

تأثير نسبة بعد نقطة تطبيق القوة المركزة عن المسند إلى العمق الفعال (a/d) على مقاومة القص في الجوائز البيتونية عالية المقاومة و التي لا تحوي تسليح على القص

الدكتور أحمد عبود¹

الدكتور نزيه منصور²

الشريفة بهيجة آل الفضل³

(تاريخ الإيداع 29 / 8 / 2016. قُبل للنشر في 16 / 1 / 2017)

□ ملخص □

تم حساب مقاومة القص للجوائز البيتونية عالية المقاومة التي لا تحوي تسليح على القص و ذات مقاومة وسطية (70Mpa) و ذلك من أجل نسب مختلفة لبعدها عن القوة عن المسند إلى العمق الفعال مختلفة ، 1.8 ، 1.35 (a/d=3.15 & 2.25 ، كما تم تحديد قيم عرض الشق و السهم من العلاقات الحسابية و مقارنة السهم في منتصف الجوائز مع السهم التي حصلنا عليها تجريبياً، ثم مقارنة نتائج الاختبار لقيم القص مع طرق حساب القص المتوفرة من الكودات و المعادلات مثل : ACI 318 ، الكود الكندي ، نموذج ، معادلة زوتي و بازانت. بينت النتائج أن معادلة زوتي كانت أفضل و أنسب طريقة لاختبار المعطيات.

الكلمات المفتاحية : بيتون عالي المقاومة ، القص ، نسبة بعد القوة عن المسند إلى العمق الفعال (a/d) .

¹ أستاذ - قسم الهندسة الإنشائية - كلية الهندسة المدنية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

² مدرس - قسم الهندسة الإنشائية - كلية الهندسة المدنية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

³ طالبة دراسات عليا (دكتوراه) - قسم الهندسة الإنشائية كلية الهندسة المدنية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

Influence of shear span to depth ratio (a/d) on shear strength of high strength concrete beams without shear reinforcement

Dr. Ahmed Aboud⁴
Dr. Nazeeh Mansour⁵
Al Shareefa Baheaja Al Alfadel⁶

(Received 29 / 8 / 2016. Accepted 16 / 1 / 2017)

□ ABSTRACT □

The shear strength of high strength concrete beams without shear reinforcement was calculated. It has an average resistance of (70Mpa) and different shear span to depth ratios of (a/d=1.35 , 1.8 , 2.25 , 3.15). Values of deflections and cracks width was also calculated. Then we compared the calculated deflection in the middle of the beams with its experimental results. After that we compared shear values from test results with shear samples available from codes and equations like : ACI 318 , Canadian code , CEP-FIP samples , Bazant and Zustry's equation. The results have shown that Zustry equation was better and beat way to choose the data.

Keywords : High strength concrete , Shear , Shear span to depth ratio (a/d).

⁴ Professor, Department of structure engineering, Faculty of Civil engineering ,Tishreen University ,Lattakia, Syria.

⁵ Tutor, Department of structure engineering, Faculty of Civil engineering ,Tishreen University ,Lattakia, Syria.

⁶ Postgraduate Student, Department of structure engineering, Faculty of Civil engineering ,Tishreen University ,Lattakia, Syria.

مقدمة :

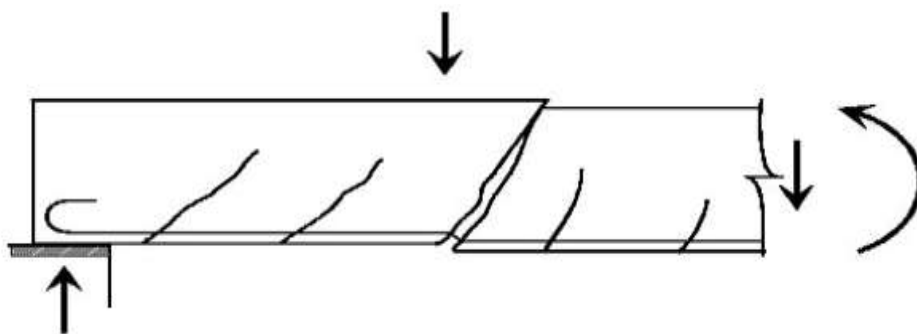
يعتبر البيتون المادة الأساسية في بناء المنشآت الهندسية، حيث تنفذ أغلب عناصر و أجزاء هذه المنشآت منه. ازداد في الآونة الأخيرة الاهتمام بالبيتون عالي المقاومة عند تنفيذ المنشآت المدنية الخاصة ، حيث خلق استخدام البيتون عالي المقاومة قفزة نوعية في تصميم و تنفيذ المنشآت البيتونية المسلحة المخصصة لمختلف أنواع الاستثمارات المدنية و السكنية و غيرها. إن تصميم مقاطع العناصر البيتونية بما يمكنها من مقاومة مختلف أنواع الحمولات والقوى الداخلية كالانعطاف والقص والفتل وغيرها يتطلب معرفة سلوك البيتون عالي المقاومة تحت تأثير مختلف هذه الحمولات المؤثرة في المنشآت.

أهمية البحث وأهدافه :

يهدف البحث إلى دراسة تأثير نسبة بعد نقطة تطبيق القوة عن المسند إلى العمق الفعال للمقطع البيتوني (a/d) على مساهمة البيتون في مقاومة القص و ذلك عبر إجراء تجارب مخبرية على جوائز بيتونية عالية المقاومة بمقاومة وسطية لا تقل عن 70Mpa بالإضافة إلى قياس السهم في منتصف الجوائز ثم مقارنة هذه القيم مع القيم الحسابية التي تعطيها العلاقات و المعادلات الواردة في الكودات العالمية ثم حساب عرض الشق و السهم في منتصف الجوائز وفق الكود الأمريكي ^[1] ACI 318-05 و مقارنة هذه القيم مع القيم التجريبية.

الدراسة المرجعية :**1- مقدمة حول مقاومة القص في الجوائز البيتونية المسلحة :**

عندما يتعرض الجائز البيتوني المسلح بتسليح طولي إلى حمولات خارجية ستتشكل فيه إجهادات شد قطرية تؤدي إلى ظهور تشققات. تكون هذه الشقوق شاقولية في منتصف مجاز الجائز و مائلة عند المساند كما يبين الشكل (1) يدعى الإجهاد المسبب للشقوق المائلة بإجهاد الشد القطري ^[2].



الشكل (1) تشكل الشقوق عند تطبيق الحمولة الشاقولية في منتصف مجاز الجائز ^[2].

يعطى إجهاد القص ϑ لجائز متجانس في المرحلة المرنة بالعلاقة التالية :

$$\vartheta = \frac{V.S}{I.b} \quad (1)$$

حيث :

V : قوة القص في المقطع المعبر .

S : العزم الستاتيكي حول المحور المحايد لجزء المقطع الواقع بين الخط الموازي للمحور المحايد و المار من النقطة التي يحسب فيها الإجهاد و طرف المقطع الأقرب لهذه النقطة .

I : عزم عطالة المقطع العرضي حول المحور المحايد .

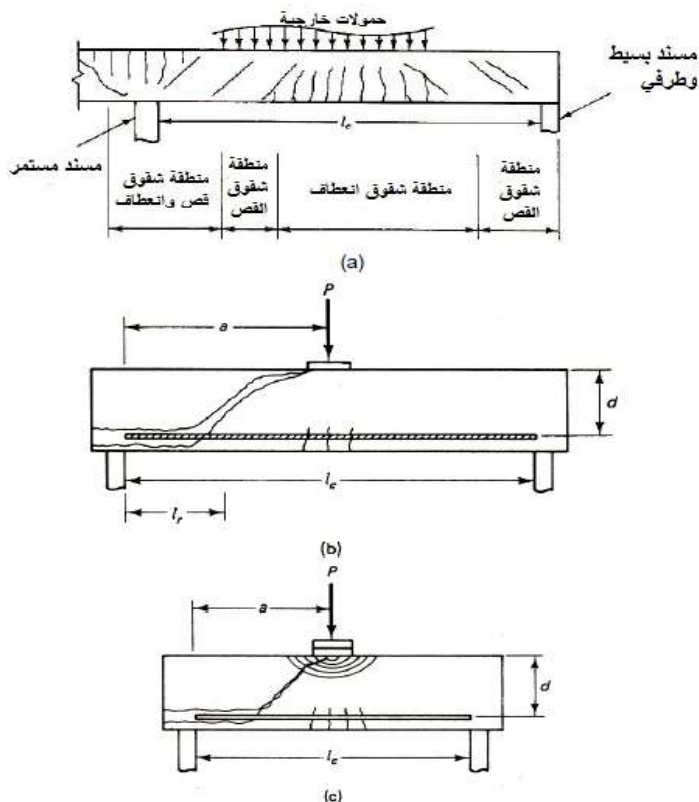
b : عرض المقطع العرضي عند النقطة التي يحسب فيها الإجهاد .

2- آلية انهيار الجوائز البيتونية نتيجة القص :

يبين الشكل (2-a) أنماط انهيار مختلفة في الجوائز البيتونية المسلحة. في المنطقة التي ستتهار نتيجة الانعطاف غالباً ما تكون الشقوق شاقولية في منتصف ثلث مجاز الجائز و متعامدة مع الإجهادات الرئيسية. تنتج هذه الشقوق من إجهاد قص صغير جداً v و إجهاد انعطاف يكون هو المسيطر f .

ينهار الجائز نتيجة إجهادات الشد القطرية إذا كانت مقاومة الجائز على الشد القطري أقل من مقاومته على الانعطاف. حيث تكون نسبة (a/d) ذات قيمة متوسطة تتراوح بين 2.5 و حتى 5.5 في حالة الحمولة المركزة. هذه الجوائز يمكن اعتبارها متوسطة النحافة. يبدأ التشقق بالظهور على شكل عدة شقوق انعطاف شاقولية صغيرة (قليلة العرض) في منتصف المجاز ، يلي ذلك تحطم البيتون المحيط بقضبان التسليح عند المسند. بعد ذلك و بدون حصول أي إنذار بأن الانهيار على وشك الحدوث يظهر شقين أو ثلاث شقوق قطرية على بعد $1.5d$ إلى $2d$ من وجه المسند وذلك في حالة الجوائز البيتونية المسلحة، أما في حالة الجوائز البيتونية المسبقة الإجهاد فتظهر الشقوق عند ربع المجاز. ثم يتوسع أحد هذه الشقوق و يصل إلى شق الشد القطري الرئيسي و يمتد من الأعلى حتى يصل أقصى ليف مضغوط كما يبين الشكل (2-b) [2].

تبدأ عدة شقوق انعطاف قليلة العرض بالتشكل في منتصف المجاز بالنسبة للجوائز التي تكون فيها نسبة مجاز القص إلى العمق الفعال أقل من 2.5 و تتوقف هذه الشقوق عن الانتشار مع تحطم البيتون المحيط بقضبان التسليح الطولية عند المسند. بعد ذلك يتشكل شق شديد الميل و يكون ميله أكبر من ميل الشقوق المتشكلة في حالة الشد القطري و يستمر بالانتشار باتجاه المحور المحايد. سرعة انتشار هذا الشق نقل مع تحطم بيتون الألياف العلوية المضغوطة و مع إعادة توزيع الإجهادات الحاصلة في تلك المنطقة. يحدث الانهيار المفاجئ عندما يصل الشق المائل الرئيسي إلى منطقة البيتون المتحطم كما يبين الشكل (2-c) . يمكن اعتبار هذا الانهيار أقل هشاشة نسبياً من الانهيار الحاصل نتيجة الشد القطري وذلك بسبب عملية إعادة توزيع الإجهاد.. يدعى هذا الانهيار عادةً بالانهيار الضغط أو انهيار شبكة القص.



الشكل (2) أنماط الشقوق المتوقع حدوثها في الجوائز البيتونية المسلحة [2].

3- مقاومة القص في الجوائز البيتونية المسلحة ذات المقاومة العادية :

بينت دراسة مقاومة البيتون على القص أن الجوائز البيتونية المسلحة والتي لا تحوي تسليح عرضي يمكنها مقاومة القص والانعطاف عبر الفعل الجانبي والفعل القوسي، والتي تدعى في بعض الأحيان بآليات عمل البيتون [3]. يبين الشكل (3) عمل هذه القوى ضمن مجاز القص لعنصر جانبي. تعطى محصلة عزم الانعطاف لمقطع متشقق بالعلاقة التالية :

$$M_c = V_c \cdot x = T \cdot jd \quad (2)$$

حيث :

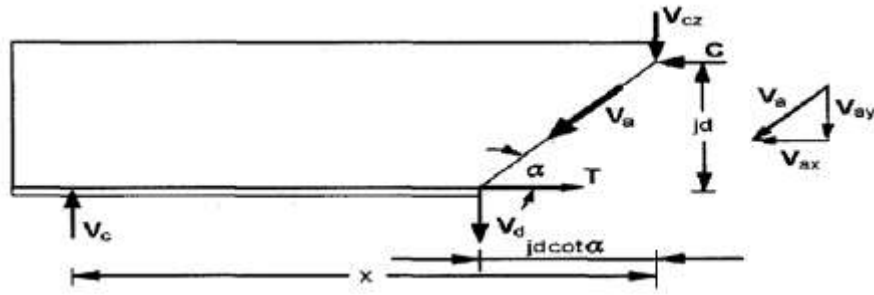
V_c : قوة القص الناتجة عن مساهمة البيتون.

T : قوة الشد في قضبان التسليح الطولية.

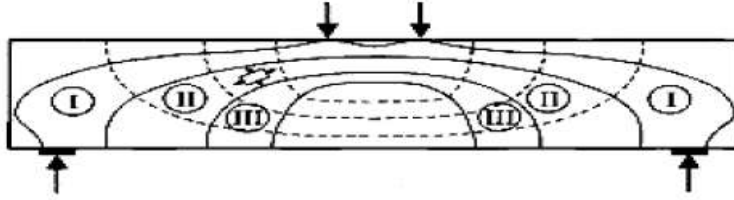
x : المسافة بين المسند و النقطة التي بدأ منها الشق بالظهور.

من المعلوم أن قوة القص هي مشتق عزم الانعطاف : $V_c = dM_c/dx$.

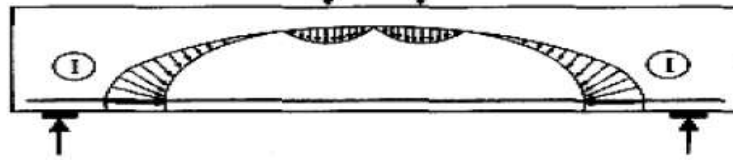
$$V_c = jd \left[\frac{dT}{dx} \right] + T \frac{dx}{dx} \quad (3)$$



عمل القوى ضمن مجال القص لعنصر جانبي



قبل التشقق



الفعل القوسي عند المسند

الشكل (3) عمل القوى ضمن مجال القص لعنصر جانبي و الأقواس الداخلية المتشكلة [3].

يمثل الحد الأول من المعادلة 3 مساهمة الفعل (العمل) الجانبي في مقاومة القص بينما يمثل الحد الثاني الفعل القوسي.

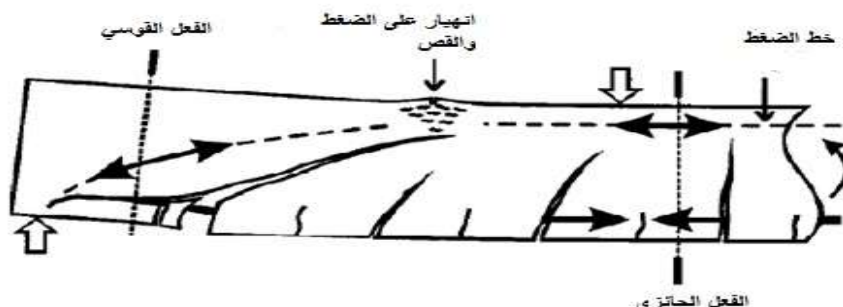
يكون ذراع الرافعة في حالة الفعل الجانبي ثابت بينما قوة القص في قضبان التسليح من المفروض أن تتغير. يتعلق الفعل الجانبي بأشكال و توزع الشقوق ضمن مجاز القص حيث يمكننا بشكل عام تقسيم المنطقة المشدودة إلى بلوكات أو أسنان.

يبين الفعل الجانبي آلية انتقال قوى القص عبر التغييرات الحاصلة في المنطقة المضغوطة من البيتون و في شد قضبان التسليح مع بقاء ذراع الرافعة ثابت مما يتطلب انتقال الحمولة بين هاتين القوتين (الضغط في البيتون و الشد في قضبان التسليح).

يمثل الحد الثاني من المعادلة 3 مساهمة الفعل القوسي في مقاومة القص و هذا يمكن التعبير عنه من خلال تغير ذراع الرافعة jd مع بقاء قوة الشد ثابتة T . يقوم الميكانيزم القوسي بنقل القوى الشاقولية إلى المساند عبر المسار القوسي.

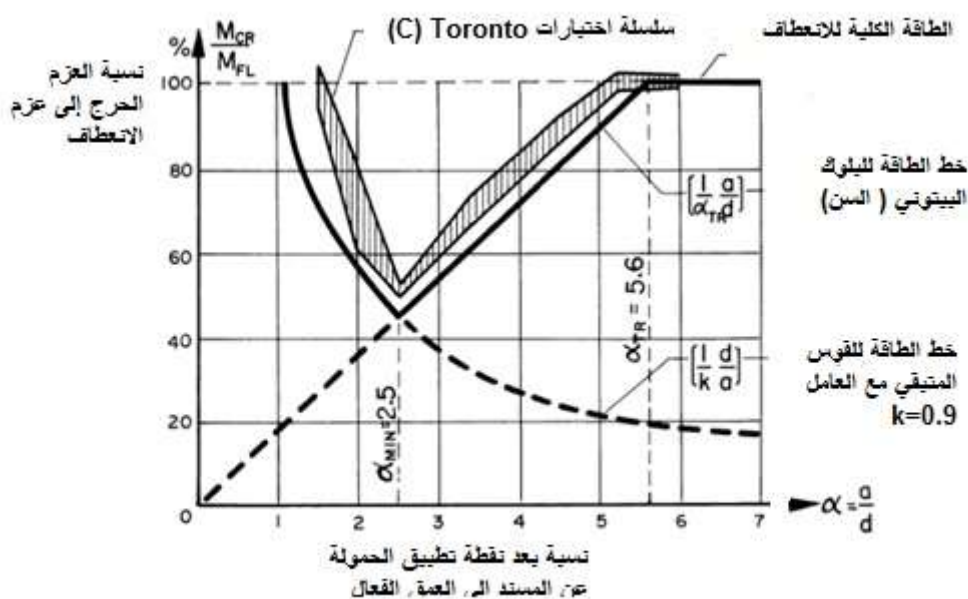
يحدث الفعل القوسي في الجزء غير المتشقق من البيتون بالقرب من طرف الجانز حيث يتم انتقال الحمولة من المنطقة المضغوطة إلى المسند عبر الدعامة المضغوطة. تقوم المركبة الشاقولية لهذه الدعامة بنقل قوى القص إلى المسند في حين تمثل المركبة الأفقية الثابتة التسليح الانعطافي المشدود.

يمكن أن يحدث الفعل الجائزي و الفعل القوسي في نفس المنطقة من الجائز [4]. يبين الشكل (4) تفاصيل هذه العملية. قبل تشقق الجوائز تتم مقاومة القص عبر كافة العناصر الجائزية المبينة في المسارات I , II and III في الشكل 3. أما بعد التشقق فيقوم الجزء غير المتشقق فقط بمقاومة قوى القص و ذلك عبر نقلها إلى المساند.



الشكل (4) القص في الجوائز التي لا تحوي تسليح عرضي [4]

عرف الباحث كاني [4] الفعلين الجائزي و القوسي بمقاومة قوى القص و ذلك بالنسبة للجوائز البيتونية المسلحة، و قد اكتشف أن قوى القص تتم مقاومتها في البداية عبر بلوكات (أسنان) البيتون المتشقق، و لكن بعد تحطم البيتون تتشكل آلية مختلفة تماماً لمقاومة قوى القص من خلال الأقواس المتشكلة في المنطقة المضغوطة. اعتماداً على نتائج الاختبار الذي أجراه كاني بين أنه في الحالة التي تكون فيها النسبة (a/d) ذات قيم صغيرة فإن قدرة تحمل المنشأة على القص تحدد استناداً للقوس المتبقي (الفعل القوسي) بينما عندما تكون a/d ذات قيم متوسطة فإن قدرة التحمل على القص تحدد استناداً لقدرة بلوكات البيتون المتشقق. و اقترح أيضاً كاني حداً يفصل بين هاتين الحالتين. يبين الشكل (5) أنه من أجل نسب a/d تصل حتى 2.5 فإن الانهيار نتيجة الفعل القوسي هو المسيطر بينما من أجل a/d أكبر من 2.5 و حتى 5.75 أو 6 فإن الفعل الجائزي هو المسيطر بينما تكون مقاومة القص عبر الفعل القوسي صغيرة جداً.



الشكل (5) مقارنة بين النتائج التجريبية و النظرية لانهيار الجوائز نتيجة القص [5].

4 ملخص للكودات الرئيسية لمساهمة البيتون في مقاومة القص، كما هو موضح بالجدول:

الجدول (1)

العوامل تمثل	المعادلات	كودات أو باحثون
ρ f_c , (a/d),	$V_c = \left(\frac{\sqrt{f'_c}}{6} \right) b_w d$ المعادلة المبسطة (4) $V_c \left[\sqrt{f'_c} + 120 \rho \frac{V_u d}{M_u} \right] \frac{b_w d}{7} \leq 0.3 \sqrt{f'_c} b_w d$	ACI 318-05 ^[1]
f _c , d, a/d	$V_c = 0.2(\sqrt{f'_c}) b_w d$ اذا كانت (5) $d \geq 300mm \text{ أو } A_v \geq \frac{0.06 \sqrt{f'_c}}{f_y} b_w s$ $(10) V_c = \left(\frac{260}{1000 + d} \right) \sqrt{f'_c} b_w d \geq 0.1 \sqrt{f'_c} b_w d$ $A_v < \frac{0.06 \sqrt{f'_c}}{f_y} b_w s, d > 300mm$ اذا كانت	الكود الكندي CSA A23.3-94 (1994) ^[6]
f _c , d, a/d, ρ	$V_{RDI} = \beta \tau_{rd} d (1.2 + 40 \rho_1) b_w d$ حيث أن (6) $1 \leq \beta = \frac{2.5d}{x} \leq 5,$ $k = (1.6 - d/1000) \geq 1.0, v = 0.7 - f_y / 200 \geq 0.5$	Eurocode EC2, part 1 (1991) ^[7]
f _c , d, ρ	$v_c = R_{LW} \left[\frac{0.79 K_i K_2}{\gamma_m} \left(100 \frac{A_s}{bd} \right)^{1/3} \left(\frac{400}{d} \right)^{1/4} \right]$ من أجل $a/d \geq 2$ (7)	الكود البريطاني BS 8110 (1985) ^[8]
	$V_c = 2.2 \left[f'_c \rho \frac{d}{a} \right]^{1/3} b_w d_v$ من أجل $a/d \geq 2.5$ (8) $V_c = 2.5 * \frac{d}{a} * 2.2 \left[f'_c \rho \frac{d}{a} \right]^{1/3} b_w d_v$ من أجل $a/d \leq 2.5$ (9)	معادلة Zsutty ^[9] (1968)
	$V_c = \left\{ 0.15 \left(\frac{3d}{a} \right)^{1/3} \left(1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \right) (100 \rho f_{ck})^{1/3} \right\} b_w d$ (10)	موديل CEP-FIP ^[10]
	$V_c = \left[0.54^3 \sqrt{\rho} \left(\sqrt{f'_c} + 249 \sqrt{\frac{\rho}{((a/d)^5)}} \right) X \frac{1 + \sqrt{5.08/d_0}}{\sqrt{1 + d/(25d_0)}} \right] b_w d$ (N) (11)	Bazant ^[11] (1984)

f'_c, f_{ck} : هما مقاومة البيتون على الضغط بعد 28 يوم f_y : إجهاد الخضوع للتسليح الطولي

a/d: نسبة مجاز القص إلى الإرتفاع الفعال.

$\frac{M_u}{V_u \cdot d}$: هو تعبير عن نسبة مجاز القص للعمق الفعال (a/d)، As: مساحة تسليح الشد.

b_w, d: العرض والعمق الفعال للمقطع العرضي mm.

ρ: نسبة التسليح الطولي.

K1: عامل تحسين لضغط الجائز ويؤخذ مساوياً للواحد.

$$k_2 = (f_{cu} / 25)^{1/3} \geq 1, \gamma_m = 1.25 \quad (12)$$

طرائق البحث ومواده:

تهدف الدراسة التجريبية إلى مايلي:

دراسة تأثير قيمة النسبة a/d وذلك من أجل حساب مقاومة القص للجوائز البيتونية عالية المقاومة ومقارنة

قيم السهوم.

دراسة تأثير القيمة a/d على أشكال التشققات و عرضها و انتشارها في الجوائز المختبرة.

مقارنة منحنيات قوة القص - نسبة a/d وذلك بالنسبة للكودات العالمية المختلفة.

مقارنة بين قيم النسبة (a/d) مع زاوية الشق الموافقة.

1 البرنامج التجريبي:

تم تحضير (12) عينة من جوائز بيتونية مسلحة بأبعاد كل منها (10*25*200 cm) وقسمت إلى أربع

مجموعات تتألف كل مجموعة من ثلاثة جوائز مسلحة بتسليح طولي عبارة ع قضيبين بقطر 16mm:

المجموعة I: ثلاثة جوائز معيارية متماثلة بنسبة a/d=1.35 ومقاومة بيتون وسطية على الضغط 70.9

.MPa

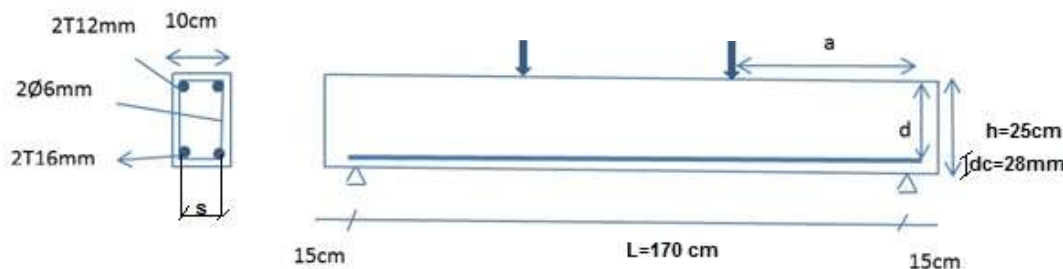
المجموعة II: ثلاثة جوائز معيارية متماثلة بنسبة a/d=1.8، ومقاومة بيتون وسطية على الضغط 71.3MPa.

المجموعة III: ثلاثة جوائز معيارية متماثلة بنسبة a/d=2.25، ومقاومة بيتون وسطية على الضغط 70MPa.

المجموعة IV: ثلاثة جوائز معيارية متماثلة بنسبة a/d=3.15، ومقاومة بيتونية وسطية على الضغط

.69.5MPa

أشكال التسليح وتطبيق الحمولة والقالب المعدني المستخدم لصب الجوائز موضحة بالشكلين (6) و (7).



الشكل (6) يبين أشكال التسليح وتطبيق الحمولة



الشكل (7) القالب المعدني المستخدم لصب الجوائز

2- خصائص المواد المستخدمة:

يبين الجدول (2) نسبة المواد الداخلة في الخلطة البيتونية للحصول على مقاومة 70 MPa بعد 28 .

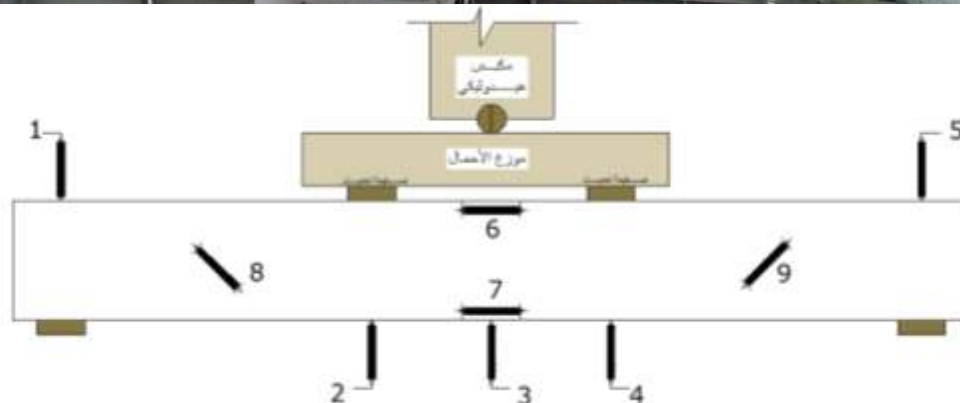
الجدول (2) يوضح نسب الخلطة البيتونية

ملدن Kg/m ³	السيلاكا فوم Kg/m ³	الماء Kg/m ³	الحصويات الناعمة Kg/m ³		البحص Kg/m ³	الأسمنت Kg/m ³
			رمل خشن	رمل أسود		
11	82.5	178	326	200	1070	462

3 إجراء الاختبار:

اختبرت الجوائز بعمر (12-13 شهر) كجوائز بسيطة الاستناد تحت تأثير حملتين مركزتين وكان طول المجاز الفعال 170cm كما في الشكل (6)، وتم التحميل بشكل تدريجي باستخدام جهاز كسر الجوائز البيتونية الموجود في مخبر تجريب المواد في جامعة البعث.

تم التحميل في المرحلة الأولى بثلاث دفعات كل منها 5kN تلا ذلك التحميل بدفعات 10KN إلى مستوى تحميل يساوي 80% من الحمولة القصوى وبعد ذلك تم التحميل بدفعات 5KN حتى حصول الانهيار واستخدمت أربعة حساسات للتشوه بطول كل منها 50mm لرصد التشوه الطولي الحاصل في البيتون المضغوط كما هو مبين بالشكل (8).



الشكل (8) يبين جهاز التحميل

تم قياس الانتقالات والسهوم عند كل حالة تحميل في الجوائز باستخدام خمسة حساسات لقياس السهوم بدقة (0.01mm) وتم توزيعها اثنان فوق المساند وواحد في منتصف الجائز واثنان تحت نقاط تطبيق القوتين، ووصلت جميع أسلاك الحساسات بمحطة قياس التشوهات كما في الشكل (9) .
 وتم تحديد التشققات الحاصلة وانتشارها وعرضها عند كل مستوى تحميل.



الشكل (9) يبين محطة التشوهات

4- مخطط نهجي لمرحل حساب الجوائز البيتونية عالية المقاومة بدون تسليح على القص:

يبين الشكل (10) المخطط النهجي لمرحل حساب الجوائز البيتونية عالية المقاومة بدون تسليح قص وجميع

العلاقات الحسابية لحساب قيم السهم وعرض الشق وحساب قوة القص التي يتحملها البيتون حسب الجدول (1).

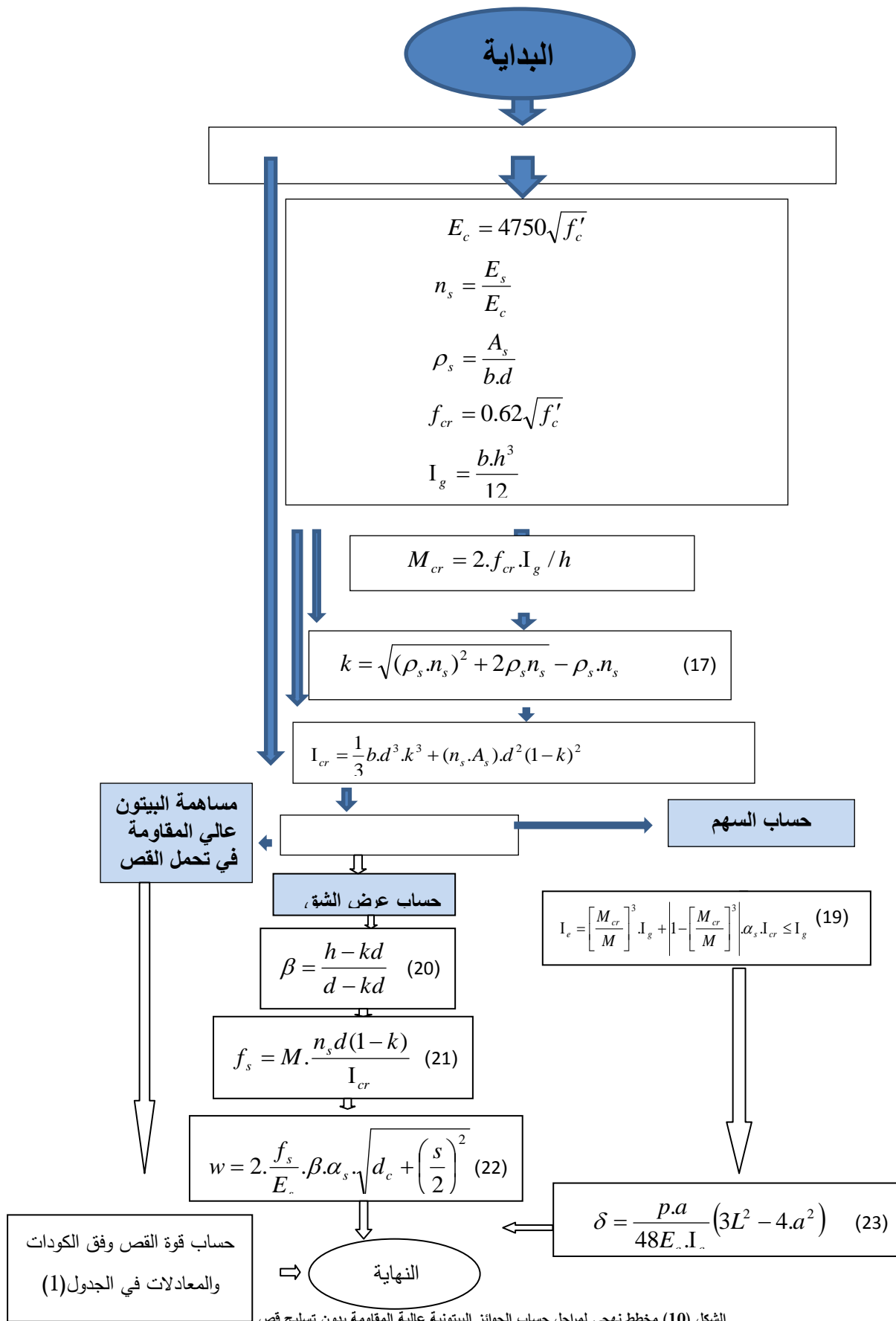
1-4- شرح الإدخالات و العلاقات الرياضية المستخدمة في المخطط النهجي:

الجدول رقم (3) الإدخالات

P (kN)	H (mm)	b_w (mm)	D (mm)	E_s (MPa)	A_s (mm ²)	α_s	L (mm)	D_c (mm)	S (mm)
110	250	100	222	210000	401	0.62	1700	28	32

الجدول رقم (4) شرح الرموز و العلاقات

الارتفاع الكلي للمقطع	h
عرض المقطع	b
الارتفاع الفعال للمقطع	d
العزم المطبق على الجانز	M
الحمولة الكلية المطبقة على الجانز	P
التباعد الأفقي بين قضبان التسليح الأفقي في المقطع	s
سماكة طبقة التغطية ونقاس من السطح المشدود إلى مركز طبقة التسليح الاقرب للسطح	d_c
معامل مرونة الببتون	E_c
مساحة مقطع القضبان الفولاذية	A_s
المسافة بين نقطة تطبيق القوة والمسند	a
معامل مرونة القضبان الفولاذية	E_s
عزم عطالة المقطع غير المتشقق	Ig
العزم المسبب للتشقق	Mcr
معامل يحسب للتسليح بالفولاذ	K
عزم العطالة الفعال للمقطع	Ie
قيمة السهم وسط الجانز	δ
النسبة بين بعد المتحول الحيادي عن الوجه المشدود للمقطع إلى المسافة بين المتحول الحيادي و مركز القضبان المشددة	β
الإجهاد الحاصل في قضبان التسليح الفولاذية	fs
هو عرض الشق في الجوانز المسلحة بالفولاذ	W



النتائج والمناقشة:

تم وضع نتائج التجارب التي أجريت على الجوائز البيتونية من حمولة الانهيار والسهم الأعظمي في وسط المجاز وعدد الشقوق و عرضها وطولها وزاوية الانهيار في منطقة القص الأعظمي بالإضافة القيم الحسابية للسهم و عرض الشق وفوة القص وفق المخطط النهجي في الجداول الآتية:

الجدول (5) يبين حمولة الانهيار لكل مجموعة من الجوائز

رقم المجموعة	اسم الجائز	نسبة التسليح الطولي	النسبة a/d	حمولة الانهيار kN
I	B1	1.8%	1.35	265
	B2	1.8%	1.35	264
	B3	1.8%	1.35	266
II	B4	1.8%	1.8	232
	B5	1.8%	1,8	229
	B6	1.8%	1.8	229
III	B7	1.8%	2,25	146
	B8	1.8%	2,25	149
	B9	1.8%	2,25	149
IV	B10	1.8%	3.15	116
	B11	1.8%	3.15	118
	B12	1.8%	3.15	120

الجدول (6) يبين القيم التجريبية للسهم الأعظمي وسط المجاز وعدد الشقوق وطول الشق في منطقة القص

نمط الانهيار	زاوية ميلان الشق الرئيسي (درجة)			متوسط طول شق القص cm		متوسط المسافة بين الشقوق cm		متوسط عدد الشقوق في منطقة القص الأعظمي		قيمة السهم الأعظمي وسط المجاز (mm)		اسم الجائز	a/d
	وسطي	يسار	يمين	يسار	يمين	يسار	يمين	يسار	يمين	وسطي	تجريبي		
القص	46	49	43	36	42	2.5	3	4	6	9.51	9.63	B1	1.35
											9.49	B2	
											9.43	B3	
القص	44	43	45	45	52	2.7	3.5	5	6	9	9,12	B4	1.8
											8,94	B5	
											8.93	B6	
القص	43.5	42	45	55	64	3	4	6	6	5.98	5.87	B7	2.25
											5.98	B8	
											6.07	B9	
القص	45	45	45	58	71	5	4.5	3	4	4.37	4.33	B10	3.15
											4.49	B11	
											4.29	B12	

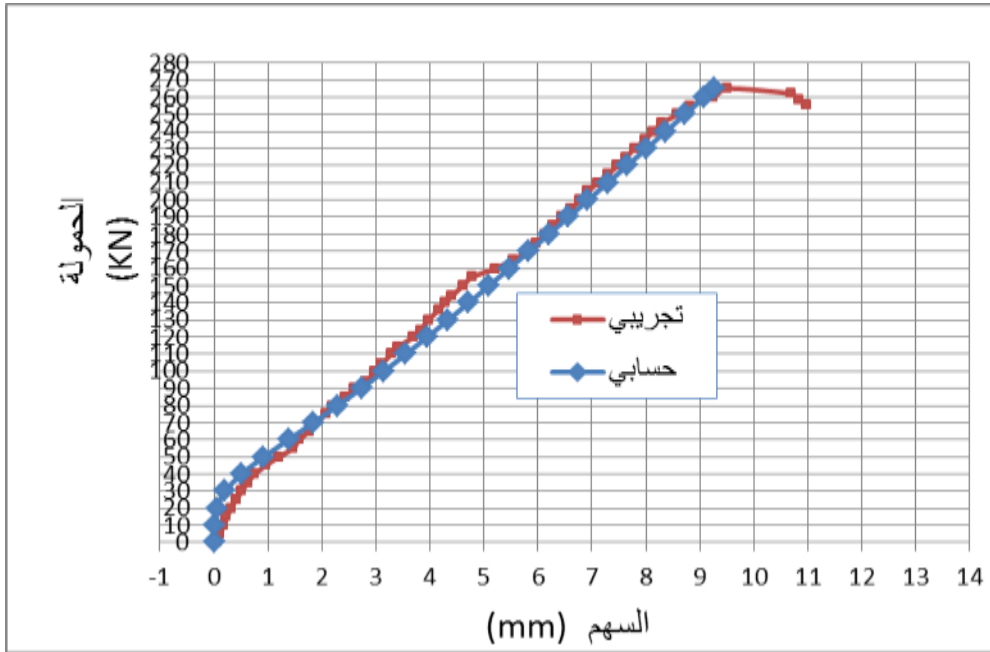
الجدول (7) القيم الحسابية للسهم وعرض الشق وفق المخطط النهجي

المجموعة الأولى	المجموعة الثانية	المجموعة الثالثة	المجموعة الرابعة	
110	110	110	110	P(kN)
39996	39741	40108	39599	Ec(N/mm ²)
5.25	5.2842	5.2358	5.303	Ns
5.22	5.187	5.2352	5.168	Fcr(N/mm ²)
5428800	5394000	5444600	5375400	Mcr(N.mm)
0.3504	0.3513	0.3499	0.3517	K
59571000	59854000	59450000	60010000	Icr(mm ⁴)
40171000	37790000	38220000	37450000	Ie(mm ⁴)
3.55	5.7	4.8	7.8	δ (mm)
1.194	1.194	1.194	1.2	β
211.36	282.8	352.05	492	Fs(N/mm ²)
0.048	0.064	0.08	0.11	W(mm)

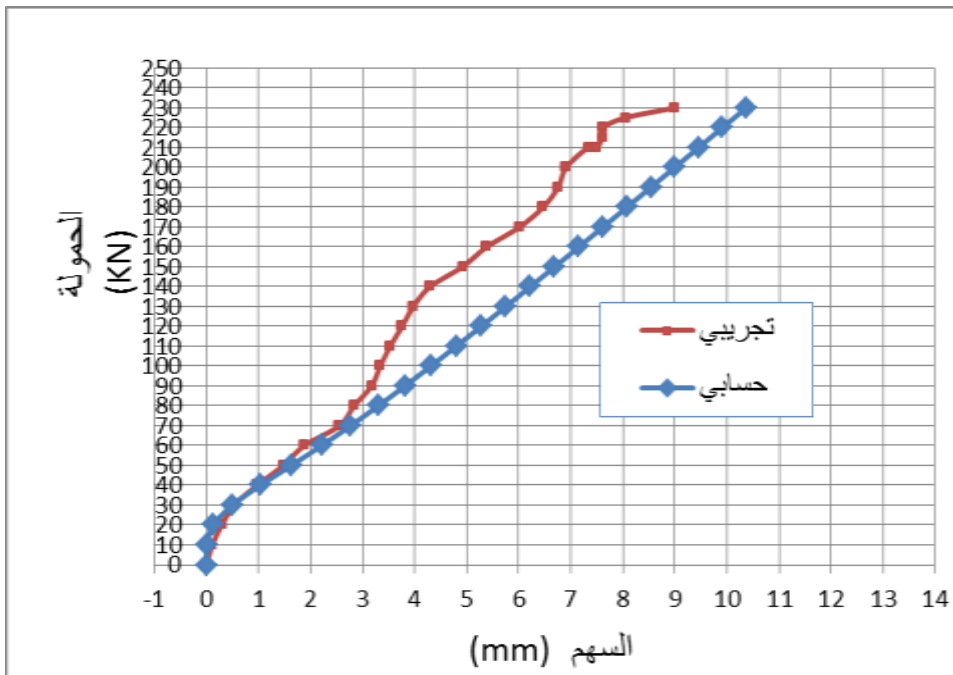
الجدول(8) قوة القص التجريبية والحسابية وفق الكودات

قوة القص KN					قوة القص KN	a/d	المقاومة المميزة MPa	المجموعة
معادلة Bazant	معادلة Zsuty	نموذج - CEP FIP	الكود الكندي	الكود الأمريكي	التجريبية			
85.201	108.35	42.629	37.385	34.994	132.5	1.35	70.9	الأولى
50.613	89.581	38.8	37.491	33.763	115	1.8	71.3	الثانية
44.988	76.754	35.793	37.147	32.769	79	2.25	70	الثالثة
36.099	35.887	31.927	37.014	31.791	60	3.15	69.5	الرابعة

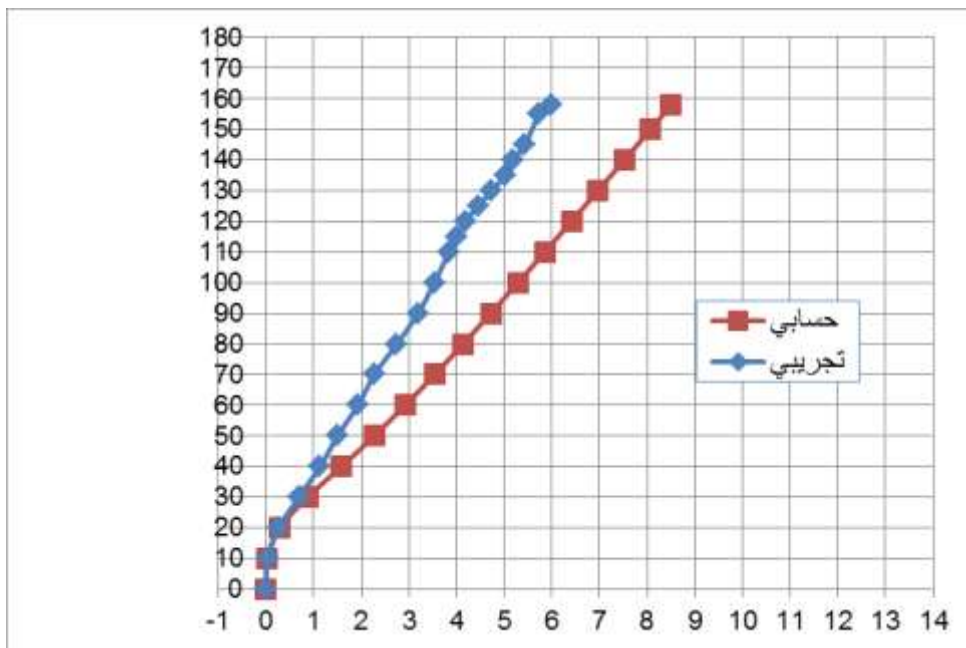
تم رسم مخططات القيم التجريبية والحسابية للسهم في وسط الجائز حسب القيم a/d بالإضافة إلى المقارنة بين منحنيات القيم التجريبية للسهم في وسط المجاز للجوائز وفق النسبة a/d. وتم رسم مخططات تأثير النسبة a/d على مقاومة القص حسب الكودات والمعادلات ودراسة تأثير النسبة a/d على زاوية الشقوق.



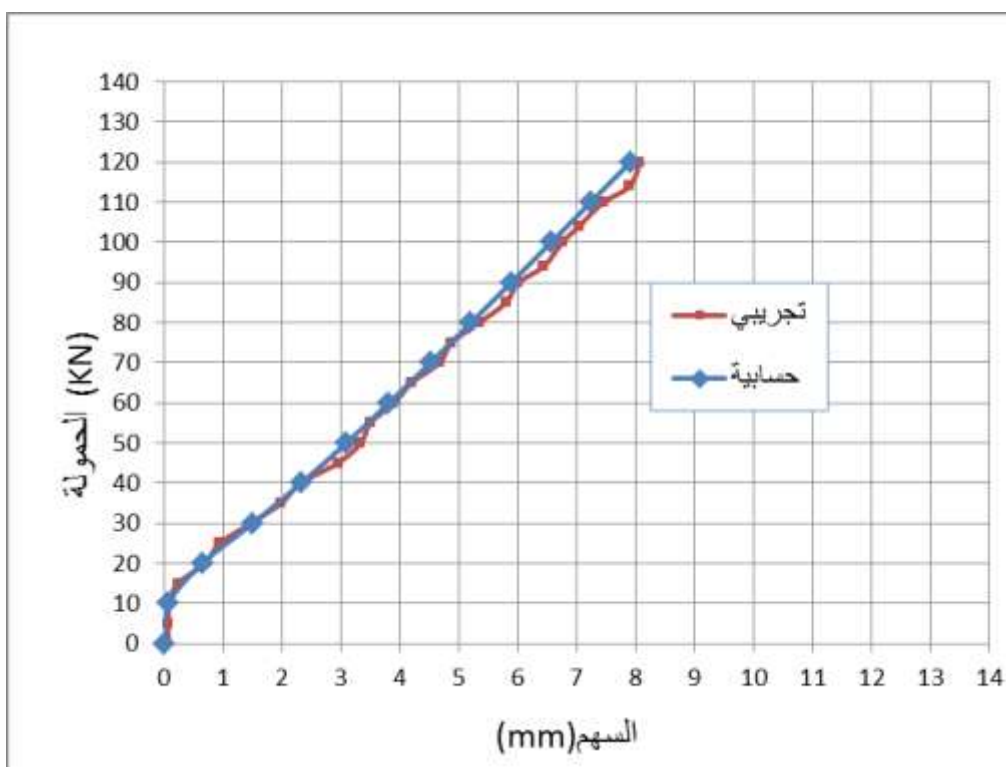
الشكل (11) مقارنة بين منحنى القيم التجريبية والحسابية للسهم وسط مجاز الجانز (a/d=1.35)



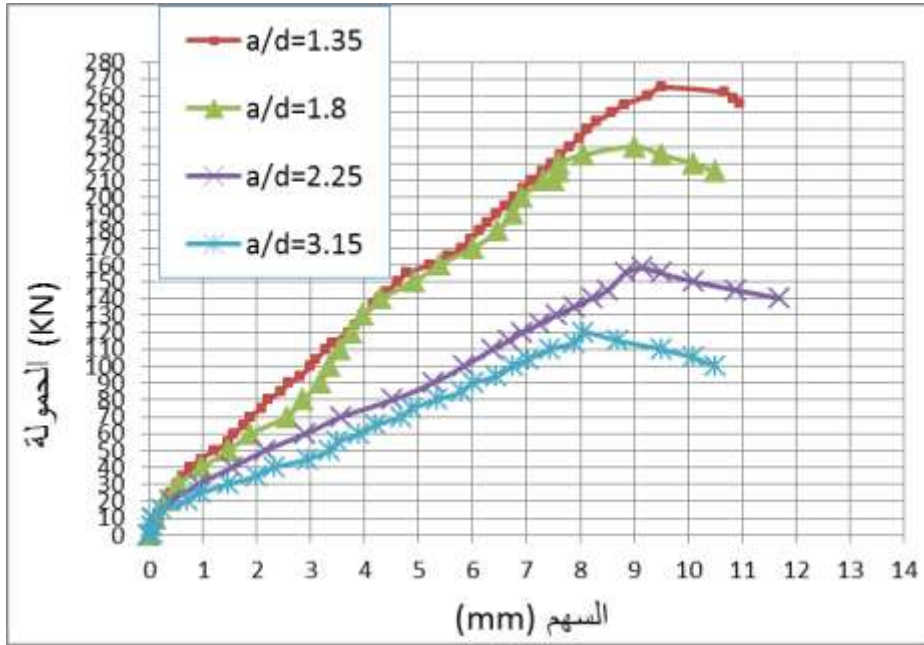
الشكل (12) مقارنة بين منحنى القيم التجريبية والحسابية للسهم وسط مجاز الجانز (a/d=1.8)



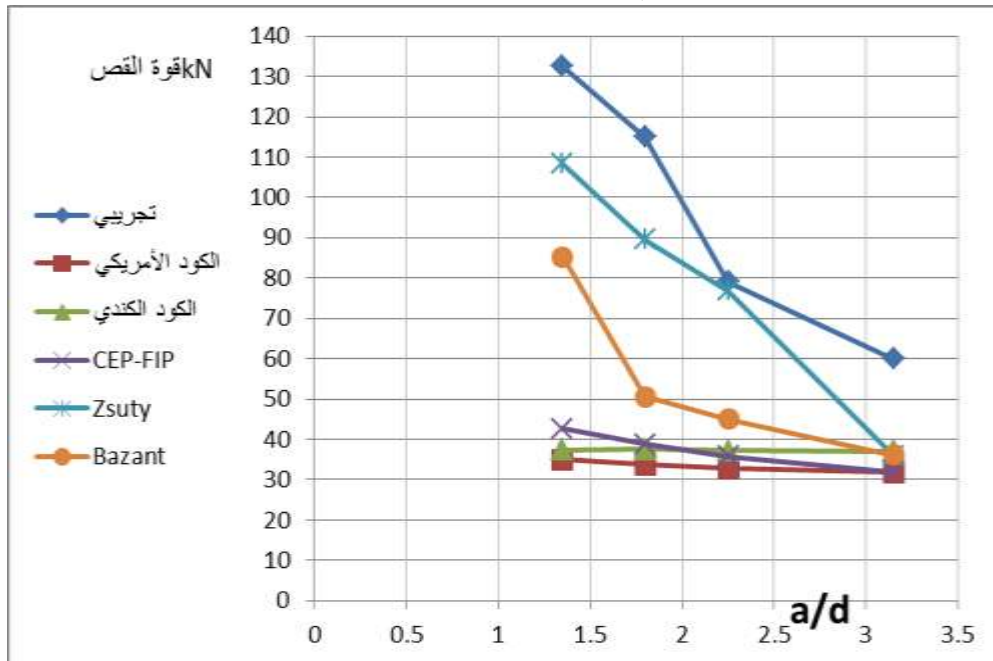
الشكل (13) مقارنة بين منحنى القيم التجريبية والحسابية للسهم وسط مجاز الجانز ($a/d=2.25$)

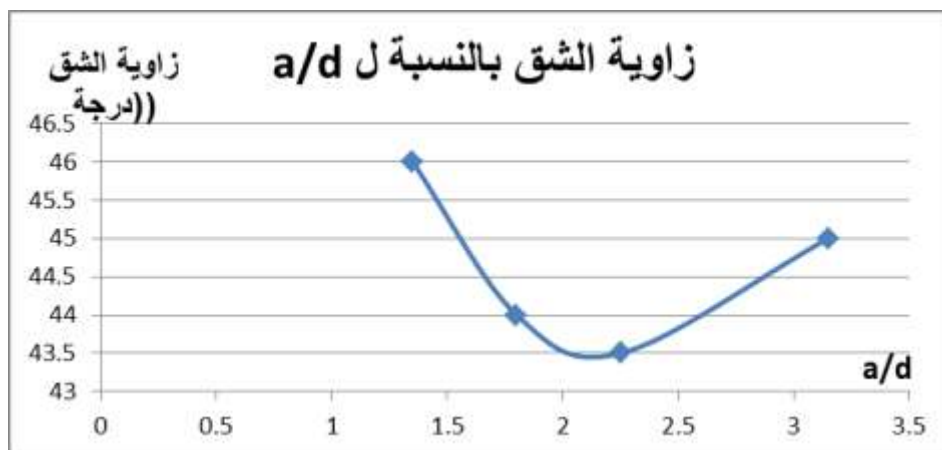


الشكل (14) مقارنة بين منحنى القيم التجريبية والحسابية للسهم وسط مجاز الجانز ($a/d=3.15$)



الشكل (15) مقارنة بين منحنى القيم التجريبية للسهم وسط مجاز للجوائز وفق النسبة (a/d)

الشكل (16) تأثير النسبة $\frac{a}{d}$ على مقاومة القص



الشكل (17) تأثير النسبة a/d على زاوية الشقوق

الاستنتاجات والتوصيات:

- أن قدرة التحمل على القص للجوائز من البيتون عالي المقاومة والتي لا تحوي تسليح قص و التي النسبة a/d لها أقل من 2 وفق كل من الكودات الأمريكي والكندي ومعادلات (CEP-FIP,BAZANT,Zsutty) تكون بعيدة عن القيمة التجريبية لذلك ننصح باستخدام معادلة أخرى. أما للجوائز ذات النسب a/d الأكبر من 2، فإن المعادلات المتوفرة تتنبأ بقدرة تحمل الجوائز على القص بشكل مرضي، وكان أقربها للتجربي هي معادلة Zsutty.
- إن مقارنة نسبة القيم التجريبية إلى القيم الحسابية للسهم وسط مجاز الجوائز المختبرة أي النسبة بين السهم التجريبي إلى السهم الحسابي ($\delta_{EXP} / \delta_{TH}$) وذلك عند ثلاثة مستويات للتحميل (90 % -60 -30) من الحمولة القصوى لكل مجموعة من الجوائز هي (0.96، 0.86، 0.7، 0.74) عند قيمة a/d على الترتيب (1.8، 1.35، 2.25، 3.1) أي أن هناك تقارب بين النتائج التجريبية و القيم الحسابية للسهم عند وسط المجاز.
- تتناسب قيمة السهم عكسياً مع النسبة a/d.
- يتناسب كل من طول الشق الرئيسي والتباعد بين الشقوق طردياً مع النسبة a/d.
- تتراوح جميع قيم زوايا القص بين (43-49°) وتتناسب عكساً مع النسبة (a/d) حتى القيمة 2.25 ومن بعدها تتناسب طردياً معها.

المراجع:

- 1- American concrete institute "ACI(2005) building code requirements for structural concrete(ACI318-05) and commentary (ACI 318R-05).USA: Farmington Hills,Mich ACI committee 318.
- 2- Jose,M. A. "Shear Strength of Reinforced Concrete Beams "per ACI318-02 PDH course S153.
- 3- Russo,G; Somma,G and Angeli,p. "Deign shear strength formula for High Strength concrete beams" Journal of Material and Structures Vol 10(37), 2004. pp 1519-1527.
- 4- Kani,G.N.J " The Riddle of Shear Failure and Its Solution" Journal of ACI April,1964.

- 5- Kani, G.N.J. "How safe are our Large Reinforced Concrete Beams?" Proceedings of ACI Structural journal Vol 51. (1967).
- 6- CSA CAN3-A23.3-1994," Design of Concrete Standards for Building ", Rexdale, Ontario, Canada, 1994.
- 7- Eurocode No.2: Design of Concrete Structures. Part 1: *General Rules and Rules for Buildings*, Commission of the European Communities, ENV 1992-1-1, Dec. 1991, p.253 (Final draft 2002).
- 8- British Standards Institution, Structural Use of Concrete. Part 1: *Code of Practice for Design and Construction*. BS8110, BSI, Milton Keynes, 1985.
- 9- Zsutty, T ." *Beam Shear strength prediction by Analysis of existing data*" ACI Journal Vol 65(11) Nov, 1968, PP 943-951 .
- 10- European CEB-FIP Model Code . London: Thomas Telfair , Services, 1990.
- 11- Bazant, Z.P and Kim, J.K . "The Size effect in shear Failure of longitudinally reinforced Beams" ACI Structural Journal Vol.81 (5). (1984) . pp.456-468.