

Study of The Effect of Openings on The Behavior of RC Beams without Additional Reinforcement in opening region using FEM

Dr. ENG. Ihssan Tarsha

Dr. ENG. Abdo Alrazak Salem

ENG. Lojean Al-Mohamad

Civil Engineering. AL-BAATH University

Abstract

The purpose of this research is studying the effect of openings on the behavior of reinforced concrete beams under shear action using three dimensions nonlinear model by finite element method. The beams are simply supported with rectangular section and without additional reinforcement in opening region. The opening is rectangular in shape with variable dimensions and constant position from the support . Studying the effect of changing depth and length of the opening on the behavior of the reinforced concrete beams was conducted . Modeling of the beams was made using Ansys package which uses finite element technique .The ultimate load , the modes of cracks , (load-deflection) relationship and the mode of failure for every beam were achieved. The study showed that introducing an opening in shear region reduces the strength and alter the mode of failure from flexural failure to shear failure , and any addition in the depth or length of the opening lead to early cracks , more deflections and less ultimate failure load . Also the study showed a large approximate between the analytical and experimental results for solid beam without opening

Key words : reinforced concrete beams, web opening , nonlinear analysis , finite element method

دراسة تأثير الفتحات على سلوك الجوائز البيتونية المسلحة من دون تسليم إضافي في منطقة الفتحة باستخدام طريقة العناصر المحدودة

م. لجين المحمد

د.م. عبد الرزاق سالم

د.م. إحسان الطرشة

جامعة البعث - كلية الهندسة المدنية

ملخص البحث

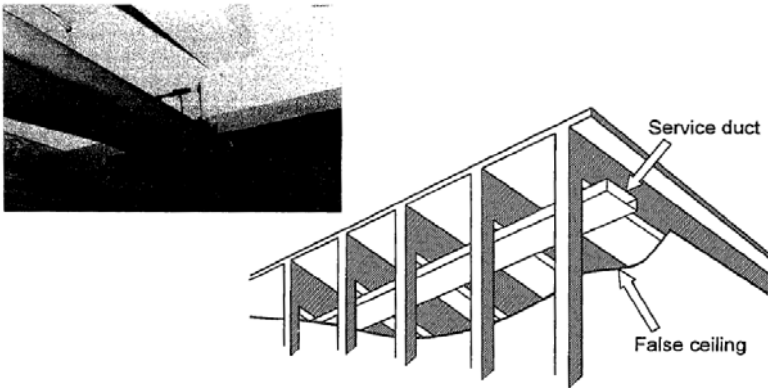
يهدف هذا البحث لدراسة تأثير الفتحات على سلوك الجوائز البيتونية المسلحة تحت تأثير فعل القص باستخدام التحليل اللاخطي ثلاثي الأبعاد وفق طريقة العناصر المحدودة . الجوائز بسيطة الاستناد ذات مقطع مستطيل ومن دون تسليح إضافي في منطقة الفتحة, الفتحة مستطيلة الشكل متغيرة الأبعاد وذات بعد ثابت عن المسند . تمت دراسة تأثير تغيير عمق وطول الفتحة على سلوك الجوائز الخرسانية وذلك بنمذجة هذه الجوائز على برنامج (Ansys) الذي يستخدم تقنية العناصر المحدودة في التحليل ومن ثم الحصول على نمط التشققات مع زيادة التحميل , علاقة (الحمولة - سهم) , الحمولة القصوى ونمط الانهيار للجوائز . وأظهرت الدراسة أنه بوجود فتحة كبيرة في منطقة القص يخفض من المقاومة ويغير نمط الانهيار من نمط الانهيار بالانعطاف إلى الانهيار بالقص , أيضاً إن زيادة عمق أو طول الفتحة يؤدي إلى ظهور شقوق مبكرة وتشوهات أكبر وحمولة انهيار أخفض . أظهرت الدراسة أيضاً التوافق الكبير بين النتائج التجريبية والتحليلية للجوائز من دون فتحة .

كلمات مفتاحية : الجوائز البيتونية المسلحة , الفتحات العرضية , التحليل اللاخطي , طريقة العناصر المحدودة .

دراسة تأثير الفتحات على سلوك الجوائز البيتونية المسلحة غير المزودة بتسليح إضافي في منطقة الفتحة بطريقة العناصر المحدودة

1- مقدمة البحث:

في الأبنية الحديثة العديد من الأنابيب والفتحات ضرورية لإمرار الخدمات مثل شبكات التزويد بالمياه , التهوية , الكهرباء , الهاتف , مياه المجاري , شبكات الكمبيوتر. الشكل (1) يظهر منظر لطبقة نموذجية من الأنابيب من أجل بناء ذو ارتفاع عالي . عادة هذه الأنابيب والقنوات يتم توضعها تحت الجائر ولأسباب جمالية تغطي بسقف مستعار مما يخلق ارتفاع ميت في كل طابق . هذا الارتفاع للفراغ الميت والمضاف إلى الارتفاع الكلي للبناء يعتمد على عدد وعمق القنوات المطلوب استيعابها ويمكن أن يتراوح عمق القنوات أو الأنابيب من بضعة سنتيمترات إلى نصف المتر تقريباً .



الشكل (1) طبقة نموذجية من القنوات الخدمية

هناك ترتيب بديل وهو إمرار هذه القنوات من خلال فتحات عرضية في الجوائز الطابقية, وكما هو مبين في الشكل (2) هذا الترتيب في الخدمات الفنية للبناء يؤدي إلى تخفيض ملحوظ في الارتفاع وهذه ينعكس على التصميم على الزلازل وعلى الكلفة الإنشائية النهائية .

من أجل الأبنية الصغيرة هذا التوفير المنجز بهذه الطريقة ربما لا يكون ملحوظ بالمقارنة مع الكلفة النهائية لكن من أجل الأبنية متعددة الطوابق فإن أي توفير في ارتفاع الطابق مضروب بعدد الطوابق يمكن أن يمثل توفير كبير في الارتفاع الكلي وطول قنوات الكهرباء والتكييف و أنابيب المياه المرفوعة , وبالتالي يوفر من الحمل الكلي على التأسيس. يرجع ذلك إلى الاقتصاد والاتجاه المتزايد نحو استخدام نهج الأنظمة في تصميم المباني لذلك فإن التوجه الآن نحو الطلب من المهندسين الإنشائيين أن يحافظوا على تزويد الجوائز بالفتحات العرضية .

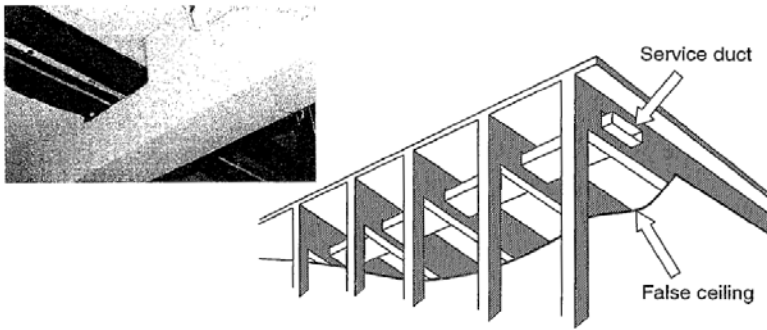


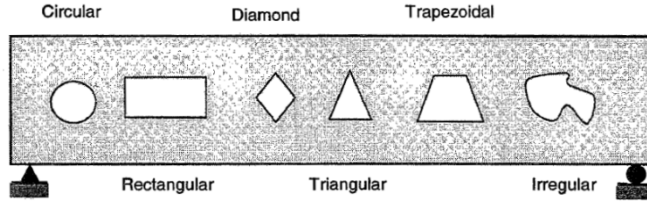
Figure 1.2 Alternative arrangement of service ducts and pipes.

الشكل (2) ترتيب بديل للقنوات الخدمية

معظم المهندسين جربوا تمرير الأنابيب الصغيرة والمزودة ببعض التسليح الإضافي حول كل فتحة لكن عندما تواجهنا فتحات كبيرة خاصة في عناصر البيتون المسلح ومسبق الإجهاد فإن المهندسين يبدون ممانعة في التعامل معها بسبب عدم وجود معلومات تقنية كافية مسبقاً كما يوجد ضعف في التوجيهات المحددة في كود البناء (ACI 1995,BS8110-97) على الرغم من أنها تحتوي معالجة تفصيلية للفتحات في البلاطات الطابقية , وكنتيجة فإن التصاميم تعتمد كثيرا على الحدس والذي يمكن أن يؤدي إلى عواقب كارثية . يوجد على الأقل حالة واحدة مشروحة مسجلة من قبل (Merchant 1967) وفيها الانهيار الكبير لبناء قديم تم تفتاذه عندما تم اكتشاف مشكلة كبيرة عند فتحة في جذع جائر وتم التخفيف من المشكلة في الوقت المناسب .

من الواضح أن إدراج الفتحات في الجوائز يغير السلوك البسيط للجائز إلى سلوك معقد، وبسبب التغيرات غير المتوقعة في الترتيب المقطعي للجائز فإن زوايا الفتحة تصبح موضع لتركيز عالي للإجهادات التي تؤدي إلى شقوق عريضة غير مقبولة من الناحية الجمالية ومن ناحية المتانة .

انخفاض متانة الجائز أيضاً تسبب تشوه مفرد تحت تأثير حمولة الاستثمار وتؤدي إلى إعادة توزيع القوى والعزوم الداخلية بشكل ملحوظ خاصة في الجوائز المستمرة . وما لم يتم التزويد بتسليح خاص بالكمية الكافية مع تفاصيل ترتيبية صحيحة فإن مقاومة وديمومة مثل هذا الجائز يمكن أن تتأثر بشكل جدي وسوف تتخفف إلى درجة حرجة. الفتحات العرضية في الجوائز يمكن أن تكون بأشكال مختلفة وأحجام مختلفة , (Prentzas 1968) في دراسته التجريبية الشاملة أخذ بعين الاعتبار الفتحات بأشكال دائرية , مستطيلة , ماسية , والأشكال الشاذة كما هو مبين في الشكل (3) , على كل حال فإن الفتحات الدائرية والمستطيلة هي الأكثر شيوعاً .



الشكل (3) أشكال الفتحات المعتمدة من قبل (Prentzas 1968)

الفتحات الدائرية تستخدم لترميز أنابيب الخدمة المزودة بالمياه والكهرباء , من جهة أخرى قنوات التكييف تكون عادة مستطيلة الشكل ويتم إمرارها من خلال فتحات مستطيلة خلال الجائز . أحياناً زوايا الفتحة المستطيلة يتم تدويرها لخفض تركيز الإجهادات الحاصل عند الحواف الحادة وبالتالي تحسين سلوك التشقق للجائز تحت الاستثمار .

بالأخذ بعين الاعتبار حجم الفتحة فإن معظم الأبحاث تستخدم مصطلح صغير وكبير من دون تعريف واضح أو وضع حدود واضحة .

(Hasnat and Mansur 1979) قاما بتعريف الفتحات الدائرية والمربعة والقريبة من المربعة في الشكل كفتحات صغيرة . بينما وفقاً ل (Somes and Corley 1974)

فإن الفتحات الدائرية يمكن اعتبارها كبيرة عندما قطرها يزيد عن (0.25) من عمق الجائز .

على أية حال باحثون آخرون يعتبرون أن جوهر التصنيف للفتحات إن كانت صغيرة أو كبيرة يعتمد على الاستجابة الإنشائية للجائز . عندما الفتحة تكون صغيرة كفاية بحيث يبقى التصرف الجائزي (عندما تبقى نظرية الجائز مطبقة) فإن الفتحة يمكن أن تصنف بأنها فتحة صغيرة . عندما يتأثر السلوك الجائزي بسبب وجود الفتحة عندها الفتحة تعتبر كبيرة .

وفقاً للمعيار أعلاه فإن تعريف الفتحة إن كانت صغيرة أو كبيرة يعتمد على نوع التحميل . فمثلاً إذا كانت قطعة الفتحة معرضة لانعطاف صافي عندها فإن النظرية يمكن تطبيقها على طول ما بعد القطعة المضغوطة ثم يحدث الانهيار غير المستقر . بشكل مشابه من أجل الجائز المعرض إلى انعطاف وقص فإن البيانات التجريبية التي نشرت في أبحاث (Prentzas 1986-Mansur 1985,1990-Nasser1967) أظهرت أن التصرف الجائزي ينتقل إلى (Vierendeel Truss Action) كلما ازداد حجم الفتحة .

2- المشكلة العلمية ومبررات البحث :

العديد من الدراسات قد أجريت بخصوص الفتحات العرضية في الجوائز بمقطع T, مسبقة إجهاد, الجوائز العميقة , وأيضاً الجوائز مسبقة الصب لكن هناك دراسات محدودة أجريت على جوائز خرسانية ذات مقطع مستطيل مع فتحة . بسبب العمق المحدود للجوائز مستطيلة المقطع فإن تقديم فتحة في جسد هذه الجوائز هو أمر هام جداً , وفي حالة الفتحات الذي يزيد ارتفاعها عن نصف عمق الجائز فإن تأثيرها على سلوك الجائز يصبح أكثر حرجاً .

نتيجة للتغير المفاجئ في الترتيب المقطعي فإن زوايا الفتحة تكون معرضة لتركيز عالي للإجهادات والذي يؤدي إلى تشقق غير مقبول من ناحية المتانة ومن الناحية الجمالية أيضاً . انخفاض متانة الجائز يؤدي إلى تشوه مفرط تحت تأثير حمولة التخميد ويؤدي إلى إعادة توزيع العزوم والقوى الداخلية خاصة في الجوائز المستمرة (Mansur2006).

وما لم يتم التزويد بتسليح خاص في منطقة الفتحة فإن متانة وصلاحية الجائز سوف تتأثر جدياً .

3- دراسة مرجعية :

(1969) Hanson اختبر سلسلة من الجوائز المسلحة المستمرة بمقطع T مع فتحات مربعة ودائرية صغيرة في الجسد ووجد أن الفتحة الواقعة بالقرب من المسند الوسطي لهذه الجوائز المختبرة لا تؤدي إلى انخفاض في المقاومة .

(1991) Mansur قام بإجراء تجارب على جوائز بيتونية مسلحة مستمرة كل منها يحوي فتحة عرضية كبيرة وأظهرت الدراسة أن زيادة عمق الفتحة من 140mm إلى 220mm أدت إلى انخفاض حمولة الانهيار من 240kN إلى 180kN .

أجرى (2006) Thompson and Pessiki دراسة تجريبية لتحري سلوك جوائز خرسانية مسبقة الإجهاد ومسبقة الصب مع فتحة كبيرة مربعة ودائرية الشكل تحت تأثير تراكيب مختلفة لأحمال الفتل والانعطاف .

في الوقت الحالي , هناك عدة طرق لتحليل الجوائز البيتونية المسلحة متوفرة ومن أهمها تقنية العناصر المحدودة والتي توفر الكثير من الجهد والوقت . وعلى الرغم من أن هناك الكثير من الدراسات التجريبية حول الجوائز البيتونية المسلحة مع وبدون فتحات إلا أنه سابقاً لم يكن بالإمكان إجراء الأبحاث تحليلياً لصعوبة إتباع طريقة العناصر المحدودة وإجرائها بالحساب اليدوي . لكن حالياً ومع تطور المعرفة وتطور القدرات البرمجية أصبح هناك العديد من البرامج الحاسوبية التي تملك خاصية التحليل للعناصر الإنشائية المختلفة بطريقة العناصر المحدودة ومنها (, Ansys, Abaqus).

هذا البحث يصف نموذج للتحليل اللاخطي ثلاثي الأبعاد باستخدام طريقة العناصر المحدودة لجوائز البيتونية المسلحة الحاوية على فتحة كبيرة مستطيلة الشكل متغيرة الأبعاد تحت تأثير أحمال القص السائد وذلك باستخدام برنامج (Ansys) .

4- هدف البحث :

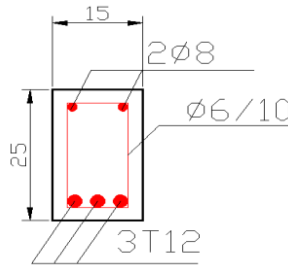
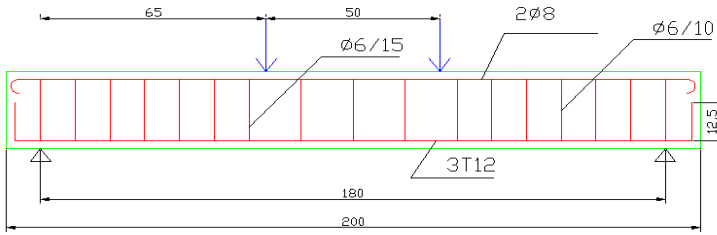
هدف هذا البحث هو تحري ودراسة تأثير وجود فتحة عرضية كبيرة مستطيلة الشكل في جسد الجوائز البيتونية المسلحة بمقطع مستطيل, الفتحة واقعة في منطقة القص السائد من

الجائز ومن دون تقوية بالتسليح الداخلي لمنطقة الفتحة . هذه الدراسة تركز على تأثير أبعاد مختلفة للفتحة أي ندرس تأثير تغير عمق الفتحة وتأثير تغير طول الفتحة ونقارن سلوك هذه الجوائز مع بعضها ومع سلوك الجائز من دون فتحات .

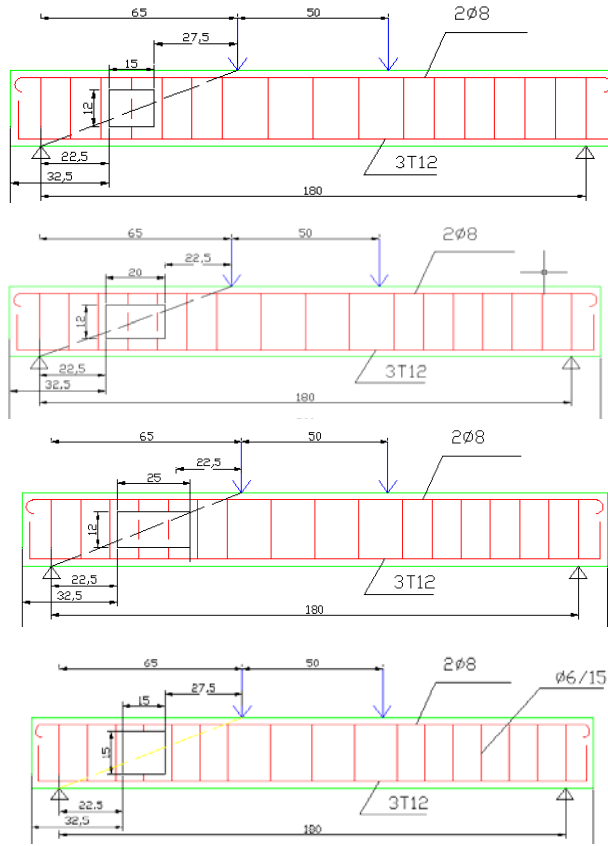
5- وصف النماذج المدروسة :

العمل يتضمن تحليل عدد من الجوائز مستطيلة المقطع العرضي بسيطة الاستناد المتماثلة بالأبعاد وخواص المواد . أبعاد الجوائز (200*25*15cm) البعد بين المساند (180cm) معرضة لحمولتين مركزتين مزودة بتسليح سفلي على الشد (3T12mm) وتسليح علوي (2Ø8mm) وتسليح على القص (Ø6/10cm) في الثلثين الأول والثالث و(Ø6/20cm) في الثلث الوسطي . كما هو مبين في الشكل (4) . الجائز الأول وهو الجائز المرجعي لا يحوي على فتحة .

الجوائز الأخرى وعددها أربعة تحوي كل منها على فتحة الأول بفتحة بأبعاد (12*15cm) الثاني والثالث نغير فيه طول الفتحة لتصبح (12*20cm) ، (12*25cm) على التوالي، والرابع نغير فيه عمق الفتحة لتصبح (15*15cm) والجوائز مبينة في الأشكال (4),(5) .



الشكل (4) نموذج الجائز المرجعي من دون فتحة المختبر تحليلياً وتجريبياً

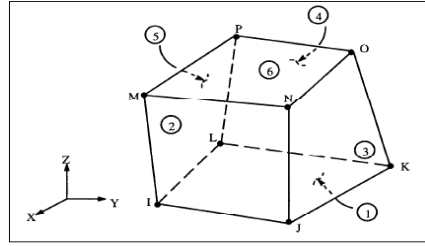
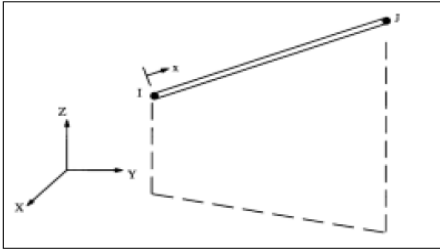


الشكل (5) نماذج الجوائز مع فتحات المختبرة تحليلياً

6- بناء النموذج بطريقة العناصر المحدودة :

6-1- نوع العناصر:

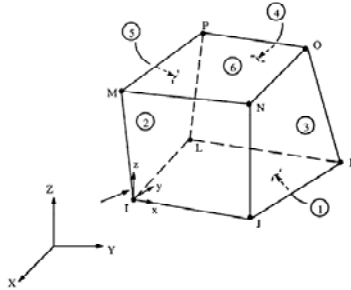
6-1-1 البيتون المسلح : تم استخدام العنصر Solid65 لتمثيل عنصر البيتون وهو عنصر بثمانية عقد بثلاثة درجات حرية لكل عقدة وهي انتقالات في الاتجاهات (X,Y,Z) . العنصر قادر على التشوه اللدن , التشقق في الاتجاهات الثلاثة المتعامدة . العنصر Link180 قد تم استخدامه لنمذجة فولاذ التسليح وهناك عقدتان مطلوبتان لهذا العنصر لكل عقدة ثلاثة درجات حرية وهي انتقالات في الاتجاهات الثلاثة (X,Y,Z) وهذا العنصر قادر على التشوه اللدن أيضاً،هندسة ومواقع عقد هذين العنصرين مبيان في الشكل (6) .



الشكل (6) عنصر solid65 وعنصر link180 المستخدمة في البيتون المسلح

6-1-2- الصفائح المعدنية عند الاستناد والتحميل :

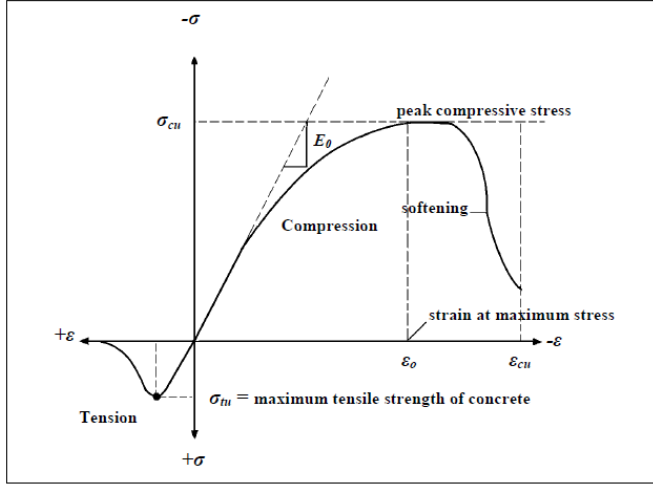
تم استخدام عنصر Solid45 لتمثيل الصفائح المعدنية عند الاستناد والتحميل وهو مشكل من ثمانية عقد بثلاثة درجات حرية عند كل عقدة وهي انتقالات في الاتجاهات (X,Y,Z) كما في الشكل (7)



الشكل (7) العنصر solid45 المستخدم لصفائح التحميل والاستناد

6-2- خواص المواد :

6-2-1- البيتون: يعتبر تطوير نموذج يصف سلوك البيتون مهمة صعبة فالبيتون مادة شبه هشّة ويسلك سلوك مختلف في الشد والضغط . مقاومة الشد للبيتون تكون بين 8-15% من مقاومة الضغط والشكل (8) يظهر منحنى نمذجي لعلاقة (الإجهاد-التشوه) للبيتون العادي.



الشكل (8) منحني نمذجي لعلاقة (الإجهاد - التشوه) للبيتون وفق (Bangash, 1989) في الضغط منحني الإجهاد - التشوه للبيتون يكون مرن خطي إلى حوالي 30% من مقاومة الضغط القصوى ، بعد هذه النقطة الإجهاد يزداد تدريجياً ليصل إلى مقاومة الضغط القصوى σ_{cu} وبعدها ينحدر لينتهي أخيراً بتحطم البيتون عند تشوه أعظمي ϵ_{cu} ، في الشد منحني (الإجهاد - التشوه) تقريباً خطي مرن حتى الوصول إلى مقاومة الشد القصوى وبعد هذه النقطة يتشقق البيتون والمقاومة تنخفض تدريجياً إلى الصفر .

6-2-1-1- بيانات الإدخال لطريقة العناصر المحدودة :

من أجل البيتون فإن البيانات المطلوبة للإدخال هي خواص المادة التالية :

- معامل المرونة (E_c).
 - المقاومة القصوى الاسطوانية على الضغط (f'_c)
 - المقاومة القصوى على الشد (f_t وهي تمثل معامل التمزق).
 - معامل بواسون (ν).
 - معامل نقل القص (β_t).
 - علاقة (الإجهاد - التشوه) للبيتون .
- حيث (f'_c) هي التي تم الحصول عليها تجريبياً (30Mpa) ويحسب معامل المرونة وإجهاد الشد من العلاقات :

$$E_c = 4700\sqrt{f'_c} \quad , \quad f_t = 6.7\sqrt{f'_c} \quad (Mpa)$$

وتم افتراض معامل بواسون للبيتون مساوياً (0.2) , أما معامل نقل القص فهو يمثل شروط وجه الشق وتتراوح قيمته بين (0-1) حيث القيمة (0) تمثل الشقوق الناعمة أما القيمة (1) تمثل الشقوق الخشنة .

2-1-2-6-2 علاقة (الإجهاد - التشوه) للبيتون :

برنامج Ansys يتطلب إدخال علاقة الإجهاد - التشوه للبيتون في حالة الضغط والعلاقات التالية تستخدم لبناء هذه العلاقة :

$$f = \frac{E_c \varepsilon}{1 + \left(\frac{\varepsilon}{\varepsilon_0} \right)^2}$$

$$\varepsilon_0 = \frac{2f'_c}{E_c}$$

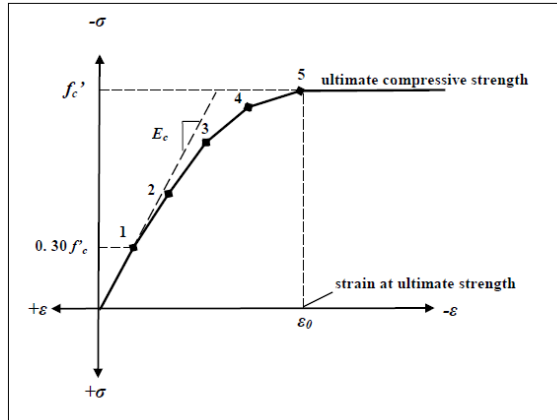
$$E_c = \frac{f}{\varepsilon}$$

حيث :

f : الإجهاد عند أي قيمة للتشوه ε

ε_0 : التشوه عند القيمة القصوى لإجهاد الضغط (f'_c)

والشكل (9) يبين منحنى الإجهاد - التشوه المستخدم في الدراسة .



الشكل (9) منحنى الإجهاد - التشوه للبيتون

6-2-1-3- معيار الانهيار للبيتون :

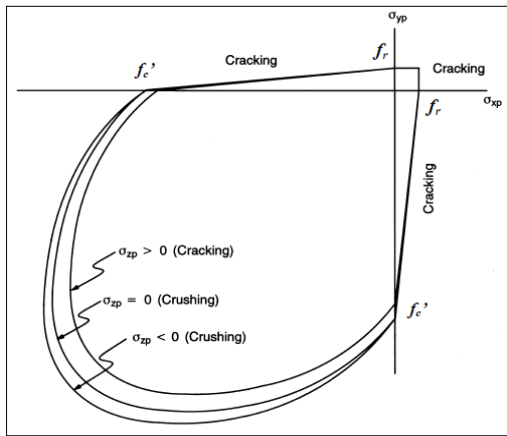
النموذج قادر على توقع انهيار مادة البيتون واستيفاء أنماط الانهيار بالتشقق أو التهشم . كلاً من المقاومة القصوى على الضغط والمقاومة القصوى على الشد للبيتون مطلوبة لتحديد سطح الانهيار للبيتون , لذلك معيار انهيار البيتون نتيجة الحالة الإجهادية المتعددة يمكن حسابها وفق (William and Warnke 1975) .

في الشكل (10) يظهر سطح انهيار البيتون ثلاثي الأبعاد حيث يحدث التشقق عندما إجهاد الشد الرئيسي في أي اتجاه يقع خارج سطح الانهيار . بعد التشقق يصبح معامل المرونة للبيتون مساوياً الصفر في الاتجاه الموازي لاتجاه إجهاد الشد الرئيسي . أما التهشم (التحطم) يحدث عندما كل إجهادات الضغط الرئيسية تقع خارج سطح الانهيار لذلك معامل المرونة يصبح معدوماً في كل الاتجاهات [8].

6-2-2- فولاذ التسليح والصفائح الفولاذية :

من أجل التسليح المستخدم في النمذجة فقد استخدمت خواص المواد المستخدمة في التجارب المخبرية . وفي النمذجة تم افتراض أن سلوك الفولاذ من تام اللدونة ومتماثل في الشد والضغط . معامل بواسون فرض بقيمة 0.3 والشكل (11) يظهر علاقة الإجهاد - التشوه لفولاذ التسليح المستخدم في الدراسة مع خواص المادة التالية :

$$E_s = 200000Mpa \quad , \quad f_y = 410Mpa$$



الشكل (10) سطح الانهيار للبيتون (Ansys 12)

الصفائح الفولاذية المضافة لنموذج العنصر المحدود هي كما في الجائز الفعلي لتؤمن توزيع أفضل للإجهادات في منطقة التحميل والاستناد وتم افتراض أن سلوك مادتها خطي مرن وفق الخواص التالية : معامل بواسون 0.3 ، $E_s = 200000Mpa$

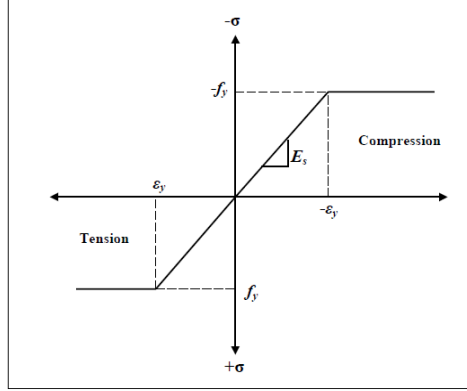


Figure 2.8: Stress-strain curve for steel reinforcement

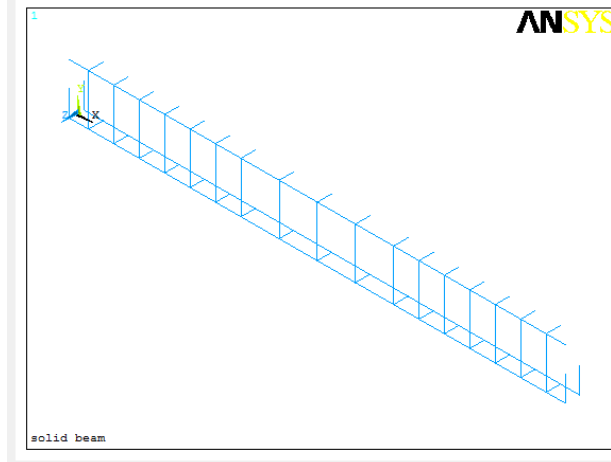
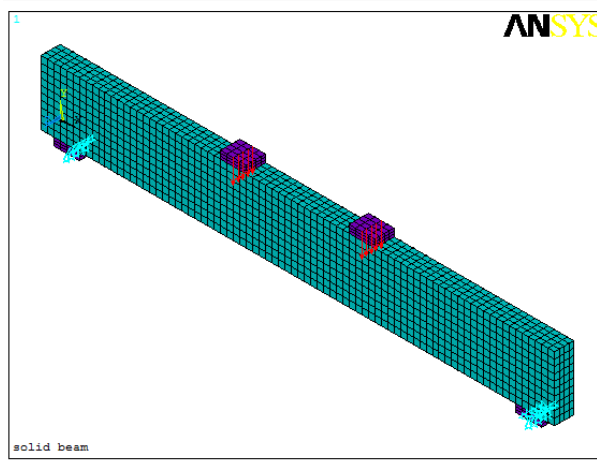
الشكل (11) منحنى الإجهاد - التشوه لفولاذ التسليح

6-3- النمذجة :

تم الاستفادة من خاصية التناظر و نمذجة نصف الجائز فقط بشكل طولي وهذا يقلل من وقت التحليل والذاكرة المستخدمة مع التقييد عند مستوي التناظر. وتم افتراض الارتباط التام بين فولاذ التسليح والبيتون .

وكخطوة أولية فإن التحليل بالعناصر المحدودة يتطلب تقسيم النموذج إلى شبكة بمعنى آخر يتم تقسيم النموذج إلى عدد من العناصر الصغيرة وبعد التحميل فإن الإجهاد والانفعال يحسب عند نقاط التكامل لهذه العناصر وهذه خطوة هامة إذ أن كثافة شبكة العناصر لها تأثير كبير على تقارب الحل.

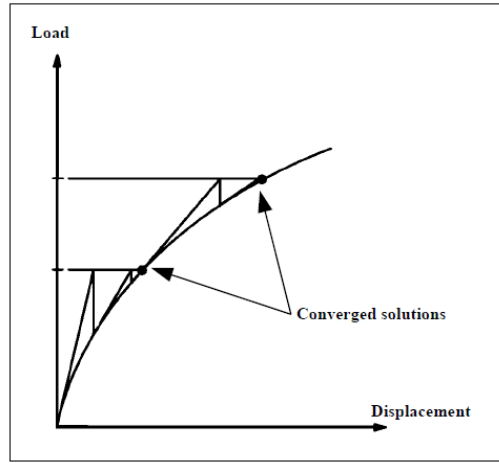
والشكل (12) يبين الجائز المرجعي من دون فتحة (نصف الجائز طولياً) مقسم إلى عناصره المحدودة وأيضاً يبين التسليح الطولي والأساور لهذا الجائز .



الشكل (12) نمذجة الجائز من دون فتحة والتسليح ضمنه في Ansys

7- التحليل اللاخطي :

في التحليل اللاخطي ، الحمولة الكلية المطبقة على نموذج العنصر المحدود تقسم إلى سلسلة من الحمولات المتزايدة تدعى خطوات التحميل وفي نهاية كل تزايد فإن مصفوفة الصلابة للنموذج تعدل حتى تعكس التغيرات اللاخطية في الصلابة الإنشائية قبل الانتقال إلى تزايد التحميل التالي . برنامج Ansys يستخدم طريقة نيوتن رافسون التزايدية التكرارية لتحقيق التقارب عند نهاية كل خطوة تحميل ضمن حدود تسامح مقبولة . الشكل (13) يبين استخدام طريقة نيوتن رافسون للتحليل اللاخطي وفق درجة حرية مفردة .



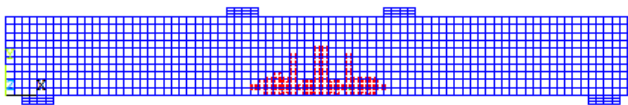
الشكل (13) طريقة نيوتن رافسون المعدلة

8- نتائج الاختبارات والمناقشة :

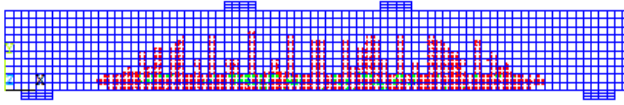
-9

8-1- التشققات ونمط الانهيار و مخطط (الحمولة - سهم) للجائز الصلب :

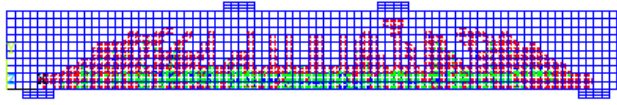
في الجائز الصلب , أول شق تمت ملاحظته عند موقع الانحناء الأعظمي في منتصف الجائز عند حمولة (18kN) وبينما كان الحمل يتزايد كانت تظهر شقوق انعطاف بشكل أكبر ثم عند حمولة أكبر (40kN) تبدأ ظهور شقوق القص المائلة وبعدها يتلدن فولاذ التسليح عند حمولة (108 kN) وأخيرا تنهار منطقة الضغط وينهار الجائز وفق نمط الانعطاف عند حمولة انهيار قصوى (117 kN) والشكل (14) يبين نمط التشققات وفق البرنامج . وهذا متوافق مع نتائج الجائز التجريبي والشكل (15) يبين مخطط الحمولة - سهم للجائز التجريبي والجائز المختبر تحليلياً. والجدول (1) يبين النتائج التي تم الحصول عليها من المخبر وبرنامج الأنسيز ومن الحساب النظري ونلاحظ التوافق الكبير بين النتائج التجريبية ونتائج التحليل باستخدام برنامج Ansys.



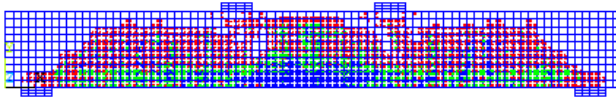
P=18kN



P=40kN

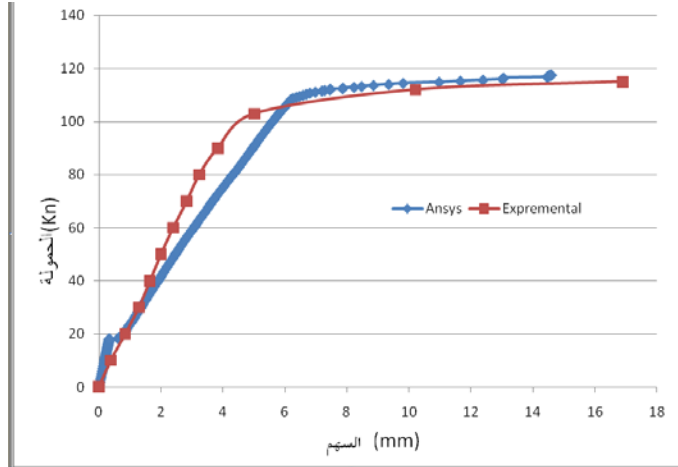


P=80kN



P=117kN

شكل (14) نمط التشققات في الجانز المرجعي من دون فتحة



شكل (15) مخطط الحمولة - سهم للجانز بدون فتحات التجريبي و المختبر تحليلياً

جدول (1) نتائج الاختبار التحليلي والتجريبي والحساب النظري

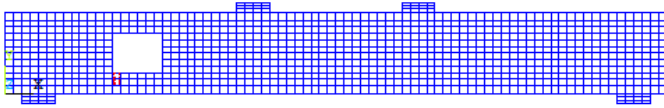
	وفق : Ansys 12	الحساب اليدوي	من العمل التجريبي
الحمولة عند الشق الأول (Kn)	18	27	20
السهم المرن (mm)	0.585	0.359	0.621
التشوه المرن في حديد التسليح (mm)	3.95E-04
الإجهاد في حديد التسليح عند حمولة التشقق (Mpa)	83	26.46
الحمولة عند خضوع فولاذ التسليح (Kn)	108		
حمولة الانهيار (Kn)	115		117
السهم الأعظمي عند حمولة الانهيار (mm)	17.2	9.52	16.9
السهم عند الخضوع (mm)	7.056
التشوه اللدن لحديد التسليح عند الخضوع	0.003115

8-2- التشققات ونمط الانهيار ومخطط (الحمولة - سهم) للجوائز مع فتحات :

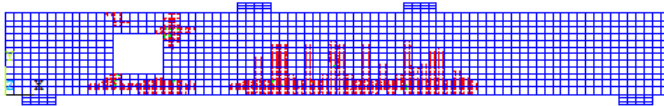
يظهر أول شق عند زاوية الفتحة بسبب تركيز الإجهادات و مع زيادة الحمولة المطبقة فإن الشقوق تتولد باتجاه القوة والمسند بالإضافة فإن شقوق أكثر تتم ملاحظتها على زوايا الفتحة المعاكسة وشقوق القص أيضاً لوحظت على العتبة الأخفض للفتحة وفي النهاية تظهر شقوق قص قطرية في العنبتين العليا والسفلية للفتحة وشقوق انعطاف أكثر تتشكل في الجزء الوسطي من الجائز , وأخيرا ينهار الجائز بالقص في منطقة الفتحة .

أي أن تزويد فتحة في منطقة القص من جائز بيتوني مسلح ليس فقط يخفض المقاومة بل أيضاً يعدل نمط الانهيار من الانهيار بالانعطاف إلى نمط الانهيار بالقص. و بزيادة طول أو عمق الفتحة فإن التشققات تظهر عند حمولة أخفض ويلاحظ ظهور تشققات أكثر وتشوهات أكبر مع زيادة الحمولة وينهار الجائز عند حمولة أخفض .

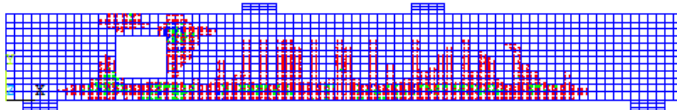
الأشكال التالية تبين نمط التشققات للجوائز المحللة.



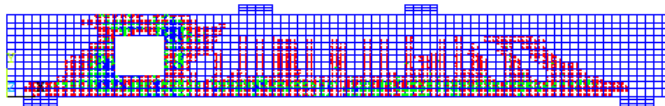
P=13kN



P=20kN

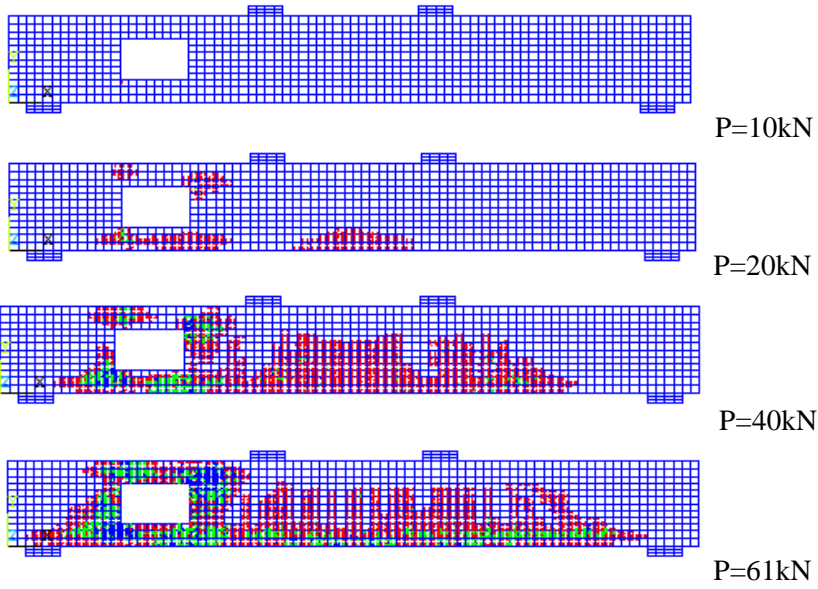


P=40kN

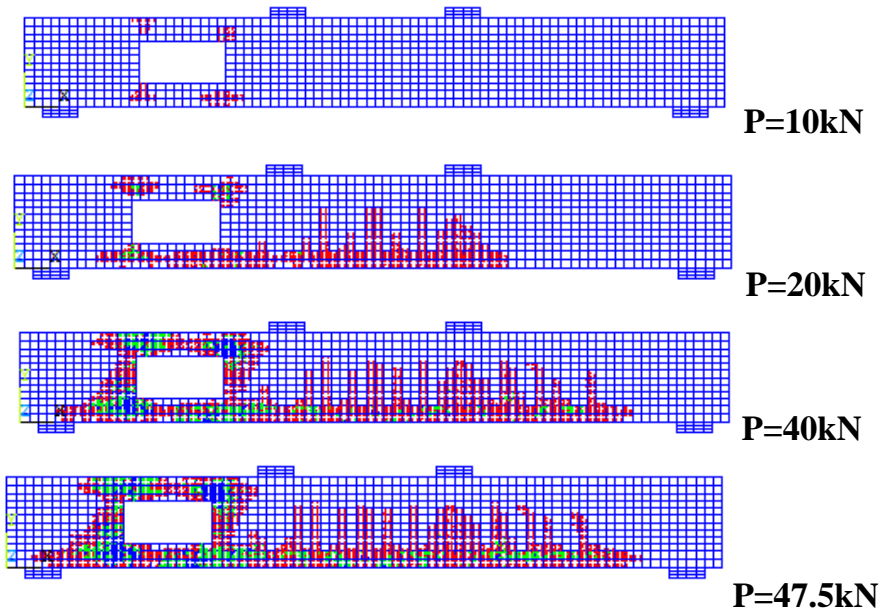


P=65kN

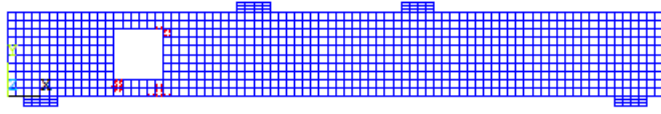
شكل (16) نمط التشققات في الجائز مع فتحة (12*15cm)



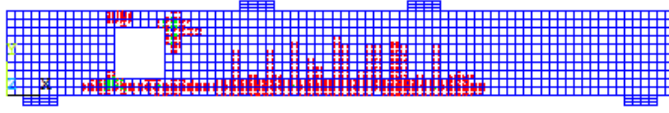
شكل (17) نمط التشققات في الجانز مع فتحة (12*20 cm)



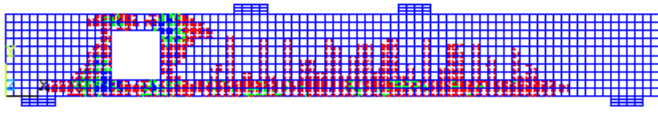
شكل (18) نمط التشققات في الجانز (12*25 cm)



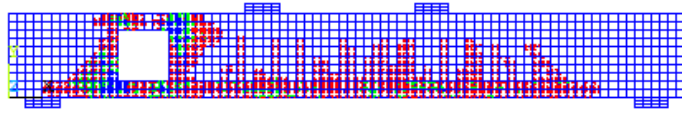
P=8kN



P=20kN



P=40kN



P=43kN

شكل (19) نمط التشققات في الجائز مع فتحة (15*15cm)

والجدول (2) يبين ملخص لنتائج التحليل للجوائز ويظهر من خلاله أن تغير عمق الفتحة أو طولها يؤثر على سلوك ومقاومة الجائز بشكل مشابه والفتحة الأعمق تؤدي إلى كل من الشقوق المبكرة وخضوع مبكر لفلواذ التسليح لذلك متانة الجائز تتخضع بشكل أكبر .

جدول (2) نتائج الاختبار التحليلي للجوائز مع فتحات

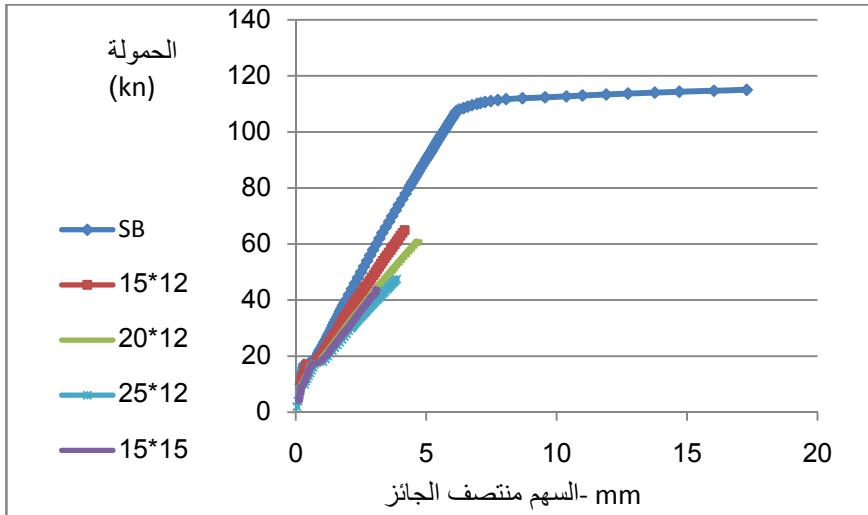
	الجائز المرجعي	أبعاد الفتحة (cm)			
		12*15	12*20	12*25	15*15
الحمولة عند الشق الأول (kN)	18	13	10	10	8
السهم المرن (mm)	0.585	0.306	0.31	0.38	0.2645
التشوه المرن في حديد التسليح (mm)	3.9E-04	7.7E-05	2.0E-04	2.5E-04	1.7E-04
الإجهاد في حديد التسليح عند حمولة التشقق (Mpa)	83	16.2	43.7	53.3	37
الحمولة عند خضوع فلواذ التسليح (Kn)	108				
حمولة الانهيار (Kn)	115	65	61	47.5	42.93
السهم الأعظمي عند حمولة الانهيار (mm)	17.2	4.45	4.973	4.34	3.9
نسبة الانخفاض في حمولة الانهيار (%)	...	43.48	46.96	58.70	62.67

تظهر الأشكال التالية مخطط (الحمولة - سهم) للجوائز المحللة ونلاحظ من خلالها ومن الجدول أعلاه أن الفتحة غير المقواة بارتفاع (0.52) من عمق الجائز يمكن أن

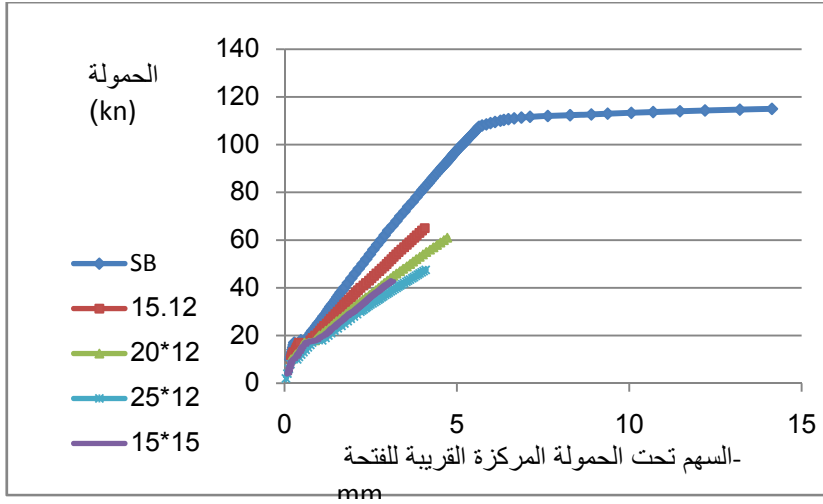
تخفيض المقاومة بحدود (63%) والفتحة غير المقواة بارتفاع (0.4) من عمق الجائز يمكن أن تخفيض المقاومة بحدود (43%). زيادة عمق الفتحة من (12cm) إلى (15cm) أي بنسبة (20%) يؤدي إلى انخفاض حمولة الانهيار من (65 Kn) إلى (42.93Kn) ، أي بنسبة (34%) .

وكذلك الأمر بالنسبة لطول الفتحة فتغير الطول من (15cm) إلى مع ثبات عمق الفتحة إلى الطول (25cm) يخفض المقاومة بنسبة (26%) .

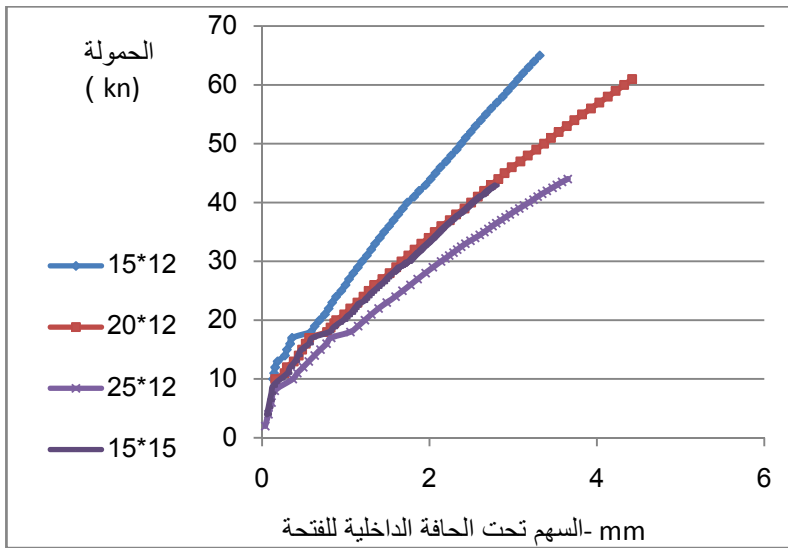
إن الزيادة في طول أو عمق الفتحة يؤدي إلى شقوق مبكرة للجائز وينتج تشوهات أكبر وبالعموم زيادة حجم الفتحة يؤدي إلى انخفاض حمولة الانهيار لكن لا يؤثر ذلك على نمط الانهيار. كما نجد أن الحمولة عند الشق الأول تنخفض عند أي زيادة في طول أو عرض الفتحة .



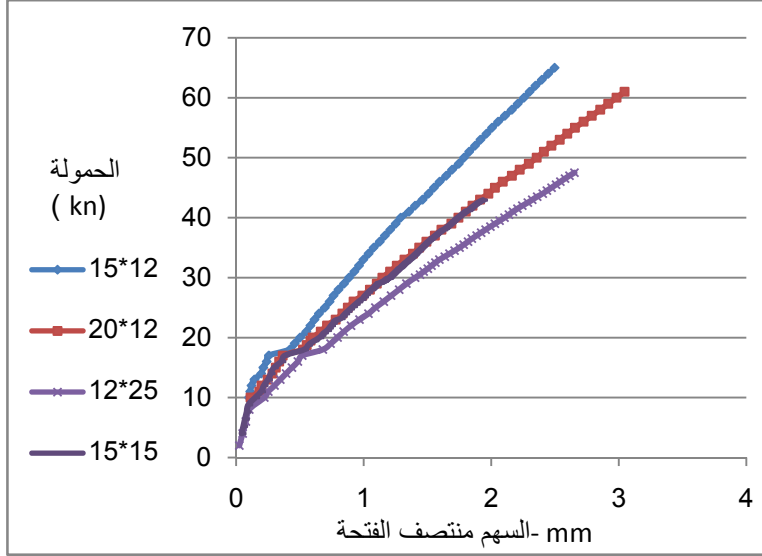
الشكل (20) مخطط الحمولة - سهم للجوائز المختبرة عند منتصف الجائز



الشكل (21) مخطط الحمولة - سهم تحت الحمولة المركزة القريبة للفتحة



الشكل (22) مخطط الحمولة - سهم للجوائز تحت الحافة الداخلية للفتحة



الشكل (23) مخطط الحمولة - سهم للجوائز تحت منتصف الفتحة

10- النتائج والاستنتاجات:

- 1- الحمولة القصوى التي تم الحصول عليها من Ansys للجوائز من دون فتحة قريبة جداً من الحمولة القصوى المقاسة تجريبياً والاختلاف بنسبة (1.7%).
- 2- وجود فتحة مستطيلة كبيرة في منطقة القص السائد من جائز بيتوني مسلح من دون تسليح خاص حول الفتحة يقلل من المقاومة القصوى للجوائز على الأقل (20%) ونمط الانهيار هو نمط انهيار بالقص عند الفتحة وذلك عند مستوى حمولة أخفض .
- 3- الفتحة غير المقواة بارتفاع (52%) من عمق الجائز يمكن أن تخفض المقاومة بحدود (63%) والفتحة غير المقواة بارتفاع (0.4) من عمق الجائز يمكن أن تخفض المقاومة بحدود (43%) .
- 4- تغيير طول الفتحة من (15cm) إلى مع ثبات عمق الفتحة إلى الطول (25cm) يخفض المقاومة بنسبة (26%) .

بالاعتماد على طريقة العناصر المحدودة فإن الدراسات المستقبلية يمكن أن تتضمن أنواع مختلفة من التحميل وأشكال وحجوم مختلفة للفتحة وأيضاً عدد مختلف من الفتحات ويمكن أيضاً دراسة تأثير اختلاف موقع الفتحة أفقياً وشاقولياً وعلاوة على ذلك يمكن دراسة التدعيم لمنطقة الفتحة باستخدام طريقة العناصر المحدودة .

المراجع

- [1]- Mansur, M.A, (1998),Effect of openings on the behavior and strength of R/C beams in shear. Cement and concrete composites, 20: 477-486.
- [2]- Mansur, M.A, L.M. Huang, K.H. Tan and S.L. Lee,(1992), Deflection of reinforced concrete beams with web openings. ACI Structural Journal, 89(4): 391-397.
- [3]- Mansur, M.A, Y.F. Lee, K.H. Tan and S.L. Lee,(1991), Test on RC continuous beams with openings. Journal of Structural Engineering, 117(6): 1593-1605.
- [4]- Salam, S.A, (1977),Beams with openings under different stress conditions. Conference on Our World in Concrete and Structures, 25-26 Aug. Singapore, pp: 259-267.
- [5]-Siao, W.B, S.F. Yap, (1990), Ultimate behavior of unstrengthened large openings made in existing concrete beams. Journal of the Institution of Engineers, 30(3): 51-57.
- [6]-Somes, N.F , W.G. Corley, (1974),Circular openings in webs of continuous beams". American Concrete Institute. Detroit, MI, pp: 359-398.
- [7]-Thompson, J.M. and Stephen Pessiki, (2006), Experimental investigation of precast, prestressed inverted-tee girders with large web openings. PCI Journal. pp: 1-17.
- [8] – Ihssan Tarsha, Abdo Alrazak Salem, Lojean Al-Mohamad, Study of Strengthened RC Beams with Large opening in Shear Zone, Journal of AL- Baath university, Vol.37,2015.