تأثير الفتحات على سلوك الجوائز العميقة البسيطة من الخرسانة المسلحة

طالبة ماجستير: جمانة ضياء النجم

في قسم الانشائي - كلية الهندسة المدنية - جامعة دمشق

باشراف الدكتورة المهندسة: ميرنا سعود

الملخص:

يتضمن هذا البحث دراسة تحليلية للجوائز البيتونية المسلحة باستخدام طريقة العناصر المحدودة وبرنامج (Abaqus6.14)، حيث يتم وضع الفتحات بشكل متناظر ضمن الجوائز البيتونية المجربة بسيطة الاستناد ذات مقطع مستطيل ومن دون تسليح إضافي في منطقة الفتحة، الفتحة مربعة الشكل وذات أماكن توضع مختلفة ضمن الجائز.

تضمنت المعلمات الأساسية في هذه الدراسة حجم الفتحة وأماكن توضع الفتحات ضمن الجائز وتأثير تغيير العمق وتغيير طول المجاز الفعال وتغيير نسبة مجاز القص الى العمق بالإضافة الى تغيير نوع الفتحة.

تم توصل الى إن زيادة حجم الفتحة من (200*200) mm الى (250*250) mm الى تقليل متوسط مقاومة القص بحوالي 39% بالإضافة الى ذلك إن قدرة تحمل الحمولة تكون اقل عندما تكون في منتصف مجاز القص قد يكون السبب هو أن الحد الأقصى لاعتراض مسار الحمل يحدث عندما يتم توفير الفتحات في مركز مجاز القص. لذلك، نستنتج أن الجوائز التي لها فتحات في وسط مجاز القص قد تكون أقل تفضيلاً.

الكلمات المفتاحية: الجوائز العميقة، سلوك الجوائز العميقة، الفتحات، Abaqus.

The Influence of Openings On The Behaviour Of The Simple Deep Beam Of The Reinforced Concrete

Abstract:

This research includes an analytical study of the reinforced concrete beams using the finite element method and (Abaqus6.14) program, where the openings are symmetrically placed within the concrete beams. The tried-and-tested concrete beams are simple with a rectangular section and without additional reinforcement in the opening area. The opening is square in shape and has different places within the permissible.

The main parameters in this study included the size and locations of the openings to be placed within the permissible, the effect of changing the depth, the effective span length, and the ratio of the shear to the depth, in addition to changing the type of opening.

We found that increasing the opening size from (200 * 200) mm to (250 * 250) mm reduces the average shear strength by about 39%. In addition, the load bearing capacity is less when it is in the middle of the shear path. The reason may be that the limit Maximum load path interception occurs when openings are provided in the centre of the shear. Therefore, we conclude that beams with openings in the centre of the shear may be less favourable.

Key words: Deep beams, Deep beams Behaviour, Openings, Abaqus

1-مقدمة البحث:

الجوائز العميقة من الخرسانة المسلحة (RC) هي أكثر العناصر الهيكلية شيوعًا في البناء الحديث ، خاصة في المباني الشاهقة.

تستخدم بشكل شائع كعناصر توزيع حمولة ، مثل عوارض النقل في المباني الشاهقة ، وأغطية منحنية في الجسور وأغطية الركائز في الأساسات.....الخ [2،1].

الشكل (1): جائز عميق في مبنى متعدد الطوابق .[2].

الشكل (2): مجموعة طوابق محمولة على جائز عميق ظفري.[3]

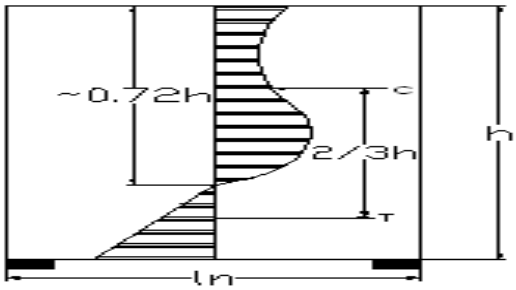
الشكل (3): نقل العوارض في الجسور .

يعتبر الجائز العميق ظاهرة معقدة، حيث تم إجراء العديد من الأبحاث التجريبية سابقًا، لكن سلوكه الإنشائي لا يزال غير موثوق به، استنتج معظم الباحثين أن الفشل يتأثر

بشكل كبير بقدرته على القص، وبالتالي، فإن سلوك القص هو أحد العوامل الرئيسية في تحليل السلوك الهيكلي للجائز العميق [4].

الشكل (4): انهيار جسر لافال بسب فشل القص [5].

عندما تقل النسبة L/h عن 5 نجد أن افتراض السلوك الخطي يصبح غير دقيق، ولا يمثل السلوك الفعلي للجائز، وتنحرف الإجهادات في المقاطع عن التوزع الخطي وتتحول إلى التوزع المنحني، ويزداد هذا الانحناء مع نقصان النسبة L/h حتى تصل إلى الواحد ويصبح L=h حيث نجد في الجوائز التي يزيد ارتفاعها عن مجازها أن



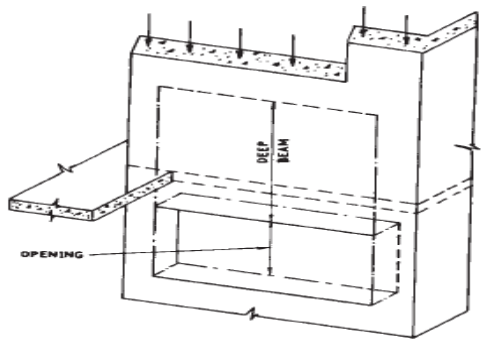
الجزء العلوي من الجائز الذي يزيد ارتفاعه عن L يصبح غير فعال وتنشأ فيه إجهادات بسيطة يمكن إهمالها كما هو مبين في الشكل التالي [6].

إن السلوك اللاخطي للجوائز العميقة يجعل المقاطع المستوية قبل التشوه غير مستوية بعد التشوه، كما لا يكون توزع التشوهات خطياً، وتصبح التشوهات الناتجة عن القص (والتي كانت مهملة في الجوائز العادية) مهمة مقارنة مع حالة الانعطاف الصافي،

ويصبح مخطط الإجهادات غير خطي حتى في المنطقة المرنة [7].

مع نمو صناعة البناء والتشييد، يتم توفير فتحات بأشكال مختلفة من خلال أرضية الجائز لتمرير أنابيب المرافق والقنوات لذلك من الضروري أن يتم تمرير هذه الأنابيب والقنوات من خلال فتحة في أرضية الجائز لتقليل الارتفاع وتوفير هيكل أكثر إحكاما وفعالية من حيث التكلفة.

يختلف شكل الفتحات المستخدمة، عادة ما يتم استخدام الفتحة الدائرية في الأسلاك الكهربائية، خطوط الهاتف وشبكات الكمبيوتر، بينما تستخدم خدمات تكييف الهواء فتحات مربعة أو مستطيلة [9,10].



الشكل (6): جائز عميق يحوي على فتحة في الجسد [3]

تخترق هذه الفتحات الجوائز إما بشكل مواز لمحور الجائز أو بشكل متعامد مع مستوي الجائز ويمكن أن تقع في مناطق القص الأعظمي أو في أي منطقة أخرى. ويمكن أن تكون في مناطق الشد من المقطع أو في مناطق الضغط . [6]

تبعاً لموقع الفتحة في الجائز وأبعادها النسبية، يمكن أن يكون تأثيرها على سلوك الجائز رئيسيا أو ثانويا. وفي كل الحالات يتوجب على المهندس أن يدرس تأثير هذه الفتحة على الجائز ويقوم بالتدابير الفنية اللازمة لتأمين المقاومة المطلوبة للجائز. [6]

إن أحداث الفتحات في الجائز هذا يجعل عملية الجائز البسيطة أكثر تعقيدًا [10,11]، نظرًا لتغير أحجام المقطع العرضي للجائز فجأة، فإن زوايا الفتحة تخضع لمستويات مرتفعة من الإجهاد، مما قد يساهم في حدوث شقوق واسعة غير مسموح بها من الناحية الجمالية والمتانة. [9,11]

سلوك القص هو السبب الرئيسي الذي يمكن أن يولد اضطرابات في الضغوط الداخلية لهيكل الجائز العميق. [2,12]

في سلوك القص، ينمو الضغط في اتجاه واحد، بينما ينمو الشد في اتجاه عمودي. [12] مع زيادة عمق الجائز، ينتج عن سلوك القص فشل مفاجئ [13,14].

بسبب الطبيعة الهشة، ينتشر الشق في عمق أكبر الحزم أعلى بكثير من الحزم العميقة الأصغر حجمًا.[15]

يحدث فشل الجوائز العميقة بسبب تكسير الخرسانة في منطقة الانضغاط للدعامات القريبة أو مباشرة على طول تشكيل شق الشق. [,1316].

2-مشكلة البحث:

نحتاج كثيراً في حياتنا الهندسية الى استخدام جوائز عميقة ونضطر في كثير من الأحيان الى أحداث فتحات في هذهِ الجوائز لضرورة الاستخدام، تؤثر هذهِ الفتحات في توزع إجهادات القص والإجهادات الناظمية لذلك لابد من دراسة تغير هذهِ الإجهادات.

3-الغاية:

هي مدى انخفاض تحمل الجائز العميق بوجود فتحات ضمن الجائز باختلاف شكل هذهِ الفتحات وأماكن توضعها.

4-الهدف الرئيسي للبحث:

هو دراسة سلوك الجوائز العميقة تحت تأثير الحمولات الشاقولية بوجود فتحات ضمن الجوائز بتغير شكل الفتحة (مستطيلة –دائرية) وتغير مكان هذهِ الفتحات .

5-الدراسات السابقة:

قام الباحث Waleed A.Jasim[17] واخرون بدراسة تجريبية على (5) جوائز عميقة من الخرسانة المسلحة المدعومة ببساطة مع اثنين من فتحات كبيرة في الجسد في مناطق القص. حيث شملت الدراسة التجريبية على جائز مرجعي بدون فتحات بينما كانت الجوائز الأربعة الأخرى ذات فتحات مربعة تقع إما في الوسط أو عند الحافة الداخلية لمجاز القص. وضعت هذه الفتحتين متناظرة بالنسبة إلى القسم الأوسط من الجائز العميق. تضمنت المعلمات التي تمت دراستها حجم ومواضع الفتحات في مدى القص. تم النظر في بعدين جانبيين مختلفين للفتحات المربعة، أساساً، (200) ملم و (230) ملم.

تم استخدام مدى القص إلى نسبة العمق الإجمالي (1.1). تم اعتماد نسبة بُعد الفتحة إلى عمق الجائز لتكون (40٪) و (46٪) للعينات ذات الفتحة المربعة (200*200) (230*230) ملم على التوالي.

في هذه الدراسة تم التعامل مع كلتا الفتحتين المربعتين كفتحة كبيرة لأن أبعاده كانت كافية لإدخال انخفاض كبير في قوة القص.

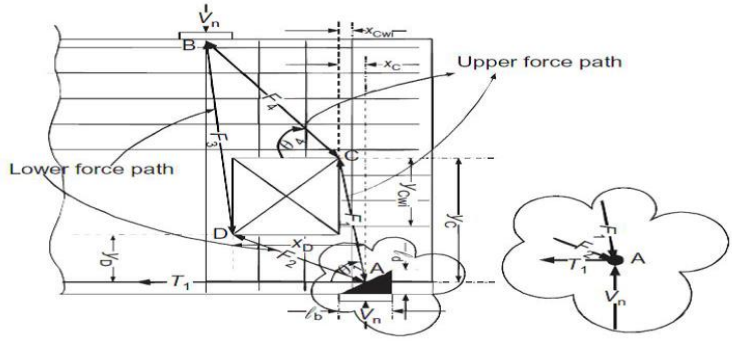
وتوصل الى إن بالمقارنة مع الجائز العميق الصلب، من الواضح أنه مع زيادة حجم الفتحة من (200 × 200) مم إلى (230 × 230) مم، زاد الانخفاض في سعة الحمولة من (58 ٪) إلى (66 ٪)، على التوالي. أيضا، أدت هذه الزيادة إلى انخفاض كبير في الصلابة الكلية للجوائز العميقة من الخرسانية المسلحة، ونتيجة لذلك، انخفاض كبير في أحمال التكسير الأولى والثانية الانثناء في حدود (46–58) ٪و (41–56) ٪، على التوالي.

أثبتت نتائج القوة أن قدرة القص للحزمة العميقة محكومة بحجم وموقع فتحات في الجسد. أشارت النتائج التجريبية إلى أن الحد من سعة القص قد يصل إلى (66٪). تم استخدام برنامج ABAQUSالعناصر المحدودة للمحاكاة والتحليل. قدمت التحليلات العددية تقديرات غير متحفظة لقدرة حمل الحمولة العميقة في حدود تتراوح بين (5–21 ٪). ومع ذلك، لم يكن الحد الأقصى لتشتت تنبؤات طريقة العناصر المحددة لأحمال التكسير الأولى والثانية الأولى (17٪). أيضا، في الحمل تحميل العددية من انحراف منتصف المجاز كان أكبر من القيم التجريبية بنسبة (9–18 ٪).

نتج عن تحويل فتحات في الجسد من نقطة المنتصف إلى الحدود الداخلية لمناطق القص سلوكًا أكثر صلابة يؤدي إلى تقليل انحراف منتصف الجزء الأوسط عند تحميل خدمة الحزمة العميقة مع وجود فتحة في الجسد تقع عند نقطة المنتصف في مناطق القص بنسبة (27–29٪) اعتمادا على حجم الفتحات. أدى هذا التحول إلى تغيير أول

حمل تكسير قطري بنسبة (8–9 ٪) ، وزيادة حمل التكسير الانحناء الأول بنسبة (17–23 ٪) وتغيير الحمل الفشل بنسبة (3–11 ٪).

- ✓ تم إجراء العديد من التحقيقات لدراسة سلوك الجوائز العميقة من الخرساني المسلح مع فتحات من قبل العديد من الباحثين [19,18، 20، 21، 22] أن وجود فتحة في الجسد يقلل من القوة القصوى للجائز العميق الكبير بشكل كبير، إذا كان وجود الفتحة في الجسد يتقاطع مع مسار القوة بين نقطة التحميل والدعم كما هو مبين في الشكل التالي:



الشكل (7): تحميل مسارات الجوائز العميقة مع فتحات في الجسد[22,18]

- ✓ اختبرت 32 عينة من الجوائز العميقة لها فتحات مستطيلة [23]. كان للعينات أحجام مختلفة من الفتحة، ونقاط قوة خرسانية مختلفة، وتراوحت نسبة مجاز القص الى العمق بين 1 و0.5. وخلص الباحثون إلى أن تأثير قوة الضغط ملموسة انخفضت بشكل ملحوظ في الجوائز العميقة مع فتحات بالمقارنة مع الجوائز المرجعية بدون فتحات.

6–مواد وطرائق البحث:

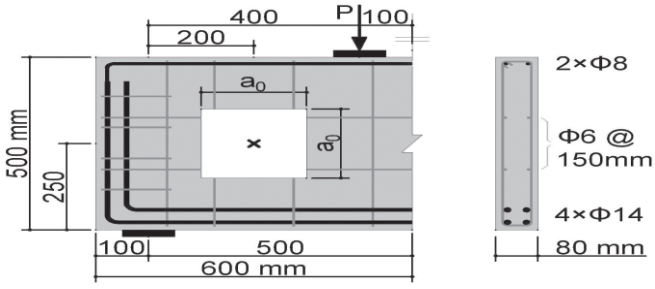
6–1–التحليل الانشائي باستخدام طريقة العناصر المحدودة:

تحليل العناصر المحدودة (FEA) له قابلية تطبيق واسعة في مجال الهندسة الإنشائية، ويمكنه التعامل مع نماذج من الظروف الحدودية المختلفة، وحالات التحميل المختلفة.

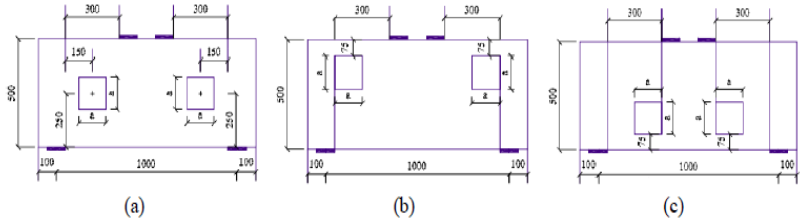
يجب أخذ توزيع الإجهاد غير الخطي على عمق الجائز العميق في الاعتبار لفهم سلوك الجوائز العميقة مع فتحات. إن استخدام FEA في دراسة تأثير الفتحات في الجسد على سعة التحميل وسلوك الجوائز الخرسانية العميقة المسلحة يتغلب على هذه المشكلة.

حيث تم استخدام برنامج (Abaqus 6.14)، لتحليل الجوائز بطريقة العناصر المحدودة.

تم تحليل النماذج المدروسة تجريبياً في دراسة ((Maaddawy and Sherif (2009) [24]، حيث أجرى الباحثون اختبارات على (13) جائز عميق بسيط ويحوي على فتحات في الجسد. كل العينات لها نفس الأبعاد والتسليح الطولي والسفلي. تملك العينات ارتفاع مقطع



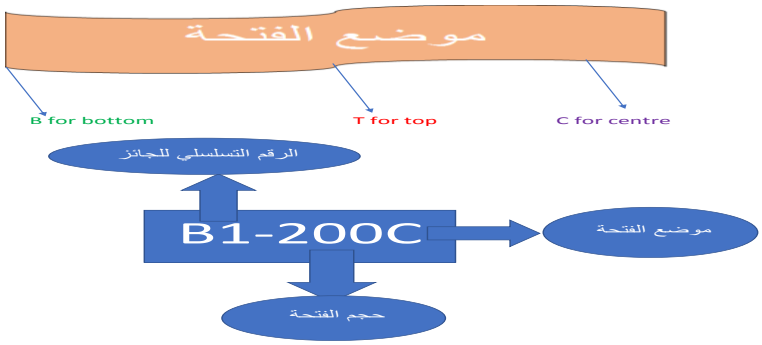
(mm500) وعرض (mm80) وبطول (mm1200).



الشكل (8) :أبعاد المقطع العرضي وتفاصيل التسليح [24]

الشكل (9): أماكن الفتحات المستخدمة في الجائز [24]

- تم اعتماد الرموز التالي في تسمية الجوائز:



7-الدراسة التحليلية:

في الوقت الحالي، هنالك عدة طرق لتحليل الجوائز البيتونية المسلحة الحاوية على فتحات ومن أهمها تقنية العناصر المحدودة والتي توفر الكثير من الجهد والوقت.

حيث تم استخدام برنامج (Abaqus 6.14)، لتحليل الجوائز بطريقة العناصر المحدودة.

7-1الشروط المحيطية للنموذج المدروس:

تم اعتماد شروط الاستناد للنموذج المدروس، مماثل لشروط الاستناد المعتمدة في التجربة، حيث أن المساند عبارة عن صفائح فولاذية أحدهما مقيدة لمنع الانتقال الشاقولي فقط (مسند متدحرج)، بينما الأخر لمنع الانتقال الشاقولي والأفقي (مسند ثابت).

7-2الأحمال المطبقة على النموذج: تم تطبيق حمولتين مركزتين عن طريق تطبيق انتقال شاقولي تدريجي في نقاط تطبيق القوى.

7-3 نوع التحليل المستخدم في النموذج: تم اعتماد تحليل لاخطي يأخذ بعين الاعتبار لاخطية المادة (Materially Non-Linear Analysis, MNA).

7-4 التماسك بين البيتون المسلح والفولاذ: تم افتراض التماسك تام بين البيتون المسلح والفولاذ (Embedded Region).

7-5 توصيف المواد المستخدمة في النمذجة:

- **البيتون:**تم استخدام طريقة (Concrete Damage Plasticity)، التي تستخدم في حالات التحميل العشوائي، حيث يأخذ بعين الاعتبار تأثير إزالة القوة، والتناقص التدريجي في الصلابة المرنة (Elastic Stiffness)، في

حالتي الشد والضغط، بسب التشوهات اللدنة، كما يأخذ بعين الاعتبار آثار استرداد القساوة المرنة (Recovery of the Elastic Stiffness) تحت تأثير التحميل الدوري عند انعكاس الحمولة من الشد الى الضغط.

Description	Numerical value
Elastic Modulus, E (GPa)	24
Dilation Angle	30
Flow Potential Eccentricity	1
Viscosity Parameter	0.1
K	0.666
fb_o/fc_o	1.16

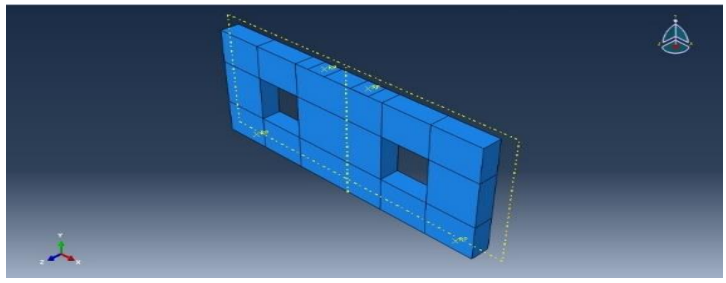
الجدول (1) معاملات البيتون[24]

فولاذ التسليح:

تم أخذ إجهاد الخضوع للتسليح الطولي ذو القطر(14mm) fy=420mpa، ومعامل المرونة (Gpa200)،فيما تم أخذ إجهاد الخضوع للتسليح الطولي ذو القطر 8mm(fy=420mpa)،ومعامل المرونة (Gpa200)،كما تم أخذ إجهاد الخضوع للتسليح الشاقولي ذو القطر6(fy=300mpa).

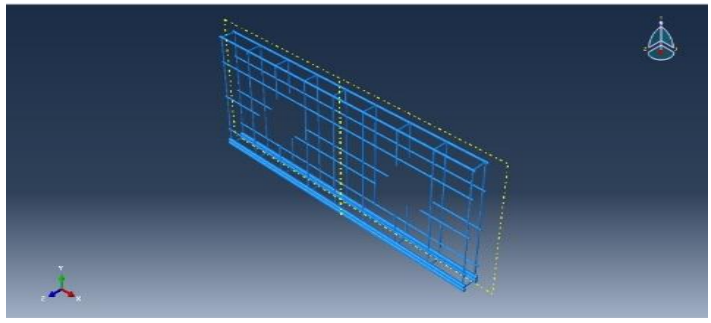
- **دراسة تأثير تغيير موقع الفتحة وحجمها على سلوك الجوائز الخرسانية المسلحة البسيطة العميقة** :تم نمذجة الجوائز الستة باستخدام برنامج (Abaqus 6.14)، حيث تم اعتماد حجمين للفتحات (200*200) و(250*250) mm. ومواقع مختلفة للفتحات في (الوسط، الأعلى، الأسفل).

يوضح الشكل التالي نموذج لجائز بحجم فتحة (200*200) mmوتم وضع الفتحات في منتصف مجاز القص،وتم اعتماد تقسيمات العناصر Seed=20mm وبالمثل تم

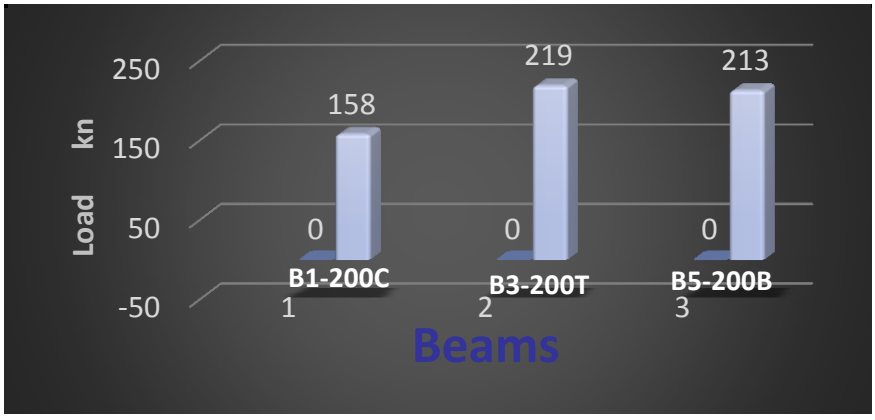


نمذجة بقيه الجوائز الأخرى.

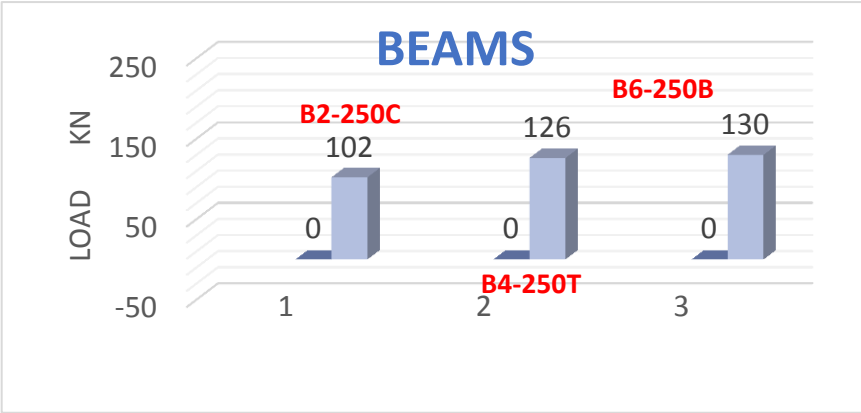
الشكل (10):النموذج B1−200C[25]



الشكل (11): التسليح الشاقولي وبعض الأساور [25]



الشكل (12): قيم الحمولة للجوائز B1,B3B5 [25]



الشكل (13): قيم الحمولة للجوائز B2,B4,B6

- ويوضح الجدول التالي النتائج التحليلية للجوائز الستة.

الجدول (2) النتائج التحليلية للجوائز B6→B1

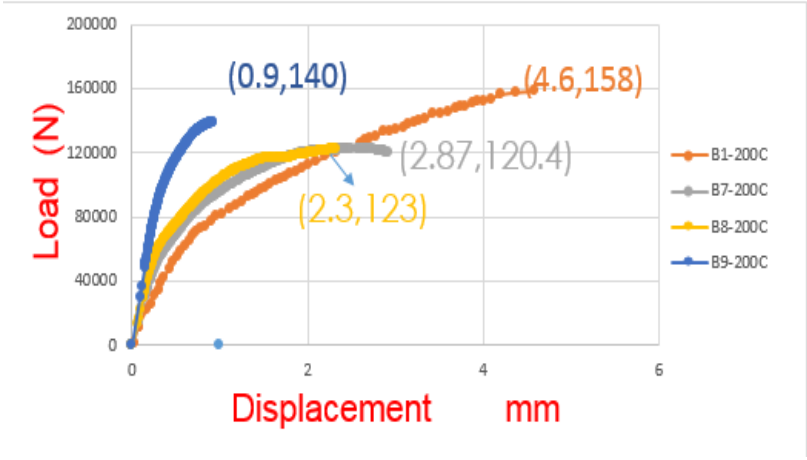
اسم الجائز	حمولة الانهيار (Kn)	الأنتقال وسط المجاز (mm)
B1-200C	158	4.6
B2-250C	102	6.2
B3-200T	219	3.5
B4-250T	126	3
B5-200B	213	3.6
B6-250B	130	4.3

❖ **دراسة تأثير تغيير العمق على سلوك الجوائز الخرسانية المسلحة البسيطة العميقة:**

تم دراسة تغيير العمق على سلوك الجوائز العميقة، حيث تم اخذ قيم متفاوتة للعمق (800-600-550) mm،على نفس الجوائز التي تم دراستها من قبل الباحث Maddawy and Sherif حيث يوضح الجدول التالي تأثير تغيير العمق على الانتقال وسط المجاز.:

الجدول (3):قيم الانتقال وسط المجاز المقابلة لتغير العمق [25]

أسم الجائز	العمق (mm)	الأنتقال وسط المجاز (mm)
B1-200C	500	4.6
B7-200C	550	2.87
B8-200C	600	2.3
B9-200C	800	0.9



الشكل (14): مقارنة المنحنيات الأربعة للنماذج المدروسة [25]

نلاحظ من الجدول (3)انه كلما زدنا العمق كلما انخفضت قيمة الانتقال المقابل لها .

ونلاحظ من الشكل (14)، إن الجوائز ذات العمق الكبر ذات صلابة أكبر مقابل أنحراف أقل، لذلك نستنتج، كلما زاد العمق زادت صلابة الجائز.

❖ **دراسة تغير طول المجاز الفعال على سلوك الجوائز البسيطة العميقة:**

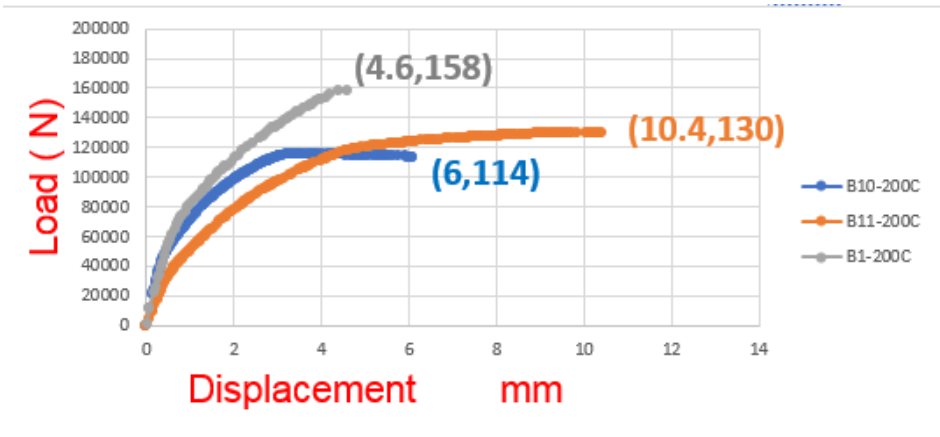
حيث تم دراسة تأثير اختلاف طول المجاز الفعال على قدرة تحمل الجائز، حيث تم أخذ قيم متفاوتة (1200–1800mm)،على نفس الجوائز التي تم دراستها من قبل الباحث Maddawy and Sherif.

حيث الجدول التالي يوضح تأثير اختلاف طول المجاز الفعال على الانتقال وسط المجاز.

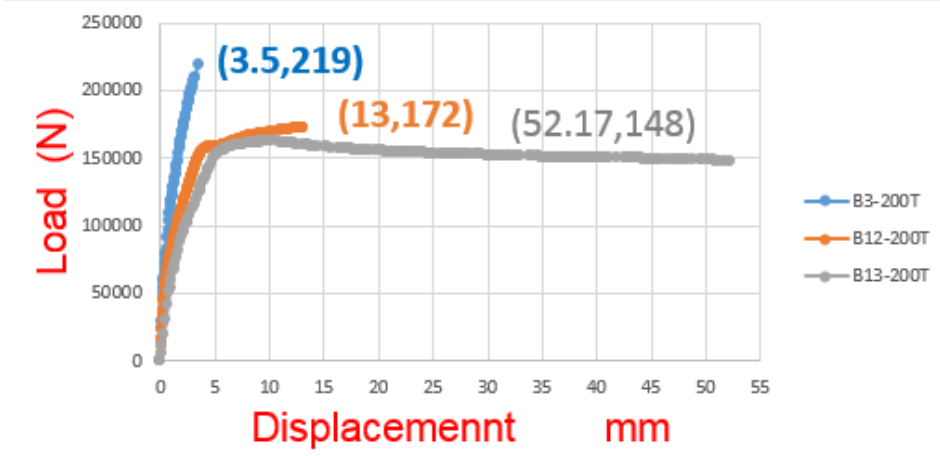
الجدول (4): قيم الانتقال وسط المجاز المقابلة لتتغير طول المجاز الفعال [25]

أسم الجائز	طول المجاز الفعال(mm)	الأنتقال وسط المجاز(mm)
B1-200C	1000	4.6
B10-200C	1200	6
B11-200C	1800	10.4
B3-200T	1000	3.5

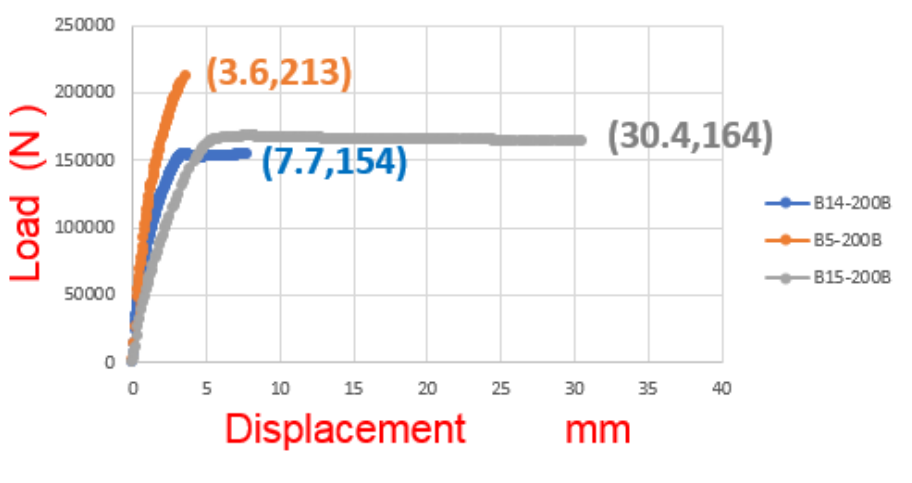
B12-200T	1200	13
B13-200T	1800	52.17
B5-200B	1000	3.6
B14-200B	1200	7.7
B15-200B	1800	30.4



الشكل (15):مقارنة المنحنيات للنماذج المدروسة[25]



الشكل (16):مقارنة المنحنيات للنماذج المدروسة[25]



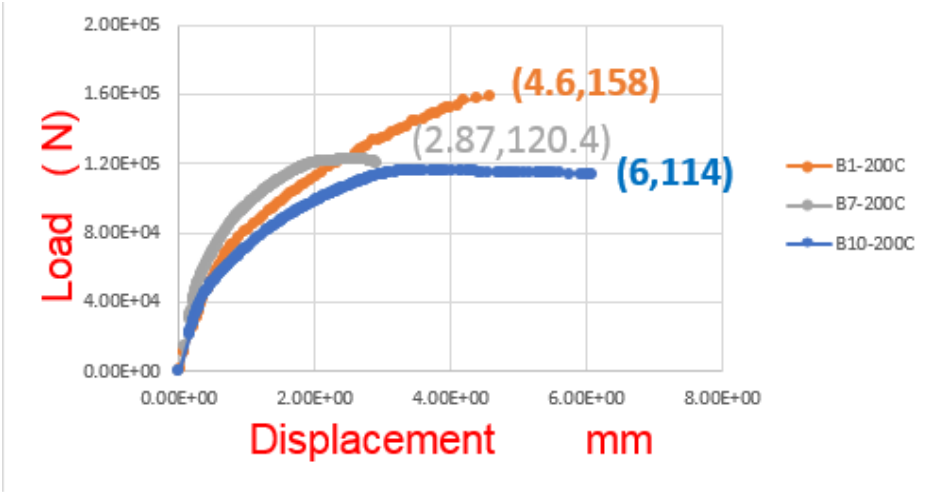
الشكل (17):مقارنة المنحنيات للنماذج المدروسة[25]

نلاحظ من الجدول (4) أنه كلما زدنا طول المجاز الفعال رافق ذلك زيادة في الانتقال وسط المجاز.

ونلاحظ من الاشكال (15و16و17) عندما زدنا طول المجاز الفعال قلت صلابة الجائز رافق ذلك زيادة في الانتقال وسط المجاز.

❖ **تأثير نسبة مجاز القص الى العمق:**

اختلفت نسبة مجاز القص إلى العمق للجوائز العميقة ودُرس تأثيرها من حيث الانحراف وحمولة الانهيار تحت نفس التحميل. تم حساب نسبة مجاز القص الى العمق في **B7(0.4/0.55=0.7)**, **B1(0.4/0.5=0.8)**,**B10(0.5/0.5=1)**.



الشكل (18): مقارنة المنحنيات للنماذج المدروسة [25]

يقارن الشكل (18) الحمولة مقابل الانحراف لثلاث جوائز لكل منها فتحات في مركز مجاز القص.

تم العثور على انحراف الجائز ذات نسبة مجاز القص إلى العمق مثل 0.7و 0.8 و 1 هو **6,4.6,2.87**mm على التوالي. من الشكل (18)، لوحظ أن الزيادة في نسبة مجاز القص الى العمق أدت إلى انحراف أكبر.

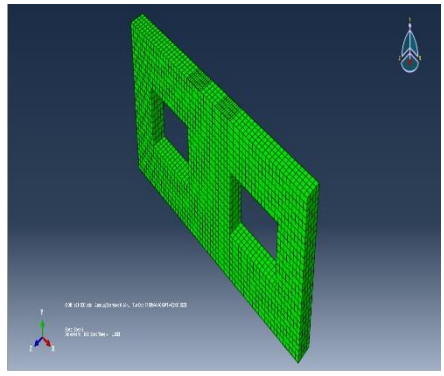
قد يكون السبب هو الزيادة في نسبة مجاز القص إلى العمق مما أدى إلى انخفاض في عمق الجائز وزيادة الانحراف.

لا تشجع هذه الملاحظات استخدام مسافات قص أكبر إلى نسبة العمق في الحزم العميقة.

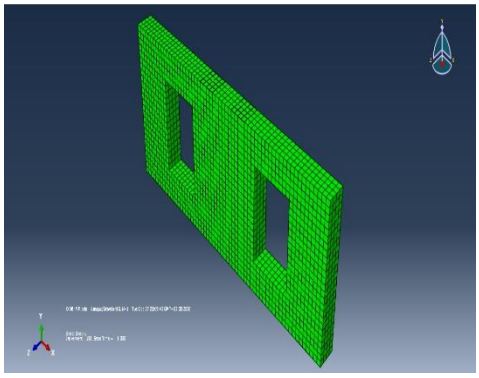
❖ **دراسة تغيير نوع الفتحة:**

تم تغيير نوع الفتحة المستخدمة من فتحة مربعة الى فتحة (مستطيلة ،دائرية)وهما الأكثر استخداماً في مجال البناء.

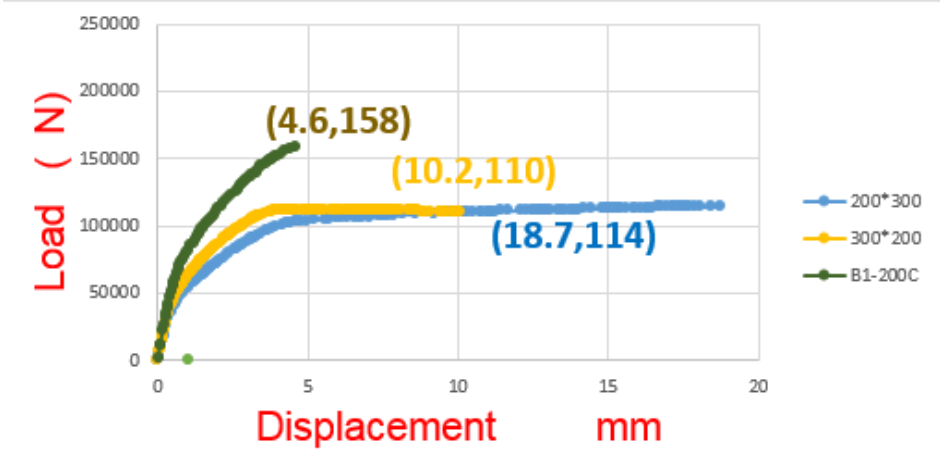
○ **الفتحات المستطيلة:**



الشكل (20) نموذج فتحة مستطيلة بأبعاد [25]300*200mm



الشكل (19): نموذج فتحة مستطيلة بأبعاد [25]200*300mm

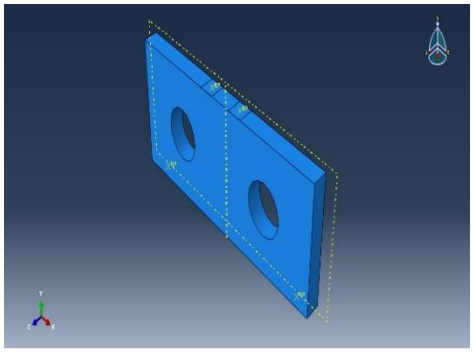


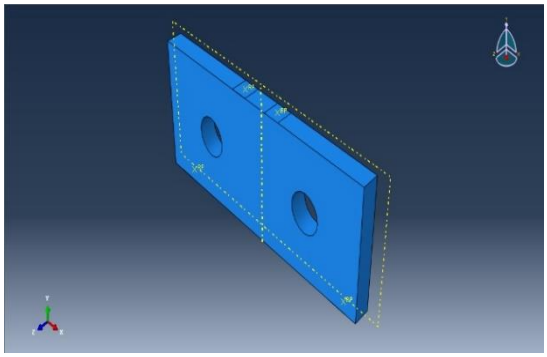
الشكل (21): مقارنة المنحنيات للنماذج المدروسة [25]

نلاحظ من الشكل(21) إن الجائز الذي يحتوي على فتحة مستطيلة أبعادها (300*200mm) أكثر صلابة من الجائز الذي يحتوي على فتحة مستطيلة أبعادها (200*300mm).

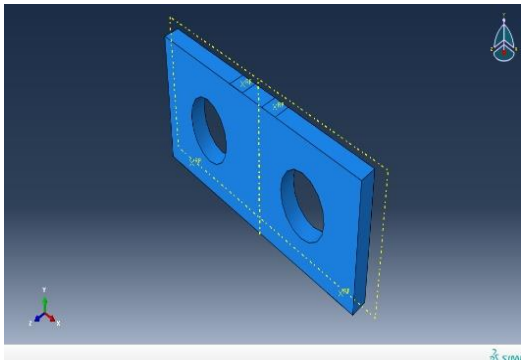
كما نلاحظ إن الجائز الذي يحتوي على فتحة مربعة أدى إلى أنحراف أقل وصلابة أكبر خلافاً للجائزيين ذات الفتحات المستطيلة.

- **الفتحات الدائرية:**

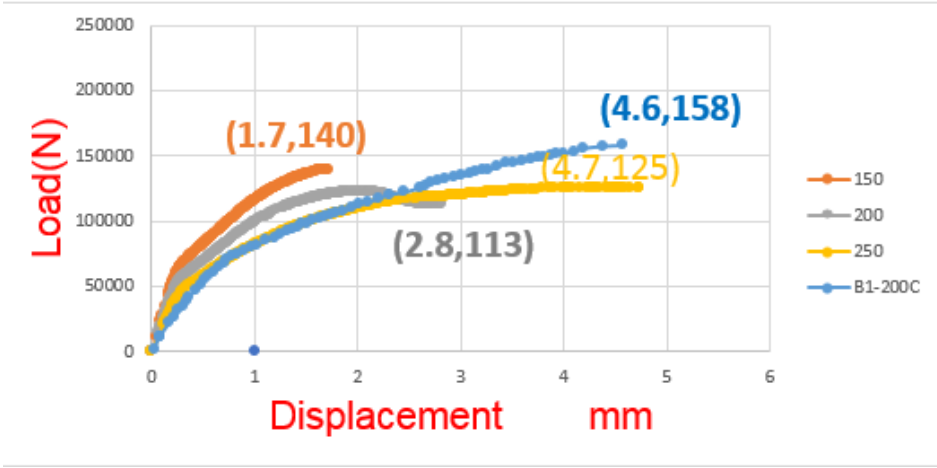




الشكل (22):نموذج فتحة دائريةD=150mm[25]



الشكل (24): نموذج فتحة دائريةD=250mm [25]



الشكل (25): مقارنة المنحنيات للنماذج المدروسة [25]

نلاحظ من الشكل(25) إن الفتحات الدائرية أكثر صلابة من الفتحات المربعة، ونلاحظ إن أنحراف جائز يحتوي فتحة دائرية أبعادها(200mm*200) أقل من أنحراف فتحة مربعة لها نفس الأبعاد. لذلك، استنتج أن الفتحات الدائرية قد تكون مفضلة عن الفتحات المربعة في الجوائز العميقة.

النتائج والمناقشة:

في هذا البحث تمت دراسة تصرف الجوائز الخرسانية المسلحة العميقة البسيطة والحاوية على فتحات، تمت الدراسة باستخدام طريقة العناصر المحدودة(FEM)، واستخدام التحليل اللاخطي والذي يأخذ بالحسبان لاخطية المادة (Materially Non-Linear Analysis).

لحالة الجوائز الخرسانية المسلحة العميقة البسيطة والحاوية على فتحات بأحجام ومواقع موافقة لما ورد في النموذج التحليلي في هذه الدراسة، تمّ التوصل إلى النتائج التالية:

1. يؤثر **حجم الفتحة** على قدرة تحمل الجوائز الخرسانية المسلحة العميقة البسيطة بشكل كبير، فيما يؤثر حجم الفتحة على نمط الانهيار،حيث انخفضت حمولة الانهيار عند تغيير جحم الفتحة من (200*200)mmالى (250*250)mm بنسبة بنسبة 35.4 و 42.5 و 39٪ على التوالي ، مقارنة بالجائز ذات الفتحة(200*200)mm في المركز والأعلى والأسفل.

   بشكل عام ، أدت الزيادة في حجم الفتحة من (200*200)mm إلى (250*250)mmإلى تقليل متوسط مقاومة القص بنسبة39 ٪.
   قد يكون السبب هو زيادة حجم الفتحة في مركز الجائز ، وتقليل صلابة الجائز وبالتالي خضعت لمزيد من الانحراف.

2. يؤثر **موقع الفتحة** سواء كانت في منتصف مجاز القص او في الأعلى اوفي الأسفل بشكل كبير على قيمة انهيار الجائز،حيث إن قدرة تحمل الحمولة تكون اقل عندما تكون في منتصف مجاز القص قد يكون السبب هو أن الحد الأقصى لاعتراض مسار الحمل يحدث عندما يتم توفير الفتحات في مركزمجاز القص لذلك ، نستنتج أن الجوائز التي لها فتحات في وسط مجاز القص قد تكون أقل تفضيلاً.

   حيث زادت حمولة انهيار بالنسبة للجوائز بحجم فتحة (200*200) mm في الاعلى والاسفل بنسبة27.9% و25.8%على التوالي مقارنة بفتحة في منتصف مجاز القص أما بالنسبة للجوائز بحجم فتحة(250*250) mm فقد زادت حمولة الانهيار بالنسبة للجوائز التي تحتوي على فتحة في الأعلى والاسفل بنسبة 21.5%و19.05%على التوالي مقارنة بفتحة في منتصف مجاز القص.

3. تؤثر الفتحات الدائرية في السلوك الإنشائي للجوائز العميقة حيث تؤدي الى سهوم منخفضة بنسبة 64.3%مقارنة بفتحة مربعة لها نفس الابعاد.

4. أن الزيادة في نسبة مجاز القص الى العمق من (0.7) الى (1) أدت الى انحراف أكبر، قد يكون السبب هو الزيادة في نسبة مجاز القص الى العمق مما أدى الى عمق الجائز وزيادة الانحراف.

   لذلك لا نشجع استخدام نسبة مجاز قص الى عمق أكبر في الجوائز العميقة.

المراجع:

1) Chin, S.C.; Yahaya, F.M.; Ing, D.O.H.S.; Kusbiantoro, A.; Chong, W.K. Experimental Study on ShearStrengthening of RC Deep Beams with Large Openings Using CFRP. In International Conference on Architecture, Structure and Civil Engineering (ICASCE'15); ResearchBib: Antalya, Turkey, 2015; pp. 89–95.

2) El-barbary, A.; Beshara, F.; Mahmoud, A. STATE OF ART—High strength Steel Fiber Reinforced Concrete Deep Beams. In Performance of Steel Fibers Reinforced Concrete Deep Beam; Repository of Benha University: Benha, Egypt, 2015; pp. 9–96.

3) Kong F K .(2003) . "Renfored Concrete Deep Beams " Taylor and Francis Book ,Inc .Vol . 7 .No .41,307-317.

4) Rao, G.A.; Kunal, K.; Eligehausen, R. Shear strength of RC deep beams. In Proceedings of the 6th International Conference on Fracture Mechanics of Concrete and Concrete Structures, Catania, Italy, 17–22 June 2007; Taylor and Francis: Didcot, UK, 2007; pp. 693–699.

5) *Collins, M.*P., D. Mitchell, and E.C. Bentz, Shear design of concrete structures The Structural Engineer Journal, 2008. 86(10): p. 32-39.

6) بدورة،محمد كرامة؛زين الدين،وهيب.مسائل هامة في تصميم منشأت البيتون المسلح .الطبعة الأولى ،دمشق ،476،1991.

7) Sundaresan, R.; Rao, G.A. Evaluation of size e_ect on shear strength of reinforced concrete deep beams usingrefined strut-and-tie model. Sadhana **2012**, 37, 89–105.

8) Nawy, E.G., "Reinforced Concrete – A Fundamental Approach" Prentice-Hall Inc., 1985.

9) Mansur, M.A.; Tan, K.-H. Concrete Beams with Openings: Analysis and Design; CRC Press: Boca Raton, FL, USA, 1999.

10) Cheng, H.T.; Mohammed, B.S.; Mustapha, K.N. Experimental and analytical analysis of pretensioned inverted T-beam with circular web openings. Int. J. Mech. Mater. Des. **2009**, 5, 203–215. [CrossRef]

11) Mansur, M.A. Design of Reinforced Concrete Beams with Web Openings. In Proceedings of the 6th Asia-Pacific Structural Engineering and Construction Conference (APSEC 2006), Kuala Lumpur, Malaysia, 5–6 September 2006; pp. 104–120.

12) Yang, K.H.; Chung, H.S.; Lee, E.T.; Eun, H.C. Shear characteristics of high-strength concrete deep beams without shear reinforcements. Eng. Struct. **2003**, 25, 1343–1352. [CrossRef]

13) Tariq, M. Shear Behaviour of RC Deep Beams with openings strengthened with Carbon Fiber Reinforced Polymer. Int. J. Civ. Environ. Eng. **2017**, 11, 1138–1143.

14) Anwar, A. The Influence ofWaste Glass Powder as a Pozzolanic Material in Concrete. Int. J. Civ. Eng. Technol. **2016**, 7, 131–148.

15) Bakir, P.G.; Boduroˇ glu, H.M. Mechanical behaviour and non-linear analysis of short beams using softened truss and direct strut & tie models. Eng. Struct. **2005**, 27, 639–651.

16) Anwar, A.; Juned, A.; Sabih, A.; Syed, A.A. Study of compressive strength of concrete by partial replacement of cement with marble dust powder. Int. J. Curr. Eng. Technol. **2014**, 4, 4162–4166.

17) Waleed A.Jasim,Abbas A.Allawi and Nazar K.oukaili ''Effect of Size and Location of Square Web Openings on the Entire Behavior of Reinforced Concrete Deep Beams'' Civil Engineering Journal Vol. 5, No. 1, January, 2019:209-226.

18) Chin, S.C., Shafiq N., Kusbiantoro A., & Nuruddin M. F. (2014). Reinforced Concrete Deep Beams with Openings Strengthened Using FRP –A Review. Advanced *Materials Research.* 1025-1026, 938-943.

19) Campione, G. & Minafò, G. (2012). Behaviour of concrete deep beams with openings and low shear span–to–depth ratio. *Engineering Structures*. 41, 294–306.

20) Sahoo, D.R., Flores, C. A. & Chao, S.H. (2012). Behavior of steel Fiber–Reinforced Concrete deep beams with large opening. *ACI Structural Journal*. 109(2), 193– 204.

21) Hemanth Kumar G, (2012). Experimental and numerical studies on behavior of FRP strengthened deep beams with openings, *Master of Technology Thesis, Department of Civil Engineering, National Institute of Technology, Rourkela.*

22) Hu, O. E. & Tan, K. H. (2007). Large reinforced–concrete deep beams with web openings : test and strut–and–tie results. Magazine of *Concrete Research*. 59(6), 423–434.

23) Yang, K. H., Eun, H. C., & Chung, H. S. (2006). The influence of web openings on the structural behavior of reinforced high–strength concrete deep beams. Engineering Structures, 28(13), 1825–1834.

24) Maaddawy, T.E. and Sherif, S. (2009), “FRP composites for shear strengthening of reinforced concrete deep beams with openings”, Compos. Struct., 89(1), 60–69.

25) ABAQUS/explicit user‟s manual, version 6.14.