Strengthening of Beam Column Joint with Diagonal Bars Added in Carrying out Stage

Dr. Ali Turikieh[*]
Waleed suliman[**]

(Received 6 / 11 / 2018. Accepted 27 / 8 / 2019)

□ ABSTRACT □

This study investigates the forces that affect the joints of the concrete frames and the tensile force generated inside it and the resulting cracks in the joint due to the lack of accidental Reinforcement.
and Bibliographic Study about strengthening frame joints with diagonal bars added in carrying out stage include different positions to laying this bars with various diameters,and searching the possibility of using it with cfrp products to strengthening non effective joints after studying previous experimental studies, the analytical study of this research discuss non studied case of strengthening external beam column joint dont have horizontal strips using diagonal bars to reach at the end of research that the diagonal added bars strengthening the concrete connection and absorb diagonal stress inside the joint then good contributing in absorbing energy and delaying joint falling.

Keyworlds: Concrete, Joint, Connection, Frame, Beam, Column, Moment, Diagonal bars, Building.

[*]**Associate Professor, Structural Engineering Department, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria**
[**]**Ph.D. Student, Structural Engineering Department, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.**

تقوية عقدة جائز عمود طرفية باستخدام قضبان ربط قطرية ضمن العقدة مضافة في مرحلة التنفيذ

د. علي تريكية*

وليد سليمان **

(تاريخ الإيداع 6 / 11 / 2018. قُبِل للنشر في 27/ 8 / 2019)

□ ملخّص □

يتناول البحث دراسة القوى المؤثرة على عقد الإطارات البيتونية وقوى الشد القطرية المتولدة فيها والتشققات الناتجة في العقدة بسبب القصور في التسليح العرضي.

بالإضافة لدراسة مرجعية لطريقة تدعيم العقد البيتونية بقضبان ربط قطرية مضافة في مرحلة التنفيذ، وتشمل الدراسة المرجعية عدة طرق لتوضع هذه القضبان بأقطار مختلفة، مع إمكانية استخدامها بشكل مختلط مع مركبات الألياف الكربونية لتدعيم العقد البيتونية غير المحققة.

بعد دراسة النتائج التجريبية للأبحاث السابقة، تتناول الدراسة التحليلية الخاصة بهذا البحث حالة غير واردة في الدراسة المرجعية، وهي تقوية عقدة جائز عمود طرفية مستوية غير مسلحة على القص باستخدام قضبان ربط قطرية

لنصل بنتيجة البحث إلى فعالية إضافة القضبان القطرية في زيادة مقاومة العقدة بنسب جيدة وامتصاص إجهادات الشد القطرية في بيتون العقدة وبالتالي المساهمة في صرف الطاقة وتأخير انهيار العقدة.

الكلمات المفتاحية : بيتون عقدة، وصلة، إطار، جائز، عمود، عزم، قضبان قطرية، ، بناء.

* **استاذ مساعد – قسم الهندسة الإنشائية – كلية الهندسة المدنية – جامعة تشرين – اللاذقية – سورية.**

** **طالب دكتوراه – قسم الهندسة الإنشائية – كلية الهندسة المدنية – جامعة تشرين – اللاذقية – سورية.**

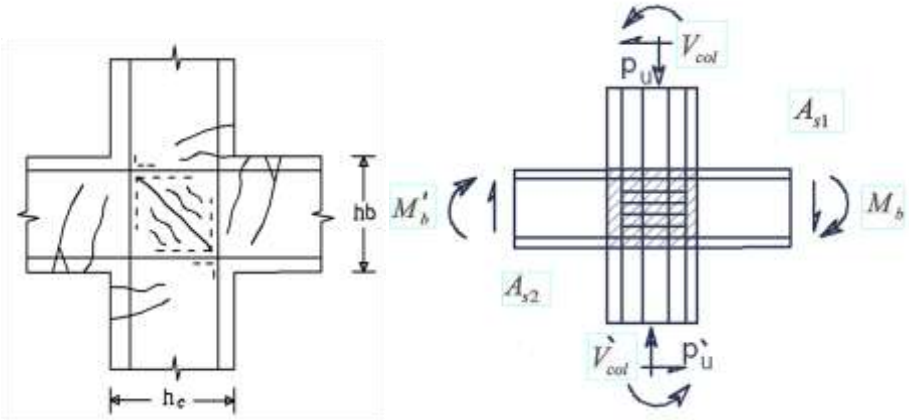
مقدمة:

إن قدرة تحمل الإطارات البيتونية المسلحة وسلوكها المرن يعتمد بشكل كبير على طريقة تسليح العقد الواصلة بين عناصر هذه الإطارات، حيث تتركز فيها الإجهادات العظمى ولاسيما إجهادات عزوم الانحناء في الجيزان والأعمدة والناتجة عن أحمال الزلازل، مما يجعلها أكثر مناطق الإطار البيتوني خطورة وإن أي خلل في سلوك هذه العقد ينعكس مباشرة على سلوك الإطار بالكامل، وبالتالي يجب أن تكون قدرة تحمل العقدة أكبر من قدرة تحمل العناصر المتصلة بها وتبدي سلوكاً مرناً عند الحالات الحدية لهذه العناصر.

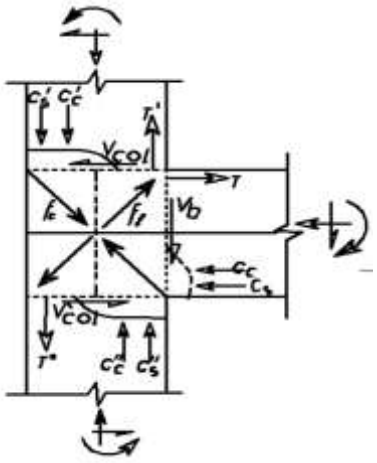
القوى المؤثرة على عقد الإطارات:

تنتقل الحمولات الزلزالية عبر العقدة، ويخضع تسليح الجيزان والأعمدة إلى شد من جهة وضغط من جهة أخرى، وتظهر بالتالي إجهادات الشد والضغط القطريين،وتصمّم عقد الإطارات البيتونية المقاومة للعزوم باعتبار تشكل مفاصل لدنة في الجائز قبل العمود. مع الأخذ بعين الاعتبار زيادة العزوم الجائزية بسبب احتمال كون اجهاد الخضوع في فولاذ التسليح أكبر من إجهاد الخضوع التصميمي، بالإضافة للإجهاد المتزايد في التسليح الطولي للجائز نتيجة التقسية، كما يجب الأخذ بعين الاعتبار تسليح البلاطة الموجود في منطقة التسليح العلوي، يوضح الشكل (1–1) القوى المنقولة إلى عقدة وسطية من العناصر المتصلة بها والتشققات الحاصلة، ويبين الشكل

(2–1) القوى المؤثرة على عقدة طرفية والقوى داخل بيتون العقدة.



شكل (1–1) القوى المنقولة إلى عقدة وسطية والتشققات الحاصلة فيها [1]



شكل (1–2) القوى المؤثرة على عقدة طرفية والقوى داخل بيتون العقدة [1]

يبين الشكل (1-3) صور لعقدتين متضررتين بتأثير حمولات زلزالية نتيجة عدم وجود تسليح قص للعقدة.

شكل (1-3) صور لعقد بيتونية متضررة نتيجة أحمال زلزالية.

طرق تدعيم المنشآت البيتونية:

يوجد العديد من طرق التدعيم القديمة والحديثة وتختلف عن بعضها حسب المواد المستخدمة وطريقة تنفيذها والغاية المطلوبة منها وفيما يلي بعض هذه الطرق:

أولاً: الطرق التقليدية [2]

- الحقن بالإيبوكسي لإصلاح تشققات البيتون المسلّح إصلاحاً إنشائياً بهدف استعادة مقاومة العنصر البيتوني .
- استبدال البيتون في المناطق المتضررة وخاصّة نتيجة صدأ حديد التسليح.
- زيادة مساحة حديد التسليح من خلال تسليح طولي يتم تثبيته في بيتون العناصر الإنشائية أو يلحم مع التسليح الطولي.
- التغليف بصفائح معدنية.
- تربيط الإطارات البيتونية بالشدّادات ما لم توجد معوقات معمارية.
- تغليف العناصر البيتونية بقمصان بيتونية يمكن استخدامها لإضافة تسليح عرضي للعقدة وهي منتشرة بكثرة كونها سهلة التنفيذ ورخيصة نسبياً ويمكن استخدامها لتقوية العقد المتضررة مسبقاً، لكنها تسبب زيادة في أبعاد العناصر وتحتاج إلى كثير من العناية لتأمين العمل المشترك بين البيتون القديم والبيتون الجديد.

ثانياً: الطرق الحديثة[3]

- التدعيم بمركبات الألياف الكربونية وتتمتع بمجموعة من الخصائص ترجح دراستها واستخدامها نذكر منها:

1. خفيفة نسبة مقاومتها كبيرة بالنسبة لوزنها، مرنة، سهلة وسريعة التركيب.
2. قليلة السماكة، خاملة كيميائيا، مقاومتها كبيرة للتحميل المتكرر، مما يجعلها ممتازة لمقاومة الأحمال الزلزالية.

- التدعيم في مناطق العقد البيتونية بقضبان ربط قطرية داخل العقد البيتونية أو خارجها وهو موضوع بحثنا.

أهمية البحث وأهدافه:

تعتمد قدرة تحمل الإطارات البيتونية وسلوكها المرن بشكل كبير على طريقة تسليح العقد الواصلة بين الجيزان والأعمدة بحيث تقاوم اجهادات الشد القطرية، وهنا تأتي أهمية البحث من خلال تقوية العقد البيتونية بقضبان تسليح قطرية

متصالبة ضمن العقدة تضاف في مرحلة التنفيذ وتمنع حصول التشققات القطرية في العقدة، وبالتالي قدرة تحمل للعقد أكبر من قدرة تحمل العناصر المتصلة بها وتبدي سلوكاً مرناً عند الحالات الحدية لهذه العناصر.

ويهدف البحث إلى تحديد التحسين المنجز في رفع كفاءة قدرة تحمل عقدة جائز عمود طرفية وزيادة الطاقة المبددة في حالة خاصة وهي احتواء العقدة على تسليح عرضي، بالإضافة لدراسة فعالية إرساء جزء من التسليح الطولي للجائز بشكل متصالب ضمن العقدة البيتونية.

طرائق البحث ومواده:

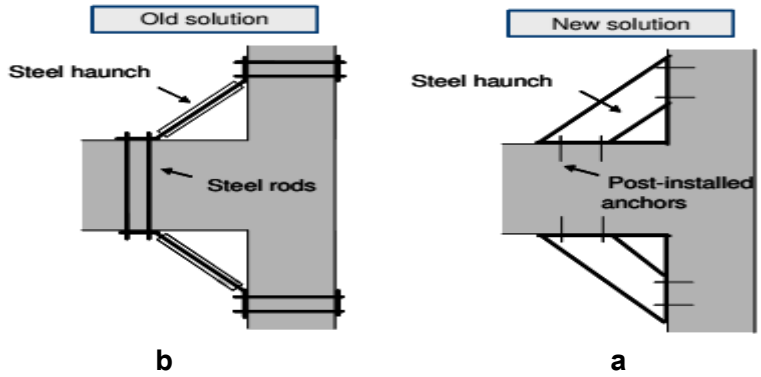
يشمل البحث دراسة مرجعية لمجموعة من الأبحاث التي درست تدعيم العقد البيتونية بقضبان قطرية منفذة ضمن بيتون العقدة أو خارجها بحيث تصل بين الجيزان والأعمدة، بالإضافة لدراسة تحليلية لعقدة جائز عمود طرفية غير مسلحة على القص، تمت نمذجتها ببرنامج ANSYS بحالتين مختلفتين بحيث تضاف القضبان القطرية في مرحلة التنفيذ في الحالة الأولى بينما تدرس الحالة الثانية إرساء جزء من التسليح الطولي للجائز بشكل قطري ضمن بيتون العقدة، تمهيداً لتحليل النتائج ومناقشتها في الخطوة اللاحقة.

الدراسات المرجعية:

التدعيم بقضبان ربط قطرية خارج العقدة:

تقوم هذه الطريقة على وصل الجيزان والأعمدة بقضبان معدنية كما هو موضح بالشكل (2-1-a) بما يحمي من الإنهيار الهش في العقدة بسبب القص ويساعد في حصول المفصل اللّدن في الجائز

تم تطوير هذه الطريقة بما يسمى طريقة هانش المعدلة (Haunch Retrofit Solution) [4]باستبدال القضبان بصفائح معدنية كما في الشكل (2-1-b)



شكل (2-1)تدعيم عقدة بيتونية بالتربيط الخارجي- aالطريقة القديمة- b الطريقة المعدلة[4].

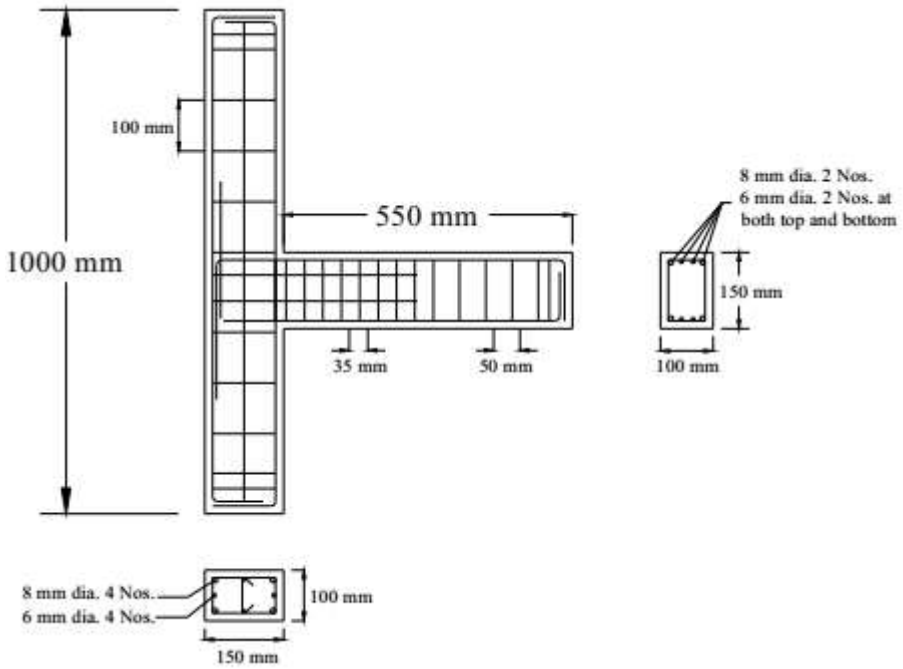
من مساوئ هذه الطريقة أنها تسبب إجهادات موضعية عند نقاط تثبيت التقوية الخارجية على بيتون الجائز والعمود

التدعيم بقضبان ربط قطرية داخل العقدة:

سنأتي على دراسة مجموعة من الأبحاث التي تناولت تدعيم العقد البيتونية بقضبان ربط قطرية داخل العقدة:

- أجرى الباحثان Bindhu,K,RJaya,K,P [5] عام 2010دراسة لمجموعتين(A,B) لنماذج عقدة جائز عمود طرفية

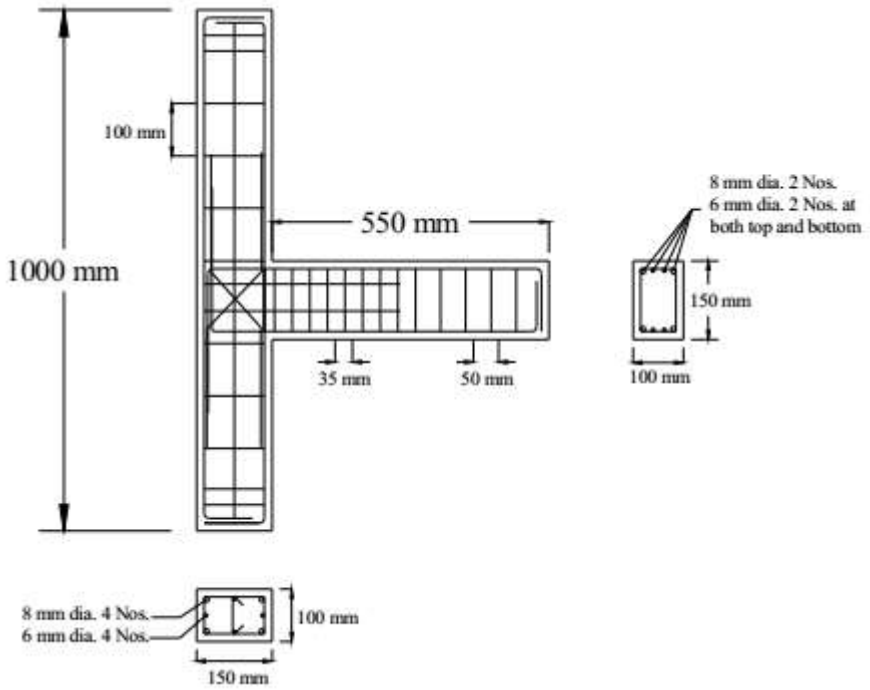
المجموعة A: تتألف من عينتين وفق الأبعاد وترتيبات التسليح الموضحة في الشكل التالي:



شكل (2-2)أبعاد وتسليح العقدة المدروسة بدون قضبان ربط قطرية [5]

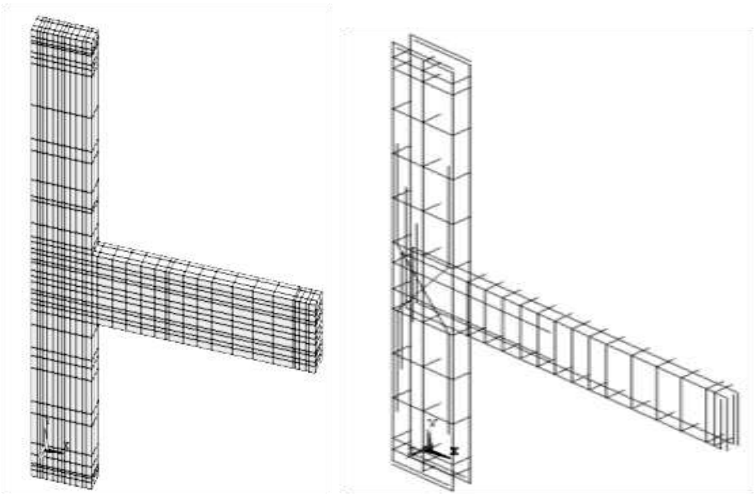
طبقت على العينة الأولى حمولة محورية على العمود تعادل 3% من قدرة تحمل العمود وتساوي 15.92KN وعلى العينة الثانية حمولة محورية تعادل 10% من قدرة التحمل وتساوي 53,06KN بالإضافة لذلك طبقت على العينتين حمولة محورية ثابتة تعادل الأحمال الشاقولية وتساوي 392.4KN ، وحمولة دورية عند نهاية الجائز.

المجموعة B: تتألف من عينتين تخضعان لنفس ترتيبات التحميل الموجودة في المجموعة A مع فرق واحد هو وجود زوجين من قضبان إضافية قطر 8mm متصالبة في مستويين ضمن العقدة ويتم إرساؤها ضمن العمود بطول 20سم وفق الشكل التالي:



شكل (2-3) أبعاد وتسليح العقدة المدروسة مع قضبان ربط قطرية [5]

وقام الباحثون بنمذجة ودراسة العينات الأربعة للعقدة الطرفية ببرنامج ANSYS بحيث تمت نمذجة نصف المقطع البيتوني فقط مع مراعاة الشروط الطرفية مع النصف الآخر كما هو موضح في الشكل التالي:



شكل (2-4)نمذجة قضبان التسليح وبيتون العقدة ببرنامج ANSYS[5]

توصل الباحثان إلى النتائج التالية:

- أبدت النماذج التي تحوي تسليح قطري ضمن العقدة أداءً أفضل وقدرة تحمل أكبر وتشققات أقل في منطقة العقدة، وانهارت كل النماذج بظهور تشققات على الوجه الداخلي للوصلة بين الجائز والعمود.
- بقيت منطقة العقدة البيتونية للنماذج B خالية من التشققات باستثناء بعض الخطوط الشعرية بما يثبت امتلاك العقدة لقدرة تحمل كافية لمقاومة قوى القص.

- سبب التسليح القطري للعقدة تحسناً في المطاوعة وزيادة في قدرة العقدة على تبديد الطاقة وزيادة كبيرة في الإزاحة النهائية.
- أظهرت الدراسة التحليلية ببرنامج ANSYS أن إضافة القضبان القطرية يزيد قدرة التحمل النهائية للعقدة ويزيد المطاوعة بحالتي الحمولة المحورية المنخفضة والمرتفعة للعمود.

ناقش البحث حالة إرساء القضبان في العمود فقط دون الجائز ولم يبحث حالة عدم وجود تسليح قص للعقدة.

ـ أجرى الباحثون Xilin Lu، Tonny H. Urukap، SenLiandFangshu Lin [6]في العام 2012 بحثاً تجريبياً بعنوان " السلوك الزلزالي لوصلة جائز عمود بيتونية وسطية مسلحة بقضبان اضافية تحت تأثير حمولة دورية "

البرنامج التجريبي للبحث: تناول البرنامج التجريبي السلوك الزلزالي لعقد جائز عمود وسطية نموذجية تحت تأثير حمولات دورية تحاكي الحمولات الزلزالية ، وإجراء مقارنات بين عقد تقليدية وعقد مع قضبان قطرية مضافة ضمن العمود وعقد بقضبان قطرية مضافة ضمن الجائز وعقد بقضبان مستقيمة مضافة ضمن العمود، وتم تحضير عشر عينات مع اعتبار مبدأ العمود القوي والجائز الضعيف وتمت دراسة حمولة الإنهيار الحرجة للعقدة، المطاوعة، سلوك العقدة، وتبديد الطاقة .

تفاصيل النماذج التجريبية: إن عرض الجائز في كل النماذج التجريبية يساوي 250mm وارتفاعه 400mm وأبعاد العمود 40mm*40mm الطول الكلي للجائز يساوي الطول الكلي للعمود 3500mm وتقسم العينات التجريبية ضمن أربعة مجموعات.

– المجموعة الأولى (Group I):وتمثل التصميم التقليدي وفقا للكود الصيني وتحتوي أربع عينات تختلف عن بعضها بعدد قضبان التسليح الطولية للعمود وأقطار هذه القضبان.

– المجموعة الثانية (Group II):تصميم جديد مع احترام الإشتراطات الزلزالية للكود وتحتوي ثلاث عينات، تختلف عن المجموعة السابقة بوجود قضبان تسليح اضافية توضع بشكل قطري ويتم ارساؤها في العمود بطول ارساء 400mm بعد التسليح الطولي للجائز. إحدى العينات الثلاثة لاتملك تسليحاً عرضياً بمنطقة العقدة بينما تحتوي العقدتين الباقيتين تسليحاً عرضياً بمنطقة العقدة وتختلف بأقطار قضبان التسليح العرضية المضافة.

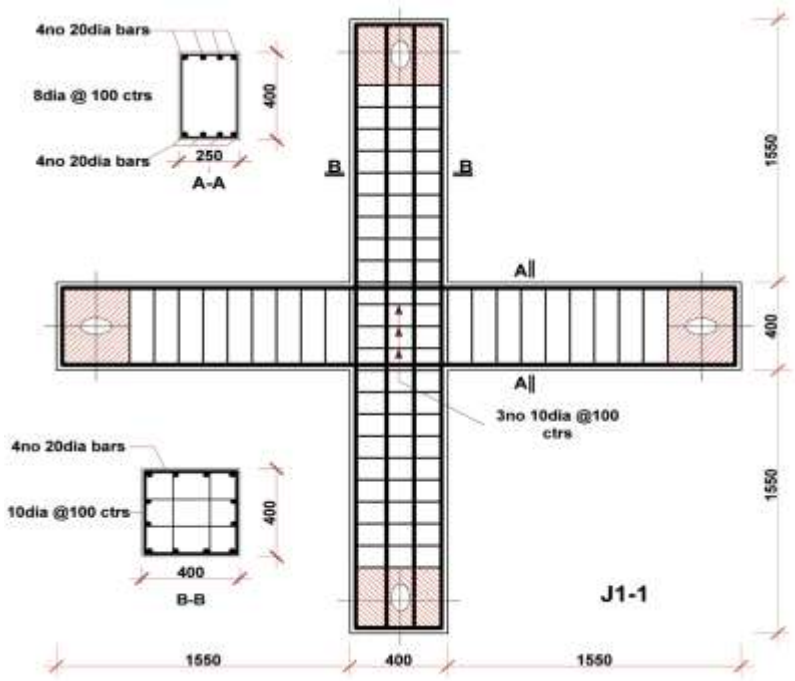
– المجموعة الثالثة (Group III):

تصميم جديد وترتيبات تسليح مختلفة، وتحتوي المجموعة عينتين بنفس تفاصيل التسليح في المجموعة الثانية ولكن في هذه المجموعة تم ارساء القضبان الإضافية في الجائز بدل العمود.

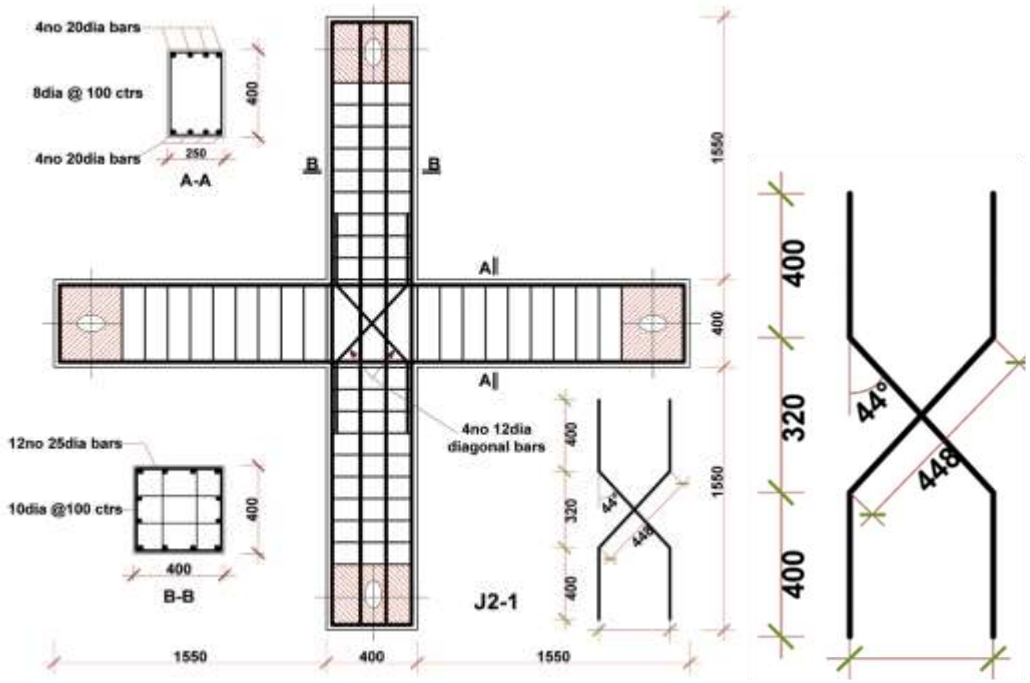
يتم إرساء القضبان المضافة في عقد هذه المجموعة ضمن الجائز وتزيد بالتالي النسبة المئوية للتسليح الطولي في الجائز لذلك نقوم بتجريب هذا النوع من التسليح في بحثنا تحت تأثير حمولة جانبية مع إرساء القضبان المضافة في العمود.

– المجموعة الرابعة (Group IV):

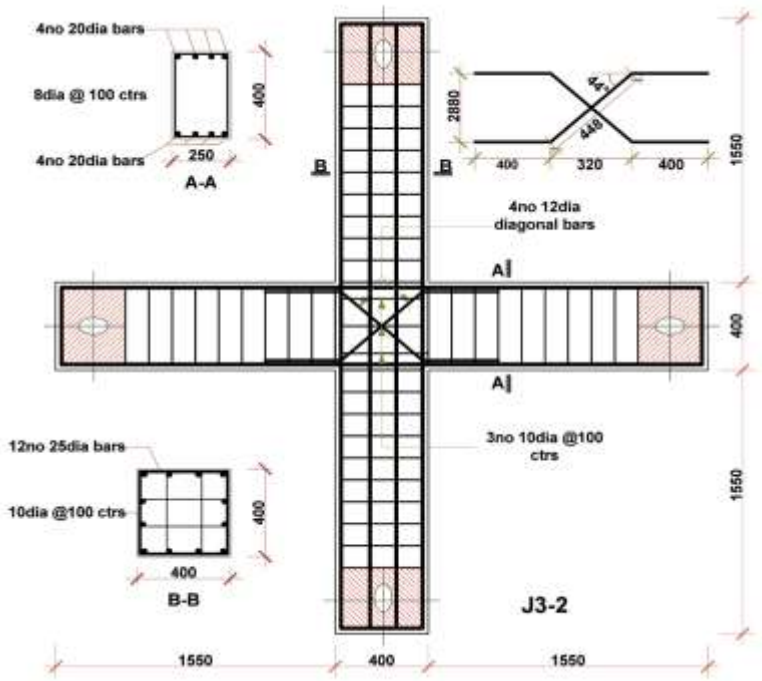
تتضمن هذه المجموعة نموذجاً وحيدا فيه قضبان التسليح الأفقية والشاقولية مطابقة للعينة الأولى من المجموعة الأولى ويوجد بالإضافة لذلك في منطقة العقدة ثلاث أتاري من قضبان ملساء بقطر 10mm وقضبان مضافة مستقيمة بقطر 12mm موضوعة بشكل شاقولي متعاكس بالنسبة لمركز التسليح الطولي للعمود، ويتم ارساء القضبان بطول 400mm ضمن العمود بعد بيتون العقدة، وتوضح الأشكال التالية أبعاد وتسليح نماذج المجموعات الأربعة.



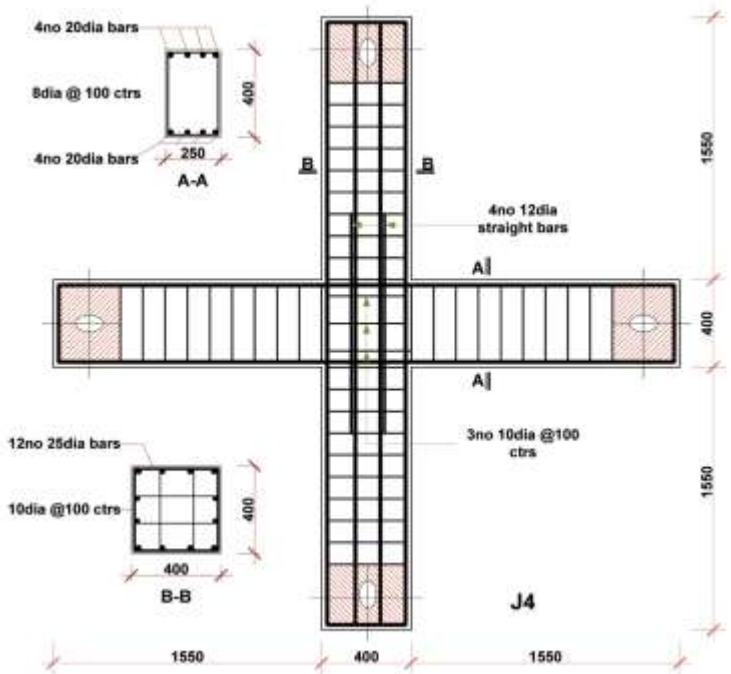
شكل (2–5) أبعاد وتسليح نماذج العقد المدروسة للمجموعة الأولى [6]



شكل (2–6) أبعاد وتسليح نماذج العقد المدروسة للمجموعة الثانية مع تفصيلة القضبان القطرية [6]

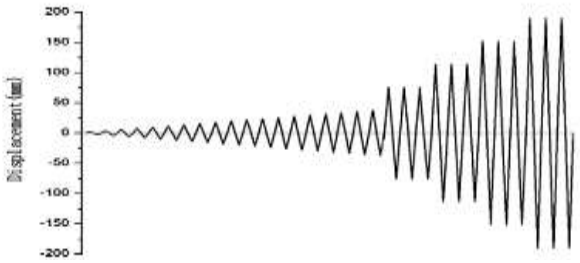


شكل (2–7) أبعاد وتسليح نماذج العقد المدروسة للمجموعة الثالثة [6]



شكل (2–8) أبعاد وتسليح نماذج العقد المدروسة للمجموعة الرابعة [6]

الحمولة التجريبية:



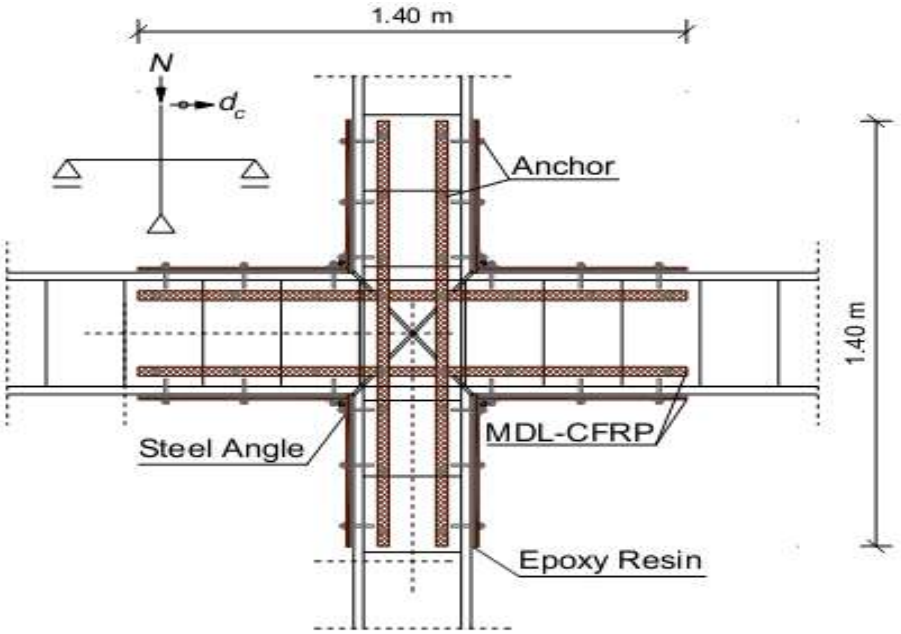
شكل (2-9)مخطط الحمولة الدورية [6]

درس الباحثون مخططات القوة- الانتقال وقوة القص والمطاوعة وتغير الصلابة، والإجهادات في قضبان التسليح.
توصل الباحثون من خلال مقارنة النتائج التجريبية لجميع العينات من حيث: انتشار التشققات، وقوة القص في العقدة، صلابة الإطار و التشوه الحاصل في منطقة العقدة، إلى النتائج التالية:

- دقة التصميم التقليدي لنماذج المجموعة الأولى.
- من أجل النماذج بدون أساور أصبحت التشققات هشة عند الوصول إلى 75% من قدرة تحمل العقدة على القص، وهذا ما يبين أهمية حصر بيتون العقدة، كما توصي معظم الكودات العالمية، ومن الواضح أن هذه العقد غير مقبولة لحالة الجمل المقاومة للزلازل أو المقاومة للحمولات الشاقولية.
- يعطي النموذج المدروس في المجموعة الرابعة انهياراً آمناً إلى حد معقول بالمقارنة مع نماذج المجموعة الأولى كما أن مراقبة التشققات أشارت إلى تشكل مفصل لدن بشكل واضح في الجائز ومطاوعة أعظمية لهذا النموذج، وأثبت تصميم النموذج أنه مناسب لزيادة مقاومة العقدة على القص وزيادة القدرة على التشوه في الإطارات المقاومة للعزوم.
- تمنع إضافة القضبان القطرية في العقدة حصول التشققات عند وجه العقدة بين العمود والجائز، علاوة على ذلك أثبتت أن قدرة التحمل لهذه النماذج كانت أكبر بعض الشيء من قدرة التحمل لنماذج المقارنة الموجودة في المجموعة الأولى.
- النماذج بقضبان مضافة تملك مقاومة كافية عند قوة القص الأعظمية المطبقة كما هو واضح في نماذج المجموعتين الثانية والرابعة.
- يعطي ارساء القضبان المضافة قوة اضافية للعنصر الذي يتم الإرساء ضمنه أي أن ارساء القضبان ضمن الجائز يعطي قوة اضافية للجائز كما أن ارساءها ضمن العمود يعطي قوة اضافية للعمود
- ناقش البحث حالة العقدة الوسطية حيث يوجد استمرارية للجائز والعمود بما يسمح بدراسة إرساء القضبان بشكل كامل ضمن الجائز أو ضمن العمود، كما قام بدراسة حالة عدم وجود تسليح القص عند إرساء القضبان في العمود فقط.

تعتمد كل الأبحاث السابقة على إضافة القضبان القطرية في مرحلة التنفيذ لكن تدعيم العقد المنفذة سابقا وخصوصاً المتضررة منها يحتاج إلى طريقة لإضافة هذه القضبان وتثبيتها بشكل فعال وهذا ما سنناقشه في البحث التالي.

- يقترح الباحثون .COELHO,M,F; FERNANDES,P; SENA CRUZ,J; BARROS,J,O[7] في البحث المنجز عام2011بعنوان " التقوية الزلزالية لعقدة جائز عمود باستخدام (mdl-cfrp) "طريقة مبتكرة وفعالة تشمل على تثبيت قضبان ربط قطرية ضمن العقدة يتم تثبيتها إلى زوايا معدنية عند زوايا العقدة، بالإضافة لأشرطة ألياف كربونية mdl-cfrp (Multidirectional Laminate of Carbon Fibre Reinforced Polymer) وفق تقنية التدعيم المثبت باللاصق والبراغي MF-EBR (Mechanically Fastened and Externally Bonded Reinforcement) ويقوم البرنامج التجريبي للبحث على تحميل عقدة وسطية حتى ظهور التشققات ووصول العقدة إلى مرحلة ماقبل الإنهيار ومن ثم ترميم هذه العقدة من خلال إغلاق التشققات بالإيبوكسي والتدعيم بأشرطة الألياف الكلربونية والقضبان القطرية وتطبيق حمولة دورية متزايدة ويبين الشكل (2-10) طريقة التدعيم المذكورة.



الشكل (2-10)طريقة التقوية باستخدام MDL-CFRP[7]

توصل الباحثون للنتيجة التالية:

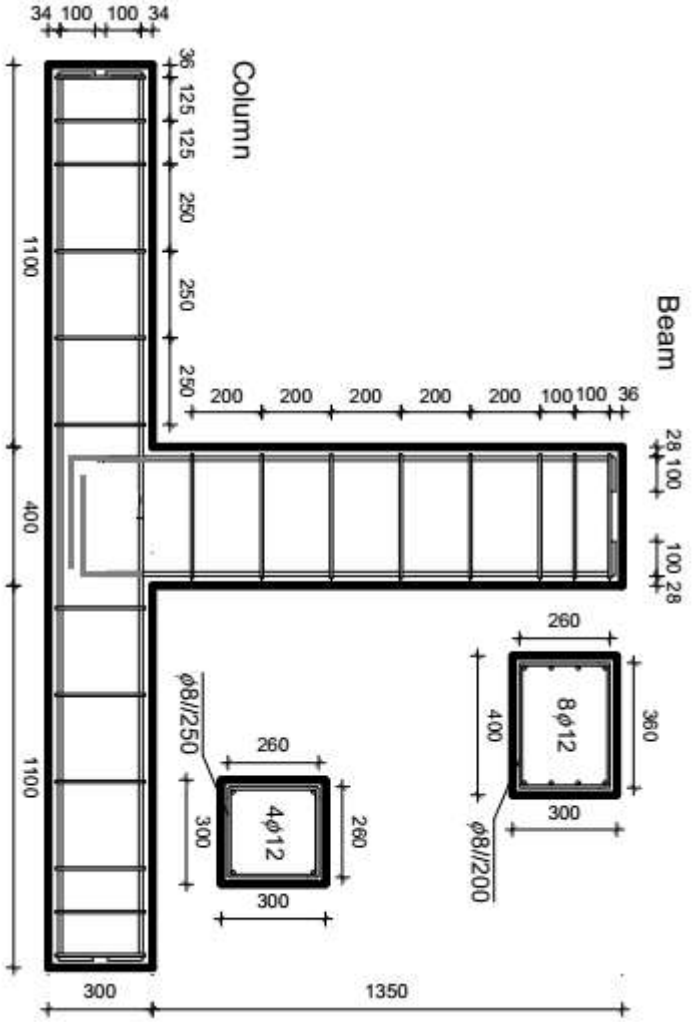
بشكل عام يمكن القول أن طريقة التدعيم المشترك بالقضبان القطرية وأشرطة الألياف الكربونية كافية لإستعادة الخواص الأولية للعقد المتضررة ولايمكن معرفة التقوية والتحسين الحقيقي المنجز إلا بالقيام بأبحاث على عقد سليمة غير مخربة.

بالتالي فإن طريقة التدعيم بالقضبان القطرية فعالة ومجدية ويمكن إستخدامها بشكل مشترك مع تقنيات تدعيم أخرى مثل التدعيم بمركبات الألياف الكربونية للحصول على نتائج أفضل.

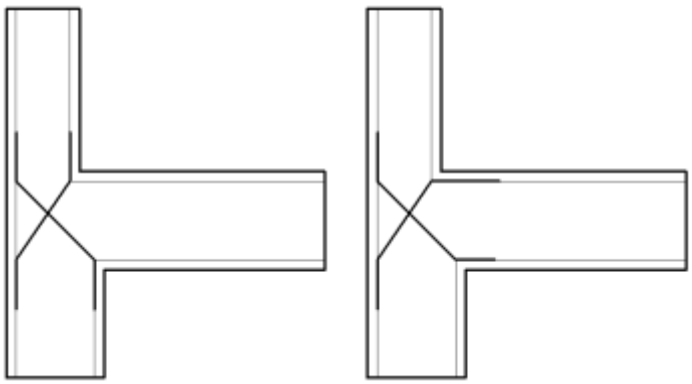
الدراسة التحليلية:

نلاحظ من خلال الدراسات السابقة أنها قامت بدراسة نماذج لعقدة جائز عمود تحوي تسليح عرضي في منطقة العقدة، لذلك سنقوم بدراسة تحليلية لعقدة جائز عمود لاتحوي تسليح عرضي في العقدة وقمنا باختيارها من المرجع [8] مع فرق واحد أن قضبان التسليح الرئيسي للجائز مستمرة ضمن بيتون العمود دون إنحناء ويوضح الشكل (1-3) العقدة

المدروسة، ولايشمل البحث الحالي دراسة تغير مقطع العمود قبل العقدة وبعدها،ويمكن أن يتم تنفيذ تاقضبان القطرية في تلك الحالة كما هو موضح في الشكل (3-2)



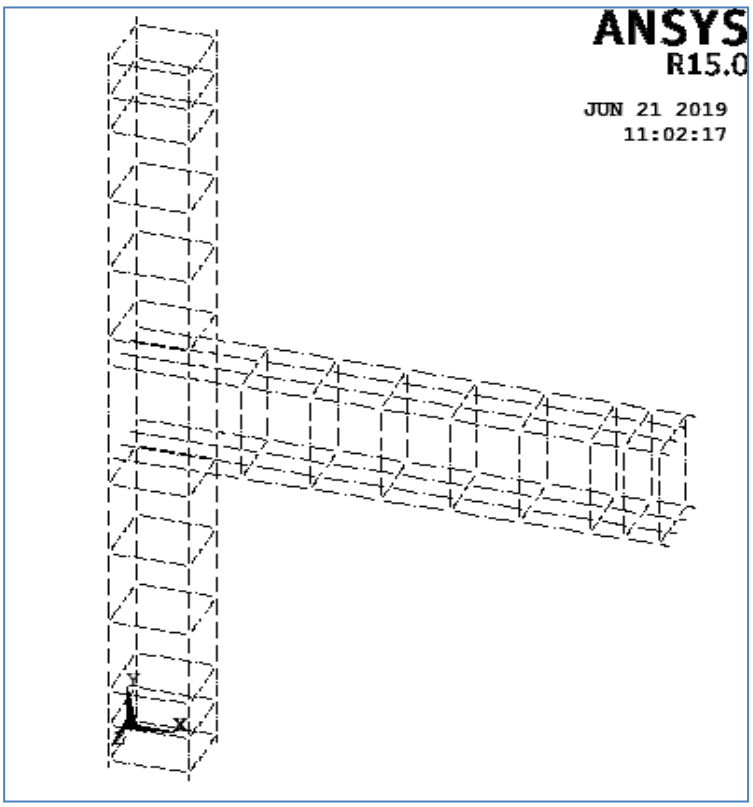
شكل (3-1)نموذج العقدة المدروسة في الدراسة التحليلية [8]



شكل (3-2)طريقة تنفيذ القضبان القطرية بحالة تغير مقطع العمود [8]

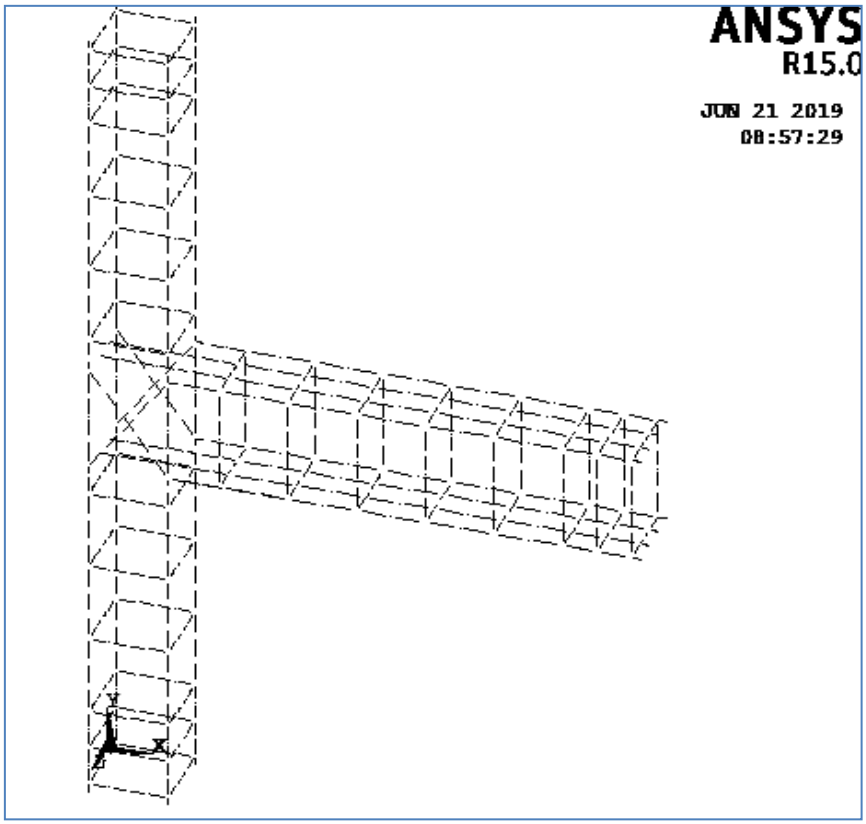
تشمل الدراسة التحليلية دراسة ثلاثة نماذج للعقدة المذكورة (A,B,C)باستخدام برنامج ANSYS حيث تم إخضاعها لحمولة ستاتيكية متزايدة بشكل متوافق مع الزمن بحيث يساوي الزمن في كل لحظة قيمة القوة المطبقة بالنيوتن ويتم ضبط ذلك ضمن إعدادات التحليل كخيار متاح ضمن البرنامج، وتطبق القوة بشكل شاقولي عند نهاية الجائز، وندرس حمولة الإنهيار لكل نموذج والتشققات الناتجة، واعتمدنا في عملية النمذجة على المرجع[9] *Structural Analysis Guide*.

نموذجA: نفس الشكل السابق ويترك للمقارنة، ويوضح الشكل (3-3) قضبان التسليح الكلية للنموذج.

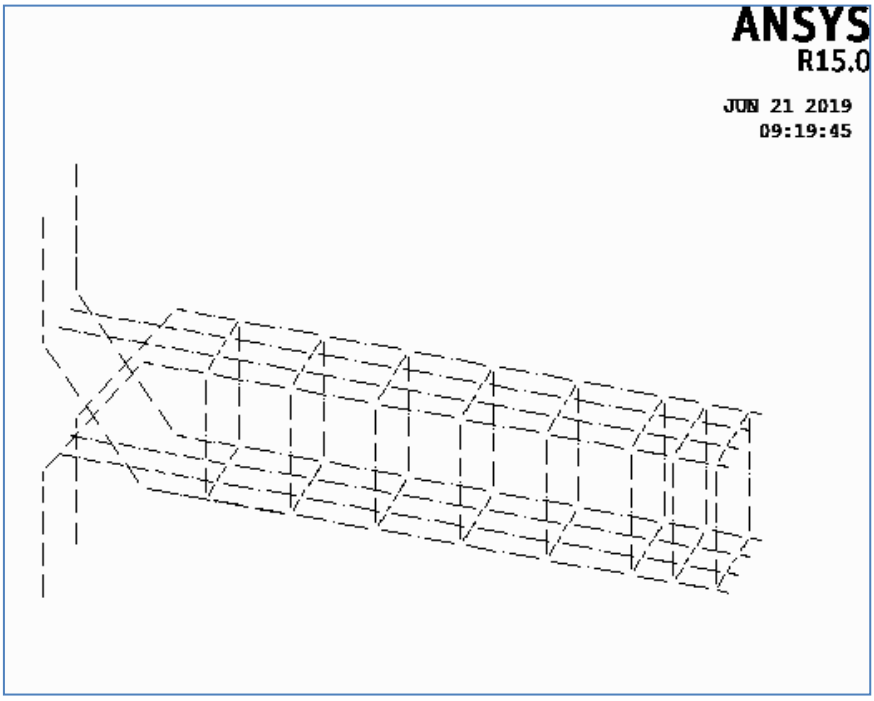


شكل (3-3)نمذجة قضبان التسليح للنموذج A.

نموذجB: نفس العينة A مع فرق واحد هو أن قضبان التسليح الرئيسي الأربعة الموجودة على زوايا مقطع الجائز تم إرساؤها بشكل قطري ضمن العقدة عوضاً من استمرارها بشكل مستقيم ويوضح الشكل (3-4)تسليح النموذج بالكامل بينما يوضح الشكل (3-5) قضبان تسليح الجائز مع طريقة إرساء القضبان الركنية.

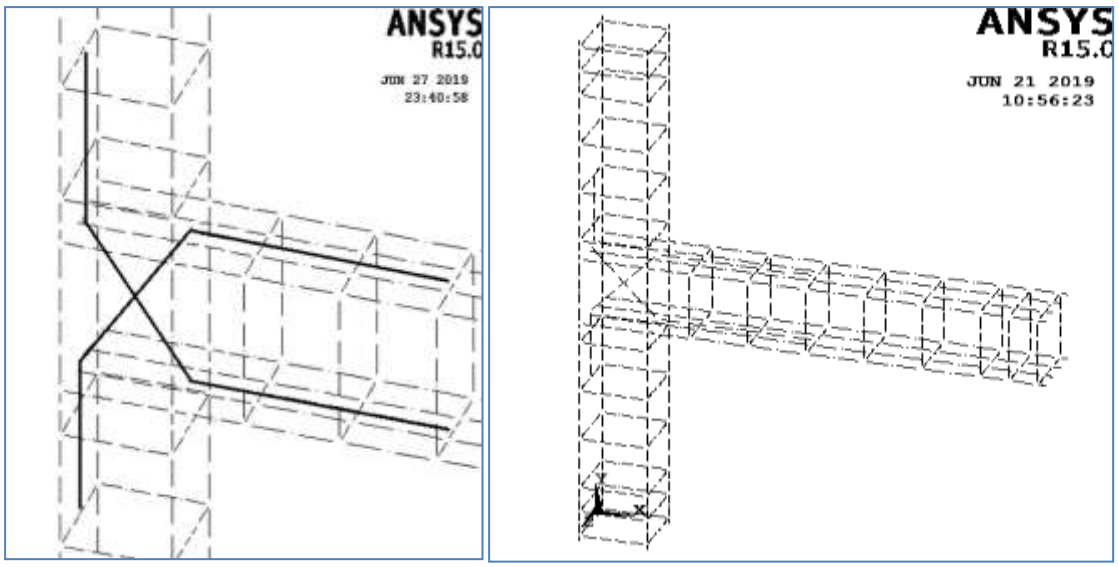


شكل (3-4) نمذجة قضبان التسليح للنموذجB.



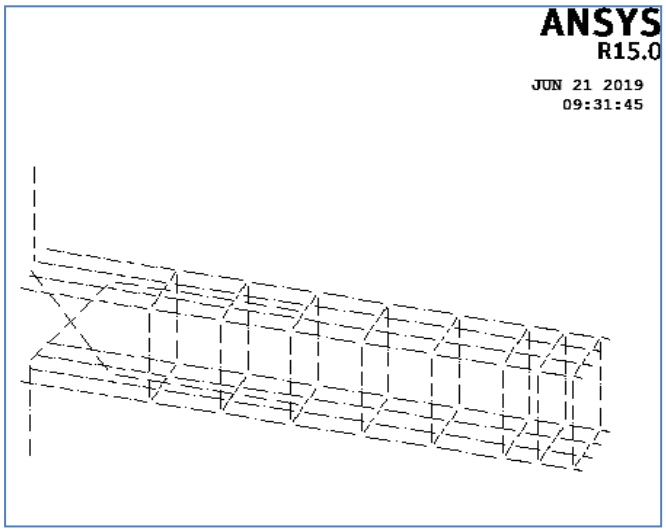
شكل (3-5)نمذجة تسليح الجائز مع قضبان الربط القطرية للنموذج B.

نموذجC: نفس العينة A مع إضافة قضيبين قطر 12mm لتسليح الجائز يتم إرساؤها بشكل قطري ضمن بيتون العقدة، ويوضح الشكل (3-6) تسليح النموذج بالكامل مع توضيح لمكان توضع القضبان القطرية بينما يوضح الشكل (3-7) قضبان تسليح الجائز مع طريقة إرساء القضبان القطرية.



شكل (3-6) نمذجة قضبان التسليح للنموذج C.

وتبلغ نسبة التسليح في العقدة في المقطع الشاقولي 0.914% وفي المقطع الأفقي 0.75% بما لا يعيق صب البيتون وتنفيذ العقدة بشكل جيد، وتمثل هذه العقدة نموذجاً غير مطابق لشروط كودات البناء ويحتاج إلى تقوية، لبيان كفاءة القضبان القطرية بحالة غياب تسليح القص في العقدة.

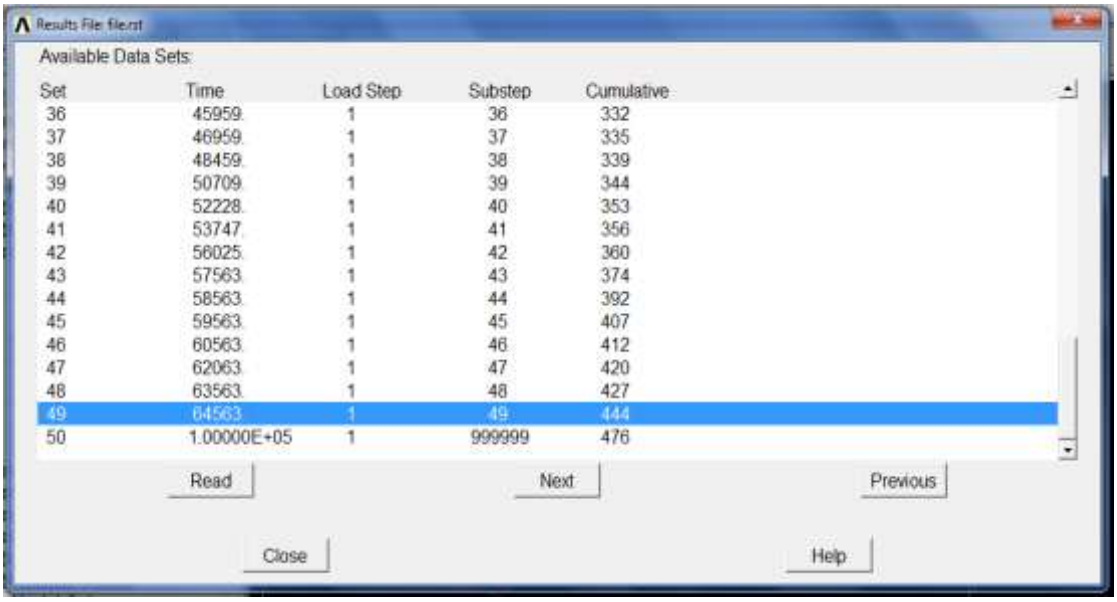


شكل (3-7) نمذجة تسليح الجائز مع قضبان الربط القطرية للنموذج C.

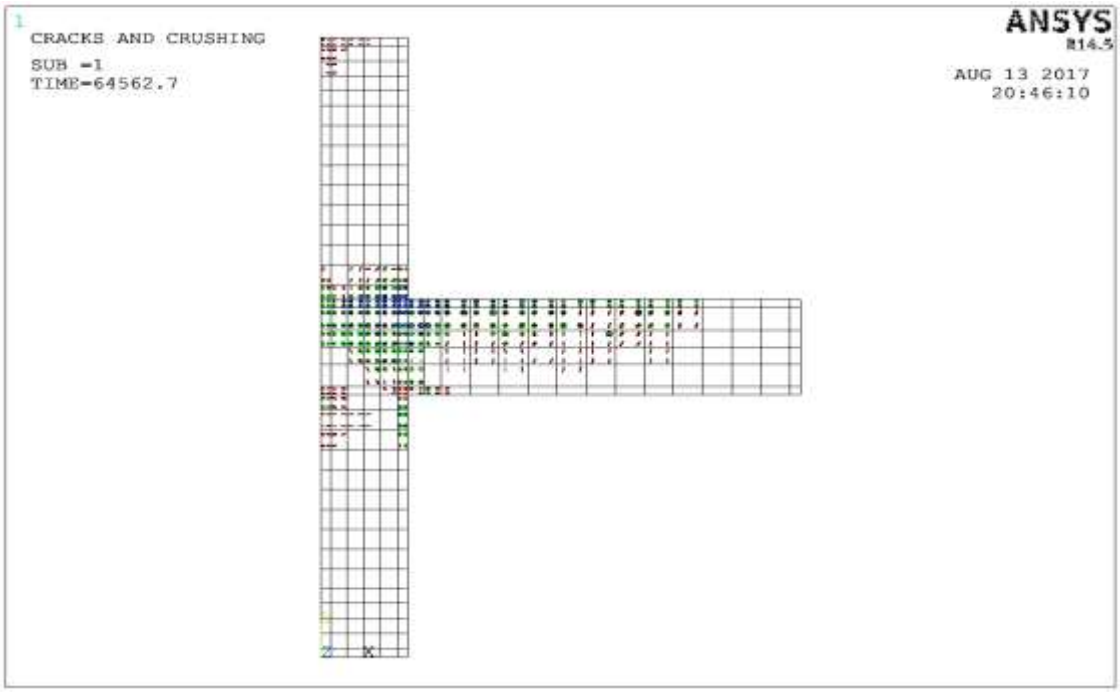
النتائج والمناقشة:

قمنا بتطبيق حمولة شاقولية ستاتيكية متزايدة عند نهاية الجائز في النماذج الثلاثة السابقة حتى انهيارها، مع استخراج قدرة التحمل الأعظمية لكل نموذج والتشققات الناتجة وموقع المفصل اللدن المتشكل.

نموذج A: قمنا باستخراج الحمولة النهائية قبل الإنهيار في برنامج أنسيز من جدول الحمولات الذي يوضح تغير الحمولة المطابق لتغير الزمن مع مراحل وخطوات التحميل كما هو مبين في الشكل (4-1) وقيمتها 64.563 KN كما يعطي البرنامج التشققات في النموذج المدروس كما هو مبين في الشكل (4-2).



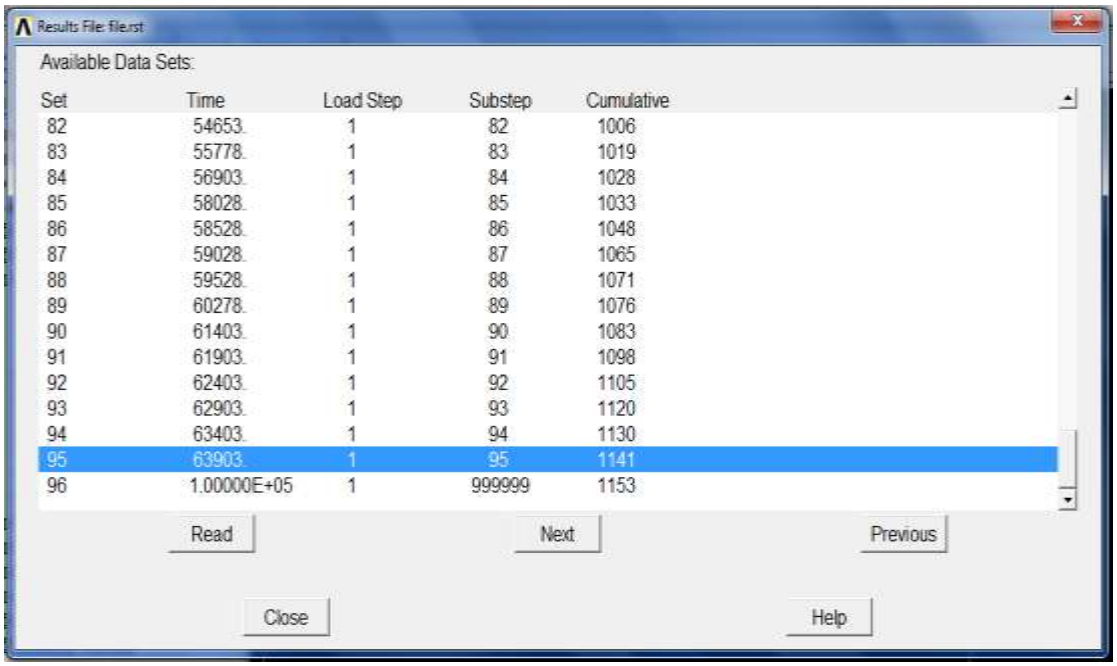
شكل (4-1)الحمولة الحدية للنموذج A .



شكل (4-2)التشققات في النموذج A .

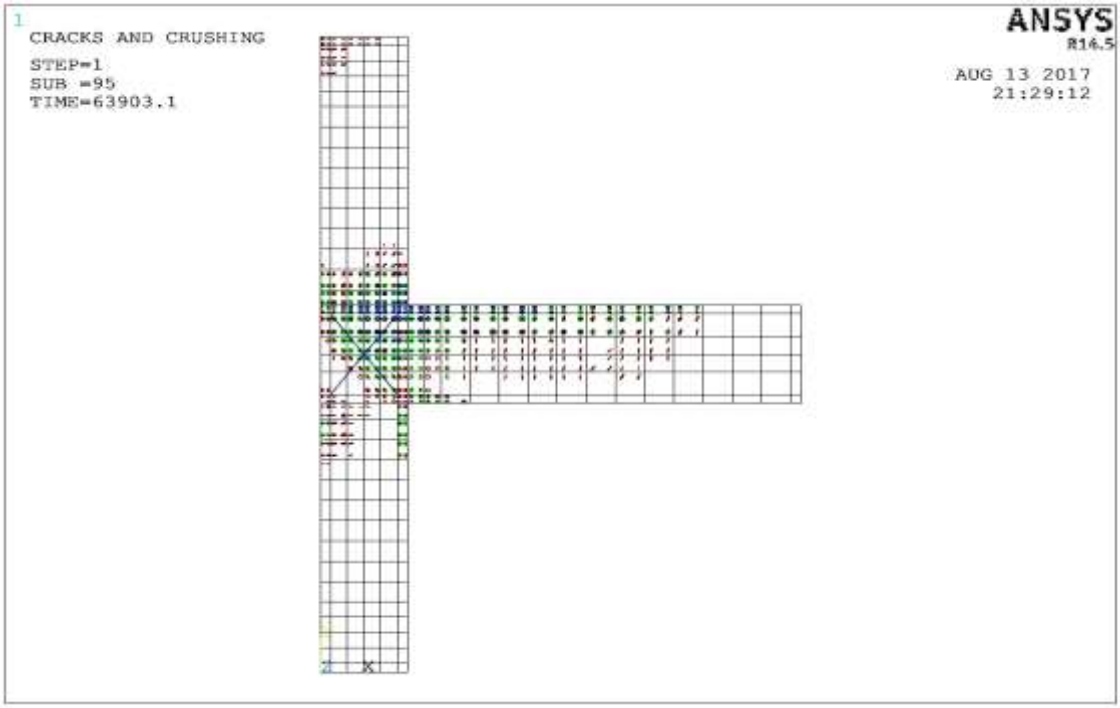
نموذج B:

نلاحظ من جدول الحمولات في برنامج ANSYS شكل (4-3) أن مقدار الحمولة النهائية قبل الإنهيار 63.903 KN أي أنها أصبحت أقل بفارق بسيط، منقدرة تحمل النموذج A.



شكل (4-3) الحمولة الحدية للنموذج B .

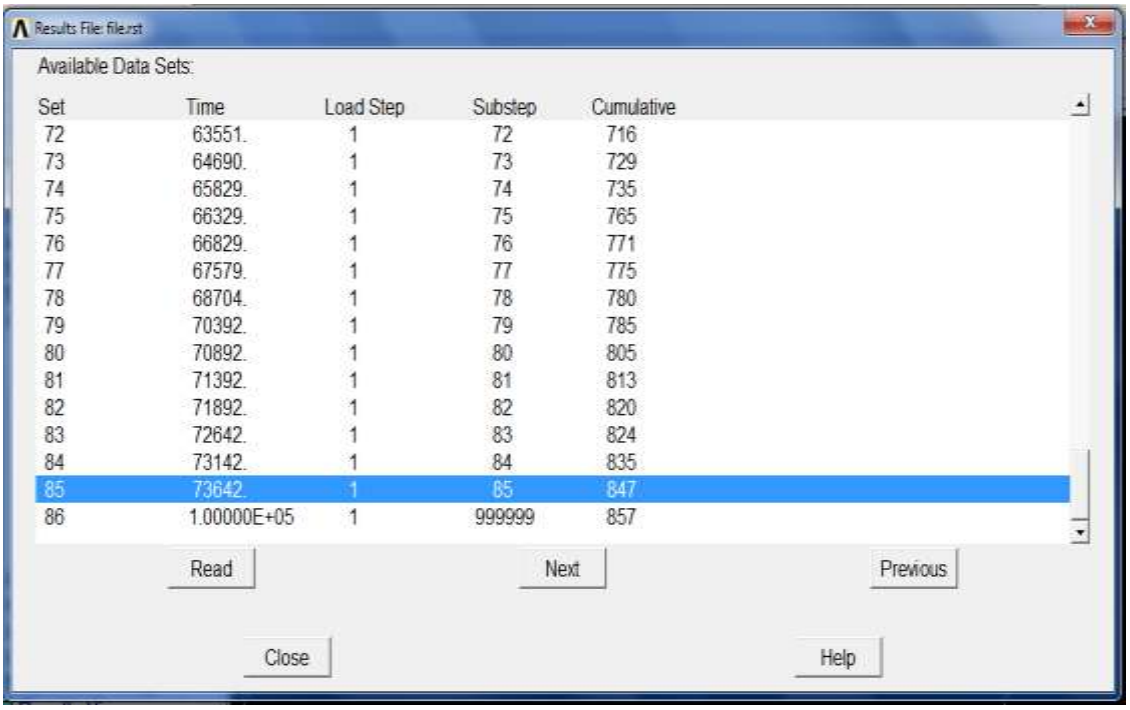
ويوضح الشكل (4-4) التشققات في النموذج B .



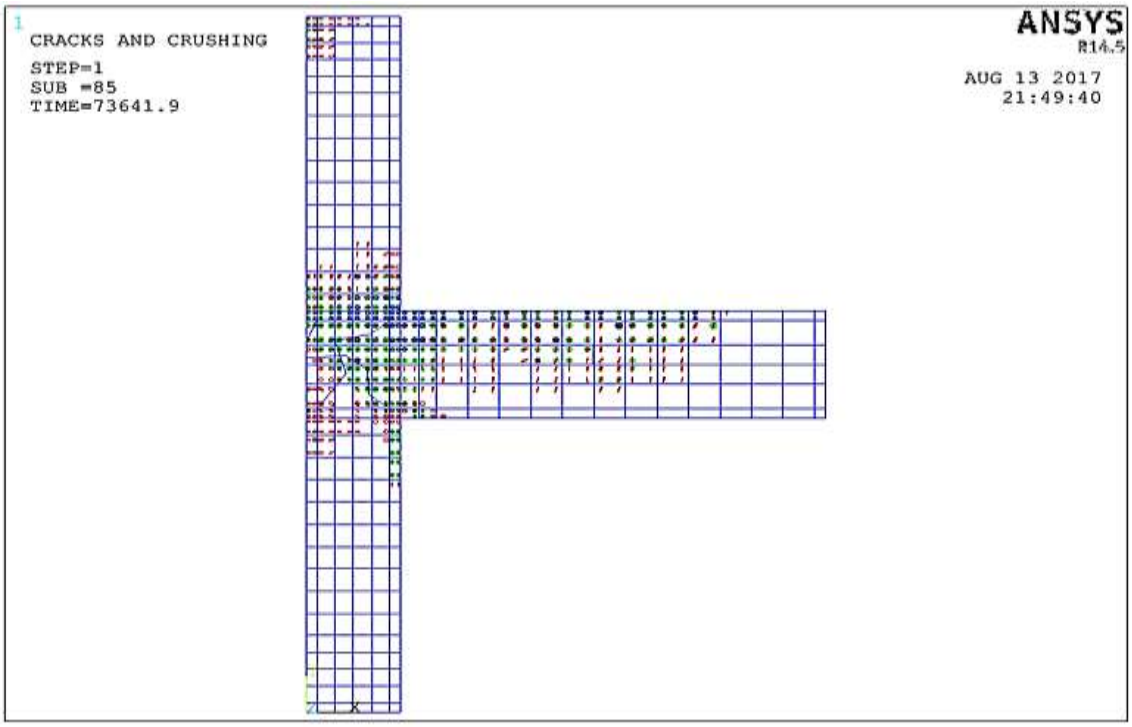
شكل (4-4) التشققات في النموذج B .

نموذج C:

أوضحت الدراسة التحليلية تحسناً واضحا في قدرة تحمل النموذج C نتيجة إضافة قضبان الربط القطرية حيث أصبحت قدرة تحمل الوصلة 73.642 KN كما يوضحه الشكل (4-5) مع انتشار أوسع لمنطقة التشققات كما في الشكل (4-6).

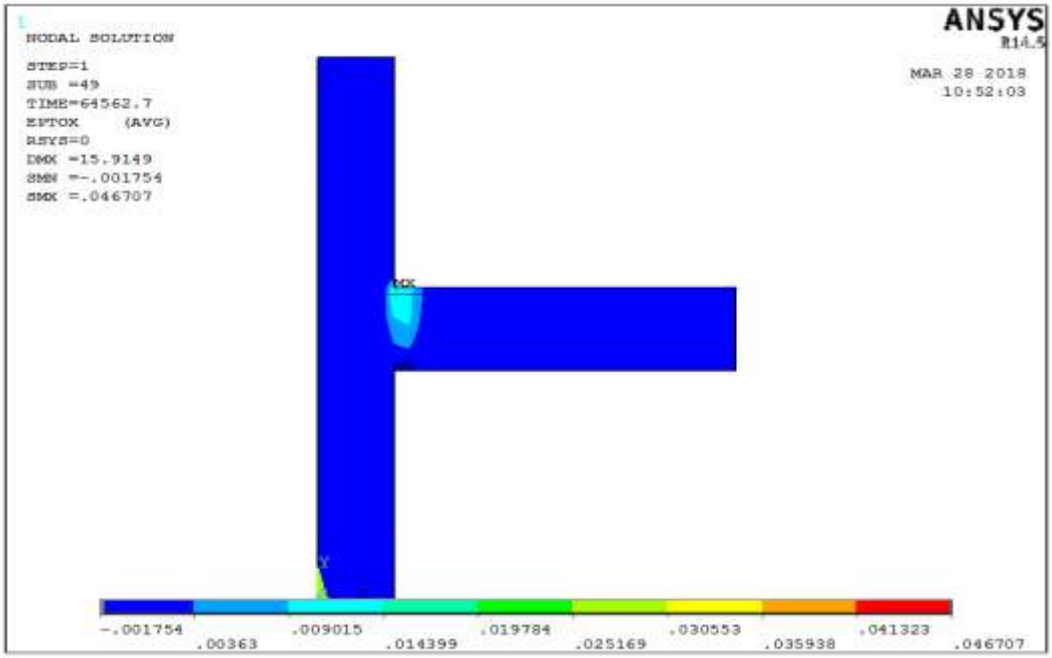


شكل (4-5) الحمولة الحدية للنموذج C .

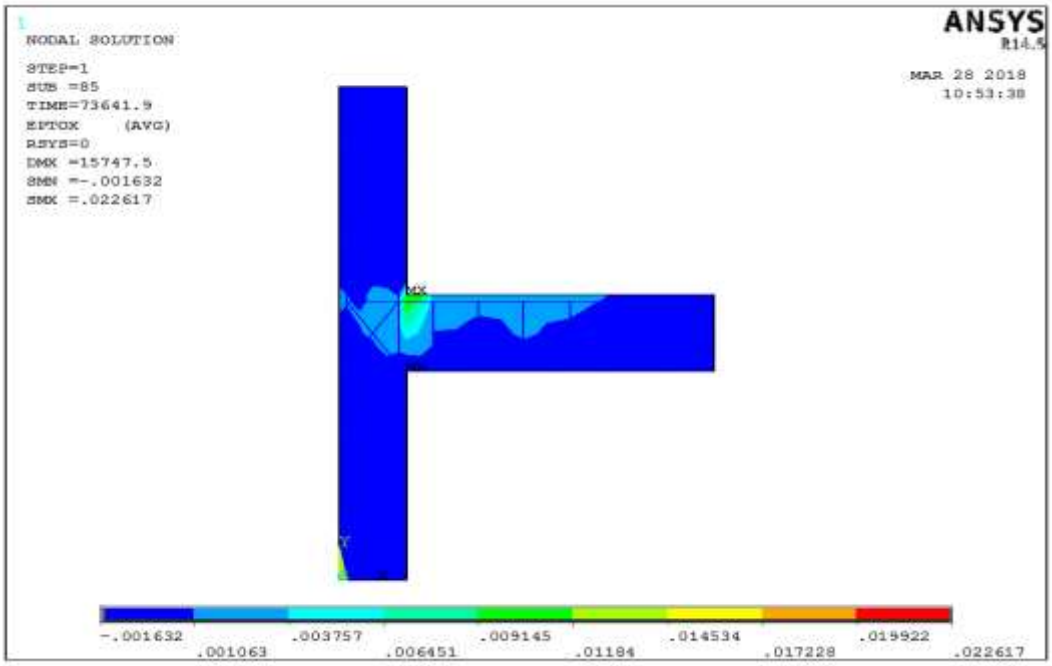


شكل (4-6) التشققات في النموذج C .

وفيما يلي مقارنة بين مخططات التشوهات الكلية بإتجاه XX- component of total mechanical strain للنموذجين C,Aفي الشكل (4-7) والشكل (4-8) على الترتيب، ويظهر على المخططات موقع تشكل المفصل اللدن، ونلاحظ من خلال المقارنة تلدن مساحة أكبر من مقطع الوصلة في النموذج C بالمقارنة مع النموذجA وبالتالي تبديد كمية أكبر من الطاقة مع الحفاظ على موقع تشكل المفصل اللدن في الجائز.



شكل (4-7) التشوهات والمفصل اللدن في النموذج A



شكل (4-8) التشوهات والمفصل اللدن في النموذج C

الاستنتاجات والتوصيات:

توصلنا من خلال الدراسة التحليلية في هذا البحث إلى النتائج التالية:

- إن إضافة قضيبي تسليح قطريين متصالبين ضمن العقدة يتم إرساؤها في بيتون العمود بعمق إرساء 50cm وفي بيتون الجائز من الجهة الأخرى بعمق 30cm يحقق زيادة في الحمولة النهائية للعقدة بنسبة 14% بما يشكل زيادة فعالة خاصة بحالة زيادة عدد هذه القضبان أو زيادة أقطارها.
- لايسبب تحويل قضبان التسليح الرئيسية إلى قطرية في منطقة العقدة أي زيادة في قدرة تحمل العقدة لأنه يساهم في مقاومة إجهادات القص لكنه يحول جزء من تسليح العقدة إلى تسليح متمفصل في العقدة.
- ساهمت إضافة القضبان القطرية في توسع منطقة إنتشار التشققات وبالتالي زيادة الطاقة المبددة في العقدة.
- تبين الدراسة التحليلية حصول تشوه في القضبان القطرية المضافة وبالتالي إمتصاصها للطاقة ومساهمتها في تأخير إنهيار العقدة وتحملها لقوة إضافية.

المراجع:

[1] م. رانيا يوسف الشيخ ،"*مساهمة في دراسة سلوك عقد الإطارات البيتونية المسلحة تحت تأثير حمولات زلزالية*"رسالة ماجستير في الهندسة الإنشائية، جامعة تشرين، سوريا، 2010م.

[2]أ.د شريف أبو المجد؛ أ.د عمرو سلامة؛ أ.م.د منير كمال؛ أ.م.د شادية نجا الإبياري ،"*تصدع المنشآت الخرسانية وطرق إصلاحها*"دار النشر للجامعات المصرية، مصر، 1992م.

[3] "*Handbook on sesmic retrofit of building*", Central public works department&Indian building congress, April 2007.

[4] SHARMA,A; GENESIO,G; REDDY,G,R; ELIGEHSUSEN,R; PAMPANIN,S; VAZE,K,K.*" Experimental investigations on seismic retrofitting of reinforced concrete beam column joints".* 14thSymposium on Earthquake Engineering Indian Institute of Technology, Roorkee,December 17-19, 2010.

[5]BINDHU,K,R; JAYA,K,P"*Strength and behaviuor of exterior beam column joints with diagonal cross bracing bars*". Asian journal of civil engineering, (Building and housing) Vol. 11, NO. 3 (2010), Pages 397-410.

[6] XILIN LU; URUKAP,T,H; SEN LI; FANGSHU LIN." *Seismic behavior of interior RC beam-column joints withadditional bars under cyclic loading*". Earthquakes and Structures, Vol. 3, No. 1 (2012) 37-57 37.

[7] COELHO,M,F; FERNANDES,P; SENA-CRUZ,J; BARROS,J,O." *Seismic strengthening of beam-column joints with multi-directional CFRP laminates*". University of Minho, April 2011.

[8] COELHO,M; FERNANDES,P; SENA-CRUZ,J; BARROS,J." *Efficiency of Different Techniques in Seismic Strengthening of RC Beam-Column Joints*".University of Minho, 2012.

[9] "*Structural Analysis Guide"* .November,2009.