

Developing Froch2003 Equation to Predict SCC. Beams Shear Strength

Dr. Waad Alkhatib*

(Received 5 / 2 / 2024. Accepted 29 / 7 / 2024)

□ ABSTRACT □

Self-compacting or self-placed concrete is a high-performance concrete that is characterized by the fact that it can be placed through dense reinforcing steel, and give compact concrete and highly flat surfaces under only the influence of its own weight, without the use of other tools. Since this product is young, studies on it are many and varied, especially its behavior in resisting shear stresses due to collapse. Because of this, the concrete is usually fragile and abrupt.

Shear calculation Equations for ordinary concrete in many international codes ignore the size effect factor (a/d) on this resistance, and to date there is no approved equation in these codes to predict the resistance of self-placed concrete to shear stresses, and therefore in this research we have done A statistical study on the development of the Frosch2003 equation [5] to calculate the shear strength of ordinary concrete, which the research [4] recommended could be developed to predict the shear strength of beams of self-compacted concrete, as the equation developed to calculate the shear strength of self-placed concrete gave values consistent with the results of reference studies. Its performance factor correlation coefficient was $R = 0.92$ and the deviation coefficient $COV = 15.55\%$, and therefore it can be adopted in calculations.

Keywords: Beams, Shear, Strength.

Copyright



:Tishreen University journal-Syria, The authors retain the copyright under a CC BY-NC-SA 04

* Academic Assistant· Department of Structural Engineering· Faculty of Civil Engineering· Tishreen University ·Lattakia, Syria. khateb79@yahoo.com

تطوير علاقة Froch2003 لحساب مقاومة الجيزان من البيتون ذاتي التوضع على القص

د. وعد إبراهيم الخطيب*

(تاريخ الإيداع 5 / 2 / 2024. قُبِلَ للنشر في 29 / 7 / 2024)

□ ملخص □

البيتون ذاتي التوضع هو بيتون عالي الأداء يتميز بأنه تحت تأثير وزنه الذاتي من دون استخدام رجايات يستطيع التوضع عبر فولاذ التسليح الكثيف، ويملاً القوالب ليعطي بيتوناً مكتنزاً وأسطحاً ذات استوائية عالية، وكون هذا المنتج فتياً فإن الدراسات حوله كثيرة ومتنوعة وخاصةً سلوكه لمقاومة الإجهادات القاصة كون انهيار البيتون بسببها يكون عادةً هشاً ومفاجئاً.

تغفل علاقات حساب القص للبيتون العادي في العديد من الكودات العالمية تأثير عامل حجم العنصر (a/d) على هذه المقاومة، كما أنه حتى تاريخه لا يوجد علاقة معتمدة في هذه الكودات لحساب مقاومة البيتون ذاتي التوضع للإجهادات القاصة، وبالتالي قمنا في هذا البحث من خلال دراسة إحصائية بتطوير علاقة Frosch2003 [5] لحساب مقاومة القص للبيتون العادي والتي أوصى البحث [4] بإمكانية تطويرها لتصبح مناسبة لتوقع مقاومة جيزان من البيتون ذاتي التوضع على القص حيث أعطت العلاقة المطورة لحساب مقاومة القص لجوائز من البيتون ذاتي التوضع قيمة متوافقة مع نتائج الدراسات المرجعية، وكان معامل ارتباط عامل أدائها $R = 0.92$ ومعامل الانحراف $COV = 15.55\%$ وبالتالي يمكن اعتمادها في عمليات الحساب.

الكلمات المفتاحية: الجيزان، القص، المقاومة.



حقوق النشر : مجلة جامعة تشرين- سورية، يحتفظ المؤلفون بحقوق النشر بموجب الترخيص

CC BY-NC-SA 04

* عضو هيئة فنية - قسم الهندسة الإنشائية - كلية الهندسة المدنية- جامعة تشرين- اللاذقية-سورية. khateb79@yahoo.com

مقدمة:

يعتبر البيتون ذاتي التوضع فتيماً مقارنةً بالبيتون العادي حيث بدأ بالظهور في سبعينيات القرن الماضي، وينتج عادةً بتخفيض كمية الركام الخشن وحجمه في البيتون قبل التصلب، وهذا ما يؤثر على مقاومته للقص، وبالتالي من البيديهي والضروري علمياً أن تكون مقاومة البيتون ذاتي التوضع على القص موضع اهتمام العلماء والباحثين. إن العوامل المؤثرة على مقاومة جيزان البيتون سواءً العادي أو ذاتي التوضع على القص متعددة منها مقاومته المميزة على الضغط، نسبة التسليح الطولي، المقطع العرضي، نسبة بعد القوة المطبقة عن محور الاستناد، أو ما يسمى مجاز القص النسبي Size effect، كمية الركام الخشن في الخلطة، وتدخل هذه العوامل في علاقات حساب القص وبعضها يهمل إلا أن العديد من الأبحاث العالمية [1,2, 3] لاحظت وجود تأثير واضح للنسبة a/d على مقاومة الجيزان للقص رغم أنها مهملة في علاقات حساب بعض الكودات العالمية، ودخلت بتأثير ضعيف في البعض الآخر، وأوصت هذه الأبحاث بضرورة إدخال هذه التأثير على علاقات حساب مقاومة القص للبيتون العادي، وحتى تاريخ إجراء هذا البحث لا توجد علاقة محددة في أيّاً من الكودات العالمية لحساب مقاومة القص لجيزان من البيتون ذاتي التوضع، حيث قمنا سابقاً بنشر مقالة [4] لتحديد العلاقة الأمثل لحساب مقاومة القص لجيزان من البيتون ذاتي التوضع وأوصت المقالة بإمكانية تطوير علاقة التي سنقوم بإدخال تأثير العوامل المهمة لتصبح مناسبة لتوقع مقاومة جيزان من البيتون ذاتي التوضع على القص.

أهمية البحث وأهدافه:

يهدف البحث إلى تطوير علاقة Froch2003 [5] لحساب مقاومة القص لجيزان من بيتون ذاتي التوضع وذلك من خلال دراسة إحصائية لمجموعة من الجيزان، وتكمن أهمية البحث في عدم اعتماد علاقة لحساب هذه المقاومة في الكودات والأبحاث العالمية حتى تاريخه.

طرائق البحث ومواده:

اعتمدنا على المنهج العلمي التالي في اختيار العلاقة الأمثل لحساب مقاومة الجيزان على القص، ومن ثم تطويرها وفق الخطوات التالية:

1. تم اختيار علاقة Froch2003 لتطويرها وذلك وفق ما خلصت إليه مقالتنا السابقة في مجلة جامعة تشرين للعلوم الهندسية المبوبة في المرجع [4]
2. تجميع نتائج اختبار جيزان من البيتون ذاتي التوضع بدون تسليح عرضي المنشورة في الأبحاث العالمية.
3. اقتراح تطوير العلاقة من خلال تحليل الانحدار الإحصائي بما يتناسب والدراسة الإحصائية وإدخال تأثير العوامل المهمة ضمنها لتصبح مناسبة لحساب جيزان البيتون ذاتي التوضع.
4. تقييم دقة العلاقة المعدلة بتطبيقها على نتائج الدراسة المرجعية ودراسة تأثير $\rho, f_c, d, \frac{a}{d}$ فيها.

التحليل الإحصائي لجيزان الدراسة:

قمنا بتحليل نتائج الدراسة اعتماداً على الطريقة الإحصائية تحليل الانحدار Regression Analysis، حيث يعرف تحليل الانحدار بشكل عام على أنه مقياس رياضي لمتوسط العلاقة بين متحولين أو أكثر أحدهما متحول الاستجابة

Response Variable ومتحول أو متحولات أخرى تسمى المتحولات التوضيحية Explanatory Variables بدلالة

وحدات قياس المتحولات التوضيحية في العلاقة [6].

وبالتالي فإن متحول الاستجابة في دراستنا هو مقاومة الجيزان على القص والمتحولات التوضيحية هي $\rho, f_c, d, \frac{a}{d}$.

تم حساب القيم الإحصائية التالية لإجراء تحليل الانحدار الإحصائي:

1. عامل أداء العلاقة (PF) Performance Factor وهو نسبة قوة أو إجهاد القص التجريبي إلى قوة أو إجهاد القص المحسوب بالعلاقة $PF = \frac{V_{Exp}}{V_{Cal}}$.

2. القيمة المتوسطة لعامل أداء كل علاقة $A_{ve} = \frac{\sum \frac{V_{Exp}}{V_{Cal}}}{n}$ ، وقيمه العظمى Max والصغرى Min.

3. الانحراف المعياري (SD) Standard Deviation ويدل على مقدار انحراف القيمة المتوسطة ويحسب

$$SD = \sqrt{\frac{\sum \left(\frac{V_{Exp}}{V_{Cal}} - Ave \left(\frac{V_{Exp}}{V_{Cal}} \right) \right)^2}{n}}$$

بالعلاقة

4. عامل الانحراف (COV) Coefficient of Variation وهو مؤشر لدقة نتائج العلاقة ويدل على توزيع

$$COV = 100 \times \frac{SD \text{ الانحراف المعياري}}{Average \text{ المتوسط}}$$

الاحتمال أو التكرار، ويحسب بالمعادلة

5. عامل التحديد (R²) Coefficient of Determination يستخدم لقياس الإمكانية المستقبلية لإعطاء العلاقة

$$R^2 = 1 - \frac{\sum (V_{Exp} - V_{Cal})^2}{\sum (V_{Exp} - V_{ExpAve})^2}$$

نتائج دقيقة، ويحسب بالمعادلة

6. عامل الارتباط (R) Coefficient of Correlation، ويعبر عن مدى ارتباط التابع والمتحول وقوة

علاقتهما، وهو الجذر التربيعي لمعامل التحديد.

جيزان الدراسة الإحصائية:

أجري تحليل الانحدار الإحصائي لجيزان تم اختيارها من (20) بحث عالمي بلغ عددها (150) جائز، جميعها من البيتون ذاتي التوضع غير مسلحة بأساور عرضية لمقاومة القص.

يبين الجدول (1) ملخص مواصفات الجيزان المدروسة.

الجدول (1). ملخص مواصفات جيزان الدراسة.

الدراسة المرجعية	عدد الجيزان	Section	Effective	a/d	ρ%	f _c
		Width (b)	height (d)			Mpa.
		mm	mm			
GH.A.Jahjah2021[12]W.I.Khateb and	27	120	218	2.5-5.5	1.9	34.9-34.25
ATSHAN etal 2012[13]	3	100	146	2.05	2	49.2-29.4
Arezoumandi 2013 [15]	6	300	400-375	3.2-2.61	3-1	53.5-39
Avenue P.2013 [16]	4	160	224-210	3	2-1	48
AAA.Hassan etal 2008 [10]	8	400	667.5-100	2.5	2-1	45
AAA.Hassan etal 2010 [11]	1	400	310.5	2.5	1	45
AAA.Hassan et al 2015 [20]	12	250	201.5	2.5	2	31-20.1

Ahmad B etal 2015 [21]	5	100	80	2-1.5	3-2	38.3-54.7
Alghazali 2017 [25]	8	305	406.67	3	3-2	45.9-53.5
Abdul 2018 [27]	2	220	280	2.5-1	2	38
Biolzi et al. 2014 [18]	5	170	260	4-2.5	1	42.64
HANNON etal 2014 [19]	2	180	211-190.5	1.83-1.65	4-1	49.5-19.9
Helincks 2013 [17]	23	100	130	3-1.8	2-1	54.8-48
Kannam 2018 [26]	2	100	168-166	3-2	1	39.67
Mohmad.Sheik etal 2015 [22]	1	125	220.60	1.36	1-0.25	31
M.Lachemi 2005[9]	6	100	253-100	2.14-1.05	1.6- 1.15	54-53
Safan 2012 [14]	24	100	135-134	2.61-2.59	2-1	53-26
S.Kalirajan 2015 [23]	1	100	170.21	2.35	1	30
Yi Weijian 2018 [28]	8	200	360	3.4-2.2	2	52.4-30.2
Zena 2016 [24]	2	100	175	1.95	2	49.2-29.4

تطوير علاقة Froch 2003:

تعطى علاقة Froch 2003 الأساسية بالمعادلة التالية $V_c = 0.42 \times (f'_c)^{0.5} \times b \times c$ للبيتون العادي [5] ونقترح تعديل وتطوير هذه العلاقة بإضافة تأثير Size Effect مجاز القص النسبي (a/d) وتعديل تأثير المقاومة المميزة للبيتون f'_c لتصبح من الشكل:

$$V_c = A \times \left(\frac{a}{d}\right)^B \times f'_c{}^D \times b \times c$$

حيث:

$$C = (\sqrt{2\rho n} + (\rho n)^2 - \rho n)d \text{ - ارتفاع المحور المحايد ويعطى بالعلاقة}$$

$$n = \frac{E_s}{E_c} \text{ - أمثال التكافؤ وتعطى بالعلاقة}$$

A, B, D - ثوابت يتم الحصول عليها من الدراسة الإحصائية.

$\frac{a}{d}$ - Size Effect مجاز القص النسبي وهو نسبة بعد القوة المطبقة على الجائر عن محور استناده إلى الارتفاع الفعال لهذا المقطع.

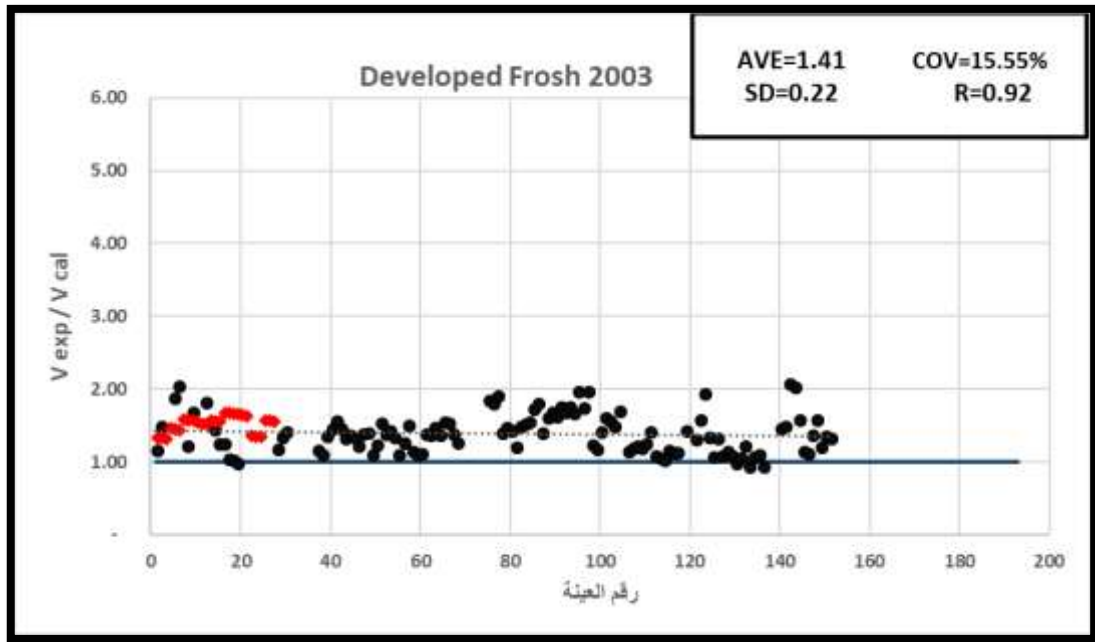
من خلال إجراء تحليل الانحدار لجيزان الدراسة حصلنا على قيم الثوابت التالية $A = 2, B = -0.7, D = \frac{1}{3}$ لتصبح العلاقة المطورة كمايلي:

$$V_c = 2 \times \left(\frac{a}{d}\right)^{-0.7} \times f'_c{}^{1/3} \times b \times c$$

يوضح الجدول (2) والشكل (1) تحسن القيم الإحصائية لعامل أداء العلاقة المطورة بشكل واضح مقارنةً بالعلاقة الأساسية.

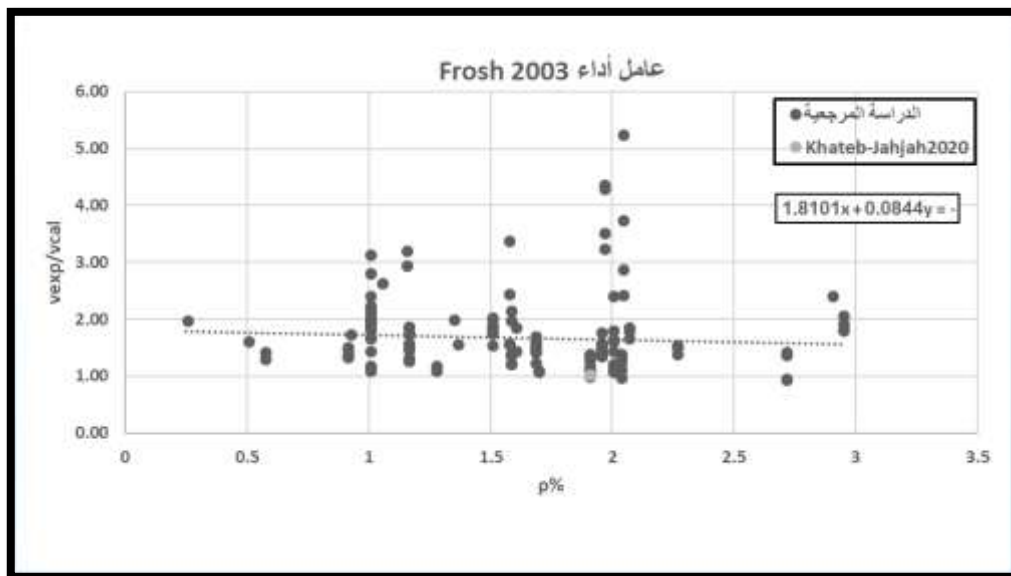
الجدول (2). القيم الإحصائية لعامل أداء علاقة Froch2003 الأساسية والمطورة.

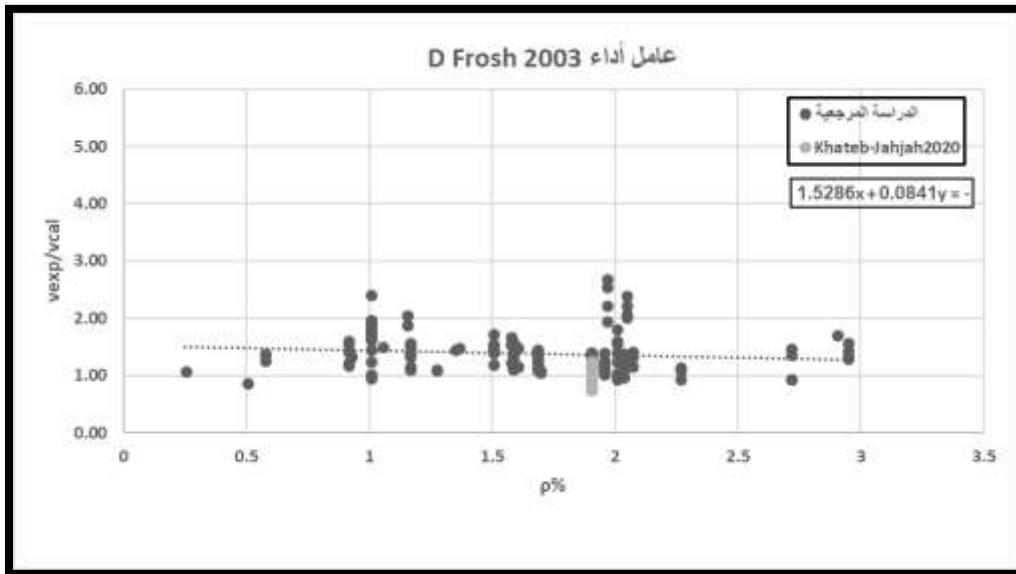
R	R ²	COV%	SD	MIN	MAX	AVE	القيم الإحصائية
0.87	0.76	67.25	1.06	0.94	3.37	1.58	Frosch2003
0.92	0.85	15.55	0.22	0.93	2.06	1.41	D Frosch



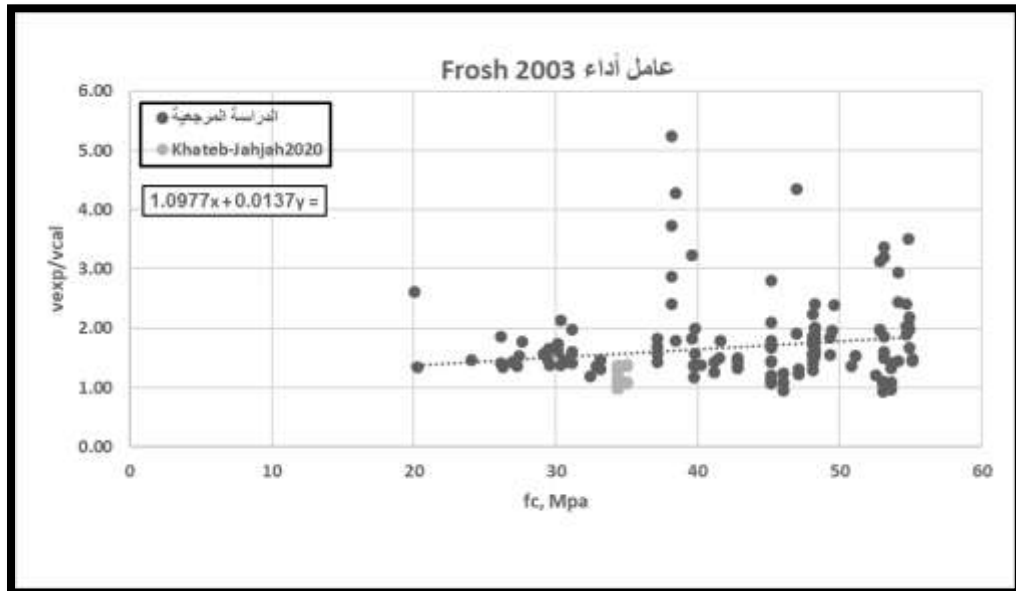
الشكل (1). عامل أداء علاقة Frosh 2003 المعدلة بالنسبة لجزان الدراسة.

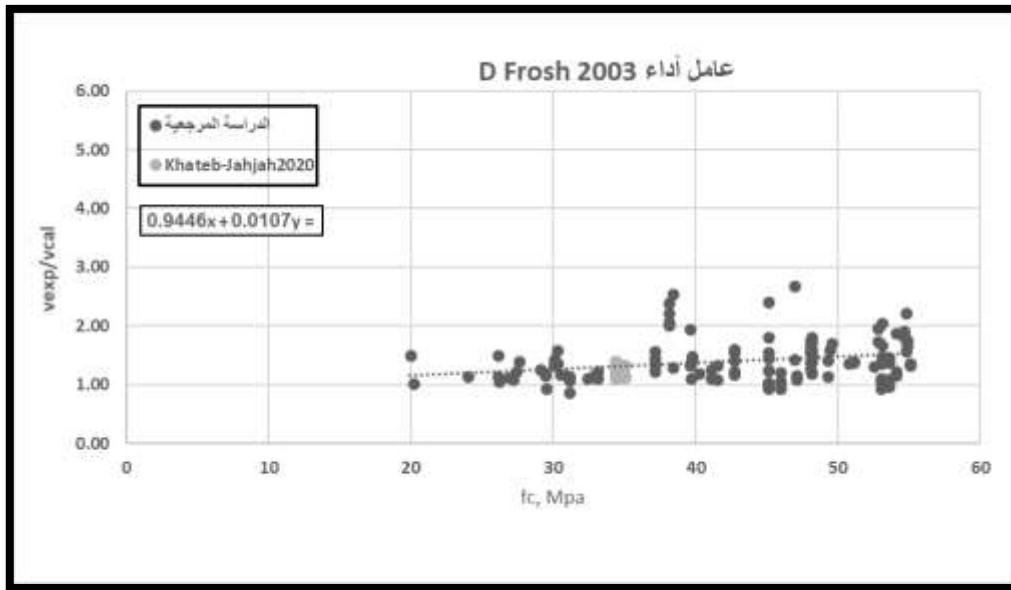
كما أن توزيع قيم عامل أداء العلاقة المطورة بالنسبة لـ مقارنة بعلاقة Frosh2003 الأساسية كان توزيعاً أفضل، ويتبع أقل كما هو مبين في الأشكال (2)، (3)، (4)، (5).



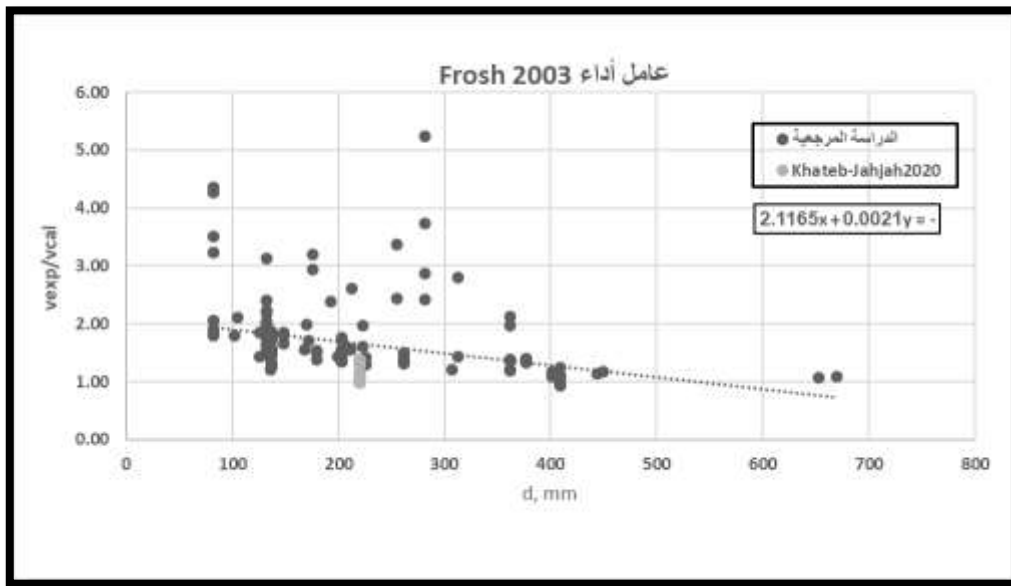


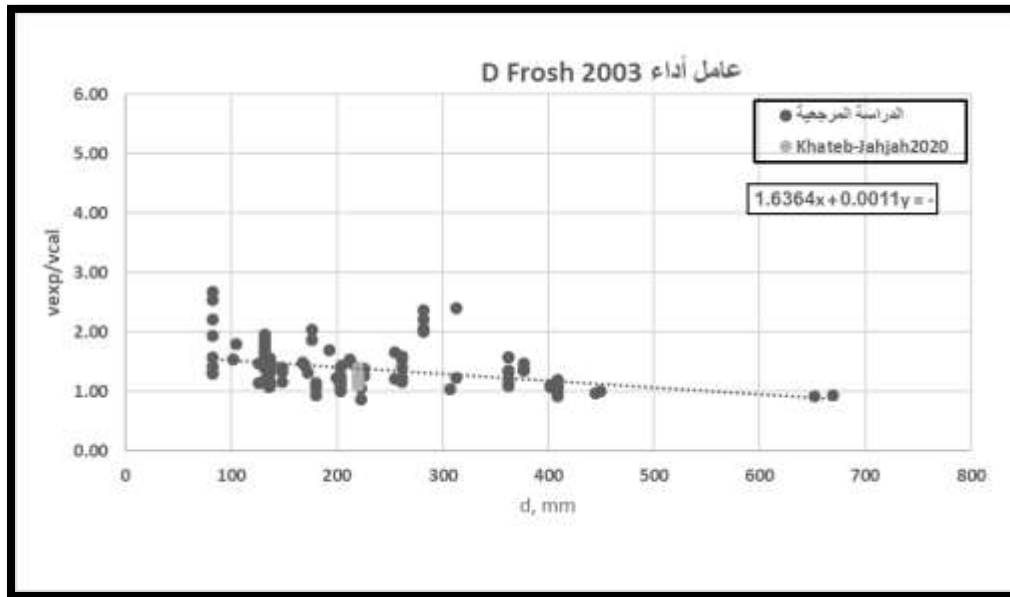
الشكل (2). توزع عامل أداء (تبعاً لنسبة التسليح الطولي) علاقة Froch2003 الأساسية والمطورة.



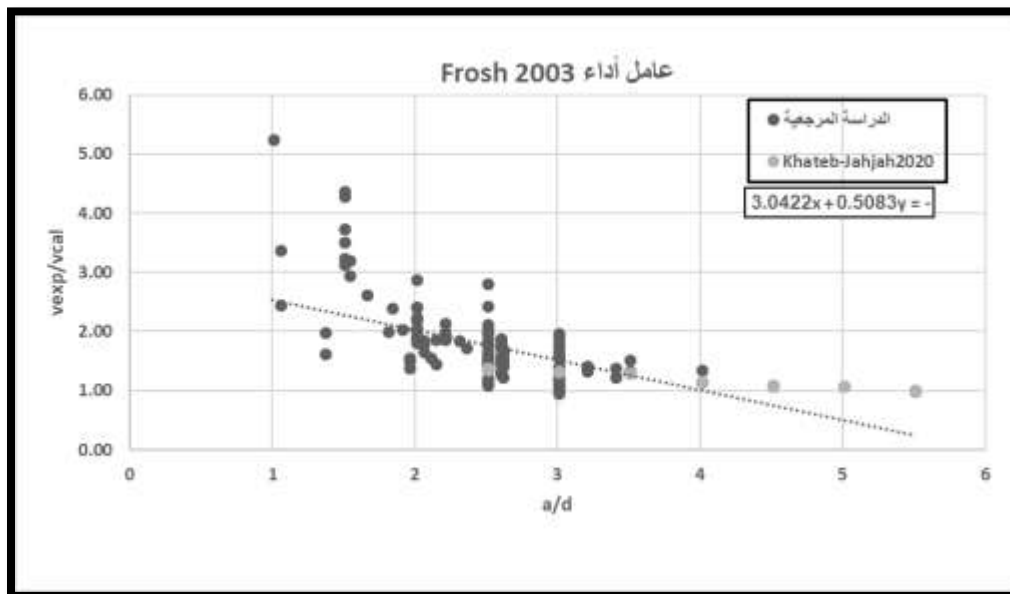


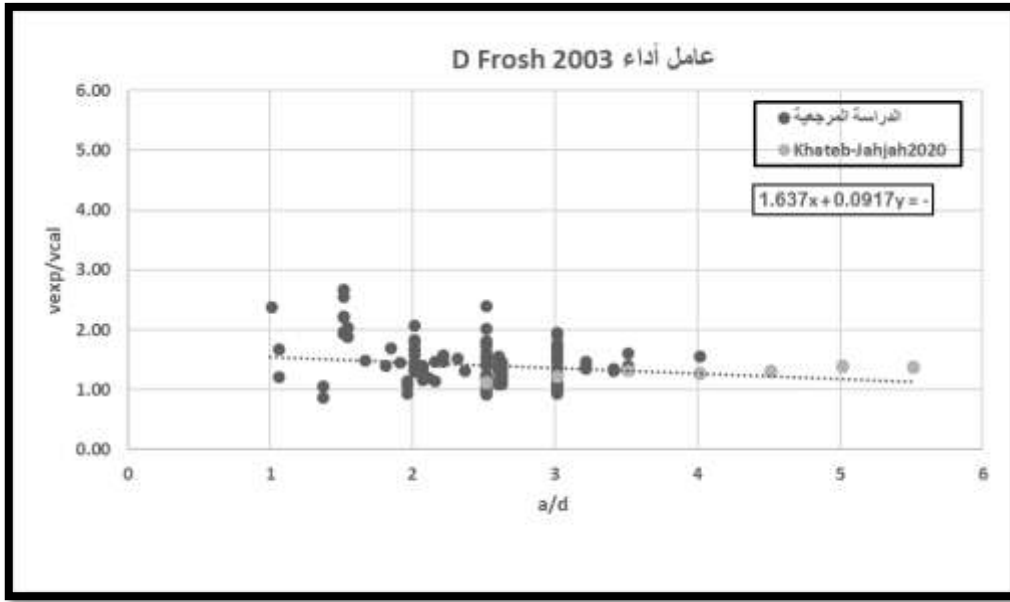
الشكل (3). توزيع عامل أداء علاقة Frosh2003 الأساسية والمطورة بالنسبة لـ f_c .





الشكل (4). توزيع عامل أداء علاقة Froch2003 الأساسية والمطورة بالنسبة لـ d.





الشكل (5). توزيع عامل أداء علاقة Frosh2003 الأساسية والمطورة بالنسبة a/d.

اختبار دقة العلاقة المطورة:

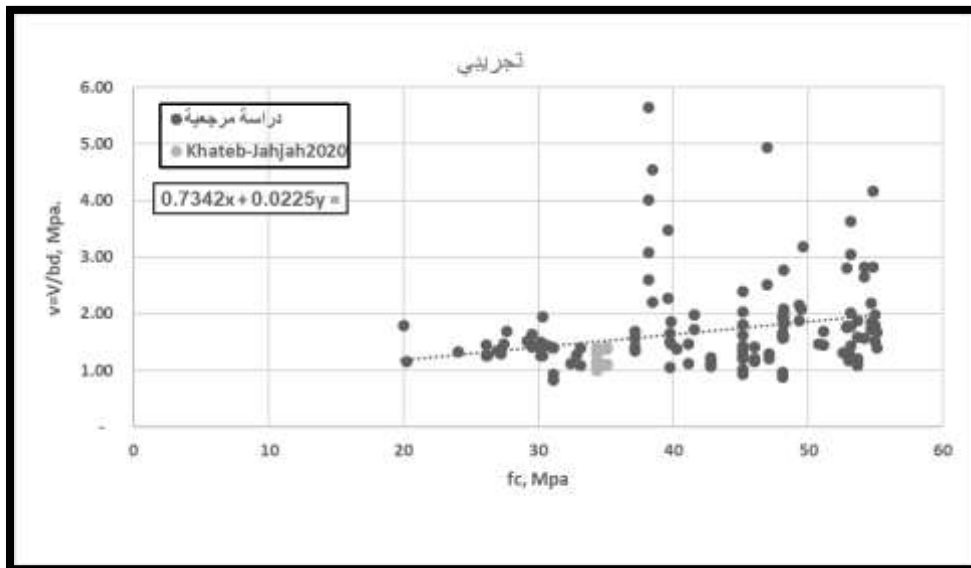
يبين الجدول (3) قيم قوة وإجهاد القص لجيزان البحث [12] وفق علاقتنا المطورة وعامل أدائها حيث بلغت قيمته الوسطية 1.27 ومعامل انحراف $Cov = 2.82\%$ وعامل ارتباط $R = 0.98$ وهي قيم ممتازة تدل على قوة العلاقة المعدلة حيث تعطي نتائج متوافقة مع النتائج التجريبية للدراسة المرجعية.

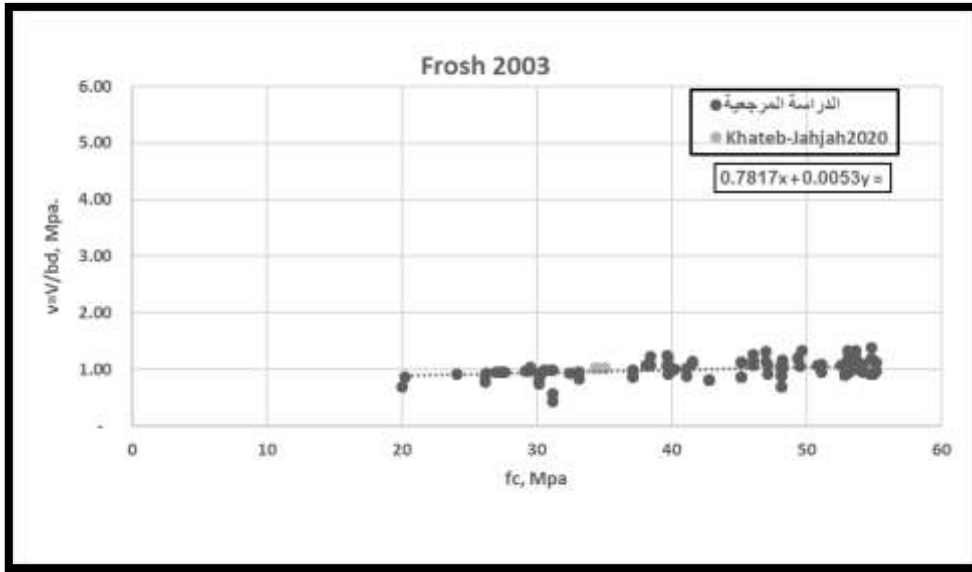
الجدول (3). حساب جيزان الدراسة التجريبية وفق العلاقة المطورة.

الباحث	الجانز	إجهاد القص التجريبي (MPa.)	إجهاد القص الحسابي (MPa.)	عامل الأداء
Khatib-Jahjah2020[4]	SCC2.5-1	1.37	1.03	1.33
	SCC2.5-2	1.37	1.03	1.32
	SCC2.5-3	1.37	1.03	1.32
	1-SCC2.5-1	1.40	1.04	1.35
	1-SCC2.5-2	1.40	1.04	1.35
	1-SCC2.5-3	1.39	1.04	1.34
	SCC3-1	1.34	0.92	1.46
	SCC3-2	1.33	0.92	1.45
	SCC3-3	1.32	0.92	1.44
	SCC3.5-1	1.31	0.83	1.58
	SCC3.5-2	1.30	0.83	1.58
	SCC3.5-3	1.30	0.83	1.57
	SCC4-1	1.16	0.76	1.53
	SCC4-2	1.16	0.76	1.53

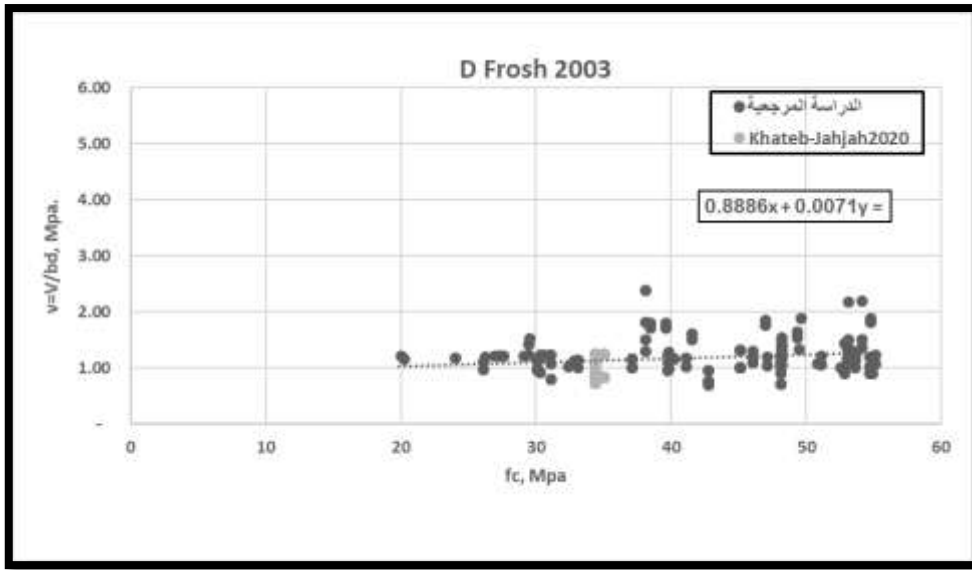
SCC4-3	1.15	0.76	1.52
SCC4.5-1	1.10	0.70	1.57
SCC4.5-2	1.09	0.70	1.56
SCC4.5-3	1.09	0.70	1.56
1-SCC4.5-1	1.10	0.70	1.57
1-SCC4.5-2	1.10	0.70	1.57
1-SCC4.5-3	1.09	0.70	1.56
SCC5-1	1.09	0.65	1.67
SCC5-2	1.09	0.65	1.67
SCC5-3	1.08	0.65	1.66
SCC5.5-1	1.01	0.61	1.65
SCC5.5-2	1.01	0.61	1.64
SCC5.5-3	1.00	0.61	1.64

كما تمت دراسة حساسية العلاقة المطورة وتأثرها بالعوامل $\rho, f_c, d, \frac{a}{d}$ وذلك بالنسبة لجيزان الدراسة، حيث يظهر الشكل (6) العلاقة الطردية لإجهاد القص مع المقاومة المميزة للبيتون ذاتي التوضع والتي تراوحت قيمتها MPa. (55-19.8)، حيث تبدي القيم التجريبية تأثيراً أكبر بتغير قيم f_c كون قيمة ميل الانحدار الخطي والبالغة (0.0225) هي الأكبر، في حين أن قيمته عند الحساب بعلاقة Froch2003 الأساسية (0.0053) وهي بعيدة عن النتائج التجريبية في حين أنه عند الحساب بالعلاقة المطورة تقترب قيمة ميل الانحدار الخطي من قيمته التجريبية لتبلغ (0.0071)، ويعزى هذا التقارب إلى تعديل تأثير f_c على علاقة إجهاد القص ليصبح $(f_c)^{\frac{1}{3}}$ بدلاً من $(f_c)^{\frac{1}{2}}$.



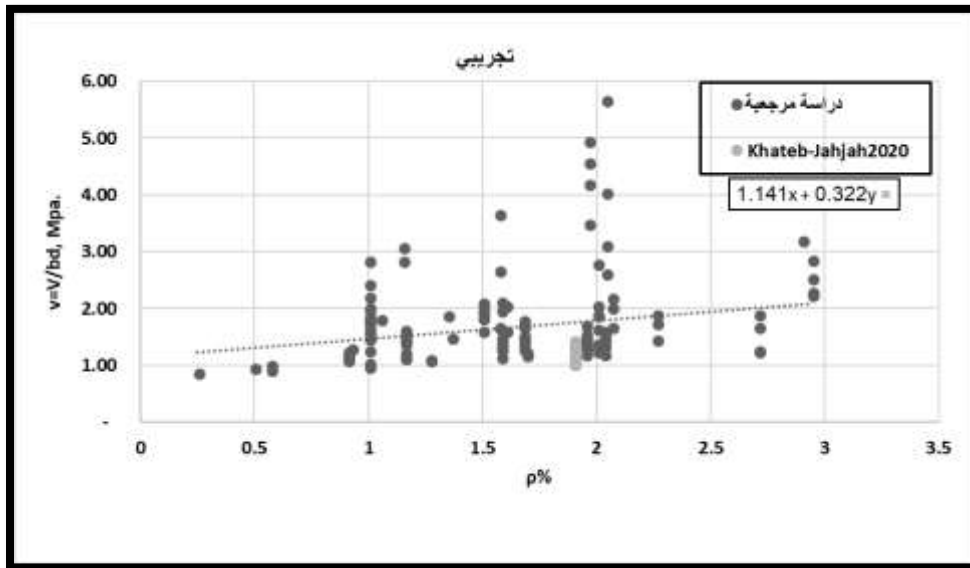


الشكل (6). علاقة إجهاد القص لجيزان الدراسة بالمقاومة المميزة للبيتون f_c وفق:
a- النتائج التجريبية، b- وفق علاقة Frosch2003 الأساسية، c- وفق علاقة D Frosch المطورة.

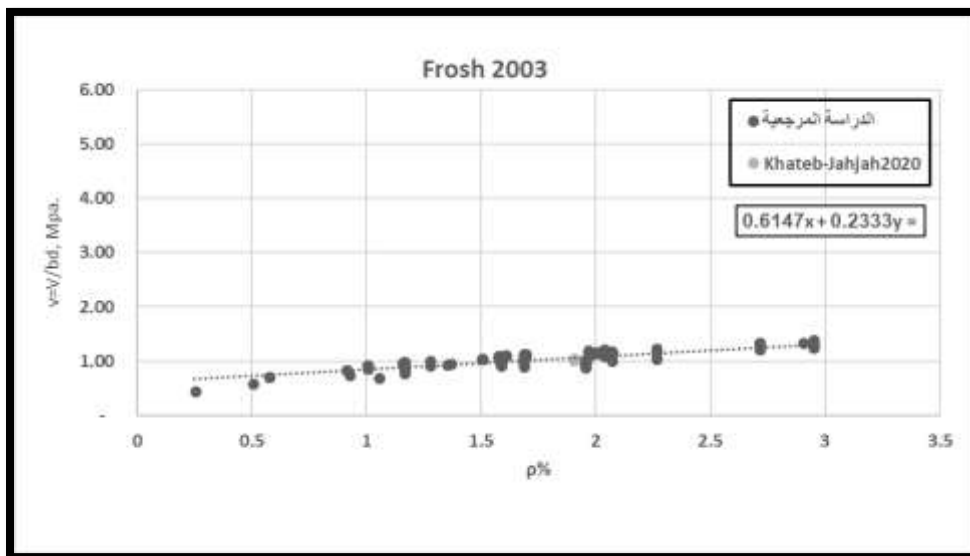


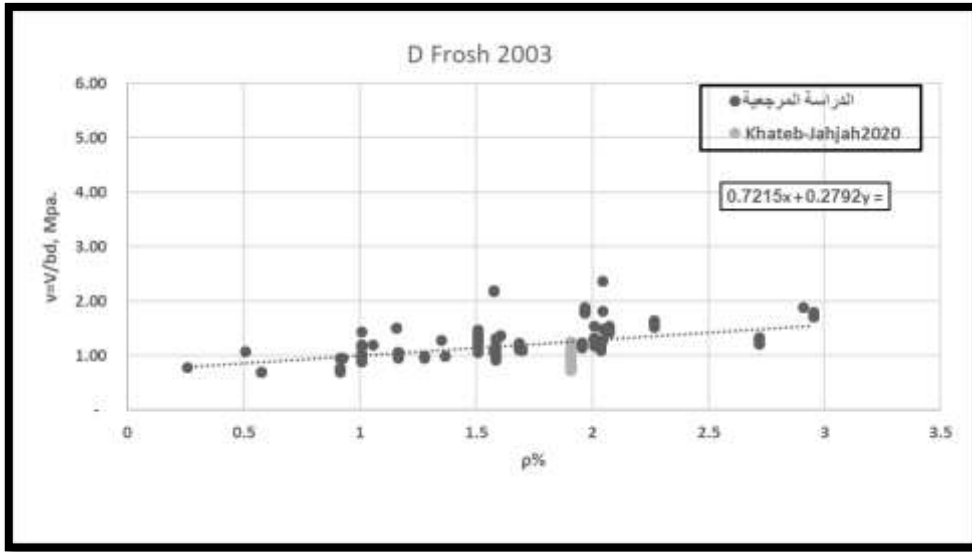
تابع الشكل (6). علاقة إجهاد القص لجيزان الدراسة بالمقاومة المميزة للبيتون f_c وفق:
a- النتائج التجريبية، b- وفق علاقة Frosch2003 الأساسية، c- وفق علاقة D Frosch المطورة.

يظهر الشكل (7) العلاقة الطردية لإجهاد القص مع نسبة التسليح الطولي والتي تراوحت قيمتها % (0.25-4.1)، حيث قيمة ميل الانحدار الخطي لإجهاد القص التجريبي (0.322) في حين أن قيمته عند الحساب بعلاقة Frosch2003 الأساسية (0.233) بينما بلغت قيمته عند الحساب بالعلاقة المطورة (0.279).



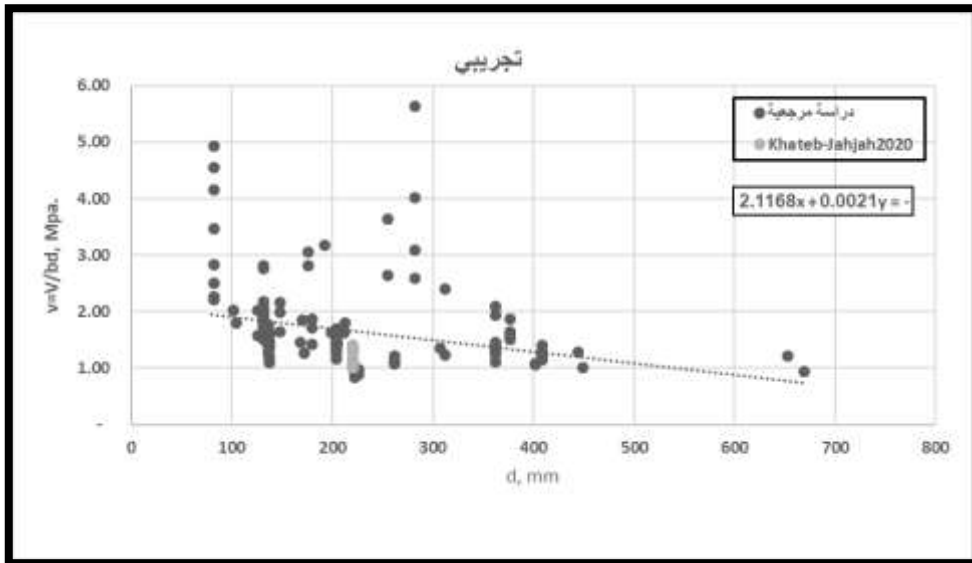
الشكل (7). علاقة إجهاد القص لجيزان الدراسة بنسبة التسليح الطولي وفق:
 a- النتائج التجريبية، b- وفق علاقة Froch2003 الأساسية، c- وفق علاقة D Froch المطورة.

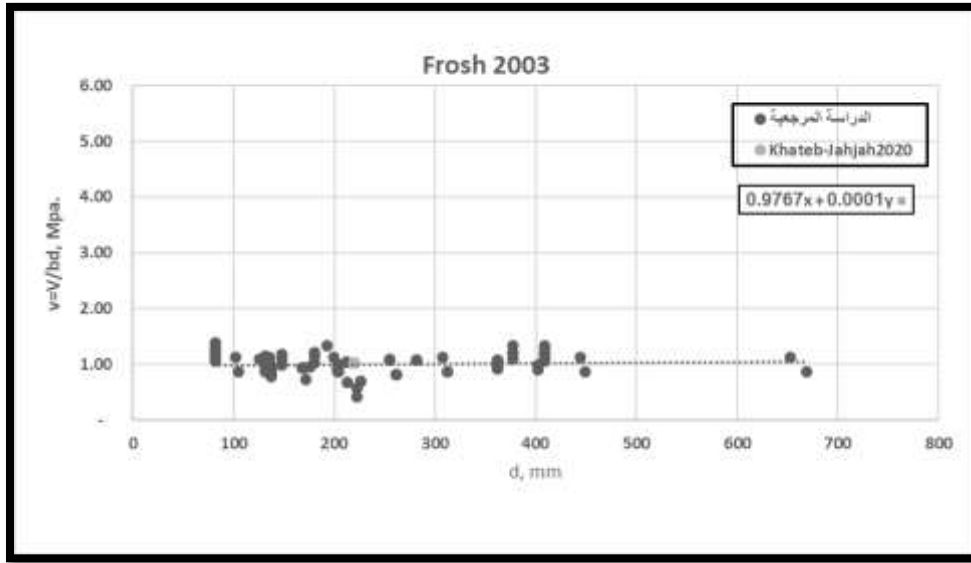




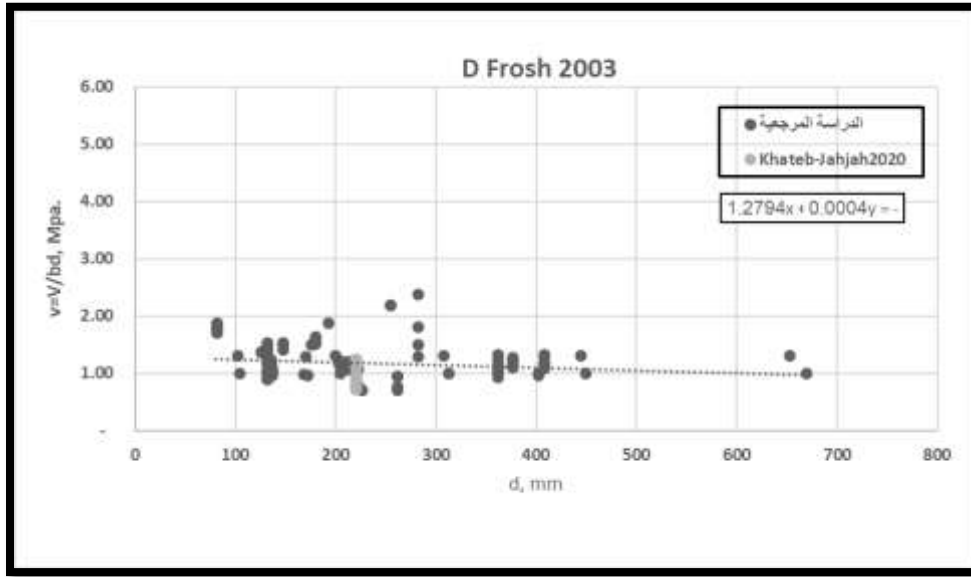
تابع الشكل (7). علاقة إجهاد القص لجيزان الدراسة بنسبة التسليح الطولي وفق:
 a- النتائج التجريبية، b- وفق علاقة Frosch2003 الأساسية، c- وفق علاقة D Frosch المطورة.

إن العلاقة بين إجهاد القص والارتفاع الفعال للمقطع العرضي والذي تراوحت قيمته (80-667.5)mm هي علاقة عكسية حيث تنخفض قيمة إجهاد القص فيها بزيادة الارتفاع كما هو مبين في الشكل (8)، وعموماً يمكن الاستنتاج أن تأثير العلاقات المدروسة بتغير الارتفاع هو قليل مقارنةً بتأثيرها بتغير قيم (f_c, ρ) .



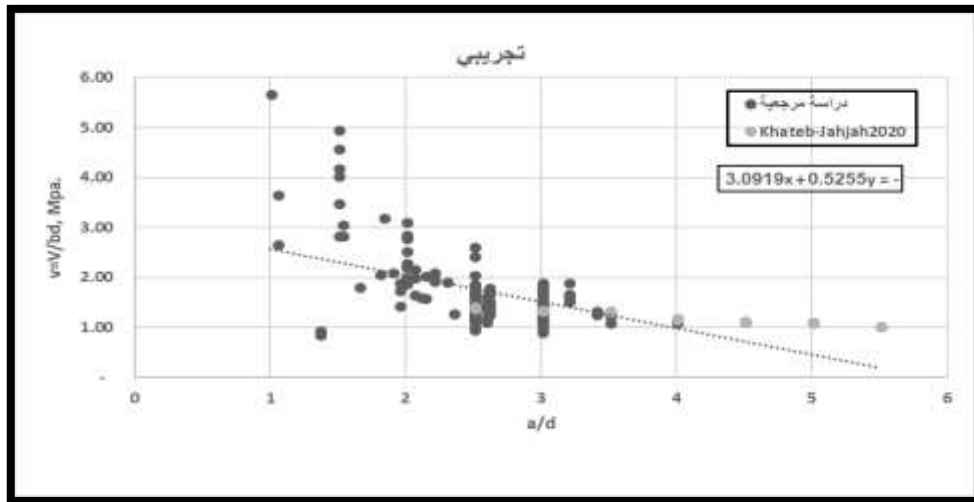


الشكل (8). علاقة إجهاد القص لجيزان الدراسة بالنسبة لارتفاع الفعال للمقطع العرضي d وفق:
 a- النتائج التجريبية، b- وفق علاقة Froch2003 الأساسية، c- وفق علاقة D Froch المطورة.

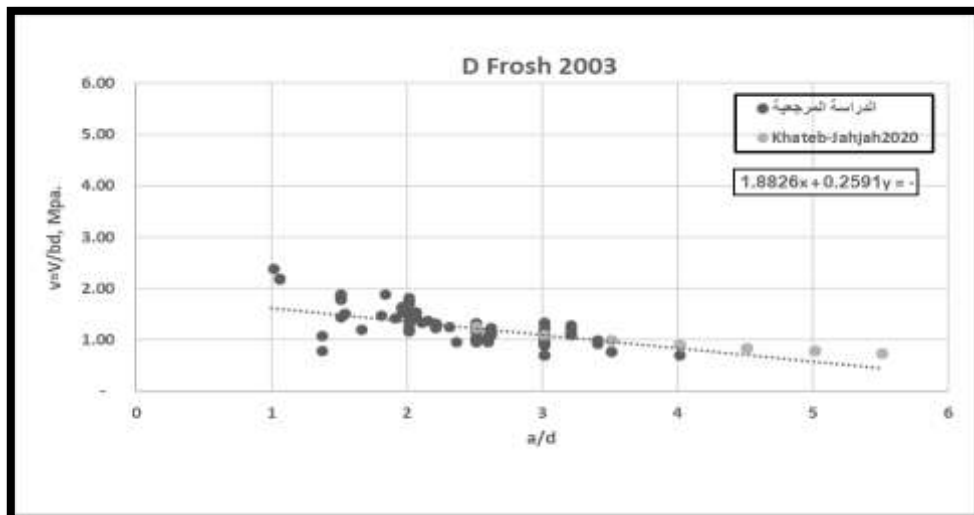
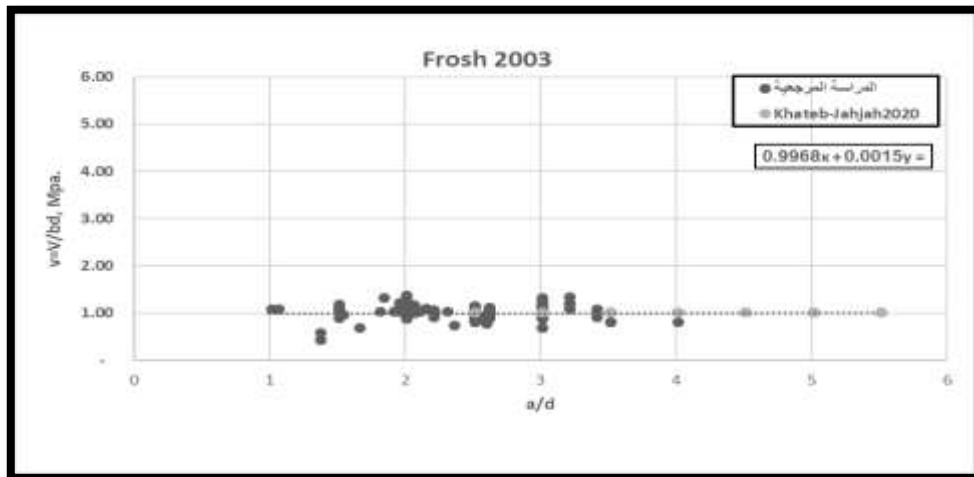


تابع الشكل (8). علاقة إجهاد القص لجيزان الدراسة بالنسبة لارتفاع الفعال للمقطع العرضي d وفق:
 a- النتائج التجريبية، b- وفق علاقة Froch2003 الأساسية، c- وفق علاقة D Froch المطورة.

أما بالنسبة لعلاقة إجهاد القص بتغير مجاز القص النسبي (a/d) والذي تراوحت قيمته (1-5.5) فتظهر الدراسة أنها علاقة عكسية تتخفف قيمة إجهاد القص فيها بزيادة هذه النسبة، شكل(9).
 إن إدخال تأثير مجاز القص النسبي a/d size effect في العلاقة المطورة جعل قيمة ميل الانحدار الخطي لإجهاد القص المحسوب بها (-0.259) قريبة من القيمة التجريبية (-0.526)، في حين أن قيمته عند الحساب بعلاقة Froch2003 الأساسية (0.0015).



الشكل (9). علاقة إجهاد القص لجيزان الدراسة بالنسبة a/d وفق:
 a- النتائج التجريبية، b- وفق علاقة Frosch2003 الأساسية، c- وفق علاقة D Frosch المطورة.



تابع الشكل (10). علاقة إجهاد القص لجيزان الدراسة بالنسبة a/d وفق:
 a- النتائج التجريبية، b- وفق علاقة Frosch2003 الأساسية، c- وفق علاقة D Frosch المطورة.

الاستنتاجات والتوصيات:

أعطت العلاقة المطورة لحساب مقاومة القص لجوائز من البيتون ذاتي التوضع ذو المقاومة المميزة أصغر من 55Mpa قيمةً متوافقة مع نتائج الدراسات المرجعية، حيث كان معامل ارتباط عامل أدائها $R = 0.92$ ومعامل الانحراف $\text{COV} = 15.55\%$ وبالتالي يمكن اعتمادها في عمليات الحساب.

References:

- [1] AMMAR, H. *Experimental Investigations into The Shear Behavior of Self-Compacting R.C. Beams with and without Shear Reinforcement*. Constructii, No.2, 2014,15-23.
- [2] LONDHE, R. *Shear Strength Analysis and Prediction of Reinforced Concrete Transfer Beams in High-Rise Buildings*. Structural Engineering and Mechanics, Vol. 37, No.1, 2011, 39-59.
- [3] KANNAM, P. *A Study on Validation of Shear Behavior of Steel Fibrous Scc. Based on Numerical Modelling*. Journal of Building Engineering, 19, 2018, 69-79.
- [4] Al-Khatib, Waad; Jahjah, Gandhi. A contribution to determining the optimal relationship for calculating the shear resistance of two self-placed concrete beams without transverse reinforcement, Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies, Engineering Sciences Series, 2020, Volume (42), Issue 4, 273-284
- [5] FROSCHE, R.J. *Concrete shear strength another perspective*. ACI Struct J100(5), 2003, 609–615.
- [6] Al-Abadi, Mahmoud Muhammad Taher. Using population information to estimate the parameters of a multiple regression model based on partition regression with application, Iraqi Journal of Statistical Sciences, (19), 2011, 233-248.
- [7] Juan L. Pérez, Antoni Cladera, Juan R. Rabual, Fernando Martínez-Abella (2012) "Optimization of existing equations using a new Genetic Programming algorithm: Application to the shear strength of reinforced concrete beams", Advances in Engineering Software Vol.50, pp.82-96.
- [8] Emma Slater, Moniruzzaman Moni, M. Shahria Alam, (2012) "Predicting the shear strength of steel fiber reinforced concrete beams". Construction and Building Material.
- [9] M. Lachemi, K.M.A. Hossain, and V. Lambros (2005). "Shear resistance of self-consolidating concrete beams — experimental investigation", Can. J. Civ. Eng.32, pp1103–1113
- [10] Hassan, A.A.A., K.M.A. Hossain, and M. Lachemi (2008). "Behavior of full-scale self-consolidating concrete beams in shear", Cement and Concrete Composites, 30(7), 588-596
- [11] Hassan, A. A. A., Hossain, K.M.A. And Lachemi, M. (2010) "Strength cracking and deflection performance of large-scale self-consolidating concrete beams subjected to shear failure", Engineering Structures, Vol. 32, No.5, pp.1262-1271
- [12] Alkhatib W., Jahjah G. "Experimental And Statical Study on The Most Important Affective Parameters on The Shear Resistance of Self- Compacting Concrete Beams Without Stirrups", Association of Arab Universities Journal of Engineering Sciences (JAARU), 2021, Vol 28, Issue 2, p53
- [13] Ali F.Atshan. (2012)"Shear Behavior of Self-Compacting Concrete", Journal of Engineering and Development, Vol. 16, No.2.
- [14] Safan, M. A. (2012) "Shear strength of concrete beams cast with self-compacting concrete containing different fillers and coarse aggregates", Canadian Journal of Civil Engineering, 39(7), pp760–770
- [15] Mahdi Arezoumandi, And Jeffery S. Volz.(2013) "An Experimental Study on Shear

- Strength of Chemically-Based Self-Consolidating Concrete*", International Journal of Concrete Structures and Materials, Vol.7, No.4, pp.273–285
- [16] Avenue P, Campus Denayer, Kuleuven.(2013) "*Shear Capacity of Self-Compacting Concrete*", Proceedings of the Fifth North American Conference on the Design and Use of Self-Consolidating Concrete, Chicago, Illinois, USA.
- [17] Helincks P., Boel V., De Corte, W., De Schutter, G. & Desnerck, P.(2013) "*Structural behavior of powder-type self-compacting concrete: Bond performance and shear capacity*", Engineering Structures, **48**, pp121–132
- [18] Luigi Biolzi, Sara Cattaneo, Franco Mola. (2014) "*Bending-shear response of self-consolidating and high-performance reinforced concrete beams*", Engineering Structures 59, pp399-410
- [19] Ammar N. Hanoon, Mohammad. S. JAAFAR, and Haitham J. ABED (2014), "*Experimental investigations into the shear behavior of self-compacting R.C. Beams with and without shear reinforcement*", Construct **II** – No. **2**, PP.15-23.
- [20] Assem A. A. Hassan, Mohamed K. Ismail; and Justin Mayo. (2015) "*Shear Behavior of SCC Beams with Different Coarse-to-Fine Aggregate Ratios and Coarse Aggregate Types*". Journal of Materials in Civil Engineering. Vol. **27** Issue **11**.
- [21] Ahmed B. Senouci, Neil N. Eldin, Ala G. Abu Taqa, Mohammed S. Al-Ansari.(2015) "*Structural Behavior of Self-Compacting Concrete Elements*", 51stASC Annual International Conference Proceedings.
- [22] M.Sheik Mohamed, C.Makendran.(2015) "*Shearing Resistance of Steel Fiber Reinforced Self-Consolidating Concrete Beams Without Stirrups*". International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET), Vol. **2**.
- [23] S.Kalirajan, K.Vignesh, B.G.Vishnuram.(2015) "*Structural Behaviour of Self Compacting Concrete Beams made with Manufactured Sand*", International Journal of Applied Engineering Research, Vol. **10** No.**71**.
- [24] Zena Waleed Abass, Kamal Sh. Mahmoud, Lina Abdul Salam Shihab (2016). "*Shear strength of self-compacted concrete with and without stirrups at different shapes*". Diyala Journal of Engineering Sciences, Vol. **09**, No. **01**, pp. 67-85
- [25] Alghazali, H. Hayder, and John J. Myers. (2017) "*Shear behavior of full-scale high volume fly ash-self consolidating concrete (HVFA-SCC) beams*", Construction and Building Materials, **157**,pp. 161–171.
- [26] Kannam, Praveen and Venkateswara Rao. Sarella. (2018). "*A study on validation of shear behavior of steel fibrous scc based on numerical modelling. (ATENA)*", Journal of Building Engineering, **19**, pp.69-79.
- [27] Ali Muhsin Farhood, Jamal Abdul, Samad Khudhair.(2018) "*Shear Strength of Self Compacting Concrete made with Recycled Concrete as Coarse Aggregate*". journal of Thi-Qar University Vol.**13**, pp 119-137
- [28] Yi Weijian, Huang Derun.(2018) "*Shear Behavior of self-compacting concrete beams without shear reinforcement*". Journal of Civil Architectural & Environmental Engineering, Vol.**40** No.**3**,