

دراسة علاقات توقع مقاومة القص للجوائز البيتونية المسلحة بدون تسليح عرضي

الباحثة: د.م نسرين الجبيلي *

الملخص

يعتبر تحديد مقاومة البيتون على القص مسألة هامة في التصميم الإنشائي، باعتبار أن الانهيار على القص انهيار هش مفاجئ يتأثر بالعديد من العوامل، فمعظم الكودات التصميمية تعتمد علاقات تجريبية لحساب مقاومة القص للجوائز البيتونية المسلحة بدون تسليح عرضي. كما تعتمد العلاقات التجريبية المقترحة من قبل عدد من الباحثين معطيات تجريبية ومفاهيم نظرية، مما يسبب اختلافات وتناقضات في قيم مقاومة القص المحسوبة. الهدف الرئيسي لهذا البحث هو الوصول للعلاقة الأكثر دقة في توقع مقاومة القص الحدية للجوائز البيتونية المسلحة. ولتحقيق الهدف تمت دراسة علاقات مقاومة القص الواردة في الدراسات المرجعية، ثم أجريت دراسة تحليلية احصائية لهذه العلاقات تضمنت تقييم أدائها في توقع مقاومة القص الحدية لنتائج اختبار 168 جائزة بيتونياً تم جمعها من الدراسات المرجعية، واختبار حساسيتها لتغير العوامل الرئيسية المؤثرة على مقاومة القص. أوضحت الدراسة أن علاقة الكود CEB-FIP هي علاقة محافظة وتأخذ بدقة تأثير العوامل الرئيسية المؤثرة على مقاومة القص، وتعطي قيماً أدق لمقاومة القص الحدية مقارنة بالعلاقات الأخرى الواردة في الدراسات المرجعية.

الكلمات المفتاحية: الجائز البيتوني المسلح، مقاومة القص، نسبة مجاز القص للارتفاع الفعال لمقطع الجائز، التحليل الإحصائي.

* مدير أعمال - قسم الهندسة الإنشائية - كلية الهندسة المدنية - جامعة تشرين - اللاذقية. سورية.

Study the equations of predicting shear strength for reinforced concrete beams without web reinforcement

Dr. Nisrin ALJUBAYLI *

Abstract

Determining the shear strength of concrete is an important problem in structural design, as the shear failure of concrete beams occurs suddenly, without warning. Most of design codes based on empirical equations to predict the shear strength of the reinforced concrete beams without web reinforcement, as well as the empirical equations suggested by researchers were developed based on theoretical concepts and experimental results, This causes differences and inconsistencies in predicting the shear strength of reinforced concrete without web reinforcement.

The main objective of this study is to determine the equation that presents more accurate predictions than other equations available in the literature. Therefore, study the shear strength equations available in the the literature was performed, then a statistical study of these equations was made including evaluation their performance in predicting the ultimate shear strength of 168 beams collected from the literature and testing of its sensitivity to change of the main factors affecting the shear strength.

The study showed that the CEB-FIP code equation is a conservative equation and carefully takes the effect of the main factors affecting the shear strength and predicts the shear strength more accurately compared to other equations available in the literature.

Key words: reinforced Concrete beam, shear strength, Shear span to depth ratio, statistical Analysis.

* Director of works, Department Of structural Engineering– faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.

1- مقدمة:

يعتبر البيتون مادة هشّة ذات مقاومة ضعيفة على الشد والقصر، ويحدث انهيار العناصر البيتونية على القصر بشكل مفاجئ دون سابق إنذار. يتأثر انهيار الجوائز البيتونية على القصر بمتغيرات عدة ، كمقاومة البيتون على الضغط f'_c ، نسبة مجاز القصر للارتفاع الفعال للمقطع a/d ، نسبة التسليح الطولي (تسليح الشد) ρ ، الارتفاع الفعال للمقطع d ، القطر الأعظمي للحصويات المستخدم d_a ، كثافة البيتون (بيتون خفيف الوزن أو بيتون عادي)، طبيعة التحميل، طبيعة الاستناد، مقاومة البيتون على الشد، والألياف المستخدمة ونوعها. لذلك فإن التنبؤ بمقاومة البيتون على القصر يمثل مسألة هامة ومعقدة في التصميم الإنشائي.

يتم تحديد مقاومة الجوائز البيتونية المسلحة بدون تسليح عرضي على القصر من خلال مساهمة آليات نقل القصر الرئيسية التالية:

- 1- مساهمة البيتون غير المتشقّق في منطقة الضغط، 2- العمل الوتدي للتسليح الطولي، 3- مساهمة السطح البيني للشق في نقل القصر والناجئة عن تشابك الحصويات،
- مجموع هذه الآليات الرئيسية الثلاثة يسمى عمل الجائز The beam action. هناك آلية أخرى تساهم في مقاومة القصر، وهي مساهمة العمل القوسي The beam arch action ، والتي تزداد فعاليتها مع انخفاض النسبة a/d . بشكل آخر، يمكن القول أن مقاومة البيتون النهائية للقصر v_u تساوي مجموع مساهمات عمل الجائز والعمل القوسي. وبحسب [3,2,1] يتحكم العمل القوسي في انهيار الجوائز القصيرة ($a/d < 2.5$) ، بينما يتحكم عمل الجائز في انهيار الجوائز المتوسطة والنحيفة ($a/d \geq 2.5$).

بشكل عام، تعتبر المتغيرات الرئيسية المؤثرة على مقاومة القصر للجوائز البيتونية المسلحة وبدون تسليح عرضي هي $(f'_c, d, \rho, a/d)$ [2,1].

2- علاقات مقاومة القصر لعناصر البيتون المسلح بدون تسليح عرضي.

توصي كودات التصميم الحالية مثل [4] ACI318-08 و [5] BS8110-97 و [6] NBR 6118/07 و [7] CEB-FIP باستخدام علاقات تجريبية لحساب مقاومة القصر للجوائز البيتونية. إن جميع العلاقات المتاحة في الكودات التصميمية اشتقت

بالاعتماد على نتائج اختبارات تجريبية وحتى الآن لا يوجد علاقة فيزيائية منطقية لتوقع مقاومة القص، وسنقوم باستعراض بعض هذه العلاقات:

- يوصي الكود التصميمي ACI 318-08 بالعلاقة التجريبية التالية [4]:

$$v_c = \left(0.16\lambda \sqrt{f'_c} + 17\rho \frac{V_u d}{M_u} \right) \leq 0.29\lambda \sqrt{f'_c} \quad (1)$$

حيث: $f'_c \leq 70 \text{ Mpa}$ ، ρ : نسبة التسليح الطولي، f'_c : مقاومة الببتون على الضغط، M_u و V_u : قوة القص والعزم المصعدين المطبقين على المقطع والحاصلين في آن واحد. مع ملاحظة أن $\frac{V_u d}{M_u} = \frac{d}{a}$ للجائر البسيط المحمل بحمولة مركزة أو بحمولتين متناظرتين. λ : معامل يأخذ بعين الاعتبار الخصائص الميكانيكية المنخفضة للببتون الخفيف، ويأخذ القيم التالية: $\lambda=1$ من أجل الببتون العادي. و $\lambda=0.85$ من أجل الببتون الخفيف الحاوي رمل عادي و $\lambda=0.75$ من أجل الببتون الخفيف الحاوي حصويات خفيفة ورمل خفيفين. تصبح هذه العلاقة محافظة (underestimated) من أجل $a/d = 3.6$ وتعطي قيماً أقل من القيم التجريبية من أجل $a/d = 1.5$ ، وتصبح هذه العلاقة غير آمنة من أجل نسب التسليح الصغيرة [1].

- يوصي الكود BS8110 بالعلاقة التالية [5]:

$$v_c = 0.79(100\rho)^{1/3}(400/d)^{1/4}(f_{cu}/25)^{1/3} \quad (2)$$

حيث: $400/d \geq 1$, $0.15 \leq \rho \leq 0.3$, $f_{cu} \leq 40 \text{ MPa}$

f_{cu} المقاومة المكعبية للببتون على الضغط، MPa .

يهمل الكود BS 8110-97 تأثير مقاومة الضغط التي تفوق 40 MPa في تقييم مقاومة القص كما يهمل تأثير العمل القوسي للجائر (تأثير النسبة a/d).

- اقترح الكود CEB-FIP علاقة تجريبية معتبراً تأثير أبعاد مقطع الجائر كما هو

مبين في الصيغة التالية [6,7]:

$$v_c = 0.15 \left(\frac{3d}{a} \right)^{1/3} \left[1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \right] (100\rho f'_c)^{1/3} \quad (3)$$

- تعتبر علاقة الكود البرازيلي NBR 6118/07 تأثير مقاومة الببتون على الضغط

فقط وتهمل تأثير المتغيرات الرئيسية الأخرى كما هو مبين في الصيغة التالية [6]:

$$v_c = 0.126(f'_c)^{2/3} \quad (4)$$

بحسب [6] إن هذه العلاقة تبالغ في تقييم تأثير مقاومة البيتون على الضغط f'_c ، كما أن هذه العلاقة أقل محافظة مقارنة ببقية علاقات الكودات الأخرى المدروسة CEB-FIP و ACI-318 وذلك من أجل عينة الاختبار التي شملت 136 جائزاً بيتونياً مسلحاً. من خلال دراسة العلاقات السابقة نجد أنّ جميعها تتجاهل العمل القوسي للجائز (تأثير النسبة a/d)، بالإضافة إلى أنّ لكل منها متغيرات وقيود مختلفة، فالعلاقات المقترحة من قبل

BS8110-97 [5], ACI318-08[4] و CEB-FIP [7] تأخذ في الاعتبار مقاومة البيتون على الضغط والتسليح الطولي، لكن العلاقة الموصى بها من قبل [6] NBR 6118 تعتبر مقاومة البيتون على الضغط فقط وتتجاهل تأثير المتغيرات الأخرى، وهذا يسبب اختلافات وتناقضات في تنبؤات مقاومة القص للجوائز البيتونية المسلحة [3,6].

لقد طور باحثون علاقات مختلفة لحساب مقاومة الجوائز البيتونية على القص بالاعتماد على مفاهيم نظرية ونتائج تجريبية، كعلاقة Zsutty (1968) وعلاقة Mphonde and Frantz(1984) [1]، وعلاقة Ahmad(2018) [3] ، وسنستعرض بعض هذه العلاقات:

- اقترح الباحث Zsutty(1968) علاقته بالاعتماد على تقنية تحليل الانحدار (regression analysis) للنتائج التجريبية المتوفرة لحوالي 200 جائز. تضمنت العلاقة المتغيرات الرئيسية المؤثرة على مقاومة القص $(f'_c, d, \rho, a/d)$ بالإضافة لاعتباره تأثير العمل القوسي للجائز، إذ يحدث انهيار الجائز تحت تأثير العمل القوسي من أجل $\frac{a}{d} < 2.5$ ، وتحت تأثير عمل الجائز من أجل $\frac{a}{d} \geq 2.5$ ، لذلك أوصى بالعلاقين التاليين [8]:

$$v_u = 2.3 \left(f'_c \rho \frac{d}{a} \right)^{1/3} \quad \text{for } \frac{a}{d} \geq 2.5 \quad (5)$$

$$v_u = 2.3 \left(f'_c \rho \frac{d}{a} \right)^{1/3} \times 2.5 \left(\frac{d}{a} \right) \quad \text{for } \frac{a}{d} < 2.5 \quad (6)$$

- توصل الباحثان Mphonde and Frantz (1984) لعلاقة تمكن من حساب مقاومة القص للجوائز البيتونية المسلحة استخدام تقنية تحليل الانحدار للنتائج

التجريبية، تعتبر هذه العلاقة تأثير مقاومة البيتون على الضغط f'_c فقط، ولها الشكل التالي [1]:

$$v_u = 0.366(f'_c)^{1/3} + 0.49 \quad (7)$$

ولهذه العلاقة تطبيقات محدودة وتقتصر على الحالة التي تكون فيها $a/d=3.6$ ، $21 \leq f'_c \leq 103 \text{ MPa}$ [1].

• طور الباحث Ahmad (2018) علاقته اعتماداً على تقنية تحليل الانحدار للنتائج التجريبية لـ 279 جائزاً بيتونياً، معتبراً المتغيرات $(f'_c, d, \rho, a/d)$ ، ولها الشكل التالي [3]:

$$v_c = 2.09 f_c^{0.24} \rho^{0.35} (a/d)^{-0.18} d^{-0.23} \quad (8)$$

4- أهمية البحث وأهدافه:

توصي الكودات بعلاقات تجريبية لحساب مقاومة القص، معظمها يتجاهل العمل القوسي للجائز (تأثير النسبة a/d) ولكل منها متغيرات وقيود مختلفة، هذا يسبب اختلافات وتناقضات في تنبؤات مقاومة القص للجوائز البيتونية المسلحة [3,6].

تختلف علاقات حساب مقاومة القص الواردة في الدراسات المرجعية من حيث تأثير المتغيرات وقيودها، ولكل علاقة ميزات ومساوئ، وعدد قليل منها قادر على الربط الجيد بين مقاومة القص والمتغيرات الرئيسية المستقلة $(f'_c, d, \rho, a/d)$ [1,3].

كان الهدف الرئيسي لهذا البحث هو الوصول للعلاقة الأكثر دقة في توقع مقاومة القص الحدية للجوائز البيتونية المسلحة بدون تسليح عرضي، وذلك من خلال إجراء دراسة تحليلية إحصائية للعلاقات الواردة في الدراسات المرجعية تضمنت تقييم أدائها في توقع مقاومة القص واختبار حساسيتها لتغير العوامل الأساسية المؤثرة على مقاومة القص $(f'_c, d, \rho, a/d)$.

5- مواد وطرق البحث:

اعتمد هذا البحث على إجراء دراسة نظرية لعلاقات مقاومة القص الواردة في الدراسات المرجعية وأيضاً على المنهج المتبع من قبل (Kang and Kim (2011) [9] لإنجاز الدراسة التحليلية الإحصائية لهذه العلاقات. جُمعت نتائج اختبار جوائز بيتونية مسلحة بدون

تسليح عرضي (168) جائزاً بيتونياً من الدراسات المرجعية [10,11,12,13,14] مع المحافظة على أسماء هذه العينات حسب ورودها في المراجع. يبين الجدول (1) تفاصيل ونتائج اختبار هذه الجوائز، حيث: V_u تمثل حمولة القص الحدية المسببة للانهايار مقدرة بـ kN، و v_u مقاومة القص الحدية وتساوي $v_u = V_u / (bd)$ ، b, d : أبعاد مقطع الجائز مقدرة بـ (mm)، تراوحت القيم $0.72\% \leq \rho \leq 12.2$ و $12.2 \leq f'c \leq 80 \text{MPa}$ و $9.42\% \leq a/d \leq 1150$ و $85 \leq d \leq 1150$ و $0.81 \leq a/d \leq 9.74$. ولإنجاز الدراسة التحليلية الاحصائية للعلاقات الواردة في الدراسات المرجعية أستخدم برنامج Excel، حيث تم حساب كل من القيمة المتوسطة mean ومعامل التباين (COV)، والحد الأدنى minimum والحد الأقصى maximum ومعامل الارتباط R للنسب v_u / v_n (مقاومة القص الحدية التجريبية المقاسة إلى مقاومة القص المحسوبة على أساس العلاقات المدروسة). تعتبر القيمة المتوسطة القريبة من الواحد قيمة إحصائية جيدة تدل على التصميم الاقتصادي المحافظ، في حين يعتبر معامل التباين (COV) مؤشر إحصائي جيد للدقة في توقع مقاومة القص. أما الحد الأدنى الحد الأقصى فتعتبر قيم إحصائية جيدة لتحقيق عامل الأمان والتصميم الاقتصادي على التوالي. وعندما يكون معامل الارتباط $|R| \geq 0.8$ يتحقق التطابق الجيد بين النتائج التجريبية والحسابية التي تعطيها العلاقة.

الجدول (1) تفاصيل الجوائز ونتائج اختبارها المعتمدة في الدراسة

المرجع	v_u (MPa)	V_u (kN)	b mm	d mm	a/d	ρ	$f'c$ (MPa)	اسم الجائز
[10]	1.60	57.9	175	207	4.50	4.00	44.6	B61-R
	3.48	181.0	200	260	3.46	3.56	45.7	1.2/1
	3.02	157.0	200	260	2.50	1.15	41.6	2.3/1
	2.63	150.0	200	285	4.04	1.81	42.4	2.6/1
	1.51	79.3	200	263	3.00	2.80	32.6	SFSCCBo
	2.44	24.9	120	85	3.54	1.54	23.1	V1A
	2.91	29.7	120	85	3.54	1.54	23.1	V1B
	3.56	36.3	120	85	3.54	1.54	57.0	V4A
	3.57	36.4	120	85	3.54	1.54	57.0	V4B
	2.72	54.8	130	155	3.55	1.59	57.0	V7A
2.32	46.7	130	155	3.55	1.59	57.0	V7B	

دراسة علاقات توقع مقاومة القص للجوانز البيتونية المسلحة بدون تسليح عرضي

المرجع	v_u (MPa)	V_u (kN)	b mm	d mm	a/d	ρ	$f'c$ (MPa)	اسم الجانز
[10]	2.78	28.4	120	85	3.53	1.54	36.1	VP1A
	2.65	27.0	120	85	3.53	1.54	36.1	VP1B
	6.89	64.4	110	85	1.94	1.84	75.3	V12A
	5.43	50.8	110	85	1.94	1.84	75.3	V12B
	1.23	40.5	150	219	2.80	1.91	41.2	A00
	1.51	49.5	150	219	2.00	1.91	41.2	Boo
	2.76	23.5	50	170	2.41	2.37	32.5	PCB1
	5.33	45.3	50	170	1.62	2.37	32.5	PCB2
	8.76	74.5	50	170	0.81	2.37	32.5	PCB3
	3.31	42.4	101	127	4.80	3.12	35.1	A1
	3.23	41.4	101	127	4.80	3.12	35.1	A2
	3.56	45.6	101	127	4.80	3.12	35.1	A3
	1.15	14.4	100	125	3.20	0.80	32.5	A
	3.59	34.8	85	114	2.00	3.13	52.0	P35
	6.18	59.9	85	114	2.00	3.13	53.0	P38
1.36	42.5	150	209	2.87	1.08	44.8	1	
[11]	2.00	52.0	135	193	2.50	2.40	27.2	B10
	2.53	66.0	135	193	2.50	3.07	25.7	B11
	2.46	64.0	135	193	2.50	3.07	25.1	B12
[10]	1.24	22.3	100	180	3.00	1.26	22.2	B31
	2.65	29.3	85	130	2.00	2.00	50.0	Sp1
	1.88	20.8	85	130	2.50	2.00	50.0	Sp2
	1.82	20.1	85	130	3.00	2.00	50.0	Sp3
	2.14	23.7	85	130	2.00	2.00	35.9	Sp4
	1.69	18.7	85	130	2.50	2.00	30.5	Sp5
	1.97	21.8	85	130	3.00	2.00	35.9	Sp6
	1.69	22.1	100	131	2.34	1.72	21.0	A
	1.63	64.5	150	263	1.90	1.34	42.3	S1
	3.22	126.9	150	263	1.90	1.34	43.2	S2

المرجع	v_u (MPa)	V_u (kN)	b mm	d mm	a/d	ρ	$f'c$ (MPa)	اسم الجائز
[10]	7.14	125.0	100	175	2.00	4.71	80.0	1
	3.28	57.4	100	175	3.00	4.71	80.0	4
	3.60	63.0	100	175	3.00	9.42	80.0	14
	2.96	51.8	100	175	4.50	9.42	80.0	17
	2.99	52.4	100	175	4.50	9.42	80.0	20
	2.66	46.6	100	175	6.00	9.42	80.0	21
	3.12	54.6	100	175	6.00	9.42	80.0	22
[12]	3.49	305.0	250	350	1.50	0.72	32.4	SN1
	2.06	180.0	250	350	2.50	0.72	32.4	SN2
	1.60	140.0	250	350	3.50	0.72	32.4	SN3
[2]	3.31	67.6	120	170	1.50	1.33	23.1	NN1
	2.43	49.5	120	170	2.00	1.33	23.1	NN2
	1.69	34.5	120	170	2.50	1.33	23.1	NN3
	1.03	21.0	120	170	3.00	1.33	23.1	NN4
	3.90	79.5	120	170	1.50	1.33	43.7	NM1
	2.80	57.2	120	170	2.00	1.33	43.7	NM2
	2.05	41.8	120	170	2.50	1.33	43.7	NM3
	1.51	30.9	120	170	3.00	1.33	43.7	NM4
	4.41	90.0	120	170	1.50	1.33	53.8	NH1
	3.47	70.7	120	170	2.00	1.33	53.8	NH2
	2.44	49.8	120	170	2.50	1.33	53.8	NH3
	2.02	41.2	120	170	3.00	1.33	53.8	NH4
[13]	1.32	79.0	230	260	3.00	1.00	50.0	B3-1
	1.14	68.0	230	260	3.50	1.00	50.0	B3-2
	1.01	60.4	230	260	4.00	1.00	50.0	B3-3
	0.96	57.4	230	260	4.50	1.00	50.0	B3-4
	0.85	50.7	230	260	5.00	1.00	50.0	B3-5
	0.83	49.8	230	260	5.50	1.00	50.0	B3-6
	0.64	38.5	230	260	6.00	1.00	50.0	B3-7

دراسة علاقات توقع مقاومة القص للجوائز البيتونية المسلحة بدون تسليح عرضي

المرجع	v_u (MPa)	V_u (kN)	b mm	d mm	a/d	ρ	$f'c$ (MPa)	اسم الجائز
[13]	1.93	115.7	230	260	3.00	1.50	50.0	B4-1
	1.73	103.3	230	260	3.50	1.50	50.0	B4-2
	1.50	89.6	230	260	4.00	1.50	50.0	B4-3
	1.33	79.6	230	260	4.50	1.50	50.0	B4-4
	1.16	69.5	230	260	5.00	1.50	50.0	B4-5
	1.05	62.5	230	260	5.50	1.50	50.0	B4-6
	0.92	55.1	230	260	6.00	1.50	50.0	B4-7
	2.47	147.7	230	260	3.00	2.00	50.0	B5-1
	2.07	124.0	230	260	3.50	2.00	50.0	B5-2
	1.70	101.6	230	260	4.00	2.00	50.0	B5-3
	1.60	95.8	230	260	4.50	2.00	50.0	B5-4
	1.43	85.7	230	260	5.00	2.00	50.0	B5-5
	1.28	76.8	230	260	5.50	2.00	50.0	B5-6
	1.16	69.6	230	260	6.00	2.00	50.0	B5-7
[14]	0.79	390.6	914	541	2.50	1.02	25.2	LD1-N
	0.86	427.0	914	541	2.50	1.02	25.2	LD1-S
	0.77	381.9	914	541	2.50	1.02	30.1	SR2-S
	0.97	279.4	533	541	3.01	1.05	31.1	LD6-N
	0.87	252.4	533	541	3.01	1.05	31.1	LD6-S
	0.60	367.2	533	1151	3.00	0.98	23.9	LD7-N
	0.51	310.4	533	1151	3.00	0.98	24.9	LD7-S
	1.27	101.0	203	390	2.34	2.07	30.6	4A3
	1.27	101.0	203	390	2.34	3.1	29.9	5A3
	1.41	67.4	152	314	2.91	3.43	30.2	11A2
	1.55	56.2	152	238	3.85	4.52	30.1	12A2
	1.21	58.5	152	316	2.89	2.68	19.3	18A2
	1.21	58.5	152	316	2.89	2.68	19.9	18B2
	1.12	54.0	152	316	2.89	2.68	22.6	18C2
1.12	54.0	152	316	2.89	2.68	22.1	18D2	

المرجع	v_u (MPa)	V_u (kN)	b mm	d mm	a/d	ρ	$f'c$ (MPa)	اسم الجانز
[14]	0.79	38.5	152	319	2.87	0.80	19.9	13A2
	0.74	27.3	152	243	3.77	1.05	20.7	14A2
	0.85	40.7	152	316	2.89	1.34	20.1	15A2
	1.03	49.6	152	316	2.89	1.34	20.7	15B2
	1.05	38.4	152	240	3.81	1.77	22.2	16A2
	1.10	40.7	152	243	3.77	2.09	22.0	17A2
	1.12	54.0	152	316	2.89	2.68	19.8	18A2
	1.17	42.9	152	240	3.81	3.53	20.5	19A2
	1.24	45.1	152	238	3.85	4.52	21.0	20A2
	1.31	63.1	203	238	3.85	5.09	19.9	21A2
	0.87	33.9	152	256	4.77	0.99	21.9	1AC
	0.83	32.1	152	254	4.80	1.32	23.0	2AC
	1.05	41.0	152	256	4.77	1.99	20.8	3AC
	1.00	38.7	152	254	4.80	2.63	16.5	4AC
	1.01	38.7	152	252	4.83	3.35	18.3	5AC
	1.42	54.3	152	250	4.87	4.29	22.8	6AC
	0.72	28.0	152	256	5.96	0.99	18.9	1CC
	0.81	31.5	152	254	6.00	1.32	20.8	2CC
	0.95	36.9	152	256	5.96	1.99	20.5	3CC
	1.07	41.3	152	254	6.00	2.63	20.5	4CC
	1.19	45.8	152	252	6.04	3.35	20.3	5CC
	1.20	45.8	152	250	6.09	4.29	20.5	6CC
	1.01	39.4	152	256	7.16	1.99	18.8	3EC
	1.12	43.4	152	254	7.20	2.63	21.2	4EC
	1.07	41.2	152	252	7.24	3.35	19.5	5EC
	1.15	43.9	152	250	7.30	4.29	19.1	6EC
	0.86	33.5	152	256	8.35	1.99	22.4	3GC
	0.97	37.5	152	254	8.40	2.63	21.0	4GC
1.03	39.8	152	252	8.45	3.35	21.9	5GC	

دراسة علاقات توقع مقاومة القص للجوانز البيتونية المسلحة بدون تسليح عرضي

المرجع	v_u (MPa)	V_u (kN)	b mm	d mm	a/d	ρ	$f'c$ (MPa)	اسم الجانز
[14]	1.11	42.4	152	250	8.52	4.29	21.3	6GC
	0.78	30.3	152	256	9.54	1.99	22.2	3JC
	0.87	33.9	152	254	9.60	2.63	22.2	4JC
	1.10	42.3	152	252	9.66	3.35	22.8	5JC
	0.98	37.4	152	250	9.74	4.29	21.4	6JC
	1.35	51.8	152	252	3.62	3.35	20.1	6C
	1.39	54.0	152	256	3.58	1.99	34.5	3AAC
	1.45	56.2	152	254	3.60	2.63	29.2	4AAC
	1.40	54.0	152	252	3.62	3.35	32.8	5AAC
	1.53	58.4	152	250	3.65	4.29	34.4	6AAC
	1.28	49.9	152	256	4.77	1.99	31.9	3AC
	1.29	49.9	152	254	4.80	2.63	30.5	4AC
	1.30	49.9	152	252	4.83	3.35	32.8	5AC
	1.42	54.3	152	250	4.87	4.29	34.1	6AC
	1.30	50.2	152	254	6.00	2.63	38.4	4CC
	1.42	54.7	152	252	6.04	3.35	37.4	5CC
	1.37	52.4	152	250	6.09	4.29	38.4	6CC
	1.37	53.2	152	254	7.20	2.63	36.8	4EC
	1.08	41.6	152	252	7.24	3.35	37.4	5EC
	1.09	41.6	152	250	7.30	4.29	33.8	6EC
	1.04	40.7	152	256	3.58	1.99	12.5	3AAC
	1.05	40.7	152	254	3.60	2.63	12.9	4AAC
	1.23	47.3	152	252	3.62	3.35	15.4	5AAC
	1.18	45.1	152	250	3.65	4.29	13.4	6AAC
	0.94	36.5	152	256	4.77	1.99	13.7	3AC
	0.94	36.5	152	254	4.80	2.63	12.9	4AC
	1.12	43.2	152	252	4.83	3.35	15.4	5AC
	1.07	41.0	152	250	4.87	4.29	12.4	6AC
	0.72	28.0	152	256	5.96	1.99	12.2	3CC

المرجع	v_u (MPa)	V_u (kN)	b mm	d mm	a/d	ρ	$f'c$ (MPa)	اسم الجائز
[14]	0.94	36.4	152	254	6.00	2.63	17.1	4CC
	0.90	34.7	152	252	6.04	3.35	14.7	5CC
	1.02	39.1	152	250	6.09	4.29	13.7	6CC
	0.96	37.2	152	254	7.20	2.63	14.3	4EC
	0.94	36.3	152	252	7.24	3.35	15.1	5EC
	0.89	86.9	203	483	3.16	1.56	16.8	C
	1.44	55.0	152	250	7.30	4.29	36.3	PCa
	1.44	55.0	152	250	7.30	4.29	36.3	PCb
	1.18	45.8	152	254	6.00	2.63	35.7	OCa
	1.35	52.4	152	254	6.00	2.63	39.0	OCb
	1.22	141.8	254	456	4.01	2.23	38.3	OCa
	1.15	132.9	254	456	4.01	2.23	38.3	OCb

6- النتائج ومناقشتها:

تم حساب مقاومة القص الحسابية v_n على أساس العلاقات المدروسة (1)، (2)، (3)، (4)، (5)، (6)، (8) من أجل 168 عينة، وبيّن الجدول (2) قيم النسبة v_u/v_n بالإضافة للقيم الإحصائية المعتمدة في الدراسة.

الجدول (2) قيم النسبة (v_u/v_n) تبعاً لعلاقات مقاومة القص المدروسة والنتائج التجريبية بالإضافة للقيم الإحصائية المعتمدة في الدراسة

v_u/v_n (8)	v_u/v_n (5) (6)	v_u/v_n (4)	v_u/v_n (3)	v_u/v_n (2)	v_u/v_n (1)	v_u	اسم الجائز
0.85	0.95	1.01	1.09	0.83	1.31	1.60	B61-R
1.92	1.95	2.16	2.38	1.97	2.77	3.48	1.2/1
2.38	2.28	2.00	2.78	2.57	2.72	3.02	2.3/1
1.96	1.99	1.72	2.48	1.96	2.35	2.63	2.6/1
0.96	0.97	1.17	1.19	1.04	1.41	1.51	SFSCBo
1.65	2.28	2.39	2.07	1.73	2.90	2.44	V1A
1.97	2.72	2.85	2.46	2.07	3.45	2.91	V1B
1.94	2.46	1.91	2.23	1.87	2.78	3.56	V4A
1.94	2.47	1.91	2.24	1.87	2.78	3.57	V4B
1.68	1.86	1.46	2.00	1.64	2.12	2.72	V7A
1.43	1.59	1.24	1.71	1.40	1.80	2.32	V7B
1.69	2.24	2.02	2.03	1.70	2.69	2.78	VP1A

دراسة علاقات توقع مقاومة القص للجوائز البيتونية المسلحة بدون تسليح عرضي

v_u/v_n (8)	v_u/v_n (5) (6)	v_u/v_n (4)	v_u/v_n (3)	v_u/v_n (2)	v_u/v_n (1)	v_u	اسم الجائز
1.61	2.13	1.92	1.93	1.62	2.56	2.65	VP1B
2.95	2.60	3.07	3.03	3.11	4.44	6.89	V12A
2.33	2.05	2.42	2.39	2.45	3.51	5.43	V12B
0.80	0.82	0.82	0.96	0.85	1.08	1.23	A00
0.92	0.72	1.00	1.05	1.04	1.27	1.51	Boo
1.62	1.69	2.15	1.93	1.80	2.56	2.76	PCB1
2.91	1.92	4.15	3.27	3.48	4.59	5.33	PCB2
4.22	1.26	6.83	4.27	5.72	6.22	8.76	PCB3
1.83	2.35	2.45	2.39	1.78	3.12	3.31	A1
1.78	2.30	2.39	2.34	1.74	3.05	3.23	A2
1.97	2.53	2.63	2.57	1.92	3.36	3.56	A3
0.97	1.16	0.90	1.17	1.00	1.21	1.15	A
1.50	1.34	2.05	1.65	1.65	2.53	3.59	P35
2.58	2.29	3.48	2.82	2.83	4.32	6.18	P38
1.05	1.07	0.85	1.24	1.09	1.19	1.36	1
1.26	1.36	1.75	1.54	1.42	2.00	2.00	B10
1.49	1.62	2.31	1.84	1.69	2.48	2.53	B11
1.45	1.58	2.27	1.80	1.65	2.43	2.46	B12
1.05	1.19	1.24	1.33	1.15	1.50	1.24	B31
1.35	1.16	1.55	1.49	1.48	2.04	2.65	Sp1
1.00	1.11	1.10	1.14	1.05	1.49	1.88	Sp2
1.00	1.14	1.06	1.17	1.02	1.46	1.82	Sp3
1.18	1.05	1.56	1.34	1.34	1.90	2.14	Sp4
1.01	1.18	1.38	1.21	1.12	1.66	1.69	Sp5
1.17	1.38	1.44	1.41	1.23	1.84	1.97	Sp6
1.15	1.28	1.76	1.40	1.33	1.96	1.69	A
1.16	0.81	1.07	1.30	1.32	1.41	1.63	S1
2.28	1.58	2.07	2.55	2.57	2.75	3.22	S2
2.58	2.01	3.05	2.79	2.77	3.90	7.14	1
1.27	1.32	1.40	1.47	1.27	1.93	3.28	4
1.10	1.15	1.54	1.28	1.11	1.83	3.60	14
0.97	1.08	1.27	1.20	0.91	1.66	2.96	17
0.98	1.10	1.28	1.22	0.92	1.68	2.99	20
0.92	1.07	1.14	1.19	0.82	1.57	2.66	21
1.08	1.26	1.33	1.39	0.96	1.84	3.12	22
3.36	1.69	2.72	3.68	4.05	3.51	3.49	SN1
2.17	1.97	1.61	2.58	2.39	2.14	2.06	SN2

v_u/v_n (8)	v_u/v_n (5) (6)	v_u/v_n (4)	v_u/v_n (3)	v_u/v_n (2)	v_u/v_n (1)	v_u	اسم الجائز
1.80	1.72	1.25	2.24	1.86	1.69	1.60	SN3
2.37	1.47	3.24	2.69	2.94	3.60	3.31	NN1
1.83	1.58	2.37	2.17	2.15	2.75	2.43	NN2
1.32	1.48	1.65	1.63	1.50	1.97	1.69	NN3
0.83	0.96	1.01	1.05	0.91	1.22	1.03	NN4
2.39	1.39	2.49	2.56	2.79	3.22	3.90	NM1
1.81	1.47	1.79	2.03	2.01	2.39	2.80	NM2
1.38	1.45	1.31	1.59	1.47	1.78	2.05	NM3
1.05	1.14	0.97	1.25	1.09	1.34	1.51	NM4
2.57	1.47	2.46	2.70	2.95	3.33	4.41	NH1
2.13	1.70	1.93	2.34	2.32	2.69	3.47	NH2
1.56	1.61	1.36	1.77	1.63	1.93	2.44	NH3
1.33	1.42	1.12	1.56	1.35	1.62	2.02	NH4
1.08	1.04	0.77	1.28	1.11	1.11	1.32	B3-1
0.96	0.95	0.66	1.15	0.95	0.96	1.14	B3-2
0.87	0.88	0.59	1.07	0.85	0.86	1.01	B3-3
0.85	0.87	0.56	1.06	0.80	0.82	0.96	B3-4
0.76	0.79	0.50	0.97	0.71	0.73	0.85	B3-5
0.76	0.80	0.49	0.98	0.70	0.72	0.83	B3-6
0.60	0.64	0.38	0.78	0.54	0.55	0.64	B3-7
1.38	1.34	1.13	1.63	1.42	1.59	1.93	B4-1
1.26	1.26	1.01	1.53	1.26	1.43	1.73	B4-2
1.12	1.14	0.88	1.39	1.10	1.25	1.50	B4-3
1.02	1.05	0.78	1.28	0.97	1.12	1.33	B4-4
0.91	0.95	0.68	1.16	0.85	0.98	1.16	B4-5
0.83	0.88	0.61	1.08	0.77	0.89	1.05	B4-6
0.74	0.80	0.54	0.98	0.67	0.79	0.92	B4-7
1.59	1.55	1.44	1.89	1.64	1.98	2.47	B5-1
1.37	1.37	1.21	1.67	1.38	1.69	2.07	B5-2
1.15	1.17	0.99	1.43	1.13	1.40	1.70	B5-3
1.11	1.15	0.94	1.40	1.06	1.33	1.60	B5-4
1.01	1.07	0.84	1.30	0.95	1.19	1.43	B5-5
0.92	0.99	0.75	1.20	0.85	1.08	1.28	B5-6
0.85	0.92	0.68	1.12	0.77	0.98	1.16	B5-7
0.87	0.73	0.73	1.04	0.99	0.90	0.79	LD1-N
0.95	0.80	0.80	1.14	1.08	0.99	0.86	LD1-S
0.81	0.68	0.63	0.96	0.91	0.82	0.77	SR2-S

دراسة علاقات توقع مقاومة القص للجوائز البيتونية المسلحة بدون تسليح عرضي

v_u/v_n (8)	v_u/v_n (5) (6)	v_u/v_n (4)	v_u/v_n (3)	v_u/v_n (2)	v_u/v_n (1)	v_u	اسم الجائز
1.04	0.88	0.78	1.26	1.12	1.02	0.97	LD6-N
0.94	0.80	0.70	1.14	1.01	0.92	0.87	LD6-S
0.83	0.61	0.57	0.99	0.94	0.71	0.60	LD7-N
0.69	0.51	0.47	0.82	0.78	0.59	0.51	LD7-S
0.96	0.80	1.03	1.14	1.09	1.23	1.27	4A3
0.83	0.71	1.05	1.01	0.96	1.16	1.27	5A3
0.88	0.86	1.15	1.10	0.97	1.31	1.41	11A2
0.87	0.95	1.27	1.14	0.91	1.44	1.55	12A2
0.92	0.94	1.34	1.20	1.06	1.41	1.21	18A2
0.91	0.93	1.31	1.19	1.05	1.40	1.21	18B2
0.82	0.82	1.11	1.05	0.93	1.22	1.12	18C2
0.82	0.83	1.13	1.06	0.93	1.23	1.12	18D2
0.91	0.90	0.85	1.15	1.02	1.04	0.79	13A2
0.75	0.83	0.78	1.00	0.80	0.95	0.74	14A2
0.81	0.81	0.91	1.03	0.91	1.06	0.85	15A2
0.98	0.98	1.08	1.25	1.10	1.28	1.03	15B2
0.88	0.98	1.06	1.17	0.94	1.26	1.05	16A2
0.87	0.96	1.11	1.16	0.93	1.30	1.10	17A2
0.85	0.86	1.22	1.10	0.97	1.29	1.12	18A2
0.78	0.89	1.24	1.06	0.85	1.33	1.17	19A2
0.76	0.86	1.30	1.03	0.82	1.33	1.24	20A2
0.77	0.89	1.41	1.06	0.85	1.39	1.31	21A2
0.94	1.06	0.88	1.29	0.96	1.11	0.87	1AC
0.80	0.90	0.81	1.10	0.81	1.02	0.83	2AC
0.91	1.03	1.10	1.26	0.93	1.31	1.05	3AC
0.83	0.97	1.23	1.18	0.87	1.35	1.00	4AC
0.74	0.87	1.15	1.06	0.78	1.25	1.01	5AC
0.91	1.06	1.40	1.28	0.94	1.56	1.42	6AC
0.84	0.99	0.80	1.20	0.83	0.99	0.72	1CC
0.84	0.99	0.85	1.20	0.83	1.06	0.81	2CC
0.85	1.01	1.00	1.22	0.85	1.21	0.95	3CC
0.87	1.04	1.13	1.26	0.87	1.33	1.07	4CC
0.89	1.07	1.27	1.30	0.89	1.46	1.19	5CC
0.82	0.99	1.27	1.20	0.82	1.42	1.20	6CC
0.96	1.18	1.14	1.43	0.93	1.37	1.01	3EC
0.94	1.14	1.16	1.39	0.90	1.40	1.12	4EC
0.84	1.04	1.17	1.26	0.81	1.36	1.07	5EC

v_u/v_n (8)	v_u/v_n (5) (6)	v_u/v_n (4)	v_u/v_n (3)	v_u/v_n (2)	v_u/v_n (1)	v_u	اسم الجائز
0.83	1.04	1.28	1.25	0.81	1.44	1.15	6EC
0.80	0.99	0.86	1.21	0.75	1.08	0.86	3GC
0.83	1.04	1.01	1.27	0.78	1.23	0.97	4GC
0.81	1.01	1.05	1.23	0.76	1.27	1.03	5GC
0.80	1.02	1.15	1.23	0.75	1.35	1.11	6GC
0.75	0.94	0.78	1.15	0.68	0.99	0.78	3JC
0.76	0.97	0.88	1.17	0.69	1.09	0.87	4JC
0.87	1.11	1.08	1.35	0.79	1.34	1.10	5JC
0.72	0.94	1.01	1.13	0.66	1.20	0.98	6JC
0.92	1.02	1.44	1.24	1.01	1.54	1.35	6C
1.00	1.05	1.04	1.27	1.04	1.34	1.39	3AAC
0.99	1.06	1.22	1.28	1.05	1.47	1.45	4AAC
0.86	0.91	1.09	1.10	0.90	1.31	1.40	5AAC
0.85	0.90	1.15	1.09	0.89	1.35	1.53	6AAC
0.99	1.09	1.01	1.33	0.99	1.31	1.28	3AC
0.92	1.02	1.05	1.24	0.92	1.32	1.29	4AC
0.83	0.92	1.00	1.12	0.83	1.25	1.30	5AC
0.83	0.92	1.07	1.12	0.83	1.31	1.42	6AC
0.91	1.02	0.90	1.24	0.85	1.22	1.30	4CC
0.92	1.04	1.01	1.27	0.87	1.32	1.42	5CC
0.81	0.92	0.96	1.12	0.77	1.24	1.37	6CC
1.01	1.17	0.99	1.42	0.92	1.33	1.37	4EC
0.72	0.84	0.77	1.02	0.66	1.02	1.08	5EC
0.69	0.81	0.83	0.98	0.64	1.06	1.09	6EC
0.96	1.10	1.53	1.34	1.10	1.58	1.04	3AAC
0.87	1.00	1.52	1.22	1.00	1.50	1.05	4AAC
0.90	1.02	1.58	1.24	1.01	1.57	1.23	5AAC
0.82	0.95	1.66	1.15	0.94	1.51	1.18	6AAC
0.89	1.06	1.30	1.29	0.96	1.41	0.94	3AC
0.83	0.99	1.36	1.21	0.89	1.41	0.94	4AC
0.87	1.03	1.44	1.25	0.92	1.51	1.12	5AC
0.80	0.98	1.59	1.18	0.87	1.50	1.07	6AC
0.73	0.91	1.08	1.10	0.76	1.17	0.72	3CC
0.80	0.97	1.13	1.18	0.81	1.28	0.94	4CC
0.73	0.90	1.19	1.10	0.75	1.27	0.90	5CC
0.78	0.97	1.42	1.18	4.29	1.44	1.02	6CC

دراسة علاقات توقع مقاومة القص للجوائز البيتونية المسلحة بدون تسليح عرضي

v_u/v_n (8)	v_u/v_n (5) (6)	v_u/v_n (4)	v_u/v_n (3)	v_u/v_n (2)	v_u/v_n (1)	v_u	اسم الجائز
0.88	1.12	1.30	1.36	2.63	1.44	0.96	4EC
0.79	1.00	1.23	1.21	3.35	1.35	0.94	5EC
0.94	0.88	1.07	1.23	1.56	1.20	0.89	C
0.89	1.05	1.04	1.27	4.29	1.35	1.44	PCa
0.89	1.05	1.04	1.27	4.29	1.35	1.44	PCb
0.84	0.95	0.87	1.16	2.63	1.15	1.18	OCa
0.95	1.06	0.93	1.29	2.63	1.26	1.35	OCb
0.97	0.89	0.86	1.23	2.23	1.13	1.22	OCa
0.91	0.84	0.80	1.15	2.23	1.06	1.15	OCb
1.17	1.19	1.35	1.47	1.23	1.66	-	Mean
4.22	2.72	6.83	4.27	5.72	6.22	-	Maximum
0.60	0.51	0.38	0.78	0.54	0.55	-	Minimum
48.30	37.10	55.40	38.70	55.90	50.90	-	COV %
0.91	0.92	0.90	0.92	0.90	0.90	-	R
104	71	47	10	92	19	-	عدد العينات غير الآمنة ($v_u/v_n < 1$)

من خلال نتائج التحليل الإحصائي للنسبة v_u/v_n الواردة في الجدول (2) تبين ما يلي:

- جميع العلاقات المدروسة، ACI318, BS8110, CEB-FIP, NBR6118، هي علاقات محافظة، باعتبار أن القيمة المتوسطة $mean (v_u/v_n > 1)$ ، لكن لديهم مستوى أمان مختلف، فعلى سبيل المثال المعادلة إن علاقة ACI318 لها هامش أمان كبير بلغ وسطياً 66%. في حين أن العلاقات BS8110 و Zsutty و Ahmad لها قيم منخفضة للمتوسط $mean$ ، وهي 1.23 و 1.19 و 1.17 على التوالي. ترجع هذه القيم المنخفضة للمتوسط إلى وجود عدد كبير نسبياً من القيم غير الآمنة ($v_u/v_n < 1$) والتي تبلغ 92 ، 71 ، 104 على التوالي. هذه القيم (النقاط)

التي لها ($v_u/v_n < 1$) يمكن رؤيتها في الأشكال (4)، (3)، (2)، (1) تحت خط الواحد ($v_u/v_n = 1$).

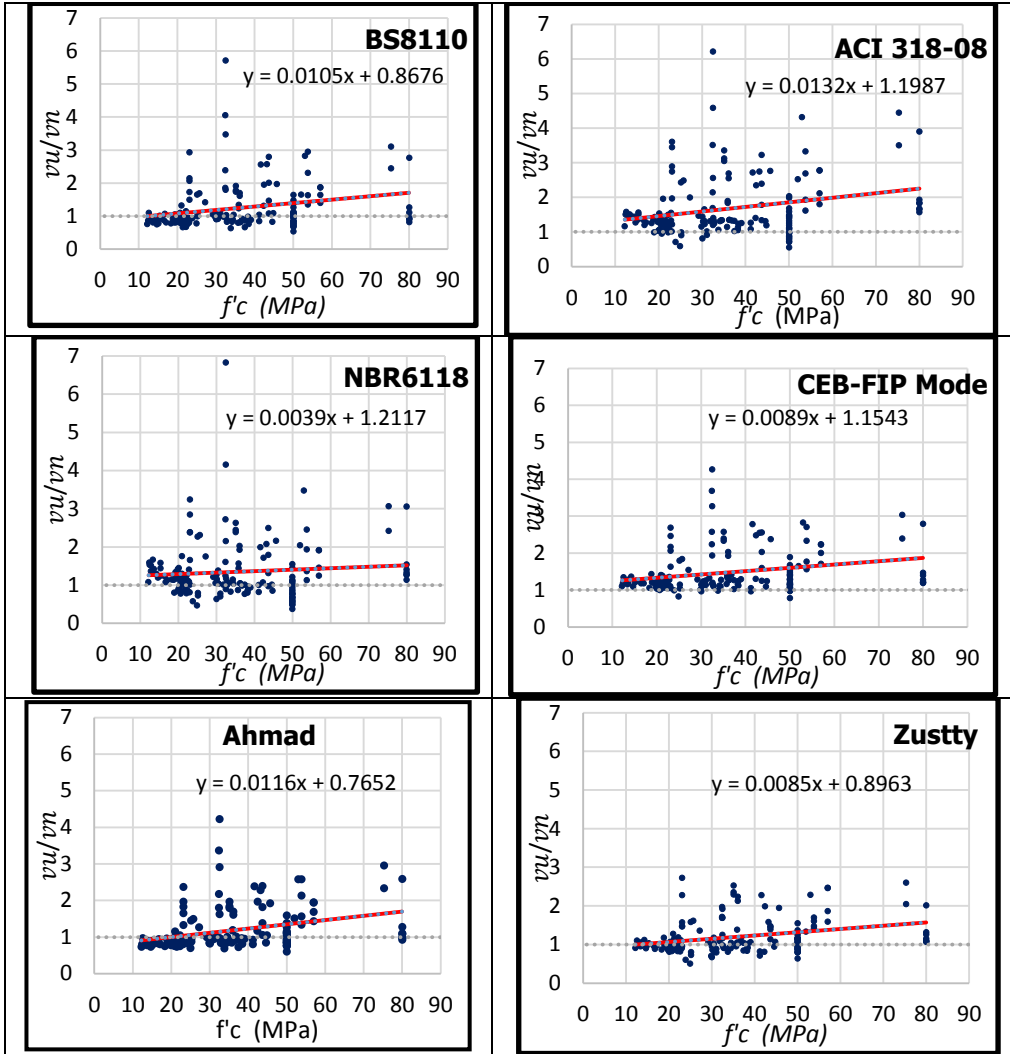
- إن قيم معامل التباين COV لعلاقات الكودات ACI318, BS8110, NBR6118، مقارنة، في حين تبدي العلاقات CEB-FIP و Zsutty قيمة أقل لعامل التباين مقارنة بالعلاقات الأخرى وهي 38.7 ، 37.1 على التوالي.

- تظهر العلاقات CEB-FIP, Zsutty أعلى قيمة لمعامل الارتباط 0.92 ، وهذا يعني أن هناك تطابقاً جيداً بين القيم التجريبية والقيم الحسابية مقارنة بالعلاقات الأخرى المدروسة، إلا أن علاقة Zsutty أعطت توقعات غير آمنة، حيث بلغ عدد القيم غير الآمنة 71 قيمة ($v_u/v_n < 1$) أي أن العلاقة تبالغ في تقييم قوة القص المسببة للانتهيار لما يقارب 42% من العينات. ومن أجل علاقة Ahmad تصل نسبة العينات غير الآمنة إلى 62% من العينات المدروسة.

من أجل تقييم تأثير (حساسية the sensitivity) العلاقات المدروسة لتغير العوامل الرئيسية المؤثرة على مقاومة القص، تم إيجاد العلاقة بين النسبة v_u/v_n والعوامل ($f'_c, d, \rho, a/d$) بشكل مستقل كما هو موضح في الأشكال (4)، (3)، (2)، (1). وبحسب [9،15] يعتبر ميل خط الانحدار الخطي للنسب v_u/v_n (the slope of the linear regression line of ratios) مؤشر إحصائي جيد لتقييم حساسية العلاقات المدروسة. تجدر الإشارة إلى أن التصميم المحافظ (الآمن) يحدث عندما تقع النقاط فوق خط الواحد ($v_u/v_n = 1$).

يوضح الشكل (1) أن العلاقات ACI-318 و BS8110 تظهر تأثيراً واضحاً لتغير f'_c . حيث لوحظ انخفاض في مستوى الأمان للجوائز ذات المقاومة على الضغط $f'_c < 40MPa$ ، في حين أن مقاومة القص التي تنبأت بها علاقة CEB-FIP و Zsutty متوافقة مع مقاومة القص التجريبية للجوائز ذات $f'_c < 40MPa$. وأن العلاقات BS8110 و NBR6118 و Ahmad تبالغ في تقييم تأثير f'_c ، في حين أن

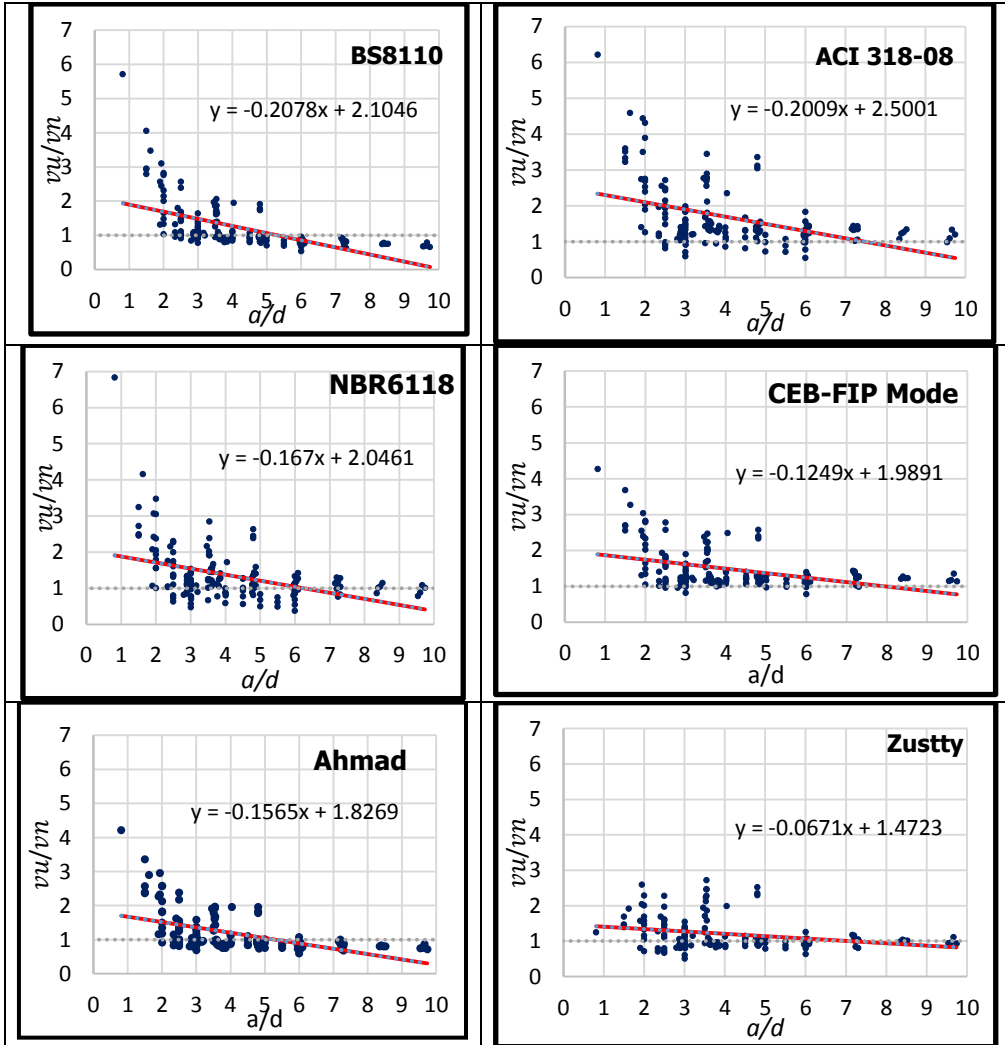
ACI-318, CEB-FIP قدمت نتائج متحفظة بدرجة كافية.



الشكل (1) العلاقة بين النسبة v_u/v_n ومقاومة البيتون على الضغط من أجل العلاقات المدروسة

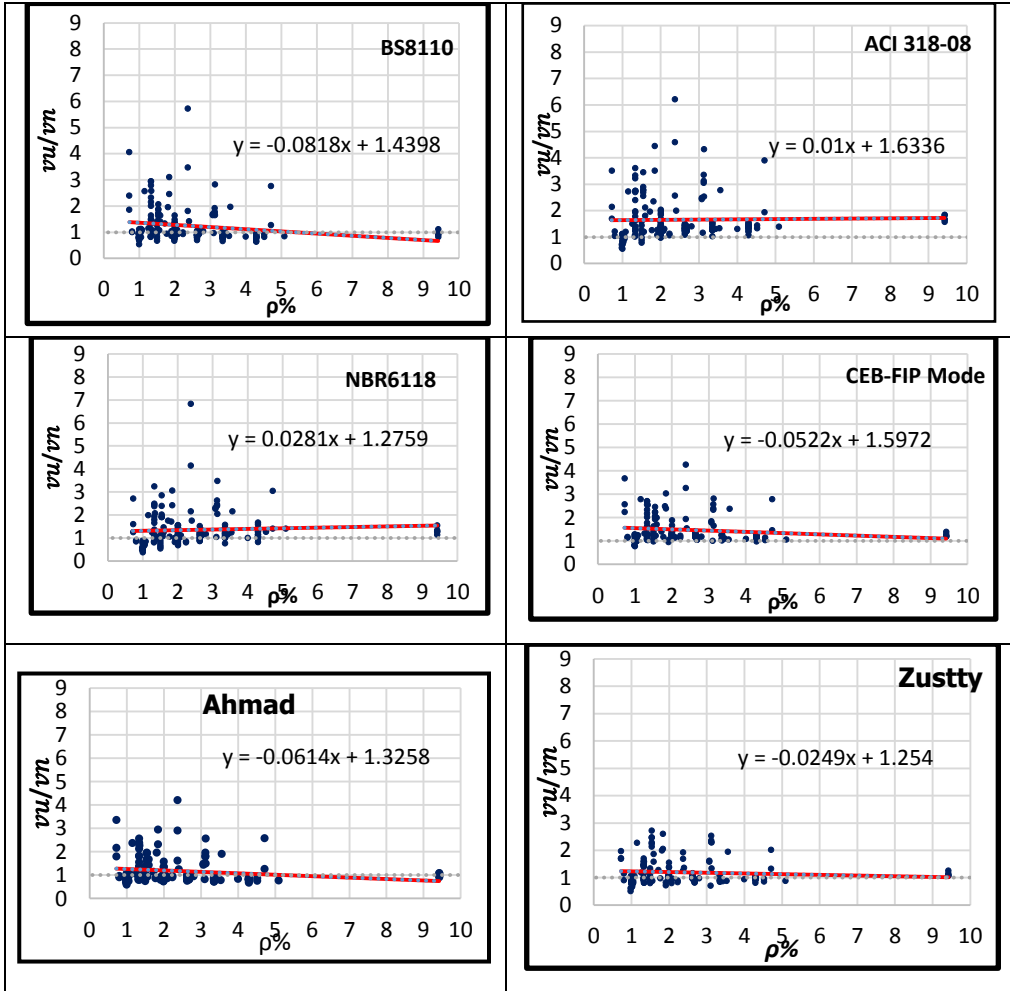
يوضح الشكل (2) التأثير الواضح لـ a/d على قيم مقاومة القص الحسابية، حيث يلاحظ تبعثر وتشتت لقيم v_u/v_n تبعاً للنسبة a/d وذلك بالنسبة لمعظم العلاقات المدروسة، باستثناء علاقة Zsutty التي تأخذ بالحسبان تأثير العمل القوسي للجوائز، إلا أنها علاقة غير متحفظة لعدد كبير من الجوائز $a/d \geq 2$. بالنسبة لجميع العلاقات المدروسة، ينخفض مستوى الأمان مع زيادة القيمة a/d ، مما يعني أن هناك مبالغة في التقدير (overestimation) كلما ازدادت النسبة a/d . تبدو

العلاقات ACI318 و BS8110 غير متحفظة لعدد كبير من الجوائز ذات ($a/d \geq 2.5$)، بينما تبدو كلا من العلاقات Ahmad و NBR6118 غير آمنة لعدد كبير من الجوائز ذات ($a/d > 2$).



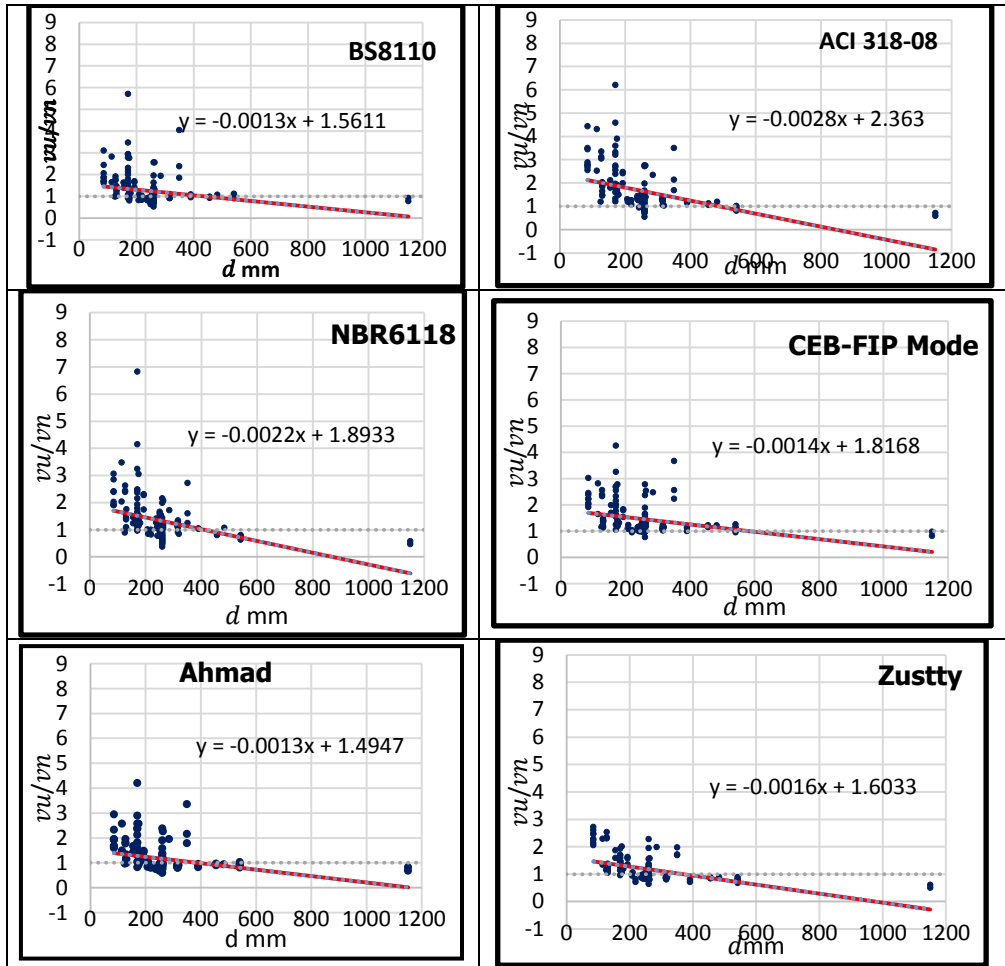
الشكل (2) العلاقة بين النسبة v_u/v_n والنسبة a/d من أجل العلاقات المدروسة يوضح الشكل (3) أن قيم مقاومة القص الحسابية متباعدة تبعاً للنسبة (ρ). حيث تبلغ معظم العلاقات في تقدير مقاومة القص للجوائز ذات $\rho < 2\%$. تعتبر العلاقات ACI318 و CEB-FIP أكثر تحفظاً للجوائز ذات $\rho > 1.5\%$ ، في حين تعطي كلا من

BS8110 و Zsutty قيمياً ثابتة تقريباً (أي أن العلاقة لا تتأثر بشكل كبير بتغير النسبة ρ)



الشكل (3) العلاقة بين النسبة v_u/v_n والنسبة ρ من أجل العلاقات المدروسة

يوضح الشكل 4 تأثير (d) على مقاومة القص المحسوبة وفق العلاقات المدروسة حيث يلاحظ انخفاض مستوى الأمان مع زيادة القيمة d ويمكن ملاحظة أن العلاقات CEB-FIP, Zsutty هي الأقل حساسية للتغيرات في الارتفاع الفعال، (حيث أن ميل خط الانحدار الخطي أفقياً تقريباً).



الشكل (4) العلاقة بين النسبة v_u/v_n والنسبة d من أجل العلاقات المدروسة

7- الاستنتاجات والتوصيات:

بالاعتماد على الدراسة التحليلية، يمكن تلخيص النتائج بالتالي:

- 1- تتزايد مقاومة الجوائز البيتونية المسلحة بدون تسليح عرضي مع زيادة مقاومة الضغط وزيادة نسبة التسليح الطولي ونقصان النسبة a/d ونقصان الارتفاع الفعال للجائز.
- 2- أظهرت المقارنة أن العلاقات ACI318 و CEB-FIP هما الأكثر تحفظاً. وأن علاقة Zsutty هي الأكثر تطابقاً وانسجاماً في حين أبدت العلاقة NBR6118 تشتتاً كبيراً في توقع مقاومة القص لجميع الجوائز المختبرة، بالإضافة لكونها علاقة غير محافظة لعدد كبير من الجوائز النحيفة (تصميم غير آمن لحالة $a/d > 2$).

دراسة علاقات توقع مقاومة القص للجوائز البيتونية المسلحة بدون تسليح عرضي

3- إن توقع مقاومة القص وفق علاقة Ahmad أدى إلى تصميم غير آمن بنسبة تصل إلى 62% من العينات يليها علاقة الكود BS8110 بنسبة وصلت إلى 55%، ثم علاقة الكود NBR6118 بنسبة وصلت 28%.

4- تبدو العلاقة CEB-FIP هي العلاقة الأكثر أماناً والأكثر دقة في توقع مقاومة القص للجوائز المسلحة بدون تسليح عرضي مقارنة بالعلاقات الأخرى المدروسة، كما أنها أقل تأثراً بتغير العوامل الرئيسية المؤثرة على مقاومة القص $(f'_c, d, \rho, a/d)$.

8-المراجع:

- 1- .Ghaffar .A., Javed .A., Rehman .H., Ahmed .K., and Ilyas .M. **development of Shear Capacity Equations for Rectangular Reinforced Concrete Beams** .Pak. J. Engg. & Appl. Sci . 2010; 6: 1-8.
- 2- Chao W .T., Tsong. Y., and How J. C. **Shear Behavior of Reinforced Concrete Beams Made with Sedimentary Lightweight Aggregate without Shear Reinforcement**. Journal of Materials in Civil Engineering , ASCE . 2009; 21(12): 730- 739.
- 3- Ahmed .F.A.**shear strength prediction of reinforced concrete shallow beams without shear reinforcements**. Journal of Engineering and Sustainable Development. 2018; 22(6):85-100.
- 4-. ACI Committee 318. **Building Code requirements for reinforced concrete** ACI 318-08 and Commentary. American Concrete Institute, 2008: pp 465.
- 5- BS8110-1. **Structural Use of Concrete – Part 1: Code of Practice for Design and Construction**||. British Standards Institution, London, UK, 1997. pp. 120.
- 6- Leandro M. T., Luiz C.A., Ricardo .G. **A Comparative Study of the Shear Strength Prediction for Reinforced Concrete Beams without Shear Reinforcement**.Applied Mechanics and Materials. 2014; Vols. 584-586: 1135-1140.
- 7- Comité Euro-**International du Béton**: CEB-FIP Model Code 1990 (CEB_FIP MC90). Bulletin D'Information No. 213/214, Lausanne, May 1993.pp.473.
- 8- Ramadan. A.I and Abd-Elshafy.A.A. **Statistical Prediction Equations for RC Deep Beam Without Stirrups**. Facing the Challenges in Structural Engineering, 2018.

- 9- . Kang .T., Kim .W., Kwak, Y.K., and Hong .S. **Shear Testing of Steel Fiber-Reinforced Lightweight Concrete Beams without Web Reinforcement.** ACI Structural Journal. 2011; 108(5): 553-561.
- 10- Eleonora .M. **Shear Capacity of Steel Fibre Reinforced Concrete Beams without Conventional Shear Reinforcement** .M.Sc. Thesis.Royal Institute of Technology (KTH). 2011.
- 11- Ayad .A .S., Khalil I. A., and Ali .F. H. **Mechanical Properties of Porcelinite Reinforced Concrete Beams.** IJCE. 2008; 10. March: pp 25.
- 12- Huang .C .H., Chen .L .H., Kang .Y. C.,Wu .C.H., and Yen.T. **Shear Behavior of Full Size Reinforced Lightweight Concrete Beam.** 2011.
- 13- Attaullah .SH., and Saeed .A. **Experimental Verification of Current Shear Design Equations for HSRC Beams.** Journal of Engineering & Technology, 2012; 31(3):409-420.
- 14- Joseph .R .J. **Behavior of Slender Beams without Stirrups: Effects of Load Distribution and Member Depth..** M.Sc. Thesis, The University of Texas at Austin,2015.
- 15- Abdoladel .Sh .**Shear in steel fiber reinforced concrete members without stirrups.** Ph.D Dissertation, The University of Alberta. 2012.