إصلاح وتقوية بعض المباني التاريخية التي تعرضت للأعمال الحربية الإسرائيلية

د. م. جلال الدبيك
مركز علوم الأرض وهندسة الزلازل
جامعة النجاح الوطنية، نابلس، فلسطين

الملخص: يحتوي البحث على مقدمة تم من خلالها وصف الكيفية التي أعتمدت في عملية تقييم الأضرار ودرجات الأنهيارات التي أحدثتها الأعمال الحربية الإسرائيلية، وكحالة دراسية يتضمن البحث تفاصيل إعادة تأهيل مبنى تاريخي قديم مكون من ثلاث طوابق تعرض إلى أضرار وأنهيارات كبيرة، حيث شملت أعمال التأهيل في البداية عزل وتحييد المبنى عن محيطه وعمل تدعيم وتكتيف كأجراء سريع وطارىء لايقاف تطور التشوهات والأنهيارت، ومن ثم تم الانتقال إلى أعمال التكتيف والتدعيم الدائمة للمبنى والتي استندت إلى تطوير وتغيير النظام الإنشائي للمبنى من العقود المصلبة إلى نظام جديد أقرب في آلية عمله إلى العقود البرميلية، ويستعرض البحث كذلك الكيفية التي تم من خلالها تفكيك الجدار الخارجي ومن ثم إعادة بناءه مع وضع القطع الحجرية في مكانها الأصلي، وتتخلل بنود البحث كذلك مناقشة واستنتاجات لأهم المزايا والنتائج التي تضمنتها طريقة تأهيل المبنى ومقارنتها مع الحلول الأخرى المقترحة.

1. المقدمة

وصف المعماريون وخبراء الآثار البلدة القديمة في نابلس على أنها تحفة معمارية، وذلك لما تحتويه من أبنية تاريخية، وخلال السنوات الأخيرة، وبالتحديد خلال العقد الأخير من القرن العشرين أظهرت اليونسكو وعدد من المؤسسات الدولية اهتمام واضح بترميم وإعادة تأهيل عدد من المواقع الأثرية في البلدة القديمة، وخلال العامين 2002 و 2003 تعرض العديد من مباني البلدة القديمة إلى دمار وأنهيارات كلية أو جزئية وذلك بسبب الأعمال الحربية الإسرائيلية.

بعد الاجتياح الإسرائيلي الأول للمدينة في شهر 2002/4 كان وضع المدينة كارثي وشبيه بشكل كبير بحالات ما بعد الزلزال (شكل1)، ولتقدير حجم الأضرار والخسائر تم إجراء تقييم سريع للمنشآت في المدينة Post-disaster damage assessment [1]، وقد رعي بأن يتم ذلك وفق المعايير والمراجع العالمية الخاصة بتصنيف درجات الأضرار والانهيارات، فاستخدم في التقييم الميداني كمرجع رئيسي المقياس الأوروبي EMS-98 [2]. وبناء على ذلك تم وضع آلية لإجراء التقييم، فتم تصنيف الانهيارات والأضرار إلى خمس درجات (درجة أولى أضرار طفيفة جداً في العناصر غير الإنشائية ...وصولاً إلى الدرجة الخامسة: انهيار كلي (Total collapse). ولتحديد شدة الانهيارات وتوزيعها في مناطق وأحياء المدينة تم الإشارة إلى الأضرار والانهيارات في مخططات المدينة، وذلك من خلال

استخدام الألوان المعتمدة في المعايير الدولية، فاللون الأحمر أشار إلى الانهيارات الكلية والجزئية (Total and partial collapse) أما اللون الأصفر فاستخدم للإشارة للمباني التي تعرضت إلى أضرار إنشائية واضحة، في حين استخدم اللون الأخضر إلى المباني التي تعرضت إلى أضرار غير إنشائية خفيفة ومتوسطة.

واستناداً إلى الأولويات التي تعتمد عادة بعد الكارثة في خطط إعادة التأهيل والبناء بوشر أولاً وفق الإمكانيات المحلية المتاحة في تنفيذ بعض بنود إعادة التأهيل، مثل: إعادة إسكان المشردين وإصلاح الأضرار والانهيارات الخفيفة، وكمرحلة ثانية بوشر في تأهيل عدد كبير من مباني البلدة القديمة التي تعرضت لأضرار واضحة في العناصر الإنشائية (انهيار من الدرجة الثالثة) بالإضافة لبعض المباني التي تعرضت لهدم جزئي (انهيارات من الدرجة الرابعة)، وكحالة دراسية (Case Study) نادرة في فلسطين تتضمن الورقة بشكل رئيسي تفاصيل إعادة تأهيل مبنى تاريخي قديم مكون من ثلاث طوابق تعرض إلى أضرار وانهيارات كبيرة من الدرجة الثالثة - الرابعة حسب المقياس EMS-98.

2. أنظمة العقود.

تسند أنظمة العقود (Vault Systems) في عملها إلى آلية ومبدأ عمل الأقواس والقباب Arches and Domes، وبشكل عام تقسم مباني العقود إلى نظامين: العقود البرميلية والعقود المصلبة.

1.2. العقود البرميلية Barrel Vaults

تتشكل هذه العقود Barrel Vaults من مجموعة من الأقواس المتصلة أو المستمرة، ويمكن تشبيهها بالأقواس العريضة، وتنتقل الأحمال في هذا النظام من العقود إلى الجدران الجانبية مباشرة (شكل 2)، ومن الناحية الإنشائية هناك مزايا وعيوب لهذا النظام، فإذا تعرض جزء من جدرانها الحاملة إلى تشوهات أو أنهيارات محدودة، كأن يتم أستحداث فتحة لباب أو نافذة صغيرة أو حدوث خرق لهذه الجدران نتيجة للأعمال الحربية مثلاً، فإن ذلك لا يؤدي بالضرورة إلى انهيار الجدار، ومن أهم عيوب هذا النظام من العقود أنه لا يمكن إزالة أحد جدرانه الحاملة.

2.2. العقود المصلبة Cross Vaults

يجمع النظام الإنشائي للعقود المصلبة (العقود المتقاطعة) بين آلية عمل الأقواس والقباب (انظر شكل 2)، ففي هذا النوع من العقود يتم نقل الأحمال من مستوى السقف إلى الركائز أو الدعامات الموجودة عند الزوايا الأربعة، وتعمل هذه الدعامات كعناصر إنشائية رأسية ويمكن تشبيهها بالأعمدة الحجرية الكتلية، بحيث يتم عادة تأمين استقرار المبنى من خلال التحكم بأماكن وبأبعاد هذه الدعامات [4] و [5]، وبدوره لنظام العقود المصلبة مزايا وعيوب، فإذا تعرضت الجدران الموجودة بين الدعامات إلى الإزالة، أو إذا تم إحداث فتحات في هذه الجدران فأن ذلك لا يؤدي إلى انهيار العقود أو انهيار المبنى، وهذا ما حصل بالفعل عندما بدأ جنود الاحتلال الإسرائيلي في الانتقال من غرفة إلى أخرى ومن مبنى إلى آخر من خلال إحداث فتحات بالجدران الموجودة بين الدعامات، أما في حالة تعرضت واحدة أو أكثر من دعامات هذه العقود إلى الانهيار فأن ذلك سيؤدي إلى تطور الانهيار وبالتالي حصول انهيار للعقد نفسه، وبسبب عدم وجود عناصر ربط وتكتيف فقد يؤدي ذلك إلى امتداد الانهيار إلى الدعامات والعقود المجاورة.

3. تأهيل بعض المباني التي تعرضت للأعمال الإسرائيلية الحربية(حالة دراسية).

تركزت الأضرار والانهيارات الإنشائية التي أحدثتها الأعمال الحربية الإسرائيلية، في وجود تشققات وتصدعات أو انهيارات في العناصر الإنشائية مثل الأقواس والعقود والجدران والدعامات وأكتاف العقود (انظر الشكل 3)، وبسبب القيمة التاريخية والمعمارية لمباني البلد القديمة رعي بأن تتم عملية تأهيل المباني المتضررة وفق المعايير والضوابط المعمارية، لذلك كان لا بد من وضع حلول إنشائية مناسبة، وبسبب التشوهات الجانبية التي أحدثتها الانفجارات داخل الغرف، كان لا بد من أستخدام عناصر مخفية من الخرسانة المسلحة كالبلاطات والجسور، وذلك لكي تعمل كعناصر ربط وتكتيف للعناصر الإنشائية الموجودة أصلاً في هذه المباني. ويشار هنا إلى أن المعايير والمقاييس الدولية[2] و [3] تعالج معظم المباني التي تتعرض لأضرار من الدرجة الرابعة من خلال إزالتها وإعادة بناؤها، وذلك لأن ذلك قد يكون أفضل من الناحية الاقتصادية، أما في حالة المباني التاريخية فيبقى إعادة التأهيل والترميم هو الأساس، ولا ينظر إلى الأفضلية من الناحية الاقتصادية، وكحالة دراسية (Case Study) يمكن من خلالها أخذ فكرة عن حالات الأضرار والأنهيارات المماثلة التي أحدثها الأجتياح الإسرائيلي: تعرض أحد المباني التاريخية القديمة إلى أضرار وانهيارات إنشائية من الدرجة الثالثة في أجزائه الجنوبية والشرقية والدرجة الرابعة في أجزائه الغربية والشمالية، وقبل وصف حالة المبنى بعد تعرضه للأعمال الحربية، لا بد من التعرف على النظام المعماري والإنشائي للمبنى.

1.3. الوصف المعماري للمبنى.

يتكون المبنى من ثلاث طوابق، وتتألف معظم أجزاء هذه الطوابق من الجدران الحجرية الكتلية والعقود، ويرجع عمر معظم أجزاء الطابق الأول والثاني إلى 500 عام أو أكثر، في حين يرجح بأن يكون عمر الطابق الأرضي أكثر من 800 عام، وأهم ما يميز الطابق الأرضي عن الطوابق الأخرى هو السماكة الكبيرة لجدرانه الخارجية حيث تراوحت بين 1-1.2 متر، وقد استخدم في بناء هذه الجدران قطع حجرية كبيرة جداً وكانت أبعاد بعض هذه القطع 60-170 سم، في حين تراوحت سماكتها بين 40-80 سم.

تشرف أحد جدران المبنى الخارجية (الجدار الشمالي) على أحد أهم الشوارع الرئيسية في البلدة القديمة أما بقية الجدران الخارجية الشرقية والغربية والجنوبية فهي متلاصقة ومتواصلة مع المباني المجاورة (شكل 4)، فالجدار الغربي للمبنى يجاور مبنى تعرض إلى انهيارات كبيرة أثناء الزلزال الذي حصل عام 1927، ومن ثم تم إعادة بناءه فاستخدم في ذلك مواد بناء ونظام إنشائي يختلف كلياً عن النظام الإنشائي للمبنى الأصلي، أما من الجهة الجنوبية فالمبنى متصل بعدد كبير من المباني المتلاصقة والمقامة على أرض منحدرة باتجاه جنوب- شمال.

2.3. النظام الإنشائي.

يتألف النظام الإنشائي (Structural System) لجميع طوابق المبنى بشكل رئيسي من العقود المصلبة (Cross vaults) المحملة على جدران أو دعامات حجرية كتلية (أنظر شكل 4)، بأستثناء بعض الأجزاء في الطابق الأخير والتي تم أستحداثها في الثلاثينات أو الأربعينات من القرن الماضي وذلك بدل الأجزاء التي تعرضت للأنهيار خلال الزلزال الذي حصل سنة 1927.

3.3. استطلاع الحالة الإنشائية.

أدت الانفجارات التي أحدثتها القذائف والتفجيرات التي قام بها الجيش الإسرائيلي إلى حصول تصدعات في عدد كبير من العناصر الإنشائية بالإضافة لحصول انهيارات في بعض أجزاء المبنى

(أنظر شكل 5)، ونتيجة لقوى الضغط التي أحدثتها الانفجارات داخل المبنى تعرض الجدار الجنوبي للمبنى إلى تشوهات وأزاحات جانبية (Lateral deformation) كبيرة ، وقد تراوحت قيمة هذه الازاحات على امتداد الجدار الخارجي الغربي بين 10-25سم وقد تركزت هذه التشوهات بشكل رئيسي عند مستوى سقف الطابق الأرضي ومنتصف الطابق الأول.

أستناداً الى طبيعة وحجم وأماكن التصدعات والأنهيارات أظهر الاستطلاع الميداني للحالة الإنشائية (Structural Survey) أن المبنى قد بدأ بتشكيل آلية وهيئة الأنهيار، وأن هناك تطور وزيادة مستمرة مع مرور الأيام في أبعاد وأحجام التصدعات التي حصلت في الجدران والدعامات الكتلية الحاملة والأقواس والعقود، فخلال متابعة واستطلاع التشققات والتصدعات باستخدام الطوابع واللواصق الورقية تبين ما يلي:

- نقطع اللواصق وتطور أبعاد التشققات والتصدعات في معظم المناطق الحرجة.
- تراوح عرض فتحات التشققات/التصدعات في بعض المناطق الحرجة للعناصر والأجزاء الإنشائية 3سم.
- تراوح مقدار الزيادة في عرض بعض التشققات بين 0.5-1 سم خلال فترة 5 أيام من الرقابة والمتابعة.

وأظهر الاستطلاع الميداني كذلك أن بعض أجزاء المبنى أنفصلت فعلياً عن المبنى وأنها قد فقدت الاستقرار، **مما جعل بعض الزملاء المهندسين يقترح أزالة المبنى وإعادة بناءه لاحقاً**، ولكن بسبب طبيعة نظام المبنى الإنشائي وترابط واستناد الأبنية المجاورة على بعضها البعض فإن انهيار المبنى سيؤدي إلى تطور الانهيارات وبالتالي التأثير على المباني المجاورة والملاصقة والمرتبطة بالمبنى، وخصوصاً تلك المباني التي تقع جنوب المبنى حيث تعرض معظمها إلى أضرار كبيرة، ويعزز هذا الاحتمال كون هذه المباني مبنية على منحدر.

ورغم الظروف الاقتصادية والأمنية الصعبة التي يعيشها الشعب الفلسطيني ومؤسساته، كان لا بد من إعطاء الأولوية لضوابط السلامة العامة، وخصوصاً أن انهيار المبنى سيؤدي إلى إغلاق أحد الشوارع الرئيسية في البلد القديمة بشكل كامل بالإضافة إلى احتمال تتابع وتطور الانهيارات إلى المباني المجاورة (انظر شكل 6) لذلك بوشر أولاً بإجراءات السلامة العامة ومن ثم أعمال المعالجة والتأهيل.

4. إجراءات السلامة العامة والتدعيم الطارىء.

عملاً بمنهجية السلامة العامة أولاً، تم اتخاذ عدد من الإجراءات السريعة Emergency Intervention وذلك وفق أولويات وضوابط السلامة العامة، فقد تم:

- إغلاق وتحييد المنطقة وذلك من خلال وضع إشارات تحذيرية ووضع عوائق أمام حركة المرور.
-وضع دعامات ومساند فولاذية خارجية مؤقتة، هدفها إيقاف تطور تشوهات المبنى وخصوصاً الجدار الخارجي الشمالي، بالإضافة إلى حماية المواطنين (شكل 7).
- إجراء تدعيم وتكتيف داخلي لجميع الطوابق في المبنى وذلك من خلال أستخدام وسائل الطوبار الخشبية والمعدنية المتوفرة محلياً (شكل 7).

ولأهمية السرعةوعامل الوقت في تنفيذ التدعيم الخارجي، واستناداً إلى شكل وأماكن التشوهات في الجدار الخارجي تم وبشكل سريع وضع دعامات معدنية رأسية وأفقية وقطرية، وقد رعي عند تشكيل نظام هذه الدعامات ما يلي:

- أن يتم استخدام المقاطع الفولاذية المتوفرة في نابلس في ظل الحصار وحظر التجول شبه المستمر على المدينة في ذلك الوقت.

- إمكانية زيادة عدد الدعامات في حالة تطلبت الحسابات الهندسية اللاحقة ذلك.

بعد استكمال تنفيذ التدعيم المؤقت الداخلي والخارجي، وقبل الانتقال إلى تنفيذ أعمال المعالجة الإنشائية الداخلية الدائمة بوشر بإجراء التحليل والتصميم الهندسي للدعامات الخارجية، وذلك للتحقق من مدى عامل أمان ما تم تنفيذه أثناء المرحلة الخاصة باجراءات السلامة، وقد تم تصميم الدعامات وفقاً لافتراض المراحل التالية:

المرحلة الأولى: الدعامات الخارجية ستؤمن الإسناد اللازم للجدار الخارجي ولجزء من المبنى وذلك وفقاً لشكل وزاوية الانهيارات المحتملة (أنظر شكل 6).

المرحلة الثانية: الدعامات الخارجية ستؤمن الإسناد اللازم للجدار الخارجي فقط، حيث تبدأ هذه المرحلة بعد الانتهاء من تنفيذ عناصر الربط والتكتيف الداخلية والتي سيتم تنفيذها من الخرسانة المسلحة والتي ستعمل كعناصر دائمة مخفية (غير ظاهرة).

5. التدعيم والتكتيف الإنشائي الدائم.

بعد الانتهاء من أعمال التدعيم والتكتيف المؤقت وذلك باعتبارها أولوية لتحقيق السلامة العامة، بوشر بتنفيذ أعمال التدعيم والتكتيف الدائمة (Permanent Consolidation) اللازمة داخل المبنى، وحيث أن المبلي القديمة عموماً تعتمد في مقاومتها للأحمال الرأسية على ما توفره هذه المباني من استقرار كتلي، إلا أنها تفتقر لعناصر الربط والتكتيف والتي يمكن من خلالها تأمين التعاون بين العناصر الإنشائية لمقاومة الأحمال الأفقية الناتجة عن الزلازل أو عن الأحمال الديناميكية كتأثير الانفجارات الناتجة عن الأعمال الحربية.

1.5. الهدف من تأمين عناصر الربط والتكتيف الأفقية والرأسية.

أظهر الاستطلاع أن المبنى قيد الدراسة قد فقد الاستقرار وخصوصاً في الجزء الشمالي منه، وبما أن النظام الإنشائي للمبنى يتكون بشكل أساسي من العقود المصلبة المرتكزة على دعامات حجرية رأسية، وفي ظل عدم وجود عناصر ربط وتكتيف في المبنى فأن تعرض هذه الدعامات إلى أضرار وتشوهات سيؤدي إلى انتقال وتطور الانهيارات إلى العناصر الأخرى، وهذا يعني أن تأهيل المبنى وبشكل خاص جداره الخارجي لا يمكن أن يتم بدون تزويد المبنى بعناصر ربط وتكتيف أفقية ورأسية، فمن المتوقع مثلاً أنه في حالة زيادة تشوه أو انهيار الجدار الخارجي فإن المبنى سيتعرض إلى انهيارات متتالية، ومن المحتمل أن تبدأ هذه الانهيارات وفق الانهيار الموضح في الشكل (6).

2.5. تزويد المبنى بعناصر ربط وتكتيف.

استناداً لنوع النظام الإنشائي المستخدم في المبنى ولشكل ولطبيعة الانهيارات المتوقعة، هناك حاجة لتزويد المبنى بعدد من الشدادات وعناصر التربيط والتكتيف كالجدران والبلاطات الخرسانية المسلحة ومن خلال المعرفة الهندسية لآلية عمل النظام الإنشائي للعقود، واستناداً لدراسات سابقة تم تنفيذها لصالح بلدية نابلس واليونسكو [6]، والتي كان هدفها التأهيل الزلزالي (تقوية وإصلاح) لخان الوكالة في البلدة القديمة في نابلس، والذي كان قد تعرض إلى انهيارات وأضرار خلال الزلزال الذي حصل سنة 1927، تم وضع حلول هندسية لتزيد المبنى بعناصر ربط وتكتيف في المستويين الأفقي والرأسي وذلك كما يلي:

أ – تأهيل نظام انتقال الأحمال الرأسية.

تزويد المبنى بجدران/قمصان خرسانية مسلحة بين الدعامات (أنظر الشكل 8)، مع مراعاة أن تكون هذه الجدران متعامدة مع الجدار الخارجي الشمالي وذلك لضمان عملها كشدادات جانبية، ومن خلال هذه

الجدران يتم ضمان إجراء تغيير في نظام تحميل العقود المصلبة في حالة تطور الانهيار أو أثناء إزالة الجدران الخارجية والتي ستتم لاحقاً، وهذا يعني الحصول على نظام للتحميل شبيه بنظام العقود البرميلية، هذا وقد رعي أثناء عملية تنفيذ هذه الجدران ما يلي:

- إزالة طبقة القصارة عن الجدران القديمة المحمولة والكشف عن طبقة الحجر الداخلية وتنظيفها بشكل جيد، وذلك لتأمين التماسك بين مادة الجدار المحمول القائم والطبقة الخرسانية المستحدثة.
- تزويد الجدار بقطع فولاذية موصلة للقوى القاصة (Shear connectors).
- تتناسب سماكة هذه الجدران مع موقع ومكان الجدار ومع حجم الضرر الذي تعرض له الجدار نفسه أو العناصر الأخرى المجاورة ، حيث تراوحت هذه السماكات بين 8-15 سم.

ب – تزويد المبنى بشددات أفقية.

لمعالجة التصدعات التي حصلت ولتأمين تربيط أفقي مناسب عند مستويات الأسقف، تم تزويد المبنى بشدادات أفقية من الخرسانة المسلحة وذلك على شكل بلاطات مسلحة سماكتها 8-10 سم. (انظر شكل 8) وتحضيراً لتنفيذ هذه الشدادات (البلاطات) تم إزالة الأرضية القديمة، وقد رعي بأن يتم تشريك البلاطات المسلحة مع الجدران الخرسانية الجانبية المستحدثة.

ج – تزويد المبنى بدعامات رأسية خارجية.

لكون الزاوية الشمالية –الغربية للمبنى تعرضت لأضرار كبيرة جداً (أنظر شكل 5)، ولأن هذه الزاوية كانت تشكل دعامة مركزية بين المبنى قيد الدراسة والمبنى المجاور، وحيث أن موقع هذه الزاوية يشكل أحد الدعامات الرأسية للعقود المصلبة، فإن البدأ في إجراء الإزالة التدريجية للجدار الخارجي قبل تأمين دعامة خرسانية مسلحة في منطقة زاوية المبنى الشمالية – الغربية سيؤدي بشكل قاطع إلى تطور الانهيار، لذلك تم بناء جدار من الخرسانة المسلحة على شكل زاوية (انظر شكل 9، المقطع e_2-e_2).

6. تأهيل الجدار الخارجي.

بعد الانتهاء من تنفيذ أعمال التدعيم والتكتيف الداخلي والخارجي، بوشر بتنفيذ الأعمال الخاصة بتأهيل الجدار الخارجي

1.6. تفكيك الجدار الخارجي.

تركزت الأضرار والتشوهات الإنشائية بشكل رئيسي في الطابق الأرضي والأول من الجدار الخارجي الشمالي، واستناداً للقيمة التاريخية للمبنى ولجدرانه الخارجية بشكل خاص، كان لا بد من المحافظة على الطابع المعماري للجدار الخارجي الشمالي وخصوصاً أنه يحتوي على قطع حجرية من النوع القديم جداً، لذلك تم وضع خطة لتنفيذ عملية تفكيك القطع الحجرية وإعادة بناء الجدار من نفس الحجر، ويمكن تلخيص أهم أفكار وعناصر الخطة بما يلي:

- في المرحلة الأولى يتم تفكيك جدار الطابق الأرضي حيث القطع الحجرية من الأحجام الكبيرة جداً يتبعها مرحلة ثانية لتفكيك جدار الطابق الأول، وذلك على اعتبار انه لا يوجد حاجة لإزالة وتفكيك القطع الحجرية في الطابق الثاني.
- تفكيك القطع الحجرية في المرحلة الواحدة يتم على شكل شرائح طولية بعرض تقريبي يساوي 1.5 متر تقريبا.
- قبل المباشرة بالمرحلة الأولى والبدأ في تفكيك جدار الطابق الأرضي تم إجراء تحميل وتدعيم مؤقت للقطع الحجرية الموجودة في مداميك الطابق الأول، وقد تم ذلك من خلال فك مدماك حجر بين الطابقين ووضع جسر من الفولاذ في مكانه (أنظر الشكل 10).
- للتأكد من إعادة وضع القطع الحجرية في مكانها الأصلي تم ترقيمها وفقاً لنظام المصفوفات.

وبسبب طبيعة المنطقة والظروف السائدة أثناء التنفيذ تعذر استخدام الرافعات أو الآليات، فتم استخدام الروافع الميكانيكية التقليدية اليدوية، ويشار هنا إلى انه تجاوز وزن بعض القطع الحجرية الـ 1 طن.

2.6. إضافة عناصر إنشائية من الخرسانة المسلحة.

بعد الانتهاء من تفكيك القطع الحجرية في كل شريحة، ومن ثم الانتهاء من تنظيف الأتربة والمواد الموجودة خلف الحجر تم إضافة عناصر إنشائية من الخرسانة المسلحة على شكل جدران (أنظر شكل 9)، وقد شمل ذلك إعادة تأهيل القواعد، وتزويد الجدران الخرسانية المستحدثة بحديد تشريك لتأمين التماسك والربط اللازم مع خرسانة التصفيح التي ستوضع لاحقاً خلف القطع الحجرية بعد إعادة بنائها.

3.6. إعادة بناء القطع الحجرية.

قبل إعادة بناء القطع الحجرية في أماكنها الأصلية وفقاً لأرقامها تم أجراء تأهيل لهذه القطع وذلك من خلال تخفيف سماكاتها إلى 20-25 سم (تراوحت السماكات الأصلية بين 40-80 سم)، ولتعذر نقل هذه القطع إلى خارج البلد القديمة تم تخفيف سماكتها في الموقع باستخدام الوسائل والمعدات اليدوية التقليدية (أنظر شكل 10)، وبعد وضع القطع الحجرية في أماكنها وتصفيحها بطبقة خرسانية، تم تنظيف الوجة الخارجي للحجر حسب متطلبات وضوابط ترميم المباني التاريخية ومن‌ثم تم أجراء التكحيل اللازم وفقاً للمعايير [7] و [8] حيث أستخدمت الكحلة الجيرية التقليدية والتي تتكون من نسب الخلط: 9 رمل + 3 شيد + 1 أسمنت ابيض.

7. النتائج .. والخلاصة.

أستناداً للتحليل الإنشائي لأنظمة العقود المصلبة والعقود البرميلية [4]، [6] و [8]، وبمقارنة الاجهادات القصوى الناتجة عن التحميل (الأجهادات العمودية f_{max} والقاصة ν_{max}) مع الأجهادات المسموح بها التي وفرها نظام التحميل المستحدث تبين أن أجهادات التحميل أصغر بكثير من الأجهادات المسموح بها وأن عامل الأمان قد تراوح بين 3-4. ومن جهة أخرى يساهم التشكيل الإنشائي الجديد الذي وفرته عناصر التكتيف المستحدثة في تحسين السلوك الزلزالي للمبنى، وهذا ما أكدته دراسات التحليل الإنشائي الزلزالي بأستخدام الطرق الديناميكية والإستاتيكية المكافئة التي تم أجرائها لمباني تاريخية متشابهة بنظامها الإنشائي مع الحالة الدراسية [6].

لإيضاح أهمية ومزايا الحلول التي تم تنفيذها في عملية تأهيل المبنى يمكن أجراء مقارنة سريعة بين ما تم تنفيذه وما اقترحه بعض الزملاء المهندسين في حينه من ضرورة أزالة المبنى وإعادة بناءه لاحقاً:

أولاً : تمت المحافظة على المبنى وعلى قيمته التاريخية، في حين سينتج عن إعادة بناءه مبنى جديد- قديم بروح مختلفة عن المبنى الأصلي.

ثانياً: رافق تأهيل المبنى وضع خطط وإجراءات سريعة/ طارئة لتحقيق السلامة العامة، في حين من المرجح أن ينتج عن إزالة المبنى تطور وأمتداد الأنهيارات إلى المباني المجاورة، وبالتالي سيكون هناك صعوبة كبيرة في ضبط اجراءات السلامة العامة.

ثالثاً: مدة تنفيذ التأهيل كانت 3 أسابيع فقط، تم خلالها إغلاق الشارع بشكل كامل اسبوعين، أما إزالة المبنى وإعادة بناءه فسينتج عنها إغلاق للشارع مدة زمنية قد تزيد عن سنتين، وذلك بسبب طبيعة المبنى والموقع.

رابعاً: تكلفة التأهيل لم تتجاوز 20 ألف دولار، في حين يتطلب إعادة البناء مبلغ يزيد عن 300 ألف دولار إضافة لتكلفة إزالة الأنقاض (2800 متر مكعب)، وبسبب طبيعة المنطقة واعتمادها على المعدات البسيطة قد تصل تكلفة نقل الأنقاض 10 دولار لكل متر مكعب.
خامساً: امتداد الأنهيارات إلى المباني المجاورة سيؤدي إلى مضاعفة المبالغ المذكورة أعلاه والمتعلقة بإزالة الركام وإعادة البناء.

إضافة لما ذكر تم تنفيذ معظم مراحل إعادة التأهيل أثناء الحصار وحظر التجول شبه المستمر على مدينة نابلس، وذلك من خلال أستخدام المواد المتوفرة في السوق المحلي وبأمكانيات مادية محلية، وبعد الأنتهاء من عملية التأهيل تم أعتماد نفس الأسلوب والآلية في تأهيل عدد من المباني داخل البلدة القديمة. ومن الجدير بالذكر أنه وفقاً لما تضمنته طريقة التأهيل من تزويد المباني بأنظمة للتربيط والتكتيف في المستويين الأفقي والرأسي، فإنه من المتوقع أن يساهم ذلك في تحسين السلوك الزلزالي لهذه المباني.

يشار إلى أن المراقبة الدورية للمبنى وخصوصاً خلال فصل شتاء 2003/2002 أظهرت أنه لم يطرأ أي تغيير أو تشوه على حالة المبنى، وأن المبنى في حالة إنشائية جيدة جداً.

المراجع

[1] Al-Dabbeek,J., Amad, E., Assi, E., Al-Jawhari, A., and others " Post-Disaster Damage Assessment For The City of Nablus", Nablus Municipality, 2002.

[2] European Macroseismic Scale 1998, Conseil de L'Europe, Luxembourg, 1998.

[3] Federal Emergency Management Agency. Draft of "Handbook for the Seismic Evaluation of Existing Buildings: A prastandard", FEMA 178, Washington, D.C. October 1997.

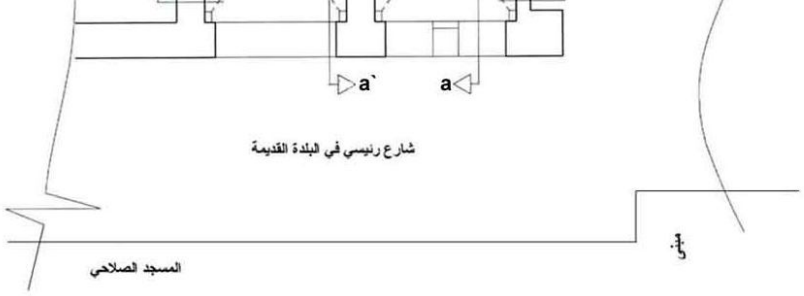
[4] Croci, G.,"The conservation and Structural Restoration of Architectural Heritage". Computational Mechanics Publications, Southampton, UK and Boston, USA, 2000.

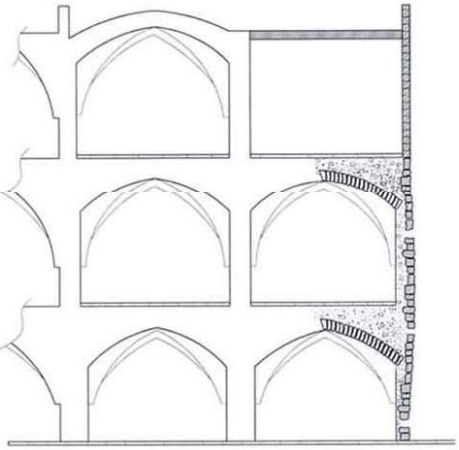
[5] Drysdale, R. G., Hamid, A.A. and baker, L., "Masonry Structures: Behavior and Design", Prentice Hall, Inc, 1993.

[6] Al-Dabbeek, J. and others, " Seismic Rehabilitation of Khan Al-Wakala Buildings", Khan Al-Wakala Project, Nablus Municipality UNESCO, 2002.

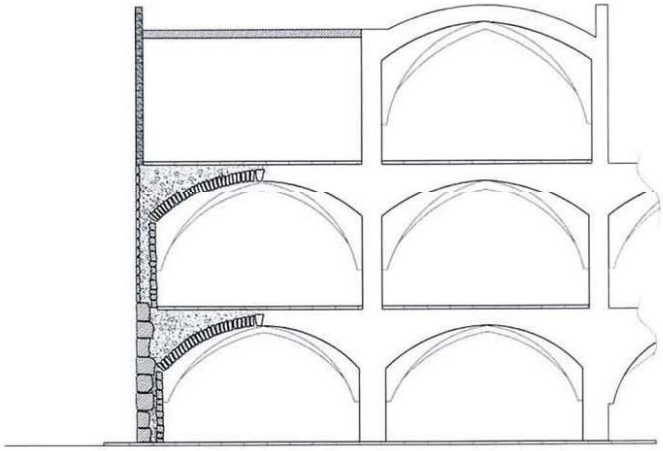
[7] Feilden, B. M., "Conservation of Historic Buildings, Butterwoth architecture, Oxford, 1998.

[8] UNDP, "Building Construction Under Seismic Conditions in the Balkan Region, Volume 6: Repair and Strengthening of Historical Monuments and Buildings in Urban Nuclei, Vienn, 1984.



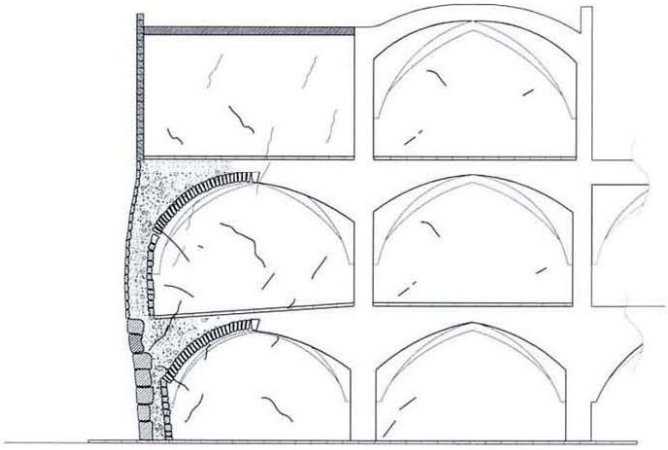


section b-b



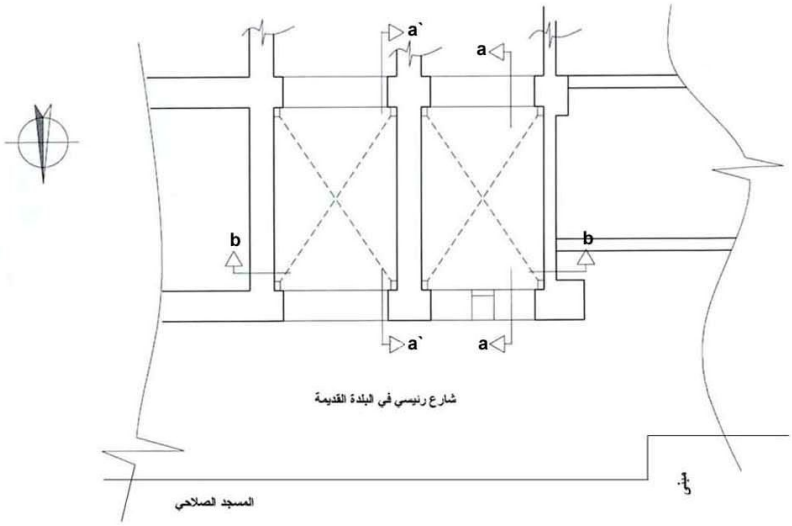
section a-a

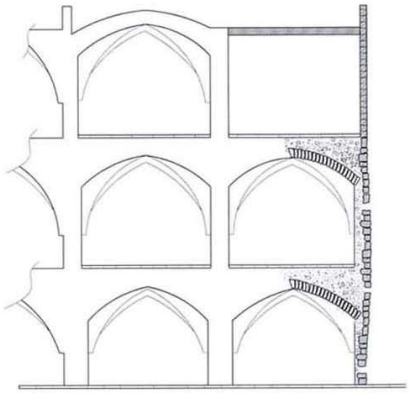
شكل (4) : المسقط الأفقي وبعض المقاطع العرضية والطولية



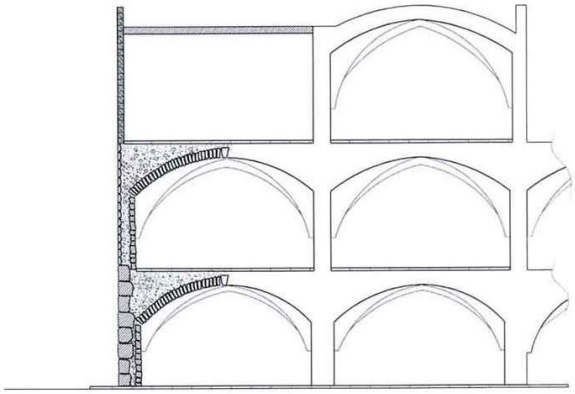
شكل (a-5) : المقطع العرضي a-a بعد تعرض المبنى للأعمال الحربية

شكل (3) : تأهيل بعض المباني التي تعرضت لأضرار انشائية



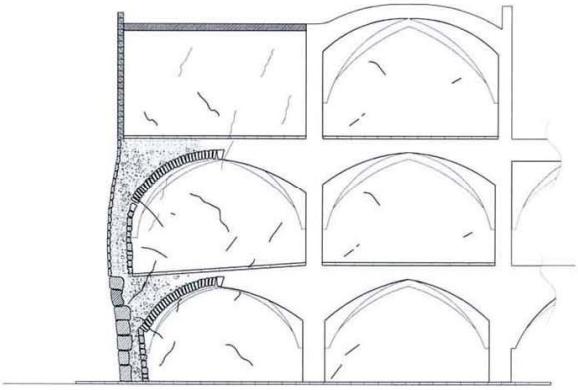


section b-b

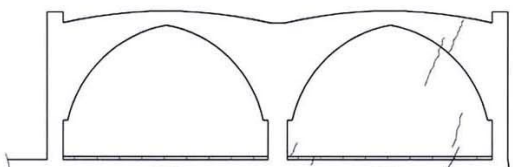


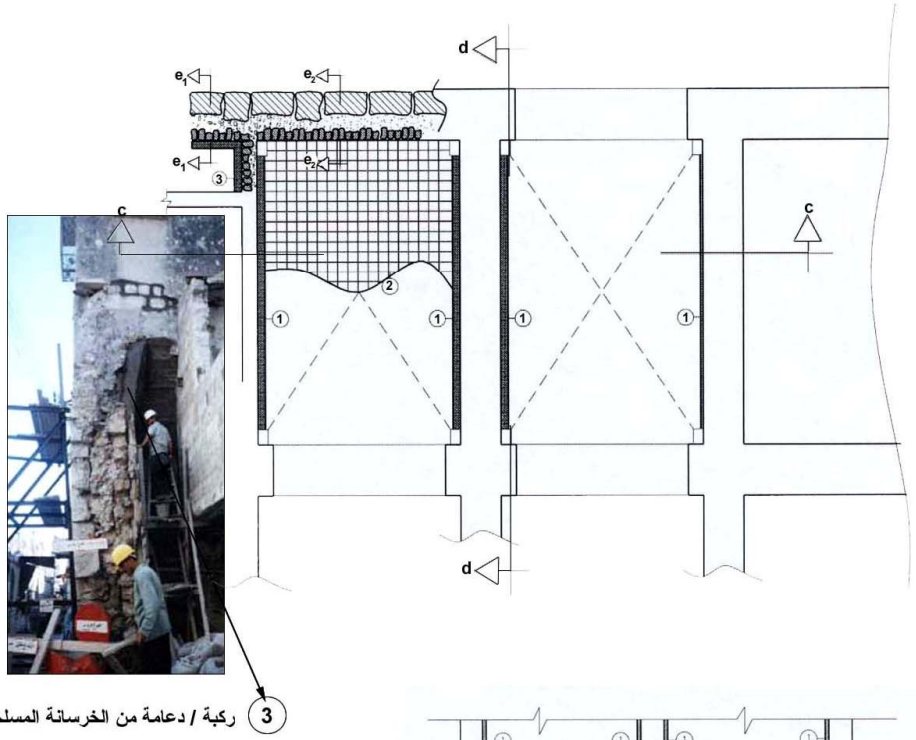
section a-a

شكل (4) : المسقط الأفقي وبعض المقاطع العرضية والطولية



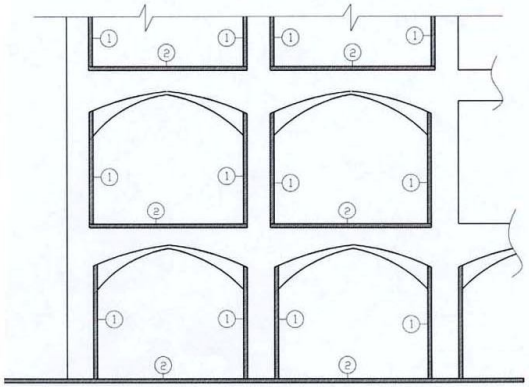
شكل (a-5) : المقطع العرضي a-a بعد تعرض المبنى للأعمال الحربية





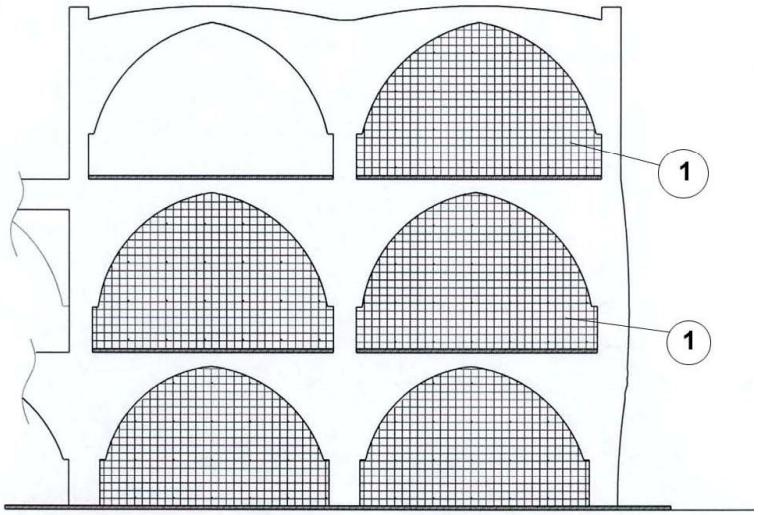
3 ركبة / دعامة من الخرسانة المسلحة

2 طبقة / بلاطة من الخرسانة المسلحة



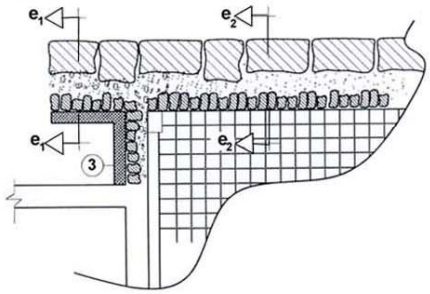
Section c-c

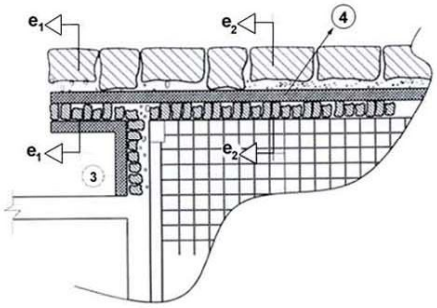
1 قميص / جدار من الخرسانة المسلحة



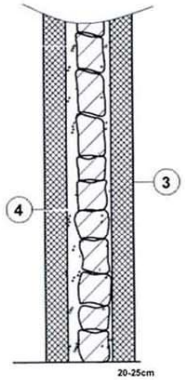
Section d - d

شكل (8) : عناصر ربط وتكتيف وتدعيم من الخرسانة المسلحة





تنويه: في عملية تأهيل الجدران الخارجيةالشمالية
الطبقة(3) غير موجودة, ويقتصر وجودها على الزاوية
الشمالية الغربية للمبنى المقطع (e_2 – e_2)

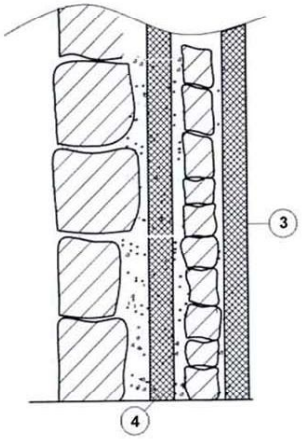


IV

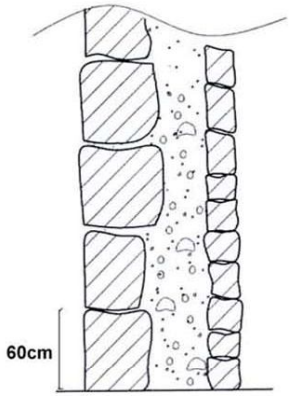
الجدار الخارجي بعد الانتهاء من تأهيله

إضافة جدار من الخرسانة المسلحة

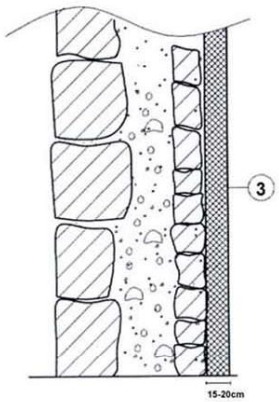
اعادة بناء القطع الحجرية



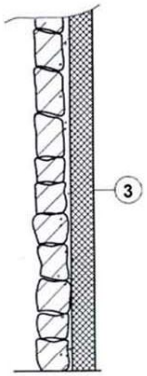
V



I



II



III

Section e_1- e_1

شكل (9) : خطوات تأهيل الجدار الخارجي