Study of Interfacial Shear Stress of Reinforced Concrete Jacketed Beam Subjected to Regularly Distributed Load

Dr. Noaaman Essa*

(Received 11 / 3 / 2020. Accepted 29 / 4 / 2020)

□ ABSTRACT □

Reinforced concrete structures sometimes need to strength their structural elements to suit different and new uses of structures, and to provide the safety of users. Reinforced concrete beams are among the most important components of the construction. One of the most commonly used strengthening techniques for reinforced concrete beams is RC jacketing. It increases strength, stiffness and overall enhancement of the structural performance. Shear stress is introduced at the interface between the old (beam) and the new (jacket) concrete, and it affects the behavior of the composite element.

In this paper, an analytical procedure is conducted on reinforced concrete jacketed beams using ANSYS software to determinate the magnitude and distribution of the interfacial shear stress. This study presents that the distribution of interfacial shear stress is parabolic with maximum values at the supports and minimum values at the mid span where τ equals 0.00 MPa.

Keywords : Beams , strengthening , shear stress

*Assistant Professor, Department Of Structural Engineering, Tishreen University, Latakia, Syria.

دراسة الإجهادات القاصة البينية المتشكلة في جائز بيتوني مسلح مدعم بقميص بيتوني معرض لحمولة موزعة بانتظام

د. نعمان عيسى*

(تاريخ الإيداع 11 / 3 / 2020. قُبِل للنشر في 29/ 4 / 2020)

□ملخّص □

تحتاج المنشآت البيتونية المسلحة أحياناً إلى تقوية عناصرها الإنشائية كي تتلاءم مع حالات الاستخدام المختلفة والجديدة للمنشأ، ولتضمن سلامة المستخدمين. تعتبر الجوائز البيتونية المسلحة من أهم العناصر المكونة للجملة الإنشائية. إن التدعيم بالقمصان البيتونية من أكثر الطرق الشائعة المستخدمة في تدعيم الجوائز البيتونية المسلحة، فهي تزيد المقاومة والصلابة و تحسن الاستجابة الإنشائية. تنتج إجهادات قاصة عند السطح البيني بين البيتون القديم (الجائز) والبيتون الجديد (القميص) تؤثر على سلوك المقطع المركب.

تم في هذه البحث إجراء دراسة تحليلية باستخدام برنامج ANSYSعلى جائز بيتوني مسلح مدعم بقميص بيتوني لتحديد شدة وتوزع الإجهادات القاصة البينية. أظهرت هذه الدراسة أن الإجهادات القاصة البينية تتوزع بشكل قطع مكافئ قيمه الأعظمية عند المساند و الأصغرية وسط المجاز حيث $\tau = 0.00$ MPa.

الكلمات المفتاحية : جوائز– تقوية– الإجهادات القاصة

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

مقدمة:

إن عمليات التقوية والتدعيم للمنشآت القائمة من أكثر المواضيع التي تمت مناقشتها بشكل واسع في العقد الأخير، حيث يوجد الكثير من المنشآت بحاجة إلى التقوية أو إعادة التأهيل بسبب التصميم أو التنفيذ الخاطئ، أو بسبب تغير الحمولات التصميمية أو أي ضرر يمكن أن ينتج من العوامل البيئية أو البشرية أو بسبب الأفعال الزلزالية وغيرها. تتضمن عمليات التقوية استبدال عناصر إنشائية أو إضافة مواد جديدة لتحسن أدائها (Pellegrino et al, 2016).تستخدم طريقة التدعيم بالقمصان البيتونية المسلحة بشكل واسع لتستوعب القصور بالاستجابة الإنشائية المتمثلة بالصلابة والمقاومة والمطاوعة، ويقود تطبيق هذه الطريقة إلى إعادة توزيع الحمولة الجانبية بشكل منتظم خلال المنشأ ثم تقوم بتحسين السلوك الإنشائي تحت تأثير الزلازل (Papanikolaou et al, 2012).

إن استخدام طريقة القمصان البيتونية المسلحة في تدعيم الجوائز البيتونية يحسن مقاومة هذه الجوائز للحمولات التي تتعرض لها ويحسن مطاوعتها، بالإضافة لذلك تعتبر هذه الطريقة أسهل وأقل كلفة مقارنة بطرق التدعيم الأخرى (Zhang, 2012).

تعتبر آلية انتقال الإجهادات القاصة بين طبقتين من البيتون مسألة معقدة جداً حيث تتضمن مجموعة من التفاعلات والتي تعتمد على عدة بارامترات تؤثر على عملية النقل، مثل كمية التسليح الذي يعبر السطح البيني وإجهاد الضغط للبيتون الأضعف وخشونة السطوح البينية بالإضافة إلى وجود التشققات (Casal, 1960).

نفذت العديد من الدراسات التجريبية والتحليلية لدراسة الإجهادات القاصة بين سطحين متصلين والعوامل المؤثرة فيها، حيث أصبحت حقلاً هاماً للبحث. قام الباحث (Tsioulou,2011) بدراسة تحليلية لجائز بيتوني مسلح مدعم بقميص بيتوني باستخدام برنامج العناصر المنتهية ATENA، وذلك للتنبؤ بتوزع الإجهادات القاصة عند السطح البيني بين بيتون الجائز الأصلي والبيتون المضاف، حيث وجد أن توزع الإجهادات القاصة عند السطح البيني لجائز بيتوني مسلح مدعم بقميص بيتوني وذو استناد بسيط محمل بحمولة مركزة وسط المجاز يكون غالباً بشكل قطع مكافئ قيمه العظمى عند المساند والصغرى عند منتصف المجاز.

أهمية البحث وأهدافه:

يهدف البحث لتحديد شدة وتوزع الإجهادات القاصة البينية (المتشكلة في جائز بيتوني مسلح مدعم بقميص بيتوني) على كامل مجاز الجائز.

وتكمن أهمية البحث بالنقاط التالية:

- يتم التدعيم حالياً باستخدام طرق تقريبية بمعامل أمان كبير، فعند معرفة التوزع الفعلي للإجهادات القاصة البينية يمكن عندها أن نقلل من الهدر الذي يحصل في عمليات التدعيم.
- استخدام المنهج التحليلي للحصول على استجابة دقيقة وقريبة من الواقع.

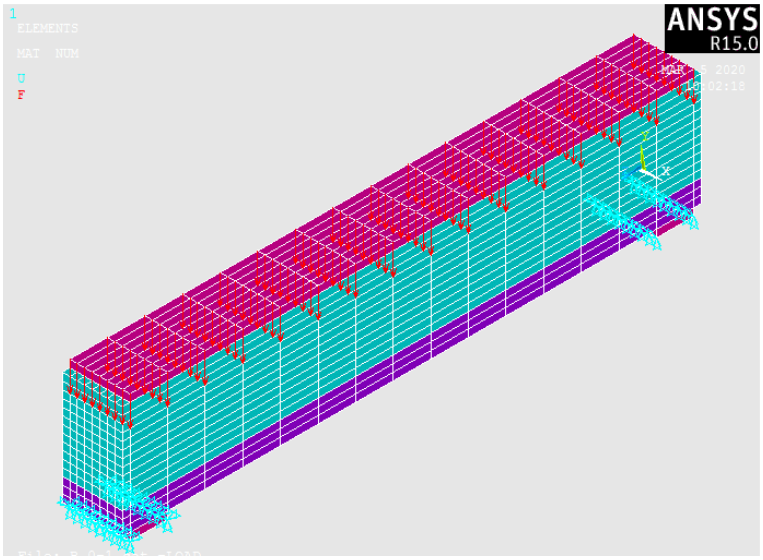
طرائق البحث ومواده:

يعتمد هذا البحث المنهج التحليلي، حيث سيتم إنشاء نموذج عددي للجائز البيتوني المسلح المدعم بقميص بيتوني باستخدام برنامج العناصر المنتهية ANSYS، بعد التحقق من صحة النموذج من خلال معايرته بدراسات تجريبية. سيحلل هذا الجائز تحليل ستاتيكي لا خطي وسيتم تحديد توزع وشدة الإجهادات القاصة البينية.

1- الدراسة التحليلية (numerical study):

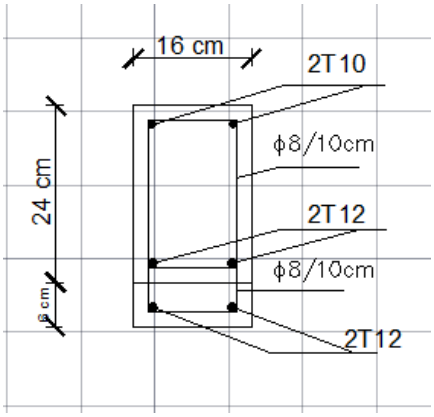
1-1- إعداد النموذج العددي (finite element model):

تم استخدام برنامج العناصر المنتهية ANSYS في محاكاة الجائز البيتوني المسلح المدعم بقميص بيتوني في منطقة الشد، الموضح بالشكل (1)، حيث تم اعتبار الترابط التام بين الجائز والقميص وذلك من خلال تقابل عقد الجائز مع عقد القميص ومن ثم دمج هذه العقد.



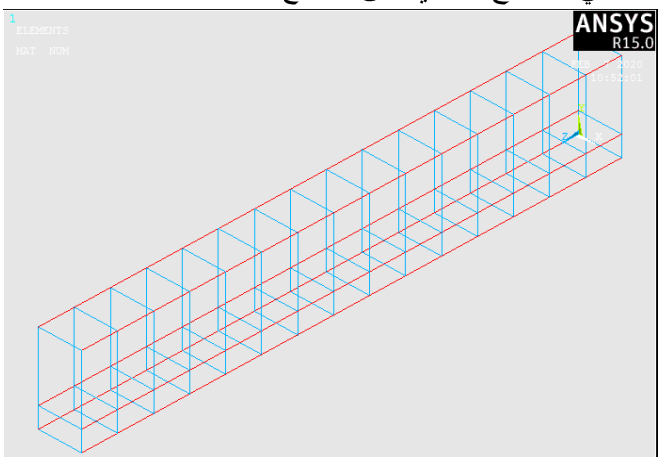
الشكل (1): نموذج الجائز البيتوني المسلح المدعم بقميص بيتوني باستخدام ANSYS

حيث كان للجائز مقطع عرضي بأبعاد (b*h = 160 * 240)mm و بطول = L1540mm، مسلح بتسليح طولي 2T12 وتسليح تعليق 2T10 وتسليح عرضي ϕ8/100mm، مدعم بقميص بيتوني بسماكة 60mm مسلح بتسليح طولي 2T12و استخدمت أشاير قص Φ8/100mm لربط الجائز بالقميص. يوضح الشكل (2) المقطع العرضي للجائز البيتوني المسلح المدعم بقميص بيتوني مع أبعاد المقطع العرضي وتفصيلات التسليح.



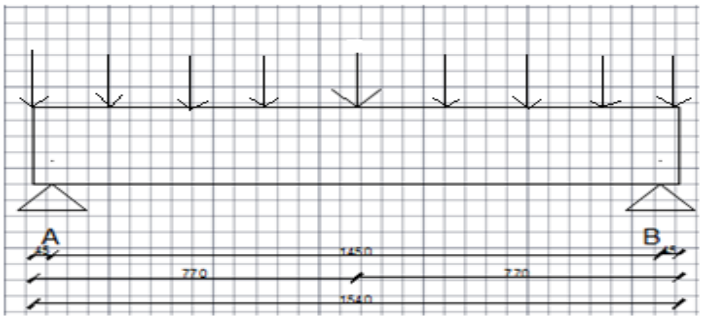
الشكل (2): أبعاد المقطع العرضي للجائز المدروس والتسليح المستخدم به

تم تركيب أشاير القص بحيث تكون جميع هذه الأشاير ملحومة على أساور الجائز، كما هو موضح بالشكل (3) الذي يبين توضع أشاير القص في النموذج العددي على برنامج ANSYS.



الشكل (3): توضع أشاير القص ضمن النموذج العددي

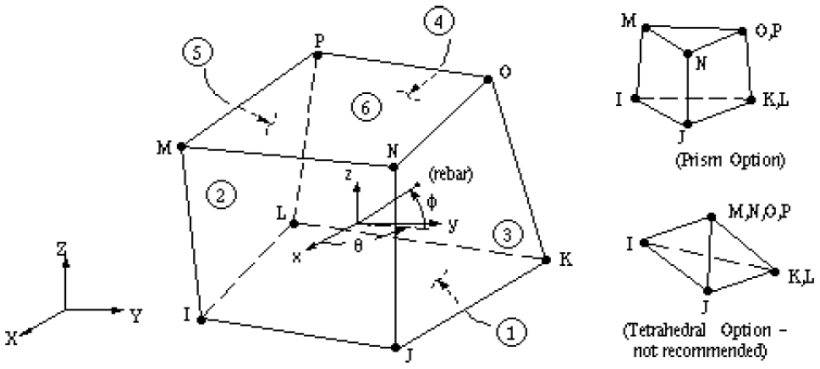
جميع الجوائز المدروسة ذات استناد بسيط ومحملة بحمولة موزعة بانتظام على كامل طول الجائز، كما في الشكل (4).



الشكل (4) : الجائز البيتوني المسلح المدروس المدعم بقميص بيتوني

1-2-نمذجة البيتون(concrete modeling):

يستخدم Solid 65 الشكل (5)للنمذجة ثلاثية الأبعاد مع أو بدون قضبان فولاذ، يمتلك هذا العنصر قابلية التشقق على الشد والتحطم بالضغط، وهو معرف ب 8 عقد كل واحدة لها 3 درجات حرية انتقال , x,y,z(ANSYS Manual .2004)

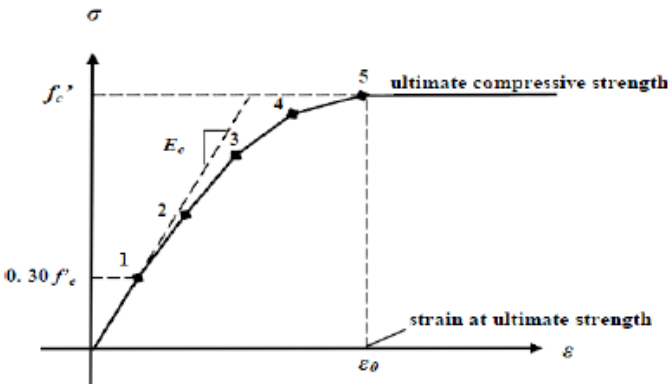


الشكل (5) : Solid 65(ANSYS Manual , 2004)

يوجد العديد من النماذج الرياضية لتمثيل مخطط الإجهاد – التشوه للبيتون، ولكن أغلب الباحثين استخدموا النموذج الرياضي Hognestad في دراستهم لتقريب سلوك الإجهاد – التشوه للبيتون باستخدام المعادلتين (1) و (2)(Hind et al , 2016) وهو ما تم استخدامه في هذه الدراسة ، الشكل (6).

$$F = \frac{\varepsilon\, E_c}{1+(\frac{\varepsilon}{\varepsilon_0})^2} \quad (1)$$

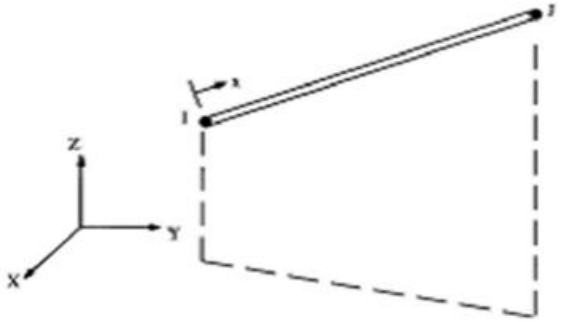
$$\varepsilon_0 = \frac{2f_c'}{E_c} \quad (2)$$



الشكل (6): منحني إجهاد – تشوه للبيتون المعتمد في ANSYS(Hind et al , 2016)

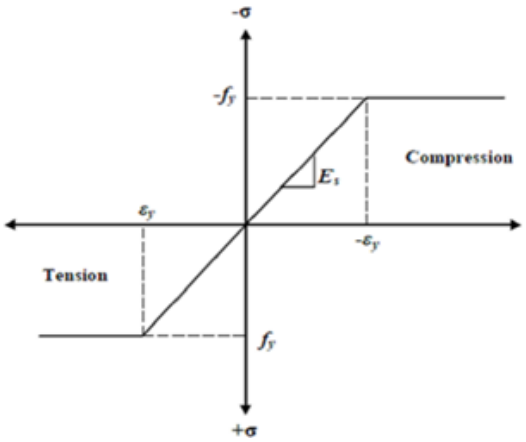
1-3-نمذجة فولاذ التسليح (steel reinforcing modeling):

استخدم Link 180 الشكل (7)لنمذجة فولاذ التسليح ، وهذا العنصر هو عنصر أحادي المحور يعمل على الشد والضغط ، له ثلاث درجات حرية عند كل عقدة، وهي الانتقالات باتجاه x,y,z ، ويمتلك القدرة على تحمل التشوهات الكبيرة، واللدونة والزحف والسهوم الكبيرة (ANSYS Manual , 2004).



الشكل (7) : Link 180(ANSYS Manual , 2004)

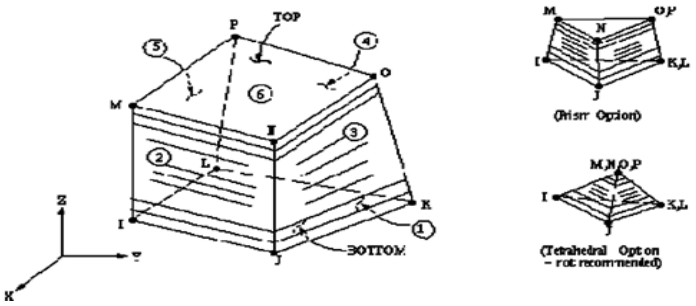
تم اعتبار علاقة إجهاد – تشوه للفولاذ كعلاقة ثنائية الخطية في حالتي الشد والضغط كما هو موضح بالشكل (8).



الشكل (8): علاقة إجهاد تشوه للفولاذ في ANSYS(Hind et al , 2016)

1-4-نمذجة صفائح التحميل (steel plate modeling):

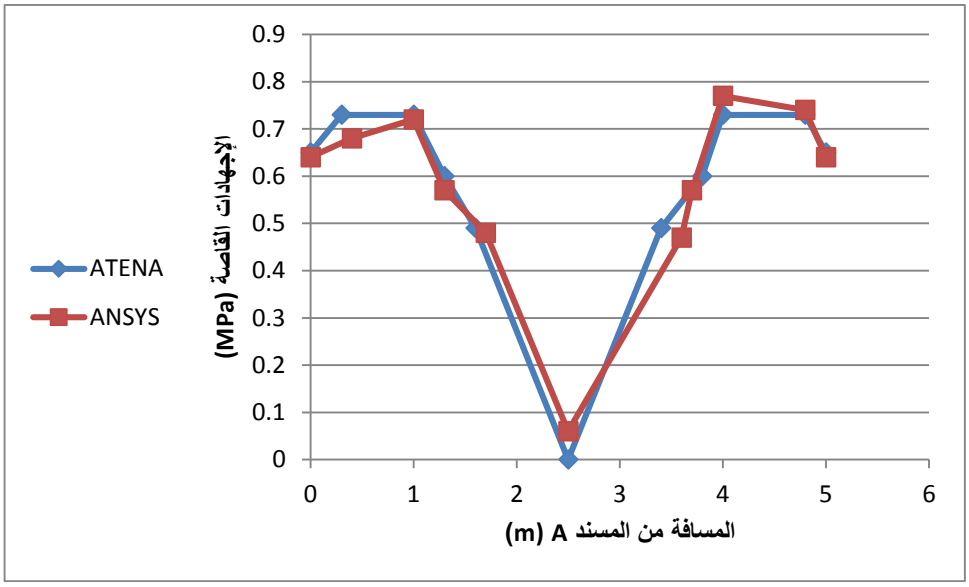
تمت نمذجة صفائح التحميل والاستناد باستخدام العنصر Solid 185 كحجم متجانس صلب , ANSYS Manual) (2004، كما بالشكل (9).



الشكل (9) : (ANSYS Manual , 2004)

1-5- التحقق من النمذجة(model verification):

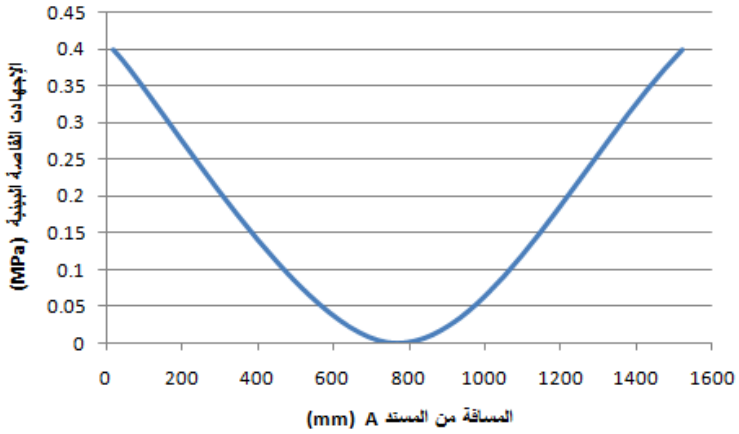
بسبب غياب الدراسات التجريبية في مجال تحديد الإجهادات القاصة عند السطوح البينية للجوائز المدعمة، قمنا باعتماد الجائز البيتوني المسلح"AB" والمدعم بقميص بيتوني من الدراسة التحليلية التي أجراها الباحث (Tsioulou,2011) باستخدام برنامج العناصر المنتهية ATENA، وتمت مقارنة الإجهادات القاصة البينية التي توصل إليها الباحث مع الإجهادات القاصة البينية التي تم التوصل إليها باستخدام ANSYS وأعطت نتائج جيدة حيث كانت قيمة الإجهادات القاصة عند السطح البيني التي تم التوصل إليها 0.64MPa وهي أقل من القيمة التي توصل إليها الباحث (Tsioulou,2011) ب 8.5%، كما هو موضح بالشكل (10).



الشكل (10) : مقارنة توزع الإجهادات القاصة عند السطح البيني على طول مجاز الجائز

النتائج والمناقشة:

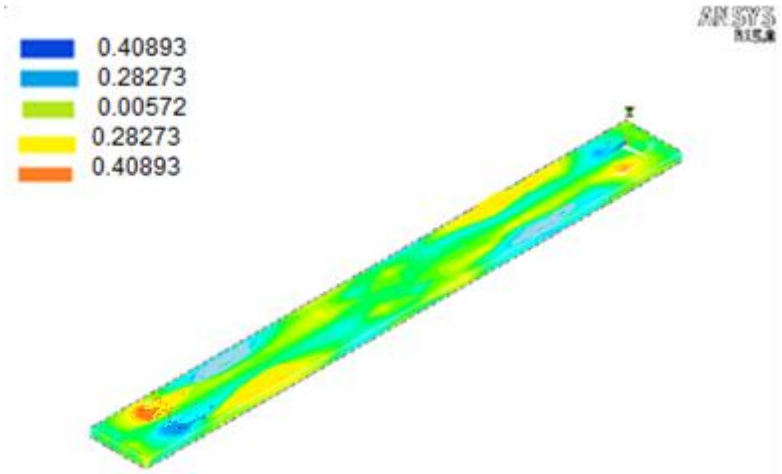
تم تحليل الجائز البيتوني المدروس المدعم بقميص بيتوني باستخدام برنامج ANSYSوتم تحديد شدة وتوزع الإجهادات القاصة البينية على كامل طول الجائز، والموضحة بالشكل (11).



الشكل (11): توزع الإجهادات القاصة البينية على كامل طول الجائز المدروس

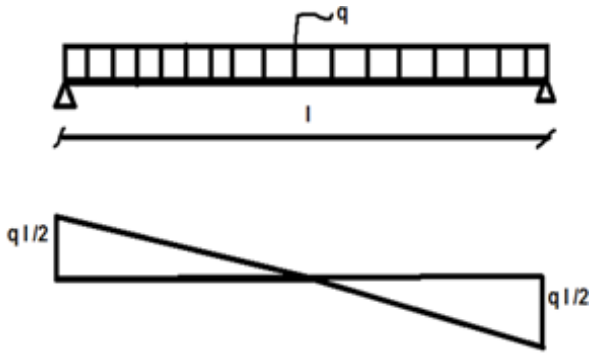
نلاحظ من الشكل (11) أن الإجهادات القاصة البينية عند المساند كانت أعظمية قيمتها $\tau = 0.4$ MPa، وكانت أصغرية وسط المجاز $\tau = 0.0$ MPa (معدومة وسط المجاز).وبالتالي يكون توزع الإجهادات القاصة البينية في حالة جائز بيتوني مسلح مدعم بقميص بيتوني (مدعم في جهة واحدة في منطقة الشد) وذو استناد بسيط ومحمل بحمولة موزعة بانتظام على كامل طول الجائز بشكل قطع مكافئ قيمه الأعظمية عند المساند وينعدم وسط المجاز.

يوضح الشكل (12)كونتورات الإجهادات القاصة عند السطح البيني للجائز المدروس التي تم التوصل إليها باستخدام ANSYS.



الشكل (12): توزع الإجهادات القاصة البينية ب ANSYS

يمكن تفسير ذلك من خلال توزع الإجهادات القاصة الشاقولية (المطبقة على المقطع)التي تكون موافقة لتوزع القوى القاصة، الموضحة بالشكل (13). بالتالي تكون الإجهادات القاصة الشاقولية أعظمية عند المساند وتنعدم وسط المجاز وبدوره وبحسب قانون ازدواجية القص ستكون الإجهادات القاصة البينية مساوية للإجهادات القاصة الشاقوليةعند نفس المقطع.



الشكل (13): توزع القوى القاصة في حالة جائز بيتوني مسلح ذو استناد بسيط ومحمل بحمولة موزعة بانتظام

الاستنتاجات والتوصيات:

بعد إجراء الدراسة التحليلية باستخدام برنامج ANSYS لتحديد شدة وتوزع الإجهادات القاصة البينية، تم التوصل إلى أن الإجهادات القاصة البينية (في حالة جائز بيتوني مسلح مدعم بقميص بيتوني في جهة واحدة بمنطقة الشد وذو استناد بسيط ومحمل بحمولة موزعة بانتظام على كامل طول الجائز) لها شكل قطع مكافئ قيمه الأعظمية عند المساند والأصغرية وسط المجاز حيث تكون الإجهادات القاصة البينية معدومة $\tau = 0.0$ MPa.

References:

1. "ANSYS Manual ", Version 9.0, U.S.A. 2004.
2. Casal, Bruno Baleia. "Connection Between Layers With Different Ages." UniversidadeTecnica de Lisboa, Portugal (1960).

3. Hind, M. Kh, M. Ozakcab, and T. Ekmekyaparc. "A Review on Non linear Finite Element Analysis of Reinforced Concrete Beams Retrofitted with Fiber Reinforced Polymers." Journal of Advanced Research in Applied Mechanics 22.1 (2016): 13-48.
4. Papanikolaou, V . K., G. E. Thermou, and A. J. Kappos. "Moment-curvature analysis of R/C jacketed rectangular sections including interface slip under cyclic loading. " 15th World Conference on Earthquake Engineering (2012).
5. Pellegrino, Carlo, and JosèSena-Cruz. "Design procedures for the use of composites in strengthening of reinforced concrete structures." State-of-the-art report of the RILEM technical committee (2016).
6. Tsioulou, O. T., and Stephanos E. Dritsos. " A theoretical model to predict interface slip due to bending." Materials and structures 44.4 (2011).
7. Zhang, Yunlan. "Rrpaired and strengthening of reinforced concrete beams". PhD thesis. The Ohio State University (2012).