

# مجلة جامعة البعث

سلسلة علوم الهندسة المدنية والمعمارية



مجلة علمية محكمة دورية

المجلد 44 . العدد 11

1443 هـ . 2022 م

الأستاذ الدكتور عبد الباسط الخطيب

رئيس جامعة البعث

المدير المسؤول عن المجلة

رئيس هيئة التحرير

أ. د. ناصر سعد الدين

رئيس التحرير

أ. د. درغام سلوم

مديرة مكتب مجلة جامعة البعث

بشرى مصطفى

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 : 2138071 31 963 ++

. موقع الإنترنت : [www.albaath-univ.edu.sy](http://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 ( كتابية مختزلة ) وبعدها فاصلة . أرقام الصفحات الخاصة بالبحث ضمن المجلة.  
مثال على ذلك:

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

ج . إذا كان المرجع أو البحث منشوراً باللغة العربية فيجب تحويله إلى اللغة الإنكليزية و  
التقيد

بالبنود ( أ و ب ) ويكتب في نهاية المراجع العربية: ( المراجع In Arabic )

## رسوم النشر في مجلة جامعة البعث

1. دفع رسم نشر (20000) ل.س عشرون ألف ليرة سورية عن كل بحث لكل باحث يريد نشره في مجلة جامعة البعث.
2. دفع رسم نشر (50000) ل.س خمسون الف ليرة سورية عن كل بحث للباحثين من الجامعة الخاصة والافتراضية .
3. دفع رسم نشر (200) مئتا دولار أمريكي فقط للباحثين من خارج القطر العربي السوري .
4. دفع مبلغ (3000) ل.س ثلاثة آلاف ليرة سورية رسم موافقة على النشر من كافة الباحثين.

## المحتوى

الصفحة	اسم الباحث	اسم البحث
44-11	نضال سطوف ازدهار حسن عمار	المساكن المؤقتة ودورها في إعادة الإعمار
82- 45	أ.د.م. عصام ملحم أغيد البزناوي	مساهمة أشكال التقوية الزلزالية في رفع كفاءة الأعمدة لمقاومة أمواج الانفجارات
114-83	أ.د.م. عبد الرحمن عيسى الاء محمد	نمذجة وتحليل آليات انهيار الأقواس الحجرية المدعمة بمركبات الملاط المقوى بالنسيج (TRM) بطريقة العناصر المحدودة
140-115	د.م. أيمن عبد المنعم دالاتي	تقييم خوارزميات انشاء خرائط الغطاء الأرضي وكشف تغيراته اعتماداً على صور الاستشعار عن بعد





## المساكن المؤقتة ودورها في إعادة الإعمار

طالبة الماجستير: ازدهار حسن عمار

كلية العمارة - جامعة البعث

إشراف الدكتور: نضال سطوف

### الملخص:

- يعتبر استخدام السكن المؤقت في مرحلة إعادة الإعمار، خطوة أساسية تساهم في حل مشاكل السكان المهجرين، وتعطي الوقت الكافي للنهوض بالبنية العمرانية المعمارية على المدى الطويل.
- يمكن استخدام السكن المؤقت في هذه المرحلة لأن لديه الكثير من الأنواع ويمكن تصميمه ضمن شروط صحية واجتماعية واقتصادية تراعي كل الظروف التي من الممكن أن يمر بها السكان.
- ينبغي توفير السكن المؤقت في أقرب وقت ممكن مهما كان نوع الكارثة، وذلك لأهميته في مساعدة المجتمعات المتضررة على إعادة تأسيس أنشطتها الطبيعية.

الكلمات المفتاحية: الكوارث-إعادة الإعمار-السكن المؤقت.

## Temporary housing and its role in reconstruction

### **Abstract:**

1. The use of temporary housing in the reconstruction phase, is an essential step that contributes to solving the problems of the displaced, and gives sufficient time for the advancement of the urban architecture in the long term.
2. Temporary housing can be used at this stage because it has many types and can be designed within health, social and economic conditions that take into account all the conditions that the population may go through.
3. Temporary housing should be provided as soon as possible regardless of the type of disaster, as it is important in helping affected communities to re-establish their normal activities.

❖ **Keywords:** Disasters - reconstruction - temporary housing.

### ❖ المقدمة:

عانت العديد من المدن والمناطق حول العالم من آثار الكوارث والحروب، ففقدت هذه المدن الكثير من مقوماتها الحضرية، فضلاً عن ظروف الحياة الإنسانية السيئة التي أصبحت تعاني منها، حيث نلاحظ أعداد متزايدة من المهجرين الذين تركوا منازلهم رغماً عنهم وتحت ظروف أقل ما يمكن القول عنها أنها كارثية وانتقلوا إلى البلدان المجاورة، وفي أعقاب هذه الحروب انطلقت مجموعة من مشاريع إعادة الإعمار ولكن لاتزال حتى اليوم تفتقر إلى معالجة مشكلة المهجرين الذين فقدوا منازلهم منذ وقوع الحرب وحتى البدء بإعادة الإعمار، ففي كثير من الأحيان سنة أو أكثر تذهب بين الكارثة وإعادة الإعمار لا يمكن للناس الانتظار لهذه الفترة الطويلة حتى تبدأ إعادة بناء ساعات حياتهم، يمكن أن يسد السكن المؤقت هذه الفجوة لأن لديه الكثير من الأنواع وكل نوع لديه مجموعة خاصة به وبعض الأنواع هي أكثر ملاءمة من البعض الآخر، وهذا يتوقف على حالة الكارثة.

### ❖ إشكالية البحث:

من الحتمي أن يعود الملايين من المهجرين الذين أصبحوا لا يملكون مسكناً إلى مدنهم، لذلك من المهم البحث في دور السكن المؤقت في عملية إعادة الإعمار، لتكون هذه الدراسة منبهاً ومرشداً لكيفية استخدامه في المرحلة الثانية من مراحل إعادة الإعمار.

### ❖ هدف البحث:

يهدف البحث إلى دراسة أسس تصميم السكن المؤقت ودوره في عملية إعادة الإعمار، وذلك لتوجيه اهتمام المماريين لاستغلال ذلك في إنتاج مساكن مؤقتة اقتصادية وتجمعات سكنية مستدامة بيئياً وملائمة اجتماعياً، في المرحلة الانتقالية من مراحل إعادة الإعمار.

### ❖ منهجية البحث وطريقته:

يعتمد البحث لتحقيق هدفه على منهجيتين:

#### 1. منهجية نظرية تجميعية:

- للنشأة التاريخية للسكن المؤقت، ومعايير التخطيط والتصميم لهذه المساكن.
  - الحلول المختلفة للسكن المؤقت التقليدية منها والمبتكرة.
  - 2. منهجية وصفية لتجارب السكن المؤقت التي استخدمت خلال مرحلة إعادة الإعمار.
- ❖ **الدراسة النظرية:**

#### أولاً: نشأة المساكن المؤقتة تاريخياً:

كان أول ظهور للمساكن المؤقتة في بريطانيا في الفترة ما بين الحربين العالميتين الأولى والثانية، ويمكن ترتيب الخط الزمني لظهورها على الشكل التالي:<sup>1</sup>

1. فترة ما قبل الحرب العالمية الأولى: انتقل الكثير من الناس إلى المدن للبحث عن عمل وعادةً ما كانت منازلهم مستأجرة من مالكين أثرياء، وكان الكثير من الفقراء يعيشون في الأحياء الفقيرة المكتظة حيث الشروط الصحية متردية وسيئة للغاية، أبرز ما يميز هذه الفترة هو النقص في الأراضي يعني أن أعداداً كبيرة من الناس كانوا مجموعين ضمن مساحات صغيرة، وبنية المنازل المستأجرة تصل إلى ستة طوابق من الشقق في العديد من المدن الأسكتلندية.
2. فترة ما بين الحربين: حيث سنت العديد من القوانين للسكن المؤقت، ومنها:
  - **قانون الإسكان والتخطيط (قانون أديسون) 1919:**  
أعطيت المجالس المحلية إعانات من الحكومة لبناء مساكن مستأجرة رخيصة، حيث تم بناء 312000 منزل وكان بإمكان العائلات الفقيرة ألا تدفع قيمة ذلك حتى يتمكنوا من تأمين دخلهم.
  - **قانون الإسكان تشامبرلين 1923:**  
تم السماح وإعطاء الدعم لبناء المنازل الخاصة، ساعد هذا القانون الطبقة من الشعب التي يمكن أن تتحمل نفقات شراء منازل خاصة بهم، وبحلول 1929 كان قد تم بناء 438000 منزل.

<sup>1</sup> Kandakji S, 2014- **Post-disaster reconstruction projects**. Twenty-two Architectural Magazine, Issue 12, Damascus University, Syria, p 84.

- **قانون الإسكان ويتلى 1924:** أعطت الحكومة المركزية الدعم للمجالس المحلية لبناء المنازل وبحلول عام 1933 كان قد تم بناء 500000 منزل، كما في الشكل (1)، كانت هناك زيادة كبيرة في بناء المساكن في عام 1930 وكانت مملوكة بشكل



رئيسي من القطاع الخاص واستمر نمو الضواحي حولها، وظلت الأحياء الفقيرة المكتظة في بريطانيا المشكلة الأكبر حيث كانت مكاناً للأوبئة والأمراض حتى وقوع الحرب العالمية الثانية.

**الشكل (1):** المساكن المؤقتة ما بين الحربين.

المصدر: مجلة twenty two المعمارية، العدد 12.

3. فترة ما بعد الحرب العالمية الثانية: كان هناك نقص شديد في المساكن في بريطانيا بعد الحرب العالمية الثانية، وأصبحت المنازل حاجة ملحة للأسر المشردة، حيث ظهرت فكرة المنازل مسبقة الصنع التي تم تجميعها في مواقع البناء، وكان من المفترض أن تكون حل مؤقت ولكن ظلت بعد ذلك لسنوات عديدة (40 عاماً).

- **قانون الإسكان المؤقت 1944:** صدر عن برلمان المملكة المتحدة، وينص:

- 1) بناء 300000 منزل على الأقل خلال فترة سنتين، في إطار برنامج الطوارئ.
- 2) منع تضخم الأسعار الناجم عن ارتفاع الطلب على خدمات البناء.
- 3) دعم المنازل التي بنيت من قبل القطاع الخاص.
- 4) زيادة قوة العمل في البناء إلى مستويات ما قبل الحرب، وتوفير المساكن الجاهزة.



• **قانون المدن الجديدة**

**1946:** تم إنشاء مدن

جديدة للتعامل مع مشكلة

مراكز المدن المكتظة، وتم

التخطيط لـ 14 من المدن

الجديدة، و14 أخرى بنيت

في عام 1960، تضم هذه

المدن مجموعة متنوعة من

أنواع المنازل والمحال التجارية والمدارس والمرافق الترفيهية، وتم تطهير الأحياء الفقيرة في عام 1950 و1960 وتم إعادة تسكين حوالي 2.5 مليون شخص، وبنيت التجمعات السكنية الجديدة على أطراف البلدات والمدن، كما في الشكل (2).

**الشكل (2):** بناء التجمعات السكنية على أطراف المدن.

المصدر: مجلة twenty two المعمارية، العدد 12.

**ثانياً: مفهوم المساكن المؤقتة:**

المساكن المؤقتة هي بالدرجة الأولى مساكن لأشخاص وسكان تركوا منازلهم رغماً عنهم وانتقلوا إلى مساكن أخرى آمليين منها أن تكون مكاناً مؤقتاً يأويهم، لكن في أغلب الأحيان تفقد هذه المساكن العديد من مواصفاتها فهي لا تكون مؤقتة بل ربما تمتد لسنين عديدة.

ومن هنا يكمن دور المصمم لهذه المساكن في تصميمها ضمن شروط صحية وإنشائية تراعي كل الظروف التي من الممكن أن تمر بها، محاولاً ألا يزيد في معاناة قاطنيها وتشردهم، بل يجب ألا تبعدهم عن إحساس الأمان والراحة الذي كانوا يشعرون به في منازلهم قبل وقوع الكارثة واقتراب الخطر الذي نقلهم إلى مكانهم الحالي، سكنهم المؤقت.

السكن المؤقت مكون مميز ومعقد وهو العملية التي يمكن للناس فيها تبدأ في التعافي وإعادة تشغيل الأعمال المنزلية مرة أخرى، حيث تحتاج الأسر إلى إعادة تنظيم ترتيباتها المعيشية وفي الوقت نفسه لديهم مكان مؤقت لإعادة جزء من حياتهم في المستقبل.<sup>1</sup>  
ومع ذلك، يحدد أربع مراحل قد تمر من خلال الكارثة:

1. المأوى في حالات الطوارئ (في غضون ساعات).
2. الإيواء المؤقت (خلال أسابيع).
3. الإسكان المؤقت (يمتد من عدة أشهر إلى 3 سنوات أو أكثر).
4. الإسكان الدائم (ربما في غضون بضع سنوات).

#### ثالثاً: تعريف المساكن المؤقتة:

**يعرف السكن المؤقت:** بأنه مكان تستطيع فيه الأسر إعادة إنشاء المسؤوليات المنزلية والأنشطة اليومية لفترة مؤقتة إلى أن يتم التوصل إلى حل دائم للسكن، هو واحد من العوامل الرئيسية التي يمكن أن تساعد الأسرة على إعادة تأسيس الشعور بالحياة الطبيعية في حياتهم بعد حالة الفوضى التي لا يمكن التنبؤ بها بعد وقوع الكارثة.<sup>2</sup>  
**المساكن المؤقتة:** هي المساكن التي توفر أماكن إقامة قصيرة الأمد للمتضررين من الكوارث تمتد إلى خمس سنوات أو أكثر، يمكنهم فيها استعادة بعض جوانب حياتهم الطبيعية وممارسة أنشطتهم اليومية، وتوفر لهم الحماية والحياة الآمنة، حتى يتمكنوا العودة إلى مكان إقامتهم الدائم، كما تملأ الفجوة بين مرحلة الإغاثة الفورية وما بعدها مراحل إعادة الإعمار، وتعتبر خطوة هامة في عملية التعافي من الكوارث.

#### رابعاً: متطلبات السكن المؤقت:

<sup>1</sup> Hadafi.F, Fallahi.A.,2010- **Temporary Housing Respond to Disasters in Developing Countries- Case Study: Iran-Ardabil and Lorestan Province Earthquakes.** *World Academy of Science, Engineering and Technology*, P 42.

<sup>2</sup> Johnson.C., **Strategies for the Reuse of Temporary Housing.** *University College London, UK, P323.*

1. توفير مساحة مريحة، خاصة، آمنة للعيش، حتى في حالة مؤقتة، وهي واحدة من أهم إجراءات الإنعاش والإعمار بعد الكوارث.<sup>1</sup>
2. التقليل من المخاطر وتعرض الضحايا للضرر أثناء إصلاح منازلهم أو إعادة بنائها، ومنحهم الحد الأدنى شروط المعيشة.
3. توفير الخدمات والمرافق الأساسية (المراكز الصحية والمدارس ومحلات البقالة وغيرها)، والبنى التحتية الأساسية (المياه والصرف والكهرباء والطرق والشبكات).
4. من الأفضل تحديد مكان السكن المؤقت بالقرب من المناطق المتضررة من الكوارث حتى يمكن الوصول إلى الخدمات أسرع بكثير، أما إذا كان السكن موجوداً في مناطق محيطية، يجب توفير وسائل النقل والخدمات كالمدارس والعيادات، وغيرها.
5. توفير الأماكن العامة لتشجيع الأنشطة الاجتماعية، والتي هي ضرورية لاستعادة الشعور بالمجتمع والحفاظ على العلاقات الاجتماعية ويتم تمكين ذلك من خلال تحديد الأماكن العامة مثل الحدائق والساحات، وتوفير المساحات الاجتماعية والأنشطة المنظمة للسماح للناس بالتفاعل الاجتماعي.

#### خامساً: معايير اختيار الموقع المناسب لتجمعات السكن المؤقت:

1. أعداد المتضررين: يجب النظر في عدد الأشخاص المتضررين، وطريقة التجميع لمجموعات السكن المؤقتة المختلفة، والقدرة القصوى لكل مجمع، بحسب حالة المدينة التي تعرضت للكارثة.<sup>2</sup>
2. وظائف الموقع: ينبغي النظر في الكفاءة العالية للموقع، الحد الأدنى من التفاعل السلبي مع المكونات الأخرى للمدينة، ووجود مناطق مفتوحة للتنمية.

<sup>1</sup> Donhue.C.,2012- **Strategic Planning for Post-Earthquake Temporary Housing.** Specific Briefing Paper Humanitarian Aid in Complex, *University of Denver*, Colorado, p 5-6.

<sup>2</sup> Forouzandeh.A, Hosseini.M, Sadeghzadeh.M.,2008- **Guidelines for Design of temporary shelters after earthquakes based on community participation.** *The 14th World Conference on Earthquake Engineering*, Beijing, China.

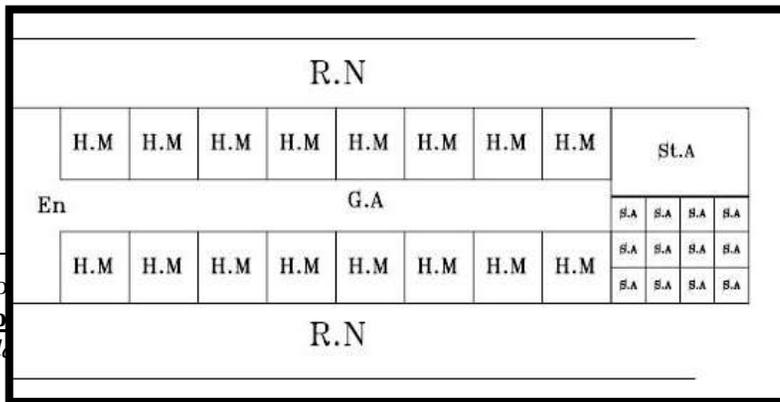
3. إمكانية الوصول: يفضل أن تكون المجمعات قريبة من الطرق الرئيسية، فضلاً عن قربها من المرافق الأساسية مثل المستشفيات، والتي تعتبر مسائل هامة.
4. البنى التحتية المتوفرة في الموقع: أهم القضايا المتعلقة بالبنى التحتية، تشمل أنظمة المياه والصرف الصحي، ونظام تصريف المياه السطحية، ونظام إمدادات الطاقة والكهرباء والاتصالات.

#### سادساً: توزيع الوحدات السكنية المؤقتة:

يمكن النظر في توزيع الوحدات السكنية على أساس المساحة المتاحة على النحو التالي:

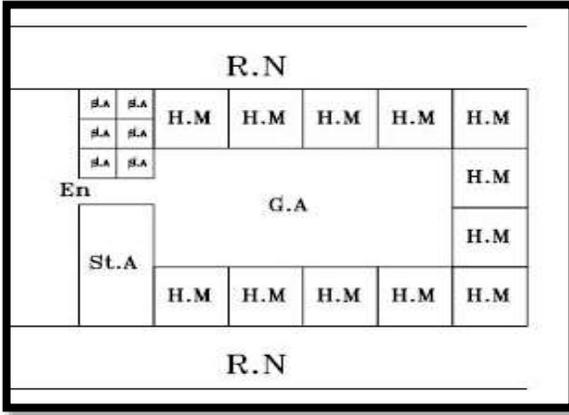
1. مساحة وحدات السكن المؤقت.
  2. المساحات الأساسية: تشمل المدخل والمنطقة الخارجية، منطقة الخدمة والتخزين.
  3. المساحات التكميلية: تشمل مواقف السيارات، المنطقة الخضراء وشبكة الطرق.
- إن عملية اختيار نموذج التسوية يعتمد على عدة عوامل مثل ظروف الأرض، والمناخ، ومع ذلك فإن العامل المهم جداً الذي لا ينبغي الإشراف عليه هو إرادة الناس، ومساهماتهم في عملية التخطيط، يمكن النظر في ثلاثة نماذج مختلفة لتوزيع الوحدات السكنية:<sup>1</sup>

1. نموذج التسوية الخطية: حيث تقع المساكن المؤقتة في اثنين أو أكثر من الخطوط المتوازية، وتملاً المنطقة الخضراء بينها، وتقع المنطقة التكميلية في طرف واحد، وتمتد شبكة الطرق حول الوحدات السكنية، كما في الشكل (3).



الشكل (3): نموذج التسوية الخطية.

المصدر: Guidelines for Design of temporary shelters after earthquakes.

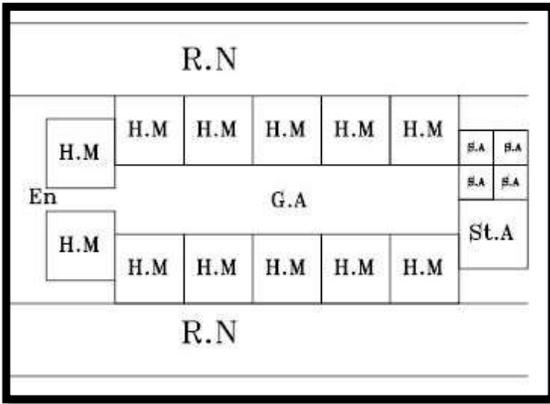


2. نموذج التسوية المركزية:

حيث تقع المساكن المؤقتة كحلقة حول منطقة خضراء مركزية كبيرة، ويمكن أن يتم تطوير المساكن على شكل عدة حلقات متمركزة، كما يوضح الشكل (4).

الشكل (4): نموذج التسوية المركزية.

المصدر: Guidelines for Design of temporary shelters after earthquakes.



3. نموذج التسوية المركزية الخطية:

وهو مزيج من النماذج الخطية والمركزية، عندما يكون هناك قيود من المحيط المحلي، هذا النموذج يمكن أن يتناسب بشكل أفضل مع المساحة، كما في الشكل (5).

الشكل (5): نموذج التسوية الخطية المركزية.

المصدر: Guidelines for Design of temporary shelters after earthquakes

من خلال ما سبق يجب مراعاة النقاط التالية في تصميم تجمعات المساكن المؤقتة:

1. تصميم المساكن على أساس حجم الأسرة.
2. النظر في بعض المساحات الترفيهية مع سهولة الوصول في المجمع.
3. استخدام المواد المحلية إذا كان يمكن استخدامها، ومحاولة تحسين خصائصها.
4. النظر في مختلف التصاميم لتجمعات المساكن المؤقتة وتوافقها مع أنماط الحياة للمتضررين، والميول الثقافية لمجموعات مختلفة من السكان.<sup>1</sup>

سابعاً: معايير تصميم وحدات السكن المؤقت:

هناك العديد من الصعوبات تواجه عملية التصميم، فالمساكن المؤقتة لا تحتاج إلى اتباع معايير الإسكان الدائمة، ومن ناحية أخرى فإنها يجب أن توفر للسكان الحد الأدنى من مستويات المعيشة، ولذلك فإن تصميمها يحتاج إلى عناية خاصة، حيث يجب اتباع منهجية سليمة مع "قفزات إبداعية" في تصميمها بهدف منع الأعطال والمشاكل ولها العديد من المعايير، وهي:

- المشاركة والتشاور والتنسيق: يجب وضع ملخص التصميم من خلال التشاور مع السكان، وتطويره بمشاركة الحكومة، والتنسيق مع الجهة التي ستقوم بالبناء.
- الأخطار والمخاطر والسلامة: يجب ألا تزيد التصاميم من تعرض الشاغلين لها للمخاطر الطبيعية مثل الزلازل والعواصف، أو التعرض لخطر الوفاة أو الإصابة.
- السرعة في الوقت والبناء: مراعاة الجوانب العملية للنقل، بالإضافة إلى تحليل لشراء المواد من الأسواق المحلية والمواد التي تحتاج إلى استيراد، ومراجعة العروض المقدمة من العمالة الماهرة.

<sup>1</sup> Forouzandeh.A, Hosseini.M, Sadeghzadeh.M.,2008- **Guidelines for Design of temporary shelters after earthquakes based on community participation**, The 14th World Conference on Earthquake Engineering, Beijing, China.

- **الحجم والشكل:** إن مقدار مساحة المعيشة هو محدد حاسم لعملية التصميم، ويجب ألا تقل مساحة المعيشة المشمولة في الاستجابات الإنسانية عن 18م<sup>2</sup>.
  - **العمر الافتراضي:** يجب تحديد الوقت الذي يقصد به للسكن المؤقت أن يستمر، حيث يمكن أن تمتد لفترة أطول، مما يؤدي إلى زيادة في التكلفة وبطء في البناء، فيجب أن تكون المواد قابلة لإعادة الاستخدام والارتقاء بها.
  - **التكاليف والميزانيات:** غالباً ما تكون محدداً حاسماً للتصميم، ونتيجة لذلك هناك تباينات كبيرة في تكاليف البناء.
  - **الخصوصية والملاءمة الثقافية:** يجب أن يتكيف التصميم مع الثقافة المحلية للمنطقة، ويجب أن يتمتع بالمرونة مما يسمح للسكان بإضافة بعض الأقسام الخارجية أو الانقسامات الداخلية مثلاً لتحقيق الخصوصية.
  - **البيئة:** يتطلب بناء المساكن المؤقتة كميات كبيرة من المواد، لذلك يجب الأخذ بعين الاعتبار الآثار السلبية للمواد المستخدمة في البناء على البيئة المحلية.<sup>1</sup>
- ثامناً: معايير المفاضلة بين خيارات السكن المؤقت:

1. **مدى الاستعمال:** كيفية استخدامها في مختلف الظروف البيئية والجغرافية.
2. **أسلوب المعيشة:** مدى ملاءمتها للإقامة وتوفيرها للحاجات الأساسية للحياة.
3. **سرعة الإنجاز:** أي المدة الزمنية اللازمة بحيث تكون الوحدة جاهزة للإشغال.
4. **الكلفة:** يقصد بها مدى كفاءة كلفة الوحدة بالنسبة لخيارات السكن الأخرى.
5. **البيئة الداخلية:** السيطرة على الهواء الداخلي وعدم استخدام مواد ملوثة للبيئة.
6. **سرعة توفير المنتج:** تسليم العدد المحدد خلال إطار زمني محدد وفقاً للحاجة.<sup>2</sup>

#### تاسعاً: دراسة نماذج مختلفة للسكن المؤقت:

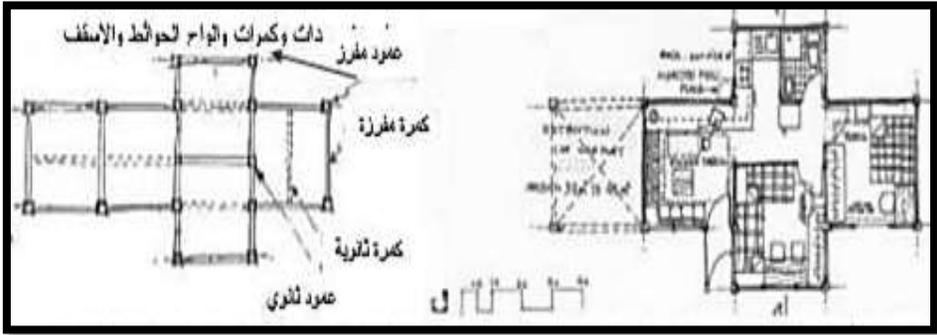
يمكن تقسيم نماذج السكن المؤقت من حيث درجة تقييمها إلى:

<sup>1</sup> [www.ifrc.org](http://www.ifrc.org), 2013- **post-disaster shelter-Ten designs**. International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies, Geneva.

<sup>2</sup> Al Shouk I, 2016- **Emergency housing for those affected by disasters and risks and strengthening preparedness for an effective response**. A working paper presented to the Council of Arab Ministers of Housing and Reconstruction, session 33.

## 1. استخدام النماذج التقليدية للسكن المؤقت:

النموذج الأول: منشأ هيكلي من الخشب: هذا النموذج قابل للفك والتركيب، ومصنوع من المواد المحلية صديقة للبيئة (الخشب سابق التصنيع) والذي يسهل الحصول عليه بزراعة الأشجار المناسبة، مع إمكانية امتداد الوحدة في أكثر من اتجاه لتلبي متطلبات الإسكان للأفراد والأسر تبعاً للحاجة والعدد وتحقيقاً للخصوصية والراحة، الشكل (6).



الشكل (6): منشأ هيكلي من الخشب.

المصدر: وحدة إيواء وإعمار ممتدة سابقة التصنيع والإنشاء، جامعة المنيا

النموذج الثاني: وحدة من الجدران الحاملة (طوب الميكانو): يتم استخدام طوب



الميكانو الذي يمكن تجميعه في الموقع بدون مونة ربط لسهولة وسرعة التركيب، لأهمية سرعة البناء في حالات الكوارث، ويتم استخدام السقف مسبق الصنع من الكمرات المحمولة على الجدران الحاملة، ويملاً فيما بينها بالطوب المفرغ أو

الألواح المعدنية، كما في الشكل (7).<sup>1</sup>

الشكل (7): وحدة طوب الميكانو.

المصدر: وحدة إيواء وإعمار ممتدة سابقة التصنيع والإنشاء، جامعة المنيا.

### النموذج الثالث: نظام كوفور للبناء الخرساني السريع:



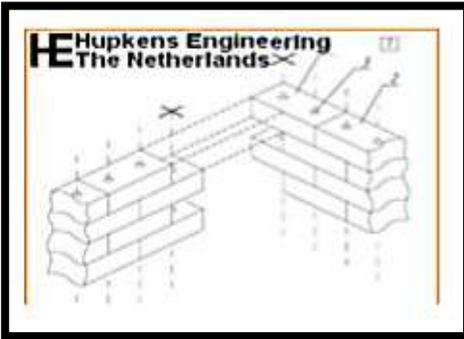
هو نظام من الشدات المعدنية التي تبقى في المبنى وتصب داخلها الخرسانة في الموقع حيث توفر 60% من الوقت اللازم لإنشاء نفس المبنى بالطريقة التقليدية، و25% من التكلفة حيث تركيب توصيلات الكهرباء، والأعمال الصحية بالشددة المعدنية، وكذلك تقاوم والزلازل، الشكل (8).

الشكل (8): نظام كوفور للبناء الخرساني.

المصدر: وحدة إيواء وإعمار ممتدة سابقة التصنيع والإنشاء، جامعة المنيا.

النموذج الرابع: نظام هوبكنز: مبنى منخفض التكلفة لا ينهار نتيجة الزلازل، وله حالتين:

البناء في الموقع: مبنى بارتفاع ثلاث طوابق يبني في الموقع، الفكرة المقترحة هي الدمج



بين أسياخ الحديد الذي يتحمل قوى الشد مع الأنابيب الصلبة التي تتحمل قوى

ed pre-fabricated and pre-construction  
iversity, Egypt.

الضغط، بحيث تخضع جميع الجدران في جميع الطوابق إلى نفس كمية الأحمال، وبذلك يتحرك المبنى ككتلة واحدة دون حدوث انهيار، الشكل (9).

الشكل (9): الحالة الأولى من نظام هوبكنز.

المصدر: وحدة إيواء وإعمار ممتدة سابقة

التصنيع والإنشاء، جامعة المنيا.



**البناء المسبق والنقل** غرف منفصلة تبنى في المصنع وتخزن لحين الاحتياج الفكرة منها وجود مبنى متكامل يمكن نقله مباشرة بالأوناش الميكانيكية إلى الموقع، ويتم سحب المبنى بواسطة ونش بحيث يميل المبنى بزاوية 30 درجة عن الأفق ويوضع على الأرض بهدوء ثم يسحب الونش ويترك المبنى ليستقر على الأرض، كما في الشكل (10).

الشكل (10): سحب الغرفة وتركيبها في الموقع.

المصدر: وحدة إيواء وإعمار ممتدة سابقة التصنيع والإنشاء، جامعة المنيا.

## 2. توظيف أشكال مبتكرة للسكن المؤقت:

تبشر التطورات الأخيرة في مجال تصميم المساكن بآليات مبتكرة لإيواء ضحايا الكوارث، يجب تقييم هذه التطورات لتحديد كيفية تحسين نوعية الحياة، وتوفير سكن عالي الكثافة للبيئات الحضرية، وتسريع تسليم وتركيب الوحدات السكنية، وتوفير خيارات أكثر قبولاً للمجتمعات، قد يؤدي تطبيق خيارات التصميم الجديدة أيضاً إلى إنشاء هياكل يمكن استخدامها كمنازل دائمة.

أولاً: **المساكن المصنعة**: هي وحدات سكنية مجمعة في ثلاثة أبعاد في المصنع ويمكن أن تكون كاملة بنسبة 90%، يتم سحبها إلى الموقع على المقطورات المسطحة، حيث

يتم تجميع هذه الوحدات في مجموعة متنوعة من التكوينات، ولا يمكن تمييزها عن



المنازل المبنية بالمواقع، كما يوضح الشكل (11-12).<sup>1</sup>

الشكل (11): المنازل المصنعة الشكل (12): طريقة سحبها للموقع.

المصدر: [www.katrinadestruction.com](http://www.katrinadestruction.com).

ثانياً: المنازل المخصصة: تكون المنازل مغطاة بألواح من (جدار كامل به نوافذ وأبواب وأسلاك) يتم بناؤها في مصنع، ثم يتم نقلها إلى الموقع وتجميعها، يمكن الجمع بينها في مجموعة متنوعة من الأحجام والتصاميم والسماح بمستوى عالٍ من التخصيص، وهي أقل تكلفة من السكن النموذجي، كما في الشكل (13).



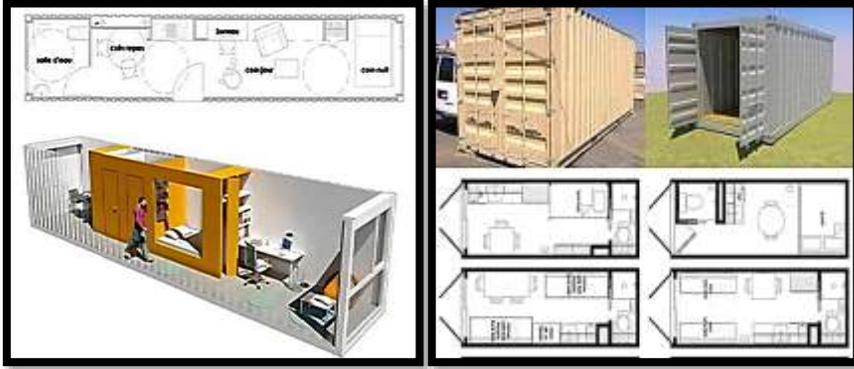
الشكل (13): عملية التجميع من قبل المجتمع المحلي.

المصدر: <https://archnet.org>

<sup>1</sup> FEMA,2006- **Design Guidance for Shelters and Safe Rooms**. National disaster housing strategy.

ثالثاً: مساكن حاويات الشحن: تتميز حاويات الشحن بالإمكانات واللامتناهية التي توفرها للحصول على المساكن بمختلف أنواعها، ويمكن تبويب سكن الحاويات كما يلي:<sup>1</sup>

1. سكن حاوية منفردة وحيد العائلة: حيث يتم توظيف حاوية واحدة لتأمين مسكن عائلة واحدة، بغض النظر عن نوع الحاوية ومقاساتها، الشكل (14).



الشكل (14): مسكن وحيد العائلة.

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

2. سكن حاويات مجمعة متعدد العائلات:

أولاً: حاويات الشحن المجمعّة بدون فراغات مساعدة: وتقسّم إلى نوعين:<sup>2</sup>

النوع الأول: مساكن مكونة من حاويات مجمعة أفقياً وشاقولياً باتجاه واحد، ولها نوعان:

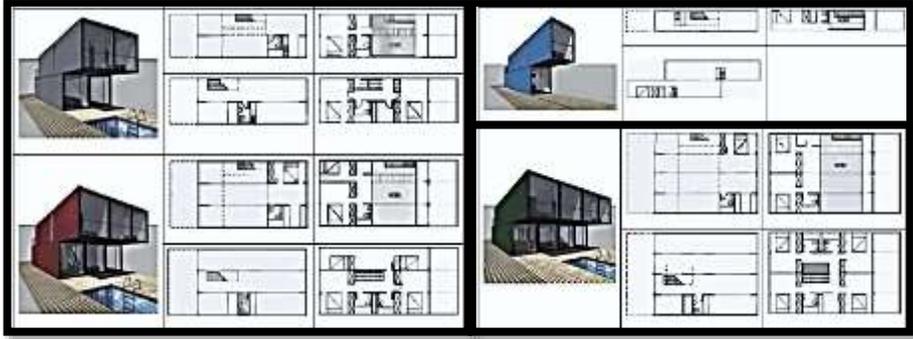
1. مسكن حاويات متساوية الأبعاد:

يتكون من حاويات متساوية مجمعة أفقياً بشكل متلاصق، وأخرى شاقولياً بنفس الاتجاه، بأنماط متطابقة تماماً، أو متراكبة جزئياً، ويغلب على هذا النمط استخدام الحاويات ذات

<sup>1</sup> Satouf N, 2019- **Prospects for utilizing shipping containers as residential communities in the reconstruction phase of Syria**. Al-Baath University Journal, Syria.

<sup>2</sup> Satouf N, 2019- **Prospects for utilizing shipping containers as residential communities in the reconstruction phase of Syria**. Al-Baath University Journal, Syria.

المقياس الكبير /40/ قدم، لما يتيح من امكانيات تصميمية أفضل من حاويات /20/



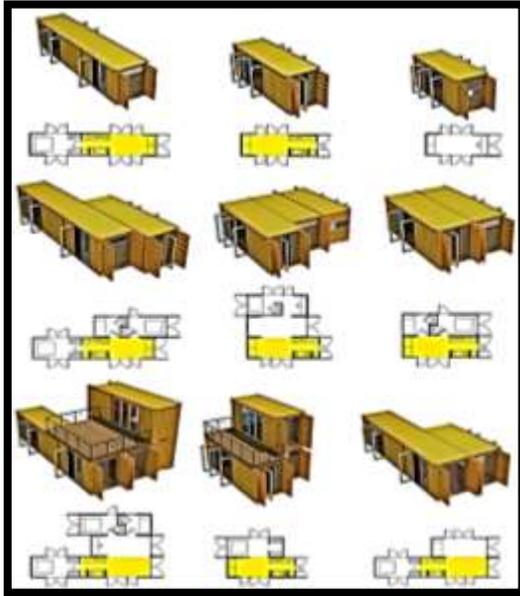
قدم، كما يوضح الشكل (15).

الشكل (15): سكن حاويات متساوية الأبعاد.

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

## 2. مسكن حاويات مختلفة

الأبعاد:



يتكون من حاويات مختلفة الأبعاد

/40/ و /20/ قدم، مجمعة أفقياً

بشكل متلاصق، وأخرى شاقولياً

بنفس الاتجاه، بأنماط مختلفة، مما

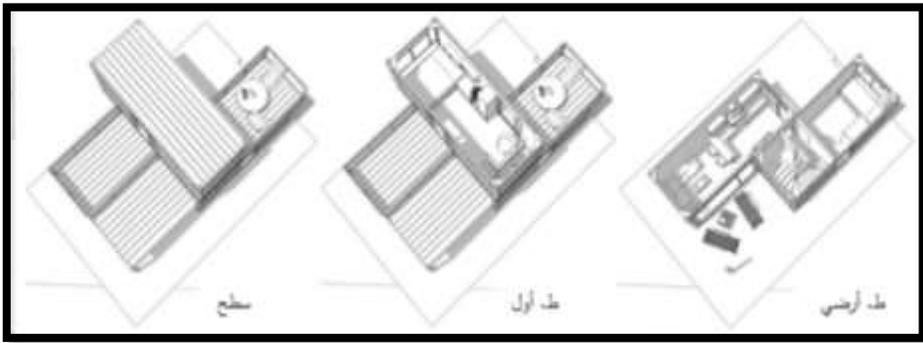
يتيح امكانيات تصميمية وحجمية

متعددة، كما في الشكل (16).

الشكل (16): سكن حاويات مختلفة الأبعاد.

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

النوع الثاني: مسكن مكون من حاويات مجمعة أفقياً وشاقولياً باتجاهين: حيث يتكون

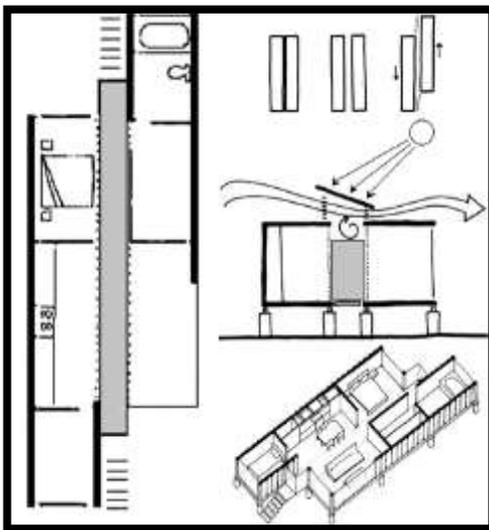


من تراكب حاويات شحن باتجاهين مع عناصر اتصال شاقولياً، الشكل (17).

الشكل (17): سكن حاويات مجمعة أفقياً وشاقولياً.

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

- سكن حاويات الشحن المجهزة مع فراغات مساعدة: مسكن مكون من حاويات مجمعة بطريقة غير تقليدية مع إضافات مساعدة، ويتم تقسيمه إلى:



- مسكن ذو اضافات تخدمية بسيطة (ممر حركة) تساعد على الاستغلال الأمثل للفراغات الضيقة للحاوية كفراغات معيشة ونوم وخدمات دون ضياع حيزاً

منها لفراغات الحركة، كما في الشكل (18).

الشكل (18): مسكن ذو اضافات تخدمية بسيطة.

المصدر: آفاق الاستفادة من حاويات الشحن كتجمعات سكنية في مرحلة إعادة اعمار سورية.

- مسكن ذو فراغات وظيفية واسعة ناتجة عن تجميع الحاويات، وتغطيتها بالتسقيف الخفيف الاقتصادي المناسب. حيث توظف تلك الفراغات كقسم نهاري (معيشة ومطبخ)، ويترك لفراغ بين الحاويات كقسم ليلي (غرف نوم)، كما في الشكل (19).<sup>1</sup>



الشكل (19): مسكن ذو اضافة فراغات وظيفية لطابق واحد.

المصدر: آفاق الاستفادة من حاويات الشحن كتجمعات سكنية في مرحلة إعادة إعمار سورية.

### 3. التوجهات المستقبلية لإعادة استخدام السكن المؤقت:

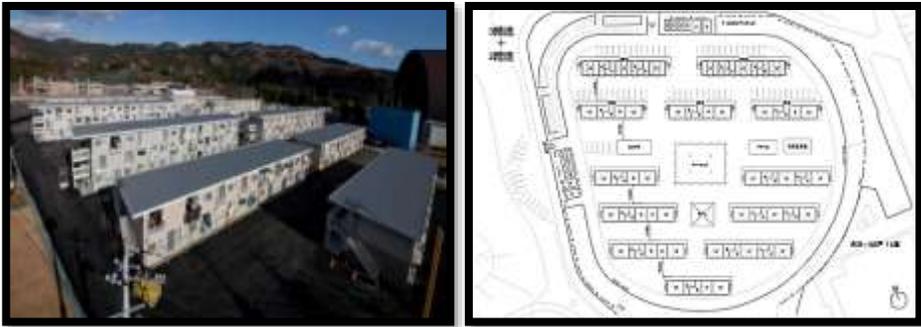
مفهوم مؤقت يعني أنه من المتوقع استخدام الوحدات خلال فترة زمنية متوقعة وبعد ذلك هناك حاجة لإيجاد حلول مستدامة لها، هناك خمس احتمالات:<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Satouf N, 2019- **Prospects for utilizing shipping containers as residential communities in the reconstruction phase of Syria**. Al-Baath University Journal, Syria.

<sup>2</sup> Félix.D, Branco.J, Feio.A., 2013- **Temporary housing after disasters: A state of the art survey**. University Lusíada of Vila Nova Famalicão, University of Minho, Portugal

1. استخدام الوحدات على المدى الطويل.
  2. تفكيك الوحدات وتخزينها لإعادة استخدامها في الكوارث في المستقبل.
  3. بيع الوحدات أو أجزاء منها، لاسترداد بعض التكاليف.
  4. إعادة استخدام الوحدات، وفق ما يلي:
    1. لنفس الوظيفة وبدون إضافات لاستخدامها من قبل الأسر ذات الدخل المنخفض.
    2. لنفس الوظيفة مع إضافات لتوسيع المنزل وفقا لتوقعات المساكن.
    3. لوظائف مختلفة، مثل مخيمات الشباب، مخيمات العطلات، إلخ.
- ❖ الدراسة الوصفية:

حالة دراسية 1: السكن المؤقت في Onagawa اليابان: بعد الزلزال الذي ضرب مدينة Onagawa في اليابان، قامت شركات مختلفة بتصميم وحدات من السكن المؤقت، أثبتت هذه الوحدات أنها غير صالحة حيث ظهرت فيها العديد من المشاكل، الاستثناء الوحيد هو مجمع ل 190 وحدة سكنية في موقع ملعب البيسبول في البلدة، كما

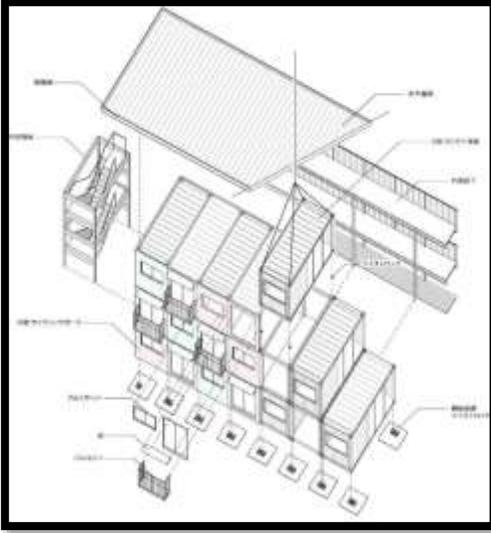


في الشكل (20)، وتم تصميمه من قبل المعماري الياباني Shigeru Ban، الشكل (21).

الشكل (20): موقع المشروع. الشكل (21): توزيع الوحدات السكنية.

المصدر: [www.world-architects.com](http://www.world-architects.com)

اقترح Ban وفريقه إطار هيكلي من ثلاثة طوابق، يسمح بتكديس حاويات الشحن بالتناوب يسمح هذا الترتيب المتناوب بمساحات معيشة متجددة الهواء ومفتوحة مع رفوف مدمجة وخزائن للتخزين لتحقيق أفضل استخدام للمساحة، والحفاظ على الخصوصية حتى لفتح نافذة لكل وحدة.



حاويات الشحن متينة من الناحية الهيكلية لتحمل الرياح، كما أن مقاومتها جيدة للفيضانات وذات مقاومة عالية للزلازل، مما يؤمن للقاطنين الحماية من العوامل الجوية والمخاطر، قام السكان بالانضمام لعمليات التنفيذ، بسبب سهولتها حيث يمكن تحقيقها بواسطة العمالة غير الماهرة، الشكل (22).

الشكل (22): طريقة تكديس حاويات الشحن.

المصدر: [www.world-architects.com](http://www.world-architects.com)



تم بناء سوق مركزي في وسط الوحدات لتوفير مكان لسكان البلدة لفتح متاجرهم للحصول على السلع، حيث لا توجد متاجر في المنطقة ولا يمكن الوصول

للضغوط اليومية، الخيمة الكبيرة تخلق مساحة لتجمع السكان، الشكل (23).<sup>1</sup>

الشكل (23): السوق المركزي.

المصدر: [www.world-architects.com](http://www.world-architects.com)

يتضمن المشروع منطقة اجتماعات، الشكل (24)، وورشة عمل للأطفال للقراءة أو



الدراسة، كما في الشكل (25).

الشكل (24): منطقة الاجتماعات. الشكل (25): ورشة العمل للأطفال.

المصدر: [www.world-architects.com](http://www.world-architects.com)

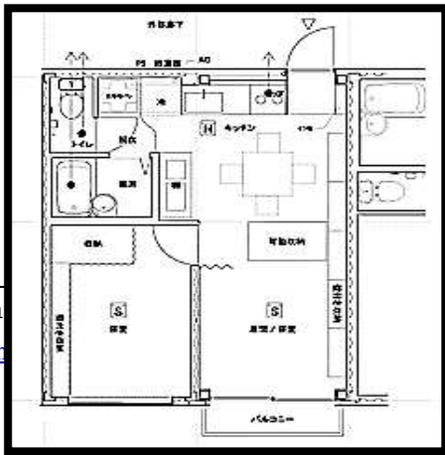
تقع المطابخ والحمامات وغرف الأطفال داخل الحاويات، وتقع المساحات المفتوحة مثل

غرف المعيشة فيما بينها، هناك 3 أنواع

من الخطط، حسب ترتيب الحاويات،

وهي:

■ الوحدة الأولى:



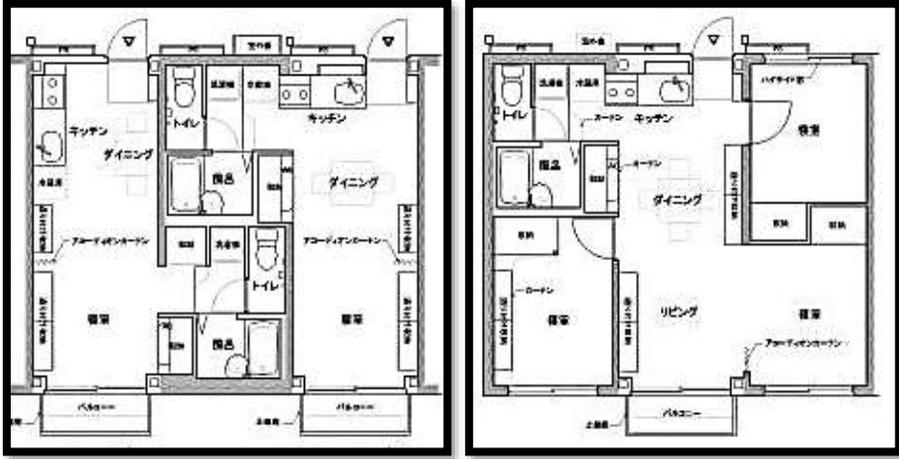
[https://www.world-architects.com/works/2011\\_onagawa-container-temporary-](https://www.world-architects.com/works/2011_onagawa-container-temporary-)

بمساحة  $19.8\text{م}^2$  مخصصة لشخص أو اثنين، تحتوي على حمام و فراغ للمعيشة مع ركن طبخ، وغرفة نوم، تكون حصة الفرد حوالي  $10\text{م}^2$ ، كما في الشكل (26).

الشكل (26): الوحدة الأولى.

المصدر: <http://www.shigerubanarchitects.com>.

- **الوحدة الثانية:** بمساحة  $29.7\text{م}^2$  ل 3-4 أشخاص، وتحتوي على حمام وغرفة نوم و فراغ المعيشة والطعام مع ركن للطبخ، وتكون حصة الفرد في حال 3 أشخاص  $10\text{م}^2$ ، اما في حالة 4 أشخاص  $8\text{م}^2$ ، كما في الشكل (27).
- **الوحدة الثالثة:** بمساحة  $39.6\text{م}^2$  مخصصة لأكثر من أربعة أشخاص، وتضم غرفتي نوم وحمام و فراغ المعيشة والطعام بالإضافة للمطبخ، وتكون حصة الفرد



حوالي  $8\text{م}^2$ ، كما في الشكل (28).

الشكل (28): الوحدة الثالثة.

الشكل (27): الوحدة الثانية.

المصدر: <http://www.shigerubanarchitects.com>.

## حالة دراسية 2: إعصار تسونامي في سريلانكا:

في أعقاب كارثة تسونامي في المحيط الهندي عام 2004، أسس Phillip Bay منظمة لتولي مجتمع صيد صغير للمسلمين في Kirinda في جنوب سريلانكا، طلب Bay من أن يكون المهندس المعماري للمشروع Shigeru Ban، زار Ban سريلانكا في عام 2005، لأنه لم يصمم أبداً لمجتمع مسلم، أراد سماع طلبات التصميم مباشرة، أدرك Ban ثلاثة مبادئ:

1. وفقاً لأسلوب حياة المسلمين، يحتاج الرجال والنساء إلى مساحات منفصلة.
2. يحتاج الصيادون والغواصون إلى مكان آمن لتأمين أدواتهم وضواغظهم.
3. أراد القرويون خطة حيث توجد المساحات الرطبة (المراحيض، الحمام والمطبخ)

داخل المبنى الرئيسي. مع بقائها منفصلة من الناحية الفنية عن المنزل.



يتضمن بناء 100 منزل ومسجد ومزرعة من الأشجار ومساحات مفتوحة، بمساحة 15900م<sup>2</sup>، إحدى ميزات هذا المشروع هي السماح للمتلقين بإعادة البناء على

أراضيهم بدلاً من نقلهم بعيداً عن الشاطئ، كما في الشكل (29). الشكل (29): أسلوب التجميع في الموقع.

المصدر: Rebuilding

.After a Natural Disaster

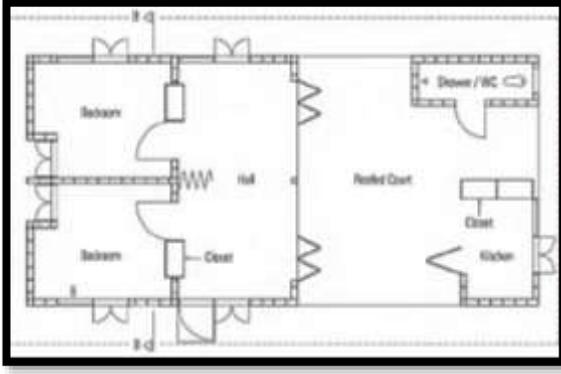
اعتمد Ban التكوين المستطيل لأنه سهل التنفيذ ولا يتطلب



مهارة في الإنشاء، ومقاوم للفيضانات، بالإضافة لتقسيم سهل للفراغ الداخلي، كما يمكن تجميعه بشكل منفصل أو متصل مع قدر كافي من التهوية والتشميس، كما يوضح الشكل (30).  
الشكل (30): التكوين الحجمي للمنزل.

المصدر: Rebuilding After a Natural Disaster.

تبلغ مساحة المنزل 71 م<sup>2</sup> يحتوي كل بيت على غرفتي نوم، وقاعة، ومطبخ وحمام وساحة مسقوفة وهي مساحة شبه مفتوحة، يمكن أن تكون القاعة والساحة المسقوفة غرفة



واحدة كبيرة، ويمكن فصلهما بأبواب قابلة للطي، وهذه الساحة كانت حلاً سمح للمطبخ والحمام بأن يكونا تحت سقف واحد بينما يفصلان من الناحية الفنية عن "المنزل"، الشكل (31).

الشكل (31): المسقط الأفقي للمنزل.

المصدر: Rebuilding After a Natural Disaster.

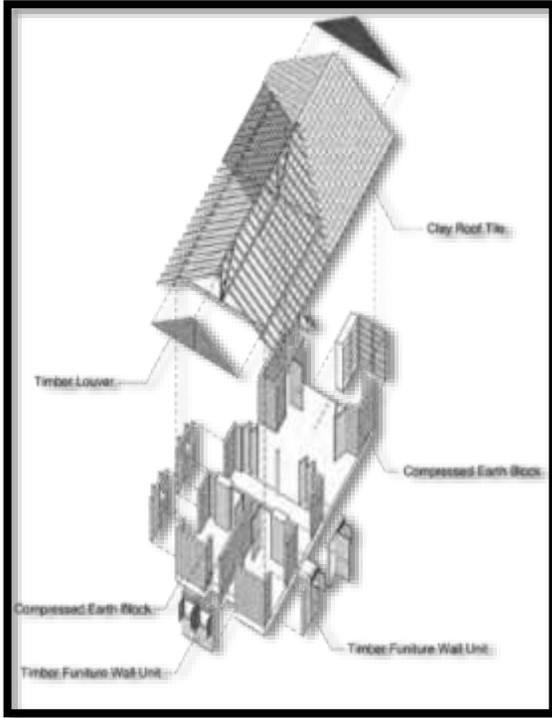


كانت المادة الرئيسية عبارة عن كتل أرضية مضغوطة CEB، وهو خليط مضغوط من الطين والأسمنت المتوفر في سريلانكا، تحتوي الكتلة على سطح غير مستو، بحيث يمكن

تشبيكها بسهولة مثل كتل LEGO، الشكل (32).<sup>1</sup>

الشكل (32): كتل ال CEB.

المصدر: Rebuilding After a Natural Disaster.



تم إنشاء السقف الجملوني مع الدعامات الخشبية التي تعلق بشكل آمن على الجدران وهي متينة وثقيلة بما يكفي لتحمل الرياح والزلازل العالية، كما تم استخدام بلاط من الطين على السقف على قمة دعامات الخشب، ونظراً لقوتها تم استخدام دعامة مركزية مصنوعة من خشب جوز الهند لدعم السقف، كما تم استخدام جبهة خشبية مضلعة للقسم العلوي من الجدران في طرفي الجملون، كما في الشكل (33).

الشكل (33): الهيكل الإنشائي للمنزل.

المصدر: Rebuilding After a Natural Disaster.

### حالة دراسية 3: زلزال مرمره في تركيا 1999:

عقب الكارثة تم إنشاء مخيمات من المساكن المؤقتة والتي تبين أنها لم تحقق معايير الأداء المكاني بسبب عدم وجود تحليل صحيح للتجارب السابقة أثناء مراحل التخطيط والتصميم والبناء، واحتياجات المستخدمين، والظروف البيئية، حيث أجرى المستخدمون

<sup>1</sup> DOMBEK K., 2016- **Rebuilding After a Natural Disaster: Housing Strategies for Minority Communities in Post- Tsunami Sri Lanka.** (Architecture Undergraduate Honors Theses) , University of Arkansas, Fayetteville.

تعديلاتهم الخاصة بنسب مختلفة خارج المنزل كما في الشكل (34)، بينما ارتبطت التعديلات في الفراغات الداخلية بمتطلبات المستخدم كتقسيم الفراغات وتحقيق



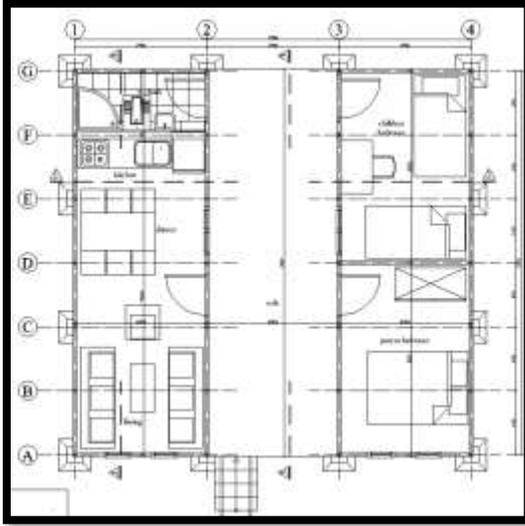
الخصوصية، كما في الشكل (35).<sup>1</sup>

الشكل (35): التعديلات في الداخل.

الشكل (34): التعديلات في الخارج.

المصدر: Post Disaster Temporary Houses

قامت بلدية إسطنبول بدراسة تحليلية لوضع نموذج لمسكن مؤقت في إطار عملية التأهب

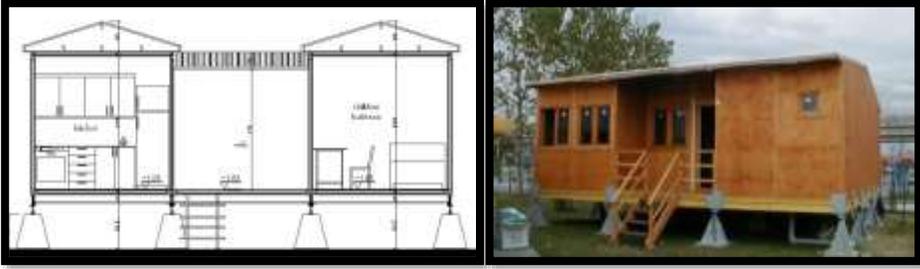


للكوارث المستقبلية، حيث وضعت بدائل تصميمية متعددة، ثم قامت بتقييمها وفق معايير ناتجة عن دراسة البيئة الاجتماعية والمناخية والكلفة وتقنيات ومواد التنفيذ وتوصلت لنموذج أساسي بمساحة 50 م<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Najjar A 2017- **Post-disaster shelters, foundations for applying the experiment in Syrian cities (Aleppo, a case study)**. (Master Thesis), University of Aleppo, Syria

يمكن إدراجه في سياق أي عملية استجابة مستقبلية، الشكل (36)<sup>1</sup>

الشكل (36): المسقط الأفقي للنموذج المقترح.



المصدر: Post-disaster shelters

الشكل (37): التكوين الحجمي. الشكل (38): مقطع عرضي في وحدات السكن.

المصدر: Post-disaster shelters

حالة دراسية 4: النزاع في قيرغيزستان 2010:

في أعقاب النزاع في مدينتي أوش وجمال آباد تم تشكيل هيئة لإشراك جميع الجهات الفاعلة في تصميم السكن الانتقالي، حيث قام أعضاء الهيئة بالتشاور مع المستفيدين والمهندسين لمناقشة التصاميم الملائمة لبناء سكن انتقالي، حيث تم مناقشة اقتراحين:

1. سكن غرفة واحدة بوزن خفيف نسبياً ذات جدران خفيفة مصنوعة من الصفائح وميزاتها أرخص وأسرع في البناء، أما عيوبها أقل أماناً وأقل قبولاً ثقافياً.
2. غرفتين من الطوب ذات التصميم التقليدي وميزاتها عكس التقاليد المحلية ومواجهة مخاوف الحماية ويعد خطوة أولى في إعادة البناء، أما عيوبه يشكل تحدي أكبر من ناحية تأمين المواد والنقل والبناء.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Najjar A 2017- **Post-disaster shelters, foundations for applying the experiment in Syrian cities (Aleppo, a case study)**. (Master Thesis), University of Aleppo, Syria.

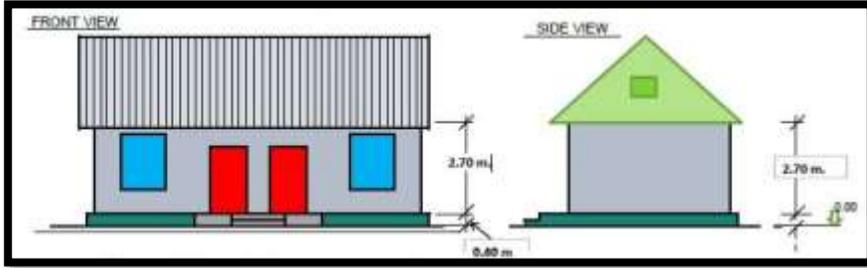
تم اعتماد المقترح الثاني وهو عبارة عن مسكن بمساحة 28 م<sup>2</sup> مؤلف من غرفتين مساحة كل منها 14م<sup>2</sup>، مع وجود شرفة إضافية، حيث يعد بنية يمكن أن تمتد لمساكن دائمة، حيث تم اختيار التصميم ومواد البناء المعروفة، كالرمل والاسمنت والطوب والألواح المعدنية والأخشاب.

وبدعم من الحكومة المحلية والمهندسين المعماريين وعلماء الزلازل، تم ضمان أن تصميم المسكن يتماشى مع أفضل الاشتراطات الوطنية والإقليمية، كما استخدمت عناصر أخرى



لزيادة مقاومة الزلازل كوضع حديد التسليح في كل خمسة صفوف من الطوب، ووضعت الجوائز الدائرية عند مستويات محددة لزيادة السلامة الهيكلية، كما يوضح الشكل (39).

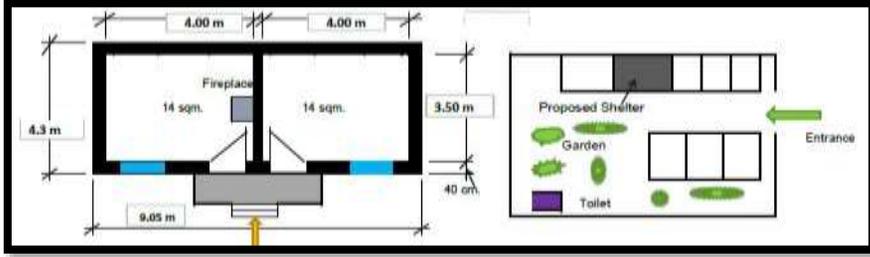
الشكل (39): التكوين الحجمي للسكن في قيرغيزستان.



المصدر: Post-disaster shelters:

الشكل (40): التكوين الحجمي للسكن في قيرغيزستان.

<sup>1</sup> Najjar A 2017- **Post-disaster shelters, foundations for applying the experiment in Syrian cities (Aleppo, a case study)**. (Master Thesis), University of Aleppo, Syria.



المصدر: Post-disaster shelters

الشكل (41): التكوين الحجمي للسكن في قيرغيزستان.

المصدر: Post-disaster shelters

#### ❖ النتائج:

1. ينبغي توفير السكن المؤقت في أقرب وقت ممكن مهما كان نوع الكارثة، وذلك لأهميته في مساعدة المجتمعات المتضررة على إعادة تأسيس أنشطتها الطبيعية.
2. ضرورة استخدام السكن المؤقت بمختلف أنواعه في المرحلة الانتقالية من مراحل إعادة الإعمار لسد الفجوة بين مرحلة الطوارئ ومرحلة السكن الدائم، بحيث يؤمن تصميمه جميع الشروط الصحية والاجتماعية التي تراعي كل الظروف المحيطة.
3. السكن المؤقت هو العملية التي يمكن للناس فيها تبدأ في التعافي وإعادة تشغيل الأعمال المنزلية مرة أخرى، وتحتاج الأسر إلى إعادة تنظيم ترتيباتها المعيشية في المستقبل وفي الوقت نفسه لديهم مكان مؤقت لإعادة جزء من حياتهم في المستقبل.
4. استخدام معايير التصميم والتقييم السليم في جميع مراحل التحليل والتخطيط والتصميم في فترة ما قبل الكارثة مما يضمن الاستخدام الرشيد للموارد المحدودة في فترة ما بعد الكوارث، هذا سوف يؤدي إلى تحقيق وفورات في التكلفة، ومعدات البناء.
5. النظر في مختلف التصاميم لتجمعات المساكن المؤقتة وتوافقها مع أنماط الحياة للمتضررين، فالمشاركة المجتمعية مهمة جداً في البناء الناجح للمساكن المؤقتة.

6. يعتبر نمط حاويات الشحن أكثر ملائمة في حال الحاجة لكثافة سكانية عالية في الموقع، أو في حال الحاجة للاستخدام الأمثل للمساحة المحدودة نظراً لإمكانية تجميعه على هيكل معدني طابقي.
7. يعتبر استخدام وحدات مسبقة الصنع ذات طابق واحد، ملائمة طبوغرافياً لجميع البيئات (جبلية- مستوية)، ماعدا الأراضي الحرجية، ويأخذ بعين الاعتبار الحاجة لاستئناف أنشطة كسب العيش وخفض تكاليف النقل.
8. يتميز السكن المبني من الموارد المحلية بأنه يتحرك ضمن الاقتصاد المتاح دون العودة لمورد خارجي، حيث تم تحقيق الربح للمنطقة باستخدام الموارد المحلية واليد العاملة والخبرات من السكان.
9. تعتبر التقنيات المستخدمة صديقة للبيئة، لأنها تستخدم مواد محلية وطرق بناء مبتكرة، تمكن من الحصول على الموارد من مصادر مستدامة.
10. يمكن استخدام الوحدات على المدى الطويل، من خلال الارتقاء بها وتحويلها إلى سكن دائم، كما يمكن تفكيك وحدات وتخزينها لإعادة استخدامها في الكوارث في المستقبل، أو لوظائف مختلفة، مثل مخيمات الشباب، مخيمات العطلات.
11. من الضروري أن ننظر إلى الإسكان المؤقت من وجهة نظر المستخدمين، مع التركيز على الأفراد أكثر من التركيز على الوحدات باعتبارها أكثر من هيكل مادي، للوصول إلى ذلك يصبح من الضروري اعتماد نهج نظامي يأخذ في عين الاعتبار ويحلل جميع الجوانب المتعلقة بموضوع الإسكان.

#### ❖ التوصيات:

1. انخراط جميع المستويات الحكومية والمنظمات غير الحكومية والقطاع الخاص والمجتمعات المحلية في عملية توفير السكن المؤقت.
2. توفير مدى واسع من خيارات السكن المؤقت لسد الحاجات الإسكانية المتنوعة من خلال اختبارها لمرحلة ما بعد الإشغال، سهولة وسرعة تجهيزها وتركيبها عبر خطة عمل فاعلة.

3. تعزيز الشراكات للمساعدة في تكاليف الإيجار للسكن المؤقت عبر تأسيس معايير وشروط مشتركة، تحديد الموارد، تكامل القدرات، تأسيس آلية للسداد، مرونة التشريعات اللازمة في المخاطر والأحداث الكارثية.
4. بناء قاعدة معلومات وطنية تشمل كافة المخاطر والكوارث المتوقعة، والحاجات الأساسية التي ينبغي توفيرها، عدد المتضررين المحتملين، الموارد والإمكانات وتحديد نسب الوحدات المطلوبة من سكن الإيواء والسكن المؤقت.
5. إنشاء وإدامة المعامل المنتجة للوحدات السكنية المصنعة المقاومة للمخاطر والكوارث مع قيام الحكومات المحلية بتوفير مواقع مسبقة لتثبيتها.
6. إنتاج وتخزين أنظمة السكن المؤقتة لتوفير الوقت خلال العمل في مرحلة الإغاثة الفورية وفي مرحلة ما بعد التعافي من الكوارث.

#### ❖ المراجع العربية:

1. Al Shouk I, 2016- **Emergency housing for those affected by disasters and risks and strengthening preparedness for an effective response**. A working paper presented to the Council of Arab Ministers of Housing and Reconstruction, session 33. In Arabic.
2. Kandakji S, 2014- **Post-disaster reconstruction projects**. Twenty-two Architectural Magazine, Issue 12, Damascus University, Syria. In Arabic.
3. Najjar A 2017- **Post-disaster shelters, foundations for applying the experiment in Syrian cities (Aleppo, a case study)**. (Master Thesis), University of Aleppo, Syria. In Arabic.
4. Satouf N, 2019- **Prospects for utilizing shipping containers as residential communities in the reconstruction phase of Syria**. Al-Baath University Journal, Syria. In Arabic.

#### ❖ المراجع الأجنبية:

1. DOMBEK K., 2016- **Rebuilding After a Natural Disaster: Housing Strategies for Minority Communities in Post- Tsunami**

- Sri Lanka.**( Architecture Undergraduate Honors These) , University of Arkansas, Fayetteville.
2. Donhue.C.,2012- **Strategic Planning for Post-Earthquake Temporary Housing.** Specific Briefing Paper Humanitarian Aid in Complex, *University of Denver*, Colorado, p 5-6.
  3. FEMA,2006- **Design Guidance for Shelters and Safe Rooms.** *National disaster housing strategy.*
  4. Félix.D, Branco.J, Feio.A., 2013- **Temporary housing after disasters: A state of the art survey.** *University Lusíada of Vila Nova Famalicão, University of Minho*, Portugal
  5. Forouzandeh.A, Hosseini.M, Sadeghzadeh.M.,2008- **Guidelines for Design of temporary shelters after earthquakes based on community participation.** *The 14th World Conference on Earthquake Engineering*, Beijing, China.
  6. Hadafi.F, Fallahi.A.,2010- **Temporary Housing Respond to Disasters in Developing Countries- Case Study: Iran-Ardabil and Lorestan Province Earthquakes.** *World Academy of Science, Engineering and Technology.*

❖ مواقع الانترنت:

1. [www.ifrc.org](http://www.ifrc.org),2013-**post-disaster shelter-Ten designs.** *International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies*, Geneva.
2. [http://www.shigerubanarchitects.com/works/2011\\_onagawa-container-temporary-housing/index.html](http://www.shigerubanarchitects.com/works/2011_onagawa-container-temporary-housing/index.html) accessed 3/5/2019
3. [www.google.com](http://www.google.com).

# مساهمة أشكال التقوية الزلزالية في رفع كفاءة الأعمدة لمقاومة أمواج الانفجارات

\*أ.د.م عصام ملحم \*\*م.أعيد الزناوي

## الملخص

إن التطور التقني لأدوات ووسائل صناعة المتفجرات جعلت منها أشد فتكا وأصغر في الحجم، وأضاف إليها السهولة في الإخفاء، مما أدى الى تنامي ظاهرة التفخيخ والتفجير ونجاحها في استهداف المنشآت الحيوية والهامة. وعادةً ما تكون الخسائر الكبيرة الناجمة عن التفجيرات غير مرتبطة فقط نتيجة الإطلاق المباشر للطاقة، ولكن بشكل أكبر إلى الانهيارات الإنشائية المتلاحقة، التي قد تحدث بعد الصدمة موقعة خسائر كبيرة في الأرواح. يقوم البحث على فكرة إمكانية رفع درجة الأمان الإنشائي للأعمدة البيتونية في مقاومة أمواج الانفجارات الأرضية من خلال أشكال التقوية المعروفة، التي تحسن أداء المنشآت القائمة لمقاومة القوة الأفقية الناتجة عن الزلازل وهي: التريبط بشكل حرف X / التريبط بشكل حرف V / القمصان المعدنية.

وذلك بدراسة مبنى مكون من خمسة طوابق. واتباع تحليل ديناميكي لاخطي وفق تابع السجل الزمني للضغط المطبق على الواجهة المقابلة للانفجار، وفق طريقة الكود الأمريكي UFC3-340-02 الخاص بالانفجارات لحساب المتغيرات اللازمة كذروة الضغط، مدة المرحلة الإيجابية، الضغط الديناميكي، ورسم مخطط (قوة - زمن) وذلك عند شحنات مختلفة من مادة الـ تي أن تي.

ثم مناقشة النتائج بعد دراسة (الانتقال الجانبي الأعظمي للطوابق والدورانات الحاصلة في عقد الأعمدة - قيم العزوم الحاصلة في أعمدة الواجهة الخاضعة لأعظم ضغط وموقع هذه العزوم على منحني الترابط وفق القوة الناظمية المرافقة لها- اجهادات القص- الشحنة المتفجرة التي تبدأ عندها الأعمدة بالانهيار). وذلك قبل وبعد إضافة التقوية.

**نتيجة البحث:** قامت أشكال التقوية المدروسة في رفع كفاءة الأعمدة لمقاومة موجة الصدمة الناتجة عن الانفجار وذلك عند كافة الشحنات المدروسة وساهمت في تخفيف الآثار المترتبة عنها من خلال تخفيض الانتقالات والقوى الداخلية في الأعمدة إضافة الى رفع حجم الشحنة المتفجرة اللازمة لحدوث بداية انهيار الأعمدة وجاءت أفضل النتائج عند استخدام طريقة التريبط بشكل حرف X.

**الكلمات المفتاحية:** التحليل الديناميكي، السجل الزمني، التريبط بشكل حرف X، التريبط بشكل حرف V، القمصان المعدنية، موجة الانفجار.

\*أستاذ في قسم الهندسة الإنشائية، كلية الهندسة المدنية، جامعة البعث، حمص، سورية.

\*\* طالب دراسات عليا في قسم الهندسة الإنشائية، كلية الهندسة المدنية، جامعة البعث، حمص، سورية.

## the contribute of seismic reinforcement to increase the efficiency of columns to resist the explosion waves

Dr.mLHEM I, E.Albaznaw A

### abstract

The technical development of the tools and means of manufacturing explosives made them more lethal and smaller in size and added to them the ease of concealment, the large losses resulting from explosions are not related only as a result of direct energy release.

The research is based on the idea of the possibility of raising the degree of structural safety of concrete columns in resisting earthquake waves through well-known forms of reinforcement, which improve the performance of existing structures to resist horizontal force resulting from earthquakes, namely: X-shaped strapping / V-shaped strapping / metal

where this model was adopted according to a field study that included a real explosion, and the results were calibrated according to this field study, and the second was an entire building consisting of five floors. And follow a nonlinear dynamic analysis according to the time record function of the pressure applied to the interface opposite the explosion, according to the method of the American code UFC3-340-02 for explosions to calculate the necessary variables such as peak pressure, positive phase duration, dynamic pressure) and drawing a diagram (force – time) for different shipments From TNT.

Then discussing the results after studying the factors (deformation of the column – values of speed and acceleration at the end of the column) in the first model, while the second model was studied (the maximum lateral transfer of floors and rotations occurring in the nodes of columns – the values of the moments in the facade columns subject to the greatest pressure and the location of these moments on Correlation curve according to the accompanying normal force – shear stresses – the explosive charge at which the columns begin to collapse).

**As a result of the research**, the studied forms of reinforcement have raised the efficiency of the columns to resist the shock resulting from the explosion at all the studied shipments contributed to mitigating the effects of them by reducing the internal movements and forces in the columns The best results came at The use of the binding method in the form of theX

**Keywords:** dynamic analysis, time record, X-link, V-link, metallic shirts, .blast wave

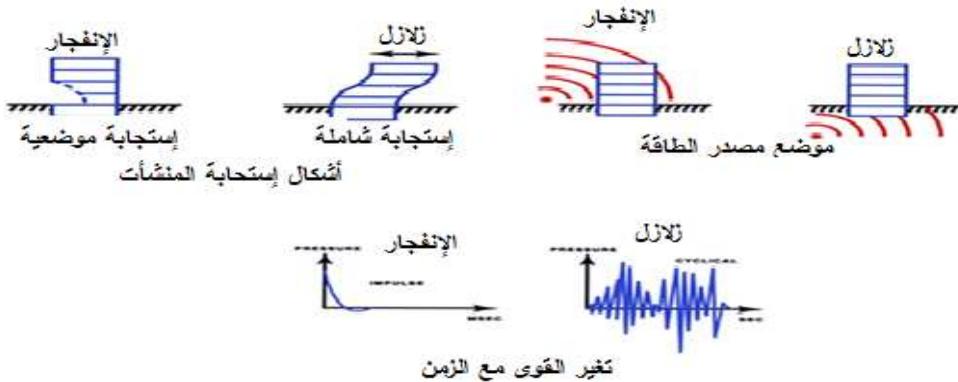
## 1-مقدمة :

تتشترك مقاومة الزلازل ومقاومة الانفجارات في عدة نقاط من حيث المتطلبات اللازم توفرها في الهيكل، فالميزات المرغوبة لمقاومة الزلازل التي توفر ليونة لاستجابة العناصر وتفاصيل عقد الاتصال، والقدرة على إعادة توزيع الأحمال القصوى على العناصر الأقل تحملاً وبالتالي زيادة قدرتها بمنع تشكل المفاصل اللدنة وتحمل الدورانات الكبيرة هذه الميزات مرغوب فيها في مقاومة أمواج الانفجارات [2] وبالتالي ويمكن أن يتم تقليل أضرار الانفجار إذا تم الالتزام ببعض المعايير "المشابهة للزلازل". إلا أنه لا ينبغي أن تكون من الثوابت الإنشائية إن الهيكل المصمم لمقاومة آثار الحركات الأرضية القوية سيكون جيداً في الاستجابة للتحميل المتفجر.

ويمكن الفرق الأساسي بين التحميلين هو المنطقة التي يتم توزيع الحمل عليها، وبالتالي استجابة الهيكل نظراً لأن الأحمال الزلزالية تشكل تأثيراً على القاعدة وتكون القوى المتشكلة موزعة على كامل الكتلة ومتناسبة معها فإنها تشغل الهيكل بأكمله، وتتطلب استجابة الجملة الإنشائية كاملةً لمقاومة القوى في حين أن تحميل الانفجار لا يؤثر على الهيكل بأكمله بشكل موحد بل تتلقى العناصر الخارجية المقابلة لمصدر الانفجار ضغط أكثر بكثير من باقي العناصر البعيدة عن المصدر ولا يتم توزيع القوى الأفقية في كل طابق من المبنى من خلال أغشية الدياترامات بما يتناسب مع صلابتها.

## الجدول (1) أوجه المقارنة بين أثر الزلازل والانفجارات على المنشآت

الانفجارات	الزلازل
موجة ضغط عالية جداً خلال أجزاء ميلي ثانية	قوى على شكل اهتزازات خلال عدة ثواني
الانفجارات تطبق القوى على الواجهات الخارجية	تطبق الزلازل قوتها على قاعدة المباني
تسبب ضرر شديد في مكان الذي طبق الضغط	تسبب إستجابة عامة على كامل المنشأة



الشكل (1) المقارنة بين أثر الزلازل والانفجارات على المنشآت

وقد ساهمت العديد من الأبحاث في تحديد أشكال لتقوية الهياكل، يتم من خلالها رفع كفاءة المنشآت القائمة لمقاومة القوى الأفقية التي قد تتعرض لها نتيجة حدوث هزة أرضية ومن أبرز تلك الأشكال التبريط المعدني، والقمصان المعدنية للأعمدة. ونتيجة لوجود أوجه شبه كبيرة بين تحميل الزلازل وموجة الانفجار من حيث اتجاه القوة، وزوالها مع الزمن، ووجود اختلافات تكمن في موقع تطبيق هذه القوة، وزمن تأثيرها. كان لابد من إجراء دراسة تحليلية للتحقق من إمكانية الاستفادة من أشكال التقوية الزلزالية في مقاومة أمواج الانفجارات.

## 1-2 أثر الانفجارات على المنشآت [3] :

لمعرفة كيفية سلوك المنشآت بفعل حمولات الانفجارات ينبغي لنا معرفة العوامل التدميرية الناجمة عن هذا الضغط وتعتبر أهم الآثار هي:

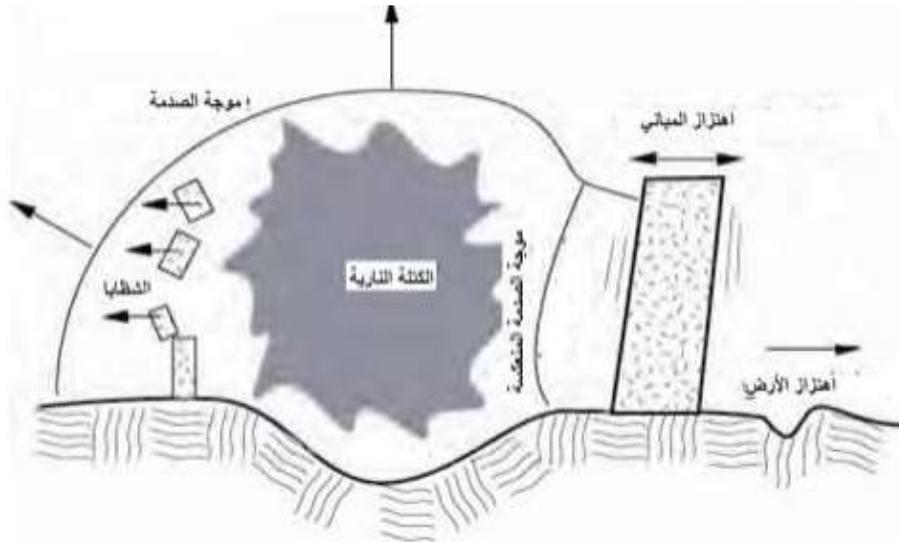
(a) موجة الصدمة :

وهي عبارة عن انضغاط كبير في الهواء يؤثر على الأشياء بشكل موجة ضغط ذات قوة كبيرة جداً، يتبعها تخلخل في الدائرة القريبة من موقع الانفجار ، حيث تؤدي لتطاير الأشياء والمواد ورميها في الهواء وحتى بعض الأشخاص بينما تؤدي لتصدعات في العناصر الإنشائية أو غير الإنشائية والإكساءات (تكسر في الزجاج والأبواب والنوافذ) للمباني (وتمثل موجة الصدمة العامل الأهم في آثار الانفجارات).

(b) الحرارة العالية

(c) الشظايا

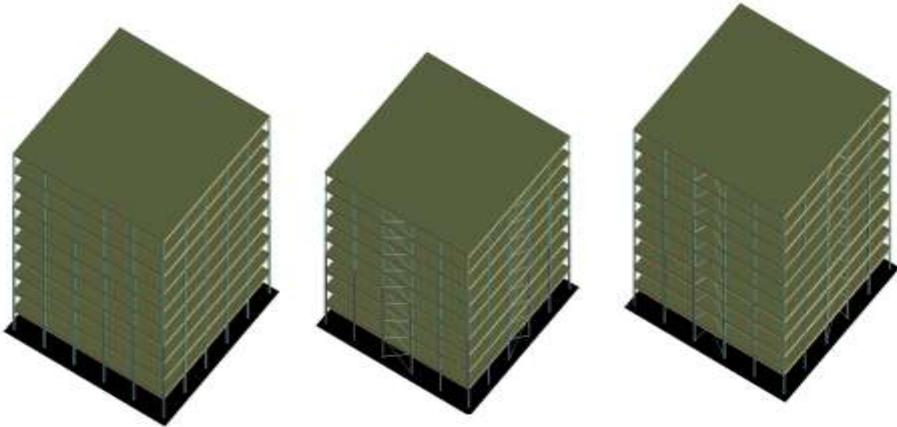
(d) موجة الصوت



الشكل (2) الآثار السلبية للإنفجار

2-الدراسات المرصعية

قامت الباحثة Amy Coffield [4] بدراسة مبنى إطارى مقاومة للعزم بارتفاع 10 طوابق وذلك دون أية إضافة ثم بعد إضافة روابط متصلة بشكل حرف X وروابط بشكل حرف V معرضة لانفجارين بشدة  $(9-18)$  kN على اعتبار الانفجار من مسافة 5m وحساب معاملات الانفجار بالاعتماد على الكود الأمريكي. وقامت بمقارنة المفاصل اللدنة والعناصر التي إنهارت في الجوائز والأعمدة إضافة الى تشوه السقف والانتقالات وخلصت الى أن الإطارات المربطة مع روابط متصلة X يتمتع بمقاومة أعلى من حيث عدد العناصر التي إنهارت والمفاصل اللدنة يليها روابط غير متصلة V حيث بلغت نسبة التخفيض في الانتقالات الأعظمية بعد إضافة الروابط بشكل حرف X 21% في حين بلغت مع روابط بشكل حرف V 12% . أما عدد المفاصل اللدنة في كامل المنشأة بدون تربيط 53 مفصل ومع استخدام الروابط بشكل حرف X 45 مفصل في حين بلغت مع روابط بشكل حرف V 49 مفصل .



الشكل (3) تمثيل ثلاثي الأبعاد للنماذج المدروسة

قام الباحث K P Thejasw [5] بدراسة مبنى إطارى مكون من سبعة طوابق خاضع لتأثير شحنة متفجرة أرضية وزنها 100Kg من مسافة 10m وذلك بعد إضافة ثلاثة أشكال من طرق التربيط المختلفة:

- 1- تربيط بشكل حرف X      2 - تربيط بشكل حرف V      3- تربيط قطري مائل

وذلك بالإعتماد على برنامج etabs وفق تحليل ديناميكي لاخطي لتابع السجل الزمني للضغط المطبق وفق الكود الأمريكي وقام بمقارنة الانتقالات الأفقية الحاصلة والانزياحات النسبية بين الطوابق عند كل حالة وخلص أن كافة طرق التربيط ساهمت في تخفيض الإنتقالات الأفقية الحاصلة في الطوابق و بلغت كما هو موضح بالجدول التالي

الجدول (2) الانتقالات الحاصلة في طوابق المنشأة عند كل حالة مدروسة

الطابق	إنتقالات المبنى	إنتقالات عند التربيط	إنتقالات عند التربيط	إنتقالات عند التربيط
--------	-----------------	----------------------	----------------------	----------------------

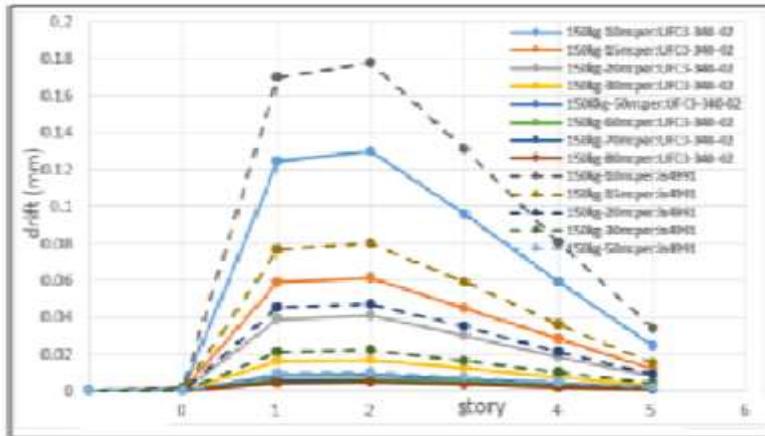
مساهمة أشكال التقوية الزلزالية في رفع كفاءة الأعمدة لمقاومة أمواج الانفجارات

	دون إضافة	بشكل حرف X	قطري	بشكل حرف V
7	44.60	34.07	40.89	38.16
6	42.60	32.56	38.07	35.87
5	38.80	30.17	36.21	33.80
4	32.70	22.10	26.51	24.75
3	24.10	16.57	19.88	18.56
2	13.50	11.70	14.05	13.11
1	2.90	2.03	2.44	2.27

بلغت نسبة التخفيض الحاصل في الإنتقالات الحاصلة بعد إضافة التبريط عند كل حالة الى قيم الإنتقالات الحاصلة في المبنى الطبيعي دون أي تبريط تربط بشكل حرف X 18% وعند التبريط بشكل حرف V 14 %، أما في التبريط قطري مائل 12%.

- قامت الباحثة ردينا شاهين [6] بالبحث عن مسافة الأمان اللازم لحماية المنشآت من شحنات متوسطة بوزن 150 Kg فقامت بدراسة سلوك هيكل خرساني زلزالي عبارة عن إطار مكون من خمسة طوابق عرضة لإنفجار أرضي بشحنة ثابتة 150 kG من مادة الت إن تي وفق مسافات (10-15-20-30-50-70-80) m، وكان الإطار منتظم هندسيا ومصمم على الزلازل لمنطقة مدينة حلب، وقد تم حساب معاملات الانفجار وفق الكود الأمريكي UFC3-340-02 [1]، ثم وفق الكود الهندي IS:4991-19 واستخدام برنامج etabs وخلصت إلى:

1. أعطى الكود الأمريكي نتائج أدق وكان الاختلاف بين الكودين 29 % وفق بعض الثوابت
2. الأعمدة في الطوابق السفلية الأول والثاني تعرضت لضغط عالي أكثر من الطوابق الأخرى
3. بلغت الانزياحات الطابقية النسبية قيم أعظمية في الطوابق السفلية .



الشكل (4) الانزياحات الطابقية عند كل شحنة

3هدف البحث ومنهج البحث

3-1 هدف البحث

يهدف البحث إلى دراسة امكانية رفع كفاءة الأعمدة البيتونية لمقاومة أمواج الانفجارات في المنشآت الإطارية القائمة وذلك من خلال بعض أشكال التقوية المعروفة التي تحسن أداء المنشآت القائمة لمقاومة الزلزال وهي:

أ- التبريط بشبكات معدنية ب- القمصان المعدنية للأعمدة .  
وتحديد الطريقة الأكثر جدوى التي يمكن استخدامها في حالة الانفجار وفق تحليل ديناميكي لا خطي باستخدام تابع السجل الزمني time history للضغط المطبق على واجهة المبنى عند تعرضها لإنفجارات من شحنات متغيرة الكتل علما أن حساب متغيرات الانفجار وفق الدليل الأمريكي UFC3-340-02 [1]

### 3-2 منهج البحث:

منهج البحث هو المنهج التحليلي حيث تم استخدام البرنامج الإنشائي (sap 2000 pro) في تحليل الجمل الإنشائية لسهولة النمذجة والتحليل والتصميم فيه، أضيف إلى ذلك قدرته على إنجاز التحليل الديناميكي اللاخطي لتابع السجل الزمني وفق علاقة قوة- زمن . ورسم توابع الانتقالات المرتبطة بالزمن.

### 4-النموذج المدروس :

هو عبارة عن مبنى إطاري مكون من خمسة طوابق على شكل مستطيل منتظم يتألف من ثلاثة فتحات بالاتجاه X وست فتحات بالاتجاه Y أبعاده في المسقط الأفقي 12\*24)m طول الفتحة 4 m. يوضح الجدول (5-2) المواصفات الإنشائية للمبنى:

#### الجدول (3) المواصفات الإنشائية لمبنى النموذج المدروس

24MPa	المقاومة المميزة للبيتون على الضغط $f_c$
400MPa	إجهاد الخضوع لفولاذ التسليح $F_y$
مصممة سماكة 14cm	نوع البلاطة
(35*55) cm	أبعاد الأعمدة
8T20	التسليح الطولي للأعمدة
1.3%	نسبة التسليح الطولي للأعمدة $\mu$
1C Q 10mm /10cm	التسليح العرضي للأعمدة
(30*50)cm	أبعاد الجوائز
3kN/m <sup>2</sup>	الأحمال الحية
2kN/m <sup>2</sup>	الأحمال الميتة
5kN/m	أحمال الجدران على الجوائز

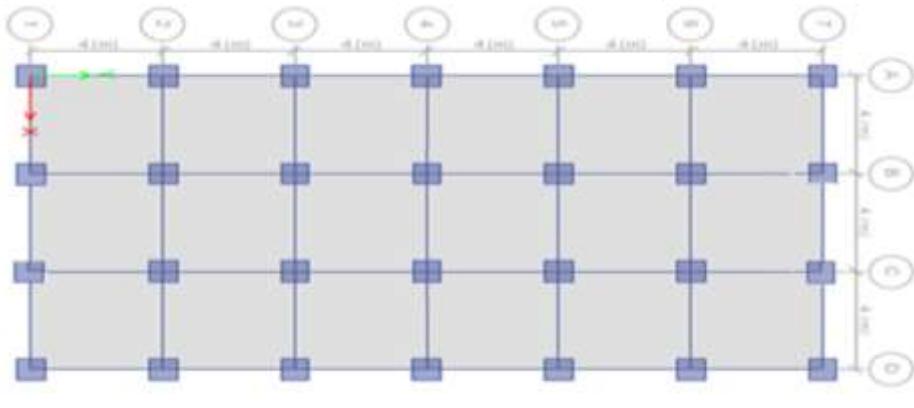
سيتم تحليل النموذج تحت تأثير حمولات ناجمة عن انفجارات ارضيات خارجية من شحنات بأوزان مختلفة من مادة الـ تي أن تي من مسافة 5 متر، على اعتبار أن مركز الشحنة المتفجرة تقع على امتداد المحور رقم 4 المركزي وسط الواجهة الأمامية. توضح الأشكال (3-5) (4-5) و(5-5) المسقط الأفقي والشكل العام للمبنى إضافة الى أشكال التقوية المستخدمة. وسوف يتم في بحثنا التطرق الى النوعين من خلال الحالات التالية:

**أولاً على مستوى الهيكل :**

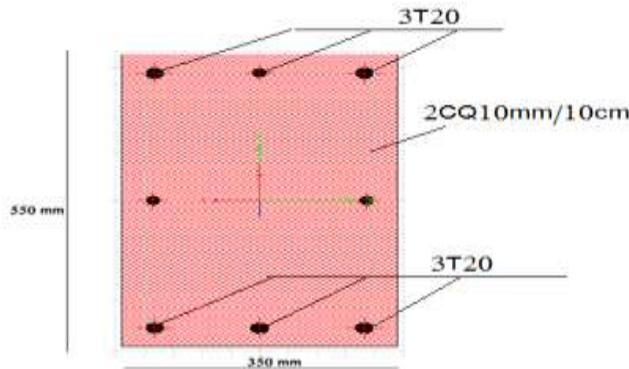
- التريبط بشكل حرف X brace X باستخدام تيوب مفرغ أبعاد  $(10*10*1)Cm$
- التريبط بشكل حرف V brace V باستخدام تيوب مفرغ أبعاد  $(10*10*1)Cm$

**ثانياً على مستوى العنصر :**

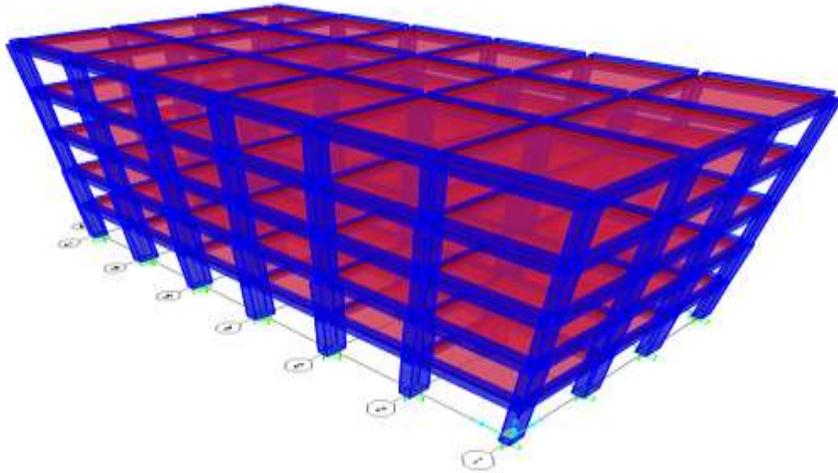
عبر إضافة القميص المعدني jacket steel باستخدام زوايا  $(10*10*1)Cm$



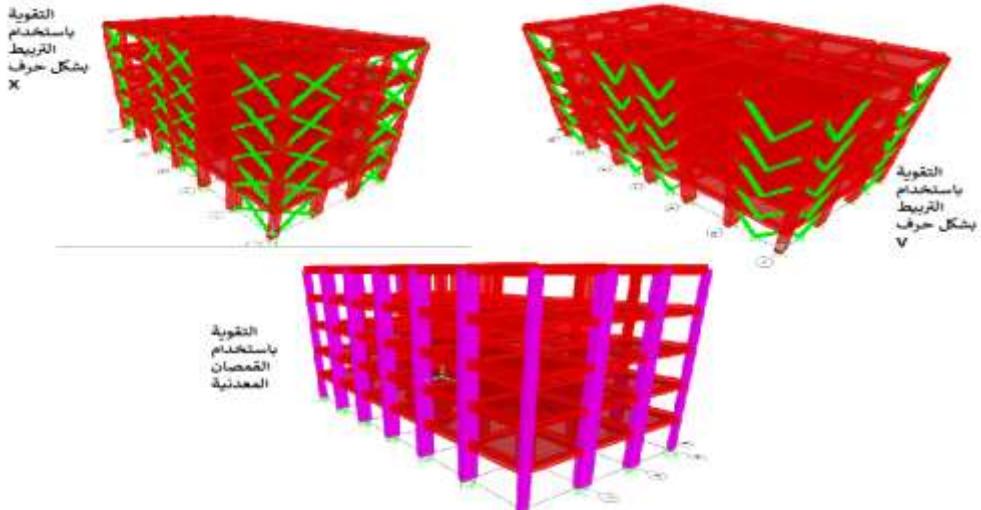
الشكل (5) المسقط الافقي المعماري للنموذج الثاني



الشكل (6) مقطع العمود البيتوني



الشكل (7) الشكل العام للنموذج الثاني



الشكل (8) الشكل العام للنموذج الثاني بعد إضافة التقوية عليه

وسوف يتم مقارنة النتائج وفقا لـ:

- الانتقال الجانبي الأعظمي للطوابق.
- دورنات عقد الأعمدة عند كل طابق.
- عزوم الانعطاف في مقاطع الأعمدة والقوة الناظمية المرافقة لها.
- اجهادات القص المتشكلة في مقاطع الأعمدة.
- الشحنة المتفجرة التي ينهار عندها أول عمود في المبنى.

مع الاعتماد على منحنى الترابط لمقطع العمود الذي يتم رسمه بالبرنامج sap pro2000 من خلال خاصية section designer، ومقارنة العزم الأعظمي المتشكل في العمود والقوة الناظمية المرافقة له مع هذا المنحنى للتحقق من انهيار العمود على الضغط اللامركزي. إضافة الى التحقق من إجهادات القص مع الإجهادات التي يتحملها مقطع العمود.

#### 4-2 التحقق من الأعمدة لمقاومة الأحمال الزلزالية:

سوف يتم التحقق من مقاطع الأعمدة مع التسليح الذي تم اعتماده على مقاومة الأحمال الزلزالية علماً، أنه تم تصميم هذه الأعمدة لمقاومة الأحمال الشاقولية الستاتيكية. تم تعريف الحمولات الزلزالية للمبنى الواقع في المنطقة الزلزالية 2C حيث معامل المنطقة الزلزالية  $Z=0.25$ ، ونموذج المقطع الشاقولي للتربة SB وبالتالي المعاملات الزلزالية :

$$Ca=0.25$$

$$Cv=0.25$$

$$I=1$$

مع اعتماد تراكيب الأحمال وفق التراكيب الواردة في الكود العربي السوري ضمن الباب السادس الفقرة 6-3-2 تحديد الأفعال القصوى. بعد تحليل المبنى وفق الطريقة الستاتيكية الثانية تم حساب قوة القص القاعدة والقوى الداخلية ضمن الأعمدة. بلغت قيمة قوة القص القاعدية

$$V=2490 \text{ k.N}$$

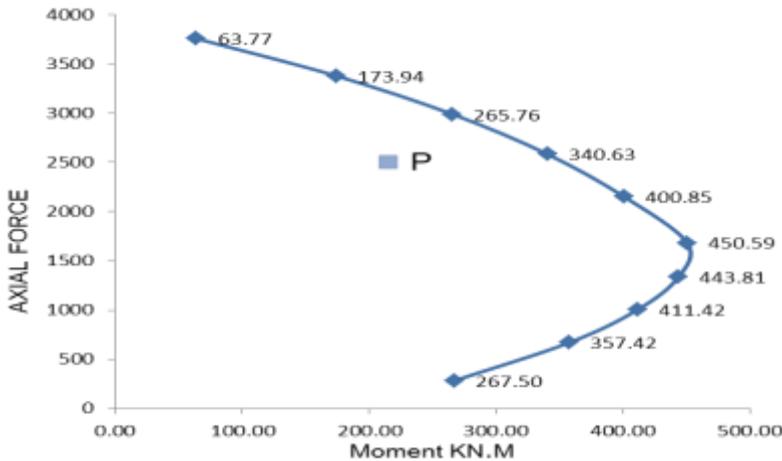
أما القوى الداخلية والإجهادات الأعظمية ضمن أعمدة الطابق الأرضي فقد بلغت :

$$M_{max} = 215 \text{ kN.m} \quad \text{أعظم عزم في أعمدة الطابق الأرضي:}$$

$$t_{max} = 1.47 \text{ MPa} \quad \text{إجهاد القص الأعظمي:}$$

$$Nu = 2500 \text{ k.N} \quad \text{القوة الناظمية المرافقة للعزم الأعظمي:}$$

يوضح الشكل (9) منحنى الترابط لمقطع العمود وموقع النقطة  $P(M_{max}, Nu)$



الشكل (9) منحنى الترابط لمقطع العمود وموضع حالة اللامركزية الأعظمية للتحليل الزلزالي

اجهاد القص الأعظمي الذي يتحمله المقطع البيتوني المسلح قبل الانهيار:

$$t_{cu} = 0.23 * \sqrt{24} = 1.13 \text{ MPa}$$

$$t_{su} = \frac{Ast * fy}{s * d} = 1.61 \text{ MPa}$$

وبالتالي الإجهاد الكلي المسموح

$$t_u = 2.74 \text{ MPa}$$

### 3-4-1 دراسة وتقدير قيمة الضغط الناجم عن الانفجار وفق طريقة الكود الأمريكي

[1] UFC3-340-02

عند حدوث الانفجار ترتفع قيمة الضغط الجوي بشكل فوري وتنتج موجة الصدمة التي تؤثر على الهياكل بشكل نبضة مكونة من طورين، حيث إن الهواء يندفع بعيداً عن مركز الانفجار بقوة شديدة تحت تأثير ضغط الانفجار المباشر incident peak pressure ويتسبب في تكوين موجة سرعتها أكبر من سرعة الصوت ينتج عنه إنضغاط كبير في الهواء مسبباً ما يدعى بالضغط الزائد أو المنعكس reflected pressure ومع تقدم هذه الموجة في الوسط ينشأ مكان تموضع الشحنة الأساسي فراغ مسبباً دفع على السطوح الجانبية Side pressure والخلفية Rear pressure وضغط على الأسقف العلوية roof pressure وهي تعمل في الإتجاه المعاكس للضغط المنعكس وتعرف محصلة الضغط المنعكس مع الضغوط الجانبية والخلفية بمعامل الضغط الديناميكي للانفجار coefficient dynamic وعليه يكون الطور الموجب هي المرحلة التي يكون فيها الضغط أكبر من الضغط الجوي والطور السالب هي المرحلة التي يكون فيها الضغط أصغر من الضغط الجوي، كما إن الضرر الهيكلي مرتبط بالمرحلة الإيجابية بشكل رئيسي بالإضافة إلى ذلك فإن الضغوط التي تنتج من المرحلة السلبية صغيرة نسبياً مقارنة بتلك التي في المرحلة الإيجابية ولذلك فإن المرحلة السلبية من الموجة المتفجرة لا تؤخذ في الاعتبار عادةً.

تعتبر أحمال موجة الانفجار من الحمولات المتغيرة مع الزمن ونظراً للسرعة الهائلة التي يتم فيها زوال هذه الشحنة حيث أنها لا تتجاوز عدة ميليمات من الثانية إضافة إلى الضغط الهائل المطبق خلال هذا الزمن اللحظي فإن دراسة المنشآت تحت تأثير هذه الأحمال دون أخذ تأثير الزمن بعين الاعتبار أمر غير مجدي. وقد وضعت الأكواد عدة طرق لحساب التابع الزمني لهذه الحمولة وأشهر هذه الأكواد الكودين الهندي والأمريكي وسيتم في بحثنا هذه اعتماد طريقة الكود الأمريكي على إعتبار أنه أكثر استخداماً ضمن الدراسات المرجعية.

### 3-4-2 حساب منحني السجل الزمني النموذجي في الانفجارات الأرضية السطحية

أولاً يعتمد حساب السجل الزمني عند نقطة معلومة على مبدأ المجال الموزون Z، وهو العلاقة بين وزن الشحنة المتفجرة وبعد النقطة المدروسة عن هذه الشحنة :

$$Z = \frac{R}{\sqrt[3]{We}}$$

Z : المجال الموزون  $m/kg^{1/3}$

R : المسافة بين النقطة المدروسة و الشحنة m

We : الوزن المكافئ للمادة المتفجرة من الـ TNT. kg

$$we = Wexp \frac{H_{exp}^d}{H_{tnt}^d}$$

$H_{exp}^d$  حرارة التفجير الخاصة بمادة التفجير الحقيقية MJ/Kg

$H_{tnt}^d$  حرارة التفجير الخاصة بمادة ال تي إن إي MJ/Kg

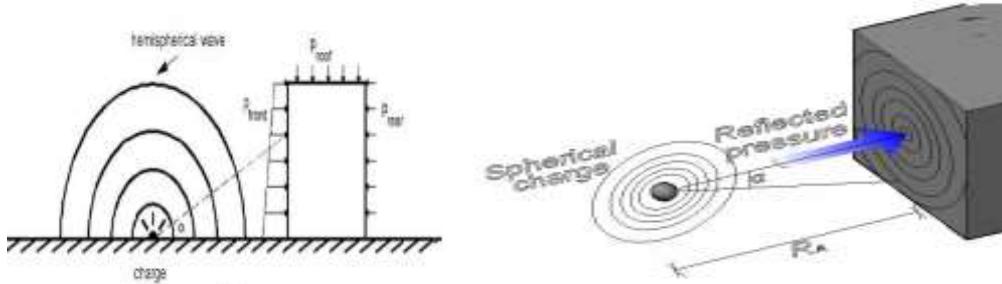
Wexp وزن الشحنة الحقيقية من المادة المتفجرة Kg

يوضح الجدول (4) حرارة التفجير الخاصة بأشهر المواد المستخدمة في صنع المتفجرات عالمياً.

الجدول (4) حرارة التفجير الخاصة بالمواد المتفجرة [1]

Name of explosive	Heat of detonation [MJ/kg]
TNT	4.10-4.55
C4	5.86
RDX	5.13-6.19
PETN	6.69
PENTOLITE 50/50	5.86
NITROGLYCERIN	6.30
NITROMETHANE	6.40
NITROCELLULOSE	10.60
AMON./NIT. (AN)	1.59

ثانياً :حساب زاوية  $\alpha$  بين المستقيم الواصل النقطة المدروسة ومصدر التفجير مع المحور المار الموازي لخط الأرض والمار من الشحنة المتفجرة.



الشكل (10) موضع الزاوية  $\alpha$

ثالثاً : حساب بارمترات الانفجار الأساسية

لقد وضعت سابقاً عدة معادلات أساسية يتم من خلالها حساب الضغط المباشر  $P_{so}$  والضغط المنعكس  $P_r$  للطور الموجب الناتج عن الانفجار وذلك اعتماداً على قيمة المجال الموزون  $Z$  والزاوية  $\alpha$  كانت بارمترات موجة الانفجار محور عدد من الدراسات في العقود الماضية. وتم الوصول إلى العديد من العلاقات والأساليب لتحديد قيمة ضغط الذروة الحاصل على مسافة محددة من الانفجار. جميع العلاقات المقترحة تستند إلى حساب المجال الموزون أو قانون هوبكنسون-كرانز، والتي تعتمد على وزن الكتلة المتفجرة والمسافة الفعلية من مركز الانفجار الكروي، من أشهر هذه العلاقات معادلة كيني [Kinney][2] وقد تم استخدامها على نطاق واسع لأغراض النمذجة الحاسوبية:

$$P_{so} = P_o \frac{808 \left[ 1 + \left( \frac{Z}{4.5} \right)^2 \right]}{\left\{ \left[ 1 + \left( \frac{Z}{0.048} \right)^2 \right] \left[ 1 + \left( \frac{Z}{0.32} \right)^2 \right] \left[ 1 + \left( \frac{Z}{1.35} \right)^2 \right] \right\}^{0.5}}$$

حيث  $P_{so}$ : ضغط الذروة المطبق من الانفجار  $\text{kN/m}^2$

$p_o$  الضغط الجوي  $\text{kN/m}^2$

$Z$  المجال الموزون  $\text{m/kg}^{1/3}$

من العلاقات الأخرى لحساب ضغط الذروة علاقات برود [Brode][2]، حيث اقترح

طريقتين لحساب الضغط المطبق، المعادلة (a) وذلك عندما تكون ذروة الضغط أعلى من 10

بار (= 1 ميجا باسكال) (انفجارات المجال القريب)، والمعادلة (b) لقيم الضغط بين 0.1 بار

و 10 بار (0.01 ميجا باسكال - 1 ميجا باسكال) (متوسط وانفجارات بعيدة المدى).

$$P_{so} = \begin{cases} \frac{6.7}{Z^3} + 1 & , \text{for } P_{so} > 10 \text{ bar} & \text{(a)} \\ \frac{0.975}{Z} + \frac{1.455}{Z^2} + \frac{5.85}{Z^3} - 0.019 & , \text{for } 0.1 < P_{so} < 10 \text{ bar} & \text{(b)} \end{cases}$$

حيث  $P_{so}$ : ضغط الذروة المطبق من الانفجار kN/m<sup>2</sup>  
 $Z$  المجال الموزون m/kg<sup>1/3</sup>

وفي العام 1961 تم التوصل إلى صيغة جديدة من قبل العالم نيو مارك لتحديد الضغط الأعظمي المطبق على السطوح والنتاج عن الانفجارات الأرضية [2]:

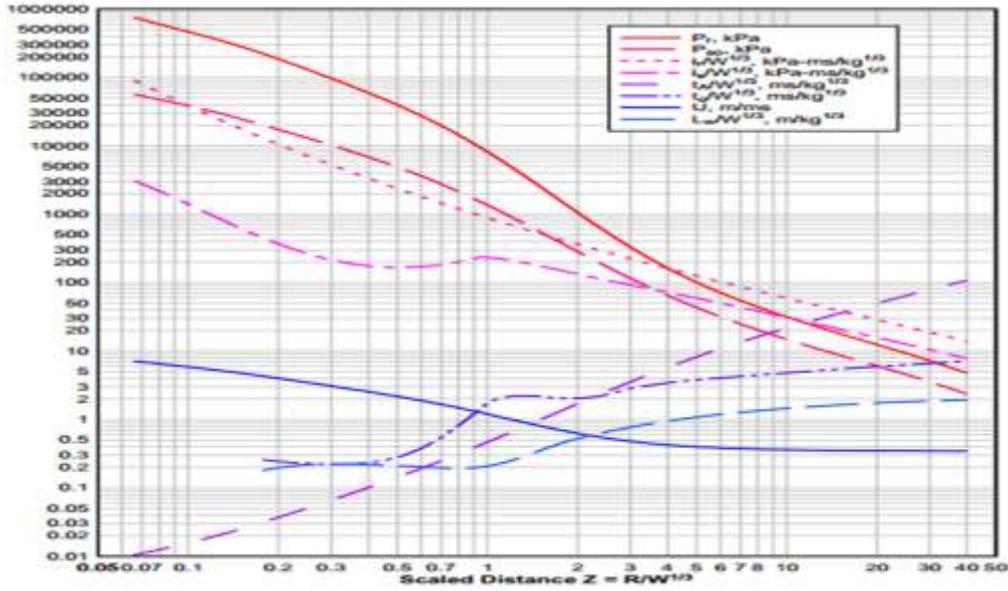
$$P_{so} = 6784 \frac{W}{R^3} + 93 \sqrt{\frac{W}{R^3}}$$

حيث  $P_{so}$ : ضغط الذروة المطبق من الانفجار bar  
 $W$  وزن الشحنة المتفجرة Tons  
 $R$  المسافة عن الشحنة المتفجرة m

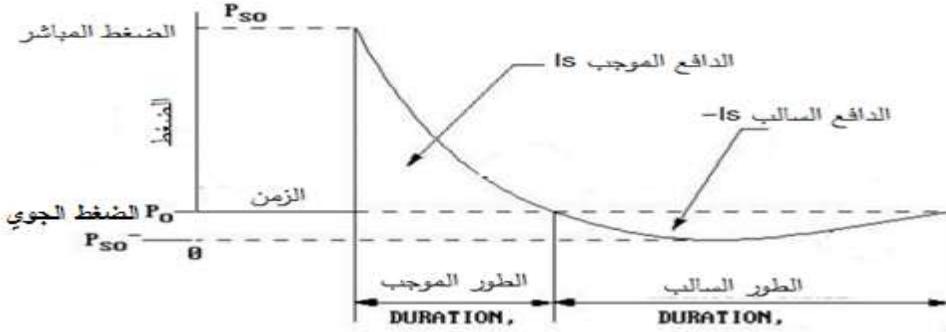
قدم ميلس [2] معادلته الشهيرة لحساب الضغط الناجم عن شحنة متفجرة في العام 1987:

$$P_{so} = \frac{1772}{Z^3} - \frac{114}{Z^2} + \frac{108}{Z}$$

ولكن حديثاً تعد الطريقة الأكثر استخداماً لتحديد بارمترات الانفجار، هي التي تمت من قبل العالمين كينجري-بولماش، التي جاءت ضمن الكود الأمريكي UFC3-340-02 [1] الخاص بالانفجارات. تتضمن نتائجهم مجموعة مخططات ومنحنيات تمكن كافة البارمترات المطلوبة كالدافع للطور الموجب  $t_s$ ، الزمن اللازم لوصول موجة الضغط  $T_a$ ، سرعة موجة الصدمة، زمن الطور الموجب الكلي  $T_o$ ، إضافة إلى قيم الضغط الزائد والضغوط المنعكسة. وهي صالحة لمسافات تفجير ضمن مجال من (0.05 إلى 40) m. ويوضح الشكل (3-4) منحنيات كينجري-بولماش، لحساب بارمترات موجة الصدمة للطور الموجب الناجم عن انفجار أرضي [1].



الشكل (11) مخطط حساب بارمترات الانفجار للإنفجارات السطحية الطور الموجب بعد حساب البارمترات الأساسية يمكن رسم السجل الزمني الناتج عند الشحنة والمسافة المحددة



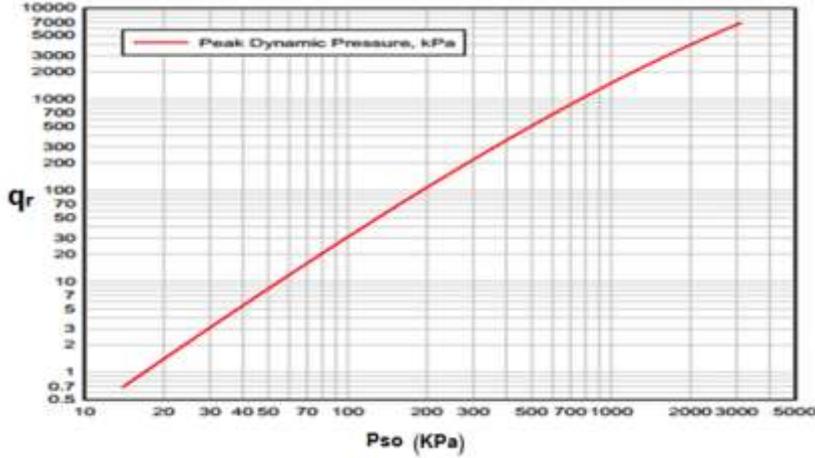
الشكل (12) منحنى (الضغط - زمن) النموذجي

#### 4-3-4 السجل الزمني التصميمي المثلي

عند تحليل العناصر أو الهياكل تحت تأثير أمواج الانفجار يتم اللجوء إلى ما يعرف بالمنحنى الزمني التصميمي الذي يأخذ شكل مثلث قائم، حيث يتم حساب الضغط المباشر incident peak pressure الناتج عن الانفجار عند النقطة المدروسة ثم إضافة العامل الديناميكي للإنفجار الذي هو المحصلة بين الضغط المنعكس والضغوط الجانبية والخلفية ويتم حساب هذا العامل الديناميكي من خلال ضرب قيمة الضغط الديناميكي الزائد بمعامل السحب

$$P_r = P_{so} + C_d q$$

حيث:  $P_{so}$  الضغط المباشر المطبق من الانفجار  
 $C_d$  هو معامل السحب وقيمته 1 في حالة الواجهة المقابلة للإنفجار قائمة مع الأرض  
 $q_r$  هو الضغط الديناميكي ويحسب من الشكل (13) بالاعتماد الى قيمة الضغط  
 مباشر  $KPa$



الشكل (13) مخطط حساب الضغط الديناميكي

كما أن زمن الضغط المطبق على السطوح من تأثير موجة الصدمة لا يمثل فترة الطور الموجب كاملة في السجل التصميمي وذلك لوجود فترة تدعى طور الراحة للإنتقال بين الطور الموجب والسالب لذلك يتم إعتماد الزمن الوهمي للطور الموجب في تحليل المنشآت

$$T_{of} = 2 \frac{t_s}{p_{so}}$$

حيث:  $t_s$  الدافع للطور الموجب  $KPa - ms/kg^{1/3}$

$P_{so}$  الضغط المباشر المطبق من الانفجار  $KPa$



الشكل (14) السجل الزمني التصميمي

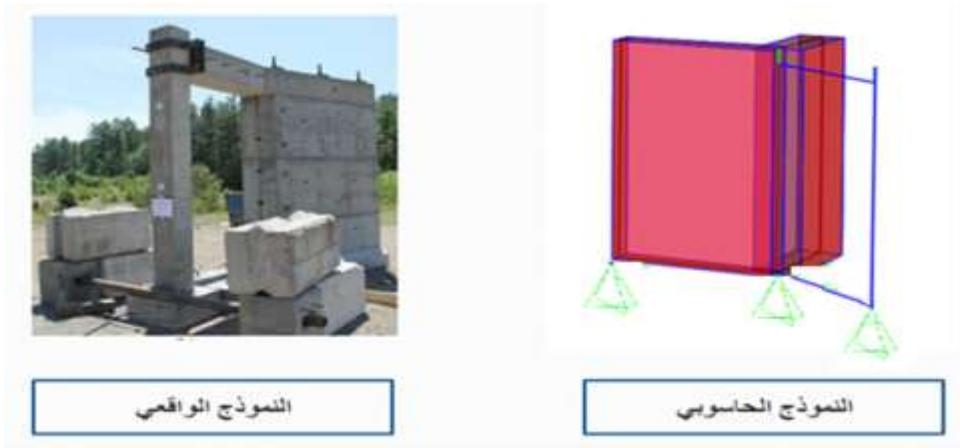
4-4 الدراسة المعيارية: قام الباحث Farouk Siba [7] بإجراء دراسة حقلية على أرض الواقع من خلال اختبار 16 عموداً من البيتون المسلح في قاعدة القوات الكندية في "أونتاريو"، وذلك من خلال تنفيذ نموذج بيتوني لعمود بارتفاع 3m وزرع مجسات على وجه العمود لقياس الضغط المنعكس المطبق والانتقالات الحاصلة في العمود وسوف يتم معايرة النتائج الميدانية التي حصل عليها الباحث للتحقق من طريقة حساب الضغط المطبق والنمذجة وفق الكود المعتمد. مواصفات العمود التي تم تجربته:

- الأبعاد  $(30 \times 30 \times 300)$  Cm، الغطاء البيتوني 4 Cm

- التسليح الطولي 4T25mm ومقاومة البيتون على عمر 28 يوم 41 MPa.

- إجهاد الخضوع للفولاذ المستخدم 400 MPa.

وقام بتقييد العمود من الأعلى والأسفل، من خلال جدارين متصلين من البيتون المسلح سماكة 15cm، تفصل بينهما زاوية 30 درجة. وتوضح الأشكال، نموذج التجربة وأماكن المجسات والتجوير. ووفق هذه المعطيات، تم بناء نموذج حاسوبي وحساب المجال الموزون Z الناتج عن هذا التجبير عند بداية ومنتصف ونهاية العمود، وتقدير قيمة الضغط المباشر المطبق إضافة إلى الضغط الديناميكي وزمن تطبيق هذا الضغط. علماً تم اعتماد منحنيات الكود الأمريكي في حساب بارمترات الانفجار اللازمة.



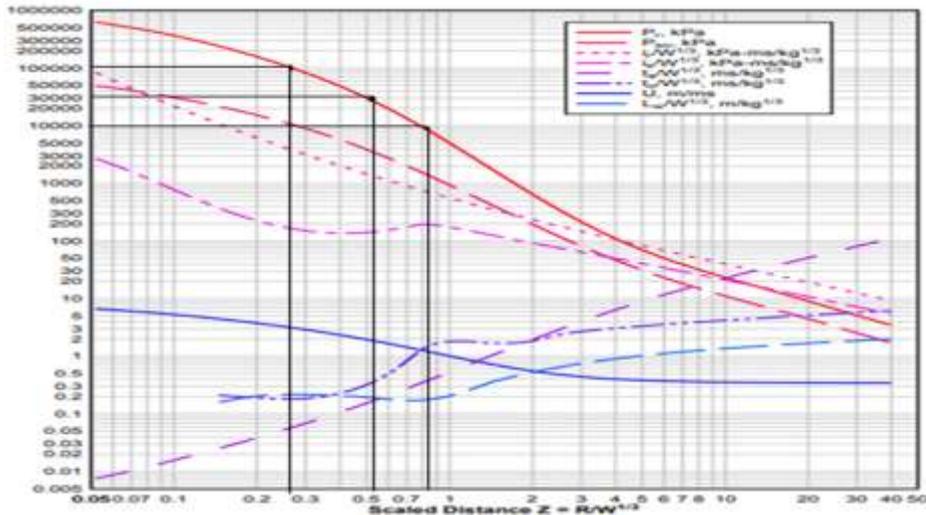
الشكل (15) يوضح الشكل الحاسوبي والشكل الواقعي للتجربة الحقلية

وقد بلغت قيم المجال الموزون عند الارتفاعات المدروسة وفق الجدول (5):

الجدول (5) قيم المجال الموزون للعمود المدروس

المجال الموزون $m/Kg^{\frac{1}{3}}$	المسافة $m$	وزن الشحنة $Kg$
0.60	2.60	80
0.70	3.00	80
0.92	3.97	80

بعد حساب قيم المجال الموزون يتم حساب قيم البرامترات اللازمة لرسم منحنى السجل الزمني الناتج عند هذا المجال ومن خلال منحنيات الأمريكي يتم استخراج ( قيم الضغط المباشر PSO، الدافع للطور الموجب IS، زمن الوصول لموجة الضغط Ta،.....) ويوضح الجدول (4-2) قيم البرامترات الأساسية اللازمة.



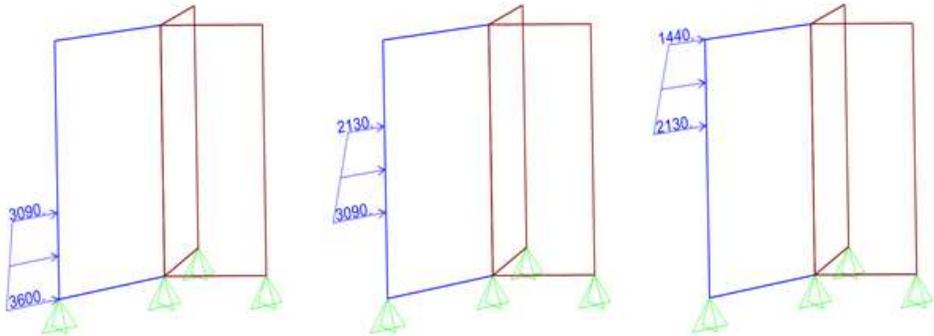
الشكل (16) حساب قيم الضغط المطبق عند قيم المجال الموزون وفق الكود الأمريكي

الجدول (6) قيم المجال الموزون للعمود المدروس

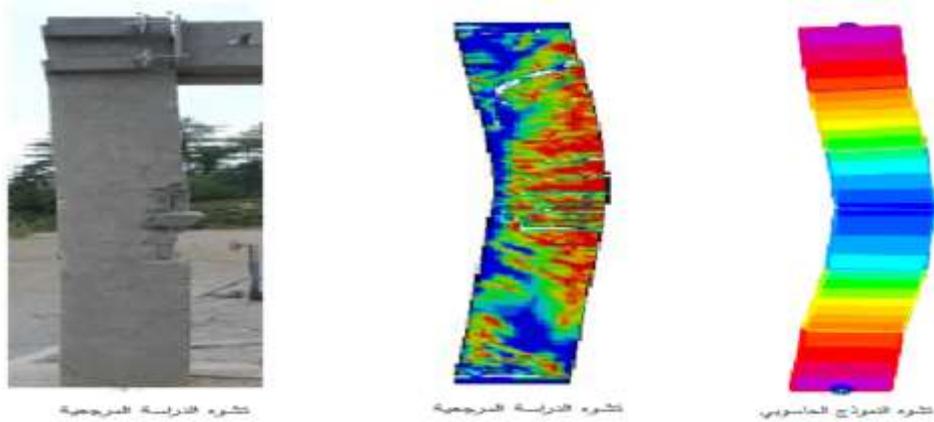
ارتفاع (m)	المجال الموزون $m/Kg^{\frac{1}{3}}$	الضغط المباشر $KN/m^2$	الزمن الوهمي (ms)	الضغط الديناميكي $KN/m^2$	الضغط التصميمي $KN/m^2$	شدة النبضة $KN/m$
0.0	0.520	3000	0.420	6000	9000	2700
1.5	0.600	2000	0.600	4000	6000	1800
3.0	0.800	1000	1.330	1500	2500	750

- ولحساب الإنتقالات وفق برنامج sap2000 ومقارنتها مع الإنتقالات على أرض الواقع تمت نمذجة النموذج المعتمد وإختيار حالة الشحنة 80Kg من مسافة 2.6m حيث يتم إعتبار طول النبضة الواحدة 1m وحساب الضغط التصميمي والزمن عند بداية ونهاية هذه النبضة وتطبيقها ك قوة موزعة مرتبطة بالزمن على طول النبضة ومنه سوف يتم تعريف ثلاثة

حمولات مع ثلاثة سجلات زمنية كل واحدة منها تمثل النبضة وفق منطقة تأثيرها فالنبضة الأولى من أسفل العمود حتى إرتفاع 1m والثانية من إرتفاع 1m حتى 2m....



الشكل (17) القوة المطبقة على كامل العمود بتأثير كل نبضة



الشكل (18) التثؤوه الحاصل في النموذج الحاسوبي والدراسة المرجعية

الجدول (7) قيم الإنتقالات الناتج حقلياً وحاسوبياً والفرق النسبي

الارتفاع	الانتقال في النموذج	الانتقال في الدراسة الحقلية	الفرق النسبي %
1	10.37	11.2	4.2
1.5	13.87	14.3	3.1
2	10.23	9.9	3.3

5 تحليل المبني:

تم تقسيم مراحل العمل الى ست مجموعات في هذا النموذج وفق الجدول (8):

المسافة m	الشحنة kg	حالة المبنى	المجموعة
5	40	المبنى دون أية تقوية	المجموعة الأولى
		إضافة الروابط بشكل حرف X	
		إضافة الروابط بشكل حرف V	
		استخدام القمصان المعدنية	
5	60	المبنى دون أية تقوية	المجموعة الثانية
		إضافة الروابط بشكل حرف X	
		إضافة الروابط بشكل حرف V	
		استخدام القمصان المعدنية	
5	75	المبنى دون أية تقوية	المجموعة الثالثة
		إضافة الروابط بشكل حرف X	
		إضافة الروابط بشكل حرف V	
		استخدام القمصان المعدنية	
5	90	المبنى دون أية تقوية	المجموعة الرابعة
		إضافة الروابط بشكل حرف X	
		إضافة الروابط بشكل حرف V	
		استخدام القمصان المعدنية	
5	100	المبنى دون أية تقوية	المجموعة الخامسة
		إضافة الروابط بشكل حرف X	
		إضافة الروابط بشكل حرف V	
		استخدام القمصان المعدنية	

5-1 المجموعة الأولى الشحنة 40kg والمسافة 5M:

5-1-1 حساب بارمترات الانفجار والضغط التصميمي المطبق على الأعمدة :

بلغت قيم الضغوط المطبقة على العمود المركزي C4 وزمن تطبيق هذا الضغط

الجدول (9) قيم بارمترات الانفجار المطبق على كامل العمود C4 عند الشحنة 40Kg

العمود	ارتفاع المقطع (m)	المحال الموزون $m/Kg^{\frac{1}{3}}$	الضغط المباشر (KN/m <sup>2</sup> )	الدافع للطور الموجب (ms)	الزمن الوهمي (ms)	الضغط التصميمي (KN/m <sup>2</sup> )
C 4	0	1.46	587.58	458.27	1.56	1197.58
	1.5	1.53	520.11	441.17	1.70	1120.11
	3	1.70	381.65	410.39	2.15	581.65
	4.5	1.97	258.30	321.47	2.49	408.30
	6	2.28	174.21	285.22	3.27	234.21
	7.5	2.64	121.35	254.44	4.19	171.35
	9	3.01	88.24	221.61	5.02	128.24
	10.5	3.40	66.96	198.35	5.92	81.96
	12	3.80	52.78	171.00	6.48	60.78
	13.5	4.21	42.98	147.06	6.84	47.98
15	4.62	35.96	136.80	7.61	39.96	

5-1-2 تعريف موجة الضغط المطبقة وحالة التحليل:

بعد حساب قيم الضغط المطبق وزمن تطبيق هذا الضغط لكل عمود، يتم تعريف القوى والسجل الزمني المرافق لها حيث كل واحدة منها تمثل نبضة بارتفاع 1.5m، وتكون شدة النبضة هي الضغط التصميمي الناتج عن موجة الانفجار المدروسة. يتم التحليل الديناميكي اللاخطي باستخدام تابع السجل الزمني للضغط المطبق على المبنى وفق علاقة (قوة - زمن) على إعتبار الزمن الكلي هو 10 ثانية وطول الخطوة 1 ميلي ثانية وبالتالي عدد خطوات التحليل 10000 خطوة على أن يبدأ هذا التحليل بعد الانتهاء من تحليل الحمولات الميتة.

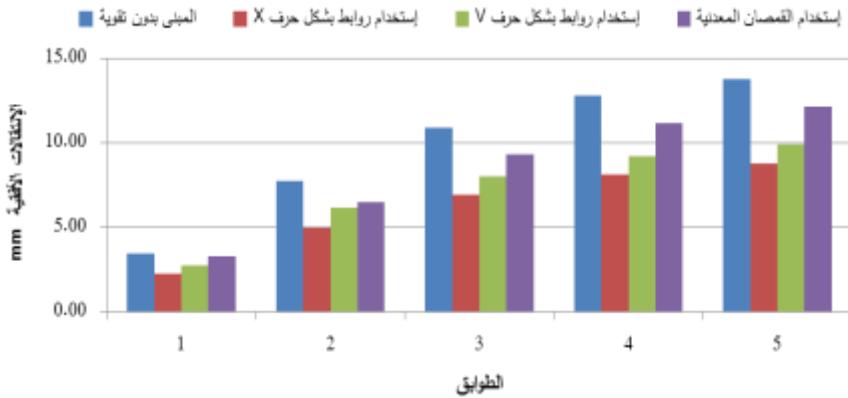
5-1-3 الانتقالات الأفقية الطابقية:

يوضح الجدول (10) قيم الانتقالات الأفقية الطابقية الحاصلة عند كل حالة تحت تأثير

الجدول (10) الانتقالات الأفقية ب mm الحاصلة عند الشحنة 40Kg

الطابق	المبنى بدون تقوية	روابط بشكل حرف V	روابط بشكل حرف X	القمصان المعدنية
1	3.43	2.74	2.26	3.27
2	7.72	6.14	4.97	6.47
3	10.87	8.01	6.90	9.33
4	12.81	9.23	8.10	11.18
5	14.10	9.94	8.76	12.17

الشكل (19) الانتقالات الأفقية الطابقية لكل حالة عند الشحنة 40KG



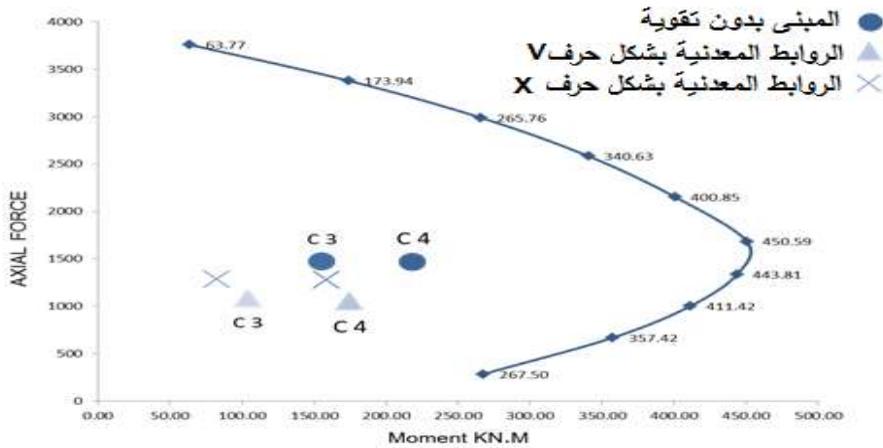
#### 4-1-5 العزوم الأعظمية المتشكلة والقوى الناظمية المرافقة لها:

يظهر الجدول (11)، قيم عزوم الانعطاف الأعظمية الناتجة عن الضغط مع القوة الناظمية المرافقة لها في التحليل الناتجة عن ضغط الانفجار عند الشحنة 40 KG  
الجدول (11) العزوم الأعظمية والقوى الناظمية عند الشحنة 40Kg

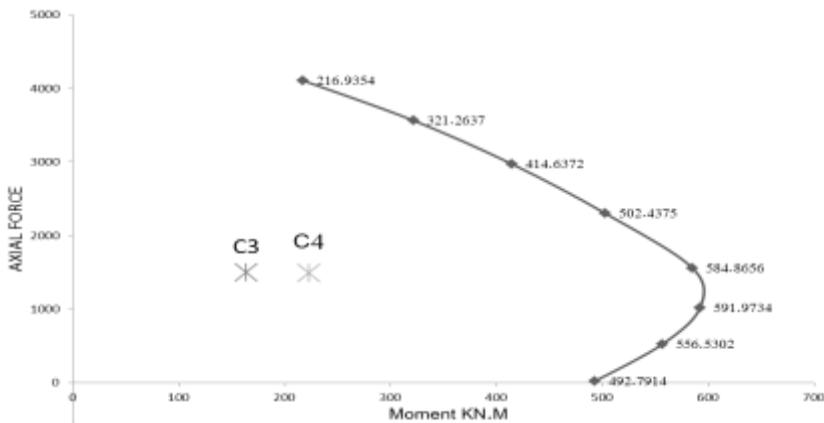
العمود	القوى الداخلية	المبنى بدون تقوية	روابط حرف V	روابط حرف X	القمصان المعدنية
C 4	M max (kN.m)	223	195	179	219
	N (kN)	1462	1053	1275	1487
C 3	M max (kN.m)	164	125	102	166
	N (kN)	1469	1081	1283	1498
C 2	M max (kN.m)	135	68	42	122
	N (kN)	1438	1034	1261	1456

بعد حساب العزوم الأعظمية والقوى الناظمية لكافة الحالات، يتم التحقق من حالة العمودين C3،C4 الخاضعين لأكبر ضغط من خلال منحنى الترابط لمقطع العمود ودراسة إمكانية حصول الانهيار على الضغط اللامركزي، وتجدر هنا الإشارة الى أن مقاطع الأعمدة التي تم تقويتها باستخدام الزوايا المعدنية تملك منحنى ترابط مختلف القيم ولذلك تم وضعها ضمن مخطط مستقل علماً أنه تم استخراج منحنيات الترابط من البرنامج sap 2000 .  
حيث يوضح الشكل (20) منحنى الترابط لمقطع العمود وأماكن تموضع حالة اللامركزية الناتجة عن العزم الأعظمي والقوة الناظمية المرافقة له، في حالات المبنى بدون تقوية وحالتي الترابط بشكل حرف V, X

أما الشكل (21) فهو لمنحنى ترابط مقطع العمود بعد إضافة الزوايا المعدنية، وأماكن تموضع حالة اللامركزية الناتجة عن العزم الأعظمي والقوة الناظمية المرافقة له، وذلك في الطابقين الأول والثاني.



الشكل (20) منحنى الترابط ووضعية العمودين C4-C3 لحالات المبنى بدون تقوية ومع الروابط



الشكل (21) منحنى الترابط ووضعية العمودين C4-C3 عند إضافة الزوايا المعدنية

### 5-1-5 دراسة إجهادات قوى القص المطبقة على الأعمدة :

يبين الجدول (12)، قيم الإجهادات القاصة الأعظمية الحاصلة ضمن أعمدة المبنى الناتجة عن ضغط الانفجار عند الشحنة 40 kg، علماً أن الاجهادات التي يتحملها مقطع

العمود بدون زوايا معدنية  $t_u = 2.74 \text{ MPa}$

أما بعد إضافة الزوايا المعدنية تصبح قيمة الاجهادات المسموحة  $t_u = 3.18 \text{ MPa}$

وتم حساب الاجهاد المسموح في حالة إضافة الزوايا المعدنية بالاعتماد الى قوة القص الأعظمية التي يتحملها المقطع وفق تصميم البرنامج sap pro2000، ومقارنتها مع قوة القص الأعظمية دون الزوايا.

الجدول (12) إجهادات القص الأعظمية ب MPa عند الشحنة 40Kg

مساهمة أشكال التقوية الزلزالية في رفع كفاءة الأعمدة لمقاومة أمواج الانفجارات

نوع التقوية	العمود C4	العمود C3	العمود C2
المبنى بدون تقوية	1.808	1.109	0.545
روابط بشكل حرف V	1.331	0.629	0.257
روابط بشكل حرف X	1.263	0.560	0.194
القمصان المعدنية	1.619	0.838	0.432

2-5 المجموعة الثانية الشحنة 60kg والمسافة 5m:

1-2-5 حساب بارمترات الانفجار والضغط التصميمي المطبق على الأعمدة :

بلغت قيم الضغوط المطبقة وزمن تطبيقها الناتجة عن شحنة بوزن 60 kg على العمود المركزي C4 وفق الجدول:

الجدول (13) قيم بارمترات الانفجار المطبق على كامل العمود C4 عند الشحنة 60Kg

العمود	ارتفاع المقطع (m)	المحال الموزون $m/Kg^{\frac{1}{3}}$	الضغط المباشر (KN/m <sup>2</sup> )	دافع للطور الموجب (ms)	الزمن الوهمي (ms)	الضغط التصميمي (KN/m <sup>2</sup> )
C4	0	1.28	865.23	598.97	1.38	2140.23
	1.5	1.33	764.30	575.48	1.51	1914.30
	3	1.49	557.41	516.76	1.85	1157.41
	4.5	1.72	373.53	465.86	2.49	713.53
	6	2.00	248.65	356.25	2.87	398.65
	7.5	2.30	170.57	324.93	3.81	253.07
	9	2.63	122.01	292.05	4.79	167.01
	10.5	2.97	91.03	257.99	5.67	118.03
	12	3.32	70.58	233.32	6.61	88.58
	13.5	3.68	56.57	205.92	7.28	66.57
	15	4.04	46.65	177.73	7.62	53.65

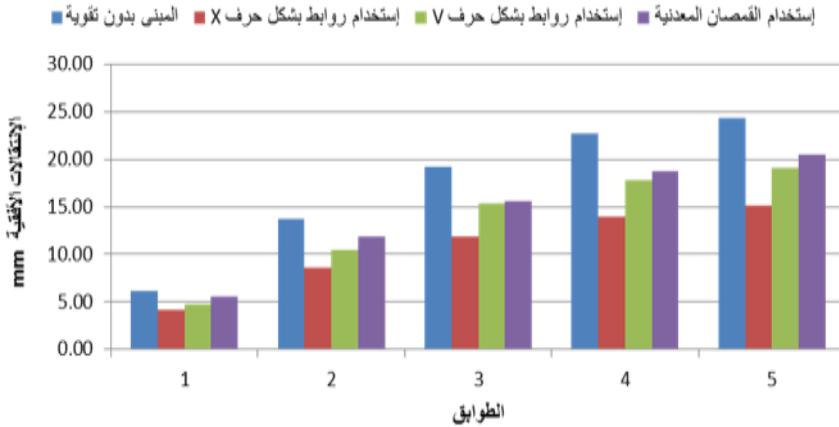
2-2-5 الانتقالات الأفقية الطابقية:

بلغت قيم الانتقالات الأفقية الحاصلة في عقد الأعمدة عند كل حالة تحت تأثير الضغط

الجدول (14) الانتقالات الأفقية ب mm الحاصلة عند الشحنة 60Kg

الطابق	المبنى بدون تقوية	روابط بشكل حرف V	روابط بشكل حرف X	القمصان المعدنية
1	6.11	4.76	4.12	5.58
2	13.67	10.43	8.65	11.81
3	19.20	15.30	11.83	15.62

4	22.64	17.74	13.92	18.73
5	24.38	19.82	16.77	21.11



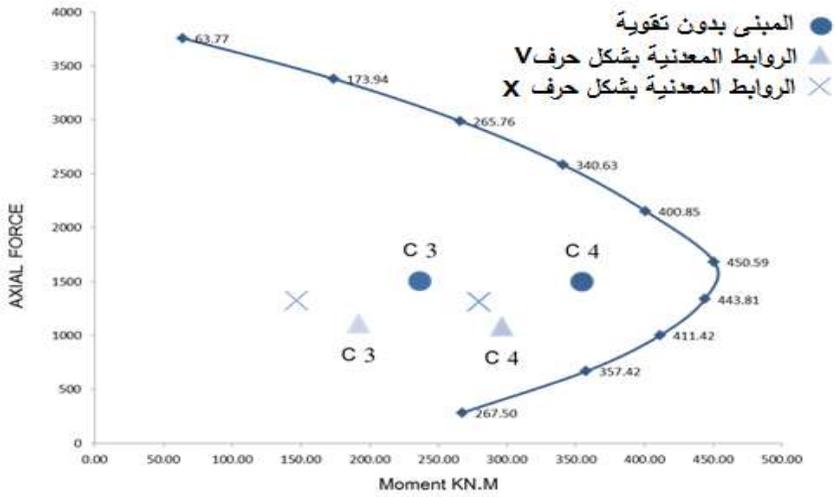
الشكل (22) الانتقالات الأفقية الطابقية لكل حالة عند الشحنة 60kg

3-2-5 العزوم الأعظمية المتشكلة والقوى الناظمية المرافقة لها:

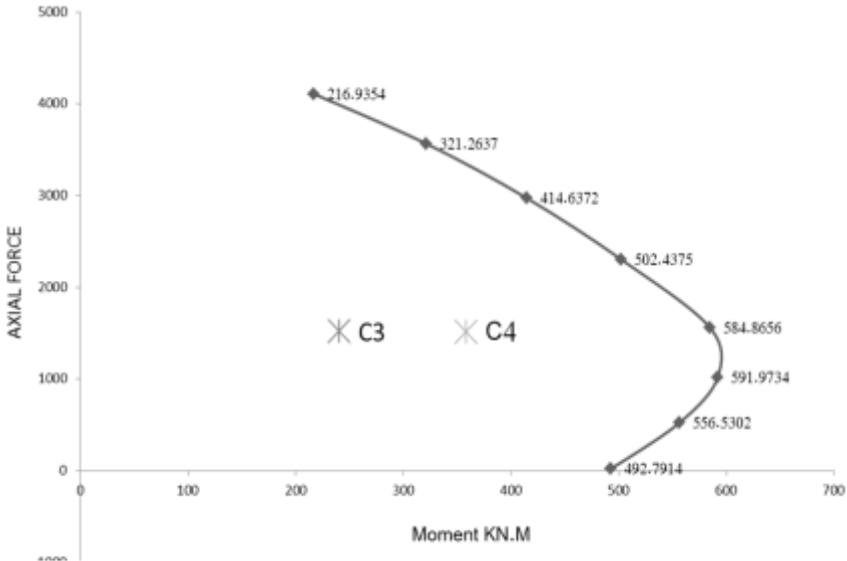
يبين الجدول (15) ، قيم عزوم الانعطاف الأعظمية الناتجة عن الضغط مع القوة الناظمية

الجدول (15) العزوم الأعظمية والقوى الناظمية عند الشحنة 60Kg

العمود	القوى الداخلية	المبنى بدون تقوية	روابط حرف V	روابط حرف X	القمصان المعدنية
C 4	M max (kN.m)	359	296	280	355
	N (kN)	1491	1082	1311	1512
C 3	M max (kN.m)	240	160	147	237
	N (kN)	1499	1111	1320	1519
C 2	M max (kN.m)	189	94	83	185
	N (kN)	1463	1061	1283	1479



الشكل (23) منحنى الترابط ووضعية العمودين C4-C3 لحالات المبنى بدون تقوية ومع إضافة الروابط



الشكل (24) منحنى الترابط ووضعية العمودين C4-C3 عند إضافة الزوايا المعدنية

#### 4-2-5 دراسة إجهادات قوى القص المطبقة على الأعمدة :

يوضح الجدول (16)، قيم الإجهادات القصية القصوى ضمن أعمدة المبنى الناتجة عن انفجار شحنة 60 kg:

الجدول (16) إجهادات القص الأعظمية ب MPa عند الشحنة 60Kg

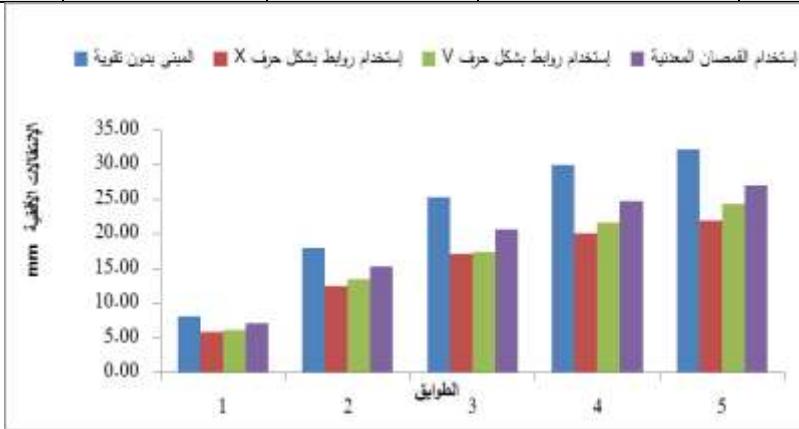
نوع التقوية	العمود C4	العمود C3	العمود C2
المبنى بدون تقوية	2.891	1.916	1.445
روابط بشكل حرف V	2.017	1.286	0.897
روابط بشكل حرف X	1.863	1.114	0.600
القمصان المعدنية	2.760	1.829	1.384

3-5 المجموعة الثالثة الشحنة 75kg والمسافة 5m:

1-3-5 الانتقالات الأفقية الطابقية:

بلغت قيم الانتقالات الأفقية الحاصلة في عقد الأعمدة عند كل حالة تحت تأثير الضغط الجدول (17) الانتقالات الأفقية بـ mm الحاصلة عند الشحنة 75Kg

الطابق	المبنى بدون تقوية	روابط بشكل حرف V	روابط بشكل حرف X	القمصان المعدنية
1	8.07	6.15	5.95	7.15
2	18.07	13.51	12.49	15.39
3	25.38	17.41	17.11	20.65
4	29.93	21.61	20.17	24.76
5	32.25	24.40	21.97	27.01



الشكل (25) الانتقالات الأفقية الطابقية لكل حالة عند الشحنة 75KG

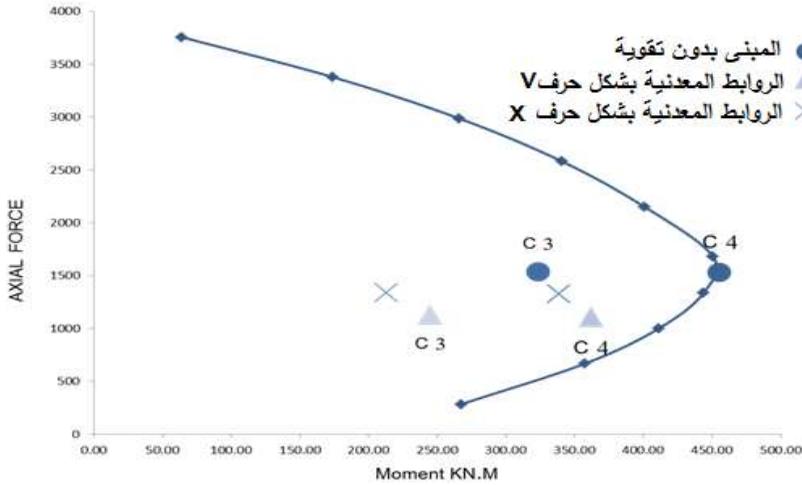
2-3-5 العزوم الأعظمية المتشكلة والقوى الناظمية المرافقة لها:

يظهر الجدول (18)، قيم عزوم الانعطاف الأعظمية الناتجة عن الضغط مع القوة الناظمية المرافقة لها الناتجة عن ضغط الانفجار عند الشحنة 75 KG

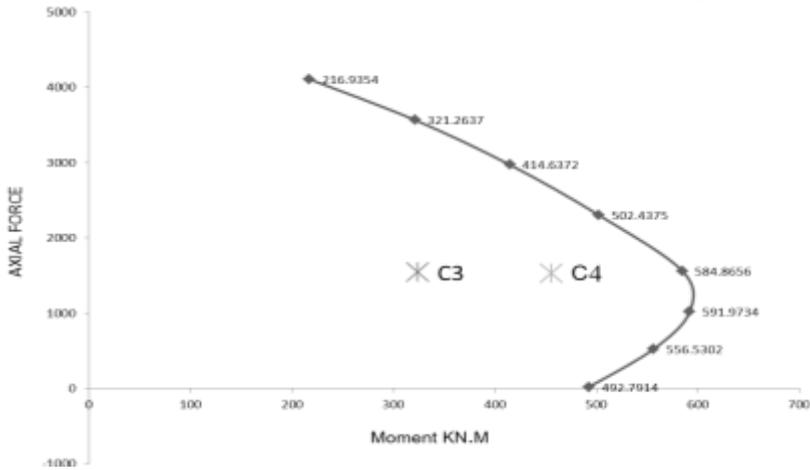
الجدول (18) العزوم الأعظمية والقوى الناظمية في أعمدة الطابق الأول عند الشحنة 75Kg

العمود	القوى الداخلية	المبنى بدون	روابط حرف V	روابط حرف X	القمصان
--------	----------------	-------------	-------------	-------------	---------

		تقوية			المعدنية
C 4	M max (kN.m)	456	362	339	447
	N (kN)	1525	1107	1327	1526
C 3	M max (kN.m)	324	245	213	316
	N (kN)	1529	1126	1338	1543
C 2	M max (kN.m)	255	185	166	247
	N (kN)	1476	1061	1297	1489



الشكل (26) منحنى الترابط ووضعية العمودين C4-C3 لحالات المبنى بدون تقوية ومع الروابط



الشكل (27) منحنى الترابط ووضعية العمودين C4-C3 عند إضافة الزوايا المعدنية

3-3-5 دراسة إجهادات قوى القص المطبقة على الأعمدة :

يبين الجدول (19)، قيم الإجهادات القاصة الأعظمية الحاصلة ضمن أعمدة المبنى الناتجة عن ضغط الانفجار عند الشحنة 75 kg:

الجدول (19) إجهادات القص الأعظمية ب MPa في الطابقين الأول عند الشحنة 75Kg

نوع التقوية	العمود C4	العمود C3	العمود C2
المبنى بدون تقوية	3.314	2.185	1.681
روابط بشكل حرف V	2.457	1.600	1.137
روابط بشكل حرف X	2.269	1.314	0.771
القمصان المعدنية	3.257	2.222	1.619

4-5 المجموعة الرابعة الشحنة 90kg والمسافة 5m:

1-4-5 حساب بارمترات الانفجار والضغط التصميمي المطبق على الأعمدة :

بلغت قيم الضغوط المطبقة على العمود المركزي C4 وزمن تطبيق هذا الضغط الناتج عن شحنة بوزن 90 kg وفق الجدول (20)

الجدول (20) قيم بارمترات الانفجار المطبق على كامل العمود C4 عند الشحنة 90Kg

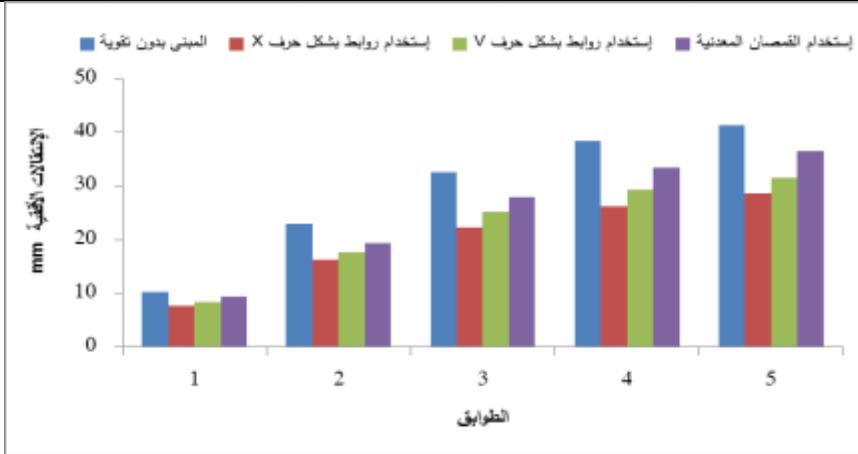
العمود	ارتفاع المقطع (m)	المحال الموزون $m/Kg^{\frac{1}{3}}$	الضغط المباشر $(KN/m^2)$	دفع للطور الموجب (ms)	الزمن الرهمي (ms)	الضغط التصميمي $(KN/m^2)$
C 4	0	1.12	1281.06	757.35	1.18	3081.06
	1.5	1.16	1129.83	734.94	1.30	2829.83
	3	1.30	820.10	672.20	1.64	1920.10
	4.5	1.50	545.29	582.57	2.14	1145.29
	6	1.74	359.18	519.84	2.89	659.18
	7.5	2.01	243.27	402.42	3.31	393.27
	9	2.30	171.54	372.85	4.35	241.54
	10.5	2.60	126.08	337.89	5.36	166.08
	12	2.90	96.27	304.73	6.33	126.27
	13.5	3.21	76.02	276.95	7.29	96.02
	15	3.53	61.80	249.16	8.06	79.80

4-5-2 الانتقالات الأفقية الطابقية:

يوضح الجدول (21) الانتقالات الأفقية الحاصلة في عقد الأعمدة عند كل حالة تحت تأثير الضغط المطبق

الجدول (21) الانتقالات الأفقية ب mm الحاصلة عند الشحنة 90kg

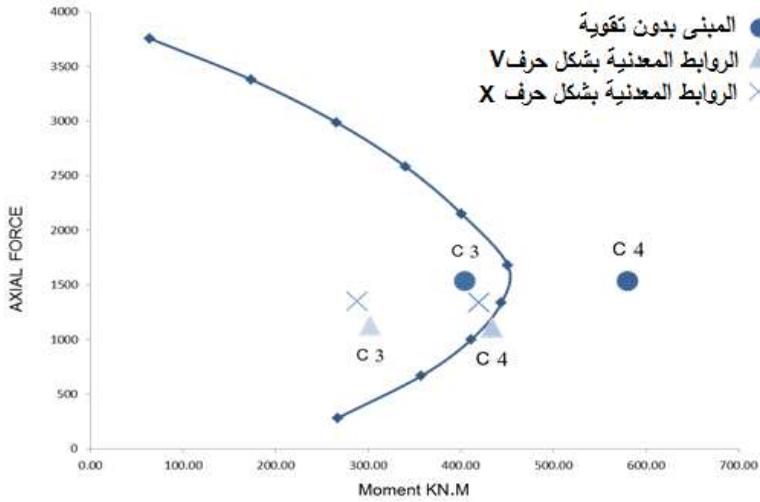
الطابق	مبنى بدون تقوية	روابط بشكل V	روابط بشكل X	لقمصان المعدنية
1	10.21	8.35	7.63	9.42
2	23.04	17.59	16.21	19.31
3	32.50	25.13	22.31	27.90
4	38.36	29.24	26.32	33.46
5	41.39	31.52	28.69	36.50



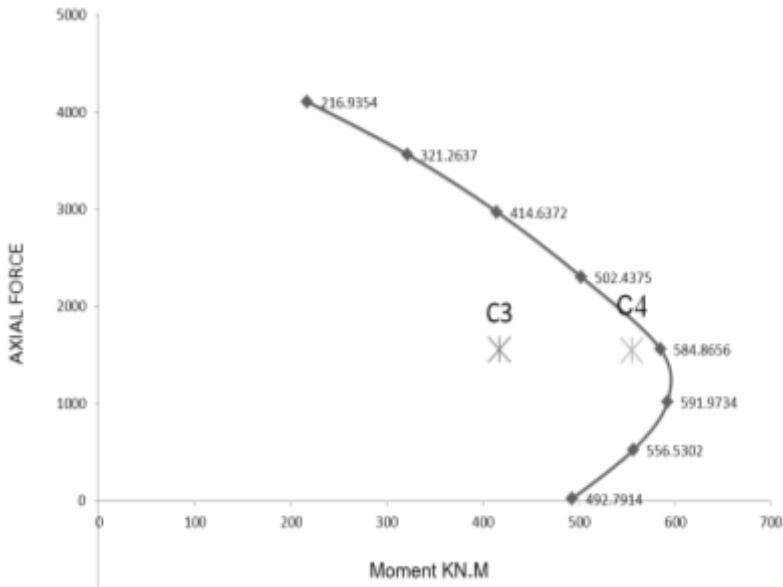
الشكل (28) الانتقالات الأفقية الطابقية لكل حالة عند الشحنة 90KG

3-4-5 العزوم الأعظمية المتشكلة والقوى الناظمية المرافقة لها:  
يوضح الجدول (22)، قيم عزوم الانعطاف الأعظمية الناتجة عن الضغط مع القوة  
الناظمية المرافقة الناتجة عن ضغط الانفجار عند الشحنة 90 KG.  
الجدول (22) العزوم الأعظمية والقوى الناظمية في أعمدة الطابق الأول عند الشحنة 90Kg

العمود	القوى الداخلية	المبنى بدون تقوية	روابط حرف V	روابط حرف X	القمصان المعدنية
C 4	M max (kN.m)	581	434	420	563
	N (kN)	1533	1112	1339	1541
C 3	M max (kN.m)	405	302	288	401
	N (kN)	1529	1126	1350	1553
C 2	M max (kN.m)	370	280	245	352
	N (kN)	1482	1069	1304	1502



الشكل (29) منحنى الترابط ووضعية العمودين C4-C3 لحالات المبنى بدون تقوية ومع الروابط



الشكل (30) منحنى الترابط ووضعية العمودين C4-C3 في الطابق مع إضافة الزوايا المعدنية

4-4-5 دراسة إجهادات قوى القص المطبقة على الأعمدة :

يبين الجدول (23)، قيم الإجهادات القاصة الأعظمية الحاصلة ضمن أعمدة المبنى

الناتجة عن ضغط الانفجار عند الشحنة 90 kg:

الجدول (23) إجهادات القص الأعظمية ب MPa في الطابقين الأول عند الشحنة 90Kg

نوع التقوية	العمود C4	العمود C3	العمود C2
المبنى بدون تقوية	4.202	2.545	2.050
روابط بشكل حرف V	2.834	1.943	1.343
روابط بشكل حرف X	2.671	1.657	1.131
القمصان المعدنية	4.006	2.241	1.410

5-5 المجموعة الخامسة الشحنة 100kg والمسافة 5m:

5-5-1 حساب بارمترات الانفجار والضغط التصميمي المطبق على الأعمدة :  
بلغت قيم الضغوط المطبقة على العمود المركزي C4 وزمن تطبيق هذا الضغط الناتج عن شحنة بوزن 100 kg وفق الجدول (24):

الجدول (24) قيم بارمترات الانفجار المطبق على كامل العمود C4 عند الشحنة 100Kg

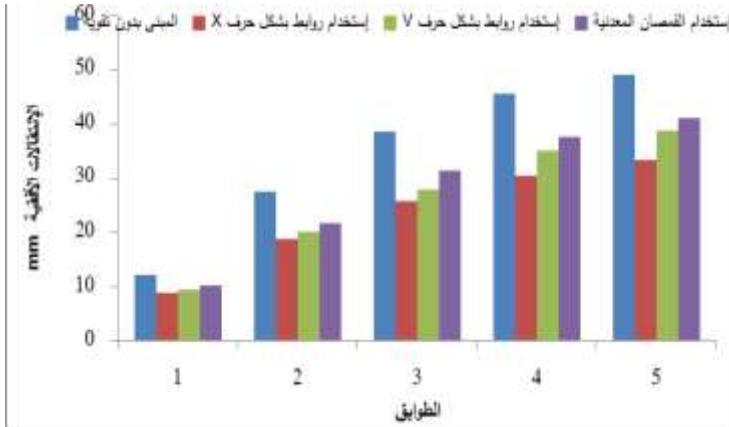
العمود	ارتفاع المقطع (m)	المحال الموزون $\frac{1}{3}$ m/Kg	الضغط المباشر (KN/m <sup>2</sup> )	الدافع للطور الموجب (ms)	الزمن الوهمي (ms)	الضغط التصميمي (KN/m <sup>2</sup> )
C4	0	1.08	1419.62	802.98	1.13	3769.62
	1.5	1.12	1251.60	779.77	1.25	3251.60
	3	1.26	907.54	719.44	1.59	2207.54
	4.5	1.45	602.40	631.25	2.10	1302.40
	6	1.68	395.86	561.62	2.84	775.86
	7.5	1.94	267.34	445.59	3.33	447.34
	9	2.22	187.89	393.60	4.19	292.89
	10.5	2.51	137.60	366.68	5.33	197.60
	12	2.80	104.68	329.55	6.30	134.68
	13.5	3.10	82.36	292.42	7.10	102.36
15	3.41	66.71	269.21	8.07	81.71	

5-5-2 الانتقالات الأفقية الطابقية:

بلغت قيم الانتقالات الأفقية الحاصلة في عقد الأعمدة عند كل حالة وفق الجدول:

الجدول (31) الانتقالات الأفقية ب mm الحاصلة عند الشحنة 100Kg

الطابق	المبنى بدون تقوية	روابط بشكل حرف V	روابط بشكل حرف X	القمصان المعدنية
1	12.26	9.38	8.92	10.18
2	27.46	20.03	18.78	21.71
3	38.6	27.94	25.79	31.39
4	45.55	34.99	30.5	37.66
5	49.1	38.82	33.32	41.11

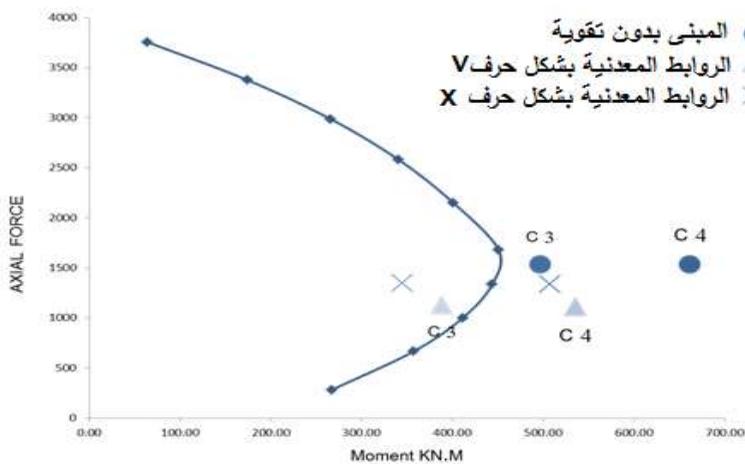


الشكل (32) الانتقالات الأفقية الطابقية لكل حالة عند الشحنة 100Kg

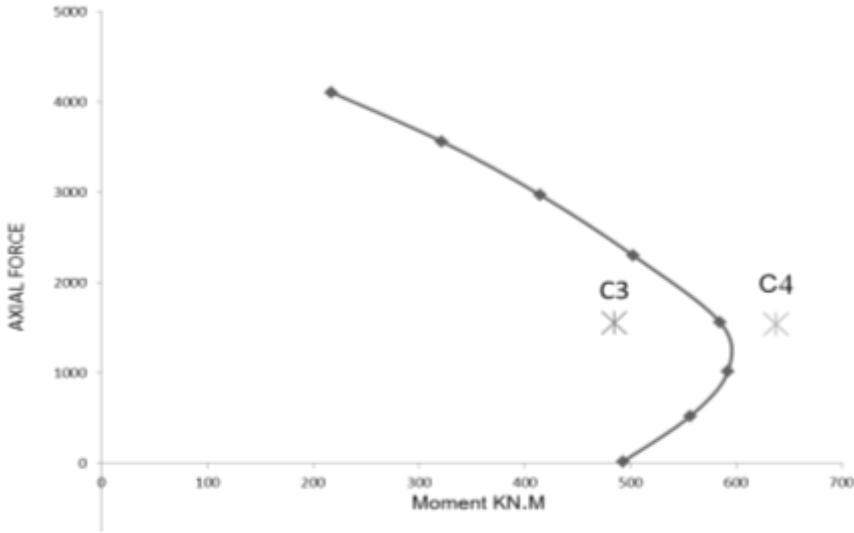
3-5-5 العزوم الأعظمية المتشكلة والقوى الناظمية المرافقة لها:

الجدول (26) العزوم الأعظمية والقوى الناظمية في أعمدة الطابق الأول عند الشحنة 100Kg

العمود	القوى الداخلية	المبنى بدون تقوية	روابط حرف V	روابط حرف X	القمصان المعدنية
C 4	M max (kN.m)	662	536	507	638
	N (kN)	1533	1112	1339	1541
C 3	M max (kN.m)	497	388	345	485
	N (kN)	1529	1126	1350	1553
C 2	M max (kN.m)	410	225	188	390
	N (kN)	1482	1069	1304	1502



الشكل (33) منحنى الترابط ووضعية العمودين C4-C3 لحالات المبنى بدون تقوية ومع الروابط



الشكل (34) منحنى الترابط ووضعية العمودين C4-C3 في الطابق مع إضافة الزوايا المعدنية  
4-5-5 دراسة إجهادات قوى القص المطبقة على الأعمدة :

يبين الجدول (27)، قيم الإجهادات القاصة الأعظمية الحاصلة ضمن أعمدة المبنى الناتجة عن ضغط الانفجار عند الشحنة 100 kg:

الجدول (27) إجهادات القص الأعظمية ب MPa في الطابقين الأول عند الشحنة 100Kg

نوع التقوية	العمود C4	العمود C3	العمود C2
المبنى بدون تقوية	4.713	3.092	2.420
روابط بشكل حرف V	3.474	2.200	1.686
روابط بشكل حرف X	3.291	2.109	1.457
القمصان المعدنية	4.470	3.048	2.317

6 مقارنة ومناقشة النتائج:

6-1 شحنة الانهيار:

• في حالة المبنى بدون تقوية: حدث أول انهيار في العمود المركزي C4 عند الشحنة 60 kg، وذلك حيث تجاوزت إجهادات القص المطبقة الإجهادات المسموحة. في حين أن الانهيار على الضغط المركزي يحدث عند الشحنة 75kg أما في حالة الشحنة 100 kg فقد حدث الانهيار في العمودين C3 المجاور للعمود المركزي.

- في حالة المبنى مقواة بروابط حرف V: حدث أول انهيار للعمود المركزي عند حدود الشحنة 90kg على الضغط اللامركزي، والقص معاً.
- في حالة المبنى مقواة بروابط حرف X: سيحدث الانهيار للعمود المركزي عند حدود الشحنة 100kg على الضغط اللامركزي، والقص معاً.
- حالة المبنى مقواة بزوايا أو قميص معدني: إن حصول انهيار متوقع للعمود المركزي سيكون على القص أولاً عند الشحنة 75kg ، في حين أن الشحنة اللازمة لحصول انهيار على الضغط اللامركزي هي 100kg.

### 2-6 الانتقال الأفقي:

بلغ متوسط التخفيض في الانتقالات الجانبية للطوابق، وذلك بعد نسب قيم الانتقالات لكل حالة تقوية الى حالة المبنى بدون تقوية وفق ما يلي:

عند استخدام الروابط بشكل حرف X كانت قيمة النسبية في خفض الانتقالات الطابقية (30-32) %، أما عند استخدام الروابط بشكل حرف V فقد كانت النسبة (25-28) %، في حين بلغت هذه النسبة عند استخدام القمصان المعدنية (13-15) %.

### 3-6 الاجهادات المطبقة:

بلغ متوسط التخفيض في استهلاك المقطع: وهي النسبة بين الإجهادات المطبقة الى الاجهادات الأعظمية التي يتحملها المقطع العرضي للعمود، وذلك بعد نسب القيم لكل حالة تقوية الى حالة المبنى بدون تقوية وفق ما يلي:

□ للعمود المركزي C4 الخاضع لأكبر ضغط.

عند استخدام الروابط بشكل حرف X كانت نسبة التخفيض الحاصلة بحدود (32-37) %، أما عند استخدام الروابط بشكل حرف V فقد كانت النسبة (27-33) %، في حين بلغت كانت هذه النسبة منخفضة جداً عند استخدام القمصان المعدنية حيث لم تتجاوز (16-20) %.

□ للعمود C3 وهو العمود الأقرب للعمود المركزي.

عند استخدام الروابط بشكل حرف X كانت قيمة النسبية في خفض الانتقالات الطابقية (42-47) %، أما عند استخدام الروابط بشكل حرف V فقد كانت النسبة (38) %، في حين بلغت هذه النسبة منخفضة جداً عند استخدام القمصان المعدنية حيث لم تتجاوز (22) %.

## الاستنتاجات والتوصيات:

1. تعتبر منشآت البيتون المسلح عموماً من أفضل الهياكل في مواجهة أمواج الصدمة الناجمة عن الانفجارات مقارنة بالمنشآت الأخرى ويمكن للأعمدة البيتونية المصممة زلزالياً عند المنطقة 2 أن تقاوم موجات انفجارية من شحنات تقل عن 50KG عند مسافات لا تقل عن 5M .
2. قامت أشكال التقوية المدروسة في رفع كفاءة الأعمدة لمقاومة موجة الصدمة الناتجة عن الانفجار وذلك عند كافة الشحنات المدروسة، حيث أدت إلى رفع قيمة الشحنة اللازمة التي تتجاوز عندها القوى الداخلية والإجهادات القيم المسموحة.
3. بينت نتائج التحليل والمقارنة أن بداية إنهيار الأعمدة البيتونية تحت تأثير موجات الصدمة الانفجارية يكون على القص ثم يليها الانهيار على الضغط اللامركزي عند زيادة وزن الشحنات المتفجرة، وذلك في حالة المباني بدون تريبط، أما عند إضافة التريبط المعدني فقد ترافق الانهيار على القص مع الضغط اللامركزي.
4. منحت القمصان المعدنية المضافة الى الأعمدة زيادة في قيمة القوى والعزوم اللازمة لانهيار الأعمدة مما أتاح لهذه الأعمدة إمكانية لتحمل شحنة أكبر إلا أنها لم تلعب دوراً هاماً في تبديد الطاقة أو تخفيض هذه القوى والإجهادات الناتجة عن ضغط الانفجار.
5. إن استخدام التريبط المعدني بشكل عام ساهم في امتصاص موجة الصدمة وتخفيض الانتقالات والقوى الداخلية (عزوم الانعطاف - قوى القص) الحاصلة ضمن الأعمدة وبالتالي أعطى هذه الأعمدة القدرة على تحمل موجات صدمة ناتجة عن شحنات متفجرة أكبر.
6. تعد طريقة التريبط المتصالب المعدني X هو أفضل الطرق من حيث حجم الشحنات المتفجرة التي تبدأ عندها الأعمدة بالانهيار وأعطت أعلى نسب تخفيض في قيم الانتقالات الجانبية الناجمة عن موجة الصدمة.
7. أن استخدام التريبط المعدني بشكل حرف V ساهم في تخفيض الانتقالات والدورانات بشكل أكبر من القمصان المعدنية كما أدى الى زيادة وزن الشحنة التي يحدث أول انهيار فيها على القص، في حين أن استخدام القمصان المعدنية تحتاج الى شحنة أكبر للانهيار على الضغط الامركزي.
8. من المهم إجراء دراسة لحالات يكون مركز الشحنة المتفجرة مقابلة للأعمدة الركنية للمبنى، وبالتالي يكون الضغط المطبق على جانبي المبنى متفاوت ، مما قد يسبب حالة قتل لواجهة المبنى.

- [1] UFC 3-340-02 Structures to Resist the Effects of Accidental Explosions Series: 3 \_\_\_\_\_, 2014 , USA .
- [2] SOLOMOS , G ؛ KARLOS , V , 2013 , Calculation of Blast Loads for Application to Structural Components , European Laboratory for Structural Assessment , Italy .
- [3] MELHEM, I, 2015 , R.C Structures Evaluation And Behavior Analysis Due to Explosions and Accidental Hazards , SYRIA
- [4] COFFIELD , A 2014 , AN INVESTIGATION OF THE EFFECTIVENESS OF THE FRAMING SYSTEMS in STRUCTURES SUBJECTED TO BLAST LOADING , JOURNAL OF CIVIL ENGINEERING, Columbus, USA , VOL .20, 767-777.
- [5] THEJASWI , K.P؛ KULKARN, D.K, 2016, Effect of Different Bracing Systems on the Multi-story Building Subjected to Blast Loading, International Journal of Man Machine Interface, india, VOL .4 , 96 -102.
- [6] SHAHEEN, R , 2019 , Explosion-prone structural behavior, Master's thesis, Faculty of Civil Engineering, ALEEPO University
- [7] SIBA, F, 2014 , Effects of blast loading on seismically detailed reinforced concrete columns , Master's thesis , Carleton University Ottawa, Ontario , canada
- [8] SUDHEER, K, 2016, Behaviour of Reinforced Concrete Building Frame Subjected to Different Types of Blast Loading, Journal of Science, India, VOL .9, 1156 -11



# نمذجة وتحليل آليات انهيار الأقواس الحجرية المدعمة بمركبات الملاط المقوى بالنسيج (TRM) بطريقة العناصر المحدودة

طالبة الدراسات العليا: م. الإء محمد  
كلية الهندسة المدنية - جامعة البعث  
إشراف الدكتور: أ.د.م. عبد الرحمن عيسى

## ملخص البحث

يتضمّن البحث دراسة مرجعية تجريبية وأخرى عديدة باستخدام برنامج ANSYS لقوس حجري عادي وآخر مدعم بتقنية (TRM) على الوجه الداخلي له وهما معرضان لحمولة مركزة في ربع المجاز .  
درس سلوك القوسين الحجريين وشكل انهيارهما ومواقع المفاصل المتشكلة وعددها، وحمولتهما الحدية عددياً باستخدام ANSYS وتمت مقارنتها مع النتائج التجريبية .  
أظهرت النتائج توافقاً جيداً بين نتائج النموذج التحليلي بطريقة العناصر المحدودة و النتائج التجريبية ، ويؤكد بأنّ استخدام طريقة العناصر المحدودة ببرنامج ANSYS قادرة على توقع وتمثيل آلية الانهيار للقوس الحجري العادي والقوس المدعم بال (TRM) بشكل متوافق مع نتائج التجارب .

كلمات مفتاحية : قوس حجري ,آلية الانهيار، مركبات الملاط المقوى بالنسيج ,

(TRM) , العناصر المحدودة .

# Modeling And Analysing the collapse mechanisms Of stone arches Which Strengthened With TRM By Finite Element Method

C.E Alaa Mohammed  
Dr. E Abd Alrahman Issa

## Abstract:

This research includes a reference experimental study and another numerical study using the ANSYS program for an ordinary stone arch and another strengthened by (TRM) technology on its inner face and both arches were exposed to a concentrated load in the quarter of the span.

Studying the behavior of the two stone arches , the shape of their collapse, locations of the formed joints and their number, and the ultimate loads determined numerically using ANSYS and they were compared with the experimental results.

The analysis of the results showed a good agreement between the results of the numerical models using the finite element method and the experimental results,

and confirms that the use of the finite element method in the ANSYS program is able to predict and represent the collapse mechanism of the ordinary stone arches and the strengthened one by (TRM) in a manner consistent with the results of the experiments.

**Key words** : stone arch , mechanism, TRM , Finite Element.

## 1- مقدمة البحث:

تعتبر الحجارة بمختلف أنواعها أقدم مواد البناء المستخدمة في تشييد المنشآت القديمة , وبناء العناصر الإنشائية الحاملة للأبنية التاريخية سواء كأعمدة لتحمل الأحمال الرأسية أو دعائم لتحمل الحمولات الشاقولية التي فوقها , و بسبب ضعف وقصافة الحجر عندما يعمل كدعائم أفقية و الحاجة لبناء منشآت حجرية بمجازات كبيرة وقادرة على تحمل أوزان ضخمة وكبيرة كما في القلاع الحجرية تمت الاستعاضة عن هذه الجمل الإنشائية الحجرية البسيطة المكونة من عمود ودعامة أفقية بابتكار ذكي وهو استخدام الأقواس الحجرية سواء بشكله المفرد البسيط أو بشكل ثلاثي المحاور فراغي (نظام العقود) الشكل (1).



الشكل (1) بعض نماذج الأنظمة الإنشائية الحجرية الحاملة

تتعرض الأقواس الحجرية للعديد من الأضرار مثل (تفتت الحجر نتيجة العوامل الجوية , انزلاق العناصر الحجرية المكونة لها بسبب فقدان ملاطها, تشققات قطرية في جسم القوس الحجري نتيجة الدوران التفاضلي لركائزه , الفقد في العناصر الحجرية المكونة للقوس الحجري وتساقط الحجارة نتيجة سوء قطع الحجر) كما هو موضح في الشكل (2).

وهناك العديد من التقنيات الحديثة استخدمت لتدعيم الأقواس الحجرية ومنها:

(استخدام الشدادات المعدنية الخارجية , استخدام شدادات ميكانيكية داخلية لمنع التشوهات بالاتجاه العرضي للجسر , استخدام مواد FRP مع الايبوكسي , حقن الشقوق والفواصل بين حجارة القوس باستخدام المواد الراتنجية الايبوكسية , استخدام مادة الفيروسمنت , استخدام الأوتاد والمثبتات المعدنية لربط حجارة القوس ببعضها ) كما هو موضح في الشكل (3).

نمذجة وتحليل آليات انهيار الأقواس الحجرية المدعمة بمركبات الملاط المقوى بالنسيج (TRM)  
بطريقة العناصر المحدودة



الشكل (2) بعض نماذج الأقواس الحجرية المتضررة



الشكل (3) بعض تقنيات تدعيم الأقواس الحجرية

ونتيجة لغلاء مواد هذه التقنيات والحاجة لخبرات كبيرة عند استخدامها برزت الحاجة لمادة سهلة التشكيل و تحقق ما يلي (رخيصة الثمن ، وسهولة التطبيق ، ولا تؤثر على وظيفة القوس أو شكله المعماري ، وتحقق الثبات ومقاومة العوامل الجوية الضارة وعوامل الزمن ، وذات قدرة تحمل عالية لتتحمل الاجهادات الكبيرة المطبقة على الأقواس الحجرية

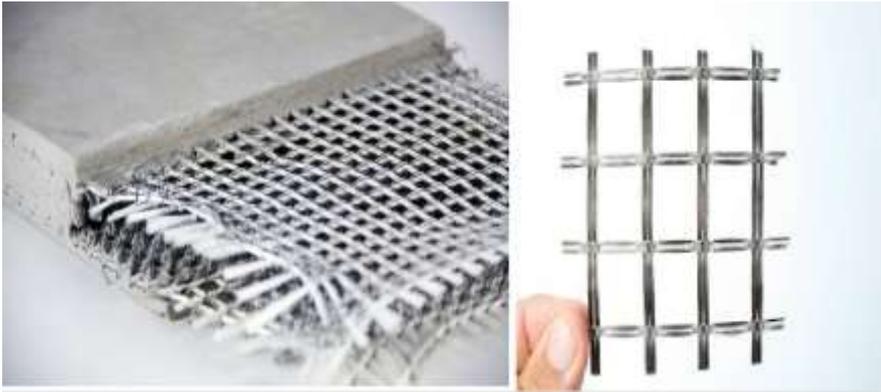
(المتضررة) وهذه المتطلبات متوفرة بمركبات الملاط المقوى بالنسيج والمسماة اصطلاحاً (TRM).

يعرف (TRM) وفقاً للباحث Ernest Bernat-Maso [1] كمايلي: "يطلق على النظام الإنشائي الذي يعتمد على استخدام مادة رابطة لا عضوية وشبكة من الألياف غير الفولاذية الموضوعة فيها اسم الملاط الاسمنتي المقوى بالنسيج أو ما يصطلح عليها تقنية (TRM) وهي تقنية متطورة مشابهة لتقنية الفيروسمنت من حيث المبدأ" , وتتألف مادة TRM بشكل عام من مكونين رئيسيين هما :

1- المادة الأساس (Matrix) : الهدف منها إيصال المجهود الميكانيكي لمادة التقوية لتضمن حماية مادة التقوية من العوامل الخارجية وتشكل المادة الأساس الملاط الرابط في تقنية (TRM) , و يتكون من أساس اسمنتي , و في بعض الأحيان استخدام المونة الكلسية المائية [2].

## 2- النسيج اللاعضوي:

يتكون النسيج الأكثر استخداماً في تقنية (TRM) من ألياف المواد اللاعضوية (ألياف زجاجية , ألياف بازلتية , ألياف كربونية... إلخ) و تكون منسوجة على هيئة شبكة متعامدة , وتعد الألياف الزجاجية والبازلتية الأكثر استخداماً لما تمتلكه من خواص مناسبة لهذه التقنية ويوضح الشكل (4) مكونات مادة (TRM) .



الشكل (4) مقطع نموذجي من مادة (TRM) ونموذج عن النسيج المستخدم

نمذجة وتحليل آليات انهيار الأقواس الحجرية المدعمة بمركبات الملاط المقوى بالنسيج (TRM)  
بطريقة العناصر المحدودة

---

ونظراً لامتلاك تقنية (TRM) لميزات كثيرة سنعمد في بحثنا على استخدام نموذج تجريبي مرجعي لقوس حجري مدعم بتقنية (TRM) مع بناء نموذج تحليلي باستخدام طريقة العناصر المحدودة اعتماداً على برنامج Ansys والذي يعتبر من أكثر البرامج شهرة وفعالية و سنستخدمه لعملية النمذجة و التحليل اللاخطي للأقواس الحجرية العادية المحملة في ربع مجازها والمعاد تدعيمها باستخدام تقنية (TRM) باستخدام ثلاثة طبقات من النسيج البازلتي على الوجه الداخلي للقوس الحجري , بهدف دراسة سلوكها وآلية انهيارها ومقارنته مع النتائج التجريبية.

**2 - هدف البحث :**

يتضمن البحث دراسة نظرية للمادة الحجرية المكونة للأقواس الحجرية و عددية لتأثير تدعيم الأقواس الحجرية بمادة على سلوك هذه الأقواس وتحديد آلية انهيارها تحت تأثير قوة مركزة في ربع المجاز, و يقدم البحث طريقة واضحة لبناء النموذج العددي للجسور الحجرية المدعمة ب (TRM) باستخدام طريقة العناصر المحدودة , كما يتضمن الأهداف الجزئية التالية:

1- الدراسة التجريبية المرجعية لقوس حجري محمل بقوة مركزة في ربع المجاز , وتأثير تدعيمه من الوجه الداخلي بثلاث طبقات من نسيج ألياف البازلت مع مونة اسمنتية على قدرة تحمله وشكل انهياره .

2- البحث في طرق انهيار الأقواس الحجرية وشرح بعض النظريات والطرق الحسابية المعتمدة لتوصيف آليات انهيارها .

3- وضع نموذج حاسوبي موثوق بطريقة العناصر المحدودة اعتماداً على المعطيات والنتائج التجريبية للقوسين الحجريين المحددين كدراسة تجريبية مرجعية باستخدام برنامج ANSYS وإجراء التحليل اللاخطي لهما, وتحديد إمكانية استخدامه كمنصة موثوقة لدراسة أية متغيرات أخرى.

4- مقارنة نتائج التحليل للنموذج الحاسوبي باستخدام برنامج ANSYS مع النتائج التجريبية من حيث الحمولة الحدية وآليات الانهيار وعدد وموقع المفاصل المتشكلة عند الانهيار مع للتأكد من صلاحية النموذج في توقع القيم التجريبية.

### 3- أهمية البحث :

تأتي أهمية هذا البحث من أن عملية النمذجة قد أخذت بالحسبان نمذجة مكونات الوحدة الحجرية (Masonry) المشكلة للأقواس الحجرية المدروسة من خلال تمثيل مكونات الوحدة الحجرية (القطع الصخرية والمونة ) الموضحة في الشكل (5) كل على حدة, وذلك بغية تحديد أماكن تشكل المفاصل التي تحدد ميكانيكية الانهيار بدقة , مع الأخذ بعين الاعتبار خواص سطح التماس بينهما من حيث التلاصق والانزلاق.

نمذجة وتحليل آليات انهيار الأقواس الحجرية المدعمة بمركبات الملاط المقوى بالنسيج (TRM) بطريقة العناصر المحدودة



الشكل (5) مكونات المادة الحجرية (Masonry) المستخدمة في بناء الأقواس الحجرية  
4 - الدراسة المرجعية :

تهدف المقالة لدراسة آلية انهيار القوس الحجري المعرض لحمولة مركزة في ربع المجاز وتأثير تدعيمه من الوجه الداخلي (Intros) بثلاث طبقات من النسيج البازلتية وفق تقنية (TRM) باستعمال طريقة العناصر المحدودة بحيث نأخذ بعين الاعتبار لا خطية المواد و تم بناء النموذج الحاسوبي باستخدام برنامج ANSYS اعتماداً على النموذج التجريبي المدروس من قبل الباحثين [3].

(Florentia A. Kariou, Savvas P. Triantafyllou, Dionysios A. Bournas, 2019) الذين نفذوا التجارب على قوسين حجريين أحدهما مرجعي والآخر مدعم من الوجه الداخلي بتقنية (TRM) ذات السماكة (9mm) والمكونة من ثلاثة طبقات من نسيج ألياف البازلت ضمن المونة الاسمنتية , وأبعاد الأقواس المدروسة كما يلي : (المجاز 2 متر , الارتفاع 0.5 متر , السماكة 0.1025 متر , العرض 0.44 متر ) , ومواصفات الأقواس المجربة موضحة في الجدول (1).

الجدول (1) مواصفات الأقواس المجربة

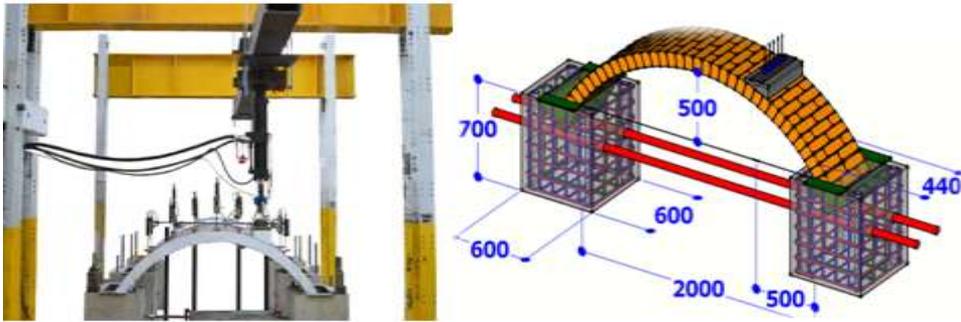
القوس	مادة TRM	السطح المقوى	عدد طبقات التقوية	سماكة طبقة التقوية (mm)
CON	-	-	-	-
B3- I	ألياف بازلتية محاكاة	الداخلي	3	9

وهذان القوسان مبنيان من القرميد الصلب مع مونة اسمنتية رابطة , وتم استخدام مونة اسمنتية كوسيط للتماسك بين نسيج ال TRM والجسر الحجري مكونة من ( اسمنت: رمل ) وفق النسبة (1:8) ونسبة الماء للخليط بلغت 0.23 , ومواصفات مونة البناء و مونة التدعيم موضحة في الجدول (2).

الجدول (2) مواصفات المونة المستخدمة في البناء ومونة التدعيم

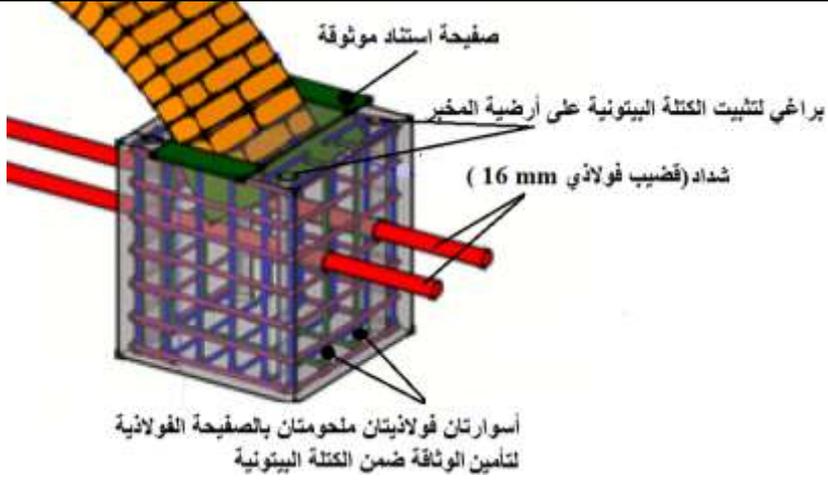
المونة المستخدمة في البناء		المونة المستخدمة في التدعيم	
مقاومة الضغط (MPa)	مقاومة الشد (MPa)	مقاومة الضغط (MPa)	مقاومة الشد (MPa)
8.1	2.8	32.8	9.8

ويستند كل من القوسين في الأطراف على صفيحة فولاذية موثوقة ضمن ركيزتين بيتونيتين مثبتتين بأرضية المخبر ببراعي وتتصلان مع بعضهما بشدادين وهما قضبان فولاذيان بقطر (16mm) لمنعهما من الانزلاق أفقياً , وتم تحميل القوسين بحمولة مركزة في ربع المجاز , ويوضح الشكل (6) النموذج الهندسي للقوس وطريقة التحميل ومواقع حساسات القياس ويوضح الشكل (7) تفاصيل الارتكاز للقوس على الصفائح المعدنية الموثوقة بقضبان إرساء ملحومة مع الصفائح ومزروعة ضمن الكتل البيتونية ومواصفات ألياف البازلت المستخدمة ضمن نسيج TRM موضحة في الجدول (3) .



الشكل (6) أبعاد القوس المستخدم في الدراسة ومواقع الحساسات والحمولة المطبقة [3]

نمذجة وتحليل آليات انهيار الأقواس الحجرية المدعمة بمركبات الملاط المقوى بالنسيج (TRM) بطريقة العناصر المحدودة

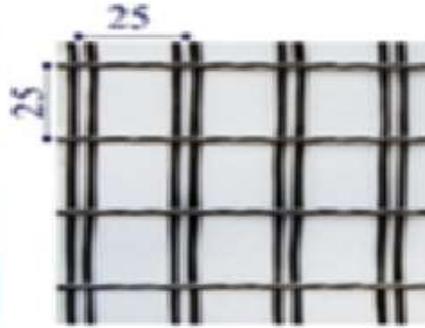


الشكل (7) تفصيل شروط استناد القوس القرميدي المستخدم في الدراسة المرجعية

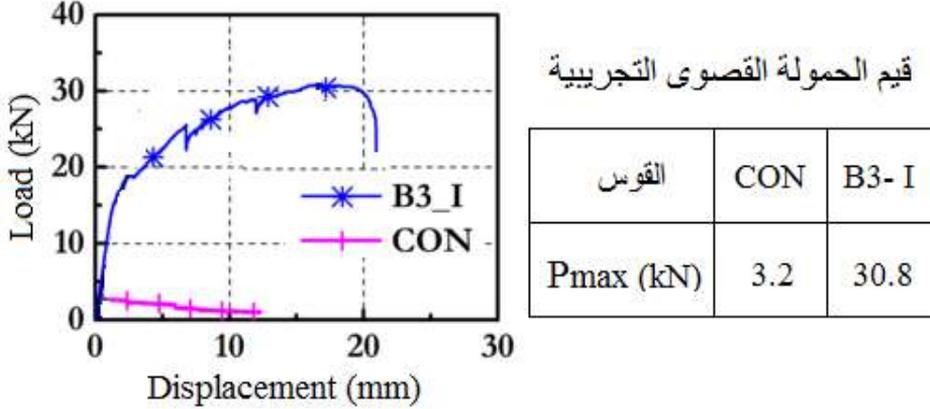
الجدول (3) مواصفات الاليف البازلتية المستخدمة ضمن نسيج TRM

الألياف	الوزن	السماكة	مقاومة الشد	معامل يونغ
	g/m <sup>2</sup>	mm	MPa	GPa
بازلت	220	0.037	1351	89

يبين الشكل (8) مراحل التدعيم بمادة TRM من الوجه الداخلي للقوس , ويبين الشكل (9) النتائج التجريبية للأقواس المجربة من منحنيات الحمولة - سهم للأقواس المجربة وقيم الحمولة التجريبية القصوى , ويبين الشكل (10) نماذج الانهيار ومواقع المفاصل المتشكلة في الأقواس المجربة .



الشكل (8) مراحل التدعيم بمادة TRM من الوجه الداخلي للقوس ونسيج ألياف البازلت المستخدم للتدعيم



الشكل (9) النتائج التجريبية للأقواس المجربة

**واستنتج الباحثون ما يلي:** تزداد قدرة تحمل القوس B3-I المدعم على الوجه الداخلي بثلاث طبقات من النسيج البازلتي بنسبة (9.6%) مقارنة مع القوس المرجعي , ويتغير موقع المفاصل تحت القوة المركزة كما تظهر العديد من الشقوق الإضافية ضمن مونة البناء مما يساعد في تبيد الحمولة الخارجية ويرفع قدرة القوس المدعم.

نمذجة وتحليل آليات انهيار الأقواس الحجرية المدعمة بمركبات الملاط المقوى بالنسيج (TRM) بطريقة العناصر المحدودة



الشكل (10) نماذج الانهيار ومواضع المفاصل المتشكلة في القوسين المجريين

### 5- الدراسة النظرية :

تتضمن الدراسة النظرية شرحاً لبعض طرق تحليل الأقواس الحجرية ولنماذج انهيارها تحت تأثير الحمولات المختلفة .

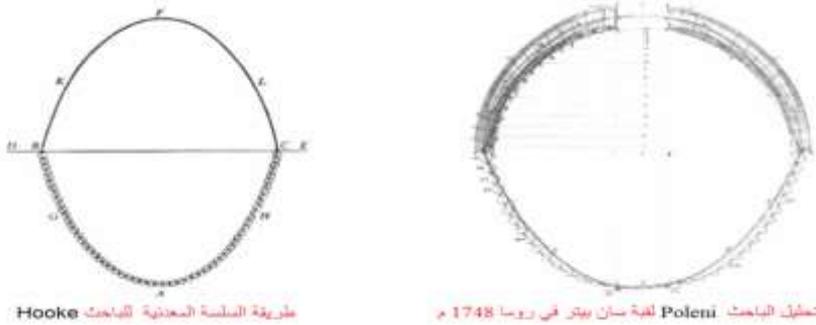
#### 5-1- طرق تحليل الأقواس الحجرية :

تعددت الطرق المستخدمة لتحليل وتوصيف سلوك الأقواس الحجرية تحت تأثير القوى الخارجية و تطورت هذه الطرق بتطور العلوم للوصول للنمذجة الحاسوبية و يعتبر الباحث (Simon Stevin's (1548-1602) [4] من أوائل الباحثين اللذين استخدموا علم توازن القوى التخطيطي من خلال استخدام المضلعات المغلقة لمحصلة القوى لتوصيف القوى الداخلية في العناصر الإنشائية المنحنية ويمكننا اعتبارها بداية للطرق التحليلية في توصيف العمل القوسي وقد تابع استخدامها وتطويرها الباحث Varignon في العام 1725 كما هو موضح في الشكل (11) .



الشكل (11) نموذج توازن القوى في حبل وفقاً لـ Stevin , Varignon [4,5]

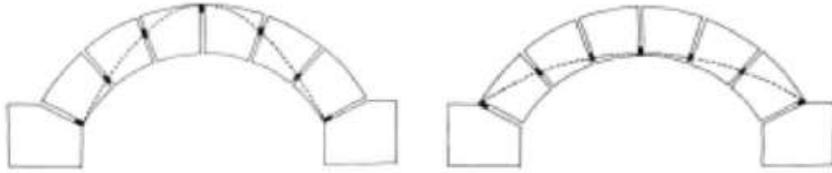
قام الباحث Robert Hooke [6] في العام 1675م بتمثيل الفعل القوسي من خلال تعليق سلسلة معدنية بين نقطتين وجعله يتدلى تحت تأثير وزنه الذاتي، بالتالي ستكون السلسلة في جميع نقاطها معرضة لشد صافي وبافتراض انها جسم صلب وليس مرن وقمنا بقلبها وتركها تحت تأثير وزنها الذاتي فإن جميع نقاطها ستخضع لضغط صافي وبالتالي يمكن الاستفادة من ذلك التمثيل لتمثيل أي حمولة مطبقة على القوس من خلال تطبيق وزن مكافئ على الكبل وبذلك نحصل على شكل الانهيار المتوقع ، وقد قام الباحث Poleni عام 1748م باستخدام فكرة لباحث Robert Hooke لتقييم أمان قبة سان بيتر المتصدعة في روما [7] كما في الشكل (12).



الشكل (12) تمثيل الباحث Poleni لقبة سان بيتر المتصدعة في روما اعتماداً على فكرة [7] Hooke

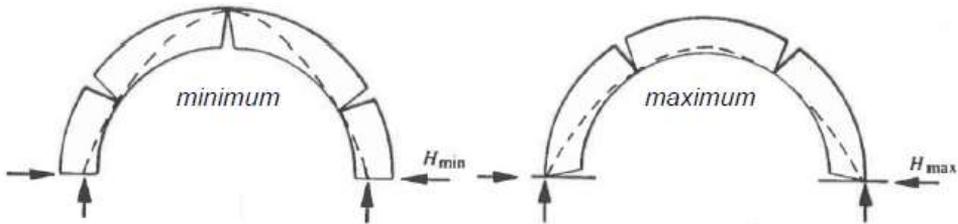
وتعتبر طريقة **خط الضغط (Thrust Line)** من أهم الطرق وأكثرها فعالية في تحليل سلوك الأقواس الحجرية وهي تطبيق عملي لنظرية السلسلة المرنة للباحث

Hooke, حيث يتم رسم خط افتراضي يمثل لا مركزية القوى الضاغطة في مركز كل قطعة من قطع القوس الحجرية , ووفقاً لافتراض الباحث Barlow(1846) [8] الحدود المحتملة لخط الضغط تبدأ عادة من الزوايا البعيدة لركائز القوس نحو ذروة المنحنى الداخلي له , أو من الزوايا القريبة لركائزه نحو ذروة المنحنى الخارجي كما هو موضح في الشكل(13).



الشكل(13) المواقع المحتملة لخط الضغط في الأقواس الحجرية وفقاً لـ Barlow [8]

وبين Heyman [9] أن خط الضغط يقع ضمن مجال محدد فيسبب قيمتين للدفع الأفقي أحدهما دنيا والأخرى عليا في الركائز الحاملة للقوس كما هو موضح في الشكل(14) ويبقى القوس مستقراً وأمناً طالما يقع خط الضغط بينهما ضمن حدود سماكة جسم القوس  $d$ .



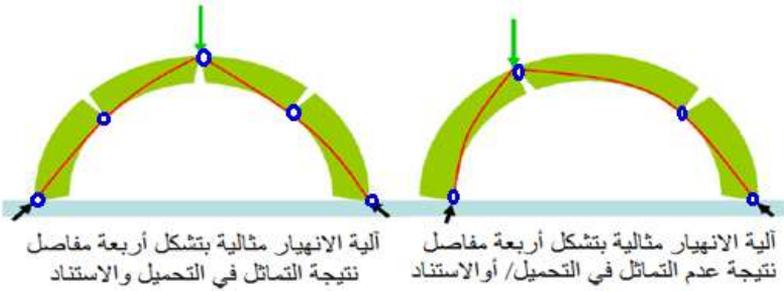
الشكل(14)المواقع الطرفية لخط الضغط في الأقواس الحجرية وفقاً لـ Heyman [9]

ووفقاً للباحث Sanchez [10] يمكننا توقع أماكن ظهور المفاصل المسببة للانهيار في الأقواس الحجرية وذلك عندما يصبح خط الضغط الخاص بالقوس مماساً لحدود هذا القوس , وهذا ما تؤكد قاعدته عدم ظهور إجهادات شادة في المقطع عند وقوع محصلة القوى في ثلثه بالتالي مع اقتراب موقع خط الضغط من ثلث سماكة المقطع الفعلي للقوس الحجري  $d$  تبدأ التشققات ضمن القوس بالظهور حتى يصبح خط الضغط مماساً لحدود القوس وعندها يصبح القوس

غير مستقر , ويحصل الانهيار للقوس عندما يلامس خط الضغط حواف القوس في أربع نقاط [19] .

## 5-2- آليات انهيار الأقواس الحجرية :

يعتبر الباحث (1730) Couplet أول من أشار إلى دور تشكل المفاصل في انهيار الأقواس الحجرية حيث اعتبر أن الانهيار يعتمد على ظهور المفاصل ووصولها الى عدد محدد يحدث عنه الانهيار , وقد اقترح لتحقيق ذلك إهمال الانزلاق بين الوحدات الحجرية الإسفينية [11], وفقاً للباحث (ROCA) [12] يجب تشكل أربع مفاصل كحد أدنى عند التحميل والاستناد غير المتماثل وخمسة مفاصل عند شروط التحميل والاستناد المتماثلين حتى يحصل الانهيار في الأقواس الحجرية كما هو موضح في الشكل (15) .



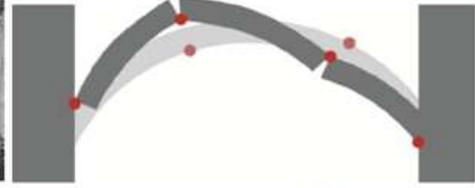
الشكل (15) آليات الانهيار مع خط الضغط تبعاً لعدد المفاصل المتشكلة [12]

وينتج وفقاً للباحث Heyman [9] الانهيار في الأقواس ذات الركائز المستقرة والمعرضة لوزنها الذاتي بالإضافة لحمل مركز في ربع المجاز بتشكل أربع مفاصل وهذا ما أكدته نتائج التجربة التي أجريت على جسر بريستود من قبل الباحثين Cavicchi A, Gambarotta [13] كما هو موضح في الشكل (16).

نمذجة وتحليل آليات انهيار الأقواس الحجرية المدعمة بمركبات الملاط المقوى بالنسيج (TRM)  
بطريقة العناصر المحدودة



انهيار جسر بريستود نتيجة حمل مركز في ربع مجازه  
وفقاً ل [13] Cavicchi A, Gambarotta . (2005)



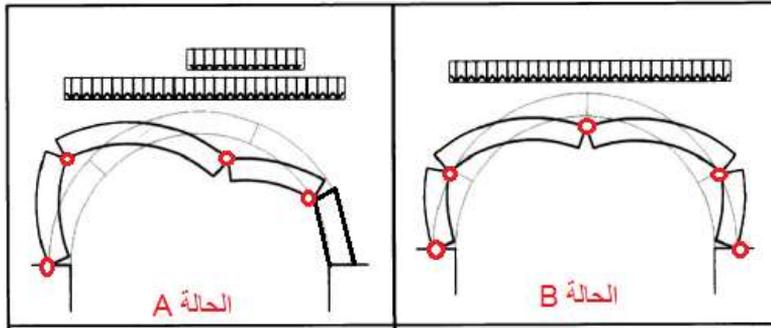
ميكانيزم الانهيار النموذجي لقوس حجري تحت تأثير حمولة  
مركزة في ربع المجاز وفقاً ل [9] HEYMAN (1966)

الشكل (16) تطابق شكل الانهيار النظري لقوس حجري مع انهيار جسر بريستود [9,13] ووفقاً للباحث Foraboschi [14] يوجد شكلان محتملان لآليات انهيار الأقواس هما :

1) انهيار ناتج عن حركة أقسام القوس : ونميز شكلين محتملين لهذا الانهيار وهما موضحان في الشكل (17) وفق ما يلي :

❖ الحالة A: يحدث الانهيار بتشكيل أربعة مفاصل نتيجة عدم انتظام الحمولة (وهي الحالة الأقرب للواقع والأكثر شيوعاً).

❖ الحالة B : يحدث الانهيار بتشكيل خمسة مفاصل نتيجة التناظر بالحمولة ويكون أحدها في منتصف القوس واثنان في المسندين واثنان متناظران بين المساند ومنتصف القوس (وهي حالة مثالية نظرية و نادرة الوجود في الواقع)

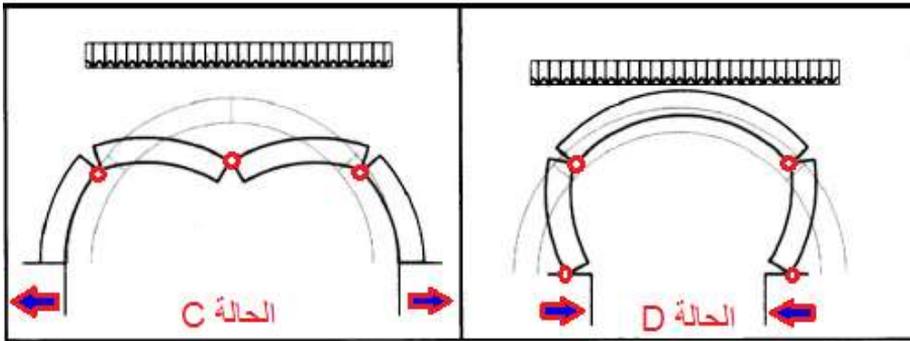


الشكل (17) الآليات المحتملة لقوس معرض لقوى موزعة نتيجة حركة أجزاء القوس

مع ثبات الركائز وفقاً للباحث Foraboschi [14]

2) انهيار ناتج عن حركة الركائز : ونميز شكلين محتملين لهذا الانهيار وهما موضحان في الشكل (18) وفق ما يلي :

- ❖ الحالة C : تحدث بتشكيل ثلاثة مفاصل فقط أحدها في منتصف المجاز والاثنتان متناظران بالنسبة لمحور القوس ولا يظهر أي مفصل في المساند وذلك نتيجة لانزلاق المساند نحو الخارج (وهذه الحالة قد تظهر أيضاً في الأقواس المسطحة أي الأقواس ذات النسبة الكبيرة بين مجاز القوس وبين ارتفاعه).
- ❖ الحالة D : تحدث بتشكيل أربعة مفاصل نتيجة حركة الركائز نحو الداخل (وهي حالة نادرة الحدوث وغالباً لا تحدث إلا عند وجود فتحات متعددة ومتجاورة للقوس).



الشكل (18) الآليات المحتملة لقوس معرض لقوى موزعة نتيجة حركة الركائز وفقاً

للباحث Foraboschi [14]

## 6- مواد وطرق البحث النظرية :

يعتبر وضع نموذج عددي ناجح ومتمق باستخدام برنامج ANSYS بحيث تكون نتائج تحليله مقارنة قدر الإمكان للنتائج التجريبية مفيداً جداً من النواحي الاقتصادية والزمنية و يمكننا من إجراء عدد غير محدود من عمليات التحليل باستخدام المتغيرات المطلوبة بالإضافة لتوفير كميات كبيرة من البيانات .

## 6-1- التوصيف الحاسوبي لنمذجة المواد:

توجد خمسة مكونات للأقواس الحجرية يجب نمذجتها ضمن الدراسة التحليلية وهي :  
 القطع القرميدية - المونة الإسمنتية الرابطة بين القطع القرميدية - سطح التماس بين القطع القرميدية والمونة الإسمنتية الرابطة بينها - صفائح الاستناد والتحميل الفولاذية -

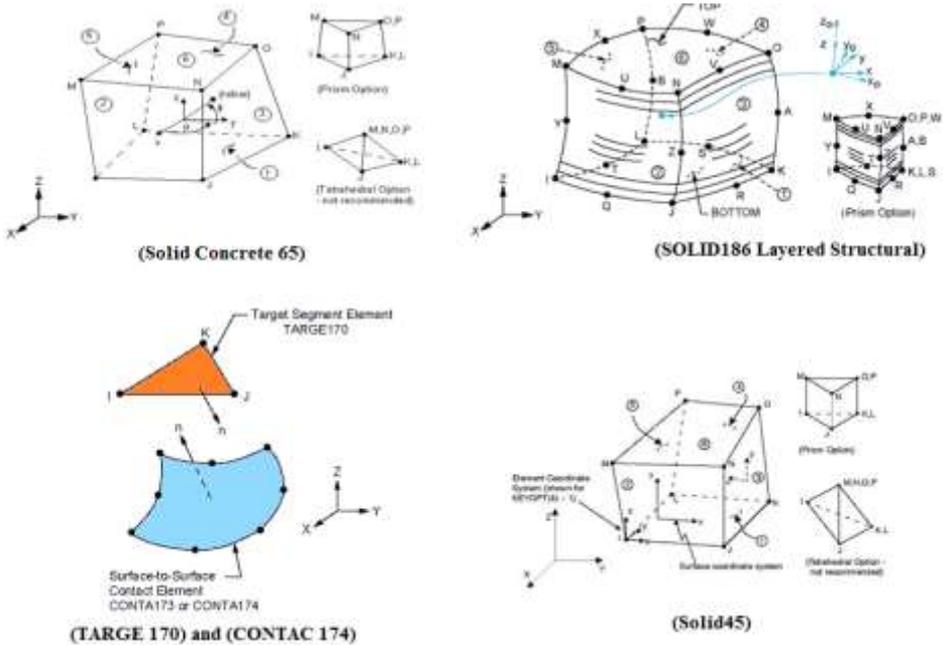
نمذجة وتحليل آليات انهيار الأقواس الحجرية المدعمة بمركبات الملاط المقوى بالنسيج (TRM) بطريقة العناصر المحدودة

مادة (TRM) المكونة من ( ثلاثة طبقات من ألياف النسيج البازلتية ضمن المونة الاسمنتية ) , وتوضح الفقرات التالية الخصائص الأساسية لهذه المكونات .  
**6-1-1- العناصر المحدودة المستخدمة في النمذجة وثوابتها الحقيقية :**  
يوضح الجدول (4) العناصر المحدودة المستخدمة لنمذجة أجزاء الأقواس المجرية ومادة التدعيم , وهي موضحة في الشكل (19).

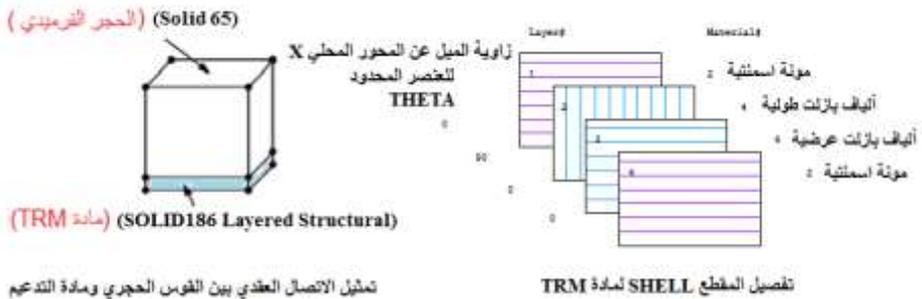
الجدول(4)العناصر المحدودة المستخدمة لنمذجة أجزاء الأقواس المجرية ومادة التدعيم

المقطع	الثوابت الحقيقية	العنصر المحدود	المكون
-	عنصر صلب بدون تسليح ضمني	Solid 65	القطع القرميدية
-	عنصر صلب بدون تسليح ضمني	Solid 65	مونة البناء
-	-	Solid45	صفائح الاستناد والتحميل
-	-	+ (Contact 174) (Target 170)	سطح التماس بين القرميد والمونة
Shell Section	-	(Solid186- Layered Structural)	<b>TRM</b>

وتفاصيل مقطع مادة التدعيم باستخدام برنامج ANSYS موضحة في الشكل (20) , وتم في دراستنا الحالية اعتماد النموذج المنفصل (Discrete Model) لنمذجة اتصال العناصر المحدودة الممثلة لمادة TRM وللقوس الحجري مع بعضها في العقد .



الشكل (19) العناصر المحدودة المستخدمة في النمذجة للأقواس الحجرية ومادة TRM [17]



تمثيل الاتصال العنصري بين القوس الحجري ومادة التدرج

تفصيل المقطع SHELL لمادة TRM

الشكل (20) تفصيل مقطع Shell لطبقات العنصر المحدود

(Solid 186 Layered) المستخدم في النمذجة لمادة TRM [17]

## 6-1-2- البيانات المطلوبة لتوصيف سلوك المواد المستخدمة في برنامج Ansys:

### ❖ القرميد ومونة البناء الاسمنتية ومونة التدرج :

يتطلب برنامج ANSYS ادخال البيانات التالية والموضحة في الجدول (5) وهي:

(1) المقاومة القصوى الاسطوانية على الضغط للقرميد والمونة ( $f'_c, f'_{m1}, f'_{m2}$ ).

نمذجة وتحليل آليات انهيار الأقباس الحجرية المدعمة بمركبات الملاط المقوى بالنسيج (TRM) بطريقة العناصر المحدودة

(2) معامل المرونة ( $E_c$ ): ويحسب للبيتون وللمونة الاسمنتية بالعلاقة  
 $E_c = 4700\sqrt{f'_c}$  [17] , وللقرميد بالعلاقة  $E_{cb} = 400 * F_{cb}$  [19].

(3) المقاومة القصوى للبيتون على الشد ( $f_r$ ) , (4) معامل بواسون :  $\nu$  .

(5) معامل نقل القص  $\beta_r$ : يعتبر تحديد معامل نقل القص للشقوق المفتوحة والمغلقة عاملاً مهماً في نجاح النموذج الحاسوبي كي يتوافق بشكل جيد مع النتائج التجريبية.

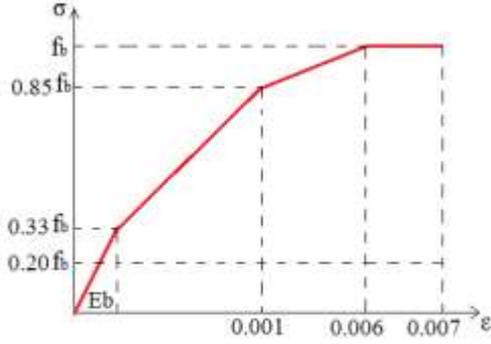
الجدول (5) الخواص الميكانيكية للمواد المعتمدة في النمذجة .

الخاصية	الواحدة	القرميد	مونة البناء	مونة التدعيم (TRM)
المقاومة على الضغط	Mpa	21.2	8.1	32.8
معامل المرونة	Mpa	8480	13376	26917
المقاومة على الشد	Mpa	7.95	2.8	9.8
معامل بواسون $\nu$	-	0.25	0.15	0.15
معامل نقل القص $\beta_r$	شقوق مغلقة	0.3	0.2	0.25
	شقوق مفتوحة	0.9	0.9	0.9

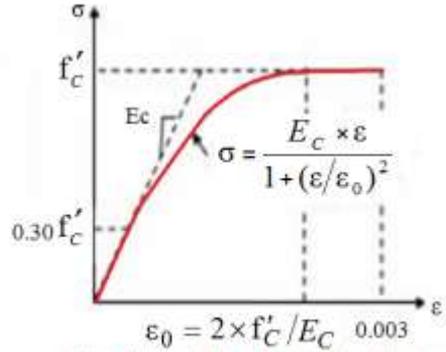
(6) علاقة (الإجهاد - التشوه) :

1- لمونة البناء الإسمنتية ومونة التدعيم بمادة TRM : يتطلب برنامج Ansys إدخال علاقة الإجهاد - التشوه للبيتون في حالة الضغط وفق تقريبات مختلفة , وفي بحثنا سنعمد التقريب المبسط (Simplified) [17].

2- للحجر القرميدي : سنعمد النموذج التقريبي المعتمد من قبل للباحث [16] ويوضح الشكل (21) النموذج التقريبي لعلاقة (الإجهاد - التشوه) للقرميد و لمونة البناء والتدعيم الاسمنتية المستخدمة في النمذجة .



منحني الإجهاد-تشوه للقرميد وفقاً لـ [16]



منحني الإجهاد-تشوه للمونة الاسمنتية الرابطة وفقاً للتقريب المبسط [17]

الشكل (21) منحنى (إجهاد - تشوه) للبيتون على الضغط وفق تقريبات مختلفة [6]

وقد اعتمدت علاقات التقريب المبسط (Simplified) [17] لبناء هذه العلاقة :

$$\sigma = \frac{E_C \times \varepsilon}{1 + (\varepsilon/\varepsilon_0)^2} \quad (1)$$

$$\varepsilon_0 = \frac{2 \times f'_C}{E_C} \quad (2)$$

$$E_C = \frac{\sigma}{\varepsilon} \quad (3)$$

حيث  $\sigma$ : الإجهاد عند أي قيمة للتشوه  $\varepsilon$ ,  $\varepsilon_0$ : التشوه عند القيمة  $f'_C$

يبين الجدولان (6) ، (7) إحداثيات نقاط المنحني المميز لعلاقة الإجهاد - تشوه المعتمدة في الدراسة التحليلية باستخدام برنامج ANSYS لكل من القرميد والمونة الاسمنتية على التوالي .

الجدول (6) إحداثيات نقاط المنحني المميز لعلاقة الإجهاد - تشوه للقرميد

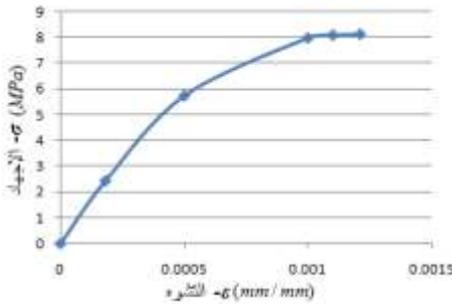
رقم النقطة	الإجهاد $f$ (MPa)	التشوه $\varepsilon$ (mm/mm)
1	6.996	0.0003233
2	18.2	0.001
3	21.2	0.006
4	21.2	0.007

نمذجة وتحليل آليات انهيار الأقواس الحجرية المدعمة بمركبات الملاط المقوى بالنسيج (TRM) بطريقة العناصر المحدودة

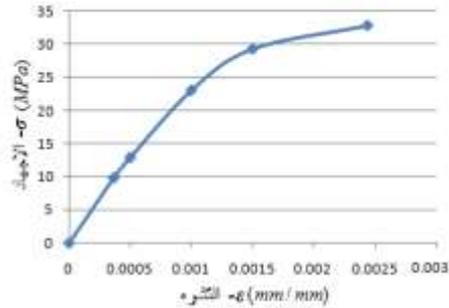
الجدول (7) إحدائيات نقاط المنحني المميز لعلاقة الإجهاد - تشوه للمونة الاسمنتية

مونة التدعيم		مونة البناء		النقطة
التشوه $\varepsilon$	الإجهاد $f$ (MPa)	التشوه $\varepsilon$	الإجهاد $f$ (MPa)	
0.000365561	9.84	0.00018	2.43	1
0.0005	12.92	0.00050	5.71	2
0.001	23.04	0.00100	7.95	3
0.0015	29.28	0.00110	7.92	4
0.0024	32.80	0.00120	8.10	5

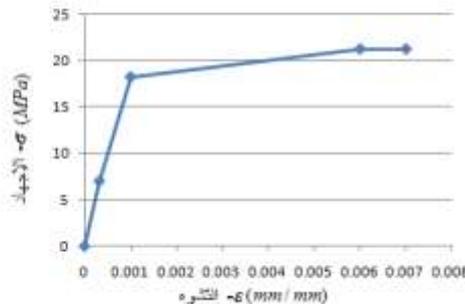
ويبين الشكل (22) منحنيات ( الإجهاد - التشوه ) للقرميد ومونة البناء ومونة التدعيم الاسمنتية المعتمدة في النمذجة .



منحني الإجهاد - تشوه لمونة البناء المعتمد في النمذجة



منحني الإجهاد - تشوه لمونة التدعيم ب-TRM المعتمد في النمذجة



منحني الإجهاد - تشوه للحجر القرميدي المعتمد في النمذجة

الشكل (22) منحنيات ( الإجهاد - التشوه ) للقرميد والمونة الإسمنتية المعتمد في النمذجة

### ❖ صفائح الاستناد والتحميل :

استخدم العنصر (Solid45) لنمذجة الصفائح المعدنية في منطقة الاستناد ومنطقة تطبيق الحمولة المركزة لمنع تركيز الإجهادات على عدد محدد من العقد مما يسبب انهيارها موضعياً قبل انتقال الإجهادات لباقي العناصر المحدودة، ويوضح الجدول (8) خصائص مادة العنصر (Solid45) المستخدم في النمذجة باستخدام Ansys.

الجدول (8) خصائص مادة العنصر (Solid45) المستخدم في النمذجة

Material Model Number	Element Type	Material properties	
4	Solid45	Linear Isotropic	
		EX	$2.1 \cdot 10^5 \text{ N/mm}^2$
		PRXY	0.3

### ❖ ألياف النسيج البازلتية المستخدم في طبقات TRM:

عند النمذجة الإنشائية للألياف البازلتية التسليح الرئيسي والثانوي تم افتراض أن سلوك الألياف عبارة عن سلوك مادة مرنة خطية حيث يتم الوصول إلى قوة الشد الحدية دون ظهور أي تلدن ويوضح الجدول (9) تعريف سلوك مادة ألياف البازلت المستخدمة في الدراسة التحليلية باستخدام برنامج ANSYS .

الجدول (9) توصيف سلوك مادة ألياف البازلت باستخدام برنامج Ansys

قطر الليف المستخدم	Material Model Number	Element Type	Material properties	
0.037	6		Linear Isotropic - موحدة الخواص -خطية	
			EX	$89 \cdot 10^3 \text{ N/mm}^2$
			PRXY	0.15
			Bilinear Isotropic - موحدة الخواص -ثنائية الخطية	
			Yield Stss	$13.51 \cdot 10^2 \text{ N/mm}^2$

نمذجة وتحليل آليات انهيار الأقواس الحجرية المدعمة بمركبات الملاط المقوى بالنسيج (TRM) بطريقة العناصر المحدودة

			Tang Mod	0
--	--	--	----------	---

وتمت نمذجة الألياف البازلتية كطبقة من مقطع Shell لطبقات العنصر المحدود Solid 186 Layered المستخدم في النمذجة لمادة TRM.

#### ❖ نمذجة سطوح التماس بين القرميد والمونة الرابطة وخواصها :

تم استخدام العنصرين (Target170) و(Contact 174) من اجل نمذجة اتصال (سطح-سطح) ولتمثيل الانزلاق والاحتكاك بين سطحي المونة والقرميد لتصحيح واستقرار النموذج الحاسوبي للقوس الحجري [20], ونظراً لعدم توافر خواص التماسك بين القرميد والمونة تجريبياً لذلك تم اعتماد الخواص التالية التي حددت بناء على [15] وهي :

❖ قيمة التماسك بين القرميد والمونة :  $Fa_{b-m} = 1.27 MPa$

❖ إجهاد الشد الأعظمي بين القرميد والمونة :  $Ft_{b-m} = 0.61 MPa$

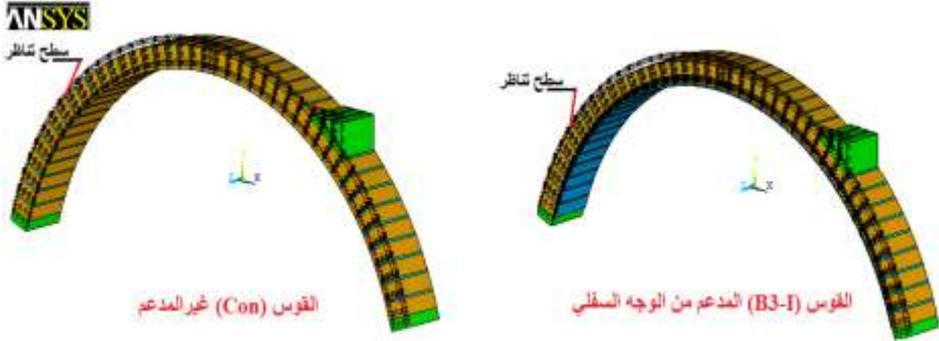
❖ معامل الاحتكاك للقرميد والمونة الاسمنتية :  $\mu_{b-m} = 0.5$

#### 6-2- النمذجة الهندسية (Modeling Geometry):

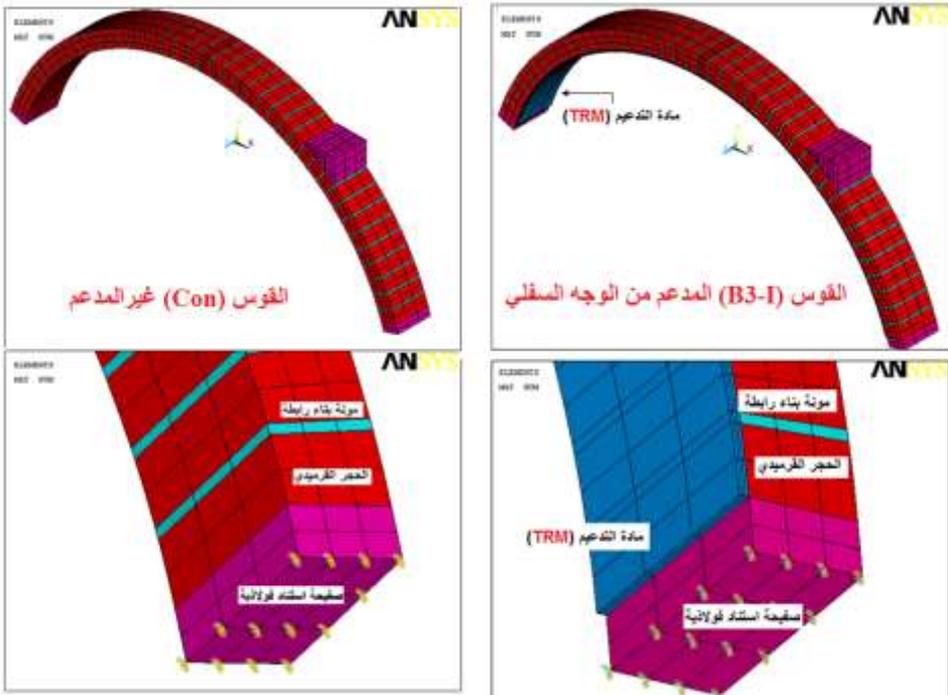
تمت نمذجة القوسين التجريبيين المرجعي والمدعم باستخدام برنامج ANSYS كما هو موضح في الشكل (23) مع الأخذ بعين الاعتبار فوائد التناظر على طول القوسين الحجريين كما هو موضح في الشكل (25) , حيث تم تمثيل مستوي التناظر بقيود مكافئة في عقد العناصر حتى نخفض من الزمن الحاسوبي ومن ذاكرة الحاسب بشكل ملحوظ , ويوضح الشكل (25) مكونات النموذج العددي بعد تقسيمه لعناصر محدودة.



الشكل (23) النموذج الهندسي للقوسين الحجريين ضمن برنامج Ansys



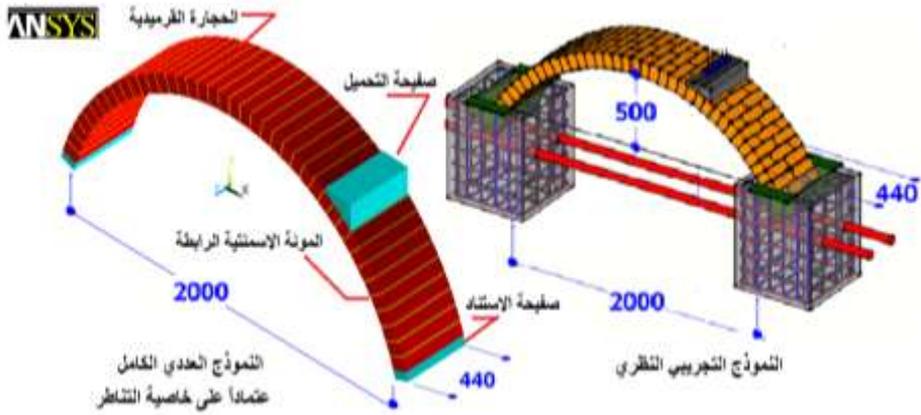
الشكل (24) تحديد سطوح التناظر طولياً ومحاكاتها لنمذجة (نصف القوسين الحجريين المرجعي و المدعم)



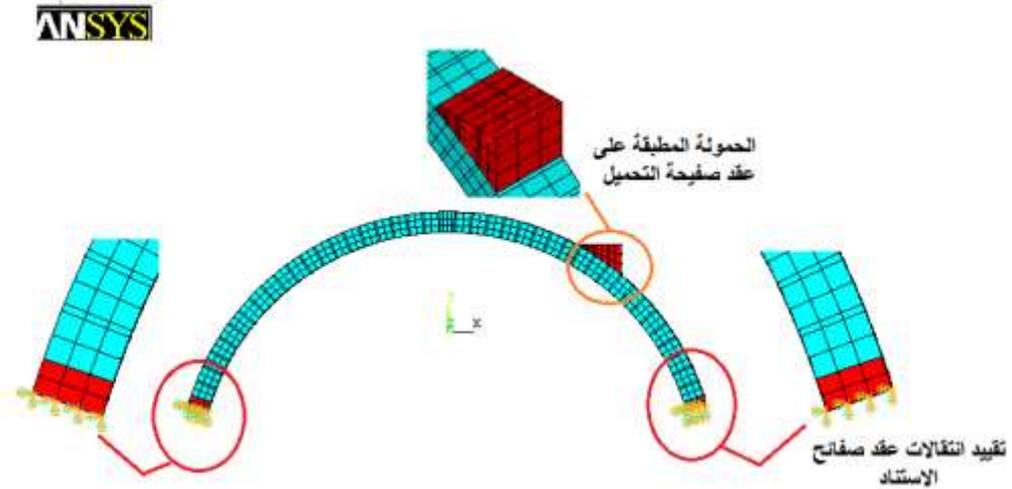
الشكل (25) مكونات النموذج العددي للقوسين الحجريين المرجعي و المدعم بعد تقسيمهما لعناصر محدودة

نمذجة وتحليل آليات انهيار الأقواس الحجرية المدعمة بمركبات الملاط المقوى بالنسيج (TRM) بطريقة العناصر المحدودة

وبالاعتماد على خاصية التناظر يمكن توضيح تشابه النموذج الكامل للقوس الحجري المنمذج باستخدام برنامج ANSYS مع النموذج التجريبي كما هو مبين في الشكل (25) (ملاحظة : يوجد جزء من الأحجار القرميدية للقوس التجريبي النظري غير ظاهر بسبب ارسائه مع صفيحة استناده ضمن الكتلة البيتونية بينما أمكن محاكاة وإظهار هذا الجزء غير المرئي باستخدام ANSYS) ، و يوضح الشكل (26) الشروط الطرفية في المساند ومكان الحمولة المطبقة على عقد صفيحتي الاستناد الفولاذيتين .



الشكل (25) تشابه النموذج الكامل للقوس الحجري غير المدعم باستخدام برنامج Ansys مع النموذج التجريبي المرجعي



الشكل (26) شروط الاستناد باستخدام Ansys للقوس المرجعي والمدعم

### 6-3- النتائج المستخلصة من تحليل القوسين الحجريين المرجعي والمدعم بطريقة

#### العناصر المحدودة:

تمت المقارنة بين نتائج التحليل العددية والتجريبية، وذلك من ناحية ما يلي :

✓ شكل آلية الانهيار وعدد المفاصل اللدنة وأماكن ظهورها

✓ قيم حمولة الانهيار .

بهدف التأكد من إمكانية الحصول على نموذج عددي موثوق باستخدام برنامج

ANSYS ومتوافق بشكل جيد مع النتائج التجريبية .

يوضح الجدول (10) نتائج حمولة الانهيار للنماذج العددية باستخدام برنامج Ansys مع

مقابلاتها التجريبية ، ويبين الشكلان (27) و (28) شكل آليتي الانهيار للقوسين

الحجريين المرجعي (B3-I) والمدعم (Con) نتيجة تشكل المفاصل عند الانهيار

تجريبياً وعددياً باستخدام برنامج ANSYS .

(ملاحظة :تم تكبير مقياس الرسم في ANSYS عدة أضعاف لتوضيح المفاصل وشكل

التشوه ) .

الجدول (10) نتائج حمولة الانهيار للنماذج العددية باستخدام برنامج Ansys مع

مقابلاتها التجريبية

الفرق %	حمولة الانهيار العددية (kN)	حمولة الانهيار التجريبية (kN)	القوس
8.75	2.92	3.2	Con
10.39	27.6	30.8	B3-I



1- يظهر من الشكلين السابقين (27,28) تقارب جيد في سلوك النموذج العددي للقوسين باستخدام طريقة العناصر المحدودة مع مثيليهما من الأقواس التجريبية عند الانهيار من خلال تشابه موقع ظهور المفاصل وعددها عند الانهيار للقوس المرجعي (con) مع مثيله التجريبي وكذلك الأمر بالنسبة للقوس المدعم من الوجه الداخلي (B3-I).

2- يظهر من النتائج في الجدول (10) توافق جيد في قيم حمولة الانهيار التجريبية والعددية حيث تنخفض قدرة تحمل القوس المرجعي (Con) العددية بنسبة 8.75% مقارنة مع نظيره التجريبي , وتنخفض قدرة تحمل القوس المدعم (B3-I) العددية بنسبة 10.39% مقارنة مع نظيره التجريبي .

3- الطريقة التحليلية العددية ببرنامج Ansys أعطت بعض الفروق مع النتائج التجريبية ويمكن تبرير الاختلاف بين نتائج الطريقتين بمجموعة من العوامل والتي تتعلق بشكل رئيسي حول نمذجة السلوك الإنشائي للمواد الداخلة في تركيب الأقواس الحجرية و المعتمدة في النمذجة , ومنها اختيار قيمة لمعامل نقل القص  $\beta$  , التي تمت من خلال معايرة النموذج وفق عدة قيم متغيرة كما ورد في توصيات الملحق الخاص ببرنامج ANSYS [17] , ولكن تحديد القيمة الفعلية لهذا العامل صعبة عملياً.

4- لم يغير التدعيم بال TRM من نمط الانهيار للقوس المدعم , فبقي الانهيار بتشكيل أربع مفاصل هو النمط السائد على الرغم من أن وجود طبقات TRM في حالة التدعيم من الوجه السفلي للقوس وهذا يدل على أن شكل ونوع ومكان الحمولة المطبقة هو العامل الحاكم عند تصميم الأقواس الحجرية سواء العادية أو المدعمة.

#### 9- المقترحات والتوصيات:

الدراسات المستقبلية يمكن أن تتضمن ما يلي :

- دراسة تأثير عدد الطبقات من TRM على سلوك الأقواس الحجرية المدعمة بنفس النوع من ألياف البازلت .
- دراسة تأثير تغير قطر الليف ونوعه على سلوك الأقواس الحجرية المدعمة بنفس النوع من ألياف البازلت .

## المراجع

المراجع الأجنبية:

- [1]- Ernest Bernat Maso, Lluís Gil Espert, Pere Roca Fabregat (2013), " Analysis of unreinforced and TRM - strengthened brick masonry walls subjected to eccentric axial load", Ph.D. Thesis - Terrassa, octubre de 2013.
- [2]- V. Mechtcherine, K. Schneider, W. Brameshuber, Mineral-based matrices for textile-reinforced concrete, Text. Fibre Compos. Civ. Eng. (2016), <https://doi.org/10.1016/B978-1-78242-446-8.00003-3>
- [3] - Florentia A. Kariou, Savvas P. Triantafyllou, Dionysios A. Bournas,(2019)“ TRM strengthening of masonry arches: An experimental investigation on the effect of strengthening layout and textile fibre material ”, JCOMB 6765 , Composites Part B, S1359-8368(19)30340-3.
- [4]- STEVIN, S. 1586. De Beghinselen der Weeghconst. (In The Principal Works of Simon Stevin, vol. 1, Leyden, 1955).
- [5]- Matthew J. DeJong, John Ochsendorf," As Hangs the Flexible Line: Equilibrium of Masonry Arches", Article in Nexus Network Journal · October 2006 .
- [6]- Hooke, R. 1675. A description of helioscopes, and some other instruments. London.
- [7]- Matthew J. DeJong, John Ochsendorf," As Hangs the Flexible Line: Equilibrium of Masonry Arches", Article in Nexus Network Journal · October 2006.
- [8]- Elvis Cescatti,(2016) "Combined Experimental And Numerical Approaches To The Assessment Of Historical Masonry Structures", Ph.D.Thesis, University IUAV Of Venezia ,2016.
- [9]- Heyman, J. 1966." The stone skeleton. International Journal of Solids and Structures" , 2: 249-279.
- [10]- Sanchez I.B.(2007) "Strengthening of arched masonry structures with composite materials", Ph.D.Thesis, Portugal:University of Minho,Department of Civil Engineering, 2007, 232.

- [11]-Thomas E .Beurman ,(2009)" Inventory Of Repairing And Strengthening Techniques For Masonry Arch Bridges", Master Thesis , Universitat Politècnica De Catalunya ,( 13 July 2009).
- [12]- P. Roca and C. Molins (Eds.)." Arch Bridges IV: Advances in Assessment, Structural Design and Construction". CIMNE, Barcelona, 2004.
- [13]- Cavicchi A, Gambarotta . (2005) ," Collapse Analysis Of Masonry Bridges Taking Into Account Arch-Fill Interaction " . Engineering Structures ,605-615.
- [14]- Paolo Foraboschi (2004)," Strengthening of Masonry Arches with Fiber-Reinforced Polymer Strips", JOURNAL OF COMPOSITES FOR CONSTRUCTION © ASCE / MAY/JUNE 2004 / 191.
- [15]- Andres,J. (2012)." Numerical model for nonlinear analysis of masonry walls". University of rehinisch,2012.
- [16]-Magenes.G,Morandi.P,Penna.A (2008),"D-7.1c Test Result On The Behaviour Of Masonry Under Static Cyclic In Plane Lateral Loads", Universiy Of Pravia.P129.
- [17]- ANSYS, "ANSYS User's Manual Revision 5.5"ANSYS, Inc., Canonsburg, Pennsylvania, 1998.
- [18]- Vasudevan,G.; Kothandaraman, S. (2011)." Parametric study on Nonlinear Finite Element Analysis on flexural behaviour of RC beams using ANSYS". International journal of civil and structural engineering. Vol. 2, № 1, pp. 98-111.

المراجع العربية:

- [19]-د.مصطفى بطيخة , م. خالد صادق , (2014) , " ميكانيكيات انهيار أقواس حجرية مدعمة بالبوليميرات المسلحة بالألياف (frp) تحت تأثير الحملات الشاقولية " , أطروحة ماجستير , جامعة دمشق كلية الهندسة المدنية (2014) .
- [20] د. عماد علوش , د. سامر سليمان , م.اياد فواز الأسعد , (2015) , " تدعيم وترميم برج صافيتا باستخدام الألياف الزجاجية والأراميد " , أطروحة ماجستير , جامعة البعث - كلية الهندسة المدنية (2015) .

نمذجة وتحليل آليات انهيار الأقواس الحجرية المدعمة بمركبات الملاط المقوى بالنسيج (TRM)  
بطريقة العناصر المحدودة

---

## تقييم خوارزميات انشاء خرائط الغطاء الأرضي وكشف تغيراته اعتماداً على صور الاستشعار عن بعد

د.م. أيمن عبد المنعم دالاتي \*

### الملخص

يهدف البحث المقدم الى تسليط الضوء على أهمية الاستشعار عن بعد كتقنية سهلة، سريعة ومنخفضة التكلفة في انشاء خرائط الغطاء الأرضي وكشف تغيراته وتحويل كم كبير من البيانات الى معلومات واتاحتها وجعلها قابلة للاستخدام بطريقة مفيدة لصانعي القرار وخصوصاً في مجال إدارة الأراضي و استخداماتها المختلفة.

يركز البحث المقدم على أهم طرق التصنيف لصور الاستشعار عن بعد والمستخدمة في إنشاء خرائط الغطاء الأرضي وتقييم فعاليتها وكفاءتها، كما يدرس أهم الخوارزميات المطبقة لكشف التغيرات الحاصلة مع مرور الزمن .

تم اختيار منطقة الدراسة مدينة طرطوس، حيث تم تجميع وتحميل البيانات اللازمة للدراسة من صور فضائية وغيرها من البيانات، وقد تم الاعتماد على بيانات القمر الصناعي لاندسات Landsat 5,7,8 .

تم مقارنة ثلاث طرق مختلفة من خوارزميات التصنيف وتقييم دقتها: طرق التصنيف القائم على البيكسل ومنها طريقة التصنيف غير المراقب (k means) ( اذ تعتبر من أشهر خوارزميات التجمعات العنقودية إضافة الى أدائها الأفضل من الخوارزميات الاخرى في معالجة قواعد البيانات الضخمة)، طريقة التصنيف المراقب بالاحتمالية العظمى، وطرق التصنيف القائم على الكائن.

تم اختبار عدة خوارزميات للكشف عن التغيرات الحاصلة مع مرور الزمن، كطريقة Matrix union وأيضاً خوارزميات الدلتا كيو DeltaCue المدمجة ضمن برنامج إيرداس إيماجين والمعتمدة على طريقة فروق الصور، تبين النتائج أهمية وفعالية وأفضلية طرق التصنيف المعتمدة على الكائن في انشاء خرائط الغطاء الأرضي، وتبين ميزات كل طريقة من طرق كشف التغيرات.

\* Assistant Professor, Department of Topographical Engineering, Faculty of Civil Engineering, AlBaath University, Homs, Syria.

## Evaluation of algorithms for land cover maps creation and change detection based on remote sensing images

Dr.Eng. Ayman Adbdel-Monaem Dalati\*

### Abstract

The presented research aims to clarify the importance of remote sensing as an easy, fast and low-cost technique in land cover map creation and in changes detection, converting a large amount of data into information, making it available and making it usable in a useful way for decision makers, especially in the field of land management and its various uses.

The presented research focuses on the most important classification methods for remote sensing images used in creating land cover maps and evaluating their effectiveness and efficiency. It also studies the most important applied algorithms to detect changes over time.

The study area was chosen in the city of Tartous, where the necessary data for the study were collected and downloaded as satellite images and other data.

Three different methods of classification algorithms were compared and their accuracy evaluated: pixel-based classification methods including unsupervised classification method **k means**, (It is considered one of the most famous clustering algorithms, in addition to its better performance than other algorithms in processing huge databases), supervised classification method by maximum likelihood, and object-based classification methods.

Several algorithms were tested to detect changes over time, such as the Matrix union method, as well as the DeltaCue algorithms integrated within the Erdas Imagine program and based on the image differences method. The results show the importance, effectiveness and preference of object-based classification methods in creating land cover maps, and show the advantages of each change detection method.

**Key Words:** Remote sensing, Change detection, classification algorithms.

## 1. مقدمة

تعتبر دراسة تغيرات الغطاء الأرضي من الدراسات الهامة جداً، وخصوصاً في ظل التغيرات البيئية الكبيرة الناتجة عن التغيرات المناخية والاحتباس الحراري والكوارث الطبيعية بالإضافة للتغيرات الناتجة عن أنشطة الإنسان غير السليمة.

إن الاعتماد على تقنيات حديثة في انشاء خرائط الغطاء الأرضي كتقنية الاستشعار عن بعد يساعد على توفير بيانات حديثة يمكن من خلالها دراسة الغطاء الأرضي، وانشاء خرائط تساعد صناع القرار والمخططين على اقتراح استخدام أنماط جديدة للأراضي، كما تساهم في معالجة المشاكل أو تحسين الوضع الحالي لأنماط استخدامات الأراضي والارتقاء به.

يستخدم الاستشعار عن بعد في مراقبة الأرض ورصد مدى التغير البيئي والتغير في الغطاء الأرضي من خلال العديد من الأقمار الصناعية التي تدور لمراقبة الأرض عن بعد، وتحتوي على مستشعرات حساسة تقيس مقدار أشعة الشمس المنعكسة عن سطح الأرض من خلال مجموعة من الحزم الضوئية التي تشكل أجزاء الطيف الكهرومغناطيسي و التي تستطيع اجتياز الغلاف الجوي والوصول إلى سطح الأرض ومن ثم الانعكاس والنقاطها بواسطة مجسات الأقمار الصناعية: سواء الأشعة المرئية أو الأشعة تحت الحمراء أو الأشعة المكونية [1].

في هذه الدراسة سوف نعمل على الاستفادة من التقنيات المتقدمة للاستشعار عن بعد في دراسة تغيرات الغطاء الأرضي الحاصلة على منطقة الدراسة والتي تشمل مدينة طرطوس، وذلك خلال الأعوام 1987 ، 2000 حتى سنة 2017، أي خلال 30 عاماً. سوف نعتمد على الصور الفضائية لاندسات المأخوذة خلال هذه الأعوام ومن مجسات مختلفة مثل :

Thematic Mapper (TM), Enhanced Thematic Mapper Plus(ETM+),  
Operational Land Imager (OLI)

ستتم معالجة صور الأقمار الصناعية لاندسات وانشاء خرائط الغطاء الأرضي ضمن برنامج معالجة صور الاستشعار عن بعد إيرداس إيماجين 2014 وبرنامج eCognition، وسيتم تصدير النتائج وعرضها ضمن برنامج ArcGIS وهو أحد أهم برامج أنظمة المعلومات الجغرافية (GIS).

## 2. هدف البحث وأهميته

الهدف الرئيسي من هذه الورقة البحثية هو اختبار أهم طرق انشاء خرائط الغطاء الأرضي وكشف تغيراته عن طريق صور الاستشعار عن بعد، حيث تمثل هذه الصور مصدراً شاملاً وزهيد الثمن للبيانات على شكل صور للأرض. من هنا لا بد من البحث في الخوارزميات المختلفة للتصنيف وخوارزميات كشف التغيرات ومقارنة دقتها واختيار أفضلها، مما يسهل الاستفادة من هذه البيانات في مجالات مختلفة.

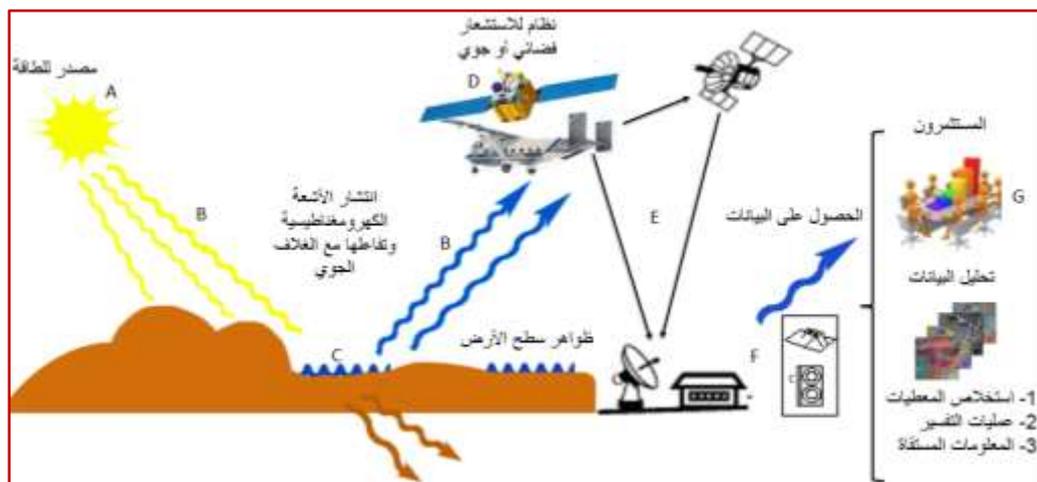
أهمية خاصة للبحث تكمن في تقديم دليلاً علمياً هاماً لاختيار أفضل الطرق في مراقبة تغييرات الغطاء الأرضي وبالتالي مساعدة صناع القرار والمخططين في العديد من المجالات.

## 3. مواد وطرائق البحث

### 1.3 الاستشعار عن بعد

الاستشعار عن بعد " Remote Sensing " من العلوم الحديثة نسبياً والتي تطورت بسرعة فائقة، وقد ساهم الكم الهائل من البيانات المرسله من الأقمار الصناعية والطائرات، بالإضافة للدقة العالية لهذه المعلومات في التقدم الكبير في هذا المجال، وجعلته يصبح من العلوم الأساسية المستخدمة في حل ودراسة الكثير من القضايا والمشاكل المتعلقة بالأرض والمناخ والموارد الطبيعية، وذلك من خلال المعالجة الرقمية لهذه المعلومات.

يقصد بالاستشعار عن بعد مجموع العمليات التي تسمح بالحصول على معلومات عن شيء ما دون أن يكون هناك اتصال مباشر بينه وبين جهاز التقاط هذه المعلومات. ويعرف الاستشعار عن بعد هو ذلك العلم الذي يستخدم خواص الموجات الكهرومغناطيسية المنعكسة أو المنبعثة من الأشياء الأرضية أو من الجو أو من مياه البحر والمحيطات في التعرف عليها. كما يمكن النظر للاستشعار عن بعد على أنه مجموعة الوسائل، من الطائرات، أو أقمار صناعية أو بالونات، و أجهزة التقاط البيانات، و محطات الاستقبال، و مجموعة برامج معالجة البيانات المستقبلية التي تسمح بفهم المواد والظواهر عن طريق خواصها الطيفية. ويبين (الشكل 1) تسلسل عمليات الاستشعار عن بُعد. حيث تعتمد الفكرة الأساسية لجمع وتفسير البيانات حول سطح الأرض على تفاعل فيزيائي يحدث بين أشعة الشمس أو الأشعة الصادرة من القمر الصناعي الفعال والساقطة على مظاهر سطح الأرض وهذه المظاهر ذاتها [1].



الشكل 1: صورة ذهنية مبسطة عن علم الاستشعار عن بعد توضح مكوناته الأساسية

يعد الهدف الأول للاستشعار عن بعد هو تمكين الهيئات المسؤولة عن التخطيط في دولة ما من إدارة مواردها الطبيعية و استخدامها بشكل فعال، فهي وسيلة أسرع وأدق وأقل تكلفة من الأساليب التقليدية المعتمدة حالياً، فالاستشعار عن بعد يمكن من جمع المعلومات وتحليلها وتصنيفها وتقديم الخدمات لمستخدم هذه المعلومات، بما في ذلك إعداد ملفات للصور كصور الأقمار الصناعية المختلفة.

### 2.3 خوارزميات تصنيف صور الاستشعار عن بعد

لتحليل صور الاستشعار عن بعد واستخراج عناصر الغطاء الأرضي منها يتم عادةً استخدام توابع وخوارزميات محددة تدعى خوارزميات التصنيف CLASSIFICATION، وهي عملية يتم من خلالها ترتيب خلايا الصورة في مجموعات من الأصناف أو الفئات المحددة حسب معايير تصنيف معينة.

تم تطوير عدد كبير من طرق وخوارزميات التصنيف من قبل الباحثين، وتقسّم هذه الطرق بشكل أساسي إلى تقنيات تعتمد على البيكسل كوحدة تحليل أساسية Pixel-based Classification، وتقنيات تعتمد على الكائن كوحدة تحليل Object-based Classification ويتفرّع ضمن هذه التقنيات خوارزميات عديدة ومنوّعة.

استخدمت تقنيات التصنيف بالاعتماد على البيكسل بشكل واسع في العديد من الأبحاث [2]، وهي تناسب الصور ذات الطبيعة غير المعقدة والتي تمتلك دقة مكانية متوسطة. لكن مع التطوّر التقني للمستشعرات وازدياد الدقة المكانية لصور الاستشعار عن بعد أصبحت نتائج هذه الخوارزميات غير كافية، وتوجّه الباحثون إلى تطوير خوارزميات جديدة مبنية على مبادئ تحليل الصور بالاعتماد على الكائن ضمن برامج الرؤية الحاسوبية computer vision والتي تجمع بين المعلومات الطيفية، الشكل، القياس، النسيج والموقع المكاني والجغرافي لاستخلاص العناصر والكائنات المختلفة من صور الاستشعار عن بعد [3].

### 3.3 البرامج المستخدمة :

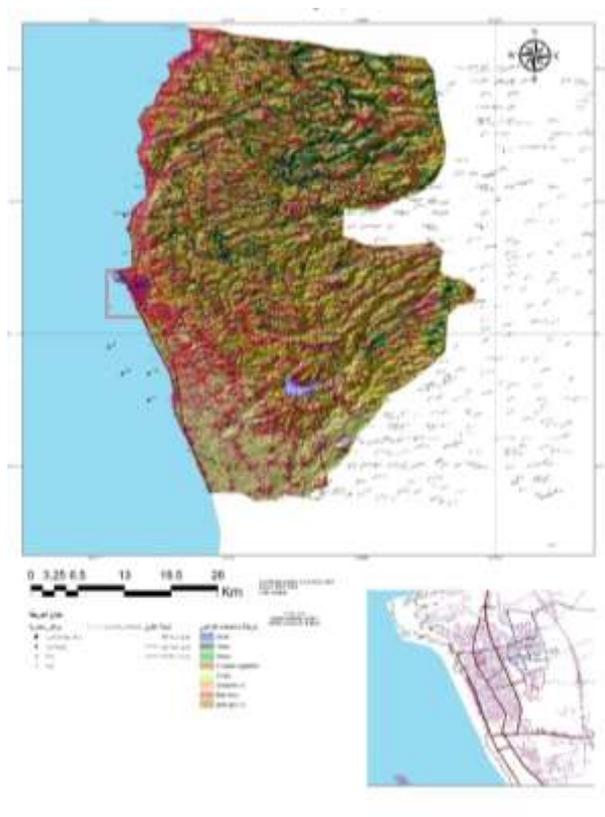
ضمن إطار دراستنا استخدمنا برنامج الـ Erdas Imagine 2014 وهو من أهم برامج معالجة صور الاستشعار عن بعد، حيث تمت معظم مراحل معالجة الصور فيه من تشكيل الصور الملونة وقصها وفق منطقة الدراسة، والتحسين الطيفي والمكاني والراديومترى، بالإضافة لتطبيق عمليات التصنيف المختلفة للصور ودراسة وكشف التغييرات.

كما استخدمنا برنامج eCognition لتنفيذ التصنيف القائم على الكائن وهو برنامج مختص بتحليل الصور اعتماداً على الكائن (Object based classification)، تم تطويره من قبل الباحث جيرد بينينغ Gerd Binnig الحائز على جائزة نوبل مع مجموعة من الباحثين في شركة Definiens AG عام 2000 م في مدينة ميونخ في ألمانيا. يقوم باستخراج الفئات من الصور من خلال تسلسل هرمي محدد واعتماداً على عناصر الصورة من خصائص اللون، الشكل، النسيج، والحجم للعناصر بالإضافة إلى الخصائص الطيفية وحالة العنصر وعلاقته مع العناصر المجاورة من أجل الحصول على نتائج دقيقة تحاكي التحليل البشري .

واستخدمنا أيضاً النسخة العاشرة من برنامج ArcGIS، حيث تم استيراد كافة الصور الفضائية المعالجة، وتم استخدامه في تشكيل تركيبات لونية مختلفة لكل صورة من الصور، وإنجاز الخرائط المختلفة وعرضها بطريقة احترافية.

#### 4. معالجة الصور وتصنيفها وتطبيق طرق كشف التغيرات المختلفة 1.4 منطقة الدراسة وتشكيل الصور الملونة

تم اختيار مدينة طرطوس كمنطقة للدراسة نظراً للتغيرات التي طرأت عليها خلال الـ 30 عام الأخيرة (الشكل 2).



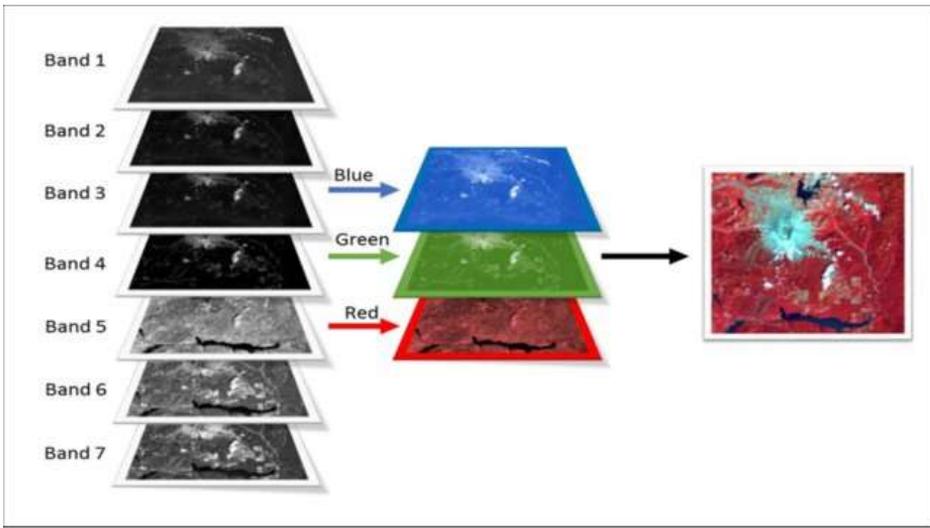
الشكل 2 : محافظة طرطوس

من بين أهم خصائص صور الأقمار الصناعية أنها تمكننا من مشاهدة كافة الظواهر الأرضية بألوان مختلفة حسب النطاقات المستعملة في التركيبة اللونية، وعند تغيير أي نطاق تتغير ألوان

الأجسام على الصورة، وذلك تبعاً لاختلاف درجة الإشعاع والانعكاس بكل نطاق حسب القوانين الفيزيائية للمادة.

تتميز مرئيات الأقمار الصناعية بأنها عديدة النطاقات، النطاق الواحد يظهر بتدرج رمادي اللون، ويمكن اعتماداً على التعددية الطيفية تحضير الصور الفضائية الملونة، فالصورة الواحدة هي تمثيل لمختلف الشدات اللونية، وبتخصيص الألوان الرئيسية (أحمر . أخضر . أزرق) للنطاقات الطيفية يمكن الحصول على صور بالألوان الطبيعية ،

ويمكن تحضير تراكيب مختلفة من مختلف النطاقات الطيفية، فتشكل كل ثلاثة نطاقات تركيبة معينة وتعطى ألواناً مختلفة يمكن اعتماداً عليها تحليل الصورة الفضائية وتفسيرها (الشكل 3). تدعى باقي الصور الملونة المركبة من الألوان غير الطبيعية بالصور الزائفة (false-color composite Fcc).



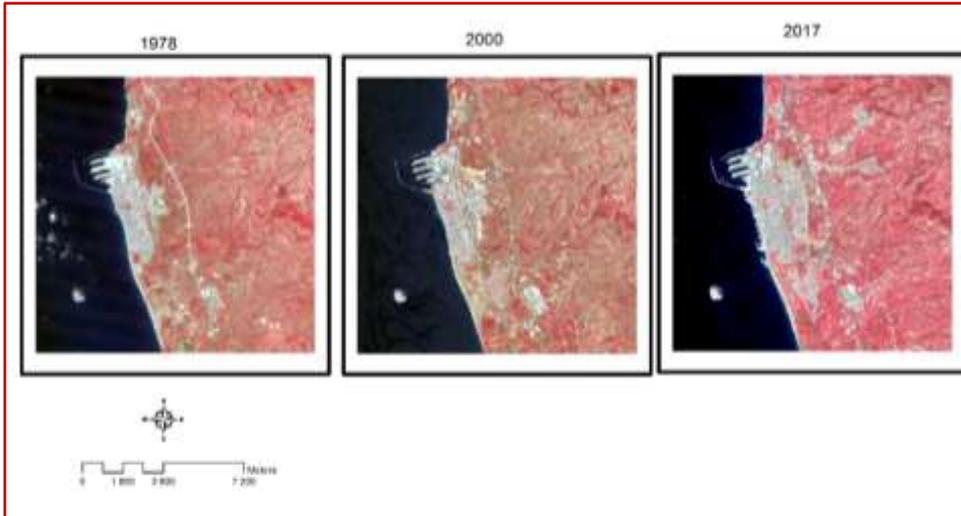
الشكل 3 : تركيب الصور الملونة من نطاقات صور الاستشعار عن بعد

في هذا البحث تم تشكيل صور ملونة لمدينة طرطوس (الشكل 4) في الأعوام 1987، 2000 و 2017 ، صورة طرطوس في العام 1987 من القمر الصناعي لاندسات 5 Landsat (TM) 5 بدقة مكانية 30 م وسبعة نطاقات طيفية [ النطاق الأول الأزرق ( 0.45 - 0.52  $\mu\text{m}$  )، المجال الأخضر (0.52 - 0.60  $\mu\text{m}$ )، المجال الأحمر (0.63 - 0.69  $\mu\text{m}$ )، مجال الأشعة تحت الحمراء القريبة (0.76 - 0.90  $\mu\text{m}$ ) ونطاق الأشعة تحت الحمراء المتوسطة

(1.55 - 1.75  $\mu\text{m}$ ) والنطاق الحراري (10.40 - 12.50  $\mu\text{m}$ ) ، والنطاق السابع للأشعة تحت الحمراء المتوسطة في المجال (2.08 - 2.35  $\mu\text{m}$ ).]

كما تم تشكيل صورة لمدينة طرطوس في العام 2000 من القمر الصناعي لاندسات 7 (ETM+) Landsat 7 بدقة مكانية 15 م وثمانية نطاقات طيفية [النطاق الأول الأزرق (0.45 - 0.52  $\mu\text{m}$ )، المجال الأخضر (0.52 - 0.60  $\mu\text{m}$ )، المجال الأحمر (0.63 - 0.69  $\mu\text{m}$ )، مجال الأشعة تحت الحمراء القريبة (0.76 - 0.90  $\mu\text{m}$ ) ونطاق الأشعة تحت الحمراء المتوسطة (1.55 - 1.75  $\mu\text{m}$ ) والنطاق الحراري (10.40 - 12.50  $\mu\text{m}$ )، ونطاق الأشعة تحت الحمراء المتوسطة في المجال (2.08 - 2.35  $\mu\text{m}$ )، والنطاق البانكروماتي (0.52 - 0.90  $\mu\text{m}$ ).

وتم أخيراً تشكيل صورة ملونة لمدينة طرطوس في العام 2017 بدقة مكانية 15 م ومكونة من تسع نطاقات من نطاقات القمر الصناعي Landsat 8 (OLI): [النطاق الأول (0.43-0.45  $\mu\text{m}$ )، المجال الأزرق (0.45 - 0.51  $\mu\text{m}$ )، المجال الأخضر (0.53 - 0.59  $\mu\text{m}$ )، المجال الأحمر (0.64 - 0.67  $\mu\text{m}$ )، مجال الأشعة تحت الحمراء القريبة (0.85 - 0.88  $\mu\text{m}$ ) والنطاقين السادس (1.57 - 1.65  $\mu\text{m}$ ) والسابع (2.11 - 2.29  $\mu\text{m}$ ) للأشعة تحت الحمراء المتوسطة، النطاق البانكروماتي (0.5 - 0.68  $\mu\text{m}$ ) والنطاق التاسع (1.36-1.38  $\mu\text{m}$ ).]



الشكل 4 : منطقة الدراسة والبيانات (صور مركبة ملونة من نوع لاندسات 5 و 7 و 8 لمدينة طرطوس معروضة بالتركيبة اللونية التالية: 2:3:4 R G B = للصور لاندسات 5 و 7 و بالتركيبة 3:4:5 R G B = لصورة لاندسات 8)

- تم اعتماد نظام إحداثيات ميركاتور المستعرض العالمي (UTM) (WGS 1984) (World Mercator coordinate system) والمستند إلى الإهليلج (WGS 1984). كونه نظام موحد لمعظم الاقمار الصناعية.

## 2.4 تصنيف الصور الفضائية اعتماداً على البيكسل

يعرف تصنيف الصورة Image Classification في الاستشعار عن بعد بأنه عملية آلية لتحويل صورة الاستشعار عن بعد الرقمية إلى خريطة موضوعية تبين استخدام الأراضي والغطاء الأرضي land use & land cover وذلك بناء على تجانس أطراف الظواهر الجغرافية في الصورة.

يوجد بشكل عام طريقتان رئيسيتان للتصنيف المعتمد على البيكسل للصور الرقمية المتعددة الأطراف التي تتكون من نطاقين أو أكثر، هما التصنيف المراقب supervised classification والتصنيف غير المراقب unsupervised classification.

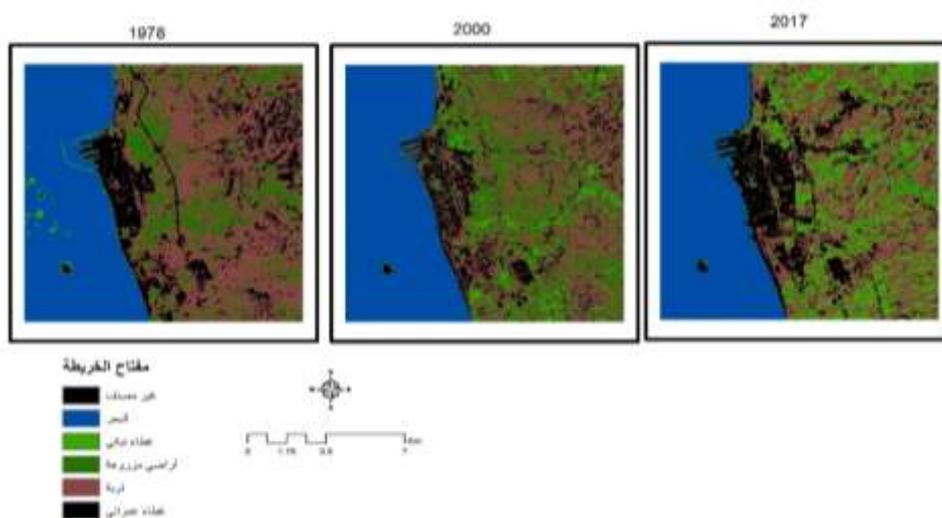
الفرق الرئيسي بين الطريقتين هي أن التصنيف المراقب يبنى على معلومات حقيقية عن الظواهر الجغرافية تعطى للحاسب عن طريق مايسمى عينات تدريب، في حين أن التصنيف غير المراقب يتم وفقاً لمعادلات رياضية تحدد التجمعات clusters وفئات التصنيف وذلك وفقاً للعلاقة بين القيم الرقمية لنطاقات الصورة.

### 1.2.4 التصنيف غير المراقب

يستخدم التصنيف غير المراقب عندما لا تتوفر بيانات مسبقة عن منطقة الدراسة، وفي هذا التصنيف تكون عملية التعرف إلى الأشكال الموجودة ضمن الصورة مؤتمتة من قبل الحاسوب، ويسمح البرنامج للمستخدم بتحديد بعض الخصائص الأولية التي يستخدمها لكشف الأشكال الاحصائية في البيانات كعدد الفئات، تحديد العتبة .. إلخ. يقوم التصنيف على تجميع البيكسلات المتشابهة في الصفات الطيفية ضمن تجمعات، وتعرف عملية التجميع clustering بأنها عملية تنظيم البيانات غير المعرفة ضمن مجموعات متماثلة تسمى بالتجمعات.

حالياً يتم استخدام العديد من خوارزميات التصنيف غير المراقب المختلفة في مجال الاستشعار عن بعد، لكن تعد كل من خوارزميتي التجميع k means و ISODATA الأكثر استخداماً وانتشاراً، والتي يقدمهما برنامج Erdas كتابع جاهزة للاستخدام ضمن خيار التصنيف غير المراقب. كل من هاتين الخوارزميتين هي عملية تكرارية. تتطلب خوارزمية K means فقط إدخال عدد الفئات، وهذا هو الفرق الرئيسي بين الخوارزميتين حيث تسمح خوارزمية ISODATA للبرنامج باختيار عدد فئات التصنيف ضمن مجال محدد بينما تفترض خوارزمية K means أن عدد الفئات معروف مسبقاً.

تم الاعتماد على خوارزمية K means لتصنيف صور مدينة طرطوس في العام 1987 و 2000 و 2017، حيث سيقوم الحاسب بتقسيم القيم الرقمية للخلايا إلى فئات على افتراض أن الظواهر الطبيعية المتشابهة تعطي قيم انعكاسية متشابهة ويقوم المستخدم بعد ذلك بتحديد نمط الظاهرة التي تمثلها كل فئة، فالمستخدم يحدد هنا عدد الفئات ولكن لا يتحكم بالقيمة الممثلة لطول الفئة ثم يقوم الحاسب بوضع القيم الرقمية المتشابهة في فئة واحدة لتمثل ظاهرة معينة، وهنا تم اختيار عدد الفئات 5 والتي تمثل الأنماط الرئيسية للغطاء الأرضي وكلما ازداد عدد الفئات كان التصنيف أكثر دقة لأن ذلك يقلل التداخل بين الفئات. ويوضح الشكل 5 نتائج تطبيق التصنيف غير المراقب على صور مدينة طرطوس للأعوام الثلاثة ويمكن من خلال المقارنة البصرية ملاحظة التوسع العمراني الكبير الذي طرأ على مركز مدينة طرطوس، وسناقش فيما بعد آلية دراسة التغييرات بعد اجراء عملية التصنيف غير المراقب.



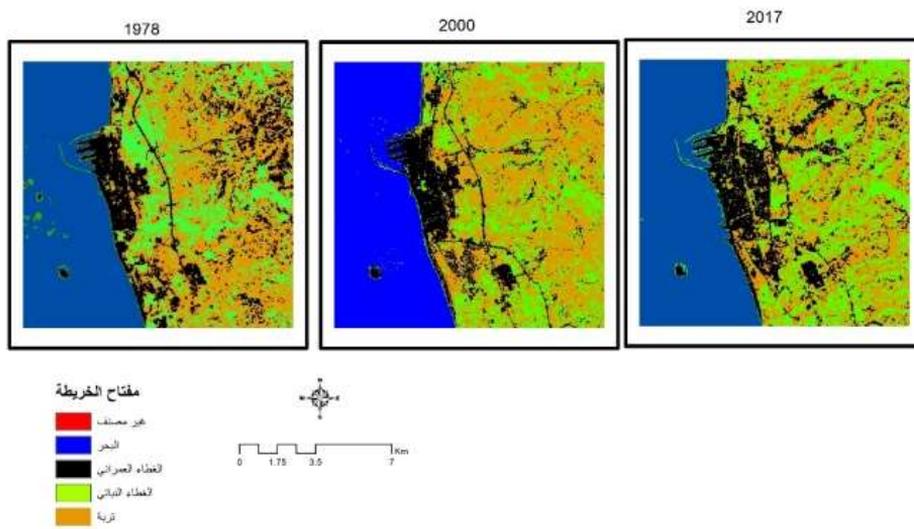
الشكل 5 : صور مصنفة لمدينة طرطوس في الاعوام 1987، 2000 و 2017 بطريقة التصنيف غير المراقب

#### 2.2.4 التصنيف المراقب

في التصنيف المراقب يتم توجيه البرنامج من قبل المستخدم على أساس مجموعة من البيانات المعبرة عن فئات التصنيف المختلفة يطلق عليها عينات التدريب يتم إدخالها للبرنامج مسبقاً ويمكنه من خلالها التعرف على الفئات المختلفة داخل الصورة [4].

هناك العديد من المناهج التي يتم اتباعها عند التصنيف المراقب منها الطرق الإحصائية وهي الأكثر استخداماً، الطرق غير الإحصائية والطرق الهندسية التي تعمل على الفصل بين الفئات التصنيفية بسطوح هندسية. يعتبر التصنيف بطريقة الاحتمالية العظمى ( Maximum Likelihood Classification) من أكثر التصنيفات شيوعاً، وهو عبارة عن تصنيف إحصائي تعتمد خوارزميته على منحنيات التوزيع التكرارية (Histogram) للنطاقات ذات التوزيع الطبيعي وعلى قاعدة قرار الاحتمال الأعظمي المستندة على مبدأ الاحتمالات أو ما يسمى بتصنيف بايز Bayes Classification [5].

تمت عملية التصنيف بطريقة الاحتمالية العظمى لصور مدينة طرطوس ضمن برنامج Erdas Imagine، حيث اخترنا أربعة فئات أساسية من أنماط للغطاء الأرضي (البحر - الغطاء العمراني - الغطاء النباتي - التربة)، ومن ثم الاعتماد على مجموعة من عينات التدريب والتأكد منها وتقييمها قبل البدء بعملية التصنيف.



الشكل 6 : صور مصنفة لمدينة طرطوس في الاعوام 1987، 2000 و 2017 بطريقة التصنيف المراقب بخوارزمية الاحتمالية العظمى

### 3.4 التصنيف القائم على الكائن

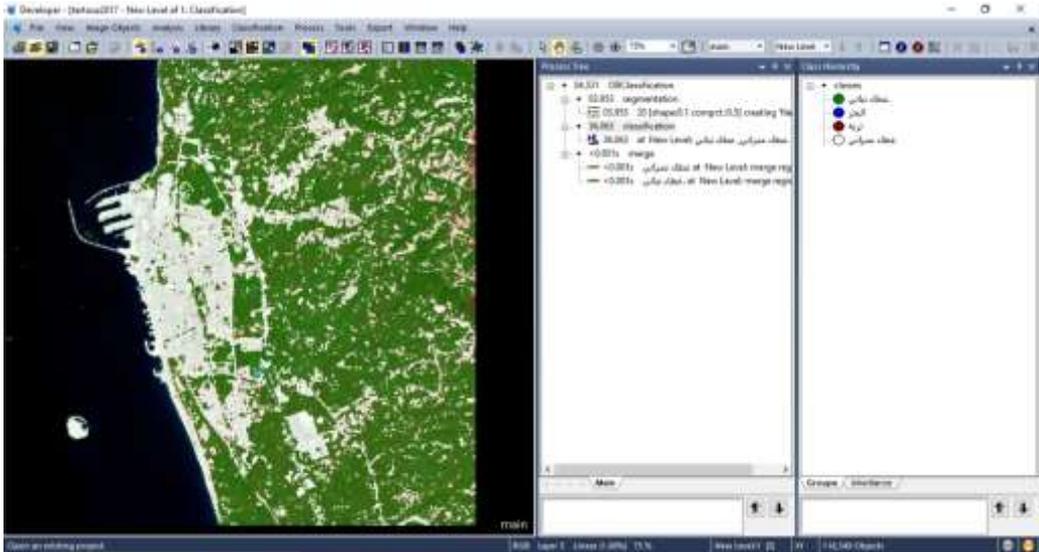
تم تطبيق التصنيف اعتماداً على الكائن على صورة مدينة طرطوس عام 2017 ضمن برنامج eCognition Developer. يعتمد مبدأ العمل على إنشاء تسلسل محدد لتنفيذ التصنيف من خلال (process tree) وهو عبارة عن برنامج نصي يتحكم في العمليات (الخوارزميات) التي يتم تشغيلها وترتيب تنفيذها.

يعتبر التقسيم أو التجزئة (Segmentation) الخطوة الأولى في عملية التصنيف اعتماداً على الكائن، وهو يقوم بإنشاء كائنات أو عناصر الصورة التي سيتم تنفيذ عملية التصنيف بناءً عليها. يتمثل الجزء المهم في عملية التجزئة في تحديد الكائنات التي تمثل السمات التي نرغب في تصنيفها والتي تكون مميزة حسب خصائص محددة مثل القيم الطيفية والشكل والنسيج. تم استخدام التقسيم مختلف الدقة (Multiresolution segmentation) مع تحديد معامل المقياس (Scale Parameter) بـ 20 للحصول على عناصر متوسطة الحجم، حيث يتحكم هذا المعامل في مقدار التباين الطيفي داخل الكائنات وبالتالي حجمها الناتج وكلما كانت قيمته أكبر كلما كان حجم العناصر أكبر والعكس صحيح، وقد اعتمد الكثير من الباحثين وفي العديد من الدراسات

التطبيقية على نهج التجربة والخطأ لاختيار معامل المقياس المناسب لعملية التصنيف واستخراج كائنات الصورة [6] [7].

تم اختيار قيمة معامل الشكل ( Shape ) مساوية لـ 0.1 ويمثل هذا المعامل توزيع بين شكل الكائنات ولونها الطيفي، حيث إذا كانت قيمته = 0، يتم أخذ اللون بالاعتبار فقط بينما إذا كانت قيمته أكبر من 0 يتم أخذ شكل الكائنات بعين الاعتبار مع اللون وكلما زادت القيمة زادت أهمية أخذ الشكل بالاعتبار، وتم تعيين قيمة معامل الاكتزاز ( Compactness ) بـ 0.5 وهو عبارة عن معامل توزيع لتمثيل انضغاط الأشياء المتكونة أثناء التجزئة.

تم فيما بعد وكمرحلة أساسية ثانية تنفيذ التصنيف بطريقة الجار الأقرب ( Nearest neighbour classification ) على الصورة المجزأة وبالاعتماد على متوسط القيم الرقمية للبيكسلات لكافة النطاقات، ويوضح (الشكل 7) آلية العمل ضمن برنامج eCognition من خلال ثلاث نوافذ، الأولى توضح فئات التصنيف المطلوبة والمتمثلة بأربع فئات أساسية، وتبين النافذة الثانية شجرة المعالجة وترتيب العمليات والخوارزميات المختلفة ابتداءً من عملية التقسيم، ومن ثم التصنيف وانتهاءً بعملية دمج الكائنات الناتجة، وتظهر النافذة الثالثة النتيجة النهائية لعملية التصنيف .



الشكل 7: التصنيف القائم على الكائن في برنامج eCognition

**4.4 تقييم دقة التصنيف القائم على البيكسل (غير المراقب والمراقب) والقائم على الكانن**

تقييم الدقة هو الجزء الأهم في التصنيف، حيث تقوم من خلاله بمقارنة الصورة المصنفة بمصدر بيانات آخر يعتبر بيانات دقيقة [8]. تتمثل الطريقة الأكثر استخداماً لتقييم دقة الخريطة المصنفة بإنشاء مجموعة من النقاط من بيانات صحيحة وواقعية ومقارنتها بالبيانات المصنفة، حيث يتم بناء "مصنوفة الخطأ" (الجدول 1)، وهي مصنوفة مربعة تمثل فيها الصفوف فئات الغطاء الأرضي من الصورة المصنفة والأعمدة فئات الغطاء الأرضي من الصورة المرجعية، ومن خلالها يتم حساب معايير الدقة المختلفة كدقة التصنيف الكلية (overall accuracy) (المعادلة 1) ومعامل كابا (Kappa) (المعادلة 2).

**الجدول 1: مصنوفة الخطأ**

		Reference				
		Class 1	Class 2	Class 3	Class 4	Total
Map	Class 1	P <sub>11</sub>	P <sub>12</sub>	P <sub>13</sub>	P <sub>14</sub>	P <sub>1.</sub>
	Class 2	P <sub>21</sub>	P <sub>22</sub>	P <sub>23</sub>	P <sub>24</sub>	P <sub>2.</sub>
	Class 3	P <sub>31</sub>	P <sub>32</sub>	P <sub>33</sub>	P <sub>34</sub>	P <sub>3.</sub>
	Class 4	P <sub>41</sub>	P <sub>42</sub>	P <sub>43</sub>	P <sub>44</sub>	P <sub>4.</sub>
	Total	P <sub>.1</sub>	P <sub>.2</sub>	P <sub>.3</sub>	P <sub>.4</sub>	1

$$(1) A = \sum_{j=1}^q p_{jj}$$

$$kappa = \frac{n \sum_{i=1}^q p_{ii} - \sum_{i=1}^q p_{i.} p_{.i}}{n^2 - \sum_{i=1}^q p_{i.} p_{.i}} \quad (2)$$

تم تقييم الدقة وبناء مصنوفة الخطأ للطرق الثلاثة المستخدمة حيث اعتمد على 200 نقطة من البيانات الحقلية، ويظهر الجدول 2 النتائج وقيمة الدقة للطرق الثلاث.

**الجدول 2: تقييم الدقة بالطرق الثلاث**

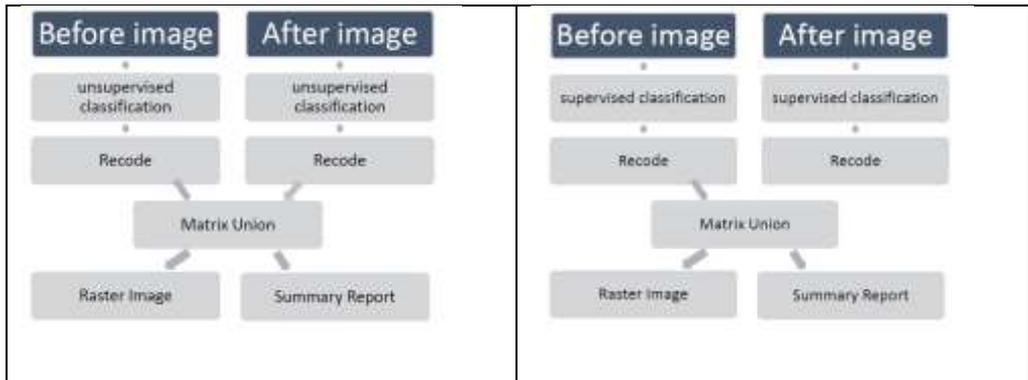
الطريقة	الدقة الكلية	معامل كابا
---------	--------------	------------

0.71	0.86	التصنيف غير المراقب بطريقة k means
0.83	0.91	التصنيف المراقب بطريقة الاحتمالية العظمى
0.88	0.94	التصنيف القائم على الكائن

بمقارنة قيم الدقة في الجدول يظهر تفوق طريقة التصنيف القائم على الكائن بدقة كلية أكبر من 94% ، ومعامل كبا 0.88، تليها طريقة التصنيف بخوارزمية الاحتمالية العظمى مساوية بدقة كلية مساوية لـ 91% ومعامل كبا 0.83، بينما كانت نتائج تقييم الدقة للتصنيف غير المراقب بطريقة k means مساوية لـ 86% ومعامل كبا 0.71.

#### 5.4 كشف التغيرات باستخدام MATRIX UNION

يتم تحديد التغيرات بعدة طرق ومن أهمها استخدام الأداة Matrix Union بين صورتين قبل وبعد التغير سواء باستخدام التصنيف غير المراقب أو المراقب ويمكن تلخيص آلية عملها بالمخططين المبينين بالشكل 8:



الشكل 8 : مراحل تحديد التغيرات باستخدام التصنيف غير المراقب والمراقب

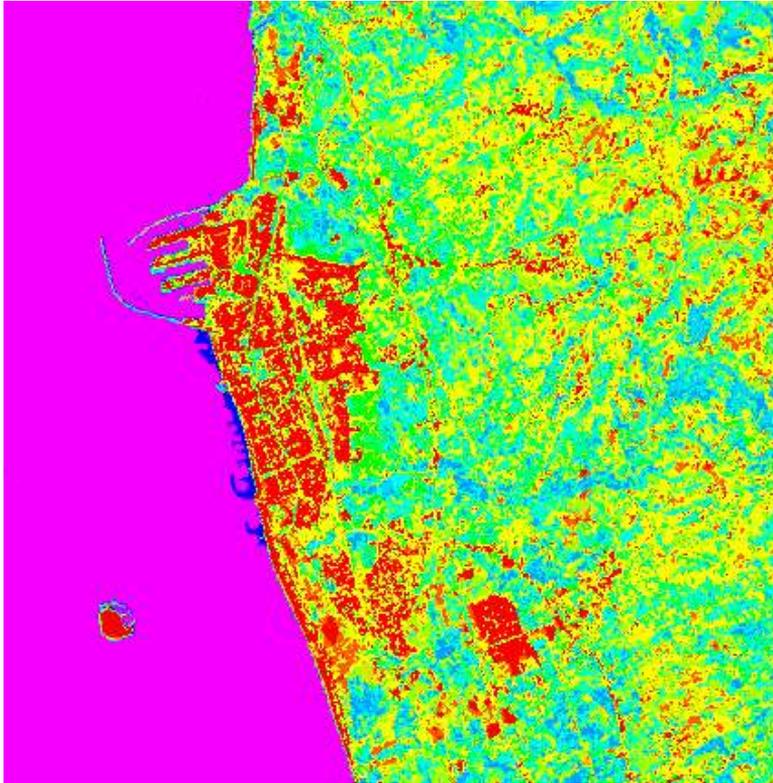
يتم تحديد التغيرات باستخدام Matrix Union حيث يقوم هذا التابع بتحليل صورتين مصنفتين وترتيب قيم البيكسلات الناتجة عن تصنيف كلا الصورتين ضمن مصفوفة أعمدها هي قيم

الصورة الأولى المدخلة وصفوفها هي قيم الصورة الثانية المدخلة. يمكننا باستخدام هذه المصفوفة تحديد النقاط المشتركة بين الصورتين، تحديد المساحة المشتركة الناتجة عن اجتماع الصورتين أو المساحة الناتجة عن تقاطعهما وغيرها من التراكيب المنطقية التي تشير إلى التغيرات التي حدثت لكل فئة. عند اختيار التركيبة المناسبة

للحالة المدروسة نحصل على ملف جديد يحوي النتائج التي تعرض عن طريق صورة raster باستخدام خصائصها نستطيع تحديد التغير المطلوب في كل فئة.

ويوضح الشكل 9 التغييرات التي طرأت على الفئات المختلفة في مدينة طرطوس بين العام 2000 والعام 2017.

من ميزات هذه الطريقة سهولة الحصول على النتائج بسرعة عن طريق التصنيف غير المراقب وبالتالي يمكن إجراء كشف التغيرات حتى في حال عدم وجود عينات للتدريب ودون الحاجة الى معرفة مسبقة عن منطقة الدراسة. أما في حال وجود عينات تدريب فمن الممكن أولاً إجراء التصنيف المراقب ومن ثم حساب مصفوفة التغير عن طريق الاداة Matrix Union.



الشكل 9 : تحديد التغيرات باستخدام التصنيف غير المراقب و Matrix Union

#### 6.4 كشف التغيرات باستخدام خوارزميات الـ DELTA CUE

قمنا بالاعتماد على خوارزميات دلتاكيو للكشف عن التغيرات الحاصلة على مدينة طرطوس بين العام 1987 والعام 2000 وذلك اعتماداً على الامتداد Delta cue المدمج ضمن برنامج ايرداس ايماجين. حيث يوفر هذا الامتداد سلسلة من الخوارزميات والإجراءات وخطوات المعالجة الآلية المركزية لكشف التغيير بطريقة سهلة.

الميزة الأساسية في الامتداد Delta cue هو المنهج المعتمد لإيجاد الفائدة من التغييرات بالنسبة لنا، حيث يحاول التمييز بين تغيير كبير عن تغيير غير هام ومن ثم يساعد في تحديد التغييرات التي هي ذات أهمية خاصة للمشروع أوالتطبيق الخاص بنا، فمثلاً التغيير الكبير هو أي تغيير حقيقي في الغطاء الأرضي موجود في تاريخين في الصور وعلى سبيل المثال، يعتبر طريق أو مبنى جديد أو تغيير في ظروف التربة تغيير كبير، على الرغم من أنها قد لا تكون ذات فائدة لنا، والتغيير غير الهام هو التغيير بسبب ضوضاء أجهزة الاستشعار، والاختلافات في الغلاف

Flow	Histogram	صورة عام 2000	صورة عام 2017	Color	Opacity
0	0	0	0	0	1
1	242321	1	1	1	1
2	14	1	1	2	1
3	1540	1	1	3	1
4	112	1	1	4	1
5	1692	1	1	5	1
6	371	2	2	6	1
7	21545	2	2	7	1
8	5439	2	2	8	1
9	10626	2	2	9	1
10	2945	2	2	10	1
11	462	3	3	11	1
12	68716	3	3	12	1
13	7696	3	3	13	1
14	62118	3	3	14	1
15	18265	3	3	15	1
16	341	4	4	16	1
17	53336	4	4	17	1
18	3724	4	4	18	1
19	122682	4	4	19	1
20	43265	4	4	20	1
21	156	5	5	21	1
22	4829	5	5	22	1
23	1999	5	5	23	1
24	26702	5	5	24	1
25	49997	5	5	25	1

الجوي، أو سوء تسجيل الصورة .

تقوم خوارزميات الكشف عن التغيير Delta Cue أولاً بتطبيق تحويل على بيانات الصورة قبل تنفيذ عملية الاختلاف. وتهدف هذه التحولات إلى تحسين تلك الأنواع من مواد الغطاء الأرضي

التي نهتم بها على سبيل المثال، فإذا كننا مهتمين بتغييرات الغطاء النباتي، فإنه يتم استخلاص الغطاء الأخضر حسب مؤشر الغطاء النباتي، وبالتالي يتم تسليط الضوء على التغييرات في الغطاء النباتي في الفرق بالخضار بين التواريخ.

أما خوارزميات الألوان الأساسية هي الأنسب للكشف عن الكائنات التي من صنع الإنسان التي تظهر بالأحمر والأخضر، أو الأزرق، وبالتالي، اختيار خوارزمية الكشف عن تغيير محدد يلغي التغييرات التي ليست ذات فائدة لنا.

وتشمل الآلية الثانية لتحديد الفائدة من التغييرات تحديد مرشحات التغيير، التي تقوم بالقضاء على التغييرات الغير المواتية على أساس الخصائص الطيفية والمكانية للمناطق.

يوفر Delta Cue سلسلة من الخوارزميات والمرشحات وخطوات المعالجة الآلية التي يمكن للمستخدم المتقدم اختبارها بسهولة وضبطها لتحقيق النتائج المثلى لسيناريو كشف التغيير المعين.

الأسلوب الأكثر استخداماً هو طرح بكسل صورة واحدة من بكسل المقابلة في الصورة الأخرى. نظرياً إذا لم يحدث أي تغيير يكون الفرق بين الاثنين هو صفر .

وعلى افتراض الطرح من الوقت 1 من الوقت 2 فإن البكسل الذي حصل على إضاءة أكثر سيكون له قيم إيجابية

والبكسل الذي حصل على قتامة أكثر سيكون له قيم سلبية وتبين مسافة تلك القيمة من الصفر درجة التغيير التي حدثت.

و يستخدم برنامج Delta cue صيغة الفرق النسبي المتماثل لقياس التغيير، كما في العلاقة التالية:

$$\frac{T_2 - T_1}{|T_1|} + \frac{T_2 - T_1}{|T_2|}$$

تقسيم الفرق حسب قيمة بكسل في الوقت 1 والوقت 2 يسمح باشتقاق صورة التغيير التي تقيس نسبة التغيير في البكسل، بغض النظر عن الصورة التي تم اختيارها لتكون الصورة الأولية. فمثلاً بكسل سيكون له قيمة 20 في وقت 1 وقيمة 80 في الوقت 2 سيكون لها فرق مطلق من 60، وقيمة تغيير النسبة المئوية في صورة التغيير من 375%:

$$[(80 - 20) / 20 + (80-20)/80] * 100 = 375\%$$

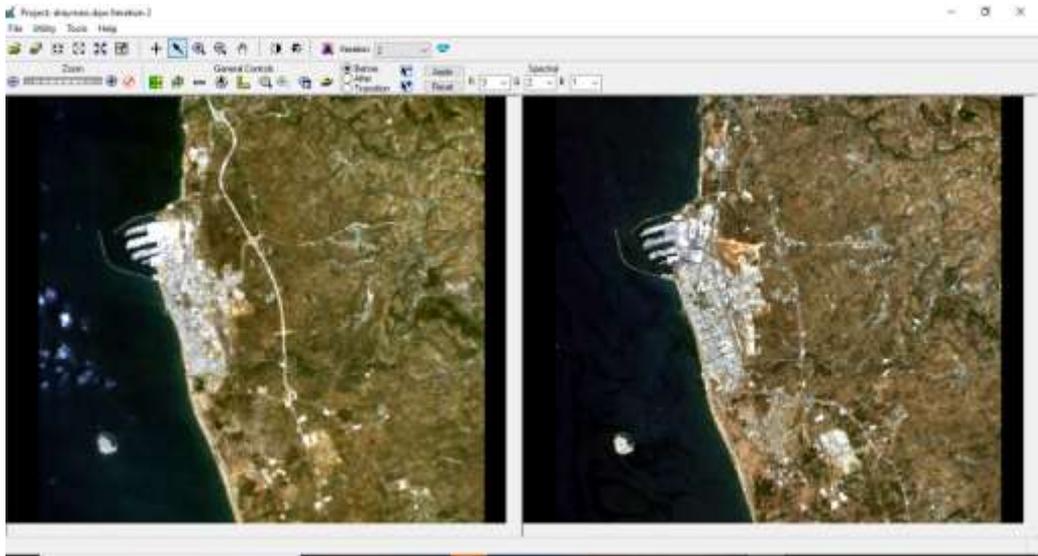
بكسل آخر مع قيمة 140 في الوقت 1 و 200 في الوقت 2 سيكون له أيضاً اختلاف مطلق بقيمة 60، ولكن نسبة التغيير سيكون فقط 72.86%:

$$[(200 - 140) / 140 + (200-140)/200] * 100 = 72.86\%$$

في معظم الحالات يمكن افتراض أن النسبة المئوية للتغيير من قيمة سطوع بكسل هو أكثر دلالة على التغيير الفعلي في الصورة من مجرد الفرق المطلق .

قمنا بإدخال صورة لاندسات 5 في العام 1987 وصورة لاندسات 7 في العام 2000 (الشكل 10) ويجب الانتباه الى انه يجب أن تمتلك الصورتان نفس الدقة المكانية، لذلك قمنا بإعادة توحيد حجم البكسل للصورتين إلى 15 م عن طريق استخدام خوارزميات Resample الموجودة في برنامج Erdas Imagine، كما يجب أن يتساوى عدد النطاقات الطيفية في الصورتين لذلك اعتمدنا على تركيبتين لونييتين طبيعيتين للصور في العامين (1R G B =3 2 1).

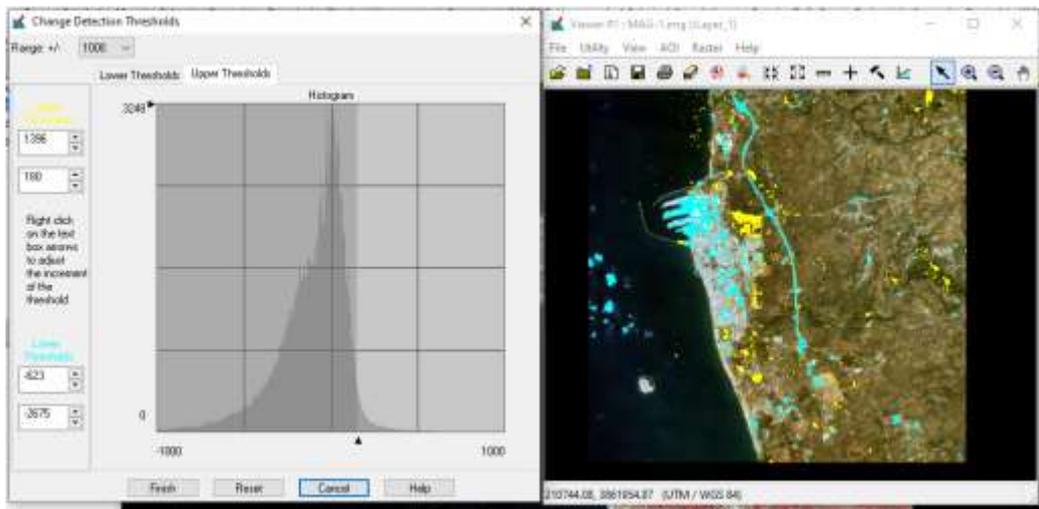
ينبغي تقييس قيم الصورة وما إذا كان أي صورة لديها غيوم. عموماً، يجب علينا دائماً تقييس قيم الصورة الصور. الغيوم ممكن أن تحرف عملية الكشف لذلك فمن المهم تحديد فيما إذا كان أي من الصور تمتلك غيوم مرئية.



الشكل 10 : صورة لاندسات 5 في العام 1987 وصورة لاندسات 7 في العام 2000

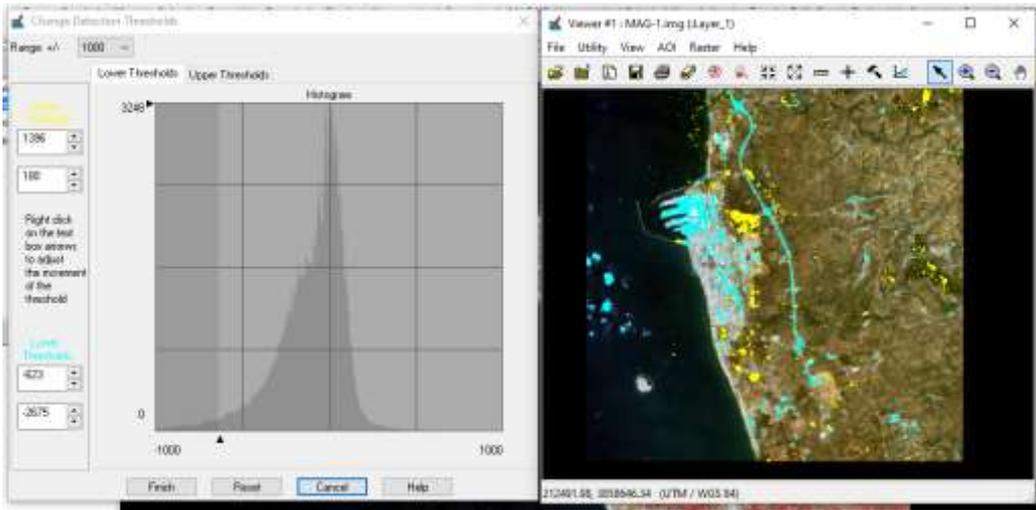
قمنا بتحديد خوارزمية التغيير لاستخدامها وذلك حسب الهدف من دراسة التغييرات، فإذا كنا نبحث عن نشاط البناء فإن أفضل خوارزمية لكشف تغييرات البناء هي Magnitude Difference. ثم نعمل الخيار Interactive Thresholds لتفعيل عتبة التغيير.

عند تنفيذ الخوارزمية يتم فتح رسم بياني للتغيير جنباً إلى جنب مع صورة الوقت 1 في العارض (الشكل 11)، ويظهر على الرسم البياني عتبة الحد الأدنى وعتبة الحد الأعلى، حيث تتحكم العتبات الدنيا في التراكم السماوي والعتبات العليا تتحكم في التراكم الأصفر. يمكن ضبط قيم العتبة عن طريق سحب عناصر التحكم الممثلة على شكل مثلث صغير. ولا يتم الاحتفاظ إلا بقيم التغيير هذه بين مجموعتي العتبات. يمكننا تغيير المقياس الأفقي لمخطط الرسم البياني باستخدام القائمة المسندة وقيم التغيير في الرسم البياني والتي هي قيم الفرق النسبي (الكسور) التي تم قياسها بعامل 1000.



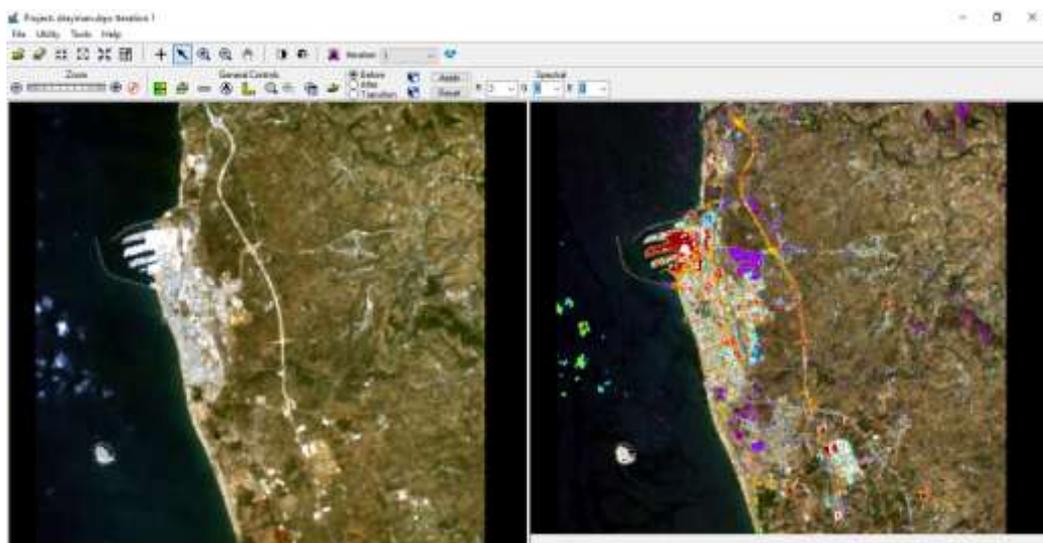
الشكل 11 : نتائج تطبيق الدلتاكيو رسم بياني للتغيير مع عتبة الحد الأدنى وعتبة الحد الأعلى مع صورة الوقت 1

يتم عرض النتيجة (الشكل 12) على الصورة الأولى ويتم تمثيلها بألوان مختلفة لتعبر عن التغيرات الحاصلة ونلاحظ أنه يوجد عدد من التغيرات. يوضح الشكل 12 التغيرات على أطراف مدينة طرطوس وزيادة التوسع العمراني، حيث قمنا هنا بتسليط الضوء على مركز المدينة، حيث نلاحظ بشكل واضح التغيرات الحاصلة وخصوصاً منطقة مرفأ طرطوس بالإضافة الى تغيرات أخرى في المنطقة تعود لتزايد أو تناقص الغطاء النباتي أو مجموعة من التغيرات في الأراضي



التي من الممكن أن تعود إلى تحول من أراضي جرداء إلى مناطق عمرانية، أو طرقات جديدة، أو مجموعة من الأراضي المزروعة.

كما يظهر الشكل 12 الغيوم التي تختلف من حين لآخر لذا فهي من التغيرات الواضحة الحاصلة بين التاريخين المدروسين.



الشكل 12 : نتائج تطبيق الدلتاكيو رسم بياني للتغيير مع عتبة الحد الأدنى وعتبة الحد الأعلى مع صورة الوقت 1

## 5. الاستنتاجات والتوصيات:

في البحث المقدم تم اختبار ثلاث تقنيات مختلفة لإنشاء خرائط الغطاء الأرضي، وقد أظهرت النتائج بأن التصنيف القائم على الكائن هو الأكثر دقة ولكنه يتطلب معرفة ومستوى عال من الخبرة. يليه التصنيف بطريقة الاحتمالة العظمى والذي يوفر نتائج مقبولة وجيدة، كما بين البحث بأنه لا يمكن اعتماد نتائج التصنيف غير المراقب نظراً للتداخل الكبير بين الفئات، ولكن يمكن الاعتماد عليه لأخذ فكرة أولية عن الأصناف المختلفة الموجودة في المنطقة. أما بالنسبة لدراسة تغيرات الغطاء الأرضي فقد تم اختبار عدة تقنيات، من أهمها استخدام Matrix union والتي تعطي تقريراً مفصلاً عن تغيير الأصناف ومن أي إلى أي فئة بالإضافة إلى حساب مساحات التغيير، ولكن استخدام هذه الأداة يحتاج إلى إجراء عملية التصنيف قبل استخدامها حتى يتمكن من تنفيذها سواء التصنيف غير المراقب، المراقب أو القائم على الكائن، كما أوضح البحث بأنه من الممكن استخدام خوارزميات الدلتاكيو لكشف تغيرات الغطاء الأرضي

والتي لا تتطلب اجراء عملية التصنيف لاستخدامها ويكتفى بإدخال صورة قبل وبعد التغير ولكن يجب أن تكون هذه الصور بنفس الدقة المكانية ونفس عدد النطاقات الطيفية. نوصي بضرورة استخدام تقنية الاستشعار عن بعد في توفير قاعدة بيانات وتحديثها بصورة مستمرة للغطاء الأرضي لأنه يوفر معلومات دقيقة شاملة عن المناطق المراد دراستها، ويوفر التحليل وحساب المساحات وإنتاج خرائط دقيقة عوضاً عن الأساليب التقليدية القديمة. كما نوصي باستكمال الدراسة الحالية باستخدام صور أكثر دقة، ومقارنة النتائج تمهيداً لانجاز خرائط الغطاء الأرضي لكامل الجمهورية العربية السورية.

## 6. المراجع

[1] د. حنان كامل درويش، د. عدنان أحمد محمد كتاب نظم المعلومات الجغرافية، منشورات جامعة البعث (2017).

[2] Bruzzone, Lorenzo, and Diego Fernández Prieto. "Unsupervised retraining of a maximum likelihood classifier for the analysis of multitemporal remote sensing images." IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing 39.2 (2001): 456-460.

[3] Gupta, Neha, and H. S. Bhadauria. "Object based information extraction from high resolution satellite imagery using eCognition." International Journal of Computer Science Issues (IJCSI) 11.3 (2014): 139.

[4] د. م. حنان درويش، د. م عدنان أحمد محمد، و د. م. فادي عز الدين شعبان. "تطوير نموذج للتعلم العميق بالشبكات العصبونية الاصطناعية لاستخراج المناطق العمرانية من صور الاستشعار عن بعد - منطقة الدراسة: حمص- طرطوس."مجلة جامعة البعث، سلسلة العلوم للهندسة المدنية والمعمارية 43.7 (2021): 43-66.

[5] Richards, John A., and J. A. Richards. Remote sensing digital image analysis. Vol. 3. Berlin: Springer, 1999.

[6] Ma, Lei, et al. "A review of supervised object-based land-cover image classification." ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing 130 (2017): 277-293.



