R.C Structures Evaluation And Behavior Analysis Due to Explosions and Accidental Hazards

Dr. Eng. Issam Melhem **Eng. Ali Hasan**

Summery:

Engineering structures generally subjected to a set of factors that affect these structures during utilizing period, which consumes structural member resistance by influencing construction materials and structural systems.

Effects in structures appears in the form of cracking and deflections in members, which differ in patterns and dimensions, and vary from tiny cracking to considerable deformations and sometimes structural failure.

Engineers always work on engineering structures maintenance, in order to avoid defects that may happen, plus working on rehabilitation of these structures.

Engineers worked during the last few years on rehabilitation of structures and analyzing defects that appear due to normal effects (execution problems, age, soil problems, et…), besides problems and defects due to accidental hazards (Earthquakes, Tornado, Winds..). However, Since September 11th 2001 a new trend in structural science appeared, which is restoration and rehabilitation of structures that are damaged by accidental hazards (Explosions).

Since shells and explosions have huge destructive effects on structures and buildings, when a building is damaged by an explosion there are few basic concepts must be considered in order to start work, such as exploring the building and investigating the problems by analyzing effects in the location.

In Syria, many cities were severely damaged by the war, which led to lots of destruction in structures both completely demolished and partially damaged.

In addition, in our work for the reconstruction phase we have to concentrate on rehabilitation and restoration of damaged structures, leading our colleagues to methods of investigating damaged structures and ways of restoration and suitable maintenance.

This research represents the basic methods and concepts in structures evaluation, and investigating damages that happened due to accidental hazards (Explosives). Also analyzing the structural behavior of reinforced concrete structures due to direct and indirect effect of explosions, besides using computer modeling programs for analysis of behaviors and structural evaluation in order to provide the most suitable procedures of rehabilitation.

استخدام النمذجة الحاسوبية لتحليل سلوك منشآت البيتون المسلح المتضررة بفعل الانفجارات وتقييم سلامتها

د.م. عصام ملحم **م. علي الحسن**

ملخص البحث:

تتعرض المنشآت الهندسية مع مرور الزمن لمجموعة من العوامل التي تؤثر عليها خلال فترة استثمارها والتي تؤدي إلى استنفاذ قدرة تحمل العناصر بالتأثير على مواد الإنشاء والهياكل الحاملة لهذه المنشآت.

حيث تظهر هذه الآثار في المنشآت بشكل شقوق وتصدعات بالإضافة لظهور سهوم في العناصر, وتختلف في أشكالها وأبعادها وتتنوع من تشققات شعرية غير ملحوظة وحتى ظهور تشوهات واضحة تلحظ بالعين المجردة وانهيار في بعض العناصر.

وقد سعى الزملاء المهندسون كثيراً للعمل على صيانة المنشآت الهندسية وتدارك العيوب الحاصلة فيها والعمل على إصلاحها وإعادة المنشآت للاستثمار مجدداً.

على أية حال وخلال السنوات الماضية كان المهندسين يعملون على إصلاح المنشآت ودراسة العيوب الناتجة بتأثير العوامل الطبيعية (سوء التنفيذ, العمر, مشاكل التربة....), بالإضافة إلى العيوب الناتجة عن الكوارث الطارئة المتوقعة (رياح, زلازل), لكن وبعد حادثة 11/ أيلول 2001 ظهر هناك توجه جديد في علوم الهندسة الإنشائية, وهو تدعيم وصيانة المنشآت الهندسية المعرضة لفعل كوارث طارئة غير متوقعة (التفجيرات).

وحيث أن التفجيرات والقذائف تعد ذات آثار تدميرية هائلة على العناصر الإنشائية في المباني فيجب عند حصول ضرر في مبنى معين بتأثير انفجار ما معرفة مجموعة من المبادئ الأساسية في العمل من حيث دخول المبنى وتوصيفه ومعرفة الوقائع من الآثار والدلائل في موقع الحادثة.

وفي سوريا تعرضت الكثير من المدن لدمار كبير نتيجة الحرب الدائرة, أدت لتضرر عدد كبير من المنشآت الحيوية, منها ما تم تدميره بشكل كامل ومنها ما تضرر جزئياً. وفي سعينا لمرحلة إعادة الإعمار توجب علينا العمل على ترميم وصيانة المنشآت المتضررة وتوجيه المهندسين إلى طرائق استكشاف المنشآت المتضررة ودخولها وأساليب التدعيم والصيانة الأمثل لها.

يستعرض البحث طرائق وأساسيات العمل في مجال تقييم سلامة المنشآت و توصيف الأضرار الحاصلة بفعل الكوارث غير المتوقعة (التفجيرات), ودراسة سلوك منشآت البيتون المسلح بنتيجة التعرض للكوارث بشكل مباشر وغير مباشر, بالإضافة إلى طرائق النمذجة الحاسوبية لتحليل سلوك المنشآت المتضررة وتقييم سلامتها وتحديد الحلول الأنسب لتدعيمها ومعالجة هذه الآثار باستخدام النماذج الحاسوبية.

استخدام النمذجة الحاسوبية لتحليل سلوك منشآت البيتون المسلح المتضررة بفعل الانفجارات وتقييم سلامتها

1- مقدمة:

تتعرض المنشآت الهندسية مع مرور الزمن لمجموعة من العوامل التي تؤثر عليها خلال فترة استثمارها والتي تؤدي إلى استنفاذ قدرة تحمل العناصر بالتأثير على مواد الإنشاء والهياكل الحاملة لهذه المنشآت.

حيث تظهر هذه الآثار في المنشآت بشكل شقوق وتصدعات بالإضافة لظهور سهوم في العناصر, وتختلف في أشكالها وأبعادها وتتنوع من تشققات شعرية غير ملحوظة وحتى ظهور تشوهات واضحة تلحظ بالعين المجردة وانهيار في بعض العناصر.

وقد سعى الزملاء المهندسون كثيراً للعمل على صيانة المنشآت الهندسية وتدارك العيوب الحاصلة فيها والعمل على إصلاحها وإعادة المنشآت للاستثمار مجدداً. على أية حال وخلال السنوات الماضية كان المهندسين يعملون على إصلاح المنشآت ودراسة العيوب الناتجة بتأثير العوامل الطبيعية (سوء التنفيذ, العمر, مشاكل التربة....), بالإضافة إلى العيوب الناتجة عن الكوارث الطارئة المتوقعة (رياح, زلازل), لكن وبعد حادثة 11/ أيلول 2001 ظهر هناك توجه جديد في علوم الهندسة الإنشائية, وهو تدعيم وصيانة المنشآت الهندسية المعرضة لفعل كوارث طارئة غير متوقعة (التفجيرات).

وحيث أن التفجيرات والقذائف تعد ذات آثار تدميرية هائلة على العناصر الإنشائية في المباني فيجب عند حصول ضرر في مبنى معين بتأثير انفجار ما معرفة مجموعة من المبادئ الأساسية في العمل من حيث دخول المبنى وتوصيفه ومعرفة الوقائع من الآثار والدلائل في موقع الحادثة.

وفي سوريا تعرضت الكثير من المدن لدمار كبير نتيجة الحرب الدائرة, أدت لتضرر عدد كبير من المنشآت الحيوية, منها ما تم تدميره بشكل كامل ومنها ما تضرر جزئياً. وفي سعينا لمرحلة إعادة الإعمار توجب علينا العمل على ترميم وصيانة المنشآت المتضررة وتوجيه المهندسين إلى طرائق استكشاف المنشآت المتضررة ودخولها وأساليب التدعيم والصيانة الأمثل لها.

2- مصادر حمولات الانفجارات:

تصنف مصادر الانفجارات إلى نوعين أساسيين، الانفجارات التقليدية والانفجارات النووية، ويبين الجدول التالي مصادر كل نوع من الانفجارات: [1]

جدول -1-: مصادر الانفجارات التقليدية والنووية.

الانفجارات التقليدية	الانفجارات النووية
1- المواد الكيميائية والوقود	1- الحوادث النووية (في المنشآت)
2- البخار	2- الأسلحة النووية (في الحروب والتفجيرات)
3- المساحيق القابلة للاحتراق	
4- أوعية الضغط	
5- المتفجرات	
6- المتفجرات الشديدة	

ونوضح في الجدول التالي مقارنة بين الوسائل النووية و وسائل التفجير التقليدية من حيث الناتج والطاقة المتولدة: [1]

جدول -2-: مقارنة بين الوسائل النووية و وسائل التفجير التقليدية من حيث الناتج والطاقة المتولدة.

	الوسائل النووية:	**وسائل التفجير التقليدية:**
الناتج	تنتج عن هذه الوسائل كميات تكافئ عدة أمثال من الـ TNT ما يعادل (أمثال الكيلو طن للأسلحة التكتيكية) و (أمثال الميغا طن للأسلحة الاستراتيجية).	ما يعادل 1 كغ إلى 15 طن من مادة الـ TNT.
الطاقة	تحرر هذه الوسائل كميات هائلة من الطاقة (الإشعاع – الحرارة العالية – موجة الصدمة – الموجة الكهرطيسية وغيرها) وذلك ضمن فترة زمنية متناهية في الصغر لا تتعدى 1 ميكروثانية مؤثرة على مساحات شاسعة.	تحرر هذه الوسائل كميات من الطاقة اقل من سابقتها (موجة صدمة، شظايا، حرارة ..) وذلك خلال فترة زمنية صغيرة جداً تصل حتى 2 ميكروثانية مؤثرة على مساحات صغيرة.

3- العوامل التدميرية للانفجار:

لمعرفة كيفية سلوك المنشآت المختلفة بفعل حمولات ضغط الانفجارات ينبغي لنا معرفة العوامل التدميرية الناجمة عن الانفجار.
ينتج عن التفجير أربعة آثار رئيسية شكل /1/ وهي: [3]

1- موجة الصدمة:

وهي عبارة عن انضغاط كبير في الهواء يؤثر على الأشياء بشكل موجة ضغط ذات قوة كبيرة جداً يتبعها تخلخل خاصة 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 و الأبواب والنوافذ) في المباني. (وتمثل موجة الصدمة العامل الأهم في آثار الانفجارات). كما هو موضح في الأشكال /2-3-4/.

2- الحرارة العالية:

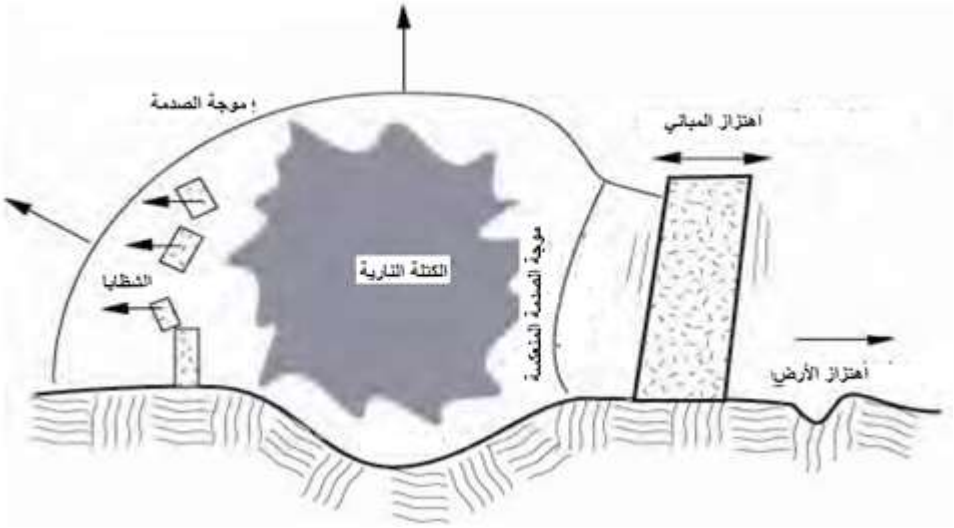
يتولد عن الانفجار ضمن الدائرة القريبة من موقع الانفجار طاقة حرارية عالية تتمثل بلهب حارق بدرجات حرارة مرتفعة، قد يكون هذا اللهب لحظياً ومركزاً، لكن في حالات أخرى قد يؤدي لاشتعال حرائق في المباني تستمر لزمن طويل نسبياً مما يؤثر سلباً على خصائص مواد الإنشاء.

3- الشظايا:

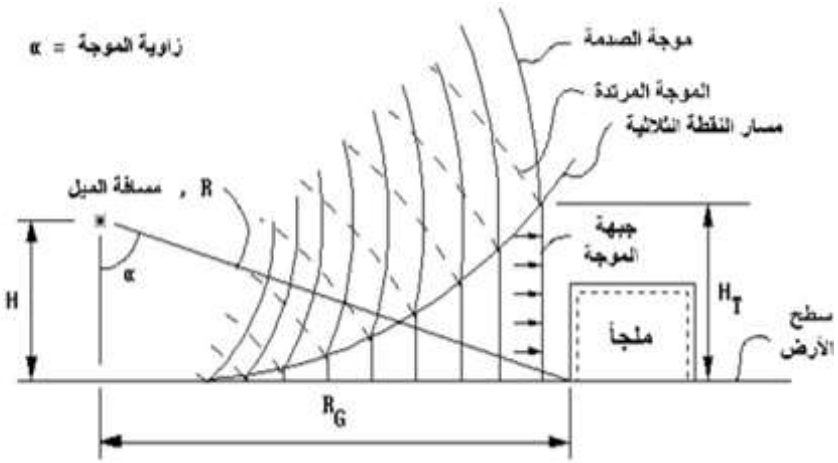
ينتج عن الانفجار أيضاً وبسبب الضغط العالي شظايا متطايرة من المادة المتفجرة بالإضافة إلى شظايا وأجزاء من موقع الانفجار تتطاير بشكل عشوائي، وهي ذات خطورة كبيرة على الأحياء والمنشآت، حيث أنها قد تصطدم بأجزاء من العناصر الإنشائية مؤدية لتكسرها أو الإضرار بها جزئياً أو كلياً بالإضافة لتكسير مواد الإكساء في المنشآت.

4- موجة الصوت:

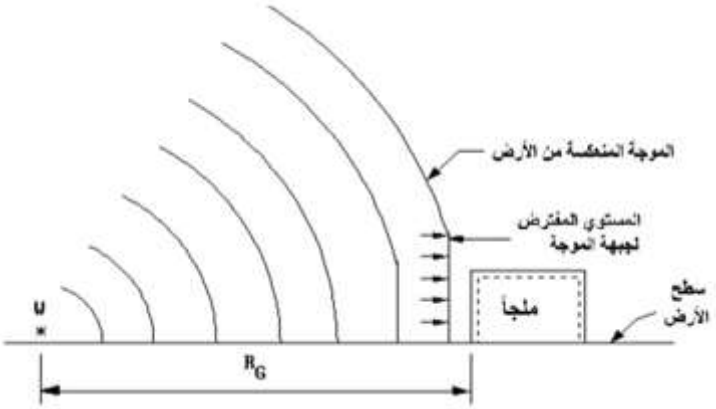
الأثر الرابع الذي ينتج عن الانفجار هو الصوت العالي والذي لا يعد من الآثار المدمرة كثيراً نسبة إلى الآثار الثلاثة السابقة.



شكل /1/ : الآثار الناتجة عن التفجير



شكل /2/ : طبيعة وعوامل الانفجار في الهواء (بعيد عن سطح الأرض)



شكل /3/ : طبيعة وعوامل الانفجار عند سطح الأرض

4- دراسة وتقدير قيمة الضغط الناجم عن الانفجار:

تنتج موجة الصدمة عن الانفجار وتصطدم بالمبنى بحيث تؤثر بشكل نبضة مكونة من طورين الطور الموجب والطور السالب شكل /5/, و تعتمد الاستجابة الإنشائية للعناصر على النسبة t_d/T حيث أن:

t_d: مدة تطبيق الحمولة.

T: الدور الطبيعي للعنصر.

المحاور الثلاثة للسلوك والاستجابة: [1]

$$t_d \sim T \quad ، \quad t_d << T \quad ، \quad t_d >> T$$

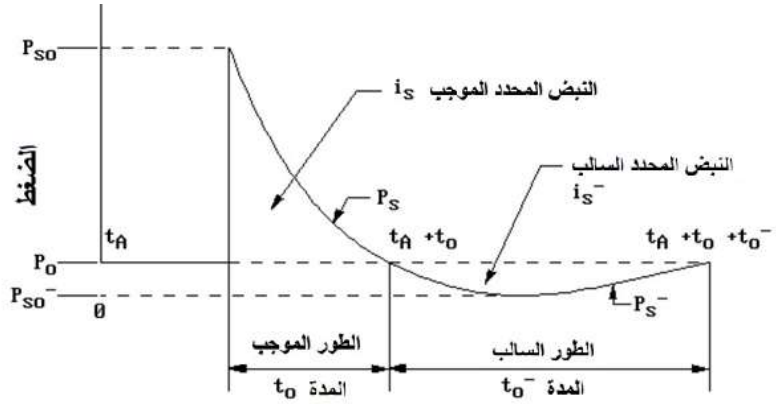
يمكن المقارنة بين حوادث الانفجارات المختلفة باستخدام مبدأ المجال الموزون الموضح بالعلاقة :(1)

$$Z = R / W^{1/3} \qquad (1)$$

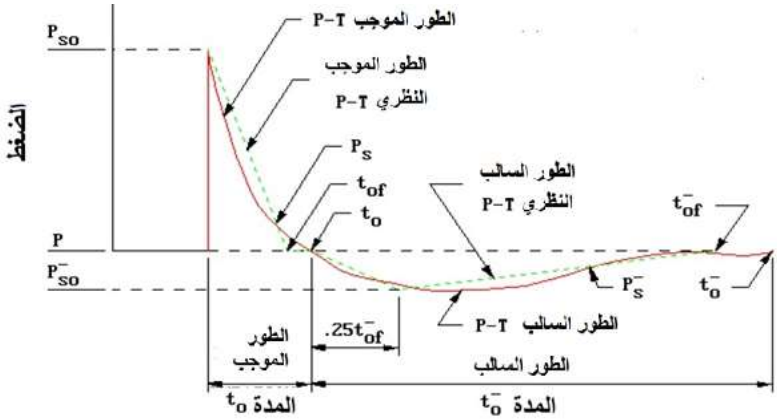
حيث:

Z: المجال الموزون.

R: المسافة بالأمتار.
W: الوزن المكافئ للمادة المتفجرة من الـ TNT بالكيلوغرام.
وهكذا يمكن نسبة الضرر إلى المجال الموزون.



شكل /4/ : المخطط العام لتطور ضغط الانفجار الحر مع الزمن



شكل /5/ : المخطط النظري لتغير الضغط مع الزمن

تم التركيز خلال عدد من السنوات على حساب قيمة الضغط للانفجارات التقليدية وذلك للانفجار الناجم عن الموجة الكروية للانفجار باعتماد المجال الموزون Z المذكور أعلاه وفق المعادلة:

$$P_{so} = \frac{6.7}{Z^3} + 1 \text{ bar } (P_{so} > 10 \text{ bar})$$

$$P_{so} = \frac{0.975}{Z} + \frac{1.455}{Z^2} + \frac{5.85}{Z^3} - 0.019 \text{ bar} \qquad (1)$$

$$(0.1 \text{ bar} < P_{so} < 10 \text{ bar})$$

في العام 1961 تم تقدير قيمة الضغط الأعظمي الناجم عن المتفجرات الشديدة التي تم تفجيرها عن سطح الأرض مقدراً بـ البار كما يلي:

$$P_{so} = 6784\frac{W}{R^3} + 93\left(\frac{W}{R^3}\right)^{\frac{1}{2}} \qquad (2)$$

وفي العام 1987 تم التوصل إلى معادلة أخرى لحساب قيمة ضغط الانفجار الناجم عن الشحنة المتفجرة من قبل العالم Mills على النحو التالي:

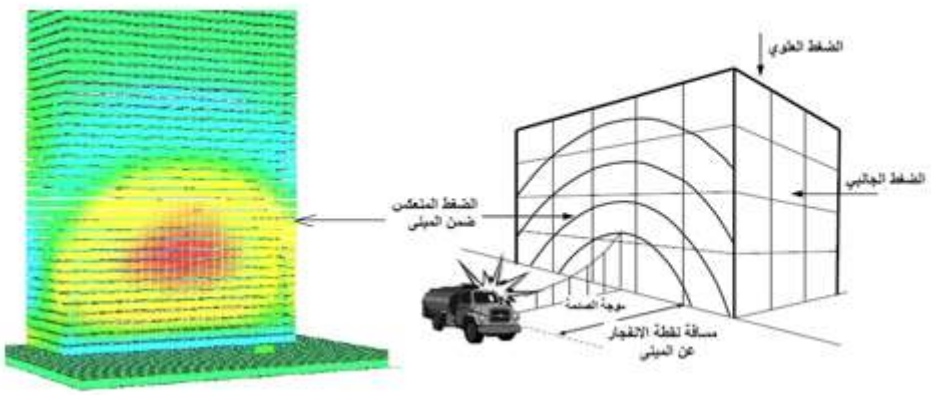
$$P_{so} = \frac{1772}{Z^3} - \frac{114}{Z^2} + \frac{108}{Z} \qquad (3)$$

لكن وفي جميع الحالات السابقة فقد تم الحساب وفقاً لحالات نموذجية (اختبارات صنعية), ومع الأخذ بعين الاعتبار كون سرعة انتقال موجة الصدمة (الضغط) تعتمد على الضغط الجوي وحركة جزيئات الهواء بالإضافة لعدة عوامل في المنطقة المحيطة من وجود مخمدات وحالة الوسط المحيط.

يعبر الجدول المرفق عن قيم تقريبية لضغط الانفجار الأعظمي الناجم عن موجة الصدمة مقدراً ب MPa وذلك حسب كتلة الشحنة المتفجرة (بالكيلوغرام) والمسافة عن موقع الانفجار (بالمتر).

جدول -3-: قيم ضغط الانفجار الأعظمي حسب كتلة الشحنة المتفجرة والمسافة عن موقع الانفجار.

W / R	100 kg TNT	500 kg TNT	1000 kg TNT	2000 kg TNT
1m	165.8	354.5	464.5	602.9
2.5m	34.2	89.4	130.8	188.4
5m	6.65	24.8	39.5	60.19
10m	0.85	4.25	8.15	14.7
15m	0.27	1.25	2.53	5.01
20m	0.14	0.54	1.06	2.13
25m	0.09	0.29	0.55	1.08
30m	0.06	0.19	0.33	0.63



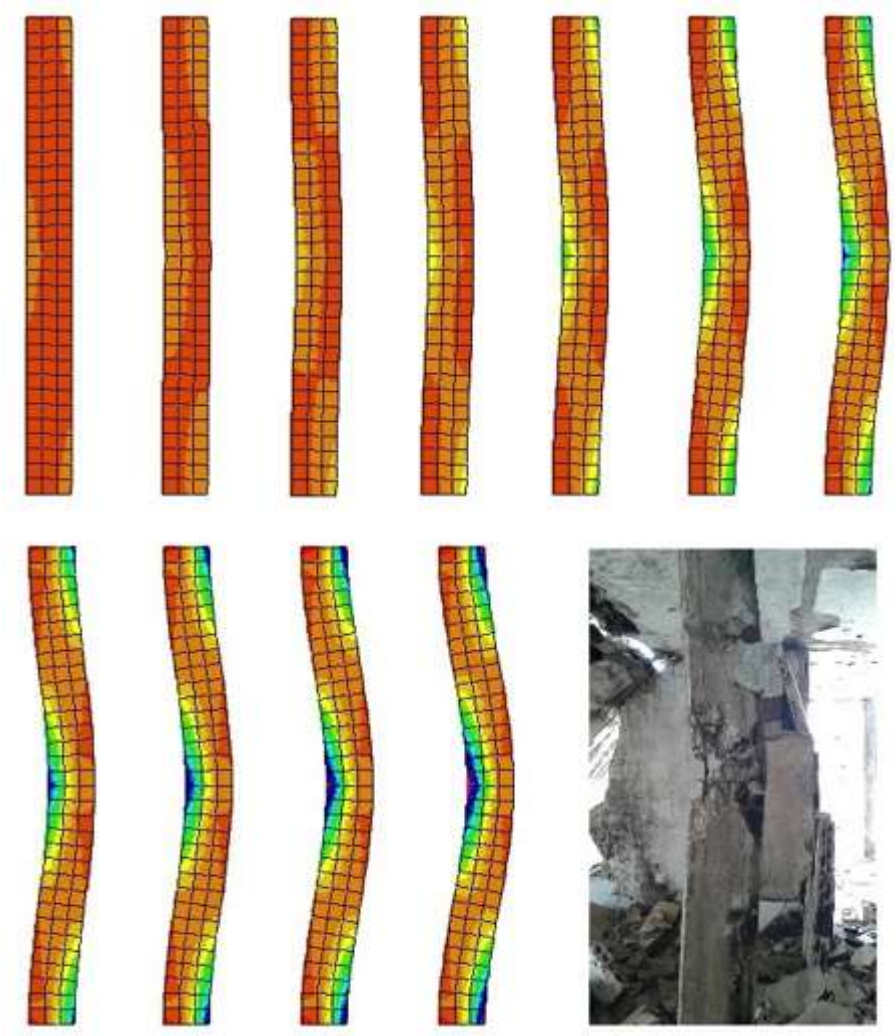
شكل /6/ : أحمال الانفجارات على المباني

4-1- حساب وتقدير حمولة الانفجار المطبقة على عناصر المنشآت:[3],[2]

4-1-1- حمولة ضغط الانفجار على المنشآت:

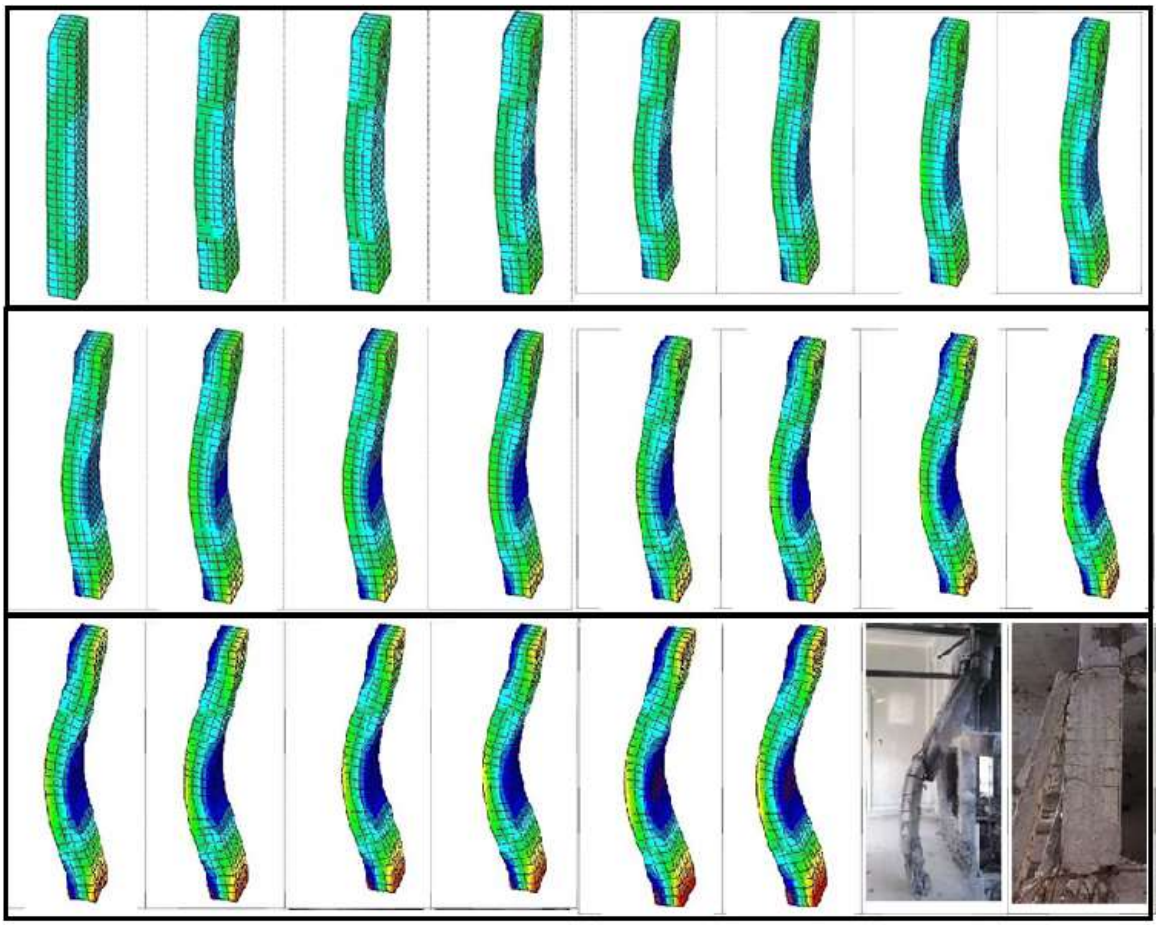
يمكن تقدير حمولة الانفجار المؤثرة على عناصر المنشأة باستخدام التقنيات الحديثة في النمذجة الحاسوبية، وذلك شريطة ألا ينهار العنصر.

يتم نمذجة العنصر الإنشائي بناء على قياسات الواقع، ثم قياس التشوه الحاصل في العنصر وتطبيق هذا التشوه على النموذج الحاسوبي، وبقراءة تشوهات النموذج الحاسوبي لمطابقة الواقع بالإمكان استنتاج القوة المؤثرة التي أدت لحدوث التشوه. شكل /7/.



شكل /7/ : المحاكاة الحاسوبية لتشوه العمود في الواقع

بالإمكان باستخدام هذه الطريقة معرفة تطور الاجهادات ضمن العنصر المعرض لضغط الانفجار أثناء تزايد الضغط الناجم عن موجة الصدمة. شكل /8/



شكل /8/ : المحاكاة الحاسوبية لتشوه العمود في الواقع

5- استجابة العناصر الإنشائية نتيجة ضغط الانفجار:[6]

تختلف استجابة العناصر الإنشائية المختلفة لمنشآت المباني نتيجة تعرضها لحمولات ضغط الانفجار وفقاً عوامل[2] وهذه العوامل هي:

1- نموذج الهيكل الإنشائي للمبنى وأبعاده (تباعدات عناصر الهيكل ومقاسات العناصر).
2- مادة الإنشاء للعناصر الإنشائية المختلفة في المبنى (تجانس المادة وعيارات مواد الإنشاء).
3- مسافة التفجير عن المبنى و موقع الانفجار (تفجير فوق الأرض أو عند سطح الأرض).
4- مصدر الانفجار ونوعه (قذيفة، شظية، شحنة متفجرة، ...).
5- الموقع العام لمكان التفجير (وجود مخمدات أو منشآت قريبة تساعد في تخفيف الصدمة).

كما يختلف نمط الاستجابة للمنشآت وعناصرها المختلفة تحت تأثير القيم المختلفة لضغط الانفجار ونمط الانفجار (مصدر الضغط). ويتنوع شكل الاستجابة من تشوه مرن *إلى* تفتت وضياع في المادة وأحياناً *تشظي وتطاير بعض الأجزاء وصولاً إلى انهيار في بعض العناصر وأجزاء من المنشآت.*

1-5- التشوه المرن:

تتعرض العناصر الإنشائية على اختلاف أنواعها إلى التشوه المرن نتيجة ضغط الانفجار الحاصل, ويكون التشوه الحاصل عبارة عن سهم يحدث للعنصر (بلاطة, جائز, عمود, جدار بيتوني), حيث أن السهم في حالة الانفجارات غالباً ما يكون تشوهاً أفقياً وفي حالات معينة يكون شاقولياً, حيث أن العنصر يتعرض للضغط ويتشوه معه ضمن الطور الموجب لموجة الصدمة ثم يعود إلى حالته الطبيعية, وفي كثير من الأحيان يصل العنصر إلى حد التشقق مع بقاءه ضمن الاستثمار دون ضياع في المقطع *شكل /9/+/10/.*

شكل /9/ : التشوه المرن في العناصر الإنشائية والتشققات الحاصلة نتيجة الانفجار

شكل /10/ : التشوه المرن في العناصر الإنشائية والتشققات الحاصلة نتيجة الانفجار

يعود سبب التشوه المرن في العناصر الانشائية في حالة تعرضها إلى ضغط انفجار إلى عدة عوامل وهي:

1- تجانس مادة العنصر واستخدام مواد إنشاء ذات مواصفات عالية تعطي كتامة جيدة للخلطة وبالإضافة للاكتناز الجيد.
2- استخدام شبكات فولاذ تسليح بأقطار صغيرة وتباعدات منتظمة بحيث تعمل بترابط أكثر مع البيتون لمقاومة الضغط, بالإضافة لجودة تربيط فولاذ التسليح. *شكل /11/*
3- المسافة الكبيرة بين موقع الانفجار والعنصر المدروس, بحيث لا يصل الضغط المؤثر على العنصر إلى الحد الذي يؤدي إلى خروجه عن الاستثمار.

شكل /11/ : شبكات التسليح المنتظمة ومساهمتها في مقاومة ضغط الانفجارات

5-2- التفتت وضياع مادة المقطع:

عندما يتعرض العنصر الإنشائي إلى صدمة متوسطة الشدة أو يكون العنصر متيناً بحيث لا ينهار نتيجة القذيفة فإنه يفقد جزءاً من مادته بشكل موضعي, مع بقاءه ضمن الاستثمار بعامل أمن مساوي للواحد, أي أن العنصر يبقى قادراً على العمل بالحالة الحدية ولا يستطيع تحمل أية أحمال ناجمة عن الاستثمار. *شكل /12/*

شكل /12/ : التفتت وضياع المادة في العناصر الإنشائية نتيجة الانفجارات

5-3- التشظي وتطاير الأجزاء:

يحدث التشظي في العناصر الإنشائية الحاملة لمنشآت البيتون المسلح عادة نتيجة تعرضها لصدمة قوية ومباشرة من التفجير, وتعتبر من الحالات الخطرة في الاستجابة وذلك بسبب أن الشظايا المتطايرة نفسها تعتبر بمثابة قذائف تؤدي لحدوث أضرار في عناصر إنشائية أخرى عند تطايرها واصطدامها بها, فضلاً عن خطر هذه الشظايا المتطايرة على الأشخاص المتواجدين في المنطقة.

يعود سبب التشظي في العناصر الإنشائية غالباً إلى سببين رئيسيين:

1- عدم تجانس مادة المقطع البيتوني وضعف في المادة الرابطة (الملاط الاسمنتي).
2- تعرض العنصر إلى صدمة أو قذيف بالقرب من الحواف مما يتسبب بتطاير الأجزاء الطرفية أو الخارجية من العنصر. *شكل /13/*

شكل /13/ : التشظي في العناصر الإنشائية نتيجة الانفجارات

5-4- الانهيار الجزئي أو الكلي:

يحدث الانهيار الجزئي أو الكلي في المنشآ المعرض لانفجار نتيجة وقوع المبنى ضمن مجال ضغط انفجار شديد أو تعرض المنشآ إلى قذيفة ذات قوة تدميرية عالية وخروج عدد من العناصر الحاملة للهيكل عن الاستثمار. شكل /14/

شكل /14/ : الانهيار الجزئي لمبنى مكون من ثمانية طوابق

شكل /15/ : انهيار مبنى مكون من طابق واحد نتيجة خروج الأعمدة عن الاستثمار

6- تقييم الضرر الناجم عن الانفجارات في منشآت البيتون المسلح:[6]

لتقييم الضرر الناجم عن الانفجارات في منشآت البيتون المسلح السلامة الإنشائية للمبنى يلزم اتخاذ بعض الإجراءات و وضع استمارة خاصة لتوصيف الحالة العامة للمبنى، حيث توضح هذه الاستمارة المعلومات الأساسية والحالة العامة للمبنى.

تم اعتماد استمارات لمعاينة المبان المتضررة [انظر الملحق -1-]، حيث توضح الاستمارة المختصرة بعض المعلومات الأساسية اللازمة لتقرير الحالة للمبنى بشكل آني وسريع بينما يتم تعبئة الاستمارة التفصيلية بشكل أكثر دقة عند توفر الوقت الكافي.

عند القيام بعملية تقييم الضرر لمنشآ ما يجب أخذ عدة نقاط بعين الاعتبار, وتتلخص هذه النقاط بما يلي:

- **درجة الأمان الإنشائي للمبنى:**

تأتي درجة الأمان الإنشائي للمبنى في الدرجة الأولى من حيث الأهمية, حيث يقع على عاتق الخبير الذي يقوم بعملية التقييم تحديد الحالة الإنشائية للمبنى وهل يمكن دخول المبنى وإجراء التحريات اللازمة له أم لا.

في حال أقر الخبير بإمكانية دخول المبنى وإجراء التحريات اللازمة يتم اتباع نماذج استمارات معينة معدة خصوصاً لهذا الغرض بحيث يتم تعبئة البيانات اللازمة لهذه الاستمارات وتسجيل المعطيات الحسية والرقمية للمنشأ لتسهيل عملية التقييم.

- **نوع المبنى والوظيفة الاستثمارية للمبنى:**

تأتي وظيفة المبنى الاستثمارية في المرتبة الثانية من حيث الأهمية ومن حيث ضرورة إعادة المبنى للحياة, وذلك تبعاً للحاجة لاستثمار هذا المبنى, وكما في حالة التصميم لمقاومة الزلازل ومعامل الأهمية المعتبر في الحساب الزلزالي يمكن اعتبار هذا العامل ساري المفعول في حالة تقييم المنشآت المتضررة بفعل الانفجارات.

- **إمكانية تأهيل المبنى وإعادة استثماره:**

في المرتبة الثالثة تأتي إمكانية تأهيل المبنى وإعادة استثماره حيث يتحكم بهذا المسألة العامل الاقتصادي بعد العاملين الأول والثاني, وكمثال على ذلك نورد حالة المشفى الوطني بحمص.

المشفى الوطني بحمص:

يحتوي مبنى المشفى الوطني بحمص على /11/ كتلة مستقلة إنشائياً شكل/16/, تعرض أغلبها للضرر الكبيرة بنتيجة التفجيرات والقذائف, وبناء على الكشوفات التي قامت بها لجنة السلامة الإنشائية المشكلة من فرع نقابة المهندسين بحمص, والاختبارات التي تمت على بعض أجزاء هذه الكتل فقد تبين أن أغلب منشآت المشفى غير قابلة للاستثمار شكل /17/ وغير قادرة على تلبية المتطلبات والاحتياجات الطبية المتزايدة على الرغم من أهمية المنشأة كونه المشفى الأكبر في المنطقة الوسطى حيث بلغت نسبة الكتل الواجب إزالتها 80% من مجموع منشآت المشفى.

وبناء على ذلك فقد تم الإقرار بوجوب إزالة الكتل المتضررة من المشفى والإبقاء فقط على كتلتين سليمتين جزئياً و يوجد جدوى اقتصادية من ترميمهما وهما كتلة العيادات الخارجية وكتلة التوسع (المبنى الجديد) شكل/18/, كما تم لحظ هذه الحالة للمشفى ودراستها كمشروع تخرج في كلية الهندسة المعمارية لصيف عام 2017 ضمن مجموعة مشاريع التخرج الهادفة إلى التركيز على إعادة الإعمار والإفادة من الجيل الجديدة والقدرات الإبداعية للمهندسين الجدد.

شكل /16/ : توزع الكتل في تجمع المشفى الوطني بحمص

شكل /17/ : انهيار أجزاء من الكتل القديمة في تجمع المشفى الوطني بحمص

شكل /18/ : التوسع (المبنى الجديد) في المشفى الوطني بحمص

سواء كان التقييم بغرض معرفة سلامة المنشأ وترميمه وتأهيله أو حتى لو كان الغرض من التقييم هو فقط دراسة سلوك المبنى والتشوهات الحاصلة لمعرفة الطريقة الأنسب لهدم المبنى. حيث أن الهدف الأساسي من عملية التقييم معرفة الأمان الانشائي, وفي الحالات التي تتطلب هدم وإزالة بعض المنشآت تكون عملية التقييم من أعقد وأخطر العمليات إذ يقع على عاتق الخبير وضع التصور الأمثل عن النمط الذي يتوجب على المنشأ أن يسلكه عند الانهيار. بهدف تخفيف الأضرار المتوقعة والناجمة عن عملية الهدم, وكمثال على هذه الحالة نورد:

البناء المقابل لمبنى دار المهندسين:

- الوصف العام للمبنى:

يقع المبنى في حي باب هود شارع أبو العوف مقابل مبنى نقابة المهندسين بحمص من الجهة الشرقية ومطل على ثلاثة شوارع (الواجهة الغربية الرئيسية وواجهتين شمالية وجنوبية).

المبنى مكون من خمسة طوابق (أرضي + أربعة طوابق متكررة) بوظيفة استثمارية كمحلات تجارية.

الجملة الإنشائية للمبنى عبارة عن جملة أعمدة مع بلاطات مفرغة (هوردي) مستندة إلى جوائز مخفية.

عند الكشف على المبنى لم نتمكن من دخول المبنى بسبب كون الباب الرئيسي مقفل وبسبب الخطورة المحتملة لتساقط بعض الأجزاء لذلك تم التدقيق في الحالة من الخارج بناء على الصور المرفقة والتحليل المدرج أدناه.

ولدى القيام بجولة دقيقة حول المبنى، لوحظ وجود تشققات في العناصر الإنشائية للمبنى وانهيار عدد من الأعمدة على الواجهة الرئيسية في عدة طوابق وخروجها عن الاستثمار بشكل كامل، والتشققات الموجودة موضحة في بعض الصور المرفقة.

شكل /19/ : المبنى المقابل لمبنى دار المهندسين بحمص – الواجهة الغربية

وصف للأضرار الحاصلة في المبنى:

الطابق الأرضي:

- تكسر أربعة أعمدة طرفية وخروجها عن الاستثمار.
- تكسر حافة بلاطة سقف الطابق الأرضي على الواجهة الغربية.

الطابق الأول:

- تكسر أربعة أعمدة طرفية وخروجها عن الاستثمار.
- تكسر حافة بلاطة سقف الطابق الأرضي على الواجهة الغربية.
- ظهور سهم في بلاطة أرضية الطابق عند الزاوية الشمالية الغربية وتشققات مائلة في الجدران ناجمة عن تشوه البلاطة.
- تكسر شاحط الدرج الوصل إلى الطابق الأول وخروجه عن الاستثمار.
- تكسر عمودين طرفيين في الطابق الثاني على الواجهة الغربية وخروجهما عن الاستثمار.
- وبسبب عدم مكانية الدخول لم نتمكن من الكشف على باقي الطوابق في المبنى.

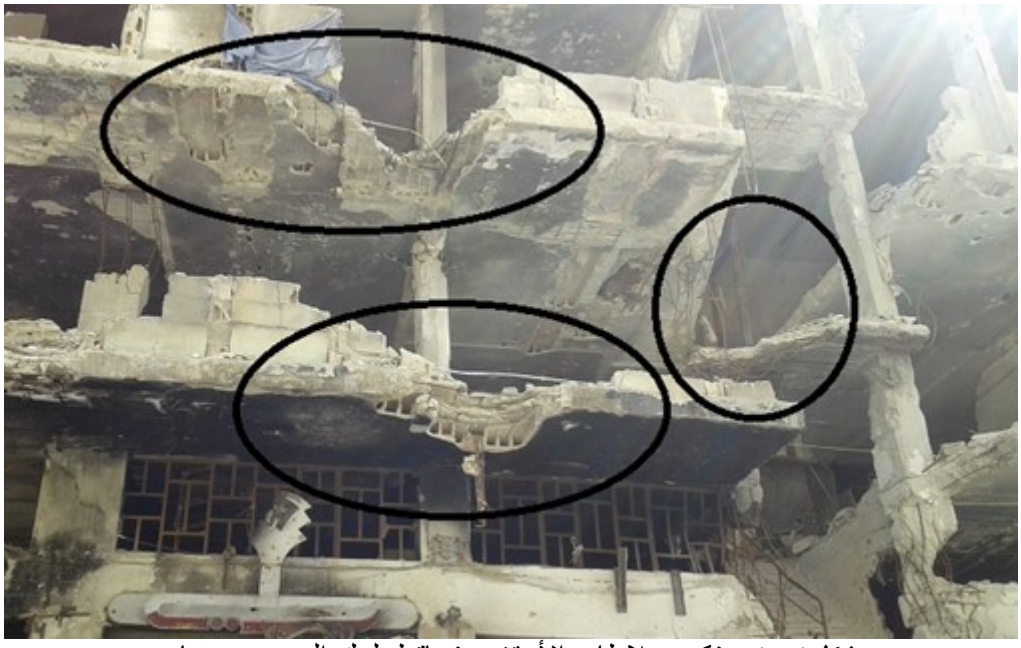
تحليل المشكلة:

تشير الانهيارات الحاصلة في الأعمدة ونماذج التشوه إلى خطورة في المبنى ناجمة عن تزايد التشوه مع الزمن والذي يظهر في عدة نواحي أهمها:

- **تحنيب وتشوه قضبان التسليح الطولي في الأعمدة والحاصل في جميع الاتجاهات**:

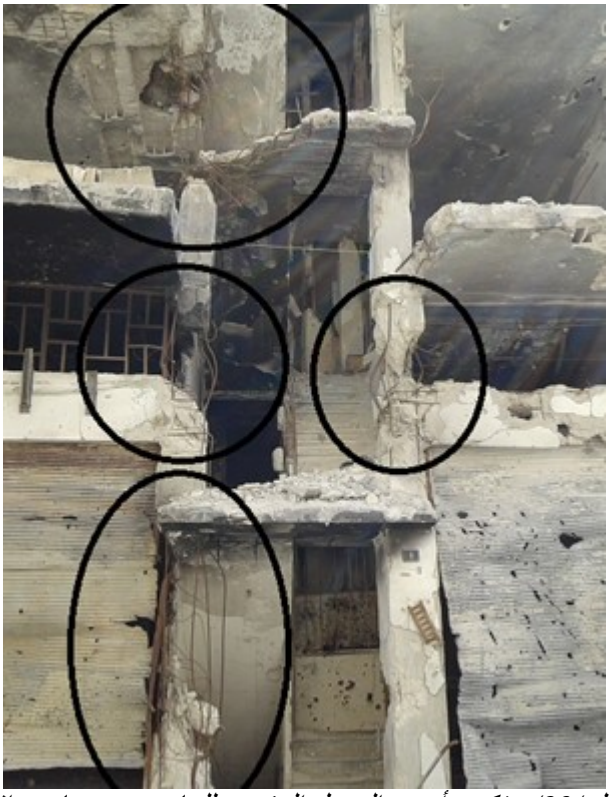
عند تكسر العمود بنيتجة قذيفة متفجرة تتشوه قضبان التسليح الطولي باتجاه الاصطدام وتبقى على شكلها الجديد (تشوه لدن), لكن عندما تتشوه هذه القضبان مع الزمن في اتجاهات مختلفة ويتكرر هذا النموذج في عدة عناصر فهذا يشير إلى حدوث سهوم في البلاطات ناجمة عن خروج هذه الأعمدة عن الاستثمار. ويستمر هذا التشوه مع الزمن وكما هو ملحوظ في الصور فهو متكرر في عدة عناصر.

شكل /20/ : تشوه فولاذ التسليح في عدة اتجاهات متباعدة بسبب التحنيب



شكل /21/ : تكسر بلاطات الأسقف وتساقط بلوك الهوردي منها

شكل /22/ : المناطق المتضررة بشكل كبير من واجهة المبنى



شكل /23/ : تكسر أعمدة المدخل الرئيسي للبناء وخروجها عن الاستثمار

- **<u>ظهور تشققات مائلة في الجدران البلوك والقواطع</u>**:

نتيجة لحدوث التشوهات و السهوم في البلاطات فقد ادى ذلك لظهور تشققات مائلة في الجدران والقواطع في الطوابق العلوية, وهذه التشققات تتوسع بشكل مستمر مشيرة بدورها إلى تزايد هذه التشوهات مع الزمن.

شكل /24/ : التشققات المائلة في جدران الطوابق العلوية نتيجة تشوه البلاطة

النتائج:

تشير نتائج الكشف الحسي للمبنى المذكور إلى ما يلي:

الجملة الإنشائية للمبنى متضررة بشكل كبير.

يعد المبنى خارجاً عن الاستثمار وفي بداية تشكل طور الانهيار.

خطورة تساقط أجزاء من الطوابق العلوية وخاصة البلوك فوق الشارع.

التوصيات:

بناء على ما سبق توصي اللجنة بما يلي:

- تأمين المنطقة ووضع شريط تحذيري يمنع الاقتراب أو ركن السيارات أو المرور بشكل مجاور للمبنى.
- إزالة الأنقاض والمواد المعرضة للتساقط من المبنى بشكل عاجل تمهيداً لكشف الأجزاء الخلفية من المبنى.
- إزالة الواجهة الغربية للمبنى بامتداد محور واحد بدءاً من الغرب وباتجاه الشرق.

وبنتيجة ما سبق فإن المبنى غير آمن وغير قابل للاستثمار ويتوجب إزالته.

بناء على كل ما سبق أعلاه سيتم اعتماد مبدأ تقييم الضرر الهندسي في عناصر منشآت البيتون المسلح بناء على نسبة الضرر في العناصر. [1]

ويتم تقدير الضرر كنسبة مئوية للعناصر المتضررة بالنسبة للمبنى, حيث يتم التفريق بين الضرر الحاصل في العناصر حسب نوع كل عنصر والإجهادات التي يتعرض لها (انعطاف, قص, ضغط).

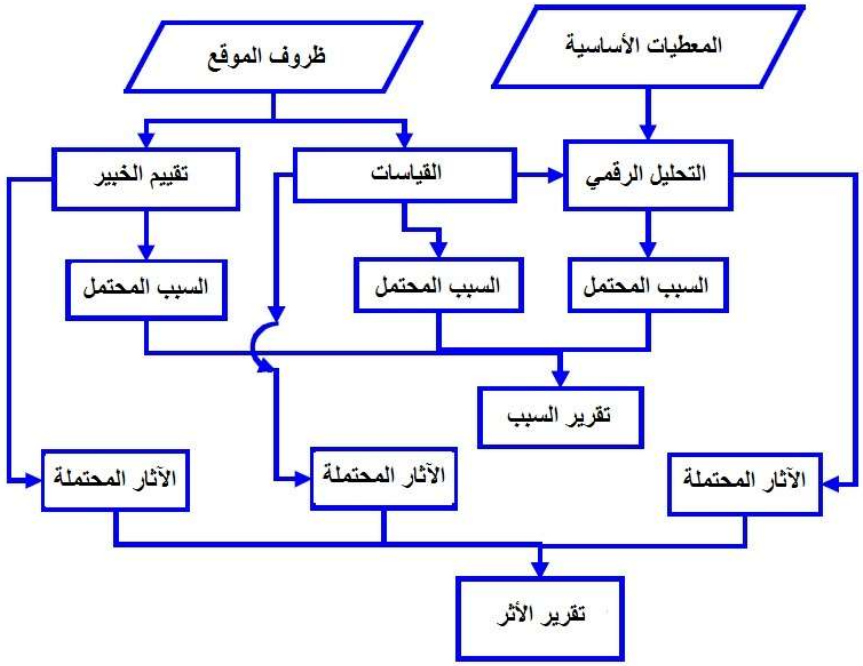
7- الصعوبات التقنية في عملية تقييم الضرر الناجم عن الانفجارات في المباني والمنشآت:

تواجه المهندسين والتقنيين القائمين على العمل عند التعامل مع المنشآت المعرضة للانفجارات مجموعة من المصاعب [3]، بحاجة إلى عين ويد خبيرة وتحليل منطقي ودقيق للمشكلة بهدف الوصول إلى الحلول الأنسب، وتتلخص هذه المصاعب بالبنود التالية:

- **الحمولة**: حيث تعد الحمولة مرتبطة بأربعة إحداثيات $P(X,Y,Z,T)$ وهي الإحداثيات الفراغية الثلاثة في المكان، بالإضافة إلى عامل الزمن وتقدير قيمة الحمولة ليس بالشيء السهل.
- **سلوك إنشائي ديناميكي لا خطي**: يتمثل بتغيرات في المواصفات الهندسية (الأبعاد والمقاسات) بالإضافة لخواص مواد الإنشاء.
- **تفاعل المركبات الإنشائية**: ويتمثل بتغير بعض الوظائف الإنشائية لبعض العناصر الحاملة بسبب السلوك الديناميكي لعناصر أخرى غيرها ومحاولة المنشأة تدوير العزوم وموازنة نفسه مجدداً.
- **قابلية المواد للتكسر أو البقاء** بعد الانفجار حسب طبيعتها وديمومتها.
- **صعوبة توصيف الأضرار** الحاصلة لكامل عناصر المنشأة بدقة.

ومعظم هذه البنود ليس من السهل تصنيفها أو توصيفها.

بناء على ما سبق نعتمد المخطط النهجي التالي *شكل /25/* لتوضيح عملية التقييم الهندسي للضرر وتحديد الآثار المحتملة في المنشآت، ليتم عليه تقييم السلامة الإنشائية واتخاذ الإجراءات اللازمة.



شكل /25/ : المخطط النهجي لعملية التقييم الهندسي للضرر وتحديد سلامة المنشآت

8- استخدام النمذجة الحاسوبية للتنبؤ بالنقاط الخطرة في المنشآت المتضررة بفعل الانفجارات:

تعتبر الخبرة العملية من المسائل الهامة في تقدير درجة أمان المنشأة وتوقع النقاط الخطرة التي تتأثر بالانفجار بشكل غير مباشر، وذلك بسبب إعادة توزيع الأحمال ضمن المنشأة عند تضرر أجزاء معينة منه.

فمثلاً يؤدي خروج أحد الأعمدة عن الاستثمار في المنشأة إلى حدوث هبوط في طرف الجائز المستند على هذا العمود حيث يقوم الجائز برفع العمود مما يؤدي لتعرضه لقوة شد، إضافة لتعرض العمود الذي يعلوه إلى قوة شد صافي بسبب عدم وجود مسند أسفله مما يؤدي لحدوث تشققات أفقية ناجمة عن الشد فيه. شكل /26/

شكل /26/ : التشققات الناجمة عن الشد بسبب انهيار العمود السفلي

أما في مجال الأضرار الناجمة عن الانفجارات فقد توجب علينا البحث عن طرائق متقدمة لتقدير الضرر العام للمبنى، ولمعرفة أمان المبنى فقد قمنا باعتماد النمذجة الحاسوبية وذلك بتطبيق محاكاة كاملة للمبنى بعد حدوث الضرر، وتطبيق الأحمال الاستثمارية المطبقة عليه.

تعطي هذه الطريقة فكرة واضحة عن السلوك الفراغي الكامل لكافة عناصر المنشأة مما يساعد على التنبؤ بأماكن تركيز الاجهادات المحتملة والتي تظهر بشكل طارئ نتيجة إعادة توزيع الأحمال في العناصر بناء على ظروف المنشأة الجديدة.

8-1- الحالة الأولى:

مبنى سكني مكون من خمسة طوابق في حي الخالدية بحمص:

الموقع: الخالدية جانب حديقة بيت العلو

الوصف:

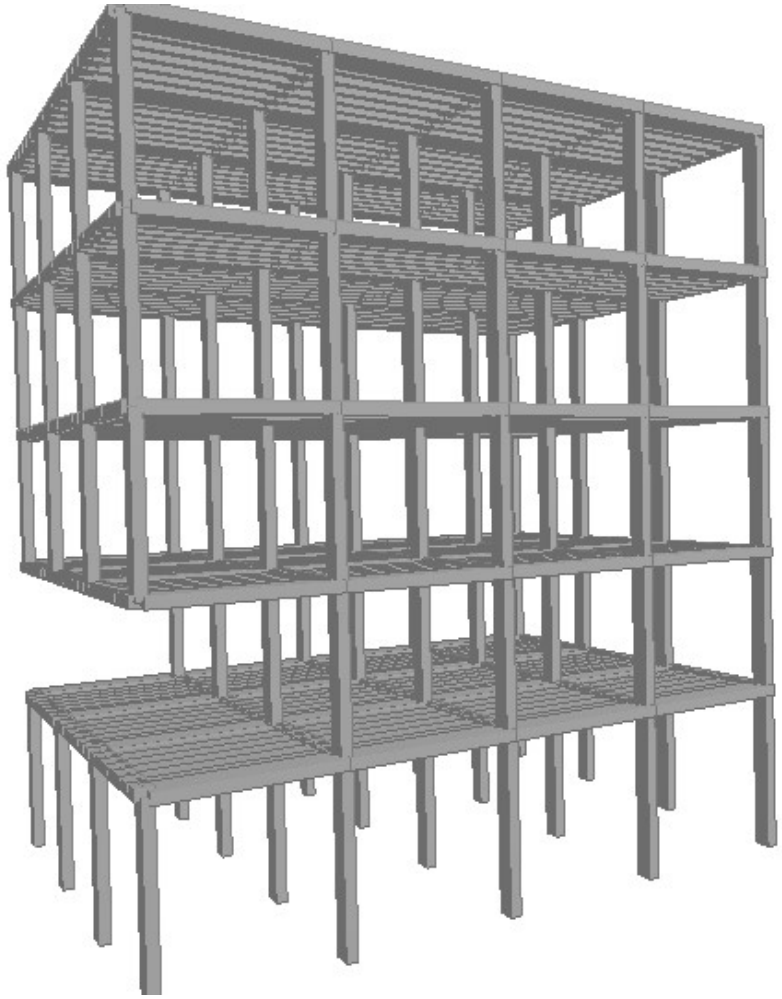
المبنى هيكلي مؤلف من خمسة طوابق, الجملة الإنشائية الحاملة للمبنى مؤلفة من بلاطات هوردي تستند على جوائز مخفية وأعمدة.

الضرر:

تعرضت مجموعة الأعمدة في الواجهة في الطابق الأول فني للتكسر والخروج عن الاستثمار كما يبين الشكل المرفق, حيث يظهر ضياع في كامل المقطع لمحور كامل من الأعمدة الطرفية.

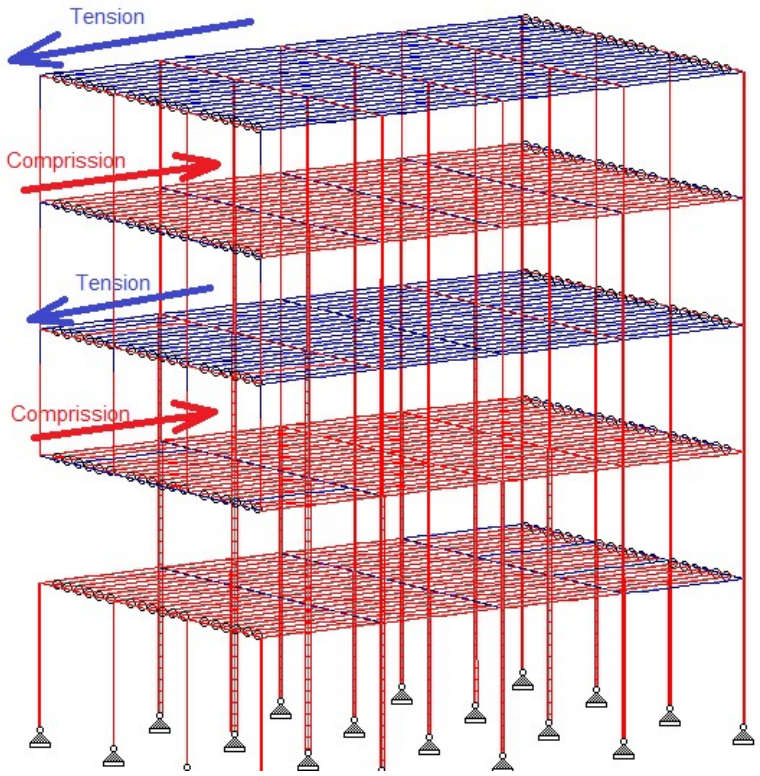
شكل /27/ : انهيار صف الأعمدة الطرفية وخروجها كلياً عن الاستثمار

تمت نمذجة المبنى بشكله الهيكلي باستخدام برنامج النمذجة الحاسوبية STAAD Pro وحيث أن المبنى لم يتضرر في غير هذا الموقع فقد كان من السهل إتمام عملية النمذجة وتقدير الأضرار الحاصلة ودراسة سلوك المنشأ بعد الضربة على النحو التالي:



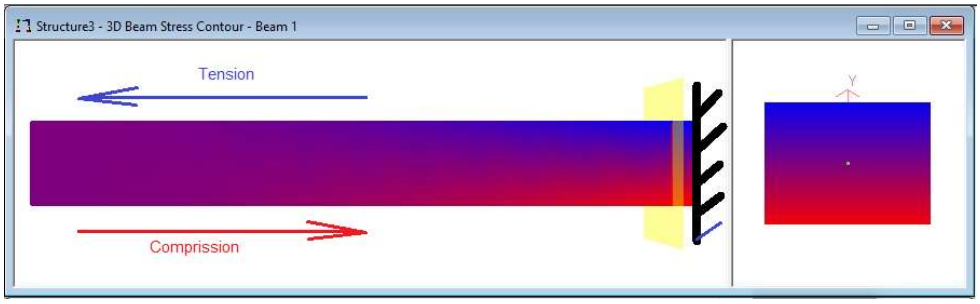
شكل /28/ : النموذج الحاسوبي الممثل للمبنى بعد انهيار الأعمدة في الطابق الأول

وبتطبيق الأحمال الاستثمارية العادية على المنشأ (مع الأخذ بعين الاعتبار أن المبنى لم يعد مستثمراً), قمنا بتحليل النموذج ومتابعة الآثار المتشكلة فيه بناء على الواقع الراهن.



شكل /29/ : توزع قوى الضغط والشد في عناصر البناء كاملاً

كما هو واضح من الصورة أعلاه فإن الأعمدة لم تسلك السلوك المتوقع بأن تعمل على الشد كلياً, بل تبين بالحليل أن هذه الأعمدة وبسبب انتظام البناء من حيث تباعدات العناصر الإنشائية وتوزعها المنتظم فقد سلك الطابق الذي يعلو محور الأعمدة المنهارة يكامله سلوك عنصر ظفري بالكامل بحيث تعرضت عناصر سقفه إلى الشد الكامل وعناصر أرضيته إلى ضغط بالكامل بشكل مشابه لحالة الليف العلوي والسفلي لعنصر جائزي ظفري.



شكل /30/ : تمثيل الحالة الإجهادية للضغط والشد في عنصر ظفري

8-2- الحالة الثانية:

مبنى دار المهندسين بحمص:

<u>الموقع</u>: مدينة حمص – حي باب هود

الوصف:

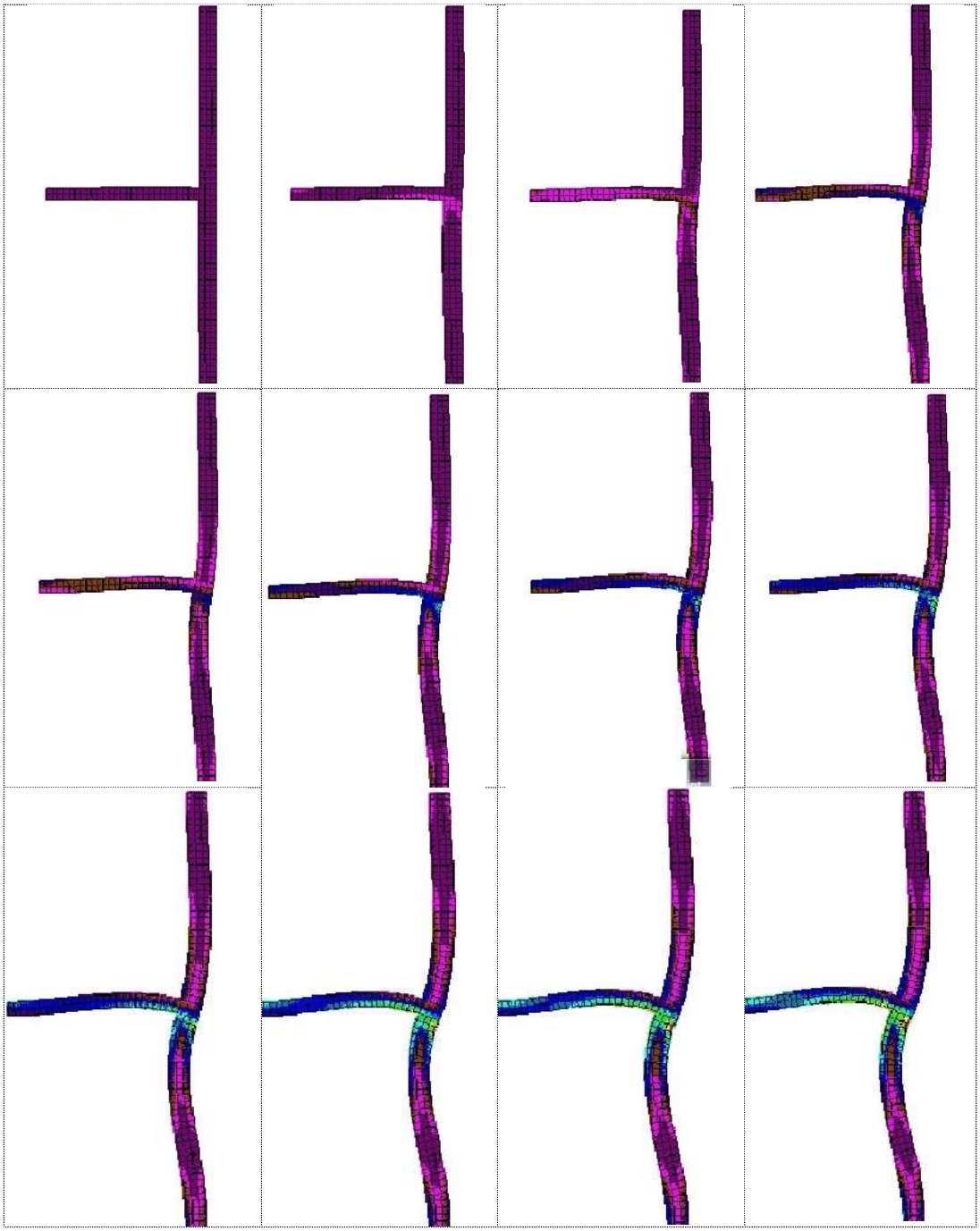
المبنى مؤلف من عشرة طوابق (قبو, أرضي, ثمانية طوابق متكررة), الجملة الإنشائية الحاملة للمبنى مؤلفة من بلاطات هوردي تستند على جوائز مخفية وأعمدة, بالإضافة لمجموعة من جدران القص الموزعة في المسقط الأفقي.

الضرر:

تعرضت تعرض المبنى لقذيفة أسفل عقدة اتصال العمود والجائز في الطابق الأرضي, ما أدى إلى تهشم بيتون العمود وتلدن وانقطاع حديد التسليح الطولي والعرضي.

تمت نمذجة العقدة المتضررة باستخدام عناصر التحليل الحجمية الموجودة في برنامج النمذجة الحاسوبية STAAD Pro وحيث أن المبنى لم يتضرر في غير هذا الموقع فقد كان من الممكن ببساطة أن تتم عملية النمذجة فقط للمنطقة المتضررة وتقدير الأضرار الحاصلة ودراسة سلوك العقدة بعد الضربة على النحو التالي:

- أدى اصطدام القذيفة بشكل مباشر في العمود أسفل العقدة إلى حدوث ضياع في مادة العمود وانقطاع بعض قضبان التسليح, بالإضافة إلى تقطع حديد التسليح العرضي عن تحنيب المقطع الناج عن الصدمة المباشرة.
- حدوث دوران في العقدة نتيجة الصدمة وتشوه في الجائز المرتبط بالعقة وتعرضه للشد كما تبين الصور المرفقة لتطور الإجهاد المرافق لعملية تزايد حمولة القذيفة.
- أظهرت نتائج التحليل بالنمذجة الحاسوبية تطابقاً تاماً مع الواقع من حيث ظهور تشققات ناجمة عن الشد في بعض المناطق التي احتاجت التدعيم الفوري.
- تبين الصورة المرفقة أدناه تطور تشوه عقدة إطار بنتيجة اصطدام قذيفة بشكل مباشر بالعمود أسفل العقدة, وذلك ضمن مرحلة الطور الموجب لموجة الصدمة.

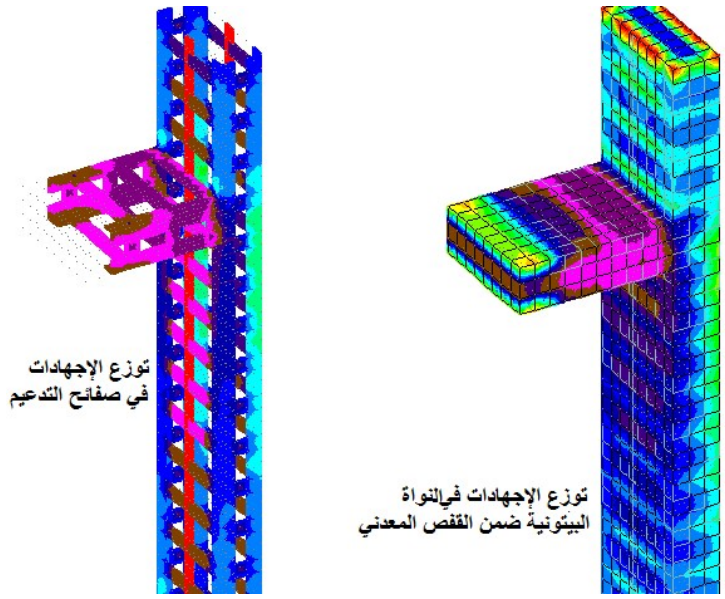


شكل /31/ : تطور تشوه عقدة إطار بنتيجة اصطدام قذيفة

بنتيجة التحليل السابق تم اقتراح طريقة تدعيم العقدة المتضررة على النحو التالي:

- يتم تطويق عناصر العناصر المتصلة بالعقدة باستخدام التطويق بالزوايا المعدنية والتصفيح العرضي.
- يتم تنفيذ القميص المعدني باستخدام زوايا ركنية و صفائح معدنية على زوايا العمود تحسب حسب حمولة العمود بحيث تتحمل كامل حمولة العمود وهنا تستخدم زوايا **4L: 100 x 100 x 8 mm**
- تضاف مبسطات أفقية **PL: 50 x 5 mm** كل 25 cm من ارتفاع العمود حول كامل محيطه.
- بعد لحام القميص المعدني بشكل كامل يتم تنفيذ كراسي أفقية مؤلفة من زوايا **L: 100 x 100 x 10 mm** في أسفله و في أعلاه حول كامل المحيط .
- تم اعتماد النمذجة الحاسوبية لدراسة توزع الاجهادات في العناصر المتصلة بالعقدة.
- تقوم العناصر المعدنية (الطوق المعدني) بتحمل الأحمال المطبقة ونقل الحمولة إلى الأرض.

شكل /32/ : تثبيت الزوايا المعدنية الشاقولية و الصفائح العرضية على الزوايا



شكل /33/: توزع الإجهادات في العناصر بعد التدعيم

8-3- الحالة الثالثة:

مبنى سليم رومية – قطينة:

الموقع: مدينة حمص – قطينة

الوصف:

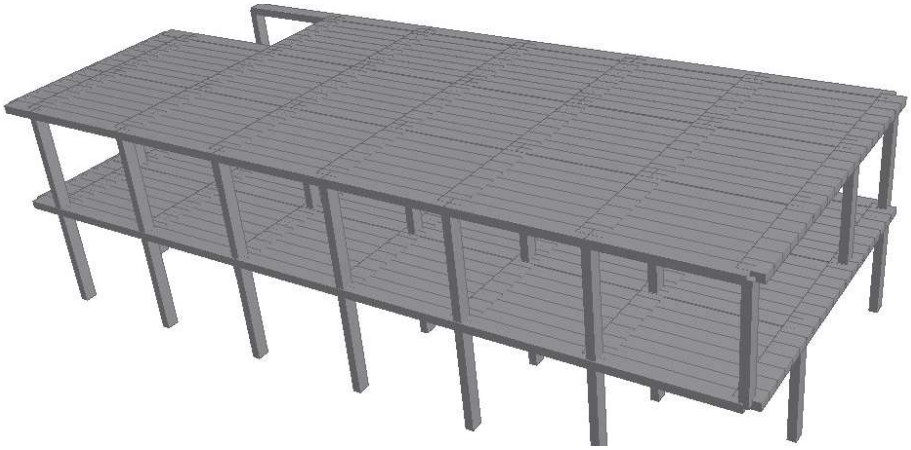
المبنى هيكلي مؤلف من طابقين غير مستثمر على الهيكل وغير مكسي, عائد للسيد سالم رومية.

الضرر:

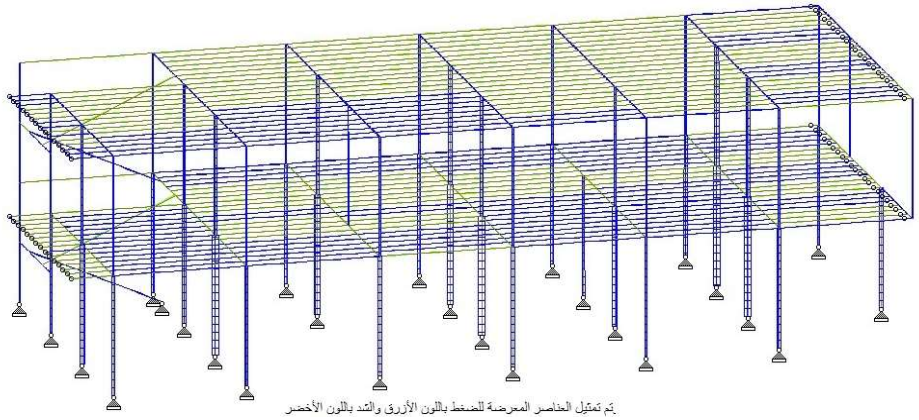
تعرضت مجموعة من الأعمدة الطرفية والوسطية في الطابقين لتكسر وخروج عن الاستثمار بشكل كامل, وتشققات وأضرار موضعية في بعض الأعمدة. شكل /34/

شكل /34/ : الأضرار الحاصلة في المبنى الهيكلي

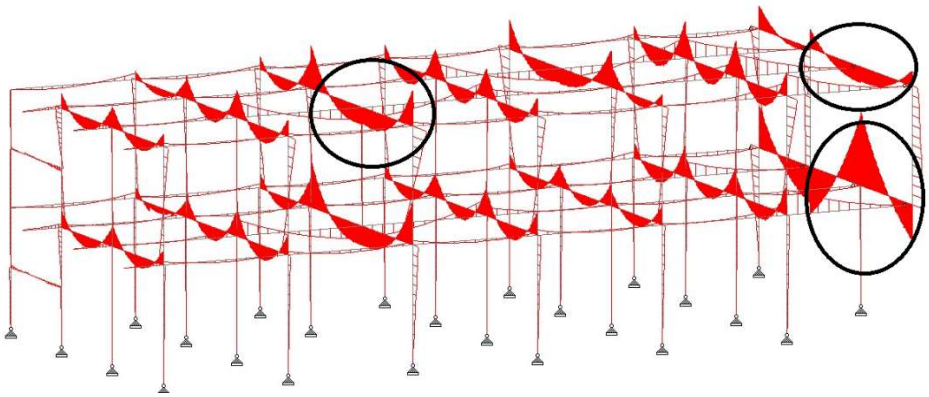
تم إنجاز نموذج حاسوبي للمنشأة باستخدام برنامج التحليل والتصميم الإنشائي STAAD Pro شكل /35/، ثم قمنا بتطبيق الأضرار الحاصلة لمحاكاة الواقع و من ثم تطبيق الأحمال المؤثرة على المبنى (في هذه الحالة الوزن الذاتي فقط)، وتحليل المنشأة لدراسة التشوهات والآثار الناتجة من عزوم انعطاف و قوى قاصة. شكل /36/-/37/.



شكل /35/ : النموذج الحاسوبي للمبنى

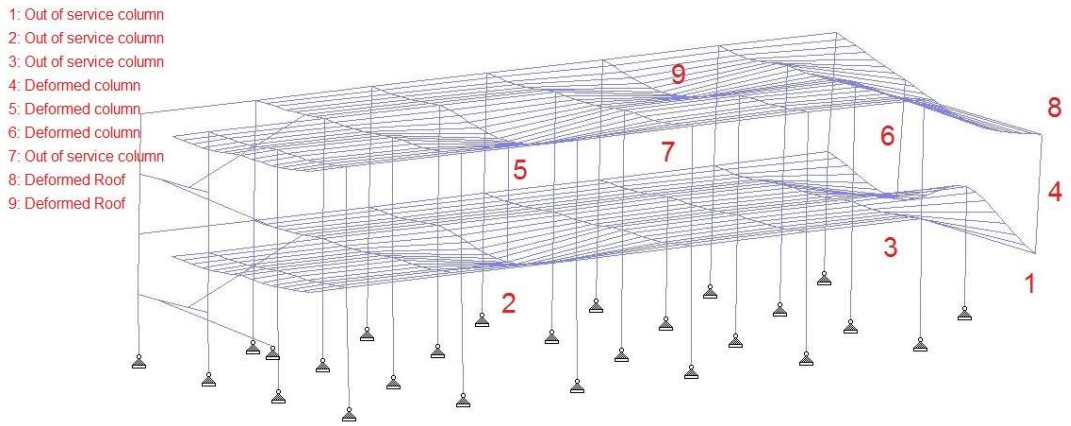


شكل /36/ : القوى المحورية (ضغط وشد) في العناصر



شكل /37/ : مخطط عزم الانعطاف في العناصر المشكلة لهيكل المبنى

يؤدي تغير ظروف استناد بعض العناصر في المنشأة إلى تغير ملحوظ في سلوك العناصر الحاملة له، حيث تشير الدوائر في الشكل /36/ إلى ظهور عزوم انعطاف في مواضع لم يكن المبنى مصمماً لمقاومتها، بالإضافة إلى ظهور عزم سالب كبير في زاوية المبنى بسبب سلوك هذا الجزء من المبنى كظفر نتيجة لانهيار العمود الذي يستند إليه. شكل /37/



شكل /38/ : التشوهات في العناصر المشكلة لهيكل المبنى

باستخدام النموذج الحاسوبي السابق و التدقيق فيه يمكن إجراء الفحص الكامل للمبنى حاسوبياً وبناء عليه يتم اقتراح الأسلوب الأنسب لعملية تدعيم العناصر في المبنى، حيث يمكن وبكل سهولة تطبيق حلول التدعيم بشكل حاسوبي وتقييم الحل الأنسب لاعتماده وتنفيذه على أرض الواقع.

8-4- الحالة الرابعة:

مبنى المصابغ:

الموقع: مدينة حمص – طريق الميماس

الوصف:

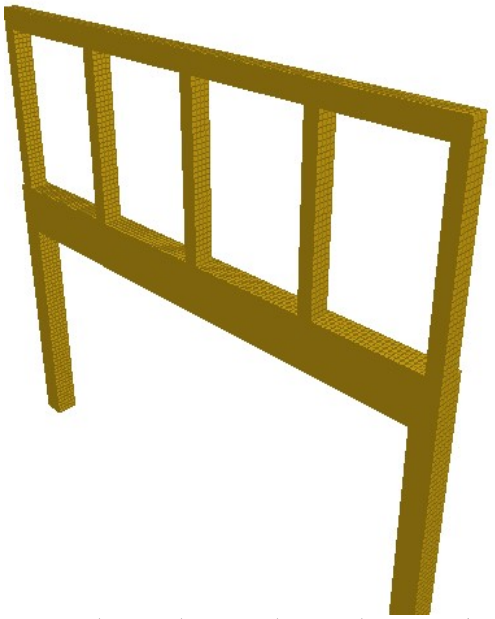
مبنى الإدارة:

- تكسر بلاطة وجوائز سقف الجهة الغربية مع الجوائز الحاملة (4 مجازات) وخروجها كلياً عن الاستثمار.
- تكسر الجائز الحامل ارتفاع 120cm وخروجه عن الاستثمار.
- تكسر الأعمدة الحاملة لبلاطة السقف والمستندة على الجائز الحامل عدد /5/ وخروجها عن الاستثمار.
- ظهور تشققات على الوجه السفلي للبلاطة والجوائز الحاملة في منتصفها في الجهة الجنوبية تمتد على /3/ مجازات.
- انهيار بلاطة سقف المكاتب جنوب الجائز الحامل المتضرر.

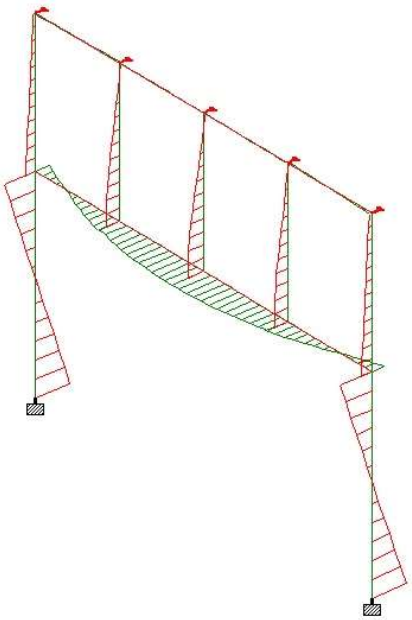
شكل /39/ : التشوهات في العناصر المشكلة للإطار

شكل /40/ : تصدع وانهيار عقد ارتباط الأعمدة بالإطار

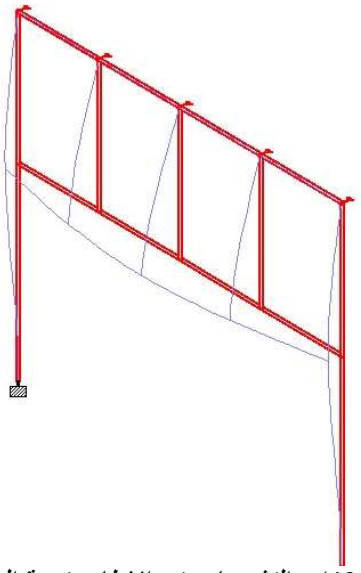
باستخدام النموذج الحاسوبي المرفق أدناه و التدقيق فيه يمكن إجراء الفحص الكامل للمبنى حاسوبياً وبناء عليه يتم اقتراح تطبيق التدعيم باستخدام شرائح من ألياف كاربو فايبر, حيث قمنا بنمذجة تطبيق شرائح من الكاربو فايبر ليتم تطبيقها على الوجه المعرض للشد (عرض الشريحة 15 سم وسماكة 3 ملم).



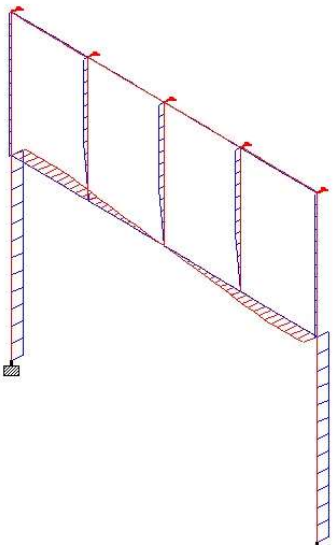
شكل /41/ : النموذج الحاسوبي للإطار المتضرر



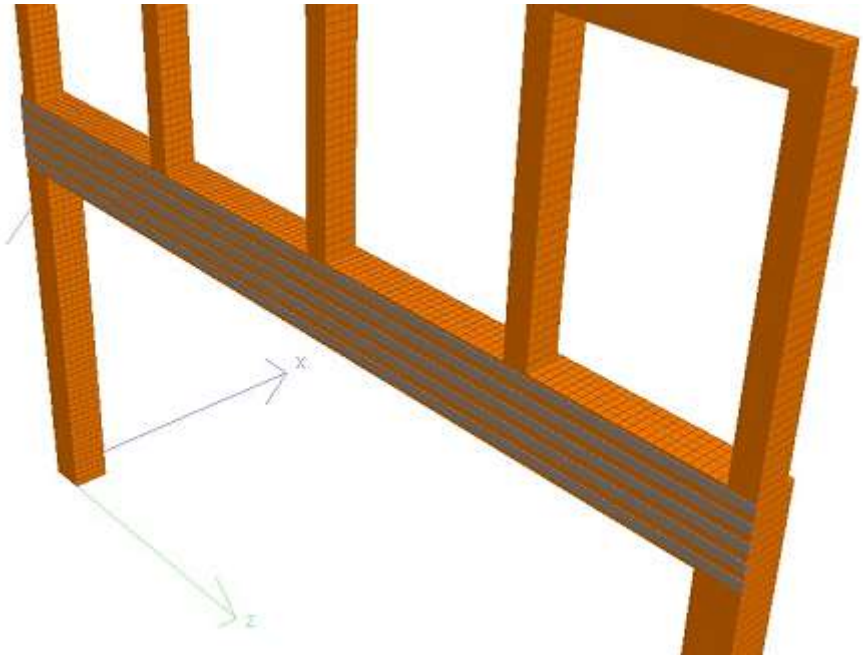
شكل /42/ : عزم الانعطاف الناجم عن الصدمة الأفقية



شكل /43/ : التشوهات في الإطار نتيجة الصدمة



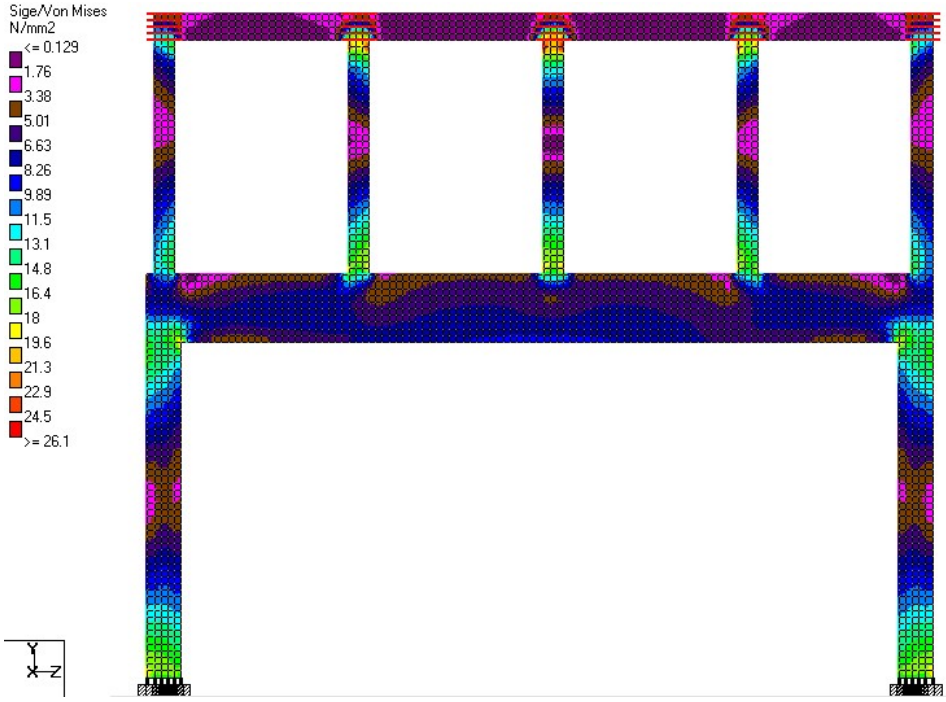
شكل /44/ : القص الناجم عن موجة الصدمة الأفقية



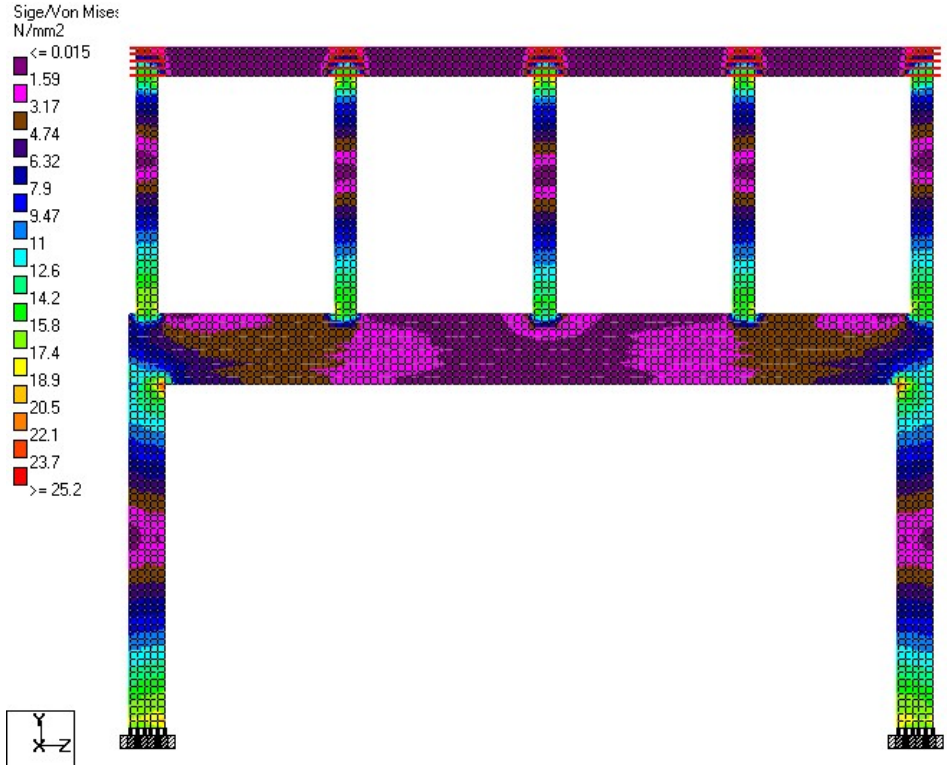
شكل /45/ : النموذج الحاسوبي للإطار المتضرر بعد تطبيق التدعيم بشرائح الكاربو فايبر

أدى استخدام الشرائح في النموذج الحاسوبي إلى تخفيف السهم الأفقي الحاصل والذي لم يستطع الجائز الحامل الكبير مقاومته بنسبة 35% تحت تأثير نفس الحمولة المطبقة والمعادلة لانفجار صاروخ, حيث تم تقدير الضغط الناجم عن انفجار الصاروخ نتيجة لمقارنة الأضرار بدراسات سابقة بما يعاد الضغط الناجم عن شحنة متفجرة زنة 500 كغ, كما تبين الصور المرفقة.

بالإضافة إلى أن توزع الاجهادات تغير بشكل ملحوظ ضمن المقطع وعلى الأوجه الخارجية (الألياف البعيدة) المعرضة للشد كما تبين الصور المرفقة.



شكل /46/ : توزع الإجهادات في عناصر الإطار بدون التدعيم بشرائح الكاربو فايبر



شكل /47/ : توزع الإجهادات في عناصر الإطار مع استخدام التدعيم بشرائح الكاربو فايبر

8-5- الحالة الخامسة:

مبنى مدرسة التمريض:

الموقع: مدينة حمص – حي القصور

الوصف:

يظهر في الصورة العناصر الهيكلية لمبنى المدرج في مدرسة التمريض ,حيث ومع انهيار الأعمدة السفلية الحاملة لأرضية المدرج بقي المدرج واقفاً بسبب عمل هيكل المدرج من الأعلى كجائز شبكي فراغي تتعرض فيه عناصر السقف العلوي إلى الشد, كما ويلحظ ظهور تشققات كبيرة في الجوائز الحاملة للعناصر ناتجة عن القص.

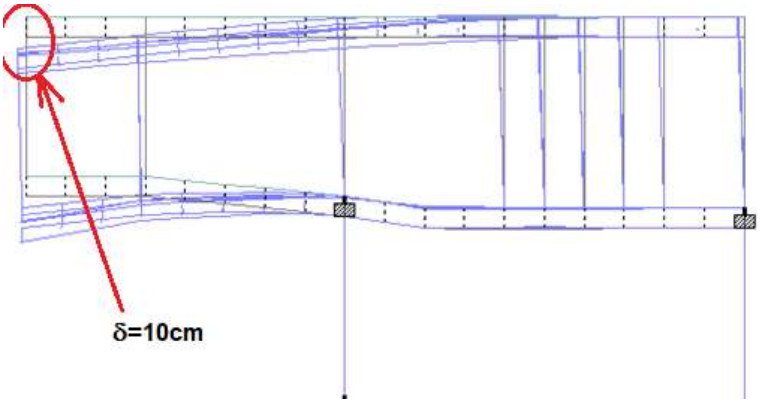
شكل /48/ : تشققات عند نقاط تركيز الإجهادات بسبب تغير سلوك هيكل المدرج

تعرضت أعمدة الطابق الأرضي من المدرج (الأعمدة الحاملة لأرضية المدرج للضرر والإزالة الكاملة شكل /48/ مما أدى لتغير السلوك الإنشائي للمدرج بحيث صار الهيكل بكامله يعمل بشكل ظفري بحيث يقوم السقف العلوي للمدرج مقام ألياف الضغط في العنصر الظفري بينما تعمل أرضية المدرج مقام ألياف الضغط.

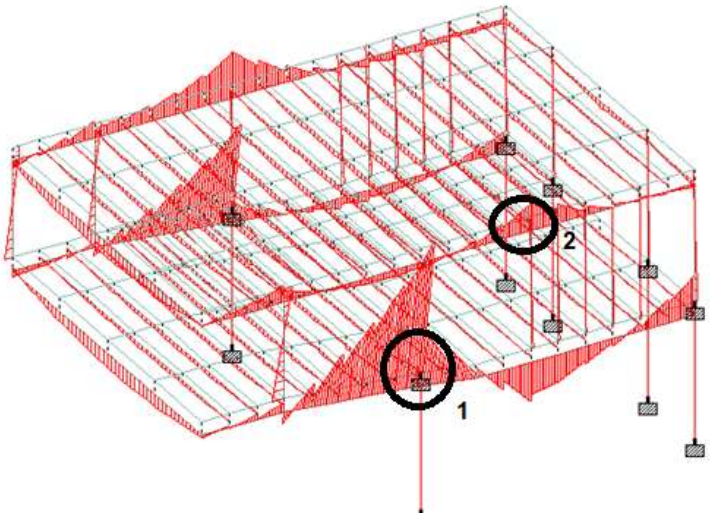
أخذ السلوك الإنشائي الجديد للهيكل نمط ظفر فراغي بلغت أبعاده (8.5 م مجاز حر بعرض مقطع الظفر 12 م وبارتفاع الطابق 4 م.

شكل /49/ : تشققات عند نقاط تركيز الإجهادات بسبب تغير سلوك هيكل المدرج

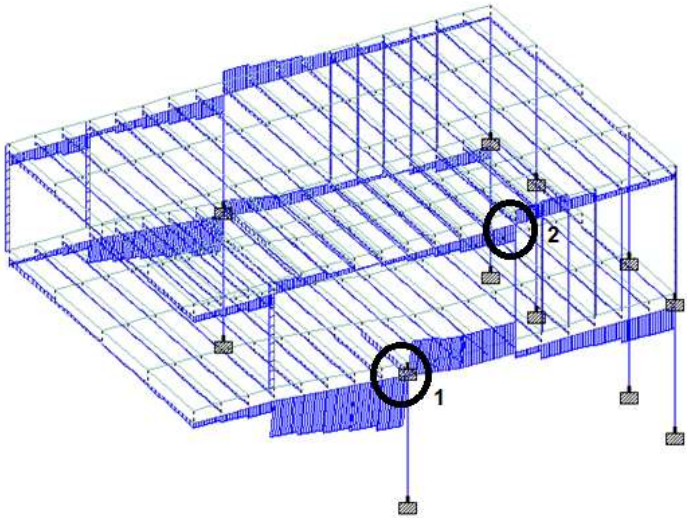
شكل /50/ : النموذج الحاسوبي الفراغي للمدرج بعد تطبيق الأضرار الحاصلة



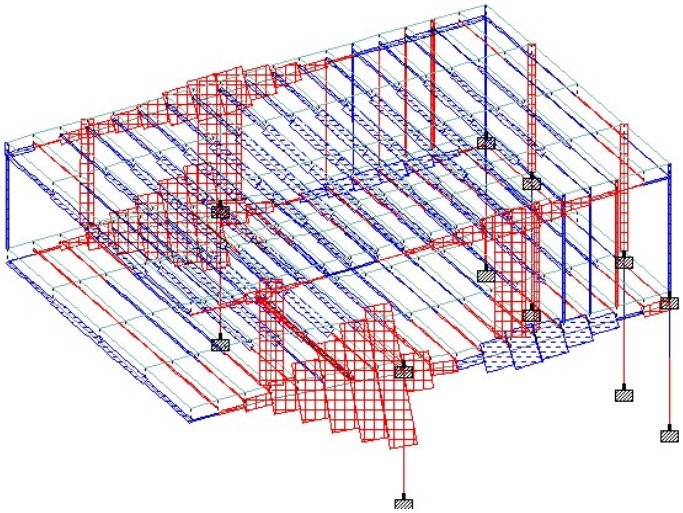
شكل /51/ : التشوهات الناتجة في النموذج الحاسوبي نتيجة الأحمال التقليدية وفق الواقع الراهن



شكل /52/: مخطط عزوم الانعطاف في النموذج الحاسوبي نتيجة الأحمال التقليدية وفق الواقع الراهن



شكل /53/: مخطط القوى القاصة في النموذج الحاسوبي نتيجة الأحمال التقليدية وفق الواقع الراهن



شكل /54/: مخطط القوى المحورية في النموذج الحاسوبي نتيجة الأحمال التقليدية وفق الواقع الراهن

بنتيجة التحليل الحاسوبي مقارنة النتائج مع الواقع الراهن والتشوهات اللاحقة في المنشأ نتيجة الأضرار الأولية تبين لدينا ما يلي:

- تركيز في عزوم الانعطاف (880 t.m) والقوى القاصة (300 t.m) في النقاط 1 و 2 نتيجة حدوث الظفر الكبير في المنشأ وعدم قدرة العناصر على تحمل هذه الإجهادات.
- حدوث تشوهات كبيرة متزايدة تؤدي بدورها إلى توسع الشقوق شكل/49/.
- تزايد القوى المحورية المطبقة على أعمدة الطابق الأرضي عن نقاط الارتكاز وبدء ظهور مؤشرات انهيار الأعمدة على الضغط.

9- الملخص والنتيجة:

- على الرغم من كون تقييم أضرار الانفجارات من المسائل الصعبة, إلا أنه من الممكن تقدير هذه الأضرار باستخدام الوسائل المناسبة (استمارات, أجهزة قياس تشقق, مراقبة دورية).
- تستخدم المعطيات في الواقع للحصول على العلاقات المناسبة للأثر المباشر والمسبب لهذه الأضرار، بحيث تساعد في إنجاز النموذج الحاسوبي المناسب.
- تؤدي النماذج الحاسوبية الدور الأكبر في تصور الآثار الغير ملحوظة وتوقع النقاط الخطرة في المنشأ المتضرر وذلك بتحليل المنشأ ومقارنة سلوك الاستجابة مع الواقع.
- يلزم توخي الحذر والدقة في توصيف المعطيات والقياسات ليتم إنجاز النموذج الدقيق الأقرب إلى الواقع, ويعود إلى الخبير الدور في تقييم النموذج ومقارنته بالحالة الراهنة للمنشأ.
- تفيد النماذج الحاسوبية في تقييم وتقدير الشكل الأنسب لعملية التدعيم اللازمة للمنشأ, وحتى في دراسة نموذج الانهيار عند اتخاذ قرار الهدم.

الملحق رقم -1-

استمارات معاينة المباني المتضررة [4] و [5] و [6]

1- الاستمارة المختصرة:

الجمهورية العربية السورية				**نقابة المهندسين السوريين - فرع حمص**	
استمارة معاينة مبنى					
المهندس:		**القطاع:**			
موقع المبنى:					
الرقم:	الشارع:	الحي:	المدينة:		
تاريخ الإنشاء:					
معلومات خاصة (إن وجدت):					
وصف المبنى:					
مبنى هيكلي: ☐	جدران حاملة:(أسقف من جوائز فولاذية): ☐				
القبو أعمدة أو جدران: ☐	أسقف خرسانية مسلحة: ☐				
مادة الإنشاء:					
خرسانة مسلحة: ☐	فولاذ: ☐	حجر: ☐			
بلوك اسمنتي: ☐	بلوك قرميدي: ☐	غير ذلك: ☐			
عدد الطوابق الإجمالي:	عدد الطوابق المتضررة:				
مساحة الطابق:					
المباني الملاصقة:					
من ثلاث نواحي: ☐	من ناحيتين: ☐	من ناحية واحدة: ☐	لا يوجد: ☐		
ملاحظات الفحص البصري:					
المبنى ككل:					
هل هناك ميل في المبنى:	في أي اتجاه:	مقداره:			
هل زادت المسافة بينه وبين المبنى الملاصق:		مقدار الزيادة:			
هل المبنى معرض لحريق:		مقدار التأثر بالحريق:			
التشققات في المبنى:					

تشققات أفقية وشاقولية فاصلة بين المباني والأعمدة والجوائز:		مكانها:	
تشققات مائلة في المباني:		مكانها:	
تشققات مائلة عند حواف الأبواب والنوافذ:		مكانها:	
تشققات أفقية عريضة في المباني:		مكانها:	
التشققات في الأعمدة:			
مكان التشققات:		شكلها:	
التشققات في الجوائز:			
مكان التشققات:		شكلها:	

تصنيف المباني والمنشآت القائمة ضمن فئات حسب الخطورة الهندسية		
الفئة (0):	**سليمة، لايوجد اي مظاهر خطورة فيها،** الوثائق الهندسية (مذكرات حسابية، مخططات، تقارير تربة،..) كاملة وسليمة.	☐
الفئة (1):	سليمة مع وجود بعض المؤشرات البسيطة، توجد بعض الشقوق الشعرية في العناصر الإنشائية، الوثائق الهندسية كاملة وسليمة.	☐
الفئة (2):	**سليمة بتحفظ،** وهي مماثلة للحالتين السابقتين ولكن لاتوجد وثائق هندسية كاملة أو يوجد تحفظ على هذه الوثائق.	☐
الفئة (3):	**خطرة خطورة بسيطة،** توجد مؤشرات متعددة في العناصر غير الإنشائية وبعض المؤشرات في العناصر الإنشائية الأساسية.	☐
الفئة (4):	**خطرة بحاجة إلى معالجة سريعة،** توجد مؤشرات متعددة في العناصر الإنشائية.	☐
الفئة (5):	**خطرة وبحاجة إلى معالجة إسعافية،** توجد مؤشرات على بداية حدوث انهيار وشيك.	☐
القرار:		
.....		
المهندس:	**التاريخ:**	

10- المراجع:

[1]. Prof. Ted Krauthammer. The Pennsylvania State University - **(EXPLOSION DAMAGE ASSESSMENT) .** /First Structural Forensic Engineering Seminar on University of Toronto 11-12 January 1999/.

[2]. T. Ngo، P. Mendis، A. Gupta & J. Ramsay، *The University of Melbourne، Australia (***Blast Loading and Blast Effects on Structures – An Overview**)

[3]. Joseph E Shepherd- California Institute of Technology، Pasadena، CA USA 91125 (**Explosion Effects**)

[4]. د.م. أحمد سليمان الحسن-نقابة المهندسين – دمشق."الكشف على المباني والمنشآت القائمة ومراقبتها وتعيين أسباب التصدعات والأضرار فيها".

[5]. د.م .أحمد سليمان الحسن - نقابة المهندسين – دمشق. "معايير تقييم المباني والمنشآت القائمة المتضررة لتقرير إعادة تأهيلها أو إعادة إعمارها".

[6]. نقابة المهندسين في الجمهورية العربية السورية - "الدليل الإرشادي للكشف والمراقبة على المباني والمنشآت الهندسية لضمان سلامتها الإنشائية." - دمشق – 2012