# Applied Study to Evaluate and Rehabilitate Schools Affected by the War on Syria

**Dr. Fayez Ali Jrad***

**(Received 24 / 3 / 2023. Accepted 9 / 5 / 2023)**

## □ ABSTRACT □

The terrorist war on Syria left a large amount of destruction in terms of both infrastructure and buildings, as the number of damaged buildings reached large numbers in a large number of Syrian cities, and part of those buildings were school buildings, so a large part of these buildings must be demolished because they are not The validity of its use and another section, the percentage of damage to it was small, and this building can be repaired and strengthened.

In this research, a framework was developed to evaluate the damaged school buildings and to determine the overall damage percentage of the building by evaluating the structural elements of the building and determining the degree of damage for each of them, through the field study and tests, leading to the structural analysis, where the Etaps program was used, and in the end, appropriate reinforcement methods were used for each A case of the structural elements and as an applied study of the framework, work was done on the case study, which is a school building in Lattakia Governorate, Aramo region, to document the method of study and the reinforcement used.

**Keywords:** School buildings - structural analysis - degree of damage - consolidation

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

* **Associate Professor - Construction engineering and management- Faculty of Civil Engineering – Tishreen University, Lattakia- Syria. fayezalijrad@gmail.com**

# دراسة تطبيقية لتقييم وإعادة تأهيل المدارس المتضررة من الحرب على سورية

**د. فايز علي جراد***

**(تاريخ الإيداع 24 / 3 / 2023. قُبِل للنشر في 9/ 5 / 2023)**

## □ ملخّص □

خلفت الحرب الإرهابية على سوريا كماً كبيراً من الدمار على صعيد كل من البنى التحتية والمباني، حيث وصل عدد المباني المتضررة إلى ارقام كبيرة على عدد كبير من المدن السورية وجزء من تلك المباني كانت الأبنية المدرسية، لذلك فان قسم كبير من هذه المباني لابد من هدمه لعدم صلاحية استخدامه وقسم أخر كانت نسبة الضرر التي لحقت به تمكننا من إصلاحه وتدعيمه واعادة تأهيل، كما أدى حصول الزلزال في 2023/2/6 الى الحاق الضرر بجزء كبير من محافظة اللاذقية وبقية المحافظات التي ضربها الزلزال.

تم في هذا البحث وضع إطار عمل من عدة مراحل لتقييم الأبنية المدرسية المتضررة وتحديد نسبة الضرر الكلية للمبنى من خلال تقييم العناصر الانشائية للمبنى وتحديد درجة الضرر بكل منها، والتي تبدأ بمعاينة المبنى و اجراء الدراسة الحقلية والاختبارات وصولا للتحليل الانشائي حيث تم استخدام برنامج ايتابس وفي النهاية تم استخدام طرق التدعيم المناسبة لكل حالة من حالات العناصر الانشائية، وكدراسة تطبيقية لمراحل العمل تم تنفيذ هذه المراحل على حالة دراسة والتي هي مبنى مدرسي في محافظة اللاذقية منطقة عرامو لتوثيق طريقة الدراسة والتدعيم المستخدمة.

**الكلمات المفتاحية:** المباني المدرسية – التحليل الانشائي – درجة الضرر – التدعيم.

**حقوق النشر** : مجلة جامعة تشرين– سورية، يحتفظ المؤلفون بحقوق النشر بموجب الترخيص CC BY–NC–SA 04

* **أستاذ مساعد –قسم هندسة وادارة التشييد – كلية الهندسة المدنية– جامعة تشرين– اللاذقية– سورية.**fayezalijrad@gmail.com

## مقدمة:

خلفت الحرب المستمرة في سوريا منذ أكثر من عقد وراءها الكثير من الدمار على صعيد كل من البنى التحتية والمباني السكنية، حيث وصل عدد المباني المتضررة إلى ارقام كبيرة وهذا ما تم ايضاحه من قبل REACH بالتعاون مع الأمم المتحدة للتطوير والتدريبUnitar عام 2019 والذي أوضح عدد المباني المتضررة بحسب المدينة أو المنطقة كما يوضح الشكل (1)(REACH. 2019 ).

**الشكل (1) عدد المباني المتضررة في بعض المدن والمناطق السورية**

كما وصل عدد المدارس المتضررة نتيجة الحرب الإرهابية على سوريا إلى /5288 /مدرسة منها /1793 /مدرسة مستثمرة حالياً نتيجة تدعيمها وإعادة تأهيلها، و/3495 /مدرسة غير مستثمرة، إضافة إلى وجود /6328 /مدرسة لا يمكن الوصول إليها و/31 /مدرسة تستخدم كمراكز إقامة مؤقتة لأهالينا المهجرين بفعل الإرهاب.، وجاء الزلزال الأخير ليخرج عدد كبير من المدارس الاستخدام نظرا للأضرار الكبيرة التي لحقت بها. ولذلك كان لزاماً على الفريق الحكومي وضع خطط شاملة لاعادة ترميم وتدعيم المدارس المتضررة وقد بدأت عملية إعادة تأهيل المدارس المتضررة بفعل الإرهاب منذ زمن ، فوصل عدد الطلاب المستفيدين من المباني التي اعيد تأهيلها لغاية العام الدراسي 2019/2018 الى /4100148 /طالباً، وهناك عدد كبير من المدارس التي تقع تحت سيطرة المجموعات الإرهابية المسلحة تحتاج الى تقييم وإعادة تأهيل بعد تحرير تلك المناطق، ومن هناك كانت فكرة البحث بوضع مجموعة من الخطوات يمكن اتباعها عند إعادة تأهيل أي مبنى مدرسي في المستقبل.

## أهمية البحث وأهدافه:

### 1. مشكلة البحث

يوجد أعداد كبيرة من الأبنية متفاوتة الضرر في سوريا ومن بينها الأبنية المدرسية وهنا تبرز أهمية وضع إطار عمل لتقييم مدى تضرر المبنى وتحديد قابلية المبنى للإصلاح واتخاذ القرار بإصلاح وترميم المبنى أو هدم المبنى، وكذلك اختيار البديل المناسب للإصلاح.

إن عملية تقييم المبنى واختيار طريقة التدعيم يحتاج إلى خبرات في مجال صيانة المنشآت وقد يصعب على المهندس غير الخبير تقييم مقدار الضرر واتخاذ القرار بالإصلاح وكذلك قد يواجه مشكلة في اختيار طريقة التدعيم لذلك يتم طرح التساؤلات التالية:

1. ما هي الأسس والبيانات اللازمة لتحديد نسبة الضرر؟
2. ما هي حدود الضرر التي يكون عندها المنشأ غير قابل لإعادة التأهيل؟
3. هل للتحليل الانشائي للمبنى دور هام في عملية التدعيم؟

**2.أهداف البحث**

الهدف الأساسي من البحث هو وضع إطار عمل يمكن من خلاله تقييم المبنى المدرسي المتضرر وتحديد نسبة الضرر الكلية، ثم تقديم خطوات عملية لكيفية اجراء عمليات التقييم وتحليل حالة المبنى انشائيا ثم اقتراح بدائل التدعيم المناسبة

## طرائق البحث ومواده:

المنهج المعتمد في البحث هو المنهج التحليلي يشمل مجموعة من الخطوات:

1. دراسات سابقة عن تقييم المنشآت المتضررة بصرياً وتحليلياً وطرق المعالجة واستخدام البرامج الحاسوبية في عملية التقييم.
2. وضع مؤشرات لقياس مقدار الضرر الحاصل في المنشأ.
3. تعريف حدود الضرر واقتراح بدائل الإصلاح للأضرار التي تعرض لها عناصر المبنى.
4. تطبيق إطار العمل المقترح على حالة دراسة.

**3. الدراسة المرجعية**

تعد عملية تقييم مقدار الضرر الحاصل في المباني القائمة هامة جداً وضرورية لتحديد حاجة مبنى ما للإصلاح أو وضع طرق لإصلاح المباني المتضررة، وقد تبنى الباحثون أساليب مختلفة في تقييم المباني بهدف تحقيق نتائج ابحاثهم التي تختلف من مجرد تحديد العناصر التي هي بحاجة لإصلاح إلى تحديد قابلية المباني للإصلاح وكذلك تحديد وتقييم عمليات التدعيم.

فقد قام الباحث (Diamantidis, 2009 ) بوضع مخطط نهجي لتسلسل عمليات التفتيش في الموقع واتخاذ القرار بهدم الهيكل أو تدعيمه أو تقليل الاحمال أو الاكتفاء بمراقبة مكثفة وقد اعتمد البحث على مؤشر الكلفة للعواقب فقط دون التطرق إلى القدرة الانشائية والتحليل الانشائي

كذلك قام الباحث ( عباس و أخرون ، 2014) بدراسة وتحديد معايير التقييم الفنية والإنشائية بناءً على مراجعة تاريخ المنشأ، والمعاينة البصرية والقياسات البسيطة التي لا تتطلب اختبارات خاصة أو فحوصات على المدى الطويل.

كما قدم معهد البيتون الأمريكي (ACI) American Concrete Institute عدة مراجع للمساعدة في التقييم البصري والانشائي للمباني القائمة ( ACI, 1999) ، (ACI, 2003)، (ACI, 2008). نلاحظ أن الدليل الصادر عن معهد البيتون الأميركي ينصح باتباع تسلسل معين في عملية التقييم يشتمل على سجلات المنشأ والتفتيش البصري والتحليل الانشائي معاً ،كما ينصح بدراسة الجدوى الاقتصادية لعمليات الإصلاح.

هناك بعض الأبحاث التي اعتمدت على المنطق الضبابي (Kant Jain et al, 2012) الذي ركز على التقييم اللغوي القائم على آراء وتقييمات الخبراء، واعتمدوا على المنطق الضبابي لاعتبارهم بأن المعلومات الواردة من الخبراء

نوعية. أما (العبيد و أخرون ، 2021) فقد اعتمد على المنطق الضبابي في اتخاذ القرار بإصلاح المباني التي تضررت جراء الحرب على سورية، وقام الباحث بإعداد نموذج يساعد باتخاذ القرار بخصوص اصلاح المبنى على مستوى المبنى وعلى مستوى المباني المجاورة وكذلك على مستوى المنطقة.

لكن العديد من المراجع وجميع الأدلة تنوه إلى أهمية التحليل الانشائي ودوره في تقييم قابلية اصلاح المباني وعمليات التدعيم فكان الهدف الأساسي لبحث (Lazaris, A., 2019) هو التقييم الزلزالي للمبنى من أجل تحديد ما إذا كانت هناك حاجة لتقويته باستخدام التعديل التحديثي للمبنى

استخدم ( Wibowo .R et al ., 2020 ) التحليل الانشائي الزلزالي والتحليل الستاتيكي اللاخطي لتقييم حالة المبنى القائم، تمت نمذجة المبنى وهو مرآب للسيارات وتحديد عيار البيتون ومقاومة الخضوع لحديد التسليح باستخدام التجارب الحقلية كما تم توضيح مواصفات المبنى المتمثلة في طول المبنى وعرضه وسماكة البلاطات وأبعاد كل من الجوائز والأعمدة وكذلك معامل الاستجابة الزلزالية ودرجة أهمية المبنى.

كما تم ذكر مؤشر مهم متعلق بالحالة الانشائية للهيكل وفق العديد من المراجع ويسمى (Damage Index) وهو مهم في تحديد قابلية اصلاح المبنى (Tabeshpour, et al., 2004 ) يمكن أن يمتد مؤشر الضرر ليشمل الطابق من خلال جمع مؤشرات الضرر للعناصر في الطابق.

قدم ( Makhloof, et al., 2021,) دراسة مرجعية شاملة لتقييم الاضرار التي لحقت بالهياكل البيتونية المسلحة (RC)، حيث يتم تقييم الضرر بناءاً على الخصائص الهيكلية أو الديناميكية للهيكل ويتراوح مؤشر الضرر من 0 (والذي يمثل عدم وجود ضرر أو السلوك الهيكلي في المرحلة المرنة الخطية) إلى 1 (والذي يدل على انهيار المبنى بالكامل).

نلاحظ من الدراسات السابقة اختلاف طرق التقييم فكان تركيز بعض الدراسات على الناحية الانشائية والأخر على معاينة المبنى وارتباطه بالمباني المجاورة لتصل لمنطقة المبنى وتحديد درجات الضرر، فكان لابد من الاستفادة من تلك الأبحاث للوصول الى إطار عمل يمكن استخدامه وبشكل سريع لتقييم حالة الأبنية المدرسية المتضررة كونها مباني مستقلة غالبا عن المباني المجاورة، وسوف نوضح إطار العمل على أحد مدارس ريف اللاذقية.

## 4. حالة الدراسة

سوف نوضح خطوات إطار العمل المقترح مباشرة على حالة الدراسة للاختصار وهي كما يلي

### 1.4 معاينة ووصف المبنى وتعريف درجات الضرر

تم زيارة موقع المدرسة المتضررة وقد تبين وجود ضرر ضمن العناصر الإنشائية للمدرسة بالإضافة لوجود ضرر ضمن الاكساءات الداخلية والبنية التحتية للمدرسة من صرف صحي ومياه حلوة كما يوضح الشكل (2) كما تم تلخيص مواصفات ومكونات المبنى بالجدول رقم (1)

**الشكل (2) صورة للمدرسة المتضررة**

**الجدول (1) مكونات ومواصفات المبنى المدرسي**

| | |
|---|---|
| اسم المبنى | مدرسةِ (حلقة أولى) |
| المحافظة | اللاذقية |
| عنوان المبنى بالتفصيل | اللاذقية –عرامو |
| الجهة المالكة | وزارة التربية |
| مادة البناء | بيتون مسلح/حجر/بلوك |
| الجملة الانشائية | أعمدة / جوائز /بلاطات |
| عدد الكتل | 1 |
| عدد الطوابق | 2 |
| الارتفاع الطابقي | 3.35 |
| عدد الصفوف بكامل المدرسة | 6 |
| الارتفاع الكلي بدءا من الرصيف: | 7.75 |
| وظيفة المبنى | مدرسة |

تم تعريف درجات الضرر بالاستناد الى الدراسات المرجعية (Makhloof et al., 2021) (Tabeshpour and Bakhshi, 2004) واعداد استبيان لمجموعة من الخبراء والاكاديميين للربط بين درجة الضرر ونسبة التدمير الحاصلة في المبنى وبنتيجة التحليل تم اقتراح الجدول (2) لتحديد نسبة الضرر الكلية للمبنى والتي تأتي من تجميع درجات الضرر لعناصر المبنى.

وفيما يلي تعريف بدرجات الضرر التي تقع على عناصر المبنى:

**درجة الضرر (I)**

تقع تحت هذه التسمية العناصر التي حدث فيها انكسار او العناصر التي فقدت أجزاء من مقطعها وتشمل بعض الأعمدة الخارجية الحاملة والبلاطات والجوائز المحيطية من الخارج. يبين الشكل (3) بعض هذه الحالات التي تمت معاينتها في حالة الدراسة.

**درجة ضرر (II)**

تقع تحت هذه التسمية العناصر التي انسلخت فيها الطينة الإسمنتية مع طبقة التغطية للبيتون وانكشف فيها التسليح وظهر بحالة سيئة ومتقدمة من الصدأ والتآكل، كما تشمل هذه الحالة بعض الأعمدة والبلاطات والجوائز المحيطية من الخارج.

**درجة ضرر( III )**

تقع تحت هذه التسمية العناصر التي انسلخت فيها الطينة الإسمنتية مع طبقة التغطية للبيتون وانكشف فيها التسليح دون أن يخرج من الخدمة كما يوضح الشكل (4) في حالة الدراسة.

**درجة ضرر (IV)**

وتشمل العناصر التي لم تظهر عليها مظاهر تخرب واضحة ولم تنسلخ فيها الطينة الإسمنتية مع طبقة التغطية الا في مواقع محدودة حيث ظهر فيها انتفاخ للطينة بدالاً عن انسلاخها عنها

ولا يمكن عرض جميع الصور لحالة الدراسة لان عدد صفحات النشر محدودة للبحث، ولكن في النهاية تم الوصول الى الجدول رقم (3) والذي تم فيه تحديد نسبة الضرر لعناصر حالة المبنى حالة الدراسة ثم نسبة الضرر الكلية للمبنى.

**الجدول (2) تحديد نسبة الضرر الكلية للمبنى**

| نسبة الضرر الكلية للمبنى | درجة الضرر | الوصف العام |
|---|---|---|
| 90-100% | A | المباني مدمرة كلياً |
| 75-90% | B | المباني متضررة جداً ومتهدمة جزئيا بعناصرها الانشائية ولا يمكن اصلاحها – تتطلب الهدم |
| %75-50 | C | المباني لحقت بها اضرار في العناصر الانشائية ويمكن اصلاحها /تدعيمها/ |
| %50-25 | D | المباني اصبحت غير صالحة للاستخدام و يمكن اصلاحها من خلال العمل المكثف وبتكلفة عالية |
| %25-10 | E | المباني اصبحت غير صالحة للاستخدام يمكن اصلاحها بسرعة و تكلفة معقولة |
| %10-0 | F | المباني تتطلب اصلاحات خفيفة ولكن تبقى صالحة للاستخدام |

**الشكل (3) بعض عناصر المدرسة بدرجة ضرر I**

**الشكل (4) درجة ضرر III لبعض عناصر حالة الدراسة**

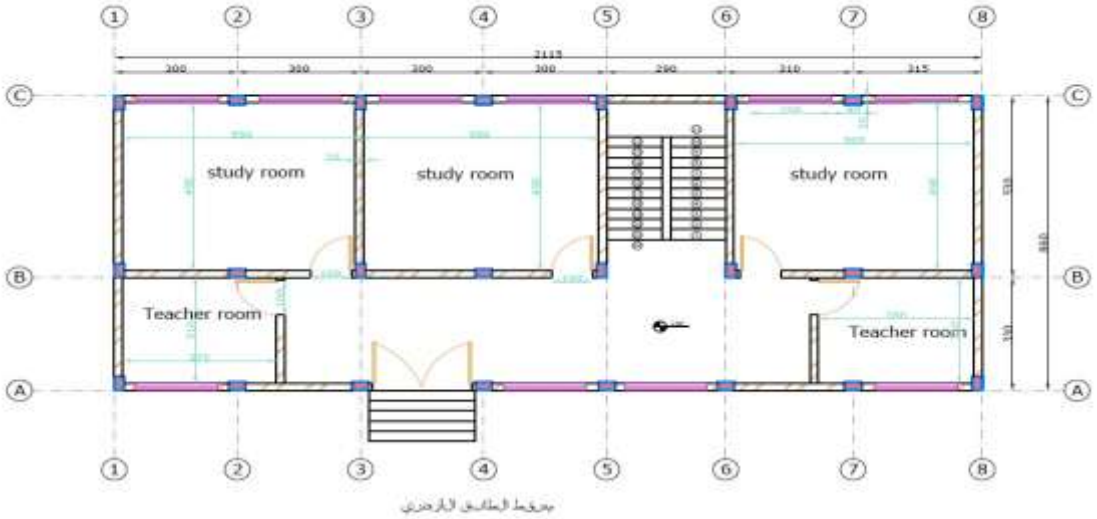
**الجدول (3) تحديد نسبة الضرر لعناصر المبنى ونسبة الضرر الكلية**

| الاسم | الضرر | | القبو | الارضي | الاول | الثاني | الثالث | الرابع | العدد الجزئي | العدد الكلي | النسبة المئوية | النسبة المئوية للنوع | نسبة الضرر الكلية |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| اضرار الاعمدة | ضرر جزئي/عدد/ | | | | 4 | | | | 4 | 52 | 8% | 13 | 1.000 |
| | ضرر كلي/عدد/ | | | 1 | | 2 | | | 3 | | 6% | | 0.750 |
| اضرار الجوائز | ضرر جزئي/عدد/ | | | | | | | | | 74 | | 34 | 0.000 |
| | ضرر كلي/عدد/ | | | 2 | 2 | | | | 4 | | 5% | | 1.838 |
| اضرار الجدران | جدران قص | ضرر جزئي/عدد/ | | | | | | | | | | 8 | 0.000 |
| | | ضرر كلي/عدد/ | | | | | | | | | | | 0.000 |
| | جدران استنادية | ضرر جزئي/عدد/ | | | | | | | | | | 2 | 0.000 |
| | | ضرر كلي/عدد/ | | | | | | | | | | | 0.000 |
| | جدران حاملة | ضرر جزئي/عدد/ | | | | | | | | | | 2 | 0.000 |
| | | ضرر كلي/عدد/ | | | | | | | | | | | 0.000 |
| اضرار البلاطات | فتحة اقل من متر | | | | | | | | | 28 | | 36 | 0.000 |
| | فتحة أكبر من متر | | | 1 | 5 | | | | 6 | | 21% | | 7.714 |
| | ضرر كلي/عدد/ | | | | | | | | | | | | 0.000 |
| اضرار الادراج | ضرر جزئي/عدد/ | | | | | | | | | | | 2 | 0.000 |
| | ضرر كلي/عدد/ | | | | | | | | | | | | 0.000 |
| اضرار الاساسات | ضرر جزئي/عدد/ | | | | | | | | | 26 | | 2 | 0.000 |
| | ضرر كلي/عدد/ | | 1 | | | | | | 1 | | 4% | | 0.077 |
| اضرار السور الخارجي | ضرر جزئي/عدد/ | | | 1.00 | | | | | 1 | 1 | 100% | 1 | 1.000 |
| | ضرر كلي/عدد/ | | | | | | | | 0 | | | | 0.000 |
| نسبة الضرر الكلية للمدرسة | | | | | | | | | | | | 100% | 12.38% |

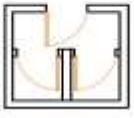
## 2.4 الدراسة الحقلية

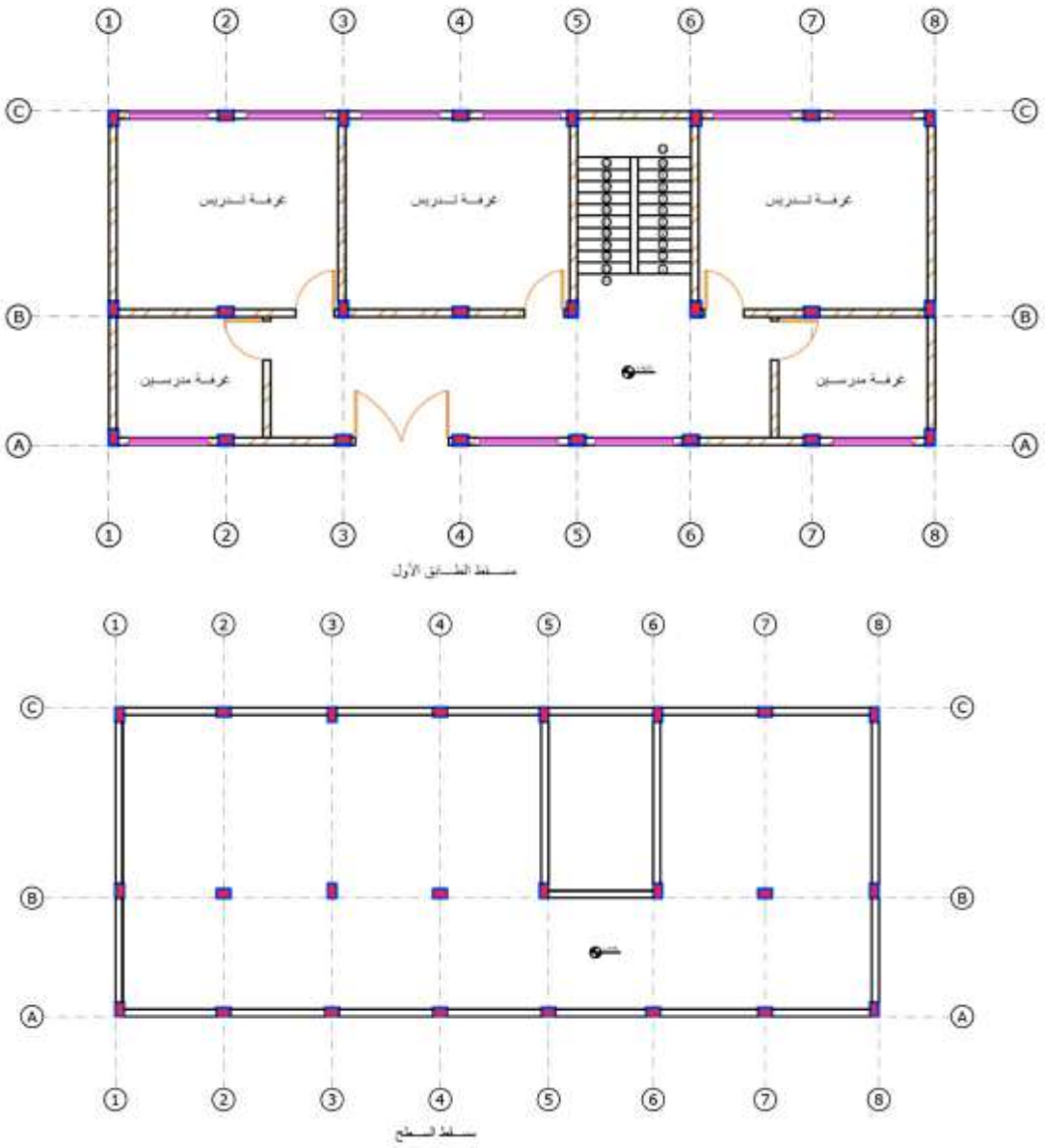
تضمنت الدراسة الحقلية الرفع المعماري واختبارات البيتون والتربة

**الرفع المعماري:** نظرا لعدم توفر مخططات للمدرسة قام الباحث بإعداد الرفع المعماري للمدرسة ورسم المخططات




مخطط الطابق الأرضي






**اختبار بيتون العناصر الانشائية**

تم اجراء تجربة المطرقة لتحديد المقاومة لعدد من العناصر الانشائية المشكلة للجملة الانشائية للمبنى وبعد اجراء التجارب تراوحت المقاومة الاسطوانية للعناصر المختبرة بين 212–218 كغ/سم2 ويوضح الجدول رقم 4 نتائج كافة الاختبارات علما بانه تم انتقاء العناصر عشوائيا من مجموعة عناصر الجملة الانشائية للمبنى حيث تم اختبار جائزين وثلاثة أعمده وبلاطه.

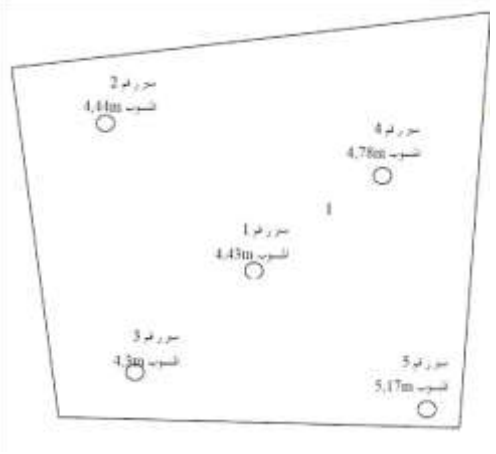
**الجدول (4) المقاومة الناتجة عن تجربة المطرقة لبعض العناصر الانشائية للمبنى**

| رقم العنصر | مجموعة القراءات الافرادية | القراءة الوسطية | المقاومة الموازية للقراءة الوسطية Kg/cm2 | المقاومة المصححة من عامل ارتياب الجهاز وبحسب العنصر |
|---|---|---|---|---|
| 1 (عمود) | 34,32,32,34,32,34 | 33 | 280 | 244 |
| 2 (عمود) | 32,32,34,32,34,30 | 32.33 | 265 | 212 |
| 3 (عمود) | 34,31,32,33,32,33 | 32.50 | 270 | 216 |
| 4 (جائز) | 32,32,34,34,32,32 | 32.67 | 275 | 220 |
| 5 (جائز) | 32,34,33,32,35,34 | 33.33 | 285 | 228 |
| 6 (بلاطة) | 30,29,30,28,32,30 | 29.83 | 270 | 216 |

**الدراسة الفنية للتربة**

تم تنفيذ مجموعة من السبور الميكانيكية بلغ عددها خمسة سبور كما يوضح الشكل 5 حيث تم استخراج العينات من مناسيب مختلفة حيث تم اختبارها وتم تحديد هويتها الجيوتكنيكية وكانت كما يلي:

- تعتمد الطبقة الصخرية الرملية كتربة تأسيس وهي طبقة مشبعة بملاط كلسي تزداد صلابة وقساوة مع العمق مع عروق غضارية تملأ كلياً الفراغات في الصخر بحيث يكون الحد الأدنى لعمق التأسيس لا يقل عن 5 متر من منسوب الطريق العام.
- يجب الا تزيد قيمة قدرة الاجهاد الأعظمي المسموح نقله الى تربة التأسيس المقترحة في الموقع المدروس والناتجة عن الحمولات المركزية واللامركزية عن $\sigma all = 5.53\ kg/cm2$



**الشكل ( 5) توزع وأعماق السبور التي تم اجراؤها**

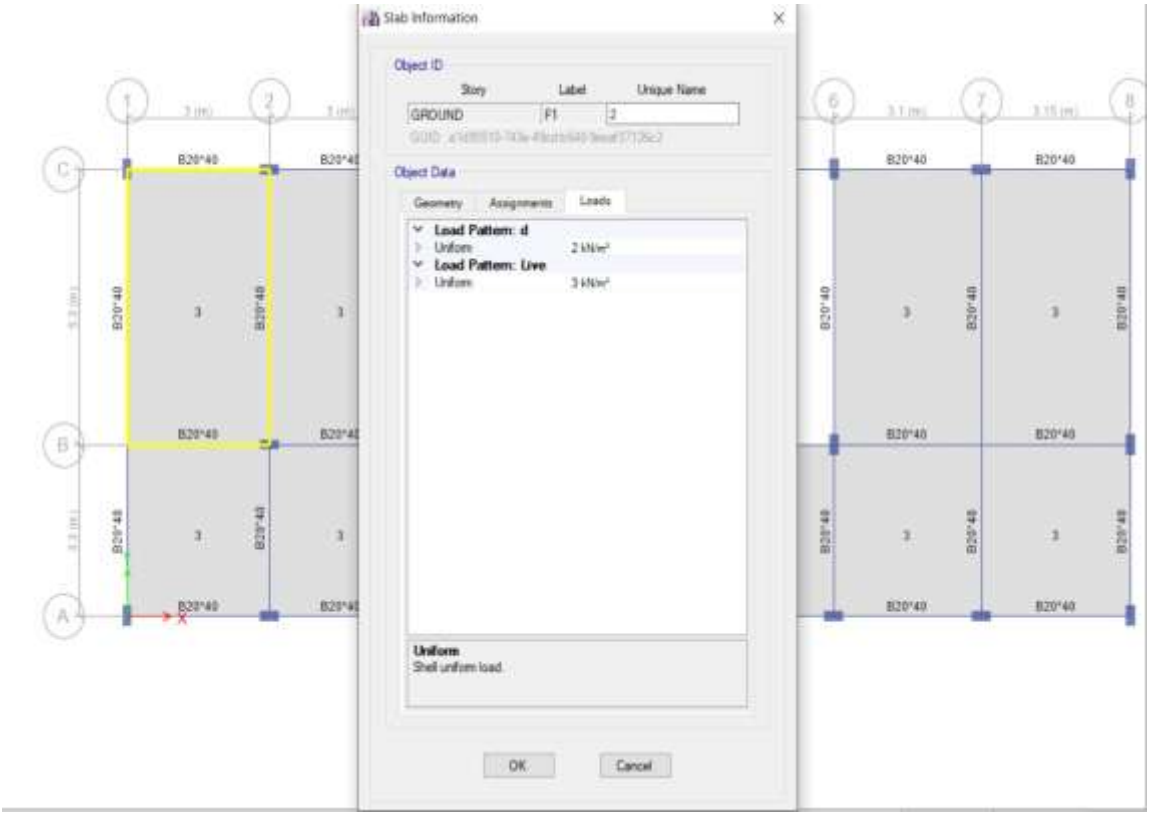
## 3.4 التحليل الانشائي للمبنى

تمت نمذجة المدرسة على برنامج ايتابس بناء على الواقع الموجود وكانت مراحل النمذجة كالتالي:

1. تعريف المواد.
2. تعريف مقاطع العناصر.

3. تعريف الحمولات والتراكبات.
4. اسناد الحمولات الحية والميتة الى عناصر المبنى.

ويوضح الشكل 6 واجهة اسناد الحمولات الى عنصر المبنى

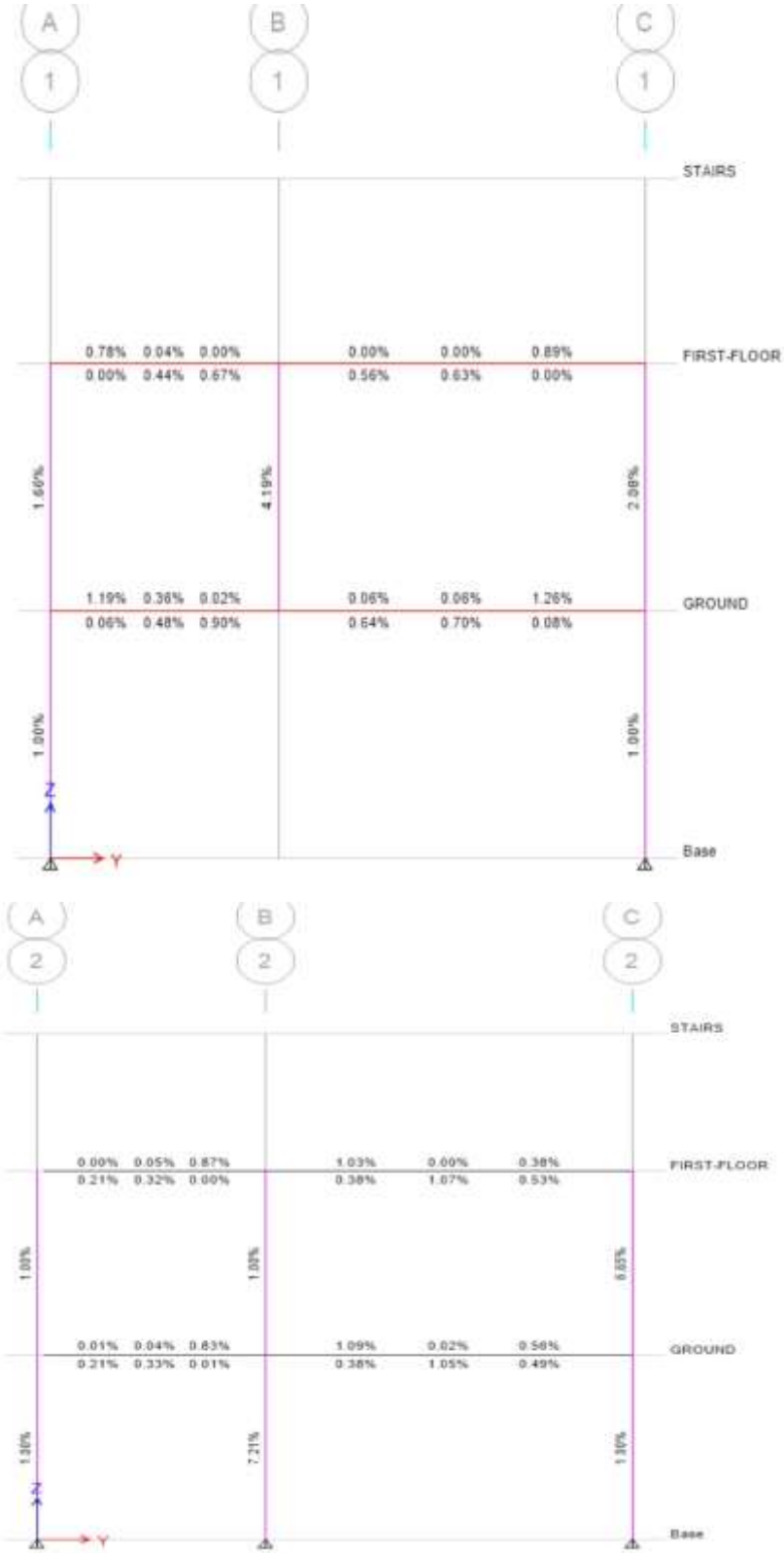



**الشكل( 6 ) واجهة اسناد الحمولات الى عنصر المبنى على برنامج ايتابس**

بعد اجراء التحليل كانت النتائج كما يلي

الاعمدة: باعتبار أن نسبة التسليح الاعظمية حسب الكود العربي السوري2.5% نلاحظ وجود فشل في بعض الاعمدة لتجاوزها نسبة التسليح العظمى كما يوضح الشكل (7 ).

الجوائز: أتت جميع النتائج بالنسبة للجوائز محققة




**الشكل( 7) بعض نتائج تحليل الايتابس للأعمدة**

### 4.4الصيانة والترميم

سنستعرض في البحث تدعيم وصيانة العناصر الانشائية الأساسية في المبنى فقط وهي البلاطة والجوائز والاعمدة.

### 1.4.4 تدعيم البلاطات المصمتة

هناك عدة أساليب وطرائق تدعيم ومعالجة للبلاطات المصمتة منها:

- استخدام شرائح تدعيمية من الخرسانة المسلحة
- تنفيذ صبه خرسانية مسلحة على سطح البلاطة
- تنفيذ ورقة إسمنتية مسلحة على الوجه السفلي للبلاطة
- تثبيت ألياف (*CFRP*) على الوجه السفلي للبلاطة المصمتة

وبما ان حالة الضرر صغيرة في البلاطة بالنسبة للحالة المدروسة تم اعتماد طريقة تنفيذ ورقة إسمنتية مسلحة على الوجه السفلي للبلاطة:

يمكن تدعيم هذه البلاطة بتنفيذ صبه من الخرسانة المسلحة باستخدام مواد ذات مواصفات عالية من مقاومة مميزة للخرسانة وفولاذ تسليح محلزن عالي المقاومة. وفكرة التدعيم بهذه الطريقة يكون التسليح السفلي لهذه البلاطات تأكسد وبالتالي ينتفخ وتتساقط طبقة التغطية الخرسانية السفلية ويزداد الأمر سوءاً بتآكل التسليح لتعرضه المباشر إلى الرطوبة والتأكسد. ويجب تأمين التلاحم الجيد بين الصبة الجديدة وسطح البلاطة تحتها بتنقير الوجه العلوي من البلاطة و تثبت أشاير معدنية بالايبوكسي في البلاطة المدعمة.

في هذه الحالة تعتبر البلاطات المتجاورة وكأنها مسنودة استناد اً بسيط اً على أضلاعها، أي باعتبار عزوم الاستمرار السالبة عند المساند مساوية للصفر.

لتكن البلاطة المستطيلة الصماء والموضحة في الشكل تستند من أطرافها الأربعة على جيزان أو جدران حاملة فيها ونتيجة تآكل التسليح السفلي في الاتجاهين وجب معالجتها بتنفيذ طبقة ورقة إسمنتية مسلحة على وجهها السفلي.

- يحسب العزمان التصميميان (*Mx*) و (*My*) من أجل الحمولات الكلية (الحية والميتة) بما فيها وزن الورقة الإسمنتية المسلحة.
- اعتماداً على المقاومة المميزة الفعلية للخرسانة وإجهاد الخضوع للفولاذ المستعمل تحسب مساحة التسليح المطلوبة ولتكن:

*Asx* في الاتجاه القصير. *Asy* في الاتجاه الطويل.

- تحدد نسبة التآكل في مساحة التسليح ولتكن المساحة المتوفرة بعد التآكل هي:

*Asx1* في الاتجاه القصير. *Asy1* في الاتجاه الطويل.

- تكون مساحة التسليح التي ستستخدم في الورقة الإسمنتية المسلحة

في الاتجاه القصير: $\overline{A}_{sx} = A_{sx} - A_{sx1}$

وفي الاتجاه الطويل: $\overline{A}_{sy} = A_{sy} - A_{sy1}$

- يفضل عادة إلغاء دور التسليح المتبقي المتآكل إذا كان التآكل كبيراً وتكون مساحة التسليح المستخدم في الورقة الإسمنتية هي:

$$\overline{A}_{sx} = A_{sx}$$

في الاتجاه القصير

$$A_{sy} = A_{sy}$$

في الاتجاه الطويل

طريقة التنفيذ:

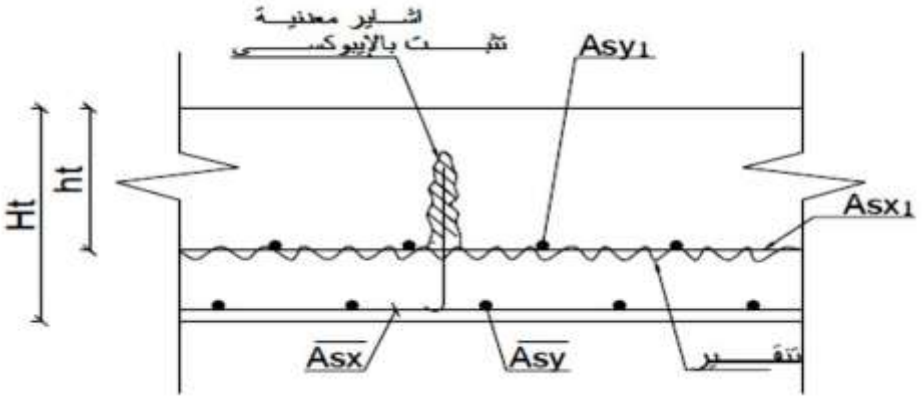
1- يتم تدعيم مؤقت للبلاطة المراد تدعيمها بهذه الطريقة بمورينات خشبية.

2- ينقر الوجه السفلي للبلاطة وتزال البقايا وينظف بالماء أو بالهواء المضغوط.

3- تثبيت أشاير معدنية في البلاطة مهمتها حمل التسليحين *Asx – Asy* الجديدين

4- يثبت التسليحان الجديدان أسفل البلاطة على الأشاير المعدنية بعد طلاء التسليح بمادة مانعة للتأكسد.

5- تنفذ الورقة الإسمنتية وفق الأصول الفنية المعروفة من ثلاثة أوجه (مسمار وبطانة وضهارة ) وبحيث لا تزيد سماكتها عن (*4 cm*) كما يوضح الشكلين (8)، (9)




**الشكل (8) طريقة تنفيذ الورقة الاسمنتية المسلحة للبلاطة**

**الشكل (9) صورة للبلاطة التي تم ترميمها لحالة الدراسة قبل وبعد الترميم**

### 2.4.4 تدعيم الجوائز الخرسانية المسلحة

تنقل الجيزان الخرسانية المسلحة الحمولات من البلاطات إلى الأعمدة وتتعلق أنواعها وأشكالها بحسب موقعها في البناء ونوع البلاطات التي تحملها، ومن مظاهر الضعف ودواعي تدعيم الجيزان الخرسانية المسلحة:

- ✓ وجود شقوق شاقوليه عند وسط فتحة الجائز في موقع عزم الانعطاف الموجب نتيجة الشد الكبير في القسم السفلي من الجائز.
- ✓ وجود شقوق مائلة بالقرب من مساند الجائز حيث يكون جهد القص كبيراً مما يولد شداً كبيراً قرب منتصف ارتفاع الجائز يميل بزاوية *45* درجة.
- ✓ ضعف المقاومة المميزة للخرسانة أو نقص أو ضعف فولاذ التسليح الطولي والعرضي (الأساور).
- ✓ زيادة الأحمال المطبقة على الجائز عن الأحمال التصميمية.
- ✓ ظهور تسهم كبير في منتصف الفتحات.

**أساليب وطرائق تدعيم ومعالجة الجيزان الخرسانية المسلحة**

لقد أجريت دراسات كثيرة على تدعيم وتقوية الجيزان الضعيفة في المنشآت والأبنية على اعتبار أن العنصر الأكثر أهمية الحامل للمبنى وأن أي ضعف أو خلل فيه قد يتسبب في تشوه في المبنى أو انهياره.

إن اختيار الأسلوب المناسب للتدعيم يتعلق بنوع الجائز وموقعه في المبنى ومدى الضعف الذي يعانيه، ونبين فيما يلي بعض طرائق التدعيم التي تتناسب وأهمية الضعف في الجائز مع واقع التنفيذ.

- ➢ تدعيم الجيزان بقميص من الخرسانة المسلحة
- ➢ تدعيم الجيزان بقفص معدني
- ➢ تدعيم الجيزان بإضافة تسليح طولي سفلي
- ➢ تدعيم الجيزان بإضافة تسليح عرضي
- ➢ تدعيم الجيزان بتثبيت ألياف (*CFRP*) لمقاومة الانعطاف والقص
- ➢ معالجة الجيزان بإكسائها بورقة ( زريقة) إسمنتية مسلحة

يستخدم التدعيم بالقفص المعدني في الجيزان عندما تكون الشقوق الشاقولية في مناطق عزوم الانعطاف الكبيرة وكذلك الشقوق المائلة قرب المساند أخف وأقل من الجيزان التي تستخدم فيها طريقة التدعيم بقفص من الخرسانة المسلحة.

تعتمد طريقة تدعيم الجيزان بقميص معدني على الأسس التالية:

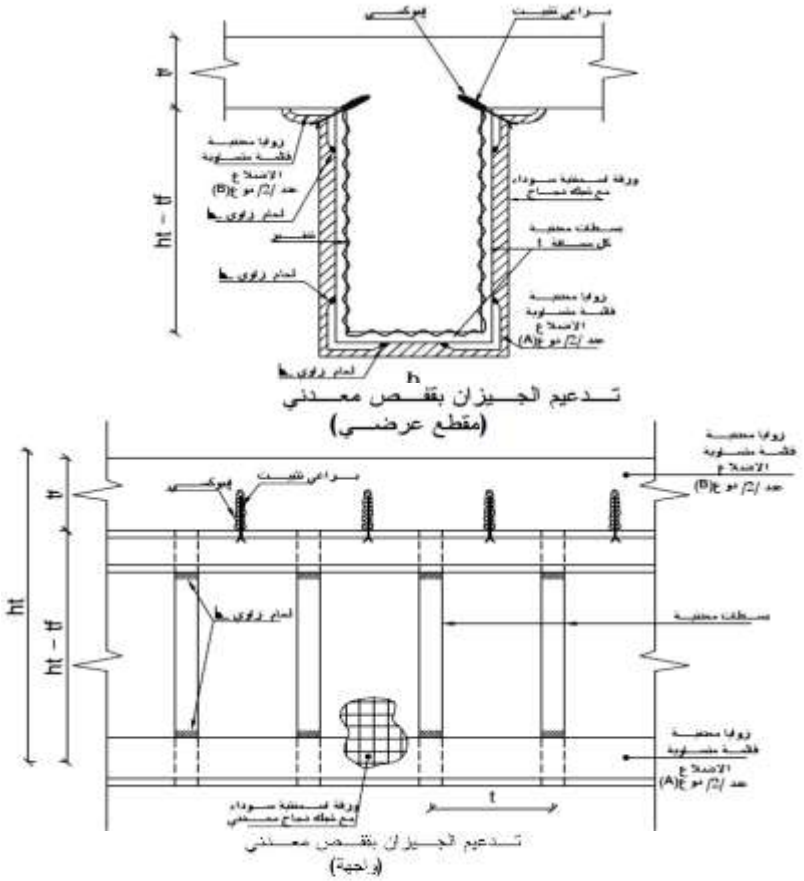
- تفضل هذه الطريقة عن غيرها إذا كان النقص في قيمة عزم الانعطاف المقاوم للمقطع العرضي(M) لا يزيد عن قيمة عزم الانعطاف الأعظمي المطبق بحدود(30 %) أي $\overline{M} \le 1.3M$
- لا يحتاج التدعيم بهذه الطريقة لمساند جديدة على طرفي الجائز.
- لا يتطلب التدعيم بهذه الطريقة تأمين فتحات في البلاطة ولا تتطلب أية ترتيبات في الطابق فوق الجائز بل تنحصر الترتيبات و الإشغالات فقط في الطابق أسفل الجائز

**طريقة التنفيذ:**

- يتم تدعيم مؤقت للبلاطة المجاورة للجائز بمورينات خشبية.
- يتم تنقير الأوجه الثلاثة للجائز المتدلي وإزالة البقايا والتنظيف بالماء أو بالهواء المضغوط.
- تحضير القفص المعدني بزواياه المعدنية الأربعة والبسطات المعدنية.

- تدهن كافة العناصر المعدنية من زوايا وبسطات وغيرها بدهان مانع للصدأ.
- رفع القفص المعدني إلى موقعه محيطاً بالجائز المتدلي ليحمل على مورينات خشبية لحين تثبيته في البلاطة الخرسانية المسلحة بواسطة البراغي.
- تنفذ على الأوجه الثلاثة للجائز المتدلي ورقة إسمنتية ويفضل الاستعانة بشبك دجاج معدني خاصة إذا كانت سماكة هذه الورقة تزيد عن (3) سم

ويوضح الشكل 10 الرسومات التنفيذية لتدعيم الجوائز لحالة الدراسة والشكل 11 صورة لاحد الجوائز التي تم تدعيمها باستخدام طريقة التدعيم المعتمدة في حالة الدراسة




**الشكل (10) الرسومات التنفيذية للتدعيم القفص المعدني**

**الشكل (11) صورة لاحد الجوائز التي تم تدعيمها لحالة الدراسة**

### 3.4.4. تدعيم الاعمدة الخرسانية المسلحة

هناك الكثير من مظاهر الضعف ودواعي التدعيم في الأعمدة الخرسانية نذكر منها

- وجود انهراس في خرسانة الأعمدة نتيجة زيادة اجهادات الضغط عن الإجهادات المسموحة.
- وجود تعشيش واضح في أوجه الأعمدة.
- تساقط في طبقة الخرسانة المحيطة بتسليح العمود مع احتمال ظهور تحنيب أو التواء في التسليح الطولي نتيجة زيادة حمولة الضغط المطبقة على طاقته.
- تشققات عشوائية على محيط العمود واهتراء طبقة الخرسانة أو تساقط أجزاء منها نتيجة الرطوبة التي تؤدي الى أكسدة التسليح وانتفاخه.
- زيادة حمولة العمود لأسباب مختلفة
- نقص في مقاومة الخرسانة أو فولاذ التسليح

**أساليب وطرائق تدعيم ومعالجة الأعمدة الخرسانية المسلحة**

تدعيم الأعمدة بقميص خرساني مسلح

تدعيم الأعمدة بقفص معدني

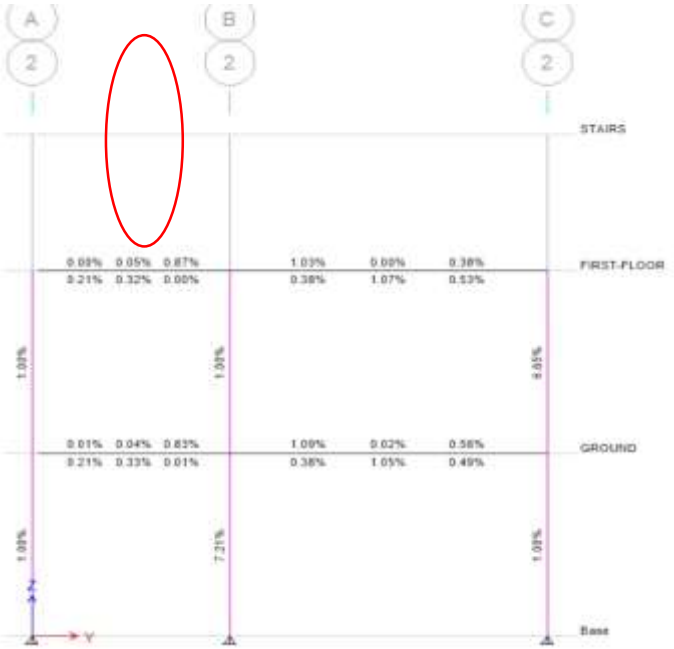
تدعيم الأعمدة بتغليفها بألياف CFRP

تدعيم الأعمدة باكسائها بورقة اسمنتية مسلحة

وفي حالة الدراسة تبين بعد التحليل ببرنامج الايتابس بان العمود الوسطي في الطابق الأرضي الموضح بالشكل (12) لا يقاوم الأحمال الشاقولية وبعد الرجوع للدراسات المرجعية ورأي الخبراء تبين أن الطريقة المناسبة للتدعيم لمثل حالة الدراسة هو التطويق المعدني حيث تستخدم هذه الطريقة عندما لا يشاهد انهراس في خرسانة الأعمدة ولا يلاحظ تحدب في تسليحها الطولي بل ان ظواهر الضعف تكمن في وجود تعشيش واضح في خرسانة العمود أو وجود بعض التشققات في الطبقة الخارجية سببها ضعف في مقاومة الخرسانة أو زيادة الحمولات عن القيم التصميمية للعمود

تعتمد طريقة التدعيم وفقاً لهذه الطريقة على الأسس التالية

- عندما لا يتجاوز نقص قيمة كفاءة العمود من الحمولة المقاومة N *عن قيمة الحمولة الفعلية المطبقة* N1 *نسبة* %40 أي $N<N1<1.4N$
- لا يتطلب التدعيم بهذه الطريقة تأمين فتحات في بلاطة السقف العلوي، أي تنحصر الأعمال في طابق العمود ، أما حساب المقاطع المعنية للزوايا والبسطات فيتم وفق ما يلي
- تحديد مساحة الزوايا الأربع A المثبتة على زوايا المقطع العرضي للعمود من قيمة فرق القوتين (N–N1)
- تحديد مساحة البسطات المعدنية الأفقية الواصلة بين الزوايا المعدنية الأربع والمسافات بينها بحيث تؤمن التطويق الجيد للعمود وتخفف تحنيب الزوايا المعدنية المضغوطة
- يعتمد حد المرونة للزوايا المعدنية والبسطات مساويا Fy = 2400 Kg/cm2



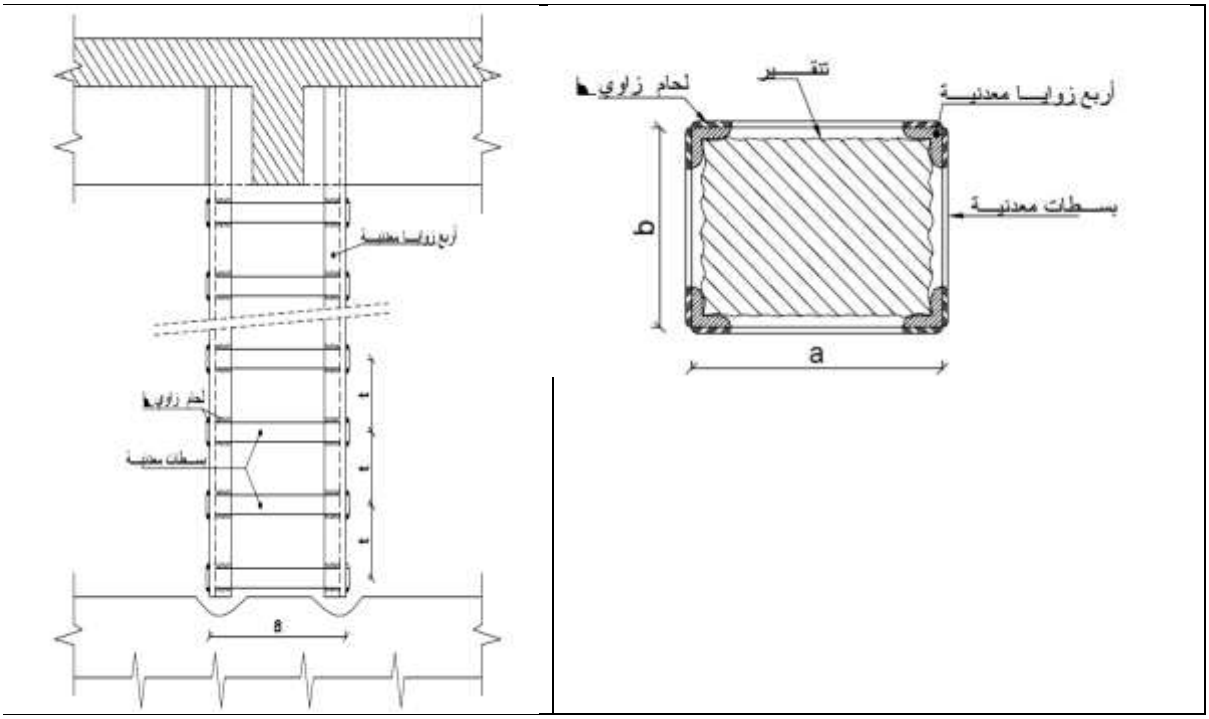

**الشكل (12) العمود الذي سيتم تدعيمه باستخدام التطويق المعدني**

طريقة التنفيذ

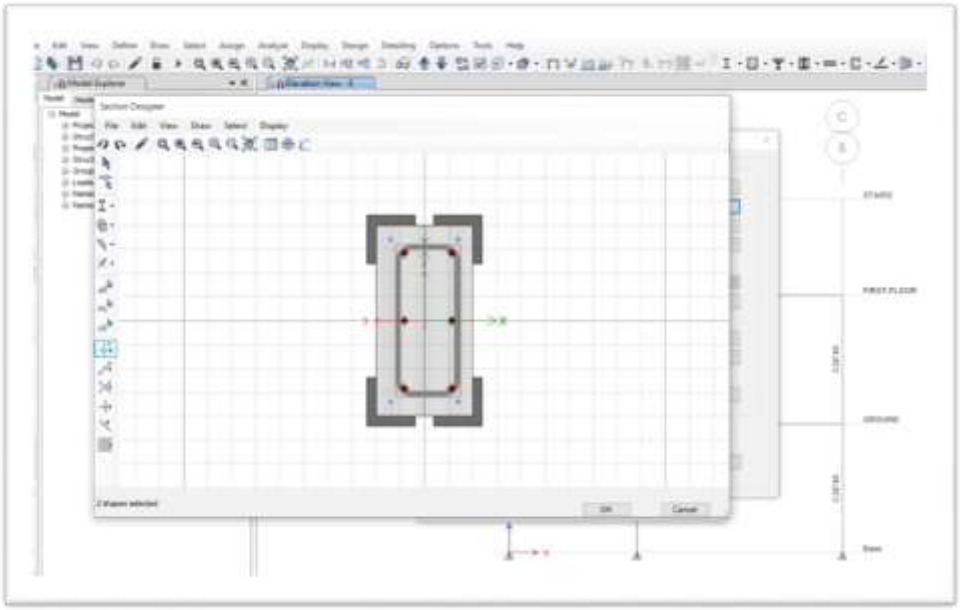
يتم تدعيم مؤقت للجيزان المحمولة على العمود

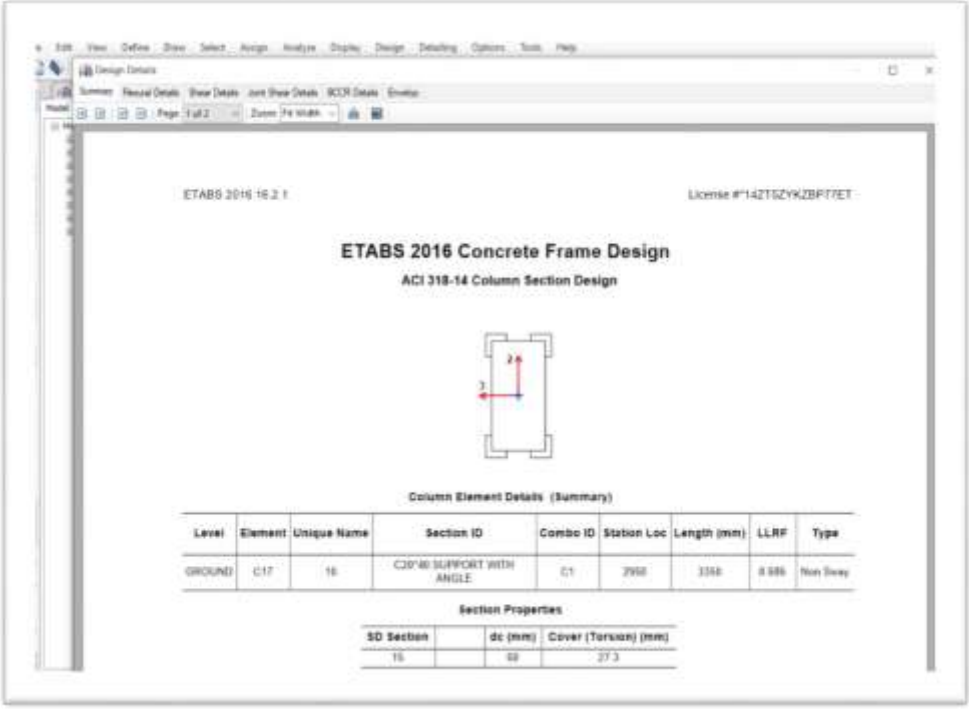
- يتم تنقير أوجه العمود بعد إزالة الورقة الاسمنتية، ثم تنظف الأوجه بالماء أو الهواء المضغوط ثم ترش بالروبة الاسمنتية.
- تحضير القفص المعدني بزواياه المعدنية الأربعة مع البسطات المعدنية بالأبعاد والقياسات مع اللحامات في الأوجه الثلاثة ويثبت باللحام الوجه الرابع بعد التركيب في الموقع.
- تدهن كافة العناصر المعدنية بدهان مانع للصدأ وذلك قبل التركيب.
- ينفذ على أوجه العمود ورقة اسمنتية ويفضل استخدام الشبك المعدني خاصة اذا زادت سماكة الورقة عن 3 سم.

- تم نمذجة الزوايا المعدنية ببرنامج الايتابس بما يؤمن تدعيم العمود وفقا للخطوات السابقة ويضح الشكل 13 واجهة ومقطع عرضي لطريقة التدعيم كما يوضح الشكل 14 النمذجة الرياضية للزوايا المعدنية ببرنامج الايتابس.




**الشكل (13) تدعيم الأعمدة بقفص معدني (واجهة ومقطع عرضي)**






**الشكل (14) تحليل الزوايا المعدنية باستخدام برنامج الايتابس**

هناك نموذج أخر من الاعمدة تم تدعيمه باستخدام قميص خرساني مسلح، وتستخدم هذه الطريقة عندما يحصل انهراس في خرسانتها أو تساقط في طبقة الخرسانة المحيطة بالتسليح وتحدب في التسليح الطولي، كل ذلك يحدث نتيجة ضعف في مقاومة الخرسانة أو زيادة الاحمال المطبقة عن الأحمال التصميمية في الأعمدة وتفضل هذه الطريقة عندما يكون هناك نقص كبير قد يصل الى 100% بين قيمة كفاءة العمود من الحمولة المقاومة N وقيمة الحمولة الفعلية المطبقة على العمود N1 اي ان

$$N<N1>2N$$

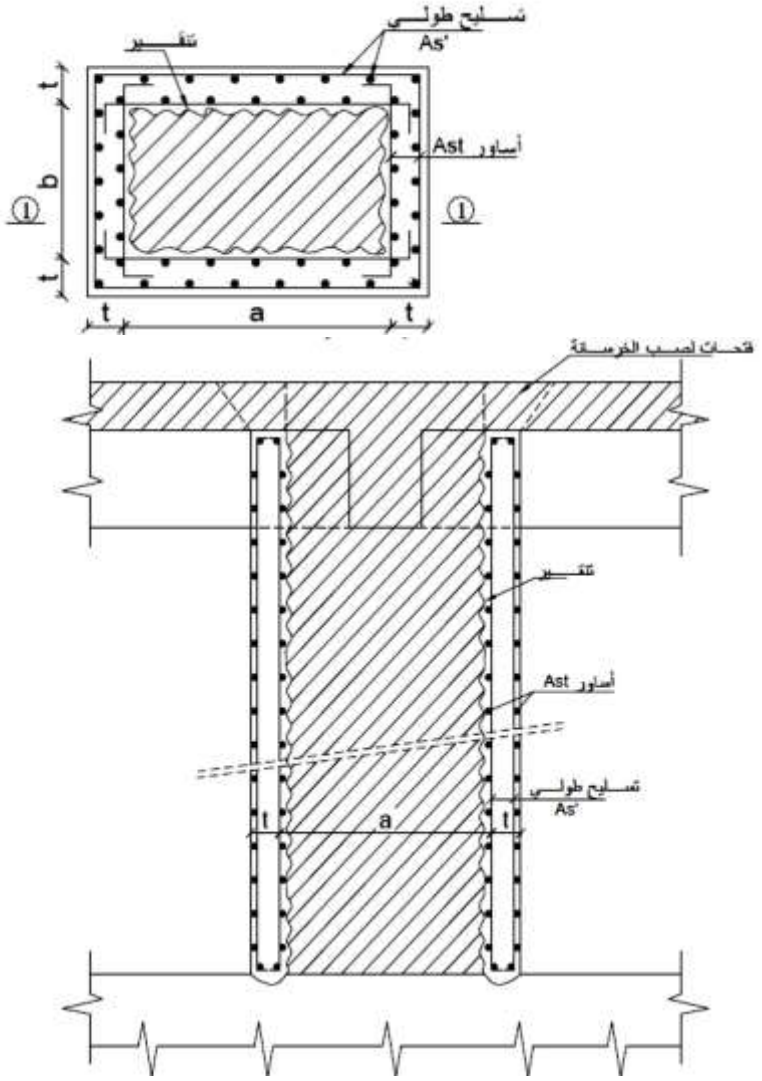
يتطلب التدعيم بهذه الطريقة تنفيذ خرسانة مسلحة ضمن أبنية قائمة وما يتطلب ذلك من اعاقات و اشغالات كما يجب ان تحصر جيداً نهايتا القميص الداعم في أعلى العمود مع السقف وفي اسفله مع الاساس اذا كان العمود في الطابق السفلي او مع السقف العلوي والسفلي اذا كان العمود بطابق متكرر

يوضح الشكل (15) مقطعاً عرضيا لعمود خرساني مسلح مستطيل الشكل أبعاد مقطعة العرضي (a*b) تم تغليفه بقميص خرساني مسلح من أطرافه الأربعة بسماكة t بحيث يتم تحديد سماكة القميص وتسليحه انطلاقا من الحسابات التالية:

تحسب قيمة N كفاءة العمود الأصلي من الحمولة الشاقولية باعتبار المساحة (a*b ) واعتماداً على مقاومة الخرسانة الفعلية المقاسة، وعادة يهمل التسليح خاصة اذا تعرض لاهتراء أو انحناء و تمثل N1 قيمة الحمولة الفعلية المطبقة على العمود كما تحدد السماكة t بحسب مساحة القميص وهي تساوي

$$(a+2t)(b+2t) -a*b$$

باعتبارها تتحمل فرق الحمولتين N–N1




**الشكل (15) مقطعاً عرضيا يوضح طريقة تدعيم عمود خرساني مسلح**

**طريقة تنفيذ تدعيم عمود خرساني باستخدام قميص خرساني مسلح**

- يتم تدعيم مؤقت للجيزان المحمولة على العمود.
- تتقير أوجه العمود بعد إزالة الورقة الاسمنتية، ثم تنظف الأوجه بالماء أو الهواء المضغوط ثم ترش بالروبة الاسمنتية.
- تركيب التسليح الطولي والاساور للقميص الداعم، اما القالب الخشبي فيركب على مراحل.
- يجري صب الخرسانة في القميص بدءاً من طرف العمود السفلي بعد التأكد من سلامة الارتكاز على الاساس أو على السقف السفلي.
- يفضل فتح اربعة ثقوب فوق القميص في بلاطة السقف العلوي لصب خرسانة القسم العلوي من العمود، وإذا تعذر ذلك يمكن ملء ما تبقى من الطرف العلوي للعمود بسماكة (20–30) يدويا بخلطة خرسانية مناسبة.

وتعتمد عادة في مثل أعمال التدعيم هذه المواصفات التالية

- ✓ حديد تسليح محلزن عالي المقامة.
- ✓ بحص ورمل نهري نظيف لا تزيد أبعاده عن 25 مم.
- ✓ عيار الاسمنت 400 كغ/ م3.
- ✓ ويوضح الشكل (16) أحد الأعمدة لحالة الدراسة التي جرى تدعيمها.

**الشكل (16) تدعيم عمود بقميص خرساني لحالة الدراسة**

## الاستنتاجات والتوصيات:

تحتاج عملية تدعيم وصيانة المباني المدرسية المتضررة من الحرب الإرهابية على سوريا الى مجموعة من الخطوات تم تأطيرها في هذا البحث.

1. يجب تقييم حالة كل مبنى بشكل منفرد لتحديد نسبة الضرر الكلية في المبنى ودراسة درجة الضرر في العناصر الانشائية للمبنى للوصول الى القرار المناسب بالهدم أو التدعيم.
2. تعتبر نتائج الدراسة الحقلية والفنية عنصر أساسي من عناصر تقييم حالة المبنى.
3. ان استخدام التقنيات والبرامج الحديثة كبرنامج الايتابس في التحليل الانشائي للمبنى سيعطي نتائج موثوقة لاختيار طريقة التدعيم الأفضل لكل عنصر من العناصر الانشائية.
4. نوصي باستخدام الخطوات المتبعة في حالة الدراسة بجميع الأبنية المدرسية في سوريا حيث تتشابه نماذج الابنية المدرسية المنفذة في جميع المحافظات السورية.

## References:


1. American Concrete Institute (ACI), ”Guide for Evaluation of Concrete Structures Prior to Rehabilitation” , ACI 364.1R-94, (1999).
2. American Concrete Institute (ACI), Strength Evaluation of Existing Concrete Buildings, ACI 437R-03, (2003).
3. American Concrete Institute (ACI) Committee 201. (2008). “Guide for conducting a visual inspection of concrete in service.” ACI 201.1R-08, Farmington Hills, MI.
4. Abbas, Khaled. Kikhia, Abdul Hamid. (2014) "Technical and Structural Assessment of Damaged Concrete Structures Using a Computer Program". Master Thesis: Damascus University, Faculty of Civil Engineering.
5. Ahmed Al-Hassan, 1997, “A training course in strengthening buildings and facilities, and the causes of cracks and distortions in buildings,” Syrian Engineers Association. Damascus.
6. Al-Obaid, Ali. Shehabi, Ibrahim. (2021) “Developing a Decision Support System for the Rehabilitation of Residential Areas in the Reconstruction Phase in Syria.” PhD thesis: Damascus University, Faculty of Civil Engineering.
7. Diamantidis, D., 2009, “Implementation of reliability based criteria for structural integrity assessment of existing structures”, Key Engineering Materials, Volume 413-414, pp. 203-210.
8. Issam Melhem,, (2015) Reinforced concrete structures , Part One, Al-Baath University
9. Kant Jain, K., and Bhattacharjee, B., 2012, “Application of Fuzzy Concepts to the Visual Assessment of Deteriorating Reinforced Concrete Structures”, Journal of Construction engineering and management.
10. Lazaris, A., 2019, “Seismic Evaluation and Retrofitting of An Existing Building In Athens Using Pushover Analysis” ,Master.Thesis, KTH Royal Institute of Technology ,Stockholm ,Sweden.
11. Makhloof, A.et al., 2021, “Damage Assessment of Reinforced Concrete Structures through Damage Indices: A State-of-the-Art Review”, journal of Computer Modeling in Engineering & Sciences.
12. REACH UNOSAT , Report, 2019 “ Syrian Cities Damage Atlas”
13. Tabeshpour, M., and Bakhshi, A., 2004, “Vulnerability and damage analyses of existing buildings”, asian journal of civil engineering (building and housing) VOL. 6, NOS. 1-2 (2005),PP 85-100.
14. Wibowo .R Rosyid R., Setiyo D.، 2020, “Seismic Evaluation of Existing Building Structures in the City of Madiun using Pushover Analysis”, Journal of physics: conference series.