حساب القوى الزلزالية الأفقية المكافئة التي تتعرض لها المباني

د. جلال نمر الدبيك

مدير مركز علوم الأرض وهندسة الزلازل، جامعة النجاح الوطنية وعضو الهيئة الوطنية للتخفيف من أخطار الكوارث

بريد الكتروني: seiscen@najah.edu

1. مقدمة

تتأثر المباني بالقوى الزلزالية بشكل غير مباشر، حيث تنتقل هذه الأحمال من الأرض إلى المنشأ من خلال الأساسات، ولتصميم المنشآت لمقاومة افعال الزلازل تستخدم طرق التحليل والتصميم الديناميكية أو الاستاتيكية المكافئة، وبشكل عام تنحصر دقة نتائج الطريقة الاستاتيكية المكافئة بالمنشآت المنتظمة أو شبه المنتظمه، حيث تتميز هذه الطريقة بسهولتها بالمقارنة مع التحليل الديناميكي، لذلك استخدمت على نطاق واسع جدا في كودات التصميم الزلزالي للمنشآت.

بالإضافة الى عوامل تأثير الموقع: كالتضخيم الزلزالي (Amplification) والانزلاقات الأرضية (Landslides) وتميؤ التربة الرملية (Liquefaction) يتأثر السلوك الزلزالي للمنشآت بشكل كبير بالتشكيل المعماري والإنشائي للمباني، فقد أظهرت الدراسات والاحداث الزلزالية ان المباني المنتظمة او شبه المنتظمة " في الشكل والكتل والصلابات" في كل من مساقطها الأفقية والرأسية يكون تأثرها بالزلازل محدوداً، وذلك بسبب مقدرتها على تأمين السلوك الزلزالي وان لم تصمم هذه المباني لمقاومة افعال الزلازل، وفي نفس الوقت تساهم التصاميم والتشكيلات المعمارية والإنشائية غير المنتظمة في أنماط المباني الدارجة محلياً في ارتفاع قابلية الإصابة الزلزالية لهذه المباني (الدبيك 2007).

وفي حالة تعذر تحقيق الانتظام (او شبه الانتظام) لأسباب معمارية أو وظيفية أو بسبب عشوائية وعدم تماثل شكل الارض فيجب في هذه الحالة إخضاع المبنى للتصميم الزلزالي الخاص أو المتقدم، وهذا لم يتم الالتزام به محلياً أثناء تصميم معظم المباني غير المنتظمة والمعقدة في تشكيلاتها المعمارية والانشائية. ومن جهة اخرى يعتمد معظم المهندسين في فلسطين وفي كثير من الدول العربية، في تصميمهم للمباني، على القوى الرأسية الناتجة عن الأحمال الميتة (الدائمة)، والأحمال الحية فقط، وقليل منهم من يأخذ بعين الاعتبار في التصميم والتنفيذ، أثر القوى الزلزالية أو الرياح، ومن خلال إجراء مقارنة سريعة للمنشآت القائمة مع متطلبات هندسة الزلازل وشروطها، تبين أن العديد من الأنماط الإنشائية والمعمارية المستخدمة في فلسطين وفي كثير من الدول العربية لا تلبي متطلبات الحد الأدنى للمباني المقاومة للزلازل، ولا يوجد التزام حتى بالتوصيات العامة الخاصة بتشكيل المنشآت لمقاومة أفعال الزلازل (انظر الشكل 1).

2. أهداف ومعايير التصميم الزلزالي للمنشآت

يعتقد البعض ان المنشآت المقاومة للزلازل هي التي تصمد أمام الحركات الاهتزازية الزلزالية دون أن تتعرض لاي نوع من الأضرار وبغض النظر عن قوة وشدة تأثير هذه الزلازل، وهذا بلا شك اعتقاد خاطئ، فالمبنى المثالي بالمعنى المطلق يمثل طموحاً بالنسبة للمختصين والباحثين، وهناك دراسات وأفكار خلاقة لأنظمة إنشائية متطورة توصلت لها العديد من مراكز البحث العلمي وتسعى لتطبيقها بشكل عملي على المباني خلال السنوات القادمة، وعلى كل حال للتصميم الزلزالي عدة مستويات من الأمان والدقة، فبالنسبة للمباني العادية قد تزداد تكلفة المبنى بسبب التصميم والتنفيذ الزلزالي بنسبة ثلاثة الى خمسة في المائة فقط كحد أقصى، وإذا كان المبنى بسيطاً ومنتظماً، أي إذا كان متماثلاً في الشكل والكتل والصلابات، فان ذلك سيساهم بشكل كبير في مقاومته للزلازل وان لم يصمم لذلك. فالتصميم الزلزالي العادي يسمح عادة بحصول أضرار، ويستخدم هذا النوع من التصميم في المباني العادية، ويعتبر غير مكلف مالياً، اما المباني والمنشآت المهمة فتصمم من خلال استخدام طرق التصميم والتنفيذ المتقدمة وذلك لتخفيف الأضرار لأقصى حد ممكن، وعادة ينتج عن هذا النوع من التصميم زيادة واضحة في التكلفة.

وعموما يجب أن تصمم المنشأة لتحقق المقاومة والاستقرار والثبات منعاً لأي انهيار جزئي أو كلي، وتجنباً لحدوث خسائر بشرية كارثية، وذلك عند تعرضها لزلزال مدمر ويحتمل حدوثه مرة واحدة في عمر المنشأة الافتراضي. ويمكن السماح بحدوث

شقوق في الأعضاء غير الإنشائية، ولكن لا يسمح بحدوث شقوق خطيرة في الأعضاء الإنشائية. أما إذا تعرضت المنشأت ذاتها لزلزال كارثي شدته عالية جداً نسبة إلى الشدة المحتمل حدوثها مرة واحدة في عمرها، فيسمح بظهور شقوق (شروخ) كبيرة نسبياً في أعضائها الإنشائية وغير الإنشائية، شريطة بقاء المنشأة مترابطة ومستقرة أثناء حصول الزلزال، ولا يسمح بحدوث انهيار فيها تنجم عنه خسائر في الأرواح (UBC97 والكود العربي الموحد 2005) و من أجل تحقيق ذلك يجب أن تصمم المنشآت لمقاومة زلزالية لا تقل عن القوى الزلزالية (V) الموضحة في البند الثالث، وبطبيعة الحال وبغض النظر عن طرق التصميم المستخدمة يمكن اجمال أهم المعايير والضوابط التي يستند إليها المهندس المصمم والتي تتحكم بالتصميم الزلزالي للمباني، بما يلي: المقاومة (Strength) والصلابة (Stiffness) والمطولية (Ductility) والتشوهات المسموح بها بالاضافة للتكلفة.

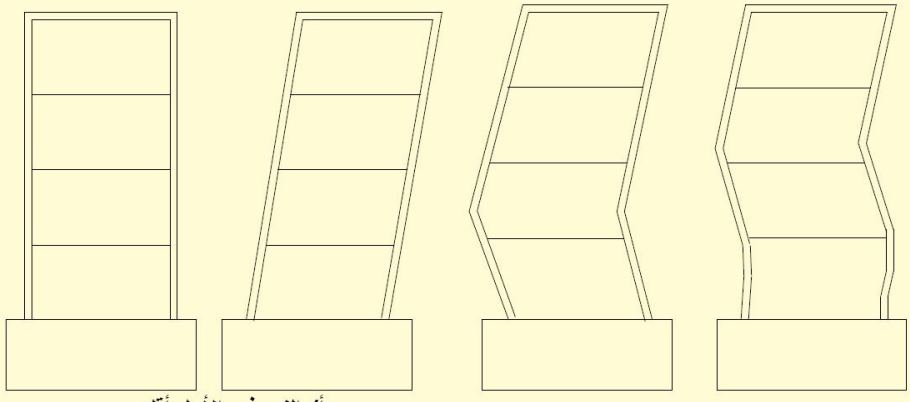
ومما لا شك فيه هناك بعض المساوئ للتصميم الزلزالي العادي/ أو التقليدي، فقد تؤدي الأضرار المسموح بحصولها وفقاً لهذا النوع من التصميم إلى حصول خسائر بشرية، بالإضافة الى خسائر مادية كبيرة نتيجة لارتفاع تكاليف إصلاح هذه الأضرار، وأحيانا قد لا تسمح طبيعة استخدام المبنى لمثل هذا النوع من الأضرار، ومن اجل ذلك عملت مراكز ومعاهد هندسة الزلازل على تطوير أنظمة إنشائية يتم من خلالها فقد الطاقة الزلزالية من خلال فصل المنشأ عن تربة التأسيس ، وذلك عن طريق ما يسمى بأنظمة العزل الزلزالي (Seismic Isolation Systems)، حيث تعمل المواد المستخدمة في هذه الأنظمة على معظم الطاقة الحركية الزلزالية عند مستوى الأساسات وتمنع انتقالها للمبنى، ويتوفر حالياً في الكثير من دول العالم عدد من وسائل ومواد العزل الزلزالي، ومن المتوقع قريباً ان تصبح طرق العزل الزلزالي البديل الأنسب للأسلوب القديم خاصة في المنشآت المهمة كمحطات الطاقة والكهرباء والمستشفيات والجسور والمفاعلات النووية ومباني الدفاع المدني وغيرها، علماً أن كودات البناء الزلزالي لا تزال مبنية على الفلسفة القديمة للتصميم الزلزالي. في الاعداد القادمة "أن شاء الله" سيتم تناول أنظمة العزل الزلزالي.

3. طرق التحليل والتصميم الزلزالي

تتأثر المباني بالقوى الزلزالية بشكل غير مباشر، حيث تنتقل هذه الأحمال من الأرض إلى المنشأ من خلال أساسات المنشأ، وعادة يتم تصميم المنشآت تحت تأثير الهزات الأرضية باستخدام:

أ) طرق التحليل الديناميكية

تصنف القوى الزلزالية التي تتعرض لها المباني من حيث طبيعة تأثيرها ضمن فئة التأثيرات والأحمال الديناميكية، وذلك لان كلاً من شدتها واتجاهها ونقطة تطبيقها تتغير مع الزمن، فمن خلال التحليل الديناميكي يمكن الحصول على جميع نماذج الحركات الاهتزازية للمنشآت والتي يمكن تصنيفها في ثلاثة انواع (انظر الى نماذج الحركات الاهتزازية الموضحة في الشكل2)، لذلك تعتبر طرق التحليل والتصميم الديناميكي للمنشآت الأقرب الى الواقع، وتعتبر هذه الطرق بالمقارنة مع طرق التحليل الاستاتيكي بأنها متقدمة وأكثر دقة ومعقدة وتتطلب وجود كوادر متخصصة، إلا أن وجود برامج الكمبيوتر التخصصية جعلت استخدامها سهلا"، وعادة يوصى باستخدام هذه الطريقة في المنشآت المهمة أو في المنشآت التي لا تحقق



أ) النموذج الأول أقل تردد أو أكبر زمن دوري　　ب) النموذج الثاني　　ج) النموذج الثالث

شكل (٢): نماذج الحركات الاهتزازية المحتملة للمنشآت

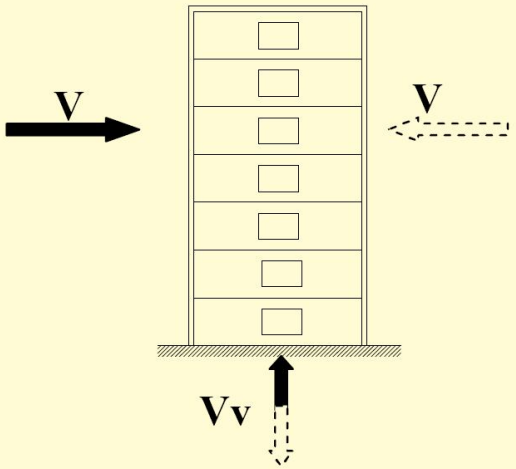
شكل (١-أ): أنماط وتشكيلات معمارية وإنشائية دارجة في فلسطين والأردن

شروط استخدام الطريقة الاستاتيكية المكافئة مثل المنشآت غير المنتظمة

ب) الطريقة الاستاتيكية المكافئة

في هذه الطريقة يتم إيجاد القوة الزلزالية الاستاتيكية المكافئة للقوى الزلزالية الديناميكية، من خلال استخدام النموذج الأساسي او الاول للاهتزاز (Fundamental Mode of Vibration)، أنظر الى الشكل(-2أ)، ولهذه القوة مركبتان: أفقية ورأسية، ومن الجدير بالذكر أن معظم كودات التصميم العالمية تهمل المركبة الرأسية للقوى الزلزالية، وخلال السنوات العشر الماضية أوصت عدد من الكودات العالمية بضرورة أخذ أثر هذه المركبة على سلوك وتجاوب المنشآت في حالة تعرضها لهزات أرضية، فقد أظهرت الزلازل التي تعرضت لها عدد من دول العالم أن القوى الزلزالية الرأسية قد أثرت بشكل واضح على بعض أنواع المنشآت، وأهمها: المنشآت الخفيفة، والصالات ذات البحور الكبيرة، والطيرانات/ او البلكونات وخصوصاً المحملة منها، والجسور/ أو الكبادي، ومنشآت الخرسانة مسبقة الإجهاد.

وبشكل عام تنحصر دقة نتائج الطريقة الاستاتيكية المكافئة بالمنشآت المنتظمة أو شبه المنتظمة، وتتلخص فكرة هذه الطريقة في تمثيل القوى الزلزالية باعتبارها قوى أفقية خارجية تؤثر



على المباني (أنظر الى الشكل3).

شكل (3): آلية تأثير القوى الزلزالية الأفقية والرأسية استناداً للطرق الإستاتيكية المكافئة

وعادة تحسب قيمة هذه القوى وفقاً لكودات التصميم الزلزالي من خلال استخدام العلاقة التالية والمعروفة باسم القص القاعدي التصميمي:

$$V = Cs \times W \qquad (1)$$

حيث:

W : وزن المبنى

Cs : المعامل الزلزالي ،

وبدورها تعتمد قيمة المعامل الزلزالي (Cs) على عدد من المؤشرات او العوامل، واستنادا لكود البناء المتناسق Uniform Building Code 1997)) تحسب قيمة قوة القص القاعدي من خلال استخدام العلاقة التالية:

$$V = \frac{C_v I}{R \cdot T} W \qquad (2)$$

حيث:

Cv- معامل زلزالي يتم ايجاد قيمته من الجداول من خلال العوامل Z و S

Z - معامل زلزالية المنطقة (Seismic zone factor) ، ويؤخذ من خرائط ذروة التسارع الزلزالي الارضي PGA Map ، ولأخذ قيمة هذا المعامل بالنسبة للمناطق في فلسطين انظر الى الشكل (4).

S - معامل نوعية وتأثير تربة الموقع (Site effect – soil profile)، حيث SF، SE، SD، SC، SB، SA تمثل أصناف المقاطع الشاقولية للتربة كما وردت في جداول كود البناء UBC97، وكود البناء الدولي IBC، والكود العربي الموحد، والكود الاردني 2005.

I- عامل الاهمية (Importance factor)، ويتم تحديد قيمته من الجدول، وبالنسبة للمباني العادية تؤخذ قيمة المعامل I تساوي 1.

T- الفترة الأساسية للاهتزاز المرن (الزمن الدوري الطبيعي الاساسي) مقدرةً بالثواني (Fundamental Natural period)، وذلك للمنشأة بالاتجاه المدروس

R- معامل رقمي يمثل المقاومة الزائدة المتأصلة، ومقدار المطولية العامة للنظام المقاوم للقوى الأفقية (Structural/Ductility factor)، ويتم ايجاده من جداول الكود المستخدم.

ويتضمن الكود كذلك علاقات للتحقق من قيم كل من الحد الاعلى والحد الادنى للقوة V.

وبغض النظر عن الكود المستخدم تتشابه العوامل والمؤشرات

المذكورة اعلاه في معظم الكودات العالمية وان كان هناك اختلاف في شكل وتركيبة العلاقات المستخدمة في هذه الكودات، وبنظرة سريعة الى مفاهيم ودلالات العوامل والمؤشرات التي تؤثر في حساب قيمة المعامل الزلزالي Cs يلاحظ ان بعضها (مثل العوامل Z وSg وI) يمكن ان تستخدم بسهولة في أي دولة في العالم بشرط توفير الخرائط والمتطليات اللازمة، في حين لوحظ ان معظم الاخطاء او الاختلاف في النتائج بين اكثر من شخص استخدموا العلاقة رقم (2) لنفس المبنى وفي نفس المنطقة او المدينة (المقصود هنا عند استخدام العلاقة في فلسطين وعدد من الدول العربية) كان سببها في الغالب كلاً من المعامل T والمعامل R (Al Dabbeek J. and Jawhari A. 2001)، وهذا طبيعي فأنماط المباني المستخدمة في فلسطين تختلف عن المباني المستخدمة في الولايات المتحدة واوروبا في عدد من المعايير، اهمها:

- الانظمة الانشائية الدارجة كأبنية الجدران الخرسانية-الحجرية يصعب تسكينها في احد الانظمة الموجودة في جداول الكود UBC او غيره من الكودات العالمية.

- الكتل والصلابات

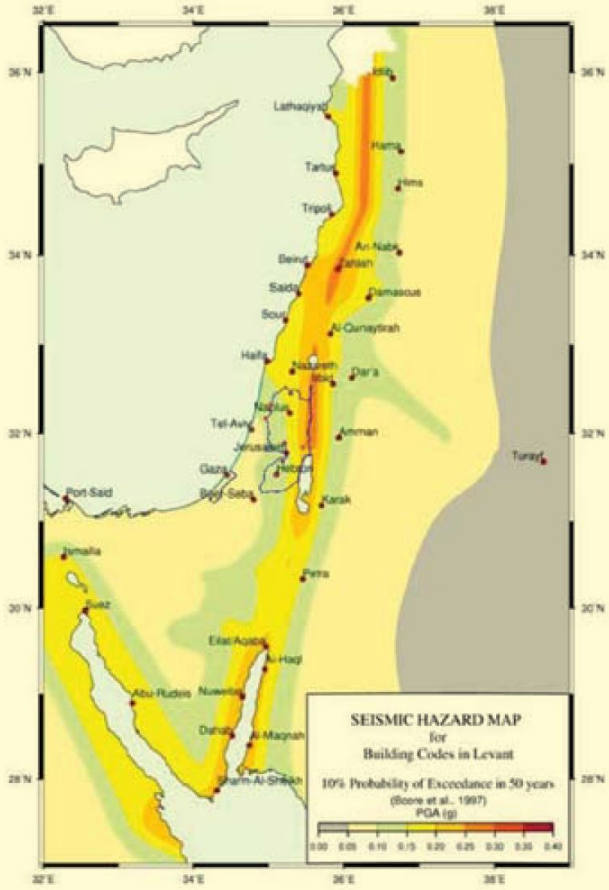
وبدورها تعتبر الكتل والصلابات المعايير الرئيسية التي تتحكم بالخصائص الديناميكية للمنشآت (Dynamic Characteristics of Structures)، فقيمة كل من تردد المبنى وسعة حركته الاهتزازية يتحكم بهما كل من الكتلة (m) والصلابة (k) . فقيمة التردد الطبيعي الزاوي ω تساوي:

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} \qquad (3)$$

أما الزمن الدوري الطبيعي (T) فيساوي:

$$T = \frac{2\pi}{\omega} \qquad (4)$$

و تتأثر قيمة كل من T و R بطبيعة ونوع النظام الإنشائي المستخدم في المبنى، وعموماً تساهم قيمة T بشكل كبير في



شكل (٤): خارطة ذروة التسارع الزلزالي الارضي PGA لفلسطين والدول المجاورة.

تصنيف قيمة R وفقا لنوع المنشأ.

4. الزمن الدوري الطبيعي T

يمكن إيجاد قيمة الزمن الدوري (T) لأنماط البناء الحجري الدارج في فلسطين وذلك من خلال استخدام العلاقات الحسابية المستخدمة في كل من الكود UBC97 والكود الدولي IBC والكود العربي الموحد(تنويه: الكود العربي الموحد في معظمه هو عبارة عن ترجمة للكود UBC1997).

4. 1 حساب الزمن الدوري الطبيعي باستخدام الكود:

استنادا للكود 97UBC وللكود العربي الموحد تحدد قيمة T بإحدى الطريقتين التاليتين:

- الطريقة (A):

تحسب قيمة T بشكل تقريبي لكافة المباني من العلاقة:

$$T = C_t (hn)^{3/4} \qquad (5)$$

حيث:

Ct = 0.0853 للإطارات المعدنية المقاومة للعزوم.

Ct = 0.0731 للإطارات الخرسانية المسلحة المقاومة للعزوم وللإطارات المكتفة لا مركزياً.

Ct = 0.0488 لكافة الأبنية الأخرى.

وكحل بديل يمكن أخذ قيمة Ct للمنشآت الحاوية على جدران قص خرسانية أو حجرية من العلاقة:

$$C_t = 0.0743/\sqrt{A_C} \qquad (6)$$

حيث Ac بالمتر المربع.

وتحدد قيمة (Ac) من العلاقة التالية:

$$A_c = \sum A_e [0.2 + (D_e/ h_n)^2] \qquad (7)$$

حيث: De (مقدرة بالمتر) هي كامل طول جدران القص (في االدور الأول) الواقعة على استقامة واحدة (بما فيها الفراغات بينها) والموازية للاتجاه المدروس.

hn (مقدرة بالمتر) هي الارتفاع فوق القاعدة حتى المنسوب n .

يجب أن لا تتجاوز قيمة (De/hn) المستعملة في العلاقة السابقة القيمة (0.9).

- الطريقة (B):

يمكن حساب الزمن الدوري(T) باستعمال الخواص الإنشائية والميزات التشوهية للعناصر المقاومة وذلك باعتماد التحليل الإنشائي الدقيق. بحيث يجب أن لا تتجاوز قيمة(T) المحسوبة بالطريقة B أكثر من (30%) من قيمتها المحسوبة بالطريقة (A) في المنطقة الزلزالية الرابعة (حسب تصنيف كود ال UBC) والمقدار (40%) في باقي المناطق، على أنه يسمح باعتماد القيمة المحسوبة لـ (T) بالطريقة B دون تخفيض عند حساب الإزاحات والانتقالات.

ويمكن حساب الفترة الأساسية (T) باستعمال العلاقة التالية:

$$T = 2\pi \sqrt{(\sum_{i=1}^{n} w_i \ \delta_i^2) \div (g \sum_{i=1}^{n} F_i \ \delta_i)} \qquad (8)$$

تمثل قيمة (F_i) القوة الجانبية الموزعة بشكل تقريبي، أما الإزاحات المرنة δi، فتحسب بتطبيق القوى الجانبية (F_i).

4.4 أنماط المباني الدارجة وحساب قيمة الزمن الدوري الطبيعي (T)

استنادا لطرق التحليل الديناميكي تعتمد قيمة الزمن الدوري للمبنى (T) على عدد من العوامل، أهمها: أبعاد المبنى والعلاقة أو النسبة بين هذه الأبعاد، وارتفاع الطابق، وكتل الطوابق وطريقة توزيعها، والنظام الإنشائي المستخدم، وكيفية توزيع العناصر الإنشائية، ونوعية وطبيعة المواد المستخدمة.

ولتسهيل العمليات الحسابية لهذه القيمة (T)، وفرت كودات التصميم علاقات حسابية مبسطة (مثل العلاقة 5)، وبالاطلاع على هيكلية هذه العلاقة، يلاحظ أنها لا تتضمن بشكل مباشر وجود عامل الكتلة، بالإضافة الى أن الأنظمة الإنشائية للمباني تؤخذ من خلال معاملات وارتفاع حسابية نسبية تم تحديدها لأنماط ليس بالضرورة أن تكون مستخدمه في فلسطين والعديد من الدول العربية، لذلك من الواضح أن دقة نتائج هذه العلاقة (العلاقة 5) تنحصر في الغالب بأنماط المباني المستخدمة في الولايات المتحدة والكثير من الدول الأجنبية.

في حين يلاحظ أن استخدام العلاقة (8) يتطلب مزيداً من المعلومات والتفاصيل حول المبنى قيد التصميم (مثل الكتلة والصلابة وغيرها)، وبلا شك بالنسبة لأنماط المباني المستخدمة في فلسطين وفي عدد من الدول العربية يعتبر استخدام هذه العلاقة أفضل من استخدام العلاقة (5)، وهذا بلا شك سيؤدي الى مزيد من الجهد والحسابات بالنسبة للمهندسين، لذلك يلاحظ أن معظم المهندسين الذين يصممون المباني لمقاومة أفعال الزلازل يستخدمون العلاقة (5)، علماً أن استخدامها بالنسبة للعديد من أنماط المباني الدارجة في فلسطين والأردن بشكل خاص ومعظم الدول العربية بشكل عام قد يتطلب إجراء بعض التعديلات في عواملها (وهذا ما أكدته الدراسات المشتركة التي أجراها المؤلف مع المهندس عبد الحكيم الجوهري (Al

Dabbeek J. and Jawhari A. 2001. فبالإضافة الى عامل الكتلة، يتطلب من المهندس المصمم أثناء إيجاد قيمة المعامل Ct تحديد نوع النظام الإنشائي المستخدم، فبعض المهندسين يصمم الجدران الخرسانية الحجرية الخارجية باعتبارها محمولة، وبوجهة نظرهم لا تؤثر هذه الجدران على صلابة المبنى، وبالتالي يتم اختيار قيمة المعامل Ct على اعتبار ان المبنى سيعمل ضمن أنظمة الإطارات الخرسانية المسلحة، وهذا بلا شك غير صحيح، فأنماط المباني الحجرية – الخرسانية تعمل كمبانٍ صلبة، وعليه يمكن اعتماد الأنظمة الإنشائية لهذه المباني باعتبارها إطارات مكتفة (Braced Frames) BF أو جدراناً حاملة، واذا تم تطوير الية وطريقة التماسك بين الجدران الخارجية والأعمدة والأسقف يمكن معاملة هذه الجدران باعتبارها نمطاً او نوعاً خاصاً من جدران القص (Shear Walls)SW، وعليه لتحديد مقدار او نسبة تأثير الاختلاف في كتلة المبنى على قيمة الزمن الدوري (T) والازاحات الجانبية للمبنى (Δ) ، ودراسة أثر وجود الجدران الخرسانية . الحجرية الخارجية على صلابة المبنى تم اجراء دراسات تحليلية تم من خلالها إيجاد قيمة كل من الزمن الدوري الطبيعي (T) والازاحات الجانبية للمبنى (Δ)، وذلك من خلال استخدام العلاقات التي يوفرها الكود بالإضافة الى إجراء تحليل ديناميكي من خلال استخدام برنامج التحليل SAP2000.

وخلال نمذجة المباني تم اهمال مشاركة القطع الحجرية في الصلابة والمقاومة، وذلك بسبب سماكتها وطريقة ربطها مع طبقة الخرسانة، وقد اعتبرت هذه القطع كعناصر جمالية محمولة، وكذلك تم اهمال مشاركة جدران القسامات الداخلية في صلابة المنشأة. وبسبب طريقة بناء وربط القطع الحجرية وجدران الطوب الاسمنتي "القسامات"، يتوقع حدوث اضرار كبيرة في جدران الطوب وكذلك تساقط الكثير من القطع الحجرية في حالة تعرض المنطقة لزلازل قوية نسبيا، وهذا يتطلب الاهتمام بتربيط القطع الحجرية وزيادة تماسكها مع طبقة الخرسانة بالاضافة الى استخدام وتطوير طرق لربط وتسليح جدران الطوب الاسمنتي.

6. النتائج.. و التوصيات

أظهرت نتائج النمذجة والتحليل الديناميكي لأنماط المباني الدارجة محلياً ووجود فرق واضح بين قيمة T الناتجة من استخدام العلاقة (5) وقيمة (T) الناتجة من التحليل، وهذا بلا شك يعود سببه إلى العوامل والخصائص الديناميكية التي تتحكم بسلوك المبنى الزلزالي وأهمها الكتلة والصلابة.

بسبب الصلابة العالية التي تمتلكها الجدران الخرسانية الحجرية الخارجية "كما أظهرت نتائج التحليل والدراسات"، يجب الاستفادة من هذه الصلابة لتحسين صلابة المباني، وهذا لايمكن تحقيقه الا من خلال تطوير هذا النمط بحيث يصبح أحد أنواع جدران القص الحاملة، وهذا يتطلب: ضبط وتطوير السلوك الإنشائي والتحكم بحركة هذه الجدران، ومنع حصول مفاصل لدنة (Plastic (Hinges في مراحل مبكرة في جسم هذه الجدران وخصوصا حول فتحات النوافذ وفي مناطق التقائها مع الاعمدة والأسقف (الدبيك 1999)، ولتحقيق ذلك هناك حاجة لاجراء مايلي:

- تأمين تربيط مناسب لهذه الجدران مع الأعمدة والأسقف
- تسليح الإطار الخارجي للنوافذ والفتحات الموجودة في هذه الجدران

قيمة الزمن الدوري الطبيعي T لأنماط المباني الدارجة في فلسطين من خلال استخدام العلاقة المبسطة في الكودات UBC97 و IBC والكود العربي الموحد تؤدي أحياناً لنتائج غير دقيقة، وذلك لان هذه العلاقة لا تتضمن بشكل مباشر وجوداً لكتلة المبنى، اما الصلابة فيتم أخذ تأثيرها من خلال توصيف النظام الإنشائي وتكسينه في احد الأنظمة الإنشائية الموجودة في جداول الكود، لذلك يجب إعادة صياغة العلاقة بحيث تأخذ بعين الاعتبار (يفضل بشكل غير مباشر) أثر زيادة كتل المباني الدارجة في فلسطين والاردن عن تلك المستخدمة في الولايات المتحدة والعديد من الدول الأجنبية. وهذا سيتم معالجته وتناوله في الاعداد القادمة "ان شاء الله".

معاملة النظام الانشائي الذي تشكله الجدران الحجرية – الخرسانية مع الأعمدة و الجسور على أنه:

- نظام اطارات خرسانية مكتفه (Braced frames) في حالة استخدامه بوضعه الحالي.
- نظام جدران حاملة او احد انواع جدران القص وذلك بشرط الالتزام بتفاصيل الربط والتسليح المقترحة.

ضرورة الاهتمام بتربيط العناصر والجدران غير الانشائية وذلك لمنع انهيارها وتساقطها في حالة تعرضها لزلازل قوية نسبيا، مثل: تربيط القطع الحجرية "الموجودة في الجدران الخارجية" مع طبقة الخرسانة، وتطوير طريقة بناء جدران الطوب الدارجة محليا بما لايسمح لتعرضها لاضرار كبيرة او بانهيارها بشكل كامل.

المراجع

References

AL – Dabbeek، j.، and abdel Hakeem، J.، (2003). “Vulnerability and Expected Seismic performance of Buildings and Lifelines in Palestinian،” living with Risk، Expert Workshop، Cairo، Egypt، Dec.2003.

Chopra، A.، (2001). "Dynamics of Structures – Theory and Applications to Earthquake Engineering،" second edition، Prentice Hall، New Jersey، 07458.

Federal Emergency Management Agency، (1998). "NEHRP Recommended Provisions for Seismic Regulations for New Buildings and other structures،" FEMA 302، Part I and II، Building Seismic Safety Council، Washington، D.C.، 1998.

International Code Council، International Building Codes IBC (20002003-). Joint UBC، BOCA، SBCCI، Whittier، CA، 2003).

Uniform Building Code، (1997). “Edition، International conference of Building Officials،” Whittier، California، 1997.

USAID-MERC Project، (2004). “Earthquake Hazard Assessment and Building Code،” Final report، Earth Sciences and Seismic Engineering Center at An Najah National University.

المراجع باللغة العربية

الدبيك جلال، (2007)، "قابلية الاصابة والسلوك الزلزالي المتوقع للمباني في الضفة الغربية، فلسطين" مجلة الجامعة الاسلامية . غزة، المجلد الخامس عشر، العدد الاول، يناير 2007.

الدبيك جلال، ومحمود ابراهيم ، والوحش حانم (2003-2004)، " دراسات وتقارير في موضوعات التقييم الانشائي لبعض انماط المباني في فلسطين" وثائق وملفات مركز علوم الارض في جامعة النجاح الوطنية، فلسطين.

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

ايلوش/ محمد نزيه، (1996)، "أساسيات علوم الزلازل – الهندسة الزلزالية"، الطبعة الأولى، سوريا.

الكود العربي الموحد للمباني والمنشآت المقاومة للزلازل، (2005). مجلس وزراء الإسكان والتعمير العرب، دمشق.