انفعال) التجريبية والتحليلية في نموذج G-C المعدل، [12].
- تم تمثيل نموذج المرونة الفائقة لمخمدات خلائط ذاكرة الشكل SMA وذلك من خلال تحديد خواص اثنين من العناصر، عنصر multi-linear plastic link

دراسة مقارنة أنظمة العزل القاعدي (الاحتكاكي والمطاطي) مع إضافة مخمدات خلائط ذاكرة الشكل (SMAs) لتحسين الاستجابة الزلزالية للمباني

تمثيل حلقة تبديد الطاقة (الحلقة الهستيرية)، وعنصر multi-linear elastic link لإزاحة حلقة تبديد الطاقة عن المركز وذلك في حالات التعرض لإجهاد الشد، وربطهما على التوازي ومن تراكب السلوك للعناصر يتم الحصول على الحلقة الهستيرية لتبديد الطاقة لمخمدات خلائط ذاكرة الشكل SMA ضمن برنامج العناصر المحدودة SAP2000-V22 . [19]

الجدول (1): يبين القيم العددية لمتغيرات النازمة لسلوك خلائط SMAs (FNCATB) في نموذج (G-C) المعدل [27]

Parameters	FNCATB
E N/m ²	5.1×10^{10}
E _m N/m ²	4.1×10^{10}
ε _m	0.15
ε _l	0.095
σ _y N/m ²	7.4×10^8
σ _l N/m ²	8.232×10^8
n	6
α	0.0187
c	0.0001
a	300
ft	0.95
A cm ²	0.5706
Volume cm ³	157.27

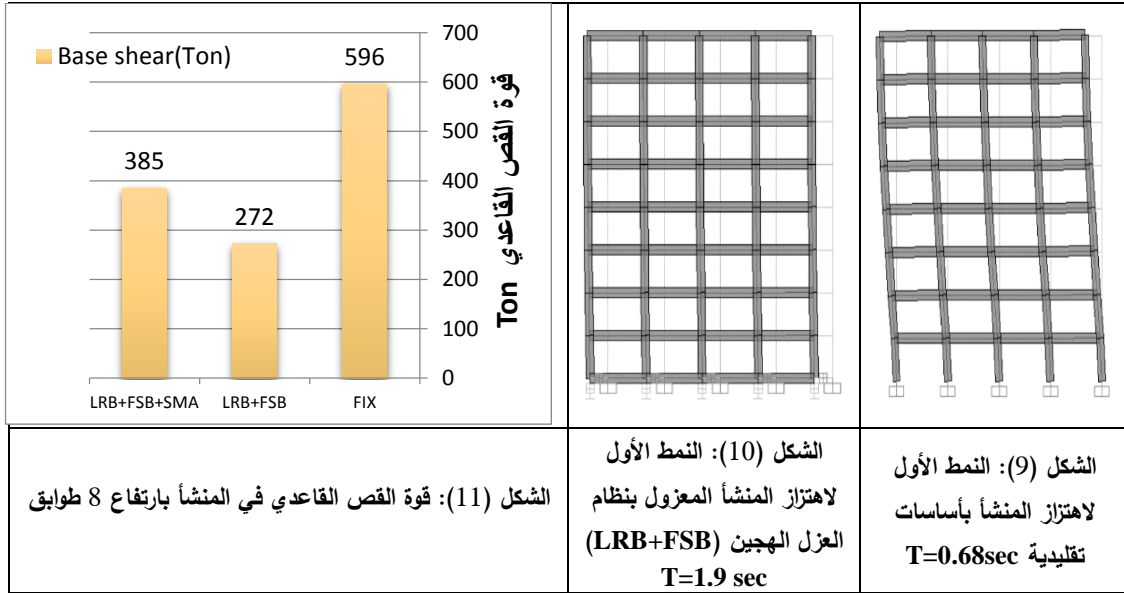
6-3- نتائج التحليل:

1-3-6. تم إجراء التحليل لكلا النموذجين للبناء بارتفاع 8 طوابق (نموذج موثوق مع

أساساته ونموذج هجين (FSB+LRB) مع إضافة مخمدات (SMAs)

وبملاحظة النتائج ومقارنة الدور وقوة القص القاعدي للمنشأ وذلك لحالات

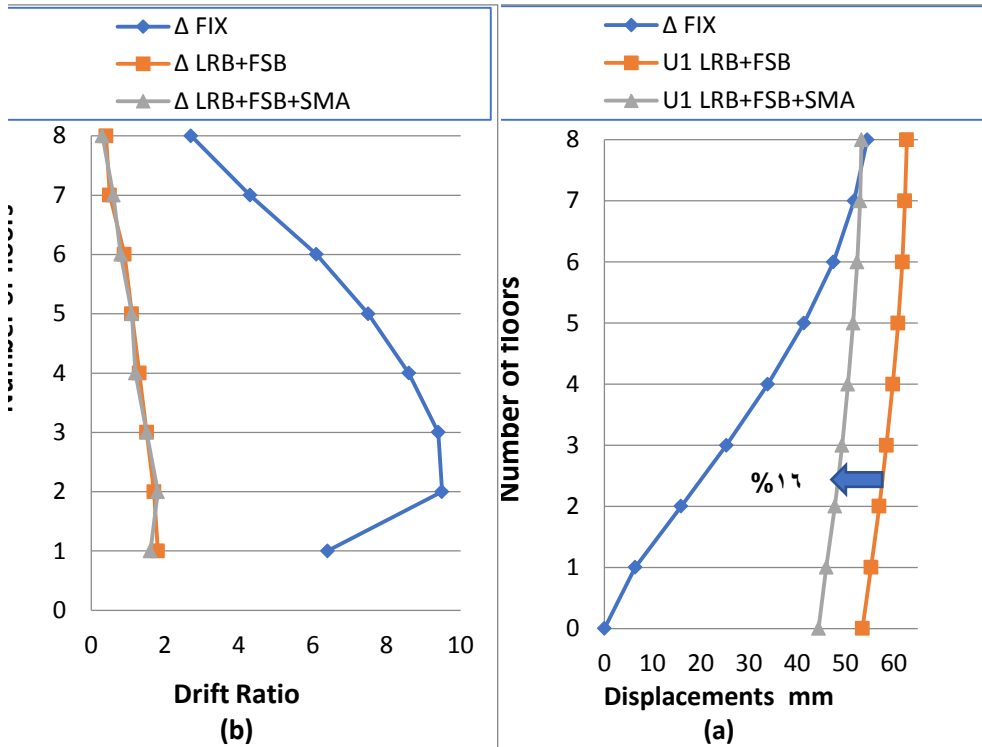
العزل في الشكل (9) و(10) و(11):



نلاحظ أن دور اهتزاز المنشأ المعزول بنظام العزل (LRB+FSB) مع إضافة SMAs في قاعدة المنشأ ($T=2.05 \text{ sec}$)، كما نلاحظ من الأشكال السابقة أن المنشأ المعزول يهتز وكأنه كتلة صلبة فوق نظام العزل، كما أن دور الاهتزاز بحالة العزل بـ (LRB+FSB+SMA) ($T=1.89 \text{ sec}$) قريب جداً من دور الاهتزاز للمنشأ بحالة (LRB+FSB)، بينما دور اهتزاز البناء الموثوق هو ($T=1.03 \text{ sec}$). كما أن استخدام خلائط (SMAs) أثبتت فعالية كجهاز تخميد مكمل مع نظام العزل، وذلك من ناحية تخفيض قوة القص الاعظمية بنسبة 36% مقارنة مع المنشأ الموثوق. وفعالية أقل بنسبة 35% مقارنة مع المبنى المعزول بنظام (LRB+FSB) وذلك لأن استخدام المخمدات يقرب المبنى من حالة المبنى الموثوق.

2-3-6. بمقارنة الانتقالات والازاحات الطابقية للمنشأ بارتفاع 8 طوابق لحالات العزل في الشكل (12)، نجد:

توضح المخططات المبينة في الشكل (12)، العلاقة بين الانتقالات الطابقية، ومنحنيات الازاحات الطابقية النسبية وذلك لحالات عزل المنشأ (LRB, FSB, SMA) والمبنى التقليدي (Fix).



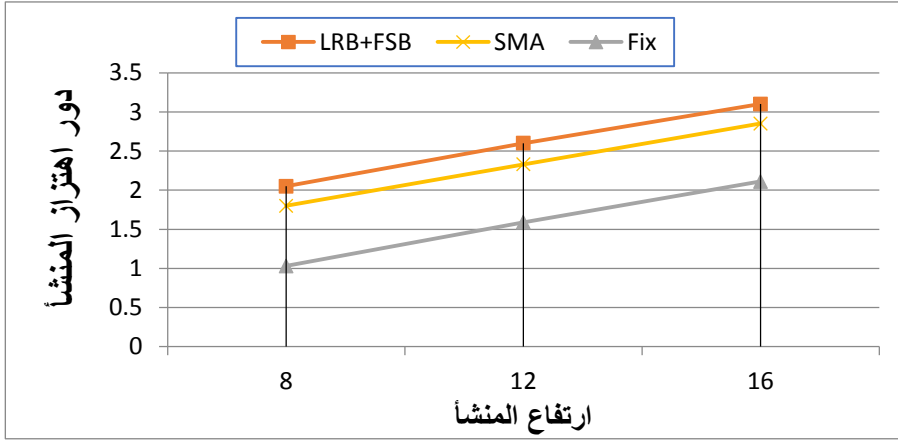
الشكل (12): يبين (a) انتقالات الطوابق و (b) الازاحات الطابقية للمنشأ بارتفاع 8 طوابق

من الشكل السابق نلاحظ فعالية استخدام خلائط (SMAs) كجهاز تخميد مكمل في قاعدة المنشأ المعزول بـ (LRB+FSB)، حيث أدى إلى تخفيض مجموع الانتقالات لطوابق المنشأ حوالي 16%، وتخفيض مجموع الإزاحة الطابقية للمنشأ 3% مقارنة مع المبنى المعزول بـ (LRB+FSB)، وذلك لفعالية استخدام المخمدات في تخفيض الانتقال المتبقي للعوازل لامتلاكها القدرة على الإرجاع.

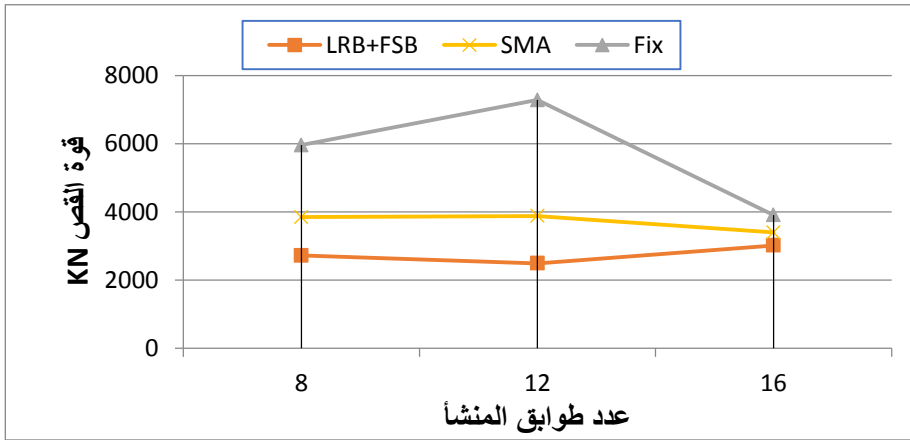
3-3-6. متابعة التحليل للمنشأ بارتفاع (12 و 16) طابق ومقارنة نتائج التحليل:

توضح المخططات المبينة في الاشكال (13-17)، قيم دور الاهتزاز و قوة القص القاعدي الأعظمية بالإضافة لقيم الانتقال في الطابق الأخير، وقيم الإزاحة الطابقية

والازاحة الطابقية الأعظمية وذلك للمنشآت بارتفاعات 8، 12 و 16 طابق ولحالات عزل المنشأ (LRB, FSB, SMA) والمبنى التقليدي (Fix).

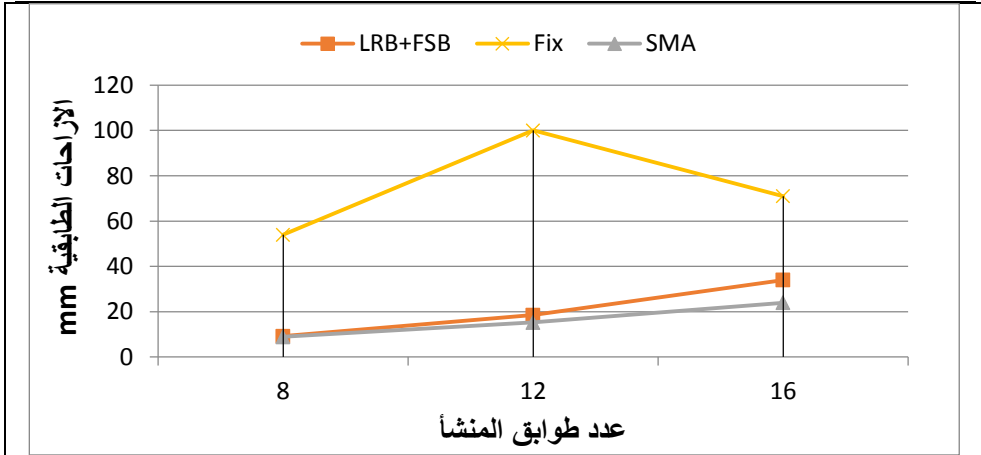


الشكل (13) يبين دور الاهتزاز للمنشآت بارتفاعات مختلفة ولحالات المنشأ المعزول والموثوق

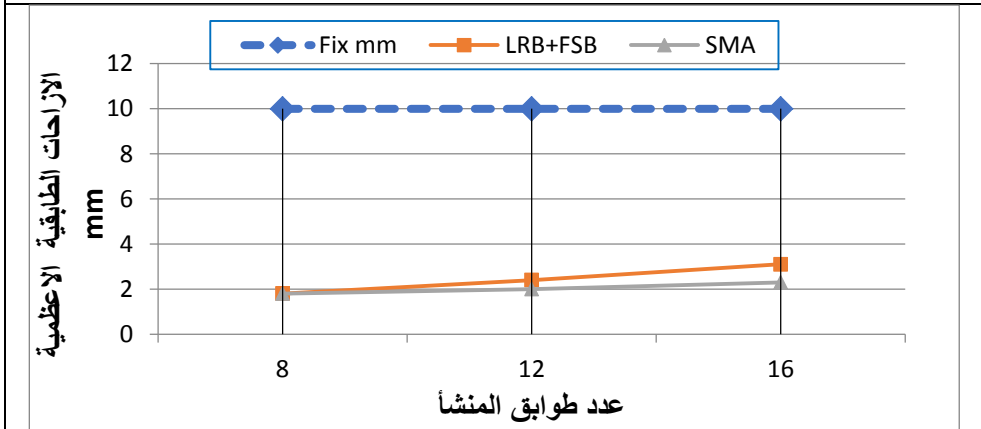


الشكل (14) يبين قوة القص القاعدي للمنشآت بارتفاعات مختلفة ولحالات المنشأ المعزول والموثوق

دراسة مقارنة أنظمة العزل القاعدي (الاحتكاكي والمطاطي) مع إضافة مخمدات خلائط ذاكرة الشكل (SMAs) لتحسين الاستجابة الزلزالية للمباني



الشكل (15) يبين مجموع الازاحة الطابقية بين الطابق الأرضي والأخير وذلك للمنشآت بارتفاعات مختلفة وحالات المنشأ المعزول والموثوق



الشكل (16) يبين قيمة الازاحة الطابقية الاعظمية وذلك للمنشآت بارتفاعات مختلفة وحالات المنشأ المعزول والموثوق

ومنه وبمقارنة الأشكال السابقة نلاحظ فعالية إضافة خلائط (SMAs) كجهاز تخميد مكمل في قاعدة المنشأ المعزول بـ (LRB+FSB)، حيث نلاحظ من الشكل (13) زيادة دور الاهتزاز للمنشأ بزيادة الارتفاع وذلك بنسبة 47% مقارنة مع المنشأ الموثوق بارتفاع 16 طابق. بينما كان دور الاهتزاز أقل بنسبة 10% مقارنة مع المنشأ المعزول بـ (LRB+FSB)، ومن الشكل (14) نلاحظ فعاليتها في تخفيض قوة القص القاعدي وخصوصاً مع زيادة ارتفاع البناء، حيث للمنشأ بارتفاع 16 طابق خفضت قوة القص

القاعدي بنسبة 13% مقارنة مع المنشأ الموثوق ، بينما كانت أقل فعالية بنسبة 12% مقارنة مع المنشأ المعزول بـ(LRB+FSB)، وهو شيء منطقي لأن استخدام المخدمات يزيد صلابة طابق العزل ويقرب المبنى من حالة المبنى الموثوق، كما نلاحظ انسيابية المنحني في الشكل (15) والفعالية الجيدة في تخفيض الانتقال في الطابق الأخير وتخفيض الإزاحة الطابقية والإزاحة الأعظمية كما هو موضح بالأشكال (15) و (16) وذلك للبناء بارتفاع كبير مما يثبت فعالية إضافة مخدمات خلاط ذاكرة الشكل التي تملك خصائص المرونة الفائقة، وقدرتها على الإرجاع مع نظام العزل حيث خفضت الانتقال في الطابق الأخير بنسبة 36% ، وخفضت الإزاحة الطابقية بنسبة 30% ، وخفضت الإزاحة الطابقية الأعظمية بنسبة 25% كما خفضت الانتقال المتبقي لنظام العزل بنسبة 38%، مقارنة مع المنشأ بارتفاع 16 طابق المعزول بـ(LRB+FSB).

7- النتائج والمناقشة:

➤ استخدام مخدمات خلاط ذاكرة الشكل (SMAs) يزيد صلابة مستوى العزل (LRB+FSB) بالتالي أدى إلى تخفيض دور الاهتزاز بنسبة لنتائج دور المنشأ بارتفاعات 8 و 12 و 16 طابق تساوي (10%) مقارنة مع المنشأ المعزول بنظام العزل (LRB, FSB) والذي بدوره يزيد دور الاهتزاز بنسبة لنتائج دور المنشأ بارتفاعات 8 و 12 و 16 طابق تساوي (64%) مقارنة مع المنشأ الموثوق، والذي هو الهدف الاساسي للعزل الزلزالي (إزاحة دور المنشأ عن تواتر الهزة) .

➤ إن قدرة تبديد الطاقة لدى مخدمات خلاط ذاكرة الشكل (SMAs) هي أقل من بقية العوازل (LRB, FSB) إلا أنها وبخصائص الإرجاع التي تملكها أظهرت تأثير عزل فعال وتخفيض نتائج الانتقال المتبقي للعوازل في المنشأ بارتفاعات 8 و 12 و 16 طابق بنسبة وسطية تساوي (31%).

➤ إضافة مخدمات خلاط ذاكرة الشكل (SMAs) مع نظام العزل (LRB+FSB)، كان له أثر في تحسين أداء المنشأ المعزول، وبأخذ الوسطي لنتائج المنشأ بارتفاعات 8 و 12 و 16 طابق فإن استخدام (SMAs) أدى الى تخفيض الانتقالات (30%)،

دراسة مقارنة أنظمة العزل القاعدي (الاحتكاكي والمطاطي) مع إضافة مخمدات خلائط ذاكرة الشكل (SMAs) لتحسين الاستجابة الزلزالية للمباني

وتخفيض مجموع الازاحات الطابقية (22%)، ولكن كان له أثر أقل فعالية على قوة القص القاعدية مع زيادة الارتفاع حيث أدى لزيادة فيها (35%) مع زيادة مرونة المنشأ. ➤ في حال حدوث الزلزال فإن استخدام مخمدات خلائط ذاكرة الشكل (SMAs) التي تملك خاصية المرونة الفائقة ستساهم في ديمومة نظام العزل وعدم الحاجة لاستبدال أو تجديد نظام العزل بالتالي حماية أكبر للمباني من الزلازل المستقبلية.

8- توصيات:

نتائج استخدام خلائط ذاكرة الشكل أثبتت فعاليتها في تطبيقات العزل للمنشآت إلا أنه يمكن العمل على تحسين هذه النتائج بإدخال الأثر الحراري في الدراسات التحليلية، ودراسة حالات أخرى لتوضع المخمدات كتوزيعها على كامل ارتفاع المبنى، مع اقتراح إجراء تحليل للتكلفة الاقتصادية.

9- المراجع (References):

- [1] Michael, D. Symans. **Design Examples Seismic Isolation**. Instructional Material Complementing FEMA 451.
- [2] Kelly, Trever. (2001). **Base Isolation of Structure**. Design Guideline Holmes Consulting Group.
- [3] Kelly, Naeim, F. J. (1996). **Design of seismic isolated structure**. Wiley. New York.
- [4] Jangid, RS. (2004). **Optimum friction pendulum system for near-fault motions**. Engineering Structures.
- [5] Leif, O., Imad, H. Mualla, and Yuuichi. (2004). **SEISMIC isolation with a new friction-viscoelastic damping system**. 13th World Conference on Earthquake Engineering. Vancouver, B.C., Canada. August 1-6.
- [6] Earthquake Protection Systems. (2003). **Technical Characteristics of Friction Pendulum Bearings**. Vallejo, California.
- [7] Tsai CS, Chiang TC, Chen BJ.9. (2003) **Seismic behavior of MFPS isolated structure**: JC Chen, editor. Seismic engineering. ASME. p. 73-9.
- [8] Fenz DM and Constantinou MC (2005). **Behavior of the double concave Friction Pendulum bearing**. Submitted for review and possible publication in Earthquake Engineering and Structural Dynamics
- [9] Tracy Thaer. (2011). **The behavior of Seismically Isolated Buildings Using Rubber Bearing**. Master Thesis, the Higher Institute of Seismic Studies and Research, University of Damascus.
- [10] J.M.Kelly, (1982), **Aseismic base isolation**, Shock.Vib. Dig.14(5)17-25.
- [11] A. Mokha, M. Constantinou, A. Reinhorn and V. Zayas, (1991) Experimental **study of friction pendulum isolation system**, J. Struct. Eng. 117(4) 1201-1217.
- [12] Sutanu Bhowmick & Sudib Kumar Mishra. **Ferrous SMA (FNCATB) based Superelastic Friction Bearing Isolator (S-**

- FBI) subjected to pulse type ground motions.** Soil Dynamics and Earthquake Engineering 100 (2017) 34–48.
- [13] P.W. Clark, I.D. Aiken, J.M. Kelly, M. Higashino and R. Krumme, (1995), in: Proceedings of SPIE: **Smart Structures and Materials Conference**, edited by C.D. Johnson/SPIE.
- [14] M. Dolce, D. Cardone and R. Marnetto, (2000): **Earthquake Engineering and Structural Dynamics**. Dyn. Vol. 29, p945
- [15] Yuhong Ling, Huihong Peng and Shuai Zhuang, (2010): **Journal of South China University of Technology**, Natural Science Edition. Chinese. Vol.38 (2010), p131.
- [16] L. Janke I, C. Czaderski, M. Motavalli and J. Ruth, (2005) " **Applications of shape memory alloys in civil engineering structures - Overview, limits and new ideas**",
- [17] Wilde K, Gardoni P, Fujino Y. (2000). **Base isolation system with shape memory alloy device for elevated highway bridges**. Eng Struct 2000;22(3):222–9.
- [18] Mahfouz Aber. (2012). **Seismic Response of Buildings Base isolated by Friction devises with restoring Properties**. Master Thesis, the Higher Institute of Seismic Studies and Research, University of Damascus.
- [19] Andrawes, B., and DesRoches, R. (2005). **Unseating prevention for multiple frame bridges using superelastic devices**. Smart Mater. Struct.,14(3), S60–S67.

أثر كثافة وتوزيع الثقوب التاجية على سلوك البلاطات المختلطة المعرّضة لحمولات شاقولية ساكنة

صفا علي (1)

مؤيد صبح (2)

الملخص: استخدمت البلاطات المختلطة المكوّنة من الجزء البيتوني والصفيحة الفولاذية منذ القدم، والتي ترتبط مع بعضها من خلال عناصر اتّصال مختلفة تؤمّن العمل المشترك. يُقدّم هذا البحث تقنية ربط بوصلات تامة مبتكرة، وهي عبارة عن ثقوب أو نتوءات تاجية الشكل في أجساد الصفائح الفولاذية كبديل عن النقوش التقليدية، والتي كانت تؤمّن اتّصال جزئي بين البيتون والصفائح الفولاذية.

تمّ في هذه الدراسة استعمال طريقة العناصر المحدودة (Finite Element Method)، والتحليل اللاخطّي الذي يأخذ بعين الاعتبار لا خطيّة المادّة (Materially Non-Linear Analysis, MNA)، تمّت نمذجة موديل لجزء من عصب للبلاطة المختلطة ومن ثمّ تعميم النتائج على البلاطة المختلطة بشكل كامل، هذه العملية أبدت دقة عالية في مطابقة النتائج وبساطة في النمذجة وسرعة في التحليل. كما تمّ في هذا البحث دراسة أثر تغيير كثافة الثقوب على مقدرة البلاطات المختلطة تحت حمولات شاقولية مركّزة سناتيكية.

بيّن هذا البحث أنّ استبدال النقوش التقليدية بالثقوب تاجية الشكل يؤدي إلى رفع المقدرة الانعطافية والقصية للبلاطة المختلطة، كما أنّ هناك إمكانية لتقليل كثافة الثقوب في منطقة معينة من الصفيحة الفولاذية مع المحافظة على نفس السلوك للبلاطة المختلطة.

أثر كثافة وتوزيع الثقوب التاجية على سلوك البلاطات المختلطة المعرضة لحمولات شاقولية ساكنة

كلمات مفتاحية: بلاطات مختلطة - أحمال شاقولية - طريقة العناصر المحدودة - تحليل لا خطي.

(1) طالبة ماجستير في قسم الهندسة الإنشائية في كلية الهندسة المدنية - جامعة دمشق.

(2) أستاذ مساعد في قسم الهندسة الإنشائية في كلية الهندسة المدنية - جامعة دمشق.

The effect of the density and distribution of crown shaped punches on the behavior of the composite slabs under static vertical loads

Ssafa Ali ⁽¹⁾

Moaid Subh ⁽²⁾

Abstract: The composite slabs consisting of the concrete part and the steel plate have been used since ancient times, which are connected with each other through various communication elements that secure joint work. This research introduces an innovative technology of connecting with innovative connections, which are very small cuttings in the bodies of steel plates as an alternative to the traditional embossments that were Provides partial contact between concrete and steel plates.

In this study, the finite element method and the nonlinear analysis that takes into account the nonlinearity of the material were used. A part of chord is modeled for the composite slab and then generalizing the results to the composite slab completely, this process showed high accuracy in matching the results, simplicity in modeling and speed in the analysis, the study also examined the effect of changing the density of punches on the ability of composite slabs under static concentrated vertical loads. This research shows that replacing traditional embossments with coronary punches leads to an increase in the bending and shear ability of the composite slab and that there is a possibility to

reduce the density of the punches in a certain area of steel plate while maintaining the same behavior for composite slab.

Keywords: Composite Slabs – Vertical loading – Finite Element Method – Non-Linear Analysis.

⁽¹⁾ Master Student at Structural Department in Faculty of Civil Engineering – Damascus University.

⁽²⁾ Assistant Professor at Structural Department in Faculty of Civil Engineering – Damascus University.

1. مقدمة Introduction

استخدمت البلاطات المختلطة بداية عام 1938م في الولايات المتحدة، على الرغم من أنّ الصفائح المشكّلة على البارد استخدمت كقوالب دائمة فقط.

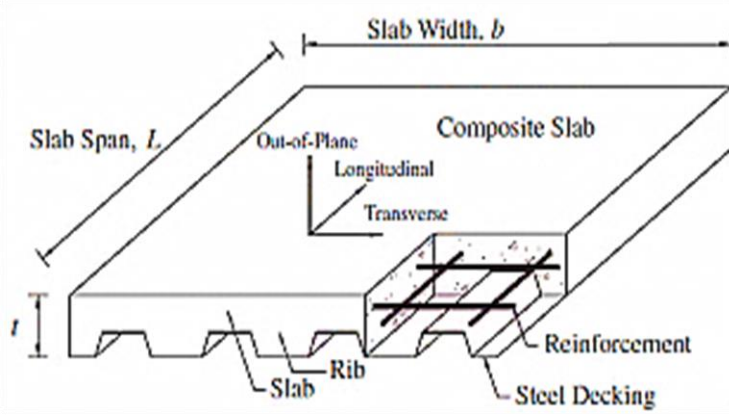
خلال عام 1960s، انتجت الصفائح الفولاذية المزودة بالنقوش وتطوّرت بشكل واسع، الصفائح أصبحت تشكّل تسليح الشدّ الأساسي للبلاطة، (Bridge & Patrick, 2002).

تستخدم صفائح الفولاذ المشكّلة على البارد مع النقوش (Embossments) بشكل واسع في أنظمة البلاطات المختلطة في الأبنية متعدّدة الطوابق، حيث تصبح جزء متكامل مع أنظمة الأرضيات.

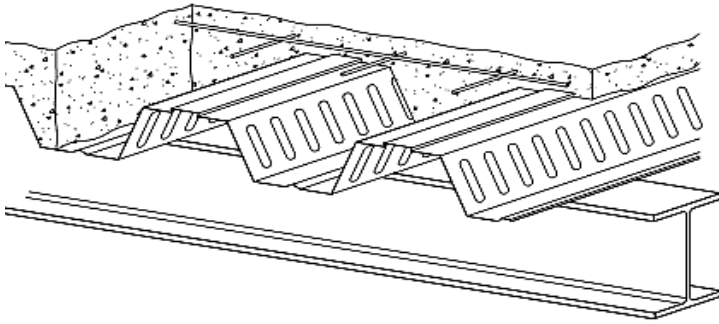
تعمل الصفائح المعدنية ككوفراج في مرحلة صبّ الخرسانة وكتسليح شدّ أساسي لاحقاً بعد التصلّب، فينتج لدينا بلاطات مختلطة ذات إنشاء سريع وأرضيات اقتصادية (الشكل 1).

تتهار البلاطات المختلطة بشكل عام نتيجة لقوى الفصل التي تحدث في المقطع نتيجة قوى القصّ الطولي. لضمان الفعل المختلط تحتاج لسطح ترابط قوي بين البيتون والصفحة الفولاذية.

تطور العجينة الإسمنتية سطح ترابط ضعيف وبالتالي غير كافية لتحفظ السلوك المختلط، لتأمين ذلك تمّ إيجاد وصلات قصّ موجودة بشكل طبيعي كجزء من الصفحة المعدنية وهي النقوش (Embossments) (الشكل 2).



الشكل 1 : بلاطة مختلطة مكوّنة من البيتون والصفحة الفولاذية [1]



الشكل 2 : بلاطة مختلطة مكوّنة من البيتون والصفحة الفولاذية المزودة بالنقوش

التقليدية (Embossments) [1]

إنّ نظام النقوش التقليدية المستخدم كنظام ربط في البلاطات المختلطة غير قادر على التغلّب على نماذج القصّ الطولي بغض النظر عن كل المحاولات لتحسين فعالية هذه النقوش (Embossments). اختبر نظام جديد يقدّم تقنية ربط بوصلات تامة مبتكرة، مكوّنة من عدد كبير من الثقوب التاجية الشكل (Punches) على جسد الصفائح الفولاذية كبديل عن أنظمة النقوش الشائعة. حصل هذا النظام على براءة اختراع من قبل جامعة بوليتكنيكا في كاتالونيا (Universitat Politècnica de Catalunya)، وكذلك

مكتب براءات الاختراع الأوروبية (European patent office EPO)، لذلك سمّي من قبل الباحثين نظام UPC (Ferrer & Marimon, 2018) [2] (الشكل 3).

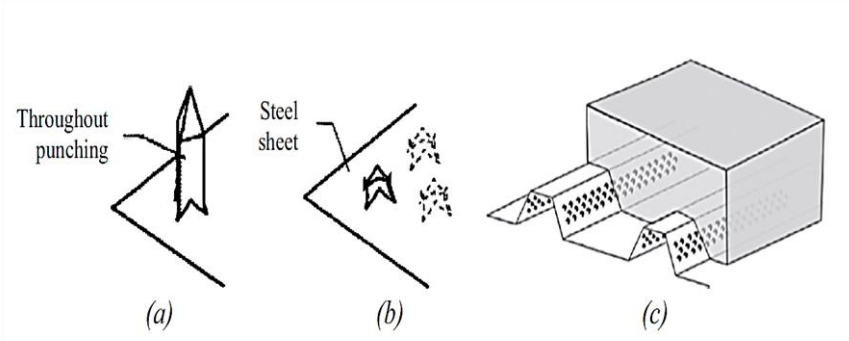


Fig. 7. a) Throughout square punching; b) Resulting cutting on steel sheet; c) Use on composite slab sheeting.

الشكل 3 : آلية تشكيل الثقوب التاجية الشكل على جسد الصفائح الفولاذية ومن ثم صبّ البيتون فوقها لتشكيل البلاطات المختلطة [2]

أجريت العديد من الدراسات والأبحاث المرجعية التي تتناول موضوع رفع مقدرة البلاطات المختلطة التي تتكوّن من البيتون والصفائح المعدنية وترتبط بينهما عناصر ربط مختلفة.

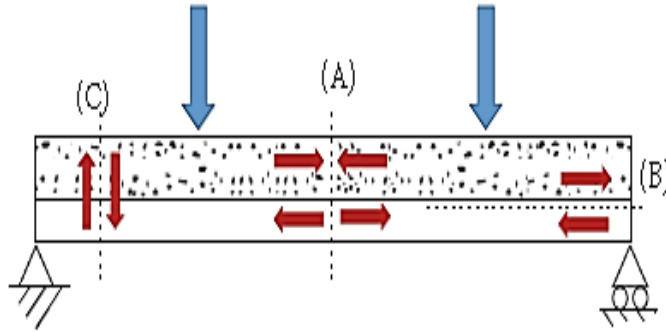
يعتمد التحليل الإنشائي للبلاطات المختلطة على أنماط انهيارها (Failure Modes).

نمط الانهيار الرئيسي للبلاطات المختلطة ينتج عن إجهادات الانعطاف والتراخي القصّي، حيث يوجد ثلاثة أنماط للانهيار [4] (Alvarez et al, 2016) (الشكل 4) وهي:

(A) نمط الانهيار الناتج عن الانعطاف وهو يتعلّق بمقاومة الانعطاف للبلاطات المختلطة، يسيطر هذا النمط على انهيار البلاطات المختلطة عندما إجهادات القصّ أقلّ من إجهادات الانعطاف، وهذا عملياً يتحقّق عندما لا يحدث انزلاق طولي بين البيتون والصفائح الفولاذية.

(B) نمط الانهيار الناتج عن القصّ الطولي وهو يتعلّق بالوصول لمقاومة القصّ الطولي للبلاطات المختلطة بين البيتون والصفحة الفولاذية نتيجة اتصالهما وذلك وفق عدّة طرق، عملياً يحصل الانهيار نتيجة حدوث انزلاق طولي بين البيتون والصفحة الفولاذية.

(C) نمط الانهيار الناتج عن القصّ الشاقولي وهو غير مسيطر غالباً بالمقارنة مع نمطي الانهيار الآخرين.



الشكل 4 : أنماط الانهيار للبلاطات المختلطة [4]

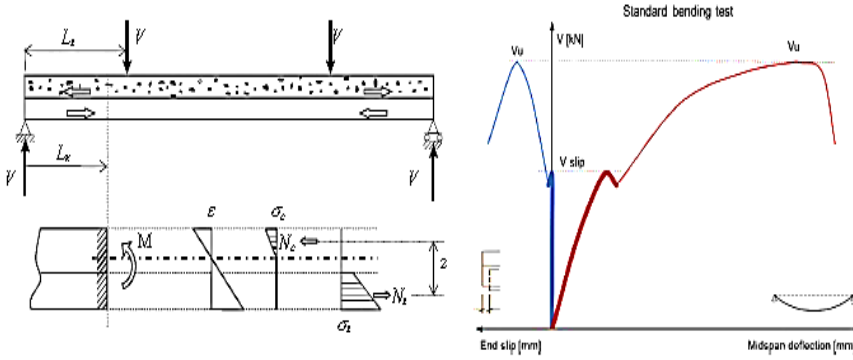
نظرية الوصلات في البلاطات المختلطة:

Theory of connection in composite slabs

1- الوصلات التامة: Full Connection

تنتقل قوى القصّ الطولي في هذه الحالة بشكل كامل، بالتالي استمرارية وخطية التشوهات في المقطع العرضي يمكن قبولها، حيث كلتا المادتين تعملان معاً كعنصر إنشائي واحد. بشكل عام تحفظ الوصلات التامة دائماً في مرحلة التحميل الأولي، بعد ذلك عندما تزداد الحمولة معظم البلاطات المختلطة ذات الصفائح الفولاذية المزودة بالنقوش التقليدية لا

تستطيع الاحتفاظ أكثر بمتطلبات نقل قوى القص الطولي، بالتالي الانزلاق الأول يحدث بين البيتون والصفائح الفولاذية حيث دخلنا بمرحلة الوصلة الجزئية (الشكل 5).



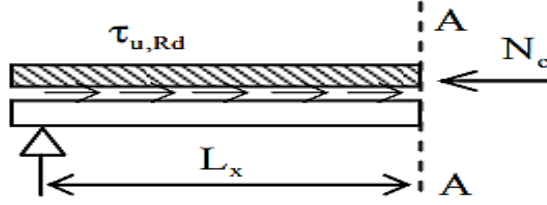
الشكل 5 : سلوك بلاطة مختلطة مكونة من البيتون والصفحة الفولاذية في حالة الوصلة التامة [2]

2- الوصلات الجزئية: Partial Connection

في مرحلة الوصلة الجزئية، قوى القص الطولية بين المواد لا تستطيع أن تزيد عن قوى الربط المطلوبة، لذلك تبدأ الوصلات المشتركة بالتكسر على طول مجاز القص والانزلاق يبدأ بالنمو والتزايد.

نجد بأن استمرارية التشوهات في المقطع العرضي للبلاطة المختلطة لا يمكن قبولها، وسيشكل محوران محايدان خلال المقطع العرضي للبلاطة المختلطة أحدهما من أجل مقطع الصفحة الفولاذية، والذي يكون إما داخل أو خارج الصفحة والمحور الآخر ضمن البيتون، ولكن خطية التشوهات لكل مادة وتساوي الانحناءات لازال يفترض (الشكل 7).

نتيجة للاتصال الجزئي بين البيتون والصفحة الفولاذية، عملياً سطح الاتصال لن ينقل مقاومة البلاطة البيتونية على الضغط كاملة N_{cf} وإنما جزء منها يتعلق بدرجة القص η وهو NC ، كما يبين الشكل (6).



الشكل 6 : آلية نقل مقاومة البلاطة البيتونية على الضغط إلى الصفيحة الفولاذية [3]

بحيث تحدّد قوّة القصّ الطولي المنقولة NC وفق العلاقة الآتية [3] (Eurocode 4, 2004):

$$N_c = \tau_{u,Rd} \cdot b \cdot L_x \leq N_{cf}$$

يتمّ تحديد إجهاد القصّ الطولي τ_u من تجارب الانعطاف بمقياس كامل، وذلك وفق العلاقة الآتية:

$$\tau_u = \frac{\eta_{test} N_{cf}}{b(L_s + L_0)}$$

حيث:

η_{test} : درجة وصلة القصّ N_c / N_{cf}

N_c : قوّة الضغط في الخرسانة.

N_{cf} : قوّة الضغط في الخرسانة في حالة الاتّصال التام.

b : عرض المقطع العرضي للبلاطة المختلطة.

L_0 : المسافة من محور المسند إلى الطرف الحر للبلاطة.

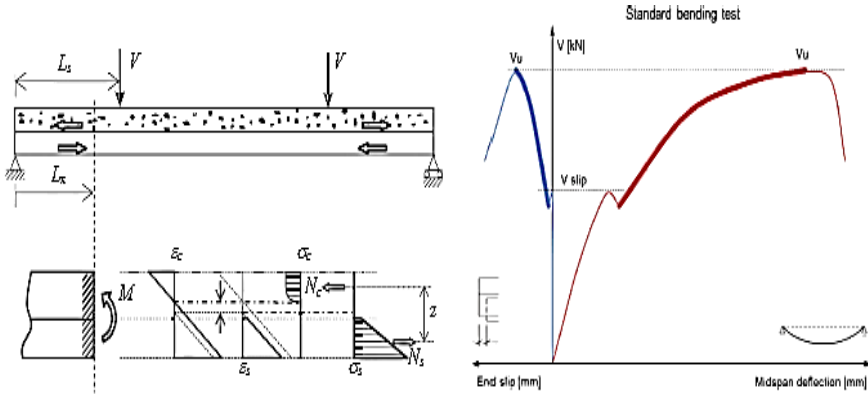
L_s : مجاز القص.

إذا تم أخذ مقاومة القص الطولية الإضافية الناتجة عن أخذ رد الفعل عند المسند في الاعتبار، تصبح المعادلة:

$$\tau_u = \frac{\eta_{test} N_{cf} - \mu V_t}{b(L_s + L_0)}$$

μ : معامل الاحتكاك (يؤخذ عادةً على أنه 0.5).

V_t : رد الفعل عند الاستناد.



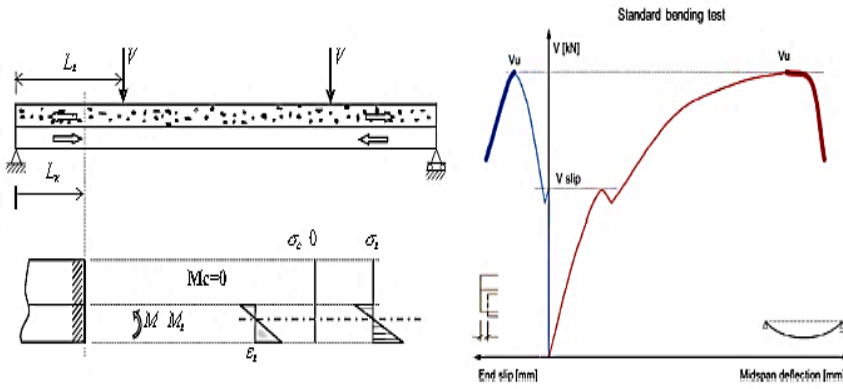
الشكل 7: سلوك بلاطة مختلطة مكونة من البيتون والصفحة الفولاذية في حالة

الوصلة الجزئية [2]

3- الوصلات المعدومة: Null Connection

في مرحلة الوصلة المعدومة، قوى القص الطولية بين المواد لا تنتقل نهائياً، بالتالي أصبحت البلاطة المختلطة عبارة عن مجموع عنصرين مستقلين يعملان بدون أي وصلات مشتركة.

فعالياً الصفيحة الفولاذية هي العنصر المقاوم الوحيد، حيث أنّ البيتون لا يستطيع أن يقاوم إجهادات الشدّ ويتشقق بالكامل، بالتالي الانهيار لمعظم تجارب الانعطاف يكون عند بدء مرحلة الوصلة المعدومة بسبب الانفصال الكامل بين البيتون والصفيحة الفولاذية. (الشكل 8).



الشكل 8 : سلوك بلاطة مختلطة مكوّنة من البيتون والصفيحة الفولاذية في حالة الوصلة المعدومة [2]

2. هدف البحث Objectives

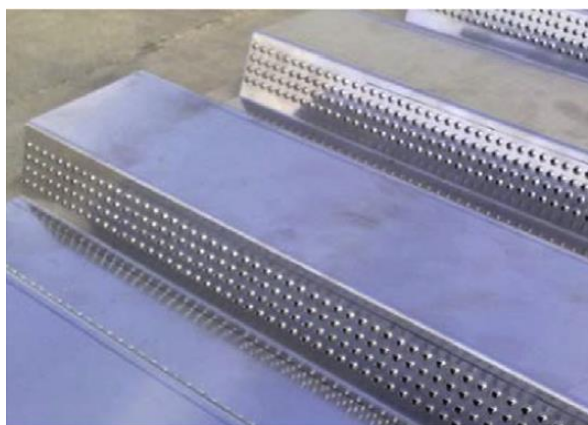
- أجريت دراسات على عينات عشوائية بكثافة منتظمة ومحدّدة للثقوب على كامل جسد الصفيحة مما يتطلّب جهد وإضعاف للكوفراج، لذلك تنصح هذه المقالة بدراسة التوزيع الأمثل اللازم لهذه الثقوب التاجية تحت حالات تحميل ستاتيكية معينة، بحيث نزيد من التفاعلية والانسجام بين البيتون والثقوب ومن مقاومة

المقطع في مرحلة صبّ الخرسانة، من خلال تقليل تركّز الإجهادات في منطقة الثقوب كنتيجة لتقليل عدد الثقوب.

- التحقّق من النموذج العددي من خلال المقارنة مع مقالة تجريبية (Ferrer& Marimon,2018)، وذلك باستعمال طريقة العناصر المحدودة (Finite Element Method ،FEM) وتحليل لا خطّي يأخذ بعين الاعتبار لا خطيّة المادة (Materially Non-linear Analysis ،MNA).

3. مواد وطرق البحث Materials and Methodology

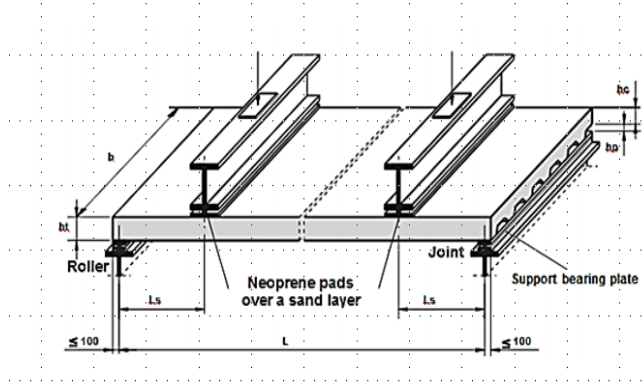
النموذج المدروس ضمن هذه المقالة هو بلاطة مختلطة، تتكوّن من البيتون والصفحة الفولاذية المزوّدة بالثقوب تاجية الشكل بتباعد بينها مقداره 20mm (الشكل 9)، كما تتكوّن البلاطة المختلطة من ثلاث أعصاب.



الشكل 9: الصفائح الفولاذية المزوّدة بالثقوب التاجية الشكل على جسدها [2]

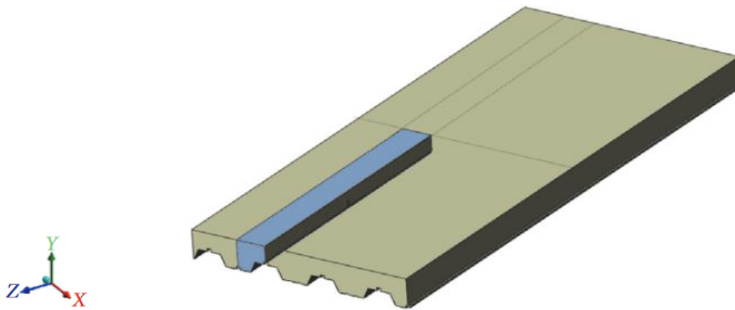
باستعمال طريقة العناصر المحدودة (Finite Element Method) والبرنامج (ABAQUS -Ver 6.14.1)، تمّت نمذجة بلاطة مختلطة مكوّنة من قسمين هما البيتون والصفحة الفولاذية المزوّدة بالثقوب أو النتوءات تاجية الشكل (Punches) ،

وذلك تحت تأثير حمولات مركزة والمدروسة تجريبياً من قبل الباحثين (Ferrer & Marimon, 2018)، والمبين في الشكل (10).



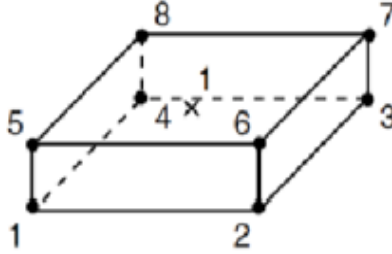
الشكل 10 : بلاطة مختلطة معرضة لتحميل سناتيكي [2]

عملية نمذجة البلاطات المختلطة بشكل كامل في دراسات سابقة كانت معقدة وبحاجة لوقت طويل للتحليل. قام الباحث [4] (Alvares et al, 2007) ورفاقه كنتيجة لتناظر البلاطة المختلطة بنمذجة ربع عصب من أعصاب البلاطة المختلطة، كما في الشكل (11) ومن ثمّ تعميم النتائج على البلاطة المختلطة بشكل كامل، هذه العملية أبدت دقة عالية في مطابقة النتائج وبساطة في النمذجة وسرعة في التحليل، وهذا تمّ اعتماده في النمذجة الحالية.



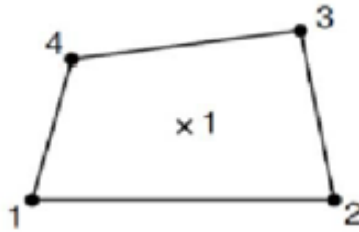
الشكل 11 : ربع عصب من بلاطة مختلطة المستخدم في النمذجة [4]

تم استخدام العنصر C3D8R(Solid element) لنمذجة الجزء البيتوني من البلاطة المختلطة، وهو عنصر صلب ثلاثي الأبعاد ذو ستة وجوه وبثمانية عقد لكل منها ست درجات حرية (ثلاثة انتقالات وثلاثة دورانات)، كما يبين الشكل (12) العنصر المستخدم في (Abaqus 6-14 Documentation, 2014) [7].



الشكل 12: تمثيل العنصر C3D8R الفراغي ذي ثمانية عقد [7]

تم استخدام العناصر الصفائحية S4R (Shell element) لنمذجة الجزء الفولاذي من البلاطة المختلطة، وهو عنصر مساحي ثنائي البعد ذو أربع عقد، كما يبين الشكل (13) العنصر المستخدم في (Abaqus 6-14 Documentation, 2014) [7].

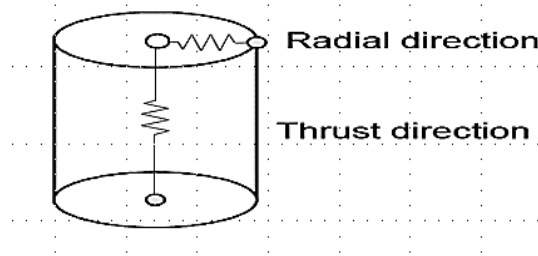


الشكل 13: تمثيل العنصر الصفائحي S4R ذي أربع عقد [7]

والرمز R للدلالة على تخفيض نقاط غاوس لنقطة واحدة.

تمّ استخدام عناصر اتّصال (Radial-Thrust connector element) من النوع الضغطي-الشعاعي لتشكيل سطح التفاعل بين البيتون والصفحة، كما يبين الشكل (14) العنصر المستخدم في (Abaqus 6-14 Documentation, 2014) [7].

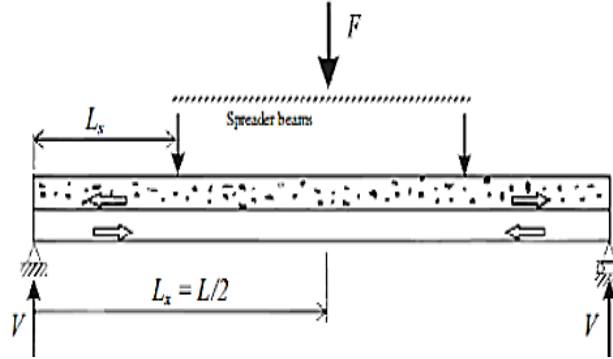
هو عبارة عن عنصر اتّصال يصل بين عقدتين متغير الصلابة باتجاهين، ويتمّ تمثيله بنابضين الأول يملك صلابة طولية، بالتالي يحكم سلوك القصّ بالاتجاه الطولي وهي الخاصية الأكثر الأهمية التي تتحكّم بسلوك البلاطات المختلطة (Radial direction)، والثاني يملك صلابة رأسية تعمل على تحقيق الترابط بين البيتون والصفحة الفولاذية بالاتجاه الرأسي (Thrust direction).



الشكل 14 : عنصر اتّصال من النوع الضغطي-الشعاعي لتمثيل الثقوب [7]

تمّ اعتماد شروط الاستناد للنموذج الممثل لربع عصب في البلاطة المختلطة المدروسة في التجربة (Ferrer & Marimon, 2018)، بحيث يكون متناظراً في المستوي Y-Z في كلا الجانبين بالاتجاه الطولي وفي المستوي X-Y في الطرف المقابل للمسند المتدرج، كما نفّذ المسند المتدرج في الطرف السفلي لنهاية الصفحة الفولاذية.

تمّ تطبيق حمولتين مركّزتين في التجربة المدروسة كما هو مبين في الشكل (15)، بالنسبة للنموذج العددي المعتمد كنتيجة للتناظر في التحميل أيضاً، تمّ تطبيق حمولة مركّزة واحدة تبعد ربع المجاز عن المسند لمتدرج، والتي تمّ تطبيقها في النمذجة عن طريق تطبيق انتقال بمكان وباتجاه الحمل وفق المحور y.



الشكل 15: بلاطة مختلطة معرّضة لعمولتين مركزيّتين [2]

تمّ استخدام طريقة (Concrete Damage Plasticity–CDP)، وهي إحدى ثلاث طرق تستخدم في برنامج ABAQUS لتعريف سلوك المواد والتي يوصف انهيارها بالمفاجئ أو الهشّ (Brittle)، إلا أنّ طريقة CDP تعتبر أفضل من بقية الطرق في أنّها تلحظ أثر التحميل الدوري (Cyclic loading) بعين الاعتبار، وتناقص مرونة المادّة بسبب التشوّهات اللدنة التي تحدث في المادّة، كما تلحظ هذه الطريقة أثر استرداد القساوة للمادّة الهشّة أو فيما يعرف بظاهرة اتساع وانغلاق الشقّ عند عملية الانتقال من الضغط إلى الشدّ أو من الشدّ إلى الضغط على التوالي عند أخذ حمولات دورية.

لتوصيف مادة البيتون في النموذج العددي ليحاكي الدراسة التجريبية المعتمدة (Ferrer & Marimon, 2018) [2]، حيث بلغت المقاومة المميزة على الضغط للبيتون 39Mpa، لا بدّ من تعريف علاقة إجهاد-تشوّه للمادّة أولاً، وبغياب المعلومات التجريبية تمّ الحصول على سلوك البيتون على الضغط بالاعتماد على المواصفة الأوروبية المخصّصة للبيتون العادي (Eurocode 2, 2004) [6]، حيث يسلك البيتون بدايةً سلوكاً مرناً ويتم تحديد حد المرونة كنسبة من المقاومة المتوسطة على الضغط للبيتون $(0.4F_{cm})$. عند هذا الحد تبدأ التشقّقات الدقيقة بالتشكّل ثمّ تأخذ العلاقة شكلاً لا مرناً حتّى الوصول للإجهاد الأعظمي الذي تتحمّله المادّة والذي يقابله التشوّه النسبي ϵ_{C1} . بعد هذه المرحلة تبدأ

مقاومة المادّة بالتناقص تدريجياً بسبب اتساع التشقّقات واتّصالها فيما بينها حتّى الوصول للانهيّار الكامل للمادّة عند التشوّه النسبي الحدّي للبيتون ϵ_{cu1} . بالتالي نجد العلاقة بين الإجهاد-التشوّه للبيتون حيث مجال التشوهات ($0 < \epsilon_c < \epsilon_{cu}$) حسب الكود الأوروبي [6] :

$$\sigma_c = f_{cm} \frac{k\eta - \eta^2}{1 + (k-2)\eta}$$
$$k = 1.05 E_{cm} \frac{\epsilon_{c1}}{f_{cm}}, \quad \eta = \frac{\epsilon_c}{\epsilon_{c1}}$$

F_{cm} : المقاومة المتوسطة على الضغط للبيتون بعد 28-يوم بشروط الحفظ النظامية وتقدر ب Mpa

F_{ck} : المقاومة المميزة على الضغط للبيتون عند عمر 28-يوم وتقدر ب Mpa، ووفقاً للكود الأوروبي [6] نجد العلاقة بينهما تعطى كما يلي:

$$F_{cm} = f_{ck} + 8$$

ولتحليل منحنى إجهاد-تشوّه يجب معرفة المقاومة المميزة على الضغط للبيتون والمساوية ل $f_{ck} = 39$ Mpa [1] ومعامل المرونة الطولي للبيتون E_{cm} .

E_{cm} : ميل الخط القاطع الواصل بين مبدأ الاحداثيات والنقطة على منحنى إجهاد-تشوّه الموافقة لإجهاد مساو ل $(0.4f_{cm})$ والذي يحدّد حسب الكود الأوروبي [6] من العلاقة الآتية:

$$E_{cm} = 22 * ((0.1 * f_{cm}) ^{0.3})$$

حيث تقدر f_{cm} ب Mpa و E_{cm} ب GPA، يحسب معامل المرونة الطولي للبيتون في الدراسة الحالية $E_{cm} = 34998.7$ Mpa

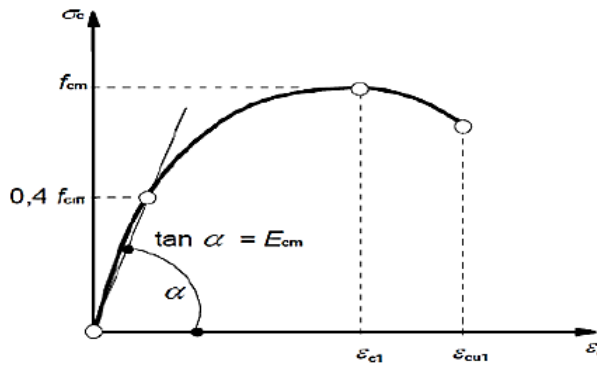
U : معامل بواسون يأخذ القيمة 0,2 حسب الكود الأوروبي (Eurocode 2, 2004).

K : في بعض المراجع يؤخذ كنسبة بين القساوة الابتدائية للبيتون E_{cm} والقساوة عند الإجهاد الأقصى E_{C1} .

ϵ_{C1} : التشوه النسبي عند الإجهاد الأقصى يحدّد ببعض المراجع بالقيمة 0.0022

ϵ_{CU1} : التشوه النسبي الأعظمي عند الانتهاء ويحدّد ب 0.0035

بالتالي تصبح علاقة الإجهاد - تشوه للبيتون على الضغط كما هو مبين بالشكل (16).



الشكل 16 : علاقة الإجهاد - تشوه للبيتون على الضغط [6]

في حالة الشد، سيتم الاعتماد على منحنى خطي لعلاقة إجهاد - تشوه للبيتون المبين في الشكل (17)، بالاعتماد على مقالة مرجعية (KMIECIK & KAMINSKI_2011) [8] والتي تعطى بالعلاقة الآتية:

$$\sigma_t = f_{cm} \left(\frac{\epsilon_{cr}}{\epsilon_t} \right)^n \quad \text{if } \epsilon_t > \epsilon_{cr},$$

n=0.5 حسب المرجع (KMIECIK & KAMINSKI_2011) [8].

يبدأ سلوك البيتون بشكل خطي مرن حتى الوصول إلى إجهاد الانتهاء الأعظمي على الشد والمقابل للتشوه النسبي الابتدائي للبيتون على الشد ϵ_{cr} الذي يعطى بالعلاقة الآتية:

$$\varepsilon_{Cr} = \frac{F_{ctm}}{E_0}$$

Fctm: المقاومة الأعظمية على الشدّ حسب الكود الأوروبي.

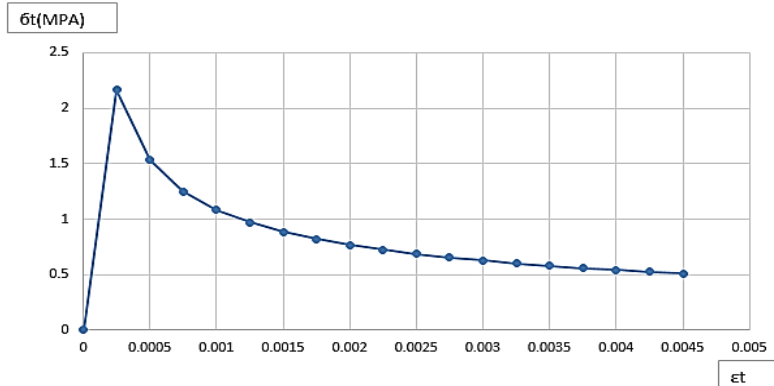
E0: معامل المرونة الابتدائي للمادة غير المتشققة.

والموافق لتشكّل أول شقّ دقيق في البيتون، بعدها يتوالى تشكّل الشقوق واتساعها وتتصل مع بعضها مترافقة مع انحدار في علاقة إجهاد-تشوّه وتسمّى هذه المرحلة مرحلة البيتون المتشقّق أو مرحلة تصلّب الشدّ (Tension stiffening).

مصطلح تشوّه التشقّق يستخدم في نموذج CDP، والهدف هو الأخذ بالحسبان ظاهرة تصلّب الشدّ (tension stiffening).

البيتون تحت الشدّ لا يعتبر جسماً مرناً بالتالي أي ظاهرة مثل تشابك الحصىيات في الشق والتصاق البيتون والفولاذ بين الشقوق تؤخذ بالحسبان.

التشوّه بعد التشقّق ε_f^{ck} يحدّد كالفرق بين التشوّهات الكلية والتشوّه المرن للمادّة غير المتضرّرة، وهو من المعطيات الأساسية لنمذجة مرحلة تصلّب الشدّ والتي تعطى بالعلاقة:



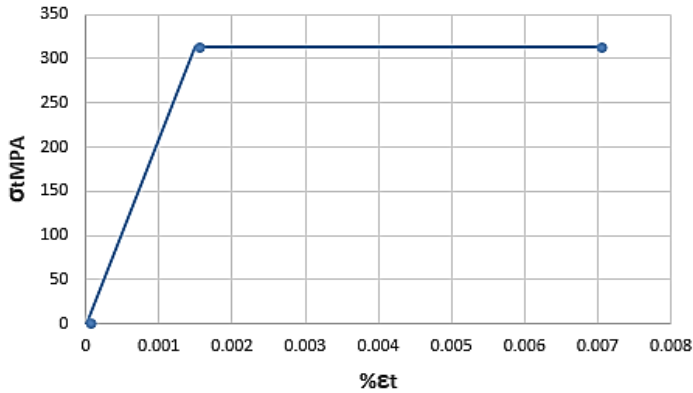
$$\varepsilon_t^{ck} = \varepsilon t - \frac{\sigma t}{E0}$$

الشكل 17 : علاقة الإجهاد-التشوه النسبي لسلوك الببتون على الشد [6]

ينمذج الفولاذ كمادة مرنة لدنة تماماً الشكل (18)، حيث يبدأ سلوك الفولاذ مرناً خطياً حتى الوصول الى إجهاد الخضوع f_y ويساوي 313 MPa الذي يرافقه التشوه النسبي عند الخضوع ε_y وبحسب من العلاقة الآتية:

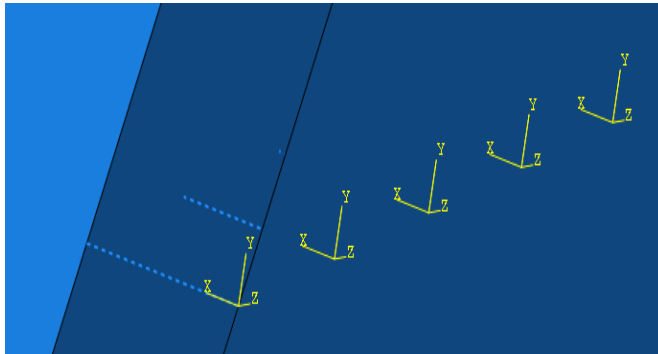
$$\varepsilon_y = \frac{f_y}{E_s}$$

E_s : معامل مرونة الحديد ويساوي 200 GPa، بعدها تم فرض سلوك الفولاذ لدناً مثالياً .Perfectly Plastic



الشكل 18 : مخطط الإجهاد - التشوه النسبي لفلواذ الصفيحة الفولاذية المعتمد في النمذجة

تمت الاستعانة ببرمجة (Python) لتنزيل المحاور عند العقد المتشكلة على كل من البيتون والصفيحة الفولاذية وذلك عند تقسيمها لعناصر محدودة، ومن ثم إنزال عناصر الاتصال التي تمثل الثقوب بين كل عقدتين، بحيث تقع إحداها على البيتون والثانية على الصفيحة الفولاذية، كما هو مبين في الشكلين (19) و (20).

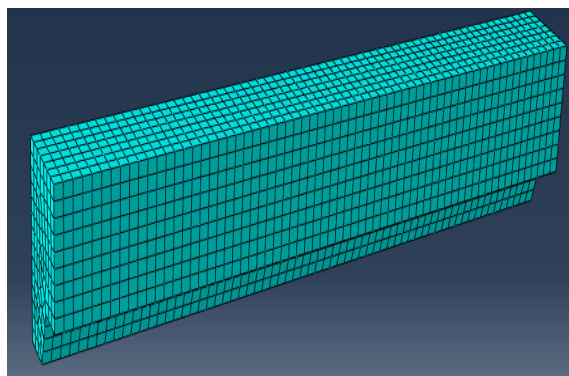


الشكل 19 : تشكيل المحاور عند العقد [7]



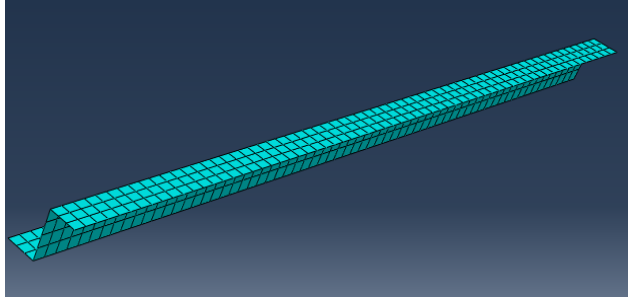
الشكل 20 : تشكيل عناصر الاتصال [7]

بما أنّ طريقة العناصر المحدودة هي طريقة عددية (Numerical Method)، تمّ تقسيم كل من البيتون والفولاذ لعناصر محدودة ب حجم 20mm كما في الشكلين (21) و(22)، بحيث يستفاد من هذا التقسيم في تشكيل العقد والتي سيتم إنزال عناصر الاتصال فيما بينها.



الشكل 21 : النموذج الفراغي المدروس ويظهر عليه تقسيم ربع عصب من الجزء

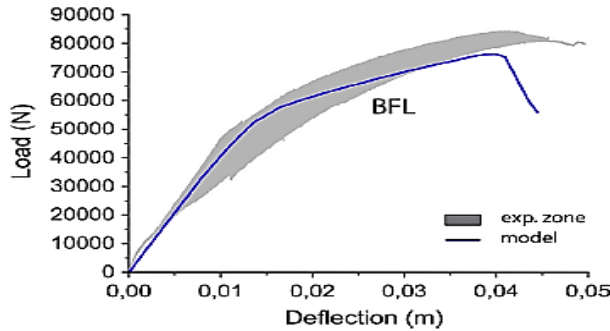
البيتوني للبلاطة المختلطة [7]



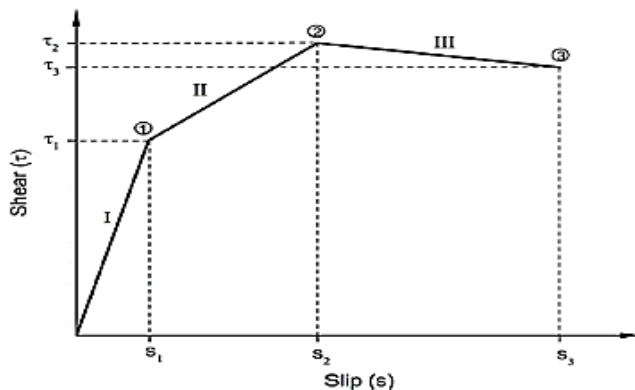
الشكل 22 : النموذج الفراغي المدروس ويظهر عليه تقسيم ربع عصب من الصفيحة الفولاذية للبلاطة المختلطة [7]

إنّ سلوك البلاطة المختلطة بالاتجاه الطولي من حيث شكل علاقة إجهاد القصّ-انزلاق لعنصر الاتّصال مشابه لشكل العلاقة بين القوّة-انتقال التجريبي تقريباً. (Martinez [5] etal, 2017)

حيث تمرّ البلاطة المختلطة بثلاثة أقسام خطية، القسم الأول يوافق اتّصلاً تاماً بين الصفيحة الفولاذية والبيتون وهذا يقابل درجة قصّ مساوية للواحد، والقسم الثاني يوافق اتّصلاً جزئياً ويقابل درجة قصّ بين الصفر والواحد، بينما القسم الأخير يعبر عن شكل الانهيار بعد الذروة فقط، بالتالي القسمان الأول والثاني هما المهمان في تحديد سلوك القصّ لعنصر الاتّصال، كما في الشكلين (23) و(24).

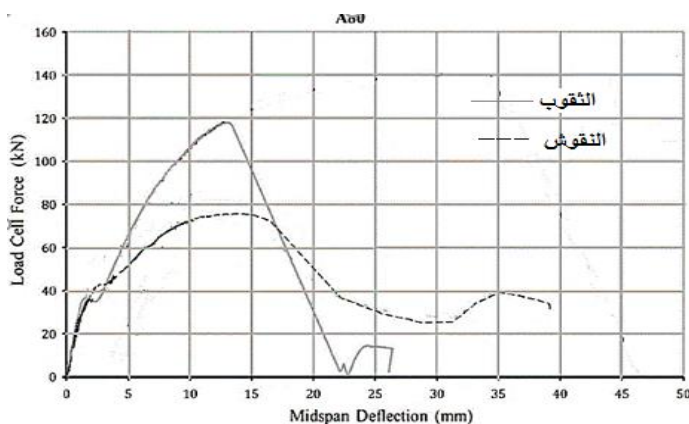


الشكل 23 : العلاقة بين القوة (المحور الشاقولي) والانتقال بمنتصف المجاز (المحور الأفقي) [5]

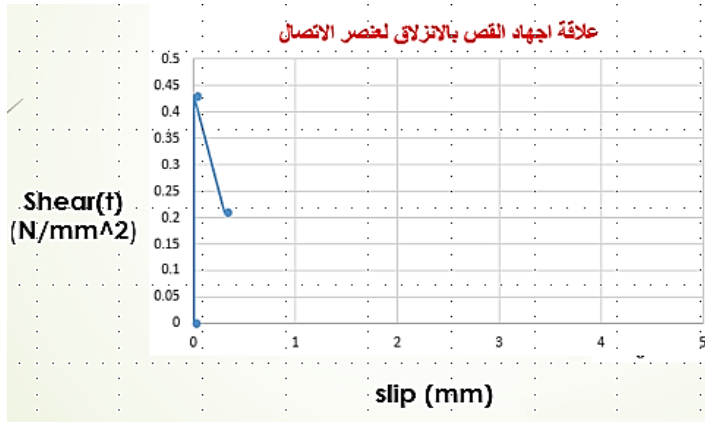


الشكل 24 : علاقة إجهاد القص-انزلاق لعنصر الاتّصال [5]

وجد البلاطة المختلطة المدروسة من حيث النتائج التجريبية تشكّل اتّصلاً تاماً حتى يحدث الانهيار عند الذروة كنتيجة لانزلاق طولي مفاجئ، بالتالي نجد علاقة إجهاد القص لعنصر الاتّصال المدروس مرّت بقسمين هما الاتّصال التام والانهيار، أي سلوك القصّ كان تقريباً خطياً حتى الانهيار، وهذا يتوافق مع شكل العلاقة بين القوّة-انتقال للعينة المدروسة، كما في الشكلين (25) و(26).



الشكل 25 : علاقة قوّة-انتقال [2]



الشكل 26 : علاقة إجهاد القص-انزلاق لعنصر الاتّصال

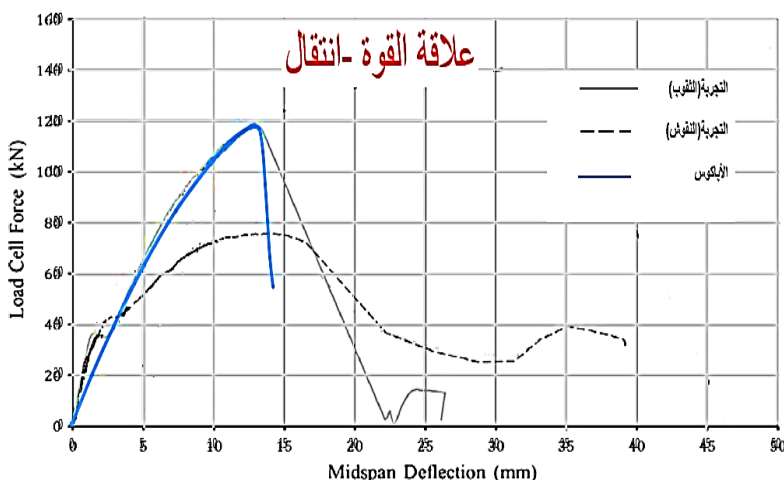
نستنتج ممّا سبق أنّ سلوك عنصر الاتّصال بالاتجاهين الرأسي والطولي هو سلوك خطّي حتى الانهيار، وكنتيجة لعدم وجود دراسة تجريبية لسلوك الثقب، حيث أنّ الدراسة المعتمدة حديثة وتمّت عملية التنقيب بشكل عشوائي لجسد الصفيحة، اعتمد في الدراسة الحالية على بيانات تجريبية للحصول على قيمتي الصلابة المرنة الخطيّة بالاتجاهين الممثلة لسلوك عنصر الاتّصال، بحيث تؤدّي لتطابق كبير مع نتائج العينة المدروسة لعلاقة قوّة-انتقال التجريبية.

تمّت عملية تشكيل الثقوب في منطقة الجسد للصفحة الفولاذية، بالتالي هذا يؤدّي لإضعاف هذه المنطقة وهذا يعني انخفاضاً بقيمة إجهاد السيلان في النمذجة.

تبيّن وفقاً لدراسات تجريبية أنّ معامل تخفيض قيمة إجهاد السيلان الذي يؤدّي لنتائج عديدة مطابقة للتجربة، يكون تقريباً نصف القيمة المعتمدة للمناطق دون نقوش $M=0.5$ ، أو يبلغ القيمة $M=0.47$ ، وبكل الأحوال يتم تحديد هذه القيمة عن طريق التجريب حتى تتطابق النتائج (Ríos et al, 2017) [5]. ضمن هذه النمذجة وجد أنّ القيمة $M=0.47$ تؤدّي لضبط النموذج.

4. النتائج ومناقشتها Results and Discussion

يبين الشكل (27) مقارنة الدراسة الحالية مع الدراسة التجريبية من حيث العلاقة بين القوة (المحور الشاقولي) والانتقال بمنتصف المجاز (المحور الأفقي)، (Ferrer & Marimon, 2018) [2] ، والتي تم الحصول فيها على قيمة عظمى مقدارها 118.08kN وهي قريبة جداً من القيمة التي أعطتها الدراسة الحالية، بالتالي تم الحصول على توافق كبير بين الدراسة التجريبية والتحليلية حتى نقطة الانهيار، يمكن أن يرجع ذلك إلى الاتصال التام الحاصل بين البيتون والصفحة الفولاذية، حيث يتقارب السلوك العملي (التجريبي) تقريباً مع السلوك النظري، الذي يفترض السلوك المرن الخطي حتى الوصول للمقاومة الحدية الأعظمية، والتراخي القصي أثناء التحميل وحتى بلوغ الحمولة العظمى مهمل، ثم حدث انزلاق طولي مفاجئ للصفحة الفولاذية، بالتالي الانهيار حدث على الانعطاف والقص معاً.



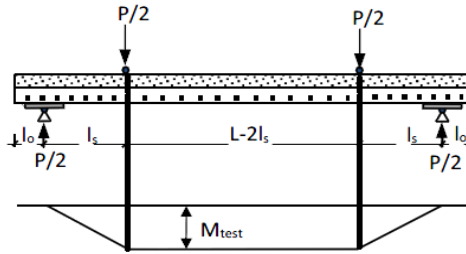
الشكل 27 : علاقة (القوة - انتقال) للبلطة المدروسة في الدراسة التجريبية [2]

والدراسة التحليلية

دراسة أثر تغيير كثافة الثقوب على سلوك البلاطة المختلطة:

The effect of change the density of crowns shaped punches UPC
on composite slab capacity

تمت زيادة المسافة بين الثقوب بين نقطتي تطبيق الحمل مع تثبيت المسافة بين الثقوب من نقطة المسند حتى نقطة تطبيق كلا الحملين للقيمة (20mm) الشكل (28).

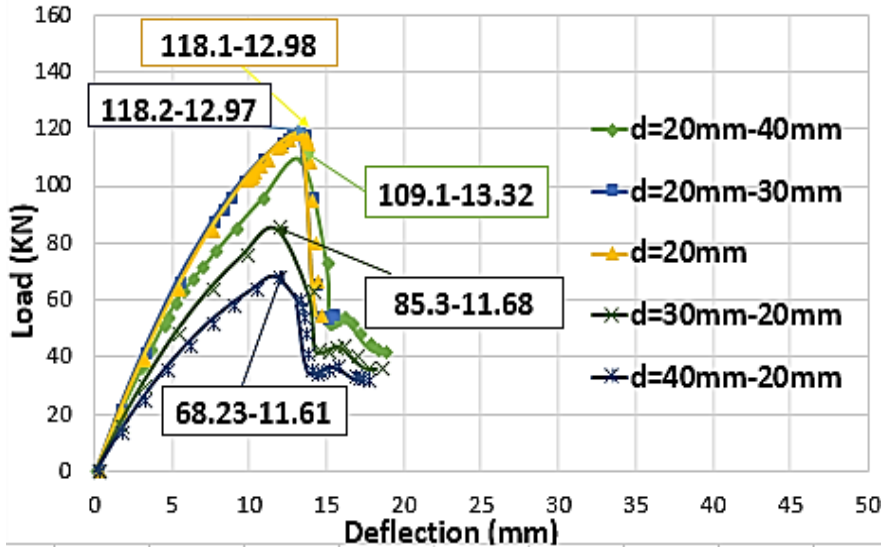


الشكل 28 : مخطط العزم في حال تطبيق حملتين مركّزتين

بيّن الشكل (29) علاقة القوّة - الانتقال والتي تمّ الحصول عليها نتيجة هذه التعديلات على النموذج. تمّ الاستنتاج بأنّ زيادة المسافة بين الثقوب بين نقطتي تطبيق الحمل حتى (30mm) لا تؤثر على سلوك البلاطة المختلطة، بينما زيادة المسافة حتى (40mm) يؤدي لانخفاض قوّة التحمّل بمقدار 8% (109.1 KN)، بالتالي الكثافة المثالية للحالة المدروسة هي (20mm) من نقطة المسند حتى نقطة تطبيق كلا الحملين و (30mm) بين نقطتي تطبيق الحمل.

نجد عند زيادة المسافة بين الثقوب بين نقطتي تطبيق الحمل يوجد ثبات في مخطط العزم، بالتالي القصّ الطولي أصغري(مهم)، ودور الثقوب التاجية يقتصر على ضبط العمل المشترك بين الصفيحة الفولاذية والبيتون وربطهما.

للتحقّق مما سبق تمّت زيادة المسافة بين الثقوب من نقطة المسند حتى نقطة تطبيق كلا الحملين مع تثبيت المسافة بين الثقوب بين نقطتي تطبيق الحمل للقيمة (20mm)، ممّا يؤدي إلى انخفاض قدرة التحمّل عند المسافة (30mm) بمقدار 28% (85.3 KN) للقوّة وبمقدار 10% (11.6 mm) للانتقال وحصل تراخي قصّي، بالتالي حدث الانهيار نتيجة القصّ الطولي، كذلك عند المسافة (40mm) حصل انخفاض بمقدار (68.2 KN) 43% للقوّة وبمقدار 10% (11.6 mm) للانتقال، وحصل تراخي قصّي، بالتالي حدث الانهيار نتيجة القصّ الطولي.



الشكل 29 : علاقة القوّة المطبّقة - الانتقال تحت تأثير تغيير كثافة الثقوب

d : يرمز للمسافة بين الثقوب

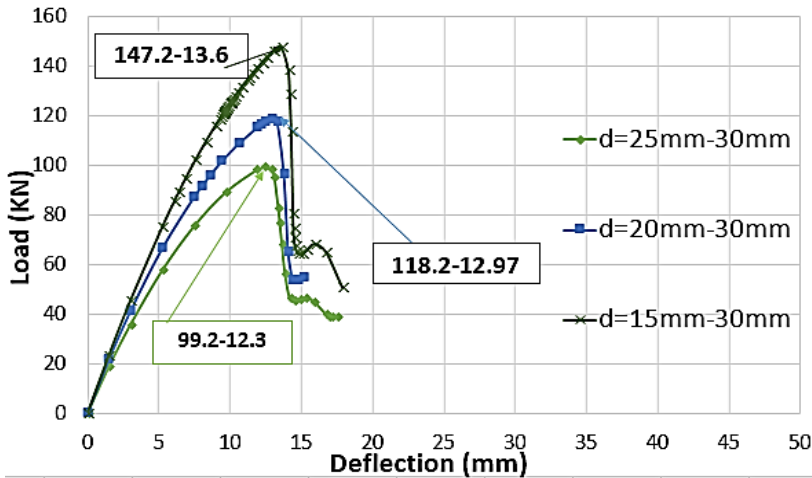
الرقم الأول: قيمة المسافة بين الثقوب من نقطة تطبيق الحمل إلى المسند

الرقم الثاني: قيمة المسافة بين الثقوب بين نقطتي تطبيق الحمل

كما بيّن الشكل (30) علاقة القوّة - الانتقال التي تمّ الحصول عليها نتيجة تثبيت المسافة بين الثقوب بين نقطتي تطبيق الحمل للقيمة (30mm)، بينما تمّت زيادة المسافة

بين الثقوب من نقطة تطبيق الحمل إلى المسند في الحالة الأولى إلى (25mm)، بهذه الحالة لوحظ انخفاض قوّة التحمّل بمقدار 16% (99.2 KN) والانتقال بمقدار 5% (12.3 mm) ولا يوجد تراخي قصّي أثناء التحميل وحتى بلوغ الحمولة العظمى، ثمّ حدث انزلاق طولي مفاجئ للصفحة الفولاذية، بالتالي الانهيار حدث على الانعطاف والقصّ معاً.

بينما في الحالة الثانية خفّضنا المسافة إلى (15mm)، بهذه الحالة لوحظ ارتفاع قوّة التحمّل بمقدار يصل 25% (147.2 KN) والانتقال بمقدار 5% (13.6 mm)، ولا يوجد تراخي قصّي أثناء التحميل وحتى بلوغ الحمولة العظمى، ثمّ حدث انزلاق طولي مفاجئ للصفحة الفولاذية، بالتالي حدث الانهيار على الانعطاف والقصّ معاً.



الشكل 30 : علاقة القوّة المطبّقة - الانتقال تحت تأثير تغيير كثافة الثقوب

d : يرمز للمسافة بين الثقوب

الرقم الأول: قيمة المسافة بين الثقوب من نقطة تطبيق الحمل إلى المسند

الرقم الثاني: قيمة المسافة بين الثقوب بين نقطتي تطبيق الحمل

5. الاستنتاجات والتوصيات **Conclusions and Recommendations**

تمت في هذه المقالة دراسة تصرف بلاطة مختلطة مكونة من الجزء البيتوني والصفحة الفولاذية، والذان يتصلان بدورهما من خلال ثقوب تاجية الشكل تحت تأثير أحمال شاقولية مركزة، حيث تمت الدراسة باستخدام طريقة العناصر المحدودة، مع أخذ لا خطية المادة بعين الاعتبار، كما تم في هذه المقالة نمذجة ربع عصب من أعصاب البلاطة المختلطة، ومن ثم تعميم النتائج على البلاطة المختلطة بشكل كامل، هذه العملية أبدت دقة عالية في مطابقة النتائج وبساطة في النمذجة وسرعة في التحليل.

تم دراسة أثر تغيير كثافة الثقوب على تصرف البلاطة المختلطة من حيث المقاومة والانتقال وشكل الانهيار. نبين فيما يلي النتائج التي تم التوصل إليها في نهاية المقالة:

- تنهار البلاطات المختلطة المكونة من الجزء البيتوني والصفحة الفولاذية المزودة بالثقوب التقليدية عادةً على القص الطولي، ولكن مع استبدال الثقوب التقليدية بالثقوب تاجية الشكل أصبح انهيار البلاطات المختلطة على الانعطاف أو الانعطاف والقص معاً.
- عندما كانت المسافة بين الثقوب ثابتة على كامل مجاز البلاطة، استطعنا زيادة المسافة بين الثقوب بين نقطتي تطبيق الحمل، أي إمكانية تقليل كثافة الثقوب في المنطقة بين القوتين بنسبة (33%) حيث القص الطولي مهمل، مع المحافظة على نفس السلوك للبلاطة المختلطة، بالتالي التقليل من كمية الإضعاف الحاصل في الصفحة الفولاذية كنتيجة لتقليل كمية الثقوب.
- زيادة كثافة الثقوب من نقطة تطبيق الحمل إلى المسند بنسبة (33%) يحدث ارتفاع في مقاومة البلاطة المختلطة بنسبة (25%)، وتخفيض كثافة الثقوب من نقطة تطبيق الحمل إلى المسند بنسبة (20%) يحدث انخفاض في مقاومة البلاطة المختلطة بنسبة (16%)، وهذا يتوافق مع السلوك الفعلي للبلاطة

المختلطة، حيث يوجد قوى قصّ طولي في هذه المنطقة، بالتالي تقليل كثافة الثقوب يمنع من مقاومة قوى القصّ الطولي وزيادتها يزيد من ذلك.

المقترحات والتوصيات

- دراسة أثر العلاقة بين سماكة الصفيحة الفولاذية وكثافة الثقوب على سلوك البلاطة المختلطة.
- دراسة أثر التحميل الديناميكي.
- دراسة أثر ارتفاع الصفيحة الفولاذية على سلوك البلاطة المختلطة.
- دراسة أثر المقاومة المميزة للبيتون على سلوك البلاطة المختلطة.

6. المراجع References

1. Bridge, R. Q., & Patrick, M. 2002 – Innovations in composite slabs incorporating profiled steel sheeting. **Advances in Building Technology**, Vol. 1, 191-198.
2. Ferrer, M., Marimon, F., & Casafont, M. 2018 – An experimental investigation of a new perfect bond technology for composite slabs, **Construction and Building Materials**, Vol. 166, 618–633.
3. Eurocode 4, 2004 – **Design of composite steel and concrete structures: Part 1.1 General rules and rules for buildings**. European Committee for Standardization (CEN), 118p.
4. Álvarez Rabanal, F. P., Guerrero–Muñoz, J., Alonso–Martinez, M., & Martinez–Martinez, J. E. 2016 – Bending and shear experimental tests and numerical analysis of composite slabs made up of lightweight concrete. **Journal of Engineering**, Vol. 2016, 10p.
5. Ríos, J. D., Cifuentes, H., Martínez–De La Concha, A., & Medina–Reguera, F. 2017 – Numerical modelling of the shear–bond behavior of composite slabs in four and six–point bending tests. **Engineering Structures**, Vol. 133, 91–104.
6. Eurocode 2, 2004 – **Design of concrete structures: Part 1.1 General rules and rules for buildings**. European Committee for Standardization (CEN), 270p.
7. ABAQUS, Version 6.14, 2014 – **ABAQUS/Standard User's Manual, ABAQUS Inc.**, USA, 281p.
8. Kmiecik, P., & Kamiński, M. 2011 – Modelling of reinforced concrete structures and composite structures with concrete strength degradation taken into consideration, **Archives of civil and mechanical engineering**, Vol. 11, No. 3, 623–636.

الموازنة المائية لبحيرة قطينة

م. غريب صالح* أ.د.أمين سليمان** د.م. مازن سلوم***

ملخص

اعتمدت الدراسة على برنامج GIS لدراسة الحوض الساكب والجريان السطحي، وتم حساب معظم مكونات الموازنة المائية، حيث تم تحديد الرقم الدليلي للحوض الساكب المشكل للجريان السطحي الجانبي الوارد لبحيرة قطينة $CN=42$ ، وقدر معامل الجريان السطحي الجانبي بـ 17%، وهو يختلف عن القيم الواردة في الدراسات السابقة التي لا تحوي على تفصيل عملية حسابه الأمر الذي تم استدراكه في هذه الدراسة. ولقد بينت الدراسة أن الضياعات المائية بالتبخر والرشح تشكل حوالي 30% من قيمة الواردات المائية، وهذا يشير إلى ضرورة وتبرير محاولات إيجاد حلول مجدية لتخفيض التبخر من بحيرة قطينة، كما تساعد الدراسة في وضع خطط زراعية ملائمة تتوافق مع واقع كميات المياه المتاحة في بحيرة قطينة في ضوء عدم قدرة الواردات المائية على تأمين جميع الاحتياجات المطلوبة.

كلمات مفتاحية: الموازنة المائية، بحيرة قطينة، الجريان السطحي الجانبي.

* مدرس في كلية الهندسة المدنية - قسم الموارد المائية - جامعة البعث - سوريا.
** أستاذ في كلية الهندسة المدنية - قسم الموارد المائية - جامعة البعث - سوريا.
*** أستاذ في كلية الهندسة المدنية - قسم الموارد المائية - جامعة البعث - سوريا.

Water balance of Qattinah Lake

Abstract

The study relied on the GIS program to study the drainage basin and runoff, and most of the components of the water balance were calculated. Whereas, the index number of the drainage basin formed by the incoming lateral runoff of Qattinah Lake was determined, $CN = 42$, and the lateral runoff coefficient was estimated at 17%, and previous studies differed in determining its value. The study showed that water losses through evaporation and leaching account for about 30% of the value of water imports, and thus the need to find feasible solutions to reduce evaporation from Lake Qattinah, and to develop agricultural plans appropriate to the reality of the available quantities of water in Lake Qattinah in light of the inability of water imports to meet the required needs.

Key words: water balance, Qattinah Lake, surface runoff.

1- مقدمة:

تُعدُّ دراسة الموازنة المائية من العوامل الأساسية في استثمار وإدارة الموارد المائية. وتعتمد الموازنة على قياس وحساب كميات المياه الواردة إلى منطقة الدراسة والخارجة منها. وتعتبر الموازنة المائية كمياً عن المكونات الأساسية للدورة الهيدرولوجية لحجم معين من الأرض. إن الحجم الذي ندرس له الموازنة المائية يحدد من الأعلى بسطح الأرض ومن الأسفل بطبقات الأرض الكتيمة، ويحدد العمق الذي تدرس له الموازنة المائية حسب بعض المراجع بـ 800m وأحياناً يؤخذ عمق يسمى العمق الفعال ويقدر بـ 100m، أما الحدود الجانبية للحجم المدروس يمكن أن تكون حدود حوض ساكب كامل أو جزئي كما أنها يمكن أن تكون حدود أي منطقة نريد دراسة الموازنة المائية لها، [7,8].

إن معادلة الموازنة المائية لبحيرة عبارة عن مساواة بين حجوم المياه الواردة إلى البحيرة وحجوم الخارجة منها، والتغير في تخزين الماء في البحيرة. وتختلف المدة الزمنية التي تحسب الموازنة على أساسها تبعاً للغرض منها والبيانات المتوفرة، [9]، فقد تكون الموازنة شهرية، أو فصلية، أو سنوية، أو لعدد من السنوات. حيث تأخذ معادلة الموازنة المائية لبحيرة الشكل التالي [4]:

$$\Delta V = (V_P + V_R + V_S + V_{GI}) - (V_A + V_E + V_{GO}) \quad (1)$$

حيث:

- ΔV - التغير في حجم البحيرة (m^3)
- V_P - الهطول المطري فوق البحيرة (m^3)
- V_R - حجم الجريان السطحي من الحوض الساكب للبحيرة (m^3)
- V_S - حجم الجريان من الروافد والجداول نحو البحيرة (m^3)
- V_G - جريان الماء الجوفي نحو البحيرة (m^3)

V_A - الاستجرار من البحيرة (m^3)

V_E - التبخر من البحيرة (m^3)

V_{GO} - التسرب من البحيرة إلى المياه الجوفية (m^3) .

ويعتبر البعض أن هناك فروقاً أثناء الحساب يجب أن تؤخذ بعين الاعتبار وعبروا عنها بالمعادلة التالية [5]، [10] :

$$P + R - E - O_C - O_S - O_F \pm \Delta\varepsilon = \Delta S \quad (2)$$

حيث:

P - الهطول المطري، R - الجريان السطحي الوارد، E - التبخر، O_C - الاستهلاك،

O_S - التدفق الخارج من المفيض، O_F - التدفق الخارج لاستخدامات متنوعة،

ΔS - التغير في المخزون، $\Delta\varepsilon$ - الخطأ المتراكم لكل مدة، (كل الكميات بالمترا المكعب في وحدة الزمن).

وبما أن الجريان الجوفي يعتبر من المكونات صعبة التحديد ذهب البعض لاعتباره الفرق في الموازنة المائية في فترة الدراسة، وقاموا بتبسيط المعادلة لتأخذ الشكل التالي [6]:

$$(P - E) + (I - O) \pm ds/dt = 0 \quad (3)$$

حيث:

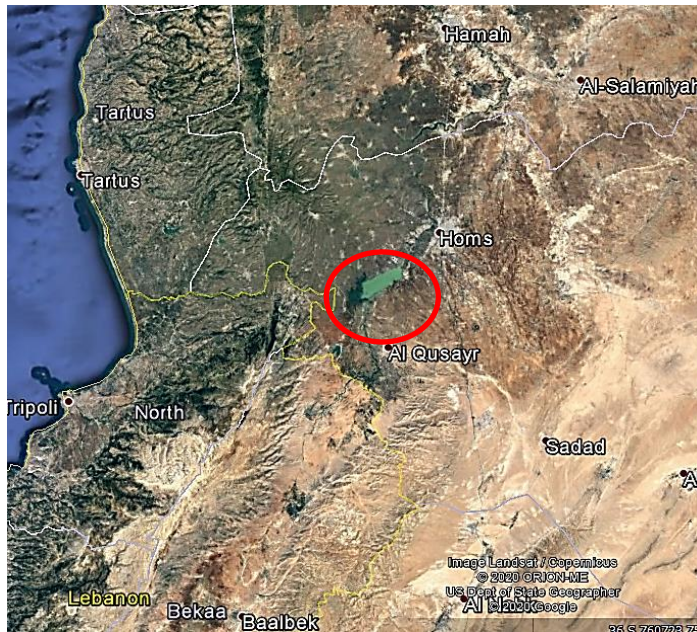
I - الجريان الداخل للبحيرة ، O - الجريان الخارج من البحيرة، (كلاهما واحدة حجم).

والتالي فإن المحدد في استخدام العلاقة هو الدقة الممكنة في حساب كميات الجريانات الداخلة والخارجة، والبيانات المتوفرة عن هذه الكميات.

2- موقع الدراسة (منطقة الدراسة)

يبدأ نهر العاصي من بلدة بعلبك اللبنانية على ارتفاع نحو 1100 متر عن سطح البحر. ويجري في منخفض يفصل جبال لبنان الغربية عن جبال لبنان الشرقية، إلى

أن يجتاز الحدود السورية اللبنانية عند بلدة العميري، حيث تتفرع عن النهر خمسة أقدية للري. وتتردد النهر ثلاثة ينابيع هي عين السمك، وعين الحارون (وهي جافة حالياً)، وعين شين. كما تلاحظ بالقرب من القصير أربعة مخارج للمياه الجوفية إلى سرير نهر العاصي. بعد مركز القصير تصب في مجرى نهر العاصي ثلاثة ينابيع (عين الدامل، وعين السمك، وعين التتور). وقبل بحيرة قطينة يرفده وادي ربيعة، ثم يدخل نهر العاصي إلى بحيرة قطينة بعد 4 كم من مصب نبع عين التتور في النهر. إن بحيرة قطينة من أهم البحيرات على مجرى العاصي الأعلى، وهي تقع إلى الجنوب الغربي من مدينة حمص بنحو (10 km) وهي بحيرة طبيعية اصطناعية، تكونت بادئ الأمر خلف عتبة صخرية بازلتية، وأسهم الإنسان في زيادة اتساعها بتشييد سد قطينة على العتبة البازلتية، وتبلغ مساحة بحيرة قطينة 60 km^2 . توفر البحيرة المياه لمصفاة حمص ومصنع الأسمدة ومياه الري لمناطق زراعية في حمص وحماة، إذ يستخدم سد قطينة للتحكم في جريان النهر. يبلغ طول البحيرة نحو 12 كم، ويبين الشكل (1) الموقع العام لبحيرة قطينة.



الشكل (1) الموقع العام لبحيرة قطينة.

3- المياه الواردة إلى بحيرة قطينة

يشكل جريان نهر العاصي التغذية الرئيسية للبحيرة، ويضاف له الجريانات السطحية الجانبية للبحيرة المباشرة، والهطول المطري فوق سطح البحيرة. توجد محطة لقياس تدفق النهر في منطقة الجوادية قبل دخول نهر العاصي للبحيرة، وهذه القياسات تمثل القسم الأكبر من الحجم الداخلة، ولكن يبقى الجريان السطحي من الأحواض الساكنة الجزئية التي تغذي البحيرة بين محطة الجوادية وسد قطينة.

3-1- التدفق الوارد من نهر العاصي عند محطة الجوادية:

تقع محطة الجوادية على بعد 18 كم من الحدود السورية اللبنانية، وبدأ العمل في المركز منذ عام 1954م حتى عام 2011م. يتم قياس الجريان عبر محطة قياس على النهر، وهي تعطي ارتفاع منسوب الماء، وقياس سرعة المياه، وبإنشاء منحنى معايرة للمحطة يمكن تقدير تصريف النهر. ويبين الجدول (1) حجم المياه الواردة إلى البحيرة والمقاسة عند محطة الجوادية من العام (1978/77) لعام (2012/11).

الجدول (1) حجم المياه الداخلة عند محطة الجوادية للفترة (1977-1978) حتى

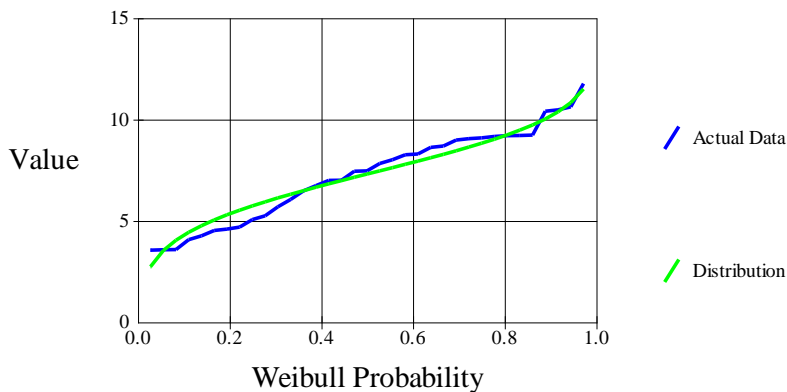
(2011-2012).

العام الهيدرولوجي	حجم المياه M.m ³	العام الهيدرولوجي	حجم المياه M.m ³
1977/1978	371.01	1995/1996	262.15
1978/1979	252.49	1996/1997	215.24
1979/1980	290.08	1997/1998	220.52
1980/1981	290.59	1998/1999	245.98
1981/1982	261.51	1999/2000	158.04
1982/1983	288.78	2000/2001	118.39
1983/1984	285.37	2001/2002	127.27
1984/1985	286.54	2002/2003	150.68
1985/1986	204.23	2003/2004	262.21
1986/1987	165.05	2004/2005	338.11

العام الهيدرولوجي	حجم المياه $M.m^3$	العام الهيدرولوجي	حجم المياه $M.m^3$
1987/1988	283.24	2005/2006	304.04
1988/1989	290.31	2006/2007	245.69
1989/1990	190.81	2007/2008	149
1990/1991	136.26	2008/2009	125.15
1991/1992	134.91	2009/2010	146.3
1992/1993	204	2010/2011	162.12
1993/1994	320.9	2011/2012	179.43
1994/1995	308.46		

بإجراء التحليل الإحصائي للتدفقات الشهرية الوسطية لنهر العاصي في موقع الجوادية باستخدام برنامج SMADA للفترة الممتدة من (1977-1978) حتى (2011-2012)، نستنتج أن التدفق الوسطي السنوي لنهر العاصي عند مركز الجوادية يوافق توزيع بيرسون III، وإن التدفق الوسطي هو $7.251 m^3/s$ ، ويبين الشكل (2) منحنى التوزيع الاحتمالي التجريبي والنظري للتدفق حسب توزيع بيرسون III، كما يبين الجدول (2) القيم الاحتمالية للتدفق الوسطي والحجم السنوية المقابلة لها.

Pearson Type III



الشكل (2): التوزيع الاحتمالي النظري والتجريبي حسب توزيع بيرسون III للتدفق عند مركز الجوادية.

الجدول (2) قيم التدفق الوسطي السنوي لنهر العاصي عند مركز الجوادية من أجل

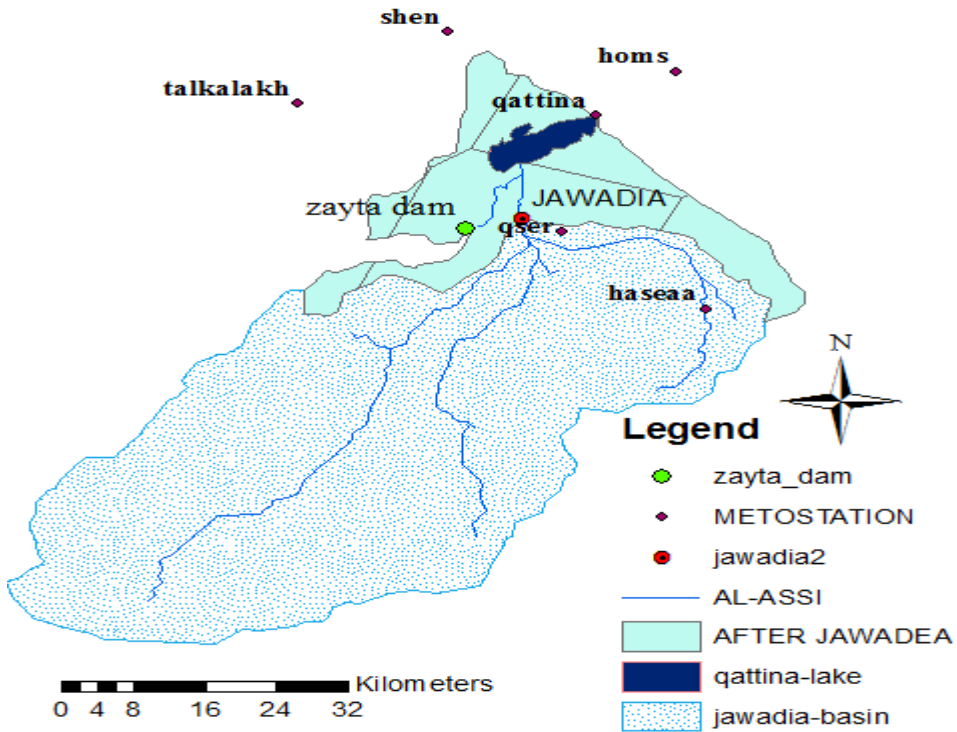
احتمالات مختلفة

الاحتمال %	مدة التكرار T(year)	التدفق m ³ /sec	الحجوم السنوية M.m ³
99.5	200	12.87	405.868
99	100	12.36	389.785
98	50	11.79	371.809
90	10	10.15	351.942
80	5	9.19	320.090
75	4	8.82	289.816
50	2	7.3	278.148
25	1.3	5.74	230.213
10	1.1	4.28	181.017

3-2- الجريان السطحي الجانبي الوارد إلى البحيرة:

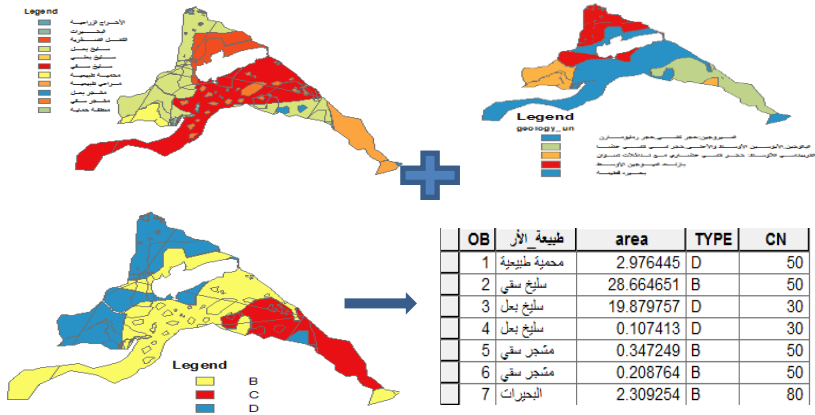
يتشكل هذا الجريان من الهطولات المطرية فوق الحوض الساكب للبحيرة والذي لا يمر عبر النهر، وهو عبارة عن سيول متقطعة وجريانات سطحية من المناطق القريبة من البحيرة. وهو القسم المتبقي من الهطول المطري الذي يجري فوق سطح الأرض وعبر مسيلات مؤقتة الذي يجري فوق سطح الأرض حتى الوصول إلى البحيرة. لتحديد هذا القسم تم رسم الحوض الساكب المغذي للبحيرة باعتبار السد هو فم الحوض وتم تحديد مساحته (3693.078 km²) بالاعتماد على برنامج GIS، ثم تم تحديد مساحة الحوض عند محطة الجوادية (2951.95 km²).

ويطرح مساحة الحوض من أجل المقطع على نهر العاصي عند محطة الجوادية والحوض الصباب لسد زيتا (43.13 km²) من مساحة الحوض من أجل سد قطينة نحصل على مساحة الأحواض الجزئية التي تصب مياهها مباشرة في بحيرة قطينة وليس عبر نهر العاصي حيث بلغت قيمتها 638 km² الشكل (3).



الشكل (3) الحوض الساكب لبحيرة قطينة والمحطات المناخية والمطرية.

لحساب الجريان السطحي الجانبي الوارد البحيرة الناتج عن الهطول المطري يجب تحديد معامل الجريان السطحي، واعتماداً على شرائح استخدام الأراضي وجيولوجية المنطقة، تم تحديد CN للحوض الساكب بعد دمج شريحة استخدام الأرض وشريحة جيولوجية الأرض، ولذلك لتحديد نوع التربة اعتماداً على الطريقة الأمريكية SCS [3]، الشكل (4)، وبعد ذلك تم تحديد CN لكل منطقة بعد دمج الشرائح، ومن ثم حساب قيمته المتوسطة الموزونة والتي قدرت بـ $CN=42$ ، الشكل (5)، ومن خلال رسم مضايعات ثيسين للمحطات المطرية الموجودة ضمن الحوض تم تحديد المساحات الجزئية لكل محطة، [3].



الشكل (4) مراحل تحديد الرقم الدليلي CN باستخدام برنامج GIS.

تم تقدير الجريان السطحي حيث تحسب سماكة الجريان السطحي بالعلاقة:

$$Q = \frac{(P - 0.2 \cdot S)^2}{P + 0.8 \cdot S} \quad (4)$$

حيث أن:

Q - سماكة طبقة الجريان السطحي الناتجة عن العاصفة المطرية (mm).

P - قيمة الهطول المطري (mm).

S - التسرب الكلي مقدراً (mm)، ويحسب بالعلاقة الآتية:

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \quad (5)$$

يحسب معامل الجريان السطحي بالعلاقة:

$$\phi = \frac{Q}{P} \quad (6)$$

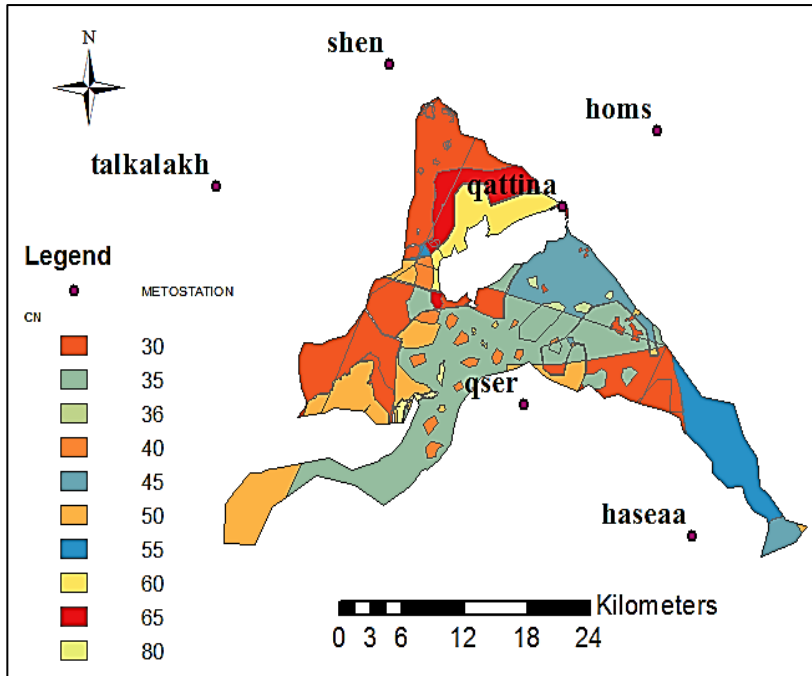
ويوضح الجدول (3) الحجم السنوية للجريان السطحي الجانبي نحو قطينة وفق

الدراسة للفترة (1977-1978) حتى (2011-2012).

ويقدر معامل الجريان السطحي بـ 17% بوسطي جريان قدره 24.16 M.m³، والذي

قدر بـ 9% في التقرير الهيدرولوجي لسد زيتا، وفي دراسات أخرى تم اعتباره 4%،

وقد ذُكر في الدراسة الإيرانية أن معدل جريان الأحواض الصابة في بحيرة قطينة بعد الجوادية بحوالي 13.51 م³ سنوياً.



الشكل (5) حساب CN المتوسط الموزون باستخدام برنامج GIS.

الجدول (3): الحجم السنوية للجريان السطحي الجانبي نحو قطينة وفق الدراسة للفترة (1977-1978) حتى (2011-2012).

العام الهيدرولوجي	حجم الجريان M.m ³	العام الهيدرولوجي	حجم الجريان M.m ³
1977/1978	38.78	1995/1996	17.50
1978/1979	20.19	1996/1997	30.22
1979/1980	40.85	1997/1998	21.90
1980/1981	36.68	1998/1999	2.89
1981/1982	32.95	1999/2000	10.97
1982/1983	41.26	2000/2001	35.22
1983/1984	18.81	2001/2002	23.29

العام الهيدرولوجي	حجم الجريان M.m3	العام الهيدرولوجي	حجم الجريان M.m3
1984/1985	9.06	2002/2003	76.50
1985/1986	8.76	2003/2004	22.54
1986/1987	24.97	2004/2005	18.70
1987/1988	60.83	2005/2006	18.42
1988/1989	4.38	2006/2007	13.17
1989/1990	3.69	2007/2008	8.66
1990/1991	10.80	2008/2009	18.36
1991/1992	23.67	2009/2010	14.92
1992/1993	6.92	2010/2011	20.19
1993/1994	5.75	2011/2012	0.74
1994/1995	14.99		

بإجراء التحليل الإحصائي للحجوم السنوية للجريان السطحي الجانبي نحو قطينة وفق الدراسة باستخدام برنامج SMADA للفترة الممتدة من (1977-1978) حتى (2011-2012)، نستنتج أن هذه الحجوم تتبع لتوزيع بيرسون III الاحتمالي، ويبين الجدول (4) القيم الاحتمالية الموافقة لأزمة تكرار مختلفة.

الجدول (4) القيم الاحتمالية لحجوم الجريان السطحي الجانبي نحو قطينة للفترة الممتدة من (1977-1978) حتى (2011-2012) وفق برنامج SMADA.

الاحتمال %	مدة التكرار T(year)	الجريان السطحي الجانبي M.m ³
99.5	200	90.73
99	100	79.44
98	50	68.28
90	10	57.22
80	5	42.74
75	4	28.26
50	2	17.05
25	1.3	9.99
10	1.1	6.41

3-3- الهطول المطري

يبين الجدول (5) حجم الهطول المطري السنوي في محطة قطينة للفترة (1977-1978) حتى (2011-2012)، علماً أن القياسات تمت عن طريق محطة مناخية بالقرب من السد تقوم بتسجيل بيانات الهطول المطري في منطقة البحيرة.

الجدول (5) : حجم الهطول المطري السنوي فوق بحيرة قطينة للفترة (1977-1978) حتى (2011-2012).

العام الهيدرولوجي	حجم الهطل المطري $M.m^3$	العام الهيدرولوجي	حجم الهطل المطري $M.m^3$
1977/1978	25.08	1995/1996	25.932
1978/1979	24.096	1996/1997	30.594
1979/1980	24.582	1997/1998	27.126
1980/1981	27.51	1998/1999	12.576
1981/1982	27.036	1999/2000	12.732
1982/1983	29.496	2000/2001	12.336
1983/1984	20.988	2001/2002	20.922
1984/1985	21.528	2002/2003	37.098
1985/1986	15.546	2003/2004	19.386
1986/1987	24.954	2004/2005	14.388
1987/1988	38.094	2005/2006	14.118
1988/1989	14.178	2006/2007	19.122
1989/1990	15.744	2007/2008	14.742
1990/1991	16.512	2008/2009	21.42
1991/1992	25.218	2009/2010	22.89
1992/1993	25.65	2010/2011	21
1993/1994	15.714	2011/2012	24.438
1994/1995	25.824		

بإجراء تحليل إحصائي لحجم الهطول السنوي فوق بحيرة قطينة يتضح أنه يوافق توزيع Log Normal III، ويوضح الجدول (6) القيم الاحتمالية لحجم الهطل السنوي فوق البحيرة مباشرة للفترة (1978-77) حتى (2012-11).

الجدول (6) القيم الاحتمالية لحجم الهطل السنوي فوق البحيرة مباشرة للفترة (1978-77) حتى (2012-11).

الاحتمال %	مدة التكرار T(year)	حجم الهطل المباشر M.m ³
99.5	200	75.57
99	100	64.62
98	50	54.90
90	10	46.24
80	5	36.14
75	4	27.17
50	2	20.63
25	1.3	16.31
10	1.1	13.62

4- الحجم الخارجة من البحيرة:

4-1- التبخر من سطح البحيرة:

توجد مجموعة من الطرق لتقدير التبخر من السطوح المائية، كما أنه توجد أجهزة لقياس التبخر مثل أوعية التبخر، ومنها حوض Class A للتبخر، وهو عبارة عن حوض بأبعاد خاصة (تحديد الأبعاد) يملأ بالماء ويقاس انخفاض الماء فيه يومياً على الأغلب والذي يعبر عن مقدار التبخر، إلا أن التبخر من السطوح المائية يختلف عن الحوض نظراً لاختلاف المساحة وتغيرات درجات الحرارة مع العمق في المسطحات المائية العميقة، لذلك يجب تحويل التبخر بضربه بمعامل الحوض والذي له قيم مختلفة

ويؤخذ جسطياً (0.7). ويبين الجدول (7) حجم التبخر السنوي من البحيرة المقدر بواسطة حوض Class A من قبل مديرية الموارد المائية للأعوام 2004-2012م.
الجدول (7): حجم التبخر السنوي من بحيرة قطينة م³ للفترة (97-1998) حتى (2011-2012).

العام الهيدرولوجي	منسوب التخزين الوسطي m	مساحة البحيرة الوسطية ha	حجم التبخر M.m ³
1997/1998	498.90	5195	59.511
1998/1999	497.43	3930	47.342
1999/2000	497.28	3775	45.096
2000/2001	497.60	4095	49.931
2001/2002	497.92	4257.5	48.44
2002/2003	499.90	6000	79.748
2003/2004	499.79	5945	74.494
2004/2005	499.59	5790	81.4997
2005/2006	499.46	5677.5	74.6223
2006/2007	498.85	5145	74.7614
2007/2008	497.71	4152.5	70.7861
2008/2009	497.77	4182.5	69.5023
2009/2010	498.820	5120	82.3042
2010/2011	498.560	4860	75.4185
2011/2012	500.710	5920	92.3529

تم إجراء عدة دراسات لتقدير التبخر، وبينت دراسة لشركة روسية 1977 SEKHOPROMEXPORT م أن فواقد التبخر السنوية من سطح البحيرة للفترة (1974/75-1951/52)، تتراوح بين (62-85 M.m³/year) وبقيمة وسطية (75 M.m³/year)، وقامت شركة يكم-سونير الإيرانية عام 2003 بدراسة لتقليل التبخر الذي تم تقديره ب 60 م³ سنوياً، وقامت مديرية الموارد المائية بإجراء دراسة

لتقليل التبخر اعتماداً على الدراسات السابقة، واقترحوا عدة حلول منها تصغير حجم البحيرة، ولكن لم يتم تنفيذ أيّاً من الحلول بعد.

وبإجراء تحليل إحصائي لحجم التبخر من بحيرة قطينة يتضح أنه يوافق توزيع لوغاريتم بيرسون III، ويوضح الجدول (8) القيم الاحتمالية لحجم التبخر من البحيرة للفترة (1998-97) حتى (2012-11).

الجدول (8) القيم الاحتمالية لحجم التبخر من البحيرة

الاحتمال %	مدة التكرار T(year)	حجم التبخر M.m3
99.5	200	103.09
99	100	100.80
98	50	98.02
90	10	94.60
80	5	88.67
75	4	79.97
50	2	69.29
25	1.3	58.05
10	1.1	47.96

4-2- الجريان الخارج من البحيرة

تؤمن البحيرة المياه لمعامل الأسمدة والمصفاة وري الأراضي الزراعية في سهول حمص وحماه، ويبين الجدول (9) الجريان الخارج من البحيرة حسب التقرير الهيدروجيولوجي الصادر عن الشركة العامة للدراسات المائية، والهيئة العامة للموارد المائية لعام 2016م، ولكن هذه الكميات تختلف من عام لآخر بحسب الاسترجار وحجم التخزين المتوفر في البحيرة، وهناك أولويات في التزويد تبعاً للأهمية. ويضاف للجريان الخارج تدفق المفيض عند عمله في حالة الفيضانات. إن التدفق الخارج

محكوم بالواردات المائية وحجم التخزين في البحيرة، والخطة الموضوعية من قبل إدارة السد للري والأغراض الأخرى.

الجدول (9) كمية الجريانات الوسطية الخارجة من بحيرة قطينة 2000-2010م.

كمية الجريان الوسطية م.م ³	نوع الاسترجار
12.11	احتياج المصفاة
0.94	ري - قناة الكنجية
1.02	ري - قناة العجر
0.56	ري - قناة تل الشور
136.95	ري - قناة حمص وحماة
47.3	نهر العاصي جريان بيئي
198.88	المجموع

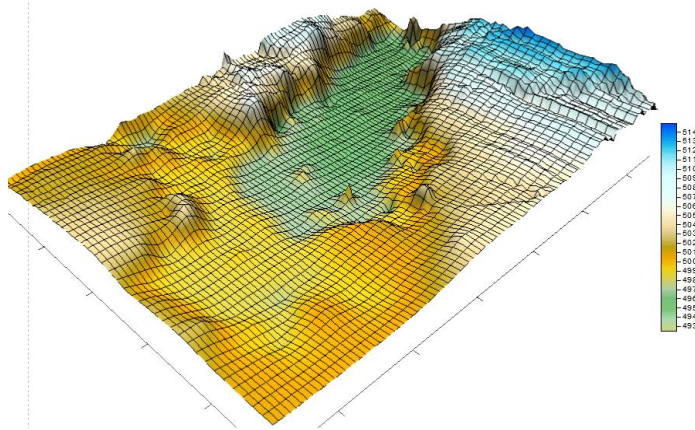
4-2-3- الجريان الجوفي الخارج

كما ذكرنا سابقاً فإن الجريان الجوفي يعتبر من المكونات صعبة التحديد وخاصة عند عدم توافر البيانات الكافية ولعدم وجود آبار بيزومترية لقياس مناسيب المياه الجوفية، ولذلك قد يعتبره البعض الفرق في الموازنة المائية خلال الفترة المدروسة، وحسب دراسة روسية أجريت عام 1977م فقد قدرت كمية المياه الراشحة الخارجة من البحيرة بحوالي (10-12.65 M.m³/year).

4-3- التغيير في مخزون البحيرة

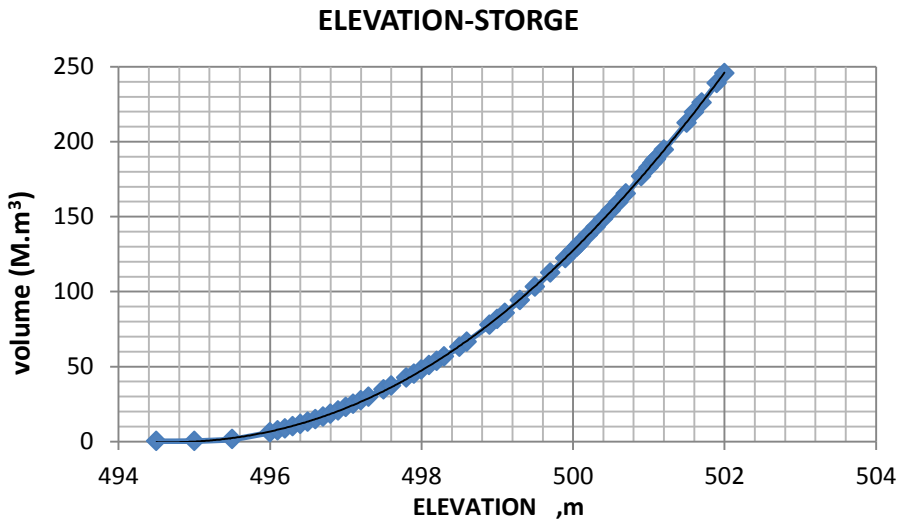
لدراسة التغيير في مخزون البحيرة يجب معرفة علاقة المنسوب - التخزين لمعرفة المخزون في أي وقت بدلالة المنسوب، ولهذا الأمر ارتباط بعلاقة المنسوب - المساحة. وتم ذلك بالاستعانة بخريطة ثلاثية الأبعاد تمت نمذجتها بالاستناد إلى

خارطة طبوغرافية للبحيرة أجريت من قبل شركة روسية عام 1979م، وصور من googlearth وباستخدام GIS الشكل (6).

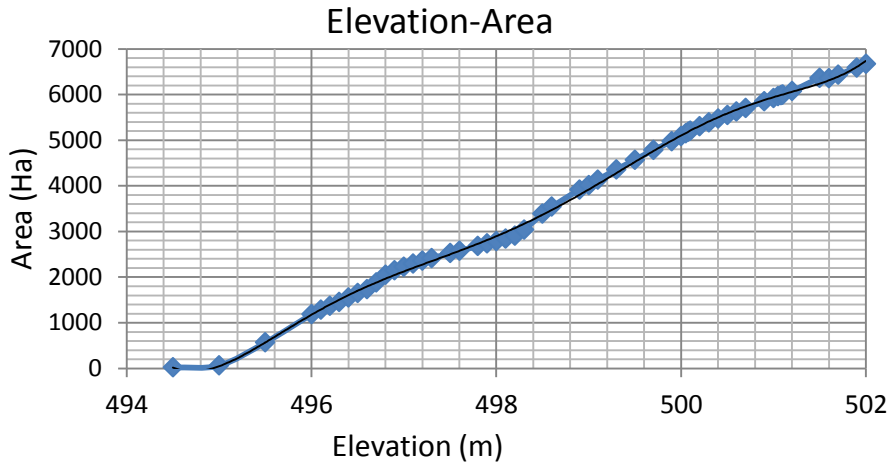


الشكل (6) السطح الطبوغرافي للبحيرة المشكل ببرنامج GIS.

ويبين الشكلان (7)، (8) العلاقة بين منسوب الماء مع التخزين، وبين المنسوب والمساحة على التوالي من خلال البيانات المستنتجة من برنامج GIS.



الشكل (7) العلاقة بين منسوب الماء والتخزين في البحيرة.



الشكل (8) علاقة مساحة سطح البحيرة مع منسوب الماء في البحيرة.

5- تحليل الموازنة المائية لبحيرة قطينة

بعد تجميع جميع عناصر الموازنة، تم حساب إجمالي الجريانات الواردة إلى بحيرة قطينة، وإجمالي الجريانات الخارجة للفترة 1978/77 - 2012/11، والموضحة بالجدول (10).

الجدول (10) إجمالي الجريانات الواردة والخارجة وفرق التخزين في بحيرة قطينة للفترة 1978/77 - 2012/11.

العام الهيدرولوجي	حجوم الجريانات الواردة $M.m^3$	حجوم الجريانات الخارجة $M.m^3$	فرق التخزين في البحيرة $M.m^3$
1977/1978	434.74	426.24	8.5
1978/1979	296.93	335.13	-38.2
1979/1980	355.71	314.51	41.2
1980/1981	354.67	363.17	-8.5
1981/1982	321.35	348.95	-27.6
1982/1983	359.24	346.84	12.4
1983/1984	324.82	325.22	-0.4

الموازنة المائية لبحيرة قطينة

العام الهيدرولوجي	حجوم الجريانات الواردة $M.m^3$	حجوم الجريانات الخارجة $M.m^3$	فرق التخزين في البحيرة $M.m^3$
1984/1985	316.26	333.76	-17.5
1985/1986	228.41	255.01	-26.6
1986/1987	214.37	185.87	28.5
1987/1988	381.87	341.57	40.3
1988/1989	308.62	383.22	-74.6
1989/1990	209.45	210.65	-1.2
1990/1991	163.53	139.83	23.7
1991/1992	183.61	145.21	38.4
1992/1993	387.06	398.56	-11.5
1993/1994	343.97	365.67	-21.7
1994/1995	348.95	354.05	-5.1
1995/1996	305.23	313.33	-8.1
1996/1997	275.32	268.27	7.05
1997/1998	269.46	281.91	-12.5
1998/1999	261.26	266.86	-5.6
1999/2000	181.49	175.84	5.65
2000/2001	166.01	173.61	-7.6
2001/2002	171.44	142.49	28.95
2002/2003	264.17	238.27	25.9
2003/2004	303.53	307.33	-3.8
2004/2005	370.63	386.13	-15.5
2005/2006	336.12	340.92	-4.8
2006/2007	277.53	289.73	-12.2
2007/2008	172.12	174.22	-2.1
2008/2009	164.66	144.46	20.2
2009/2010	184.27	194.67	-10.4
2010/2011	203.47	182.82	20.65
2011/2012	204.72	130.32	74.4

ويوضح الجدول (11) دراسة احتمالية لحجوم الجريانات السنوية الداخلة للبحيرة للفترة الممتدة من عام 1978/77 حتى 2012/11.

الواردات (M.m ³ /year)				
إجمالي الواردات	المطر المباشر فوق سطح البحيرة	الجريان السطحي بين الجوادية وسد قطينة	الجريان الداخل عند محطة الجوادية	الاحتمال (عدم تجاوز)
203.07	17.11	9.99	176.17	25%
263.7	21.21	17.05	225.44	50%
336.22	26.07	28.26	281.89	75%

وبافتراض أن حجم الجريان الخارج الوسطي (استجرار من البحيرة + تبخر + تسرب) هو: $(198.88+65+10=273.88 \text{ M.m}^3)$ ، فنلاحظ وجود عجز في العديد من السنوات. وبالتالي فإنه عند احتمالي (عدم تجاوز) 25%، 50% بفترات تكرار (1.3، 2) سنوات على التوالي فإن الواردات المائية غير قادرة على تغطية الاحتياجات المائية المطلوبة، بينما من أجل احتمال 75% (عدم تجاوز) أي بضمان 25% والتي تقابل فترة تكرار 4 سنوات تكون بحيرة قطينة قادرة على تأمين الالتزامات المائية الحالية المطلوبة.

6- مقارنة نتائج الموازنة مع الدراسات السابقة للموازنة المائية

قامت منظمة الأغذية والزراعة العالمية (FAO) بدراسة الموازنة المائية في أعالي العاصي للفترة 1941/42-1964/65 كما يبين الجدول (12) [2]. كما قامت الشركة الروسية SEKHOPROMEXPORT 1977م بوضع الموازنة المائية لسد قطينة للفترة 1951/52-1975/76 كما هو موضح بالجدول (13)، [2]. إن الدراسة الحالية قامت على أساس القيم الاحتمالية لمكونات الموازنة ولم تأخذ قيماً وسطية كما في الدراسات السابقة، وهي تعطي مؤشراً من حيث انخفاض قيم الواردات.

الموازنة المائية لبحيرة قطينة

جدول (12) الموازنة المائية في أعالي العاصي للفترة 1941/42-1964/65.

الواردات (M.m ³ /year)			
إجمالي الوارد	استجرار المياه من المضخات والأقنية	فواقد المياه في أقنية نهر العاصي	تدفق النهر عند مدخل قطينة
528.5	13.1	90.3	425.2
الاحتياجات (M.m ³ /year)			
إجمالي الخارج	الخارج من السد	التبخر من سطح البحيرة	إجمالي الخارج للري
527.2	378.5	25.4	123.3
1.3	المخزن في السد (M.m ³ /year)		

جدول (13) الموازنة المائية لسد قطينة من عام 1951/52-1975/76.

الواردات (M.m ³ /year)				
إجمالي الواردات	المطر المباشر فوق سطح البحيرة	الجريان السطحي لحوض البحيرة	الإجمالي من العاصي (نهر+ينابيع)	
536.82	24.01	21.49	491.32	
الاحتياجات (M.m ³ /year)				
إجمالي الاحتياجات	فواقد التسرب من البحيرة	التبخر من البحيرة	استجرار المياه بالضخ	قناة الري الرئيسية وقناة تل الشور
535.24	12.65	69.99	7.93	444.69
1.58	المخزن في السد (M.m ³ /year)			

إن عدم توفر القياسات المائية الدقيقة لمكونات الموازنة للعقد الأخير حال دون إمكانية تمديد فترة الدراسة حتى الفترة الحالية، ولكننا اعتمدنا القيم الاحتمالية لتكون مؤشراً لقيم مكونات الموازنة، حيث أن تقييم الموازنة رهن للمتطلبات المائية في كل فترة، والتي هي عموماً في حالة ازدياد، وللغرض من دراسة الموازنة، ولتوفر قياسات حقيقية.

ولكن مقارنة مع الدراسات السابقة فقد اعتمدت هذه الدراسة على الأسس العلمية في التحليل الاحصائي لمكونات الموازنة حيث أن الظواهر الهيدرولوجية هي ظواهر احتمالية، ولكن بالمجمل هناك انخفاض واضح بقيم الواردات المائية يدعو للتفكير الجدي بأولوية توزيع المياه من بحيرة قطينة وكيفية استثمارها بالشكل الأمثل.

7- النتائج والتوصيات

1- تم تحديد الرقم الدليلي للحوض الساكب المشكل للجريان السطحي الجانبي الوارد لبحيرة قطينة $CN=42$ بحسب البيانات المتوفرة عن المنطقة خلال فترة الدراسة، وقد كان يُعتمد كقيمة وسطية لكامل منطقة حمص تقدر ب60، وهذه القيمة بحاجة لتحديث دائم لتعطي قيمة دقيقة لكل فترة دراسية وبالتالي فإن معامل الجريان السطحي الجانبي يقدر ب17%.

2- تشكل الضياعات المائية بالتبخر والرشح حوالي 30% من قيمة الواردات المائية، وبالتالي ضرورة إيجاد حلول مجدية لتخفيض التبخر من بحيرة قطينة.

3- ضرورة وضع خطط زراعية ملائمة لواقع كميات المياه المتاحة في بحيرة قطينة بظل عدم قدرة الواردات المائية عن تأمين الاحتياجات المطلوبة.

المراجع :

- 1- التقرير الهيدروجيولوجي الصادر عن الشركة العامة للدراسات المائية والهيئة العامة للموارد المائية لعام 2016م.
- 2- رعد، تمام. 2013، التنبؤ عن الوضع المائي المستقبلي لحوض العاصي الأعلى باستخدام الطرق التحليلية والإحصائية. أطروحة دكتوراه- جامعة البعث.
- 3- الشبلاق محمد، التجار محمد هشام: الهيدرولوجيا، جامعة دمشق، 1995.

References

- Bublaku, S. & Beqiraj, A. , 2015 “**Assessment of water balance 4 for Badovc Lake, Kosovo**” , Faculty of Geology and Mines ,Polytechnic University of Tirana, Albania.
- Robert W. D., Glenn A. ., and Joseph P. N. ,2001 “ **Water 5 Budget for Sebago Lake, Maine,1996-99** ” , Water-Resources Investigations Report 01-4235, Augusta.
- Kevin C. V. and Aldo V. V. ,2007 “**Water-Balance Simulations 6 of Runoff and Reservoir Storage for the Upper Helmand Watershed and Kajakai Reservoir, Central Afghanistan**” U.S. Geological Survey, USGS Afghanistan Project Product Number 165.
- 7-Nathan S. Bosch, Joellyn Moine, Margaret Lee, Anna Burke,2013 “**Quantification of lake water level influences for Wawasee and**

Syracuse lakes: Lake and watershed water budgets for 2011,

2012, and 2013“ Center for Lakes & Streams, Grace College,

Winona Lake, IN 46590, USA

8- B. S. PIPER , D. T. PLINSTON & J. V. SUTCLIFFE, 1986 **“The water balance of Lake Victoria**“ , Hydrological Sciences Journal,

31:1, 25-37.

9- Robert J. Nauta, P.G. 2006 **“Lake Beulah Water Balance Study Lake Beulah, Wisconsin**“ Principal Hydrogeologist , East

Milwaukee Street Jefferson, Wisconsin.

10- Arelia T. Werner , Terry D. Prowse , Barrie R. Bonsal , 2015,

“Characterizing the Water Balance of the Sooke Reservoir, British Columbia over the Last Century “ , University of Victoria,

Victoria, BC V8P 5C2, Canada.

تأثير تقوية الأعمدة باستخدام تقنية القميص البيتوني في السلوك الزلزالي للإطارات البيتونية المسلحة بفتحة واحدة

طالبة الماجستير : مريم قيس الابراهيم
كلية الهندسة المدنية - جامعة البعث
إشراف : د.م سليمان العامودي

ملخص

يهدف هذا البحث إلى دراسة تأثير تقوية الأعمدة باستخدام تقنية القميص البيتوني على السلوك الزلزالي للإطارات البيتونية المسلحة بفتحة واحدة و الغير المصممة على القوى الزلزالية.

تمّ تصميم الإطارات على القوى الشاقولية وفقاً لمتطلبات الكود العربي السوري ، ثمّ تحليلها لخطياً مع تطبيق قوة قص قاعدية متزايدة تدريجياً من الصفر حتى الوصول الى القوة الأعظمية ، بعد توزيعها على الطوابق بما يتناسب مع توزيع الكتل .

أخذت النماذج المدروسة بعين الاعتبار تغيير عدد الطوابق من طابق حتى أربعة طوابق ، كذلك سماكة القميص ، ونسبة مقاومة بيتون القميص الى مقاومة بيتون المقطع الأصلي .

أظهرت النتائج فعالية التقوية في زيادة المقاومة الجانبية ، تخفيض الانتقالات الأفقية ، وتخفيض دور الاهتزاز لنماذج الإطارات المدروسة حيث تزداد هذه الفعالية مع زيادة كل من السماكة ونسبة مقاومة البيتون ، بينما تتناقص الفعالية مع زيادة عدد الطوابق .

كلمات مفتاحية : القميص البيتوني - تقوية - الأعمدة البيتونية المسلحة

The Effect of Columns Strengthening Using Concrete Jacket Technique on the Seismic Behavior of the Reinforced Concrete One Bay Frame Structures

Abstract

The main objective of this study is to investigate the effect of columns strengthening using concrete jacket technique on the seismic behavior of the reinforced concrete one- bay frame structures not designed for seismic forces .

The frames were designed on vertical loads according to the requirements of the Syrian Arab code , and then analyzed nonlinearly with applying a base shear force increasing gradually from zero until reaching the maximum force , after distributing it to the stories levels according to the masses distribution.

The models took into account the change of the number of stories from one to four , the change of jacket thickness , and the ratio of concrete compressive strength of the jacket to the concrete compressive strength of original section .

The results showed the efficiency of the concrete jacket in increasing the lateral resistance , reducing the horizontal displacements , and reducing the period of vibration for the studied models , whereas this efficiency increases by the increase in both of the thickness and concrete compressive strength . On the other hand , the efficiency will decrease by increasing the number of stories .

KEYWORDS: Concrete Jacket – strengthening – Reinforced concrete columns .

تأثير تقوية الأعمدة باستخدام تقنية القميص البيتوني في السلوك الزلزالي للإطارات البيتونية المسلحة بفتحة واحدة

1- مقدمة البحث :

تعد تقنية القميص البيتوني من أكثر الطرق شيوعاً في تقوية الأعمدة البيتونية المسلحة. تتفد القمصان البيتونية من خلال صب طبقة إضافية من البيتون بسماكة معينة حول العمود المنفذ مسبقاً بعد إضافة قضبان تسليح طولية وأساور عرضية . تساهم هذه الطريقة في زيادة أبعاد المقطع العرضي، وبالتالي زيادة في صلابة ومقاومة العنصر المدروس .

ركزت العديد من الدراسات على البحث في تأثير القميص البيتوني كطريقة لتقوية الأعمدة البيتونية المسلحة على زيادة قدرة تحملها المحورية والانعطافية . كما درست التماسك بين كل من بيتون العمود والقميص .

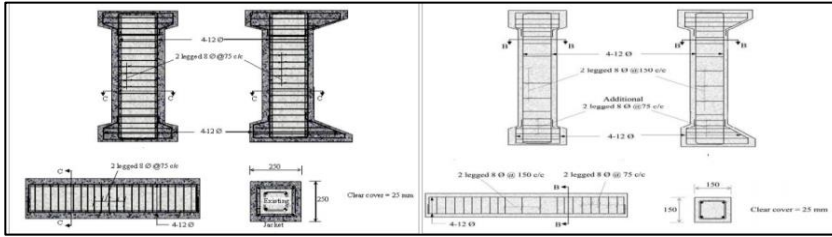
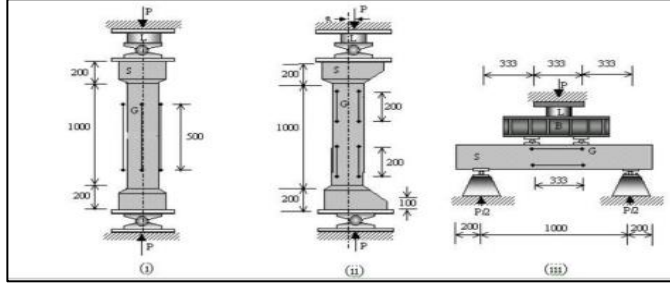
أغلب هذه الدراسات أشارت إلى المساهمة الفعالة لهذه الطريقة في زيادة مقاومة وصلابة الأعمدة البيتونية المسلحة .

قام البحث المرجعي [1] بدراسة 114 مبنى تم إعادة تأهيلها وتقويتها بعد زلزال مكسيكو عام 1985 ، حيث توصل الى أن الطريقة الأكثر شيوعاً في التقوية هي استخدام القميص البيتوني .

أشار البحث المرجعي [2] إلى أنه يكفي تخشين سطح البيتون القديم دون استخدام أي مواد كيميائية لتحقيق تماسك جيد بين كل من البيتونين القديم والجديد .

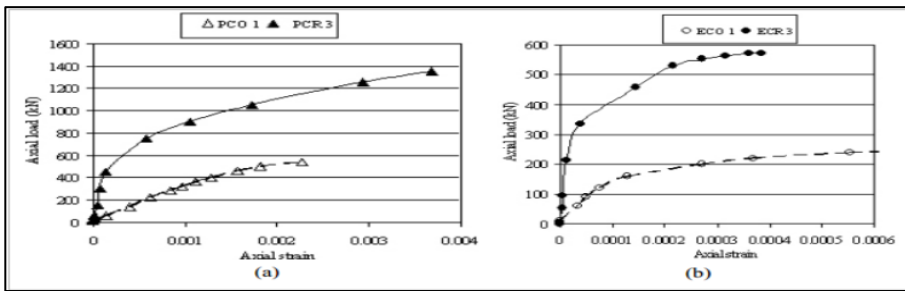
تم في هذا البحث إجراء تجارب على مجموعة من نماذج الأعمدة بهدف التحقق من مساهمة التقوية في زيادة قدرة تحملها الانعطافية والمحورية . تم اختبار 9 عينات مرجعية بدون تقوية و 9 عينات بعد التقوية (3 عينات على الضغط المركزي ، 3 عينات على

الضغط اللامركزي ، و 3 عينات على الانعطاف) ويبين الشكل (1-1) تفاصيل العينات المختبرة قبل وبعد التقوية .

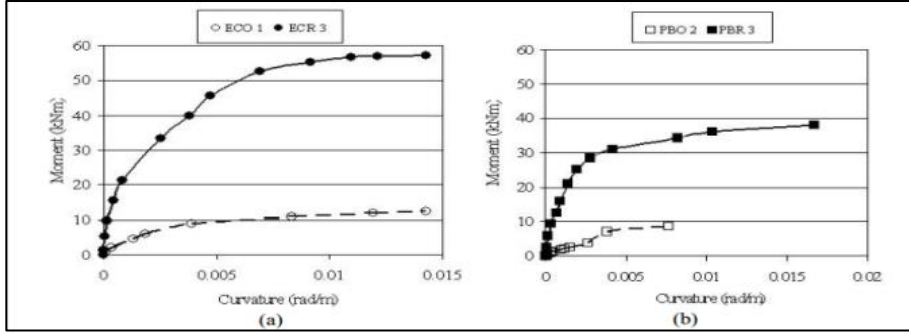


الشكل (1-1) : تفاصيل عينات الأعمدة المختبرة في الدراسة المرجعية [2] .

بينت النتائج التجريبية لاختبار العينات السابقة أن تقوية الأعمدة باستخدام القميص البيتوني تساهم في زيادة قدرة تحمل الأعمدة على الانعطاف بشكل ملحوظ وصلت وسطياً حتى 418% بينما وصل مقدار الزيادة في المقاومة المحورية على الضغط حتى 262% والاشكال التالية توضح مقارنة نتائج الاختبار للعينات السابقة .

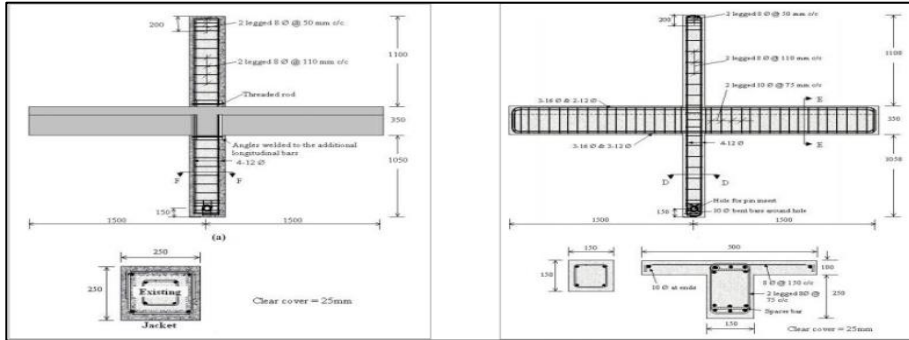


الشكل (1-2) : مقارنة منحنيات القوة المحورية مع التشوه المقابل للعينات المختبرة في الدراسة المرجعية [2] قبل وبعد التقوية a - ضغط مركزي b - ضغط لامركزي



الشكل (3-1): مقارنة منحنيات العزم - التقوس للعينات المختبرة في الدراسة المرجعية [2] قبل وبعد التقوية a - ضغط لامركزي b - انعطاف

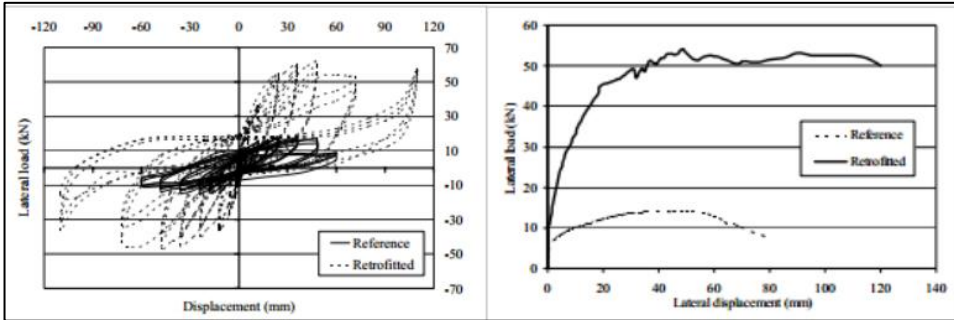
تمّ أيضاً في هذا البحث اجراء تجربة اختبار عقدة جائر-عمود تحت تأثير حملات أفقية متزايدة تدريجياً وحملات دورية بهدف الحصول على منحنى الدفع (القوة الجانبية مع الانتقال الافقي المقابل لها) ، ويوضح الشكل (4-1) تفاصيل العقدة المختبرة .



الشكل (4-1) : تفاصيل العقدة المختبرة في الدراسة المرجعية [2] قبل وبعد التقوية .

بينت النتائج أنّ استخدام القميص البيتوني في تقوية الأعمدة ساهم في زيادة المقاومة الجانبية للعقدة بمقدار 180% تحت تأثير حملات ستاتيكية متزايدة تدريجياً وبمقدار 330% مرة تحت تأثير الأحمال الدورية ، كما ساهمت التقوية في تحسين قدرة الأعمدة على امتصاص الطاقة بمقدار 280% تحت تأثير التحميل الستاتيكي و 310% تحت تأثير الأحمال الدورية .

والشكل (1-5) يوضح مقارنة منحنيات الدفع قبل وبعد التقوية في حالتي الاختبار .

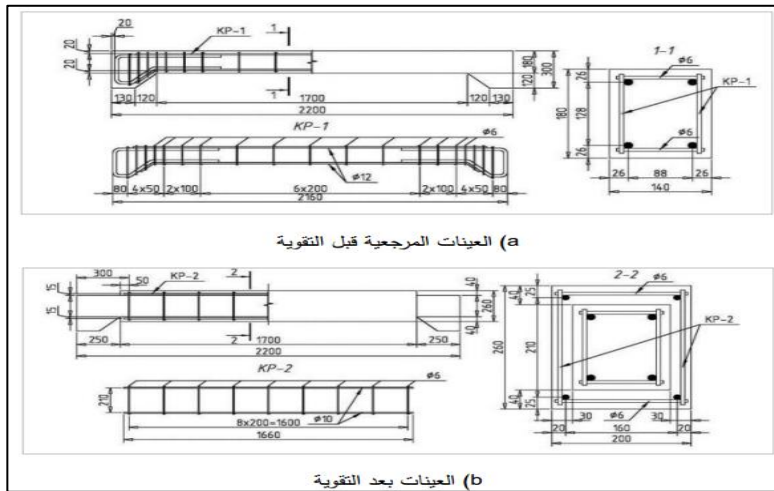


الشكل (1-5) مقارنة منحنيات الدفع للعقدة المختبرة في الدراسة المرجعية [2] قبل

وبعد التقوية تحت تأثير حمولات ستاتيكية متزايدة تدريجياً وحمولات دورية .

ركز البحث المرجعي [3] على دراسة تأثير التحميل المسبق للأعمدة على زيادة المقاومة نتيجة التقوية باستخدام القميص البيتوني .

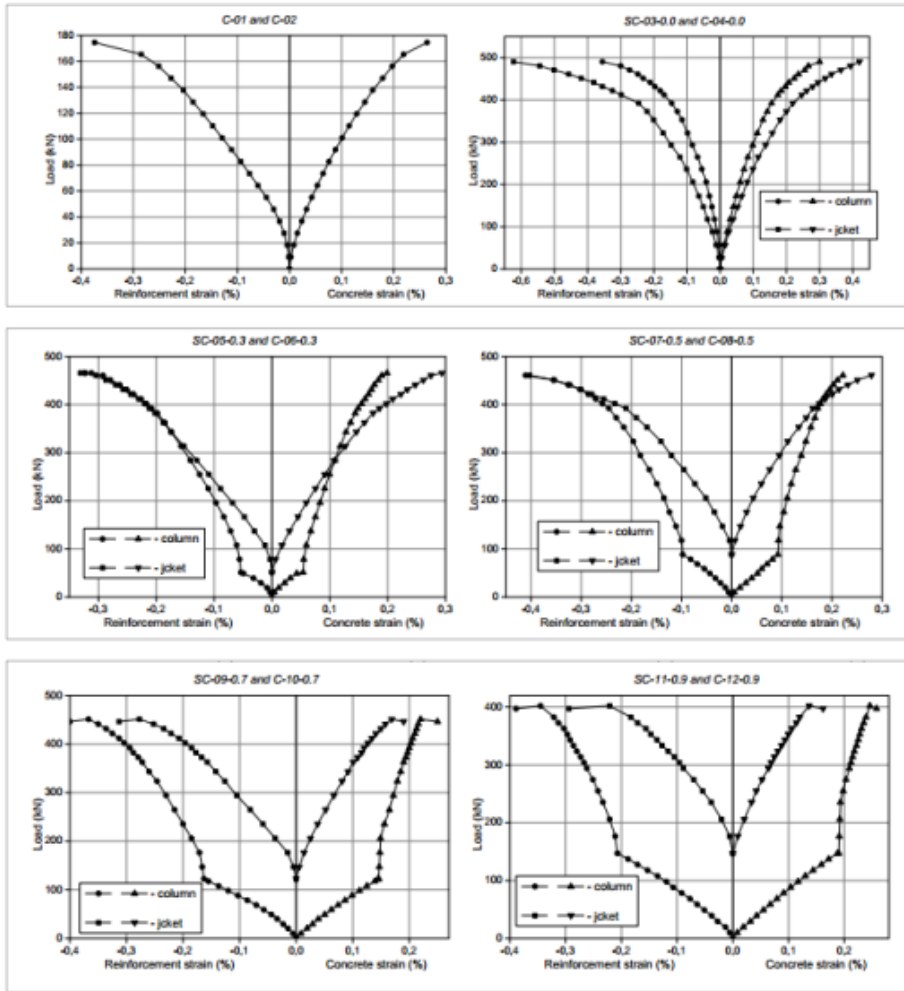
قام الباحثون باختبار 12 عمود تجريبياً حتى الانهيار ، وقد تم تنفيذ التقوية عند مستويات تحميل مختلفة تراوحت بين عينات بدون تحميل مسبق إلى عينات تم تحميلها مسبقاً حتى 90% من حمولتها الحدية ، ويوضح الشكل (1-6) مواصفات العينات المختبرة .



الشكل (1-6) : مواصفات العينات المختبرة في الدراسة المرجعية [3] قبل وبعد التقوية

أشارت نتائج التجارب إلى أنّ استخدام هذه التقنية يكون فعال حتى لو استنفذت كامل مقاومة العمود ، حيث أنّ العينات التي تم تقويتها بعد تحميلها حتى 90% من حملتها الحدية أبدت زيادة بالمقاومة بمقدار 243% .

الشكل (1-7) يوضح نتائج التجارب على العينات المختبرة عند المستويات المختلفة من التحميل .



الشكل (1-7): المخططات التجريبية بين الحمولة المطبقة والتشوهات الناتجة في كل من البيتون والفولاذ لكافة العينات المختبرة في الدراسة المرجعية [3] .

قام البحث المرجعي [4] بإجراء محاكاة زلزالية لأعمدة بيتونية مسلحة متضررة وغير متضررة ، حيث أبدت العينات قبل التقوية مقدار قليل من المطاوعة وتدهور كبير في المقاومة أثناء الاختبار ، بينما أبدت العينات بعد التقوية سلوك مطاوع مع صلابة ومقاومة عاليتين .

أشار البحث أيضاً الى أن الأذى المسبق للعمود ليس له تأثير مهم على السلوك الزلزالي الكلي للمنشأ .

2- هدف البحث :

على الرغم من تركيز الأبحاث على دراسة تأثير استخدام القميص البيتوني كطريقة لتقوية الأعمدة ، إلا أنها أهملت دراسة تأثيرها على سلوك الإطارات البيتونية غير المصممة على قوى زلزالية .

وبالتالي يهدف هذا البحث الى دراسة تأثير استخدام القميص البيتوني كطريقة لتقوية الأعمدة البيتونية المسلحة على الأداء الزلزالي لإطارات بيتونية مسلحة بفتحة واحدة و غير مصممة على تراكيب الأحمال الزلزالية مع تغيير عدد الطوابق من طابق واحد حتى أربعة طوابق ومع إدخال تأثير بعض المتغيرات الخاصة بالقميص مثل سماكة القميص ونسبة مقاومة بيتونه الى مقاومة بيتون المقطع الأصلي قبل التقوية .

3- وصف النماذج التحليلية :

تمّ في هذا البحث دراسة 88 نموذجاً لإطارات بيتونية مسلحة بفتحة واحدة مجازها 3.9m مع الأخذ بعين الاعتبار المتغيرات التالية :

1- عدد الطوابق : تم دراسة نماذج الإطارات مع تغيير عدد الطوابق من إطارات بطابق واحد حتى أربعة طوابق حيث كان الارتفاع الطابقي 3.5m .

2- سماكة القميص البيتوني :

الجدول (3-1): السماكات المعتمدة للقميص البيتوني

t_{j1}	10 cm
t_{j2}	15 cm
t_{j3}	20 cm

3- نسبة مقاومة بيتون القميص إلى مقاومة بيتون المقطع الأصلي :

الجدول (3-2) : النسب المعتمدة للمقاومات

$f'c_o$	$f'c_j$	$\frac{f'c_j}{f'c_o}$
20 Mpa	18 Mpa	0.9
	20 Mpa	1
	22 Mpa	1.1
	24 Mpa	1.2
	26 Mpa	1.3
	28 Mpa	1.4
	30 Mpa	1.5

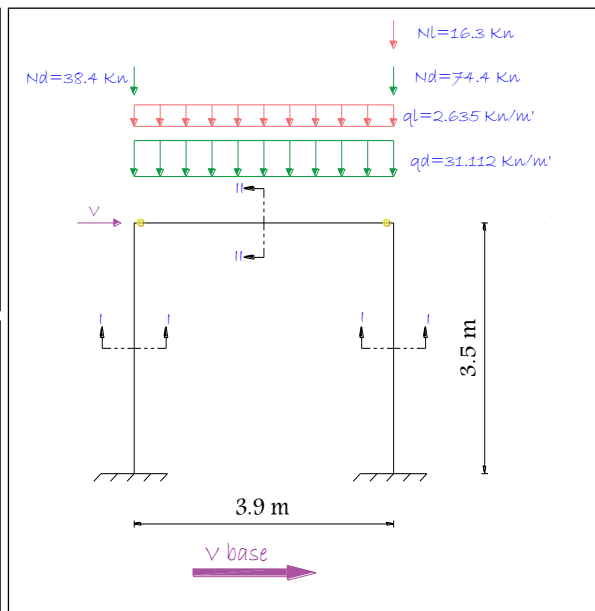
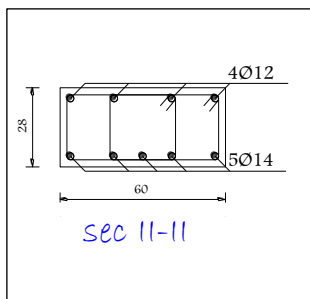
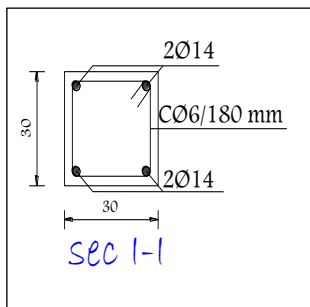
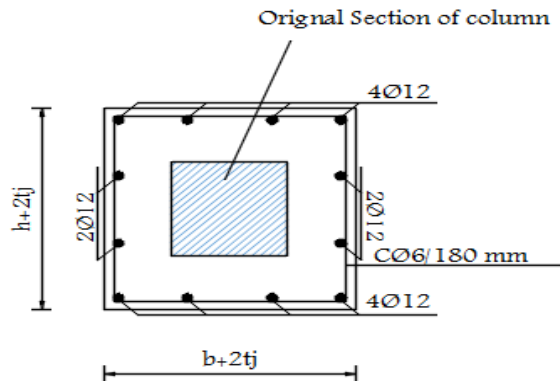
مقاومة البيتون المستخدم في الإطارات كانت $f'c = 20 \text{ Mpa}$ أما اجهاد خضوع الفولاذ فكان $f_y = 360 \text{ Mpa}$.

تمّ اعتماد تسليح ثابت للقميص في كل النماذج المدروسة وهو عبارة عن أربع قضبان قطر 12 mm في كل جهة .

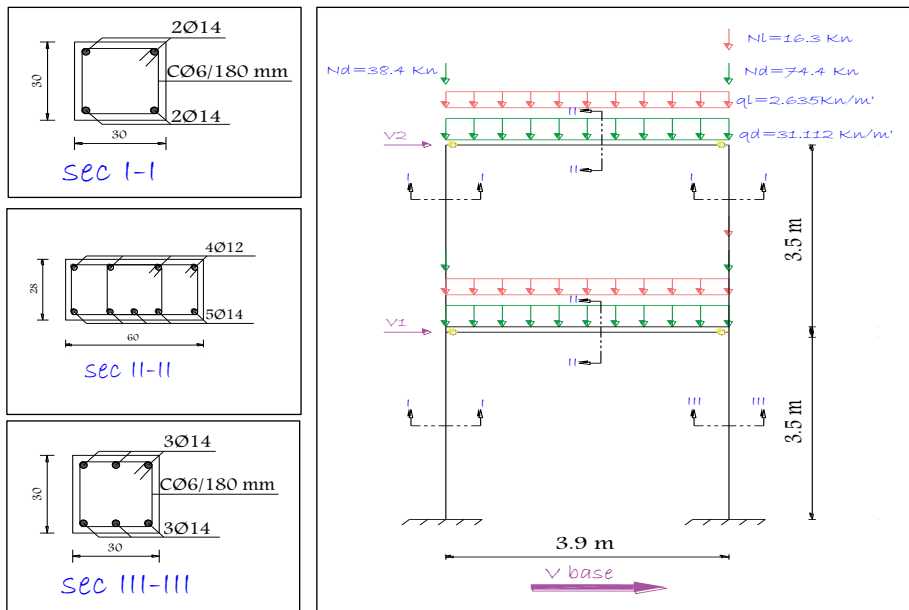
نماذج الإطارات عند كل عدد معين من الطوابق تم تصميمها على الحمولات الشاقولية وفقاً للكوود العربي السوري [5] ، ثم تحليلها لاختطياً مع تطبيق قوة قص قاعدي V متزايدة تدريجياً من الصفر حتى القوة الأعظمية بعد توزيعها في كل مرة على الطوابق بما يتناسب مع توزع الكتل .

الأشكال التالية توضح الأبعاد ، الحمولات ، والمقاطع العرضية لنماذج الإطارات المدروسة :

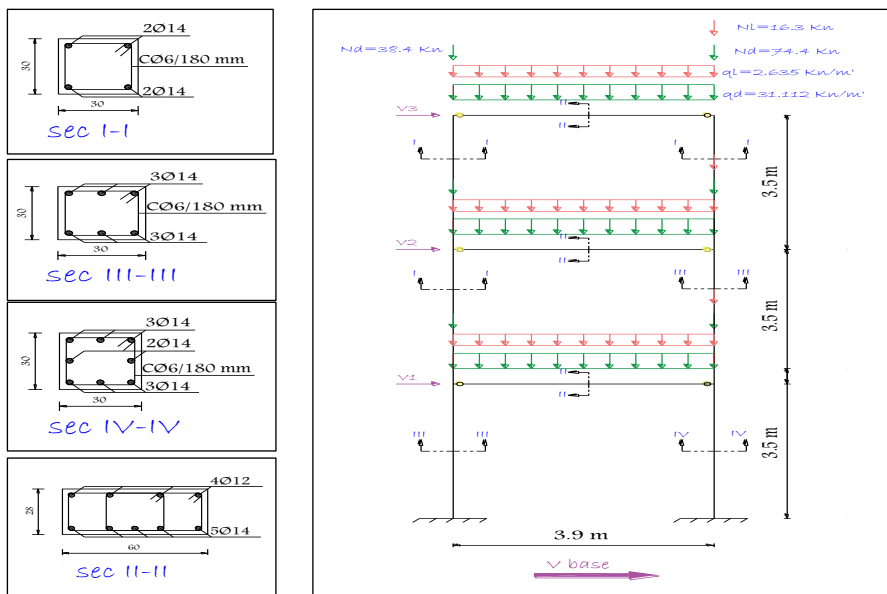
الشكل (3-1) : نموذج
يوضح تفاصيل القميص
البيتوني المستخدم في تقوية
أعمدة الإطارات .



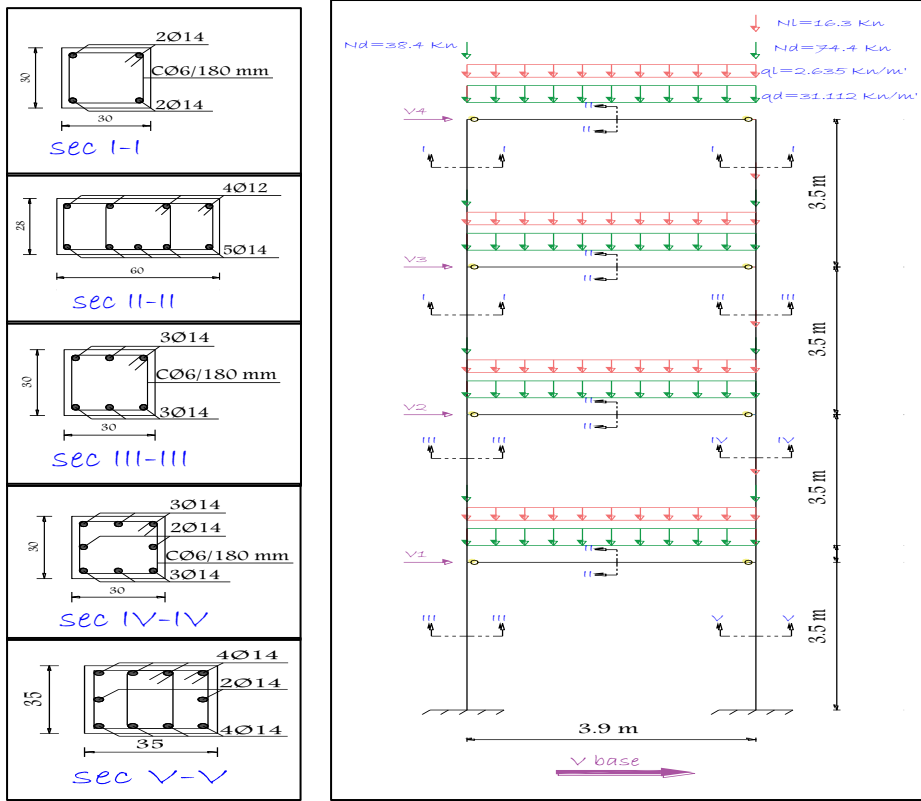
الشكل (3-2) : التفاصيل الإنشائية لنماذج الإطارات بطابق واحد



الشكل (3-3) : التفاصيل الإنشائية لنماذج الإطارات بطابقين



الشكل (3-4) : التفاصيل الإنشائية لنماذج الإطارات بثلاث طوابق



الشكل (3-5) : التفاصيل الإنشائية لنماذج الإطارات بأربع طوابق

4- نتائج التحليل :

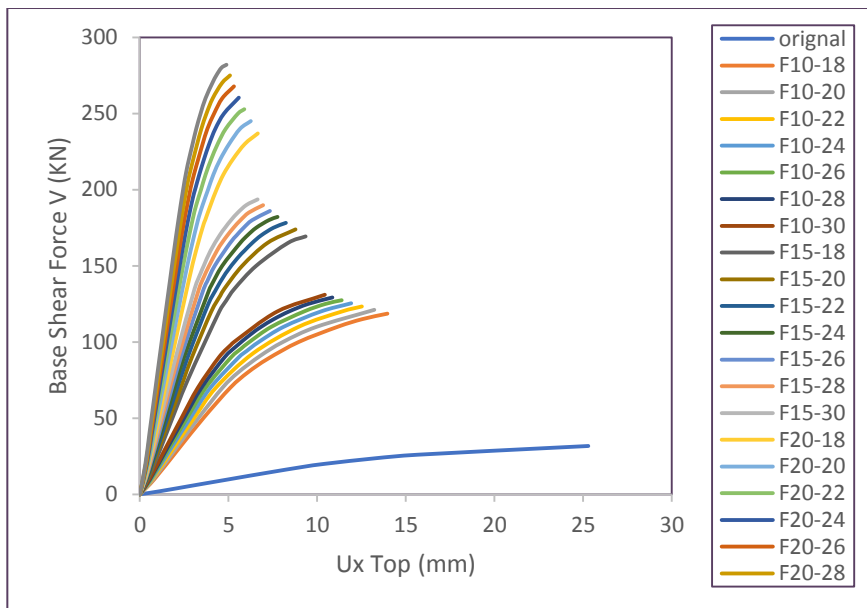
توضح الجداول المعروضة لاحقاً نتائج التحليل للنماذج المدروسة ، حيث تمت مقارنة القوة الجانبية والتي تمثل 75% من القوة الأعظمية ، الانتقال المقابل لهذه القوة ، ودور الاهتزاز لنماذج الإطارات بعد التقوية مع نموذج الاطار المرجعي قبل التقوية .

في كل مرة تمّ رسم منحنيات الأداء للنماذج المدروسة ، والتي تربط بين قوة القص القاعدي والانتقال الأفقي بأعلى عقدة من الاطار .

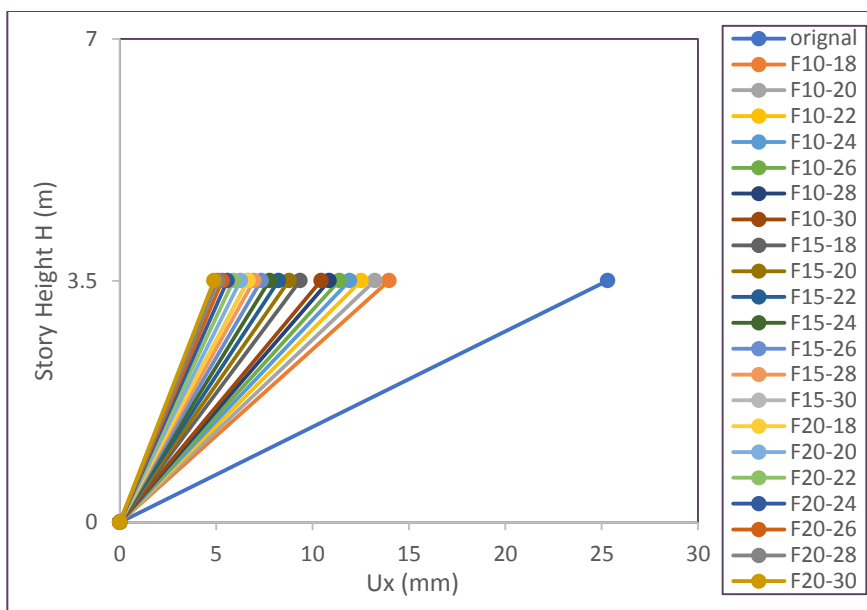
4-1 : نماذج الإطارات بطابق واحد :

الجدول (4-1) : نتائج تحليل نماذج الإطارات بطابق واحد وفتحة واحدة

	$\frac{f'c_j}{f'c_o}$	$V_{base}(KN)$	$T1(Sec)$	$Ux_{top}(mm)$	$\frac{V_j}{V_o}$	$\frac{Ux_j}{Ux_o}$	$\frac{T_j}{T_o}$
original		23.775	0.696	13.391			
F10-18	0.9	88.95	0.2665	7.217	3.741	0.539	0.383
F10-20	1	90.825	0.2557	6.781	3.820	0.506	0.367
F10-22	1.1	92.475	0.246	6.379	3.890	0.476	0.353
F10-24	1.2	94.05	0.2375	6.021	3.956	0.450	0.341
F10-26	1.3	95.55	0.23	5.704	4.019	0.426	0.330
F10-28	1.4	96.9	0.223	5.411	4.076	0.404	0.320
F10-30	1.5	98.25	0.216	5.150	4.132	0.385	0.310
F15-18	0.9	126.975	0.192	4.862	5.341	0.363	0.276
F15-20	1	130.425	0.184	4.539	5.486	0.339	0.264
F15-22	1.1	133.65	0.176	4.257	5.621	0.318	0.253
F15-24	1.2	136.575	0.169	4.005	5.744	0.299	0.243
F15-26	1.3	139.5	0.163	3.788	5.868	0.283	0.234
F15-28	1.4	142.35	0.158	3.597	5.987	0.269	0.227
F15-30	1.5	145.2	0.153	3.431	6.107	0.256	0.220
F20-18	0.9	177.675	0.146	3.605	7.473	0.269	0.210
F20-20	1	183.75	0.139	3.371	7.729	0.252	0.200
F20-22	1.1	189.6	0.133	3.173	7.975	0.237	0.191
F20-24	1.2	195.3	0.1275	3.004	8.215	0.224	0.183
F20-26	1.3	200.85	0.123	2.857	8.448	0.213	0.177
F20-28	1.4	206.25	0.12	2.728	8.675	0.204	0.172
F20-30	1.5	211.5	0.115	2.613	8.896	0.195	0.165



الشكل (4-1) : مقارنة منحنيات الأداء $V_{base} - Ux_{Top}$ لنماذج الإطارات بطابق واحد



الشكل (4-2) : مقارنة الانتقالات الطابقية لنماذج الإطارات بطابق واحد

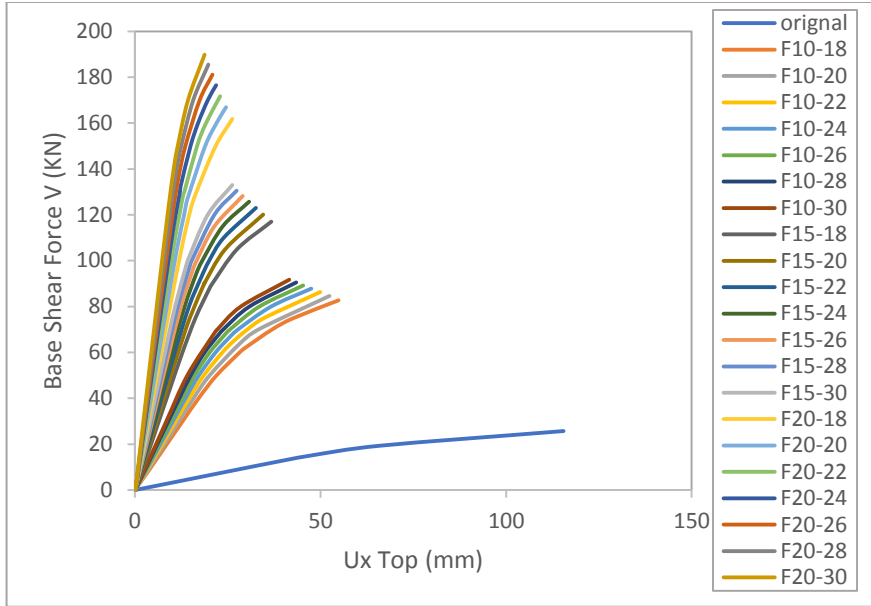
من خلال المنحنيات السابقة نلاحظ أنّ تحسين مواصفات التقوية من خلال زيادة سماكة القميص ، وزيادة نسبة مقاومة بيتونه الى مقاومة بيتون المقطع الأصلي سوف يساهم في زيادة المقاومة الجانبية للإطارات البيتونية المسلحة بفتحة واحدة وطابق واحد بنسب تراوحت بين %374.1 حتى %889.6 .

كما ساهمت التقوية في تخفيض الانتقالات الافقية لنماذج الإطارات المدروسة بنسب تراوحت بين %46.1 حتى %80.48 ، وتخفيض دور الاهتزاز بنسب بين %61.71 حتى %83.48 .

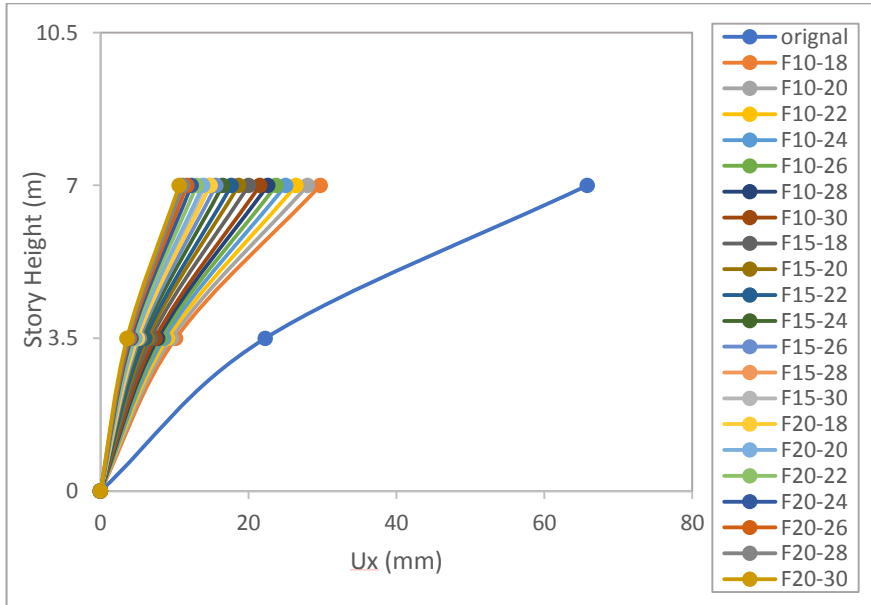
4-2: نماذج الإطارات بطابقين :

الجدول (4-2) : نتائج تحليل نماذج الإطارات بطابقين

	$\frac{f'c_j}{f'c_o}$	$V_{base}(KN)$	$T1(Sec)$	$Ux_{top}(mm)$	$\frac{V_j}{V_o}$	$\frac{Ux_j}{Ux_o}$	$\frac{T_j}{T_o}$
original		19.275	1.935	65.816			
F10-18	0.9	62.025	0.814	29.731	3.218	0.452	0.421
F10-20	1	63.45	0.781	28.008	3.292	0.426	0.404
F10-22	1.1	64.725	0.752	26.450	3.358	0.402	0.389
F10-24	1.2	65.85	0.725	25.035	3.416	0.380	0.375
F10-26	1.3	66.9	0.701	23.764	3.471	0.361	0.362
F10-28	1.4	67.875	0.679	22.612	3.521	0.344	0.351
F10-30	1.5	68.775	0.66	21.559	3.568	0.328	0.341
F15-18	0.9	87.75	0.587	20.036	4.553	0.304	0.303
F15-20	1	90.075	0.56	18.686	4.673	0.284	0.289
F15-22	1.1	92.25	0.537	17.713	4.786	0.269	0.278
F15-24	1.2	94.275	0.516	16.507	4.891	0.251	0.267
F15-26	1.3	96.15	0.5	15.607	4.988	0.237	0.258
F15-28	1.4	97.875	0.481	14.807	5.078	0.225	0.249
F15-30	1.5	99.75	0.466	14.141	5.175	0.215	0.241
F20-18	0.9	121.35	0.445	14.819	6.296	0.225	0.230
F20-20	1	125.175	0.424	13.834	6.494	0.210	0.219
F20-22	1.1	128.775	0.406	12.992	6.681	0.197	0.210
F20-24	1.2	132.375	0.389	12.288	6.868	0.187	0.201
F20-26	1.3	135.825	0.375	11.675	7.047	0.177	0.194
F20-28	1.4	139.125	0.362	11.133	7.218	0.169	0.187
F20-30	1.5	142.35	0.35	10.656	7.385	0.162	0.181



الشكل (4-3) : مقارنة منحنيات الأداء $V_{base} - Ux_{Top}$ لنماذج الإطارات بطابقين



الشكل (4-4) : مقارنة الانتقالات الطابقية لنماذج الإطارات بطابقين

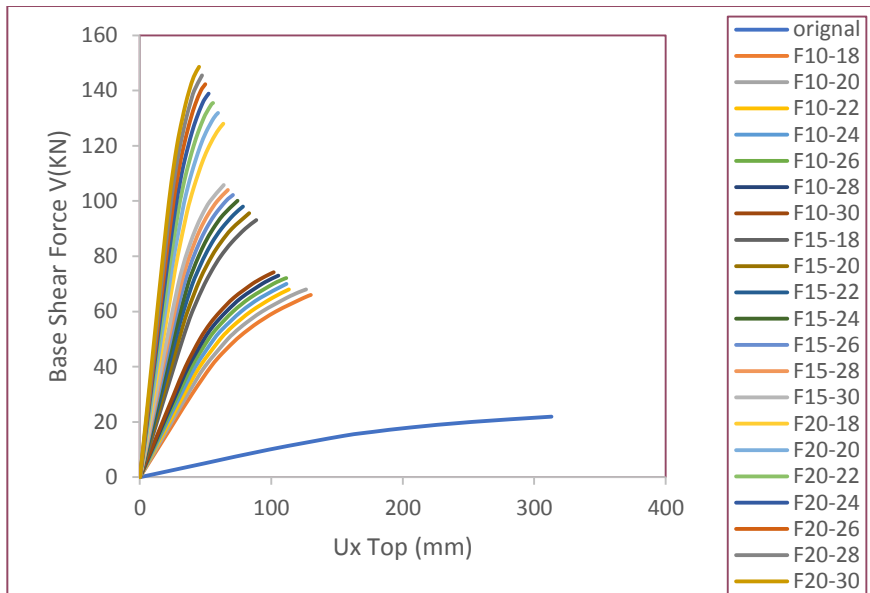
من خلال المنحنيات السابقة نلاحظ أنّ تحسين مواصفات التقوية من خلال زيادة سماكة القميص ، وزيادة نسبة مقاومة بيتونه الى مقاومة بيتون المقطع الأصلي سوف يساهم في زيادة المقاومة الجانبية للإطارات البيتونية المسلحة بفتحة واحدة وطابقين بنسب تراوحت بين %321.8 حتى %738.5 .

كما ساهمت التقوية في تخفيض الانتقالات الأفقية لنماذج الإطارات المدروسة بنسب تراوحت بين %54.8 حتى %83.8 ، وتخفيض دور الاهتزاز بنسب بين %57.9 حتى %81.9 .

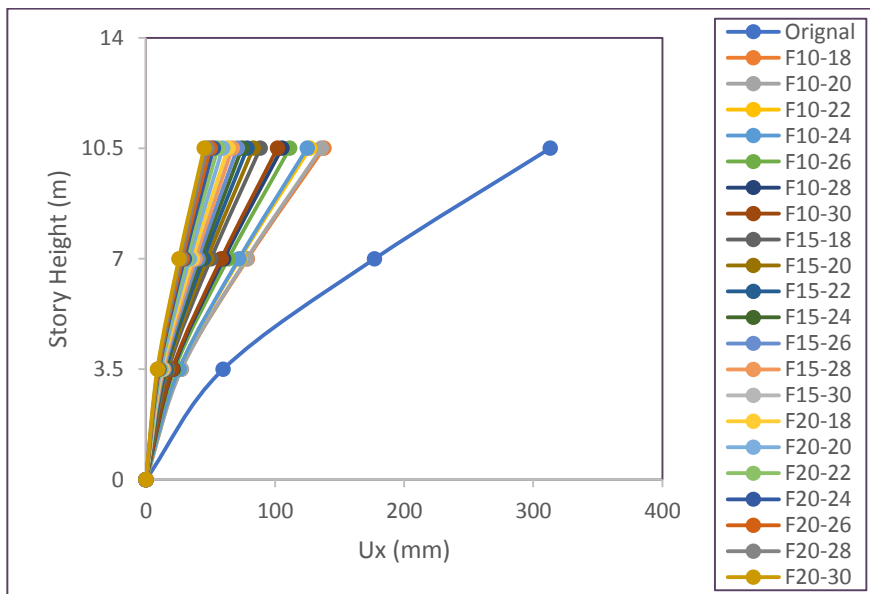
4-3: نماذج الإطارات بثلاث طوابق :

الجدول (4-3) : نتائج تحليل نماذج الإطارات بثلاث طوابق

	$\frac{f'c_j}{f'c_o}$	$V_{base}(KN)$	$T1(Sec)$	$Ux_{top}(mm)$	$\frac{V_j}{V_o}$	$\frac{Ux_j}{Ux_o}$	$\frac{T_j}{T_o}$
original		16.448	4.24	177.838			
F10-18	0.9	50.250	1.61	74.1982	3.055	0.417	0.380
F10-20	1	51.750	1.548	70.6068	3.146	0.397	0.365
F10-22	1.1	52.500	1.49	66.0065	3.192	0.371	0.351
F10-24	1.2	53.550	1.44	62.6723	3.256	0.352	0.340
F10-26	1.3	54.075	1.388	58.8715	3.288	0.331	0.327
F10-28	1.4	54.750	1.345	55.8069	3.329	0.314	0.317
F10-30	1.5	55.650	1.306	53.4657	3.383	0.301	0.308
F15-18	0.9	69.825	1.165	49.0879	4.245	0.276	0.275
F15-20	1	71.700	1.112	45.8071	4.359	0.258	0.262
F15-22	1.1	73.500	1.065	43.0204	4.469	0.242	0.251
F15-24	1.2	75.075	1.024	40.4924	4.565	0.228	0.242
F15-26	1.3	76.650	0.987	38.3373	4.660	0.216	0.233
F15-28	1.4	78.000	0.954	36.3185	4.742	0.204	0.225
F15-30	1.5	79.350	0.924	34.5613	4.824	0.194	0.218
F20-18	0.9	96.000	0.886	35.8804	5.837	0.202	0.209
F20-20	1	98.925	0.843	33.4304	6.015	0.188	0.199
F20-22	1.1	101.625	0.806	31.3283	6.179	0.176	0.190
F20-24	1.2	104.175	0.774	29.5183	6.334	0.166	0.183
F20-26	1.3	106.725	0.745	27.9856	6.489	0.157	0.176
F20-28	1.4	109.125	0.719	26.6232	6.635	0.150	0.170
F20-30	1.5	111.450	0.696	25.421	6.776	0.143	0.164



الشكل (4-5) : مقارنة منحنيات الأداء $V_{base} - Ux_{Top}$ لنماذج الإطارات بثلاث طوابق .



الشكل (4-6) : مقارنة منحنيات الانتقالات الطابقية لنماذج الإطارات بثلاث طوابق

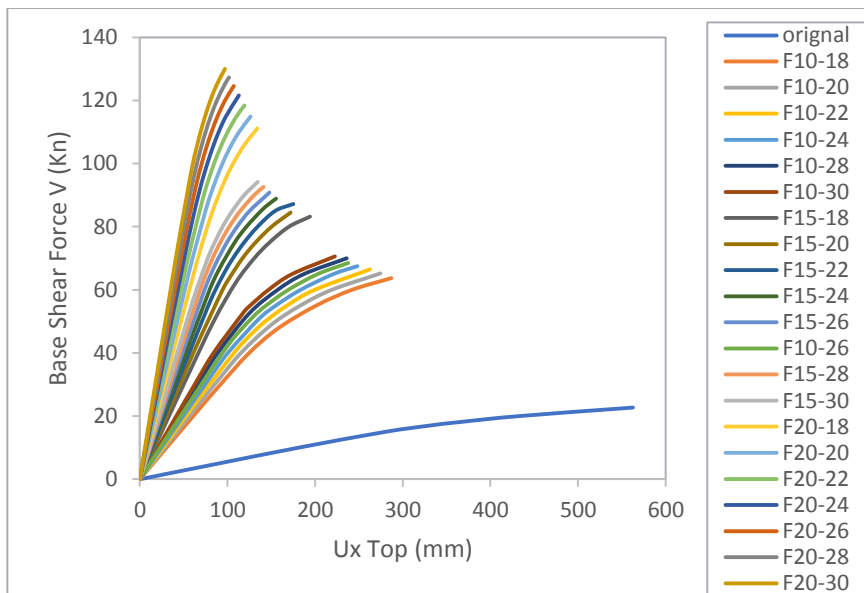
من خلال المنحنيات السابقة نلاحظ أنّ تحسين مواصفات التقوية من خلال زيادة سماكة القميص ، وزيادة نسبة مقاومة بيتونه الى مقاومة بيتون المقطع الأصلي سوف يساهم في زيادة المقاومة الجانبية للإطارات البيتونية المسلحة بفتحة واحدة وثلاث طوابق بنسب تراوحت بين %305.5 حتى %677.6 .

كما ساهمت التقوية في تخفيض الانتقالات الأفقية لنماذج الإطارات المدروسة بنسب تراوحت بين %58.3 حتى %85.7 ، وتخفيض دور الاهتزاز بنسب بين %62 حتى %83.6 .

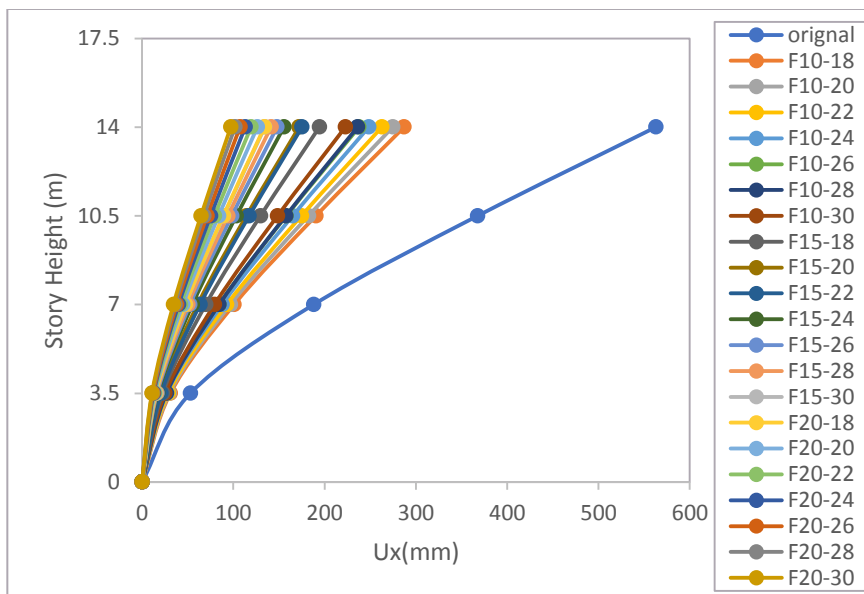
4-4: نماذج الإطارات بأربع طوابق :

الجدول (4-4) : نتائج تحليل نماذج الإطارات بأربع طوابق

	$\frac{f'c_j}{f'c_o}$	$V_{base}(KN)$	$T1(Sec)$	$Ux_{top}(mm)$	$\frac{V_j}{V_o}$	$\frac{Ux_j}{Ux_o}$	$\frac{T_j}{T_o}$
Original		17.025	6.387	331.439			
F10-18	0.9	47.775	2.750	157.694	2.806	0.476	0.431
F10-20	1	48.900	2.650	149.885	2.872	0.452	0.415
F10-22	1.1	49.875	2.555	142.561	2.930	0.430	0.400
F10-24	1.2	50.625	2.470	135.301	2.974	0.408	0.387
F10-26	1.3	51.375	2.398	128.942	3.018	0.389	0.375
F10-28	1.4	52.500	2.340	124.692	3.084	0.376	0.366
F10-30	1.5	52.950	2.270	118.624	3.110	0.358	0.355
F15-18	0.9	62.400	2.077	109.746	3.665	0.331	0.325
F15-20	1	63.375	1.986	101.322	3.722	0.306	0.311
F15-22	1.1	65.400	1.906	96.384	3.841	0.291	0.298
F15-24	1.2	66.675	1.830	90.797	3.916	0.274	0.287
F15-26	1.3	68.100	1.770	86.270	4.000	0.260	0.277
F15-28	1.4	69.450	1.713	82.230	4.079	0.248	0.268
F15-30	1.5	70.650	1.660	78.472	4.150	0.237	0.260
F20-18	0.9	83.325	1.606	81.077	4.894	0.245	0.251
F20-20	1	86.175	1.530	76.107	5.062	0.230	0.240
F20-22	1.1	88.800	1.465	71.766	5.216	0.217	0.229
F20-24	1.2	91.200	1.407	67.908	5.357	0.205	0.220
F20-26	1.3	93.450	1.355	64.493	5.489	0.195	0.212
F20-28	1.4	95.475	1.309	61.370	5.608	0.185	0.205
F20-30	1.5	97.500	1.267	58.656	5.727	0.177	0.198



الشكل (4-7) : مقارنة منحنيات الأداء $V_{base} - Ux_{Top}$ لنماذج الإطارات بأربع طوابق .



الشكل (4-8) : مقارنة الانتقالات الطابقية لنماذج الإطارات بأربع طوابق .

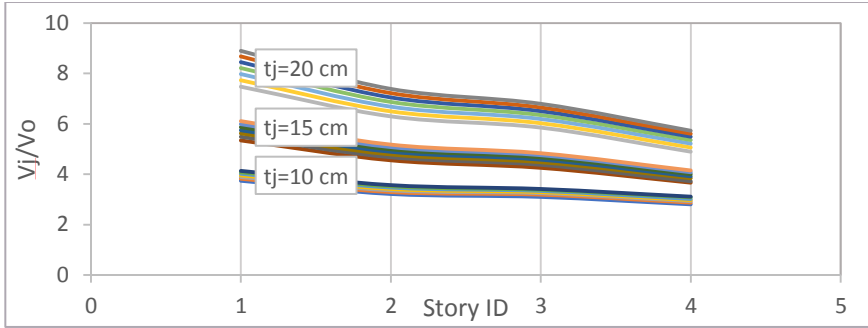
من خلال المنحنيات السابقة نلاحظ أنَّ تحسين مواصفات التقوية من خلال زيادة سماكة القميص ، وزيادة نسبة مقاومة بيتونه الى مقاومة بيتون المقطع الأصلي سوف يساهم في زيادة المقاومة الجانبية للإطارات البيتونية المسلحة بفتحة واحدة وأربع طوابق بنسب تراوحت بين 280.6% حتى 572.7% .

كما ساهمت التقوية في تخفيض الانتقالات الأفقية لنماذج الإطارات المدروسة بنسب تراوحت بين 52.4% حتى 82.3% ، وتخفيض دور الاهتزاز بنسب بين 56.9% حتى 80.2% .

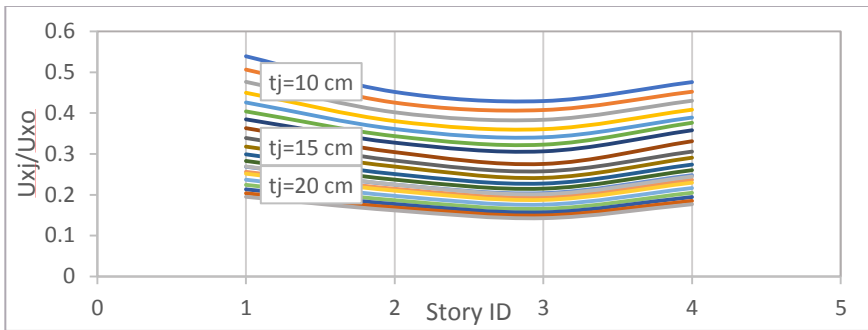
تمَّ تلخيص نتائج تحليل الإطارات في كافة الطوابق كما هو موضح في الجدول (4-5):

الجدول (4-5) : مقارنة تأثير التقوية على زيادة المقاومة الجانبية ، تخفيض الانتقالات الأفقية ، وتخفيض دور الاهتزاز الأساسي للنماذج المدروسة

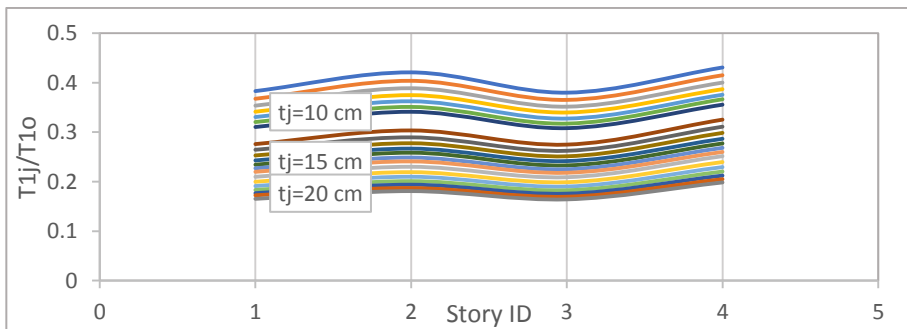
$\frac{f'c_j}{f'c_o}$	عدد الطوابق	سماكة القميص	مقدار الزيادة في المقاومة الجانبية نسبة الى النموذج قبل التقوية	مقدار التناقص في الانتقالات الأفقية نسبة الى انتقالات النموذج قبل التقوية	مقدار التناقص في دور الاهتزاز الأساسي نسبة الى دور الاهتزاز للنموذج قبل التقوية
0.9-1.5	1	10 cm	374.1%-415.3%	46.1%-61.5%	61.7%-69%
		15 cm	534.1%-610.7%	63.7%-74.4%	72.4%-77.8%
		20 cm	747.3%-889.6%	73.1%-80.5%	79%-83.5%
	2	10 cm	321.8%-356.8%	54.8%-67.2%	57.9%-65.9%
		15 cm	455.3%-517.5%	69.6%-78.5%	69.7%-75.9%
		20 cm	629.6%-738.5%	77.5%-83.8%	77%-81.9%
	3	10 cm	305.5%-338.3%	58.13%-69.9%	62%-69.2%
		15 cm	424.5%-482.4%	72.4%-80.6%	72.5%-78.2%
		20 cm	583.7%-677.6%	79.8%-85.7%	79.1%-83.6%
	4	10 cm	280.6%-311%	52.4%-64.2%	56.9%-64.5%
		15 cm	366.5%-415%	66.9%-76.3%	67.5%-74%
		20 cm	489.4%-572.7%	75.5%-82.3%	74.9%-80.2%



الشكل (9-4) : مقارنة تأثير التقوية على زيادة المقاومة الجانبية للنماذج المدروسة مع تغيير عدد الطوابق



الشكل (10-4) : مقارنة تأثير التقوية على تخفيض الانتقالات الأفقية للنماذج المدروسة مع تغيير عدد الطوابق



الشكل (11-4) : مقارنة تأثير التقوية على تخفيض دور الاهتزاز الأساسي للنماذج المدروسة مع تغيير عدد الطوابق

من خلال الشكل (9-4) نلاحظ الزيادة في المقاومة الجانبية للإطارات بفتحة واحدة تكون أكبر ما يمكن للنماذج بطابق واحد عند استخدام قميص بيتوني بسماكة 20 cm ونسبة مقاومة 1.5 ، بينما تتناقص مع زيادة عدد الطوابق بمقدار 35.62% مقارنة مع الاطارات بأربع طوابق وعند استخدام نفس المواصفات للتقوية .

بينما تظهر الأشكال (10-4) و (11-4) التقارب في أثر التقوية على تخفيض كل من الانتقالات الأفقية ودور الاهتزاز الأساسي مع زيادة عدد الطوابق عند المواصفات المختلفة للتقوية .

5- تحديد خيار التقوية المناسب لنماذج الإطارات بفتحة واحدة :

بهدف تحديد خيار التقوية المناسب لنماذج الإطارات بفتحة واحدة مع تغيير عدد الطوابق تم حساب قوة القص القاعدي الاعظمية المتوقع أن يتعرض لها كل نموذج من النماذج المدروسة وفق للطريقة الستاتيكية المكافئة المعتمدة في الكود العربي السوري [6] وذلك عند كل تسارع للمنطقة الزلزالية وعند كل صنف من أصناف التربة .

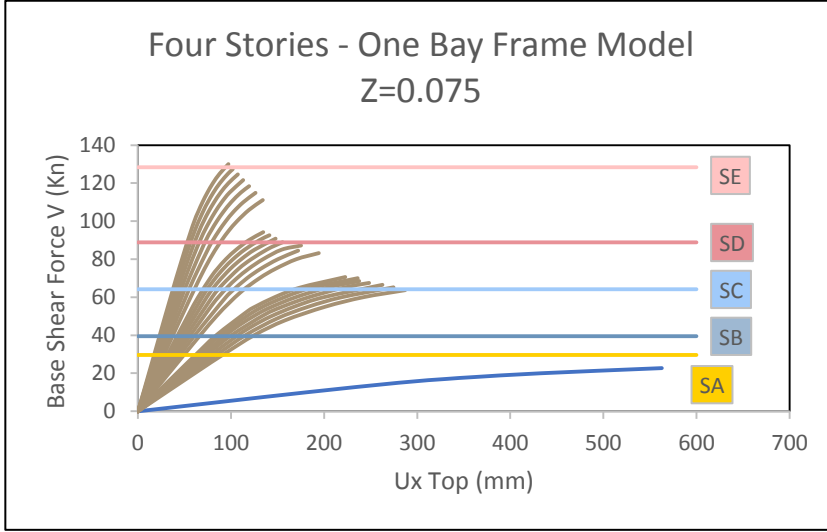
عند حساب قوة القص القاعدي تم اعتماد القيم التالية :

معامل تعديل الاستجابة R	تم اعتبار سلوك الجملة مشابه لسلوك الاعمدة الظرفية واعتماد قيمة $R=4.5$
دور الاهتزاز T	تم مقارنة دور الاهتزاز الناتج عن التحليل مع دور الاهتزاز التقريبي حسب اشتراطات الكود العربي السوري
معاملات السرعة والتسارع	تم اختيارها من جداول الكود بما يتناسب مع تسارع المنطقة الزلزالية وصنف مقطع التربة .

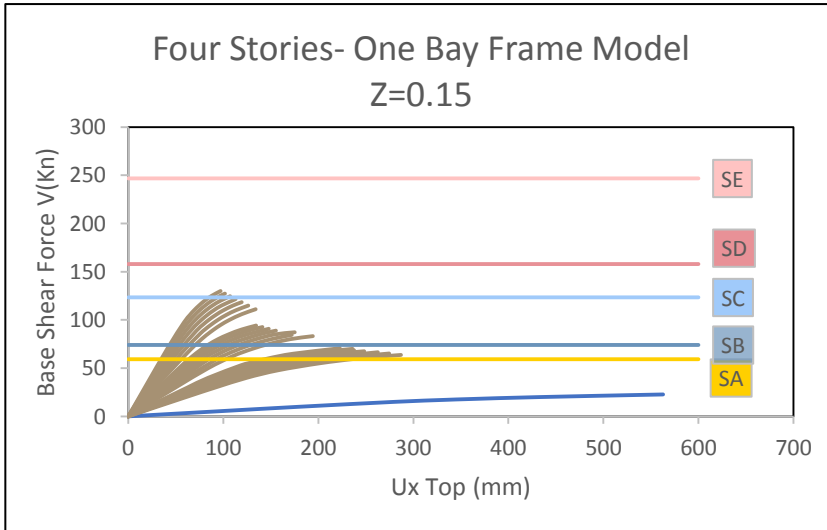
الجدول (1-5) : قيم بعض المعاملات الداخلية في حساب القص القاعدي

بعد الحساب تم مقارنة قوة القص القاعدي الاعظمية (الطلب الزلزالي) مع منحنيات الأداء للنماذج المدروسة ثم التوصل الى خيار التقوية الممكن استخدامه في كل منطقة زلزالية وعند كل صنف للتربة .

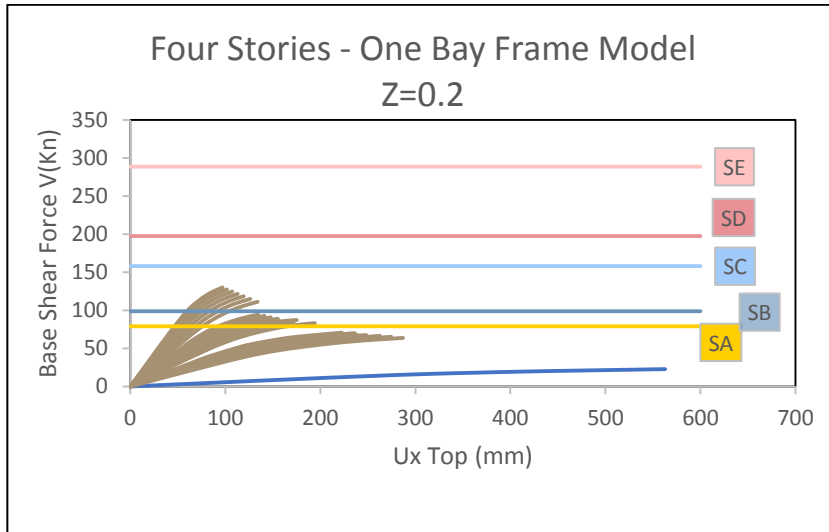
سوف نستعرض مثال عن طريقة المقارنة بين كل من منحنيات الأداء وقوة القص القاعدي لنماذج الإطارات بأربع طوابق عند كل منطقة زلزالية من المناطق المعتمدة وفقاً للكود العربي السوري .



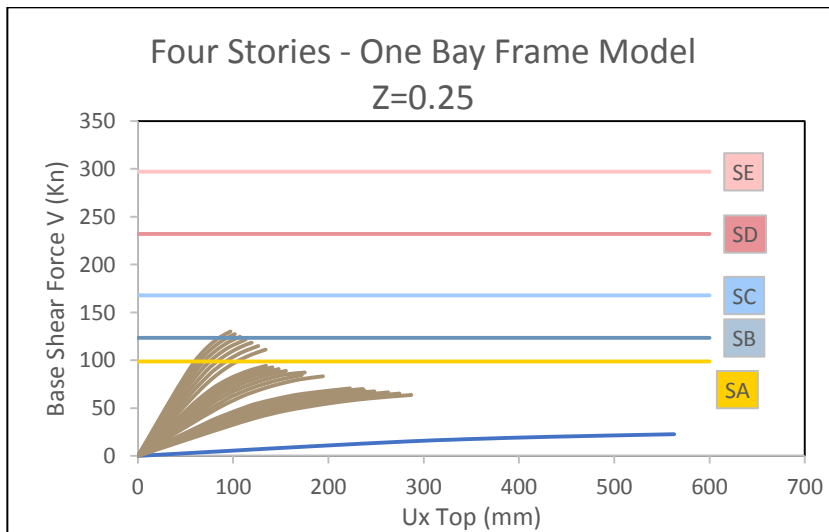
الشكل (5-1) : تحديد خيار التقوية المناسب في المنطقة الزلزالية Z=0.075



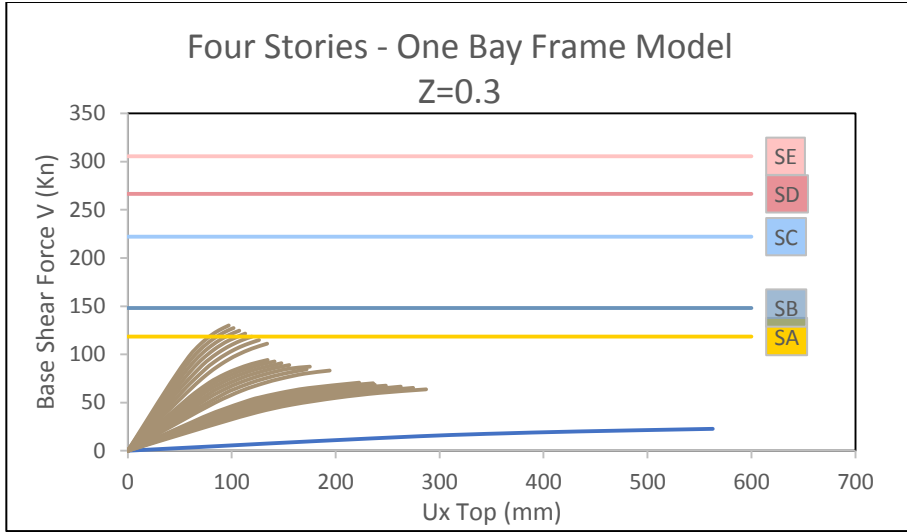
الشكل (5-2) : تحديد خيار التقوية المناسب في المنطقة الزلزالية Z=0.15



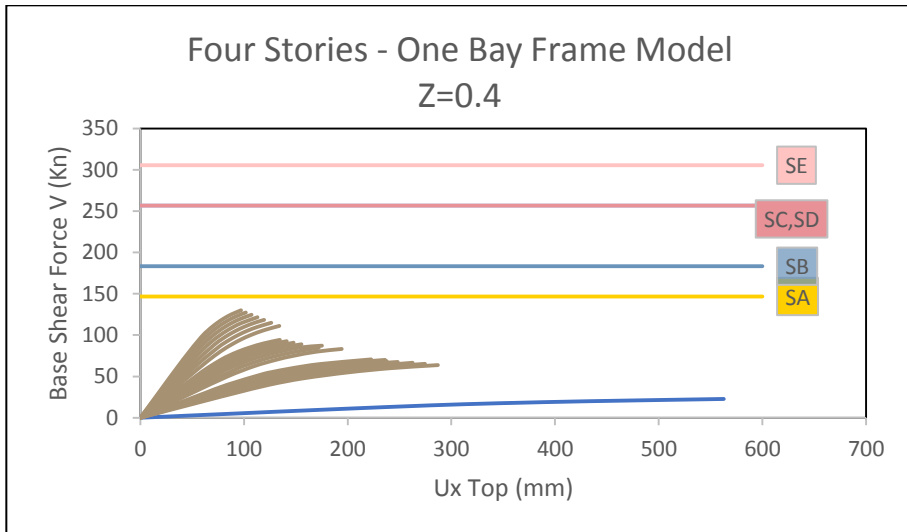
الشكل (3-5) : تحديد خيار التقوية المناسب في المنطقة الزلزالية $Z=0.2$



الشكل (4-5) : تحديد خيار التقوية المناسب في المنطقة الزلزالية $Z=0.25$



الشكل (5-5) : تحديد خيار التقوية المناسب في المنطقة الزلزالية $Z=0.3$



الشكل (5-6) : تحديد خيار التقوية المناسب في المنطقة الزلزالية $Z=0.4$

توضح الجداول التالية الخيار الممكن استخدامه للتقوية من حيث سماكة القميص ونسبة مقاومة بيتون القميص إلى مقاومة بيتون المقطع الأصلي عند كل عدد للطوابق من طابق واحد حتى أربع طوابق على التوالي .

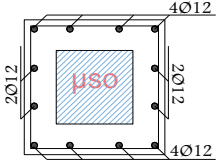
الجدول (5-2) : خيار التقوية المناسب للإطارات من طابق واحد وطابقين

طابقين		طابق واحد		نوع مقطع التربة	التسارع الزلزالي Z
المقاومة الأصغرية للقميص $(\frac{f'c_j}{f'c_0})_{min}$	السماكة الاصغرية للقميص t_{jmin}	المقاومة الأصغرية للقميص $(\frac{f'c_j}{f'c_0})_{min}$	السماكة الاصغرية للقميص t_{jmin}		
0.9	10 cm	0.9	10 cm	SA	0.075
0.9	10 cm	0.9	10 cm	SB	
0.9	10 cm	0.9	10 cm	SC	
0.9	10 cm	0.9	10 cm	SD	
0.9	10 cm	0.9	10 cm	SE	
0.9	10 cm	0.9	10 cm	SA	0.15
0.9	10 cm	0.9	10 cm	SB	
0.9	10 cm	0.9	10 cm	SC	
0.9	15 cm	0.9	10 cm	SD	
1.3	15cm	0.9	10 cm	SE	
0.9	10 cm	0.9	10 cm	SA	0.2
1.1	10 cm	0.9	10 cm	SB	
0.9	15 cm	0.9	10 cm	SC	
1	15 cm	0.9	10 cm	SD	
0.9	20 cm	0.9	10 cm	SE	
1	10 cm	0.9	10 cm	SA	0.25
0.9	15 cm	0.9	10 cm	SB	
1.1	15 cm	0.9	10 cm	SC	
0.9	20 cm	0.9	10 cm	SD	
0.9	20 cm	0.9	10 cm	SE	
0.9	15 cm	0.9	10 cm	SA	0.3
1.3	15 cm	0.9	10 cm	SB	
0.9	20 cm	0.9	10 cm	SC	
0.9	20 cm	0.9	10 cm	SD	
0.9	20 cm	0.9	10 cm	SE	
0.9	20 cm	0.9	10 cm	SA	0.4
1.1	20 cm	0.9	10 cm	SB	
1.1	20 cm	0.9	10 cm	SC	
1.4	20 cm	0.9	10 cm	SD	
0.9	20 cm	0.9	10 cm	SE	

الجدول (3-5) : خيار التقوية المناسب للإطارات من ثلاث وأربع طوابق

أربع طوابق		ثلاث طوابق		نوع مقطع التربة	التسارع الزلزالي Z
المقاومة الأصغرية للقميص $(\frac{f'cj}{f'co})_{min}$	السماكة الاصغرية للقميص t_{jmin}	المقاومة الأصغرية للقميص $(\frac{f'cj}{f'co})_{min}$	السماكة الاصغرية للقميص t_{jmin}		
0.9	10 cm	0.9	10 cm	SA	0.075
0.9	10 cm	0.9	10 cm	SB	
1.1	10 cm	0.9	10 cm	SC	
1.3	15 cm	0.9	15 cm	SD	
1.5	20 cm	0.9	20 cm	SE	
0.9	10 cm	0.9	10 cm	SA	0.15
0.9	15 cm	1.3	10 cm	SB	
1.3	20 cm	0.9	20 cm	SC	
0.9	10 cm	1.3	20 cm	SD	
كل مواصفات التقوية المدروسة غير مجدية		كل مواصفات التقوية المدروسة غير مجدية		SE	
0.9	15 cm	0.9	15 cm	SA	0.2
0.9	20 cm	1	15 cm	SB	
كل مواصفات التقوية المدروسة غير مجدية		1.5	20 cm	SC	
كل مواصفات التقوية المدروسة غير مجدية		كل مواصفات التقوية المدروسة غير مجدية		SD	
كل مواصفات التقوية المدروسة غير مجدية		كل مواصفات التقوية المدروسة غير مجدية		SE	
0.9	20 cm	1	15cm	SA	0.25
1.4	20 cm	0.9	20 cm	SB	
كل مواصفات التقوية المدروسة غير مجدية		كل مواصفات التقوية المدروسة غير مجدية		SC	
كل مواصفات التقوية المدروسة غير مجدية		كل مواصفات التقوية المدروسة غير مجدية		SD	
كل مواصفات التقوية المدروسة غير مجدية		كل مواصفات التقوية المدروسة غير مجدية		SE	
0.9	20 cm	0.9	20 cm	SA	0.3
1.3	20 cm	1.3	20 cm	SB	
كل مواصفات التقوية المدروسة غير مجدية		كل مواصفات التقوية المدروسة غير مجدية		SC	
كل مواصفات التقوية المدروسة غير مجدية		كل مواصفات التقوية المدروسة غير مجدية		SD	
كل مواصفات التقوية المدروسة غير مجدية		كل مواصفات التقوية المدروسة غير مجدية		SE	
كل مواصفات التقوية المدروسة غير مجدية		1.2	20cm	SA	0.4
كل مواصفات التقوية المدروسة غير مجدية		كل مواصفات التقوية المدروسة غير مجدية		SB	
كل مواصفات التقوية المدروسة غير مجدية		كل مواصفات التقوية المدروسة غير مجدية		SC	
كل مواصفات التقوية المدروسة غير مجدية		كل مواصفات التقوية المدروسة غير مجدية		SD	
كل مواصفات التقوية المدروسة غير مجدية		كل مواصفات التقوية المدروسة غير مجدية		SE	

ملاحظة :



النتائج السابقة تمّ الحصول عليها مع الأخذ بعين الاعتبار مايلي :

- 1- نسبة تسليح القميص ثابتة وهي عبارة عن اربع قضبان قطر 12 mm في كل جهة .
- 2- تتراوح نسبة تسليح مقاطع الأعمدة الأصلية μ_{s0} بين 0.00684 حتى 0.01369

6- نتائج البحث :

- 1- ساهمت تقوية الأعمدة باستخدام القميص البيتوني بزيادة المقاومة الجانبية للإطارات البيتونية المسلحة بفتحة واحدة غير المصممة على القوى الزلزالية بمقدار وصل حتى 889.6% عند استخدام أقصى مواصفات للتقوية ، ثم بدأ تأثير التقوية بالتناقص مع زيادة عدد الطوابق حتى وصل إلى 572.7% بالنسبة للإطارات بأربعة طوابق عند المواصفات السابقة للتقوية أي بفارق 36% تقريباً.
- 2- أقصى مساهمة للتقوية في تخفيض الانقالات الأفقية للإطارات المدروسة وصل حتى 85.7% للإطارات بثلاث طوابق عند استخدام أقصى مواصفات للتقوية، بينما أقل مساهمة كانت 46.1% للإطارات بطابق واحد عند استخدام أقل مواصفات للتقوية .
- 3- أقصى مساهمة للتقوية في تخفيض دور الاهتزاز الأساسي وصل حتى 83.58% للإطارات بثلاث طوابق عند استخدام أقصى مواصفات للتقوية، بينما أقل مساهمة كانت 56.94% للإطارات بأربع طوابق عند استخدام أقل مواصفات للتقوية .
- 4- تمّ تحديد خيار التقوية المناسب لنماذج الإطارات بفتحة واحدة مع اختلاف عدد الطوابق من طابق حتى أربعة طوابق عند كل صنف للتربة بالنسبة لكافة المناطق الزلزالية.

7- التوصيات :

- 1- تحليل نماذج الإطارات المدروسة ضمن هذا البحث باستخدام طرق تحليل ديناميكي أكثر تطوراً مثل التحليل اللاخطي بالسجل الزمني .
- 2- مقارنة السلوك الزلزالي لجمل فراغية قبل وبعد تقوية أعمدتها باستخدام القميص البيتوني .

المراجع الأجنبية :

- [1] Aguilar, J., Juarez, H., Ortega, R., & Iglesias, J. (1989). The Mexico earthquake of September 19, 1985—Statistics of damage and of retrofitting techniques in reinforced concrete buildings affected by the 1985 earthquake. *Earthquake Spectra*, 5(1), 145–151.
- [2] Kaliyaperumal, Gnanasekaran, and Amlan Kumar Sengupta. "Seismic retrofit of columns in buildings for flexure using concrete jacket." *ISET Journal of Earthquake Technology* (2009).
- [3] Pavlo KRAINSKYI, Zinoviy BLIKHARSKIY, Roman KHMIL, "Experimental Investigation Of Reinforced Concrete Columns Strengthened By Jacketing" *Journal of Multidisciplinary Engineering Science and Technology (JMEST) ISSN: 3159–0040 ,Vol. 2 Issue 7, July – 2015.*
- [4] Rodriguez, M. and Park, R. (1994). "Seismic Load Tests on Reinforced Concrete Columns Strengthened by Jacketing", *ACI Structural Journal*, Vol. 91, No. 2, pp. 150–159.

المراجع العربية :

[5] الكود العربي السوري لتصميم وتنفيذ المنشآت بالخرسانة المسلحة ، الطبعة الرابعة، دمشق ، 2012 .

[6] الملحق رقم (2) للكود العربي السوري لتصميم وتنفيذ المنشآت بالخرسانة المسلحة ، تصميم وتحقيق المباني والمنشآت المقاومة للزلازل ، الطبعة الثانية ، دمشق ، 2012

