**The Islamic University Journal (Series of Natural Studies and Engineering)**
Vol.15, No. 1, pp 193 -217 , **2007**, ISSN 1726-6807, http// www.iugaza.edu.ps/ara/research

# قابلية الإصابة والسلوك الزلزالي المتوقع للمباني في الضفة الغربية، فلسطين

**د. جــلال نمــر الــدبيك**
***جامعة النجاح الوطنية - نابلس، فلسطين***
بريد إلكتروني: seiscen@najah.edu

**ملخص:** تتلخص فكرة البحث في إجراء سيناريوهات زلزالية على بعض المناطق في المدن الفلسطينية كعينة عامة، وذلك من خلال تحديد حجم الأخطاء ونسبها في المباني، وبالتالي إيجاد حجم الانهيارات والأضرار المحتملة لأنماط المباني الدارجة ونسبها، وأنواعها عند تعرضها لهزات أرضية قوية أو قوية نسبيا. ويتخلل البحث استعراض لأهم الأنماط والتشكيلات المعمارية والإنشائية في المباني في فلسطين والتي لا تحقق متطلبات الأمان الزلزالي، وتناول البحث كذلك العلاقة بين قابلـيـة إصــابـــة (Vulnerability) المباني بأنواعها المختلفة مع كل من الشدة الزلزالية ودرجات الأضرار والانهيارات المحتملة وفقا للمقياس الأوروبي EMS-98، واعتمادا على منهجية التقييم الاستطلاعي العام، تم إجراء تقييم ميداني سريع لعدد من المناطق في 7 مدن فلسطينية، وقد أظهرت النتائج ان قابلية الإصابة الزلزالية مرتفعة في العديد من المباني، وان هناك احتمالاً لتعرض بعض هذه المناطق لحصول أضرار و انهيارات كلية وجزئية كبيرة، بالإضافة إلى وجود احتمال كبير لتعطيل العديد من الطرق وإغلاقها في هذه المناطق، وكمحاولة للتحقق و لتدقيق نتائج التقييم الميداني العام، تم إجراء دراسة تقييميه لعدد محدود من المباني المستطلعة، وذلك باستخدام إحدى الطرق التي تعتمد على المنهجية النوعية في التقييم (Qualitative Method) ، حيث تم الاستعانة بالطريقة اليابانية للتقييم النوعي للمباني.

## Vulnerability, and Expected Seismic Performance of Buildings in West Bank, Palestine

**Absract** there are different factors affecting the over all vulnerability of a structure in addition to its construction type. These factors are generally applicable to all types of structures. To emphasize the necessary data required for assigning the vulnerability classes for Palestinian buildings, seven , represents the almost the main regions in West Bank, were investigated by collecting information based on the site conditions, regularity and configuration structural and architectural elements of buildings, adjacency, edge material conditions ,etc.

For each city, two representative zones or more were selected for the investigation. The collected data and analysis were determined according to European Macroseismic scale 1998 (EMS) and calibrated by using Japanese qualitative method. The results showed that one third of the investigated buildings belong to seismic vulnerability of class A (Many buildings of class A will suffer heavy damage), whereas about 40 percent of the buildings indicate class B (Many buildings of class B will suffer moderate damage).

***الكلمات المفتاحية:*** سيناريوهات زلزالية، الأنماط الإنشائية، قابلية الإصابة الزلزالية، الإنهيارات المحتملة، تقييم ميداني، فلسطين.

**1 - مقـــــــدمة :**

تؤدي الكوارث الطبيعية بشكل عام، والزلازل بشكل خاص، إلى القضاء على أعداد كبيـــرة مـــن سكان الأرض، وتسبب الدمار للمنشآت والبنى التحتية، فالزلازل ظاهرة كونيـــة لا يعلـــم ســـاعة حدوثها بالضبط إلا عالم الغيب" الله سبحانه وتعالى"، ولا يمكن منعها، ولكن يمكن التخفيف مـــن مخاطرها من خلال اتخاذ الإجراءات اللازمة" قبل حصول الزلازل وأثناءها، وبعـــدها"، وذلـــك بالتخطيط والتصميم والتنفيذ والمتابعة، وبالتنسيق والتعاون المشترك على كافة المستويات، وبـــين المؤسسات ذات العلاقة في الدولة" وذلك ابتداء من المـــواطنين والمختصـــين ووصـــولا إلـــى المسؤولين وأصحاب القرار"، وهذا بلا شك يتطلب وجود سياسة وطنيـــة لا تقـــل أهميـــة عـــن السياسات الوطـــنية في الـــمـــجـــالات الأخـــرى [1] و [2]، فقد أظهرت الخسائر، التي ألحقتها الزلازل في كثير من مناطق العالم، في الأرواح أو الممتلكات" أن تأثيرها السلبي على اقتصـــاد هذه الدول، وعلى خططها التنموية كان مدمراً [6] و[8] و [11] و[13]، ويمكن تلمس ذلك بعد سنوات وأحيانا بعد عشرات السنوات.

إن الزلازل بحد ذاتها، لا تقتل الإنسان، وأن من يفعل ذلك هو المبنـــى أو الحرائـــق والحـــوادث الأخرى التي تحدثها أو تثيرها الزلازل ( كالانزلاقات الأرضـــية وانهيـــار الشـــوارع وخطـــوط المواصلات والاتصالات ...... الخ) ، من هنا تظهر أهمية هندسة الزلازل والتخصصات الأخرى في التخطيط لمقاومة أفعال الزلازل.

وتكمن أهمية هذا النوع من الدراسات، في أهميته في إعداد خطـــط الســـيناريوهات الزلزاليـــة، ومخططات الأخطار وإدارة الكوارث، وكذلك إعطاء تقديرات أولية تقريبية للخســـائر المتوقعـــة، وتسليط الضوء على أنماط المباني الدارجة في فلسطين والمتوقع فشـــلها فـــي تحقيـــق الأمـــان الزلزالي، وبالتالي دعوة أصحاب القرار والمختصين إلى ضرورة أخـــذ الإجـــراءات اللازمـــة لمعالجة الأخطار وتخفيفها بالنسبة للمباني القائمة، وعدم تكرار هذه الأخطاء في المباني الجديدة.

**2. السلوك الزلزالي المتوقع لأنماط المباني الدارجة في فلسطين :**

يعتمد معظم المهندسين، في فلسطين، في تصميمهم للمباني، على القوى الرأسية الناتجة عن الأحمال الميتة ( الدائمة) ، والأحمال الحية ( غير الدائمة) فقط، وقليل منهم من يأخذ بعين الاعتبار، في التصميم والتنفيذ، أثر القوى الزلزالية أو الرياح، (تنويه: يشار إلى أن المباني العالية في قطاع غزة يتم تصميمها لمقاومة القوى الزلزالية و يتم مراجعة ذلك من قبل نقابة المهندسين

– مركز غزة) ومن خلال إجراء مقارنة سريعة للمنشآت القائمة مع متطلبات هندسة الزلازل وشروطها، تبين أن هناك نسبة كبيرة من الأنماط الإنشائية والمعمارية المستخدمة في فلسطين وبشكل خاص في مدن الضفة الغربية لا تلبي متطلبات الحد الأدنى، ولا يوجد التزام حتى بالتوصيات العامة الخاصة بتشكيل المنشآت لمقاومة أفعال الزلازل [1] و[3]، وعموماً يمكن إجمال أهم الملاحظات أو الأخطاء في تصميم بعض أنماط المباني الدارجة وتنفيذها في فلسطين بما يلي:

ـــ البناء على الأراضي الجبلية شديدة الانحدار بدون إجراء التسويات اللازمة، وخصوصاً إذا كانت تربة التأسيس تتكون من الصخر الجيري المفكك (انظر شكل رقم 1).


بعض أنماط البناء الدارجة محليا


منطقة تعرضت لإنزلاقات أرضية

**شكل (1) البناء على الأراضي الجبلية شديدة الانحدار**

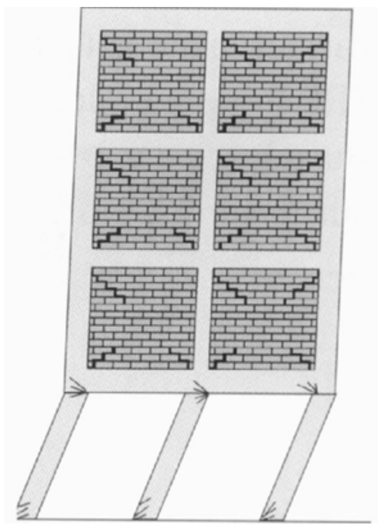
ـــ البناء على أراضٍ يحتمل أن تتعرض للانزلاقات الأرضية وقت حدوث الزلازل، كالبناء على الأراضي الصخرية الحورية شديدة الانحدار، وما يرافق ذلك من قطع وحفر يؤثر على جوار المبنى، ومما يضاعف خطورة هذا النوع من المشاكل، هو عدم اجراء دراسات تحليلية لاستقرار المنحدر وكذلك عدم وجود خرائط أو سياسات وطنية لاستخدام الأراضي (انظر شكل رقم 1).

ـــ استخدام الطابق الرخو (Soft Story)، وهو أن يكون الطابق الأرضي، أو بعض الطوابق الاخرى من الاعمدة فقط بدون جدران وبقية الطوابق العلوية أو/ السفلية مغلقة بالجدران العادية او المسلحة (انظر شكل رقم 2).

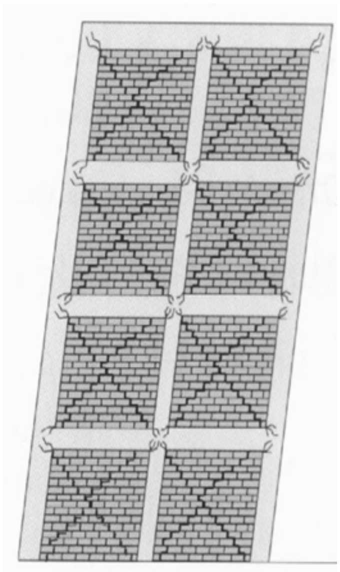
ـــ وجود أو تشكيل الاعمدة والجسور القصيرة في المباني مع عدم مراعاة ان هذه التشكيلات الإنشائية تتأثر بشكل كبير بالقوى الزلزالية القاصة

انهيار طابق رخو
زلزال كوبي 1995

طابق رخو وعدم تماثل أفقي بالشكل



آلية سلوك الطابق الرخو



سلوك المبنى بدون طابق رخو

**شكل (2) الطابق الرخو في المباني وآلية الانهيار**

ـ عدم تحقيق التماثل التقريبي في كل من المستويين الأفقي والرأسي للشكل والكتل وللعناصر الإنشائية.

ـ عدم استخدام الفواصل الزلزالية (Seismic Joints) بين المنشآت، أو أجزاء المنشأ الواحـد، أو أحيانا عدم الالتزام بالعرض المطلوب لهذه الفواصل (انظر شكل رقم 3).

تلاصق مبنيين دون وجود عرض كافي للفاصل الزلزالي.

اصطدام مبنيين متجاورين (عرض الفاصل الزلزالي غير كافي) زلزال المغرب **2004**

**شكل (3) عدم وجود عرض كافي للفواصل الزلزالية.**

ـ المبالغة في استخدام الانظمة الكابولية/ الطيرانات (Cantliever Systems) في المبـانـي وخصوصا" عندما تكون بحور(Spans) هذه الطيرانات كبيرة ومحملة بـجـدران ثـقيلة (انظر الاشكال رقم 4 و 5).

ـ تصميم مباني بارتفاعات تزيد على 4 أو 5 اضعاف عرضها بدون الاخـذ بعـين الاعتبـارا لضوابط هندسة الزلازل في مثل هذا النوع من المباني (انظر شكل رقم 5).

ـ استخدام الحجر في البناء بدون تأمين ترابط وتماسك كافٍ بين الحجر والخرسـانة، حـيث تبلغ سماكة الحجر 5 سم تقريبا، ويكون سطحها الملامس للخرسانة، في الغالب أملـساً، وبالتالي من المتوقع انفصال وتساقط العديد من قطع الحجر في هذا النظام وخصـوصاً فـي المبـاني العالية.

**شكل (4) المبالغة في استخدام الطيرانات خصوصا المحملة منها**

**شكل(5) مباني عالية النحافة**

ــ الخلط بين انظمة الهياكل الخرسانية المسلحة والجدران المحمولــة، وانــظـــمة الـــجدران الخرسانية الحجرية المستخدمة.

ــ وجود أخطاء تنفيذية في تربيط الحديد وفي خط مساره وطرق صب الخرسانـــة، واخــرى تتعلق بشاقولية العناصر الانشائية ونوعية المواد المستخدمة.

ــ عدم تأمين احاطة (Confinement) كافية للمناطق الحرجة، وخصوصا فـــي مـــنـــاطـــق المفاصل أو العقد (مناطق تقاطع الأعمدة مع الجسور/ الكمرات) ، وكـــذلك عـــدم تحـــقيــــق تفاصيل التسليح اللازمة (انظر شكل رقم 6).

ــ عدم تأمين النوعية اللازمة للخرسانة وخصوصا" في العناصر الانشائية، وغالبا مـــا يــــكون

السبب الرئيسي لضعف الخرسانة هو أخطاء في التنفيذ، وعدم ايناع وسقاية الخرسانة بعد صبها، اما في المباني القديمة فهناك عوامل الاهتراء والتآكل والصدأ التـي تنـتج عـن عمـر المبنـى والظروف المحيطة، بالاضافة لعدم اجراء الصيانة الدورية اللازمة.

و يُشار إلى أن العديد من المباني القائمة، تحتوي على واحدة أو اكثر من الملاحظات او الاخطاء المذكورة أعلاه وهذا ما ستؤكده الدراسة الميدانية.

زلزال الجزائر 2003

زلزال الجزائر 2003

**شكل (6) انهيارات في المباني بسبب المفاصل (العقد) بين الأعمدة والجسور**

## 3. قابليـــــة الإصابـــــة الزلزالية :

يستخدم مصطلح قابلية الإصابة (Vulnerability) الزلزالية للتعبير عن الاختلافات في طريـــق التصرف التي تبديها المباني تجاه الهزات الأرضية، فعندما تتعرض مجموعتان من المباني لنفس الهزة الأرضية، وكانت النتيجة أن تصرفت إحدى المجموعات بطريقة أفضل من الأخرى، عندئذ نقول إن المباني، التي تعرضت لأضرار أقل، لها قابلية إصابة أقل من المباني التـــي تعرضـــت لأضرار أكبر، والعكس صحيح، وتعتمد قابلية المباني للإصابة على زلزالية المنطقـــة، وطبيعـــة تربة الموقع، بالإضافة إلى طبيعة النظام الإنشائي ونوعيته وتشكيله، وتوزيع عناصره المعمارية والإنشائية.

ويستطيع كل من يشعر بالزلزال تحديد درجة شدته في مكان وجوده مباشرة باستخدام مشـــاهداته، وبالرجوع إلى وصف درجات مقاييس الشدة مـــثل مقـــياس مـــيـــركـــالـــي المـــعـــدل MM (Modified Mercalli) أو مقياس MSK (Medvedev Sponbeuer Karink)، أما مقيـــاس ريختر M (Magnitude) فيعتمد على قياس مقدار الطاقة المتحررة من بؤرة الزلزال، وذلك من خلال الاستعانة بأجهزة رصد الزلازل، وبمعادلات رياضية خاصة، وتمثل درجته مقياساً للمقدار، أو القوة، وعموما" تستخدم المراجع العلمية عند وصفها لدرجات الزلازل كل مـــــن درجـــــات الـــشـــدة MM أو المقدار M.

### 1.3 تصنيف الأضرار والانهيارات :

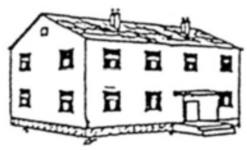
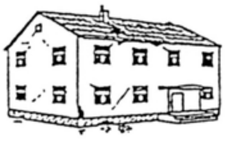
تتأثر درجة انهيار أو أعطاب المباني تحت تأثير القوى الزلزالية بعدد من العوامل، وتصنف هذه الاضرار بدورها حسب المقياس الأوروبي (European Macroseismic Scale) [7] الـــى خمـــس درجات، ولتسهيل وصف الأضرار، وبالتالي تحديد درجتها، تم تصنيف المبـــاني الـــى مجموعتين: مجموعة المباني الخرسانية المسلحة، والمجموعة الثانية خـــــاصة بالمبـــاني غيـــر المـــسلحة (Masonry Buildings)، ولأخذ فكرة عن درجات الأضرار في العناصر الإنشائية وغير الإنشائية وفق المقياس EMS – 98 انظر الأشكال(7و8).

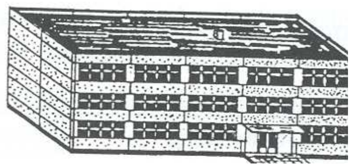
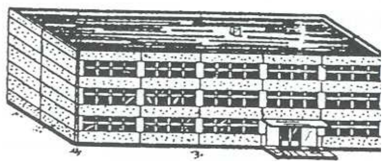
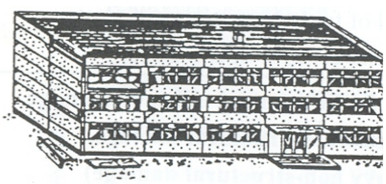
### 1.4 أنواع المباني وفئات قابلية الإصابة :

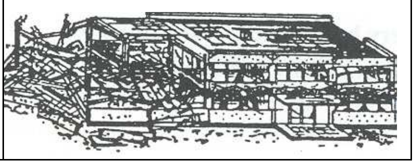
برهنت نتائج دراسات قابلية الإصابة للمناطق التي تـــعـــرضـــت لـــهـــزات أرضـــيـــة [7] و[8] إلى وجود علاقة واضحة بين كل من نوع المباني ونمطها (Building Types)، وفئـــات قابلية الإصابة(Vulnerability Classes)، وقد تم تصنيف المباني وفق المقياس EMS-98 إلى 6 فئـــات ( من A إلى F، انظر شكل رقم 9) ، ويظهر من الجدول، بشكل واضـــح، أن قابليـــة

الإصابة تتأثر بنوع البناء ونمطه، بالإضافة إلى نوع الأنظمة الإنشائية والمواد المستخدمة، وتتأثر كذلك بتصميم المنشآت وتنفيذها وفق ضوابط و متطلبات هندسة الزلازل.

**شكل (7) درجات الأضرار والانهيارات وفقا للمقياس الأوروبي EMS-98**

| **تصنيف االإنـهيار في مباني الطوب (المباني غير المسلحة)**<br>**Classification of damage to masonry building** | |
|---|---|
| ضرر من الدرجة الأولى: Damage of grade)<br>(1ضرر مهمل إلى سطحي يمكن تجاهله .<br>(لا أضرار في العناصر الإنشائية وبسيطة في العناصر غير الإنشائية) تشققات شعرية في عدد قليل من جدا من الجدران، سقوط قطع صغيرة من القصارة. في حالات نادرة تسقط الحجارة غير المثبتة (الضعيفة) من الأماكن العالية. |  |
| ضرر من الدرجة الثانية: (Damage of grade 2 )<br>ضرر متوسط .<br>(سطحي في العناصر الإنشائية ومتوسط في العناصر غير الإنشائية) تشققات في عدد من الجدران، سقوط قطع كبيرة من القصارة بشكل واضح، تدمير جزئي للمداخن فوق السطح. |  |
| ضرر من الدرجة الثالثة: (Damage of grade 3)<br>الضرر كبير/شديد<br>(متوسط في العناصر الإنشائية وقوي وشديد في العناصر غير الإنشائية) ، تشققات كبيرة ممتدة في معظم الجدران، يظهر انفصال بين السطح والجدران. تدمير كلي للمداخن فوق السطح. سقوط بعض العناصر غير الإنشائية غير المربوطة جيدا كالقواطع. |  |
| ضرر من الدرجة الرابعة: (Damage of grade 4)<br>ضرر شديد جدا. في العناصر الإنشائية وشديد جدا في العناصر غير الإنشائية)<br>سقوط خطير للجدران، سقوط جزئي للعناصر غير الإنشائية من أسقف وبلاطات. |  |
| ضرر من الدرجة الخامسة: (Damage of grade 5)<br>انهيار وهدم. (انهيار شديد جدا في العناصر الإنشائية) سقوط و انهيار كلي أو قريب من الكلي. |  |

| تصنيف الانهيار في المباني المسلحة<br>**Classification of damage to buildings of reinforced concrete** | |
|---|---|
| **أضرار من الدرجة الأولى (Grade1):**<br>مهمل إلى سطحي يمكن تجاهله ( لا أضرار في العناصر الإنشائية) تشققات بسيطة في القصارة والقواطع و الجدران المستخدمة كتقسيمات داخلية |  |
| **أضرار من الدرجة الثانية ( Grade 2):**<br>(بسيط يمكن إهماله في العناصر الإنشائية) .<br>تشققات في الأعمدة و الجسور و الجدران الحاملة.<br>تشققات في القواطع و سقوط القصارة، سقوط المونة عند مناطق الالتقاء بين الجدران و الإطارات. |  |
| **أضرار من الدرجة الثالثة (Grade 3):**<br>(متوسط في العناصر الإنشائية وشديد في العناصر غير الإنشائية ). تشققات في الأعمدة وفي مناطق التقاء الجسور مع الأعمدة أو عند التقاء جدارين.<br>سقوط أو تشقق الغطاء الخرساني بسبب انحناء الحديد، تشققات كبيرة في القواطع و الجدران، سقوط للجدران غير المسلحة و غير المربوطة بجدران أخرى. |  |
| **أضرار من الدرجة الرابعة (Grade 4):**<br>(شديد في العناصر الإنشائية، وشديد جداً في العناصر غير الإنشائية) تشققات كبيرة في العناصر الإنشائية. هدم وانهيار تام لعدد قليل من الأعمدة أو بعض البلاطات المنفردة. |  |

| | |
|---|---|
| **أضرار من الدرجة الخامسة (Grade 5):**<br>(انهيارات و أضرار كبيرة جداً في العناصر الإنشائية) انهيار الأسقف أو انهيار أجزاء من المبنى. انهيار كلي أو شبه كلي. |  |

**شكل (8): درجات الأضرار و الانهيارات وفقاً للمقياس الأوروبي EMS-98**

| نوع المبنى | النظام الإنشائي | فئات قابلية الإصابة Vulnerability Class A | B | C | D | E | F |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| مبنى من الطوب (masonry) | مباني من الحجارة (دبش قطع غير مصقولة) Rubble stone, Fieldstone | ○ | | | | | |
| | مباني طينية ( من اللبن) adobe (earth brick) | ○ | \| | | | | |
| | مباني من الحجارة البسيطة (أشكالها غير معقدة) simple stone | \| | ○ | | | | |
| | مباني من الحجارة الكبيرة قوية متماسكة massive stone | | \| | ○ | \| | | |
| | مباني غير مسلحة (حجارة مصنعة ) unreinforced, with manufactured stone units. | \| | ○ | \| | | | |
| | مباني غير مسلحة ( لكن البلاطات مسلحة) unreinforced, with RC floors | | \| | ○ | \| | | |
| | مباني من الطوب المسلح reinforced or confined | | | \| | ○ | \| | |
| مبنى من الخرسانة المسلحة (Reinforced Concrete RC) | إطارات غير مصممة لمقاومة الزلازل frame without ERD | \| | | ○ | \| | | |
| | إطارات مصممة تصميم متوسط لمقاومة الزلازل frame with moderate level of ERD | | \| | | ○ | \| | |
| | إطارات مصممة تصميم جيد لمقاومة الزلازل frame with high level of ERD | | | \| | | ○ | \| |
| | جدران مسلحة غير مصممة لمقاومة الزلازل walls without ERD | | \| | ○ | \| | | |
| | جدران مسلحة مصممة تصميم متوسط لمقاومة الزلازل walls with moderate level of ERD | | | \| | ○ | \| | |
| | جدران مسلحة مصممة تصميم جيد لمقاومة الزلازل walls with high level of ERD | | | | \| | ○ | \| |
| Steel | steel structures منشآت معدنية | | | \| | | ○ | \| |
| Wood | timber structures منشآت خشبية | | \| | | ○ | \| | |

○ تشير إلى فئة قابلية الإصابة التي يقع فيها المبنى    ——احتمالية انتقال المبنى إلى الفئة الأخرى

······ احتمالية أقل لانتقال المبنى إلى الفئة الأخرى    ERD : التصميم المقاوم للزلازل

(Earthquake Resistant Design)

**شكل (9) أنواع المباني وفئات قابلية الإصابة وفقاً للمقياس EMS98**

### 3.3 الشدة الزلزالية وفئات قابلية الإصابة ودرجات الانهيار :

يعتمد مقياس ميركالي المعدل في تحديده لدرجة الشدة الزلزالية (Seismic Intensity) على شدة تأثيرها على كل من الإنسان والمنشآت، أما المقياس EMS- 98 فيتميز في أنه يحدد العلاقة بين الشدة الزلزالية وفئات قابلية الإصابة، ولتوضيح ذلك يمكن الاستعانة بوصف الشدة الزلزالية وفق EMS- 98 لثمان وتسع درجات يمكن تلخيصها بما يلي:

### 3.4 الدرجة الثامنة : مصدعة :

أ ـ معظم الناس يجدون صعوبة في الوقوف حتى خارج الابنية.

ب ـ ينقلب الأثاث وتسقط الأشياء مثل التلفاز والطابعات.. الخ على الأرض، وتتحرك الشواهد وقد تنقلب أو تلتوي. و يمكن مشاهدة التموجات على الأرض الضعيفة أو الرخوة جدا".

ج ـ العديد من أبنية الفئة A تعاني من درجة أضرار مقدارها 4 (Damage of grade4)، والقليل منها يتعرض لأضرار من الدرجة 5.

ـ العديد من أبنية الفئة B تعاني من درجة أضرار مقدارها 3 (Damage of grade3)، و القليل منها يتعرض لأضرار من الدرجة 4.

ـ العديد من أبنية الفئة C تعاني من درجة أضرار مقدارها 2(Damage of grade 2)، والقليل منها يتعرض لأضرار من الدرجة 3.

ـ بعض أبنية الفئة D تتعرض لاضرار من الدرجة 2 (Damage of grade 2).

### 3.5 الدرجة التاسعة: عالية التصدع :

أ) ذعر عام، يقع الناس قسرا على الأرض.

ب) يسقط أو يتهشم العديد من الأضرحة والأعمدة، و يمكن مشاهدة التموجات على الأرض الضعيفة.

ج) العديد من أبنية الفئة A تعاني من درجة أضرار مقدارها 5 (Damage of grade 5).

ـ العديد من أبنية الفئة B تعاني من درجة أضرار مقدارها 4 والقليل منها يتعرض لأضرار من الدرجة 5.

ـ العديد من أبنية الفئة C تعاني من درجة أضرار مقدارها 3 والقليل منها يتعرض لأضرار من الدرجة 4.

ــ العديد من أبنية الفئة D تعاني من درجة أضرار مقدارها 2 والقليل منها يتعرض لأضرار من الدرجة 3.

ــ بعض أبينة الفئة E تتعرض لأضرار من الدرجة 2.

ويُشار إلى أن الدلالة الكمية النسبية لكل من: معظم، وعديد، وقليل، تساوي تقريبا حسب EMS-98: 60-100% و 20-60 % و 10–20% على التوالي.

من الجدير بالذكر أن درجات الشدة الزلزالية، وفق المقياس EMS-98 ، تقسم إلى 12 درجة، وهي شبيهة إلى حدّ ما، بتصنيف درجات الشدة وفق مقياس ميركالي المعدل (MM) من حيث شدة تأثيرها على الإنسان والمنشآت، و للتذكير يجب عدم الخلط بين درجات مقاييس شدة الزلزال المذكورة ومقياس مقدار الزلازل M حسب ريختر.

**4. التقييم الزلزالي للمباني وقابلية الإصابة :**

تعتمد فلسفة تخفيف المخاطر الزلزالية على اتخاذ عدد من الإجراءات وتنفيذها قبل حصول الزلازل وأثناءه وبعده، ويعتبر التقييم الزلزالي للمنشآت القائمة من أهم نتائج السيناريوهات الزلزالية التي يتم إجراؤها على المدن، أو على أحياء مختارة في هذه المدن، وتكمن أهمية إجراء هذا النوع من الدراسات في إعطاء المختصين واصحاب القرار تقديرات تقريبية للخسائر المتوقعة، وبالتالي اتخاذ الاجراءات اللازمة على كافة الاصعدة والمستويات للتخفيف من الاخطار، وذلك من خلال وضع خطط وطنية لتطوير الجاهزية على المدى الزمني القصير والمتوسط والبعيد.

**3.2 الاستطلاع الميداني وقابلية الإصابة :**

هدفت هذه الدراسة إلى وضع أسلوب جديد لتقدير الأخطار، وتقييم مدى تعرض المباني والمنشآت للزلزال، ويتم تحديد مستويات هذا التعرض عن طريق تصنيف المباني إلى فئات قابلية الإصابة (Vulnerability Classes)، ويعتمد هذا الأسلوب لتصنيف المباني على نوع النظام الإنشائي للمبنى باعتباره العامل الرئيسي، وعلى تحديد قابلية الإصابة لكل عنصر أو نمط من الأنماط الإنشائية والمعمارية التي تم توضيحها في البند الثاني (السلوك الزلزالي لأنماط المباني الدارجة في فلسطين) ، ومن ثم تحديد قابلية الإصابة الزلزالية للمبنى ككل.

**أ - طريقة أخذ العينة:**

إن الأخطاء في السلوك الزلزالي للمباني سواءً كانت ذات طبيعية إنشائية، أو معمارية، موجودة بشكل متكرر في المباني الدارجة محلياً، ولها تأثير خطير على المباني عند تعرضها للزلازل،

ولذلك كان من الضروري وجود دراسات تبين نسبة الأخطاء في المباني الدارجة محلياً، وبالتالي إعطاء تصور عن حجم الخطورة المحتملة في المباني لمنطقة بأكملها.

ولمعرفة نسب الأخطاء الدارجة في الأبنية المحلية، لا بد من القيام بأخذ عينة نستطيع، من خلالها، تحديد حجم هذه الأخطاء ونسبها، وبالتالي تحديد مدى قابلية الإصابة، واحتمال التعرض للخطر عند حدوث الزلازل، ولأخذ هذه العينة هناك طريقتان:

- **الطريقة الأولى :** أخذ نسبه عشوائية وفقا لأسس إحصائية.

- **الطريقة الثانية :** إجراء الاستطلاع على منطقة كاملة، أو أكثر من منطقة في المدينة الواحدة.

ومما لا شك فيه، أن الطريقة الأولى تستخدم في حالة وجود منطقة لها نفس نمط البناء الإنشائي والمعماري، وهذا، بشكل عام، نادراً ما يتوفر في المنطقة الواحدة في المدن الفلسطينية، لذلك تم اعتماد الطريقة الثانية في أخذ العينة لأنها تعطي تصوراً أكبر لنسبة الخطورة الموجودة في المنطقة الواحدة، ولا يعني بالضرورة أن هذه الخطورة متواجدة بنفس النسبة لجميع المناطق والمدن، وتبقى هناك حاجة ماسة في المستقبل لعمل دراسات أكثر توسعاً تأخذ، بعين الاعتبار، جميع المناطق في المدينة الواحدة، وجميع المدن في الدولة، ويمكن الاستفادة من هذه الدراسة باعتبار نتائجها تصلح لأن تستخدم كمؤشر للمناطق أو المدن الأخرى، التي تتشابه في النمط والموقع والزلزالية مع المنطقة أو المناطق التي تم استطلاعها ميدانياً.

تتضمن الدراسة الميدانية استطلاع منطقتين أو أكثر (أجزاء كاملة و متواصلة في أحياء المدن قيد الدراسة) في المدن التي شملتها الدراسة وهي: القدس و نابلس و رام الله وبيت لحم والخليل وجنين وطولكرم وقلقيلية، وعموماً يندرج حجم هذه العينات في المدينة الواحدة ضمن ما يسمى دراسة عينات متوسطة العدد[16] ، وقد تم التركيز، في هذه الدراسة، على الأنماط الإنشائية والمعمارية التي تتعارض مع متطلبات المباني المقاومة للزلازل( في حالة تم استخدام طرق التصميم العادية وليس الخاصة) ، ولتسهيل عملية استطلاع هذه المعايير في المباني، تم تشكيل جداول خاصة لهذا الغرض.

### ب. قابلية إصابة المباني

تعتمد قابلية الإصابة الزلزالية للمباني بالدرجة الأولى على نوع الأنظمة الإنشائية المستخدمة في هذه المباني وطبيعتها، فاستنادا" إلى الأحداث الزلزالية والمراجع العلمية المختصة [6] و[7] و[8] و[9] و[10] و[11] و[12] و[13] و[14] فان المباني والمنشآت المنتظمة (Regular Buildings) ، وان لم تصمم للزلازل، فان قابلية إصابتها

الزلزالية من المتوقع أن تكون كما يلي:
ـــ المباني القديمة من الجدران الحجرية الحاملة غير المسلحة قـــابلـــية إصابتها الزلزاليـــة تقـــدر بالفئة B.
– المباني الخرسانية الهيكليـــة(Reinforced concrete frame buildings) والمبـــاني الهيكلية المكتفه (Braced buildings) قابلية إصابتها تقدر بالفئة C، فبالنسبة لمعظم أنمـــاط المـــباني المستخدمة حاليا في فلسطين، والتي تتشكل أنظمتها الإنشائية من أعمـــدة وجســـور، ويتـــخلل جدرانها الخارجية طبقة من الخرسانة مكسوه بالقطع الحجرية يمكن تصنيفها من هذه الفئة.
ـــ مباني الجدران الخرسانية المسلحة قابلية إصابتها الزلزالية تقدر بالفئة D (والمقصود بهـــذا النوع من المباني، المباني المزودة بجدران قص Shear walls موزعة بشكل متماثل).
ولمزيد من المعلومات والتفاصيل حول العلاقة بين الأنظمة الإنشائية للمباني وقابلية إصـــابتها الزلزالية (انظر الشكل رقم 9).
وبناء على تأثير تصرف العناصر والتشكيلات الإنشائية والمعماريـــة علـــى ســـلوك المنـــــشأ واستقراره تم كذلك تحديد قابلية الإصابة لكل عنصر أو تشكيل إنشائي أو معماري على انفـــراد، فمثلا الطابق الرخو هو عبارة عن حالة عدم تماثل رأسي فـــي الصـــلابة (rigidity)، وبســـبب خطورة هذا المعامل ( الطابق الرخو) تم إدراجه في جدول قابلية الإصابة كعامل منفصل حيـــث يمكن أن ترتفع بسببه قابلية إصابة المبنى من الفئة C إلى الفئةB أو حتى إلى الفئةA فـــي حالـــة كون الطابق كبير الرخاوة، وهذا يحـــصـــل عـــادة بـــسبب الاخـــتـــلاف الـــكـــبـــيـــر فـــي صلابة (Stiffness) العناصر الإنشائية الرأسية في الطوابق المتتالية (انظر شكل 2 ، وحيث أن عدم التماثل الرأسي في الصلابة والمقاومة لا ينحصر في ظاهرة الطابق الرخو، فقد يكون عـــدم التماثل جزئياً: كأن تكون هناك تشكيلات إنشائية أو/ و معمارية مختلفة بين طوابق المبنى، وهذا سيؤدي إلى حصول اختلاف نسبي في صلابة الطوابق المتتاليـــة (Variation in Stiffness) ، ولهذا النوع من عدم التماثل، وخصوصاً في الحالات التي يكون الاختلاف فـــي الصـــلابة بـــين الطوابق غير كبير، يمكن اعتماد الفئة B كتصنيف لقابلية الإصابة، وذلك على اعتبار أن معظـــم المباني القائمة غير مصممه لمقاومة الزلازل.
وفي عملية تحديد أثر التشكيل المعماري والإنشائي وغيرها من العوامل (العوامل الموجودة فـــي البنـــد2 على قابلية الإصابة الزلزالية للمبنى روعي أن تتضمن جداول التقييم الميـــداني علـــى عمود، أو خانة لكل عامل على حدة، بحيث يمكن أن يظهر، من خلالها، مدى تأثير هذا العامـــل،

وقد استخدم لتحديد مدى أو حجم التأثير ثلاث مستويات، وهي: عـــالي التـــأثير (H) ، ومتوســـط التأثير ( M ) ، وقليل التأثير ( L ) ، انظر الجدول ( 1) ، فمن خلال تأثير كل عامل على انفـــراد على قابلية الإصابة يمكن استخدام معلومات الاستطلاع الميداني الموجـــودة فـــي الجـــدول ( 1) ، لتحديد قابلية الإصابة الزلزالية للمبنى استنادا لنوع نظامه الإنشائي وطبيعته وكذلك بنـــاء علـــى العوامل الموجودة في هذا الجدول.

بعض العوامل كعدم التماثل الأفقي في الشكل، قد تؤدي إلى اعتماد أكثر من فئة لقابلية الإصـــابة، فكلما ازداد عدم التماثل في المباني غير المصممة زلزاليا كانت القابلية للإصابة أكبر، وذلك لأن عدم التماثل الأفقي في الشكل يؤدي إلى حصول عدم تماثل أفقي في الصلابة وبالتـــالي تعـــرض المنشأ إلى عزوم التواء. وتجدر الإشارة هنا إلى أن عملية تحديد قابلية الإصابة للمباني وفقاً لهذه المنهجية هي عملية تقريبية، ولكنها تعطي مؤشراً عن حالة المنشآت وقابليتها للإصابة الزلزاليـــة كمجموعة مبانٍ وليس لكل مبنى على حده.

وبالاستعانة بمنهجية المقياس EMS-98 وضوابطه وحيث إن العناصر والتشـــكيلات الإنشـــائية والمعمارية في المبنى الواحد تحكم وتقرر تصرفه، فقد تم اعتماد قابلية الإصابة للمباني من خلال نتائج قابلية الإصابة لعناصرها والأنظمة الإنشائية المستخدمة، ولتحديد النسبة المئوية لفئات قابلية الإصابة في المباني التي تم استطلاعها، ولمقارنة نسب هذه الفئات بين منطقة وأخـــرى، انظـــر جدول (2) ، ومن خلال المعلومات الموجودة في الجدول، يلاحظ ان قابلية الإصـــابة الزلزاليـــة لأنماط المباني الدارجة محليا مرتفعة، فمعظم المباني التي تم استطلاعها تراوحت قابلية إصابتها بين الفئة A و B والقليل منها من الفئةC، في حين كانت المباني من الفئة D محدودة جدا" وهذا يعود لطبيعة المباني ونوعيتها، وللمنهجية والطريقة المستخدمة ولخبرة المقيم، وكذلك اظهر التقييم انه لا يوجد فئات من نوع F وE في المباني التي تم استطلاعها، وذلك لكون هذه الفئات خاصـــة بأنماط وتصاميم إنشائية زلزالية غير موجودة أصلا" في مباني المناطق المدروســـة ، وعمومـــا" يتوقع بأن يكون وجود هذه الفئات في المباني في فلسطين محدوداً جدا".

**ج. درجات الأضرار و الانهيارات المحتملة :**

بالاستناد إلى أهم العوامل التي تؤثر على الشدة الزلزالية لخريطة التسارع الأرضـــي الزلزالـــي وتاريخ الزلازل، ومواقع المدن، وبعدها عن المراكز السطحية للزلازل المتوقعة، تم تحديد درجة الشدة الزلزالية المتوقعة لمعظم المدن الفلسطينية، فبناءً على الأحداث الزلزالية التي تعرضت لها المنطقـــة ســـابقا" يتوقـــع أن تتعـــرض العديـــد مـــن المـــدن الفلســـطينية" لاســـمح الله" لشـــدة

| الرقم | عوامل / رمز المبنى | نوع البناء | التصميم الزلزالي | إنحدار الموقع | نوع التربة | حالة المبنى (المواد) | نسبة النحافة | عدم تماثل أفقي | عدم تماثل عمودي | فواصل زلزالية | وجود طابق رخو | وجود أعمدة قصيرة | وجود أنظمة الطيران | تشكيل المدخل الرئيسي | معامل الأهمية (I) | فئة قابلية الإصابة A | B | C | D |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ٣٠١ | Nablus\Z213 | R.C-Mas | Without | M | $S_C$ | G | 8 | L | M | - | H | M | H-$W_H$ | unsafe | 1.2 | ■ | | | |
| ٣٠٢ | Nablus\Z214 | R.C-Mas | Without | - | $S_B$ | E | <3 | - | L | - | - | L | L-$W_L$ | Safe | 1 | | | ■ | |
| ٣٠٣ | Nablus\Z215 | Masonry | Without | - | $S_B$ | G | <3 | - | M | - | - | M | L-$W_L$ | unsafe | 1 | | ■ | | |
| ٣٠٤ | Nablus\Z216 | Masonry | Without | M | $S_B$ | B | <3 | M | H | d=2cm | L | L | M-$W_M$ | Safe | 1 | ■ | | | |
| ٣٠٥ | Nablus\Z217 | Old Masonry | Without | L | $S_C$ | G | <3 | - | M | d=1cm | - | L | - | unsafe | 1 | ■ | | | |
| ٣٠٦ | Nablus\Z218 | R.C-Mas | Without | L | $S_A$ | V.G | <3 | L | - | - | - | L | - | Safe | 1 | | | ■ | |
| ٣٠٧ | Nablus\Z219 | R.C-Mas | Without | L | $S_A$ | V.G | <3 | M | L | - | L | L | L-$W_L$ | Safe | 1 | | ■ | | |
| ٣٠٨ | Nablus\Z220 | R.C-Mas | Without | L | $S_A$ | G | 5 | M | L | - | L | L | - | unsafe | 1 | | ■ | | |
| ٣٠٩ | Nablus\Z221 | R.C-Mas | Without | M | $S_B$ | G | <3 | H | L | d=2cm | L | L | H-$W_H$ | Safe | 1 | ■ | | | |
| ٣١٠ | Nablus\Z222 | Masonry | Without | L | $S_B$ | V.G | <3 | L | L | - | - | - | M-$W_L$ | Safe | 1 | ■ | | | |
| ٣١١ | Nablus\Z223 | Masonry | Without | L | $S_B$ | G | <3 | - | - | - | - | L | M-$W_L$ | Safe | 1 | | ■ | | |
| ٣١٢ | Nablus\Z224 | R.C-Mas | Without | M | $S_B$ | G | 7 | L | L | - | - | L | - | Safe | 1 | | ■ | | |
| ٣١٣ | Nablus\Z225 | R.C-Mas | Without | L | $S_B$ | V.G | <3 | - | - | - | - | | - | Safe | 1 | | | | ■ |
| ٣١٤ | Nablus\Z226 | Masonry | Without | M | $S_B$ | V.G | <3 | M | M | d=1cm | M | M | M-$W_H$ | Safe | 1 | ■ | | | |
| ٣١٥ | Nablus\Z227 | Old Masonry | Without | - | $S_B$ | V.G | <3 | - | - | - | | | - | Safe | 1 | | ■ | | |

**L:** Low
**M:** Moderate
**H:** High
**$W_L$:** Low weight
**$W_M$:** Moderate weight
**$W_H$:** Heavy weight
**ERD**: Earthquake Resistance Design

**E:** Excellent
**V.G:** Very Good
**G:** Good
**B:** Bad
**V.B:** Very Bad

**I= 1**, Normal, Residential Buildings.
**I=1.2**, Hazardous Buildings, Schools, Hospitals.
**I= 1.5**, Essential Buildings, Power- Generating stations,All structures with occupancy grater than 500 Persons.
**(-):** Not applied or no effect for the mentioned factor.

$S_A$: Hard Rock.
$S_B$: Rock.
$S_C$: Very dense soil and soft rock.
**R.C.Mas:** Reinforced concrete beams and columns with exterior decorative masonry walls.

**جدول (1):** التقييم الميداني السريع وقابلية الإصابة الزلزالية لأنماط المباني الدارجة محليا.

**جدول(2)** فئات قابلية الإصابة الزلزالية المتوقعة لأنماط المباني الدارجة في بعض المدن الفلسطينية

| عدد المباني التي تم استطلاعها | قابلية الإصابة A | B | C | D | المدينة |
|---|---|---|---|---|---|
| 820 | 39% | 41% | 17% | 3% | نابلس |
| 120 | 23% | 39% | 22% | 7% | رام الله والقدس |
| 120 | 43% | 31% | 26% | 0% | الخليل |
| 100 | 45% | 43% | 12% | 0% | جنين |
| 100 | 34% | 45% | 21% | 0% | قلقيلية |
| 80 | 41% | 37% | 19% | 3% | طولكرم |
| 100 | 42% | 39% | 19% | 0% | بيت لحم |

زلزالية تتراوح بين 7 إلى 8 درجات، في حين يمكن أن تتعرض مناطق أو أحياء بعض المدن كأريحا ونابلس وصفد إلى شدة زلزالية تتراوح بين 8 – 9 درجات، وبناءً على نتائج قابلية الإصابة للمباني وللعلاقة بينها وبين كل من الشدة الزلزالية ودرجات الأضرار والانهيارات، تم تشكيل منحنيات لوصف العلاقة بين كل من نسبة الأضرار المحتملة ونوعها في المدن قيد الدراسة، وذلك لأكثر من شدة زلزالية، وللإطلاع على نسب درجات الأضرار والانهيارات المحتملة في بعض المدن الفلسطينية أنظر جدول (3).

**جدول (3)** درجات الأضرار والانهيارات المحتملة في بعض المناطق في المدن الفلسطينية

| شدة زلزالية: 9 درجات | | | شدة زلزالية: 8 درجات | | | شدة زلزالية: 7 درجات | | | المدينة |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| درجـــات الأضــــرار | | | | | | | | | |
| 3 | 4 | 5 | 3 | 4 | 5 | 3 | 4 | 5 | |
| 15% | 23% | **15.6%** | 18% | 21% | 5.9% | | | | نابلس |
| – | – | – | 19% | 19% | 4.8% | – | – | – | رام الله والقدس |
| – | – | – | 17% | 22% | 6.5% | – | – | - | الخليل |
| – | – | – | 19% | 24% | 6.75% | – | – | – | جنين |
| – | – | – | 21% | 20% | 5.1% | 20% | 5.1% | – | قلقيلية |
| – | – | – | 18% | 22% | 6.15% | 22% | 6.15% | – | طولكرم |
| – | – | – | 19% | 23% | 6.3% | – | – | – | **بيت لحم** |

**تنويه:** جدول مقياس الشدة يتكون من 12 درجة، درجات الشدة المذكورة أعلاه لا تمثـل مقيـاس ريختر، يشار الى **ان** مقياس ريختر يستخدم للتعبير عن مقدار أو قوة الزلزال ودرجته القصـوى 9 درجات، وان سمي بالمقياس المفتوح.

**د. التقييم باستخدام ضوابط ومؤشرات التقييم النوعي :**

لمعايرة نتائج قابلية الإصابة الزلزالية التي تم الحصول عليها، تم إجراء تقييم زلزالي أكثر دقـة يعتمد على المنهجية النوعية (المقارنة بين المؤشر الزلزالي $I_s$ ومؤشر الحماية $E_T$ استنادا" إلى الطريقة اليابانية) ، واجري هذا التقييم على 20 مبنى تم اختيارها بشكل عشـوائي مـن قائمـة المباني التي تم استطلاعها في كل من نابلس ورام الله وجنين، وباستخدام هذه الطريقـة يُحكـم على المنشأ بأنه آمن زلزالياً، إذا تحقق الشرط التالي: $I_s > E_T$ ، أي إذا كانت المقدرة اكبـر مـن الـحـاجـة (Capacity > demand) ، واستناداً لهذه الطريقة يمكن إيجاد قيمة المؤشر الزلزالي لكل طابق، أو لكل هيكل على حده من خلال استخدام المعادلة التالية:

$$I_s = E_o\, G\ So\, T \qquad (1)$$

$$E_o = \Phi\ C\, F \qquad (2)$$

**حيث :**

$E_o$ : the basic seismic index
G : the geological index
SD: the structural design index
T: the time index
$\Phi$ : the story index
C : the strength index
F : the ductility index

يمثل العامل G عامل تأثير الموقع، أو العامل الذي يصف تضخيم القوى الزلزالية بسبب طبيعة ونوعية تربة الموقع، وفي حالة عدم توفر معلومات عن تربة الموقع تكون قيمة G تساوي 1.

ولتحديد قيمة المؤشر الزلزالي $I_s$ وضبطه هناك ثلاثة مستـويـات لـخـطـوات وطـرق الـحـل ( انظر الشكل 10) ، ولإيجاد قيم العوامل والمؤشرات اللازمة لحساب المؤشر الزلزالي الأساسـي $E_o$ يمكـن الاسـتعانة بـالكود اليابـاني الزلزالـي أو المصـدر [15].

This seismic protection index $E_T$ is a one level index and can be Estimated the following equation:

$$E_T = E_S \, G_G \, C \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots 1.\,3$$

$$E_S = (\,C_R\,F)\,.\,(a_g \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots 1.\,4$$

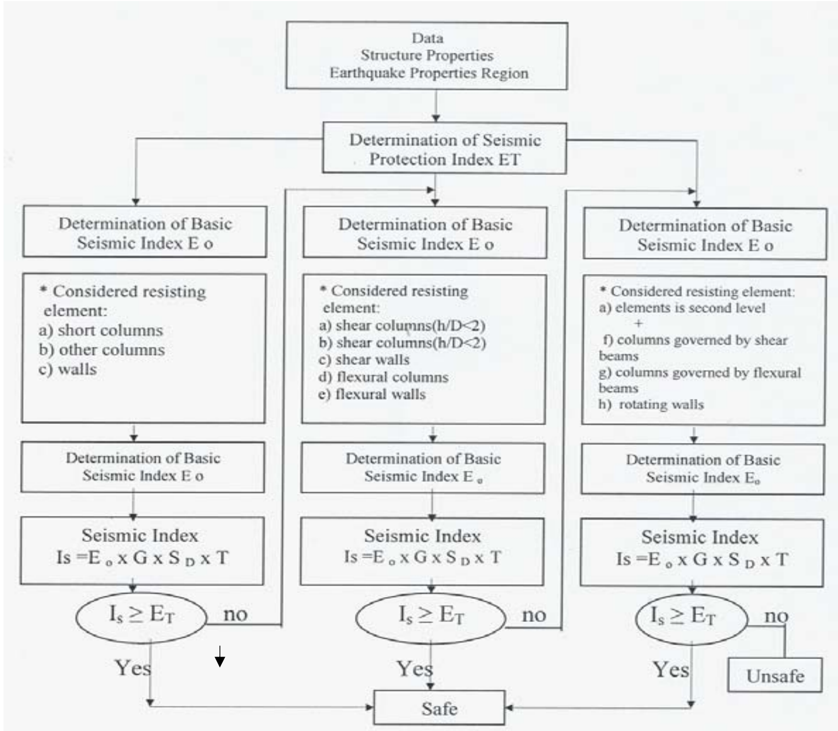
$$C_R\,.F = 3.15\,\sqrt{\frac{T_g}{2T}} \le 3.15 \text{ for flexural yielding type}$$

buildings

$$C_R.F = 2.90\,\sqrt{\frac{T_g}{2T}} \le 3.15 \quad \text{for flexural yielding type}$$

buildings Where

- $E_s$ : the basic seismic protection index
- $G_G$ : correction factor for topography
- $C_I$ : importance factor
- $C_R$ : strength ratio (strength divided by the mass and ground peak acceleration)
- F : the ductility index
- $a_g/g$ : the ground peak acceleration divided by gravity acceleration
- $T_g$ : perdominant period of the ground
- T : natural period of the building



Flow chart of the Aoyama Methodology

**شكل (10) التقييم الزلزالي للمنشآت القائمة وفق الطريقة اليابانية للتقييم النوعي للمنشآت(Amr,1998)**

أما قيمة مؤشر الحماية $E_T$ فيمكن إيجاده باستخدام المعادلات التالية:

$$E_T = E_s\, G_G\, C_1 \qquad (3)$$

$$E_s = ( C_R F). (a_g /g) \qquad (4)$$

وللتعرف إلى العوامل والمؤشرات اللازمة لحساب $E_T$ ، انظر كود البنــاء الزلزالــي الياباني أو المصدر [15]، حيث $E_s$ يمثل قيمة مؤشر الحمايــة الزلزالــي الأساســي، و GG معامل طبوغرافية الموقع، و I معامل الأهمية، و F مؤشر الممطولية، و CR معامل المقاومة.

ولمعايرة نتائج قابلية الإصابة الزلزالية لألف وستمائة مبنى تقريباً (انظر جــدول رقــم 2) تــم استطلاعها وفقاً للمعيار الأوروبي EMS-98، والمعايير التي يتضمنها الجدول (1) ، تم بشــكل عشوائي اختيار 20 مبنى من قائمة مدن نابلس ورام الله وجنين، وتم إيجاد المؤشــر الزلزالــي ومؤشر الحماية لكل مبنى من هذه المباني، فبالاستعانة بخريطة التســارع الزلزالــي الأرضــي لفلسطين، والصادرة عن مركز علوم الأرض وهندسة الزلازل في جامعة النجاح الوطنية و[2] تم إيجاد النسبة $a_g/g$ ، حيث قيمة هذا المعامل 0.15 لمدينة قلقيلية وطولكرم والخليــل، و 0.20 لمدينة القدس ورام الله وجنين وبيت لحم ( 0.2 – 0.25) لمدينة نابلس، وقــد أظهــرت نتــائج التقييم النوعي للمباني (انظر الجدول 4) وجود تقارب كبير مع نتــائج الاســتطلاع الميــداني لقابلية الإصابة الزلزالية، فقابلية الإصابة لهذه المباني تندرج تحت الفــــئة A و B باســتثناء مبنى واحد يندرج تحت الفئة C ( جدول 4) ، ففي حين كان الفرق واضحاً بين كل من المؤشر الزلزالي ومؤشر الحماية للمباني B1 وB2 وB3 وB6 وB7 و B9( أي أن المبــاني لا تحقــق الأمان الزلزالي) ، كان الــفــرق بسيطاً في المبانيB5 وB8، وفي حالة تم التعامل مع التقيــيم وفــق خــطــواتــه الــثــلاث ( انظر الشكل 10) ، هناك احتمال بأن يتحقق الأمان الزلزالــي للمبنيB5 وB8، وبالإطلاع على نتائج تقييم المبنى B3 يلاحظ أنه تم تصنيف قابليته للإصابة من خلال تقييم الاستطلاع الميداني بالفئة C، وهذه الفئة عموماً توفر مستوى جيداً من الأمــان الزلزالي، وبذلك تطابقت هذه النتيجة مع نتيجة التقييم النوعي.

ويُشار إلى أن تحديد قيمة بعض المؤشرات اللازمة لتقييم السلوك الزلزالــي للمبــاني حســب الطريقة اليابانية، التي يتضمنها الجدول (4) والشكل(10) ، يتطلب حساً وخبرة هندســية بآليــة عمل هذه المباني، وبنفس الوقت هناك عوامل ومؤشرات يصعب تحديدها بدقة، وذلك لارتباطها بنوع النظام الإنشائي وطبيعته ومواد البناء المستخدمة، وهذا يتطلب لاحقاً تطــوير طــرق ذات منهجية نوعية، يتم من خلالها، ضبط العوامل والمؤشرات التي تتعلق بالسلوك الإنشائي ومــواد البناء.

ومن الجدير بالذكر، أنه عند تحديد قيم المؤشرات والعوامل اللازمة للتقييم، روعي بأن استخدامها يندرج ضمن المنهجية العامة، وذلك للقناعة الأكيدة أن ما يصلح في اليابان، ليس بالضرورة أن يكون مناسباً لفلسطين، وكمرحلة أو كخطوة ثانية لهذا البحث سيتم" إن شاء الله" إجراء دراسة تجريبية باستخدام أجهزة الدراسات الزلزالية الحقلية على مبانٍ قائمة، وذلك لتصنيف أنماط المباني الدارجة، وإيجاد مؤشر الزمن الدوري (T) ومؤشر الممطولية و الصلابة لكل صنف، وبالتالي الاستفادة من نتائج الدراسات التجريبية في بناء معادلات تحليلية لأنماط المباني الدارجة في فلسطين.

**جدول (4)** التقييم باستخدام المنهجية النوعية ــ المؤشر الزلزالي ومؤشر الحماية وفقاً للطريقة اليابانية

| $I_s$ | Q | C | F | $T_T$ | $S_D$ | G | Build |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0.21 | 1 | 1.2 | 0.45 | 0.7 | 0.7 | 0.8 | B1 |
| 0.21 | 1 | 1.25 | 0.45 | 0.7 | 0.8 | 0.67 | B2 |
| 0.28 | 1 | 1 | 0.45 | 0.7 | 0.9 | 1 | B3 |
| 0.27 | 1.25 | 1.5 | 0.5 | 0.6 | 0.6 | 0.8 | B4 |
| 0.34 | 1.25 | 1.25 | 0.55 | 0.7 | 0.7 | 0.8 | B5 |
| 0.28 | 1.25 | 1.5 | 0.5 | 0.5 | 0.6 | 1 | B6 |
| 0.40 | 1 | 1.25 | 0.55 | 0.8 | 0.8 | 0.9 | B7 |
| 0.42 | 1 | 1.2 | 0.55 | 0.9 | 0.7 | 1 | B8 |
| 0.37 | 1 | 1.35 | 0.55 | 0.8 | 0.7 | 0.9 | B9 |

| $V_{ul}$ | $E_{val}$ | $E_T$ | $A_g$ g | T | $T_T$ | $C_I$ | $G_G$ | Build |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A | No | 0.38 | 0.12 | 0.2 | 0.5 | 1 | 1 | B1 |
| A | No | 0.38 | 0.12 | 0.3 | 0.6 | 1 | 1 | B2 |
| C | Y | 0.29 | 0.12 | 0.25 | 0.3 | 1 | 1 | B3 |
| A | No | 0.51 | 0.24 | 0.4 | 0.3 | 1 | 1.2 | B4 |
| B | No* | 0.40 | 0.24 | 0.9 | 0.3 | 1 | 1.3 | B5 |
| A | No | 0.46 | 0.24 | 0.5 | 0.3 | 1 | 1.2 | B6 |
| B | No | 0.53 | 0.24 | 0.5 | 0.4 | 1 | 1.1 | B7 |
| B | No* | 0.436 | 0.24 | 0.45 | 0.4 | 1 | 1 | B8 |
| A | No | 0.54 | 0.24 | 0.35 | 0.35 | 1 | 1.1 | B9 |

**$E_{va}$:** التقييم الزلزالي وفق الطريقة اليابانية (Amr, 1998 and Mario 1994)

**$V_{ul}$:** فئات قابلية الإصابة للمباني وفق الاستطلاع الميداني

**No*:** هناك احتمال لتحقيق الأمان الزلزالي في حالة تم تطبيق المستوى الثاني والثالث من إجراءات التقييم **الموضحة** في ا لشكل(10).

**5. النتائج والتوصيات**

برهنت نتائج دراسات قابلية الإصابة للمناطق التي تعرضت لهزات أرضية إلى وجود علاقة واضحة بين كل من نوع المباني ونمطها وفئات قابلية الإصابة، وبنفس الوقت تتأثر درجة الأضرار و الانهيار في المباني بالشدة الزلزالية وبفئات قابلية الإصابة.

ومن خلال الاستطلاع الميداني لتجمعات سكنية في كل من القدس ونابلس، ورام الله، وجنين، وطولكرم، وقلقيلية، وبيت لحم، والخليل تبين أن المدن الفلسطينية، بشكل عام، وبسبب طبيعية وأنواع أنماط المباني المستخدمة، قد تتعرض " لا سمح الله" إلى خسائر كبيرة نتيجة للأضرار والانهيارات الكلية والجزئية ( أضرار وانهيارات من الدرجة 3 و 4 و5) والتي قد تحدث للمباني في حالة تعرضها لزلازل قوية أو قوية نسبيا" ، وهذه النسبة بلا شك، تعتبر كبيرة، إضافة إلى أن هناك احتمالاً كبيراً بأن تتعرض العديد من الطرق إلى الإغلاق والإعاقة، وبالتالي أحداث إعاقة و إرباك في عمليات الإنقاذ وإسناد الطوارئ.

وعند مقارنة نتائج تقييم المباني وفق منهجية الاستطلاع الميداني العام التي تم من خلالها تحديد فئات قابلية الإصابة الزلزالية وفقا للمقياس الأوروبي EMS-98، مع نتائج التقييم الزلزالي النوعي للمباني، تبين أن هناك تطابقاً في النتائج.

وبناء على نتائج الدراسة، فإن هناك حاجة ماسة للالتزام بإجراءات تخفيف المخاطر الزلزالية، وعليه يوصى بضرورة التزام كل من المختصين و أصحاب القرار بعدد من الإجراءات، أهمها:

- تجنب استخدام أنماط المباني غير الآمنة زلزالية.
- تشريع قوانين خاصة لتحقيق متطلبات التصميم والتنفيذ الزلزالي للمباني، ووضع آلية للتنفيذ.
- ضبط سياسة استخدام الأراضي.
- وضع خطط لتقوية المباني وإصلاحها، وتأهيلها لمقاومة الزلازل، وذلك ضمن قوانين وسياسات وطنية خاصة.
- وضع خطط لإدارة الكوارث تتناسب مع طبيعية الحالة القائمة، وإنتاج خرائط الأخطار للمدن والتجمعات السكنية الفلسطينية.
- دعم الأبحاث العلمية المتعلقة بهندسة الزلازل، ودعم برامج التوعية والسلامة العامة.
- ضرورة اخذ العبر من الأحداث الزلزالية التي تحصل في العالم، والتركيز على إجراء دورات التعليم المستمر للمهندسين في مواضيع التوصيات المذكورة أعلاه

## مراجع البحث

**1 - مراجع باللغة العربية :**

1. جلال الدبيك، 2000 –"انماط المباني الدارجة محلياً والزلازل" مجلة المهندس الفلسطيني العدد 45، ص100–103

2. جلال الدبيك، 1999 –"تخفيف مخاطر الزلازل في فلسطين"، الحلقة الدراسية الرابعة لمجالس البحث العلمي العرب، اليمن.

**2 - المراجع باللغة الانجليزية :**

3. AL – Dabbeek, j., 2000- *Expected Seismic performance of Palestinian Common Buildings*, Expert Meeting on Earthquake Engineering and Seismic Retrofit (UNESCO, Beirut,) Nov. 2000.
4. AL – Dabbeek, j., and abdel Hakeem, J., 2003- *Earthquake Scenarios,* "Vulnerability and Expected Seismic Performance of Buildings and lifelines in Palestine," living with Risk, Expert Workshop, Cairo, Egypt, Dec.2003.
5. Amr, W. S., 1998- *Seismic Evaluation of Existing st*ructures, Lectures Notes for the Training Course on Seismic Retrofit and Upgrading Fundamentals, UNESCO Regional office, Cairo.
6. Fournier D' Albe, E.M., 1988- *The Assessment of Seismic Risk*, Edited by A.Koridze, Secretary of UNESCO International Network of Earthquake Engineering Center, Omega scientific, U.K., 31-46.
7. European Macroseismic Scale, 1998 (EMS-98) - Working Group M.S., European Seismological Commission Luxembourg Cahiers du Center European de Geodynamique at de Seismologie, Vo 1. 15.
8. Earthquake Engineering Research Institute (EERI), 1994- Ad Hoc committee on Seismic Performance, Expected Seismic Performance of Buildings, Earthquake Engineering Research Institute (EERI), Report 1996, "Scenario for a Magnitude 7.0 Earthquake on the Hayward Fault", EERI Publication No. HF-96.
9. Earthquake Engineering Research Institute (EERI), 1999- Special Earthquake Report, Learning from Earthquake. "The Athens, Greece Earthquake of September 7, 1999". Volume 33, Number 11.
10. Earthquake Engineering Research Institute (EERI), 1996, Learning from Earthquake," Post -Earthquake Investigation Field Guide", Publication No. 96-1.

11. Earthquake Engineering Research Institute (EERI), 2003-The Boumerdes Algeria, Earthquake May 21, 2003, learning from Earthquake, Reconnaissance Report, Oct 2003.
12. Hanson, R.D., 1996- The evaluation of reinforced concrete members damaged by earthquake, Earthquake Spectra, 12 (3), 457-478.
13. Lang, K., and Bachmann, H., 2004- Seismic Vulnerability of Existing Buildings: A case study of the city of Basel, Earthquake Spectra (EERI), Volume 20, No.1, Feb.2004.
14. Oliveria, C., 2003, Seismic Vulnerability of Historical Constructions, Bulletin of Earthquake Engineering, European Association for Earthquake Engineering, Vol. 1, No.1 2003.
15. Mario P., 1994- International Handbook of Earthquake Engineering, First Edition by Chapman and Hall, N Y 10119, 331-341.
16. Peter S., and Marjanal L., 1988- Estimation of Expected seismic Vulnerability, UNESCO INEEC, Omega scientific, U.K., 47-62.
17. U.S. Geological Survey Circular 1193, 2000- Implications for Earthquake Risk Reduction in the United States from the Kocaeli, Turkey, Earthquake of August 17, 1999.