

الدليل الإنشائي لحساب الاحمال الزلزالية واشترطات تصميم الانظمة الانشائية للمباني بالمملكة العربية السعودية

١ - ١ فلسفة وهدف معايير التصميم الزلزالي

تتضمن فلسفة معايير التصميم الزلزالي المحافظة على سلامة الأرواح في حالة حدوث زلازل قوية والهدف هو وضع معايير لتصميم وتنفيذ المباني بحيث .

أ (تقل الخطورة على الحياة في المباني عندما تخضع هذه المباني لحركة الزلزال .

ب (تحافظ المباني المهمة على أداء وظائفها أثناء الزلزال بعده ثم اختيار القيمة التصميمية للزلازل بحيث يكون احتمال تجاوز هذه القيم صغيراً أثناء العمر الافتراضي للمبنى . يسمح للمبنى أن يتعرض للتصدعات ولكن يجب أن يكون احتمال انهياره صغيراً إذا كان المبنى وأجزاؤه مصممين بناء على القيم التصميمية للزلازل و ثم تشييده بناء على المعايير المشتركة .

١ - ٢ مجال تطبيق المعايير

تطبق هذه المعايير على المنشآت الجديدة فقط ولاتطبق على المنشآت الخاصة مثل أبراج البث أو الأبراج الصناعية أو أرصفة الموانئ أو المنشآت المائية أو المفاعلات الذرية .

١ - ٣ تعاريف

القاعدة Base	هي المنسوب الذي يفترض أن يحصل فيه انتقال الحركة الزلزالية إلى المنشأ أو هي المنسوب الذي يتركز فيه المنشأ على الأرض إذا اعتبر هذا المنشأ أنه هزازاً ديناميكياً .
قوة قص القاعدة Base Shear, V	هي إجمالي القوة التصميمية الأفقية أو قوة القص في القاعدة .
نظام الجدران الحاملة Bearing Wall System	و نظام إنشائي ولكن بدون إطار (Frame) فراغي متكامل لنقل الأحمال الرأسية .
عنصر محيطي Boundary Element	هو عنصر يقع على حواف الفتحات أو على محيط جدران القص ((Shear Walls) أو محيط الأغشية الصلبة (Diaphragm) .
الإطار المسنود Braced Frame	ويتشكل بشكل رئيسي من نظام جمالون (Truss) لغرض مقاومة القوى الأفقية ويمكن أن يكون من النوع المتطابق (Concentric) أو من النوع المزاح (Eccentric) .
النظام الإطاري للبناء Building frame system	هو بشكل رئيسي إطار فراغي متكامل مهمته حمل أوزان المنشأ .
المجمع Collector	وهو عنصر مجهز لنقل القوى الأفقية من أجزاء معينة من المنشأ إلى عناصر نظام مقاومة القوى الأفقية في المنشأ .
الإطار المسنود المتطابق Concentric braced	وهو إطار مسنود تنشأ في أجزائه قوى محورية (Axial Forces) بشكل رئيسي .

	frame
هو نظام أفقي أو قريب من الأفقي يعمل على نقل القوى الأفقية إلى عناصر المقاومة الرأسية كما يشمل هذا التعبير أنظمة الدعم الأفقية .	الغشاء الصلب Diaphragm
وهو العنصر المحيطي للغشاء الصلب (Diaphragm) أو الحوائط المقاومة للقوى الأفقية (Shear Walls) والمفترض أن يحمل الإجهادات المحورية (Axial) كما هو الحال في شفير (Flange) الكمره .	حزام الغشاء الصلب Diaphragm chord
(دعامة سحب ، ربط ، مجمع) وهي ذلك العنصر من الغشاء الصلب الموازي للأحمال والذي يجمع ويمرر قوة قص الغشاء الصلب (Diaphragm) إلى عناصر المقاومة الرأسية ، أو هي التي توزع الأحمال ضمن الغشاء الصلب . مثل هذه الدعومات تستطيع أن تحمل قوى شد أو ضغط فقط .	دعامة الغشاء الصلب Strut Diaphragm
وهي الإزاحة الأفقية لمستوى الطابق بالنسبة إلى مستوى الطابق الأعلى أو الأسفل .	الإزاحة Drift أو إزاحة الطابق Storey Drift
ويجمع بين نظام الإطار الفراغي المقاوم للعزوم (إن كان من النوع الاستثنائي SMRSF أو النوع المتوسط IMRSF) وبين نظام الحوائط المقاومة للقوى الأفقية (Shear Walls) أو الإطارات المسنودة (Braced Frames) ويتم التصميم حسب المعايير الواردة بالفقرة (٢ - ١ - ٦ - ج .)	النظام الثنائي Dual System
ويتشكل من إطار فولاذي مسنود ، ويتم التصميم حسب متطلبات كود . (SEAOC)	الإطار المسنود المنحرف Eccentric Braced Frame
هي تلك المنشآت الضرورية لعمليات الطوارئ بعد حصول الزلازل .	المنشآت المهمة Essential Facilities
هو الذي يكون التغيير في شكله (Deformation) الناتج عن القوى الأفقية أكبر بشكل واضح من التغيير في شكل أجزاء النظام المجاور .	العنصر أو النظام المرن Flexible Element or System
وهو نظام جمالون (Truss) أفقي يؤدي نفس وظيفة الغشاء الصلب (Diaphragm).	النظام الأفقي المسنود Horizontal Bracing System
هو إطار فراغي من الخرسانة المسلحة مصمم وفق فصل ٢١ من المواصفات الأمريكية . (ACI 318M - 89)	الإطار الفراغي المتوسط المقاوم للعزوم IMRSF
وهو جزء من النظام الإنشائي والمطلوب منه مقاومة القوى الأفقية .	النظام المقاوم للقوى الأفقية

	Lateral Force Resisting System
هو إطار فراغي تقوم أجزاؤه وتقاطعاته بمقاومة القوى الأفقية بشكل رئيسي عبر الإنثناء .	الإطار الفراغي المقاوم للعزوم Moment Resisting Space Frame
هو إطار فراغي مقاوم للعزوم غير مطلوب منه تحقيق متطلبات تفصيلية خاصة من أجل تصرفه اللدن . (Ductile)	الإطار الفراغي العادي المقاوم للعزوم Ordinary Moment Resisting Space Frame
هي التأثيرات الواقعة على المنشأ بسبب الحركة الزلزالية في الاتجاهات الأخرى أي غير الموازية للاتجاه المقاوم المنظور إليه .	التأثيرات العمودية Orthogonal Effects
وهو التأثير الثانوي للعزوم ولقوى القص على أجزاء الإطار الناشئ من الأحمال الرأسية المؤثرة على إطار المبنى المزاح أفقياً .	تأثير الحمل المزاح P- Effect
هو جدار مصمم لمقاومة القوى الموازية لمستوى (Plan) الجدار .	حائط قوى القص Shear Wall
هو الذي تقل صلابته (Stiffness) الأفقية عن 70 ٪ من صلابة الطابق الذي فوقه .	الطابق الطري Soft Storey
يحصل متى تطابقت دورة المنشأ الطبيعية مع الذبذبة السائدة لحركة التربة .	التوافق في الرنين بين المنشأ والتربة Soil-Structure Resonance
وهو نظام انشائي ثلاثي الأبعاد بدون جدران حاملة ويتشكل من أجزاء مترابطة بحيث يعمل كوحدة مستقلة وذلك بمساعدة أو بدون مساعدة غشاء صلب (Diaphragm) أفقي أو نظام أرضية مسنود .	الإطار الفراغي Space Frame
هو إطار فراغي مقاوم للعزوم استثنائي التفاصيل بهدف تأمين التصرف اللدن (Ductile) ويتطابق مع المتطلبات الواردة في الفصل ٢١ من المواصفات الأمريكية (ACI 318M-89) .	الإطار الفراغي الاستثنائي المقاوم للعزوم SMRSF
هو الحيز بين مستويين ، الطابق س هو الطابق أسفل المستوى س .	الطابق Storey
هو إزاحة الطابق مقسومة على ارتفاعه .	نسبة إزاحة الطابق

	Story Drift Ratio
هي مجموع القوى الأفقية التصميمية الواقعة أعلى الطابق تحت الدراسة .	قوة قص الطابق Story Shear, Vx
هي مقاومة المنشأ أو أجزائه للأحمال ضمن حدود التغيير في الشكل ، كما هو وارد في هذا الدليل .	المقاومة Strength
هو تجميع أجزاء متماسكة مع بعضها مصممة لحمل الأوزان ومقاومة القوى الأفقية ويمكن تصنيف هذه المنشآت على أنها مباني أو غير مباني .	المنشأ Structure
هو الجزء الأعلى اللدن من المنشأ والذي له مجموعة عامودية من الأنظمة الإنشائية .	برج Tower
هو إطار فراغي مصمم ليحمل القوى الرأسية (الأوزان) . إطار فراغي حامل للقوى	الرأسية Vertical Load Carrying Space Frame
هو الطابق الذي تقل مقاومته (Strength) عن 80 ٪ من مقاومة الطابق أعلاه .	الطابق الضعيف Weak Storey

١ - ٤ اختصارات (أنظر الجزء الإنجليزي)

١ - ٥ الرموز والتدوين (انظر الجزء الإنجليزي)

٢ - ١ متطلبات التصميم

يتطلب تصميم المنشآت معلومات تتعلق بمنطقة البناء وخواص الموقع وإشغال المبنى وشكله ونظامه الإنشائي وحدود الارتفاع وذلك كالتالي :

٢ - ١-١ المنطقة الزلزالية Seismic Zone

كل موقع بناء يقع في منطقة زلزالية حسب المخطط المرفق لتوزيع هذه المناطق . أنظر شكل رقم ١ (Fig. 1)

٢ - ١-٢ رقم المنطقة الزلزالية Seismic Zone Number, SZN

ويشير إلى المستوى الزلزالي . يمكن تحديد رقم المنطقة الزلزالية (SZN) والمعامل الزلزالي للمنطقة من الجدول رقم ١ (Table 1) .

٢ - ١-٣ فئات الإشغال Occupancy Categories, OC

تحدد درجة الحماية المطلوبة للمبنى . يقع كل مبنى في إحدى فئات الإشغال (OC) الواردة في الجدول رقم ٢ (Table 2) ويتم تحديد معامل الأهمية للمبنى (I) اعتماداً على فئة إشغال المبنى من الجدول نفسه وتعتبر متطلبات هذا الجدول الحد الأدنى .

٢ - ١-٤ فئات الأداء الزلزالي Seismic Performance Categories, SPC

فئات الأداء هي من (A) إلى (C) وتشير إلى مستوى الكفاءة المطلوب أخذه بعين الاعتبار في المبنى ، أنظر جدول رقم ٣ (Table 3) . لا يطلب من مباني الكفاءة (A) أي معايير تصميمية خاصة بالزلازل .

٢ - ١-٥ متطلبات الشكل Configuration Requirement

يسهم عدم الانتظام (Irregularities) في شكل النظام الإنشائي وطريقة نقل القوى في حصول تصدعات وإنهيار بسبب الحركة الزلزالية . لا يوجد في المنشآت المنتظمة عدم انتظام واضح في المسقط أو الواجهات أو حتى في نظام مقاومتها للقوى الأفقية .

الجدول رقم ٥ (Table 5) يبين حالات عدم الانتظام في الاتجاه الرأسي .

الجدول رقم ٦ (Table 6) يبين حالات عدم الانتظام في المسقط .

٢-١-٦ الأنظمة الإنشائية Structural Systems

تصنف هذه الأنظمة حسب ما هو وارد في الجدول رقم ٧ (Table 7) ويتضمن هذا الجدول أيضاً أكبر قيم لـ (Rw) وقيم حدود ارتفاعات المباني . وتنسب قيمة الـ (Rw) إلى لدونة النظام الإنشائي للمبنى أما حدود الارتفاع فهي خاصة بالحماية من الحرائق وأنواع الأنظمة الإنشائية هي:

أ - نظام الإطار المقاوم للعزوم A-Moment Resisting Frame System : وهو الذي يؤمن مقاومة الأحمال الأفقية بشكل رئيسي عن طريق إنشاء أجزائه .

ب - نظام الإطار البنائي B-Building Frame System : يؤمن مقاومة الأحمال الأفقية عن طريق حوائط قوى القص (Shear Walls) أو الإطارات المسنودة (Braced Frames) .

ج - النظام الثنائي C-Dual System : وهو نظام إنشائي يشمل على أنظمة إنشائية منفصلة تدعم بشكل مستقل أحمال الأوزان من جهة والقوى الأفقية من جهة أخرى وتتميز هذه الأنظمة بما يلي :

١ - تقاوم الأحمال الناتجة عن الأوزان بشكل رئيسي كإطار فراغي متكامل .

٢ - تقاوم الأحمال الأفقية من خلال :

- إطار فراغي استثنائي مقاوم للعزوم (خرساني أو فولاذي) قادر على مقاومة ٢٥٪ من قوة قص القاعدة

(Base shear) و/أو .

- حوائط قوى القص (Shear walls) أو الإطارات المدعمة (Braced frames) .

٣ - يتم تصميم النظامين المذكورين أعلاه في (١) و (٢) ليقاوما مجموع القوى الجانبية حسب نسبة صلابتهما .

د - نظام الجدران الحاملة System D-Bearing Wall : هو نظام إنشائي بدون إطار فراغي حامل للأوزان الرأسية . تقاوم الجدران الحاملة أحمال الأوزان أما بالنسبة لمقاومة القوى الجانبية فتتم بواسطة حوائط قوى القص (Shear Walls) أو إطارات مسنودة (Braced frames) .

هـ - نظام غير محدد E-Undefined System : هو نظام إنشائي غير وارد في الجدول رقم ٧ (Table 7) .

ملاحظه : لم يتم في هذه الدراسة النظر إلى غير المباني من المنشآت .

٢-١-٧ مجال تطبيق طريقة القوى الأفقية

* يتم تقدير القوى الأفقية الزلزالية المؤثرة على المباني باستخدام طريقة القوى الأفقية الحركية أو طريقة القوى الأفقية الساكنة .

* طريقة القوى الأفقية الديناميكية The Dynamic Lateral Force Procedure, DLF :

ويمكن تطبيق هذه الطريقة دائماً في التصميم المقاوم للزلازل .

* طريقة القوى الأفقية الساكنة The Static Lateral Force Procedure, SLF : يسمح بهذه الطريقة تحت شروط معينه من انتظام الشكل (Regularity) والإشغال (Occupancy) وارتفاع المبنى . ويمكن تطبيقها في المنشآت التالية ما عدا حالات عدم الانتظام (Irregularity types : A, B, C) من جدول رقم ٥ (Table 5) :

أ) كل المنشآت المنتظمة وغير المنتظمة الواقعة في المنطقة الزلزالية رقم ١ (SZN1) .

أ) كل المنشآت المنتظمة وغير المنتظمة الواقعة في المنطقة الزلزالية رقم ١ (SZN1) .

ج- المنشآت المنتظمة التي يقل ارتفاعها عن (٧٥) متراً والمزودة بنظام مقاوم للقوى الأفقية المبين في الجدول رقم ٧ (Table 7) ما عدا المنشآت المقامة على تربة من النوع (S4) حسب الجدول رقم ٤ (Table 4) ولها دورة أكبر من (٠,٧) من الثانية .

د) المنشآت غير المنتظمة (Irregular Structures) التي لا تزيد عن خمسة طوابق ولا يزيد ارتفاعها عن (٢٠) متراً .

٢ - ١ - ٨ حدود النظام System Limitations

هناك بعض الضوابط على استعمال بعض الأنظمة الإنشائية في ضوء المتطلبات الواردة في هذه الفقرة .
أ) منشأ غير مستمر (Discontinuity) . المنشآت التي ليس فيها استمرارية في قوة تحملها (Capacity) ، مثل عدم الانتظام الرأسي من نوع (E) كما هو وارد في الجدول رقم ٥ (Table 5) فإنه يجب أن لا يسمح لها بأكثر من طابقين أو ارتفاع ٩ متر عند ما تكون مقاومة (Strength) الطابق الضعيف (Weak Storey) أقل من ٦٥ ؟ من مقاومة الطابق أعلاه .

استثناء : عند ما يكون الطابق الضعيف قادراً على مقاومة إجمالي قوة زلزالية أفقية تقدر بـ (٣ Rw/8) ضعف من القوة التصميمية كما هو وارد في البند ١ - ٩ .

ب) أنظمة إنشائية غير محددة . في حالة الأنظمة الإنشائية غير المحددة فإنه ينبغي إثبات تعادلها مع الأنظمة الواردة في الجدول رقم ٧ (Table 7) بحيث تكون لها قيمة (Rw) نفسها وذلك عبر النتائج الفنية والاختيارية التي تثبت خصائصها الديناميكية وتظهر مقاومتها للقوى الأفقية وقدرتها على امتصاص الطاقة .

ج) يجب أن تصمم جميع المنشآت التي لها سمات النظام غير المنتظم والموضحة في الجدولين ٥ و ٦ (5 & Tables ٦) بحيث تأخذ بعين الاعتبار المتطلبات المشار إليها فيهما .

٢ - ١ - ٩ طريقة القوى الأفقية الساكنة Static Lateral Force Procedure

يمكن افتراض أن تأثير قوى التصميم الزلزالية غير متزامن في اتجاه المحاور الرئيسية للمنشأ .

٢ - ١ - ٩ - ١ تصميم قوة قص القاعدة Design Base Shear :

تبلغ القوة التصميمية الكلية لقص القاعدة (V) في اتجاه محدد :

$$F_x = (V - Ft) \frac{w_x h_x}{\sum_{i=1}^n w_i h_i}$$

حيث :

Z = المعامل الزلزالي للمنطقة (Seismic Zone Factor) أنظر جدول رقم ١ (Table 1) .

I = معامل الأهمية للمبنى (Importance Factor) أنظر جدول رقم ٢ (Table 2) .

Rw = معامل الكفاءة الزلزالي للمبنى (وهو معامل عددي حسب الجدول رقم ٧ (Table 7) ويعكس المخزون الزائد لمقاومة النظام وكذلك سعة امتصاصه للطاقة) .

W = الوزن الميت الزلزالي ويتشكل من الوزن الميت الكلي مضافاً إليه الأحمال التالي ذكرها:

١ - يضاف للمخازن والمستودعات على الأقل ٢٥ ؟ من الحمل الحي للدور .

٢ - في حالة وجود قواطع (Partitions) فإنه يجب أن لا يقل وزنها المأخوذ بعين الاعتبار في تصميم الدور عن ٥٠ كغ/م^٢ .

٣ - يجب إضافة كامل وزن التجهيزات الثابتة.

C = معامل عددي يتم تحديده من المعادلة التالية:

$$C = \frac{1.25 S}{T^{2/3}} \leq 2.75$$

حيث :

S = معامل خواص التربة في الموقع أنظر جدول رقم ٤ (Table 4).

$T =$ الدورة الأساسية (Fundamental Period) للاهتزاز (بالثانية) وذلك للاتجاه قيد الدراسة ويتم حسابها كمايلي :

يمكن لجميع المباني حساب قيمة (T) تقريباً حسب المعادلة التالية

$$T = 2.44 c_f (H)^{3/4}$$

حيث :

$C_t = 0.035$ للإطارات الفراغية الفولاذية المقاومة للعزوم .

$C_t = 0.030$ للإطارات الفراغية المقاومة للعزوم من الخرسانة المسلحة أو للإطارات المسنودة المنحرفة

. Eccentric Braced Frames

$C_t = 0.020$ للمنشآت الأخرى .

$H =$ الارتفاع (بالمتر) من القاعدة Base إلى أعلى منسوب .

عندما تصبح القيمة الحدية $c = 2.75$ ومطابقه فإنه يمكن أن تستعمل لأي مبنى بغض النظر عن نوع تربته أو دورته الطبيعية .

وعندما تقضي المواصفات بتعديل القوى المذكورة بمقدار $(Rw/8^3)$ عندها يجب أن يكون الحد الأدنى لقيمة

الكسر C/Rw هو (٠,٠٧٥) .

٢-٩-١-٢ التوزيع الرأسي للقوى : يجب أن توزع قوة قص القاعدة Base Shear الإجمالية على

ارتفاع المنشأ وذلك حسب المعادلات التالية :

$$V = F_t + \sum_{i=1}^n F_i$$

حيث :

$F_t =$ القوة الأفقية المركزة المؤثرة أعلى المنشأ (منسوب n) وقيمها كالتالي :

$$F_t = 0.07TV \leq 0.25V$$

$$F_t = 0 \text{ when } T < 0.7 \text{ sec}$$

يجب إضافة القوة إلى القوة الناتجة عن الحد الثاني من الطرف الأيمن للمعادلة رقم (٤) .

= القوة الأفقية المركزة المؤثرة على المنسوب (i) .

$n =$ إجمالي عدد الطوابق أو منسوب الأدوار بما فيها السطح .

ويتم توزيع القوة المتبقية من قوة قص القاعدة Base Shear البالغة () على ارتفاع المنشأ بما فيه منسوب

(n) كالاتي :

$$F_x = (V - Ft) \frac{w_x h_x}{\sum_{i=1}^n w_i h_i}$$

حيث :

$F_x =$ هو القوة الأفقية المركزة المؤثرة على المنسوب x والموزعة على المنشأ حسب توزيع الكتل (Mass

Distribution) في ذلك المنسوب.

: هي أجزاء من الوزن W والتابعة للمناسيب X أو i .

٢-٩-٣ التوزيع الأفقي لقوة القص

Horizontal Distribution of Shear : يكون توزيع قوى القص كالتالي :

أ) تحسب قوة قص الطابق التصميمية للمنسوب X كالتالي :

$$V_x = F_t + \sum_{i=x}^n F_i$$

ب) يتم توزيع V_x على العناصر المختلفة من النظام الرأسي المقاوم للقوى الأفقية وذلك حسب نسب صلابة Rigidity هذه العناصر حيث يفترض وجود غشاء صلب Diaphragm موزع .

ج- الانحراف غير المقصود Accidental Eccentricity :

من أجل مراعاة عدم الدقة التي تحصل في تعيين مكان تأثير الأحمال ، فإنه يتم في كل منسوب افتراض أن الكتلة مزاحة عن مركزها الحسابي وبكل اتجاه بمقدار (٥ ؟) من بعد (Dimension) المبنى في ذلك المستوى وعمودياً على الاتجاه الذي يجري أخذه بعين الاعتبار . إن انحراف القوة سيؤدي إلى حصول عزم لي (Torsional moment) في المستوى الأفقي في منسوب () . هذا العزم يؤدي إلى ظهور قوى قص أفقية في عناصر المقاومة الرأسية للنظام يجب أخذها في الاعتبار ويمكن استعمال أي طريقة مقبولة لتقييم قوى القص هذه .

٢-٩-٤ عزوم اللي الأفقية Torsional Moments

- ينشأ عزم اللي Torsional التصميمي في الطابق من الانحرافات Eccentricities الحاصلة بين القوى الأفقية التصميمية في مستويات الطوابق العليا وعناصر نظام المقاومة الرأسي للقوى الأفقية في ذلك الطابق .

- يجب أن تضاف عزوم اللي Torsional الناشئة من الانحراف غير المقصود إلى عزوم اللي المذكورة أعلاه .

- إذا وجد عدم انتظام في المسقط مما يترتب عليه حصول عزوم لي أفقية (نوع A في الجدول رقم ٦) فإنه يجب أخذ هذا الأمر بعين الاعتبار بأن تعدل عزوم اللي الناشئة من الانحراف غير المقصود بكل مستوى بالضرب في المعامل () والذي يتم تحديده حسب المعادلة التالية :

$$A_x = \left[\frac{\delta_{\max}}{1.2\delta_{\text{avg}}} \right]^2 \leq 3.0$$

حيث :

= أكبر إزاحة Displacement في منسوب .

= المتوسط الحسابي لإزاحات النقاط المتطرفة في المبنى في المنسوب .

٢-٩-٥ الانقلاب Overturning

أ- يتم حساب عزوم الانقلاب Overturning Moments المطلوب مقاومتها من القوى الزلزالية الأفقية Ft و Fx المركزة على المستويات الواقعة أعلى المستوى المنظور إليه . ويتم توزيع هذه العزوم على العناصر المختلفة المقاومة لها حسب نسب صلابتها Rigidities .

ب- يجب نقل القوى الناتجة عن الانقلاب في كل عنصر إلى القواعد .

ج - يمكن تحويل القوى الناتجة عن الانقلاب إلى عناصر عموديه أخرى إذا توفرت أجزاء إنشائية ذات مقاومة وصلادة Stiffness كافية لنقل القوى الناتجة .

د - في حالات فئات الأداء الزلزالي (C و) B عندما يكون عنصر مقاومة الأحمال الأفقية غير مستمر Discontinuous ، كما هو الحال في حالة عدم الانتظام الرأسي Irregularity نوع (D) في جدول رقم ٥ أو في حالة عدم الانتظام الأفقي نوع (D) في جدول رقم ٦ ، فإنه يجب على الأعمدة التي تتركز عليها مثل هذه

العناصر مقاومة القوة المحورية Axial Force الناتجة عن مجموعة الأحمال التالية بالإضافة لكافة مجاميع الأحمال المطلوبة :

$$DL + 0.8 LL + 3 (Rw / 8) E \quad ١,٠$$

$$DL + 3 (Rw / 8) E \quad ٠,٨٥$$

حيث أن DL (و) LL (و) E (هي الأحمال الميتة والحية وأحمال الزلازل الأفقية حسب الترتيب. (١) لا تحتاج في مثل هذه الأعمدة أن تزيد القوى المحورية Axial Forces عن قدرات العناصر الإنشائية الأخرى التي تنقل القوى لها .

(٢) يجب لمثل هذه الأعمدة أن تكون قادرة على حمل القوى المحورية Axial Forces المذكورة أعلاه بدون تجاوز مقاومة العمود للقوى المحورية . أما عند التصميم بطريقة إجهادات الاستعمال Working stress فإنه يمكن تقدير هذه المقاومة بزيادة الإجهاد المسموح به بمقدار (١,٧) .

(٣) يجب لمثل هذه الأعمدة أن تحقق المتطلبات الواردة في :

أ - بند (٢ - ٣ - ١ - ٢ - ز) للتصميم والتفاصيل و .

٢ - ٩ - ١ - ٦ حدود إزاحة الطابق

Storey Drift Limitation : إزاحة الطابق هي الإزاحة الأفقية لمستواه بالنسبة لمستوى الطابق أعلاه أو أسفل منه حيث تحصل هذه الإزاحة بسبب القوى الجانبية التصميمية . ويدخل في الإزاحة المحسوبة كل من الإزاحة الانتقالية وتلك الناتجة عن عزم اللي .

أ - يجب ألا تتجاوز قيمة إزاحة الطابق الحدود التالية :

٠ ($Rw/h/٠,٠٠٤$ ولا قيمة h) ارتفاع الطابق إذا كانت دورة المنشأ الأساسية Fundamental

Period أقل من (٠,٧) ثانية .

٠ ($Rw/h/٠,٠٠٣$ ولا قيمة h) ، إذا كانت دورة المنشأ الأساسية تساوي أو تزيد عن (٠,٧) ثانية .

إن الدورة المستعملة في حساب الإزاحة هي نفس الدورة المستعملة في حساب قوة قص القاعدة Base shear .

(h) هو ارتفاع الطابق .

ب - يمكن تجاوز حدود الإزاحة المذكورة أعلاه إذا تم البرهان على أن الإزاحة المطلوبة يمكن تحملها من العناصر الإنشائية وغير الإنشائية التي تؤثر على سلامة الحياة .

ج - يمكن للقوى الأفقية التصميمية المستعملة لحساب الإزاحة أن تكون محسوبة بمساعدة المعامل [C] انظر المعادلة (٢) والناتج بدورة من حساب الدورة Period على أساس القواعد الميكانيكية المعروفة وبدون مراعاة الحد الأدنى لقيمة الكسر (C/Rw) البالغة (٠,٠٧٥) .

٢ - ٩ - ١ - ٧ تأثير الحمل المزاح P - Effects : إن القوى والعزوم وإزاحات الطوابق الناتجة عن حساب تأثير الحمل المزاح (P - Effects) يجب أن تؤخذ بعين الاعتبار في تقييم الاستقرار Stability الشامل للإطار الإنشائي .

٢ - ٩ - ١ - ٨ المركبات الرأسية Vertical Components لقوى الزلازل المتطلبات التالية مطلوبة في فئة الأداء الزلزالي (C):

أ) تصمم المركبات الأفقية للكابولي Horizontal Cantilever Components على أن تتحمل ٢٠٪ من صافي وزنها كقوة مؤثرة من الأسفل إلى الأعلى .

ب) إضافة إلى كافة مجاميع الأحمال المطلوبة ، فإنه يجب في تصميم الأجزاء مسبقة الإجهاد الأفقية ألا يستخدم أكثر من ٥٠٪ من الحمل الميت كوزن منفرد أو في تجميع مع القوى الأفقية .

٢ - ١ - ١٠ طريقة القوى الأفقية الديناميكية Dynamic Lateral Force Procedure : تعتمد هذه الطريقة على القوانين الديناميكية للمنشآت وتتضمن حساب دورة وشكل أنماط الاهتزاز الخاصة بالمنشأ .

٢ - ٢ القوة الأفقية المؤثرة على عناصر إنشائية ومركبات غير إنشائية مرتكزة على المنشآت

LATERAL FORCE ON ELEMENTS OF STRUCTURES AND NON-)
(SUPPORTED BY STRUCTURES STRUCTURAL COMPONENTS

يجب على أجزاء أو أقسام المنشآت ، وعلى المركبات غير الإنشائية الدائمة Nonstructural Components وتثبيتاتها وكذلك على تثبيطات التجهيزات Equipment الدائمة المرتكزة على المنشأ أن تصمم لتقاوم قوى الزلازل كما هو وارد فيما يلي :

أ) يجب أن تحتوي التثبيطات Attachments على المثبتات Anchorages والدعامات Bracing المطلوبة . لا يجوز الاعتماد على الاحتكاك في مقاومة الزلازل .

ب) يجب أن تصمم لمقاومة الزلازل كل من التجهيزات Equipment المطلوبة في عمليات الطوارئ وللأنظمة اللازمة لسلامة الأرواح أو ما قد يتسبب انهياره في تهديد لأرواح الناس .
الاستثناء : يستثنى من ذلك التجهيزات التي تزن أقل من ٢ كيلو نيوتن من الأثاث أو التجهيزات المؤقتة أو تلك القابلة للتحريك .

٢-٢-٢ القوى الأفقية على العناصر Elements والمركبات Components

كل عنصر ورد ذكره آنفاً يجب أن يقاوم قوة زلزالية أفقية شاملة مقدارها :

$$F_p = Z I C_p W_p \quad (٩)$$

حيث :

W_p = وزن العنصر أو المركب

C_p = معامل وارد في الجدول رقم ٨ (Table 8) .

أ - يجب أن تكون قيم المعاملات (Z) و (I) هي نفس قيم معاملات المبنى نفسها.
الاستثناءات هي :

١ - لمثبتات الآلات والتجهيزات المطلوبة لأنظمة سلامة الأرواح يجب أن تؤخذ قيمة المعامل (I) على أنها (١,٥) .

٢ - لتصميم الخزانات والأحواض المحتوية على كميات من المواد الشديدة السمية أو المتفجرة والتي تشكل خطورة على السلامة العامة يجب أن تؤخذ قيمة المعامل (I) على أنها (١,٥) .

٣ - وفي حالة وصلات الألواح (Panel Connection) تؤخذ قيمة المعامل (I) على أنها (١) لكامل الوصلة .

ب - يستعمل المعامل (C_p) للعناصر الإنشائية والمركبات غير الإنشائية وكذلك للتجهيزات الصلبة والمرتكزة Supported بشكل ثابت . وتعرف التجهيزات الصلبة والمرتكزة بشكل ثابت على أن دورتها Fixed Base Period أصغر أو تساوي (٠,٠٦) ثانية . أما بالنسبة للتجهيزات المرتكزة بشكل غير ثابت فهي معرفة على أن دورتها أكبر من (٠,٠٦) من الثانية .

ج - يتم حساب القوى الجانبية للعناصر المثبتة بالمبنى بشكل مرن أو غير صلب وبمنسوب أعلى من الأرض الطبيعية بأن يتم أخذ الخصائص الديناميكية لهذه العناصر وكذلك للمنشأ المثبتة عليه ، على أن لا تقل قيمة (C_p) عن القيمة الواردة في الجدول رقم ٨ (Table 8) وفي حالة غياب الدراسة التفصيلية ، تؤخذ قيم (C_p) للتجهيزات المرتكزة على الأرض بشكل غير ثابت في المبنى على أنها ضعف القيم الواردة في الجدول رقم ٨ (Table 8) على أن لا تتجاوز قيمتها (٢) .

د - توزع القوى الأفقية التصميمية المحسوبة حسب المعادلة رقم (٩) حسب نسب توزيع الكتل في العنصر أو المركبة .

هـ - يستفاد من القوى التي تم حسابها حسب المعادلة رقم (٩) لتصميم العناصر والمركبات ووصلاتها وعناصر تثبيتها بالمنشأ وكذلك لتصميم الأجزاء والوصلات التي تنقل القوى إلى نظام مقاومة الزلازل .

و - بالنسبة للقوى المؤثرة على مثبتات الألواح الخارجية والأغشية الصلبة Diaphragms يمكن الرجوع إلى الفقرة (٢ - ٣ - ١ - ٢ - د) وفقرة (٢ - ٣ - ١ - ٢ - ز) .

ز - تطبق القوى في الاتجاهات الأفقية التي تعطي أكبر الأحمال التصميمية .

٣ - ٢ متطلبات تصميم النظام SYSTEM DESIGN REQUIREMENTS

١-٣ - ٢ متطلبات تصميم الأنظمة المفصلة Detailed Systems Design Requirements

١ - ٣ - ٢ - ١ عام : يجب لأنظمة الإطارات الإنشائية أن تحقق متطلبات البند (١-٢) وتتفرد عناصر النظام المعتمد لمقاومة القوى الزلزالية بمقاومة الأحمال التصميمية .

يجب أن تتطابق العناصر الإنشائية مع المتطلبات التطبيقية للمواد الواردة في النظام الأمريكي (٣١٨ - ٨٩ ACI) وكذلك مع الأنظمة والمتطلبات التالية :

أ - القوى الأفقية والعمودية المركبة Combined Vertical and Horizontal Forces

يجب أن تصمم كل عناصر المبنى لكي تقاوم القوى الزلزالية وكذلك الأحمال الحية والميتة .

ب - تأثيرات الرفع Uplift Effects

يجب أن يأخذ التصميم تأثيرات الرفع الحاصلة بسبب قوى الزلازل بعين الاعتبار . وإذا استعملت في التصميم طريقة إجهادات الاستعمال Working Stress فإنه يلزم تخفيض الأوزان الميتة التي تقلل من تأثيرات الرفع بأن تضرب بالرقم (٠,٨٥) .

ج - التأثيرات العمودية Orthogonal Effects

١) يجب أخذ الاحتياطات في المنطقتين الزلزاليتين (B٢) و (A٢) لتأثيرات حركات الزلازل في الاتجاهات الأخرى غير المنظور إليها وذلك في الحالات التالية :

أ) إذا كان في المنشأ عدم انتظام Irregularity في المسقط من نوع (E) الوارد في الجدول رقم ٦ (Table 6).

ب) إذا كان في المنشأ عدم انتظام في المسقط من نوع (A) الوارد في الجدول رقم ٦ (Table 6) وذلك للمحورين الرئيسيين .

ج) أن يكون عمود ما في المنشأ جزء من نظامين متقاطعين مقاومين للقوى الأفقية .

استثناء : إذا كانت القوة المحورية Axial Load الناتجة عن قوى الزلازل في العمود والمؤثرة في أي من الاتجاهين أقل من ٢٠٪ من القوة المحورية المسموح بها للعمود .

٢) يتم أخذ التأثيرات العمودية بأن يتم تصميم العناصر على تحمل ١٠٠٪ من القوى الزلزالية بأحد الاتجاهات مضافاً إليها ٣٠٪ من القوى الزلزالية المؤثرة في الاتجاه العمودي للأول . ويتم الأخذ بالمجاميع Combinations التي تتطلب مقاومة أكبر .

٢ - ٣ - ١ - ٢ الأنظمة الإنشائية الهيكلية

أ - عام

يتم في هذه الاشتراطات أخذ أربعة أنواع عامة من المباني الهيكلية بعين الاعتبار والمشار إليها في البند (٢ - ٦ - ١) وهي موضحة في الجدول ٧ (Table 7) ويتم تقسيم كل نوع من هذه الأنواع الأربعة حسب العناصر الإنشائية العمودية التي يتم اعتمادها لتقاوم قوى الزلازل الجانبية وستعطي متطلبات هيكلية خاصة في هذا البند وفي البند رقم (٢-٣-٢) .

ب- متطلبات التفاصيل للأنظمة المركبة system Detailing Requirements for Combination

تزيد المتطلبات التفصيلية المقيدة اللازم تطبيقها كلما كانت المركبات الإنشائية مشتركة بين أنظمة إنشائية مختلفة

ج- الوصلات Connection

يجب للوصلات (الرابطة بين الأعمدة والكمرات) التي عليها أن تقاوم القوى الزلزالية المفروضة أن تصمم وأن يتم توضيح تفاصيلها على المخططات .

د - انسجام التغيير في الشكل Deformation Compatibility

كل العناصر الإنشائية والتي لا يطلب منها أن تكون جزء من النظام المقاوم للقوى الأفقية يجب أن تكون قادرة على حمل الأوزان الرأسية عندما تتراح بما يعادل (Rw/8٣) ضعف الإزاحة الناتجة عن الأحمال الأفقية .

كما يجب أن يؤخذ بعين الاعتبار لهذه العناصر الإنشائية تأثير الحمل - المزاح (P) - Effect) و يمكن في التصاميم التي تعتمد طريقة إجهاد الاستعمال Working Stress في الحسابات رفع الإجهاد المسموح به بضربه بالعدد (١,٧) .

هـ - الأربطة والاستمرارية Ties and Continuity

١) يجب أن تكون جميع أجزاء المنشأ متشابهة . وأن تكون الوصلات قادرة على نقل القوى الزلزالية إلى النظام المقاوم لها . وكحد أدنى فإنه يجب أن تربط جميع الأجزاء الصغيرة من المبنى بباقي المبنى بعناصر ذات مقاومة لا تقل عن (Z/3) من وزن هذه الأجزاء الصغيرة .

٢) يجب تزويد كل كمره أو جمالون (Truss) بوصلة لمقاومة القوة الأفقية والمؤثرة بشكل مواز للكمرة أو للجمالون بحيث لا تقل هذه القوة عن (Z/3) مضروبة بمجموع الحمل الميت والحمل الحي الخاص بكل منهما .

و- العناصر الخرسانية Concrete Elements

يجب تأمين العناصر المجمععة (Collector Elements) القادرة على نقل القوى الزلزالية المتشكلة في أجزاء المبنى إلى العناصر المقاومة لهذه القوى الزلزالية .

ز - الإطارات الخرسانية Concrete Frames

يجب على الإطارات الفراغية الخرسانية المصممة لكي تكون جزءا من النظام المقاوم للقوى الأفقية أن تحقق ما يلي :

١) لفئة الأداء الزلزالي (C) يجب أن يكون الإطار فراغيا استثنائيا مقاوم للعزوم (SMRSF)

٢) لفئة الأداء الزلزالي (B) يجب أن يكون الإطار كحد أدنى إطار فراغي متوسط المقاومة للعزوم (IMRSF) .

ح - تثبيت الجدران الخرسانية أو البلوك Anchorage of Concrete or Masonry Walls

يجب تثبيت الجدران الخرسانية أو جدران البلوك في الأرضيات والأسقف بحيث تشكل هذه المسطحات الركائز الأفقية لهذه الجدران ، ويجب أن يكون مباشر بين الجدران والأرضيات أو الأسقف بحيث يكون قادر على مقاومة القوى الأفقية الواردة في البند (٢-٢-٢) أو قوة تبلغ كحد أدنى (١,٥ كيلو نيوتن/م) بالمتر الطولي من الجدار، أيهما أكبر. يجب أن تصمم الجدران لتقاوم الانثناء بين المثبتات Anchors عندما يزيد البعد بين المثبتات عن (١,٢٥) متر . في حالة جدران البلوك المفرغ أو الجدران المجوفة فإنه يجب دفن المثبتات في عنصر إنشائي ملاطي مسلح في الجدران . ويجب أخذ تغيير شكل الأغشية الصلبة Diaphragm Deformations في الاعتبار عند تصميم الجدران .

ط - الأجزاء المحيطة Boundary Members

يجب أن تؤخذ الأجزاء المحيطة المفصلة بشكل خاص والمحكومة بالانثناء flexure governed by بعين الاعتبار لحوائط قوى القص وعناصر مقاومة القص .

ي - الأغشية الصلبة Diaphragms

يجب ألا يزيد التغيير في الشكل في مستوى الغشاء الصلب Diaphragm عن التغيير في الشكل المسموح به بالعناصر الملتحمة به . والتغيير في الشكل المسموح به هو ذلك الذي يسمح للعناصر الملتحمة باستمرار التكامل الإنشائي تحت تأثير الأحمال القائمة وأن تستمر هذه العناصر بدعم هذه الأحمال .

١ - قوى الأغشية الصلبة Diaphragm Forces

يجب أن تصمم أغشية الأرضيات والسطح لتقاوم القوى الناتجة حسب المعادلة التالية :

$$F_{px} = \left[\frac{F_t + \sum_{l=x}^n F_l}{\sum_{l=x}^n W_l} \right] W_{px}$$

• يجب ألا تتجاوز القوة (Fpx) قيمة (٠,٧٥ Z I Wpx) وألا تقل عن قيمة (٠,٣٥ Z I Wpx) .

· إذا كان على الغشاء الصلب (Diaphragm) أن ينقل قوى أفقية من عناصر نظام مقاوم رأسي يقع فوقه إلى عناصر مقاومة رأسية أخرى تقع أسفله (نظراً لاختلاف أماكن هذه العناصر أو تغير صلابتها (stiffness)) فإنه يجب إضافة هذه القوى المنقولة إلى القوى التي تم حسابها حسب المعادلة المذكورة أعلاه .

٢ - أربطة الأغشية الصلبة Diaphragm Ties

يجب أن تحتوي الأغشية الصلبة الداعمة للجدران الخرسانية أو البلوك على أربطة Ties مستمرة أو دعائم Struts بين أحزمة Chords الغشاء لتوزيع قوى التثبيت الواردة في فقرة ح. يمكن استعمال الأربطة Chords المضافة لتشكيل أغشية ثانوية لنقل قوى التثبيت المذكورة إلى الأربطة الرئيسية Main Cross Ties .

ك - البنية أسفل القاعدة Framing Below Base

يجب أن تكون القواعد قادرة على نقل قوى قص القاعدة التصميمي وقوى الانقلاب Overturning من المنشأ إلى التربة أسفله ويمكن أخذ الطبيعة الديناميكية للأحمال بعين الاعتبار في تعيين خواص التربة .

ل - ارتداد المباني Building Separations

يجب أن يكون هناك ارتداد بين كل منشأة والأخرى يكفي لتجنب ارتطامها عند اهتزازها بسبب الحركة الزلزالية ويجب أن يسمح هذا الارتداد بإزاحة Displacement مقدارها يساوي إزاحة قوى الزلازل التصميمية مضروباً بالمقدار $(Rw/6^3)$.

٢-٣-٢ الأنظمة الهيكلية Framing Systems

٢-٣-٢-٢ عام : تم تحديد متطلبات الهياكل الخرسانية وتفصيلها فقط. وتم تصنيف كل مبنى أو جزء منه في أحد الأنواع الأربعة العامة الواردة في الجدول رقم ٧ (Table 7) .

٢-٣-٢-٢ مشاركة بين الأنظمة الهيكلية Combination of Framing Systems

في حالة اشتراك عدد من الأنظمة الإنشائية في مبنى واحد فإنه يجب أن تتحقق المتطلبات التالية :
أ - يجب ألا تزيد قيمة Rw في أي اتجاه أو أي منسوب عن أقل قيمة لـ (Rw) حسب الجدول رقم ٧ الخاصة بالنظام الإنشائي المقاوم للزلازل في الاتجاه المنظور إليه أعلى ذلك المنسوب .
ب- إذا اشتركت أنظمة إنشائية ذات قيم (Rw) مختلفة بأحد مركباتها Components فإنه يلزم لها الالتزام بالتفاصيل المطلوبة للأنظمة ذات القيم الأعلى من المعامل (Rw) .

٢-٣-٢-٢ حدود الأنظمة الهيكلية Limitation on Framing Systems

أ - فئة الأداء الزلزالي (A) :
يمكن لأي نوع من أنظمة المباني الهيكلية المسموح بها في هذه الاشتراطات أن يستعمل في الأبنية من فئة (A)

ب - فئة الأداء الزلزالي (B) :

يجب أن تخضع المباني من فئة (B) للاشتراطات التالية :

١ - يجب أن يكون النظام المقاوم للزلازل في المنشآت التي يزيد ارتفاعها عن ٥٠ متر، واحد من الأنظمة التالية :

· نظام إطار فراغي متوسط مقاوم للعزوم (IMRSF) .

· نظام ثنائي (Dual System) .

· نظام بإطارات مسنودة (Braced Frames) أو حوائط قوى القص (Shear Walls) يتم صيها في الموقع وتكون هذه الإطارات والحوائط بحيث تقاوم ما لا يزيد عن ٣٣٪ من قوى الزلازل التصميمية بما فيها آثار عزوم اللي (Torsional) . يحدد هذا النظام ارتفاع المبنى بحيث لا يزيد عن (٧٣) م .

٢- الآثار المتبادلة (Interaction Effects) :

إذا كانت الإطارات الفراغية المقاومة للزلازل محاطة بعناصر أو مجاورة لعناصر أكثر صلابة منها وإذا لم يكن هذه العناصر جزءاً من النظام المقاوم للزلازل فإنه يتعين تصميم الإطارات بحيث لا يضعف انهيار هذه العناصر مقدرتها على مقاومة القوى الرأسية والزلزالية . كما يجب أن يأخذ التصميم بعين الاعتبار تأثير إزاحة الطوابق Storey Drifts على العناصر الصلبة المذكورة .

٣ - تطابق التغير في الشكل :

يجب تدقيق كل العناصر الإنشائية غير المشاركة في نظام مقاومة الزلازل بحيث تكون مقاومة للأحمال الرأسية والعزوم الحاصلة من إزاحة الطوابق التصميمية .

٤ - إذا كان استعمال إطار فراغي استثنائي مقاوم للعزوم (SMRSF) مطلوباً بالموصفات فإن هذا الإطار يجب أن يمتد حتى الأساسات . أما إذا تم استعماله ولم يكن مطلوباً بالموصفات فإنه يمكن تحميله (Supported) على نظام إنشائي أفسى (Rigid) قيمة معاملته (R_w) أقل من قيمة الإطار الاستثنائي .
ج - فئة الأداء الزلزالي (C) :

يجب أن تحقق الأنظمة الهيكلية للمباني الخاصة بالفئة (C) متطلبات الفئة (B) مضافاً إليها حدود ارتفاعات المباني المذكورة بالجدول رقم ٧ (Table 7) .

٣-٣-٢ متطلبات التصميم والتفصيل Design And Detailing Requirements

يجب أن يكون تصميم وتفصيل عناصر الإطار المقاوم للزلازل كالتالي :

٢-٣-٣-١ فئة الأداء الزلزالي (A) : تصمم المباني المصنفة على أنها من الفئة (A) حسب متطلبات المواصفات الأمريكية ACI 318 (M-89) مع عدم مراعاة الفصل (Chapter 21) .

٢-٣-٣-٢ فئة الأداء الزلزالي (B) : تصمم المباني المصنفة على أنها من الفئة (B) حسب متطلبات المواصفات الأمريكية (ACI-318M-89) مع مراعاة المتطلبات الواردة في القسم (Section 21.9) " متطلبات الإطارات في مناطق الخطر الزلزالي المتوسط " والبند رقم (٢-٣-١-٢) الوارد أعلاه .

٢-٣-٣-٣ فئة الأداء الزلزالي (C) : يجب أن يتطابق تصميم المباني المصنفة على أنها من الفئة (C) لجميع متطلبات المواصفات الأمريكية (ACI-318M-89) بما فيها الفصل (Chapter 21) .

٢-٤ الأساسات Foundations

٢-٤-١ عام

يجب أن يتطابق تصميم وتفصيل الأساسات وعناصرها وأماكن اتصالها مع المنشأ مع ما يرد في هذا القسم ومع متطلبات تطبيقية أخرى في توصيات فئات الأداء الزلزالي (C) و (B) .

٢-٤-٢ مقاومة التربة Soil Capacities

يجب أن تكفي طاقة حمل تربة التأسيس لمقاومة مجاميع الأحمال Load Combinations المتضمنة أحمال الزلازل ، بأن تكون الانفعالات Strains مقبولة مع الأخذ بعين الاعتبار التحميل السريع وخواص التربة الديناميكية . ويمكن زيادة إجهاد التربة المسموح به لأكثر من ٣٣٪ إذا ثبت ذلك بالاختبار .

٢-٤-٣ التقاء جسم المنشأ Superstructure بالأساسات

يجب أن يكون تصميم مكان التقاء عناصر المنشأ بالأساسات مناسب لنقل القوى التصميمية من هذه العناصر إلى الأساسات .

٢-٤-٤ طبقة التأسيس على التربة Foundation - soil Interface

يمكن إغفال القوة (F_t) في المباني الاعتيادية عند حساب مقاومة التربة لعزوم الانقلاب Overturning Moment .

٢-٤-٥ متطلبات خاصة للمنشآت حسب تبعيتها لفئات الأداء الزلزالي المختلفة

أ) منشآت تابعة لفئة الأداء الزلزالي (A)

يمكن تطبيق ما ورد في البنود (٢-٤-١) إلى (٢-٤-٤) على المنشآت المصنفة في فئة الأداء الزلزالي (A) .

ب) منشآت تابعة لفئات الكفاءة الزلزالية (B) و (C)

يجب للمنشآت المصنفة في فئة الأداء الزلزالي (B) و (C) أن تحقق اشتراطات فئة الأداء الزلزالي (A) وكذلك متطلبات الاختبارات الواردة في الفقرتين (٢-٤-٦) و (٢-٤-٥ - ج) .

ج) أبحاث Investigation

بالإضافة إلى تقييم التربة المطلوب في بند (٢-٤-١) و (٢-٤-٢) فإنه يجب عمل تقرير إضافي يتضمن نتائج أبحاث التربة الخاصة بالخطورة الكامنة في :

• عدم استقرار المنحدرات .

• التميع Liquefaction .

• تمزق سطح التربة بسبب التصدعات الحاصلة من الحركات الزلزالية .

٢ - ٤ - ٦ متطلبات خاصة للخوازيق Piles وغرف الضغط للعمل تحت الماء Caissons .

(أ) تصميم الحركات الزلزالية Design For Earthquake Motion

يجب تصميم الخوازيق وغرف الضغط على الانثناء إذا كان أعلى هذه العناصر سيتعرض للازاحه بسبب الحركات الزلزالية .

تطبق المعايير والمتطلبات التفصيلية لمثل هذه العناصر المشكلة من الخرسانة على طول يبلغ ١٢٠؟ من طول انثنائها .

(ب) تريبط القواعد Footing Interconnection

١ - يجب أن تريبط رؤس الخوازيق فيما بينها بدعائم رابطة أو بوسائل مشابهة مقبولة .

٢ - يجب أن تقاوم هذه الدعائم الرابطة قوعد شد وضغط لا تقل عن ١٠؟ من أكبر قاعدة أو عمود إلا إذا تم البرهان على تأمين ربط مشابه من وسائل ربط أخرى مقبولة .

٣ - ١ فواند عامة

٣ - ١ - ١ عام

تطرح الزلازل مشكلة هندسية فريدة من نوعها حيث تشكل الزلازل عالية الشدة عندما تحدث أقصى وأشد حمل يمكن أن يتعرض له أي منشأ ولكن الاحتمال أن يتعرض منشأ ما في فترة عمره الافتراضية إلى مثل هذا الزلزال تعتبر ضئيلة جداً . هذا هو السبب الذي يؤدي إلى أن تهدف مواصفات الزلازل إلى لتأمين مستوى أدنى من التصميم يسمح للمباني بالتالي :

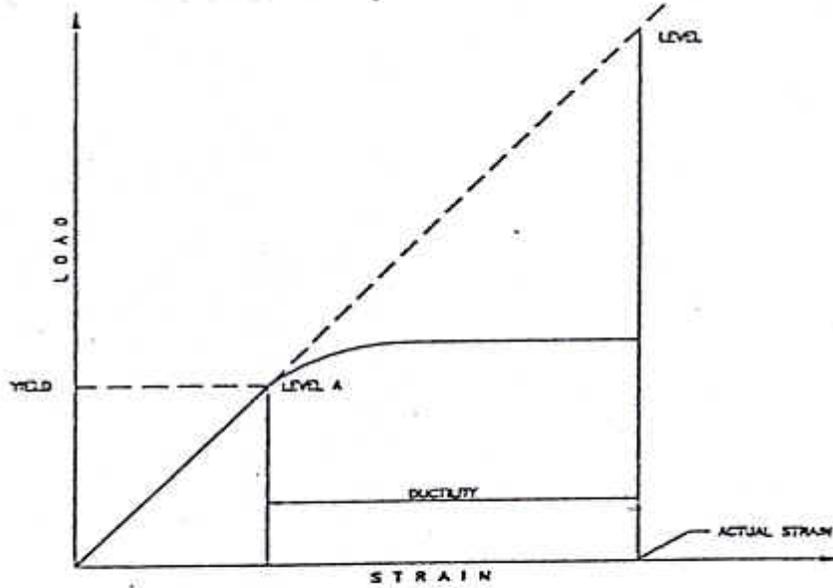
(١) مقاومة الزلازل الضعيفة بدون حدوث أضرار .

(٢) مقاومة الزلازل معتدلة الشدة بدون حصول أضرار إنشائية كبيرة ويسمح بحصول بعض الأضرار غير إنشائية .

(٣) مقاومة زلازل عالية الشدة بدون انهيار النظام الإنشائي ولكن يسمح بحصول تصدعات إنشائية قوية وغير إنشائية في المبنى .

٣ - ١ - ٢ اللدونة Ductility

يمكن لمبنى ما أن يتعرض لقوى أعلى بكثير من تلك التي صمم لها حسب المواصفات ، وتعزى سلامة المنشآت المعرضة لمثل هذه الظروف بشكل رئيسي لخاصية بمواد البناء تدعى اللدونة Ductility توجد هذه الخاصية في الفولاذ بشكل خاص حيث ينقطع بعد أن تحصل له استطالة كبيرة . أما الخرسانة فإنها تنكسر بسرعة وبأقل حد من الاستطالة والتشويه Distortion ولكن عندما يوضع فيها حديد التسليح فإنه يمنحها لدونة كبيرة يمتص التغير في الشكل والطاقة ويؤجل الانهيار الكامل للخرسانة المسلحة ، وبهذا فإنه يتم الاعتماد على خاصية اللدونة لامتناس الطاقة التدميرية ولمنع الانهيار في الحالات النادرة عندما تزيد قوى الزلازل عن تلك التي صمم لها المبنى . يشير الخط البياني للقوة والانفعال (شكل رقم ١) إلى متطلبات اللدونة فإذا كانت المادة المقاومة مرنة Elastic فيمكن أن تحمل حتى النقطة (B) ويكون ميل المستقيم هو المرونة Elasticity .



DEFINITION OF DUCTILITY

تعريف اللدونة

(شكل رقم ١)

أما إذا كان لدينا مادة لها نقطة خضوع على المنسوب (Level A) فإنها ستتصرف بشكل لدن Plastically بعد هذه النقطة كنتيجة لمقاومتها للأحمال عليها . في هذه الحالة سيكون مسار الخط البياني بعد هذه النقطة غير مستقيم . وتعتبر المسافة بين نقطة الخضوع (A) وتلك التي هي على منسوب (B) تعبيراً عن لدونة المنشأ .

٣ - ١ - الأنظمة المقاومة للزلازل

هناك ثلاثة عناصر تقاوم القوى الأفقية وهي حوائط قوى القص والإطارات المسندة والإطارات المقاومة للعزوم ، أما في المستوي الأفقي فإنه يتم استعمال الأغشية الصلبة (وتشكل غالباً من مستويات أرضيات وسطح المبنى) أو جملونات Trusses أفقية . الأغشية الصلبة موجودة دائماً ويمكن لها أن تركز على عناصر مثل الجدران أو إطارات Frames أو عليهما معاً . وعلى المصمم أن يختار عناصر الارتكاز الأفقي لأن هذا الخيار له أكبر الأثر في مقاومة قوى الزلازل وكذلك على التصميم المعماري وتكاليف المبنى .

٣ - ١ - ٤ الأغشية الصلبة Diaphragms

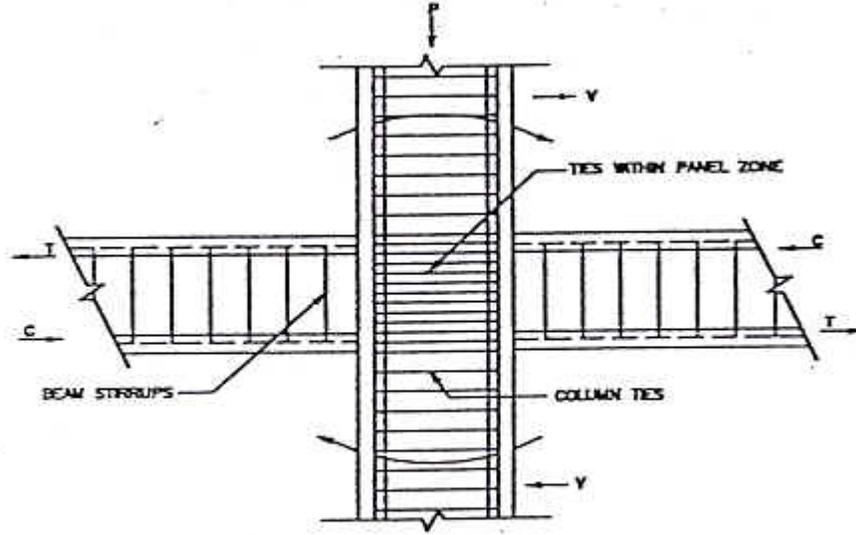
ينقل الغشاء الصلب القوى الأفقية إلى عناصر المقاومة الرأسية (مثل الإطارات أو حوائط قوى القص) ويتصرف كأنه كمر أفقية .

٣ - ١ - ٥ حوائط قوى القص Shear Walls

حوائط قوى القص هي جدران كابولية Cantilever رأسية مصممة لاستلام القوى الأفقية من الأغشية الصلبة ونقلها إلى الأرض وتسود في هذه الحوائط قوى القص . تدخل الحركة الأرضية الزلزالية في مبنى عادي يوجد في أطرافه حوائط قوى قص فيسبب تحرك أغشية أرضيات الأدوار الصلبة نشوء قوى عطالة يتم مقاومتها من حوائط قوى القص التي تصرف هذه القوى بدورها عائدة إلى قواعد المبنى .

٣ - ١ - ٦ إطارات مقاومة للعزوم

عندما يقاوم إطار مقاوم للعزوم القوى الأفقية الزلزالية فإن هذه المقاومة تتم عبر عزوم الانتشاء وقوى القص التي تنشأ في الأعمدة والكمرات الملتحمة مع بعضها بعقد Joints تقاطع قوية (انظر الشكل ٢).



(شكل رقم ٢)

تنشأ في هذه العقد إجهادات عالية ولهذا فإنه من المهم عمل تفاصيل (شكل رقم ٢) لتصميمها . تقوم استراتيجية الإطارات في المقاومة على امتصاص الطاقة (كملاذ أخير) بحيث يحصل لديها التغيير في الشكل Deformation دائم قبل حصول الانهيار النهائي . تعتبر الإطارات المسلحة بشكل جيد والتي تحتوي على كمية كبيرة من حديد التسليح فعالة كإطارات لدنة Ductile حيث تغير شكلها وتحقق بمقاومتها قبل الانهيار ولا تنهار بشكل هش Brittle .

٣ - ١ - مفهوم التغيير في الشكل Deformation المعكوس Reversal غير المرن Inelastic والتصميم اللدن Ductile .

يتم في مجال التصميم المقاوم للزلازل تقدير القوى التي ستؤثر على المنشآت ويتوقع أن تعادل قوى (العطالة) المؤثرة على المنشأ أثناء حصول زلزال عالي الشدة أضعاف القوة التي تم تصميمه عليها حسب المواصفات ، ولهذا سيرتفع مستوى إجهاد المبنى إلى أعلى من إجهاد الخضوع ويجب على المبنى أن يبقى ، وهو في هذه الحالة ، متماسكا وأن يكون التغيير في شكله Deflection مستقر على الرغم من أنه يزيد أضعافاً عن التغيير في شكله في مرحلة الخضوع . هذا يعني أنه لا يكفي أن يقاوم المبنى قوى معينة كحد أدنى إنما يجب دراسة كفاءته أثناء تحميله لأحمال كبيرة وأثناء حصول تغيرات كبيرة في شكله Deformations وهذه هي طاقة لدونته Ductility Capacity .

حتى يمكن تصميم عناصر خرسانية مسلحة قابلة لمقاومة تغييرات شكل كبيرة لدنة Inelastic معكوسة Reversal فإن المواصفات تتضمن عدد كبير من متطلبات مختلفة عن المتطلبات الواردة في التصميم العادي للخرسانة المسلحة ، وتتطلب هذه المواصفات أخذ الإجهادات الناشئة في مكان تقاطع الأعمدة مع الكمرات Panel Zone بعين الاعتبار حيث تنتقل الإجهادات عبر الانثناء Bending من عنصر إلى آخر . ويسبب هذا نشوء قوى قص عالية ضمن مكان التقاطع Panel Zone (انظر الشكل صفحة (٢٦)) ويجب وضع كانات Stirrups في هذا المكان لحمل هذه القوى . كما تفرض المواصفات وجود كميات من حديد التسليح السفلي والعلوي في الكمرات بشكل مستمر لمقاومة العزوم الموجبة والسالبة على كامل طول الكمرة . كما يطلب للخرسانة المسلحة اللدنة أن يتم تربيط حديدتها بشكل كامل وتزويدها بكانات كافية بحيث لا يحصل انبعاج لأسياخ الحديد المعرضة للضغط وحتى لا يحصل للكمرات انهيار بسبب القص . والمبدأ هو أن يحصل التدهور بأن يخضع Yield حديد التسليح بسبب السحب وألا يحصل تدهور بسبب إجهاد الضغط أو إجهاد القص . كما أنه من الضروري تقيد الخرسانة بالكانات لرفع مقاومتها .

٣ - ٢ دروس مستفادة من تأثير الزلازل على المباني

الاستنتاج العام من هذه الدروس هو أن المباني التي تم تصميمها حسب مواصفات جيدة وتم الإشراف على تنفيذها بشكل دقيق ولم يتجاوز الزلازل حدود زلزالية المنطقة تصبح التصدعات في هذه المباني جزءاً ضئيلاً من تلك التي تمت معاينتها على مبان لم تحقق أيًا من الشروط آنفة الذكر .

• تقاوم المباني المدروسة بشكل جيد والتي لها تفاصيل جيدة والمنفذة بشكل جيد قوى الزلازل بدون أن يحصل لها تدهور كبير .

• التنفيذ السيئ وعدم مراقبة الجودة قد يؤدي إلى تدهور كبير أو انهيار .

من أسباب الانهيار التي تم الكشف عليها في مواقع الانهيارات هي فواصل العمل السيئة أو عدم إحاطة حديد التسليح بالخرسانة أو نقص كانات في الأعمدة والجدران .

يمكن أن تسبب انهيار التربة أو تحركات التربة الكبيرة تدهوراً كبيراً وانهيار .

كانت كفاءة المباني ، المرابط قواعدها بشكل جيد ، عالية تجاه التحركات الناتجة عن التميع Liquefaction .

• عندما تتعرض المباني إلى زلازل متتابعة فإنها قد تتعرض إلى ضعف متدرج عندها يجب تحديد إقامة الناس فيها والدخول إليها ، كما يجب بناء دعامات وسنادات (bracing) مؤقتة من أجل السلامة العامة تمهيداً لترميمها .

في المباني التي تمت دراسة خواصها الديناميكية والتي يمكن خواص مقاومتها ولدونتها Ductility . من نقل العطالة إلى القواعد بشكل مريح كانت كفاءتها جيدة في الزلازل السابقة . وتكشف الزلازل على مناطق ضعف المبنى من حيث التصميم أو التنفيذ وتظهرها .

• تؤمن اللدونة والاستمرارية Redundancy السلامة من انهيار المباني بشكل فعال جداً .

• تحدث التصدعات الشديدة أو حتى الانهيارات في المباني أثناء الزلازل القوية عادة كنتيجة لانهيار عناصر محددة أو لانهيار عدد من العناصر ليس لها المقاومة أو اللدونة الكافيين . وتعتبر الوصلات بين العناصر الإنشائية من أكثر العناصر حرجاً .

• تؤثر العناصر الصلبة التي لم يتم أخذها بعين الاعتبار في التصميم على استجابة المبنى الديناميكية بشكل كبير . ويمكن في كل زلزال مشاهدة أمثلة للأثر السيئ لمثل هذه العناصر الصلبة (مثل جدران البلوك) على الهيكل الخرساني .

• يتكرر كثيراً الخطأ المتمثل في بناء جدران بلوك في الطوابق العليا وقد لا تبني مثل هذه الجدران في الدور الأرضي . هذا الوضع غير المقصود يزيد مقاومة وصلادة الطوابق العليا وتنتشأ مشكلة الطابق الأرضي الطري Soft Storey حيث يتركز بغير قصد امتصاص الطاقة الزلزالية وصرها على هذا الطابق وعناصره غير المصممة لها . في حين أن الطوابق الطرية مهددة بالضرر أكثر من غيرها .

• تسببت الجدران البلوكية التي لم تكن مبنية بارتفاع كامل بين الأعمدة في تصدعات شديدة وانهيارات .

• يشاهد بعد كل زلزال كبير أمثلة من التصدعات الحاصلة بسبب عدم الانتظام في تصميم المباني وتحصل تلك التصدعات بسبب تغير الصلادة Stiffness المفاجئ بين الطوابق المتجاورة ويكفي مثلاً عدم الاستمرار في حائط قوة قص واحد للتسبب في تصدعات كبيرة في المبنى .

• تتضمن تقارير الزلازل الإشارة إلى الأثر السيئ الذي يحدثه عدم الانتظام في المسقط الأفقي للمبنى حيث يتسبب ذلك في حدوث عزوم لي اهتزازية قد لا تكون أخذت بعين الاعتبار في التصميم .

• يمكن للمباني المتجاورة أن ترتطم مع بعضها عندما تتمايل بتأثير الزلازل إذا لم تكن مبنية متباعدة عن بعضها بشكل كاف ، وقد يكون الدمار كبيراً إذا لم تكن بلاطات الطوابق في المباني المتجاورة على منسوب واحد .

• إن من أهم أسباب الانهيارات في المصاعد هي أُنقال التوازن Counter Weights غير المقيدة ومشاكل الكابلات .

• تمت مشاهدة مشاكل إنشائية في بيوت الإدراج الداخلية أثناء الزلازل وهذه المشاكل تعيق عادة أو تعرقل ترحيل الناس من المبنى .

• تبين بالدليل الواضح أن أعمدة الزوايا في الإطارات المقاومة للزلازل هي أكثر تعرضاً للتدهور القوي من باقي الأعمدة .

• تشكل الدراوي Parapets وألواح الواجهة Exterior Panels غير المثبتة بشكل مناسب خطورة كبيرة على أرواح الناس .

• تعتبر الكفاءة الزلزالية للمنشآت المبنية من جدران بلوك حاملة غير مسلحة سيئة جداً .

- يجب أن تربط العناصر الإنشائية مسبقة الصب Pre-cast بشكل جيد .
- تعتبر الكفاءة الزلزالية للمباني الفولاذية عالية .

٣-٣ توصيات عامة

- ١ - الحرص على استمرار الحديد العلوي للكمرات والميدات في الأعمدة الداخلية وإنهاء هذا الحديد على شكل خطاف قياسي داخل الأعمدة الخارجية .
- ٢ - استمرار الحديد العلوي للبلطات والأعصاب عبر الكمرات المحيطة بها أو إنهاؤه بشكل متشابك مع هذه الكمرات .
- ٣ - العناية بتسليح القص في الكمرات والأعمدة في المناطق القريبة من اتصال الكمرات مع الأعمدة وكذلك في رقاب الأعمدة .
- ٤ - العناية بتصنيع وصب ومعالجة الخرسانة للحصول على الإجهادات المطلوبة في الدراسات ويستحسن استعمال الخرسانة التي لا يقل إجهاد كسرهما بعد ٢٨ يوماً عن ٢٥٠ كغ/سم^٢ .
- ٥ - تجنب نحافة الأعمدة بصفة عامة حيث جرت العادة أن يكون عرض العمود ١٥سم أو ٢٠سم بارتفاع ٣م ويفضل قطاع العمود المربع .
- ٦ - شبك دروة السطح مع العناصر الإنشائية للمبنى (امتداد الأعمدة ، طبانة إلخ ...) .
- ٧ - العناية بالدراسات الإنشائية وتفصيلها وكذلك بالتنفيذ والإشراف ومراقبة جودة المواد .
- ٨ - عدم استعمال المنشآت إلا لما صممت له .
- ٩ - عدم تحميل الهيكل الإنشائي أثناء التنفيذ بأحمال أكبر من الأحمال التصميمية .
- ١٠ - الأخذ في الاعتبار مقدار الزيادة في قوى الزلازل بسبب التربة وفي حالة التأسيس على منطقة ردم فلا بد من تحقيق كفاءة دمك عالية .

المرجع

د/ محمد شاذلي الحداد و د. غلام حسين صديقي و د. راجح الزيد و د. عبد الرحيم عرفه و د. ألتان نيسيوكلو و د. نيازي توركيلى "إعداد قواعد أولية لتصميم المباني لمقاومة الزلازل في المملكة" مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية (١٩٩٢م) .

Reference

.Al-Hadad ,M.S, Dr. G. H. Siddiqi, Dr. R. Z. Al-Zaid, Dr. A. M. Arafah, Dr. A Necioglu, and Dr. N. Turkelli. " A Study Leading To Preliminary Seismic Design 'Criteria For The Kingdom " King Abdul aziz city for science and technology .١٩٩٨

الجدول

Z ،Table 1. Seismic Zone Number (SZN) and Seismic Zone Factor

SZN	0	1	2A	2B
Z	0.05	0.075	0.15	0.20

Table 2. Occupancy Category

Occupancy Type or Function of Structure	Category Description	Occupancy Designation
Hospitals and other medical facilities having surgery, and emergency treatment areasFire and police stations.Tanks or other structures containing	Essential	ES

housing, or supporting water or other fire-suppression materials or equipment required for the protection of essential or hazardous facilities, or special occupancy structures. Emergency vehicle and equipment shelters and garages. Structures and equipment in emergency preparedness centers. Stand-by power generating equipment for essential facilities. Structures and equipment in communication centers and other facilities required for emergency response. Structures housing, supporting or containing sufficient quantities of toxic or explosive substances to be dangerous to the safety of the general public if released.		I = 1.25
Mosques Covered structures whose primary occupancy is public assembly capacity more than 300 persons. Buildings for schools (through secondary) or daycare centers capacity more than 250 students. Building for colleges or adults education schools capacity more than 500 students. Medical facilities with 50 or more resident incapacitated patients, but not included above. Jails and detention facilities. All structures with occupancy more than 5000 persons. Structures and equipment in power generating stations and other public utility facilities not included above, and required for continued operation.	Special	SPI = 1.1
All structures having occupancies or function not listed above.	Standard	ST I = 1.0

Table 3. Seismic Performance Category

Occupancy Category			Seismic Zone number (SZN)
Standard ST	Special SP	Essential ES	
B	C	C	2B
A	B	B	2A
A	A	B	1
No seismic requirement on the structures in this zone			0

Table 4. Site Profile and Site Factor , S

Description	Profile	Profile Type
1.0	A soil profile with either:(a) A rock-like material characterized by a shear-wave velocity greater than 760 m/s or by other suitable means of classification, or (b) Stiff or dense soil conditions where the soil depth is less than 60 m.	S1
1.2	A profile with dense or stiff soil conditions, where the soil depth exceeds 60 m or more.	S2
1.5	A soil profile 12 m or more in depth and containing more than 6m of soft to medium stiff clay but not more than 12m of soft clay.	S3
2.0	A soil profile containing more than 12m of soft clay.	S4

Table 5. Vertical Structural Irregularities

Reference section	Irregularity Definition	Type
2-1-72-1-10 (*)	Stiffness irregularity-soft story A soft story is one in which the lateral stiffness is less than 70 percent of that in the story immediately above or less than 40 percent of the combined stiffness of the three stories above.	A
2-1-72-1-10 (*)	Weight (mass) Irregularity Mass irregularity shall be considered to exist	B

	where the effective mass of any story is more than 150 percent of the effective mass of an adjacent story. A roof, which is lighter than the floor below, need not be considered a mass irregularity.	
2-1-72-1-82-1-10 (*)	Vertical Geometric Irregularity Vertical geometric irregularity shall be considered to exist where the horizontal dimension of the lateral force resisting system in any story is more than 130 percent of that in an adjacent story. One story penthouse need not be considered.	C
2-1-9-5 d	In- plane Discontinuity in Vertical Lateral Force Resisting Element. An in-plane offset of the lateral load resisting elements greater than the length of those elements.	D
2-1-8 a	Discontinuity in Capacity - weak Story A weak story is one in which the story strength is less than 80 percent of that in the story above. The story strength is the total strength of all seismic resisting elements sharing the story shear for the direction under consideration.	E

Dynamic Lateral Load procedure shall be used (*)

Table 6. Plan Structural Irregularities

Reference section	Irregularity Definition	Type
2-1-9-5 d 2-3-1-1 c 2-3-1-2 g	Torsional irregularity, to be considered when diaphragms are not flexible Torsional irregularity shall be considered to exist when the maximum story drift, computed including accidental torsion, at one end of the structure transverse to an axis is more than 1.2 times the	A

	average of the story drifts of the two ends of the structure.	
	Reentrant corners Plan configurations of a structure and its lateral force resisting system contain reentrant corners, where both projections of the structure beyond a reentrant corner are greater than fifteen percent of the plan dimension of the structure in the given direction.	B
	Diaphragm Discontinuity Diaphragms with abrupt discontinuities or Variations in stiffness, including those having cutout or open areas greater than fifty percent of the gross enclosed area of the diaphragms	C
2-1-9-5 d	Out-of-plane offsets Discontinuities in a lateral force path, such as out-of-plane offsets of the vertical elements.	D
2-3-1-1 c	Nonparallel systems The vertical lateral load resisting elements are neither parallel to nor symmetric about the major orthogonal axes of the lateral force resisting system.	E

Table 7. Structural System, R_w and Height Limits

^{2,7} H meters	R_w^5	Lateral Load Resisting System Description	BSS1
N.L. 4N.L.	8 8 5 6 2	ResistingFrame 1- Special Moment Resisting Space Frames (SMRSF) steel Reinforced Concrete 2- Concrete Intermediate Moment Resisting Frames (IMRSF) 3- Ordinary Moment Resisting Space Frames steel 6 Reinforced Concrete 3	A. Moment
75	8	FrameSystem	B. Building

75 60 50	6 4 6	1- Steel Eccentric Braced frame (EBF) 2- Shear walls Reinforced Concrete Reinforced Masonry 3-Steel Concentric Braced Frames	
N.L 160 N.L. NL 50	8 5 8 8 6	1- Shear walls concrete with SMRSF concrete with IMRSF 2- Steel EBF with steel SMRSF 3- Concrete Braced Frames steel with steel SMRSF steel with concrete SMRSF	C. Dual System
50 35	4 3	1- Shear walls Reinforced Concrete Reinforced Masonry	D. Bearing wall System
	3 3	Inverted Pendulum Structures Tanks, Vessels, Trussed Towers	E. Undefined System

: Notes

- .BSS = Basic Structural Systems (1)
- applicable to Seismic Performance Category C H = Height Limit (2)
- Performance Category C and B Prohibited in seismic (3)
- N.L = No limit (4)
- b) for combination of Structural System See section (2-3-2-2 (5)
- category C Prohibited in Seismic performance (6)
- performance See section (2-3-2-3 b) for height limitations in seismic (7)
- .Category B

Items Table 8. Horizontal Force Factor Cp Applicable to Rigid

Note	Cp	Element of Structures and Non-Structural Components
(1)	2.00 0.75 0.75 0.75 0.75 0.75 — 2.00	I. part or portion of structure 1. Walls, including the following a. Unbraced (cantilevered) parapets b. Other exterior walls above the ground floor c. All interior bearing and nonbearing walls and partitions d. Masonry or concrete fences over 6 feet high 2. Penthouses (except where framed by an extension of the building frame)
(2),(3),(4)(3),(5)	2.00 0.75 2.00 0.75	3. Connections for prefabricated structural elements other than walls, with force applied at center of gravity 4. Diaphragms II. Non-structural

	0.75 components
0.75	1. Exterior and interior ornamentation's
0.75	and appendages
0.75	2. Chimneys, stacks, trussed towers, and
0.75	tanks on legs a) Supported on or
	projecting as an un-braced cantilever
	above the roof more than one-half its
	total height b) All others, including those
	supported below the roof with un-braced
	projection above the roof less than one-
	half its height, or braced or guyed to the
	structural frame at or above its center of
	mass
	3. Signs and billboards
	4. Mechanical, plumbing, and electrical
	equipment and machinery and associated
	pipng
	5. Tanks and vessels (plus contents)
	including support system and anchorage
	6. Storage racks (includes contents)
	7. Anchorage for permanent floor-
	supported cabinets and book stacks more
	than 1.5 meter in height (includes
	contents)
	8. Anchorage for suspended ceilings and
	light fixtures
	9. Access floor systems

:Notes

to such items as Equipment and machinery shall include but not be limited (١)
units, cooling boilers, heat exchangers, chillers, pumps, motors, air-handling
equipment. It towers, transformers switch gear control panels, and life safety
conduit, cable shall include sprinkler systems, other major piping, and ducting
trays, etc. serving such equipment and machinery
weight shall include all light fixtures and other equipment or partitions, Ceiling (٢)
are laterally, supported by the ceiling. For purposes of determining the which
seismic force, a ceiling weight of not less than 0.2 kpa shall be used lateral
Applies for seismic zones 2A and 2B (٣)
plaster or gypsum board screw or nail Ceiling constructed of lath and (٤)
a ceiling in a single plane attached to suspended members that support
provided the walls are not over extending from wall to wall need not be analyzed
15 m apart
shall be the dead load of the access floor system Wp for access floor system (٥)
load plus a 0.5-kpa-partition load allowance plus 25% of the floor live

!Error

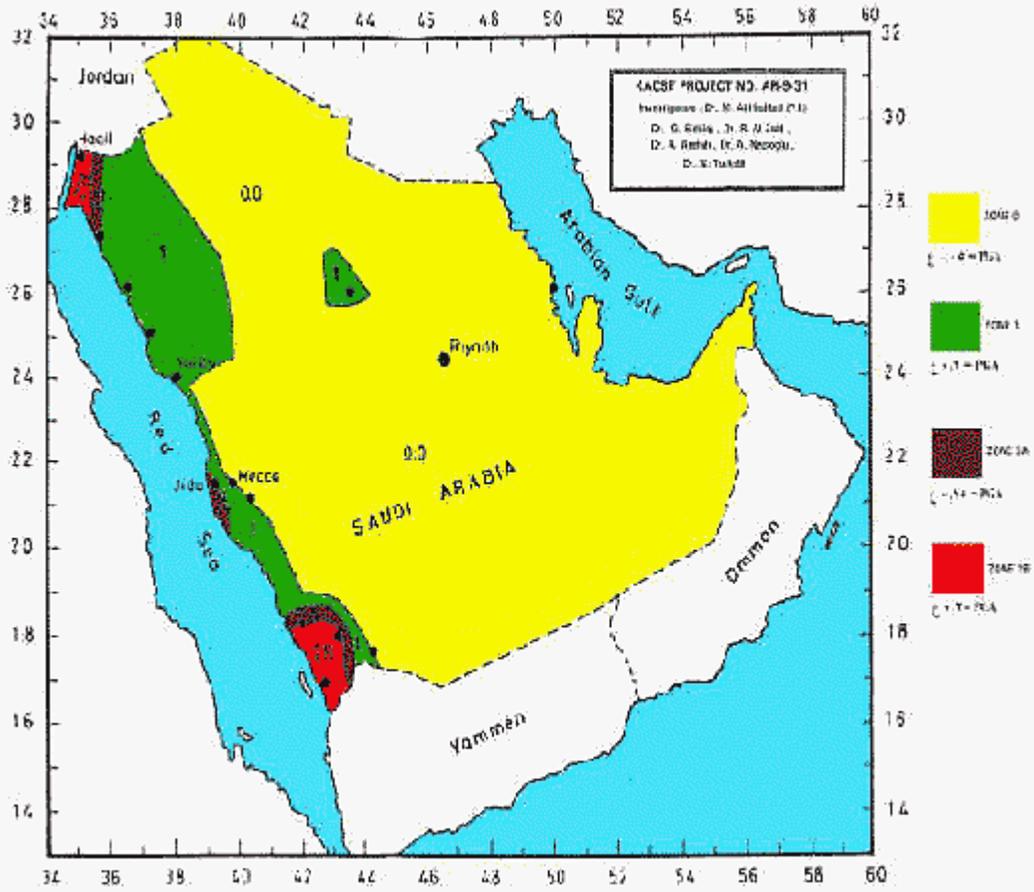
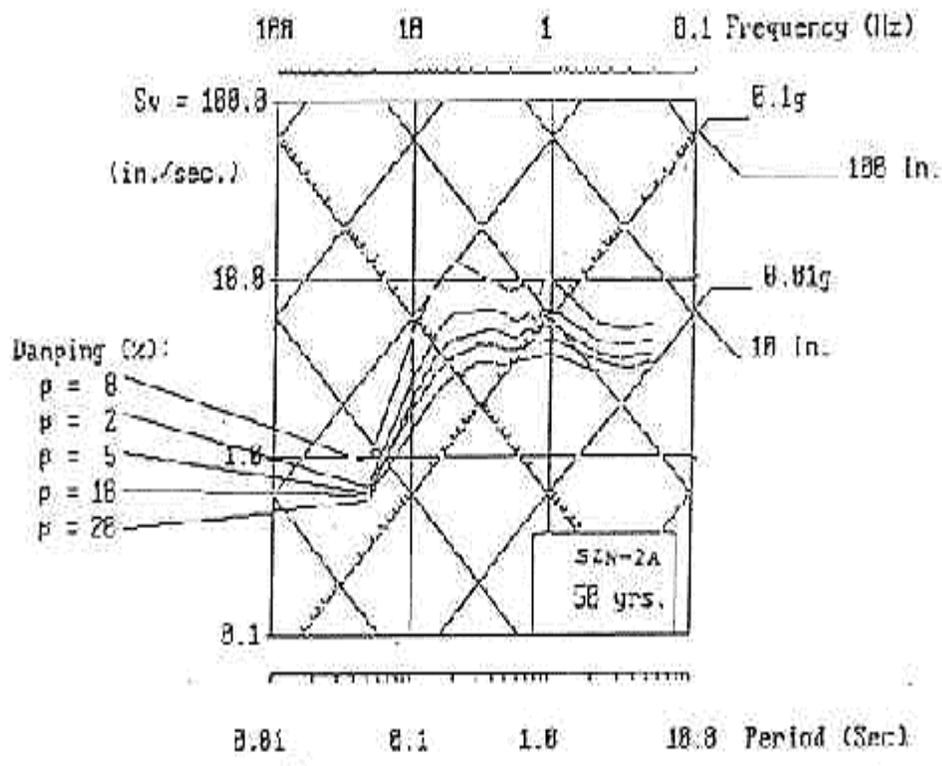


Fig. 1 : Seismic Zonation Map

شكل رقم (١) الخريطة الزلزالية بالمملكة

ع - محطة الجردية الأحمدة
PISA = دورة محطة الأحمدة

!Error

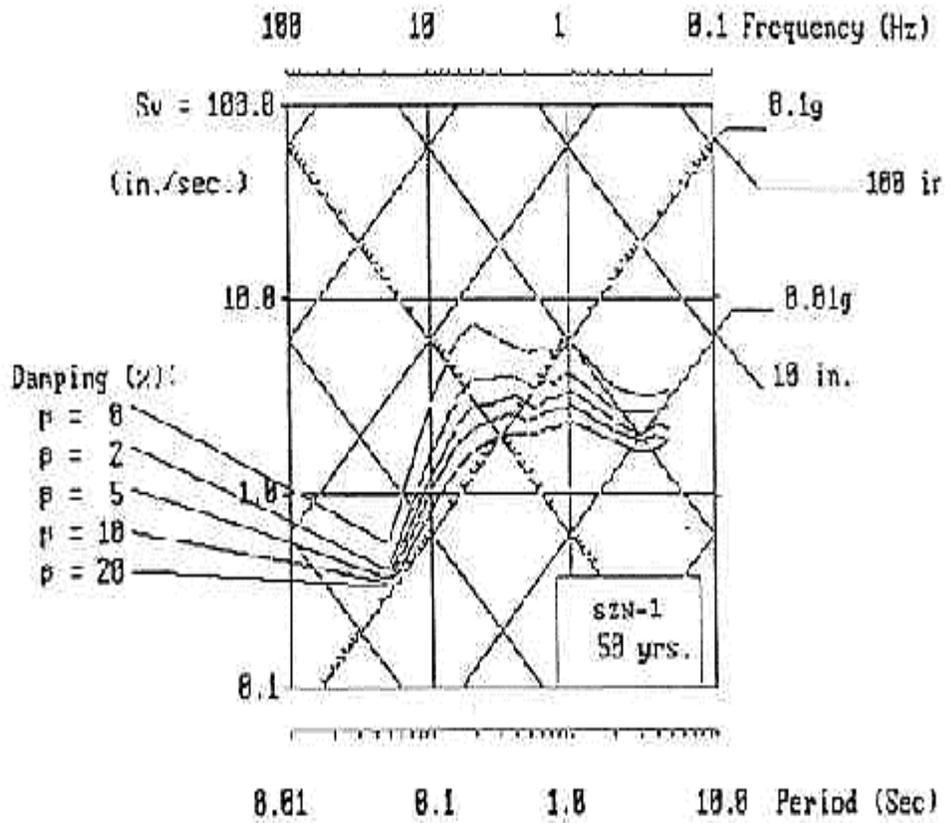


PROB. of EXCEED.: .10 Design Response Spectrum Soil class: 1

Fig. 3 Response Spectrum for a Site in Zone 2A for Probability of Exceeding of 10% in 50 years .

شكل رقم (٣) طيف الاستجابة لموقع بالمنطقة رقم (2A) لاستعمال تجاوز ١٠ ٪ خلال ٥٠ عام

Error

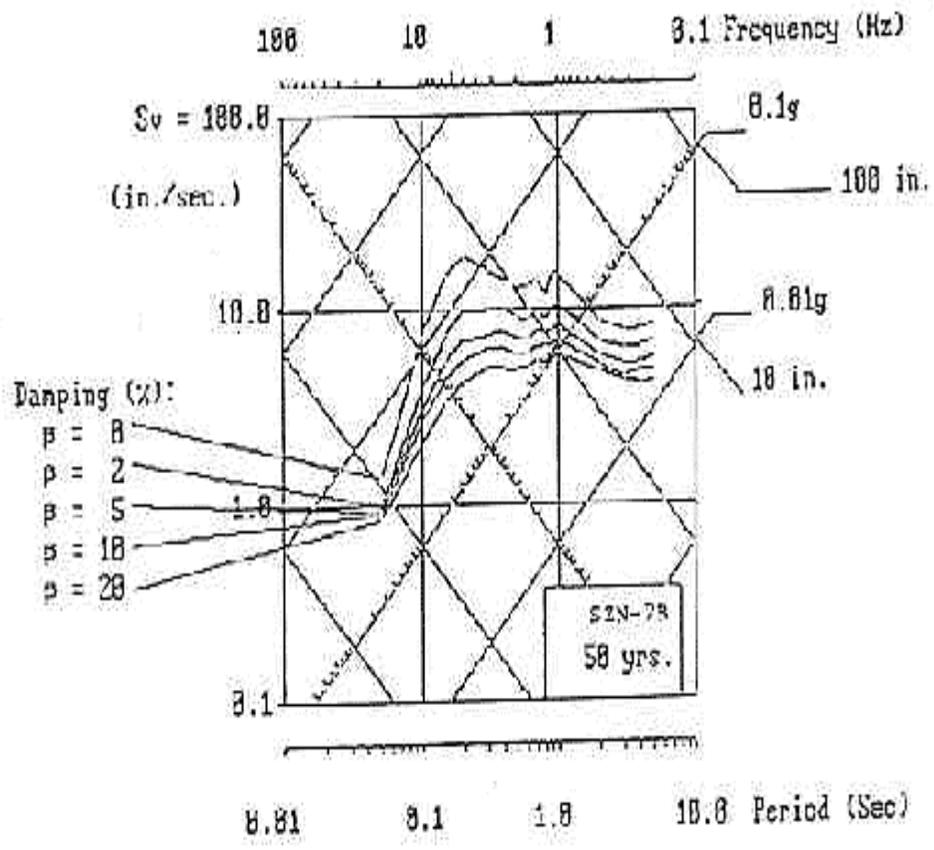


PROB. of EXCEED.: .10 Design Response Spectrum Soil class: 1

Fig. 2 Response Spectrum for a Site in Zone 1 for Probability of Exceeding of 10% in 50 years .

شكل رقم (٢) طيف الإستجابة لزلزال بالمنطقة رقم (١) لاحتمال تجاوز ١٠ ٪ خلال ٥٠ عام

!Error



PROB. of EXCEED.: .10 Design Response Spectrum Soil class: 1

Fig. 4 Response Spectrum for a Site in Zone 2B for Probability of Exceeding of 10% in 50 years.

شکل رقم (4) طيف الاستجابة لرفع بالمنطقة رقم (2B) لاحتمال تجاوز 10٪ خلال 50 عام

!Error

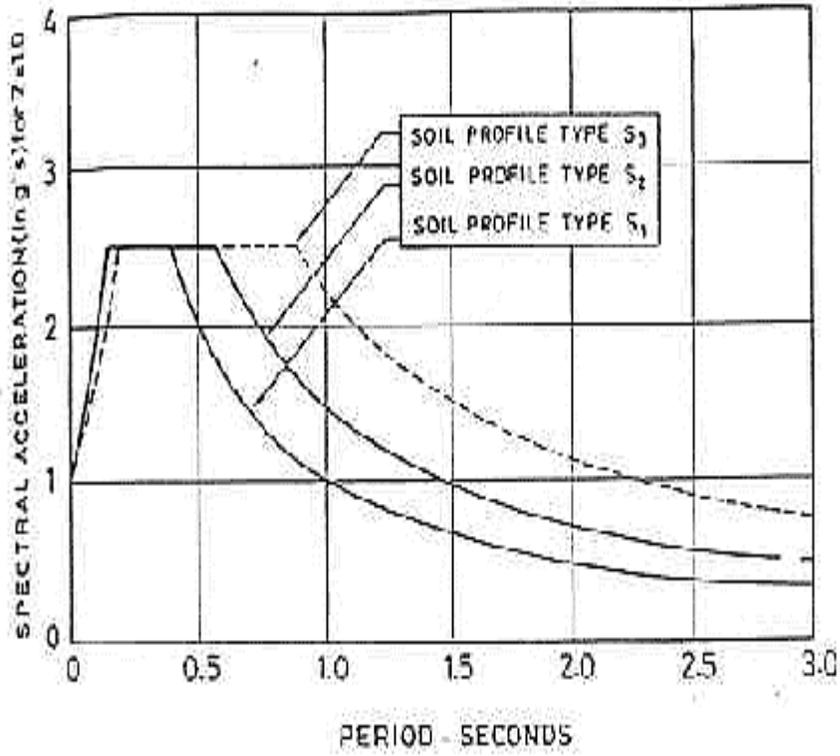


Fig. 5 : Response Spectra Normalized for $Z=1.0$ For 5% Damping.

شكل رقم (٥) طيف الإستجابة الطبيعي لـ (Z) = ١ .٠ تجاوز و ٥ % تهدم