أنماط المباني الدارجة محليا... والزلازل

د. جلال الدبيك
مدير مركز علوم الأرض وهندسة الزلازل
جامعة النجاح الوطنية

مقدمة:

في العدد السابق تم تخصيص مقالة كاملة عن زلزالية المنطقة وعن احتمال حدوث زلازل في فلسطين، وتمت الإشارة إلى أن المشكلة الحقيقية في بلادنا تكمن في بعض أنماط وأشكال المباني الدارجة محليا وأشكالها، وفي عدم وجود خطط لإدارة الكوارث.

تتعاظم الخسائر الناجمة عن ضربات الزلازل في المناطق المزدحمة على وجه الخصوص، بتعاظم حجم الاستثمار، ولما كنا نعيش في فترة من الزمن تتميز بحجم هائل للاستثمار في الإنشاءات والمشروعات المتنوعة، بات من الضروري تصميم المنشآت لمقاومة أفعال الزلازل، وبالتالي تجنب الخسائر في الأرواح البشرية، والمادية ووقف الخدمات الحيوية والتي تؤثر على سير حياة المجتمع وعلى الاقتصاد الوطني (محطات توليد الطاقة الكهربائية، والحرارية، والذرية، والصناعات، والمستشفيات، ومحطات ضخ المياه... الخ) وتسرب مواد ضارة وسامة (المصانع الكيميائية والمنشآت النووية)، بالإضافة إلى فقدان الآثار الثقافية والفنية وانتشار الأوبئة والأمراض.

يعتمد معظم المهندسين في فلسطين في تصميمهم للمباني على القوى الرأسية الناتجة عن الأحمال الميتة (الدائمة) والأحمال الحية (غير الدائمة كوزن الأشخاص) فقط، وقليل منهم من يأخذ بعين الاعتبار أثناء التصميم والتنفيذ الأحمال الأخرى مثل الرياح والهزات الأرضية، ولأهمية وضرورة تصميم المنشآت لمقاومة الزلازل شرعت نقابة المهندسين بالتعاون مع مركز علوم الأرض وهندسة الزلازل بجامعة النجاح الوطنية في إقامة الدورات العلمية لتصميم مبانٍ مقاومة للهزات الأرضية، إضافة إلى ورشات العمل والندوات العلمية.

بالمقارنة مع التأثيرات (الأحمال) الديناميكية الخارجية الأخرى والتي تنطبق مباشرة على المنشآت (مثل اهتزاز الماتورات، والرياح، والانفجارات) فإن الأحمال الزلزالية تطبق بشكل غير مباشر، وذلك من خلال قواعد ارتكاز المنشآت (الأساسات)، وبلا شك تعتبر الهزات الأرضية التأثير الديناميكي الأكثر أهمية، وذلك لما يتبع هذا التأثير من دمار وخسائر بشرية ومادية، وخصوصا في التجمعات السكانية الكبيرة، الأمر الذي فرض استخدام علم هندسة الزلازل في الأعمال الإنشائية لإيجاد الأفكار والطرق الكفيلة لسلامة المباني عند تعرضها للهزات الأرضية، فالزلازل تكشف أخطاء التصميم والتنفيذ وحتى الصغيرة وغير الواضحة، وهذا ما أعطى هندسة الزلازل الأهمية الخاصة في كثير من الدول.

تهدف طرق تصميم المنشآت لمقاومة الزلازل والمعتمدة حاليا في كثير من الدول إلى عدم حدوث أية أضرار إنشائية (أضرار في الأعمدة والجسور والجدران الحاملة)، أو غير إنشائية (في الجدران والعناصر الأخرى المحمولة) في حالة تعرض المنشآت لهزات أرضية خفيفة نسبياً (خمس درجات أو أقل حسب مقياس ريختر)، أما في حالة حصول زلازل متوسطة القوة أو قوية نسبيا (أكثر من ٥ درجات واقل من (٦) أو (٦,٥) درجة حسب مقياس ريختر) فيسمح بحصول أضرار غير إنشائية فقط (انهيارات في جدران الطوب مثلا وبعض العناصر والكتل المحمولة) أما عند التعرض لزلازل قوية فيسمح بهذه الحالة حصول أضرار إنشائية (يفضل أن توجه هذه الانهيارات للحصول في الجسور وليس في العناصر الإنشائية الرأسية)، بشرط أن لا تؤدي هذه الأضرار إلى انهيار المبنى.

أنماط المباني الدارجة محليا... ومتطلبات هندسة الزلازل:

من خلال إجراء مقارنة بسيطة بين توصيات هندسة الزلازل المتعلقة بتصميم منشآت مقاومة لأفعال الهزات الأرضية وتنفيذها، وما هو دارج في بلادنا من أنماط إنشائية ومعمارية، يمكن الملاحظة بسهولة أن أنماط البناء الدارجة محليا تحتوي على عناصر وتشكيلات إنشائية ومعمارية تتنافى مع التوصيات العامة لهندسة الزلازل.

ولتقييم أنماط المباني الدارجة محلياً وتقويمها، باشر مركز علوم الأرض وهندسة الزلازل في جامعة النجاح الوطنية اتصالاته ومع الوزارات والمؤسسات المعنية بالموضوع وبالتنسيق مع نقابة المهندسين، وذلك بهدف وضع خطة وطنية للتقييم والمعالجة، وإرشاد المهندسين والمواطنين لخطورة الموضوع وتوعيتهم، حيث تم نشر أكثر من مقالة دراسة في الصحف والمجلات بالإضافة إلى التعاون المستمر بين المركز ونقابة المهندسين في مجال الندوات والدورات وورشات العمل، ولتوضيح أهم الأنماط الإنشائية الخاطئة والدارجة محليا، مصحوبة بإرشادات لبعض الحلول والبدائل البسيطة لمعالجة الأخطاء، صدر عن مركز علوم الأرض وهندسة الزلازل في جامعة النجاح وعن نقابة المهندسين ـ مركز القدس نشرة علمية تم توزيعها على المهندسين المعماريين والمدنيين، إلا أن تجاوب المؤسسات والمهندسين مع الموضوع لم يكن بالمستوى المطلوب، وفي الآونة الأخيرة وبعد الزلزال المدمر الذي حصل في تركيا، أظهرت بعض المؤسسات اهتماماً بأهمية مقاومة المنشآت للزلازل، ولضرورة وضع خطط لإدارة الكوارث وأساليب الإنقاذ، ولتوضيح أهم التوصيات الواجب اتخاذها للحصول على مبان مقاومة للزلازل وبتصميم عادي، يمكن تلخيص أهم الأخطاء من وجهة نظر هندسة الزلازل في البناء الدارج في فلسطين بما يلي:

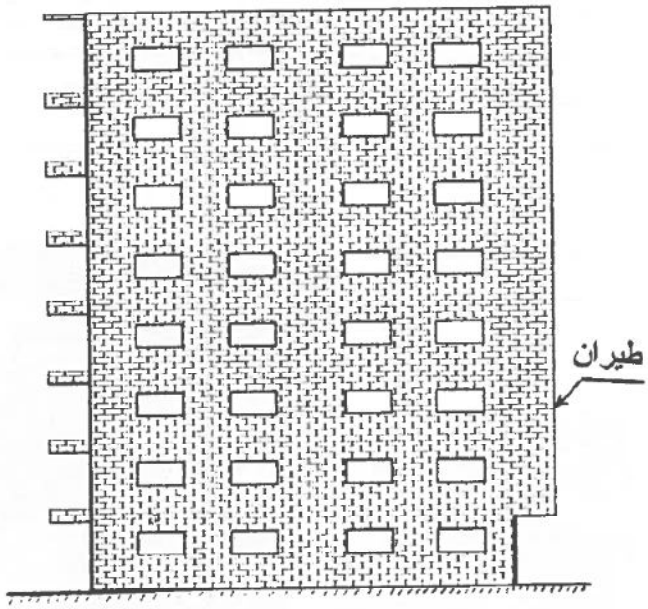
شكل(١) طابق رخو/طابق ضعيف

- استخدام الطابق الرخو soft story أو الطابق الضعيف، وهو أن يكون الطابق الأرضي أو بعض الطوابق الأخرى من الأعمدة فقط بدون جدران وبقية الطوابق العلوية مغلقة بالجدران العادية أو المسلحة، (شكل ١) عبارة عن مثال موجود ويتكرر استخدامه في المباني الدارجة محلياً أما الأشكال (٢) و (٣) فتوضح كيفية انهيار الطوابق الرخوة)، علماً أنه يمكن معالجة المباني القائمة بإغلاق بعض الجدران بشكل متماثل.

شكل(٢) إنهيار الطابق الأرضي،طابق رخو،

شكل(٣) إنهيار أحد الطوابق المتكررة ،تشكيل طابق رخو،

- المبالغة في استخدام الطيران (الكابولي في المباني)، وتحميلها بجدران ثقيلة، (شكل ٤) يوضح أحد أنماط الطيران ففي المباني



شكل(٤) إستخدام الطيران أو البلكونات

الدارجة محلياً، أما (الشكل ٥) فيمثل كيفية انهيار البلكونات أو الطيران.

- تشكيل الأعمدة والجسور القصيرة في المباني short columns and deep beams ، (شكل ٦) مع عدم مراعاة أن هذه الأنظمة تكون عرضة للقوى القاصة الزلزالية، وفي حالة تعذر تجنب هذا النوع

شكل(٥) إنهيارات في البلكونات أو الطيران، لتجنب الإنهيار هناك حاجة لتصميم خاص

من الأعمدة يوصي بتكثيف الكانات (الأساور) والاهتمام بنوعية الباطون لهذه الأعمدة.

– عدم الالتزام بأسس تصميم الإطارات والهياكل الخرسانية المسلحة، وأهمها عمود قوي وجسر ضعيف (Strong Columns and Week Beams)، فتشكيل المفاصل البلاستيكية (Plastic Hirges) في أطراف الجسور مقبولة ويمكن السيطرة عليها، أما تشكيل مفاصل بلاستيكية في أطراف الأعمدة فسيؤدي إلى حصول انهيارات غير مسيطر عليها، (شكل٧)، ولتوضيح ذلك يمكن تصور كيف يتم تشكيل المفاصل البلاستيكية في أطراف الأعمدة في حالة الطوابق الرخوة، أنظر الأشكال (٢)،(٣).

شكل(٦) تشكيل أعمدة قصيرة بالنسبة للقوى الزلزالية الأفقية القادمة والتي تؤثر في إتجاه طول المبنى، يشتغل العمود بارتفاع يساوي ارتفاع النوافذ

– عدم تحقيق التماثل في أماكن الأعمدة والجدران (وخصوصاً الجدران الحاملة)

شكل(٧) إنهيارات في أطراف الأعمدة

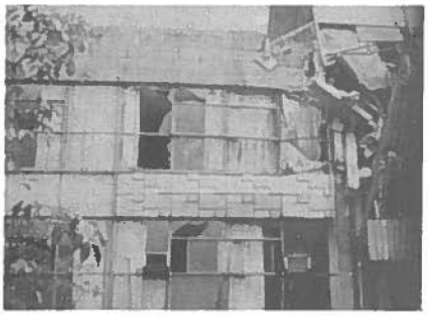
شكل(٨) الإنحراف بين مركزي الكتلة والصلابة للمنشأ أدى لتعرض المبنى لعدم التوازن

بالإضافة إلى عشوائية توزيع الكتل في المستويين الأفقي والرأسي (شكل ٨) ولمعالجة هذه المشكلة يوصى بتوزيع الأعمدة والجدران بشكل متماثل تقريباً، وعلى شكل شبيكات بالاتجاهين، وان تعذر ذلك لأسباب معمارية يجب مراعاة ذلك في التصميم (أي الانتقال إلى طرق التصميم الخاصة والمتقدمة).

شكل(٩) أحد أشكال الفواصل في أنماط المباني الدارجة محلياً (لا يوجد عرض كافي)

– عدم تحقيق التماثل لأشكال وكتل المنشآت وذلك في المساقط الأفقية والرأسية.

– عدم استخدام الفواصل الزلزالية بين المنشآت أو أجزاء المنشأ الواحد أو أحيانا عدم الالتزام بالعرض المطلوب لهذه الفواصل،والتي قد تؤدي الى تصادم المبنيين الأشكال (٩) و(١٠).



شكل(١٠)تصادم المبنيين بسبب عدم وجود عرض كافي للفاصل

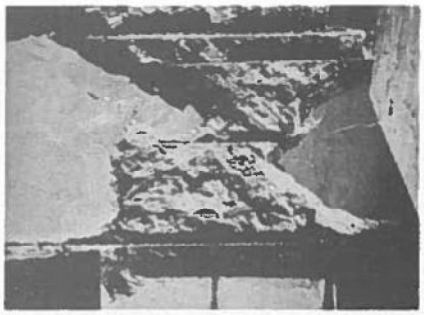
– تصميم مبان بارتفاعات تزيد عن ٤ أو ٥ أضعاف عرضها بدون الأخذ بعين الاعتبارات لضوابط هندسة الزلازل في مثل هذا النوع من المباني.

– استخدام الحجر في البناء بدون تأمين ترابط وتماسك كاف بين الحجر والخرسانة، حيث من المتوقع فشل هذا النظام وخصوصاً في المباني التي يزيد ارتفاعها عن (٥) طوابق.

– الخلط بين أنظمة الإطارات الخرسانية المسلحة (عندما يكون نظام المقاومة مكوناً من أعمدة وجسور) والجدران المحمولة وأنظمة الجدران الخرسانية الحجرية المستخدمة. وبشكل عام في التصميم الدارج محلياً يتم تصميم جدران الطوب أو الخرسانة الموجودة بين الأعمدة على أنها محمولة ولا يؤخذ بعين الاعتبار أنها تعمل تحت تأثير الزلازل أو الرياح كعناصر تكتيف (عناصر ضغط قطرية)، تساعد بدورها في زيادة صلابة أو جساءة الطوابق، بالإضافة إلى توليد قوى قص إضافية في أطراف الأعمدة والجسور.

– البناء على أراضٍ شديدة الانحدار.

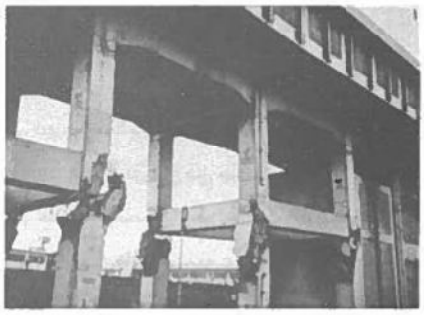
– البناء على أراضي يحتمل أن تتعرض للإنزلاقات الأرضية وقت حدوث الزلزال (شبيه بما حصل في منطقة الجبل الأبيض في نابلس).



شكل(١١) إنهيار في العمود بسبب هبوط الكانات أثناء عملية الصب (عدم ربط الكانات بشكل جيد)

- أخطاء في التنفيذ مثل صب الخرسانة عن ارتفاعات تزيد عن الارتفاع المسموح به وهذا يعني تفكك الخرسانة (عدم رمي أو إسقاط الخرسانة بشكل حر على ارتفاعات تزيد عن ١,٥ متر).

- أخطاء تنفيذية في تربيط الحديد وخصوصا الكانات، وأخرى تتعلق في خط مسار الحديد الطولي (شكل ١١).



شكل(١٢) إنهيار في منطقة تقاطع الزعمدة مع الجسور (المفصل)، بسبب عدم إسترار كانات الأعمدة في المفصل

- عدم وضع كانات للأعمدة في منطقة المفصل (منطقة تقاطع الأعمدة مع الجسور) (شكل ١٢).

يُشار إلى أن معظم التقارير الصادرة عن لجان التقييم بعد حصول الزلازل (زلزال كولومبيا ٩٩، زلزال تركيا ٩٩، و تايوان ٩٩، واليونان ٩٩) أظهرت إضافة لبعض ما ذكر أعلاه ما يلي:-

- تأثير الموقع و التربة كان كبير جداً وأدى إلى تضخيم القوى الزلزالية.

- وجود انهيارات كبيرة جداً في العناصر غير الإنشائية (مثل الجدران المحمولة باختلاف أنواعها و الرخام والجرانيت، الأسوار حول المباني بالإضافة إلى تساقط الحجر،....)

- انهيارات وخسائر في بعض المباني العامة (المستشفيات في تركيا ومقرات ومراكز الشرطة في كولومبيا....) وهذا مما لا شك فيه ينتج في الغالب بسبب سوء التنفيذ (قد يكون سوء التنفيذ مقصود أو غير مقصود وفي الحالتين يعتبر فساد مهني، أما حصول أخطاء تنفيذية في المؤسسات العامة مثل المستشفيات فهذا يعني وجود فساد كبير في أقسام الوزارات المعينة).

- انهيارات وخسائر عالية في خطوط البنية التحتية (المياه والصرف الصحي و الكهرباء،...).

من الجدير بالذكر أن بعض الأخطاء في أنماط المباني الدارجة محلياً، يمكن معالجتها من خلال الالتزام بالضوابط و التوصيات العامة لهندسة الزلازل، والتي يتم من خلالها تحسين التجاوب الزلزالي للمباني باستخدام طرق التصميم العادية (التصميم الإنشائي العادي او باستخدام الطرق الاستاتيكية المكافئة)، وفي حالة تعذر تجنب استخدام بعض الأنماط الدارجة محلياً لأسباب وظيفية أو معمارية، فيصبح من الضروري تصميم المبنى باستخدام طرق التحليل و التصميم الديناميكية.

منشآت تعرضت لهزات أرضية:

تحدث الهزات الأرضية خسائر بشرية ومادية بالإضافة إلى الرعب والذعر الذي يسود مناطق تأثيرها، إلا أن هذه الخسائر يجب أن تكون حافزا ودافعا للاستفادة من ظاهرة الهزات الأرضية، فعند تعرض إحدى الدول إلى هزات أرضية، يهرع المختصون من مختلف الدول للاطلاع والوقوف على ما أحدثته الهزات من دمار في المنشآت والبنية التحتية، فمن وجهة نظر المختصين، تعتبر المناطق التي تعرضت لهزات أرضية كمعمل ضخم يمكن من خلاله دراسة المنشآت التي انهارت كلياً أو جزئياً ودراسة تشوهات وتشققات العناصر الإنشائية، والتعرف إلى المنشآت التي لم تتأثر بالهزات، بالإضافة إلى إمكانية الاطلاع على آلية الإنقاذ ووسائله وكيفية إدارة الكارثة. فتحديد الأخطاء وأماكنها يؤدي إلى معرفة الأسباب وبالتالي إمكانية العمل على تجنبها في المستقبل، سواء أكانت هذه الأخطاء في التصميم أو التنفيذ.

فإذا القينا نظرة على تجارب بعض الدول النشطة زلزاليا مثل (اليابان، ونيوزيلندا، والولايات المتحدة، ورومانيا، ويوغسلافيا، وإيطاليا،...الخ) عرفنا كم استفادت وكم تطورت، وذلك من خلال مقارنة خسائرها قبل خمسين أو سبعين سنة بخسائرها في الوقت الحاضر عند تعرضها لزلزال لها نفس القوة.

من المعروف أن الدول الفقيرة عامةً، لا تمتلك مؤسسات للبحث العلمي، وخصوصا مؤسسات البحث التجريبية، إلا أن عامل الإمكانات يتلاشى إلى حد ما، إذا توفر للباحث المختص حالة طبيعية يتوفر فيها عدد كبير من العينات (المناطق التي تعرضت لهزات أرضية ونتج عنها انهيارات، يمكن تشبيهها بمعمل تجريبي وحقيقي)، لذلك في الساعات الأولى لحصول الزلزال في تركيا باشر المركز اتصالاته مع إحدى الوزارات لتشكيل وفد فلسطيني مكون من مختصين في علوم الأرض وهندسة الزلازل والدفاع المدني والإسعافات للسفر إلى تركيا، والمشاركة في أعمال الإنقاذ والتقييم الميداني، وانتظرنا الجواب وما زلنا ننتظر!!!

يتبع أن شاء الله