مجلة جامعة البعث

سلسلة علوم الهندسة المدنية والمعمارية

مجلة علمية محكمة دورية

المجلد 43 . العدد 11

1442 هـ - 2021 م

الأستاذ الدكتور عبد الباسط الخطيب

رئيس جامعة البعث

المدير المسؤول عن المجلة

أ. د. ناصر سعد الدين	**رئيس هيئة التحرير**
أ. د. درغام سلوم	**رئيس التحرير**

مديرة مكتب مجلة جامعة البعث

بشرى مصطفى

د. محمد هلال	**عضو هيئة التحرير**
د. فهد شريباتي	**عضو هيئة التحرير**
د. معن سلامة	**عضو هيئة التحرير**
د. جمال العلي	**عضو هيئة التحرير**
د. عباد كاسوحة	**عضو هيئة التحرير**
د. محمود عامر	**عضو هيئة التحرير**
د. أحمد الحسن	**عضو هيئة التحرير**
د. سونيا عطية	**عضو هيئة التحرير**
د. ريم ديب	**عضو هيئة التحرير**
د. حسن مشرقي	**عضو هيئة التحرير**
د. هيثم حسن	**عضو هيئة التحرير**
د. نزار عبشي	**عضو هيئة التحرير**

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

رئيس تحرير مجلة جامعة البعث

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

. هاتف / فاكس : 2138071 31 963 ++

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

. البريد الالكتروني : magazine@ albaath-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

. كتابة النص Simplified Arabic قياس 13 عادي . 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 . الحرف الأول من الاسم تتبعه فاصلة . سنة النشر . وتتبعها معترضة (–) عنوان الكتاب ويوضع تحته خط وتتبعه نقطة . دار النشر وتتبعها فاصلة . 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:

. بعد الكنية والاسم وسنة النشر يضاف عنوان البحث وتتبعه فاصلة، اسم المجلد ويوضع تحته خط وتتبعه فاصلة . المجلد والعدد (كتابة مختزلة) وبعدها فاصلة . 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 (20000) ل.س عشرون ألف ليرة سورية عن كل بحث لكل باحث يريد نشره في مجلة جامعة البعث.
2. دفع رسم نشر (50000) ل.س خمسون 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 (3000) ل.س ثلاثة آلاف ليرة سورية رسم موافقة على النشر من كافة الباحثين.

المحتوى

اسم البحث	اسم الباحث	الصفحة
الديناميكية الحركية ودورها في تحقيق الزيادة الضمنية للفراغات السكنية	هبة التتان د. نضال سطوف د. مؤنس الجرايحي	48-11
تحديد عمق التحسين الناتج عن عملية الرص الديناميكي للترب الرملية	د. نضال سطوف	88- 49
دراسة تأثيرِ تغير مقاومة الضغط للبيتون على فعالية التطويق العرضي مسبق الإجهاد	د.م عصام ملحم م. محمّد لؤي السّاعاتي	116-89
سلوكية الروابط البيتومينية المعدلة باستخدام مسحوق الإطارات المستهلكة تحت تأثير التغيرات الحرارية	نسيم الحمزه د. رامي الدالاتي أ. د. اندراوس سعود	146-117

الديناميكية الحركية ودورها في تحقيق الزيادة الضمنية للفراغات السكنية

طالبة الدراسات العليا: هبة التتان كلية العمارة – جامعة البعث

اشراف الدكتور: نضال سطوف + د. مؤنس الجرايحي

الملخص:

تطرأ على متطلبات الأسرة في المسكن تغييرات مستمرة بمرور الزمن بفعل تغيير حجمها أو احتياجات أفرادها أو مستوى دخلها وظروفها الاقتصادية، أو نتيجة لتطورات تقنية متزايدة، فتتولد الحاجة لمقابلة هذه المتطلبات، وإجراء تغييرات في عدد غرف المسكن، زيادةً أو نقصاناً، أو في استعمالاتها أو إلى تكييف هذا المسكن مع احتياجاتها المستجدة، وهنا تظهر أهمية تحقيق المرونة تصميمياً بوصفها أفضل حل اقتصادي يخفض من كلفة المسكن ويمكن أكبر عدد من الأسر من امتلاكه عبر توفير كفاءة استغلال فراغاته كلّها، إن إيجاد الحلول التصميمية للفراغ هي رؤية ناتجة عن قدرة وقابلية المصمم على استخدام التصميم من خلال الادراك والتحليل للمشكلات التصميمية. وإيجاد حلول معاصرة تساهم في جعل المساحات الصغيرة والمحدودة تبدو أكبر مما هي عليه دون الحاجة إلى الانتقال لمسكن آخر وبتكاليف مادية زهيدة وذلك بهدف رفع جودة الحياة، وذلك من خلال الاستخدام الأمثل للديناميكية الحركية التي أصبح استخدامها داخل المسكن ضرورة حتمية في جميع عناصر ومفردات التصميم والتقسيم الداخلي وممرات الحركة فتكون أكثر ديناميكية وحركة وقدرة على إضفاء روح الحيوية والانطلاق.

كلمات مفتاحية:

الديناميكية، حركة، مرونة، فراغ، مساحات مهدورة، حلول تصميمية، جدران متحركة.

The motion's dynamic and its effect on increasing the implicit for the Residential spaces

Abstract

The living requirements of the family have been facing continuous changes over time as a result of changing its size or the needs of its members or its level of income and economic conditions, or as a result of increasing technological developments, so there is a need to balance these requirements, and making changes in the number of rooms in the house, increase or decrease, or in their uses or to Adapting this housing to its new needs, and here the importance of achieving flexibility in design as the best economic solution that reduces the cost of the house and enables the largest number of families to own it by providing the efficiency of exploiting all its spaces, and finding design solutions for a space is a vision resulting from the ability of the designer to use the design Through awareness and analysis of design problems. And finding contemporary solutions that contribute to making small and limited spaces and making them appear larger than they are without the need to move to another housing at low financial costs, with the aim of raising the quality of life, through the optimal use of the kinematic, which has become an inevitable necessity in all elements and vocabulary of design and division The interior and movement corridors will be more dynamic, moving and able to impart the spirit of vitality and start, this is what we try to reach through research.

Key words:

Dynamic ،movement، flexibility ،space، Space waste، Design solutions، movable walls.

مقدمة البحث:

يعتبر المسكن الركيزة الأساسية في تكوين الأسرة، ويعد حصولها على المسكن المناسب الذي يوفر لها الاحتياجات الوظيفية والمكانة الاجتماعية والراحة النفسية وذلك ضمن مقدرتها المادية من أهم المتطلبات الرئيسية في المجتمعات المعاصرة. وتشير الدراسات إلى أن العديد من الأسر تسكن في مساكن غير ملائمة لاحتياجات الأسرة وأعداد أفرادها من حيث المساحة والتصميم.

لذلك لابد من أخذ الاحتياجات المستقبلية للأسرة بالحسبان لإتاحة الفرصة للتوسع أو التغيير في مختلف فراغات المسكن الذي ينعكس بتعديلات داخلية وخارجية ولا يخالف أنظمة البناء.

من هنا تأتي أهمية مفهوم المرونة التصميمية في المباني السكنية سواء على المستوى الأفقي أو المستوى الشاقولي باستخدام الارتفاع، واعتمادها كمبدأ تصميمي يسهم في تأمين متطلبات التطور المستمر والمتسارع، أي تحقيق مسكن ينمو مع العائلة ويلبي متطلباتها بشكل دائم للقاطن بالاعتماد على العمارة الحركية لإعادة تشكيل البنية الفراغية الداخلية للمسكن بما يتناسب مع المتطلبات الوظيفية والبيئية.

إشكالية البحث:

ظهور أشكال جديدة من المساكن المعاصرة، تتحصر في قوالب تصميمية جامدة تحتوي على العديد من الفراغات بمساحات ضائعة، مما يضطر الساكنين إلى إنفاق الكثير من الجهد والمال عند استعمال مساكنهم، أو مساكن صغيرة لا تلبي احتياجات الأسرة الحالية ولا المستقبلية، نتيجة لعدم الاستخدام الأمثل للحجوم والفراغات، والتي يمكن الوصول إليها بسهولة من خلال عملية التصميم

والتوزيع الحجمي الملائم للفراغات السكنية، من خلال استخدام التقنيات الحديثة في تشكيل الفراغ وتعديله وأسلوب توزيعه، كالاعتماد مثلا على العمارة الحركية التي مزجت ما بين الميكانيكية الحركية وما بين التقنية والتكنولوجيا المتطورة في الوقت الحاضر، بالإضافة إلى التعامل مع الوقت كبعد رابع للعملية التصميمية.

هدف البحث:

رصد طرق توظيف الديناميكية الحركية على المستوى الشاقولي والأفقي في إيجاد حلول تصميمية معاصرة تهدف إلى خلق مساحات إضافية، وتلبية احتياجات الأسرة المتغيرة والوصول إلى الأساليب التقنية الأفضل التي تحقق هذه الغاية.

منهجية البحث: تتضمن منهجين رئيسيين:

المنهج النظري:

- دراسة تقنية الحركة في العمارة والميكانيكية الحركية المرتبطة بالتكنولوجيا المتطورة حالياً.
- استخدام مجموعة من الغرف المتحركة أو الدوارة التي تنسحب وتدور وتغير بالتالي من حجم المسكن لإيجاد مساحة إضافية أو تحقيق متطلبات بيئية أخرى.
- دراسة حركة مجموعة من الجدران لتنظيم المساحة في الشقق الصغيرة حيث يتم خلق مساحات يتم تحويلها بسهولة من خلال لفتات بسيطة، وبذلك نحصل على أعلى عائد ممكن من كل قسم من المنزل لزيادة قيمته وتعظيم فرص استخدام المساحة المتوفرة.

المنهج التحليلي:

يتناول تحليل مجموعة من الأمثلة التي تطرق لها المنهج النظري وتحليل تصاميمها والأسلوب التقني الأفضل في استخدام المستوى الشاقولي والأفقي لتوفير المساحات السكنية الإضافية.

1-الميكانيكية الحركية وارتباطها بالتكنولوجيا المتطورة حالياً:

1-1مفهوم عمارة التكنولوجيا المعاصرة:

هي عبارة عن مدرسة معمارية يعتمد فكر روادها على مقولة أن: "الفن والآلة يخلقان عمارة جميلة " [1]، فهم يؤمنون بالعلم ويعتبرون القرن الحالي هو عصر العلم هذا جانب، أما الجانب الآخر من فكرهم هو إيمانهم بالعمارة المفهومة التي يستطيع الجميع رؤيتها وقراءتها بوضوح، كما يهدفون لبناء عمارة مرنة يمكن تغيير استعمالاتها ووظائفها بسهولة، بحيث تخدم أغراضاً متعددة، بالإضافة إلى تغيير أجزائها عند الحاجة لذلك.

وعلى هذا فإنه بالإمكان التوصل إلى مفهوم ما تعنيه عمارة التكنولوجيا، حيث يمكن تعريفها بأنها "العمارة التي تطبق التكنولوجيا المتاحة في العصر، سواء في إعداد تصاميم ونماذج هذه العمارة أو في طرق وأساليب تنفيذها" [1].

إن عملية التطور التكنولوجي للعمارة أصبحت هامة جداً في عصرنا هذا من حيث الانفتاح على العالم، اكتشاف مواد بناء جديدة عالية الجودة، اكتشاف نظم إنشائية حديثة متعددة ووسائل تنفيذ آلية فائقة السرعة، كل هذا التطور قد أثر على عملية التصميم المعماري. فالتطور التكنولوجي لا يقتصر على مجال أو مجالين من مجالات العمارة ولكن أصبح يشمل كل جوانبها، حيث بدأ المصممون المعماريون والإنشائيون استخدام كل ما هو جديد من تطورات في

مـواد البنـاء ونظـم الإنشـاء التـي أصـبحت تلبـي كـل متطلبـات العمـارة الحاليـة، أمـا وسـائل التنفيـذ الحديثـة فقـد أصـبحت تـوفر الوقـت والجهـد مـع تأديـة الوظيفـة بصـورة أفضـل. ويمكـن تلخـيص العلاقـة بـين العمـارة والتكنولوجيـا المعاصـرة بالمعادلـة التالية:

(إنسان + بيئة + تكنولوجيا معاصرة = عمارة ناجحة)[1]

1-2 ثورة التكنولوجيا وتأثيرها على الإنتاج المعماري:

صـنعت التكنولوجيـا ثـورة حقيقيـة فـي عـالم الهندسـة المعماريـة، حيـث أحـدثت تغيـرات حقيقيـة ضـمن مشـاريع بنـاء كـان تنفيـذها يبـدو خيـالاً قبـل عـدة عقـود. وسـرعان مـا غيـرت بشـكل كبيـر حيـاة الإنسـان مـع ارتباطهـا بمجـال المعمـار، بدايـة مـن المسـكن والأماكن العامة مروراً بمقر العمل.

فقـد وقـع تـأثير ثـورة التكنولوجيـا مباشـرة علـى العمـارة مـن خـلال التـأثير فـي أنشـطة الإنسـان المرتبطـة بكـل نـوع مـن أنـواع المبـاني لا سـيما السـكنية منهـا، فالمتطلبـات الوظيفيـة هـي أسـاس بـدء الفكـرة التصـميمية، وهـي فـي الأسـاس ناتجـة عـن الاحتياجـات الفعليـة لمتطلبـات العميـل والتـي بالتبعيـة تـؤدي إلـى إفـراز مفـردات تصـميمية، وهـذا مـا يسـمى بمـنهج التصـميم البـديهي[2].وهنـا لابـد مـن الإشـارة إلـى الفـارق بـين متطلبـات العميـل والمتطلبـات الوظيفيـة هـو أن متطلبـات العميـل هـي رغبـة العميـل المعبـرة عـن احتياجاتـه، أمـا المتطلبـات الوظيفيـة فهـي مـا يجـب أن يقـوم بـه النسـق البنـائي لتلبيـة احتياجـات العميـل وفقـاً للمخـزون العلمـي والمعرفـي للمعمـاري فـي إطـار طروحـات العصـر التقنيـة، ممـا يتـنج عنـه مفـردات تصـميمية والتـي هـي الترجمـة الفعليـة لتلـك المتطلبـات الوظيفيـة إلـى متغيـرات ماديـة أساسـية. لكـن فـي ظـل مـا تشـهده الألفيـة الثالثـة مـن نقـلات مفهوميـة علميـة حـدث تغيـر مقابـل

في البنى الأساسية للمتطلبات الوظيفية، فظهرت هناك رؤى ومتطلبات جديدة لها والتي تتحدد فيما يلي:

1-2-1 التحكم في الفراغ:

إن العملية التصميمية تتحرك في مراحل ثلاث: مرحلة جمع بيانات وإحصاءات ثم تحليل هذه البيانات للوصول لمعلومات تساعد في اتخاذ قرارات تؤدي إلى المرحلة الثالثة من طرح البدائل التصميمية ثم تقييم تلك البدائل وإمكانية مراجعة القرارات وهكذا. وكلما تطورت وسائل جمع البيانات وسرعة ودقة جمع تلك البيانات كنتيجة للتقنيات الحديثة أعطت صورة أكثر وضوحاً، وبالتالي يمكن التحكم في جودة الفراغ الداخلي التصميمية في إطار التطويع الإنشائي والعزل عن الفراغ الخارجي في الأماكن والنقاط التي تحتاج ذلك. كذلك من خلال نظم التحكم التي تمكن المبنى من الاستجابة للظروف والعوامل الخارجية.

2-2-1 فعالية التكيف للمنظومة الإنشائية:

اذ يجب أن يقرر المبنى الطريق الأكثر كفاءة للإمداد بالبيئة المناسبة والمريحة والمساعدة على الإنتاج للمستخدمين. بحيث يحقق المبنى من خلال تصميمه وتجهيزاته البيئة المناسبة لأداء الغرض الذي أُنشأ من أجله، كما يتلاءم مع التغير في نوعيات ومتطلبات المستخدمين بطريقة أتوماتيكية، كذلك من الناحية الإنشائية لابد من تحقيق المرونة والمقدرة على التكيف على مسار التغير الزمني مما سوف يدخل بعد جديد وهو إمكانية الفك والتركيب دونما أي تغيير في الكفاءة أو جودة الفراغ الناتج عن ذلك، أي أن النظام الإنشائي عبارة عن وصلات هذه الوصلات يجب أن تسمح بوجود ارتباط فيزيائي في أي مكان لضمان اكتمال عنصر فعالية التكيف للمنظومة الإنشائية.[2]

1-2-3 الجودة العالية والإنتاج المتنوع المكثف:

في ظل عصر ثورة التكنولوجيا يتميز المنتج المعماري بالدقة والجودة العالية، كما أن قلة عدد المكونات وسهولة تركيبها من أهم عوامل اتصاف النظام بهذه الجودة العالية، ويتم ذلك بتصميم مكونات سهلة الارتباط. وهنا لابد من الإشارة إلى أثر الثورة في تكنولوجيا البناء حيث أفرزت العديد من البرامج الإنشائية التي ساعدت في الوصول إلى كيفية يتم من خلالها إنشاء الكتل المعقدة والمركبة في ظل تطويع المواد وتوفر تقنيات التنفيذ في إطار النقلة المفهومية والرقمية لعملية التصميم المعماري ودخول تقنيات الواقع الافتراضي[9].

1-2-4 تغير أنماط المباني في المستقبل:

إن تضمين تكنولوجيا البناء في الأنساق التصميمية مستقبلاً في ظل وجود الجين الرقمي سيعطي قدرة على إنشاء أشكال وأنماط جديدة من المباني، يتوقع لها أن تكون حلولاً لعدد من المشاكل التي نعاني منها في وقتنا الحالي.

1-3 تطور الأسلوب التقني للبناء:

حقق مجال الهندسة المعمارية قفزات واسعة في العقود الأربعة الماضية مدفوعاً بوتيرة تطور سريعة، وحملت تكنولوجيا البناء والتصميم تغيرات طارئة على حياة البشر إذ ظهرت أنماط متعددة مع تطور شكل المباني وتطور أسلوب البناء. وبفضل التصميمات الذكية بات هناك استغلال أفضل لمساحات الغرف والشقق السكنية، بعد أن كانت مهدرة بسبب أخطاء في تصميم الهياكل الأساسية والأعمدة الرافعة.

يرى معماريون أن تطور تكنولوجيا البناء ساهم في صناعة بيوت ومبانٍ أكثر فاعلية، حيث أثر على الفراغ المعماري وتكوين المساحة من حيث الشكل

والحجم، فظهرت الفراغات الواسعة وإمكانية البناء والتوسع الأفقي والشاقولي. ولم يتوقف المجال المعماري عند الاهتمام بتصميم المبنى فقط، بل استغل القدرات التكنولوجية الهائلة في تنفيذ الديكور المناسب من خلال دمج وإفراز مواد وتداخل حجوم ودرجات ألوان غير مسبوقة في تقديم أشكال مميزة توفر الراحة النفسية. وبهذا تكون العمارة قد تأثرت بالتطور التكنولوجي من خلال طرق التصميم والإنشاء ومواد البناء كما يلي:

1-3-1 التطور في مواد البناء:

أتاحت التكنولوجيا إمكانية تحسين خواص بعض المواد، كالخرسانة والخشب والحديد، وهي مواد قديمة وتستخدم منذ مدة طويلة حتى تصبح لهذه المواد استخدامات جديدة، هذا بالإضافة إلى ظهور عدة تطورات ملموسة في مواد البناء منها[5]:

- ظهور العديد من المواد المصنعة منها اللدائن باختلاف تركيباتها وبما يتميز من مرونة في التشكيل والتلوين.
- تطور مادة الزجاج لتظهر أنواع حديثة معالجة ضد الحرارة وعازلة للضوضاء وأنواع ذاتية التنظيف وأنواع أخرى ذكية يمكن التحكم في درجة شفافيتها بالتوصيل بتيار كهربائي خفيف.
- تطوير مواد العزل الصوتي والحراري ليس لضمان بيئة داخلية مريحة فحسب وأيضاً للمحافظة على الطاقة الداخلية للمبنى وهذا بدوره يتماشى مع مبادئ الاستدامة والحفاظ على الطاقة.
- تطوير مواد بناء ذكية وتطوير مجسات حساسة قائمة على استخدام المشغلات الذاتية المصغرة في نظم التحكم والسيطرة.

1-3-2 التطور التكنولوجي في نظم الإنشاء:

تطورت الأنظمة الإنشائية بالشكل الذي يتيح للمعماري إطلاق خياله لابتكار أشكال وفراغات لم تكن متاحة من قبل، حيث أصبح من الممكن له ابتكار الكتل المختلفة وإمكانية تدعيم المنشأ بالأنظمة الإنشائية الحديثة المعتمدة على التداخل بين النظام الهيكلي مع قطاعات الحديد الصلب وظهرت تصميمات حديثة للمباني مثل ناطحات السحاب والصالات المغطاة هائلة الاتساع وغيرها.

1-3-3 التطور التكنولوجي في إعداد التصميمات:

شهدت عملية التصميم طفرة باستخدام الحاسب الآلي وقدراته على دعم التصميمات المعمارية وحساب الأحمال الإنشائية للأشكال المعقدة، وأصبح من المؤكد تأثير ثورة المعلوماتية على أنماط العمارة المعاصرة وعمارة المستقبل وأشكالها وأساليب تنفيذها، بالإضافة إلى ذلك التغيير المتوقع في التصميم الداخلي للمسكن وتشكيل فراغاته المختلفة، فالشكل الذي سيأخذه المسكن المعلوماتي سيختلف عن الشكل المتعارف عليه للمسكن التقليدي.

ونظرا للانتشار المتوقع للتشغيل الآلي للمسكن من خلال مفهوم (العمارة الرقمية) المتداخل مع مفهوم (العمارة الذكية)، فإن المسكن سيتطور من خلال سطح حساس بين الفراغ الداخلي والبيئة الخارجية والمستمد من التقنية المستخدمة في الإنشاء. أما في حال انتشار المساكن الرقمية عن طريق التحكم في جميع الأنشطة الداخلية للمسكن، فإن ذلك سيؤثر على اختيار مواد البناء والأسلوب الإنشائي. كما أن العلاقة بين الإنشاء والعمارة ستتنوع حسب طبيعة كل مبنى على حدا[3].

4-1 أنواع الحركة في عمارة الأبنية السكنية:

يوجد حركة دورانية وحركة خطية وحركة مركبة:

1-4-1 الحركة الانسحابية (الخطية) للعناصر المعمارية: الحركة الخطية وهي الحركة التي تتم من خلال سكة مهيئة للحركة من خلالها ينسحب الجزء المتحرك، ممكن أن تكون هذه الحركة لبعض عناصر المبنى كالجدران الداخلية، أو ممكن أن تكون لجزء أو كتلة من المبنى كما في مبنى Sliding House وهو عبارة عن مبنى خطي منزلق بطول 28 م وعرض 5.8م وارتفاع 7.2م.

الشكل (1)Sliding House

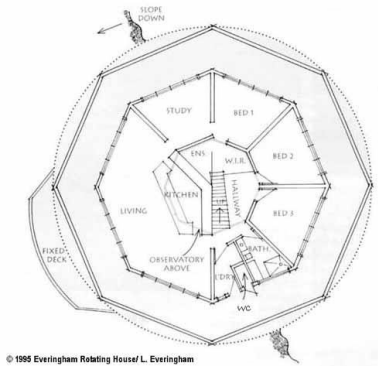
المصدر :[14]

حيث يشكل السقف مع الجدران المتحركة هيكلا عازلا يمر فوق المنزل الرئيسي وملحق الضيوف والزجاج على طول القضبان المثبتة في الارض، مما يخلق مزيجا من الاحتواء ومناطق معيشية خارجية في الهواء الطلق متغيرة بين العناصر الثابتة بالإضافة الى تغيير طرق العرض وظروف الإضاءة والشعور بالإحاطة داخل المنزل وتشكيل فناء بين شرائح المبنى.

يتم تشغيل الحركة بواسطة محركات كهربائية مخفية مدمجة في سمك الجدار. يحتوي كل محرك من المحركات الأربعة المنفصلة على زوج من بطاريات سيارات التيار المستمر والتي يتم شحنها بواسطة التيار الكهربائي أو الألواح الشمسية الكهروضوئية، يتم تعليق مسارات السكك الحديدية في الشرفة الخارجية التي يعتمد عليها التركيب بالكامل. يتم إخفاء غطاء "السكك الحديدية" الذي يبلغ طوله 6 أمتار من خلال مفاصل الرصف بالحجارة والصرف الخطي.

1-4-2 الحركة الدورانية للعناصر المعمارية:

هي الحركة التي تتم من خلال محور دوران ثابت، وممكن أن تكون الحركة الدورانية للمبنى بالكامل، كما في Everingham Rotating House، Australia فهو موجود على منصة فولاذية طولها 78 قدمًا تتيح له الدوران في كلا الاتجاهين بسرعة 525 قدمًا في الساعة. لذلك، يمكنه أن يأخذ جولتين في ساعة واحدة. ولن تشعر أنه يتحرك حتى تركز على جسم ثابت واحد بالخارج. يمكن التحكم في الدوران باستخدام لوحة تعمل باللمس في غرفة الجلوس. مبرمجة لمتابعة حركة الشمس.



الشكل (2) Everingham Rotating House

المصدر:[16]

ممكـن أن تكـون حركـة دورانيـة لجـزء مـن المبنـى كمـا فـي **Quadrant House** يضـم هـذا المنـزل فـي بولنـدا مسـاحة جلـوس متحركـة فـي الهـواء الطلـق تـدور حولهـا أرصـفة مـع غرف على جانبي الحديقة.

الشكل (3) مثال يوضح حركة جزء من المبنى Quadrant House

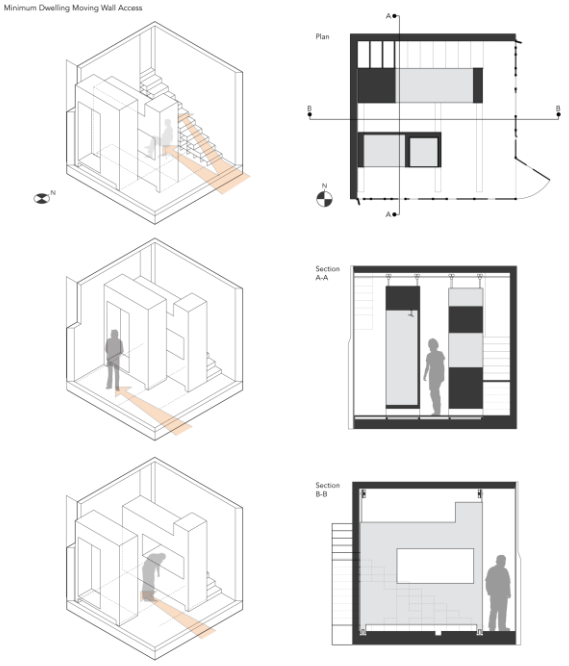
المصدر:[17]

2-الزيادة الضمنية للفراغات السكنية وطرق تحقيقها:

الزيادة الضمنية للفراغ: تعني التوسع بمساحة المسكن ضمن حدود مسقطه فقط وبالإفادة من فراغاته الداخلية، ويتم تحقيق هذه الزيادة بالطرق التالية:

2-1 جدران متحركة:

تطور مفهوم "جدار نشط"، من خلال فكرة أن الجدران ليست مجرد فاصل لقسم المساحة، ولكنها عنصر نشط في المعيشة.



كما في المثال التالي حيث يتكون الحد الأدنى من المسكن من جزأين متحركين من الجدران يحتويان على العديد من الوظائف المنزلية. فالجدار الأساسي يشمل الطعام والنوم والعمل، أما الوظائف الصحية (الاستحمام والمرحاض) تكون بعيدة عن هذا الجدار.

الشكل (4) مثال يوضح حركة الجدران لتشكيل الفراغات

المصدر: [10]

2-2أسقف متحركة هيدروليكية:

السقف المتحرك هو نظام مصمم لتدوير السقف على مسارات إذ يمنح الفرصة لدمج الأماكن الداخلية مع بعضها بالإضافة لدمج الأماكن الداخلية مع الأماكن الخارجية، مما يوسع من المساحة القابلة للاستخدام ويعطي مزيد من المرونة فهو يعتبر حل مثالي لبعض المنازل كما يصنع ليناسب أي مساحة.

الشكل (7) يوضح إمكانية توضع فراغ النوم فوق مساحة العمل أو العكس هذا التصميم يمثل المستقبل. حيث تمت الاستفادة من المستوى الشاقولي بمضاعفة المساحة المتوفرة في الغرفة وذلك باستخدام سقف هيدروليكي متحرك يتغير ارتفاع الفراغ حسب الحاجة إلى استخدام الفراغ للنوم أو العمل مثلاً.

الشكل (5) سقف هيدروليكي

المصدر:[11]

2-3 الحجوم المتداخلة:

في هذا النوع يكون العنصران متقاطعان كل فراغ مع الآخر ولا حاجة للمشاركة بينهما في الخواص البصرية. وتتداخل هذه العناصر بعدة طرق هي:

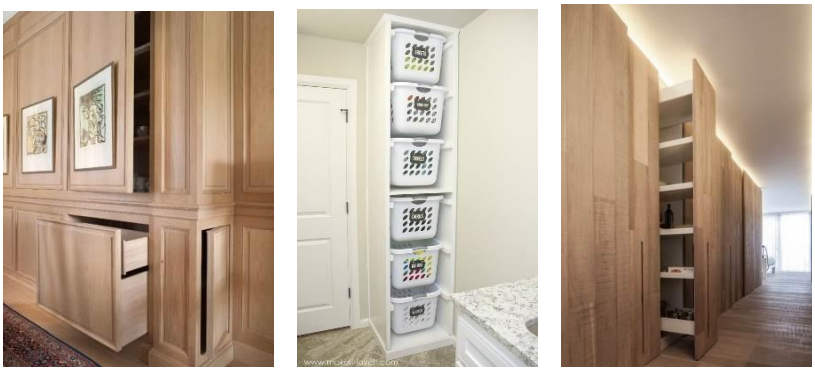
- أن يكون العنصران متماثلين ويمتزجا ليكونا شكلاً مركباً.
- أن يبتلع أحد الشكلين الآخر داخله تماماً.
- أن يحتفظ كل شكل بخواصه ويتداخل مع الآخر في جزء من حجمه.
- ممكن أن يكون العنصران منفصلان والرابط بينهما عنصر ثالث.

4-2 الأثاث المرن:

يجب أن يحقق الأثاث وعناصره وطريقة توزيعه راحة الشاغلين للفراغات من حيث الكم (المساحة) والكيف (شكل الفراغ وطريقة تصميمه)،

يتم ذلك من خلال ما يلي:

- استخدام الخزن كفواصل بدل من الجدران بين الفراغات التي تخدم وظائف متقاربة مشتركة.
- استغلال ارتفاع الحائط الغير مستخدم للتخزين وذلك باستخدام خزن على محيط الحجرات حيث يمنح طاقة تخزينية كبيرة تستوعب أي احتياجات ممكنة داخل المسكن مثل خلف الأبواب والممرات وخلف قطع الأثاث.



الشكل (6) طرق استغلال المستوى الرأسي في مساحات التخزين للحوائط الغير مستغلة

المصدر: [7]

- وضع قطع الأثاث المتحركة التي يمكن طيها وحفظها في دواليب، كالأسرة والطاولات قابلة للطي وإخراجها لاستخدامها عند الحاجة لها.

الشكل (7) أحد خزن الأسرة والطاولات القابلة للطي

المصدر: [7]

- استغلال المساحات في الجدار حول فتحات الأبواب بوضع الرفوف للتخزين حيث تضيف اللمسة الجمالية للمكان بالإضافة إلى تحقيق الغاية الوظيفية.

الشكل (8) الاستفادة من المستوى الشاقولي فوق الفتحات

المصدر: [7]

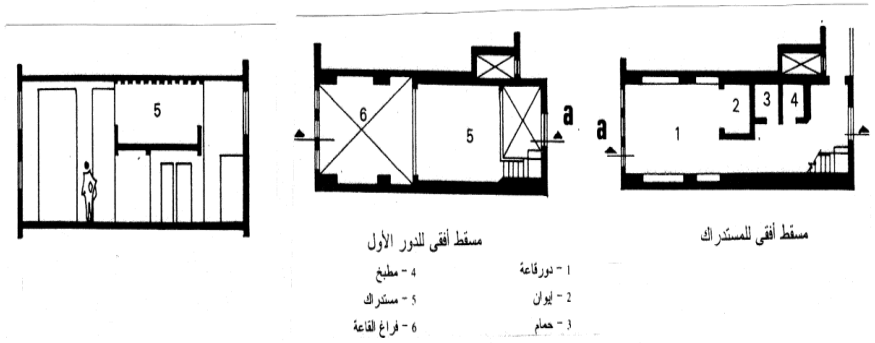
3-البعد الثالث ودوره في العملية التصميمية للفراغ:

إن استخدام البعد الثالث في الفراغ الداخلي من أهم العناصر التي تؤدي إلى الاقتصاد في المساحة من خلال الاستفادة من الارتفاع وعدم اقتصار الاستفادة على المستوى الأفقي، حيث يزداد الاستغلال الانتفاعي للمساحة المتاحة من خلال امتداد العناصر إلى كامل ارتفاع الفراغ مع تخصيص الأجزاء السفلية للاستعمال المتكرر اليومي.

3-1 الفصل الشاقولي للأنشطة:

إن فكرة الفصل الشاقولي اعتمدت على التحليل الفراغي لكل الأنشطة المحتملة في البعد الثالث الذي يحقق عزلاً بصرياً وصوتياً جيداً بفصل الأنشطة العائلية عن الأنشطة الشخصية في مستويين.

وهنا يمكن الرجوع للعمارة الإسلامية في المباني متعددة الاستعمالات كالوكالات، حيث تعتبر وكالة خان الخليلي مثالاً متميزاً للامتداد الشاقولي داخل الفراغ بالإضافة إلى وكالة الغوري التي تتكون فيها الوحدة من ثلاث أدوار بينها سلم داخلي لاستيفاء أنشطة الإقامة والعمل والتجارة.



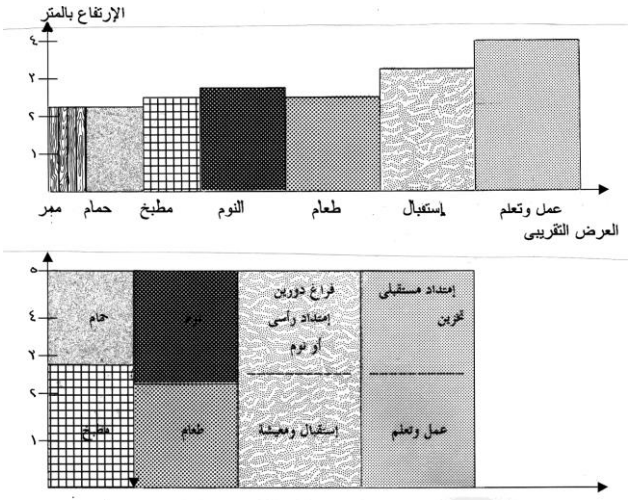
الشكل (9) الاستغلال الراسي للفراغ في العمارة الإسلامية، وكالة خان الخليلي

المصدر :[8]

3-2 زيادة الارتفاع الشاقولي للفراغ ودوره في تأمين مساحة إضافية للمسكن:

إن الارتفاع القياسي 3م يستخدم عادة لكل الطوابق دون الارتباط بوظيفة الفراغ، وهو ما يعتبر إهداراً لقيمة البعد الثالث. فارتفاع الممرات والحمامات يمكن تخفيضه الى 2.2م وهو ما يساوي أعلى ارتفاع لخزن المطبخ، التي يسهل تزويدها بمروحة شفط للتهوية.

بينما يمكن خفض ارتفاع النوم الى 2.4م كالشروط الفندقية كما في الشكل (12) حيث يوضح الارتفاعات المحتملة لكل فراغ ثم إعادة ترتيبها شاقولياً، حيث يمكن الوصول لارتفاع متوسط للمسكن وهو 5م بتجميع الفراغات شاقولياً.



الشكل (10) الارتفاعات المحتملة لكل فراغ ثم إعادة ترتيبها شاقولياً

المصدر :[4]

فمثلاً يجمع الحمام أعلى المطبخ لطبيعتهما الرطبة ولسهولة التغذية والصرف. وفراغات النوم يمكن أن تعلو المعيشة والطعام أو العمل بارتفاع 2.5–2.7 م. ويتضح أن تحليل الوظائف في البعد الثالث وإعادة ترتيب الفراغات شاقولياً قد أدى لخفض ارتفاع الدورين من 6 الى 5 م مع إضافة أنشطة العمل والتعلم في هذه الحدود دون تكلفة إضافية.إن تحليل الوظائف في البعد الثالث وإعادة ترتيب الفراغات شاقولياً يؤدي إلى التقليل من ارتفاع المسكن بمقدار متر تقريباً وهذا بدوره يؤدي إلى زيادة التوفير في ارتفاع المبنى ككل وبالتالي يمكن الاستفادة من هذا الارتفاع الزائد في إضافة مسكن آخر. لهذا إن الفصل الشاقولي المدمج يتفوق على الفصل الأفقي الوظيفي بثلاث مزايا أساسية:

أولاً: اقتصادياً، وذلك بتوفير مساحة لأنشطة العمل والتعلم تساوي 17% دون زيادة تكلفة المسكن.

ثانياً: اجتماعياً، بفصل فراغات الأنشطة المستحدثة في مستوى خاص، غير مستوى النوم مما يحقق الخصوصية المطلوبة.

ثالثاً: نفسياً، بتوفير الهدوء والسكينة فالفصل الشاقولي يحقق عزلاً صوتياً أفضل كما يعطي إحساساً بالسكن في (فيلا) بما له من مظهر اجتماعي محبب.

3-3 استغلال البعد الرابع في الاقتصاد بالمساحة:

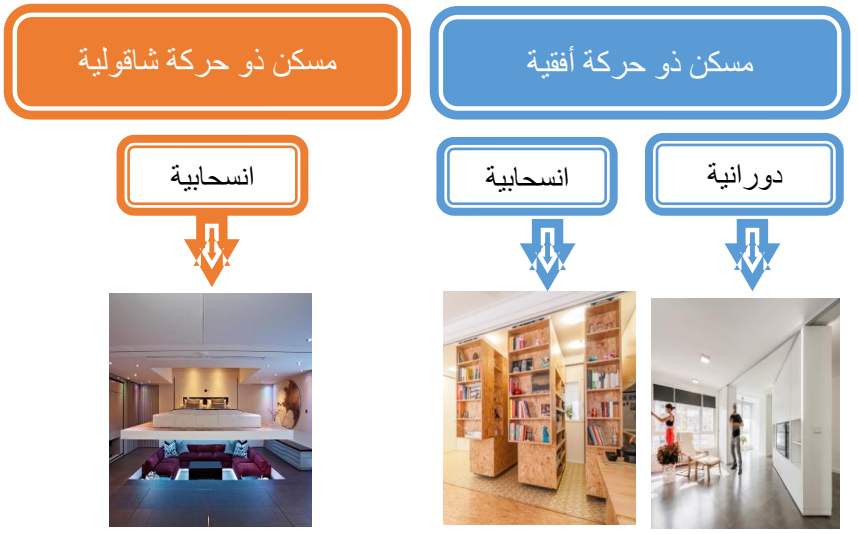
لا يمكن تخيل الفراغ أو الكتلة رباعية الأبعاد، فالزمن عامل غير مادي يمكن لمسه أو رؤيته، ولكنه عنصر يمكن تتبعه من خلال الحركة، والحركة الموضوعية لها صور مختلفة بداية من حركة الفرد داخل الفراغ، مروراً بحركة مكونات المبنى أو حركة تتفاعل مع البيئة الخارجية أو حركة افتراضية الكترونية، نهاية إلى حركة المبنى كلياً، وجاء منح الحركة للفراغ كرد فلسفي للحياة التي تتغير بسرعة كبيرة، وإن هذه التغيرات في مقياس الزمن تتكرر كدقات الساعة. كما تضفي ثنائية (الزمن–المكان) في التصميم الداخلي للفراغ التجدد المستمر بمجرد ملاحظة الحيز المحيط بالساكن، حيث أن البعد الزمني يمكن أن يظهر جلياً من خلال تفاعل الساكن مع الفراغ مولداً حيزاً مختلفاً من خلال مرور الزمن، وإن ربط الزمن مع البعد الثالث للمقياس الداخلي ينتج بعداً مركباً (الفراغ–الزمن)[6] .

لذا يجب عدم إهمال البعد الرابع "الزمن" حيث يمكن الاقتصاد في المساحة بتعدد استخدامات نفس الفراغ في أوقات مختلفة من النهار والليل، إما بتحريك الأثاث أو تحريك بعض العناصر المعمارية وخلق فراغ جديد يؤدي وظيفة جديدة[8].

4 الدراسة التحليلية لأمثلة توضح الديناميكية الحركية ودورها في زيادة الفراغ:

1-4 سبب وآلية اختيار الأمثلة التحليلية:

- سيتم في الدراسة التحليلية اختيار عينة من المساكن العالمية والإقليمية، وتحليل نوع الحركة وآليتها ودورها في تحقيق الزيادة في المساحة والأسباب التي دفعت الى استخدامها لتحقيق الغاية المرجوة منها.
- ثم تحليل الأمثلة تبعاً للمسطرة القياسية التي تم استخلاص محدداتها من الدراسة النظرية والتي تتضمن: نوع الارتفاع (ثابت، متغير)، نوع الحركة، طرق تحقيق الزيادة الضمنية ونسبتها، أسباب تحقيق الزيادة، تحقيق (فصل شاقولي وأفقي للأنشطة، مرونة، راحة إنسانية، استغلال للبعد الرابع).
- اختيار مجموعة من المساكن تعتمد على الحركة في زيادة المساحة وتصنيفها ضمن فئات تبعاً لنوع الحركة وهي كالتالي:



YO–home استديو مدريد Little big, house

- المسطرة القياسية المعتمدة في الدراسة التحليلية:

الجدول (1) المسطرة القياسية المصدر: الباحث

اسم المسكن			
مساحة المسكن			
الارتفاع	ثابت		
	متغير		
نوع الحركة	أفقية	دورانية	
		انسحابية	
	شاقولية	انسحابية	
طرق تحقيق الزيادة	حركة جدران		
	حركة أسقف		
	حركة أثاث		
	حركة حجوم		
نسبة الزيادة	%75		
	%50		
	%25		
أسباب تحقيق الزيادة	زيادة في المساحة		
	اعتبارات مناخية		
	الاحتواء مع الخارج		
فصل للأنشطة	فصل افقي		
	فصل شاقولي		
المرونة			
راحة إنسانية			
البعد الرابع			

4-2 مسكن ذو حركة أفقية (الفئة الأولى):

مسكن ذو حركة أفقية دورانية

4-2-1 مسكن ذو حركة أفقية دورانية:

4-2-1-1 Little big houses البيوت الكبيرة الصغيرة:

الوصف الأساسي للمسكن:

- تبلغ مساحة المسكن 70 مترًا مربعًا.
- الموقع: اسبانيا، أستورياس
- المصمم: شركة PKMN للهندسة المعمارية
- أقسام المسكن: يتألف المسكن من قسم المعيشة النهاري بالإضافة الى المطبخ ومن قسم النوم الليلي كما يحتوي جدار مركزي دوار، يحدد موقعه التصميم الداخلي للمنزل. وهو بمثابة منزل للزوجين، وعند الضرورة، لعائلتهما الممتدة.

الشكل (11) يوضح الجدار الديناميكي

المصدر:[13]

الفكرة من التصميم:

- هـي تعظـيم الأبعـاد المعيشـية للممتلكـات السـكنية الصـغيرة، إذ تسـمح المسـاحة المرنـة لمجموعـة واسـعة مـن الاسـتخدامات المختلفـة فالجـدران قابلة للحركة بسهولة.

الحركة وآليتها:

- يتحـرك الجـدار الـديناميكي حركـة أفقيـة دورانيـة ممـا يسـمح بتحويـل المنـزل بسـهولة، بحيـث يمكنـه إضـافة غرفـة نـوم واحـدة أو غرفتـي نـوم في أقل من دقيقة.

الشكل (12) غرفة النوم التي شكلها الجدار

المصدر :[13]

- يمكن الاقتصاد في المساحة بتعدد استخدامات نفس الفراغ في أوقات مختلفة من النهار والليل (استغلال البعد الرابع)، وذلك بتحريك الوحدة المركزية الدوارة بالإضافة الى الأثاث المطوي في الجدران وخلق فراغ جديد يؤدي وظيفة جديدة.

الجدول (2) الدراسة التحليلية المصدر: الباحث

اسم المسكن	Little big houses			الخلاصة
مساحة المسكن	70 متر مربع			نلاحظ من الدراسة التحليلية والمسطرة القياسية نجاح الحركة الدورانية للجدار الديناميكي المركزي في تحقيق زيادة المساحة بإضافة غرفة أو أكثر في اقل من دقيقة، واستغلال البعد الرابع (الزمن) وذلك استجابة للمتطلبات الأسرية المختلفة، وتعبر الحركة الدورانية للجدار نقطة مميزة في هذا المسكن.
الارتفاع	ثابت		✓	
	متغير		-	
نوع الحركة	أفقية	دورانية	✓	
		انسحابية	-	
	شاقولية	انسحابية	-	
طرق تحقيق الزيادة	حركة جدران		✓	
	حركة أسقف		-	
	حركة أثاث		✓	
	حركة حجوم		-	
نسبة الزيادة	%75		-	
	%50		✓	
	%25		-	
أسباب تحقيق الزيادة	زيادة في المساحة		✓	
	اعتبارات مناخية		-	
	الاحتواء مع الخارج		-	
فصل للأنشطة	فصل افقي			
	فصل شاقولي		-	
المرونة	✓			
راحة إنسانية	✓			
البعد الرابع	✓			

4-2-2 مسكن ذو حركة أفقية انسحابية:

مسكن ذو حركة أفقية شاقولية

4-2-2-1 استديو مدريد:

الوصف الأساسي للمسكن:

- تبلغ مساحة الاستديو 45 متراً مربعاً.
- الموقع: اسبانيا، مدريد
- المصمم: شركة PKMN للهندسة المعمارية
- أقسام المسكن:

الشكل(13) الجدران الثلاثة الضخمة

المصدر:[12]

المسكن مقسم إلى قسمين: أولهما شقة بها مطبخ مجهز بالكامل وثابت.

وثانيهما، قسم فارغ وثابت ويضم حماماً. ويوجد 3 جدران ضخمة تفصل بين القسمين، مصنوعة من خشب، يحتوي الجدار الأول على كل ما يلزم

للاستديو والمطبخ، بينما يحتوي الجدار الثاني على غرفة النوم من جهة، والمكتبة من جهة أخرى، ويوفر الجدار الثالث حمامًا وغرفة ملابس.

الفكرة من التصميم:

- تشكيل غرف حسب الطلب، بحيث يمكن استخدام جدران الغرفة الواحدة لتشكيل 4 غرف.
- يمكن الاقتصاد في المساحة بتعدد استخدامات نفس الفراغ في أوقات مختلفة من النهار والليل (استغلال البعد الرابع)، وذلك بتحريك الجدران المنزلقة بالإضافة الى الأثاث المطوي فيها وخلق فراغ جديد يؤدي وظيفة جديدة.

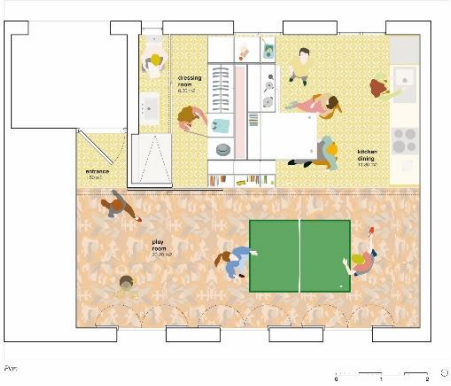
الحركة وآليتها:

- تتحرك الجدران عبر انزلاقها على قضبان معدنية ملتصقة بالسقف العلوي، لتقدر على استيعاب كل ممتلكات المستخدم من الملابس إلى الفراش والأثاث والكتب وغيرها الكثير كما أنها تضم سرير وطاولة المطبخ على جانب الجدار ويمكن طيهما داخله.

الشكل (14) حركة الجدران

المصدر :[12]

- يزن كل جدار ما بين 500 و800 كجم عند ملؤه بالكامل، ولكن بفضل استخدام القضبان الصناعية البسيطة يمكن بسهولة تحريكها بيد واحدة.
- يفتح بين القسمين الأول والثاني، أو بالأحرى بين المطبخ وغرفة النوم. عندما يتم دفع جميع الجدران إلى الجانب، تفتح غرفة ملابس بمساحة 14.8 متر مربع واستوديو يوغا بين الخزانة والأبواب الزجاجية للحمام. يمكن تعديل حجم كل مساحة بسهولة، حسب رغبة العميل، مع شاشة منزلقة لتوفير الخصوصية عند الحاجة. تشكل غرفة المعيشة الثابتة التي تبلغ مساحتها 23.2 مترًا مربعًا حوالي نصف المنزل، مقابل مساحات الخدمة.



الشكل(15) يوضح حركة الجدار وكيفية

تغير توزيع الفراغات

المصدر:[12]

الجدول (3) الدراسة التحليلية المصدر: الباحث

اسم المسكن	استديو مدريد			الخلاصة
مساحة المسكن	45متر مربع			نلاحظ من الدراسة التحليلية والمسطرة القياسية نجاح الجدران الثلاثة الضخمة بما تحتويه من اثاث مطوي في إعادة تشكيل الغرف حسب الطلب من خلال الحركة الانسحابية الافقية لهذه الجدران واستغلال البعد الرابع في الاقتصاد بالمساحة مما جعل هذه الحركة الافقية مميزة في هذا المسكن
الارتفاع	ثابت		✓	
	متغير		-	
نوع الحركة	أفقية	دورانية	-	
		انسحابية	✓	
	شاقولية	انسحابية	-	
طرق تحقيق الزيادة	حركة جدران		✓	
	حركة أسقف		-	
	حركة أثاث		✓	
	حركة حجوم		-	
نسبة الزيادة	%75		✓	
	%50		-	
	%25		-	
أسباب تحقيق الزيادة	زيادة في المساحة		✓	
	اعتبارات مناخية		-	
	الاحتواء مع الخارج		-	
فصل للأنشطة	فصل أفقي		✓	
	فصل شاقولي		-	
المرونة	✓			
راحة إنسانية	✓			
البعد الرابع	✓			

4-3 مسكن ذو حركة شاقولية (الفئة الثانية):

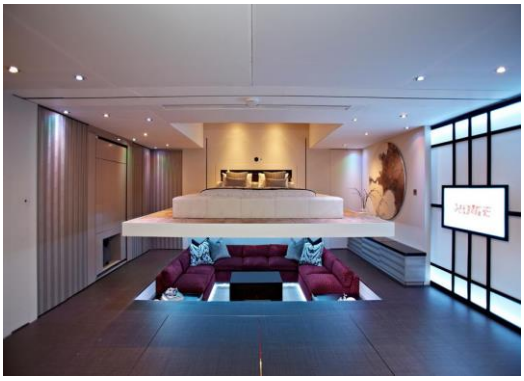
مسكن ذو حركة انسحابيه

4-3-1 مسكن ذو حركة شاقولية انسحابية:

4-3-1-1 YO-Home :

الوصف الأساسي للمسكن:

- مساحة المسكن: 40 متر مربع
- الموقع: لندن، المملكة المتحدة
- المصمم: سيمون وودروف
- اقسام المسكن:
  - غرفة معيشة غارقة في الصالة.
  - غرفة نوم ترتفع فوق غرفة المعيشة.
  - وبار إفطار ينزلق من جدار المطبخ.
  - بالإضافة الى غرفة طعام يمكن طيها في الأرض.



الشكل(16) غرفة المعيشة مع النوم

المصدر[15]

الشكل(17) بار الإفطار
المصدر[15]

الشكل(18) غرفة الطعام
المصدر[15]

الشكل(19) غرفة الطعام التي يمكن طيها
المصدر[15]

- ومكتب يتحول الى سرير إضافي.

الشكل(20) يوضح المكتب الذي يتحول لسرير
المصدر[15]

الشكل(21) غرفة المعيشة وفوقها النوم

المصدر [15]

الفكرة من التصميم:

- إعادة التفكير في الشقة الحضرية وإنشاء مساحة إضافية عن طريق إخفاء الغرف عندما لا تكون قيد الاستخدام. المثال الأكثر دراماتيكية هو "سرير المصعد" الذي يرتفع إلى السقف ليكشف عن غرفة معيشة غارقة تحتها.

الحركة وآليتها:

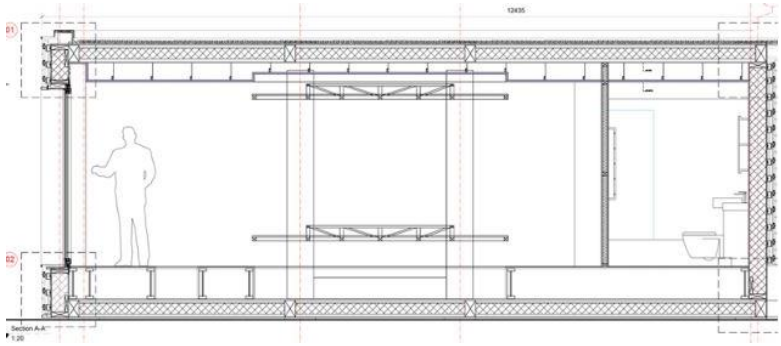
- يحتوي المسكن على اثني عشر جزءًا ميكانيكيًا متحركًا، تعتمد الأجزاء المتحركة على ثروة التكنولوجيا الهندسية المأخوذة من مجالات متنوعة مثل تصميم اليخوت والسيارات، وآليات الإنتاج المسرحي، مما يسمح بتحويل مساحة تبلغ 40 مترًا مربعًا إلى ما يبدو وكأنه منزل أكبر بكثير.

الشكل(22) المسقط النهاري

المصدر [15]

الشكل(23) المسقط الليلي

المصدر [15]



الشكل(24) مقطع السرير مع السقف المتحرك

المصدر [15]

الجدول (4) الدراسة التحليلية المصدر: الباحث

اسم المسكن	Yo home			الخلاصة
مساحة المسكن	40متر مربع			نلاحظ من الدراسة التحليلية والمسطرة القياسية ان الحركة الشاقولية في منزل YO Home. تشكل نقطة مميزة اذ تسمح بفصل شاقولي لغرفة النوم عن بقية فعاليات المنزل، وإنشاء مساحة
الارتفاع	ثابت		-	
	متغير		✓	
نوع الحركة	أفقية	دورانية	-	
		انسحابية	-	
	شاقولية	انسحابية	✓	
طرق تحقيق الزيادة	حركة جدران		✓	
	حركة أسقف		✓	
	حركة أثاث		✓	
	حركة حجوم		-	
نسبة الزيادة	%75		✓	
	%50		-	
	%25		-	
أسباب تحقيق الزيادة	زيادة في المساحة		✓	
	اعتبارات مناخية		-	

فصل للأنشطة	الاحتواء مع الخارج	-	إضافية عن طريق إخفاء الغرف عندما لا تكون قيد الاستخدام.
	فصل أفقي	-	
	فصل شاقولي	✓	
المرونة	✓		
راحة إنسانية	✓		
البعد الرابع	✓		

يمكن تلخيص الدراسة التحليل للأمثلة السابقة بجدول مشترك يوضح أهم نتائج الدراسة بالشكل التالي:

الجدول (5) الدراسة التحليلية المصدر: الباحث

اسم المسكن			Little big houses	استديو مدريد	Yo home
مساحة المسكن			70 متر مربع	45متر مربع	40متر مربع
الارتفاع	ثابت		✓	✓	-
	متغير		-	-	✓
نوع الحركة	أفقية	دورانية	✓	-	-
		انسحابية	-	✓	-
	شاقولية	انسحابية	-	-	✓
طرق تحقيق الزيادة	حركة جدران		✓	✓	✓
	حركة أسقف		-	-	✓
	حركة أثاث		✓	✓	✓
	حركة حجوم		-	-	-
نسبة الزيادة	%75		-	✓	✓
	%50		✓	-	-
	%25		-	-	-
أسباب تحقيق الزيادة	زيادة في المساحة		✓	✓	✓
	اعتبارات مناخية		-	-	-

فصل للأنشطة	الاحتواء مع الخارج	-	-	-
	فصل افقي		✓	-
	فصل شاقولي	-	-	✓
المرونة		✓	✓	✓
راحة إنسانية		✓	✓	✓
البعد الرابع		✓	✓	✓

النتائج:

- يقع مفهوم الديناميكية الحركية في قلب العملية التصميمية فالبنية التشكيلية للتصميم ماهي إلا خطوط ديناميكية ينتج عنها الشكل النهائي للتصميم.
- هناك علاقة متبادلة بين التطور التكنولوجي وتحقيق ديناميكية التصميم حيث أتاحت الفرصة للمصممين لإنتاج تصميمات غير محدودة تتطور دائماً بتطور التكنولوجيا وتحقق رغبات المستخدمين الحالية والمستقبلية.
- للديناميكية الحركية أنواع عديدة منها الأفقية والشاقولية، الدورانية والانسحابية وكل منها له دور في زيادة مساحة المسكن.
- يجب استغلال الحيز في المسكن بأساليب مبتكرة من خلال الاستفادة من مرونة وسرعة تبديل الفراغات تبعاً لاحتياجاتهم أو لاعتبارات مناخية وغيرها.
- يجب الاستفادة من الاتجاهات الحديثة في تصميم الفراغات السكنية الصغيرة لتحقيق الزيادة الضمنية للمسكن.
- ومن أهم تلك الاتجاهات: الأثاث المرن متعدد الاستخدام وتوظيف القواطع المتحركة في الفراغ والأسقف الهيدروليكية.
- إن توفير المساحات يجب ألا يهمل البعد الرابع وهو الزمن حيث يمكن تعدد استخدام الفراغ في أوقات مختلفة.

- ساهمت الديناميكية الحركية في إعادة التفكير في الشقة الحضرية وإنشاء مساحة إضافية عن طريق إخفاء الغرف عندما لا تكون قيد الاستخدام، والاقتصاد بالمساحة وذلك باستخدام نفس الفراغ لأكثر من وظيفة، إذ تعتبر الحركة نقطة مميزة وهامة في زيادة مساحة المسكن الضمنية.

المراجع:

[1] Al-KHALIDI.W, 2009- Analytical study of the impact of contemporary building technology on the architectural character of residential buildings. Faculty of Architecture, Islamic University, Gaza. [In Arabic].

[2] AL-MUQADDAM.A, 2007- Architecture and Architectural Design in the Era of the Digital Revolution. The 9th Al-Azhar International Engineering ConferenceK, Faculty of Engineering, Al-Azhar University, Egypt. [In Arabic].

[3] BHAMAM.A, 2003- Handbook of Affordable Housing, King Abdullah Institute for Research and Consulting Studies. Riyadh. [In Arabic].

[4] IBRAHIM.N, 2013- Home Design for Work and Distance Learning, Faculty of Architecture, Zagazig University, Egypt. [In Arabic].

[5] Jencks. C, 1971- Architecture 2000, Predictions and Methods, Studio Vista London.

[6] MAHMOUD.W,1995- The Dualization of Time and Space in Interior Design, Department of Interior Design and Furniture, College of Applied Arts, Helwan University, Egypt. [In Arabic].

[7] NQITI.N, 2016- Design Solutions for Employing the Vertical Level in the Interior Spaces of the Dormitory, King Abdulaziz University, Riyadh. [In Arabic].

[8] RAAFAT. A, 1996- Trilogy of Architectural Creativity, Environment and Space, Inter Consult, Egypt, p. 187. [In Arabic].

[9] YOUSSEF.A, 2007- Architecture Beyond the Digital Revolution - A Dialectical Vision Towards a New Dimension for the Future of Architectural Design and Building Technology, The Third International Conference of the Arab Society for Computer Aided Design, Alexandria, Egypt. [In Arabic].

[10]http://www.ekhanginkim.com/venice-beach

[11] https://brightside.me/creativity-home/22-space-saving-ideas- to-make-any-small-apartment-feel-cozier-691460/

[12] https://lite.almasryalyoum.com/box/29013/

[13] https://www.designboom.com/architecture/pkmn-architectures-casa-mje-house-pequenas-grandes-casas-spain-/asturias-10-04-2015

[14] https://www.dezeen.com/2009/01/19/sliding-house-by-drmm-2/

[15] https://www.dezeen.com/2016/07/12/yo-home-sushi-yotel-simon-woodroffe-glenn-howells-architects-manchester-/england-uk

[16] https://www.dezeen.com/2019/05/21/quadrant-house-robert-koniecznys-moving-terrance/

[17] https://www.mgsarchitecture.in/architecture-design/projects/446-everingham-rotating-house-australia.html

آفاق الاستفادة من حاويات الشحن كتجمعات سكنية في مرحلة اعادة اعمار سورية

الدكتور نضال سطوف

أستاذ في قسم التصميم المعماري – كلية الهندسة المعمارية – جامعة البعث

الملخص

يؤدي استخدام حاويات الشحن في مجال المسكن الاقتصادي والتجمعات السكنية البيئية المستدامة، والمباني الخدمية بمختلف أنواعها، التعليمية، الثقافية، التجارية، خدمة كبرى متعددة الجوانب:

- تساهم من خلال اعادة تدويرها في تخلص الموانئ من حاويات الشحن القديمة.
- تؤمن انتاج نماذج متعددة من مساكن أو مباني حاويات الشحن، ونسج عمرانية متنوعة، تتناسب مع البيئات المتعددة، مناخياً، واجتماعياً، وثقافياً.
- يعتبر استخدام مساكن حاويات الشحن في اعادة اعمار سورية، خطوة أساسية تساهم في حل مشاكل الاسكان المؤقت في المرحلة الثانية، وفي القطاع السياحي بعد الاعمار.

الكلمات المفتاحية: حاوية الشحن– اعادة الاعمار– اعادة التدوير.

Prospects of utilization of shipping containers as residential communities In the reconstruction phase of Syria

Dr. Nedal Satouf
Professor in Architectural Design Department
Faculty of Architecture
Al- Baath University

Abstract:

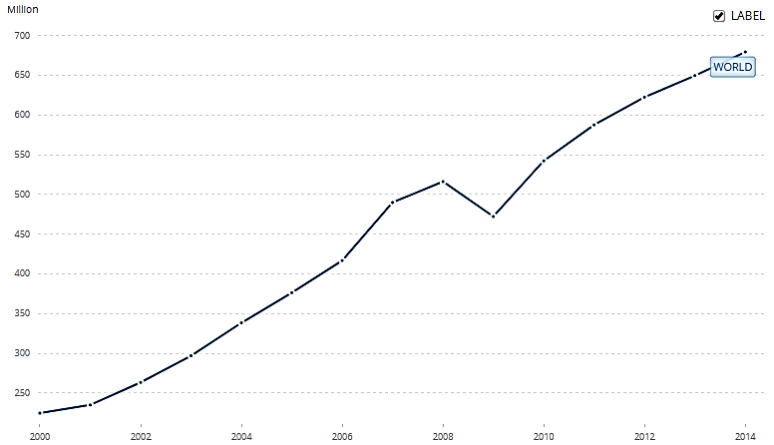
The use of shipping containers in the field of economic housing and sustainable residential communities, and buildings of various types, educational, cultural, commercial, a great service multi-faceted:

- Contribute through recycling in the disposal of ports of old containers.
- Ensuring the production of multiple models of shipping containers buildings or buildings, and various urban textiles, suitable for multiple environments, climatic, socially and culturally.
- The use of shipping containers housing in the reconstruction of Syria is an essential step in solving the problems of temporary housing in the second phase and in the tourism sector after reconstruction.

Keywords: container - reconstruction - recycling.

المقدمة

حاوية الشحن هي المنتج الأساسي الذي يستخدم لتسليم البضائع في أي مكان في العالم مع الحد الأدنى من التكاليف والمضاعفات. وقد تنامى استخدامها بشكل متزايد على نطاق التجارة العالمية حيث ازداد من /225/ مليون حاوية عام 2000 إلى /675/ مليون حاوية عام 2014 (شكل1)، ويقدر عدد الحاويات التي يتم تداولها حول العالم بأي وقت من الأوقات بـ /17–20/ مليون حاوية.



الشكل (1) مخطط بياني لتزايد عدد الحاويات على نطاق التجارة العالمية

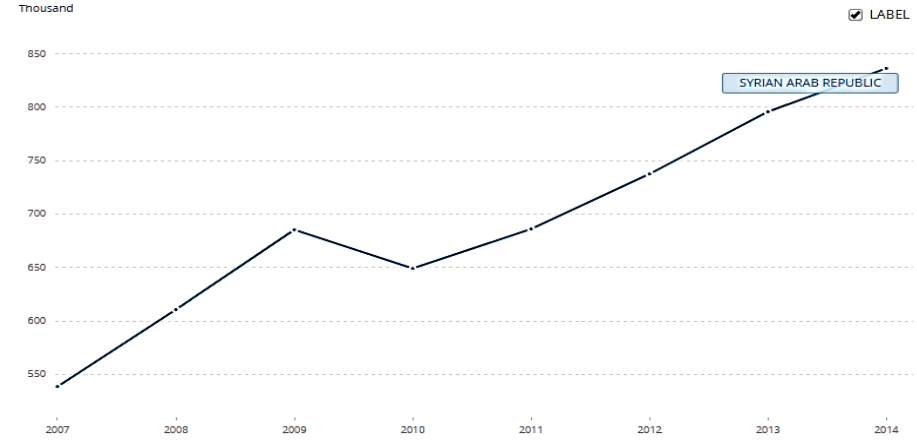
وعليه فإن اختلال التوازن بين الانتاج والاستهلاك لأي بلد، يؤدي إلى تراكم حاويات الشحن في ساحات التخزين في الموانئ بشكل مخيف وسلبي اقتصادياً وبيئاً، حيث أن الشركات تعتمد على قاعدة تجارية ثابتة، أن تكلفة التخلي عن الحاويات في نقطة التسليم أقل بكثير من نقلها مرة أخرى فارغة (شكل2).

الشكل (2) الحاويات الغير مستخدمة في العالم

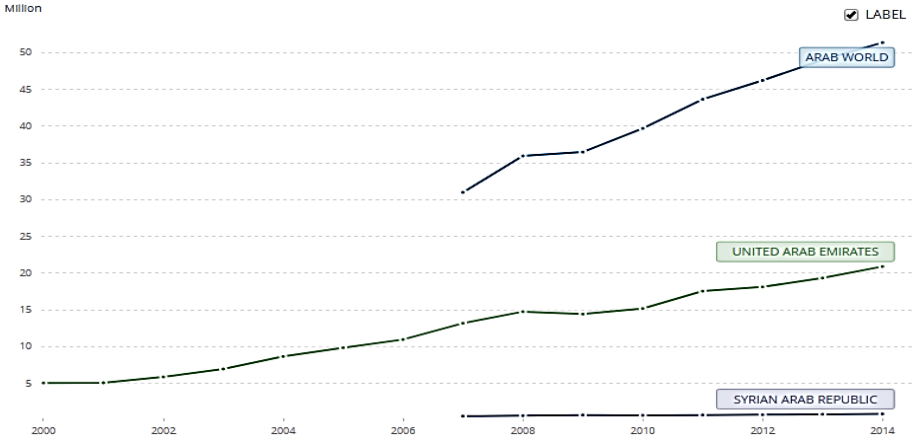
ومن هنا انطلقت الدراسات والأبحاث والتجارب لفكرة وامكانية الاستفادة من هذا الكم الهائل من حاويات الشحن المرمية في الموانئ، في مجالات عدة، أهمها كحلول لمشكلات السكن المنخفض التكلفة ومساكن الطلاب. وحيث أن موانئ الدول النامية تتداول ما يزيد عن

نسبة.4% من إجمالي الحاويات المتداولة بالموانئ العالمية، بالإضافة الى أنها تتصف بميزان تجاري يعتمد على الاستيراد بنسب كبيرة بالنسبة للتصدير، وبالتالي تراكم زائد للحاويات في موانئها، لذلك كان من الواجب والحتمي استغلال تلك الحاويات في النهوض بقطاع السكن والقطاعات الأخرى من أبنية الخدمات.

وتحتل سورية المرتبة التاسعة عربياً عام 2014، من حيث عدد حاويات الشحن المتداولة بمقدار /836288/ حاوية (شكل3) وتأتي الامارات العربية المتحدة بالمرتبة الأولى بمقدار /20900567/ حاوية (شكل4)، بينما من المتوقع أن تحتل سورية في مرحلة اعادة الاعمار المرتبة الأولى عربياً ومراتب متقدمة عالمياً، حيث تكون مستورد أساسي لقطاعات اقتصادية مختلفة، من المواد الاستهلاكية إلى مواد البناء والاكساء وانشاء المصانع. وبالتالي ستكون في مقدمة البلدان التي ستعاني من الزيادة الواضحة في عدد حاويات الشحن في موانئها.



الشكل (3) مخطط بياني لتزايد عدد الحاويات في سورية



الشكل (4) مخطط بياني عدد الحاويات في سورية– الامارات العربية– الوطن العربي

اشكالية البحث:

هناك أعدادا لا تحصى من حاويات الشحن الفارغة غير المستعملة حول العالم، تأخذ مساحة كبيرة على أرصفة الشحن، ويعود السبب في ذلك إلى الكلفة الباهظة لإعادة شحن هذه الحاويات الفارغة إلى مصدرها، حيث أنه في معظم الحالات يكون شراء أخرى جديدة من آسيا أقل كلفة.

وبالنسبة لسورية هناك إشكاليتين رئيسيتين:

- الاشكالية الأولى: من الطبيعي في الفترة القادمة (مرحلة اعادة الاعمار وما يسبقها)، أن يصل إلى الموانئ السورية الملايين من حاويات الشحن سنوياً، وبالتالي ستعاني الموانئ السورية من تكدس الحاويات وما لذلك من أعباء ونتائج بيئية واقتصادية كارثية (شكل5).
- الاشكالية الثانية: من الحتمي أن يعود الملايين من المهجرين إلى عملهم الأساسي في مدنهم، التي باتو لا يملكون مسكناً ولا مأوى بها (شكل6).

لذلك من المهم البحث في امكانية الاستفادة من حاويات الشحن في مختلف مجالات البناء الاقتصادي السريع، لتكون الدراسة منبهاً ومحرضاً ومرشداً لنا، لكيفية الاستفادة منها لإيواء المهجرين العائدين إلى أرض الوطن في المرحلة الثانية من اعادة الاعمار، وامكانية استخدام تلك المساكن والمنشآت في المراحل التالية لمرحلة اعادة الاعمار اسكانياً وسياحياً.

الشكل (5) كثافة الحاويات في الموانئ

الشكل (6) كثافة المباني المدمرة في مدن سورية

هدف البحث وطريقته:

هدف البحث:

يهدف البحث إلى دراسة امكانيات الاستفادة من حاويات الشحن في مجال السكن بأنواعه، ومختلف قطاعات الأبنية الخدمية، وذلك لتوجيه اهتمام المسؤولين والمعماريين السوريين لاستغلال ذلك في تصميم وانتاج مساكن اقتصادية وتجمعات سكنية مستدامة بيئياً وملائمة اجتماعياً، في المرحلة الثانية لإعادة اعمار سورية.

منهجية البحث وطريقته:

يعتمد البحث لتحقيق أهدافه على:

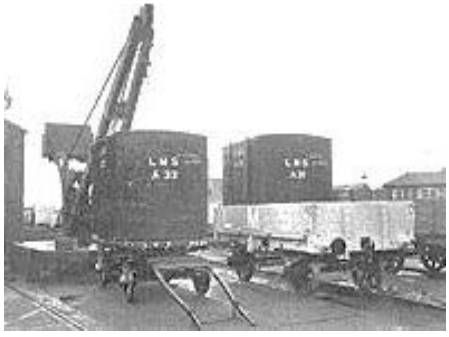
- منهجية نظرية تجميعية:
- للمواصفات الفنية لحاويات الشحن، وتاريخ الاستفادة منها في نطاق البناء.
- مجالات اعادة تدوير حاويات الشحن واعادة استخدامها في المباني الخدمية للتجمعات السكنية (تعليمية، ثقافية، تجارية، ترفيهية، ادارية وصحية، الخ...).
- منهجية تحليلية لجميع أنواع وأنماط مساكن الحاويات المنتشرة على نطاق العالم، للتوصل إلى امكانية تجميعها وتبويبها.

أولاً– لمحة تاريخية عن حاويات الشحن ومواصفاتها الفنية:

يؤرخ أن مالكوم ماكلين هو أول من فكر في نظام النقل بالحاويات في الثلاثينات من القرن العشرين في نيو جرسي بالولايات المتحدة الأمريكية، والذي أسس فيما بعد شركة ميرسك سيلاند العملاقة في الخمسينيات، حيث أتته الفكرة عندما كان ينتظر شحنة بينما يتم إعادة تحميلها من الشاحنة إلى الباخرة (الشكل7)، وفكر أنه يمكن تحميل الشاحنة نفسها (مع بعض التغييرات عليها) بدلاً من إفراغ البضائع توفيراً للجهد والوقت والمال المهدور في التحميل والتفريغ وتكون هي بذلك الشاحنة التي يجب تحميلها وليس الشحنة ذاتها (الشكل8).

الشكل (7)

تحميل بضائع بطريقة يدوية إلى السفن



الشكل (8)

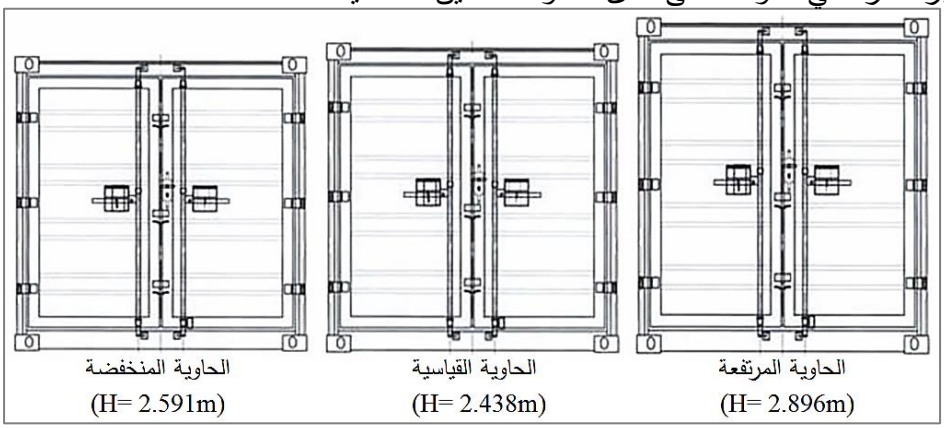
نقل حاويات بميناء بلندن عام 1928

وبالتحديد في عام 1955، عمل السيد ماكلين مع المهندس كيث تانتلينجر على تطوير حاوية قياسية تُستخدم للنقل على متن السفن، كانت النتيجة تصنيع حاوية بطول 10 أقدام (3م) وعرض 8 أقدام (2.4م) وارتفاع 8 أقدام (2.4م)، من صفائح حديدية معرجة بسمك 2.5مم. ضم التصميم أيضاً نظاماً ميكانيكياً في الثمانية أركان لتداول الحاوية بواسطة

الرافعات، وعمل ماكلين على تطوير أبعاد حاويته حتى وصلت إلى /33/قدم. والجدير بالذكر أن مالكوم ماكلين حصل على جائزة "رجل القرن" من قبل قاعة المشاهير البحرية الدولية.

وخلال الحرب الفيتنامية وحدت الحكومة الامريكية معايير حاوات الشحن لتكون أكثر كفاءة. فكانت ماكلين سيالاند للصناعات لا تزال تستخدم حاويات 33 قدم في حين أن منافسها ماتسون في صناعة الشاحنات استخدم الحاويات 24 قدم. وعليه وافق ماكلين على إصدار براءة اختراعه لشركات الحاويات، وتم الاتفاق على عدة معايير خاصة بها.

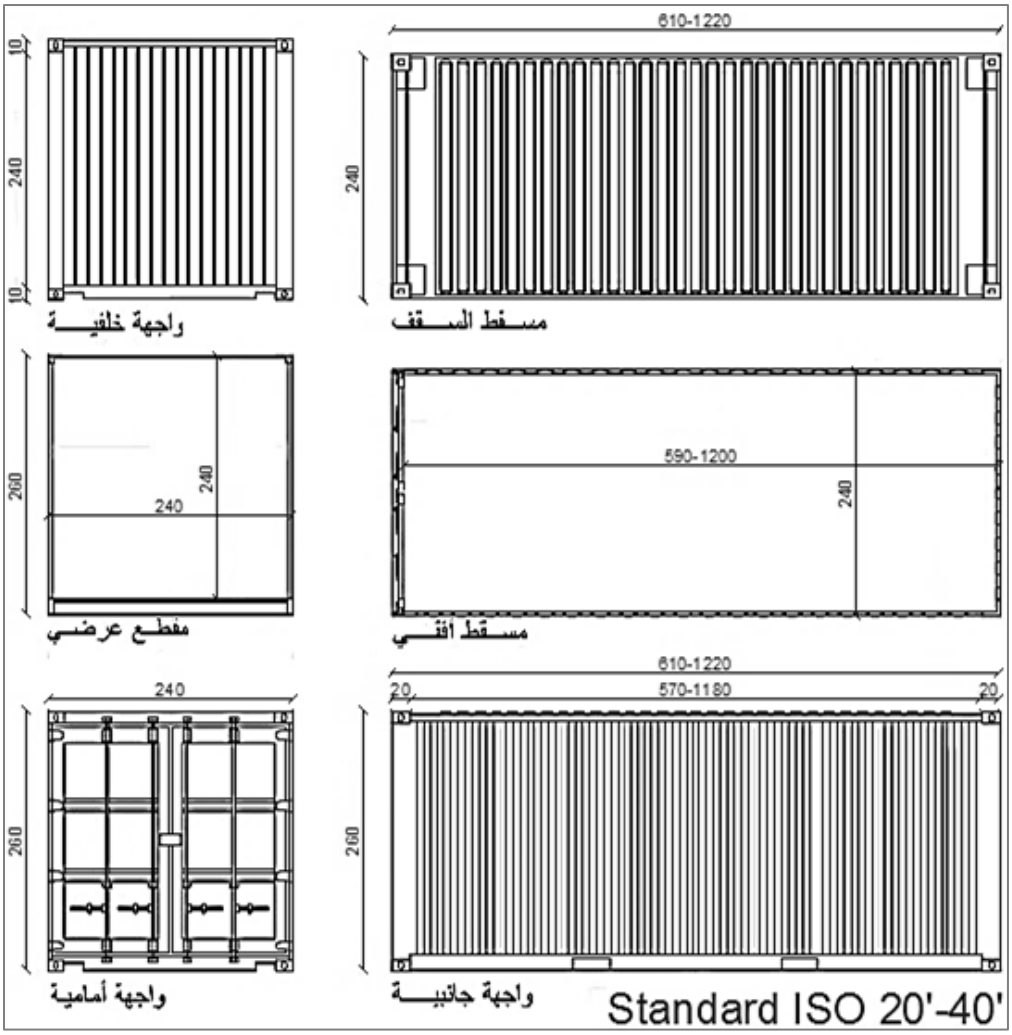
وطرأت بعض التعديلات عليها حتى وصلت إلى المقاييس الموحدة الحالية والمعتمدة من قبل منظمة المعايير الدولية ISO (International Standards Organization)، حيث تأتي في أحجام مختلفة (شكل9). وتعتبر الأطوال الأكثر شيوعا لحاويات الشحن هي 20 قدم و40 قدم، والعرض هو8 أقدام، في حين أن الارتفاعات الأكثر شيوعا هي 8.6 قدم و9.91 قدم (جدول1) و (شكل10). والجدير بالذكر أن كثيرون يدّعون اليوم أن حاويات الشحن كانت أكبر محرك في العولمة على مدى السنوات الستين الماضية.



الشكل (9) الأحجام المختلفة لحاويات الشحن

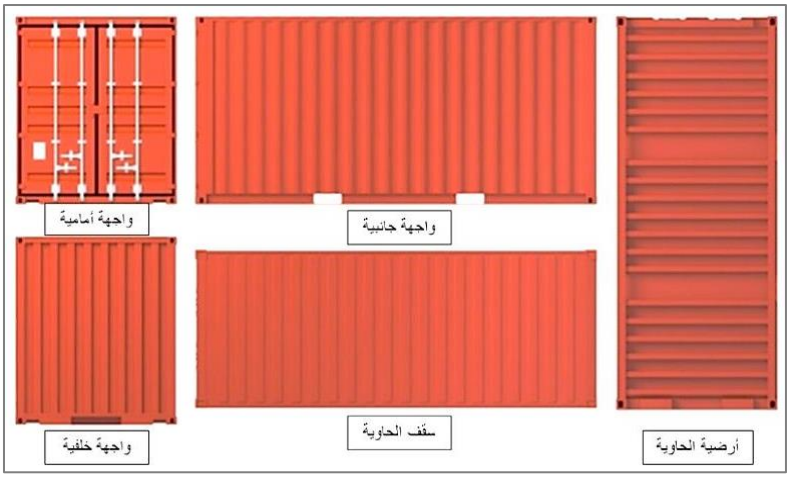
جدول (1) أبعاد ومقاييس حاويات الشحن

	الطول	العرض	الارتفاع	الحجم أو السعة بالقدم المكعب	الحجم أو السعة بالمتر المكعب
20 قدم	20 قدم=5.899 متر	8 قدم=2.35 متر	8.6 قدم= 2.386 متر	1170 قدم مكعب	28 متر مكعب
40 قدم عادي	40 قدم = 12.02 متر	8 قدم=2.35 متر	8.6 قدم= 2.386 متر	2088 قدم مكعب	58 متر مكعب
40 قدم عالي الارتفاع HQ	40 قدم = 12.02 متر	8 قدم=2.35 متر	9.91 قدم= 2.756 متر	2412 قدم مكعب	67 متر مكعب
45 قدم عالي الارتفاع HQ	45 قدم = 13.52 متر	8 قدم=2.35 متر	9.91 قدم= 2.756 متر	2797.73 قدم مكعب	77.7 متر مكعب



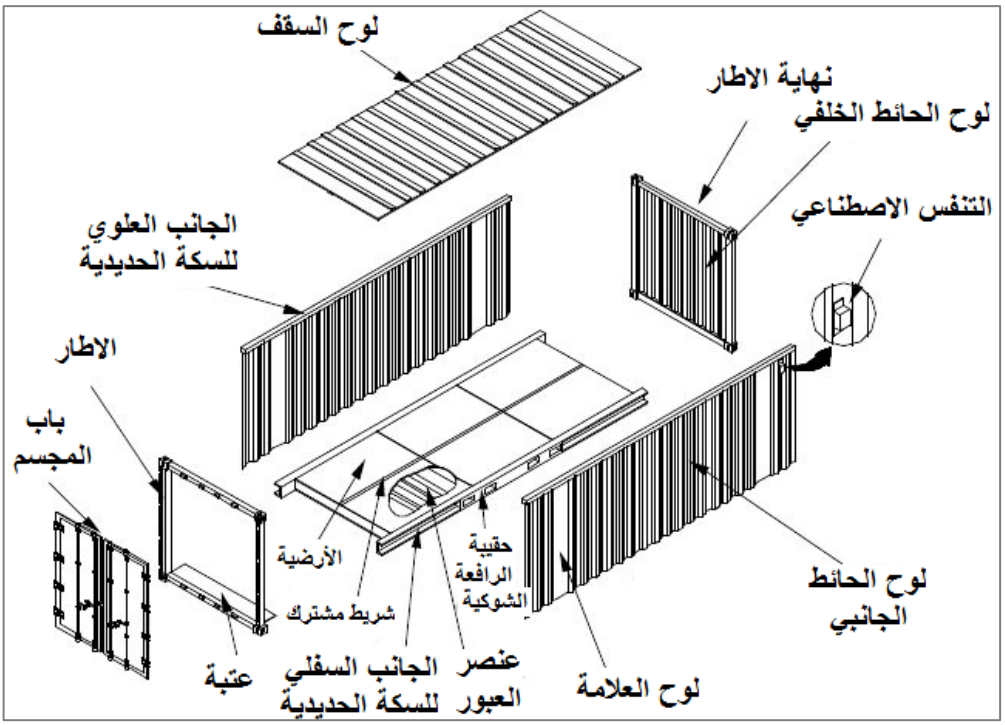
الشكل (10) أبعاد حاويات الشحن القياسية /20/ قدم، و /40/ قدم
حيث تتساوى جميع الأبعاد والمقاييس الكلية والتفصيلية، باستثناء طول الحاوية

وتصميمياً تتكون حاوية الشحن من ستة سطوح، أرضية وسقف وأربعة جوانب مصنوعة من الصلب في تموجات منتظمة تساعد على جعل هذه الجوانب قوية بما فيه الكفاية لتحمل الأحمال أو الضغوط الأفقية والشاقولية التي قد تحدث أثناء عملية النقل (شكل11)، بالإضافة إلى عناصر التدعيم الهيكلية الفولاذية التي تتوضّع بشكل رئيسي في الزوايا وتقاطعات السطوح الستة، وبشكل مساعد تحت الأرضية، وفوق السقف، مع الاشارة إلى أن الحاوية تفتح من جهة واحدة من خلال درفتين على كامل عرض سطح الواجهة (شكل12).



(شكل11) السطوح الستة لحاوية الشحن

وبناء على ذلك، فإن الهيكل يعمل على مقاومة القوى التي من الممكن أن يتعرض لها من خلال تعديله وتطويره لتأمين العديد من الفراغات المعمارية مثل المساكن والمكاتب والخدمات، الخ، وبالتالي يجب على المصمم لأبنية حاويات الشحن بمختلف الوظائف المعمارية، أن يأخذ بعين الاعتبار توضع تلك العناصر الفولاذية الداعمة، كي لا تضعف تلك الحاويات إنشائياً.



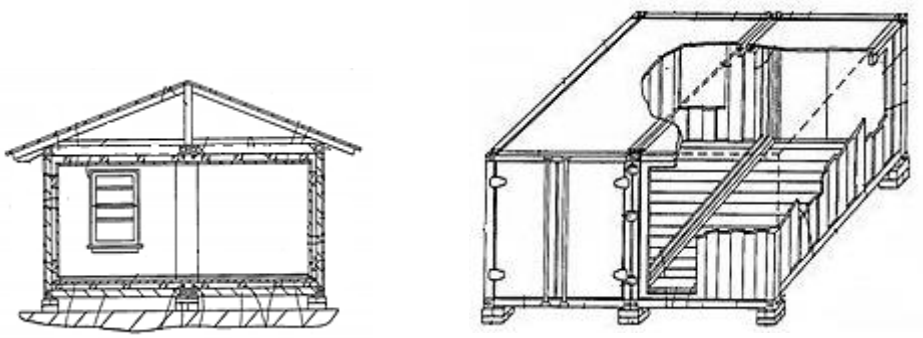
الشكل (12) أقسام وعناصر حاوية الشحن

وبعد سنوات قليلة من ظهور حاويات الشحن واستقرار أبعادها وقياساتها، ظهرت فكرة استخدامها للسكن في ستينيات القرن الماضي، لكنها لم تتطور إلا حديثا لدواع اقتصادية وبيئية، وأيضا لوفرة الحاويات التي تقبع في المخازن أو على أرصفة الموانئ وتترك للصدأ.

وقدم المهندس المعماري فيليب كلارك Phillip C. Clark براءة اختراع في الولايات المتحدة وصفها بأنها "طريقة لتحويل واحد أو أكثر من حاويات الشحن الصلبة إلى مبنى للسكن في موقع البناء ومنتج منه". وكانت هذه البراءة، رقم 4854094، الممنوحة في 8 آب 1989، وقد استخدمت المعلومات والرسوم البيانية التي تحتوي عليها كأساس للعديد من المفاهيم المعمارية لحاويات الشحن (شكل13).

وفي عام 2006 صمم المعماري بيتر دي ماريا في جنوب كاليفورنيا أول بيت مكون من طابقين مصنوع من حاويات الشحن في الولايات المتحدة كنظام هيكلي مصدق وفق التعليمات الصارمة لاشتراطات البناء هناك (شكل14).

وتتالى استخدام الحاويات في مختلف قطاعات المباني السكنية والأبنية الخدمية والسياحية والصحية، إلى أن نتجت عمارة مستقلة تسمى عمارة حاويات الشحن.



الشكل (13) مخططات فيليب كلارك التي حصل بموجبها على براءة الاختراع

الشكل (14) مسكن من طابقين– للمعماري بيتر دي ماريا في جنوب كاليفورنيا

ثانياً– أهمية اعادة تدوير حاويات الشحن:

منذ حصول فيليب كلارك على براءة اختراع لتحويل حاوية شحن إلى مبنى قابل للسكن، خدمت حاويات الشحن المعاد تدويرها العديد من الأغراض المفيدة، بما في ذلك مستودعات التخزين ومكاتب الموقع والفصول الدراسية وأيضا الملاجئ المؤقتة، كما حدث في حرب الخليج عام 1991. وعلى مدى العقدين الماضيين، تم التقاط هذه الحاويات من قبل كبار المطورين لإنشاء الفنادق ومباني سكن الطلاب وكل شيء يمكن تخيله. يتم تجهيز وتحويل كل حاوية في موقع آخر غير موقع المنشأة، وبعد أن يتم إعداد الأرض للتسليم، يتم تحديد الحاويات، مكدسة بشكل آمن لخلق مباني ربما تصل إلى سبعة طوابق، جاهزة للاستخدام على الفور على مبدأ "التوصيل والتشغيل" (شكل15).

الشكل (15) عمليات تحضير وتأهيل حاوية الشحن ووضعها في الموقع المخصص

إحدى أهم الأسئلة الرئيسية التي أثيرت في عمارة الحاويات، هي كيف يمكن إعادة استخدام حاوية الشحن الصلبة لخلق مساحة صالحة للعيش. مع العلم بأن أي مساحة يمكن تحديدها هندسيا من خلال سطوح مختلفة، أفقية ورأسية، مع علاقة امكانية تنظم هذا الفراغ، وتعريفه، ويمثل الوظيفة البشرية الذي تم إنشاء الفراغ لأجلها، مع المقياس والأبعاد المناسبين، مما يؤدي إلى أداء أفضل في هذه الوظيفة، أو وظيفة أخرى يمكن أن اضافتها أو تنفيذها.

لذلك يتم البحث في الظروف الرئيسية والأساسية للفراغ الموجود في حاوية الشحن، ومع بعض التعديلات فإنه يمكن استضافة ذلك الفراغ لأنشطة الإنسان ووظائفه المختلفة، وبالتالي ليس تأمين أماكن العمل فقط، ولكن أيضا خلق مساحات مثيرة للاهتمام للناس للعيش والاستخدام والتمتع بها.

وعليه يمكن تعريف عمارة حاويات الشحن على أنها نوع من العمارة التي تتسم عموما بإعادة استخدام حاويات الشحن الفولاذية كعنصر هيكلي ومغلف معماري يمكن أن يستضيف وظيفة محددة أو نشاطا بشريا. وقد زاد استخدام الحاويات كمواد بناء شعبية في السنوات القليلة الماضية بسبب قوتها الكامنة، وتوافرها على نطاق واسع، ونفقاتها المنخفضة نسبيا. إضافة إلى أنها صديقة للبيئة أكثر من مواد البناء التقليدية مثل الطوب والهيكل الخرساني المسلح، مع الأخذ بعين الاعتبار أيضا الوقت القصير اللازم لإقامة مبنى بهذه الطريقة، مع إمكانيات مستقبلية لنقل هذه المباني إلى مواقع أخرى أو إضافة مساحات أو أحجام إضافية.

والجدير بالذكر أن تكلفة البناء للمباني الخرسانية أعلى بكثير من المباني المصنوعة من الخشب أو حاويات الشحن. وبالنسبة لاستخدام الطاقة في دورة حياة المبنى، فقد قدر أن حوالي 80٪ إلى 90٪ من استهلاك الطاقة يستهلك في مرحلة استخدام المباني التقليدية، في حين يستهلك 10٪ إلى 20٪ من استخراج المواد وإنتاجها ويتم استهلاك أقل من 1٪ من خلال المعالجات في المراحل النهائية. لذلك، عند دراسة جدوى استخدام حاويات الشحن كمصدر رخيص لمواد البناء، يتوجب حساب كل من استهلاك الطاقة للحفاظ على الراحة في الفراغات المغلقة وتكلفة البناء من استخدام حاويات الشحن كمغلف البناء.

وتعتبر إعادة استخدام المواد وإعادة تدويرها عاملا مهما في التصميم والعمارة المستدامة التي طال أمدها بين العديد من العصور التاريخية. فشهدت العقود السابقة استخدام العديد من المواد في خلق المساحات التي يمكن أن تستضيف وظائف مختلفة، ليس فقط لأسباب اقتصادية أو مالية ولكن أيضا لأسباب بيئية، بالإضافة إلى نفقات التخلص من هذه المواد أو إعادة معالجتها بأي وسيلة. من إعادة استخدام الورق، حتى إعادة استخدام حاويات الشحن الصلبة، وقد بذلت محاولات مختلفة لاستكشاف إمكانيات وفرص وأمثلة على خلق العديد من الوظائف والمشاريع، أو حتى المباني الكبيرة التي شيدت بهذه الطريقة، والتي تتيح الفرص المختلفة لإعادة استخدام هذه الحجوم الصلبة، والتي عادة ما يكون من المفترض أن تترك غير مستخدمة أو مكلفة من خلال معالجتها في عملية التصنيع المعقدة التي لا تكلف فقط المال ولكن أيضا تستهلك الطاقة. ومع ازدياد شعبية فرضية العمارة الخضراء في جميع أنحاء العالم ،فإن الناس باتو يتجهون أكثر فأكثر إلى العمارة المشكلة من هياكل حاويات البضائع كبديل يلبي حاجات العمارة الخضراء.

إضافة لذلك فالأمور حقا تتغير، ونمط الحياة اليوم يتطلب منازل مرحلية، بأسعار أرخص من المباني التقليدية من البيتون والطوب، جميلة ولفترات قصيرة من الزمن، ولا يقصد بذلك الكرافانات. فحاويات الشحن المعاد تدويرها يمكن أن تشكل العمود الفقري لهذه المنازل، وبالتالي فإن الهيكل الانشائي المقاوم للماء، الصدأ، والرياح، هو المفضل. فعلى سبيل المثال، حاوية 20 قدما كافية لإقامة مناسبة وكافية لطالب، لذلك دمج اثنتين من الحاويات تلك سيمكن من الحصول على منزل نموذجي. والجدير بالذكر أنه عندما تريد العائلة منزلاً أكبر، فإنها لا تحتاج للبحث عن منزل جديد أكبر، بل بكل بساطة يمكنها إضافة حاوية أخرى أو أكثر إلى البناء الصغير النموذجي.

ومن خلال التصميم الصحيح، يمكن أن يكون المنزل طابق واحد أو اثنين أو أكثر، ويتم تعشيق هذه الحاويات بشكل قوي ومتين. وعندما تكون مزودة بإكساء خارجي، فإن المنزل الصديق للبيئة يبدو تماما مثل أي منزل آخر. ولكن قبل أن تحصل على تلك المرحلة من الاكساء، سوف يتم إضافة جميع النظم الصديقة للبيئة. فيتم اعداد الحاويات خارج الموقع، وبمجرد الحصول على إذن التخطيط وإعداد وتأهيل الأرض لاستقبال حاوية المنزل الجديد، و"التوصيل والتشغيل" يكون المنزل جاهزاً، والجدير بالذكر أنه عندما يأتي الوقت المناسب للمالك بالرحيل، يمكنه أن يأخذ كل من الذكريات الثمينة معه، والانتقال إلى منزل وموقع آخر. ماذا يمكن أن يكون أفضل من ذلك؟

بناء على كل ذلك بمكن تلخيص الأسباب والمبررات الموجبة لضرورة اعادة تدوير حاويات الشحن، واستخدامها في مجال تأمين المنازل، بخمس مبررات أساسية هي:

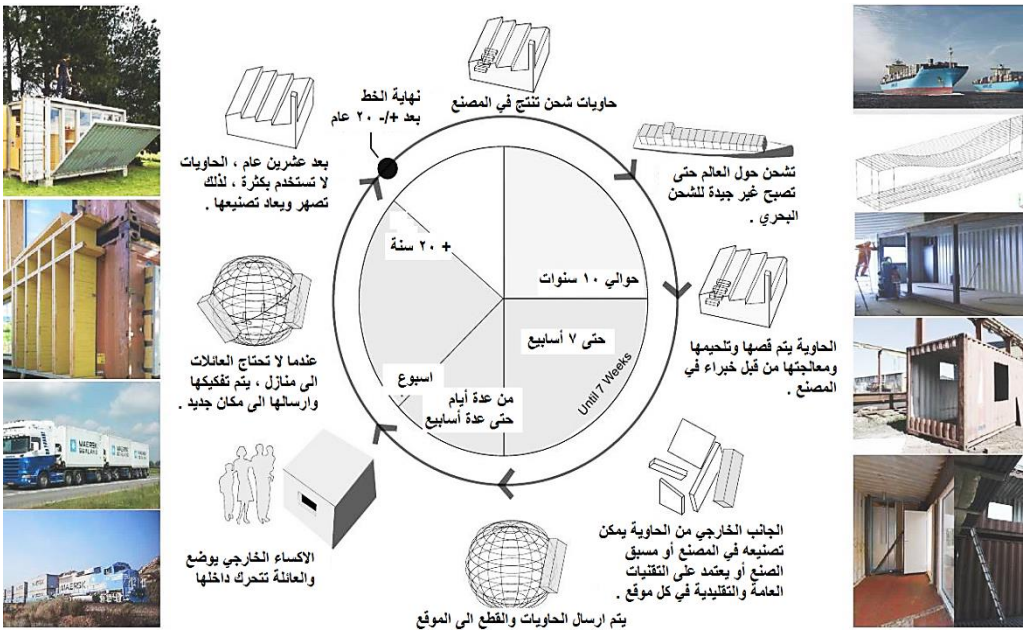
1- الاقتصاد في التكاليف:

إن منازل حاويات الشحن الصلبة، يمكن أن تحول فكرة منزل الحلم إلى واقع، حيث أن التكاليف هي أقل بكثير مقارنة مع الطوب والبيتون وما يعادلها. فالهيكل والاطار الخارجي من المنزل موجود بالفعل، والتكاليف المتبقية هي العناصر المكملة والتجميلية والتي يمكن أن تؤمن بالحد الأدنى المطلوب (شكل16). وفي مقابل ارتفاع أسعار المنازل، يمكن لمنازل حاويات الصلب المنسقة من الخدمة، أن تجعل من الممكن للشباب الحصول على تلك الخطوة الأولى الهامة على سلم الإسكان.

الشكل (16) الاضافات البسيطة لتصبح الحاوية مسكن

2- الاستدامة وصداقة البيئة:

لحاويات الشحن الصلب انبعاثات بيئية منخفضة نسبياً، طوال دورة حياتها العملية وخارجها (شكل17). فإعادة تدويرها واستخدامها لبناء مبنى أو منزل يقلل من الضرر على البيئة، ويمكن أن يشكل ذلك الاتجاه المعماري، السند الحقيقي والركن الأساسي من العمارة البيئية والمستدامة.



الشكل (17) فكرة مفاهيمية – العمل اللوجستية.

من حاوية الشحن إلى وحدات سكنية مؤقتة

3- السهولة في النقل:

إن طبيعة حاويات الشحن وسهولة نقلها، يوفر امكانية توضعها أو بناءها في أي مكان يختاره المصمم أو يرغب به المالك تقريباً، سواء كان ذلك على الشاطئ أو في الريف المنعزل أو ضمن النسيج العمراني.

4- تعدد امكانيات التصميم:

بالنسبة لكثير من المصممين الداخليين، أو أولئك الذين يحلمون بناء منازلهم الخاصة جداً، تعتبر حاويات الشحن الصلبة المنسقة من الخدمة هي قماش خام تماما. في حين أن الغلاف يوفر منشأة هيكلية صلبة، والباقي لا يحده إلا الخيال. فبيوت الحاوية أصبحت شعبية متزايدة لأولئك الذين يريدون خلق منزل من الصفر، فطبيعة الحاويات تسمح لصاحبها بالتعديل لكل من الداخل والخارج. فضلا عن استخدام حاويات متعددة لإنشاء تصاميم مختلفة وإضافة طوابق متعددة، كما أن المرونة وبراعة المعدن تمكن من القدرة على خلق فراغات فريدة من نوعها لإعطاء المكان بعداً إضافياً. حتى أن التصميمات الداخلية تتميز باستيعابها للأفكار التصميمية الداخلية والفرش والأثاث حسب الطلب لضمان الشعور بالرحابة والضوء في جميع أنحاء المنزل (شكل18).

الشكل (18) مرونة التصميم داخل الحاوية

5- المرونة في التشكيل:

إن العثور على كل من المبنى المثالي والموقع المثالي، لم يعد قضية معقدة مع المنازل والمباني ذات الوظائف المتعددة المصنوعة من إعادة تدوير واستخدام حاويات الشحن الصلبة بحجميها القياسيين (20قدم و 40 قدم)، حيث يمكن نشرها بسرعة وفعالية لخلق حلول سكنية أو عامة بأسعار معقولة في عدد من الأشكال. فهيكلها القوي والصلب، يمكن من تأمين

المرونة لخلق تشكيلات وتكوينات مختلفة ومتميزة ومثالية، يعني أنها يمكن أن تستخدم وحدها، جنباً إلى جنب أو متجاورة ومتراكبة لحل مجموعة متنوعة من الاحتياجات الوظيفية (السكنية والعامة)، وللحصول على تشكيلات معمارية تناسب جميع أنواع المباني الصغيرة والكبيرة ذات الأحجام المختلفة، أو لتتناسب مع البيئات المتعددة، مناخياً "حارة- باردة"، وطبوغرافياً "جبلية- مستوية" (شكل19).

امكانيات تشكيلية
متنوعة تنتج
من تراكب الحاويات

ملاءمة الحاوية
للبيئات المناخية المختلفة

ملاءمة الحاويات
للطبوغرافيا
ذات الميول المختلفة

الشكل (19) المرونة في تشكيل الحاويات

ثالثاً– حاويات الشحن في الأبنية العامة: تستخدم في جميع مجالات الأبنية العامة، وأهمها:

1– **جناح عرض مؤقت:** CONTAINER STACK PAVILION

الموقع: الصين، CHINA - SHANXI

المصمم: مكتب العمارة الشعبية– PAO PEOPLE'S ARCHITECTURE OFFICE

العام: 2015

قامت ادارة تاييوان، وهي مدينة سريعة النمو في شمال الصين، بتكليف مكتب العمارة الشعبية– بكين، لتصميم وتنفيذ مشروع جناح يتألف من مكاتب وصالة عرض لشركة تطوير العقارات المحلية (Eastern Heights Real Estate). يتكون الهيكل من 12 حاوية شحن معاد استخدامها، ست وحدات حمراء في الطابق الأرضي يتعامد معها ست وحدات متداخلة صفراء في الطابق الأول، وبارزة عنها بحيث تومن مساحة عامة مظللة كامتداد وظيفي ترفيهي للطابق الأرضي. وداخلياً تم تصميم فراغ داخلي مركزي مفتوح على ارتفاع الطابقين (ميزانين) يؤمن التواصل البصري والانارة عن طريق فتحات علوية (شكل20).

ويتصف الجناح بأنه هيكل مؤقت يمكن تفكيكه ونقله إلى مواقع أخرى عند اقتضاء الحاجة. وقد سميت منطقة المبنى في المدينة "جناح كومة الحاويات" نسبة لشهرته.

كتلة الجناح توضح توضع الحاويات الصفر المتعامدة مع الحمر، والظلال الناتجة

الفراغ الداخلي على ارتفاع طابقين والانارة العلوية

(شكل20) جناح العرض المؤقت

2- **مركز تجاري:** إيثر الملابس Aether Apparel

الموقع: سان فرانسيسكو San Francisco

مهندس معماري: شركة A&D

العام: 2010

يتكون المتجر من ثلاث حاويات شحن سوداء مقاس 40 قدم، مكدسة فوق بعضها على ثلاث مستويات مرتبطة ببعضها شاقولياً، يخصص المستويين الأرضي والأول للعرض والبيع، ويخصص الثاني كمخزن للمركز التجاري. تم تجميع الحاويات الثلاث بحيث تبرز صالة المستوى الثاني فوق الرصيف مشكلة مظلة للمدخل، ونقطة علام، مما يلفت انتباه المشاة لنقطة الدخول. وتشرح نيت ويليامز Nate Williams، مديرة الشركة المنفذة "Mosswood Engineering" أن "الحاويات هي هياكل قوية للغاية في حالتها غير المعدلة، بل ويمكن أن تتلقى عددا من التعديلات دون المساس بسلامة هيكلها."

تم الاكساء الداخلي للصالات ذات الفراغ الضيق على ارتفاع الطابقين بغطاء من الزجاج الخاص، والأرضيات بخشب البلوط المصنع (شكل21).

تراكب الحاويات لتظليل وتمييز المدخل

(شكل21)

تركيب المبنى بالموقع

الفراغ الداخلي واكساءه

3- **مدرسة: موربيث** Morpeth School

الموقع: لندن

المهندس المعماري: فرنس للهندسة Furness Engineering

العام: 2007

ذهبت مدرسة موربيث في لندن من خلال حاجتها إلى مساحة أكبر لفصولهم الدراسية، إلى اتجاه مبتكر لخلق بناء جديد مؤلف من 16حاوية شحن موزعة على طابقين بمساحة 232م2. مرتبطة عن طريق ممر مغطى يخدم جميع الصفوف، وتم تأمين الفراغات الداخلية المناسبة لمتطلبات الصف التعليمي، عن طريق ازالة الجدران الجانبية للحاويات (شكل22)، كما تم تأمين المساحات الزجاجية المناسبة لإنارة الصفوف.

وقد تم إنشاءها بنصف المدة اللازمة لتقليل الإزعاج للتلاميذ، وتم طلاءها باللون الأحمر النابض بالحياة لتعكس الطبيعة الإبداعية لاستخدامها.

.

منظر خارجي للمبنى يوضح الصفوف الاضافية والممر المغطى

فراغ الصفوف الناتج عن فتح الحاويات على بعضها، وفتحات الانارة المناسبة

(شكل22) مدرسة موربيث

4- **مركز التنمية الثقافية: رابطة كونستال برلين** Platoon Kunsthalle Berlin

الموقع: برلين، ألمانيا

المهندس المعماري: مهندسي غرافت لاب Graft Lab Architects

العام: 2012

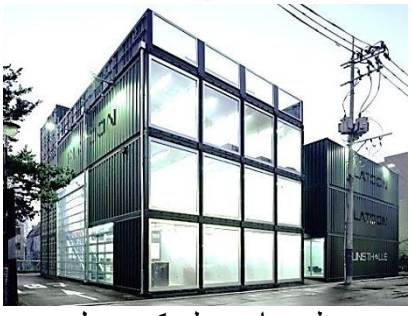
تأسست رابطة التنمية الثقافية Platoon Kunsthalle في عام 2000 في برلين. وهي تدير مشاريع ثقافية واتصالات متنوعة بالتعاون مع المجتمع الدولي، أقامت توأمة لها في سيول/ كوريا الجنوبية، وافتتحتها في عام 2009. حيث يوفر برنامج الرابطة منصة للتواصل لأي شخص مهتم في المجالات الإبداعية الثقافات مثل فن الشارع، والتصميم الجرافيكي، والأزياء، وفن الفيديو والبرمجة والموسيقى والثقافة النادي، والنشاط السياسي، الخ.

يتكون الهيكل من 33 حاوية بمساحة 445م2، تشكل بناءً فريداً من نوعه ذو بنية مرنة ترمز لثقافة العولمة، يمكن إعادة بنائها في أي مكان وزمان. تندمج الحاويات المعدنية مشكلة فضاء داخلي مفتوح، وتختم جزءاً من واجهاتها جبهات زجاجية.

وتم في سيول بناء مركزاً شبيهاً لمركزها في برلين من حيث فكره التصميمي (شكل23).

منظر خارجي لمركز برلين

الفراغ الداخلي لمركز برلين



منظر خارجي لمركز سيول

الفراغ الداخلي لمركز سيول

(شكل23) مركز التنمية الثقافية

5- **مبنى مكاتب:** رود إسلاند Rhode Island

الموقع: بروفيدنس هي عاصمة ولاية رود آيلاند الأمريكية Providence, R.I, U.S.A

المهندس المعماري: مكتب ديستيل Distill Studio

العام: 2010

تم بناء مبنى مكاتب رود إسلاند Rhode Island بحاويات الشحن المعاد تدويرها كأول مبنى مكاتب متعدد الطوابق دائم في الولايات المتحدة مصنوع بالكامل من حاويات الشحن، حيث تم تصميمه لتحقيق أقصى قدر من الإنتاجية من خلال توفير بيئة آمنة ومريحة لشاغليها، وذلك باستخدام 32 حاوية مجمعة على ثلاثة طوابق تتضمن 12 مكتباً تتراوح مساحاتها بين 60 م2 إلى 238م2وقاعات مؤتمرات مشتركة.

اعتمدت الفكرة التصميمية على تقسيم المبنى إلى مجموعتين من المكاتب مع مظلة مصنوعة من جوانب الحاويات التي تغطي المدخل المركزي المكشوف، كما تم اعتماد الاستدامة كأولوية قصوى، باستخدام مواد البناء المستدامة وخفض استخدام الطاقة (شكل24).

يضاف أن الكلفة قدرت بنصف تكلفة المبنى التقليدي، واستغرق البناء الكلي أسبوعاً واحداً.

أحد مكاتب المبنى

الفراغ الداخلي المغطى

منظر خارجي
لمبنى مكاتب رود إسلاند

(شكل24) مبنى مكاتب رود إسلاند

6- **مبنى فندق:** فندق إل فارو بيتش El Faro Beach

الموقع: مانويل أنطونيو- كوستاريكا Manuel Antonio- Costa Rica

العام: 8أيار 2014

يقع فندق إل فارو بيتش على مدخل الحديقة الوطنية، تم بناء الفندق من حاويات الشحن المختلفة الحجوم والتي أعيد استخدامها بشكل مميز. وبالمقارنة مع مشاريع الفنادق الأخرى مع عدد مماثل من الغرف، كان وقت البناء أسرع بنسبة 35٪، وتوفير 60٪ في استخدام الخرسانة واستهلاك المياه، إضافة إلى تخفيض إنتاج نفايات البناء إلى الربع نسبة للبناء العادي. مما أنتج بناء فريداً صديقاً للبيئة.

يتميز هذا الفندق بتصميمه الخارجي أحادي اللون، والتصميم الداخلي الذي يشعر بالهدوء حيث يتشكل من اللون الأسود والأبيض.

يؤمن فندق إل فارو بيتش خمس فئات من الغرف، إحداها من حاوية واحدة 20 قدما، وأخرى من حاوية واحدة ونصف 20 قدماً، وثلاثة أنماط تتكون من حاوية واحدة بحجم 40 قدماً تختلف عن بعضها بدرجة فخامتها ومحتوياتها (شكل25).

(شكل25) مبنى الفندق وكيفية بنائه، وتصميم الفراغات الداخلية

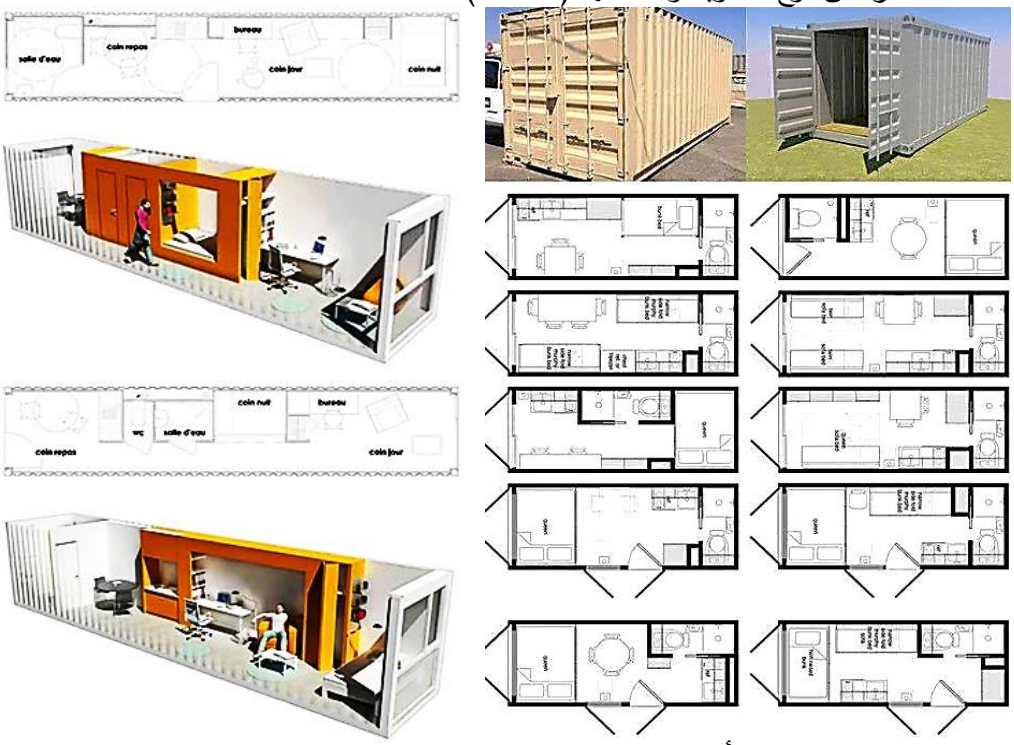
رابعاً- حلول نوعية لمساكن حاويات الشحن:

تتميز حاويات الشحن بالإمكانيات المتعددة واللامتناهية التي توفرها للحصول على المساكن بمختلف أنواعها كسكن عائلة واحدة أو سكن متعدد العائلات، والمجمعة بأسلوب أفقي أو شاقولي أو متراكب مختلط.

وعليه من خلال دراسة موسعة لتلك الامكانيات، يمكن تبويب سكن الحاويات كما يلي:

أ- **مسكن وحيد العائلة:** وهو عبارة عن مسكن مخصص لعائلة واحدة، من حاوية أو أكثر:

1- **سكن حاوية منفردة:** حيث يتم توظيف حاوية واحدة لتأمين مسكن عائلة واحدة، بغض النظر عن نوع الحاوية ومقاساتها (شكل26).



(شكل26) أنماط سكن حاوية منفردة /20- 40/ قدم لعائلة واحدة

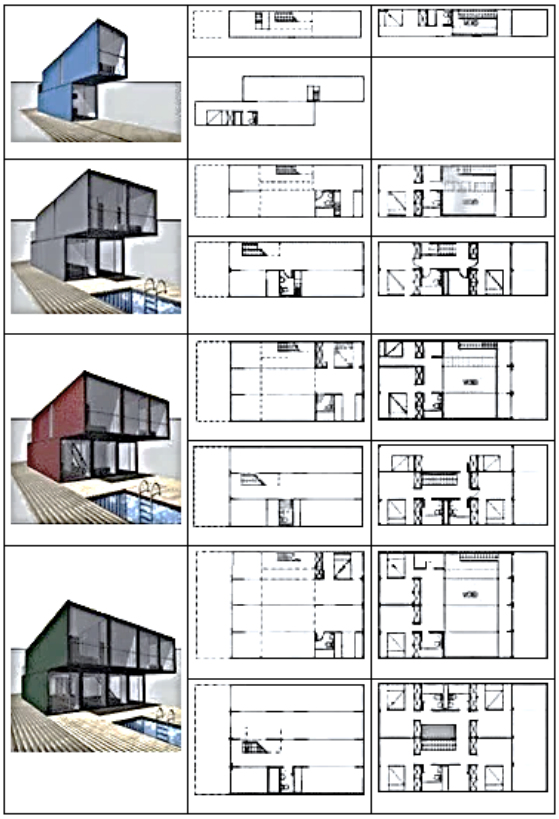
2- سكن حاويات مجمعة:

أ- **سكن حاويات الشحن المجمعة بدون فراغات مساعدة:** وبمكن تبويبها وتقسيمها إلى نوعين:

- مساكن مكونة من حاويات مجمعة أفقياً وشاقولياً باتجاه واحد، وهي على نوعين:

- مسكن حاويات متساوية الأبعاد:

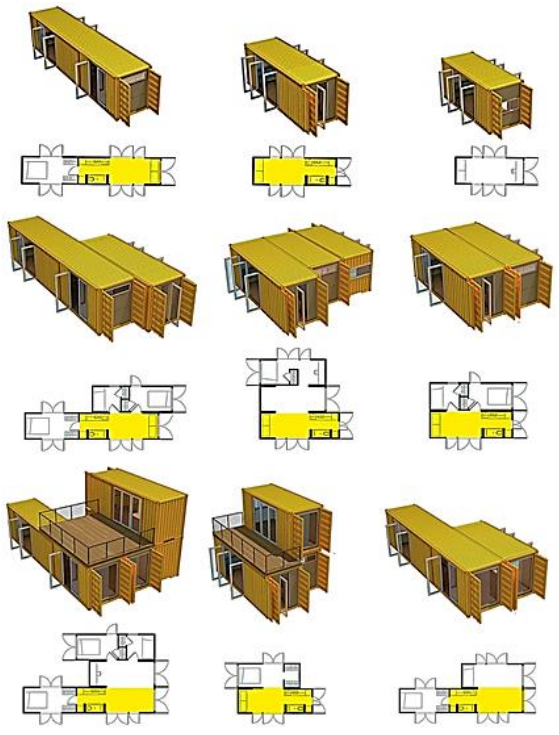
يتكون من حاويات متساوية مجمعة أفقياً بشكل متلاصق، وأخرى شاقولياً بنفس الاتجاه، بأنماط متطابقة تماماً، أو متراكبة جزئياً (شكل 27)، ويغلب على هذا النمط استخدام الحاويات ذات المقياس الكبير /40/ قدم، لما يتيحه هذا المقياس من امكانيات تصميمية أفضل من حاويات /20/ قدم.



(شكل 27) مساكن حاويات مجمعة باتجاه واحد ومتراكبة جزئياً

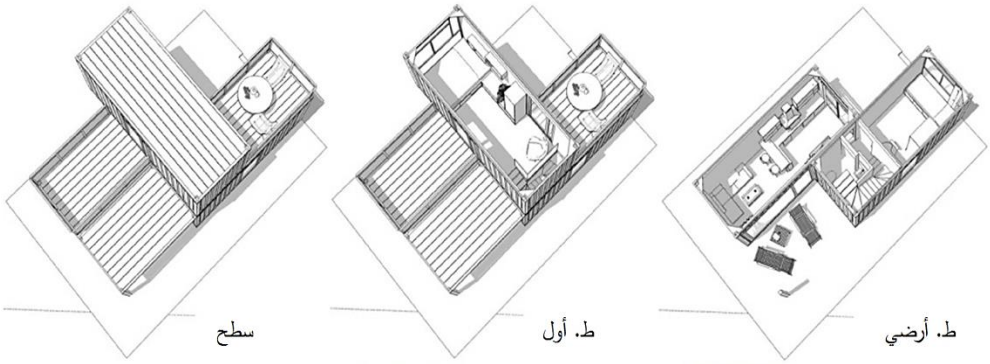
- مسكن حاويات مختلفة الأبعاد:

يتكون من حاويات مختلفة الأبعاد /40 و20/ قدم، مجمعة أفقياً بشكل متلاصق، وأخرى شاقولياً بنفس الاتجاه، بأنماط تكوينية مختلفة، مما يتيح امكانيات تصميمية وحجمية متعددة (شكل 28).



(شكل 28) مساكن حاويات مجمعة باتجاه واحد مختلفة الأبعاد

- مسكن مكون من حاويات مجمعة أفقياً وشاقولياً باتجاهين: حيث يتكون من تجميع وتراكب حاويات شحن باتجاهين مع عناصر اتصال شاقولية (شكل29).

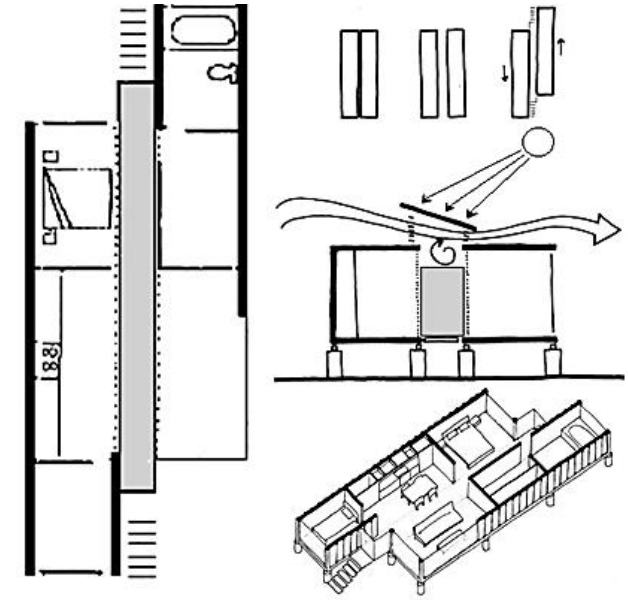


(شكل29) مسكن مكون من حاويات مجمعة أفقياً وشاقولياً باتجاهين

ب- سكن حاويات الشحن المجمعة مع فراغات مساعدة:

مسكن مكون من حاويات مجمعة بطريقة غير تقليدية مع اضافات مساعدة، ويتم تقسيمه وتبويبه إلى:

- مسكن ذو اضافات تخديمية بسيطة (ممر حركة) تساعد على الاستغلال الأمثل للفراغات الضيقة للحاوية كفراغات معيشة ونوم وخدمات دون ضياع حيزاً منها لفراغات الحركة (الشكل 30).

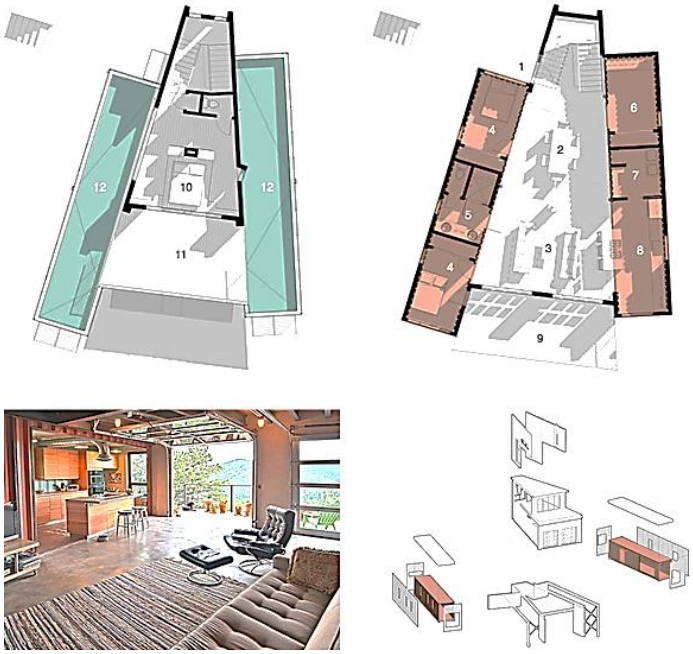


(الشكل30)
مسكن ذو اضافات تخديمية بسيطة

- مسكن ذو اضافة فراغات وظيفية واسعة ناتجة عن تجميع الحاويات، وتغطيتها بالتسقيف الخفيف الاقتصادي المناسب. حيث تستغل تلك الفراغات الناتجة لتوظف كقسم نهاري للمسكن (معيشة ومطبخ وطعام)، ويترك لفراغ الحاويات التوظيف الأمثل كقسم ليلي (غرف نوم وخدمات) وغرف دراسة(شكل31).

(الشكل31) مسكن ذو اضافة فراغات وظيفية لطابق واحد

كما يمكن الاستعاضة عن التغطية الخفيفة بعناصر انشائية مساعدة، أفقية وشاقولية، مكونة فراغات وظيفية في الطابق الأرضي كقسم نهاري (معيشة ومطبخ وطعام)، وفي الطابق الأول كغرف متممة للقسم الليلي (شكل32).



(الشكل32) مسكن ذو اضافة فراغات وظيفية لطابقين

ب- سكن متعدد العائلات: وهو مباني سكنية صافية، أو مختلطة (سكن تجاري)، وأهمها:

1- **سكن طلابي:** كيتونين، أمستردام Keetwonen, Amsterdam

الموقع: أمستردام، هولندا H.J.E. Wenckebachweg 3010, Amsterdam, Netherlands

المهندس المعماري: تيمبو للإسكان Tempo Housing

العام: 2006

منذ أن واجهت أمستردام نقصًا كبيرًا في السكن الطلابي، اتخذت خطوة كبيرة وقررت التعاقد مع Tempohousing لبناء حرم جامعي قابل للنقل للطلاب، حيث تم بناء أول وأكبر حرم جامعي للحاويات في العالم مؤلف خمس طوابق، ومن 1034 حاوية شحن منها 1000 للسكن، والباقي للخدمات المشتركة، مقهى وسوبر ماركت ومساحة المكاتب، وحتى منطقة رياضية، حيث كانت سرعة البناء بمعدل 150 منزلًا شهريًا.

وعلى الرغم من أن هذا المشروع كان يهدف في البداية إلى البقاء على هذا الموقع لمدة 5 سنوات فقط (وأن يتم نقله إلى موقع جديد – حيث تعتبر منازل حاويات الشحن مثالية لهذا الغرض)، فتم تأجيل عملية النقل حتى نهاية عام 2018، وربما إلى سنوات لاحقة. ويمكن للطلاب والأفراد الذين اشتروا حاوياتهم نقل منزلهم إلى مكان شخصي جديد يتميز بنوافذ زجاجية كبيرة لتسهيل دخول ضوء النهار إلى المنزل ونظام التهوية (شكل33).

الشكل (33) سكن طلابي- كيتونين، أمستردام

2- **سكن تجاري:** فرايت يارد The Freight Yard

الموقع: تالاهاسي- فلوريدا Tallahassee- Florida

المهندس المعماري: ويس جيمس Wes James

العام: متوقع الانهاء حزيران 2018

طلب المطور العقاري برادشو Bradshaw من المهندس المعماري ويس جيمس، تصميم تجمع سكني في تالاهاسي- فلوريدا وفق أحدث اتجاهات العمارة الحضرية والمستدامة، وعلى مبدأ إنشاء كائن ذو قيمة أكبر من شيء أقل قيمة.

فنتج تجمع فرايت يارد من حاويات الشحن محاولة منه توسيع مفهوم اعادة استخدام الحاويات كهيكل للمبنى، واعادة التدوير إلى داخل شقق الحاويات عن طريق تجنب استخدام المواد الأولية الجديدة كلما أمكن ذلك. وسيضم المشروع 28 شقة ، ومساحة تجارية للبيع بالتجزئة على كامل مساحة الطابق الأرضي وحديقة مركزية، إضافة إلى الاستفادة من أسطح التجمع بتغطيته بـ 230 لاقط شمسي.

ويقول برادشو: "أردنا انتاج بناء من شأنه أن يجعل الناس ليسوا مرتاحين فيه فحسب، ولكن أن يكونوا فخورون به أيضاً، كما أردنا القيام بمشروع يمكن أن ينظر إليه الناس، ليس فقط في تالاهاسي ولكن في جميع أنحاء البلاد والعالم" (شكل34).

الشكل (34) سكن تجاري- فرايت يارد، فلوريدا

3- **تجمع سكني:** مدينة الحاويات Container City

الموقع: لندن Trinity Buoy Wharf, London

مهندس معماري: نيكولاس لاسي وشركاه Lacey, Nicholas & Partners

العام: مدينة الحاويات I 2001- 2003، مدينة الحاويات II 2002

تم دراسة مدينة الحاويات في شرق لندن (I و II) كمجمع صديق للبيئة حيث أن أكثر من 80٪ من مواد بنائها معاد تدويرها، تكونت الأولى من 15 حاوية 40 قدمًا على 3 طوابق أضيف لها طابق رابع عام 2003 موجهة شرقاً غرباً مع مدخل في النهايات. بينما في الثانية تم تجميع 30 حاوية على 5 طوابق، حيث يتم تدوير بعض الحاويات 90 درجة مما يجعلها ذات تراكب مميز مع بعض الحاويات البارزة المدعمة بإطارات فولاذية.

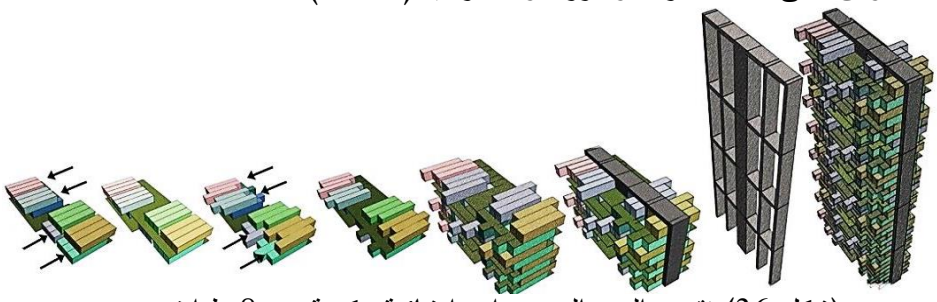
تصل المجموعتين المنفصلتين جسور معلقة، وتخدمها نواة رأسية مشتركة مكونة من برجين أحدهما للمصعد والآخر للدرج، وتتصف الكتلة الأولى بلونها البني، بينما تم طلاء الكتلة الجديدة بالتناوب بألوان زاهية، وتتناوب النهايات المغلقة والمفتوحة على شكل أبواب منزلقة مع شرفات، وتتخذ النوافذ الشكل المميز المستدير المثقب (شكل35).

الشكل (35) تجمع سكني- مدينة الحاويات، لندن

خامساً- آفاق مستقبلية لسكن حاويات الشحن:

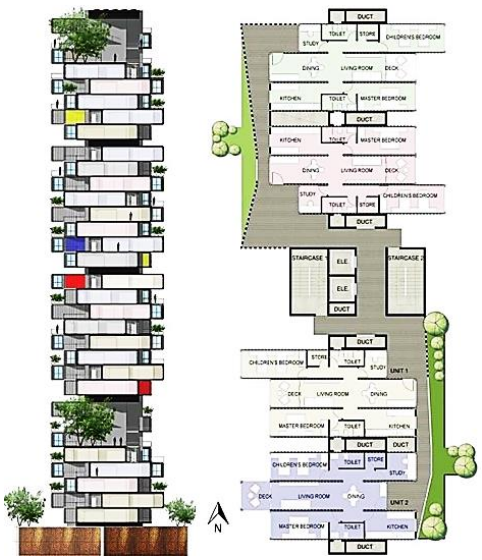
أطلقت الحكومة الهندية عام 2015 مسابقة معمارية "Super Skyscrapers" لإيجاد حل متميز للإسكان المناسب لسكان منطقة دارافي Dharavi العشوائية ذات الكثافة السكانية المرتفعة في مومباي، الهند، باستخدام حاويات الشحن كوحدات بناء.

من خلال الاقتراحات المختلفة لهذه المسابقة، كان التصميم الأفضل هو المقدم من شركة GA Design Consultants، وقد فاز بالجائزة الأولى في المسابقة، حيث اعتمد التصميم على حقيقة أنه يمكن تكديس 9 حاويات شحن فوق بعضها عندما تكون ممتلئة، و 16عندما تكون فارغة، وبالتالي تم تصميم هيكل ارتفاعه 100م (32 طابقاً تقريباً) بالاستعانة بإطارات بوابات متصلة بعوارض فولاذية موضوعة كل 8 طوابق. وتستند كل كومة قائمة بذاتها مكونة من 8 طوابق على هذه الكمرات وتكرر الوحدة رأسياً (شكل36).



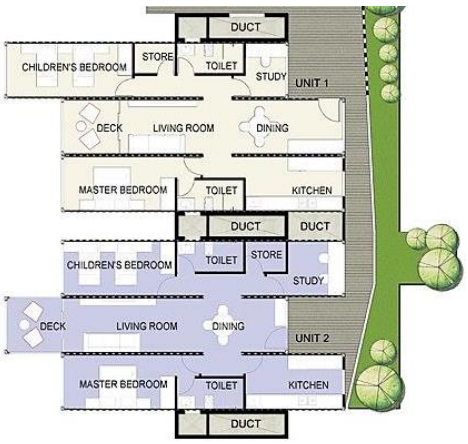
(شكل 36) تقسيم البرج إلى وحدات انشائية مكونة من 8 طوابق

تخلق الحاويات ذات الألوان المميزة الزاهية وحدات سكنية متداخلة أفقيًا لزيادة الأسطح التي تحصل على الضوء الطبيعي، اضافة إلى البروزات التي توفر الظل للممرات أدناه، بحيث يتم ترتيب الشقق السكنية بشكل متناظر حول كتلة مركزية تخصص للأدراج والمصاعد (شكل37).



(شكل 37) مقطع يوضح تراكب الحاويات- مسقط يوضح التوزيع حول بطارية الحركة

وكان المقترح عبارة عن وحدة "شقة" متكررة مكونة من 3 حاويات ذات حجم قياسي تصطف بجانب بعضها أفقياً، كل وحدة تحتوي على غرفتي نوم، غرفة طعام، غرفة معيشة، مطبخ، مخزن، حمامان، غرفة دراسة، بالإضافة إلى السطح المظلل الناتج عن تراجعات وبروزات الحاويات بالتناوب شاقولياً (شكل 38).



(شكل38) مسقط أفقي للمساكن

كان التفكير واضحاً للاستدامة، حيث تحمل جوانب البوابة الألواح الشمسية على الجانب الغربي وتوربينات الرياح الصغيرة على الجانب الشرقي للتوليد المشترك للكهرباء لإضاءة LED الموفرة للطاقة في جميع أنحاء المبنى، بالإضافة إلى استخدام التراكوتا الجيرية المعاد تدويرها والمصنوعة محليًا كواجهة للممرات الخارجية (شكل39). لقد مرّ التصميم بأدق تفاصيل الاضاءة والتهوية، وجعل الثقافة جزءاً هاماً باستخدام المواد المحلية المعاد تدويرها.

وقد وصفت لجنة التحكيم المشروع "إنه يتناول بشكل صحيح قضايا الاستدامة، والتداول، واستخدام الطاقة، والتهوية والإضاءة من خلال تعديل السقاطة للحاويات للسماح بالمرور إلى الوحدات الأخرى. حل مقنع من حيث الشكل، التكوين، التوزيع والوظيفة" (شكل40).

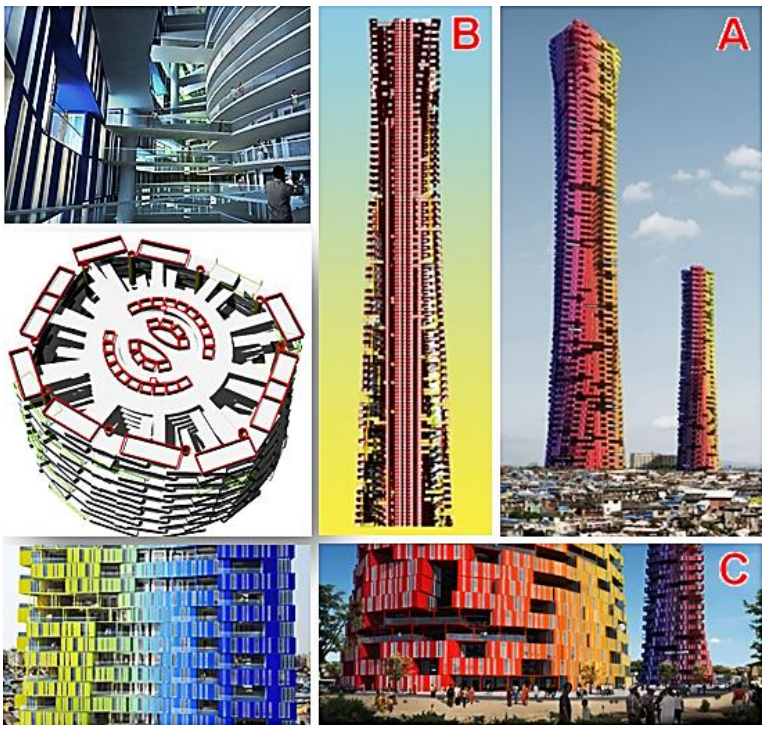
(شكل39) التراكوتا الجيرية

(شكل40) التكوين العام للبرج

وكان المقترح الثاني المميز من بين الحلول المقترحة للمسابقة هو ما قامت بتقديمه شركة CRG Architects باستبدال مساكن الأحياء الفقيرة في البلدان النامية، بمساكن مؤقتة تتجمع بزوج من ناطحات السحاب، حيث توصلت الشركة إلى مفهوم "ناطحة سحاب الحاويات" التي تضم أكوام من حاويات الشحن المعاد تدويرها والمكدسة لإنشاء مساكن عالية الكثافة وفعالة من حيث التكلفة في المناطق الحضرية، فكان ذلك من خلال إنشاء برجين أسطوانيين، أحدهما يبلغ ارتفاعه 400 م والآخر 200 م (شكل41-A).

اعتمد المقترح الحد الأقصى لعدد الحاويات المتراصة فوق بعضها بتسع وحدات، لذلك أوضح المعماري كارلوس غوميز Carlos Gomez بقوله "هذا يعني أننا بحاجة إلى هيكل رئيسي لدعمهم إذا أردنا أن يكون لدينا هذا الارتفاع"، فتم تدعيم الحاويات الفولاذية بواسطة هيكل خرساني لإنشاء مبنى بمركز مجوف يحتوي المصاعد اللازمة، في حين يمكن استخدام الحاويات الفارغة للحدائق كفراغات تعايشية وكذلك الخدمات الطبية والمدارس ومناطق الترفيه والأسواق الصغيرة، بينما توفر الفجوات بين الهياكل التهوية الطبيعية (شكل41-B).

تتميز الأبراج باللون الأحمر والأصفر والأخضر والأزرق، تماشياً مع الأجزاء الأكثر سخونة والأكثر برودة من المبنى، حيث تم وضع الحاويات الحمراء على الواجهة الجنوبية، والزرقاء في الشمال، والخضراء والصفراء على وجهي الشرق والغرب تباعاً، لإظهار الانتقال في درجة الحرارة (شكل41-C).



(شكل41) مقترح شركة CRG Architects

وعليه فقد احتاجت الدراسة لاستكمال المخطط المقترح إلى حوالي 2500 حاوية، لاستيعاب ما يصل إلى 5000 شخص. وذلك من خلال تصميم نماذج متنوعة من المساكن، بدءاً من الحاوية الواحدة كشقة استوديو، ومسكن الحاويتين لتوفير مسكن بغرفتين نوم أو ثلاث غرف نوم، وصولاً إلى دمج ثلاث حاويات لتوفير سكن عائلي مكون من ثلاث غرف نوم نظام دوبلكس (شكل42) و (جدول2).

والجدير بالذكر أن المقترح هذا كان هو الفائز في مسابقة الإسكان في مومباي.

(شكل42) مقترح شركة CRG Architects، الأنماط التصميمية للمساكن

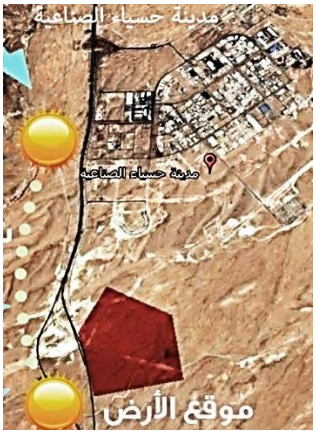
(جدول2) أنماط المساكن ومساحاتها

نموذج	اللون	المساحة م٢	عدد الحاويات	غرف النوم	المطبخ
A		١٠٠،٤٤	٣- دوبلكس	٣	مفتوح
A		١٠٠،٤٤	٣- دوبلكس	٣	مفتوح
B		٦٦،٩٦	٢	٢	مغلق
C		٣٣،٤٨	١	١	مفتوح
C		٣٣،٤٨	١	١	مفتوح
D		٦٦،٩٦	٢	٣	مفتوح

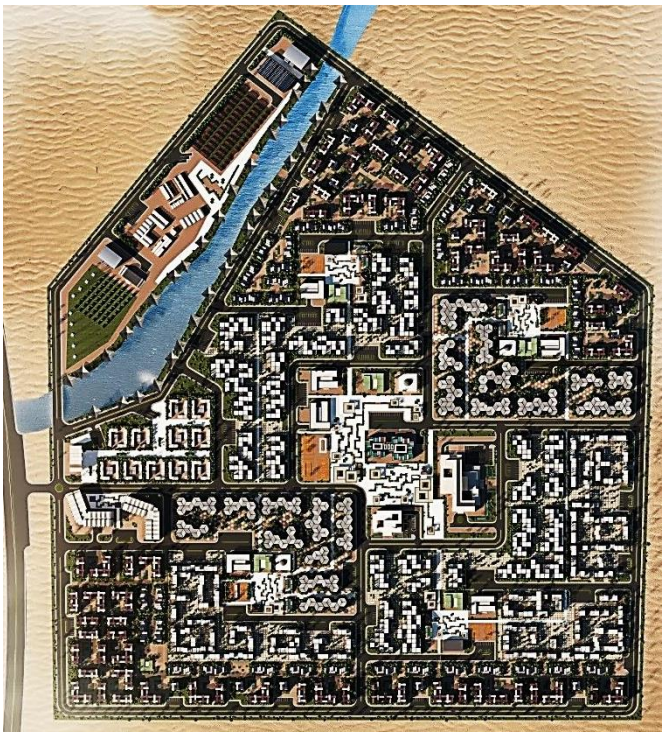
سادساً- آفاق استخدام حاويات الشحن في مرحلة اعادة الاعمار:

أطلقت كلية الهندسة المعمارية في جامعة البعث من خلال مشاريع التخرج للعام 2018، مسابقة أفكار لإيجاد حلول متميزة لتجمع سكني مؤقت يستوعب حوالي 25000 نسمة، لإيواء المهجرين العائدين إلى أرض الوطن في المرحلة الثانية من اعادة الاعمار، فتم اختيار قطعة أرض في حسياء بمساحة /58/ هكتار، تبعد عن حمص /40/ كم (شكل43).

من خلال الاقتراحات المختلفة التي تم تقديمها، كان التجمع الأميز هو الذي اعتمد في دراسته حاويات الشحن (شكل44-45).



(شكل43) موقع الأرض



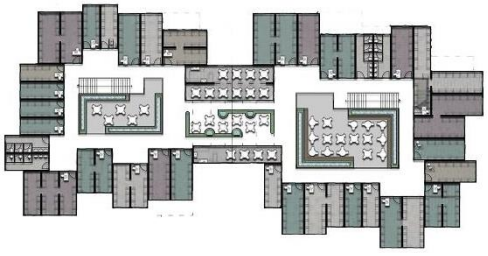
(شكل 44) مخطط الموقع العام

(شكل44) منظور عام للتجمع السكني

حيث قدم مركز حيوي تجاري من المجلات التجارية المختلفة والمتنوعة، مع الخدمات اللازمة من مطعم وكافتريا، مكوناً بالكامل من تجميع حاويات الشحن متعددة الحجوم، على ثلاثة مستويات مشكلة فراغات داخلية غنية بالنباتات والخضرة، على نمط فناء داخلي على ارتفاع المبنى مفتوح من الأعلى (شكل45).

لقطة منظورية

الطابق الأرضي



الطابق الأول

واجهة عامة للمركز

(شكل45) المركز التجاري /منظور عام- مساقط أفقية- واجهة/

ومن الناحية الأخرى فقد قدم المقترح حلولاً سكنية متميزة من حاويات الشحن، للسكن الطابقي متعدد العائلات، بسعات مختلفة من الأشخاص، وبأسلوب يؤمن السكن اللائق من حيث التشكيل البيئي والاقتصادي، اضافة إلى الفراغ الوظيفي الكافي والملائم لاحتياجات القاطنين بنفس الوقت، ومن حيث تأمين الخدمات اللازمة وتحقيق الخصوصية والراحة النفسية أيضاً، وعليه فقد تضمن المقترح نمطين أساسيين من الحلول السكنية متعددة الشقق:

- **النمط الأول** (شكل46):

اعتمد حاويات ذات أبعاد 3*7م (قليلة الاستخدام)، بتراكب فريد مدروس من أربع طوابق يحيط بفراغ داخلي مركزي يتضمن الدرج الرئيسي المخدم للشقق، حيث يحتوي نموذجين:

- شقة من حاوية واحدة بمساحة 21م2 لشخصين.
- شقة من حاويتين بمساحة 42م2 لـ /3-4/ أشخاص.

لقطة منظوري

طريقة التجميع

الطابق الأرضي

الطابق الأول والثالث

الطابق الثاني

(شكل46) النمط السكني الأول /منظور عام- مساقط أفقية/

النمط الثاني:

استخدم حاويات ذات أبعاد 3*7م، وحاويات 2.4*6م، بتراصف جزئي متناغم من طابقين، يتم تخديمه عن طريق ممر على طول التجمع في الطابق الأرضي، وعن طريق درج خارجي وممر مكشوف يؤدي إلى مداخل الشقق في الطابق الأول.

يحتوي ثلاث نماذج من الشقق (شكل47):

- شقة من حاوية واحدة بمساحة 14.4م2 لشخصين.
- شقة من حاويتين بمساحة 28.8م2 لثلاثة أشخاص.
- شقة من حاويتين بمساحة 42م2 لأربعة أشخاص.

(شكل47) المساقط الأفقية للنمط الثاني

وتعتبر هذه تجربة اعادة تدوير حاويات الشحن والاستفادة منها كمساكن ومباني خدمية متعددة الوظائف، خطوة جريئة وهامة في بداية مرحلة اعادة الاعمار، لتهيئة جيل من المهندسين الشباب لفهم واستيعاب هذا الاتجاه الهام والضروري من العمارة الاقتصادية والبيئية والمستدامة، ولما لها من أثر في رسم خطوط واضحة أمام المهتمين والمؤثرين في المرحلة الحالية لإعادة الاعمار (المرحلة الثانية). وقد بدا ذلك جلياً في اهتمام كبار المسؤولين وعدد كبير من المهندسين المعماريين على نطاق واسع في المحافظة والجامعات الحكومية والخاصة ونقابة المهندسين، والذي من المنتظر أن تظهر نتائجه على أرض الواقع قريباً.

النتائج:

- تعتبر اعادة تدوير حاويات الشحن المنسقة خارج الخدمة، مساهمة كبرى في التخلص من أكوام الحاويات التي تشكل عبءً كبيراً على الموانئ، بيئياً واقتصادياً.
- تعتبر حاوية الشحن اللبنة المعمارية الأهم في القرن الحادي والعشرين، لما تؤديه من فائدة كبيرة في تأمين المسكن الاقتصادي والتجمعات السكنية البيئية المستدامة، والمباني الخدمية بمختلف أنواعها، والتي تتناسب مع البيئات الطبيعية والمناخية المتنوعة.
- تصنف مساكن حاويات الشحن تبعاً:

– لطريقة التجميع، كحاويات متلاصقة بدون فراغات مساعدة، ومتباعدة مشكلة فراغات وظيفية متنوعة، بدءاً من العناصر الحركية وانتهاءً بفراغات وظيفية هامة كالقسم النهاري.

– لطريقة الانشاء، كمساكن أو أبنية سكنية بدون عناصر إنشائية مساعدة، ومباني تعتمد على عناصر وهياكل إنشائية بيتونية أو معدنية عندما يزيد ارتفاع المبنى عن /8/ طوابق.

- ملاءمة عمارة حاويات الشحن للمرحلة الثانية لإعادة الاعمار، لما تتميز به من سهولة التعامل معها بخبرات ومهارات وتقنيات بسيطة، وامكانية تأهيلها بكلفة اقتصادية منخفضة.
- تعتبر عمارة حاويات الشحن خطوةً هامةً وتوجهاً أساسياً، يساهم في فتح رؤى وآفاق معمارية وعمرانية واسعة لإنتاج تجمعات سكنية مؤقتة مستدامة خلال اعادة اعمار سورية.

التوصيات:

- يوصى بنشر ثقافة اعادة التدوير، ضمن المراحل الجامعية، الأولى والدراسات العليا، من خلال تعديل اللوائح الداخلية للكليات الهندسية، لتستوعب بعض المقررات الخاصة بذلك.
- يوصى إلى الهيئة العليا للبحث العلمي، وجميع الجهات والقطاعات البحثية، تحفيز البحث العلمي في امكانية الاستفادة من حاويات الشحن في مختلف مجالات البناء الاقتصادي السريع، في المرحلة الثانية من اعادة الاعمار.
- يوصى للجهات التنفيذية من وزارات مختصة ومجالس مدن وبلديات ونقابة المهندسين، التنبه والتوجه لاستيعاب الآفاق اللامحدودة لاستخدام حاويات الشحن، ليتمكنوا من العمل الجاد والانطلاق المتسارع نحو تطبيقات عمارة حاويات الشحن في القريب العاجل، لتحقيق طموحات وآمال المهجرين العائدين إلى مدنهم للمشاركة في اعادة اعمار سورية.
- يوصى إلى وزارتي الاسكان والأشغال العامة، والسياحة، دراسة امكانية استخدام مساكن ومنشآت حاويات الشحن، في المراحل التالية لمرحلة اعادة الاعمار اسكانياً وسياحياً.

المراجع:

1- Bergmann, Buchmeier, Slawik, Tinney, 2010- **Container Atlas: A Practical Guide to Container Architecture**. p. 256.
2- "Brochure_Container_Packing"(PDF). hapag-lloyd. February 1, 2010. Retrieved 2014-05-30.
3- Broto, Carles, 2015**- Radical Container Architecture**. p. 240.
4- Constantineau, Bruce, 2 August 2013- **"Vancouver social housing built from shipping containers"**. The Vancouver Sun. Retrieved 19 May 2014.
5- Daniel Terdiman, October 25, 2013- **"Is Google building a hulking floating data center in SF Bay?"**. CNET. Archived from the original on October 30, 2013.
6- Falk, Tyler, 17 January 2012- **"Starbucks opens store made from recycled shipping containers"**. SmartPlanet. Retrieved 19 May 2014.
7- Helsel, Sand, September–October 2001- **"Future Shack: Sean Godsell's prototype emergency housing redeploys the ubiquitous shipping container"**. Architecture Australia. Retrieved 2007-10-13
8- Kotnik, Jure, 2008- **Container Architecture**. p. 240.
9- Kramer, Sibylle, 2014- **The Box Architectural Solutions with Containers**. p. 182.
10- Linnie Rawlinson, February 16, 2007- **"Biography: Adam Kalkin"**. CNN. Retrieved 2011-09-17.
11- Matthew Backhouse, October 29, 2011- **"Container mall open for business"**. New Zealand Herald.
12- Minguet, Josep Maria, 2013- **Sustainable Architecture: Containers2**. p. 111.
13- Robert Cookson, January 21, 2009- **"Hotel changes the landscape of building". Financial Times**. Retrieved 2011-09-17.
14- Sawyers, Paul- 2005, 2008- **Intermodal Shipping Container Small Steel Buildings**. p 116.
15- **"Shipping containers could be 'dream' homes for thousands."** CNN. Accessed September 24, 2008.

المواقع الالكترونية:

1- http://www.aljaliah.net
2- http://design3inc.com
3- https://www.pinterest.co.uk
4- http://www.revistadime.com
5- https://www.arch2o.com
6- https://www.gatewaycontainersales.com.au
7- https://www.curbed.com
8- https://www.treehugger.com
9- http://www.850businessmagazine.com
10- http://containernation.com
11- https://en.wikiarquitectura.com
12- http://www.residentialshippingcontainerprimer.com
13- http://www.architecturelist.com
14- http://www.residentialshippingcontainerprimer.com
15- http://www.popularmechanics.com
16- http://www.ecocontainerhome.com
17- http://www.residentialshippingcontainerprimer.com
18- https://en.wikiarquitectura.com
19- http://www.850businessmagazine.com
20- http://www.treehugger.com
21- http://www.competitionline.com
22- http://www.tallahassee.com
23- http://www.archdaily.com
24- http://www.architectureanddesign.com.au
25- http://www.futurarc.com
26- http://www.curbed.com
27- http://www.bisnow.com
28- http://www.yellowpages.com
29- http://www.azteccontainer.com
30- http://www.defpro.com
31- http://www.cubicinspirations.com
32- http://www.group41inc.com

دراسة تأثيرِ تغير مقاومة الضغط للبيتون على فعالية التطويق العرضي مسبق الإجهاد

د.م عصام ملحم[1] م. محمّد لؤي السّاعاتي[2]

المُلخَّص

يقدّم هذا البحث دراسةً تحليليّة لعددٍ من العينات البيتونية الموشورية ذات الأبعاد النظامية (مربع طول ضلعه 150mm وارتفاعه 300mm) معرضة إلى ضغط مركزي والمطوقة عرضياً بتقنية الأحزمة الفولاذية مسبقة الإجهاد وذات مقاومات مكعبية متغيرة من 30 MPa وحتى 60 MPa بهدف دراسة فعالية التطويق العرضي بالأحزمة الفولاذية مسبقة الإجهاد على مختلف أنواع البيتون، من البيتون عادي المقاومة وحتى البيتون عالي المقاومة حيث يكون تأثير التطويق أقل ما يمكن بشكل عام بسبب أن البيتون عالي المقاومة يملك تمدداً عرضياً قليلاً بالمقارنة بالبيتون عادي المقاومة. أظهرت الدراسة التحليلية أن تأثير التطويق مسبق الإجهاد يقل بزيادة مقاومة الضغط للبيتون، وتكون أكبر ما يمكن عندما تكون مقاومة البيتون بين MPa (40 – 35) ثم تقل فعالية التطويق حتى الوصول إلى أقل قيمة عند 60 MPa.

الكلمات المفتاحيّة: تطويق، مسبق إجهاد، مطاوعة، تمدد عرضي.

[1]أستاذ في قسم الهندسة الإنشائيّة– كلّيّة الهندسة المدنيّة– جامعة البعث– حمص– سوريا

[2]طالب دراسات عليا (ماجستير) في قسم الهندسة الإنشائيّة– كليّة الهندسة المدنيّة– جامعة البعث–حمص– سوريا

Effect of Concrete Compressive Strength on Lateral Post-Tension Metal Strap

Dr. Eng. Esam Melhem[1] **Eng. Mohammad Louai Alsaati[2]**

Abstract

This research presents an analytical study of Prismatic concrete specimens with standard dimensions (square section of 150mm and height of 300mm) subjected to axial compression and laterally confined with Steel Strapping Tensioning Technique, the specimens have different compressive strength varying from 30 MPa to 60 MPa to study the effectiveness of active confinement on different kind of concrete from normal-strength concrete to high-strength concrete, when the confinement effectiveness in lowest, because the lateral dilation of high-strength is low comparing with normal-strength concrete. This study shows that Steel Strapping Tensioning Technique becomes less effective as the concrete compressive strength increases, and the effect of steel strapping tensioning technique is at best when the compressive strength is between 35-40 MPa

Key words: confinement, post-tension, ductility, lateral dilation.

[1] Professor, Structural Engineering Department, Faculty of Civil Engineering, AL-Baath University, Homs, Syria.

[2] Postgraduate Student, Structural Engineering Department, Faculty of Civil Engineering, AL-Baath University, Homs, Syria.

قائمة الرموز والاختصارات
LIST OF ABBREVIATIONS

f_c':	المقاومة المميزة للبيتون	MPa
f_{cc}:	الإجهاد المحوري للبيتون المطوق	MPa
f_{co}:	الإجهاد المحوري للبيتون غير المطوق	MPa
f_r:	إجهاد التطويق العرضي	MPa
ε_{cc}:	التشوه الطولي للبيتون المطوق	mm/m
ε_{co}:	التشوه الطولي للبيتون غير المطوق	mm/m
ρ_s:	النسبة الحجمية للتطويق	.....
E_s:	معامل المرونة الطولي للفولاذ	MPa
E_C:	معامل المرونة الطولي للبيتون	MPa
F_{yh}:	إجهاد خضوع فولاذ التطويق	MPa

1- مقدّمة:

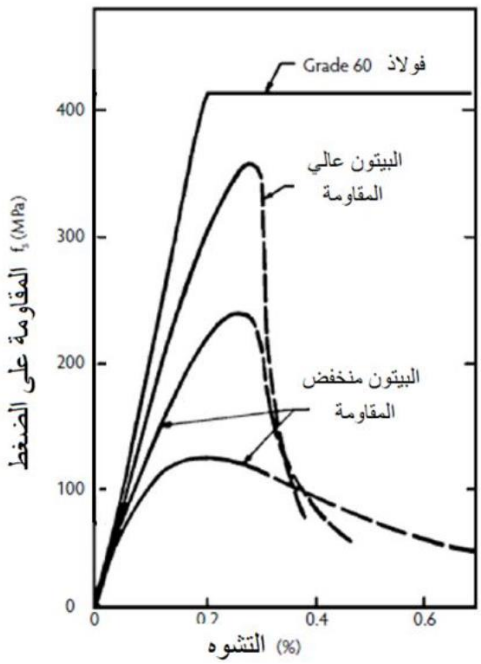
يعد البيتون عالي المقاومة مادة متطورة تقدم خصائص عالية مثل المقاومة العالية، والصلابة والديمومة الطويلة مقارنة مع البيتون عادي المقاومة. ويمكن إنتاجه باستخدام المواد الخام نفسها الموجودة في البيتون عادي المقاومة مع نسبة ماء منخفضة وبعض الإضافات الخاصة التي تضاف إلى الخلطة. في الوقت الحالي، يستخدم البيتون عالي المقاومة في أعمدة الأبنية متعددة الطوابق وفي البيتون مسبق الصنع وفي الأبنية التي تتطلب مقاومات عالية وديمومة طويلة. تكون مقاطع العناصر من البيتون عالي المقاومة أصغر وبالتالي أقل وزناً.

تؤدي زيادة مقاومة البيتون إلى نقصان في المطاوعة أو زيادة في الهشاشة. وإن البيتون ذا الانهيار القصيف لا يستطيع أن يتحمل أية زيادة في الحمولة بعد الوصول إلى المقاومة العظمى، وبعدها تنخفض المقاومة بشكل سريع بعد الوصول إلى الذروة، وهذا النوع من الانهيارات يسمى انهياراً انفجارياً، لذلك يجب أخذ الحذر عند تصميم البيتون عالي المقاومة من أجل متطلبات المطاوعة خاصة في العناصر الإنشائية التي يمكن أن تتعرض إلى قوى عرضية ناتجة عن الزلازل والانفجارات والرياح، إلخ....

إنّ نقص المطاوعة في البيتون عالي المقاومة يمكن أن يلاحظ من خلال صعود حاد في منحني الإجهاد – التشوه حتى الذروة ويتبعه انخفاض حاد بعد الذروة كما هو موضح في الشكل (1)

يعتبر السلوك النمطي للبيتون العادي سلوكاً هشاً تحت تأثير إجهاد ضغط محوري. ويتم استخدام التطويق العرضي بشكل شائع من أجل تأخير انهيار البيتون وتحسين المطاوعة، هذه الخاصية هامة في الأبنية المعرضة لحمولات عالية مثل الزلازل، كان العمل الرائد لـ (1928) Richart [2] والذي هدف إلى دراسة سلوك البيتون تحت الإجهاد متعدد المحاور وبيّن فعالية التطويق العرضي على سلوك البيتون،

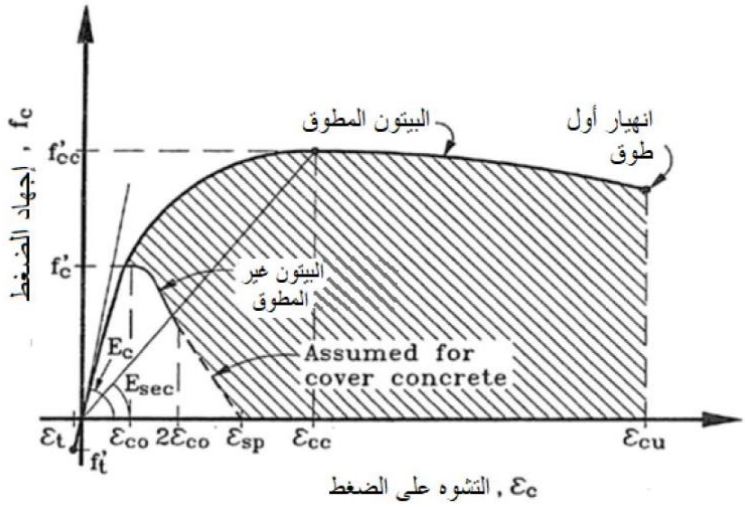
حفّز العديد من الباحثين على البحث في سلوك البيتون على التطويق العرضي، ودراسة عدة طرق لتطبيق ضغط التطويق العرضي بشكل عملي.



الشكل 1 – منحني العلاقة بين الإجهاد – تشوه لمختلف أنواع البيتون

من جهةٍ أخرى تمت ملاحظة أن التطويق العرضي لا يؤثر فقط على المقاومة الأعظمية بل يؤثر أيضاً على زيادة المطاوعة (Ductility) ولوحظ في التجارب زيادة تشوه الانهيار الأعظمي و تخفيض ميلان منحن الإجهاد – التشوه الهابط بعد الوصول إلى القيمة العظمى للبيتون)... وكما نعلم جميعاً تُعتبر خاصية توافر المقاومة مع المطاوعة أساسية جداً في مناطق المفاصل اللدنة في العناصر المقاومة للزلازل لأنها ترتبط بشكل مباشر بالحلقة الهستيرية الناتجة للمفصل اللدن وبالتالي قدرته على تبديد الطاقة الزلزالية المدخلة.

يبين الشكل (2) رسماً مبسطاً للفرق بين منحني الإجهاد – التشوه بين البيتون العادي غير المطوق (Unconfined concrete)، والبيتون المطوق (Confined concrete)



الشكل 2 – منحني الإجهاد – تشوه للبيتون المطوق وغير المطوق

يوجد عملياً طريقتان للتطويق العرضي: التطويق الفعلي والتطويق السلبي.

ففي حال التطويق السلبي، فإن ضغط التطويق يزداد تدريجياً كنتيجةٍ لتمدد البيتون عرضياً حالماً يتم تحميله محورياً. ويتم تطبيق التطويق السلبي (والذي هو شائع الاستخدام) في الأبنية البيتونية الحديثة عن طريق الفولاذ العرضي الداخلي (الأساور العرضية والحلزونية)، وفي الأبنية القديمة التي لا تتمتع بمطاوعةٍ كافية، فإن التطويق السلبي يتم تطبيقه على شكل قمصان فولاذية أو ألياف البوليمير (FRP).

تم اكتشاف التطويق العرضي من قبل (Saki and Sheikh 1989) على شكل أساور حلزونية في الأعمدة البيتونية. وقد اقترح (Richard, Brandtzaeg and Brown) [2] العلاقة التالية بين المقاومة والضغط العرضي للبيتون المطوق، بالاعتماد

على نتائج التجارب الكثيفة وهذه العلاقة تطبق على الأعمدة المطوقة بالأساور العرضية داخل المقطع والتطويق خارج المقطع:

$$f_{cc} = f_{co} + 4.1 f_r$$

حيث أن:

f_{cc}: الإجهاد الطولي للبيتون المطوق (MPa)

f_{co}: الإجهاد الطولي للبيتون غير المطوق (MPa)

f_r: إجهاد التطويق العرضي (MPa)

ركزت العديد من الدراسات على البحث في سلوك البيتون المطوق بتسليح عرضي (Sheikh et al. 1982) [4]. فقد قام الباحث (Mander 1988) [5] بإجراء دراسة على أعمدة بيتونية بمقاطع موشورية ودائرية وجدران مستطيلة مطوقة بأساور حلزونية ومعرضة إلى حمولات دورية وأحادية. ومؤخراً اهتم العديد من الباحثين في البحث في سلوك الأعمدة البيتونية المطوقة بألياف البوليمير (FRP) [6]

2- هدف البحث:

يهدف البحث بشكل رئيسي زيادة مقاومة الأعمدة ومطاوعتها بدون زيادة في المقطع أو زيادة في نوع البيتون المستخدم

دراسة الأعمدة الموشورية المعرضة إلى الضغط المركزي بتدعيمها بأحزمة فولاذية عالية المقاومة ذات إجهاد خضوع (Fy = 800 Mpa)

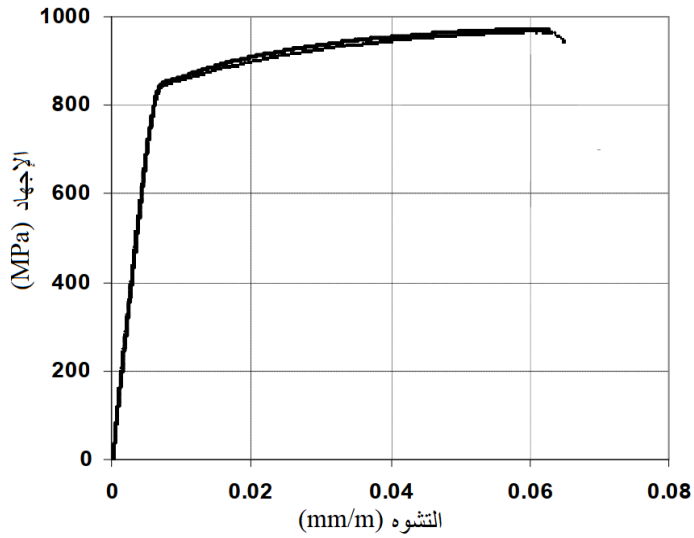
3- موادّ وطرق البحث:

بالاستعانة ببرنامج ABAQUS تمّت دراسة مجموعة من العينات البيتونية وفق المتغيّرات المبيّنة في الشّكل (4) والتي تضمنت مقاومة البيتون على الضغط مع المحافظة على نسبة حجمية ثابتة للتطويق لكافة العينات. العينات المستخدمة موشورية

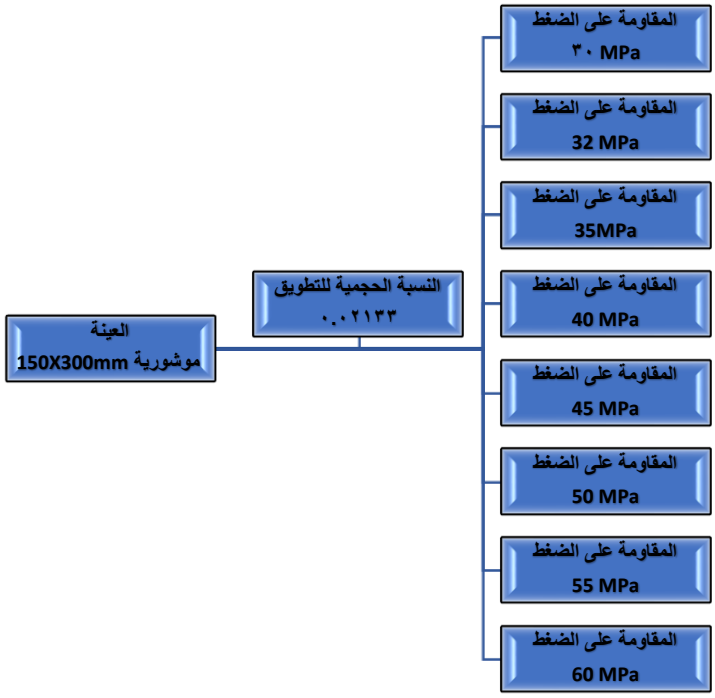
بمقطع عرضي مربع 150X150mm وارتفاع 300mm ويبين الشكل (5) شكل وأبعاد العينات والأحزمة المستخدمة في التطويق وكما يبين الجدول (1) مواصفات فولاذ الأحزمة المستخدمة في التطويق.

الجدول (1) مواصفات فولاذ الأحزمة المستخدمة في التطويق.

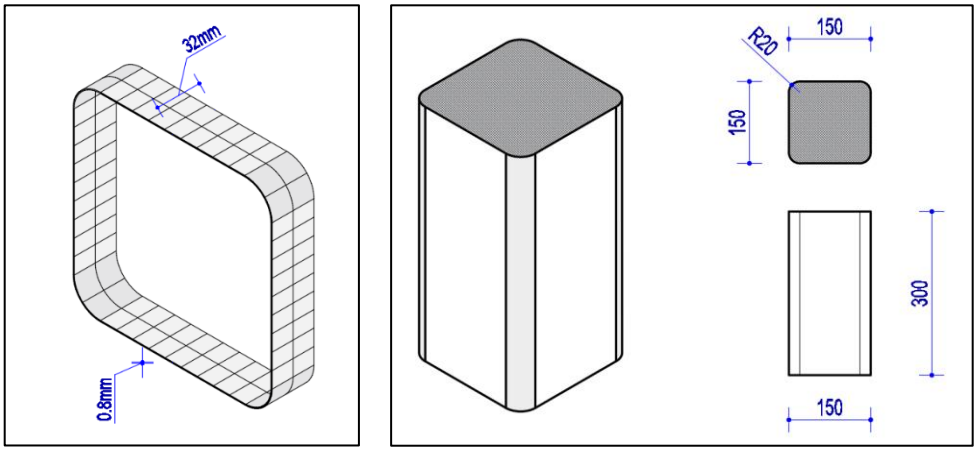
نوع الأحزمة	العرض (mm)	السماكة (mm)	إجهاد الخضوع (MPa)	التطاول (%)
الأحزمة من النوع S	32	0.8	803	0.47



الشكل 3 مخطط الإجهاد – التشوه للأحزمة الفولاذية المستخدمة في البحث



الشّكل (4) المتغيّرات المدروسة في البحث



الشكل (5) شكل وأبعاد العينات والأحزمة المستخدمة في التطويق

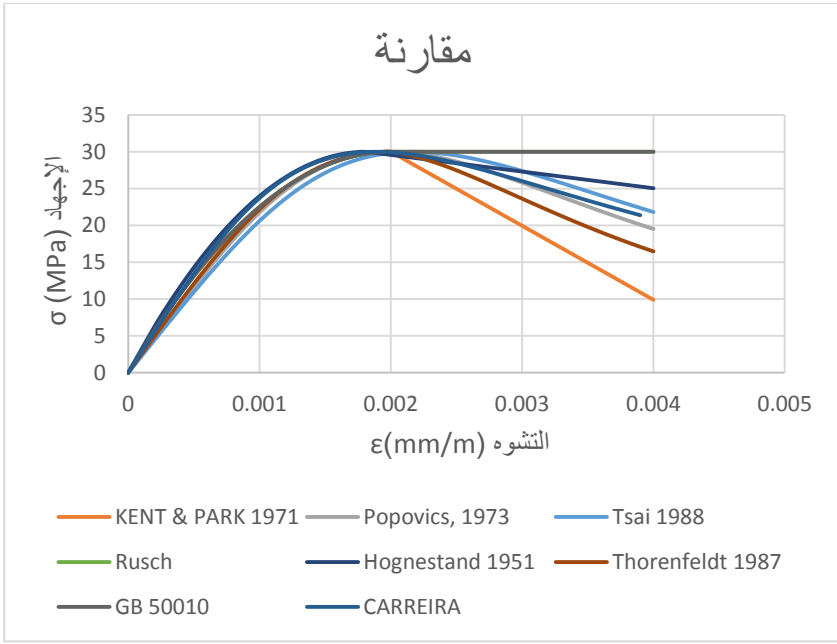
لقد تم بناء العنصر المحدود اللاخطي بالاعتماد على نموذج العنصر الصلب ذي الثماني عقد باستخدام برنامج (ABAQUS). وتم استخدام نموذج البيتون اللدن المتضرر (Concrete damage plasticity) في البرنامج في نمذجة السلوك اللاخطي للبيتون. هذا النموذج استخدم فيه مفهوم المرونة المتماثلة الخواص مع اللدونة المتماثلة الخواص على الشد والضغط. لتمثيل السلوك غير الخطي للبيتون.

يعتبر هذا النموذج واحداً من النماذج الأولية التي تتنبأ بسلوك البيتون. يصف هذا النموذج سلوك البيتون من خلال إدخال عدة متغيرات عددية تعبر عن مقدار تضرر البيتون.

يتألف النموذج من خليط من اللدونة متعددة الصلابات غير المرتبطة مع المرونة المتضررة لوصف الضرر غير القابل للرجوع الذي يحصل خلال عملية التخريب. وإن نموذج البيتون اللدن المتضرر يتطلب أن يكون السلوك المرن للمادة متماثل الخواص وخطياً. والنموذج يجب أن يضمن الاستمرارية واللدونة للبيتون. وتم فرض ميكانيزمي انهيار أساسيين هما: التشقق نتيجة الشد، والتحطم نتيجة الضغط للبيتون.، والذي يتحكم في انهيار سطح البيتون هما متغيران متعلقان بالصلابة (ε_t^{pl}) و (ε_c^{pl})

بعد إجراء العديد من المقارنات بين النماذج المقترحة (Hognestand1951, Kent & Park1971, Popovisc1973, Thorenfledt1987, Tsai1988, Rush, Pikove) ومعايرة العديد من التجارب تم الاعتماد على نموذج الباحثين (**Domingo J.Carreira & Kuang-Han Chu**) [1]

ويوضح الشكل (6) المقارنة بين نماذج البيتون غير المطوق لبيتون ذي مقاومة ثابتة (*C30*)



الشكل (6) منحني الإجهاد – تشوه لبعض نماذج البيتون غير المطوق

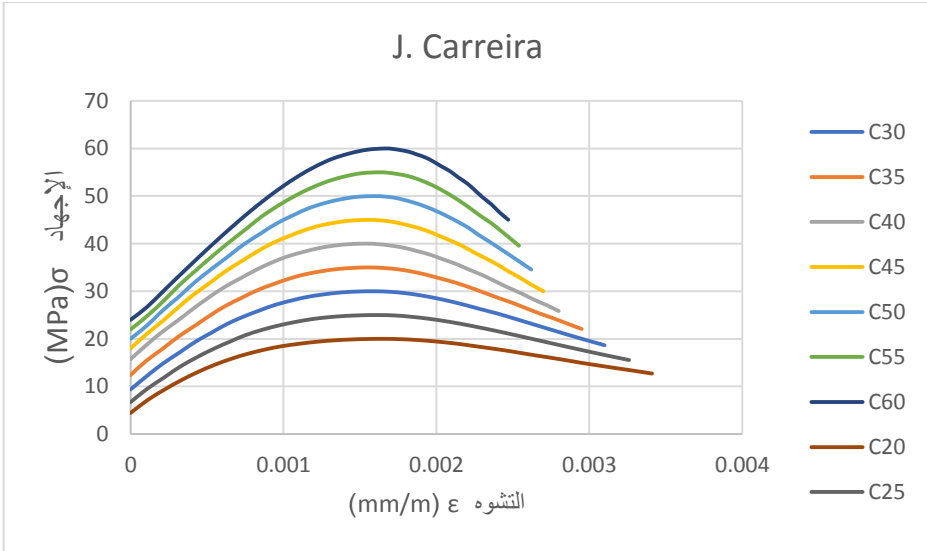
والذي تبين بعد إجراء العديد من المقارنات على بيتون بمقاومات مختلفة MPa (20 ~ 60) وعلى عينات بأبعاد مختلة (أسطوانية ومربعة) تم الوصول إلى نسبة خطأ تتراوح بين 8% ~ 0.6 بين نتائج التجارب والنموذج التحليلي في برنامج ABAQUS.

هذا النموذج يعبر عنه بالعلاقة على الشكل التالي ويبين الشكل (7) مخطط الإجهاد – تشوه لنموذج الباحثين لمختلف أنواع البيتون

$$\frac{f_c}{f_{c'}} = \frac{\beta(\varepsilon/\varepsilon_{c'})}{\beta - 1 + \left(\frac{\varepsilon}{\varepsilon_{c'}}\right)^{\beta}} \qquad (1)$$

$$\beta = \frac{1}{1 - \left(\frac{f_{c'}}{\varepsilon_{c'} \times E_{it}}\right)} \geq 1 \qquad (2)$$

β: معامل المادة والذي يعتمد على شكل منحني الإجهاد – تشوه



الشكل (7) منحني الإجهاد – التشوه للبيتون (نموذج الباحثين Domingo J.Carreira & (Kuang–Han Chu [1]

ثم بالاعتماد على نموذج الباحثين (Kent & Park) المعدل للبيتون المطوق والذي يعبر عنه بالعلاقات التالية

$$f_{cc} = Kf_c' \left[2\frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_0} - \left(\frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_0}\right)^2 \right] \qquad \varepsilon_c \le \varepsilon_{cc} \qquad (3)$$

$$f_{cc} = Kf_c'\left[1 - Z\left(\varepsilon_c - K\varepsilon_0\right)\right] \ge 0.2Kf_c' \qquad \varepsilon_c \ge \varepsilon_{cc} \qquad (4)$$

$$K = 1 + \frac{\rho_s F_{yh}}{f_c'} \qquad (5)$$

$$Z = \frac{0.5}{\varepsilon_{50w} + \varepsilon_{50h} - K\varepsilon_0} \qquad (6)$$

$$\varepsilon_{50w} = \frac{3 + 0.29 f_c'}{145 f_c' - 1000} \qquad (7)$$

$$\varepsilon_{50h} = \frac{3}{4}\rho_s \sqrt{\frac{b''}{s_h}} \qquad (8)$$

حيث أن

f_{cc}: مقاومة البيتون المطوق على الضغط (MPa)

ε_c: تشوه البيتون عند الإجهاد في الذروة يساوي $(\varepsilon_c = 0.002)$

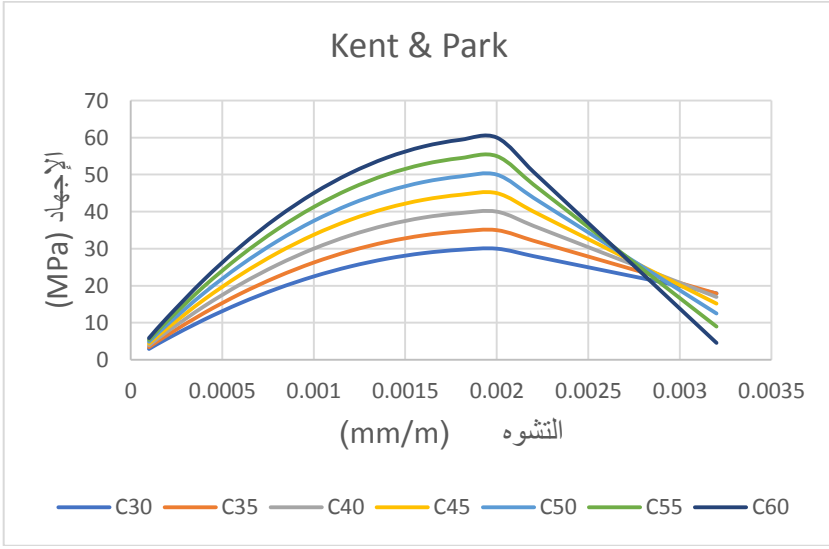
K: معامل يأخذ بعين الاعتبار الزيادة في المقاومة نتيجة التطويق العرضي (معامل فعالية التطويق)

Z: معامل تحسين ميل القسم الهابط للمنحني

ρ_s: نسبة حجم فولاذ التطويق إلى حجم النواة البيتونية المطوقة

s_h: التباعد بين مراكز الأطواق العرضية (mm)

ويوضح الشكل (8) شكل منحني الإجهاد – التشوه للبيتون المطوق وغير المطوق للباحثين (Kent & Park) [4]

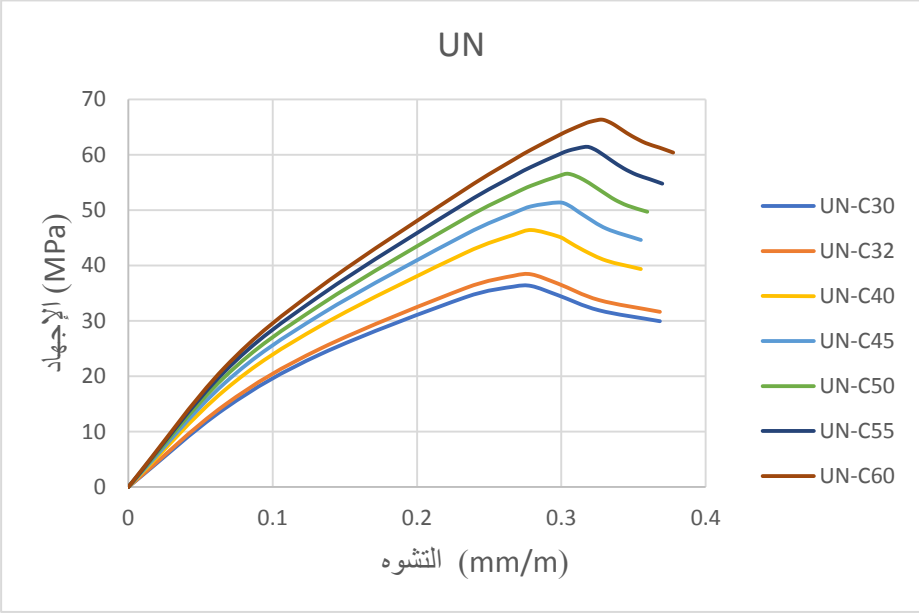


الشكل (8) منحني الإجهاد – التشوه للبيتون المطوق وغير المطوق – نموذج الباحثين (Kent & Park) المعدل [4]

4- النّتائج ومناقشتها:

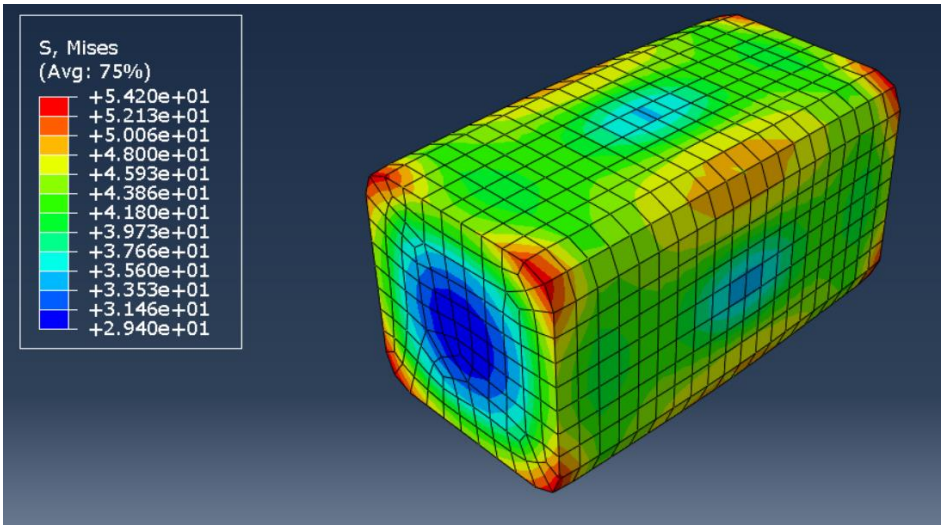
4-1 نتائج العينات غير المطوقة

في البداية، تم نمذجة العينات غير المطوقة وتعريضها إلى قوة ضغط محوري حتى الانهيار وإيجاد منحني الإجهاد – التشوه لها، ومقارنة قيم التشوهات. ولقد لوحظ انخفاض في مطاوعة العينة بازدياد مقاومة البيتون وزيادة في ميل منحني الإجهاد – التشوه والانخفاض السريع بعد نقطة الذروة كما هو موضح في الشكل (9) والذي يوضح منحني الإجهاد – التشوه لمجموعة العينات غير المطوقة



الشكل (9) منحني الإجهاد – تشوه لمجموعة العينات غير المطوقة

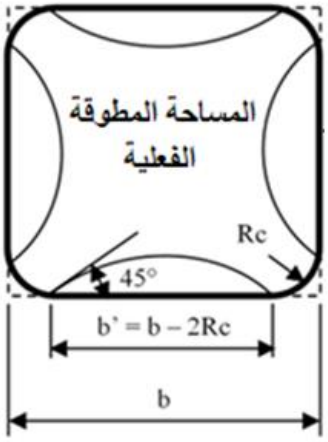
ويبين الشكل (10) توزع الإجهادات الرئيسية في إحدى عينات المجموعة غير المطوقة

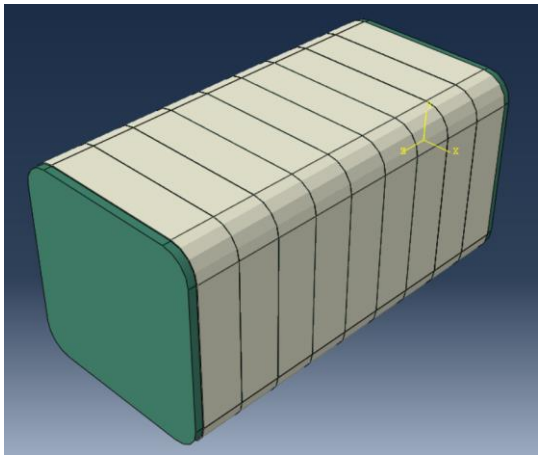


الشكل (10) الإجهادات الرئيسية لعينة من مجموعة العينات غير المطوقة

4-2 نتائج العينات المطوقة

تم أخذ العينات نفسها وتطويقها بالأحزمة الفولاذية تطويقاً كاملاً (التباعد الصافي بين الأحزمة 0 مم) وتطبيق إجهاد شد مسبق وقدره 240 MPa (30% من إجهاد خضوع فولاذ الأحزمة) والتي تعادل قوة شد 6.144 KN





الشكل (11) نموذج العينة البيتونية المطوقة بالكامل

النسبة الحجمية للتطويق ρ_S

$$\rho_S = \frac{V_S}{V_C} = \frac{0.8\times32\times150\times4}{150\times150\times32} = 0.0213 \qquad (9)$$

حساب ضغط التطويق البدائي على محيط العينة

(باعتبار نصف قطر التدوير Rc=20mm)

$$f1 = \frac{2t_f\times E_f\times\varepsilon_f}{d} \qquad (10)$$

$$d = \sqrt{2}b - 2Rc\left(\sqrt{2}-1\right) \qquad (11)$$

$$d = \sqrt{2}\times150 - 2\times20\left(\sqrt{2}-1\right) = 195.6\ mm$$

t_f: سماكة مادة التطويق (mm)

E_f: معامل مرونة مادة التطويق (MPa)

ε_f: التشوه النسبي لمادة التطويق (mm/m)

d: قطر العينة المطوقة (mm)

ρ_s: النسبة الحجمية للتطويق

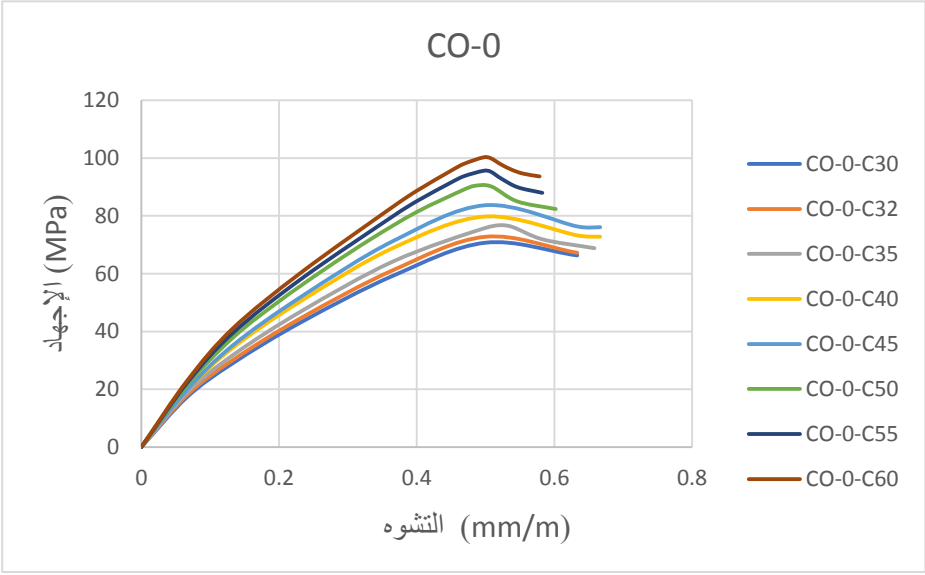
$$f1 = \frac{2\times0.8\times240}{195.56} = 1.96\ MPa$$

وبإدخال أثر التطويق على النماذج، تم إدخال نموذج الباحثين (Kent & Park) المعدل للبيتون المطوق، ويبين الجدول (2) نموذج البيتون المطوق لمختلف مقاومات البيتون

وبعد إدخال نموذج البيتون المطوق وتطويق العينات وتعريضها إلى ضغط محوري حتى الانهيار، تم إيجاد منحني الإجهاد – التشوه لكل عينة من العينات المطوقة. ويبين الشكل (12) منحني الإجهاد – التشوه للعينات المطوقة

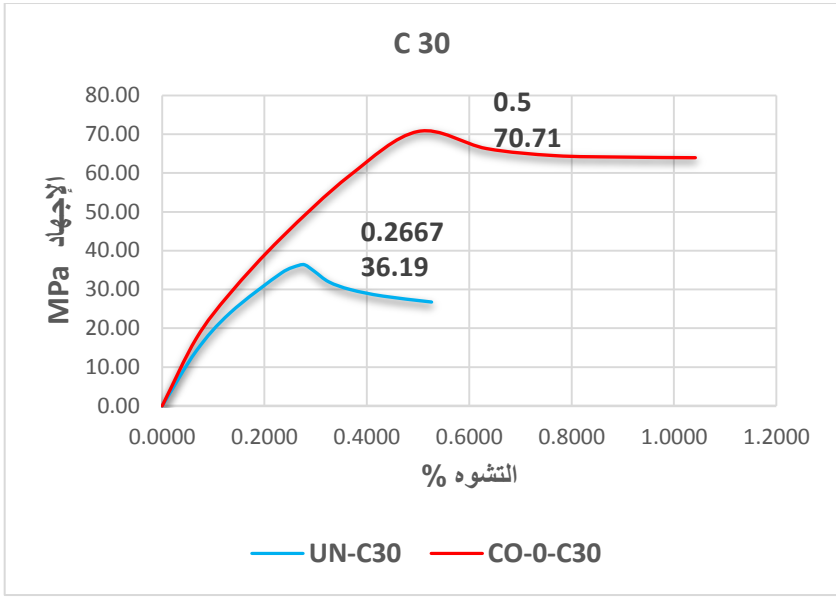
الجدول (2) نموذج (Kent & Park) المعدل للبيتون المطوق لمقاومات مختلفة للبيتون

f_c'	ρ_s	ε_{50h}	ε_{50u}	z_w	k	f_{cc}
30	0.0213	0.0346	0.0035	14.287	1.569	47.07
32	0.0213	0.0346	0.0034	14.307	1.533	49.06
35	0.0213	0.0346	0.0032	14.320	1.488	52.08
40	0.0213	0.0346	0.0030	14.356	1.427	57.08
45	0.0213	0.0346	0.0029	14.373	1.379	62.06
50	0.0213	0.0346	0.0028	14.385	1.341	67.05
55	0.0213	0.0346	0.0027	14.394	1.31	72.05
60	0.0213	0.0346	0.0026	14.400	1.284	77.04

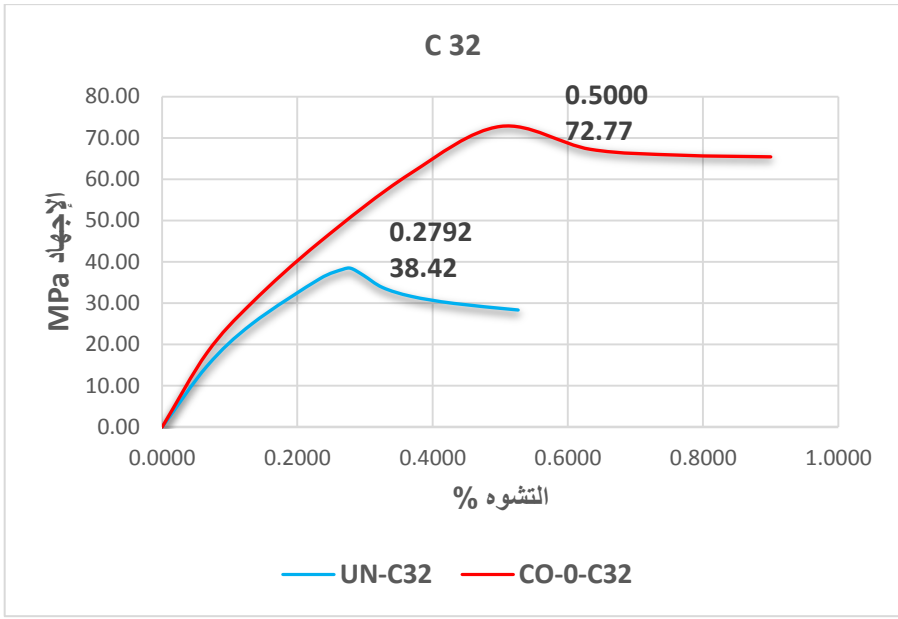


الشكل (12) منحني الإجهاد – التشوه لمجموعة العينات المطوقة

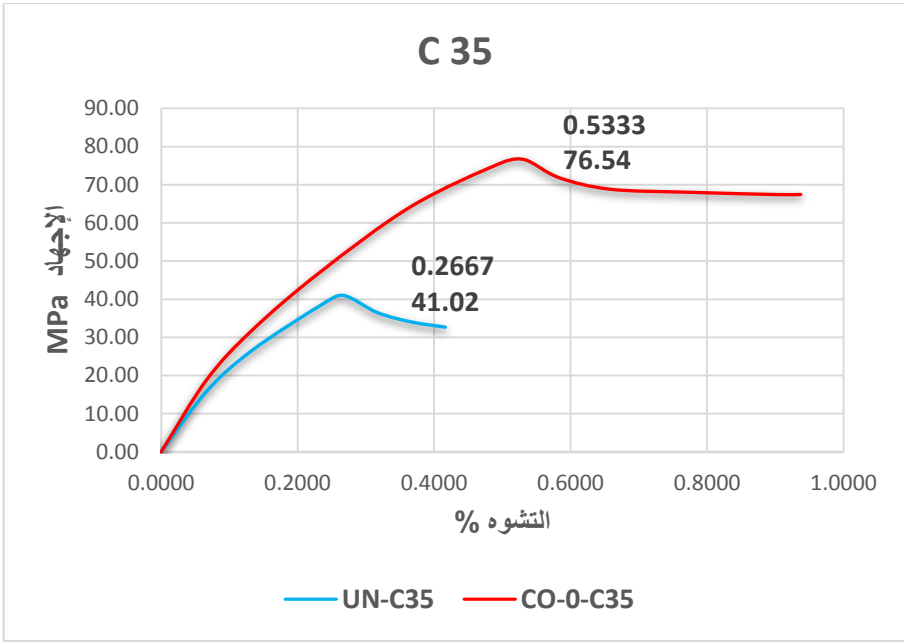
والأشكال (13–a) وحتى (13–h) تعرض مقارنة بين منحنيات الإجهاد – التشوه للعينات المطوقة وغير المطوقة لمختلف مقاومات البيتون



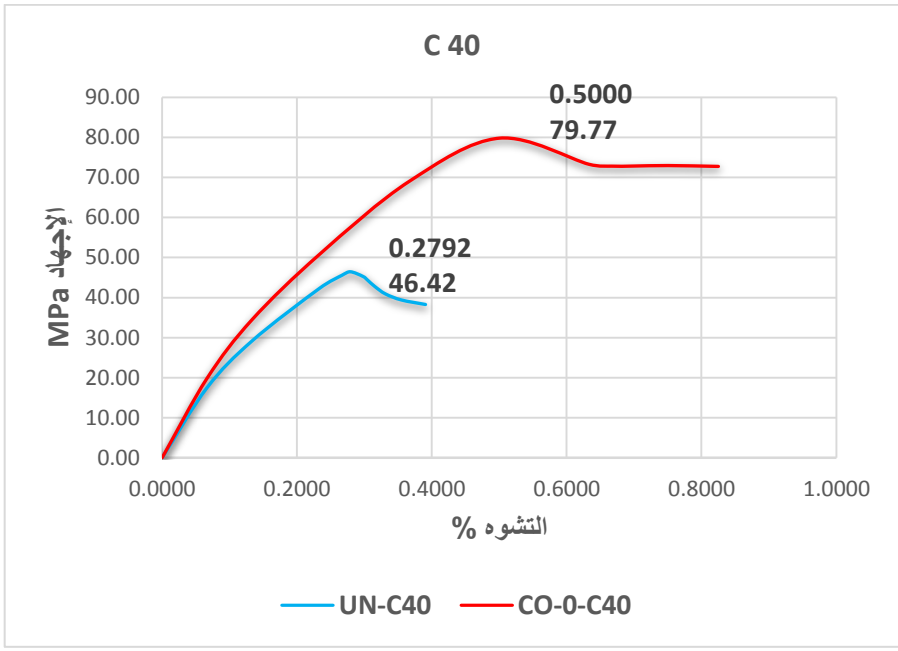
الشكل (13-a)



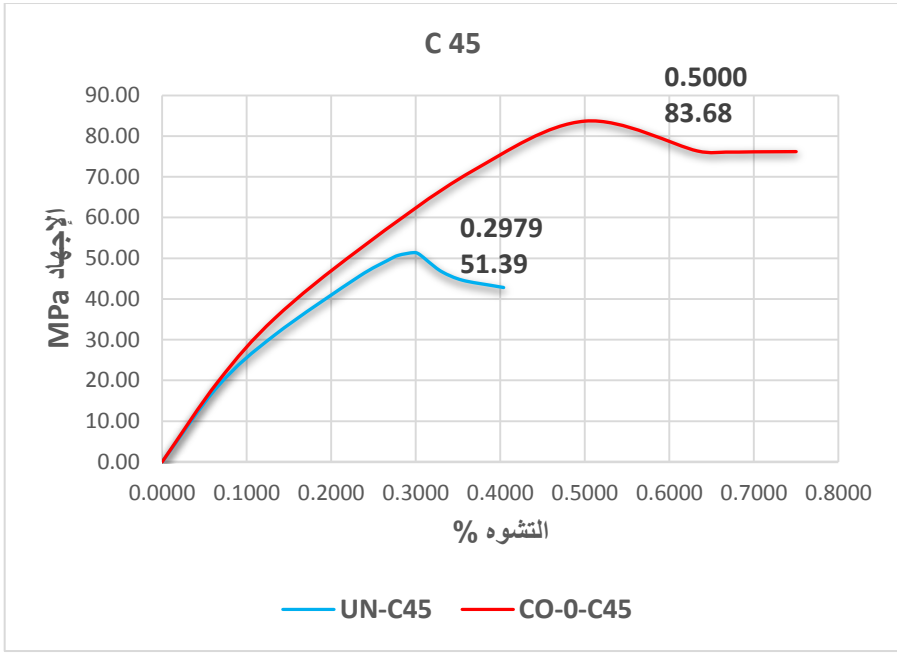
الشكل (13-b)



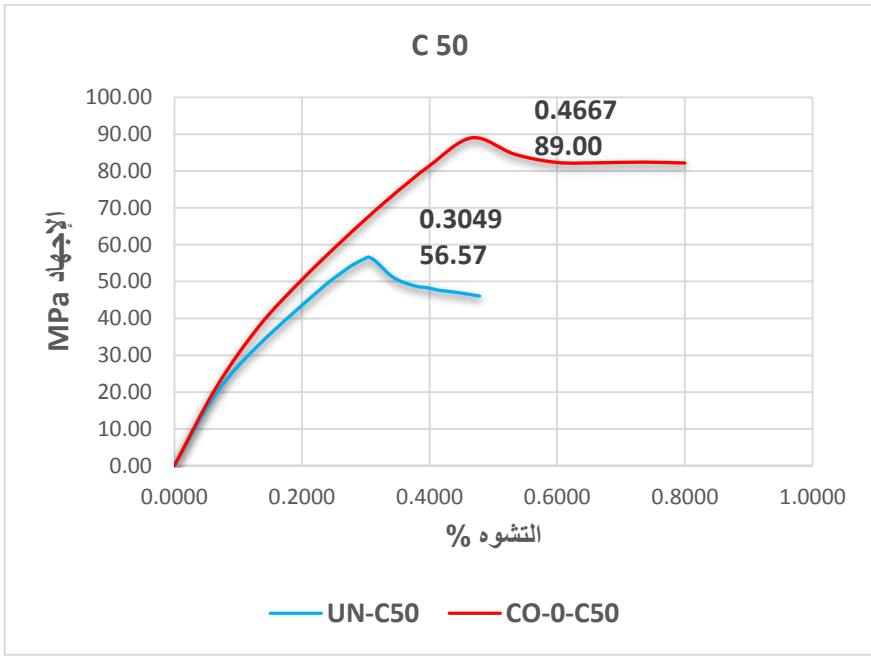
الشكل (13-c)



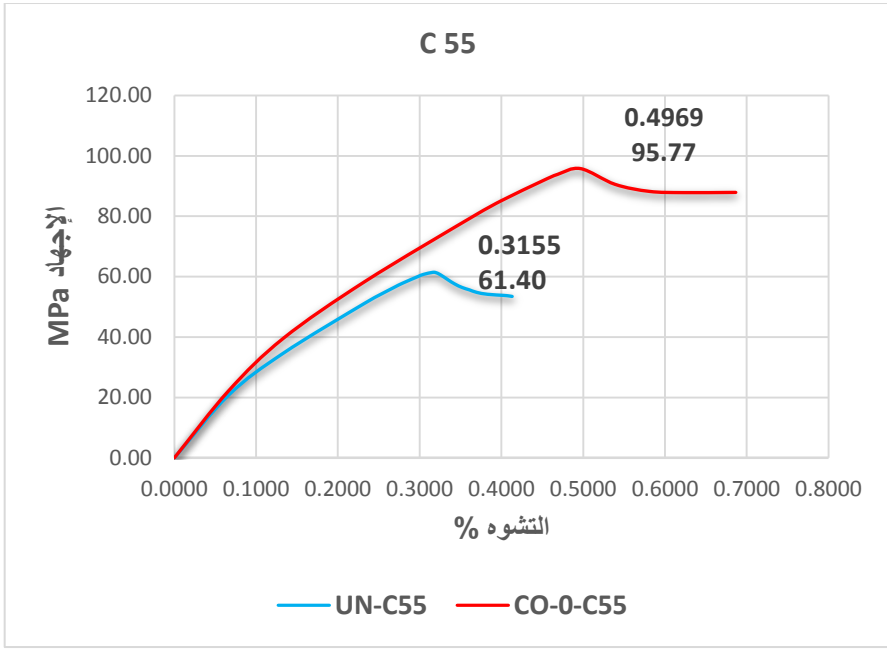
الشكل (13-d)



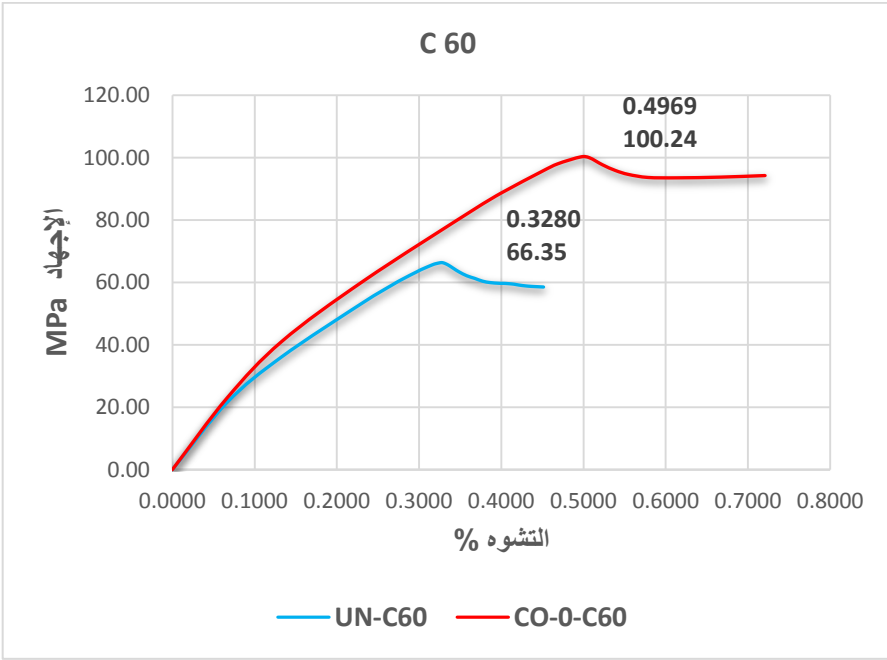
الشكل (13–e)



الشكل (13–f)



الشكل (13-g)



الشكل (13-h)

من الأشكال السابقة (13–a, h) نلاحظ ازدياد مقاومة ومطاوعة العينات بشكل كبير (وهذا واضح في ازدياد ارتفاع منحني الإجهاد – تشوه)، ثم تنهار العينات –وهذا واضح عند انخفاض منحني الإجهاد – تشوه للعينات– وبعدها يبدأ المنحني بالارتفاع بسبب أن الأطواق تبدأ بتحمل الحمولات الخارجية بعد خروج البيتون عن العمل.

ويلخص الجدول (3) نتائج المقارنة بين كافة العينات المطوقة وغير المطوقة ومقدار الزيادة في المقاومة والمطاوعة لكل عينة

الجدول (3) مقدار الزيادة في المقاومة والمطاوعة للعينات المطوقة

σ MPa	**ε (%)**	**P (%)**
30	79.10	94.74
32	79.10	89.41
35	100.00	86.61
40	79.10	71.85
45	67.83	62.83
50	57.03	57.32
55	55.49	55.97
60	51.48	51.06

حيث أن:

ε: التشوه الأقصى عند الانهيار للعينات (%)

P: الإجهاد الأقصى للعينات على الضغط (mPa)

ويوضح الشكل (13) مقدار الزيادة في المقاومة والمطاوعة للعينات المطوقة تطويقاً كاملاً بتغير مقاومة البيتون

وبالمقارنة مع النموذج المقترح من قبل الباحث AWANG [7] والذي اقترح نموذجاً للبيتون المطوق بإجهاد تطويق مسبق، والنموذج موضح في العلاقة (12):

$$\frac{f_{cc}}{f_{co}} = 2.26\left(\rho_v \frac{f_y}{f_{co}}\right)^{0.4}$$

حيث أن:

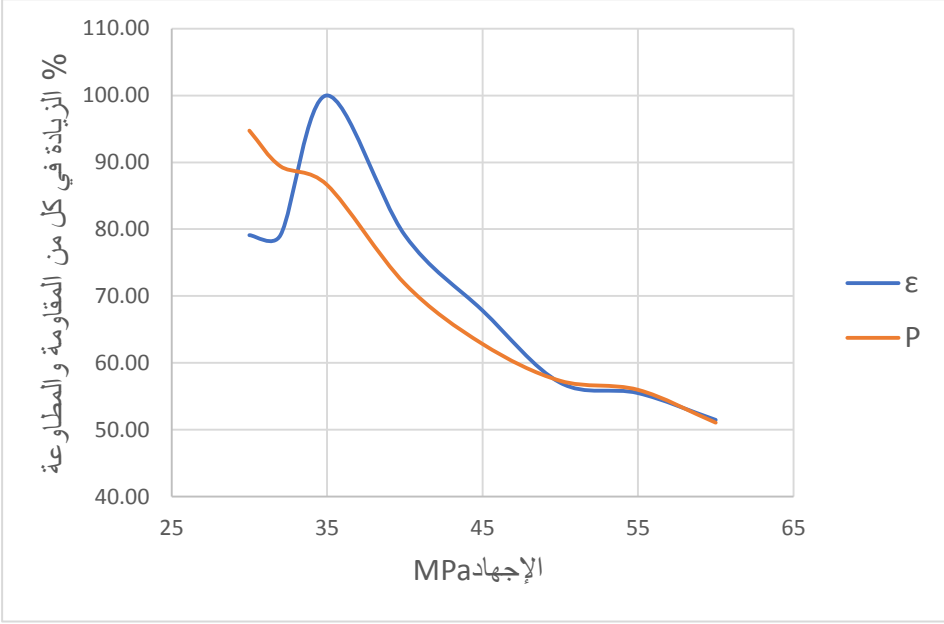
f_y: إجهاد خضوع فولاذ التطويق (mPa)

f_{co}: مقاومة البيتون غير المطوق على الضغط (mPa)

f_{cc}: مقاومة البيتون المطوق على الضغط (mPa)

ρ_v: النسبة الحجمية للتطويق

ونتائج المقارنة بين النموذج التحليلي للباحث (AWANG) ونتائج التجارب التحليلية موضحة في الجدول (4)



الشكل (13) العلاقة بين مقاومة البيتون والزيادة في المقاومة والمطاوعة للعينات المطوقة بالكامل

نلاحظ من الشكل (13) انخفاض في معدل زيادة المقاومة بازدياد مقاومة البيتون على الضغط وزيادة في تحسن المطاوعة عندما تكون مقاومة البيتون على الضغط بحدود 35 MPa ثم انخفاض في معدل الزيادة بزيادة مقاومة البيتون على الضغط. ويعود ذلك إلى أن البيتون منخفض المقاومة لا يتحمل إجهادات التطويق العالية والتي تؤدي إلى انهيارات موضعية في العينة

الجدول (3) مقدار الزيادة في المقاومة والمطاوعة للعينات المطوقة

σ MPa	نموذج الباحث AWANG	النموذج التحليلي	نسبة الفرق بين النموذجين (%)
	P (%)		
30	94.37	94.74	0.39
32	89.4	89.41	0.01
35	82.75	86.61	4.66
40	73.24	71.85	1.9
45	65.27	62.83	3.74
50	58.45	57.32	1.93
55	52.52	55.97	6.57
60	47.3	51.06	7.95

5 الاستنتاجات والتّوصيات:

5-1 الاستنتاجات:

1) إن تقنية الأحزمة الفولاذية مسبقة الإجهاد (SSTT) تزيد من مقاومة البيتون على الضغط بشكل ملحوظ والأهم أنها تزيد من المطاوعة بشكلٍ كبيرٍ، وبالتالي تغير من سلوك البيتون عالي المقاومة وتجعل انهياره غير قصيف
2) التطويق ليس له تأثير ملحوظ على الصلابة الأولية للعينات البيتونية

3) إن تـأثير التطويـق مسـبق الإجهـاد علـى زيـادة المطاوعـة يكـون أعظميـاً عنـدما تكـون المقاومــة للبيتــون بــين MPa(40–35) وتصــل حتــى 100% وتقــل بازديادها، ويقل تـأثير التطويـق مسـبق الإجهـاد (SSTT) علـى زيـادة المقاومـة على الضغط للبيتون بشكل عام بازدياد مقاومة البيتون.

4) إن تطبيق إجهاد شد بدائي في تطويق البيتون يعتبر طريقة جيدة من أجل زيادة تأثير التطويق إلى الحد الأقصى، ولكن الدراسات السابقة بينت أن الشد المسبق الزائد للتطويق غير فعال. إن النماذج المطوقة بشد مسبق بنسبة 30% تملك أعلى نسبة تحسن في المقاومة والمطاوعة، والعينات المطوقة بنسبة شد 20% تملك أقل نسبة تحسن في المقاومة، والعينات المطوقة بنسبة شد 40% تملك نسبة تحسن أعلى في المقاومة وأنسبة تحسن أقل في المطاوعة بالمقارنة مع العينات المطوقة بنسبة شد 20% [13]

5) بعد مقارنة النتائج التحليلية مع نموذج الباحث (AWANG) تبين أن النتائج التحليلية مطابقة له بشكل مقبول جداً (نسبة خطأ لا تتجاوز 8%) متل نسبة الخطأ المعتمدة في النموذج التحليلي.

5-2 التّوصيات:

1- إجراء تجارب مخبرية تدعم النتائج التحليلية

2- البحث في تأثير وضع عدة طبقات من الأحزمة الفولاذية على مقاومة البيتون على الضغط وتأثيرها على المطاوعة خاصة للبيتون عالي المقاومة

3- تم إجراء الدراسة التحليلية بالأخذ بعين الاعتبار تأثير التطويق الخارجي مسبق الإجهاد، ولكن يجب ملاحظة أن الأعمدة في الواقع تصمم بوجود تسليح عرضي داخلي متمثل بالأساور العرضية والتي تساهم في زيادة المقاومة. ويوجد تأثير إضافي للتطويق في مناطق تكثيف الأساور والتي يمكن أن تؤثر على دقة

النتائج التحليلية، ويجب إجراء دراسات أكثر من أجل إيجاد نموذج تحليلي أكثر دقة يأخذ تأثير التسليح الداخلي على النموذج المدروس

6 المراجع:

[1] Domingo J. Carreira and Kuang-Han Chu, **Stress-Strain Relationship for Plain Concrete in Compression**, TECHNICAL PAPER, ACI JOURNAL, November-December 1985

[2] Richard, F. E., Brandtzaeg, A. and Brown, R. L., "**A Study of The Failure of Concrete Under Combined Compressive Stresses**," University of Illinois, Engineering Experimental Station, Illinois, USA, 1928.

[3] Ma Chau Khu, Abdullah Zawawi Awang, Wahid Omar, "**New theoretical model for SSTT-confined HSC columns"**, University of Technology, Magazine of Concrete Research · April 2014

[4] Kent, D.C. and Park, R. (1971), "**Flexural members with confined concrete"**, J. Struct. Division, 97(7), 1969-1990

[5] Mander, J.B., Priestley, M.J.N., and Park R., "**Theoretical Stress-Strain Model for Confined Concrete**" ASCE Structural Journal, Vol. 114, No.8, Aug. 1988(b), pp. 1804-1826

[6] Amir Mirmiran1 and Mohsen Shahawy, **BEHAVIOR OF CONCRETE COLUMNS CONFINED BY FIBER COMPOSITES**, Journal of Structural Engineering · May 1997

[7] Abdullah Zawawi Bin Awang, **Stress-Strain behavior of high-strength Concrete with lateral pre-tensioning confinement,** University of Technology Malaysia, 2013

[8] T. Imjai, U. Chaisakulkiet R. Garcia and K. Pilakoutas, **Strengthening of RC members using post-tensioned metal straps: state of the research**

[9] Hoong-Pin Lee, Abdullah Zawawi Awang, Wahid Omar, **Experimental Investigation on SSTT Confined Concrete with**

Low Lateral Pre-tensioning Stresses, University of Technology, Malaysia 2014

[10] Hoong-Pin Lee, Abdullah Zawawi Awang, Wahid Omar, **Behavior of Steel Straps-Confined Concrete Column with Lateral Pre-tensioning Stresses under Uniaxial Cyclic Compression,** University of Technology, Malaysia, 2013

[11] Niall Holmes, Dervilla Niall, **Active confinement of weakened concrete columns,** Dublin, Ireland, 2014

[12] H. MOGHADDAM, M. SAMADI, S. MOHEBBI, **RC MEMBERS STRENGTHENING BY LATERAL POST-TENSIONING OF EXTERNAL METAL STRIPS,** Department of Civil Engineering, Sharif University of Technology, Tehran, Iran.

[13] N. Holmes, D. Niall, and C. O'Shea, **"Active confinement of weakened concrete columns**" Materials and Structures, vol. 48, pp. 2759-2777, 2015

سلوكية الروابط البيتومينية المعدلة باستخدام مسحوق الإطارات المستهلكة تحت تأثير التغيرات الحرارية

نسيم ابراهيم الحمزه[1] د. رامي الدالاتي[2] أ. د. اندراوس سعود[3]

الملخص

يلعب الرابط البيتوميني دور المغلف والرابط للحصويات في المجبول البيتوميني، ويتعرض لمجموعة من التغيرات التي تبدأ من مرحلة إنتاج المجبول البيتوميني إلى مرحلة استثماره تحت تأثير الحمولات المرورية والعوامل الجوية، يهدف هذا البحث إلى التحقق من إمكانية استخدام مسحوق الإطارات المستهلكة لتعديل خواص الرابط البيتوميني ولزيادة مقاومته لدرجات الحرارة المرتفعة وزيادة ممانعته للظروف المناخية المختلفة، من خلال تعديل عينات البيتومين بإضافة مسحوق الاطارات بنسب (4-8-12-16)%، ومن ثم إجراء الاختبارات على عينات البيتومين المعدل، وبينت نتائج الدراسة أن قيم الغرز والاستطالة تميل للانخفاض مع زيادة نسبة الإضافة بينما ترتفع نقطة التميع ونقطة الوميض والاشتعال. تم التوصل إلى أن النسبة المثالية من الإضافة التي أدت إلى أفضل النتائج هي 8%، كما تمت دراسة تأثير التغيرات الحرارية على تحمل الخلطات البيتومينية من خلال تشكيل عدة عينات مخبرية وفق طريقة مارشال، حيث أظهرت الخلطات البيتومينية المعدلة زيادة في الثبات ونقصان في السيلان مقارنة بالخلطات غير المعدلة.

الكلمات المفتاحية: الروابط البيتومينية المطاطية، مسحوق الإطارات المستهلكة، مطاط الإطارات، الخلطات البيتومينية المعدلة.

[1] طالب ماجستير، قسم هندسة النقل ومواد البناء، كلية الهندسة المدنية، جامعة دمشق.

[2] دكتور، قسم هندسة النقل ومواد البناء، كلية الهندسة المدنية، جامعة دمشق.

[3] أستاذ دكتور، قسم هندسة النقل ومواد البناء، كلية الهندسة المدنية، جامعة دمشق.

Behavior of modified bitumen binders by using powder of consumed tires under the influence of thermal changes

Naseem Ibrahim Alhamza [(1)] Dr. Rami Aldalati [(2)] Prof. Dr. Andrawis Saoud [(3)]

[(1)] Master student - Transportation dep., civil Engineering, Damascus Univ.
[(2)] Prof. Dr. - Transportation dep., civil Engineering, Damascus Univ., Syria.
[(3)] Dr. - Transportation dep., civil Engineering, Damascus Univ., Syria.

Abstract.

Bitumen binder plays the role of envelope and bonding in bitumen gable, and is exposed to a range of changes that start from the stage of production of bituminous mixtures to the stage of investment under the influence of traffic loads and weather conditions. The aim of this research is to investigate the possibility of using tires consumed powder to modify the properties of the bitumen binder, and to increase its resistance to high temperatures and different climatic conditions by modifying the bitumen binder by adding powder of consumed tires by (4, 8, 12, 16)% And perform traditional tests on modified bitumen samples. The results of the study showed that the values of Penetration and Ductility tend to decrease with the increase of the percentage of addition while the degree of Softening point and the Flash point increased. And the ideal percentage of addition that led to the best results was 8%. The effect of thermal changes on the tolerance of bituminous mixtures was also studied through the formation of several laboratory samples according to the Marshall method. showed rubber-modified bituminous mixtures increase in stability and decrease in the flow rate from the mixture of others.

Key words: rubber bitumen binder, powder of consumed tires, tires rubber, Modified bituminous mixtures.

1- مقدمة:

يعتبر البيتومين ناتج تكرير البترول الخام المادة الأساسية لصناعة المجبول البيتوميني، حيث يلعب دور المغلف والرابط للحصويات، ومن هنا تبرز الأهمية الكبيرة في الحفاظ على خواصه قدر الإمكان، حيث يتعرض لمجموعة من التغيرات التي تبدأ من مرحلة إنتاج المجبول البيتوميني في درجات الحرارة المرتفعة، وتستمر هذه التغيرات إلى مرحلة استثماره تحت تأثير الحمولات المرورية والعوامل الجوية، وتؤدي هذه المتغيرات إلى منعكسات سلبية على أداء الرابط البيتوميني ضمن المجبول البيتوميني، مما يسبب فقدان البيتومين للكثير من خواصه الأولية، التي قد تصل به إلى درجة يصبح فيه المجبول الاسفلتي خارج الخدمة، وفي بعض الحالات يتطلب البيتومين التعديل، كي يحقق المواصفات المطلوبة[5].

استخدم الرابط البيتوميني المعدل منذ أكثر من 50 سنة، وقد لاقى اهتماماً إضافياً في العقد الماضي، وعلى الرغم من أن استخدام البيتومين المعدل مكلف أكثر من استخدام البيتومين التقليدي، إلا أنه يزيد من عمر الرصف البيتوميني، ويتم ذلك التعديل من خلال إضافة عدة مواد، كالبوليمرات أو المواد المالئة والألياف الصناعية والإطارات البالية، وغيرها من الإضافات وذلك لتحسين خواص البيتومين[6].

تمت تجربة استخدام الخلطات البيتومينية المعدلة بالمطاط منذ القدم، واستخدمت لأول مرة في هولندا سنة 1929، وفي الولايات المتحدة الأمريكية عام 1947 بولاية اوهايو وأعطت نتائج جيدة، وكان كارلوس ماكدونالد أول من استخدم البيتومين المعدل بالمطاط في الخلطات الساخنة وفي تنفيذ المعالجات السطحية عند ترميم الأغطية الطرقية وصيانتها، وبحلول عام 1995 كانت مدن ولاية كاليفورنيا ومقاطعاتها قد نفذت أكثر من 400 مشروع طرقي من الإسفلت المعدل بالمطاط وزاد استخدام المطاط في خلطات البيتومين ازدياداً كبيراً حول العالم في السنوات الأخيرة[7]. تظهر الجدوى من عملية تعديل الروابط البيتومينية بالإضافات في دراسات عديدة، ومن أهمها ما قدمه بحث تم إجراؤه في الصين، حيث تمت فيه دراسة خصائص الروابط البيتومينية (اللزوجة والصلابة) باستخدام مطاط الإطارات من مصدرين

مختلفين مع تدرجات مختلفة ناعمة وخشنة، تمت إضافتها بنسب (10-15-20-25)% من وزن البيتومين، حيث قام الباحث بإجراء اختبار اللزوجة باستخدام درجات الحرارة العالية، كما قام بتقييم مقاومة البيتومين لتشققات الحرارة المنخفضة باستخدام اختبار الانعطاف لجائز بيتوميني (Bending Beam Rheometer) (BBR) الذي تم إجراؤه في درجتي الحرارة (-18,-12) °C.

أظهرت نتائج الدراسة أن إضافة مطاط الإطارات للرابط البيتوميني تحسن بشكل كبير لزوجة الرابط في درجات الحرارة العالية، وتخفض صلابة الزحف في درجات الحرارة المنخفضة، كما بينت الدراسة أن استخدام فتات المطاط الناعم يعطي لزوجة أعلى في درجات الحرارة المرتفعة وصلابة أقل في الحرارة المنخفضة[8].

2- أهمية البحث:

يقدم هذا البحث حلاً جديداً للتخلص من المخلفات الصلبة المتمثلة بالإطارات المطاطية المستهلكة المنتشرة على نطاق واسع في بلدان العالم، والاستفادة منها بطريقة سهلة واقتصادية من خلال استخدامها في تعديل خواص الروابط البيتومينية والخلطات المشكلة منها، لاسيما إذا ما لاحظنا تأثيرها الجيد على تحسين التصميم الإنشائي للطرق ومردودها الاقتصادي أيضاً.

3- هدف البحث:

التحقق من إمكانية استخدام مسحوق الإطارات المطاطية المستهلكة لتعديل مواصفات الروابط البيتومينية المحلية، ولزيادة مقاومتها لدرجات الحرارة المرتفعة، وزيادة ممانعتها للظروف المناخية المختلفة، إضافة لتحسين أداء الخلطات البيتومينية المشكلة منها.

4-خطوات إجراء البحث:

4-1 مواد البحث:

- **الرابط البيتومیني:** استخدم في هذا البحث رابط بيتومیني (100–80) ناتج مصفاة بانياس وفق المواصفات ASTM D–140، بحيث يكون ممثلاً بشكل صحيح للروابط البيتومينية المنتجة في الجمهورية العربية السورية.
- **المادة المُعدِّلة للروابط البيتومينية:** مادة المطاط المستخلصة من الإطارات المطاطية المستهلكة، تم استحصالها بطريقة التقطيع، وهي إحدى طرق استخراج بودرة المطاط من الإطارات، حيث تم تقطيع الإطارات وفق مراحل متتالية عبر مرورها ضمن عدد من التجهيزات التي تضمن الحصول على الأحجام المطلوبة في النهاية، استخدم في هذه الدراسة الحبيبات المطاطية المارة من المنخل (N80).
- **الحصويات المستخدمة في البحث:** تم استخدام حصويات دولوميتية مأخوذة من مقالع السليمة قرب العاصمة دمشق، تدرج الحصويات المستخدمة يوافق التدرج (1) من تصنيف الـ(AASHTO T– 30–77).

وقد لجأنا إلى تعديل الرابط البيتومیني المحلي عن طريق إضافة مسحوق الإطارات المستهلكة وفق أربع نسب (16–12–8–4)% من وزن البيتومين ناتج مصفاة بانياس.

وقد أعطيت أنواع الروابط البيتومينية المستخدمة في هذا البحث الرموز التالية:

B: يشير إلى الرابط البيتومیني 100–80 إنتاج مصفاة بانياس بدون إضافات.

B.M: يشير إلى الرابط البيتومیني 100–80 إنتاج مصفاة بانياس بعد الإضافة .

B.M.4: يشير إلى الرابط البيتومیني 100–80 إنتاج مصفاة بانياس بعد إضافة المادة الُمعدِّلة بنسبة ‰4 وزناً.

B.M.8: يشير إلى الرابط البيتومیني 100–80 إنتاج مصفاة بانياس بعد إضافة المادة الُمعدِّلة بنسبة ‰8 وزناً.

B.M.12: يشير إلى الرابط البيتومیني 100–80 إنتاج مصفاة بانياس بعد إضافة المادة الُمعدِّلة بنسبة ‰12 وزناً.

B.M.16: يشير إلى الرابط البيتومیني 100–80 إنتاج مصفاة بانياس بعد إضافة المادة الُمعدِّلة بنسبة ‰16 وزناً.

B.C: يشير إلى الخلطة البيتومينية المصممة باستخدام الرابط البيتومیني غير المعدل.

B.C.8: يشير إلى الخلطة البيتومينية المصممة باستخدام الرابط البيتومينـي المعدل بالنسبة المثلى من الإضافة.

4-2 العمل المخبري:

اعتمد في هذا البحث سلسلة من التجارب المحددة بالمواصفات التالية:

1- تجربة الغرز Penetration وفق المواصفاتASTM D.5 في درجات الحرارة °C(25-4).
2- تجربة تحديد درجة التميع Softing Point (Ring&Bale) وفق المواصفة ASTM D.36
3- تجربة الاستطالة Ductility وفق المواصفة ASTM D.113
4- تجربة تحديد درجة الوميض والاشتعال Flash Point وفق المواصفة ASTM D.92
5- تجربة تحديد الوزن النوعي للبيتومين Specific Gravity وفق المواصفة ASTM D.3289.
6- تجربة الاهتراء Resistance Of Abrasion وفق المواصفة ASTM C.535 .
7- تجربة المكافئ الرملي Sand Equivalent وفق المواصفة ASTM D.2419
8- تجربة الوزن النوعي للحصويات الناعمة Specific Gravity وفق المواصفةASTM C.127
9- تجربة الوزن النوعي للحصويات الخشنة Specific Gravity وفق المواصفةASTM C.127
10-تجربةالوزن النوعيSpecific Gravity للمواد المارة منNO200 وفق المواصفةASTMC188
13- تجربة مارشال Marshal Test وفق المواصفة ASTM D 1559..

4-3 منهجية البحث:

في البداية تم تحديد الخواص الأولية لعينات الروابط البيتومينية المختبرة، وهي روابط بيتومينية من صنف 80-100 ناتجة عن مصفاة بانياس، وذلك بإجراء تجارب الغرز عند درجات الحرارة °C (25-4) ، الاستطالة، نقطة التميع، نقطة الوميض والاشتعال، ثم أعيدت التجارب السابقة على الرابط البيتومينـي بعد تعديله بإضافة مسحوق الإطارات المستهلكة بنسب وزنية (16-12-8-4)%، وفق منهجية علمية لطريقة الخلط والإضافة بحيث نحصل على تجانس للعينات المعدلة، كما تمت دراسة تأثير التغيرات الحرارية على الخلطات البيتومينية المعدلة وغير المعدلة من خلال إعداد عدة عينات بيتومينية وفق المتطلبات الفنية لطريقة

مارشال باستخدام الرابط البيتومينى الأولي والرابط المعدل بالنسبة المثلى من الإضافة، حيث تم اختيار نسبة ثابتة من الرابط البيتومينى لكل الخلطات وهي (5%) بالوزن من إجمالي وزن الخلطة البيتومينية بحيث لاتؤثر كمية البيتومين على تحليل بيانات الاختبار. تم كسر قوالب مارشال عند درجتي الحرارة °C (4-60) ومن ثم تم تحديد قيم الثبات والسيلان للخلطات البيتومينية غير المعدلة والمعدلة، وأخيراً تمت المقارنة بين النتائج.

5- النتائج والمناقشة:

5-1 تحديد خواص الرابط البيتومينى غير المعدل:

تم إجراء الاختبارات والتجارب على الرابط البيتومينى 80-100 ونبين في الجدول(1) نتائج اختبار الرابط البيتومينى غير المعدل:

الجدول(1) نتائج اختبار الرابط البيتومينى غير المعدل

نوع الاختبار	نتائج الاختبارات	المتطلبات الفنية وفق ASTM
الغرز (Penetration) (100gr-5sec)0.1×mm 25°C	90.44	80-100
الغرز (Penetration) (200gr-60sec)0.1×mm 25°C	36.22	-
الاستطالة (Ductility) (cm)	118	Min100
درجة التميع (°C) Softing Point(Ring&Bale)	46.7	45-52
نقطة الوميض والاشتعال	231	min 232 °C

(Flash and Fire Point rest) (Cleveland cup open) (°C)	237	
الوزن النوعي للبيتومين (gr/cm^3) (Specific Gravity)	1.026	1.01-1.06

من النتائج السابقة نجد أن الرابط البيتومينى المستخدم في البحث قد أعطى قيمة غرز(90.44) وبالتالي هو من الصنف (80–100) وهو محقق للمتطلبات الفنية المنصوص عنها في الشروط والمواصفات الفنية للطرق والجسور الصادر عن وزارة النقل العام 2000[1].

5-2 تحديد خواص الحصويات :

أولًا: الوزن النوعي للحصويات:

a- الوزن النوعي للحصويات الخشنة :

أجريت هذه التجربة بهدف تحديد الوزن النوعي الكلي والظاهري و الإمتصاص، بعد (15ساعة) من الغمر في الماء للحصويات الخشنة. تحدد هذه التجربة الوزن النوعي الكلي حسب تعريفها القياسي وكذلك الوزن الكلي على العينة المشبعة جافة السطح، وكذلك الوزن النوعي الظاهري ، حسب المواصفة القياسية (ASTM C.127) والنتائج مبينة في الجدول (2):

الجدول (2) الوزن النوعي للحصويات الخشنة

حساب الوزن النوعي للحصويات	
الحصويات الخشنة	
وزن الحصويات بعد التجفيف	2962
وزن الحصويات (مشبعة جافة السطح)	3000
الوزن في الماء	1886
الوزن النوعي الكلي	2.67

الوزن النوعي الكلي المشبع الجاف السطح	2.69
الوزن النوعي الظاهري	2.74
الامتصاص	1.28

الشكل (1) عينة البحص المغمور

b- الوزن النوعي للحصويات الناعمة:

ولدى إجراء تجربة الوزن النوعي على الحصويات الناعمة، تم الحصول على النتائج الواردة في الجدول (3) التالي:

الجدول (3) الوزن النوعي للحصويات الناعمة

حساب الوزن النوعي للحصويات	
الحصويات الناعمة	
وزن الحصويات بعد التجفيف	913
وزن الحصويات (مشبعة جافة السطح)	925
الوزن في الماء	589
الوزن النوعي الكلي	2.72
الوزن النوعي الكلي المشبع الجاف السطح	2.75
الوزن النوعي الظاهري	2.82
الامتصاص	1.31

c- الوزن النوعي للمواد المالئة :

أجريت هذه التجربة بهدف تحديد الوزن النوعي الكلي، والنوعي الظاهري، ونسبة الامتصاص للماء للبودرة الناعمة بعد خمس عشرة ساعة من الغمر.

ويبين الشكل (2) صورة لتجفيف البودرة في الهواء الساخن. بينما يبين الجدول (4) نتائج الأوزان النوعية ودرجة الامتصاص المطلوبة:

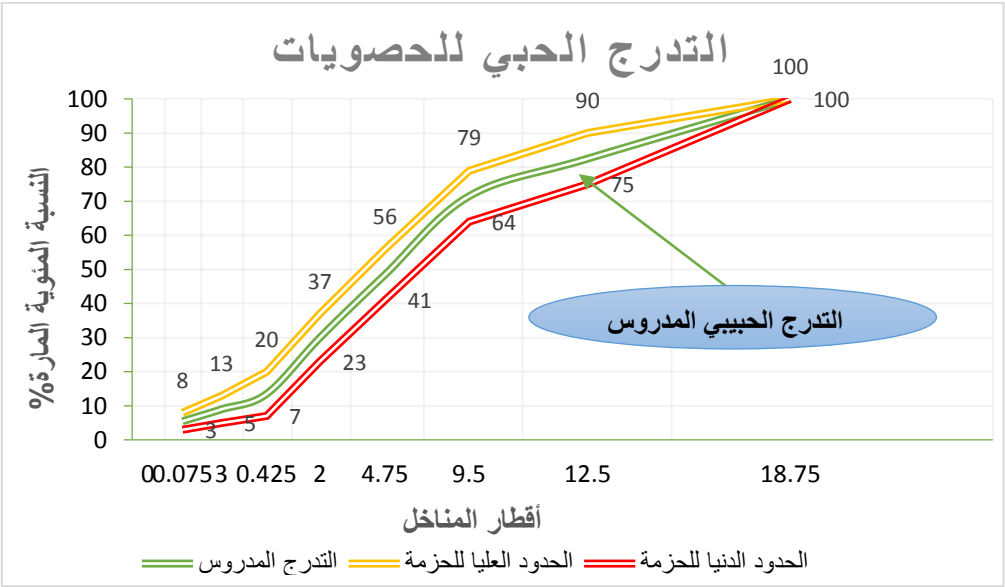
الشكل (2)عملية تجفيف البودرة بالهواء الساخن

الجدول (4) نتائج تحديد الوزن النوعي ودرجة الامتصاص للمواد الناعمة

حساب الوزن النوعي للحصويات	
للحصويات الناعمة	
وزن العينة جافة في الهواء	493
وزن الدورق مملوءاً بالمياه فقط بالغرام	660
وزن الدورق مع العينة والمياه	981.01
الوزن النوعي الكلي	2.75
الوزن النوعي الكلي المشبع الجاف السطح	2.79
الوزن النوعي الظاهري	2.87
الامتصاص	1.42

ثانياً: التدرج الحبيبي للحصويات (Grain Size Analysis) :

أجريت تجربة التدرج الحبيبي للحصويات بهدف تحديد المنحني الحبيبي المميز لها، والشكل (3) يوضح نتائج التجربة، بينما يبين الشكل (4) صورة لعينات الحصويات المحجوزة على المناخل.



الشكل (3) التدرج الحبيبي للحصويات المستخدمة في التجارب

الشكل (4) عينات الحصويات المحجوزة على المناخل القياسية

ثالثاً : تجربة لوس أنجلوس (Los Angeles Test):

ومن تجربة التحليل الحبيبي تبين أن التركيب الحبيبي للمواد الحصوية من النموذج (B) فكانت قيمة عامل لوس أنجلوس: K= 17.88%

وبمقارنة النتائج مع المواصفات القياسية السورية نجد أن المواد الحصوية تصلح للاستخدام في الطبقة السطحية من الرصف.

رابعاً : تجربة المكافئ الرملي (Sand Equivalent):

نبين في الجدول التالي (5) نتائج تجربة المكافئ الرملي لثلاث عينات :

جدول (5) نتائج تجربة المكافئ الرملي

أرقام الأنابيب	1	2	3
المكافئ الرملي SE%	81	80	81
المكافئ الرملي الوسطي%	81		

نجد أن قيمة المكافئ الرملي محققة حيث أنها من أجل الطبقة السطحية يجب أن لا تقل عن (45-50)%.

3- تحديد التغيرات في خواص الروابط البيتومينية المعدلة:

بعد التحقق من صنف الرابط البيتوميني المستخدم، تم تعديل عينات الروابط البيتومينية باستخدام مسحوق الإطارات المستهلكة، بنسب وزنية مختلفة (4-8-12-16)% من وزن البيتومين. ومن أجل هذا قمنا بتحديد الغرز بدرجات الحرارة (4)°C-(25)°C،الاستطالة، نقطة التميع (وفق اختبار الكرة والحلقة)، نقطة الوميض والاشتعال (وفق طريقة كليفاند للطبق المفتوح.

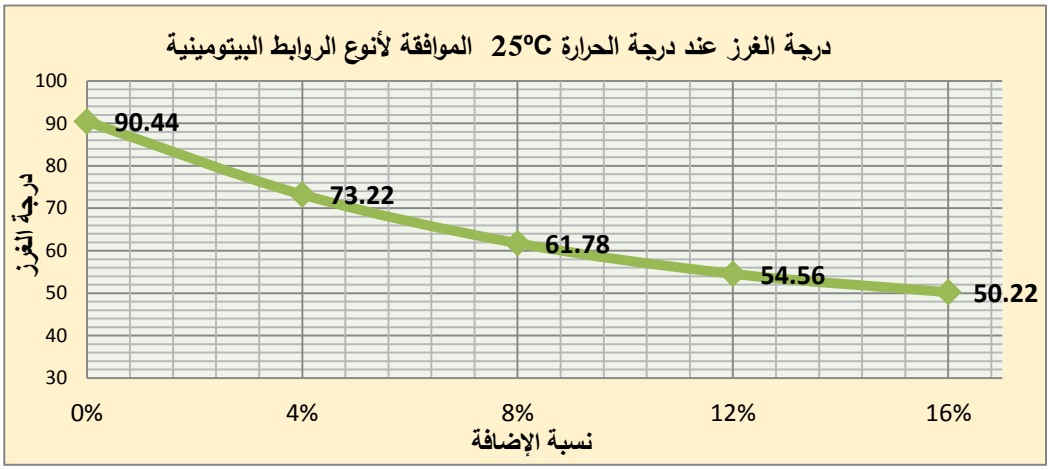
3-1 تحديد الغرز بدرجة حرارة 25°C 0.1×mm(100gr-5sec) :

نوضح في الجدول (6) نتائج تجربة الغرز بدرجة حرارة 25°C للروابط البيتومينية غير المعدلة والمعدلة بالنسب (16-12-8-4)%:

الجدول (6) نتائج الغرز بدرجة حرارة 25°C للروابط البيتومينية غير المعدلة والمعدلة

نوع الرابط البيتومين	B.M	B.M.4	B.M.8	B.M.12	B.M.16
الغرز بدرجة حرارة 25°C	90.44	73.22	61.78	54.56	50.22

أما الشكل رقم (5) فيبين تغير قيم الغرز بدرجة حرارة 25°C للروابط البيتومينية حسب تغير نسب الإضافة التي تمت الإشارة إليها سابقاً.



الشكل (5) تغيرات الغرز بدرجة الحرارة 25°C الموافقة لتغير نسبة الإضافة

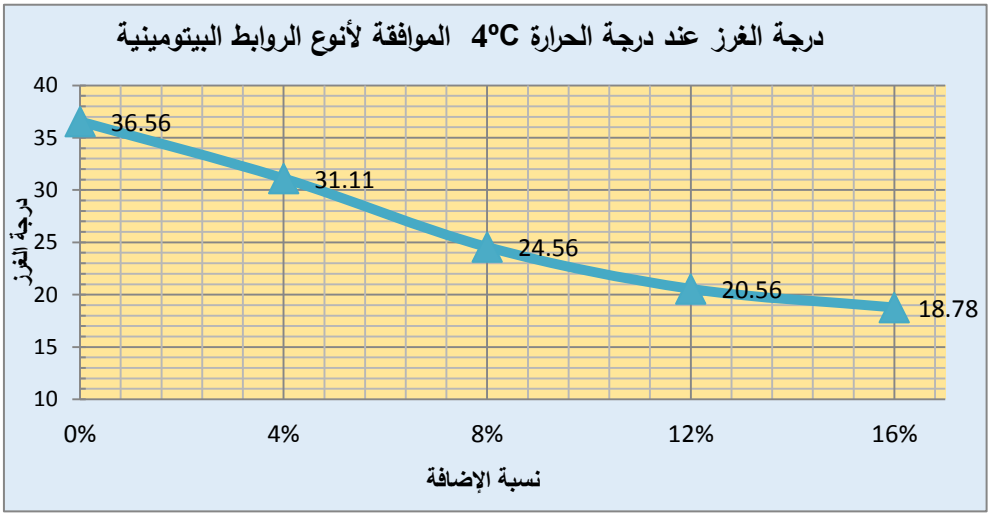
نلاحظ من الجدول (6) والشكل (5) أن درجة انغراز الرابط البيتومين تناقصت بشكل كبير بزيادة نسبة إضافة مسحوق الإطارات المستهلكة لها، وعند نسبة الإضافة(8%) انخفضت قيم الغرز إلى المجال (60-70) للرابط البيتومين المعدل، وبلغت قيمة الغرز عند هذه النسبة (61.78)، مما يدل على اكتساب الرابط البيتومين لقساوة كبيرة، حيث انخفضت قيم الغرز

للرابط B.M.4 بمقدار 19%، وللرابط البيتومينيي B.M.8 بمقدار 32%، وللرابط البيتومينيي B.M.12 بمقدار 40%، والرابط B.M.16 بمقدار 45%

3-2 تحديد الغرز بدرجة حرارة 4°C 0.1×mm (200gr-60sec) :

الجدول (7) نتائج الغرز بدرجة حرارة 4°C للروابط البيتومينية غير المعدلة والمعدلة بالنسب (4-8-12-16)%.

نوع الرابط البيتومينيي	B.M	B.M.4	B.M.8	B.M.12	B.M.16
الغرز بدرجة حرارة 4°C	36.56	31.11	24.56	20.56	18.78



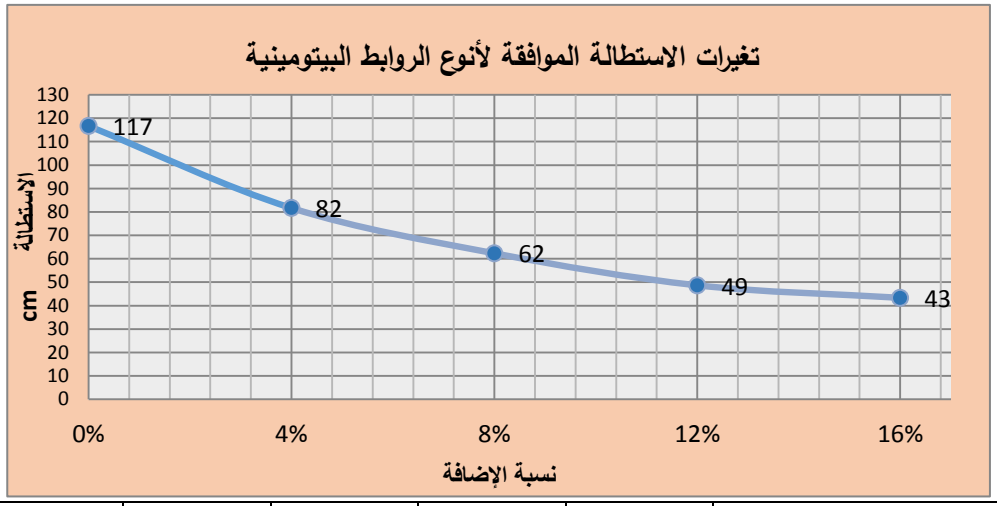
الشكل (6) تغيرات الغرز بدرجة الحرارة 4°C الموافقة لتغير نسبة الإضافة

نلاحظ من الشكل السابق تناقص قيم الغرز في درجة الحرارة 4°C بزيادة نسبة الإضافة، وتظهر النتائج أن تغير درجة الحرارة له تأثير كبير على نتائج اختبار الغرز، حيث كلما انخفضت درجة الحرارة كلما كانت قيم الغرز الناتجة أقل .

3-3 تحديد الاستطالة: يبين الجدول(8) نتائج تجربة الاستطالة لأنواع الروابط البيتومينية.

- الجدول(8) نتائج اختبار الاستطالة للروابط البيتومينية غير المعدلة والمعدلة

نوع الرابط البيتوميني	B.M	B.M.4	B.M.8	B.M.12	B.M.16



وسطي الاستطالة (cm)	116.7	81.7	62.3	48.7	43.3

ويبين الشكل رقم (7) تغيرات قيم الاستطالة (قابلية السحب) للروابط البيتومينية حسب تغير نسب الإضافة.

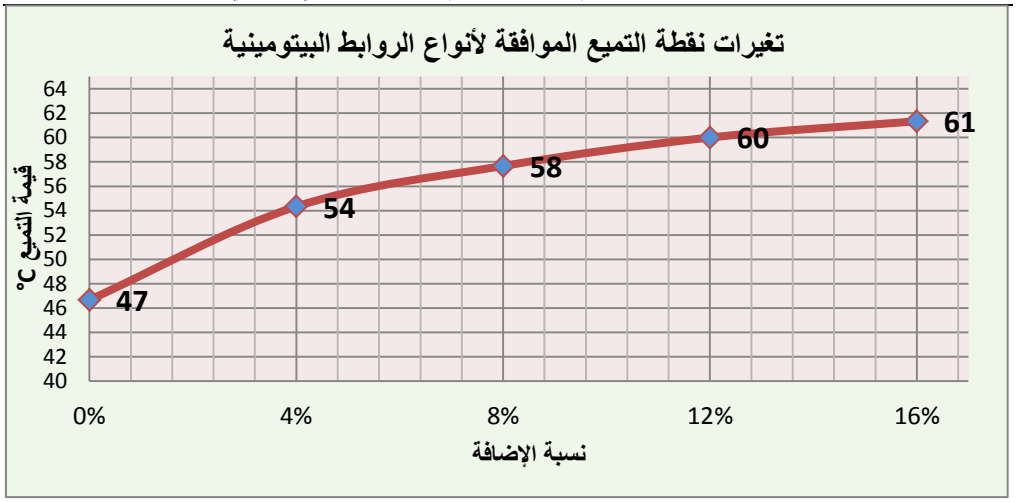
الشكل(7) تغيرات قيم الاستطالة الموافقة لتغير نسبة الإضافة

يتبين من المخطط البياني (7) انخفاض قيم الاستطالة للروابط المعدلة بشكل كبير وملحوظ مع زيادة نسبة مسحوق الإطارات المستهلكة المضافة للروابط البيتومينية وكانت أقل قيمة للاستطالة عند نوع الرابط (B.M.16) ،حيث بلغت قيمة الاستطالة عندها (43.3 cm) ويلاحظ توافق هذا النقصان في قيم الاستطالة مع النقص في قيم الغرز للروابط البيتومينية المعدلة ، أي أن الروابط البيتومينية أصبحت أقسى نتيجة إضافة المعدلات.

3-4 تحديد نقطة التميع وفق اختبار الكرة والحلقة:

تم إجراء اختبار تحديد نقطة التميع للروابط البيتومينية غير المعدلة والمعدلة بمسحوق الإطارات المستهلكة بالنسب (4-8-12-16)% وكانت النتائج كما هي موضحة في الجدول (9).

الجدول (9) نتائج اختبار الكرة والحلقة للروابط البيتومينية غير المعدلة والمعدلة.



نوع الرابط البيتومينيي	B.M	B.M.4	B.M.8	B.M.12	B.M.16
درجة حرارة التميع (°C)	46.7	54.3	57.7	60.0	61.3

الشكل(8) تغيرات قيم نقطة التميع الموافقة لتغير نسبة الإضافة

يظهر الشكل السابق ارتفاع قيم نقطة التميع مع زيادة نسبة الإضافة، وهذا يوافق روابط بيتومينية أقسى وأكثر قدرة على تحمل درجات الحرارة المرتفعة التي تتعرض لها الطبقة السطحية للرصف المرن في الطرقات وخاصة في المناطق ذات درجات الحرارة العالية ، حيث نلاحظ تزايد نقطة التميع حوالي 14 درجة مئوية بين الروابط البيتومينية غير المعدلة والروابط المعدلة بنسبة زيادة حوالي 32%، وهذا بشكل يتوافق مع انخفاض الاستطالة والغرز للبيتومين المعدل.

3-5 تحديد درجة حرارة الوميض والاشتعال (وفق طريقة كليفاند للطبق المفتوح):

نوضح في الجدول (10) نتائج اختبار الوميض والاشتعال للروابط البيتومينية غير المعدلة والمعدلة:

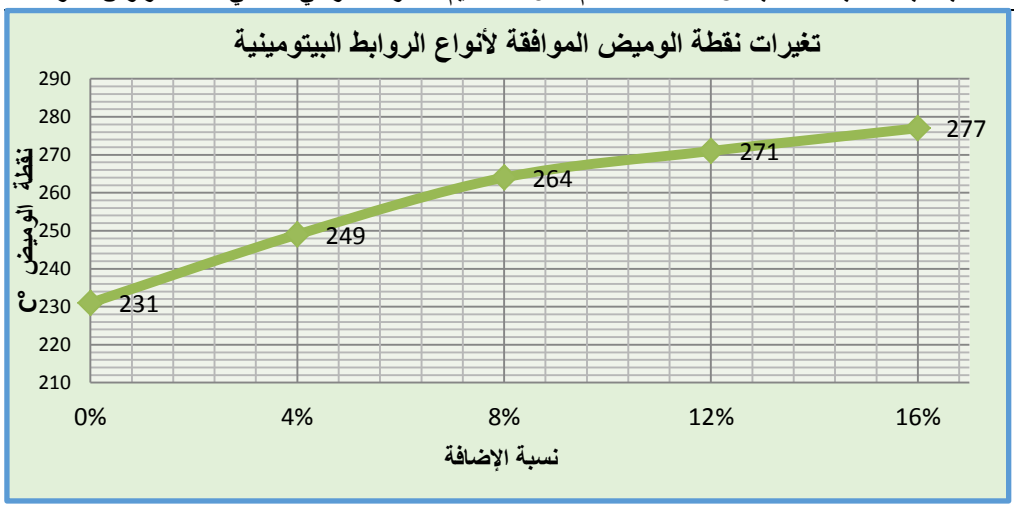
نوع الرابط البيتومينيي	B.M	B.M.4	B.M.8	B.M.12	B.M.16
درجة حرارة الوميض (°C)	231	249	264	271	277

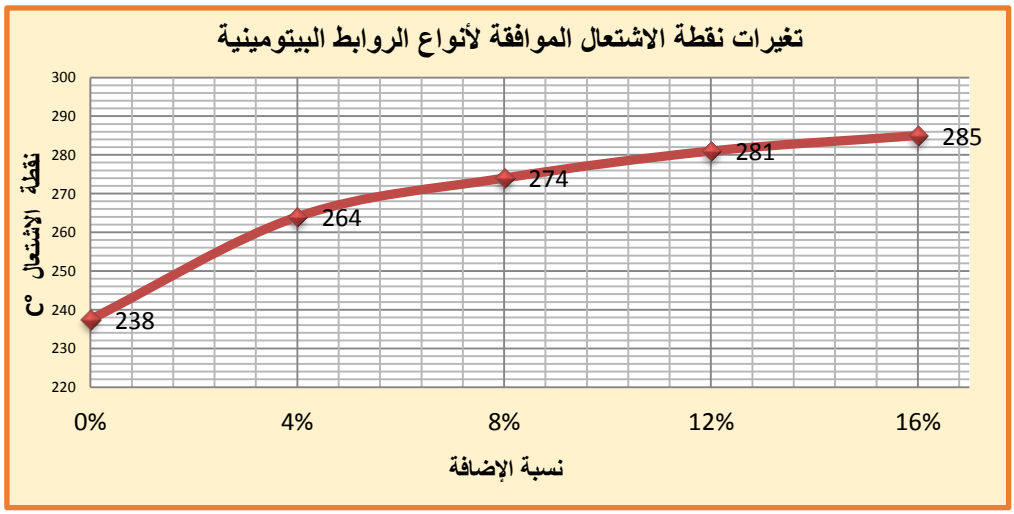
درجة حرارة الاشتعال(°C)	238	264	274	281	285

الشكل (9) مخطط بياني تغيرات درجة حرارة الوميض وفق تغير نسبة الاضافة

الشكل (10) مخطط بياني لتغيرات درجة حرارة الاشتعال وفق تغير نسبة الاضافة

نلاحظ من الأشكال البيانية السابقة أن درجة حرارة الوميض والاشتعال للروابط البيتومينية المعدلة قد ارتفعت بشكل ملحوظ مع زيادة نسبة الإضافة مقارنة مع الروابط غير المعدلة.





5-3 تحديد النسبة المثالية من الإضافة :

بالمقارنة بين نتائج الاختبارات السابقة، نلاحظ التناقص في درجة الغرز والاستطالة والزيادة في نقطة التميع ودرجة حرارة الوميض والاشتعال للروابط المعدلة، الذي كان مترافقاً بشكل تدريجي مع زيادة نسبة الإضافة، ونجد أن النسبة 8% من الإضافة هي النسبة المثالية لاعتمادها في تصميم الخلطات البيتومينية كون إضافة هذه النسبة أعطت قيمة أكبر لدرجة حرارة التميع مع انخفاض ملحوظ بقيمة الغرز و الاستطالة، كما أنَّ التغيرات في خواص الروابط البيتومينية المعدلة باستخدام نسبة أكبر من هذه النسبة كانت طفيفة.

4- تحديد التغيرات في خواص الخلطات البيتومينية تحت تأثير التغيرات الحرارية (وفق طريقة مارشال):

4-1 تحديد خواص العينات البيتومينية باستخدام الرابط البيتوميني غير المعدل :

لإجراء تجربة مارشال على الخلطة البيتومينية غير المعالجة بالإضافات، تم تشكيل 6 عينات باستخدام نسبة ثابتة من الرابط البيتوميني الأولي (5%من وزن الخلطة البيتومينية)، وبعد تجهيز العينات تم حساب الكثافة ونسبة الفراغات ومن ثم وضعت ثلاث عينات في حمام مائي ذو درجة حرارة 60°C كما وضعت العينات الثلاث الأخرى في حمام مائي ذو درجة حرارة 4°C، وأجري اختبار كسر مارشال بعد ذلك، حيث يبين الشكل (11) صوراً للعينات المختبرة و جهاز مارشال المستخدم.

الشكل (11) صور لتجربة مارشال

وبعد إجراء التجربة على العينات حصلنا على النتائج المبينة في الجدولين(11)،(12):

الجدول (11) نتائج تجربة مارشال على العينات المرجعية عند درجة حرارة 60°C

نسبة الإضافة %	%0

رمز العينة	B.C.1	B.C.2	B.C.3
ارتفاع العينة (mm)	65.9	66.79	66.21
الوزن بالهواء (gr)	1208.6	1211.8	1204
الوزن بالماء (gr)	706.2	709.1	703.6
الحجم (cm^3)	508.5	515	511
الكثافة (gr/cm3)	2.405	2.410	2.403
الثبات المصحح (kg)	952.502	913.26	971.826
السيلان (mm)	4.49	4.28	4.35

الوسطي	
الثبات (kg)	945.86
السيلان (mm)	4.37
الحجم (cm^3)	502.13
الكثافة (gr/cm^3)	2.406
نسبة الفرغات الهوائية "Va" (%)	3.827
الفراغات بين الحصويات "VMA" (%)	14.94
الفراغات المليئة بالبيتومين"Vb" (%)	77.104

الجدول (12) نتائج تجربة مارشال على العينات المرجعية عند درجة حرارة 4°C

نسبة الإضافة %	%0		
رمز العينة	B.C.1	B.C.2	B.C.3

ارتفاع العينة (mm)	66.53	67.68	65.92
الوزن بالهواء (gr)	1209.6	1209.3	1205.8
الوزن بالماء (gr)	706.1	4705.	703.9
الحجم (cm3)	509	512.5	503
الكثافة (gr/cm3)	2.406	2.402	2.405
الثبات المصحح (kg)	1113.766	1126.949	1149.32
السيلان (mm)	3.29	3.56	3.37
الوسطي			
الثبات (kg)	1130.012		
السيلان (mm)	3.41		
الحجم (cm3)	502.8		
الكثافة (gr/cm3)	2.404		
نسبة الفرغات الهوائية "Va" (%)	3.862		
الفراغات بين الحصويات "VMA" (%)	14.82		
الفراغات المليئة بالبيتومين"Vb" (%)	76.931		

استناداً إلى النتائج المبينة في الجدولين السابقين، فإن قيم الثبات والسيلان من أجل درجتي الحرارة المدروستين محققة للمواصفات العامة للطرق والجسور، حسب الشروط والمواصفات الفنية العامة لأعمال الطرق والجسور[1].

4-2 تحديد خواص العينات البيتومينية باستخدام الرابط البيتومين المعدل :

لإجراء تجارب مارشال على العينات المعدلة، تم تجهيز عدة قوالب مارشال باستخدام الرابط البيتومين المعدل بالنسبة المثلى من الإضافة وباستخدام نسبة ثابتة من البيتومين، بعد نزع

العينات من قوالب مارشال تم غمرها عند درجتي الحرارة °C (4–60) ، ومن ثم أجري اختبار كسر مارشال، فكانت النتائج كما هي مبينة في الجداول (13)،(14):

الجدول (13) نتائج تجربة مارشال على العينات المرجعية عند درجة حرارة 60°C

نسبة الإضافة %	%8		
رمز العينة	B.C.1	B.C.2	B.C.3
ارتفاع العينة (mm)	7.426	66.66	65.1
الوزن بالهواء (gr)	1204.2	1197.9	1203
الوزن بالماء (gr)	699.4	695	699
الحجم (cm3)	511.8	8.350	5.150
الكثافة (gr/cm3)	2.384	2.382	2.380
الثبات المصحح (kg)	1352.708	1307.597	1341.845
السيلان (mm)	3.34	3.48	3.61
الوسطي			
الثبات (kg)	1334.05		
السيلان (mm)	3.48		
الحجم (cm3)	508.4		
الكثافة (gr/cm3)	2.382		
نسبة الفرغات الهوائية "Va" (%)	4.535		
الفراغات بين الحصويات "VMA" (%)	16.59		
الفراغات المليئة بالبيتومين"Vb" (%)	73.926		

الجدول (14) نتائج تجربة مارشال على العينات المرجعية عند درجة حرارة 4°C

نسبة الإضافة %	%8

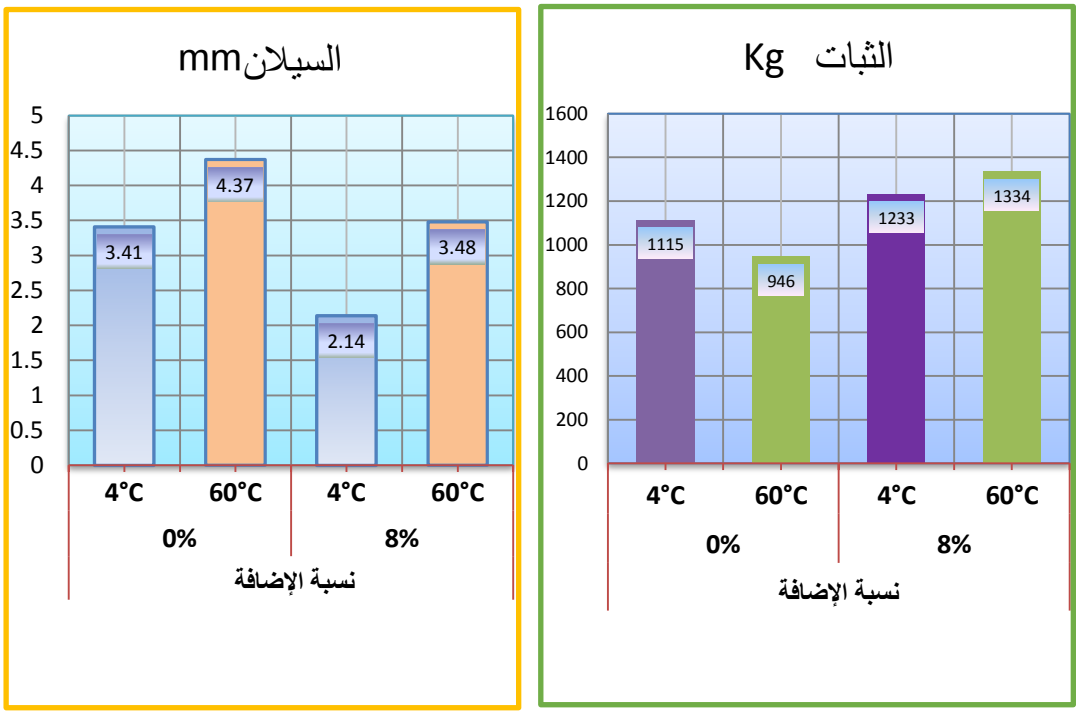
رمز العينة	B.C.1	B.C.2	B.C.3
ارتفاع العينة (mm)	69.01	65.32	67.59
الوزن بالهواء (gr)	1201.2	1199.4	1201.8
الوزن بالماء (gr)	698	697	699
الحجم (cm3)	513.4	506.7	509.6
الكثافة (gr/cm3)	2.387	2.386	2.390
الثبات المصحح (kg)	1289.079	1273.989	1267.314
السيلان (mm)	2.12	2.17	2.13
الوسطي			
الثبات (kg)	1276.794		
السيلان (mm)	2.14		
الحجم (cm3)	509.8		
الكثافة (gr/cm3)	2.388		
نسبة الفرغات الهوائية "Va" (%)	4.515		
الفراغات بين الحصويات "VMA" (%)	17.11		
الفراغات المليئة بالبيتومين"Vb" (%)	74.045		

نلاحظ من هذه النتائج أن تعديل الروابط البيتومينية بالنسبة المثلى من الإضافة قد أعطى الخلطات البيتومينية المشكلة منها تحسناً ملحوظاً في قيم الثبات والسيلان للعينات المعدلة بالمقارنة مع العينات المرجعية وذلك من أجل درجات الحرارة المختلفة، حيث أن قيم الثبات في جميع العينات المعدلة ارتفعت عن قيم الثبات للعينات غير المعدلة، كما تظهر النتائج أن تغير

درجة الحرارة له تأثير كبير على نتائج اختبار مارشال حيث كلما انخفضت درجة الحرارة كلما كانت قيم الثبات والسيلان أقل بالمقارنة مع العينات غير المعدلة.

5-النتائج ومناقشتها:

تم رسم الأشكال البيانية المبينة في الشكل (12) للمقارنة بين مواصفات الخلطة البيتومينية لعينة تحوي 8% من الإضافة مع عينة مرجعية لا تحوي أي إضافات.



الشكل (12) الفرق بين مواصفات عينة بيتومينية معدلة بالنسبة المثلى من الإضافة وعينة مرجعية لا تحوي إضافات.

ومن علاقات تغير مواصفات الروابط البيتومينية وخواص مارشال بدلالة تغير نسبة المادة المضافة يمكن صياغة النتائج العامة التالية:

1- نلاحظ أن درجة الغرز للروابط البيتومينية المعدلة بمسحوق الإطارات المستهلكة تتناقص تدريجياً مع زيادة نسبة الإضافة.

2- تبين ان تغير درجة الحرارة له تأثير كبير على نتائج الغرز، حيث كلما انخفضت درجة الحرارة انخفضت قيم الغرز وازدادت قساوة الرابط.

3-نلاحظ انخفاض قيم الاستطالة للروابط البيتومينية المعدلة بشكل كبير وملحوظ مع زيادة نسبة الإضافة، حيث انخفضت قيمة الاستطالة عند نسبة الإضافة 16% بنسبة 61%.

4- نلاحظ ارتفاع قيم نقطة التميع للروابط المعدلة بالمقارنة مع الروابط الأولية، وهذا الانخفاض في قيمتي الغرز والاستطالة المترافق مع ارتفاع درجة حرارة التميع يوافق روابط بيتومينية أقسى وأكثر تحملاً للظروف الحرارية المرتفعة.

5- نلاحظ أن نقطة الوميض والاشتعال للروابط البيتومينية قد ازدادت بشكل ملحوظ مع زيادة نسبة الإضافة.

6- تبين أن النسبة 8 % من الإضافة هي النسبة المثالية لاعتمادها في تصميم الخلطات البيتومينية، وذلك لتأثيرها الجيد على زيادة الممانعة الحرارية للرابط البيتوميني كما أن التغيرات الحاصلة في الرابط نتيجة إضافة نسب أكبر تكون صغيرة.

7-نلاحظ أن الخلطة البيتومينية (B.C.8) المعدة من الرابط البيتوميني المعدل بالنسبة المثلى من الإضافة أعطت تحسناً ملحوظاً في قيم الثبات وانخفاضاً في قيم الانسياب، وذلك عند درجتي الحرارة المدروستين ، و ينعكس هذا بشكل ايجابي وجيد على أداء أفضل وديمومة أطول للخلطات البيتومينية.

6- المقترحات والتوصيات:

1- التأكيد على استخدام الروابط البيتومينية المعدلة في صناعة المجبول البيتوميني في سورية، خاصةً المُحسِّنة للممانعة الحرارية.

2- اجراء الدراسات على استخدام مسحوق الإطارات المستهلكة في تعديل الخلطات البيتومينية كوسيلة للحد من انبعاثات الضجيج على الطرق.

3- ضرورة إجراء الأبحاث والدراسات على تعديل الرابط البيتوميني والخلطات البيتومينية وفق طرق الاختبار الحديثة (طريقة السوبر بيف).

4- البحث في التأثير السلبي لدرجة الحرارة التي يتم عندها مزج الرابط البيتوميني بالوسائط المقترحة.

5- دراسة تأثير الوسائط المقترحة على تصنيف البيتومين وفق التركيب المجموعي، لما له من دلالة على تقادم وتعب البيتومين.

6- دراسة تغير سلوكية الروابط البيتومينية المعدلة بالمحسنات المقترحة وفق اللزوجة .

7- البحث في تأثير مسحوق الإطارات المستهلكة على الروابط البيتومينة والخلطات البيتومينية في مرحلة الاستخدام.

7- المراجع :

[1] دفتر الشروط والمواصفات الفنية العامة لأعمال الطرق والجسور. 2002- وزارة المواصلات. دمشق. سوريا.

[2] مرشد، ديانا، 2011- تعديل البيتومين المحلي لاستخدامه في خلطات بيتومينية خاصة بمهابط المطارات. أطروحة ماجستير. كلية الهندسة المدنية. جامعة تشرين. سوريا، 131 ص.

[3] يحيى، فارس، 2005- تحسين مواصفات الخلطة الإسفلتية باستخدام الإضافات. أطروحة ماجستير. كلية الهندسة المدنية. جامعة دمشق. سوريا، 110 ص.

[4] حسين، أماني،2001- دراسة حول الرصف المرن. أطروحة ماجستير. كلية الهندسة المدنية. جامعة دمشق. سوريا،85 ص.

[5] ZHANG. H, CHEN. Z, XU. G, SHI. C, 2018- Evaluation of aging behaviors of asphalt binders through different rheological indices, Fuel, Vol. 221, 78–88.

[6] MERUSI. F, POLACCO. G, NICOLETTI. A, 2009- Kerosene resistance of asphalt binders modified with crumb rubber: solubility and rheological aspects, Materials and Structures, Vol. 43, 1271–1281.

[7] YILDIRIM. Y, 2007- Polymer modified asphalt binders, Construction and Building Materials, Vol. 21, 66–72.

[8] WANG. H, YOU. Z, BEALE. G, HAO. P, 2012- Laboratory evaluation on high temperature viscosity and low temperature stiffness of asphalt binder with high percent scrap tire rubber, Construction and Building Materials, Vol. 26, 583–590.

[9] SEO KIM. H, GEIGER. A, AMIRKHANIAN. S, SOON PARK. T, WOO KIM. K, 2008- effects of asphalt ratios on properties of crumb rubber modified asphalts, Journal of Scientific & Industrial Research, Vol. 23, 1028–1034.