مجلة جامعة حمص

سلسلة العلوم الهندسية والمعمارية

مجلة علمية محكمة دورية

المجلد 47 . العدد 2

1447 هـ - 2025 م

الأستاذ الدكتور **طارق حسام الدين** رئيس جامعة حمص المدير المسؤول عن المجلة

أ. د. وليد حمادة	رئيس تحرير مجلة جامعة حمص للعلوم الإنسانية
أ. د. درغام سلوم	رئيس تحرير مجلة جامعة حمص للعلوم الطبية والهندسية والأساسية والتطبيقية

د.محمد فراس رمضان	عضو هيئة التحرير
د. مضر سعود	عضو هيئة التحرير
د. ممدوح عبارة	عضو هيئة التحرير
د. موفق تلاوي	عضو هيئة التحرير
د. طلال رزوق	عضو هيئة التحرير
د. أحمد الجاعور	عضو هيئة التحرير
د. الياس خلف	عضو هيئة التحرير
د. روعة الفقس	عضو هيئة التحرير
د. محمد الجاسم	عضو هيئة التحرير
د. خليل الحسن	عضو هيئة التحرير
د. هيثم حسن	عضو هيئة التحرير
د. أحمد حاج موسى	عضو هيئة التحرير

تهدف المجلة إلى نشر البحوث العلمية الأصيلة، ويمكن للراغبين في طلبها الاتصال بالعنوان التالي:

رئيس تحرير مجلة جامعة حمص

سورية . حمص . جامعة حمص . الإدارة المركزية . ص . ب (77)

. هاتف / فاكس : 2138071 31 963 ++

. موقع الإنترنت : www.homs-univ.edu.sy

. البريد الالكتروني : journal.homs-univ.edu.sy

ISSN: 1022-467X

شروط النشر في مجلة جامعة البعث

الأوراق المطلوبة:

- 2 نسخة ورقية من البحث بدون اسم الباحث / الكلية / الجامعة) + CD / word من البحث منسق حسب شروط المجلة.
- طابع بحث علمي + طابع نقابة معلمين.
- **اذا كان الباحث طالب دراسات عليا:**

يجب إرفاق قرار تسجيل الدكتوراه / ماجستير + كتاب من الدكتور المشرف بموافقته على النشر في المجلة.

- **اذا كان الباحث عضو هيئة تدريسية:**

يجب إرفاق قرار المجلس المختص بإنجاز البحث أو قرار قسم بالموافقة على اعتماده حسب الحال.

- **اذا كان الباحث عضو هيئة تدريسية من خارج جامعة البعث :**

يجب إحضار كتاب من عمادة كليته تثبت أنه عضو بالهيئة التدريسية و على رأس عمله حتى تاريخه.

- **اذا كان الباحث عضواً في الهيئة الفنية :**

يجب إرفاق كتاب يحدد فيه مكان و زمان إجراء البحث ، وما يثبت صفته وأنه على رأس عمله.

- **يتم ترتيب البحث على النحو الآتي بالنسبة لكليات (العلوم الطبية والهندسية والأساسية والتطبيقية):**

عنوان البحث . . ملخص عربي و إنكليزي (كلمات مفتاحية في نهاية الملخصين).

1- مقدمة

2- هدف البحث

3- مواد وطرق البحث

4- النتائج ومناقشتها .

5- الاستنتاجات والتوصيات .

6- المراجع.

- **يتم ترتيب البحث على النحو الآتي بالنسبة لكليات (الآداب – الاقتصاد– التربية – الحقوق – السياحة – التربية الموسيقية وجميع العلوم الإنسانية):**
- عنوان البحث . . ملخص عربي و إنكليزي (كلمات مفتاحية في نهاية الملخصين).

1. مقدمة.
2. مشكلة البحث وأهميته والجديد فيه.
3. أهداف البحث و أسئلته.
4. فرضيات البحث و حدوده.
5. مصطلحات البحث و تعريفاته الإجرائية.
6. الإطار النظري و الدراسات السابقة.
7. منهج البحث و إجراءاته.
8. عرض البحث و المناقشة والتحليل
9. نتائج البحث.
10. مقترحات البحث إن وجدت.
11. قائمة المصادر والمراجع.

7- يجب اعتماد الإعدادات الآتية أثناء طباعة البحث على الكمبيوتر:

أ- قياس الورق 17.5×25 B5.

ب- هوامش الصفحة: أعلى 2.54- أسفل 2.54 – يمين 2.5- يسار 2.5 سم

ت- رأس الصفحة 1.6 / تذييل الصفحة 1.8

ث- نوع الخط وقياسه: العنوان . Monotype Koufi قياس 20

ـ كتابة النص Simplified Arabic قياس 13 عادي ـ العناوين الفرعية Simplified Arabic قياس 13 عريض.

ج . يجب مراعاة أن يكون قياس الصور والجداول المدرجة في البحث لا يتعدى 12سم.

8- في حال عدم إجراء البحث وفقاً لما ورد أعلاه من إشارات فإن البحث سيهمل ولا يرد البحث إلى صاحبه.

9- تقديم أي بحث للنشر في المجلة يدل ضمناً على عدم نشره في أي مكان آخر، وفي حال قبول البحث للنشر في مجلة جامعة البعث يجب عدم نشره في أي مجلة أخرى.

10- الناشر غير مسؤول عن محتوى ما ينشر من مادة الموضوعات التي تنشر في المجلة

11- تكتب المراجع ضمن النص على الشكل التالي: [1] ثم رقم الصفحة ويفضل استخدام التهميش الإلكتروني المعمول به في نظام وورد WORD حيث يشير الرقم إلى رقم المرجع الوارد في قائمة المراجع.

تكتب جميع المراجع باللغة الانكليزية (الأحرف الرومانية) وفق التالي:

آ . إذا كان المرجع أجنبياً:

الكنية بالأحرف الكبيرة ـ الحرف الأول من الاسم تتبعه فاصلة ـ سنة النشر ـ وتتبعها معترضة (–) عنوان الكتاب ويوضع تحته خط وتتبعه نقطة ـ دار النشر وتتبعها فاصلة ـ الطبعة (ثانية . ثالثة) . بلد النشر وتتبعها فاصلة . عدد صفحات الكتاب وتتبعها نقطة.

وفيما يلي مثال على ذلك:

–MAVRODEANUS, R1986– **Flame Spectroscopy**. Willy, New York, 373p.

ب . إذا كان المرجع بحثاً منشوراً في مجلة باللغة الأجنبية:

ـــ بعد الكنية والاسم وسنة النشر يضاف عنوان البحث وتتبعه فاصلة، اسم المجلد ويوضع تحته خط وتتبعه فاصلة ـــ المجلد والعدد (كتابة مختزلة) وبعدها فاصلة ـــ أرقام الصفحات الخاصة بالبحث ضمن المجلة.

مثال على ذلك:

BUSSE,E 1980 Organic Brain Diseases **Clinical Psychiatry News** , Vol. 4. 20 – 60

ج. إذا كان المرجع أو البحث منشوراً باللغة العربية فيجب تحويله إلى اللغة الإنكليزية و التقيد بالبنود (أ و ب) ويكتب في نهاية المراجع العربية: (المراجع In Arabic)

رسوم النشر في مجلة جامعة البعث

1. **دفع رسم نشر (50000) ل.س أربعون ألف ليرة سورية عن كل بحث لكل باحث يريد نشره في مجلة جامعة البعث.**
2. **دفع رسم نشر (200000) ل.س مئة الف ليرة سورية عن كل بحث للباحثين من الجامعة الخاصة والافتراضية .**
3. **دفع رسم نشر (200) مئتا دولار أمريكي فقط للباحثين من خارج القطر العربي السوري .**
4. **دفع مبلغ (15000) ل.س ستة آلاف ليرة سورية رسم موافقة على النشر من كافة الباحثين.**

المحتوى

اسم البحث	اسم الباحث	الصفحة
دراسة تجريبية لسلوك الجوائز البيتونية المسلحة المدعمة بالفيروسمنت والمعرضة للفتل	رلى زهير طه د.منيب العلاف د.إحسان الطرشة	34-11
دراسة قدرة تحمل الجوائز البيتونية المسلحة المدعمة بالفيروسمنت باستخدام طرق ربط مختلفة والمعرضة للفتل	رلى زهير طه د.منيب العلاف د.إحسان الطرشة	58-35
استخدام مخلفات العبوات البلاستيكية بتصنيع البلوك الاسمنتي	د.سوزان تفاحة	82-59
دور التصميم المعماري في خلق بيئة مريحة للأيتام	يمن صلاح الرطبي د.جاكلين طقطق	118-83

تقييم دقة طرق استيفاء السطوح من خرائط ذات مقاييس صغيرة باستخدام النماذج الارتفاعية ASTER وSRTM كنماذج مرجعية	د. فائق شدود	136-119

دراسة تجريبية لسلوك الجوائز البيتونية المسلحة المدعمة بالفيروسمنت والمعرضة للفتل

د. منيب العلاف*

د. إحسان الطرشة**

رلى زهير طه***

□ ملخص □

تعد تقنية التقوية بالتطويق (wrapping) باستخدام مواد مختلفة واحدة من أكثر الطرق فعالية لتقوية العناصر الإنشائية[3] . الا أن الحاجة الى البحث عن بديل أرخص ويتميز بالموثوقية لتقوية العناصر الانشائية المسلحة قادت لاستخدام الفيروسمنت الذي أثبت جدارته كحل واعد. ولكن لاتزال الدراسات محدودة لمعرفة مدى تحسين الفيروسمنت لمقاومة العناصر الانشائية المسلحة المعرضة للفتل. تناقش الدراسة الحالية تأثير الفيروسمنت على مقاومة الجوائز البيتونية المسلحة والمعرضة للفتل الصافي. اذ تم اجراء دراسة تجريبية تتضمن صب جوائز بيتونية مسلحة عددها (8) وتدعيمها باستخدام الفيروسمنت باستخدام أسلاك بقطر 2.5mm وتم الربط باستخدام روابط قص بتباعد 25cm وتباعد 15cm كما تم التطويق من جهتين ومن ثلاث جهات، اذ وجد أن التدعيم بالفيروسمنت قد حسن السلوك الفتلي للجوائز المدروسة وأبدت الجوائز المدعمة بالفيروسمنت من ثلاث جهات مقاومة فتلية أفضل مقارنة مع تلك المدعمة من جهتين كما أن استخدام روابط قص بتباعد 15cm أعطى مقاومة وسلوك فتلي أفضل من الجوائز التي كان تباعد روابط القص فيها 25cm.

الكلمات المفتاحية: الفيروسمنت، الفتل، التدعيم، شبكة الاسلاك

*** أستاذ– قسم الهندسة الإنشائية– كلية الهندسة المدنية– جامعة البعث– حمص– سورية.**

**** أستاذ– قسم الهندسة الإنشائية– كلية الهندسة المدنية– جامعة البعث– حمص– سورية.**

***** طالبة دكتوراه– قسم الهندسة الإنشائية– كلية الهندسة المدنية– جامعة البعث– حمص– سورية.**

(Torsional performances of strengthened Reinforced concrete beams using ferrocement- Experimental study)

Dr Muneeb AL Alalaf*
Dr Ehsan AL Tarsheh**
Roula Taha***

□ ABSTRACT □

Wrapping by using different composites is one of the effective ways to Strength the Reinforced concrete element [3]. But the need for alternative, low-cost construction material, and reliability method to retrofit the structural elements led to utilize Ferrocement which have shown significant enhancement in strengthening process. Few studies are available to quantify the torsional strength of ferrocement wrapped R.C. beams. This experimental study aims to evaluates the effectiveness of Ferrocement on the torsional response of the concrete beams. This experimental study is conducted on (8) reinforced concrete beams, which have been casted and strengthened by using Ferrocement, where the wire Mesh wires diameter is 2.5mm. With regard to the connection between concrete beams and ferrocement we used shear connection every 25cm and 15cm and the wrapping from two sides and three sides(U). The "U" wraps, in consequence, have provided better torque carrying capacity under the torsion than those have been wrapped from two sides. Moreover, the shear connection every 15cm improved the torsion behavior more than those with 25cm.

Key words: Ferrocement, Torsion, Strengthen, Mesh Wire.

***Professor, Department of Structural Engineering, Faculty of Civil Engineering, AL Baath University, Homs, Syria.**

****Professor, Department of Structural Engineering, Faculty of Civil Engineering, AL Baath University, Homs, Syria.**

***** Postgraduate Student (Doctorate), Department of Structural Engineering, Faculty of Civil Engineering, AL Baath University, Homs, Syria.**

1-مقدمة:

تتعرض العناصر الإنشائية المسلحة مثل (الجوائز المحيطية، الجوائز الحلقية في أسفل البلاطات الدائرية، الجوائز الحاملة للمظلات وغيرها من الجوائز) لقوى فتل. الأمر الذي يتطلب تقويتها أو رفع مقاومتها عندما تعجز عن مقاومة هذه الحمولات[1] . ان زيادة الحمولات الاستثمارية عن الحمولات التصميمية وانخفاض المقاومة مع العمر الاستثماري والتحديثات الصارمة في اشتراطات الكودات تجعل من الضروري اصلاح أو تقوية العناصر الانشائية القائمة. ان عملية التقوية والإصلاح للعنصر الانشائي يمكن ان تتم باستخدام مواد مقاومة مثل ألياف الكربون يتم لصقها بالايبوكسي(FRP) أو التطويق بزوايا فولاذية ، الا أن كل تكنيك يحتاج لمستوى مختلف من البراعة في التنفيذ. ان توفر اليد العاملة وكلفة التنفيذ وإمكانية العمل وفقا لاشغالات الأبنية تلعب الدور الرئيسي في تقرير طريقة التدعيم الملائمة[8-4-3] . الا أن استخدام هذه الطرق ولاسيما FRP قد يكون غير ممكن في الدول ذات الاقتصادات النامية بسبب كلفتها العالية وحاجتها لأيدي عاملة ماهرة. ونظرا للحاجة لعملية التدعيم مع المحافظة على البساطة وقابلية التنفيذ تم اقتراح ما عرف بالفيروسمنت (Ferrocement) حيث أظهرت الدراسات على العناصر المقواة بالفيروسمنت تحسن هام في المقاومة. قد يكون الفيروسمنت هو البديل الأمثل لطرق التقوية المعروفة مثل FRP سواء من ناحية الكلفة أو من ناحية التقوية، اذ أنها تتميز بمقاومة عالية على الشد وممانعة جيدة لتسرب المياه بالإضافة لسهولة التنفيذ [5].

2-هدف البحث:

يعتبر الفيروسمنت نظراً لمقاومته الجيدة للتشققات ولتحسينه توزع الاجهاد عبر المقطع العرضي أحد أهم المواد المركبة والمناسبة لعملية تقوية الجوائز على الفتل، وللتحقق من ذلك تم اجراء دراسة تجريبية تتضمن صب وتجريب مجموعة من الجوائز (8جوائز) المقواة بطبقة الفيروسمنت على قوى الفتل (ultimate torsional strength) وفق متحولين:

1- تباعد روابط القص التي تربط الجائز البيتوني المدعم بطبقة الفيروسمنت كل 15cm, 25cm

2- جهة التطويق من جهتين ومن ثلاث جهات.

بهدف تحديد المتحولات التي تعطي أقل عزوم دوران (torque capacity) تحت تأثير الفتل (torsion) ومقارنة هذه النتائج مع نماذج تجريبية غير مدعمة بالفيروسمنت.

3-مواد وطرق البحث:

3-1 التعريف بطبقة الفيروسمنت ومواصفاتها:

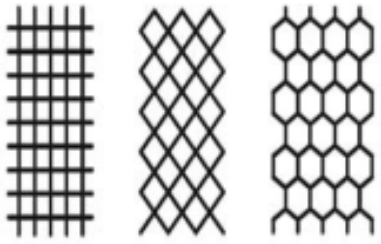
استخدمت طبقة الفيروسمنت في العقود الأخيرة للتقوية وإعادة التأهيل بسبب خصائصها الإيجابية المتعددة.

يمكن تعريف الفيروسمنت (Ferrocement) بأنها شكل من الخرسانة المسلحة، يستخدم فيها طبقات متعددة وبتباعدات متقاربة من شبكات التسليح[5] ، ومغطاة بشكل كامل بالمونة الاسمنتية. تطبيقات الفيروسمنت متعددة وبخاصة في المنشآت والعناصر الانشائية حيث تكون المهارة المطلوبة لتنفيذها بمستواها الأدنى. كما يمكن أن تعرف الفيروسمنت بأنها المادة الإنشائية المشكلة من تراكب الحديد (ferro) كشبكات أسلاك (wires mesh) بأقطار صغيرة والإسمنت (cement) حيث توزع هذه الشبكات بشكل منتظم عبر المقطع العرضي لتشكل جداراً نحيفاً (الشكل (1)).

الشكل (1) مكونات طبقة الفيروسمنت والمقطع العرضي للجائز المدعم بالفيروسمنت

ونظراً لصغر مقطعه العرضي وخفة وزنه وديمومته فيمكن استخدامه في الكثير من العناصر الانشائية مثل الأساسات والبلاطات والقشريات وغيرها من العناصر الإنشائية[2].وبالرغم من هذه الاستخدامات المبدعة وانتشار تطبيقاتها عالمياً الا أن الأبحاث حول هذه المادة والمعلومات حول سلوكياتها لا تزال قليلة وغير متكاملة ولاسيما فيما يتعلق بالجوائز الخاضعة للفتل، اذ أن العديد من المباني والعناصر الإنشائية تتعرض لعزوم فتل هامة تؤثر على التصميم الإنشائي، وقد تتطلب تقوية للعناصر الإنشائية المتضررة نتيجة النقص في قدرة التحمل على القص والفتل[8] (Torsion and Shear Capacity) حيث من الممكن أن تتعرض العناصر التي ازدادت فيها قوى الفتل بشكل كبير للانهيار المفاجئ، ويوجد في مثل هذه الظروف حلان اما الاستبدال او التدعيم وقد يكون الاستبدال هو الأسهل ولكنه من المؤكد ليس الأقل كلفة. لذلك يعتبر التدعيم ورفع الكفاءة الحل الأفضل والأوفر (الأقل كلفة) في أغلب الحالات [7–10]. واستخدام الفيروسمنت للتدعيم في حالة الفتل أحد أفضل الحلول وذلك لأن السلوك اللاخطي لهذه المادة نتيجة لاخطية المواد المكونة وطبيعة الربط بين البيتون وشبكات الأسلاك[2–3] .

يوجد عدة أشكال لشبكات الأسلاك المتداولة فيمكن أن تكون الفتحات مربعة الشكل (Square opening) أو معينة الشكل (Expanded Mesh) أو سداسية الشكل (hexagonal opening) كما يمكن أن يشار للشبكات بالفتحات السداسية الشكل بالاسم (chicken wire mesh) وقد تكون بشكلين الملحومة(welded) والمجدولة (woven) (الشكل (2)).



الشكل (2) يظهر أنواع شبكات الأسلاك

الجدول (1) يظهر أقطار أسلاك الشبكات وتباعدات فتحاتها الأكثر شيوعاً حسب ACI [4]

Type النوع	Shape الشكل	Fabrication نمط الوصل	Designation Gage	Wire spacing تباعد الشبك		Wire diameter قطر الشبك	
				In	mm		
			1/4x3/4No 16	0.75	19	0.0630	1.6
			2x2 No 19	0.5	13	0.0410	1

Wire mesh شبكة الأسلاك	Square مربع	Woven or Welded مجدول أو ملحوم	3x3 No 22	0.33	8.5	0.0286	0.72
			4x4 No 23	0.25	6.4	0.0250	0.64
		Welded ملحوم	1x1 No 14	1	25	0.0800	2
	Rectangular مستطيل	Welded ملحوم	2x1 No 14	2x1	50x 25	0.0800	2
	Hexagonal سداسي	Twisted ملفوف	1No 18 1 No 20 1/2 No 22	1 1 1/2	25 25 13	0.0475 0.0348 0.0286	1.2 0.88 0.72
Expanded metal mesh شبكة الأسلاك المتطاولة	Diamond معين	Slit and drawn	3.4 lb/Yd^2 Gage No. 18 Gage No. 20			0.0230 0.0400 0.0300	0.58 1 0.76

3-2 الفتل في الجوائز البيتونية المسلحة المدعمة بالفيروسمنت:

إن موضوع الفتل من المواضيع ذات الطبيعة المعقدة، يمكن أن يدعم بشكل جيد بواسطة شبكات الأسلاك القريبة من بعضها. تناولت القليل من الدراسات التجريبية والتحليلية تقييم الفتل في الجوائز المدعمة بالفيروسمنت. اذ وجد أن التدعيم بالفيروسمنت يحسن مقاومة الفتل في الجوائز البيتونية المسلحة المجهدة ويغير نمط الانهيار من الهشاشة(brittle) للمطاوعة(ductile) ويؤمن أفضل مقاومة للشقوق(crack) والاجهاد(strain). تولد قوى الفتل تشققات حلزونية تميل بزاوية 45 درجة تقريبا عن المحور الطولي للجائز [4-10].

يدرس سلوك الجائز البيتوني المدعم بالفيروسمنت على الفتل في ثلاثة مراحل: مرحلة المرونة (elastic stage)، مرحلة التشققات الدقيقة (micro-cracked stage)، مرحلة ما بعد التشقق (post cracking stage).اذ يسلك الجائز المدعم بالفيروسمنت سلوكا خطيا حتى عزم الفتل المرن(elastic torque) حيث يتساوى اجهاد القص مع مقاومة الشد لمونة الفيروسمنت أو يتساوى اجهاد القص للوجه غير المدعم بالفيروسمنت مع مقاومة الشد للبيتون(والذي يمكن أن يتولد سريعا خلال التحميل)، فإذا قاوم اجهاد الشد للنواة

البيتونية هذا الفشل تصبح المادة المدعمة(الفيروسمنت) غير فعالة ويساوي عزم الفتل المرن عزم الفتل الحدي. والا سيعمل شبك أسلاك الفيروسمنت بفعالية في مرحلة التشققات الدقيقة ومرحلة ما بعد التشقق، فعندما يصل اجهاد القص الناتج عن الفتل الى مقاومة الشد لمونة الفيروسمنت ، تبدأ مرحلة التشققات الدقيقة في الفيروسمنت حيث يساهم شبك أسلاك الفيروسمنت في السيطرة على التشققات ويمنعها من التوسع ،وتنتهي هذه المرحلة عندما يتساوى اجهاد القص في الجائز المدعم مع اجهاد التشقق للفيروسمنت.

هذا وحسب الدراسات يعتمد فعالية التقوية بالفيروسمنت على عدة عوامل منها: طريقة الربط بين الجوائز والفيروسمنت–نسبة طول الجائز لعرضه (aspect ratio) – مقاومة الشد للنواة البيتونية– جهة التطويق– مقاومة الفيروسمنت وقطر سلك شبكات الفيروسمنت.–4] 9]

تعتمد الكودات علاقات لحساب عزم الفتل في الجوائز والاجهادات الناتجة عنها، وتختلف من كود لآخر تبعا لعوامل مختلفة. اذ ينص الكود العربي السوري [7] على ضرورة أخذ الفتل بالاعتبار اذا تجاوز الجهاد المماسي الناتج عن الفتل القيمة:

$$\tau_{tumin} = 0.13\sqrt{f`_c} \qquad (1)$$

ويعطى الاجهاد المماسي الافتراضي الناتج عن عزم الفتل المطبق في حالة المقاطع المستطيلة والمقاطع ذات الأجنحة بالعلاقة:

$$\tau_{tu} = \frac{3*T_U}{\sum X^2*Y} \leq \tau_{tu\,max} \qquad (2)$$

حيث أنّ:

$f`_c$:المقاومة الاسطوانية المميزة على الضغط على عمر 28 يوم، MPa

T_U : عزم الفتل الحدي الأقصى، N.mm

X : عرض المقطع العرضي، mm

Y : ارتفاع المقطع العرضي، mm

τ_{tu}: الاجهادات المماسية، MPa

τ_{tumin}: الاجهادات المماسية الأصغرية، MPa

$\tau_{tu\,max}$: الاجهادات المماسية الاعظمية MPa وتعطى بالعلاقة:

$$\tau_{tu\,MAX} = 0.8\sqrt{f`_c} \qquad \tau_{tc} = \frac{0.16\sqrt{f'_c}}{\sqrt{1+(\frac{\tau_{tu}}{1.2\tau_u})^2}} \qquad (3)$$

$$A_{St} = \frac{(\tau_{tu}-\tau_{tc})*S*\sum X^2*Y}{3*\alpha_t*x_1*y_1*f_{yt}} \qquad (4)$$

حيث:

τ_{tc}: إجهاد الفتل المماسي الذي يقاومه البيتون

S : خطوة الأساور

X1,Y1: عرض وارتفاع الأسوارة، mm

f_y : حد مرونة فولاذ الأساور

α_t : معامل يؤخذ من العلاقة:

$$\alpha_t = 0.66 + 0.33 * \frac{y_1}{x_1} \leq 1.5 \qquad (5)$$

وبشكل مشابه يعطي كود ACI−318 قيمة عزم الفتل τ_n للجوائز البيتونية المسلحة ذات المقطع العرضي المصمت بالعلاقة[5]:

$$\tau_n = \tau_c + \tau_s \qquad (6)$$

τ_c : عزم الفتل الذي يتحمله البيتون

τ_s : عزم الفتل الذي يتحمله فولاذ التسليح

حيث :

$$\tau_c = 0.8\sqrt{f`_c}b^2h \qquad (7)$$

$f`_c$: المقاومة المميزة على الضغط للبيتون (psi)

b,h : عرض وارتفاع المقطع العرضي للجائز، (in)

$$\tau_s = n * A_t * \alpha_1 * x_1 * f_y \qquad (8)$$

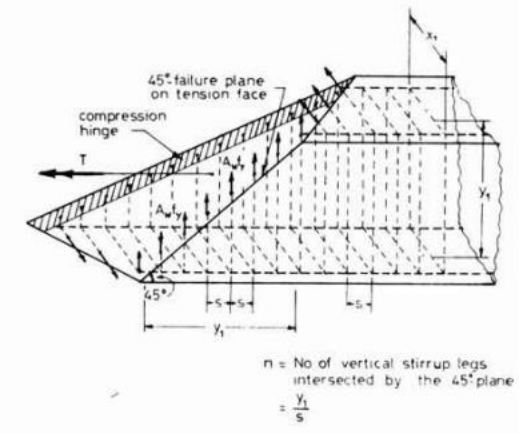
At : مساحة المقطع العرضي لضلع واحد من اسوارة التسليح العرضي

f_y: حد مرونة فولاذ الأساور

α_t : معامل يؤخذ من العلاقة(5)

X1 : عرض إسواره التسليح المستطيل

n=y1/s تمثل هذه القيمة عدد الأضلاع الشاقولية للأسوارة التي يقطعها مستوي مائل بزاوية 45° في جهة الفتل في الجائز كما يوضح الشكل (3) .



الشكل (3) عدد الأضلاع الشاقولية التي تتقاطع مع مستوي مائل بزاوية 45 درجة

وبالرغم من الاهتمام العالمي بالفيروسمنت كبديل مناسب لحلول التدعيم الا أن الأبحاث حول هذه المادة والمعلومات حول سلوكياتها لا تزال قليلة وغير متكاملة الامر الذي أدى الى زيادة التركيز بجميع متحولات هذه المادة ولاسيما عند التعرض للفتل في السنوات الأخيرة.

اذ أجرى الباحثين Rajguru و Patkar [5] دراسة تجريبية على جوائز بيتونية مسلحة مدعمة بالفيروسمنت على شكل u بمقاومات مختلفة للطينة الاسمنتية من خلال معالجة قيم قدرة التحمل على الفتل وزاوية الفتل لهذه الجوائز، وقد طبقت هذه الدراسة على 10 جوائز بيتونية مسلحة بأبعاد (150x200*1500mm) حيث أظهرت مقارنة نتائج الجوائز البيتونية المقواة بالفيروسمنت بالمقاومات المختلفة للمونة الاسمنتية تأثير ضعيف لتغير قيمة مقاومة المونة على مقاومة الفتل

عمل الباحثونBEHERO ،Adhikari ،Bagal [2] على محاولة تحديد التحسن في عزم الدوران للجوائز البيتونية المسلحة ذات المقطع المستطيل والمدعمة بالفيروسمنت المطبق بشكل احاطة من ثلاث جوانب عند خضوعها للفتل الصافي من أجل أعداد مختلفة من شبكات الأسلاك و كميات مختلفة من تسليح الفتل، اذ تحسنت مقاومة الجوائز البيتونية المدعمة بالفيروسمنت بشكل u على الفتل الصافي بشكل ملحوظ الا ان التحسن في

مقاومة الفتل من أجل أي عدد من طبقات شبكات الأسلاك كان صغير جداً كما تبين أن نمط واحد من التسليح سواء طولي أو عرضي غير فعال في تحسن المقاومة على الفتل. نلاحظ مما سبق وجود نقص بالمعطيات والتوصيات الخاصة بتقوية الجوائز البيتونية المسلحة بالفيروسمنت عند تعرضها لفتل صافي وفق مختلف المتحولات الامر الذي يتطلب المزيد من الدراسات.

3-3الدراسة التجريبية:

تم اجراء الدراسة التجريبية في مختبر البيتون المسلح في كلية الهندسة المدنية- جامعة البعث لصب جوائز بيتونية مسلحة بأبعاد (250X125X1700)mm تم تدعيمها بالفيروسمنت بسماكة 25mm والتي استخدمت فيها شبكات الاسلاك الملحومة WWMs قطر الشبك 2.5mm وتعريضها لقوى تولد حالة فتل صافي ومقارنتها مع جوائز لها نفس الابعاد والتسليح (250X125X1700)mm غير مقواه بالفيروسمنت خاضعة لذات طريقة التحميل المولدة للفتل الصافي.

تم استخدام روابط قص لتأمين العمل المشترك بين الجائز البيتوني وطبقة الفيروسمنت ولكن بتباعد متغير، تم صب عينتين روابط القص كل 25cm وعينتين تتوزع روابط القص كل15cm ، جهة تطويق العينات الأربعة من ثلاث جهات، كما تم صب جائزين بيتونيين مسلحين تم تدعيمها باستخدام طبقة الفيروسمنت من جهتين وتم الربط مع الجوائز البيتونية باستخدام روابط قص كل 25cm. تم اختبار العينات جميعا على جهاز اختبار الجوائز في مخبر البيتون الموجود في كلية الهندسة المدنية-بجامعة البعث، استطاعته 1000KN.

3-3-1 تحضير العينات:

تم صب8 جوائز بيتونية مسلحة بمقطع عرضي mm (250x125) وبمجاز 1700mm وسلحت بتسليح سفلي 2T12mm من الأسفل وتسليح علويmm 2T12 أما التسليح العرضي فقد استخدم أساور مغلقة بقطر 8mm وتباعد 100mm (الشكل (4)).

الشكل (4) مراحل صب الجوائز المدروسة

تم صب (6) عينات اسطوانية قياسية وتم حفظها في الماء بالشروط النظامية ثلاث عينات لعمر 14 يوم وثلاث عينات لعمر28 يوماً ثم تم كسرها لحساب مقاومة البيتون، وكانت نتائج الكسر كما هو مبين في الجدول(2) وقد بلغت متوسط المقاومة 25.147 Mpa.

الجدول (2) نتائج اختبارات العينات البيتونية والقيمة المتوسطة لمقاومة البيتون على الضغط

العينة	العمر	ثابت التحويل على العمر	الابعاد mm	الحمولة	المقاومة		المتوسط
					بعمر 14يوم	بعمر 28 يوم	
1	14	1.25	301x149	355.89	20.15		20.48
2	14	1.25	299x150	349.65	19.98		
3	14	1	300x150	375.05	21.31		
4	28	1	301x298	449.64		25.44	25.147
5	28	1	300x151	435.663		24.653	
6	28	1	302x149	447.73		25.35	

اثنان من الجوائز المصبوبة هي جوائز مرجعية(B0) بدون تدعيم أما الجوائز الستة المتبقية فتم تدعيمها باستخدام الفيروسمنت حيث تم تنفيذ ثقوب باستخدام المثقب بعمق 50mm وبتباعد 25cm من ثلاث جهات لجائزين ومن جهتين لجائزين أخرين، وبتباعد 15cm ومن ثلاث جهات للجائزين المتبقيين (الجدول (3))، اذ تم في البداية تحضير الجائز من

الشكل (5) مراحل تنفيذ ثقوب روابط القص وتثبيت شبك الاسلاك

خلال تخشين السطح بمطرقة بشكل متباعد لتأمين التماسك مع بيتون طبقة الفيروسمنت ثم تنفيذ الثقوب وتنظيفها بالهواء المضغوط كما في الشكل (6)).

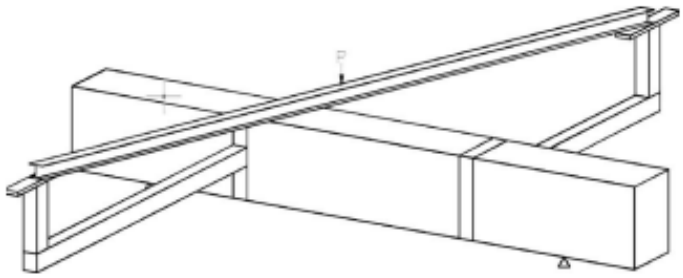
الجدول (3) مجموعات الجوائز المختبرة

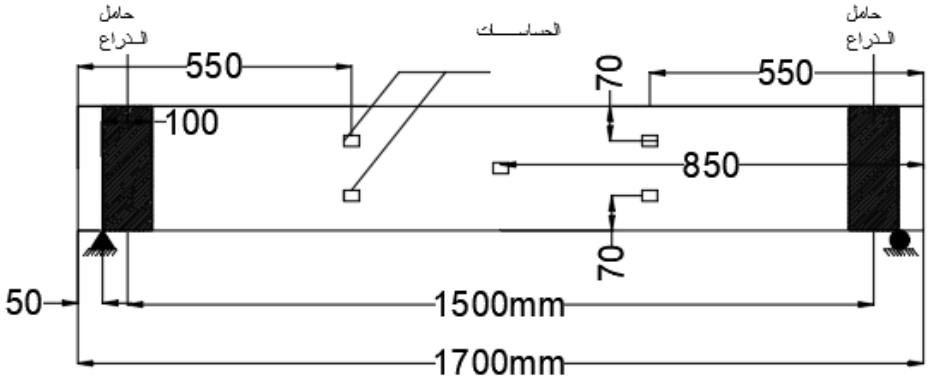
اسم المجموعة	المقطع العرضي	قطر شبك الاسلاك	مقاومة المونة	جهة التطويق	تباعد روابط القص
B0	125x250	جوائز مرجعية			
BRS-2	125x250	2.5mm	25 Mpa	من ثلاث جهات	كل 25cm
BRS-3	125x250	2.5mm	25 Mpa	من جهتين	كل 25cm
BRS-4	125x250	2.5mm	25 Mpa	من ثلاث جهات	كل 15cm

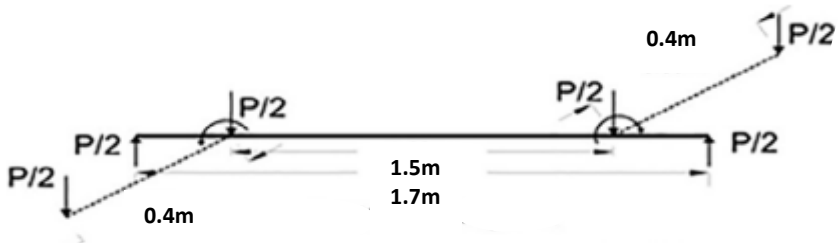
الشكل (6) الجوائز المختبرة بعد تدعيمها بالفيروسمنت وفق المتحولات المدروسة

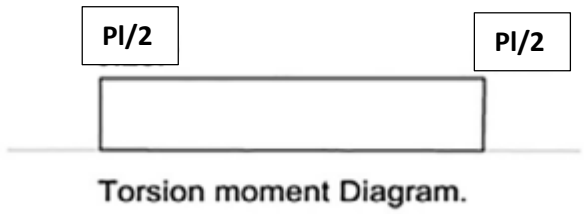
3-3-2 اختبار العينات:

اختبرت الجوائز الثمانية من خلال توليد فتل صافي حيث استخدم جائز معدني بمقطع I (تم تقويته بلحم صفائح بسماكة 5mm على الجسد من الجهتين عند نقطة تطبيق القوة) لتوزيع الأحمال على ظفرين معدنيين متوضع كل منهما على بعد 40cm من المساند وكل منهما بجهة بالنسبة لمحور الجائز وأقرب ما يكون للمسند بحيث يتم تطبيق مزدوجة الفتل الصافي وجرت مراقبة تطبيق الحمولات الحاصلة بواسطة خلية تحميل كهربائية و تم سند احدى نهايات الجائز على مسند متحرك يسمح بالدوران(roller) بينما تم استخدام مسند ثابت للنهاية الثانية للجائز، وذلك للتمكن من تطبيق عزم الفتل دون ممانعة. جرت قياس الانتقالات المرافقة لزاوية الدوران النسبية المرافقة لعزم الفتل المطبق باستخدام أجهزة قياس LVDT واحدة وضعت في المركز للتأكد من عدم حدوث انتقال مركزي والمؤشرات الأربعة وزعت على بعد 55cm من جانبي الجائز على بعد 7cm من الليف العلوي والسفلي كما يظهر في الشكل(7).





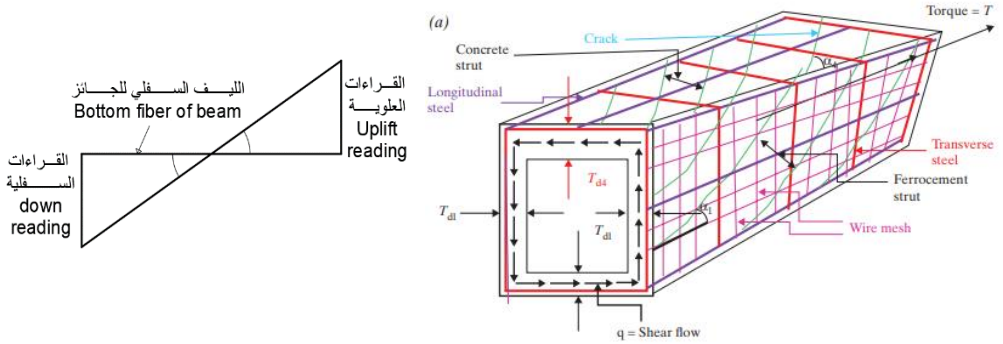




الشكل (7) رسم توضيحي يبين الية عمل جهاز الاختبار و موقع أجهزة القياس

الشكل (8) اختبار الجائز على الفتل على الجهاز المعدل مع مواضع الحساسات

طبقت الحمولة بشكل متدرج حتى الانهيار، تم تحديد عزم الفتل عند ظهور أول شق (ما يدعى بعزم التشقق) وعزم فتل الانهيار للجوائز المرجعية والجوائز المدعمة وفق المتحولات المدروسة وتحديد الانتقال الجانبي الناتج عن التشوهات الجانبية وبالتالي حساب زاوية الفتل النسبية الشكل (8).

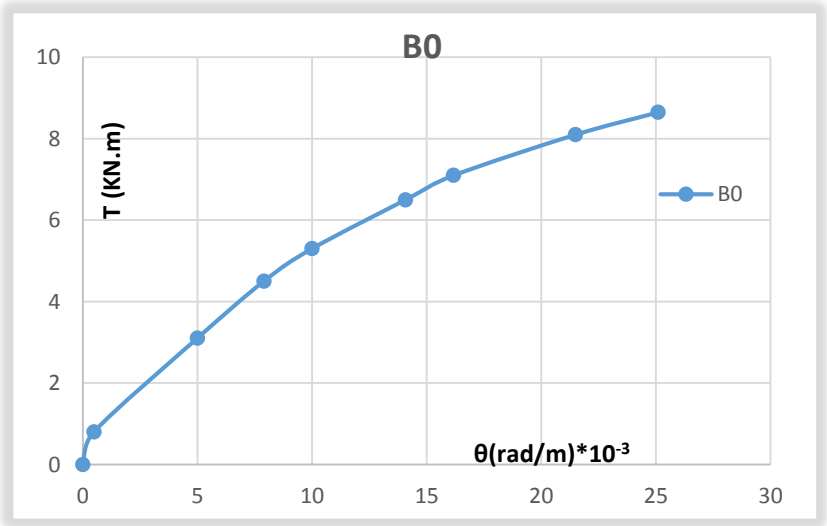


الشكل (8) زاوية الفتل النسبية الناتجة عن تأثير عزم الفتل

4-النتائج ومناقشتها:

عند كسر الجوائز المرجعية (كما في الشكل 9) كان متوسط عزم التشقق 4. 723KN.m وزاوية الدوران النسبية الموافقة $15.9*10^{-3}$Rad/m أما متوسط عزم الانهيار فهو 8.65KN.m وزاوية الفتل النسبية الموافقة $25.04*10^{-3}$Rad/m كما في الشكل (10)

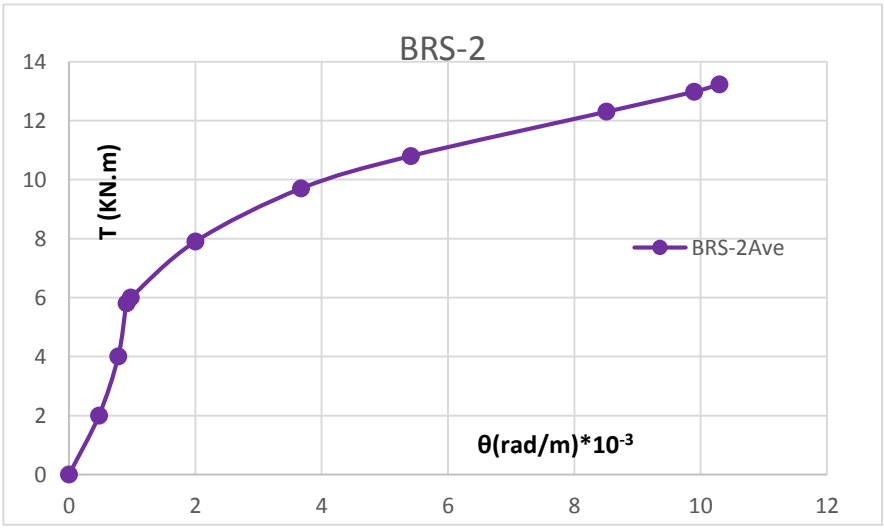
الشكل (9) نمط انهيار الجائز المرجعي BR0 تحت تأثير قوى الفتل



الشكل (10) يظهر المنحني البياني لزاوية الفتل النسبية الناتجة عن تأثير عزم الفتل

أما بالنسبة للمجموعة BRS-2 فكان متوسط عزم التشقق 6.8KN.m وزاوية الدوران النسبية الموافقة $0.975*10^{-3}$rad/m أما متوسط عزم الانهيار فهو 13.23KN.m وزاوية الفتل النسبية الموافقة $10.3*10^{-3}$rad/m كما يوضح الشكل(12).

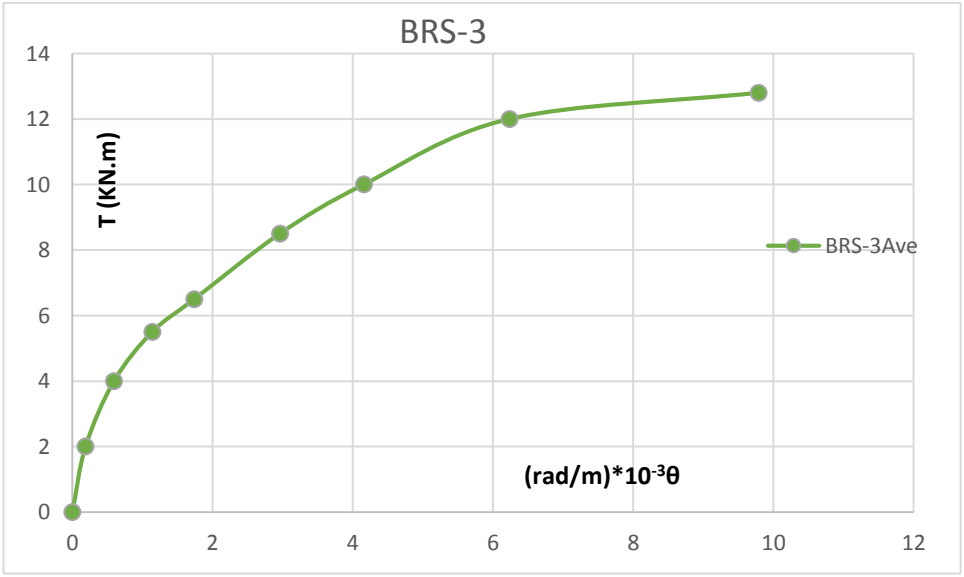
الشكل(11) نمط انهيار الجائز المدعم BRS-2 تحت تأثير قوى الفتل



الشكل(12) المنحني البياني لزاوية الفتل النسبية الناتجة عن تأثير عزم الفتل للجائز المدعم BRS-2

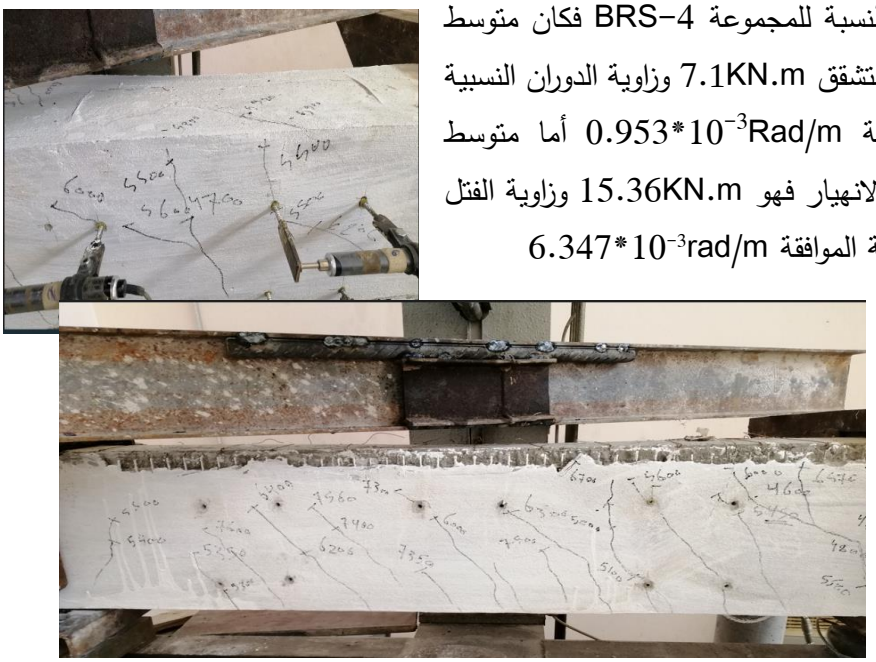
بالنسبة للمجموعة BRS-3 فكان متوسط عزم التشقق 6.3KN.m وزاوية الدوران النسبية الموافقة 1.739*10-3Rad/m أما متوسط عزم الانهيار فهو 12.8KN.m وزاوية الفتل النسبية الموافقة $8.78*10^{-3}$rad/m كما في الشكل(14).

الشكل(13) نمط انهيار الجائز المرجعي BRS-3 تحت تأثير قوى الفتل

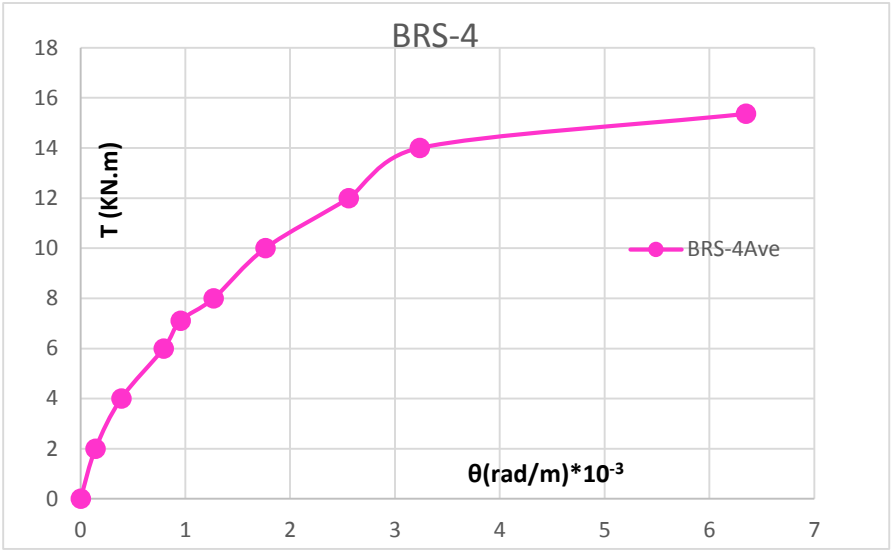


الشكل(14) المنحني البياني لزاوية الفتل النسبية الناتجة عن تأثير عزم الفتل

أما بالنسبة للمجموعة BRS–4 فكان متوسط عزم التشقق 7.1KN.m وزاوية الدوران النسبية الموافقة $0.953*10^{-3}$Rad/m أما متوسط عزم الانهيار فهو 15.36KN.m وزاوية الفتل النسبية الموافقة $6.347*10^{-3}$rad/m

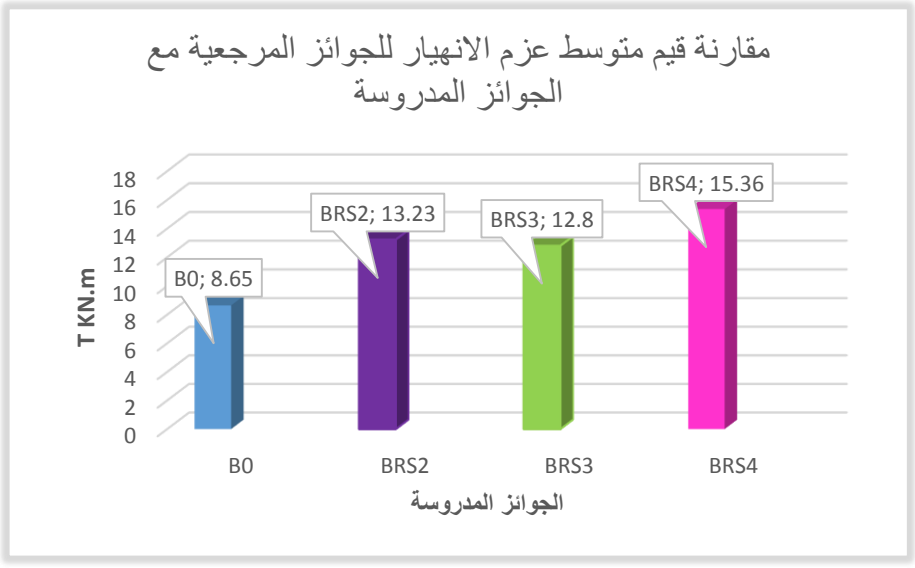


الشكل(15) نمط انهيار الجائز BR4 تحت تأثير قوى الفتل



الشكل(16) المنحني البياني لزاوية الفتل النسبية الناتجة عن تأثير عزم الفتل

لوحظ عند الاختبار أن التشققات في الجوائز بدأت بالظهور عند المساند ثم تمددت لتظهر بشكل حلزوني الأمر الذي عكس سلوك فتلي نظامي (الشكل (15)).



الشكل(17): مقارنة قيم متوسط عزم الانهيار للجوائز المرجعية مع الجوائز المدروسة

الجدول (3) مقارنة عزوم الفتل مع زوايا الدوران النسبية للجوائز المدعمة والمرجعية

لمجموعة	اسم الجائز	عزم الفتل عند الشق الأول (عزم التشقق) T_{cr}(KN.m)	زاوية الدوران النسبية عند الشق الأول Rad/m	عزم الفتل عند الانهيار T_{ult}(KN.m)	زاوية الدوران النسبية عند الانهيار Rad/m	نسبة تحسن عزم الانهيار بالنسبة للجوائز المرجعية
الجوائز المرجعية	B0	4.723	0.0109	8.65	0.0251	
الجوائز المدعمة بالفيروسمنت قطر الشبك 2.5mm	BRS2 من ثلاث جهات	6.8	0.000975	13.23	0.0103	52%
	BRS3 من جهتين	6.3	0.001739	12.8	0.00878	48%
	BRS4 من ثلاث جهات	7.1	0.000953	15.36	0.006347	77%

إلا أن الجوائز المرجعية أبدت سلوك مطاوع غير جيد ما بعد التشقق وعند الانهيار تراجع عزم الفتل المقاوم بشكل كبير ومتسارع فلم يحدث إعادة توزيع للمقاومة.

اما بالنسبة للجوائز المدعمة فلوحظ تأخر ظهور التشققات مقارنة مع الجوائز المرجعية بنسب بين (30%–40%) كما أن زاوية الفتل النسبية قد تحسنت بالمقارنة مع الجوائز المدعمة (الشكل17) كما لوحظ سلوك انهياري مطاوع للجوائز المدعمة اذ حافظت الجوائز على قيمة عزم الانهيار لمدة جيدة مع تزايد التشققات قبل أن تبدأ بالتناقص ثانية وصولا للانهيار النهائي للجوائز، كما لوحظ في الجوائز المدعمة من ثلاث جهات بدء ظهور التشققات في السطح غير المدعم وصولا للأسطح المدعمة مع محافظة طبقة الفيروسمنت على تماسكها اذ لم تنفصل بشكل كبير عن الجائز المدعم أما في الجوائز المدعمة من جهتين فلوحظ انفصال لطبقة الفيروسمنت فالانهيار توافق مع الانهيار الفتلي الكلي للجائز كما في الشكل(15).

بمقارنة السلوك الفتلي للجوائز BRS−2 المدعمة من ثلاث جهات وباستخدام روابط قص بتباعد 25cm مع الجوائز المرجعية وجد تحسن في قيمة عزم التشقق وتأخر بظهور التشققات بنسبة وسطية 28% كما تحسنت مقاومة الجائز المدعم على الفتل بنسبة 52% مقارنة مع الجوائز المرجعية، وبمقارنة السلوك الفتلي لهذه الجوائز (BRS−2) كما يظهر الشكل(16−17)) مع الجوائز المدعمة من ثلاث جهات باستخدام روابط قص كل 15cm (BRS−4) لوحظ أن عزم التشقق الوسطي للجوائز بالنسبة للمتحولين متقاربة جداً حوالي 6 KN.m أما عزم الانهيار للجوائز BRS−4 فقد تحسن بنسبة 16.1% مقارنة مع الجوائز (BRS−2) وكذلك السلوك المطاوع فقد تحسن بشكل ملحوظ حيث تناقصت زاوية الفتل النسبية من$10.3*10^{-3}$ rad/m في (BRS−2) الى$6.34*10^{-3}$ .rad/m

أما بالنسبة للجوائز المدعمة من ثلاث جهات وجهتين وبنفس تباعد روابط القص (25cm) (BRS−2,BRS−3) لوحظ أن عزم التشقق الوسطي متقارب حوالي 6.3−6.8KN.m أما عزم الانهيار للتطويق من ثلاث جهات فقد تحسن بنسبة 20% أما زاوية الفتل النسبية فهي متقاربة عند نفس القيمة لكن السلوك الفتلي للجائز المدعم من ثلاث جهات أفضل اذ أبدى سلوك مطاوع مقاوم أفضل من التدعيم من جهتين (الجدول (3))

تم حساب عزم الفتل للجائز المرجعي البيتوني المسلح BR0 باستخدام الكود الأمريكي ACI318−83 (العلاقة6) كما في الجدول (4).

الجدول(4) متحولات حساب عزم الفتل الحسابي حسب كود ACI318

عزم الفتل الحسابي	f_y	X1	α_t	At	n	h	b	$f`_c$
9.197KN.m	408Mpa	90mm	1.43	$0.502cm^2$	3	250mm	125mm	25Mpa

بمقارنة قيمة عزم الفتل التجريبي للجائز المرجعي BR0 مع قيمة عزم الفتل الحسابي نلاحظ أن النتائج متقاربة اذ أن $\tau_n cal/\tau_{EXP}$ =9.197/9.95=0.924

5−الاستنتاجات والتوصيات:

- **الاستنتاجات:**

1- بينت نتائج التجارب أن التدعيم بالفيروسمنت للجوائز البيتونية المسلحة يحسن السلوك الفتلي اذ يزداد عزم التشقق وعزم الانهيار بنسب تصل إلى 77% كما تتناقص زوايا الفتل النسبية مقارنة مع الجوائز غير المدعمة.

2- أعطت الجوائز البيتونية المدعمة من ثلاث جهات وبتباعد روابط قص 15cm أفضل النتائج بالمقارنة مع الجوائز المرجعية والجوائز المدعمة وفق المتحولات المدروسة.

3- أظهرت نتائج التجارب أن التدعيم من ثلاث جهات يزيد عزم الانهيار الفتلي بنسبة 6% كما حسن السلوك المطاوع ما بعد الانهيار بالمقارنة مع الجوائز المدعمة من جهتين.

4- بالمقارنة مع الجوائز البيتونية المطوقة من ثلاث جهات بتباعد روابط قص 25cm، كانت متوسط عزوم فتل الانهيار للجوائز البيتونية المطوقة من ثلاث جهات بتباعد روابط قص 15cm أفضل بنسبة 16%.

- **التوصيات:**

1- من خلال نتائج التجارب نوصي بإمكانية استخدام الفيروسمنت بتدعيم الجوائز البيتونية المسلحة المعرضة للفتل.

2- لابد من اختبار طرق أخرى من الربط بين الفيروسمنت والجائز البيتوني.

3- اختبار متحولات أخرى في دراسة الجوائز البيتونية المسلحة المدعمة بالفيروسمنت على الفتل كمقاومة المونة الاسمنتية والنسبة بين طول وعرض المقطع العرضي للجائز البيتوني.

المراجع العلمية:

1- ABY BAKAP, B.H; BYNNOPI,N; MOHAMMEΔ, THAEP 2 016 Τορσιοναλ ιμπροωεμεντ οφ ρεινφορχεδ χονχρετε βε αμσ υ X) φαχκετσ □ Εξπεριμενταλ στυδψ,ΕΛΣΕϛΙΕΡ ϑΟ

ΥΡΝΑΛ∀ΧΟΝΣΤΡΥΧΤΙΟΝ ΑΝΔ ΒΥΙΛΔΙΝΓ ΜΑΤΕΡΙΑΛ Σ∀, ΠΠ 533–542.

2– ΑΔΗΙΚΑΡΙ, ΑΒΗΙΣΗΕΚ; ΒΕΗΕΡΑ, Γ; ΒΑΓΑΛ, Δ 2019 Τ ορσιοναλ Στρενγτη Οφ Φερροχεμεντ □Υ Ωραππεδ ΡΧ Βε αμσ: Α Χομπαρατιωε Στυδψ, Ιντερνατιοναλ ϑουρναλ ο φ Αππλιεδ Ενγινεερινγ Ρεσεαρχη , ϛολ.14, ππ 146–155.

3– ΒΕΗΕΡΑ, Γ; ΔΑΗΑΛ, Μ 2018 Τορσιοναλ Βεηαωιουρ οφ Νορμαλ Στρενγτη ΡΧΧ Βεαμσ ωιτη Φερροχεμεντ □Υ□ Ω ραπσ, ΦΑΧΤΑ ΥΝΙϛΕΡΣΙΤΑΤΙΣ, ϛολ.16, ππ 1–16.

4– ΒΕΗΕΡΑ, Γ; ΡΑΟ,Χ; ΡΑΟ, Τ 2008 Τορσιοναλ Χαπαχιτιψ οφ Ηιγη Στρενγτη Χονχρετε Βεαμσ ϑαχκεττεδ Ωιτη Φερ ροχεμεντ Υ □ Ωραπσ, ΑΣΙΑΝ ϑΟΥΡΝΑΛ ΟΦ ΧΙϛΙΛ ΕΝΓ ΙΝΕΕΡΙΝΓ (ΒΥΙΛΔΙΝΓ ΑΝΔ ΗΟΥΣΙΝΓ), ϛολ.9, ππ 411–42 2.

5– Γυιδε φορ τηε Δεσιγν, Χονστρυχτιον, (Ρεαππροωεδ 1999) ανδ Ρεπαιρ οφ Φερροχεμεντ,ΑΧΙ 549.1Ρ–93, 1999.

6– ΠΑΤΚΑΡ, Μ; ΡΑϑΓΥΡΥ, Ρ 2021 Τορσιον βεηαωιορ οφ στ ρενγτηενεδ ΡΧ βεαμσ βψ φερροχεμεντ, ΕΛΣΕϛΙΕΡ ϑΟΥΡ ΝΑΛ∀ΧΟΝΣΤΡΥΧΤΙΟΝ ΑΝΔ ΒΥΙΛΔΙΝΓ ΜΑΤΕΡΙΑΛΣ∀ .

7– الكود العربي السوري 2012، **تنفيذ وتصميم المنشآت الخرسانية** ، نقابة المهندسين السوريين، دمشق، سوريا.

8–البلال، علي 2019 تأثير التدعيم بالفيروسمنت في سلوك الجوائز البيتونية المسلحة المتضررة، **أطروحة دكتوراه في كلية الهندسة المدنية جامعة البعث**.

9– السلامة، دارين 2020 تطوير علاقة مقاومة الفتل للجوائز البيتونية المسلحة ذات الفتحات المحدثة أثناء الاستثمار والمقواة بشرائح CFRP ، **أطروحة دكتوراه في كلية الهندسة المدنية جامعة تشرين**.

10– علي، يامن 2014 تدعيم الأعمدة البيتونية المسلحة باستخدام الشبكات المعدنية الملحومة المتوافرة محلياً، **أطروحة ماجستير في كلية الهندسة المدنية جامعة دمشق**.

دراسة قدرة تحمل الجوائز البيتونية المسلحة المدعمة بالفيروسمنت باستخدام طرق ربط مختلفة والمعرضة للفتل

د. منيب العلاف*

د. إحسان الطرشة**

رلى زهير طه***

ملخص

دمرت العديد من الكوارث الطبيعية عناصر انشائية في الكثير من المباني، الأمر الذي يتطلب تقوية هذه العناصر بحيث تتحسن قدرة تحملها للحمولات. استخدمت في الماضي الالياف البوليميرية المسلحة(FRP) بشكل واسع كمادة تقوية رئيسية وذلك بسبب مقاومته العالية وخفة وزنها، الا أن الفيروسمنت قدم بديل مناسب لل FRP ولاسيما من حيث التكلفة. الفيروسمنت هي مادة مركبة قليلة السماكة تتميز بمقاومة عالية للشقوق، مطاوعة جيدة. ولكن لاتزال الدراسات محدودة لمعرفة مدى تحسين الفيروسمنت لمقاومة العناصر الانشائية المسلحة المعرضة للفتل. تناقش الدراسة الحالية تأثير الفيروسمنت على مقاومة الجوائز البيتونية المسلحة المدروسة والمعرضة للفتل عند استخدام طرق مختلفة للربط بين الجوائز والفيروسمنت. اذ تم صب (6) جوائز بيتونية مسلحة وتدعيمها الفيروسمنت باستخدام أسلاك بقطر 2.5mm وتم الربط باستخدام روابط قص بتباعد 15cm وجهة التطويق من ثلاث جهات وباستخدام SBR والتطويق أيضاً من ثلاث جهات، اذ وجد أن التدعيم بالفيروسمنت قد حسن السلوك الفتلي لهذه الجوائز وأبدت الجوائز المدعمة بالفيروسمنت مع استخدام روابط القص بتباعد 15cm أفضل مقاومة وسلوك فتلي بالمقارنة مع تلك المدعمة بالفيروسمنت وتم الربط باستخدام SBR.

الكلمات المفتاحية: الفيروسمنت، الفتل، التدعيم، شبكة الاسلاك.

* أستاذ– قسم الهندسة الإنشائية– كلية الهندسة المدنية– جامعة البعث– حمص– سورية.

** أستاذ– قسم الهندسة الإنشائية– كلية الهندسة المدنية– جامعة البعث– حمص– سورية.

*** طالبة دكتوراه– قسم الهندسة الإنشائية– كلية الهندسة المدنية– جامعة البعث– حمص– سورية.

COMPREHENSIVE STUDUY OF THE CAPACITY OF R.C BEAMS STRENGTHED BY FERROCEMENT AND SUBJECTED TO TORRISIONAL EFFECT BY USING DIFFERENT TYPES OF CONNECTION

Dr Muneeb AL Alalaf*
Dr Ehsan AL Tarsheh**
Roula Taha***

□ ABSTRACT □

Many natural disasters destroy structural element, which can be rebuilt the load carrying capacity by strengthening methods. In past decades, fiber reinforced polymer (FRP) has been widely used as externally strengthening material due to its high strength and light weight. Ferrocement is a one of the suitable alternatives over-costly FRP strengthening technique. Ferrocement is thin composite material having better crack resistance ability, ductility, good impact resistance. Few studies are available to quantify the torsional strength of ferrocement wrapped R.C. beams. This experimental study aims at evaluating the effectiveness of ferrocement utilizing different types of connections with R.C beams that is subjected to the torsional effects. (6) R.C beams have been casted and strengthened by using ferrocement where the wire Mesh wires diameter is 2.5mm. With regard to the connections between concrete beams and ferrocement, we used shear connections every 15cm and used ferrocement with SBR wrapped from three sides(U). Overall, it has been observed that the ferrocement has improved the torsional behavior of our tested beams, and also revealed that the "U" wrap with the shear connections every 15cm has significantly improved the torsional behavior more than those with SBR

Key words: Ferrocement, Torsion, Beam, Mesh Wire.

*Professor, Department of Structural Engineering, Faculty of Civil Engineering, AL Baath University, Homs, Syria.
**Professor, Department of Structural Engineering, Faculty of Civil Engineering, AL Baath University, Homs, Syria.
*** Postgraduate Student (Doctorate), Department of Structural Engineering, Faculty of Civil Engineering, AL Baath University, Homs.

1-مقدمة:

تم إنشاء العناصر البيتونية المسلحة لمنع الانهيار حتى بعد انتهاء مدة الخدمة المفترضة لهذه العناصر وحتى في حال تعرضها لعوامل قاسية. وبالتالي فإن المنشأ غير الموافق لاشتراطات السلامة يحتاج لمعالجة فورية، بعد استقصاء أسباب التدهور بالسلوك الإنشائي، واتخاذ إجراءات تصحيحية مناسبة بهدف اعادته لأداء وظيفته المصمم من اجلها.

برزت أعمال إعادة التأهيل كموضوع هام ضمن الجهود المبذولة للتعامل مع مشاكل تردي البنية التحتية والكوارث الطبيعية. ومن أجل هذا الهدف، استخدمت العديد من طرق التقوية في الماضي كتكبير المقطع العرضي، تقليص المجاز الفعال للعنصر، إضافة عناصر فولاذية أو صفائح ربط مع شرائح FRP والتي تتفاوت درجات تحسينها لسلوك العناصر الانشائي المستهدفة. مما طرح أهمية تطوير طرق بديلة يمكن تطبيقها في الموقع باستخدام عمالة غير محترفة والتي أبرزها تقنية الفيروسمنت (Ferrocement) [5]. حيث أظهرت الدراسات على العناصر المقواة بالفيروسمنت زيادة هامة في المقاومة. هذا ويعتبر الفيروسمنت مادة جيدة جداً للتدعيم، إذ أن المواد الأولية المشكلة لها متوفرة كما تتميز بسهولة تطبيقها على السطح المتضرر بدون الحاجة لمتطلبات خاصة في التنفيذ والربط كما انه لا يحتاج الى يد عاملة خبيرة مقارنة مع حلول التدعيم الأخرى المتوفرة حالياً [2].

2-هدف البحث:

يتميز الفيروسمنت كمادة تدعيم بأفضلية نسبية على مواد البيتون المسلح التقليدية اذ ان وزنه أخف، أسهل في التنفيذ، مقاومة للماء، يتميز بالديمومة، وبمعامل مرونة عالي، كما أن مقطعه العرضي أنحف ومقاومته للشد أعلى، وللتحقق من ذلك تم اجراء دراسة تجريبية تتضمن صب وتجريب مجموعة من الجوائز(**6 جوائز**) المقواة بطبقة الفيروسمنت على اجهاد الفتل (ultimate torsional strength)، اثنان من هذه الجوائز اعتبرت جوائز مرجعية والأربعة الباقية دعمت باستخدام طبقة الفيروسمنت مع شبك معدني بقطر 2.5mm حيث طوقت هذه الجوائز من ثلاث جهات، في جائزين منهم تم الربط بين الجائز البيتوني وطبقة الفيروسمنت باستخدام روابط القص كل 15cm، وجائزين استخدمت مادة SBR كمادة ربط.

اذ تمت مقارنة الاستجابة الفتلية لهذه الجوائز عند تدعيمها بالفيروسمنت وفق طريقتي الربط المعتمدة في هذا البحث وأيضا مقارنتها مع الجوائز المرجعية بهدف معرفة مدى فعالية التدعيم باستخدام الفيروسمنت عند التعرض لقوى الفتل الصافي (torsion)، وطريقة الربط الأفضل للحصول على أقل عزوم دوران (torque capacity) تحت تأثير الفتل.

3-مواد وطرق البحث:

3-1 التعريف بطبقة الفيروسمنت ومواصفاتها:

استخدمت طبقة الفيروسمنت في العقود الأخيرة للتقوية وإعادة التأهيل بسبب خصائصها الإيجابية المتعددة.

يمكن تعريف الفيروسمنت (Ferrocement) بأنها مادة مختلطة مركبة من مونة اسمنتية مسلحة بشكل موزع بانتظام بطبقة أو أكثر من شبكات أسلاك (wire mesh) رقيقة جداً مع أو بدون هيكل فولاذي داعم[4] ، كما يمكن ان يعرف بأنه شكل خاص من البيتون المسلح الذي يبدي استجابة مختلفة عن البيتون المسلح التقليدي من ناحية سلوك المقاومة وإمكانية التطبيق. فالتوزيع المتجانس للتسليح ضمن خلطة المونة الاسمنتية يسهم بتحسين العديد من الخواص الهندسية للمادة اذ يمتلك الفيروسمنت درجة من الصلابة(toughness)، المطاوعة(ductility)، المتانة(durability)، مقاومة الصدم(impact)، مقاومة الانعطاف (flexural strength)، التحكم بالشقوق (crack control) والتي نجدها في الفيروسمنت أكبر بشكل ملحوظ مقارنة مع الأشكال الأخرى من المنشآت البيتونية (الشكل (1)).

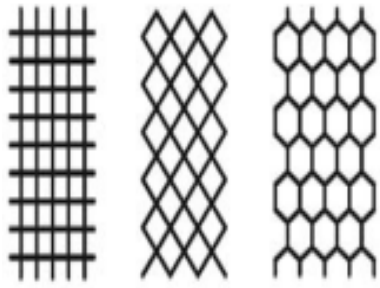
الشكل (1) مكونات طبقة الفيروسمنت والمقطع العرضي للجائز المدعم بالفيروسمنت

يسلك الفيروسمنت سلوك المادة المختلطة، وذلك لأن خصائص المونة الاسمنتية الهشة تتحسن بسبب وجود أسلاك الشبكات المطاوعة[2] .وبالرغم من أن تقنية الفيروسمنت من

الطرق الأكثر شعبية المستخدمة لرفع كفاءة العناصر البيتونية المسلحة ولاسيما أنه من السهل ربط طبقة الفيروسمنت بالعنصر البيتوني الموجود(المدعم) من دون الحاجة لمهارات خاصة الا أن الأبحاث حول هذه المادة والمعلومات حول سلوكياتها لا تزال قليلة وغير متكاملة ولاسيما فيما يتعلق بالجوائز الخاضعة للفتل[1]، اذ أن العديد من المباني والعناصر الإنشائية تتعرض لعزوم فتل هامة تؤثر على التصميم الإنشائي، وقد تتطلب تقوية للعناصر الإنشائية المتضررة نتيجة النقص في قدرة التحمل على القص والفتل[6] (Torsion and Shear Capacity) حيث من الممكن أن تتعرض العناصر التي ازدادت فيها قوى الفتل بشكل كبير للانهيار المفاجئ، الأمر الذي يتطلب التدعيم ورفع الكفاءة هذه العناصر [9-6]. ويعد استخدام الفيروسمنت للتدعيم في حالة الفتل أحد أفضل الحلول وذلك لأن السلوك اللاخطي لهذه المادة نتيجة لاخطية المواد المكونة وطبيعة الربط بين البيتون وشبكات الأسلاك[3-2] .

يتأثر سلوك الجوائز على الفتل بعدة عوامل أو متحولات منها نوع شبكات الأسلاك المستخدمة وأقطار وتباعدات الأسلاك المستخدمة في الشبكة الذي يؤثر على نمط الانهيار.

يوجد عدة أشكال لشبكات الأسلاك المتداولة (الشكل (2)). فيمكن أن تكون الفتحات مربعة الشكل (Square opening) أو معينة الشكل (Expanded Mesh) أو سداسية الشكل (hexagonal opening) كما يمكن أن يشار للشبكات بالفتحات السداسية الشكل بالاسم (chicken wire mesh) وقد تكون بشكلين الملحومة(welded) والمجدولة (woven) (الجدول (1))[7-4].



الشكل (2) يظهر أنواع شبكات الأسلاك

الجدول (1) يظهر أقطار أسلاك الشبكات وتباعدات فتحاتها الأكثر شيوعاً حسب ACI [4]

Type النوع	Shape الشكل	Fabrication نمط الوصل	Designation Gage	Wire spacing تباعد الشبك		Wire diameter قطر الشبك	
				In	mm		
Wire mesh شبكة الأسلاك	Square مربع	Woven or Welded مجدول أو ملحوم	1/4x3/4No 16	0.75	19	0.0630	1.6
			2x2 No 19	0.5	13	0.0410	1
			3x3 No 22	0.33	8.5	0.0286	0.72
			4x4 No 23	0.25	6.4	0.0250	0.64
		Welded ملحوم	1x1 No 14	1	25	0.0800	2
	Rectangular مستطيل	Welded ملحوم	2x1 No 14	2x1	50x 25	0.0800	2
	Hexagonal سداسي	Twisted ملفوف	1No 18 1 No 20 1/2 No 22	1 1 ½	25 25 13	0.0475 0.0348 0.0286	1.2 0.88 0.72
Expanded metal mesh شبكة الأسلاك المتطاولة	Diamond معين	Slit and drawn	3.4 lb/Yd^2 Gage No. 18 Gage No. 20			0.0230 0.0400 0.0300	0.58 1 0.76

3-2 الفتل في الجوائز البيتونية المسلحة المدعمة بالفيروسمنت:

إن موضوع الفتل من المواضيع ذات الطبيعة المعقدة، اذ تخضع العديد من العناصر الإنشائية كالجوائز المحيطية (peripheral beams) والجوائز الحلقية (ring beams)، الجوائز الحاملة للقباب (beams supporting canopy) وأنواع أخرى من الجوائز لقوى الفتل. حيث أظهرت الأبحاث القليلة التي تناولت تقوية الجوائز مع الأخذ بعين الاعتبار الفتل بالفيروسمنت أنه يحقق معايير التقوية للعناصر المتضررة بالإضافة للكتامة، مقاومة

الكبريتات، الحماية من التأكل والصدأ وفي بعض الحالات مقاومة الصقيع كما أنه يغير نمط الانهيار من الهشاشة(brittle) للمطاوعة(ductile) ويؤمن أفضل مقاومة للشقوق(crack) والاجهاد(strain). [3-9].

يتولد في الجوائز البيتونية المسلحة المدعمة بشبكات التسليح (وفق تقنية الفيروسمنت) والخاضعة للفتل الصافي تشققات حلزونية بزاوية تميل بزاوية 45 عن المحور الطولي للجائز. يدرس سلوك الجائز البيتوني المدعم بالفيروسمنت على الفتل في ثلاثة مراحل: مرحلة المرونة (elastic stage)، مرحلة التشققات الدقيقة (micro-cracked stage)، مرحلة ما بعد التشقق (post cracking stage). هذا وحسب الدراسات يعتمد فعالية التقوية بالفيروسمنت على عدة عوامل منها: طريقة الربط بين الجوائز والفيروسمنت-نسبة طول الجائز لعرضه (aspect ratio) – مقاومة الشد للنواة البيتونية- جهة التطويق- مقاومة الفيروسمنت وقطر سلك شبكات الفيروسمنت.[3-8]

على كل حال فإن التطور في الفيروسمنت لم يتوقف، فقد تم اختبار وتقصي العديد من التفاصيل المهمة المتعلقة بالسلوك الميكانيكي للفيروسمنت، وتم اجراء العديد من الأبحاث التي تتناول تأثير الفيروسمنت في سلوك الجوائز البيتونية ولا سيما عند التعرض للفتل. حيث أجرى DHAL،BHERO [2] دراسة تجريبية وتحليلية لتحديد مدى التحسن في مقاومة الجوائز البيتونية المسلحة عند تدعيمها بالفيروسمنت المطبق من ثلاثة أوجه(u) تحت تأثير الفتل الصافي وكانت المتحولات هي عدد طبقات شبكات الأسلاك في الفيروسمنت (حيث استخدم 3،4،5 طبقات)، نسبة العرض الى الارتفاع، مقاومة الطينة الاسمنتية، مقاومة البيتون. حيث أظهرت النتائج ازدياد مقاومة الجوائز البيتونية المسلحة المدعمة بالفيروسمنت على شكل u على الفتل بشكل هام من أجل الجوائز البيتونية ذات المقاومة العادية والعالية للبيتون، بينما الزيادة في مقاومة الفتل من أجل أي تغير في عدد طبقات شبكات الأسلاك كانت محدودة جداً

كما قام الباحثون C.RAO، T.RAO،BEHERO [3] بدراسة عملية (تجريبية) تشمل صب واختبار سبع جوائز بيتونية مسلحة مدعمة بتقنية الفيروسمنت على شكل (U) المقطع العرضي لخمسة من الجوائز (125x250)mm وأبعاد الجائزين الباقيين هي على

التوالي mm(125x190) و mm(125x315) وطول الجوائز 2000mm وذلك لدراسة تأثير نسبة الطول للعرض (aspect ratio) وتأثير مجموعة من المتحولات من المواد المكونة للفيروسمنت هي (عدد طبقات الشبكات–اجهاد الخضوع لطبقات الشبكات–اجهاد الضغط للطينة) ومقاومة البيتون على الفتل الحدي (ultimate) واللي (twist)، اذ بينت النتائج ازدياد قيم عزوم الفتل واللي للجوائز المدعمة بالفيروسمنت بنسب 59.72%, 91.53% مقارنة بالجوائز غير المدعمة(المرجعية) كم أن مقاومة الفتل للجوائز المدعمة بالفيروسمنت تزداد بزيادة نسبة الطول للعرض.

مما سبق نلاحظ أن اختبار طريقة الربط بين الجائز البيتوني وطبقة الفيروسمنت من المواضيع التي لا تزال مجال البحث والدراسات التي تناولتها قليلة، كما أن العلاقات التحليلية التي تمكن من حساب قيمة عزم الفتل في الجائز البيتوني بعد تدعيمه بطبقة الفيروسمنت محدودة ولكن يمكن حسابها بشكل تقريبي بالاعتماد على العلاقة التي يعطيها كود ACI–318 لقيمة عزم الفتل τ_n للجوائز البيتونية المسلحة ذات المقطع العرضي المصمت وهي[5] :

$$\tau_n = \tau_c + \tau_s \qquad (1)$$

τ_c : عزم الفتل الذي يقاومه البيتون τ_s : عزم الفتل الذي يقاومه فولاذ التسليح

حيث : $$\tau_c = 0.8\sqrt{f`_c}\,b^2h \qquad (2)$$

$f`_c$: المقاومة المميزة على الضغط للبيتون (psi)

b ,h : عرض وارتفاع المقطع العرضي للجائز، (in)

$$\tau_s = n * A_t * \alpha_1 * x_1 * f_y \qquad (8)$$

A_t : مساحة المقطع العرضي لضلع واحد من اسوارة التسليح العرضي

f_y: حد مرونة فولاذ الأساور

α_t : معامل يؤخذ من العلاقة ( ) $\alpha_t = 0.66 + 0.33 * \frac{y_1}{x_1} \leq 1.5$

X1 : عرض إسواره التسليح المستطيل

n=y_1/s تمثل هذه القيمة عدد الأضلاع الشاقولية للأسوارة التي يقطعها مستوي مائل بزاوية 45° في جهة الفتل.

حيث يعتبر (b ,h) أبعاد المقطع البيتوني الجديد بعد إضافة طبقة الفيروسمنت، وتضاف مساحة شبكة الفيروسمنت لمساحة تسليح القص .

3-3 الدراسة التجريبية:

تم اجراء الدراسة التجريبية في مختبر البيتون المسلح في كلية الهندسة المدنية- جامعة البعث لتدعيم جوائز بيتونية مسلحة بأبعاد mm(250X125X1700) تم صبها في المكان باستخدام طبقة الفيروسمنت بسماكة 25mm والتي استخدمت فيها شبكات الاسلاك الملحومة WWMs المصنعة محلياً قطر الشبك2.5mm, وتعريضها لقوى فتل ومقارنتها مع جوائز لها نفس الابعاد والتسليح mm(250X125X1700) غير مقواه بالفيروسمنت خاضعة للفتل أيضا.

تم تأمين العمل المشترك بين الجائز البيتوني وطبقة الفيروسمنت باستخدام روابط قص كل 15cm وباستخدام SBR، إذا تم صب جائزين الربط باستخدام روابط القص ونفذ التطويق من ثلاث جهات تباعد الروابط 15cm، وكذلك تم صب عينتين تم الربط باستخدام SBR جائزين مطوقين من ثلاث جهات أيضاً.

1-3-3 تحضير العينات:

تم صب 6 جوائز بيتونية مسلحة بمقطع عرضي mm (250x125) وبمجاز 1700mm وسلحت بتسليح سفلي 2T12mm من الأسفل وتسليح علويmm 2T12 أما التسليح العرضي فقد استخدمت أساور مغلقة توافق متطلبات الكود العربي السوري للجوائز المعرضة للفتل بقطر 8mm وتباعد 100mm (الشكل (3)).

تم صب (6) عينات اسطوانية قياسية وتم حفظها في الماء بالشروط النظامية ثلاث عينات لعمر 14 يوم وثلاث عينات لعمر28 يوماً ثم تم كسرها لحساب مقاومة البيتون، وكانت نتائج الكسر كما هو مبين في الجدول (2) وقد بلغت متوسط المقاومة Mpa 25.147.

اثنان من الجوائز المصبوبة هي جوائز مرجعية(B0) بدون تدعيم أما الجوائز الستة المتبقية فتم تدعيمها باستخدام الفيروسمنت.

الشكل (3) مراحل صب الجوائز المدروسة

الجدول (2) نتائج اختبارات العينات البيتونية والقيمة المتوسطة لمقاومة البيتون على الضغط

العينة	العمر	ثابت التحويل على العمر	الابعاد mm	الحمولة	المقاومة		المتوسط
					بعمر 14يوم	بعمر 28 يوم	
1	14	1.25	301x149	355.89	20.15		20.48
2	14	1.25	299x150	349.65	19.98		
3	14	1.25	300x150	375.05	21.31		
4	28	1	301x298	449.64		25.44	25.147
5	28	1	300x151	435.663		24.653	
6	28	1	302x149	447.73		25.35	

في البداية تم تخشين السطح من خلال تهشيم البيتون بمطرقة بشكل متباعد لتأمين التماسك مع بيتون طبقة الفيروسمنت، ومن أجل استخدام SBR للربط بين الجائز والفيروسمنت تم دهن شبك الاسلاك بمادة الفيروسمنت وتركت لمدة ساعتين ثم تم إضافة SBR للمونة الاسمنتية بنسبة 2% من كمية الاسمنت المستخدمة لتأمين تلاصق أفضل،

أما في الجوائز التي استخدمت روابط القص كأسلوب ربط تم تنفيذ ثقوب باستخدام المثقب بعمق 60mm وبتباعد 15cm موزعة بشكل شطرنجي من ثلاث جهات لجائزين (الجدول (3))، ثم تلتها عملية تنظيف الثقوب والسطوح بالهواء المضغوط حيث تم حقن هذه الثقوب بالايبوكسي ووضعت روابط القص داخل الثقوب والتي هي عبارة عن قضبان بقطر (6mm) بطول(7cm) تم عكفها لتشكل حرف L، كما في الشكل (4)).

الجدول (3) مجموعات الجوائز المختبرة

اسم المجموعة	المقطع العرضي	قطر شبك الاسلاك	مقاومة المونة	جهة التطويق	نوع الرابط
B0	125x250	جوائز مرجعية			
BRS-1	125x250	2.5mm	25 Mpa	من ثلاث جهات	SBR
BRS-2	125x250	2.5mm	25 Mpa	من ثلاث جهات	روابط قص كل 15cm

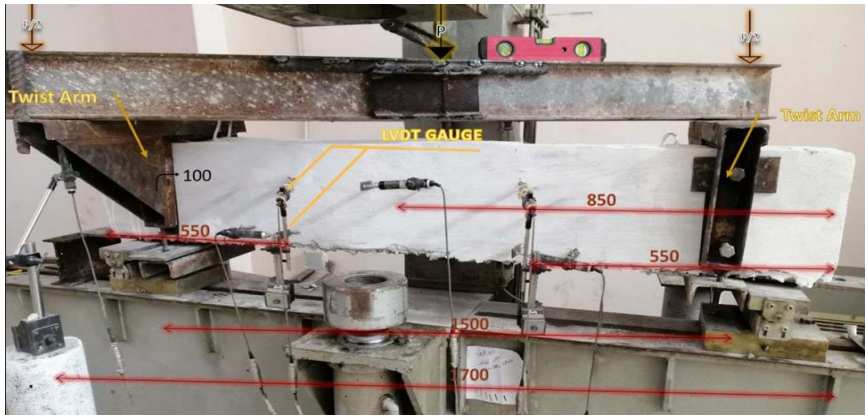
الشكل (4) مراحل تنفيذ الروابط باستخدام SBR وباستخدام روابط القص وتثبيت شبك الاسلاك

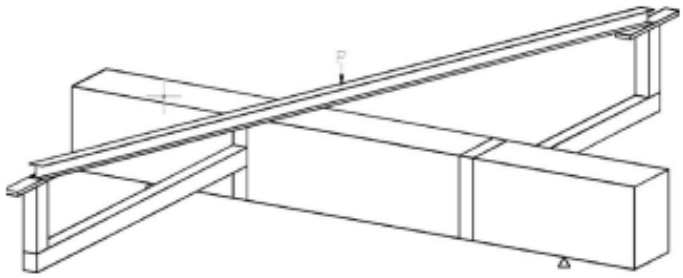
الشكل (5) الجوائز المختبرة بعد تدعيمها بالفيروسمنت وفق المتحولات المدروسة

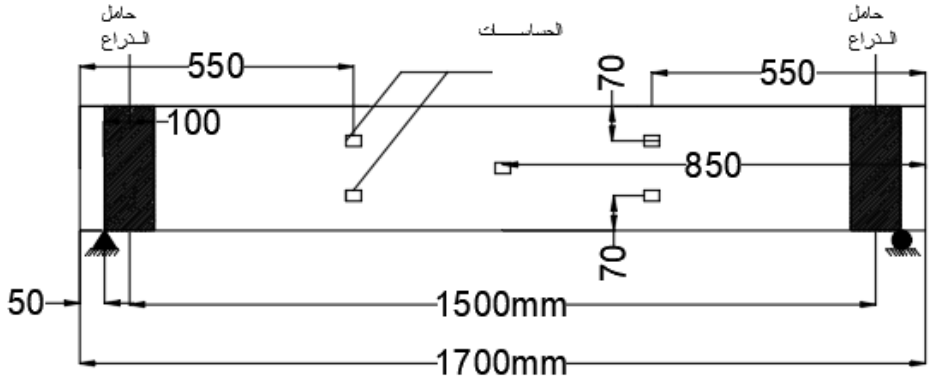
3-3-2 اختبار العينات:

اختبرت الجوائز العشرة باستخدام جهاز اختبار العينات الموجودة في مخبر البيتون المسلح بكلية الهندسة المدنية بجامعة البعث، استطاعته 1000KN، اذ تم سند احدى النهايات على مسند متحرك يسمح بالدوران(roller) بينما تم استخدام مسند ثابت للنهاية الثانية للجائز، وذلك للتمكن من تطبيق عزم الفتل دون ممانعة. تم اختبار الجوائز جميعها على عزم الفتل حيث استخدم جائز معدني بمقطع I (تم تقويته بلحم صفائح بسماكة 5mm على الجسد من الجهتين عند نقطة تطبيق القوة) لتوزيع الأحمال على ظفرين معدنيين متوضع كل منهما على بعد 40cm من المساند وكل منهما بجهة بالنسبة لمحور الجائز وأقرب ما يكون للمسند بحيث يتم تطبيق مزدوجة الفتل الصافي وجرت مراقبة تطبيق الحمولات الحاصلة بواسطة خلية تحميل كهربائية. جرت قياس الانتقالات المرافقة لزاوية الدوران النسبية المرافقة لعزم الفتل المطبق باستخدام أجهزة قياس LVDT واحدة وضعت في المركز للتأكد من عدم حدوث انتقال مركزي

والمؤشرات الأربعة وزعت على بعد 58cm من جانبي الجائز على بعد 7cm من الليف العلوي والسفلي كما يظهر في الشكل(6).

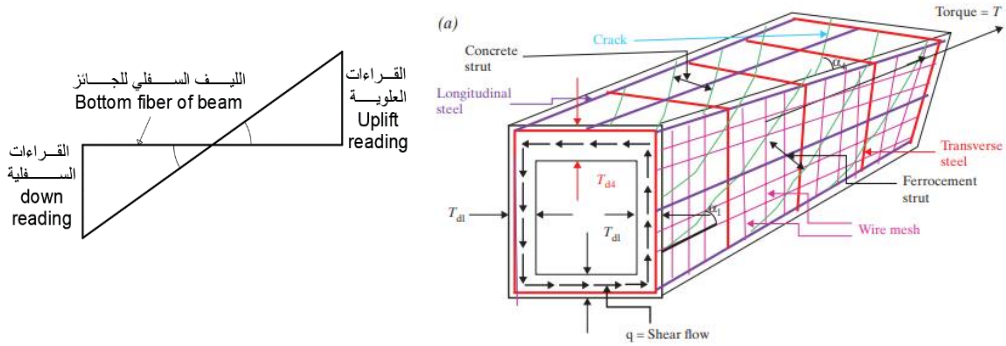






الشكل (6) اختبار الجائز على الفتل على الجهاز المعدل مع مواضع الحساسات

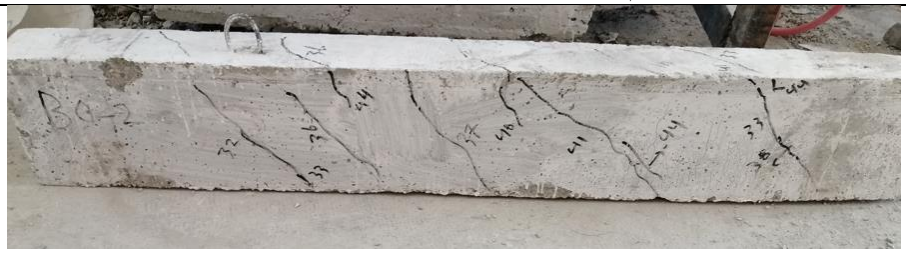
قمنا باختبار الجوائز باعتماد جهاز الكسر في مخبر البيتون المسلح –جامعة البعث بعد التعديل الذي أجريناه، فطبقت الحمولة بشكل متدرج حتى الانهيار، تم تحديد عزم الفتل عند ظهور أول شق (ما يدعى بعزم التشقق) وعزم فتل الانهيار للجوائز المرجعية والجوائز المدعمة وفق المتحولات المدروسة وتحديد الانتقال الجانبي الناتج عن التشوهات الجانبية وبالتالي حساب زاوية الفتل النسبية الشكل (7).



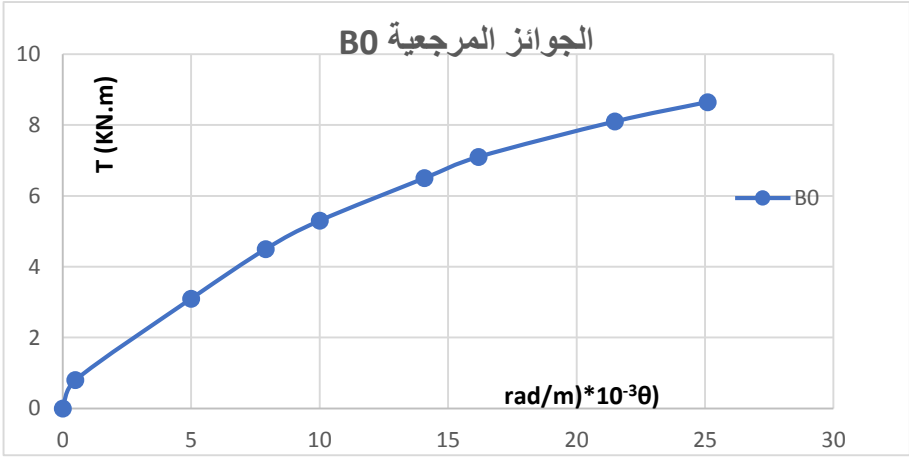
الشكل (7) زاوية الفتل النسبية الناتجة عن تأثير عزم الفتل

4–النتائج ومناقشتها:

عند كسر الجوائز المرجعية كان متوسط عزم التشقق 4.723KN.m وزاوية الدوران النسبية الموافقة $10.9*10^{-3}$rad/m أما متوسط عزم الانهيار فهو 8.65KN.m وزاوية الفتل النسبية الموافقة $25.1*10^{-3}$Rad/m كما في الشكل (9).



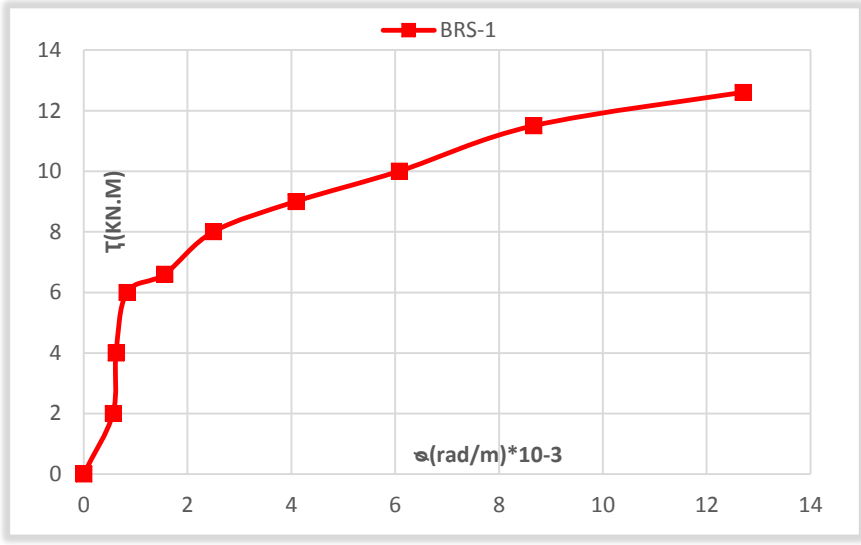
الشكل (8) نمط انهيار الجائز المرجعي BR0 تحت تأثير قوى الفتل



الشكل (9) يظهر المنحني البياني لزاوية الفتل النسبية الناتجة عن تأثير عزم الفتل

الشكل (10) السلوك الفتلي لجوائز المجموعة BRS-1

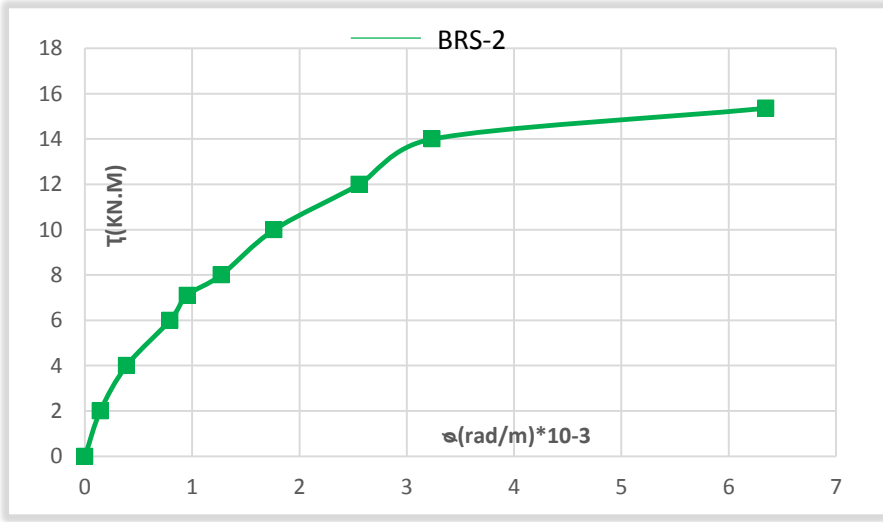
أما بالنسبة للمجموعة BRS-1 فكان متوسط عزم التشقق 6.6KN.m وزاوية الدوران النسبية الموافقة $1.56*10^{-3}$rad/m وقيمة متوسط عزم الانهيار فهو 12.6 KN.m وزاوية الفتل النسبية الموافقة $12.7*10^{3}$rad/m كما يوضح الشكل(11).



الشكل(11) المنحني البياني لزاوية الفتل النسبية الناتجة عن تأثير عزم الفتل

اما بالنسبة للمجموعة BRS-2 فكان متوسط عزم التشقق 7.1KN.m وزاوية الدوران النسبية الموافقة $0.953*10^{-3}$Rad/m أما متوسط عزم الانهيار فهو 15.36 KN.m وزاوية الفتل النسبية الموافقة $6.347*10^{-3}$Rad/m كما يوضح الشكل(13).

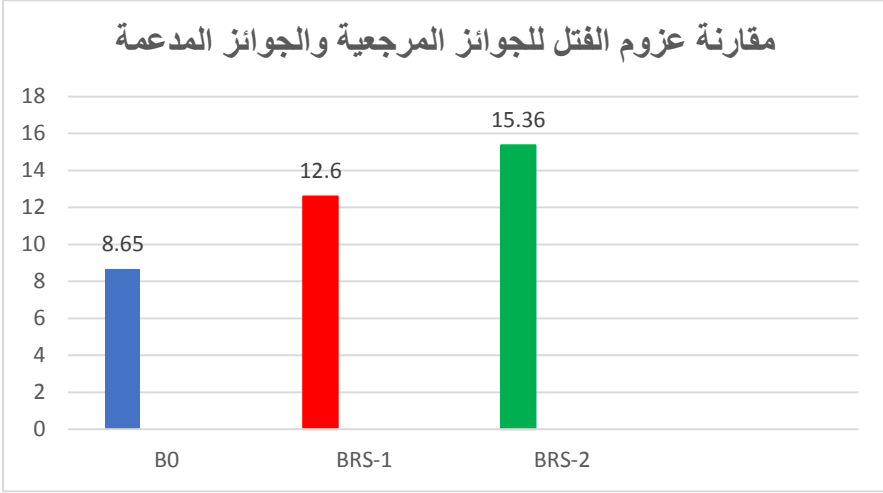
الشكل(12) تشكل التشققات وتطورها في الجائز BRS-2 تحت تأثير قوى الفتل



الشكل(13) المنحني البياني لزاوية الفتل النسبية الناتجة عن تأثير عزم الفتل

إلا أن الجوائز المرجعية لم تعيد توزيع القوى عند الانهيار اذ تراجع عزم الفتل المقاوم بشكل كبير. اما بالنسبة للجوائز المدعمة فلوحظ تأخر ظهور التشققات مقارنة مع الجوائز المرجعية بنسب بين (46%-57%)(الجدول3) كما أن زاوية الفتل النسبية قد تحسنت بالمقارنة مع الجوائز المدعمة، تظهر المنحنيات البيانية لعلاقة عزم الفتل مع زاوية الدوران النسبية(الشكل15) أن السلوك المرن للجوائز المدعمة بالفيروسمنت عند الربط بروابط القص وب SBR عند التطويق من ثلاث جهات(BRS-1,BRS-2) ينتهي عند بداية

ظهور التشققات. مما يشير الى نقل سلوك الجوائز من الهشاشة(brittle) للمطاوعة(ductile)،

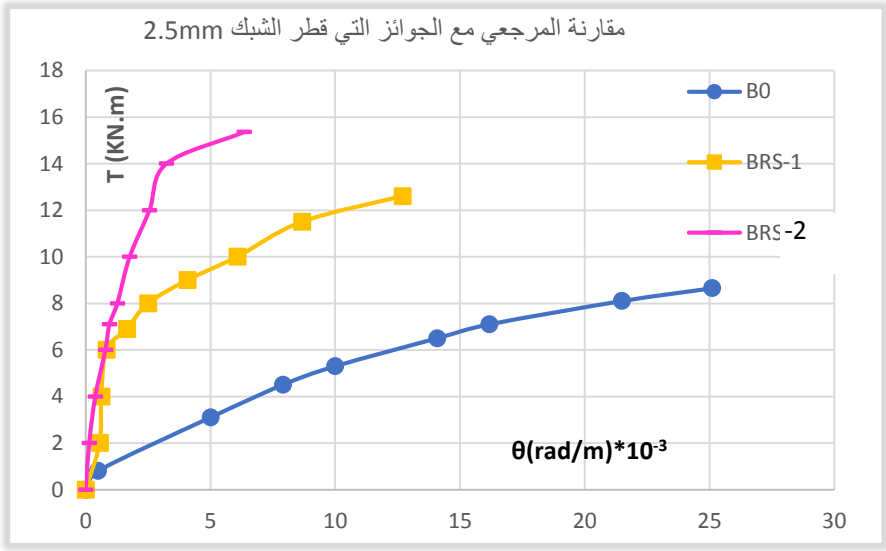


الشكل(14) مقارنة عزوم الفتل للجوائز المرجعية والجوائز المدعمة

وبدى هذا السلوك الانهياري المطاوع للجوائز المدعمة من خلال محافظة هذه الجوائز على قيمة عزم الانهيار لمدة جيدة مع تزايد التشققات قبل أن تبدأ بالتناقص ثانية وصولا للانهيار النهائي للجوائز والذي سبب بانسلاخ طبقة الفيروسمنت.

ففي الجوائز(BRS-1,BRS-2) المدعمة من ثلاث جهات والربط باستخدام روابط القص و تلك المربوطة باستخدام SBR بدء ظهور التشققات في السطح غير المدعم وصولا للأسطح المدعمة مع محافظة طبقة الفيروسمنت على تماسكها وصولا الى عزم الانهيار الفتلي حيث حصل انسلاخ محدود لطبقة الفيروسمنت ترافق مع توسع التشققات بشكل كبير، رغم ان الجوائز (BRS-2) المربوطة بروابط قص أعطت أداء أفضل وعزم دوران فتلي مقاوم أكبر. أما بالنسبة للجوائز المدعمة بالفيروسمنت مع **SBR** المطوقة من ثلاث جهات(BRS-1) فقد تحسن السلوك الفتلي بشكل كبير من حيث التحكم بالتشققات بعزم فتل حوالي 6.6 KN.m أما عزم الانهيار فقد تحسن بنسبة 28% مقارنة بالجوائز المرجعية الا أن التحسن الأكبر للجوائز المطوقة من ثلاث جهات مع SBR مع الجوائز

المرجعية والجوائز المدعمة والربط باستخدام روابط القص فهو بزاوية الفتل النسبية فبلغت قيم زاوية الفتل للجوائز BRS−1 0.0127Rad/m بينما بلغت في الجوائز BRS−1 0.00634 Rad/m ، وبالتالي استطاعت طبقة الفيروسمنت المدعمة للجائز باستخدام طريقتي الربط تحسن قدرتها على التحكم بالتشققات(الجدول(3)).



الشكل(15) مقارنة عزوم الفتل مع زوايا الدوران النسبية للجوائز المرجعية والجوائز المدعمة

الجدول(3) مقارنة النتائج التجريبية للجوائز المرجعية والجوائز المختبرة

المجموعة	اسم الجائز	عزم الفتل عند الشق الأول (عزم التشقق) T_{cr}(KN.m)	عزم الفتل عند الانهيار T_{ult}(KN.m)	$\frac{T_{cr}}{T_{cr0}}$	$\frac{T_{ult}}{T_{ult0}}$
الجوائز المرجعية	B0	4.723	8.65	1	1
الجوائز المدعمة بالفيروسمنت قطر الشبك 2.5mm	BRS1	6.6	12.6	1.4	1.45
	BRS2	7.1	15.36	1.51	1.775

تم حساب عزم الفتل للجائز المرجعي البيتوني المسلح BR0 باستخدام الكود الأمريكي ACI318−83 (العلاقة6) كما في الجدول (4). ثم تم حساب عزم الفتل عند الانهيار للجائز البيتوني المدعم بالفيروسمنت من ثلاث جهات وفق نفس العلاقة مع اعتماد التقريبات التالية اذ اعتبر المقطع العرضي الجديد هو المقطع العرضي للجائز للبيتوني مضاف اليه سماكة الفيروسمنت والتسليح العرضي المقاوم اضيف له مساحة شبك الأسلاك الموجود بالفيروسمنت.

الجدول(4) متحولات حساب عزم الفتل الحسابي حسب كود ACI318

الجائز	$f`_c$ Mpa	b mm	h mm	n	At cm^2	α_t	X1 mm	f_y Mpa للتسليح العرضي	عزم الفتل الحسابي KN.m
بدون تدعيم	25	125	250	3	0.502	1.43	90	408	9.197
الجائز مع طبقة الفيروسمنت	25	127	275	3	0.502	1.43	90	408	13.278
	25			12	0.316	1.243	150	865	

بمقارنة قيمة عزم الفتل التجريبي للجائز المرجعي BR0 مع قيمة عزم الفتل الحسابي نلاحظ أن النتائج متقاربة اذ أن $\tau_n cal/\tau_{EXP}$ =9.197/9.839=0.934

وبمقارنة قيمة عزم الفتل التجريبي للجائز المدعم بالفيروسمنت BRS−1 و BRS−2 مع قيمة عزم الفتل الحسابي كانت النتائج ما يلي:

BRS−1: $\tau_n cal/\tau_{EXP,1}$ =13.278/12.7=1.0455

BRS−2: $\tau_n cal/\tau_{EXP,2}$ =13.278/15.36=0.865

اذ بلغت نسبت الاختلاف عن الجائز BRS-1 الذي استخدمنا SBR كمادة ربط فيه حوالي 5% أما بالنسبة للجوائز BRS-2 الذي استخدمت روابط القص للربط فكان الاختلاف حوالي 14% وبالتالي لم نستطع وفق العلاقة السابقة ان نأخذ بالاعتبارالعديد من العوامل التي تؤثر على مقاومة الجائز كجهة التطويق ونوع الرابط

5 -الاستنتاجات والتوصيات:

- **الاستنتاجات:**

1- بينت نتائج التجارب أن التدعيم بالفيروسمنت للجوائز البيتونية المسلحة يحسن السلوك الفتلي اذ يزداد عزم التشقق وعزم الانهيار بنسب تصل إلى 60% كما تتناقص زوايا الفتل النسبية مقارنة مع الجوائز غير المدعمة.

2- أعطت الجوائز البيتونية المدعمة من ثلاث جهات وبتباعد روابط قص 15cm أفضل النتائج بالمقارنة مع الجوائز المرجعية والجوائز المدعمة وفق المتحولات المدروسة.

3- أظهرت نتائج التجارب أن التدعيم من ثلاث جهات باستخدام SBR قد حسن السلوك الفتلي مقارنة بالجوائز المدعمة من ثلاث جهات مع استخدام روابط القص، اذ بلغ الفرق 16% مع أفضلية سهولة التنفيذ.

4- أظهرت مقارنة النتائج أن التدعيم من ثلاث جهات باستخدام SBR يحسن زاوية الدوران النسبية عند الانهيار بشكل كبير كما يحسن عزم الدوران الفتلي المقاوم بنسب وصلت ل 45%.

5- تبين النتائج أن التطويق من ثلاث جهات قد حسن عزم فتل التشقق (عند ظهور الشق الأول) و زاوية الدوران النسبية عن بداية ظهور التشققات، كما حسن عزم الفتل عند الانهيار مقارنة مع الجوائز المرجعية.

6- أظهر تطبيق العلاقة الحسابية لقيمة عزم الفتل عند الانهيار تقارب بالنتائج مع القيم التجريبية بالنسبة للجائز المرجعي وكذلك للجوائز المدعمة بالفيروسمنت وخاصة بالنسبة لتلك التي استخدم SBR للربط. اذ لا تأخذ هذه العلاقة تأثير طريقة الربط على النتائج.

- **التوصيات:**

1- من خلال نتائج التجارب نوصي بإمكانية استخدام الفيروسمنت بتدعيم الجوائز البيتونية المسلحة المعرضة للفتل.

2- لابد من اختبار طرق أخرى من الربط بين الفيروسمنت والجائز البيتوني.

3- اختبار متحولات أخرى في دراسة الجوائز البيتونية المسلحة المدعمة بالفيروسمنت على الفتل كمقاومة المونة الاسمنتية والنسبة بين طول وعرض المقطع العرضي للجائز البيتوني.

المراجع العلمية:

1– ABY BAKAP, B.H; BYNNOPI,N; MOHAMMEΔ, THAEP 2016 Τορσιοναλ ιμπροϖεμεντ οφ ρεινφορχεδ χονχρετε β εαμσ υσινγ υλτρα ηιγη−περφορμανχε φιβερ ρεινφορχεδ χονχρετε (ΥΗΠΦΧ) φαχκετσ □ Εξπεριμενταλ στυδψ,ΕΛ ΣΕϛΙΕΡ ϑΟΥΡΝΑΛ∀ΧΟΝΣΤΡΥΧΤΙΟΝ ΑΝΔ ΒΥΙΛΔΙΝΓ ΜΑΤΕΡΙΑΛΣ∀, ΠΠ 533–542.

2– ΒΕΗΕΡΑ, Γ; ΔΑΗΑΛ, Μ 2018 Τορσιοναλ Βεηαϖιουρ οφ Νορμαλ Στρενγτη ΡΧΧ Βεαμσ ωιτη Φερροχεμεντ □Υ□ Ω ραπσ, ΦΑΧΤΑ ΥΝΙϛΕΡΣΙΤΑΤΙΣ, ϛολ.16, ππ 1–16.

3– ΒΕΗΕΡΑ, Γ; ΡΑΟ,Χ; ΡΑΟ, Τ 2008 Τορσιοναλ Χαπαχιτι ψ οφ Ηιγη Στρενγτη Χονχρετε Βεαμσ ϑαχκεττεδ Ωιτη Φ ερροχεμεντ Υ □ Ωραπσ, ΑΣΙΑΝ ϑΟΥΡΝΑΛ ΟΦ ΧΙϛΙΛ Ε ΝΓΙΝΕΕΡΙΝΓ (ΒΥΙΛΔΙΝΓ ΑΝΔ ΗΟΥΣΙΝΓ), ϛολ.9, ππ 411 –422.

4– Γυιδε φορ τηε Δεσιγν, Χονστρυχτιον, (Ρεαππροϖεδ 1999) ανδ Ρεπαιρ οφ Φερροχεμεντ,ΑΧΙ 549.1Ρ–93, 1999.

5– ΜΑΚΚΙ.Φ, ΡΑΓΗΕΕΔ 2014 Ρεσπονσε Οφ Ρεινφορχεδ Χο νχρετε Βεαμσ Ρετροφιττεδ Βψ Φερροχεμεντ, ΙΝΤΕΡΝΑΤ ΙΟΝΑΛ ϑΟΥΡΝΑΛ ΟΦ ΣΧΙΕΝΤΙΦΙΧ & ΤΕΧΗΝΟΛΟΓΨ ΡΕΣΕΑΡΧΗ , ϛολ 3, ππ 27–34.

6– ΠΑΤΚΑΡ, Μ; ΡΑϑΓΥΡΥ, Ρ 2021 Τορσιον βεηαϖιορ οφ στρε νγτηενεδ ΡΧ βεαμσ βψ φερροχεμεντ, ΕΛΣΕϛΙΕΡ ϑΟΥΡΝΑΛ ∀ΧΟΝΣΤΡΥΧΤΙΟΝ ΑΝΔ ΒΥΙΛΔΙΝΓ ΜΑΤΕΡΙΑΛΣ∀ .

7– البلال، علي 2019 تأثير التدعيم بالفيروسمنت في سلوك الجوائز البيتونية المسلحة المتضررة، **أطروحة دكتوراه في كلية الهندسة المدنية جامعة البعث**.

8– السلامة، دارين 2020 تطوير علاقة مقاومة الفتل للجوائز البيتونية المسلحة ذات الفتحات المحدثة أثناء الاستثمار والمقواة بشرائح CFRP ، **أطروحة دكتوراه في كلية الهندسة المدنية جامعة تشرين**.

9- علي، يامن 2014 تدعيم الأعمدة البيتونية المسلحة باستخدام الشبكات المعدنية الملحومة المتوافرة محلياً، **أطروحة ماجستير في كلية الهندسة المدنية جامعة دمشق**.

استخدام مخلفات العبوات البلاستيكية بتصنيع البلوك الاسمنتي

*** الدكتورة: سوزان تفاحة**

كلية الهندسة –جامعة الوادي الدولية الخاصة

الملخص

تبلغ كمية النفايات البلاستيكية مئات الملايين من الأطنان، وتكمن المشكلة بأن البلاستيك مادة غير قابلة للإتلاف في الظروف الطبيعية ويتطلب التحلل الحيوي لها آلاف السنين، وبالتالي أصبح التخلص من هذه النفايات مشكلة عالمية لا تخفى على أحد. وانطلاقاً من ذلك وكون أن مفهوم الاستدامة في الوقت الحاضر يحظى بأولوية قصوى في صناعة التشييد، بدأ البحث باتجاه استخدام المخلفات البلاستيكية في تصنيع جيل جديد من مواد البناء أكثر استدامة وصديقة للبيئة.

قمنا من خلال هذه الدراسة بتصنيع بلوك اسمنتي باستخدام مفروم مخلفات العبوات البلاستيكية من نوع PET كمستبدل من كمية الرمل بنسب (0% – 5% – 10% – 15%) بهدف خلق فرصة لإعادة تدوير هذه المخلفات من جهة، والتقليل من استهلاك المصادر الطبيعية للرمل من جهة أخرى. تم دراسة تأثير استخدام مخلفات العبوات البلاستيكية على مقاومة الضغط بعمر 28 يوم وعلى مقاومة الحريق وعلى خصائص الوزن الحجمي والامتصاص وقورنت النتائج بمتطلبات المواصفة القياسية السورية 1983/333. توصل البحث بأن استخدام مخلفات العبوات البلاستيكية بتصنيع البلوك قلل من مقاومة الضغط ومقاومة الحريق وزاد الامتصاص ولكن بالمقابل قل الوزن الحجمي للبلوك بشكل مجدي بتقليل الحمولات الميتة بالمبنى، وبالتالي يوجد فرصة استثمار مجدية لمخلفات العبوات البلاستيكية بصناعة البلوك.

كلمات مفتاحية: تدوير المخلفات البلاستيكية – مخلفات العبوات البلاستيكية PET –البلوك البلاستيكي.

*** دكتورة بالهندسة المدنية/ كلية الهندسة –جامعة الوادي الدولية الخاصة**

Using plastic bottle waste in manufacturing cement blocks

*** Dr. Susan Tuffaha**

Abstract

The amount of plastic waste reach hundreds of millions of tons, and the main problem is that plastic is an indestructible material in natural conditions and its biodegradation requires thousands of years, so the disposal of this waste has become a global problem that is not hidden for anyone. Based on this and within the fact that the concept of sustainability is currently a top priority in the construction industry, research has begun towards using plastic waste in manufacturing a new generation of building materials that is more sustainable and environmentally friendly.

Through this study, cement block units were manufactured by using chopped PET plastic bottle waste as a substitute of the amount of sand in proportions (0% - 5% - 10% - 15%) with the aim of creating an opportunity to recycle this waste on the one hand, and reducing the consumption of natural sand resources on the other hand. It has studied the effect of using plastic waste on compressive strength at the age of 28 days, fire strength, density and absorption then the results were compared with the requirements of the Syrian standard. The results demonstrated that the use of this waste in manufacturing cement blocks reduced the compressive strength, fire strength, and increased absorption, while the density of the blocks were decreased in a meaningful way to minimize dead loads of the building, so there is a viable opportunity to invest plastic bottle waste in the block industry.

Key words: **Recycling - PET plastic waste - plastic blocks**.

* Doctor in the Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Wadi International University, Syria.

1- المقدمة والدراسة المرجعية:

البلاستيك أو اللدائن مادة سهلة التشكيل بصور مختلفة تتكون بشكل أساسي من سلاسل تدعى البوليميرات وهي عبارة عن سلاسل طويلة من المركبات التي لها كتلة جزيئية كبيرة يتم تصنيعها في مصانع البتروكيماويات بتحويل البترول الخام إلى هذه المادة من خلال عدة مراحل إنتاجية.

للبلاستيك نوعين: النوع الأول هو البلاستيك الحراري Thermoplastic وهو الذي يمكن صهره وإعادة تدويره أثناء صناعته كأنواع البولي بروبيلين والبولي إثيلين و PVC وهذا النوع هو الأكثر استعمالاً بمنتجات كأكياس النايلون والعبوات البلاستيكية والإطارات...إلخ، والنوع الثاني هو البلاستيك اللاحراري Thermoset هذا النوع لا يمكن صهره بالحرارة وإعادة تدويره لأن السلاسل الكيميائية لجزيئاته مرتبطة بإحكام مع بعضها البعض حيث بعد تحوّل هذا النوع من اللدائن بعد تشكيله لا يمكن إعادة تليينها وتشكيلها بإعادة التسخين ومن أمثلة عن هذه البوليميرات: راتنجات الفينول وراتنجات اليوريافورماهيد والايبوكسيات ويستعمل هذا النوع من البلاستيك في تغليف الأسلاك الكهربائية ومقابض القدور ...إلخ.

يشار إلى البلاستيك بالمختصرات التالية وذلك بحسب الصيغة والتركيب الكيميائية ولكل من هذه الأنواع مجال استخدام خاص (Rawa, 2020):

- البولي ايثيلين تيريفثاليت PET (polyethylene terephthalate) مثل البلاستيك المستخدم بتصنيع عبوات المياه الغازية والمعدنية ...الخ.
- البولي ايثيلين عالي الوزن الحجمي HDPE (high-density polyethylene) مثل البلاستيك المستخدم بصناعة الأنابيب والألعاب والحقائب...الخ.
- البولي بروبلين PP (polypropylene) مثل البلاستيك المستخدم بإنتاج المعدات الكهربائية والإلكترونية والأجهزة المنزلية وصناعة السيارات والأجهزة الطبية...الخ.
- البوليسترين PS (polystyrene) مثل البلاستيك المستخدم بإنتاج المعدات الإلكترونية والأجهزة الطبية وصناعة السيارات ومنتجات تغليف وحفظ الأطعمة ومواد العزل...الخ.

- بولي اثيلين منخفض الوزن الحجمي LDPE (Low Density Polyethylene) مثل البلاستيك المستخدم بتصنيع أكياس الطعام وأكياس القمامة...الخ.
- بولي فينيل كلوريد PVC (polyvinyl chloride) ويصنع منه بلاستيك صلب ومتين كالمستخدم بصناعة الأنابيب وعزل الأسلاك الكهربائية وصناعة عبوات حفظ الزيوت وأدوات التجميل ...الخ.

منذ أن عرف العالم الثورة الصناعية ظهرت الصناعات البلاستيكية وازدهرت وأصبحت اليوم تحتل الصدارة بالنسبة للصناعات الحالية نظراً لاستخداماتها العديدة في الحياة اليومية ولأنها تدخل في تركيب الكثير من الأشياء والأدوات المحيطة بنا، حيث تبلغ كمية المنتجات البلاستيكية التي تُنتج سنوياً في العالم قرابة 400 مليون طن وقد يتضاعف هذا الرقم ثلاث أضعاف بحلول عام 2040 إذا استمرت اتجاهات النمو البشري على ما هي عليه، وغالباً ينتهي ما يقارب 85% من كمية الإنتاج المذكورة في مكبات القمامة أو كنفايات غير منظمة تلوث التربة والأنهار والبحار والمحيطات (EPA, 2015).

وتكمن المشكلة الأساسية بأنه لا يمكن للعوامل البيئية التعامل مع مخلفات البلاستيك بسرعة، فالبلاستيك مادة غير قابلة للإتلاف في الظروف الطبيعية ويتطلب التحلل الحيوي للبلاستيك آلاف السنين. وفي الوقت الحاضر يتم التخلص من هذه المخلفات البلاستيكية إما عن طريق دفنها أو حرقها، ويعتبر دفن النفايات البلاستيكية خطير وضار جداً بالتربة وخصائصها كما يتطلب هدر مساحات كبيرة، وكذلك التخلص منها عن طريق الحرق يسبب مشاكل بيئية خطيرة بالإضافة لكون هذه التقنيات مكلفة، لذلك تحظر الكثير من الدول حرق هذه النفايات أو دفنها بشكل غير قانوني مرخص، وقد أدى كل ذلك إلى إجماع مفاده أن البلاستيك يشكل مادة غير مستدامة من الوجهة البيئية، وأصبح التخلص من النفايات البلاستيكية مشكلة عالمية معروفة ومن هنا جاءت فكرة إعادة استخدام بعض هذه النفايات كحل بديل لمسألة الطمر أو الحرق.

عادة يتم تجميع النفايات البلاستيكية بمكبات ليصار بعد ذلك طحنها بأشكال متعددة لإعادة تصنيعها أو لإعادة تدويرها واستخدامها بمجالات أخرى.

الشكل (1) المكبات العشوائية للمخلفات البلاستيكية

لقد فتح هذا الموقف لعلماء مواد البناء مجالاً بحثياً جديداً لدراسة استخدام مخلفات البلاستيك بصناعة التشييد كجيل جديد من مواد البناء أكثر استدامة وصديقة للبيئة، كون أن مفهوم الاستدامة في الوقت الحاضر يحظى بأولوية قصوى حول العالم، لذلك نشأت العديد من الأبحاث التي تناولت استخدام جزيئات البلاستيك المعاد تدويره كمستبدلات من كمية الركام، حيث قام الباحثون بتجريب أنواع عديدة من البلاستيك كنفايات البولي إيثيلين عالي الوزن الحجمي(HDPE) high-density polyethylene مثل (Foti, 2013) & (Jasim, 2017) & (Badache, 2018) أو نفايات بلاستيك البولي بروبلين من مخلفات أكياس البلاستك polypropylene (PP) مثل (Zaleska, 2018) & (Manjunath, 2016) & (لبنى، 2018) أو استخدام نفايات بلاستيك البولي استرين polystyrene (PS) مثل (Wang, 2018) ولكن كان لاستخدام نفايات بلاستيك البولي إيثيلين تيرفثاليت (PET) المستخدم بتصنيع العبوات البلاستيكية كعبوات المياه الغازية والمعدنية الحصة الأكبر من اهتمام الباحثين كون هذه النفايات تقدر بملايين الأطنان وأصبحت فكرة التخلص منها مشكلة حقيقية.

بدأ البحث باتجاه استخدام مفروم العبوات البلاستيكية كمستبدل من كمية الركام بخلطات البيتون والملاط وأيضاً بصناعة وحدات البلوك الاسمنتي ووحدات الرصف، وذلك بهدف خلق فرصة لتدويرها من جهة والحد من الاستخدام الجائر للمصادر الطبيعية للحصويات من جهة أخرى، وسنلخص بعضاً من هذه الدراسات بالآتي:

-جرب (Sau, 2024) إضافة مفروم مخلفات العبوات البلاستيك بنسب حتى 40٪ كمستبدل من كمية الركام بالخلطة البيتونية. أظهرت النتائج أن أنه مع زيادة نسبة البلاستيك تزداد نفاذية الماء والغاز، وزادت مقاومة الكربنة والمحاليل العدائية ولم تتأثر قوة الضغط بشكل كبير حتى برفع درجة الحرارة ولكن لأقل من 100 درجة مئوية.

- جرب (Hameed, 2023) إضافة مفروم مخلفات العبوات البلاستيك بنسب حتى 50٪ كمستبدل من كمية الرمل بالخلطة لتصنيع بلاطات لرصف الطرقات وتصنيع بلوك للبناء، أشارت النتائج إلى أن المقاومات نقصت عند محتوى 50% من البلاستيك وخاصة مقاومة الضغط أكثر من مقاومة الانحناء ولكن بقيت قيم المقاومات تلبي مع الحد الأدنى من متطلبات المواصفات القياسية المعتمدة.

- قام (Agyeman, 2019) بدراسة استخدام مخلفات البلاستيك بإنتاج وحدات لرصف الأرضيات وتأثير ذلك على مقاومة الضغط والامتصاص. توصلت الدراسة إلى إمكانية استخدام النفايات البلاستيكية بتصنيع وحدات الرصف بالمناطق غير المرورية مثل الحدائق وممرات المشاة بسبب انخفاض قيم مقاومة الضغط المنخفضة نسبيًا مقارنة بعتبات المواصفات العالمية لبلوك الرصف المستخدم بالمناطق المرورية. وبشكل مشابه لما تم ذكره توصل (Gungate,2021) & (Ghuge,2019) إلى إمكانية استخدام النفايات البلاستيكية كمستبدل من وزن الرمل في تصنيع وحدات الرصف غير المرورية كالحدائق

وممرات المشاة، وأعطى استبدال 5% من البلاستيك المعاد تدويره أعلى قيمة لمقاومة الضغط.

– قام (Mardiha, 2018) باستخدام مخلفات العبوات البلاستيكية كمستبدل من كمية الركام بالخلطة لتصنيع وحدات بلوك اسمنتي، وبعد معالجة الكتل المصبوبة تم اختبارها على الضغط والانحناء، وأظهرت النتائج أن استخدام مخلفات العبوات البلاستيكية بديل جيد بهذا المجال ولكن نحتاج لمزيد من التحقيقات ودراسة تأثير المخلفات على خصائص أخرى كالديمومة.

– وجرب (Mokhtar, 2018) نسب 5%–10%–15% من مفروم مخلفات العبوات البلاستيكية كبديل جزئي من كمية الركام لتصنيع بلوك وبلاط للرصف، وجد أن العينات المعدلة بالبلاستيك أقل وزناً ومقاومتها للقص كانت أفضل، ولكن انخفضت مقاومة الضغط مع زيادة نسبة النفايات وكذلك نقصت قابلية التشغيل، وأعطت نسبة استبدال 5% أفضل النتائج.

جرب (Sithananadan, 2015) إضافة مفروم مخلفات العبوات البلاستيك بنسب حتى 10٪ كمستبدل من كمية الرمل بالخلطة لتصنيع بلاطات لرصف الطرقات وتصنيع بلوك للبناء وباستخدام عينات مرجعية وأخرى حاوية على مخلفات بلاستيك لمقارنة النتائج، حيث تم اختبار جميع العينات بعمر 7 و 14 و 28 يوم. أعطت نسبة استبدال 4٪ أفضل النتائج بالنسبة لبلاطات الرصف ونسبة 2٪ أفضل النتائج بالنسبة للبلوك.

– درس (Rakesh, 2015) إمكانية تصميم وحدات البلوك مع مفروم مخلفات العبوات البلاستيكية كمستبدل جزئي من كمية الرمل بنسب حتى 6٪ وبوجود الرماد المتطاير fly ash بالخلطة، فتبين تناقص بمقاومة الضغط بزيادة الاستبدال عن 2% كما توصل البحث إلى أن استخدام الرماد المتطاير مع نفايات البلاستيك مقبول بخلطات البلوك.

– درس (Babo, 2012) الخصائص الريولوجية والمتصلبة للبيتون ذاتي التوضع self-compacted concrete باستخدام مفروم مخلفات العبوات البلاستيكية بنسب حتى 15% كمستبدل من كمية الرمل مع وبدون الملدنات، وتم اختبار مقاومة الضغط والانحناء بعمر 3 و 7 و28 يوم. أظهرت النتائج أن استخدام النفايات عمل على تقليل قابلية التشغيل بنسبة تصل حتى 15٪ مقارنة بالعينة المرجعية ولكن باستخدام الملدن الفائق تم التغلب على ذلك، كما لوحظ تناقص المقاومة في جميع الأعمار بنسبة أقصاها 15% كما نقص الوزن الحجمي ولهذا أهمية بتقليل الأوزان الذاتية عند حساب الأحمال بالمبنى. وبشكل مشابه للدراسة المذكورة وجد (Al-Hadithi, 2016) أن استخدام مخلفات البلاستيك مع البيتون ذاتي التوضع أنقص الوزن الحجمي وجريان Flow الخلطة دون وجود تأثير سلبي قوي على المقاومة.

– جرب (Akcaozoglu, 2010) إمكانية الاستفادة من مخلفات عبوات البلاستيك كمستبدل من وزن الرمل لإنتاج منتجات البيتون خفيف الوزن بتجريب استبدال حتى 50% من وزن الرمل بالبلاستيك مع وجود خبث الأفران Slag كمستبدل من كمية الاسمنت وبدونه. تم التوصل إلى أن هناك إمكانية لاستخدام نفايات عبوات البلاستيك كركام في إنتاج بيتون خفيف الوزن ولهذه المنتجات أهمية بتقليل الوزن الميت للمبنى.

– درس (Won, 2010) أثر مخلفات عبوات البلاستيك على خصائص الديمومة من خلال إجراء اختبارات نفاذية الكلوريدات وحلقات تجميد – تذويب والغمر ببيئات كيميائية عدائية مثل (أملاح $CaCl_2$ ،حامض الكبريتيك، وكبريتات الصوديوم، قلويات) لم يكن سلوك المنتج الحاوي على البلاستيك أداء مختلف عن العينة المرجعية من حيث نفاذية الكلوريدات، كما أظهرت نتائج اختبار حلقات التجميد – تذويب واختبارات الغمر بالأوساط الملحية $CaCl_2$ وكبريتات الصوديوم نتائج ممتازة بالنسبة للمنتج الحاوي على البلاستيك ولكن انخفضت مقاومة الضغط في البيئات القلوية وبحمض الكبريتيك.

– استخدم (محمد، 2020) مفروم مخلفات العبوات البلاستيكية كمستبدل من الرمل الطبيعي بنسب (2,5% ، 5% ، 7,5%) في تصنيع بيتون عالي الأداء بإضافة الملدن عالي الأداء و 10% من هباب السيليس. أظهرت النتائج أن الخلطات التي تحتوي على مفروم المخلفات البلاستيكية أعطت قابلية تشغيل أقل من الخلطة المرجعية، كما أظهرت نتائج اختبارات الوزن الحجمي انخفاضاً واضحاً مع زيادة محتوى الركام البلاستيكي وانخفضت نتائج مقاومة الضغط ومعامل المرونة مقارنة مع الخلطة المرجعية، في حين ازدادت قيم مقاومة الانحناء مع زيادة نسب الاستبدال. كما بينت نتائج حلقات التجميد – تذويب أن الخلطات المحتوية على المخلفات البلاستيكية ذات ديمومة جيدة وأعطت الخلطة المحتوية على نسبة استبدال 5% أفضل النتائج.

– درس (ميار، 2019) تأثير ألياف مقطعة من مخلفات العبوات البلاستيكية على الخواص الريولوجية (قطر الانتشار) وعلى مقاومة الضغط للبيتون ذاتي التوضع. أوضحت النتائج نقص بقابلية التشغيل للخلطات بزيادة محتوى مفروم البلاستيك.

– درس (عبد القادر، 2018) تأثير إضافة ألياف مخلفات عبوات البلاستك على مقاومة الضغط ومقاومة الانحناء، و أضيفت نسبة ١٠% من بوليمر الـ SBR لجميع الخلطات الخرسانية. أظهرت النتائج تحسناً في الخواص الميكانيكية للبيتون المعدل بالبوليمر مع زيادة نسبة الألياف وخاصة بمقاومة الانحناء أكثر من مقاومة الضغط حيث بلغت هذه الزيادة بعمر ٢٨ يوم الى 24.4 % مقارنة بالخلطة المرجعية.

– قام (أحمد، 2016) من التحقق من تأثير مخلفات عبوات البلاستيك على الوزن الحجمي ومقاومة الضغط والصدم والانحناء للبيتون بنسب استبدال حتى 45٪ من وزن الرمل. أظهرت نتائج التجارب إمكانية استخدام مخلفات عبوات البلاستيك في خلطات البيتون بسبب وجود انخفاض مشجع في الوزن كما لم يلاحظ أي تغيرات مقلقة بالمقاومات في

الخلائط التي تحتوي حتى 15٪ من مخلفات البلاستيك، وبالنسبة لاستبدال 30٪ و 45٪ لوحظ انخفاض واضح في مقاومة الضغط ولم يحصل ذلك على مقاومة الانحناء والصدم.

2- مبررات البحث وأهدافه:

1. خلق فرصة لإعادة تدوير مخلفات العبوات البلاستيكية والتي تقدر بملايين الأطنان وأصبحت فكرة التخلص منها مشكلة عالمية، وأيضاً التقليل من استهلاك المصادر الطبيعية للرمل بالخلطة وذلك ضمن سياق تطبيقات التنمية المستدامة.
2. دراسة إمكانية تصنيع بلوك اسمنتي محلي باستخدام مخلفات العبوات البلاستيكية والتحقق من أثر ذلك على مقاومة الضغط بعمر 28 يوم وعلى مقاومة الحريق وعلى الوزن الحجمي والامتصاص.

3- مواد وطرق البحث:

قمنا من خلال هذه الدراسة بتصميم بلوك اسمنتي باستخدام مفروم مخلفات عبوات بلاستيكية كمستبدل من كمية الرمل بنسب (0% - 5% - 10% - 15%).

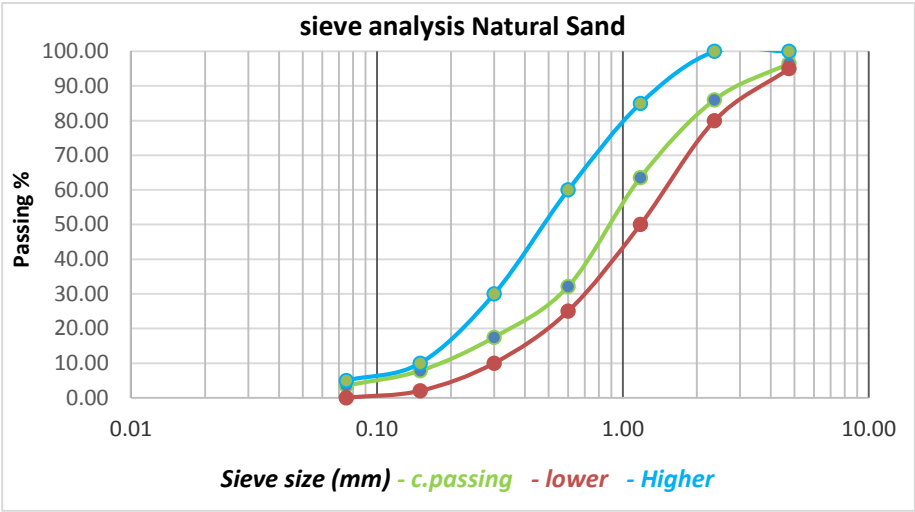
تضمن البرنامج التجريبي بهذا البحث ما يلي:

- توصيف المواد المستخدمة بالبحث.
- تشكيل عينات البلوك.
- دراسة تأثير مخلفات البلاستك على مقاومة الضغط بعمر 28 يوم.
- دراسة تأثير مخلفات البلاستك على مقاومة الحريق.
- دراسة تأثير مخلفات البلاستك على الوزن الحجمي والامتصاص.

3-1 توصيف مواد البحث:

الاسمنت(PC): الاسمنت المستخدم بورتلاندي نوع I تصنيع معمل اسمنت طرطوس صنف 32.5 محقق للمواصفة القياسية السورية (1985/332).

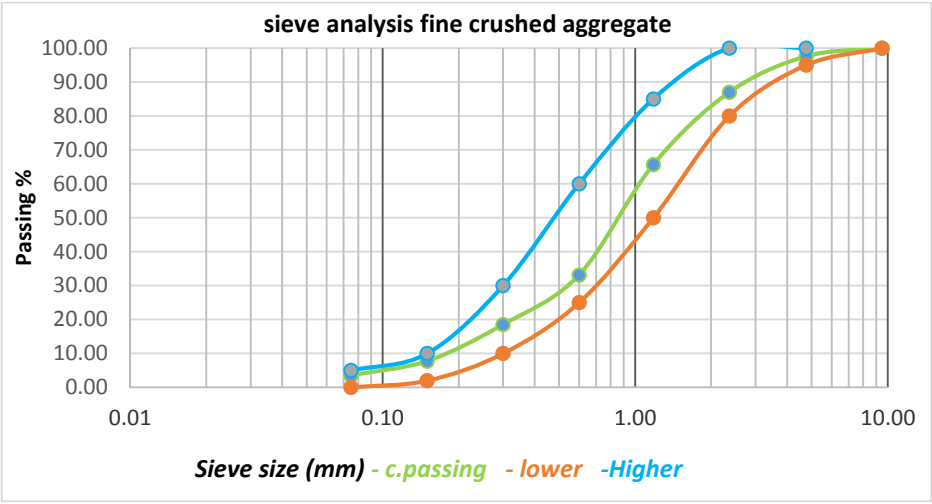
الرمل: تم استخدام رمل طبيعي التحليل المنخلي له مبين بالشكل (2) وهو يحقق المواصفة ASTM C136 ويقع ضمن حدود حزمة المواصفة الموضحة بالمنحنيين $(Max\ \&\ Min)$.



الشكل (2) التحليل الحبي للرمل المستخدم

للتحقق من نسبة الشوائب والأملاح المنحلة بالرمل تم حساب المكافئ الرملي وكانت قيمته 77.32% (76.32% > 75%) وبالتالي الرمل نظيف ولا داعي لغسله.

البحص: تم استخدام بحص مكسر بقطر أعظمي 10مم والتحليل المنخلي له مبين بالشكل (3) وهو يحقق المواصفة ASTM C136 ويقع ضمن حدود حزمة المواصفة الموضحة بالمنحنيين $(Max\ \&\ Min)$.



الشكل (3) التحليل الحبي للبحص المستخدم

الشكل (4) مفروم مخلفات العبوات البلاستيكية باستخدام آلة الفرم

البلاستيك: من نوع PET polyethylene terephthalate تم أخذ مفروم مخلفات عبوات بلاستيكية للمياه المعدنية والغازية من أحد ورشات صناعة البلاستيك وأكياس النايلون بالمنطقة الصناعية بحسية كما يوضح الشكل(4).

3-2 تشكيل عينات البلوك:

تم تصنيع البلوك ومعالجته بحسب إرشادات المواصفة القياسية السورية للبلوك م. ق. س 333 / 1983 حيث تم خلط البحص ورمل مع الإسمنت بالنسب (اسمنت: بحص: رمل) = (4:2:1) وبنسبة W/C =0.5 وعيار الاسمنت $200Kg/m^3$ والكميات مبينة بالجدول (1) من أجل خلطة $1م^3$ حيث تم استبدال جزء من الرمل بمفروم مخلفات العبوات البلاستيكية وفق النسب (0% – 5% – 10% – 15%) ومُزج الخليط جيداً وأضيف الماء بحيث تتشكل كتلة بيتونية متماسكة لا تنفر من اليد إذا ما ضغط عليها، ثم تم وضع الخلطات بقوالب معدنية ذات فرغات وبأبعاد 40*20*10سم ثم تم كبسها لتأخذ البلوكة الشكل المطلوب. وتمت معالجة البلوك برشه بالماء مرتين يومياً لمدة 7 أيام ولم يتم كسر البلوكات واختبارها حتى بلغت عمر 28 يوم.

الشكل(5) مراحل الخلط وتشكيل البلوكات

Replacement %	الخلطة المرجعية 0%	الخلطة الأولى 5%	الخلطة الثانية 10%	الخلطة الثالثة 15%
Cement (Kg)	200	200	200	200
Water (Kg)	100	100	100	100
Gravel (Kg)	350	350	350	350
Sand (Kg)	700	665	630	595
Polyethylene(Kg)	0	35	70	105

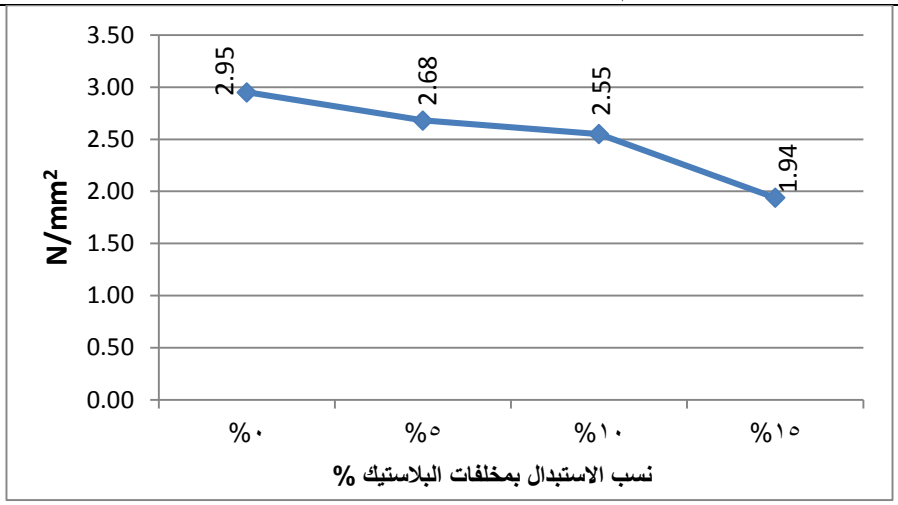
الجدول (1) نسب الخلط من أجل 1 م^3

4- النتائج والمناقشة:

4-1 دراسة تأثير مخلفات البلاستك على مقاومة الضغط بعمر 28 يوم:

بعد أن بلغت البلوكات عمر 28 يوم تم كسر 10 بلوكات من كل خلطة – الشكل (6) – وحساب القيمة الوسطية لمقاومة الضغط والنتائج مبينة بالشكل (7):

الشكل(6) اختبار البلوك على مقاومة الضغط



الشكل(7) مقاومة الضغط بعمر 28 يوم للعينة المرجعية والعينات المعدلة البلاستيك

نلاحظ من القيم الموضحة بالشكل (7) أن استبدال الرمل بالبلاستيك قلل مقاومة الضغط ولكن بنسبة بسيطة من أجل استبدال 5% و10% وبقيت مقاومة هذه البلوكات محققة للمواصفة م. ق. س 333 / 1983 والتي تنص ألا تقل مقاومة الضغط للبلوك المفرغ بعمر 28 يوم لمتوسط 10 بلوكات عن 2.5 نيوتن/مم^2 وذلك بالنسبة لمساحة المقطع الكلية دون حسم الفراغات، ولكن من أجل استبدال 15% بالبلاستيك نقصت المقاومة إلى 1.94 نيوتن/مم^2 وهي أقل بمقدار 22% عن القيمة التي تسمح بها المواصفة وأقل 34% مقارنة بالعينة المرجعية التي لا تحتوي مخلفات بلاستيك.

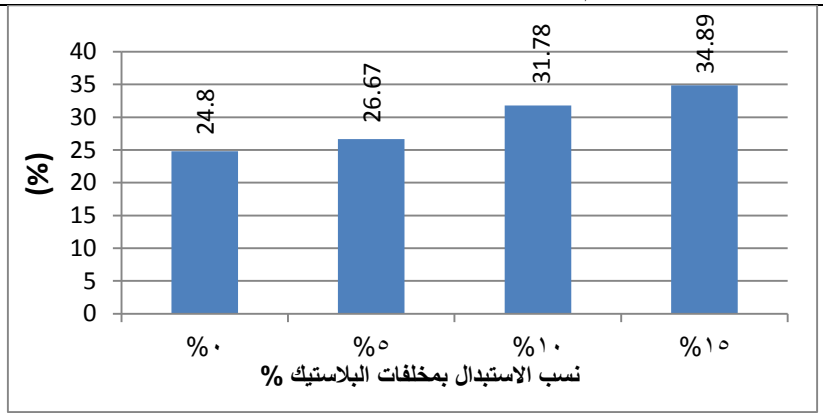
وهنا يجدر بالذكر أنه لفت نظرنا أن انهيار البلوك الحاوي على مفروم البلاستيك كان أقل فجائية من انهيار البلوكات التي لا تحتوي مفروم البلاستيك بما يدل على أن وجود البلاستيك جعل المادة أقل قصافة brittle ويمكن أن نفسر ذلك بأن الشكل الرقائقي لمفروم المخلفات البلاستيكية لعب دور الألياف وحسن التماسك وقوى الترابط وعمل ما يشبه جسر رابط بين

قطعتي الفشل في اختبار المقاومة وبالتالي قلل من الانهيار الفجائي ولهذا أهمية بتحسين أداء المادة بحال حصول هزات أرضية.

4-2 دراسة تأثير المخلفات البلاستيكية على مقاومة البلوك للحريق:

كون أن البلاستيك مادة سريعة الاشتعال واستخدامها يمكن أن يكون مقلقاً من حيث المقاومة للحريق، لذلك بعد أن أتمت البلوكات عمر 28 يوم تم تعريض 3 بلوكات من كل خلطة للحرق مدة ساعة وتم ذلك بشكل خارجي – الشكل(8) – وذلك نظراً لعدم إمكانية مخابرنا المحلية من إجراء اختبار مقاومة الحريق داخلها بالإضافة لدواعي تتعلق بالسلامة، ثم تم قياس مقاومة العينات بعد التعرض للحرق بكسر البلوكات الثلاثة من كل خلطة والتي عرضت للحرق وأخذ قيمة وسطية والشكل(9) يبين مقدار نسب نقصان مقاومة العينات بعد الحرق بالنسبة لقيم مقاوماتها الوسطية قبل تعرضها للحرق.

الشكل(8) تعريض البلوك للحرق وكسر العينات بعد تعريضها للحرق



الشكل(9) نسب نقصان مقاومة العينات بعد الحرق بالنسبة لقيمها قبل تعرضها للحرق

نلاحظ من القيم المبينة بالشكل(9) أن استبدال الرمل بمخلفات البلاستيك قلل من مقاومة البلوك للحريق بشكل طردي مع زيادة نسبة الاستبدال ويمكن أن يفسر ذلك بأن البلاستيك وهو من أنواع المواد البوليميرية التي تضعف مقاومتها تحت تأثر الحرارة عندما ترتفع لدرجة أعلى من درجة بلمرتها Transition temperature التي تتحول بعدها من الحالة الصلبة الى الحالة اللزجة_سائلة ولكن كان مقدار هذا النقص أقل مما توقعناه، حيث بلغ أكبر نقص بالمقاومة من أجل استبدال 15% مقدار 34.89% وهو فقط أقل 10% عن مقدار نقص المقاومة بالعينة المرجعية التي لا تحتوي بلاستيك والبالغ 24.8%.

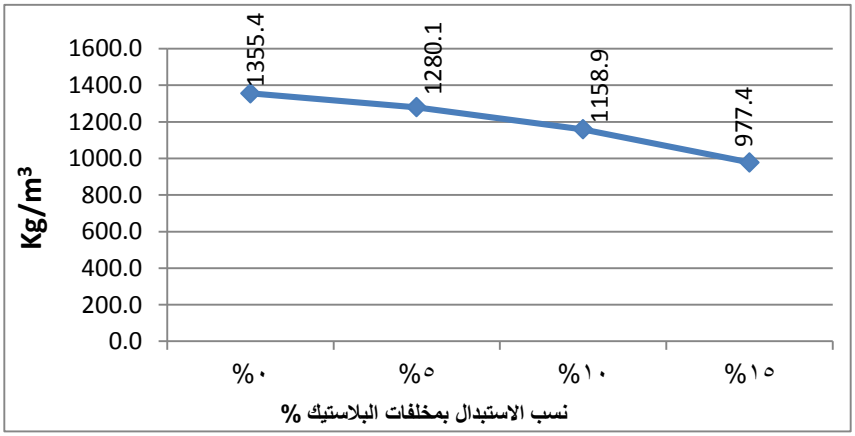
4-3 دراسة تأثير مخلفات البلاستك على خصائص الوزن الحجمي والامتصاص:

لدراسة خصائص الوزن الحجمي والامتصاص تم وضع عينات من كل خلطة بعد أن بلغت عمر 28 يوم بالماء لمدة 24 ساعة حيث تأكدنا من ثبات الوزن وتم قياس وزنها المشبع بعد تجفيف سطحها بمنديل، ومن ثم تم وضع العينات بالفرن 24 ساعة بحرارة 105°C وأخذ ووزنها الجاف بعد التأكد من ثبات الوزن. ولحساب الوزن الحجمي والامتصاص نطبق العلاقات:

الوزن الحجمي الجاف = الوزن الجاف للعينة / حجم العينة

الامتصاص = (الوزن المشبع للعينة – الوزن الجاف للعينة) / الوزن الجاف للعينة

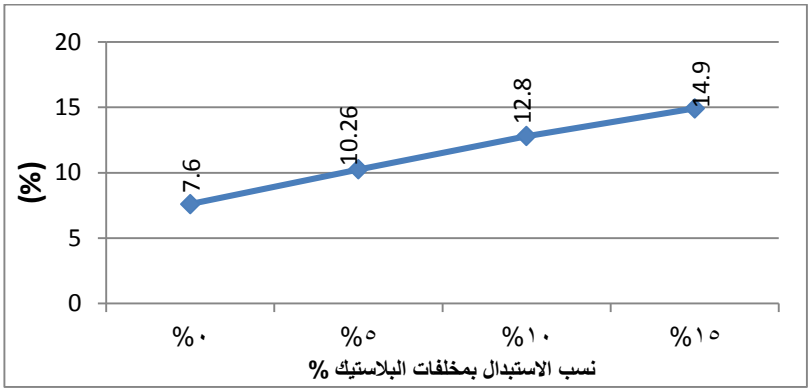
يبين الشكل (10) نتائج قياس الوزن الحجمي للعينات حيث يمكن أن نلاحظ الأثر الإيجابي لاستخدام مخلفات البلاستيك كمستبدل من كمية الرمل بإنقاص الوزن الحجمي للبلوك ولهذا أهمية كبيرة بإنقاص الحمولات الميتة بالمبنى، وهذا يعود كون أن الوزن الحجمي للبلاستيك يتراوح γ = 0.9-0.96 Gr/cm^3 وهو أقل بكثير من الوزن الحجمي للرمل، حيث نقص الوزن الحجمي بحدود 28% من أجل استبدال 15% من الرمل بمخلفات البلاستيك وهي نسبة مهمة ولها أثر جيد بتقليل الأحمال.



الشكل(10) قيم الوزن الحجمي للعينة المرجعية والعينات المعدلة بالبلاستيك

يبين الشكل (11) نتائج قياس الامتصاص للعينات المدروسة حيث نلاحظ أن استخدام مخلفات البلاستيك زاد الامتصاص بشكل واضح حيث تضاعف الامتصاص تقريباً من أجل

استبدال 15% من البلاستيك مقارنة بالعينة المرجعية وهذا ينسجم مع نقصان كثافة المادة، ولكن بقيت قيمة الامتصاص من أجل العينات الحاوية على أعلى نسبة استبدال بالبلاستيك 14.9% تحقق اشتراطات دفاتر الشروط الفنية لإنشاءات وزارة الدفاع والتي تشترط ألا يزيد الامتصاص لمتوسط البلوكات المجربة عن 20% وزناً.



الشكل (11) قيم الامتصاص للعينة المرجعية والعينات المعدلة بالبلاستيك

5- الاستنتاجات والتوصيات:

قمنا من خلال هذه الدراسة بتصنيع بلوك اسمنتي باستخدام مفروم مخلفات العبوات البلاستيكية من نوع PET كمستبدل من كمية الرمل بالخلطة بنسب (0% - 5% - 10% - 15%) وتم دراسة تأثير استخدام مخلفات العبوات البلاستيكية على مقاومة الضغط بعمر 28 يوم وعلى مقاومة الحريق وعلى خصائص الوزن الحجمي والامتصاص وكانت الاستنتاجات كالتالي:

1- تبين أن استبدال الرمل بالبلاستيك قلل مقاومة الضغط ولكن بنسبة بسيطة من أجل استبدال 5% و10% وبقيت مقاومة هذه البلوكات محققة للمواصفة م. ق. س 333 / 1983 ولكن من أجل استبدال 15% بالبلاستيك نقصت المقاومة

بمقدار 22% عن القيمة التي تسمح بها المواصفة ونقصت 34% مقارنة بالعينة المرجعية التي لا تحتوي مخلفات بلاستيك.

2- لاحظنا أن انهيار البلوك الحاوي على مفروم البلاستيك كان أقل فجائية من انهيار البلوكات التي لا تحتوي مفروم البلاستيك بما يدل أن وجود البلاستيك جعل المادة أقل انقصافية brittle وذلك لأن الشكل الرقائقي لمفروم المخلفات البلاستيكية لعب دور الألياف وعمل كجسر رابط بين قطعتي الفشل في اختبار المقاومة وبالتالي قلل الانهيار الفجائي ولهذا أهمية بتحسين أداء المادة بحال حصول هزات أرضية.

3- أن استبدال الرمل بالبلاستيك قلل من مقاومة البلوك للحريق بشكل طردي مع زيادة نسبة الاستبدال ويمكن أن يفسر ذلك بأن البلاستيك وهو من أنواع المواد البوليميرية التي تضعف مقاومتها تحت تأثر الحرارة عندما ترتفع لدرجة أعلى من درجة بلمرتها وتحولها من الحالة الصلبة الى الحالة اللزجة_سائلة ولكن كان مقدار هذا النقص 34.89% وهو فقط أقل 10% عن مقدار نقص المقاومة بالعينة المرجعية 24.8%.

4- تبين أن استبدال الرمل بالبلاستيك قلل الوزن الحجمي للبلوك حيث بلغ نقص الوزن نسبة 28% من أجل استبدال 15% من الرمل بالبلاستيك ولهذا أهمية كبيرة بتخفيف الأحمال الميتة.

5- زاد الامتصاص بازدياد نسبة البلاستيك بالخلطة من أجل جميع قيم الاستبدال وهذا ينسجم مع نقص الكثافة الحاصل باستبدال الرمل بمخلفات البلاستيك ولكن بقيت قيم هذه الزيادات ضمن الحدود المقبولة التي تحددها المواصفة المعتمدة.

التوصيات:

1- نوصي بإمكانية استخدام مخلفات العبوات البلاستيكية بنسبة حتى 10% بصناعة البلوك الاسمنتي لعدم وجود أثر سلبي على المقاومة، وكون أن ذلك يخلق فرصة لتدوير هذه المخلفات والتقليل من استهلاك المصادر الطبيعية للركام، ويساهم بتقليل الوزن الحجمي للبلوك ولذلك أهمية كبيرة بتقليل الحمولات الميتة بالمبنى.

2- دراسة أثر استخدام مخلفات البلاستيك على خصائص الديمومة باستخدام حلقات التجميد – التذويب أو الغمر بالمحاليل المخربة.

3- دراسة أثر استخدام مخلفات البلاستيك على خصائص أخرى لم تتناولها هذه الدراسة كقابلية التشغيل ومقاومة الشد وقابلية التشغيل وخصائص كالالتصاق والانكماش.

4-

المراجع

1. Agyeman S. and et al. Exploiting recycled plastic waste as an alternative binder for paving blocks production, journal of case-studies-in-construction-materials, (11), 2019.

2. Akçaözoğlu S. and et al. An investigation on the use of shredded waste PET bottles as aggregate in lightweight concrete. Waste Manag 30:285–290, 2010.
3. Al-Hadithi and et al. The possibility of enhancing some properties of self-compacting concrete by adding waste plastic fibers. J Build Eng 8:20–28, 2016.
4. ASTM C136, Standard Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates, ASTM International, West Conshohocken.

5. ASTM Standard C140, "Standard Test Method for Sampling and Testing Concrete Masonry Units and Related Units." ASTM International, West Conshohocken.
6. BABOO R and et al. K. Study of waste plastic mix concrete with plastcizer, National Institute of Technology patna, India, May(9), 2012.
7. Badache A and et al. Benosman AS, Senhadji Y, Mouli M., Thermo-physical and mechanical characteristics of sand-based lightweight composite mortars with recycled high-density polyethylene (HDPE). Constr Build Mater 163:40–52, 2018.
8. EPA U and et al. (2015) Municipal Solid Waste Generation, Recycling, and Disposal in the United States Detailed Tables and Figures for 2013. US Environmental Protection Agency.
9. Foti D and et al. Use of recycled waste pet bottles fibers for the reinforcement of concrete. Compos Struct 96:396–404, 2013.
10. Ghuge J and et al. Utilization of Waste Plastic in Manufacturing of Paver Blocks, International Research Journal of Engineering and Technology, (6), NO. 4, 2019.
11. Gungate L and et al. Development of Paver Block Containing Recycled Plastic, Material Science and Engineering, (1114), 2021.
12. Gu L and et al. (2016) Use of recycled plastics in concrete: a critical review. Waste Manag 51:19–42.
13. Hameed R and et al. Mechanical Properties of Plastic Concrete Made Using Recycled Aggregates for Paving Blocks, International Journal of Engineering Research in Africa, (63),13-31, 2023.
14. Jasim K and et al. Recycling of Polyethylene Waste to Produce Plastic Cement, Procidia Manufacturing, (8), Pages 635-642, 2017.

15. Mokhtar and et al. The Utilisation of Shredded PET as Aggregate Replacement for Interlocking Concrete Block, Conferences of University Tun Hussein Onn Malaysia , 2018.
16. Manjunath B and et al. Partial replacement of E-plastic waste as coarse-aggregate in concrete. Procedia Environ Sci 35:731–739, 2016.
17. Mardiha M and et al. Investigating the Utilization of Plastic Bottle as Aggregate Replacement for Concrete Block, International Post Graduate Conference on Applied Science & Physics, Series 1049 , 2018.
18. Pirzada and et al. Experimental study on use of waste plastic as coarse aggregate in concrete with admixture superplasticizer polycarboxylate ether. Int Res J EngTechnol 5(3):558–563, 2018.
19. Rakesh and et al. Experimental Investigation of Concrete Masonry Units with Plastic Bottle Cores and PET Fibers, IJSRD - International Journal for Scientific Research & Development 3(4), 2321 , 2015.
20. Rawa A and et al. Cementitious materials incorporating waste plastics: a review, Applied Sciences, 2(2072), 2020.
21. Saikia N and et al. Use of plastic waste as aggregate in cement mortar and concrete preparation: a review. Constr Build Mater 34:385–401, 2012.
22. Sau D and et al. Utilization of plastic waste as replacement of natural aggregates in sustainable concrete: effects on mechanical and durability properties, International Journal of Environmental Science and Technology, Vol .21, 2085-2110, 2024.
23. SAFFARI and et al. Glass Fiber Reinforced Concrete Exclusive Assets and Applications in Construction, Journal of Aryan University of Science and Tech., Babol, Vol. 12, No. 2, 2015, 1-14.

24. Sithananadan P and et al. Utilisation of Waste Plastics as a Partial Replacement of Coarse Aggregate in Concrete Blocks, Indian Journal of Science and Technology, 8(12), 2015.
25. Wang R and et al. Performance of cement mortar made with recycled high impact polystyrene. CemConcr Compos 34:975–981, 2012.
26. Won J and et al. Long-term performance of recycled PET fibre-reinforced cement composites. Constr Build Mater 24:660–665, 2010.
27. Záleská M and et al. Structural, mechanical and hygrothermal properties of lightweight concrete based on the application of waste plastics. Constr Build Mater 180:1–11, 2018.

المراجع العربية

م. أحمد أبو الشايب، د. عراف محمد، ***استخدام المخلفات البلاستيكية على الخرسانة،*** رسالة ماجستير ، جامعة غزة، 2016.

د. عبد القادر الحديثي، م. شيلان حمة، ***بعض الخواص الميكانيكية للخرسانة البوليمرية المعززة بألياف الفضلات البلاستيكية*** ، مجلة جامعة الأنبار، العدد 3، 653-664، 2018.

م. محمد أحمد، د. عبد القادر عبد الوهاب، ***سلوك الخرسانة عالية الاداء باستخدام المخلفات البلاستيكية كركام ناعم،*** رسالة ماجستير، جامعة بغداد ، 2020.

د. ميار الادريسي، د. سعاد تليش، ***تأثير ألياف المخلفات البلاستيكية على الخرسانة ذاتية الدمك*** ، المؤتمر الثاني للهندسة، الزاوية، 420-441، 2019.

د. لبنى بن طاهر، ***دراسة مقاومة الشد و الضغط للخرسانة المعززة بألياف من مخلفات الاكياس البلاستيكية،*** مجلة جامعة بنغازي، العدد 13، 2018.

دور التصميم المعماري في خلق بيئة مريحة للأيتام

كلية العمارة – جامعة حمص

قسم التصميم المعماري

إعداد: يمن صلاح الرطبي

إشراف: د.م. جاكلين طقطق

ملخص البحث:

يتناول البحث دراسة احتياجات الطفل اليتيم وخصائصه ، وكيفية تحقيق الراحة الاجتماعية والمادية والنفسية في دور الأيتام وماهي الخدمات المطلوبة والمعايير التصميمة لدور الأيتام لتحقيق راحة المستخدمين، ويهدف البحث إلى دراسة أثر دور الأيتام على الراحة الجسدية والنفسية والاجتماعية للمستخدمين للوصول إلى مقترحات من شأنها تحسين دور الأيتام، و تأتي أهمية دور الأيتام في تهيئة السكن المناسب للإقامة وتلبية كافة الاحتياجات الصحية والغذائية والتعليمية والنفسية والاجتماعية، وطرح أمثلة عالمية ومحلية للاستفادة من هذه الأمثلة في تصميم دور الأيتام للوصول إلى مقترحات لتحقيق الراحة والشعور بالأمان.

الكلمات المفتاحية: الأيتام، دور الأيتام، تصميم، الراحة، احتياجات اليتيم.

The role of architectural design in creating a safe and comfortable environment for orphans

Abstract:

The research deals with studying the needs and characteristics of the orphan child, how to achieve social, material and psychological comfort in orphanages, what are the required services and design standards for orphanages to achieve the comfort of users, and the research aims to study the impact of orphanages on the physical, psychological and social comfort of users to reach proposals that would improve orphanages. The importance of orphanages comes in providing suitable housing for residence and meeting all health, nutritional, educational, psychological and social needs, and presenting global and local examples to benefit from these examples in designing orphanages to reach proposals to achieve comfort and a sense of security.

Keywords: Orphans, Orphanages, Design, Comfort, Orphan Needs.

1-مقدمة البحث:

إن الوظيفة الأولى لدور الأيتام هي رعاية الأيتام، وتوفير أجواء نفسية تجعلهم يكملون حياتهم في أمان نفسي، بعد أن لجأ بعضهم إلى هذه الدور بعد فقدان أحد أبويهم، ولابد من الإحاطة باليتيم من وجهة نظر علم النفس والاجتماع من خلال ما توصلت إليه الدراسات الاجتماعية الحديثة في ميدان الأيتام، لهذا يتم التحدث عن تعريف اليتيم عموماً وعن احتياجاته وخصائصه وما إلى ذلك من المعلومات التي تخصه، ثم يتم إسقاط هذه المعطيات على عمارة خاصة به تلبي حاجاته وتشعره بالراحة، من خلال أمثلة عالمية وعربية ومحلية.

2-أهمية البحث:

تأتي أهمية دور الأيتام في تهيئة السكن المناسب للإقامة وتلبية كافة الاحتياجات الصحية والغذائية والتعليمية والنفسية والاجتماعية، ومهمة المهندس المعماري أن يأخذ بعين الاعتبار الكثير من الحاجات التي يتطلبها اليتيم لمعرفة المقومات الأساسية التي يجب توفرها عند تصميم دور الأيتام ليشعره بالراحة.

3-هدف البحث:

يهدف البحث إلى دراسة أثر تصميم دور الأيتام على الراحة الجسدية والنفسية والاجتماعية للمستخدمين للوصول إلى مقترحات من شأنها تحسين وظيفة دور الأيتام.

4-منهجية البحث:

يعتمد البحث منهجين رئيسيين:

- **<u>المنهج وصفي استقرائي:</u>**

دراسة نظرية عامة وذلك فيما يخص دور الأيتام وتطورها والتطرق إلى أهم احتياجات الأيتام النفسية والجسدية ودراسة طرق تصميم دور الأيتام وانعكاساتها على الراحة الجسدية والنفسية لهم.

- **المنهج التحليلي:**

ويتضمن تحليل عدد من دور الأيتام العالمية والعربية وفق المعايير والمحددات للوصول إلى مقترحات من شأنها تحسين وظيفة دور الأيتام.

5- التعريف باليتيم ودور الأيتام:

5-1- تعريف اليتيم:

الطفل الصغير الذي فقد الوالدين أو أحدهما في الصغر، أو الطفل من ذوي الظروف الخاصة مجهول الأبوين، أو الطفل من ذوي الأسر المتصدعة ممن لا تتوافر لهم الرعاية السليمة في الأسرة أو المجتمع الطبيعي.

5-2-مشاكل الأيتام:

يعاني اليتيم من جميع المشاكل وأهمها المشاكل النفسية بسبب فقدان الأمان والحنان وكذلك المشاكل الاجتماعية بسبب فقدان الأهل والمشاكل التعليمية بسبب فقدان المكان والدعم

وتم ذكرها على الشكل التالي{8} :

5-2-1-مشاكل الهوية والشخصية: الانفصال عن الأسرة، وعدم وجود علاقة قوية بين أفراد الأسرة، وعدم الشعور بالانتماء إلى المجتمع يؤدي إلى مشاكل شخصية.

5-2-2-مشاكل اجتماعية: فصل هؤلاء الأطفال عن المجتمع والناس وإبقائهم في الأماكن التي تدار بطريقة عامة وفي شكل مؤسسة يمكن أن تمنعهم من إقامة علاقات اجتماعية وحتى الدخول فيها مما يؤدي إلى المشاكل الاجتماعية.

5-4- مؤسسات الرعاية الاجتماعية:

"هي دور لإيواء ورعاية الأطفال المحرومين من الرعاية الأسرية من الجنسين في الفئة العمرية من 6-18 سنة وذلك بسبب اليتم أو تفككك الأسرة وفقاً لما يسفر عنه البحث الاجتماعي. والغرض من هذه المؤسسات هو تقديم أوجه الرعاية الاجتماعية والتعليمية والصحية والمهنية والدينية والترويحية للأطفال من الجنسين المحرومين من الرعاية الأسرية".{2}

5-6- أهداف دور الأيتام:

لبناء مجتمعات سليمة يتمحور بناء دور الأيتام حول ثلاث موضوعات، توضح كيف يمكن لدور الأيتام أن تمكن اليتيم من استعادة جو أسرته إن أمكن، ودعم حياته الاجتماعية والثقافية والنفسية.

أ. تهيئة السكن المناسب للإقامة الكاملة وتوفير مستوى معيشي ملائم للأطفال بما يضمن لهم الحياة الكريمة.

ب. تلبية كافة الاحتياجات الصحية والغذائية والتعليمية والنفسية والاجتماعية للأطفال والشباب واحترام رغباتهم وآرائهم وخصوصيتهم مع تقديم المساندة والتوجيه والمشورة لإكسابهم سلوكيات إيجابية ومقبولة من المجتمع.

جـ. تهيئة المحيط الاجتماعي والمناخ الأسرى المناسب الذي يضمن حصول هؤلاء الأطفال على حقوقهم المشروعة والتي تكفلها لهم الدولة تحقيقا للبعد والتوازن الاجتماعي.

5-7-الخدمات المطلوبة في دور الأيتام:

هناك أنواع من الخدمات تتضمن الخدمات الصحية والغذائية والمساعدات المالية والزيارات ولكن هنالك عدة مشاكل تواجه أي برنامج خدمات معين تتمثل في إيجاد الأيتام التي تحتاج إلى مساعدات جزئية أو كلية، وتوجد العديد من الخدمات التي تتكفّل دور الايتام بتقديمها، ومنها ما يأتي{5} :

مخطط (1) الخدمات المطلوبة في دور الأيتام. **المصدر: المرجع 7.**

5-8- تطور عمارة دور الأيتام:

أولاً-أول شكل لعمارة دور الأيتام كان عبارة عن خيام وأكواخ من الطوب:

فمنذ سبعينيات القرن التاسع عشر، بدأ عدد من المنظمات الخيرية في المملكة المتحدة في الاستفادة من أماكن الإقامة المعروفة باسم المنازل الريفية (الأكواخ) لإيواء الأطفال تحت رعاية أزواج وكان أول مثال على استخدامه في المملكة المتحدة هو دار الأولاد الصغار في mettray الذي افتتح عام 1865 م، وتم بناء تلك الأكواخ في مواقع ريفية على طراز قرية صغيرة أو شارع، وكانت تلك الأكواخ مرتبة حول منطقة خضراء مركزية وكانت تضم: مدرسة، مستوصف، ورش عمل، حمام سباحة، كنيسة. كما يوضح الشكل (1)

الشكل (1) يوضح المنازل الريفية

المصدر: https://www.childrenshomes.org.uk/BramhopeNCH/

ثانياً– ثم تطورت عمارة دور الأيتام وأصبحت عبارة عن بيوت سكنية لإيواء الأيتام:

وهي عبارة عن بيوت ضمن المدينة أو خارجها مجهزة بالكامل لإيواء الأيتام للمبيت فيها عوضاً عن المبيت في الخيام أو المساجد أو الكنائس ومثال على ذلك تم ذكره بالأمثلة السابقة بفقرة نشأة دور الأيتام كما يوضح الشكل (2)

الشكل (2) يوضح البيوت السكنية للأيتام

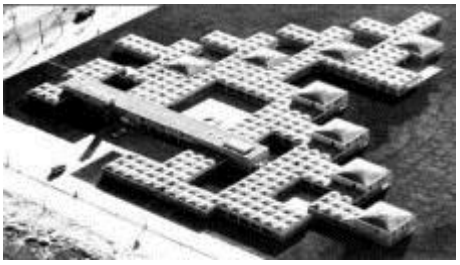
المصدر: https://www.childrenshomes.org.uk/BramhopeNCH/

ثالثاً– ثم أصبحت مباني خاصة لدور الأيتام:

وكان أول دار للأيتام عبارة عن مبنى واحد، واتسعت هذه المباني وأرفق فيها مدارس ومعاهد وورش وبعد ذلك تطورت وأصبحت في بعض البلدان عبارة عن قرى، وفي بعض الدول الأوربية خصص بجانب دور الأيتام مبنى لوضع الأطفال اللقطاء ومن ثم وضعهم في الدار كما يوضح المثال التالي.

أ– **دار أيتام أمستردام:**

دار أيتام أمستردام: الشكل (3)



الشكل (3) دار أيتام أمستردام

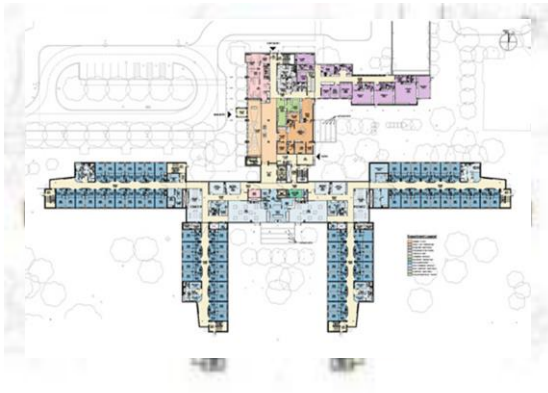
المصدر:https://www.archdaily.com/

رابعاً– وفي بعض الدول أصبحت تفكر خارج الصندوق مثل كندا وألمانيا تخطط لأن تضع دور الأيتام جنباً إلى جنب مع دور المسنين، وتعتبر كندا أول دولة أوربية طبقت الدمج بين دور الأيتام والمسنين. كما يوضح المثال التالي:

-مركز كيبلينج للتعليم المبكر ورعاية الطفل Kipling Early Learning and Child Care Centre: {10}

ويضم المبنى عدة أقسام قسم للمسنين وقسم للأطفال وقسم الرعاية النهارية بالإضافة للعديد من الخدمات كما توضح الأشكال التالية:

الشكل (5) يوضح الواجهة الأمامية
المصدر:https://www.thestar.com//



الشكل (6) يوضح المسقط الأفقي لمركز كيبلينج للتعليم المبكر ورعاية الطفل

المصدر:https://www.thestar.com//

الشكل (7) يوضح القسم النهاري المصدر:https://www.thestar.com//

6- تحقيق الراحة النفسية والمادية للأيتام في دور الأيتام:

إن التصميم الجيد لا يعد جيداً إذا لم يحقق رغبات المستخدم النفسية والتعبيرية والجمالية إضافة إلى تحقيقه للوظائف التي وجد من أجلها من راحة وسهولة الحركة ورؤية مناسبة ومتطلبات تهوية والتكييف والسمع والحرارة والرطوبة والسلامة والصحة وغيرها.

ويتم تحقيق هذه المتطلبات من خلال ما يلي: {4}

6-1-الراحة المادية:

الاحتياجات المادية هي التي تتعلق بمتطلبات الراحة المادية للإنسان داخل البيئة المشيدة، والتي تتوقف على مدى احتواء هذه البيئة على الأنشطة الإنسانية، وتلاؤم فراغاتها وأبعادها مع مقاييس وأبعاد جسم الإنسان، وعلى ملاءمتها للعوامل البيئية والطبيعية، وعلى مدى توفير الأمن والأمان المادي داخل هذه البيئة. ولتحقيق الراحة المادية في المبنى يجب أن يتحقق الآتي:(النظام البيئي– النظام الفراغي–الأمن المادي)

أولاً: النظام البيئي:

المبنى المتوازن مناخياً هو المبنى الذي يحقق راحة الإنسان داخله وفي نفس الوقت يستعمل ما أمكن الموارد المناخية لخدمته والتحكم في كل المؤثرات المناخية والبصرية والسمعية من أجل تحقيق الراحة الفيزيولوجية وهي الشعور بالراحة المناخية والصوتية والضوئية، فهنالك متغيرات كثيرة تؤثر على الإحساس بالراحة منها اللون والجنس والصحة والتركيب الفيزيولوجي للإنسان وعمر الشخص والمحددات الفكرية والاجتماعية لكل مجتمع وتتحقق هذه الراحة بتحقيق عدة راحات منها:

الراحة المناخية في الفراغ: (جودة الهواء الداخلي – الراحة الحرارية) – **الراحة الصوتية – الراحة البصرية**

ثانياً: النظام الفراغي:

إن المقياس الإنساني من أهم عناصر التصميم المعماري مثل هكذا مقياس نجده في المباني الخاصة والحيزات المعيشية فهي تشعر الطفل بالألفة والراحة من خلال تواجده في فراغ ذو أبعاد مقاربة لمقاييسه. ويجب أن يكون الفراغ ملائم للأنشطة والأحداث الإنسانية واليومية وأن يلبي جميع الاحتياجات الثابتة والمتغيرة وتسهيل الوصول إلى أماكن نشاطاتهم وتحقيق الراحة للأيتام.

ثالثاً: الأمن المادي:

يتضمن تحقيق نظام الأمن والسلامة للإنسان، من حمايته ضد الحريق والسرقة والاقتحام، وتأمين حياته الشخصية ضمن المبنى في حال حدوث الطوارئ.

وللحد من أخطار الحريق: يجب الأخذ بعين الاعتبار جميع محددات التصميم التي تكفل نجاح تطبيق عوامل الأمن والسلامة لرفع كفاءة الأداء في حال حدوث الحريق.

6-2- الراحة النفسية:

يجب أن تلبي الفراغات الداخلية العديد من الاحتياجات الخاصة التي تؤثر على رفع كفاءة الاحتياجات النفسية للمقيمين داخل الدور، مثل{3} :

6-2-1-الاهتمام بهوية الأفراد:

يعد الأثر النفسي لهوية الأشخاص عامل مؤثر في التصميم المعماري للفراغ الداخلي ويتضح ذلك في تفاني البشر عبر العصور في إظهار هويتهم إذ قامت كل حضارة بعمل هوية معمارية مختلفة لذلك يجب على المصمم أن يحافظ على هوية الأيتام ويحترم حاجاتهم المادية والمعنوية، وذلك من خلال معالجة الفتحات والنوافذ والابواب معمارياً.

6-2-2-الخصوصية:

تعد الخصوصية من أهم الاحتياجات البشرية التي يجب الاهتمام بها في التصميم المعماري ففي دار الأيتام يتم عزل غرف الذكور عن الإناث لتحقيق الخصوصية لكلا الجنسين وأن يتواجد في كل غرفة مكان لتبديل الملابس لتأمين الخصوصية من خلال القواطع والأثاث ووجود حواجز بين الأسرة في غرف الإقامة، والاهتمام بتصميم النوافذ والأبواب وأسلوب فتحها بما يحقق الخصوصية والاهتمام بالعزل السمعي والضوئي.{1}

6-2-3-الأمان:

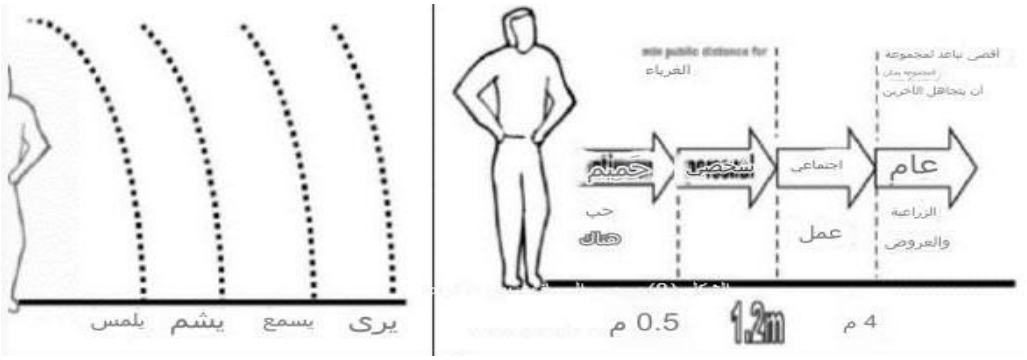
تزداد أهمية عامل الأمان عند وجود أطفال فهو من أهم الاحتياجات الإنسانية، ويجب توفيره للأيتام، حيث يجب الابتعاد عن مخاطر الخوف من السقوط عن طريق تصميم سياجات

آمنة عند المناسيب المختلفة، وتحسين مقاومة الأرض للانزلاق، والحد من الضوضاء باستخدام مواد العزل وأخطار الحريق عن طريق دراسة مسارات الحركة وتأمين أدراج هروب ونظام إطفاء.

6-2-4-التفاعل الاجتماعي

التصميم المعماري يوفر عدة خيارات تدعم التفاعل والتواصل الاجتماعي بتأمين الفراغات الترفيهية والأفنية والمكتبة، أما بالنسبة للأطفال الأيتام فمن الضروري تأمين ساحات للعب وأماكن ترفيه داخل المبنى وخارجه.

6-2-5-**الفراغ الشخصي:** مصطلح الفراغ الشخصي يستخدم لتحديد الفراغات والمسافات بين الأفراد الذين يستخدمون الفراغ وهنالك علاقة بين الحيّز الشّخصي والاجتماعي والسّلوك الإنساني فالمسافات الاجتماعية تقريبية ومتنوعة ومختلفة من شخص لآخر بطبيعة الحال. لكنّها لا تزال أداة عامة وجيدة لقياس السّلوك الإنساني فقد حّددت بأربعة مناطق كالآتي :{7}



الشكل (8) يوضح المسافات بين الأفراد **المصدر:**www.google.com

6-2-6-الارتباط بالطبيعة:

يحتاج الإنسان إلى الشعور بالارتباط بالطبيعة بطريقة أو بأخرى فالراحة النفسية والسعادة والاستقرار النفسي يعني الارتباط بالطبيعة، فعلى المصمم تكييف الطبيعة حوله لتأمين الاحتياجات النفسية والجسدية وذلك عن طريق توفير الإضاءة والتهوية الطبيعية والاهتمام بالفتحات والنوافذ وتوفر القدرة على النظر إلى النافذة شكلاً من أشكال الاسترخاء. الشكل (15)

شكل (15) يوضح الاتصال مع الطبيعة في المركز Econef Children's
المصدر:

https://ar.wikipedia.org/wiki/%D9%85%D9%84%D9%81:Primary_School_Gando.jpg

6-2-7-الشعور بالانتماء:

إن الحاجة إلى الانتماء هي حاجة شاملة فالانتماء هنا يعني الرغبة في إنشاء علاقة اجتماعية مستدامة.

لذلك يجب دراسة مساحات وفراغات جذابة بحيث تحفز الإحساس بالفضول ودراسة الواجهات بحيث تشعرهم بالقوة والطاقة من خلال دراسة الألوان والفتحات والأعمدة والعوارض ودراسة الرموز المعمارية في دور الأيتام لكي تشعره بالسلام وتعبر عنه ليشعر الأطفال كما هم في حياتهم يمتلكون منزل ويريدون الدخول إليه والعودة له ويهتمون به.

7-المعايير التصميمية لدور الأيتام لتحقيق راحة المستخدمين:

قبل البداية في تصميم دار الأيتام يجب معرفة من هم رواد الدار، مثلاً هل هم ذكور أم إناث، صغار أو كبار، كما يجب معرفة هل هي دار أيتام مخصصة لأيتام معينين أم لا مثلاً كأن يكونوا أبناء قتلى حروب أو مرضى.

ويوجد العديد من الشروط والمعايير التصميميّة التي ينبغي مُراعاتها في دور الأيتام، ومن أبرزها ما يأتي {2}:

(الموقع المناسب–توافر المرافق المعيشية الأساسية–التّصميم الهندسي الملائم)

وفيما يلي بعض المحددات التي تدعم احتياجات اليتيم النفسية:

(المداخل –الإضاءة– غرف المعيشة–غرف الأيتام والحمامات)

7–1– المداخل:

المبنى من الخارج يستحب أن يصمم بحيث يكون أقرب للمسكن، والمدخل أقرب ما يكون من مدخل المنزل، كما يفضل أن يحاط بأنواع من عناصر الحيوية والحياة ومن عناصر خضراء ولابد أن يضم صالة استقبال لتؤمن الإحساس بالراحة والألفة والترحيب والصداقة وكذلك يجب أن يتفرع بعدها إلى قسمين: قسم إناث وقسم ذكور وأن يرتبط مباشرة

بالمساحات المفروشة التي تتصل بدورها مع غرف المعيشة ثم غرف الطعام إن أمكن وهذا يعطي انطباعاً إيجابياً. كما يوضح الشكل (16)

شكل (16) يوضح الفتحات لمبنى ستريت
المصدر: https://www.archdaily.com/

7–2– الإضاءة:

إن الضوء عامل مهم جداً لليتيم من الناحية النفسية

، وبالتالي يجب توفير الإضاءة الطبيعية

عن طريق النوافذ والفتحات في التصميمات الداخلية قدر المستطاع{6} . الشكل (17)

شكل (17) الإضاءة الطبيعية تغمر غرفة الجلوس

المصدر: https://www.archdaily.com/

7-3- غرف المعيشة:

هي غرف رئيسية في الدار وعلى اتصال قريب من غرف النوم وهي عبارة عن فراغات مفتوحة لكي تزيد من التفاعل الاجتماعي لدى الأطفال وهي مؤلفة من عدة وحدات وكل وحدة تتضمن فئة معينة من الأيتام سواء ذكور أو إناث بالإضافة إلى فصل كل مرحلة عمرية، وكل مجموعة غرف نوم لها غرفة معيشة.

7-4- غرف الأيتام والحمامات:

غرف الأيتام توفر لهم المرافق والأثاث المناسب لاحتياجاتهم واستخداماتهم طبقاً للقواعد والمعايير المحلية والدولية لحقوق الطفل. الشكل (18)

شكل (18) غرف النوم في مبنى

Econef Children's

المصدر:

https://www.archdaily.com/

ويجب المراعاة في التصميم ما يلي{8} :

- يجب أن تكون المهاجع مفصولة عن بقية مرافق المركز بسور خاص ما أمكن ذلك.
- يجب ألا يزيد عدد الأيتام في المهجع عن 16 يتيم كحد أقصى، بحيث يتم تخصيص مساحة (3 م2) لليتيم الواحد، وألا يزيد عدد الأسرة عامودياً عن السريرين
- يجب أن يكون السرير العلوي محمياً بالقضبان الحاجزة مع وجود السُّلم.
- يُفضل تسمية المهاجع باسمٍ مناسب، فصل مهاجع الذكور عن الإناث.
- لا بد من توزيع الأيتام على المهاجع وفقاً لأعمارهم بحيث يكون هناك تقارب في الأعمار بين الأيتام في المهجع الواحد.
- يجب أن يكون لكل يتيم خزانة خاصة به، مع تمليكه مفتاحها
- لا بد من وجود إضاءة طبيعية وتهوية لكل مهجع
- لا بد من وجود غرفة خاصة بالمشرفين في مبنى المهاجع

الحمامات:

الحمامات ودورات المياه مُجهزة ونظيفة والأطفال يستخدمونها بسهولة وأمان وخصوصية تحافظ على إنسانيتهم وكرامتهم ويجب أن تحقق ما يلي:

- الحمامات ودورات المياه نظيفة، جيدة التهوية والإضاءة وقريبة من غرف النوم.
- لا بد من فصل حمامات الذكور عن الإناث.
- وجود بعض الحمامات ودورات المياه لتتناسب مع استخدام ذوي الإعاقة.

8-الدراسة التحليلية:

8-1-محددات الدراسة التحليلية:

ومن خلال الدراسة يمكن استخلاص المحددات التي سيتم تحليل ودراسة الأمثلة وفقها والتي تتمثل بما يلي: جدول (1) المحددات التي سيتم تحليل ودراسة الأمثلة وفقها.

الراحة	أنواعها	آلية التحقيق		محقق	غير محقق
الراحة المادية	الراحة الفيزيولوجية	الراحة المناخية في الفراغ	جودة الهواء الداخلي في الفراغ		
			الراحة الحرارية في الفراغ الداخلي		
		الراحة الصوتية في الفراغ			
		الراحة البصرية في الفراغ			

تابع الجدول (1) المحددات التي سيتم تحليل ودراسة الأمثلة وفقها

الراحة	أنواعها	آلية التحقيق	محقق	غير محقق
الراحة المادية	النظام الفراغي	ملاءمة الفراغ للنشاط والأحداث		
		توفر مدرسة للتعليم		
		توفر عيادة للعناية الصحية		
		توفر صالة لتقديم الطعام		
		تحقيق الفراغ للنسب الإنسانية		
		إمكانية الوصول إلى الفراغات بسهولة		
		توفر إمكانية تقسيم غرف النوم إلى أجنحة		
		توفر حمام لكل 4 أطفال		
		توفر 1 دوش لكل 5 أطفال		
	الأمن المادي	توفر نظام إنذار حريق		
		وضوح طرق ومخارج الهروب		

تابع الجدول (1) المحددات التي سيتم تحليل ودراسة الأمثلة وفقها

الراحة	أنواعها	آلية التحقيق	محقق	غير محقق
الراحة النفسية	الخصوصية	توفر فصل غرف وحمامات الذكور عن الإناث		
		توفر أماكن تبديل ملابس فردية في غرف النوم		
		توفر ستائر للنوافذ في غرف النوم والجلوس		
	الأمان	الحماية من مخاطر السقوط بوجود أسوار		
		تحقيق إشراف جيد للمهاجع بتوفر غرف خاصة للمشرفين		
		توفر الإنارة الكافية		
	التفاعل الاجتماعي	توفر ساحات داخلية وخارجية للعب		
		توفر أماكن للتأمل والتعبد		
		توفر وسائل الاتصال		
	الفراغ الشخصي	توفر مسافة شخصية 6م2 لكل طفل في غرفة المعيشة		
		توفر سرير لكل طفل في غرف النوم		

8-2-منهجية الدراسة التحليلية:

سيتم دراسة الأمثلة التحليلية وفق النقاط التالية:

أولاً: التعريف بالمشروع:

اسم المبنى –موقع المبنى– مساحة المبنى – عدد الطوابق – تاريخ إنشاء المبنى – مصمم المبنى.

ثانياً: معلومات المشروع:

تاريخ تأسيس الجمعية وتاريخ افتتاح الميتم وعدد الأيتام التي تضمها كل جمعية ومساحة الجمعية وعدد الطوابق وكم طفل يحتوي كل قسم ومن كم قسم تتألف الجمعية والخدمات التي تقدمها من (تعليم – إقامة – مطعم– نادي – ملاعب – مصبغة) وخدمات خارجية من (جامع – صالة– مدارس)

ثالثاً: مدى تحقيق الراحة المادية:

رابعاً: مدى تحقيق الراحة النفسية

– دار فالاتو جيجيسايو للأيتام Falatow Jigiyaso Orphanag	

– الجمعية الخيرية الإسلامية لأعمال البر والإحسان	

8-3- معايير اختيار نماذج الدراسة التحليلية:

تم اختيار نماذج الدراسة التحليلية باعتماد مجموعة من المعايير التي توفر الغنى والتنوع وتوجه الدراسة للوصول إلى مقترحات تصميمية لدور الأيتام:

1- التنوع في الفترة التاريخية: جميع الأمثلة المدروسة بفترات زمنية متفاوتة من القرن العشرين والواحد والعشرين.

2- التنوع في البيئات الثقافية

8-4-الأمثلة المختارة للدراسة التحليلية:

8-4-1-المثال الأول: دار فالاتو جيجيسايو للأيتام Falatow Jigiyaso Orphanage

أولاً: التعريف بالمشروع

موقع المبنى: مالي – غرب إفريقيا

عدد الطوابق: 2 طابق

المساحة: 891م2

تاريخ إنشاء المبنى: 2012م

شكل (19) دار فالاتو جيجيسايو للأيتام

المصدر: https://www.archdaily.com/

مهندسو التصميم: جيرار فيولانتي– F8 للهندسة المعمارية

ثانياً: معلومات المشروع

المبنى يوفر أماكن إقامة للأيتام مع حمامات وأدواش وغرف إشراف وإدارة ومطبخ وصالة تقديم طعام ومركز طبي وإدارة بالإضافة إلى فصول دراسية ومدرجات لأنشطة الأطفال.

تم اتباع استراتيجيات التصميم السلبي، يضم الميتم 43 يتيم وهو يقع في ضواحي مالي.

ثالثاً: مدى تحقيق الراحة المادية:

أ–الراحة الفيزيولوجية:

من حيث الراحة المناخية تم اتباع أسلوب متجدد للهواء عن طريق الفناء والنوافذ و سماكات الجدران والمواد العازلة وتتم إضاءة المبنى بشكل طبيعي خلال النهار ، لا تتوفر أنظمة تكييف لأنه تم اتباع استراتيجيات العمارة العربية للتخفيف من حرارة الجو القاسي (الفناء– المظلة– سماكات الجدران) كما تتوفر اعتبارات العزل الصوتي ،وكذلك تتوفر الراحة البصرية ليلاً ونهاراً عن طريق تأمين الإنارة الطبيعية والصناعية، فالمبنى محقق للمنظومة البيئية بشكل كامل ذاتياً وبالتالي محقق للراحة الفيزيولوجية.

ب–النظام الفراغي:

المبنى عبارة عن طابق واحد موزع بشكل شريطي حول الفناء، الكتلة الأولى تضم قسم الإقامة المكون من 13 غرفة نوم بالإضافة إلى غرفة مشرف ومركز طبي، والكتلة الثانية مكونة من غرفتين نوم وغرفة إشراف و6 حمامات للذكور والإناث وعدد 2 من المشالح و2 من الأدواش، ومطبخ وصالة تقديم طعام وغرفتين إداريتان ومدرجين وفي الطابق الأول صفين دراسيات وشرفات تستخدم كساحات للعب الأطفال. شكل (20)

شكل (20) المسقط المعماري لدار فالاتو جيجيسايو للأيتام

المصدر:https://www.archdaily.com/

ج-الأمن المادي:

لا يوجد أنظمة إنذار أو إطفاء حريق ولا يوجد أدراج هروب وذلك نظراً لســـرعة الهروب إلى الخارج فهو على اتصال مباشر بالخارج، بالإضافة لغياب الأسوار للحماية من السرقة والاقتحام.

رابعاً: مدى تحقيق الراحة النفسية:

أ-المهاجع:

هنا تم اتباع أسلوب الأجنحة وغرف نوم المفردة والمزدوجة للكبار والمهاجع للصغار يضم المبنى 14 غرفة نوم على الشكل التالي:

-مهجعين ب 12 سرير وتم استخدام السرير ذو الطابقين للأيتام الصغار بمساحة 42م2 للمهجع أبعاد المهجع 6*7 م لكل مهجع.

-و11 غرفة نوم بسريرين مساحة كل غرفة 16م2 بأبعاد 4*4م لكل غرفة فيكون نصيب الفرد 8م2 لكل يتيم وهو يحقق النسبة المطلوبة.

-3 غرف بسرير واحد

شكل (21) غرفة النوم

المصدر: https://www.archdaily.com/

جميع غرف النوم ذات تهوية وإضـــاءة طبيعية نهاراً وصـــناعية ليلاً، مودا الإكســـاء تلبي الحاجة إلى الأمن والســـلامة وكذلك يتوفر التنوع بالألوان والإضـــاءة مما يكســـر الملل ويعطي شـــعور بالراحة، اســـتخدم للجدران داخلياً دهان بلون أبيض وخارجياً دهان بلون قرميدي وللأرضيات رخام.

ب-غرفة المعيشة: لا يوجد غرفة معيشة

ج-الحمامات:

الحمامات ودورات المياه نظيفة ومجهزة للكبار والأطفال ســـهلة الاســـتخدام تؤمن احتياج نفسي ألا وهو الخصوصية فحمامات الذكور مفصولة عن حمامات الإناث .

د-غرف الهوايات والتسلية:

_لا يوجد غرف تسـلية أو ملاعب ولا يوجد تلفاز ولكن يوجد تراس ضـخم على كامل مساحة الكتلة الأولى استخدمت كساحة ألعاب وللتواصل الاجتماعي.

الجدول (2) حقل الدراسة المتبع في تحليل دار فالاتو جيجسايو للأيتام المصدر: إعداد الباحثة

الراحة	أنواعها	آلية التحقيق		محقق	غير محقق
الراحة المادي	الراحة لفيزيولوجية	الراحة المناخية في الفراغ	جودة الهواء الداخلي في الفراغ	*	
			الراحة الحرارية في الفراغ الداخلي	*	
		الراحة الصوتية في الفراغ		*	
		الراحة البصرية في الفراغ		*	

تابع الجدول (2) حقل الدراسة المتبع في تحليل دار فالاتو جيجسايو للأيتام المصدر: إعداد الباحثة

الراحة	أنواعها	آلية التحقيق	محقق	غير محقق
الراحة المادية	النظام الفراغي	ملاءمة الفراغ للنشاط والأحداث	*	
		توفر مدرسة للتعليم	*	
		توفر عيادة للعناية الصحية	*	
		توفر صالة لتقديم الطعام	*	

		تحقيق الفراغ للنسب الإنسانية	*	
		إمكانية الوصول إلى الفراغات بسهولة	*	
		توفر إمكانية تقسيم غرف النوم إلى أجنحة	*	
		توفر حمام لكل 4 أطفال		*
		توفر 1 دوش لكل 5 أطفال		*
	الأمن المادي	توفر نظام إنذار حريق		*
		وضوح طرق ومخارج الهروب	*	

الراحة	أنواعها	آلية التحقيق	محقق	غير محقق
الراحة النفسية	الخصوصية	توفر فصل غرف وحمامات الذكور عن الإناث	*	
		توفر أماكن تبديل ملابس فردية في غرف النوم		*
		توفر ستائر للنوافذ في غرف النوم والجلوس	*	
	الأمان	الحماية من مخاطر السقوط بوجود أسوار	*	
		تحقيق إشراف جيد للمهاجع بتوفر غرف خاصة للمشرفين	*	
		توفر ساحات داخلية وخارجية للعب	*	
		توفر أماكن للتأمل والتعبد		*
		توفر وسائل الاتصال		*
	الفراغ الشخصي	توفر مسافة شخصية 6م2 لكل طفل في غرفة المعيشة		*
		توفر سرير لكل طفل في غرف النوم	*	

8-4-2 المثال الثالث: الجمعية الإسلامية لكفالة الأيتام وأعمال البر والإحسان:

أولاً: التعريف بالمشروع

الشكل (25) الجمعية الإسلامية لكفالة الأيتام وأعمال البر والإحسان

المصدر: عمل الباحث

موقع المبنى: حماه – سورية–حي أبي الفداء

عدد الطوابق:4 طوابق

المساحة: 21060م2

تاريخ إنشاء المبنى: عام 2005م

مهندسو التصميم: رشدي عزيز كالو

ثانياً: معلومات المشروع

في عام 2005م تم تدشين المقر الحالي للجمعية وهذا المقر يحتوي على مدارس للتعليم الأساسي والثانوي وصالات للرسم والموسيقا والمخبر وقاعات التعليم المهني للبنين والبنات وقسم داخلي يستوعب 230 من الأيتام والفقراء يتضمن غرفاً للنوم ومطعم واستراحات وغرف صف مسائي ويسكنه حالياً ما يقارب 110من المستفيدين من خدمات الجمعية وهي تقع في ضاحية من ضواحي حماه.

ثالثاً: مدى تحقيق الراحة المادية

أ–الراحة الفيزيولوجية:

من حيث الراحة المناخية المبنى متجدد الهواء تتم إضاءته وتهويته بشكل طبيعي عن طريق النوافذ والأفنية وتتوفر أنظمة التدفئة والتكييف في كل الغرف كما تتوفر اعتبارات العزل الصوتي عن طريق سماكات الجدران والبعد عن مصادر الضجيج كما تتوفر الراحة البصرية

عن طريق الإضاءة الطبيعية نهاراً وتوفر سويات الإنارة الصناعية ليلاً، يعتبر المبنى محقق للنظام البيئي بشكل كامل وبالتالي محقق للراحة الفيزيولوجية.

ب- النظام الفراغي:

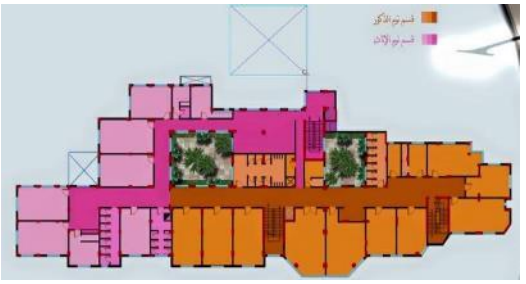
المبنى عبارة عن 4 طوابق وقبو وهو عبارة عن ثلاث كتل مرتبطة ببعضها البعض أفقياً وشاقولياً.

فالكتلة الأولى مؤلفة من القسم الترفيهي والتعليمي والصالة والكتلة الثانية تضم الروضة والمدرسة وهي موزعة على الطابق الأرضي والأول، والكتلة الثالثة هي الميتم تتألف من القبو وتنتهي بالطابق الرابع وتضم هذه الطوابق المهاجع وغرف المعيشة والحمامات، والقبو يضم المستودعات والمطعم والمطبخ وقسم خدمات المسبح وقسم خدمات الروضة والطلاب وقسم الورش وغرف الشوفاج.

الشكل (26)

الشكل (26) مسقط الجمعية الإسلامية لكفالة الأيتام وأعمال البر والإحسان

كتلة الميتم: تضم 44 مهجع للجنسين وغرف جلوس وإشراف وحمامات ومؤلفة من 4 طوابق



الشكل (28) مسقط الطابق الثالث للجمعية الإسلامية لكفالة الأيتام وأعمال البر والإحسان

المصدر: عمل الباحث

كل الغرف مزودة بستائر للنوافذ لتحافظ على خصوصية المكان والأشخاص، يفصل قسم الذكور عن الإناث بطارية حركة مشتركة لتأمين الخصوصية إضافةً لوجود بطارية حركة لكل قسم، وهي منارة بشكل كافي ليلاً ونهاراً مما يعطي الشعور بالأمان. الشكل (27)

الشكل (27) بطاريات الحركة المصدر: عمل الباحث

ج– الأمن المادي: يوجد أنظمة إنذار وإطفاء حريق ولكن لا تتوفر أدراج هروب يوجد أسوار للحماية من السرقة والاقتحام.

رابعاً: مدى تحقيق الراحة النفسية:

سيتوضح ذلك من خلال دراسة المعالجة الداخلية للفراغات لمعرفة مدى تحقيها للاحتياجات النفسية وفق الآتي:

أ–المهاجع:

تم تقسيم المهاجع إلى عدة أقسام حسب الأعمار والأجناس وهي موزعة على 4 طوابق ويوجد 44 مهجع للجنسين (14 مهجع للذكور– 14 مهجع للإناث– 16 مهجع للفئة من عمر (5–8سنين)) موزعين على كل الطوابق، فمساحة المهجع الواحد 40م2 ويضم كل مهجع 10 أسرة وغرفة تبديل ملابس و6خزن ومنضدة دراسية، أبعاد المهجع الواحد 5*8م نصيب اليتيم في الغرفة 4م2 وهذه المساحة غير محققة للنسبة المفروضة.

الشكل (28) المهاجع

المصدر: عمل الباحث

يوجد غرفة مشرف لسكان كل عدة غرف، لا يوجد حمام خاص بل يتم استخدام الحمامات العامة بجوار المهاجع تتوضع المهاجع على جانبي الممر،

وهي ذات تهوية وإضاءة طبيعية تتوفر فيها التدفئة والتكييف التي لها دور بالراحة والاسترخاء، لا يوجد حواجز أو ستائر تفصل بين الأسرة مما يلغي الشعور بالخصوصية والراحة، لا تتوفر وسائل اتصال حديثة لتحقيق التواصل الاجتماعي، وكذلك تتوفر الإضاءة الصناعية ليلاً مما يعطي شعور بالراحة والأمان، يتوفر التنوع بالألوان والإضاءة مما يعطي شعور بالراحة والتسلية، استخدم للجدران دهان بلون أبيض وللأرضيات رخام فاتح.

ب–غرفة المعيشة:

هي ذات فراغات واسعة وذات تهوية وإضاءة طبيعية نهاراً وإضاءة صناعية ليلاً تتوفر الستائر لتحقيق الخصوصية وتلفاز للتسلية غرفة المعيشة 35م2 حصة الفرد من مساحة غرفة المعيشة أقل من 2م2 وهذه المساحة لا تحقق النسبة المطلوبة للراحة والتي هي 6م2 لكل فرد. شكل (29)

الشكل (29) غرف المعيشة المصدر: عمل الباحث

ج–الحمامات: مجهزة بالكامل وسهلة الاستخدام من قبل الكبار والصغار وهي ذات تهوية جيدة تحقيق جميع هذه الاحتياجات إلا أن عدد الحمامات والأدواش غير كافي بالنسبة لعدد الأيتام بحيث يوجد حمام ودوش لكل 20 يتيم وهو غير محقق للاحتياج الإنساني من حيث العدد المطلوب.

د–غرف الهوايات والتسلية: يوجد طاولة تنس وملعب ومسبح وساحات مرتبطة مع الطبيعة وساحات تفاعل اجتماعي ولكنها لا تحقق النسبة المطلوبة 7م2 لكل فرد، ويوجد حديقة خاصة بالميتم مما يعزز الاتصال الروحي بالسماء.

تابع الجدول (4) حقل الدراسة المتبع في تحليل الجمعية الخيرية الإسلامية لإعمال البر والإحسان المصدر: إعداد الباحثة

الاحة	أذ اعها	آلة الـ ق		مـ ق	غ مـ ق
الاحة الـ ادة	الـ احة الف لـ جة	الـ احة الـ اخة في الفاغ	جـ دة الهـ اء الـ اخلي في الفاغ	*	
			الـ احة الـ ارة في الفاغ الـ اخلي		*
		الـ احة الـ ة في الفاغ			*
		الـ احة الـ ة في الفاغ		*	

تابع الجدول (4) حقل الدراسة المتبع في تحليل الجمعية الخيرية الإسلامية لإعمال البر والإحسان المصدر: إعداد الباحثة

الراحة	أنواعها	آلية التحقيق	محقق	غير محقق
الراحة المادية	النظام الفراغي	ملاءمة الفراغ للنشاط والأحداث	*	
		توفر مدرسة للتعليم	*	
		توفر عيادة للعناية الصحية	*	
		توفر صالة لتقديم الطعام	*	
		تحقيق الفراغ للنسب الإنسانية	*	
		إمكانية الوصول إلى الفراغات بسهولة	*	
		توفر إمكانية تقسيم غرف النوم إلى أجنحة		*
		توفر حمام لكل 4 أطفال		*
		توفر 1 دوش لكل 5 أطفال		*
	الأمن المادي	توفر نظام إنذار حريق		*
		وضوح طرق ومخارج الهروب		*

تابع الجدول (4) حقل الدراسة المتبع في تحليل الجمعية الخيرية الإسلامية لإعمال البر والإحسان المصدر: إعداد الباحثة

الراحة	أنواعها	آلية التحقيق	محقق	غير محقق
الراحة النفسية	الخصوصية	توفر فصل غرف وحمامات الذكور عن الإناث	*	
		توفر أماكن تبديل ملابس فردية في غرف النوم		*
		توفر ستائر للنوافذ في غرف النوم والجلوس	*	
	الأمان	الحماية من مخاطر السقوط بوجود أسوار	*	
		تحقيق إشراف جيد للمهاجع بتوفر غرف خاصة للمشرفين	*	
		توفر ساحات داخلية وخارجية للعب	*	
		توفر أماكن للتأمل والتعبد	*	
		توفر وسائل الاتصال		*
	الفراغ الشخصي	توفر مسافة شخصية 6م2 لكل طفل في غرفة المعيشة		*
		توفر سرير لكل طفل في غرف النوم	*	

9-نتائج الدراسة التحليلية:

1- تحققت الراحة الفيزيولوجية بتحقيق الراحة المناخية والصوتية والبصرية في الفراغ، وذلك بشكل كامل في دار **(الجمعية الإسلامية لكفالة الأيتام وأعمال البر والإحسان- دار فالاتو للأيتام)**

2- فراغات المباني واضحة بأبعاد إنسانية ويتم الوصول إلى كل الأقسام بسهولة، في جميع الأمثلة.

3- توفر الأمن المادي من خلال توفير مخارج الهروب ومن خلال استخدام أجهزة إنذار الحريق، وذلك في (الجمعية الإسلامية لكفالة الأيتام وأعمال البر والإحسان) في حين أنه اختل تحقيق الأمن المادي في دار **(فالاتو للأيتام)**.

4- الإشراف الجيد لغرف الأيتام، ومواد الإكساء اللدنة، والإضاءة المناسبة، وفر الأمان وحماية اليتيم من المخاطر ضمن الفراغ، في جميع الأمثلة

5- تم التأكيد على تحقيق الخصوصية من خلال توفير الأجنحة وفصل غرف الذكور عن الإناث، وتوفير أماكن لتبديل الملابس، في **(دار فالاتو للأيتام)** أما دار **(الجمعية الإسلامية لكفالة الأيتام وأعمال البر والإحسان)** محقق للخصوصية باستثناء الحواجز بين الأسرة.

6- الفراغ الشخصي في غرف النوم بتوفر سرير لكل يتيم محقق في جميع الأمثلة أما بالنسبة للمسافة الشخصية في غرفة المعيشة غير محققة.

10-النتائج والتوصيات:

أولاً: النتائج العامة.

1. ضرورة تأمين فراغات إضافية تفاعلية داعمة للأيتام كصالات اجتماعية لاجتماع الأيتام مع الأقارب والأصدقاء، وتوفير فراغات دعم نفسي والتي لها دور كبير في دعم اليتيم وتوفير الأمان النفسي له.
2. الأخذ بالاعتبار إدخال وسائل الاتصال الحديثة لتأمين التواصل الاجتماعي مع الأقارب والأصدقاء.
3. إنشاء المزيد من الحمامات لكي يحصل كل فرد على مساحته الخاصة به.

4. تأمين أجنحة بدل غرف النوم، وإنشاء قواطع تفصل بين الأسرة للأيتام، وتأمين أماكن لتبديل الملابس لتأمين الخصوصية.
5. إنشاء أدراج هروب وذلك لتأمين شعور الإحساس بالأمان.
6. توفير عناصر خضراء ضمن الفراغات لتحقيق الارتباط بالطبيعة وتحسين الحالة النفسية للأيتام.
7. تزويد ساحة التفاعل الاجتماعي بعناصر للتسلية والألعاب والعناصر الخضراء لجعلها أكثر حيوية.
8. تحقيق الأمن المادي وذلك عن طريق استخدام مواد إكساء معالجة ضد الحريق وتركيب أسوار للنوافذ وتركيب أنظمة إنذار حريق.
9. تتحقق راحة اليتيم النفسية، بتحقيق الجانب المادي، وذلك بتكامل المنظومات الثلاث الفراغية، والبيئية، والأمن المادي.

ثانياً: التوصيات.

1. زيادة الاهتمام بمتطلبات اليتيم وتوفيرها له أثر نفسي حتمي على اليتيم وذلك من خلال الأنظمة والتشريعات، والعمل بين وزارة الشؤون الاجتماعية والعمل ووزارة الأوقاف في سورية على تطوير دور الأيتام وتحسين البيئة الداخلية للفراغات وقسم الإقامة لتلبي متطلبات تحقيق راحة اليتيم.
2. إنشاء دور أيتام جديدة لاستيعاب أعداد ايتام أكثر فمعظم دور الأيتام في سورية لا تستقبل أيتام جدد حالياً، والتطلع لاستقبال أيتام بعمر أقل من 5 سنين في جميع المحافظات السورية.
3. ربط دور الأيتام بدور المسنين لتحقيق الانسجام بينهم.

- المراجع:

أ-المراجع باللغة العربية:

1- إسماعيل، عصام رجب،" مفهوم الخصوصية وتأثيره على تصميم السكن في مصر"، قسم العمارة، جامعة أسيوط، مصر، 1994.

2- الأخشم، سعيد، "دور الأيتام"، ww.site.iugaza.edu.ps، 2018 15-11/، ص 3.

3- رأفت، علي،" الإبداع الفني في العمارة"، ثلاثية الإبداع المعماري"، دار التحرير للطباعة والنشر، القاهرة، 1997.

4- طقطق، جاكلين، "دور التصميم المعماري والعمراني في تنمية الشعور بالانتماء في إطار التطور الثقافي للمجتمعات "، جامعة القاهرة ،2002.

5- وزارة الموارد البشرية والتنمية الاجتماعية، المملكة العربية السعودية، 2016، www.mlsd.gov.sa

6- وهبة، محي الدين محمد، "نظرية العمارة الداخلية"، دار العلوم للنشر ط1، القاهرة ،2009.

7- طبلت، شيرين سبع، "علاقة إعادة استخدام الفراغ الدّاخلي بالسّلوك الإنساني "، دراسات العلوم الإنسانية والاجتماعية، المجلّد 44، العدد3، 2017.

8- والي، غادة، دليل قياس الجودة بمؤسسات الرعاية الاجتماعية لرعاية الأطفال المحرومين من الرعاية الأسرية بمصر، 2014.

ب - المراجع الأجنبية:

9- Foruzande, Motalebi Javan,1997, p170-178.

جـ - المراجع الإلكترونية:

10- www.thestar.com

11-https://www.childrenshomes.org.uk/BramhopeNCH/

12-https://www.archdaily.com/

13-https://www.thestar.com/

14https://ar.wikipedia.org/wiki/%D9%85%D9%84%D9%81:Primary_School_Gando.jpg

تقييم دقة طرق استيفاء السطوح من خرائط ذات مقاييس صغيرة باستخدام النماذج الارتفاعية ASTER وSRTM كنماذج مرجعية

ملخص

تم في هذه الدراسة، تقييم دقة طرق استيفاء السطوح من خرائط ذات مقاييس صغيرة باستخدام النماذج ASTER وSRTM كنماذج مرجعية بالقرب من مدينة حمص. تم الاختبار باستخدام نقاط مستخلصة من خرائط ورقية ممسوحة ضوئياً بمقياس 1:50000. و باستخدام سطوح مشكلة من طرق استيفاء (interpolation) مختلفة (طريقة مقلوب المسافة الموزونة IDW ، طريقة الانحناء الأصغر Spline ، كريج Kriging).

بينت النتائج أن طريقة تشكيل IDW أعطت أقل قيمة للخطأ المتوسط التربيعي (48.43 m) و(45.98 m) عند تقييم دقة بيانات ارتفاعات السطح المشكل بهذه الطريقة مع ارتفاعات مأخوذة من ASTER و SRTM على الترتيب لمنطقة ذات طبيعة جبلية.

بينما أعطت طريقة تشكيل spline أكبر قيمة للخطأ المتوسط التربيعي (58.46 m) (57.08 m) عند تقييم دقة بيانات ارتفاعات السطح المشكل بهذه الطريقة مع ارتفاعات مأخوذة من ASTER و SRTM على الترتيب .

لوحظ من خلال هذه الدراسة تقارب بين قيم الأخطاء المتوسطة التربيعية للسطح المشكل من بيانات ارتفاعات مأخوذة من ASTER مقارنة من السطوح المشكلة من طريقتي الاستيفاء (IDW, Kriging).

الكلمات المفتاحية: نماذج ارتفاعات رقمية، استيفاء السطوحASTER، SRTM.

Evaluation of the accuracy of surface interpolation methods from small-scale maps using ASTER and SRTM elevation models as reference models

Abstract

In this study, the accuracy of surface interpolation methods from small-scale maps was evaluated using ASTER and SRTM models as reference models near Homs city. The test was done using points extracted from scanned paper maps at a scale of 1:50,000. And using surfaces formed by different interpolation methods (IDW method, least-spline method, Kriging).

The results showed that the IDW formation method gave the lowest value of the mean square error (48.43 m) and (45.98 m) when evaluating the accuracy of surface elevation data formed by this method with elevations taken from ASTER and SRTM respectively for a mountainous area. While the spline formation method gave the largest value of the mean square error (58.46 m) (57.08 m) when evaluating the accuracy of the surface elevation data formed by this method with elevations taken from ASTER and SRTM respectively.

This study observed a convergence between the mean square error values of the surface formed from elevation data taken from ASTER compared to the surfaces formed by the two interpolation methods (IDW, Kriging).

Keywords: Digital Elevation Models, Surface Interpolation, ASTER, SRTM.

1. مقدمة

تعد عملية تشكيل السطوح وتحليل الارتفاعات الرقمية من العمليات الأساسية في دراسة التضاريس، خاصة عند التعامل مع المناطق ذات التضاريس المعقدة مثل مدينة حمص. تتمثل أهمية هذه الدراسات في تمكين الباحثين والمخططين من فهم التغيرات الطبوغرافية وتحديد العوامل المؤثرة في النمو العمراني وتوسع المناطق الحضرية، بما في ذلك العشوائيات والمناطق الحضرية النامية. في هذا السياق، تبرز الحاجة إلى استخدام نماذج ارتفاع رقمية (DEMs) مثل SRTM وASTER، والتي توفر تمثيلات دقيقة للتضاريس من خلال بيانات جغرافية مرجعية يمكن استخدامها في عدة تطبيقات تحليلية، من بينها تشكيل السطوح الطبوغرافية.

من بين نماذج الارتفاعات العالمية التي تم تطويرها، يأتي نموذج SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) الذي أطلقته وكالة ناسا بالتعاون مع وكالة الفضاء الألمانية DLR في عام 2000. يهدف هذا النموذج إلى تقديم أول نموذج عالمي للارتفاعات بدقة عالية باستخدام تقنية الرادار التداخلي (InSAR)، التي تعتمد على إرسال واستقبال موجات الرادار لقياس ارتفاعات سطح الأرض بدقة عالية. يتميز نموذج SRTM بدقة أفقية تبلغ 30 مترًا في الإصدار SRTM-1، ودقة شاقولية تصل إلى ±10 أمتار في المناطق المفتوحة. إلا أن هذا النموذج قد يعاني من مشاكل في دقة البيانات في المناطق ذات الغطاء النباتي الكثيف أو التضاريس الوعرة، حيث يتم تسجيل ارتفاعات قمم النباتات بدلاً من سطح الأرض الفعلي (Gesch, D. B., et al., 2006).

من جهة أخرى، يُعد نموذج ASTER (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer) من النماذج الهامة في قياس وتحليل التضاريس بدقة عالية. تم تطوير هذا النموذج من خلال تعاون بين وكالة الفضاء الأمريكية

(NASA) ووكالة استكشاف الفضاء اليابانية (JAXA)، وأُطلق في عام 1999 على متن القمر الصناعي Terra. يُستخدم ASTER لقياس الارتفاعات عبر التصوير متعدد الأطياف، ويتميز بدقة أفقية تبلغ 30 مترًا. ومع ذلك، يواجه هذا النموذج تحديات تتعلق بوجود فجوات في البيانات أو أخطاء منهجية في المناطق ذات التباين الطيفي المنخفض أو الإشعاع الحراري العالي، مما قد يؤدي إلى بعض التحريفات في القياسات في بعض المناطق (Mukherjee et al., 2013). رغم هذه التحديات، يبقى ASTER متميزًا في تقديم تفاصيل دقيقة في المناطق الجبلية بفضل الحس العالية للسطح الطيفي (Abrams, M., 2000).

ان تشكيل السطوح هو عملية تمثيل القيم المتغيرة للتضاريس في شكل مستمر على سطح الأرض باستخدام تقنيات رياضية متقدمة. تشمل هذه التقنيات عدة أساليب مثل Spline و Kriging و IDW، حيث يعتمد كل منها على خوارزميات رياضية بحتة لتحديد نقاط البيانات المفقودة أو لتقريب السطح بين النقاط المعروفة. هذه الأساليب تختلف في الأسلوب الرياضي المستخدم ودقتها في محاكاة السطح بناءً على توزيع البيانات المتاحة. تمثل هذه الأساليب أدوات مهمة في معالجة البيانات المكانية وخاصة في المجالات التي تتطلب دقة عالية مثل الدراسات البيئية، وتخطيط استخدام الأراضي، وإدارة الموارد الطبيعية(Caloiero, T., et al., 2021)

2. مشكلة البحث

حاولت هذه الدراسة الإجابة على السؤالين التاليين:

ماهي طريقة استيفاء السطوح الأدق عند تطبيقها على نقاط مقتطعة من خرائط ذات مقاييس صغيرة تمثل منطقة ذات طبيعة جبلية (انحدارات كبيرة).

كيف يمكن الاستفادة من النماذج الرقمية المجانية للارتفاعات ASTER و SRTM في تقييم دقة هذه الطرق.

3. أهمية البحث وأهدافه

تهدف هذه الدراسة إلى تقييم دقة طرق استيفاء السطوح من خرائط ذات مقاييس صغيرة (1:50000) والتي تمثل منطقة ذات طبيعة جبلية (انحدارات كبيرة) باستخدام النماذج مفتوحة المصدر ASTER و SRTM كنماذج مرجعية. وذلك باستخدام سطوح مشكلة من طرق استيفاء مختلفة (IDW، Spline، Kriging) لتحديد الطريقة الأفضل من بينها استناداً الى نتائج التحليل الاحصائي.

4. طرق البحث ومواده

4-1: طرق استيفاء نماذج الارتفاعات الرقمية

تُستخدم طرق الاستيفاء بشكل شائع لتوليد أسطح طبوغرافية مستمرة استنادًا إلى نقاط بيانات منفصلة. هذه الطرق أساسية في توليد السطوح الطبوغرافية الممثلة بشكل دقيق للارتفاعات، خصوصًا في حالات نقص البيانات أو وجود أخطاء قياس. من أبرز الطرق المستخدمة في توليد هذه النماذج.(Caloiero, T. et al., 2021) : طريقة IDW (Inverse Distance Weighting)،

والتي تُعد من أبسط أساليب الاستيفاء، حيث تعتمد على مبدأ أن النقاط الأقرب للموقع المستهدف بحيث تكون لها تأثير أكبر في تحديد القيمة النهائية.

يتم تقدير القيمة المجهولة كمتوسـطة موزونة لإنجاز الإلباس لأقرب n نقطة من نقاط العينة ذات القيم المعلومة الارتفاعات $z_1, z_2, \ldots . z_n$ وباعتبار أن p_i هي أوزان تلك القيم المعلومة وتتناسـب عكسـاً مع مقلوب المسـافة الفاصـلة بين النقطة من العينة ذات القيمة z_i والنقطة المجهولة. يعطى ارتفاع النقطة المجهولة بالعلاقة التالية (Ziary, Y., et al, 2007):

$$z = \frac{\sum_1^n p_i . z_i}{\sum_1^n p_i} \quad (1)$$

ويعطى الوزن p بالعلاقة التالية:

$$p_i = \frac{1}{L_i^S} \quad (2)$$

حيث: n – عدد النقاط المتفرقة المقاسة.

Z_i – ارتفاع النقطة i المقاسة.

S – عامل تخفيض لتقليل تأثير النقاط البعيدة وغالباً ما يعطى القيمة (2).

L – المسافة بين النقطة المعلومة والنقطة المراد معرفة ارتفاعها.

تُظهر هذه الطريقة أداءً جيدًا في البيئات ذات التوزيع المكاني المنتظم، لكنها قد تواجه صعوبة في البيئات ذات التوزيع غير المنتظم.

أما طريقة Spline فتعتمد على استخدام دوال رياضية لتشكيل أسطح سلسة وتقدير القيم بين النقاط بطريقة تقلل من الأخطاء في الانحدارات. تُستخدم بشكل خاص في المناطق ذات التغيرات الطبوغرافية الدقيقة، حيث توفر أسطحًا طبوغرافية سلسة تساهم في تمثيل الارتفاعات بدقة عالية وذلك من خلال وذلك تمرير منحنيات وسطوح على عينة النقاط المستخدمة في الإلباس. يمكن تشبيه آلية عمل هذه الطريقة بتمرير صفيحة مرنة من خلال نقاط العينة المعلومة بحيث تحقق انحناء أصغري ومن ثم حساب قيم ارتفاعات النقاط المجهولة.

إن طريقة Kriging هي طريقة إحصائية ومكانية حيث تستخدم لتحليل العلاقات المكانية بين النقاط. في هذه الطريقة يتم تأسيس علاقة رياضية بين النقاط المتفرقة (variogram). يمكن أن يتم تأسيس العلاقة على أساس المسافة الفاصلة والاتجاه بين نقاط مقاسة من ثم يتم استخدام تلك العلاقة لحساب الأوزان التي ستستخدم لاحقاً في

طريقة Kriging. تعطى العلاقة الأساسية لطريقة Kriging كما يلي (ESRI, 2019) :

$$z = \sum_{1}^{n} \lambda_i . z_i \qquad (3)$$

حيث الرموز المستخدمة كما سبق وأشير إليها في العلاقة السابقة باستثناء الرمز λ الذي يعبر عن وزن غير معلوم للقياس Ziويتم حسابه اعتماداً على المسافة بين النقطة المجهولة والنقاط المعلومة وأيضاً على الترتيب المكاني للنقاط المعلومة حيث تتوزع مجموعة من النقاط حول النقطة المجهولة بمسافات واتجاهات مختلفة.

توفر هذه الطريقة دقة عالية في البيئات ذات التوزيع غير المنتظم للنقاط، مما يجعلها مناسبة للمناطق التي يصعب فيها تطبيق الطرق البسيطة مثل IDW .

4-2: منطقة البحث

تقع منطقة البحث ضمن محافظة حمص (الشكل 1) بين خطي الطول 36.34° و36.66° شرق خط طول غرينتش، ودائرتي العرض 34.75° و35.1° شمال دائرة عرض الاستواء، وهي منطقة ذات طبيعة جبلية وتتراوح ارتفاعات تضاريسها بين 360 متر في اخفض نقطة وصولا إلى 1050 متر في أعلاها.

الشكل 1: الامتداد المكاني لمنطقة البحث في محافظة حمص، Google Earth 2024.

4-3: البيانات المتوافرة

تتضمن البيانات المستخدمة ما يلي:

1- خريطة طبوغرافية ورقية ممسوحة رقميا لمنطقة قلعة الحصن بمقياس رسم 1/50000 تتضمن تفاصيل الارتفاعات والانحدارات بتباعد بين خطوط التسوية يساوي 10 متر، مرسومة بتربيع ميركاتور المعترض UTM zone 37 تم انتاجها في العام 1982.

2- طبقات نماذج الارتفاعات الرقمية العالمية SRTM و ASTER لمنطقة الدراسة، معرفة ضمن نظام الاحداثيات الجغرافي العالمي WGS 84 وفق الشريحة رقم: N34E36 لكلا النموذجين. فيما يخص النموذج SRTM من الموقع USGS الأمريكي (https://earthexplorer.usgs.gov/). أما النموذج الرقمي ASTER فقد تم الحصول عليه من موقع (https://terra.nasa.gov/data/aster-data).

4-4: منهجية البحث ومراحله

في المرحلة الأولى، تم جمع البيانات الخام لنماذج الارتفاعات العالمية (SRTM وASTER) والذي يملك كل منهما دقة تمييز مكانية 30 m من المصادر المعتمدة. وقد تم اعتبارها سطوحاً مرجعية باعتبار أنه يمكن استخدامها في انتاج خرائط بمقياس 1:50000 (EL Ashiry, A., et al, 2024) إلى جانب بيانات من الخرائط الورقية مقياس 1:50000 الممسوحة ضوئياً.

في المرحلة الثانية، تم تحضير البيانات من المصادر الورقية من خلال مسحها ضوئياً وتدقيقها بحيث تشمل كامل منطقة الدراسة، والتي تم اختيارها بناءً على تنوع التضاريس واحتوائها على ارتفاعات وانخفاضات لتقديم تمثيل دقيق لمعايير تقييم دقة النماذج الارتفاعية.

في المرحلة الثالثة، تم تشكيل السطوح من خلال رقمنة الخريطة الممسوحة ضوئياً بعد ارجاعها واستخلاص نقاط الارتفاع الموجودة فيها بغية تشكيل السطوح باستخدام نماذج مختلفة (idw, kriging, spline).

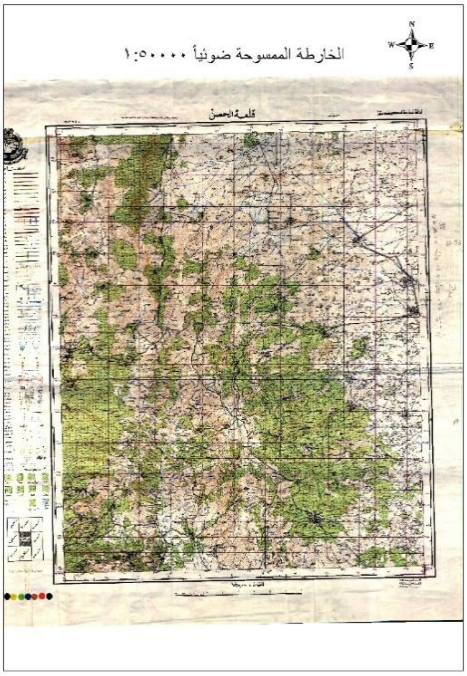
في المرحلة الرابعة، تم إجراء مقارنة بين السطوح المشكلة من بيانات الخريطة مع السطوح من ASTER وSRTM باستخدام مراكز البيكسلات للسطوح كافة باستخدام أساليب إحصائية وهي حساب الأخطاء المتوسطة التربيعة (RMSE) لكل طريقة استيفاء.

أخيرًا، تم استخلاص النتائج وتقديم توصيات حول مدى صلاحية استخدام كل نموذج في التطبيقات المختلفة بناءً على دقته.

5. النتائج والمناقشة

5-1: تحضير البيانات وتدقيقها

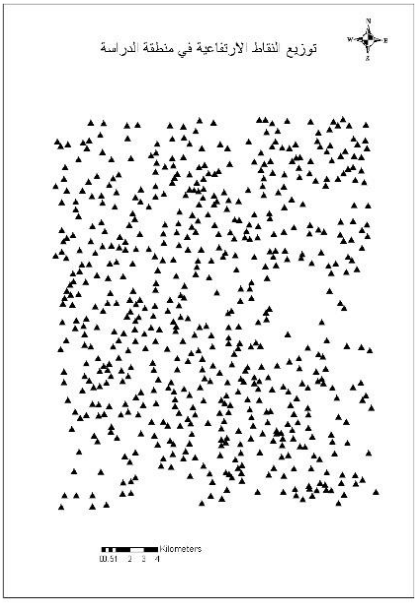
تم استخدام برنامج ArcGIS 10.8 لإرجاع الخريطة الورقية بشكل رقمي، الشكل (2)، حيث تم تحديد نقاط التحكم الأرضية (GCPs) على الخريطة الورقية وربطها بالإحداثيات الجغرافية الحقيقية ضمن النظام UTM Zone 37N. سهلت هذه الأداة عملية تحويل الخريطة الورقية إلى بيانات رقمية باستخدام تقنيات التحويل الجغرافي المتقدمة التي يوفرها ArcGIS.



الشكل(2) خريطة الورقية الممسوحة ضوئياً

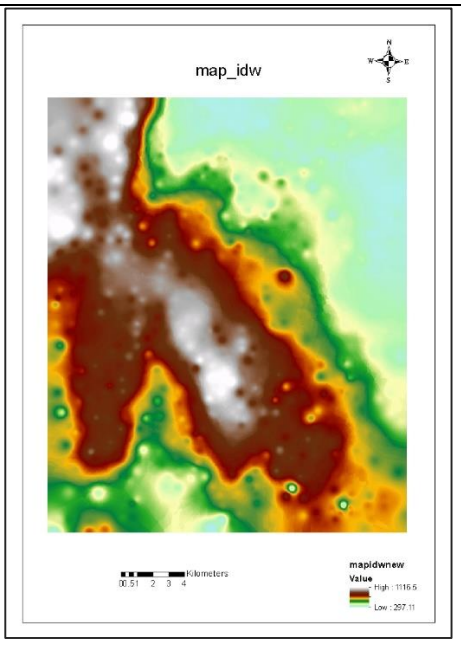
بعد ذلك، تم انشاء Shapefile لتخزين النقاط الارتفاعية بطريقة تسهل استخدامها في التحليل المكاني. ثم تم ضبط النظام الإحداثي للنقاط إلى UTM Zone 37N، مما ضَمن توافق البيانات مع المرجع المكاني المطلوب لإجراء التحليل المتقدم.

تم استخلاص 616 نقطة ارتفاعية في منطقة الدراسة وهي موزعة على كامل المنطقة،الشكل (3).

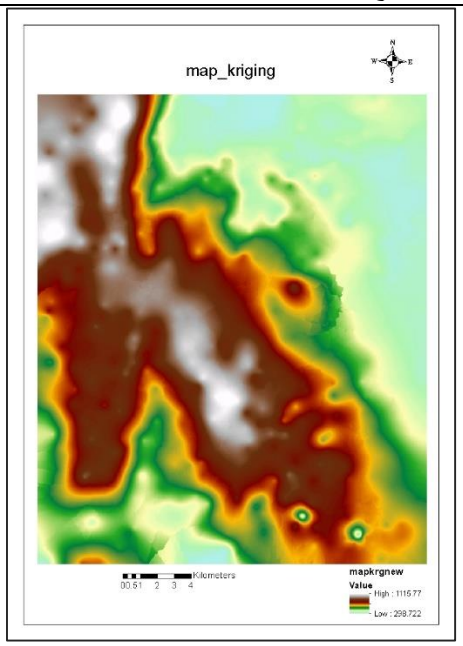


الشكل(3) توزيع النقاط الارتفاعية في منطقة الدراسة

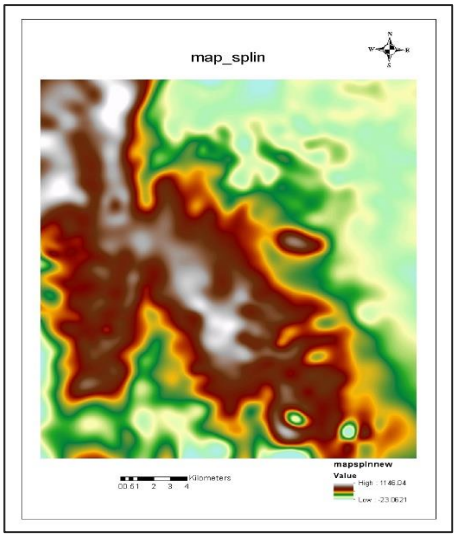
بعد ذلك تم تشكيل السطوح باستخدام الطرق الثلاثة (Kriging، Spline، وIDW) ووضعت النتائج في الأشكال (4، 5، 6).



الشكل(4):عملية تشكل السطوح وفق كل طريقة idw

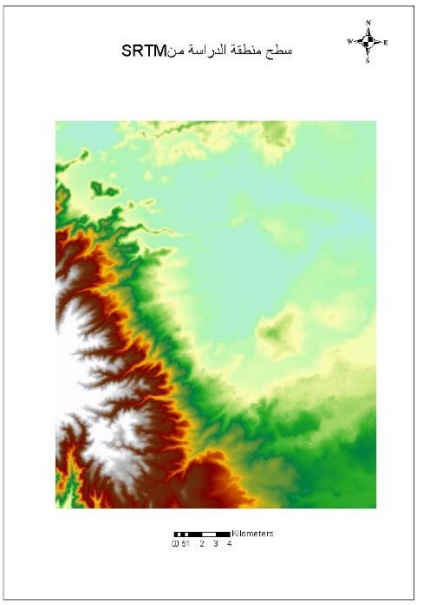


الشكل(5):عملية تشكل السطوح وفق كل طريقة kriging

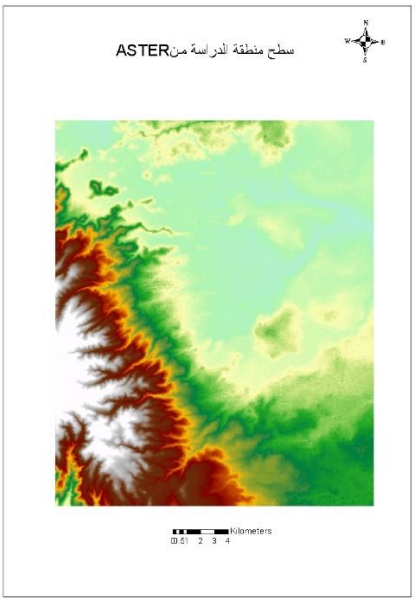


الشكل(6):عملية تشكل السطوح وفق كل طريقة spline

أيضاً تم الحصول على سطح للمنطقة المدروسة من البيانات الارتفاعية مفتوحة المصدر من SRTM ومن ASTER ووضعت في الشكلين (7) و (8).



الشكل (7) سطح منطقة الدراسة من SRTM



الشكل (8) سطح منطقة الدراسة من ASTER

5-2 مقارنة بين السطوح المشكلة:

تم اجراء مقارنة بين السطوح المشكلة بطرق الاستيفاء المختلفة وكل من السطوح المشكلة من بيانات ASTER و بيانات SRTM من خلال المقارنة بين ارتفاعات مراكز خلايا السطوح المشكلة الثلاثة مع مراكز الخلايا للسطوح من ASTER ومن SRTM وقد بلغ عدد الخلايا المختبرة 296050 خلية، تم اجراء اختبار احصائي من خلال حساب الخطأ المتوسط التربيعي لفروق الارتفاعات بين السطوح.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\Sigma v_i^2}{N-1}} \quad (4)$$

حيث: N: عدد النقاط الارتفاعية.

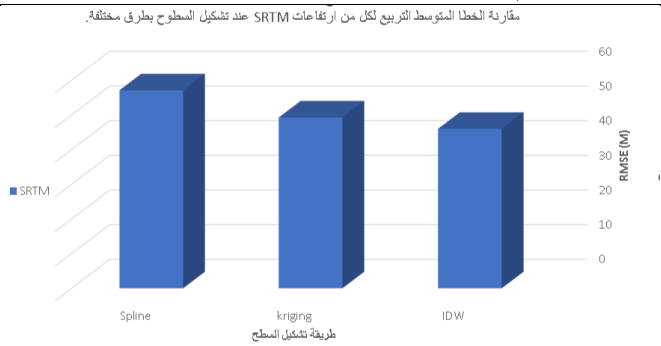
v_i: الفرق بين ارتفاعات النقاط المختلفة.

فحصلنا على الجدول الاحصائي(جدول 1) التالي الذي يوضح الخطأ المتوسط التربيعي لتلك الفروق بين ارتفاعات النقاط مأخوذة من سطحين أحدهما مأخوذ من طرق استيفاء والآخر من ASTER ومن SRTM.

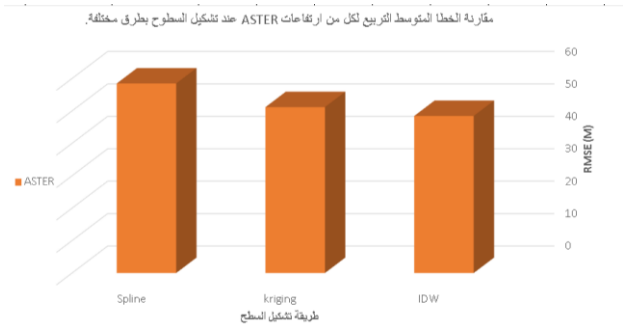
الجدول(1): نتائج التحليل الاحصائي لطرق الاستيفاء المستخدمة.

RMSE(M)	method of interpolation		
	IDW	Kriging	Spline
SRTM	45.98	49.25	57.08
ASTER	48.43	51.17	58.46

تم وضع نتائج الجدول السابق في الشكلين (9) و (10).



الشكل(9) مقارنة بين السطح الشكل من طرق الاستيفاء المختلفة و سطح SRTM



الشكل(10) مقارنة بين السطح الشكل من طرق الاستيفاء المختلفة و سطح ASTER

6. الاستنتاجات والتوصيات

تم تحليل أداء نماذج الارتفاعات الرقمية ASTER و SRTM باستخدام ثلاث طرق لتشكيل السطح: Spline و Kriging و IDW. وبناءً على النتائج الموضحة في الرسوم البيانية، تم استخلاص مجموعة من الاستنتاجات والتوصيات التي يمكن أن تساهم في تقييم دقة استيفاء بيانات الارتفاعات الرقمية.

أولاً: الاستنتاجات

1- من القيم السابقة يمكن ملاحظة أن طريقة تشكيل IDW أعطت أقل قيمة للخطأ المتوسط التربيعي (45.98, 48.43 m) بالتالي يمكن اعتبار أنه عند تشكيل السطوح لمناطق ذات انحدارات كبيرة يمكن اعتماد طريقة IDW كطريقة لتشكيل السطح أفضل من الطرق الأخرى المختبرة على اعتبار أن كل من ASTER و SRTM هما الأسطح المرجعية.

2- أعطى السطح المرجعي SRTM قيماً أدق من سطح ASTER في جميع حالات تشكيل السطوح وبكافة الطرق وذلك يعود الى اختلاف تقنية الحصول على هذه النماذج الرقمية على الرغم من تساوي دقة التمييز المكانية في كلا النموذجين (رادار SRTM ,) و (,ASTERمسح تصويري).

3- أعطت طريقة كريج و طريقة IDW قيماً متقاربة من حيث الخطأ المتوسط التربيعي. بينما كانت طريقة spline الأقل دقة في تمثيل السطوح مقارنة مع كل من السطح المرجعي SRTM و سطح ASTER.

ثانياً: التوصيات

بناءً على النتائج، يوصى بـ:

1- ضرورة اختبار فعالية السطحين المرجعيين SRTM و ASTER في تقييم السطوح المستوفاة من نقاط مقتطعة من خرائط ذات مقاييس صغيرة تغطي مناطق قليلة ومتوسطة الانحدار وذلك للحصول على نتائج أكثر شمولية.

2- يوصي البحث باختبار طرق استيفاء أخرى بعين الاعتبار من الجار الطبيعي وغيره عند تشكيل السطوح.

.

7. References

[1] Gesch, D. B., et al. (2006). "Accuracy Assessment of SRTM and ASTER Global DEMs.". ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 60 .(5)

[2] Mukherjee, S., et al. (2013). "Evaluation of SRTM DEM and ASTER GDEM for Hydrological Applications in India.". Journal of Hydrology, 464-465 .

[3] Abrams, M. (2000). "The Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER): Data products for the high-resolution earth observation system.". International Journal of Remote Sensing, 21(5), 847-859.

[4] Caloiero, T., Pellicone, G., Modica, G., & Guagliardi, I.** (2021). *Comparative Analysis of Different Spatial Interpolation Methods Applied to Monthly Rainfall as Support for Landscape Management.". Applied Sciences.

[5] Ziary Y., Safari H., (2007). "To Compare Two Interpolation Method: IDW, Kriging for Providing Properties (Area) Surface Interpolation Map Land Price", FIG Working Week 2007, Hong Kong SAAR, China, 13-17, 13.

[6] Environmental Systems Research Institute(ESRI), (2019). "Using ArcGIS 3D Analyst".

[7] EL Ashiry, A., & Elkhalil, O. (2024). Vertical Accuracy Assessment for the Free Digital Elevation Models SRTM and ASTER in Various Sloping Areas. JES. Journal of Engineering Sciences, 52(6), 250-268.