الجمهورية العربية السورية
نقابة المهندسين

الملحق رقم (2) للكود العربي السوري لتصميم وتنفيذ المنشآت بالخرسانة المسلحة

تصميم وتحقيق المباني والمنشآت المقاومة للزلازل

الطبعة الثانية

دمشق 2013

مقدمة الطبعة الثانية

بعد أن صدرت الطبعة الأولى من الملحق رقم (٢) للكود العربي السوري وموضوعه "**تصميم وتحقيق المباني والمنشآت المقاومة للزلازل**" عام ٢٠٠٤، وخلال تطبيق هذا الملحق للكود خلال السنوات السابقة، لوحظ وجود بعض الأمور التي تحتاج لتعديل، كما أن الكودات العالمية الحديثة أتت بمعلومات جديدة لا بد من أخذها في الحسبان.

قامت لجنة الكود العربي السوري بأخذ الأمور السابقة في الحسبان، وقامت بمراجعة الكود الأساس وأجرت التصحيحات والتعديلات المناسبة فيه، ووصلت إلى الصيغة الحالية التي صدرت في الطبعة الرابعة، كما قامت بمراجعة الملحق (٢) هذا (الخاص بالزلازل) وأجرت التصحيحات والتعديلات المناسبة فيه، ووصلت إلى الصيغة الحالية في الطبعة الثانية هذه. ويجدر التنويه إلى أن الزميل د. أسامة النحاس ، قد انتقل إلى رحمته تعالى قبل المباشرة بإعداد هذه النسخة المطورة من الملحق (٢)، و انتقل إلى رحمته تعالى الزميلان: د. أحمد الغفري و د. وهيب زين الدين أثناء إعداد هذه النسخة المطورة، فلهم منا كل الشكر والتقدير، ونسأل الله أن يسكنهم فسيح جناته.

وأضيف للجنة بعض الزملاء فأصبحت كما يلي:

د.م. محمد كرامة بدورة	رئيساً	د.م. أحمد الغفري	مدققاً لغوياً
د.م. أحمد الحسن	عضواً	د.م. محمود وردة	عضواً
د.م. نادر نبيل أنيس	عضواً	د.م. وهيب زين الدين	عضواً
د.م. محمد نزيه إيلوش	عضواً	د.م. محمد نزيه اليافي	عضواً
د.م. نافذ بشور	عضواً	د.م. بسام حويجة	عضواً
د.م. حكمت إدوار زيربة	عضواً	د.م. محمد سمارة	عضواً
م. سمير بني مرجة	عضواً	م. علي جعارة	عضواً
د.رائد أحمد	عضواً	الجيولوجي رضا السبيناتي	عضواً
د.م. حنايني	عضواً		

من أهم التطويرات التي جرى تنفيذها في هذا الملحق رقم (٢) للكود، هي إلغاء الطريقة الاستاتيكية المكافئة الأولى (التي كانت مشروحة بالكود الأساس ومسموح العمل بها بموجب هذا الملحق في ذلك الوقت)، وإضافة طريقة جديدة هي الطريقة الاستاتيكية المكافئة المطورة (التي تعتمد

على الكود الأمريكي IBC – 2009 والكود الأمريكي ASCE–7 / 2010) وتمثل أحدث التطورات في مجال تصميم المباني والمنشآت لمقاومة الزلازل. وهكذا جرى إعادة تسمية الطريقة الإستاتيكية المكافئة الثانية (التي كانت تعتمد على الكود الأمريكي UBC–97)، بحذف كلمة الثانية من الإسم، وأصبحت الطريقتان المعتمدتان لتصميم وتحقيق الأبنية والمنشآت لمقاومة الزلازل هما: الطريقة الاستاتيكية المكافئة والطريقة الاستاتيكية المكافئة المطورة، إضافة بالطبع للطرائق الديناميكية الأكثر شمولية، والتي كانت معتمدة أيضاً بالطبعة الأولى.

دمشق في: كانون الثاني ٢٠١٣

نقيب المهندسين السوريين

المهندس: محمد وليد غزال

تقديم الطبعة الأولى

بعد أن اعتمد الكود العربي السوري لتصميم وتنفيذ المنشآت بالخرسانة المسلحة في الجمهورية العربية السورية ابتداءً من مطلع العام ١٩٩٢، قامت نقابة المهندسين بالتعاون مع المؤسسات والهيئات المعنية بتطوير خارطة المناطق الزلزالية لأراضي الجمهورية العربية السورية في عام ١٩٩٥. وتم في حينه تحديد بعض عوامل حساب الزلازل على المنشآت، بما ينسجم مع الخارطة الزلزالية المعتمدة آنذاك، وأسس الحساب الزلزالي الحديثة المعتمدة عالمياً، وأصبح المصمم ملزماً بأخذ التأثيرات الزلزالية على الأبنية والمنشآت منذ ذلك التاريخ.

مع تطبيق الاشتراطات الزلزالية في الكود على الأبنية والمنشآت منذ عام ١٩٩٥ برزت الحاجة للعديد من نواحي التطوير والايضاح في تلك الاشتراطات، سواء من خلال التطبيق العملي لتلك الاشتراطات في أعمال التصميم أو التقييم الزلزالي للأبنية القائمة، أو من خلال التطوير المستمر في الكودات الزلزالية العالمية الحديثة، وتلك المستعملة في الدول المجاورة والتي تشابه ظروفها الزلزالية ظروف الجمهورية العربية السورية، وعليه فقد تم إصدار ثلاثة ملاحق للكود في الأعوام ١٩٩٦ و١٩٩٧ و٢٠٠٠، تحتوي إيضاحات وبعض التطويرات المطلوبة.

حالياً وبعد مرور زمن كاف على تطبيق الاشتراطات الزلزالية، أصبح الوقت مناسباً لإضفاء مزيد من التطوير والاختصاصية على الكود، لجعله مسايرة للكودات العالمية بهذا الخصوص. ولهذا الهدف شكلت نقابة المهندسين السوريين بالتعاون مع جامعات القطر والمؤسسة العامة للجيولوجيا والثروة المعدنية وهيئة الطاقة الذرية والمؤسسات العلمية الأخرى لجنة علمية لتطوير الكود العربي السوري مؤلفة من السادة :

د.م. محمد كرامة بدورة	رئيساً	د.م. أحمد الغفري	مدققاً لغوياً
د.م. أسامة النحاس	عضواً	د.م. محمود وردة	عضواً
د.م. أحمد الحسن	عضواً	د.م. نادر نبيل أنيس	عضواً
د.م. وهيب زين الدين	عضواً	د.م. حناينى	عضواً
د.م. محمد نزيه إيلوش	عضواً	د.م. نافذ بشور	عضواً
د.م. حكمت إدوار زيربة	عضواً	د.م. بسام حويجة	عضواً
د.م. محمد سمارة	عضواً	د.م. إبراهيم الطحان	عضواً
م. علي جعارة	عضواً	م. سمير بني مرجة	عضواً
الجيولوجي رضا السبيناتي	عضواً		

ارتأت اللجنة ضرورة فصل مختلف المواضيع الاختصاصية عن الكود الأساس، نظراً للكم الكبير من المعطيات في مواضيع الكود المختلفة، وروعي أن يكون الكود مقتصراً على المواضيع الأساسية الخاصة بتصميم عناصر الخرسانة المسلحة، مع إعطاء معلومات مقتضبة عن مختلف المواضيع الهامة، وبيان الملاحق الخاصة بكل موضوع. وقد تم إفراد ملاحق مستقلة لمختلف المواضيع التي تهم المهندس الإنشائي والتي يحتاجها عند تصميم الأبنية والمنشآت المدنية المختلفة.

يُعنى هذا الملحق بالاشتراطات والاحتياطات المطلوبة لتصميم وتحقيق الأبنية والمنشآت لمقاومة الزلازل، وهو يتبنى طرائق ستاتيكية وطرائق ديناميكية في التحليل الزلزالي للأبنية والمنشآت. ففي مجال التحليل الستاتيكي يتبنى الكود طريقتين في التحليل الستاتيكي، تمثل الطريقة الأولى تطويراً للأسلوب الستاتيكي المستعمل في الكود منذ عام ١٩٩٥، في حين تعتمد الطريقة الثانية على كود زلزالي أكثر تطوراً هو UBC-97. وقد تم إدخال التعديلات المطلوبة على كلا الطريقتين، بما يتوافق مع واقع الأبنية والمنشآت في سورية، وبما يتلائم مع طبيعة المواد وأساليب الإنشاء المستعملة محلياً، مع إدخال التبسيطات المناسبة لبعض الصيغ، لجعل تلك الصيغ والاشتراطات أكثر سهولة للتطبيق، مع المحافظة على الأساس العلمي المطلوب، علماً بأن تبني كودات عالمية أكثر تطوراً كالكود (IBC-2000) مثلاً أمر غير ممكن حالياً نظراً لاعتماده على معلومات ومعطيات لتسجيلات زلزالية كثيرة لا تزال غير متوفرة في سورية. وأما في مجال التحليل الديناميكي الزلزالي للأبنية والمنشآت، فيتبنى هذا الملحق الطرائق المتطورة المعروفة والتي تندرج من أساليب التحليل باستعمال أطياف الاستجابة وصولاً إلى أساليب التحليل الديناميكي الزمني، وذلك تبعاً لطبيعة المنشأة ومهامها المطلوبة.

يعتمد هذا الملحق الزلزالي على خارطة زلزالية حديثة للجمهورية العربية السورية، تم تطويرها اعتماداً على قيم التسارع الأعظمي الأرضي (PGA) وفترات عودة (Return Periods) مختلفة تبعاً لنوعية المنشأة المدروسة.

تأمل نقابة المهندسين من خلال التطوير العلمي المحتوى في هذا الملحق، مزيداً من التحديث في معالجة المواضيع الزلزالية وتخفيف مخاطرها في القطر، مع الإقرار بأن أي عمل لا يمكن أن يرقى إلى الكمال، مما يستدعي جهوداً مستقبلية مستمرة لإضفاء مزيد من التطوير المناسب على هذا العمل.

دمشق: ٢٠٠٤

نقيب المهندسين السوريين

المهندس حسن ماجد علي

جدول محتويات

الملحق رقم (2) للكود العربي السوري
لتصميم وتنفيذ المنشآت بالخرسانة المسلحة

تصميم وتحقيق المباني
والمنشآت المقاومة للزلازل

الباب والفصل والبند والفقرة	الموضوع	الصفحة
	مقدمة الطبعة الثانية	2
	تقديم الطبعة الأولى	4
	جدول المحتويات	6
الباب الأول	**الغاية والمجال**	**16**
١-١-	**عام**	16
١-٢-	**الغاية.**	16
١-٣-	**المجال.**	17
الباب الثاني	**المصطلحات والتعاريف والرموز.**	**18**
٢-١-	**المصطلحات والتعاريف.**	18
٢-٢-	**الرموز.**	28
الباب الثالث	**تحديد معايير التصميم ومعاملات تراكيب الأحمال**	**33**
٣-١-	**أسس التصميم.**	33
٣-٢-	**زلزالية موقع المنشأة.**	34
٣-٢-١-	الشدة الزلزالية والتسارع الزلزالي.	34
٣-٢-٢-	العمر التصميمي للمنشآت.	35
٣-٢-٣-	المناطق الزلزالية.	35
٣-٣-	**أنواع الإشغالات.**	**36**
٣-٤-	**جيولوجية الموقع وخصائص التربة.**	**36**
٣-٤-١-	مقدمة.	36
٣-٤-٢-	صنف مقطع التربة.	36
٣-٥-	**خصائص المخاطر المتعلقة بالموقع الزلزالي.**	**37**
٣-٥-١-	المنطقة الزلزالية.	37

٣-٥-٢-	معامل القرب من المصدر للمنطقة الزلزالية (4) .	37
٣-٥-٣-	معاملات الاستجابة الزلزالية.	37
٣-٦-	**متطلبات الشكل.**	**38**
٣-٦-١-	عام.	38
٣-٦-٢-	المنشآت المنتظمة.	38
٣-٦-٣-	المنشآت غير المنتظمة.	38
٣-٧-	**الجمل الإنشائية.**	**39**
٣-٧-١-	عام.	39
٣-٧-٢-	جمل الجدران الحاملة.	39
٣-٧-٣-	جملة المبنى الهيكلي (جملة إطارات عادية مع جدران قص).	39
٣-٧-٤-	جملة الإطار المقاوم للعزم.	39
٣-٧-٥-	الجملة الثنائية (إطارات مقاومة للعزوم + جدران قص).	39
٣-٧-٦-	الجملة المختلطة أو التفاعلية (إطارات مقاومة للعزوم + جدران قص).	40
٣-٧-٧-	جملة العمود الظفري.	40
٣-٧-٨-	الجمل الإنشائية غير المصنفة.	40
٣-٧-٩-	الجمل الإنشائية غير المبانى.	40
٣-٨-	**حدود الارتفاع.**	**40**
٣-٩-	**إجراءات تحديد القوة الجانبية.**	**40**
٣-٩-١-	عام.	40
٣-٩-٢-	التحليل الاستاتيكي المبسط .	41
٣-٩-٣-	التحليل الاستاتيكي .	41
٣-٩-٤-	التحليل الديناميكى.	42
٣-١٠-	**تحديدات الجمل الإنشائية.**	**42**
٣-١٠-١-	حالة خاصة من عدم الاستمرارية (الانقطاع).	42
٣-١٠-٢-	الجمل الإنشائية غير المصنفة.	42
٣-١٠-٣-	الخصائص غير المنتظمة.	42
٣-١١-	**الإجراءات البديلة.**	**43**
٣-١١-١-	عام.	43
٣-١١-٢-	العزل الزلزالي.	43
٣-١٢-	**معاملات تراكيب الأحمال.**	**43**
٣-١٢-١-	عام.	43
٣-١٢-٢-	تراكيب الأحمال في حالة الحد الأقصى.	44
٣-١٢-٣-	تراكيب (تجميعات) خاصة للأحمال الزلزالية.	45
٣-١٢-٤-	الحسساب الافتراضي لإجهاد القص الحدي في جدران القص نتيجة تأثيرات الزلازل	46
٣-١٢-٥-	شروط سهم الانحناء.	46
٣-١٣-	**الجداول.**	**46**
الباب الرابع	**القوى الزلزالية التصميمية الدنيا والتأثيرات المرافقة لها.**	**62**
٤-١-	**طرائق حساب القوى الزلزالية التصميمية الدنيا.**	62
٤-٢-	**قوى الهزة الأرضية ومتطلبات النمذجة (التمثيل).**	**63**
٤-٢-١-	القوى الناشئة عن الهزة الأرضية.	63

٤-٢-٢-	متطلبات النمذجة (التمثيل).	65
٤-٢-٣-	تأثيرات (P-Δ) (التأثيرات الإضافية الناتجة عن الازاحات الأفقية).	66
٤-٣-	**مراحل حساب القوة الاستاتيكية المكافئة.**	67
٤-٣-١-	حساب القص القاعدي التصميمي.	67
٤-٣-٢-	الفترة الأساسية للمنشأة (الدور الأساسي للمنشأة).	67
٤-٣-٣-	الطريقة المبسطة لحساب القص القاعدي.	68
٤-٤-	**تحديد المعاملات الزلزالية.**	70
٤-٤-١-	تحديد قيمة (Ω_o).	70
٤-٤-٢-	تحديد قيمة (R).	70
٤-٥-	**مجموعات الجمل الإنشائية.**	**71**
٤-٥-١-	عام.	71
٤-٥-٢-	التراكيب بالاتجاه الرأسي.	71
٤-٥-٣-	التراكيب باتجاه محاور مختلفة.	71
٤-٥-٤-	التراكيب باتجاه المحور ذاته.	72
٤-٦-	**التوزيع الرأسي للقوى الزلزالية.**	**72**
٤-٧-	**التوزيع الأفقي لقوة القص.**	**72**
٤-٨-	**عزوم الفتل (اللي) الأفقية.**	**73**
٤-٩-	**الانقلاب.**	**75**
٤-٩-١-	عام.	75
٤-٩-٢-	العناصر الساندة للجمل الحاوية انقطاعات.	75
٤-٩-٣-	عند الأساسات.	76
٤-١٠-	**الإزاحة.**	76
٤-١٠-١-	تحديد قيمة Δ_S.	76
٤-١٠-٢-	تحديد قيمة Δ_M.	77
٤-١١-	**حدود الإزاحة الطابقية.**	77
٤-١١-١-	عام.	77
٤-١١-٢-	طريقة الحساب.	77
٤-١١-٣-	التحديدات.	78
٤-١٢-	**المركبة الرأسية.**	**78**
٤-١٣-	**طريقة مبسطة لتوزيع القوة الزلزالية بالاتجاه الأفقي في الطابق الواحد.**	**78**
٤-١٤-	**تراكيب الآثار من الاتجاهين الأفقيين المتعامدين.**	**81**
الباب الخامس	**طرائق (طرق) التحليل الديناميكي**	**87**
٥-١-	**عام.**	**87**
٥-٢-	**حركة الأرض.**	**87**
٥-٣-	**النموذج الرياضي.**	**88**
٥-٤-	**وصف إجراءات التحليل الديناميكي.**	**89**
٥-٤-١-	التحليل حسب طيف الاستجابة.	89
٥-٤-٢-	التحليل باستعمال التأريخ الزمني (التسجيلات الزمنية).	89
٥-٥-	**التحليل باستعمال طيف الاستجابة.**	**89**
٥-٥-١-	تمثيل طيف الاستجابة وتفسير النتائج.	89

٥-٥-٢-	عدد الأطوار (الأنساق، الأنماط).	89
٥-٥-٣-	تراكيب الأطوار (الأنساق، الأنماط).	89
٥-٥-٤-	تخفيض قيم (نواتج) الاستجابة المرنة بغرض التصميم.	90
٥-٥-٥-	تأثيرات الاتجاه.	90
٥-٥-٦-	الفتل (اللي).	90
٥-٥-٧-	الجمل الثنائية.	91
٥-٦-	**التحليل باستعمال التأريخ الزمني (التسجيلات الزمنية).**	**91**
٥-٦-١-	التأريخ الزمني (التسجيلات الزمنية).	91
٥-٦-٢-	التحليل المرن باستعمال التأريخ الزمني (التسجيلات الزمنية).	92
٥-٦-٣-	التحليل اللا خطى للتأريخ الزمنى.	92
الباب السادس	**القوى الجانبية المؤثرة على العناصر الإنشائية والعناصر غير الإنشائية للمنشآت وعلى التجهيزات المستندة على المنشآت**	**93**
٦-١-	**عام.**	**93**
٦-٢-	**التصميم لمقاومة القوة الجانبية الكلية.**	**93**
٦-٣-	**توصيف القوى الجانبية.**	**94**
٦-٤-	**الحركة النسبية لروابط التجهيزات.**	**95**
٦-٥-	**الطرائق البديلة في التصميم.**	**95**
الباب السابع	**الاشتراطات والاحتياطات المطلوبة في تصميم المباني والمنشآت المقاومة للزلازل وإعادة تأهيل القائمة منها**	**96**
٧-١-	**عام.**	**96**
٧-٢-	**التكوين المعماري المرغوب إنشائياً.**	**98**
٧-٢-١-	التكوين المعماري والفواصل بين الكتل في المسقط الأفقي.	98
٧-١-٢-	التكوين المعماري والفواصل بين الكتل فى الواجهة الرأسية.	100
٧-٣-	**الطبيعة الإنشائية للمبنى أو المنشأة.**	**102**
٧-٤-	**الترابط العام والسلوك الإجمالي للمنشأة.**	**102**
٧-٤-١-	عام.	102
٧-٤-٢-	استمرار العناصر الإنشائية بالاتجاهات الثلاثة.	111
٧-٤-٣-	تأثير جمل الأساسات.	112
٧-٤-٤-	الاشتراطات والاحتياطات المطلوبة في تربة التأسيس وتصميم وتنفيذ الأساسات في المباني المقاومة للزلازل.	116
٧-٤-٥-	الاشتراطات والاحتياطات المطلوبة في الشيناجات ورقبات القواعد.	116
٧-٤-٦-	التكامل الإنشائي العام.	118
٧-٤-٦-١-	تراكيب الأحمال للأحمال المتكاملة.	118
٧-٤-٦-٢-	وصلات مسار الحمل.	118
٧-٤-٦-٣-	القوى العرضية (الأفقية).	118
٧-٤-٦-٤-	الربط مع المساند.	119
٧-٤-٦-٥-	إرساء الجدران الإنشائية.	119

٧-٥-	**التناظر والانتظام الأفقيان.**	**119**
٧-٥-١-	عام.	119
٧-٥-٢-	تطابق مركز كتلة المبنى مع مركز قساوته.	119
٧-٥-٣-	إكساء الواجهات وأثره على سلوك المنشأة.	121
٧-٥-٤-	وجود زوايا داخلية.	123
٧-٥-٥-	وجود انقطاعات مفاجئة (أو فتحات كبيرة) في البلاطات.	123
٧-٥-٦-	وجود جمل انشائية مائلة.	124
٧-٦-	**الانتظام الرأسي.**	**124**
٧-٦-١-	عام.	124
٧-٦-٢-	عدم الانتظام الإنشائي في المقطع الرأسي.	125
٧-٦-٣-	عدم الانتظام في القساوة للطوابق بسبب تغير القساوة (الجساءة) الفعلية للعناصر أو تغير مادة الإنشاء.	127
٧-٦-٤-	الطابق اللين والطابق الضعيف والطابق الطويل.	129
٧-٦-٥-	الأعمدة القصيرة.	130
٧-٦-٦-	عدم الانتظام في كتل الطوابق.	131
٧-٦-٧-	وجود انقطاع فى العناصر الحاملة الرأسية.	131
٧-٧-	**مسارات الأحمال.**	**133**
٧-٧-١-	مسارات الأحمال الشاقولية (الرأسية).	133
٧-٧-٢-	مسارات الأحمال الأفقية.	133
٧-٨-	**العناصر الظفرية.**	**135**
٧-٩-	**اشتراطات المباني والمنشآت المقاومة لأحمال الزلازل.**	**136**
٧-٩-١-	أنواع جمل المباني والمنشآت المقاومة لأحمال الزلازل.	136
٧-٩-٢-	اشتراطات المباني التي ستقاوم الأحمال الأفقية بالجملة الإطارية (أعمدة وجيزان مع وصلات صلدة).	137
٧-٩-٣-	اشتراطات المباني التي ستقاوم الأحمال الأفقية بمساهمة رئيسية لجدان القص.	138
٧-٩-٤-	اشتراطات المباني التي ستقاوم الأحمال الأفقية بالجملة التفاعلية (المختلطة).	140
٧-٩-٥-	عناصر التكتيف (الربط) الفولاذية.	142
٧-٩-٦-	الانشاءات المسبقة التصنيع.	142
٧-٩-٧-	توافق (تناسق، انسجام) التشوهات.	142
٧-٩-٨-	الإزاحة الجانبية.	143
٧-٩-٩-	المواد الهشة والمواد القابلة للكسر.	143
٧-١٠-	**الاشتراطات الإنشائية في العناصر المقاومة للزلازل.**	**144**
٧-١٠-١-	الاشتراطات البعدية.	144
٧-١٠-٢-	اشتراطات التسليح.	145
٧-١٠-٣-	اشتراطات إضافية لرفع كفاءة المنشآت فى مقاومة الزلازل.	155
٧-١١-	**المتطلبات التفصيلية للجمل المستعملة في التصميم.**	**158**
٧-١١-١-	عام.	158
٧-١١-٢-	الجمل الإنشائية.	159
٧-١١-٣-	توافق (تناسق، انسجام) التشوهات في الجملة الإنشائية.	160
٧-١١-٤-	الشدادات والاستمرارية فى الجمل الإنشائية.	161

٧-١١-٥-	العناصر المجمّعة في الجمل الإنشائية.	162
٧-١١-٦-	الإطارات الخرسانية.	162
٧-١١-٧-	تثبيت الجدران الخرسانية أوالحجرية.	163
٧-١١-٨-	الديافرامات (الأحجبة Diaphragms).	164
٧-١١-٩-	الإطارات الواقعة أسفل القاعدة.	165
٧-١١-١٠-	تباعد المباني.	165
الباب الثامن	**المنشآت الخاصة غير المباني**	**167**
٨-١-	**عام.**	**167**
٨-١-١-	مقدمة.	167
٨-١-٢-	معايير التصميم.	167
٨-١-٣-	الوزن **(W)**.	168
٨-١-٤-	الفترة الأساسية.	168
٨-١-٥-	الإزاحة.	168
٨-١-٦-	التأثيرات المتبا.دلة	168
٨-٢-	**القوى الجانبية.**	**168**
٨-٣-	**المنشآت الصلبة (الصلدة Rigid).**	**169**
٨-٤-	**الخزانات المستندة على الأرض (الخزانات الأرضية).**	**169**
٨-٥-	**المنشآت الأخرى التي ليس لها شكل المباني.**	**169**
٨-٦-	**الجدران الاستنادية (الساندة) المقاومة للزلازل.**	**170**
٨-٦-١-	مقدمة.	170
٨-٦-٢-	أنواع الجدران الاستنادية (الحوائط الساندة).	171
٨-٦-٣-	أنماط انهيار الجدران الاستنادية.	172
٨-٦-٤-	الإستجابة الديناميكية للجدران الاستنادية.	174
٨-٦-٥-	الضغط الزلزالي على الجدران الاستنادية.	175
٨-٦-٦-	تأثير المياه على دفع الجدران.	180
٨-٦-٧-	تأثير الحمل الموزع على سطح الأرض على دفع الجدران.	183
الباب التاسع	**أنواع التربة وطريقة تصنيف الموقع**	**184**
٩-١-	**عام.**	**184**
٩-٢-	**التعاريف.**	**184**
٩-٢-١-	السرعة المتوسطة لأمواج القص $\overline{v}_S$ (الأمواج السطحية).	185
٩-٢-٢-	مقاومة الإختراق القياسية الحقلية المتوسطة $(\overline{N})$، مقاومة الإختراق القياسية الحقلية المتوسطة لطبقات التربة غير المتماسكة $(\overline{N}_{CH})$.	185
٩-٢-٣-	مقاومة القص المتوسطة غير المصرَّفة $(\overline{S}_u)$.	186
٩-٢-٤-	المقطع من الغضار الطري **(S_E)**.	186
٩-٢-٥-	أنواع المقاطع S_C, S_D, S_E .	186
٩-٢-٦-	المقاطع الصخرية S_A و S_B .	187
٩-٢-٧-	حالة عدم وجود دراسة تفصيلية لجيولوجية المنطقة.	187

الملحق أ	**طرائق تثبيت العناصر غير الإنشائية وطرائق تثبيت التجهيزات**	**188**
أ-١-	**عام.**	**188**
أ-٢-	**طرائق تثبيت العناصر غير الإنشائية.**	**188**
أ-٢-١-	الجدران الخارجية في المباني والمنشآت.	188
أ-٢-٢-	العناصر المتممة في المباني والمنشآت.	188
أ-٢-٣-	الإكساءات في المباني والمنشآت.	189
أ-٢-٤-	القواطع الداخلية في المباني والمنشآت.	190
أ-٣-٥-	السقوف المعلقة في المباني والمنشآت.	190
أ-٢-٦-	وسائط تثبيت أجهزة الإنارة في المباني والمنشآت.	190
أ-٢-٧-	زجاج الفتحات المختلفة.	192
أ-٣-	**إعادة تأهيل وتثبيت المعدات والتجهيزات الكهربائية والميكانيكية.**	**192**
أ-٣-١-	عام.	192
أ-٣-٢-	التجهيزات الميكانيكية والكهربائية.	192
أ-٣-٣-	التمديدات المختلفة وتجهيزاتها.	196
أ-٣-٤-	المصاعد.	200
أ-٣-٥-	جمل مجموعات الطاقة الاحتياطية وملحقاتها.	200
أ-٣-٦-	جمل تخزين المواد الخطرة.	202
أ-٣-٧-	جمل الاتصالات وملحقاتها.	203
الملحق ب	**أجهزة تسجيل الزلازل**	**204**
ب-١-	**عام.**	**204**
ب-٢-	**المقاييس الزلزالية.**	**204**
ب-٢-١-	مقياس المقدار (المطال Magnitude) بالريختر.	204
ب-٢-٢-	مقياس شدة الزلزال (ميركالي المعدل MM).	206
ب-٢-٣-	العلاقة بين مقياس المقدار ومقياس الشدة	208
ب-٢-٤-	مقياس التسارع (Acceleration).	209
الملحق ج	**الطريقة الاستاتيكية المكافئة المطورة لتصميم المباني والمنشآت (تحديد الأحمال الزلزالية).**	**210**
ج-١-	**المجال.**	**210**
ج-٢-	**تعاريف.**	**210**
ج-٣-	**المباني القائمة.**	**211**
ج-٤-	**الفحوصات الخاصة.**	**211**
ج-٥-	**اجراءات تصنيف الموقع للتصميم الزلزالي.**	**211**
ج-٥-١-	تصنيف الموقع.	212
ج-٥-٢-	تحليل استجابة الموقع لموقع ذي تربة من صنف F .	212

ج-٥-٣-	تعاريف بارامترات (متغيرات) صنف الموقع.	212
ج-٥-٣-١-	صنف الموقع F .	212
ج-٥-٣-٢-	صنف موقع الغضار الطري E .	213
ج-٥-٣-٣-	أصناف الموقع C و D و E .	213
ج-٥-٣-٤-	سرعة موجة القص لصنف الموقع B .	213
ج-٥-٣-٥-	سرعة موجة القص لصنف الموقع A .	213
ج-٥-٤-	كيفية تصنيف الموقع من أجل التصميم الزلزالي.	213
ج-٥-٤-١-	طريقة متوسط سرعة موجة القص.	215
ج-٥-٤-٢-	طريقة متوسط مقاومة الاختراق الحقلية $\overline{N}$ ومتوسط مقاومة الاختراق لطبقات التربة غير المتماسكة $\overline{N}_{ch}$.	215
ج-٥-٤-٣-	طريقة متوسط مقاومة القص غير المصرفة $\overline{S}_u$	216
ج-٥-٤-٤-	خطوات تصنيف الموقع .	217
ج-٦-	**قيم الحركة الأرضية الزلزالية.**	**217**
ج-٦-١-	بارامترات (متغيرات) التسارعات الخرائطية.	217
ج-٦-٢-	صنف الموقع.	222
ج-٦-٣-	بارامترات (متغيرات) عوامل الموقع ومتغيرات تسارع الاستجابة الطيفية الأعظميِ المعتمدة للزلزال وفقاً للخطر المستهدف (MCER).	222
ج-٦-٤-	متغيرات طيف الاستجابة التصميمي للتسارعات.	223
ج-٦-٥-	طيف الاستجابة التصميمي.	224
ج-٦-٦-	طيف الاستجابة الأعظميِ (MCER) المقابل للخطر المستهدف.	225
ج-٦-٧-	إجراءات تحديد الحركة الأرضية لموقع محدد.	225
ج-٧-	**عامل الأهمية وصنف الخطورة.**	**225**
ج-٧-١-	عامل الأهمية.	225
ج-٧-٢-	ممر الوصول المحمي لصنف الخطورة IV .	226
ج-٨-	**تحديد صنف التصميم الزلزالي.**	**226**
ج-٩-	**متطلبات التصميم لصنف التصميم الزلزالي A .**	**227**
ج-١٠-	**الأخطار الجيولوجية وأبحاث التربة.**	**228**
ج-١٠-١-	تحديدات الموقع لصنفي التصميم الزلزالي E و F .	228
ج-١٠-٢-	اشتراطات تقرير دراسة التربة (الجيوتكنيك) لأصناف التصميم الزلزالية من C إلى F.	228
ج-١٠-٣-	اشتراطات إضافية لتقرير دراسة التربة (الجيوتكنيك) لأصناف التصميم الزلزالية من D إلى F.	228
ج-١١-	**التكامل الإنشائي العام.**	**230**

ج-١٢-	**اختيار الجمل الإنشائية.**	**230**
ج-١٣-	**طراوة (ليونة) الديافرام وأشكال عدم الانتظام وعدم التقرير.**	**243**
ج-١٣-١-	طراوة الديافرامات (ليونة الحجاب).	243
ج-١٣-١-١-	حالة الديافرام الطري (اللين).	243
ج-١٣-١-٢-	حالة الديافرام الصلب.	244
ج-١٣-١-٣-	حساب حالة الديافرام الطري (اللين).	244
ج-١٣-٢-	تصنيف الانتظام وعدم الانتظام.	245
ج -١٣-٣-	عامل عدم التقرير ρ. (Redundancy factor)	245
ج-١٣-٣-١-	الحالات التي تؤخذ فيها قيمة ρ =1 .	245
ج-١٣-٣-٢-	عامل عدم التقرير ρ لأصناف التصميم الزلزالي D إلى F.	245
ج-١٤-	**تأثيرات الحمل الزلزالي وتراكيب الأحمال.**	246
ج-١٤-١-	مجال التطبيق.	246
ج-١٤-٢-	تأثير الحمل الزلزالي.	246
ج-١٤-٣-	تأثير الحمل الزلزالي متضمناً عامل زيادة المقاومة.	247
ج-١٥-	**اتجاه التحميل.**	**247**
ج-١٥-١-	منهجية (معيار) اتجاه التحميل.	247
ج-١٥-٢-	صنف التصميم الزلزالي B.	247
ج-١٥-٣-	صنف التصميم الزلزالي C.	247
ج-١٥-٤-	أصناف التصميم الزلزالي D إلى F.	248
ج- ١٦-	**اختيار طريقة التحليل.**	**248**
ج -١٧-	**نهج (معيار) النمذجة.**	**249**
ج-١٧-١-	نمذجة الأساسات.	249
ج-١٧-٢-	الوزن الفعال للزلازل.	249
ج- ١٨-	**اجراءات الطريقة الاستاتيكية المكافئة المطورة.**	**251**
ج- ١٨-١-	القص القاعدي الزلزالي.	251
ج-١٨-١-١-	حساب معامل الاستجابة الزلزالية.	251
ج-١٨-٢-	حساب الفترة الأساسية (الدور الأساسي).	252
ج-١٨-٢-١-	الفترة الأساسية التقريبية (الدور الأساسي التقريبي).	252
ج- ١٨-٣-	التوزيع الشاقولي للقوى الزلزالية.	254
ج- ١٨-٤-	التوزيع الأفقي للقوى الزلزالية.	255
ج- ١٨-٤-١-	الفتل الذاتي.	255
ج- ١٨-٤-٢-	الفتل الطارئ.	255
ج- ١٨-٤-٣-	تكبير عزم الفتل الطارئ.	255

ج-١٩- المسافة الدنيا للفاصل بين بنائين. 255
ج -٢٠- صنف الإشغال. 256
ج -٢١- إجراءات تحديد حركة الأرض لموقع معين من أجل التصميم الزلزالي. 257
ج-٢١-١- تحليل استجابة الموقع. 257
ج-٢١-١-١- حركات الأرض القاعدية. 257
ج-٢١-١-٢- نمذجة شروط الموقع. 259
ج-٢١-١-٣- تحليل استجابة الموقع والنتائج المحسوبة. 260
ج-٢١-٢- تحليل مخاطرة (مجازفة) لحركة الأرض الزلزالية الأعظمية وفق الخطورة المعتمدة. 260
ج-٢١-٢-١- الحركات الأرضية الاحتمالية (MCER). 261
ج-٢١-٢-٢- تحديد حركات الأرض (MCER). 261
ج-٢١-٢-٣- قيم (MCER) لموقع محدد. 262
ج-٢١-٣- طيف الاستجابة التصميمي. 262
ج-٢١-٤- بارامترات (متغيرات) التسارع التصميمي. 263
ج-٢١-٥- تسارع الذروة للأرض- المتوسط الهندسي الأعظمي المعتمد للزلازل (MCEG). 263
ج-٢١-٥-١- تسارع الذروة للأرض (MCEG) الإحتمالي. 263
ج-٢١-٥-٢- تسارع الذروة للأرض (MCEG) المقرر. 263
ج-٢١-٥-٣- تسارع الذروة للأرض (MCEG) لموقع محدد. 264

الملحق (د) **265**

د- الخارطة الزلزالية للجمهورية العربية السورية

المستعملة في الطريقة الاستاتيكية المكافئة 265

الملحق (هـ) **266**

هـ- جدول بقيم التسارعات الأرضية العظمى (PGA) المحتملة على الطبقة الصخرية الصلبة خلال خمسون عاماً مع احتمالية عدم تجاوز 90% مقدرة بالـ cm/sec^2، لأهم مراكز المدن والبلدات في سورية، المستعملة في الطريقة الاستاتيكية المكافئة 266

المراجع **268**

تصويبات للملحق (٣) الخاص بالتفاصيل والرسومات

أسماء الزملاء الذين ساهموا مع اللجنة بإغناء ملحق الكود **271**

1 الغاية والمجال

١-١- عام:

١-١-١- تُصمم وتحقق جميع المباني والمنشآت وأية أجزاء منها لمقاومة القوى الأفقية والرأسية (الشاقولية) المكافئة لتأثير الزلازل وفق الشروط الخاصة الواردة في هذا الكود الملحق، وإضافةً لذلك يسمح باستعمال الكودات المذكورة في البند (١-١-٤)، حيث تأخذ بالحسبان الخط الطيفي لتجاوب المنشأة وممطوليتها وقدرتها على امتصاص الطاقة الناتجة عن الزلازل وتخميدها، على أن لا تقل القوى و الآثار الناتجة عما ينتج عن تطبيق هذا الكود الملحق.

١-١-٢- يُراعى مقارنة قيم التأثيرات الناتجة عن كل من قوى الزلازل وقوى الرياح وتصميم المنشأة لمقاومة التأثيرات الأكثر خطورة منهما، مع الالتزام بالتفصيلات الإنشائية الواردة في ملحق الكود هذا، في جميع الحالات.

١-١-٣- يتم اعتماد النصوص الواردة في هذا الكود الملحق من قبل الجهات الرسمية المختصة، إلى حين توفر المعلومات الكاملة وإصدار ملحق خاص بذلك أو تعديل هذا الملحق.

١-١-٤- يجوز استعمال الكود الأمريكي (IBC 2009) أو كود الجمعية الأمريكية للمهندسين المدنيين (ASCE-7/ 2010) أو المواصفة الدولية رقم (ISO 3010) أو الكود الأوروبي الموحد (EC 8) لحساب القوى الأفقية المكافئة لأفعال الزلازل شريطة استعمال المعطيات الزلزالية المحلية، وتصميم المقاطع لحالة الحد الأقصى، على أن لا تقل القوى الناتجة من استعمال أي منها عن مثيلاتها الناتجة عن تطبيق ما ورد في هذا الملحق للكود، وذلك إلى حين تحديثها بما يلائم الوضع الزلزالي الفعلي اعتماداً على القياسات والدراسات الزلزالية المعمقة.

١-٢- الغاية:

١-٢-١- تحدد الغاية من تصميم المباني والمنشآت لمقاومة الزلازل في حال حدوثها بما يلي:

(أ) منع الخسائر البشرية.

(ب) استمرار خدمات المباني الهامة والمنشآت الحيوية قدر الإمكان.

(ج) حماية المباني والمنشآت من الانهيارات التي تسبب خسائر في الأرواح والممتلكات.
(د) تقليل الأضرار في الممتلكات والمباني.

١-٢-٢- لا يضمن تصميم المباني والمنشآت لمقاومة الزلازل في حال حدوثها ما يلي:

(أ) منع الأضرار في المباني والمنشآت كلياً، مثل حدوث تصدعات أو شقوق في العناصر الإنشائية أو عناصر الإكساء.
(ب) استمرار المباني والمنشآت غير الحيوية في أداء المهام المبنية من أجلها.

١-٢-٣- من المعترف به عالمياً أن تأمين الحماية التامة ضد جميع الزلازل غير ممكن اقتصادياً لمعظم أنواع المباني والمنشآت.

١-٢-٤- يجب تصميم وتنفيذ المباني والمنشآت وأجزائها لمقاومة تأثيرات الحركة الأرضية الزلزالية الواردة في هذا الكود الملحق كحد أدنى.

١-٣- المجال:

يشتمل هذا الكود الملحق على ما يلي:

١-٣-١- حساب القوى الأفقية الاستاتيكية المكافئة، للمباني وللمنشآت الخاصة غير الأبنية.

١-٣-٢- تحديد إجراءات التحليل الديناميكي.

١-٣-٣- حساب القوى الجانبية المؤثرة على عناصر المباني والمنشآت.

١-٣-٤- المتطلبات والاشتراطات والاحتياطات والشروط الفنية التي ينبغي إتباعها من أجل التصميم والتنفيذ.

١-٣-٥- تحديد أسس إعداد الخرائط الزلزالية.

١-٣-٦- تحقيق المباني والمنشآت القائمة للتحقق من مقاومتها للأحمال الزلزالية.

الباب الثاني

2

المصطلحات والتعاريف والرموز

٢-١- المصطلحات والتعاريف:

٢-١-١- الأحمال الميتة أو الدائمة: (Dead Loads)

وتشمل هذه الأحمال وزن المنشأة ذاتها وأوزان بقية المعدات والتجهيزات المثبتة في المبنى أو في المنشأة.

٢-١-٢- الأحمال الحية: (Live Loads)

وتشمل الأحمال الناتجة عن استثمار المبنى أو المنشأة، والتي لا تشمل الأحمال الميتة أو وزن مواد البناء، كما لا تشمل الأحمال الناتجة عن البيئة المحيطة بالمبنى كأحمال الرياح أو الثلج أو المطر أو الزلازل أو الفيضانات وما شابه.

٢-١-٣- الإزاحة الطابقية: (Story Drift)

تعرف الإزاحة الطابقية بأنها الفرق بين الانتقال الجانبي عند منسوب طابق معين، والانتقال الجانبي عند منسوب الطابق أسفل هذا المنسوب أو أعلاه.

٢-١-٤- الإزاحة الطابقية النسبية: (Story Drift Ratio)

تعرف الإزاحة الطابقية النسبية بأنها قيمة الإزاحة الطابقية مقسومة على ارتفاع الطابق.

٢-١-٥- الإطار الجداري الحجري المقاوم للعزوم:

(Masonry Moment –Resisting Wall Frame- MMRWF)

هي الجملة الإنشائية المؤلفة من أحجار إسمنتية مفرغة (بلوك) مقواة بأسياخ تسليح في الاتجاهين الرأسي والأفقي، ومملوءة بالخرسانة.

٢-١-٦- الإطار الحامل للأحمال الرأسية: (Vertical Load-carrying Frame)

هو إطار مصمم لحمل الأحمال الرأسية، ولا يسمح باستعماله في المنطقتين الزلزاليتين (3) و(4).

٢-١-٧- الإطار الخاص المقاوم للعزوم: (Special Moment Resisting Frame - SMRF)

هو إطار مقاوم للعزوم مفصل بشكل خاص لتأمين سلوك الممطولية (المطاوعة Ductility). ويختلف عن الإطار المقاوم للعزوم العادي والمتوسط، بأن قطاعاته مصممة لمقاومة قوى قص

حسابية تحدد من قيم العزوم القصوى عند العقدات، بعد تصعيدها بمعامل تصعيد يساوي 1.25 وهو ناتج عن المقاومة الإضافية للمادة في مرحلة ما بعد الخضوع وما قبل الانهيار (مرحلة اللدونة).

٢-١-٨- الإطار الشبكي (الجملوني) الخاص المقاوم للعزوم من الفولاذ (الصلب):

(Special Truss Moment Frame of Steel – STMF)

هو إطار مؤلف من عناصر إنشائية معدنية قطاعاتها (مقاطعها) هي من الصُلب (الفولاذ) المسحوب بأشكاله المتنوعة، ومقاطعه مصممة لمقاومة القوى الحسابية، مع الأخذ بالحسبان معامل تصعيد المقاومة.

٢-١-٩- جملة الإطار الفراغي: (Space Frame)

هي جملة إنشائية فراغية (ثلاثية الأبعاد) ولا تحتوي على جدران حاملة (غير مقيدة)، وتتألف من أعضاء متصلة ببعضها بشكل تسمح لها بمقاومة القوى الأفقية، مع وجود ديافرامات أفقية (أحجبة من بلاطات) أو من دونها، أو بوجود عناصر التكتيف في الوصلات، أو من دونها. وتكون الجملة مؤلفة من إطارات أو من إطارات وجدران قص.

٢-١-١٠- الإطار الفولاذي المربط لا مركزياً:

(Steel Eccentrically Braced Frame – EBF)

هو إطار فولاذي مقوى بأربطة غير مركزية.

٢-١-١١- الإطار العادي المقاوم للعزوم :

(Ordinary Moment Resisting Frame - OMRF)

هو إطار مقاوم للعزوم لكنه لا يحقق التفصيلات الخاصة بمتطلبات سلوك الممطولية (Ductility) ولا يسمح باستعماله في المناطق الزلزالية أعلى من 1 .

٢-١-١٢- الإطار المتوسط المقاوم للعزوم:

(Intermediate Moment Resisting Frame – IMRF)

هو إطار مقاوم للعزوم، مفصل بشكل خاص لتأمين سلوك الممطولية بدرجة تتوسط ما بين الإطار العادي المقاوم للعزوم والإطار الخاص المقاوم للعزوم، وفيه تصمم العناصر لمقاومة قوة قص تحسب من المقاومات الاسمية للعناصر عند العقدات، ولا يسمح باستعماله في المنطقة الزلزالية (4).

٢-١-١٣- الإطار المقاوم للعزوم أو الإطار العزمي: (Moment Resisting Frame)

هو الإطار الذي تكون عناصره ووصلاته قادرة على مقاومة القوى وعزوم الانحناء الناتجة بصورة رئيسية من أحمال الزلازل، مع الأخذ بالحسبان القوى وعزوم الانحناء عند الأعمدة الطرفية

للإطار كحد أدنى. وهو على ثلاثة أنواع: هم الإطار العزمي العادي والمتوسط والخاص، كما ورد في البنود (٢-١-١١) و (٢-١-١٢) و (٢-١-٧)، على التسلسل. وينوه إلى أن هذه التعاريف تتوافق مع الكودات العالمية وقد أضيف لها في هذا الملحق إطارعزمي متوسط محلي وخاص محلي تم شرحها مع تفصيلات التسليح المتعلقة بها في الباب السابع من الكود الأساس للإطار العزمي المتوسط المحلي و في الباب السابع من هذا الملحق للإطار العزمي الخاص المحلي.

٢-١-١٤- الإطار المكتف مركزياً: (Concentrically Braced Frame)

هو إطار مقوى بعناصر تكتيف مركزية، ليشكل جملة جائز شبكي رأسي لمقاومة الزلازل، والذي تتعرض عناصره بشكل أساسي لاجهادات محورية.

٢-١-١٥- إطار إنشائي مطاوع (ممطولي): (Ductile Frame)

هو الإطار الذي يتصف بقدرته على التكيف مع سهوم (ترخيمات) متبادلة ومتعاكسة كبيرة نسبياً عن طريق تشكل مفاصل لدنة (بلاستيكية- Plastic Hinges). ويجب أن يحقق شروط البنود (٢-١-٧) أو (٢-١-١١) أو (٢-١-١٢).

٢-١-١٦- الإنتقال الطابقي: (Story Displacement)

يمثل انتقال الطابق (الدور) عند المنسوب x بالنسبة إلى قاعدة المبنى أو المنشأة.

٢-١-١٧- بارمترات (وسائط) الاستجابة المرنة: (Elastic Response Parameters)

هي قوى وتشوهات يتم تحديدها بطريقة التحليل الديناميكي المرن باستعمال تمثيل غير مخفض لحركة الأرض وذلك وفق الباب الرابع.

٢-١-١٨- البلكون (الشرفة): (Balcony)

هي جملة سقف خارجي يبرز من المنشأة، ويستند عليها دون مساند إضافية مستقلة.

٢-١-١٩- التأثيرات المتعامدة: (Orthogonal Effects)

هي مجموعة تأثيرات الأحمال الزلزالية على عناصر المنشأة التي تشارك في جملة مقاومة القوى الجانبية وذلك باتجاهين متعامدين بحيث ينتج عنهما أكبر اثر في العناصر.

٢-١-٢٠- تأثير P-Δ: (P-Δ Effect)

هو تأثير من المرتبة الثانية على قوى القص والقوى المحورية والعزوم، في عناصر إطار، والناتجة عن الأحمال الشاقولية (الرأسية) المؤثرة على جملة بناء، معرضة لإزاحة جانبية.

٢-١-٢١- التحليل الطوري (النسقي): (Modal Analysis)

هو كل تحليل ديناميكي يعتمد عدداً معيناً من أطوار (أنساق) الاهتزاز.

٢-١-٢٢- التميّع: (Liquefaction)

هو فقدان مقاومة القص في التربة المفككة غير المتماسكة بتأثير الاهتزاز الناجم عن الأمواج الزلزالية.

٢-١-٢٣- جدار حامل: (Bearing Wall)

هو جدار (حائط) من الحجر أو من الخرسانة العادية أو المسلحة، يقاوم الأحمال الرأسية بصورة رئيسية، ويمكن أن يقاوم القوى الأفقية (بما فيها الزلزالية) بالقدر الذي لا تنتج فيه إجهادات شادة تزيد على مقاومة المونة في الشد، مع إمكانية زيادة مقاومته بأسلوب مناسب.

٢-١-٢٤- جدار (حائط) القص: (Shear Wall)

هو جدار (حائط) من الخرسانة العادية أو المسلحة، يشكل جزءاً من الجملة الإنشائية المصممة لمقاومة جميع القوى المؤثرة، بما فيها القوى الأفقية الموازية لمستواه (يسمى أحيانا الديافرام الرأسي).

٢-١-٢٥- الحاجب (الديافرام): (Diaphragm)

هي جملة أفقية أو شبه أفقية تعمل على نقل القوى الجانبية إلى العناصر المقاومة للقوى الرأسية، ويشمل التعبير "**حاجب**" جمل التكتيف الأفقية.

٢-١-٢٦- الحاجب الفرعي (الديافرام الفرعي) : (Sub diaphragm)

هو جزء من حاجب رئيسي أكبر مصمم لتثبيت ونقل القوى الموضعية إلى عناصر الديافرام الرئيسي.

٢-١-٢٧- حركة الأرض الأساسية التصميمية: (Basic Ground Motion)

هي حركة الأرض التي تكون نسبة احتمال تجاوزها 10% خلال 50 عام (أي الزلزال الأقصى المحتمل حدوثه خلال 475 عام)، ويجري تعيينها من خلال تحليل الخطر الخاص بالموقع، كما يمكن تعيينها من خلال خارطة (خريطة) مناطق النشاط الزلزالي. ويلزم استعمال مجموعة من التواريخ الزمنية لحركة الأرض مع الخصائص الديناميكية الممثلة لخصائص الموقع لتمثيل حركة الأرض هذه. يمكن تمثيل التأثيرات الديناميكية لحركة الأرض التصميمية باستعمال طيف الاستجابة التصميمي المرن (راجع البند ٥-٢).

٢-١-٢٨- الحركات الأرضية الزلزالية العنيفة (الكارثية):

(Severe Earthquake Ground Motion)

هي الحركات الأرضية العنيفة الناتجة عن الزلازل، والتي من المحتمل حدوثها في الموقع، بغض النظر عن الزمن (أي بمدة تتعدى كثيراً مدة الـ 475 عام، المعتمدة في حركة الأرض الأساسية).

٢-١-٢٩- الحركات الأرضية الزلزالية المعتدلة:

(Moderate Earthquake Ground Motion)

هي حركات أرضية ناتجة عن الزلازل يمكن توقع حدوثها في الموقع خلال عمر خدمة المنشأة. وإذا كان هذا العمر هو 50 عام فتكون مساوية لحركة الأرض الأساسية التصميمية.

٢-١-٣٠- خط الإزاحة (السعة): (Amplitude Line of Drift)

هو ذلك الخط البياني الذي يمثل المحل الهندسي للإزاحات العظمى لكتل المنشأة.

٢-١-٣١- الخط الطيفي: (Spectral Line)

هو المنحنى الدال على القيمة القصوى لتسارع منشأة بسيطة من تأثير الزلزال التصميمي في موقع المنشأة، وقيمه الناتجة عن فترتها الأساسية.

٢-١-٣٢- شكل الاهتزاز: (Shape of Vibration)

هو الخط البياني الذي يبين شكل اهتزاز المنشأة في الاتجاه المدروس.

٢-١-٣٣- الطابق (الدور): (Story)

يعّرف الطابق بأنه المجال بين منسوبي سقفين متجاورين من منشأة، والطابق (x) هو الطابق الواقع تحت المنسوب (x) مباشرة.

٢-١-٣٤- الطابق الضعيف: (Weak Story)

هو الطابق الذي تقل مقاومته عن 80% من مقاومة الطابق الذي فوقه. انظر الجدول (٣-٤).

٢-١-٣٥- الطابق اللين: (Soft Story)

هو الطابق الذي تقل جساءته (قساوته) الجانبية النسبية عن 70% من قساوة الطابق الذي فوقه، أو عن 80% من معدل القساوة النسبية للطوابق الثلاث الواقعة فوقه، انظر الجدول (٣-٤).

٢-١-٣٦- طريقة الجذر التربيعي لمجموع المربعات:

(Square Root of Sum of Squares Method - SRSS Method)

هي طريقة لتقدير التجاوب (قوة – عزم – انتقال ....الخ) الأعظمي المحتمل للمنشأة بالجذر التربيعي لمجموع مربعات قيم التجاوب الطوري (النسقي).

٢-١-٣٧- طريقة التحصيل (التركيب) التربيعي المتكامل:

(Complete Quadratic Combination Method CQC)

هي طريقة لتقييم التجاوب الأقصى المحتمل للمنشأة مع الأخذ بالحسبان قيم التجاوب المتبادل بين الأنساق، وتعتمد كبديل أدق عن طريقة الجذر التربيعي لمجموع المربعات في كثير من المنشآت. ويمكن أن تكون طريقة تقييم التجاوب الأقصى المحتمل للمنشأة، مع الأخذ بالحسبان قيم التجاوب المتبادل بين الأنساق، في الاتجاهات الثلاثة **CQC3** .

٢-١-٣٨- طيف التجاوب التصميمي: (Design Response Spectrum)

هو طيف تجاوب مرن من أجل 5% تخامد لزج مكافىء، يستعمل لتمثيل التأثيرات الديناميكية لحركة الأرض القاعدية التصميمية وذلك لتصميم المنشآت وفق البابين الرابع والخامس. ويتم الحصول على طيف الاستجابة بإحدى انطريقتين الآتيتين:

(أ) إما من طيف الاستجابة الخاص بالموقع، والمستند إلى المعطيات الجيولوجية والتكتونية والزلزالية وخصائص التربة المرتبطة بالموقع المدروس.

(ب) أو وفق شكل الاستجابة المبين في الشكل (٥-١) باستعمال معطيات الموقع الخاصة لقيم C_v, C_a بعد ضربها بعجلة (تسارع) الجاذبية البالغ ($9.81\ m/sec^2$)، يراجع البند (٥-٢).

٢-١-٣٩- عصب الحاجب أو عصب جدار القص:

(Diaphragm or Shear Wall Chord)

هو عنصر طرفي في الحاجب أو في جدار القص، يفترض أنه يمتص اجهادات محورية بشكل مشابه لأجنحة الجائز (شفاه الكمرة).

٢-١-٤٠- عنصر حاجب (عنصر سحب أو شد أو مجمع): (Diaphragm Strut)

هو عنصر في الحاجب (الديافرام) يوازي الحمل المطبق، ويقوم بجمع ونقل قوى القص المؤثرة في الديافرام إلى عناصر المقاومة الرأسية، أو يوزع الأحمال ضمن الديافرام. يمكن أن تتعرض هذه العناصر إلى قوة شد أو إلى قوة ضغط محورية.

٢-١-٤١- عنصر التكتيف: (Bracing Element)

هو كل جزء من المنشأة مصمم لمقاومة القوى الأفقية الناتجة عن الزلازل والتي تؤثر على عناصر المنشأة، مثل جدران القص والإطارات والجملونات.

٢-١-٤٢- العنصر اللين أو الجملة اللينة: (Flexible Element or System)

هو العنصر أو الجملة التي يكون تشوهها بتأثير القوة الجانبية أكبر وبشكل ملحوظ من باقي الأجزاء المجاورة.

٢-١-٤٣- العنصر المحيطي أو الطرفي: (Boundary Element)

هو عنصر عند أطراف الفتحات أو عند محيط جدران القص أو الديافرامات (Diaphragms).

٢-١-٤٤- عنصر عمود ظفري: (Cantilevered Column Element)

هو عمود في جملة لمقاومة القوى الجانبية، موثوق (مثبت) في قاعدته وله مقاومة دنيا للعزوم في أعلاه، وتكون القوى الجانبية مطبقة أساساً في أعلاه.

٢-١-٤٥- الفترة الأساسية أو الدور الأساسي: (Fundamental Period)

هي أكبر فترة طبيعية لاهتزاز المنشأة والموافقة للطور (النسق) الأول للاهتزاز.

٢-١-٤٦- قاعدة المنشأة: (Base of Structure)

هي المستوى الذي ترتكز عليه المنشأة بوصفها جسماً قابلاً للاهتزاز الميكانيكي، أو هي ذلك المنسوب الذي تنتقل عنده الهزات الأرضية إلى المنشأة.

٢-١-٤٧- القص القاعدي: (Base Shear)

هو قوة القص عند قاعدة المنشأة، المتولدة عن الحركة الزلزالية، والممثلة بالقوة الجانبية التصميمية الكلية، و تساوي القوة الزلزالية التصميمية.

٢-١-٤٨- القوة الأفقية(الجانبية) الاستاتيكية المكافئة :

(Equivalent Statical Lateral Force)

هي القوى الاستاتيكية المكافئة لرد الفعل الديناميكي للمنشأة أثناء حدوث الزلزال.

٢-١-٤٩- قوة الإرجاع: (Restoring Force)

هي القوة التي تبديها المنشأة أو العناصر الإنشائية المتشوهة، والتي تعمل على إعادة المنشأة أو الأعضاء الإنشائية للوضع الأصلي.

٢-١-٥٠- القوة الزلزالية التصميمية: (Design Seismic Force)

هي القوة الكلية الدنيا التصميمية للقص القاعدي بعد ضربها بالمعامل المناسب، وتوزيعها وفقا للباب الرابع.

٢-١-٥١- المجمع: (Collector)

هو عنصر يستعمل لتحويل القوى الجانبية من جزء (أو أجزاء) من المنشأة إلى العناصر الرأسية من الجملة المقاومة للقوى الجانبية.

٢-١-٥٢- المرافق الأساسية: (Essential Facilities)

هي المنشآت الضرورية لعمليات الطوارىء التي تلي حدوث الكارثة الطبيعية.

٢-١-٥٣- مركز القساوة أو الجساءة: (Center Of Rigidity)

هو النقطة التي إذا مرت بها محصلة القوى الأفقية فإنها تحدث حركة انسحابية باتجاهها، دون دوران، أي أنها لا تحدث عزم لي يؤثر على هيكل المنشأة، وذلك للمنسوب المدروس.

٢-١-٥٤- المكون أو الجزء: (Component)

هو الجزء أو العنصر من جملة إكساء معماري أو كهربائي أو ميكانيكي أو صحي أو إنشائي، مطلوب تثبيته بالجملة الإنشائية لمقاومة الزلازل.

٢-١-٥٥- مكون التجهيزات: (Equipment Component)

هو عنصر أو جزء من مكونات (تجهيزات) الجملة الميكانيكية أو الصحية أو الكهربائية.

٢-١-٥٦- المكون اللين: (Flexible Component)

هو الجزء المتضمن، إضافة إليه ملحقاته من وصلات وغيرها، والذي له فترة أساسية أكبر من 0.06 sec .

٢-١-٥٧- المكون القاسي (الجاسئ): (Rigid Component)

هو الجزء المتضمن إضافة إليه، ملحقاته من وصلات وغيرها، والذي له فترة أساسية لا تتعدى 0.06 sec.

٢-١-٥٨- الممطولية أو المطاوعة: (Ductility)

هي القابلية للدخول في مجال التشوه اللدن بتاثير الأحمال الترددية (الدورية) دون حصول انهيار.

٢-١-٥٩- المفصل اللدن (البلاستيكي): (Plastic Hinge)

هو ذلك القطاع من العضو الإنشائي الذي يسمح بالدوران اللدن بعد الوصول إلى المقاومة العظمى في الانحناء من دون حدوث انخفاض فيها.

٢-١-٦٠- المقاومة: (Strength)

هي قدرة العنصر أو العضو لمقاومة الأحمال المصعدة (المضروبة بمعاملات التصعيد).

٢-١-٦١- المقاومة الزائدة: (Over strength)

وهي خاصة تتعلق بالمنشآت، حيث تكون مقاومتها الفعلية أكبر من مقاومتها التصميمية، ويتعلق مقدار الزيادة في المقاومة بنوع مادة المنشأة وبجملتها الإنشائية.

٢-١-٦٢- منحنى العجلة (التسارع): (Accelerogram)

هو المنحنى الدال على عجلة (تسارع) الأرض بدلالة الزمن عند حدوث الزلازل، ويمكن الحصول عليه من جهاز مقياس **العجلة** (Accelerometer).

٢-١-٦٣- المنشأة: (Structure)

هي مجموعة العناصر الإطارية أو الجدارية أو العناصر الإطارية والجدارية معاً، والمصممة لمقاومة الأحمال الرأسية والأفقية. يمكن تصنيف المنشآت بمنشآت المباني ومنشآت غير المباني.

٢-١-٦٤- المنشأة الأولية: (Elementary Structure)

هي المنشأة البسيطة التي يمثل (ينمذج) اهتزازها ليكون أحادي درجة الحرية.

٢-١-٦٥- المنشأة الخاصة: (Special Structure)

هي المنشأة التي لا يمكن تحديد فترتها الأساسية باستعمال الطرائق (الطرق) التقريبية للمباني، بل يتعين تحديدها إما بطريقة التحليل الإنشائي الديناميكي أو التجريبي المباشرأو بطرائق تقريبية خاصة بها، وتكون عادة منشآت غير المباني (مثلاً: الصوامع وأبراج التبريد وخزانات المياه المرفوعة على أعمدة).

٢-١-٦٦- نسبة الإزاحة الطابقية: (Story Drift Ratio)

هي حاصل قسمة الإزاحة الطابقية على الارتفاع الطابقي، وتسمى أيضاً الإزاحة الطابقية النسبية، كما وردت في البند (٢-١-٤).

٢-١-٦٧- الطور (النسق، النمط) الأساسي للاهتزاز: (Fundamental Mode of Vibration)

هو مصفوفة رأسية عناصرها تمثل الانتقالات والدورانات بالاتجاهات المختلفة المتعلقة بالفترة الأساسية للاهتزاز. وتعطى الحالة المبسطة (بعدم التركيز على الانتقالات الرأسية والدورانات) الانتقالات الأفقية عند مناسيب الطوابق المختلفة المتعلقة بالفترة الأساسية.

٢-١-٦٨- طور (نسق، نمط) الاهتزاز: (Mode of Vibration)

هو التعريف السابق ذاته (٢-١-٦٧)، وإنما لنسق اهتزاز ما للمنشأة، علماً بأن أي منشأة لها عدد من أطوار (أنساق) الاهتزاز يساوي عدد درجات الحرية (المعتمدة) عند عقدها. ويمكن عادة للتبسيط (في حال وجود حواجب قاسية (جاسئة) عند الأسقف) تحديد عدد درجات الحرية عند منسوب كل طابق بثلاث درجات حرية (انتقالين متعامدين، بالإضافة إلى دوران حول مركز القساوة، أي فتل)، إضافة إلى درجات الحرية الرأسية عند كل عقدة، والتي يمكن إهمالها في بعض الأحيان (حالة المنشآت غير المرتفعة).

٢-١-٦٩- جملة المبنى الإطاري: (Building Frame System)

تتألف من إطار فراغي من النوع العادي يقاوم أحمالاً رأسية (شاقولية) بصورة رئيسية، وتتم مقاومة القوى الأفقية بواسطة جدران قص أو إطارات مكتفة ضمن المبنى. ويتوجب أن تحقق جدران القص شروط المطاوعة (الممطولية) الخاصة بها في المنطقتين الزلزاليتين (3) و(4).

٢-١-٧٠- الجملة التفاعلية بين جدران القص والإطارات:

(Shear Wall Frame Interactive System)

تستعمل فيها جمل من جدران القص والإطارات المصممة لمقاومة القوى الجانبية، وذلك بنسبة قساواتها (جساءاتها) النسبية مع الأخذ بالحسبان التفاعل (الفعل المتبادل) بين جدران القص والإطارات على كافة المناسيب (المستويات) ولا يسمح باستعمال هذه الجملة في المنطقتين الزلزاليتين (3) و(4) إلا إذا تحققت الشروط الواردة في الجملة الثنائية.

٢-١-٧١- جملة التكتيف (جملة التربيط) الأفقي: (Horizontal Bracing System)

هي جملة شبكية أفقية تؤدي وظيفة الديافرام (الحاجب) ذاتها.

٢-١-٧٢- الجملة الثنائية: (Dual System)

هي جملة مختلطة من الإطارات المقاومة للعزوم وجدران القص أو الإطارات المكتفة، وهي تماثل الجملة التفاعلية بين جدران القص والإطارات، مع اختلاف أساسي بأن الإطارات في الجملة

الثنائية يجب أن تقاوم كحد أدنى 25% من قوة القص القاعدي للزلازل عندما تستعمل هذه الجمل في المنطقتين الزلزاليتين (3) و(4)، و أن يكون الإطار خاصاً مقاوم للعزوم (SMRF) وجدران القص تحقق الشروط المطلوبة للمطاوعة (للممطولية). أما في حال استعماله في المناطق الزلزالية (2A , 2B & 2C) فيجب أن يكون الإطار متوسط المقاومة للعزوم (IMRF) على الأقل.

٢-١-٧٣- جملة الجدار الحامل: (Bearing Wall System)

هي جملة إنشائية مختلفة عن الجملة الإطارية الفراغية الواردة في البند (٢-١-٩) ومؤلفة في مجملها، أو في غالبيتها، من جدران حاملة تسند كل الأحمال الرأسية، أو معظمها، بينما تتم مقاومة القوى الجانبية ببعض هذه الجدران التي تعمل كجدران قص، ويجب أن تحقق تفاصيلها الإنشائية الاشتراطات المطلوبة في جدران القص، تبعاً لدرجة المنطقة الزلزالية المدروسة.

٢-١-٧٤- الجملة الصندوقية: (Box System)

هي جملة إنشائية لا تحتوي على هيكل فراغي كامل لحمل القوى الرأسية، حيث تتم مقاومة القوى الأفقية فيه من قبل جدران (حوائط) قص أو إطارات مكتفة.

٢-١-٧٥- الجملة المقاومة للقوى الجانبية: (Lateral Force Resisting System)

هي تلك العناصر من الجملة الإنشائية التي تصمم لمقاومة القوى الزلزالية التصميمية.

٢-٢- الرموز:

تطبق الرموز الآتية على النصوص في هذا الكود الملحق:

A_B: مساحة الطابق الأرضي للمنشأة (m^2) وتشمل المساحة المغطاة بكافة البروزات والمساقط.

A_C : المساحة الفعالة المشتركة (m^2) لجدران القص في الطابق الأول من المنشأة.

A_e : مساحة المقطع العرضي الأصغر في أي مستوي أفقي في الطابق الأول لجدار قص (m^2).

A_x : معامل تكبير عزوم اللي (الفتل) عند المستوى (x).

a_h : تسارع (عجلة) التربة أفقياً نتيجة الزلزال، نسبة لتسارع (عجلة) الأرض (الجاذبية الأرضية).

a_p : معامل رقمي موصوف في الباب السادس ومبين في الجدول (٣-٧).

A_v : تسارع (عجلة) التربة رأسياً نتيجة الزلزال نسبة لتسارع (عجلة) الأرض (الجاذبية الأرضية).

B : عرض قاعدة الجدار الاستنادي (الحائط الساند للتربة).

C_a : معامل زلزالي مبين في الجدول (٣-٩).

C_t : معامل رقمي معطى في البند (٤-٢-٢).

C_V : معامل زلزالي مبين في الجدول (٣-١٠).

D : الحمل الدائم على عنصر إنشائي.

D_e : الطول (m) لجدار القص في الطابق الأول بالاتجاه الموازي للقوى المطبقة.

E , E_h , E_m , E_V : الأحمال الزلزالية المعرفَّة في الفصل (٤-١).

F : الحمل الناتج عن السوائل.

F_i , F_n , F_x : القوى الزلزالية التصميمية المطبقة على المستوى i و n و أو x على الترتيب.

F_p : القوى الزلزالية التصميمية المطبقة على جزء من المنشأة.

F_{me} : عامل لا بعدي لعزم قوة الدفع الديناميكية للتربة خلف الحوائط (الجدران) الساندة.

F_{px} : القوة الزلزالية التصميمية المطبقة على الديافرام.

F_t : الجزء من القص القاعدي V، والمفترض أنه مركز عند قمة المنشأة بالإضافة لـ F_n.

F_i : القوة الجانبية عند المنسوب i، لاستعمالها في العلاقة (٤-١٠).

g : تسارع (عجلة) الجاذبية الأرضية.

H : الإرتفاع الكلي للجدار الساند للتربة.

h_i , h_n , h_x : الارتفاع (m) فوق القاعدة حتى المنسوب i و n و أو x على الترتيب.

I : معامل أهمية المنشأة زلزالياً المعطى في الجدول (٣-٣).

I_p : معامل أهمية المنشأة زلزالياً الموصوف في الجدول (٣-٣).

k_h : معامل يحدد قيمة العجلة (التسارع) الأفقية للتربة نتيجة الزلازل، كنسبة من التسارع الأرضي (العجلة الأرضية (g)).

k_v : معامل يحدد قيمة العجلة (التسارع) الرأسية للتربة نتيجة الزلازل، كنسبة من التسارع الأرضي (العجلة الأرضية (g)).

K : معامل يحدد النسبة من الحمل الميت التي تدخل في حساب السهوم العظمى، ويؤخذ من الجدول (٣-١٤).

K_A : معامل الضغط (الدفع) الفعال (الإيجابي) للتربة خلف الجدار الساند في الحالة الاستاتيكية.

K_{AE} : معامل الضغط (الدفع) الفعال (الإيجابي) للتربة خلف الجدار الساند في الحالة الديناميكية (مع الزلازل).

K_p : معامل الضغط (الدفع) المقاوم (السلبي) للتربة أمام الجدار الساند في الحالة الاستاتيكية.

K_{PE} : معامل الضغط (الدفع) المقاوم (السلبي) للتربة أمام الجدار الساند في الحالة الديناميكية (مع الزلازل).

L : تأثير الحمل الحي على عنصر إنشائي.

L : مجاز (بحر).

l : مجاز (بحر).

L_r : تأثير الحمل الحي على السطح الأخير، متضمناً أي تخفيض مسموح به.

Level i : هو منسوب المنشأة المشار إليه بالدليل i.

i = 1 تشير إلى الطابق الأول فوق القاعدة.

Level n : هو أعلى منسوب في الجزء الرئيسي من المنشأة.

Level x : هو المنسوب قيد التصميم.

x = 1 تشير إلى الطابق الأول فوق القاعدة.

M : قيمة العزم الأعظمي.

M : مقدار (مطال) الزلزال بمقياس ريختر.

MM: شدة الزلزال بمقياس ميركالي المعدل.

N_a : معامل درجة القرب من المصدر والمستعمل في تحديد قيمة C_a في المنطقة الزلزالية (4) والمرتبطة بكلٍ من قرب البناء أو المنشأة من الصدوع (الفوالق Faults) المعروفة، وقيم ومعدلات الانزلاق المبينة في الجدولين (٣-١٢) و(٣-١٣).

N_v : معامل درجة القرب من المصدر والمستعمل في تحديد قيمة C_v في المنطقة الزلزالية (4) والمرتبطة في كلٍ من :

- قرب البناء أو المنشأة من الصدوع المعروفة.
- قيم ومعدلات الانزلاق المبينة في الجدولين (٣-١٢) و (٣-١٣).

P : وزن الأحمال الناتجة عن تجمع المياه فوق السطح الأخير.

PI : قرينة (دليل) اللدونة للتربة والمحددة وفق المقاييس الوطنية المعمول بها.

P_A : الضغط (الدفع) الفعال (الموجب) للتربة خلف الجدار الساند في الحالة الاستاتيكية.

P_{AE} : الضغط (الدفع) الفعال (الموجب) للتربة خلف الجدار الساند في الحالة الديناميكية (مع الزلازل).

P_P : الضغط (الدفع) المقاوم (السالب) للتربة أمام الجدار الساند في الحالة الاستاتيكية.

P_{PE} : الضغط (الدفع) المقاوم (السالب) للتربة أمام الجدار الساند في الحالة الديناميكية (مع الزلازل).

P_W : قيمة الضغط الهيدروليكي للماء.

q : الحمل الموزع على سطح الأرض.

R : معامل رقمي يمثل المقاومة الزائدة المتأصلة ومقدار الممطولية العامة للجملة المقاومة للقوى الأفقية، كما هي مبينة في الجدول (٣-٦) أو الجدول (٣-٨).

r : نسبة مستعملة في تحديد ρ. انظر الفصل (٤-١).

r_u : عامل الضغط المسامي في التربة المحجوزة بجدار ساند.

S : تأثير حمل الثلج Snow Load

S_A، S_B، S_C، S_D، S_E S_F : أصناف المقاطع للتربة كما وردت في الجدول (٣-٢).

$\overline{s_U}$: مقاومة القص غير المصرفة للتربة.

T : الفترة الأساسية للاهتزاز المرن للمنشأة بالاتجاه المدروس مقدرةً بالثواني.

T : القوة المشوهة ذاتياً والتأثيرات الناتجة عن التقلصات والتمددات بسبب التغيرات الحرارية والانكماش وتغيرات الرطوبة والسيلان في المواد المكونة للعنصر والحركات من الهبوطات التفاضلية، أو مجموعة منهم.

V : القوة الجانبية التصميمية الكلية أو القص عند القاعدة والمعطى بالعلاقات (٤-٥) و(٤-٦) و(٤-٧) و(٤-١١).

V_x : القص الطابقي التصميمي عند الطابق x.

v_p : سرعة انتشار الأمواج الطولية في الماء.

$\overline{V_s}$: سرعة أمواج القص في التربة.

W : حمل الرياح Wind Load .

W : الحمل الميت (الدائم) الكلي (مع نسبة من الحمل الحي) المعرف في البند (٤-١-١) التي يطلب أن تدخل في حساب القوى الزلزالية.

w_i , w_x : الجزء من الحمل (W) الواقع عند أو المُسند إلى المنسوب i أو x على الترتيب.

w_{mc} : محتوى الرطوبة في التربة.

W_P : وزن أي عنصر أو عضو.

w_{px} : وزن الديافرام والعنصر التابع له عند المنسوب x، متضمناً الأجزاء المطبقة من الأحمال الأخرى المعرفة في البند (٤-١-١).

Z : معامل المنطقة الزلزالية كما هو معطى في الجدول (٣-١).

β : زاوية ميل سطح التربة المحجوزة بالجدار الساند عن الأفق.

γ : الوزن الحجمي للتربة.

γ_b : الوزن الحجمي للتربة العائمة بالماء $(\gamma_b = \gamma_{sat} - \gamma_w)$.

γ_d : الوزن الحجمي للتربة الجافة.

γ_{eq} : الوزن الحجمي المكافىء للتربة لحساب محصلة الدفع (الضغط) الهيدروستاتيكي المكافىء.

γ_w : الوزن الحجمي للماء.

γ_{sat} : الوزن الحجمي للتربة المشبعة بالماء.

δ : زاوية الاحتكاك بين الجدار (الحائط) الساند والتربة.

Δ_M : الانتقال الأعظمي الناتج عن الاستجابة (السلوك) اللامرنة (اللدنة)، وهو يمثل الإزاحة الكلية أو الإزاحة الكلية الطابقية، والذي يحصل عندما تخضع المنشأة إلى حركة الأرض الأساسية التصميمية، متضمناً السهوم المرنة واللا مرنة المقدرَّة للتشوه الكلي المعرف في الفصل (٤-٩).

Δ_S : قيمة الانتقال التصميمي للاستجابة (للحركة)، وهو يمثل الإزاحة أو الإزاحة الكلية الطابقية (إزاحة الدور) التي تحصل عندما تخضع المنشأة إلى القوى الزلزالية التصميمية.

δ_i : الانتقال الأفقي عند المنسوب (i) بالنسبة إلى القاعدة والناتج عن القوى الجانبية المطبقة f، لاستعماله في العلاقة (٤-١٠).

ϕ : زاوية الاحتكاك الداخلي للتربة خلف الجدار الساند.

θ : زاوية ميل السطح الداخلي للجدار الساند عن الرأسي.

ψ : معامل زلزالي للتربة خلف الجدار الساند (راجع البند ٨-٦-٥).

υ : معامل بواسون للتربة خلف الجدار الساند.

ρ : معامل يمثل درجة عدم التقرير / الوثوقية والمعطى بالعلاقة (٤-٣).

Ω_o : معامل تكبير القوة الزلزالية والمطلوب أخذه بالحسبان من أجل المقاومة الإنشائية الزائدة والمبين في الجدول (٣-٦).

3 الباب الثالث
تحديد معايير التصميم ومعاملات تراكيب الأحمال

٣-١- أسس التصميم:

٣-١-١- يجب أن تصمم المنشأة لتحقق المقاومة والاستقرار (الثبات)، منعاً لأي انهيار جزئي أو كلي، وتجنباً لحدوث خسائر بشرية كارثية، وذلك عند تعرضها لزلزال، ناشيء عن حركة الأرض الأساسية التصميمية (راجع البند (٢-١-٢٧)). ويمكن السماح بحدوث شقوق في العناصر غير الإنشائية، ولكن لا يسمح بحدوث شقوق خطيرة في الأعضاء الإنشائية.

أما إذا تعرضت المنشأة ذاتها لزلزال كارثي شدته عالية جداً نسبة إلى الشدة المحتمل حدوثها مرة واحدة في عمرها (راجع البند (٢-١-٢٨))، فيسمح بظهور شقوق (شروخ) كبيرة نسبياً في عناصرها الإنشائية وغير الإنشائية، شريطة بقاء المنشأة مترابطة ومستقرة أثناء هذا الزلزال، ولا يسمح بحدوث انهيار فيها تنجم عنه خسائر في الأرواح. ومن أجل تحقيق ذلك يجب أن تصمم المنشآت لمقاومة زلزالية لا تقل عن القوى الزلزالية المحسوبة في الباب الرابع.

٣-١-٢- تُحدد الأسس والجمل المتبعة في تصميم المنشآت مع الأخذ بالحسبان المناطق الزلزالية الرئيسية وخصائص الموقع والإشغالات والشكل والجمل الإنشائية والارتفاع وذلك وفق ما سيرد في هذا الباب. تصمم المنشآت بحيث يوفر لها المقاومة الكافية لتحمل الازاحات الجانبية الناتجة عن حركة الأرض التصميمية الأساسية، مع الأخذ بالحسبان الاستجابة اللدنة للمنشأة والمقاومة الناجمة من عدم التقرير والمقاومة الزائدة في مرحلة اللدونة والمرونة الخاصة بجملة مقاومة القوى الجانبية.

يجب أن لا تقل المقاومة التصميمية الدنيا المأخوذة حسابياً، عن القوى التصميمية الزلزالية المحددة وفق الإجراءات المتبعة في الباب الرابع والخاصة بإجراءات معالجة القوى الجانبية الاستاتيكية، باستثناء ما هو معدل في الباب الخامس، البند (٥-٥-٤).

٣-١-٣- يجب التحقق من مقاومة المنشأة أو المبنى للانزلاق والانقلاب عند منسوب تربة التأسيس، ومقاومة تأثيرات الزلازل (عزوم انحناء - عزوم فتل - قوى قص - قوى ناظمية) في المناسيب المختلفة، وكذلك التحقق من الإجهادات عند منسوب التأسيس. ويلزم كذلك التحقق من قيم السهوم الأفقية عند مناسيب الطوابق.

٣-١-٤- يتم استعمال طريقة حالات الحد الأقصى في تصميم أعضاء (أو عناصر) المنشأة، باستعمال تراكيب الأحمال الخاصة بها.

٣-١-٥- وفقاً لهذا الكود الملحق، يجب تصميم وتنفيذ كل المنشأة، وكل جزء منها، لمقاومة قوى أفقية دنيا تمثل قوى الزلازل، وهي عبارة عن قوى أفقية جانبية، تؤثر باتجاه المحاور الرئيسية للمنشأة، حيث تؤثر باتجاه كل محور رئيسي بصورة مستقلة في حالة المنشآت المتناظرة. أما في حالات المنشآت غير المتناظرة، أو غير المنتظمة،ومنها حالات الانتظام الأفقي الواردة في البند (٧-١١-١) وحالة العمود المشترك بين إثنين أو أكثر من جمل المقاومة الجانبية، فيلزم دراسة المنشأة مع أخذ تأثير الزلازل باتجاهي المحورين معاً، ويتم تجميع آثار الاتجاهين المتعامدين بحيث تؤخذ كامل القيمة بأحد الاتجاهين الرئيسيين و 30% من القيمة للاتجاه الآخر. وكبديل، يمكن أخذ نتائج تحليل الآثار لأي اتجاهين متعامدين، ويتم استعمالها بطريقة الجذر التربيعي لمجموع المربعات (طريقة SRSS)، أو يتم الجمع لهذه الحالة بطريقة أخرى مقبولة وفق أحد الكودات المذكورة في البند (١-١-٤) .

٣-٢- زلزالية موقع المنشأة:

يتم تحديد زلزالية موقع المنشأة وفق المعطيات الآتية:

(أ) الموقع على خريطة مناطق النشاط الزلزالي.

(ب) القرب من المصادر النشطة الزلزالية لفترة عودة قدرها 50 سنة مع احتمال تجاوز 10% .

(ج) العمر التصميمي الافتراضي للمنشأة.

(د) معامل أهمية المنشأة.

لقد تم إنجاز خارطة لمناطق النشاط الزلزالي من قبل الجهات المختصة، ويلزم أن يستمر تطوير هذه الخارطة مع القياسات والدراسات المستجدة. وينوه في هذا المجال إلى ضرورة تطوير خارطة النشاط الزلزالي وفق الأسس الموحدة الآتية:

٣-٢-١- الشدة الزلزالية والتسارع الزلزالي:

ويقصد بالشدة الزلزالية مقاسة بمقياس ميركالي المعدل (MM) الشدة القصوى للزلزال التي يمكن أن تحدث خلال العمر التصميمي للمنشأة مع نسبة احتمال تجاوز لا تتعدى 10% (أي نسبة احتمال عدم تجاوز لا تقل عن 90%، وهذا يقابل الزلزال الأقصى الذي يمكن أن يحدث مرة كل

475 عام) وذلك للاستعمال في الطريقة الاستاتيكية المكافئة، ويستعمل التعريف ذاته عند تحديد التسارع (العجلة) الأقصى للأرض (Peak Ground Acceleration - PGA) وذلك من أجل استعماله في طرائق التحليل الديناميكي.

٣-٢-٢- العمر التصميمي للمنشآت:

تنجز خرائط التمنطق الزلزالي لعمر تصميمي قدره (50) خمسون عاماً، وتعطى عوامل لتعديل الشدات والتسارعات الزلزالية في حال دراسة منشآت بأعمار تصميمية تختلف عن عمر (50) عاماً. ويمكن كذلك إنجاز خرائط تمنطق زلزالي لأعمار أخرى، مثلاً: 100 عام - 200 عام - 500 عام، لاستعمالها في المنشآت الاستراتيجية كالسدود ومحطات توليد الطاقة الكهربائية والمنشآت النووية وما شابه ذلك. وفي جميع الأعمار التصميمية يجب استعمال تعريف الشدات والتسارعات الزلزالية كما ورد في (٣-٢-١) أعلاه.

٣-٢-٣- المناطق الزلزالية:

يتم إنجاز الخارطة الزلزالية التي تحدد الشدات الزلزالية المتوقعة وفقاً لما ورد في (٣-٢-١) و(٣-٢-٢) أعلاه، ومن ثم يتم تقسيم القطر إلى عدد من المناطق الزلزالية لا يتعدى السبع، اعتماداً على احتمال تعرضها للأخطار الزلزالية، وذلك وفقاً لما يلي:

(أ) المنطقة (O) لا تعد معرضة لزلازل ذات أهمية (حتى درجة MM V).

(ب) المنطقة (1) لا تعد معرضة لزلازل مضرة (حتى درجة MM VI)، أو تسارع (عجلة) 0.075g

(ج) المنطقة (2A) لا تعد معرضة لزلازل متوسطة الشدة (حتى أقل من درجة MM VII بقليل)، أو تسارع (عجلة) 0.15g .

(د) المنطقة (2B) لا تعد معرضة لزلازل أكثر من متوسطة الشدة (حتى درجة MM VII)، أو تسارع 0.20g .

(هـ) المنطقة (2C) معرضة لزلازل متوسطة الشدة (حتى أكبر من درجة MM VII بقليل)، أو لتسارع (عجلة) 0.25g.

(و) المنطقة (3) تكثر فيها الزلازل وتعد معرضة لزلازل عالية الشدة (حتى درجة MM VIII)، أو لتسارع (عجلة) 0.30g .

(ز) المنطقة (4) تكثر فيها الزلازل وتعد معرضة لزلازل مدمرة (أكبر من MM VIII)، أو لتسارع (عجلة) 0.40g أو أكثر .

كما تم إنجاز خرائط التسارعات القصوى الزلزالية (PGA) المتوقعة وفقاً لما ورد في البندين (٣-٢-١) و (٣-٢-٢) مبين فيها خطوط تساوي التسارعات (الملحق ج لهذا الكود الملحق).

٣-٣- أنواع الإشغالات:

تصنف كل منشأة، عند التصميم لمقاومة الزلازل، تبعاً لطبيعة إشغالها في مجموعات كما هو وارد في الجدول (٣-٣)، حيث يشير هذا الجدول إلى عوامل الأهمية I و I_p لكل مجموعة حسب الحال.

٣-٤- جيولوجية الموقع وخصائص التربة:

٣-٤-١- مقدمة:

يجب أن يصنف كل موقع بعد دراسته إلى نموذج مقطع للتربة بالاستناد إلى معطيات جيولوجية موثقة ومدروسة بشكل خاص، وذلك باستعمال إجراءات تصنيف الموقع المبينة في الباب التاسع والجدول (٣-٢).

وفي حال تعذر تحديد خصائص تربة الموقع بصورة كافية من أجل تحديد صنف المقطع العرضي للتربة فيستعمل لها الصنف S_D. إن نماذج التربة S_E و S_F يجب أن لا تفترض في التصميم، إلا إذا حددت الهيئات الرسمية للبناء أن الصنف S_E و S_F يمكن أن يوجد في الموقع أو في حال تصنيف S_E وS_F في المعطيات الجيوتكنيكية.

٣-٤-٢- صنف مقطع التربة:

تعرف أصناف المقطع العرضي للتربة S_A , S_B , S_C , S_D , S_E في الجدول (٣-٢)، أما الصنف S_F فيعرف على أنه يمثل التربة التي هي بحاجة إلى تقييم موضعي خاص كما يلي:

(أ) التربة الحساسة وسريعة التأثر بالانهيار الكامن بفعل أحمال الزلازل، مثل التربة القابلة للتميع Liquefiable Soils أو التربة الطينية (الغضارية) شديدة الحساسية أو التربة ضعيفة التماسك القابلة للانهيار.

(ب) أنواع التربة الطفلية (المتفحمة Peats) و / أو التربة الطينية الغضارية عالية المحتوى العضوي عندما تزيد سماكتها على (3 m).

(ج) الغضار (الطين) ذو اللدونة العالية جداً حيث تتجاوز قرينة اللدونة فيه (PI > 75) وحيث يكون عمق الغضار متجاوزاً للقيمة (7.5 m).

(د) التربة الغضارية (الطينية) الطرية، ذات السماكة الكبيرة أو متوسطة الصلابة (القساوة) حيث يكون عمق الغضار (الطين) متجاوزاً القيمة (37 m).

٣-٥- خصائص المخاطر المتعلقة بالموقع الزلزالي:

تحدد خصائص المخاطر الزلزالية للموقع بناءً على المنطقة الزلزالية ودرجة قرب الموقع من مصادر الزلازل الفعالة وعلى مقطع التربة فيه وكذلك معامل الأهمية للمنشأة.

٣-٥-١- المنطقة الزلزالية:

يتم تصنيف المواقع حسب المناطق الزلزالية المحددة، وذلك وفق الخرائط الزلزالية التي تصدرها السلطات المختصة، وفقاً للتعاريف الواردة في هذا الكود الملحق. اعتمادا على ما ورد في الفصل (٣-٢) أعلاه، يجب أن يعطى معامل المنطقة الزلزالية Z وفق الجدول (٣-١).

٣-٥-٢- معامل القرب من المصدر للمنطقة الزلزالية (4):

يجب أن يعطى إلى كل موقع في المنطقة الزلزالية (4) معامل يسمى معامل القرب من المصدر (N_a) وذلك وفق الجدول (٣-١١) بالاعتماد على نوع المصدر الزلزالي المبين في الجدول (٣-١٣).

يسمح باعتماد قيمة أعظمية للمعامل (N_a) المستعمل لتحديد (C_a) القيمة (1.1) وذلك للمنشآت التي تحقق كافة الشروط الآتية:

(أ) صنف مقطع للتربة هو من النوع: S_D أو S_C أو S_B أو S_A .

(ب) معامل الوثوقية $\rho = 1.0$ (المعطى بالعلاقة ٣-٤).

(ج) باستثناء المنشآت المؤلفة من طابق واحد، فإن المنشآت التي إشغالاتها من المجموعة (R) الجزء (3) والمجموعة (U) الجزء (1) يلزم أن يكون فيها جملة الإطارات المعتمدة كجزء من جملة مقاومة الزلازل مصممة على أنها إطارات خاصة مقاومة للعزوم (SMRF).

(د) عندما لا يكون أي من أشكال عدم الانتظام الإنشائي الآتية موجودة في المنشأة وهي النماذج (1, 4, 5) من الجدول (٣-٤) والنموذجين (1, 4) من الجدول (٣-٥).

٣-٥-٣- معاملات الاستجابة الزلزالية:

يحدد لكل منشأة معامل زلزالي (C_a) حسب الجدول (٣-٩) ومعامل زلزالي آخر (C_v) حسب الجدول (٣-١٠).

٣-٦- متطلبات الشكل:

٣-٦-١- عام:

تصنف كل منشأة عند تصميمها حسب شكلها الإنشائي إلى منتظمة أو غير منتظمة وذلك وفق البندين (٣-٦-٢) و (٣-٦-٣).

٣-٦-٢- المنشآت المنتظمة:

المنشآت المنتظمة هي منشآت لا يوجد فيها انقطاعات (تغيرات ملحوظة) في الكتل أو الجساءات (القساوات) ذات أهمية في المسقط الأفقي أو المقطع الرأسي أو جمل مقاومة القوى الجانبية المرتبطة بها مثل الخصائص غير المنتظمة الموصوفة في البند (٣-٦-٣).

٣-٦-٣- المنشآت غير المنتظمة:

(أ) هي المنشآت التي تتميز بانقطاعات مهمة (تغيرات واضحة) في الكتل أو الجساءات (القساوات) نتيجة تغير في الشكل أو في جملة مقاومة القوى الجانبية. إن خصائص عدم الانتظام تشمل مثلاً، وليس حصراً، تلك الموصوفة في الجدولين (٣-٤) و(٣-٥).

إن كافة المنشآت الواقعة ضمن المنطقة الزلزالية (1) وأنواع الإشغالات (3)، ماعدا الأبنية السكنية و الصناعية من المنطقة الزلزالية (2) تحتاج فقط إلى تقييم من أجل عدم الانتظام الرأسي للنموذج (5) من الجدول (٣-٤) وعدم الانتظام الأفقي للنموذج (1) من الجدول (٣-٥).

(ب) المنشآت التي تحتوي إحدى نماذج عدم الانتظام المذكورة في الجدول (٣-٥) تعامل على أنها تحتوي عدم انتظام أفقي.

استثناء

عندما تكون نسبة إ زاحة الطابق بتأثير القوى الزلزالية التصميمية لا تتجاوز (1.3) مرة نسبة إزاحة الطابق الذي يعلوه، تعد عندها المنشأة أنها لا تحتوي عدم انتظام إنشائي من النموذج (1) أو (2) من الجدول (٣-٤)، علماً أنه لا حاجة لحساب نسبة الإزاحة الطابقية للطابقين العلويين كما أنه يمكن لهذا التصنيف إهمال تأثير اللي (الفتل) للمنشأة عند حساب الإزاحة الطابقية .

(ج) المنشآت التي تتصف بأي من الخصائص المصنفة في الجدول (٣-٥) تعد منشآت لها عدم انتظام في المسقط الأفقي.

٣-٧- الجمل الإنشائية:

٣-٧-١- عام:

تصنف الجمل الإنشائية على أنها واحدة من الأشكال المصنفَّة في الجدول (٣-٦) والمعرفة في هذا الباب.

٣-٧-٢- جمل الجدران الحاملة:

وهي جمل إنشائية دون هيكل فراغي تام لمقاومة الأحمال الرأسية، وتكون الجدران الحاملة أو الجمل المكتفة هي التي تحمل كافة أو معظم الأحمال الرأسية، أما مقاومة القوى الزلزالية فتؤمن عن طريق جدران القص أو الإطارات المكتفة.

٣-٧-٣- جملة المبنى الهيكلي (جملة إطارات عادية مع جدران قص):

وهي جملة إنشائية مؤلفة من هيكل فراغي تام بشكل يقاوم الأحمال الرأسية، أما مقاومة القوى الزلزالية فتؤمن عن طريق جدران القص أو الإطارات المربَّطة (المكتفة) وتكون الإطارات من النوع العادي.

٣-٧-٤- جملة الإطار المقاوم للعزم:

وهي جملة إنشائية مؤلفة من إطار فراغي تام يؤمن بشكل رئيسي سند الأحمال الرأسية، كما أن الإطار ذاته يؤمن مقاومة القوى الزلزالية وذلك عن طريق مقاومة الانحناء (الانعطاف) التي تتمتع بها عناصر الإطار.

٣-٧-٥- الجملة الثنائية (إطارات مقاومة للعزوم + جدران قص):

وهي جملة إنشائية (جملة مختلطة خاصة، أو تفاعلية) تتصف بالمعالم الآتية:

(أ) إطار فراغي تام يؤمن بشكل رئيسي سند الأحمال الرأسية.

(ب) تؤمن مقاومة القوى الجانبية عن طريق جدران القص أو الإطارات المربَّطة (المكتفة) وبمساهمة الإطارات المقاومة للعزوم الخاصة ومتوسطة المقاومة والعادية والحجرية (MMRWF, OMRF, IMRF, SMRF). ويجب أن تصمم الإطارات المقاومة للعزوم (أو الإطارات العزمية) بشكل مستقل على تحمل (25%) على الأقل من القص القاعدي التصميمي.

(ج) كلا الجملتين يجب أن يصمما على مقاومة القص القاعدي التصميمي الكلي بنسبة جساءتها (قساوتها) النسبية مع الأخذ بالحسبان الفعل المشترك للجملة الثنائية على كافة المستويات.

٣-٧-٦- الجملة المختلطة أو التفاعلية Interactive (إطارات مقاومة للعزوم + جدران قص):

وهي جملة مماثلة للجملة الثنائية المعرّفة في (٣-٧-٥) أعلاه، إلا أنه لا يشترط فيها تصميم الإطارات المقاومة للعزوم بشكل مستقل للنسبة الدنيا 25% من القص القاعدي التصميمي، وإنما تصمم الإطارات لتحمل نسبة من القص وفقاً لقساوتها.

٣-٧-٧- جملة العمود الظفري:

وهي جملة إنشائية تعتمد على عناصر من الأعمدة الظفرية في تحقيق المقاومة الزلزالية، وغالباً ما تكون من طابق واحد أو طابقين على الأكثر.

٣-٧-٨- الجمل الإنشائية غير المصنفة:

وهي الجمل غير المصنفة في الجدول (٣-٦).

٣-٧-٩- الجمل الإنشائية غير المباني:

وهي الجمل الإنشائية المطابقة للباب الثامن.

٣-٨- حدود الارتفاع:

تم تحديد حدود الارتفاع لمختلف الجمل الإنشائية في المناطق الزلزالية (3) و(4) وذلك وفق معطيات الجدول (٣-٦). على أنه يمكن للمنشآت المنتظمة أن تتجاوز هذه الحدود بقيمة لا تزيد على 50% وذلك للمنشآت غير المشغولة بقاطنين، والتي لا يمكن الوصول إليها من قبل الجمهور العام.

٣-٩- إجراءات تحديد القوة الجانبية:

٣-٩-١- عام:

عندما تتطلب أي من المنشآت المعرفة أدناه اتباع إجراءات التحليل الديناميكي لتحديد القوى الزلزالية فيتم ذلك بواسطة الإجراءات المبينة في الباب الخامس، مع التنويه إلى الحالتين الأساسيتين اللتين تتطلبان التحليل الديناميكي، وهما: عندما يزيد ارتفاع المبنى على 73m أو عند وجود انقطاعات في الجمل الإنشائية. كما يُنصح باستعماله عندما تزيد قيمة اللا مركزية بين مركز القساوة للجمل الإنشائية ومركز ثقل الكتل على 20% من بُعد المبنى أو المنشأة في أي من الاتجاهين أو في كليهما. خلافاً لذلك يمكن استعمال الطريقة الاستاتيكية المكافئة، بإحدى صيغها المختلفة، حسبما

يسمح به هذا الملحق ولجميع المنشآت، علماً بأن المجالات التي يسمح فيها باستعمال الطريقة الاستاتيكية المكافئة موضحة في الباب الرابع من هذا الملحق، وعلماً بأنه بمكن أيضاً استعمال الطريقة الاستاتيكية المكافئة المطورة المعروضة في الملحق (ج) من هذا الملحق، إضافة للمرجعين [2] و [3]. كذلك يجدر التنويه إلى إمكانية استعمال الطريقة الديناميكية في حميع المنشآت، بما فيها تلك المسموح استعمال الطريقة الاستاتيكية المكافئة في تحليلها.

٣-٩-٢- التحليل الاستاتيكي المبسط:

يمكن استعمال الإجراءات المتبعة في تحليل القوى الجانبية بالطريقة الاستاتيكية المكافئة المبسطة المبينة في البند (٤-٣-٣) للمنشآت الآتية الواقعة ضمن أنواع الإشغالات (3) :

(أ) الأبنية من أي إشغال (بما فيها الأبنية العائلية الافرادية) وبعدد طوابق لا يزيد على ثلاثة بالارتفاع ما عدا الأقبية (البدرومات)، والتي تستعمل فيها الجمل الإطارية الخفيفة.

(ب) باقي الأبنية التي لا يزيد ارتفاعها على طابقين (دورين) ما عدا الأقبية (البدرومات).

٣-٩-٣- التحليل الاستاتيكي:

يمكن استعمال الإجراءات المتبعة في التحليل الاستاتيكي للقوى الزلزالية كما وردت في الباب الرابع للمنشآت الآتية:

(أ) كافة المنشآت المنتظمة وغير المنتظمة، في المنطقة الزلزالية (1) وفي أنواع المباني ذات الإشغالات (3) من المنطقة الزلزالية (2)، ما عدا الأبنية السكنية والصناعية.

(ب) المنشآت المنتظمة التي لا يزيد ارتفاعها على (73m) مع تأمين مقاومة للقوى الزلزالية باستعمال الجمل المصنفة في الجدول (٣-٦) (أو الجدول (٤-١))، ما عدا ما ينطبق عليه البند (٣-٩-٤) الفقرة (د).

(ج) المنشآت غير المنتظمة التي لا تزيد على /5/ طوابق، أو بارتفاع لا يزيد على (20 m)، ما عدا ما ورد في البند (٣-٩-٤-ب).

(د) المنشآت المؤلفة من جزأين، جزء علوي لين (flexible) ويستند على الجزء السفلي الصلب (Rigid)، وحيث يكون كلاً من الجزأين منتظماً بحد ذاته، كما أن القساوة المتوسطة الطابقية للجزء السفلي لا تقل عن عشرة أمثال القساوة المتوسطة الطابقية للجزء العلوي، كما وأن الفترة الأساسية للمنشأة الكاملة لاتزيد على (1.1) مرة الفترة الأساسية للجزء العلوي المفترض كمنشأة مستقلة مثبتة عند قاعدتها.

٣-٩-٤- التحليل الديناميكي:

تستعمل الإجراءات المتبعة في التحليل الديناميكي للقوى الجانبية في الباب الخامس لكافة المنشآت الأخرى بما فيها المنشآت الآتية:

(أ) المنشآت التي يزيد ارتفاعها على (73m) ما عدا ما هو مسموح في البند الفرعي (٣-٩-٣-أ).

(ب) المنشآت التي فيها عدم انتظام رأسي يشمل القساوة (الجساءة) أو الوزن أو الأبعاد الهندسية، من النماذج (1) أو (2) أو (3) كما هي معرفة في الجدول (٣-٤) أو المنشآت التي لها خصائص غير منتظمة وغير موصوفة في الجدولين (٣-٤) أو (٣-٥) ما عدا ما هو مسموح في البند (٤- ٥-٢).

(ج) المنشآت المؤلفة من أكثر من خمسة طوابق بارتفاع يزيد على (20m) في المناطق الزلزالية (3) أو (4) والتي ليس لها جملة إنشائية متجانسة على كامل ارتفاعها، ما عدا ما هو مسموح في البند (٤ ٥-٢).

(د) المنشآت المنتظمة، والمنشآت غير المنتظمة المستندة على صنف مقطع للتربة (S_F) والتي لها فترة أساسية تزيد على (0.7 Sec). ويجب أن يشمل التحليل تأثيرات التربة في الموقع، ويجب أن يتطابق مع ما ورد في الفصل (٥-٢).

٣-١٠- تحديدات الجمل الإنشائية:

٣-١٠-١- حالة خاصة من عدم الاستمرارية (الانقطاع):

يجب أن لا تزيد المنشآت التي تحوي عدم استمرارية في المقاومة (أي عدم انتظام رأسي من النوع (Type-5) كما هو معرف في الجدول (٣-٤)) على طابقين أو (9m) بالارتفاع، حيث عرف الطابق الضعيف بأن له مقاومة محسوبة تقل عن 80% من مقاومة الطابق الذي يعلوه.

ويستثنى من ذلك، الطابق الضعيف عندما يكون قادراً على مقاومة قوة زلزالية جانبية تساوي (Ω_o) مرة القوة التصميمية المحددة في الباب الرابع.

٣-١٠-٢- الجمل الإنشائية غير المصنفة:

للجمل الإنشائية غير المصنفة (أي غير الواردة) في الجدول (٣-٦) تحدد قيمة المعامل (R) من معطيات إختبارات وتحاليل دورية تأخذ بالحسبان النقاط الهامة الآتية:

(أ) خصائص الاستجابة الديناميكية.

(ب) مقاومة القوة الجانبية.

(ج) المقاومة الإضافية وانفعالات التقسية أو التلين.

(د) انحدار المقاومة والقساوة.

(هـ) خصائص تشتيت (تبديد) الطاقة.
(و) ممطولية (مطاوعة) الجمل.
(ز) درجة عدم التقرير.

٣-١٠-٣- الخصائص غير المنتظمة:

إن كافة المنشآت التي تمتلك خصائص غير منتظمة والموصوفة في الجدول (٣-٤) أو الجدول (٣-٥)، يجب أن تصمم لتحقيق المتطلبات الإضافية للأقسام الملحقة بهذه الجداول.

٣-١١- الإجراءات البديلة:

٣-١١-١- عام:

يمكن استعمال إجراءات بديلة في حساب القوى الزلزالية بالاعتماد على طرائق التحليل المعتادة والمستندة إلى المبادئ الثابتة لحساب الإنشاءات بدلاً عن تلك الموصوفة في هذه الإجراءات.

٣-١١-٢- العزل الزلزالي:

يمكن استعمال جمل العزل الزلزالي ومبددات الطاقة وجمل التخميد في تصميم بعض المنشآت الخاصة لمقاومة الزلازل وذلك بالاعتماد على إحدى الكودات العالمية المتخصصة في هذا المجال المذكورة في مراجع هذا الكود الملحق.

٣-١٢- معاملات تراكيب الأحمال:

٣-١٢-١- عام:

تصمم المباني والمنشآت الأخرى وكافة الأجزاء المؤلفة لها لمقاومة تراكيب الأحمال الموصوفة في الكود المعتمد. وعندما يطلب التحقيق على الزلازل، يلزم اعتماد التراكيب الخاصة بأحمال الزلازل الواردة في هذا الفصل (٣-١٢).

تحدث التأثيرات الأكثر خطورةً عندما تكون واحدة أو أكثر من الأحمال المساهمة غير فعالة أو مؤثرة. يجب أن تؤخذ كافة الأحمال المطبقة بالحسبان، بما فيها كلاً من أحمال الزلازل والرياح وذلك وفق تراكيب الأحمال المحددة.

٣-١٢-٢- تراكيب الأحمال في حالة الحد الأقصى:

(أ) التراكيب الأساسية:

عند استعمال إحدى الطريقتين السابقتين (الاستاتيكية المكافئة والديناميكية) في التصميم، فإن المنشآت وكافة الأجزاء المكونة لها يجب أن تقاوم أكثر التأثيرات خطورة من التراكيب الآتية، بعد تصعيد (ضرب) الأحمال بعواملها المحددة (راجع البند (٦-٣-٢) من الكود الأساس):

التركيبان الأساسيان (المتعلقان بالأحمال الشاقولية):

$$1.4\ D \qquad (٣-١)$$

$$1.4\ D + 1.7\ L \qquad (٣-٢)$$

التركيبان المتعلقان بالرياح:

$$1.2\ D + 1.6\ (L_r \text{ or } S) + (f_1\ L \text{ or } 0.8\ W) \qquad (٣-٣)$$

$$1.2\ D + 1.3\ W + f_1\ L + 0.5\ (L_r \text{ or } S) \qquad (٣-٤)$$

التركيبان المتعلقان بالزلازل أو الرياح :

$$1.32\ D + 1.1\ E + 1.1\ (f_1 L + f_2 S) \qquad (٣-٥)$$

$$0.99\ D \pm (1.1\ E \text{ or } 1.3\ W) \qquad (٣-٦)$$

حيث:

D , L : أثر الحمل الميت وأثر الحمل الحي، على التسلسل.

S , L_r : أثر حمل الثلج وأثر الحمل الحي على السطح الأخير، على التسلسل.

W : تمثل قيمة الأفعال الناتجة عن ضغط الرياح بقيمها المميزة (أو الاسمية).

E : أثر حمل الزلازل الناتج عن استعمال الطريقة الاستاتيكية المكافئة. (راجع الملحق ج في حالة استعمال الطريقة الاستاتيكية المكافئة المطورة).

f_1 : تساوي (1.00) للأسقف المتكررة في المواقع ذات التجمعات العامة وفي الأماكن التي تتجاوز فيها الأحمال الحية $(5kN/m^2)$ وفي الأحمال الحية لمرائب السيارات، وتساوي (0.5) لباقي الأحمال الحية.

f_2 : وتساوي (0.7) للأسقف النهائية ذات الأشكال الخاصة (مثل سقف سن المنشار) والتي لا تسمح بطرح الثلج بعيداً عن المنشأة (التخلص منه). وتساوي (0.2) لباقي الأشكال من الأسقف النهائية.

(ب) تأثير المركبة الشاقولية للزلازل:

يجب الانتباه إلى ضرورة أخذ تأثير المركبة الشاقولية للزلازل، بحيث تصبح:

$$E = \rho E_h + 0.5 C_a . I . D$$

حيث ρ معرفة في العلاقة (٤-٣) في الباب الرابع من هذا الكود الملحق (٢)).

أو يضاف تأثير المركبة الشاقولية للزلازل عند استعمال الطريقة الديناميكية بأخذها مساوية إلى ثلثي المركبة الأفقية، حيث يؤخذ طيف الاستجابة بالاتجاه x والاتجاه y مع اتجاه شاقولي z يساوي ثلثي الاتجاه الأفقي المدروس (x أو y). و يتم أخذ القيم الناتجة وفقاً للتجميع الإحصائي الوارد في البند (٧-١١-١) في الباب االسابع من هذا الكود الملحق (٢). و يمكن استعمال طريقة SRSS أو أية طريقة أخرى مقبولة وفق أحد الكودات المذكورة في البند (١-١-٤).

(ج) تراكيب الأحمال الأخرى:

في حال تأثير الأحمال الآتية **T, P, H, F** (راجع الفصل (٢-٢)) في التصميم، فإنها يجب أن تضاف إلى التراكيب السابقة بعد تصعيدها (ضربها) بالعوامل الآتية:

$$1.2\ T,\quad 1.2\ P,\quad 1.6\ H,\quad 1.3\ F$$

ولا تصعد هذه الأحمال بالعامل (1.1) المستعمل في حالة المنشآت الخرسانية المسلحة.

٣-١٢-٣- تراكيب (تجميعات) خاصة للأحمال الزلزالية:

تستعمل التراكيب الخاصة الآتية للتصميم على الزلازل (حالة الحد الأقصى).

$$1.2\ D + f_1\ L + 1.0\ E_m \qquad (٣-٧)$$

$$0.9\ D \pm 1.0\ E_m \qquad (٣-٨)$$

حيث:

f_1: كما ورد في البند السابق.

E_m : القوة الزلزالية العظمى المحسوبة، والتي تنشأ في المنشأة كما هو مبين في البند (٤-١-١).

ملاحظة :

تستثنى أساسات المنشآت من تطبيق التراكيب (٣-٦) و (٣-٨)، ما عدا حالة المنشآت التي يمكن أن تتعرض للانقلاب، حيث يلزم تطبيقها.

٣-١٢-٤- الحساب الافتراضي لإجهاد القص الحدي في جدران القص نتيجة لتأثيرات الزلازل:

عند إجراء الحساب الإفتراضي لإجهاد القص الحدي (τ_u) في جدران القص، نتيجة لتأثير قوى القص الناتجة عن تأثيرات الزلازل، فيتم هذا الحساب وفقاً لما ورد في البند (٩-٢-١٠-٧) من الكود الأساس، بالإستئناس مع ماورد في البند (٩-٢-٨-٢) من الكود ذاته، ومع التعديلات الآتية:

- عندما تكون $Z \leq 0.2$ تُحسب τ_u كما ورد في العلاقة الواردة في (أ) من البند (٩-٢-٨-٢) مع اعتماد قيمة للعمق الفعال مساوية إلى 0.8 من الإرتفاع الفعال للقطاع العرضي الحرج (أي كما ورد في البند (٩-٢-١٠-٧) تماماً).
- عندما تكون $0.2 < Z < 0.3$ تحسب τ_u كما ورد في العلاقة الواردة في (أ) من البند المذكور، مع اعتماد قيمة للعمق الفعال مساوية إلى 0.75 من الإرتفاع الفعال للقطاع العرضي الحرج.
- عندما تكون $Z \geq 0.3$ تحسب τ_u كما ورد في العلاقة الواردة في (أ) من البند المذكور، مع اعتماد قيمة للعمق الفعال مساوية إلى 0.60 من الإرتفاع الفعال للقطاع العرضي الحرج.

٣-١٢-٥- شروط سهم الانحناء:

يجب أن لا تتجاوز قيمة السهم لأي عنصر إنشائي القيم الواردة في الجدول (٣-١٤) والمستندة إلى العوامل المبينة في الجدول (٣-١٥).

يجب تطبيق معيار السهم الأشد الشروط صرامةً. ويلزم إيجاد معيار للسهم من أجل المواد غير الموصوفة بطريقة متوافقة مع الاشتراطات الواردة في هذا الباب.

يجب إعطاء السطوح النهائية سهوم معاكسة لضمان تصريف مياه مناسب عنها بعد حصول السهوم طويلة الأمد من الأحمال الميتة، أو تصمم لمقاومة وزن بركة المياه p، بتراكيب الأحمال المعطاة في البند (٣-١٢-٢). يجب أن يتضمن وزن البركة تجمع المياه من أي مصدر كان، بما فيها الثلج، بسبب السهم.

٣-١٣- الجداول:

الجدول (٣-١): معامل المنطقة الزلزالية (Z)

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

ملاحظة: تحدد المنطقة من الخرائط الزلزالية المحلية المعدة لهذه الغاية، وفقا للتعاريف الواردة في هذا الكود الملحق.

الجدول (٣-٢): تصنيف التربة وخواصها الزلزالية

نموذج المقطع الشاقولي للتربة	تسمية المقطع الجانبي (الشاقولي) للتربة (الوصف العام)	الخصائص الوسطية للتربة ذات العمق (30.5 m) من المقطع الجانبي		
		سرعة أمواج القص $\overline{v}_s$ (m/sec)	تجربة الاختراق النظامية $(\overline{N})$ أو $(\overline{N}_{CH})$ للترب غير المتماسكة من طبقات التربة (blows/ft) (ضربة/قدم)	مقاومة القص غير المصرفة $\overline{s_U}$ (kPa)
S_A	صخر صلب (قاسٍ)	1500	-	-
S_B	صخر	760 - 1500	-	-
S_C	تربة ذات كثافة عالية جداً وصخر طري (كونغلوميرات)	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 (٣-٤-١))			

(١) يشمل صنف المقطع الجانبي للتربة (S_E) أيضاً أي مقطع جانبي بسماكة أكبر من (3m) من الطين (الغضار) الطري المعرف على أن قرينة اللدونة فيه $PI > 20$ ، $w_{mc} \geq 40\ \%$ و $\overline{s_U} < (24\ kPa)$

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

* **طريقة مبسطة لتحديد صنف المقطع الجانبي للتربة:**

- لا يعتمد صنف المقطع الشاقولي S_A إلا باختبارات حقلية واقعية بالأمواج فوق الصوتية ولعمق لا يقل عن 30m **تحت منسوب التأسيس**، وتحمل تربة لا يقل عن $4.5\ kg/cm^2$.
- يمكن اعتماد صنف المقطع الشاقولي S_B عندما يكون الإجهاد المسموح للتربة لا يقل عن $3.5\ kg/cm^2$، مع تنفيذ اختبارات حقلية بالأمواج فوق الصوتية لعمق لا يقل عن 20m .
- يمكن اعتماد صنف المقطع الشاقولي S_C عندما يكون الإجهاد المسموح للتربة لا يقل عن $3\ kg/cm^2$، مع تنفيذ اختبارات حقلية بالأمواج فوق الصوتية لعمق لا يقل عن 15m .
- يمكن اعتماد صنف المقطع الشاقولي S_D عندما يكون الإجهاد المسموح للتربة لا يقل عن $2.5\ kg/cm^2$، مع تنفيذ اختبارات حقلية واقعية بالأمواج فوق الصوتية لعمق لا يقل عن 15m .
- يمكن اعتماد صنف المقطع الشاقولي S_E عندما يكون الإجهاد المسموح للتربة لا يقل عن $2.0\ kg/cm^2$، مع تنفيذ اختبارات حقلية بالأمواج فوق الصوتية لعمق لا يقل عن 15m .

ويمكن أيضاً أخذ قيم وسطية بين القيم السابقة.

- يسمح أن تكون مواقع الأسبار للاختبارات الحقلية المذكورة أعلاه، في حدود مسافة لا تزيد على 2 m خارج رقعة المبنى.
- إذا لم يتحقق أي من الشروط السابقة، فيمكن اعتماد صنف المقطع الشاقولي S_F.
- لا يسمح بالتوسط بين S_A و S_B ، ويسمح بالقيم الوسطية بين البقية.
- إذا كانت الاختبارات غير كافية لتصنيف المقطع كمقطع S_D، فيصنف كمقطع S_E .

وفي حال الاستناد على أوتاد ارتكاز، فيمكن اعتماد صنف المقطع الشاقولي S_A ، أما في حال الاستناد على أوتاد احتكاك، فيمكن اعتماد صنف المقطع الشاقولي للتربة S_B . وفي حال الاستناد على أوتاد ارتكاز وإحتكاك معاً فيمكن اعتماد صنف المقطع الشاقولي بقيمة بين S_A وS_B حسب نسبتي مساهمتيهما.

الجدول (٣-٣): أنواع الإشغال

تنويه: يُنوه إلى أن معاملات الأهمية المذكورة في هذا الجدول، هي للطريقة الاستاتيكية المكافئة والمطورة وللطريقة الديناميكية.

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.	1.25	1.50
	- المحطات الخاصة بالمطافئ 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 والجسور .... إلخ.		
	- الخزانات أو باقي المنشآت الحاوية على المياه المنزلية أو المياه الداعمة أو أية مواد أخرى تستعمل لإطفاء الحريق.		
2 - المرافق الخطرة.	- الإشغالات والمنشآت الحاوية على مواد كيميائية سامة أو قابلة للانفجار. - المنشآت التي ليس لها شكل المباني والتي تحتوي على كميات من المواد السامة أو المتفجرة.	1.25	1.50
3- المنشآت الأخرى.	- باقي المنشآت	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 (٣-٤): عدم الانتظام الإنشائي في المسقط الشاقولي (الرأسي)

البند المرجعي	شكل عدم الانتظام وتعريفه
٣-٩-٤-ب	(1) **عدم انتظام في القساوة – الطابق اللين:** يكون الطابق ليناً إذا كانت قساوته الجانبية أقل من 70% من قساوات الطابق الذي يعلوه أو أقل من 80% من متوسط القساوة للطوابق الثلاثة التي تعلوه.
٣-٩-٤-ب	(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 الطابق الذي تحته، فعدم الانتظام هذا لا يؤخذ بالحسبان.
٣-٩-٤-ب	(3) **عدم انتظام هندسي في الاتجاه الرأسي (الشاقولي):** يلزم أخذ عدم الانتظام هذا في الحسبان عندما يكون البعد الأفقي للعناصر الرأسية المقاومة للقوى الجانبية في أي طابق تزيد على 130% البعد الأفقي للطابق (الدور) المجاور ولا داعي لأخذ الملحق المتراجع ذي الطابق الواحد في هذا التعريف.
٤-٩-٢	(4) **انقطاع في المستوي في العناصر الرأسية لمقاومة القوى الجانبية:** وهو إنزياح في المستوي لعنصر ما من عناصر مقاومة القوى الجانبية (في طابق أو أكثر) يفوق طول هذا العنصر (مقاساً في المستوي الأفقي).
٣-١٠-١	(5) **انقطاع في الاستطاعة – الطابق الضعيف:** الطابق الضعيف هو طابق متانته (مقاومته) أقل من 80% من الطابق الذي يعلوه. إن متانة الطابق هي المتانة الكلية لكافة مساهمات العناصر المقاومة للزلازل على القص لهذا الطابق وذلك بالاتجاه المدروس. وتحسب مساهمة كل عنصر من طاقة تحمل العنصر للعزم بأعلى وبأسفل الطابق.

الجدول (٣-٥): عدم الانتظام الإنشائي في المسقط الأفقي

نوع عدم الانتظام وتعريفه	البند المرجعي
(1) **عدم انتظام اللي . ويؤخذ بالحسبان عندما تكون الديافرامات غير لينة:** يعد عدم الانتظام هذا موجوداً عندما تكون الإزاحة العظمى للطابق، محسوبةً بعد أخذ اللي (الفتل) الطاريء، عند نهاية واحدة للمنشأة وبشكل مستعرض (متعامد) مع محور ما، تزيد على (1.2) مرة متوسط إزاحة نهايتي الطابق في المنشأة.	٧-١١-١ ٧-١١-٨
(2) **الزوايا الداخلية: "Re - entrant Corners":** يقال عن المسقط الأفقي لمنشأة (بما فيها جملة مقاومة القوى الجانبية) أنه يحتوي على زوايا داخلية، عندما يكون مسقط المنشأة إلى ما بعد الزاوية الداخلية، أكبر من 15% من البعد الكلي لمسقط المنشأة، بالاتجاه المدروس.	٧-١١-٨
(3) **الانقطاع (عدم الاستمرار) في الديافرام:** الديافرامات (الأحجبة) الحاوية على انقطاعات مفاجئة أو تغيرات في القساوة (الجساءة)، 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 طابق لآخر.	٧ -١١-٨
(4) **تغيرات مفاجئة خارج المستوي:** وتشمل الانقطاعات في مسار القوة الجانبية، مثل التغيرات المفاجئة للعناصر الرأسية خارج مستواها (مثال جدار قص انتقل في الطابق الأعلى إلى موقع آخر موازٍ في غير مستويه).	٤-٩-٢ ٧-١١-٨
(5) **الجمل غير المتوازية:** عندما تكون العناصر الرأسية المقاومة للأحمال الجانبية غير موازية للمحاور المتعامدة الرئيسية لجملة مقاومة القوى الجانبية أو غير متناظرة حول هذه المحاور.	٧-١١-١

الجدول (٣-٦): الجمل الإنشائية [1]

الجمل الإنشائية الرئيسية [2]	وصف جملة مقاومة القوى الجانبية		R	Ω_o	حدود الارتفاع للمناطق الزلزالية (4), (3) (m)
١ - جملة الجدران الحاملة.	جمل الجدران المدعمة بإطارات خفيفة مع عوارض ألواح للقص:	(١)			
	آ- جدران مؤلفة من ألواح خشبية لمنشآت لاتتجاوز ثلاثة طوابق.		5.5	2.8	20
	ب - كافة الجدران الأخرى المدعمة بإطارات خفيفة.		4.5	2.8	20
	جدران القص:	(٢)			
	آ - من الخرسانة.		4.5	2.8	49
	ب - حجرية.		4.5	2.8	49
	جدران حاملة مدعمة بإطارات خفيفة من الفولاذ باستعمال شبكة تربيط شد فقط.	(٣)	2.8	2.2	20
	إطارات مربطة حيث تحمل شبكة التربيط أحمال الجاذبية:	(٤)			
	آ - فولاذ.		4.4	2.2	49
	ب - خرسانة.		2.8	2.2	-
	ج - خشب ثقيل.		2.8	2.2	20
٢ - جملة المبني الإطاري	إطار فولاذ مربط لا مركزياً (EBF)	(١)	7.0	2.8	73
	جدران مؤطرَّة (مدعمة) بإطارات خفيفة مع ألواح مقاومة للقص:	(٢)			
	آ - جدران مؤلفة من ألواح خشبية إنشائية لمنشآت لاتتجاوز ثلاثة طوابق.		6.5	2.8	20
	ب - كافة الجدران المدعمة بإطارات خفيفة.		5.0	2.8	20
	جدران القص:	(٣)			
	آ - من الخرسانة.		5.5	2.8	73
	ب - حجرية.		5.5	2.8	49
	الإطارات العادية المكتفة (المربَّطة):	(٤)			
	آ - فولاذ.		5.6	2.2	49
	ب - خرسانة [3].		5.6	2.2	-
	ج - خشب ثقيل.		5.6	2.2	20
	الإطارات الخاصة المكتفة (المربَّطة) مركزياً:	(٥)			
	آ - فولاذ.		6.4	2.2	73

تابع الجدول (٣-٦): الجمل الإنشائية [1]

الجمل الإنشائية الرئيسية [2]	وصف جملة مقاومة القوى الجانبية	R	Ω_o	حدود الارتفاع للمناطق الزلزالية (4), (3) (m)
٣ – الجمل الإنشائية الإطارية المقاومة للعزوم	(١) إطار خاص مقاوم للعزوم (SMRF):			
	آ – فولاذ.	8.5	2.8	N.L
	ب – خرسانة [4].	8.5	2.8	N.L
	(٢) إطار جداري حجري مقاوم للعزوم (MMRWF) .	6.5	2.8	49
	(٣) إطار من الخرسانة متوسط المقاومة للعزوم [5] (IMRF) .	5.5	2.8	–
	(٤) إطار عادي مقاوم للعزوم (OMRF):			
	آ – من الفولاذ [6].	4.5	2.8	49
	ب – من الخرسانة [7].	3.5	2.8	–
	(٥) الإطارات الفولاذية الشبكية الخاصة المقاومة للعزوم (STMF).	6.5	2.8	73
٤ – الجمـــل الثنائية	(١) جدران قص:			
	آ – من الخرسانة مع SMRF .	8.5	2.8	N.L
	ب – من الخرسانة مع OMRF من الفولاذ.	4.2	2.8	49
	ج – من الخرسانة مع IMRF من الخرسانة [5].	6.5	2.8	49
	د – حجري مع SMRF.	5.5	2.8	49
	هـ– حجري مع OMRF من الفولاذ.	4.2	2.8	49
	و – حجري مع IMRF من الخرسانة [3] .	4.2	2.8	–
	ز – حجري مع حجري MMRWF.	6.0	2.8	49
	(٢) إطار من الفولاذ المكتف (مربط) لا مركزياً EBF:			
	آ – مع SMRF من الفولاذ.	8.5	2.8	N.L
	ب – مع OMRF من الفولاذ.	4.2	2.8	49
	(٣) إطارات مكتفة (مربطة) عادية:			
	آ – فولاذية مع SMRF من الفولاذ.	6.5	2.8	N.L
	ب – فولاذية مع OMRF من الفولاذ.	4.2	2.8	49
	ج – خرسانية مع SMRF من الخرسانة [3].	6.5	2.8	–
	د – خرسانية مع IMRF من الخرسانة [3].	4.2	2.8	–
	(٤) الإطارات الخاصة المربطة مركزياً:			
	آ – الفولاذية مع SMRF فولاذ.	7.5	2.8	N.L
	ب – الفولاذية مع OMRF فولاذ.	4.2	2.8	49

تابع الجدول (٣-٦): الجمل الإنشائية [1]

حدود الارتفاع للمناطق الزلزالية (4), (3) (m)	Ω_o	R	وصف جملة مقاومة القوى الجانبية	الجمل الإنشائية الرئيسية [2]
11 [7]	2.0	2.2	(١) عناصر من الأعمدة الظفرية (الكابولية).	5 – المباني ذات الجمل المؤلفة من أعمدة ظفرية.
49	2.8	5.5	(١) من الخرسانة [8]	6 – الجمل المختلطة أو التفاعلية (ذات الفعل المتبادل بين الإطار العزمي وجدار القص).
-	–	–	انظر البندين (٣-٧-٧) و (٣-١٠-٢)	7 – الجمل غير المعرفة.

- N.L ليس له حدود

(1) راجع الفصل (٤-٥) بشأن تراكيب الجمل الإنشائية.

(2) الجمل الإنشائية الرئيسية المعرفة في الفصل (٣-٧).

(3) محظورة في المناطق الزلزالية (3) و (4).

(4) وتتضمن الخرسانة مسبقة الصنع الفصل (٨-٢).

(5) محظورة في المناطق الزلزالية (3) و(4)، باستثناء ما هو مسموح به في الفصل (٨-٢).

(6) الإطارات العادية المقاومة للعزوم في المنطقة الزلزالية (1) تأخذ قيمة (R) مساوية لـ (8).

(7) الارتفاع الكلي للمبنى بما فيه الأعمدة الظفرية (الكابولية).

(8) محظورة في المناطق الزلزالية (2 A)، (2 B)، (2 C)، (3) و(4). راجع البند (٧-١١-٦).

الجدول (٣-٧): معاملات القوى الأفقية (a_p) و (R_p)

رقم الملاحظة	R_p	a_p	عناصر المنشآت والمكونات غير الإنشائية والمعدات [١]
			١ – عناصر المنشآت:
	3.0	2.5	(آ) الجدران متضمنة مايلي: ١) التصاوين(الدراوي) العلوية الكابولية (غير المكتفة).
٢	3.0	1.0	٢) الجدران الخارجية الواقعة عند أو أعلى من الطابق الأرضي والتصاوين (الأسوار أو الدراوي) المربطة عند نقط أعلى من مراكز ثقلها.
٢	3.0	1.0	٣) 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).
٣	3.0	1.0	(ج) عناصر الوصل في العناصر الإنشائية مسبقة الصنع غير الجدران. انظر الفصل (٦-٢).
			٢ – المكونات غير الإنشائية:
	3.0	2.5	(آ) العناصر الزخرفية الداخلية والخارجية وتوابعها.
	3.0	2.5	(ب) المداخن وأبراج التبريد المستندة على السقف أو الظاهرة فوقه. ١) مربَّطة جانبياً أو مثبتة (إرساء) إلى إطار إنشائي عند نقطة تقع أسفل من مركز كتلتها.
	3.0	1.0	٢) مربطة 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.
٤	4.0	2.5	(د) حوامل التخزين في المستودعات (بما فيها المحتويات) بارتفاع يزيد على (1.8m).
٥	3.0	1.0	(هـ) الخزائن المثبتة على الأرض بشكل دائم ورفوف الكتب بارتفاع يزيد عن (1.8m) بما فيها المحتويات.
٨،٧،٦،٣	3.0	1.0	(و) نقاط التثبيت (الإرساء) والتربيط الجانبي للأسقف المستعارة المعلقة ونقاط تثبيت الإنارة.
٩،٥،٤	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.

تابع الجدول (٣-٧): معاملات القوى الأفقية (a_p) و(R_p)

رقم الملحوظة	R_p	a_p	عناصر المنشآت والمكونات غير الإنشائية والمعدات [1]
			٣ – المعدات:
	3.0	1.0	(أ) الخزانات والأوعية (بما فيها المحتويات)، متضمنة جمل الاستناد.
٥،١٢،١١،١٠ ١٦،١٥،١٤،١٣	3.0	1.0	(ب) الأجهزة الكهربائية والميكانيكية والصحية وكافة الأنابيب والمجاري والأقنية المرتبطة بها.
١٥،١٤،١٠،٥ ١٦	3.0	2.5	(ج) أي جهاز لين مربَّط جانبياً أو مثبت إلى إطار إنشائي عند نقطة تقع أسفل مركز الكتلة.
١٨،١٧	3.0	1.0	(د) نقاط تثبيت وإرساء جمل الطوارئ لتوليد الطاقة ومعدات الاتصال الرئيسية ونقاط تثبيت وإرساء وجمل استناد حوامل (رفوف) البطاريات وخزانات الوقود الضرورية لعمل أجهزة الطوارئ . انظر أيضاً الفصل (٦-٢).
١٩	3.0	1.0	(هـ) الحاويات المؤقتة التي تحتوي على مواد قابلة للاشتعال أو مواد خطرة.
			٤ – المكونات الأخرى:
١	3.0	1.0	(أ) مكونات صلبة من مادة (وروابط) ممطولية (مطاوعة).
١	1.5	1.0	(ب) مكونات صلبة من مادة (وروابط) غير ممطولية.
١	3.0	2.5	(ج) مكونات مرنة من مادة (وروابط) ممطولية.
١	1.5	2.5	(د) مكونات مرنة من مادة (وروابط) غير ممطولية.

(١) انظر الباب الثاني للإطلاع على تعاريف المكونات اللينة والمكونات الصلبة.

(٢) انظر البنود (٧-١١-٣) و(٧-١١-٧) من أجل الجدران الخرسانية والحجرية والبند (٦-٢) من أجل الوصلات الخاصة بالوصل والألواح.

(٣) تطبق فقط على المناطق الزلزالية (2) و(3) و(4).

(٤) حوامل التخزين الفولاذية المثبتة على الأرض يجب أن تصمم طبقاً لاشتراطات الملحق (أ) من هذا الكود الملحق، شرط أن تكون القوى الزلزالية التصميمية مساوية أو أكبر من تلك المحددة في الفصلين (٦-٢) و(٨-٢) والمحددة لذلك.

(٥) تصمم فقط نقاط الإرساء أو التثبيت (Restraints).

(٦) 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.

(٧) السقوف المستعارة المنشأة من ألواح خشبية ملبسة بالمونة أو الجص والمثبتة ببراغي 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).

(٨) الحواشي الخفيفة (نقاط تثبيت أجهزة الإنارة) والخدمات الميكانيكية والمركبة في جمل معدنية معلقة لتحقيق عزل صوتي وألواح الأسقف المستعارة يجب أن تحمل بشكل مستقل عن المنشأة فوقها.

(٩) (W_P) من أجل جمل أرضيات الدخول والمعابر تمثل الوزن الميت لهذه الجمل مضافاً إليها 25% من الحمولة الحية المطبقة عليها، بالإضافة لحمل مساوٍ لـ ($0.48\ kN/m^2$) حمولة قواطع إضافية.

(١٠) التجهيزات المذكورة في الجدول تتضمن مثلاً، وليس على سبيل الحصر: مايلي:

المراجل، 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 الفصل (٢-٦) الذي يحدد المتطلبات الإضافية لتحديد (a_p) وذلك للتجهيزات المركبة اللينة (غير الجاسئة).

(١١) يمكن أن تحذف القيود الزلزالية من نقاط استناد الأنابيب والدكتات، إذا تحققت كافة الشروط الآتية:

١١-١- الحركة الجانبية للأنابيب أو الدكتات لا تؤدي إلى صدمة مخربة (مدمرة) مع باقي الجمل.

١١-٢- الأنابيب أو الأقنية (الدكتات) مصنَّعة من مادة مطيلة (مطاوعة) ووصلات ممطولية (مطاوعة).

١١-٣- 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.

١١-٤- يجب أن لا تؤدي الحركة الجانبية للأنابيب أو الأقنية (الدكتات) إلى خسارة في جملة الاستناد الرأسي.

١١-٥- نقاط الاستناد المؤلفة من قضبان تعليق بطول يقل عن (305 mm) يجب أن تثبت بوصلة علوية لا تؤدي إلى نشوء عزوم.

١١-٦- عناصر الاستناد الكابولية (الظفرية) الظاهرة فوق البلاطة يجب أن تُحقق على الاستقرار.

(١٢) يمكن أن تحذف القيود الزلزالية من أقنية الكهرباء، مثل حوامل الكابلات، الأنابيب وحوامل الأقنية (الدكتات)، إذا تحققت كافة الشروط الآتية:

١٢-١- الحركة الجانبية للأقنية لا تسبب صدمة مخربة مع الجمل الأخرى.

١٢-٢- الحركة الجانبية للأقنية لا تسبب خسارة في جملة الإستناد الرأسي.

١٢-٣- الحوامل المؤلفة من قضبان تعليق بطول لا يقل عن (305 mm) يجب أن تزود بوصلة علوية لا تؤدي إلى نشوء عزوم.

١٢-٤- يجب أن تحقق عناصر الاستناد الظفرية (الكابولية) فوق البلاطة على الاستقرار.

(١٣) الأنابيب والأقنية (الدكتات) وأقنية الكهرباء، والتي يجب أن تحقق وظيفتها بعد الهزة الأرضية أو تلك الممتدة بين مختلف المباني أو الجمل الإنشائية، يجب أن تكون لينة بالشكل الكافي لمقاومة الحركة النسبية لنقاط الإستناد مع افتراض حدوث الحركات الخارجة عن الطور.

(١٤) يجب تصميم عوازل الاهتزاز الساندة للتجهيزات من أجل مقاومة القوى الجانبية أو لتقييدها من أجل منع حركتها الجانبية من الجمل الأخرى.

(١٥) يجب عدم تصميم إرساء (مثبتات) المعدات بالاعتماد على مقاومة القوى الجانبية بالاحتكاك الناتج عن الجاذبية (مثل ملاقط الاحتكاك).

(١٦) المثبتات بالتوسع (Expansion Anchors) والمطلوب منها مقاومة للأحمال الزلزالية بالشد لا يُسمح باستعمالها في حال وجود أحمال ناتجة عن الاهتزازات.

(١٧) 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 بالتثبيت بروابط إلى معدات مثبتة أو إلى إطارات ساندة.

(١٨) يجب تقييد حركة البطاريات المخزنة على رفوف في جميع اتجاهات القوى الزلزالية.

(١٩) 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 يُسمح 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 (٣-٨): قيمة العوامل (R) و (Ω_O) المرتبطة بالمنشآت غير المباني

نوع المنشأة		R	Ω_O
(١) الأوعية، بما فيها الخزانات والكرات المضغوطة والمحمولة على قوائم (أرجل) مربطة أو غير مربطة.		2.2	2.0
(٢) الصوامع والمداخن المصبوبة في المكان وذات الجدران المستمرة حتى الأساسات.		3.6	2.0
(٣) المنشآت الظفرية (الكابولية) ذات الكتل الموزعة مثل المداخن فوق الأسطحة والمداخن والصوامع والأوعية الرأسية المستندة على حوامل مركزية.		2.9	2.0
(٤) الأبراج الشبكية (المستندة بشكل حر أو المربطة بشدادات)، المداخن المربطة.		2.9	2.0
(٥) المنشآت المؤلفة من أعمدة ظفرية (كابولية).		2.2	2.0
(٦) أبراج التبريد.		3.6	2.0
(٧) القواديس والأقماع المستندة على قوائم مربطة أو غير مربطة.		2.9	2.0
(٨) رفوف وحوامل التخزين.		3.6	2.0
(٩) الإشارات ولوحات الإعلانات.		3.6	2.0
(١٠) منشآت الملاهي والآثار.		2.2	2.0
(١١) كافة المنشآت الأخرى المستندة ذاتياً وغير الواردة فيما سبق، مثل الجدران الاستنادية والخزانات.		2.9	2.0

الجدول (٣-٩): 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 الملاحظة (١)					

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

الجدول (٣-١٠): 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 (١)					

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

الجدول (٣-١١): معامل القرب من المصدر[١] (N_a)

نموذج المصدر الزلزالي	المسافة الأكثر قرباً من المصدر الزلزالي المعروف[٢،٣]		
	≤ 2km	5 km	≥ 10km
A	1.5	1.2	1.0
B	1.3	1.0	1.0
C	1.0	1.0	1.0

(١) يمكن حساب قيمة معامل القرب من المصدر بالتناسب الخطي وذلك للمسافات غير تلك الواردة في الجدول.

(٢) يجب تحديد موقع وشكل المصادر الزلزالية المستعملة في التصميم بناءً على معطيات جيوتكنيكية مصادق عليها.

(٣) تُؤخذ المسافة الأكثر قرباً من المصدر الزلزالي على أنها المسافة الدنيا بين الموقع والمساحة المحددة بالمسقط الرأسي للمصدر على السطح (أي المسقط السطحي لمستوى الصدع) ولا ضرورة أن يشمل المسقط السطحي 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 (٣-١٢): معامل القرب من المصدر[١] (N_v)

نموذج المصدر الزلزالي	المسافة الأكثر قرباً من المصدر الزلزالي المعروف[٢،٣]			
	≤ 2km	5km	10km	≥ 15km
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

(١) يمكن حساب قيمة معامل القرب من المصدر بالتناسب خطياً وذلك للمسافات غير تلك الواردة في الجدول.

(٢) يجب تحديد موقع وشكل المصادر الزلزالية المستعملة في التصميم بناءً على معطيات جيوتكنيكية مصادق عليها.

(٣) تؤخذ المسافة الأكثر قرباً من المصدر الزلزالي على أنها المسافة الدنيا بين الموقع والمساحة المحددة بالمسقط الرأسي للمصدر على السطح (أي المسقط السطحي لمستوى الصدع) ولا ضرورة أن يشمل المسقط السطحي 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.

الجدول: (٣-١٣): نمط (نوع) المصدر الزلزالي [١]

تعريف المصدر الزلزالي		وصف المصدر الزلزالي	نمط المصدر الزلزالي
معدل الانزلاق SR (mm/year)	قيمة مقدار الزلزال الأعظمي بمقياس ريختر (M)		
$SR \geq 5$	$M \geq 7.0$	صدوع جيولوجية قادرة على خلق حوادث زلزالية وتتمتع بمعدل مرتفع من النشاطات الزلزالية.	A
$SR < 5$ $SR > 2$ $SR < 2$	$M \geq 7.0$ $M < 7.0$ $M \geq 6.5$	كافة الصدوع غير الأنماط (A) و (C)	B
$SR \leq 2$	$M < 6.5$	صدوع جيولوجية غير قادرة على خلق حوادث زلزالية كبيرة وتتمتع بمعدل منخفض من النشاطات الزلزالية.	C

(١) يجب أن يحدد تصنيف المصدر بناءً على طبيعة الموقع الخاصة.

(٢) يجب أن يتحقق كلاً من شرطي القيمة العظمى للعزم ومعدل الانزلاق بشكلٍ كافٍ، عند تحديد نمط المصدر الزلزالي.

الجدول (٣-١٤): قيم السهوم العظمى المسموحة للعناصر الإنشائية

نوع العنصر	العنصر محمل بحمل حي فقط (L)	العنصر محمل بحمل حي وحمل ميت (دائم) (L + K . D)
عنصر بالسطح الأخير	$\ell / 360$	$\ell / 240$

(١) يجب تزويد السطوح المستوية بالسطح النهائي بسهوم معاكسة حسب الحاجة.

L : الحمل الحي .

D : الحمل الميت (الدائم).

K : معامل يحدد من الجدول رقم (٣-١٥) .

ℓ : طول العنصر مقدراً بالواحدات ذاتها للسهم.

الجدول (٣-١٥): قيم المعامل K

خشب		خرسانة مسلحة	فولاذ (صُلب)
غير معالج	معالج [1]		
1.0	0.5	$T / (1+ 50 \rho')$	0

(١) الخشب المعالج هو الذي يحوي نسبة رطوبة أقل من 16 % عند وقت التشييد (التنفيذ)، ويستعمل في ظروف جافة مثل المنشآت المغطاة.

ρ' : هي نسبة تسليح الضغط ($A'_s/b\ d$) في منتصف المجاز (البحر) للمجازات (البحور) البسيطة والمستمرة وعند المسند للأظفار (للكابوليات).

T : عامل يتعلق بالوقت ، ويمكن أن تؤخذ له القيم الآتية:

2.0 لخمس سنوات أو أقل.

1.2 لاثني عشر شهراً.

1.4 لستة أشهر.

1.0 لثلاثة أشهر.

4 الباب الرابع
القوى الزلزالية التصميمية الدنيا والتأثيرات المرافقة لها

٤-١- طرائق حساب القوى الزلزالية التصميمية الدنيا:

٤-١-١- يعتمد الكود العربي السوري لتصميم وتنفيذ المنشآت بالخرسانة المسلحة طريقتين لحساب القوة الاستاتيكية المكافئة، تسمى الأولى الطريقة الاستاتيكية المكافئة، وتسمى الثانية الطريقة الاستاتيكية المكافئة المطورة (او اختصاراً الطريقة المطورة).

٤-١-٢- تُستعمل هاتان الطريقتان في حالة المنشآت المتناظرة، أو شبه المتناظرة (ما عدا الحالات الأخرى التي يلزم بها استعمال تحليل ديناميكي وفقاً لاشتراطات الكود الأساس وملحقه هذا). كما يُنصح باستعمال تحليل ديناميكي عندما تزيد قيمة اللا مركزية بين مركز القساوة للجمل الإنشائية ومركز ثقل الكتل على 20% من بُعد المبنى أو المنشأة في أي من الاتجاهين أو في كليهما.

٤-١-٣- في الحالات الأخرى التي يلزم بها استعمال تحليل ديناميكي وفقاً لاشتراطات الكود وملحقه هذا، فيلزم استعمال إحدى طرائق التحليل الديناميكي الواردة في هذا الملحق، علماً بأنه يمكن استعمال إحدى هذه الطرائق مهما كانت قيمة اللا مركزية، مع مراعاة الحدود الدنيا لقيمة قوى القص القاعدي والتي تحسب باستعمال الطريقة الاستاتيكية المكافئة (أو المكافئة المطورة).

٤-١-٤- يجدر التنويه إلى أن حساب القوى الزلزالية بالطريقة الاستاتيكية المكافئة والاستاتيكية المكافئة المطورة يعطي القوى بقيمتها المصعدة مباشرة، وعند التصميم باعتمادها تؤخذ تراكيب الأحمال من العلاقات الواردة في هذا الملحق في البند (٣-١٢-٢).

٤-١-٥- يعطي حساب القوى والتأثيرات الزلزالية بطرائق التحليل الديناميكي الواردة في هذا الملحق أيضاً بقيمها المصعدة مباشرة كما جاء في (٤-١-٤) أعلاه.

٤-١-٦- ويجدر التنويه إلى أن استعمال الدراسة المطورة الواردة في الملحق (ز) من الكود الأساس ليس إلزامياً، باستثناء ما ورد في الفصل (ز-٧) عن تصميم عقد الإطارات، وفي الفصل (ز-

٩) عن جدران القص الخاصة وجوائز الربط بين الجدران، وفي الفصل (ز-١١) عن الأحجبة (الديافرامات) الإنشائية والجوائز الشبكية، وفي الفصل (ز-١٣) عن العناصر غير المصممة كجزء من الجملة المقاومة للقوى الزلزالية.

٤-٢- قوى الهزة الأرضية ومتطلبات النمذجة:

٤-٢-١- القوى الناشئة عن الهزة الأرضية:

تصمم المنشآت على حركة الأرض التي تؤدي إلى حدوث استجابة إنشائية وقوى زلزالية في أي اتجاه أفقي. وتستعمل قوى الهزة الأرضية الآتية في تراكيب الأحمال الواردة في الباب الثالث (للطريقة الاستاتيكية المكافئة والطرائق الديناميكية).

$$E = \rho E_h + E_v \qquad (٤-١)$$

$$E_m = \Omega_o E_h \qquad (٤-٢)$$

حيث:

E = القوة الناتجة عن الهزة الأرضية المؤثرة على عنصر في المنشأة والناتجة عن تراكيب المركبة الأفقية (E_h) والمركبة الرأسية (E_v).

E_h = القوة الناتجة عن الهزة الأرضية الناشئة عن القص القاعدي V كما هو مبين في الفصل (٤-٣) أو عن القوى الزلزالية التصميمية، F_P، كما هو مبين في الباب السادس.

E_m = القوة الزلزالية العظمى المحسوبة والتي تنشأ في المنشأة كما هو مبين في هذا البند (٤-٢-١).

E_V = تأثير الحمل الناتج عن المركبة الرأسية للهزة الأرضية من جراء حركة الأرض وقيمتها تعادل المقدار ($0.5\ C_a\ .\ I\ .\ D$) إضافة إلى فعل الحمل الميت (D) و ذلك في حالة الحد الأقصى.

Ωo = معامل تكبير القوة الزلزالية المطلوبة في الحساب لأخذ تأثير المقاومة الإضافية من الناحية الإنشائية، وذلك كما هو مبين في البند (٤-٤-١).

ρ = المعامل الممثل للوثوقية ودرجة عدم التقرير، وذلك كما هو معطى في العلاقة (بالوحدات SI)، وتؤخذ قيمة مساوية للواحد في حال حساب الإزاحة، وكذلك عندما تقع المنشأة في المناطق الزلزالية (2, 1, 0).

$$1 \le \rho = 2 - \frac{6.1}{r_{max}\sqrt{A_B}} \le 1.5 \qquad (٤-٣)$$

حيث:

r_{max} : هي القيمة العظمى لـ (r_i) التي تحدث في أي من مناسيب الطوابق، ضمن الثلثين السفليين لارتفاع البناء.

r_i : تمثل قيمة القص النسبية لعنصر في الطابق (i) وتساوي قيمة القص في هذا العنصر منسوبة لقوة القص الإجمالية لهذا الطابق، وذلك في الاتجاه المدروس.

- في الإطارات المربَّطة (المكتفة)، فإن قيمة (r_i) تساوي المركبة الأفقية العظمى للقوة في أي عنصر من عناصر الربط المفردة مقسومة على القص الطابقي الكلي.
- أما في الإطارات المقاومة للعزوم، فإن قيمة (r_i)، تؤخذ على أنها القيمة الأكبر من مجموع القص في أي عمودين متجاورين يحصران باكية (مجاز) في الإطار المقاوم للعزوم مقسومة على القص الطابقي. وفي حالة العمود المشترك بين باكيتين (مجازين) ذات عقدات مقاومة للعزوم على جانبين متعاكسين عند المنسوب (i) وبالاتجاه المدروس، يمكن استعمال 70% من القص في هذا العمود عند حساب مجموع القص في كل عمودين متجاورين.
- وفي حالة جدران القص، تؤخذ (r_i) على أساس القيمة العظمى من حاصل ضرب قيمة قوة قص الجدار بالعامل ($3/L_w$) مقسومة على القص الطابقي الكلي المعرف في الفصل (٤-٧)، حيث: L_w هو طول الجدار (بالمتر).
- وفي الجمل المختلطة تؤخذ (r_i) على أنها القيمة العظمى لـ (r_i) كما هي معرفة أعلاه مع الأخذ بالحسبان كافة العناصر المقاومة للقوى الجانبية. ويتم توزيع الأحمال الجانبية للعناصر استناداً لقساوتها النسبية مع الأخذ بالحسبان الفعل المتبادل بين عناصر الجمل المختلطة. في هذه الجمل يمكن اعتماد قيمة (ρ) بحيث لا تزيد على 80% من القيمة المحسوبة.

  تؤخذ قيمة (ρ) بحيث لا تقل عن (1.0) ولا تزيد على (1.5).

  أما (A_B) فهي مساحة الطابق الأرضي في المنشأة (m^2).
- وفي حالة الإطارات الخاصة المقاومة للعزوم (ما عدا عند استعمالها في الجمل الثنائية)، فإن (ρ) يجب أن لا تتجاوز المقدار (1.25).

  من المفيد زيادة عدد باكيات (مجازات) الإطارات الخاصة المقاومة للعزوم لإنقاص قيمة (ρ) وبحيث تصبح قيمة (ρ) أقل أو مساوية (1.25).
- يمكن استثناء من ذلك أن تؤخذ A_B كمساحة وسطية للطوابق (الأدوار) في الجزء العلوي المتراجع من البناء عندما تكون مساحة القاعدة الموجودة في الطابق (الدور) الأرضي هي الأكبر.
- يفترض أن حركة الأرض المؤدية إلى حصول حركة جانبية وقوى زلزالية تصميمية، تؤثر بشكل غير متزامن في اتجاه كل محور رئيسي للمنشأة باستثناء ما هو مطلوب في البند (٧-١١-١) وذلك لحالات من عدم التناظر أو عدم الانتظام الأفقي أو الرأسي.

- الحمل W للحساب الزلزالي، يساوي الحمل الميت الكلي بالإضافة لنسب تطبق من الأحمال الأخرى المصنَّفة كما يلي:

(أ) في المستودعات والمخازن تؤخذ نسبة دنيا لا تقل عن 25% من الأحمال الحية للطوابق.

(ب) في حال استعمال حمل القواطع الخفيفة في تصميم الطوابق، يُؤخذ حمل لا يقل عن ($0.5\ kN/m^2$). أما القواطع الثقيلة فتؤخذ أوزانها ضمن الأوزان الدائمة.

(ج) يهمل حمل الثلج عندما تقل قيمته عن ($1.5\ kN/m^2$). أما عندما يتجاوز حمل الثلج التصميمي القيمة ($1.5\ kN/m^2$) فيؤخذ بالحساب ولكن تخفض إلى 75% من قيمتها وذلك حسب طبيعة الموقع والشكل ومدة التحميل وتعليمات الهيئة الرسمية للبناء.

(د) الوزن الكلي للمعدات الدائمة يؤخذ بالكامل.

٤-٢-٢- متطلبات النمذجة (التمثيل): Modeling requirements

يجب أن يتضمن النموذج الرياضي الممثل للمنشأة الفيزيائية كافة العناصر المساهمة بجملة مقاومة القوى الجانبية. كما يجب أن يتضمن النموذج قساوة ومقاومة العناصر المؤثرة في توزيع القوى، كما يلزم أن يمثل هذا النموذج التوزيع الأساسي للكتل والقساوات في المنشأة.

بالإضافة لذلك، يجب أن يتوافق النموذج مع ما يلي:

عند تحديد خصائص القساوة للعناصر الخرسانية المسلحة أو الجدران الحجرية، يجب أن يؤخذ بالحسبان تأثيرات المقاطع المتشققة (القطاعات التي بها شروخ). وبوجه خاص، يلزم أخذ هذا الأمر بالحسبان، بحالة المنشآت ذات الجمل التفاعلية أو الثنائية، ويمكن الاعتماد على الطريقة المبسطة الآتية:

(١) **تحديد قيمة أولية للتخفيض كما هو مبين بالجدول الآتي:**

العنصر	القساوة (الصلابة) الإنعطافية (EI)
جائز	$0.5\ E_c\ I_g$
عمود بحالة الضغط	$0.7\ E_c\ I_g$
عمود بحالة الشد	$0.5\ E_c\ I_g$
جدار غير متشقق	$0.8\ E_c\ I_g$
جدار متشقق	$0.5\ E_c\ I_g$

ويمكن عملياً اعتماد قيم أخرى للقساوة الانعطافية. مثلاً، يمكن تخفيض قيمة الصلابة (القساوة) الانعطافية للأعمدة ولجدران القص المعرضة للامركزية ضغط كبيرة (أي يكون جزءاً كبيراً من المقطع العرضي متشققاً) إلى: $0.2\ E_c\ I_g$

(٢) **بعد التحليل الإنشائي الأولي يمكن، من أجل مزيد من الدقة، تحديد القيمة الدقيقة لعزم عطالة كل جدار قص وفق العلاقة:**

$$I_e = \left(\frac{100}{fy} + \frac{Pu}{f'c\,Ag}\right) Ig$$

حيث P_u القوة المحورية في الجدار الموافق للتركيب الزلزالي و تؤخذ موجبة بحالة الضغط .

(٣) **ملاحظة:** يتم تخفيض عزوم عطالة الجوائز الرابطة بين جدران القص، مقارنة مع جوائز الإطارات، لأخذ أثر تشوهات القص الكبيرة المتولدة، ويتم تحديد قيمة عزوم عطالة الجوائز الرابطة بين جدران القص وفق العلاقة:

(أ) جوائز رابطة بتسليح قطري:

$$I_e = (0.4\ Ig)/(1 + 3(h/ln)^2)$$

(ب) جوائز رابطة بتسليح عادي:

$$I_e = (0.2\ Ig)/(1 + 3(h/ln)^2)$$

حيث h ارتفاع الجائز الرابط و I_n المجاز الصافي للجائز الرابط.

٤-٢-٣- تأثيرات (P-Δ): (التأثيرات الإضافية الناتجة عن الازاحات الأفقية):

عند تصميم وحساب الاستقرار الإنشائي الكلي للإطار، يجب أخذ القوى والعزوم الناشئة في العناصر (بما فيها إزاحات الطوابق)، الناتجة عن تأثيرات **(P-Δ)**، ويتم تحديدها باستعمال القوى المنتجة للإزاحات (Δ_S).

يمكن إهمال تأثير (P-Δ) عندما تكون نسبة العزوم الثانوية إلى العزوم الرئيسية لا تتجاوز (10%).

ويمكن حساب هذه النسبة لأي طابق كناتج للعلاقة الآتية:

$$\text{نسبة العزوم الثانوية} = \frac{\text{الأحمال (الميتة + الحية + الثلج) المطبقة أعلى منسوب الطابق المدروس} \times \text{الإزاحة الزلزالية للطابق}}{\text{القص الزلزالي في الطابق المدروس} \times \text{ارتفاع الطابق}}$$

يمكن إهمال تأثير (P-Δ) عندما تكون الإزاحة الطابقية النسبية لا تتجاوز (0.02/R).

٤-٣- مراحل حساب القوة الاستاتيكية المكافئة:

٤-٣-١- حساب القص القاعدي التصميمي:

يحدد القص القاعدي التصميمي الكلي في اتجاه ما بالعلاقة الآتية:

$$V = \frac{C_v\ I}{R\ .\ T} W \qquad (٤-٤)$$

وبحيث لا يتجاوز القص القاعدي التصميمي الكلي القيمة:

$$V = \frac{2.5\ C_a\ I}{R}\ W \qquad (٤-٥)$$

وبحيث لا يقل القص القاعدي الكلي التصميمي عن:

$$V = 0.11\ C_a\ I\ W \qquad (٤-٦)$$

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

$$V = \frac{0.8\ Z\ N_v\ I}{R}\ W \qquad (٤-٧)$$

٤-٣-٢- الفترة الأساسية للمنشأة (الدور الأساسي للمنشأة):

تحدد قيمة T (الفترة الأساسية لاهتزاز المنشأة) بإحدى الطريقتين الآتيتين:

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

$$T = C_t\ (h_n)^{3/4} \qquad (٤-٨)$$

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:

$$C_t = 0.0743 / \sqrt{A_C} \qquad (٤-٨-أ)$$

حيث A_c بالمتر المربع.

وتحدد قيمة (A_c) من العلاقة الآتية:

$$A_c = \sum A_e\ [0.2 + (D_e / h_n)^2] \qquad (٤-٩)$$

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

h_n (مقدرة بالمتر) هي الارتفاع حتى المنسوب n .

يجب أن لا تتجاوز قيمة (D_e/h_n) المستعملة في العلاقة السابقة القيمة (0.9).

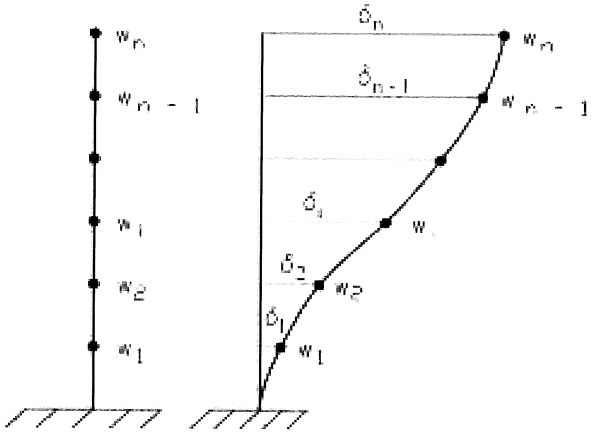
(ب) الطريقة (B): يمكن حساب الفترة الأساسية(T) باستعمال الخواص الإنشائية والميزات التشوهية للعناصر المقاومة وذلك باعتماد التحليل الإنشائي الدقيق. ويتم إجراء هذا التحليل وفق متطلبات البند (٤-٢-٢).

يجب 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) عند حساب الإزاحات والانتقالات.

يمكن حساب الفترة الأساسية (T) باستعمال العلاقة الآتية:

$$T = 2\pi \sqrt{(\sum_{i=1}^{n} w_i \ \delta_i^2) \div (g \sum_{i=1}^{n} F_i \ \delta_i)} \qquad (١٠-٤)$$

تمثل قيمة (F_i) أي قوة جانبية موزعة بشكل تقريبي وفق المبادئ الواردة في العلاقات (٤-١٣) و(٤-١٤) و(٤-١٥) أو أي توزيع منطقي آخر، أما الإزاحات المرنة δ_i (المبينة بالشكل (٤-١))، فتحسب بتطبيق القوى الجانبية (f_i).



الشكل (٤-١): تسميات الأحمال W والإزاحات المرنة δ في الطوابق

٤-٣-٣- الطريقة المبسطة لحساب القص القاعدي:

(أ) عام:

يمكن تصميم المنشآت المحققة لمتطلبات البند (٣-٩-٢) المعتمدة وفق الإجراءات التي سترد أدناه.

(ب) القص القاعدي:

يحدد القص القاعدي الكلي التصميمي في اتجاه ما من العلاقة الآتية:

$$V = \frac{3.0\ C_a}{R} W \qquad (٤-١١)$$

حيث تؤخذ قيمة (C_a) من الجدول (٣-٩) وذلك حسب نوع المقطع الشاقولي للتربة. وعندما تكون خواص التربة غير معروفة بالتفاصيل الكافية لتحديد نوع قطاعها، يستعمل النموذج (S_D) في المناطق الزلزالية (3) و(4)، والنموذج (S_E) في المناطق الزلزالية (1) و(2A) و(2B) و(2C). في المنطقة الزلزالية الرابعة، يجب أن لا تزيد قيمة معامل الاقتراب من المصدر N_a، على القيمة (1.3) في حال عدم وجود درجات عدم الانتظام الإنشائي الآتية: النموذج (1 و4 أو5) من الجدول (٣-٤) أو النموذج (1) و (4) من الجدول (٣-٥).

(ج) التوزيع الرأسي:

تحسب القوى المطبقة عند كل مستوى (منسوب) باستعمال العلاقة الآتية:

$$F_x = \frac{3.0\ C_a}{R}\ w_i \qquad (٤-١٢)$$

حيث تحدد قيمة (C_a) من البند الفرعي (٤-٢-٣-ب).

(د) مجال التطبيق:

عند استعمال إجراءات الطريقة المبسطة، لا تطبق اشتراطات البنود الآتية: (٤-٢-٢) و (٤-٢-٣) و (٤-٣-١) و (٤-٣-٢) و(٤-٦) و (٤-١٠) و (٤-١١) والباب الخامس.

ويستثنى من ذلك الأبنية التي تتميز بجمل إنشائية لينة (flexible) نسبياً، فيمكن للهيئات الرسمية للبناء أن تشترط الأخذ بالحسبان تأثيرات ($P-\Delta$) وتأثير الإزاحة وفق البنود (٤-٢-٣) و(٤-١٠) و(٤-١١)، أما (Δ_S) فتحسب باستعمال القوى الزلزالية التصميمية من البند الفرعي (٤-٣-٣ب).

وعند استعمال الطريقة المبسطة السابقة، تؤخذ قيمة Δ_M مساوية لـ (0.01) مرة من ارتفاع الطابق ولكافة الطوابق.

وفي البند (٧-١١-٨) فإن العلاقة (٧-٢) تُقرأ بالشكل:

$$F_{px} = \frac{3.0\ C_a}{R}\ w_{px}$$

وبحيث لا تتجاوز قيمتها ($1.C_a\ .\ w_{px}$) وعلى أن لا تقل عن ($0.5\ C_a.w_{px}$).

أما قيمة (R) و(Ω_o) فتؤخذان من الجدول (٣-٦).

٤-٤- تحديد المعاملات الزلزالية:

٤-٤-١- تحديد قيمة (Ω_o):

من أجل عناصر معينة في المنشأة، كما هي محددة بشكل خاص في هذه الكود (مثل عناصر البند ٤-٨-٢)، تحسب القيمة الدنيا التصميمية للمقاومة من حاصل ضرب معامل تكبير القوة الزلزالية (Ω_o) والقوى الزلزالية التصميمية، كما وردت في الباب الرابع. ويؤخذ معامل زيادة مقاومة القوة الزلزالية (Ω_o) من الجدول (٣-٦).

٤-٤-٢- تحديد قيمة (R):

بالنسبة للجمل الإنشائية العادية، الشائعة الاستعمال في الجمهورية العربية السورية (مثل جملة الإطار المتوسط المقاومة للعزوم المحلي)، يمكن استعمال قيمة للمعامل R من الجدول المبسط رقم (٤-١) أو الجدول رقم (٤-٢). إن كل من هذين الجدولين هو تقريبي، ويتطلب ظروف تنفيذ جيدة للإطارات ولجدران القص. أما في حالة ظروف التنفيذ المثالية، بضمان الدارس والمشرف والمنفذ، فعندها تؤخذ قيمة (R) من الجدول (٣-٦). في هذا الجدول، تصل قيمة R للجملة الثنائية من إطارات وجدران قص إلى 6.5 للإطارات متوسطة المقاومة للعزوم وإلى 8.5 للإطارات الخاصة المقاومة للعزوم. وفي هذه الحالة يلزم أن تكون الإطارات خاصة، وكذلك جدران القص يجب أن تكون خاصة أيضاً (فيما يتعلق بتفاصيل التسليح ومناطق النهايات)، وبحيث لا تزيد الأحمال الشاقولية القصوى على 10% من القدرة الإسمية لتحمل المقطع العرضي للجدار، كما هو مبين في الملحق (ز) من الكود الأساس (وذلك للإطارات المقاومة للعزوم المتوسطة والخاصة). ويمكن تجاوز هذا الشرط الأخيرفيما يتعلق بالأعمدة ، عند استعمال الإطارات الخاصة المحلية (أي بمفهوم هذا الملحق، والكود الأساس)، وتجاوزه أيضاً فيما يتعلق بالأعمدة و الجوائز عند استعمال الإطارات المتوسطة المحلية (أي بمفهوم هذا الملحق، والكود الأساس)، حيث يلزم عندها استعمال R من الجدولين المبسطين رقم (٤-١) للإطارات المتوسطة المحلية ورقم (٤-٢) للإطارات الخاصة المحلية.

في حال استعمال R = 4.5 (أي عندما يتم افتراض أن الجملة المقاومة للزلازل هي جملة جدران قص فقط)، يلزم أن يتم حساب حصة الإطارات (في حال وجودها) في مقاومة العزوم، وتحقيقها لمقاومة هذه العزوم (حتى لو كان من المفترض أن هذه الإطارات غير مساهمة في مقاومة العزوم)، مع تحقيق متطلبات واشتراطات الفصل (٧-١١) من الكود الأساس.

٤-٥- مجموعات الجمل الإنشائية:

٤-٥-١- عام:

عندما توجد مجموعات من الجمل الإنشائية مندمجة في المنشأة ذاتها، فيجب تحقيق متطلبات هذا الباب.

٤-٥-٢- التراكيب بالاتجاه الرأسي:

يجب أن تكون قيمة (R) المستعملة في تصميم أي طابق أقل أو تساوي قيمة (R) المستعملة في الطابق الأعلى بالاتجاه المدروس. ولا يطبق هذا الشرط على الطابق الذي يكون الوزن الميت فوقه أقل من (10%) من الوزن الميت الكلي للمنشأة.

وبذلك يمكن تصميم المنشآت باتباع الإجراءات الواردة في هذا الباب تحت الشروط الآتية:

(أ) تصمم كامل المنشأة باستعمال القيم الدنيا لـ (R) الخاصة بجمل مقاومة القوة الجانبية المستعملة أو:

(ب) استعمال إجراءات التحليل الاستاتيكي الآتية على مرحلتين وذلك للمنشآت المدروسة والمطابقة لمحتوى البند الفرعي (٣-٩-٣-د) وهما:

١) تصميم الجزء العلوي اللين كمنشأة مستقلة تستند جانبياً على الجزء السفلي الصلب (الجاسىء Stiff) وذلك باستعمال القيمة المناسبة لكل من (R) و(ρ).

٢) تصميم الجزء السفلي الصلب (الجاسىء Stiff) كمنشأة مستقلة باستعمال القيمة المناسبة لكل من (R) و(ρ)، أما ردود الأفعال الناتجة عن الجزء العلوي، فهي تلك المحددة من تحليل الجزء العلوي بعد تكبيرها بالنسبة (R/ρ) للجزء العلوي مقسومة على (R/ρ) للجزء السفلي.

٤-٥-٣- التراكيب باتجاه محاور مختلفة:

في المناطق الزلزالية (3) و(4) وعندما تكون لمنشأة ما جملة جدران حاملة في اتجاه واحد فقط، فإن قيمة (R) المستعملة في التصميم بالاتجاه المتعامد يجب أن لا تزيد على تلك المستعملة لجملة الجدران الحاملة.

إن أي تركيب مؤلف من جملة الجدران الحاملة و جمل الأبنية الهيكلية (الإطارية) و الجمل الثنائية أو جمل الإطارات المقاومة للعزوم، يمكن أن يستعمل لمقاومة القوى الزلزالية في المنشآت التي لا يزيد ارتفاعها على (49m). أما في المناطق الزلزالية (3) و(4) عندما يزيد ارتفاع المنشآت على (49m) فيجب استعمال تراكيب الجمل الثنائية والإطارات الخاصة المقاومة للعزوم في مقاومة القوى الزلزالية.

٤-٥-٤- التراكيب باتجاه المحور ذاته:

باستثناء الجمل الثنائية والجمل المختلطة، في المناطق الزلزالية (0 و1)، فعندما تستعمل تراكيب مختلفة من الجمل الإنشائية لمقاومة القوى الجانبية في الاتجاه ذاته، تؤخذ قيمة (R) المستعملة في التصميم في هذا الاتجاه بحيث لا تزيد على القيمة الدنيا لأي من الجمل المستعملة في الاتجاه ذاته.

٤-٦- التوزيع الرأسي للقوى الزلزالية:

يتم توزيع القوة الزلزالية الكلية على ارتفاع المنشأة وفق العلاقات (٤-١٣) و (٤-١٤) و (٤-١٥) وذلك في حال عدم توفر إجراء أكثر دقة.

$$V = F_t + \sum_{i=1}^{n} F_i \qquad (٤-١٣)$$

تحدد القوة المركزة (F_t) عند القمة، والتي هي بالإضافة لـ (F_n) من العلاقة:

$$F_t = 0.07\ T.\ V \qquad (٤-١٤)$$

إن قيمة T المستعملة في حساب (F_t) هي الفترة التي تتعلق بالقص القاعدي التصميمي والمحسوب باستعمال العلاقة (٤-٤).

يجب أن لا تتجاوز قيمة (F_t) المعتمدة $(0.25V)$ ، ويمكن أخذها مساوية للصفر عندما تكون $(T = 0.7\ sec)$ أو أقل. أما الجزء المتبقي من القص القاعدي فيتم توزيعه على كامل ارتفاع المنشأة بما فيها المنسوب n، وذلك وفق الصيغة الآتية (راجع الشكل (٤-٢) من أجل W و h):

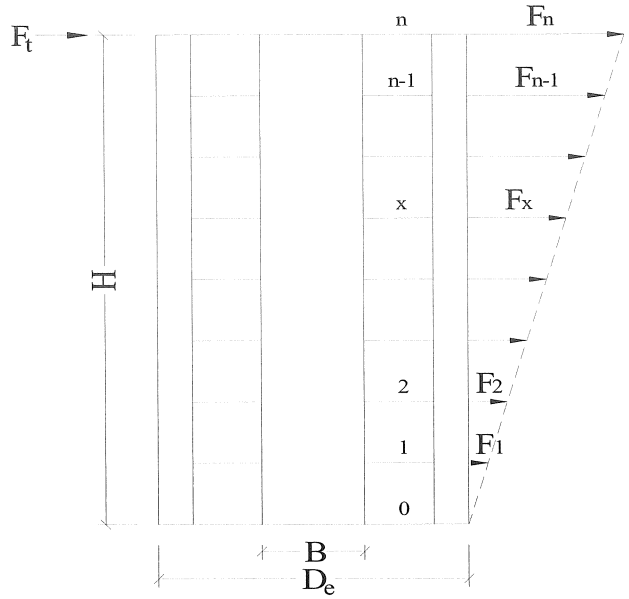
$$F_x = \frac{(V - F_t)\, w_x . h_x}{\sum_{i=1}^{n} w_i\ h_i} \qquad (٤-١٥)$$

تطبق القوة F_x عند كل منسوب مشار إليه بـ (x) (راجع الشكل (٤-٣))، على مساحة من المبنى وذلك وفق توزع الكتلة عند هذا المنسوب. يتم حساب الانتقالات الإنشائية والقوى الزلزالية التصميمية كناتج لتأثير القوى F_x و F_t المطبقة على المستويات المناسبة الواقعة فوق القاعدة.

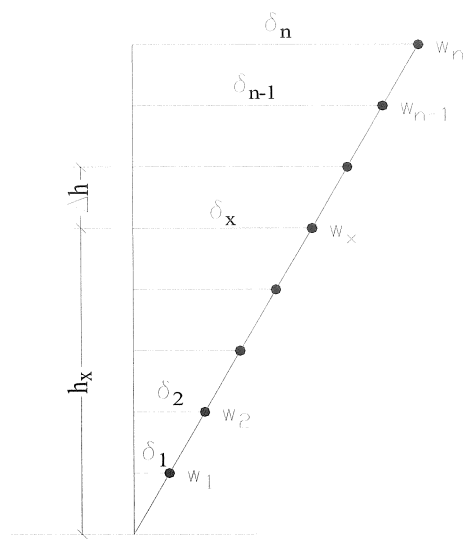
٤-٧- التوزيع الأفقي لقوة القص:

تساوي قوة القص التصميمية (V_x)، في أي طابق لمجموع القوى (F_t) و(F_x) الواقعة فوق هذا الطابق، ويتم توزيع قيمه على مختلف العناصر الموجودة في الجملة الرأسية المقاومة للقوى الجانبية وذلك وفق نسب قساواتها، وبما يتوافق مع التحليل الإنشائي للبناء، على أن يؤخذ بالحسبان قساوة

الديافرام (البلاطة)، انظر البند (٧-١١-٣) للعناصر القاسية، وغير المعدودة كجزء من جمل مقاومة القوى الجانبية



الشكل (٤-٣): توزع القوى الزلزالية التصميمية F المطبقة في الطوابق



الشكل (٤-٢): أحمال الطوابق W والانتقالات الأفقية δ

وعندما تكون الديافرامات (البلاطات) غير لينة (not flexible) فيلزم افتراض إزاحة الكتلة عند كل منسوب من مركز الكتلة المحسوب في كل اتجاه، لمسافة تساوي (5%) من بعد المبنى عند هذا المنسوب في اتجاه متعامد مع اتجاه القوة المدروسة. ويؤخذ تأثير هذه الإزاحة على توزيع القص الطابقي.

يجب افتراض الديافرامات (البلاطات) لينة لأغراض توزيع القص الطابقي وعزم اللي (الفتل) عندما يكون الانتقال الجانبي الأعظمي للديافرام أكبر من ضعفي متوسط الإزاحة للطابق المرافق. ويمكن تحديد ذلك بمقارنة السهم المحسوب في المستوي الأفقي لنقطة منتصف الديافرام ذاته بتأثير الحمل الجانبي مع إزاحة الطابق للعناصر المقاومة الرأسية المرافقة تحت تأثير قوى جانبية مكافئة إضافية.

٤-٨- عزوم الفتل (اللي) الأفقية:

يجب اتخاذ الاحتياطات اللازمة للأخذ بالحسبان الزيادة في قوى القص والناتجة عن الفتل (اللي) الأفقي عندما تكون الديافرامات غير لينة، وبذلك يجب الأخذ بالحسبان تراكيب الأحمال الأكثر خطورةً على كل عنصر عند تصميمه.

يساوي عزم الفتل (اللي) التصميمي عند طابق ما، العزم الناتج عن اللا مركزيات الناشئة بين القوى الجانبية التصميمية المطبقة عند المناسيب الواقعة أعلى ذلك الطابق ومركز قساوة العناصر الرأسية المقاومة في هذا الطابق، مضافاً إليها قيمة تمثل الفتل (اللي) الطاريء. يتم تحديد عزم الفتل (اللي) الطاريء بافتراض أن الكتلة قد انتقلت كما هو مطلوب في الفصل (٤-٧).

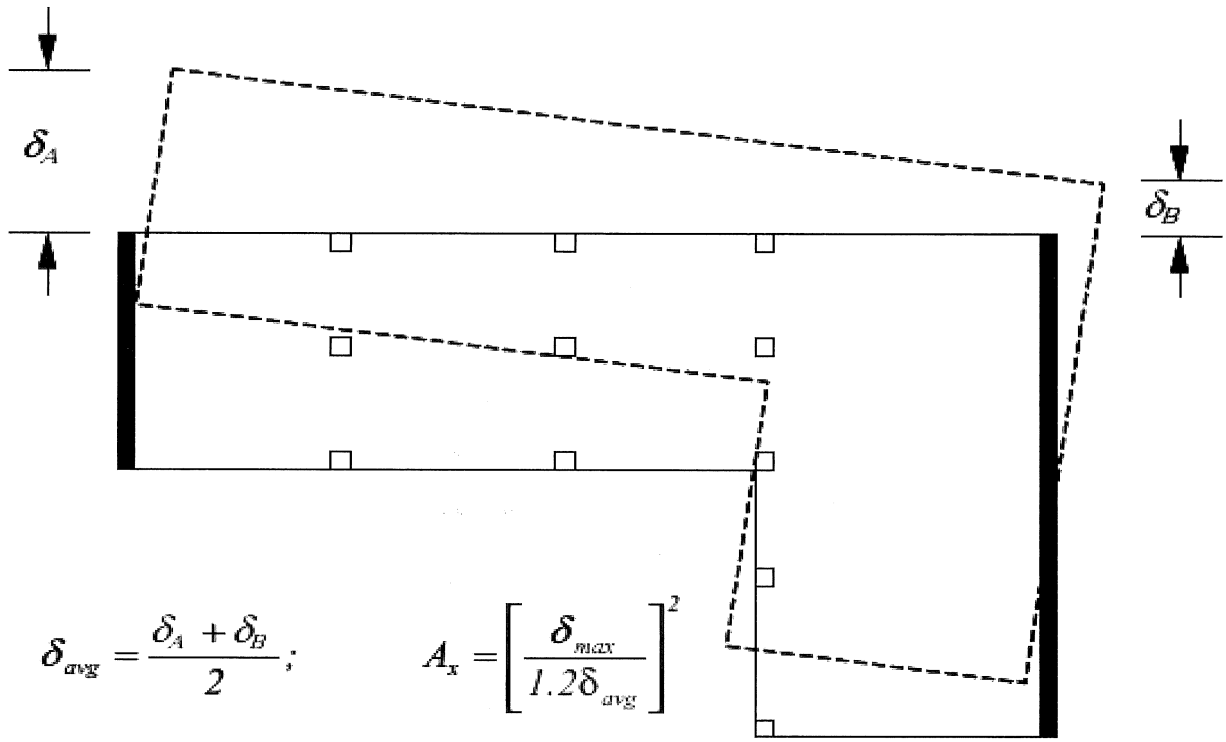
وفي حالة الجمل الإنشائية التي تحوي عدم انتظام في الفتل (اللي) ، كما هو معرف في الجدول (٣-٥) فإن تأثيرات ذلك يجب أن تؤخذ بالحسبان في زيادة الفتل الطارئ عند كل منسوب، بمعامل تكبير (A_x) محدد من العلاقة الآتية:

$$A_x = \left[\frac{\delta_{max}}{1.2\,\delta_{avg}} \right]^2 \qquad (١٦-٤)$$

حيث:

δ_{avg} = متوسط الانتقالات للنقاط الأبعد لمسقط المنشأة عند المنسوب x ، (δ_A و δ_B في الشكل (٤-٤) أدناه).

δ_{max} = الانتقال الأعظمي لمسقط المنشأة عند المنسوب x. وبحيث لا تتجاوز (A_x) المعتمدة في الحساب القيمة (3) .



الشكل (٤-٤): عامل تكبير اللامركزية الطارئة بسبب الانتقالات في المسقط الأفقي الناتجة عن الفتل (اللي)

٤-٩- الانقلاب:

٤-٩-١- عام:

يجب أن تصمم أي منشأة لمقاومة تأثيرات الانقلاب الناتجة عن القوى الزلزالية الموصوفة في الفصل (٤-٦). وتحدد عزوم الانقلاب اللازم مقاومتها عند أي منسوب باستعمال تلك القوى الزلزالية (F_x, F_t) والمؤثرة على المناسيب الواقعة فوق المنسوب المدروس.

يجب أن توزع التغيرات المتزايدة في عزم الانقلاب التصميمي عند أي منسوب، على مختلف العناصر المقاومة وذلك بالطريقة الموصوفة في الفصل (٤-٧) أي حسب تحليل المنشأة.

كما يجب نقل تأثير عزوم الانقلاب على كل عنصر إلى الأساسات حسب تراكيب الأحمال.

٤-٩-٢- العناصر الساندة للجمل الحاوية انقطاعات:

(أ) عام:

عندما يكون أي جزء من جملة مقاومة الأحمال الجانبية تحتوي على انقطاع، مثل عدم الانتظام رأسياً وفق النموذج (4) من الجدول (٣-٤)، أو عدم انتظام في المستوي الأفقي نموذج (4) من الجدول (٣-٥)، فإن كافة العناصر الخرسانية أو الحجرية أو الفولاذية أو الخشبية والساندة لمثل هذه الجمل المحتوية على انقطاعات، يجب أن يكون لها مقاومة تصميمية لتحمل تراكيب الأحمال الناجمة عن التراكيب الخاصة بالأحمال الزلزالية الواردة في البند (٣-١٢-٤) التي تحوي معامل زيادة المقاومة Ω_o (وهو معامل تكبير يطبق على القوة الزلزالية حسب ما ورد في الباب الثالث من هذا الملحق) .

استثناءات:

١) ليس ضرورياً أن تتجاوز قيمة (E_m) الواردة في البند (٣-١٢-٤) القوة العظمى التي يمكن أن تنتقل إلى العنصر الساند (من عناصر جملة مقاومة القوى الجانبية)) بعد أخذ حالة زيادة المقاومة فيها (overstrength) بتصعيد قيمة f_y بالمعامل (1.25) لحساب عزم التحميل عند الإنكسار.

٢) البلاطات الخرسانية الساندة للجمل ذات الإطارات الخشبية الخفيفة وجدران القص أو الإطارات المعدنية الخفيفة والمنشآت الخشبية على شكل جدران قص مؤلفة من ألواح إنشائية.

(ب) التفاصيل المطلوبة في المناطق الزلزالية (3) و(4):

في المناطق الزلزالية (3) و(4)، يجب أن تحقق العناصر الساندة للجمل المحتوية انقطاعات، التفاصيل والاشتراطات الآتية:

١) يجب أن تحقق العناصر المكونة من الخرسانة المسلحة أو العناصر الحجرية المسلحة، المصممة بشكل أساسي للعمل كعناصر مقاومة للقوى المحورية أو لعزوم الانحناء أو لقوى القص وغيرها،

متطلبات الكود الأساس وهذا الملحق وكود الجدران الحاملة غير المسلحة (الصادر عن نقابة المهندسين)، إضافةً للاشتراطات الخاصة لأحد الكودات العالمية.

٢) يجب أن تحقق العناصر الخرسانية المسلحة، والمصممة لتعمل بشكل أساسي كعناصر خاضعة للانحناء، متطلبات الكود الأساس وشروط المطاوعة (الممطولية) الواردة في هذا الملحق (٢). يجب أن تتضمن حسابات المقاومة لأجزاء البلاطات المصممة كعناصر ساندة فقط، تلك الأجزاء من البلاطة، والتي تتوافق مع متطلبات الكود الأساس وهذا الملحق (٢).

٣) يجب أن تحقق العناصر الجدارية الحجرية، والمصممة بشكل أساسي كعناصر معرضة للقوى المحورية، متطلبات كود الجدران الحاملة غير المسلحة في المباني (الصادر عن نقابة المهندسين).

٤) أما فيما يتعلق بالمنشآت الفولاذية وبالمنشآت الخشبية وبالمنشأت الخرسانية المسبقة الصنع، أو المسبقة الإجهاد وغيرها، فيتم اعتماد أحد الكودات العالمية لتصميمها وتفصيلها، مع إعتماد الأحمال الحية وأحمال الزلازل وأحمال الرياح من الكود الأساس وملاحقه.

٤-٩-٣- عند الأساسات:

يُراجع الفصل (٣-١) حول عزوم الانقلاب الواجب مقاومتها عند سطح التماس بين القاعدة والتربة.

٤-١٠- الإزاحة:

يلزم حساب الإزاحة، أو الانتقالات الأفقية للمنشأة، عندماُ يطلب ذلك وفق اشتراطات هذا الكود. ويجب حساب الانتقال الأعظمي (الإزاحة العظمى) الناتج عن الإستجابة اللامرنة Δ_M للمنشأة، والناتج عن حركة الأرض الأساسية التصميمية، وفق هذا الباب.

تحدد الإزاحات (الانتقالات) المرتبطة بالقوى الزلزالية التصميمية الواردة في البند (٤-٣-١)، Δ_S، وفق اشتراطات البند (٤-١٠-١). عند حساب قيمة Δ_M، فإن هذه الإزاحات يجب أن تصعد (تكبر) وفق اشتراطات البند (٤-١٠-٢).

٤-١٠-١- تحديد قيمة Δ_S :

يتم تحديدها بإجراء التحليل الاستاتيكي المرن لجملة مقاومة القوى الجانبية بتطبيق القوى الزلزالية التصميمية المحددة في البند (٤-٣-١). وكحل بديل يمكن استعمال طريقة التحليل الديناميكي الواردة في الباب الخامس من هذا الملحق (٢).

يجب للنموذج الرياضي أن يحقق متطلبات البند (٤-٢-٢).

يجب أن تحدد الانتقالات الناتجة، والمسماة Δ_S ، عند كافة المواقع الحرجة في المنشأة، علماً بأن حسابات الإزاحة يجب أن تتضمن السهوم الناتجة عن الإزاحات و اللي (الفتل).

٤-١٠-٢- تحديد قيمة Δ_M :

يحسب الانتقال الأعظمي Δ_M الناتج عن الاستجابة (الحركة) اللا مرنة كما يلي:

$$\Delta_M = 0.7\ R\ .\ \Delta_S \qquad (٤-١٧)$$

استثناء:

يمكن، وبطريقة أخرى، حساب Δ_M باستعمال طريقة التحليل التاريخي الزمني اللا خطي المتبعة في التحليل الديناميكي وذلك وفق ما ورد في الباب الخامس. ويجب أن يأخذ التحليل المستعمل لتحديد الإزاحة العظمى Δ_M الناتجة عن الاستجابة اللا مرنة، تأثيرات (P-Δ).

٤-١١- حدود الإزاحة الطابقية:

٤-١١-١- عام:

تحسب الإزاحات الطابقية باستعمال الانتقال الأعظمي الناتج عن الاستجابة اللامرنة، Δ_M .

٤-١١-٢- طريقة الحساب:

يجب أن لا تتجاوز الإزاحة الطابقية (إزاحة الدور) المحسوبة باستعمال (Δ_M) المقدار (0.025) مرة من ارتفاع الطابق، وذلك للمنشآت التي فترتها الأساسية (دورها) أقل من (0.7 sec). أما المنشآت التي فترتها الأساسية تساوي (0.7 sec) أو أكبر، فإن الإزاحة الطابقية المحسوبة يجب أن لا تتجاوز 0.020 مرة ارتفاع الطابق (الدور).

استثناءات:

(أ) يمكن تجاوز حدود الإزاحات هذه عندما يكون ظاهراً وواضحاً أن قيمة أكبر للإزاحة يمكن أن تتحملها كلٍ من العناصر الإنشائية والعناصر غير الإنشائية، والتي يمكن أن تؤثر في الأمان للحياة. ويجب أن تكون الإزاحة المستعملة في هذا التقييم معتمدة على الإزاحة الأعظمية الناتجة عن الاستجابة اللامرنة Δ_M .

(ب) ليس هناك حد للإزاحة في المنشآت الإطارية المعدنية المؤلفة من طابق واحد ذات الإشغالات الأساسية مخازن أو معامل أو ورشات.

على أنه يجب أن لا تحتوي المنشآت التي تخضع لهذا الاستثناء، على معدات أو آلات مربوطة إلى الإطار الإنشائي، إلا إذا كانت الآلة مدروسة بحيث تتكيف مع السهم الإضافي. أما الجدران المستندة جانبياً عن طريق إطار معدني، فتصمم لتتلاءم مع الإزاحة الواردة في البند (٧-١١-٣).

٤-١١-٣- التحديدات:

يمكن عند حساب القوى الجانبية التصميمية المستعملة لتحديد الإزاحة المحسوبة أن يلغى الحد المطلوب في العلاقة (٤-٦) كما ويمكن أن تستند إلى الفترة الأساسية المحددة في العلاقة (٤-١٠) وذلك بإهمال النسب (30- 40 %) المحددة في البند (٤-٣-٢).

٤-١٢- المركبة الرأسية:

تطبق الاشتراطات الآتية في المناطق الزلزالية (3) و(4) فقط:

تصمم الأجزاء الظفرية (الكابولية) الأفقية على قوة صافية (أي دون أن يحسم منها الأوزان الرأسية المتجهة للأسفل)، تتجه إلى الأعلى، وقدرها ($0.7\ C_a\ I\ W_p$)، بالإضافة لكافة تراكيب الأحمال الممكنة الأخرى. أما العناصر الأفقية سابقة الإجهاد، فيجب أن تصمم باستعمال ما لا يزيد على (50%) من الأحمال الميتة بمفردها، أو بالتراكيب مع تأثيرات القوى الجانبية.

٤-١٣- طريقة مبسطة لتوزيع القوة الزلزالية بالاتجاه الأفقي في الطابق الواحد:

٤-١٣-١- في حال عدم الاعتماد على تحاليل دقيقة للمنشأة لتحديد قيم القوة الزلزالية يتم توزيع قوى الزلازل F_x المؤثرة عند منسوب سقف الطابق **x** على العناصر المقاومة للأحمال على الشكل الآتي:

(أ) إذا كان مركز الثقل لمسقط الطابق المدروس منطبقاً على مركز قساوته يتحمل كل عنصر جزءاً من القوة متناسباً مع حاصل قسمة قساوته النسبية إلى مجموع القساوات النسبية للعناصر المقاومة في هذا الطابق.

(ب) إذا لم ينطبق مركز الثقل لمسقط الطابق المدروس مع مركز قساوته (الشكل ٤-٤)، فيشارك كل عنصر بتحمل قوة جانبية، مع الأخذ بالحسبان تأثير عزم اللي على توزيع هذه القوى تبعاً لموقعها من مركز قساوة المجموعة. ويتوجب، حتى في المنشآت المتناظرة تماماً، حساب عناصرها المقاومة لتحمل قوى جانبية إضافية نتيجة تأثير عزوم لي إضافية مطبقة على بعد 0.05 من بعد المبنى المتعامد مع جهة القوة الجانبية المأخوذة في الدراسة، مع الأخذ بالحسبان متطلبات البند (٤-٨)، ويبرر ذلك باحتمال كون أحمال الزلازل ذاتها غير متناظرة.

٤-١٣-٢- وسيتم فيما يلي شرح طريقة مبسطة لتوزيع القوى بين العناصر المختلفة، نتيجة تعرض المسقط بالحالة العامة إلى قوة F_x بالاتجاه x ، و F_y بالاتجاه **y** ، وذلك بفرض أن قساوة

البلاطات كبيرة جداً ضمن مستواها، وبأن قساوة العناصر متقاربة بحيث يكون خطها المرن نتيجة تعرضها لقوى أفقية تقريباً متماثلاً من حيث الشكل.

(أ) تحدد إحداثيات مركز القساوة للمسقط المدروس، بالنسبة لمحاور إحداثيات عامة اختيارية، الشكل (٤-٥)، وفق العلاقتين:

$$Y_{CR} = \frac{\sum_{j=1}^{m} Y_j K_{x.j}}{\sum_{j=1}^{m} K_{x.j}} \quad \text{.....} \quad (١٨-٤)$$

$$X_{CR} = \frac{\sum_{j=1}^{m} X_j K_{y.j}}{\sum_{j=1}^{m} K_{y.j}} \quad \text{.....} \quad (١٩-٤)$$

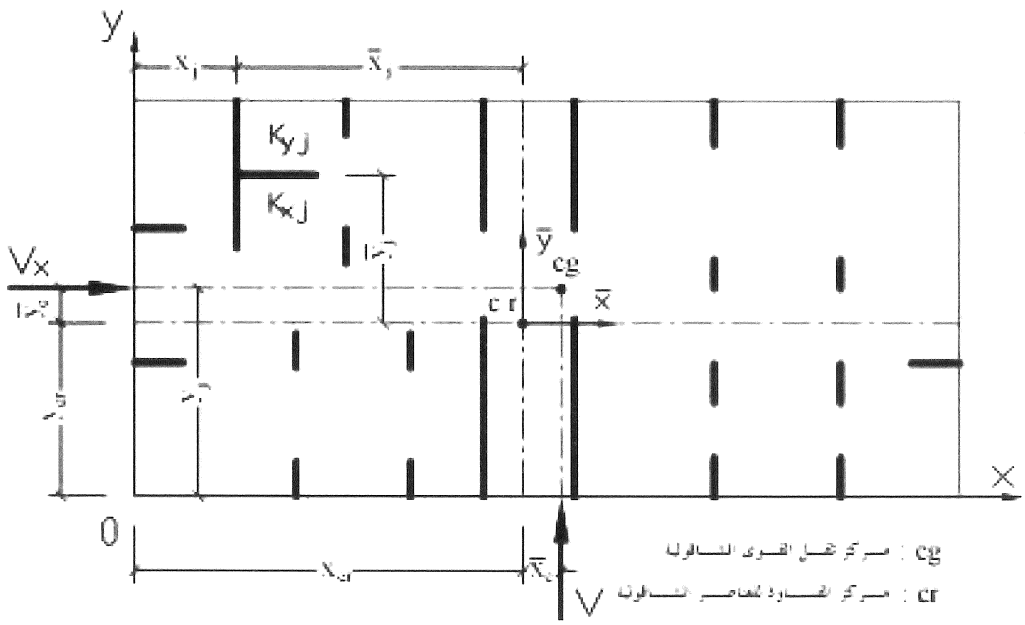
حيث:

Y_j, X_j: إحداثيات مركز قص العنصر **j** (ينطبق مركز القص مع مركز الثقل للعناصر ذات المقاطع المتناظرة بالاتجاهين المتعامدين).

$K_{x.j}$: قساوة العنصر (أو الجملة) **j** في الاتجاه **x**، أي القوة اللازمة لإحداث واحدة الانتقالات للعنصر (أو الجملة) **j** في الاتجاه **x**، فيما لو كان يعمل وحده.

$K_{y.j}$: قساوة العنصر (أو الجملة) **j** في الاتجاه **y**، أي القوة اللازمة لإحداث واحدة الانتقالات للعنصر (أو الجملة) **j** في الاتجاه **y**، فيما لو كان يعمل وحده.

m: عدد عناصر (أو جمل) المنشأة المقاومة للقوى الأفقية.



الشكل (٤-٥): مركز ثقل الطابق ومركز قساوة العناصر الشاقولية

(ب) تحدد إحداثيات مراكز قص العناصر (أو الجمل) بالنسبة لمركز قساوة (جساءة) المسقط وهي Y_j, X .

(ج) يحدد البعد $\overline{X}_C$ لمحصلة القوى V_y عن مركز القساوة (الجساءة).

(د) يحدد البعد $\overline{Y}_C$ لمحصلة القوى V_x عن مركز القساوة (الجساءة).

(هـ) يحدد عزم اللي M_t حول محور رأسي مار من مركز القساوة (الجساءة).

$$M_t = V_y.\overline{X}_C - V_x.\overline{Y}_C \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (٢٠-٤)$$

(و) تحسب القوى الناتجة في العنصر (أو الجملة) **j** بالاتجاهين، من العلاقة:

$$F_{yj} = \frac{K_{y.j}}{\Sigma K_{y.j}} V_y + \frac{K_{y.j}.\overline{X_j}}{\Sigma (K_{y.j}\overline{X_j}^2 + K_{x.j}.\overline{Y_j}^2)} M_t \ldots\ldots\ldots (٢١-٤)$$

$$F_{xj} = \frac{K_{x.j}}{\Sigma K_{x.j}} V_x + \frac{K_{x.j}.\overline{Y_j}}{\Sigma (K_{y.j}\overline{X_j}^2 + K_{x.j}.\overline{Y_j}^2)} M_t \ldots\ldots\ldots (٢٢-٤)$$

وبالتالي، عند توزيع القوى الناتجة عن قوة الزلزال V_y مثلاً، وما يرافقها من عزم فتل $M_t = V_y.\overline{X}_C$ بحيث تمثل $\overline{X}_C$ اللامركزية المحسوبة بعد زيادتها بلامركزية طارئة مقدارها 0.05 من بعد المسقط في الاتجاه x ، حتى لو كانت المنشأة متناظرة مع التصعيد، إذا تطلب البند (٤-٨) ذلك.

نستعمل العلاقتين السابقتين بتعويض $V_x = 0$ ، وبالتالي يتضح نشوء قوى F_{xj} بالاتجاه x في بعض العناصر التي لها قساوة بالاتجاه x. أي أن عزم الفتل (اللي) المؤثر حول مركز القساوة، من القوة V_y ينتج قوة أفقية في المسقط بالاتجاهين المتعامدين، أي يقاوم بالاتجاهين المتعامدين من قبل العناصر التي لها قساوة في كل من الاتجاهين، أو في اتجاه واحد حسب شكل مقطعها.

٤-١٣-٣- وفي حال وجود إطارات وجدران قص (مستمرة أو لها أشكال مختلفة) فيمكن استعمال الطريقة التقريبية السابقة وذلك بعد تحديد قساوة كل جدار، أو جدران قص متصلة بكمرات (جوائز) رابطة، أو إطار ذي كمرات بخواص محددة، حيث تعامل جدران القص المتصلة أو الإطار الواصل بين مجموعة من الأعمدة، كجملة واحدة تحدد خواصها بشكل مسبق، ومن ثم تحديد القوى المؤثرة في كل جملة في كل طابق. أو يمكن اللجوء إلى طرائق الحل الدقيقة ذات الثلاثة أبعاد (طرائق المصفوفات)، وهي طريقة القساوة (وهي الأكثر استعمالاً) وطريقة الليونة والطريقة المختلطة، حيث يتم الحل باستعمال الحاسب الإلكتروني. ويمكن برمجة الحل أو استعمال البرامج

الجاهزة التي أصبحت متوفرة لمثل هذه الحلول. وفي جميع الأحوال ينصح باللجوء إلى طريقة تحليل تقريبية للتحقق من صحة نتائج الطرائق الدقيقة التي يستعمل فيها الحاسب، تجنباً لحصول أخطاء غير منظورة من المستعمل أثناء استعمال البرامج الجاهزة.

٤-١٤- تراكيب الآثار من الاتجاهين الأفقيين المتعامدين:

في الحالات العامة، يكتفى بتحليل المنشأة و تصميم عناصرها لكل اتجاه لوحده (باتجاهي المحورين الرئيسيين). أما في حال وجود عدم انتظام للجملة الانشائية في الاتجاه الأفقي من النموذج (5) أو النموذج (1) المعرفين في الجدول (٣-٥)، وفي حالة عمود في منشأة يقع عند تقاطع إثنان أو أكثر من جملة مقاومة القوى الجانبية فيتم تركيب الآثار (للقوى و للعزوم و للسهوم و للتشوهات .... الخ) كما ورد في البند (٧-١١-١).

الجدول رقم (٤-١): جدول مبسط لتحديد قيمة المعامل R للجمل الإنشائية الشائعة الاستعمال في الجمهورية العربية السورية عند إستعمال إطارات عزمية متوسطة محلية

التسلسل	الجملة الإنشائية	المعامل R
١	جملة إطارات متوسطة محلية (أي متوسطة مقاومة للعزوم بمفهوم هذا الملحق من حيث تفصيل فولاذ التسليح والأبعاد الدنيا والتصميم لمقاومة العزوم والتسليح الأدنى ومقاومة قوى القص محسوبة على أساس عامل تخفيض المقاومة ($\Omega = 1$) لطاقتي تحمل المقطعين في أعلى وأسفل العمود للعزوم ومحسوبين بإستعمال إجهاد شد أعظمي = f_y ، إضافة لبقية الاشتراطات الواردة في الجدول (٤-٣)).	6.0
٢	جملة ثنائية من جدران قص وإطارات متوسطة مقاومة للعزوم (كما ذكر في ١ أعلاه) تتحمل الإطارات ما لا يقل عن 50% من قوة القص القاعدي.	5.5
٣	جملة ثنائية من جدران قص وإطارات متوسطة مقاومة للعزوم (كما ذكر في ١ أعلاه) تتحمل الإطارات ما لا يقل عن 25% من قوة القص القاعدي.	5.0
٤	جملة جدران قص دون إطارات متوسطة مقاومة للعزوم (كما ذكر في ١ أعلاه)، أو مع وجود إطارات تحقق مفهوم تفصيل حديد التسليح والأبعاد الدنيا، مع إهمال مساهمة الإطارات في مقاومة القوى الزلزالية، مع تحقيق متطلبات واشتراطات الفصل (٧-١١) من الكود الأساس.	4.5

ملاحظات: ١) يمكن أخذ قيمة للعامل **R** بالتناسب الخطي للحالات الواقعة بين الحالات المذكورة في الجدول.

٢) عند مساهمة الإطارات المتوسطة المقاومة للعزوم المحلية (المقاومة للعزوم المتوسطة بمفهوم الكود الأساس وهذا الملحق)، فتصمم لقوة متناسبة مع مساهمتها، وتصمم جدران القص لبقية القوة.

الجدول رقم (٤-٢)

جدول مبسط لتحديد قيمة المعامل R للجمل الإنشائية الشائعة الاستعمال في الجمهورية العربية السورية عند إستعمال إطارات عزمية خاصة محلية

التسلسل	الجملة الإنشائية	المعامل R
١	جملة إطارات عزمية خاصة محلية (أي خاصة مقاومة للعزوم بمفهوم هذا الملحق من حيث تفصيل فولاذ التسليح والأبعاد الدنيا والتصميم لمقاومة العزوم والتسليح الأدنى ومقاومة قوى القص محسوبة على أساس عامل تخفيض المقاومة ($\Omega = 1$) لطاقتي تحمل المقطعين في أعلى وأسفل العمود للعزوم، ومحسوبين بإستعمال $f_u = 1.25\ f_y$ ، إضافة لبقية الاشتراطات الواردة في الجدول (٤-٣)).	8.0
٢	جملة ثنائية من جدران قص وإطارات خاصة مقاومة للعزوم (كما ذكر في ١ أعلاه) تتحمل الإطارات ما لا يقل عن 50% من قوة القص القاعدي.	7.0
٣	جملة ثنائية من جدران قص وإطارات خاصة مقاومة للعزوم (كما ذكر في ١ أعلاه) تتحمل الإطارات ما لا يقل عن 25% من قوة القص القاعدي.	6.0
٤	جملة جدران قص دون إطارات خاصة مقاومة للعزوم (كما ذكر في ١ أعلاه)، أو مع وجود إطارات تحقق مفهوم تفصيل حديد التسليح والأبعاد الدنيا، مع إهمال مساهمة الإطارات في مقاومة القوى الزلزالية، مع تحقيق متطلبات واشتراطات الفصل (٧-١١) من الكود الأساس.	4.5

ملاحظات: ١) يمكن أخذ قيمة للعامل **R** بالتناسب الخطي للحالات الواقعة بين الحالات المذكورة في الجدول.

٢) عند مساهمة الإطارات الخاصة المحلية (المقاومة للعزوم الخاصة بمفهوم هذا الملحق)، فتصمم لقوة متناسبة مع مساهمتها، وتصمم جدران القص لبقية القوة.

الجدول رقم (٤-٣)

مقارنة مبسطة بين الإطارات العزمية المحلية والأمريكية

(حسب ACI 318M-08 والملحق (ز))

١- المقارنة للإطار العزمي المتوسط IMRF

سيتم ذكر بعض الاشتراطات فقط، ويمكن الرجوع للباب السابع والملحق (ز) من الكود الأساس، والملحق (٢)، لمعرفة جميع الاشتراطات.

التسليح	الجائز		العمود	
	المتوسط المحلي حسب الباب ٧	المتوسط حسب ACI والملحق (ز)	المتوسط المحلي حسب الباب ٧	المتوسط حسب ACI والملحق (ز)
الطولي	$M_n^{+ve} \geq M_n^{-ve}/2$	$M_n^{+ve} \geq M_n^{-ve}/3$		
	$M_n^{+ve} \geq M_{n\,max}/5$	$M_n^{+ve} \geq M_{n\,max}/5$		
	$M_n^{-ve} \geq M_{n\,max}/5$	$M_n^{-ve} \geq M_{n\,max}/5$		
العرضي	$S_0 \leq d/2$	$S_0 \leq d/4$	$S_0 \leq a/2$	$S_0 \leq a/2$
	$S_0 \leq 10\,\emptyset_{min}$	$S_0 \leq 8\,\emptyset_{min}$	$S_0 \leq 10\,\emptyset_{min}$	$S_0 \leq 8\,\emptyset_{min}$
	$S_0 \leq 25\,\emptyset_{st}$	$S_0 \leq 24\,\emptyset_{st}$	$S_0 \leq 20\,\emptyset_{st}$	$S_0 \leq 24\,\emptyset_{st}$
	$S_0 \leq 250$ mm	$S_0 \leq 300$ mm	$S_0 \leq 150$mm	$S_0 \leq 300$ mm
	منطقة وسط الجائز $S_0 \leq 300$ mm	منطقة وسط الجائز $S_0 \leq d/2$	خارج الطول l_0 $S_0 \leq 250$ mm	خارج الطول l_0 $S_0 \leq a/2$
شروط خاصة	-	$P_u \leq A_g.f_c'/10$	-	$P_u \leq A_g.f_c'/10$
	-	$V_u = 1.2D + 2.0E + 1.0L + 0.2S$	-	$V_u = 1.2D + 2.0E + 1.0L + 0.2S$
	$M_n = A_s\,f_y\,.\,(d-y/2)$	$M_n = A_s\,f_y\,.\,(d-y/2)$	$M_n = A_s\,.\,f_y\,.\,(d-y/2)$	$M_n = A_s\,.\,f_y\,.\,(d-y/2)$
	تُحسب V_e من العزوم الإسمية M_n بإشارتين متعاكستين عند النهايتين، مع إجهاد شد أعظمي يساوي f_y و $\Omega = 1.0$ مضافاً إليه جبرياً القص الناتج عن الأحمال الشاقولية المصعدة	تُحسب V_e من العزوم الإسمية M_n بإشارتين متعاكستين عند النهايتين، مع إجهاد شد أعظمي يساوي f_y و $\Omega = 1.0$ مضافاً إليه جبرياً القص الناتج عن الأحمال الشاقولية المصعدة	تُحسب V_e من العزوم الإسمية M_n بإشارتين متعاكستين عند النهايتين، مع إجهاد شد أعظمي يساوي f_y و $\Omega = 1.0$	تُحسب V_e من العزوم الإسمية M_n بإشارتين متعاكستين عند النهايتين، مع إجهاد شد أعظمي يساوي f_y و $\Omega = 1.0$

٢- المقارنة للإطار العزمي الخاص SMRF :

سيتم ذكر بعض الاشتراطات فقط، ويمكن الرجوع للباب السابع من هذا الملحق (٢)، والملحق (ز) من الكود الأساس، لمعرفة جميع الاشتراطات.

التسليح	الجائز		العمود	
	الخاص المحلي حسب هذا الملحق (٢)	الخاص حسب ACI والملحق (ز) من الكود الأساس	الخاص المحلي حسب هذا الملحق (٢)	الخاص حسب ACI والملحق (ز) من الكود الأساس
الطولي		$A_s^{+ve} \geq 1.4\, b_w d / f_y$	$\frac{Mc1+Mc2}{Mb1+Mb2} \geq 1.2$	$\frac{Mc1+Mc2}{Mb1+Mb2} \geq 1.2$
	$M^{-ve} \geq M_n^{-ve} /5$	$A_s^{-ve} \geq 1.4\, b_w d / f_y$	$A_s \geq 0.01\, A_g$	$A_s \geq 0.01\, A_g$
		$\rho \leq 0.025$		
	$M_n^{+ve} \geq M_n^{-ve} /2$	$M_n^{+ve} \geq M_n^{-ve} /2$		
	$M_n^{+ve} \geq M_0 /2$	$M_n^{+ve} \geq M_{n\,max} /4$		
		$M_n^{-ve} \geq M_{n\,max} /4$		
	يلزم منع تحنيب التسليح الطولي كما في حالة الأعمدة	يلزم منع تحنيب التسليح الطولي كما في حالة الأعمدة		
العرضي	$S_0 \leq d/3$	$S_0 \leq d /4$	$S_0 \leq a/3$	$S_0 \leq a/4$
	$S_0 \leq 8\, Ø_{min}$	$S_0 \leq 8\, Ø_{min}$	$S_0 \leq 8\, Ø_{min}$	$S_0 \leq 6\, Ø_{min}$
	$S_0 \leq 20\, Ø_{st}$	$S_0 \leq 24\, Ø_{st}$	$S_0 \leq 20\, Ø_{st}$	$= 100 + \left(\frac{350 - h_x}{3}\right)$
	$S_0 \leq 200$ mm	$S_0 \leq 300$ mm	S_0=100 mm	$S_0 \leq 150$ mm
	منطقة وسط الجائز $S_0 \leq d/2$ $S_0 \leq 250$mm	منطقة وسط الجائز $S_0 \leq d/2$	خارج الطول l_0 $S_0 \leq 200$ mm	خارج الطول l_0 $S_0 \geq 100$ mm
	في منطقة التراكب، S_0 الأصغر من: * d /4 * 100mm	في منطقة التراكب، S_0 الأصغر من: * d /4 * 100mm		$\rho_s = 0.12 \frac{f_c'}{f_{yt}}$

تابع المقارنة للإطار العزمي الخاص SMRF

التسليح	الجائز		العمود	
	الخاص المحلي حسب هذا الملحق (٢)	الخاص حسب ACI والملحق (ز) من الكود الأساس	الخاص المحلي حسب هذا الملحق (٢)	الخاص حسب ACI والملحق (ز) من الكود الأساس
شروط خاصة	$P_u \leq A_g.f_c'/10$	$P_u \leq A_g.f_c'/10$	–	$P_u \leq A_g.f_c'/10$
	$L_n \geq 4\ d$	$L_n \geq 4\ d$	–	$a / b \geq 0.4$
	$b_w \geq 0.3\ h$ $b_w \geq 200\ mm$	$b_w \geq 0.3\ h$ $b_w \geq 250\ mm$	$a \geq 250\ mm$	$a \geq 300\ mm$
	$b_w \leq c2+2\ c2$ $b_w \leq c2+ 2x0.75c1$	$b_w \leq c2+2\ c2$ $b_w \leq c2+ 2x0.75c1$		
	تُحسب V_e من M_{pr} بإشارتين متعاكستين عند النهايتين، مع إجهاد شد أعظمي يساوي $1.25\ f_y$ و $\Omega=1.0$	تُحسب V_e من M_{pr} بإشارتين متعاكستين عند النهايتين، مع إجهاد شد أعظمي يساوي $1.25\ f_y$ و $\Omega=1.0$ ولا تقل عن نصف القص الأعظمي.	تُحسب V_e من M_{pr} بإشارتين متعاكستين عند النهايتين، مع إجهاد شد أعظمي يساوي $1.25\ f_y$ و $\Omega=1.0$	تُحسب V_e من M_{pr} بإشارتين متعاكستين عند النهايتين، مع إجهاد شد أعظمي يساوي $1.25\ f_y$ و $\Omega=1.0$ ولا تقل عن نصف القص الأعظمي
	تهمل مقاومة الخرسانة في القص	تهمل مقاومة الخرسانة في القص في حال حدوث الشرطين الآتيين معاً: – القص الناتج عن الزلازل لا يقل عن نصف القص الأعظمي - $P_u \leq A_g.f_c'/20$ (P_u *شاملة تأثير* الهزة الأرضية).	تهمل مقاومة الخرسانة	تهمل مقاومة الخرسانة في القص في حال حدوث الشرطين الآتيين معاً: – القص الناتج عن الزلازل لا يقل عن نصف القص الأعظمي - $P_u \leq A_g.f_c'/20$ (P_u *شاملة تأثير* الهزة الأرضية).

5 الباب الخامس
طرائق «طرق» التحليل الديناميكي

٥-١- عام:

عند استعمال إجراءات التحليل الديناميكي، يجب أن تطبق المعايير المحددة في هذا الباب. ويجب أن تستند عملية التحليل هذه على تمثيل مناسب لحركة الأرض كما يجب أن تتم باستعمال مبادئ مقبولة لعلم الديناميك.

يجب أن تتوافق المنشآت التي تصمم وفق هذا الباب مع كافة المتطلبات التطبيقية الأخرى لهذه الإجراءات.

٥-٢- حركة الأرض:

يجب أن تُمثل حركة الأرض، كحد أدنى، بقيم حركة من الممكن تجاوزها، باحتمال قدره (10%) خلال خمسين عاماً، وهذه الحركة لا تخفض بالمعامل (R) ويمكن أن يكون هذا التمثيل واحداً مما يلي:

٥-٢-١- طيف استجابة تصميمي مرن، ويحدد وفق الشكل (٥-١) باستعمال القيمتين (C_a) و(C_v) المتوافقتين مع خصوصية الموقع. يجب أن تضرب تراتيب التسارع التصميمية بتسارع الجاذبية البالغ ($9.815\ m/sec^2$).

٥-٢-٢- طيف استجابة تصميمي مرن خاص بالموقع المدروس، ويستند في إنشائه إلى المعلومات والخصائص الجيولوجية والتكتونية والزلزالية وخواص التربة الخاصة بهذا الموقع. يجب إنشاء الطيف باستعمال نسبة تخامد تساوي (0.05)، إلا إذا كانت هناك قيمة مختلفة، تظهر أنها تنسجم مع السلوك الإنشائي المتوقع، وذلك عند شدة الاهتزاز الناتجة في الموقع.

٥-٢-٣- التواريخ الزمنية (التسجيلات الزمنية - Time History) لحركات أرضية مسجلة لموقع ما، ممثلةً لحركات الزلازل الفعلية. وتعد أطياف الاستجابة المستندة إلى تسجيلات زمنية (سواء منفردة أو بالتركيب) تقريباً لطيف الاستجابة التصميمي الموافق للبند (٥-٢-٢).

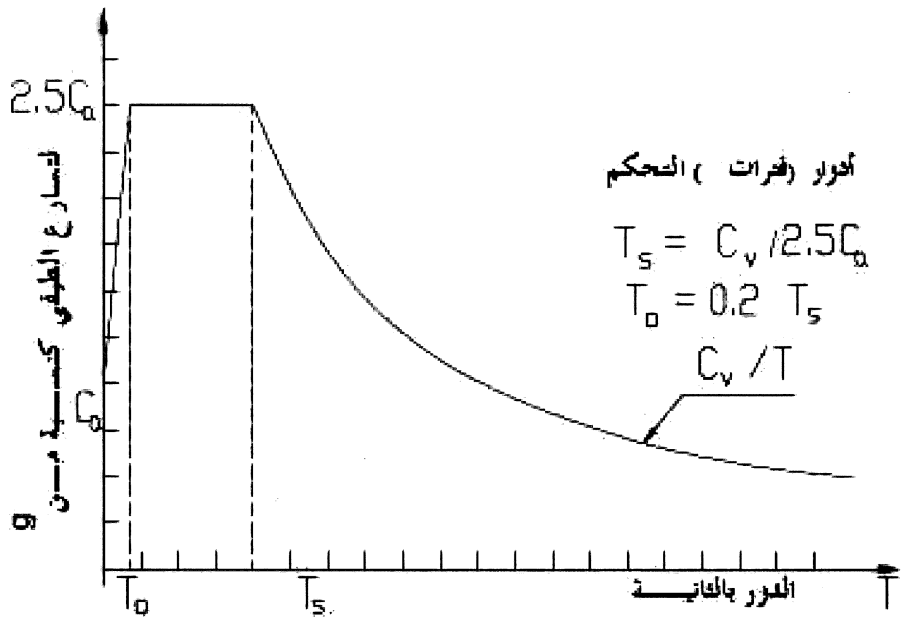
٥-٢-٤- للمنشآت القائمة على تربة لها نموذج مقطع شاقولي S_F، يجب تطبيق الشروط الآتية عندما يطلب ذلك في البند الفرعي (٣-٩-٤-د).

(أ) يجب أن يتم تمثيل حركة الأرض وفق البندين (٢) و(٣) من الفصل (٥-٢).

(ب) يجب أن يؤخذ بالحسبان التكبير الممكن لاستجابة المبنى والناتج عن الأفعال المتبادلة بين التربة والمنشأة وإطالة الفترة الأساسية للمبنى الناتجة عن السلوك اللا مرن.

٥-٢-٥- يمكن تحديد المركبة الرأسية لحركة الأرض على أنها تساوي (⅔) التسارعات) الأفقية المرافقة. ويمكن استعمال عوامل بديلة عندما تعزز بالمعطيات الخاصة بالموقع.

عندما يكون عامل القرب من المصدر N_a أكبر من (1.00) فإن أطياف الإستجابة الرأسية الخاصة بالموقع يجب استعمالها بدلاً عن المعامل المساوي لثلثين (2/3).



الشكل (٥-١) طيف الاستجابة التصميمي

٥-٣- النموذج الرياضي:

يجب أن يمثل النموذج الرياضي للمنشأة الفعلية، التوزيع الفراغي لكتل وقساوات المنشأة، إلى حدٍ كافٍ، لحساب الخصائص الهامة للاستجابة الديناميكية.

وتستعمل النماذج ثلاثية الأبعاد في التحليل الديناميكي للمنشآت التي تتميز بعدم انتظام كبير في الشكل في المستوي الأفقي، كالمنشآت الحاوية على عدم انتظام في المستوي الأفقي كما هو معرف في الجدول (٣-٥) والتي تحتوي على ديافرامات (بلاطات) قاسية أو نصف قاسية.

ويجب أن تكون خواص القساوة المستعملة في التحليل والنمذجة الرياضية العامة وفق ما ورد في البند (٤-٢-٢).

٥-٤- وصف إجراءات التحليل الديناميكي:

٥-٤-١- التحليل حسب طيف الاستجابة:

هو التحليل الديناميكي المرن للمنشأة باستعمال القيمة العظمى للاستجابة الديناميكية لكافة الأطوار التي لها مساهمة هامة على الاستجابة الإنشائية الكلية. ويتم حساب القيم العظمى لاستجابة الأطوار (الأنساق، الأنماط) باستعمال الإحداثيات الرأسية لمنحني طيف الاستجابة المناسب، والتي تقابل الفترات المقابلة للأطوار. يتم تجميع مساهمة الأطوار العظمى وفق إحدى التراكيب الإحصائية للحصول على استجابة إنشائية تقريبية كليَّة.

٥-٤-٢- التحليل باستعمال التأريخ الزمني (التسجيلات الزمنية):

هو تحليل للاستجابة الديناميكية للمنشأة عند كل زيادة في الزمن وذلك عندما تخضع قاعدة المنشأة إلى حركة محددة للأرض لها تأريخ (تسجيل) زمني.

٥-٥- التحليل باستعمال طيف الاستجابة:

٥-٥-١- تمثيل طيف الاستجابة وتفسير النتائج:

يتم تمثيل حركة الأرض وفق اشتراطات الفصل (٥-٢). و ُيشار إلى مكونات (بارامترات – متغيرات، نواتج التحليل) الاستجابة المرتبطة بحركة الأرض، والتي تشمل القوى والعزوم والانتقالات، على أنها نواتج الاستجابة المرنة. يمكن أن تخفض هذه النواتج وفق اشتراطات البند (٥-٥-٤).

٥-٥-٢- عدد الأطوار (الأنساق، الأنماط):

يتحقق الاشتراط الوارد في البند (٥-٤-١)، والذي يتمثل في أن كافة الأطوار (الأنساق) الهامة أخذت بالحسبان، بإثبات أنه للأطوار المعتمدة فإن 90% على الأقل من الكتل المساهمة (الفعالة) في المنشأة، قد أخذت في حساب الاستجابة لكل اتجاه أفقي رئيسي.

٥-٥-٣- تراكيب الأطوار (الأنساق، الأنماط):

يجب تجميع القوى العظمى في العناصر، الإزاحات، القوى الطابقية، قوى القص الطابقية، ردود الأفعال عند القاعدة، والناشئة عن كل طور (نسق ، نمط)، بطرائق إحصائية معلومة.

وعند استعمال النماذج ثلاثية الأبعاد في التحليل، يجب الأخذ بالحسبان التأثيرات المتبادلة للأطوار وذلك عند تركيب القيم الأعظمية للأطوار (الأنساق ، الأنماط).

٥-٥-٤- تخفيض قيم مكونات (بارامترات) الاستجابة المرنة بغرض التصميم:

يمكن تخفيض نواتج الاستجابة المرنة بغرض التصميم وفق ما يرد في البنود الآتية. على أنه لا يجوز تحت أي ظرف من الظروف، أن تخفض مكونات الاستجابة المرنة، بحيث تصبح قيمة قوة القص القاعدي التصميمي المقابلة لها (الناتجة عنها) أقل من قوة القص القاعدي، الناتجة عن الاستجابة المرنة مقسومة على قيمة المعامل (R) .

(أ) لكافة المنشآت المنتظمة والتي يكون فيها تمثيل حركة الأرض مطابقاً للبند (٥-٢-١)، يمكن تخفيض مكونات (بارامترات) الاستجابة المرنة، على أن لا تقل قوة القص القاعدي التصميمي المقابلة لها، عن (90%) من القص القاعدي المحدد وفق الفصل (٤-٣).

(ب) لكافة المنشآت المنتظمة، والتي يكون فيها تمثيل حركة الأرض مطابقاً للبند (٥-٢-٢)، يمكن تخفيض مكونات (بارامترات) الاستجابة المرنة، على أن لا تقل قوة القص القاعدي التصميمي المقابلة لها، عن (80%) من قوة القص القاعدي المحدد وفق الفصل (٤-٣).

(ج) لكافة المنشآت غير المنتظمة، وبغض النظر عن طريقة تمثيل حركة الأرض، يمكن تخفيض مكونات (بارامترات) الاستجابة المرنة، على أن لا تقل قوة القص القص القاعدي المرتبط بذلك، عن (100%) من قوة القص القاعدي المحدد وفق الفصل (٤-٣).

وتستعمل القوى الزلزالية التصميمية المخفضة والناتجة عن هذه الحالات في التصميم وفق اشتراطات الفصل (٣-١٢) .

٥-٥-٥- تأثيرات الاتجاه:

يجب أن تتوافق تأثيرات اتجاه حركة الأرض الأفقية مع الشروط الأساسية للفصل (٤-٢)، كما يجب أن تؤخذ بالحسبان تأثيرات الحركات الرأسية للأرض على الأظفار الأفقية والعناصر مسبقة الإجهاد، وفق اشتراطات الفصل (٤-١٢). وكحل بديل، يمكن تحديد الاستجابة الزلزالية الرأسية بطرائق التحليل الديناميكية، وبحيث، وضمن كافة الظروف، لا تقل الاستجابة المستعملة في التصميم، عن تلك التي نحصل عليها باستعمال الطريقة الاستاتيكية.

٥-٥-٦- الفتل (اللي):

يجب أن تأخذ طريقة التحليل المستعملة تأثير الفتل، بما فيها تأثيرات الفتل الطارئ كما هو محدد في الفصل (٤-٨). وفي حال استعمال النماذج ثلاثية الأبعاد في التحليل، فإن تأثيرات عزم

الفتل الطارئ، يجب أن تؤخذ عن طريق ضبط مناسب للنموذج الرياضي، مثل ضبط مواقع مراكز الكتل (إزاحتها مثلاً)، أو عن طريق إجراءات الطريقة الاستاتيكية المكافئة، كما تم تحديدها في المادة (٤-٧)، أي بتحليل المنشأة استاتيكياً من تأثير عزوم الفتل الإضافية الناتجة عن إزاحة مراكز الكتل.

٥-٥-٧- الجمل الثنائية:

عند استعمال الجمل الثنائية في مقاومة القوى الجانبية حسب تعريفها وفق البند (٣-٧-٥) فإن الجملة المركبة يجب أن تكون قادرة على مقاومة القص القاعدي المحدد وفق هذا البند. على أن يكون الإطار المقاوم للعزوم محققاً للبند (٣-٧-٥- ب)، ويمكن تحليله باستعمال إما إجراءات الفصل (٤-٦) أو إجراءات الفصل (٤-٧).

٥-٦- التحليل باستعمال التأريخ الزمني (التسجيلات الزمنية):

٥-٦-١- التأريخ الزمني (التسجيلات الزمنية):

يتم تنفيذ التحليل باستعمال التأريخ الزمني، لأزواج من المركبات المناسبة للتأريخ الزمني لحركة الأرض الأفقية التي يتم انتقاؤها وضبطها مما لا يقل عن ثلاثة أحداث زلزالية مسجلة. تكون التواريخ الزمنية الملائمة لهذا التحليل، لها مقادير للهزات والمسافات عن الصدع الجيولوجي وميكانيزمات مصادر زلزالية، تنسجم مع تلك التي تحكم الهزة الأساسية التصميمية (أو الزلزال الأعظمي التصميمي).

وفي حال عدم توفر أزواج التواريخ الزمنية الثلاثة المناسبة لحركة الأرض والمسجَّلة زلزالياً، يمكن استعمال أزواج منمذجة (ممثلة صناعياً)، ومناسبة للتواريخ الزمنية لحركة الأرض لإيجاد وتركيب العدد الكلي المطلوب.

لكل زوج من مركبات الحركة الأفقية للأرض، يتم إنشاء العلاقة الممثلة للجذر التربيعي لمجموع المربعات (SRSS) المقابلة للطيف الذاتي للموقع المطوّر لتخامد (5%)، وذلك للمركبات الأفقية المعايرة. يجب أن تعاير الحركات بحيث لا تقل القيمة الوسطية لطيف الجذر التربيعي لمجموع المربعات (*SRSS*) عن (1.4) مرة من الطيف المطور بتخامد (5%) للزلزال الأساسي التصميمي، وذلك للأدوار (الفترات) التي تتراوح بين (0.2T) ثانية و(1.5T) ثانية. يجب تطبيق كل زوج من التواريخ الزمنية بشكل متزامن على النموذج الرياضي، مع الأخذ بالحسبان تأثيرات الفتل.

يتم لكل تحليل للمنشأة بالتأريخ الزمني، حساب كل مكون (بارامتر) له أهمية. وإذا تم تحليل المنشأة لثلاثة تواريخ زمنية، فإن الاستجابة العظمى لكل ناتج موضوع الاهتمام، يجب استعمالها في التصميم. وإذا تم تحليل المنشأة باستعمال ما لا يقل عن سبعة تواريخ زمنية، فيمكن أن يؤخذ في التصميم القيمة الوسطية لمكون (بارامتر) الإستجابة موضوع الاهتمام.

٥-٦-٢- التحليل المرن باستعمال التأريخ الزمني (التسجيلات الزمنية):

يجب أن يتطابق هذا التحليل مع محتوى الفصول والبنود الآتية: (٥-١) و(٥-٢) و(٥-٣) و(٥-٥-٢) و(٥-٥-٤) و(٥-٥-٥) و(٥-٥-٦) و(٥-٥-٧) و(٥-٦-١).

يجب أن تسمى نواتج (بارامترات) الاستجابة من التحليل المرن للتأريخ الزمني على أنها البارامترات (النواتج) المرنة للاستجابة. علماً أن كافة العناصر يجب أن تُصمم باستعمال طريقة حالة حد المقاومة. ويمكن ضبط (معايرة) البارامترات المرنة للاستجابة حسب البند (٥-٥-٤).

٥-٦-٣- التحليل اللاخطي للتأريخ الزمني:

(أ) التاريخ الزمني اللا خطي:

يجب أن يحقق التحليل باستعمال التاريخ الزمني اللا خطي شروط الفصل (٣-١١)، أما التواريخ الزمنية فيجب أن تتطور وتحدد قيمها وفق شروط البند (٥-٦-١).

ويجب نمذجة قدرات وخواص العناصر اللا خطية بشكل ينسجم مع معطيات الاختبارات، أو باستعمال التحليل الأساسي، مع الأخذ بالحسبان معامل الأهمية. ويجب عدم تخفيض الانتقال الناتج عن الاستجابة اللا مرنة الأعظمية، وعلى أن يتوافق مع الفصل (٤-١١).

(ب) مراجعة (تدقيق) التصميم:

عند استعمال التحليل اللا خطي للمنشأة باستعمال التاريخ الزمني لتحقيق التصميم الإنشائي، فإنه يجب إجراء مراجعة تصميمية لجملة مقاومة القوى الجانبية من قبل فريق هندسي مستقل، يشمل أشخاصاً مجازين في الاختصاصات المناسبة (مهندسان إنشائيان ومهندس جيوتكنيك ومهندس جيولوجي) ويمتلكون الخبرة في طرائق التحليل الزلزالي. وتتضمن مراجعة تصميم جملة مقاومة القوى الجانبية (الأفقية)، على سبيل المثال لا الحصر، ما يلي:

١) مراجعة إنشاء الأطياف المميزة للموقع المدروس والتواريخ الزمنية (السجلات الزمنية) لحركة الأرض.

٢) مراجعة التصميم الأولي لجملة مقاومة القوى الجانبية (الأفقية).

٣) مراجعة التصميم النهائي لجملة مقاومة القوى الجانبية (الأفقية) وكافة التحاليل المساعدة.

يجب على المهندس المسؤول إحالة كافة المساقط الأفقية والحسابات مع تقرير لكافة العناصر الخاضعة للدراسة من قبل الجهة الهندسية، يؤكد فيها أن كافة المراجعات السابقة قد تم إنجازها.

الباب السادس

6 القوى الجانبية المؤثرة على العناصر الإنشائية والعناصر غير الإنشائية للمنشآت وعلى التجهيزات المستندة على المنشآت

٦-١- عام:

تُصمم جميع العناصر الإنشائية وملحقاتها (روابطها)، والمكونات غير الإنشائية الدائمة وملحقاتها (روابطها)، وروابط التجهيزات الدائمة المستندة على المنشأة، لمقاومة القوى الزلزالية التصميمية الكلية المحددة في الفصل (٦-٢). في حالة التجهيزات التي تزن أقل من (1.8 kN) وكذلك المفروشات، لا حاجة لتصميم روابطها مع البلاطات أو السقف الأخير المركبة عليه.

يجب أن تشمل الروابط قطع الإرساء (التثبيت) وشبكات الربط. أما الاحتكاك الناتج عن أحمال الجاذبية فيجب أن لا يؤخذ في تأمين المقاومة ضد القوى الزلزالية .

عندما يؤدي الانهيار الإنشائي لجملة مقاومة القوى الجانبية للتجهيزات غير الصلبة إلى مخاطر على الحياة، فعندها يجب أن تصمم هذه الجملة لمقاومة القوى الزلزالية المحددة في الفصل (٦-٢).

٦-٢- التصميم لمقاومة القوى الجانبية الكلية:

تحدد القوة الجانبية الكلية التصميمية الزلزالية من العلاقة الآتية:

$$F_P = 4.0 \cdot C_a \cdot I_P \cdot W_P \qquad (١-٦)$$

وبشكل بديل يمكن أن تحدد من العلاقة:

$$F_p = \frac{a_p . C_a . Ip}{R_p}(1 + 3\frac{h_x}{h_r})W_p \qquad (٢-٦)$$

وبشرط تحقيق الشرطين الآتيين:

$$\begin{aligned} &- \ F_p \text{ يجب أن لا تقل عن} && (0.7\ C_a . I_P . W_P) \\ &- \ F_p \text{ يجب أن لا تزيد على} && (4.0\ C_a . I_P . W_P) \end{aligned} \qquad (٣-٦)$$

حيث:

h_x : هو منسوب رابط العنصر أو المركبة بالنسبة لمنسوب الأرض، ولا تُؤخذ h_x أقل من (0.0).

h_r : هو منسوب سقف المنشأة بالنسبة لمنسوب الأرض.

a_p : هو معامل تكبير للعنصر داخل المنشأة والذي تتغير قيمته بين (1.0) و(2.5) يمكن اختيار قيمة (a_p) من الجدول (٣-٧). ويمكن كحل بديل، تحديد قيمة هذا المعامل استنادا إلى الخواص الديناميكية أو المعطيات التجريبية للعضو المكون والمنشأة التي تسنده. يجب أن لا تؤخذ قيمة هذا المعامل أقل من (1).

R_p : معامل تعديل استجابة العضو والذي يؤخذ عادةً من الجدول (٣-٧) باستثناء أنه في حالة استعمال التثبيت بالبراغي التمددية غير العميقة والتثبيت الكيميائي غير العميق أو التثبيت غير العميق المصبوب في المكان تؤخذ قيمة R_p مساوية لـ (1.5). ويكون التثبيت غير عميقاً عندما يكون طول الغمس منسوباً إلى القطر أقل من (8).

وعندما ينفذ الإرساء (التثبيت) باستعمال مواد لا تمتلك صفة المطاوعة (الممطولية) أو باستعمال المواد اللاصقة، تؤخذ (R_p) مساوية لـ (1.00).

يتم توزيع قوى الدفع الجانبي التصميمية المحددة في العلاقتين (٦-١) أو (٦-٢) بشكل يتناسب مع توزيع الكتل للعنصر أو المكوِّن ضمن المنشأة.

تُستعمل القوى المحددة في العلاقتين (٦-١) أو (٦-٢) لتصميم العناصر والوصلات التي تقوم بنقل هذه القوى إلى الجمل المقاومة للزلازل. ويتم تصميم العناصر والوصلات باستعمال تراكيب الأحمال والمعاملات الموصوفة في البندين (٣-١٢-٢) أو (٣-١٢-٣). كما وتؤخذ قيمة المعامل (ρ) مساوية (1.0).

ولمعرفة القوى المطبقة ومعاملات تعديل الاستجابة للعضو في واصلات (روابط) القص للجدران الخارجية والديافرامات (البلاطات)، يجب مراجعة البنود (٧-١١-٣) و(٧-١١-٧) و (٧-١١-٨).

تطبق القوى بالاتجاهات الأفقية التي تؤدي إلى تشكيل أكثر حالات التحميل خطورةً في التصميم.

٦-٣- توصيف القوى الجانبية:

يجب أن تحدد المواصفات التصميمية للمعدات إما القوى الجانبية التصميمية الناشئة عنها أو مرجعية هذه المواصفات.

٦-٤- الحركة النسبية لروابط التجهيزات:

للتجهيزات الواقعة ضمن مباني ذات التصنيف (1) و(2)، كما هو مبين في الجدول (٣-٣)، فإن التصميم على القوى الجانبية يجب أن يأخذ بالحسبان تأثير الحركة النسبية لنقاط الربط مع المنشأة، وذلك باستعمال الإزاحة المبنية على قيمة Δ_M .

٦-٥- الطرائق البديلة في التصميم:

عند توفر مواصفة وطنية معتمدة أو معطيات اختبار عملية معتمدة، حيث تؤمن أساساً مقبولاً في التصميم ضد الزلازل لنوع خاص من التجهيزات، أو أي من العناصر غير الإنشائية الأخرى، فإن أياً من هذه المواصفات أو المعطيات يمكن أن يقبل كأساس في التصميم على أن تحقق الشروط الآتية:

٦-٥-١- أن تؤمن هذه الاشتراطات قيماً دنيا لتصميم نقاط التثبيت (الإرساء) والعناصر والوصلات التي تقوم بنقل القوى إلى جملة مقاومة الزلازل.

٦-٥-٢- يجب أن لا تقل قيمة كل من القوة، F_P ، وعزم الانقلاب، المستعملان في تصميم العناصر غير الإنشائية، عن (80%) من القيم التي يتم الحصول عليها باستعمال هذه الاشتراطات.

الباب السابع

7 الشروط والاحتياطات المطلوبة في تصميم المباني والمنشآت لمقاومة الزلازل وإعادة تأهيل القائمة منها

٧-١- عام:

يُبين هذا الباب شروحات إضافية لما ورد في الأبواب السابقة، إضافةً للشروط والاحتياطات المطلوبة في تصميم المباني والمنشآت لمقاومة الزلازل.

٧-١-١- يتعين على المصمم الأخذ بالحسبان أن قوى الزلازل المؤثرة على المبنى أو المنشأة، قد تكون ذات تأثير أكبر من القوى المكافئة المنصوص عليها في هذا الكود، كذلك فقد يكون رد الفعل الديناميكي للمنشأة أكثر خطورة من المتوقع. ويقتضي التنويه أن الزلازل تسبب اهتزازات رأسية أيضاً يلزم أخذها بالحسبان بالتحليل الديناميكي، وفق ما جاء في هذا الكود، وحسب الحاجة. وعلى ذلك كله، يتعين على المصمم وضع التصاميم والتفاصيل الملائمة مع استعمال جميع الأساليب التقنية (الفنية)، لتخفيض احتمال انهيار المبنى أو المنشأة قدر الإمكان، أو احتمال حدوث أضرار خطيرة فيها، وذلك بالالتزام بالمتطلبات والشروط الفنية (التقنية) الخاصة الواردة في هذا الباب، وتلك الواردة في الكود العربي السوري لتصميم وتنفيذ المنشآت بالخرسانة المسلحة (الكود الأساس).

٧-١-٢- يراعى ضرورة إجراء دراسات جيوتقنية (جيوتكنيكية) للموقع، للتعرف على خواص التربة الجيولوجية وتراكيبها، وأماكن الصدوع (الفوالق Faults) والتشققات ومنسوب المياه الجوفية.

٧-١-٣- يجب تصميم وتنفيذ كل منشأة في الحالة المثالية، لتحقيق المتطلبات الآتية:

(أ) وجود جملة إنشائية ملائمة لمقاومة الأحمال الرأسية المطبقة على المنشأة طيلة عمرها الافتراضي (التصميمي).

(ب) وجود جملة إنشائية ملائمة لمقاومة الأحمال الجانبية (الزلازل، الرياح) التي يحتمل أن تتعرض لها طيلة عمرها الافتراضي.

(ج) تنفيذ العناصر غير الإنشائية بصورة مناسبة، وتأمين الربط المناسب لها مع الجملة الإنشائية، لضمان سلوك مقبول لها، عند تعرض المنشأة للأحمال التصميمية المختلفة، خاصة في حال تعرضها للزلازل خلال عمرها الافتراضي.

(د) تأمين التنفيذ السليم لجميع العناصر الإنشائية وغير الإنشائية، والتأكد من تحقق الجودة المطلوبة في جميع المواد الإنشائية ومواد البناء للمنشأة.

(هـ) تأمين الترابط العام بين هذه العناصر، بصورة تضمن كفاءة إضافية للجملة الإنشائية، تتعلق بمقاومتها ومطاوعتها (ممطوليتها).

(و) تأمين الانسجام والتوافق في السلوك، بين العناصر الإنشائية وغير الإنشائية، بحيث تمنع الانهيارات الكلية، وتحد ما أمكن من الانهيارات الجزئية، وذلك عند تعرض المنشأة إلى أحمال استثنائية، مثل الزلازل ذات الشدة العالية نسبياً.

تتمتع المنشأة التي تحقق جميع المتطلبات والاشتراطات الواردة أعلاه، بسلوك فعلي مثالي، وكفاءة إنشائية وجدوى اقتصادية مبررة، وتقل كفاءة المنشأة كلما ابتعدت عن هذه المتطلبات والاشتراطات.

٧-١-٤- في واقع الحال، تمّ تشييد كثير من المنشآت والمباني، دون الآخذ بالحسبان عند تصميمها وتنفيذها تأثير الزلازل عليها، وذلك بسبب عدم توفر معطيات عن شدة النشاط الزلزالي على الصعيد الوطني في أوقات تنفيذها، وترتب على ذلك غياب الكودات الفنية (التقنية) آنئذ، التي توجب تصميم هذه المنشآت والمباني لمقاومة تأثيرات الزلازل، نظراً لعدم توفر المعلومات الرقمية عن الشدات الزلزالية التي يلزم التصميم لها.

ومن الواضح تماماً أن فلسفة تصميم وتنفيذ المنشآت والمباني المقاومة للزلازل، تختلف بصورة نوعية، عن تصميم وتنفيذ المنشآت والمباني المقاومة للأحمال الرأسية فقط. لذا يكون سلوك المنشآت القائمة، غير المصممة لمقاومة الزلازل، غير محدد بدقة، لعدم حساب هذه الأحمال مسبقاً، وبالتالي فإن حجم الأضرار أو العيوب المحتمل حدوثها في هذه المنشآت، عند تعرضها للزلازل، يتعلق بعدة عوامل أهمها:

(أ) درجة الأمان المتوفرة في هذه المنشآت عند تصميمها وتنفيذها.

(ب) درجة جودة تنفيذ المنشأة.

(ج) طبيعة استثمار (تشغيل) المنشأة.

(د) نوع تربة التأسيس وطبيعة المنشأة المشيدة.

(هـ) شدة القوى الزلزالية المطبقة عليها.

٧-١-٥- وتجنباً لاحتمال حدوث كوارث مفجعة وخسائر مادية كبيرة عند حدوث زلزال في منطقة هذه المنشآت والمباني القائمة، فإنه من الضروري، عند توفر التمويل اللازم، وضع خطط زمنية لتقييم الوضع الراهن لهذه المنشآت القائمة تبعاً لأولويات معتمدة، وتحديد درجة كفاءتها لمقاومة

الزلزال، وتشخيص نقاط الضعف (الخلل) في هذه المنشآت، ثم إعداد الدراسات اللازمة لإعادة تأهيلها وإكسابها الكفاءة المطلوبة، وتنفيذ هذه الدراسات بإشراف هندسي كامل.

إن هذه الخطط مطلوبة تقنياً (فنياً) ومبررة اقتصادياً، اعتماداً على الآتي:

(أ) تكون لكل منشأة مشيدة قيمة مادية محددة موظفة في استثمارها، والغاية من التقوية ضمان الحماية لها.

(ب) تحدد قيمة الخسائر المادية المتوقعة لهذه المنشأة عند حدوث زلزال مدمر، وتقارن مع القيمة اللازمة لتأهيلها لمقاومة الزلازل، مع الأخذ بالحسبان عند إجراء المقارنة، عامل وجوب تأمين درء الخطر عن حياة المواطنين أثناء حدوث الزلزال.

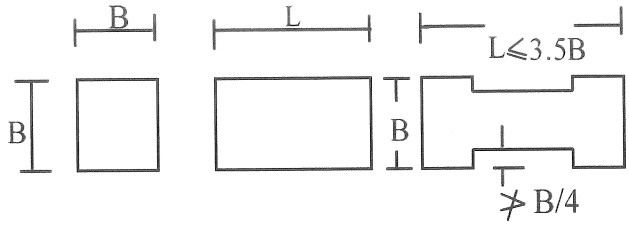
(ج) ويمكن التمييز بين نوعين من التأهيل لمقاومة الزلازل، الأول: يتم فيه التوجه للتخفيف من التشققات (الشروخ) الناتجة من أثر الزلازل قدر الإمكان، والثاني: يكون التوجه فيه لتأمين عدم انهيار المنشأة. وفي النوع الثاني، يمكن تخفيض القوى الزلزالية المكافئة بنسب بين 15% و25%، وفقاً للمقاومة المميزة الفعلية لخرسانة المنشأة. ولقد أوضحت التجربة أن قرار التأهيل للمنشآت القائمة لمقاومة الزلازل مبرر فنياً (تقنياً) واقتصادياً بصيغته الحسابية، بعد تطبيق معيار الجدوى المبين أعلاه.

(د) تتعلق كفاءة كل منشأة قائمة لمقاومة الزلازل بعوامل عدة، منها عوامل رئيسية ومنها عوامل ثانوية. يقوم المهندس المكلف بتقييم كفاءة المنشأة بعدة خطوات متكاملة، تبدأ بالتقييم الوصفي للوضع الراهن لهذه المنشأة، وذلك بحصر نقاط الضعف فيها. وبنتيجة هذا التقييم الوصفي (الذي ينجز بسرعة، ودون الحاجة إلى حسابات) تتشكل لديه صورة أولية لها صفة الدلالة تساعده على اتخاذ القرار الملائم بوجود ضرورة، أم لا، لإنجاز المراحل التفصيلية للتقييم الإنشائي. وبناء على النتائج يُتخذ القرار المناسب حول درجة كفاءة المنشأة إن كانت كافية، أو أنها بحاجة إلى إعداد دراسة لتأهيلها وتقويتها.

٧-٢- التكوين المعماري المرغوب إنشائياً:

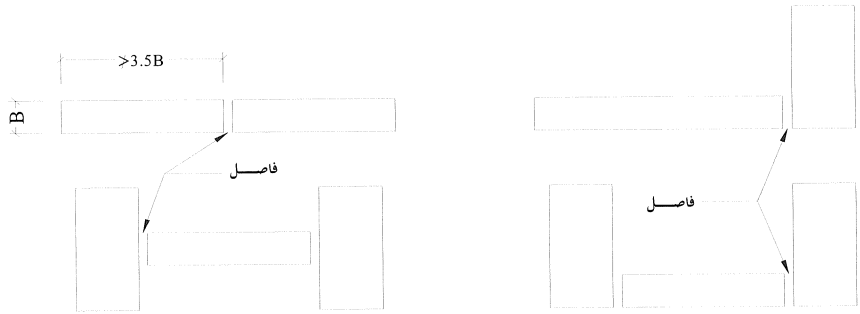
٧-٢-١- التكوين المعماري والفواصل بين الكتل في المسقط الأفقي:

(أ) يجب أن تكون كتلة المبنى الخالية من الفواصل، منتظمة قدر الإمكان (مربعة أو مستطيلة أو ذات محوري تناظر). وفي حال الضرورة، يمكن القبول بالأشكال غير المنتظمة جزئياً لكتلة المبنى في المسقط الأفقي دون فواصل، كما هو موضح بالشكل رقم (٧-١).



الشكل (٧-١): مساقط أفقية مقبولة إنشائياً دون فواصل

(ب) عند استعمال كتل مباني بأشكال تختلف عما سبق، (**T** أو **L** أو **U** أو **H**) على سبيل المثال، فيجب تأمين فواصل زلزالية، بحيث يتم تقسيم المبنى الواحد إلى عدة كتل، تحقق كل كتلة منها الشروط الواردة أعلاه، كما هو موضح بالشكل رقم (٧-٢).



الشكل (٧-٢): وضع فواصل زلزالية بسبب عدم انتظام الشكل

(ج) يجب ألا يتجاوز طول كتلة المبنى الخالية من الفواصل (3.5) مرة عرضها، حتى لا يتعرض المبنى لاجهادات داخلية نتيجة لتغير طبيعة الزلزال ضمن طول المبنى (وبالتالي تغير الأحمال الزلزالية على طول المبنى، مما يمكن أن يعرض المبنى لفتل غير محسوب). وفي حال التجاوز، يلزم استعمال فواصل زلزالية، وهي يمكن أن تكون فواصل حرارية أو فواصل هبوط، بالإضافة لكونها فواصل زلزالية.

(د) يجب، في جميع الأحوال، استعمال فواصل حرارية بحيث لا يتجاوز البعد الأكبر بين الأعمدة أو الجدران الخارجية للكتلة الواحدة المسافات المحددة في الكود العربي لتصميم وتنفيذ المنشآت بالخرسانة المسلحة (الكود الأساس) وهي الآتية:

١) 45 m في المناطق عالية الرطوبة (القريبة من البحر).

٢) 40 m في المناطق الرطبة (التي هطولها السنوي أكثر من 600 mm).

٣) 35m في المناطق متوسطة الرطوبة (التي هطولها السنوي بين 200 و 600 mm).

٤) 30m في المناطق الجافة (والتي هطولها السنوي أقل من 200 mm).

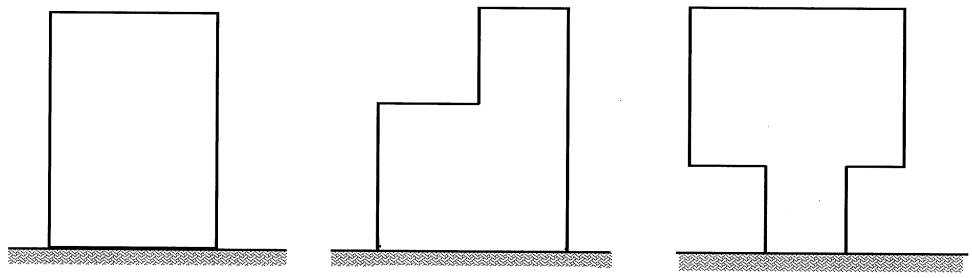
وعندما تدعو الضرورة لزيادة هذه الأبعاد، فيمكن السماح بزيادتها بما لا يتعدى الثلث شريطة حساب المبنى على التأثيرات الحرارية وتقلص (إنكماش) الخرسانة وفقاً للكود. كما يُسمح بزيادة المسافات الأساسية المبينة أعلاه بمقدار أعظمي لا يزيد على ثلثي القيمة الأساسية، على أن يُؤخذ تأثير التغيرات الحرارية وتقلص (إنكماش) الخرسانة كما ذُكر أعلاه، وعلى أن تكون جميع الإكساءات خاصة، قابلة لتحمل التغيرات الحرارية، ولا تتأثر بالتمدد والتقلص الناتج عن هذه التغيرات، وعلى أن تُلحظ فواصل تمدد ضمن إكساء الأرضيات.

٧-٢-٢- التكوين المعماري والفواصل بين الكتل في الواجهة الرأسية:

(أ) تعد الواجهة الرأسية مستطيلة الشكل واجهة مناسبة للكتلة الخالية من الفواصل (الشكل ٧-٣-ج).

(ب) يجب تجنب الواجهات الرأسية (الشاقولية) التي يزيد فيها بعد الكتلة بالأعلى على بعدها بالأسفل سواء كانت الزيادة من جهة واحدة أو كانت من الجهتين، كما هو موضح بالشكل رقم (٧-٣-أ). كذلك لا ينصح بقبول الواجهات التي يقل فيها العرض بالأعلى كثيراً عن العرض بالأسفل (أي حالة وجود تراجع كبير كما هو موضح بالشكل رقم (٧-٣-ب)).

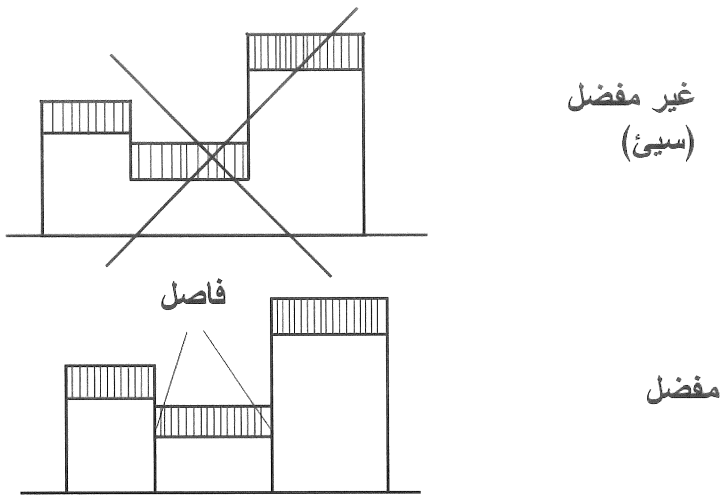
(ج) يمكن قبول التراجع في الواجهة بالطوابق العلوية عن السفلية للكتلة الواحدة، شريطة ألا تزيد مسافة التراجع على ربع البعد الأصلي.



ملاحظة: كلما ورد وصف غير مفضل أو سيئ فلا يعني عدم إمكانية استعماله، وإنما قد يحتاج لتحليل ديناميكي.

الشكل (٧-٣): الواجهات الشاقولية للمباني، المفضلة وغير المفضلة زلزالياً

(د) عند استعمال واجهات رأسية متغيرة الارتفاع، فيلزم عمل فواصل هبوط تفصل الكتل المختلفة عن بعضها، كما في الشكل رقم (٧-٤).



الشكل (٧-٤): وضع فواصل هبوط بسبب اختلاف ارتفاعات المباني

(هـ) يمكن، عند الضرورة القصوى، التغاضي عن فاصل الهبوط في حال اختلاف ارتفاع الكتل، وذلك بشرط :

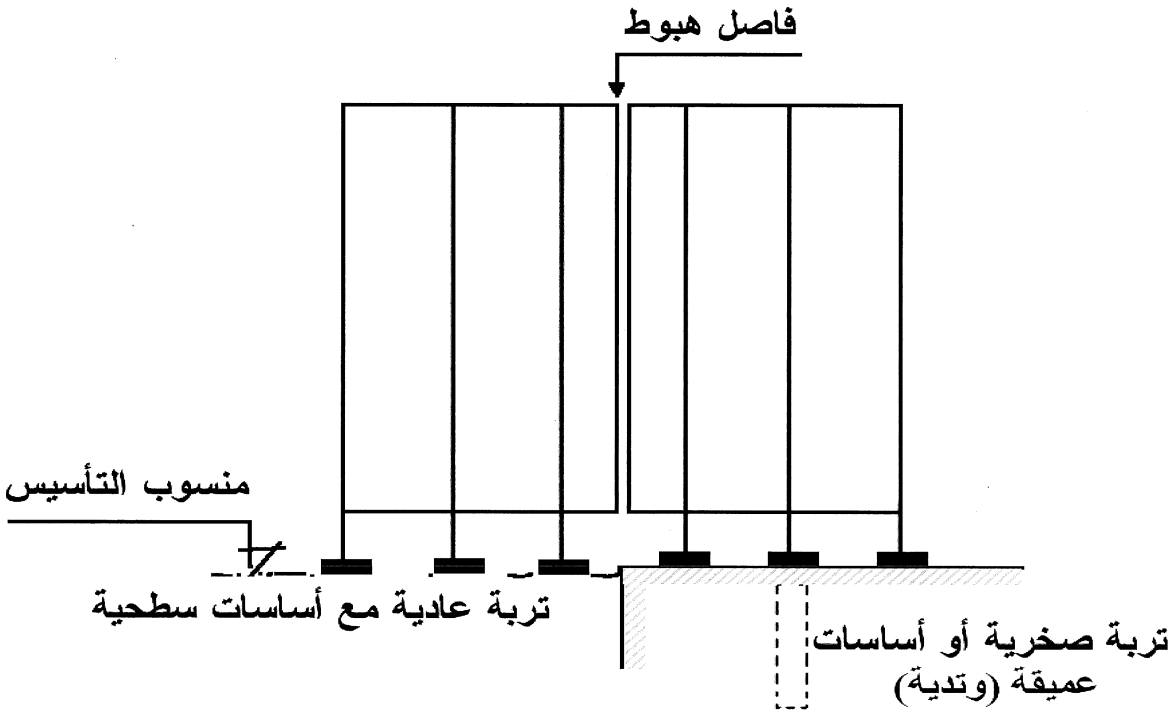
١- أن لا يقل ارتفاع الكتلة المنخفضة عن (2/3) ثلثي ارتفاع الكتلة المرتفعة المجاورة، في حال التأسيس على تربة عادية (تحمل مسموح لا يقل عن $2\ kgf/cm^2$) ، فإذا قل التحمل عن ذلك فيجب حساب تأثير الهبوط التفاضلي وتصميم عناصر الكتلتين لهذا التأثير.

٢- أن لا يقل ارتفاع الكتلة المنخفضة عن (1/2) نصف ارتفاع الكتلة المرتفعة المجاورة في حال التأسيس على تربة قوية (تحمل مسموح لا يقل عن $4\ kgf/cm^2$).

٣- و يمكن إلغاء فاصل الهبوط عند التأسيس على تربة عادية ذات تحمل مسموح لا يقل عن $3\ kgf/cm^2$ ، مهما كان الفرق في الإرتفاع بين الكتلتين، بشرط حساب تأثير الهبوط التفاضلي على عناصر الكتلتين، وتصميمها مع أخذه بالحسبان.

٤- أما في حالة التأسيس على أوتاد، فيمكن إلغاء الفاصل إذا كانت الأوتاد من نوع الارتكاز، أما إذا كانت الأوتاد تعمل على الاحتكاك فقط، فيلزم أن يتم حساب تأثير الهبوط التفاضلي على عناصر الكتلتين، وتصميمها مع أخذه بالحسبان.

(و) عند تأسيس كتلة المبنى على نوعين مختلفين من التربة (قدرة تحمل إحداها تزيد على ضعفي قدرة تحمل الأخرى)، أو عند استعمال أساسات عميقة مع أساسات سطحية ضمن الكتلة ذاتها، فيلزم استعمال فاصل هبوط (أي فاصل مستمر ضمن الأساسات أيضاً) بمنطقة تغير التربة أو تغير الأساسات، بحيث تكون كل كتلة من الكتل الخالية من الفواصل، مستندة على تربة متجانسة تقريباً، ولها أساسات متجانسة أيضاً، كما في الشكل (٧-٥).



الشكل (٧-٥): وضع فاصل هبوط بسبب اختلاف نوعية تربة التأسيس أو أنواع الأساسات

٧-٣- الطبيعة الإنشائية للمبنى أو المنشأة:

يراعى أن تكون الطبيعة الإنشائية للمبنى أو المنشأة بسيطة وواضحة قدر الإمكان، بحيث تؤخذ عناصر التكتيف بالحسبان عند إجراء الحسابات الاستاتيكية، كما يتم تصميم عناصر تكتيف ثانوية بديلة لمنع حدوث انهيار كلي، في حال فشل جملة التكتيف الرئيسية.

ويراعى أيضاً توزيع الكتل بشكل منتظم في المنشأة لضمان عدم تمركز القوى، وضرورة أخذ عزوم الفتل (اللي) بالحسبان. أما المنشآت ذات الأشكال غير المستطيلة، مثل T أو U أو L ، فيفضل تقسيمها إلى أجزاء مستطيلة باستعمال الفواصل، كما هو وارد في الفقرة (٧-٩-٢-ج).

٧-٤- الترابط العام والسلوك الإجمالي للمنشأة:

٧-٤-١- عام:

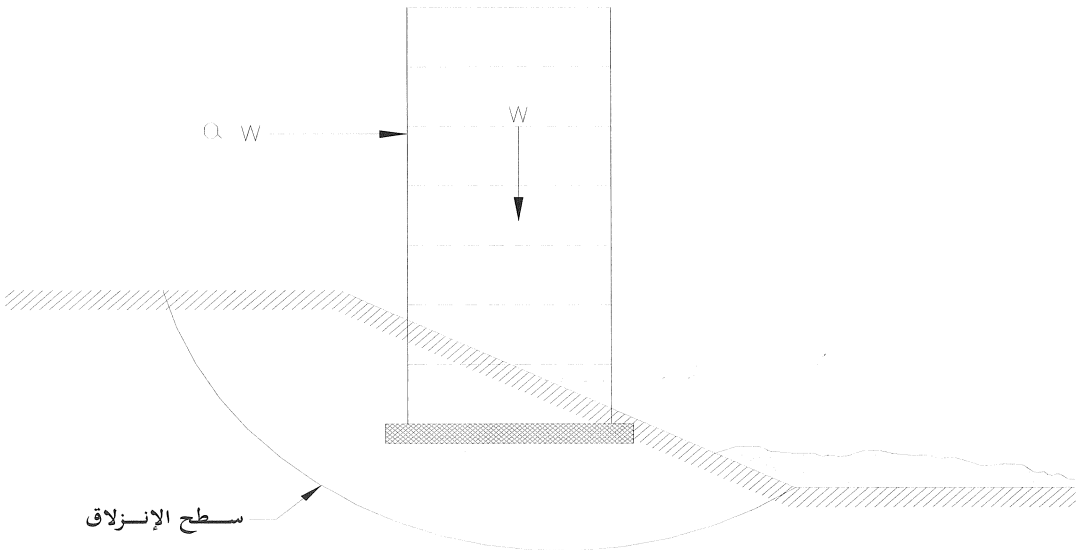
تتألف كل منشأة من جملة إنشائية، مفرداتها العديد من العناصر الإنشائية الحاملة، التي ترتبط بعضها مع بعض بأشكال مختلفة من الروابط، مثل الاستناد البسيط إلى وثاقات جزئية أو كلية. يجب أن تؤمن هذه العناصر المترابطة، متطلبات الاستقرار الجزئي أو الكلي والمقاومة الكافية لهذه

العناصر كافة، والسلوك المطلوب في المجال اللا مرن (أي درجة ممطولية أو مطاوعة ملائمة)، والديمومة (durability) المطلوبة أثناء العمر الافتراضي للمنشأة. ويجب أن ترتبط العناصر الإنشائية أيضاً مع العناصر غير الإنشائية اللازمة للمنشأة، بطريقة ملائمة تؤمن المتطلبات الوظيفية والاستثمارية والجمالية. كما يجب دراسة طبيعة هذا الارتباط جيداً، وذلك لتأمين سلوك فعلي مناسب لهذه العناصر عند عملهما معاً في فترة تعرضها لزلزال، وبالتالي تقليل الأضرار المتوقعة إلى حدودها الدنيا.

ولقد أوضحت التجربة أن السلوك العام (الإنشائي وغير الإنشائي) للمنشأة، يتغير ضمن مجال واسع، تبعاً لطبيعة الترابط بين هذه العناصر. لذا، فإنه من المفيد تعداد أهم العوامل التي تؤثر على السلوك العام للمنشأة، وهي الواردة في الفقرات الآتية:

(أ) الاستقرار العام (حالة المنشآت المشيدة على المنحدرات أو على مناسيب تأسيس مختلفة):

تتعرض المنشآت المشيدة على منحدرات أثناء حدوث الزلازل إلى حالة يمكن أن يتولد عنها فقدان استقرار تربة التأسيس وانزلاقها. لذا، يتوجب التحقق من استقرار المنشأة المشيدة على المنحدرات، وعدم انزلاقها أو انقلابها عند حدوث الزلازل. (يبين الشكل (٧-٦) طبيعة انهيار تربة التأسيس للمباني المشيدة على المنحدرات أو على مناسيب تأسيس مختلفة).



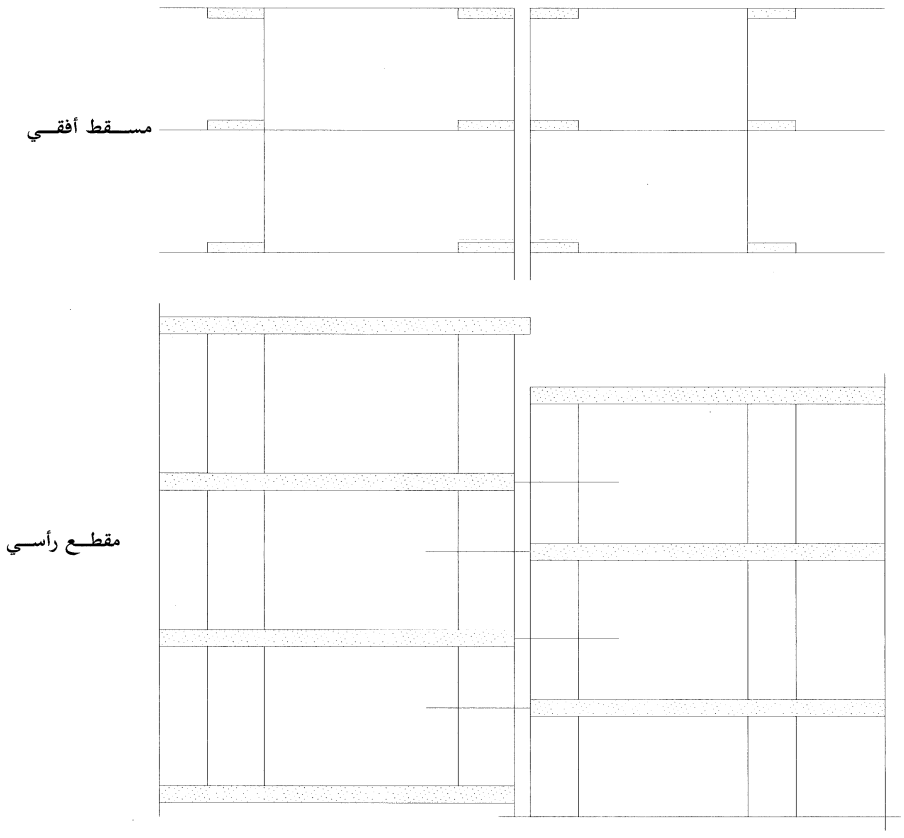
الشكل (٧-٦): مبنى على منحدر قابل للانزلاق

(ب) الفاصل الزلزالي وظاهرة الطرق:

تهتز المنشآت جانبياً عند تعرضها إلى زلزال، وتتولد فيها انتقالات أفقية. فإذا كانت الكتلتان متجاورتين، وكان عرض الفاصل بينهما غير كافٍ، فإن المنشأتين المتجاورتين أثناء اهتزازهما

باتجاهين متعاكسين، يحدث بينهما طرق (أي تصادم بين الكتلتين المتجاورتين) ينجم عنه قوى إضافية مختلفة القيم، تبعاً لعدة عوامل. ويمكن أن تؤدي قوى الطرق هذه إلى تهشيم موضعي، قد يفقد بسببها جزء من المنشأة أو كلها استقراره في بعض الأحيان.

تزداد خطورة ظاهرة الطرق إذا كانت مناسيب البلاطات في الكتلة الأولى مختلفة عن مناسيب البلاطات في الكتلة المجاورة (كما هو مبين في الشكل (٧-٧)).



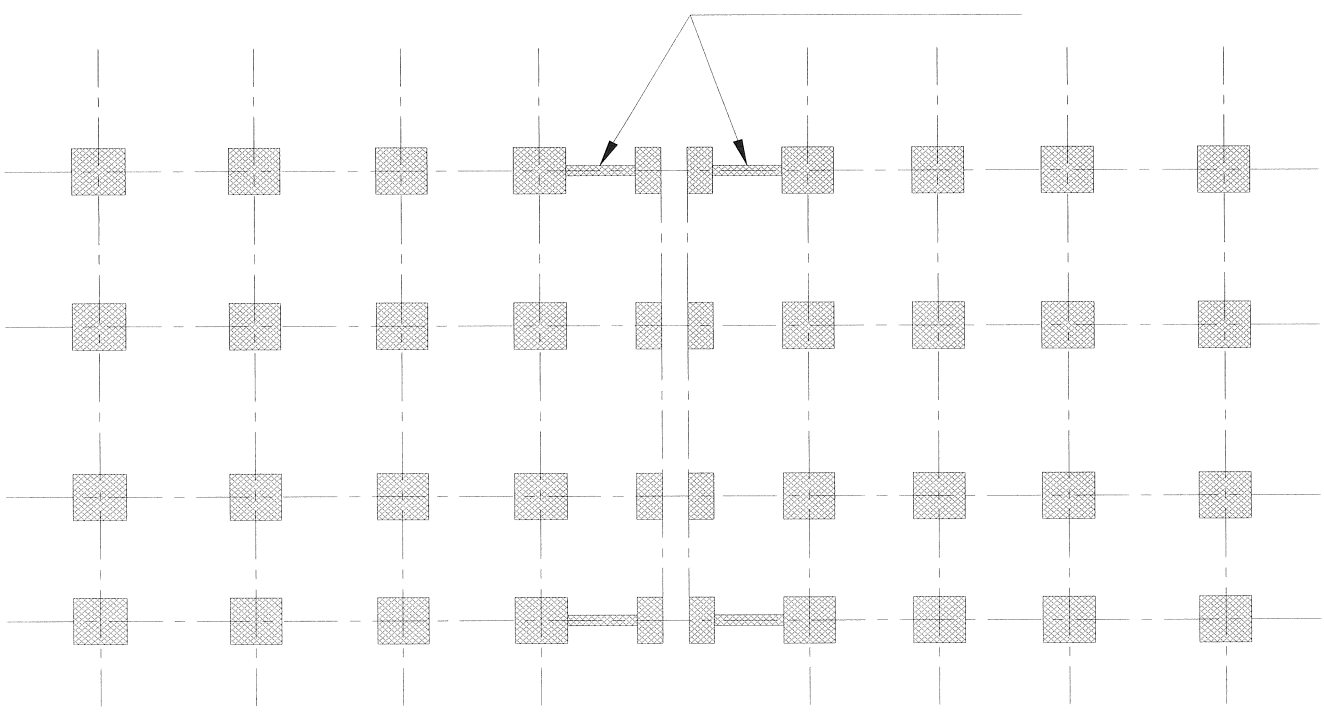
الشكل (٧-٧): ظاهرة الطرق واختلاف مناسيب البلاطات في الكتل المتجاورة

يتوجب، في المنشآت المصممة لمقاومة الزلازل، أن تكون الفواصل الزلزالية بالسعة الكافية التي تمنع كلياً حدوث ظاهرة الطرق. أما في المنشآت القائمة والمتجاورة، والتي يكون فيها عرض الفاصل بين الكتلتين غير كافٍ، فإنها تتعرض إلى ظاهرة الطرق، وينجم عنها مخاطر قد تكون أحياناً خطرة جداً. لذا يتوجب دراسة هذه الظاهرة ومعالجتها بالسرعة الممكنة، وفق إحدى الطريقتين الآتيتين:

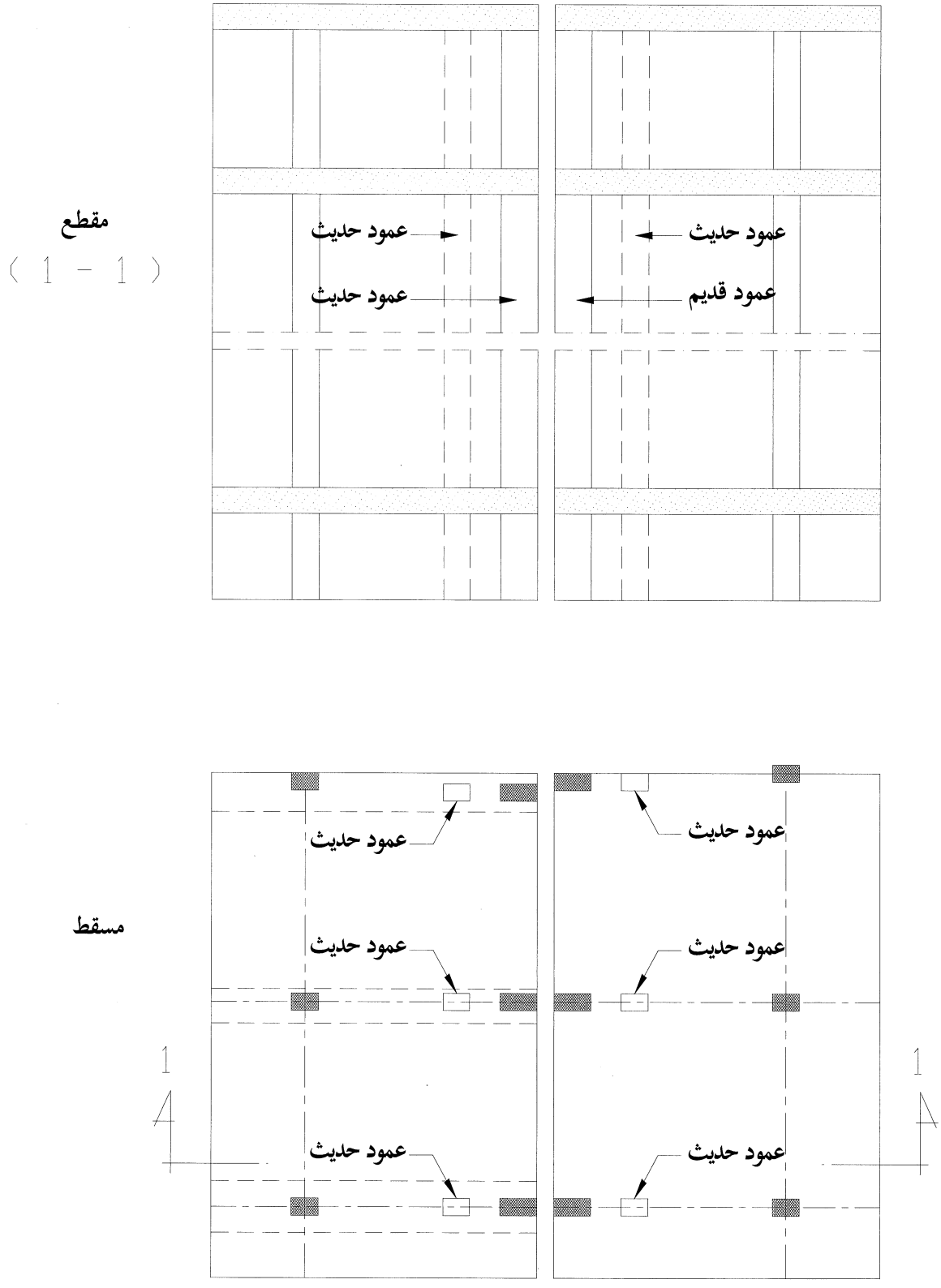
١) **الطريقة الأولى:** تقوية المنشأة بعناصر مقاومة للزلازل، مثل جدران القص، واختيار أبعادها وتسليحها لتكون قساوتها كافية، بغرض تخفيض الانتقالات الأفقية إلى قيم مناسبة تلغي ظاهرة الطرق، أو مقاومة التأثيرات الناتجة عن الطرق بين الكتلتين المتجاورتين في كل اتجاه للمنشأة (كما في الشكل (٧-٨)).

٢) **الطريقة الثانية:** إذا كانت الطريقة الأولى غير ممكنة، لأي سبب كان، فإنه يمكن معالجة منطقة الفواصل بتنفيذ عناصر حاملة إضافية، تقوم بنقل أحمال المنشأة عبر هذا المسار الجديد فيما لو تحطمت العناصر الحاملة المتجاورة، وخاصةً للحالة المبينة بالشكل (٧-٧). ويوصى أيضاً بضرورة إعادة ربط العناصر غير الحاملة مع الجملة الإنشائية الجديدة بطريقة ملائمة تمنع انهيارها فيما لو تحطمت العناصر الحاملة القديمة من الطرق (كما في الشكل (٧-٩))، ويتم تصميم كل كتلة لتقاوم التأثيرات الناتجة عن الطرق. وفي كلا الطريقتين (عندما تكون البلاطات على منسوب واحد) فيمكن الإكتفاء بتقوية كلٍ من المنشأئين لتقاوم 1.1 القوة الزلزالية التصميمية.

يمثل الفاصل الزلزالي عاملاً مهماً في تقييم المنشآت الراهنة، وقد يكون نقطة ضعف في المنشأة، لذلك فإنه من الضروري رصد الفاصل والسعي لمعالجته بالطرائق الملائمة.



الشكل (٧-٨): الطريقة الأولى في تقوية المباني القائمة لمقاومة ظاهرة الطرق

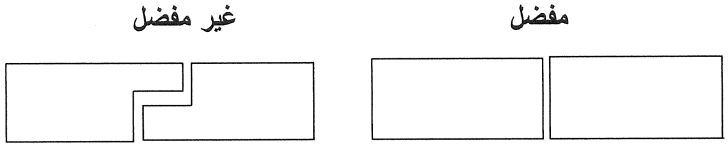


الشكل (٧-٩): الطريقة الثانية في تقوية المباني القائمة لمقاومة ظاهرة الطرق

(ج) مواصفات الفواصل الزلزالية:

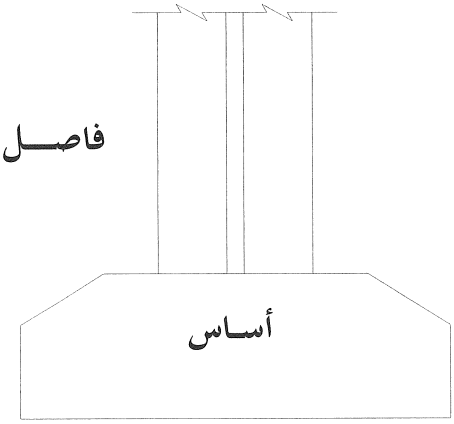
تكون الفواصل الزلزالية المطلوبة في بعض المباني، إما فواصل إلزامية حرارية، أو للهبوط، أو فواصل إضافية لتحقيق الشروط الإضافية للزلازل، مثل الشرط الوارد في الفقرة (٧-٢-١-ج). وحتى تكون هذه الفواصل زلزالية، يجب أن لا تقل عروضها عن العرض (الاتساع) الأدنى المطلوب لمنع حصول ظاهرة الطرق، المذكورة في الفقرة (٧-٤-١-ب)، وأن يحقق الشروط الواردة في الفقرات الآتية:

١) يجب أن يكون الفاصل الزلزالي بين الكتل مستقيماً وخالياً من التعرجات قدر الإمكان كما هو موضح بالشكل رقم (٧-١٠) ويبقى بالمكان ذاته في جميع الطوابق، أي يكون قطع المبنى بالفاصل كما هو وارد بالشكل.

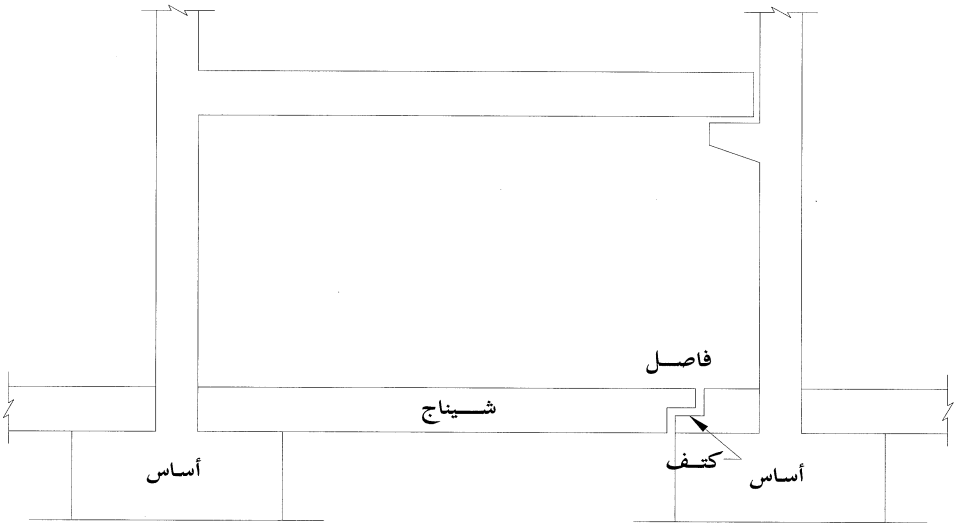


الشكل (٧-١٠):
أشكال الفاصل الزلزالي في المباني

٢) تنفذ الفواصل الحرارية (لحالات البند (٧-٢-١) أعلاه) ضمن المبنى، ويجري توقيفها عند ظهر الأساسات، لذلك تكون الأعمدة مزدوجة على طرفي الفاصل الحراري (فاصل التمدد)، ويتم سندها على أساسات مشتركة، كما هو موضح بالشكل رقم (٧-١١)، كما يمكن وضع عمود واحد من إحدى جهتي الفاصل وسند جائز من الكتلة الأخرى على كتف بارز من هذا العمود، كما هو موضح بالشكل رقم (٧-١٢). ولحالات أخرى، يرجع للملحق رقم (٥) للكود، الخاص بالأساسات.



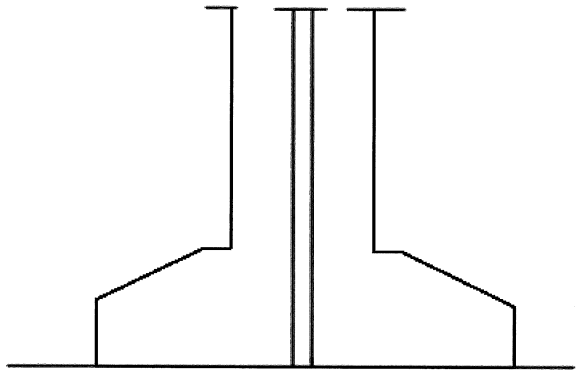
الشكل (٧-١١):
أساس واحد يحمل عمودين
بينهما فاصل تمدد



الشكل (٧-١٢):
أشكال الفاصل في
الأساسات والشيناجات

٣) يستمر فاصل الهبوط (لحالات البند (٧-٢-٢) أعلاه) بين كتلتي المبنى، وضمن الأساسات حتى التربة.

٤) إن طريقة تنفيذ الفاصل الحراري الموصوفة في (ج-٢) أعلاه غير مناسبة لفاصل الهبوط. فإذا جرى وضع عمودين على جانبي الفاصل، ثم جرى تنفيذ الفاصل في الأساس، كما هو موضح في الشكل رقم (٧-١٣)، فإن هبوط أساس عمود الكتلة المرتفعة، يؤثر في أساس عمود الكتلة المنخفضة المجاور، لأن التربة تحتهما قريبة جداً من بعضها، وأي انضغاط في إحداهما يؤدي لانضغاط الأخرى. كما أن سند جائز بارز من إحدى الكتلتين على كتف بارز من الكتلة الأخرى يمكن أن يكون حلاً غير مناسب لاختلاف هبوط الكتلتين. ومع ذلك، يمكن في بعض الحالات الاضطرارية استعمال مثل هذه الفواصل، شريطة تنفيذ الكتلة المرتفعة بالكامل قبل البدء بتنفيذ الكتلة المنخفضة الارتفاع، حتى يتم التخفيف من فرق الهبوط. ومن أجل حالات أخرى للفواصل والتأسيس، يلزم الرجوع إلى الملحق رقم (٥) للكود، الخاص بالأساسات.



الشكل (٧-١٣):
فاصل هبوط في الأساس
(غير مفضل)

٥) من أجل عدم تأثر الأساس الطرفي للكتلة منخفضة الارتفاع، بهبوط التربة تحت الأساس الطرفي المجاور للكتلة عالية الارتفاع، يكون الحل المناسب هو تنفيذ فاصل للهبوط بين ظفرين (كابوليين) خارجين من الكتلتين، كما هو موضح بالشكل رقم (٧-١٤-أ). كما يمكن وضع جائز بسيط (أي تنفيذ فاصلين) بين كتلتي المبنى، كما هو موضح بالشكل رقم (٧-١٤-ب).

٦) تتعلق سعة (عرض أو اتساع) الفاصل بطول كتلة المبنى بالاتجاه المتعامد مع الفاصل، كذلك تتعلق هذه السعة بارتفاع الكتلة المجاورة للفاصل، وتكون السعة الدنيا للفاصل مساوية إلى $\Delta_{MT} = \sqrt{\Delta_{M1}^2 + \Delta_{M2}^2}$ (حسب البند (٧-١١-١٠)) حيث Δ_{M1} و Δ_{M2} السهمين الأفقيين الأعظميين للكتلتين المتجاورتين (في حال تساوي ارتفاعهما) وبحد أدنى 30mm للسعة الكلية.

٧) عند اختلاف ارتفاعي الكتلتين على جانبي الفاصل، فيطبق الشرط السابق أيضاً، مع ملاحظة استعمال السهمين الأفقيين، عند منسوب أعلى الكتلة المنخفضة.

٨) يجب حساب السهم الأفقي نتيجة حمل الزلازل (لاستعماله بتحديد سعة الفاصل) في مرحلة الاستثمار، أي بتقسيم القوة الزلزالية على المقدار 1.4، لأن القوة الزلزالية المحسوبة بالطرائق المشروحة في الكود الأساس، وفي هذا الملحق (٢)، تكون لحالة الحد الأقصى، أي أنها مصعدة ضمناً.

٩) في حال وجود الفاصل الزلزالي داخل فراغ واحد (غرفة مثلاً)، فيمكن تخفيض عرض الفاصل ضمن طبقة التغطية الأرضية فقط، إلى 25mm مع المحافظة على عرض الفاصل ضمن الهيكل الخرساني.

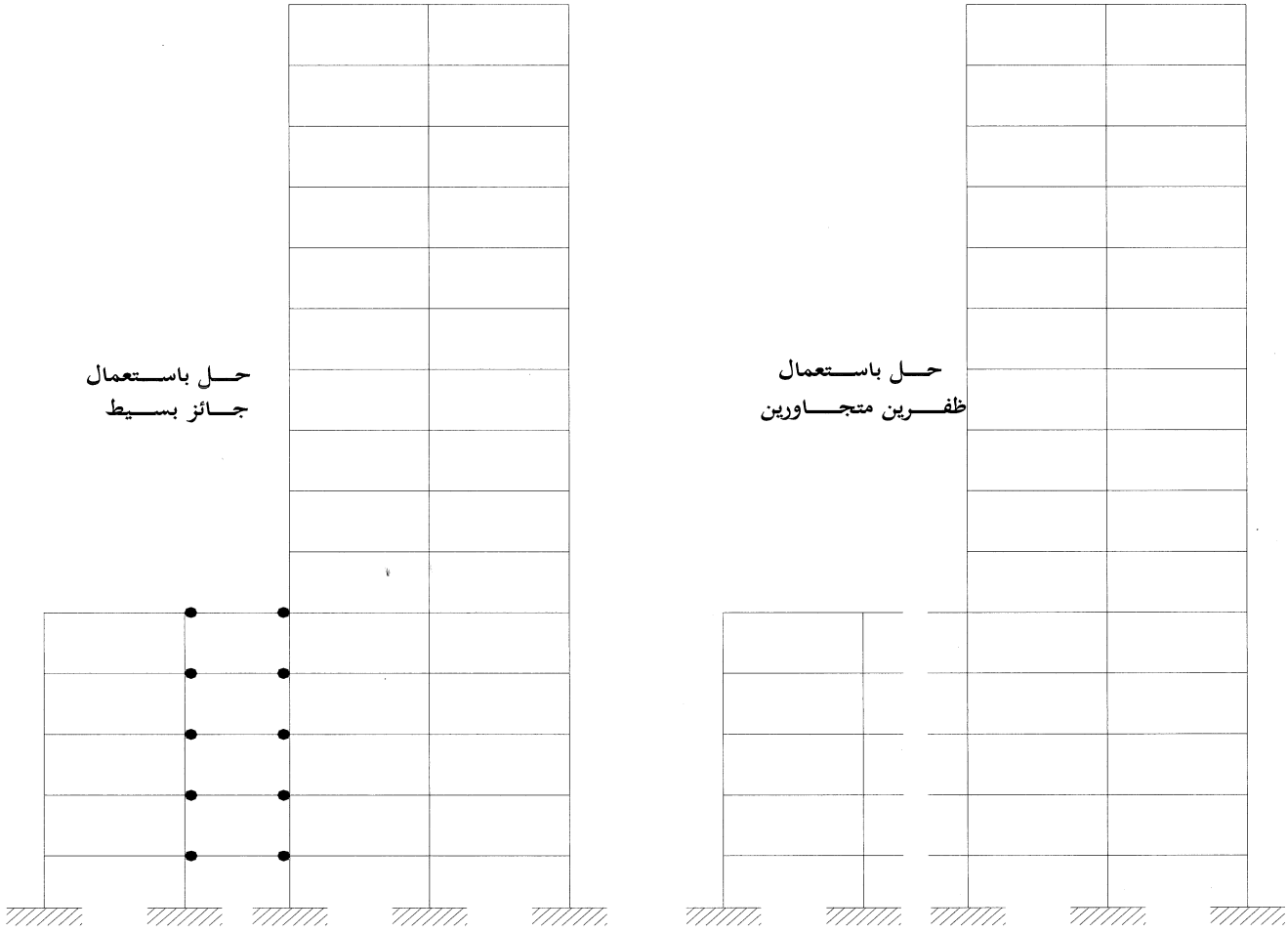
(د) معيار قبول الإزاحات الأفقية والتحقق من عروض الفواصل الزلزالية:

١) يجب ألا تتعدى الإزاحات الأفقية النسبية الطابقية المرنة (المحسوبة من فرق القيم $\mathbf{0.7\Delta_s}$ في أعلى وأسفل الطابق مقسومةً على ارتفاعه) (للعناصر الرأسية) النسبة (1/360) من ارتفاع الطابق، وذلك في حالة الإكساءات الخاصة التي تتأثر بالإزاحات (مع التنويه إلى أن القيم $\mathbf{0.7\Delta_s}$ تمثل الإزاحات نتيجة أحمال الاستثمار الزلزالية)، وذلك لأن أحمال الزلازل تحسب وفقاً للكود و ملحقه هذا، لحالة الحد الأقصى، كما سبق ذكره.

٢) يمكن السماح بإزاحات أفقية نسبية، بدلاً من (١) أعلاه، تصل إلى ما نسبته (1/240) من ارتفاع الطابق، وذلك في حالة كون الإكساءات من النوع اللين، الذي يمكنه التشوه أفقياً دون تشقق (تشرخ).

٣) عند وجود فواصل بين كتل المبنى المختلفة، كالفاصل الموجود بين الكتلتين A و B في الشكل (٧-١٥)، يلزم حساب الإزاحة الأفقية العظمى للكتلة A عند النقطة 1 (أي بأعلى

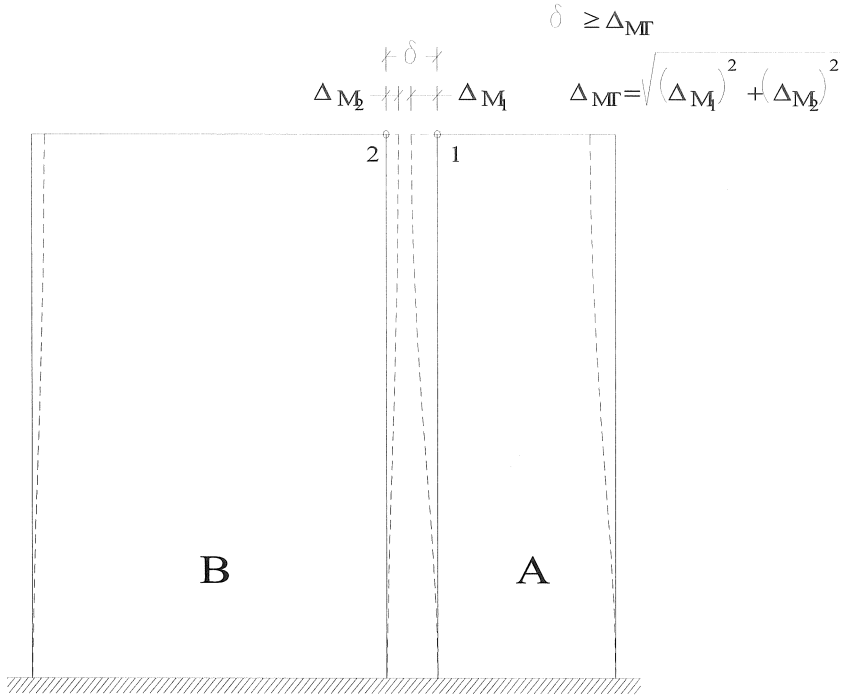
منسوب)، وليكن Δ_{M1}، والإزاحة الأفقية العظمى للكتلة B عند النقطة 2 (أي منسوب النقطة 1 ذاته)، وليكن Δ_{M2}، ويجب أن تحقق قيمة عرض الفاصل δ بين الكتلتين، العلاقة (٧-٣) الواردة في البند (٧-١١-١٠). وينوه إلى ضرورة تحقيق الإزاحة النسبية بين مناسيب الطوابق المتجاورة، وفق ما سيرد في البند (٧-١١-١٠).



الشكل (٧-١٤): نموذجي فاصل هبوط لكتلتين مختلفتي الارتفاع

٤) في حال عدم تحقيق عرض الفاصل للمتراجحة السابقة، يجب حساب المبنى على ظاهرة الطرق، وذلك بتعريض كتلتي المبنى لقوى أفقية ديناميكية نتيجة الصدم 1 و 2، قيمتهما تكافئ الانتقال : $(\Delta_{MT} - \delta)/2$. ويمكن أنْ يستثنى من ذلك التحقق في المباني القائمة، عندما تكون مناسيب طوابقها واحدة كما سيرد في البند (٧-١١-١٠)، وفي حال تصميمها لقوى زلزالية تساوي 1.1 مرة من القيمة التصميمية.

٥) في جميع الأحوال، يجب تحقيق شرط الإزاحة الطابقية النسبية، المذكورة في البند (٤-١١-٢).



الشكل (٧-١٥): سعة (عرض أو اتساع) الفاصل الزلزالي

٧-٤-٢- استمرار العناصر الإنشائية بالاتجاهات الثلاثة:

إن تأمين الاستمرارية بين العناصر الإنشائية في كل اتجاه (مما يعني زيادة درجة عدم التقرير) يُكسب هذا الجزء من المنشأة احتياطاً إضافياً في المقاومة، يُستثمر عند تعرض المنشأة إلى شدة زلزالية أكبر من المتوقع. وفي الوقت ذاته، تؤمن هذه الاستمرارية مسارات احتياطية لنقل الأحمال المطبقة، ويتم ذلك بتحويل المقاطع الأكثر تحميلاً إلى مفاصل لدنه، تحتفظ بالمقاومة المطلوبة منها، مع تعرضها إلى تشوهات غير مرنة بصورة مستمرة، مهمتها امتصاص طاقة إضافية في المنشأة، والعمل على تبديدها وتخفيف القوى (المكافئة) الزلزالية على عناصر المنشأة. فإذا زادت القوى المطبقة على هذه المنشأة، تقاومها المقاطع المجاورة التي لم تصل بعد إلى حالة اللدونة. ويتوالى تشكل المفاصل اللدنة في المنشأة المستمرة (غير المقررة)، وتستنفد قدرتها على التحمل على التوالي، حتى تصل إلى مرحلة التوازن الحرج (الميكانيزم)، الذي يمثل واقع المنشأة في حالة حد الانهيار، علماً بأن زيادة درجة عدم التقرير، تعني زيادة في عدد المفاصل اللدنة المتشكلة قبل الوصول إلى حالة الميكانيزم.

مما تقدم، يتبين أنه كلما ازدادت درجة الترابط بين العناصر الإنشائية في كل اتجاه من الاتجاهات، توفر احتياطاً إضافياً أكبر، في المقاومة القصوى للمنشأة وكذلك في المطاوعة

(الممطولية)، أي: تبديد أكبر طاقة ممكنة من خلال التشوه، قبل تعرض المنشأة لميكانيزم الانهيار. يبين الشكل (٧-١٦) نموذجاً لأهمية الترابط بين العناصر الإنشائية في كل الاتجاهات، فعدم وجود الترابط بين عناصر الجملة الإنشائية في الشكل (٧-١٦-أ) يجعلها غير قادرة على مقاومة القوى الجانبية (لأنها عملياً غير مستقرة استاتيكياً)، و تزداد هذه القدرة مع زيادة الترابط (أي زيادة الاستمرار، وزيادة درجة عدم التقرير)، كما هو مبين في الشكل (٧-١٦-ب).

٧-٤-٣- تأثير جمل الأساسات:

(أ) عام:

يفضل أن يتم التأسيس على تربة من نوع واحد، وعلى طبقة واحدة في حالة وجود طبقات متنوعة. ويتعين عدم تأسيس منشأة أو مبنى على جانبي صدع (فالق) جيولوجي، أو على تربة رملية مشبعة، أو على الطمي غير المدموك.

(ب) اختيار نوع الأساسات:

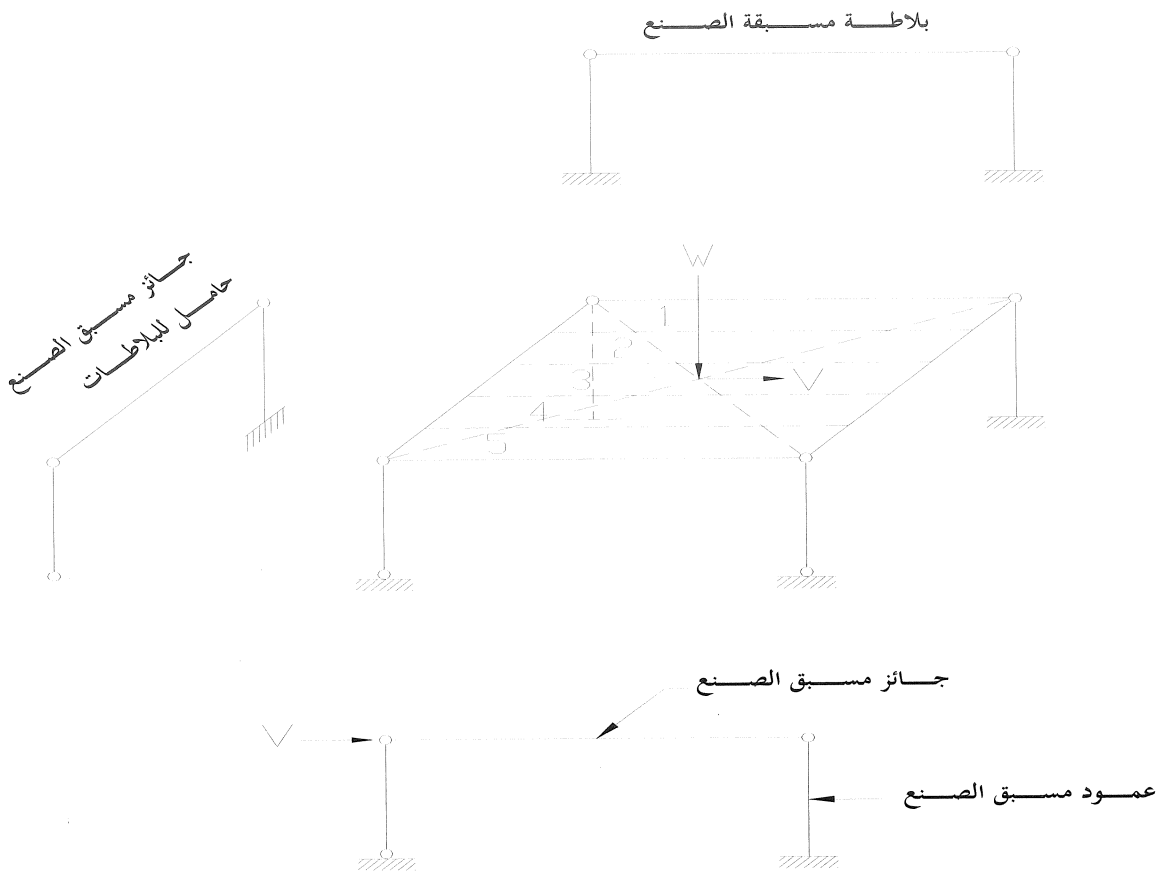
يفضل استعمال نوع واحد من الأساسات لكامل المنشأة أو المبنى (أساسات سطحية أو أوتاد وخلاف ذلك)، وبشكل منتظم، وينبغي توحيد نوع الأساس لكل جزء من المبنى أو المنشأة، عند اختلاف نوع تربة التأسيس.

(ج) الثبات والاستقرار:

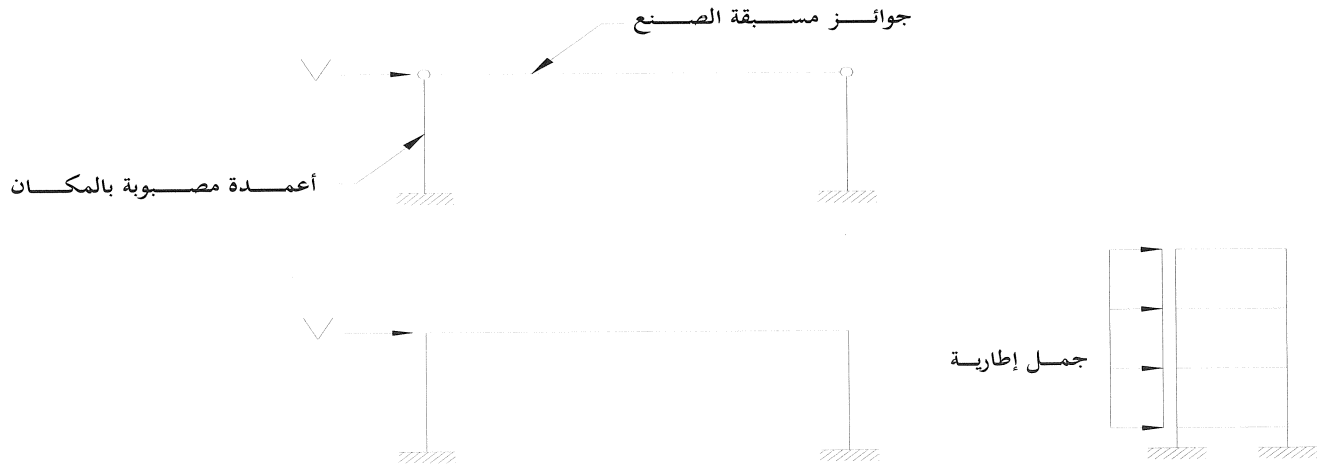
يراعى ضمان ثبات المنشأة (عدم انزلاقها) واستقرارها (عدم انقلابها)، وخاصة للمنشآت والمباني المقامة على المنحدرات.

(د) وصل الأساسات بالشيناجات:

يتم وصل الأساسات المنفردة ببعضها بجوائز (جيزان) أرضية (شيناجات ربط) قريبة بقدر الإمكان من منسوب ظهر الأساسات وتحت منسوب سطح الأرض. ويتم افتراض أن الشيناج يتعرض لقوى شد ولقوى ضغط محورية، لا تقل عن عُشر (10%) الحمل الرأسي للعمود، ذي الحمل الأكبر والمرتبط بالشيناج. ويصمم الأساس (المرتبط بالشيناج) بحيث لا تزيد مساحة منطقة الشد تحت كل أساس على 50% من مساحته، على أن تكون الإجهادات العظمى على التربة مقبولة. ويصمم الشيناج بافتراض أن هذه القوة المحورية (نسبة 10% من حمل العمود) تطبق مرة كقوة ضغط ومرة كقوة شد، ويتم تصميم الشيناج لمقاومة الحالتين، إضافة إلى ما يُنقل له من عزم ناتج عن أحمال الزلازل (وإضافة لوزنه الذاتي طبعاً). وإذا جرى تحميل الشيناج بجدار غير حامل (قاطع من البلوك أو غيره)، فيلزم أخذ وزن القاطع أيضاً بالحسبان عند تصميم الشيناج.



(أ) جمل إنشائية في مبنى ضعيف المقاومة للقوى الجانبية من الزلزال



(ب) جمل إنشائية مقاومة للقوى الجانبية من الزلزال

الشكل (٧-١٦): ضرورة الترابط بين العناصر الإنشائية بالاتجاهات الثلاثة

ويراعى عند استعمال الخرسانة المسلحة، أن يتم تثبيت قضبان (أسياخ) هذه الشيناجات بالأعمدة حسب الأصول، وطبقاً لاشتراطات الكود الأساس.

(هـ) اختيار الأساسات السطحية:

يتم اختيار نوع الأساسات السطحية المناسبة بعد الأخذ بالحسبان ما يلي:

١) تحقق الأساسات الحصيرية (Raft Foundation) عادة (بما فيها الحصائر المفرغة المكونة من جوائز مستمرة بالاتجاهين وبدون بلاطات) الكفاءة الأعلى في سلوك المنشآت، عند تعرضها للزلازل، بالمقارنة مع الأنواع الأخرى من الأساسات. ويكون هذا المبدأ مشروطاً بتحقق اشتراطات المقاومة والاستقرار في التقرير الحسابي لها.

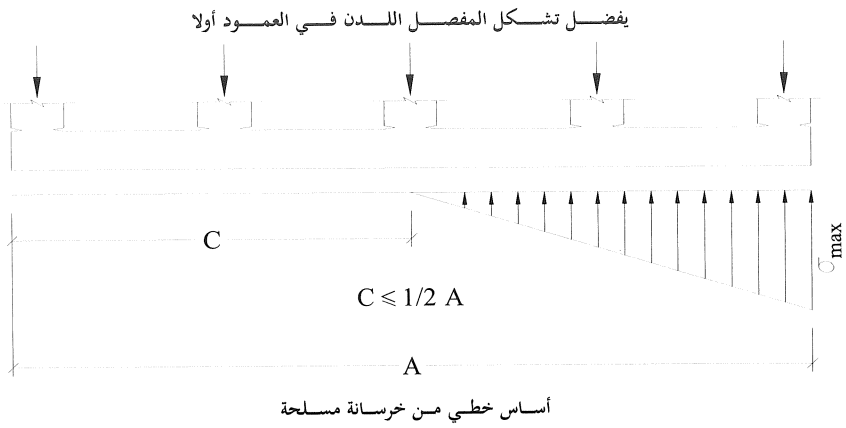
٢) تعد الأساسات الخطية ملائمة أيضاً، شريطة أن تكون محققة لشرطي المقاومة والاستقرار حسابياً، باتجاهها والاتجاه المتعامد بالشيناجات، ويفضل منها الأساسات الخطية باتجاهين.

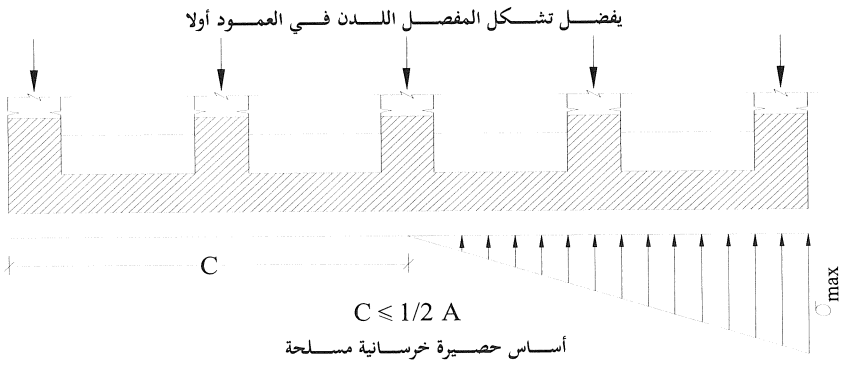
٣) إن الأساسات المنفردة هي الأقل كفاءة، ويتحسن سلوكها ويصبح مقبولاً إذا كانت مربوطة فيما بينها بالاتجاهين بشيناجات (جوائز أرضية) منفذة فوق الأساسات مباشرة (دون رقبات). وتصمم الشيناجات وفق ما سبق ذكره في فقرة وصل الأساسات بالشيناجات.

٤) إن الأساسات المنفردة دون ربط فيما بينها بشيناجات (جوائز أرضية)، مع وجود رقبات غير محسوبة على الأحمال الجانبية، هي الأضعف في سلوكها عند تعرضها إلى زلزال، وقد تشكل نقاط ضعف في المنشأة، ويجب التدقيق في مقاومتها، خاصة إذا كانت لها رقبات قصيرة، ومؤسسة على مناسيب متعددة.

٥) تعد الأساسات من مواد غير الخرسانية المسلحة، ضعيفة جداً، وتشكل نقاط ضعف في المنشأة عند تعرضها للزلزال. (يبين الشكل (٧-١٧) نماذج لهذه الأساسات الواردة أعلاه).

وفي جميع الأحوال، لا يتخذ القرار النهائي في تقييم الأساسات، إلا بعد إنجاز التحقق الحسابي التفصيلي لهذه العناصر.





الشكل (٧-١٧) : تقييم جمل الأساسات

- **الإجهادات المطبقة**
- **الاستقرار**
- **الدوران**
- **التشققات المعيبة**
- **الإنهيار الموضعي**

٧-٤-٤- الاشتراطات والاحتياطات المطلوبة في تربة التأسيس وتصميم وتنفيذ الأساسات في المباني المقاومة للزلازل:

(أ) تعد التربة ذات الانضغاطية العالية، أو التربة المشكلة من ردميات حديثة، أو التربة الرملية المشبعة بالماء، أو التربة المخلخلة، غير مناسبة تماماً للتأسيس عليها، وذلك عند تعرضها للزلازل، بسبب هبوطها العالي وتغير بنيتها عند مرور الموجات الاهتزازية فيها. أما التربة الرملية ذات الحبيبات الناعمة المشبعة بالماء، فإنها ستتعرض لظاهرة التميع، إذ يزداد الضغط الداخلي في المسامات المشبعة بالماء بشكل مفاجئ، فيزول الاحتكاك بين حبيبات الرمل، وتتحول التربة من حالتها الصلبة إلى الحالة المائعة، لذا يتوجب عدم التأسيس على مثل هذه الترب.

(ب) يتوجب، عند التأسيس في مناطق معرضة للزلازل، أن يتم اختيار الحلول التي تعتمد عند التأسيس على الترب القابلة للانضغاط، أي تشكيل جملة تأسيس مؤلفة من الأساس والشيناج والجدران الحاملة وسقف القبو، كجملة صلبة (قاسية) مترابطة.

(ج) لا ينصح باستعمال العناصر المسبقة الصنع في الأساسات والجدران، وذلك لفقدان الترابط الكافي بينها (الأمر الذي يخفض من مقاومة الجملة أثناء حدوث الزلزال). وفي حال استعمالها، يجب أخذ احتياطات ملائمة لتأمين ترابط كاف بين عناصرها المختلفة.

(د) تعد الأساسات المنفذة كحصيرة عامة أو أساسات مستمرة صلدة (جاسئة) متعامدة باتجاهين أفضل أنواع الأساسات لمقاومة الزلازل.

(هـ) يمكن استعمال الأساسات المنفردة في المباني المقاومة للزلازل شريطة تحقق الاشتراطات الواردة في البند (٧-٤-٥) أدناه.

(و) في حال استعمال قاعدة من الخرسانة المسلحة، مصبوبة في المكان أو مسبقة الصنع، تستند على كتلة من الخرسانة العادية أو المغموسة (البئر الاسكندرانية)، يفضل وضع تشاريك (أشاير) مناسبة لفولاذ التسليح بينهما، (بإرساءٍ كافٍ) لامتصاص القوى الأفقية أو اجهادات الشد المحتملة في حالة اللا مركزية الكبيرة، وخاصة عند تعرض المنشأة إلى الزلزال.

(ز) يؤخذ معامل زيادة الإجهاد المسموح للتربة من الأحمال القصوى التي تشمل أحمال الزلازل كما ورد في البند رقم (٦-٣-٤) من الكود الأساس، أي بتصعيد الإجهادات المسموحة للتربة بمعامل تصعيد 1.6 و 2.0 حسب ما ورد في ذلك البند.

٧-٤-٥- الاشتراطات والاحتياطات المطلوبة في الشيناجات ورقبات القواعد:

(أ) عند استعمال الأساسات المنفردة في المباني، يتوجب ربطها بشيناجات، وتسليحها بتسليح ملائم لمقاومة العزوم الناتجة والقوى المحورية المذكورة في البند (٧-٤-٣).

(ب) يفضل أن يكون المنسوب لأسفل الشيناجات، هو منسوب السطح العلوي للأساسات ذاتها، ويفضل ترك تشاريك على سطح الأساسات لتأمين الربط الكافي بين الشيناجات والأساسات. ويمكن تخفيض منسوب أسفل الشيناجات بحيث يكون على منسوب أعلى بقليل من السطح السفلي للأساسات المسلحة، وهذا يؤمن أفضل ربط للأساسات. ويمكن أخذ منسوب أسفل الشيناجات عند منسوب السطح السفلي للأساسات. وفي هذه الحالة تعمل الشيناجات كأجزاء رابطة بين أساسات مشتركة إذ ينتج تحتها اجهادات من رد فعل التربة يتوجب أخذها بالحسبان عند تصميمها.

(ج) عندما يطلب من الشيناجات حمل قواطع بلوك، وعندما تكون المسافة بين الشيناجات والأرضية قليلة، فيمكن تنزيل قواطع البلوك حتى منسوب الشيناجات، أو زيادة ارتفاع الشيناجات، أو الحلين معاً. أما إذا كانت المسافة كبيرة نسبياً (قريبة من ارتفاع طابق) فيمكن وضع شيناجات بمنسوب تحت الأرضية لحمل القواطع، إضافة للشيناجات الرابطة بين الأساسات.

(د) عندما يكون ارتفاع رقبات القواعد أقل من 70% من ارتفاع الطابق المتكرر، يجب أن يؤخذ بالحسبان تأثير القوى الإضافية (عزوم انحناء مترافقة مع قوى قص) عليها، وزيادة التسليح الطولي والعرضي، بما يتلاءم مع هذه القوى الإضافية وفق الحساب الآتي:

١) يزاد التسليح الطولي للرقبة بحيث تصبح نسبته لا تقل عن 1.2%، وتوزع على المحيط.

٢) يحسب العزم الأقصى المقاوم على الانحناء، الذي يتحمله مقطع رقبة القاعدة M_u في اتجاه قوة الزلزال المطبقة (وبإهمال قوى الضغط المؤثرة).

٣) يصمم التسليح العرضي (الأساور) للمقطع في هذا الاتجاه، لمقاومة قوة القص العظمى Q_u بقيمة لا تقل عما يلي:

$$Q_u = 2\ M_u / h \qquad (١-٧)$$

حيث: h = الارتفاع الصافي للرقبة.

٤) يلزم حساب التسليح العرضي لمقاومة قوة القص العظمى التي تحسب من أجل الاتجاه الثاني.

(هـ) يمكن الاستغناء عن الشيناجات السفلية إذا كانت تربة التأسيس قاسية أو صخرية (تحمل تربة لا يقل عن ($5.0\ kgf/cm^2$))، وكان الأساس المنفرد منفذاً ضمنها، أو عند وجود جدران مسلحة محيطة بقبو المبنى، ودون أن يقسمها أي فاصل تمدد. ويجب أن يتم تأسيس القاعدة المنفردة على تربة قاسية أو صخرية خشنة، مع غمر القاعدة المنفردة داخل الصخر بمسافة لا تقل عن (300 mm).

٧-٤-٦- التكامل الإنشائي العام:

يجب تزويد جميع المنشآت، بمسار حمل مستمر يتناسب مع متطلبات الفقرة (٧-٤-٦-١)، ويجب أن يكون له جملة إنشائية مقاومة للقوى العرضية (الأفقية - الجانبية)، ذات مقاومة مناسبة لمقاومة القوى المبينة في الفقرة (٧-٤-٦-٢)، ويجب ربط جميع العناصر الإنشائية إلى مساندها وفقاً للفقرة (٧-٤-٦-٣). كما يجب ربط الجدران الإنشائية إلى الديافرامات (أحجبة أو بلاطات الأسقف الأفقية) والمساند، وفقاً للفقرة (٧-٤-٦-٤). يتم أخذ تأثير القوى المحسوبة وفق هذا الملحق للكود، على المنشأة ومكوناتها، مساوية للحمل النظري **N** متراكباً مع الأحمال الأخرى، وفقاً للفقرة (٧-٤-٦-٥). عندما تعتمد مقاومة المادة على مدة التحميل، يسمح بأن تكون الأحمال النظرية ذات مدة 10 دقائق. يجب أن تنسجم المنشآت المصممة مع متطلبات الأصناف B، C، D، E، **أو** F، مع متطلبات الفقرات (٧-٤-٦-١)، و (٧-٤-٦-٢)، و (٧-٤-٦-٣)، و (٧-٤-٦-٤)، و (٧-٤-٦-٥)، أدناه.

٧-٤-٦-١- تراكيب الأحمال للأحمال المتكاملة:

(Load Combinations of Intigrity Loads)

يجب تراكب الحمل النظري **N**، الموصوف في الفقرات من (٧-٤-٦-٢) إلى (٧-٤-٦-٥) أدناه، مع الأحمال الميتة والحية وفقاً للآتي:

أ- $1.2\ D + 1.0\ N + 0.2\ S$

ب- $0.9\ D + 1.0\ N$

٧-٤-٦-٢- وصلات مسار الحمل:

يجب أن تكون جميع أجزاء المنشأة، بين الفواصل، مرتبطة مع بعضها لتشكل مساراً مستمراً للجملة المقاومة للقوى العرضية، كما أن الوصلات يجب أن تكون قادرة على نقل القوى العرضية الناتجة عن الأجزاء المرتبطة. يجب أيضاً ربط الجزء الأصغر من المنشأة، إلى بقية المنشأة، بعناصر ذات مقاومة كافية لتحمل قوة لا تقل عن 5% من وزن الجزء ذاته.

٧-٤-٦-٣- القوى العرضية (الأفقية):

يجب أن يتم تحليل المنشأة لتأثيرات القوى العرضية، في كل من الاتجاهين المتعامدين بصورة مستقلة. في كل اتجاه؛ يجب تطبيق القوى الستاتيكية العرضية عند جميع المناسيب بالوقت ذاته. تحسب القوة عند كل منسوب (لغرض التحليل) من العلاقة (ج) كالآتي:

ج- $F_x = 0.01\ w_x$

حيث:

F_x = القوة العرضية التصميمية المطبقة عند الطابق **x**، و:

w_x = الجزء من الحمل الميت الكلي للمنشأة (D) المطبقة (أو المسماة) عند المنسوب **x** .

يجب أن تنسجم المنشآت المصممة للاستقرار، بما فيها تأثيرات الدرجة الثانية، مع متطلبات هذه الفقرة.

٧-٤-٦-٤- الربط مع المساند:

يجب تجهيز ربط إيجابي لمقاومة قوة أفقية تعمل موازية للعنصر، لكل جائز أو جائز شبكي، إما مباشرة للعناصر الساندة له، وإما للبلاطات المصممة لتعمل كديافرامات. عندما تتم الوصلة عبر ديافرام، يجب وصل العنصر الحامل أيضاً إلى الديافرام (البلاطة). يجب أن تكون الوصلة قادرة على مقاومة قوة تساوي 5% من الحمل الميت غير المصعد (الاستثماري) مضافاً له رد فعل الحمل الحي المنقول من العنصر المسنود إلى العنصر الساند.

٧-٤-٦-٥- إرساء الجدران الإنشائية:

يجب إرساء الجدران التي تقاوم الأحمال الشاقولية أو القص العرضي (الأفقي) لجزء من المنشأة إلى السقف وجميع الأرضيات والعناصر التي تقدم السند العرضي (الأفقي- الجانبي) للجدار أو المسنودة بالجدار. يجب أن يوفر الإرساء ربط مباشر بين الجدران والسقف والأرضيات. يجب أن تكون الوصلات قادرة على مقاومة قوة بالمنسوب الأفقي، متعامدة مع مستوي الجدار، تساوي 0.2 مرة وزن الجدار موزعاً.

٧-٥- التناظر والانتظام الأفقيان:

٧-٥-١- عام:

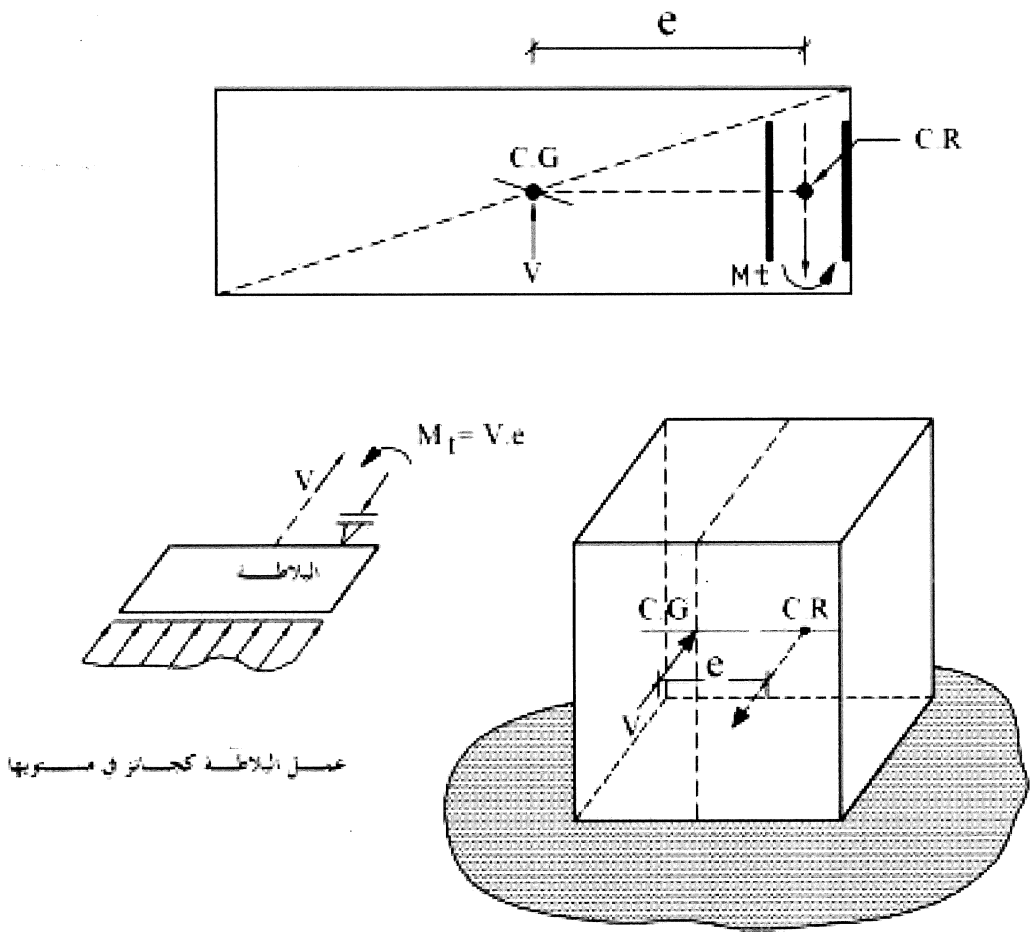
يتعلق سلوك المنشآت القائمة بدرجة انتظام جملتها الإنشائية في المسقط الأفقي وطبيعة ارتباطها مع العناصر غير الإنشائية، مثل عناصر الواجهات والقواطع. ويمكن استعمال العوامل الآتية لتقييم درجة الانتظام كشرح إضافي لما ورد في الأبواب السابقة.

٧-٥-٢- تطابق مركز كتلة المبنى مع مركز قساوته:

(أ) يعرف مركز كتلة كل طابق في المبنى بأنه مركز تطبيق محصلة الأوزان الرأسية (الشاقولية) لهذا الطابق. أما مركز القساوة لهذا الطابق، فإنه يمثل مركز القساوة لعناصر الجملة الإنشائية المقاومة للأحمال الجانبية (الأفقية) في هذا الطابق، وهي النقطة التي إذا طبقت فيها قوة أفقية، يحصل انتقال في هذا الطابق باتجاه القوة، ودون دوران.

مما تقدم يتبين أن انطباق مركز القساوة لطابق مع مركز الكتلة، يؤدي إلى تقليل أثر القوة الزلزالية المطبقة على العناصر الإنشائية المقاومة للأحمال الجانبية إلى حدودها الدنيا، وذلك بإلغاء أثر ظاهرة الفتل. وكلما ابتعد المركزان أحدهما عن الآخر تزداد آثار هذه القوى بسبب اللي (الفتل)، وقد تصل هذه الزيادة إلى أضعاف قيمتها. وهذا ما يفسر لماذا تطلب الاشتراطات

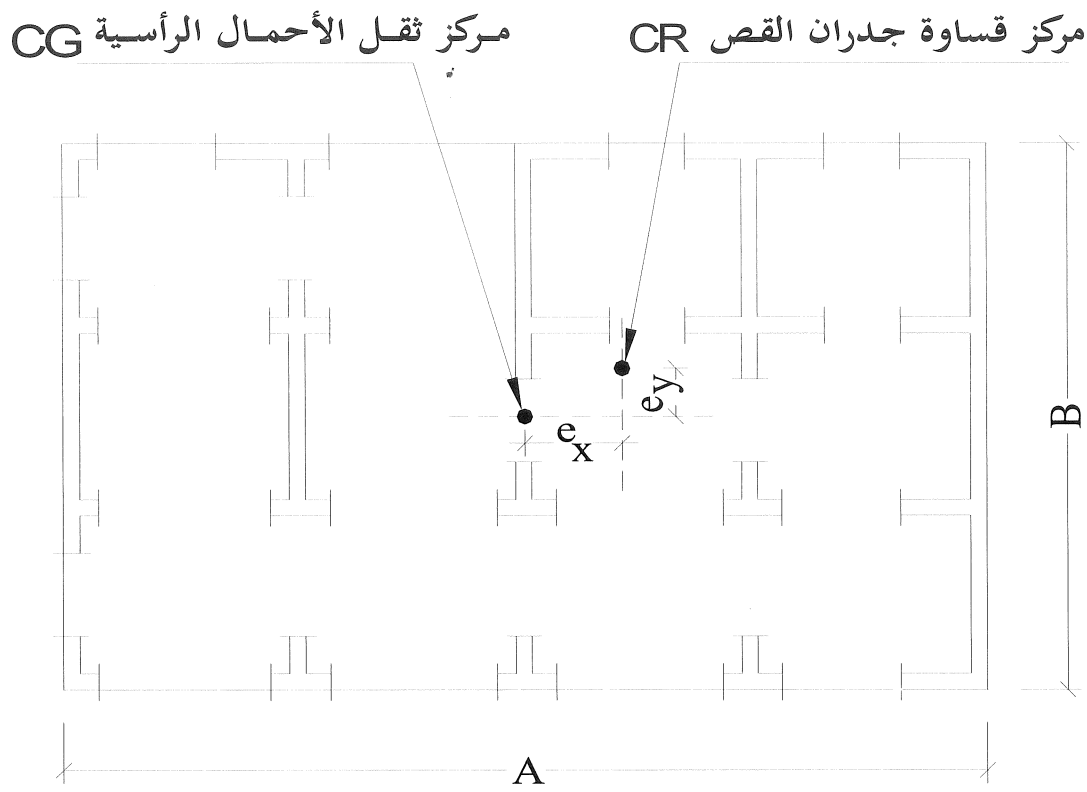
الفنية دائماً اختيار المنشآت المتناظرة في المسقط قدر الإمكان. (يبين الشكل (٧-١٨) نموذجاً لعدم تطابق مركز كتلة المبنى مع مركز قساوته).



الشكل (٧-١٨): عدم تطابق مركز كتلة المبنى مع مركز قساوته

(ب) يعد التناظر الإنشائي محققاً إذا تم التأكد بأن المسافة الأفقية، ما بين مركز ثقل الأحمال الشاقولية الميتة والحية (الإجمالية بما فيها الجدران) **C.G**، ومركز قساوة الجدران الحاملة (والقاصة) في مستوى أفقي يمر بالفتحات كافة **C.R**، في مستوى أفقي يمر بالفتحات كافة، لا تتجاوز (0.05) من بعد الكتلة في كل اتجاه، كما هو موضح بالشكل رقم (٧-١٩)، وعلى أن يدقق هذا الشرط عند كل منسوب تتغير فيه طبيعة العناصر الشاقولية (الرأسية) الحاملة أو توزيعها، مع التذكير بأنه في حالة استعمال الطريقة الاستاتيكية المكافئة او المطورة أو الطريقة الديناميكية، يتم التصميم بإزاحة مراكز الكتل بقيمة ($\pm$ 0.05) من بُعد مسقط المبنى بالاتجاه المعامد للقوة المدروسة.

(ج) إذا كان لا بد من وجود بعض عدم التناظر في المقطع العرضي للجملة المقاومة للقوى الأفقية، فيجب أخذ الفتل الذي سينتج عن ذلك بالحسبان، عند حساب مقاومة الجملة المقاومة للقوى الأفقية.



تحقق شرط التناظر: $e_x \leq 0.05\ A$

$e_y \leq 0.05\ B$

الشكل (٧-١٩): لا مركزية صغيرة للفتل في المسقط الأفقي (شبه متناظر)

٧-٥-٣- إكساء الواجهات وأثره على سلوك المنشأة:

يؤثر إكساء الواجهات الخارجية للمباني على سلوكها عند تعرضها للزلازل كالآتي:

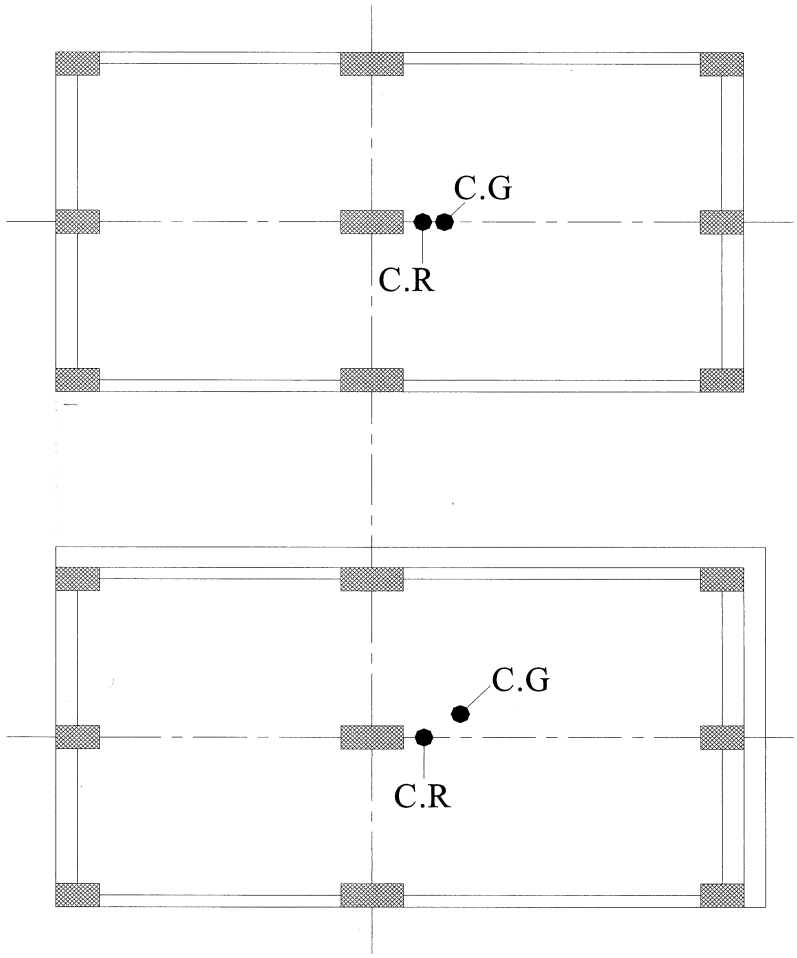
(أ) تؤدي زيادة الأحمال الرأسية (الشاقولية) على المباني إلى زيادة القيمة الإجمالية للأحمال الأفقية الناجمة عن الزلازل.

(ب) إذا كان منفذاً بصورة غير منتظمة على الواجهات، فإنه يؤدي إلى زيادة تأثير أحمال الزلازل على العناصر الإنشائية المقاومة للأحمال، وذلك بسبب زيادة تأثير اللي (الفتل).

(ج) أما إذا كانت الواجهات مرتبطة في التنفيذ مع الجملة الإنشائية للمباني (وخاصة الأعمدة والجوائز)، فإنها تشكل إطارات مملوءة بالجدران، لها صلابة كبيرة نسبياً، تؤدي إلى تغير توزيع

القوى الجانبية على العناصر المقاومة، وبالتالي قد ينجم عنها تصدعات موضعية لم تكن مأخوذة بالحسبان عند التصميم، إلا أنه بعد حصول هذه التصدعات تعود الإطارات المملوءة لتعمل كإطارات مسلحة عادية.

(د) أما إذا كانت الواجهات الخارجية منفذة بصورة ملاصقة لعناصر الهيكل (الإطار)، دون ربط ملائم، فإن انتقالاتها الناجمة عن الزلازل تؤدي إلى حدوث انكسارات هشة ذات طابع انفجاري، وبالتالي إلى زيادة الخسائر البشرية عند حدوث الزلازل (يبين الشكل (٧-٢٠) نموذجاً لأثر الواجهات على سلوك المنشأة).



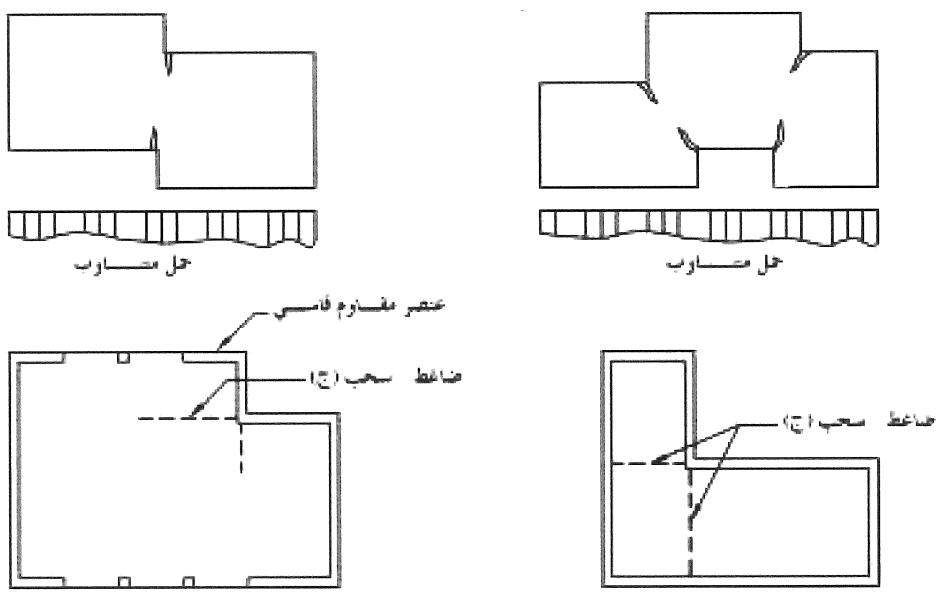
الشكل (٧-٢٠): إكساء الواجهات وأثره على سلوك المنشأة

- تغيير مركز الثقل وإحداث فتل إضافي.
- تغيير قيمة القوة الزلزالية.
- تغيير قساوة العناصر المتصلة مع الإكساء.
- دراسة ترابط الحجر وإمكانية حدوث الانكسارات الفجائية.

٧-٥-٤- وجود زوايا داخلية:

يؤدي وجود زوايا داخلية في المسقط الأفقي للمنشأة إلى تغير مفاجئ في مقطع البلاطة التي تعمل كجوائز أفقية تحت تأثير الزلزال، وبالتالي يتولد تركيز اجهادات في هذه البلاطة عند مناطق التغير.

أما في جدران القص التي تعمل كعناصر إنشائية مقاومة، وبسبب تناوب الأحمال الزلزالية عليها، فإن البلاطة في إحدى الحالتين تكون معلقة بجدار القص، وبالتالي تكون قوى القص المطبقة عليه هي قوة شد (أو ضغط) عالية في حواف البلاطة التي تعمل كجائز أفقي، وبالتالي يتوجب أثناء التنفيذ وضع تسليح شد ملائم لامتصاص هذه القوة المتولدة فيها، أو إضافة عناصر تقوية للبلاطة في هذه الأماكن. لذا تعد الزوايا الداخلية في المسقط الأفقي للمنشأة القائمة نقاط ضعف يتوجب الانتباه إليها ومعالجتها (يبين الشكل (٧-٢١) نموذجاً لهذه الزوايا الداخلية).

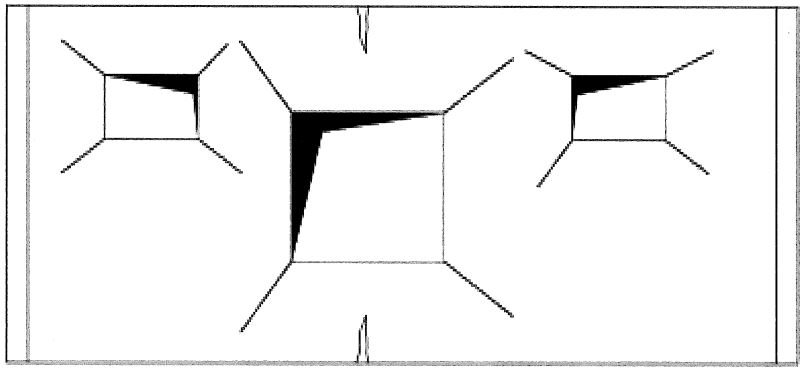


الشكل (٧-٢١): أمثلة عن تأهيل المباني الحاوية زوايا داخلية

٧-٥-٥- وجود انقطاعات مفاجئة (أو فتحات كبيرة) في البلاطات:

تعمل بلاطات السقوف في المنشآت كجائز أفقي مهمته نقل أحمال الزلزال الأفقية إلى الجملة الإنشائية المقاومة للأحمال الجانبية. لذا يجب أن تتحقق هذه السقوف صلابة ملائمة ومقاومة كافية. فإذا كانت في هذه السقوف انقطاعات مفاجئة أو فتحات فإنها تؤثر على كفاءتها وتحدث تركيز اجهادات فيها، وتغير سلوكها العام.

وقد تكون هذه المناطق نقاط ضعف وخلل تؤدي إلى انهيارات موضعية أو أكثر من ذلك. ففي المنشآت القائمة يجب رصد هذه النقاط الحرجة والتحقق منها ثم معالجتها إن تبين لزوم ذلك (يبين الشكل (٧-٢٢) نموذجاً لهذه الانقطاعات أو الفتحات الكبيرة في البلاطات).



الشكل (٧-٢٢): بلاطات فيها فتحات (انقطاعات مفاجئة)

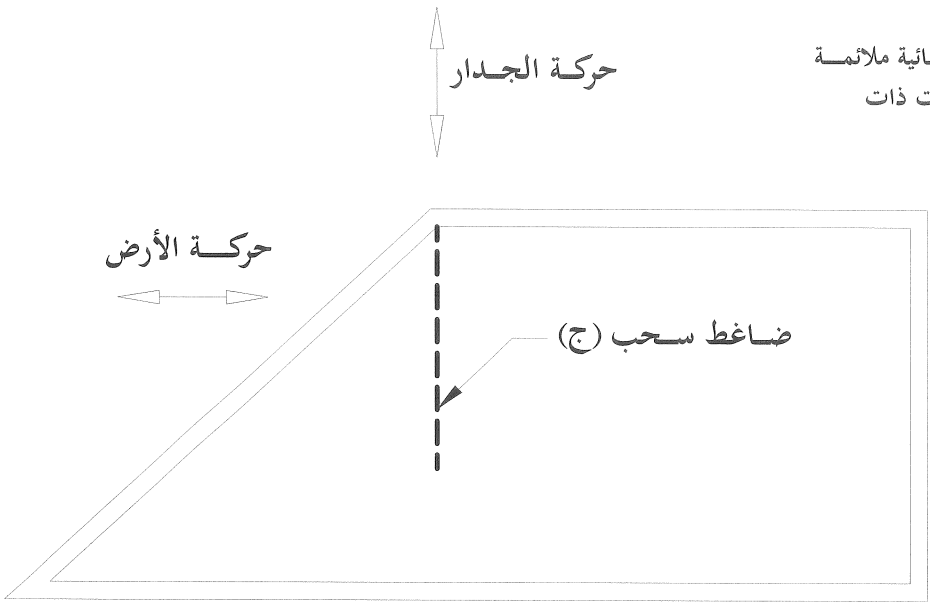
٧-٥-٦- وجود جمل إنشائية مائلة:

إذا كانت المنشآت القائمة منفذة باستعمال الجمل الإنشائية المائلة (في المسقط الأفقي)، أي الجمل التي لا تنطبق محاورها على المحاور الرئيسية للمبنى، أو كانت هذه الجمل مختلطة مع جمل إنشائية متعامدة، فإن القوى الزلزالية المطبقة على المنشأة تولد قوى وعزوماً أكبر من المنشآت المنفذة كجمل إنشائية متعامدة. لذا فإن هذا العامل ذو أثر على تخفيض كفاءة المنشأة لمقاومة الزلازل، ويجب أخذه بالحسبان عند تصميم هذه المنشآت، وإجراء تحقق من أثر هذا العامل في حال المنشآت الراهنة (يبين الشكل (٧-٢٣) نموذجاً لمثل هذه الجمل).

٧-٦- الانتظام الرأسي:

٧-٦-١- عام:

يؤدي عدم الانتظام الرأسي في شكل المبنى سواء بسبب التراجعات في الطوابق العلوية أو البروزات ابتداءً من الطوابق السفلية إلى تركز القوى والإجهادات في مقاطع تغير الصلابات (القساوات)، وبالتالي احتمال حدوث تشققات أو تكسرات جزئية أو كلية، ففي المنشآت المراد تصميمها يجب أخذ هذه الزيادات في القوى بالحسبان. أما في المنشآت القائمة، فيجب التحقق من الأثر السلبي لهذا العامل وإجراء المعالجة في حالة تحقق هذه المقاطع الحرجة. ويبين الشكل (٧-٢٤) نماذج من حالات عدم الانتظام الرأسي.



الشكل (٧-٢٣): مثال عن تأهيل مبنى مائل بالمسقط (غير متوازي)

٧-٦-٢- عدم الانتظام الإنشائي في المقطع الرأسي:

(أ) يفضل عدم استعمال ارتفاعات طابقيه مختلفة بين الطوابق، كما هو موضح بالشكل (٧-٢٤-أ، ب).

(ب) يفضل استمرار العناصر الرأسية في جميع الطوابق، فلا يتوقف أي عنصر في أي طابق سواء بالأعلى أو بالأسفل، كما هو موضح بالشكل (٧-٢٤ج، د)، كما لا يغير أي عنصر موقعه في المسقط الأفقي، وتصل جميع العناصر الرأسية (الشاقولية) للأساسات.

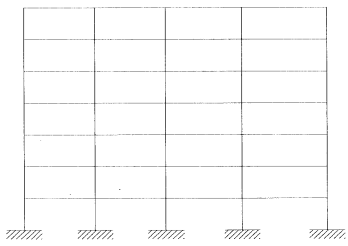
(ج) يفضل أن تكون الأوزان الشاقولية (الرأسية) في الطوابق المختلفة متساوية تقريباً، كما هو موضح بالشكل (٧- ٢٤- و)، ومن غير المفضل أن تكون الأحمال مركزة في الطوابق العليا (كما هو موضح بالشكل (٧-٢٤-هـ)). وإذا كان هناك ضرورة تقتضي أن تزيد أحمال بعض الطوابق على الأخرى، فيجب وضع الأحمال العالية بالطوابق السفلية، ولا يفضل وضعها بالطوابق العلوية.

(د) في حالة الاضطرار لوقف بعض العناصر الرأسية من الاستمرار للأسفل حتى الأساسات، فيجب أخذ الحيطة والحذر باختيار وتصميم جملة النقل المناسبة، التي ستكون جملة إطارية من أعمدة وجوائز، حيث يجري تحميل العناصر الرأسية غير المستمرة للأسفل على الجوائز. ويجب تصميم جملة النقل هذه على القوى الناتجة بالحساب عن أحمال الزلازل بعد تصعيدها بالمعامل Ωo .

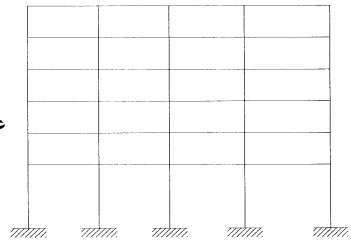
(هـ) يفضل مراعاة الانتظام بوصلات العناصر الرأسية، وأن يتم تجنب التغيرات الفجائية الكبيرة في المقاطع العرضية، مع السماح بالتغيرات الفجائية الصغيرة في المقاطع العرضية بالطوابق المتتالية.

(و) يفضل استعمال الجمل الإنشائية غير المقررة، والتخفيف من استعمال الجمل الإنشائية المقررة، وخاصة الأظفار، كما هو موضح بالشكل رقم (٧-٢٥).

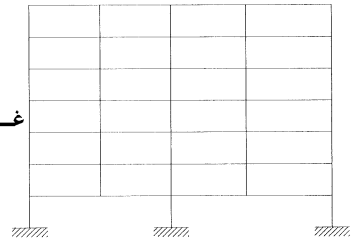
(ز) في حالة الاضطرار إلى استعمال أظفار طويلة، فيجب الأخذ بالحسبان استعمال تسليح ضغط (سفلي) لا يقل عن نصف تسليح الشد، بغض النظر عن الحاجة إليه حسابياً، وكذلك استعمال ارتفاع فعال لا يتعدى 0.85 من الارتفاع الكلي.



أ
مفضل

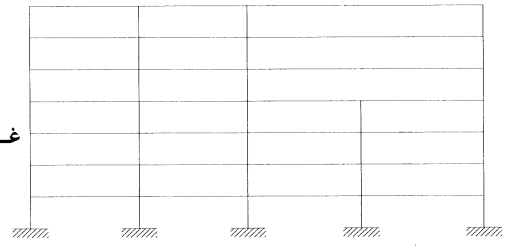


ب
غير مفضل

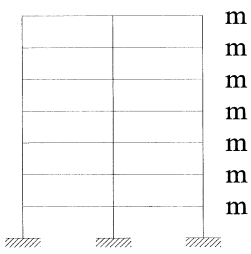


ج
غير مفضل

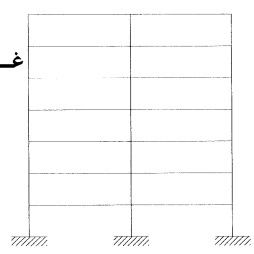
ا – جملة إنشائية مفضلة
ب – أعمدة طويلة عند أحد الطوابق
ج – أعمدة غير مستمرة للأساس
د – أعمدة غير مستمرة للأعلى
هـ – تركيز أوزان كبيرة في بعض الطوابق
و – جملة إنشائية مفضلة



د
غير مفضل

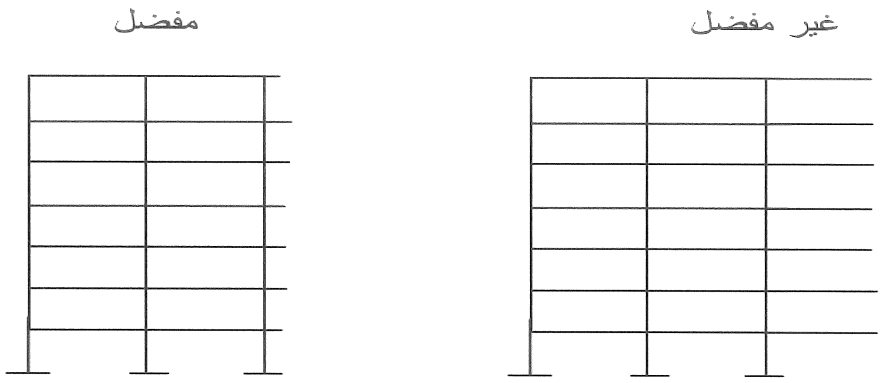


و
مفضل
m
m
m
m
m
m
m



هـ
غير مفضل
m
2m
m
m
m
2m
m

الشكل (٧-٢٤): توضيح لبعض حالات عدم الانتظام الرأسي



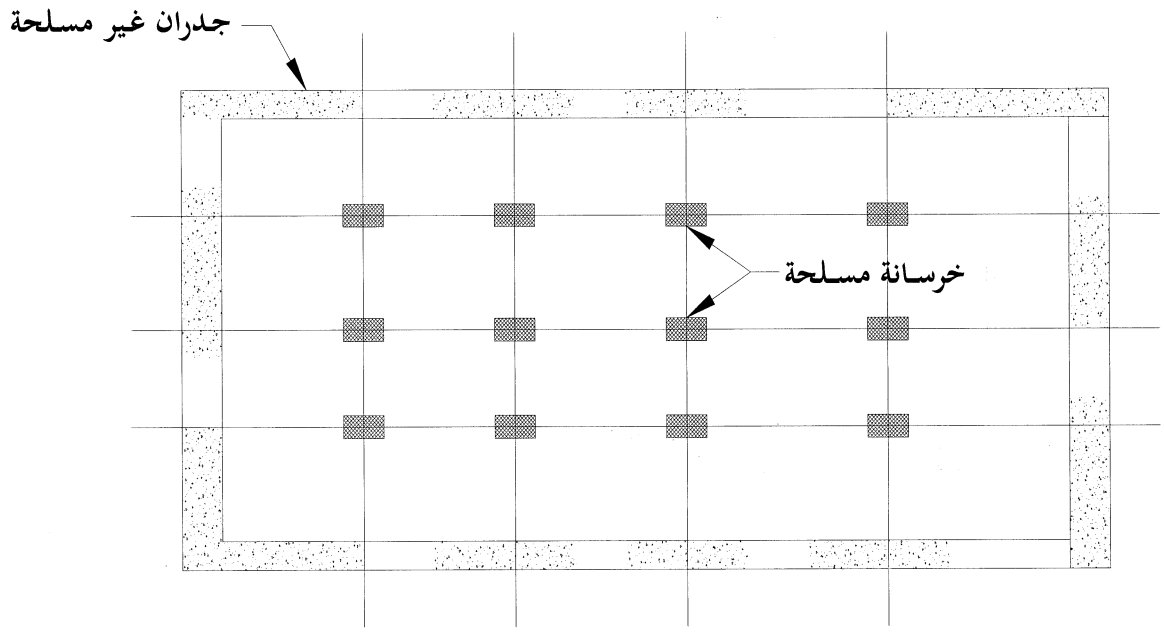
الشكل (٧-٢٥):
الأظفار في المنشآت

ينصح بتجنب الكوابيل (الأظفار) الطويلة ما أمكن

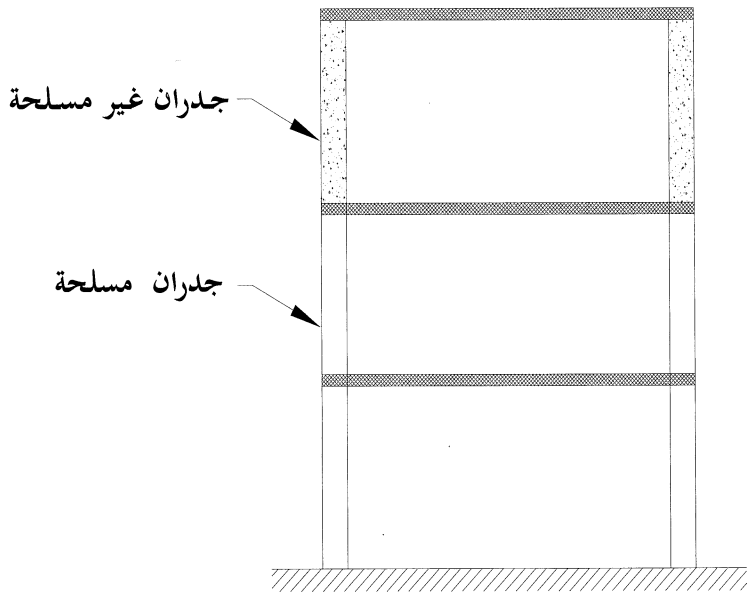
٧-٦-٣- عدم الانتظام في القساوة للطوابق بسبب تغير القساوة (الجساءة) الفعلية للعناصر أو تغير مادة الإنشاء:

يصادف في حالات كثيرة في المنشآت المنفذة أن الفراغ بين أعمدة المنشأة في طابق أو أكثر، منفذ باستعمال الحجر الطبيعي، أو الصناعي مثل الآجر، وأنه مرتبط مع هذه الأعمدة بطرائق مختلفة. فعند تعرض هذه المنشأة إلى زلزال يكون سلوك هذه المنشأة الفعلي مختلفاً عن الحسابي، وذلك بسبب تغير قساوات هذه العناصر، ويحدث تركز قوى في مناطق اختلاف القساوات. لذا من المهم جداً تحديد هذه التغيرات في القساوة وإجراء التحقق من آثارها الجانبية على سلامة المنشأة، وخاصة في المقاطع الحرجة ونقاط الضعف فيها.

ومن ناحية أخرى يصادف كثير من المنشآت القائمة، التي نُفذ فيها طابق أو أكثر من الخرسانة المسلحة، فوق أو تحت طابق أو طوابق أخرى منفذة من مواد إنشاء أخرى (مثل الحجر الطبيعي أو الصناعي)، وينجم عن ذلك تغير مفاجئ في القساوات (الجساءات)، وبالتالي عند تعرض هذه المنشآت إلى زلازل، يحدث تركز القوى والإجهادات في مناطق تغير الجساءات، مما يؤدي إلى تشققات أو تكسرات في هذه المناطق . لذا يتوجب التحقق الحسابي من هذه المناطق، واقتراح حلول المعالجة إن لزم ذلك. (يبين الشكل (٧-٢٦) نماذج لعدم الانتظام في القساوة للطوابق، سواء بسبب تغير القساوة الفعلية للعناصر، أو تغير مادة الإنشاء).



تـأثير إختـلاط الجمـل والمـواد الإنشـائية فـي المسـقط



تـأثير تغـير المـواد الإنشـائية فـي الطوابـق

الشكل (٧-٢٦): أثر تغير المواد الإنشائية في إحداث عدم الانتظام في القساوات

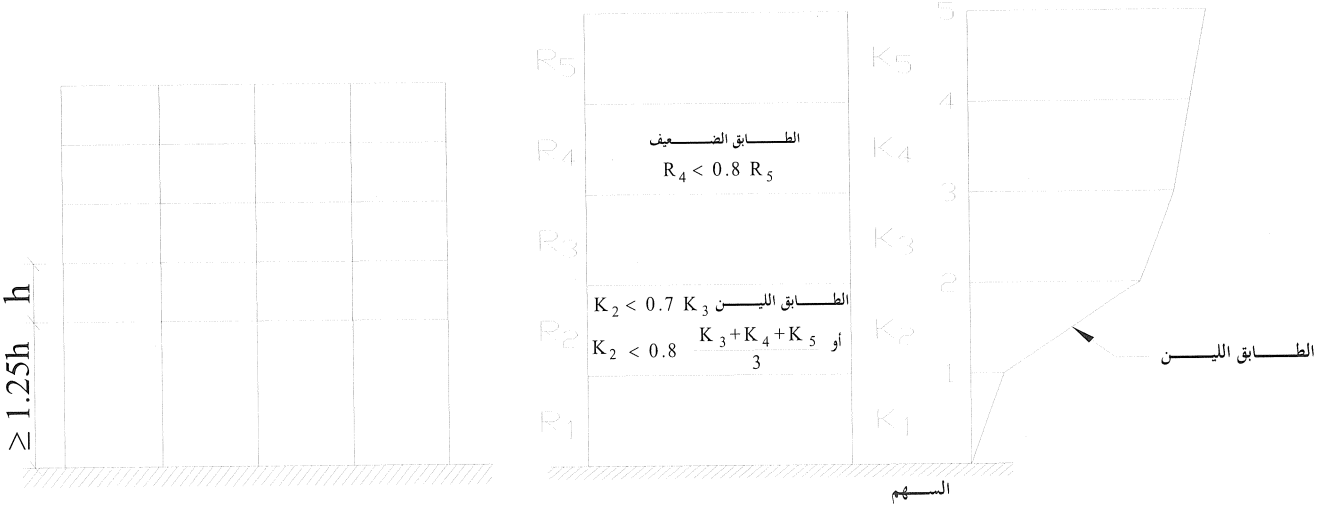
٧-٦-٤- الطابق اللين والطابق الضعيف والطابق الطويل:

يعرف الطابق اللين بأنه الطابق الذي يحدث فيه تغيير مفاجئ في القساوة للعناصر المقاومة للأحمال الجانبية حيث تقل النسبة بين قساوته وقساوة الطابق الذي يعلوه عن 0.7 ، أو عن 80% من معدل القساوة النسبية للطوابق الثلاثة الواقعة فوقه.

ويعرف الطابق الضعيف بأنه الطابق الذي تكون نسبة مقاومة عناصره إلى مقاومة عناصر الطابق الذي يعلوه أقل من 0.8.

أما الطابق الطويل فهو الطابق الذي يزيد ارتفاعه بنسبة لا تقل عن 25% من ارتفاع الطابق المجاور، وبالتالي يتغير سلوك هذا الطابق عند تعرضه إلى زلزال. لذا يتوجب الانتباه إلى الإزاحة الأفقية الناجمة في هذا الطابق والإجهادات المركزة في هذه المناطق الحرجة. وقد يكون الطابق الطويل طابقاً ليناً أيضاً، تبعاً لقساوته النسبية، مقارنة مع قساوات الطوابق التي تعلوه.

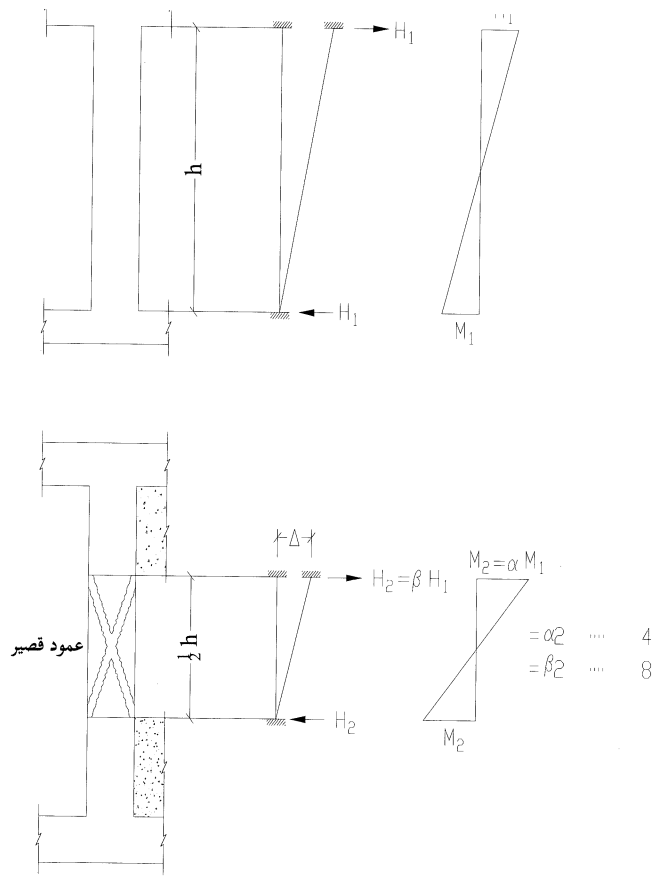
يؤدي الطابق اللين والطابق الضعيف والطابق الطويل إلى تركز القوى والإجهادات في مناطق تغير المقاومات. لذا يجب رصد هذه المناطق في المنشآت القائمة والتحقق منها حسابياً وإجراء المعالجة إن لزم ذلك. (يبين الشكل (٧-٢٧) نماذج للطابق اللين والطابق الضعيف والطابق الطويل). ويحتمل وجود حالات تجتمع فيها في الطابق خاصتان أو أكثر. وينوه إلى احتمال أن يكون الطابق الأخير ليناً أو ضعيفاً أو طويلاً بالمقارنة مع الطابق الواقع تحته.



الشكل (٧-٢٧): الطابق الضعيف والطابق اللين والطابق الطويل

٧-٦-٥- الأعمدة القصيرة:

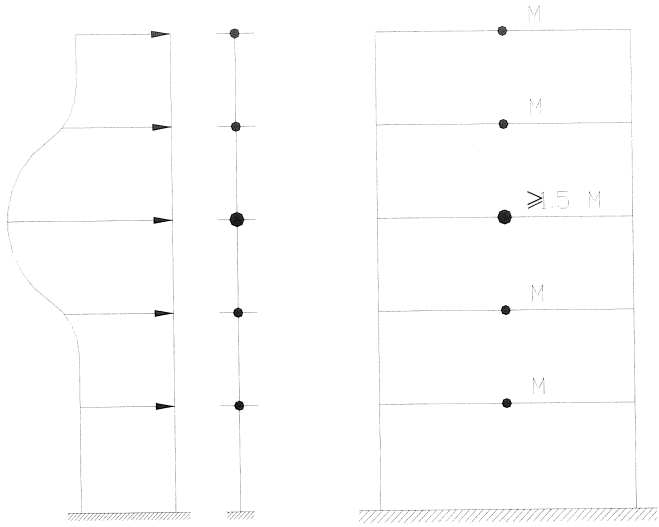
تبرز هذه المسألة في المنشآت القائمة، حيث تكون الأعمدة مصممة باعتماد ارتفاع العمود مساوياً لارتفاع الطابق (الدور). أما في التنفيذ في بعض الحالات، فيتم وصل هذا العمود مع جائز ساقط (كمرة ساقطة) ذي سقوط كبير، أو مع عتبات الأبواب أو النوافذ، فيصبح عندئذ هذا العمود قصيراً، وبالتالي تكون قساوته (جساءته) كبيرة فتتولد فيه قوى قص عالية (ترافقها عزوم انحناء كبيرة نسبياً) غير محسوب عليها، تؤدي إلى كسره بصورة هشة بشكل مائل، وذلك بسبب عدم وجود تسليح عرضي بقيمة مناسبة لمنع هذا الانكسار. لذا يجب التحقق من الإجهادات في المنشآت القائمة من مناطق الأعمدة القصيرة في المنشأة، والعمل على تقويتها في حال عدم كفاية مقاومتها. (يبين الشكل (٧-٢٨) نموذجاً لعمود قصير، والزيادات التي يمكن أن تحصل في العزوم والقوى المؤثرة عليه).



الشكل (٧-٢٨): تأثير تقصير أطوال الأعمدة في زيادة عزوم الانحناء وقوى القص

٧-٦-٦- عدم الانتظام في كتل الطوابق:

يؤدي عدم الانتظام في كتل الطوابق في المنشآت القائمة إلى تركز القوى وتضخمها في بعض الطوابق بقيم كبيرة جداً، وبالتالي إلى حدوث انهيارات موضعية وجزئية في بعض عناصر المنشأة. لذا يتوجب إعادة التحقق من المنشأة باستعمال الطرائق الديناميكية، والعمل على إعادة تأهيل المناطق الحرجة لهذه المنشأة والتي يتبين أنها خطرة في الحساب (يبين الشكل (٧-٢٩) نموذجاً لمنشأة فيها عدم انتظام في كتل طوابقها) .



الشكل (٧-٢٩): عدم الانتظام الرأسي (الشاقولي) في كتل الطوابق

٧-٦-٧- وجود انقطاع في العناصر الحاملة الرأسية (الشاقولية):

يفضل أن تكون الجمل الإنشائية المقاومة للأحمال الرأسية والأفقية مستمرة من الأعلى وحتى الأساسات، دون أي انقطاع أو تغيير مفاجئ. وإذا تم هذا الانقطاع، فإنه يشكل نقطة ضعف في الجملة يتوجب الانتباه لها والتحقق من هذه المناطق الحرجة حسابياً والعمل على معالجتها، وإعادة تأهيلها إذا تبينت خطورتها.

يذكر من الانقطاعات التي تصادف في الجمل الإنشائية ما يلي:

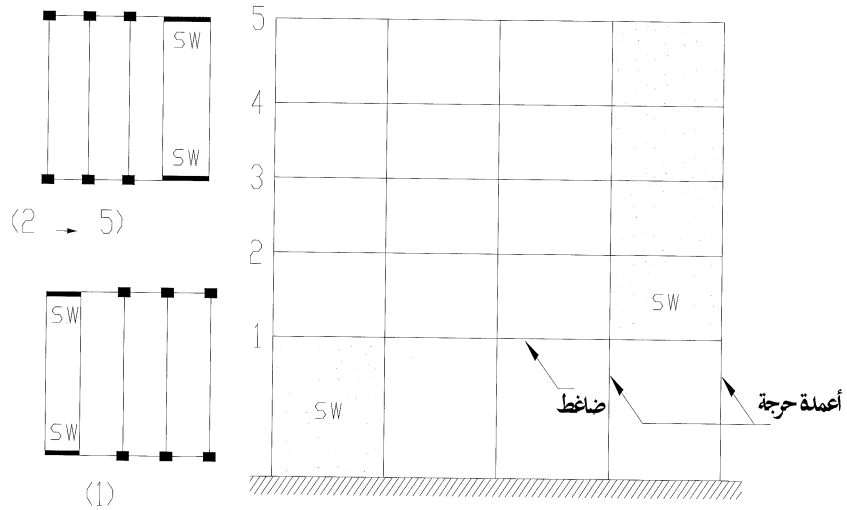
(أ) عدم استمرار جدران القص، واستعمال جمل نقل للأحمال في منطقة الانقطاع.

(ب) عدم استمرار جدران القص في الطوابق العليا.

(ج) التغيير المفاجئ في أطوال جدران القص.

(د) تغيّر مسار جدران القص في الطوابق السفلية.

يجب رصد نقاط الضعف في هذه في المنشآت الراهنة وتحقيقها، واعتماد حلول إعادة التأهيل لها إن لزم. (يبين الشكل (٧-٣٠) نموذجاً لهذه الانقطاعات في العناصر الحاملة الرأسية)).

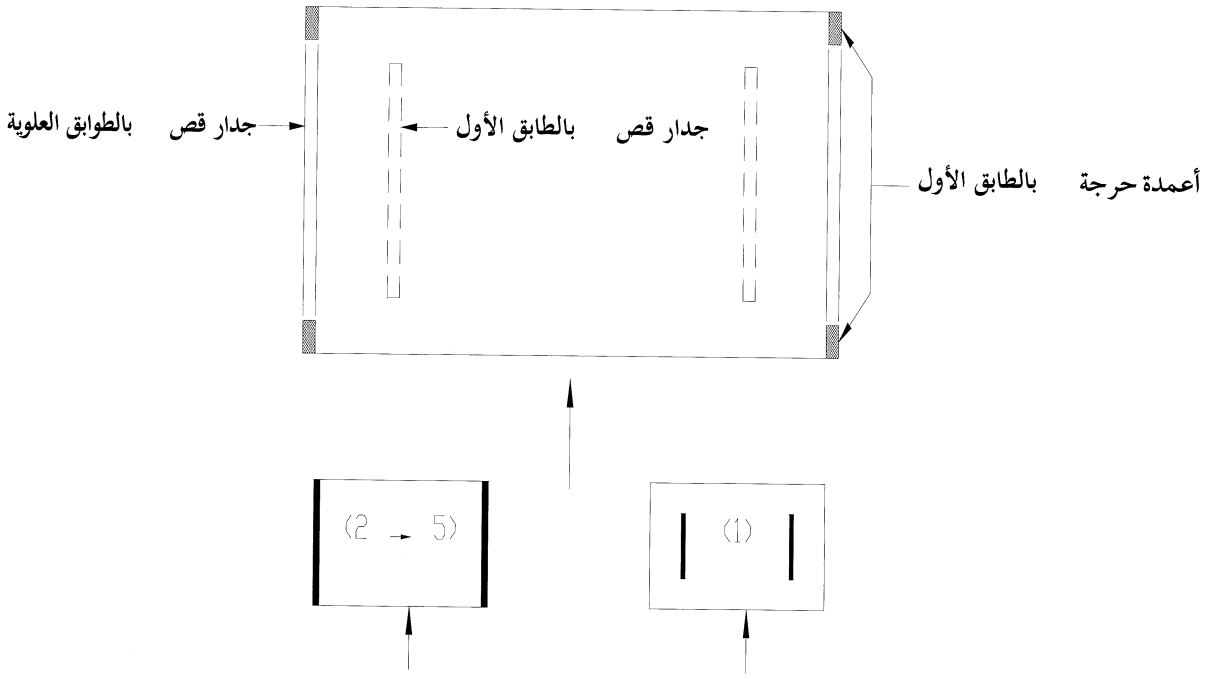


(أ) الانقطاع في المستوي ذاته

يجب التحقق مما يلي: -مقاومة الأعمدة في منطقة الانقطاع .

-قوى القص الزائدة في منطقة الانقطاع .

– احتمال نقص في مقاومة الشداد أو بلاطة منسوب التغيير .



(ب) الانقطاع خارج المستوي

الشكل (٧-٣٠): وجود انقطاع في العناصر الرأسية (الشاقولية) المقاومة

٧-٧- مسارات الأحمال:

يعتمد التصميم السليم للمنشآت على وجود مسارات مناسبة لنقل جميع الأحمال المطبقة على المنشأة، وبكفاءة عالية، وعلى الشكل الوارد في البنود الآتية.

٧-٧-١- مسارات الأحمال الشاقولية (الرأسية):

يجب أن يكون استمرار جميع العناصر القادرة على مقاومة الأحمال الرأسية دون انقطاع. ويفضل، إذا كان بالإمكان، في حال انكسار أحد العناصر أن يكون هناك مسار آخر احتياطي قادر على نقل الأحمال الرأسية التي كانت مطبقة على العنصر المكسور بصورة مؤقتة ريثما يعالج هذا الخلل الناجم عن التكسر.

٧-٧-٢- مسارات الأحمال الأفقية:

تنقل الأحمال الجانبية الناجمة عن الزلزال أو الرياح عن طريق البلاطات في كل طابق، والتي تعمل كجائز أفقي يستند على الجمل الإنشائية الحاملة المقاومة للأحمال الجانبية (الأفقية)، والمكونة من جملة أو أكثر من الجمل الآتية:

(أ) الجملة الإطارية.

(ب) الجملة من جدران القص.

(ج) الجملة التفاعلية (أو المختلطة)، بما فيها الثنائية (جدران قص مع إطارات عزمية تقاوم 25% على الأقل من القوى الأفقية).

تقوم كل جملة بنقل الأحمال المطبقة عليها إلى العناصر الإنشائية المكونة لها، وبالنهاية إلى الأساسات، وبعدها إلى تربة التأسيس بأمانٍ كافٍ.

يجب أن تتوفر في المنشأة بعض الجمل الإنشائية المقاومة للزلازل في كل من الاتجاهين، ويفضل أن يكونا باتجاهي المحورين الرئيسين للمنشأة.

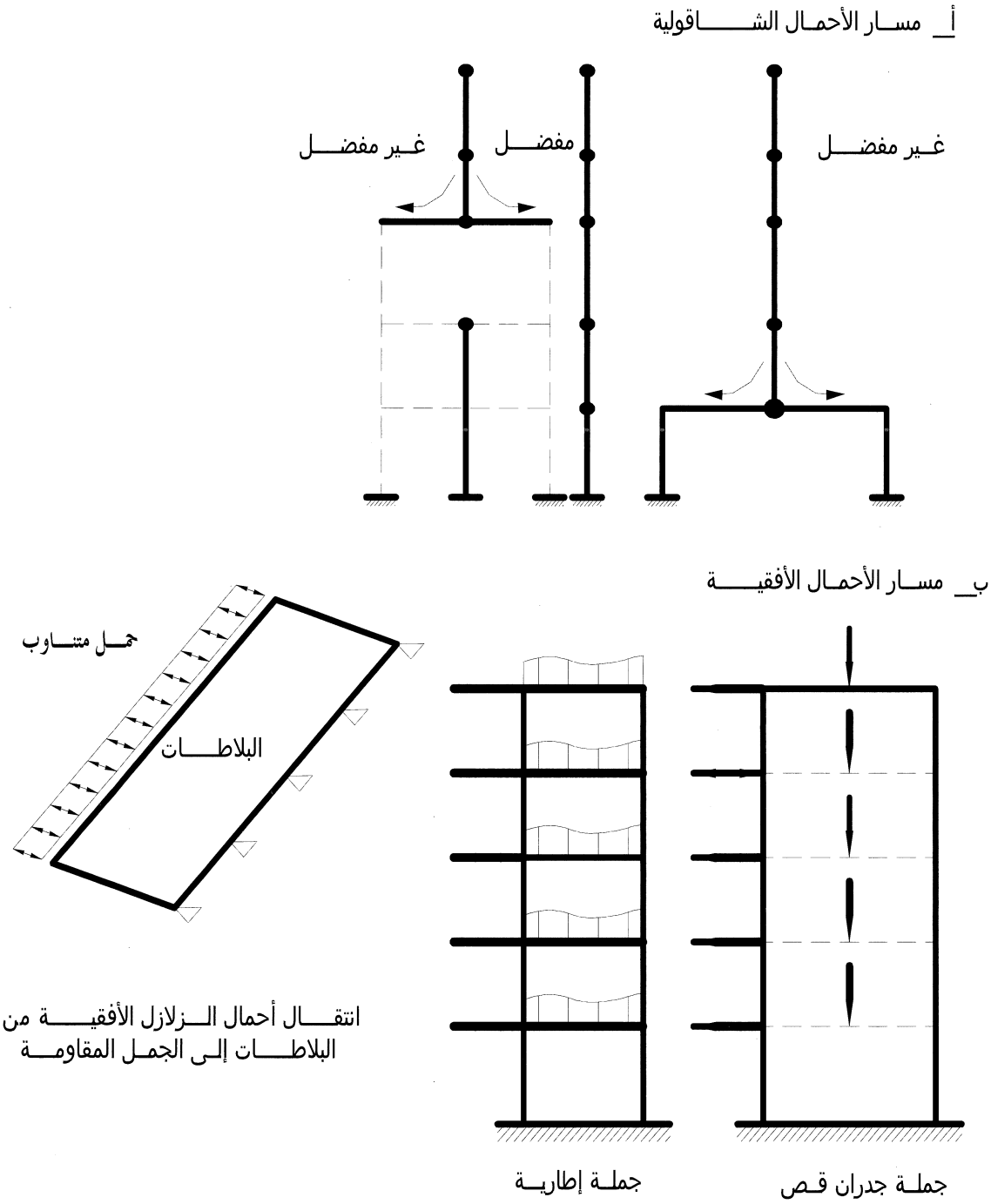
يفضل أن تُحقق كل جملة أكبر درجة من المقاومة مترافقة مع الترابط المطلوب بين العناصر الإنشائية للجملة، والعناصر غير الإنشائية، بدرجة عالية من الممطولية (المطاوعة) لمنع أي احتمال لانهيار مفاجئ وهش، لتحقيق الأمان طيلة فترة الزلزال.

إن زيادة درجة عدم التقرير في الجملة يؤدي إلى زيادة درجة الاحتياط في المقاومة والممطولية (المطاوعة) على السواء.

يفضل الابتعاد عن أي تغيير مفاجئ في الجملة الإنشائية.

يعد المسار المناسب للأحمال الرأسية (الشاقولية) والمسار المناسب للأحمال الجانبية (الأفقية)، أهم عامل يجب التأكد من وجوده في المنشآت القائمة، وفي حال عدم توفر أحدهما تعد المنشأة

خطرة، وتحتاج إلى تقوية بأسرع وقت ممكن. (يبين الشكل (٧-٣١) نماذج لمسار الأحمال في المنشآت).



الشكل (٧-٣١): مسار الأحمال في المنشآت

٧-٨- العناصر الظفرية:

تستعمل العناصر الظفرية في حالات كثيرة كجمل إنشائية حاملة. ولما كانت هذه الجملة غير مفضلة، لأنها مقررة، وكل زيادة على الأحمال القصوى تؤدي الى انهيارها، ففي المنشآت المراد تصميمها، يتوجب الاعتناء بتنفيذ هذه العناصر عن طريق تحقيق الاشتراطات الآتية:

(أ) الابتعاد قدر الإمكان عن استعمال الأظفار الطويلة.

(ب) استعمال التسليح في مناطق الضغط بما يحقق اشتراطات الكود.

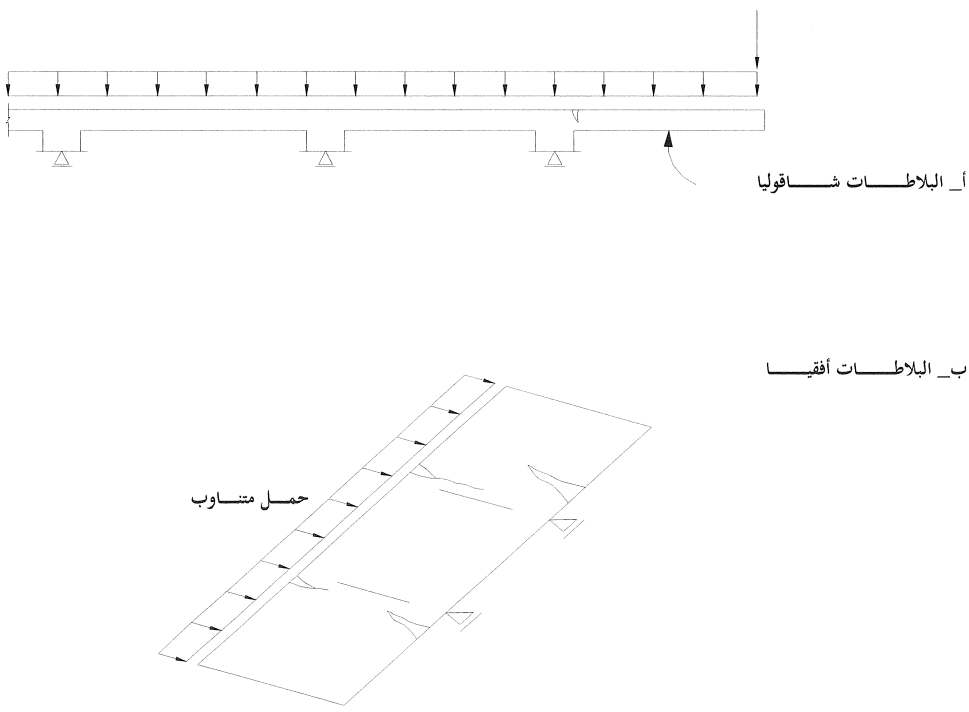
(ج) عدم زيادة الفرق بين التسليحين المشدود والمضغوط على نصف التسليح التوازني.

(د) الاعتناء بجودة التنفيذ لمثل هذه العناصر.

(هـ) ربط عناصر الإكساء والقواطع الواقعة على هذه العناصر بصورة جيدة مع العناصر الإنشائية الأخرى.

(و) اعتماد مسارات أخرى إضافية لنقل أحمال الأظفار، إن أمكن، وذلك لتجنب تعرضها إلى انهيارات عند حدوث زلزال.

أما في المنشآت القائمة، فإن عدم تطبيق الاشتراطات المبينة أعلاه يؤدي إلى كون العناصر الظفرية نقاط ضعف في المنشأة يجب التحقق من سلامتها حسابياً، والعمل على تدعيمها إذا ثبت لزوم ذلك. (يبين الشكل(٧-٣٢) نماذج للعناصر الظفرية التي تصادف في المنشآت).



الشكل (٧-٣٢): نماذج للعناصر الظفرية (الكابولية) التي تصادف في المنشآت

٧-٩- اشتراطات المباني والمنشآت المقاومة لأحمال الزلازل:

٧-٩-١- أنواع جمل المباني والمنشآت المقاومة لأحمال الزلازل:

يمكن مقاومة أحمال الزلازل (والأحمال الأفقية بصورة عامة) بعدد من الجمل الإنشائية. من هذه الجمل الإنشائية يمكن ذكر الجمل الآتية:

(أ) جملة الإطار العزمي:

وتتألف هذه الجملة من أعمدة وجوائز متصلة مع بعضها بوصلات صلبة (rigid joints)، أي وصلات تتحمل عزوم الانحناء. وتنفذ هذه الجملة من مادة الفولاذ أو من مادة الخرسانة المسلحة. ويجب أن يكون إطار الخرسانة المسلحة ذي ممطولية (ductile) لتأمين تشوهات كبيرة قبل الانهيار، يبدد من طاقة الزلزال ويجعل الانهيار (في حال حدوثه) أميناً.

(ب) جملة الجدار:

وتتألف هذه الجملة من جدران حاملة رأسية. يمكن أن تنفذ هذه الجدران من أحجار مبنية (أو من مواد غير مسلحة بصورة عامة)، ويكون اتصال الجدار مع السقف بهذه الحالة بوصلات مفصلية (hinged joints)، كما يمكن أن تنفذ هذه الجدران الحاملة من الخرسانة المسلحة، ويكون اتصال الجدار مع السقف بهذه الحالة بوصلات صلبة، ويسمى الجدار في هذه الحالة بجدار قص shear wall (ويكون حاملاً أيضاً).

(ج) الجمل التفاعلية (أو المختلطة) من الإطارات العزمية وجدران القص:

تضم هذه الجمل مجموعة من الإطارات العزمية ومجموعة أخرى من جدران القص تتشارك معاً في مقاومة الأحمال الأفقية بنسب قساواتها.

(د) جملة الإطار المكتف:

تنفذ هذه الجملة بصورة خاصة من مادة الفولاذ حيث يتم تكتيف الجملة الإطارية بعناصر ملائمة يتم بعدها تحويل الإطار إلى ما يشبه الجملون. كما يمكن تنفيذها من الخرسانة المسلحة.

(هـ) جملة المنشآت المسبقة الصنع:

تتكون هذه الجملة بصورة خاصة من ألواح بشكل جدران حاملة، وألواح أخرى توضع أفقية وتعمل كبلاطات، وتُنفذ هذه الجملة عادة من الخرسانة المسلحة مسبقة الصنع. يكون الإتصال بين الألواح الجدارية وألواح البلاطات في هذه الجمل بعقدات (وصلات) مفصلية عملياً، أي لا تتحمل عزوم الانحناء. وتدرس الجدران الحاملة في هذه المنشآت لمقاومة عزوم الانحناء كجدران قص ظفرية (كابولية) تعمل بصورة رأسية، مع شرط أن لا تحصل بها أية اجهادات شدة في أي مقطع، أي يجب أن تكون محصلة الاجهادات الناتجة عن القوى المحورية وعزوم الانحناء، اجهادات ضغط في جميع نقط الجدار الحامل، في الاتجاهين الرأسي والأفقي.

٧-٩-٢- اشتراطات المباني التي ستقاوم الأحمال الأفقية بالجملة الإطارية (أعمدة وجيزان مع وصلات صلدة):

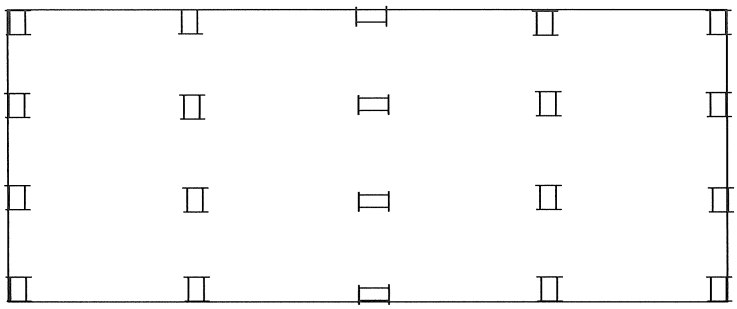
(أ) عام:

١) يفضل ألا يزيد ارتفاع المبنى الخرساني المسلح على (7) سبعة طوابق بما فيها طوابق الأقبية (أدوار البدرومات) في حال وجودها.

٢) يجب أن تقع مجموعة الأعمدة التي ستشكل الإطار على خط مستقيم واحد.

٣) يجب أن تتشكل الإطارات وفقاً للشرط السابق في الاتجاهين.

٤) يفضل استعمال تباعدات متكررة بين الأعمدة (استعمال الموديول) كما هو موضح بالشكل رقم (٧-٣٣).



الشكل (٧-٣٣): التوضع المناسب للأعمدة في الجمل الإطارية المقاومة للزلازل

(ب) الإطارات المطاوعة (الممطولية) من الخرسانة المسلحة:

يراعى ما ورد في هذا الخصوص، من حيث متطلبات التصميم وتفاصيل التسليح في الكود الأساس (الكود العربي السوري لتصميم وتنفيذ المنشآت الخرسانية المسلحة).

(ج) الأعمدة:

١) تصميم الأعمدة: يحظر تصميم الأعمدة بافتراض حدوث مفاصل لدنه (بلاستيكية) فيها.

٢) التوصيل: يتم التوصيل بين الأعمدة والوصلات أو الجوائز بشكل يضمن انتقال عزوم الانحناء بينها حسب متطلبات الكود الأساس. وللأعمدة من الخرسانة المسلحة، يتم تثبيت قضبان التسليح في الجيزان أو العقد (الوصلات) لضمان متانة التوصيل.

٣) أساور الأعمدة من الخرسانة المسلحة: تكون أساور الأعمدة الخرسانية مغلقة. وتستعمل الأساور الدائرية مع شناكل للأعمدة الدائرية، علماً بأنه يمكن استعمال الأساور الحلزونية لزيادة المقاومة.

٤) أعمدة الإطارات المطاوعة (الممطولية): تصمم أعمدة الإطارات المطاوعة بالالتزام الكلي بكافة المتطلبات المنصوص عليها في الكود الأساس.

(د) البلاطات الأفقية (الديافرامات):

١) **القساوة:** تكون البلاطات الأفقية (التي تعمل كديافرامات) قاسية ضمن مستواها، وقادرة على نقل القوى الأفقية الى عناصر التكتيف الرأسية، من دون تعرضها الى تشوهات كبيرة.

٢) **جيزان الربط:** تكون لبلاطات محاطة بجيزان ربط قادرة على مقاومة قوى شد أو ضغط لا تقل عن (50) كيلو نيوتن، وحسب معاملات الأمان ومتطلبات الثبات والاستقرار المنصوص عليها في الكود الأساس، مع العناية الخاصة في تثبيت قضبان التسليح عند الزوايا.

٣) **نقل القوى ضمن البلاطات:** في حالة وجود تغيير مفاجئ في عناصر التكتيف الرأسية، كالانتقال في قساوة الأعمدة أو الجدران، ينبغي ضمان انتقال القوى ضمن البلاطات، وبالذات عند منسوب هذا التغيير. ويتعين أن تكون جيزان (كمرات) الربط المحيطة بتلك الوصلات، قادرة على مقاومة قوى شد أو ضغط لا تقل عن (100) كيلو نيوتن، وحسب معاملات الأمان المنصوص عليها في الكود الأساس .

٤) **الربط بين البلاطات وعناصر التكتيف الرأسية:** ينبغي ضمان الحصول على وصلات متينة بين البلاطات وعناصر التكتيف الرأسية. يكون ذلك بتثبيت قضبان تسليح البلاطات (بما فيها الجوائز) في عناصر التكتيف (التربيط) الراسية.

٧-٩-٣- اشتراطات المباني التي ستقاوم الأحمال الأفقية بمساهمة رئيسية لجدران القص:

(أ) عام:

١) يفضل ألا يقل عدد جدران القص بالاتجاه الواحد عن جدارين غير واقعين على استقامة واحدة ويكونان متناظرين ما أمكن.

٢) يكون طول جدار القص المناسب لمقاومة القوى الأفقية من مرتبة لا تقل عما ورد في البند (٧-٥-٢) من الكود الأساس.

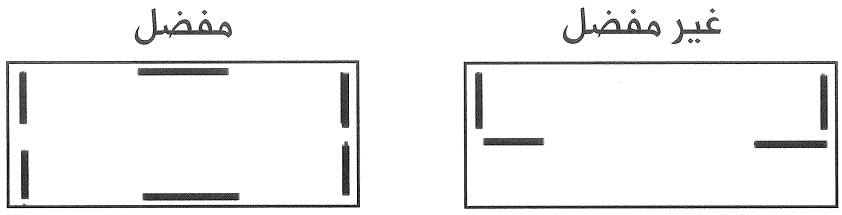
٣) أول جدران مفضلة للعمل كجدران قص هي جدران بيت الدرج وجدران المصعد. وفي حالة كون هذه الجدران غير مركزية، فسينتج عن وضعها عدم تناظر، مما يستتبع ضرورة وضع جدران أخرى تعيد التناظر ما أمكن لجملة المبنى.

٤) يفضل أن توزع مواقع جدران القص في المسقط الأفقي بحيث يتحقق ما يلي:

- قساوة مناسبة لمقاومة القوى الأفقية للاتجاهين.
- تخفيف الفتل في المسقط الأفقي.
- تجنب حدوث قوى حرارية كبيرة نتيجة لمنع الأسقف من التمدد والتقلص.

٥) يتم تحقيق الشرط الأول من (أ-٤) أعلاه بوضع عددٍ كافٍ من الجدران، وبأطوال مناسبة وفي الاتجاهين. أما الشرط الثاني فيتحقق بوضع الجدران بمكان قريب من المحيط وبصورة

متناظرة. وأما الشرط الثالث فيلزم لتحقيقه عدم وضع جدران رأسية ذات قساوة كبيرة في طرفي المبنى تمنع تقلص أو تمدد أسقف المبنى أفقياً، لذلك توضع الجدران بطرفي طول المبنى موازية للضلع القصير أما الجدران الموازية للضلع الطويل فتوضع بمنطقة وسط المبنى كما هو موضح بالشكل رقم (٧-٣٤).



الشكل (٧-٣٤): المواقع المناسبة لجدران القص في المسقط لمقاومة قوى الزلازل

٦) يمكن أن تحوي جملة جدران القص بعض الإطارات التي تُؤخذ مساهماتها بالحسبان في التصميم، كما يمكن إهمال مساهمتها في مقاومة القوى الأفقية (إذا كانت صغيرة) شريطة أخذ الترتيبات الإنشائية الواردة في هذا الملحق وفي الفصل (٧-١١) من الكود الأساس.

(ب) جدران القص من الخرسانة المسلحة المصبوبة في الموقع:

١) **التصميم:** يتم تصميم هذه الجدران حسب ما ورد في (الكود الأساس) وفي هذا الملحق، مع مراعاة أن لا يقل التسليح في كل حافة رأسية عما هو مطلوب لمقاومة قوة شد رأسية تساوي خمسة بالمائة من قوة الضغط المؤثرة على كامل الجدار في ذلك المنسوب.

٢) **التسليح حول الفتحات:** يجب ألا يقل التسليح حول الفتحات في جدران القص عن قضيبي تسليح قطر الواحد منهما (12) ميليمتر. ويفضل أيضاً تزويد زوايا الفتحات بتسليح مائل بزاوية قدرها (45) درجة، راجع التفاصيل الواردة في الكود الأساس.

٣) **جدران (حوائط) القص المترابطة (Coupled Shear Walls):** تصمم جدران القص المترابطة والجوائز التي تربطها باستعمال تراكب القوى حسب البند (٣-١٢-٢)، مع مراعاة متطلبات المطاوعة (الممطولية) لتلك الجوائز. وفي حال الحاجة لتسليح قص مائل لهذه الجوائز (حسب متطلبات الكود الأساس)، فيجب أن يؤخذ بشكل متصالب، مع تأمين طول تثبيت مناسب عند النهايتين. أما الجوائز الموصلة بين جدران القص، غير المحسوبة كجوائز ربط لجدران مترابطة، فتصمم بشكل عادي على ألا تقل نسبة التسليح المقاوم للشد فيها عن (0.004) أربعة بالألف، ولا تزيد المسافة بين أساورها (كاناتها) على (200) ميليمتر.

٤) **ربط البلاطات (مع جوائزها) بجدران (بحوائط) القص:** يكون الربط بين البلاطات (وجوائزها) وجدران القص مستمراً. وتكون قضبان تسليح البلاطات (مع جوائزها)، مثبتة في الجدران تثبيتاً كاملاً حسب متطلبات الكود الأساس وهذا الملحق (٢) .

(ج) جدران القص من الخرسانة السابقة الصب:

يراعى ما هو وارد في البند (٧-٩-٧).

(د) تثبيت الجدران الحجرية أو الخرسانية غير المسلحة:

يجب أن يتم تثبيت (Anchor) الجدران الخرسانية غير المسلحة أو الحجرية عند جميع الطوابق وعند السطح لضمان وجود الاستناد الجانبي لهذه الجدران وفق متطلبات الكود العربي السوري للجدران الحاملة غير المسلحة في المباني. يجب أن يضمن التثبيت اتصال قوي ومباشر بين الجدار والسقف والطوابق، وبحيث يكون مقاوماً للقوى الأفقية الأعظمية الناتجة عن الزلازل. وإضافة لذلك يجب استعمال عناصر مدفونة، مثبتة ومعكوفة حول قضبان التسليح، أو مثبتة بطريقة أخرى، لضمان نقل القوى إلى قضبان التسليح.

٧-٩-٤- اشتراطات المباني التي ستقاوم الأحمال الأفقية بالجملة التفاعلية (أو المختلطة):

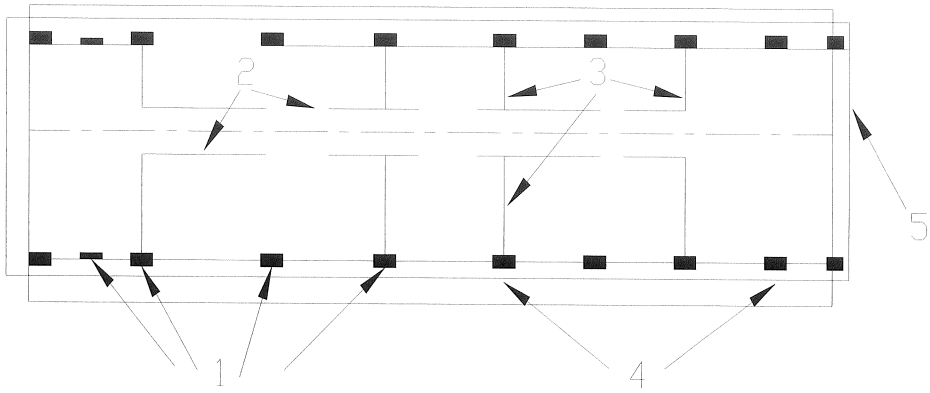
(أ) يقصد بالجملة التفاعلية (أو المختلطة) الجملة التي تشترك فيها جدران القص مع الإطارات العزمية (الأعمدة والجوائز) المتوسطة أو الخاصة، في مقاومة القوى الأفقية كما هو موضح بالشكل رقم (٧-٣٥). وينصح باستعمال هذه الجملة في حالة المباني الخرسانية المسلحة بغض النظر عن عدد الطوابق. تسمى الجملة التفاعلية (أو المختلطة) جملة ثنائية إذا كانت مساهمة الإطارات العزمية في مقاومة الأحمال الأفقية لا تقل عن 25% من قوة القص القاعدي. وينصح باستعمال هذه الجملة في حالة المباني الخرسانية المسلحة، بغض النظر عن عدد الطوابق. وتجدر الإشارة إلى الجدولين (٤-١) و (٤-٢)، اللذين يتيحان المجال لاستعمال جملة تفاعلية (أو مختلطة) من إطارات عزمية وجدران قص، ولا يشترط في هذه الجملة تصميم الإطارات لتحمل 25% من قوة القص القاعدي.

(ب) ينصح باستعمال جدارين من الخرسانة المسلحة لبيت الدرج، بغض النظر عن عدد طوابق المبنى، وبذلك تُصبح جملة المبنى المقاومة للقوى الأفقية جملة مختلطة (أو تفاعلية). إذا لم يكن جدارا الدرج في مركز المبنى، فإنهما سيكونان غير متناظرين، وبذلك يلزم إضافة جدار آخر أو أكثر لتأمين التناظر أو لتخفيف اللا مركزية في مركز القساوة للجدران المقاومة للقوى الأفقية.

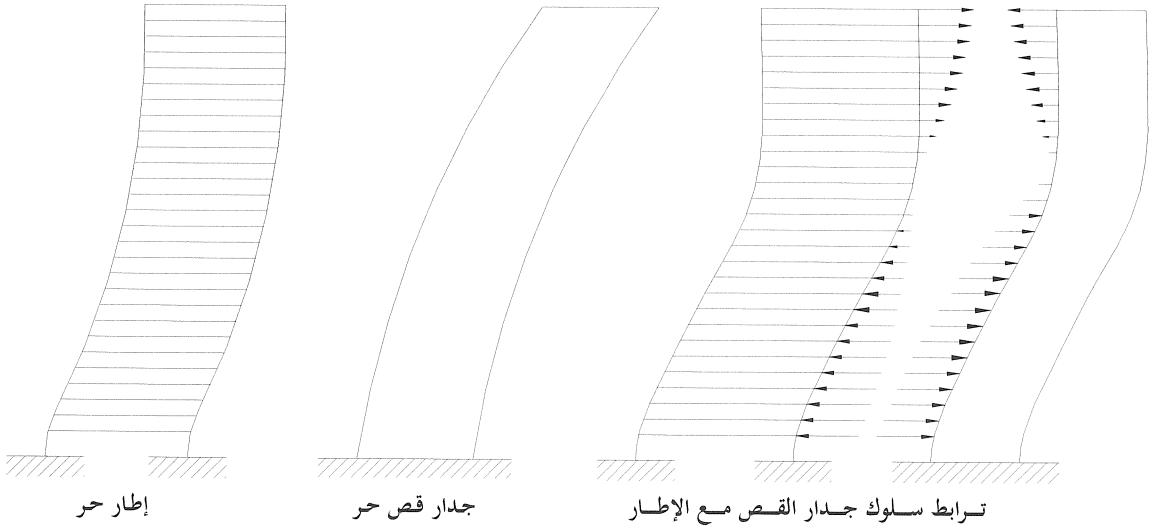
(ج) من المفيد الإشارة لكيفية العمل الإنشائي المشترك بين جدران القص والإطارات العزمية، والموضح بالشكل رقم (٧-٣٦)، حيث أن هناك اختلاف في خواص السهم الأفقي بين الإطارات العزمية وجدران القص، لذلك فالإطارات ستحاول شد جدران القص في أعلى المبنى بينما ستحاول دفعها في أسفله. اعتمادا على ذلك، فسيساهم الإطار في مقاومة القص في الجزء

العلوي من المبنى (مما يعني ضرورة زيادة أبعاد المقاطع العرضية للأعمدة في هذا الجزء عما تتطلبه الأحمال الرأسية)، بينما ستحمل جدران القص معظم قوى القص في الجزء الأسفل من المبنى لأن الإطارات لا تستطيع تحمل قوى أفقية كبيرة.

1 أعمدة الإطارات
2 جدران قص بالاتجاه الطويل
3 جدران قص بالاتجاه القصير
4 جدران خارجية تربط الإطارات
5 جدران طرفية معلقة



الشكل (٧-٣٥): الجملة المختلطة من إطارات عزمية وجدران قص لمبنى عالي



الشكل (٧-٣٦): سلوك الإطار الحر والجدار الحر وترابط (تفاعل) سلوك الجدار مع الإطار

٧-٩-٥- عناصر التكتيف (الربط) الفولاذية:

تصمم عناصر التكتيف الفولاذية لمقاومة القوى الأفقية إما بوصفها هياكل تكتيف (مقاومة للعزوم) أو بوصفها جملونات (مقاومة للقوى المحورية). وفي كلتا الحالتين يتعين بذل عناية خاصة في تصميم الوصلات وتنفيذها مع الأخذ بالحسبان إمكانية الانعكاس المتبادل للاجهادات. ويتعين أيضاً بذل عناية خاصة للحصول على وصلات سليمة بين عناصر التكتيف الأفقية وعناصر التكتيف الرأسية لضمان المتانة.

٧-٩-٦- الإنشاءات المسبقة الصنع:

(أ) تكون الوصلات بين العناصر المسبقة الصنع بحيث تضمن متانة المنشأة الكاملة واستقرارها في جميع الأتجاهات.

(ب) يتم تزويد المنشأة بعناصر تكتيف ثانوية بديلة، وحسب ما ورد في الفصل (٧-٣)، لمنع انهيار المنشأة في حال فشل أحد العناصر فيها.

(ج) ينبغي أن يكون الربط بين عناصر الوصلات المسبقة الصنع قادراً على نقل قوى الشد والضغط والقص (Shearing)، لضمان قساوة (Stiffness) الوصلات ضمن مستواها حسب ما هو منصوص عليه في البند الفرعي (٧-٩-٢-د). ويفضل أن يكون ذلك الربط من الخرسانة المصبوبة في الموقع، بحيث تكون أطراف العناصر المسبقة الصنع التي على امتداد الوصلات مسننة أو خشنة (متعرجة) أو ما شابه ذلك، وبشكل يضمن انتقال قوى القص. وتكون الوصلات محاطة بجيزان (كمرات) ربط كما هو منصوص عليه في الفقرة (٧-٩-٢-د-٢).

(د) تكون الوصلات الأفقية بين عناصر الجدران بشكل يسمح بانتقال قوى الشد بين تلك العناصر، بحيث تكون عناصر الجدران والوصلات قادرة على تحمل قوى شد تساوي (20) بالمائة من كامل الأحمال الرأسية (الشاقولية) في تلك الجدران.

٧-٩-٧- توافق (تناسق) التشوهات: (Deformation Compatibility)

بالنسبة لجميع العناصر الإنشائية، التي لا يتطلب أن تكون مقاومة للقوى الجانبية الزلزالية، فإنه يجب أن تصمم وتعطى التفاصيل اللازمة لمقاومة الأحمال الحية والميتة عند تعرضها إلى التشوهات التي تسببها القوى الزلزالية. وفي هذا المجال يجب الأخذ بالحسبان تأثير العامل (P-Δ) على هذه العناصر. يتم تحديد التشوهات المتوقعة بافتراض إحدى القيم الأعظمية الآتية:

- الإزاحات الأعظمية اللدنة (Δ_M)؛
- تأثير (P-Δ) المحسوب وفقاً للبند (٤-١-٣)؛
- الإزاحات الناتجة عن الإزاحة الجانبية بمقدار (0.025 × ارتفاع المبنى).

عند حساب التشوهات المتوقعة، فإنه يتم إهمال تأثير قساوة تلك العناصر غير المقاومة للقوى الجانبية.

يمكن معاملة القوى الناتجة عن التغيرات الافتراضية كقوى حدية أو قوى مصعدة وذلك بالنسبة للعناصر التي لا تشكل جملاً إنشائية مقاومة للقوى الجانبية. عند حساب القوى الناتجة عن التغيرات فإنه يجب الأخذ بالحسبان تأثير مقاومة العناصر الإنشائية المقاومة الجاسئة والعناصر غير الإنشائية ولهذا يتم الاعتماد على قيمة قساوة العنصر وعلى مقدار وثاقة (restraint) هذا العنصر.

يمكن الأخذ بالحسبان التغيرات غير المرنة للعناصر والوصلات، وذلك عند حساب القوى والجهود، مع العلم أن كفاءة العناصر المحسوبة تتوافق مع تصميم وتفاصيل العناصر والوصلات.

بالنسبة للعناصر الخرسانية والحجرية، التي تشكل جزءاً من العناصر المقاومة للقوى الجانبية، فإن قساوة الانحناء وقساوة القص يجب أن لا تزيد على نصف خصائص المقطع الكلي، إلا إذا تم الأخذ بالحسبان تحليل مناسب للمقطع المتشقق (المتشرخ). يجب الأخذ بالحسبان التشوهات الإضافية والتي قد تنتج من مرونة الأساسات وسهوم الديافرامات (أحجبة من بلاطات قاسية أفقية Diaphragm).

٧-٩-٨- الإزاحة الجانبية:

لا يسمح بأن تزيد الإزاحة الجانبية Δ_M لطابق ما بالنسبة الى الطوابق المجاورة على (2) بالمائة من ارتفاع الطابق إلا إذا تم التحقق حسابياً من كفاءة ممطولية المنشأة، وفقا للفصل (٤-٩).

تصمم وتنشأ جميع عناصر المنشأة وأجزائها وحدة واحدة من حيث مقاومتها الأفقية، إلا إذا كانت أجزاؤها مفصولة إنشائياً عن بعضها بشكل لا يسمح بتلامسها عند تشوهها تحت تأثير قوى الزلازل.

٧-٩-٩- المواد الهشة والمواد القابلة للكسر:

(أ) عند استعمال مواد هشة (قصيفة Brittle) أو مواد قابلة للكسر:

في تصنيع عناصر ذات حجم كبير يتستعمل في المبنى كالواجهات الزجاجية وما شابهها، ينبغي وضع تفاصيل خاصة وتزويد تلك العناصر بفواصل ووصلات مرنة تضمن عدم تحطمها عند حدوث زلزال.

(ب) المكائن والآليات والأجهزة:

ينبغي تثبيت المكائن والأجهزة الثقيلة بشكل يضمن ثباتها الأفقي والشاقولي.

٧-١٠- الاشتراطات الإنشائية في العناصر المقاومة للزلازل:

٧-١٠-١- الاشتراطات البعدية:

(أ) جدران القص:

١) يجب ألا يقل سمك جدار القص في المباني عن (150 mm).

٢) إذا كان المبنى من طابقين فقط يمكن الاكتفاء بالسمك (150 mm). على كامل ارتفاع المبنى.

٣) إذا كان المبنى مؤلفاً من عدة طوابق فيكون السمك الأدنى لجدران القص كما يلي:

- (150 mm) لأعلى (5 أمتار) من الارتفاع.
- (50 mm) تزاد لكل (20 متر) من الارتفاعات التالية للخمسة أمتار السابقة أو جزء منها باتجاه الأسفل.

ويمكن الاستغناء عن تحقيق هذا الشرط في جدران النواة الصندوقية.

٤) لا يقل سمك جدران القص من الخرسانة المسلحة عن 1/25 من الطول الفعّال للتحنيب.

٥) لا يقل السمك الأدنى لجدران القص في الأقبية (كجدران خارجية) وجدران الأساسات، وجدران مقاومة الحريق عن (250 mm) .

٦) لا يقل السمك الأدنى للجدران الحاملة بشكل ألواح خرسانية سابقة الصب عن 100 mm، كما لا يقل عن 1/30 من المسافة الدنيا بين العناصر الحاملة (التي هي عملياً طول التحنيب).

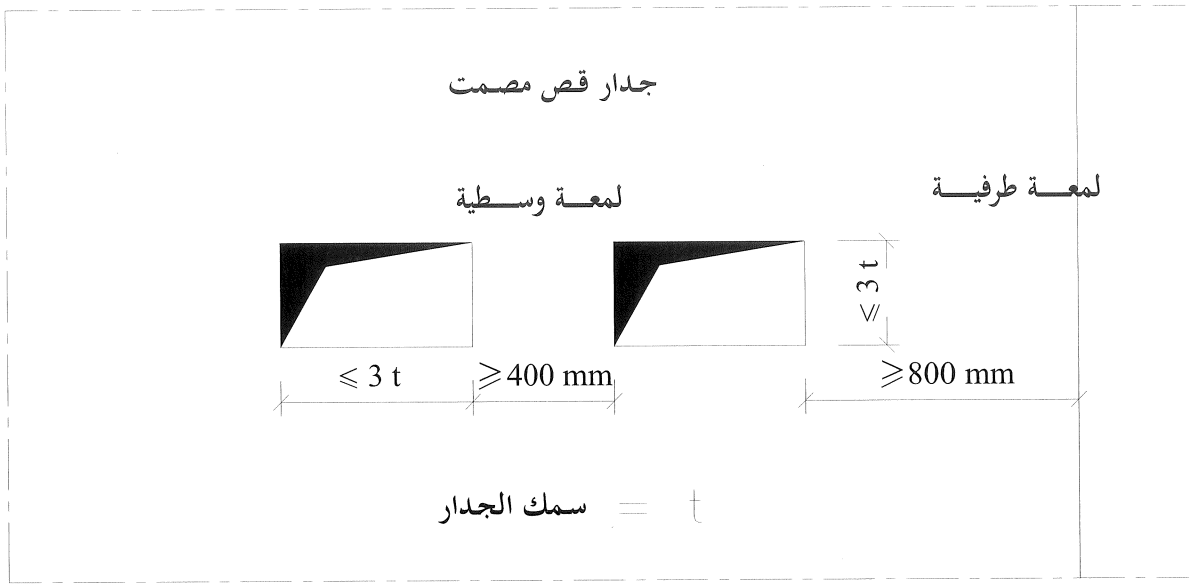
٧) لا يزيد التباعد بين جدران القص المتجاورة في الاتجاه الواحد على 15m ولا على مثلي البعد الأدنى لمسقط السقف الواقع بين الجدارين، ولا يقل عدد جدران القص في كل اتجاه عن جدارين غير واقعين على خط مستقيم واحد. ويمكن تجاوز الشرط الأخير إذا كان الجداران في منتصف المسقط الأفقي وكان التحليل سيتم بالطرائق الديناميكية.

٨) يفضل ألا يقل عمق القطاع العرضي الأفقي لجدار القص بدون أو مع فتحات بشكل ظفري، عن القيم الواردة في البند (٧-٥-٢) من الكود الأساس، إلا إذا تحقق شرط السهم.

٩) إذا سمح التصميم المعماري، يمكن تدعيم نهايات جدار القص التي ستتعرض لإجهادات مركزة كبيرة بأجنحة عرضانية من الخرسانة المسلحة، طبقاً للمتطلبات الحسابية الإنشائية، وبما يتلاءم مع التصميم المعماري.

١٠) في حال تنفيذ فتحات صغيرة لا يتعدى أكبر بعد لها 3 مرات سماكة جدار القص المصمت، فيجب ألا يقل بعد الفتحة عن طرف الجدار عن (800 mm)، وكذلك البعد الأدنى بين فتحتين متجاورتين عن (400 mm) كما هو مبين في الشكل (٧-٣٧).

١١) من المفيد التذكير بأن الشروط السابقة هي للجدران الحاملة أيضاً. وفي الممارسة المحلية يتم تشغيل جدران القص كجدران حاملة، كما يتم تشغيل الجدران الحاملة كجدران قص أيضاً، وبذلك يمكن تسميتها جدران القص الحاملة.



الشكل (٧-٣٧): اشتراطات أبعاد الفتحات واللمعات في جدران القص (الحاملة)

(ب) العناصر الإنشائية للجمل الإطارية العزمية:

١) يُفضل ألا تزيد النسبة بين الارتفاع الكلي لجائز الإطار وعرضه على 4 .

٢) يُفضل أن يكون عرض العمود في الإطار ذي الجوائز الساقطة أكبر أو يساوي عرض الجائز.

٣) يفُضل اختيار أبعاد المقطع العرضي للعمود بحيث تكون نسب التسليح المستعملة فيه لمقاومة جميع الأحمال بما فيها الزلازل محصورة ما بين (1 - 2.5%)، من مساحة المقطع العرضي للعمود، وبحيث لا تزيد على النسبة (2.5%)، إلا وفق الفقرة (٧-١٠-٢-ب-١٩) أدناه.

٤) يجب ألا تقل أبعاد الأعمدة المستعملة في المباني المقاومة للزلازل عن 35 × 25 أو (20 × 45cm) أو (30 × 30 cm) أو قطر (35 cm). (راجع أيضاً البند (٧-١-١) من الكود الأساس).

٧-١٠-٢- اشتراطات التسليح:

إضافة إلى اشتراطات التسليح المعتمدة في الكود الأساس، يجب تأمين الاشتراطات الآتية:

(أ) جدران القص:

١) لا تقل مساحة التسليح الدنيا في جدران القص التي تتعرض إلى ضغط بلا مركزية صغيرة في حالة الحد الأقصى في كل من الاتجاهين الأفقي والرأسي عن 0.0025 A'c، حيث A'c =

مساحة مقطع الجدار الخرساني في الاتجاه المدروس، وذلك عندما لا تزيد القوة الحدية المعرض لها الجدار عن نصف القوة المحورية العظمى N_u التي يستطيع الجدار تحملها.

٢) تزاد مساحة التسليح الدنيا الرأسية فقط، بشكل خطي، إلى أن تصل إلى $0.006\ A'c$ من المقطع الفعلي للجدار، وذلك عندما تصل القوة الحدية القصوى المعرض لها الجدار، إلى القوة العظمى N_u في الحالات التي يكون فيها هذا الجدار معرضاً لضغط بلا مركزية صغيرة في حالة الحد الأقصى.

٣) أما في جدران القص التي تتعرض لضغط بلا مركزية كبيرة في حالة الحد الأقصى، فتطبق عليها مساحات التسليح الدنيا والقصوى للجوائز في الكود الأساس.

٤) يرتب تسليح جدران القص على شبكتين مع سطحي الجدار، تتوضع كل شبكة على مسافة لا تقل عن 20 مم من سطح الجدار الخارجي.

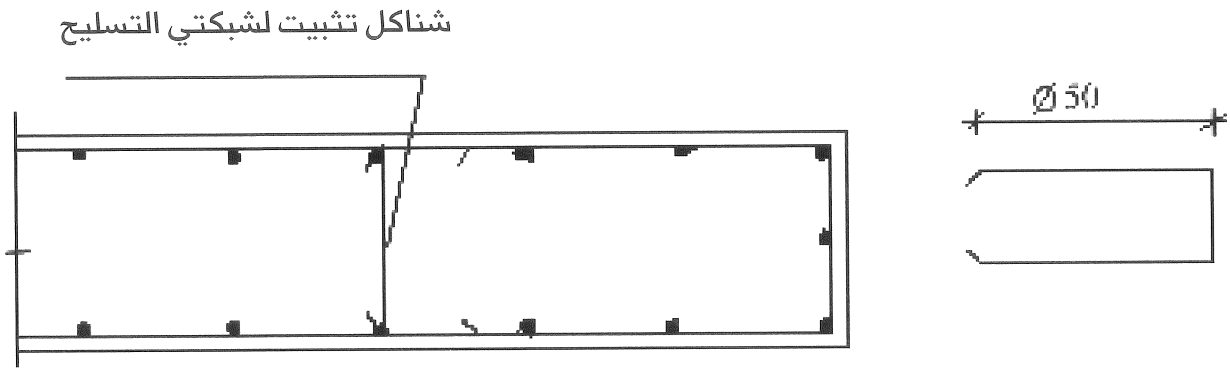
٥) لا يقل القطر الأدنى لأسياخ التسليح المستعملة عن 10 mm للتسليح الرأسي وعن 6 mm للتسليح الأفقي. تستعمل شناكل أفقية بالعدد المناسب لتثبيت الشبكتين في موضعيهما، ويجب زيادة الشناكل لمنع تحنيب القضبان الرأسية (كما في حالة الأعمدة) عندما تزيد قوة الضغط القصوى المطبقة على الجدار على نصف مقاومة الضغط القصوى للجدار.

٦) لا يزيد التباعد بين قضبان التسليح الرأسية على 200 m أو ضعف سمك الجدار أيهما أقل، ولا يزيد التباعد بين القضبان الأفقية على 300 mm مم أو على 15 مرة أصغر قطر للتسليح الرأسي عندما تزيد قوة الضغط القصوى المطبقة على الجدار، على نصف مقاومة الضغط القصوى للجدار.

٧) يجب ربط الجدران الخرسانية المسلحة مع الأسقف أو الأعمدة أو الدعامات أو الجدران المتقاطعة بواسطة تسليح لا تقل كميته عن قضيب بقطر 10 mm كل مسافة 300 mm لكل شبكة تسليح. ويعد تسليح البلاطة العلوي الموثق في الجدار جزءاً من التسليح.

٨) إذا كان جدار القص في حالة الحد الأقصى معرضاً إلى ضغط بلا مركزية صغيرة، أي أن كامل مقطعه يتعرض لإجهادات ضغط أو الجزء الأكبر منه، فيمكن تمييز الحالتين الآتيتين:

الحالة الأولى: لا تتجاوز قوة الضغط في حالة الحد الأقصى في المقطع الحرج لجدار القص ½ نصف المقاومة القصوى في الضغط لهذا الجدار. يوضع في كل من نهايتي الجدار عمود مخفي سماكته t وطول مقطعه 2t، ويوضع تسليح في هذه الأعمدة المخفية بنهايتي الجدار بنسبة دنيا تساوي 1% من مساحة كل عمود مخفي، ويعامل بقية جدار القص كجدار حامل، مع إضافة أساور مفتوحة على شكل ⊃ لا يقل قطرها عن 8 mm ، وبتباعد التسليح الأفقي للجدران ذاته، مهمتها تثبيت شبكتي التسليح للجدار في مواضعها وكما هو مبين في الشكل (٧-٣٨)، إضافةً للأشكال التفصيلية الواردة في الكود الأساس.



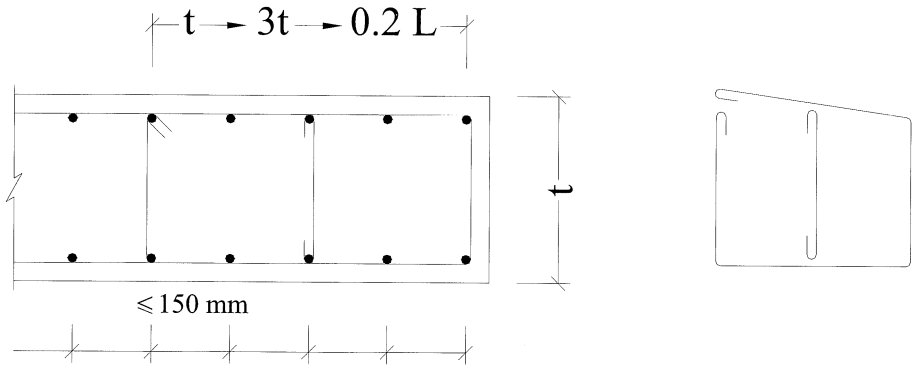
الشكل (٧-٣٨): مقطع أفقي في جدار قص يتعرض لحمل شاقولي
لا تتعدى قيمته نصف المقاومة القصوى للجدار

الحالة الثانية: تتجاوز قوة الضغط في حالة الحد الأقصى في المقطع الحرج لجدار القص (1/2) نصف المقاومة القصوى في الضغط لهذا الجدار، توضع في هذه الحالة أعمدة مخفية عند نهايات الجدار، سماكتها t وطول مقطعها 2t كحد أدنى، وبطول أعظمي 0.2 L) L = طول الجدار). ويستعمل في هذه الأعمدة المخفية، **تسليح طولي محسوب**، لا تقل مساحته عن 1%، ويوزع بانتظام ضمن العمود المخفي، ويستعمل تسليح عرضي ملائم وفق الاشتراطات المطلوبة في التسليح العرضي للأعمدة في الكود، وكما هو مبين في الشكل (٧-٣٩)، والأشكال التفصيلية الواردة في الكود الأساس. وينوه إلى ضرورة استعمال التسليح المتناظر في جدران القص، على أن يكون التسليح الأفقي هو الأقرب للسطح الخارجي.

٩) إذا كان جدار القص في حالة الحد الأقصى معرضاً إلى ضغط بلا مركزية كبيرة (أي أن التسليح المشدود في المقطع الحرج، سيصل إلى حد الخضوع قبل أن تتكسر الخرسانة في الضغط)، فيحسب التسليح اللازم للشد، ويركز في عمود مخفي سماكته t ، وطول مقطعه 2t (على الأقل) عند كل من نهايتي الجدار، أما بقية مقطع الجدار، فيسلح إنشائياً كما ورد سابقاً.

وفي كل الحالات، يجب ألا تزيد نسبة التسليح في الأعمدة المخفية، عما ورد لنسبة التسليح في الأعمدة (الفقرة ب أدناه) .

١٠) يجب ألا تقل أطوال التماسك بين قضبان التسليح الرأسي في جدران القص، على خمسين مرة قطر التسليح المستعمل.



الشكل (٧-٣٩): مقطع أفقي في جدار قص يتعرض لحمل شاقولي تزيد قيمته على نصف المقاومة القصوى للجدار

(ب) العناصر الإنشائية للجمل الإطارية الخاصة المحلية (أي مقاومة للعزوم خاصة بمفهوم هذا الملحق، راجع الأشكال (٧-٤٠) و (٧-٤١) و (٧-٤٢):

١) يجب ألا يزيد الفرق (A - A's) في أي مقطع حرج في جوائز الإطارات عن نصف مساحة التسليح التوازنية.

٢) يجب استعمال تسليح تعليق علوي في الجوائز لا تقل نسبته عن 20% من تسليح الشد السالب المستعمل عند المساند.

٣) يجب أن يمدّ التسليح المشدود أو المضغوط في أي مقطع حرج في الجائز مسافة لا تقل عن سبعين مرة قطر التسليح في الاتجاهين.

٤) يجب استعمال الأساور المغلقة في جوائز الإطارات.

٥) يُحسب التسليح العرضي (الأساور) في المقاطع الحرجة ليقاوم وحده قوى القص المتولدة، وذلك لجميع حالات التحميل (أي: مع إهمال مساهمة الخرسانة).

٦) ويمكن استعمال أي فولاذ، يكون حد خضوعه المميز ما بين (240-400 MPa)، وفي حال كان حد الخضوع لبعض العينات أعلى من القيمة 400 MPa، فتعتمد القيمة 400 MPa . ويجب التحقق من كون العينات التي يزيد إجهاد خضوعها على 460 MPa، لا تزيد على 5% من العينات المختبرة، وبشرط أن لا تقل مقاومة الشد (الإجهاد الأقصى) عن 1.25 مرة إجهاد الخضوع، وأن لا تقل الاستطالة عند الانقطاع عن (12%)، (راجع أيضاً البند (٤-١-١) من الكود الأساس).

٧) يجب ألا يقل التسليح الموجب (للجائز)، عند وجه المسند، عن نصف التسليح الرئيسي الموجب، ولا عن نصف التسليح السالب عند وجه المسند ذاته.

٨) يجب ألا يقل التسليح الموجب في كل قطاع ضمن مجاز الجائز، عن التسليح اللازم لمقاومة نصف العزم الأعظمي المقرر ستاتيكياً في المجاز ($0.5\ M_o$).

٩) يجب ألا يقل التسليح السالب في أي قطاع ضمن مجاز الجائز، عن (1/5) خُمس التسليح الأكبر عند أي من مسندي هذا الجائز.

١٠) توضع الإسوارة الأولى على مسافة لا تزيد على 50 mm من وجه المسند.

١١) لا تزيد المسافة بين الأساور المتجاورة، في منطقة وسط الجائز، على (1/2) نصف العمق الفعال لقطاع الجائز (تزاد إلى ¾ ثلاثة أرباع العمق الفعال للجائز المخفي) على ألا تزيد على 250 mm .

١٢) لا تزيد المسافة بين الأساور المتجاورة عند كل من نهايتي جائز الإطار (لمسافة لا تقل عن ضعفي عمق الجائز) على القيم الدنيا من القيم الآتية:

- ثلث عمق القطاع للكمرة (تزاد إلى نصف القطاع للجائز المخفي).
- 8 مرات القطر الأصغر للتسليح الطولي المحصور بالأساور.
- 20 مرة قطر الإسوارة.
- المسافة 200 mm .

١٣) يجب أن لا يقل المجاز الصافي للجائز L_n عن أربع مرات عمقه الفعال.

١٤) يجب ان لا يقل عرض المقطع للجائز b_w عن الاصغر من 0.3h أو 200mm

١٥) يجب ان لا يزيد عرض مقطع للجائز b_w عن عرض الاستناد للعنصر C_2 مضافا اليه من كل طرف للاستناد مسافة تساوي الأصغر من الآتي (راجع الشكل ز-٥):

أ - عرض الاستناد C_2 .

ب- ثلاثة أرباع (0.75) من بعد الاستناد الموازي للجائز C_1 .

١٦) يسمح بوصل فولاذ تسليح الانعطاف بالتراكب (lap splice)، فقط عندما تكون الاساور في منطقة الوصل حلزونية أو مغلقة (hoop)، ويكون تباعد الاساور في منطقة الوصل بالتراكب، الأصغر من: d/4 أو 100mm . يجب أن لا يتم وصل فولاذ التسليح بالتراكب:

أ - داخل العقدة؛

ب- في المنطقة المحددة بضعفي ارتفاع الجائز ابتداء من وجه العقدة؛

١٧) عندما تكون الأساور المغلقة مطلوبة (على جانبي العمود، وفي منطقة وصل القضبان بالتراكب)، فإن التسليح الطولي على المحيط، يجب أن يتم ربطه بأساور، لمنع تحنيبه، بطريقة مماثلة لتسليح الأعمدة.

١٨) يجب أن لا تتجاوز القوة المحورية الضاغطة المصعدة، المؤثرة على الجائز P_u القيمة: $A_g f'_c/10$.

١٩) يجب ألا تتعدى مساحة التسليح الطولي في قطاع العمود القيمة $0.025\ A'_c$ ، إذا كانت المقاومة المميزة للخرسانة تقل **عن** 30 MPa . (أما إذا كانت المقاومة المميزة للخرسانة لا تقل عن 30 MPa، فيمكن زيادة مساحات التسليح العظمى إلى $0.035\ A'_c$، كما يمكن زيادتها إلى $0.04\ A'_c$ ، بشرط استعمال وصلات ميكانيكية (mechanical couplers أينما كان موقع العمود ، حيث: A'_c مساحة القطاع (المقطع) العرضي للعمود. كما يجب أن لا تقل مساحة التسليح الطولي في قطاع العمود عن القيمة $0.01\ A'_c$

٢٠) لا يقل البعد الأقصر في المقطع العرضي للعمود، مقاساً كخط مستقيم يمر من مركز شكل العنصر عن 250 mm .

٢١) يجب ألا يزيد التباعد بين الأساور المتجاورة في العمود، بدءاً من وجه وصلة الإطار، القيمة الدنيا من القيم الآتية:

- ثلث البعد الأصغر للمقطع العرضي للعمود.
- 8 مرات القطر الأصغر للتسليح الطولي المحصور بالأسوار.
- 20 مرة قطر الإسوارة.
- مسافة 100 mm.

يجب أن توضع هذه الأسوار على مسافة، بدءاً من أعلى أو أسفل الجائز، لا تقل عن القيم الآتية:

- سدس الارتفاع الحرّ للعمود.
- البعد الأكبر للمقطع العرضي للعمود.
- المسافة 450 mm.

٢٢) توضع الإسوارة الأولى على بعد لا يزيد على 50 mm من أعلى أو أسفل الجائز، على أن تستمر الأساور في العمود (ضمن ارتفاع الجائز)، بتباعد مماثل للتباعد في وسط ارتفاع العمود. ويُسمح ضمن ارتفاع الجائز استعمال أسوارة مؤلفة من قضيبين بشكل حرف **U** .

٢٣) يجب ألا تزيد المسافة بين الأساور في بقية ارتفاع العمود على 200 mm .

٢٤) تصمم المقاطع العرضية لأعمدة الإطار الخاص، لمقاومة قوى قص حسابية (V_e)، تحدد من قيم العزوم القصوى الإسمية (عامل تخفيض المقاومة Ω = 1.0، أي من العزم المحسوب من العلاقة الآتية عند العقدتين:

$$M_n = A_s \cdot f_y \cdot (d-y/2)$$

بعد تكبيرها بمعامل تصعيد يساوي 1.25 ، وهو ناتج عن المقاومة الإضافية للمادة في مرحلة ما بعد الخضوع وما قبل الانهيار (مرحلة اللدونة).

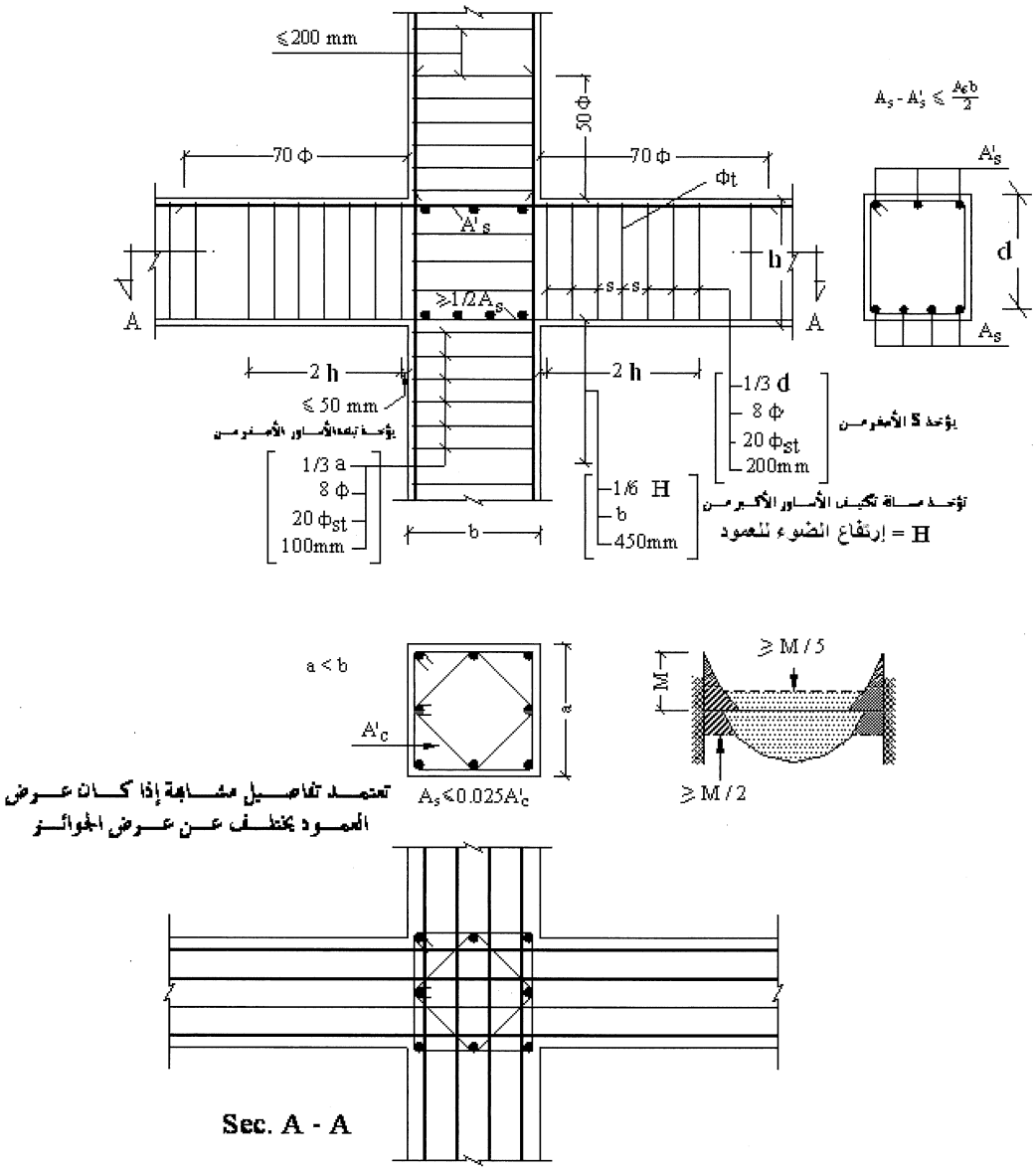
٢٥) تكرر الفقرة (٧-١٠-٣-ب) أدناه.

(ج) العناصر الإنشائية للجمل الإطارية المتوسطة المحلية (أي مقاومة للعزوم متوسطة بمفهوم هذا الملحق والكود الأساس):

تصمم المقاطع العرضية لأعمدة الإطار المتوسط المقاومة (بمفهوم هذا الملحق والكود الأساس)، لمقاومة قوى قص حسابية، تحدد من قيم العزوم القصوى الإسمية (عامل تخفيض المقاومة Ω = 1.0) عند العقد، دون تكبيرها بمعامل تكبير يساوي 1.25 .

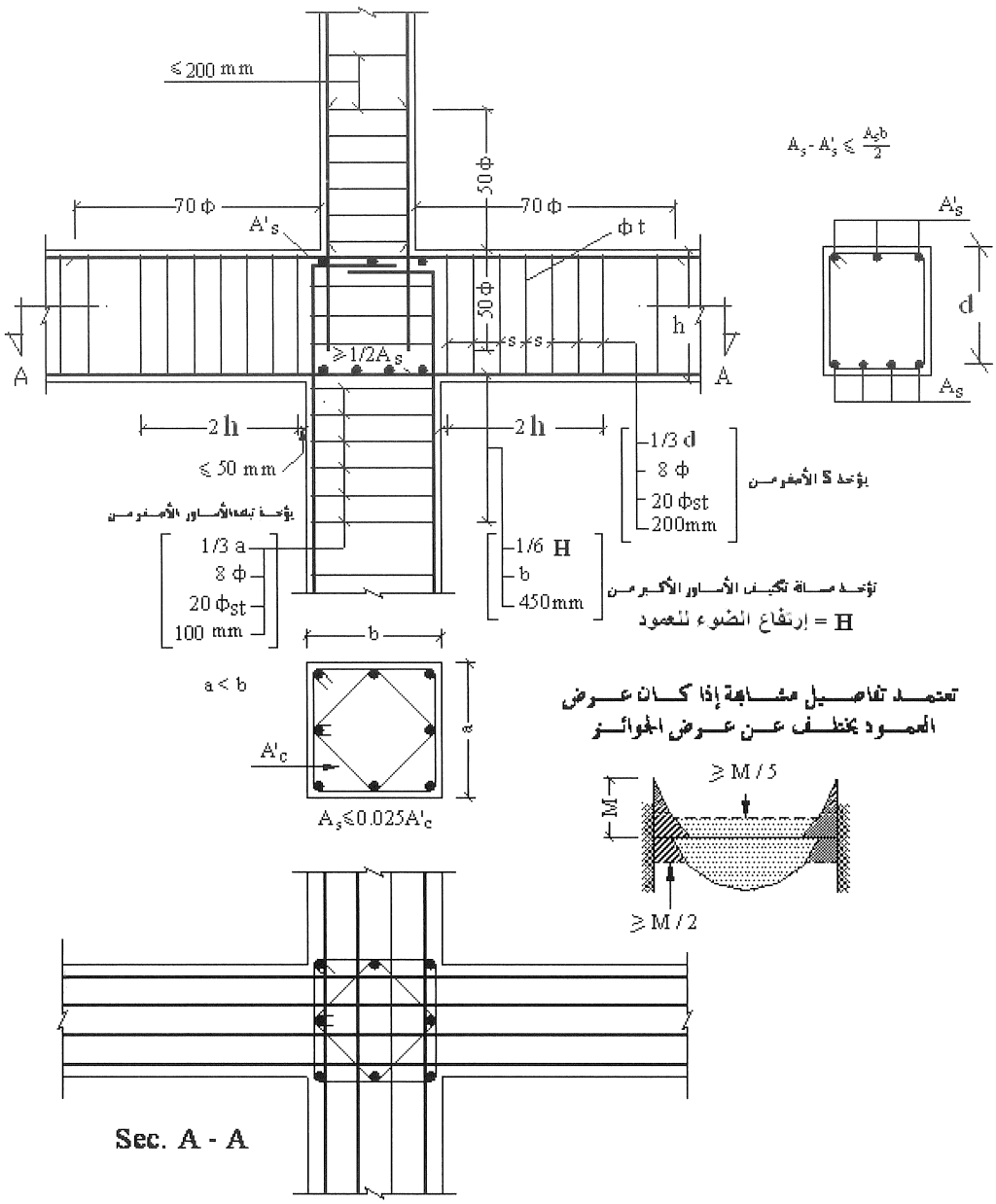
لا تقل الأبعاد والتسليح عن ما ورد في الباب السابع من الكود الأساس، خاصة ما ورد في الأشكال (٧-٢-ج) و (٧-٢-د) و (٧-٢-هـ) من الكود الأساس.

راجع الباب السابع من الكود الأساس لمعرفة بقية الاشتراطات.



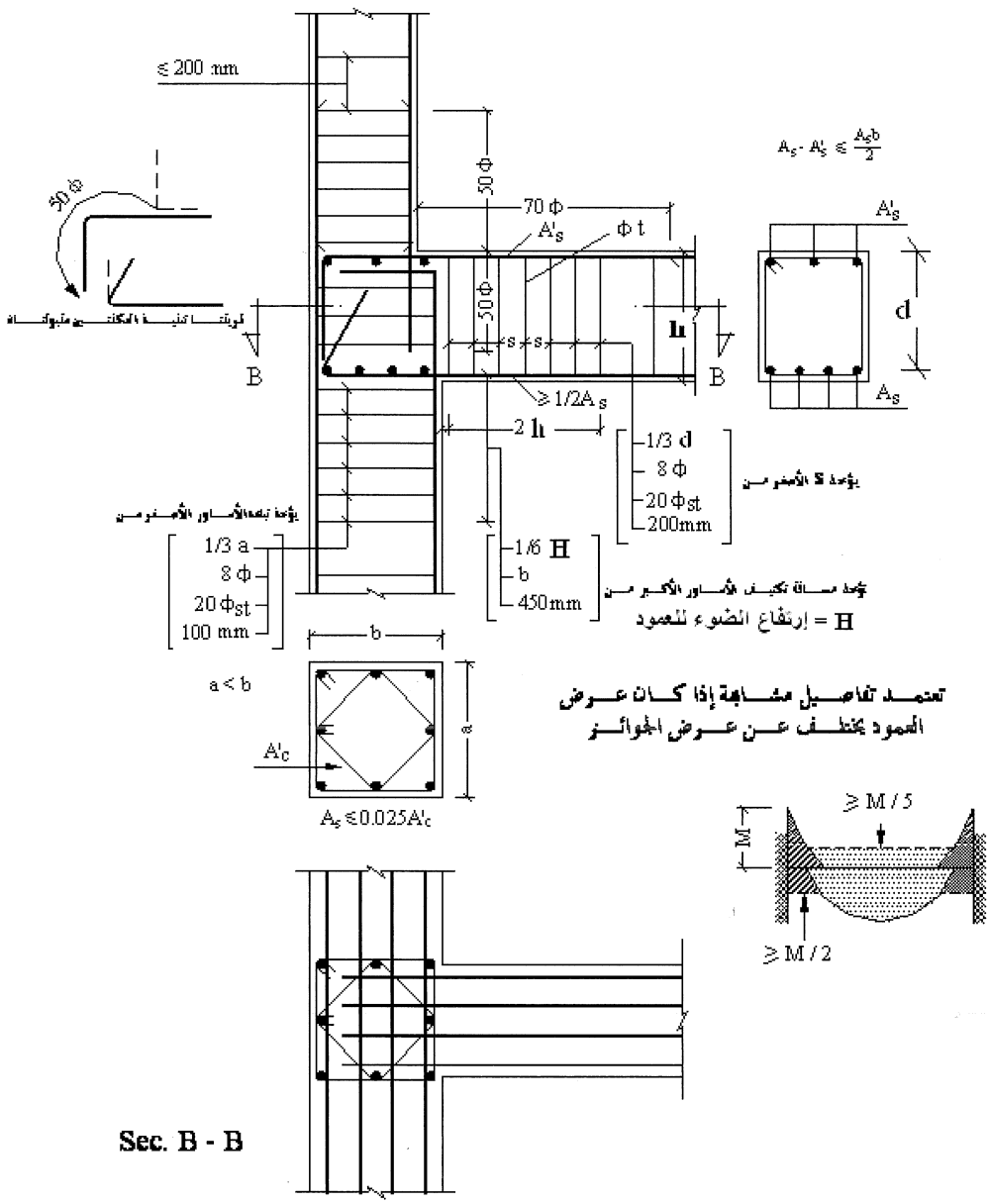
الشكل (٧-٤٠): عقدة وسطية في إطار عزمي خاص محلي مع ثبات أبعاد العمود

ملاحظة: راجع الفقرة (٧-١٠-٢- ب١٣) أعلاه فيما يتعلق بنسب التسليح العظمى



الشكل (٧-٤١): عقدة وسطية في إطار عزمي خاص محلي مع تغير أبعاد العمود

ملاحظة: راجع الفقرة (٧-١٠-٢- ب١٣) أعلاه فيما يتعلق بنسب التسليح العظمى



الشكل (٧-٤٢): عقدة طرفية في إطار عزمي خاص محلي

ملاحظة: راجع الفقرة (٧-١٠-٢- ب١٣) أعلاه فيما يتعلق بنسب التسليح العظمى

(د) جوائز الربط بين جدران القص:

تستعمل هذه الجوائز كعتبات للأبواب والنوافذ التي تنفذ في جدران القص أو النواة المركزية المستعملة كبيت للمصاعد وما شابه ذلك. تراعى عند تسليح هذه الجوائز الاشتراطات الآتية:

١) يجب أن يكون التسليح الطولي متناظراً.

٢) يتم اختيار التسليح الطولي والعرضي للجائز بافتراضه عميقاً.

٣) يمد التسليح الطولي، السفلي والعلوي على السواء، مسافة لا تقل عن خمسين مرة قطر التسليح المستعمل داخل كتلة العناصر الشاقولية (الرأسية) لجدار القص.

٤) يحسب التسليح العرضي لجائز الربط ليقاوم وحده، أي: مع إهمال مساهمة الخرسانة لإجهادات القص في حالة الحد الأقصى.

٥) يجب أن تكون الأساور المستعملة في جائز الربط مغلقة.

٦) يجب أن لا يزيد التسليح المستعمل في الشد أو في الضغط ($A_S = A'_S$) على ($\frac{3}{4}$) ثلاثة أرباع مساحة التسليح التوازنية.

٧) في حال الحاجة لتسليح مائل لمقاومة قوى القص، فيؤخذ بشكل قطري متصالب.

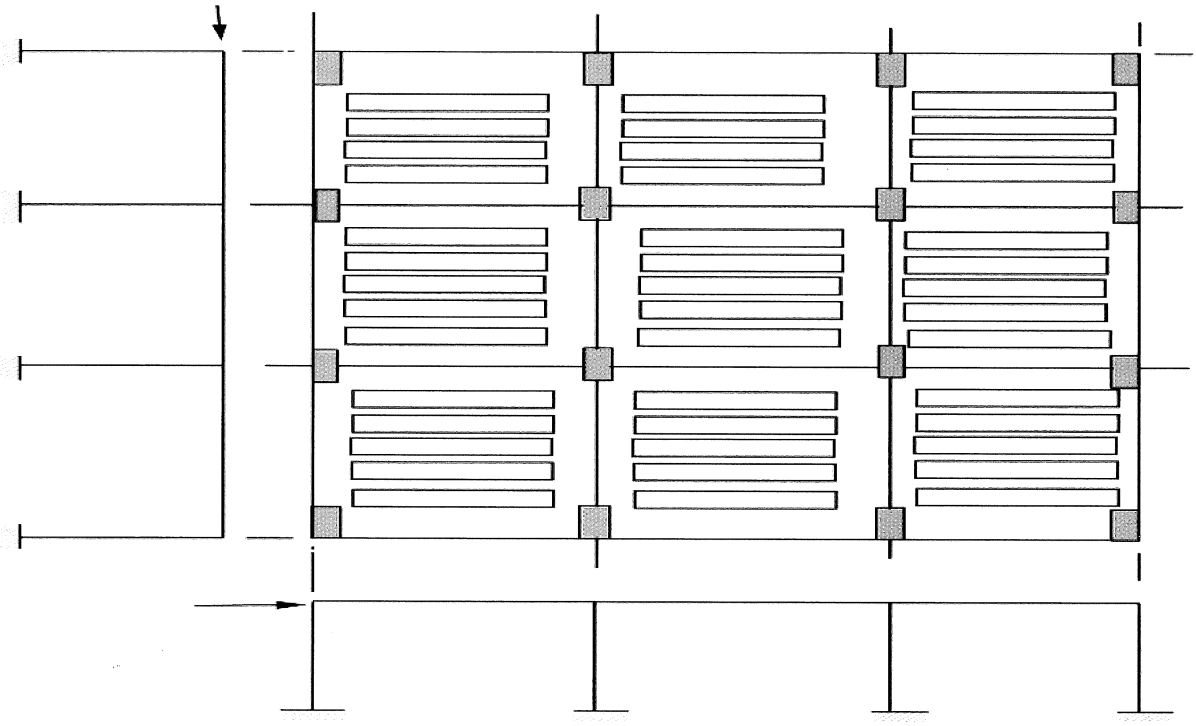
٧-١٠-٣- اشتراطات إضافية لرفع كفاءة المنشآت في مقاومة الزلازل:

(أ) في السقوف ذات البلوكات المفرغة (الهوردي) باتجاه واحد:

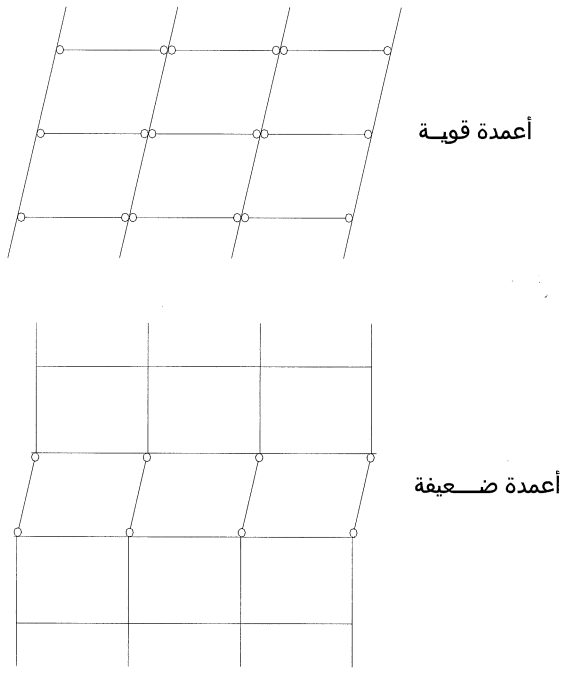
عندما يصمم سقف المبنى كبلاطة مفرغة تعمل باتجاه واحد فإن الجوائز الحاملة لأعصاب الهوردي تشكل مع الأعمدة، إطارات باتجاه المحور الطولي لهذه الجوائز، أما في الاتجاه الأخر ولتأمين عمل إطاري مشابه يتوجب تقوية الأعصاب المجاورة للأعمدة أو تنفيذ جائز خرساني يربط بين الأعمدة وموازٍ للأعصاب لمقاومة الأحمال المطبقة (الرأسية والجانبية على السواء)، كما هو مبين في الشكل (٧-٤٣).

(ب) في المنشآت الإطارية:

١) يعتمد الاستقرار (في حالة الحد الأقصى) لإطار مطاوع على نموذج تشكل المفاصل اللدنة. تكون متطلبات الأعمدة في أي طابق من إطار منتظم، متشابهة. مع تزايد الأحمال، إذا تشكل مفصل لدن في نهاية واحدة من عمود واحد، فسرعان ما يتشكل مفصل لدن في النهاية الأخرى، وسرعان ما تتشكل مفاصل لدنة في الأعمدة الأخرى، مشكلين ميكانيزم (آلية) إنهيار كما هو مبين في الجزء السفلي من الشكل (٧-٤٤). وإذا تشكل المفصل في الجائز أولاً، كما هو مبين في الجزء العلوي من الشكل (٧-٤٤)، سيتشكل أيضاً ميكانيزم، ولكن من غير المحتمل أن يتشكل عدد كافٍ من المفاصل اللدنة في عددٍ كافٍ من الطوابق حتى يحصل الإنهيار. وهذا ما يسمى بمبدأ العمود القوي والجائز الضعيف في التصميم.

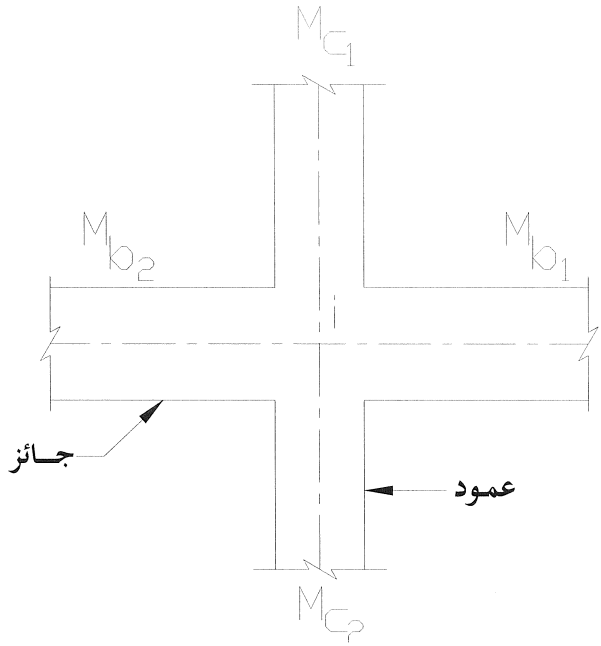


الشكل (٧-٤٣): الأعصاب العريضة في الأسقف المفرغة لتأمين العمل الإطاري بالإتجاهين



الشكل (٧-٤٤): الميكانيزم (آلية الإنـهيار)

٢) لرفع درجة ممطولية المنشأة الإطارية عند تعرضها إلى الزلازل (في حالة الحد الأقصى)، ومن أجل تشكل المفاصل اللدنة في الجوائز أولاً، يجب أن تُختار الأبعاد النسبية لأعمدة وجوائز كل عقدة في المنشأة الإطارية والتسليح لتحقق الشرط الآتي: $\frac{Mc1+Mc2}{Mb1+Mb2} \geq 1.2$، راجع الشكل (٧-٤٥)، حيث: M_{b1} و M_{b2} و M_{c1} و M_{c2} هي طاقات التحمل للعزوم عند أوجه العقدة، آخذين بالحسبان عند تحديدها للأعمدة القوى المحورية التي تقابل أقل قيم للعزوم.

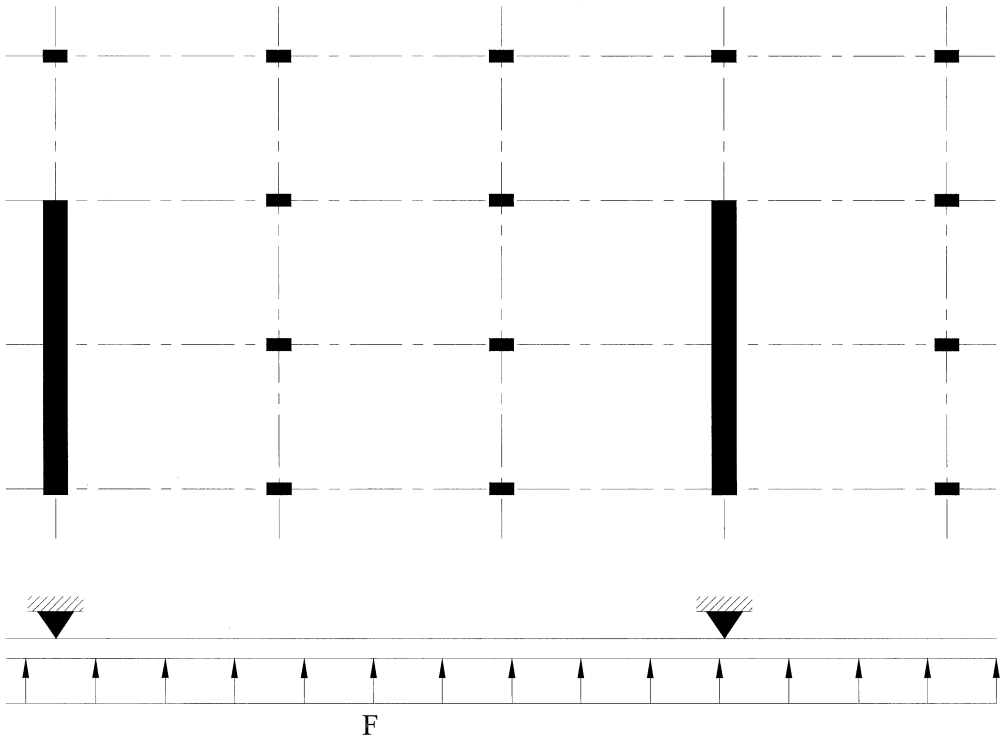


الشكل (٧-٤٥):
عزوم الانحناء في عقدة إطار عزمي
(أعمدة مع جوائز بعقد صلدة)

٣) يلاحظ عملياً بأن هذا الشرط يصبح سهل التحقيق في المباني ذات الطوابق الأكثر من ثلاثة طوابق ابتداء من الأعلى، لذا ينصح دائماً بتكبير أبعاد الأعمدة في الطوابق العلوية، وعدم الإكتفاء باستعمال الأبعاد الدنيا المسموح بها للكود، والمقترحة للأحمال الرأسية فقط (إلا إذا تبين كفايتها)، وتكبير نسب التسليح في هذه الطوابق.

٤) يتوجب، في الأظفار، استعمال تسليح ضغط لا يقل عن نصف تسليح الشد على الأقل.

(ج) تنتقل الأحمال الزلزالية على المنشآت عن طريق بلاطات السقوف التي تعمل بدورها كجوائز (كمرات) بالاتجاه الأفقي، تستند على جدران القص (وتسمى ديافرامات أو أحجبة)، لذا يتوجب التحقق من الإجهادات الناجمة في هذه البلاطات ووضع التسليح اللازم لذلك (الشكل ٧-٤٦).



الشكل (٧-٤٦): عمل السقف كديافرام أفقي (حجاب diaphragm) لنقل القوى الزلزالية الأفقية إلى جدران القص

٧-١١- المتطلبات التفصيلية للجمل المستعملة في التصميم:

٧-١١-١- عام:

يجب أن تحقق كافة الجمل الانشائية العامة متطلبات الباب الثالث. وتستعمل فقط العناصر المصممة في جملة مقاومة القوى الزلزالية لمقاومة القوى التصميمية، أما العناصر المستقلة بذاتها فتصمم لمقاومة القوى الزلزالية التصميمية المحددة والمؤثرة عليها. ويجب أن تحقق هذه العناصر أيضاً المتطلبات الخاصة للمواد، والواردة في الكود الأساس. بالإضافة لذلك، فإن أي من الجمل الانشائية العامة والعناصر المذكورة أعلاه يجب أن تحقق المتطلبات التفصيلية لجمل التصميم الواردة في الباب السابع.

يجب أن تصمم كافة عناصر المباني في المناطق الزلزالية (2 , 3 , 4) لمقاومة تأثيرات القوى الزلزالية المحددة في هذا الملحق، وكذلك تاثيرات أحمال الجاذبية الناتجة عن الأحمال الميتة والحية والثلوج. كما ويجب الأخذ بالحسبان في التصميم تأثيرات الرفع الناتجة عن الأحمال الزلزالية.

في المناطق الزلزالية (2 , 3 , 4)، يجب تحقيق الإشتراطات المتعلقة بتأثيرات قوى الهزات الأرضية المؤثرة باتجاه غير اتجاه المحاور الرئيسية، في كل من الظروف الآتية:

- المنشأة تحتوي على عدم انتظام في المستوي من النموذج (5) كما هو معرف في الجدول (٣-٥).
- المنشأة تحتوي على عدم انتظام في المستوي من النموذج (1) كما هو معرف في الجدول (٣-٥) من أجل كل من المحورين الرئيسيين.
- عمود في منشأة، يقع عند تقاطع اثنين أو أكثر من جمل مقاومة القوى الجانبية.

استثناء:

إذا كان الحمل المحوري في العمود والناتجة عن القوى الزلزالية المؤثرة في أي اتجاه أقل من 20% من طاقة التحمل المحورية القصوى للعمود.

يمكن تحقيق الشرط المتمثل في ضرورة أخذ التأثيرات المتعامدة بالحسبان بتصميم العناصر تلك من أجل (100%) من القوى الزلزالية التصميمية الموصوفة في إتجاه واحد، مضافاً إليها (30%) من القوى الزلزالية التصميمية الموصوفة في الإتجاه المتعامد.

يستعمل في التصميم، التراكيب التي تؤدي إلى أكبر مركبة لمقاومة العنصر. وكبديل، فإن تأثيرات التعامد يمكن أن تركب باعتماد مبدأ (قاعدة) الجذر التربيعي لمجموع المربعات (SRSS) لنواتج التحليل في الاتجاهين المتعامدين. وفي حال استعمال طريقة (SRSS) في تركيب التاثيرات الإتجاهية (بالإتجاهين المتعامدين)، يجب أن تسند لكل حد يتم حسابه الإشارة التي تعطي النتيجة الأكثر تحفظاً.

٧-١١-٢- الجمل الإنشائية:

(أ) عام:

هناك أربعة أنواع للجمل الانشائية العامة المستعملة في المباني، والمعرفة في الفصل (٣-٧) حيث تم تمييزها في هذه الإشتراطات وهي مبينة في الجدول (٣-٦). وتم تقسيم كل نوع فرعياً وفقاً لأنواع العناصر الرأسية (الشاقولية) المستعملة لمقاومة القوى الزلزالية. هناك اشتراطات خاصة بالإطارات تم بيانها في هذا الباب، وفي الكود الأساس.

(ب) تفاصيل متعلقة بتراكيب الجمل:

عند معالجة المكونات المشتركة بين مختلف الجمل الإنشائية المختلفة، تستعمل متطلبات وشروط التفاصيل الأكثر صرامةً (تقييداً) لهذه الجمل.

(ج) الوصلات:

يجب أن تصمم كافة الوصلات المقاومة للقوى الزلزالية التصميمية، ويلزم تفصيلها في المخططات (الرسومات).

٧-١١-٣- توافق (تناسق، انسجام) التشوهات في الجملة الإنشائية:

يجب أن تصمم وتفصَّل كافة العناصر للجمل الإنشائية ووصلاتها، التي لا تكون مطلوبة في التصميم، كجزء من جملة مقاومة الدفع الجانبي، لكي تكون قادرة على تحمل الأحمال التصميمية الميتة (الدائمة) والحيَّة، وذلك عند خضوعها للإزاحات المتوقعة والناتجة عن القوى الزلزالية. كما ويجب أخذ تأثيرات (P-Δ) على هذه العناصر عند تحليلها وتصميمها إذا كان ذلك مطلوباً بالبند (٤-٢-٣).

تحدد التشوهات المتوقعة بالأكبر من القيم الآتية:

- الانتقالات العظمى الناجمة عن الإستجابة اللا مرنة Δ_M ، والمحددة وفق البند (٤-١٠-٢)، مع الأخذ بالحسبان تأثيرات (P-Δ)، كما وردت في البند (٤-٢-٣).
- أو الإنتقالات الناتجة عن إزاحة الطابق (الدور) بما يعادل (0. 025) مرة إرتفاع الطابق.

وعند حساب التشوهات المتوقعة يجب اهمال تأثير قساوة العناصر التي لم تؤخذ بالحساب لمقاومة القوى الجانبية.

من أجل العناصر التي ليست جزءاً من جملة مقاومة الدفع الجانبي، فإن القوى الناتجة من جراء التشوه المتوقع، تكون في الحالة الحديَّة (أي مصعَّدة). وعند حساب القوى الناتجة من جراء التشوهات المتوقعة، فإن تأثير التقييد الناجم عن المنشآت القاسية المجاورة، وعن العناصر غير الانشائية، يجب أن يؤخذ بالحسبان، وعلى أن تعطى قيمة منطقية لقساوة العنصر والقيد المستعملين في التصميم.

ويمكن أخذ التشوهات اللا مرنة للعناصر والوصلات بالحساب، بشرط أن تكون طاقة التحمل المحسوبة والمفترضة، منسجمة مع تصميم العنصر والوصلة والتفصيلات الإنشائية المعتمدة لهما.

من أجل العناصر الخرسانية أو الحجرية والتي تشكل جزءاً من جملة مقاومة القوى الجانبية، فإن خواص قساوة القص والانحناء المفترضة، يجب أن لا تتجاوز نصف خصائص المقاطع الكلية، إلا إذا أجري تحليل منطقي ومقبول للمقطع المتشقق (المتشرخ). ويجب أن يؤخذ بالحسبان التشوهات الإضافية، والتي قد تنشأ عن السلوك المرن للأساسات وسهوم الديافرامات (البلاطات).

(أ) العناصر القاسية الملاصقة:

يمكن للإطارات المقاومة للعزوم وجدران القص أن تحاط أو تلتصق بعناصر أكثر قساوة، هذا بشرط أن تكون مشاركة أو انهيار العناصر الأكثر قساوة لا تُضعف قابلية جمل مقاومة الدفع الأفقي لتحمل الأحمال الرأسية و الجانبية. يجب أخذ تأثيرات العناصر الملاصقة ذات القساوة في الحسبان، عندما تخضع المنشأة للتصنيف على أنها منتظمة، أو غير منتظمة وفق اشتراطات البند (٣-٦-١).

(ب) العناصر الخارجية:

يجب أن تصمم العناصر الخارجية غير الحاملة، التي لاتمتلك قدرة على مقاومة القص، كالألواح الجدارية أو العناصر التي ترتبط بـ أو تحيط بالخارج، لمقاومة القوى الواردة في العلاقة (٦-١) أو (٦-٢) وأن تتكيف مع حركة المنشأة إستناداً إلى قيمة (Δ_M) وتغيرات درجة الحرارة. ويجب أن ترتكز هذه العناصر على خرسانة مصبوبة في الموقع أو بواسطة وصلات ميكانيكية وقطع تثبيت، وذلك وفق الشروط والإحتياطات الآتية:

١) يجب أن تسمح الوصلات بين الجدران والألواح الجدارية (القاطعة) بحركة نسبية بين الطوابق لا تقل عن مرتين الإزاحة الطابقية الناتجة عن الرياح، أو إزاحة الطابق بناءً على قيمة (Δ_M) أو (12.7 mm) أيهما أكبر.

٢) يجب أن تكون الوصلات التي تسمح بالحركة في مستوي اللوح الجداري (الجدار القاطع غير الحامل) عند إزاحة الطابق من نوع الوصلات المنزلقة، باستعمال ثقوب طولية أو ثقوب أوسع من اللازم. أو من نوع الوصلات التي تؤمن الحركة من جراء إنحناء الفولاذ، أو أية وصلات أخرى تسمح بالإنزلاق المكافئ وتمتلك قدرة مطاوعة كافية.

٣) يجب أن تمتلك مكونات جسم الوصلة مطاوعة كافية، وطاقة دوران، وذلك لمنع تمزق أو إنهيار الخرسانة أو الإنهيارات الهشة، عند أو قرب اللحامات.

٤) يجب أن يصمم جسم الوصلة على القوة المحددة بالعلاقة (٦-٢) باعتماد القيم الآتية (R_p=3.0) و (a_p=1.0).

٥) يجب أن تصمم كافة المثبتات في جملة الوصل، مثل البراغي، الحشوات، اللحامات ومسامير الربط، والتشاريك على القوى المحددة في العلاقة (٦-٢) حيث (R_p = 1) و(a_p = 1.0).

٦) يجب أن تربط المثبتات المغموسة (المدفونة) في الخرسانة إلى فولاذ التسليح، أو تلتف حوله، أو تنهى بشكل يؤمن نقل القوى بفعالية إلى فولاذ التسليح.

٧-١١-٤- الشدادات والاستمرارية في الجمل الإنشائية:

يجب أن ترتبط كافة أجزاء المنشأة فيما بينها، وأن تكون الوصلات قادرة على نقل القوة الزلزالية الناشئة بين الأجزاء المتصلة مع بعضها. وكحد أدنى، يجب أن يُربط أصغر جزء في المبنى إلى بقية المبنى، عن طريق عناصر لا تقل مقاومتها عن (0.5 C_a.I) مرة من وزن الجزء الأصغر.

ويجب تأمين وصلة كافية لمقاومة قوة أفقية موازية للعنصر لكل جائز ثانوي أو رئيسي أو شبكي (جملون)، بحيث لا تقل هذه القوة عن (0.5 C_a.I) مرة الحمل الميت (الدائم) والحي.

٧-١١-٥- العناصر المجمّعة في الجمل الإنشائية:

يشترط بالعناصر المجمّعة، أن تكون قادرة على نقل القوى الزلزالية الناشئة في الأجزاء الأخرى من المنشأة، وذلك إلى العنصر القادر على مقاومة هذه القوى.

يجب أن تكون العناصر المجمّعة، وتراكبات التسليح فيها ووصلاتها، إلى العناصر المقاومة قادرة على تحمل القوى المحددة في العلاقة (٧-٢). بالإضافة لذلك، فإن العناصر المجمّعة وتراكبات التسليح فيها ووصلاتها إلى العناصر المقاومة، يجب أن تمتلك المقاومة التصميمية اللازمة لمقاومة تراكيب الأحمال الناتجة عن الأحمال الزلزالية الخاصة الواردة في البند (٣-١٢-٣).

ليس بالضرورة أن يتجاوز المقدار (E_M) القوة العظمى الممكن انتقالها إلى المجمِّع عن طريق الديافرام (البلاطة)، والعناصر الأخرى في جملة مقاومة القوى الجانبية (أي تكون طاقة تحمل المقطع محسوبة وفق ذلك، وليس باعتماد Ω_o).

استثناء:

في المنشآت أو أية أجزاء مكونة لها والتي تكون مربطة (مكتفة) بشكل كامل عن طريق هيكل خفيف من جدران قص خشبية، أو جملة مشتركة من إطار معدني خفيف وشرائح خشبية على شكل جدران قص، فإن العناصر المجمّعة والوصلات المرتبطة بها وتراكيبات هذه الوصلات مع العناصر المقاومة تصمَّم فقط لمقاومة القوى الواردة في العلاقة (٧-٢).

يجب أن لايتجاوز المقدار (E_M) القوة العظمى الممكن انتقالها إلى المجمِّع عن طريق الديافرام (البلاطة) والعناصر الأخرى في جملة مقاومة للدفع الجانبي.

عند التصميم وفق الإجهادات المسموحة، يمكن في حساب المقاومة التصميمية تصعيد الإجهادات المسموحة بالمقدار (1.7) كما يؤخذ معامل المقاومة (Φ) مساوياً للواحد.

لايجوز أن تدخل هذه الزيادة عند الاستعمال مع الزيادة الممثلة لثلث الإجهادات والمسموحة في البند (٣-١٢-٣).

٧-١١-٦- الإطارات الخرسانية:

يجب أن تحقق الإطارات الخرسانية المساهمة في جملة مقاومة القوى الجانبية، ما يلي:

(أ) في المناطق الزلزالية (3) و(4) يجب أن تكون إطارات خاصة مقاومة للعزوم.

(ب) في المنطقة الزلزالية (2) يجب أن تكون، كحد أدنى، إطارات مقاومة للعزوم من النوع المتوسط.

(ج) يمكن استعمال الإطارات العادية المقاومة للعزوم في المنطقتين (0) و (1) حصراً، مع جدران القص.

٧-١١-٧- **تثبيت الجدران الخرسانية أو الحجرية:**

يجب تثبيت الجدران الخرسانية (غير المسلحة، أو تسليحها أقل من الحد الأدنى المطلوب للجدران المسلحة) أو المبنية من الحجر (أو الطوب) إلى البلاطات والأسقف، وذلك لتأمين استناد جانبي لهذه الجدران خارج مستواها. يجب أن يؤمن هذا التثبيت اتصالاً فعالاً ومباشراً بين الجدار والبلاطات أو السقف الأخير، قادراً على مقاومة أكبر القوى الأفقية المحددة في هذا الباب وفي الباب السادس. بالإضافة لذلك، وفي المناطق الزلزالية (3) و (4)، يتم إرساء (تثبيت) الديافرامات إلى الجدران باستعمال أشرطة رابطة فولاذية مغموسة (مدفونة)، تربط أو تعكف حول فولاذ التسليح أو تنهى بشكل يؤمن نقل القوى بفعالية إلى حديد التسليح.

لقد تم توضيح الإحتياطات والشروط اللازمة لزيادة قوى الإرساء (التثبيت) في الديافرامات وذلك في البند (٧-١١-٨). ويجب الأخذ بالحسبان تشوه الديافرام في تصميم الجدران المسنودة.

تثبيت الجدران خارج مستواها إلى الديافرامات اللينة:

يطبق هذا الباب في المناطق الزلزالية (3) و(4)، عندما تؤمن الديافرامات اللينة (كما هي معرفة في الفصل (٤-٦)) مسنداً جانبياً للجدران.

١) يجب أن تصمم عناصر إرساء الجدار على القوى المحدة في الباب السادس حيث (R_p=3.0) و (a_p=1.5).

يجب أن تكون العناصر الخاصة بجملة إرساء الجدران الحجرية أو الخرسانية قادرة على مقاومة تراكيب الأحمال الواردة في البند (٣-١٢-٢) باستعمال الحمل الأكبر من أحمال الرياح أو أحمال الزلازل، على أن لا تقل القوة الجانبية ($\mathbf{F_p}$) الواردة في الفصل (٦-٢) عن (6.0 kN/m') للمنطقة الزلزالية الرابعة، ولا عن (4.0 kN/m') لبقية المناطق الزلزالية.

٢) عندما تكون عناصر جملة إرساء (جملة تثبيت) الجدار غير محملَّة مركزياً أو أنها غير متعامدة مع الجدار فإن هذه الجملة يجب أن تصمَّم لمقاومة كافة مركبات القوى الناشئة عن اللا مركزية.

٣) في حال وجود أعمدة بارزة ضمن الجدار، فإن قوة الإرساء (التثبيت) عند هذه الأعمدة، يجب أن تحسب مع الأخذ بالحسبان الأحمال الإضافية المنقولة من الألواح الجدارية إلى هذه الأعمدة. وعلى كلٍ، تحدد قوة الإرساء (التثبيت) الدنيا عند البلاطة أو السقف كما ورد في الفقرة (٧-١١-٧-أ).

٤) تؤخذ القوى التصميمية على حد المقاومة للعناصر المعدنية لجملة إرساء (جملة تثبيت) الجدار (1.4) مرة، من تلك القوى المطلوبة للاشتراطات الأخرى في هذا الباب.

٧-١١-٨- الديافرامات (الأحجبة Diaphragms):

(أ) يجب أن لايتجاوز السهم (الإزاحة) الناشيء في مستوى الديافرام السهم المسموح للعناصر المرتبطة به. ويعرف السهم المسموح على أنه السهم الذي يسمح للعنصر المربوط بالمحافظة على تكامله الإنشائي تحت تأثير الأحمال المطبقة عليه افرادياً ، ويستمر في تحمل الأحمال المحددة (الموصوفة).

(ب) يجب أن تصمم الديافرامات التي على شكل أسقف أو سقف أخير لمقاومة القوى المحددة وفق العلاقة الآتية:

$$F_{px} = \frac{F_t + \sum_{i=x}^{n} F_i}{\sum_{i=x}^{n} w_i} \cdot W_{px} \qquad (٢-٧)$$

وبحيث لا تتجاوز القوة F_{px} المحددة في الصيغة (٧-٢) القيمة ($1.0\ C_a\ .\ I\ .\ w_{px}$)، ويجب أن لا تقل عن القيمة ($0.5\ .\ C_a\ .\ I\ .\ w_{px}$).

وعندما يكون مطلوباً من الديافرام نقل القوى الزلزالية التصميمية من العناصر الرأسية المقاومة فوق الديافرام إلى عناصر رأسية أخرى مقاومة تحت الديافرام، وذلك من جراء تغير مفاجئ في موقع العناصر، أو لتغيرات في قساوات العناصر الرأسية، فإن هذه القوى يجب أن تضاف إلى تلك المحددة في العلاقة (٧-٢).

(ج) تحدد القوى الزلزالية التصميمية للديافرامات اللينة التي تؤمن نقاط استناد جانبية للجدران، أو الإطارات المبنية من الخرسانة أو الطوب، باستعمال العلاقة (٧-٢) استناداً إلى الحمل المحدد في الفصل (٤-٢) و باستعمال قيمة لـ (R) لا تتجاوز (4).

(د) يجب أن تحتوي الديافرامات الساندة للجدران الخرسانية أو الحجرية على شدادات مستمرة أو ضواغط بين أوتار الديافرام، وذلك لتوزيع قوى التثبيت الموصوفة في البند (٧-١١-٧). يمكن استعمال الأوتار المضافة للديافرامات الثانوية لتشكيل ديافرامات ثانوية لنقل قوى الإرساء (التثبيت) إلى الشدادات المتصالبة المستمرة.

(هـ) في المنشأت الواقعة في المناطق الزلزالية (3) و(4) والتي تحوي عدم انتظام في المستوي الأفقي من النموذج (2) حسب الجدول (٣-٥)، تصمم أوتار الديافرام وعناصر السحب باعتماد حركة مستقلة للأجنحة البارزة من المنشأة. يصمم أي واحد من عناصر هذه الديافرامات على الوضع الأكثر حرجاً مما يلي:

١) حركة الأجنحة البارزة في الإتجاه ذاته.

٢)حركة الأجنحة البارزة باتجاهات متعاكسة.

استثناء:

هذا المطلب يمكن افتراضه محققاً في حال استعمال الاشتراطات الواردة في الباب الخامس، مع اعتماد نموذج ثلاثي الأبعاد وذلك لتحديد القوى الزلزالية الجانبية التصميمية.

٧-١١-٩- الإطارات الواقعة أسفل القاعدة:

يجب أن تكون متانة وقساوة عناصر الهيكل الانشائي، الواقعة مابين قاعدة المنشأة والأساسات، لا تقل عن متانة وقساوة البنية العلوية لهذه المنشأة .

ويجب أنْ تحقق متطلبات التفاصيل الخاصة الواردة في الكود الأساس و هذا الملحق، حسب ما يلائم الوضع على الأعمدة الحاملة لعناصر مقاومة القوى الجانبية غير المستمرة وعلى باقي عناصر الجمل الواقعة أسفل قاعدة المنشأة، والتي يطلب منها نقل القوى الناتجة عن الأحمال الجانبية إلى الأساسات.

تعرف القاعدة بأنها المنسوب الذي يحسب عنده قوة القص القاعدي، ويحسب ارتفاع المبنى ابتداءً منه من أجل حساب الدور وتوزيع الأحمال وغيرها. ويمكن أخذ منسوب سقف القبو كقاعدة للمنشأة إذا كان القبو محاطاً بجدران استنادية من الخرسانة المسلحة على كامل محيطه دون انقطاع ودون فاصل تمدد. في هذه الحالة يجب أن تستمر جميع العناصر الإنشائية المقاومة للأحمال الشاقولية والأفقية، بين منسوب القاعدة ومنسوب الأساس بمقاطع لا تقل من حيث الأبعاد والتسليح عما هي عليه عند منسوب القاعدة، مع الأخذ بالحسبان تأثير المسافة بين المنسوبين على تحنيب هذه العناصر. وتصمم الأساسات للقوى الشاقولية والأفقية الناتجة عند منسوبها. وإذا دعت الضرورة لحذف بعض العناصر الشاقولية (الرأسية) والاعتماد على إطارات ناقلة للأحمال فيجب أن تحقق هذه الإطارات الموجودة بين منسوبي القاعدة والأساسات الاشتراطات الخاصة بتصميم الجمل الإنشائية ذات الانقطاعات، مهما كانت نوعية هذه الإطارات، بحيث تنقل القوى والعزوم إلى الأساسات بشكلٍ سليم وأمين. وفي حال تحليل المنشأة وتصميمها كمنشأة متكاملة من أعلاها إلى منسوب التأسيس باستعمال أحد البرامج للتحليل ثلاثي الأبعاد، فعندها يتم تحليل المنشأة كما هي، سواء كانت الجدران الاستنادية مستمرة أم غير مستمرة، وسواء كان هناك انقطاعات أم لم يكن، وتصمم المقاطع للتراكيب المطلوبة مع الأخذ بالحسبان العامل Ω_0 لتصعيد القوى الزلزالية عند حساب العناصر الحاملة للجمل الإنشائية التي تحتها انقطاع.

٧-١١-١٠- تباعد المباني:

يجب أن تتباعد كافة المباني والمنشآت عن المباني والمنشآت المجاورة لها. وتحدد هذه التباعدات إنطلاقاً من قيم الإنتقال Δ_M.

يجب أن تتباعد الكتل المتجاورة والواقعة ضمن ملكية واحدة بالمسافة Δ_{MT} كحد أدنى (و لا تقل عن 30 mm) حيث:

$$\Delta_{MT} = \sqrt{(\Delta_{M1})^2 + (\Delta_{M2})^2} \qquad (٣-٧)$$

حيث: Δ_{M1} و Δ_{M2} هي انتقالات المبنيين المتجاورين (أو قسمي مبنى واحد بينهما فاصل زلزالي). وعندما تكون المنشأة (أو المبن) محاذية لخط ملكية غير مشترك مع الطريق العام، يجب تنفيذ هذه المنشأة أيضاً عن خط الملكية على الأقل بالمقدار Δ_M لهذه المنشأة.

استثناء:

يمكن السماح بتباعدات أو رجوعات عن خط الملكية (أو بين أي كتلتين متجاورتين) أقل من المذكورة سابقاً (Δ_{MT})، اذا تم تبريرها باستعمال تحليل منطقي ومقبول، يستند إلى حركة الأرض العظمى المتوقعة، وكذلك في حالات تحقيق المنشآت القائمة لمقاومة الزلازل، إذا كانت سقوفها بمناسيب واحدة، وعلى أن تحقق الكتلة قيد الدراسة (أو كل من الكتلتين المتجاورتين) على قوة زلزالية مكبرة بمقدار لا يقل عما ورد أدناه، من القوة الزلزالية التصميمية.

بالنسبة لموضوع تباعد الكتل المتجاورة بالمبنى بالمسافة Δ_{MT} الوارد في البند (٧-١١-١٠) من هذا الملحق (٢)، فسيتم إعداد دراسة موسعة لهذا الموضوع للسماح باعتماد جزء من القيمة الأعظمية Δ_{MT} بشرط تكبير القوة الزلزالية المطبقة على المبنى بجزأيه بعامل ستحدد قيمته لاحقاً. إنما يمكن، بشكل مؤقت، تخفيض القيمة Δ_{MT} بشرط تحقيق ما يلي:

أ- أن تكون كتلتا المبنى ذات بلاطات عند المنسوب ذاته، و إلا فلا يسمح بتخفيض عرض الفاصل.

ب- أن يثبت نيوبرين غير مسلح (مطاط غير مسلح) عند مناسيب الأسقف بعرض يساوي على الأقل أطوال أو عروض الأعمدة المتجاورة في الكتلتين.

ج- زيادة القوة الزلزالية بمقدار 10% على كل من كتلتي المبنى بجوار الفاصل إذا جرى اعتماد عرض للفاصل الزلزالي δ يحقق المتراجحة:

$$\Delta_{MT} > \delta \geq 0.75\ \Delta_{MT}$$

وتزاد القوة الزلزالية بمقدار 15% على كل من كتلتي المبنى بجوار الفاصل إذا جرى اعتماد عرض للفاصل الزلزالي δ يحقق المتراجحة:

$$0.75\ \Delta_{MT} > \delta \geq 0.5\ \Delta_{MT}$$

ولكلتا الحالتين، لا يعاد حساب Δ_{MT} بعد زيادة القوة الزلزالية.

الباب الثامن

8 المنشآت الخاصة غير المباني

٨-١- عام:

٨-١-١- مقدمة:

تشمل المنشآت غير المباني (أي التي ليس لها شكل المباني)، كافة المنشأت المستندة ذاتياً، والتي لاتشبه المباني المألوفة، وهي تتحمل أحمال الجاذبية وتقاوم تأثيرات الزلازل.

يجب تصميم هذه المنشآت لتأمين المتانة المطلوبة لمقاومة الإنتقالات الناتجة عن القوى الجانبية الدنيا المحددة في هذا الباب. ويجب أن تتطابق إجراءات التصميم مع الإشتراطات المطبقة في باقي الأبواب، مع الأخذ بالحسبان التعديلات الواردة في اشتراطات هذا الباب.

٨-١-٢- معايير التصميم:

إن القوى التصميمية الزلزالية الدنيا الموصوفة في هذا الباب، هي بالمستوى (المقدار) الذي ينتج إنتقالات بالنموذج المرن للمنشأة ذات القاعدة الموثوقة، تكون بمقادير يمكن مقارنتها مع تلك المتوقعة للمنشأة الحقيقية عندما تتجاوب مع حركة الأرض الأساسية التصميمية.

ويسمح بالتخفيضات في هذه القوى باستعمال المعامل (R) عندما يكون تصميم هذه المنشآت يؤمن المتانة والممطولية اللازمتين، وبحيث ينسجم مع الاشتراطات الموصوفة هنا للأبنية، وذلك لمقاومة تأثيرات حركة الأرض الزلزالية عند تمثيلها بتلك القوى التصميمية.

ويتم التصميم لهذه المنشآت على حد المقاومة والمعايير التصميمية التفصيلية الأخرى، التي يتم الحصول عليها من الأبواب الأخرى، أو من الكودات الخاصة بها. يتم تصميم المنشآت من هذا النوع، باستعمال تراكيب الأحمال أو العوامل المحددة في البندين (٣-١٢-٢) أو (٣-١٢-٣). وعندما تصمم هذه المنشآت وفق الفصول (٨-٣) أو (٨-٤) أو (٨-٥)، فيؤخذ المعامل ρ للوثوقية /درجة عدم التقرير/ $\left(\rho = \frac{\text{Reliability}}{\text{Redundancy}}\right)$ في هذه الحالة مساوٍ لـ (1.0).

٨-١-٣- الوزن (W):

يشمل الوزن (W)، المستعمل في حساب المنشآت التي ليس لها شكل المباني، كافة الأحمال الميتة كما هي معرفة للمباني في البند (٤-٢-١).

ولغرض حساب القوى التصميمية الزلزالية لهذه المنشآت، يجب أن تتضمن (W) كافة محتويات التشغيل الطبيعية (سوائل - حبوب - مواد أخرى) وذلك للخزانات والأوعية المضغوطة والصوامع والأنابيب.

٨-١-٤- الفترة الأساسية:

يتم تحديد الفترة الأساسية للمنشأة باستعمال طرائق منطقية ومقبولة مثل استعمال الطريقة (B) في البند (٤-٣-٢).

٨-١-٥- الإزاحة:

لاتطبق حدود الإزاحات الواردة في الفصل (٤-١١) عملياً على المنشآت من هذا النوع. يجب استنتاج حدود الإزاحة للعناصر الإنشائية وغير الإنشائية، التي يؤدي انهيارها إلى مخاطر على الحياة. كما أن تأثيرات (P-Δ) يجب أن تؤخذ بالحسبان في المنشآت التي تتجاوز إزاحتها المحسوبة تلك القيم الواردة في البند (٤-٢-٣).

٨-١-٦- التأثيرات المتبادلة:

في المناطق الزلزالية (3) و(4)، فإن المنشآت التي تقوم بحمل عناصر لينة غير حاملة يتجاوز وزنها (25%) من وزن المنشأة، عندها يجب التصميم بدراسة التاثيرات المتبادلة بين المنشأة والعناصر المستندة عليها.

٨-٢- القوة الجانبية:

يتم اختيار إجراءات حساب وتطبيق القوة الجانبية للمنشآت، التي ليس لها شكل المباني، والتي لها جمل إنشائية مشابهة للمباني العادية (أي تلك التي لها جمل إنشائية كما هي مصنَّفة في الجدول (٣-٦) وفق الاشتراطات الواردة في الباب الثالث) بطريقة مشابهة لما ورد في حسابات المباني.

استثناء:

يمكن استعمال الإطارات المتوسطة المقاومة للعزوم (IMRF) في المنشآت التي ليس لها شكل المباني في المناطق الزلزالية (3) و(4) إذا تحقق الشرطان الآتيان:

(أ) إذا كان إرتفاع المنشأة أقل من (15m).

(ب) اذا كانت قيمة المعامل (R) المستعمل في تخفيض القوى والعزوم المحسوبة للعناصر لا تتجاوز (2.8).

٨-٣- المنشآت الصلبة (الصلدة Rigid):

وهي المنشآت ذات فترة أساسية للاهتزاز (T) أقل من (0.06 Sec). تصمم المنشآت الصلبة ونقاط إرساؤها (تثبيتها) لمقاومة تأثير القوى الجانبية الواردة في العلاقة الآتية:

$$V = 0.7 \cdot C_a \cdot I \cdot W \qquad (٨-١)$$

يتم توزيع القوة (V) وفقاً لتوزيع الكتلة ويفترض أنها تؤثر بأي اتجاه أفقي.

٨-٤- الخزانات المستندة على الأرض (الخزانات الأرضية):

يجب أن تصمم الخزانات ذات القاعدة المسطحَّة أو تلك التي تستند على قاعدتها والمؤسسة عند (أو تحت) الأرض، لمقاومة القوى الزلزالية المحسوبة باستعمال الإجراءات الواردة في هذا الباب للمنشآت الجاسئة (القاسية- صلبة)، مع الأخذ بالحسبان كامل وزن الخزان مع محتوياته من السائل.

وبطريقة بديلة فإن أي خزان يمكن أن يصمم باستعمال أحد الإجرائين الآتيين:

(أ) التحليل وفق طيف الإستجابة، والذي يتضمن أخذ حركة الأرض الفعلية المتوقعة في الموقع المدروس وتأثيرات عطالة (قساوة) السائل المخزَّن.

(ب) أسس تصميم محددة للنموذج الخاص للخزان وذلك باستعمال أنظمة أو نورمات (كودات) وطنية معتمدة أصولاً، بشرط أن تكون المناطق الزلزالية وتصنيف الإشغالات متطابقة مع احتياطات الفصلين (٣-٣) و (٣-٥) على الترتيب.

٨-٥- المنشآت الأخرى التي ليس لها شكل المباني:

يجب أن تُصمم المنشآت التي ليس لها شكل المباني وغير المشمولة بالفصلين (٨-٣) و (٨-٤)، مثل الجدران الاستنادية والخزانات وجميع المنشآت المحددة في الجدول (٣-٨)، لمقاومة القوى التصميمية الزلزالية والتي لا تقل عن تلك المحددة وفق الإجراءات الواردة في الباب الرابع وذلك مع أخذ الإضافات والإستثناءات الواردة فيما يلي:

(أ) تؤخذ قيم العوامل (R) و(Ω_o) من الجدول (٣-٨). كما أن القص القاعدي التصميمي الكلي المحدد وفق الفصل (٤-٢) يجب أن لا يقل عن:

$$V = 0.56 \cdot C_a \cdot I \cdot W \qquad (٢-٨)$$

بالإضافة لذلك، وللمنطقة الزلزالية (4)، يجب أن لا يقل القص القاعدي الكلي عن:

$$V = \frac{1.6\, ZN_v\, I}{R}\, W \qquad (٣-٨)$$

(ب) يتم تحديد التوزيع الرأسي للقوى الزلزالية التصميمية في المنشآت المذكورة في هذا الباب باستعمال الإجراءات الواردة في الفصل (٤-٦) أو باستعمال اجراءات الباب الخامس.

استثناء:

تعتمد الإجراءات الواردة في الباب الخامس للمنشآت غير المنتظمة العائدة إلى درجة الإشغالات (1) و(2) والتي لا يمكن نمذجتها على شكل كتلة وحيدة.

(ج) يمكن استعمال كود عالمي مختص في إحدى هذه المنشآت (غير المباني) لتصميمها لمقاومة الزلازل، مع الإلتزام بالقيود الواردة في هذا البند وهي :

١) المناطق الزلزالية وتصنيف الإشغالات تؤخذ طبقاً لما ورد في إشتراطات الفصلين (٣-٥) و(٣-٣) على الترتيب.

٢) يجب أن لا تقل قيم القوة الجانبية الكلية وعزم الإنقلاب الكلي عند القاعدة والمستعملان في التصميم عن (80%) من القيمة التي يتم الحصول عليها باستعمال الإجراءات الخاصة بهذا الباب.

٨-٦- الجدران الاستنادية (الساندة) المقاومة للزلازل:

٨-٦-١- مقدمة:

تعد المنشآت الاستنادية (الساندة) من أهم العناصر الأساسية في المشاريع الكبيرة والمرافق الهامة (مرافئ، جسور، طرق، أقبية ... الخ)، التي تتوضع في مناطق زلزالية متنوعة الشدة الزلزالية.

لقد بينت الدراسات المخبرية (المعملية) والحقلية أن الزلازل تسبب تشوهات دائمة للجدران (الحوائط) الساندة لا يمكن إهمالها، لما تولده من أضرار كبيرة على المستوى الاقتصادي والبيئي.

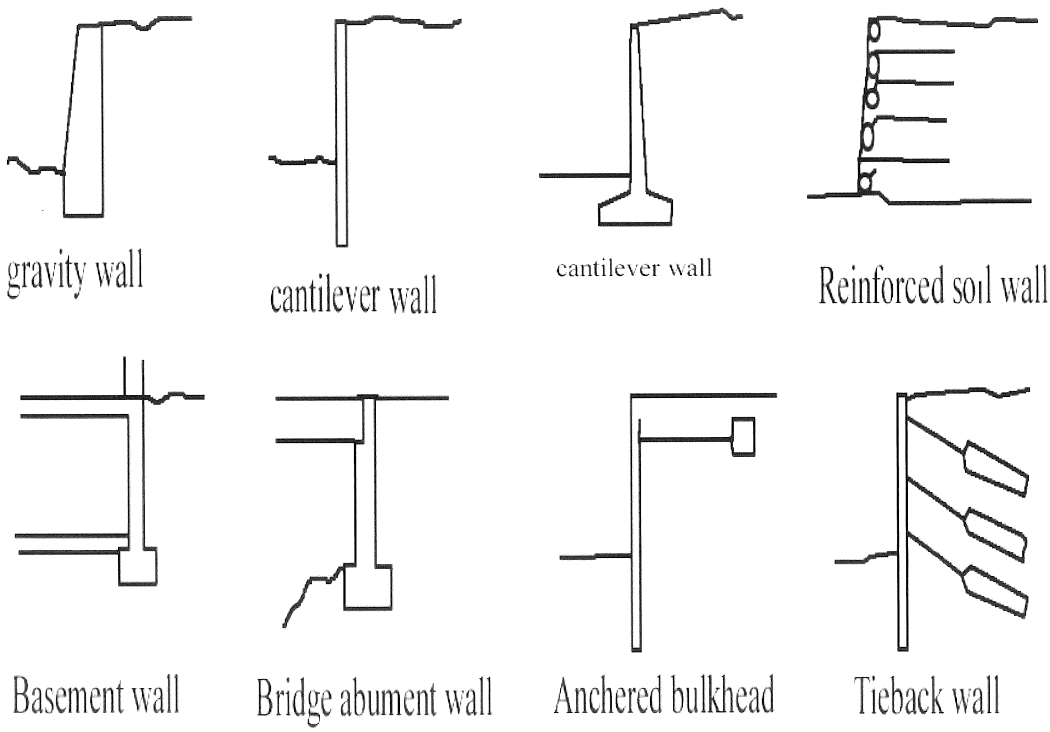
بالتالي يتوجب على المهندس عندما يقوم بدراسة الجدران الساندة، الأخذ بالحسبان التأثيرات التي تسببها الزلازل، وإدخالها في التصميم.

٨-٦-٢- أنواع الجدران الاستنادية (الحوائط الساندة) Types of Retaining Walls:

تعد عملية حجز التربة ومنعها من الانهيار من أقدم المسائل التي تعرضت لها الهندسة الجيوتكنيكية، ويمكن القول بأن أهم المبادئ الأساسية لعلم ميكانيك التربة تم تطويرها بهدف دراسة وتصميم الجدران الاستنادية. إضافة إلى وجود طرائق أخرى لحجز التربة المفككة وتأمين استقرارها، مثل: التقوية المعدنية - التقوية بقماش الجيوتكستيل والبوليميرات ...

تصنف الجدران الاستنادية وفق طرائق مختلفة، تستند إما على كُتلها الخاصة، أو مرونتها الإنشائية، أو على طبيعة إرسائها وتثبيتها.

يبين الشكل (٨-١) أنواع الجدران الاستنادية الشائعة الاستعمال، ومنها الأنواع الآتية:



الشكل (٨-١): أنواع الجدران الاستنادية (الساندة) المعروفة

(أ) الجدران الكتلية (الثقلية) Gravity walls:

يُعد هذا النوع من أقدم وأبسط الجدران الاستنادية المستعملة. تمتاز بسماكتها الكبيرة وصلابتها العالية (قابلية ضعيفة جداً للانحناء) بحيث تنحصر حركتها بشكل رئيسي بالإزاحة الجانبية أو الدوران، مع الإشارة إلى ضرورة إجراء بعض التحقيقات المتعلقة بالاستقرار الداخلي على كامل ارتفاعها.

(ب) الجدران الاستنادية (الساندة) الظفرية Cantilever walls:

هذا النوع من الجدران، ينحني ويدور وينتقل جانبياً، ويعتمد على مقاومته للانحناء بتحمل ضغط التربة الجانبي. يرتبط مخطط ضغط التربة الجانبي على الجدران الاستنادية الظفرية بالقساوة.

(ج) الجدران الاستنادية المكتفة (المربطة أو المثبتة بشدادات) Braced walls:

تثبت الجدران بجملة من عناصر التكتييف (الربط) الخارجية لمنع حركتها باتجاه معين، فنجد مثلاً جدران المباني والأرصفة، وكذلك ركائز الجسور (الكباري) التي يمكن منع حركتها الجانبية عن طريق العناصر الأفقية التي تسندها عند القمة. ويمكن مقاومة الإزاحات الجانبية لبعض أنواع الجدران عن طريق تأمين إرساءات (تثبيت) كافية في التربة (شدادات). بالتالي تحصل عملية تخفيض لقيم عزوم الانحناء نتيجة عملية التقوية عند القمة أو عند نقاط مختلفة على كامل ارتفاعها

٨-٦-٣- أنماط انهيار الجدران الاستنادية Types of retaining wall failures:

عند حدوث الزلزال، تحصل تغيرات هامة في خواص التربة، ويتشكل جملة من قوى العطالة، بحيث يمكن أن تتولد حالة عدم استقرار في الجدار المحسوب وفقاً لشروط الاستقرار الاستاتيكي، وتشكل تشوهات دائمة في الجدار.

تتطلب عملية تصميم جدار استنادي ما، معرفة جيدة لنمط انهياره: انزلاق، انقلاب أم انحناء.

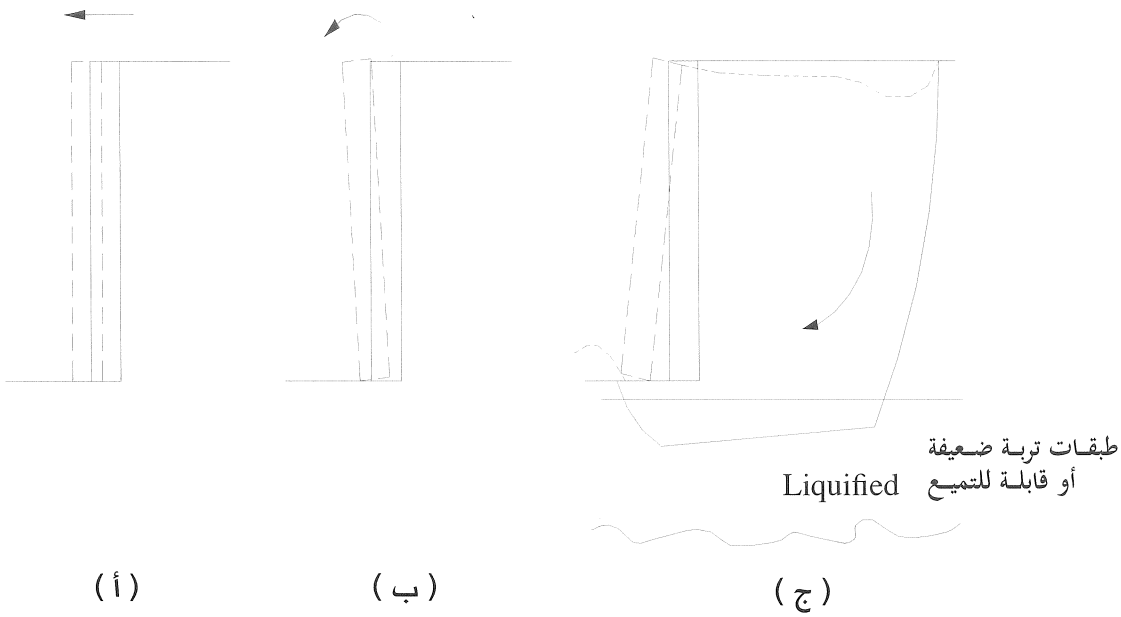
(أ) الجدران الكتلية (الشكل ٨-٢):

تنهار الجدران الاستنادية الكتلية (الثقلية) وفق ميكانيزم انهيار الأجسام الجاسئة (الصلبة):

١) **انزلاق:** عدم توازن القوى الجانبية.

٢) **انقلاب:** عدم توازن العزوم حول نقطة الدوران عند القاعدة.

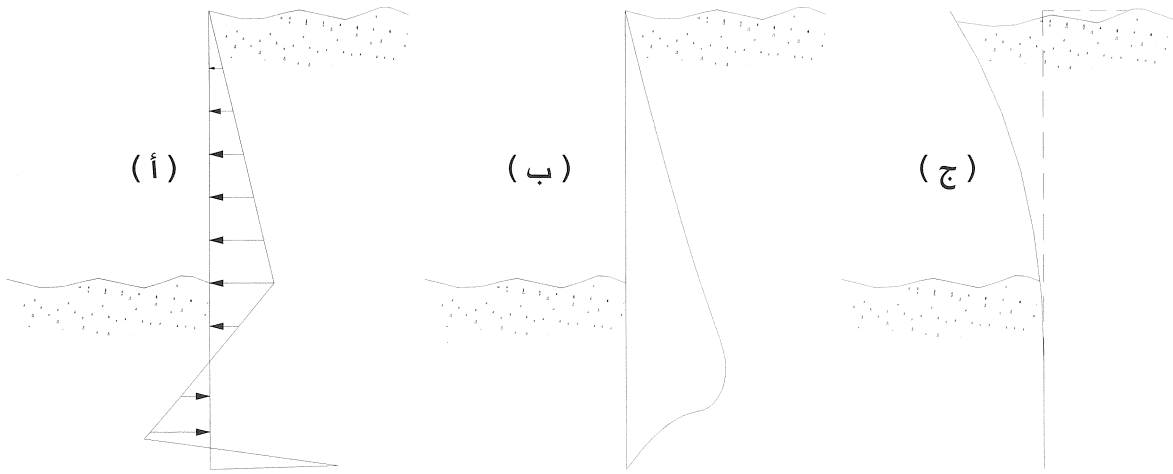
٣) أو عن طريق عدم استقرار عام ناجم عن انهيار التربة الواقعة خلف أو تحت الجدار (طبقات تربة ضعيفة أو قابلة للتميع).



الشكل (٨-٢): ميكانيزم انهيار الجدران الثقلية (الكتلية)
(أ) انزلاق - انتقال، (ب) انقلاب - دوران، (ج) عدم استقرار عام.

(ب) الجدران الظفرية بشكل صفائح وتدية (الشكل ٨-٣):

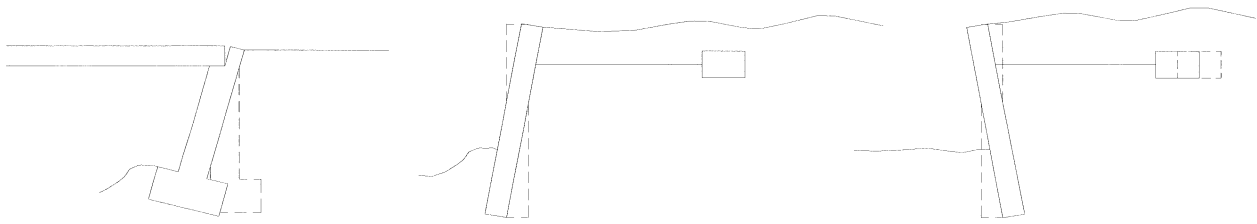
يمكن أن تنهار هذه الجدران وفق ميكانيزم مشابه للجدران الكتلية، إضافة لميكانيزمات انهيار داخلية قصية أو انحنائية.



الشكل (٨-٣): انهيار انحنائي لجدار كابولي
(أ) ضغط التربة، (ب) عزوم الانحناء، (ج) ميكانيزم الانهيار بالانحناء.

(ج) الجدران المكتفة أو المثبتة بشدادات (الشكل ٨-٤):

تنهار هذه الجدران عن طريق حالة عدم استقرار عامة،أو انهيار انحناني، أو انهيار عناصر التربيط (التكتيف) أو التقوية، أو الدوران حول نقطة ارتكاز عنصر التقوية.



(أ) (ب) (ج)

الشكل (٨-٤): أنماط انهيار الجدران المكتفة

(أ) دوران ركيزة الجسر حول القمة،

(ب) دوران الجدار نحو الداخل بسبب ضعف المقاومة المعاكسة،

(ج) إرساء (تثبيت) ضعيف للشداد.

٨-٦-٤- الإستجابة الديناميكية للجدران لاستنادية:

Dynamic response of retaining walls

إن تحديد الإستجابة الديناميكية للجدران الاستنادية هي عملية معقدة جداً، لأن حركات الجدار وضغط التربة تعتمد على استجابة التربة الواقعة تحت الجدار، وتلك المحجوزة خلفه، وعلى استجابة الجدار ذاته، للانحناء وللقساوة ولطبيعة الأفعال المؤثرة.

وتبين الدراسات القائمة حول هذا الموضوع ما يلي:

(أ) يمكن للجدران أن تتحرك على شكل انتقال أو دوران أو الإثنين معاً، وإن سعة هذه الحركات تعتمد على عملية تصميم الجدار ذاته.

(ب) يتأثر كل من مقدار وتوزيع الضغط الديناميكي بطبيعة حركة الجدار: انتقال، أو دوران حول القمة أو حول القاعدة.

(ج) تحصل قوة دفع التربة الأعظمية المؤثرة على الجدار، عندما ينتقل الجدار، أو يدور بإتجاه المستوى الخلفي والعكس صحيح.

(د) يتغير مخطط توزيع ضغط التربة على سطح الجدار الخلفي عند تحركه، وبالتالي يتغير موقع تطبيق محصلة الضغط الكلية صعوداً أو هبوطاً على ارتفاع الجدار، ويكون الموقع مرتفعاً عندما يتحرك الجدار بإتجاه التربة المحجوزة والعكس صحيح.

(هـ) يتأثر الضغط الديناميكي للجدار باستجابته الديناميكية وما خلفه، فيمكن أن يزداد هذا الضغط بشكل هام، عند الإقتراب من التردد (التواتر) الطبيعي للجملة، وتزداد الإنتقالات الدائمة عند القيم القريبة لهذا التردد (التواتر).

(و) يمكن أن تستمر الضغوط المرتفعة المؤثرة في الجدار حتى بعد انتهاء سلسلة الضربات القوية.

بالرغم من أن استجابة الجدران الاستنادية الخاضعة لأفعال زلزالية تختلف كثيراً عن حالة الأحمال الاستاتيكية، يمكن اعتماد طرائق تحليل مبسطة، قريبة للمنطق التقليدي المعتمد في التصميم الاستاتيكي للجدران، مع افترض تسارعات شبه استاتيكية مكافئة، حيث تبين بأن الجدران المصممة بهذا الإسلوب سلكت سلوكاً جيداً عند تعرضها للزلازل.

تكون قيم التسارعات شبه الاستاتيكية المعتمدة في التصميم، أقل بكثير من التسارعات الأعظمية المتوقعة، وتوافق من ثلث الى نصف تسارع سطح التربة الأعظمي (PGA)، مع الإشارة الى أن المركبة الشاقولية للتسارع، تتراوح بين نصف وثلثي المركبة الأفقية.

يتراوح عامل الأمان ضد الإنقلاب أو الإنزلاق في حالة تصميم الجدران المقاومة للزلازل بين (1.2 - 1.1).

٨-٦-٥- الضغط الزلزالي على الجدران الاستنادية (Seismic pressure on retaining walls):

نظراً لصعوبة تحديد الإستجابة الديناميكية للجدران الساندة بشكل دقيق، يتم الإعتماد على مجموعة من الطرائق المبسطة لتحديد توزيع ضغط التربة عليها أثناء حدوث الزلازل. وتقوم هذه الطرائق على افتراض أحمال إضافية مفروضة، يتوجب على الجدار مقاومتها.

(أ) حالة الجدران القادرة على نشر ضغط التربة الفعال الإيجابي أو المقاوم السلبي:

من أجل تحديد محصلة دفع التربة الناجمة عن الزلازل، تُعتمد:

طريقة (M-O)، Mononobe - Okabe method، التي تستند على نظرية كولومب الاستاتيكية بشكل مباشر، ويتم تطبيق تسارعات شبه استاتيكية على موشور (Prism) الإنهيار، لتأخذ بالحسبان فعل الزلازل. وذلك كما يلي:

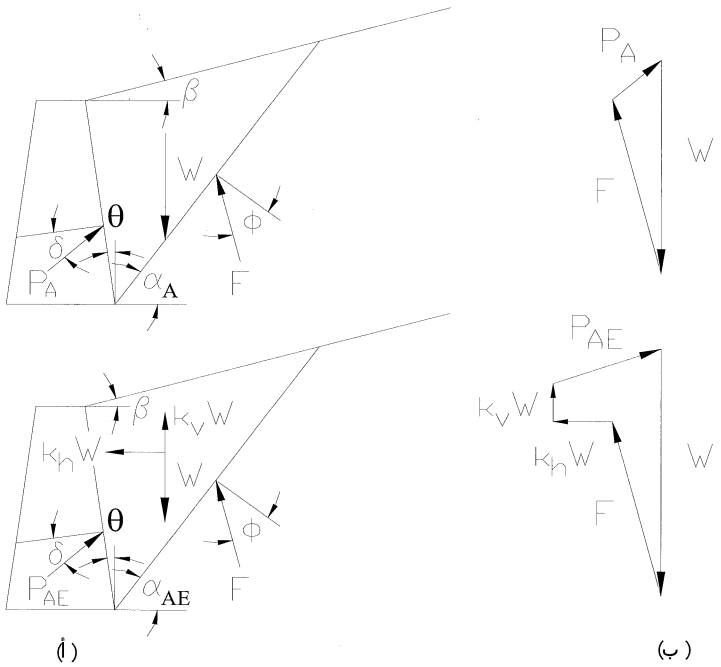
١) ضغط التربة الفعال:

إضافة للقوى الاستاتيكية التي يعالجها كولومب بالنسبة لتربة جافة متماسكة قليلاً خلف الجدار، يؤثر الزلزال بقوى مرتبطة بكتلة التربة وذلك بالإتجاهين الأفقي والرأسي (الشكل ٨-٥) عن طريق تطبيق تسارعات شبه استاتيكية:

$$a_h = k_h\, g \quad \& \quad a_y = k_v\, g \qquad (٨-٤)$$

g : الجاذبية الأرضية (التسارع الأرضي).

k_h و k_V : نسبة التسارعات الأفقية والشاقولية (على التوالي) من التسارع الارضي.



الشكل (٨-٥): الضغط الفعال (الإيجابي): (أ) القوى المؤثرة على موشور الإنهيار، (ب) مضلع القوى العاملة

ويعبر عن محصلة الدفع الفعال في حالة الزلازل، بطريقة مشابهة للحالة الاستاتيكية، على النحو الآتي:

$$P_{AE} = \frac{1}{2} K_{AE} \gamma H^2 (1 - k_V) = P_A + \Delta P_{AE} \qquad (٨-٥)$$

$$P_A = \frac{1}{2} K_A \gamma H^2 \qquad (٨-٦)$$

حيث : P_A : المركبة الاستاتيكية للدفع الفعال (كولومب).

ΔP_{AE} : المركبة الديناميكية.

$$K_A = \frac{\cos^2(\varphi - \theta)}{\cos^2\theta\cos(\delta + \theta)[1 + \sqrt{\frac{\sin(\delta + \varphi)\sin(\varphi - \beta)}{\cos(\delta + \theta)\cos(\beta - \theta)}}]^2} \qquad (٨-٧)$$

وحيث: K_{AE} : عامل ضغط التربة الديناميكي الفعال، ويحسب كما يلي:

$$K_{AE} = \frac{\cos^2(\varphi - \theta - \Psi)}{\cos\Psi os\Psi^2\theta\cos(\delta + \theta + \Psi)[1 + \sqrt{\frac{\sin(\delta + \varphi)\sin(\varphi - \beta - \Psi)}{\cos(\delta + \theta + \Psi)\cos(\beta - \theta)}}]^2} \qquad (٨-٨)$$

حيث:

ϕ : زاوية الاحتكاك الداخلي للتربة.

β : زاوية ميل سطح التربة المحجوزة عن الأفق.

θ : زاوية ميل السطح الداخلي للجدار عن الرأسي.

δ : زاوية الاحتكاك بين الجدار والتربة.

$$\psi \geq \phi - \beta \ ، \quad \psi = \tan^{-1}\left|\frac{k_h}{1-k_v}\right| \ ، \quad \gamma = \gamma_d$$

γ_d : الوزن الحجمي للتربة الجافة.

وتؤثر محصلة الدفع الفعال في حالة الزلازل على ارتفاع h من قاعدة الجدار، يحدد كما يلي:

$$h = \frac{\frac{P_A.H}{3} + \Delta P_{AE}(0.6H)}{P_{AE}} \qquad (٨-٩)$$

بافتراض أن محصلة الدفع الاستاتيكي تمر من ثلث ارتفاع الجدار H/3، وأن المركبة الديناميكية تؤثر على ارتفاع أكبر من 0.6H، وهذا ما أكدته نتائج الدراسات. وغالباً نلاحظ أن موقع محصلة الدفع الفعال في حالة الزلازل يقع عند المنسوب: $h = 0.5H$.

تؤثر المركبة الرأسية للتسارع: $k_V = \left[\frac{1}{2} \rightarrow \frac{2}{3}\right] k_h$ عند استعمال هذه الطريقة، على قيمة P_{AE} بمقدار أقل من 10%، ويمكن إهمالها في كثير من الأحوال، عند دراسة وتصميم الجدران الاستنادية العادية.

٢) ضغط التربة المقاوم (السلبي):

يُعبر عن محصلة الدفع المقاوم (السلبي) في حالة الزلازل، بطريقة مشابهة لحالة الدفع الفعال (الايجابي)، على النحو الآتي (الشكل ٨-٦):

$$P_{PE} = \frac{1}{2} K_{PE} . \gamma . H^2 . (1 - k_V) = P_P + \Delta P_{PE} \qquad (٨-١٠)$$

حيث : P_{PE} المركبة الاستاتيكية لمحصلة الدفع المقاوم (كولومب).

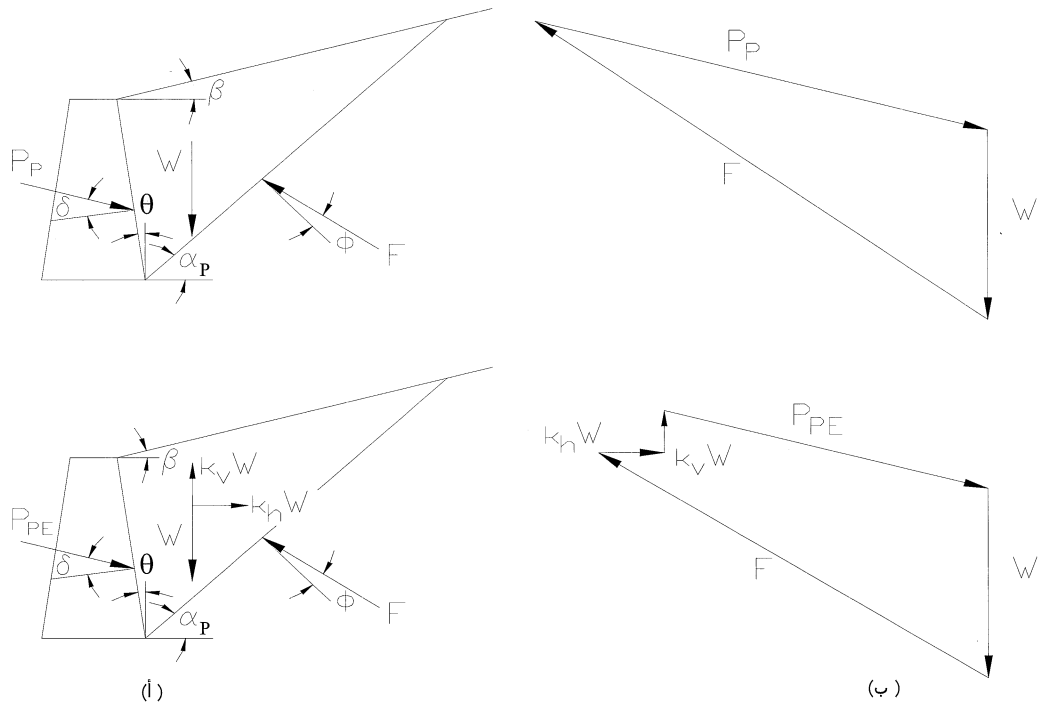
$$P_P = \frac{1}{2} K_P . \gamma . H^2 \qquad (٨-١١)$$

$$K_{PE} = \frac{\cos^2(\varphi - \theta - \psi)}{\cos\psi \cdot \cos^2\theta \cdot \cos(\delta - \theta + \psi)\left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\delta + \varphi).\sin(\varphi + \beta - \psi)}{\cos(\delta - \theta + \psi).\cos(\beta - \theta)}}\right]^2} \qquad (١٢-٨)$$

$$K_P = \frac{\cos^2(\varphi - \theta)}{\cos^2\theta . \cos(\delta - \theta)\left[1 - \sqrt{\frac{\sin(\delta + \varphi).\sin(\varphi + \beta)}{\cos(\delta - \theta).\cos(\beta - \varphi)}}\right]^2} \qquad (١٣-٨)$$

في هذه الحالة، تؤثر المركبة الديناميكية ΔP_{PE} باتجاه معاكس للمركبة الاستاتيكية P_P ، وهذا ما يعمل على تخفيض المقاومة السلبية المتاحة.

بالنتيجة، يتم تصميم الجدار الاستنادي (الساند) على الزلازل بافتراض محصلة دفع فعال أكبر من المعروفة استاتيكياً، ومحصلة دفع مقاوم أقل.



(ب) مضلع القوى العاملة (أ) القوى المؤثرة على موشور (Prism) الانهيار

الشكل (٨-٦): الضغط المقاوم (السلبي)

(ب) حالة الجدران غير القادرة على نشر ضغط التربة الفعال (الموجب) أو المقاوم (السالب):

توجد بعض المنشآت الاستنادية، مثل الجدران الكتلية، ذات الكتل الكبيرة، المقامة على تربة صخرية أو الجدران المثبتة بشدادات عند القمة، أو عند القاعدة، التي لا تتحرك بشكلٍ كافٍ بحيث توصل التربة المحجوزة إلى حالة إجهادية قصوى تصل إلى مقاومة القص، أي لا تكون قادرة على نشر ضغط التربة الفعال (الموجب) أو المعاكس (السالب).

يمكن تحديد قوة الدفع الديناميكي وعزم الانقلاب الديناميكي بالنسبة لقاعدة الجدار كما يلي:

$$\Delta P_{eq} = \gamma . H^2 . \frac{a_h}{g} f_P$$

$$\Delta M_{eq} = \gamma . H^3 . \frac{a_h}{g} f_m \qquad (١٤-٨)$$

$$h_{eq} = \frac{\Delta M_{eq}}{\Delta P_{eq}} \approx 0.63\, H$$

بافتراض أن:

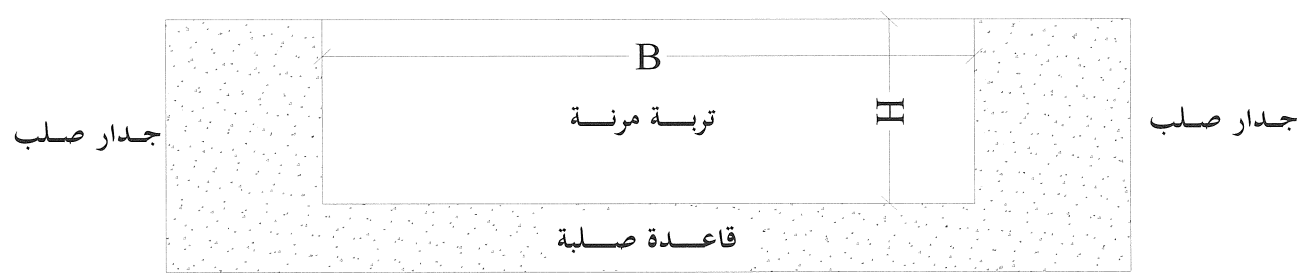
H و B : ارتفاع الجدار وعرض القاعدة على التوالي (الشكل ٨- ٧).

a_h : تسارع القاعدة،

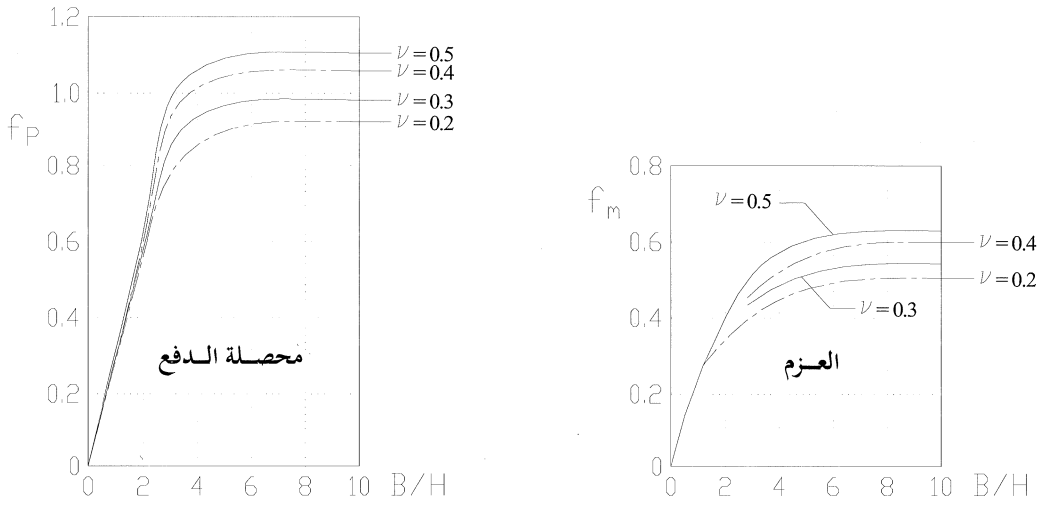
f_{pe} , f_{me} : عوامل لا بعدية للعزم ولقوة الدفع الديناميكي (على التوالي)، وهما تابعان لـ f (B/H.υ) (الشكل ٨- ٨).

υ : عامل بواسون للتربة.

وفي الحالة التي تكون فيها قاعدة الجدار ذات عرض محدود، مثل أقبية المباني التي يكون فيها أعلى الجدار ممنوعاً من الحركة، حتى لو كانت سماكته عادية، فيؤخذ العاملان f_m و f_p من أجل قيمة للنسبة B/H نظرية مساوية إلى 10 .



الشكل (٨-٧): أبعاد الجدار



الشكل (٨-٨): العوامل اللا بعدية للعزم والمحصلة الديناميكية للدفع

٨-٦-٦- تأثير المياه على دفع الجدران Effects of water on wall pressures:

إن العلاقات المعطاة سابقاً هي تقدير الأحمال الزلزالية على الجدران الاستنادية، بحالة التربة الجافة فقط. أما في حالة التربة الرطبة، فإن وجود الماء يسبب ضغوط ديناميكية إضافية على الجدار يتوجب أخذها بالحسبان أثناء حدوث الزلزال وبعده.

عندما لا يتم تأمين جملة تصريف جيد للمياه الموجودة في التربة المحجوزة، يمكن تحليل ضغط الماء الكلي إلى مركبتين:

- مركبة الضغط الهيدروستاتيكي التي تؤثر على الجدار قبل حدوث الزلزال وخلاله وبعده، وتزداد هذه المركبة بشكل خطي مع العمق.
- مركبة الضغط الهيدروديناميكي الناجمة عن الاستجابة الديناميكية لكتلة الماء.

(أ) حالة وجود المياه أمام الجدار:

يمكن تحديد محصلة الضغط الهيدروديناميكي اعتماداً على طريقة ويستيركارد (Westergaard,1931). تبين هذه الطريقة أن الضغط الهيدروديناميكي يزداد مع الجذر التربيعي لعمق المياه عندما يكون تردد الحركة المطبق أقل من التردد الأساسي لحوض الماء

$$f_0 = v_p / 4H$$

حيث أن:

v_p : سرعة انتشار الأمواج الطولية في الماء $v_p \cong 1400$ m/s ، و

H : عمق الماء في الحوض.

فمثلاً عندما يكون عمق الماء في الحوض معادلاً لستة أمتار، يكون التردد الأساسي لحوض الماء قريباً من (58 Hz)، وهذه القيمة أكبر من الترددات المسببة من قبل الزلازل.

تحسب قيمة الضغط الهيدروديناميكي كما يلي:

$$p_w = \frac{7}{8}\frac{a_h}{g}\gamma_w\sqrt{z_w H} \qquad (٨-١٥-أ)$$

وتعطى محصلة قوى الضغط الهيدروديناميكي وفقاً للعلاقة الآتية:

$$p_W = \frac{7}{12}\frac{a_h}{g}\gamma_w H^2 \qquad (٨-١٥-ب)$$

وتكون محصلة الدفع الكلي الناجم عن المياه تساوي مجموع محصلتي قوى الضغط الهيدروستاتيكي والهيدروديناميكي.

(ب) حالة وجود المياه في التربة خلف الجدار:

يمكن أن يؤثر وجود الماء في التربة المحجوزة خلف الجدار، على قيم الأفعال الزلزالية المطبقة، وذلك وفق ثلاث طرائق:

١) تغيير قوى العطالة (القصور الذاتي) في التربة المحجوزة.

٢) نشر الضغوط الهيدروديناميكية في التربة المحجوزة.

٣) حصول زيادات كبيرة في ضغط الماء المسامي، نتيجة التشويه الترددي للتربة المحجوزة.

ترتبط قوى العطالة في الترب الرطبة المشبعة بالحركة النسبية بين جزيئات التربة المحجوزة والماء المسامي الذي يحيط بها.

نستنتج أنه في حال الترب الرطبة، يتوجب إضافة ضغط الماء الهيدروديناميكي إلى مجموع ضغط الماء الهيدروستاتيكي، وضغط التربة المحسوب للحصول على الحمل الكلي للجدار.

(ج) تأثير الماء المسامي في التربة المحجوزة:

عندما تكون نفاذية التربة صغيرة بما فيه الكفاية (حالة شائعة) $k \leq 10^{-3}$ cm\sec ، فإن الماء المسامي يتحرك مع التربة أثناء حدوث الهزة، وبالتالي لا وجود للحركة النسبية بين التربة والماء (حالة الماء المسامي المقيد)، وفي هذه الحالة تتناسب قوى العطالة مع الوزن الحجمي الكلي للتربة. في حالة التربة ذات النفاذية العالية، تتولد حركة نسبية بين التربة والماء، حيث يبقى الماء المسامي في حالة ساكنة، بينما تتحرك جزئيات التربة عبر هذا الماء نحو الأمام والخلف (حالة الماء المسامي الحر)، وفي هذه الحالة تتناسب قوى العطالة مع الوزن الحجمي المشبع للتربة.

قام ماتسيزاوا وزملاءه (Matsuzawa et., 1985) بتعديل طريقة (M-O) لتأخذ بالحسبان وجود الماء المسامي في التربة المحجوزة. إذ عبروا عن الزيادة في الضغط المسامي $\gamma = \gamma_b(1 - r_u)$ في التربة المحجوزة بعامل الضغط المسامي (r_u)، ومن ثم تطبيق طريقة (M-O) لتحديد محصلة دفع التربة الفعال، باعتماد:

$$\psi = \tan^{-1}\left[\frac{\gamma_{sat}\cdot k_h}{\gamma_b (1-r_u).(1-k_v)}\right] \qquad (١٦-٨)$$

حيث: γ_b الوزن الحجمي المغمور للتربة ويحسب من العلاقة : $\gamma_b = \frac{G_s - 1}{G_s}\cdot\gamma_d$

γ_d الوزن الحجمي الجاف للتربة.

G_s الوزن النوعي للتربة.

$$\gamma_{sat} = \gamma_b + 1$$

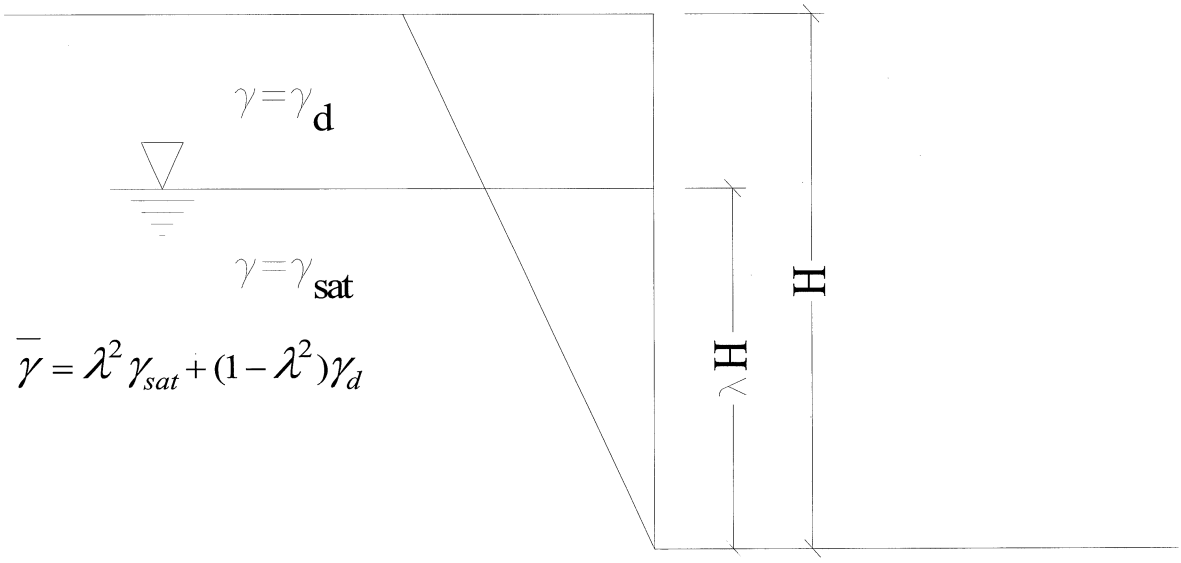
يضاف لمحصلة دفع التربة السابقة محصلة الدفع الهيدروستاتيكي المكافئة لسائل وزنه الحجمي:

$$\gamma_{eq} = \gamma_w + r_u \cdot \gamma_b$$

و يُلاحظ إلى أنه كلما اقتربت قيمة (r_u) من الواحد، كلما اقتربنا من حالة تميع التربة.

يمكننا تحديد محصلة دفع التربة المغمورة جزئياً، باستعمال مفهوم الوزن الحجمي المتوسط $\overline{\gamma}$ ، راجع المعادلة (٨-١٧) والشكل (٨-٩).

$$\overline{\gamma} = \lambda^2 \gamma_{sat} + (1-\lambda^2)\gamma_d \qquad (١٧-٨)$$



الشكل (٨-٩): تربة مغمورة جزئياً ومحجوزة خلف الجدار

٨-٦-٧- تأثير الحمل الموزع على سطح الأرض على دفع الجدران:

(أ) الضغط الفعال نتيجة لحمل موزع على سطح الأرض:

يمكن حساب المقدار الكلي (الاستاتيكي والزلزالي) للضغط الفعال على الجدار الاستنادي (الحائط الساند) نتيجة لحمل موزع على سطح الأرض بكثافة (q) لوحدة المساحات من السطح المائل للتربة كما يلي:

$$\left(P_{AE}\right)_q = \left[\frac{qh\,.\cos\theta}{\cos\left(\theta-\beta\right)}\right].K_{AE} \qquad (٨-١٨)$$

ويمكن حساب قيمة الجزء الخاص بالتأثير الزلزالي، فقط بطرح الجزء الاستاتيكي من الحمل الكلي المحسوب من المعادلة السابقة. ويؤخذ موضع تأثير الجزء الخاص بالتأثيرات الزلزالية على ارتفاع 2h/3 من قاعدة الحائط، بينما يؤخذ موضع تأثير الجزء الاستاتيكي في منتصف الارتفاع (h).

(ب) الضغط المقاوم نتيجة لحمل موزع على سطح الأرض:

يمكن حساب المقدار الكلي (الاستاتيكي والزلزالي) للضغط المقاوم على الجدار الاستنادي (الحائط الساند) نتيجة لحمل موزع على سطح الأرض بكثافة (q) لوحدة المساحة من السطح المائل للتربة كما يلي:

$$\left(P_{PE}\right)_q = \left[\frac{qh\,.\cos\theta}{\cos\left(\theta-\beta\right)}\right].K_{PE} \qquad (٨-١٩)$$

ويمكن حساب قيمة الجزء الخاص بالتأثير الزلزالي بطرح الحمل الكلي المحسوب من المعادلة السابقة من الجزء الاستاتيكي. ويؤخذ موضع تأثير الجزء الخاص بالتأثيرات الزلزالية على ارتفاع 2h/3 من قاعدة الحائط (الجدار)، بينما يؤخذ موضع تأثير الجزء الاستاتيكي في منتصف الارتفاع (h).

9 الباب التاسع
أنواع التربة وطريقة تصنيف الموقع

٩-١- عام:

يبين هذا الباب إجراءات تصنيف المواقع ابتداء من الشكل (S_A) وحتى (S_F) وذلك وفق ما ورد في الجدول (٣-٢). إضافة لما سمح به في جدول التصنيف التقريبي المبسط وفق الباب الثالث. علماً بأن هذا التصنيف قد أعطي أيضاً في الملحق (ج) من هذا الملحق (٢) لكون الطريقة المطورة الواردة في ذلك الملحق مستقلة عن الطريقة الإستاتيكية المكافئة الواردة في هذا الملحق (٢) .

٩-٢- تعاريف:

تُعرَّف أشكال المقاطع الجانبية للتربة وفقاً لما يلي:

S_A : صخر قاسي، بحيث تكون سرعة أمواج القص المقاسة $\bar{v}_s$ (1500m/Sec).

S_B : صخر، $\bar{v}_s$ تحقق المتراجحة: $[760m/\sec < v_s \leq 1500m/\sec]$.

S_C : تربة ذات كثافة عالية أو صخر طري بحيث تتحقق المتراجحة:

$$[360\ m/\sec\ < v_s \leq 760\ m/\sec\ ]$$

أو تربة تحقق إما (N > 50) أو $\overline{S_u} \geq 100kPa$.

S_D : تربة قاسية بحيث تحقق المتراجحة: $[180m/\sec \leq \overline{v_s} \leq 360m/\sec]$ أوتحقق ($15 \leq \overline{N} \leq 50$) أو تحقق ($50kPa \leq \overline{S_u} \leq 100kPa$).

S_E : مقطع جانبي لتربة تحقق القيمة (180 m/sec) أو أي مقطع جانبي بسماكة أكبر من (3.0 m) من الطين الرخو الذي يحقق العلاقة $(PI > 20)$ و $\bar{S}_u < 25$ kPa .

S_F : أنواع التربة التي تتطلب تقييم حقلي خاص وتشمل:

١) التربة المعرضة لإجهاد الإنهيار تحت تأثير الأحمال الزلزالية مثل التربة القابلة للتميع (التسيل) والتربة الغضارية ذات الحساسية العالية والسريعة، والتربة ضعيفة التماسك القابلة للانهيار.

٢) الطفل (التربة العضوية المتفحمة) و / أو التربة الغضارية ذات المحتوى العضوي المرتفع، وذلك عندما يكون سمكها محققاً للعلاقة $(H > 30mm)$ حيث H = سماكة التربة.

٣) التربة الغضارية ذات قرينة لدونة عالية بحيث تكون $[(PI > 75).(H > 7.5m)]$.

٤) التربة الغضارية السميكة جداً ذات المتانة الضعيفة أو المتوسطة حيث $[H > 36m]$.

استثناء:

عندما تكون خصائص التربة غير معروفة بالتفاصيل الكافية لتحديد المقطع الجانبي (الشاقولي) للتربة، عندها يعتمد النموذج S_D، أما النموذج S_E كمقطع جانبي للتربة، فلا حاجة لافتراضه، في حال تم تحديد هذا النموذج من خلال المعطيات الجيوتكنيكية للموقع.

من خلال ما سبق نجد أن المعايير المحددة للترب ذات المقطع الشاقولي (الجانبي) من النموذج S_F والتي تتطلب تحرياً موضعياً خاصاً يجب أن تؤخذ بالحسبان، وعندها وعند تحقيق هذه المعايير تأخذ هذه التربة النموذج S_F ويتوجب إجراء كافة التحريات الحقلية وتقييمها بالدقة اللازمة لذلك.

٩-٢-١- السرعة المتوسطة لأمواج القص $\overline{v}_S$ (الأمواج السطحية):

يتم تحديد قيمة $\overline{v}_S$ باستعمال العلاقة الآتية:

$$\overline{v}_S = \frac{\sum_{i=1}^{n} d_i}{\sum_{i=1}^{n} \frac{d_i}{v_{si}}} \qquad (٩-١)$$

حيث:

d_i : سمك الطبقة (i) (المتر).

v_{si} : سرعة أمواج القص في الطبقة (i) مقدرة بـ (m/sec).

٩-٢-٢- مقاومة الإختراق القياسية الحقلية المتوسطة $(\overline{N})$، مقاومة الإختراق القياسية الحقلية المتوسطة لطبقات التربة غير المتماسكة $(\overline{N}_{CH})$:

تحدد قيمة $(\overline{N})$ و $(\overline{N}_{CH})$ من العلاقتين الآتيتين:

$$\overline{N} = \frac{\sum_{i=1}^{n} d_i}{\sum_{i=1}^{n} \frac{d_i}{N_i}} \qquad (٩-٢)$$

$$\overline{N}_{CH} = \frac{d_s}{\sum_{i=1}^{n} \frac{di}{N_i}} \qquad (٩-٣)$$

حيث:

d_i : سمك الطبقة i (مم).

d_s : السمك الكلي لطبقات التربة غير المتماسكة في الـ (30.5 m) العلوية.

N_i : مقاومة الإختراق المعيارية لطبقة التربة (i) وفق المقاييس المعتمدة محلياً.

٩-٢-٣- مقاومة القص المتوسطة غير المصرَّفة $(\overline{S}_u)$:

تحدد قيمة $(\overline{S}_u)$ باستعمال العلاقة الآتية:

$$\overline{S}u = \frac{d_c}{\sum_{i=1}^{n} \frac{d_i}{S_{ui}}} \qquad (٤-٩)$$

حيث:

d_c : السمك الكلي (d_s - 30.5) متر، لطبقات التربة المتماسكة في الـ (30.5 m) العلوية.

S_{ui} : مقاومة القص غير المصرَّفة، والمقاسة وفق المقاييس المعتمدة محلياً، وبحيث لاتتجاوز القيمة (250 kPa).

٩-٢-٤- المقطع من الغضار الطري (S_E):

يجب التحري عن وجود طبقة من الغضارالطري ذي سمك كلي يزيد على (30.5m)، عندما تكون خواص الطبقة ضمن الحدود الآتية:

$$S_u < (24kPa)$$
$$W_{mc} \geq 40\%$$
$$PI > 20$$

تصنف هذه الطبقة عند مطابقتها هذه المعايير، على أنها ذات مقطع شاقولي من النوع (S_E).

٩-٢-٥- أنواع المقاطع S_C, S_D, S_E :

يمكن تصنيف المواقع ذات المقاطع الشاقولية من الأنواع: S_E، S_D، S_C ، باتباع إحدى الطرائق الثلاثة الآتية باستعمال $\overline{S}_u, \overline{N}, \overline{\nu}_s$ والمحسوبة في كافة الحالات كما هو مبين في البنود (٩-٢-١) و (٩-٢-٢) و (٩-٢-٣) أعلاه.

١) تُحسب قيمة $\overline{\nu}_s$ لـ (30.5 m) العلوية (طريقة $\overline{\nu}_s$).

٢) تُحسب قيمة $\overline{N}$ لـ (30.5 m) العلوية (طريقة $\overline{N}$).

٣) تُحسب قيمة $\overline{N}_{CH}$ لطبقات التربة غير المتماسكة (PI<20) لـ (30.5m) العلوية وقيمة $\overline{S}_u$ لطبقات التربة المتماسكة (PI > 20) في الـ (30.5m) العلوية (طريقة $\overline{S}_u$).

٩-٢-٦- المقاطع الصخرية S_A و S_B :

تقاس سرعة أمواج القص للصخور المصنفة من الترب ذات المقطع الشاقولي (S_B) إما في الموقع أو تقدر من قبل مهندس ميكانيك التربة أو الجيولوجيا الهندسية أو الهندسة الزلزالية، وذلك للصخور القادرة على التحمل والتي تحتوي على تشققات وعوامل تجوية (weathering factors) متوسطة الشدة. أما الصخور الأكثر طراوة والخاضعة لتصدعات وعوامل تجوية أشد، فتقاس لها هذه السرعة إما في الموقع أو تصنف على أنها تربة ذات مقطع شاقولي من النوع (S_C).

أما الصخور القاسية الواقعة ضمن نوع المقطع الشاقولي (S_A)، فيتم تأكيد تصنيفها بقياس سرعة أمواج القص، إما في الموقع، أو على مقاطع شاقولية من طبيعة الصخور ذاتها، وبالتشكيل ذاته، وبحيث تكون معرضة للدرجة ذاتها أو أشد من التصدع وعوامل التجوية.

عندما يكون معلوماً استمرار وجود الصخر القاسي إلى عمق (30.5m)، فيمكن استنتاج قياسات سرعة أمواج القص السطحية بعملية إستقراء خارجي للوصول إلى قيمة $\overline{v_S}$.

لا يجوز اعتماد التصنيف (S_A) و (S_B) في حال وجود طبقة من تربة مغايرة بسماكة تزيد على $(30.5m)$، تقع بين سطح الصخر وأسفل الأساسات المنفردة أو الحصيرة المستعملة في التأسيس.

تطبق التعاريف الواردة في هذا الجزء على الـ (30.5m) العلوية فقط، في المقطع الشاقولي لتربة الموقع. وفي المقاطع الشاقولية التي تحتوي على عدة طبقات متمايزة من التربة المختلفة فإنه يلزم تقسيمها إلى أجزاء وفق التقسيم التصميمي الوارد في هذا الجزء، وتعطى أرقاما بدءاً من (1) وحتى (n) في الأسفل، بحيث يكون لدينا (n) من الطبقات المختلفة واقعة في الـ (30.5m) العلوية.

في هذه الحالة فإن الرمز (i) يعود إلى أي من الطبقات الواقعة بين (1) و(n).

٩-٢-٧- حالة عدم وجود دراسة تفصيلية لجيولوجية المنطقة:

في حالة عدم وجود دراسة تفصيلية لجيولوجية المنطقة، بما فيها قياسات سرعة أمواج القص، يمكن للتبسيط (في الأحوال العادية) اعتماد تصنيف التربة بدلالة الإجهادات المسموحة كما ورد في الملاحظات الملحقة بالجدول رقم (٣-٢).

الملحق «أ»

أ - طرائق تثبيت العناصر غير الإنشائية وطرائق تثبيت التجهيزات

أ-١- عام:

يمكن أن تتأثر العناصر غير الإنشائية عند حدوث زلزال، وتنجم فيها عيوب مختلفة قد تصل إلى مرحلة تحطمها. وتتلخص أسباب العيوب الناجمة في العناصر غير الإنشائية في سببين رئيسيين هما: الحركة التفاضلية فيها وانخفاض قدرة تحملها للقوى المطبقة عليها. فعلى سبيل المثال لا الحصر يمكن أن ينجم عن الإزاحات النسبية الطابقية انكسار النوافذ والأبواب، وتحطم القواطع الخفيفة، وتكسر الإكساء الحجري. يعالج هذا الفصل طرائق إعادة تأهيل العناصر غير الإنشائية وطرائق التثبيت الملائم لمختلف التجهيزات في هذه المنشآت.

أ-٢- طرائق تثبيت العناصر غير الإنشائية:

أ-٢-١- الجدران الخارجية في المباني والمنشآت:

تكون الجدران الخارجية المسبقة الصنع صلبة (جاسئة) وغير ممطولية (غير مطاوعة) أثناء تعرض المنشأة المثبتة عليها إلى حركة أفقية كبيرة نسبياً.

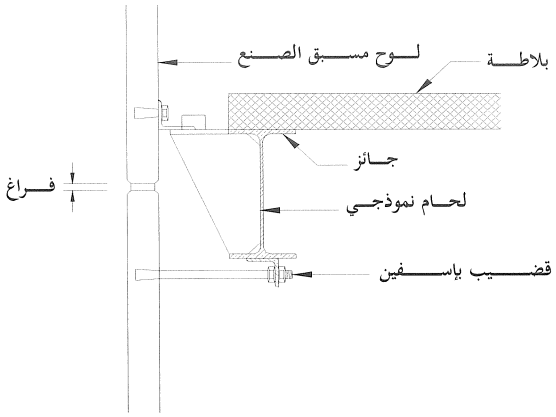
على سبيل المثال تستند الجدران الخارجية في منشأة منفذة من الإطارات الفولاذية على هذه الإطارات، وتكون نقاط الضعف مركزة في مناطق اتصال البلاطات الأفقية مع الجدران، كما هو مبين في الشكل (أ-١). لذا ينصح باعتماد تفصيلة التثبيت المبينة في الشكل والتي تسمح بحركة هذه العناصر بليونة كافية دون أن تتعرض الى عيوب غير مسموح بها، وتحافظ في الوقت ذاته على استقرارها أثناء حدوث الزلزال.

أ-٢-٢- العناصر المتممة في المباني والمنشآت:

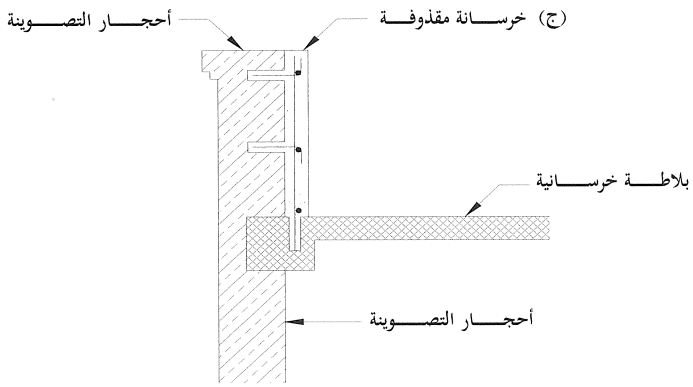
توجد مجموعة من العناصر المتممة في المباني والمنشآت، مثل التصاوين والدرابزينات والأطاريف والعتبات في الفتحات وغيرها، والتي لا يعتنى في حالات كثيرة بسلامة تثبيتها وتأمين

استقرارها، لذا يجب التأكد من كفاءة تثبيتها لتجنب الانهيارات الناجمة عنها والتي يمكن أن تؤدي إلى خسائر وأضرار وعيوب، أو تأمين تثبيت إضافي سليم وفعّال واعتماداً على تقنيات حديثة متوفرة وليست باهظة التكاليف.

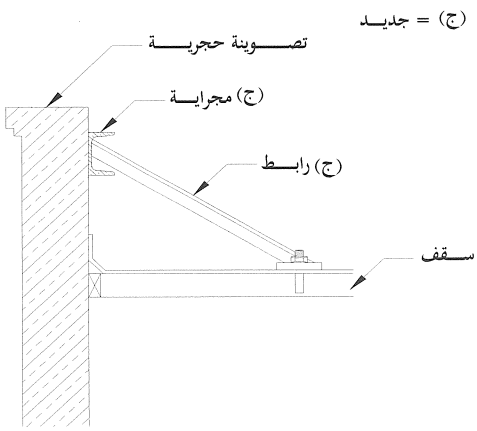
يبين الشكلان (أ-٢ و أ-٣) نماذج من تثبيت التصاوين باستعمال طرائق متعددة ويمكن للمهندس المصمم اقتراح أية طريقة يراها ملائمة وتحقق الغرض.



الشكل (أ-١):
وصلة مرنة لعناصر إكساء خارجي مسبق الصنع



الشكل (أ-٢):
تقوية تصوينة حجرية بتغطية خرسانية



الشكل (أ-٣):
تقوية تصوينة حجرية بروابط معدنية

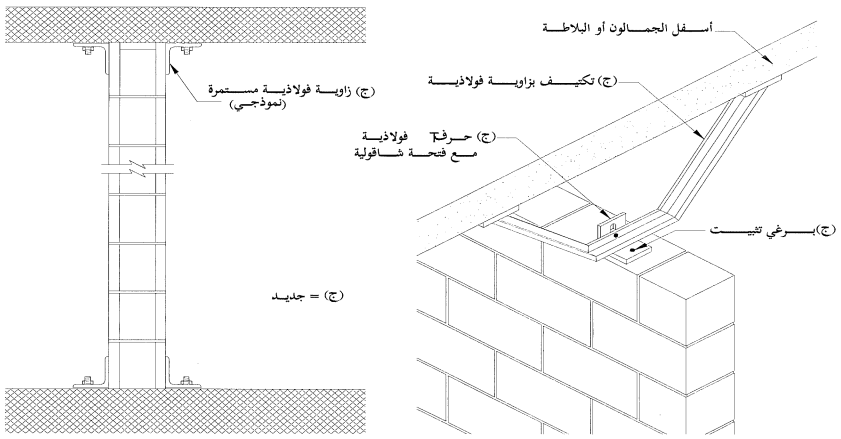
أ-٢-٣- الإكساءات في المباني والمنشآت:

تمّ إنشاء كثير من المنشآت في واجهاتها الخارجية بالحجر الطبيعي أو الصناعي باستعمال طرائق غير كافية للتثبيت. ويخشى أثناء حدوث زلزال أن تتحول هذه القطع الحجرية الى أداة

للضرر بسبب عدم كفاية تثبيتها، لذا يتوجب إعادة تأهيل هذا التثبيت باستعمال طرائق ملائمة وفعالة يقترحها المهندس المصمم.

أ-٢-٤- القواطع الداخلية في المباني والمنشآت:

تتعرض القواطع غير الخفيفة (مثل البلوك الخرساني) إلى قوى كبيرة نسبياً عند حدوث الزلزال، يمكن أن تؤدي إلى سقوطها وتحطمها. لذا يتوجب تثبيت هذه الجدران على محيطها بوسائط وطرائق ملائمة. يبين الشكل (أ-٤) نموذجاً من هذا التثبيت. ويمكن للمصمم أو المنفذ اقتراح أي حل مناسب للتثبيت، شريطة أن يؤمن تثبيتاً فعالاً لهذه القواطع، ويمنع انهيارها أو سقوطها. ويمكن أحياناً استبدال القواطع الثقيلة بقواطع خفيفة فعالة التثبيت. ويجب الانتباه إلى طريقة تثبيت الجدران الواقعة عند عقدة (وصلة) صلدة تسمح للمنشأة بحركة مزدوجة في الاتجاهين المتعامدين.



الشكل (أ-٤):
تدعيم قطاع حجري داخلي و تكتيف حائط بلوك داخلي

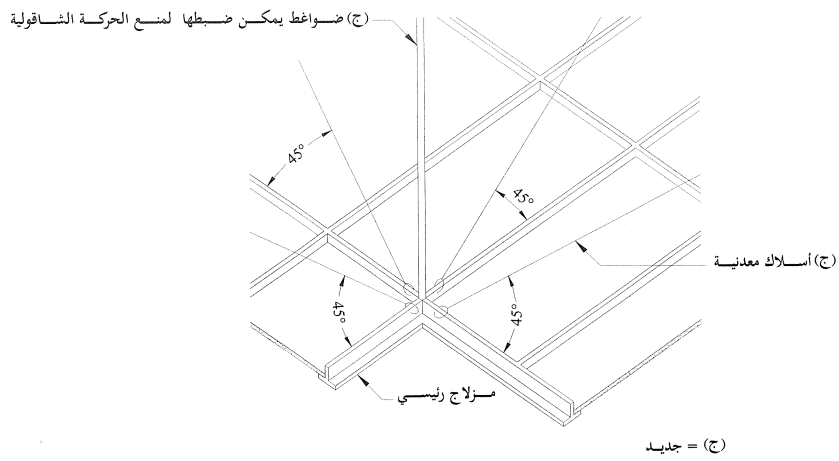
أ-٢-٥- السقوف المعلقة في المباني والمنشآت:

إن طريقة تثبيت السقوف المعلقة في المباني والمنشآت يمكنها أن تسبب التأرجح أفقياً عند حدوث زلزال، وينجم عن ذلك أضرار فيها، خاصة في مناطق (محيط) تلامسها مع الجدران أو السقوف المجاورة. لذا يجب تثبيت هذه السقوف بطريقة ملائمة تؤمن ثباتها في جميع الاتجاهات وتمنع انكسارها أو تهشمها بسب الحركة المتوقعة عند حدوث الزلازل. يبين الشكل (أ-٥) نموذجاً مقترحاً وملائماً لتثبيت هذه السقوف، ويمكن للمهندس المصمم أو المنفذ اعتماد أي حل آخر ملائم.

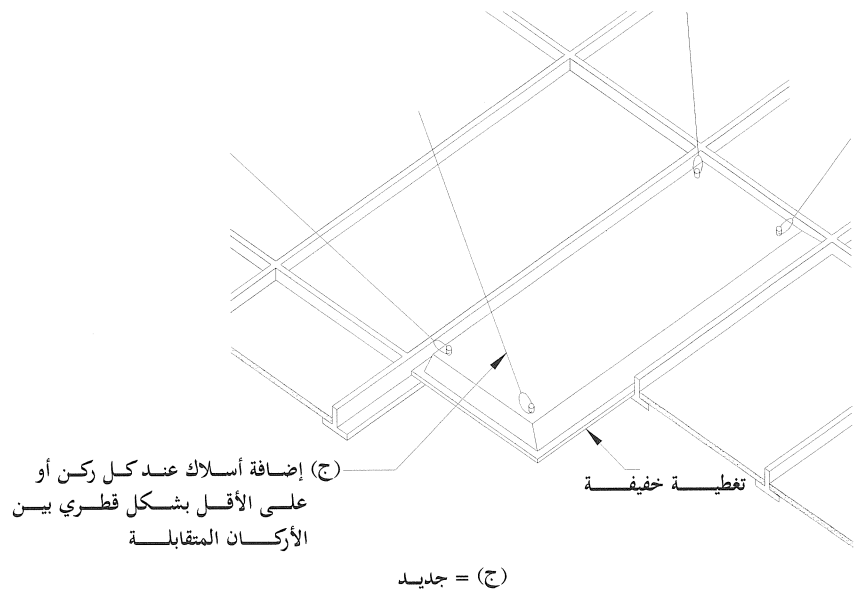
أ-٢-٦- وسائط تثبيت أجهزة الإنارة في المباني والمنشآت:

يمكن أن تتعرض أجهزة الإنارة المعلقة إلى أضرار عند حدوث زلزال، لذا يتوجب تثبيتها بوسائط ملائمة تمنع تحركها الذي ينجم عنه تحطمها جزئياً أو كلياً، وذلك باستعمال مسند رأسي مثبت جيداً في السقف يخفف كثيراً من الحركة الجانبية لجهاز الإنارة. أما أجهزة الإنارة المستندة

على السقف المستعار، فيمكن أن تفقد مساندها الرأسية عند الحركة الناجمة عن الزلازل، لذا يتوجب تثبيتها بشداد إضافي مائل عند كل زاوية من زوايا الجهاز، أو على الأقل عند الزاويتين المتقابلتين للجهاز، ويثبت الشداد الإضافي جيداً في السقف، وذلك تجنباً لسقوط الجهاز. يبين الشكل (أ-٦) نموذجاً مقترحاً لهذا التثبيت. ويمكن اعتماد أية طريقة ملائمة للتثبيت، تؤمن استقرار أجهزة الإنارة وعدم سقوطها، أو إحداث أضرار في العناصر المجاورة عند حدوث زلزال.



الشكل (أ-٥):
الربط (التكتيف الجانبي)
الملائم لسقف معلق



الشكل (أ-٦): تزويد أسلاك حماية للأسقف الخفيفة المعلقة

أ-٢-٧- زجاج الفتحات المختلفة:

يتوجب إعادة تأهيل الفتحات المختلفة (الأبواب والنوافذ وما شابهها) لمنع تهشمها عند حدوث زلزال. فقد بينت التجربة أن عدم ترك فراغ ملائم على محيط تلاقي الزجاج مع إطار الفتحة، يؤدي إلى تكسر الزجاج حتماً، ويؤدي إلى أضرار كبيرة للسكان، إضافة إلى الخسائر المادية. لذا يتوجب إعادة النظر في طريقة تثبيت الزجاج مع الإطار، والتأكد من وجود الفراغ المناسب. وهناك تقنية حديثة مقترحة تؤدي إلى تخفيف المخاطر الزلزالية من جراء سقوط الزجاج، وذلك بلصق رقائق شفافة خاصة على الزجاج تمنع انكساره الانفجاري، وتؤمن له تماسك أجزائه إذا انكسر، وتؤمن هذه الرقائق في الوقت ذاته، تخفيفاً ملموساً من تأثيرات الحرارة والتوهج على زجاج الفتحات.

أ-٣- إعادة تأهيل وتثبيت المعدات والتجهيزات الكهربائية والميكانيكية:

أ-٣-١- عام:

يجب أن تكون التجهيزات الكهربائية والميكانيكية وما شابهها مثبتة تثبيتاً مستقراً، وتستطيع أن تعمل دون أي توقف عند حدوث زلزال، وخاصة التجهيزات الموجودة في المنشآت التي يتوجب أن تستمر بعملها دون انقطاع، قبل حدوث الزلزال وأثناءه وبعده. ويهدف هذا البند إلى توضيح طرائق التثبيت الملائمة التي تؤدي إلى تقليل حجم الأضرار الزلزالية إلى أقل حد ممكن، وذلك في العناصر غير الإنشائية الآتية:

(أ) التجهيزات الميكانيكية والكهربائية.

(ب) التمديدات المختلفة وتجهيزاتها.

(ج) المصاعد.

(د) جمل مجموعة الطاقة الاحتياطية وملحقاتها.

(هـ) جمل تخزين المواد الخطرة.

(و) جمل الاتصالات وملحقاتها.

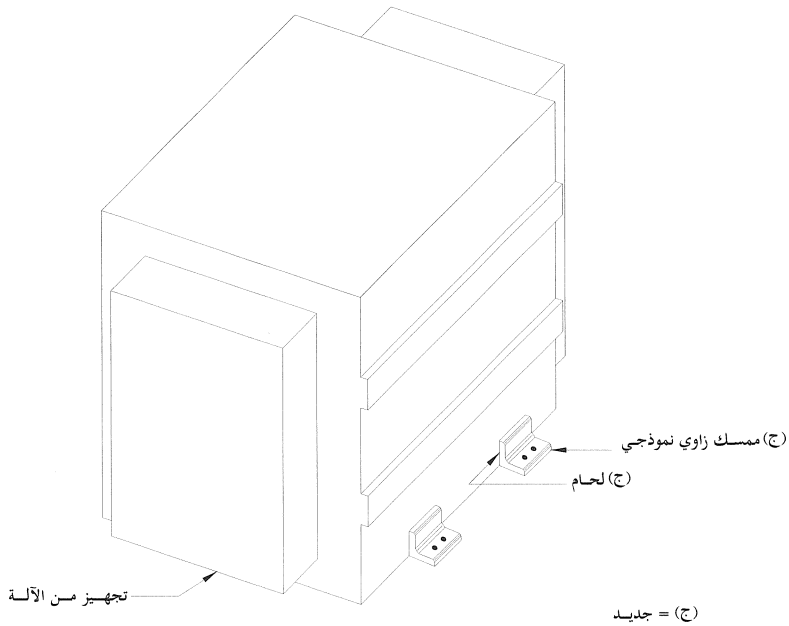
أ-٣-٢- التجهيزات الميكانيكية والكهربائية:

إذا كانت التجهيزات التقنية الكبيرة الحجم غير مثبتة بوسائط تمنعها من الحركة، أو كان تثبيتها غير كافٍ، فيمكن أن تنزلق أو تنقلب أثناء الزلزال، وينجم عن ذلك أخطار مختلفة، قد تصل إلى حد الخطر الشديد. لذا يتوجب تثبيت هذه التجهيزات بوسائل ملائمة وفعالة ذات قدرة كافية لمنع انزلاق هذه التجهيزات أو انقلابها.

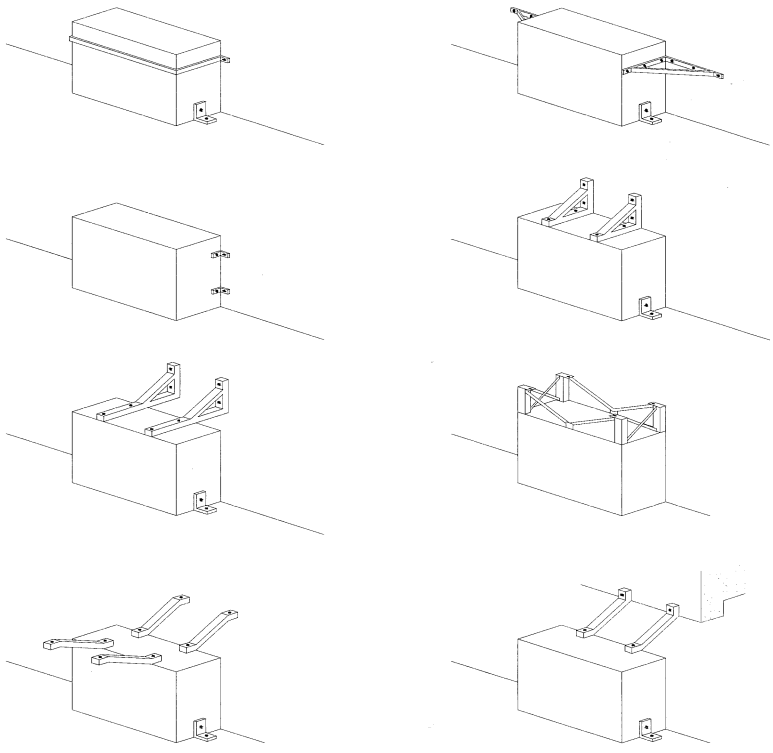
يبين الشكل (أ–٧) نموذجاً لتثبيت تجهيزات تقنية، ويمكن للمهندس المصمم أو المنفذ أن يعتمد أي طريقة تثبيت أخرى ملائمة وفعالة. والجدير بالذكر أن التجهيزات الكهربائية تكون غالباً عالية في الارتفاع وضيقة في أبعاد مسقطها الأفقي، مما يعرضها للانقلاب عند تعرضها لأحمال الزلازل، وينجم عن ذلك أضرار مختلفة في التجهيزات ذاتها، تنعكس على قاطني البناء. لذا يتوجب تثبيت هذه التجهيزات بطريقة ملائمة، تتعلق بموقع التجهيزات من الجدران والسقوف والأرضيات. يبين الشكل (أ–٨) عدداً من نماذج التثبيت الملائمة لهذه التجهيزات.

وينوه أيضاً إلى أن المخمدات المهتزة التي تتوضع عليها التجهيزات الميكانيكية والكهربائية يمكن أن تقوم بتخفيف القوى الزلزالية المطبقة عليها، وتمنع انزياحها أو انقلابها.

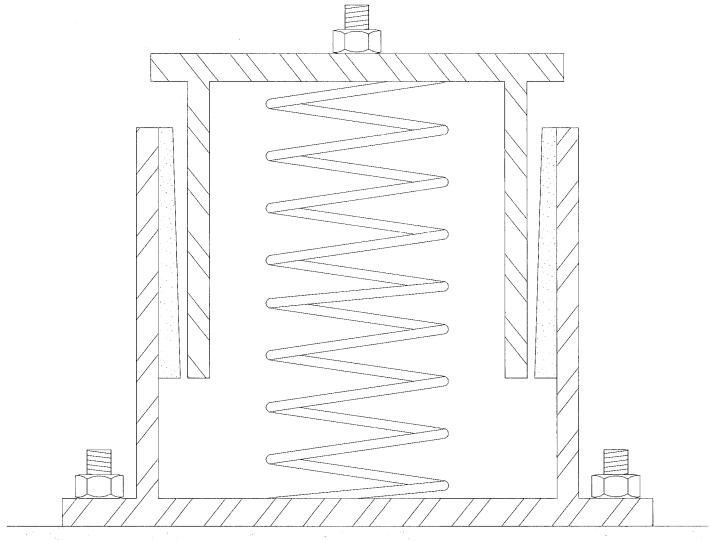
توجد نماذج كثيرة للمخمدات المهتزة، منها ما هو لمقاومة الحركة الرأسية، ومنها ما هو لمقاومة الحركات الجانبية. تبين الأشكال (أ–٩) و (أ–١٠) و (أ–١١) نماذج لهذه المخمدات. ويقوم المهندس المصمم باختيار النموذج الأكثر فعالية لتثبيت التجهيزات.



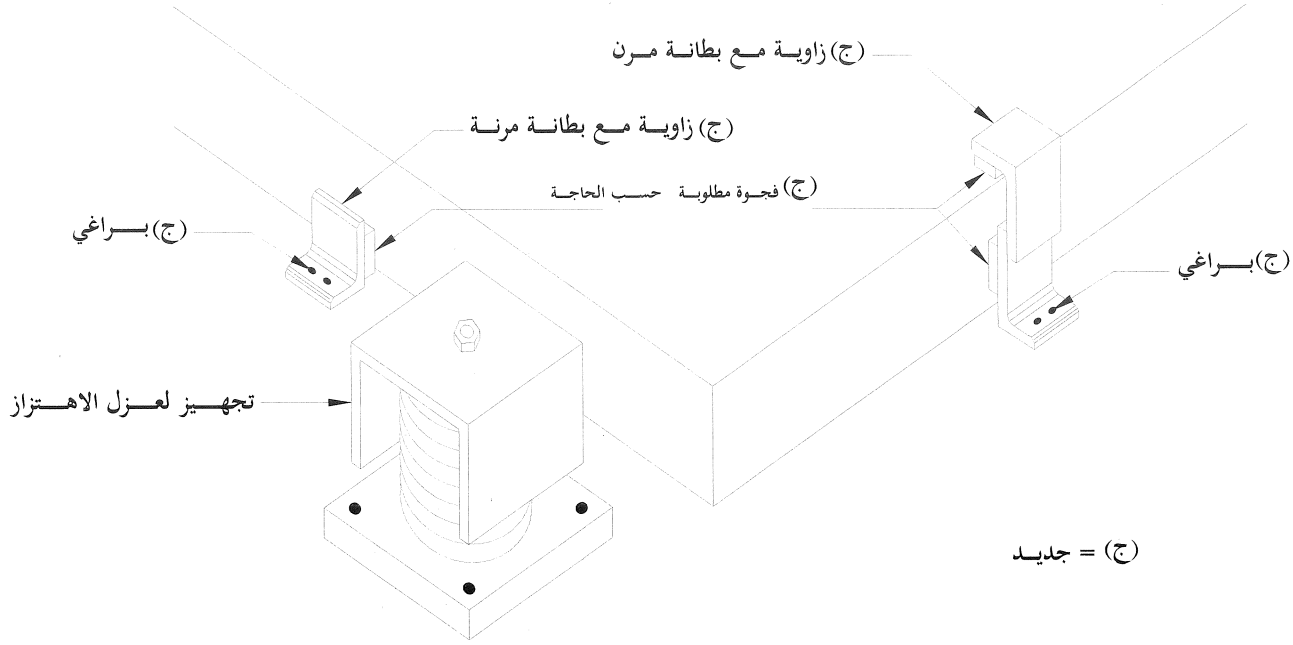
الشكل (أ–٧): تثبيت نموذجي للتجهيزات



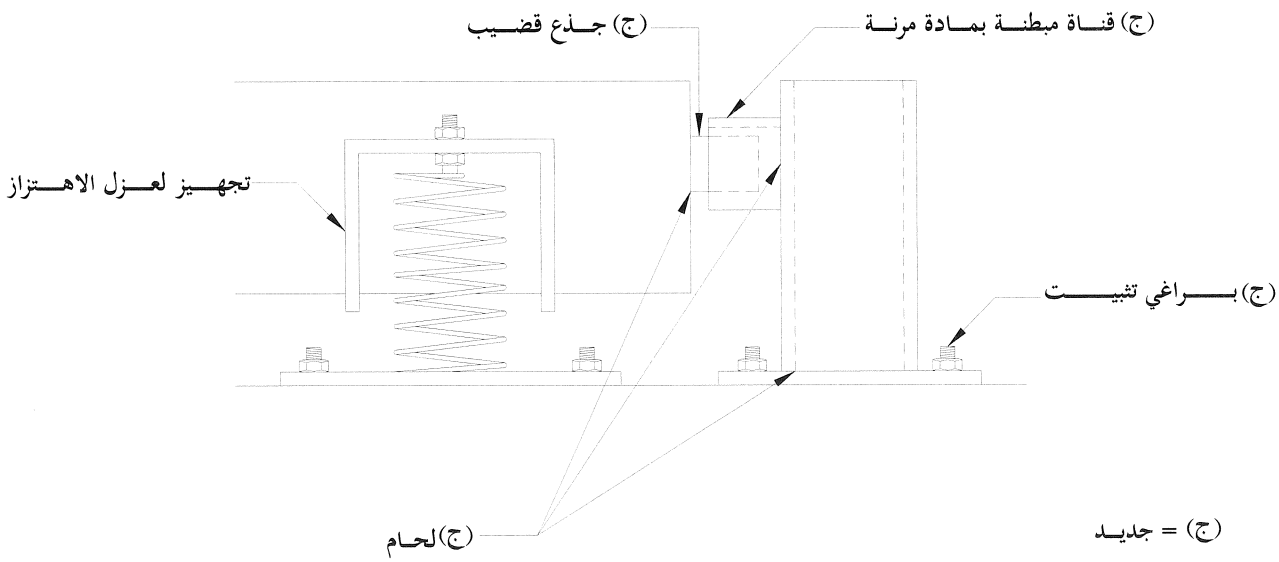
الشكل (أ-٨): تفاصيل متنوعة لتثبيت التجهيزات



الشكل (أ-٩): مخمد اهتزازات مسبق الصنع مع مانعات أفقية للحركة الزلزالية



الشكل (أ-١٠): مسند للحركة الزلزالية يضاف إلى التجهيزات القائمة مع مخمدات للاهتزاز



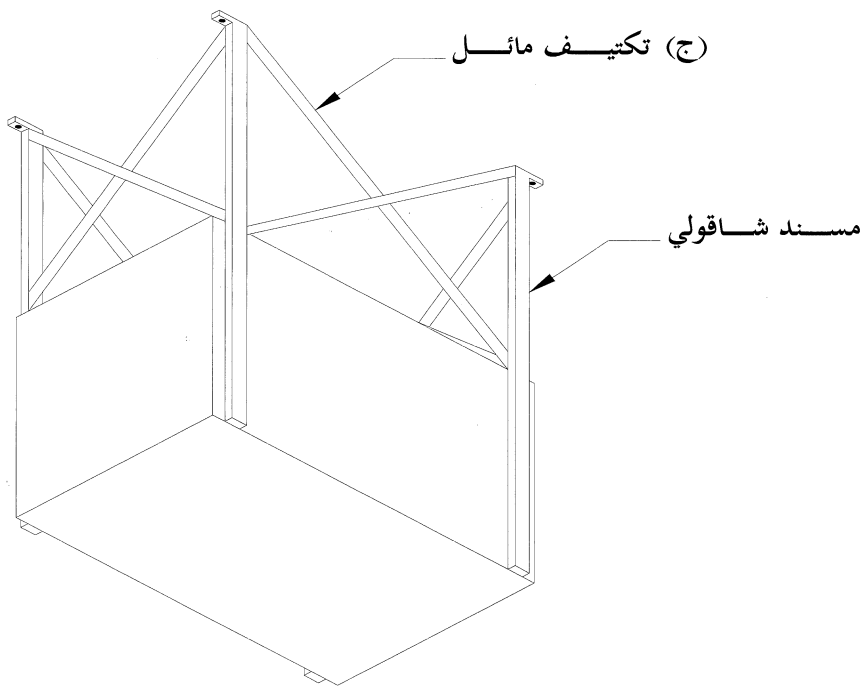
الشكل(أ-١١): مسند للحركة الزلزالية في عدة اتجاهات

أ-٣-٣- التمديدات المختلفة وتجهيزاتها:

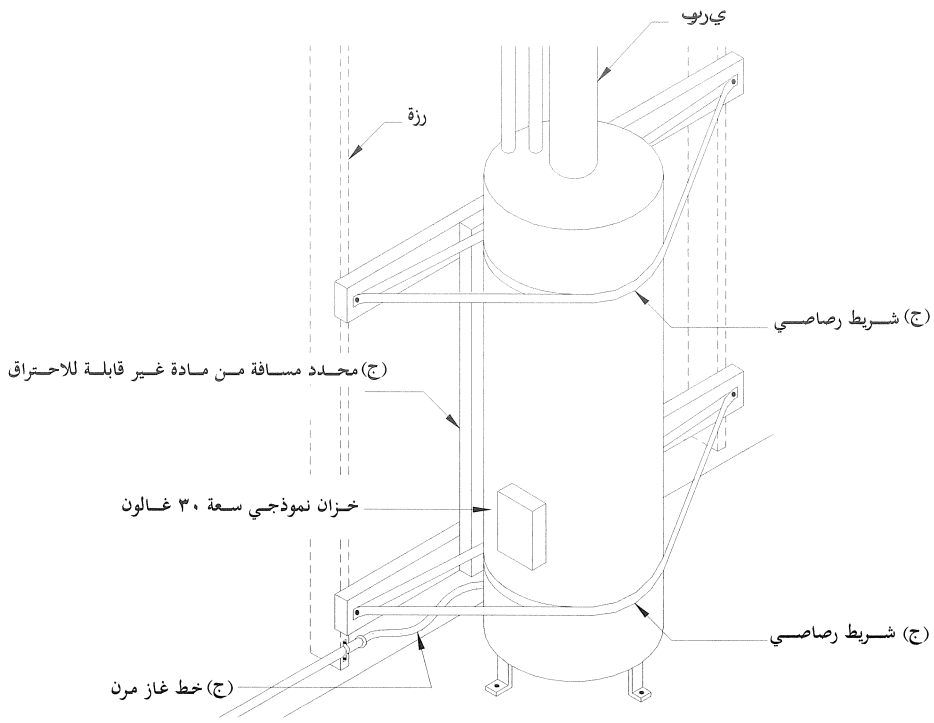
تكون عناصر التدفئة أو التكييف عادة نحيفة وضيقة الأبعاد، مما يجعلها عرضة للخطر عند حدوث الزلازل. فإذا تعرضت إلى إزاحات أو انقلاب، فيمكن أن ينتج عن ذلك انكسار أنابيب تمديدات المياه أو الغاز. لذا ينصح بضرورة تثبيتها كما هو مبين في الشكل (أ-١٢). ويجب أن تنفذ أنابيب الغاز المتصلة بها باستعمال خطوط منحنية لينة يمكنها السماح بحركة محددة للتجهيزات، دون أن تنكسر التمديدات، أو يحدث تشوه أكبر من المسموح به (أي تنفيذ ما يسمى بالوصلات المرنة). يجب تأمين التثبيت الكافي جانبياً لجميع أعمال التمديدات الأنبوبية أو ذات المقطع المستطيل. ويمكن بصورة عامة أخذ المتطلبات الآتية بالحسبان:

(أ) كل مقاطع التمديدات المستطيلة التي مساحتها $0.6\ m^2$ وأكبر، والمقاطع الدائرية التي يقل قطرها عن $0.7\ m$ يجب أن تثبت على نحو كاف جانبياً وطولياً، لمنع التأثيرات الزلزالية عليها.

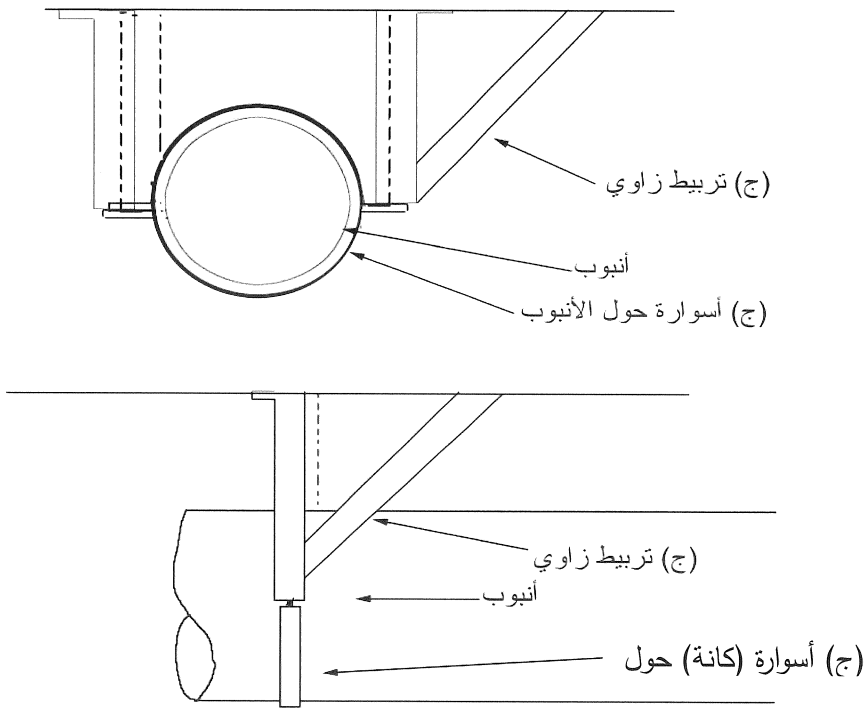
(ب) يجب أن ينفذ الربط الجانبي القوي للتمديدات كل مسافة 9m على الأكثر، وعند نهايتي كل أنبوب. تبين الأشكال (أ-١٣) حتى (أ-١٩) نماذج من تفاصيل التربيط العرضي والطولي للتمديدات في حالاتها المختلفة.



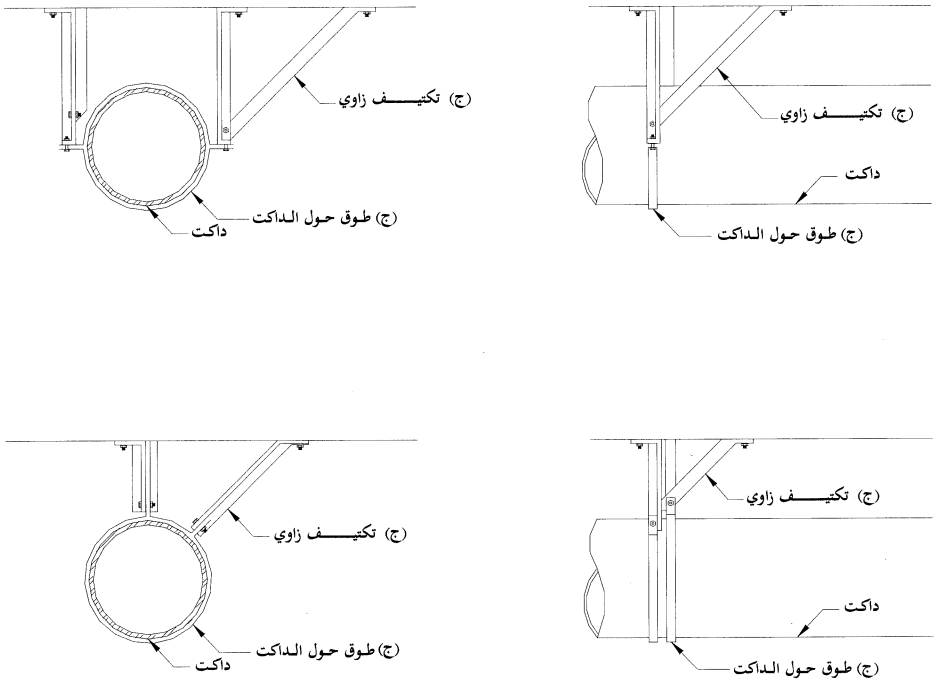
الشكل (أ-١٢): تربيط (تكتيف) نموذجي لجهاز معلق



(أ-١٣): تثبيت ملائم لاسطوانات المياه الساخنة

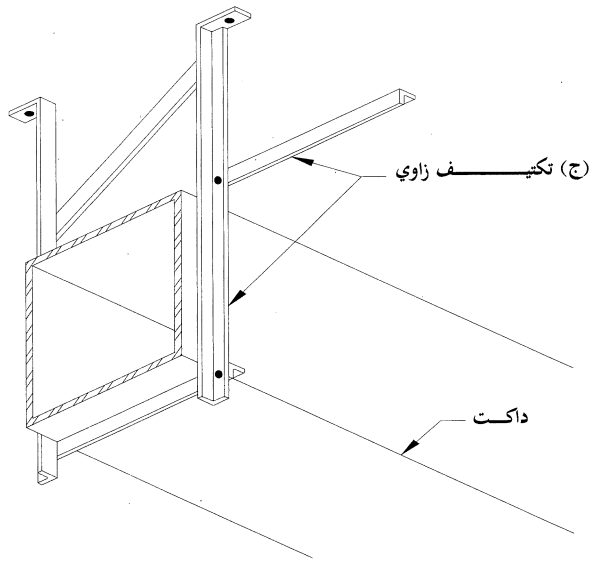


الشكل (أ-١٤): تربيط جانبي (تكتيف) وطولي للأنابيب ذات الأقطار الكبيرة



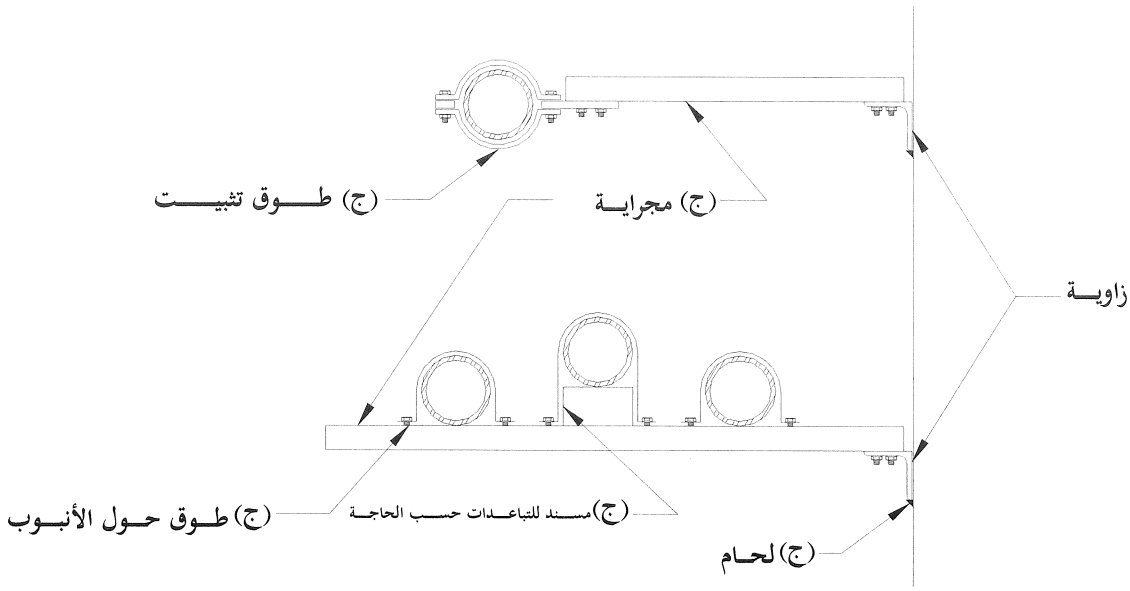
ج = جديد

الشكل (أ-١٥): تربيط (تكتيف) جانبي وطولي للأنابيب ذات الأقطار الصغيرة



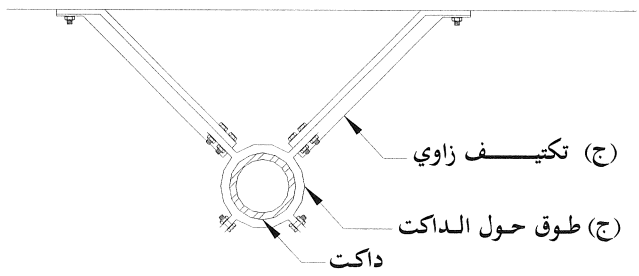
ج = جديد

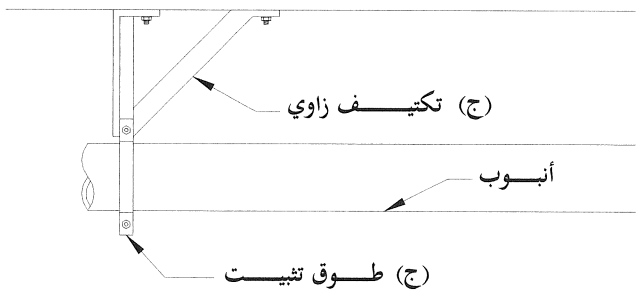
الشكل (أ-١٦): تربيط (تكتيف) جانبي وطولي للأنابيب المستطيلة



ج = جديد

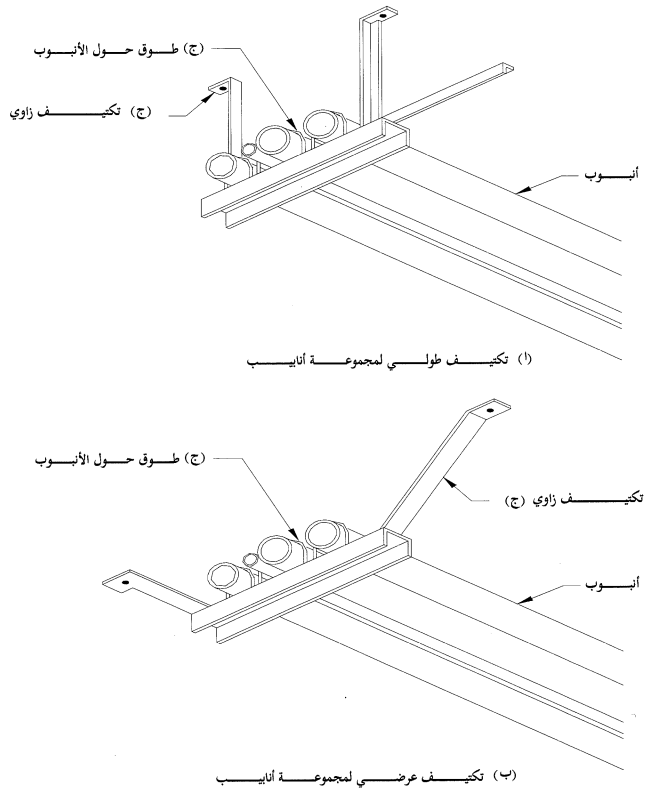
الشكل(أ- ١٧): تربيط (تكتيف) جانبي للأنابيب





ج = جديد

الشكل (أ-١٨): تربيط (تكتيف) طولي للأنبوب



ج = جديد

الشكل (أ-١٩): تربيط (تكتيف) جانبي لعدة أنابيب

أ-٣-٤- المصاعد:

يجب أن يتم تثبيت محركات الرفع ووحدات القيادة في المصاعد، كما هو مبين في حالة التجهيزات الكهربائية والميكانيكية، وذلك لتجنب انزلاقها أو انقلابها أو تأرجحها. ويجب أيضا إضافة صفائح تثبيت في أسفل وأعلى غرف المصاعد، وكذلك للوزن المثبت على المصعد، وذلك لمنعها من الخروج عن مسارها وعن المسارات التي تسير عليها كدليل.

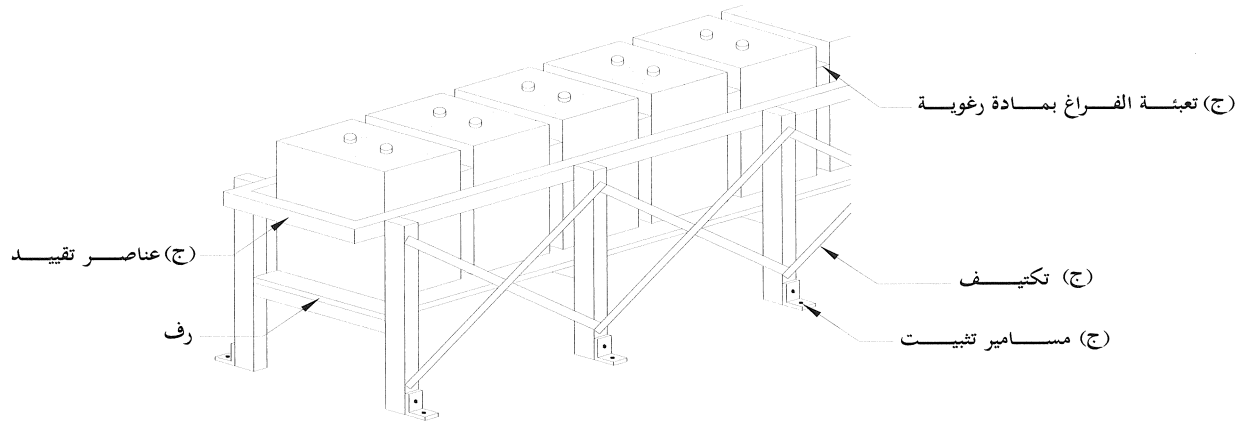
أ-٣-٥- جمل مجموعات الطاقة الاحتياطية وملحقاتها:

يتم تصميم جمل مجموعات الطاقة الاحتياطية وملحقاتها لتعمل باستمرار في الحالات الطارئة والصعبة، مثل حالة حدوث زلزال. ويجب أن تكون هذه الجمل في أتم استعداد وجاهزية في فترة الزلزال. لذا يتوجب أن تكون مثبتة جيداً لحمايتها تماماً من التأثيرات الزلزالية. ويمكن تلخيص جمل مجموعات الطاقة الاحتياطية وملحقاتها بمجموعة بطاريات ومحولات ومولدات وخزانات وقود ومفاتيح ولوحات كهربائية وقواطع رئيسية وفرعية. يجب أن تثبت هذه العناصر كلها جيداً وبصورة فعالة.

ويبين الشكل (أ-٢٠) نموذجاً لتثبيت مجموعة البطاريات. ويجب أيضاً وضع تجهيزات لإطفاء الحريق بجوار التجهيزات.

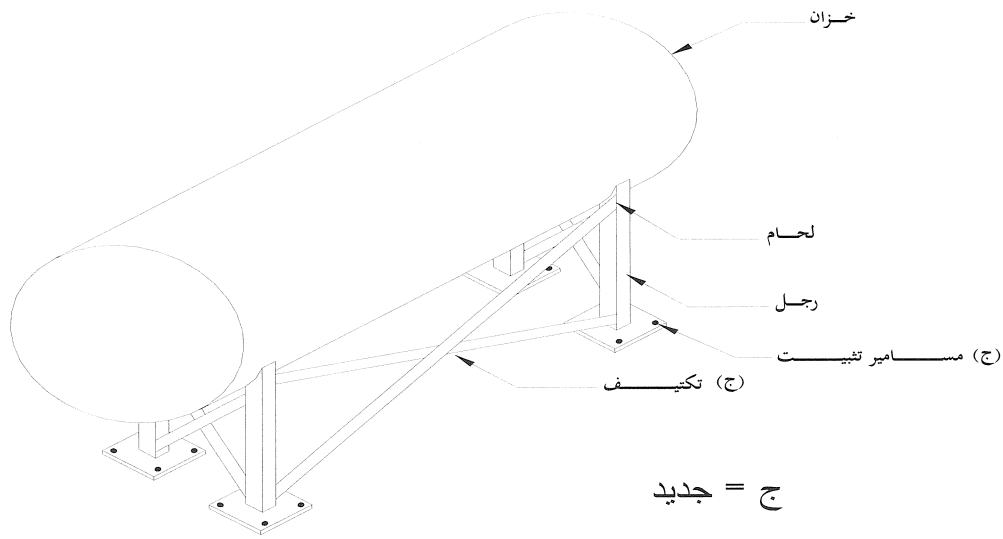
كما يجب الانتباه إلى أن المولدات يجب أن تثبت على مخمدات مهتزة، وأن تتم حمايتها من القوى الزلزالية المختلفة.

أما خزانات الوقود، فيجب تثبيتها كما هو مبين في الشكل (أ-٢١)، وتأمين ربطها في جميع الاتجاهات. ويبين الشكلان (أ-١٠) و (أ-١١) كيفية تثبيت المولدات الكهربائية. ويبين الشكل (أ-٢٢) كيفية تثبيت خزانات الوقود مع وضع وصلات مرنة للأنابيب المتصلة بها لمنع انكسارها. أما المحولات ولوحات المراقبة، فتثبت كما هو مبين في الشكل (أ-١٨).



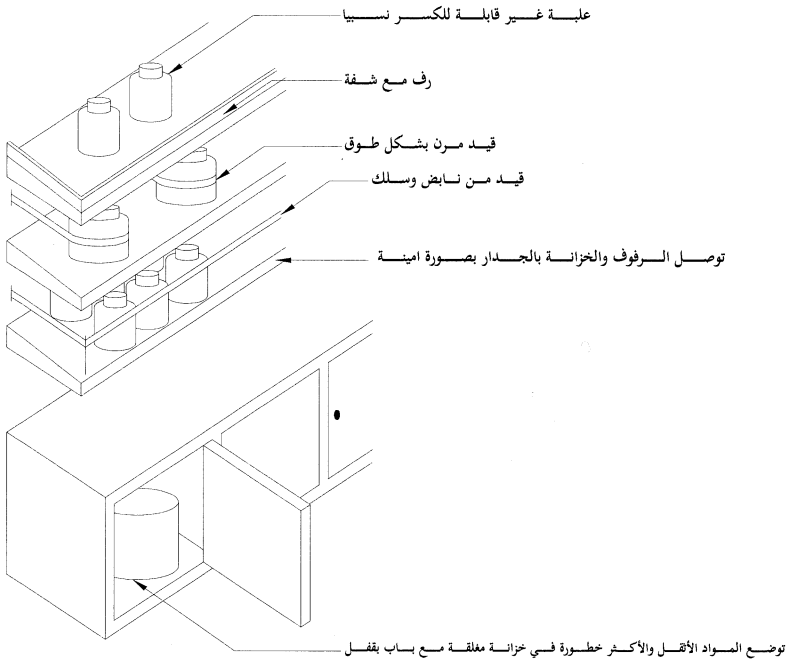
ج = جديد

الشكل (أ-٢٠): تربيط (تكتيف) لمجموعة بطاريات



ج = جديد

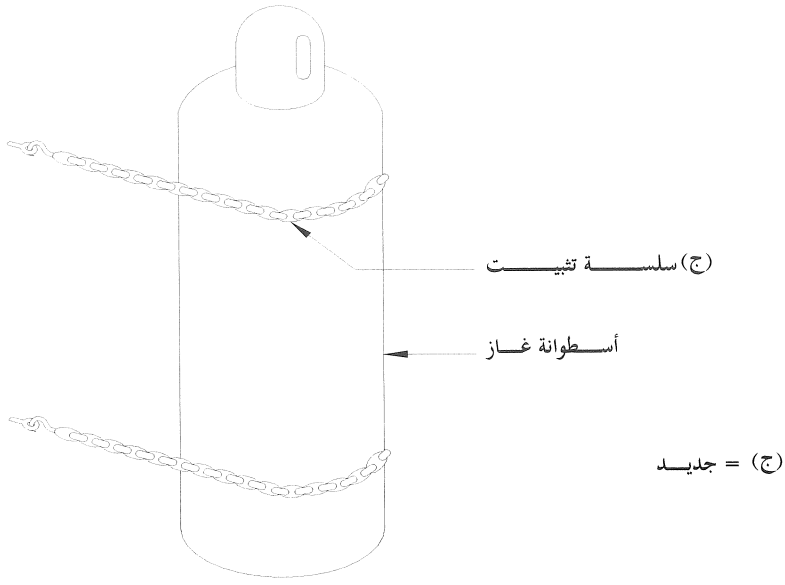
الشكل (أ-٢١): تربيط (تثبيت- تكتيف) أفقي لخزان



الشكل (أ-٢٢): تدابير حماية من الزلازل لمواد خطرة

أ-٣-٦- جمل تخزين المواد الخطرة:

يجب أن تركب صمامات إغلاق آلي على خطوط تمديدات المواد الخطرة، ويجب أيضاً في الوقت ذاته، تربيط (تثبيت) هذه الخطوط والخزانات المتصلة بها، كما هو مبين في الشكل (أ-٢٣). كما يجب تثبيت جميع الأوعية التي تحفظ فيها المواد الكيماوية بطريقة ملائمة لمنع سقوطها بسبب تأثيرات الزلازل، ويتم ذلك باستعمال رباطات مرنة. أما أوعية سوائل الأكسجين وجميع المواد السائلة المضغوطة المشابهة، فيجب تثبيتها جيداً تجنباً لسقوطها، كما هو مبين في الشكلين (أ-١٨) و (أ-١٩)، ويتوجب أيضاً وضع وصلات مرنة بين هذه الخطوط، كما في الشكل (أ-٢٣).



الشكل (أ-٢٣): تفصيلة تثبيت (تربيط- تكتيف) لخزان مضغوط

أ-٣-٧- جمل الاتصالات وملحقاتها:

يُعد تأمين استمرار عمليات الاتصالات أثناء الزلزال وبعده مطلباً حيوياً بالغ الأهمية، لأنها وسيلة رئيسية للتعاون والتنسيق بين جميع الجهات التي تشرف على إدارة الأزمات والكوارث الناجمة عن حدوث الزلزال، وتقديم المساعدات والمعونات في الوقت المناسب دون تأخير.

وتعد الاتصالات الهاتفية أهم هذه الأنواع، لذا يتوجب دراسة هذه الجمل والتأكد من فعالية جميع تجهيزاتها، وضمان عملها بأمانٍ كافٍ والتأكد من سلامة فعاليتها في نقل وإرسال جميع المعلومات إلى الجهات المعنية دون تأخير.

ومن أهم المرافق التي يجب تأمين الاتصالات منها وإليها، المشافي ومراكز الإطفاء والدفاع المدني ومراكز الشرطة. لذا يتوجب تجهيز هذه المرافق، إضافة إلى الاتصالات الهاتفية والمعلوماتية، بجملة اتصال لاسلكي، وتثبيت جميع تجهيزاته جيداً، وضمان عملها أثناء الكارثة بصورة مستمرة وبفعالية عالية.

الملحق «ب»

ب - أجهزة تسجيل الزلازل

ب-١- عام:

يعرف التسجيل التخطيطي الذي تحصل عليه في محطات الرصد نتيجة للهزات الأرضية بالسيسموغرام، ولو نظرنا إلى الشكل الذي ترسمه الهزات الأرضية على اسطوانة جهاز التسجيل والمعبر عنه بالسيسموغرام لوجدنا في بدايته تأرجحاً بسيطاً، وفي منتصفه يصل مدى الاهتزاز سعته العظمى، وبعد ذلك يهدأ هذا من جديد.

إن ما ذكرناه من تباين إنما يرتبط باختلاف زمن وصول الأمواج الاهتزازية الزلزالية. ففي بدء شريط التسجيل وحيث السعة الصغيرة ترى الحرف "P" الذي يرمز إلى الأمواج الطولية الأسرع من سواها. وبعد ذلك وعبر فترة من الزمن والتي تحدد بعد البؤرة الزلزالية عن محطة الرصد تظهر تموجات عنيفة تشير إلى وصول الأمواج العرضية "S". وبعد العديد من الاهتزازات العنيفة تأخذ هذه التأرجحات والتموجات بالتضاؤل، ولكن بسرعة ملحوظة، نلاحظ ظهور تأرجحات متفردة ذات مدى كبير جداً. ومثل هذه التأرجحات تعبر عن وصول الأمواج السطحية "L". في بعض الحالات لا يسجل قدوم الهزات المستعرضة بشكل واضح في السيسموغرام، لذا لا تظهر عليه سوى الطولية والسطحية. وهكذا نلاحظ أن السيسموغرام يعطينا تصوراً حقيقياً عن طول فترة الزلزال وعن شدته وسعة اهتزازاته.

ب-٢- المقاييس الزلزالية:

إن أكثر المقاييس الزلزالية استعمالاً لتقدير قيمة الزلازل هما مقياس ريختر (مقدار M) ومقياس ميركالي المعدل (MM).

ب-٢-١- مقياس المقدار (المطال - Magnitude) بالريختر:

يقيس هذا المقياس الطاقة الزلزالية المتحررة بالزلزال، و يقدر بالريختر (Richter)، و هو ليس مقياساً هندسياً لأنه لا يعبر بصورة صحيحة عن الخسائر، و ميزته أنه يصف الزلزال

برقم واحد فقط، يؤخذ من أجهزة الرصد الزلزالي (أي أنه مقياس موضوعي و ليس مقياس ذاتي). ويعبر عن هذا المقياس بالعلاقة (ب-١):

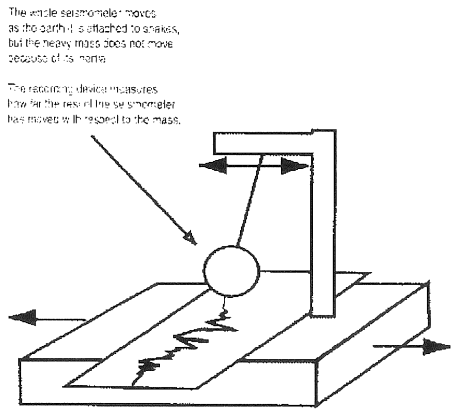
$$\text{Log}_{10}\, E = 11.8 + 1.5\, M$$

أو: $$E = 10^{(11.8+1.5M)} = 10^{11.8} \times 10^{1.5M} \qquad (ب-١)$$

حيث: E هي الطاقة المتحررة بالزلزال مقدرة بالإرغة (erg)، و يلزم مضاعفة E بـ: 32 مرة (أي $10^{1.5} = 10^{3/2} = 32$) من أجل زيادة درجة صحيحة واحدة في M؛

M مقدار (مطال) الزلزال مقدراً بالريختر، والتسمية الشائعة إعلامياً هي الدرجة.

يقاس المقدار (المطال- الدرجة) بواسطة محطات قياس الزلازل المنتشرة على جميع بقاع الأرض، و تسمى المحطة سيزموغراف (seismograph)، و تتألف من سيزمومتر (Seismometer) يتحرى وقت وصول الزلزال، و من جهاز تسجيل. يتألف السيزمومتر من كرة ثقيلة نسبياً مربوطة بخيط إلى الجهاز المبين بالشكل رقم (ب-١)، فعند حدوث الزلزال يتحرك الجهاز مع حركة الأرض، بينما تبقى الكرة ثابتة في موقعها بسبب عطالتها، و بذلك يرسم القلم المثبت في أسفل الكرة خطاً متعرجاً على الورقة تحته، المثبتة بالجهاز. ويمثل هذا الخط حركة الأرض نسبة للكرة التي بقيت ثابتة. و يعرف المطال المحلي للزلزال M_L (يسمى كخطأ دارج "**درجة على مقياس ريختر**") بأنه اللوغاريتم العشري (أي أن هذا المقياس هو مقياس لوغاريتمي بأساس 10) للمطال الأعظمي للأمواج السطحية (**S-waves**) مقاساً بالميكرومتر ($1\ \mu m = 10^{-6}$ m)، مسجلة بواسطة سيزموغراف موضوع على بعد 100 km من المركز السطحي للزلزال (epi-central distance). ومن المفيد معرفة أن المطال (المقدار) M يزداد برقم واحد عندما يتضاعف المقدار (المطال) المقاس، عشرة أضعاف.



الشكل رقم (ب-١): جهاز السيزمومتر Seismometer

مقياس المطال هو مقياس مفتوح، و قد سجلت المراصد زلزالاً مقداره 8.9 Richter، و لكن العلماء لا يتوقعون أن يزيد المطال (المقدار) على 9 Richter لأن صخور الأرض لا تستطيع

أن تتحمل طاقة أكثر من تلك التيُ تنتج هذا المقدار. ومن المفيد للمهندس أن يعلم أن الخبرة العملية دلت على أن الزلازل ذات المطال (المقدار) الذي يقل عن 5 ريختر غير محتمل أن تسبب أضراراً إنشائية، بينما يحتمل أن تنتج الزلازل ذات المطال (المقدار) الذي يزيد على 5 ريختر، حركات أرضية تسبب أضراراً إنشائية.

ومن أجل تحديد مقدار (مطال) الزلزال (M) في مقياس ريختر، لموقع معين، تستعمل العلاقة الآتية (ب-٢):

$$M = \text{Log } A - \text{Log } Ao \qquad (ب-٢)$$

حيث:

A : قيمة مطال (مقدار) التسجيل الزلزالي المطلوب قياسه، وعلى البعد المطلوب من المركز السطحي للزلزال (epi-centre).

Ao : قيمة قياسية لمطال (مقدار) منحني التسجيل الزلزالي لزلزال ما. بافتراض أن هذه القيمة تساوي (0.001 mm) على بعد (100 km) من المركز السطحي للزلزال.

ب-٢-٢- مقياس شدة الزلزال (ميركالي المعدل MM): Intensity

مقاييس الشدة هي مقاييس وصفية (أي ذاتية وغير موضوعية)، تقيس الدمار في المباني والمنشآت، وتخضع لتقدير الراصد، ومن أكثرها شيوعاً، مقياس ميركالي المعدل (Modified Mercalli Scale - MM) ، وهو مقياس شدة لتقييم ووصف شدة الزلزال للمنطقة التي يحدث فيها الزلزال، وهو المستعمل في تقسيم المناطق الزلزالية. ويتألف هذا المقياس، من اثنتي عشر درجة، ويمثل الجدول (ب-١) توصيف لشدات مقياس ميركالي المعدل.

تكتب الشدة (I) بمقياس ميركالي المعدل، MM، بصيغة الأرقام الرومانية:

(I, II, III, IV, V, VI, ..., XII)،

كإشارة إلى أنها شدات تقريبية.

كذلك هناك المقياس السوفييتي أو مقياس MSK (Medvedev-Sponheuer-Karnik) وهو مقسم إلى 12 درجة أيضاً، متقاربة مع درجات مقياس ميركالي المعدل MM.

وهناك أيضاً المقياس الياباني، وهو مقسم إلى سبع درجات، و مقاييس أخرى غير ذلك.

إن قيمة (MM) في الجدول (ب-١) تمثل تقييماً موضوعياً للأضرار، من قبل شاهد عيان للمنطقة التي تتعرض لضرر الزلزال.

الجدول (ب-١)
تقدير الشدة الزلزالية وفق مقياس ميركالي المعدل

درجة الشدة MM	الوصف
I	لا يشعر بها، إلا نادراً، وفي ظروف خاصة ومثالية.
II	يشعر بها الأشخاص فقط في حالة السكون خاصة في الطوابق العلوية من الأبنية، قد تتأرجح الأشياء الدقيقة المعلقة.
III	يشعر بها من قبل العديد من الأشخاص وخاصة في الطوابق العلوية من المباني، ويصعب معرفة أن سبب هذه الهزة هو الزلزال. وقد تهتز قليلاً السيارات الواقفة، ويمكن قياس أمد الزلزال عند هذه الدرجة.
IV	يشعر بها العديد من الأشخاص داخل المباني، والقليل منهم خارج المباني، اضطراب في الأبواب، والشبابيك، والزجاج، وطقطقة في الجدران، والإحساس بها يشبه اصطدام شاحنة كبيرة بالمبنى. تتأرجح السيارات الواقفة بشكل ملحوظ.
V	يشعر بها جميع الناس، والعديد يستيقظ من نومهم، تتهشم بعض الشبابيك الزجاجية والأطباق، قد تتشقق طبقة الطينة على الجدران، انقلاب الأشياء غير الثابتة، اضطراب أعمدة الكهرباء والهاتف، والأشجار، وغيرها من الأجسام العالية في بعض الأحيان، تتوقف بعض الساعات البندولية عن الحركة.
VI	يصاب الناس بالذعر ويهرعون إلى خارج المبنى. يتحرك الأساس الثقيل من مكانه وفي بعض الأحيان تتساقط طبقة الطينة، وتنقلب المداخن وتحدث أضرار بسيطة في المنشآت.
VII	الجميع يركضون إلى خارج المبنى، يكون حجم الأضرار مهملاً في المباني المصممة والمنفذة جيداً، وبسيط إلى متوسط في المباني العادية، أضرار ملحوظة في المباني الرخيصة أو ذات التصميم السيئ، تتضرر المداخن، ويُشعر بها في السيارات التي تسير.
VIII	يحدث أضراراً حتى في الأبنية المصممة والمنفذة جيداً، أضرار ملحوظة في المباني العادية، مع حدوث بعض الانهيارات، أضرار كبيرة في المباني الرخيصة، أو ذات التنفيذ السيئ، تقذف قطع الجدران الإنشائية خارج المنشآت الهيكلية، يسقط العديد من المداخن، تتضرر الأشجار، يتناثر الطين والرمل بكميات قليلة نسبياً، اختلاف في منسوب مياه الآبار، إعاقة في قيادة السيارات.

الوصف	درجة الشدة MM
أضرار ملحوظة في المباني المصممة جيداً، خروج المنشآت عن خطوط التماس مع الأساسات، تشكل الأرض بشكل واضح، تضرر شبكات المياه الصحية أسفل منسوب الأرض.	IX
انهيار البيوت الخشبية ذات التصميم والتنفيذ الجيد، تدمير معظم منشآت البلوك والمنشآت الهيكلية مع أساساتها، تشقق الأرض بشكل يؤدي إلى حدوث أضرار عديدة، وانثناء خطوط السكك الحديدية، وانزلاق المنحدرات والحواجز الترابية، وارتفاع منسوب المياه السطحية.	X
انهيار جميع منشآت البلوك وتدمير الجسور، تصدعات وتشققات تغطي سطح الأرض كلياً، تدمير شبكات المياه الصحية أسفل منسوب الأرض وعدم صلاحيتها للخدمة، هبوط في سطح الأرض وانسياب العديد من الأراضي المكشوفة إلى أسفل التربة الطرية، انثناء والتواء خطوط السكك الحديدية بشكل واضح.	XI
دمار شامل، تغير تام في شكل سطح الأرض بحيث تظهر على شكل أمواج انسيابية، اختلاف طبوغرافية الأرض، تناثر الأجسام والكتل الترابية وقطع المنشآت في الهواء.	XII

ب-٢-٣- العلاقة بين مقياس المقدار (المطال) ومقياس الشدة:

إن أي عدد في مقياس المقدار (المطال Magnitude)، يمثل قيمة معينة لمقدار الزلزال، الذي يخبرنا عنه خبراء رصد الزلزال عند الاستفسار عن مقدار (مطال) هذا الزلزال، ولكنه لا يحدد درجة الدمار في المباني والمنشآت. بينما يحتاج المهندسون إلى معرفة شدة الزلزال عند الحاجة لتقييم الأضرار الناتجة عنه، أو عند القيام بتصميم المنشآت لمقاومة الزلزال لدرجة محددة من الشدة، ومن هنا تكمن الحاجة إلى معرفة العلاقة المشتركة بين مقياس المقدار (المطال) ومقياس الشدة.

وقد قام بعض المختصين في علم الزلازل بإيجاد علاقة مبسطة جداً بين المقياسين، هي الموضحة في الجدول (ب- ٢).

الجدول (ب- ٢)

العلاقة المبسطة بين الشدة والمقدار (المطال)

الشدة	I-II	III	V	VI-VII	VII-VIII	IX-X	XI-XII
المقدار	2	3	4	5	6	7	8

كما أورد بعض المختصين علاقة رياضية بين الشدة I بمقياس MM والمقدار (المطال) M بمقياس ريختر وهي العلاقة (ب-٣) الآتية:

$$I = 0.8 + 1.5M - 2.5\,Log_e \sqrt{(h^2 + d^2 + 400)} \qquad (ب-٣)$$

حيث:

Log_e = اللوغاريتم الطبيعي.

h = عمق بؤرة أو محرق (focus) الزلزال عن سطح الأرض.

d = مسافة الموقع المدروس عن المركز السطحي للزلزال.

ب-٢-٤- مقياس التسارع: (Acceleration)

هذا المقياس هو مقياس موضوعي أيضاً، ويقيس تسارع الأرض الأعظمي (Peak Ground Acceleration-PGA) نسبة لتسارع الجاذبية الأرضية (أي: g % of percentage) ، وهو المقياس الأكثر شيوعاً في الآونة الأخيرة، وهو مستعمل أيضاً في الكود الأساس وفي هذا الملحق (٢)، لتصنيف المناطق الزلزالية.

الملحق «ج»

الطريقة الالستاتيكية المطورة
لتصميم المباني والمنشآت «تحديد الأحمال الزلزالية»

ج-١- المجال:

يمكن تصميم جميع المباني والمنشآت لمقاومة الزلازل (التي لا تتطلب طريقة ديناميكية لدراستها) باستعمال الطريقة الستاتيكية المكافئة المطورة المعطاة في هذا الملحق. وتمتاز هذه الطريقة عن الطريقة الاستاتيكية الأساسية (المعطاة ضمن الملحق /٢/ للكود)، بكونها أكثر تفصيلاً وتأخذ بالحسبان بشكل أدق خواص المنطقة الزلزالية التي سيشاد فيها المبنى أو المنشأة.

وإن هذه الطريقة، مثل الطريقة الأساسية، لا تستعمل لبعض المنشآت الخاصة، مثل الجسور (الكباري) وأبراج نقل الطاقة الكهربائية والمنشآت الهيدروليكية ومنشآت خطوط المرافق المطمورة ومنشآت المفاعلات النووية. حيث يتم دراسة هذه المنشآت لمقاومة الزلازل وفقاً للكودات العالمية الخاصة بها.

ج-٢- تعاريف:

تأخذ التعابير والمصطلحات الآتية المعنى الخاص بها، المبين في هذا الملحق.

حركة الأرض التصميمية الزلزالية (من الزلازل):

(Design Earthquake Ground Motion)

وهي تمثل حركة الأرض الزلزالية التي يطلب تصميم الأبنية والمنشآت لمقاومتها وفق هذا الملحق (ج).

الجمل (النظم) الميكانيكية:

يجب تحديد الأحمال الزلزالية للتجهيزات الميكانيكية وفق هذا الملحق وعلى أن يتضمن ذلك أيضا التجهيزات الصحية.

متعامد: (Orthogonal

ويقصد به اتجاهان أفقيان بينهما زاوية 90 درجة (1.57 راديان).

صنف التصميم الزلزالي:

يتضمن تصنيفا يُحدد للمنشأة مُعتمداً على صنف الإشغال (Occupancy Category) وعلى شدة الحركة الأرضية التصميمية الزلزالية للموقع

(Design Earthquake Ground Motion at the Site)

جملة مقاومة القوى الزلزالية:

ذلك الجزء من جملة المنشأة والذي أخذ بالحسبان في التصميم لتأمين المقاومة المطلوبة لقوى زلزالية محددة مسبقاً.

صنف (نوع) الموقع:

التصنيف المخصص لموقع يعتمد على أنواع التربة الموجودة وخواصها الهندسية كما هي معرفة في البند (ج- ٥- ٣) من هذا الملحق.

عوامل الموقع:

تعطى قيم عوامل الموقع F_a و F_v في الجدولين (ج-٤) و (ج-٥) على التوالي.

ج-٣- المباني القائمة:

يتم تحديد الإضافات والتغييرات والإصلاحات وتعديل الإشغال للمباني القائمة وفقاً للقواعد المتعلقة بذلك وفق ملحق الكود العربي السوري الخاص بالمباني القائمة.

ج-٤- الفحوصات الخاصة:

يجب أن تتضمن الفحوصات الخاصة ما يلزم من متطلبات حسب وضع المنشأة وحالة العناصر المشكوك بوضعها الإنشائي، وذلك وفقاً لمتطلبات الكود العربي السوري.

ج-٥- اجراءات تصنيف الموقع للتصميم الزلزالي:

اعتماداً على خواص تربة الموقع فيتم تصنيف الموقع بأحد الأصناف E, D, C, B, A أو F، حسب الجدول (ج-١).

ج-٥-١- تصنيف الموقع:

يجب أن تصنف تربة الموقعَ وفقاً للجدول (ج-١) والبند (ج-٥-٣)، التي تعتمد على 30 متر (أو للدقة 30.48m) من الجهة العليا للموقع. وعندما تكون بيانات الموقع المعين غير متوفرة إلى عمق 30 (أو 30.48) متر، فيجب تحديد خواص التربة من قبل مهندس مختص معتمد بحيث يعد تقرير التربة بالاعتماد على الظروف الجيولوجية المعروفة للموقع وعلى أسبار التربة.

وعندما تكون خواص التربة غير معلومة بتفصيلٍ كافٍ فعندها يمكن استعمال صنف الموقع D ما لم يثبت وجود معطيات جيوتكنيكية تبين أن التربة الموجودة في الموقع هي من الصنف E أو F . ولا يسمح بتصنيف الموقع بالصنف A أو B إذا كان هناك أكثر من 3 متر من التربة بين سطح الصخر ومنسوب أسفل الأساسات المنفردة أو الحصيرية.

ج-٥-٢- تحليل استجابة الموقع لموقع من تربة صنف F:

يلزم إجراء تحليل استجابة وفق البند (ج-٢١-١) للموقع بتربة من الصنف F، إلا في حالة تحقق الاستثناء الوارد في الفقرة (ج-٥-٣-١).

ج-٥-٣- تعاريف بارامترات (متغيرات) صنف الموقع:

ج-٥-٣-١- صنف الموقع F:

إذا تحققت أي من الشروط الآتية، فيتم تصنيف الموقع كصنف F، ويلزم إجراء تحليل استجابة للموقع يتوافق مع البند (ج-٢١-١):

١- التربة المعرضة لاحتمال الانهيار أو التصدع تحت تأثير الحمل الزلزالي، مثل التربة القابلة للتميع والتربة الضعيفة التماسك، القابلة للانهيار.

استثناء:

في المنشآت التي لها فترات زمنية للاهتزاز مساوية أو أقل من 0.5 ثانية، فليس مطلوب لها إجراء تحليل استجابة للموقع من أجل تحديد التسارعات الطيفية للترب المتميعة. في هذه الحالة يسمح بتصنيف الموقع وفق البند (ج-٥-٣)، وتحدد قيم F_a و F_v من الجدولين (ج-٤) و (ج-٥).

٢- الطفل و/أو الغضار العضوي بسماكة $H > 3$ m .

٣- غضار عالي اللدونة جداً بسماكة $H > 7.6$ m ذو $PI > 75$.

٤- الغضار الطري أو متوسط القساوة بسمك $H > 37$ m ذو $\bar{S}_u < 50$ kPa .

ج-٥-٣-٢- صنف موقع الغضار الطري E:

عندما لا يتأهل الموقع لصنف الموقع F وفقاً للمعايير الخاصة به وتوجد سماكة كلية للغضار الطري أكبر من 3 متر (حيث تعرف طبقة الغضار الطري بالاجهاد $\bar{s}_u < 25$ kPa و $w\% \geq 40$ و $PI > 20$) فيجب أن يصنف الموقع بالصنف E .

ج-٥-٣-٣- أصناف الموقع C و D و E:

إن وجود أصناف الموقع للترب من الأصناف C، D و E يجب أن تصنف باستعمال واحدة من الطرائق الثلاث الآتية على أن تحسب $\bar{v}_s$ ، $\bar{N}$ و $\bar{s}_u$ في كل الحالات كما هو محدد في هذا البند.

١- $\bar{v}_s$ للـ 30 (أو 30.48) متر العلوية (طريقة $\bar{v}_s$).

٢- $\bar{N}$ للـ 30 (أو 30.48) متر العلوية (طريقة $\bar{N}$).

٣- $\bar{N}_{ch}$ لطبقات التربة غير المتماسكة (PI<20) في الـ 30 (أو 30.48) متر العلوية و $\bar{s}_u$ لطبقات التربة المتماسكة (PI<20) في الـ 30 (أو 30.48) متر العلوية (طريقة $\bar{s}_u$). عندما تختلف النتيجة وفق معياري $\bar{N}_{ch}$ و $\bar{s}_u$ ، فيجب أن تصنف التربة إلى صنف التربة الأطرى (الأكثر ليونة).

ج-٥-٣-٤- سرعة موجة القص لصنف الموقع B:

يجب أن تقاس سرعة موجة القص للصخر متوسط التشظي والتعري (صنف الموقع B) إما في الموقع، أو تحدد من قبل مهندس جيوتيكنيكي أو جيولوجي – إختصاصي بعلم الزلازل بالمقارنة مع ترب مماثلة متوسطة التشظي والتعري. أما للصخر الأطرى عالي التشقق والتعري فتقاس سرعة موجة القص في الموقع أو يصنف كصنف الموقع C.

ج-٥-٣-٥- سرعة موجة القص لصنف الموقع A:

للصخر الصلب، صنف الموقع A، فيلزم قياس سرعة موجة القص إما في الموقع أو تقاس لصخر من تشكيل مماثل أو أكثر من حيث التعرية والتشظي. وعندما يكون معلوماً أن توضع الصخر الصلب مستمراً لعمق 30 (أو 30.48) متر فيسمح بتوسيط قياسات سرعة موجة القص السطحية لتحديد قيمة $\bar{v}_s$.

ج-٥-٤- كيفية تصنيف المواقع من أجل التصميم الزلزالي:

يتم تصنيف الموقع للحالات C أو D أو E من الجدول (ج-١)، باستعمال إحدى الطرائق الثلاث الواردة في (ج-٥-٣-٣) أعلاه، وفق الآتي، حيث تطبق الرموز الواردة أدناه للجزء العلوي حتى عمق 30 (أو 30.48) متر من قطاع الموقع. ويتم تقسيم القطاعات المؤلفة من عدة طبقات

مختلفة من التربة و/أوالصخر بعدد يتراوح من 1 إلى n عند الأسفل حيث يتواجد عدد محدد من الطبقات n في هذا الجزء العلوي من القطاع، ثم يرمز لكل طبقة بالرمز i حيث تتراوح i من 1 إلى n .

الجدول (ج-١): تعاريف صنف الموقع

صنف الموقع	نوع التربة Soil Profile Name	معدل الخواص لـ 30 متر العلوية، انظر البند (ج-٥-٣)		
		Soil shear wave velocity $\overline{V_s}$, (m/sec) سرعة موجة القص في التربة	مقاومة الاختراق القياسية (ضربة /القدم) للترب غير المتماسكة	مقاومة القص غير المصرفة للتربة (kPa) $\overline{S_u}$
S_A	صخر صلب (قاسي)	$\overline{V_s} > 1500$	غير مطبقة	غير مطبقة
S_B	صخر	$760 < \overline{V_s} \leq 1500$	غير مطبقة	غير مطبقة
S_C	تربة ذات كثافة عالية وصخر طري	$360 < \overline{V_s} \leq 760$	>50	>100
S_D	تربة صلبة	$180 \leq \overline{V_s} \leq 360$	$15 \leq \overline{N} \leq 50$	$50 \leq \overline{S_u} \leq 100$
S_E	تربة غضارية طرية	$\overline{V_s} < 180$	$\overline{N} < 15$	$\overline{S_u} < 50$
S_E	-	أي قطاع بسماكة تزيد على 3 متر من تربة لها الخواص الآتية: ١- بمؤشر لدونة PI>20 و ٢- محتوى الرطوبة w≥ 40% و ٣- قوة القص غير المصرفة $\overline{S_u} < 25$ kPa		
S_F		أي قطاع يحتوي تربة لها واحدة أو أكثر من الخواص الآتية: ١- تربة قابلة للانهيار أو التصدع تحت حمل زلزالي مثل التربة المتميعة، أو الغضار سريع وعالي الحساسية، أو التربة القابلة للانهيار ضعيفة التماسك. ٢-الطفل و/أو الغضار عالي اللدونة، حيث: (H > 3m) ، H: سماكة التربة. ٣-الغضار عالي اللدونة جداً، حيث: (H > 8m) بمؤشر لدونة: (PI > 75) ٤- غضار طري أو متوسط القساوة، سميك جداً (H > 36m)		

ج-٥-٤-١- طريقة متوسط سرعة موجة القص:

تُحسب سرعة موجة القص $\overline{v_s}$ (متر/ثانية) من العلاقة (ج-١):

$$\overline{v_s} = \frac{\sum_{i=1}^{n} d_i}{\sum_{i=1}^{n} \frac{d_i}{v_i}} \qquad \text{(ج -١)}$$

حيث: d_i = سماكة أية طبقة بين 0 و 30 (أو 30.48) متر .

و

$\sum_{i=1}^{n} di = 30\text{m}\ (30.48\text{m} = 100\ \text{feet})$

ج-٥-٤-٢- طريقة متوسط مقاومة الاختراق الحقلية $\overline{N}$ ومتوسط مقاومة الاختراق لطبقات التربة غير المتماسكة $\overline{N_{ch}}$:

تُحسب $\overline{N}$ و $\overline{N_{ch}}$ من العلاقتين (ج-٢) و (ج-٣):

$$\overline{N} = \frac{\sum_{i=1}^{n} d_i}{\sum_{i=1}^{n} \frac{d_i}{N_i}} \qquad \text{(ج -٢)}$$

حيث: N_i و d_i (في العلاقة (ج-٢)) هي من أجل تربة غير متماسكة وتربة متماسكة، ولطبقات صخرية.

$$\overline{N_{ch}} = \frac{d_s}{\sum_{i=1}^{m} \frac{d_i}{N_i}} \qquad \text{(ج -٣)}$$

حيث تستعمل d_i و N_i (في العلاقة (ج-٣)) فقط لطبقات التربة غير المتماسكة، و

$$\sum_{i=1}^{m} d_i = d_s$$

حيث:

d_S = السماكة الكلية لطبقات التربة غير المتماسكة في الـ 30 (أو 30.48 متر = 100 feet) العلوية.

m = عدد طبقات التربة غير المتماسكة في الـ 30 (أو 30.48 متر = 100 feet) العلوية.

N_i = المقاومة القياسية للاختراق حسب (ASTM D 1586)، وبحيث لا تزيد على 100 دقة / القدم (328 دقة / م)، حسب قياسها المباشر في الحقل دون أي تصحيح.

عندما يقابل الرفض في حالة طبقة صخرية، تؤخذ N_i مساويةً 100 دقة/ القدم (328 دقة/ م).

ج-٥-٤-٣- طريقة متوسط مقاومة القص غير المصرفة $\bar{s}_u$:

تعين مقاومة القص غير المصرفة $\bar{s}_u$ من العلاقة (ج-٤):

$$\bar{s}_u = \frac{d_c}{\sum_{i}^{k} \frac{d_i}{s_{ui}}} \qquad (ج-٤)$$

حيث:

$$\sum_{i=1}^{k} d_i = d_c$$

d_c = السماكة الكلية لطبقات التربة المتماسكة في الـ 30 (أو 30.48 متر = 100 feet) العلوية.

PI = مؤشر اللدونة حسب المواصفة (ASTM D 4318).

w = محتوى الرطوبة بنسبة مئوية وفق ما يتم تعيينها في المواصفة: (ASTM D2216).

s_{ui} = مقاومة القص غير المصرف (kPa) وبحيث لا يتجاوز (240 kPa) حسب المواصفة (ASTM D 2166) أو (ASTM D 2850).

k = عدد طبقات التربة المتماسكة في الـ 30 (أو 30.48 متر = 100 feet) العلوية.

عندما لا يؤهل موقع باشتراطات الصنف F وعندما تكون السماكة الكلية للغضار الطري أكبر من 3 متر (أو 3.048m = 10 feet)، حيث تكون الطبقة الغضارية الطرية موصوفة بـ:

$\bar{s}_u < 24$ kPa و w≥ 40 % ومؤشر اللدونة PI > 20، فإنها تصنف بصنف الموقع E.

يجب قياس سرعة موجة القص للصخر، لصنف الموقع B، إما في الموقع أو تحدد من قبل مهندس جيوتكنيك أو مهندس جيولوجي أو جيوزلزالي، وذلك للصخر ذو التشظي والتعري المتوسطين. أما للصخور ذات التشظي والتعري العاليين فيجب إما أن تقاس في الموقع من أجل سرعة موجة القص أو تصنف بالصنف C.

ولصنف الصخر القاسي، الموقع صنف A، يجب أن يوثق بقياسات سرعة موجة القص في الموقع أو في قطاعات لها نفس نوع الصخر في نفس التوضع والتي لها درجة التعري والتشظي ذاتها أو أكثر منها. وعندما تكون وضعيات الصخر القاسي معلومة بأنها مستمرة لعمق 3 (أو 3.048) متر (10 feet) فيسمح اشتقاق سرعات موجة قص اصطناعية لتحديد $\bar{V}_s$.

يجب عدم استعمال التصنيفين A و B للمواقع إذا وجد أكثر من سماكة 3 (أو 3.048) متر (10 feet) بين سطح الصخر وأسفل الأساس المنفرد أو حصيرة الأساسات.

ج-٥-٤-٤- خطوات تصنيف الموقع:

١- التحقق من الأنواع الأربعة لصنف الموقع F التي تتطلب تقييماً محدداً للموقع. إذا وافق الموقع أحد هذه الأنواع، يُصنف الموقع كنوع F، ويتم تقييم مخصوص للموقع.

٢- التحقق من وجود سماكة كلية من الغضار الطري أكبر من 3 متر (أو 3.04m = 10 feet) من أجل غضار طري محدد بما يلي: $\overline{s_u} < 24$ kPa ، و $w \geq 40\ \%$ ، ومؤشر اللدونة $PI > 20$ ، فإنها تصنف بصنف الموقع E.

٣- تحديد نوع الموقع باستعمال واحد من الطرائق الثلاثة بحساب القيم:

$\overline{v_s}$ و $\overline{N}$ و $\overline{s_u}$ في جميع الأحوال كما هي موصفة.

٣-١- (طريقة $\overline{v_s}$): حساب $\overline{v_s}$ لأعلى 30 (أو 30. 48) متر (100 feet).

٣-٢- (طريقة $\overline{N}$): حساب $\overline{N}$ أعلى 30 (أو 30. 48) متر (100 feet).

٣-٣- (طريقة $\overline{s_u}$): حساب $\overline{N_{ch}}$ لطبقات التربة غير المتماسكة ($PI < 20$) في أعلى 30 (أو 30. 48) متر (100 feet)، حساب $\overline{s_u}$ لطبقات التربة المتماسكة ($PI > 20$) في أعلى 30 (أو 30. 48) متر (100 feet).

ج-٦- قيم الحركة الأرضية الزلزالية:

(SEISMIC GROUND MOTION VALUES)

ج-٦-١- بارامترات (متغيرات) التسارعات الخرائطية:

(Mapped Acceleration Parameters)

يتم تحديد قيمتي المتغيرين (البارامترين) S_1 و S_S من تسارعات الاستجابة الطيفية 1 و 0.2 ثانية المبينة في الشكل (ج-١) من أجل S_1 والشكل (ج-٢) من أجل S_S ، وذلك بالقيم المطلقة، مقدرة بالـ cm/sec^2.

عندما تكون:

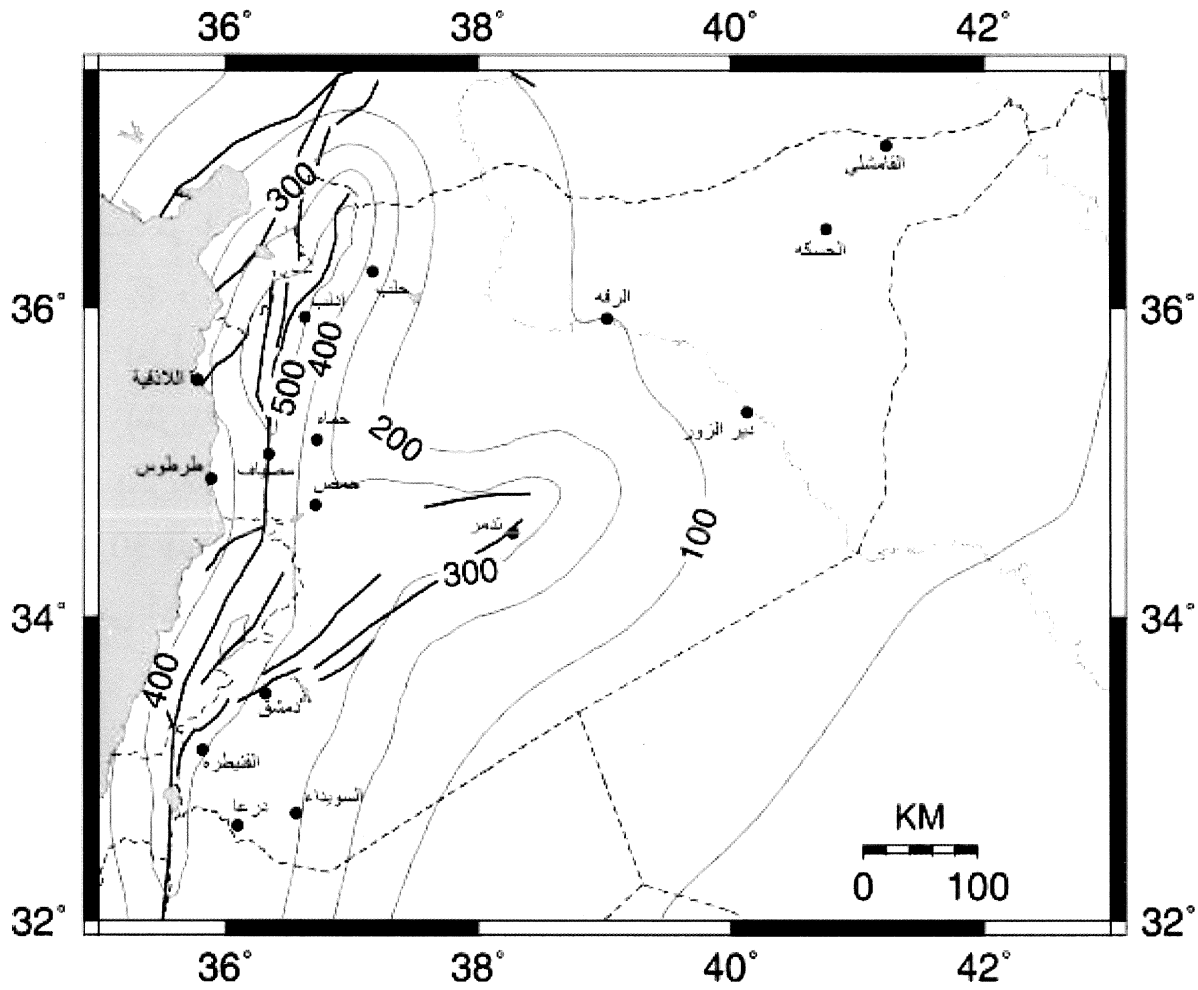
S_1 (منسوبة **g %**) أصغر من أو تساوي 0.04، و:

S_S (منسوبة **g %**) أصغر من أو تساوي 0.15 .

يُسمح للمنشأة أن تخصص بصنف التصميم الزلزالي A، ويطلب لهذه المنشأة أن تحقق اشتراطات البند (ج-٩).

كذلك يمكن تحديد قيمتي المتغيرين (البارامترين) S_1 و S_S ذاتهما لبعض المدن السورية من الجدولين (ج-٢) و (ج-٣) وذلك بالقيم النسبية، أي كنسبة من التسارع الأرضي g حيث:

$$g = 980\ cm/sec^2$$

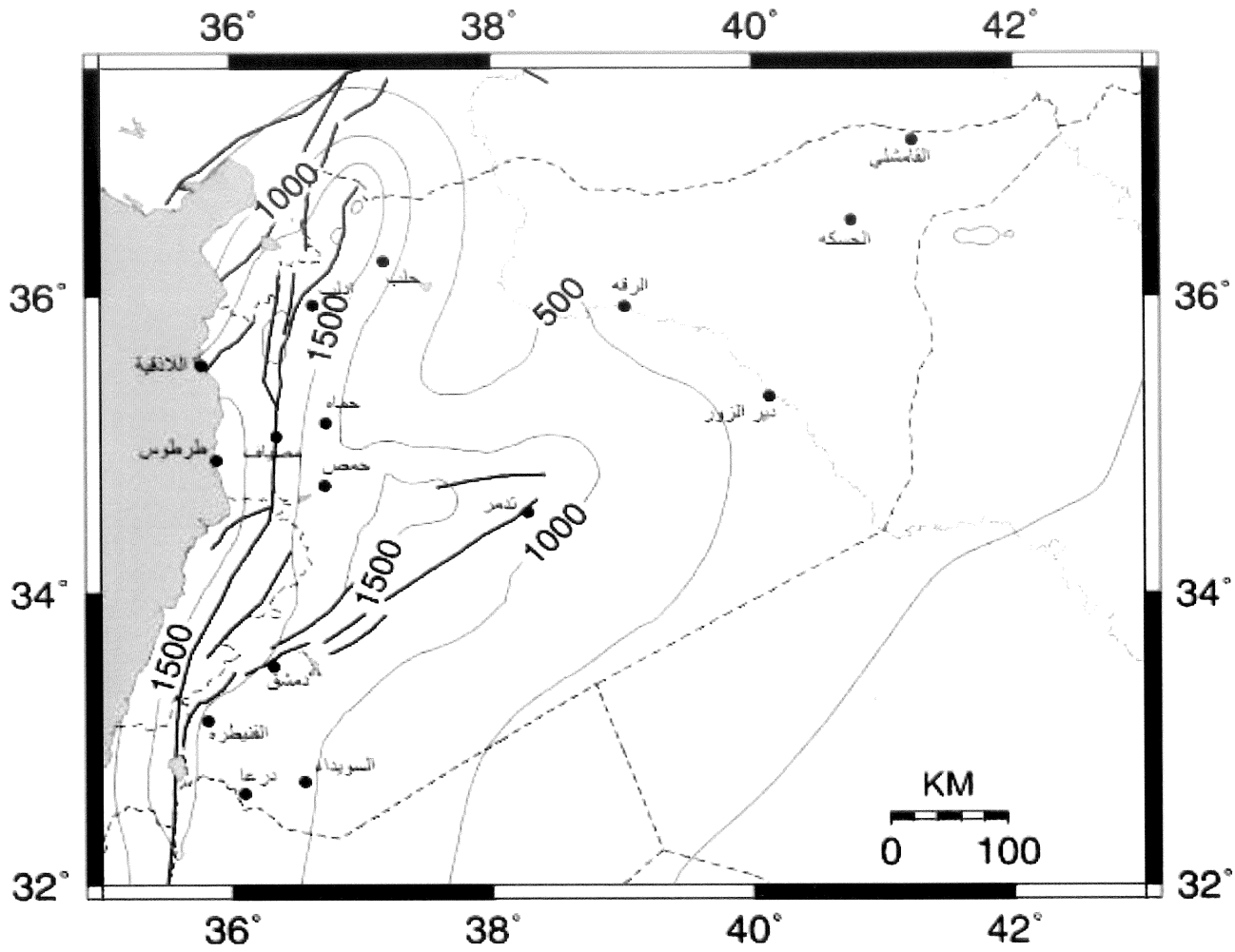


الشكل (ج-١): خارطة خطوط تساوي قيم حركة الأرض الزلزالية الأعظمية (المعامل S_1) للدور 1 ثانية مقدرة بـــالـــ cm/sec^2 (خطوط حمراء)، باحتمالية حدوث 10% خلال فترة تعرض 50 عام، أي فترة تكرار زمنية 475 سنة، (الخطوط السوداء تمثل الصدوع المولدة للزلازل).

ساهم في الإعداد: د. محمد رضا سبيناتي (هيئة الطاقة الذرية السورية)

بالتعاون مع المركز الوطني للزلازل

ولجنة إعداد الكود العربي السوري



الشكل (ج-٢): خارطة خطوط تساوي قيم حركة الأرض الزلزالية الأعظمية (المعامل S_S) للأدوار القصيرة 0.2 ثانية مقدرة بالـ cm/sec^2 (خطوط حمراء)، باحتمالية حدوث 10% خلال فترة تعرض 50 عام، أي فترة تكرار زمنية 475 سنة، (الخطوط السوداء تمثل الصدوع المولدة للزلازل).

ساهم في الإعداد: د. محمد رضا سبيناتي (هيئة الطاقة الذرية السورية)

بالتعاون مع المركز الوطني للزلازل

ولجنة إعداد الكود العربي السوري

الجدول رقم (ج-٢): قيم المعاملين S_1 (1 sec) و S_S (0.2 sec) مقدرة بالـ cm/sec^2 من أجل بعض المدن السورية، باحتمالية حدوث 10% خلال فترة تعرض 50 عام، أي فترة تكرار زمنية 475 سنة.

المدينة	City	خط الطول Long	خط العرض Lat.	قيم S_1 (1 sec) 475y	قيم S_S (0.2 sec) 475y
دمشق	Damascus	36.32	33.5	367	1325
حلب	Aleppo	37.17	36.23	353	1229
حماه	Hama	36.73	35.15	350	1132
حمص	Homs	36.72	34.73	340	1167
اللاذقية	Lattakia	35.78	35.54	376	1507
طرطوس	Tartus	35.89	34.9	360	1442
الحسكة	Al-Hassaka	40.76	36.5	(220)	(880)
الرقة	Ar-Raqqah	39.02	35.93	(220)	(880)
دير الزور	Deir-Azzor	40.13	35.33	(220)	(880)
القامشلي	Al-Qamisli	41.23	37.03	(220)	(880)
السويداء	As-Suwayda	36.56	32.71	320	1180
القنيطرة	Al-Qunaytirah	35.82	33.13	407	1380
إدلب	Idlib	36.63	35.94	511	1793
درعا	Daraa	36.1	32.63	330	1320
تدمر	Tudmur	38.28	34.55	320	1358
مصياف	Missyaf	36.35	35.06	480	1737
بانياس	Baniyas	35.96	35.18	369	1308
أبو كمال	Abu kamal	40.93	34.45	(220)	(880)

ملاحظة ١: القيم بين قوسين () معتمدة لحين صدور بيانات أكثر دقة.

ملاحظة ٢: يجدر التنويه بان هذه القيم المطلقة ليست هي التي تدخل بالعلاقات المستعملة بالحسابات الزلزالية

الجدول رقم (ج-٣): قيم المعاملين S_1 و S_S منسوبة إلى التسارع الأرضي ($g= 980\ cm/sec^2$) من أجل بعض المدن السورية، باحتمالية حدوث 10% خلال فترة تعرض 50 عام، أي فترة تكرار زمنية 475 سنة.

المدينة	City	خط الطول Long	خط العرض Lat.	قيم S_1 (% g)	قيم S_S (% g)
دمشق	Damascus,	36.32	33.5	0.374	1.352
حلب	Aleppo,	37.17	36.23	0.363	1.254
حماه	Hama,	36.73	35.15	0.357	1.155
حمص	Homs,	36.72	34.73	0.347	1.191
اللاذقية	Lattakia,	35.78	35.54	0.384	1.538
طرطوس	Tartus,	35.89	34.9	0.367	1.471
الحسكة	Al-Hassaka,	40.76	36.5	(0.225)	(0.900)
الرقة	Ar-Raqqah,	39.02	35.93	(0.225)	(0.900)
دير الزور	Deir-Azzor,	40.13	35.33	(0.225)	(0.900)
القامشلي	Al-Qamisli,	41.23	37.03	(0.225)	(0.900)
السويداء	As-Suwayda,	36.56	32.71	0.327	1.204
القنيطرة	Al-Qunaytirah,	35.82	33.13	0.415	1.408
إدلب	Idlib,	36.63	35.94	0.521	1.830
درعا	Daraa,	36.1	32.63	0.337	1.347
تدمر	Tudmur,	38.28	34.55	0.327	1.386
مصياف	Missyaf,	36.35	35.06	0.490	1.772
بانياس	Baniyas,	35.96	35.18	0.377	1.335
أبو كمال	Abu kamal,	40.93	34.45	(0.225)	(0.900)

ملاحظة ١: القيم بين قوسين () معتمدة لحين صدور بيانات أكثر دقة.

ملاحظة ٢: يجدر التنويه بان هذه القيم النسبية هي التي تدخل بالعلاقات المستعملة بالحسابات الزلزالية.

ج-٦-٢- صنف الموقع:

يتم، اعتماداً على خواص تربة الموقع، تصنيف الموقع بأحد الأصناف E, D, C, B, A أو F، وفق ما ورد في الفصل (ج-٥).

ج-٦-٣- بارامترات (متغيرات) عوامل الموقع ومتغيرات تسارع الاستجابة الطيفية الأعظمي المعتمدة للزلزال وفقاً للخطر المستهدف (MCE_R):

(Site Coefficients and Risk-Targeted Maximum Considered Earthquake (MCE_R) Spectral Response Acceleration Parameters)

يحدد متغير (بارامتر) تسارع الاستجابة الطيفي المذكور أعلاه (MCE_R) للفترات (الأدوار) القصيرة (S_{MS}) وعند 1 ثانية (S_{M1}) والمعايرة لتأثيرات صنف الموقع من العلاقتين: (ج-٥) و (ج-٦) على التوالي.

$$S_{MS} = F_a \, S_S \qquad (ج-٥)$$

$$S_{M1} = F_v \, S_1 \qquad (ج-٦)$$

حيث: S_S : قيمة المتغير (MCE_R) لتسارع الإستجابة الطيفي عند الفترات (الأدوار) القصيرة حسب ما حددت وفق البند (ج-٦-١) و:

S_1 : قيمة المتغير (MCE_R) لتسارع الإستجابة الطيفي عند الفترة (الدور) 1 ثانية حسب ما حددت وفق البند (ج-٦-١)، حيث معاملات الموقع F_a و F_v مُعَرَّفة في الجدولين (ج-٤) و (ج-٥) على التوالي.

الجدول (ج-٤)[1]: قيم معامل الموقع F_a

صنف الموقع	طيف الإستجابة الخرائطية للتسارعات S_S عند الأدوار القصيرة				
	$S_S \leq 0.25$	$S_S = 0.50$	$S_S = 0.75$	$S_S = 1.00$	$S_S \geq 1.25$
S_A	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
S_B	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
S_C	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0
S_D	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0
S_E	2.5	1.7	1.2	0.9	0.9
S_F	ملاحظة 2	ملاحظة 2	ملاحظة 2	ملاحظة 2	ملاحظة 2

ملاحظة (١): يستعمل توسيط خطي للقيم المتوسطة من طيف الاستجابة الخرائطية للتسارعات عند الأدوار القصيرة S_S .

ملاحظة 2: تحدد القيم وفقاً للفصل (ج-٢١).

الجدول (ج-٥): قيم معامل الموقع F_v

صنف الموقع	طيف الاستجابة الخرائطية للتسارعات S_1 عند دور 1 sec				
	$S_1 \leq 0.1$	$S_1 = 0.2$	$S_1 = 0.3$	$S_1 = 0.4$	$S_1 \geq 0.5$
S_A	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
S_B	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
S_C	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3
S_D	2.4	2.0	1.8	1.6	1.5
S_E	3.5	3.2	2.8	2.4	2.4
S_F	ملاحظة 2	ملاحظة 2	ملاحظة 2	ملاحظة 2	ملاحظة 2

ملاحظة 1: يستعمل توسيط خطي للقيم المتوسطة S_1 من طيف الاستجابة الخرائطية للتسارعات عند دور 1 ثانية.

ملاحظة 2: تحدد القيم وفقاً للفصل (ج-٢١).

ج-٦-٤- بارامترات (متغيرات) طيف الاستجابة التصميمي للتسارعات:

(Design Spectral Response Acceleration Parameters)

يتم تحديد متغيرات (بارامترات) طيف الاستجابة التصميمي للتسارعات المقابلة لتخامد 5% عند الأدوار القصيرة S_{DS} وعند الدور 1 ثانية من العلاقتين (ج-٧) و(ج-٨) على التوالي:

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS} \qquad (ج-٧)$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1} \qquad (ج-٨)$$

حيث:

S_{MS} : التسارعات الأعظمية المعتمدة لطيف الاستجابة الزلزالي من أجل أدوار قصيرة
(The Maximum Considered Earthquake Spectral Response Acceleration for Short Periods)

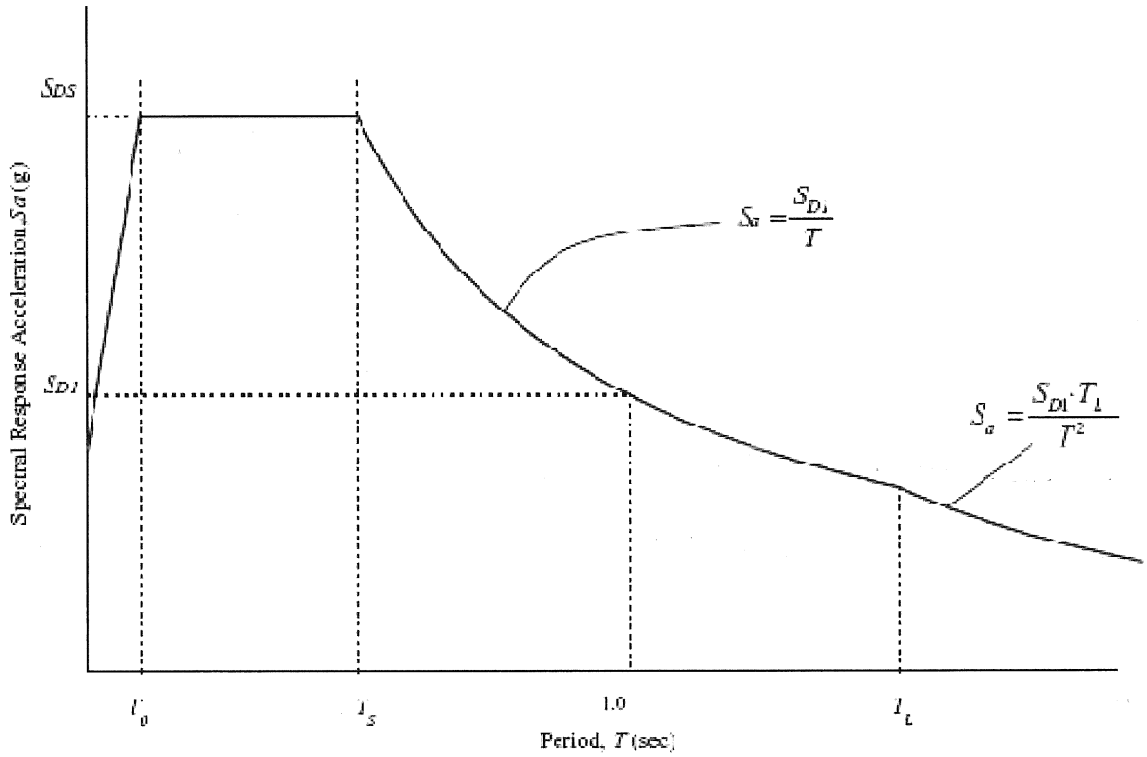
حسب ما أعطي بالبند (ج-٦-٣).

S_{M1} : التسارعات الأعظمية المعتمدة لطيف الاستجابة الزلزالي من أجل دور 1 ثانية
(The Maximum Considered Earthquake Spectral Response Acceleration for 1 Second Period)

حسب ما أعطي بالبند (ج-٦-٣).

ج-٦-٥- طيف الاستجابة التصميمي: (Design Response Spectrum)

في حالة عدم استعمال الإجراءات الخاصة لتحديد حركة الأرض بموقع ما، ويطلب استعمال طيف استجابة تصميمي وفقاً لهذا الملحق فيمكن إنشاء منحني طيف الاستجابة التصميمي وفقاً لما هو مبين في الشكل (ج-٣) كما يلي:



الشكل (ج-٣): طيف الاستجابة التصميمي

١- يحسب عامل طيف الاستجابة التصميمي S_a للفترات أقل من T_0، من العلاقة الآتية:

$$S_a = S_{DS}\left(0.4 + 0.6\frac{T}{T_0}\right) \qquad (ج-٩)$$

٢- يؤخذ عامل طيف الاستجابة التصميمي S_a مساويا S_{DS} للفترات أكبر من أو تساوي T_0 وأقل من أو تساوي T_S .

٣- يؤخذ عامل طيف الاستجابة التصميمي S_a للفترات أكبر من T_S وأقل من أو تساوي T_L ، كما هو معطى بالعلاقة الآتية:

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T} \qquad (ج-١٠)$$

يُحسب عامل طيف الاستجابة التصميمي للفترات أكبر من T_L من العلاقة:

$$S_a = \frac{S_{D1} T_L}{T^2} \qquad (ج-١١)$$

حيث:

S_{DS} = متغير (بارامتر) تسارع طيف الاستجابة التصميمي عند الأدوار (الفترات) القصيرة.

S_{D1} = متغير (بارامتر) تسارع طيف الاستجابة التصميمي عند الدور (الفترة) 1 ثانية.

T = الدور (الفترة) الأساسي (s) للمنشأة.

$$T_0 = 0.2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$$

و

$$T_S = \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$$

T_L = الدور (الفترة) الطويل الانتقالي بالثانية، ويُؤخذ مساوياً إلى 8 ثانية في جميع أراضي الجمهورية العربية السورية، وذلك لحين الحصول على بيانات أكثر دقة.

ج-٦-٦- طيف الاستجابة الأعظمي (MCE_R) المقابل للخطر المستهدف:

(Risk-Targeted Maximum Considered (MCE_R) Response Spectrum)

عندما يطلب تحديد قيمة طيف الاستجابة الأعظمي (MCE_R) المقابل للخطر المستهدف، فيتم تحديدها بتصعيد طيف الاستجابة التصميمي بالقيمة 1.5 .

ج-٦-٧- إجراءات تحديد الحركة الأرضية لموقع محدد:

(Site-Specific Ground Motion Procedures)

تؤخذ وفق التفصيل الوارد في الفصل (ج-٢١).

ج-٧- عامل الأهمية وصنف الخطورة:

(Importance Factor and Risk Category)

ج-٧-١- عامل الأهمية: (Importance Factor)

يعطى عامل أهمية I_C لكل مبنى أو منشأة وفق الجدول (ج-٦) الآتي:

الجدول (ج-٦): عامل الأهمية لأحمال الزلازل وفقاً لصنف الخطورة للمباني والمنشآت الأخرى

صنف الإشغال (أو الخطورة) وفق الجدول (ج-١٤)	I	II	III	IV
عامل الأهمية I_e	1.00	1.00	1.25	1.50

ج-٧-٢- ممر الوصول المحمي لصنف الخطورة IV :

(Protected Access for Risk Category IV)

عندما يطلب ممر عمليات لمنشأة ذات صنف خطورة (IV) من خلال منشأة مجاورة فيجب أن تحقق المنشأة المجاورة متطلبات المنشآت ذات صنف الخطورة (IV). وعندما يكون ممر الوصول للعمليات أقل من 3 متر (10 أقدام) من خط حدود داخلي أو من منشأة أخرى على قطعة الأرض ذاتها فإنه يجب تأمين حماية من قبل المالك للمنشأة ذات صنف خطورة (IV) من الحطام المتساقط من المنشآت المجاورة.

ج-٨- تحديد صنف التصميم الزلزالي: (Seismic Design Category)

يتم تحديد صنف التصميم الزلزالي E في المنشآت المصنفة بأصناف الإشغال I و II أو III عندما يكون متغير التسارع $S_1 \geq 0.75$ وفقاً لخارطة التسارع لطيف الاستجابة الزلزالي عند الدور 1 ثانية.

ويتم تحديد صنف التصميم الزلزالي F في المنشآت المصنفة بأصناف الإشغال IV عندما يكون متغير التسارع $S_1 \geq 0.75$ وفقاً لخارطة التسارع لطيف الاستجابة الزلزالي عند الدور 1 ثانية. وتخصص باقي المنشآت لصنف تصميم زلزالي يعتمد على صنف الإشغال ومعاملي تصميم طيف الاستجابة للتسارعات S_{DS} و S_{D1} حسب البند (ج-٦-٤).

يجب تصميم كل بناء وكل منشأة بتخصيصها بصنف التصميم الزلزالي الأكثر شدةً ، حسب الجدول (ج-٧) أو الجدول (ج-٨)، بغض النظر عن دور الاهتزاز الأساسي للمنشأة T.

عندما تكون $S_1 < 0.75$ فيسمح أن يحدد نوع التصميم الزلزالي من الجدول (ج-٧) لوحده، عندما يتحقق كل ما هو وارد أدناه:

١- عندما يكون الدور الأساسي التقريبي للمنشأة T_a في كل من الإتجاهين المتعامدين المحدد وفق الفقرة (ج-١٨-٢-١) أقل من $0.8\ T_s$ ، حيث تكون T_S محسوبة وفق البند (ج-٦-٥).

٢- عندما يكون الدور الأساسي للمنشأة في كل من الإتجاهين المتعامدين المستعمل في حساب الإزاحة الطابقية أقل من T_s .

٣- عند استعمال العلاقة (ج-١٨) من أجل تحديد معامل التجاوب الزلزالي C_s

٤- أن تكون الديافرامات صلبة حسب التعريف الوارد في البند (ج-١٣-١) أو عندما تكون الديافرامات لينة والمسافة بين العناصر الشاقولية لجملة مقاومة القوى الزلزالية لا تتجاوز (12.2 m).

الجدول (ج-٧): صنف التصميم الزلزالي المعتمد على تسارعات استجابة ذات دور قصير

قيمة S_{DS}	نوع الإشغال		
	I or II	III	IV
$S_{DS} < 0.167g$	A	A	A
$0.167g \leq S_{DS} < 0.33g$	B	B	C
$0.33g \leq S_{DS} < 0.50g$	C	C	D
$0.50g \leq S_{DS}$	D	D	D

الجدول (ج-٨): صنف التصميم الزلزالي المعتمد على تسارعات استجابة ذات دور 1 ثانية

قيمة S_{D1}	نوع الإشغال		
	I or II	III	IV
$S_{D1} < 0.067g$	A	A	A
$0.067g \leq S_{D1} < 0.133g$	B	B	C
$0.133g \leq S_{D1} < 0.20g$	C	C	D
$0.20g \leq S_{D1}$	D	D	D

ج-٩- متطلبات التصميم لصنف التصميم الزلزالي A :

(Design Requirement For Seismic Design Category A)

عندما تعرف المباني والمنشآت الأخرى بصنف التصميم الزلزالي A فإنها تحتاج فقط أن تتوافق مع متطلبات الفصل (ج-١١) الخاص بالتكامل الإنشائي العام، وتعفى العناصر غير الإنشائية في صنف التصميم الزلزالي A من متطلبات التصميم الزلزالي إضافة إلى ذلك فإن الخزانات المعرفة بصنف الخطورة IV يجب أن تحقق متطلبات المراجع المختصة (انظر المرجعين: [2] و [3]).

ج-١٠- الأخطار الجيولوجية وأبحاث التربة:

(Geologic Hazards And Geotechnical Investigation)

ج-١٠-١- تحديدات الموقع لصنفي التصميم الزلزالي E و F :

(Site Limiation for Sesmic Design Categories E and F)

يجب أن لا تكون المنشأة المعرفة بأحد صنفي التصميم الزلزالي E أو F في موقع يحتمل فيه حدوث فالق فعال يسبب تشقق سطح الأرض عند المنشأة.

ج-١٠-٢- اشتراطات تقرير دراسة التربة (الجيوتكنيك) لأصناف التصميم الزلزالية من C إلى F:

(Geotechnical Investigation Report Requirements for Seismic Design Categories C through F)

يجب تقديم تقرير دراسة التربة (الجيوتكنيك) لأي منشأة ذات صنف تصميم زلزالي C، D، E أو F وفقاً لهذا البند. يجب إجراء أبحاث تربة بحيث يتضمن التقرير المقدم تقييماً لاحتمالات الخطر الزلزالي والجيولوجي:

أ - عدم استقرار الميول (المنحدر).

ب- التميع.

ج- الهبوط الكلي والنسبي.

د- انتقال السطح من فالق أو انتشار عرضي أو انتشار انسيابي من تأثير الزلزال.

ويجب أن يتضمن التقرير توصيات من أجل تصميم الأساسات والترتيبات الأخرى لتخفيف تأثيرات الأخطار المذكورة سابقاً .

ج-١٠-٣- اشتراطات إضافية لتقرير دراسة التربة (الجيوتكنيك) لأصناف التصميم الزلزالية من D إلى F:

(Additional Geotechnical Investigation Report Requirements for Seismic Design Categories D through F)

يجب تقديم تقرير دراسة التربة (الجيوتكنيك) لأي منشأة ذات صنف تصميم زلزالي D، أو E أو F، بحيث يتضمن التقرير المقدم الإجراءات الآتية حيث تنطبق:

١- تحديد ضغوط التربة الجانبية من التأثير الزلزالي الديناميكي على القبو والجدران الإستنادية الناتجة عن حركات الأرض الزلزالية التصميمية.

٢- تحديد إمكانية حصول تميع وانهيار مقاومة التربة من تأثير تسارع الأرض الأعظمي في الموقع ومن تأثير مقدار الزلزال والخواص من المصدر المتوافقة مع تسارع الأرض الأعظمي MCE_G. ويجب تحديد تسارع الارض الأعظمي بالاعتماد على إما:

أ - دراسة نوعية للموقع تأخذ بالحسبان تأثيرات التضخم للتربة كما هي موصوفة في الفصل (ج-٢١)، أو:

ب- تسارع الأرض الأعظمي PGA_M من العلاقة:

$$PGA_M = F_{PGA} \cdot PGA \qquad (ج-١٢)$$

حيث:

$MCE_G = PGA_M$ تسارع الذروة للأرض بعد معايرته لتأثيرات صنف الموقع أي مرتبطة بالتمنطق الأصغري Microzonation .

PGA = ذروة التسارع الخرائطي للأرض MCE_G، وسيتم إعطاء قيم PGA بما يتناسب مع هذه الطريقة الإستاتيكية المطورة في إصدار لاحق . ويتم حالياً التصميم بالعوامل S_1 ، S_S حسب الشكلين (ج - ١) و (ج - ٢) .

F_{PGA} = معامل موقع يؤخذ من الجدول (ج-٩).

٢- تقدير تبعيات إمكانية حصول التميع وفقدان المقاومة للتربة متضمنةً (وليست محدودةً بـــ):

- تقدير الهبوط الكلي والنسبي والحركة الجانبية للتربة.
- الأحمال الجانبية للتربة على الأساسات.
- انخفاض قدرة تحمل التربة.
- رد فعل التربة الجانبي.
- انسحاب التربة.
- انخفاض في رد فعل التربة الشاقولي والعرضي للأساسات الوتدية.
- الزيادة في ضغوط التربة على الجدران الإستنادية.
- طوفان المنشآت المغمورة.

٣- مناقشة إجراءات التخفيف الواردة أدناه (وليست المحددة بها فقط):

- اختيار نوع الأساسات المناسبة وأعماقها.
- اختيار جمل إنشائية مناسبة لتتحمل الهبوطات والقوى المتوقعة.
- استقرار الأرض.
- أي تجميع من هذه الإجراءات وكيف يتم أخذها في تصميم المنشأة.

الجدول (ج-٩): قيم معامل الموقع F_{PGA}

صنف الموقع	ذروة التسارع الأرضي وفق المتوسط الخرائطي الأعظمي الجيومتري المعتمد (MCE_G)				
	PGA ≤ 0.1	PGA = 0.2	PGA = 0.3	PGA = 0.4	PGA = 0.5
A	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
B	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0
D	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0
E	2.5	1.7	1.2	0.9	0.9
F	انظر الفصل (ج-٢١)				

ملاحظة: يستعمل الاستقراء الخطي من أجل القيم المتوسطة لـ PGA

ج-١١- التكامل الإنشائي العام:

راجع البند (٧-٤-٦) من ملحق الزلازل هذا (الملحق ٢).

ج-١٢- اختيار الجمل الإنشائية:

سيتم فيما يلي إيراد الجداول (ج-١٠) (من الجدول (ج-١٠-أ) إلى الجدول (ج-١٠-ح))، حسب المراجع العالمية (التي تعطي معاملات وعوامل الجدران الحاملة) لإكمال الموضوع، علماً بأن معظم الجمل الإنشائية المذكورة في هذه الجداول، لا تستعمل محلياً .

الجدول (ج-١٠-أ): المعاملات والعوامل لجمل الجدران الحمالة

جملة المقاومة الزلزالية	مادة الإنشاء	معامل تعديل الاستجابة R^a	عامل زيادة المقاومة Ω_0^g	عامل تضخيم الإنتقال C_d^b	حدود ارتفاع البناء h_n وفق الجمل الإنشائية				
					صنف التصميم الزلزالي				
					B	C	D^d	E^d	F^e
١- جدران قص خرسانية مسلحة خاصة[l,m]	خرسانة	5	2½	5	NL	NL	48.8	48.8	30.5
٢- جدران قص خرسانية مسلحة عادية[l]	خرسانة	4	2½	4	NL	NL	NP	NP	NP
٣- جدران قص خرسانية عادية مفصلة[l]	خرسانة	2	2½	2	NL	NP	NP	NP	NP
٤- جدران قص خرسانية عادية [l]	خرسانة	1½	2½	1½	NL	NP	NP	NP	NP
٥- جدران قص سابقة الصب متوسطة [l]	خرسانة	4	2½	4	NL	NL	40^k	40^k	40^k
٦- جدران قص سابقة الصب عادية[l]	خرسانة	3	2½	3	NL	NL	NP	NP	NP
٧- جدران قص حجرية مسلحة خاصة	حجري	5	2½	3½	NL	NL	48.8	48.8	30.5
٨- جدران قص حجرية مسلحة متوسطة	حجري	3½	2½	2¼	NL	NL	NP	NP	NP
٩- جدران قص حجرية غير مسلحة عادية	حجري	2	2½	1¾	NL	48.8	NP	NP	NP
١٠- جدران قص حجرية غير مسلحة مفصلة	حجري	2	2½	1¾	NL	NP	NP	NP	NP
١١- جدران قص حجرية غير مسلحة عادية	حجري	1½	2½	1¼	NL	NP	NP	NP	NP
١٢- جدران قص حجرية سابقة الإجهاد	حجري	1½	2½	1¾	NL	NP	NP	NP	NP

١٣- جدران قص حجرية مسلحة AAC عادية	حجري	2	2½	2	NL	10.7	NP	NP	NP
١٤- جدران قص حجرية غير مسلحة AAC عادية.	حجري	1½	2½	1½	NL	NP	NP	NP	NP
١٥- جدران مع إطارات خشبية خفيفة مغطاة بألواح خشبية إنشائية مصممة بمقاومة القص أو ألواح فولاذية.	فولاذ وخشب	6½	3	4	NL	NL	19.8	19.8	19.8
١٦- جدران مع إطارات فولاذية مسحوبة على البارد خفيفة مغطاة بألواح خشبية إنشائية مصممة بمقاومة القص أو ألواح فولاذية.	فولاذ	6½	3	4	NL	NL	19.8	19.8	19.8
١٧- جدران ذات إطارات خفيفة مع ألواح قص لكافة المواد الأخرى.	فولاذي وخشبي	2	2½	2	NL	NL	10.7	NP	NP
١٨- جمل جدران ذات إطارات خفيفة من الفولاذ المسحوب على البارد باستعمال روابط مبسطات منبسطة.	فولاذية	4	2	3½	NL	NL	19.8	19.8	19.8

- NL = غير محدد.
- NP = غير مسموح.

على أن يرجع إلى التفاصيل الجزئية لهذا الجدول في المرجع *ASCE 7-10* .

الجدول (ج-١٠-ب): المعاملات والعوامل لجمل البناء الإطارية

جملة المقاومة الزلزالية	مادة الإنشاء	معامل تعديل الاستجابة R^a	عامل زيادة المقاومة Ω_0^g	عامل تضخيم الإنتقال C_d^b	حدود ارتفاع البناء h_n وفق الجمل الإنشائية				
					صنف التصميم الزلزالي				
					B	C	D^d	E^d	F^e
١-إطارات فولاذية بروابط غير مركزية	فولاذية	8	2	4	NL	NL	48.8	48.8	30.5
٢- إطارات فولاذية خاصة بروابط مركزية	فولاذية	6	2	5	NL	NL	48.8	48.8	30.5
٣- إطارات فولاذية عادية بروابط مركزية	فولاذية	3¼	2	3¼	NL	NL	10.7^j	10.7^j	NP^j
٤- جدران قص خرسانية مسلحة خاصة	*خرسانة*	6	2½	5	NL	NL	48.8	48.8	30.5
٥- جدران قص خرسانية مسلحة عادية	*خرسانة*	5	2½	4½	NL	NL	NP	NP	NP
٦- جدران قص خرسانية غيرمسلحة مفصلة.	*خرسانة*	2	2½	2	NL	NP	NP	NP	NP
٧- جدران قص خرسانية غيرمسلحة عادية.	*خرسانة*	1½	2½	1½	NL	NL	NP	NP	NP
٨- جدران قص سابقة الصب متوسطة.	*خرسانة*	5	2½	4½	NL	NL	12.2^k	12.2^k	12.2^k
٩- جدران قص سابقة الصب عادية.	*خرسانة*	4	2½	4	NL	NP	NP	NP	NP
١٠- إطارات خرسانية ومعدنية مركبة بروابط غير مركزية.	*منشآت مركبة*	8	2½	4	NL	NL	48.8	48.8	30.5
١١- إطارات خرسانية ومعدنية مركبة بروابط مركزية.	*منشآت مركبة*	5	2	4½	NL	NL	48.8	48.8	30.5

١٢- إطارات خرسانية ومعدنية مركبة عادية بروابط.	منشآت مركبة	3	2	3	NL	NL	NP	NP	NP
١٣- جدران قص صفائحية خرسانية وفولاذية مركبة.	منشآت مركبة	6½	2½	5½	NL	NL	48.8	48.8	30.5
١٤- جدران قص خاصة خرسانية وفولاذية مركبة.	منشآت مركبة	6	2½	5	NL	NL	48.8	48.8	30.5
١٥- جدران قص عادية خرسانية وفولاذية مركبة.	منشآت مركبة	5	2½	4½	NL	NL	NP	NP	NP
١٦- جدران قص حجرية مسلحة خاصة.	حجر	5½	2½	4	NL	NL	48.8	48.8	30.5
١٧- جدران قص حجرية مسلحة متوسطة.	حجر	4	2½	4	NL	NL	NP	NP	NP
١٨- جدران قص حجرية مسلحة عادية.	حجر	2	2½	2	NL	48.8	NP	NP	NP
١٩- جدران قص حجرية غير مسلحة مفصلة.	حجر	2	2½	2	NL	NP	NP	NP	NP
٢٠- جدران قص حجرية غير مسلحة عادية.	حجر	1½	2½	1¼	NL	NP	NP	NP	NP
٢١- جدران قص حجرية سابقة الإجهاد.	حجر	1½	2½	1¾	NL	NP	NP	NP	NP
٢٢- جدران مع إطارات خشبية خفيفة مغطاة بألواح خشبية إنشائية مصممة بمقاومة القص.	خشب	7	2½	4½	NL	NL	19.8	19.8	19.8
٢٣- جدران مع إطارات فولاذية (مسحوب على البارد) مغطاة بألواح خشبية إنشائية مصممة بمقاومة القص أو ألواح فولاذية.	فولاذ	7	2½	4½	NL	NL	19.8	19.8	19.8

٢٤- جدران إطارية خفيفة بألواح قص من المواد الأخرى.	فولاذ وخشب	2½	2½	2½	NL	NL	10.7	NP	NP
٢٥- إطارات فولاذية مسنودة ضد التحنيب.	فولاذ	8	2½	5	NL	NL	48.8	48.8	30.5
٢٦- جدران قص فولاذية صفائحية خاصة.	فولاذ	7	2	6	NL	NL	48.8	48.8	30.5

- NL = غير محدد.
- NP = غير مسموح.

على أن يرجع إلى التفاصيل الجزئية لهذا الجدول في المرجع *ASCE 7-10* .

الجدول (ج-١٠-ج): المعاملات والعوامل للجمل الإطارية المقاومة للعزوم

جملة المقاومة الزلزالية	مادة الإنشاء	معامل تعديل الاستجابة R^a	عامل زيادة المقاومة Ω_0^g	عامل تضخيم الإنتقا ل C_d^b	حدود ارتفاع البناء h_n وفق الجمل الإنشائية				
					صنف التصميم الزلزالي				
					B	C	D^d	E^d	F^e
١-إطارات فولاذية خاصة مقاومة للعزوم (عزمية).	*فولاذ و* (A)	8	3	5½	NL	NL	NL	NL	NL
٢- إطارات فولاذية ذات جوائز شبكية مقاومة للعزوم (عزمية).	*فولاذ*	7	3	5½	NL	NL	48.8	30.5	NP
٣- إطارات فولاذية متوسطة مقاومة للعزوم (عزمية).	*فولاذ و* (B)	4½	3	4	NL	NL	10.7	NP	NP
٤- إطارات فولاذية عادية مقاومة للعزوم (عزمية).	*فولاذ و* (B)	3½	3	3	NL	NL	NP	NP	NP
٥- إطارات خرسانية مسلحة خاصة مقاومة للعزوم (عزمية).	*فولاذ و* (A)	8	3	5½	NL	NL	NL	NL	NL
٦- إطارات خرسانية مسلحة متوسطة مقاومة للعزوم (عزمية).	*خرسانة*	5	3	4½	NL	NL	NP	NP	NP
٧- إطارات خرسانية مسلحة عادية مقاومة للعزوم	*خرسانة*	3	3	2½	NL	NP	NP	NP	NP

٨- إطارات خرسانية وفولاذية مركبة خاصة مقاومة للعزوم (عزمية).	منشآت مركبة و (A)	8	3	5½	NL	NL	NL	NL	NL
٩- إطارات خرسانية وفولاذية مركبة متوسطة مقاومة للعزوم (عزمية).	منشآت مركبة	5	3	4½	NL	NL	NP	NP	NP
١٠- إطارات خرسانية وفولاذية مركبة مقيدة جزئياً مقاومة للعزوم (عزمية).	منشآت مركبة	6	3	5½	48.8	48.8	30.5	NP	NP
١١- إطارات خرسانية وفولاذية مركبة عادية مقاومة للعزوم.	منشآت مركبة	3	3	2½	NP	NL	NP	NP	NP
١٢- إطارات فولاذية مركبة (مسحوبة على البارد) خاصة مقاومة للعزوم (عزمية) ببراغي.	فولاذ	3½	3^0	3½	10.7	10.7	10.7	10.7	10.7

- *(A)* إطارات عزمية خاصة في المنشآت المخصصة لأصناف التصميم الزلزالية من *D* إلى *F* .
- *(B)* إطارات فولاذية عزمية عادية.
- NL = غير محدد.
- NP = غير مسموح.

على أن يرجع إلى التفاصيل الجزئية لهذا الجدول في المرجع *ASCE 7-10* .

الجدول (ج-١٠-د): المعاملات والعوامل للجمل الثنائية بإطارات خاصة مقاومة للعزوم قادرة على مقاومة 25% على الأقل من القوى الزلزالية

جملة المقاومة الزلزالية	مادة الإنشاء	معامل تعديل الاستجابة R^a	عامل زيادة المقاومة Ω_0^g	عامل تضخيم الإنتقال C_d^b	حدود ارتفاع البناء h_n وفق الجمل الإنشائية				
					صنف التصميم الزلزالي				
					B	C	D^d	E^d	F^e
١- إطارات فولاذية غير مركزية التربيط	*فولاذ*	8	2½	4	NL	NL	NL	NL	NL
٢- إطارات فولاذية خاصة مركزية التربيط	*فولاذ*	7	2½	5½	NL	NL	NL	NL	NL
٣- جدران قص خرسانية خاصة	*خرسانة*	7	2½	5½	NL	NL	NL	NL	NL
٤- جدران قص خرسانية عادية	*خرسانة*	6	2½	5	NL	NL	NP	NP	NP
٥- إطارات خرسانية وفولاذية مركبة لامركزية التربيط	*منشآت مركبة*	8	2½	4	NL	NL	NL	NL	NL
٦- إطارات خرسانية وفولاذية مركبة مركزية التربيط	*منشآت مركبة*	6	2½	5	NL	NL	NL	NL	NL
٧- جدران قص صفائحية خرسانية و فولاذية مركبة	*منشآت مركبة*	7½	2½	6	NL	NL	NL	NL	NL
٨- جدران قص خاصة خرسانية وفولاذية مركبة	*منشآت مركبة*	7	2½	6	NL	NL	NL	NL	NL
٩- جدران قص خاصة خرسانية وفولاذية خاصة	*منشآت مركبة*	6	2½	5	NL	NL	NP	NP	NP

١٠- جدران قص حجرية مسلحة خاصة	حجر	5½	3	5	NL	NL	NL	NL	NL
١١- جدران قص حجرية مسلحة متوسطة	حجر	4	3	3½	NL	NL	NP	NP	NP
١٢- إطارات فولاذية بروابط مانعة للتحنيب	فولاذ	8	2½	5	NL	NL	NL	NL	NL
١٣- جدران قص فولاذية صفائحية خاصة	فولاذ	8	2½	6½	NL	NL	NL	NL	NL

- NL = غير محدد.
- NP = غير مسموح.

على أن يرجع إلى التفاصيل الجزئية لهذا الجدول في المرجع *ASCE 7-10* .

الجدول (ج-١٠-هـ): المعاملات والعوامل للجمل الثنائية بإطارات مقاومة للعزوم متوسطة قادرة على مقاومة ما لا يقل عن 25% من القوى الزلزالية

جملة المقاومة الزلزالية	مادة الإنشاء	معامل تعديل الاستجابة R^a	عامل زيادة المقاومة Ω_0^g	عامل تضخيم الإنتقال C_d^b	حدود ارتفاع البناء h_n وفق الجمل الإنشائية				
					صنف التصميم الزلزالي				
					B	C	D^d	E^d	F^e
١- إطارات فولاذية خاصة مركزية التربيط	*فولاذ*	6	2½	5	NL	NL	10.7	NP	NP
٢- جدران قص خرسانية خاصة	*فولاذ*	6½	2½	5	NL	NL	48.8	48.8	30.5
٣- جدران قص حجرية مسلحة عادية	*حجر*	3	3	2½	NL	48.8	NP	NP	NP
٤- جدران قص حجرية مسلحة متوسطة	*حجر*	3½	3	3	NL	NL	NP	NP	NP
٥- إطارات خرسانية وفولاذية مركبة خاصة مركزية التربيط	*منشآت مركبة*	5½	2½	4½	NL	NL	48.8	30.5	NP
٦- إطارات خرسانية وفولاذية مركبة عادية التربيط	*منشآت مركبة*	3½	2½	3	NL	NL	NP	NP	NP
٧- جدران قص خرسانية وفولاذية مركبة عادية	*منشآت مركبة*	5	3	4½	NL	NL	NP	NP	NP
٨- جدران قص خرسانية عادية	*خرسانة*	5½	2½	4½	NL	NL	NP	NP	NP

- NL = غير محدد.
- NP = غير مسموح.

على أن يرجع إلى التفاصيل الجزئية لهذا الجدول في المرجع *ASCE 7-10* .

الجدول (ج-١٠-و): المعاملات والعوامل لجملة جدران قص وإطارات متفاعلة مع إطارات خرسانية مسلحة مقاومة للعزم (عزمية) عادية، وجدران قص خرسانية مسلحة عادية

جملة المقاومة الزلزالية	مادة الإنشاء	معامل تعديل الاستجابة R^a	عامل زيادة المقاومة Ω_0^g	عامل تضخيم الإنتقال C_d^b	حدود ارتفاع البناء h_n وفق الجمل الإنشائية				
					صنف التصميم الزلزالي				
					B	C	D^d	E^d	F^e
و- جملة جدران قص وإطارات ..... إلخ.	*خرسانة* و (C)	4½	2½	4	NL	NP	NP	NP	NP

- *(C)* جملة تفاعلية من جدار قص وإطار
- NL = غير محدد.
- NP = غير مسموح.

على أن يرجع إلى التفاصيل الجزئية لهذا الجدول في المرجع *ASCE 7-10* .

الجدول (ج-١٠-ز): المعاملات والعوامل لجمل الأعمدة الظفرية بما يتوافق مع المتطلبات الواردة بهذا الجدول

جملة المقاومة الزلزالية	مادة الإنشاء	معامل تعديل الاستجابة R^a	عامل زيادة المقاومة Ω_0^g	عامل تضخيم الإنتقال C_d^b	حدود ارتفاع البناء h_n وفق الجمل الإنشائية				
					صنف التصميم الزلزالي				
					B	C	D^d	E^d	F^e
١- جمل أعمدة فولاذية ظفرية خاصة.	*فولاذ*	2½	1¼	2½	10.7	10.7	10.7	10,7	10,7
٢- جمل أعمدة فولاذية ظفرية عادية.	*فولاذ*	1¼	1¼	1¼	10.7	19.7	NP	NP	NP
٣- إطارات خرسانية مسلحة مقاومة للعزم (عزمية) خاصة	*خرسانة* و (A)	2½	1¼	2½	10.7	10.7	10.7	10.7	10.7
٤- إطارات خرسانية مسلحة مقاومة للعزم (عزمية) متوسطة	*خرسانة*	1½	1¼	1½	10.7	10.7	NP	NP	NP
٥- إطارات خرسانية مسلحة مقاومة للعزم (عزمية) عادية	*خرسانة*	1	1¼	1	10.7	NP	NP	NP	NP
٦- الإطارات الخشبية	خشب	1½	1½	1½	10.7	10.7	10.7	NP	NP

الجدول (ج-١٠-ح): المعاملات والعوامل لجمل فولاذية ليست مفصلة تحديداً لمقاومة الزلازل بإستثناء جمل الأعمدة الظفرية

جملة المقاومة الزلزالية	مادة الإنشاء	معامل تعديل الاستجابة R^a	عامل زيادة المقاومة Ω_0^g	عامل تضخيم الإنتقال C_d^b	حدود ارتفاع البناء h_n وفق الجمل الإنشائية				
					صنف التصميم الزلزالي				
					B	C	D^d	E^d	F^e
ح- جمل فولاذية ليست مفصلة تحديداً لمقاومة الزلازل بإستثناء جمل الأعمدة الظفرية.	فولاذ	3	3	3	NL	NL	NP	NP	NP

- NL = غير محدد.
- NP = غير مسموح.

على أن يرجع إلى التفاصيل الجزئية لهذا الجدول في المرجع *ASCE 7-10* .

ج-١٣- طراوة (ليونة) الديافرام وأشكال عدم الانتظام وعدم التقرير:

ج-١٣-١- طراوة الديافرام (ليونة الحجاب):

يجب أن يأخذ تحليل الأبنية بالحسبان الصلابة النسبية للديافرامات والعناصر الشاقولية لجمل المقاومة للقوى الزلزالية، فإذا لم يمثل الديافرام كطري أو صلب وفقاً للفقرات (ج-١٣-١-١)، أو (ج-١٣-١-٢)، أو (ج-١٣-١-٣)، فيجب أن يتضمن التحليل الإنشائي بوضوح الأخذ بالحسبان قساوة الديافرامات (اي فرضية النمذجة نصف الصلبة).

ج-١٣-١-١- حالة الديافرام الطري (اللين):

يسمح بتمثيل الديافرامات المنفذة من بلاطات فولاذية غير مغطاة أو بلاطات خشبية بديافرامات طرية في حال وجود أي من الشروط الآتية:

أ - في المنشآت حيث تكون العناصر الشاقولية مؤلفة من إطارات فولاذية مربطة أو إطارات فولاذية وخرسانية مركبة ومربطة أو إطارات خرسانية أو حجرية أو فولاذية أو جدران قص مركبة خرسانية وفولاذية.

ب- في المباني السكنية ذات الطابق أو الطابقين.

ج- للمنشآت ذات الإطارات الخفيفة حيث تقابل الشروط الآتية:

١- عندما لا يوضع بيتون تغطية أو مواد مشابهة فوق ديافرامات البلاطات الإنشائية الخشبية إلا للتغطيات غير الإنشائية التي لا تزيد سماكتها عن 38 mm .

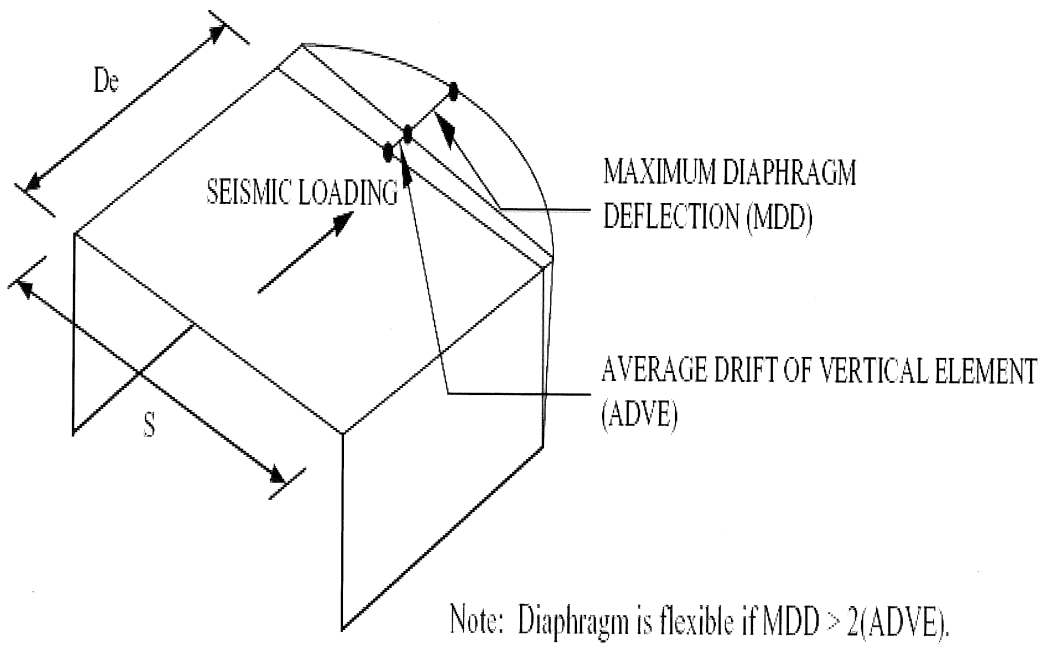
٢- تحقيق كل خط من العناصر الشاقولية للجمل المقاومة للقوى الجانبية الزلزالية للإزاحة الطابقية المسموحة المعطاة في الجداول (ج-١٠-أ) إلى (ج-١٠-ح).

ج-١٣-١-٢- حالة الديافرام الصلب:

يسمح بتمثيل الديافرامات المؤلفة من بلاطات خرسانية أو أسقف معدنية مملوءة بالخرسانة ذات نسب مجاز إلى عمق يساوي 3 أو أقل في المنشآت التي لا تحتوي على عدم انتظام أفقي.

ج-١٣-١-٣- حساب حالة الديافرام الطري (اللين Flexible):

يسمح بتمثيل الديافرامات التي لا تحقق الشروط الواردة في الفقرة (ج-١٣-١-١)، أو الفقرة (ج-١٣-١-٢)، بديافرام لين (طري) عندما يكون السهم المحسوب الأعظمي في مستوي الديافرام، تحت تأثير الحمل الجانبي، أكبر من ضعف متوسط السهم الطابقي للعناصر الشاقولية المترابطة (للجملة المقاومة للقوى الزلزالية) للطابق المرافق، تحت تأثير حمل جانبي مؤثر (يحسب من المساحة التي ينتقل الحمل المطبق عليها إليه) حسب ما يظهر الشكل (ج-٤). يكون التحميل المستعمل لهذه الحسابات وفقاً للبند (ج-١٨).



الشكل (ج-٤) الديافرام اللين (الحجاب الطري Flexible diphra)

ج-١٣-٢- تصنيف الانتظام وعدم الانتظام:

يجب تصنيف المنشأت كمنشآت غير منتظمة بناءً على شكلها الإنشائي وتوزع جملها المقاومة للزلازل وفق ما ورد سابقاً في الباب الثالث (الجدولان (٣-٤) و (٣-٥)) وفي الباب السابع لهذا الملحق للكود (ملحق ٢).

ج-١٣-٣- عامل عدم التقرير ρ : (Redundancy factor)

يجب تخصيص عامل عدم تقرير ρ لكل جملة إنشائية مقاومة للزلازل في كل من الإتجاهين المتعامدين لجميع المنشآت وفقاً لهذا البند.

ج-١٣-٣-١- الحالات التي تؤخذ فيها قيمة ρ = 1

يسمح بأخذ قيمة ρ = 1 في الحالات الآتية:

١- في المنشآت ذات صنف التصميم الزلزالي B أو C .

٢- عند حساب الإنزياح والتأثيرات من الدرجة الثانية P-Delta effects .

٣- عند تصميم العناصر غير الإنشائية.

٤- عند تصميم المنشآت غير الأبنية التي لا تشابه الأبنية.

٥- عند تصميم عناصر الربط والتراكب والوصلات حيث تكون تأثيرات الحمل الزلزالي مدخلة في عامل المقاومة الزائدة حسب البند (ج-١٤-٣).

٦- في تصميم العناصر أو الوصلات عندما يكون عامل المقاومة الزائدة حسب البند (ج-١٤-٣) مطلوباً للتصميم.

٧- في أحمال الديافرام المحددة بالعلاقة (ج-١٣).

٨- في المنشآت ذات جمل التخامد المصممة وفقاً للمراجع المختصة، (انظر المرجعين: [2] و [3]). عند تصميم الجدران الإنشائية من أجل القوى خارجة عن مستويها، شاملةً توثيقها.

ج-١٣-٣-٢-عامل عدم التقرير ρ لأصناف التصميم الزلزالي D إلى F:

Redundancy factor, p, for Seismic Design Categories D through F

تؤخذ قيمة ρ = 1.3 للمنشآت ذات أصناف التصميم الزلزالي D ، E أو F مالم يتحقق واحد من الشرطين الآتيين فعندها يسمح بأخذ ρ=1:

أ - أن يحقق كل طابق يقاوم أكثر من 35 % من القص القاعدي في الإتجاه المدروس، وفقاً للمراجع المختصة: (انظر المرجعين: [2] و [3]).

ب- المنشآت المنتظمة في المسقط في جميع المستويات بشرط أن تتألف جمل المقاومة للقوى الزلزالية من، إطارات محيطية في كل جانب من المنشأة، مقاومة للزلازل ذات فتحتين (مجازين) على الأقل في كل إتجاه عمودي عند كل طابق يقاوم على الأقل 35 % من القص القاعدي.

يجب حساب عدد الفتحات بجدار قص على أساس طول الجدار مقسماً على ارتفاع الطابق أو مرتين طول الجدار مقسماً على ارتفاع الطابق H_{SX} للإطارات الخفيفة للمنشآت.

ج-١٤- تأثيرات الحمل الزلزالي وتراكيب الأحمال:

ج-١٤-١- مجال التطبيق:

جميع عناصر المنشأة بما فيها الجمل المقاومة للزلازل، يجب تصميمها باستعمال تأثيرات الحمل الزلزالي للفصل (ج-١٤) ما لم تستثنى وفق هذا الملحق. ويعطى في البند (ج-١٤-٢) تأثيرات الحمل الزلزالي من قوى: ناظمية، قص وعزوم انعطاف للعناصر الناتجة من تطبيق القوى الزلزالية الأفقية والشاقولية، وحيث يلزم يجب أخذ تأثير عامل زيادة المقاومة ضمن تأثيرات الحمل الزلزالي وفقا للبند (ج-١٤-٣).

ج -١٤-٢- تأثير الحمل الزلزالي:

يؤخذ تأثير الحمل الزلزالي E وفقاً لما جاء في الملحق (٢) الباب الرابع.

$$E = \rho E_h + E_v \qquad (ج-١٤)$$

$$E = \rho E_h - E_v \qquad (ج-١٥)$$

حيث: $$E_v = 0.2 S_{DS} D \qquad (ج-١٦)$$

وحيث:

S_{DS} = متغير طيف الاستجابة التصميمي للتسارع المقابلة لتخامد 5% عند الأدوار القصيرة.

D = تأثير الحمل الميت (قد يكون حمل شاقولي أو عزم أو قص إلخ .....)

ρ = عامل عدم التقرير.

استثناءات:

يسمح بإهمال تأثير الحمل الشاقولي للزلازل E_V لكل من الحالتين الآتيتين:

١- في العلاقتين (ج -١٤) و (ج-١٥) عند إدخال تأثير عامل زيادة المقاومة، وذلك عندما تكون $S_{DS} \leq 0.125$.

٢- في العلاقة (ج-١٥) عند دراسة الإجهادات على السطح المشترك بين التربة والأساسات.

أما تراكيب الأحمال الزلزالية فتؤخذ كما في الطريقة الستاتيكية المكافئة الأساسية (راجع الكود الأساس).

ج-١٤-٣- تأثير الحمل الزلزالي متضمناً عامل زيادة المقاومة:

عندما يطلب إدخال تأثير عامل زيادة المقاومة، يُصبح الحمل الزلزالي كما في الطريقة الستاتيكية المكافئة وفق العلاقتين (ج-١٧) و (ج-١٨).

$$E_m = \Omega_0 E_h + E_v \qquad (ج-١٧)$$

$$E_m = \Omega_0 E_h - E_v \qquad (ج-١٨)$$

استثناءات:

لا تزيد قيمة $\Omega_0 E$ ، على القوى الأعظمية التي يمكن أن تنشأ في عنصر ما، وفق حساب منطقي يأخذ بالحسبان تحليل لدن وفق ميكانيزمات (مفاصل انهيار لدنة) أو وفق تحليل استجابة غير خطي، يأخذ بالحسبان القيم المنطقية المتوقعة لمقاومة المواد.

ج-١٥- اتجاه التحميل:

ج-١٥-١- منهجية (معيار) اتجاه التحميل:

إن إتجاهات تطبيق القوى الزلزالية التي يلزم أخذها بالتصميم هي تلك التي تعطي أسوأ تأثيرات من الأحمال ويسمح بتحقيق هذه المتطلبات باتباع الإجراءات في البند (ج-١٥-٢) لصنف التصميم الزلزالي B والبند (ج-١٥-٣) لصنف التصميم الزلزالي C والبند (ج-١٥-٤) لأصناف التصميم الزلزالي D ، E و F .

ج-١٥-٢- صنف التصميم الزلزالي B:

يسمح للمنشآت بهذا الصنف أن تؤخذ القوى الزلزالية التصميمية بحيث تؤثر بشكل مستقل في كل من إتجاهين متعامدين، أي يسمح بإهمال الآثار الناتجة من الاتجاهين المتعامدين معاً .

ج-١٥-٣- صنف التصميم الزلزالي C:

يطبق على هذا الصنف، كحد أدنى، ما جاء في البند الخاص بالصنف B والمتطلبات في هذا البند. للمنشآت التي لها عدم انتظام إنشائي أفقياً الوارد في البند (٧-٥-٦) من الباب السابع، يلزم اتباع واحد من الإجراءات الآتية:

أ - طريقة التجميع المتعامد:

في هذه الطريقة تُحلل المنشأة باستعمال إحدى الطرائق الآتية:

- **الطريقة الستاتيكية المطورة** وفق هذا الملحق الفصل (ج-١٨).

- **طريقة تحليل الأطوار لطيف الإستجابة** وفق المراجع المختصة: (انظر المرجعين: [2] و [3]).
- **التحليل وفق الطريقة الخطية للإستجابة الزمنية (التاريخية)** وفق المراجع المختصة: (انظر المرجعين: [2] و [3])، وفق ما يسمح به البند (ج-١٦)، بحيث تُطبق الأحمال بشكل مستقل في أي من الإتجاهين المتعامدين للطرائق الثلاث أعلاه. وتعد اشتراطات البند (ج-١٥-١) محققة إذا تم تصميم العناصر الإنشائية والأساسات من أجل % 100 من القوى في أحد الإتجاهات مضافاً لها % 30 من القوى في الإتجاه المتعامد.

ب- التطبيق المتزامن لحركة الأرض في إتجاهين متعامدين بإحدى الطرائق الآتية:

- يتم تحليل المنشأة باستعمال الطريقة الخطية لتحليل الاستجابة الزمنية (التاريخية) وفق المراجع المختصة: (انظر المرجعين: [2] و [3]).
- التحليل غير الخطي للإستجابة الزمنية وفق المراجع المختصة: (انظر المرجعين: [2] و [3])، وفق ما يسمح به البند (ج-١٦).
- اعتماد زوج متعامد من تسارع الحركة الأرضية الزمنية بحيث يطبقا بشكل متزامن.

ج-١٥-٤- أصناف التصميم الزلزالي D إلى F:

للمنشآت المصنفة في أحد الأصناف D، E أو F يجب اعتماد كحد أدنى متطلبات البند (ج-١٥-٣) إضافةً لذلك يجب تصميم أي عمود أو جدار يشكل جزءً من جملتين إنشائيتين مقاومتين للزلازل متقاطعتين أو أكثر ومعرضاً لحمل محوري من القوى الزلزالية مؤثراً على امتداد إما أحد المحاور الأفقية الرئيسية مساوياً أو متجاوزاً % 20 من المقاومة المحورية التصميمية للعمود أو الجدار، وذلك لتأثيرات أكثر حمل حرج من تطبيق القوى الزلزالية في أي إتجاه.

يسمح باعتماد أي من الإجراءات وفق الفقرة (ج-15-٣-أ) أو (ج-١٥-٣- ب) لتحقيق هذا الشرط.

ج - ١٦- اختيار طريقة التحليل:

يسمح بإعتماد الطرائق الآتية:

- طريقة القوى الستاتيكية المكافئة المطورة؛
- الطريقة الديناميكية بتحليل الأطوار بطيف الإستجابة.
- الطريقة الديناميكية بالإستجابة الزلزالية الزمنية.

وذلك حسب ما ورد في الجدول (ج-١١) بما يتوافق مع صنف التصميم الزلزالي للمنشأة، والجملة الإنشائية، والخواص الديناميكية، والانتظام أو عدمه.

ج -١٧- نهج (معيار) النمذجة:

ج-١٧-١- نمذجة الأساسات:

بهدف تحديد الأحمال الزلزالية، يسمح بأخذ المنشأة موثوقةً عند القاعدة. ويمكن كبديل عندما تؤخذ مرونة الأساسات بالحسبان، أن يتم تحليل المنشأة على أساسات مرنة.

ج-١٧-٢- الوزن الفعال للزلازل:

يتضمن الوزن الفعال للزلزالي W لمنشأة ما مجموع الأحمال الدائمة فوق القاعدة إضافةً إلى الأحمال الأخرى فوق القاعدة المبينة أدناه.

١- نسبة 25% كحد أدنى للحمل الحي في البلاطات للمساحات المستعملة مستودعات (للتخزين).

استثناءات:

أ - عندما تكون إضافة أحمال التخزين تمثل ما لايزيد على 5% من الحمل الزلزالي الفعال عند منسوب معين فيمكن عدم أخذها ضمن الوزن الفعال الزلزالي.

ب- يمكن إهمال الحمل الحي على البلاطات في المرائب العامة ومنشآت المرائب المفتوحة.

٢- عند استعمال قواطع فيلزم أخذ حملها فوق الأسقف ما لا يقل عن $0.48\ kN/m^2$ على مساحة السقف أو وزنها الفعلي.

٣- وزن التشغيل الكلي للتجهيزات الثابتة.

٤- عندما يكون حمل الثلج على سطح منبسط P_f يتجاوز $1.44\ kN/m^2$ فيؤخذ 20 % من حمل الثلج الموزع بانتظام، بغض النظر عن الميل الفعلي للسقف.

٥- وزن التزيينات والمواد الأخرى على الحدائق السقفية والمساحات المماثلة.

الجدول (ج-١١): طرائق التحليل المسموحة

صنف التصميم الزلزالي	خواص المنشأة	الطريقة الستاتيكية المكافئة المطورة	الطريقة الديناميكية بالأطوار باستعمال طيف الاستجابة	الطريقة الديناميكية بالإستجابة الزلزالية الزمنية
B و C	جميع المنشآت والأبنية	مسموحة	مسموحة	مسموحة
D و E و F	- الأبنية ذات صنف الخطورة I أو II التي لا تتجاوز طابقين فوق القاعدة.	مسموحة	مسموحة	مسموحة
	- المنشآت ذات الإطارات الخفيفة.	مسموحة	مسموحة	مسموحة
	- المنشآت التي لا تحتوي عدم انتظام إنشائي والتي لا يتجاوز ارتفاعها 49 متر.	مسموحة	مسموحة	مسموحة
	- المنشآت التي يتجاوز ارتفاعها 49 متر ولا تحتوي عدم انتظام إنشائي وذات دور $T < 3.5T_S$.	مسموحة	مسموحة	مسموحة
	- المنشآت التي لا يتجاوز ارتفاعها 49 متر ولها فقط عدم انتظام أفقي من الأنواع 4،3،2 أو 5 بالجدول (٣-٥) أو عدم انتظام شاقولي من النوع 4 أو 5 بالجدول (٣-٤).	مسموحة	مسموحة	مسموحة
	- جميع المنشآت الأخرى.	غير مسموحة	مسموحة	مسموحة

حيث: $T_s = S_{D1}/S_{DS}$

ج-١٨- اجراءات الطريقة الاستاتيكية المكافئة المطورة:

ج-١٨-١- القص القاعدي الزلزالي:

يحسب القص القاعدي V باتجاه ما، وفق العلاقة الآتية:

$$V = C_s W \qquad (ج-١٩)$$

حيث:

C_S = معامل الاستجابة الزلزالية، يتم تحديده وفق الفقرة (ج-١٨-١-١)

W = الوزن الزلزالي الفعال وفق البند (ج-١٧-٢).

ج-١٨-١-١- حساب معامل الاستجابة الزلزالية:

يحسب معامل الاستجابة الزلزالي C_S من العلاقة الآتية:

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \qquad (ج-٢٠)$$

حيث: R = عامل السلوك اللدن للجملة الإنشائية المقاومة للزلازل في المنشأة، ويسمى أيضاً عامل تعديل الاستجابة للزلازل.

I_e = عامل الأهمية، ويؤخذ من الجدول (ج-٧).

S_{DS} = قيمة تسارع التجاوب الطيفي التصميمي في فترة قصيرة تتراوح كما هو مقرر من البند (ج-٦-٤) أو الفصل (ج-٢١).

تُحسب قيمة C_S وفقاً للعلاقة (ج-٢٠) وتؤخذ قيمتها بحيث لا تتجاوز الآتي:

من أجل: $T \le T_L$ $\qquad C_s = \frac{S_{DS}}{T\left(\frac{R}{I_e}\right)} \qquad (ج-٢١)$

من أجل: $T > T_L$ $\qquad C_s = \frac{S_{D1} T_L}{T^2\left(\frac{R}{I_e}\right)} \qquad (ج-٢٢)$

ويجب أن لا تقل قيمة C_S عن:

$$C_s = 0.044 S_{DS} I_e \ge 0.01 \qquad (ج-٢٣)$$

وبالإضافة لذلك، من أجل المنشآت الموجودة حيث S_1 تساوي أو أكبر من 0.6 g، يجب أن لا تقل قيمة C_S عن:

(ج-٢٤)

$$C_s - 0.5 S_1/(R/I_e)$$

حيث I_e و R معرفة في الفقرة (ج-١٨-٢-١)، و:

S_{D1}: التسارع الطيفي التصميمي في فترة 11 ثانية كما هو معطى في البند (ج-٦-٤).

T : الفترة الأساسية التقريبية تحسب من البند (ج-١٨-٢).

T_L: الدور (الفترة) الانتقالي الطويل يحسب من البند (ج-٦-٥).

S_1 : عامل التسارع الطيفي الأعظمي الخرائطي للاستجابة الزلزالية ويحسب وفقا للبندين (ج-٦-١) و (ج-٦-٧).

ج-١٨-٢- حساب الفترة الأساسية (الدور الأساسي):

يتم تحديد الفترة الأساسية T للمنشأة في الاتجاه المدروس باستعمال خواص وتشوهات الجمل الإنشائية المقاومة للزلازل في المنشأة بالاعتماد على تحليل إنشائي مناسب.

يجب ألا تتجاوز الفترة الأساسية T القيمة الآتية:

$$T \leq C_u * T_a$$

حيث:

C_u = معامل القيمة العظمى لحساب الدور، يؤخذ من الجدول (ج-١٢).

T_a = الدور التقريبي، المحسوب وفق الفقرة (ج-١٨-٢- ١).

وبديلاً عن إجراء حساب تحليلي لتحديد الدور الأساسي T فإنه يسمح باستعمال دور المنشأة التقريبي الأساسي T_a مباشرةً من الفقرة (ج-١٨-٢-١).

ج-١٨-٢-١- الفترة الأساسية التقريبية (الدور الأساسي التقريبي):

تُحسب الفترة الأساسية التقريبية T_a (ثانية) من العلاقة الآتية:

$$T_a = C_t h_n^x \qquad \text{(ج-٢٥)}$$

حيث:

h_n = ارتفاع البناء ويعرف بأنه المسافة الشاقولية (الرأسية) من القاعدة إلى أعلى منسوب للجمل المقاومة للزلازل في المنشأة. ولحالة الأسقف المنحدرة أو المائلة، يؤخذ الارتفاع من القاعدة إلى الارتفاع المتوسط للسقف، ويحدد المعاملان C_t و x من الجدول (ج-١٣).

ويسمح بدلاً عن ذلك حساب الفترة الأساسية التقريبية T_a (بالثانية) للمنشأة التي لا تزيد على 12 طابقاً فوق القاعدة، وعندما تكون الجمل المقاومة للزلازل مؤلفة كلياً من إطارات خرسانية أو فولاذية مقاومة للعزم، ويكون الارتفاع الطابقي المتوسط لا يقل عن 3 m (10 =3.048 m feet)،من المعادلة الآتية:

$$T_a = 0.1N \qquad \text{(ج-٢٦)}$$

حيث: N عدد الطوابق فوق القاعدة.

ويسمح للمنشآت ذات الجدران الخرسانية أو الحجرية حساب الفترة الأساسية التقريبية T_a (بالثانية) من العلاقة (ج-٢٧):

$$T_a = \frac{0.0019}{\sqrt{C_w}} h_n \qquad \text{(ج-٢٧)}$$

حيث تحسب C_W من العلاقة (ج-٢٨):

$$C_w = \frac{100}{A_B} \sum_{i=1}^{x} \left(\frac{h_n}{h_i} \right)^2 \frac{A_i}{\left[1 + 0.83 \left(\frac{h_i}{D_i} \right)^2 \right]} \qquad \text{(ج-٢٨)}$$

حيث:

A_B : مساحة القاعدة الأساسية في المنشأة m^2.

A_i : مساحةعصب جدار القص i m^2 .

D_i : طول جدار القص i m .

h_i : ارتفاع جدار القص i m .

x : عدد جدران القص في البناء الفعالة في مقاومة القوة الزلزالية في الاتجاه المدروس.

الجدول (ج-١٢): معامل الحد الأعلى للفترة (الدور) المحسوبة

متغير (بارامتر) تسارع طيف الاستجابة التصميمي الزلزالي S_{D1} لأجل ثانية واحدة	المعامل C_u
≥ 0.4	1.4
0.3	1.4
0.2	1.5
0.15	1.6
≤ 0.1	1.7

الجدول (ج-١٣): قيم متغيرات (بارامترات) تسارعات الفترة التقريبية (الدور) C_t و x

نوع المنشأة		x
جمل إطارية مقاومة للعزم حيث تقاوم الإطارات 100% من القوة الزلزالية المطلوبة وبحيث لا تكون مترابطة أو منضمة لعناصر أكثر صلابة بحيث تمنع الإطارات من التشوه عند تعرضها إلى القوى الزلزالية:		
إطارات فولاذية مقاومة للعزم	0.0724	0.8
إطارات خرسانية مقاومة للعزم	0.0466	0.9
إطارات فولاذية ممنوعة من التحنيب بروابط	0.0731	0.75
كافة الجمل الإنشائية الأخرى	0.0488	0.75

ج- ١٨-٣- التوزيع الشاقولي للقوى الزلزالية:

يتم حساب القوة الزلزالية الجانبية (F_x) بـ kN عند أي منسوب من العلاقات الآتية:

$$F_x = C_{vx} V \qquad \text{(ج-٢٩)}$$

و (ج-٣٠)

$$C_{vx} = \frac{w_x h_x^k}{\sum_{i=1}^{n} w_i h_i^k}$$

حيث:

C_{vx} : عامل التوزيع الشاقولي.

V : قوة القص الجانبية الإجمالية عند قاعدة المنشأة.

w_i و w_x : جزء من وزن المنشأة الكلي (W) المتوضع عند المنسوب i أو x .

h_i و h_x : ارتفاع المنسوب i أو x عن القاعدة.

k : الأس يتعلق بالدور الأساسي (الفترة الأساسية) للمنشأة كما يلي:

- للمنشأة ذات الدور الأساسي 0.5 ثانية أو أقل يكون k =1 .
- للمنشأة ذات الدور 2.5 ثانية أو أكثر يكون k =2 .
- للمنشأة ذات الدور بين 0.5 ثانية و 2 ثانية يؤخذ k =2 ، أو يسمح بحسابه بتناسب (توسيط) خطي بين 1 و 2 .

ج- ١٨-٤- التوزيع الأفقي للقوى الزلزالية:

تحسب قوة القص التصميمية في كل طابق (V_x) من العلاقة الآتية:

$$V_x = \sum_{i=x}^{n} F_i \qquad (ج-٣١)$$

حيث F_i: جزء من قوة القص القاعدية (V) المؤثرة عند المستوي i .

يجب توزيع قوة القص التصميمية الطابقية (V_x) على العناصر الشاقولية المتنوعة للجمل المقاومة للقوى الزلزالية المدروسة وفقاً للقساوة العرضية الجانبية النسبية لهذه العناصر وصلابة الديافرامات.

ج- ١٨-٤-١- الفتل الذاتي:

عندما تكون الديافرامات صلبة (غير طرية)، فيتم توزيع القوى الجانبية عند كل منسوب مع أخذ تأثيرعزم الفتل الذاتي M_t، حيث ينشأ هذا العزم من اللامركزية بين موقعي مركز الكتل ومركز القساوة للمنشأة. أما بالنسبة للديافرامات الطرية (Flexible) فيجب توزيع القوى على العناصر الشاقولية حسب مواقع وتوزيع كتل المنشأة المسندة للديافرامات الطرية.

ج- ١٨-٤-٢- الفتل الطارئ:

عندما تكون الديافرامات صلبة (غير طرية)، فيجب أن يأخذ التصميم بالحسبان عزم الفتل الذاتي M_t الناتج من مواقع كتل المنشأة إضافةً إلى عزوم الفتل الطارئة M_{ta} الناتجة عن ازاحة مركز ثقل الكتل في كل اتجاه من موقعها المحسوب مسافة تساوي 5 % من بعد المنشأة في الإتجاه المتعامد مع إتجاه القوى المطبقة.

وعندما تطبق القوى الزلزالية بشكل متزامن في الاتجاهين المتعامدين، فإن الإزاحة 5 % لمركز الكتل ليس بالضرورة أن تطبق في كلا الاتجاهين المتعامدين في نفس الوقت، وإنما تطبق في الاتجاه الذي ينتج التأثير الأكبر.

ج- ١٨-٤-٣- تكبير عزم الفتل الطارئ:

تؤخذ كما ورد في الطريقة الستاتيكية المكافئة الأساسية في الباب الرابع من الملحق /٢/ للكود.

ج-١٩- المسافة الدنيا للفاصل بين بنائين:

يجب فصل جميع المباني والمنشآت عن المنشآت المجاورة. ويجب أن يسمح هذا الفصل لحصول أقصى إزاحات استجابة غير مرنة (δ_M).

يجب تحديد قيمة (δ_M) عند المواقع الحرجة مع الأخذ بالحسبان كلا من الانتقالات الناتجة عن الإزاحة والفتل للمنشأة باستعمال العلاقة الآتية:

$$\delta_M = \frac{C_d \delta_{max}}{I} \qquad (ج-٣٢)$$

حيث:

C_d = عامل تكبير الانتقال حسب الجدول (ج-١٠).

δ_{max} = أكبر إزاحة محددة بالفصل (٤-٧) من هذا الملحق (رقم ٢).

يجب فصل المباني المتجاورة في العقار ذاته بمسافة لا تقل عن (δ_{MT}):

$$\delta_{MT} = \sqrt{(\delta_{M1})^2 + (\delta_{M2})^2} \qquad (ج-٣٣)$$

حيث:

δ_{M1} , δ_{M2} = أقصى إزاحة استجابة غير مرنة للمنشآت المجاورة عند الحروف المتجاورة.

عندما تجاور منشأة خط ملكية غير مشترك مع طريق عام، فيجب إرجاع المنشأة عن خط الملكية بمسافة لا تقل عن أقصى إزاحة استجابة غير مرنة δ_M للمنشأة.

استثناء:

١- يسمح باعتماد قيماً أقل للفاصل أو التراجعات عن حدود الملكية، إذا تم تبريرها بتحليل منطقي.

٢- للمباني والمنشآت الموصى بنوع التصميم الزلزالي (A، B أو C).

ج -٢٠- صنف الإشغال:

سيخصص صنف الإشغال لكل منشأة ومبنى وفقاً للجدول (ج- ١٤).

الإشغالات المتعددة: عندما يكون المبنى أو المنشأة مشغولين بإثنين أو أكثر من الإشغالات غير المشمولة في صنف الإشغالات ذاتها، فيجب تحديد الصنف لهما بالصنف ذي الدرجة الأعلى المقابلة لتعدد الإشغالات.

عندما يكون قسمان أو أكثر، من مبنى أو منشأة، منفصلين إنشائياً ، فيجب أن يصمم كل قسم لوحده. وعندما يكون قسم منفصل من مبنى أو منشأة له مدخل خاص فيجب أن يكون المخرج المطلوب أو المشترك للسلامة الإنشائية مع قسم آخر لهما درجة تصنيف أعلى فيجب أن يصنف كلا القسمين لدرجة التصنيف الأعلى.

ج – ٢١ – إجراءات تحديد حركة الأرض لموقع معين من أجل التصميم الزلزالي:
(Site-Specific Ground Motion Procedures for Seismic Design)

ج-٢١-١- تحليل استجابة الموقع:

يجب تأمين متطلبات هذا البند عند إجراء تحليل الاستجابة للموقع أو عندما يطلب وفقاً للبند (ج-٦-٧)، ويلزم أن يوثق التحليل في تقرير مفصل.

ج-٢١-١-١- حركات الأرض القاعدية:

يجب أن يطور متغير (بارامتر) تسارع الاستجابة الطيفي المذكور أعلاه (MCE_R) للسرير الصخري (Bedrock) باستعمال الإجراءات في البند (ج-٦-٦) أو (ج-٢١-٢).

وما لم يتم إجراء تحليل الخطورة لحركة الأرض لموقع معين والمعطى في البند (ج-٢١-٢) فإنه يلزم إنشاء طيف الاستجابة MCE_R للصخر باستعمال الخطوات حسب البند (ج-٦-٦) وذلك بفرض الموقع بالصنف B.

إذا تضمن السرير الصخري لصنف الموقع A فإن الطيف يجب أن يعاير باستعمال معاملات الموقع حسب البند (ج-٦-٣) مالم يتم تبرير معاملات أخرى للموقع.

يلزم اختيار على الأقل خمسة سجلات لتسارعات (ذات سجل أو تاريخ زمني) لحركات أرضية مماثلة على أن تختار من أحداث لها المقادير والكوارث الفالقية التي تتوافق مع تلك التي تعطي قيمة MCE_R لحركة الأرض. يجب معايرة كل سجل زمني مختار بحيث يكون طيف الاستجابة بشكل متوسط تقريباً عند نفس مستوى MCE_R لطيف الاستجابة للصخر خلال مجال الدور ذو الأهمية لسلوك المنشأة.

الجدول (ج-١٤): صنف الإشغال والخطورة للمباني والمنشآت الأخرى

طبيعة الإشغال والخطورة	صنف الإشغال
المباني وكافة المنشآت الأخرى التي تمثل خطورة منخفضة للحياة البشرية في حالة الإنهيار والتي تشمل (وليست مقتصرة على ما يلي): - الفعاليات الزراعية. - بعض الفعاليات المؤقتة. - تسهيلات التخزين الثانوية.	I
المباني وكافة المنشآت الأخرى باستثناء الواردة في صنف الإشغالات (I , III , IV).	II
المباني وكافة المنشآت الأخرى التي تمثل خطورة هامة في الحياة البشرية في حالة الانهيار والتي تشمل (وليست مقتصرة على ما يلي): • المباني وكافة المنشآت الأخرى التي تكون إشغالاتها الأساسية من تجمع ناس بحمل إشغال يزيد على 250 شخص. • المباني وكافة المنشآت الأخرى التي تتضمن تسهيلات تعليم البالغين، مثل الكليات والجامعات بحمل إشغال يزيد على 500 شخص. • المستوصفات والمستشفيات والمراكز الصحية التي لا تمتلك مرافق جراحية أو مرافق معالجة اسعافية. • محطات توليد الطاقة، تسهيلات معالجة المياه للماء الصالح للشرب وتسهيلات معالجة مياه الصرف الصحي وباقي تسهيلات النفع العام غير مشمولة في صنف الإشغال (IV). • المباني وكافة المنشآت الأخرى غير المشمولة والتي تتضمن كميات كافية من المواد السامة والمواد سريعة الانفجار التي تمثل خطورة على الحياة البشرية في حال تحررها.	III
المباني وكافة المنشآت الأخرى المصممة كمرافق أساسية، متضمنةً ولكن ليست محدودة بما يلي: • المستوصفات والمستشفيات والمراكز الصحية التي تمتلك مرافق جراحية أو مرافق معالجة اسعافية. • محطات إطفاء الحريق والإنقاذ وسيارات الإسعاف ومراكز الشرطة ومرائب سيارات الطوارئ. • الملاجئ المصممة للزلازل والأعاصير وحالات الطوارئ الأخرى.	IV

• مراكز مصممة للتحضير للطوارئ ومراكز الاتصالات والعمليات والخدمات الأخرى المطلوبة للإستجابة للطوارئ. • محطات توليد الطاقة والمرافق العامة الأخرى المطلوبة كخدمات لمعالجة الطوارئ للمنشآت ذات صنف الإشغال IV . • المنشآت ذات المواد عالية السميةً. • أبراج مراقبة الطيران ومراكز مراقبة الملاحة الجوية ومستودعات الطيران الاحتياطي. • المباني والمنشآت الأخرى التي لها وظائف دفاعية وطنية خاصة. • خزانات المياه ومنشآت الضخ المطلوبة للحفاظ على ضغط المياه المستعملة في الإطفاء.	

ملاحظة: بهدف حساب حمل الإشغال من المساحات، تُحسب مساحات السقوف المستعملة، ويُفترض أنه يسمح باستعمال مساحات السقوف الصافية عند تحديد حمل الإشغال الكلي، بالعودة للمراجع المذكورة في هذا الملحق (٢).

ج-٢١-١-٢- نمذجة شروط الموقع:

يجب إيجاد نموذج لسلوك الموقع بالإعتماد على:

- سرعات الأمواج القصية ذات التشوه الصغير (المنخفض أو الضئيل).
- علاقات الإجهاد – تشوهات القص غير الخطية أو الخطية المكافئة.
- قيمة وحدة الأوزان.

يجب تحديد سرعات الأمواج القصية ذات التشوه الصغير من قياسات حقلية عند الموقع أو من قياسات لترب مشابهة في موقع مجاور.

يجب اختيار علاقات الإجهاد – تشوهات القص غير الخطية أو الخطية المكافئة بالاعتماد على تجارب مخبرية أو نتائج منشورة لمثل هذه العلاقات لترب مماثلة. ويجب تقدير عدم الوثوقية في خواص التربة.

عندما تكون مقاطع التربة عميقة جداً بحيث يكون من غير العملي نمذجة السرير الصخري فإنه يسمح بإيقاف النموذج حيث تكون قساوة التربة على الأقل ضعف القيم المستعملة في تحديد صنف الموقع D في الفصل (ج-٥). في مثل هذه الحالات فإن طيف الاستجابة MCE_R والسجل الزمني للتسارع لحركة القاعدة المعطيين في الفقرة (ج-٢١-١-١) يجب ضبطهما نحو الأعلى باستعمال معاملات الموقع حسب البند (ج-٦-٣) المتوافقة مع تصنيف الترب عند قاع (أسفل) مقطع التربة.

ج-٢١-١-٣- تحليل استجابة الموقع والنتائج المحسوبة:

يجب أن تدخل السجلات الزمنية لحركة الأرض عند القاعدة في مقطع التربة كحركات ظاهرة. يجب تحديد استجابة قطاع التربة وحساب السجلات الزمنية لحركة الأرض السطحية باستعمال التقنيات الحسابية الملائمة التي تتعامل مع خواص التربة اللاخطية وذلك بأسلوب لاخطي أو بأسلوب خطي مكافئ.

يلزم لحساب حركات القاعدة الأرضية ادخال طيف استجابة لسطح الأرض بتخامد 5% .

ويجب ألا تقل قيمة طيف الاستجابة (MCE_R) لحركة الأرض السطحية عن (MCE_R) لحركة القاعدة مضروبة بالقيمة الوسطية لنسب استجابة طيفية للسطح إلى القاعدة (محسوبةً فترة بفترة) التي يحصل عليها من تحاليل استجابة الموقع.

يجب أن تعكس الحركات الأرضية السطحية الموصى بها، والناتجة من التحليل، الأخذ بالحسبان حساسية الاستجابة نتيجةً لعدم الوثوقية في نموذج التربة من حيث الخواص والعمق والحركات المدخلة.

ج-٢١-٢- تحليل مخاطرة (مجازفة) لحركة الأرض الزلزالية الأعظمية وفق الخطورة المعتمدة:

(Risk-Targeted Maximum Considered Earthquake (MCE_R) Ground Motion Hazard Analysis)

يجب تحقيق متطلبات هذا البند عندما يتم تحليل مخاطرة (مجازفة) لحركة الأرض الزلزالية الأعظمية وفق الخطورة المعتمدة أو يطلب ذلك في البند (ج-٦-٧). ويجب أن يأخذ تحليل مخاطرة (مجازفة) من حركة الأرض:

التوضع التيكتوني للمنطقة والجيولوجي والزلزالي ومعدلات الرجوع المتوقعة والقيم العظمى للزلازل عند فوالق معلومة ومناطق المصدر وخواص تضاؤل حركة الأرض وتأثيرات القرب من المصدر إن وجدت على الحركات الأرضية وتأثيرات ظروف ما تحت التربة السطحية للموقع على حركات الأرض.

يجب أخذ خواص ظروف ما تحت السطح الموقع وذلك إما باستعمال علاقات تخفيف تمثل ظروف المنطقة والجيولوجيا المحلية أو وفق ما جاء في البند (ج-٢١-١). يجب أن يدخل ضمن التحليل التفسيرات الزلزالية الدارجة حالياً شاملةً عدم التأكد من النماذج وقيم المتغيرات للمصادر الزلزالية والحركات الأرضية. ويلزم أن يوثق التحليل في تقرير مفصل.

ج-٢١-٢-١- الحركات الأرضية الاحتمالية (MCE_R):

(Probabilistic (MCE_R) Ground Motion)

يجب ان تؤخذ تسارعات طيف الاستجابة الاحتمالية كطيف استجابة للتسارعات في اتجاه الاستجابة الأفقية العظمى الممثلة بنسبة 5 % من التخامد لطيف الاستجابة للتسارعات التي متوقع أن يكون لها احتمالية 1 % من الاخفاق خلال فترة 50 عاماً . وفقاً لهذا الكود يتم تحديد إحداثيات طيف الاستجابة الاحتمالي لحركة الأرض من إحدى الطريقتين (١) أو (٢) الآتيتين:

١ - الطريقة (١):

عند كل فترة طيف استجابة يتم من أجلها حساب التسارع فإن تحديد إحداثيات طيف الاستجابة الاحتمالي لحركة الأرض تحسب من حاصل جداء معامل المجازفة (الخطورة) C_R وطيف الاستجابة للتسارع لأجل تخامد 5 % لطيف الاستجابة للتسارعات التي لها نسبة احتمالية 2 % بأن يتم تجاوزها خلال فترة 50 عاماً .

عند فترات استجابة طيفية أقل من أو تساوي 0.2 ثانية فيؤخذ العامل C_R مساوياً للعامل C_{RS}. وعند فترات استجابة طيفية أكبر من أو تساوي 1 ثانية فيؤخذ العامل C_R مساوياً C_{R1}. وعند فترات استجابة طيفية أكبر من 0.2 ثانية وأقل من 1 ثانية فيؤخذ العامل C_R بالتوسط الخطي بين C_{RS} و C_{R1} .

٢ - الطريقة (٢):

عند كل فترة طيف استجابة يتم من أجلها حساب التسارع فإن تحديد إحداثيات طيف الاستجابة الاحتمالي لحركة الأرض تحسب من تكامل متتالي لمنحني الخطورة لموقع معين

مع أخذ تابع كثافة احتمال لوغاريتمي عادي ليمثل نهج الإخفاق (أي احتمالية الإخفاق كتابع لطيف الاستجابة للتسارعات). ويجب أن يحقق إحداثي الاستجابة الطيفية الاحتمالي لحركة الأرض عند كل فترة نسبة 1 % احتمال من الإخفاق خلال فترة 50 عاماً لمنهج الإخفاق الذي له:

- نسبة 10% احتمال الاخفاق لإحداثي الاستجابة الطيفية الاحتمالية لحركة الأرض المذكور أعلاه.
- انحراف معياري طولي بقيمة 0.6 .

ج-٢١-٢-٢- تحديد حركات الأرض (MCE_R):

(Deterministic (MCE_R) Ground Motions)

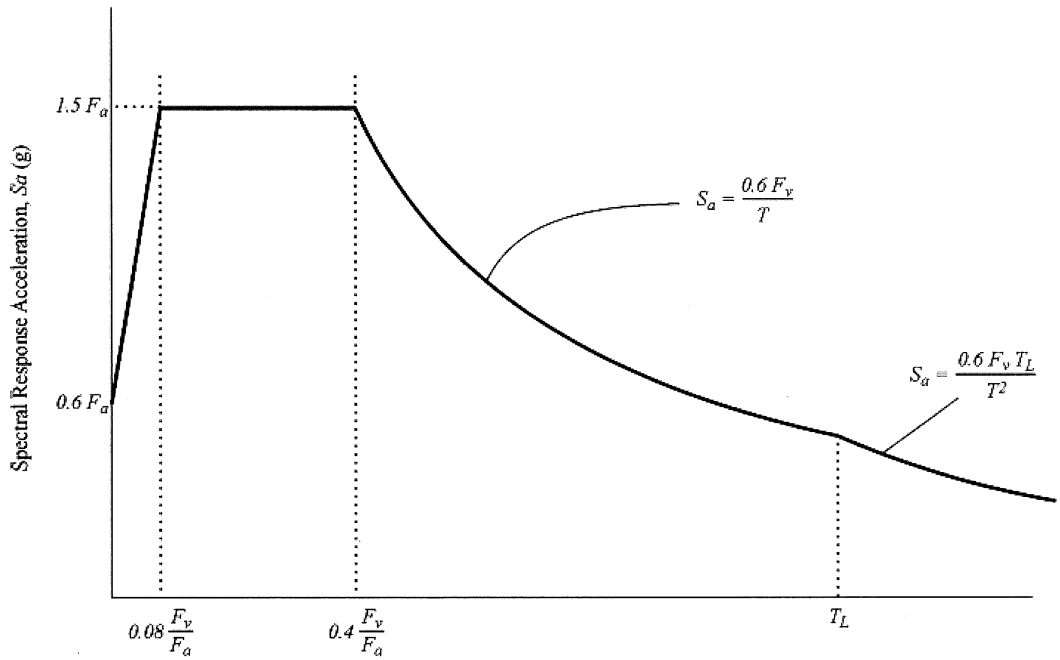
يجب حساب تسارع طيف الاستجابة المقرر في كل فترة،

The deterministic spectral response acceleration at each period

عند كل دور، بأخذ نسبة الـ 84% لتسارع الاستجابة الطيفي (من أجل تخامد 5 %) باتجاه الاستجابة الأفقية الأعظمية المحسوبة عند تلك الفترة.

ويلزم استعمال القيمة الأعظمية المحسوبة لمثل هذا التسارع للزلازل المميزة على جميع الفوالق الفعالة المعروفة ضمن المنطقة. ويجب أخذ قيم تسارع استجابة حركة الأرض المقررة بما لا يقل عن

القيم المقابلة لطيف الاستجابة المحدد وفقاً للشكل (ج–٥)، حيث F_a و F_V تحدد باستعمال الجدولين (ج–٤) و (ج–٥) على التوالي مع أخذ قيمة S_S مساويةً 1.5 وأخذ قيمة S_1 مساويةً 0.6 .



الشكل (ج –٥): الحد الأدنى المقرر لـ MCE_R لطيف الاستجابة التصميمي

ج–٢١–٢–٣– قيم (MCE_R) لموقع محدد:

تؤخذ قيم (MCE_R) لموقع محدد التي تمثل تسارع الاستجابة الطيفي عند الدور S_{am} بالقيمة الأقل لتسارعات الاستجابة الطيفية من حركات الأرض الإحتمالية حسب الفقرة (ج–٢١–٢–١) وحركات الأرض المقررة من الفقرة (ج–٢١–٢–٢).

ج–٢١–٣– طيف الاستجابة التصميمي:

يتم تحديد تسارع طيف الاستجابة التصميمي عند أي دور من العلاقة (ج–٣٤)

(ج–٣٤)

$$S_a = \frac{2}{3} S_{aM}$$

حيث تمثل S_{am} تسارع طيف الاستجابة (MCE_R) المحسوب من البند (ج–٢١–١) أو من البند (ج–٢١–٢).

ويجب عدم أخذ تسارع طيف الاستجابة التصميمي عند أي دور بقيمة أقل من 80 % من S_a المحسوبة وفق البند (ج–٦–٥) وللمواقع المصنفة بصنف الموقع F التي تتطلب تحليل لاستجابة

الموقع، فيجب عدم أخذ طيف الاستجابة التصميمي عند أي دور بقيمة تقل عن % 80 من S_a المحددة بصنف الموقع E وفقاً للبند (ج-٦-٥).

ج-٢١-٤- بارامترات (متغيرات) التسارع التصميمي:

عند استعمال إجراءات الموقع المعين لتحديد حركة الأرض التصميمية وفقاً للبند (ج-٢١-٣) فيجب أخذ العامل S_{DS} مماثلاً للتسارع الطيفي S_a المحدد من طيف استجابة الموقع عند الدور 0.2ثانية وعلى أن تؤخذ بقيمة لا تقل عن % 90 من ذروة التسارع الطيفي S_a عند أي دور يزيد على 0.2 ثانية. ويجب أخذ المتغير (البارامتر) S_{D1} بالقيمة الأكبر للتسارع الطيفي S_a عند دور 1 ثانية أو مرتين التسارع الطيفي S_a عند الدور 2 ثانية. ويؤخذ المتغيران (البارامتران) S_{MS} و S_{M1} مرة ونصف S_{DS} و S_{D1} على التوالي. يجب ألا تقل القيم المحسوبة بهذا الشكل عن % 80 من القيم الحسوبة وفقاً للبند (ج-٦-٣) للمتغيرين (البارامترين) S_{MS} وS_{M1} والبند (ج-٦-٤) للمتغيرين (البارامترين) S_{DS} و S_{D1} .

وللاستعمال بالطريقة الستاتيكية المكافئة المطورة، فإنه يسمح باستبدال التسارع الطيفي لموقع معين S_a عند الدور T بالقيمة S_{D1} / T في العلاقة (ج-٢١) و $S_{D1} T_L / T^2$ في العلاقة (ج-٢٢). ويسمح للمتغير S_{DS} المحسوب لهذا البند باستعماله في العلاقات (ج-٢٠)، (ج-٢٣). وعلى أن تستعمل القيمة الخرائطية ل S_1 في العلاقة (ج- ٢٤).

ج-٢١-٥- تسارع الذروة للأرض – المتوسط الهندسي الأعظمي المعتمد للزلازل (MCE_G):

Maximum Considered Earthquake Geometric Mean (MCE_G) Peak) Ground Acceleration)

ج-٢١-٥-١- تسارع الذروة للأرض (MCE_G) الإحتمالي:

Probabilistic (MCE_G) Peak Ground Acceleration

يؤخذ المتوسط الهندسي الإحتمالي لتسارع الذروة للأرض بالقيمة المتوسطة لتسارع الذروة للأرض عند إحتمال 2% للتجاوز خلال فترة 50 عاماً .

ج- ٢١-٥-٢- تسارع الذروة للأرض (MCE_G) المقرر:

Deterministic (MCEG) Peak Ground Acceleration

يحسب المتوسط الهندسي المقرر لتسارع الذروة للأرض بأكبر قيمة، والمقابلة لنسبة 84% من المتوسط الهندسي لتسارع الذروة للأرض لزلازل مميزة عند فوالق فعالة معروفة في منطقة الموقع.

ويجب ألا يُؤخذ المتوسط الهندسي المقرر لتسارع الذروة للأرض بقيمة أقل من $0.5\ F_{PGA}$، حيث تحدد F_{PGA} باستعمال الجدول (ج-٩) مع أخذ قيمة PGA مساويةً $0.5\ g$.

ج-٢١-٥-٣- تسارع الذروة للأرض (MCE_G) لموقع محدد:

Site – Specific (MCEG) Peak Ground Acceleration

تؤخذ قيمة تسارع الذروة للأرض (MCE_G) لموقع محدد PGA_M بالقيمة الأقل من:

- المتوسط الهندسي الإحتمالي لتسارع الذروة للأرض وفق الفقرة (ج-٢١-٥-١)
- والمتوسط الهندسي المقرر لتسارع الذروة للأرض وفق الفقرة (ج-٢١-٥-٢).

إن قيمة تسارع الذروة للأرض (MCE_G) لموقع محدد يجب ألا تؤخذ بقيمة أقل من 80% من PGA_M والتي تحسب من العلاقة (ج-١٣) .

لتصميم الحالات الأخرى مثل:

١- التصميم بإحدى الطرائق الديناميكية؛

٢- المنشآت الخاصة غير المباني (المنشآت الصلبة، الخزانات المستندة على الأرض (الخزانات الأرضية)، والمنشآت الأخرى التي ليس لها شكل المباني)؛

يمكن الاعتماد على ما سبق من أبواب في هذا الملحق (٢)، أو العودة إلى المرجعين: [2] و [3] في لائحة المراجع من هذا الملحق للكود.

أما المواضيع الآتية:

٣- المباني والمنشأت ذات جمل العزل الزلزالي.

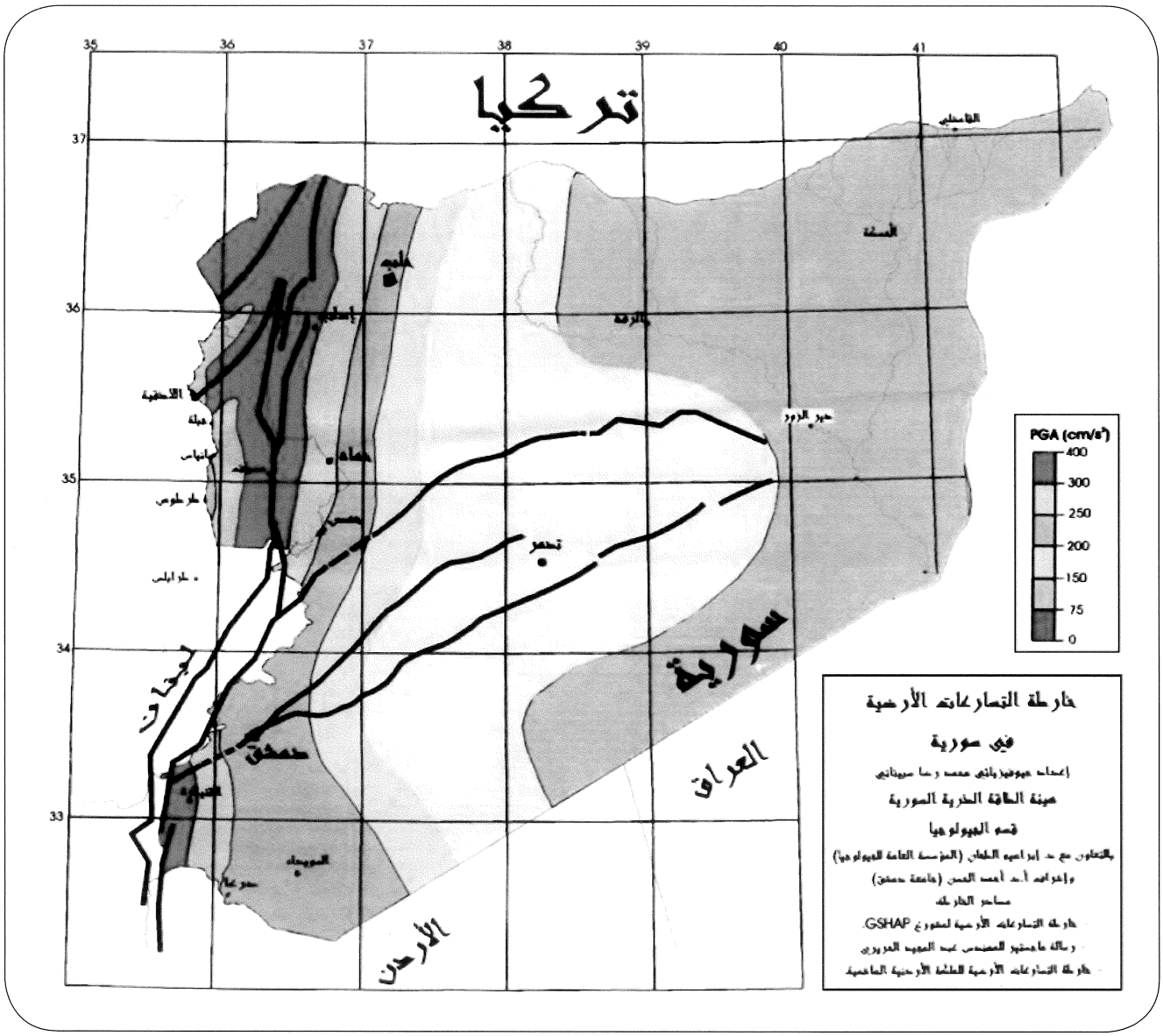
٤- المباني والمنشآت ذات جمل التخميد الزلزالي.

٥- غيرها من المنشآت والمواضيع الخاصة.

فيلزم العودة إلى المرجعين المذكورين أعلاه، وذلك لمزيد من التفاصيل.

الملحق «د»

د ـ الخارطة الزلزالية للجمهورية العربية السورية المستعملة في الطريقة الاستاتيكية المكافئة



يتم التصميم لتسارع أرضي يساوي $150\ cm/sec^2$، حيثما ورد أقل من ذلك.

الملحق «هـ»

هـ - جدول بقيم التسارعات الأرضية العظمى (PGA) المحتملة على الطبقة الصخرية الصلبة خلال خمسين عاماً مع احتمالية عدم تجاوز 90% مقدرة بالـ cm/sec^2 لأهم مراكز المدن والبلدات في سورية، المستعملة في الطريقة الاستاتيكية المكافئة

(يتم التصميم لتسارع أرضي يساوي $150\ cm/sec^2$، حيثما ورد أقل من ذلك).

المدينة أو البلدة	التسارع الأرضي	المدينة أو البلدة	التسارع الأرضي	المدينة أو البلدة	التسارع الأرضي
أبو قبيس	300-400	خناصر	200	عامودة	75
أبو الشامات	200	خنيفيس	150	عدرا	200
أبو كمال	75	دمشق	250	عشارنة	300-400
ادلب	300-400	درباسية	75	عفرين	300
أريحا	300-400	درعا	250	عين العرب	75
إزرع	250	دير الزور	75	غباغب	250
اعزاز	300	دريكيش	300-400	فرقلس	200
باب الهوى	300-400	دير عطية	200	فيق	300-400
الباب	200	راجو	300-400	قصير حمص	300
بانياس	300	رأس العين	75	قامشلي	75
بصرى الشام	250	رستن	300	القحطانية	75
بلودان	250	رقة	75	قدموس	300-400
البصيري	75	رنكوس	250	قريتين	200
تدمر	150	زبداني	250	قصر الحير الغربي	150
تل أبيض	75	زلف	200	قطنا	250
تل شنان	200	سبع بيار	150	قطيفة	250
تلكلخ	300-400	سخنة	150	قلعة الحصن	300-400
تل كوجك (اليعربية)	75	سراقب	300	قرداحة	300-400
التنف	75	سلمية	200	كسب	300-400
جديدة يابوس	250	سويداء	250	كسوة	250
جبلة	300	سد الطبقة	150	اللاذقية	300
جبول	200	سلحب	300-400	محردة	300

جديدة الوادي	250	شهبا	250	مسكنة	150
جرابلس	150	شيخ مسكين	250	مسلمية	250
جسر الشغور	300-400	شيخ بدر	300-400	مصياف	300-400
جوسية	300-400	الشحمة	75	معرة النعمان	300
جيرود	150	صافيتا	300-400	منبج	150
حارم	300-400	صلخد	250	ميادين	75
حسكة	75	صلنفة	300-400	ميدان اكبس	300-400
الحفة	300-400	صنمين	200	المالكية	75
حلب	250	صيدنايا	200	المخرم	200
حمام	300-400	الصوانة الشرقية	150	النبك	200
حماه	300	ضمير	200	نوى	250
حمص	250	طرطوس	250	وادي العيون	300-400
خان أرنبة	300	عسال الورد	250	يبرود	250
خان شيخون	300	عرنة	300	اليعربية	75

جميع الحقول المدون فيها قيم 300-400 تؤخذ كما يلي:

- جميع المباني والمنشآت: 300 ما عدا الواردة أدناه.
- المنشآت الخاصة التي يؤدي دمارها إلى كوارث بشرية وبيئية: يطلب حساب التسارع لها في موقعها وفق دراسات تفصيلية، وقد تزيد قيمها على 300، ويمكن أن تصل إلى حوالي 400.

References

المراجع

[1]. UBC 97 (1997 Uniform Building Code).

[2]. IBC 2009 (International Building Code).

International Code Council 2009 .

[3]. ASCE 7 - 10

American Society of Civil Engineers.

[4]. EC8 (European Code) 2000..

[5]. ISO 3010 (International System).

[6]. National Earthquake Hazards Reduction Program

(Applied Technology Council ATC 1988)

تصويبات
للملحق 3 الخاص
بالتفاصيل والرسومات

٢-ج) و (٧-٢-د) و (٧-٢-هـ) من الكود الأساس، بالنسبة للإطارات المقاومة للعزوم المتوسطة المحلية، ومماثلة لنظيراتها في الأشكال ذوات الأرقام (٧-٤٠) و (٧-٤١) و (٧-٤٢) من الملحق (٢) للكود، بالنسبة للإطارات المقاومة للعزوم الخاصة المحلية.

أسماء الزملاء الذين ساهموا مع اللجنة بإغناء الملحق 2 للكود

«مرتبة حسب الأحرف الأبجدية»

- م. أنطوان بخاش
- م. بسام أبو النعاج
- م. بشير حيزان
- م. جانيت قسطانيان
- د. م حافظ صادق
- م. سامر عقيل
- د.م سفانة الحموي
- د.م سليمان تادفي
- د.م سليمان ناصيف
- م. عبد الحكيم الحمادة
- م. عماد درويش
- م. عبد الرؤوف الحموي
- م. عبد الغني كبة
- د.م عبد القادر ملحم
- د.م عصام ناصر
- د. م عزام كتخدا
- د. م علاء الدين ناصر
- م. عمران قضماني
- د. م غياث حلاق
- م. قتيبة السيد
- د. م. ماهر قرة
- م. محمد خانطوماني
- م. محمد عيد دياب
- د. م محمد فريز عابدين
- م. ملك عازر
- د. م. ملهم بدوي
- د.م. نبيل عدس
- م. هلال دعبول
- م. يوسف حميضة