

مجلة جامعة البعث

سلسلة علوم الهندسة المدنية والمعمارية



مجلة علمية محكمة دورية

المجلد 46 . العدد 4

1445 هـ - 2024 م

الأستاذ الدكتور عبد الباسط الخطيب

رئيس جامعة البعث

المدير المسؤول عن المجلة

رئيس هيئة التحرير	أ. د. محمود حديد
رئيس التحرير	أ. د. درغام سلوم

مدير مكتب مجلة جامعة البعث

د. إبراهيم عبد الرحمن

عضو هيئة التحرير	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

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 : ++ 963 31 2138071

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

. البريد الإلكتروني : [magazine@ albaath-univ.edu.sy](mailto: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.
 - إذا كان الباحث طالب دراسات عليا:
يجب إرفاق قرار تسجيل الدكتوراه / ماجستير + كتاب من الدكتور المشرف بموافقة على النشر في المجلة.
 - إذا كان الباحث عضو هيئة تدريسية:
يجب إرفاق قرار المجلس المختص بإنجاز البحث أو قرار قسم بالموافقة على اعتماده حسب الحال.
 - إذا 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.
 - إذا 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 25×17.5 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 (40000) ل.س أربعون ألف ليرة سورية عن كل بحث لكل باحث يريد نشره في مجلة جامعة البعث.
2. دفع رسم نشر (100000) ل.س مئة الف ليرة سورية عن كل بحث للباحثين من الجامعة الخاصة والافتراضية .
3. دفع رسم نشر (200) مئتا دولار أمريكي فقط للباحثين من خارج القطر العربي السوري .
4. دفع مبلغ (6000) ل.س ستة آلاف ليرة سورية رسم موافقة على النشر من كافة الباحثين.

المحتوى

الصفحة	اسم الباحث	اسم البحث
46-11	م. رانيا سعيد د. رانيا عيسى	تحليل تأثير رصيد الكربون لمشروع طاقة شمسية على سطح مبنى حكومي وفق مؤشر LCOE
74-47	د. م. ثراء علي مبارك	دراسة البارامترات المؤثرة على سلوك الجوانز البيتونية المدعمة بشرايح من المواد البوليميرية المسلحة بالألياف
98-75	د. عارف السويدي د. أيمن المذيب د. ليلى عثمان م. ملهم خربوطلي	أثر المحسنات الطبيعية على الانكماش كظاهرة سلبية في إنتاج وحدات الطوب الطينية
118-99	د. محمد عيسى م. لارا ادريس	تأثير الخرسانة مسبقة الإجهاد في السلوك الزلزالي للمنشآت
152-119	م. نجوى علوش د. هويدا خزام	مجالات استخدام الأقمشة المعالجة في التكوين الخارجي للمباني المعاصرة

تحليل تأثير رصيد الكربون لمشروع طاقة شمسية

على سطح مبنى حكومي وفق مؤشر LCOE

م. رانيا سعيد^{1*} ، د. رانيا عيسى²

الملخص

إنَّ التوجه نحو الطاقات المتجددة لاسيما الشمسية منها لتوفير الطاقة لقطاع الأبنية يخفف من أعباء ازدياد نسبة غاز ثاني أكسيد الكربون CO₂ الغاز الأكثر تأثيراً من بين غازات الاحتباس الحراري في مفاومة مشاكل المناخ.

هذا التوجه يتسم بارتفاع التكاليف الاستثمارية الأولية، وقد تعددت الحلول لمواجهة هذه التكلفة العالية إلا أنَّ أبرز ما تمَّ ايجاده هو حل ذو حدين أحدهما بيئي والآخر تمويلي ألا وهو تسعير الكربون.

يتطرق هذا البحث إلى مفهوم تسعير الكربون وآلياته ويسلط الضوء على أسواق وأرصدة الكربون وأثر تلك الأخيرة في خفض تكلفة وحدة الطاقة LCOE لمشروع شمسي لتوليد الكهرباء على سطح مبنى حكومي.

الكلمات المفتاحية: سياسة تسعير الكربون، الطاقة الشمسية على أسطح الأبنية، سوق الكربون، رصيد الكربون، LCOE

¹طالبة ماجستير، جامعة دمشق، كلية الهندسة المدنية، إدارة تقانات المعلومات في التشييد، البريد الإلكتروني

(rania.saiid@damascusuniversity.edu.sy)

²دكتوراه في الإدارة الهندسية، جامعة دمشق، كلية الهندسة المدنية، الإدارة الهندسية والتشييد، البريد الإلكتروني (ranyaessa@damascusuniversity.edu.sy)

Analysis of the impact of the carbon balance of a solar energy project on the roof of a government building according to the LCOE Indicator

Abstract

The trend towards renewable energies, especially solar ones, to provide energy for the building sector reduces the burdens of the increase in carbon dioxide (CO₂), the most influential gas among the greenhouse gases in exacerbating climate problems.

This approach is characterized by high initial investment costs, and there have been many solutions to face this high cost, but the most important thing that has been found is a two-edged solution, one environmental and the other financial, which is carbon pricing.

This research deals with the concept of carbon pricing and its mechanisms, and highlights carbon markets and credits, and the impact of the latter on reducing the unit cost of energy (LCOE) for a solar project to generate electricity on the roof of a government building.

Key words: carbon pricing policy, rooftop solar energy, carbon market, carbon credit, LCOE

1- المقدمة:

إنّ من بين أهم سياسات دعم القطاع الطاقى المتجدد هي سياسة تسعير الكربون، ولها العديد من الآليات لكن من أبرزها آلية تداول الانبعاثات أو ما يسمى بأسواق الكربون، لما لها من أهمية في تمويل مصادر الطاقات المتجددة وبخاصة الطاقة الشمسية وبالتالي تعزيز الاستثمار في هذا المجال.

هدف البحث:

1. التعرف على سياسات تسعير الكربون وآلياتها المختلفة.
2. التركيز على أسواق الكربون وأرصدها وأهمية تفعيل هذا الجانب التمويلي لمشاريع الاستدامة.
3. بيان الوضع الراهن لأسواق الكربون عالمياً ومدى استفادة الجمهورية العربية السورية بشكل خاص.
4. تحليل تأثير رصيد الكربون لمشروع طاقة شمسية على سطح مبنى حكومي وفق مؤشر LCOE.

مواد وطرائق البحث:

اعتمد إنجاز هذا البحث على وصف الحالة الراهنة لوضع سياسات تسعير الكربون المتبعة عالمياً وآليات عملها مع التركيز على أسواق الكربون وبيان مدى أهمية أرصدة الكربون المكتسبة منها كجانب تمويلي لمشاريع الطاقات المتجددة في الأبنية، من خلال تحليل تأثير رصيد الكربون لمشروع طاقة شمسية على سطح مبنى كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية في جامعة البعث بمدينة حمص، وفق مؤشر LCOE، اعتماداً على بيانات جمعت من مصادر رسمية وقدمتها بعض المؤسسات الحكومية ذات الصلة، ومبنيةً أيضاً على افتراضات لازمة لتحديد مدى تأثير وجود سوق للكربون في سورية

للاستفادة من الأرصدة المتبادلة في دعم هذه المشاريع والتخفيف من عبء تكلفتها الاستثمارية الأولية، ومعالجة البيانات والافتراضات عن طريق برنامج إكسل على طول دورة حياة المشروع، والتوصل للنتائج والتوصيات اللازمة.

1-1- تمويل مشاريع الطاقة الشمسية في الأدبيات المختلفة:

عند التقصي عن مصادر لتمويل الطاقة الشمسية في الأدبيات المختلفة تبين وجود عدة أبحاث تتحدث عمّا يسمى تحليل ائتمان الكربون لمشاريع الطاقة الشمسية (Carbon Credit Analysis) وفي وصف آخر تحليل تكلفة دورة الحياة لنظام الطاقة الشمسية مع الأخذ بعين الاعتبار تأثير رصيد ثاني أكسيد الكربون المكتسب.

من بين تلك الأدبيات بحث منشور في عام 2008 إذ قام فيه الباحث بإجراء تحليل تكلفة دورة الحياة لنظام الطاقة الشمسية الكهروضوئية المستقل لحديقة الطاقة الشمسية، المكونة من منزل طيني، وأنظمة حرارية كهروضوئية متنوعة، مع الأخذ في الاعتبار تأثير رصيد ثاني أكسيد الكربون الذي حصل عليه مجمع الطاقة الشمسية وفقاً لمعايير بروتوكول كيوتو في ظل الظروف المناخية لنيودلهي [1].

ودراسة هذا الباحث ألهمت باحثين آخرين للاقتباس عنه واستكمال هذا النهج ونشره لمجالات مختلفة لبيان مدى أهمية تفعيل هذا الجانب التمويلي في شكله والمستدام في مضمونه.

ففي عام 2016 درس أحد الباحثين تحليل ائتمان الكربون الذي حصل عليه مشروع الطاقة الشمسية الكهروضوئية المتصلة بالشبكة والموجود على السطح العلوي لكلية JIS للهندسة في الهند [2].

وفي عام 2019 قدم بحث في الهند تحليلاً لرصيد الكربون لمحطة الطاقة الكهروضوئية على السطح لشركة Sanjay Techno [3].

كما وجدت دراسة في العام 2020 تتحدث عن رصيد الكربون المكتسب من الطاقة الشمسية الكهروضوئية لتشغيل الإضاءة الذكية للشوارع القائمة على انترنت الأشياء (IoT) في نيجيريا [4].

من كل ما سبق وجب التعمق أكثر في مفهوم ائتمان الكربون ونشأته وما المقصود به وهذا ما يقودنا للعودة إلى مصطلح أولي قاد العالم لهذه الأرصدة ألا وهو تسعير الكربون.

1-2- تسعير الكربون:

لقد ازداد تداول مصطلح تسعير الكربون في الآونة الأخيرة ولاسيما مع ازدياد وتفاقم مشاكل المناخ وتغيراته وانعكاس ذلك سلباً على النواحي الحياتية المختلفة والتي تهدد استدامة الموارد الحالية أي استدامة مستقبل نظيف للأجيال القادمة ويعد عام 1997

العام الأول لظهور هذا المصطلح وذلك عند توقيع بروتوكول كيوتو [5]، سيتم التطرق لبروتوكول كيوتو بإيجاز في الفقرات اللاحقة.

• تعريف مصطلح تسعير الكربون

تعتمد فلسفة تسعير الكربون بشكل عام على المبدأ والقانون البيئي "من يلوث يدفع" [7]، المتفق عليه من قبل المجتمع الدولي في إعلان ريو لعام 1992 [5].

يصف [8]، مصطلح تسعير الكربون بأنه قيمة سوقية لخفض الانبعاثات والتي يمكن الاعتماد على الإيرادات المأخوذة منها لدعم المشاريع المتجددة وهذا ما اتفق عليه بحث [9] حيث أشار البحث لأهمية التوجه للصناعات والمنشآت والتي تتسبب في انبعاث الغازات الملوثة للبيئة وفرض ضرائب كربونية عليها واستخدام هذه الضرائب لدعم الاقتصاد الأخضر.

ومنه يمكن تعريفها بأنها سياسة يتم اتخاذها لوضع حد للتساهل والأريحية المجانية في استخدام الوقود الأحفوري والذي لم يعد التغافل عنه يشكل خطراً فقط إنما جريمة كارثية بحق البشرية تهدد ليس فقط الأجيال القادمة إنما الحالية وهذا ما يمكن لحظه بشكل واضح من نتائج تغيرات المناخ في السنوات الأخيرة.

1-3- آليات تسعير الكربون:

إنَّ أكثر آليات تسعير الكربون انتشاراً هما ضرائب الكربون والآليات القائمة على أسواق الكربون [8] [12] [13] [14] [5]، وفي كلتا الطريقتين مفهوم واحد هو استيعاب تكلفة العوامل الخارجية السلبية للتلوث البيئي [12] [13] [6].

في هذه الدراسة سيتمُّ التركيز أكثر على أسواق الكربون باعتبارها تساهم في تمويل مشاريع الطاقات المتجددة لما يتمُّ تبادلُه من أرصدة للكربون وبدايةً سيتمُّ التعرف على منشأ ظهور هذه الأسواق.

1-4- نشأة أسواق الكربون وآلياته:

هنالك عدة اتفاقيات ومؤتمرات نُظِّمت عبر التاريخ استهدفت مشاكل التغير المناخي وسبل مواجهتها، إلا أنَّ أبرز تلك المحطات والتي كونت الملامح الأساسية لأسواق الكربون هي بروتوكول كيوتو واتفاقية باريس.

1. بروتوكول كيوتو 1997

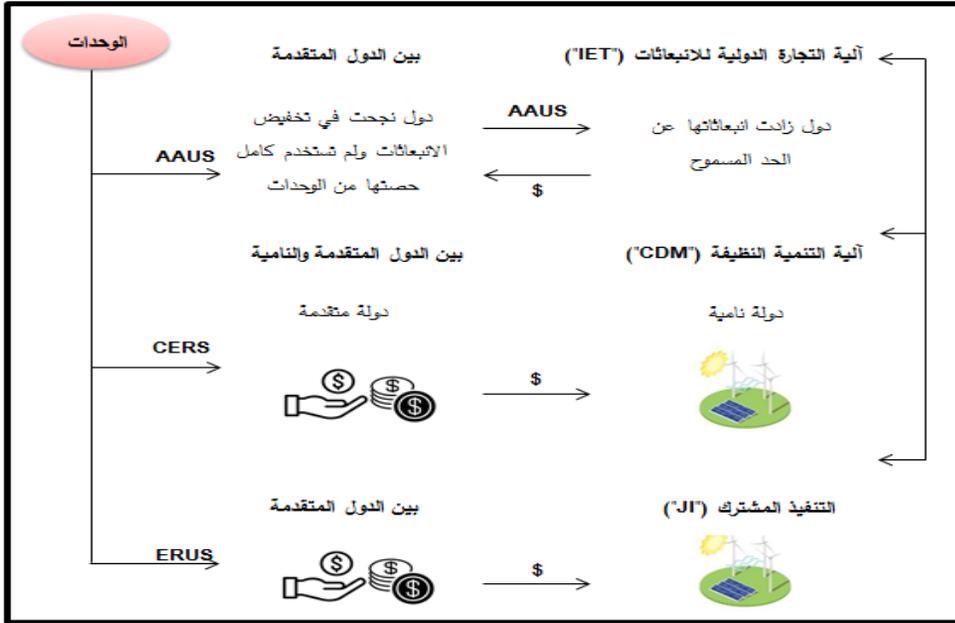
يبين الشكل رقم (2) ملخص لأهم نقاط هذا البروتوكول وفقاً لما ورد في الأدبيات:

1. يعتبر كيوتو بداية ظهور أسواق الكربون والتي عرفت فيما بعد باسم سوق

الكربون الدولي [16].

2. وقعت في البداية 180 دولة على البروتوكول [16].
3. دخل البروتوكول حيز التنفيذ في عام 2005 [16].
4. حدد أهدافاً ملزمة قانوناً لـ 37 دولة صناعية للحدّ أو تقليل إجمالي انبعاثات غازات الاحتباس الحراري ("انبعاثات الغازات الدفيئة") بمتوسط لا يقل عن 5% أقل من مستوياتها في عام 1990 خلال الفترة 2008-2012 [54]، وهذه الفترة تسمى فترة الالتزام الأولى أمّا فترة الالتزام الثانية فهي محددة بين عامي 2013-2020 وسميت البلدان المتقدمة (الأطراف المدرجة في المرفق الأول) [17]، والبلدان النامية (الأطراف المدرجة في المرفق الثاني).
5. أهدافه الملزمة تنتهي عام 2020 [16].
6. الأهداف الملزمة فقط على البلدان المتقدمة، لم يكن لدى البلدان النامية أهداف خفض بموجب البروتوكول [18].
7. قدّم بروتوكول كيوتو للبلدان النامية أهدافاً طوعية أو في حالة الصين والهند، إعفاءات من الأهداف تماماً [16].
8. قدّم بروتوكول كيوتو ثلاث آليات قائمة على السوق لمساعدة البلدان في إيجاد طرق لتحقيق أهدافها وتسمى الآليات القائمة على السوق [16]، والمبينة وفق الشكل (1):

آلية التنمية النظيفة ("CDM")، التنفيذ المشترك ("JI")، آلية التجارة الدولية
للانبعاثات ("IET").



الشكل (1): آليات كيوتو، المصدر: الباحثة

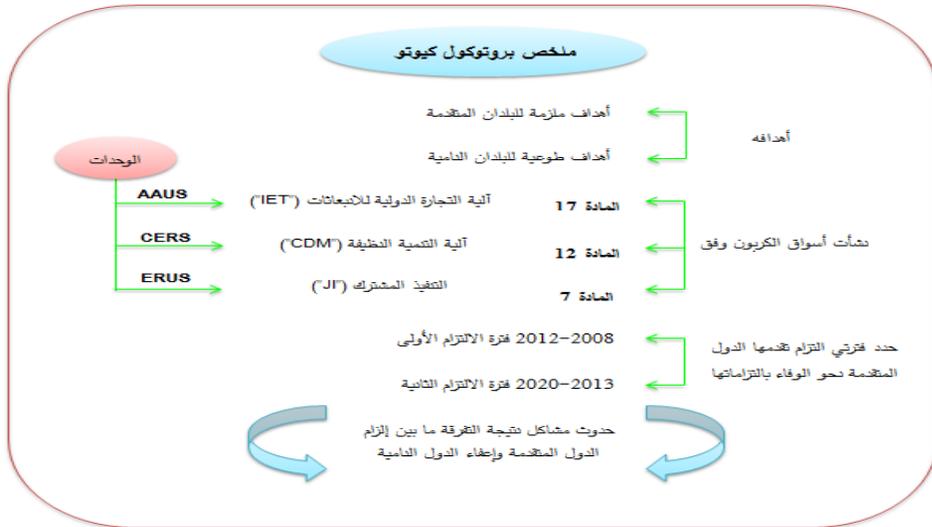
9. تسمح آلية التنمية النظيفة لأي دولة من الدول الصناعية الـ 37 الملزمة بأهداف كيوتو بتنفيذ مشروع للحد من الانبعاثات في دولة نامية، وبذلك يتم إنشاء ائتمان معتمد لخفض الانبعاثات ("CER") قابل للتسويق، يمثل كل CER ما يعادل تعويض طن متري واحد من ثاني أكسيد الكربون [16].

تحليل تأثير رصيد الكربون لمشروع طاقة شمسية على سطح مبنى حكومي وفق مؤشر LCOE

10. أنشأت المادة 7 من بروتوكول كيوتو آلية التنفيذ المشترك، وهي آلية مماثلة لآلية التنمية النظيفة والفرق هو أن التجارة في تخفيض الانبعاثات حدثت بين البلدان الغنية وليس من البلدان النامية إلى البلدان المتقدمة [18]، الوحدات تسمى وحدات خفض الانبعاثات ERUS.

11. انبثق برنامج IET، وهو برنامج تجاري دولي، من المادة 17 من بروتوكول كيوتو، سمحت IET للبلدان الصناعية ببيع مخصصات الكربون الزائدة غير المستخدمة إلى البلدان الصناعية الأخرى التي كانت بخلاف ذلك تجاوزت أهدافها أي تجاوزت الحد المسموح به للانبعاثات [16].

وتسمى أيضاً بمخططات الحد الأقصى والتجارة Cap and Trade، الوحدات تسمى وحدات الكمية المخصصة AAUS [18].



الشكل (2): ملخص بروتوكول كيوتو، الباحثة

2. قمة المناخ في كوبنهاغن إيجاده في سنة 2009

لم تتجح مفاوضات كوبنهاغن في حل مسألة التفريق بين الدول الصناعية خاصة الولايات المتحدة الأمريكية والدول النامية مثل الصين [19].

3. اتفاقية باريس 2015

نجحت اتفاقية باريس في حل هذه المشكلة إذ ألزمت جميع الدول سواء المتقدمة أو النامية على حد سواء للعمل على تخفيض الانبعاثات. يمكن تلخيص أهم ما جاء في اتفاقية باريس بما يلي [16]:

1. تمّ الاتفاق بين المؤتمرين على تسمية ما توصلوا إليه في قمة باريس بالاتفاق

بدلاً من مقرر أو بروتوكول باعتبار أنّ الاتفاق عبارة عن معاهدة بالمعنى

المقصود [19].

2. بدأت المرحلة الثانية من تجارة الكربون في عام 2015.

3. صادقت 114 دولة على اتفاقية باريس.

4. دعا اتفاق باريس البلدان الصناعية والنامية على حد سواء إلى تحديد أهداف

الانبعاثات وتحقيقها.

5. تهدف اتفاقية باريس إلى وضع حد خارجي للاحتراز العالمي إلى نقطة أقل من

2 درجة مئوية فوق مستويات ما قبل العصر الصناعي.

6. يمكن تحقيق هذه الحدود من خلال قيام كل دولة بإنشاء وتقديم خططها للعمل المناخي (المعروفة باسم "المساهمات المحددة وطنياً" (NDC) [18]) على مدار دورة مدتها خمس سنوات.
7. بناءً على اتفاقية باريس، ستتضاعف الحصة العالمية من الطاقات المتجددة بنسبة أعلى من مستوياتها في عام 2010 بنحو 36% بحلول عام 2030 [20].
8. المادة 6 بالغة الأهمية، والتي أنشأت أحكامها آليتين جديدتين قائمتين على السوق لإنشاء وتداول تعويضات الكربون هما آلية التنمية المستدامة ("SDM") وآلية نتائج التخفيف المنقولة دولياً ("ITMOS").
9. أنشأت المادة 6.4 SDM، وهو سوق كربون مركزي يسمح بتداول تعويضات الكربون، حيث تهدف هذه المادة إلى استبدال آلية التعويض المنصوص عليها في آلية التنمية النظيفة في بروتوكول كيوتو، فضلاً عن آلية التعاون المنصوص عليها في إطار التنفيذ المشترك لبروتوكول كيوتو.
10. نصت المادة 6.2 من اتفاقية باريس على التجارة الدولية في ITMOS، وهي الوحدة الجديدة للحد من الكربون لأسواق الكربون الدولية التي تهدف إلى استبدال وحدات خفض الانبعاثات المعتمدة التي تم إنشاؤها بموجب بروتوكول كيوتو.

ولتجنب العد المزدوج لا يمكن للدولة البائع أن تحتسب هذه الأرصدة ضمن المساهمات المحددة وطنياً الخاصة بها، إذ مع بيع ITMO، ينقل البلد البائع ذلك الحق إلى بلد الشراء وهذا ما تمّ تحديده في مؤتمر غلاسكو [18].

4. اتفاقية UNFCCC 2019

تعهد 120 طرفاً في إطار اتفاقية UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change) بتخفيض انبعاثات CO2 في سنة 2050 إلى حد الصفر [13].

5. مؤتمر غلاسكو 2021

لم يتم التصديق على كتاب قواعد تنفيذ المادة 6 لاتفاقية باريس إلا بعد أن اجتمع المندوبون في مؤتمر غلاسكو لتغير المناخ في عام 2021 [16] حيث تمّ فيه حل مشكلة خطر ازدواج الحسابات وتمّ تناول هذه المشكلة من خلال آلية محاسبة تسمى التعديلات المقابلة.

• ملخص آليات عمل أسواق الكربون ومسمياتها المختلفة:

1. يمكن اختصار مبدأ عمل أسواق الكربون بحسب وصف [21]، بمبدأ التبادل أي تبادل تخفيضات الانبعاثات من كيان إلى آخر من شخص - بلد - شركة إلى شخص

آخر (دون تداخل الحسابات لمنع حدوث العد المزدوج أي مع الحفاظ على نزاهة الأسواق).

2. هنالك أبحاث راحت للاستفاضة بموضوع آليات أسواق الكربون [18] [21] [22]، لكنّ الأخير حدد هذه الآليات بشكل أدق ولخصها ببرنامجين هما [22]:

1. برامج للاعتراف بأرصدة الانبعاثات (أو آليات التعويض Offsetting Mechanisms) (أو ما يسمى آليات خط الأساس والائتمان Baseand-Credit أو الموازنة [21]) مثل برنامج التنفيذ المشترك (J) وآلية التنمية النظيفة (CDM).

2. برامج لتجارة (تداول) الانبعاثات (مخططات الحد الأقصى والتجارة Cap and Trad [12] [21]).

• ما يتمّ تداوله في هذه الأسواق (أرصدة الكربون)

التداول ضمن أسواق الكربون يتمّ بموجب أرصدة يطلق عليها أرصدة الكربون [22] [18].

تعرف أرصدة الكربون بحسب [22]، بأنّها كمية محددة من ثاني أكسيد الكربون تمّ منعه من الوصول إلى الغلاف الجوي أو إزالته مباشرة منه نتيجة لإجراء محدد يمكن التحقق منه.

أمّا وفق [18]، فتعرف بأنها تأكيد أو إثبات لظن واحد من انبعاثات غاز ثاني أكسيد

الكربون سواء كان مصدره:

1. تقليل الانبعاثات.

2. تجنب الانبعاثات.

3. إزالة الانبعاثات من الغلاف الجوي.

وُجِدَت أبحاث أخرى [16]، قامت بتحديد نوعين للتبادل ضمن الأسواق هما: أرصدة

الكربون وتعويضات الكربون وغالباً ما يستخدم مصطلح رصيد الكربون للإشارة للنوعين،

ووفقاً لذلك يتم تقسيم ما ذكر أعلاه بحسب الأرصدة والتعويضات إلى:

1. أرصدة الكربون للدلالة على تقليل الانبعاثات.

2. تعويضات الكربون للدلالة على:

• مشاريع التجنب أو خفض مثل الطاقة المتجددة أو غيرها.

• مشاريع الإزالة مثل إعادة التحريج أو التقاط الكربون المباشر أو مشاريع مماثلة.

• حجم أرصدة الكربون عالمياً

بلغ إجمالي حجم أرصدة الكربون المشتراة قبل عام 2020 في إطار برامج مختلفة ما يقرب من 3.9 مليار طن من ثاني أكسيد الكربون ومن المتوقع أن يرتفع الطلب على هذه الأرصدة (الائتمانات) بنحو 500% إلى 900% بحلول عام 2030 [22].

1-5- أنواع أسواق الكربون:

النوعان الأساسيان لأسواق الكربون هما [18] [22]:

1. سوق الامتثال.

2. سوق الكربون الطوعي (VCM).

• سوق الامتثال

تخدم هذه الأسواق سياسات الحد من الانبعاثات الإلزامية، حيث يشير الامتثال إلى الخضوع لسياسة معينة تلزم هذه السياسة خفض الانبعاثات، أو بعبارة أخرى الوفاء بالالتزامات [22].

ويوضح [21]، في بحثه أن أسواق الكربون التابعة للأمم المتحدة هي أسواق "الامتثال" الرئيسية، تساعد المشاركين فيها بتلبية التزاماتهم التي حددتها الحكومات.

• سوق الكربون الطوعي (VCM)

يمكن توضيح هذا السوق اعتماداً على معنى كلمة الطوعي والتي تشير إلى الاختيار عن رضئ دون قهر ودون وجود ضغوط إلزامية وهذا ما أكدته [18]، بأن عمليات الشراء تتم طواعية.

فهذه الأسواق لا تخدم أية معايير حكومية أو أية مطالبات تخفيض إلزامية ويرى الباحث [21]، أن أرصدة الكربون يتم شراؤها من قبل المشاركين على أساس طوعي لعدة غايات منها:

1. المسؤولية الاجتماعية للشركات المشاركة في هذه الأسواق.
 2. قد يكون فقط تحسناً للصورة العامة.
 3. التعهد الطوعي للشركة بتخفيض انبعاثات الكربون الخاصة بها للتقدم نحو أهداف المناخ الخاصة بها [22].
- ومن خلال ما تقدم نلاحظ أن المشاركين في هذه الأسواق هم من يفرضون على أنفسهم التزامات مناخية نابعة عن مسؤولياتهم الطوعية تجاه السلامة البيئية.
- المتاجرة في الأسواق الطوعية لا يمكن استخدامها لتحقيق أهداف خفض انبعاثات الغازات الدفيئة الأخرى بموجب نظام امتثال قابل للتطبيق مثل اتفاق باريس [16].

القيمة لكل طن من غاز ثاني أكسيد الكربون في كل سوق

- في عام 2022 ، بلغ إجمالي القيمة المتداولة عالمياً 865 مليار دولار في أسواق الامتثال، و 2 مليار دولار أخرى في VCM، وتضاعفت قيمة كل من VCM وأسواق الامتثال بين عامي 2020 و 2022 [18].

فوائد الأسواق:

إنَّ أسواق الكربون تمدُّ الحلول المناخية بالتمويل اللازم لزيادة منحى الاستثمار فيها [22]، وهذه هي من أهم فوائد أسواق الكربون المنتشرة حول العالم.

يمكن تحديد العديد من فوائد أسواق الكربون والتي تخدم الاستدامة بأبعادها الثلاثة: البيئية والاجتماعية والاقتصادية وهذا ما لخصه [18]، بمستويين الأول مستوى المناخ والثاني الاجتماعي والاقتصادي:

- تأثيرات الأسواق الإيجابية على المناخ: تعتبر الإيرادات من بيع أرصدة الكربون مصدراً جذاباً (إضافياً) للإيرادات لتمويل التدخلات الذكية مناخياً.
- الفوائد الاجتماعية والاقتصادية ومنها: تحسين سبل العيش، خلق فرص العمل، تحفيز النشاط الاقتصادي والصناعي الجديد، حل القضايا المُلحة مثل فقر الطاقة، وانخفاض وتراجع الغلات الزراعية.

1-6- أسواق الكربون ودول العالم:

1. العراق

حتى اللحظة، لم يدرج العراق ضمن الدول التي ترغب أو تسعى إلى دخول هذا السوق الواسع، رغم إعداد العراق لمساهمته الوطنية بخصوص الاحتباس الحراري المتضمنة سبل التحول إلى الطاقة النظيفة ودعم المناخ الأخضر، إلا أنه لم يسجل اهتمام بقضية سوق الكربون، رغم أنّ هذا السوق من شأنه أن يوفر أموال مهمة للعراق في سبيل دعم برنامجه الوطني والتنمية الشاملة 2030 [10].

2. الجزائر

تعتبر الجزائر من الدول المعارضة لتطبيق أي آلية من آليات تسعير الكربون، ليس فقط لأنها من دول الأوبك، بل لكونها من البلدان "غير المسؤولة" عن انبعاثات الغازات الدفيئة والإضرار بطبقة الأوزون، ولكنها بالأحرى "من ضمن الضحايا" مثل غيرها من البلدان النامية، ورغم ذلك، فإنه حتى في حالة عدم تطبيقها لتسعير الكربون فإن النظام الضريبي في الجزائر يحتوي على ضرائب ضمنية لانبعاثات ثاني أكسيد الكربون [5].

3. كوريا

على نقيض ما سبق نجد مدناً أخرى نامية مثل كوريا المشاركة النشطة في آلية التنمية النظيفة إذ أنه منذ تصديقها على بروتوكول كيوتو في نوفمبر 2002 وباعتبارها دولة

غير مدرجة في الملحق الأول ولا توجد أهداف ملزمة قانوناً، فقد استضافت 91 مشروعاً ممّا أدى إلى إصدار 135.5 مليون وحدة خفض انبعاثات معتمدة حتى الآن [23].

4. مصر

في عام 2022 وعلى هامش فعاليات قمة المناخ Cop27 المنعقد في مدينة شرم الشيخ أطلقت الحكومة المصرية أول سوق أفريقي طوعي لإصدار وتداول شهادات الكربون [24].

5. أبو ظبي

في عام 2022 أعلن سوق أبو ظبي العالمي تعاونه مع AirCarbon (ACX) Exchange لإطلاق أول بورصة إلكترونية في العالم لتداول أرصدة الكربون وغرفة المقاصة الخاصة به في العاصمة أبوظبي من خلال سوق أبوظبي العالمي باعتبار أنّ شركة ACX هي أفضل منصة لتجارة الكربون [25].

6. السعودية

في أواخر أكتوبر 2022 تمّ انطلاق مزاد لائتمان الكربون الطوعي تمّ تنظيمه من قبل صندوق الاستثمارات العامة السعودية (PIF) في مؤتمر مبادرة الاستثمار المستقبلي في الرياض، وهو أول مزاد تعويض للكربون يُعقد في الشرق الأوسط، تمّ بيع 1.4 مليون

طن من أرصدة الكربون، وهذا ما جعلها أكبر عملية بيع على الإطلاق لائتمانات الكربون [26].

7. الهند

لقد استثمرت الهند بالفعل في إنشاء أرصدة الكربون وتصديرها إلى الخارج حيث أصدرت 35.94 مليون رصيد كربون، أو ما يقرب من 17% من جميع أرصدة سوق الكربون الطوعية الصادرة عالمياً بين عامي 2010 و 2022 [27].

8. موقف العالم بشكل عام من تبادل أرصدة الكربون

كنتيجة لدراسة أجريت في الهند لعام 2023 حول أرصدة الكربون تبين أن العديد من البلدان المتقدمة ليس لديها ما يكفي من أسواق ائتمان الكربون (أرصدة الكربون) على الرغم من أن لهذه البلدان أكبر عدد من مساهمات ثاني أكسيد الكربون، والعديد من البلدان النامية لديها العديد من مصادر أسواق ائتمان الكربون وهذه البلدان لها مساهمة قليلة في ثاني أكسيد الكربون في البيئة [27].

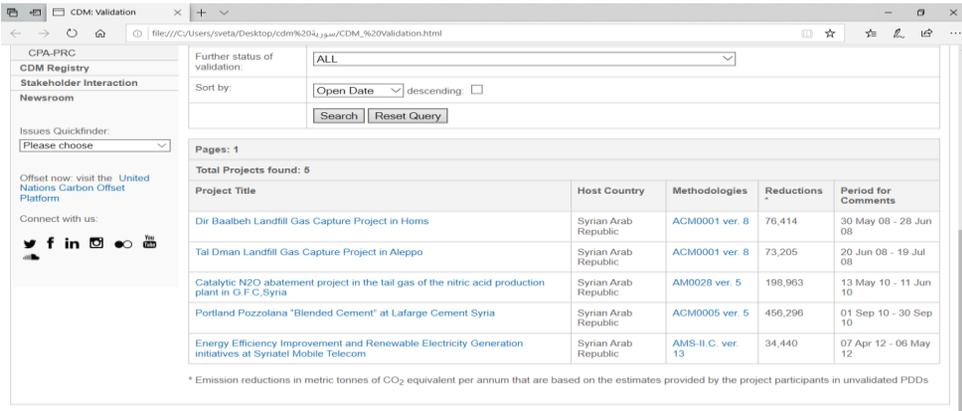
1-7- الواقع الراهن في الجمهورية العربية السورية

هناك مساعٍ وتوجهات عديدة لتخفيض نسبة انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون أهمها استراتيجية الطاقات المتجددة الموضوعة لغاية عام 2030 تنفيذاً لبنود اتفاقية باريس،

تحليل تأثير رصيد الكربون لمشروع طاقة شمسية على سطح مبنى حكومي وفق مؤشر LCOE

حيث كانت أهم أهداف هذه الاستراتيجية التحول نحو الطاقات المتجددة وتحقيق تخفيض في نسبة الانبعاثات الضارة بحوالي (6) مليون طن من غاز ثاني أكسيد الكربون سنوياً [28].

ومن خلال البحث والمقابلات تبين عدم وجود آلية تسعير للكربون مطبقة في سورية إضافة لعدم وجود أسواق أو مشاريع لتبادل أرصدة الكربون وما وُجد بالفعل هي مبادرات فردية للتسجيل في آلية التنمية النظيفة لعدة مشاريع منفذة في الجمهورية العربية السورية موضحة في الشكل رقم (3):



The screenshot shows the CDM Validation website interface. The main content area displays a table of projects found in Syria. The table has five columns: Project Title, Host Country, Methodologies, Reductions, and Period for Comments. There are five projects listed.

Project Title	Host Country	Methodologies	Reductions	Period for Comments
Dir Baalbeh Landfill Gas Capture Project in Homs	Syrian Arab Republic	ACM0001 ver. 8	76,414	30 May 08 - 28 Jun 08
Tal Dman Landfill Gas Capture Project in Aleppo	Syrian Arab Republic	ACM0001 ver. 8	73,205	20 Jun 08 - 19 Jul 08
Catalytic N2O abatement project in the tail gas of the nitric acid production plant in G.F.G.Syria	Syrian Arab Republic	AM0028 ver. 5	198,963	13 May 10 - 11 Jun 10
Portland Pozzolana "Blended Cement" at Lafarge Cement Syria	Syrian Arab Republic	ACM0005 ver. 5	456,296	01 Sep 10 - 30 Sep 10
Energy Efficiency Improvement and Renewable Electricity Generation initiatives at Syriatel Mobile Telecom	Syrian Arab Republic	AMS-II.C. ver. 13	34,440	07 Apr 12 - 06 May 12

* Emission reductions in metric tonnes of CO₂ equivalent per annum that are based on the estimates provided by the project participants in unvalidated PDDs

الشكل (3): مشاريع الجمهورية العربية السورية المسجلة في آلية التنمية النظيفة،

المصدر: [30]

يتبين من الشكل أنّ هنالك خمسة مشاريع مقدمة لآلية التنمية النظيفة للحصول على أرصدة الكربون مع كمية الانبعاثات المقدمة في سجل هذه المشاريع في مرحلة المصادقة، ولكن لم يتم العثور على أرصدة مكتسبة.

وقلّة هذه المشاريع سببه العقوبات الاقتصادية على سورية وهذا ما أكدته الوفود العربية السورية في مختلف مؤتمرات المناخ المنعقدة سواء في باريس أو في غلاسكو وصولاً إلى كوب 27 في شرم الشيخ، فسورية ملتزمة بالاتفاقيات كافةً، ولكنّها غير مستفيدة من أية برامج من برامج التمويل نتيجة تلك العقوبات.

1-8- تحليل رصيد الكربون لمشروع طاقة شمسية على سطح مبنى حكومي

وفق مؤشر LCOE

الحالة المدروسة في هذه الدراسة هي مشروع طاقة شمسية (نظام كهروضوئي) يقع على سطح مبنى كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية في جامعة البعث بمدينة حمص.

1. ملخص بيانات الحالة المدروسة

تمّ الاعتماد على بيانات مأخوذة في فترة إنشاء المشروع وعدة افتراضات أخرى:

- افتراض عمر المشروع هو 25 سنة.
- استطاعة المشروع 200 KW.
- كمية الكهرباء الصافية خلال السنة الأولى من المشروع 335400 Kwh.
- التكلفة التأسيسية للمشروع 172373100 ل.س.
- افتراض تكاليف التشغيل والصيانة تشكل 0.5% من التكاليف التأسيسية للمشروع.

- يتم اعتماد تناقص الإنتاج بمعدل 1% سنوياً حتى نهاية العمر الافتراضي للمشروع (وفق معدلات الانخفاض الخاصة باللواقط الصادرة عن المصنع).
- يتم اعتماد سعر صرف اليورو بحسب أسعار صرف العملات بشكل وسطي وتقريبي وقت تنفيذ المشروع وهو 1500 ل.س.
- معدل الخصم على الودائع السائد في البنوك وقت التنفيذ (9%).
- سعر الطن لرصيد الكربون 21 يورو.

2. حساب نسبة تخفيض ثاني أكسيد الكربون

قام دينيس لينورديك بتجميع مقدار تخفيض انبعاثات ثاني أكسيد الكربون والذي توفره محطات الطاقة الشمسية الكهروضوئية المثبتة في جميع أنحاء العالم.

البيانات الخاصة بخفض انبعاثات ثاني أكسيد الكربون من خلال أفضل 200 محطة للطاقة الشمسية الكهروضوئية موجودة على الموقع [29]، البيانات المتاحة على هذا الموقع تشمل الطاقة المنتجة سنوياً بالميجاوات ساعة، ومقدار التخفيض من انبعاثات الكربون السنوية.

متوسط التخفيض السنوي لانبعاثات الكربون لكل ميغاواط ساعة من الكهرباء المنتجة لأكبر 100 محطة للطاقة الشمسية الفولتية، يصل إلى 0.932 طن.

لذلك، نجد أنّ كل 1 كيلو واط ساعة من الطاقة المولدة من أي محطة للطاقة الشمسية الكهروضوئية يقابل تخفيض مقداره 0.932 كغ من ثاني أكسيد الكربون [2] [3] [4]، سيتم اعتماد هذه القيمة الوسطية.

3. حساب نسبة تخفيض انبعاثات الكربون السنوية للحالة المدروسة

لحساب نسبة التخفيض السنوية يتم ضرب نسبة التخفيض المعتبرة في بيانات الحالة المدروسة، في الطاقة الإنتاجية السنوية للمنظومة الشمسية، وفق المعادلة رقم (1).

$$\text{CO2 emission reduction (Tons)} = E_{\text{annum}} (\text{MWh}) * \text{CO2 emission reduction (Tons/MWh)} \quad [4] \quad (1)$$

ومنه يتم حساب إجمالي نسبة التخفيض على مدى العمر التشغيلي للمشروع.

لحساب نسبة التخفيض السنوية يتم ضرب نسبة تخفيض الكيلوواط الساعي والمقدرة وفق ما سبق ب 0.932 في الطاقة الإنتاجية السنوية.

يبين الجدول رقم (1) الطاقة الإنتاجية السنوية باعتماد تناقص الإنتاج بمعدل 1% سنوياً حتى نهاية العمر الافتراضي للمشروع (وفق معدلات الانخفاض الخاصة باللواظ الصادرة عن المصنع)، كما ويبين نسبة تخفيض انبعاثات الكربون السنوية وإجمالي نسبة التخفيض على مدى العمر التشغيلي للمشروع، حيث بلغ إجمالي التخفيض على مدى عمر المشروع نحو 6945.64 طن من الكربون.

تحليل تأثير رصيد الكربون لمشروع طاقة شمسية على سطح مبنى حكومي وفق مؤشر LCOE

الجدول (1): التخفيض في انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون على مدار العمر التشغيلي للمشروع

الرقم	السنة	الطاقة الإنتاجية السنوية (KWh)	نسبة التخفيض السنوية من ثاني أكسيد الكربون (طن)
1	2021	335400	312.59
2	2022	332000	309.42
3	2023	328600	306.25
4	2024	325400	303.27
5	2025	322200	300.29
6	2026	319000	297.3
7	2027	315800	294.32
8	2028	312600	291.34
9	2029	309400	288.36
10	2030	306400	285.56
11	2031	303400	282.76
12	2032	300400	279.97
13	2033	297400	277.18
14	2034	294400	274.38
15	2035	291400	271.58
16	2036	288400	268.79
17	2037	285600	266.18
18	2038	282800	263.57
19	2039	280000	260.96
20	2040	277200	258.35
21	2041	274400	255.74
22	2042	271600	253.13
23	2043	268800	250.52
24	2044	266200	248.1
25	2045	263600	245.68
	المجموع	7452400	6945.64

4. رصيد الكربون المكتسب من تخفيض الانبعاثات الكربونية

لحساب رصيد الكربون المكتسب من خلال منظومة الطاقة الكهروضوئية خلال 25 سنة يتم ضرب إجمالي التخفيض خلال عمر المشروع في سعر الطن لرصيد الكربون.

يتم حساب إيرادات رصيد الكربون المكتسب خلال عمر المشروع وفق المعادلة رقم (2):

$$ER_s = ER_{total} \text{ (Tons)} * ERTV \quad [4] \text{ (2)}$$

ER_s رصيد تخفيض انبعاثات CO₂.

ER_{total} إجمالي نسبة تخفيض انبعاثات CO₂ على مدار عمر المشروع.

ERTV CO₂ قيمة سعر تبادل انبعاثات الكربون CO₂.

باعتبار أن تداول الكربون غير موجود في سورية تمّ أخذه بشكل افتراضي بمقدار 21 يورو.

يبين الجدول التالي إيرادات رصيد الكربون المكتسب خلال عمر المشروع:

الجدول (2): رصيد الكربون المكتسب من تخفيض الانبعاثات الكربونية

رصيد الكربون (ل.س)	سعر الطن (ل.س)	نسبة التخفيض (طن)
218787559	31500	6945.64

5. تكلفة وحدة الطاقة المنتجة LCOE بدون اعتبار رصيد الكربون

بحساب مجمل النفقات التأسيسية ونفقات التشغيل والصيانة على مدار عمر المشروع، يمكن التنبؤ بشكل أولي عن التكلفة الوسطية على مدار عمر المشروع لكل كيلوواط ساعي حيث يتم الحصول على تكلفة وحدة الطاقة من ناتج قسمة إجمالي نفقات المشروع خلال عمره التشغيلي على إجمالي الطاقة المولدة من المشروع.

الجدول (3): تكلفة وحدة الطاقة المنتجة LCOE

المخضومة LCOE (ل.س.)	LCOE (ل.س.)	إجمالي الطاقة المولدة (KWh)	إجمالي نفقات المشروع (ل.س.)
24	26	7452400	193919737

تمّ اعتماد قيمتين لتكلفة وحدة الطاقة الأولى دون اعتبار القيمة الزمنية للنقود، والثانية التكلفة المخضومة أي مع اعتبار القيمة الزمنية للنقود اعتماداً على معدل الخصم على الودائع السائد في البنوك وقت التنفيذ (9%).

6. تكلفة وحدة الطاقة المنتجة مع اعتبار رصيد الكربون

في هذه الحالة يتمّ الأخذ بعين الاعتبار ائتمان الكربون الذي يتمّ تداوله لمدة 25 عاماً ثمّ التكلفة لكل وحدة من الطاقة المولدة من المشروع، تمّ تلخيص النتائج في الجدول رقم

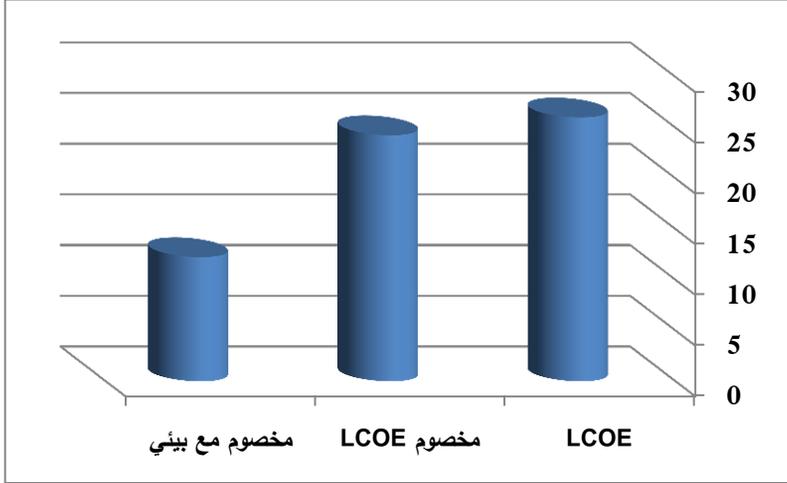
(4):

الجدول(4): تكلفة وحدة الطاقة المنتجة مع اعتبار رصيد الكربون

مع اعتبار رصيد الكربون (مخصص) (ل.س)	LCOE المخصصة (ل.س)	LCOE (ل.س)	إجمالي الطاقة المولدة (KWh)	رصيد الكربون (ل.س)	إجمالي نفقات المشروع (ل.س)
12	24	26	7452400	218787559	193919737

يبين الشكل رقم (4) الاختلاف في قيمة التكلفة المستوية للكهرباء مع اعتبار رصيد الكربون وبدونه حيث نجد أنّ قيمة تكلفة وحدة الطاقة المنتجة من مشروع الطاقة الشمسية بدون اعتبار الكربون تبلغ نحو 24 ل.س أما باعتبار وجود الكربون فتبلغ بنحو 12 ل.س أي نسبة التخفيض في تكلفة وحدة الطاقة المنتجة نتيجة لاعتبار تجارة الكربون 50%.

وهذا ما يؤكد أهمية وجود سوق لتداول الكربون واعتماد أحد الآليات الداعمة للحلول المستدامة في كسب أرصدة للكربون، لتشجيع المستثمرين وأصحاب القرار على التحول للطاقة النظيفة وبالتالي التقليل من نسبة التلوث البيئي.



الشكل (4): مقدار تأثير رصيد الكربون على التكلفة

2- النتائج:

1. حصل المبنى وفق معطيات الفترة المدروسة على كمية تخفيض لانبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون بلغت نحو 6945.64 طن خلال كامل عمر المشروع .
2. أتاحت سياسة تسعير الكربون إضافة مميزات تشجيعية للتوجه نحو الطاقة الشمسية في البناء المدروس حيث بلغ رصيد الكربون المكتسب من المشروع نحو 218787559 ل.س .
3. أعطت تكلفة وحدة الطاقة LCOE الفارق ما بين التكلفة دون اعتبار رصيد الكربون والتي بلغت نحو 24 ل.س ومع اعتبار سياسة تسعير الكربون حيث بلغت نحو 12 ل.س أي تمّ تخفيض تكلفة وحدة الطاقة المأخوذة من المشروع الشمسي على سطح البناء المدروس بنحو 50% .

4. بينت الدراسة أهمية اعتماد التدفقات النقدية المخصومة في إعطاء تصور أدق لجدوى المشاريع حيث بلغت قيمة التكلفة اعتماداً على التدفقات النقدية غير المخصومة نحو 26 ل.س أما بالاعتماد على التدفقات النقدية المخصومة فقد بلغت نحو 24 ل.س .

3- التوصيات:

1. ضبط نزاهة أسواق الطاقة الشمسية في سورية لضمان أمانة منفعة الاستثمار في مشاريع الطاقة الشمسية على المواطن والعائدة من تبادل أرصدة الكربون.
2. ستكون هناك حاجة إلى أعمال بحثية جديدة بسبب التغييرات في السياسات نتيجة للتقدم التكنولوجي السريع للطاقة الشمسية.
3. التوجه نحو سياسات تسعير الكربون في سورية بالسرعة المطلوبة وبخاصة تبادل أرصدة الكربون وتحويل الوارد المالي إلى دعم يقدم للمواطن لتحسين ورفع مستوى الوضع المعيشي، وهذا يتطلب مناشدة الانسانية العالمية قبل الحكومات والهيئات الدولية لرفع العقوبات الاقتصادية عن الجمهورية العربية السورية للتمكن مثل بقية الدول من الاستفادة من مختلف وجهات وسياسات التمويل.

3- المراجع:

1. Tiwari, G. N. (2008). Evaluation of carbon credits earned by a solar energy park in Indian conditions. The Open Fuels & Energy Science Journal, 1(1).
2. Naskar, Rakesh, Ghosh, Saswata, Mandal, Ratan. (2016). Analysis on Carbon Credit of a 5KWP Solar Photovoltaic Power Plant at JIS College of Engineering, Kalyani. **Imperial Journal of Interdisciplinary Research (IJIR)**. Vol: 2. Pages: 1506-1511. Kalyani, India
3. Kale, Dhanaji and Kokil, Prasad. (2019). A Study of the Performance and Carbon Credit Analysis of a 6 KWP Rooftop Solar Photovoltaic Power Plant at Sanjay Group Aurangabad, India. **Innovative Energy & Research**. Vol: 8. India.
4. Ekaette, Archibong, Simeon, Ozuomba, Nosike, Maduka and Etinamabasiyaka, Ekott. (2020). Life Cycle Cost And Carbon Credit Analysis For Solar Photovoltaic Powered Internet Of ThingsBased Smart Street Light In Uyo. **International Multilingual Journal of Science and Technology (IMJST)**. Vol: 5, 2793-2797. Uyo. Nigeria.

5. تباي، آمال، مسرحد، بلال. 2022. الجزائر وآليات تسعير الكربون: بين

تداعياتها على سوق النفط ومتطلبات حماية المناخ. **مجلة العلوم الانسانية**.

مج: 22، عدد: 1. ص -ص: 1251 -1270. الجزائر.

6. الدين، هيام شرف. (2018). آليات تسعير الكربون كأداة لإدارة تكلفة الانبعاثات ودعم عمليات الإنتاج النظيف. المجلة العلمية لقطاع كليات التجارة. العدد: 19. جامعة الأزهر.
7. الشرفاء، عمرو، السبيعي، عبدالله، العبد الجبار، أيمن، والحسين، شافي. (2019). الجدوى الاقتصادية لاستخدام أنظمة الطاقة الشمسية الكهروضوئية على أسطح المساجد : نتائج دراسة تجريبية في المملكة العربية السعودية. مركز الملك عبدالله للدراسات والبحوث البترولية
8. McGuinness, Catherine, and Herbst, Jonathan. (2022). Discussing EU and UK approaches to carbon pricing as a tool towards net-zero emission targets: Implications for financial markets. the City of London Corporation and Norton Rose Fulbright LLP.
9. علي أحمد الصوري، السيد. (2020). تجارب الطاقة الشمسية دولياً. المجلة العلمية للدراسات التجارية والبيئية. مج: 11، عدد: 4. ص -ص: 101-124. جامعة قناة السويس كلية التجارة. مصر.
10. راضي، مصطفى محمد. (2023). سوق الكربون العالمي. دائرة البحوث والدراسات النيابية. العراق.
11. شيما، بوسيد. (2020). أهمية دراسة الجدوى المالية في تقييم المشاريع الاستثمارية- دراسة حالة الوكالة الوطنية لتطوير الاستثمار. رسالة ماجستير،

قسم علوم التسيير، كلية العلوم الاقتصادية والعلوم التجارية، جامعة العربي بن مهيدي. الجزائر.

12. REMEUR, C. (2020). Carbon emissions pricing: Some points of reference.

13. دنيا، بوضاضة. (2021). أهمية نظام تداول الانبعاثات كآلية لتسعير الكربون دراسة حالة الصين. مجلة أبحاث اقتصادية وإدارية. مج: 15، عدد: 3. ص - ص: 413-430. جامعة عبد الحميد مهري قسنطينة. الجزائر.

14. التقرير الصادر عن البنك الدولي. 2015. خفض الانبعاثات الكربونية في التنمية: ثلاث خطوات نحو مستقبل خالٍ من الكربون.

15. Carhart, Mark, Litterman, Bob, Munnings, Clayton and Vitali, Olivia. (2022). Measuring comprehensive carbon prices of national climate policies. Climate Policy. 22:2, 198-207

16. Jez, Areta A., Alexander, Brad D., and Shaikh, Ayaz R. Carbon Credit and Carbon Offset Fundamentals. 2022.

17. AMANATIDIS, G., & Randic, S. (2020). The European Parliament's carbon footprint: Towards carbon neutrality.

18. Introduction to carbon markets- AU Business Forum 2023

19. لخضر، يحيى، سمير، أسياخ. (2020). حماية البيئة في ضوء اتفاق باريس للتغير المناخي. رسالة ماجستير. قسم القانون العام. كلية الحقوق

والعلوم الانسانية. جامعة بجاية. الجزائر.

20. Ghajari, Zeinab. (2018). **Feasibility Study for installation of solar panels in a school in Zacatecax mexico.** Degree of Master of science. Major Subject: Construction Management. University of calgary. Canada. P: 75.
21. Dufrasne, Gilles. (2020). Carbon markets 101 – the ultimate guide to global offsetting mechanisms.
22. Broberg , Danny, Fishman, Xan, Jantarasami, Lesley, Normile, Caroline. (2022). Using Carbon Credits to Deploy Climate Solutions.
23. Koo, Bonsang. (2017). Examining the impacts of Feed-in-Tariff and the Clean Development Mechanism on Korea's renewable energy projects through comparative investment analysis. **Energy Policy.** Vol: 104, Pages 144-154.
24. مصر تطلق أول سوق أفريقي طوعي لإصدار وتداول شهادات الكربون. (2022). البورصة المصرية
25. العاصمة أبو ظبي تطلق أول بورصة منظمة بالكامل لتداول أرصدة الكربون وغرفة المقاصة الخاصة به في العالم. (2022، آذار 29). سوق أبو ظبي العالمي
26. اقتصادي / صندوق الاستثمارات العامة يعلن عن أولى شركات السوق الطوعية لتداول الائتمان الكربوني في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا، 22

آذار 2022، وكالة الأنباء السعودية، البوابة العلمية.

<https://www.spa.gov.sa/2339804>

27. Khan, Imran, Tass, Mohammad and Azam, Arshe.(2023). A Study on Carbon Credits Market and Its Accounting Implication in India. **Ugc care list of journals**. Vol: 47, Pages 1-8.

28. إمام، هيام. (2021). الاستثمار في قطاع الكهرباء.

29. <http://www.pvresources.com/en/top50pv.php>

30. UNFCCC, Clean Development Mechanism (CDM).

<https://cdm.unfccc.int/Projects/Validation/index.html>

دراسة البارامترات المؤثرة على سلوك الجوائز البيتونية المدعمة بشرائح من المواد البوليميرية المسلحة بالألياف

د.م. ثراء علي مبارك - كلية الهندسة المدنية - جامعة تشرين

ملخص البحث

قمنا في هذا البحث بتقديم مساهمة بدراسة بارامترية موسعة تمكننا من فهم كيفية تأثير هذه البارامترات على دقة التوقعات لقيمة التشوه الفعال لشرائح المواد البوليميرية المسلحة بالألياف FRP، حيث يعتبر التشوه الفعال الذي تصل له شرائح التقوية عند انهيار الجوائز البيتونية العاملة على الانعطاف والمقواة بهذه الشرائح من أهم العوامل المحددة لسلوك هذه الجوائز، وذلك بالاعتماد على نموذج العناصر المنتهية المحاكي لسلوك الجوائز البيتونية المسلحة المقواة باللصق ضمن أخاديد لشرائح NSM.FRP والموثق تجريبياً.

والبارامترات التي تمت دراستها وتلعب دوراً مهماً في تحديد كفاءة نظام التقوية NSM.FRP هي مقاومة البيتون وصلابة شريحة التقوية وعددها بالإضافة إلى نسبة التسليح الفولاذي، وتبين نتيجة هذه الدراسة زيادة التشوه الفعال لشريحة التقوية بزيادة عدد الشرائح وزيادة مقاومة البيتون بعلاقة قريبة من الجذر التربيعي لمقاومة البيتون، بينما يتناقص بزيادة الصلابة المحورية لشريحة التقوية FRP بعلاقة أسية من رتبة 0.6، كما أن كفاءة نظام التقوية (NSM.FRP) تكون أكبر في الجوائز المسلحة بنسب تسليح منخفضة مقارنة مع نسب التسليح العالية.

الكلمات المفتاحية: التقوية، شرائح المواد البوليميرية المسلحة بالألياف، اللصق ضمن أخاديد، مقاومة البيتون، الصلابة المحورية لشريحة التقوية، نسبة التسليح الفولاذي.

Study of parameters influencing the behavior of RC beams strengthened with strips of fiber-reinforced polymeric

Dr. Tharaa Ali Mubarak

Doctor of Structural Engineering– Tishreen university

Abstract

In this research, we have contributed to an extensive parametric study that enables us to understand how these parameters affect the accuracy of the value of the effective strain of FRP (Fiber Reinforced Polymer) strips, where the effective strain of FRP is a key factor in determinant behavior of RC beam flexural-strengthened with NSM FRP strips, the parametric study was based on the 3-D nonlinear analysis FEM model was built to simulate the behavior of RC beams flexural-strengthened with NSM.FRP strips using the ANSYS 2021 program, and this model was verified by experimental results.

The parameters that were studied and play an important role in determining the efficiency of the NSM.FRP system, concrete strength, axial rigidity of FRP strip and its number, and the ratio of steel reinforcement. The result of this study shows the effective strain of FRP strip increases by increasing the number of strips and increasing the concrete strength in a relationship close to the square root of the concrete strength and while decreasing by increasing the axial rigidity of FRP strip with an exponential relationship of the power 0.6, the efficiency of the (NSM.FRP) strengthened system is greater in beams with low steel reinforcement ratios compared to high ratios.

Keywords: strengthening, Fiber Reinforced Polymer Strips, NSM, concrete strength, axial rigidity of FRP strip, steel reinforcement ratios.

1- مقدمة:

لقيت تقنية التقوية باللصق ضمن أحادييد لمادة التقوية (NSM.FRP) اهتماماً متزايداً في جميع أنحاء العالم كواحدة من التقنيات الواعدة في مجال التقوية الإنشائية وبدليل فعال لتقوية اللصق الخارجي لصفائح FRP، تتضمن هذه التقنية اقتطاع أحادييد ضمن طبقة التغطية في العنصر البيتوني المراد تقويته ومن ثم ملء الأخدود جزئياً بالمادة اللاصقة ومن ثم توضع مادة الـ FRP (شرائح- قضبان) ويتم ملء باقي الأخدود بالمادة اللاصقة وتسوية السطح. تمتلك هذه التقنية العديد من المزايا مقارنة بتقنية اللصق الخارجي وأهمها حماية مادة التقوية والتقليل من خطر الانهيار المفاجئ بانفصال مادة التقوية FRP.

ولكن لم تشكل الثقة الكافية باستخدامها بسبب غياب استراتيجية لحساب التشوه التصميمي لشريحة التقوية FRP [1] والذي يمثل التشوه الفعال لشريحة التقوية أي أقصى تشوه تصل له شريحة التقوية عند انهيار الجائز المقوى، الذي يعتبر عاملاً أساسياً لنتمكن من تحليل المقطع المقوى والحصول على العزم المقاوم وبالتالي الحصول بسهولة على حمولة الانهيار للجائز المقوى لذلك سنقدم في هذا البحث دراسة بارامترية ستأخذ بعين الاعتبار معظم البارامترات التي قد تؤثر على سلوك الجوائز البيتونية المسلحة المقواة بشرائح FRP بتقنية NSM وتكون قاعدة بيانات لاستنتاج معادلة لحساب التشوه الفعال لشرائح التقوية، لتحقيق هذا الهدف سنعتمد على نموذج العناصر المنتهية بتحليل لاخطي والموثق تجريبياً والذي قمنا بتطويره لمحاكاة سلوك الجوائز البيتونية المسلحة المقواة باللصق ضمن أحادييد باعتماد برنامج ANSYS 2021 وذلك بإدخال التأثير المشترك للإجهادات المماسية والإجهادات الناطمية التي تخضع لها شرائح التقوية عند حدوث الانفصال حيث تم التحقق أن هذا النموذج يتوقع بدقة تشوه شرائح FRP عند الانهيار وكذلك توقع طاقة التحمل للجائز البيتوني [2].

2- هدف البحث

يركز هذا البحث على تقديم مساهمة لدراسة بارامترية تمكننا من تحديد العلاقات بين البارامترات المدروسة مع قيمة التشوه الفعال لشرائح التقوية المستخدمة في تقوية الجوائز البيتونية المسلحة العاملة على الانعطاف بطريقة اللصق ضمن أخاديد وبالتالي الحصول على عدد كبير من النتائج العددية لتشوه شريحة FRP عند الانهيار تساعدنا بفهم كيفية تأثير هذه البارامترات على تشوه شرائح التقوية FRP، وتكون نواة لإمكانية اقتراح معادلة للتشوه الفعال لشرائح NSM.FRP.

3- مواد البحث وطرقه:

يعتمد هذا البحث على إجراء دراسة نظرية بارامترية وذلك في الجوائز البيتونية المقواة بشرائح FRP بطريقة اللصق ضمن أخاديد وتم الاستعانة بنموذج من العناصر المحدودة FEM باستخدام برنامج ANSYS الموثق بالبرنامج التجريبي للباحث [3] Barros & Fortes.

3-1- النموذج ثلاثي الأبعاد المطور وفق برنامج ANSYS:

تم اعتماد النموذج المطور [2] لمحاكاة سلوك الجوائز البيتونية المسلحة المقواة باللصق ضمن أخاديد بإدخال التأثير المشترك للإجهادات المماسية والإجهادات الناعمية التي تخضع لها شرائح التقوية عند حدوث الانفصال، حيث تمت نمذجة الجوائز التجريبية المقدمة من قبل [10] Barros & Fortes حيث تم تشكيل ثلاثة نماذج للجوائز المقواة بالاعتماد على طريقة العناصر المحدودة باستخدام برنامج ANSYS : 2021

- جوائز مقواة بشريحة واحدة من CFRP (1strip).
- جوائز مقواة بشريحتين من CFRP (2strips).
- جوائز مقواة بثلاث شرائح CFRP (3strips).

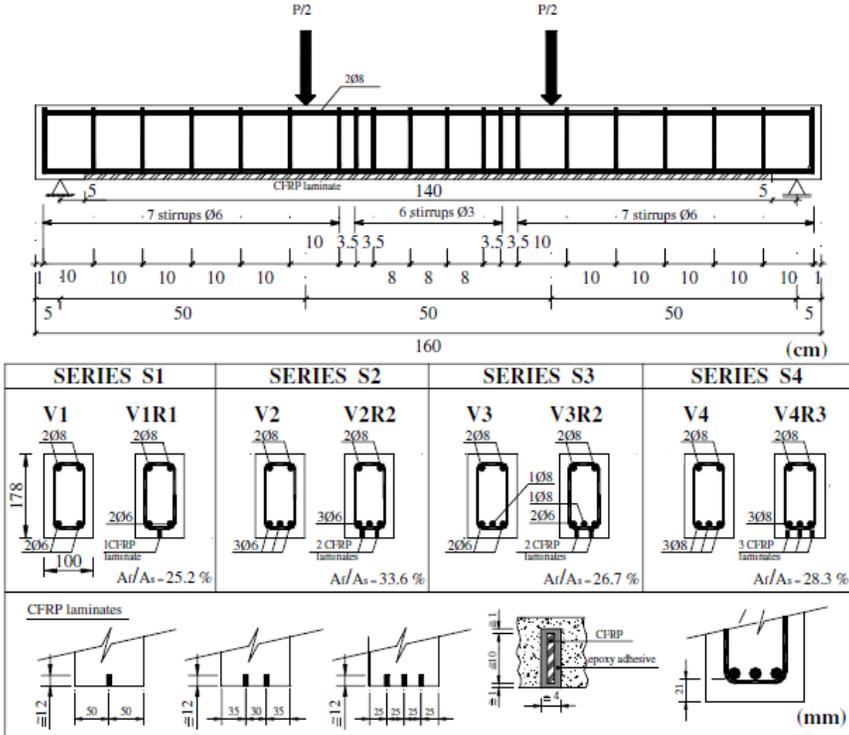
وهي جوائز بيتونية مسلحة متماثلة في الشكل الهندسي والأبعاد بطول 1.6m بمقطع عرضي 100x178mm، ومختلفة من حيث التسليح الفولاذي وعدد وتوضع شرائح التقوية، بالنسبة للجوائز المقواة بشرائح NSM.FRP: تم اقتطاع الأخدود بأبعاد 4mmx12mm وأبعاد شريحة التقوية 1.4mmx10mm.

أبعاد الجوائز وترتيب التسليح وتوضع شرائح التقوية موضحة بالشكل (1).

ويبين الشكل (2) كيفية نمذجة البيتون وقضبان التسليح والارتباط بينهما في بيئة برنامج

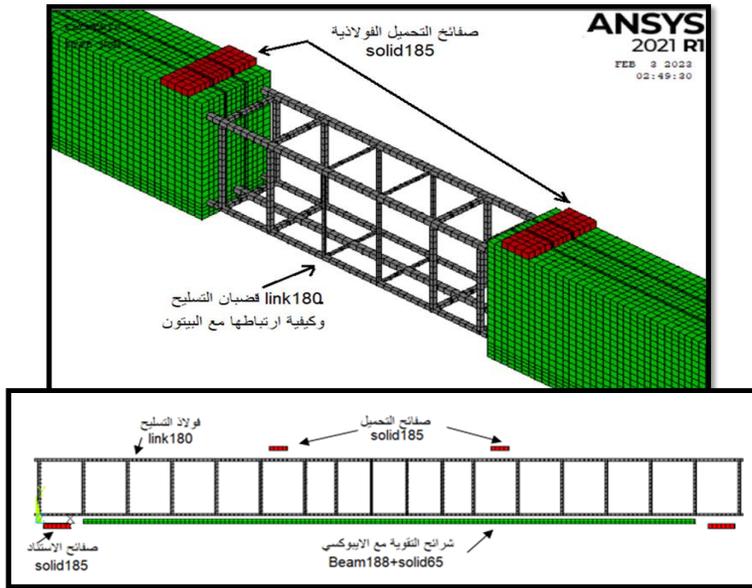
ANSYS وكذلك صفائح الاستناد والتحميل وشرائح التقوية، كما يظهر الشكل (3)

نمذجة الأخدود والمادة اللاصقة وشرائح التقوية وكذلك السطح البيئي في بيئة ANSYS.

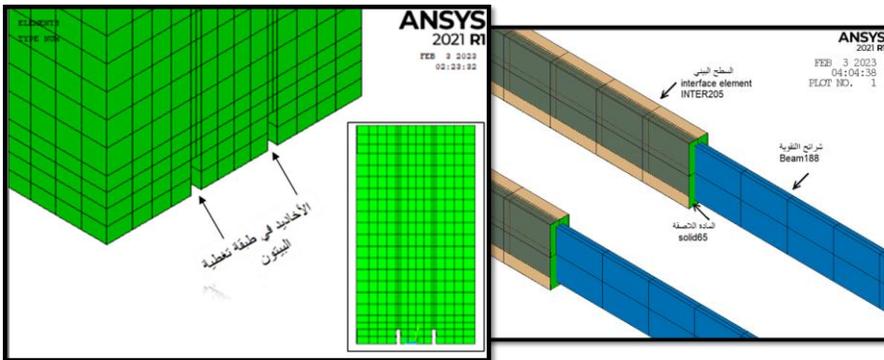


الشكل (1): جوائز اختبار Barros & Fortes [3]

دراسة البارامترات المؤثرة على سلوك الجوائز البيتونية المدعمة بشرايح من المواد البوليميرية المسلحة بالألياف



الشكل (2): نموذج الجائز المقوى في بيئة برنامج ANSYS



الشكل (3): نمذجة الأخدود والمادة اللاصقة وشرايح التقوية ضمن طبقة التغطية ببرنامج

ANSYS

استخدمنا الأبعاد والمواصفات الهندسية التالية لتحديد حالة مرجعية في الدراسة

البارامترية (أي تؤخذ هذه القيم في الدراسة البارامترية ما لم يذكر خلاف):

المقاومة المميزة للبيتون $f_c=45\text{MPa}$ ، معامل المرونة شريحة FRP $E_f=160\text{GPa}$ ،
مساحة المقطع العرضي للشريحة واحدة FRP $A_f=14\text{mm}^2$ ، سماكة شرائح الـ FRP
 $=1.4\text{mm}$ ، المسافة الشاقولية بين فولاذ التسليح وشريحة FRP $c_h=10\text{mm}$ ، ارتفاع
الجائز $h=225\text{mm}$ ، عرض الجائز $b=185\text{mm}$ ، نسبة تسليح الشد (الفولاذي) الطولي
 $\rho_{\text{steel}}=0.5\%$.

3-2- تأثير خصائص شرائح التقوية وعددها

(معامل المرونة - المساحة - الصلابة المحورية $(E_f A_f)$):

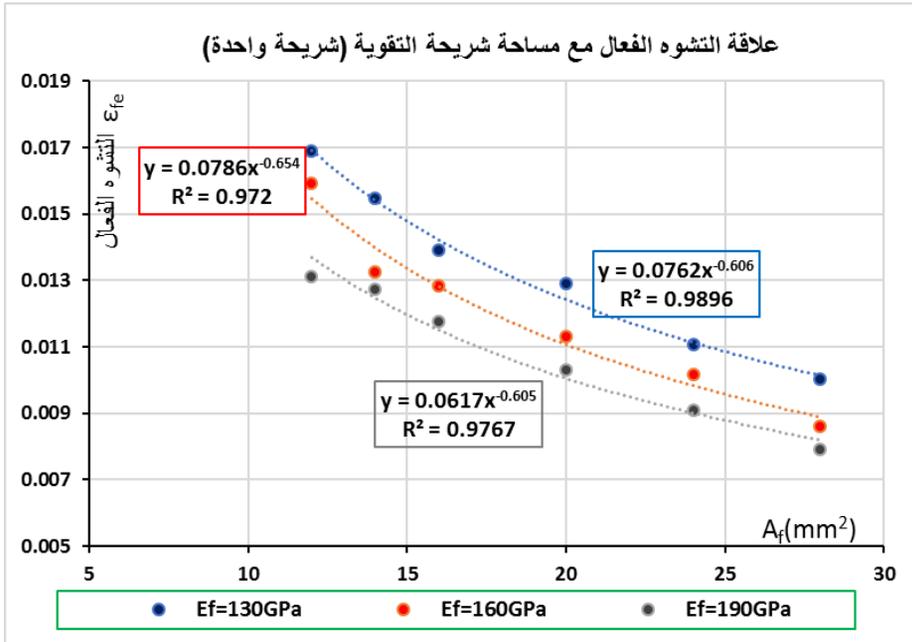
تم دراسة ثلاث قيم لمعامل مرونة شرائح التقوية (130 -160 -190 GPa) وسبع
قيم مختلفة لمساحة شريحة الـ FRP ($A_f=12, 14, 16, 20, 24, 28, 30$) mm^2
وذلك لجوائز مقواة بشريحة واحدة (1strip)، كما تم دراسة نفس قيم معامل المرونة
السابقة مع مساحات لشرائح الـ FRP ($A_f = 24, 28, 32, 40, 48, 56, 60$)
 mm^2 وذلك للجوائز المقواة بشريحتين (2strip)، أما بالنسبة للجوائز المقواة بثلاث
شرائح تقوية (3strip) فكانت مساحات شرائح التقوية ($A_f = 36, 42, 48, 60$) أما
بالنسبة لباقي الأبعاد والمواصفات الهندسية للجائز تبقى ثابتة كما في الجائز المرجعي.

حيث تراوحت الصلابة المحورية لشرائح FRP المدروسة من 1560 kN

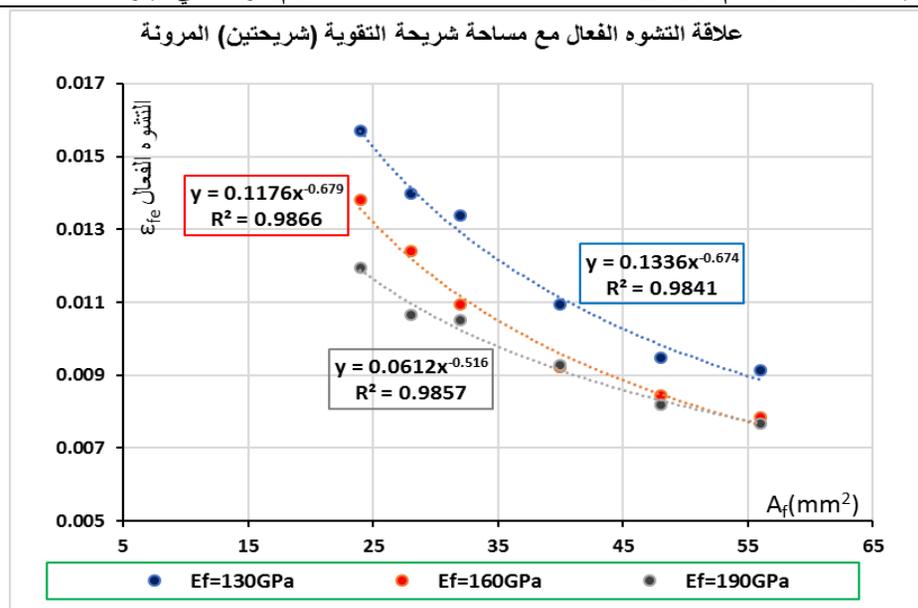
($130\text{GPa} \times 12\text{mm}^2$) إلى 11400 kN ($190\text{GPa} \times 60\text{mm}^2$).

ومن الأشكال (4)(5)(6) نجد أن قيمة التشوه الفعال لشريحة التقوية تقل بزيادة مساحة الشريحة وتقل أيضاً بزيادة معامل المرونة، وبالتالي لمساحة شرائح التقوية FRP ومعامل مرونتها دوراً كبيراً في تحديد فعالية التقوية.

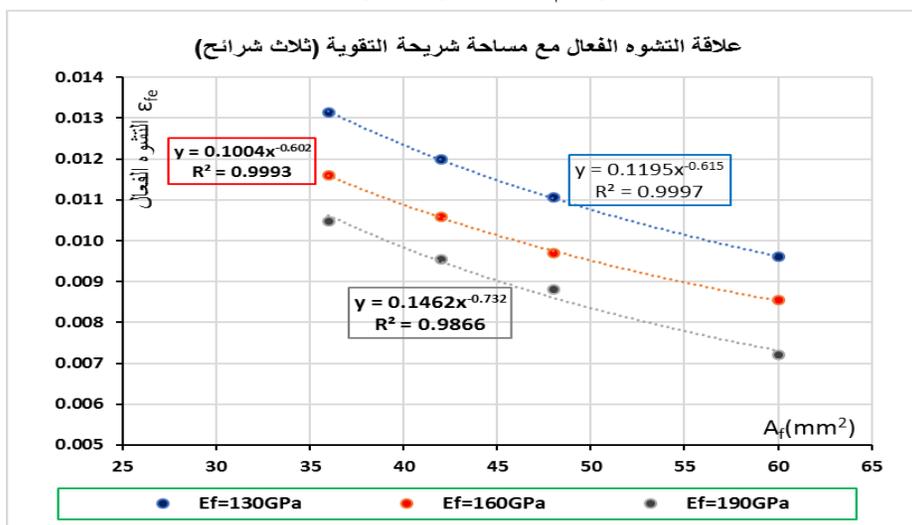
كما تم توضيح تأثير الصلابة المحورية ($E_f A_f$) على التشوه الفعال لشرائح الـ FRP (ϵ_{fe}) في الشكل (7) حيث تتناقص قيمة التشوه الفعال لشريحة التقوية بزيادة الصلابة المحورية لها، وكما نلاحظ أن هناك علاقة عكسية بين التشوه الفعال والصلابة المحورية لشريحة تقوية واحدة وهي تقريباً من رتبة $E_f A_f^{0.6}$



الشكل (4): علاقة التشوه الفعال لجوائز مقوى بشريحة FRP واحدة مع مساحة الشريحة عند تغير قيم معامل مرونة الشريحة

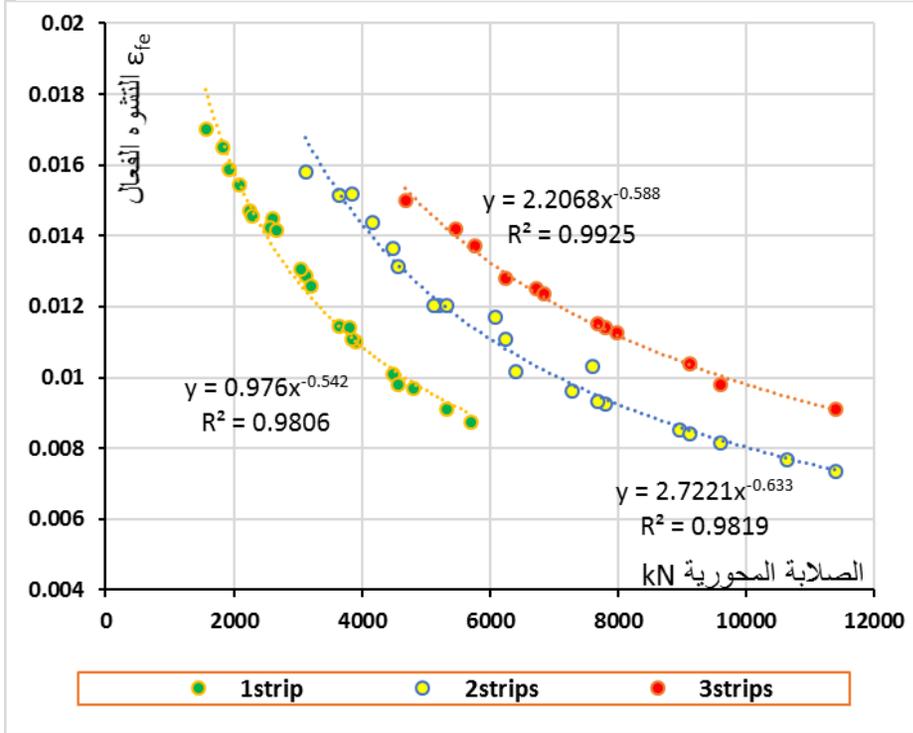


الشكل (5): علاقة التشوه الفعال لجائز مقوى بشريحتين مع مساحة شريحة التقوية عند تغيير قيم معامل مرونة شريحة الـ FRP



(6): علاقة التشوه الفعال لجائز مقوى بثلاث شرائح مع مساحة شريحة التقوية مع تغيير قيم معامل مرونة شريحة FRP

دراسة البارامترات المؤثرة على سلوك الجوائز البيتونية المدعمة بشرائح من المواد البوليميرية المسلحة بالألياف



الشكل (7): علاقة التشوه الفعال مع الصلابة المحورية لشريحة FRP

نلخص بالجدول (1) نتائج تشوهات شرائح FRP عند الانهيار و نلاحظ من الجدول أن هناك اختلاف في فعالية التقوية مختلف باستخدام شريحتين مجموع مساحتهما يساوي مساحة شريحة واحدة تم وضعها في منتصف الجائز على سبيل المثال بمقارنة جائز مقوى بشريحة واحدة مساحتها ($A_f = 28\text{mm}^2$) ومعامل مرونتها ($E_f = 130\text{GPa}$) مع جائز مقوى بشريحتين مساحة كل شريحة ($A_f = 14\text{mm}^2$) وبنفس قيمة معامل المرونة نجد أن التشوه الفعال أكبر في الجوائز المقواة بشريحتين مقارنة مع الجوائز المقواة بشريحة واحدة لنفس المساحة ومعامل المرونة ويمكننا أن نفسر ذلك أن محيط شريحتين بأبعاد (1.4×10^2) أكبر من محيط شريحة واحدة بأبعادها (2.8×10^2) وبالتالي محيط التصاق الايبوكسي مع البيتون أكبر وقوة التماسك أكبر وبالتالي مقاومة للانفصال أكبر ، وهذا ما تم اثباته تجريبياً [4] [3].

ومن خلال مراجعتنا للأبحاث المنشورة في المجالات العلمية المحكمة تبين لنا أنه عند الدراسة بطريقة العناصر المنتهية تم الاعتماد على نموذج واحد وهو شريحة في منتصف الجائز فقط لذلك قمنا في هذا البحث بالدراسة البارامتريّة لجائز مقوى بشريحة واحدة في المنتصف كنموذج أول وجائز مقوى بشريحتين كنموذج ثاني وجائز مقوى بثلاث شرائح كنموذج ثالث.

الجدول (1): تأثير الصلابة المحورية على تشوه شريحة FRP عند الانهيار

عدد الشرائح n	الصلابة المحورية لشريحة FRP			التشوه الفعال لشريحة التقوية
	E_f (GPa)	A_f (mm ²)	$E_f * A_f$ (kN)	
1strip	130	12	1560	0.01700
	130	14	1820	0.01650
	130	16	2080	0.01543
	130	20	2600	0.01447
	130	24	3120	0.01286
	130	28	3640	0.01146
	130	30	3900	0.01099
	160	12	1920	0.01589
	160	14	2240	0.01471
	160	16	2560	0.01424
	160	20	3200	0.01258
	160	24	3840	0.01109
	160	28	4480	0.01011
	160	30	4800	0.00970
	190	12	2280	0.01456
	190	14	2660	0.01414
	190	16	3040	0.01306
	190	20	3800	0.01142
	190	24	4560	0.01001
	190	28	5320	0.00912
190	30	5700	0.00875	
2strip	130	24	3120	0.01580
	130	28	3640	0.01513
	130	32	4160	0.01438
	130	40	5200	0.01205
	130	48	6240	0.01108
	130	56	7280	0.00963

دراسة البارامترات المؤثرة على سلوك الجوائز البيتونية المدعمة بشرائح من المواد البوليميرية المسلحة بالألياف

متابعة الجدول (1): تأثير الصلابة المحورية على تشوه شريحة FRP عند الانهيار

عدد الشرائح	الصلابة المحورية لشريحة FRP			التشوه الفعال لشريحة التقوية
	E_f (GPa)	A_f (mm ²)	$E_f * A_f$ (kN)	
2strip	130	60	7800	0.00924
	160	24	3840	0.01518
	160	28	4480	0.01366
	160	32	5120	0.01202
	160	40	6400	0.01015
	160	48	7680	0.00933
	160	56	8960	0.00851
	160	60	9600	0.00816
	190	24	4560	0.01313
	190	28	5320	0.01203
	190	32	6080	0.01169
	190	40	7600	0.01031
	190	48	9120	0.00842
	190	56	10640	0.00767
190	60	11400	0.00736	
3strips	130	36	4680	0.01551
	130	42	5460	0.01414
	130	48	6240	0.01305
	130	60	7800	0.01142
	160	36	5760	0.01370
	160	42	6720	0.01251
	160	48	7680	0.01152
	160	60	9600	0.00979
	190	36	6840	0.01235
	190	42	7980	0.01126
	190	48	9120	0.01040
	190	60	11400	0.00910

3-3 تأثير مقاومة البيتون f_c :

درسنا تأثير اختلاف مقاومة البيتون ($f_c = 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55$) على ثلاث قيم لمعامل مرونة شرائح FRP (130 -160 -190 GPa) وسبع قيم مختلفة لمقطع شريحة ال FRP بالنسبة للجائز المقوى بشريحة واحدة ($A_f = 12, 14, 20, 24, 28, 30, 36$) وسبع قيم مختلفة أيضاً لشريحة التقوية ($A_f = 24, 28, 30, 32, 40, 48, 56, 60$ mm²) للجوائز المقواة بشريحتين أما بالنسبة للجوائز المقواة بثلاث شرائح تم دراسة أربع قيم ($A_f = 36, 42, 48, 60$ mm²) أما بالنسبة لباقي الأبعاد والمواصفات الهندسية للجائز فبقيت ثابتة كما في الجائز المرجعي.

تم تنظيم تشوهات ال FRP المتوقعة عند الانهيار في الجدول (2) والشكل (8) يوضح التمثيل البياني لها حيث اخترنا بعض من المنحنيات التي تربط التشوه الفعال مع مقاومة البيتون بما يتوافق والصلابة المحورية لشرائح التقوية ($E_f A_f = 1820 \text{ kN}, 3640 \text{ kN}, 4680 \text{ kN}, 6080 \text{ kN}, 7280 \text{ kN}, 9120 \text{ kN}, 11400 \text{ kN}$)

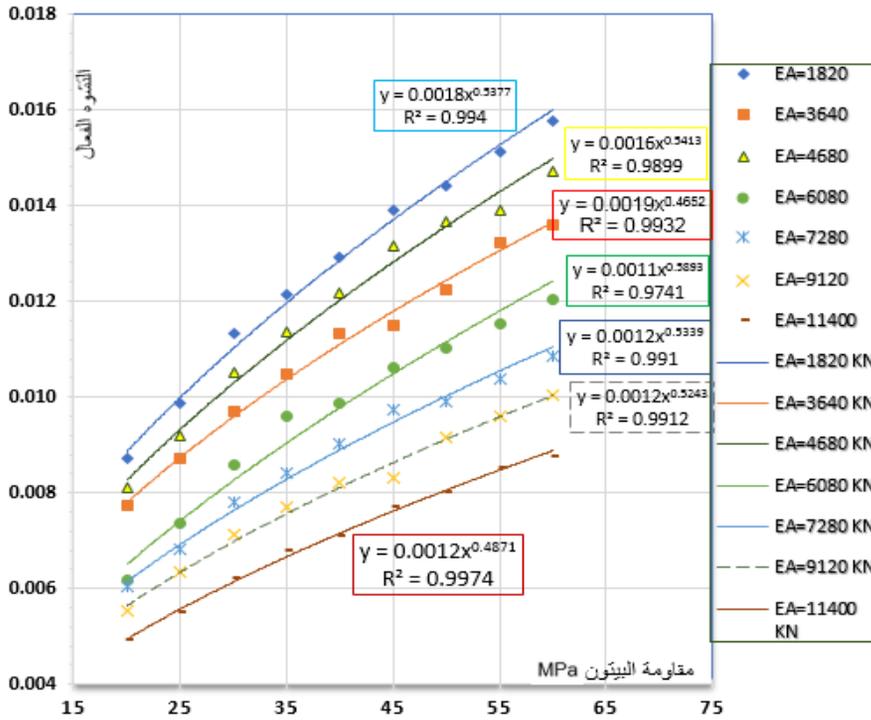
ومن خلالها يمكن ملاحظة أن تشوه ال FRP يزداد بزيادة مقاومة البيتون على الضغط هو بشكل تقريبي يتعلق بالقيمة $\sqrt{f_c}$.

مع ملاحظة أن هناك 54 منحنى يربط بين التشوه ومقاومة البيتون وفق صلابة شريحة التقوية للجوائز المقواة بشريحة واحدة أو شريحتين أو ثلاث شرائح كما يوضح الجدول (2) وكل هذه المنحنيات أعطت أن مقاومة البيتون تدخل ضمن علاقة التشوه

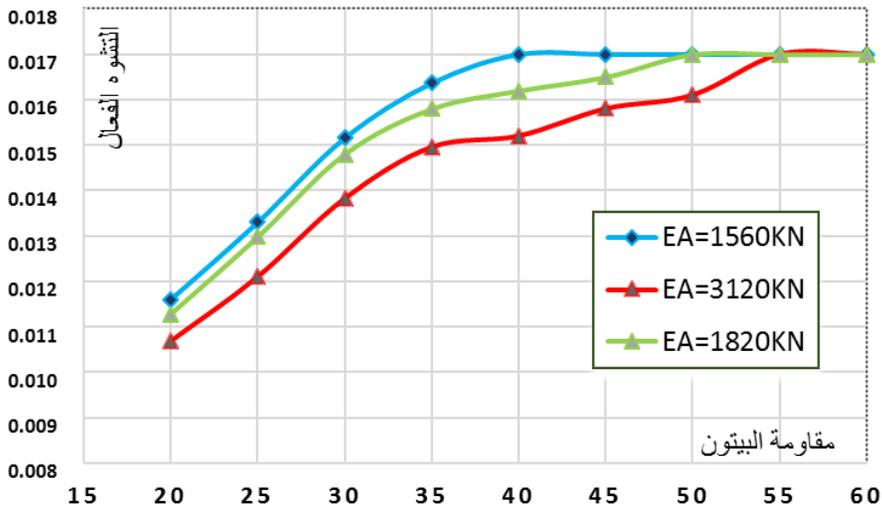
الفعال بجذرها التربيعي تقريباً باستثناء ثلاث حالات ($E_f A_f = 1560 \text{ kN}$, 1820 kN ,) (3120 kN) الموضحة بالشكل (9) والتي لابد من إيجاد تفسير لها.

تفسير الحالات الشاذة:

بالعودة إلى الشكل (8) نجد أن ثبات قيمة التشوه كانت (لجائز مقوى بشريحة واحدة $f_c = 40$) عند مقاومة للبيتون الموافقة ($E_f A_f = 1560 \text{ kN}$, $E_f = 130 \text{ GPa}$, $A_f = 12 \text{ mm}^2$)، وعندما تم تقوية الجائز بشريحتين مساحة مقطع الشريحة الواحدة (MPa)، أما الحالة الثالثة فهي لجائز مقوى بشريحة واحدة وبمساحة للبيتون ($f_c = 55 \text{ MPa}$)، أما الحالة الثالثة فهي لجائز مقوى بشريحة واحدة وبمساحة للبيتون إلى ($f_c = 50 \text{ MPa}$). ونشير هنا إلى أنه لا يمكننا ان نحدد ثبات قيمة التشوه الفعال بمقاومة البيتون فقط، بالعودة إلى الحالات الثلاث نجد أن مساحة مقطع شريحة التقوية الواحد ($14, 12 \text{ mm}^2$) وبالتالي صغر مساحة مقطع الشريحة والمقاومة العالية للبيتون كان السبب في أن تصل شريحة التقوية إلى تشوهها الأعظمي وحدوث انقطاع في شريحة التقوية.



الشكل (8): تأثير مقاومة الببتون على التشوه الفعال عند الانهيار



الشكل (9): تأثير مقاومة الببتون على التشوه الفعال عند الانهيار للحالات

($E_f A_f = 1560 \text{ kN}, 1820 \text{ kN}, 3120 \text{ kN}$)

دراسة البارامترات المؤثرة على سلوك الجوائز البيتونية المدعمة بشرايح من المواد البوليميرية المسلحة بالألياف

الجدول (2): تأثير مقاومة البيتون مع التشوه الفعال لشريحة FRP عند الانهيار

n	E _f A _f (kN)			مقاومة البيتون f _c (MPa)								
	E _f	A _f	E _f *A _f	20	25	30	35	40	45	50	55	60
1strip	130	12	1560	0.01161	0.01330	0.01516	0.01637	0.01700	0.01700	0.01700	0.01700	0.01700
	130	14	1820	0.01128	0.01298	0.01480	0.01580	0.01620	0.01650	0.01700	0.01700	0.01700
	130	16	2080	0.00967	0.01094	0.01255	0.01349	0.01435	0.01543	0.01601	0.01677	0.01700
	130	20	2600	0.00947	0.01058	0.01166	0.01341	0.01335	0.01447	0.01483	0.01548	0.01615
	130	24	3120	0.00789	0.00896	0.01026	0.01111	0.01191	0.01286	0.01338	0.01297	0.01471
	130	28	3640	0.00764	0.00854	0.00935	0.01010	0.01080	0.01146	0.01208	0.01267	0.01323
	130	30	3900	0.00733	0.00819	0.00898	0.00969	0.01036	0.01099	0.01159	0.01215	0.01269
	160	12	1920	0.00996	0.01123	0.01447	0.01543	0.01645	0.01589	0.01630	0.01690	0.01700
	160	14	2240	0.00852	0.01063	0.01203	0.01336	0.01374	0.01471	0.01522	0.01591	0.01683
	160	16	2560	0.00774	0.00924	0.01129	0.01216	0.01316	0.01424	0.01480	0.01557	0.01631
	160	20	3200	0.00710	0.00882	0.01000	0.01125	0.01175	0.01258	0.01300	0.01357	0.01411
	160	24	3840	0.00740	0.00827	0.00906	0.00978	0.01046	0.01109	0.01170	0.01227	0.01281
	160	28	4480	0.00674	0.00754	0.00826	0.00892	0.00954	0.01011	0.01066	0.01118	0.01168
	160	30	4800	0.00647	0.00723	0.00792	0.00856	0.00915	0.00970	0.01023	0.01073	0.01121
	190	12	2280	0.00908	0.01027	0.01151	0.01265	0.01352	0.01456	0.01512	0.01585	0.01656
	190	14	2660	0.00887	0.01001	0.01141	0.01248	0.01315	0.01414	0.01468	0.01538	0.01606
	190	16	3040	0.00799	0.00864	0.01047	0.01148	0.01212	0.01306	0.01357	0.01424	0.01488
	190	20	3800	0.00693	0.00789	0.00905	0.00983	0.01055	0.01142	0.01188	0.01256	0.01309
190	24	4560	0.00667	0.00746	0.00817	0.00883	0.00944	0.01001	0.01055	0.01106	0.01156	
190	28	5320	0.00608	0.00680	0.00745	0.00805	0.00860	0.00912	0.00962	0.01009	0.01054	
190	28	5320	0.00608	0.00680	0.00745	0.00805	0.00860	0.00912	0.00962	0.01009	0.01054	
190	30	5700	0.00584	0.00652	0.00715	0.00772	0.00825	0.00875	0.00923	0.00968	0.01011	
2strips	130	24	3120	0.01068	0.01209	0.01382	0.01495	0.01520	0.01580	0.01610	0.01700	0.01700
	130	28	3640	0.00955	0.01079	0.01233	0.01356	0.01425	0.01513	0.01593	0.01664	0.01688
	130	32	4160	0.00846	0.00987	0.01213	0.01274	0.01334	0.01438	0.01505	0.01574	0.01653
	130	40	5200	0.00730	0.00867	0.00991	0.01072	0.01119	0.01205	0.01251	0.01312	0.01372
	130	48	6240	0.00708	0.00794	0.00902	0.01064	0.01033	0.01108	0.01148	0.01201	0.01251

متابعة الجدول (2): تأثير مقاومة البيتون مع التشوه الفعال لشريحة FRP عند الانهيار

n	E _f A _f (kN)			مقاومة البيتون (MPa) f _c								
	E _f	A _f	E _f *A _f	20	25	30	35	40	45	50	55	60
2strips	130	56	7280	0.00642	0.00662	0.00787	0.00850	0.00908	0.00963	0.00936	0.00981	0.01025
	130	60	7800	0.00616	0.00634	0.00755	0.00815	0.00871	0.00924	0.00897	0.00941	0.00983
	160	24	3840	0.00843	0.01009	0.01225	0.01322	0.01411	0.01518	0.01575	0.01650	0.01700
	160	28	4480	0.00770	0.00930	0.01094	0.01241	0.01266	0.01366	0.01419	0.01495	0.01556
	160	32	5120	0.00678	0.00806	0.00977	0.01013	0.01120	0.01202	0.01245	0.01304	0.01358
	160	40	6400	0.00576	0.00669	0.00815	0.00907	0.00941	0.01015	0.01054	0.01105	0.01154
	160	48	7680	0.00622	0.00640	0.00762	0.00823	0.00880	0.00933	0.00906	0.00950	0.00992
	160	56	8960	0.00567	0.00583	0.00694	0.00750	0.00802	0.00851	0.00824	0.00864	0.00903
	160	60	7800	0.00544	0.00559	0.00666	0.00720	0.00769	0.00816	0.00790	0.00829	0.00866
	190	24	4560	0.00826	0.00931	0.01060	0.01156	0.01221	0.01313	0.01362	0.01427	0.01489
	190	28	5320	0.00735	0.00829	0.00944	0.01037	0.01087	0.01203	0.01215	0.01299	0.01329
	190	32	6080	0.00678	0.00809	0.00945	0.01057	0.01087	0.01169	0.01212	0.01269	0.01324
	190	40	7600	0.00610	0.00719	0.00821	0.00886	0.00948	0.01031	0.01060	0.01113	0.01162
	190	48	9120	0.00561	0.00577	0.00687	0.00742	0.00793	0.00842	0.00815	0.00855	0.00893
190	56	10640	0.00511	0.00525	0.00626	0.00677	0.00723	0.00767	0.00742	0.00778	0.00813	
190	60	7800	0.00491	0.00503	0.00601	0.00649	0.00694	0.00736	0.00712	0.00746	0.00780	
3strips	130	36	4680	0.00956	0.01084	0.01240	0.01342	0.01437	0.01551	0.01611	0.01638	0.01700
	130	42	5460	0.00841	0.01001	0.01140	0.01244	0.01301	0.01414	0.01468	0.01539	0.01606
	130	48	6240	0.00815	0.00831	0.01069	0.01244	0.01212	0.01305	0.01355	0.01421	0.01484
	130	60	7800	0.00716	0.00822	0.00920	0.00993	0.01061	0.01142	0.01185	0.01241	0.01296
	160	36	5760	0.00836	0.00902	0.01107	0.01213	0.01274	0.01370	0.01421	0.01559	0.01576
	160	42	6720	0.00788	0.00888	0.01066	0.01070	0.01162	0.01251	0.01294	0.01356	0.01415
	160	48	7680	0.00635	0.00763	0.00935	0.01051	0.01073	0.01152	0.01194	0.01293	0.01302
	160	60	9600	0.00551	0.00660	0.00812	0.00877	0.00956	0.00979	0.01047	0.01097	0.01146
	190	36	6840	0.00811	0.00881	0.01002	0.01236	0.01151	0.01235	0.01281	0.01340	0.01431
	190	42	7980	0.00709	0.00798	0.00909	0.00999	0.01008	0.01126	0.01172	0.01244	0.01277
	190	48	9120	0.00575	0.00650	0.00834	0.00902	0.00965	0.01040	0.01079	0.01133	0.01184
	190	60	11400	0.00579	0.00650	0.00734	0.00802	0.00837	0.00910	0.00943	0.01005	0.01032

3-4 تأثير نسبة التسليح الفولاذي الطولي:

أوضحت الدراسات التجريبية [4-5] أهمية نسبة التسليح في تحديد كفاءة نظام التقوية (NSM-FRP) حيث وجدت هذه الدراسات أن فعالية التقوية تكون أكبر في الجوائز المسلحة بنسبة تسليح منخفضة [4]، كما أن هناك دراسات أوجدت علاقة خطية بين التشوه الفعال والنسبة المكافئة لفولاذ التسليح وشرائح التقوية [8] ، تم في هذا البحث

دراسة البارامترات المؤثرة على سلوك الجوائز البيتونية المدعمة بشرائح من المواد البوليميرية المسلحة بالألياف

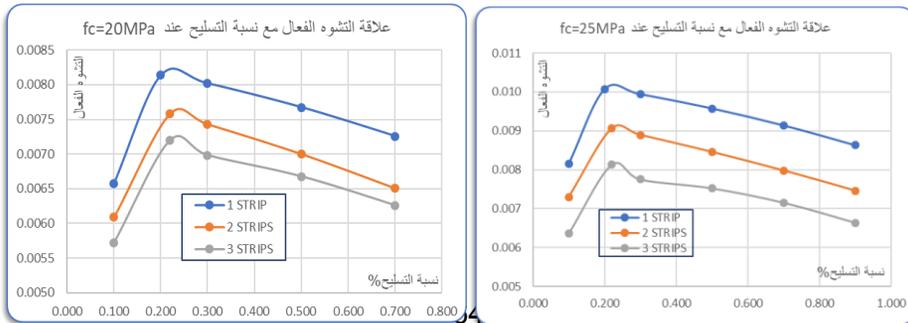
دراسة تأثير هذا البارامتر وذلك بزيادة نسبة التسليح من النسبة 0.1% وهي نسبة أقل من التسليح الأدنى للجائز إلى ما يقارب $0.75\rho_{sb}$ ودراسة تأثير هذه النسبة بتغيير مساحة ومعامل مرونة شريحة التقوية E_f وتغيير مقاومة الببتون f_c لجائز مقوى بشريحة واحدة ولجائز مقوى بشريحتين ومقوى بثلاث شرائح.

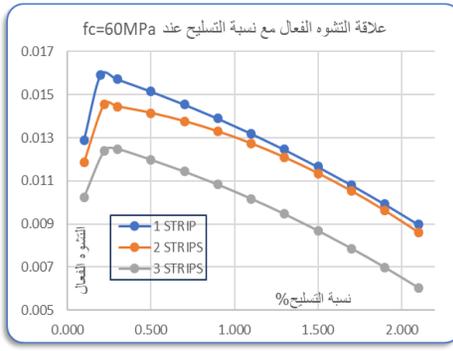
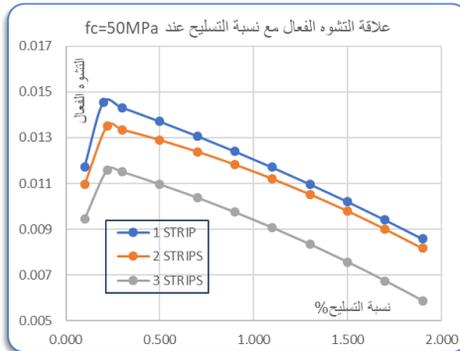
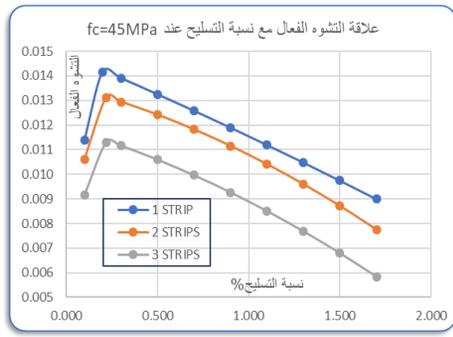
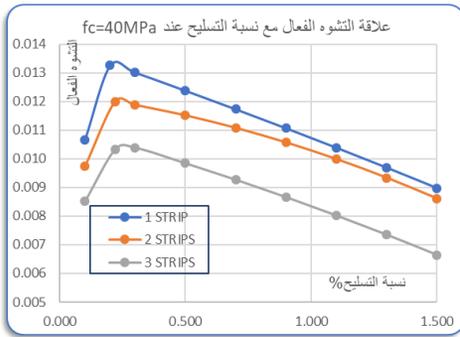
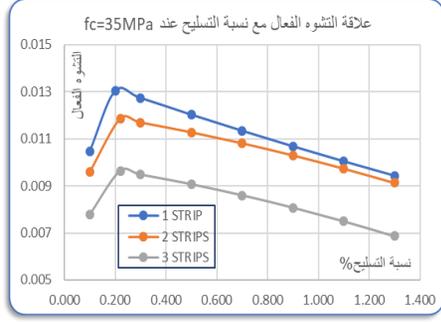
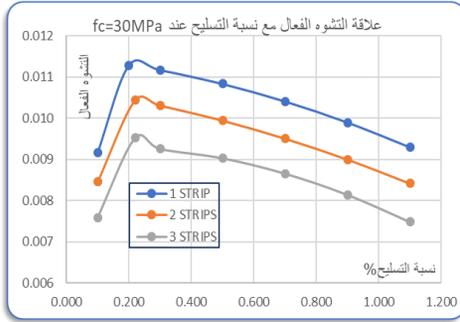
قمنا بتمثيل بعض الحالات بيانياً وعرضها في الشكل (10) وذلك لجوائز مقواة بشريحة واحدة ($A_f=14\text{mm}^2$, $E_f=160\text{GPa}$) وجوائز مقواة بشريحتين أو ثلاث شرائح.

كما هو واضح من هذه الأشكال: تزداد قيمة التشوه الفعال حتى الوصول إلى نسبة التسليح الدنيا ومن ثم تنقص قيمة التشوه الفعال بزيادة نسبة التسليح وهذا يعني أن كفاءة نظام (NSM.FRP) تكون أعلى في الجوائز المسلحة بنسب تسليح منخفضة مقارنة مع نسب التسليح العالية وعلاقة التشوه الفعال لشريحة التقوية مع التسليح الموجود في الجائز المقوى هي تابع من الدرجة الثانية في حال كانت نسبة التسليح أكبر من النسبة الدنيا.

ومع ذلك لم يؤخذ تأثير نسبة التسليح لتحديد كفاءة التقوية في الكودات المعنية [6][1] وهذا ما أكده الباحث [7] Moawad.

بنتيجة دراسة هذا البارامتر لدينا 21 جدول يحوي قيم عديدة للتشوه الفعال مع تغيير نسبة التسليح الفولاذي وتغيير المقاومة مع تغيير الصلابة المحورية للشريحة وتغيير عدد الشرائح يمكن طلبها من الباحث عند الحاجة لها.





الشكل (10): تأثير نسبة التسليح على التشوه الفعال لشريحة FRP مع تغيير مقاومة البيتون

3-5 - تأثير عزم عطالة شريحة FRP:

للتحقق من تأثير عزم العطالة لشريحة FRP (I_f) درسنا قيم له تتراوح من (-233 mm^4) (شريحة واحدة) وحافظنا على مساحة مقطع شريحة FRP ثابتة وتساوي $28mm^2$ ، وتم تغيير الارتفاع والعرض لشريحة الـ FRP لتعطي قيمة I_f المطلوبة. التشوهات المتوقعة في شريحة الـ FRP عند الانهيار تم ادراجها في الجدول (3) ونلاحظ من الجدول أن الفوارق بين نتائج التشوهات المتوقعة هي حوالي 1.25% وهي قيم صغيرة جداً يمكننا إهمالها كما أن سماكة طبقة التغطية محدودة ولا يمكن زيادة ارتفاع الشريحة لذلك يبقى تأثير هذا العامل محدوداً في الواقع العملي.

الجدول (3): تأثير عزم عطالة I_f شريحة FRP على قيم التشوه الفعال عند الانهيار

النسبة في نقصان التشوه	التشوه الفعال في شريحة FRP	عزم عطالة الشريحة mm^4
0%	0.01011	233.3
0.93%	0.010016	317.6
1.04%	0.010005	457.3
1.16%	0.009993	714.6
1.25%	0.009891	933.3

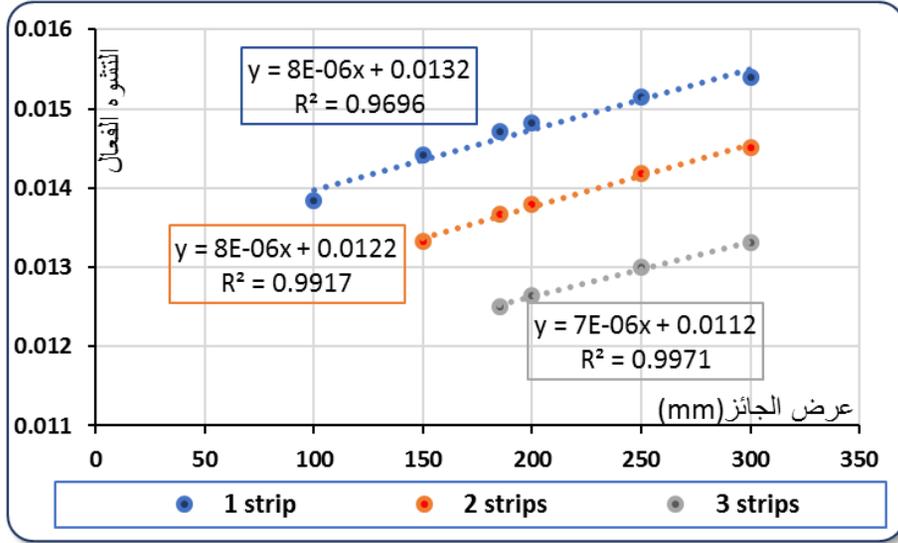
4-6- تأثير عرض الجائز b:

في هذه الدراسة البارامترية تم التحقق من عرض الجائز ($b = 100, 150, 200, 250, 300mm$) لجوائز مقواة بشريحة واحدة ومن ($b = 150, 200, 250, 300mm$) للجوائز المقواة بشريحتين وكذلك ($b = 200, 250, 300$) للجوائز المقواة بثلاث شرائح بالإضافة إلى الجائز المرجعي ($b = 185mm$).

قمنا بتجميع نتائج التشوهات المتوقعة لشريحة FRP عند الانهيار وذلك للجوائز المقواة بشريحة واحدة أو شريحتين أو ثلاث شرائح وعلاقتها مع العرض في الجدول (4) وتم تمثيلها بيانياً في الشكل (11) وهنا نلاحظ زيادة تشوه الـ FRP مع العرض.

الجدول (4): تأثير عرض الجائز على التشوه الفعال لشريحة FRP عند الانهيار

عدد الشرائح n	العرض b mm	التشوه في شريحة التقوية FRP
1 strip	100	0.01384
	150	0.01441
	185	0.01471
	200	0.01482
	250	0.01515
	300	0.01540
2 strips	150	0.01223
	185	0.01255
	200	0.01267
	250	0.01330
	300	0.01371
3 strips	185	0.01147
	200	0.01170
	250	0.01215
	300	0.01244



الشكل (11): تأثير عرض الجائز على التشوه الفعال لشريحة FRP عند الانهيار

ومن المتوقع أن تشوه الانهيار في الـ FRP يتناسب مع عرض الجائز في حال كانت باقي البارامترات ثابتة. وذلك لأنه بزيادة العرض تزداد المسافة بين قضبان التسليح المشدود من جهة وتزيد المسافة الأفقية بين قضبان التسليح وشريحة التقوية من جهة أخرى وهذا يخفف من تأثير الاجهادات الدائرية المطبقة على البيتون بسبب القضبان الفولاذية المشدودة.

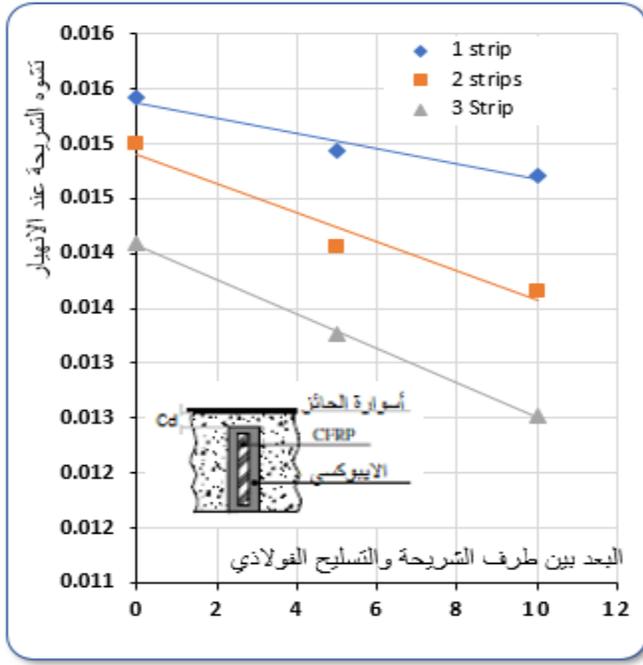
3-7 تأثير المسافة بين فولاذ التسليح وشريحة FRP (c_d):

تحققنا من تأثير المسافة بين الطرف العلوي لشريحة التقوية والتسليح الفولاذي للأساور (c_d) بتغيير قيمتها (0, 5mm, 10mm)، ونظمنا النتائج العددية لهذه القيم في

الجدول (5). وتظهر النتائج مدى تأثير هذا البارامتر على تشوه شريحة FRP عند الانهيار، وتم تمثيل العلاقة بين تشوه شريحة FRP عند الانهيار و (C_d) بالشكل (11). نلاحظ من الشكل (12) زيادة تشوه الـ FRP بشكل خطي تقريباً مع نقصان قيمة (C_d) وبالتالي زيادة فعالية عملية التقوية إذا كان هناك إمكانية لوضع شرائح التقوية بشكل ملاصق لقضبان التسليح.

الجدول (5): قيم التشوه الفعال للشريحة مع تغير C_d

عدد الشرائح	C_d mm	التشوه الفعال
1 strip	0	0.01542
	5	0.01493
	10	0.01471
2 strips	0	0.01499
	5	0.01407
	10	0.01366
3 Strip	0	0.01410
	5	0.01326
	10	0.01251



الشكل (12): تأثير البعد بين شريحة التقوية والتسليح Cd

على قيم التشوه الفعال لشريحة FRP عند الانهيار

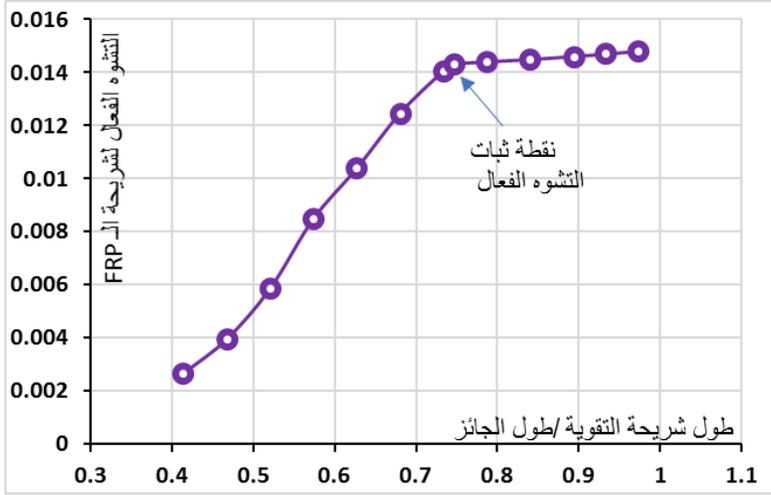
3-8 طول شريحة التقوية:

يعتبر طول شريحة التقوية من العوامل المهمة والتي تؤثر بشكل كبير على سلوك الجائز المقوى بمادة ال FRP لأنه العامل الأساسي في تحديد آلية انهيار الجائز المقوى من جهة وتحديد فعالية التقوية من جهة أخرى [1][4]. ولهذا تم التحقق من تأثير هذا البارامتر على التشوه الفعال عند الأطوال (L_b (mm) 940, 860, 780, 700, 620, 1020, 1100, 1120, 1180, 1260, 1340, 1400, 1460) وذلك بزيادة الطول تدريجياً من نقطة تطبيق القوة باتجاه المسند وهو ما أطلقنا عليه اسم طول التثبيت ($l_b=60, 100, 140, 180, 220, 260, 300, 340, 380, 420, 450, 480$ mm) مع الحفاظ على كل الخصائص الهندسية الأخرى كما في الجائز المرجعي

وتم تجميع النتائج في الجدول (6) والتي تم تمثيلها بيانياً في الشكل (13) وكما نلاحظ أنه كلما زاد طول التثبيت (أي طول شريحة التقوية) زاد التشوه الفعال حتى الوصول إلى قيمة $l_b=300\text{mm}$ أي طول كامل للشريحة $L=1100\text{mm}$ تصبح قيمة الزيادة في التشوه الفعال محدودة ولتحديد القيمة التي تكون عندها الزيادة صغيرة جداً أضفنا إلى الدراسة ($l_b=310\text{mm}$) فوجدنا أن نسبة الزيادة في التشوه الفعال بين النقطتين ($l_b=310\text{mm}$) ($l_b=480\text{mm}$) لا تتجاوز 3.43% .. وبالتالي هناك طول لشريحة التقوية يجب أن نحققه حتى نضمن كفاءة عالية لنظام التقوية NSM.FRP.

جدول (6): قيم التشوه الفعال الموافقة لتغير طول شريحة التقوية

التشوه الفعال	نسبة طول الشريحة / طول الجانز	طول شريحة التقوية $L_b(\text{mm})$	طول التثبيت l_b
0.00268	0.413	620	60
0.00397	0.467	700	100
0.00587	0.520	780	140
0.00808	0.573	860	180
0.01040	0.627	940	220
0.01248	0.680	1020	260
0.01407	0.733	1100	300
0.01432	0.747	1120	310
0.01441	0.787	1180	340
0.01451	0.840	1260	380
0.01462	0.893	1340	420
0.01471	0.933	1400	450
0.01481	0.973	1460	480



الشكل (13): العلاقة بين التشوه الفعال وطول شريحة التقوية FRP

4-الاستنتاجات والتوصيات:

اعتمد هذا البحث على نموذج العناصر المحدودة الموثق [2] لإجراء الدراسة البارامترية للحصول على عدد كبير من النتائج العددية لتشوه شريحة FRP عند الانهيار وتم عرض النتائج والتحقق منها لفهم كيفية تأثير هذه البارامترات على تشوه شرائح التقوية FRP، وتمت هذه الدراسة باعتماد الأبعاد للأخود والتباعدات بين الأخاديد والتباعد بين الأخود وطرف الجائز بما يتوافق مع الكود الأمريكي [1].

وقمنا بالأخذ بعين الاعتبار معظم البارامترات التي من المحتمل أن تؤثر على سلوك الجوائز البيتونية المسلحة المقواة بشرايح FRP بتقنية NSM كمساحة شريحة التقوية FRP (A_f) ومعامل مرونتها (E_f) ، عدد شرائح FRP (n) وموضعها بالنسبة للتسليح الفولاذي (C_d) ، عزم عطالتها (I_f) ، الصلابة المحورية لشريحة التقوية ($E_f A_f$) كما تمت دراسة تأثير خصائص المقطع المقوى كمقاومة البيتون (f_c) ونسبة التسليح الفولاذي

(% ρ_{steel}) في الجائز وعرضه ودراسة التأثير المتبادل لهذه البارامترات على تغير قيم

تشوه شرائح FRP ، وفيما يلي الاستنتاجات من الدراسة :

(1) تزداد فعالية التقوية بزيادة مقاومة البيتون وعرض الجائز المقوى حيث يزداد تشوه

شريحة الـ FRP بزيادة مقاومة البيتون على الضغط هو بشكل تقريبي يتعلق بالقيمة

$\sqrt{f_c}$ ، كما تزداد قيمة هذا التشوه بزيادة عرض الجائز المقوى لأنه يزيد المسافة بين

الشرائح والقضبان الفولاذية.

(2) تتناقص قيمة التشوه الفعال لشريحة التقوية بزيادة الصلابة المحورية لها، وهناك

علاقة عكسية بين التشوه الفعال والصلابة المحورية لشريحة تقوية واحدة وهي تقريباً

$$\text{من رتبة } E_f A_f^{0.6}$$

(3) كفاءة نظام (NSM.FRP) تكون أعلى في الجوائز المسلحة بنسب تسليح منخفضة

مقارنة مع نسب التسليح العالية وعلاقة التشوه الفعال لشريحة التقوية مع التسليح

الموجود في الجائز المقوى هي تابع من الدرجة الثانية في حال كانت نسبة التسليح

أكبر من النسبة الدنيا حيث تتناقص قيمة هذا التشوه مع زيادة نسبة التسليح فوق

النسبة الدنيا.

(4) يمكن زيادة فعالية عملية التقوية بطريقة NSM.FRP في حال تثبيت شرائح التقوية

بشكل ملاصق لقضبان التسليح.

ولضمان كفاءة التقوية لابد من أن يتجاوز طول شريحة التقوية FRP نسبة محددة

من طول الجائز لذلك نوصي في نهاية هذه الدراسة بالتوسع بدراسة طول التثبيت

مع تغير باقي البارامترات ليكون مرجعية لتشكيل قاعدة بيانات نتمكن من خلالها

اقتراح معادلة لطول التثبيت المناسب للوصول إلى أعلى كفاءة للجوائز المقواة

بشرائح FRP.

6- المراجع :

- [1] ACI 440.2R-17. (2017)- Guide for the design and construction of externally bonded FRP systems for strengthening concrete structures, Farmington Hills, MI, USA: American Concrete Institute;
- [2] Mubarak.th, Nasser.I, Hwaija.B (2023)- Modeling and analyzing of NSM strengthened RC beams with FRP strips using ANSYS.
Tishreen University Journal, Vol. (45) ,No. (4):109-127
- [3] Barros.J, Fortes.A (2005)- Flexural strengthening of concrete beams with CFRP laminates bonded into slits. Cement & Concrete Composite, Vol. 27, No. (4), 471–480.
- [4] R. Kotynia, H. Baky, K.Neale, (2021) - Bond Behaviour of Near-Surface Mounted Strips in RC Beams—Experimental Investigation and Numerical Simulations. Materials 14, <https://doi.org/10.3390/ma14164362>
- [5] Askar.M, Hassan.A, Al-Kamaki.Y, (2022)-Flexural and shear strengthening of reinforced concrete beams using FRP composites: A state of the art, Case Studies in Construction Materials 17.
- [6] Technical Report 55,(2012) -Design guidance for strengthening concrete structures using fibre composite materials. 3rd edition, Crowthorne, UK: The Concrete Society; 2012.
- [7] Moawad.M, Flexural Behavior of NSM FRP Strengthened Reinforced Concrete Beams under Sustained Loading, Ph.D. thesis, The University of Girona, (2020).
- [8] Barros, Dias, Lima (2007) - Efficacy of CFRP-based techniques for the flexural and shear strengthening of concrete beams, Cement & Concrete Composite, 29(3), 203-217.

أثر المحسنات الطبيعية على الانكماش كظاهرة سلبية في إنتاج وحدات الطوب الطينية

د.م عارف السويداني- كلية الهندسة المعمارية - الجامعة العربية الدولية- a-swaidani@aiu.edu.sy

swaidani@aiu.edu.sy

د.م أيمن المذيب¹- كلية الهندسة المعمارية- الجامعة العربية الدولية a-mazyab@aiu.edu.sy

د.م لينا عثمان - كلية الهندسة المعمارية - الجامعة العربية الدولية - [aiu.edu.sy |l-othman@](mailto:aiu.edu.sy|l-othman@)

م. ملهم خربوطلي - كلية الهندسة المعمارية - الجامعة العربية الدولية -

aiu.edu.sym-kharboutli@

المخلص

تنتشر الترب الغضارية والسلتية على نطاق واسع في القطر العربي السوري، ويعتبر استخدام الطين كمادة بناء في تشييد المباني طريقة شائعة خصوصاً بما يتعلق بالأبنية التقليدية المنتشرة في المدن القديمة مثل مدينتي دمشق وحلب أو في الريف حيث تتوفر التربة الرخيصة والملائمة، إلا أن استخدام الطين حالياً كمادة بناء بات يعدُّ من التراث المعماري على الرغم من كونه مادة بناء مستدامة صديقة للبيئة وذات خصائص أداء حرارية مثبتة في العديد من الدراسات، حيث تبرز سلبياته المتمثلة في ضعف مقاومته وظاهرتي الانتفاخ والانكماش بالإضافة إلى حاجته للصيانة الدورية، مما يقودنا للبحث عن حلول من أجل تلافي سلبياته وتعزيز إيجابيات استخدامه، حيث يهدف البحث إلى اختبار وتوثيق خصائص الطين المحلي المصنوع من تربة المنطقة الجنوبية في سوريا (منطقة غباغب) كحالة دراسية، و تجربة تحسين خصائصها باستخدام المحسنات التي تمَّ اختيارها من مصادر طبيعية أو من مخلفات الصناعات الزراعية كصناعة عصر الزيتون (المنتشرة كصناعة محلية في نفس المنطقة) والتي تمت إضافتها بنسب تراوحت بين (5% إلى 15%) من الوزن الجاف للتربة السلتية وذلك لاختبارها كمادة

¹ corresponding author

بناء تصلح لإنتاج وحدات الطوب الطيني. وتم إجراء اختبارات التركيب الحبي، حدود أتريغ، الانكماش، ومقاومة القص لعينة التربة السلتية قبل الإضافة، وتبين أنها تربة سلتية عالية اللدونة رمزها (MH) وفق التصنيف الموحد للتربة (USCS) كما تم تحديد البنية البلورية للسيلت باستخدام تحليل الأشعة السينية التفريقي (XRD) وذلك لتوثيق العينة .

بينت نتائج صب العينات من التربة السلتية عالية اللدونة قبل وبعد الإضافة في قوالب خشبية أنّ العينة المرجعية المصبوبة من التربة السلتية برطوبة قريبة من حد السيولة (50%) أظهرت انكماشاً كبيراً، تقيد الانكماش عند استخدام الإضافات بحيث أصبح أقل من انكماش العينة المرجعية. أقل انكماش تمّ الحصول عليه كان عند إضافة الكلس وتقل الزيتون إلى المزيج الطيني.

لاختبار خواص المتانة تمّ صب عينات على شكل مكعبات (4× 4× 4cm) من التربة السلتية عالية اللدونة مع الإضافات وبدونها وكسرها تحت الضغط وقد أظهرت النتائج تزايد قيم مقاومة الضغط عند استخدام الإضافات بشكل ملحوظ وأفضل نتيجة كانت عند إضافة تفل الزيتون بنسبة 10% والكلس بنسبة 5%.

The effect of natural additives on shrinkage as a negative phenomenon in the production of brick units mud

Dr. Aref ALSWIDANI. Faculty of Architectural Engineering, Arab International University_ a-swaidani@aiu.edu.sy.

Dr . Ayman MEZIAB². Faculty of Architectural Engineering, Arab International University, a-mazyab@aiu.edu.sy.

Dr . Lina Othman. Faculty of Architectural Engineering, Arab International University, l-othman@aiu.edu.sy.

Eng . Mulham Kharboutli. Faculty of Architectural Engineering, Arab International University,
m-kharboutli@aiu.edu.sy.

Abstract:

Clayey and silty soils are widely spread in the Syrian Arab country, but using mud brick as a building material is now considered an urban heritage, so the revival of this heritage needs modern additions that improve its positive properties and reduce its negative aspects represented in its weak resistance and the phenomena of swelling and shrinkage, and this is what is expected to be achieved. Using the additives that were chosen in this research from natural sources or from the remnants of agricultural industries, such as the industry of oil olive.

Addition percentages of natural stabilizers and wastes of agricultural industries, between (5% to 15%), were chosen to be added to samples of silty soil to test them as a building material suitable for the production of mud brick units.

² corresponding author

Grain size distribution, Atterberg limits, shrinkage, and shear strength tests were carried out for the silty soil sample before using stabilizers, and it was found that it is a high plasticity silty soil (MH) according to the Unified Soil Classification system (USCS). The crystalline structure of the high plasticity silty soil was also determined using X-ray diffraction analysis (XRD). In order to document the sample.

The results of casting samples of high plasticity silty soil before and after addition in wooden molds, showed that the reference sample cast of high plasticity silty soil with moisture close to the liquid limit (50%) showed significant shrinkage, shrinkage was restricted when using additives so that it became less than the shrinkage of the reference sample. The lowest shrinkage obtained was when lime and olive ash were added to the slurry mixture.

To test the properties of strength, samples were cast in the form of cubes (4×4×4cm) of high plasticity silty soil with and without additives and subjected to pressure till broken.

As a result, the results of improving the high-plasticity silty soil with the addition materials proposed in the research gave promising results with the possibility of using them to produce mud bricks suitable for earth structures with strength and durability suitable for investment.

المقدمة:

يتم البحث حالياً وبشكل متسارع عن حلول بيئية تحول دون النتائج السلبية المترتبة على الاحتباس الحراري والتغير المناخي الذي تعاني منه مجتمعاتنا الإنسانية عموماً. وتعدّ العمارة الطينية أحد أهم هذه الحلول البيئية للاستغناء جزئياً أو كلياً عن مواد البناء المصنعة والتي يدخل في صناعتها الاسمنت الذي تعد صناعته أحد أهم أسباب الانبعاثات الغازية التي تسبب الاحتباس الحراري.

تمّ مؤخراً، البحث عن مواد بناء مستدامة باستخدام مواد طبيعية، والتربة السلتية بوضعها الطبيعي أحد هذه المواد، إلا أن الانتفاخ والانكماش وضعف المقاومة للحمولات المختلفة تعد من خواص هذه التربة التي تحتاج إلى تحسين، إضافة إلى ضعف الترابط بين حبيباتها لعدم وجود مادة رابطة فعالة يمكن أن تتشكل عند المزج مع الماء.

إن استخدام المحسنات بنسب محددة يتوقع أن يؤدي إلى تحسين أداء وجودة السيلت كمادة بناء. وذلك من خلال استخدام تقنيات تحسين بإضافة مواد غنية بالسيليكا والألومينا، تغني هذه المركبات الموجودة أصلاً في التربة السلتية، بينما يمنح الكلس التركيبية المزجية إمكانات أكبر لتشكيل مواد رابطة داخلية يكون السيلت جزء منها وتؤدي بالنتيجة إلى زيادة مقاومته.

إن استخدام وسائل وطرق مبتكرة لتحسين وإنتاج مواد بناء تؤدي الوظيفة الإنشائية بكفاءة وتحقق شروط الاستدامة والعمارة الصديقة للبيئة، هو المستهدف في البحث، ونظراً لتوفر الترب السلتية الذي يشكل مادة البناء الخام، وتوفر الكلس والبوزولانا طبيعياً، وكذلك توفر تفل معاصر الزيتون موسمياً كفضلات صناعية أو نواتج ثانوية (by-product)، فقد تم اختيار هذه المواد لتكون محسنات تمنح الغضار أو السيلت مزايا جيدة وتحسن خواصه كمادة بناء فعالة ومستدامة.

إن الطوب الطيني والأشكال الأخرى من المنشآت الطينية، تصنع في كل انحاء العالم وتستخدم أبسط المواد: تراب (غضار، سيلت ورمل) بالإضافة إلى الماء. ويعتمد تركيبها على توفر المواد الخام والتي تتنوع حسب مناطق العالم [1].

للاستفادة من التجارب السابقة كان لابد من الاطلاع على أهم الأبحاث التي عنيت باستخدام الترب الناعمة (الغضارية أو السلتيّة) بعد تحسينها كمادة بناء، فعلى سبيل المثال عالمياً كانت هناك تجربة بحثية في رومانيا (Gabriela C., et 2016) [2] اعتمدت إضافة قشر القنب والقش بنسبة لا تتعدى 10% من مزيج الطين والماء، وقد نتج عنها عملياً زيادة في قيم المقاومة وتقيد الانكماش والتشققات، أما على صعيد العالم العربي، فقد قام فريق بحثي من جامعة الكويت (Al-Ajmi. et al-2016) [3] بدراسة أثر الإضافات المحسنة على مقاومة الضغط لمزيج الطين الأساسي المكون من الغضار والرمل والماء، مستخدمين الاسمنت والكلس والبيتومين وقش التبن إضافة لألياف الفولاذ كألياف تسليح ضمن وحدات البناء الطينية المجففة بالهواء لمدة 25 يوم. ومن أهم النتائج التي توصل إليها الباحثون، أن زيادة نسبة الإضافة من قش التبن إلى خلطة الطين والرمل تزيد بشكل كبير جداً مقاومة الضغط، بينما أدت زيادة الاسمنت لأكثر من 6% وبوجود قش التبن إلى تناقص في مقاومة الضغط، ولم يتطرق البحث إلى التغيرات الحجمية التي تطرأ على الطين بعد التجفيف وأثر المحسنات على هذه الظاهرة. من الأبحاث التي عالجت موضوع التغير الحجمي لوحدات البناء الطينية ما قام به فريق بحثي من جامعة ميسان العراقية [4] (Dawood.et.al-2021) وذلك عند إضافة ألياف من مصادر طبيعية كالقش أو نشارة الخشب أو قشر الرز لزيادة مقاومة الشد والحد من التشققات الناتجة عن الانكماش، كما درس الفريق أثر إضافة الرمل الناعم أو الخشن لتخفيض التغيرات الحجمية والنوع الثالث من الإضافات كان الإسمنت لزيادة التماسك والتلاصق في خلطة الطين. أبرز النتائج كانت زيادة مقاومة الضغط بشكل

كبير عند إضافة الرمل الخشن وألياف القش إلى الخليط الطيني الذي صنعت منه وحدات الأجر المجففة بالهواء وبدون حرق، أما محلياً فقد كانت هناك دراسة بحثية أقيمت في جامعة دمشق عنيت بمقارنة قيم مقاومة الضغط واختبار امتصاص الماء بالنسبة إلى مزيج من الإضافات المتعلقة بالقش والإسمنت والكلس المطفاً، حيث خلصت التجارب إلى أن العينات المعدلة بالقش بنسبة 6% قد أعطت قيم مقاومة جيدة ولكن بنسب أقل بكثير من العينات المعدلة بالإسمنت والكلس المطفاً. (عيسى م. 2023) [10] مما يشار إليه باهتمام الدراسات التي أجرت دراسة لبنية المكون الأساسي لوحداث الطوب ألا هو التربة الغضارية أو السلتية، باستخدام اختبارات الأشعة السينية التفريقية [4-6] لأسباب نلخصها كما يلي:

- إن معرفة البنية البلورية للتربة التي سيصنع منها وحدات الطوب الطيني يعد توثيقاً لعينة التربة بحيث يمكن استخدامها لاحقاً.
- لتحديد الفلزات الغضارية وغير الغضارية وهذا أمر بغاية الأهمية لتفسير سلوك الانكماش والانتفاخ.
- لتحديد الطور المتبلور والطور الزجاجي من المادة وأهمية ذلك في تحديد خواصها الرابطة وإمكانية تفعيل هذه الخواص.

منهجية البحث:

تم إجراء اختبارات نوعية لعينة التربة المستخلصة من المنطقة الجنوبية في سوريا (منطقة غباغب) و تم استخراج كميات السيلت منها والتي تبين أنها من نوع السيلت عالي اللدونة (MH)، إن هذا التصنيف لا يخرج المادة من دائرة البحث، التي تهتم باستثمار مواد محلية (سيلت) كمواد بناء فعالة ومستدامة.

لذلك فإن الخطوة الأولى كانت الكشف والتحري عن خواص هذه المواد المحلية وتحديد الخواص التي تؤثر بشكل سلبي على أداء وفعالية هذه المواد.

الخطوة الثانية في البحث هي محاولة تحسين الخواص السلبية وتعزيز الخواص الإيجابية للمواد موضوع البحث على أن يكون السيلت عالي اللدونة هو مادة البناء الأساسية واستعمال مواد تحسين محلية للوصول إلى هذه الغاية.

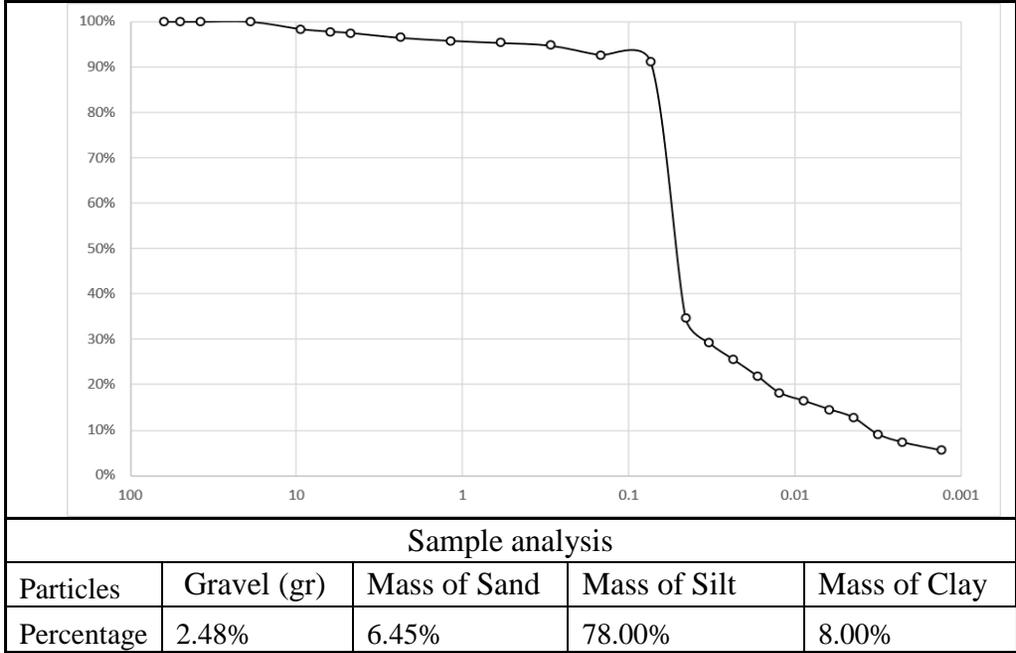
الخطوة الثالثة هي تحديد القيمة المعمارية والإنشائية لوحدة البناء التي يمكن إنتاجها بهذه المنهجية ومحاولة الوصول إلى نتائج تفيد واقع العمل ومواد البناء في المشاريع الهندسية المستدامة.

الدراسة التجريبية والمواد:

أجريت تجارب التركيب الحبي وتجارب التصنيف والانكماش والقص المباشر إضافة إلى تجارب الرص في مخابر الشركة العامة للدراسات الهندسية بينما أجريت تجربة التحليل بالأشعة السينية التفريقية (XRD) في مخابر هيئة الطاقة الذرية.

تجربة التركيب الحبي للتربة:

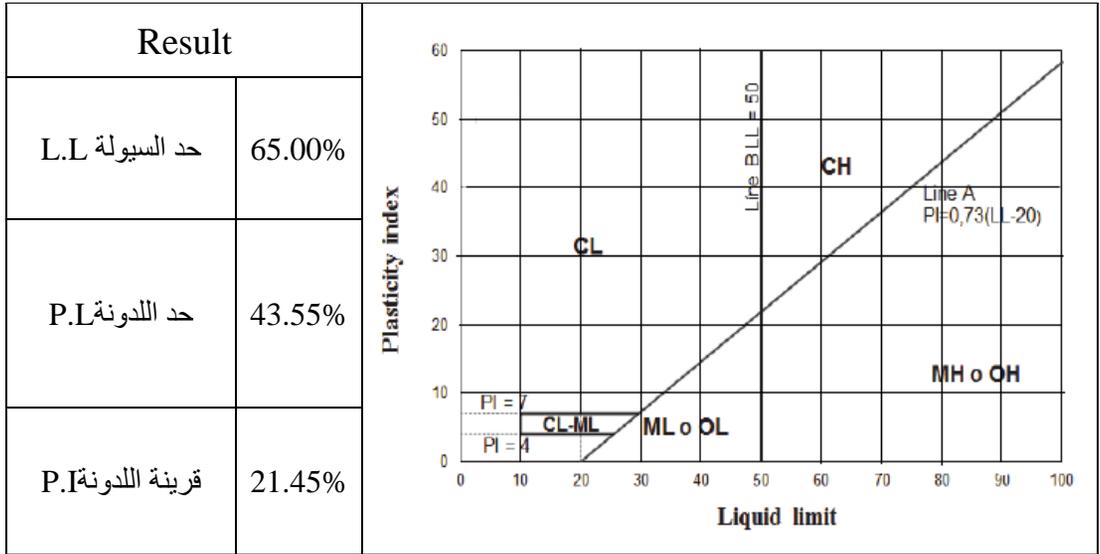
تم إجراء تجربة التركيب الحبي المنخلي والتحليل الحبي بالهيدرومتر، وفق المواصفة القياسية ASTM D-421 والمواصفة ASTM D-422 على الترتيب، وذلك على عينة التربة موضوع الدراسة والنتائج مبينة في الشكل (1) والتي تشير إلى أن مقاس السيلت (Silt) هو السائد بنسبة 78% يليه الغضار (clay) بنسبة 8% والباقي رمل وحصى (sand and gravel).



الشكل (1) نتائج تجربة التركيب الحبي المنخلي والهيدرومتر

حدود أتربغ وتصنيف التربة وفق التصنيف الموحد :

أجريت تجربة حدود أتربغ (حد السيولة وحد اللدونة) على التربة موضوع البحث وفق المواصفة القياسية -ASTM-D4318 و يظهر من الشكل (2) أن التربة موضوع البحث هي تربة سلتية عالية اللدونة رمزها (MH) وفق التصنيف الموحد للتربة (USCS)، حد سيولتها $LL=65\%$ قرينة لدونتها $PI=21.45\%$.



الشكل (2) تصنيف التربة ونتائج تجربة حدود أتبرغ (حد السيولة وحد اللدونة)

تجارب الانكماش:

تم اجراء تجارب الانكماش (حد الانكماش، نسبة الانكماش، الانكماش الحجمي، والانكماش الخطي) على عينة الغضار في مخابر الشركة العامة للدراسات الهندسية وكانت النتائج كما هو مبين في الجدول رقم (1).

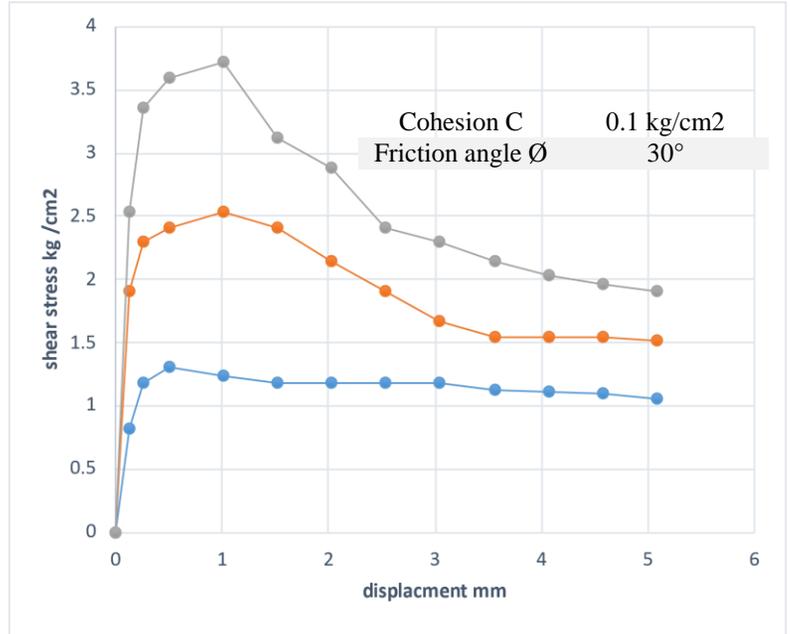
الجدول (1) نتائج تجارب الانكماش (حد الانكماش، نسبة الانكماش، الانكماش الحجمي، والانكماش الخطي)

Sample no	1	2	3	average
Shrinkage limit	14.21%	14.95%	14.99%	14.72%
Shrinkage ratio	1.96	1.90	2.00	1.96
volumetric shrinkage	0.96	0.92	0.95	0.94
linear shrinkage.	118.28	118.26	118.31	118.28

تظهر النتائج حد الانكماش Shrinkage limit لعينة التربة وهو بحدود 14.72% وهو الحد الذي إذا انخفضت الرطوبة عنه يبقى حجم العينة ثابتاً.

نسبة الانكماش الوسطية 1.96 shrinkage Ratio وهي تعبر عن نسبة تغير حجم العينة إلى التغير في محتوى الرطوبة لنفس العينة. في حين يعبر الانكماش الحجمي عن التغير في حجم العينة مع الجفاف في جو المخبر، وأخيراً يعبر الانكماش الخطي عن التغير في طول العينة بعد الجفاف التام ضمن شروط التجربة.

تجربة القص المباشر:



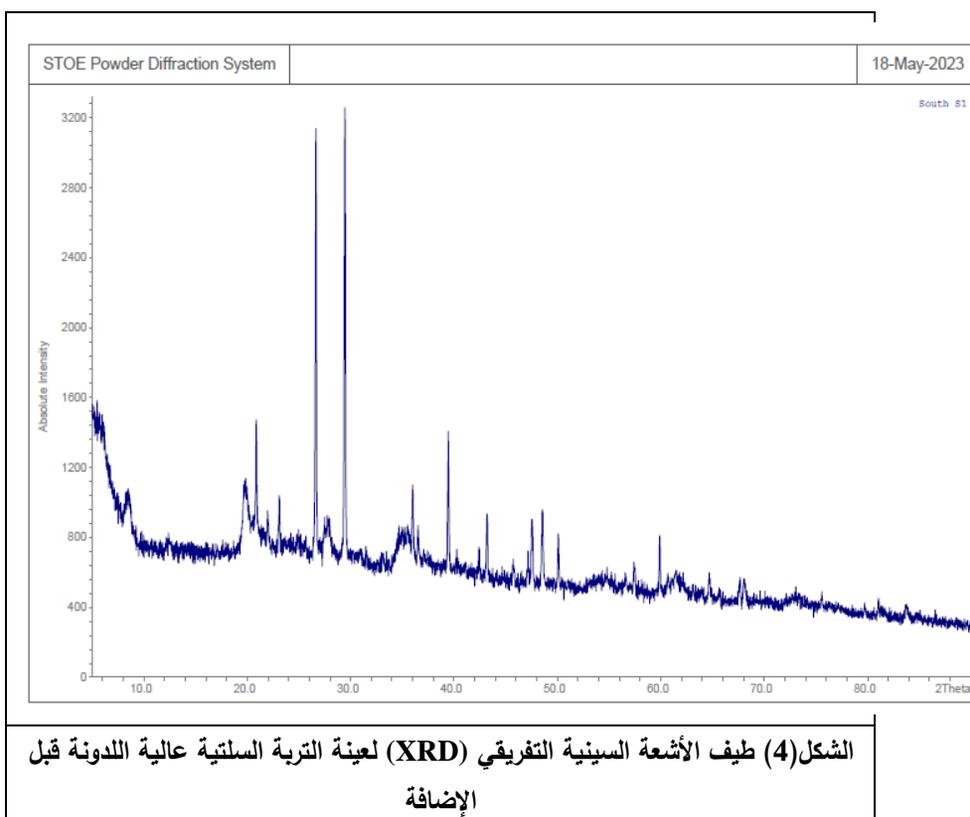
الشكل (3) نتائج تجربة القص المباشر (اجهاد القص مقابل التشوه) مع جدول نتائج التماسك وزاوية الاحتكاك الداخلي

أجريت تجربة القص المباشر غير المصرف على عينات التربة المشكلة في المخبر، وقد بينت النتائج أن تماسك الترب ($C = 0.1 \text{ Kg/cm}^2$) وزاوية الاحتكاك الداخلي (30°) ($\phi =$

تجربة التحليل بالأشعة السينية التفريقية (XRD):

لفهم أكبر لسلوك وخواص التربة تم إجراء تحليل بالأشعة السينية التفريقية (XRD) لعينة من التربة بدون إضافات حيث أجريت التجربة باستعمال جهاز من طراز SATOE STADI XRD و شروط التجربة هي كما يلي:

Radiation (Cu K α 1) ، λ [nm]= 0.154060 ، $2\theta = 5-80$ ، سرعة المسح $2^\circ/\text{min}$. يبين تحليل الأشعة السينية التفريقية (XRD) للتربة السلتية عالية اللدونة، أن العينة تتكون من فلزات عضارية هي الكاولينيت والايليت و فلزات غير عضارية هي الكوارتز والكالسيت والهيماتيت، ولا يشكل الطور الزجاجي (غير المتبلور) أهمية تذكر في تحديد سلوك السيلت كمادة فعالة قابلة لتشكيل مادة رابطة مع وجود الوسط المناسب.



المواد:

تم توصيف السيلت عالي اللدونة من خلال تجارب مخبرية (مخابر الشركة العامة للدراسات الهندسية) نلخص نتائجها بالجدول التالي:

الجدول (2) الخواص الفيزيائية والميكانيكية للسيلت عالي اللدونة

التجربة	النتائج	المواصفة
الرطوبة الطبيعية	13.5 %	ASTM-D 2216
الوزن الحجمي للتربة بالرطوبة الطبيعية	1.79 g/cm ³	ASTM-D7263
الوزن النوعي	2.69	ASTM-D7263
الانكماش	14.72% 1.96 0.94	ASTM-D4943
خواص الرص في قالب بروكتور النظامي: الكثافة الجافة العظمى (MDD) محتوى الرطوبة المثالية (OMC)	1.8 g/cm ³ 18%	ASTM-D698
خواص القص: التماسك Cohesion C زاوية الاحتكاك الداخلي Friction angle Ø	0.1 Kg/cm ² 30°	ASTM-D732

تبين نتائج التجارب التي أجريت على التربة أنها ذات مقاومة ضعيفة نسبياً تحتاج إلى تقوية مع وجود مشكلة الانكماش التي تحتاج أيضاً إلى معالجة تؤدي إلى تقييد هذا الانكماش، أما مواد الإضافة المقترحة للتغلب على مشاكل التربة السلتية عالية اللدونة، فكانت وتفل الزيتون المجفف طبيعياً والبوزولانا الطبيعية المطحونة والكلس الحي من النوع التجاري. تم تجفيف التفل وطحنه بالمخبر وتمييره من المنخل رقم 4 (فتحة 4.75mm) وأخذت عينة لإجراء اختبارات التركيب الكيميائي على العينة كما وردت إلى المخبر (as received)، وعلى رماد التفل بعد معالجته حرارياً إلى 500°C و 900°C وكانت النتائج وفق ما هو مبين في الجدول (3)

الجدول(3) نتائج التحليل الكيميائي لتفل الزيتون (OA) (مخابر مركز الاختبارات والأبحاث الصناعية)

النسبة المئوية (%)			الأوكسيد/ الاختبار
العينة الأصلية	المعالجة بدرجة حرارة 900°C	المعالجة بدرجة حرارة 500°C	
-	98.42	97.3	الفاقد بالحرق
0.098	0.047	0.063	أوكسيد الكالسيوم CaO
-	0.059	0.028	أوكسيد السيليسيوم SiO ₂
0.02	0.017	0.017	أوكسيد الحديد Fe ₂ O ₃
66mg/L	1mg/L	1mg/L	الكبريتات SO ₄ ⁻²

يلاحظ من الجدول السابق ارتفاع قيمة الفاقد بالحرق كون المادة الأساسية للتفل هي مادة عضوية .

أما البوزولانا الطبيعية فالمقصود بها الخفان المطحون والمستجر من مقلع تل شيحان في محافظة السويداء، وهي بالتعريف مواد غنية بالسيليكا والألومينا مطحونة بشكل ناعم، والتي عند خلطها بالكلس المائي تنتج مواد رابطة مناسبة لأغراض الإنشاء أو التحسين للتربة ومن أشكالها الطبيعية الرماد البركاني أو الخفان [7] ، وتمّ استخدام مواد التحسين بنسب إضافة تراوحت بين 5% إلى 15%.



الشكل (4) تفل الزيتون المجفف والمطحون في المخبر وتحضير العينات للصب في القوالب الخشبية (مخبر مواد البناء الجامعة العربية الدولية AIU)

النتائج والمناقشة:

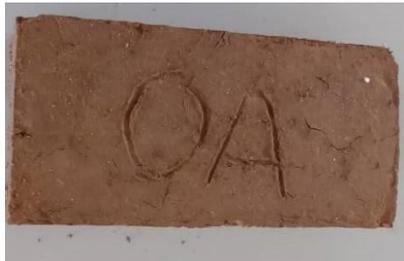
بينت نتائج صب العينات في قوالب خشبية بأبعاد [8] (21.5×10.2 ×6.5cm)

المشاهدات التالية:



الشكل (5) وحدات الطوب بعد التجفيف في القوالب لمدة 25 يوم من التربة السلتية مع الإضافات وبدونها

الجدول(4) صور وأبعاد عينات الطوب الطيني المصبوبة من التربة بدون إضافات ومع الإضافات

الصورة	الأبعاد بعد التجفيف في جو المخبر لمدة 25 يوم			الرمز	وصف العينة
	الارتفاع	العرض	الطول		
	5.5	8.7	18.3	R	العينة المرجعية من التربة بدون إضافات برطوبة قريبة من حد اللدونة (50%)
	5.7	9	19.5	OA	التربة بنسبة 85% نفل الزيتون المكلسن 15%

أثر المحسنات الطبيعية على الانكماش كظاهرة سلبية في إنتاج وحدات الطوب الطينية

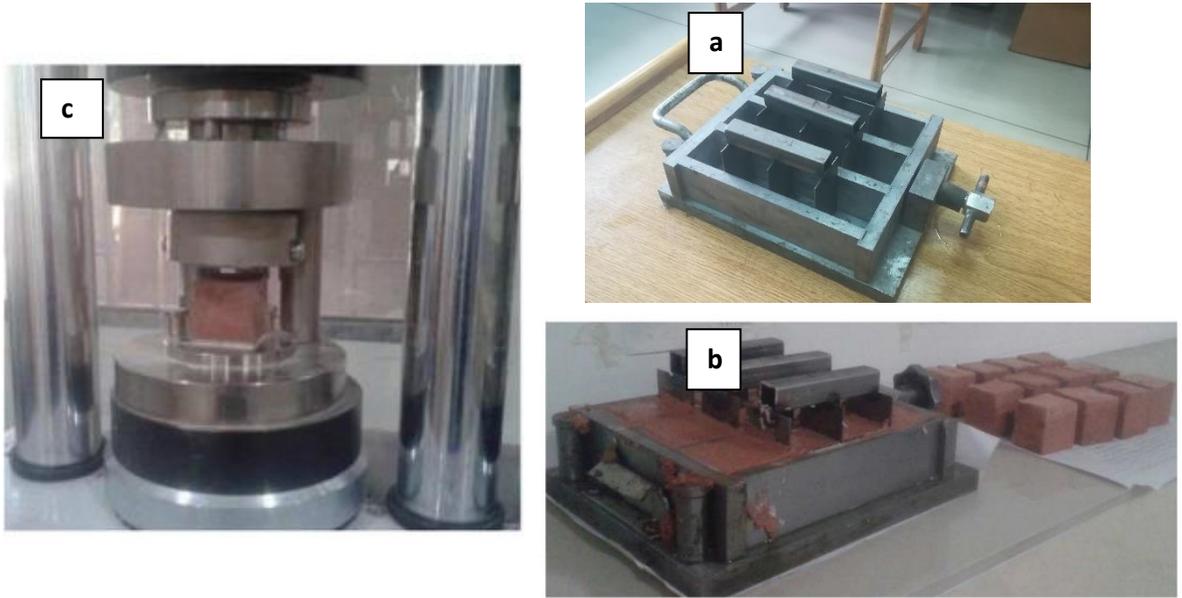
	5.8	9.5	21	L	التربة بنسبة 85% الكلس 15% الحي
	5.9	9.6	20.9	NP	التربة بنسبة 85% البوزولانا 15% الطبيعية
	5.8	9.8	21	LOA	التربة بنسبة 85% تفل الزيتون 10% والكلس الحي 5%

العينة المرجعية المصبوبة من التربة السلتنية برطوبة قريبة من حد السيولة (50%) أظهرت انكماشاً كبيراً.

وصلت أبعاد وحدة الطوب إلى (18.3, 8.7, 5.5 cm) بعد التجفيف لمدة 25 يوم في جو المخبر، في حين أن أبعاد القالب الداخلية (21.5, 10.2, 6.5 cm)، وعندما استخدمنا الإضافات لاحظنا (كما هو موضح في الجدول (4)) تقيد الانكماش بحيث أصبح أقل من انكماش العينة المرجعية وهي ميزة ايجابية يسعى هذا البحث لتطويرها. أقل انكماش تمّ الحصول عليه كان عند إضافة الكلس وتقل الزيتون إلى المزيج الطيني. من الملاحظات التي تم تسجيلها أيضاً، أن الانكماش في حالة إضافة البوزولانا الطبيعية يعتبر جيداً نسبياً، إلا أن العينة أظهرت هشاشة أكبر من العينة المرجعية، وبالتالي فإن إضافة البوزولانا الطبيعية بحاجة إلى تقوية بواسطة ألياف يمكن إضافتها إلى المزيج الطيني.

خواص المتانة:

تمّ صب عينات على شكل مكعبات (4× 4× 4cm) من التربة السلتية عالية اللدونة بدون إضافات ومع إضافات للمواد المارة من المنخل رقم 4 وبالرطوبة نفسها التي تم بها صب عينات الطوب الطيني أي (50%) من الوزن الجاف للتربة مع أو بدون إضافات. وذلك تمهيداً لاختبارها على جهاز كسر العينات الاسمنتية تحت الضغط وكانت النتائج كما هو موضح في الجدول(5).



الشكل (6) a - صورة للقالب صب العينات المكعبية b - صورة للقالب تبين الخلطة طازجة أثناء الصب والمكعبات بعد الصب والتجفيف c - صورة للعينه في جهاز كسر العينات (مركز الاختبارات والأبحاث الصناعية)

الجدول (5) نتائج كسر العينات المكعبية (4× 4× 4cm) تحت الضغط

مقاومة الكسر على الضغط (MPa)	الرمز	وصف العينة
0.27	R	العينة المرجعية من التربة بدون إضافات برطوبة قريبة من حد اللدونة (50%)
0.85	OA	التربة بنسبة 85% تقل الزيتون المكلسن 15%
1.39	L	التربة بنسبة 85% الكلس الحي 15%
1.27	NP	التربة بنسبة 85% البوزولانا الطبيعية 15%
2.14	OA L	التربة بنسبة 85% تقل الزيتون المكلسن 10% والكلس الحي 5%

تزايدت قيم مقاومة الضغط عند استخدام الإضافات بشكل ملحوظ حيث أمكن الوصول إلى مضاعفة قيم مقاومة الضغط عن العينة المرجعية. أفضل نتيجة كانت عند إضافة

تفل الزيتون بنسبة 10% والكلس بنسبة 5% حيث وصلت مقاومة الضغط إلى 2.14 MPa مقابل 0.27 MPa للعينة المرجعية من التربة السلتية عالية اللدونة.

يمكن تفسير هذه الزيادة في مقاومة الضغط بتشكيل مواد رابطة قوامها مركبات السليكا والألومينا الموجودة في مواد الإضافة التي تشكل بوجود الكلس مواد رابطة تزيد الترابط بين حبيبات السلت عالي اللدونة.

أما في حالة تفل الزيتون فإن المقاومة ناتجة عن وضعه الفيزيائي ضمن الخلطة ودوره في تعزيز دور الكلس كمادة رابطة، حيث أن تفل الزيتون يفتقر إلى مركبات السليكا والألومينا وفق الجدول (3).

الاستنتاجات والتوصيات:

الاستنتاجات:

- أظهرت التربة السلتية عالية اللدونة بدون إضافات انكماشاً كبيراً بعد التجفيف، وقد أدى استخدام الإضافات إلى تقييد هذا الانكماش مما أعطي مؤشراً أولياً بإمكانية إنتاج طوب طيني بمواصفات أفضل نتيجة تقليل الانكماش وزيادة مقاومة الضغط.
- أفضل نتيجة تم الحصول عليها في تحسين خواص الانكماش ومقاومة الضغط للتربة السلتية عالية اللدونة، كان عند إضافة 5% كلس و 10% تفل زيتون، أما إضافة البوزولانا الطبيعية فقد أدى إلى تقليل الانكماش بشكل جيد لكن أظهرت العينة تراجعاً في التماسك وسلكت سلوكاً هشاً (brittle behavior).
- إن تحليل الأشعة السينية التفريقي (XRD) لعينة التربة بدون إضافات، هو تحديد لهوية العينة يمكن من خلاله توثيق هذه التربة عند الرغبة في استخدامها في وقت لاحق في إنتاج الطوب الطيني بشروط مماثلة.

- خواص المتانة الممتلئة في هذا البحث باختبار كسر عينات على شكل مكعبات (4× 4× 4cm) أظهرت تطوراً في مقاومة الضغط عند استخدام الإضافات بشكل ملحوظ حيث أمكن الوصول إلى مضاعفة قيم مقاومة الضغط عن العينة المرجعية. أفضل نتيجة كانت عند إضافة تفل الزيتون بنسبة 10% والكلس بنسبة 5%.
- أعطت نتائج تحسين التربة السلتنية عالية اللدونة بمواد الإضافة المقترحة في البحث نتائج واعدة بإمكانية استخدامها لإنتاج الطوب الطيني الصالح لمنشآت طينية ذات ديمومة و متانة مناسبة للاستثمار.

التوصيات:

- التوسع في استخدام الإضافات لتحسين التربة السلتنية عالية اللدونة التي تم أخذ العينة منها، كونها التربة السائدة في المنطقة، ونقترح استخدام إضافات من مخلفات صناعية كالرماد المتطاير أو معالجة حرارياً كالغضار المكلسن وغيرها من الإضافات التقليدية.
- ضرورة استخدام ألياف من مصادر طبيعية أو زراعية (كألياف قش القمح أو الشعير) لتقوية المزيج الطيني المعد لإنتاج الطوب الطيني بالمشاركة مع الإضافات المقترحة في هذا البحث.
- التوسع في دراسة البنية المجهرية والبلورية لعينات التربة السلتنية عالية اللدونة مع أو بدون إضافات، باستخدام المجهر الإلكتروني الماسح (SEM) والتحليل الطيفي للأشعة السينية التفريقتية (XRD).

المراجع: References

- [1] COFIRMAN, R., AGNEW, N., AUISTON, G. and DOEHNE, E., 1990-Adobe Mineralogy Characterisation of Adobes from Around the World. In: Cruces, L., Ed., **6th International Conference on the Conservation of Earthen Architecture**, Las Cruces, 14-19 October 1990, 424-429.
- [2] GABRIELA C., ANDREEA H., CARMEN D., CALIN M., 2016- Determining the Optimum Addition of Vegetable Materials in Adobe Bricks, **Procedia Technology**, Volume 22, ISSN 2212-0173
- [3] AL-AJMI, F., ABDALLA, H., ABDELGHAFAR, M. and ALMATAWAH, J., 2016- Strength Behavior of Mud Brick in Building Construction. **Open Journal of Civil Engineering**, 6, 482-494.
- [4] DAWOOD.O. A, MUSSA.I. F, Al KHAZRAJI. H, ABD ULSADA.A, HUSSAIN, Mohammed. M. Y, 2021- Investigation of Compressive Strength of Straw Reinforced Unfired Clay Bricks for Sustainable Building Construction, **Civil and Environmental Engineering**, Vol. 17, Issue 1, 150-163.
- [5] PUY-ALQUIZA, M.J., ORDAZ-ZUBIA, V.Y., CRUCES-CERVANTES, O., BELLO-SANDOVAL. A., MIRANDA-AVILÉS. R., SALAZAR-HERNÁNDEZ. M.C., CARREÑO-AGUILERA. G., ZANOR, G.A., Li. Y., 2022- Comparative study of pre- Hispanic and colonial adobes in Mexico. Preliminary inferences on the effects of the granulometric distribution and used recycled materials in the state conservation of earth architecture, **Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana**, 74 (3), A010422.
- [6] KHAKSAR. M, NIROUMAND. H, AFSHARPOUR. M, and BALACHOWSKI. L,2023- Spray-Based Method for Protecting

and Restoring Historic Adobe Walls Using Nano montmorillonite Clay, **ACS Omega**, vol. 8 (12), 11373-11380.

[7] SAYED ALI. Y, MASSOUD. M. M, 2016- Modern Technology Applications in the Restoration of an Ancient Mud Brick Houses in Dakhla Oasis, **Egypt. International Journal of Archaeology**. Vol. 4, No. 6, 2016, pp. 87-94.

[8] KAMAL. M. A, 2023- Potential of Stabilized Mud Blocks as a Sustainable Material for Building Construction, **JOURNAL OF CONSTRUCTION AND BUILT ENVIRONMENT**,

[9] LYONS. A., 2007- **Materials for architects and builders**. Elsevier-3th edition, Italy, pp 368.

[10] عيسى م & ،أ.د غسان برجس عبود. (2023). إمكانيات تطوير خلطات الإنشاء بالتربة المدكوكة، حالة دراسية: ريف دمشق .مجلة جامعة دمشق للعلوم الهندسية .38(5)، استرجع في من

<https://journal.damascusuniversity.edu.sy/index.php/engj/article/view/2193>

تأثير الخرسانة مسبقة الإجهاد في السلوك الزلزالي للمنشآت

*د. محمد عيسى

**م. لارا ادريس

الملخص

في العقود الأخيرة، تزايد استخدام البلاطات مسبقة الإجهاد في المباني العالية وذلك لسرعة تنفيذها وسماكتها القليلة مقارنةً بمجازاتها الكبيرة. لهذا كان لا بد من المهندسين الاهتمام بتصميم هذه المنشآت لتقاوم الزلازل.

يهدف هذا البحث لدراسة السلوك الزلزالي للمنشآت الحاوية على بلاطات لاحقة الشد ومقارنتها مع سلوك المنشآت ذات البلاطات المسطحة العادية. حيث تمت دراسة مباني متعددة الطوابق تتراوح بين خمسة طوابق وعشرة طوابق وخمسة عشر طابقاً، وتم تحديد الدور الأساسي لها والصلابة الطابقية وكذلك القوى والعزوم المنقولة للعناصر الشاقولية. أظهرت النتائج أن الخرسانة مسبقة الإجهاد تحسن من الخصائص الزلزالية العامة للمبنى المتمثلة بالدور الأساسي والصلابة الطابقية، إلا أن قوى الشد اللاحق المطبقة على البلاطات تتسبب بعزوم وقوى إضافية في العناصر الشاقولية.

كلمات مفتاحية: بلاطات مسطحة، بلاطات لاحقة الشد، السلوك الزلزالي، الدور الأساسي، الصلابة الطابقية.

*مدرس في قسم الهندسة الإنشائية، كلية الهندسة المدنية، جامعة البعث.

**طالبة ماجستير في قسم الهندسة الإنشائية، كلية الهندسة المدنية، جامعة البعث.

The effect of prestressed concrete on seismic behaviour of structures

*Dr. Mohamad Issa

**Eng. Lara Edrees

Abstract

In recent decades, the use of prestressed slabs has increased in high-rise buildings due to the speed of their construction and small thickness compared to their large spans. Therefore, engineers had to pay attention in designing these structures to resist earthquakes.

This research aims to study the seismic behaviour of post-tensioned flat slab structures and compare it with that of conventional flat slab ones. Multi-story buildings ranging from five, ten, and fifteen floors were studied, and their time period, story stiffness, as well as forces and moments transmitted to vertical elements were determined.

The results showed that prestressed concrete improves the general seismic properties of the building represented by time period and story stiffness, but the post-tensioning forces applied to the slabs cause additional moments and forces in the vertical elements.

Keywords: flat slabs, post-tensioned slabs, seismic behaviour, time period, story stiffness.

مقدمة:

شيدت العديد من المنشآت والهياكل الهندسية باستخدام الخرسانة المسلحة العادية، لكن في العصر الحديث برز مفهوم الخرسانة مسبقة الإجهاد والتي أحدثت تقدماً كبيراً في عالم البناء متفوقاً على الخرسانة التقليدية. فقد وفرت البلاطات مسبقة الإجهاد مزايا كثيرة مقارنةً بالبلاطات العادية من حيث قدرتها على تقليل الشقوق والسهوم وزمن الإنشاء فضلاً عن تقليل الوزن الإجمالي للمنشأ.

على الرغم من أن الخرسانة سابقة الإجهاد لها العديد من الفوائد إلا أنها تتطلب اعتبارات خاصة أثناء التصميم، لذلك فإن معرفة سلوكها وأدائها أثناء حصول الزلازل يعد أمراً في غاية الأهمية.

ففي دراسةٍ حديثة أجريت عام 2022 من قبل SATWIKI, V. and JAISWAL, [11]، تم فيها تقصي أثر توزيع أوتار مسبق الإجهاد في البلاطات لاحقة الشد باستخدام برنامج ETABS. حيث قارن الباحثان بين البلاطات ذات الأوتار المركزة والبلاطات ذات الأوتار الموزعة بانتظام من حيث السهوم والثقب. أظهرت النتائج أن الأوتار المركزة تحسن من قدرة البلاطة على مقاومة الثقب بينما توزيع الأوتار بشكل منتظم يقلل السهوم.

كما قام كلاً من RATH, S. R., SETHY, S. K. and DUBEY, M. K. [10] (2019) بتحليل بلاطات لاحقة الشد وبلاطات عادية بمساعدة برنامج SAFE ومقارنة السهوم والقوى في البلاطتين.

بينت الدراسة أن البلاطة لاحقة الشد تتعرض لقوى أقل من البلاطة التقليدية العادية، كما أن سهوم البلاطات لاحقة الشد كانت أقل من تلك الموجودة في البلاطات المسطحة العادية.

وفي بحثٍ آخر أجراه ABD-EL-MOTTALEB, H. E. and MOHAMED, A. [1] (2018) قام الباحثان بدراسةٍ تحليلية لبلاطات لاحقة الشد مع الأخذ بعين الاعتبار سماكات متعددة للبلاطات وقيم مختلفة للمقاومة المميزة للخرسانة. لاحظ الدارسان أن زيادة المقاومة المميزة للخرسانة تعزز الصلابة مما يؤدي إلى انخفاض

السهم الكلي للبلاطة، إضافةً إلى ذلك فإن معدل تناقص السهوم يكون أعلى في حالة السماكات الصغيرة للبلاطة.

قدم الباحثان [6] (2018) KUMAR, A. and Dr. BORGHATE, S. B. العديد من النماذج الزلزالية لتحديد قوى القص الطابقية والانزياحات الطابقية النسبية في أنواعٍ مختلفةٍ من المباني الحاوية على بلاطات لاحقة الشد. حيث أخذت هذه الدراسة بعين الاعتبار أثر وجود سقوطات في البلاطات وعدم وجودها، كما دُرست هذه البلاطات باعتبارها مرةً متشققةً ومرةً غير متشققةً.

توصل الباحثان إلى أن قوى القص الطابقية في حالة البلاطات ذات السقوطات أكبر من مثيلاتها في البلاطات بدون سقوطات، كما أن المباني ذات البلاطات غير المتشققة تعرضت لقوى قص طابقية أكبر من تلك الحاوية على البلاطات المتشققة. علاوةً على ذلك، كانت قيم الانزياحات الطابقية النسبية أكبر في المقاطع المتشققة مقارنةً بالمقاطع غير المتشققة.

هدف البحث:

أعطت الدراسات والأبحاث السابقة روىً قيمةً عن مزايا مسبق الإجهاد وأثره الكبير في تقليل السهوم والتعب في البلاطات، إلا أنها لم تقدم أية فكرة عن تأثيره على صلابة المنشأ وكذلك القوى المنقولة للعناصر الرأسية المقاومة للأحمال الجانبية. لهذا السبب يهدف هذا البحث لدراسة سلوك المنشآت الخرسانية ذات البلاطات لاحقة الشد تحت تأثير أحمال الزلازل ومقارنتها بسلوك المنشآت الخرسانية العادية من حيث الدور الأساسي والصلابة الطابقية وأخيراً القوى والعزوم المنقولة لجدران القص في المبنى.

مواد وطرق البحث:

شملت هذه الدراسة متغيرين اثنين:

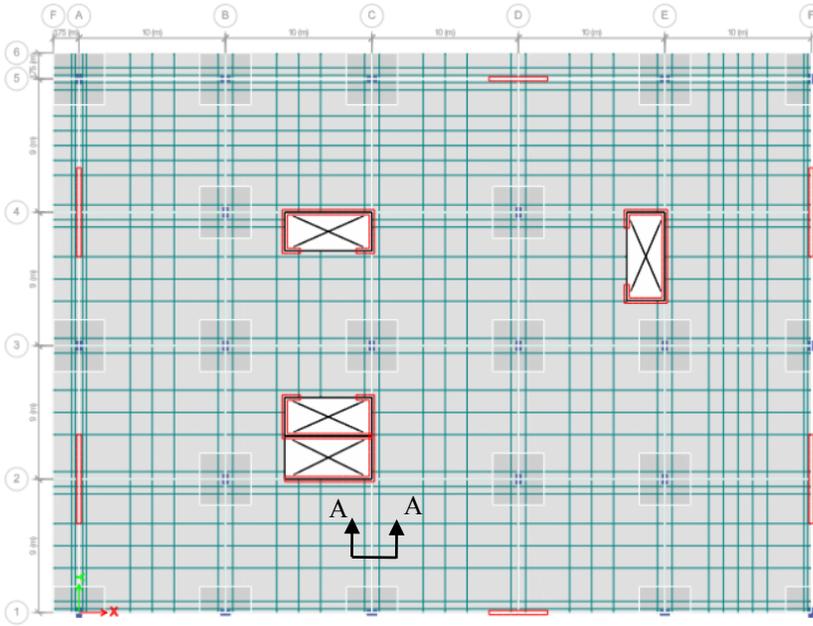
1- عدد الطوابق: 5,10,15

2- نوع البلاطة المستخدمة: بلاطة مسطحة عادية (Flat Slab)، بلاطة لاحقة

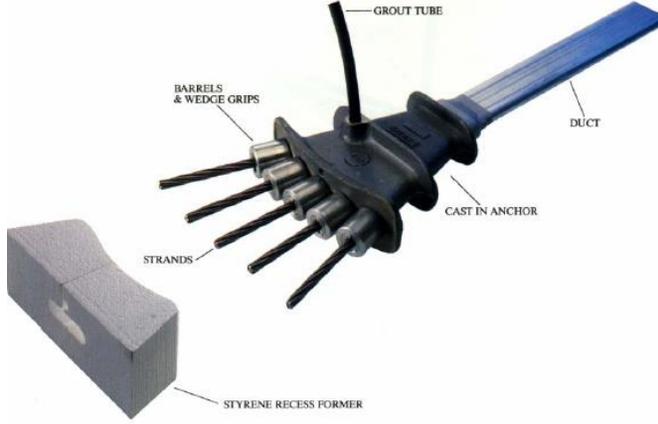
الشد (Post-Tensioned Slab).

إن الجملة إنشائية المقاومة للزلازل في هذا البحث هي جملة جدران قص خاصة، ولدراسة السلوك الزلزالي تم إجراء تحليل ديناميكي خطي وفق طريقة طيف الاستجابة (الطريقة المطورة) اعتماداً على الكود الأمريكي ASCE 7-16 [3] وباستخدام برنامج ETABS 2020.

صممت البلاطات لاحقة الشد من خلال برنامج RAM Concept، حيث استخدمت أوتار ملتصقة (Bonded) موزعة بانتظام بتباعد 1.5m مكونة من 3 جدران في الشرائح المجازية وأوتار ملتصقة مركزة بتباعد 0.6m مكونة من 5 جدران في الشرائح المسندية، وذلك في كلا الاتجاهين المتعامدين X,Y. كما وضعت شبكة تسليح سفلية 7T10/m² وشبكة تسليح علوية 7T12/m² في كلا الاتجاهين المتعامدين. يبين الشكل (1) مسقط البلاطة لاحقة الشد.



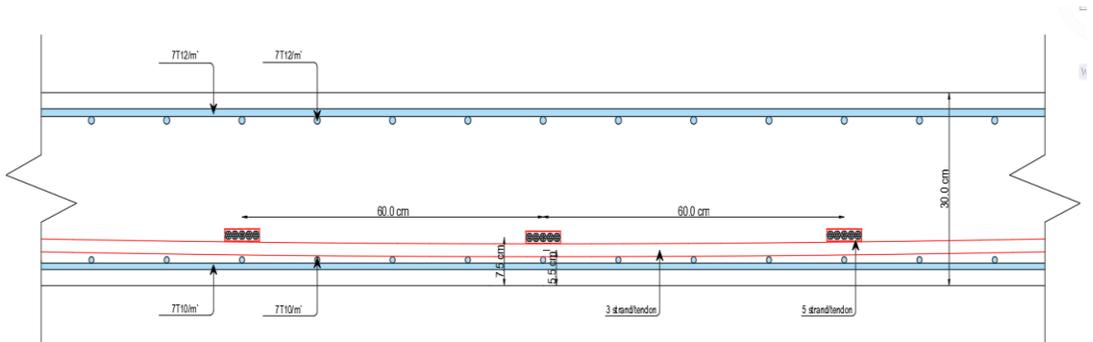
الشكل (1): مسقط البلاطة لاحقة الشد



الشكل (2): نموذج للوتر المستخدم في البلاطات لاحقة الشد



الشكل (3): مقطع الجديلة القياسية المستخدمة في البلاطات لاحقة الشد



الشكل (4): مقطع عرضي يبين التسليح في الشريحة المسندة للبلاطة لاحقة الشد
(Sec A-A)

إن أبعاد العناصر والمواد المستخدمة للنماذج المدروسة موضحة في الجدول (1)، بينما تعطي الخصائص الزلزالية المستخدمة في تعريف القوى الزلزالية الستاتيكية (Ex, Ey) والديناميكية (Spec X, Spec Y) في الجدول (2).

الجدول (1): المواصفات الإنشائية للمباني المدروسة

(52*38) m	أبعاد المبنى
10 m	طول المجاز في الاتجاه X
9 m	طول المجاز في الاتجاه Y
3 m	الارتفاع الطابقي
(70*40) cm	أبعاد الأعمدة
30 cm	سماكة البلاطة
40 cm	سماكة السقوط
30 cm	سماكة جدران القص
35 cm	سماكة جدران الأنوية
4 m	طول جدران القص الموازية للاتجاه X
6 m	طول جدران القص الموازية للاتجاه Y
50 MPa	المقاومة المميزة على الضغط لخرسانة الجدران f^c
40 MPa	المقاومة المميزة على الضغط لخرسانة البلاطات f^c
400 MPa	إجهاد الخضوع لفولاذ التسليح f_y
1860 MPa	إجهاد الانقطاع للأوتار f_{up}
1488 MPa	إجهاد شد الأوتار
12.7 mm	قطر جديدة مسبق الإجهاد
3 KN/m ²	الحمولة الحية على البلاطة
2 KN/m ²	الحمولة الميتة الإضافية على البلاطة

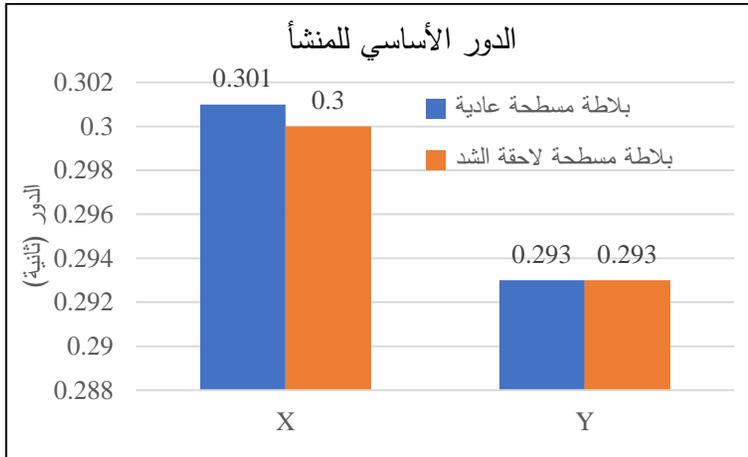
الجدول (2): الخصائص الزلزالية للمباني المدروسة

جدران قص خاصة	الجملة الإنشائية المقاومة للزلازل
1	معامل أهمية المنشأ (I)
S_C	صنف الموقع
0.6	تسارع الاستجابة الطيفي عند الدور 1 sec (S_1)
1.5	تسارع الاستجابة الطيفي عند الدور 0.2 sec (S_5)
5	معامل تعديل الاستجابة (R)
5	عامل تضخيم الانتقال (C_d)
2.5	عامل زيادة المقاومة (Ω_0)
D	صنف التصميم الزلزالي (SDC)

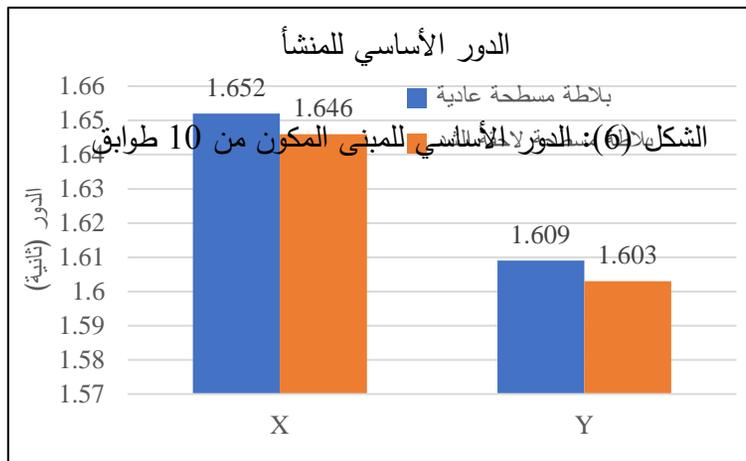
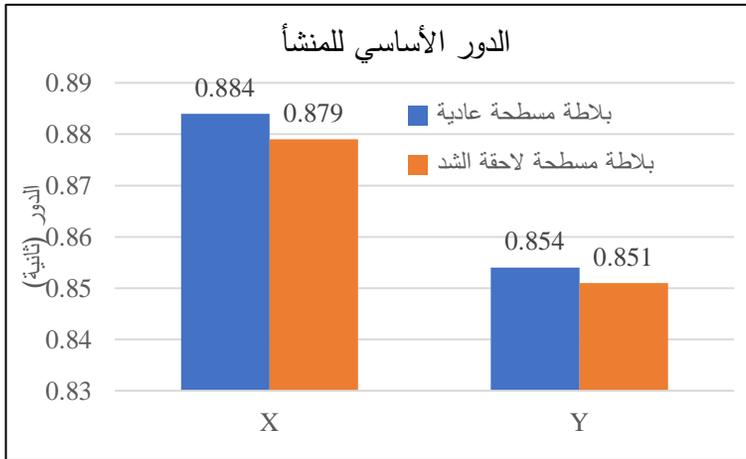
النتائج ومناقشتها:

أولاً: الدور الأساسي للمنشأ:

توضح الأشكال التالية الدور الأساسي للمباني المدروسة والمأخوذ من برنامج ETABS اعتماداً على نمطي الاهتزاز الأول والثاني (Mode Shapes):



الشكل (5): الدور الأساسي للمباني المدروسة المكون من 5 طوابق

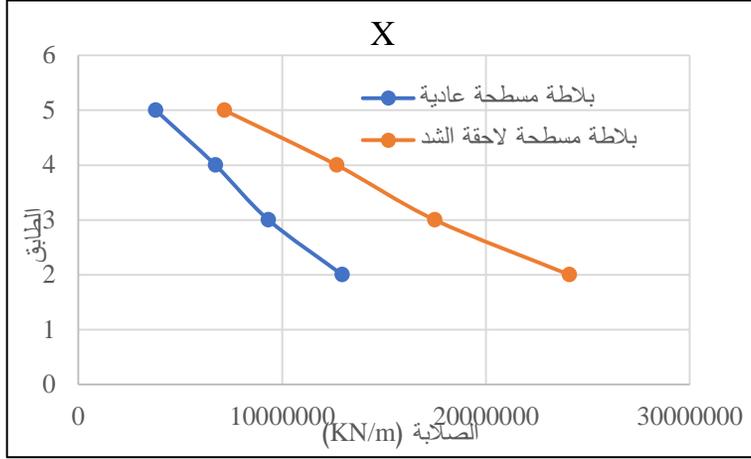


الشكل (7): الدور الأساسي للمبنى المكون من 15 طابقاً

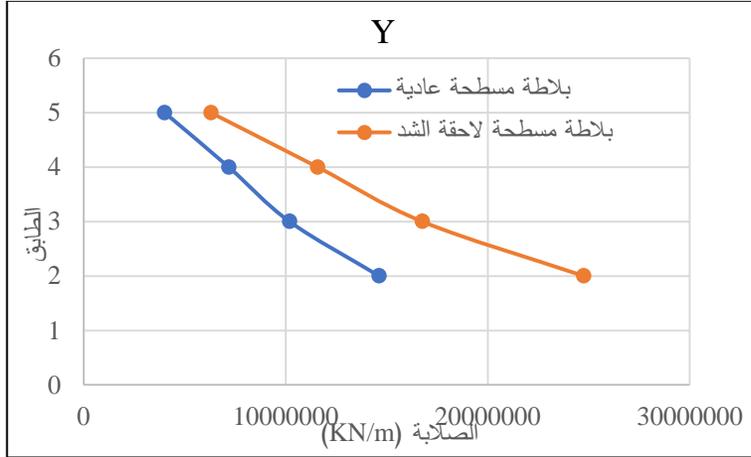
نلاحظ في الأشكال (5,6,7) أن قيم الدور الأساسي في المباني ذات البلاطات لاحقة الشد متقاربة مع قيم الدور في حال البلاطات العادية حيث لا تتجاوز نسبة الفرق 1%.

ثانياً: الصلابة الطابقية:

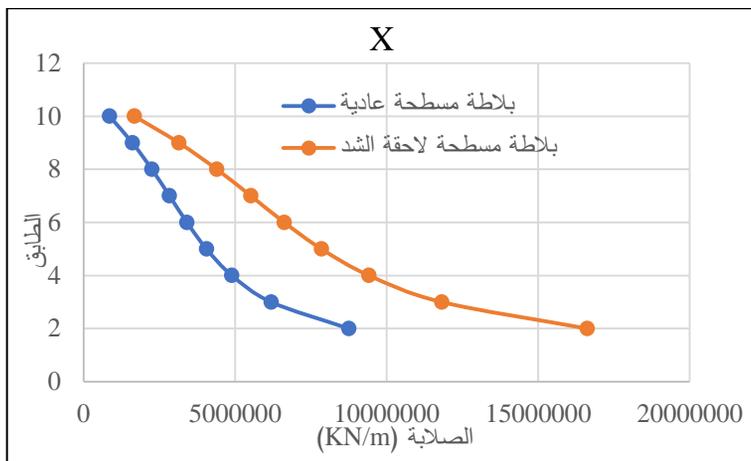
تم حساب الصلابة الطابقية اعتماداً على طريقة العناصر المنتهية (مصفوفات الصلابة) وذلك باستخدام برنامج ETABS. حيث توضح الأشكال التالية الصلابة الطابقية للمباني المدروسة:



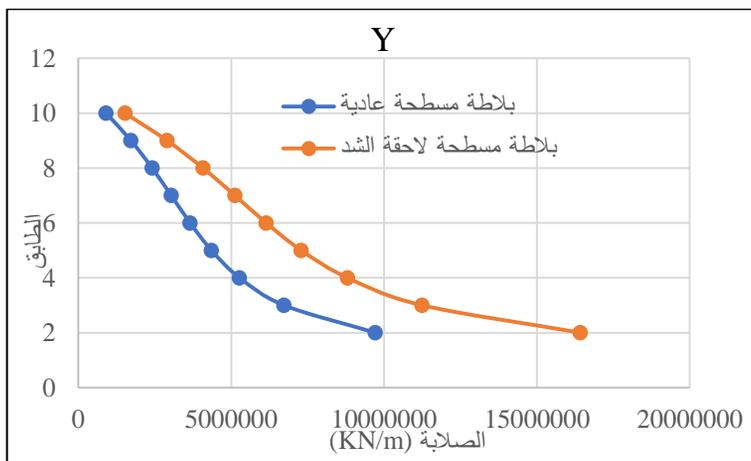
الشكل (8): الصلابة الطابقية في المبنى المكون من 5 طوابق (الاتجاه X)



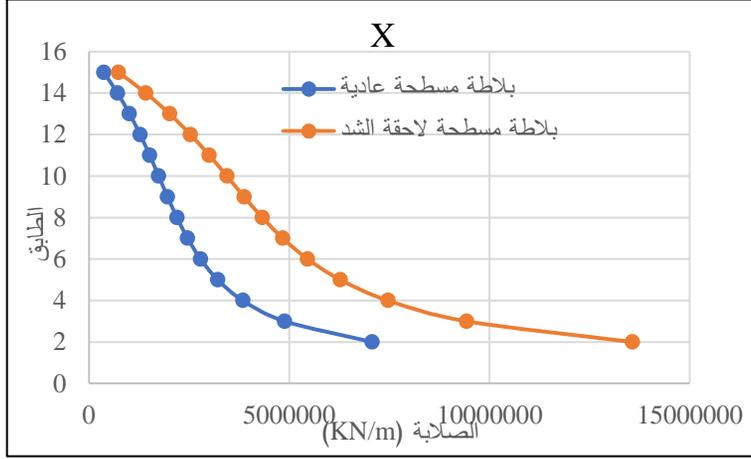
الشكل (9): الصلابة الطابقية في المبنى المكون من 5 طوابق (الاتجاه Y)



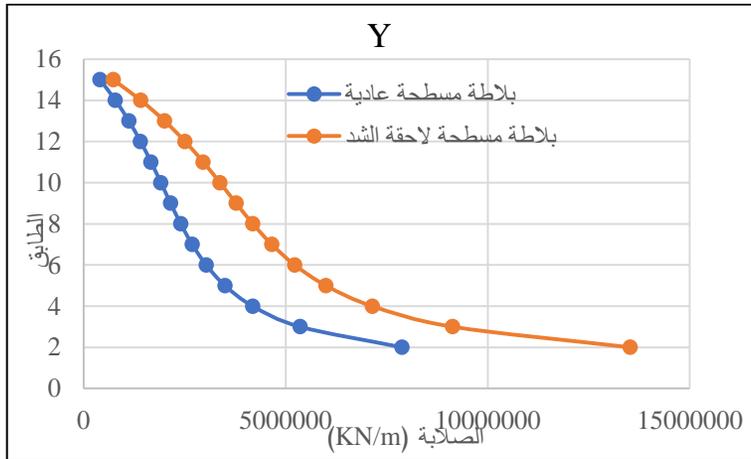
الشكل (10): الصلابة الطابقية في المبنى المكون من 10 طوابق (الاتجاه X)



الشكل (11): الصلابة الطابقية في المبنى المكون من 10 طوابق (الاتجاه Y)



الشكل (12): الصلابة الطابقية في المبنى المكون من 15 طابقاً (الاتجاه X)

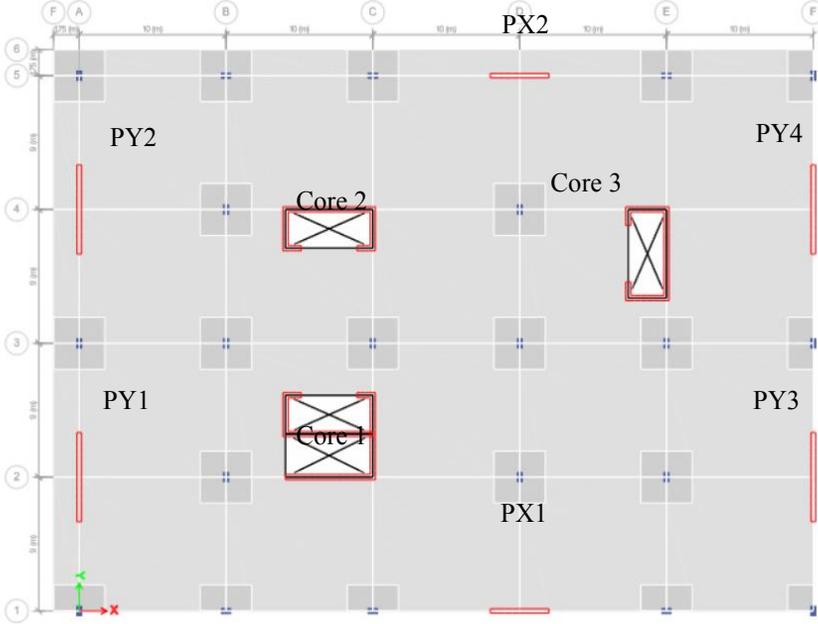


الشكل (13): الصلابة الطابقية في المبنى المكون من 15 طابقاً (الاتجاه Y)

استناداً إلى الأشكال السابقة نلاحظ أن الصلابة الطابقية في حالة البلاطات لاحقة الشد أكبر من مثيلاتها في المباني الحاوية على بلاطات مسطحة عادية وذلك بنسبة تصل إلى 50%.

ثالثاً: القوى والعزوم المنقولة للجدران:

يوضح الشكل (14) تسميات جدران القص والأنوية في النماذج المدروسة:



الشكل (14): تسميات جدران القص والأنوية

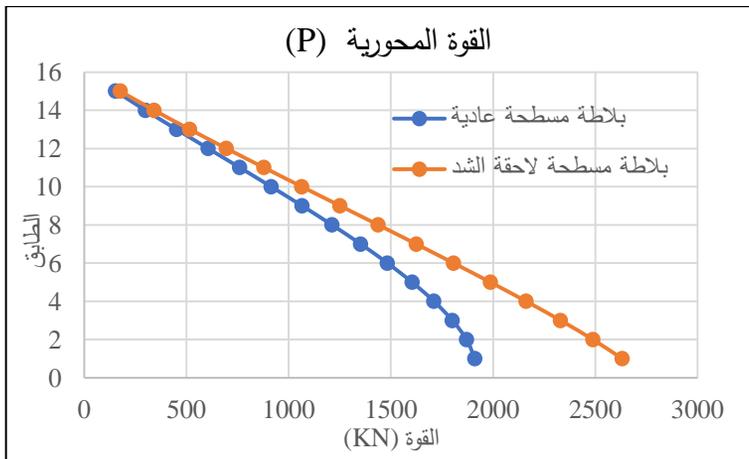
عند استخدام نظام مسبق الإجهاد في البلاطات فإن هذه البلاطات ستتعرض لقوى ضغط محورية ناتجة عن قوة سبق الإجهاد والتي بدورها ستنتقل إلى العناصر الرأسية على شكل قوى محورية وقوى قاصة وعزوم انعطاف كما هو موضح في الجدول (3).

الجدول (3): قوى وعزوم جدران الطابق الأرضي الناتجة من حالة تحميل سبق الإجهاد (PT) في المبنى المكون من 15 طابقاً

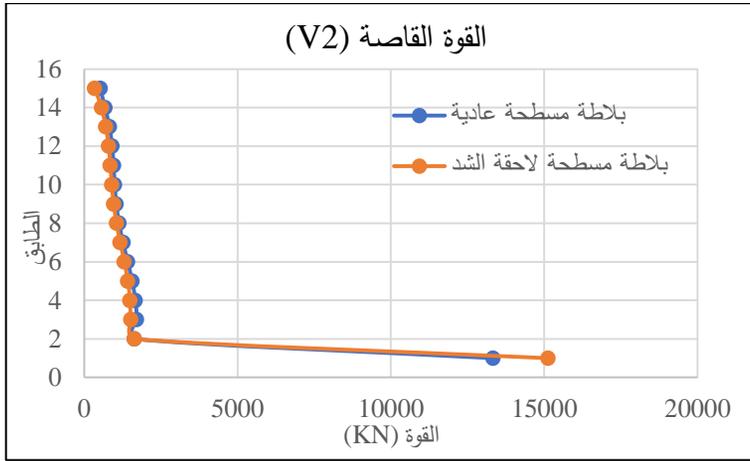
الجدار	حالة التحميل	P	V2	V3	M2	M3
		KN	KN	KN	KN.m	KN.m
CORE1	PT	749.57	1527.929	1017.481	3567.912	7113.139
CORE2	PT	809.4218	1221.685	-864.71	-2013.86	5382.031
PX1	PT	362.3601	-433.779	58.1062	80.4386	-1061.24
PX2	PT	339.6946	-432.917	-40.1666	-61.0569	-1041.11
PY1	PT	155.2147	1049.498	-99.4389	-149.851	3272.821
PY2	PT	86.6775	-752.795	-93.288	-142.635	-1924.15
CORE3	PT	399.6099	-1829.87	-704.289	-1885.2	-4656.69
PY3	PT	280.8985	598.136	136.7934	196.5743	1811.457
PY4	PT	44.947	-361.301	108.9595	159.4122	-1167.48

من الجدول السابق نجد أن قوة سبق الإجهاد تولد قوى شد محورية في كافة جدران القص، وتسبب أيضاً عزوماً وقوى قاصة إضافية في الجدران في كلا الاتجاهين (X,Y).

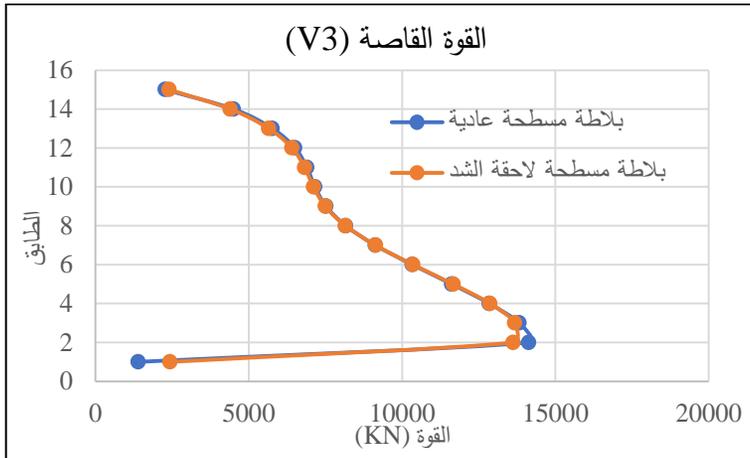
تبين الأشكال التالية مخططات القوى والعزوم الناتجة عن القوة الزلزالية الديناميكية في الاتجاه X (Spec X) والمنقولة للنواة Core1 في المبنى المكون من 15 طابقاً:



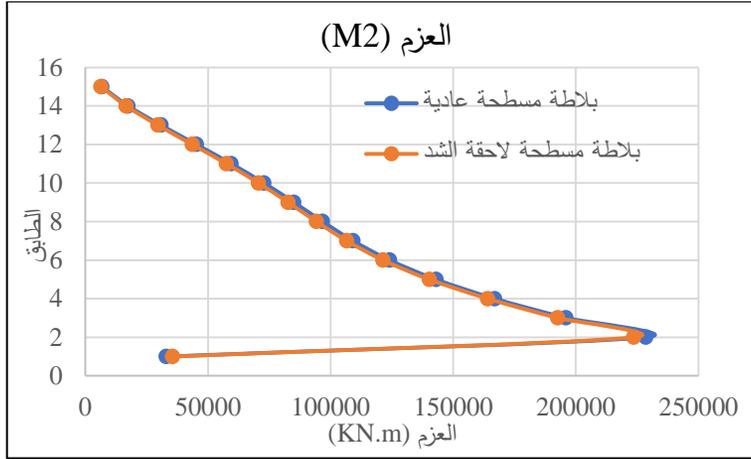
الشكل (15): القوة المحورية في النواة Core1



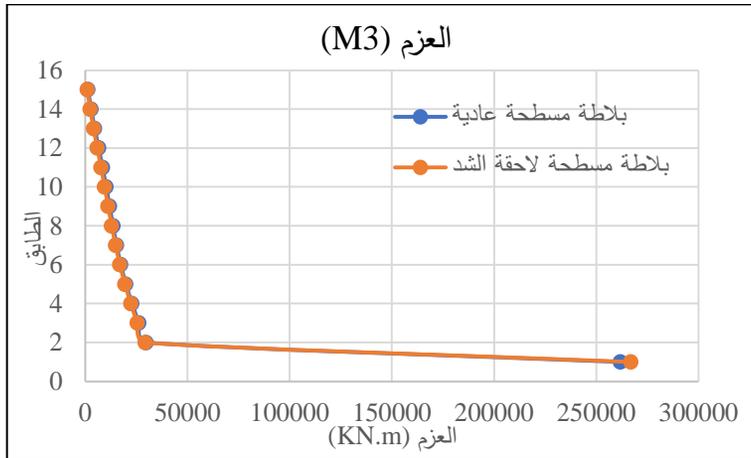
الشكل (16): القوة القاصة V2 في النواة Core1



الشكل (17): القوة القاصة V3 في النواة Core1



الشكل (18): عزم الانعطاف M2 في النواة Core1



الشكل (19): عزم الانعطاف M3 في النواة Core1

بالرجوع إلى المخططات السابقة يمكن ملاحظة أن القوى المحورية والقاصة وعزوم الانعطاف في الجدران في حالة البلاطات لاحقة الشد تفوق تلك الموجودة في المباني المسطحة العادية.

يبين الجدول التالي نسبة تسليح النواة Core1 في الطابق الأرضي بكل من حالي البلاطة المسطحة والبلاطة لاحقة الشد.

الجدول (4): مقارنة تسليح النواة Core1 في الطابق الأرضي بحالة المبنى المكون من 15 طابقاً

بلاطة لاحقة الشد	بلاطة عادية	
3864 cm ²	3775 cm ²	التسليح
4.98%	4.87%	نسبة التسليح

كما هو واضح من الجدول السابق نلاحظ أنه بحال استخدام البلاطات لاحقة الشد تزداد نسبة تسليح النواة.

يبين الجدول الآتي النسب المئوية للزيادة الحاصلة في قوى وعزوم النواة Core1 في الطابق الأرضي في كافة المباني الحاوية على بلاطات لاحقة الشد والنتيجة من حالة تحميل القوة الزلزالية الديناميكية (Spec X):

الجدول (5): النسب المئوية للزيادة في قوى وعزوم النواة Core1

15 طابقاً	10 طوابق	5 طوابق	
27%	23%	52%	القوة المحورية P
12%	14%	15%	القوة القاصة V2
42%	41%	44%	القوة القاصة V3
7%	3%	1%	عزم الانعطاف M2
2%	2%	3%	عزم الانعطاف M3

مما سبق نجد أن الفروق النسبية في القوى القاصة والعزوم متقاربة بشكل كبير في مختلف النماذج، إلا أن نسبة الزيادة في القوة المحورية تكون أكبر في المبنى المكون من 5 طوابق.

الاستنتاجات والتوصيات:

الاستنتاجات:

فيما يلي النتائج الرئيسية للبحث:

- نظام الشد اللاحق يقلل الدور الأساسي للمنشأ بنسبة قليلة لا تتجاوز %1.
- استخدام البلاطات لاحقة الشد يزيد من صلابة المنشأ بشكل ملحوظ حيث تصل النسبة إلى %50.
- قوة سبق الإجهاد تسبب قوى شد محورية في جدران القص والأنوية.
- تتعرض جدران القص والأنوية في المباني الحاوية على بلاطات لاحقة الشد إلى قوى قاصة وعزوم انعطاف في الاتجاهين أكبر من مثيلاتها في المباني ذات البلاطات المسطحة العادية.
- إن استخدام هذا النوع من البلاطات يزيد من صلابة المنشأ ويجعل عناصره أكثر تكاملاً فيما بينها كما لاحظنا في النتائج السابقة الأمر الذي يؤدي لزيادة طاقة امتصاص القوى الزلزالية وهذا هو سبب الزيادة في القوى القاصة والعزوم المنقولة للعناصر الرأسية.
- كنتيجة نهائية نوصي باستخدام البلاطات لاحقة الشد في المباني العالية ضمن المناطق الزلزالية.

التوصيات:

- يوصي البحث الدارسين بإعادة الدراسة السابقة لكن مع تغيير الجملة الإنشائية المقاومة للزلازل (استخدام جملة ثنائية).
- يوصي البحث بدراسة أثر تغير سماكة البلاطة على السلوك الزلزالي للمنشأ.

المراجع:

المراجع الأجنبية:

- [1] ABD-EL-MOTTALEB, H. E. & MOHAMED, H. A, 2018- **Behavior of Two-Way Post Tension Flat Slab**, Applied Engineering, Vol. 2. 2, p. 54-59.
- [2] American Concrete Institute, 2019- **Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-19)**.
- [3] American Society of Civil Engineers, 2016- **Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures (ASCE 7-16)**.
- [4] BAHORIA, B. V. & PARBAT, D. K, 2013- **Analysis and Design of RCC and Post-tensioned Flat Slabs Considering Seismic Effect**, International Journal of Engineering and Technology (IJET), Vol. 5. 1.
- [5] GHONEIM, M. & EL-MIHILMY, M, 2008- **Design of Reinforced Concrete Structures**. First edition. Egypt, Volume 3, Chapter (7 to 10).
- [6] KUMAR, A. & Dr. BORGHATE, S. B, 2018- **Seismic Behaviour of Prestressed Flat Slab Buildings**, Journal of Emerging Technologies and Innovative Research (JETIR), Vol. 5. 7.
- [7] NAWY, E. G, 2010- **Prestressed Concrete (A Fundamental Approach)**. Fifth edition. United States of America, 950p.
- [8] NETHRAVATHI, S.M & PRASAD, D, 2017- **Analysis and Comparative Study of Unbonded Post-tensioned Cast-In-Place Parking Floor on the Effects of Tendon Layout using Safe**, International Journal of Engineering Research & Science (IJOER), Vol. 3. 7, p. 96-99.
- [9] PAUL, A. & KRISHNAN, Y, 2016- **Lateral load analysis of Post tensioned and RCC building using Pushover analysis**, International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET), Vol. 3. 9.
- [10] RATH, S. R., SETHY, S. K. & DUBEY, M. K, 2019- **Comparative Study on Analysis and Designing of Post-Tensioned Flat Slab Vs Conventional Slab**, International Journal of Research in Advent Technology (IJRAT), Vol. 7. 5.
- [11] SATWIKA, V. & JAISWAL, M, 2022- **Comparison of RCC and Post-Tensioned Flat Slabs Using ETABS**, Paper presented at IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science.

المراجع العربية:

- [12] د. عيسى، م، 2019- محاضرات في المنشآت البيتونية الخاصة، منشورات جامعة البعث، سوريا.
- [13] الملحق رقم (2) للكود العربي السوري لتصميم وتنفيذ المنشآت بالخرسانة المسلحة، 2013 - "تصميم وتحقيق المباني والمنشآت المقاومة للزلازل"، الطبعة الثانية، دمشق.
- [14] الملحق رقم (8) للكود العربي السوري لتصميم وتنفيذ المنشآت بالخرسانة المسلحة، 2018 - "تصميم المباني مسبقة الإجهاد"، الطبعة الأولى، دمشق.

مجالات استخدام الأقمشة المعالجة في التكوين الخارجي للمباني المعاصرة

م. نجوى علوش د.م. هويدا خزام

الملخص:

يعد استخدام الأقمشة في العمارة أمراً غير مستحدث، إلا أن التطورات الحاصلة في المجال المعماري دعت المماريين إلى إعادة البحث عن تغطيات تحقق المرونة و التوافق مع البيئة بأقل تكاليف ممكنة، فظهرت الأقمشة المعالجة بمواد عديدة تتماشى مع الحدثة التكنولوجية وتطور التصميم. فهذه الأقمشة هي كغيرها من المواد يجب أن تدرس خصائصها بشكل عام ومجالات استخدامها، وفي هذا الإطار يقدم البحث تعريفاً بأنواع الأقمشة المعالجة و استخدامها في التكوين الخارجي للمباني المعاصرة ومجالات تأثيرها على التشكيل المعماري الخارجي، وذلك من خلال إلقاء الضوء على تجارب بعض الأبنية العالمية والعربية التي تمت إضافة الأقمشة لتصميمها الخارجي بشكل متكامل ودراستها، وتحليلها، والاستفادة من هذه التجارب.

الكلمات المفتاحية : أقمشة، الأقمشة المعالجة، معاصرة، نسيج، ETFE.

الدكتورة هويدا خزام : دكتورة مشرفة في كلية الهندسة المعمارية جامعة البعث

م.نجوى علوش : طالبة ماجستير قسم التصميم المعماري

Fields of use of treated fabrics in the exterior configuration of contemporary buildings

Dr.Ar. Howaida Khuzam\

Ar. Najwa Alloush

Abstract:

The use of fabrics in architecture is not new, but developments in the architectural field have called on architects to re-search for coverings that achieve flexibility and compatibility with the environment at the lowest possible costs. Fabrics treated with many materials appeared in line with technological modernity and the development of design. These fabrics, like other materials, must be studied in general, their properties and areas of use. In this context, the research provides a definition of the types of treated fabrics and their use in the external configuration of contemporary buildings and the areas of their influence on the external architectural configuration, by shedding light on the experiences of some international and Arab buildings that Fabrics were added to the exterior design in an integrated manner, studied, analyzed, and benefited from these experiences.

Keywords: fabrics, treated fabrics, contemporary, textile, ETFE.

Dr.Ar. Howaida Khuzam :Supervising Doctor at the Faculty of Architecture,Al-Baath University

Ar. Najwa Alloush :Master's student in Architectural design

المقدمة:

منذ القدم احتل التكوين الخارجي للمبنى تفكير المصممين فكان أحد أهم المحاور الرئيسية التي شغلت المصممين، وذلك لأن الواجهات و شكل السقف تلعب أثراً كبيراً في المتلقي وهو ما يعبر عن فكر المعماري، فكان لابد للمعماري من التفكير في التكوين و التغطية المناسبة التي تعبر عنه، وإن الأقمشة والنسيج المستخدمة في العمارة ظاهرة قديمة حيث أن امتزاج العمارة والمنسوجات ليس بالتطور الحديث جداً، فقد انصهرت المنسوجات مع العمارة منذ القدم إلا أنه لم يتم تسليط الضوء على استخدام الأقمشة بشكل مباشر، وفي العقدين الماضيين تجدد الاهتمام بموضوع الجمع بين العمارة والأقمشة وذلك اعتماداً على أفكار وطروحات بين المعماريين والمهندسين ومصممي النسيج وعلماء المواد والفنانين وذلك باستثمار التقنيات التكنولوجية على مستوى العمليات التصميمية والانشائية الحديثة.

أهمية البحث :

نتيجة استخدام الأقمشة عالمياً في المجال المعماري بعد معالجتها بطرق حديثة ومتنوعة لتلبي إمكانية استخدامها بشكل واسع في مجال العمارة المعاصرة ولما لها من مزايا جمالية واقتصادية ومثانة وتوفير للوقت بالإتشاء بالإضافة للمرونة الوظيفية، تم توجيه البحث لدراسة هذا النوع من المواد التي تلبي الطلب ومنها الأقمشة المعالجة والتطرق لها بشكل أكبر لدراسة إمكانية الاستفادة منها في التكوين الخارجي للمبنى.

هدف البحث:

يهدف البحث إلى الوصول لمحددات تصميمية، يجب أخذها بعين الاعتبار عند تصميم التكوين الخارجي لمبان معاصرة تستخدم الأقمشة المعالجة.

منهجية البحث:

يعتمد البحث على المنهج التجميعي في الدراسة النظرية و يتناول البحث شرحاً تمهيدياً عن مفهوم القماش و التعريف بأنواعها وخصائصها وطرق استخدام الأقمشة في التكوين الخارجي للمبنى، و من ثم دراسة تأثير الأقمشة المعالجة المستخدمة في التكوين الخارجي للمباني المعاصرة. ثم إجراء دراسة تحليلية لأبنية معاصرة وإسقاط المحددات التصميمية المستخلصة من الجزء النظري عليها. من ثم الوصول إلى نتائج ، من شأنها أن تغني مجالات الاستفادة من الأقمشة المعالجة في العمارة المعاصرة.

1- تعريف الأقمشة: بأنها شكل من أشكال النسيج وهي إما ألياف طبيعية (الألياف، الخيوط، الجلود، الفراء....)، أو صناعية (الصفائح البلاستيكية، الجلود المصنعة....). [10]

2- أنواع الأقمشة المعالجة وخصائصها:

يمكن أن تكون مركبة من أقمشة ، أو ألياف ، أو بوليمير ، تضاف إليها مواد معالجة أو مقوية.

لذلك لا بد عند استخدام الأقمشة في تصميم المبنى سواء كانت ستستخدم لتغطية واجهه، أو تغطية سقف، أو تغطية المبنى بشكل. لا بد من معرف خصائص هذه المادة ، ومعالجاتها، وما هو التوظيف الأمثل لكل نوع. [10]

2-1 أنواع الأقمشة:

أقمشة معالجة بمواد أساس بوليمرية ، أقمشة معالجة بمواد تقوية مثل fiber ، ألياف نسيجية ممكن أن تستخدم بالإنشاء ، منسوجات تعالج بالجص والتجفيف وبعض الإضافات تستخدم كقواطع ، أقمشة معالجة بمواد تزيد من قدرتها على تحمل الإجهادات والقوى المطبقة عليها ، ألياف زجاجية منسوجة وغير منسوجة ، لفائف المنزل (الأغشية

العازلة للمنازل القابلة للتنفيس) ، منسوجات مواد ذكية ، أقمشة ذكية حساسة للحرارة ،
(أقمشة ذكية مضادة لامتناس المياها، أقمشة ذكية مضيئة)،

أقمشة النانو ، أقمشة معالجة ب ETFE ، أقمشة معالجة ب PTFE.

2-2 خصائص استخدام الأقمشة:

2-2-1 خصائص بيئية و مناخية:

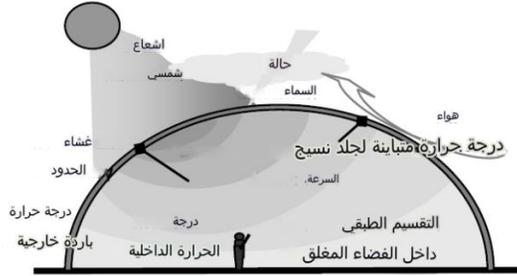
يختلف شكل ونوع القماش المستخدم باختلاف المناخ ووظيفة المبنى، فسلوك الأقمشة المستخدمة في المنشآت المشدودة يجب أن يتناسب مع بيئته و أهم هذه العوامل هي الحرارة المنقلة إلى داخل المنشأة التي تؤثر على الراحة الحرارية للمستخدمين. [16] و يتأثر انتقال الحرارة إلى الفراغ الداخلي بعدة عوامل:

- الأشعة الشمسية: يختلف الكسب الحراري الناتج من الإشعاع الشمسي بحسب مادة القماش المستخدمة و بحسب مقاومته للحرارة. وأهم العوامل التي تساعد على اكتساب الحرارة من الإشعاع الشمسي هي:
 - مقدار امتصاص المادة للأشعة الشمسي.
 - شفافية المادة و مقدار دخول الضوء من خلالها.
 - طولة الموجه وانبعاث الموجات.

- حركة الهواء: إن اختلاف الارتفاعات بين عدة نقاط في ذات الفراغ يسبب فروقاً في الضغط ، هذا الفرق في الضغط يخلق حركة في لتيارات هواء في داخل المنشأة تساعد على تحسين درجات الحرارة الداخلية. كما أن الهواء الساخن يتجمع في المناطق المرتفعة أما الهواء البارد فيكون في مستوى الإنسان.

أما بالنسبة لانتقال الحرارة عبر التوصيل الناتج من ملامسة الهواء ، فإنه يختلف بحسب سرعة الهواء.

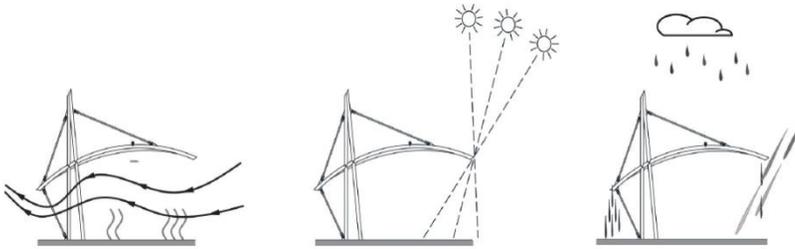
يوضح الشكل (1) التقسيم الحراري بشكل طبقات داخل المنشأة، وانتقال الحرارة عبر الهواء. [16]



الشكل(1) تقسيم الطبقات الحرارية داخل المنشأة الغشائية المصدر: [16]

• شكل المنشأة و البيئة العمرانية المحيطة:

يؤثر شكل المنشأة المختار على حركة الهواء والظلال و طريقة تصريف الأمطار وكذلك البيئة المحيطة بالمنشأة تؤثر على حركة الهواء حول المبنى سواء كانت أبنية محيطة به أو وجود الأشجار والنباتات حوله. فلو أخذنا مثالا موقف سيارة استخدمت فيه التغطية القماشية كما في الشكل (2).



الشكل (2) علاقة الشكل بالمتغيرات المناخية المصدر [16]

يسمح هذا الشكل بتأمين منطقة مظلة فهو يرتفع بالوسط ثم ينحدر من الأمام والخلف مما يسمح بتصريف للأمطار والثلوج وعدم تجمعها على السطح. كما أن مقدار الميل الأمامي يؤمن منطقة مظلة. كما يساعد هذا الشكل على تحريك الهواء حوله و تشكل

المنطقة خلف المظلة مكان تدوير الهواء الساخن. لذلك يجب الإنتباه عند تصميم البيئة المحيطة بأن لا يتم وضع أشجار أو جدران في هذه النقطة فتمنع تدوير الهواء، وبالتالي تزيد الحرارة. [11]

2-2-2 خصائص وظيفية:

تستخدم هذه التغطية لمختلف أنواع المنشآت وتستخدم بحسب:

- تستخدم كمنشآت مؤقتة: تستخدم في تغطية المنشآت الترفيهية كالمعارض، والتغطية المؤقتة للمنشآت الرياضية، والمعارض، والمخازن المؤقتة، المساكن المتحركة والمؤقتة.
- تستخدم كمنشآت دائمة: تستخدم لتغطية المنشآت الرياضية بشكل واسع، وتستخدم في منشآت النقل، الأبنية الثقافية، والحدائق الترفيهية، مواقف السيارات، الساحات، ويتم صيانتها بشكل دوري.

2-2-3 خصائص انشائية:

بدأت الفكرة في الخمسينات حيث قام فراي اوتو بعدة تجارب، تعتمد على بناء هيكل يعتمد على مفهوم "الأسطح الدنيا" والتي تعرف بأنها أصغر مساحة سطحية تحتاج أقل قدر من الطاقة، نظراً لصغر مساحة سطحها، وتتميز بأن هيكلها الرئيسي بأن الضغط يكون موحداً في جميع نقطه. [11]

- قدرتها على مقاومة قوى الشد: عند تصميم المنشآت القماشية يتم تصميمها على مبدأ شكل متوازن ذو جمالية، وعملي في نفس الوقت، أي أن الشكل يكون متوازن في جميع النقاط تحت تأثير حمل الشد المطبق عليه. عند البدء بتطبيق الشد مع وجود الضغط، وحدث تجعيد في السطح، هذا يعني أن الإجهادات غير موزعة بشكل صحيح.

هذه الحسابات تعتمد على النمذجة العددية باستخدام برامج الكمبيوتر، لإيجاد الشكل العددي المناسب. [11]

- تحمل الإجهادات: لا تتولد هذه النوع من المنشآت اجهادات (قص، وانحناء) مثل التي تتولد في البلاطات الإنشائية، وذلك لان نسبة عمقها إلى مجازها صغير جداً، فالإجهادات التي تتولد من نقل الأحمال تكون غير هذه الإجهادات. فالأحمال تنتقل نتيجة توزع الشد بشكل متساوي على مساحة سطحها، أو تنتقل بواسطة طريقة ميكانيكية لها نفس الكفاءة الإنشائية. [1]

2-2-4 خصائص اقتصادية:

للمنشآت ذات التغطية القماشية ميزات اقتصادية عديدة هي: عمرها الافتراضي يتراوح بين 15 إلى 30 سنة، خفيفة الوزن قابلة للفك والنقل، تستخدم كمية قليلة من المادة مقارنة بمواد التغطية الاخرى، تحقق مظهر جمالي، بأسعار مناسبة، رخص التكلفة مقارنة بالطرق التقليدية. فاستخدام المنشآت القماشية توفر بنسبة 50 إلى 60 بالمئة من كلفة المنشأة مقارنة باستخدام أنواع أخرى من المنشآت، فالأقمشة تؤمن تهوية طبيعية، وكذلك إضاءة طبيعية مما يوفر استهلاك الكهرباء. [2]

3- مجالات استخدام الأقمشة المعالجة في التكوين الخارجي:

تستخدم الأقمشة في مجالات متعددة بالعمارة نظراً لميزاتها فهي تستخدم في:

3-1 استخدامها في تغطية كافة المبنى:

كما في متحف شننتشن البحري في الصين، تم تصميم مبنى SANAA بشكل يتناسب مع البيئة الجبلية المحيطة، يظهر المتحف على شكل سحابة ركامية ، ويسمح بدخول الضوء

ورؤية المناظر الطبيعية الخارجية من خلال استخدام الأقمشة ETFE، التي أعطت مرونة عالية لتنفيذ هذا الشكل. كما في الشكل (3)



الشكل (3) تغطية كافة المبنى لمتحف شننتشن البحري في الصين المصدر: [12]

2-3 استخدامها في الواجهات:

تعرف الواجهات بأنها المسطحات التي تشكل الفراغ في المستوي الرأسي، فهي ما يحدد شكل الفراغ بالبيئة العمرانية، و كذلك نوع الفراغ سواء كان مغلق أو مفتوح. استخدمت الأقمشة في تغطية الواجهات لأسباب عدة فهي تعطي شكلاً جمالياً، بالإضافة إلى استخدامها كالعجبة بيئية للحماية من العوامل الخارجية من خلال: [8] -تظليل الواجهات. مثال على ذلك: تجهيز واجهة مبنى الشركة في فيينا بإجمالي 104 شراع من الأقمشة التي تعمل على حماية المبنى من أشعة الشمس من ناحية، ومن ناحية أخرى تعمل ككسوة معمارية على الجانب المغلق من المبنى. كما في الشكل(4).



الشكل (4) تظليل الواجهة باستخدام الأقمشة مبنى الشركة في فيينا المصدر: [12]

-استخدام جدران مزدوجة تسمح مملوءة بالهواء: كمبنى Media-TIC في إسبانيا، تم تغطية الواجهة بوسائد هوائية تسمح للضوء بالمرور من خلالها فهي تعمل على تأمين العزل الحراري للواجهة نتيجة لوجود الهواء بين طبقتي القماش. واستخدامها لمادة ETFE التي تغطي مساحه 2500 متر مربع، مما يضمن الحماية اللازمة من الأشعة الشمسية، و توفر الطاقة بنسبة 20%. قد حصل المبنى على 42 نقطة من الحد الأقصى البالغ 57 نقطة. فهو مبنى صديق للبيئة. كما هو موضح بالشكل (5).



الشكل (5) استخدام جدران مزدوجة من الأقمشة المملوءة بالهواء مبنى Media-TIC المصدر: [12]

-استخدام مواد عاكسة للحرارة. ملعب المدرج، كوينز في الولايات المتحدة الأمريكية. جاءت فكرة تغطية الواجهات من أوراق الشجر، فشكل الأقمشة المستخدمة تشبه خلايا الورقة، ولمنع الأقمشة من حجب الرؤية استخدموها بشكل يحاكي حركة الأوراق مما أعطى الواجهة شكلاً مرناً، تتكون الواجهة من قماش معالج بالألياف الزجاجية المطلي بالنفولون، أو قماش متعدد رباعي فلورو إيثيلين (PTFE)، تتكون الواجهة السداسية من 486 لوحاً، تساعد هذه المادة على عكس الأشعة الشمسية والحماية من الحرارة الغير مرغوب بها [9]. كما في الشكل (6)



الشكل (6) واجهة ملعب المدرج في الولايات الأمريكية، المصدر: [12]

3-3 استخدامها في الأسقف:

يعرف السقف: بأنه السطح الداخلي العلوي الذي يحدد الحد الأعلى للفراغ. وقد لا يكون عنصر إنشائي ، ولكنه السطح المكمل الذي يخفي الجانب السفلي من العناصر التي فوقه.

و السقف هو عنصر معماري ، وظيفته هي تحديد الجزء العلوي للمبنى والحفاظ على المناطق الداخلية من العوامل المناخية. [8]

فالأقمشة تستخدم لتغطية الأسقف لحمايتها من العوامل المناخية الغير مرغب بها عن طريق:

-استخدام الأقمشة العاكسة للحرارة. مثل صالة الحجاج في السعودية كما في الشكل (7)



الشكل (7) صالة الحجاج في مطار الملك عبد العزيز، المصدر: [12]

-استخدام الأشكال المنحنية لخلق الظلال:

من الأمثلة Dinosaur Theme Park Entrance Building في ألمانيا، فكرة المشروع تقوم على تشكل الخلية البدائية وتقسيمها كأصل الحياة. يتكون الغلاف من رقائق ETFE ولون الغلاف الشفاف، يرمز إلى الطبيعة والحياة. [12] كما في الشكل (8).

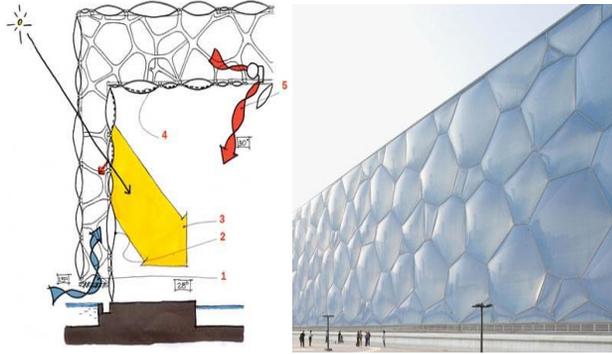


الشكل (8) Dinosaur Theme

Park Entrance Building في ألمانيا المصدر: [12]

-استخدام طبقة أقمشة مزدوجة:

مثال على استخدام السقف المزدوج مبنى بكين للألعاب المائية. وبالنسبة لمادة الجدران تم استخدام ETFE (الإيثيلين رباعي فلورو إيثيلين) بشكل كبير في المباني نظراً لخصائصه فهو خفيف الوزن ذو نفاذية عالية فهو يسمح لضوء النهار بالدخول إلى المبنى وبالتالي توفير الطاقة. كما في الشكل (9)



الشكل (9) استخدام الجدران المزدوجة مبنى بكين للألعاب المائية المصدر: [12]

4- تأثير استخدام الأقمشة على التكوين الخارجي للمباني المعاصرة:

تعرف المباني المعاصرة بأنها: مباني منبثقة من بيئتها المحيطة ، تستخدم مواد و تقنيات حديثة ، لا تتقيد بنمط معين من التصميم ، فهي لا تتبع لمدرسة معمارية محددة وإنما إلى فكر يهدف إلى معالجة تقاطع الفن و الهندسة ، فهي مباني تتسم بالتعقيد والتشكيل المعماري المنسجم مع بيئته. [3]

4-1 خصائص المباني المعاصرة:

لكل فترة معمارية خصائص تميز أبنيتها وأهم خصائص الأبنية المعاصرة هي:
-التعقيد: وهي أشكال غير متوقعة يصعب على الإنسان تخيلها ، ممكن أن تتكون عدة أشكال مختلفة في شكل واحد. [3]

-البساطة: بناء على سمات التعقيد و التناقض تحولت العمارة إلى ما يسمى " التبسيط"
مع التنوع والتعدد في استخدام الأشكال المتنافرة. [3]

-التناقض: هو استخدام عدة أشكال من عدة أنماط معمارية في تصميم واحد. [3]

4-2 الميزات التصميمية لإستخدام الأقمشة في مباني المعاصرة:

و الميزات التصميمية هي:

-التشكيلات الانسيابية: هي تشكيلات مرنة سلسلة، تنتج أشكالاً مترابطة مع بعضها بشكل يحافظ على الإستمرارية يحقق متعة جمالية وبصرية للمتلقي، يتم إنتاج هذه التشكيلات باستخدام برامج حاسوبية. [4]

وتصنف إلى:

-أشكال نقية: وهي أشكال ناتجة من خطوط ترتبط مع بعضها بعلاقات واضحة، فالشكل المنحني النقي يكون ناتج من أجزاء من عدة دوائر تربط بين هذه الدوائر علاقة واضحة سواء كانت العلاقة من خلال ترابط هذه الدوائر بالمراكز أو بالمماس وغيرها... [4]

-أشكال معقدة، وهي الأسطح المنحنية غير المنتظمة، معقدة، يصعب تمييز العلاقة التي ربطت بين هذا الشكل لينتج هذا النمط.

- مباني ذات تشكيلات متميزة ومتفردة: هي مباني ذات أشكال ملفنة تثير شعور الغرابة وتلفت المتلقي للتفكير في المعاني التي يحملها هذا العمل المميز. [4]

- تشكيلات قابلة للحذف والإضافة: وهي مباني مرنة تتميز بإمكانية إضافة مفردات جديدة أو تغيير لون أو تكبير عنصر أو تصغيره، أو إزالة مفردات غير مرغوب بها. [5]

- استخدام مواد البناء الحديثة: هي مواد التي ظهرت نتيجة للتقدم التكنولوجي والتي ساعدت على تحقيق أفكار مبدعة، وتشكيلات جديدة متميزة. [6]

- تشكيلات حرة للمساكن الأفقية: هي المساكن المفتوحة التي تسمح بتخلل الضوء والهواء وتقل فيها استخدام الجدران الصماء التي تعيق الحرية البصرية ، أو استخدام فواصل شفافة أو خفيفة.[7]

مثال Rockwell Group The Shed ، وهو مركز ثقافي في مانهاتن ، ويتميز بسقف قابل للطي يمكن نقله لتشكيل منطقة للأداء. تبلغ مساحة (18,500) متر مربع من قماش المعالج بال EFTE ، وهو إطار فولاذي مكشوف ومغطى بألواح شفافة من الإيثيلين رباعي فلورو إيثيلين. تتميز هذه المادة بالخفة و العزل الحراري. اتبع المعماري الاتجاه البارامترية في التصميم ، إن استخدام الأقمشة أعطى المرونة للتشكيل سواء في المسقط أو بقابلية الإزالة والترتيب ، بالإضافة إلى التشكيل المميز. [19] كما في الشكل (10)



الشكل (10) المركز الثقافي Rockwell Group The Shed المصدر: [19]

من الدراسة النظرية نستنتج الجدول (1) جدول الدراسة التحليلية المصدر: الباحثة				
الناتير	غير محقق	محقق	محددات الدراسة التحليلية	
			أمان	نوع القماش
			عزل	
			جمالية	
			توازن	
			إيقاع	
			اللون	
			التكرار	
			شفافية	وظيفية
			مرونة	
			تغطية مساحات واسعة	
			خلق فراغات جديدة	
			غلاف لكامل المبنى	موقع
			أسقف	التركيب
			واجهات	
			داخلي	
			خارجي	
			ثابتة	آلية
			متحركة	الاستخدام
			اللون	واجهات
			تكرار	
			تعبير عن الوظيفة	الكفاءة التصميمية
			كلي	الأسقف
			جزئي	
			المداخل	التكوين
			القدرة على التعبير عن الوظيفة	
			الاعتماد على تشكيلات إنسيابية	
			مرونة وسهولة التشكيل	

أسباب إختيار الأمثلة:

إن هدف البحث إلى الوصول لمحددات تصميمية، يجب أخذها بعين الاعتبار عند تصميم التكوين الخارجي لمبان معاصرة تستخدم الأقمشة المعالجة. لذلك تم إختيار الأمثلة بحسب استخدام الأقمشة في التكوين (في الواجهات، أو كامل المبنى).

5- فندق برج العرب:

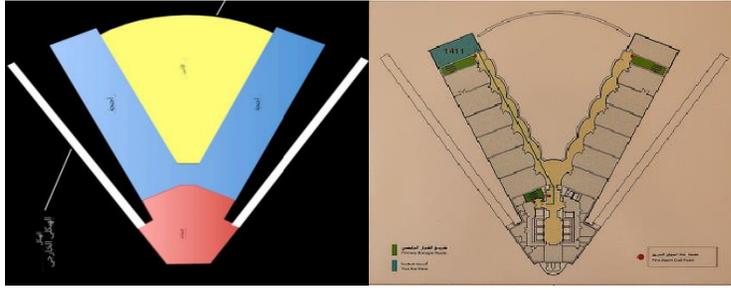
○ وصف عام للمبنى:

المبنى هو عبارة عن فندق على جزيرة صناعية، تم إنشاؤه عام 1999م، في إمارة دبي على بعد 280 متراً من الساحل مقابل شاطئ جميرا في دبي.

○ الوصف المعماري للمبنى:

يتألف برج العرب من 202 جناح مزدوج لإقامة الضيوف، ومن 28 طابقاً بارتفاع مزدوج وتشمل الأجنحة 142 جناحاً بغرفة واحدة، و 18 جناحاً داخلياً بغرفة واحدة وأربعة أجنحة دوبليكس بغرفة واحدة، و 28 جناحاً بغرفتين وستة أجنحة بثلاث غرف وجناحين خاصين وجناحين جراند سويتش. وفي كل الأجنحة نوافذ ترتفع من الأرض إلى السقف توفر للضيوف منظراً رائعاً للبحر وتتراوح بين 170 متراً مربعاً و 780 متراً مربعاً و جهزت الأجنحة بأخر التقنيات الحديثة.

صمم البرج بجناحين إقامة تم توجيههم نحو الجهة الغربية والآخر نحو الشرقية بحيث يتم استغلال الاطلالة البحرية وتم الابتعاد عن استخدام الجهة الجنوبية للأجنحة للتخفيف من كسب الأشعة الشمسية. [11] كما في الشكل (13).



الشكل (11) توجيه برج العرب المصدر: [14]

أما الكفاءة التصميمية للتكوين تتمثل من خلال: القدرة على التعبير ، سهولة الفك والتركيب، مرونة وسهولة التشكيل، خفة وزن، خلق الضوء والظل. [13]

إن استخدام الأقمشة في برج العرب كان له تأثير واضح على التكوين: من حيث تأثيرها على ظهور البرج كشكل الشراع ، وسهولة تشكيله بالإضافة لسهولة تركيبها كما تم استخدامها بهذا الارتفاع الشاهق مما يساعد بتخفيف الوزن المطبق على الهيكل ، نظرا لخفة وزنها مقارنة بالزجاج والمواد الأخرى وساهمت في تظليل هذه الردهة الضخمة عالية الارتفاع. [12] كما أكد استخدام الأقمشة على مدخل البرج كما في الشكل (12).



الشكل (12) الردهة الداخلية لبرج العرب المصدر: [14]

ساعد استخدام القماش الذي يتميز بشفافيته على إستخدام إضاءة مختلفة و التي أعطت البرج مظهراً جذاباً للغاية فقد قامت شركة Focus Lighting بتصميم وتنسيق وبرمجة نظام التحكم للإضاءة الخارجية لبرج العرب، المملكة المتحدة. يتحكم نظام آلي واحد يعمل باللمس في 148 جهازاً المتغيرة الألوان المحوسبة التي تضيء واجهة "الشراع" القماشية للبرج. [17]

الجدول (2) الدراسة التحليلية لبرج العرب وفق المعايير والمحددات . المصدر:
الباحثة

التأثير	غير محقق	محقق	محددات الدراسة التحليلية		
مقاوم للحريق		✓	أمان	قماش من	نوع القماش
حراري أو صوتي		✓	عزل	الالياف	
		✓	توازن	الزجاجية	
	✓		إيقاع	المطلية بال	
		✓	اللون	bffe	
	✓		التكرار	ومعالجة بمواد	
بين الوظيفة والجمال		✓	شفافية	اضاءة ذكية	
مرونة في تنفيذ الشكل		✓	مرونة		
		✓	تغطية مساحات واسعة		
الردهة التي أمنت ممرات جديدة		✓	خلق فراغات جديدة		

بشكل كلي في واجهة واحدة للمبنى	✓		غلاف لكامل المبنى	موقع التركيب		
	✓		أسقف			
		✓	واجهات			
	✓		داخلي			
		✓	خارجي			
		✓	ثابتة	آلية الاستخدام		
	✓		متحركة			
		✓	اللون	واجهات		الكفاءة التصميمية
	✓		تكرار			
		✓	تعبير عن الوظيفة			
	✓		كلي	الأسقف		
	✓		جزئي			
أكد على المدخل		✓	المدخل	التكوين		
الالوان		✓	القدرة على التعبير عن الوظيفة			
		✓	الاعتماد على تشكيلات إنسيابية			
		✓	مرونة وسهولة التشكيل			

6- القبة الألفية في لندن (millennium Dome):

o وصف عام لمبنى القبة الألفية:

القبة الألفية عبارة عن مبنى كبير ذو سقف واحد يقع على ضفاف نهر التايمز ، على أرض صناعية سابقة في شبه جزيرة غرينتش جنوب شرق لندن. [15]

وهو مبنى تم تصميمه من قبل المعماري ريتشارد روجرز المعروف ب RSHP للمسابقات الرياضية لدورة الألعاب الأولمبية في لندن عام 2000م.

تم اختيار هيكل القبة باعتباره الحل التصميمي الأنسب ويرجع ذلك إلى حد كبير إلى القيود الزمنية الصارمة المفروضة على المشروع. [15]

فقط في عام 1996 - وبشكل متأخر نسبياً بالنسبة لمشروع بهذا الحجم - تم إختيار شبه جزيرة غرينتش كموقع للمهرجان ، وكان من الضروري أن يتم الانتهاء من جميع أعمال البناء في عام 1998 من أجل إتاحة الوقت الكافي للمعارض يتم تثبيتها بحلول مطلع الألفية.

وبدلاً من إنشاء أجنحة منفصلة لكل معرض من المعارض التي ستشكل تجربة الألفية ، كان إنشاء مبنى واحد لإيوائهم جميعاً أكثر كفاءة من حيث الوقت وفعالية من حيث التكلفة. [15]

o الوصف المعماري للمبنى:

يتميز تصميم القبة بدائرة مكونة من اثني عشر صاريًا فولاذيًا بارتفاع مائة متر ، والتي تدعم شبكة من الكابلات عالية الشد. [18]

يتم تغطية الكابلات بمظلة من قماش PTFE المطلي بالتفلون الأبيض النقي ، بسمك ملليمتر واحد فقط ، مع بطانة داخلية لامتناهات الصوت.

كان هناك عمود تهوية من نفق بلاك وول ، الذي ينقل حركة المرور على الطريق أسفل نهر التايمز ، وأن هذا العمود يقع في أرض الموقع المقترح للقبة ويحتاج إلى استيعابها في التصميم.

يرتفع المبنى على قاعدة دائرية يبلغ قطرها 365 مترًا ، مع حافة متموجة وارتفاع أقصى 50 مترًا أما الموقع العام للمشروع فهو يرتبط بالعناصر المحيطة مع ممرات وشوارع

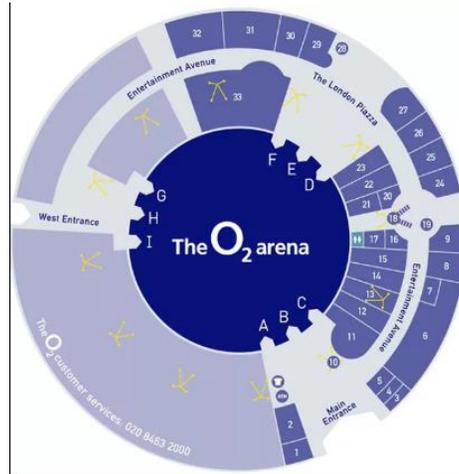
رئيسية. كما في الشكل (13)



نفق بلاك وول

الشكل (13) نفق بلاك وول المستخدم في القبة الألفية المصدر: [18]

يسمح النسيج الشفاف بدخول ضوء الشمس إلى القبة، وبالتالي تقليل الحاجة إلى الإضاءة الداخلية وتقليل متطلبات الطاقة للمبنى. يتم تهوية القبة بشكل طبيعي ، مع وجود فتحات في وسط السقف تطلق الهواء الساخن المتصاعد. كما في الشكل (14) يقاوم المنشأ الحركة ضد أحمال الرياح عن طريق استخدام الشدادات و الصواري التي تعطي الشكل المخروطي ، وهذا الشكل ثابت ضد التحرك تحت تأثير الرياح. [18]



الشكل (14) عملية توزيع الهواء داخل القبة الألفية المصدر: [18]

الجدول (2) الدراسة التحليلية للعبة الألفية وفق المعايير والمحددات تحليل. المصدر:
الباحثة.

التأثير	غير محقق	محقق	محددات الدراسة التحليلية			
مقاوم للحريق		✓	أمان	قماش	نوع القماش	
حراري أو صوتي		✓	عزل	PTFE		
		✓	توازن	المطلي		
	✓		إيقاع	بالتفلون		
		✓	اللون	الأبيض		
	✓		التكرار	النقي		
نسبة قليلة تسمح بدخول اضاءة في النهار		✓	شفافية	وظيفية		
مرونة في تنفيذ الشكل		✓	مرونة			
		✓	تغطية مساحات واسعة			
		✓	خلق فراغات جديدة			

		✓	غلاف لكامل المبنى	موقع التركيب	
	✓		أسقف		
	✓		واجهات		
	✓		داخلي		
	✓		خارجي		
		✓	ثابتة	آلية الاستخدام	
	✓		متحركة		
	✓		اللون	واجهات	الكفاءة التصميمية
	✓		تكرار		
	✓		تعبير عن الوظيفة		
		✓	كلي	الأسقف شكل السقف	
	✓		جزئي		
			المداخل	التكوين	
	✓		القدرة على التعبير عن الوظيفة		
	✓		الاعتماد على تشكيلات إنسيابية		
	✓		مرونة وسهولة التشكيل		

7- ملعب Allianz Arena في ألمانيا:

o وصف عام للمبنى:

أليانز أرينا (Allianz Arena) هو ملعب كرة القدم الرئيسي في مدينة ميونخ الألمانية صمم بواسطة المهندسين المعماريين هيرتسوغ ودي ميورون ، جاك هيرزوغ ، بيير دي ميورون، وكان يلعب عليه قطبا المدينة بايرن ميونخ وميونخ 1860م. حتى تم التوصل لاتفاق حل عقد إيجار نادي ميونخ في عام 2017 وأصبح الملعب ملكاً لنادي البايرن ميونخ وحده ، وقد تم افتتاحه في 31 مايو 2005. تبلغ طاقته الاستيعابية 67,812 متفرج (مباريات دولية) و 71,437 متفرج (مباريات محلية). ويعتبر من أجمل ملاعب العالم وأكثرها استيعاباً للجماهير حيث تصل طاقته الاستيعابية إلى 80,074 متفرج. وقد سمي الملعب بهذا الاسم نسبة إلى شركة التأمينات الألمانية أليانز، بعد قيامها بتمويل المشروع، وسيحمل الملعب اسم الشركة لمدة 30 سنة.

يقع الملعب في إحدى ضواحي مدينة ميونيخ، شمال شرق المدينة، و هو قريب جداً إلى حدودها الإقليمية. يتم الوصول إلى الملعب عبر الطريق السريع إلى وسط مدينة ميونيخ . أو عن طريق جزء من حلقة خارجية تمر عبر منطقة الضواحي وتتيح الوصول إلى المناطق القريبة. [20]

o الوصف المعماري للمبنى:

تحتوي على 66.901 مقعداً قابل للطي يدوياً لسهولة الحركة في ثلاثة مستويات، منها 3400 مقاعد المديرين التنفيذيين و 106 مقصورة لكبار الشخصيات و 1400 مكان بجوار الملعب.

الطبقة العليا ذات ميل 34 درجة ، يحتوي الملعب على مجموعة واسعة من المطاعم والترفيه والتسليية وقاعات المشاهير ، وخدمات رعاية الأطفال ، ورياض الأطفال ، ومتاجر للمشجعين ، والمكاتب ، وقاعات المؤتمرات.

كما تتوفر أماكن للترفيه من مطاعم وكافيتريات بمساحة أقلها 6500 متر مربع.

تم دراسة آلية إخلاء المبنى بحيث يمكن إخلاء المبنى خلال 15 دقيقة من خلال السلالم والأبواب

يتألف الهيكل الخارجي لـ Allianz Arena من 2874 لوحًا وسادة قماشية معالجة ETFE (كوبوليمر الإيثيلين-رباعي فلورو إيثيلين) بشكل ماسي. و عند ضغط 35 hPa يمكن إضاءة كل لوحة باللون الأبيض أو الأحمر أو الأزرق.

الهدف هو إضاءة اللوحات لتتناسب مع ألوان الفريق المحلي المعني، أو اللون الأبيض عندما يلعب الفريق الألماني المحلي. [21] كما هو موضح بالشكل (15).



الشكل (15) إضاءة ملعب Allianz Arena المصدر: [20]

و الوسادة مصنوعة من ETFE الأبيض لتجنب تظليل العشب، أما الجزء الجنوبي تم تجهيز الوسائد بألواح ETFE الشفافة، والتي تسمح تقريباً بنفاذ كل جزء من الأشعة فوق البنفسجية من ضوء الشمس، مما يوفر ظروف نمو جيدة للعشب. [21]

تحافظ اثنتي عشرة محطة على ضغط الهواء ثابتاً داخل الأقمشة، وترفعه حسب الحاجة اعتماداً على أحمال الرياح والتلوج. [21]

تم استخدام الأقمشة المعالجة بال ETFE بسماكة 0.2 مم، وهي مملوءة بالهواء مما يأمّن العزل الحراري، كما أن مادة ال ETFE مادة عازلة ، خفيفة الوزن ومرنة. ساعدت خفة المادة ومرونتها على تغطية الواجهات والسقف بشكل وحدات بلورية متماثلة ، كما مكن استخدام القماش من طي السقف لتظليل المدرجات.

فالأقمشة المستخدمة تتحمل العوامل الجوية المختلفة ، وهي ذاتية التنظيف ، وذات مقاومة كيميائية كبيرة للأحماض والقلويات، غير قابلة للإحتراق أو التمزيق. [20]

تسمح شفافية المادة بمرور ضوء الشمس من خلالها وتأمين إضاءة طبيعية.

الجدول(2) الدراسة التحليلية لملاعب Allianz Arena وفق المعايير والمحددات
تحليل. المصدر: الباحثة.

التأثير	غير محقق	محقق	محددات الدراسة التحليلية		
			نوع القماش	طبقة	أمان
مقاوم للحريق		✓			
أمنت سماكة الأقمشة المملوءة بالهواء العزل الحراري.		✓		مزدوجة من قماش ETFE	عزل
		✓	توازن	جمالية	
		✓	إيقاع		
		✓	اللون		
		✓	التكرار		
نسبة قليلة تسمح بدخول اضاءة في النهار		✓	شفافية	وظيفية	

مرونة في تنفيذ الشكل	✓	مرونة			
	✓	تغطية مساحات واسعة			
	✓	خلق فراغات جديدة			
	✓	غلاف لكامل المبنى	موقع التركيب		
	✓	أسقف			
	✓	واجهات			
	✓	داخلي			
	✓	خارجي			
	✓	ثابتة	آلية الاستخدام		
	✓	متحركة			
حيث تتغير لون الأقمشة لتعبر عن النادي الذي يلعب.	✓	اللون	واجهات		الكفاءة التصميمية
تم تكرار الوسائد القماشية بنفس الشكل والحجم في الواجهات.	✓	تكرار			
	✓	تعبير عن الوظيفة			
	✓	كلي	شكل السقف	الأسقف	
	✓	جزئي			
	✓	المداخل	التكوين		
	✓	القدرة على التعبير عن الوظيفة			
	✓	الاعتماد على تشكيلات إنسيابية			
	✓	مرونة وسهولة التشكيل			

8- النتائج التحليلية:

- حققت الواجهات التي استخدمت الأقمشة في تغطيتها الشفافية والاتصال البصري مع المحيط الخارجي والداخلي، وذلك في معظم الأمثلة المدروسة مما أمن اطلالة مميزة وإعطاء شعور بالراحة لمرتادي هذه الأبنية، كما في مثال برج العرب.
- كان لاستخدام الأقمشة تأثيرها العام على مداخل الأبنية وظهر ذلك في مثال برج العرب، أصبحت مداخل مميزة وكانت نقطة جذب للمبنى بشكل عام.
- حقق استخدام الأقمشة الحماية من الحريق و تأمين العزل، من خلال اختيار نوع القماش المعالج الذي يحقق العزل و مقاومة الحريق، كما في القبة الألفية و برج العرب.
- أدى استخدام قماش ptfe إلى تغطية مساحات واسعة و مجازات كبيرة كما في القبة الألفية و برج العرب.
- حقق استخدام الأقمشة الانسيابية في التكوين الخارجي للكتلة كما في القبة الألفية.
- حقق استخدام الأقمشة المرنة الوظيفية، و تغطية المساحات الواسعة كما في القبة الألفية.
- لوحظ أنّ إضافة بعض المواد المعالجة أدت لإحداث أثر كبير على الشكل العام الخارجي خصوصاً من ناحية اللون ومرونة الغلاف، كما في برج العرب والقبة الألفية.
- أدى استخدام الأقمشة المعالجة في الأسقف إلى مرونة في الفتح والإغلاق كما أمن تغطية مساحات كبيرة جداً بوزن أخف وديناميكية أعلى كما في ملعب ارينا.

9- النتائج العامة:

-يفضل تصميم الأسقف بأشكال منحنية للوصول الى خلق تباين بين الضوء والظل والتخفيف من فقد الحراري.

-تستخدم الأقمشة المعالجة في المنشآت المؤقتة وذلك لأثرها الكبير في الوفر المادي بالإضافة لتوفير الوقت في الانشاء وإمكانية الاستفادة من هذه المنشآت في مكان اخر.

-يؤدي استخدام الأقمشة في المباني إلى تمتعها بمرونة عالية من حيث قابلية التفكير ودمج الفراغات وإعادة استعمالها بما تتطلبه الوظيفة التصميمية من فراغات جديدة.

-يطغى على التكوين العام للمباني التي تستخدم الأقمشة المعالجة في تشكيل واجهاتها، الخفة والشفافية والمرونة.

-تؤدي المرونة البصرية والشفافية للأقمشة المعالجة الى تلاؤم بين الظروف الطبيعية المحيطة مع الحاجة الوظيفية للمبنى والى خلق علاقة للفراغات الداخلية مع الخارج.

-تستخدم الأقمشة المعالجة بالواجهة على شكل طبقة مزدوجة ممكن أن تكون متحركة تتناسب مع حركة الشمس أو الرياح أو ثابتة وذلك عند تصميم فراغات معمارية تتطلب وظيفتها التظليل أو إحداث تغيير في الواجهة.

-تستخدم الأقمشة المعالجة كعنصر رئيسي لتغطية الواجهة عندما تكون وظيفة الفراغ لا تمنع من الاتصال البصري مع الخارج ونفاذية الضوء كالأبنية العامة حيث يجب أن تكون ثابتة أو تصمم بشكل يسمح لها بالحركة للفتح والاعلاق.

-تصمم الأسقف التي تستخدم 0بة في المنطقة.

11- المراجع:

- 1- رأفت، علي. "ثلاثية الإبداع المعماري 1998/12/30م-1 الإبداع المادي في العمارة"، وكالة الأهرام للتوزيع.
- 2- قناب، سيسيل واكيم، 2017م -تأثير أساليب التسقيف الحديثة على مرونة الشكل و الوظيفة لمنشآت سوريا، (المنشآت الفراغية) رسالة ماجستير، كلية الهندسة المعمارية، جامعة تشرين.
- 3- الدهوي، سهى حسن. نعمة، جاسم محمد، 12 مايو 2016- "أثر برنامج سكامير في تنمية أنماط التفكير الإبداعي لدى طلبة العمارة" الهندسة المعمارية، الجامعة التكنولوجية، بغداد، المؤتمر العلمي المعماري الأول لأبحاث طلبة الدراسات العليا مجلة الهندسة والتكنولوجيا، المجلد 34، العدد 10.
- 4- هابي، حسني مصطفى، يونيو 2022 م - "أثر مواد وتقنيات البناء الحديثة على التشكيل المعماري" كلية الفنون الجميلة - جامعة حلوان، مجلة البحوث الهندسية 174.
- 5- محسن، عبد الكريم حسن "التصميم المغلق والتصميم المفتوح للمسقط المعماري وأثرهما على البعد الاجتماعي في المباني الإدارية " 2008م كلية الهندسة المعمارية، الجامعة الإسلامية - غزة- فلسطين- مجلة الجامعة الإسلامية (سلسلة الدراسات الطبيعية والهندسة) المجلد 16، العدد 1، الصفحات 155-183،
- 6- العرنوس، شيرين السعيد، 2020م- "مدى تأثير التطور الرقمي للتصميم البارامتري على تصميم الوحدات المعمارية الخزفية" كلية الفنون التطبيقية، جامعة حلوان. مجلة العمارة والفنون والعلوم الإنسانية، المجلد 5، العدد 20، الصفحة 16-34

7-الرفاعي، ولاء حمدي، أبريل 2023م -"التصميم الداخلي بين تعددية الاتجاهات المعاصرة في القرن الحادي والعشرين" بقسم التصميم الداخلي والأثاث، كلية الفنون التطبيقية، جامعة دمياط، المجلد العاشر - العدد الثاني.

8-فجال، خالد سليم- فريوان، وليد عبد، 2016- السلام "أسس تصميم الغلاف الخارجي وتأثيره على استهلاك الطاقة في القطاع السكني بلبيبا" مجلة المنيا للهندسة والتكنولوجيا، المجلد. 35، العدد 1، يناير.

9-محمد عطية عطية محمد، هشام سامح حسين، طارق عبد الرؤوف، 2016-محمد "تأثير تطور مواد ونظم الإنشاء على تطور صياغة منظومة تشكيل الفراغ المعماري" معهد أكتوبر العالي للهندسة والتكنولوجيا، كلية الهندسة - جامعة القاهرة، مجلة جامعة الأزهر للقطاع الهندسي، المجلد. 11، العدد 38، يناير.

10-Kusisto, k. 2010-Textile in Architecture. Master's thesis, Architecture Design:building construction, Tampere University of technology. Finland.

11- United Nations,1987- "Report of the World Commission on Environment and Development", general assembly resolution 42/187, available at: . Accessed: 07-07-2012

12-Moor, T., Marin, A., and Häberle, J. An aesthetic approach to the use of textiles in architecture, inLim, Y., Niedderer, K., Redström, J., Stolterman, E. and Valtonen,2014-"An aesthetic approach to the use of textiles in architecture" Design's Big

Debates – DRS International Conference, 16–19 June, Umeå, Sweden.

13–Karl Ganser, Gerhard Seltmann, 2019– "**Gasometer Oberhausen**" © steiner.archi, BerlinStand: Juli.

14– Daniel E. VEDOYA ,Emma S. PRA "**ANÁLISIS DEL OBJETO ARQUITECTÓNICO DESDE LA TRANSPOSICIÓN TECNOLÓGICA. CASO: DOMO DEL MILENIO**" ADNea Revista de Arquitectura y Diseño del nordeste argentino – Vol. 4 N. 4.

15- https://www.archdaily.com/959767/japan-pavilion-unfolds-an-intricate-tridimensional-facade-for-expo-2020-dubai/606e961ef91c81434500008f-japan-pavilion-unfolds-an-intricate-tridimensional-facade-for-expo-2020-dubai-photo?next_project=no

16- https://www.archdaily.com/469088/king-fahad-national-library-gerber-architekten?ad_medium=gallery

17- <https://docplayer.net/47292762-Case-study-burj-al-arab-dubai-by-chetna-shaktawat-deeksha-joshi-sakshi-gandhi-prodipta-chatterjee.html>

18- <https://www.unit-design.de/en/wissen/tuwaiq-palace-riyadh.php>

- 19- <https://www.pinterest.com/pin/887631407781740955/>
- 20- <https://www.archdaily.com/994737/the-islamic-arts-biennale-re-imagines-jeddahs-western-hajj-terminal-as-a-cultural-space>
- 21- <https://www.pinterest.com/pin/887631407781740955/>