



جامعة النجاح الوطنية

التصميم المعماري للمباني المقاومة للزلازل

"الهيئة المعمارية والسلوك الزلزالي للمباني"

تأليف

الدكتور جلال نمر الديب

قسم هندسة البناء

كلية الهندسة

جامعة النجاح الوطنية

نابلس - فلسطين

2010

تم نشر هذا الكتاب بعد تقييمه وتحكيمه من قبل
عمادة البحث العلمي
في جامعة النجاح الوطنية
نابلس - فلسطين

رقم الايداع: مؤقت 120 و.ع.ر

الناشر: مطبعة النصر- الحجاوي

نابلس - فلسطين

من أجل الحفاظ على الأرواح والممتلكات، وبناء قدرات الأمم والمجتمعات على مواجهة الكوارث، ولتحقيق جاهزية أعلى ومخاطر أقل في أنظمة التشييد والبناء، ما زالت الهندسة قادرة على جعل المستحيل ممكناً، وهذا يتطلب تبني منهجية الهندسة المتجددة، والتخلي عن منهجية الهندسة الدارجة، فمن وجهة نظر هندسة الزلازل، يبدأ التصميم الزلزالي للمبنى من الخطوط الأولى التي يرسمها المهندس المعماري، والمعماري الناجح، يستطيع أن يجمع بين ثلاثية التصميم الجميل، والوظيفة الفعالة، والإنشاء المقاوم للزلازل.

إهداء وشكر

إلى فلسطين... الأرض والإنسان

إلى درة نابلس معقل الآداب والعلوم...جامعة النجاح الوطنية

..أهدي ثمرة عملي هذا، راجياً أن يكون فيه الخير والنفع للشداة من طلبة العلم.

كل الشكر والتقدير إلى زملائي وزميلاتي في مركز علوم الأرض وهندسة الزلازل على جهودهم ومساعدتهم في التنسيق والإخراج الفني لهذا الكتاب، والشكر موصول إلى عميد البحث العلمي وهيئة التحكيم والمراجعة، وأخص بالشكر كذلك الزميل الفاضل الأستاذ محمد جواد النوري على جهوده والاستفادة من خبرته في تدقيق المادة اللغوية، وإلى كل من ساعد في خروج هذا العمل إلى النور.

المؤلف

تقديم

لقد عاصرتُ زميلي وأخي الدكتور جلال الديبك مديراً لمركز علوم الأرض وهندسة الزلازل، ومنسقاً عاماً للمراكز العلمية، وتزامننا كأعضاء هيئة تدريسية في قسمي هندسة البناء، والهندسة المدنية بكلية الهندسة في جامعة النجاح الوطنية.

إن الموضوعات، التي يُدافع عنها الدكتور الديبك في كتاباته، تستحق الاهتمام، فهي حصيلة دراسة مئات التجارب العالمية في موضوع المباني المقاومة للزلازل. والحكيم من يتعظُ بغيره؛ فلا بد أن نتعلم الدروس المستفادة من تجارب الآخرين من قبل أن تحلّ بنا، لأن درهم وقاية خير، بكل تأكيد، من قنطار علاج.

ومن خلال قيامي بتدريس مئات المهندسين المعماريين، في كلية الهندسة بجامعة النجاح، فقد لمستُ، عن قرب، أن لديهم مهارات تصميمية عالية، وقدرة فائقة في تقديم البدائل والحلول المعمارية مهما كانت المحددات، إلى درجة تجعل واحد منهم يستطيع تصميم بيت أنيق، على رقعة أرض ضيقة، إنهم قادرون على قيادة فريق البناء، لأن المهندس المعماري هو من يبدأ التصميم، ولعل هذا يُلقى عليه مسؤولية كبرى، لأنه يخلق الهيئة التي سيعيش فيها المبنى، تلك التي لها أثر رئيس في تصرف المبنى إذا ما ضربته قوة زلزالية يوماً ما.

قد يظنُّ كثيرٌ من المهندسين المعماريين أن سلوك المنشآت وقت الزلازل، هو أمرٌ مرده إلى المهندس الإنشائي بالدرجة الأولى والأخيرة، وهذا مفهوم خاطئ، يُحاول الدكتور الديبك توضيحه عبر صفحات هذا الكتاب، فالمسؤولية مشتركة وتكاملية، بل تبدأ من عند المعماري، وهذا ما يدفعنا إلى القول إن على المهندسين المعماريين مراعاة متطلبات تشكيل المباني المقاومة للزلازل، وعدم التركيز على العناصر الجمالية والوظيفية للمنشأ فحسب، ليرسموا بذلك لوحة متكاملة تتكاتف فيها الوظيفة النافعة للمبنى، مع إنشاء آمن له، وفق معايير إقتصادية مقبولة، في إطار جمالي جذاب.

تعدُّ الهيئة، التي يكون عليها المبنى؛ بساطة تكوينه، وتمائل مساقطه، وتناسقه، وخاماته، وصلابته، وغيرها من معطيات، عوامل مهمة في مقاومته للهزات الأرضية. والمهندسون المعماريون، بخاصة، بحاجة إلى اقتناء مثل هذا الكتاب ليتعلموا كل ما سلف، ذلك من أجل الحفاظ على الأرواح والممتلكات في أرضنا المباركة، فلسطين.

عميد كلية الهندسة

الدكتور المهندس نبيل الضميدي

تقديم

في ظلّ شحّ الموارد الطبيعية في فلسطين، فقد كان الإنسان الفلسطيني أهم عنصر من عناصر التنمية والاستثمار في فلسطين، وقد حرصت نقابة المهندسين، ومن خلال مجالسها المتعاقبة، على تنمية قدرات أعضائها العلمية والعملية، وتطويرها، باعتبار أن المهندس الفلسطيني ركن مهم من أركان التنمية الفلسطينية. ويتجلى هذا الاهتمام، من قِبَل نقابة المهندسين، من خلال البرامج التدريبية المختلفة التي تنظّمها النقابة ليس لأعضائها فحسب، بل ولطلبة كليات الهندسة وللجمهور الفلسطيني أيضاً، إضافة إلى قيام النقابة بنسج العديد من العلاقات، وتوقيع الاتفاقيات المشتركة مع العديد من المراكز العلمية، والمؤسسات ذات العلاقة، سواء أكانت محلية أم خارجية، وقد كان من نتائج ذلك كله تنظيم العديد من ورش العمل، والمؤتمرات والندوات، إلى غير ذلك من البرامج المشتركة.

وقد حرصت النقابة على بناء علاقات متميزة مع مراكز البحث في الجامعات المحلية على وجه الخصوص، لما لهذا الموضوع من أهمية بالغة لكل الأطراف ذات العلاقة، ومن المراكز التي ترتبط النقابة بها بعلاقات متميزة كان مركز علوم الأرض وهندسة الزلازل بجامعة النجاح الوطنية، وذلك منذ تأسيسه، وبمديره الزميل د. م. جلال الديبك مؤلف هذا الكتاب، حيث نفّذ الجانبان، وبجهود متميزة، من قبل الزميل الديبك، العديد من النشاطات المشتركة؛ التي تضمنت مؤتمرات، ودورات تدريبية في هندسة الزلازل للمهندسين وطلبة الهندسة ورش عمل وندوات متخصصة، إضافة إلى إصدار العديد من المنشورات المتخصصة بهندسة الزلازل، وإلى مساهمة الزميل الديبك الدائمة في مجلة المهندس الفلسطيني التي تصدرها النقابة. كما أن للزميل الديبك بصمة واضحة في أعمال الهيئة الوطنية للتخفيف من أخطار الكوارث.

ويأتي هذا الكتاب القيم ضمن سلسلة الإنجازات المتميزة للزميل الديبك، ويعد من الكتب الهندسية المهمة التي ننصح الإخوة الزملاء المهندسين المعماريين والإنشائيين إلى الاحتفاظ بنسخة منه في مكتباتهم.

وختاماً، فلا يسعنا، في نقابة المهندسين إلا أن نتوجّه بالتحية والتقدير لهذه المراكز، وللقائمين عليها، وذلك للجهود القيّمة التي يبذلونها .. والتي انعكست إيجاباً على مسيرة التنمية الفلسطينية بعامة، وعلى العمل الهندسي بخاصة، مع تأكيدنا على الاستعداد الدائم للمشاركة في أية برامج مشتركة يتم اقتراحها لما فيه مصلحة المهندسين والمجتمع الفلسطيني بشكل عام.

نقيب المهندسين

م. أحمد إديلي

فهرس المحتويات

الموضوع	الصفحة
مقدمة	1
الفصل الأول: هيئة المبنى	
1.1 مقدمة	5
2.1 المباني المنتظمة وطرق التحليل	7
3.1 هيئة المساقط الأفقية للمباني	8
الفصل الثاني: الخصائص العامة للمباني	
1.2 أبعاد المبنى	13
2.2 التناسب بين أبعاد المبنى	14
3.2 تماثل عناصر المبنى	16
4.2 كثافة العناصر الإنشائية وتوزيعها	17
الفصل الثالث: السلوك الزلزالي للمباني غير المنتظمة	
1.3 مقدمة	23
2.3 هيئة المسقط الأفقي	23
1.2.3 المباني ذات الأشكال الهندسية المركبة أو المعقدة	24
2.2.3 الأنظمة الإنشائية غير المتوازية	27

35	3.2.3 الاختلاف في مقاومة المحيط الخارجي للمبنى وصلابته
----	--

الفصل الرابع: الهيئة الرأسية للمباني

45	1.4 مقدمة
45	2.4 عدم الانتظام الرأسى في شكل المبنى
51	3.4 وجود الطوابق الرخوة والضعيفة
64	4.4 الأعمدة القصيرة
71	5.4 استخدام الأنظمة الكابولية/ الطيرانات
74	6.4 التجاور بين المباني
77	7.4 البناء فوق مبانٍ قائمة قديمة
79	8.4 توزيع فتحات النوافذ والابواب في الجدران الداخلية والخارجية

الفصل الخامس: السلوك الزلزالي للعناصر غير الإنشائية

85	1.5 مقدمة
86	2.5 السلوك الزلزالي لجدران الطوب (القسمات)
89	3.5 السلوك الزلزالي للجدران الخارجية المحمولة (جدران الحجر والطوب)

الفصل السادس: طرق التحليل الزلزالي

95	1.6 الطريقة الاستاتيكية المكافئة
99	2.6 طرق التحليل الديناميكية

100	3.6 وزن المبنى
102	4.6 أمثلة

الفصل السابع: قابلية الإصابة الزلزالية لأنماط المباني الدارجة في فلسطين

109	1.7 مقدمة
109	2.7 تأثير الموقع
113	3.7 أخطاء تتعلق بالتشكيل المعماري والإنشائي للمباني
114	4.7 أخطاء تتعلق بتصميم وتنفيذ العناصر الإنشائية
115	5.7 مؤشر قابلية الإصابة الزلزالية
118	6.7 التقييم الزلزالي للمباني وتحليل قابلية إصابتها

123	المراجع
-----	---------

129	الملحقات
-----	----------

مقدمة:

تستند الدراسات الزلزالية في توقعاتها لاحتمال حصول زلازل في المستقبل، على عدد من العوامل، وتوقع حصول زلازل في المستقبل يستند لعلم احتمالي، ولا يمكن، من خلال هذه العوامل، تحديد ساعة أو لحظة حصول الزلازل، لذلك، عندما يتحدث المتخصصون عن احتمال حصول زلازل قوية في المستقبل، فهذا يعني أنه قد يحصل الآن، أو بعد ساعة، أو بعد يوم، أو أسبوع، أو شهر، أو سنة، أو بعد عشرات السنين. أما بالنسبة لقوة الزلازل المتوقعة في منطقتنا، فقد أظهر العديد من الدراسات التي أجريت في دول المنطقة أن أقصى درجة للزلازل المحتملة، قد لا تزيد على ست درجات ونصف الدرجة حسب مقياس ريختر، وذلك إذا كان مركزها السطحي شمال البحر الميت أو جنوبه، وتصنف هذه الدرجة عموماً بالمعتدلة أو القوية نسبياً، ويمكن للمباني والبنى التحتية إذا صممت ونفذت وفقاً للضوابط العامة، ولمتطلبات الحد الأدنى للمباني المقاومة للزلازل أن تقاوم هذه الدرجة، وهذا يمكن تحقيقه بسهولة. وأظهرت بعض الدراسات التي أجريت في المنطقة، أن بعض الزلازل التي تقع مراكزها السطحية في مناطق بيسان، والجليل، وجنوب لبنان، قد تصل قوتها القصوى إلى 7 درجات حسب مقياس ريختر (لتوضيح مواقع المراكز السطحية للزلازل المتوقعة المذكورة أعلاه انظر إلى الخارطة الموضحة في الشكل 3 - الملحق 5). ولمزيد من المعلومات حول الزلازل وأسبابها وآليات حصولها وطرق قياسها،..الخ انظر الملحق رقم (5).

إن المشكلة الحقيقية، لا تكمن في الزلازل، بل تكمن في عدم جاهزيتنا لها، فالعديد من المباني والبنى التحتية لا تتوافر فيها متطلبات الحد الأدنى للمباني المقاومة للزلازل، وكذلك عدم وجود إدارة فعالة لمواجهة الكوارث وإدارة العمليات وإسناد الطوارئ، بالإضافة إلى عدم دراية الإنسان الفلسطيني بمفاهيم وإجراءات التهيئة والاستعداد للكوارث. فقد أظهر استطلاع لواقع المباني والبنى التحتية، في معظم الدول العربية، أن العديد من هذه المنشآت لا يتضمن تحقيق الحد الأدنى المطلوب لمقاومة الزلازل المحتملة، وهذا بدوره سيؤدي إلى حدوث أضرار وانهيئات ملحوظة في العديد من المباني. في حال "لا سمح الله" تعرضت هذه المناطق لزلازل معتدلة، أو قوية نسبياً (بين 6 درجات و6.5 درجة حسب مقياس ريختر)، وعلى المستوى الفلسطيني، فإن هذه الدرجة، إضافة لما ستحدثه من أضرار، وانهيئات كلية وجزئية في بعض المباني، فإن الكثير من هذه المباني

سيتعرض إلى أضرار وانهيارات في العناصر المحمولة كجدران الطوب والديكور والرخام، بالإضافة إلى حصول تساقط واضح لحجر الجدران الخارجية وما يترتب عن ذلك من إعاقة وخسائر في الأرواح، وهذا بدوره سيسهم، بشكل كبير، في رفع حجم الخسائر في الأرواح والممتلكات. فبالنسبة لأنماط المباني الدارجة، في المدن الفلسطينية، وفي الدول العربية بشكل عام، فإن العديد من هذه المباني، إن لم يكن معظمها، قد تم تصميمها وتنفيذها وفقاً لمفاهيم الهندسة الدارجة، فلا يزال العديد من المهندسين، لغاية الآن، يصممون وينفذون المباني لتقاوم الأحمال الرأسية فقط، بمعنى أن تحمل نفسها وما عليها من أحمال، دون الأخذ بعين الاعتبار القوى التي قد تحدثها الزلازل، علماً بأن جميع "كودات" البناء والمواصفات الموجودة في العالم، في الوقت الحالي، تأخذ بعين الاعتبار التصميم الزلزالي للمنشآت.

وبالاطلاع على واقع العمل الهندسي في فلسطين، وفي بعض الدول العربية، يلاحظ أن هناك مفهوماً خاطئاً لدى العديد من المهندسين المعماريين لأهمية هيئات المباني (التشكيل أو التصميم المعماري للمباني) وانعكاساتها على سلوك المنشآت عند تعرضها للزلازل، فكثير من المعماريين يعتبر أن مقدرة هذه المنشآت أو فشلها في استيعاب القوى الناجمة عن الزلازل هو في المقام الأول والأخير مسؤولية إنشائية تقع على عاتق المهندس الإنشائي، ولا دخل للمعماري في هذا الموضوع، وفي حقيقة الأمر وإن كان المهندس الإنشائي هو المسؤول قانونياً عن تحقيق الأمان والاستقرار للمنشأ، إلا أن عملية التصميم والتنفيذ، في مجملها، هي نتاج لعمل مشترك معماري وإنشائي، أي مسؤولية مهنية لكلا التخصصين على حد سواء، فالعلاقة بينهما يجب أن تكون تكاملية، وبالتالي يجب عدم النظر للهندسة المعمارية باعتبارها فناً جميلاً فقط، مهمتها تصميم الكتل وتوزيعها، وتحقيق العناصر الجمالية والوظيفية للمنشأ، فقد أظهرت التجارب أن المعماري الناجح: هو المعماري ذو الحس الإنشائي، والعكس صحيح.

ويجب أن لا يفهم مما ذكر أن واقع الهندسة الإنشائية في فلسطين، وفي الدول العربية عموماً أحسن حالاً، وإن الإنشائي يلتزم بأسس وتوصيات التصميم الزلزالي العادي والمتقدم، فقد أظهرت الوقائع أن الكثير من الإنشائيين لا يلتزمون حتى بتحقيق الاعتبارات

والتوصيات العامة للمباني المقاومة للزلازل، وان العديد منهم لم يتطرق للتصميم الزلزالي أثناء دراسته الجامعية ولا حتى في حياته العملية.

وبدورها تعتبر المناطق التي تعرضت للزلازل كمعامل أو مختبرات ضخمة جداً، يمكن من خلالها مشاهدة ومتابعة الآلاف وأحياناً عشرات الآلاف من العينات الحقيقية ومم لا شك فيه يعتبر هذا النوع من التجارب حقيقي من حيث طبيعة المؤثر وحجم ومقاسات العينات المستخدمة (المتأثرة)، فقد أظهرت نتائج الزلازل التي حصلت في كثير من دول العالم أن السلوك الزلزالي للمباني يتأثر بشكل كبير بهيئتها وبتشكيلاتها المعمارية والإنشائية. وبناءً عليه ستعالج فصول هذا الكتاب أثر الاعتبارات المعمارية على السلوك الزلزالي للمباني، وكشواهد وأمثلة، سيتم الاستعانة بالأحداث والوقائع الزلزالية التي حصلت في عدد من دول العالم، ومقارنتها مع أنماط المباني الدارجة محلياً.

ومن جهة أخرى، يعتقد الكثير من المواطنين وبعض المهندسين، أن التصميم والتنفيذ للمباني المقاومة للزلازل شئ صعب، وتكلفته المالية عالية جداً، وهذا غير صحيح، فالتصميم الزلزالي له عدة مستويات من الأمان والدقة. فبالنسبة للمباني العادية، قد تزداد تكلفة المبنى بسبب التصميم والتنفيذ الزلزالي بنسبة ثلاثة إلى خمسة في المائة من سعر التكلفة الكلية كحد أقصى، وإذا كان المبنى بسيطاً ومنتظماً، أي إذا كان متماثلاً في الشكل والكتل، وفي توزيع الأعمدة والجدران أفقياً ورأسياً، فإن ذلك سيسهم، بشكل كبير، في مقاومته للزلازل وان لم يصمم لذلك، وهذا ما سيتم تناوله في بعض فصول هذا الكتاب. ويجب أن لا يفهم من ذلك أن تصميم المباني لمقاومة الزلازل، يبقى محصوراً ومشروطاً بتحقيق التماثل والانتظام الكلي لهذه المباني، بل إن المقصود هنا، انه يجب على المهندس المعماري أن يعطي الأولوية القصوى ما أمكن، لتحقيق التماثل والانتظام لكل من أبعاد المباني وكتلها ولتوزيع عناصرها الإنشائية، لما لذلك من انعكاسات ايجابية على السلوك الزلزالي لهذه المباني، وعلى تكلفة تنفيذها، بمعنى أن المخاطر الزلزالية تزداد أو تزداد قابلية الإصابة الزلزالية للمباني بزيادة مستوى أو مقدار عدم تماثلها وانتظامها، وفي حالة تعذر تحقيق التماثل والانتظام المشار إليه أعلاه لأسباب وظيفية و / أو معمارية و / أو لأسباب تتعلق بشكل طوبوغرافية الأرض المقام عليها المباني وطبيعتها، فهندسة الزلازل، في هذه الحالة، كفيلة بإيجاد الحلول الإنشائية اللازمة للتقليل من قابلية الإصابة الزلزالية

لهذه المباني، فالهندسة عموماً، وهندسة الزلازل، بشكل خاص، لا تعترف بالمستحيل المادي، ولكن يبقى أن نعرف أن تحقيق السلوك الزلزالي المطلوب، وبشكل خاص في حالة كون المباني غير منتظمة ومرتفعة (غير منتظمة ونحيفة أو عالية النحافة)، تصبح طرق التصميم الزلزالي العادية غير ملائمة، وبالتالي، هناك حاجة لاستخدام طرق التصميم الزلزالي المتقدمة، ومن المعروف أن عدداً قليلاً، بل قليلاً جداً، من المهندسين يجيدون استخدام طرق التصميم الزلزالي المتقدمة.

ومن الجدير بالذكر، أن توصيات العديد من المؤتمرات والندوات الدولية للحد من المخاطر، وندوات ومؤتمرات هندسة الزلازل، قد أوصت بضرورة تدريس مقرر " تصميم المنشآت لمقاومة أفعال الزلازل" أثناء مرحلة الدراسة الجامعية الأولى (مرحلة البكالوريوس)، وأن لا ينحصر ذلك في طلبة الهندسة المدنية، وهندسة البناء، بل يجب أن يشمل ذلك طلبة الهندسة المعمارية، بل إن بعض الفعاليات العلمية الدولية، قد ركزت على أهمية المهندس المعماري في الحد من المخاطر، وذلك لدوره في التخطيط لاستخدام الأراضي، ودوره في تحديد هيئة المبنى المعمارية، وبالتالي انعكاسات ذلك على عناصر النظام الإنشائي للمبنى. ومن الجدير بالذكر أن المؤتمر العالمي للحد من مخاطر الكوارث الذي دعت له الأمم المتحدة، والذي عقد في كوبي في اليابان في العام 2005، قد خرج بقرارات وأولويات للعمل للفترة 2005-2015 أطلق عليها "إطار عمل هيوغو"، وقد تضمنت قرارات بعض المحاور التركيز على ضرورة الالتزام بالعناصر الأساسية للتخفيف من مخاطر الكوارث واعتمادها كمقررات دراسية لطلبة الجامعات. وقد بادرت الإستراتيجية الدولية للحد من الكوارث (UN-ISDR) وعدد من المؤسسات الدولية ذات العلاقة، في وضع برامج وفعاليات على المستوى الدولي والإقليمي لتطبيق أولويات إطار عمل هيوغو، ولتحقيق ذلك تم وضع الآليات اللازمة للانتقال من القول إلى الفعل في بناء قدرات الأمم والمجتمعات على مواجهة الكوارث.

المؤلف

أيلول 2010

الفصل الأول

هيئة المبنى

Building Configuration

1.1 مقدمة

عند الحديث عن الهيئة أو التشكيل المعماري والإنشائي (Architectural and Structural Configurations) قد يتبادر لذهن البعض أن هناك نوعين منفصلين من التشكيلات، وفي الحقيقة أن تشكيل العناصر الإنشائية وتوزيعها يظهر في الغالب كانعكاس للمتطلبات المعمارية ولإعتباراتهما، وهذا يعني أن التشكيل الإنشائي العام للمبنى مقيد أو محكوم لحد ما بالتشكيل المعماري، وبالتالي عند الحديث عن اثر التشكيل المعماري للمباني على سلوكها الزلزالي، فإن ذلك يتضمن اختيار طبيعة العناصر الإنشائية وبعض تفاصيلها، وعموماً يمكن تلخيص آلية تأثير الاعتبارات المعمارية على السلوك الزلزالي للمباني من خلال ما يلي:

أ - هيئة المبنى:

ويشمل ذلك شكل المبنى، وأبعاد مساقطه بالاتجاهات الثلاث، بالإضافة إلى النسبة بين هذه الأبعاد، ويشمل كذلك التخطيط، والتوزيع الداخلي، والتنظيم العام للمبنى.

ب - تشكيل و توزيع العناصر الإنشائية:

يؤثر التصميم المعماري في تشكيل العناصر الإنشائية وتوزيعها مثل: الأعمدة أو/ والجدران، وبالتالي احتمالية تقييد وتحديد طبيعة التفاصيل الإنشائية الواجب استخدامها.

ج - العناصر غير الإنشائية:

يعتبر تصميم معظم العناصر غير الإنشائية في المبنى من صلاحيات المهندس المعماري ومسؤولياته، إلا أن بعض هذه العناصر (الجدران

المحمولة: كجدران القسامات والجدران الخارجية) يمكن أن تؤثر سلباً في حياة الأفراد، وقد تؤدي إلى حصول انهيارات جزئية، أو أحياناً كلية للمبنى في حالة لم تصمم هذه العناصر، وتنفذ وفقاً لشروط المباني المقاومة للزلازل وضوابطها.

وبشكل عام تتأثر هيئة المبنى بعدد من العوامل، أهمها:

- تحقيق الهدف الوظيفي الذي من أجله أنشئ المبنى.
- الالتزام بقوانين التخطيط والتصاميم العمرانية في المناطق المراد البناء عليها.
- الخروج بهيئة وشكل معماري جذاب، مع الأخذ بعين الاعتبار للأنماط المعمارية الدارجة.

وبالإضافة إلى إخضاع المبنى لأنظمة وقوانين البناء المعمول بها في البلديات، ولجان التنظيم المحلية، يسعى كل من المصمم المعماري والإنشائي لتحقيق متطلبات المالك، وأهمها:

- تحقيق الهدف والوظيفة التي من أجلها أنشئ المبنى (Function).

- تحقيق الأمان والديمومة، وذلك من خلال الأخذ بعين الاعتبار لمتطلبات النوعية والسلوك الفعال في حالة تعرض المبنى لانهيارات محتملة، بمعنى آخر أن يكون المبنى جديراً بأن يعول عليه (Reliability).

- أن تكون تكلفة المبنى أقل ما يمكن (Minimum Cost).

وبدورها تلعب هيئة المبنى دوراً مهماً في تحديد كيفية تأثير القوى الزلزالية التي يتعرض لها المبنى، وفي آلية توزيع هذه القوى على طوابق المبنى وعناصره الإنشائية، وتعتبر هيئة المبنى عاملاً أساسياً في تحديد مقدار القوى الزلزالية التي يتعرض لها، وذلك من خلال تأثير هذه القوى بكل من: كتلة المبنى، وأشكال وأبعاد مساقطه، والنسبة بين هذه الأبعاد، وهذا يعني عندما يقوم المصمم المعماري باختيار الهيئة المناسبة للمبنى، فإنه يجب أن يسعى إلى إجراء توازن بين جميع المتطلبات والمعايير من جهة، والتكلفة من جهة أخرى، فالهيئة المثالية للمباني المقاومة للزلازل (The Optimum Seismic Configuration) قد تتعارض مع تشغيل واستخدام المبنى، فمثلاً إذا أخذنا بعين الاعتبار الحالة المثالية "للتصميم الزلزالي" بدرجتها

القصى، نرى أن تحقيق ذلك قد يتعارض، في كثير من الحالات، مع تشغيل المبنى واستخدامه، ومن الأمثلة على المباني المثالية لمقاومة الزلازل المباني الهرمية الكتلية، كأهرامات الجيزة في مصر.

2.1 المباني المنتظمة وطرق التحليل.

Regular Buildings and Methods of Analysis

تعتبر بساطة المنشأ، وتماثل مساقطه الأفقية والرأسية (الجانبية) عوامل إيجابية في مقاومته للهزات الأرضية، وخصوصاً إذا رافق ذلك ما يلي:

- عدم وجود نحافة في أبعاد المبنى.
- تناسق مقاطع عناصره الإنشائية وانتظامها.
- وجود تماثل في المقاومة، ونوعية المواد المستخدمة.
- وجود مقاومة وصلابة عالية وكافية لمقاومة عزوم الالتواء المحتملة.
- استمرار وتواصل عناصر المبنى الإنشائية في الاتجاهات الثلاثة، بدلاً من تقسيمها إلى قطع منفصلة.

وفي المنشآت منتظمة الهيئة (Regular Configuration) يمكن حساب القوى الزلزالية الأفقية الإستاتيكية المكافئة ELF (Static Equivalent Lateral Force) التي تؤثر في هذه المباني، وذلك من خلال استخدام إحدى العلاقات الحسابية المتعلقة بالطرق الإستاتيكية المكافئة والموجودة في كودات المباني المقاومة للزلازل، ومن الجدير بالذكر أن نتائج هذه العلاقات تمثل متطلبات الحد الأدنى، واستخدام هذه الطرق (الطرق الإستاتيكية المكافئة) يجب أن يكون محصوراً بالمنشآت المنتظمة أو شبه المنتظمة، ولضبط استخدام هذه الطرق تتضمن الكودات عادة معايير لتحديد نسبة عدم الانتظام المقبولة في هيئة المباني المراد تصميمها (انظر الملحق رقم 1)، أما في حالة تصميم المنشآت غير المنتظمة (المعقدة)، فيجب في هذه الحالة استخدام طرق التحليل الإنشائي المتقدمة، كالتحليل الديناميكي، واستناداً لجمعية المهندسين الإنشائيين في كاليفورنيا (Structural Engineering Association of California) والمعروفة باسم SEAOC، يمكن وصف المنشآت غير المنتظمة كما هو موضح في الشكل (1.1).

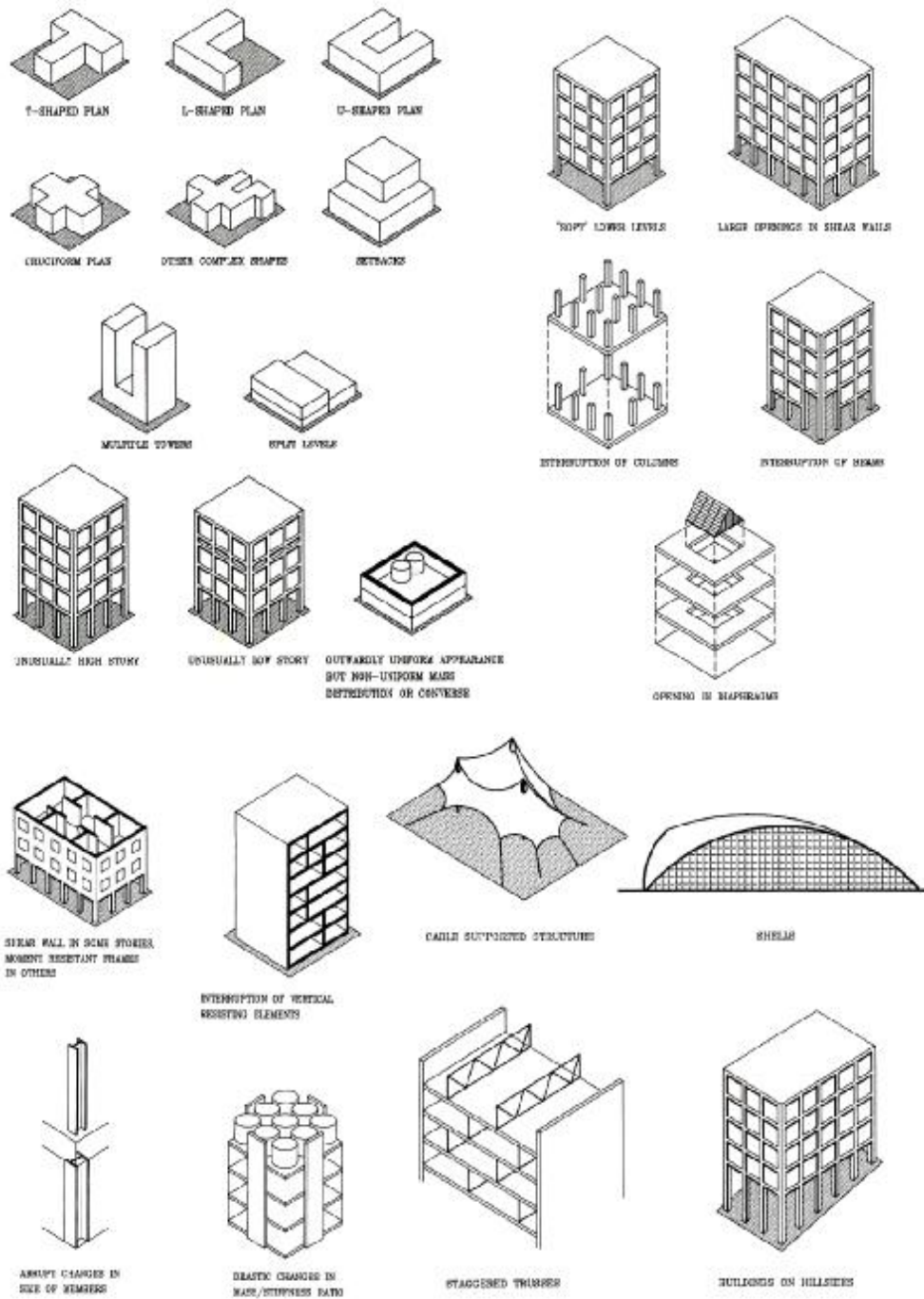
3.1 هيئة المساقط الأفقية للمباني

Horizontal Configuration of Buildings

أظهرت الزلازل التي حصلت في عدد من الدول، أن المنشآت البسيطة (Simple Structures) لها مقدرة وفرصة أكبر لمقاومة تأثير الهزات الأرضية، وهذا يعود، في حقيقة الأمر، إلى كثير من الأسباب، أهمها:

- مقدرة المصمم على استيعاب السلوك المحتمل للمنشأ البسيط تكون في الغالب أكبر من قدرته في حالة المنشآت المعقدة، فمثلاً نتائج تأثير الالتواء على المنشأ تعتبر صعبة التوقع في حالة كون هذا المنشأ غير منتظم.
- مقدرة المصمم على وضع تفاصيل إنشائية للمنشآت البسيطة تكون في الغالب أكبر من قدرته في حالة كون هذه المنشآت غير منتظمة.

وبالاعتماد على توصيات هندسة الزلازل ومتطلباتها تعتبر المنشآت ذات المساقط الأفقية رباعية الأضلاع (الأشكال المربعة والمستطيلة) والسداسية والثمانية أو الدائرية، مناسبة، ويمكن تصميمها بسهولة لمقاومة أفعال الهزات الأرضية (Christopher A., 2001) ، في حين أن المنشآت ذات الأشكال (المساقط الأفقية) العشوائية والمعقدة، والأشكال L و H و T و + و Y، أو أي تركيب آخر لهذه الأشكال تعتبر من وجهة نظر التصميم الزلزالي العادي (التصميم باستخدام الطرق الاستاتيكية المكافئة) غير مناسبة، ولا يمكنها مقاومة أفعال الزلازل، فتصميم هذا النوع من المنشآت باستخدام طريقة القوى الزلزالية الأفقية الاستاتيكية المكافئة، يتطلب معالجة أشكال مساقط هذه المباني، وقد يتم ذلك من خلال استخدام الفواصل الزلزالية، أي تجزئتها إلى أشكال هندسية متماثلة ومنتظمة، وإن تعذر تحقيق ذلك فيصبح الحل الأمثل لهذا النوع من المباني هو استخدام طرق التحليل والتصاميم المتقدمة، كالتحليل الديناميكي. وبشكل عام لا يمكن حصر جميع حالات وأشكال عدم الانتظام في المنشآت، وكذلك يجب الانتباه إلى أن الأنواع المختلفة لهذه الحالات والأشكال تختلف في مدى أهميتها وتأثيرها، أما موضوع تحديد النقطة أو الحد الذي يبدأ عنده تأثير عدم الانتظام بشكل جدي ولافت للنظر، فيعالج لغاية الآن في معظم المراجع التخصصية

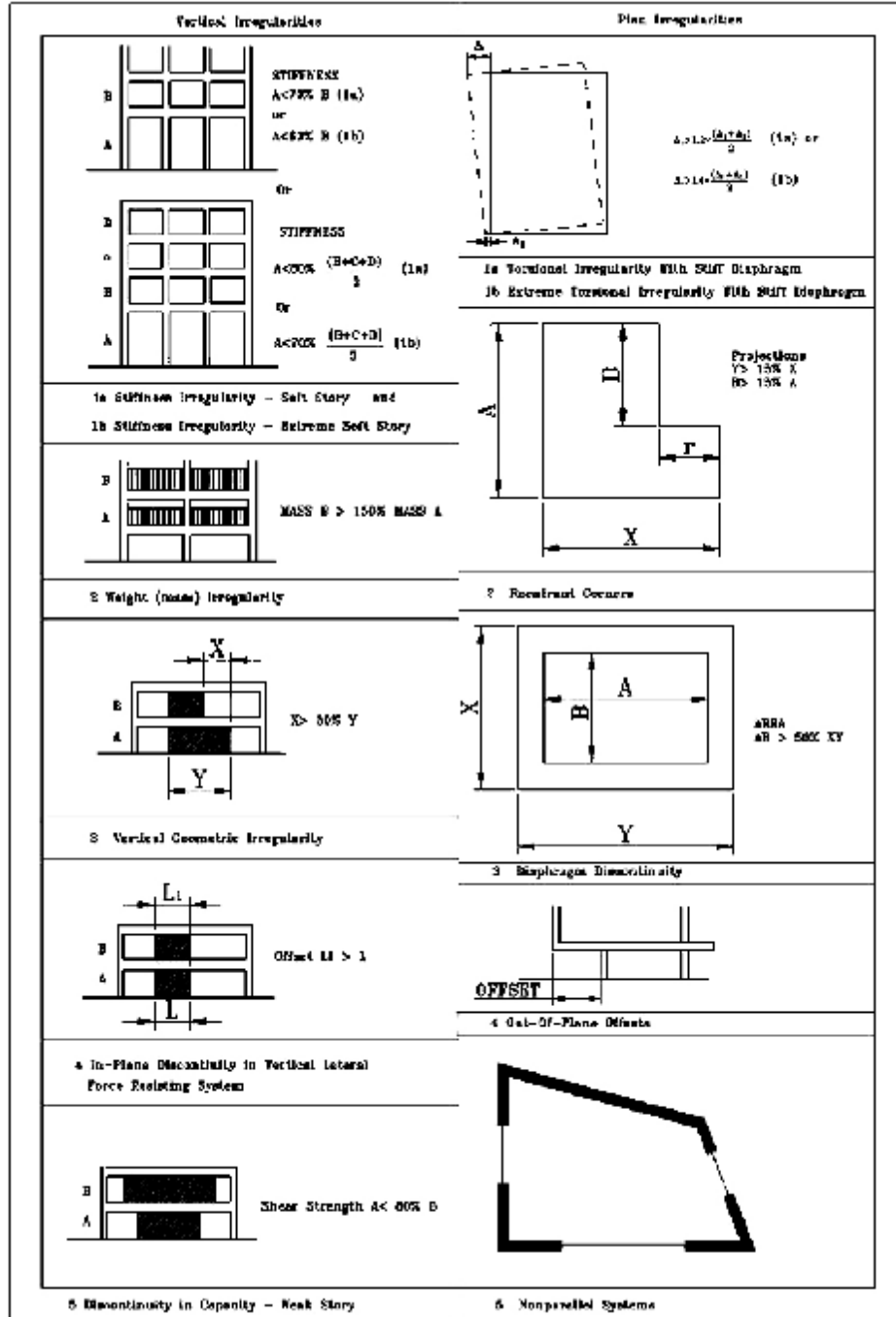


شكل (1.1): توضيح للمنشآت غير المنتظمة وفقاً لجمعية المهندسين الإنشائيين في كاليفورنيا والمعروفة باسم الـ SEAOC.

ذات العلاقة من خلال الحدس والتقدير الهندسي للمصمم. ففائمة حالات عدم الانتظام حسب جمعية المهندسين الإنشائيين في كاليفورنيا الـ SEAOC (الشكل 1.1)، تقتصر محتوياتها على التعريف ببعض الحالات الرئيسية، ولا تتضمن أية قواعد وأسس يمكن من خلالها حساب مقدار عدم الانتظام بشكل كمي، ومع ذلك أظهرت معظم الإصدارات الحديثة للـ SEAOC، وبشكل خاص ابتداء من العام 1988 عن وجود محاولات لتحديد مقدار عدم الانتظام الحرج لبعض الحالات، وذلك من خلال تحديد بعض الأبعاد، أو اشتراط استخدام نسب محددة بين أبعاد المنشأ.

ومن أجل تطوير نظم البناء الزلزالي للمباني الحديثة طور برنامج تقليل المخاطر الزلزالية NEHRP (National Earthquake Hazard Reduction Program) في الولايات المتحدة شروطاً وتوصيات تتعلق بعدم انتظام المباني (انظر الشكل 2.1). ومن الجدير بالذكر أن شروط المصطلحات الفنية والمتطلبات المتعلقة بالهيئة Configuration requirements في برنامج NEHRP ، هي نفسها، أو تعتبر متشابهة جوهرياً مع مصطلحات ومتطلبات الكود المتناسق UBC (Uniform Buildings Code)، في برنامج NEHRP يعتبر الرافد الرئيسي للمعلومات بالنسبة للكود UBC. وبهدف متابعة حالات عدم الانتظام وطرق التصميم الزلزالي المناسبة لهذه الحالات، أظهرت مواصفات 1997 NEHRP عدداً من مجموعات المباني غير المنتظمة، وعموماً يمكن تلخيص طرق التحليل الزلزالي التي يمكن استخدامها في حالات المباني المختلفة، بما يلي:

- استخدام الطرق الاستاتيكية لحساب القوى الزلزالية الأفقية المكافئة ELF.
- إجراء تحليل شكلي أو مشروط (Modal Analysis).
- استخدام طرق التحليل المتقدمة مثل طرق التحليل الديناميكية (Dynamic Analysis).



شكل (2.1): تعريف عدم الانتظام وفقاً لأحكام المصدر " 1997 NAHRP
 Provisions

الفصل الثاني

الخصائص العامة للمباني

General Characteristics of Buildings

تشمل الخصائص العامة للمبنى كل ما يتعلق بهيئته، مثل: أبعاده، وتمائله، وكثافته توزيع عناصره الإنشائية، والهيئة الأفقية والرأسية للعناصر المعمارية والإنشائية.

1.2 أبعاد المبنى Building Size

يتأثر السلوك الزلزالي للمبنى بشكل كبير بأبعاده (أبعاد المنشأ هي طوله وعرضه وارتفاعه)، ففي حالة المنشآت الطويلة، مثل الجسور (الكباري)، تكون قابلية إصابتها الزلزالية (Seismic Vulnerability) أكبر من مباني المنشآت الخرسانية العادية، وذلك بسبب احتمال تطابق خط مسار الموجات الزلزالية مع خط مسار الجسر، وخصوصاً إذا صادف هذا التطابق تساوي طول الجسر أو اقترابه مع طول الموجات الزلزالية، ويعود سبب هذا التأثير الزلزالي إلى ظاهرة التضخيم الديناميكي للقوى التي سيتعرض لها الجسر. ولتجنب هذه الظاهرة يجب أن يكون طول المنشأ صغيراً جداً بالمقارنة مع طول الموجات الزلزالية، وعموماً يمكن تحقيق هذا الشرط بسهولة في المباني الخرسانية العادية، حيث لا يتجاوز طول المبنى في الغالب 40 أو 50 متراً، وفي حالة المباني الطويلة تعمل الفواصل الزلزالية وفواصل التمدد والهبوط على تجزئة أطوال هذه المباني. وإضافة لتأثير أبعاد المسقط الأفقي للمبنى (الطول والعرض) في سلوكه الزلزالي، يتأثر المبنى كذلك بشكل كبير بارتفاعه، وذلك لأن ارتفاع المبنى يعتبر عاملاً أساسياً في تحديد قيمة الزمن الدوري الطبيعي للمبنى (Natural period T_b)، ولكن ما هي العلاقة بين الزمن الدوري الطبيعي T_b والسلوك الزلزالي للمباني؟

هناك علاقة بين قيمة معامل تضخيم القوى الزلزالية (Magnification Dynamic Factor) والنسبة بين قيمة الزمن الدوري الطبيعي لتربة الموقع (T_s) وقيمة الزمن الدوري الطبيعي للمبنى (T_b)، فتساوي (T_b) مع (T_s) يؤدي إلى حصول ظاهرة الرنين (Resonance)، وبمعنى آخر، فإن تساوي قيم هذه المعاملات (T_b) و (T_s) أو اقترابها يؤدي إلى حصول زيادة في قيمة القوى الزلزالية التي سيتعرض لها المبنى، وقد تصل هذه الزيادة إلى عشرة أضعاف أو أكثر من قيمتها في حالة ما إذا كان أثر الرنين مهماً، لذلك ركزت الكودات والمواصفات الزلزالية (إصدارات أواخر القرن العشرين) على ضرورة الاهتمام بتأثير تربة الموقع، واخذ ذلك في الحسبان في عملية التخطيط لاستخدامات الأراضي.

2.2. التناسب بين أبعاد المبنى Building Proportions

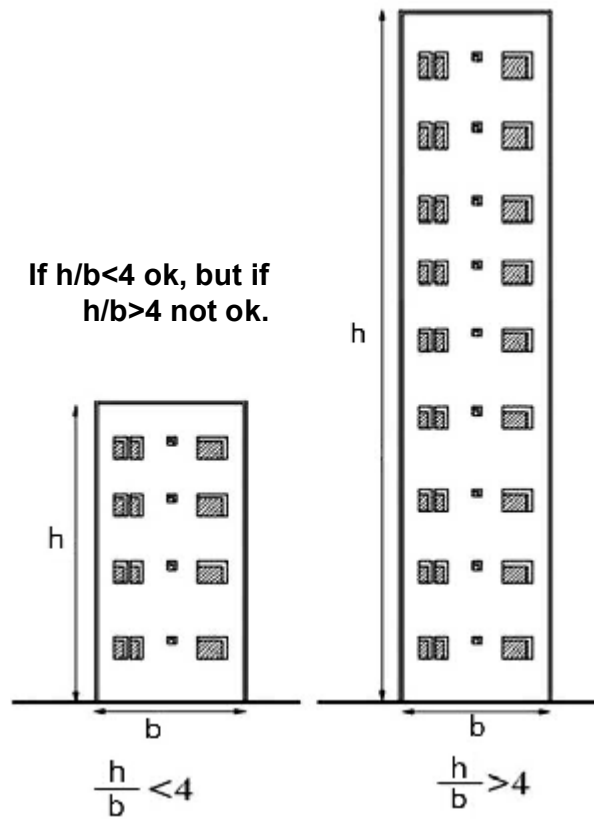
بالإضافة لتأثير أبعاد المبنى على سلوكه الزلزالي، يتأثر السلوك الزلزالي كذلك بشكل كبير بالعلاقة أو بالتناسب بين هذه الأبعاد، فنسبة نحافة المبنى λ (Slenderness ratio) التي تمثل: العلاقة بين ارتفاع المبنى وعرضه، تؤثر بشكل كبير في سلوكه الزلزالي، فالمباني النحيفة (المباني البرجية) تكون أكثر عرضة من غيرها للانقلاب عند تعرضها للزلازل (انظر الشكل 1.2)، ولتحديد نسبة النحافة المقبولة وفقاً للتصميم الزلزالي للمباني العادية (غير البرجية)، أوصت معظم المراجع العلمية بالالتزام بالنسبة 3 أو 4 (Dowrick, 1987)، وفي حالة تجاوز نسبة النحافة القيمة 4 يصمم المبنى على أساس أنه برج، ويتم إخضاعه لطرق التصميم المتقدمة الخاصة بمثل هذا النوع من المنشآت.

• نسبة النحافة وأنماط المباني الداريجة محلياً:

أظهرت الاستطلاعات الميدانية، ودراسات أنماط المباني الداريجة محلياً (الدبيك، وجوهري 2003 والدبيك 2007) أن عامل نحافة المبنى لا يؤخذ بعين الاعتبار في تصميم المباني لدى العديد من المهندسين، وقد تبين وجود نحافة كبيرة جداً في عدد من



انقلاب مبنى نحيف، زلزال كوبي، اليابان 1995



الشكل (1.2): المباني النحيفة

المباني، حيث تجاوزت قيمة معامل نسبة النحافة λ في هذه المباني الرقم 5 و 6، وفي بعض المباني تجاوزت قيمة λ الرقم 10 (انظر الشكل 2.2). وبالإضافة للعلاقة بين ارتفاع المبنى h وعرضه b ، يتأثر السلوك الزلزالي للمبنى كذلك بالعلاقة بين طول المبنى (L) وعرضه.



$$h/b > 4$$



$$h/b > 4$$

الشكل (2.2): مناظر عامة لمنشآت نحيفة في بعض أنماط المباني الدارجة محلياً

3.2 تماثل عناصر المبنى Symmetry of Building Elements

يُعبّر تماثل المبنى عن الخواص الهندسية لهيئة مسقطه الأفقي، فتحقيق التماثل في توزيع العناصر الإنشائية يعني أن مركزي الكتلة والصلابة متطابقان في نفس النقطة أو متقاربان، وعموماً أوصت جميع الكودات الزلزالية والمراجع العلمية ذات العلاقة بإعطاء الأفضلية للتماثل أثناء عملية التصميم، وذلك لأن عدم التماثل سيؤدي إلى وجود انحراف مركزي (Eccentricity) بين مركزي الكتلة والصلابة، وبالتالي تعرض

المبنى لقوى إضافية ناتجة عن عزم الالتواء، وهذا سيؤدي بدوره إلى تركيز الاجهادات في بعض مناطق وعناصر المبنى الإنشائية، التي غالباً ما تكون المناطق والعناصر الأضعف.

• شواهد زلزالية:

أظهرت الأحداث الزلزالية التي حصلت في العالم، أن تعرض المنشآت إلى عزوم التواء كبيرة ستؤدي إلى انهيار هذه المنشآت (انظر الشكل 3.2)، ففي زلزال المكسيك 1985، وتركيا 1999، والهند 2001، وغيرها، لوحظ، بشكل واضح، أن عدداً من المباني قد تعرضت للانهيار، علماً أن هذه المباني متماثلة في أشكال مساقطها الأفقية، إلا أنها غير متماثلة في توزيع العناصر الإنشائية الرأسية (انظر الشكل 4.2)، وهذا بدوره أدى إلى حصول انحراف مركزي بين مركزي الكتلة والصلابة لهذه المنشآت.

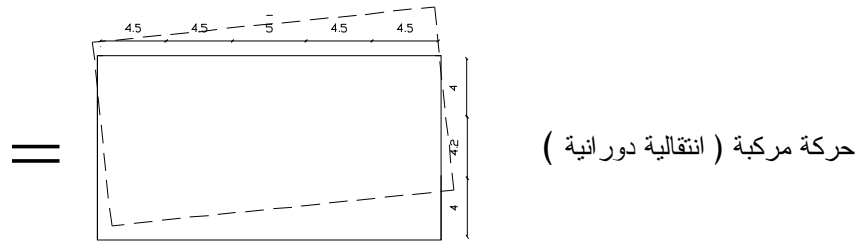
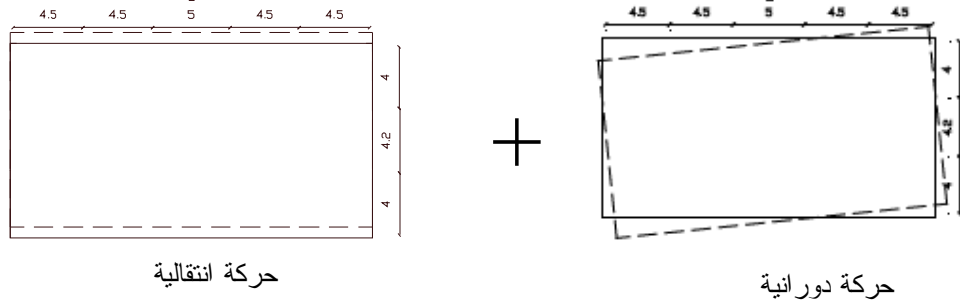
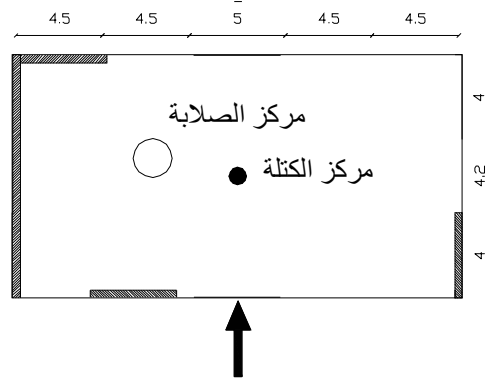
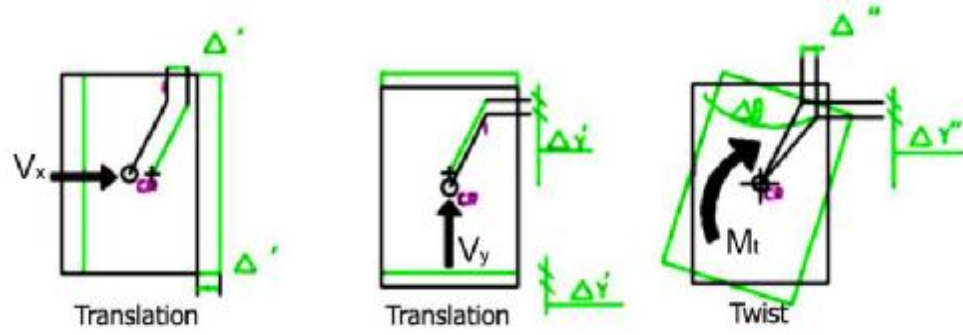
• تماثل عناصر المبنى وأنماط المباني الدارجة محلياً:

بنظرة سريعة لأنماط المباني الدارجة محلياً، نجد، بسهولة، أن كثيراً من هذه المباني لا يحقق التماثل في توزيع العناصر الإنشائية الرأسية، وقد يترافق ذلك مع عدم تحقيق التماثل في أشكال كل من المساقط الأفقية والجانبية لهذه المباني.

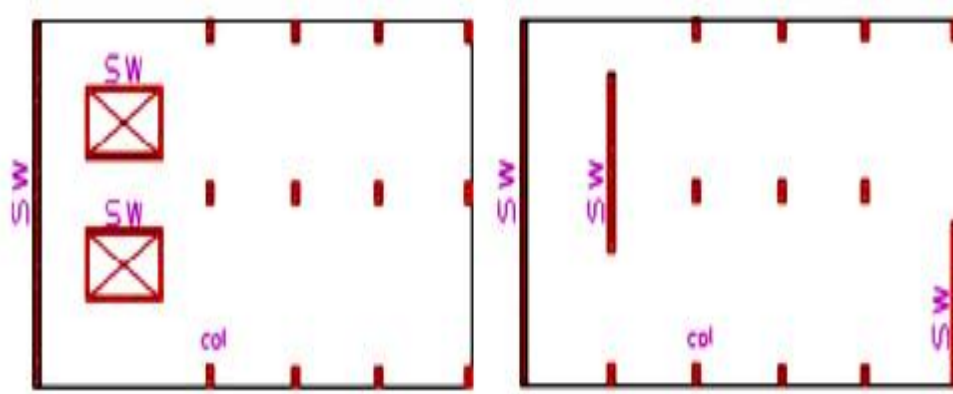
4.2 كثافة العناصر الإنشائية وتوزيعها

Plan Density and Distribution of Structural Elements

تختلف أبعاد توزيع العناصر الإنشائية وكثافتها في المباني القديمة غير المسلحة، بالمقارنة مع المباني الخرسانية المسلحة والمباني المعدنية، ففي حين لا تتجاوز مساحة العناصر الإنشائية الرأسية 1% من المساحة الكلية للمساقط الأفقية للمباني المعدنية، يمكن أن تصل نسبة هذه المساحة إلى 50% من مساحة الطابق في بعض المباني الكتلية القديمة، كما هو الحال في مباني تاج محل التاريخية، وعموماً تمثل مساحة العناصر الإنشائية الرأسية في المباني القديمة بين 15-30% من مساحة الطابق الكلية (Christopher A., 2001).



شكل (3.2): انحراف مركز الصلابة عن مركز الكتلة بسبب عدم التماثل في توزيع العناصر الإنشائية الرأسية.

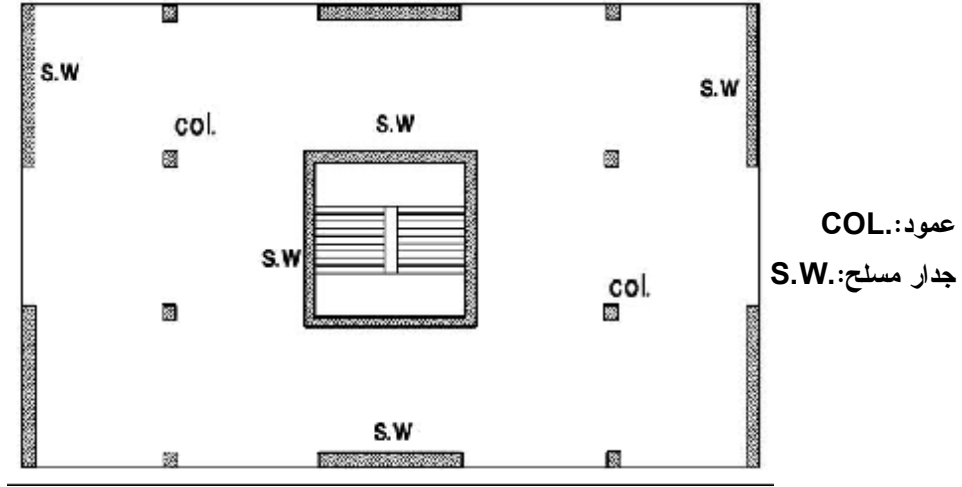


شكل (4.2): عدم التماثل في توزيع العناصر الإنشائية الرأسية، وخصوصاً جدران القص يؤدي إلى حصول انحراف كبير بين مركزي الكتلة و الصلابة.

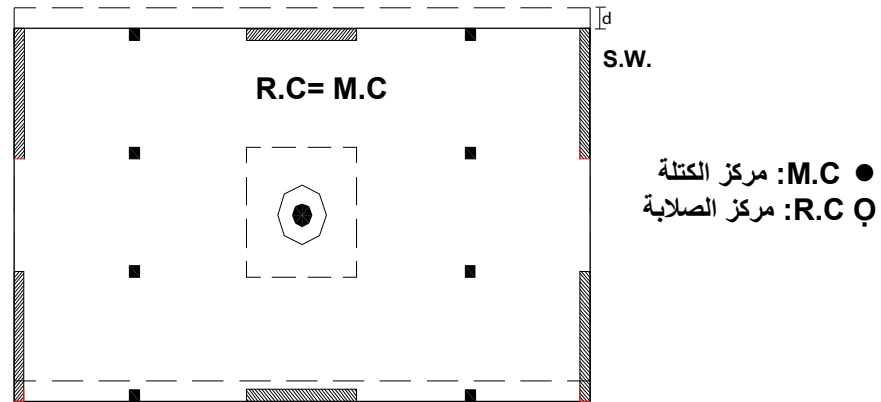
وفي المباني الحديثة تؤثر كثافة وتوزيع العناصر الإنشائية الرأسية، بشكل واضح، في السلوك الزلزالي لهذه المباني، فكلما كانت هذه العناصر كثيفة ومنتظمة التوزيع زاد تحصين هذه المباني لمقاومة أفعال الزلازل (انظر الشكل 5.2).

• شواهد زلزالية:

أظهرت الوقائع والأحداث الزلزالية، كالزلازل التي حصلت في المكسيك 1985، وأرمينيا 1988، ونثريدج 1994، وتركيا 1999، وكولومبيا 1999، وتايوان 1999، والهند 2001، والباكستان 2005، والصين 2008، وغيرها، أن كثافة العناصر الإنشائية وتمائلها في المباني، قد لا تعتبر كافية لضمان تحقيق السلوك الزلزالي الفعال لهذه المباني، فمثلاً يحتوي الشكل (6.2-أ) على مساقط أفقية يتوافر فيها توزيع مقبول وشبه كثيف لعناصر إنشائية متماثلة، ويتوافر كذلك في هذه المباني نفس المساحة المستخدمة من جدران القص المسلحة، إلا أن الشكل (6.2-ب) يوفر حصانة كبيرة لمقاومة عزوم الانقلاب والالتواء بالمقارنة مع المبنى الموضح في الشكل (6.2-أ)، ذلك لأن وضع جدران القص في أطراف المبنى، يؤدي إلى إكساب المبنى الصلابة والمقدرة اللازمتين لمقاومة عزوم الالتواء.



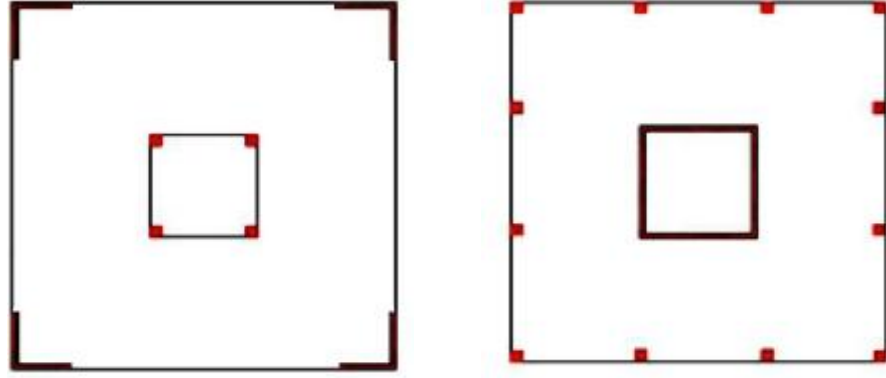
أ. تماثل في توزيع الأعمدة و الجدران المسلحة أو الجدران الحاملة



القوى الزلزالية الأفقية المكافئة V

ب- تطابق مركز الصلابة مع مركز الكتلة $e_o = 0$ تعرض المبنى لحركة اهتزازية انتقالية تحت تأثير القوى الزلزالية الأفقية V

شكل (5.2): توزيع العناصر الإنشائية الرأسية بشكل متماثل وكثيف



أ- تركيز جدران القص في الوسط

ب- تركيز جدران القص في الأطراف

شكل (6.2): توزيع جدران القص في مسقط المبنى

• جدران القص وأنماط المباني الدارجة محلياً.

بشكل عام، لا يعطي العديد من المهندسين في فلسطين وفي الدول العربية، اهتماماً كافياً لتحقيق التماثل في توزيع جدران القص أثناء تصميمهم للمباني، وقد لا يعرف البعض منهم تأثير ذلك في السلوك الزلزالي للمباني، فقد أظهرت الدراسات والاستطلاعات الميدانية، التي أجراها المؤلف لأنماط المباني الدارجة محلياً، وجود ضعف واضح لدى العديد من المهندسين في موضوع توزيع جدران القص وتشكيلها وتصميمها، وقد انعكس ذلك بوضوح على أنماط المباني الدارجة.

الفصل الثالث

السلوك الزلزالي للمباني غير المنتظمة

Seismic Performance of Irregular Buildings

1.3 مقدمة

تُقسم المنشآت، استناداً للكودات والمعايير الزلزالية، إلى: منشآت منتظمة، وأخرى غير منتظمة، وتُقسم المنشآت غير المنتظمة، بدورها، إلى فئات وأنواع، وذلك استناداً إلى أهمية المنشأ، ومقدار عدم الانتظام ونوعه، وأبعاد المنشأ، وبشكل خاص ارتفاعه، وللتعامل مع الحالات المختلفة للتشكيل المعماري والإنشائي للمباني غير المنتظمة يجب التركيز والاهتمام على ما يلي:

- تعريف الحالة،
- آلية تأثرها بالزلازل،
- أثر المتطلبات المعمارية والوظيفية على التشكيل المعماري والإنشائي،
- السلوك الزلزالي المتوقع، وذلك من خلال أخذ العبر من الانهيارات والأضرار التي أحدثتها الزلازل، سواء تلك التي حصلت في نفس المنطقة، أو التي حصلت في دولة أخرى،
- الحلول المقترحة لتحسين السلوك الزلزالي.

2.3 هيئة المسقط الأفقي Plan Configuration

يتأثر السلوك الزلزالي للمنشآت، بشكل واضح، بهيئة المساقط الأفقية لهذه المنشآت، ويشمل ذلك التماثل (الانتظام) في الشكل، وفي توزيع العناصر الإنشائية الرأسية، ويمكن تلخيص حالات عدم التماثل الأفقي في الشكل والصلابات، بما يلي:

1.2.3 المباني ذات الأشكال الهندسية المركبة أو المعقدة

وهي عبارة عن المباني التي تتكون مساقطها الأفقية من أشكال مركبة، مثل: L و [و Y و X و + و H، أو التي تتألف من تركيب هذه الأشكال. ويلجأ الكثير من المهندسين لاستخدام هذا النوع من أشكال المباني، وذلك لما توفره هذه الأشكال من حلول معمارية ووظيفية، علماً أن هناك عدداً من المهندسين المعماريين والإنشائيين يجهل طبيعة سلوكها الزلزالي، والحلول الإنشائية اللازمة لأجراء التأهيل الزلزالي لهذا النوع من المباني.

وعموماً يمكن تلخيص ما قد ينشأ عن هذا النوع من المباني (الأشكال المركبة المذكورة أعلاه) في حالة تعرضها للقوى الزلزالية، بما يلي:

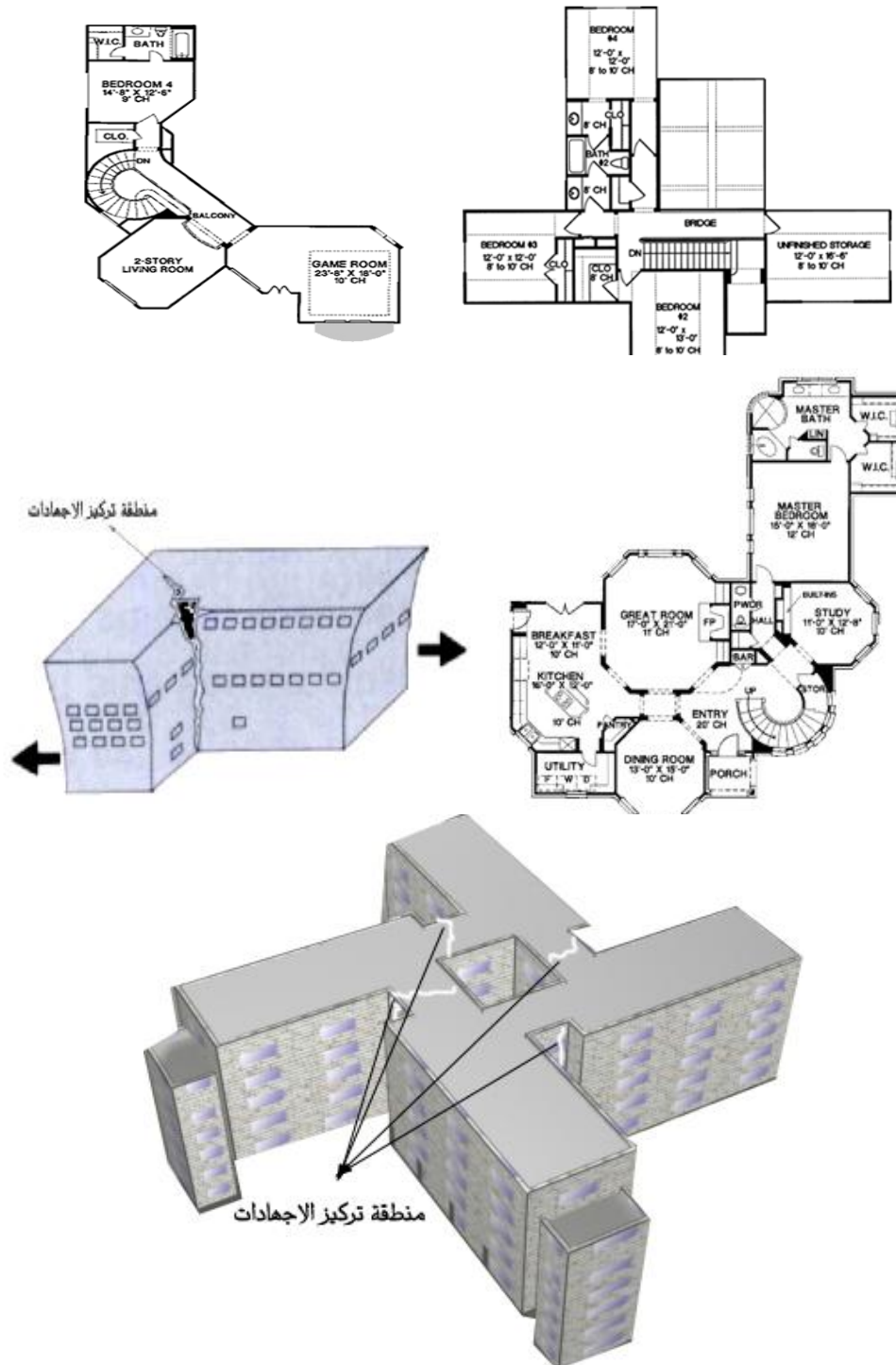
- حدوث اختلاف في توزيع الصلابات، وهذا يعني حصول اختلاف في حركات أجزاء المبنى، وهذا بدوره سيؤدي إلى تركيز الاجهادات في منطقة التقاء هذه الأجزاء (انظر الشكل 1.3).

- حصول التواء، وذلك بسبب عدم تطابق (انحراف) مركزي الكتلة والصلابة، وذلك بالنسبة لجميع الاتجاهات المحتملة للقوى الزلزالية.

وعموماً يعتمد حجم المشاكل التي قد تحدث من جراء استخدام هذا النوع من أنماط المباني وجديتها على ما يلي: كتلة المبنى، والنظام الإنشائي، وطول الأجنحة (الأجزاء)، والعلاقة بين أبعاد هذه الأجنحة.

* شواهد زلزالية

أظهرت الوقائع الزلزالية، التي حصلت في كثير من دول العالم (ألاسكا 1964 و سان فرناندو 1971 والمكسيك 1985 والفلبين 1990 ونثرديج 1994 وكوبي- اليابان 1995 وتركيا 1999 وكولومبيا 1999 والهند 2001 والجزائر 2003، وبام في إيران 2003، وغيرها)، أن استخدام هذا النوع من أشكال المباني قد أدى في الغالب إلى حصول انهيارات جزئية وأحياناً كلية عند تعرضها لقوى زلزالية (انظر الشكل 2.3).



الشكل (1.3): المباني ذات الأشكال الهندسية المركبة أو المعقدة



زلزال الفلبين 1990



زلزال كوبي- اليابان 1995

شكل (2.3): مباني أشكال مساقطها الجانبية غير منتظمة/غير متماثلة
(تقارير المعهد Earthquake Engineering Research Institute- EERI)

- **شواهد من أنماط المباني الدارجة محلياً.**

يستخدم هذا النوع من المباني (الأشكال المركبة المذكورة أعلاه) بشكل واسع في فلسطين والدول العربية، ويتركز استخدام هذه الأشكال في مباني المدارس، والمستشفيات، والفنادق، وبعض المباني العامة (انظر الأشكال 3.3 و 4.3). ويشير إلى أن الفواصل، التي تستخدم أحياناً لفصل أجزاء هذا النوع من المباني، تستخدم كفواصل تمدد في الغالب، أو كفواصل هبوط، وغالباً ما توضع بعيدة عن مناطق تركيز الاجهادات.

- **الحلول:**

يمكن إجراء معالجة أو تأهيل زلزالي للمباني ذات الأشكال المركبة، باستخدام عدد من الحلول، وبشكل عام تعتمد هذه الحلول على منهجين لحل المشكلة:

- فصل المبنى وتجزئته إلى أجزاء وأشكال منتظمة بسيطة.
- ربط المبنى بشكل قوي عند التقاء أجزائه، وذلك من خلال إضافة عناصر إنشائية مقاومة للقوى القاصة الزلزالية.

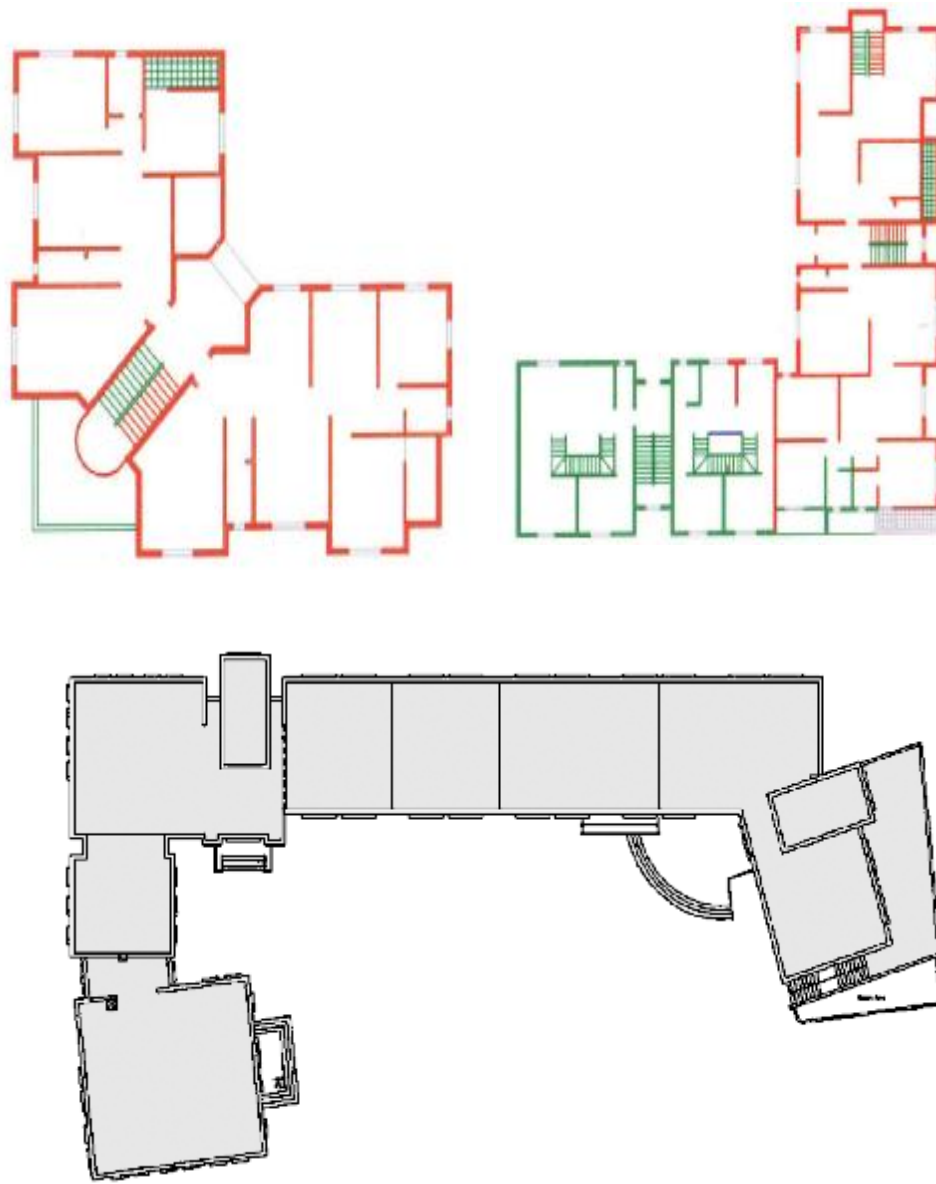
وفي كلتا الحالتين يجب العمل لأقصى حد ممكن لتوفير التفاصيل المعمارية والإنشائية اللازمة، وكذلك عدم تعارض هذه الحلول مع الوظيفة أو الهدف الذي أنشئ من أجله المبنى، واستناداً للمراجع العلمية ذات العلاقة، يمكن تلخيص الحلول الهندسية التي تستخدم عادة في معالجة المباني ذات الأشكال المركبة وتأهيلها زلزالياً، كما هو موضح في الشكل (5.3).

2.2.3 الأنظمة الإنشائية غير المتوازية Nonparallel Structural Systems

في حالة عدم تحقيق التماثل والمحورية في توزيع العناصر الإنشائية الرأسية (عدم وضع الأعمدة بشكل متماثل وعلى شكل شبكية حول كل من المحور X و Y)، يسمى النظام الإنشائي للمبنى بالنظام الإنشائي غير المتوازي (انظر الأشكال 6.3 و 7.3)، ويؤدي استخدام الأنظمة الإنشائية غير المتوازية عادة إلى تعرض المبنى لقوى التواء

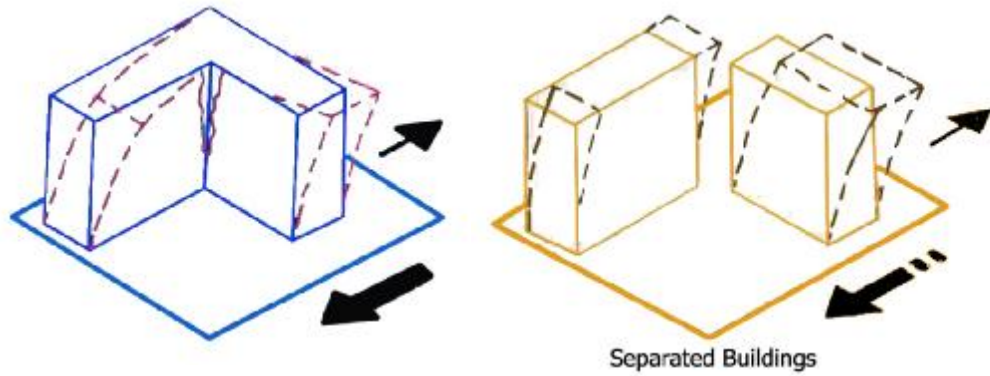


شكل (3.3): من أنماط المباني الدارجة محلياً



شكل (4.3): مساقط أفقية لأنماط مباني دارجة محلياً

(Torsional forces) في حالة حصول زلازل، انظر الشكل (3.2)، وذلك لعدم تطابق مركزي الكتلة والصلابة في مثل هذا النوع من الأنظمة الإنشائية، ويظهر اثر الالتواء بشكل واضح، إذا رافق هذا النوع من الأنظمة الإنشائية عدم تماثل في شكل مسقط المبنى، كما هو الحال في المبنى الموضح في الشكل (8.3).



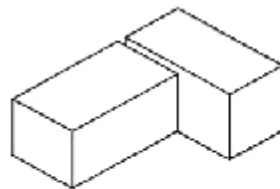
استخدام الفواصل الزلزالية لتحقيق التماثل في هيئة المبنى الرأسية



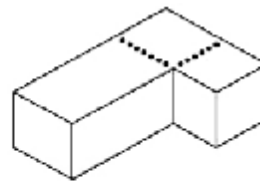
الفواصل الزلزالية تحقق تماثل الشكل



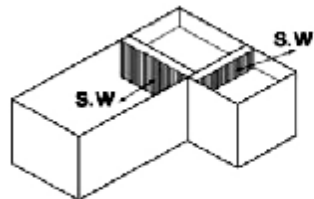
توفير مسافة كافية لعرض الفاصل الزلزالي



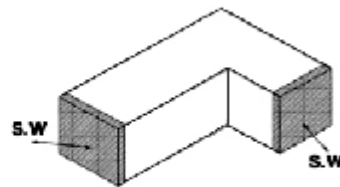
SEPERATE THE WINGS



ADD COLLECTORS

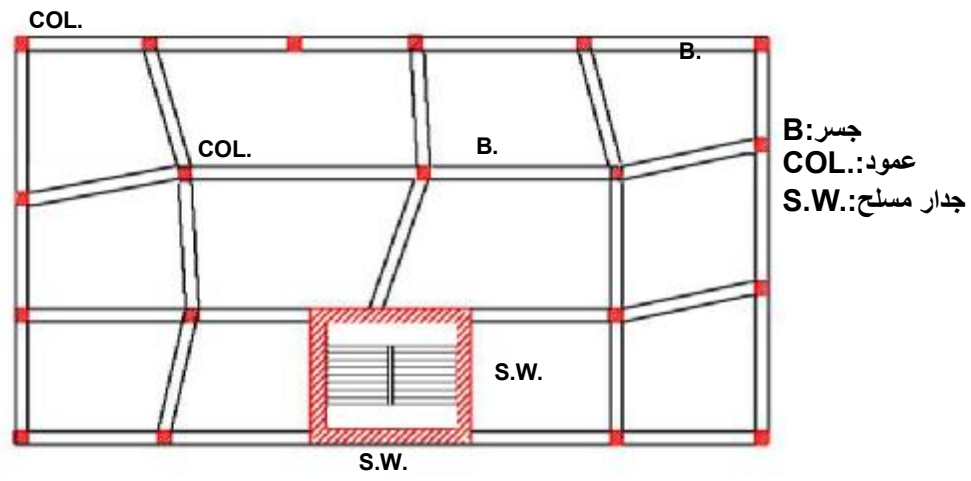


ADD COLLECTORS WALLS

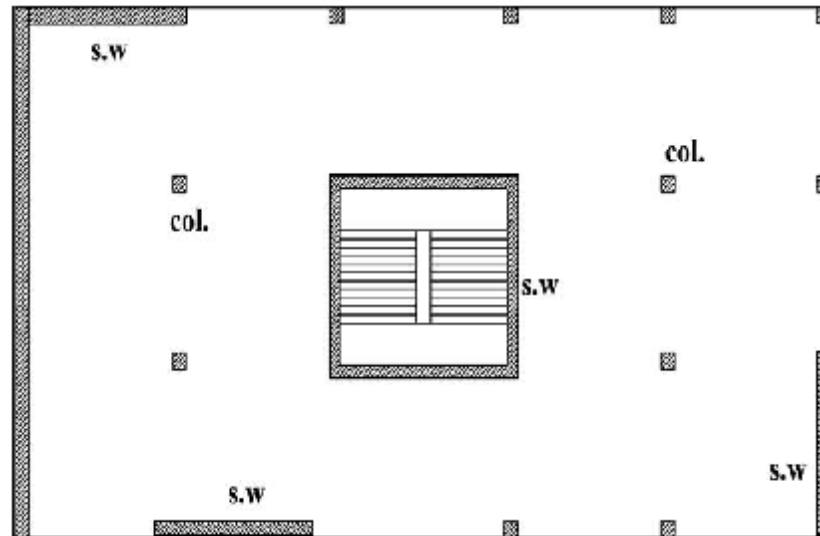


STIFFEN THE ENDS

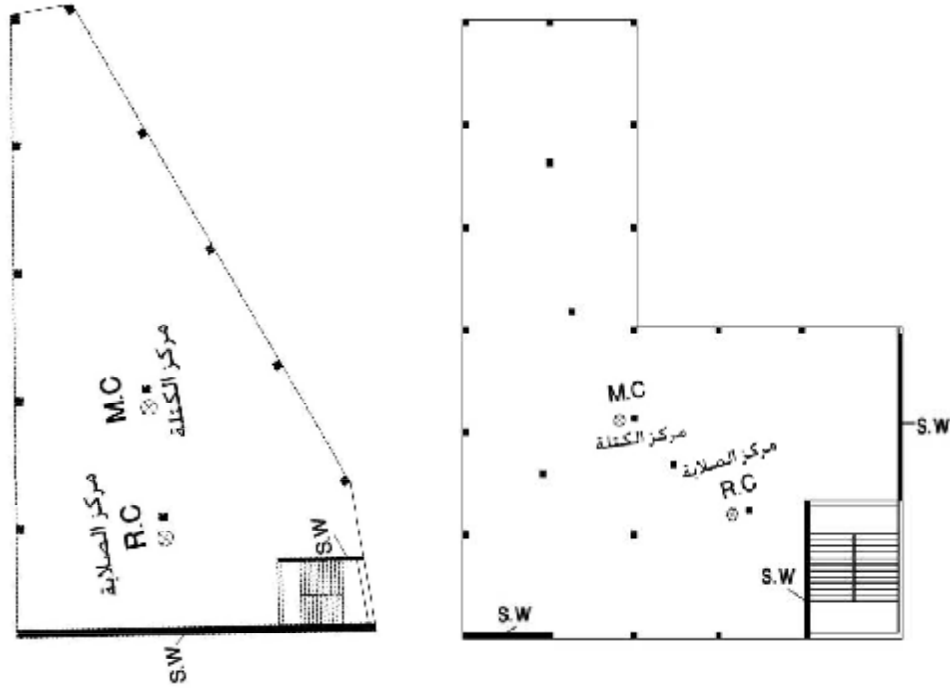
شكل(5.3): بعض الحلول الهندسية للمباني ذات الأشكال المركبة



شكل (6.3) : توزيع الأعمدة و الجسور بشكل عشوائي في المسقط الأفقي للمبنى



شكل (7.3): عدم تحقيق التماثل في توزيع جدران القص



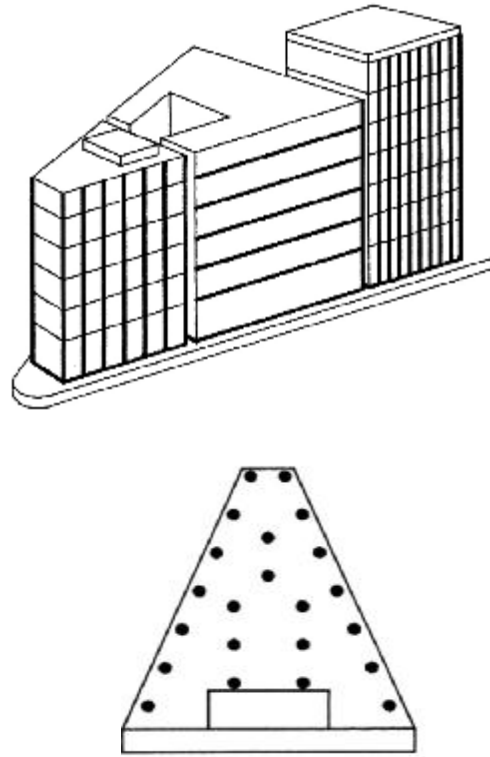
شكل (8.3) : انحراف مركز الصلابة عن مركز الكتلة بسبب عدم التماثل في توزيع العناصر الإنشائية الرأسية

يشار إلى انه بسبب المتطلبات المعمارية والوظيفية للمباني المقترح إقامتها في منطقة تقاطع طريقين، أو أحيانا بسبب شكل قطعة الأرض، كأن تكون قطعة الأرض مثلثة الشكل، يلجأ بعض المهندسين إلى توزيع العناصر الإنشائية الرأسية، بشكل غير محوري، وغير متوازٍ (توزيع عشوائي للأعمدة والجسور)، علماً أن العديد من المهندسين ممن استخدموا هذه الأنظمة الإنشائية، لم يهتموا بالتصميم الزلزالي لهذه المباني، واقتصر توزيع الأعمدة وتصميمها على استيعاب الأحمال الرأسية الناتجة عن الأحمال الميتة والحية.

• شواهد زلزالية:

أظهرت الأحداث والوقائع الزلزالية، أن المباني، ذات الأنظمة الإنشائية غير المتوازية، لها قابلية إصابة عالية في حالة تعرضها للزلازل، ففي زلزال المكسيك عام 1985

تعرض المبنى الموضح في الشكل (9.3-ب) لتشوّهات وأضرار كبيرة، وتم هدمه بعد الزلزال لتعذر معالجة هذه الأضرار. ومن الجدير بالذكر أن المباني التي تتأثر بمواقع تقاطع الطرق (الشكل 9.3)، تكون في الغالب في مناطق حساسة ومطلّة على شوارع رئيسية، وبالتالي تعرض هذه المباني للانهيّار سيؤدي إلى حصول إعاقة وإغلاق للطرق المحيطة بالمبنى، وسينعكس ذلك على عمليات الإنقاذ والاستجابة للطوارئ في المناطق المحيطة بهذه المباني.



أ- مسقط مبنى على شكل إسفين (Wedge shaped plan) ب- تشوه المبنى، زلزال المكسيك 1985

شكل (9.3): مسقط مبنى على شكل إسفين وعناصره الإنشائية غير متوازية
(Christopher A. 2001)

• الأنظمة الإنشائية غير المتوازية وأنماط المباني الدارجة محلياً:

بالاطلاع على أنماط المباني الدارجة محلياً، يلاحظ بكل سهولة، أن العديد من هذه المباني تحتوي على أنظمة إنشائية غير متوازية، ففي كثير من الحالات، وبعد أن ينتهي المهندس المعماري من تحقيق المتطلبات المعمارية (الوظيفية والجمالية الخ) في المخططات، يبدأ المهندس الإنشائي في وضع العناصر الإنشائية الرأسية (الأعمدة والجدران الإنشائية)، وفي حالات كثيرة، لا يتم تحقيق فكرة أو مطلب الشبكية للعناصر الإنشائية الرأسية، بسبب عدم التمكن من توزيع هذه العناصر على شكل محاور متوازية، وبالتالي يتم توزيعها بطريقة عشوائية، وكنتيجة لذلك، تكون الجسور (الكمرات) الواصلة بين هذه الأعمدة أو الجدران موزعة بطريقة غير متوازية. ويجب أن لا يفهم، مما ذكر أعلاه، انه لا يمكن الوصول للتصميم الزلزالي إلا بتحقيق التوازي والانتظام بشكل كامل ونسبة 100%، فوجود نسبة بسيطة من عدم التوازي والانتظام لا تؤدي إلى ارتفاع قابلية الإصابة الزلزالية (Seismic Vulnerability) للمبنى بشكل كبير، ويمكن للمهندس الإنشائي في هذه الحالة وبقليل من الجهد أن يعالج ما قد ينتج عن ذلك من جوانب سلبية. وإذا تعذر لأسباب معمارية ووظيفية تحقيق الحد الأدنى المطلوب لتوازي العناصر الإنشائية، فيمكن للإنشائي، في هذه الحالة، تصميم المبنى باستخدام الطرق المتقدمة، كاستخدام طرق التصميم الديناميكية، ونمذجة المبنى فراغياً (ومما لا شك فيه يتطلب استخدام هذا النوع من التصميم خبرة ومهارة ومستوى علمي عالين)، أو أحياناً قد يلجأ الإنشائي إلى مقاومة جميع القوى الزلزالية، من خلال وضع جدران قص في محيط المبنى، وبشكل خاص في زوايا المبنى.

• الحلول:

ابتداء من العام 1988 اظهر الكود UBC (Uniform Buildings Code) وبرنامج NEHRP (National Earthquake Hazard Reduction Program) اهتماماً واضحاً لمعالجة مشكلة المباني ذات الأنظمة الإنشائية غير المتوازية، حيث تم وضع متطلبات خاصة لتصميم هذا النوع من المباني، وتتلخص فكرة هذه المتطلبات والضوابط في عملية تقليل أثر الالتواء، وذلك من خلال تحسين عمل الهياكل الإنشائية التي ستقاوم القوى الزلزالية، ومن أهم الحلول، التي يمكن استخدامها في مثل هذه

الحالات، وضع جدران قص على أطراف المبنى، بحيث تعمل هذه الجدران على إكساب المبنى صلابة عالية لمقاومة قوى الالتواء.

3.2.3 الاختلاف في مقاومة المحيط الخارجي للمبنى وصلابته

Variations in Perimeter Strength and Stiffness

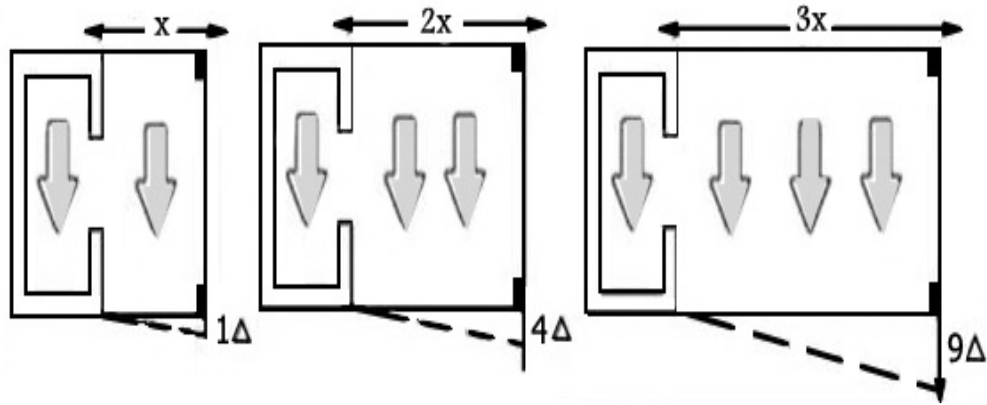
يؤدي تركيز العناصر الإنشائية الرأسية العالية الصلابة " كجدران القص " في بعض أطراف أو محيط المبنى (انظر الأشكال 7.3 و 8.3 و 10.3)، إلى تعرض المبنى لعزوم التواء كبيرة جداً، وذلك بسبب ما تحدثه هذه الجدران من انحرافات مركزية كبيرة "انحراف مركز كتلة المبنى عن مركز صلابته"، وهذا بدوره سيؤدي إلى تعرض المبنى لقوى زلزالية إضافية.



شكل (10.3): تركيز العناصر الإنشائية الرأسية العالية الصلابة " كجدران القص " في بعض أطراف أو محيط المبنى.

وتكمن أهمية تحقيق التماثل في صلابة الجدران الخارجية في تزويد المبنى بصلابة عالية لمقاومة عزوم الالتواء، وذلك لأن قيمة معامل الصلابة الدوراني (K_t) للجدار، تتناسب تناسباً طردياً مع مربع المسافة بين مركز صلابة الجدار ومركز صلابة المبنى،

ولمزيد من التفاصيل حول أثر توزيع الجدران في صلابة المنشآت، انظر الفصل السادس في كتاب تصميم المنشآت لمقاومة أفعال الزلازل (الديبك 2006)، فمثلاً بالنسبة للمباني الموضحة في الشكل (11.3)، تحدث القوى الزلزالية تشوهات التوائية (Torsional deflection) مقدارها Δ عندما يكون ذراع القوى x ، و 4Δ عندما يكون الذراع $2x$ ، و 9Δ في حالة كان الذراع $3x$ ، وهذا يفسر بوضوح أهمية إعطاء الأولوية لتمائل صلابة جدران المحيط الخارجي للمبنى.



شكل (11.3) : العلاقة بين ذراع الانحراف و التشوه الذي يحدثه عزم الالتواء

- أثر المتطلبات المعمارية والوظيفية في الاختلاف في مقاومة وصلابة المحيط الخارجي للمبنى:

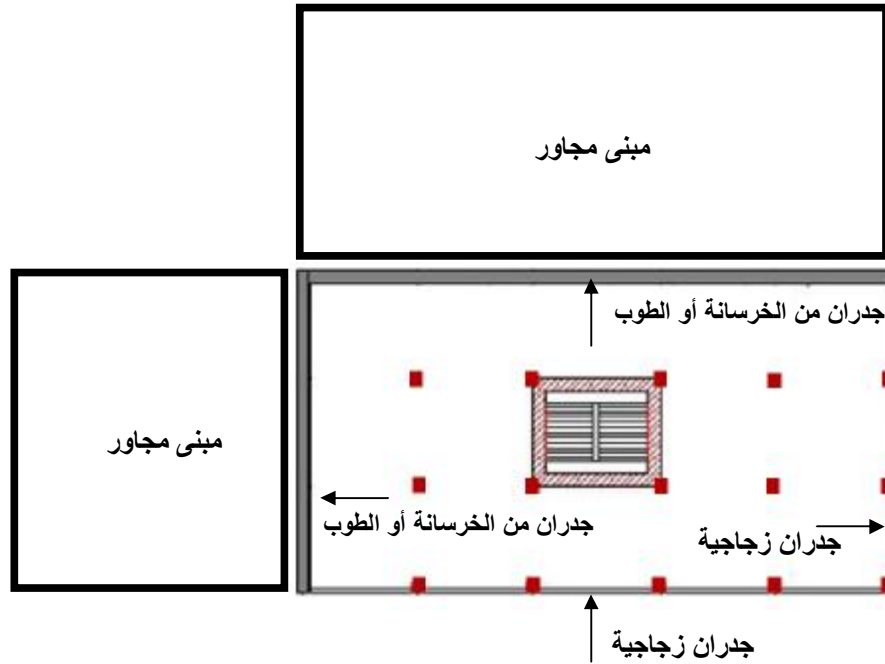
يتأثر التصميم المعماري للمنشآت بعدد من العوامل، أهمها:

- المتطلبات المعمارية والوظيفية.
- مساحة قطعة الأرض وشكلها وأبعادها.
- موقع المبنى وعلاقته بالمباني المجاورة أو المتلاصقة.

وقد تؤدي هذه العوامل أحياناً إلى حلول معمارية مقيدة، وقد تسهم محدودية معرفة المعماري والإنشائي بمتطلبات الحد الأدنى للتصميم الزلزالي للمباني، في إخراج حلول

معمارية يسيطر عليها بالدرجة الأولى المتطلب الوظيفي والتفاصيل المعمارية، وإهمال المتطلبات الزلزالية كلياً أو جزئياً.

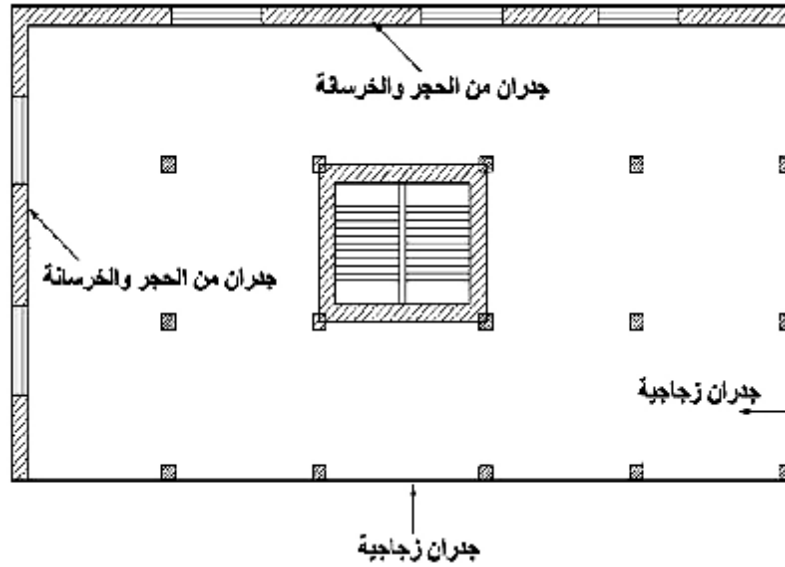
مثال (1.3): يقع المبنى الموضح في الشكل (12.3) في منطقة تجارية، وعملاً بقوانين التنظيم المحلي، وبسبب محدودية مساحة الأرض، يتم تصميم هذا النوع من المباني بلصق جدران المبنى مع جدران المباني المجاورة، وفي كثير من الحالات يترك فاصل بسيط لا يتجاوز 2 سم بين جدران هذه المباني، وبسبب إغلاق ضلعين أو واجهتين من واجهات المبنى، يعمل المعماري على فتح الواجهات المتبقية بهدف توفير الإضاءة اللازمة، وذلك على اعتبار أن المبنى سيعمل كمبنى تجاري، واستناداً إلى أنماط البناء الدارجة محلياً، يتم إغلاق الجدران المتلاصقة مع المباني المحاورة، من خلال استخدام الجدران الخرسانية، وأحياناً باستخدام جدران الطوب.



شكل (12.3): مسقط أفقي لمبنى جدرانه الخارجية نصفها يتكون من الطوب أو الخرسانة، والنصف الآخر من الزجاج.

• شواهد زلزالية:

أظهرت الأحداث الزلزالية أن المباني التي تعرضت لعزوم التواء بسبب الانحراف الكبير بين مركزي الكتلة والصلابة، تعرضت لانهيئات وأضرار كبيرة، ومن الأمثلة على ذلك، تركيز الصلابة في أحد زوايا المبنى، كأن يتم وضع الجدران المسلحة الخاصة ببيت الدرج والمصاعد في أحد زوايا المبنى، كما هو موضح في الشكل (10.3)، أو كنتيجة لتركيز الجدران في واجهتين متعامدتين، وإبقاء الواجهات الأخرى بدون جدران خرسانية، كما هو موضح في الشكل (12.3)، أو لأسباب وظيفية ومعمارية، كما هو موضح في الشكل (13.3).



شكل (13.3) : مسقط أفقي لمبنى جدرانه الخارجية نصفها يتكون من الحجر والخرسانة، والنصف الآخر من الزجاج

• أنماط مباني دارجة محلياً:

حاول بعض المعماريين في فلسطين، وفي بعض الدول العربية، منذ أكثر من ربع قرن، تطوير العناصر الجمالية في المباني، وذلك من خلال تشكيل كتل وعناصر جمالية من الحجر الطبيعي باعتباره مادة محلية الصنع، وله ديمومة، ولا يحتاج للطلاء

وللصيانة الدورية، بالإضافة لتوافق استخدام الحجر، كعنصر جمالي في البناء مع الأنماط المعمارية التقليدية والتاريخية، لكن هذا التطور في الاستخدام لم يرافقه التزام العديد من المهندسين، أو المقاولين في تأمين الربط المناسب لقطع الحجر مع الخرسانة (انظر البند 3.5 في الفصل الخامس)، وخلال السنوات الماضية بدأ بعض المعماريين في الجمع بين التشكيلات والعناصر الجمالية التقليدية - الحجرية، والتشكيلات أو التصميم الحديثة، كالجدران الزجاجية (انظر الشكل 14.3)، ومما لا شك فيه أن هذا التطور في استخدام العناصر الجمالية يعتبر مطلوباً، ومن حيث المبدأ لا يوجد ما يمنع من استخدام هذه الأنماط الجديدة من الناحية الإنشائية، إلا أنه، وفي حالات كثيرة، تم التركيز على العناصر الجمالية والحلول المعمارية، بدون الأخذ بعين الاعتبار لموضوع المتطلبات الإنشائية اللازمة لضبط السلوك الزلزالي لهذه المباني، فتركيز الجدران الحجرية الخرسانية، أو جدران القص في بعض أجزاء الجدران الخارجية، وإبقاء المناطق والجدران الأخرى فارغة من الجدران الصلبة أو جدران القص، قد يؤدي لتطوير عزوم التواء كبيرة، فهذا النمط في توزيع الجدران، يعمل على تركيز الصلابة في أحد أطراف المبنى، وبالتالي إزاحة مركز الكتلة أو إبعادها عن مركز الصلابة، بمعنى آخر، المساهمة في زيادة الانحراف المركزي للمبنى (انظر الشكل 3.2)، ومع ذلك يمكن من الناحية الإنشائية والتصميم الزلزالي، معالجة هذا النوع من المشاكل مع المحافظة على المتطلبات المعمارية والوظيفية للمبنى.

فإذا كان هدف المهندس المعماري وضع لمسات جمالية معمارية على المبنى، وذلك من خلال المزج، أو الجمع بين الجدران الحجرية والزجاجية، فيفضل في هذه الحالة إعطاء الأولوية لتركيز الجدران الخرسانية، أو جدران القص في زوايا المبنى (انظر الشكل 14.3)، وذلك لأن أطراف المبنى، وبشكل خاص، منطقة الزوايا تكون أكثر عرضة للتشوهات والاجهادات. أما إذا رغب المهندس المعماري في مزج العناصر الجمالية الحجرية-الخرسانية مع الزجاجية في نفس الواجهة، فيفضل في هذه الحالة توحيد المساحات المخصصة لكل منهما في جميع الطوابق مع الالتزام بالتماثل في توزيع هذه المساحات الجمالية، ولكن إذا رغب المعماري في عدم توحيد مقدار هذه المساحات بين طوابق المبنى، أي أن تختلف المساحات المخصصة لكل من واجهات الحجر والزجاج

من طابق إلى آخر، ففي هذه الحالة، يجب العمل على زيادة مساحة الواجهات الخرسانية - الحجرية في الأجزاء السفلية، وأن تزداد مساحة الواجهات الزجاجية بشكل تدريجي كلما صعدنا إلى الأعلى، مع ضرورة مراعاة تحقيق التماثل في واجهات الطابق الواحد ما أمكن (أنظر الشكل 14.3)، وهذا بدوره سيسهم، بشكل كبير، في توفير الحلول الإنشائية الزلزالية اللازمة وبأقل التكاليف. ومع ذلك يجب التذكير، إلى أنه من الناحية العلمية، يمكن للحلول الإنشائية أن تعالج أي مشكلة مهما كانت، وبغض النظر عن كيفية توزيع العناصر الجمالية، ولكن يبقى هناك مستوى معين من المخاطر، فالمشكلة الرئيسية تكمن في أنه من لا يلتزم بتوفير المتطلبات البسيطة المذكورة أعلاه، يجهل، أو لا يلتزم، في الأصل، بالتصميم الزلزالي وحلوله الإنشائية، فكيف له أن يفكر في حل مشكلة السلوك الزلزالي من خلال الطرق المتقدمة. ونؤكد مرة أخرى أنه، يمكن من الناحية الهندسية تحقيق المتطلبات الجمالية والزلزالية للمباني، ويجب أن لا يفهم أن فلسفة التصميم الزلزالي للمباني، تتنافى مع المتطلبات المعمارية، الجمالية والوظيفية.

مثال (2.3): مبنى تتكون جدرانه (الواجهات) الخارجية "الشمالية والغربية" من الحجر والخرسانة (انظر الأشكال 12.3 و 13.3)، صمم الحلول الإنشائية اللازمة لإلغاء أو التخفيف من قيمة الانحراف المركزي (المسافة بين مركز كتلة المبنى ومركز صلابته) الذي أحدثته هذه الجدران؟

• الحل:

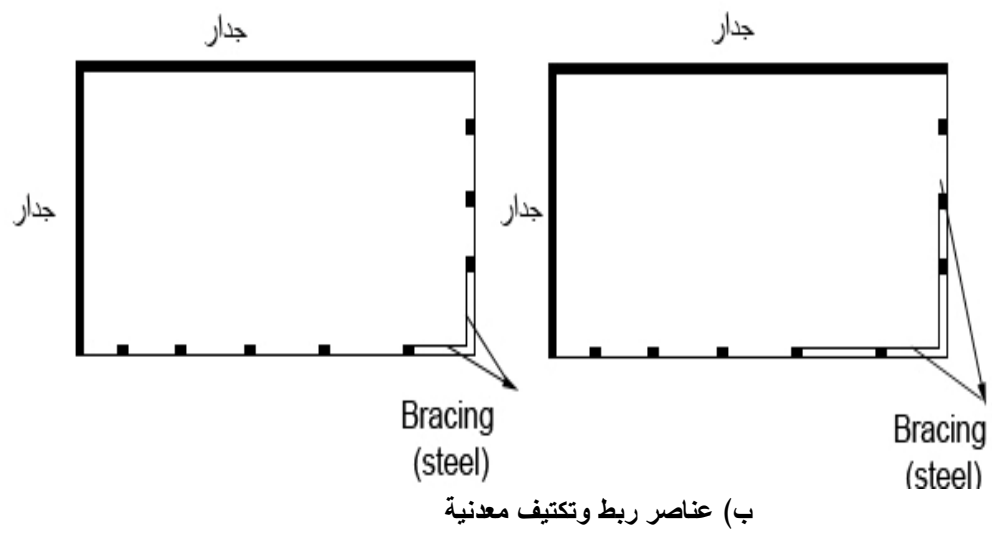
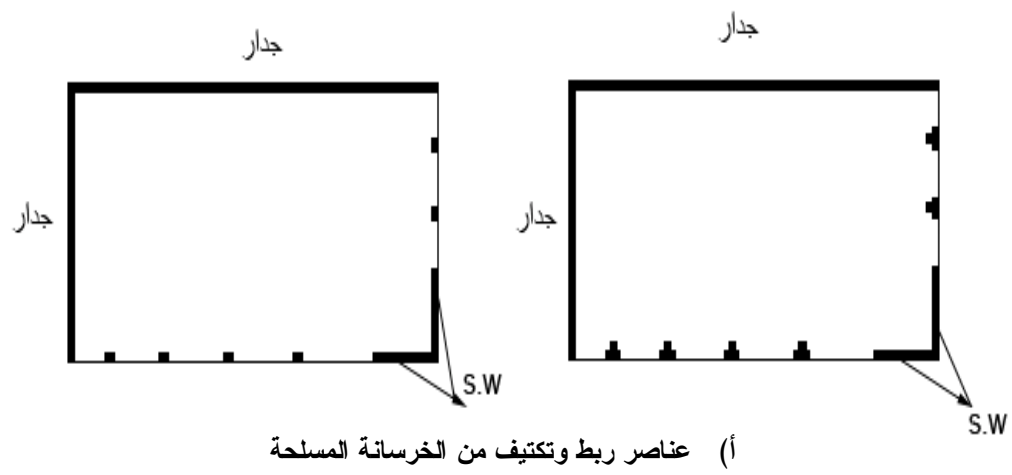
تتركز الحلول الخاصة بمعالجة هذا النوع من المشاكل في الحد من إمكانية تعرض المبنى للالتواء، وهذا يتم عادة من خلال تزويد أضلاع المبنى الخارجية المفتوحة بعناصر ربط وتكتيف من الخرسانة المسلحة أو/ والمقاطع المعدنية، وذلك بما لا يؤثر بشكل كبير في المتطلبات الوظيفية والجمالية، انظر بعض الحلول الإنشائية الموضحة في الشكل (15.3).



شكل (14.3 - أ): استخدام واجهات خارجية حجرية وزجاجية



شكل (14.3- ب): استخدام واجهات خارجية حجرية وزجاجية.



شكل (15.3): تزويد المبنى بعناصر ربط وتكثيف

الفصل الرابع

الهيئة الرأسية للمباني

Vertical Configuration of Buildings

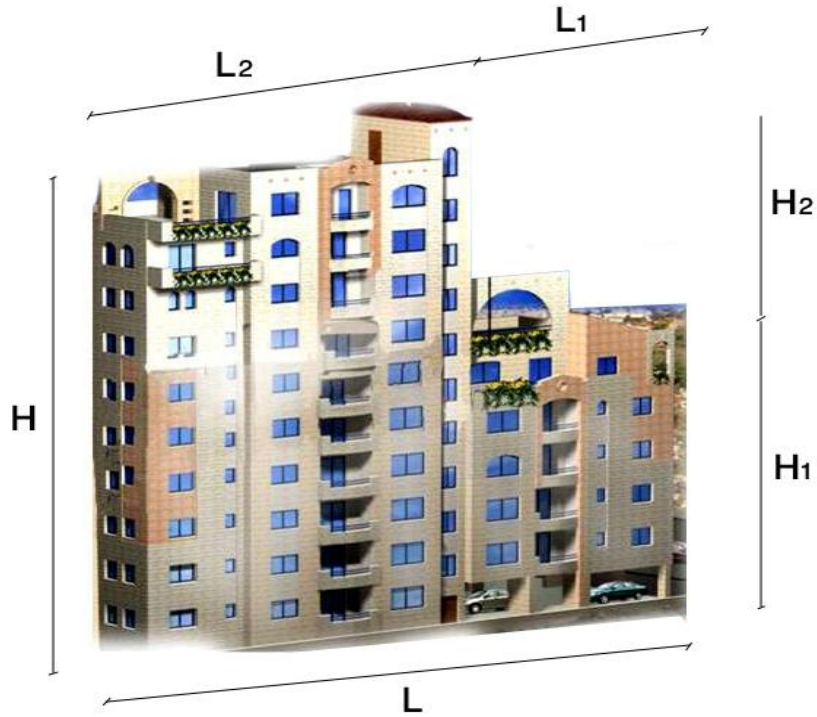
1.4 مقدمة

يلجأ بعض المماريين، لتحقيق المتطلبات المعمارية والوظيفية للمباني، الى استخدام العديد من الأنماط والتشكيلات المعمارية التي لا تحقق الانتظام والتماثل في المستويين الأفقي والرأسي لهذه المباني، وبدورها، تعتبر الهيئة أو التشكيل الرأسى للمباني (Vertical Configuration of Buildings)، أحد العوامل الرئيسية التي تتحكم في السلوك الزلزالي لهذه المباني، فعدم تحقيق التماثل التقريبي في أشكال المساقط الرأسية، والاختلافات الكبيرة في صلابة العناصر الإنشائية من طابق لآخر، تسهم، بشكل كبير، في تطوير إجهادات وتشوهات في مناطق التغيير المفاجئ لكل من الأشكال والصلابات (تنويه: يؤدي التغيير الكبير في توزيع الكتل في اقسام الطابق الواحد، أو بين الطوابق المتكررة الى تطوير إجهادات وتشوهات)، وهذا ما أظهرته الوقائع والأحداث الزلزالية، وعموماً يمكن تصنيف أهم حالات عدم الانتظام الرأسى للمباني بما يلي:

2.4 عدم الانتظام الرأسى في شكل المبنى Vertical irregularity

يؤدي عدم التماثل في شكل المساقط الرأسية للمبنى إلى حصول تغيرات مفاجئة في مقاومة هذه المباني وصلابتها، وهذا، بدوره، سيؤدي إلى تركيز الاجهادات والتشوهات في المنطقة (أو المستوى) التي حصل فيها التغيير أو عدم الاستمرارية (شكل 1.4)، وعموماً تعتمد مدى خطورة استخدام هذه الأنماط أو الهيئات من المباني على مقدار الاختلاف أو النسبة بين قيم أبعاد الأجزاء المشار إليها في الشكل (1.4)، بالإضافة إلى العلاقة بين أبعاد الجزء الواحد من هذه الأجزاء، وبمعنى آخر كلما اقتربنا من تحقيق التماثل يتعزز السلوك الزلزالي للمبنى.

أظهرت المراجع العلمية والكودات العالمية أن مشكلة عدم الانتظام والتماثل في الهيئة الرأسية للمبنى، تمثل مشكلة جدية في تحقيق السلوك الزلزالي الفعال للمباني، لذلك كانت هناك محاولات من قبل بعض البرامج والكودات الزلزالية ومنها (National Earthquake Hazard Reduction Program-NEHRP 1997, Structural Engineering Association of California-SEAOC 1990) لوضع توصيات وضوابط تتعلق بتصنيف حالات عدم الانتظام ومدى خطورتها (انظر الشكل 2.1)، ويُشار إلى أنه يستخدم في المراجع العلمية، بشكل واسع، كلمة تراجع (Setback)، وذلك كتعبير لحالات عدم تحقيق التماثل في الشكل رأسياً.



شكل (1.4): عدم التماثل في هيئة المبنى الرأسية

ومن التوصيات المهمة التي أوجدها الكود المتناسق (Uniform Building Code, Code)، إمكانية استخدام الطرق الاستاتيكية المكافئة (ELF) على مرحلتين (المرحلة الأولى للجزء العلوي، والثانية للجزء السفلي)، وذلك بشرط أن تكون صلابة الجزء السفلي للمبنى أكبر بكثير من صلابة الجزء العلوي، أي اعتبار الجزء السفلي من

المبنى كأنه قاعدة للجزء العلوي، مع مراعاة الالتزام بالضوابط والتفاصيل الإنشائية اللازمة لتحقيق ذلك.

وكشواهد زلزالية، أظهرت الأحداث الزلزالية وجود انهيارات بسبب عدم الانتظام (أو عدم الاستمرارية) في الهيئة الرأسية للمبنى (انظر الشكل 2.4). وبنظرة سريعة إلى بعض أنماط المباني الدارجة محلياً، انظر الشكل (3.4)، يتضح أن هناك استخداماً واسعاً لعدم التماثل في الهيئة الرأسية للمباني، وقد بدأ يظهر هذا النمط من البناء بشكل لافت للنظر في السنوات العشر الأخيرة من القرن الماضي، ومما أسهم في زيادة استخدامه، محاولة المهندسين توفير أكبر توسعة رأسية ممكنة للمباني وخصوصاً في الأراضي الجبلية المنحدرة (انظر الشكل 3.4-أ)، وذلك حتى ولو تمت هذه التوسعة على أجزاء من مساحة المبنى، فقوانين البناء المحلي تسمح بزيادة



شكل (2.4): انهيار المبنى
بسبب التراجع في الطوابق
Setback
زلزال كوبي، اليابان 1995
(تقارير المعهد EERI)

عدد الطوابق المنصوص عليها بقوانين التنظيم، وتشتت أن يتم ذلك من خلال إجراء تراجع تدريجي في الطوابق الإضافية.

مثال (1.4): استناداً لضوابط التراجع في أجزاء من المبنى والمعمول بها في المراجع العالمية، يعتبر التراجع لطابق واحد "مثل طابق الروف (انظر الشكل 3.4-ب)، أقل خطورة من التراجع غير التدريجي ولأكثر من طابق، انظر الاشكال (3.4-ج) و(4.4-ب) و(4.4-ج)، ولتوضيح العلاقة بين مستوى الخطورة ونوع ومقدار التراجع، انظر الشكل (4.4).

وإذا تعذر تجنب التراجع (setback) لأسباب معمارية أو وظيفية، وإذا كان مقدار هذا التراجع كبيراً كما هو موضح في الشكل (4.4-ج)، ففي هذه الحالة يصبح من الضروري لمثل هذا النوع من المباني استخدام أحد طرق التحليل الإنشائي المتقدمة، كالتحليل الديناميكي، لذلك عند استخدام طرق التحليل الاستاتيكي المكافئة (ELF)، يجب مراعاة الالتزام بالضوابط الخاصة باستخدام هذه الطرق، وخصوصاً تلك المتعلقة بمقدار النسب بين أبعاد أشكال أجزاء المبنى، وكذلك بين نسبة صلابة هذه الأجزاء، ومن الجدير بالذكر أنه لمعالجة مشكلة التراجع في المباني، وفي حالة كون أبعاد المبنى تسمح بذلك، تُعطى دائماً الأفضلية لاستخدام الفواصل الزلزالية (انظر الشكل 5.4)، وبالتالي يتم تقسيم المبنى إلى أجزاء، ويعامل كل جزء على أنه مبنى منتظم ومنفصل عن الجزء الآخر.

يؤدي حصول تغير كبير في صلابة الطوابق المتتالية، إلى حصول رخاوة وضعف في الطابق أو الطوابق التي حصل فيها اختزال في الصلابة بالمقارنة مع الطوابق الأخرى الموجودة في المبنى، وعموماً يمكن أن تحصل ظاهرة الطابق الرخو في أي طابق، سواء كان ذلك في الطابق الأرضي أو الطوابق الوسطية (المتكررة)، ولكن حصول الرخاوة في الطابق الأرضي، أو في الطوابق السفلية، تعتبر الأكثر انتشاراً.

أ) تراجع تدريجي في احد
جدران المبنى



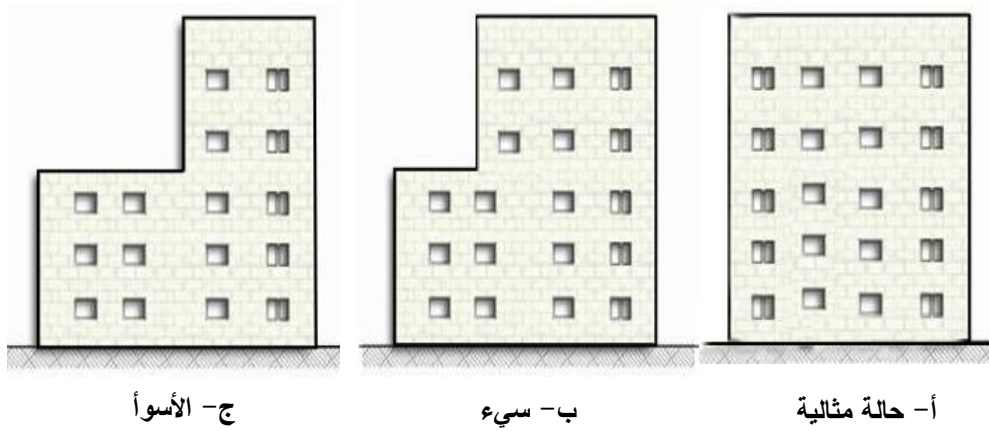
ب- تراجع في ثلاث أو أربع
جدران (طابق الروف)



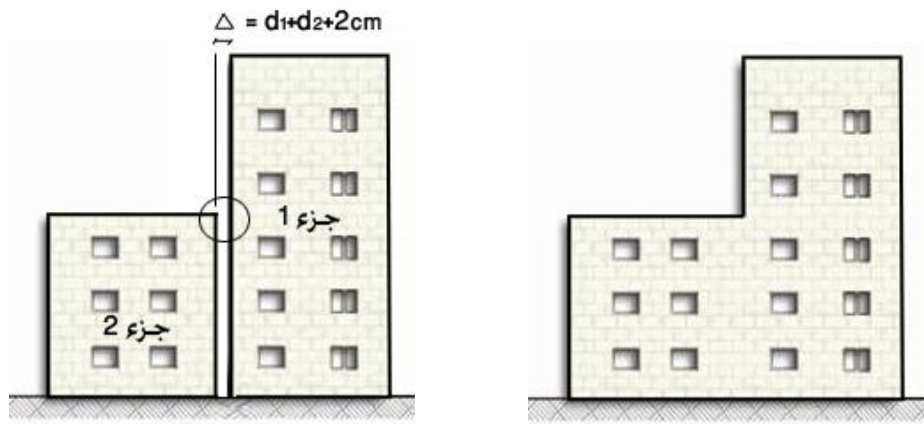
ج- تراجع لأكثر من طابق وغير
تدريجي



شكل (3.4): التراجع الطائقي وأنماط المباني الدارئة محلياً (المؤلف)

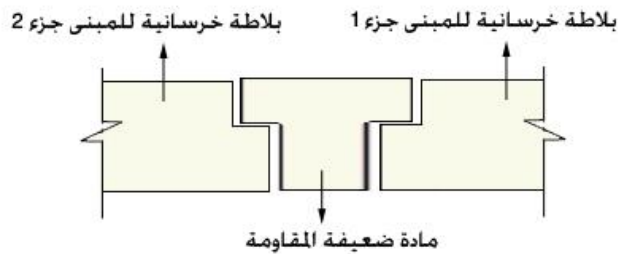


شكل (4.4): أشكال التراجع في الهياكل الرأسية وعلاقتها بمستوى الخطورة



(أ) عدم انتظام رأسي في شكل المبنى (تراجع طبقي) إلى جزئين

(ب) تحقيق الانتظام بفصل المبنى

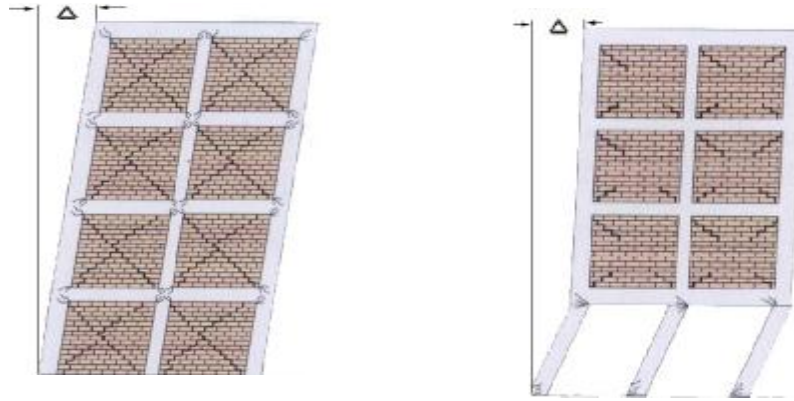


(ج) كيفية تأمين الاستمرارية بين الجزء الأول والثاني

شكل (5.4): استخدام الفواصل الزلزالية لمعالجة المشاكل الإنشائية التي قد تحدث بسبب التراجع

3.4 وجود الطوابق الرخوة والضعيفة Soft and Weak Stories

يمكن تفسير آلية حصول الانهيار بسبب ظاهرة الطابق الرخو الموضحة في الشكل (6.4)، كما يلي: في حالة وجود رخاوة (أضعف) كبيرة في الطابق الأرضي، كأن يكون الطابق الأرضي مفتوحاً بالمقارنة مع الطوابق الأخرى (يتكون الطابق الأرضي من أعمدة فقط بدون جدران، والطوابق الأخرى تتكون من أعمدة وجدران)، مما يؤدي إلى حصول تغير وعدم استمرارية في الصلابة والمقاومة، وبالتالي يؤدي هذا التغير المفاجئ إلى حصول انحرافات جانبية (Lateral Deflections) كبيرة جداً في الطابق الأرضي، وبالتالي تركيز الإجهادات في مناطق اتصال الطابق الأرضي والطابق الذي يليه. ولإجراء مقارنة بين سلوك مبنى فيه طابق رخو، وآخر جميع طوابقه متجانسة تقريباً في المقاومة والصلابة، انظر الشكل (6.4)، ففي حالة التماثل أو وجود فروقات صغيرة في المقاومة والصلابة يحصل التشوه (الانحراف الجانبي) في جميع طوابق المبنى، أي أن جميع طوابق المبنى تشارك في قيمة التشوه الكلي Δ ، في حين إذا كانت صلابة الطابق الأرضي صغيرة جداً بالمقارنة مع صلابة الطوابق الأخرى، تؤدي ليونته (Flexibility) الكبيرة إلى تركيز الإجهادات في مناطق التقاء الطابق الأرضي والذي يليه، وبالتالي حصول التشوه الجانبي للمبنى Δ في منطقة واحدة، أي



(أ) الطابق الأرضي يتكون من أعمدة فقط في حين تتكون الطوابق الأخرى من أعمدة وجدران
(ب) جميع الطوابق تتكون من أعمدة وجدران

شكل (6.4): آلية تأثير وجود طابق رخو في المباني

أن الطابق الأرضي وحده سيخضع لتشوّه مقداره Δ تقريباً، وهذه القيمة بلا شك تزيد بكثير على قيمة التشوّه المسموح به لطابق واحد، مما يؤدي إلى حصول انهيارات في المناطق التي تتركز فيها الاجهادات، وبالتالي انهيار الطابق الرخو.

• شواهد زلزالية:

بالاطلاع على التقارير المختلفة الصادرة عن المؤسسات العلمية ذات العلاقة، وأهمها تقارير الاستطلاعات الميدانية، وتقييم الاضرار بعد التعرض للزلازل، يلاحظ أن موضوع الطابق الرخو موجود في جميع هذه التقارير، بل إنه اعتبر في كثير منها السبب الرئيسي في زيادة الخسائر في المنشآت والأرواح، ومن الأمثلة على الزلازل التي شكلت ظاهرة الطابق الرخو فيها مشكلة حقيقية (تقارير المعهد EERI)، الزلازل التي حصلت في كل من: San Carlos 1967، Santa Barbara 1925، Mexico 1985، El-Centro 1979، Tangshan 1976، Fernando 1971، Kubi 1995، Turkey 1999، Taiwan 1999، India 2001، Alger 2003، China 2008، ومن الصور المؤثرة للانهيارات التي أحدثتها الطوابق الرخوة انظر الأشكال (7.4) و(8.4).

• أنماط المباني الدارجة في فلسطين والطوابق الرخوة:

تؤدي المتطلبات المعمارية والوظيفية للمباني أحياناً إلى حصول ظاهرة الطابق أو الطوابق الرخوة، ويمكن أجمالاً أهم أسباب تشكيل ظاهرة الطابق الرخو في أنماط المباني الدارجة في فلسطين، وفي كثير من دول العالم، بما يلي:

أ- في حالة وجود طابق، أو أكثر من الأعمدة فقط (طابق أو طوابق مفتوحة بين الأعمدة)، وبدون جدران خارجية أو/ وداخلية (انظر الشكل 9.4). يُشار إلى أنه بدأ استخدام هذا النمط من المباني في فلسطين بشكل كبير خلال التسعينيات من القرن الماضي، ويعود سبب ذلك بحسب رأي بعض المهندسين إلى توفير مواقف للسيارات في هذه الطوابق، وذلك وفقاً لقوانين وانظمة البناء المعمول بها، ولم يرافق ذلك النمط حلول إنشائية لإكساب المبنى التكتيف أو الصلابة اللازمة.



زلزال الهند 2001



زلزال كوستاريكا 1991



زلزال نوثرديج 1994



زلزال اليابان 1995



زلزال كولومبيا 1999



زلزال تركيا 1999

شكل (7.4): انهيارات في المباني بسبب ظاهرة تشكيل الطابق الرخو في الطابق الارضي (تقارير المعهد EERI)



زلازل اليابان 1995



زلازل كوستاريكا 1991



زلازل الهند 2001



زلازل تركيا 1999

شكل (8.4): تشكيل الطابق الرخو في الطوابق الوسطية (تقارير المعهد EERI)



ب



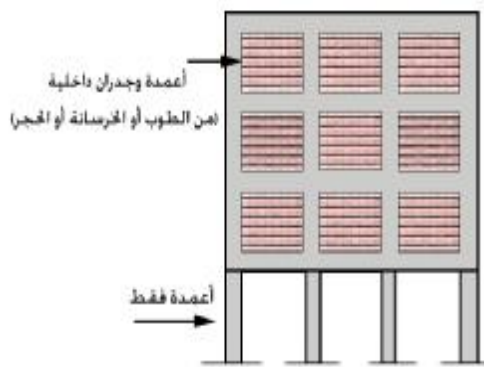
أ



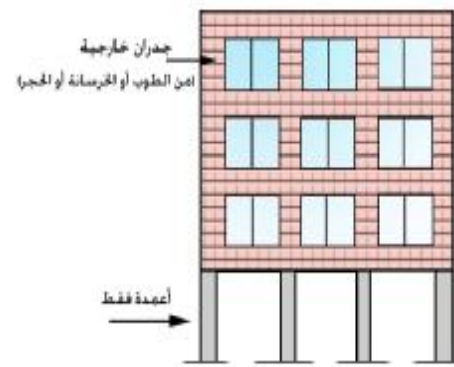
د



ج



و



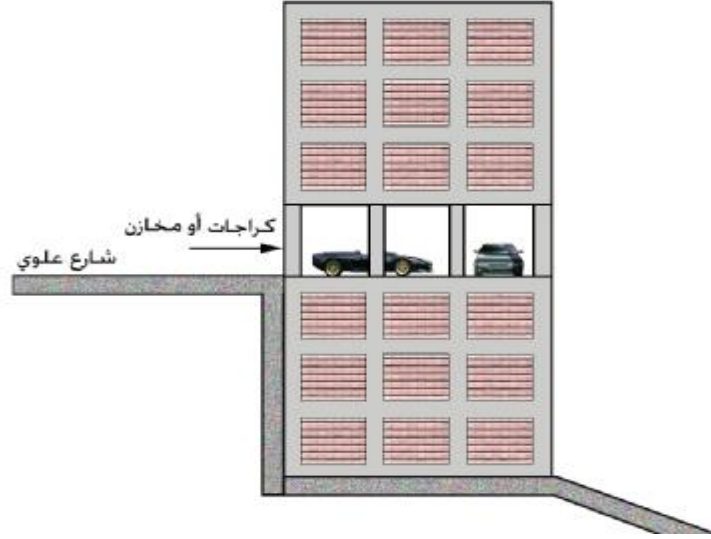
هـ

شكل (9.4): الطابق الرخو أو الضعيف وأنماط المباني الدارجة محلياً (المؤلف)

ومما لا شك فيه أن عدم اهتمام المهندس بتأثير الزلازل على المباني والاكتفاء بتصميمها لمقاومة القوى الرأسية، جعل من وجود الطابق الرخو أو الطابق الضعيف في المباني ظاهرة طبيعية. وعموماً لا يقتصر وجود ظاهرة الطابق الرخو في الطابق أو الطوابق السفلية، بل أيضاً في الطوابق الوسطية، وخصوصاً في بعض المباني الموجودة على المنحدرات الجبلية (شكل 10.4)، حيث يكون هدف المصمم، في مثل هذه الحالات، هو تأمين مواقف لسيارات أصحاب الشقق الموجودة في المبنى، وبالإضافة لذلك، قد تتشكل ظاهرة طابق الرخو في الطوابق الوسطية، وذلك بسبب رغبة المصمم المعماري (أو المالك) لإضافة عناصر جمالية للمبنى، وبناء عليه في بعض الحالات تم استخدام واجهات زجاجية كاملة لطابق أو أكثر من الطوابق المتكررة، في حين كانت واجهات الطوابق الأخرى من الجدران الخرسانة الحجرية (شكل 11.4).

ويشار إلى أنه ليس بالضرورة أن يكون الطابق الرخو خالياً من الجدران الخارجية والداخلية حتى تتشكل ظاهرة الطابق الرخو، فقد يكون هناك بعض الجدران ويتشكل الطابق الرخو، فمن المعروف أنه لتجنب ظاهرة الطوابق الرخوة في المباني، توصي المواصفات بأن لا تقل قيمة الصلابة الجانبية للطابق السفلي عن 70 % من قيمة صلابة الطابق الذي يعلوه، أو ان لا تقل عن 80% من متوسط صلابات (جساءات) الأدوار الثلاثة التي تعلوه (انظر الملحق رقم 1). وكذلك يجب أن لا يفهم أن المواصفات لا تسمح باختزال قيمة الصلابة وتقليلها من طابق لآخر، فتقليل قيمة الصلابة الجانبية للطوابق بشكل معقول وتدرجي كلما صعدنا من الأسفل إلى الأعلى، يعتبر مسموحاً، وذلك بشرط التقيد بنسب الاختزال المسموح بها في المواصفات، وهذا النوع من الاختزال في الصلابة، لا يؤدي نهائياً إلى تشكيل ظاهرة الطوابق الرخوة المذكورة أعلاه.

وتتضاعف خطورة وجود الطابق الرخو، بشكل كبير، في حالة كون الأرض منحدره، وبالتالي سيحتوي الطابق الأرضي على أعمدة متفاوتة الارتفاعات (انظر الشكل 9.4-د).

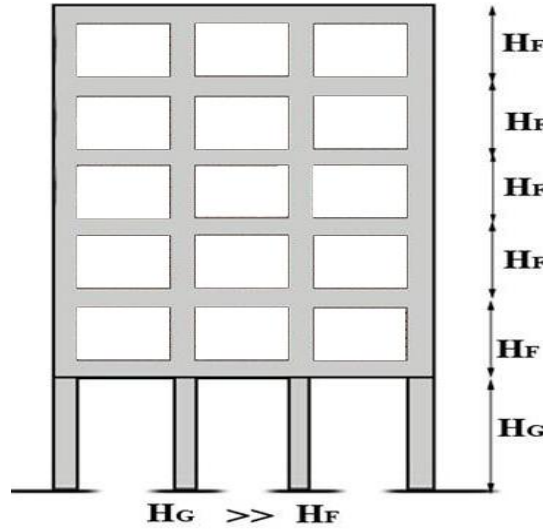


شكل (10.4): وجود ظاهرة الطابق الرخو في طوابق المبنى الوسطية، بسبب المتطلبات الوظيفية (المؤلف)



شكل (11.4): بعض أنماط المباني الدارجة محلياً ووجود طابق/ أو طوابق رخوة في الطوابق الوسطية أو المتكررة (المؤلف)

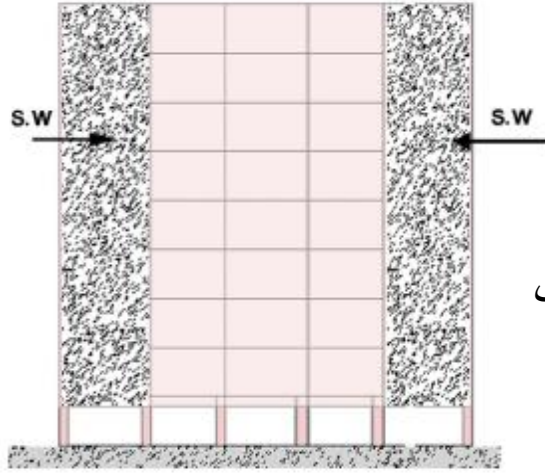
ب- في حالة كون ارتفاع الطابق الأرضي أكبر بكثير من ارتفاع الطوابق الأخرى، فإن ذلك يُسهم في إحداث رخاوة في هذا الطابق، وخصوصاً إذا رافق ذلك عدم وجود جدران إنشائية أو غير إنشائية بين أعمدته الداخلية (شكل 12.4)، وعادة يظهر هذا النمط، بشكل واضح، في المباني التجارية الكبيرة، التي يتطلب عملها وجود ارتفاعات وفراغات كبيرة في الطابق الأرضي.



شكل (12.4): تشكيل طابق رخو بسبب ارتفاع الطابق الأرضي أكبر من ارتفاع بقية الطوابق (المؤلف)

ج- في حالة عدم استمرارية جدران القص (Shear walls) أو الجدران الحاملة من الطوابق العلوية وصولاً إلى الأساسات (شكل 13.4).

د- في حالة الاختلاف في استخدامات الطوابق: يؤدي اختلاف الاستخدام من طابق إلى آخر إلى الاختلاف في تقطيع جدران القسامات، وهذا بدوره يُسهم في حصول تفاوت في صلابة طوابق المبنى، وإذا كان هذا التفاوت غير مدروس، وتجاوز النسبة المسموح بها، فإن ذلك قد يؤدي إلى تشكيل ظاهرة الطابق الرخو، أما مقدار هذه



شكل (13.4): تشكّل ظاهرة الطابق
الرخو بسبب وجود جدران القص
أو الجدران الحاملة في جميع الطوابق
باستثناء الطابق الأرضي (المؤلف)

الرخاوة ومستوى خطورتها، فيعتمد بشكل كبير على حجم التفاوت الذي حصل في صلابة هذه الطوابق، وكتوضيح للاختلاف في استخدامات الطوابق، نستعرض، كمثال، الاستخدامات التالية لأحد المباني:

1- استخدام الطابق الأرضي كمحلات تجارية أو مخازن.

2- استخدام الطابق الأول والثاني كمقار لشركات كبيرة أو بنوك، فكما هو معروف تعمل الشركات الكبيرة والبنوك على جعل الطابق أو الطوابق التي تستخدمها مفتوحة بدون جدران داخلية، وأحياناً تُحدث تغييراً في شكل الجدران الخارجية في الطوابق التي تعمل بها، وقد تعمل على إزالة جزء من الجدران الخرسانية، وذلك على اعتبار أن هذه الجدران محمولة وليست حاملة، ولكن وإن كانت هذه الجدران محمولة رأسياً، إلا أن وجودها في الطابق يزوده بالصلابة اللازمة لمقاومة القوى الزلزالية الأفقية.

3- استخدام بقية طوابق المبنى العلوية كمكاتب صغيرة يتخللها قسامات أو جدران داخلية كثيفة، وفي هذه الحالة تُسهم الجدران الداخلية الكثيفة في زيادة صلابة الطوابق الموجودة فيها.

وفي حالة حصول اختلاف كبير في صلابة طوابق المبنى، وتعرض المبنى لقوى زلزالية، قد ينشأ عن ذلك ظاهرة الطابق الرخو في الطابق أو الطوابق الأقل صلابة، وقد يؤدي ذلك إلى حصول أضرار وانهيئات. ومما يُسهم في حصول هذا النوع من الاختلاف في الصلابة، أن المصمم والمالك في كثير من الأحيان لا يعرفون من هو المستأجر، وما هي طبيعة عمله، فالعديد من المباني التجارية تم استئجارها بعد الانتهاء من مرحلة بناء العظم في المبنى. وما دام التصميم الهندسي الدارج يتعامل خلال عملية التصميم مع الأحمال الرأسية فقط، ولا يأخذ بعين الاعتبار الأحمال الزلزالية، فإن تأثير الجدران المحمولة (غير الإنشائية) على صلابة المبنى سيبقى مغيباً، علماً أن لهذه الجدران تأثيراً واضحاً في تغيير الصلابة الجانبية للطوابق عند تعرضها للقوى الأفقية، ولمزيد من المعلومات حول السلوك الزلزالي لجدران القسامات غير الإنشائية وتأثيرها على صلابة المبنى الجانبية، انظر الفصل الخامس.

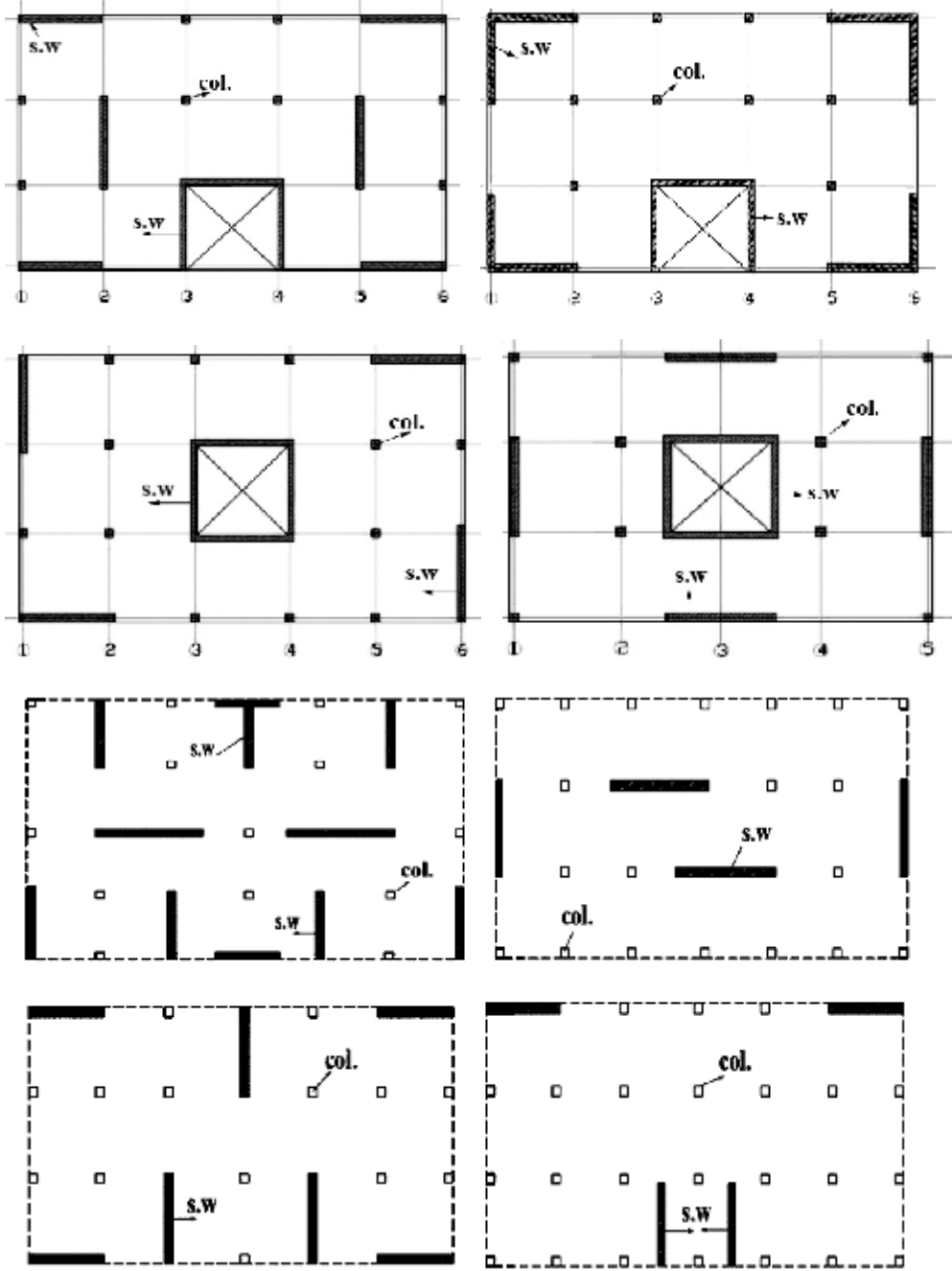
• حلول مقترحة لمعالجة مشكلة الطابق الرخو:

يمكن معالجة مشكلة تشكيل الطابق الرخو في المباني أثناء عملية التصميم من خلال الالتزام بواحد أو أكثر من الحلول التالية:

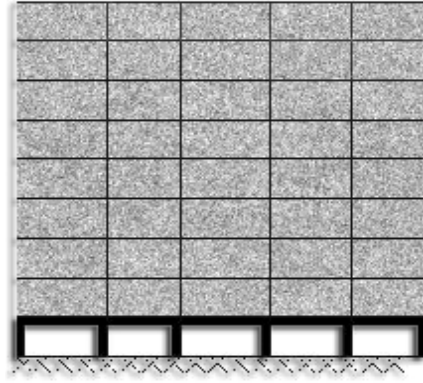
- إغلاق عدد من الفتحات بين الأعمدة بواسطة جدران (جدران خرسانية عادية أو مسلحة)، وتعطى الأولوية، في هذه الحالة، للجدران الخارجية، مع ضرورة مراعاة أن يتم توزيع هذه الجدران بشكل متماثل (شكل 14.4)، فمثلاً في حالة كون الطابق سيستخدم كموقف للسيارات عندئذٍ يستطيع المصمم أن يضع خطة لدخول وخروج السيارات مع إمكانية إغلاق عدد من الجدران.

- استخدام نظام الإطارات الخرسانية الصلبة، أي عمل أعمدة وجسور ذات صلابة عالية جداً، بحيث يمكن لهذه الإطارات أن توفر الصلابة الجانبية والمقاومة اللازمة للطابق بالمقارنة مع الطوابق الأخرى (شكل 15.4).

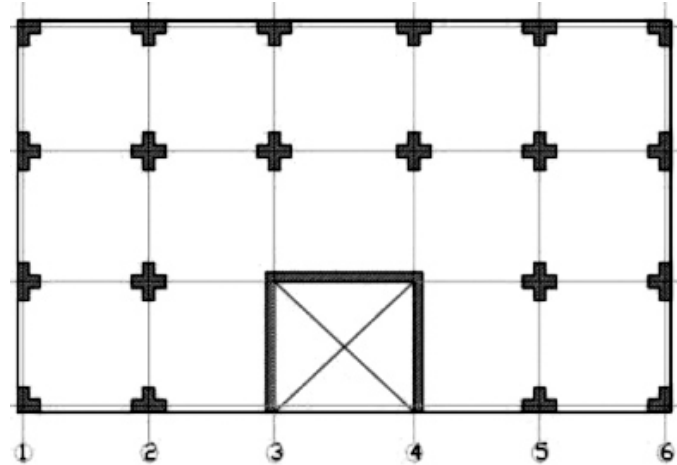
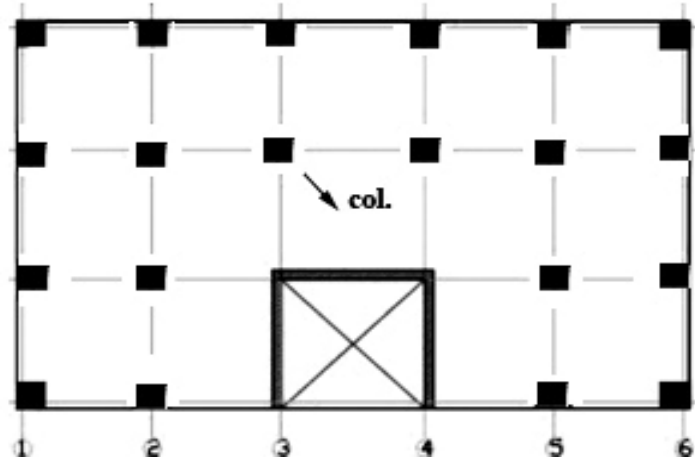
- استخدام أنظمة التثبيت والتكثيف الفولاذية (Steel Bracing Systems)، حيث يمكن للمصمم اختيار شكل النظام المناسب (شكل 16.4).



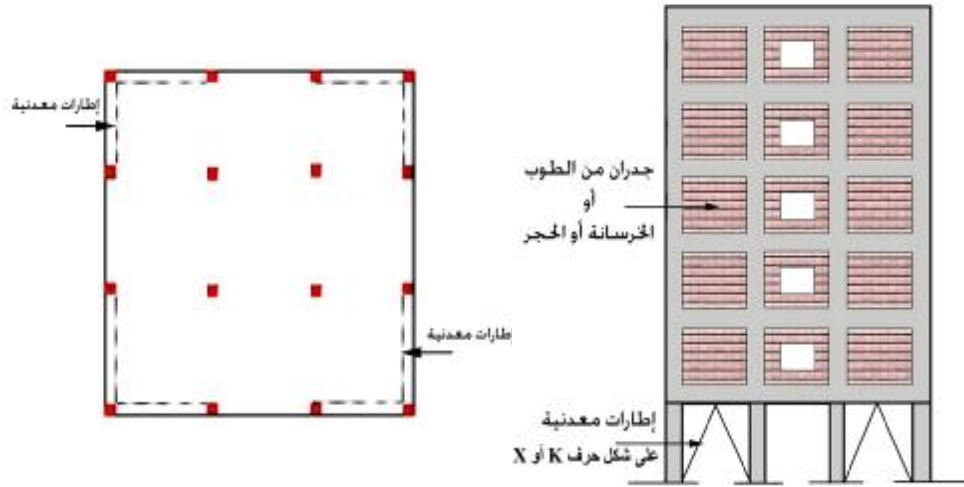
شكل (14.4): معالجة مشكلة الطابق الرخو من خلال وضع جدران قص بطريقة متماثلة، وبما لا يؤثر على المتطلبات الوظيفية والمعمارية للمبنى (المؤلف)



■ أعمدة صلبة جداً مصممة لمقاومة القوى القصية
اللزالية (V)
■ أعمدة صلبة جداً مصممة لمقاومة القوى القصية
اللزالية (V)



شكل (15.4): تزويد الطابق الأرضي بإطارات صلبة من الخرسانة المسلحة (المؤلف)



مسقط أفقي لشكل عام

شكل عام

أ) تريبط/ وتكتيف الطوابق الرخوة من خلال استخدام الإطارات المعدن (المؤلف)



ب) صور لتريبط/ وتكتيف الطوابق الرخوة من خلال استخدام الإطارات المعدنية - مبنى فندق في مدينة برشلونة -

شكل (16.4): تريبط/ وتكتيف الطوابق الرخوة من خلال استخدام الإطارات المعدنية

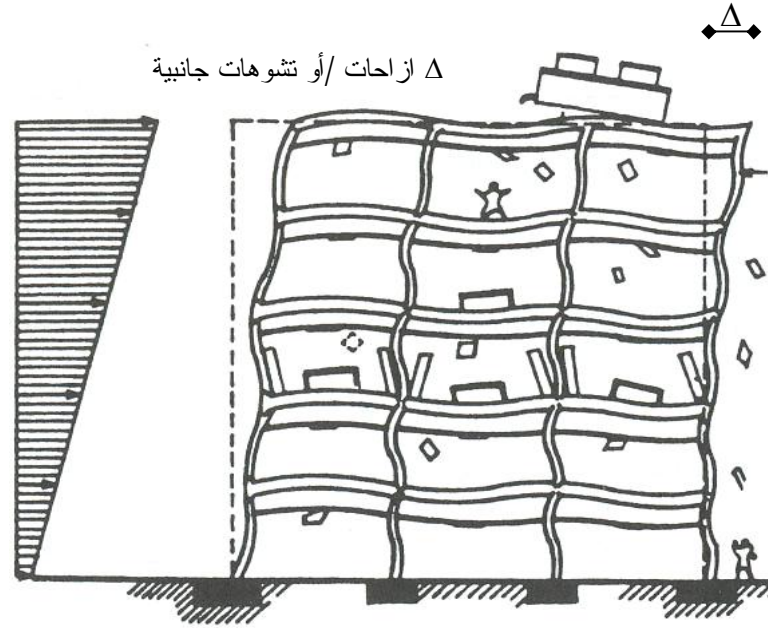
- استخدام أحد أنظمة العزل الزلزالي (Seismic Isolation) عند مستوى القواعد، وتصنف هذه الطرق بأنها طرق متقدمة ومكلفة لحد ما، وتستخدم عادة في المباني المهمة (شكل 17.4-ب)، وتجري حالياً دراسات وتجارب لتخفيض تكلفة استخدام هذه الأنظمة، ومن المتوقع، خلال السنوات القليلة القادمة، أن يتم تطوير أنظمة عزل زلزالي، بحيث تصبح سهلة الاستخدام، وبتكلفة مقاربة مع تكلفة الحلول الإنشائية التقليدية.

- استخدام المخمدات الزلزالية (Dampers)، وهي متعددة الأنواع، ويتطلب استخدامها إجراء تحليل ديناميكي متقدم (شكل 18.4)، ويؤثر استخدامها بشكل واضح في تكلفة المبنى.

ويُشار إلى أن الحلول المذكورة أعلاه، يمكن استخدامها كذلك لحل مشكلة الطابق/ الطوابق الرخوة في المباني القائمة، وبالتالي تأهيلها زلزالياً (Seismic Retrofitting of Existing Buildings).

4.4 الأعمدة القصيرة Short Columns

عندما يتم تصميم الأعمدة تحت تأثير الأحمال الرأسية فقط (الأحمال الميتة والحية)، يعتبر وجود الأعمدة القصيرة في المباني إيجابياً، وذلك لما توفره هذه الأعمدة من مقاومة واستقرار للمنشأ، ولكن إذا تعرضت هذه المباني لأحمال أفقية (القوى الزلزالية الأفقية)، ففي هذه الحالة تؤثر الأعمدة القصيرة سلباً على السلوك الزلزالي لهذه المباني، وهذا ما أظهرته جميع الزلازل التي حصلت في العالم، ويعود سبب تأثر الأعمدة القصيرة بالقوى الزلزالية الأفقية إلى الصلابة الجانبية لهذه الأعمدة، فالقوى الزلزالية تُوزع على العناصر الإنشائية الرأسية كل حسب صلابته، أي أن الأعمدة الأكثر صلابة يكون نصيبها من القوى الزلزالية أكبر من غيرها، وكما هو معروف تتأثر صلابة الأعمدة بشكل كبير بارتفاعها (تناسب الصلابة عكسياً مع مكعب ارتفاع الأعمدة $K = n E I / L^3$)،



(أ) منشأ مبنى عادي مقاوم للزلازل (السمارة 2006)



(ب) منشأ معزول زلزالياً (السمارة 2006) يمكن إهمال الإزاحات الطابقية

شكل (17.4): استخدام أنظمة العزل الزلزالي (Seismic Isolation) عند مستوى القواعد

ولتوضيح تأثير صلابة الأعمدة انظر الشكل (19.4)، حيث القوى الزلزالية الأفقية V توزع على العناصر الإنشائية الرأسية (الأعمدة في هذه الحالة) بوساطة بلاطات الادوار، واستناداً إلى صلابة كل من العمود رقم 1 (العمود الذي ارتفاعه يساوي X) والعمود رقم 2 (ارتفاع العمود $2X$)، فإن القوى القاصة التي سيتعرض لها العمود رقم 1 ستكون أكبر بـ 8 أضعاف من القوة التي سيتعرض لها العمود رقم 2، وهذا بدوره سيؤدي إلى احتمال انهيار العمود رقم 1.

ويعود سبب وجود الأعمدة القصيرة أو تشكيلها إلى الاعتبارات المعمارية والوظيفية، وقد يؤدي الفرق في مناسيب التربة ومستويات طوابق المبنى، إلى تشكيل هذا النوع من الأعمدة، ولمزيد من التفاصيل حول انهيارات الأعمدة القصيرة، وبعض الأماكن التي تتشكل فيها هذه الظاهرة انظر الشكل (20.4).

ومن الجدير بالذكر، أن انهيار الأعمدة، بشكل مبكر، قبل الجسور، يتعارض مع الفلسفة الأساسية للمباني المقاومة للزلازل، التي تعتمد، بشكل رئيسي، في تأمين السلوك الزلزالي للمنشآت، على مبدأ، أن أي انهيار قد يحصل تحت تأثير الزلازل القوية يجب أن يبدأ بشكل تدريجي وفي الجسور أولاً (فلسفة تصميم عمود قوي وجسر ضعيف Strong columns and weak beams)، أي تشكيل المفاصل اللدنة (Plastic hinges) في الجسور وليس في الأعمدة، وفي حالة بدء بعض الأعمدة في الانهيار، إن ذلك سيؤدي إلى تغير مفاجئ وسريع في صلابة بقية العناصر، وبالتالي احتمال تعرض المبنى إلى عزوم التواء إضافية، وهذا بدوره قد يؤدي إلى حصول أضرار وانهيارات كلية أو جزئية في المبنى.

وأظهرت الوقائع والأحداث الزلزالية (تقارير المعهد EERI) أن بعض الانهيارات التي حصلت في الأعمدة القصيرة، قد أدت إلى تطوير انهيارات كلية في المباني، واستناداً لأسباب تشكيل الأعمدة القصيرة، لوحظ أن الأضرار والانهيارات التي حصلت في كثير من المدارس والمباني المهمة في كل من اليابان، وبعض دول أمريكا الجنوبية وآسيا، كان سببها الأضرار والانهيارات التي حصلت في الأعمدة القصيرة.



شكل (20.4): انهيارات في الاعمدة القصيرة (تقارير المعهد EERI)



شكل (21.4): ظاهرة تشكيل الأعمدة القصيرة في أنماط المباني الدارجة محلياً
(المؤلف)

مثال (2.4): هل يمكن تجنب استخدام تشكيل الأعمدة القصيرة؟

استناداً إلى المتطلبات المعمارية والوظيفية يمكن تجنب بعض الحالات التي تتشكل فيها الأعمدة القصيرة، ولكن معظم الحالات لا يمكن تجنبها، لذلك يمكن استيعاب القوى القاصة الزلزالية التي يحتمل أن تتعرض لها هذه الأعمدة ومقاومتها، وذلك من خلال الالتزام بما يلي:

1. التقيد بفلسفة هندسة الزلازل المتعلقة بتنفيذ " أعمدة قوية وجسور أضعف".
2. التقيد بأن يكون ارتفاع النوافذ والفتحات في الجدران الخارجية متساوية تقريباً.
3. استخدام أنظمة التبريط والتكتيف سواء كان باستخدام العناصر الإنشائية أو غير الإنشائية.
4. تزويد الأعمدة في منطقة تشكيل الأعمدة القصيرة بقدر كافٍ من الإحاطة (Confinement)، وذلك من خلال تكثيف الكانات، واستخدام أكثر من كانة في المقطع الواحد، مع مراعاة أن تكون هذه الكانات مقفلة ومعكوفة على زاوية 135 درجة (انظر أهمية التسليح العرضي في الفصل السابع، البند 4.7).

5.4 استخدام الأنظمة الكابولية/ الطيرانات

Using Cantilever Systems

أظهرت الأحداث الزلزالية ان المبالغة في استخدام الأنظمة الكابولية (الطيرانات) أو (العناصر الظفرية) Cantilever Systems في المباني، وخصوصاً عندما تكون بحور (Spans) هذه الطيرانات كبيرة، ومحملة بجدران ثقيلة (انظر الشكل 22.4)، يُسهم في ارتفاع قابلية الإصابة الزلزالية لهذه المباني، وذلك لأن هذا النوع من الانظمة الانشائية يتأثر بشكل كبير بكل من القوى الزلزالية الأفقية والرأسية، وبالتالي اذا تطلب الأمر استخدام هذا النوع من التشكيلات المعمارية والإنشائية، فيجب في هذه الحالة وضع الحلول المناسبة، والالتزام بضوابط التصميم والتنفيذ الزلزالي الخاص بهذا النوع من الانظمة، وبكل أسف فإن معظم الطيرانات الموجودة في أنماط المباني

الدارجة محلياً (وخصوصاً المحملة منها)، لم يتم تصميمها وتنفيذها وفقاً للمعايير والمتطلبات الزلزالية.

ومن الجدير بالذكر، أن معظم كودات التصميم العالمية تُهمل تأثير المركبة الرأسية للقوى الزلزالية، وخلال السنوات العشر الماضية أوصى عدد من الكودات العالمية بضرورة أخذ تأثير هذه المركبة على السلوك الزلزالي للمنشآت، فقد أظهرت الزلازل، التي تعرض لها عدد من دول العالم، أن القوى الزلزالية الرأسية قد أثرت بشكل واضح في بعض أنواع المنشآت، وأهمها:

- المنشآت الخفيفة.
- المنشآت القريبة من المركز السطحي للزلازل
- الصالات ذات البحور الكبيرة.
- الطيرانات/ أو البلكونات وخصوصاً المحملة منها.
- الجسور (الكباري).

وإذا تطلب الأمر، ولأسباب معمارية أو وظيفية، استخدام الأنظمة الكابولية وخصوصاً المحملة منها، ففي هذه الحالة يوجد حلول وطرق انشائية للحد من تأثير هذا النوع من الأنظمة في السلوك الزلزالي للمباني، ومن هذه الحلول:

- استخدام شدادات من الخرسانة المسلحة أو من الفولاذ، ويمكن أن تكون هذه العناصر ظاهرة، أو مخفية داخل الجدران الجانبية.
- استخدام عناصر قطرية قابلة لتحمل الضغط (Strut Diagonal Elements)، وغالباً ما تكون هذه العناصر من خرسانة مسلحة ومخفية داخل الجدران الجانبية.
- استخدام جدران قص متغيرة الأبعاد، بحيث يتم استيعاب الأحمال الناتجة عن الجدران المحمولة بواسطة هذه الجدران.

مثال (3.4): سيتخلل المحاضرات وجلسات النقاش توضيح كيفية استخدام الحلول المذكورة أعلاه، وغيرها، وسيتم استخدام هذه الحلول في المشروعات والتمارين التي يتضمنها المساق والدورات التدريبية.



انهيار الطيرانات - زلزال تركيا 1999 (USGS 2000)

شكل (22.4) : استخدام الأنظمة الكابولية / الطيرانات و البلاكين المحملة في أنماط
المباني الدارجة محلياً (المؤلف)

6.4 التجاور بين المباني Adjacency of Buildings

يحصل التجاور أو التلاصق عادة بين الأبنية للأسباب التالية:

- إقامة مبنى بجوار أو بملاصقة مبنى قائم قديم (أنظمة البناء في المناطق التجارية)، وبدون ارتدادات جانبية (انظر شكل 23.4).
- وجود فاصل زلزالي، أو فاصل هبوط، أو تمدد بين أجزاء المبنى الواحد (انظر شكل 24.4).

وقد يؤدي اقتراب مبنيين (أو أجزاء المبنى الواحد)، أو تلاصقهما، إلى اصطدامهما مع بعضهما البعض (Pounding) في حالة التعرض للزلازل، وقد يؤدي هذا التصادم إلى حصول أضرار واضحة في هذه المباني (25.4 - أ)، وأحياناً إلى حصول انهيارات كلية (25.4 - ب).

وقد أظهرت الدراسات التي أجراها المؤلف على عدد كبير من المباني، في المدن الفلسطينية (الديك، 2007، بحث)، أن جميع المباني أو أجزاء المباني المتجاورة أو المتلاصقة، قد تتعرض للارتطام (التصادم) ببعضها البعض، وذلك لأن عرض الفواصل بين هذه المباني غير كافٍ.

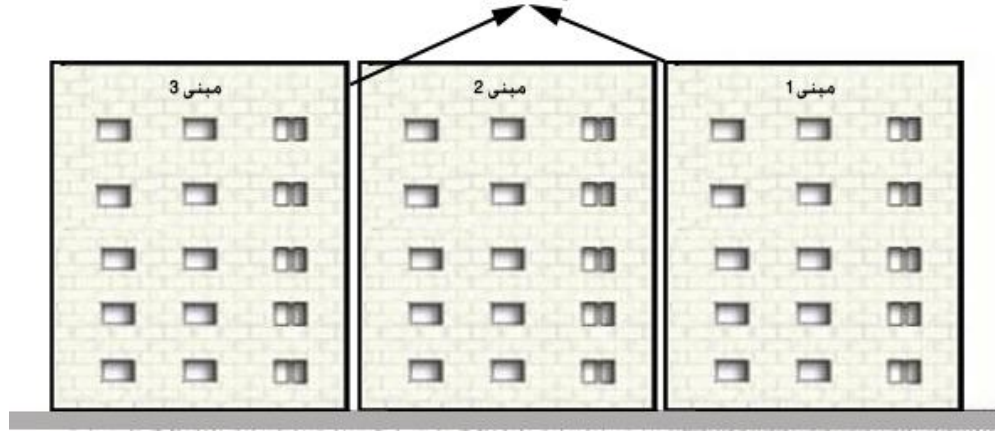
مثال (4.4): هل عرض الفاصل الزلزالي بين المباني ثابت؟

عرض الفاصل الزلزالي بين المباني المتلاصقة أو أجزاء المبنى الواحد غير ثابت (أي ليس كما هو معمول به في أنماط المباني الدارجة في فلسطين والكثير من دول العالم العربي)، وبشكل عام يعتمد عرض الفاصل على عدد من العوامل، أهمها:

- ارتفاع المبنى،
- والنظام الإنشائي المستخدم،
- ونوعية التربة،
- وزلزالية المنطقة والموقع.



فاصل مبان متجاورة/ متلاصقة



شكل (23.4): الفواصل بين المباني المتجاورة في أنماط المباني الدارجة محلياً (المؤلف)

ويُحسب عرض الفاصل الزلزالي لمبنيين متلاصقين من خلال: جمع مقدار الإزاحة الجانبية لكل من المبنى الأول والثاني، وإضافة 2-3 سم إلى حاصل جمع الازاحات (انظر الشكل 26.4).



شكل (24.4): فواصل التمدد في أنماط المباني الدارجة محلياً (المؤلف)

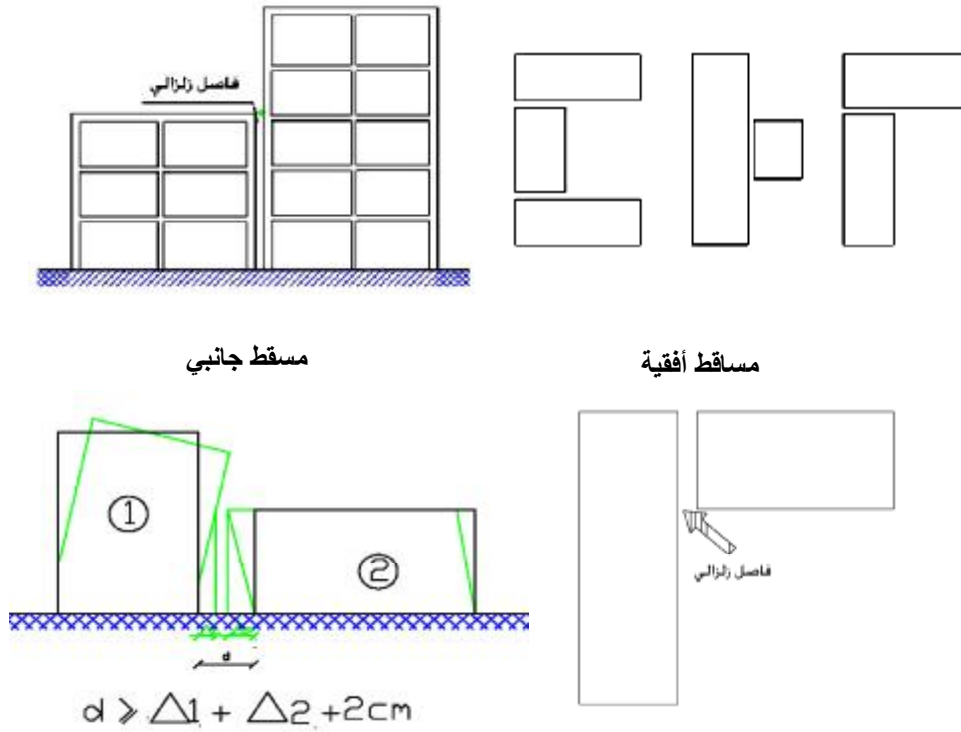


ب- انهيار كلي



أ- انهيار جزئي

شكل (25.4): تصادم المباني بسبب عدم توفير عرض كافٍ للفواصل الزلزالية
(تقارير المعهد EERI)



شكل (26.4): استخدام الفواصل الزلزالية لتحقيق التماثل والانتظام لأشكال المباني (المؤلف)

7.4 البناء فوق مبان قائمة قديمة

Construction Over Existing Old Buildings

إن استخدام أكثر من نظام إنشائي في المبنى الواحد، كالبناء فوق مبان قائمة قديمة (انظر الشكل 27.4)، يُسهم، بشكل كبير، في ارتفاع قابلية الإصابة الزلزالية للمبنى، فأنماط وأشكال اهتزازات المباني القديمة وتردداتها يختلف، بشكل كبير، عن المباني الخرسانية المسلحة الحديثة، وهذا بدوره سيؤدي لحصول إجهادات وقوى إضافية.

وفي حالة وجود حاجة ماسة للبناء فوق مبان قائمة، وكانت الأنظمة الإنشائية لهذه المباني تختلف عن الأنماط الإنشائية المستخدمة حالياً، يجب، في هذه الحالة، إجراء نمذجة، وتحليل إنشائي للمبنى المستحدث مع الأخذ بعين الاعتبار لجميع الأنظمة



أ- ثلاث أنظمة إنشائية فوق بعضها البعض



ب- جدران حاملة غير مسلحة (الطابق الأرضي والأول) تحمل طابقين نظامهما الإنشائي يتكون من أعمدة وجسور خرسانية مسلحة

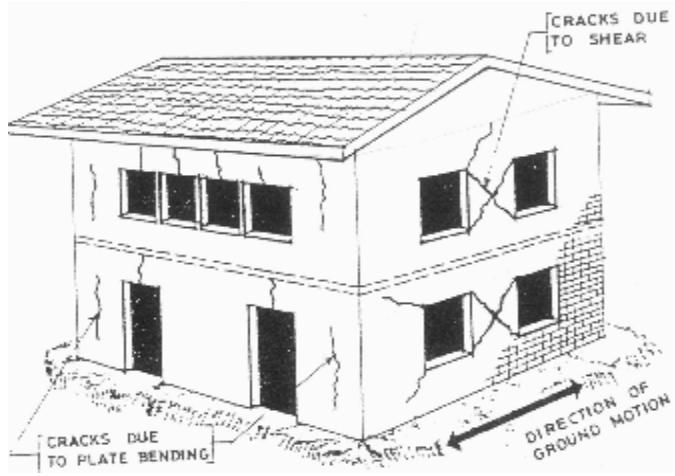
شكل (27.4): البناء فوق مبانٍ قائمة قديمة (المؤلف)

الإنشائية المستخدمة، مع العلم أن السلوك الزلزالي لمثل هذا النوع من المنشآت يكون، في الغالب، معقداً جداً، ويتطلب مهارةً وحلولاً إنشائية مبتكرة. ومع ذلك أظهرت الاستطلاعات الميدانية التي أجراها المؤلف عن وجود منشآت تحتوي على ثلاثة أنظمة إنشائية فوق بعضها البعض، فمثلاً المبنى الموضح في الشكل (27.4-أ) يحتوي على ثلاثة انواع من الأنظمة الإنشائية، فالنظام الإنشائي في الطابق الأرضي وجزء من الطابق الأول للمبنى يتكون من نظام العقود (الأنظمة الإنشائية للمباني القديمة جداً)، في حين يتكون النظام الإنشائي في معظم الطابق الأول وجميع الطابق الثاني من الجدران الحاملة، والأسقف تتكون من خرسانة مزودة بمقاطع فولاذية، أما كل من الطابق الثالث والرابع فتتكون أنظمتها الإنشائية من الأعمدة والجسور المسلحة، في حين تتكون الواجهات الخارجية من الجدران الخرسانية الحجرية. فمن الناحية العلمية يصعب التصور كيف سيكون السلوك الزلزالي لهذه الأنظمة، وكيف ستتعاون هذه الأنظمة الإنشائية مع بعضها البعض، فمن شبه المؤكد أن هذه النوع من المباني، سيتعرض لأضرار ولانهيارات جزئية أو كلية، وذلك بسبب ارتفاع قابلية الإصابة الزلزالية.

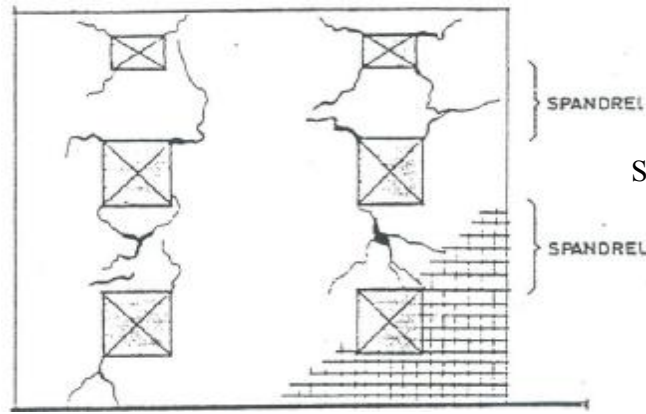
8.4 توزيع الفتحات في الجدران

Distribution of Openings in the Walls

أظهرت الأحداث الزلزالية أن الأضرار والتشوهات تتركز عادة في المناطق المحيطة بفتحات الأبواب والنوافذ، أو في أطراف هياكل هذه الفتحات (أنظر الشكل 28.4)، وللحد من الأضرار والانهيارات المحتملة في هذه المناطق، يتم عادة تزويد هذه الفتحات بتسليح خاص (انظر الى تفاصيل تسليح فتحات الأبواب والنوافذ الموضحة في الشكل 29.4)، بالإضافة الى ضرورة ضبط العلاقة بين أبعاد هذه الفتحات والمسافة فيما بينها، وتزداد أهمية ضبط العلاقة بين هذه الأبعاد والمسافات بشكل خاص في حالة الجدران الحاملة غير المسلحة (أنظر الشكل 30.4).



أ- تشققات في دعامات
الجران الحاملة

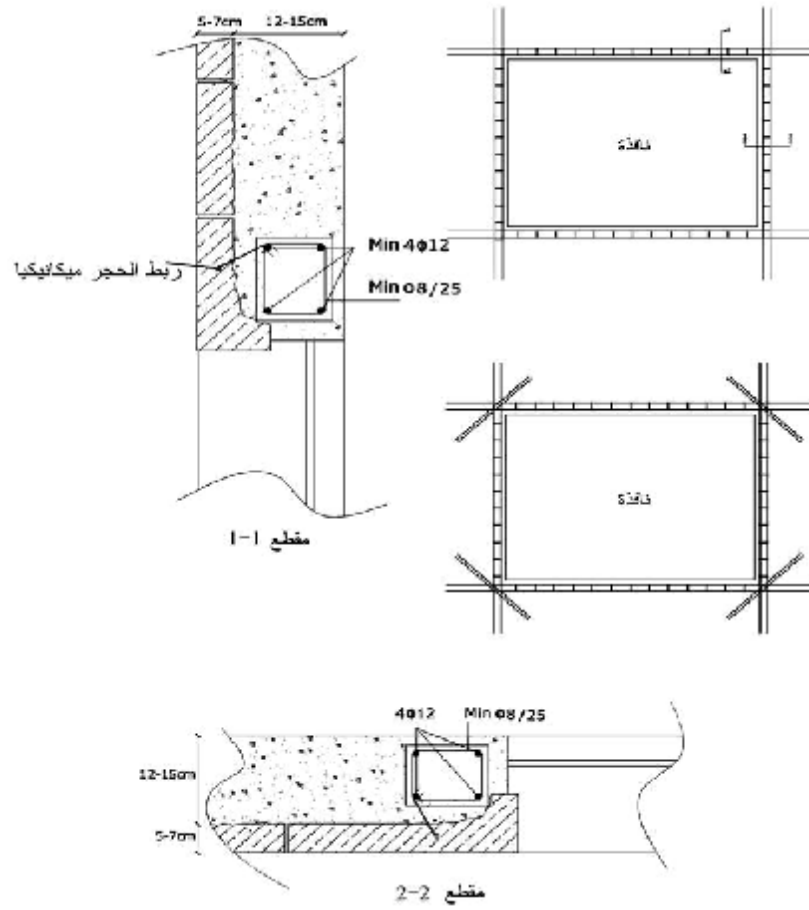


ب تشققات في مناطق
ال Spandrel Wall

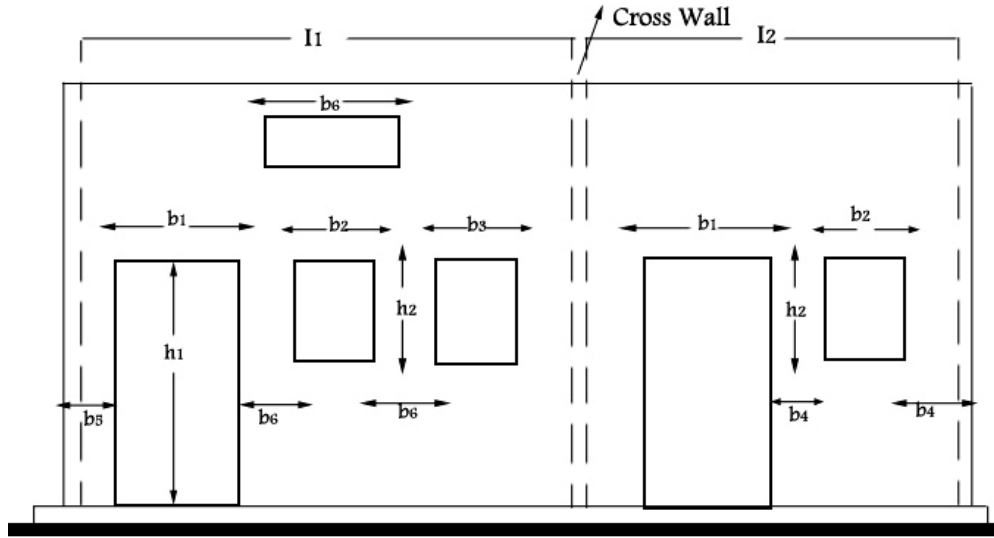


شكل (28.4): المناطق الحرجة (مناطق ظهور التشققات) في الجدران الحاملة غير

المسلحة.



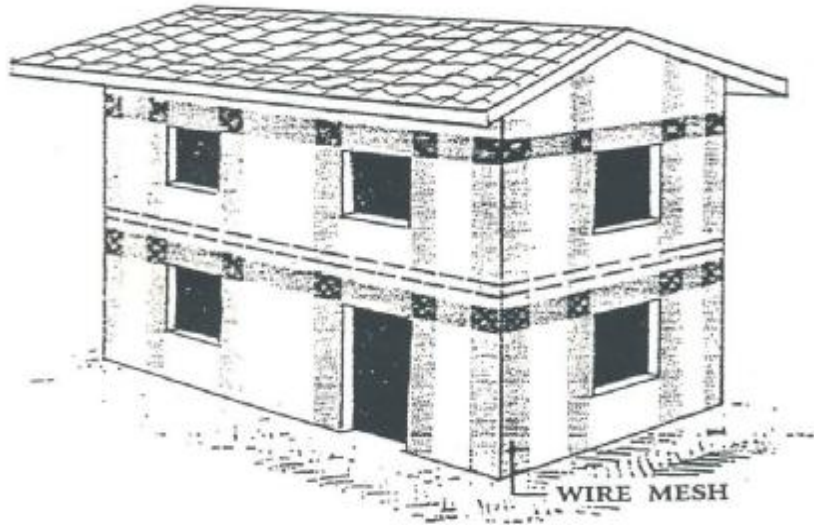
شكل (29.4): تسليح فتحات النوافذ والأبواب (المؤلف)



$$\begin{aligned}
 b_1 + b_2 + b_3 &< 0.5 I_1 \\
 b_4 &\geq 0.5 h_2 \\
 b_5 &\geq 0.25 h_1 \\
 h_3 &\geq 60 \text{ cm or } 0.5 (b_2 \text{ or } b_6 \text{ whichever is more})
 \end{aligned}$$

شكل (30.4): توصيات تتعلق بأبعاد والمسافات بين فتحات نوافذ وأبواب الجدران الحاملة

ولتقوية المباني القائمة زلزاليا وتأهيلها، أظهرت الدراسات التي تم إجراؤها في نهاية القرن الماضي، أن تربيط الجدران الحاملة غير المسلحة والمصنوعة من الطوب أو الخرسانة، يمكن أن يتم من خلال تربيط المبنى في المناطق الحرجة بوساطة ألياف شبكية (انظر الشكل 31.4)، وتوجد هذه الألياف تجارياً على شكل لفافات مصنوعة من أسلاك، أو ألياف معدنية، أو زجاجية، أو غيرها من المواد (انظر الشكل 31.4-ب). وبعد ان يتم تثبيت الشبك، يتم تغليفه بطبقة من القسارة، أو أحياناً بطبقة من المعجونة والدهان، وذلك حسب نوع المادة التي يتكون منها الشبك.



NOTE : WIDTH OF WIRE MESH $\geq$ 400 mm -

أ - Splint and bandage strengthening technique



ب - شبك تربيط على شكل لفافات (باندج)

شكل (31.4): تقوية وتربيط المباني من خلال استخدام ألياف شبكية على شكل لفافات.

الفصل الخامس

السلوك الزلزالي للعناصر غير الإنشائية

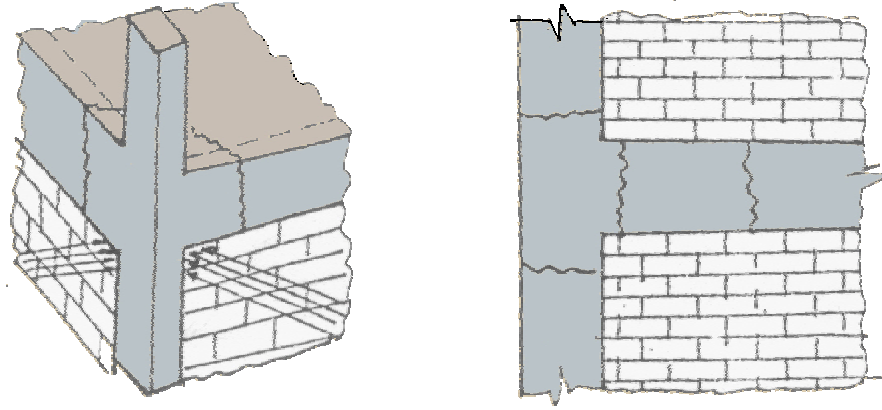
Seismic Performance of Non Structural Elements

1.5 مقدمة

تحتوي المباني، إضافة للعناصر الإنشائية، على عناصر غير إنشائية، مثل: جدران القسامات كجدران الطوب والجبس وغيرها من المواد، وجدران التغطية (قطع الحجر والرخام والجرانيت والبلاط العادي)، وعناصر الديكور بأنواعها المختلفة، والأثاث، وغيرها من العناصر غير الإنشائية.

وتؤدي الأضرار والانهيارات التي تحدثها الزلازل في العناصر غير الإنشائية إلى خسائر كبيرة في الأرواح والممتلكات، فانهيار أو تضرر القسامات وجدران الطوب والرخام والقطع الحجرية والعناصر المعمارية الكتلية والنوافذ والديكور والأثاث، يسهم بشكل كبير، في ارتفاع حجم الخسائر المادية، وكذلك في زيادة عدد الجرحى والوفيات، لذلك ركزت هندسة الزلازل على أهمية ربط هذه العناصر بما يتلاءم مع الحركات الاهتزازية التي قد يتعرض لها المبنى. وتصنف هذه العناصر عادة بالنسبة للأحمال والقوة الرأسية بأنها عناصر محمولة، إلا أنه تحت تأثير القوى الزلزالية الأفقية، يساهم بعضها كجدران الطوب الداخلية في زيادة صلابة المنشأ، وذلك من خلال آلية عملها وتأثيرها على الاطارات الخرسانية المسلحة، فوجود هذه الجدران داخل الإطارات، يحولها إلى إطارات مكتفة أو مربطة (Braced Frames) تحت تأثير القوى الزلزالية الأفقية، وفي حالة كانت المادة التي تتكون منها الجدران المحمولة الموجودة بين الاطارات أقوى (أصلب) من مادة الخرسانة المسلحة التي يتكون منها الإطارات، كأن تكون من الحجر عالي الصلابة، فإن ذلك يمكن أن يؤدي إلى حصول تشوهات واضرار في الاطارات نفسها (انظر الشكل 1.5)، ولتوضيح العلاقة بين الاطارات الخرسانية المسلحة، وللاطلاع على الأنواع والتشكيلات المختلفة لجدران القسامات أو

الجدران المحمولة، سيتخلل المحاضرات وجلسات النقاش إعطاء أمثلة توضيحية، بحيث سيتم، من خلالها، الاطلاع على آلية التأثير، وشكل، وأماكن الاضرار والانهيارات التي قد تتعرض لها الإطارات المكتفة.



شكل (1.5): صلابة الجدران المحمولة والموجودة بين الإطارات الخرسانية المسلحة، قد تؤدي لحصول أضرار أو انهيارات في هذه الاطارات تحت تأثير القوى الزلزالية

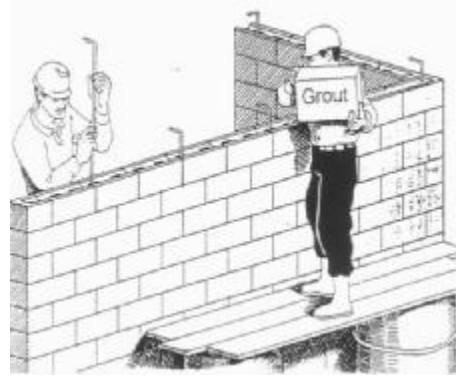
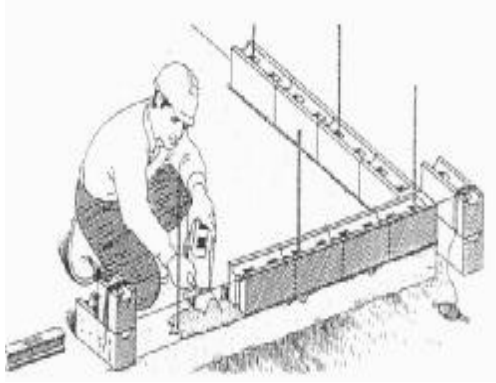
2.5 السلوك الزلزالي لجدران الطوب (القسمات)

استناداً لطريقة ربط جدران القسمات/ الطوب، قد تؤثر أو تتأثر هذه الجدران بسلوك الاطارات الخرسانية المسلحة، فقد أظهرت الأحداث الزلزالية التي تعرضت لها الكثير من الدول، أن جدران الطوب أو القسمات قد تعرضت لأضرار وانهيارات (انظر الشكل 2.5)، وللد من هذه الأضرار يمكن تربيط هذه الجدران أو تسليحها ، ويمكن تنفيذ ذلك بأكثر من طريقة، وللاطلاع على بعض هذه الطرق، (انظر الشكل 3.5)، وفي حالات كثيرة يحبذ بعض المهندسين فصل هذه الجدران عن الاطارات الانشائية، وذلك لمنع التعاون فيها بينهما، وبالتالي منع احتمال تأثرهما ببعضهما البعض (انظر إلى الاشكال 1.5 و 2.5 ثم قارن بينهما)، وبشكل عام يتم فصل الجدران المحمولة عن الاطارات بعدة طرق، أهمها:

- وضع فاصل بين جدران القسمات والاطارات الانشائية، انظر الشكل (4.5).



شكل (2.5): اضرار وانهيارات في جدران القسامات الداخلية- المحمولة
(تقارير المعهد EERI- Earthquake Engineering Research Institute)



شكل (3.5): تربيط أو تسليح جدران الطوب



شكل (4.5): تربيط خاص بين الجدران المحمولة والإطارات الحاملة بحيث تسمح طريقة الربط بعزل حركة هذه الجدران عن حركة الإطارات

- استخدام روابط ميكانيكية خاصة بحيث يتم من خلالها ربط جدران القسامات مع الاطارات الحاملة بدون أن تؤثر حركاتها الاهتزازية في بعضها البعض، وعادة يستخدم هذا النمط من التربيط في حالة كان جدار القسم يتكون من قطعة واحدة او من عدد قليل من القطع الكبيرة.

3.5 السلوك الزلزالي للجدران الخارجية المحمولة (جدران الحجر والطوب)

أظهرت الأحداث الزلزالية التي حصلت في الكثير من دول العالم، أن العديد من قطع الطوب أو/ والحجر المشابهة للجدران الحجرية الخرسانية الخارجية الدارجة محلياً، وللتشكيلات المعمارية الجمالية التي يتم تنفيذها عادة من الحجر (انظر الشكل 5.5)، قد تعرضت لأضرار أو التساقط (انظر الشكل 6.5)، وذلك بسبب عدم تأمين الربط المناسب لقطع هذه الجدران مع طبقة الخرسانة، وكذلك عدم تأمين التربيط اللازم بين هذه الجدران والعناصر الإنشائية الحاملة، وبمنظرة سريعة إلى كيفية تنفيذ هذه الجدران وفقاً للأنماط الدارجة محلياً، يلاحظ مايلي:

- في معظم الحالات لا يتم تربيط الحجر ميكانيكياً مع الخرسانة، ويكتفي فقط بالربط الذي يوفره تماسك أسطح قطع الحجر مع الخرسانة، وغالباً ما تكون أسطح هذه القطع ملساء، وبالتالي يكون التماسك ضعيفاً (شكل 7.5)، وأحياناً تعرضت هذه القطع إلى السقوط حتى بدون تأثير الهزات الأرضية.
- تسهم طريقة تنفيذ الجدران الخرسانية في ضعف الربط بين الحجر والخرسانة، فعادة يتم بناء صفوف الحجر والطوب، ومن ثم يتم صب طبقة الخرسانة بينهما (شكل 7.5)، وبسبب الحرص على عدم دفع الخرسانة لقطع الحجر أثناء عملية الصب، لا يتم عادة دمك الخرسانة بالشكل المناسب، وبالتالي تكون هناك فراغات في مناطق تماس سطح القطع الحجرية مع الخرسانة.
- يتم بناء جدران الطوب الخارجية بدون تربيط ميكانيكي أو تسليح، علماً أن هناك امكانية لاجراء التسليح أو التربيط المناسب بأكثر من طريقة (انظر الشكل 3.5). ومن الجدير بالذكر ان أشكال وأنماط الطوب المستخدمة محلياً بحاجة الى تطوير لتصبح اكثر قابلية للربط والتسليح.

أ. استخدام أعمدة حجرية كعناصر
جمالية وعناصر حاملة في نفس
الوقت دون مراعاة التسليح
والترابط اللازمين



ب - استخدام الكتل الحجرية
- الخرسانية كعناصر جمالية



د- تساقط قطع الحجر



ج- استخدام المشريبات والعناصر الجمالية
الحجرية دون تأمين الربط الميكانيكي اللازم

شكل (5.5): تشكيلات معمارية دارجة الاستخدام (المؤلف)



شكل (6.5): تساقط قطع الجدران
الخارجية بسبب تأثير الحركات
الاهتزازية (تقارير المعهد EERI)



أ- سطح الحجر الملامس للخرسانة املس
ب- بعد بناء القطع الحجرية والطوب يتم صب الخرسانة بينهما

شكل(7.5): بناء الجدران الحجرية الخارجية وفقاً لأنماط المباني الدارجة محلياً (المؤلف)

الطوب الاسمنتي واستخدام الحجر في أنماط المباني الدارجة محلياً:

رغم التطور الكبير الذي طرأ على مواد البناء واستخداماتها المختلفة، وخصوصاً فيما يتعلق بالجدران المحمولة، أو جدران القسامات بين الغرف، إلا أن استخدام الطوب الإسمنتي المفرغ لا يزال الوسيلة الرئيسية لتقسيم المساحات داخل الأبنية الى غرف، وصالات، وحمامات، ومطابخ، وغيرها، وبطبيعة الحال، لا يقتصر استخدام هذا النوع من الطوب على المباني في فلسطين فقط، بل يستخدم كذلك في العديد من الدول العربية، والمشكلة الحقيقية لا تكمن في الطوب نفسه، بل تكمن في طرق تصميم وتنفيذ الجدران التي يشكلها هذا النوع من الطوب، فهذه الجدران يتم اعتبارها، أثناء عمليات التصميم والتنفيذ، على أنها جدران محمولة (جدران محمولة تحت تأثير جميع الأحمال الميتة والحية التي قد يتعرض لها المبنى)، ولا يؤخذ بعين الاعتبار تأثير القوى الزلزالية في هذه الجدران، فعدم تربيط قطع الطوب في هذه الجدران، أو عدم تسليحها بشكل جزئي، سيعرضها للانهدام تحت تأثير القوى الزلزالية، فجدران القسامات الداخلية الموجودة بين الأعمدة تسهم في زيادة صلابة الهيكل الإنشائي للمبنى، وبالتالي تكون عرضة لقوى الضغط والشد الناتجة عن القوى الزلزالية، واستناداً الى أهداف التصميم الزلزالي للمباني، من المتوقع حصول أضرار وانهدامات كلية و جزئية في

معظم جدران الطوب المستخدمة محلياً، وذلك في حالة "لا سمح الله" تعرضت المنطقة لزلزال مقدار درجتها 6-6.5 درجة حسب مقياس ريختر (الدبيك، 2007 كتاب).

أما بالنسبة لاستخدام الحجر في البناء دون تأمين ترابط وتماسك كافٍ بين الحجر والخرسانة، فإن ذلك سيُسهم، بشكل كبير، في ارتفاع قابلية الإصابة الزلزالية للمباني، فسماعة القطع الحجرية المستخدمة تتراوح ما بين 5 الى 7 سم تقريباً، ويكون سطحها الملامس للخرسانة في الغالب أملساً (انظر الشكل 7.5)، وبالتالي من المتوقع انفصال وتساقط العديد من قطع الحجر في هذا النظام، وخصوصاً في المباني العالية، وإن كان تساقط القطع الحجرية لا يؤدي الى انهيار المبنى، لكون هذه القطع محمولة وليست حاملة، إلا أن تساقطها سيؤدي الى زيادة اعداد الإصابات والخسائر بالأرواح، وخصوصاً أن كثيراً من الناس، لحظة حدوث الزلزال، سيكونون قرب المباني، وذلك بسبب صغر عرض الشوارع والطرق في كثير من المناطق، وقد أظهرت الزلازل التي حصلت في كثير من دول العالم أن 60% من الإصابات وحالات الوفاة تكون خارج المباني، وهذا يعود لتساقط المباني أو أجزاء منها على الناس الموجودين في الطرق والمناطق المحيطة بهذه المباني. وقد لا يقتصر التساقط على بعض أو العديد من قطع الحجر، بل قد تتعرض بعض الجدران الحجرية - الخرسانة الخارجية للتساقط، وذلك بسبب عدم وجود ربط أو تشريك للحديد بين هذه الجدران من جهة، والاعمدة والجسور أو الأسقف الموجودة فوق هذه الجدران من جهة أخرى، ومما يعزز هذا الاعتقاد تساقط عدد من الجدران الحجرية الخرسانية بسبب تعرض عدد من المباني للحركات الاهتزازية التي أحدثتها التفجيرات والاعمال الحربية الاسرائيلية أثناء انتفاضة الأقصى، ولمنع تساقط القطع الحجرية أثناء تعرض المبنى للحركات الأرضية الزلزالية، يمكن تربيط هذه القطع ميكانيكياً بأكثر من طريقة، انظر الى الطريقة المستخدمة في الشكل (8.5- أ)، ولتأمين التشريك المناسب بين الجدران الخارجية والاعمدة انظر الى الشكل (8.5- ب).

ويشار إلى أن تساقط أو انهيار جدران الطوب لا تقتصر على المباني، فقد أظهرت الاحداث الزلزالية عن تعرض العديد من أسوار جدران الطوب الخارجية في المباني للاضرار والانهيارات (انظر الشكل 9.5).



ب- تريبط الجدران الخارجية مع
الأعمدة



أ- تريبط ميكانيكي لقطع الحجر بدون
استخدام الخرسانة

شكل (8.5): التريبط الميكانيكي لقطع الحجر، وتريبط (تشريك) الجدران الخارجية مع
الأعمدة (المؤلف)



شكل (9.5): انهيار أسوار الطوب
الخارجية بسبب عدم تريبط
قطع الطوب مع بعضها
البعض: زلزال بام - ايران 2003
(تقارير المعهد EERI)

وبالإضافة للأضرار المحتملة لجدران الطوب الاسمنتي، والجدران الحجرية، قد
تتعرض العناصر غير الإنشائية الأخرى، كالبلاط، والرخام، والديكور، والأثاث
لأضرار وانهيارات تحت تأثير القوى الزلزالية، وللتخفيف من الخسائر والأضرار يتم
تريبط هذه العناصر بعدة طرق، ولمزيد من المعلومات حول طرق تريبط عناصر
الديكور والأثاث انظر الملحق رقم (4)، وسيتخلل المحاضرات عرض أفلام فيديو
لتوضيح آلية تساقط قطع الاثاث والديكور، والخسائر البشرية التي قد تنجم بسبب تساقط
هذه العناصر.

طرق التحليل الزلزالي

Seismic Analysis Methods

تتأثر المباني بالقوى الزلزالية بشكل غير مباشر، حيث تنتقل هذه الأحمال من الأرض إلى المنشأ من خلال الاساسات، وفي العادة يتم تصميم المنشآت تحت تأثير الهزات الأرضية باستخدام الطريق الاستاتيكية المكافئة، أو طرق التصميم الديناميكية.

1.6 الطريقة الاستاتيكية المكافئة Equivalent Static Method

يتم في هذه الطريقة ايجاد القوى الزلزالية الاستاتيكية المكافئة للقوى الزلزالية الديناميكية، ولهذه القوى مركبتان: أفقية ورأسية (انظر الشكل 1.6)، ومن الجدير بالذكر أن معظم كودات التصميم العالمية تهمل المركبة الرأسية للقوى الزلزالية، وخلال السنوات العشر الماضية أوصى عدد من الكودات العالمية بضرورة أخذ أثر هذه المركبة في سلوك وتجاوب المنشآت في حالة تعرضها لهزات أرضية، فقد أظهرت الزلازل التي تعرض لها عدد من دول العالم أن القوى الزلزالية الرأسية قد أثرت بشكل واضح في بعض أنواع المنشآت (انظر الفصل الرابع، البند 5.4).

وبشكل عام، تنحصر دقة نتائج الطريقة الاستاتيكية المكافئة بالمنشآت المنتظمة، أو شبه المنتظمة، وتتلخص فكرة هذه الطريقة في تمثيل القوى الزلزالية، وكأنها قوى أفقية تؤثر في المباني (انظر الشكل 1.6)، وقيمة هذه القوى تحسب وفقاً لكودات التصميم الزلزالي من خلال استخدام المعادلة التالية:

$$V = C_s \times W \quad (6.1)$$

حيث:

V : القوة الزلزالية الاستاتيكية الأفقية المكافئة، وتُعرف كذلك باسم قوة القص

القاعدي (Base Shear Force).

W : وزن المبنى.

C_s : المعامل الزلزالي ، وقيمة هذا المعامل تمثل نسبة أو جزءاً من قيمة الجاذبية

الأرضية (g).

يلاحظ من المعادلة المذكورة أعلاه، أن زيادة وزن المبنى تؤدي لزيادة قيمة القوى الزلزالية الأفقية، وهذا يخالف ما يعتقد الكثر من الناس وبعض المهندسين، لذلك يجب الاهتمام بتخفيض وزن المبنى لأقصى حد ممكن، أما قيمة المعامل الزلزالي C_s فهي أقل من واحد، وبناءً عليه، يلاحظ أن قيمة القوة الزلزالية الأفقية V تساوي جزءاً أو نسبة من وزن المبنى، وفي العادة إذا كانت قيمة المعامل C_s أقل من 0.05 يكون تأثير القوة الزلزالية في المبنى محدوداً، ويمكن للمبنى أن يتحمل هذه القوة بسهولة، أما العوامل والمعايير التي تؤثر في حساب قيمة كل من المعامل C_s والقوة الزلزالية (V)، فهي حسب كود البناء المتناسق (Uniform Building Code 1997 – UBC97) والكود العربي الموحد، يمكن إيجادها من خلال العلاقة التالية:

$$V = \frac{C_v I}{R \cdot T} W \quad (6.2)$$

حيث:

وبحيث لا يتجاوز القص القاعدي التصميمي الكلي القيمة :

$$V = \frac{2.5 C_a I}{R} W \quad (6.3)$$

وبحيث لا يقل القص القاعدي الكلي التصميمي عن :

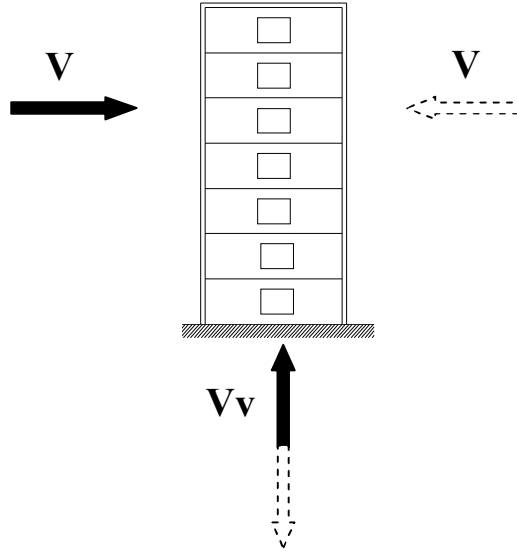
$$V = 0.11 C_a I W \quad (6.4)$$

وإضافة لما سبق، يجب أن لا يقل القص القاعدي الكلي للمنطقة الزلزالية (4) عن :

$$V = \frac{0.8 Z N_v I}{R} W \quad (6.5)$$

C_v - معامل زلزالي يتم إيجاد قيمته من الجداول من خلال العوامل Z و S
 Z - معامل زلزالية المنطقة (Seismic zone factor) ، ويمثل هذا المعامل ذروة التسارع الزلزالي الأرضي للمنطقة على الصخر، ويؤخذ من الخرائط الزلزالية (انظر الخريطة الزلزالية لفلسطين والدول المجاورة - ملحق رقم 2).
 S - معامل نوعية وتأثير تربة الموقع (Site effect - soil profile) ، حيث S_A ، S_B ، S_C ، S_D ، S_E ، S_F تمثل أصناف المقاطع الشاقولية للتربة، كما وردت في جداول كود البناء UBC97، وكود البناء الدولي IBC.
 I - عامل الأهمية (Importance factor) .
 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 الممتطولية العامة للنظام المقاوم للقوى الأفقية (Structural/Ductility factor).

ويتم عادة تحديد قيم هذه العوامل والمعايير، من خلال استخدام العلاقات الحسابية والجداول التي توفرها كودات التصميم الزلزالي، وللإطلاع على كيفية حساب قيمة القوى القاصة الزلزالية (V)، من خلال استخدام العلاقات الحسابية والجداول المعتمدة لدى كود البناء المتناسق (UBC 97)، انظر الى البند 4.6.



شكل (1.6) : تأثير القوى الزلزالية الأفقية والرأسية استناداً للطرق الإستاتيكية المكافئة (المؤلف)

وتُحسب قيمة T (الفترة الأساسية لاهتزاز المنشأة) بإحدى الطريقتين التاليتين :

(أ) الطريقة (A) : تحسب قيمة T بشكل تقريبي لكافة المباني من العلاقة :

(6.6)

$$T = C_t (h_n)^{3/4}$$

حيث :

$C_t = 0.0853$ للإطارات المعدنية المقاومة للعزوم.

$C_t = 0.0731$ للإطارات الخرسانية المسلحة المقاومة للعزوم وللإطارات المكتفة لا

مركزياً.

$C_t = 0.0488$ لكافة الأبنية الأخرى.

ويمكن كحل بديل أخذ قيمة C_t للمنشآت الحاوية على جدران قص خرسانية أو حجرية من العلاقة :

$$C_t = 0.0743 / \sqrt{A_c} \quad (6.7)$$

حيث A_c بالمتري المربع.

وتحدد قيمة (A_c) من العلاقة التالية :

$$A_c = \sum A_e [0.2 + (D_e/h_n)^2] \quad (6.8)$$

حيث: D_e (مقدرة بالمتر) هي كامل طول جدران القص (في الدور الأول) الواقعة على استقامة واحدة (بما فيها الفراغات بينها) والموازية للاتجاه المدروس.
 h_n (مقدرة بالمتر) هي الارتفاع فوق القاعدة حتى المنسوب n .
 ويجب أن لا تتجاوز قيمة (D_e/h_n) المستعملة في العلاقة السابقة القيمة (0.9).

(ب) الطريقة (B): يمكن حساب الفترة الأساسية (T) باستعمال الخواص الإنشائية والميزات التشوهية للعناصر المقاومة، وذلك باعتماد التحليل الإنشائي الدقيق.

ويجب أن لا تتجاوز قيمة (T) المحسوبة بالطريقة B أكثر من (30%) من قيمتها المحسوبة بالطريقة (A) في المنطقة الزلزالية الرابعة 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 :

$$T = 2\pi \sqrt{\left(\sum_{i=1}^n w_i \delta_i^2 \right) \div \left(g \sum_{i=1}^n F_i \delta_i \right)} \quad (6.9)$$

تمثل قيمة (F_i) القوة الجانبية الموزعة بشكل تقريبي وفق المبادئ الواردة في العلاقات الموجودة في الكود (ولمزيد من المعلومات، انظر الى الكود العربي الموحد، أو كود البناء المتناسق UBC-97 أو أي توزيع منطقي آخر، أما الإزاحات المرنة δ_i ، فتحسب بتطبيق القوى الجانبية (F_i).

2.6 طرق التحليل الديناميكية Dynamic Analysis Methods

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، وبالتالي ينتج عن التحليل الديناميكي أكثر من حل، لذلك تعتبر طرق التحليل والتصميم الديناميكي للمنشآت الأقرب إلى الواقع، وتعتبر هذه الطرق، بالمقارنة مع طرق التحليل الاستاتيكي، بأنها: متقدمة، وأكثر دقة، وتتطلب وجود كوادر متخصصة، وتكلفتها أعلى، وبنفس الوقت تعتبر هذه الطرق معقدة، إلا أن وجود برامج الكمبيوتر التخصصية جعلت استخدامها سهلاً، وعادة يوصى باستخدام هذه الطريقة في المنشآت المهمة أو في المنشآت التي لا تحقق شروط استخدام الطريقة الاستاتيكية المكافئة مثل المنشآت غير المنتظمة. ومن الجدير بالذكر، أنه في حالة المنشآت المنتظمة تكون نتائج الطرق الاستاتيكية المكافئة متطابقة بشكل كبير مع نتائج التحليل الديناميكي.

3.6 وزن المبنى Building Weight

تتناسب القوى الزلزالية التي يتعرض لها المبنى تناسباً طردياً مع وزنه، فزيادة وزن المبنى تؤدي إلى زيادة القوى الزلزالية التي يتعرض لها، وليس كما يعتقد عامة الناس، وبعض المهندسين أن زيادة وزن المبنى تسهم في تحسين مقاومته للزلازل، ولتخفيض وزن العناصر وخصوصاً العناصر غير الانشائية التي يتكون منها المبنى، هناك حاجة لتطوير مواد المباني وأنماطها الدارجة محلياً، فمعدل وزن المتر المربع الواحد في أنماط المباني الدارجة محلياً يزيد على 1 طن لكل متر مربع، وفي حالات كثيرة وصل إلى 1.5 طن لكل متر مربع، في حين أن وزن المتر المربع الواحد في المنشآت الحديثة في الولايات المتحدة وفي الدول الأوروبية لا يتجاوز في الغالب 700 كيلو غرام لكل متر مربع، ويعود سبب زيادة أوزان المباني في فلسطين، وفي بعض الدول العربية إلى أوزان وسماكات عدد من عناصر المبنى، وأهمها:

- الجدران الحجرية الخرسانية الخارجية،
- والبلاط الأرضي وطبقة الرمل والمونة الاسمنتية الموجودة اسفله،
- وأوزان بعض أنواع جدران القسامات،
- وأحياناً أوزان البلاطات الخرسانية،
- وغيرها.

وللتخفيف من أوزان الجدران الحجرية الخارجية، يجب عدم المبالغة في سماكة الطبقة الخرسانية لهذه الجدران، ولزيادة فعالية العزل الحراري لهذه الجدران، يجب تزويدها بطبقة خفيفة الوزن من مواد عازلة للحرارة، ومن الجدير بالذكر أن طريقة بناء الجدران الحجرية - الخرسانية الدارجة محلياً، ومواد البناء المستخدمة، بحاجة للتطور، ونفس الشيء ينطبق على بلاط الأرضيات، فوزن المتر المربع لبلاط الأرضيات والمونة الاسمنتية وطبقة الرمل (او طبقة العدسية) يصل، في كثير من الحالات، إلى 300 كغم، أو يزيد.

وعلى المستوى الدولي تستخدم حالياً عدة طرق للتخفيف من أوزان الأرضيات، وللاطلاع على بعض هذه الطرق انظر الشكل (2.6).



شكل (2.6): استخدام بلاط خفيف الوزن معلق على ركائز معدنية

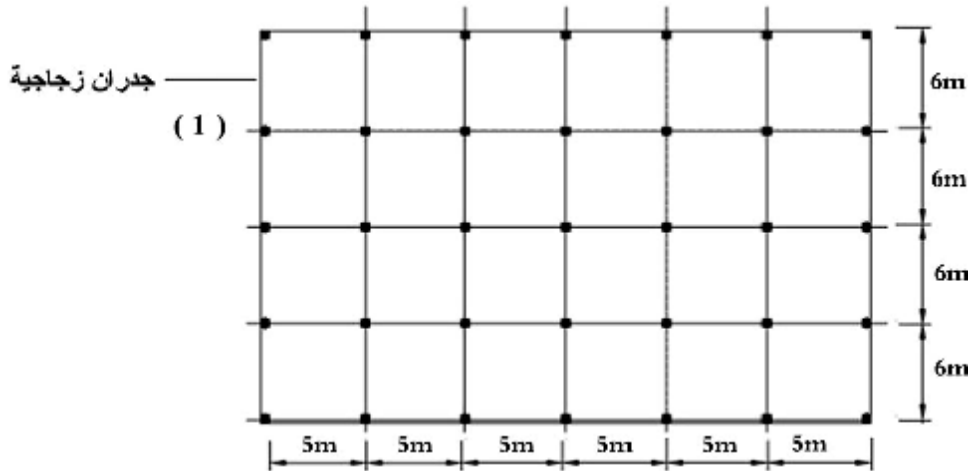
سؤال 1.6: ادرس بعض الأنماط التي يمكن استخدامها كبديل لأرضيات البلاط الدارجة محلياً، وضع تصوراً وأفكاراً لتطوير هذه الانماط، وبالتالي وضع الحلول المعمارية والانشائية اللازمة لمعالجة خطوط التمديدات الميكانيكية والكهربائية (مشروع مساق)؟

سؤال 2.6: ادرس كيف يتم بناء جدران القسامات الداخلية وفقاً لأنماط المباني الدارجة في فلسطين، وكذلك مواد البناء المستخدمة في هذه الجدران، ومن ثم مقارنة هذه الأنماط مع طرق وانماط مستخدمة خارج فلسطين، ومناقشة هذه الطرق واختيار أفضلها من حيث الوزن والسلوك الزلزالي (مشروع مساق)؟.

4.6 أمثلة حول كيفية حساب قيمة القوة الزلزالية (V)

مثال 1.6:

جد قيمة القوة الزلزالية الأفقية (V) التي يتعرض لها المبنى الموضح مسقطه الأفقي في الشكل (3.6)؟



شكل (3.6): مسقط أفقي لمبنى يتكون نظامه الإنشائي من الإطارات الخرسانية المسلحة من النوع Intermediate Moment-Resisting Frames

معطيات حول المبنى:

- موقع البناء: مدينة نابلس.
- عدد الطوابق: 10 طوابق.
- ارتفاع الطابق 3.3 متر.
- طبيعة تربة الموقع (Soil profile) من النوع Sc حسب تصنيف التربة في الكود العربي الموحد أو كود البناء المتناسق UBC 97 وكود البناء الدولي IBC.
- يتكون النظام الإنشائي للمبنى من إطارات خرسانية مسلحة متوسطة المقاومة للعزوم (IMF) Intermediate Moment Frames، وجدران المبنى الخارجية تتكون من جدران زجاجية.
- سيستخدم المبنى كمكاتب تجارية.
- جميع طوابق المبنى متساوية بالأوزان، ومعدل وزن المتر المربع الواحد في كل طابق يساوي $w_{D_1} = 0.85 \text{ ton} / \text{m}^2$

الحل:

- وزن المبنى (w)

$$W = W_{TOTAL} = w_{D_1} * A_{level} * \text{No. of floors}$$

$$W = 0.85 * 720 * 10 = 6120 \text{ ton}$$

وبما أن المبنى سيستخدم كمبنى لمكاتب إدارية وتجارية، فإنه، واستناداً للكود، فإن قيمة الأحمال الحية في المبنى لا تؤخذ بعين الاعتبار عند حساب قيمة W.

- من الخريطة الزلزالية الموضحة في الملحق رقم (3) تقع مدينة نابلس في المنطقة 2B، وبناء عليه تكون قيمة معامل زلزالية المنطقة يساوي $Z = 0.20$
- نجد قيمة المعامل C_v من خلال قيمة المعامل Z ونوعية التربة S_e ، حيث يتم استخدام الجدول (7.2) الموضح في الملحق (2): $C_v = 0.32$
- استناداً لطبيعة استخدام المبنى نجد قيمة معامل الأهمية I من الجدول (3.2) في

الملحق (2) I=1

- يتم إيجاد قيمة المعامل R من الجدول (4.2) في الملحق (2)، وذلك استناداً لطبيعة النظام الإنشائي المستخدم في المبنى، وهو إطار من الخرسانة المسلحة متوسط المقاومة للعزوم (IMF) Intermediate Moment-Resisting Frames

$$R = 5.5$$

- قيمة الفترة الأساسية للمبنى (T) تُحسب من خلال استخدام العلاقة (6.6) حيث:

$$C_t = 0.0731$$

$$h_n = 33m$$

$$T = 0.0731(33)^{3/4} = 1.006 \text{ sec} \approx 1 \text{ sec}$$

$$V = \frac{0.32 * 1}{5.5 * 1} * 6120$$

$$V = 0.0582 * 6120 = 356 \text{ ton}$$

التحقق من الحل:

$$V = \frac{2.5 * C_a * I}{R} * W$$

$$V = \frac{2.5 * 0.24 * 1}{5.5} * 6120 = 667.6 \text{ ton} > 356 \text{ ton}$$

$$V = 0.11 * C_a * I * w$$

$$V = 0.11 * 0.24 * 1 * 6120 = 161.57 \text{ ton} < 356 \text{ ton}$$

ok.

مثال (2.6):

بالنسبة للمبنى الموضح في الشكل (3.6)، جد قيمة القوة (V) في حالة كون النظام الإنشائي يتألف من إطارات خرسانية خاصة مقاومة للعزوم Special Moment Resisting Frame.

الحل:

من الجدول (4.2) - ملحق (2)

$$R=8.5$$

$$V = \frac{0.32 * 1}{8.5 * 1} * 6120 = 230.4 \text{ ton}$$

$$V = \frac{2.5 * 0.24 * 1}{8.5} * 6120 = 432 \text{ ton} > 230 \text{ ton}$$

$$V = 0.11 * 0.24 * 1 * 6120 = 161.57 \text{ ton} < 230 \text{ ton}$$

مثال (3.6):

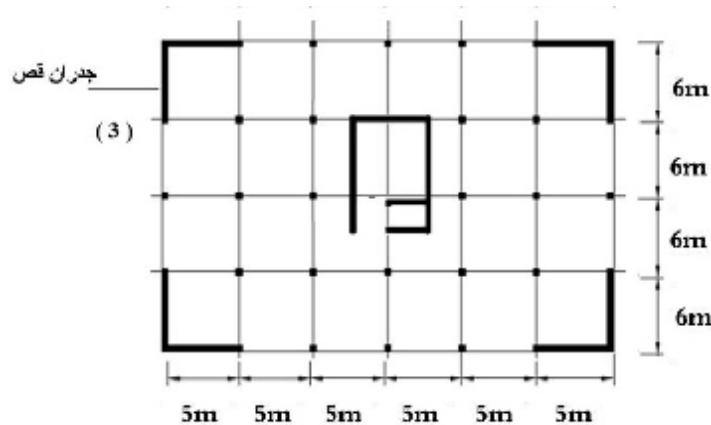
بالنسبة للمبنى الموضح في الشكل (3.6) جد قيمة القوة (V) في حالة كون النظام الإنشائي يتكون من إطارات خرسانية عادية مقاومة للعزوم (Ordinary Moment Resisting Frames)

الحل: من الجدول (4.2) - ملحق (2) $R=3.5$

$$V = 559.5 \text{ ton}$$

مثال (4.6):

بالنسبة للمبنى الموضح في الشكل (4.6) إذا كان النظام الإنشائي الرئيسي لمقاومة القوة الزلزالية الأفقية (V)، يتكون من الجدران المسلحة (Shear Walls)، وكان معدل وزن المتر المربع الواحد يساوي $w_{D_1} = 1.10 \text{ ton/m}^2$ ، جد قيمة القوة الزلزالية الأفقية (V)؟



شكل (4.6): مسقط أفقي لمبنى يتكون نظامه الإنشائي المقام للزلازل من جدران خرسانية مسلحة (SW_s)

الحل:

بناء على نوع النظام الإنشائي المستخدم:

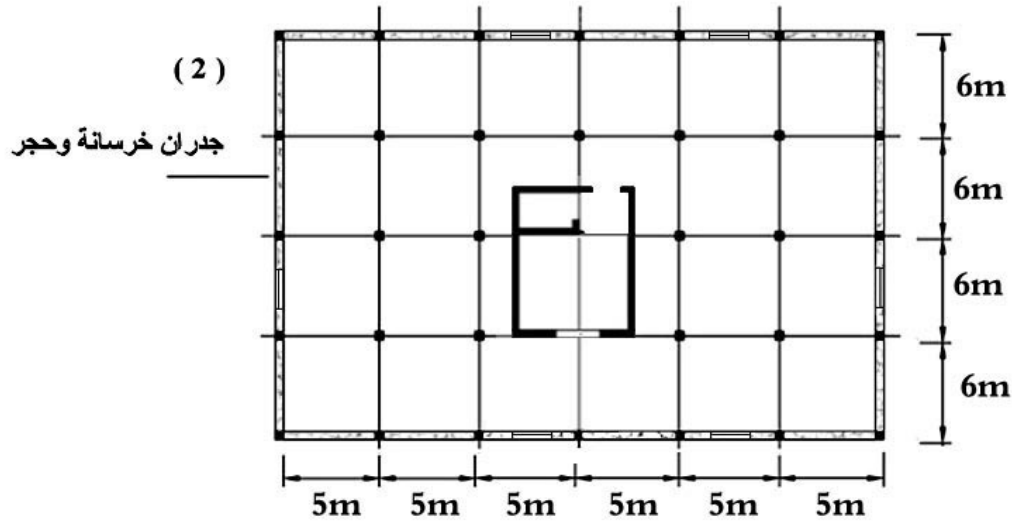
$$R = 5.5$$

$$T = 0.0488(33)^{3/4} = 0.672 \text{ sec}$$

$$V = \frac{0.32 * 1}{5.5 * 0.672} * 7920 = 685.7 \text{ ton}$$

مثال (5.6):

إذا كان النظام الإنشائي للمبنى الموضح في الشكل (5.6) يتكون من أعمدة وجسور خرسانية مسلحة وجدران خرسانية - حجرية (المباني الحجرية الدارجة الاستخدام في فلسطين)، وكان معدل وزن المتر المربع الواحد يساوي $w_{D_1} = 1.20 \text{ ton/m}^2$ ، جد قيمة القوة الزلزالية الأفقية (V) التي قد يتعرض لها المبنى؟



شكل (5.6): مسقط أفقي لمبنى جدرانه الخارجية تتكون من الحجر المصفح بالخرسانة

بناءً على نوع وطبيعة النظام الإنشائي المستخدم في المبنى فإن قيمة كل من المعامل T والمعامل R ، تساوي:

أ) حسب الكود العربي الموحد، وذلك على اعتبار ان نظام المبنى الانشائي يتكون من جدران حاملة مدعمة باطارات خفيفة

$$R = 4.5 \quad T=0.672 \text{ sec}$$

$$V = \frac{0.32 * 1}{4.5 * 0.672} * 8640 = 914.3 \text{ ton}$$

ب) حسب الكود الأردني

$$C_t = 0.04 \quad T=0.551 \text{ sec}$$

$$R = 3.5$$

$$V = \frac{0.32 * 1}{3.5 * 0.551} * 8640 = 1433.65 \text{ ton}$$

يلاحظ، من خلال الأمثلة الموضحة أعلاه، أن نمط البناء، وطبيعة النظام الانشائي للمبنى تتحكم بشكل واضح بقيمة القوى الزلزالية التي يتعرض لها المبنى.

وبعد ان يتم ايجاد قيمة (V)، واجراء مايلزم من تحقق، وفقاً للعلاقات المستخدمة في الكود، يتم توزيع هذه القوة (V) على طوابق المبنى، وكذلك على عناصره الإنشائية، وفي العادة يتم توزيع القوة (V) على الإطارات أو/ وعلى الجدران المسلحة او الحاملة، بحيث يتم ايجاد حصة كل إطار أو كل جدار من هذه القوة، وبعدها يتم إجراء التحليل الإنشائي اللازم لهذه الاطارات والجدران، وذلك تحت تأثير الاحمال الرأسية والأحمال الأفقية الزلزالية التي تم الحصول عليها.

الفصل السابع

قابلية الإصابة الزلزالية لأنماط المباني الدارجة في فلسطين

Seismic Vulnerability of Common Buildings in Palestine

1.7 مقدمة

يعتمد حجم أو مستوى المخاطر الناتجة عن كارثة ما على عدد من العوامل والمعايير، أهمها: عامل الخطر، وقابلية التأثر والأصابة، وقدرة العناصر المعرضة للخطر على تفادي آثار الكارثة أو تقليلها إلى أدنى حد ممكن. ومن خلال إجراء مقارنة سريعة للمنشآت القائمة مع متطلبات هندسة الزلازل وشروطها، تبين أن العديد من الأنماط الإنشائية والمعمارية المستخدمة في فلسطين لا تلبى متطلبات الحد الأدنى للمباني المقاومة للزلازل، ولا يوجد التزام حتى بالتوصيات العامة الخاصة بتشكيل المنشآت لمقاومة أفعال الزلازل (الدبيك 2007 و 2003E و 2000E)، وعموماً يمكن إجمال أهم العوامل التي تسهم في زيادة قابلية الإصابة الزلزالية لأنماط المباني الدارجة في فلسطين بما يلي: تأثير الموقع، والتشكيلات المعمارية والإنشائية للمباني، وأخطاء تتعلق بتصميم العناصر الإنشائية وتنفيذها.

2.7 تأثير الموقع Site Effect

لطبيعة الموقع، وتربة التأسيس تأثير كبير على سلوك المبنى الزلزالي، فقد أظهرت الوقائع والأحداث الزلزالية في كثير من الدول التي تعرضت للزلازل، كالزلازل التي حصلت في كل من: المكسيك 1985، وليمابرتا — كاريفورنيا 1989، وإيران 1990، والفلبين 1990، وكوستاريكا 1991، ونوثرديج — كاريفورنيا 1994، وكوبي اليابان 1995، وتركيا 1999، وتايوان 1999، والهند 2001، والسلفادور 2001، والباكستان 2005، والصين 2008، وغيرها، أن بعض الأضرار والانهيارات في المباني

والمنشآت الأخرى كان سببها عوامل تأثير الموقع. وعموماً يمكن تلخيص أهم عوامل تأثير الموقع، التي من المتوقع أن تسهم بشكل واضح، في ارتفاع قابلية الإصابة الزلزالية للمباني في العديد من المناطق الفلسطينية، بما يلي:

— البناء على الأراضي الجبلية شديدة الانحدار بدون إجراء التسويات اللازمة، وخصوصاً إذا كانت تربة التأسيس تتكون من الصخر الجيري المفكك.

— البناء على أراضٍ يحتمل أن تتعرض للانزلاقات الأرضية وقت حدوث الزلازل، كالبناء على الأراضي الصخرية الحورية أو الكلسية شديدة الانحدار، وما يرافق ذلك من قطع وحفر يؤثر في جوار المبنى، ومما يضاعف خطورة هذا النوع من المشاكل، هو عدم إجراء دراسات تحليلية لاستقرار المنحدر، وكذلك عدم وجود خرائط أو سياسات وطنية لاستخدامات الأراضي، فخلال السنوات الماضية، تعرض عدد من المناطق في الضفة الغربية لحصول انزلاقات أرضية (انظر الشكل 1.7)، وذلك بسبب البناء على أراضٍ قابلة للانزلاق، وقد رافق ذلك عدم المراعاة لطريقة وشكل الحفر والقطع في المنطقة السفلية للانحدار، بالإضافة إلى زيادة الأوزان في الجزء العلوي للمناطق المنحدرة نتيجة لأوزان المباني. وهذه الانزلاقات حصلت بدون زلازل، فماذا يمكن أن يحصل لهذه المواقع والمباني المقامة عليها إن تعرضت في المستقبل، لاسمح الله، لهزات أرضية، وخصوصاً إذا حصلت هذه الهزات خلال فصل الشتاء أو نهايته، فخلال هذه الفترة تكون التربة الصخرية الحورية أو الطينية في هذه المناطق مشبعة بالرطوبة، وبالتالي تكون قابليتها للانزلاقات مرتفعة جداً.

وإضافة لما قد تحدثه الانزلاقات الأرضية من انهيارات للمباني وخسائر أخرى في البنى التحتية فقد تؤدي هذه الانزلاقات لإغلاق الطرق والممرات الجبلية (انظر الشكل 2.7)، وبالتالي عدم تمكين مؤسسات الإغاثة وإسناد الطوارئ من الوصول إلى المناطق المنكوبة، وهذا ما حصل فعلاً في كثير من الزلازل التي حصلت في العالم، وكان آخرها الزلزال الذي تعرضت له الباكستان عام 2005، وزلزال الصين 2008 (تقارير المعهد (Earthquake Engineering Research Institute - EERI).



انزلا قات في مدينة نابلس 1997



انزلا قات في مدينة نابلس 2005



انزلا قات في مدينة نابلس 2003

شكل (1.7): بعض الإنزلاقات الأرضية التي حصلت في بعض المدن الفلسطينية.

- البناء على التربة الرملية المشبعة بالرطوبة، كالبناء على شاطئ البحر، قد يؤدي لحصول أضرار وانهيئات في هذه المباني اذا تعرضت تربة الموقع لحصول ظاهرة التميؤ (Liquefaction)، فقد أظهرت الأحداث والتجارب الزلزالية أن التربة الرملية المشبعة بالرطوبة تنمياً (أي تصبح كالماء) عند تعرضها للهزات الأرضية وخصوصاً القوية منها، وللإطلاع على تأثير ظاهرة التميؤ في المباني والمنشآت (انظر الشكل 2.7).

- البناء على أراضي بدون دراسة تأثير عامل التضخيم الزلزالي، الذي قد يحدث بسبب العلاقة بين تردد الاهتزازات الطبيعية لكل من المبنى وتربة الموقع، فإذا تساوى أو اقترب التردد الطبيعي لتربة الموقع مع التردد الطبيعي للمبنى، يحصل تضخيم



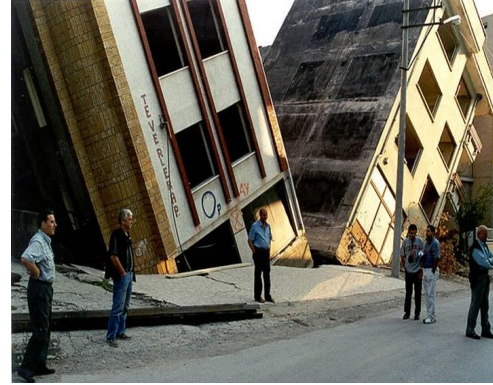
انزلاقات أرضية، زلزال ليمابرتا-كاليفورنيا
1989



انزلاقات أرضية أدت لإغلاق الطرق في
المناطق الجبلية زلزال باكستان 2005



تميؤ بالتربة - زلزال كوبي - اليابان



تميؤ بالتربة الرملية - زلزال تركيا

شكل (2.7): عوامل تأثير الموقع، الإنزلاقات الأرضية و تميؤ التربة الرملية تحت تأثير الزلازل.

زلزالي أي تتضاعف القوى الزلزالية التي يتعرض لها المبنى (الدبيك 2007 و EERI reports)، ويمكن بسبب هذه الظاهرة أن تتضاعف القوى الزلزالية أكثر من 10 أضعاف، وهذا يعني انهيار المبنى، وتسمى هذه الظاهرة علمياً بظاهرة الرنين

(Resonance)، ولتجنب هذه الظاهرة يجب أن يكون هناك فرق واضح بين قيمة التردد الطبيعي لتربة الموقع وقيمة التردد الطبيعي للمباني التي ستقام على هذه التربة، بمعنى ان يتم اختيار أنماط المباني التي تتناسب مع طبيعة تربة الموقع، وللسيطرة على تردد المبنى يتحكم المهندس المصمم بالعوامل التي تؤثر في قيمة هذا التردد وأهمها: عدد الطوابق، وارتفاع الطابق، والنسبة بين ارتفاع المبنى وعرضه، والنظام الإنشائي المستخدم (نظام الاعمدة المسلحة، أو الجدران المسلحة، او النظامين معاً).

ولتوضيح ظاهرة الرنين، مثلاً: قد تصلح بعض المناطق لبناء مبانٍ ارتفاعها اقل من 6 طوابق أو أكثر من 10 طوابق، ولمعرفة التردد الطبيعي لموقع البناء يمكن الاستعانة بخواص تربة الموقع وعمقها، وحساب التردد باستخدام العلاقات الحسابية، أو قد يتم إيجاد قيمة التردد الطبيعي لتربة الموقع باستخدام الاجهزة الزلزالية الخاصة، مثل جهاز السيسموميتر الحثلي. ومن الأحداث والوقائع الزلزالية التي أظهرت عامل تأثير الموقع بشكل واضح، زلزال المكسيك سنة 1985، ففي بعض المناطق التي تعرضت للزلازل انهارت معظم المباني التي يتراوح ارتفاعها بين 16 و 22 طابقاً في حين لم تتأثر المباني التي ارتفاعها 40 و 50 طابقاً والموجودة في نفس المنطقة المتضررة.

ومن المعروف أن تجنب عوامل تأثير الموقع: الانزلاقات الأرضية، والتميو، والتضخيم الزلزالي، يُعطي الأولوية القصوى أثناء عملية التخطيط والتصميم، فمواجهة هذه العوامل يؤدي الى تكلفة عالية جداً، اما تجنبها فيؤدي الى تخفيف الأخطار بشكل كبير، ويتم التحكم عادة في هذه العوامل من خلال وضع سياسة وطنية لاستخدامات الأراضي (Land Use Policy).

3.7 أخطاء تتعلق بالتشكيل المعماري والإنشائي للمباني

للتشكيل المعماري وابعاد المبنى، ولنوع وتوزيع وطريقة ربط العناصر غير الإنشائية، وغيرها من العوامل (تم تناول هذه المواضيع في الفصول السابقة) دور كبير في السلوك الزلزالي للمباني (Federal Emergency Management Agency –FEMA- 1998, Uniform Building Code -

الملاحظات أو الأخطاء التي تتعلق بالتشكيل المعماري والإنشائي لانماط المباني الدارجة في فلسطين بما يلي:

- عدم تحقيق التماثل التقريبي في كل من المستويين الأفقي والرأسي للشكل والكتل وللعناصر الإنشائية، فتحقيق التماثل في المساقط الأفقية والرأسية (أي في أشكال مساقط المباني) يسهم في تخفيض قابلية الإصابة الزلزالية لهذه المباني، وإن لم تصمم لمقاومة الزلازل.
- استخدام نظام الطابق الرخو (Soft Story).
- وجود أو تشكيل الأعمدة والجسور القصيرة في المباني مع عدم مراعاة الحلول الإنشائية اللازمة لمعالجة هذا النوع من العناصر.
- عدم استخدام الفواصل الزلزالية (Seismic Joints) بين المنشآت، أو أجزاء المنشأ الواحد، أو أحيانا عدم الالتزام بالعرض المطلوب لهذه الفواصل.
- المبالغة في استخدام الأنظمة الكابولية/ الطيرانات (Cantilever Systems) في المباني وخصوصا" عندما تكون بحور (Spans) هذه الطيرانات كبيرة ومحملة بجدران ثقيلة.
- وجود مبانٍ نحيفة بارتفاعات تزيد على 4 أو 5 أضعاف عرضها (مبانٍ نحيفة) دون الأخذ بعين الاعتبار لضوابط هندسة الزلازل في مثل هذا النوع من المباني.
- استخدام الحجر في البناء دون تأمين ترابط وتماسك كافٍ بين الحجر والخرسانة، وعدم تربيط العناصر غير الإنشائية الأخرى: كجدران الطوبن والرخام، والديكور، وغيرها.
- البناء فوق مبانٍ قائمة قديمة، واستخدام أنظمة إنشائية مختلفة.

4.7 أخطاء تتعلق بتصميم وتنفيذ العناصر الإنشائية

يتأثر سلوك العناصر الإنشائية (الأعمدة والجسور والجدران الحاملة والأسقف والقواعد) بنوعية المواد المستخدمة وأبعادها وطريقة تشكيلها، بالإضافة الى طريقة ربط هذه العناصر مع بعضها البعض، وعموماً، يمكن إجمال أهم الأخطاء في تصميم وتنفيذ هذه العناصر، والتي ستؤدي بدورها إلى رفع قابلية الإصابة الزلزالية، بما يلي:

- وجود أخطاء تنفيذية في تربيط الحديد، وفي خط مساره وطرق صب الخرسانة، وأخرى تتعلق بشاقولية العناصر الإنشائية (كالأعمدة والجدران الحاملة) ونوعية المواد المستخدمة.

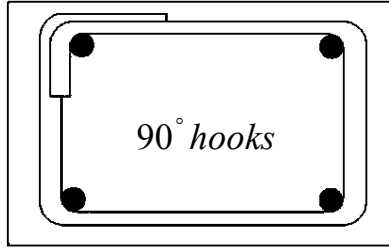
- عدم تأمين إحاطة (Confinement) كافية للمناطق الحرجة، بمعنى عدم تزويد المناطق الخطرة بالتسليح العرضي (الكانات أو الأساور) الكافي، وعدم الاهتمام بشكل هذه الكانات وطريقة توزيعها، وخصوصاً في مناطق المفاصل أو العقد (مناطق تقاطع الأعمدة مع الجسور/ الكمرات)، وكذلك عدم تحقيق تفاصيل التسليح اللازمة (انظر الاشكال 3.7 و 4.7)، فمثلاً لا يهتم الكثير من المقاولين أو بعض المهندسين بضرورة عكف الكانة بزاوية 135° درجة بدل 90° درجة (انظر الشكل 3.7)، وكذلك عدم تكثيف وزيادة هذه الكانات وخصوصاً في أطراف الأعمدة والجسور ومنطقة تقاطعها، وذلك على اعتبار أن هذه المناطق هي مناطق حرجة وخطيرة، ووجود وتكثيف الكانات في هذه المناطق بالشكل والعدد الكافي يسهم، بشكل كبير، في استيعاب القوى الزلزالية، وتحقيق الأمان للمبنى.

- عدم تأمين النوعية اللازمة للخرسانة، وخصوصاً في العناصر الإنشائية، وغالباً ما يكون السبب الرئيسي لضعف الخرسانة هو أخطاء في التنفيذ، وعدم إيناع وسقاية الخرسانة بعد صبها. أما في المباني القديمة، فهناك عوامل الاهتراء والتآكل والصدأ التي تنتج عن عمر المبنى والظروف المحيطة، بالإضافة لعدم إجراء الصيانة الدورية اللازمة.

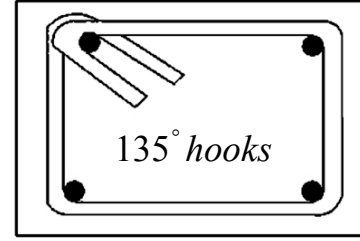
وقد أظهرت دراسات الاستطلاعات الميدانية أن العديد من المباني القائمة، تحتوي على واحد أو أكثر من الملاحظات أو الأخطاء المذكورة (الدبيك 2007، بحث).

5.7 مؤشر قابلية الإصابة الزلزالية

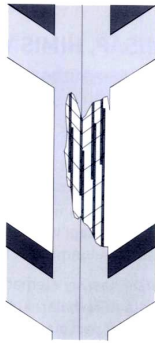
يستخدم مصطلح قابلية الإصابة الزلزالية **Seismic Vulnerability** للتعبير عن الاختلافات في طريق التصرف التي تبديها المباني تجاه الهزات الأرضية، فعندما تتعرض مجموعتان من المباني لنفس الهزة الأرضية، وتكون النتيجة أن تصرف إحدى المجموعات بطريقة أفضل من الأخرى، عندئذ نقول إن المباني، التي تعرضت لأضرار أقل، لها قابلية إصابة أقل من المباني التي تعرضت لأضرار أكبر (UNESCO 1995, EERI reports)، والعكس صحيح، وتعتمد قابلية المباني للإصابة على زلزالية المنطقة، وطبيعة تربة الموقع، بالإضافة إلى طبيعة النظام الإنشائي ونوعيته وتشكيله، وتوزيع عناصره المعمارية والإنشائية.



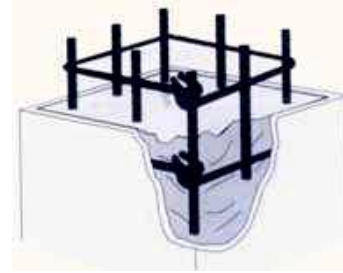
شكل الكانات/ الأساور الدارجة محليا
(لا تحقق المتطلبات الزلزالية)



شكل الكانات/ الأساور حسب
مواصفات المباني المقاومة للزلازل



المنطقة المثالية لتشريك
الحديد الطولي في الأعمدة
حسب مواصفات المباني
المقاومة لأفعال الزلازل،
وخصوصاً في المناطق
المحتمل تعرضها لزلزال
قوية/ او قوية جداً.



شكل (3.7): شكل وطريقة ربط الكانات (الأساور)



زلزال كوبي 1995



زلزال المغرب 2004



زلزال الباكستان 2005



زلزال الهند 2001



زلزال الجزائر 2003 (بومرداس)

شكل (4.7): شواهد لانتهيار الأعمدة والمفاصل بسبب عدم كفاءة التسليح العرضي المستخدم

وتتأثر درجة انهيار أو إعطاب المباني، تحت تأثير القوى الزلزالية، بعدد من العوامل، وتصنف هذه الأضرار، بدورها، حسب المقياس الأوروبي (European Macroseismic Scale- 98) إلى خمس درجات. ولتسهيل وصف الأضرار، وبالتالي تحديد درجتها، تم تصنيف المباني إلى مجموعتين: مجموعة المباني الخرسانية المسلحة، والمجموعة الثانية خاصة بالمباني غير المسلحة (Masonry Buildings)، ولأخذ فكرة عن درجات الأضرار في العناصر الإنشائية وغير الإنشائية وفق المقياس EMS - 98 (انظر الملحق رقم 3).

6.7 التقييم الزلزالي للمباني وتحليل قابلية إصابتها

يعتبر التقييم الزلزالي العام أو السريع 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 وأصحاب القرار تقديرات تقريبية للخسائر المتوقعة، وبالتالي اتخاذ الإجراءات اللازمة على كافة المستويات للتخفيف من المخاطر المحتملة، وذلك من خلال وضع خطط وطنية لتطوير الجاهزية على المدى الزمني القصير، والمتوسط، والبعيد.

تحديد مستويات قابلية الإصابة الزلزالية للمباني، عن طريق تصنيف المباني إلى فئات قابلية الإصابة (Vulnerability Classes)، ويعتمد هذا الأسلوب في تصنيف المباني على نوع النظام الإنشائي للمبنى باعتباره العامل الرئيسي (انظر الملحق رقم 3 - جدول فئات قابلية الإصابة وفقاً للمقياس الأوروبي EMS-98)، وعلى تحديد قابلية الإصابة لكل عنصر أو نمط من الأنماط الإنشائية والمعمارية التي تم ذكرها في فصول الكتاب، ومن ثم يتم تحديد قابلية الإصابة الزلزالية للمبنى ككل، ولتحديد قابلية الإصابة الزلزالية لأنماط المباني الدارجة محلياً (الدبيك 2007) استخدم المؤلف المقياس الأوروبي EMS-98، وتضمنت الدراسة الميدانية استطلاع منطقة أو أكثر في المدن التي شملتها الدراسة وهي: القدس، ونابلس، ورام الله، وبيت لحم، والخليل، وجنين، وطولكرم، وقلقيلية. وعموماً يندرج حجم العينات التي تم استخدامها في المدينة الواحدة

ضمن ما يسمى دراسة عينات متوسطة العدد، 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).

واستناداً إلى الأحداث الزلزالية وعدد من المراجع العلمية المختصة (EMS-98, EERI reports) فإن المباني والمنشآت المنتظمة (Regular Buildings)، وإن لم تصمم للزلازل، فإن قابلية إصابتها الزلزالية من المتوقع أن تكون كما يلي:

- المباني القديمة من الجدران الحجرية الحاملة غير المسلحة قابلية إصابتها الزلزالية تقدر بالفئة B.

- المباني الخرسانية الهيكلية (Reinforced concrete frame buildings) والمباني الهيكلية المكثفة (Braced buildings) قابلية إصابتها تقدر بالفئة C، فبالنسبة لمعظم أنماط المباني المستخدمة حالياً في فلسطين، والتي تتشكل أنظمتها الإنشائية من أعمدة وجسور، ويتخلل جدرانها الخارجية طبقة من الخرسانة مكسوة بالقطع الحجرية، يمكن تصنيفها ضمن هذه الفئة.

- مباني الجدران الخرسانية المسلحة قابلية إصابتها الزلزالية تقدر بالفئة D (والمقصود بهذا النوع من المباني، المباني المزودة بجدران قص Shear walls موزعة بشكل متماثل).

ويُشار إلى أن فئات قابلية الإصابة حسب المقياس الأوروبي EMS-98، هي: A و B و C و D و E و F، حيث A تمثل فئة أعلى قابلية إصابة في حين تمثل F فئة أقل قابلية إصابة، انظر الملحق رقم (3)، وبالإستعانة بمنهجية المقياس EMS-98 وضوابطه من حيث كون العناصر والتشكيلات الإنشائية والمعمارية في المبنى الواحد تحكم وتقرر تصرفه، فقد تم اعتماد قابلية الإصابة للمباني من خلال نتائج قابلية الإصابة لعناصرها والأنظمة الإنشائية المستخدمة. وظهرت الدراسة (الدبيك 2007)، أن قابلية الإصابة الزلزالية لأنماط المباني الدارجة محلياً مرتفعة، فمعظم المباني التي تم استطلاعها تراوحت قابلية إصابتها بين الفئة A و B والقليل منها من الفئة C، في

حين كانت المباني من الفئة D محدودة جداً، وكذلك اظهر التقييم انه لا توجد فئات من نوع E و F في المباني التي تم استطلاعها، وذلك لكون هذه الفئات خاصة بأنماط وتصاميم إنشائية زلزالية غير موجودة أصلاً في مباني المناطق المدروسة، وعموماً يتوقع بأن يكون وجود هذه الفئات في المباني في فلسطين محدوداً جداً. ولمزيد من المعلومات حول نسب درجات الأضرار والانهيارات المحتملة في بعض المدن الفلسطينية انظر كتاب الزلازل وجاهزيتنا (الدبيك 2007)، والى بحث قابلية الإصابة والسلوك الزلزالي المتوقع لأنماط المباني الدارجة في الضفة الغربية (الدبيك 2007، بحث).

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 والانهيار 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 أنماط المباني المستخدمة وأنواعها، قد تتعرض " لا سمح الله" إلى خسائر كبيرة نتيجة للأضرار والانهيارات الكلية والجزئية (أضرار وانهيارات من الدرجة 3 و 4 و 5 وفقاً للمقياس الاوروبي EMS-98) والتي قد تحدث للمباني في حالة تعرضها لزلازل قوية أو قوية نسبياً، وهذه النسبة تعتبر بلا شك كبيرة، إضافة الى أن هناك احتمالاً كبيراً بأن تتعرض العديد من الطرق الى الإغلاق والإعاقة، وبالتالي إحداث إعاقة و إرباك في عمليات الإنقاذ وإسناد الطوارئ، وللاطلاع على درجات الأضرار وتصنيفها وفقاً للمقياس الاوروبي EMS-98، انظر الملحق رقم (3).

لذلك يجب العمل بالسرعة الممكنة على الالتزام بمعايير وضوابط ومواصفات المباني المقاومة للزلازل أثناء عمليات تصميم وتنفيذ المنشآت الجديدة، وكذلك تأهيل المباني القائمة زلزالياً من خلال اعتماد خطة وطنية شاملة يمكن تنفيذها على مراحل، بالإضافة الى ضرورة اعتماد سياسة وطنية لاستخدامات الأراضي، وذلك لتجنب أو لتخفيف مخاطر الانزلاقات الأرضية، وتميؤ التربة والتضخيم الزلزالي، بالإضافة إلى

وضع هيكلية لإدارة العمليات ومواجهة الكوارث وإسناد الطوارئ. وتجدر الإشارة هنا الى أن الكثير من المواطنين وبعض المهندسين يعتقدون أن التصميم والتنفيذ الزلزالي للمباني شئ صعب، وتكلفته المالية عالية جداً، وهذا غير صحيح، فالتصميم الزلزالي له عدة مستويات من الأمان والدقة، فبالنسبة للمباني العادية قد تزداد تكلفة المبنى بسبب التصميم والتنفيذ الزلزالي بنسبة ثلاثة في المئة فقط كحد أقصى، وكما سبق وأوضحنا، إذا كان المبنى بسيطاً ومنتظماً أفقياً ورأسياً، أي إذا كان متماثلاً في الشكل والكتل، وفي توزيع الأعمدة والجدران، فإن ذلك سيسهم، بشكل كبير، في مقاومته للزلازل، وإن لم يصمم لذلك. وهذا يؤكد أهمية المهندس المعماري ودوره الكبير في الحد من المخاطر الزلزالية، ولتغيير الوضع الحالي، يجب التعلم من أخطاء الآخرين، وهذا يتطلب الانتقال من عقلية الهندسة الدارجة الى الهندسة المتجددة.

المراجع العربية والاجنبية (References)

- الدبيك جلال، (2009)، "الزلازل وتخفيف مخاطرها"، مقرر دراسي، الطبعة الأولى، عمادة البحث العلمي، جامعة النجاح الوطنية.
- 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، (2007)، "الزلازل وجاهزيتنا"، الطبعة الأولى، عمادة البحث العلمي، جامعة النجاح الوطنية.
- الدبيك جلال، (2006)، "تصميم المباني لمقاومة أفعال الزلازل"، دوسية مساق - مشروع كتاب، كلية الهندسة، جامعة النجاح الوطنية.
- الدبيك جلال، (2006)، "الزلازل وجاهزيتنا بكل صراحة"، مقالة، الجزيرة نت، www.aljazeera.net
- الدبيك جلال، (2000)، "أنماط المباني الدارجة محلياً والزلازل" مجلة المهندس الفلسطيني العدد 45، 100-103.
- الدبيك جلال، (1999)، "تخفيف مخاطر الزلازل في فلسطين"، الحلقة الدراسية الرابعة لمجالس البحث العلمي العرب، اليمن.
- الدبيك جلال، جردانه عصام، الجوهرى عبد الحكيم، (1998)، "الدراسات والفحوصات الهندسية ومعالجة الانزلاقات في منطقة الجبل الأبيض - نابلس"، ندوة الفحوصات الهندسية وتطور الصناعة الإنشائية، كتاب أبحاث الندوة صفحة 163 - 192، فلسطين.
- ايلوش محمد، (1996) "أساسيات علوم الزلازل والهندسة الزلزالية"، الطبعة الأولى، ايداع ع - 1996/1/94، دمشق، سوريا.
- السمارة محمد، (2006) "اساسيات ديناميك المنشآت والهندسة الزلزالية" الطبعة الاولى، دمشق.
- الكود العربي الموحد للمباني والمنشآت المقاومة للزلازل، (2005). مجلس وزراء الإسكان والتعمير العرب، دمشق.

- كودة المباني المقاومة للزلازل، (2005)، وزارة الاشغال العامة الاردنية، رقم الايداع (2005/11/2587)، عمان، الطبعة الاولى.
- نشرات توعية وإرشاد "قبل وأثناء وبعد" الزلازل/الكوارث، صادرة عن عدد من المؤسسات الفلسطينية والعربية والدولية، وأهمها:
 - مركز علوم الأرض وهندسة الزلازل في جامعة النجاح 1997.
 - المديرية العامة للدفاع المدني – إدارة الكوارث والتعاون الدولي 2004 و 2006، الأردن.
 - المركز الوطني للبحث المطبق في هندسة مقاومة الزلازل والمديرية العامة للحماية المدنية، 1997، الجزائر.
 - المعهد الدولي لهندسة الزلازل وعلم الزلازل (IIIES)، دائرة العلاقات العامة، بالتعاون مع برنامج الأمم المتحدة الإنمائي UNDP، 1997 إيران.
 - معهد دراسات الزلازل في جامعة Bogazici University تركيا، 2003
 - اللجنة الوطنية العليا للتخفيف من آثار الكوارث، اليمن.
 - سلطة المصادر الطبيعية، والدفاع المدني الأردني (عدد من النشرات)، الأردن.
 - الهلال الأحمر الفلسطيني، 2005.
- AL – Dabbeek, j., (2000.), “Expected Seismic performance of Palestinian Common Buildings,” Expert Meeting on Earthquake Engineering and Seismic Retrofit (UNESCO, Beirut,) Nov. 2000.
- 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.
- Al-Dabbeek, J., and El-Kelani, R., (2005),”Dead Sea Earthquake of 11 February 2004, ML 5.2: Post Earthquake Damage Assessment in the West Bank, Palestine,” the International Earthquake Engineering Conference, Nov. 2005, Jordan.
- AL–Tarazi, E., (1992), "Investigation and Assessment of Seismic Hazard in Jordan and its Vicinity": Ph. D. Thesis, Ruhr – Universitat, Bochum, Germany.
- Al - Qaryouti, M. Amrat, A., Q., and Maias, O., (1997) "Amplification Factor and Predominant period for the Site of Jordan Seismological

Observatory Building Using Microtremar Measurements": Jordan Seismological Observatory, Buletin No. 29, Amman.

- Christopher A., (2001), Architectural Considerations, The Seismic Design Handbook, edited by Farzad Naeim, second edition, Kluwer Academic Publishers, USA.
- DESERT Team, (2004), "The crustal structure of the Dead Sea Transform": Geophysics, J. Int. 156, 655 – 681.
- Dowrick, David, J. (1987), "Earthquake Resistant Design for Engineers and Architects", 2nd Ed., John Wiley and Sons, New York.
- European Macroseismic Scale (1998). Working Group M.S., European Seismological Commission Luxembourg Cahiers du Center European de Geodynamique at de Seismologie, Vo 1. 15.
- Earthquake Engineering Research Institute (1996). "Scenario for a Magnitude 7.0 Earthquake on the Hayward Fault": Report, EERI Publication No. HF-96.
- Earthquake Engineering Research Institute, (1999), "The Athens, Greece Earthquake of September 7, 1999": Special Earthquake Report Learning from Earthquake, Volume 33, Number 11.
- Earthquake Engineering Research Institute (1996). "Post -Earthquake Investigation Field Guide," Learning from Earthquake, Publication No. 96-1.
- Earthquake Engineering Research Institute, (2003). "The Boumerdes Algeria, Earthquake May 21, 2003, learning from Earthquake, Reconnaissance Report, Oct 2003.
- El-Isa, Z., Mechi, J., Prodehl, c. Makris, J. and Rihm, R., (1987), "A Crustal Structure Study of Jordan derived from seismic refraction data, Tectonophysics, 138, 235 – 253.
- 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.
- Fournier d'Albe, E., (1988), "The Assessment of Seismic Risk," Edited by Koridze, A.: Seismic Risk assessment and Design of Building Structures, (UNESCO), Omega Scientific, England, , U.K., 31-46.
- Hanson, R.D., (1996). "The evaluation of reinforced concrete members damaged by earthquake," Earthquake Spectra, 12 (3), 457-478.
- Husein Malkawi, A. I. and Fahmi, Kh. J., (1999), "Locally derived earthquake ground motion attenuation relations for Jordan and

conterminous areas”: Quarterly Journal of Engineering Geology, 29, 309 – 319 November.

- Hu,X., Liu, and Dong, W. (1996). "Earthquake Engineering," First Edition, Cahmpand and Hall, London SEI 8HN, U.k.
- Idriss, I.M., (1990). "Influence of local Site Conditions on Earthquake Ground Motions," Proc. 4th U.S. Nat. Conf. Earthquake Engineering Vol. 1. 55-57, Plam Springs, California.
- Klinger, R.E. (1994). “Performance of Masonry Structures in the Northridge, California Earthquake of January 17, 1994,” Technical Report 301-94 of the Masonry Society, Boulder, USA.
- 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.
- Lagorio, H.J, (1990). “An Architects Guide to Nonstructural Seismic Hazards", John Wiley & Sons Inc., New York, 1990.
- Mario Paz, (1994), “International Handbook of Earthquake Engineering”, First Edition, by Chapman and Hall, N Y 10119, 331-341.
- Mc Gavin, L. (1981), "Earthquake Protection of Essential Building Equipments" John wiley.
- Mourad, Sh., (1998), "Seismic Design Philosophy": Lecture Notes for the Training course on Seismic Retrofit and Upgrading Fundamentals, Cairo Univ. and UNSCO Regional, Cairo Office.
- Naeim, F., (2001), “The Seismic Design Handbook”: second edition, Kluwer Academic Publisher.
- NEHRP, (1997), “Recommended Provisions for the Development of Seismic Regulations for New Buildings”, 1997 Edition, Building Seismic Safety Council, Washington, D.C..
- NEHRP (1997), “Guide Lines for the Seismic Rehabilitation of Buildings”, FEMA-273, Building Seismic Safety Council, Washington, D.c.
- Pop, I., Negoita, A., and others (1985). "Inginerie Seismica", Editura Didactica si Pedagogica, Bucuresti.
- Oliveria, C., (2003). “Seismic Vulnerability of Historical Constructions, Bulletin of Earthquake Engineering”: European Association for Earthquake Engineering, Vol. 1, No.1.

- Peter S., and Marjanal, L., (1988), "Estimation of Expected seismic Vulnerability": UNESCO INEEC, Omega scientific, U.K., 47-62.
- Paulay, T., (1986) "The Design of Ductile Reinforced Concrete Structural Walls for Earthquake Resistance," EERI Earthquake Spectra 2, No. 4, 783-823, Oct.
- Roberto D. Hanson and Tsu T. Soong, (2001), Seismic Design with Supplemental Energy Dissipation Devices, EERI, Monograph no. 8
- Salvadori, M., (1983). "Constructii Lupta Impotriva Gravitatiei, Editura Albatros, Bucuresti.
- Sheppard, P., (1988), "Estimation of Expected Seismic Vulnerability": Koridze, A.: Seismic Risk Assessment and Design of Building Structures, (UNESCO), Omega scientific, England.
- Sadek, A., (1998). "Seismic Evaluation of Existing structures," Lectures Notes for the Training Course on Seismic Retrofit and Upgrading Fundamentals, UNESCO Regional office, Cairo.
- Steven K., (1996). "Geotechnical Earthquake Engineering": University of Washington, Prentice Hall, New Jersey 07458.
- Stone, W., C., Yoke, F., Y., Celebi, M., Hanks, T., and Leyendecker, E., V., (1987), "Engineering Aspect of the September 19, 1985. Mexico Earthquake", NBS Building Science Series 165, National Bureau of Standard, Washington, D.C
- U.S. Geological Survey Circular, (2000), "Implications for Earthquake Risk Reduction in the United States from the Kocaeli, Turkey, Earthquake of August 17, 1999": circular 1193.
- Uniform Building Code UBC, (1997), "Edition, International conference of Building Officials": Whittier, California, 1997.
- UNESCO, (1995), "Training Material for Disaster Reduction", Participation in Structural Upgrading, project Delft, the Netherlands.
- USAID-MERC Project Team, (2004), "Earthquake Hazard Assessment and Building Code": Final report, Earth Sciences and Seismic Engineering Center at An Najah National University.
- International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies, (1999), "World Disaster Report": Geneva, Switzerland.
- Earthquake Engineering Research Institute, (1973-2007). Newsletters and Reconnaissance reports,

- تقارير المعهد الأمريكي لبحاث هندسية الزلازل (EERI)، حول زلزال سان فرناندوا 1971، والمكسيك 1985، وأرمينيا 1988، وليمابرتا - كاريفورنيا 1989، وإيران 1990، والفلبين 1990، وكوستاريكا 199، ونوثرديج - كاريفورنيا 1994، وكولومبيا 1999، وتركيا 1999، وتايوان 1999، والهند 2001 والسلفادور 2001، وبام - إيران 2003، وأندونيسيا - جزيرة سومطرة (تسونامي) 2004، واليابان 2004، وباكستان 2005، وأندونيسيا 2006، واليابان 2007، والصين 2008.

ملحق رقم (1)

- عدم الانتظام الإنشائي في المسقط الرأسي
- عدم الانتظام الإنشائي في المسقط الأفقي

عدم الانتظام الإنشائي في المسقط الرأسي (استناداً للكود العربي الموحد 2006)

البند المرجعي	شكل عدم الانتظام وتعريفه
ب/4/9/3	(1) عدم انتظام في القساوة - الطابق اللين (الطابق الرخو): يكون الطابق رخواً إذا كانت صلابته (جسأته) الجانبية أقل من 70% من صلابة الطابق الذي يعلوه أو أقل من 80% من متوسط الجسأات (الصلابات) للطوابق الثلاثة التي تعلوه.
ب/4/9/3	(2) عدم انتظام في الوزن (الكتلة): يعتبر عدم الانتظام هذا موجوداً عندما تكون الكتلة الفعالة لأي طابق أكبر من 150% من الكتلة الفعالة لطابق مجاور. وعندما يكون السقف الأخير أخف وزناً من الدور الذي تحته، فعدم الانتظام هذا لا يؤخذ بالحسبان.
ب/4/9/3	(3) عدم انتظام هندسي في الاتجاه الرأسي: يلزم اخذ عدم الانتظام هذا في الحسبان عندما يكون البعد الأفقي للنظام الإنشائي المقاوم للقوى الجانبية في أي دور تزيد على 130% للبعد الأفقي للدور (الطابق) المجاور ولا داعي لأخذ الملحق المتراجع ذي الطابق الواحد في هذا التعريف.
2/8/4	(4) انقطاع في المستوي في العناصر الرأسية المقاومة للقوى الجانبية. وهو إنزياح في المستوي لعنصر ما من عناصر مقاومة القوى الجانبية (في طابق أو أكثر) يفوق طول هذا العنصر (مقاساً في المستوي الأفقي).
1/10/3	(5) انقطاع في الاستطاعة - الدور (الطابق) الضعيف: الطابق الضعيف هو دور مقاومته أقل من 80% من مقاومة الدور الذي يعلوه. إن مقاومة الطابق هي مجموع مساهمات العناصر المقاومة للزلازل على القص لهذا الطابق، وذلك بالاتجاه المدروس. وتحسب مساهمة كل عنصر من طاقة تحمل العنصر للعزم بأعلى وبأسفل الطابق.

تنويه: - الكود العربي الموحد في معظمه هو عبارة عن ترجمة للكود المتناسق - UBC 97 - (Uniform Building Code 1997)، وبعض الكلمات الموجودة في الجدول اعلاه تعني:

- الطابق اللين : الطابق الرخو (Soft story)
- الصلابة أو الجسأة (Rigidity)، وقد استخدمت في الكود العربي الموحد كلمة القساوة للتعبير عن الصلابة.

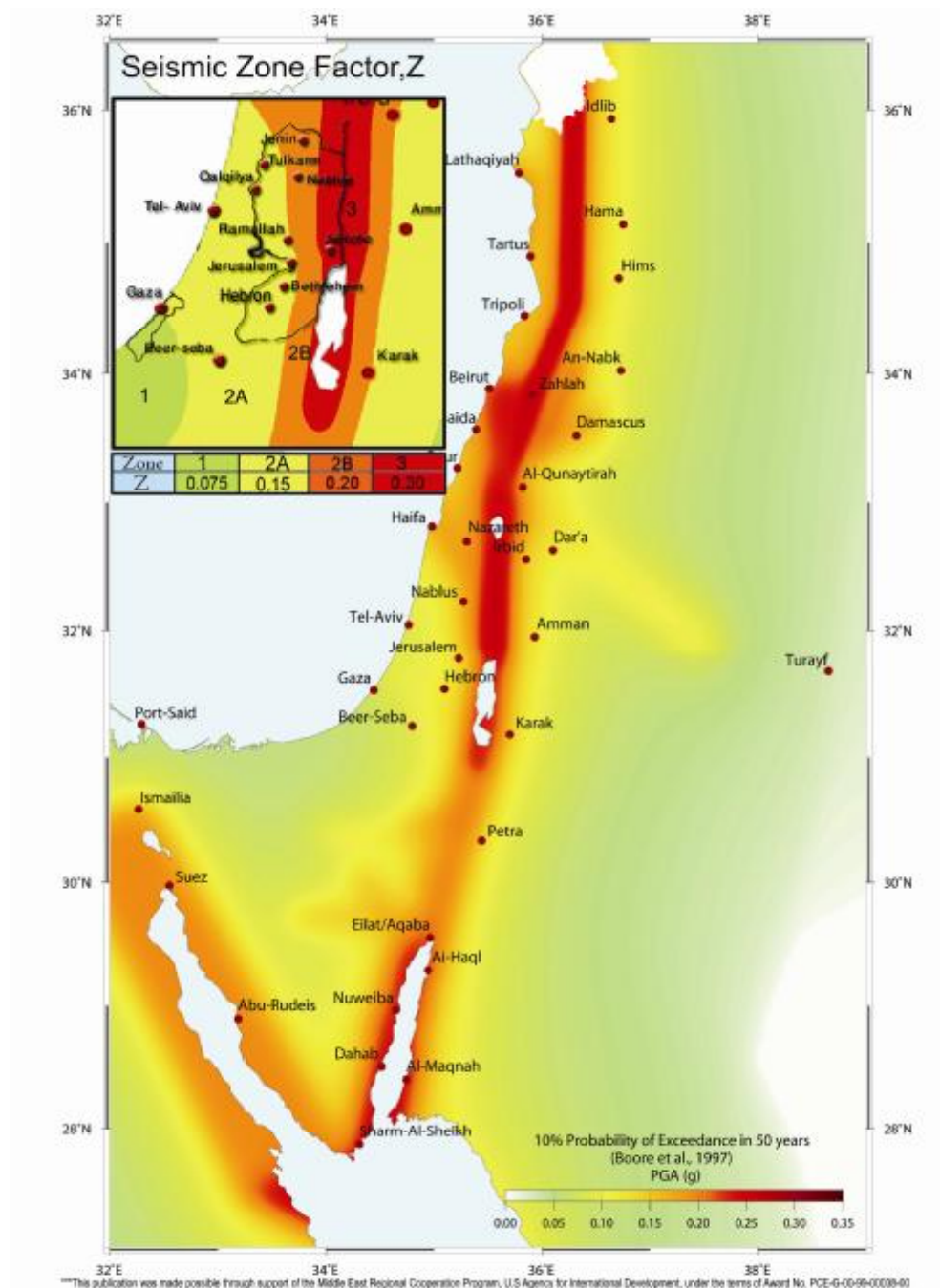
عدم الانتظام الإنشائي في المسقط الأفقي (استناداً للكود العربي الموحد 2006)

القسم المرجعي	نوع عدم الانتظام وتعريفه
1/11/7 8/11/7	(1) عدم انتظام اللي – ويؤخذ بالحسبان عندما تكون الديافرامات غير لينة. يعد عدم الانتظام هذا موجوداً عندما تكون الإزاحات العظمى للدور (للطابق) ، محسوبةً بعد أخذ اللي (الفتل) الطارئ، عند نهاية واحدة للمنشأة وبشكل مستعرض (متعامد) مع محور ما، تزيد على (1.2) مرة متوسط إزاحتي (الحركة النسبية) نهائيتي الدور (الطابق) في المنشأة.
8/11/7	(2) الزوايا الداخلية : "Re - entrant Corners" يقال عن المسقط الأفقي لمنشأة (بما فيها جملة مقاومة القوى الجانبية) أنه يحتوي على زوايا داخلية ، عندما يكون بروز المنشأة بعد الزاوية الداخلية أكبر من 15% من البعد الكلي لمسقط المنشأة بالاتجاه المدروس.
8/11/7	(3) الانقطاع في الديافرام : الديافرامات الحاوية على انقطاعات مفاجئة أو تغيرات في الجساءة (القساوة)، بما فيها تلك الحاوية على مساحات مقطوعة أو مفتوحة أكبر من 50% من المساحة الكلية المجملة للديافرام أو هناك تغيرات في القساوة الفعالة للديافرام تزيد على 50% من دور (طابق) لآخر.
2/8/4 8/11/7	(4) تغيرات مفاجئة خارج المستوي : وتشمل الانقطاعات في مسار القوة الجانبية، مثل التغيرات المفاجئة للعناصر الرأسية خارج مستواها. (مثال جدار قص انتقل في الدور الأعلى إلى موقع آخر مواز في غير مستويه).
1/11/7	(5) الجمل غير المتوازية : عندما تكون العناصر الرأسية المقاومة للأحمال الجانبية غير موازية للمحاور المتعامدة الرئيسية لنظام مقاومة القوى الجانبية أو غير متناظرة حول هذه المحاور.

ملحق رقم (2)

- الخارطة الزلزالية
- جداول المعايير والعوامل التي تتحكم بقيمة القوى الزلزالية (V)، وذلك استناداً للكود العربي الموحد للمباني والمنشآت المقاومة للزلازل، ولمزيد من المعلومات والتفاصيل حول محتويات هذه الجداول أو معاني بعض الكلمات الواردة فيها، يمكن الرجوع الى الكود العربي الموحد، وكذلك الى الكود المتناسق (UBC 97)

تنويه: الكود العربي الموحد في معظمه عبارة عن ترجمة من اللغة الانجليزية الى اللغة العربية



Seismic Hazard Map of Palestine and neighboring countries (Peak Ground Acceleration Map – PGA Map). USAID- MERC, M18-057 Project.

الجدول (1-2)

معامل المنطقة الزلزالية (Z)

المنطقة	1	2A	2B	2C	3	4
Z	0.075	0.15	0.20	0.25	0.30	0.40

ملاحظات :- تحدد المنطقة من الخرائط الزلزالية المحلية المعدة لهذه الغاية، وفقاً للتعريف الواردة في هذه الكود.

- تقسم فلسطين الى اربع مناطق زلزالية، هي المناطق 1 و 2A و 2B و 3 (انظر الخارطة الزلزالية)

الجدول (2-2)

تصنيف التربة وخواصها الزلزالية

نموذج المقطع الشاقولي للتربة	تسمية المقطع الجانبي للتربة (الوصف العام)	الخصائص الوسطية للتربة ذات العمق (30.5 m) من المقطع الجانبي		
		سرعة أمواج القص $\bar{v}_s$ (m/sec)	تجربة الاختراق النظامية (N) أو (N_{CH}) للتربة غير المتماسكة من طبقات التربة (ضربة/قدم) (blows/ft)	مقاومة القص غير المصرفة $\bar{S}_U$ (kPa)
S_A	صخر صلب (قاس)	1500	-	-
S_B	صخر	760 - 1500	-	-
S_C	تربة ذات كثافة عالية جداً وصخر طري (كونغلو ميرات)	360 - 760	> 50	> 100
S_D	تربة صلبة	180 - 360	15 - 50	50 - 100
$S_E^{(1)}$	تربة طرية	< 180	< 15	< 50
S_F	تربة تتطلب دراسة خاصة في الموقع (يراجع البند (1/4/3)) في الكود العربي الموحد			

(1) يشمل صنف المقطع الجانبي للتربة (S_E) أيضاً أي مقطع جانبي بسماكة أكبر من (3m) من الطين

(الغضار) الطري المعروف على أن قرينة اللدونة فيه $PI > 20$ ، $w_{mc} \geq 40\%$ ، $\bar{S}_U < (24 \text{ Pa})$.

تحدد قرينة اللدونة، PI ، والمحتوى الرطوبي w_{mc} ، وفق المواصفات الوطنية المعمول بها.

الجدول (2-3) أنواع الإشغال

نوع الإشغال	أنواع أو وظائف المنشأة	معامل الأهمية الزلزالي I	معامل الأهمية الزلزالي $I_p^{(1)}$
1- المرافق الرئيسية	- الإشغالات الحاوية على المرافق الخاصة بالعمليات الجراحية ومعالجة الطوارئ. - المحطات الخاصة بالمطافي والشرطة. - المرائب والملاجئ الخاصة بآليات الطوارئ وكذلك مطارات الطوارئ. - المنشآت والملاجئ الواقعة في مراكز الاستعداد للطوارئ. - أبراج مراقبة الطيران. - المنشآت والمعدات في مراكز الاتصال الحكومية وباقي المرافق المطلوبة لاستجابة نداء الطوارئ. - معدات توليد الطاقة الكهربائية الاحتياطية. - المنشآت الوظيفية الهامة مثل منشآت الدفاع المدني والصوامع والكباري إلخ. - الخزانات أو باقي المنشآت الحاوية على المياه المنزلية أو المياه الداعمة أو أية مواد أخرى تستعمل لإطفاء الحريق.	1.25	1.50
2 - المرافق الخطرة	- الإشغالات والمنشآت الحاوية على مواد كيميائية سامة أو قابلة للانفجار. - المنشآت التي ليس لها شكل الأبنية والتي تحتوي على كميات من المواد السامة أو المتفجرة.	1.25	1.50
3- المنشآت ذات الإشغالات الخاصة.	- المباني التي تشمل الإشغالات التي لها طاقة استيعابية تفوق 300 طالب. - المباني التي تشمل الإشغالات المستعملة ككليات أو لتعليم البالغين بطاقة استيعابية تفوق 500 طالب. - الإشغالات الحاوية على 50/ أو أكثر من المقيمين العجزة.	1.00	1.00
4- المنشآت ذات الإشغالات القياسية ⁽²⁾ .	- كافة المنشآت المشغولة بإشغالات أو لها وظائف غير واردة في الأصناف (1) و (2) أو (3).	1.00	1.00
5 - منشآت أخرى.	- الإشغالات الأخرى.	1.00	1.00

(1) إن حدود قيمة (I_p) لوصلات العوارض تساوي (1.0) لمجمل الوصلة.

(2) لإرساء الماكينات والتجهيزات المطلوبة لتوفير أمان ذي عمر طويل، تؤخذ قيمة (I_p) مساوية لـ (1.5).
أما المنشآت النووية وما شابهها فيحدد لها عوامل الأهمية، ويتم تصميمها بالاعتماد على كوداتها الخاصة.

الجدول (4-2)

أنواع النظم (الجميل) الإنشائية⁽¹⁾

النظم الإنشائية الرئيسية ²	وصف نظام مقاومة القوى الجانبية		R	Ω_0	حدود الارتفاع للمناطق الزلزالية (3), (4) (m)
1 - نظم الجدران الحاملة.	نظم الجدران المدعمة بإطارات خفيفة مع عوارض ألواح للقص.	(1)	5.5	2.8	20
	أ - جدران مؤلفة من ألواح خشبية لمنشآت لا تتجاوز ثلاثة أدوار.		4.5	2.8	20
	ب - كافة الجدران الأخرى المدعمة بإطارات خفيفة .				
	جدران القص :	(2)	4.5	2.8	49
	أ - من الخرسانة.		4.5	2.8	49
	ب - حجرية.				
	جدران حاملة مدعمة بإطارات خفيفة من الفولاذ باستعمال شبكة تربيط شد فقط.	(3)	2.8	2.2	20
	إطارات مربطة حيث تحمل شبكة الترابط أحمال الجاذبية :	(4)	4.4	2.2	49
	أ - فولاذ.		2.8	2.2	-
	ب - خرسانة.		2.8	2.2	20
	ج - خشب ثقيل.				
2 - نظام البناء الهيكل	إطار فولاذي مرتبط لا مركزياً (EBF)	(1)	7.0	2.8	73
	جدران مؤطرة (مدعمة) بإطارات خفيفة مع ألواح مقاومة للقص.	(2)	6.5	2.8	20
	أ - جدران مؤلفة من ألواح خشبية إنشائية لمنشآت لا تتجاوز ثلاثة أدوار (طوابق).		5.0	2.8	20
	ب - كافة الجدران المدعمة بإطارات خفيفة.				
	جدران القص :	(3)	5.5	2.8	73
	أ - من الخرسانة.		5.5	2.8	49
	ب - حجرية.				
	الإطارات العادية المكثفة (المربطة) :	(4)	5.6	2.2	49
	أ - فولاذ.		5.6	2.2	-
	ب - خرسانة ⁽³⁾ .		5.6	2.2	20
	ج - خشب ثقيل.				
	الإطارات الخاصة المكثفة (المربطة) مركزياً :	(5)	6.4	2.2	73
	أ - فولاذ.				

الجدول (4-2) - تابع

حدود الارتفاع للمناطق الزلزالية (4), (3) (m)	Ω_0	R	وصف نظام مقاومة القوى الجانبية	النظم الإنشائية الرئيسية ⁽²⁾
			(1) إطار خاص مقاوم للعزوم (SMRF) :	3 - النظم الإنشائية العامّة المقاومة للعزوم
N.L	2.8	8.5	آ - فولاذ.	
N.L	2.8	8.5	ب - خرسانة ⁽⁴⁾ .	
49	2.8	6.5	(2) إطار جداري حجري مقاوم للعزوم (MMRWF) :	
-	2.8	5.5	(3) إطار من الخرسانة متوسط المقاومة للعزوم ⁽⁵⁾ (IMRF) :	
			(4) إطار عادي مقاوم للعزوم (OMRF) :	
49	2.8	4.5	آ - من الفولاذ ⁽⁶⁾ .	
-	2.8	3.5	ب - من الخرسانة ⁽⁷⁾ .	
73	2.8	6.5	(5) الإطارات الفولاذية الشبكية الخاصة المقاومة للعزوم (STMF):	
			(1) جدران قص :	4 - النظم الثنائية (المختلطة الخاصة)
N.L	2.8	8.5	آ - من الخرسانة مع SMRF .	
49	2.8	4.2	ب - من الخرسانة مع OMRF من الفولاذ.	
49	2.8	6.5	ج - من الخرسانة مع IMRF من الخرسانة.	
49	2.8	5.5	د - حجري مع SMRF.	
49	2.8	4.2	هـ - حجري مع OMRF من الفولاذ.	
-	2.8	4.2	و - حجري مع IMRF ⁽³⁾ من الخرسانة.	
49	2.8	6.0	ز - حجري مع حجري MMRWF.	
			(2) إطار من الفولاذ المكثف (مربط) لا مركزياً EBF :	
N.L	2.8	8.5	آ - مع SMRF من الفولاذ.	
49	2.8	4.2	ب - مع OMRF من الفولاذ.	
			(3) إطارات مكثفة (مربطة) اعتيادية :	
N.L	2.8	6.5	آ - فولاذية مع SMRF من الفولاذ.	
49	2.8	4.2	ب - فولاذية مع OMRF من الفولاذ.	
-	2.8	6.5	ج - خرسانية مع SMRF ⁽³⁾ من الخرسانة.	
-	2.8	4.2	د - خرسانية مع IMRF ⁽³⁾ من الخرسانة.	
			(4) الإطارات الخاصة المربطة مركزياً :	
N.L	2.8	7.5	آ - الفولاذية مع SMRF فولاذ.	
49	2.8	4.2	ب - الفولاذية مع OMRF فولاذ.	

الجدول (4-2) - تابع

حدود الارتفاع للمناطق الزلزالية (3), (4) (m)	Ω_0	R	وصف نظام مقاومة القوى الجانبية	النظم الإنشائية الرئيسية (2)
11 ⁽⁷⁾	2.0	2.2	(1) عناصر من الأعمدة الكابولية (الظفرية).	5 - المباني ذات النظم المؤلفة من أعمدة كابولية (ظفرية).
49	2.8	5.5	(1) من الخرسانة ⁽⁸⁾	6 - النظم ذات الفعل المتبادل بين الإطار وجدار القص.
-	-	-	انظر البندين (7/7/3) و (2/10/3)	7 - النظم غير المعرفة.

N.L ليس له حدود.

- (1) راجع المادة (4/4) بشأن تراكيب النظم الإنشائية - الكود العربي الموحد
- (2) النظم (الجمال) الإنشائية الرئيسية معرفة في المادة (7/3).
- (3) محظورة في المناطق الزلزالية (3) و (4).
- (4) وتتضمن الخرسانة مسبقة الصنع المادة (2-8).
- (5) محظورة في المناطق الزلزالية (3) و (4)، باستثناء ما هو مسموح به في المادة (2/8).
- (6) الإطارات الاعتيادية المقاومة للعزوم في المنطقة الزلزالية (1) تأخذ قيمة (R) مساوية لـ (8).
- (7) الارتفاع الكلي للمبنى بما فيه الأعمدة الكابولية (الظفرية).
- (8) محظورة في المناطق الزلزالية (2 A)، (2 B)، (2 C)، (3) و (4). راجع البند (6/11/7).

الجدول (5-2)

معاملات القوى الأفقية (a_p) و (R_p)

رقم الملاحظة	R_p	a_p	عناصر المنشآت والمكونات غير الإنشائية والمعدات ⁽¹⁾
			1 - عناصر المنشآت:
	3.0	2.5	(أ) الجدران متضمنة مايلي : (1) التصاوين (الدراوي) العلوية الكابولية (غير المكتفة).
2	3.0	1.0	(2) الجدران الخارجية الواقعة عند أو أعلى من الدور الأرضي والتساوين (الأسوار أو الدراوي) المربطة عند نقطة أعلى من مراكز ثقلها.
2	3.0	1.0	(3) كافة الجدران الداخلية الحاملة وغير الحاملة.
	4.0	2.5	(ب) الملاحق الفرعية (ملاحق - سقائف - أبنية فرعية) (باستثناء حالة كونها مدعمة بعنصر شد في الإطار الإنشائي).
3	3.0	1.0	(ج) عناصر الوصل في العناصر الإنشائية مسبقة الصنع غير الجدران. انظر المادة (2-6).
			2 - المكونات غير الإنشائية :
	3.0	2.5	(أ) العناصر الزخرفية الداخلية والخارجية وتوابعها.
	3.0	2.5	(ب) المداخل الصناعية، المداخل والأبراج الشبكية المستندة على (أو الظاهرة) فوق السقف. (1) مريطة جانبياً أو مثبتة (إرساء) إلى إطار إنشائي عند نقطة تقع أسفل من مراكز كتلتها . (2) مريطة جانبياً أو مثبتة (إرساء) إلى إطار إنشائي عند نقطة تقع بمنسوب مركز كتلتها أو أعلى من ذلك .
	3.0	2.5	(ج) شواخص الإشارات ولوحات الإعلانات.
4	4.0	2.5	(د) حوامل التخزين في المستودعات (بما فيها المحتويات) بارتفاع يزيد على (1,8m).
5	3.0	1.0	(هـ) الخزائن المثبتة على الأرض بشكل دائم ورفوف الكتب بارتفاع يزيد عن (1,8m) بما فيها المحتويات.
8,7,6,3	3.0	1.0	(و) نقاط التثبيت (الإرساء) والترابط الجانبي للأسقف المستعارة المعلقة ونقاط تثبيت الإنارة.
9,5,4	3.0	1.0	(ز) أرضيات معابر الدخول.
	3.0	1.0	(ح) الأسوار المؤلفة من الخرسانة أو القرميد بارتفاع يزيد على (1,8 m) .
	3.0	1.0	(ط) القواطع الداخلية.

الجدول (5-2) - تابع
معاملات القوى الأفقية (a_p) و (R_p)

رقم الملاحظة	R_p	a_p	عناصر المنشآت والمكونات غير الإنشائية والمعدات ⁽¹⁾
			3 - المعدات :
	3.0	1.0	(أ) الخزانات والأوعية (بما فيها المحتويات)، متضمنة نظم الاستناد.
12،11،10،5 16،15،14،13	3.0	1.0	(ب) الأجهزة الكهربائية والميكانيكية والصحية وكافة الأنابيب والمجاري والأقفية المرتبطة بها.
15،14،10،5 16	3.0	2.5	(ج) أي جهاز مرتبط جانبياً أو مثبت إلى إطار إنشائي عند نقطة تقع أسفل مركز الكتلة.
18،17	3.0	1.0	(د) نقاط تثبيت وإرساء نظم (جمل) الطوارئ لتوليد الطاقة ومعدات الاتصال الرئيسية نقاط تثبيت وإرساء ونظم استناد حوامل (رفوف) البطاريات وخزانات الوقود الضرورية لعمل أجهزة الطوارئ. انظر أيضاً المادة (2/6).
19	3.0	1.0	(هـ) الحاويات المؤقتة التي تحتوي على مواد قابلة للاشتعال أو مواد خطرة.
			4 - المكونات الأخرى :
1	3.0	1.0	(أ) مكونات صلبة من مادة (وروابط) ممطوية (مطاوعة).
1	1.5	1.0	(ب) مكونات صلبة من مادة (وروابط) غير ممطوية.
1	3.0	2.5	(ج) مكونات مرنة من مادة (وروابط) ممطوية.
1	1.5	2.5	(د) مكونات مرنة من مادة (وروابط) غير ممطوية.

- (1) انظر الباب الثاني للإطلاع على تعريف المكونات اللينة والمكونات الصلبة.
- (2) انظر البنود (3/11/7) و (7/11/7) من أجل الجدران الخرسانية والحجرية والبنود (2/6) من أجل الوصلات الخاصة بالوصل والألواح.
- (3) تطبق فقط على المناطق الزلزالية (2) و (3) و (4).
- (4) حوامل التخزين الفولاذية المثبتة على الأرض يجب أن تصمم طبقاً لاشتراطات الملحق (أ) من هذا الكود، شرط أن تكون القوى الزلزالية التصميمية مساوية أو أكبر من تلك المحددة في البنود (2/6) و (2/8) والمحددة لذلك.
- (5) تصمم فقط نقاط الإرساء أو التثبيت (Restraints).

- (6) يجب أن يتضمن وزن السقف المستعار كافة الحواشي الخفيفة (مثل نقاط الإنارة) والتجهيزات الأخرى أو القواطع المسنودة جانبياً عن طريق السقف ولتحديد القوة الزلزالية، تؤخذ أوزان السقف (0.19 kN/m^2) كحد أدنى.
- (7) السقوف المستعارة المنشأة من ألواح خشبية ملبسة بالمونة أو الجص والمثبتة ببراعي أو مسامير إلى عناصر متدلية حاملة لهذا السقف على منسوب واحد يمتد من الجدار إلى الجدار لا تحتاج إلى تحليل إنشائي شريطة أن يكون التباعد بين الجدران لا يزيد على (15.25 m) .
- (8) الحواشي الخفيفة (نقاط تثبيت أجهزة الإنارة) والخدمات الميكانيكية والمركبة في نظم معدنية معلقة لتحقيق عزل صوتي وألواح الأسقف المستعارة يجب أن تحمل بشكل مستقل عن المنشأة فوقها.
- (9) (W_p) من أجل نظم أرضيات الدخول والمعابر تمثل الوزن الميت لهذه النظم (الجمال) مضافاً إليها 25% من الحمل الحي المطبق عليها بالإضافة لحمل مساوٍ لـ (0.48 kN/m^2) حمولة قواطع إضافية.
- (10) التجهيزات المذكورة في الجدول تتضمن، وليس على سبيل الحصر مايلي:
- المرآج، الشيلرات (أجهزة التبريد)، المبادلات الحرارية، المضخات، وحدات معالجة الهواء، أبراج التبريد، لوحات التحكم، المحركات، مفاتيح تبديل السرعة، المحولات، تجهيزات الحماية والأمان. كما يجب أن تتضمن الأقنية الرئيسية والدكتات والأنابيب والتي تخدم الماكينات والتجهيزات وشبكات إطفاء الحريق. يراجع البند (6/2) الذي يحدد المتطلبات الإضافية لتحديد (ap) وذلك للتجهيزات المركبة اللينة (غير القاسية).
- (11) القيود الزلزالية يمكن أن تحذف من نقاط استناد الأنابيب والدكتات إذا تحققت كافة الشروط التالية :
- 11-1 الحركة الجانبية للأنابيب أو الدكتات لا تؤدي إلى صدمة مخربة (مدمرة) مع باقي النظم.
- 11-2 الأنابيب أو الأقنية (الدكتات) مصنوعة من مادة مطيلة (مطاوعة) ووصلات مطولية.
- 11-3 الحركة الجانبية للأنابيب أو الدكتات لا تسبب صدمة ذات توابع تؤدي إلى صدم الحواشي القابلة للكسر (مثلاً، النقاط الرئيسية لشبكة الحريق) مع أي من المعدات الأخرى، سواء أنابيب أو عناصر إنشائية.
- 11-4 الحركة الجانبية للأنابيب أو الأقنية (الدكتات) يجب أن لا تؤدي إلى خسارة في نظام الاستناد الرأسي.
- 11-5 نقاط الاستناد المؤلفة من قضبان تعليق بطول يقل عن (305 mm) يجب أن تثبت بوصلة علوية لا تؤدي إلى نشوء عزوم.
- 11-6 عناصر الاستناد الكابولية (الظفرية) الظاهرة فوق البلاطة يجب أن تحقق على الاستقرار.
- (12) القيود الزلزالية يمكن أن تحذف من أقنية الكهرباء، مثل حوامل الكابلات، الأنابيب وحوامل الأقنية

- (الدكتات)، إذا تحققت كافة الشروط التالية :
- 12-1 الحركة الجانبية للأفقية لا تسبب صدمة مخربة مع الجمل الأخرى.
- 12-2 الحركة الجانبية للأفقية لا تسبب خسارة في جملة الإستناد الرأسي.
- 12-3 الحوامل المؤلفة من قضبان تعليق بطول لا يقل عن (305 mm) يجب أن تزود بوصلة علوية لا تؤدي إلى نشوء عزوم.
- 12-4 عناصر الاستناد الكابولية (الظفرية) فوق البلاطة يجب أن تحقق على الاستقرار.
- (13) الأنابيب والأفقية (الدكتات) وأفقية الكهرباء، والتي يجب أن تحقق وظيفتها بعد الهزة الأرضية، أو تلك الممتدة بين مختلف المباني أو النظم (الجمل) الإنشائية، يجب أن تكون لينة بالشكل الكافي لمقاومة الحركة النسبية لنقاط الإستناد، مع افتراض حدوث الحركات الخارجة عن الطور.
- (14) يجب تصميم عوازل الاهتزاز السائدة للتجهيزات من أجل مقاومة القوى الجانبية أو لتقييدها من أجل منع حركتها الجانبية من النظم (الجمل) الأخرى.
- (15) يجب عدم تصميم إرساء (مثبتات) المعدات بالاعتماد على مقاومة القوى الجانبية بالاحتكاك الناتج عن الجاذبية (مثل ملاقط الاحتكاك).
- (16) المثبتات بالتوسع (Expansion Anchors) والمطلوب منها مقاومة لأحمال الزلزالية بالشد لا يسمح باستعمالها في حال وجود أحمال ناتجة عن الاهتزازات.
- (17) يجب منع حركة الأجزاء ضمن الغرف الكهربائية أو ضمن الرفوف وضمن المعدات المعلقة وقطع المعدات الكهربائية - الميكانيكية، التي يمكن أن تسبب ضرراً للأجزاء الأخرى من تحركها، ويتم منع الحركة بالثبيت بروابط إلى معدات مثبتة أو إلى إطارات سائدة.
- (18) يجب تقييد حركة البطاريات المخزنة على رفوف في جميع اتجاهات القوى الزلزالية.
- (19) يمكن أن تشمل التثبيتات الزلزالية : شرائط معدنية، سلاسل، براغي، حواجز أو أية طرائق أخرى، التي تضمن منع الانزلاق والسقوط والانكسار لمحتويات الأوعية السامة أو القابلة للحريق. ولا يسمح بالاعتماد على قوى الاحتكاك لمقاومة القوى الأفقية في هذه التثبيتات، إلا إذا تأمن منع الحركة الرأسية للجزء المثبت بما يضمن وجود قوى الاحتكاك عند حدوث الزلزال.

الجدول (2-6)

قيمة العوامل (R) و (Ω_o) للمنشآت غير المباني

نوع المنشأة	R	Ω_o
(1) الأوعية، بما فيها الخزانات والخزانات الكروية المضغوطة والمحمولة على قوائم (أرجل) مربوطة أو غير مربوطة.	2.2	2.0
(2) المآذن والصوامع والمداخل المصبوبة في المكان وذات الجدران المستمرة حتى الأساسات.	3.6	2.0
(3) المنشآت الكابولية (الظفرية) ذات الكتل الموزعة مثل المداخل فوق الأسطح والمداخل والصوامع والأوعية الرأسية المستندة على حوامل مركزية.	2.9	2.0
(4) الأبراج الشبكية (المستندة بشكل حر أو المربطة بشدادات)، المداخل المربطة.	2.9	2.0
(5) المنشآت المؤلفة من أعمدة الكابولية (ظفرية).	2.2	2.0
(6) أبراج التبريد.	3.6	2.0
(7) القواديس والأقمار المستندة على قوائم مربطة أو غير مربطة.	2.9	2.0
(8) رفوف وحوامل التخزين.	3.6	2.0
(9) الإشارات ولوحات الإعلانات.	3.6	2.0
(10) منشآت الملاهي والآثار.	2.2	2.0
(11) كافة المنشآت الأخرى المستندة ذاتياً وغير الواردة فيما سبق.	2.9	2.0

الجدول (7-2)
المعامل الزلزالي (C_a)

نموذج المقطع الشاقولي للتربة	معامل المنطقة الزلزالي (Z)					
	$Z=0.075$	$Z=0.15$	$Z=0.2$	$Z=0.25$	$Z=0.3$	$Z=0.4$
S_A	0.06	0.12	0.16	0.20	0.24	0.32 Na
S_B	0.08	0.15	0.20	0.25	0.30	0.40 Na
S_C	0.09	0.18	0.24	0.29	0.33	0.40 Na
S_D	0.12	0.22	0.28	0.32	0.36	0.44 Na
S_E	0.19	0.30	0.34	0.35	0.36	0.36 Na
S_F	انظر الملحوظة (1)					

(1) لتحديد المعاملات الزلزالية للتربة ذات المقطع الجانبي من النوع (S_F) يجب إجراء تحريات ودراسات جيوتكنيكية حقلية وإجراء التحليل الديناميكي لاستجابة الموقع.

الجدول (8-2)
المعامل الزلزالي (C_v)

نموذج المقطع الشاقولي للتربة	معامل المنطقة الزلزالي (Z)					
	$Z=0.075$	$Z=0.15$	$Z=0.2$	$Z=0.25$	$Z=0.3$	$Z=0.4$
S_A	0.06	0.12	0.16	0.20	0.24	0.32 Nv
S_B	0.08	0.15	0.20	0.25	0.30	0.40 Nv
S_C	0.13	0.25	0.32	0.38	0.45	0.56 Nv
S_D	0.18	0.32	0.40	0.47	0.54	0.64 Nv
S_E	0.26	0.50	0.64	0.74	0.84	0.96 Nv
S_F	انظر الملحوظة (1)					

(1) لتحديد المعاملات الزلزالية للتربة ذات المقطع الجانبي من النوع (S_F) يجب إجراء تحريات ودراسات جيوتكنيكية حقلية وإجراء التحليل الديناميكي لاستجابة الموقع.

الجدول (9-2)

معامل القرب من المصدر⁽¹⁾ (N_a)

نموذج المصدر الزلزالي	المسافة الأكثر قرباً من المصدر الزلزالي المعروف ^(2,3)		
	$\leq 2 \text{ km}$	5 km	$\geq 10 \text{ km}$
A	1.5	1.2	1.0
B	1.3	1.0	1.0
C	1.0	1.0	1.0

- (1) يمكن حساب قيمة معامل القرب من المصدر بالتناسب الخطي وذلك للمسافات غير تلك الواردة في الجدول.
- (2) يجب تحديد موقع وشكل المصادر الزلزالية المستعملة في التصميم بناءً على معطيات جيوتكنيكية مصادق عليها.
- (3) المسافة الأكثر قرباً من المصدر الزلزالي تؤخذ على أنها المسافة الدنيا بين الموقع والمساحة المحددة بالمسقط الرأسى للمصدر على السطح (أي المسقط السطحي لمستوى الصدع) ولا ضرورة للمسقط السطحي أن يشمل أجزاء من المصدر تقع على أعماق تساوي أو تزيد على (10 km).
- يجب اعتماد القيمة الأكبر لمعامل القرب من المصدر في التصميم بعد الأخذ بالحسبان كافة المصادر الأخرى.

الجدول (10-2)

معامل القرب من المصدر⁽¹⁾ (N_v)

نموذج المصدر الزلزالي	المسافة الأكثر قرباً من المصدر الزلزالي المعروف ^(2,3)			
	$\leq 2 \text{ km}$	5km	10km	$\geq 15 \text{ km}$
A	2.0	1.6	1.2	1.0
B	1.6	1.2	1.0	1.0
C	1.0	1.0	1.0	1.0

- (1) يمكن حساب قيمة معامل القرب من المصدر بالتناسب خطياً وذلك للمسافات غير تلك الواردة في الجدول.
- (2) يجب تحديد موقع وشكل المصادر الزلزالية المستعملة في التصميم بناءً على معطيات جيوتكنيكية مصادق عليها.
- (3) المسافة الأكثر قرباً من المصدر الزلزالي تؤخذ على أنها المسافة الدنيا بين الموقع والمساحة المحددة بالمسقط الرأسى للمصدر على السطح (أي المسقط السطحي لمستوى الصدع) ولا ضرورة للمسقط السطحي أن يشمل أجزاء من المصدر تقع على أعماق تساوي أو تزيد على (10km).
- يجب اعتماد القيمة الأكبر لمعامل القرب من المصدر في التصميم، بعد الأخذ بالحسبان كافة المصادر الأخرى.

ملحق رقم (3)

جداول قابلية الإصابة ودرجات الاضرار (الانهيارات) وفقاً للمقياس الاوروبي EMS-98
(European Macro-seismic Scale 1998)

جدول فئات قابلية الإصابة وفقاً للمقياس EMS-98

فئات قابلية الإصابة Vulnerability Class						النظام الإنشائي	نوع المبنى
A	B	C	D	E	F		
○						مباني من الحجارة (دبش قطع غير مصقولة) Rubble stone, Fieldstone	مباني من الطوب (masonry)
○—						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	
—○—						إطارات غير مصممة لمقاومة الزلازل frame without ERD	مباني من الخرسانة المسلحة (Reinforced Concrete RC)
	—○—					إطارات مصممة بتصميم متوسط لمقاومة الزلازل frame with moderate level of ERD	
		—○—				إطارات مصممة بتصميم جيد لمقاومة الزلازل frame with high level of ERD	
	—○—					جدران مسلحة غير مصممة لمقاومة الزلازل walls without ERD	
		—○—				جدران مسلحة مصممة بتصميم متوسط لمقاومة الزلازل walls with moderate level of ERD	
			—○—			جدران مسلحة مصممة بتصميم جيد لمقاومة الزلازل walls with high level of ERD	
		—○—				steel structures	Steel
	—○—					timber structures	Wood

—○— احتمالية انتقال المبنى إلى الفئة الأخرى

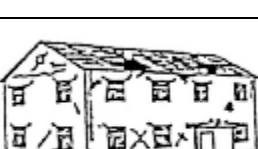
○ تشير إلى فئة قابلية الإصابة التي يقع فيها المبنى

ERD : التصميم المقاوم للزلازل

—○— احتمالية أقل لانتقال المبنى إلى الفئة الأخرى

(Earthquake Resistant Design)

جدول درجة الأضرار و الإنهيارات وفقاً للمقياس الأوروبي EMS-98

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

تنويه: في حالة المباني الخرسانية المسلحة إضافة لما ذكر في الجدول أعلاه:

- درجة (2): تظهر تشققات بسيطة في الأعمدة والجسور و الجدران الحاملة، وتشققات وأضرار متوسطة

في العناصر غير الإنشائية

-درجة (3): التشققات تكون واضحة في العناصر الإنشائية وخصوصاً في أطراف الأعمدة والجسور

ولمعات الجدران الحاملة، أما في العناصر غير الإنشائية فتكون الأضرار كبيرة كوجود

تصدعات في جدران الطوب.

ملحق رقم (4)

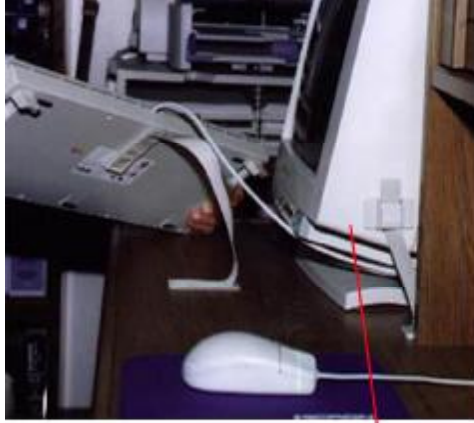
تنشيت قطع الاثاث والديكور



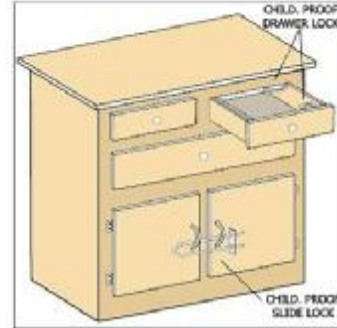
طريقة تثبيت الخزائن الكبيرة كالمستخدمة في غرف النوم

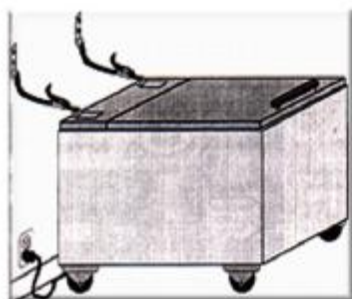


كوابل مطاطية ذات أطراف لاصقة
لتثبيت التلفاز لمقاومة القوى الزلزالية



شرائط مطاطية للتثبيت





تثبيت العربات ذات العجلات المتحركة



ملحق رقم (5)

الزلازل

تعريفها، واسبابها، وزلزالية فلسطين والدول المجاورة، وقياس درجة
الزلازل.

الزلازل

تُعرف الزلازل على أنها ظاهرة جيوفيزيائية بالغة التعقيد، تظهر كحركات عشوائية للقشرة الأرضية على شكل ارتعاش وتموج عنيفين، وذلك نتيجة لإطلاق كميات هائلة من الطاقة من باطن الأرض، وهذه الطاقة تتولد نتيجة لحصول انكسارات أرضية في طبقات الأرض السطحية، وبالتالي تعرض هذه الطبقات، وبشكل خاص، في منطقة الصدوع الأرضية، أو بالقرب منها لإزاحات عمودية و/ أو أفقية بين صخور الأرض، وذلك نتيجة لتعرضها المستمر للتقلصات والضغوط الكبيرة، وعادة تقسم الزلازل الطبيعية الى زلازل ذات اسباب تكتونية واخرى ذات اسباب بركانية، وعموماً تمثل الزلازل ذات الأسباب التكتونية 90% من عدد الزلازل التي تحدث في العالم. وتندرج الزلازل التي تحدث في المنطقة (منطقة حفرة الانهدام) ضمن الزلازل ذات الاسباب التكتونية، وبدورها تنشأ الزلازل التكتونية نتيجة للحركة النسبية للصفائح المشكلة للقشرة الأرضية، وهذه القطع (الصفائح أو القارات) تتحرك بحركات نسبية مبتعدة أو مقتربة من بعضها البعض (انظر الشكل 1- ملحق 5)، وينتج عن هذه الحركات تراكم في الاجهادات والتشوهات في طبقات الأرض، وزيادة هذه التشوهات والاجهادات يؤدي الى حصول كسر في طبقات الأرض وخصوصاً في منطقة التقاء هذه القطع أو الصفائح، وتسمى هذه المناطق بالصدوع، وكلما زاد طول الكسر الارضي تزداد درجة قوة الزلزال. ويشار إلى أن فلسطين، ونتيجة للحركة النسبية بين الصفيحة العربية والصفيحة الأفريقية، تتحرك مبتعدة عن الاردن بحركة نسبية باتجاه الجنوب بمعدل 5-7 ملمتر سنوياً (انظر الاشكال 2 و 3 - ملحق 5)، وعموماً تصنف الزلازل التي قد تحصل في المنطقة بالمتوسطة او بالقوية نسبياً من حيث قوة درجتها. وبسبب جيولوجية المنطقة وطبيعة انظمة الصدوع الارضية، تتعرض المنطقة في حالات كثيرة لزلازل كثيفة العدد وضعيفة الدرجة، تسمى علمياً بالعواصف الزلزالية، ومع ذلك تشير المعلومات التاريخية إلى ان فلسطين، والمناطق المجاورة، تعرضت للعديد من الهزات الأرضية القوية نسبياً عبر العصور (انظر الشكل 3 - ملحق 5)، ومن اهمها

الزلازل التي حصلت في الأعوام: 1068-1204-1212-1339-1402-1546-1656-
1666-1759-1837-1859-1896-1900-1923-1927-1954-1995.

أما اهم المدن والبلدات التي تأثرت بهذه الزلازل فكانت طبرية، وصفد، وعكا، وحيفا،
ويافا، والقدس، ونابلس، وأريحا، والناصره، وغزة، ومنطقة البحر الميت ووادي الأردن،
بالاضافة الى منطقة خليج العقبة. ويلاحظ أن معظم المدن الفلسطينية قد تأثرت بالزلازل
التي حصلت، والتي تم توثيقها خلال الألف سنة الماضية، علماً انه لم تتأثر جميع المدن
التي تم ذكرها بجميع الزلازل التي حصلت بنفس الدرجة، وذلك لاعتماد شدة التأثير على
عدد من العوامل، أهمها:

- قوة الزلزال (مقدار درجته حسب مقياس ريختر)، فكلما زادت قوة الزلزال ازدادت
شدة تأثيره،
- وعمق مركزه البؤري، فلنفس قوة الزلزال يزداد تأثيره كلما اقترب مركز الزلزال
من سطح الارض (انظر الشكل 4 - ملحق 5)،
- وبعد مركز الزلزال السطحي عن التجمعات السكانية، ففي حالة كون مركز
الزلزال منطقة أريحا والبحر الميت، يكون تأثير شدته في منطقة أريحا ووادي
الأردن، والمنطقة الممتدة من نابلس الى القدس أشد من المناطق الأخرى. اما
الزلازل التي يكون مركزها جنوب البحر الميت او منطقة وادي عربة فأن تأثيرها
سيكون واضحاً في المناطق الواقعة في جنوب الضفة الغربية وقطاع غزة، وفي
حالة كان مركز الزلزال منطقة اصبع الجليل او منطقة فارح الفارعة - الكرمل
فان المنطقة الممتدة من جنين الى نابلس ستكون الاكثر تاثراً.
- وتأثير طبيعة تربة وطوبغرافية مواقع المباني والمنشآت ،
- وجودة المباني ومدى ملائمتها لمقاومة الزلازل.

وتعتمد الدراسات الزلزالية، في توقعاتها لاحتمال حصول زلازل في المستقبل، على عدد
من العوامل، أهمها: موقع المنطقة وجيولوجيتها، ومواقع الصدوع الأرضية وأشكالها،
وتاريخ المنطقة الزلزالي، وفترة تكرار حصول الزلازل، والمراكز السطحية لهذه الزلازل،

إضافة إلى النشاطات الزلزالية التي تسجلها محطات وأجهزة رصد الزلازل. فاحتمال حصول زلزال في المستقبل يستند لعلم احتمالي، ولا يمكن، من خلال هذه العوامل، تحديد ساعة أو لحظة حصول الزلزال، لذلك، عندما يتحدث المتخصصون عن احتمال حصول زلازل قوية في المستقبل، فهذا يعني أنه قد يحصل الآن، أو بعد ساعة، أو بعد يوم، أو أسبوع، أو شهر، أو سنة، أو بعد عشرات السنين. لذا يجب أن نضع دائماً نصب أعيننا أن الزلازل ظاهرة كونية طبيعية، لا يعلم لحظة حدوثها بالضبط حتى الآن إلا عالم الغيب الله سبحانه وتعالى، ولا يمكن منعها، ولكن يمكن التخفيف من مخاطرها من خلال اتخاذ الإجراءات المناسبة على كافة المستويات، ابتداء من المواطن العادي، ومروراً بالمختصين، ووصولاً إلى صناع القرار.

وللوصول الى تعبير كمي دقيق قدر الامكان لوصف الزلازل، تستخدم الدراسات والمراجع الزلزالية عدداً من المعايير الزلزالية، وهي: المقدار الزلزالي (Earthquake Magnitude)، والشدة الزلزالية (Earthquake Intensity)، والعزم الزلزالي (Earthquake Moment)، بالإضافة الى الطاقة الزلزالية (Earthquake Energy). وما زالت الجهود العلمية مستمرة في تطوير أساليب قياس "درجة" الزلازل. وبشكل عام، يستخدم لايجاد الدرجة الزلزالية، بشكل واسع، المقاييس التالية:

مقياس الشدة الزلزالية (Intensity Scale)

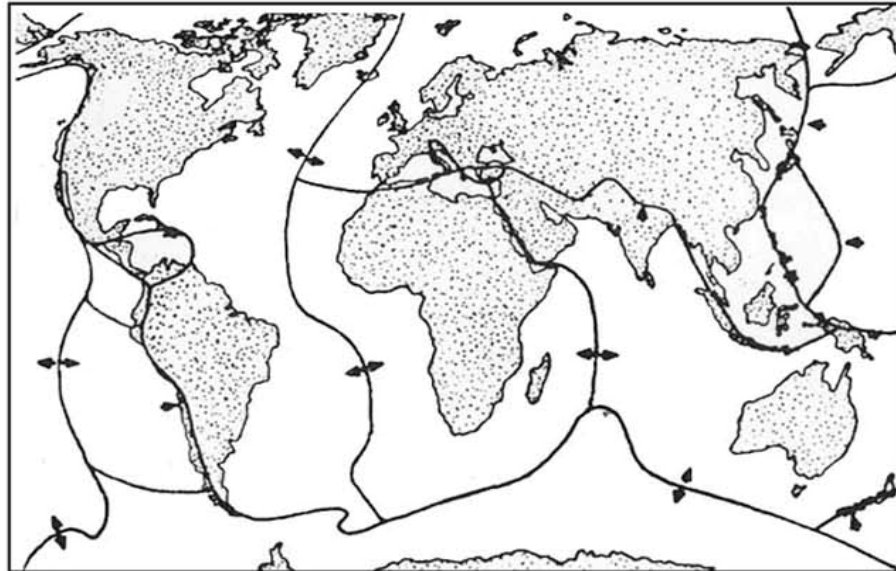
تستند مقاييس الشدة الزلزالية، في تحديدها لشدة الزلزال إلى مستوى درجة تأثيره في الأشخاص والمنشآت، فمبدأ هذا النوع من المقاييس يعتمد على الوصف، فكلما زاد تأثير الزلازل على الاشخاص والمنشآت تزداد درجة الشدة الزلزالية. ومن أهم مقاييس الشدة الزلزالية، وأكثرها شيوعاً، مقياس ميركالي المعدل (Modified Mercally Intensity Scale)، حيث يتم من خلال المقياس MM تصنيف درجات الشدة المحتملة من I وحتى XII

مقياس المقدار الزلزالي (Earthquake Magnitude)

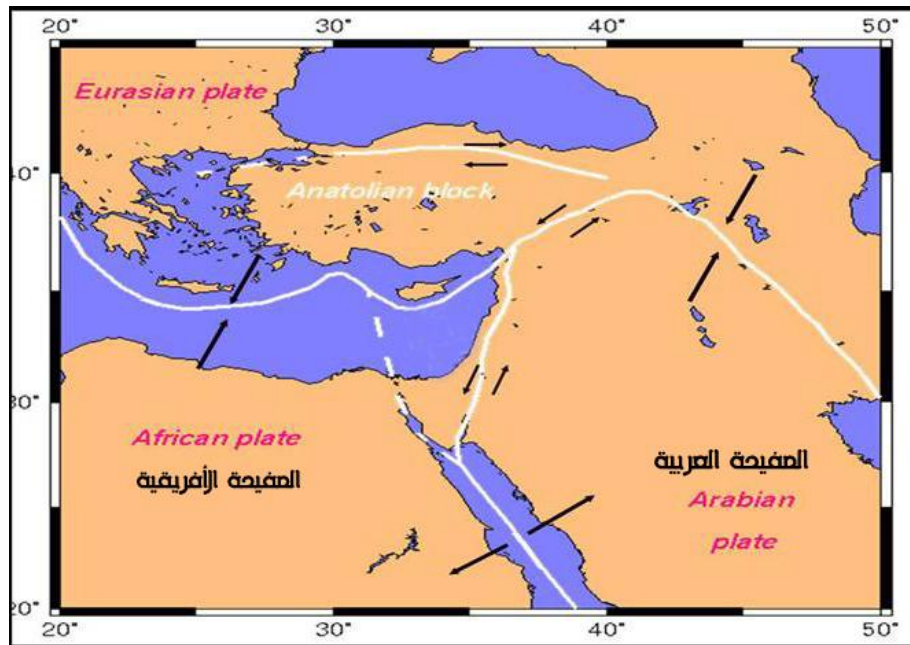
المقدار الزلزالي هو عبارة عن مقياس نسبي للطاقة المتحررة من مركز الزلازل، ويرمز لهذا المقياس عادة بالحرف M، حيث تستخدم العلاقة، ونظراً لطبيعة القياس اللوغاريتمي فإن زلزالاً مقداره (قوته) 7 درجات، حسب مقياس ريختر، يكون أقوى بعشرة أضعاف من زلزال درجته 6، حيث إن زيادة درجة واحدة في مقياس ريختر تعني زيادة 10 أضعاف في السعة، وزيادة درجة واحدة في مقدار الزلزال تعني زيادة 32 ضعفاً في الطاقة.

وبالنسبة لقوة الزلازل المتوقعة في منطقتنا، أظهر العديد من الدراسات التي أجريت في دول المنطقة أن أقصى درجة للزلازل المحتملة، قد لا تزيد على ست درجات ونصف الدرجة حسب مقياس ريختر، وذلك إذا كان مركزها شمال البحر الميت أو جنوبه، علماً أن الزلازل من هذا النوع قد يحدث عادة في هذه المنطقة كل 80 - 100 عام، وآخر مرة حصل زلزال وكان مركزه في منطقة شمال البحر الميت كان عام 1927، وعموماً تصنف هذه الدرجة بالمعتدلة أو القوية نسبياً، ويمكن للمباني والبنى التحتية إذا صممت ونفذت وفقاً للضوابط العامة، ولمتطلبات الحد الأدنى للمباني المقاومة للزلازل أن تقاوم هذه الدرجة، وهذا يمكن تحقيقه بسهولة. وأظهرت بعض الدراسات التي أجريت في المنطقة، أن الزلازل التي تقع مراكزها قرب بحيرة طبريا أو شمالها، قد تصل قوتها القصوى إلى 7 درجات حسب مقياس ريختر، وحسب بعض التقارير العلمية قد يحصل هذا النوع من الزلازل مرة واحدة كل 200 أو 250 عاماً أو كل 500 عام، وذلك استناداً لنتائج بعض الباحثين، وآخر مرة حصل زلزال قوي في هذه المنطقة تقريباً كان عام 1759م، وكان تأثيره مدمراً، حيث أدى إلى مقتل أربعين ألف شخص في سوريا، ولبنان، وفلسطين، والأردن.

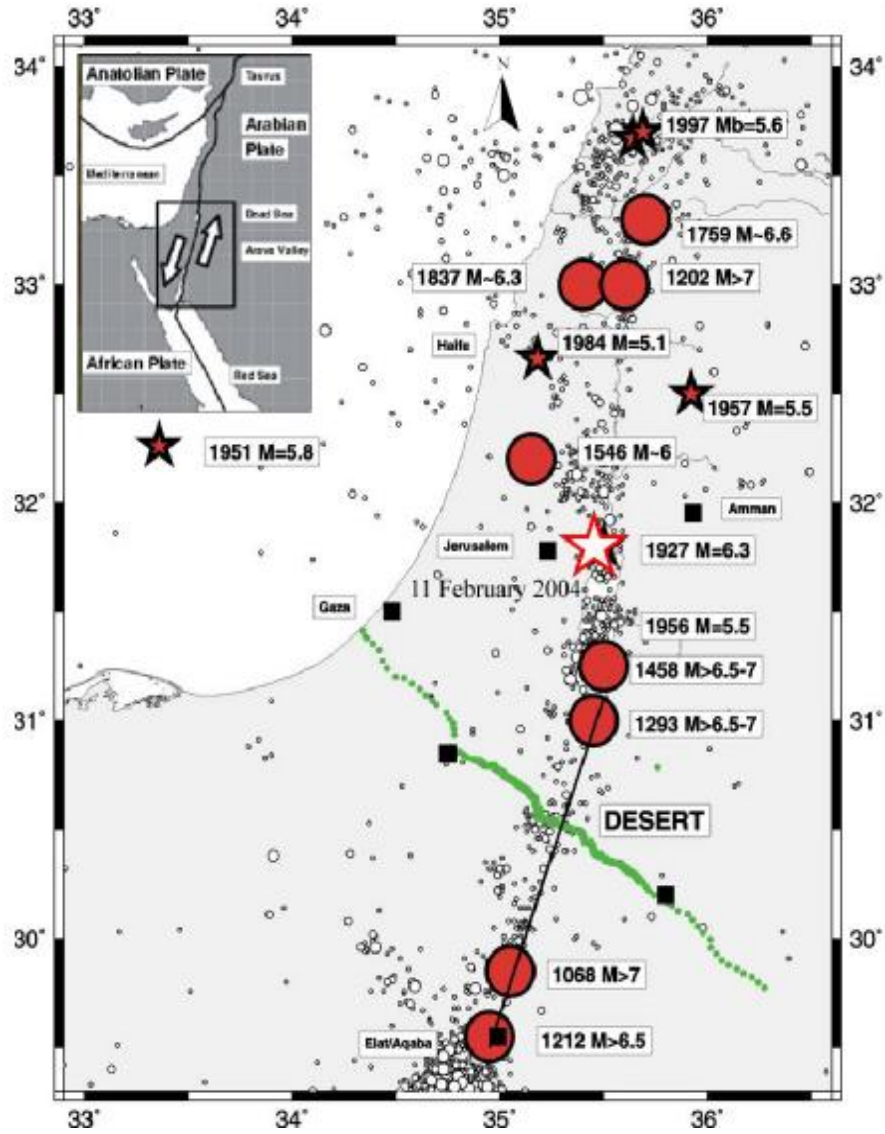
تنويه: لمزيد من المعلومات حول الزلازل، وأسبابها، والموجات الزلزالية، والمراكز الجوفية والسطحية، وأنواع الزلازل، وخصائص الحركات الأرضية، و مقاييس "درجة" الزلازل، وزلزالية فلسطين والدول العربية، يمكن الاطلاع على كتاب "الزلازل وجاهزيتنا"، وكتاب " الزلازل وتخفيف مخاطرها" (انظر المراجع).



شكل (1): اتجاه الحركة النسبية لصفائح القشرة الأرضية ومواقع الصدوع القارية الرئيسية (Pop I, 1985)



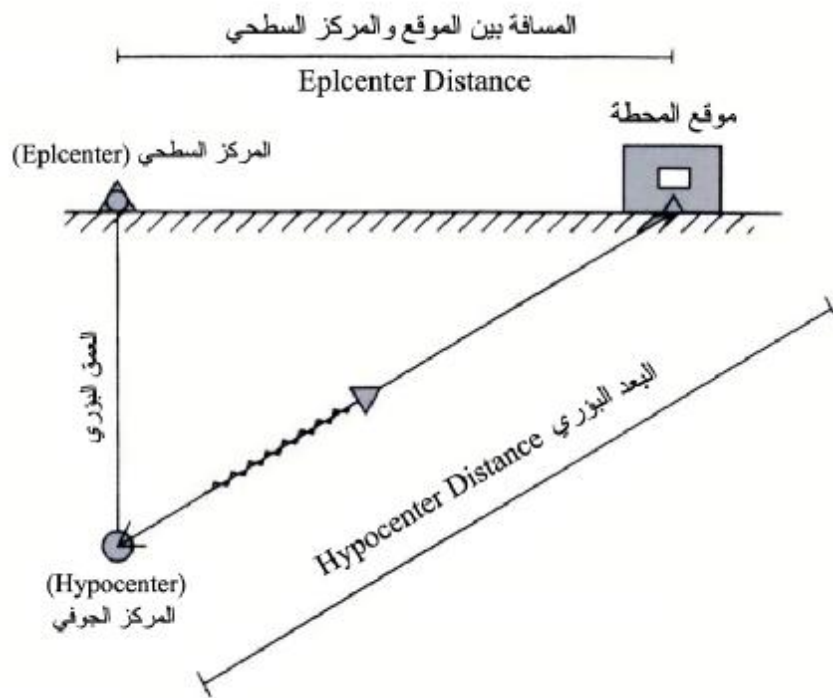
شكل (2): اتجاه حركة الصفيحة العربية (DESERT Team, 2004)



(Abou Karaki 1987, Shapira 1988, Ambraseys et al 1994) for the period 1000-2007. Also shown is the studies (Al-Tarazi 1994 and 1999) and DESERT deep seismic sounding line (Weber 2004.).

شكل (3): خارطة زلزالية المنطقة

(Seismicity map of the Dead Sea transform region)



شكل (4): المراكز الجوفية و السطحية للهزات الارضية (المؤلف)



نبذة عن المؤلف

يحمل الدكتور جلال نمر الديبك درجة الدكتوراه في الهندسة من جامعة كلوج نابوكا التكنولوجية في رومانيا. التخصص العام : هندسة بناء (انشاءات)، والتخصص الدقيق : منشآت مقاومة للزلازل "هندسة زلازل"، عمل منذ العام 1989 حتى 1996 في جامعة صنعاء باليمن، وجامعة بيرزيت في فلسطين. ويعمل حالياً محاضراً في كلية الهندسة بجامعة النجاح الوطنية في فلسطين، ومديراً لمركز علوم الأرض وهندسة الزلازل في الجامعة.

من أهم نشاطاته وأعماله:

- المشاركة في عشرات المؤتمرات والندوات وورشات العمل المحلية والعربية والدولية حول الموضوعات المختلفة لهندسة الزلازل (تصميم المباني لمقاومة الزلازل، وتأهيل المباني القائمة زلزالياً، وتقييم المخاطر الزلزالية)، وإدارة الكوارث، والحد من مخاطر الكوارث.
- إجراء عدد كبير من الدراسات والأبحاث وتقديم الاستشارات العلمية لصالح مؤسسات محلية وعربية ودولية.
- تقديم مئات المحاضرات العامة والبرامج الإعلامية المرئية والمسموعة والمكتوبة، وذلك لرفع المستوى الثقافي والعلمي في موضوعات تخفيف المخاطر الزلزالية والمباني المقاومة للزلازل وتقييم المخاطر والاحتياجات.
- نشر عشرات الأبحاث والمقالات حول المواضيع المختلفة لهندسة الزلازل وإدارة الكوارث وتقييم المخاطر، وذلك من خلال المجلات العلمية والمؤتمرات والندوات وورشات العمل والصحف ومواقع الانترنت المحلية والعربية والدولية.
- تأليف ونشر كتاب "الزلازل وجاهزيتنا" وكتاب "الزلازل وتخفيف مخاطرها".
- العضوية في عدد من المعاهد والمراكز واللجان العلمية وأهمها:
 - المعهد الأمريكي لأبحاث هندسة الزلازل EERI.
 - لجنة التعليم الهندسي في اتحاد المهندسين العرب ممثلاً لفلسطين.
 - لجنة التعليم الهندسي في الفدرالية الدولية ممثلاً لفلسطين من العام 2001 ولغاية العام 2010.
 - مجموعة خبراء RELEMR الدولية " تخفيف مخاطر الزلازل في حوض البحر المتوسط" الممولة من اليونسكو.
 - الهيئة الوطنية العليا للتخفيف من أخطار الكوارث (نائب رئيس الهيئة).
 - جمعية الزلازل الأمريكية SSA .
 - المعهد الأمريكي للمنشآت المعدنية AISC.
 - بالإضافة إلى عضوية ورئاسة لجان علمية وتحضيرية واستشارية في ندوات وورشات عمل ومؤتمرات محلية وعربية ودولية.