الباب الثاني

التحليل والتصميم لمقاومة أحمال الزلازل وتأثيراتها

البـــاب الثانـــي

التحليل والتصميم لمقاومة أحمال الزلازل وتأثيراتها

يتضـــمّن هـــذا الباب الشروط المتعلقة بحساب القوى الزلزالية التصميمية وتأثيراتها على المنشآت الخرســـانية والفولاذيـــة، ومعـــايير التصميم لمقاومة الإزاحات الجانبية، مع أخذ الخطورة الزلزالية لـــلموقع، والخصـــائص الديناميـــة للمنشأ، وتوزيع قوى الزلازل رأسياً وأفقياً، ومتطلبات تصميم العناصر والأجزاء الإنشائية وغير الإنشائية بعين الاعتبار، سواءً للمباني أو للمنشآت الخاصة من غير المباني.

٢/١ التعريفات والمصطلحات

٢/١/١ الإزاحة الجانبية (Drift):

هي إزاحة المنشأ الجانبية أو جزء منه الناتجة عن تأثير القوى الجانبية.

٢/١/٢ الإزاحة الجانبية الطابقية (Story Drift):

هي الإزاحة الجانبية لطابق أو مستوى ما نسبة للمستوى الواقع تحته أو فوقه مباشرة.

٢/١/٣ التأثيرات المتعامدة (Orthogonal Effects):

هي تأثيرات أحمال الحركات الأرضية على العناصر الإنشائية المشتركة بين أنظمة مقاومة القوى الجانبية على امتداد محورين متعامدين.

٢/١/٤ تأثير الحمل-الإزاحة (P-Δ Effect):

هو التأثير الإضافي على جميع القوى والعزوم في المنشأ أو أعضاء الهيكل والناتج عن الأحمال الرأسية المؤثرة على نظام المبنى المُزاح جانبياً.

٢/١/٥ التجاوب النسقي (Modal Response):

هو التجاوب الديناميي للمنشأ المُعبّر عنه بقيم أنساق الاهتزاز المقابلة للفترات النسقية (Modal Periods).

٢/١/٦ التحليل النسقي للاهتزاز (Modal Analysis):

هو التحليل الديناميي الذي يعتمد عدداً معيناً من أنساق الاهتزاز.

٢/١/٧ الجائز (Beam/Girder):

هو ذلك العضو الممتد أفقياً في الهيكل.

٢/١/٨ جدار القص (Shear Wall):

هو جدار مُصمّم لمقاومة تجميعات من قوى القص وعزوم الانحناء والقوى المحورية الناشئة عن حركات الزلزال (ويُطلق عليه أحياناً اسم الحجاب الرأسي أو الجدار الإنشائي)، ويُعتبر عضو تكتيف في المنشأ.

٢/١/٩ جدار القص الخاص (Special Shear Wall):

هو جدار إنشائي من الخرسانة المسلّحة المصبوبة في الموقع مُصمّم وفقاً لمتطلبات المادتين (٣/٣) و(٨/٣) بالإضافة إلى متطلبات تصميم جدار القص العادي.

٢/١/١٠ جدار القص الخاص سابق الصب (Special Precast Shear Wall):

هو جدار انشائي من الخرسانة المسلّحة سابقة الصب مُصمّم وفقاً لمتطلبات المادتين (٣/٣) و(٩/٣) بالإضافة إلى متطلبات تصميم جدار القص العادي.

٢/١/١١ جدار القص العادي (Ordinary Shear Wall):

هو جدار إنشائي من الخرسانة المسلّحة مُصمّم وفقاً لمتطلبات التصميم الواردة في كودة الخرسانة العادية والمسلّحة.

٢/١/١٢ جدار القص المتوسط سابق الصب (Intermediate Precast Shear Wall):

هو جدار انشائي من الخرسانة المسلّحة سابقة الصب مُصمّم وفقاً لمتطلبات المادتين (٣/٣) و(١٤/٣) بالإضافة إلى متطلبات تصميم جدار القص العادي.

٢/١/١٣ الجزء (Component):

هو جزء أو عنصر من نظام معماري أو كهربائي أو ميكانيكي أو إنشائي، ويُعتبر هذا الجزء ليّناً إذا كانت فترته الأساسية مع مرابطه تزيد عن (0.01) ثانية، وبخلاف ذلك فهو جزء جاسئ.

٢/١/١٤ الحجاب (Diaphragm):

هو نظام أفقي أو شبه أفقي يعمل على نقل القوى الجانبية إلى عناصر المقاومة الرأسية، ويشمل هذا المصطلح أنظمة التكتيف الأفقية.

٢/١/١٥ الحركة الأرضية الأساسية التصميمية (Design Basis Ground Motion):

هي الحركة الأرضية التي تبلغ احتمالية تجاوزها (10) بالمائة في مدة (50) سنة ويتم تحديدها من خلال تحليل الخطورة للموقع المعني أو من خلال خريطة الخطورة الزلزالية. ويمكن استخدام مجموعة من السجلات الزمنية للحركة الأرضية ذات الخصائص الدينامية الممثلة لخصائص الموقع المعني للتعبير عن الحركة الأرضية الأساسية التصميمية. هذا، ويعبّر طيف التجاوب التصميمي (Design Response Spectrum) عن التأثيرات الدينامية للحركة الأرضية الأساسية التصميمية.

٢/١/١٦ دعامة الحجاب (Diaphragm Strut: Drag Strut, Tie, Collector):

هـــي عنصر في الحجاب يستخدم حول الفتحات أو بشكل موازٍ للحمل المُطبّق، يجمع قوى القص المؤثرة على الحجاب وينقلها إلى عناصر المقاومة الرأسية، أو يُوزّع الأحمال ضمن الحجاب، وتكون الإجهادات المؤثرة عليه إما إجهادات شد أو إجهادات ضغط.

٢/١/١٧ السجل الزمني للتسارع (Acceleration Time-History Record):

هو المنحنى الدال على تسارع الحركة الأرضية بدلالة الزمن عند حدوث الزلزال، ويمكن الحصول عليه من جهاز قياس التسارع (Accelerometer).

٢/١/١٨ السلوك المطيلي (Ductile Behavior):

هو سلوك العنصر أو المنشأ المتّصف بقدرته على التكيّف مع إزاحات وتشوّهات متعاكسة تتخطى حد المرونة تحت تأثير الأحمال الترددية، عن طريق تكـــوين مفاصل لدنة (Plastic Hinges) لا يصاحبها انخفاض ملموس في المقاومة أو في سعة تبديد الطاقة.

٢/١/١٩ الطابق (Story):

هو الفراغ بين منسوب بلاطتين متتاليتين، والطابق (x) هو الطابق الذي يأتي أسفل المستوى (x).

٢/١/٢٠ الطابق الرخو (Soft Story):

هو الطابق الذي تقل صلابته الجانبية (Lateral Stiffness) عن (70) بالمائة من صلابة الطابق الذي يعلوه مباشرة أو تقل صلابته عن (80) بالمائة من معدل صلابة الطوابق الثلاثة التي تعلوه.

٢/١/٢١ الطابق الضعيف (Weak Story):

هو الطابق الذي تقل مقاومته عن (80) بالمائة من مقاومة الطابق الذي يعلوه مباشرة.

٢/١/٢٢ طريقة التجميع التربيعي التام
(Complete Quadratic Combination Method (CQC)):

هي طريقة لتقييم التجاوب الأقصى المحتمل للمنشأ بأخذ التجميع التربيعي التام لقيم التجاوب النسقي.

٢/١/٢٣ طريقة الجذر التربيعي لمجموع المربعات
(Square Root of Sum of Squares Method (SRSS)):

هي طريقة لتقدير التجاوب الأقصى المحتمل للمنشأ بأخذ الجذر التربيعي لمجموع مربعات قيم التجاوب النسقي.

٢/١/٢٤ طيف التجاوب التصميمي (Design Response Spectrum):

هو طيف التجاوب المرن بنسبة تخميد تبلغ (5) بالمائة، يعبّر عن التأثيرات الدينامية للحركة الأرضية الأساسية التصميمية، ويُستخدم لتصميم المنشآت.

٢/١/٢٥ عنصر التكتيف (Bracing Element):

هو كل جزء من المنشأ صمم لمقاومة القوى الأفقية المنتقلة عبره نتيجة تطبيق قوى جانبية على المنشأ، مثل جدران القص وعناصر الجملونات المستخدمة أنظمة تكتيف.

٢/١/٢٦ عنصر الربط (Tie Element):

هو عنصر يخدم في نقل قوى العطالة (Inertia Forces) ومنع انفصال أجزاء المنشأ مثل القواعد أو الجدران.

٢٧/١/٢ العنصر الطرفي (Boundary Element):

هـــو عبارة عن عنصر طرفي عند حواف الفتحات أو محيط جدران القص أو الحُجب (Diaphragms).

٢٨/١/٢ العنصر/النظام الليّن (Flexible Element/System):

هـــو العنصـــر أو النظام الذي تكون تشوّهاته الناتجة عن القوى الجانبية أكبر بكثير من تشوّهات الأجزاء الأخرى المجاورة له ضمن النظام.

٢٩/١/٢ الفترة الأساسية للاهتزاز المرن (Elastic Fundamental Period of Vibration):

هي أكبر فترة طبيعية للاهتزاز المرن للمنشأ في الاتجاه المأخوذ بالاعتبار، ويقابلها النسق الأساسي للاهتزاز.

٣٠/١/٢ قاعدة المنشأ (Base):

هـــي المســـتوى الذي يرتكز عليه المنشأ بوصفه جسماً قابلاً للاهتزاز الديناميي، أو هو ذلك المنسوب الذي تنتقل عنده الحركات الأرضية إلى المنشأ، ولا يلزم أن يتطابق هذا المنسوب مع مستوى الأرض أو مستوى التأسيس.

٣١/١/٢ القص الطابقي (V_x ,Story Shear):

هو قوة القص الناتجة عن مجموع القوى الجانبية التصميمية فوق الطابق المعني.

٣٢/١/٢ القص القاعدي (V ,Base Shear):

هو قوة القص أو القوة الجانبية التصميمية الكليّة عند قاعدة المنشأ.

٣٣/١/٢ القوة الزلزالية التصميمية (Design Seismic Force):

هي الحد الأدنى للمقاومة التصميمية الكليّة للقص القاعدي المعومل بعامل الأحمال.

٣٤/١/٢ متغيّرات التجاوب المرن (Elastic Response Parameters):

هـــي قـــوى وتشوّهات (Deformations) تُحدّد بتحليل ديناميي مرن باستخدام تمثيل لحركة أرضية غير مُخفّضة وفقاً لمتطلبات المادة (٢/٥).

٢/١/٣٥ المجمّع (Collector):

هـــو عضو أو عنصر لنقل القوى الجانبية من جزء من المنشأ (كالحجاب) إلى العناصر الرأسية في نظام مقاومة القوى الجانبية.

٢/١/٣٦ المرافق المهمّة (Essential Facilities):

هـــي تلك المنشآت الضرورية لأغراض عمليات الطوارئ التي تتبع الكوارث الطبيعية، وكما ورد في الجدول (٢-٥).

٢/١/٣٧ مركز الجساءة (Center of Rigidity):

هو النقطة التي إذا مرت بها محصلة القوى الأفقية عند أي منسوب لا تحدث عزم ليّ يؤثر على المنشأ.

٢/١/٣٨ المفصل اللّدن (Plastic Hinge):

هو ذلك الجزء من العضو الإنشائي الذي يسمح بالدوران اللدن بعد الوصول إلى قيمة عزم انحنائه اللدن دون حدوث انخفاض كبير فيها.

٢/١/٣٩ المقاومة (Strength):

هي قدرة عنصر أو عضو أو وصلة ما لمقاومة حمل معومل.

٢/١/٤٠ المقاومة الزائدة (Overstrength):

هي ميزة للمنشآت، حيث تكون المقاومة الحقيقية أعلى من المقاومة التصميمية اعتماداً على النظام الإنشائي والمواد المُستخدمة فيه.

٢/١/٤١ المنشأ (Structure):

هو تجميع لأعضاء إنشائية مُصمّمة لحمل أحمال الجاذبية ولمقاومة القوى الجانبية، ويمكن تصنيف المنشآت على أنها منشآت مبانٍ (Building Structures) أو منشآت خاصة (غير المباني) (Non-Building Structures).

٢/١/٤٢ نسبة الإزاحة الجانبية الطابقية (Story Drift Ratio):

هي ناتج قسمة الإزاحة الجانبية الطابقية على ارتفاع الطابق.

٢/١/٤٣ نسق الاهتزاز (Mode of Vibration):

هو الخط البياني الذي يمثل مدى اهتزاز المنشأ عند فترة اهتزاز نسقية ما.

٢/١/٤٤ نظام تثبيت الجدران (Wall Anchorage System):

هو نظام عناصر تثبيت الجدار بالحجاب، إلى جانب العناصر اللازمة ضمن الحجاب لنقل قوى التثبيت، بما فيها أجزاء الحجب (Sub Diaphragms) والروابط المستمرة (Continuous Ties)، وكما ورد في البند (٢/٧/٥).

٢/١/٤٥ نظام التكتيف الأفقي (Horizontal Bracing System):

هو نظام جملوني أفقي يعمل بصفته حجاباً.

٢/١/٤٦ النظام الثنائي (Dual System):

هو نظام يجمع بين الهياكل المقاومة للعزوم وجدران القص أو الهياكل المكتّفة، مُصمّم وفقاً لمتطلبات البند الفرعي (٢/٣/٥و).

٢/١/٤٧ نظام (جدار القص-الهيكل) التفاعلي (Shear Wall-Frame Interactive System):

هو نظام ثنائي مكوّن من مجموعة من جدران القص والهياكل المُصمّمة لمقاومة القوى الجانبية بالتناسب مع الجساءة النسبية لكل منها، مع أخذ التفاعل بين جدران القص والهياكل عند جميع المستويات بعين الاعتبار من حيث تقييد الحركة ونشوء القوى والعزوم عندها نتيجة لذلك.

٢/١/٤٨ نظام الجدران الحاملة (Bearing Wall System):

هو نظام إنشائي دون هيكل فراغي كامل لحمل الأحمال الرأسية، وكما ورد في البند الفرعي (٢/٣/٥ج).

٢/١/٤٩ نظام مقاومة القوى الجانبية (Lateral-Force-Resisting System):

هو ذلك الجزء من النظام الإنشائي الذي يُصمّم لمقاومة القوى الزلزالية التصميمية.

٢/١/٥٠ نظام الهيكل البنائي (Building Frame System):

هو هيكل فراغي كامل أساساً لحمل أحمال الجاذبية، وكما ورد في البند الفرعي (٢/٣/٥د).

٢/١/٥١ الهيكل الجملوني الخاص المقاوم للعزوم:

(Special Truss Moment Frame (STMF)):

هو هيكل فولاذي مقاوم للعزوم مُفصّل خصيصاً ليسلك سلوكاً مطيلياً متوافقاً مع متطلبات البند (٩/٤/٤) أو البند (٨/٥/٤).

٢/١/٥٢ الهيكل الحامل للأحمال الرأسية (Vertical Load-Carrying Frame):

هو هيكل فراغي مُصمّم لحمل أحمال الجاذبية الرأسية.

٢/١/٥٣ الهيكل الخاص المقاوم للعزوم ((Special Moment-Resisting Frame (SMRF)):

هو هيكل مقاوم للعزوم مُفصّل خصيصاً ليسلك سلوكاً مطيلياً متوافقاً مع متطلبات المواد (٣/٣) و(٤/٣) و(٥/٣) و(٦/٣) للهياكل الخرسانية المصبوبة في الموقع، يُضاف اليها المادة (٧/٣) للهياكل الخرسانية سابقة الصب، وجميعها تحقق ايضاً متطلبات الهياكل العادية المقاومة للعزوم. وبالنسبة للهياكل الفولاذية، فتحقق متطلبات البند (٥/٤/٤) أو البند (٤/٥/٤).

٢/١/٥٤ الهيكل الخاص المكّتف مركزياً:

(Special Concentrically Braced Frame (SCBF)):

هو هيكل فولاذي مكّتف مركزياً مُفصل خصيصاً ليسلك سلوكاً مطيلياً متوافقاً مع متطلبات البند (٧/٤/٤) أو البند (٦/٥/٤).

٢/١/٥٥ الهيكل العادي المقاوم للعزوم (Ordinary Moment-Resisting Frame (OMRF)):

هو هيكل مقاوم للعزوم يحقق متطلبات المادة (١٥/٣) للهياكل الخرسانية سواء تلك المصبوبة في الموقع أو سابقة الصب، أو متطلبات البند (٤/٤/٤) أو البند (٣/٥/٤) بالنسبة للهياكل الفولاذية.

٢/١/٥٦ الهيكل العادي المكّتف ((Ordinary Braced Frame (OBF)):

هو هيكل مكّتف مركزياً لا يحقق المتطلبات الخاصة لضمان السلوك المطيلي ومُصمّم وفقاً لمتطلبات المادة (١٥/٣) للهياكل الخرسانية، أو متطلبات البند (٦/٤/٤) أو البند (٥/٥/٤) للهياكل الفولاذية.

٢/١/٥٧ الهيكل الفراغي (Space Frame):

هو نظام إنشائي ثلاثي الأبعاد دون جدران حاملة، ويتألف من أعضاء متواصلة تعمل بصفتها وحدة متكاملة بدعم أو دون دعم من حُجب أفقية أو أنظمة تكتيف الأرضيات والسقوف (Floor-Bracing Systems)، وذلك لإسناد أحمال الجاذبية.

٢/١/٥٨ الهيكل المتوسط المقاوم للعزوم:

(Intermediate Moment-Resisting Frame (IMRF)):

هو هيكل خرساني مقاوم للعزوم مصبوب في الموقع ويحقق متطلبات البند الفرعي (٣/٣/٢ج) والمادة (٣/١٣)، بالاضافة إلى متطلبات الهياكل العادية المقاومة للعزوم.

٢/١/٥٩ الهيكل المقاوم للعزوم ((Moment-Resisting Frame (MRF)):

هو الهيكل الذي تكون أعضاؤه ووصلاته (Joints) قادرة على مقاومة القوى من خلال الانحناء والقص والقوى المحورية.

٢/١/٦٠ الهيكل المكّتف (Braced Frame):

هو نظام جملوني رأسي أساساً، من النوع المكّتف مركزياً (Concentrically Braced) أو لامركزياً (Eccentrically Braced)، قادر على مقاومة القوى الجانبية.

٢/١/٦١ الهيكل المكّتف لامركزياً ((Eccentrically Braced Frame (EBF)):

هو هيكل فولاذي مكّتف قطرياً، يرتبط أحد طرفي كل مكّتف فيه أو كلاهما بجائز على مسافة قصيرة من وصلة الجائز مع العمود، أو من وصلة الجائز مع مكّتف آخر، ومُصمّم وفقاً لمتطلبات البند (٤/٤/٨) أو البند (٤/٥/٧).

٢/١/٦٢ الهيكل المكّتف مركزياً ((Concentrically Braced Frame (CBF)):

هو هيكل مكّتف تُعرّض أعضاؤه بشكل أساسي لقوى محورية.

٦٣/١/٢ وتر الحجاب أو جدار القص (Diaphragm or Shear Wall Chord):

هو عنصر طرفي للحجاب أو جدار القص يُفترض أن يأخذ اجهادات محورية مشابهاً الشفاه في الجيزان.

٦٤/١/٢ الوصلة (Connection):

هي مجموعة العناصر (Elements) التي تربط العضو (Member) بمنطقة التقاطع (Joint)، وتُوصف عادة للهياكل الفولاذية وللهياكل الخرسانية التي تضم عضواً أو اكثر من الخرسانة سابقة الصب عند الوصلة.

٦٥/١/٢ الوصلة (Joint):

هي منطقة من المنشأ مشتركة بين الأعضاء المتقاطعة. وتُوصف غالباً للهياكل الخرسانية المصبوبة في الموقع.

٢/ ٢ الرموز

لأغراض هذا الباب، يكون للرموز الواردة أدناه المعاني المبينة ازاء كل منها:

A_e = المساحة الفعّالة لجدران القص في الطابق الأول من المنشأ مجتمعة، م^2.

A_{tx} = عامل تضخيم اللّي (Torsional Amplification Factor) عند المستوى (x) والوارد في العلاقة (2-27).

A_w = المساحة الدنيا للمقطع العرضي لجدار القص في أي مستوى أفقي في الطابق الأول، م^2.

a_p = معامل رقمي مُحدّد في المادة (٦/٢)، قيمته مُعطاة في الجدول (٢-٧).

C_a = معامل زلزالي منسوب للتسارع، قيمته مُعطاة في الجدول (٢-٣).

C_t = معامل رقمي لحساب فترة الاهتزاز مُحدّد في البند (٧/٣/٢).

C_v = معامل زلزالي منسوب للسرعة، قيمته مُعطاة في الجدول (٢-٤).

D = الحمل الميت على العنصر الإنشائي.

d_c = السماكة الكلّية (d_s-30) لطبقات التربة المتماسكة في مسافة (30) متراً العلوية، م.

d_i = سماكة طبقة التربة (i)، م.

d_s = السماكـــة الكليّة لطبقات التربة المفكّكة في مسافة (30) متراً العلوية، م.

E, E_h, E_m, E_v = الأحمال الزلزالية كما وردت في البند الفرعي (٢/٤/١ب).

F = الحمل الناتج عن ضغط السوائل.

F_i, F_n, F_x = القوة الزلزالية التصميمية المطبّقة على المستوى (i) أو (n) أو (x)، على التوالي.

F_p = القوة الزلزالية التصميمية المؤثرة على جزء ما من المنشأ.

F_{px} = القوة الزلزالية التصميمية المؤثرة على الحجاب عند المستوى (x).

F_t = جزء من قوة القص القاعدي (V) يُعتبر قوة مُركّزة عند أعلى المنشأ بالإضافة إلى (F_n).

f_x = القوة الجانبية عند المستوى (x) والمُستخدمة في العلاقة (2-35).

f_1, f_2 = عـــامل لاحتســـاب نســـبة من الحمل الحي وحمل الثلوج، على التوالي، في تجميعات الأحمال.

g = تسارع الجاذبية الأرضية ويساوي (9.81) م/ثانية^2.

H = الحمل الناتج عن الضغط الجانبي للتربة أو الماء في التربة.

H_s = معدّل سماكة طبقة التربة، م.

h_n, h_x = الارتفاع فوق قاعدة المنشأ إلى المستوى (n) أو (x)، على التوالي، م.

h_p = ارتفاع مرفق العنصر أو الجزء من المنشأ فوق الأرض المجاورة للمنشأ، م.

h_r = ارتفاع سقف المنشأ فوق الأرض المجاورة له، م.

I = عامل الأهمية للمنشأ (Structure Importance Factor)، قيمته مُعطاة في الجدول (٢-٥).

I_p = عامل الأهمية لجزء من المنشأ (Component Importance Factor)، قيمته مُعطاة في الجدول (٢-٥).

L = الحمـــل الحـــي، ما عدا الحمل الحي على السقف الأخير، متضمناً أي تخفيض مسموح به.

L_r = الحمل الحي على السقف الأخير متضمناً أي تخفيض مسموح به.

l_w = طول جدار القص باتجاه موازٍ للقوى المُطبّقة، م.

l_{w1} = طول جدار القص في الطابق الأول باتجاه موازٍ للقوى المُطبّقة، م.

$N_i, \bar{N}, \bar{N}_{CH}$ = مقاومة الاختراق المعياري الموقعي لطبقة التربة (i)، ومعدّل مقاومة الاختراق المعياري الموقعي، ومعدّل مقاومة الاختراق المعياري لطبقات التربة المفككة، على التوالي، عدد الضربات/(300) مم.

n = رقم يشير إلى أعلى مستوى في الجزء الرئيسي من المنشأ.

PI = دليل اللدونة (Plasticity Index) للتربة، ويُحدّد وفقاً للمقاييس الوطنية المعتمدة.

R = معامل رقمي يمثل المقاومة الزائدة (Overstrength) والسعة المطولية الشاملة (Global Ductility Capacity) لنظام مقاومة القوى الجانبية، قيمته مُعطاة في الجدولين (٢-٦) و(٢-٨).

R_a = حمل المطر.

R_p = معامل رقمي يمثل المقاومة الزائدة (Overstrength) والسعة المطولية الشاملة (Global Ductility Capacity) للجزء الثانوي من المنشأ تحت التصميم، قيمته مُعطاة في الجدول (٢-٧).

S = حمل الثلوج.

$S_A, S_B, S_C, S_D, S_E, S_F$ = أنواع مقطع التربة كما هي مُحدّدة في الجدول (٢-١).

$S_{ui}, \bar{S}_u$ = مقاومة القص دون تصريف لطبقة التربة (i) ومعدل مقاومة القص دون تصريف، على التوالي، كيلو باسكال.

T = الفترة الأساسية للاهتزاز المرن (Elastic Fundamental Period of Vibration) للمنشأ في الاتجاه المأخوذ في الاعتبار، ثانية.

T_a = فترة الاهتزاز الأساسية التقريبية للمنشأ، ثانية.

T_s = قوة المطاوعة الذاتية (Self-Straining Force) الناتجة عن التقلص والتمدد بفعل التغيّر في درجة الحرارة أو الانكماش أو التغيّر في محتوى الرطوبة أو الزحف في المواد الخام، أو الحركة الناتجة عن التفاوت في هبوط الأساسات، أو أي من هذه الحالات مجتمعة.

V = قوة القص أو القوة الجانبية التصميمية الكلية عند قاعدة المنشأ مُحدّدة حسب العلاقة (2-18) أو العلاقات (2-20) و(2-21) و(2-22).

V_x = قوة القص الطابقية التصميمية للطابق (x).

W = حمل الرياح.

W_D = الحمل الميت الزلزالي الكلي كما هو مُعرّف في البند (٢/٣/٨).

W_p = وزن عنصر أو جزء ما من المنشأ.

w_i, w_x = ذلك الجزء من (W_D) التابع للمستوى (i) أو (x)، على التوالي.

w_{mc} = نسبة محتوى الرطوبة في طبقة التربة بالمائة.

w_{px} = وزن الحجاب والعناصر التابعة له ضمن المستوى (x)، ويشمل الأجزاء المطبّقة من الأحمال الأخرى المعرّفة في البند الفرعي (٢/٤/١ب).

x = رقم يشير إلى مستوى معين من المنشأ تحت التصميم، على سبيل المثال (x=1) يُعرف بالمستوى الأول فوق قاعدة المنشأ.

Z = عامل المنطقة الزلزالية (Seismic Zone Factor)، قيمته مُعطاة في الجدول (٢-٢).

Δ_M = الإزاحة الجانبية العظمى للتجاوب اللامرن (Maximum Inelastic Response Drift)، وهي الإزاحة الجانبية الكلية أو الإزاحة الجانبية الطابقية الكليّة التي تحدث عندما يتعرّض المنشأ إلى الحركة الأرضية الأساسية التصميمية، متضمّنة التشوّهات المرنة واللامرنة المُقدّرة لإحداث التشوه الكلي، وكما ورد في البند الفرعي (٢/٤/١٠ب).

Δ_S = الإزاحة الجانبية التصميمية للتجاوب المرن (Design Level Response Drift)، وهي الإزاحة الجانبية الكليّة أو الإزاحة الجانبية الطابقية الكليّة التي تحدث عندما يتعرّض المنشأ إلى القوى الزلزالية التصميمية.

δ_{avg} = معدّل الإزاحة الطابقية عند طرفي المنشأ في المستوى (x).

δ_{max} = الإزاحة الطابقية العظمى في المستوى (x).

δ_x = الإزاحة الأفقية عند المستوى (x) نسبة لقاعدة المنشأ والناتجة عن القوى الجانبية المُطبّقة (f)، والمُستخدمة في العلاقة (35-2).

v_{si}, $\bar{v}_s$ = سرعة موجة القص في طبقة التربة (i) ومعدّل سرعة موجة القص، على التوالي، م/ثانية.

Ω_o = عامل تضخيم القوة الزلزالية (Seismic Force Amplification Factor)، اللازم لحساب المقاومة الإنشائية الزائدة (Overstrength) كما ورد في الجدولين (٢-٦) و(٢-٨).

٣/٢ معايير التصميم الزلزالي

١/٣/٢ أسس التصميم:

(أ) تُصمّم المنشآت لمقاومة الإزاحات الجانبية الناتجة عن تأثير الحركة الأرضية الأساسية التصميمية والمُعبّر عنها في خريطة الخطورة الزلزالية أو طيف التجاوب التصميمي.

(ب) لا تقل المقاومة التصميمية الدنيا عن القوى الزلزالية التصميمية المُحدّدة وفق طريقة القوة الجانبية الاستاتية الواردة في المادة (٢/٤)، مع إمكانية تخفيضها وفق البند (٢/٥/٥).

(ج) تُصمّم المنشآت الخرسانية وجميع عناصرها بطريقة التصميم للمقاومة (Strength Design) وحسب الشروط الواردة في الباب الثالث من هذه الكودة، وذلك لمقاومة التأثيرات الأكثر حرجاً الناتجة من تطبيق تجميعات الأحمال المعوملة التالية (بالرجوع إلى تعريفات الأحمال الواردة في كودات البناء الوطني الأردني ذات العلاقة)، مع الأخذ بالاعتبار أن هذه التجميعات يُستعاض بها عمّا ورد في هذه الكودات:

(2-1) $1.4\ (D + F)$

(2-2) $1.4\ (D + F + T_s) + 1.6\ (L + H) + 0.5\ (L_r \text{ or } S \text{ or } R_a)$

(2-3) $1.2\ D + 1.6\ (L_r \text{ or } S \text{ or } R_a) + (f_1\ L \text{ or } 0.8\ W)$

(2-4) $1.2\ D + 1.6\ W + f_1\ L + 0.5\ (L_r \text{ or } S \text{ or } R_a)$

(2-5) $1.2\ D + 1.0\ E + f_1\ L + f_2\ S$

(2-6) $0.9\ D + 1.6\ W + 1.6\ H$

(2-7) $0.9\ D + 1.0\ E + 1.6\ H$

حيث:

f_1 = (1.0) لأرضيات المرائب والأماكن التي تستخدم للتجمعات العامة وللبلاطات والأرضيات التي تزيد أحمالها الحيّة عن (4.8) كن/م^2.

= (0.5) للبلاطات والأرضيات ذات الأحمال الحيّة الأخرى.

f_2 = (0.7) للسقوف ذات الأشكال التي يمكن للثلوج أن تتراكم عليها (مثل السقوف التي على شكل أسنان المنشار (Sawtooth)).

= (0.2) للسقوف ذات الأشكال الأخرى.

تُحدّد قيمة (T_s) بأخذ تأثيرات الأفعال الناتجة عن التغيّر في درجات الحرارة ومحتوى الرطوبة بعين الاعتبار، بالإضافة إلى تأثيرات الهبوط المتفاوت أو الزحف في المواد الخام أو الانكماش في الخرسانة إن وجد أنها ذات أهمية. هذا، وتُهمل الأحمال الناتجة عن ضغط التربة أو الماء في التربة (H) في تجميعي الأحمال (2-6) و(2-7) في الحالات التي يعاكس فيها الفعل الإنشائي الناتج عن (H) الفعل الإنشائي الناتج عن أحمال الرياح أو الزلازل، بينما يجب أن يُؤخذ الضغط الجانبي للتربة بالاعتبار عند حساب المقاومة التصميمية في الحالات التي يوفّر فيها هذا الضغط مقاومة لأفعال إنشائية ناجمة عن مصادر أخرى.

(د) تُصمّم المنشآت الفولاذية وجميع عناصرها لمقاومة التأثيرات الأكثر حرجاً الناتجة من تطبيق تجميعات الأحمال التالية (بالرجوع إلى تعريفات الأحمال الواردة في كودة الأحمال والقوى)، وذلك باتّباع طريقة التصميم للاجهادات المسموح بها كما وردت في كودة الإنشاءات الفولاذية وحسب الشروط الواردة في الباب الرابع من هذه الكودة، مع إمكانية زيادة الاجهادات المسموح بها بمقدار الثلث للتجميعات التي تحتوي على أحمال الرياح أو الزلازل:

(2-8) $D + L + (L_r \text{ or } S)$

(2-9) $D + L + (W \text{ or } 0.7\,E)$

(2-10) $D + L + W + 0.5\,S$

(2-11) $D + L + S + 0.5\,W$

(2-12) $D + L + S + 0.7\,E$

(هـ) تُصمّم المنشآت الخرسانية والفولاذية جميعها لتحافظ على ثباتها واستقرارها تحت تأثير قوى الانزلاق وعزوم الانقلاب عند منسوب التأسيس، وبحيث تُحسب القوى والعزوم المؤثرة من تطبيق تجميعات الأحمال الواردة في البند الفرعي (٢/٣/٢١د).

٢/٣/٢ جيولوجية الموقع وصفات التربة:

يُعيّن نوع مقطع التربة لكل موقع بناء على بيانات جيوتقنية موثقة وحسب تصنيف المواقع المبيّن في المادة (٢/٩)، والجدول (٢-١). وفي حال عدم معرفة خصائص التربة بالتفصيل الكافي لتحديد نوع مقطع التربة فيجب استخدام النوع (S_D).

الجدول (٢-١): أنواع مقطع التربة

نوع مقطع التربة	اسم مقطع التربة/ الوصف العام	معدّل خواص التربة في مسافة **(30)** متراً العلوية من مقطع التربة		
		سرعة أمواج القص $(\overline{v}_s)$ (م/ثانية)	فحص الاختراق المعياري $(\overline{N})$ (أو $(\overline{N}_{CH})$ لطبقات التربة المفككة) (عدد الضربات/(٣٠٠ مم)	مقاومة القص بدون تصريف $(\overline{S}_u)$ (كيلو باسكال)
S_A	صخر قاس	>1500	-	-
S_B	صخر	760-1500		
S_C	تربة عالية الكثافة وصخر طري	360-760	> 50	> 100
S_D	مقطع تربة صلدة	180-360	15-50	50-100
S_E[1]	مقطع تربة طرية	< 180	< 15	< 50
S_F	تربة تتطلب تقييماً خاصاً للموقع، أنظر البند (٢/٩/١).			

[1] يتضمّن نوع مقطع التربة (S_E) أي نوع مقطع تربة يزيد فيه عمق التربة الطينية عن (3) أمتار مع (PI>20) و(w_{mc}≥40%) و($\overline{S}_u$ <25) كيلو باسكال. ويتم تحديد دليل اللدونة ونسبة محتوى الرطوبة وفقاً للمقاييس الوطنية المعتمدة.

٣/٣/٢ الخطورة الزلزالية للموقع:

(أ) المنطقة الزلزالية:

تُعيّن المنطقة الزلزالية للموقع حسب الشكل (٢-١). ويُعيّن عامل المنطقة الزلزالية (Z) لكل منشأ حسب الجدول (٢-٢).

(ب) معاملات التجاوب الزلزالي:

يُعيّن المعامل الزلزالي المنسوب للتسارع (C_a) لكل منشأ حسب الجدول (٢-٣) والمعامل الزلزالي المنسوب للسرعة (C_v) حسب الجدول (٢-٤).

الجدول (٢-٢): عامل المنطقة الزلزالية (Z)

المنطقة	1	2A	2B	3
Z	0.075	0.15	0.20	0.30

ملاحظة: يجب تحديد المنطقة من خارطة التقسيم الزلزالي في الشكل (٢-١).

الجدول (٢-٣): المعامل الزلزالي (C_a)

نوع مقطع التربة	عامل المنطقة الزلزالية Z			
	Z = 0.075	Z = 0.15	Z = 0.2	Z = 0.3
S_A	0.06	0.12	0.16	0.24
S_B	0.08	0.15	0.20	0.30
S_C	0.09	0.18	0.24	0.33
S_D	0.12	0.22	0.28	0.36
S_E	0.19	0.30	0.34	0.36
S_F	يجب إجراء تحريات جيوتقنية وتحليلات دينامية خاصة للموقع لتحديد المعاملات الزلزالية لنوع مقطع التربة (S_F).			

الجدول (٢-٤): المعامل الزلزالي (C_v)

نوع مقطع التربة	عامل المنطقة الزلزالية Z			
	Z = 0.075	Z = 0.15	Z = 0.2	Z = 0.3
S_A	0.06	0.12	0.16	0.24
S_B	0.08	0.15	0.20	0.30
S_C	0.13	0.25	0.32	0.45
S_D	0.18	0.32	0.40	0.54
S_E	0.26	0.50	0.64	0.84
S_F	يجب إجراء تحريات جيوتقنية وتحليلات دينامية خاصة للموقع لتحديد المعاملات الزلزالية لنوع مقطع التربة (S_F).			

٢/٣/٤ فئات الإشغال:

لأغراض التصميم لمقاومة الزلازل، يُصنّف كل منشأ في إحدى فئات الإشغال الواردة في الجدول (٢-٥)، ويُعيّن عامل الأهمية (I) لكامل المنشأ و(I_p) للجزء أو العنصر في المنشأ كما هو مبيّن لكل فئة.

الجدول (٢-٥): فئات الإشغال

فئة الإشغال	الإشغال الوظيفي أو نوع المنشأ	عامل الأهمية للمنشأ I	عامل الأهمية[1] لجزء من المنشأ I_p
1. المرافق المهمّة (Essential Facilities)	- المستشفيات والمستوصفات ومراكز الطوارئ. - محطات مكافحة الحرائق ومراكز الشرطة. - مرائب مركبات وطائرات الإسعاف. - مراكز الجيش والدفاع المدني والملاجئ العامة. - أبراج التحكم بالنقل الجوي. - مراكز الاتصالات العامّة وغرف عمليات الإغاثة. - المنشآت والمعدّات في محطات المولّدات الطارئة للطاقة للمرافق المهمّة. - الخزانات أو المنشآت الساندة للمياه أو مواد مكافحة الحريق أو المعدّات اللازمة لحماية منشآت فئات الإشغال (1) و(2) و(3). - أية منشآت أخرى تُحدّد بوصفها مرافق مهمّة من قبل الجهات الرسمية المختصة.	1.50	1.50
2. المرافق الخطرة (Hazardous Facilities)	- المنشآت التي تضم أو تسند مواداً أو كيميائيات سامة أو متفجرة أو إشعاعات ضارة.	1.50	1.50
3. منشآت الإشغالات الخاصة [2] (Special Occupancy Structures)	- المباني التي يمكن أن تُشغل من أكثر من (200) شخص في قاعة واحدة مثل المساجد والكنائس والمسارح ودور السينما وقاعات التدريس والمطاعم وصالات المعارض والمحلات التجارية وما شابهها. - المنشآت التي يمكن أن تُشغل من أكثر من (500) شخص مثل منشآت الملاعب الرياضية والمخازن التجارية الكبرى وما شابهها. - المنشآت التي يمكن أن تُشغل من أكثر من (50) من المرضى العجزة.	1.00	1.00

تابع الجدول (٢-٥): فئات الإشغال

فئة الإشغال	الإشغال الوظيفي أو نوع المنشأ	عامل الأهمية للمنشأ I	عامل الأهمية[1] لجزء من المنشأ I_p
تابع منشآت الإشغالات الخاصة [2]	- المنشآت والمعدّات في محطات توليد الطاقة والمرافق العامّة الأخرى غير المُدرجة في الفئتين (1) و(2) أعلاه والتي يلزم استمرار وظيفتها بعد حدوث الزلزال.	1.00	1.00
4. منشآت الإشغالات الاعتيادية (Standard Occupancy Structures)	- المنشآت الأخرى غير المُدرجة في الفئات (1) و(2) و(3) أعلاه بما في ذلك المباني الإسكانية.	1.00	1.00

[1] يُحدّد العامل (I_p) لوصلات الصفائح (Panels) في البند (٢/٧/٤) بقيمة (1.0) لكامل الوصلة.

[2] لتثبيت الآلات والمعدّات المطلوبة لأنظمة السلامة يُحدّد العامل (I_p) بقيمة (1.5).

٢/٣/٥ الأنظمة الإنشائية:

(أ) عام:

تُصنّف الأنظمة الإنشائية من بين الأصناف الواردة في الجدول (٢-٦) والمُعرّفة في هذا البند. ويُعيّن المعامل (R) لكل منشأ حسب نظامه الإنشائي الأساسي ونظام مقاومة القوى الجانبية فيه كما ورد في الجدول (٢-٦). هذا، وتُراعى حدود الارتفاع المبيّنة في الجدول (٢-٦) للأنظمة الإنشائية الواقعة في المنطقة الزلزالية (3).

(ب) طرق بناء الجدران من الحجر المُصفّح بالخرسانة:

(١) الطريقة الأولى: تُبنى المداميك الحجرية وتُصبّ خرسانة التصفيح خلفها بما فيها عناصر الربط الرأسية (أعمدة التقوية) ضمن الجدران على طبقات حسب المواصفات الفنية الواردة في المجلد الأول: الأعمال المدنية والمعمارية من المواصفات الفنية العامّة للمباني. وتُعتبر الجدران

الخجسرية المشسيّدة وفق هذه الطريقة جدراناً حاملة في حال ارتكاز البلاطات عليها مباشرة، ويُشترط فيها ما يلي:

* تكون الخرسانة ذات مقاومة مميزة معبّر عنها بقوة كسسر مكعّب (f_{cu}) لا تقل عن (20) نيوتن/مليمتر مربع.
* لا تقل سماكة المقطع الخرساني عن (200) مليمتر.
* لا يقل إجهاد الخضوع الاعتباري لفولاذ التسليح عن (300) نيوتن/مليمتر مربع.
* تُسزوّد الجسدران عند منسوب الأساس بدسر فولاذية مثبّتة بالشد وقادرة على مقاومة قوة قص أفقية مكافئة لما يلي:
  - (8) بالمائسة من الحمل الميت الزلزالي للمبنى المشيّد في المنطقتين الزلزاليتين (1) و(2A).
  - (12) بالمائسة من الحمل الميت الزلزالي للمبنى المشيّد في المنطقة الزلزالية (2B).
* تُزوّد الجدران بأعمدة تقوية، عند مناطق التقاء الجدران مع بعضها، وعلى جانبي كل فتحة يزيد طولها عن (25) بالمائة من طول الجدار أو يسزيد ارتفاعهسا عن (25) بالمائة من ارتفاع الطابق، وبحيث لا تسزيد المسسافة الأفقية بين أعمدة التقوية عن (4) أمتار، ولا يقل تسليحها عن أربعة قضبان بقسطر (16) مليمتراً تثبّت أو تتراكب بالشد، وتكون الكانات بقطر لا يقل عن (8) مليمترات وبتباعد لا يسزيد عسن (200) مليمتر. وتُكثّف الكانات في الثلثين السفلي والعلوي من أعمدة التقوية في المباني المشيدة في المنطقتين الزلزاليتين (2A) و(2B) بحيث لا تزيد المسافة بين الكانات عن (100) مليمتر.
* تُزوّد الجدران بعناصر ربط أفقية (شناجات) على كامل طولها عند مناسسيب البلاطات، ولا يقل تسليحها عن قضيبين علويين بقطر (16) مليمتراً وآخرين سفليين بالقطر ذاته تُثبّت أو تتراكب بالشد. ويتدلى الشناج عند مناسيب البلاطات حتى المستوى العلوي للفتحة في أسفله. وتكون الكانات بقطر لا يقل عن (8) مليمترات وبتباعد لا يزيد عن (150) مليمتراً.

* تُفصل الجدران أسفل الفتحات التي يزيد طولها عن (25) بالمائة من طول الجدار أو يزيد ارتفاعها عن (25) بالمائة من ارتفاع الطابق عن الأعمـــدة على جوانب الفتحات أثناء الصب باستخدام ألواح عازلة كالبوليستيرين لا تقل سماكتها عن (20) ملليمتراً، على أن تُزوّد هذه الجدران عند مناسيب البلاطات في المبنى بدسر فولاذية مثبّتة بالشد ولا يقـــل قطـــرها عن (10) ملليمترات وبتباعد أفقي لا يزيد عن (400) مليمـــتر وامتداد في الجـــدار لا يقل عـــن (500) مليمتر كما هو مبيّن في الشكل (٢-٢).
* تُعـــالج مناطق فواصل صب الخرسانة في الجدران حسب المواصفات الفنـــية العامـــة للمـــباني والأصول الهندسية المُعترف بها، وذلك لمنع حدوث انزلاق القص (Shear Sliding) تحت تأثير الأحمال الأفقية.
* تُستعمل القيم الواردة في الجدول (٢-٦) لمعاملات التصميم المطلوبة.

(٢) الطريقة الثانية: تُصب الأعمدة الواقعة ضمن الجدران قبل بناء المداميك الحجرية، ثم يُبنى الجدار الحجري كما هو موصوف في الطريقة الأولى في الفقرة الأولى من البند الفرعي (٢/٣/٥ب). وتُعتبر الجدران الحجرية المشـــبّدة وفق هذه الطريقة جدراناً مالئة للهياكل من حولها وحاملة في حال ارتكاز البلاطات عليها مباشرة، ويُشترط فيها أن تحقق الشروط الـــواردة للجدران المبنيّة وفق الطريقة الأولى باستثناء ما عُدّل منها أو أضيف اليها كما هو مبيّن تالياً:

* تكـــون خرسانة الأعمدة ذات مقاومة مميّزة معبّر عنها بقوة كسر مكعّب (f_{cu}) لا تقل عن (25) نيوتن/ملليمتر مربع.
* تُزوّد جوانب الأعمدة في مناطق التقائها مع الجدران المالئة بدسر فولاذيـــة أفقية مثبّتة بالشد ذات قطر لا يقل عن (10) ملليمترات وبتباعد لا يزيد عن (400) مليمتر وامتداد في الجـــدار لا يقل عن (400) مليمـــتر كمـــا هو مُبيّن في الشكل (٢-٢)، أو يتم عمل أحـــاديد في تلك الجوانب بأبعاد (70X50) ملليمتراً خارج المساحة اللازمة للعمود حسب التفصيلة المبيّنة في الشكل (٢-٢).

الجدول (٢-٦): الأنظمة الإنشائية[1]

النظام الإنشائي الأساسي[2]	وصف نظام مقاومة القوى الجانبية	R	Ω_o	حد الارتفاع للمنطقة الزلزالية (3) (متر)
١- نظام الجدران الحاملة	١- جدران القص الخرسانية الخاصة	4.5	2.8	50
	٢- جدران القص الخرسانية العادية[3]	3.0	2.2	--
	٣- جدران الحجر المُصفّح بالخرسانة (الطريقة الأولى)[3]	3.0	2.2	--
	٤- الهياكل المكّتفة ذات المكّتفات المشاركة في إسناد أحمال الجاذبية			
	أ. هياكل فولاذية	4.4	2.2	50
	ب. هياكل خرسانية[3]	2.8	2.2	--
	ج. هياكل خرسانية مملوءة بجدران من الحجر المُصفّح بالخرسانة (الطريقة الثانية)[3]	3.5	2.2	--
٢- نظام الهياكل البنائية	١- الهياكل الفولاذية المكّتفة لامركزياً	7.0	2.8	70
	٢- جدران القص الخرسانية الخاصة	5.5	2.8	70
	٣- جدران القص الخرسانية العادية[3]	4.0	2.2	--
	٤- الهياكل العادية المكّتفة			
	أ. هياكل فولاذية	5.6	2.2	50
	ب. هياكل خرسانية[3]	5.6	2.2	--
	٥- الهياكل الفولاذية الخاصة المكّتفة مركزياً	6.4	2.2	70
٣- نظام الهياكل المقاومة للعزوم	١- الهياكل الخاصة المقاومة للعزوم			
	أ. هياكل فولاذية	8.5	2.8	بلا حد
	ب. هياكل خرسانية[4]	8.5	2.8	بلا حد
	٢- الهياكل الخرسانية المتوسطة المقاومة للعزوم[5]	5.5	2.8	--
	٣- الهياكل العادية المقاومة للعزوم			
	أ. هياكل فولاذية[6]	4.5	2.8	--
	ب. هياكل خرسانية[6]	3.5	2.8	--
	٤- الهياكل الجملونية الفولاذية الخاصة المقاومة للعزوم	6.5	2.8	70

تابع الجدول (٢-٦): الأنظمة الإنشائية[1]

النظام الإنشائي الأساسي[2]	وصف نظام مقاومة القوى الجانبية	R	Ω_o	حد الارتفاع للمنطقة الزلزالية (3) (متر)
٤- النظام الثنائي	١- جدران القص الخاصة			
	أ. جدران خرسانية مع هياكل خاصة مقاومة للعزوم (فولاذية أو خرسانية)	8.5	2.8	بلا حد
	ب. جدران خرسانية مع هياكل فولاذية عادية مقاومة للعزوم	4.2	2.8	50
	ج. جدران خرسانية مع هياكل خرسانية متوسطة مقاومة للعزوم[5]	6.5	2.8	50
	٢- جدران القص العادية[3]			
	أ. جدران خرسانية مع هياكل خاصة مقاومة للعزوم (فولاذية أو خرسانية)	6.5	2.8	--
	ب. جدران خرسانية مع هياكل فولاذية عادية مقاومة للعزوم	3.0	2.8	--
	ج. جدران خرسانية مع هياكل خرسانية متوسطة مقاومة للعزوم	4.2	2.8	--
	٣- الهياكل الفولاذية المكّتفة لامركزياً			
	أ. مع هياكل فولاذية خاصة مقاومة للعزوم	8.5	2.8	بلا حد
	ب. مع هياكل فولاذية عادية مقاومة للعزوم	4.2	2.8	50
	٤- الهياكل العادية المكّتفة			
	أ. هياكل فولاذية مع هياكل فولاذية خاصة مقاومة للعزوم	6.5	2.8	بلا حد
	ب. هياكل فولاذية مع هياكل فولاذية عادية مقاومة للعزوم	4.2	2.8	50
	ج. هياكل خرسانية مع هياكل خرسانية خاصة مقاومة للعزوم[3]	6.5	2.8	--

تابع الجدول (٢-٦): الأنظمة الإنشائية[1]

النظام الإنشائي الأساسي[2]	وصف نظام مقاومة القوى الجانبية	R	Ω_o	حد الارتفاع للمنطقة الزلزالية (3) (متر)
٤- تابع النظام الثنائي	د. هياكل حرسانية مع هياكل حرسانية متوسطة مقاومة للعزوم[3]	4.2	2.8	--
	٥- الهياكل الخاصة المكّتفة مركزياً			
	أ. هياكل فولاذية مع هياكل فولاذية خاصة مقاومة للعزوم	7.5	2.8	بلا حد
	ب. هياكل فولاذية مع هياكل فولاذية عادية مقاومة للعزوم	4.2	2.8	50

[1] أنظر البند (٢/٤/٤) بخصوص تجميعات الأنظمة الإنشائية.

[2] عُرّفت الأنظمة الإنشائية الأساسية في البند (٢/٣/٥).

[3] لا يُسمح به في المنطقة الزلزالية (3).

[4] يتضمّن الحرسانة سابقة الصب المحقّقة لشروط الباب الثالث.

[5] لا يُسمح به في المنطقة الزلزالية (3) إلا كما أجيز في البند (٢/٨/٧).

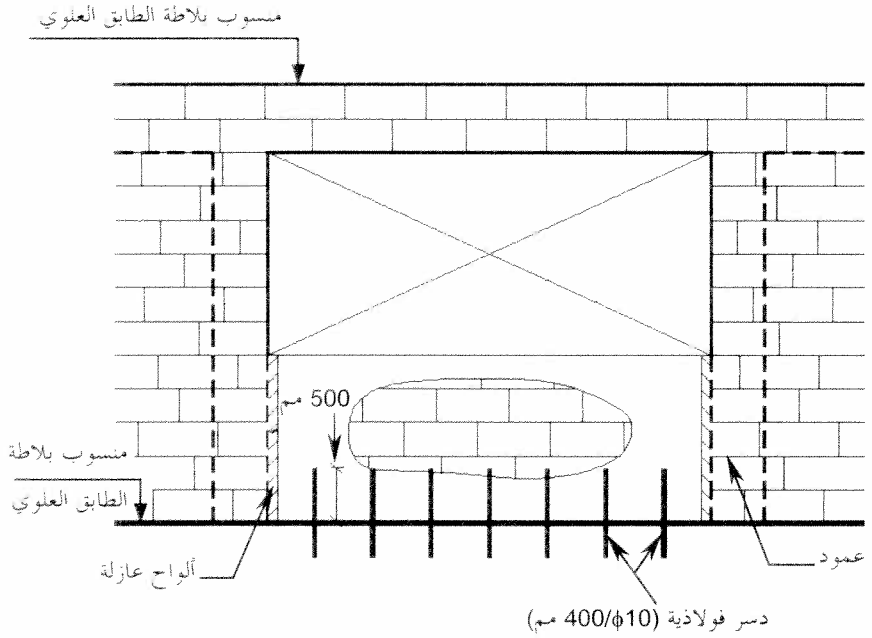
[6] لا يُسمح به في المناطق الزلزالية (2A) و(2B) و(3).

(ج) نظام الجدران الحاملة (Bearing Wall System):

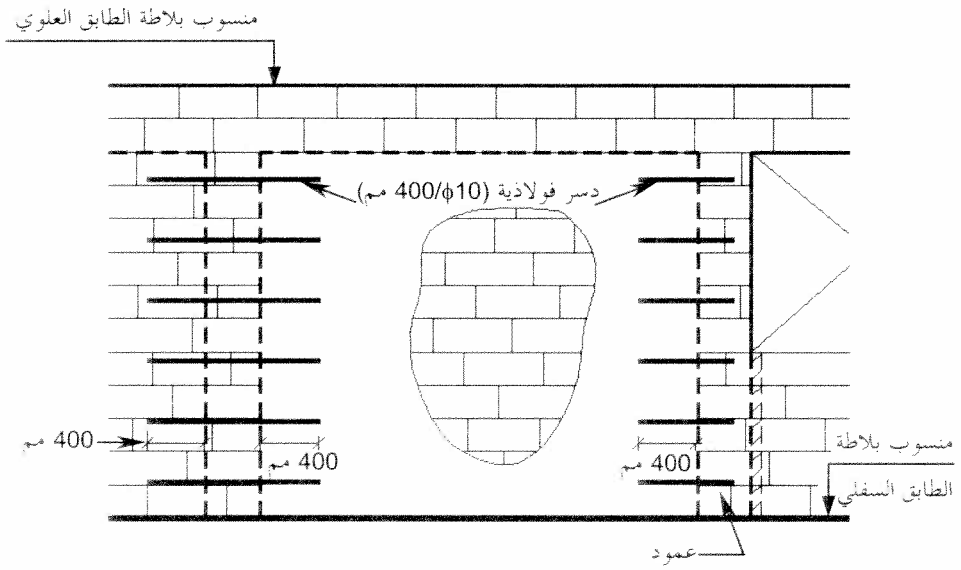
هو نظام إنشائي يعتمد على الجدران الحاملة المشيّدة من الحرسانة المصبوبة في الموقع أو سابقة الصب أو من الحجر المُصفّح بالحرسانة والمبني حسب أي من الطريقتين الواردتين في البند الفرعي (٢/٣/٥ب) أو من الطوب الحرساني، لإسناد كل أحمال الجاذبية أو معظمها، ويعتمد على جدران القص أو جدران الحجر المُصفّح بالحرسانة أو الهياكل المكّتفة لمقاومة الأحمال الجانبية. ويُعرف هذا النظام أيضاً بالنظام الصندوقي.

(د) نظام الهياكل البنائية (Building Frame System):

هو نظام إنشائي مؤلف من هيكل فراغي كامل لإسناد أحمال الجاذبية، ويعتمد على جدران القص أو أنظمة التكتيف لمقاومة الأحمال الجانبية.

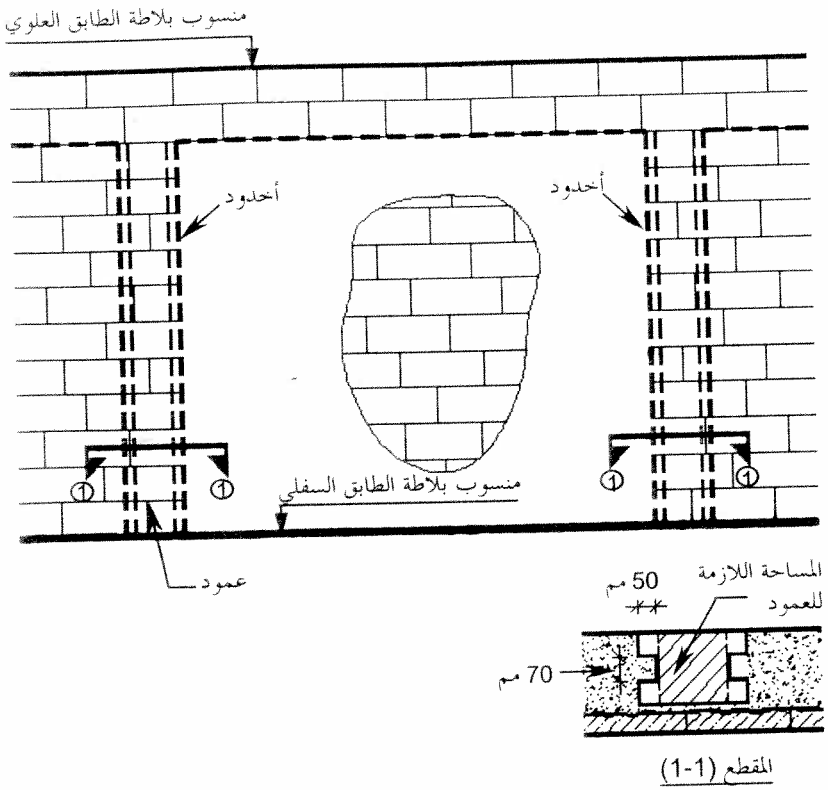


(أ) تفصيلة للجدار الحجري المُصفّح بالخرسانة في مناطق الفتحات



(ب) تفصيلة تبيّن الدسر الفولاذية المستخدمة لربط الأعمدة مع الجدار الحجري

الشكل (٢-٢): تفاصيل في الجدران الحجرية المُصفّحة بالخرسانة



(ج) تفصيلة للأخدود في مناطق التقاء الأعمدة مع الجدار الحجري

تابع الشكل (٢-٢): تفاصيل في الجدران الحجرية المُصفّحة بالخرسانة

(هـ) نظام الهياكل المقاومة للعزوم (Moment-Resisting Frame System):

هـــو نظام إنشائي مؤلّف من هيكل فراغي كامل لإسناد أحمال الجاذبية، ويعتمد على الهياكل المقاومة للعزوم لمقاومة الأحمال الجانبية بفعل الانحناء في الأعضاء.

(و) النظام الثنائي (Dual System):

هـــو نظام إنشائي مزدوج يجمع بين الهياكل المقاومة للعزوم وجدران القص أو نظام تكتيف. ويتّصف النظام الثنائي بالسمات التالية:

(١) هيكل فراغي كامل يوفر الإسناد لأحمال الجاذبية.

(٢) جدران قص أو هياكل مكّتفة بالإضافة إلى هياكل مقاومة للعزوم توفّر مقاومـــة للأحمـــال الجانبية، بشرط أن تُصمّم الهياكل المقاومة للعزوم

لمقاومة ما لا يقل عن (25) بالمائة من قوى القص التصميمية الكليّة عند القاعدة بشكل مستقل.

(٣) يُصمّم النظامان لمقاومة قوة القص التصميمية الكليّة عند القاعدة بالتناسب مع الجساءة النسبية لكل منهما وباعتبار تفاعل النظام الثنائي عند جميع المستويات.

(ز) النظام الإنشائي غير المُعرّف (Undefined Structural System):

هو نظام إنشائي مما لم يرد في الجدول (٢-٦). ولأغراض التصميم الزلزالي، يُحدّد المعامل (R) للنظام الإنشائي غير المعرّف من خلال بيانات وتحاليل معترف بها لفحوص تحميل دوري تبيّن ما يلي:

* سمات التجاوب الدينامي وتبديد الطاقة،
* مقاومة القوى الجانبية وانحطاط المقاومة والصلابة،
* المقاومة الزائدة وقساوة المطاوعة أو طراوتها،
* ممطولية النظام.

(ح) النظام الإنشائي لغير المباني (Non-Building Structural System):

هو نظام إنشائي وفق ما ورد في المادة (٢/٨).

٦/٣/٢ الانتظام المعماري:

(أ) المنشآت المنتظمة:

يُصنّف المنشأ على أنه منتظم إنشائياً إذا كان متناظراً أو شبه متناظر في مسقطه الأفقي، وليس فيه انقطاع كبير نسبياً في المسقط الأفقي أو الرأسي أو في نظام مقاومة القوى الجانبية على النحو الموصوف للمنشآت غير المنتظمة في البندين الفرعيين (٢/٣/٦ب) و(٢/٣/٦ج).

(ب) المنشآت غير المنتظمة في المسقط الأفقي:

يُصنّف المنشأ على أنه غير منتظم إنشائياً في المسقط الأفقي في حال وجود انقطاعات كبيرة نسبياً في مُسطّح المنشأ أو في المسقط الأفقي لنظام مقاومة

القوى الجانبية. ويمكن إهمال حالات عدم الانتظام الأفقي، باستثناء تلك الواردة في الفقرة الرابعة من هذا البند الفرعي، لجميع المنشآت الواقعة في المنطقة الزلزالية (1) والمنشآت ذات فئة الإشغال (4) في المنطقتين الزلزاليتين (2A) و(2B). وتشمل حالات عدم الانتظام الأفقي على سبيل المثال لا الحصر ما يلي:

(١) الأركان الداخلية (Re-entrant Corners):

وجود أركان داخلية في مسطح المنشأ ونظامه المقاوم للقوى الجانبية بحيث يتعدى امتداد المنشأ بعد الركن الداخلي، وفي الاتجاهين، ما نسبته (15) بالمائة من بعد مُسطّح المنشأ في الاتجاه المأخوذ في الاعتبار. وفي هذه الحالة، وللمنشآت الفولاذية في المنطقة الزلزالية (3) فقط، تُصمّم وصلات الحجب بالعناصر الرأسية دون اعتبار زيادة الاجهادات المسموح بها بمقدار الثلث للعناصر التي تقاوم القوى الزلزالية. وتُصمّم أوتار الحجب (Diaphragm Chords) وأعضاء السحب (Drag Members) باعتبار حركة الأجنحة الممتدّة بعد الزوايا الداخلية مستقلة وباعتبار الحالة الأكثر حرجاً من بين ما يلي:

* تتحرك الأجنحة الممتدّة بعد الركن الداخلي في الاتجاه ذاته.
* تتحرك الأجنحة الممتدّة بعد الركن الداخلي في اتجاهين متضادين.

ويمكن اعتبار أن هذا المطلب متحقق عند استخدام نموذج ثلاثي الأبعاد لإجراء تحليل دينامي وفق المادة (٢/٥) لتحديد القوى الزلزالية الجانبية لأغراض التصميم.

(٢) انقطاع الحجاب (Diaphragm Discontinuity):

وجود انقطاع مفاجئ أو اختلافات في صلابة الحجاب كما هو الحال إذا اقتطعت منه أو فُتحت فيه مساحات تزيد نسبتها عن (50) بالمائة من المساحة الكلّية للحجاب، أو زادت الاختلافات في الصلابة الفعّالة للحجاب عمّا نسبته (50) بالمائة بين طابق وآخر. وفي هذه الحالة، وللمنشآت الفولاذية في المنطقة الزلزالية (3) فقط، تُصمّم وصلات الحجب بالعناصر الرأسية دون اعتبار زيادة الاجهادات المسموح بها بمقدار الثلث.

(٣) الارتداد خارج المستوى (Out-of-Plane Offset):

وجـــود انقطاع في مسار القوة الجانبية، كما هو الحال نتيجة ارتداد العناصر الرأســـية خـــارج مستوياتها المستمرة عبر الطوابق. وفي هذه الحالة، تُراعى متطلـــبات تصـــميم عنـــاصر إسنـــاد الأنظمة غير المستمرة الـــواردة في البـــنـــد (٦/٧/٢). كذلـــك، وللمنشآت الفولاذية في المنطقة الزلزالية (3) فقـــط، تُصـــمّم وصـــلات الحجـــب بالعناصر الرأسية دون اعتبار زيادة الإجهادات المسموح بها بمقدار الثلث.

(٤) الأنظمـــة غيـــر المتـــوازيـــة وعـــدم الانتظـــام في مقاومة اللّي (Non-Parallel Systems and Torsional Irregularity):

وجـــود عدم توازٍ أو عدم تناظر في العناصر الرأسية المقاومة للقوى الجانبية حـــول المحورين الرئيسيين المتعامدين لنظام مقاومة القوى الجانبية، ونشوء عدم انتظام في مقاومة اللّي على النحو الوارد في البند الفرعي (٢/٤/٨ج). وفي هذه الحالة، وللمنشآت في المناطق الزلزالية (2A) و(2B) و(3)، يُؤخذ تأثير القوى الزلزالية في غير اتجاه المحورين الرئيسيين بعين الاعتبار، بالإضافة إلى زيادة عزم اللّي العارض كما هو مبيّن في البند الفرعي (٢/٤/٨ج).

(ج) المنشآت غير المنتظمة في المسقط الرأسي:

يُصـــنّف المنشـــأ عـــلى أنه غير منتظم إنشائياً في المسقط الرأسي في حال وجود اختلاف كبير نسبياً في الشكل أو في توزيع الكتل أو عند حصول انقطاع في نظام مقاومـــة القـــوى الجانبية في المسقط الرأسي للمنشأ كما هو موصوف في أدناه. وعـــندها، يُصمّم المنشأ بحيث يحقق المتطلبات الإضافية المُشار إليها في كل حالة، وتُســـتثنى من ذلك الحالات الموصوفة في الفقرتين الأولى والثانية في أدناه حينما لا تـــزيد نسبة الإزاحة الطابقية المحسوبة للمنشأ تحت تأثير القوى الجانبية التصميمية لأي طـــابق عن (1.3) مرة من نسبة إزاحة الطابق الذي يعلوه مباشرة. كما يلزم تقيـــيم جميع المنشآت الواقعة في المنطقة الزلزالية (1)، أو المنشآت ذات فئة الإشغال (4) في المنطقتين الزلزاليتين (2A) و(2B)، لحالة الانقطاع في المقاومة فقط كما هو موصوف في الفقرة الخامسة في أدناه. وفيما يلي حالات عدم الانتظام الرأسي:

(١) عـــدم انتظـــام الصلابة-الطـــابق الرخو

(Stiffness Irregularity-Soft Story):

وجود الطابق الرخو، وهو الطابق الذي تقل صلابته الجانبية عن (70) بالمائة من صلابة الطـــابق الذي يعلوه مباشرة أو تقل صلابته عن (80) بالمائـــة مـــن معدل صلابة الطوابق الثلاثة التي تعلوه. وفي هذه الحالة، ينبغي استخدام طريقة التحليل الدينامي وفق المادة (٢/٥).

(٢) عدم انتظام الوزن (الكتلة) (Weight (Mass) Irregularity):

يُعتـــبر عدم انتظام الكتلة موجوداً عندما تزيد الكتلة الفعّالة لأي طابق عـــن (150) بالمائة من الكتلة الفعّالة لطابق مجاور. ولا يلزم أخذ خفة الســـقف العلـــوي الأخير عن أرضيته بعين الاعتبار. وفي هذه الحالة، ينبغي استخدام طريقة التحليل الدينامي وفق المادة (٢/٥).

(٣) عدم الانتظام الرأسي في الشكل الهندسي (Vertical Geometric Irregularity):

يُعتـــبر عـــدم الانتظام الرأسي في الشكل الهندسي موجوداً عندما يزيد البعد الأفقي لنظام مقاومة القوى الجانبية في أي طابق عن (130) بالمائة مـــن ذلك البعد لطابق مجاور. وفي هذه الحالة، ينبغي استخدام طريقة التحليل الدينامي وفق المادة (٢/٥).

(٤) الانقطاع في المستوى للعنصـــر الرأسي المقـــاوم للقوى الجانبيـــة

(In-Plane Discontinuity):

وجـــود ارتـــداد في مستوى العناصر المقاومة للقوى الجانبية يزيد عن أطوال هذه العناصر. وفي هذه الحالة، تُراعى متطلبات تصميم عناصر إسناد الأنظمة غير المستمرة الواردة في البند (٦/٧/٢).

(٥) الانقطاع في القدرة-الطابق الضعيف

(Discontinuity in Capacity-Weak Story):

وجود الطابق الضعيف، وهو الطابق الذي تقل مقاومته عن (80) بالمائة مـــن مقاومة الطابق الذي يعلوه مباشرة. وتُعرّف مقاومة الطابق بأنها

مجموع مقاومات جميع العناصر المقاومة للزلازل التي تتقاسم قوة القص الطابقية في الاتجاه المأخوذ في الاعتبار. وفي الحالة التي تقل فيها المقاومة المحسوبة للطابق الضعيف عن (65) بالمائة من مقاومة الطابق الذي يعلوه مباشرة، فيجب عندها ألا يزيد ارتفاع المنشأ عن طابقين أو (9) أمتار.

٧/٣/٢ فترة الاهتزاز:

لأغراض حساب قوة القص القاعدي باستخدام طريقة القوة الجانبية الاستاتية وفقاً للبند (٢/٤/٥)، تُحدّد قيمة فترة اهتزاز المنشأ الأساسية (T) في الاتجاه المعني من خلال إجراء تحليل وافٍ ودقيق باستخدام الخصائص الإنشائية ومميّزات الإزاحة (Deformatioal Characteristics) لعناصر المقاومة. ويمكن اعتماد قيمة تقريبية لفترة الاهتزاز الأساسية للمنشأ (T_a) حسب ما هو موصوف في أدناه. ويُشترط ألا تتجاوز قيمة فترة الاهتزاز الأساسية المحسوبة (T) ما نسبته (120) بالمائة من القيمة التقريبية لفترة الاهتزاز (T_a).

(أ) فترة الاهتزاز الأساسية التقريبية (T_a):

تُقدّر قيمة فترة الاهتزاز الأساسية التقريبية (T_a) بالثواني لأي منشأ حسب العلاقة التالية:

$$T_a = C_t (h_n)^{3/4} \qquad (2\text{-}13)$$

حيث:

C_t = (1/12) للمنشآت ذات الهياكل الفولاذية المقاومة للعزوم.

= (1/14) للمنشآت ذات الهياكل الخرسانية المسلّحة المقاومة للعزوم والهياكل المكّتفة لامركزياً.

= (1/25) للمنشآت ذات الجدران الحاملة أو المائلة للهياكل الخرسانية والمشيّدة من الحجر المصفّح بالخرسانة.

= (1/20) للمباني الأخرى جميعها.

وبدلاً من ذلك، يمكن تحديد قيمة (C_t) للمنشآت ذات جدران القص الخرسانية بما يعادل ما مقداره $\left(1/13.5\sqrt{A_e}\right)$ حيث تُحدّد قيمة (A_e) بالأمتار المربعة من العلاقة التالية:

$$A_e = \sum A_w \left[0.2 + (l_{w1}/h_n)^2\right] \qquad (2\text{-}14)$$

بشرط ألا يتجاوز مقدار النسبة (l_{w1}/h_n) القيمة (0.9).

(ب) وبدلاً من ذلك، يُسمح بتحديد قيمة (T_a) بالثواني للمباني ذات الهياكل الخرسانية والفولاذية المقاومة للعزوم التي لا يزيد عدد طوابقها عن (12) ولا يقل ارتفاع الطابق فيها عن (3) أمتار من العلاقة التالية:

$$T_a = 0.1n \qquad (2\text{-}15)$$

٨/٣/٢ الحمل الميت الزلزالي:

لأغراض هذه الكودة، ولحساب القوى الجانبية التصميمية للمنشآت، يُحسب الحمل الميت الزلزالي (W_D) على أنه حاصل جمع الأحمال الميتة الكليّة، متضمّنة الأوزان الكليّة للمعدّات الدائمة وأحمال الخزانات ومحتوياتها، ومضافاً إليها ما لا يقل عن (25) بالمائة من الحمل الحي على الأرضيات في حالات الإشغال للتخزين والمستودعات. هذا، ويُضاف حمل منتظم مكافىء لما قيمته (0.5) كيلونيوتن/متر مربع في الحالات التي لا يتم فيها تحديد مواقع القسّامات عند تصميم الأرضيات.

٩/٣/٢ اختيار طريقة حساب القوة الجانبية:

(أ) عام:

يُعتبر تصميم أي منشأ باستخدام الطرق الدينامية لحساب القوة الجانبية وفق المادة (٢/٥) اختيارياً، بينما يُعتبر ذلك إجبارياً للمنشآت المعرّفة في البند الفرعي (٢/٣/٩د).

(ب) الطريقة الاستاتية المُبسّطة:

يُسمح باستخدام الطريقة الاستاتية المُبسّطة للقوة الجانبية المبيّنة في البند الفرعي (٢/٤/٥أ) للمنشآت التالية ذات فئة الإشغال (4):

(١) المباني المشيّدة من الهياكل الخفيفة لأغراض الإشغالات الاعتيادية والتي لا يتجاوز ارتفاعها ثلاثة طوابق دون اعتبار طوابق التسوية.

(٢) المباني الأخرى التي لا يتجاوز ارتفاعها طابقين، دون اعتبار طوابق التسوية.

(ج) الطريقة الاستاتية:

يُسمح باستخدام طريقة القوة الجانبية الاستاتية المبيّنة في البند الفرعي (٢/٤/٥ب) للمنشآت التالية:

(١) المنشآت جميعها سواء المنتظمة أو غير المنتظمة في المنطقة الزلزالية (1) ومنشآت الإشغالات الاعتيادية في المنطقتين الزلزاليتين (2A) و(2B).

(٢) المنشآت المنتظمة التي يقل ارتفاعها عن (70) متراً والتي تتوفر فيها أنظمة إنشائية قادرة على مقاومة القوى الجانبية باستثناء الحالات التي تُطبّق عندها الفقرة الرابعة من البند الفرعي (٢/٣/٩د).

(٣) المنشآت غير المنتظمة التي لا يتجاوز ارتفاعها سبعة طوابق أو (25) متراً باستثناء الحالات التي تُطبّق عندها الفقرة الثانية من البند الفرعي (٢/٣/٩د).

(٤) المنشآت ذات الجزء العلوي اللّين والمرتكز على جزء سفلي جاسىء، والتي يُصنّف فيها أي من الجزأين على أنه منتظم على حدة، وبحيث لا يقل معدّل صلابة الطابق للجزء السفلي عن (10) أمثال معدّل صلابة الطابق للجزء العلوي، ولا تتجاوز فترة اهتزاز المنشأ بأكمله ما نسبته (110) بالمائة من فترة اهتزاز الجزء العلوي باعتباره منشأ منفصلاً مثبّتاً عند القاعدة.

(د) الطرق الدينامية:

تُستخدم الطرق الدينامية المبيّنة في المادة (٢/٥) لحساب القوة الجانبية لجميع المنشآت غير المذكورة في البندين الفرعيين (٢/٣/٩ب) و (٢/٣/٩ج) متضمّنة ما يلي:

(١) المنشآت التي يزيد ارتفاعها عن (70) متراً باستثناء ما سُمح به في الفقرة الأولى من البند الفرعي (٢/٣/٩ج).

(٢) المنشآت ذات عدم الانتظام الرأسي من النوع الوارد في أي من الفقرات الأولى والثانية والثالثة من البند الفرعي (٢/٣/٦ج) بسبب الصلابة أو الوزن أو الشكل، أو المنشآت ذات سمات عدم الانتظام غير الموصوفة في البندين الفرعيين (٢/٣/٦ب) و(٢/٣/٦ج) باستثناء ما سُمح به في البند الفرعي (٢/٤/٤ب).

(٣) المنشآت التي يزيد ارتفاعها عن سبعة طوابق أو (25) متراً في المنطقة الزلزالية (3) والتي لا يستمر فيها النظام الإنشائي ذاته على كامل الارتفاع.

(٤) المنشآت المنتظمة أو غير المنتظمة على السواء والواقعة على تربة ذات مقطع من نـــوع (S_F)، ولها فترة اهتزاز تزيد عن (0.7) ثانية، بشرط أن يتضمن التحليل تأثيرات التربة عند الموقع وأن يحقق متطلبات البند الفرعي (٢/٥/٢د).

٢/٤ القوى الجانبية التصميمية الدنيا وتأثيراتها

٢/٤/١ أحمال الزلازل:

(أ) تحديد اتجاه الحمل الزلزالي:

تُصـــمّم المنشـــآت لمقاومة تأثيرات الحركة الأرضية التي تسبب تجاوباً إنشائياً وقـــوى زلزالية في أي اتجاه أفقي، وذلك بافتراض أن مركّبات الحركة الأرضية باتجاه المحاور الرئيسية للمنشأ لاتتوافق توافقاً زمنياً. ويمكن اعتبار ذلك متحقّقاً بتصـــميم المنشـــآت لمقاومة القوى الزلزالية التصميمية المحدّدة باتجاه كل محور رئيسي على حدة. أما في الحالات التي تتطلب أخذ تأثير القوى الزلزالية في غير اتجـــاه المحورين الرئيسيين للمنشأ بعين الاعتبار كما ورد في الفقرة الرابعة من البـــند الفـــرعي (٢/٣/٦ب) والبند الفرعي (٢/٤/٤هـ)، فيمكن اعتبار ذلك مـــتحقّقاً بتصـــميم العناصر لمقاومة ما نسبته (100) بالمائة من القوى الزلزالية التصميمية المحدّدة في اتجاه بالإضافة إلى ما نسبته (30) بالمائة من القوى الزلزالية التصميمية المحدّدة في الاتجاه المعامد. ويُستخدم التجميع الذي يتطلب مقاومة أعلى للعنصر المُصمّم. وبدلاً من ذلك، يمكن جمع تأثيرات الاتجاهين المتعامدين على أساس حساب الجذر التربيعي لمجموع المربعات (SRSS) واعتماد أكثر النتائج تحفظاً.

(ب) تحديد الحمل الزلزالي:

تُحســـب أحمـــال الزلازل من العلاقتين التاليتين، وتُطبّق ضمن حالات تجميع الأحمال المذكورة في البندين الفرعيين (٢/٣/١ ج) و(٢/٣/١د):

$$E = E_h + E_v \qquad (2\text{-}16)$$

$$E_m = \Omega_o E_h \qquad (2\text{-}17)$$

حيث:

E = الحمل الزلزالي على عنصر في المنشأ ناتج من تجميع المركّبة الأفقية (E_h) والمركبة الرأسية (E_v).

E_h = الحمـــل الزلزالي الناجم عن قوة القص القاعدي (V) للمنشأ كما ورد في البند (٢/٤/٥)، أو القوة التصميمية الجانبية (F_p) للجزء من المنشأ كما ورد في المادة (٢/٦).

E_m = القـــوة الزلزالية العظمى المقدّرة التي يمكن أن تتولّد في المنشأ على النحو الوارد في هذا البند.

E_v = تـــأثير الحمل الناتج من المركّبة الرأسية للحركة الأرضية الذي يُحسب بإضـــافة مـــا مقـــداره ($0.5\ C_a\ I\ D$) لتأثير الحمـــل الميت (D) عند التصميم للمقاومة (Strength Design)، ويُسمح باعتباره صفراً عند التصميم للإجهادات المسموح بها (Allowable Stress Design).

Ω_o = عـــامل **تضخيم القوة الزلزالية المعبّر عن المقاومة الإنشائية الزائدة** (Overstrength) كمـــــا ورد في الجدول (٢-٦) للمنشـــأ أو الجدول (٢-٨) للمنشآت الخاصة (غير المباني).

٢/٤/٢ متطلبات النمذجة (Modeling Requirements):

(أ) عام:

يُستخدم في التحليل الإنشـــائي نموذج رياضي (Mathematical Model) يمثل السلوك الحقيقي للمنشأ بأكبر قدر عملي من الدقة. ويجب أن يتضمّن النموذج الرياضي للمنشأ صلابات جميع عناصر النظام المقاوم للقوى الجانبية ومقاوماتها الضـــرورية لـــتوزيع القوى بحيث تمثّل التوزيع الفراغي لكتلة المنشأ وصلابته. بالإضافة إلى ذلك، يجب أن يتوافق النموذج مع ما يلي:

* أخذ تأثير تشقق المقاطع على صلابة عناصر الخرسانة المسلحة بعين الإعتبار.
* تضمين تشوّهات مناطق وصلات الجيزان مع الأعمدة (Panel Zone Deformations) في حساب الإزاحة الجانبية الطابقية لأنظمة الهياكل الفولاذية المقاومة للعزوم.

(ب) متطلبات النمذجة للتحليل الدينامي:

تتم نمذجة التوزيع الفراغي لكتلة المنشأ وصلابته في النموذج الرياضي الممثّل له بـــالقدر الـــذي يضمن حساب النواحي الهامّة في التجاوب الدينامي للمنشأ.

ويُستخدم لذلك نموذج ثلاثي الأبعاد في المنشآت غير المنتظمة في المسقط الأفقي كتلك المعرّفة في البند الفرعي (٢/٣/٦ب) والتي تحوي حجباً غير ليّنة.

٢/٤/٣ تأثيرات الحمل-الإزاحة (P-Δ):

عند تقييم الثبات الإنشائي الكلي للهيكل، تُؤخذ القوى والعزوم الناتجة عن تأثيرات الحمل-الإزاحة (P-Δ) في العناصر بعين الاعتبار، وكذلك الإزاحات الجانبية الطابقية الناشئة عنها. وتُحسب تأثيرات الحمل-الإزاحة (P-Δ) باستخدام القوى المسبّبة للإزاحات (Δ_S) المُحدّدة في البند الفرعي (٢/٤/١٠أ). ويُسمح بإهمال تأثيرات الحمل-الإزاحة (P-Δ) إذا لم تتجاوز نسبة العزم الثانوي إلى العزم الرئيسي (10) بالمائة. ولتقييم هذه النسبة لأي طابق، فتُحسب على أنها مقدار حاصل ضرب الأحمال الكليّة الميتة والحيّة وأحمال الثلوج في المستويات التي تعلو ذلك الطابق في الإزاحة الجانبية الزلزالية للطابق ذاته، مقسوماً على مقدار حاصل ضرب قوة القص الزلزالية في ذلك الطابق في ارتفاع الطابق ذاته. ويُسمح بإهمال تأثيرات الحمل-الإزاحة (P-Δ) في المنطقة الزلزالية (3) إذا لم تتجاوز نسبة الإزاحة الجانبية الطابقية المقدار (0.02/R).

٢/٤/٤ تجميعات الأنظمة الإنشائية:

(أ) عام:

يجب تحقيق المتطلبات الواردة في هذا البند في حال استخدام تجميعات لأنظمة إنشائية متعدّدة في منشأ واحد.

(ب) التجميعات الرأسية:

تكون قيمة المعامل (R) المستخدمة في تصميم أي طابق أقل من تلك المُستخدمة في تصميم الطابق الذي يعلوه أو تساويها في الاتجاه ذاته. ويُستثنى من ذلك، الطابق الذي يقل الوزن الميت للجزء الذي يعلوه عمّا نسبته (10) بالمائة من الوزن الميت الكلي للمنشأ. ويُشترط لتصميم المنشآت وفق هذا البند ما يلي:

(١) أن يُصمّم المنشأ بأكمله باستخدام أقل قيمة للمعامل (R) للأنظمة الإنشائية المُستخدمة لمقاومة الأحمال الجانبية، أو

(٢) أن تُستخدم طريقة التحليل الاستاتي والتصميم ذي المرحلتين التاليتين للمنشآت المتوافقة مع الفقرة الرابعة من البند الفرعي (٢/٣/٩ ج):

* يُصمّم الجزء العلوي اللّين وكأنه منشأ منفصل، مدعوم جانبياً بواسطة الجزء السفلي الجاسيء، وباستخدام القيم المناسبة للمعامل (R).
* يُصمّم الجزء السفلي الجاسيء وكأنه منشأ منفصل باستخدام القيم المناسبة للمعامل (R). وتُحسب ردود الفعل من الجزء العلوي من نتائج تحليل الجزء العلوي، وتُصعّد بقيمة ناتج قسمة المعامل (R) للجزء العلوي على المعامل (R) للجزء السفلي.

(ج) التجميعات على المحاور المختلفة:

في المنطقة الزلزالية (3)، وللمنشأ ذي نظام الجدران الحاملة في اتجاه واحد فقط، يجب ألا تزيد قيمة المعامل (R) المُستخدمة في التصميم في الاتجاه المعامد للجدران الحاملة عن تلك القيمة المُستخدمة لنظام الجدران الحاملة. كما يُسمح باستخدام أية تجميعات لأنظمة الجدران الحاملة، أو الهياكل البنائية، أو الهياكل المقاومة للعزوم، أو الأنظمة الثنائية في مقاومة قوى الزلازل في المنشآت التي يقل ارتفاعها عن (50) متراً. ويجب استخدام تجميعات الأنظمة الثنائية والهياكل الخاصة المقاومة للعزوم لمقاومة قوى الزلازل في المنشآت التي يزيد ارتفاعها عن (50) متراً في المنطقة الزلزالية (3).

(د) التجميعات على المحور الواحد:

في حال استخدام تجميع أنظمة إنشائية مختلفة لمقاومة القوى الجانبية في اتجاه واحد، يجب ألا تزيد قيمة المعامل (R) المستخدمة للتصميم في ذلك الاتجاه عن أقل قيمة للمعامل (R) لأي من الأنظمة المستخدمة للاتجاه ذاته. وتُستثنى من ذلك الأنظمة الثنائية وأنظمة (جدران القص – الهياكل) التفاعلية في المنطقة الزلزالية (1).

(هـ) العمود المشترك:

في المناطق الزلزالية (2A) و(2B) و(3)، يُؤخذ تأثير القوى الزلزالية في غير اتجاه المحورين الرئيسيين بالنسبة للعمود المشترك بين نظامين متقاطعين من أنظمة

مقاومة القوى الجانبية بعين الاعتبار، ما لم يقل الحمل المحوري الناتج عن تأثير القـــوى الزلزالية في أي من الاتجاهين عمّا نسبته (20) بالمائة من قدرة العمود على مقاومة الأحمال المحورية.

٢/٤/د طريقة القوة الجانبية الاستاتية:

(أ) قوة القص القاعدي المُبسّطة:

(١) عـــــام:

يُســـمح بتصـــميم المنشآت المحقّقة لمتطلبات البند الفرعي (٢/٣/٩ب) باستخدام الطريقة الاستاتية المُبسّطة للقوة الجانبية.

(٢) قوة القص القاعدي:

تُحدّد قوة القص التصميمية الكلّية عند القاعدة في اتجاه معيّن من العلاقة التالية:

$$V = \frac{3.0C_a}{R} W_D \qquad (2\text{-}18)$$

حيـــث تُحدّد قيمة (C_a) من الجدول (٢-٣) بحسب نوع مقطع التربة والمـــنطقة الزلزالية. وفي حال عدم معرفة خواص التربة بتفاصيل كافية لـــتحديد نـــوع مقطع التربة، فيجب استخدام النوع (S_D) في المنطقة الزلزالية (3) والنوع (S_E) في المناطق الزلزالية (1) و(2A) و(2B).

(٣) التوزيع الرأسي:

تُحسب القوى الجانبية عند كل مستوى باستخدام العلاقة التالية:

$$F_x = \frac{3.0C_a}{R} w_x \qquad (2\text{-}19)$$

حيث تُحدّد قيمة (C_a) وفق الفقرة الثانية من البند الفرعي (٢/٤/٥أ).

(٤) مجال التطبيق:

لا يُطبّق البند الفرعي (٢/٤/٥ب) والبنود (٢/٣/٧) و(٢/٤/٢) و(٢/٤/٣) و(٢/٤/٦) و(٢/٤/١٠) والمادة (٢/٥) عند استخدام الطريقة المُبسّطة.

(ب) قوة القص القاعدي التصميمية:

تُحدّد قوة القص التصميمية الكليّة عند القاعدة (V) في اتّجاه معيّن من العلاقة التالية:

$$V = \frac{C_v I}{R T_a} W_D \qquad (2\text{-}20)$$

ولا يلزم أن تتجاوز قيمة (V) القيمة المحسوبة من العلاقة التالية:

$$V = \frac{2.5 C_a I}{R} W_D \qquad (2\text{-}21)$$

ويُشترط ألا تقل قيمة (V) عن القيمة المحسوبة من العلاقة التالية:

$$V = 0.1 C_a I W_D \qquad (2\text{-}22)$$

٦/٤/٢ التوزيع الرأسي للقوى الجانبية:

(أ) تُـوزّع قوة القص التصميمية الكلية عند القاعدة (V) على ارتفاع المنشأ وفق العلاقات (2-23) و(2-24) و(2-25) كالتالي:

$$V = F_t + \sum_{x=1}^{n} F_x \qquad (2\text{-}23)$$

(ب) تُضـاف القوة المركزة (F_t) إلى القوة (F_n) عند أعلى مستوى للمنشأ وتُحسب من العلاقة التالية:

$$F_t = 0.07\, T_a\, V \qquad (2\text{-}24)$$

حيـث تُستخدم قيمة (T_a) كما وردت في العلاقة (2-20)، بشرط ألا تتجاوز قـيمة (F_t) ما نسبته (25) بالمائة من قيمة (V)، كما يُسمح باعتبار قيمة (F_t) صفراً إذا كانت قيمة (T_a) تساوي (0.7) ثانية أو أصغر.

(ج) يُـوزّع الجـزء المتبقي من قوة القص القاعدي (V) على ارتفاع المنشأ بما فيه مستوى الطابق (n) باستخدام العلاقة التالية:

$$F_x = \frac{(V - F_t) w_x h_x}{\sum_{x=1}^{n} w_x h_x} \qquad (2\text{-}25)$$

عند كل مستوى يُرمز إليه بالرمز (x)، تُطبّق القوة (F_x) على مساحة المبنى وفق توزيع الكتلة عند ذلك المستوى. وتُحسب الإزاحات الإنشائية والقوى الزلزالية

التصميمية لعناصر المنشأ باعتبار التأثيرات الناتجة عن تطبيق القوتين (F_x) و(F_t) حسب توزيعهما الرأسي على كامل ارتفاع المنشأ.

٢/٤/٧ التوزيع الأفقي لقوة القص الطابقية:

(أ) تكـــون قوة القص الطابقية التصميمية (V_x) لأي طابق مساوية لمجموع القوى الزلزالية الجانبية المُطبّقة فوق مستوى ذلك الطابق.

(ب) تُوزّع (V_x) على العناصر الرأسية المختلفة في نظام مقاومة القوى الجانبية بالتناسب مع جساءة كل منها وبأخذ جساءة الحجاب بعين الاعتبار على النحو التالي:

(١) للحجب غير اللّينة:

تُفـــترض إزاحة الكتلة من مركز الكتلة المعيّن بالحساب مسافة في كل اتجاه تساوي (5) بالمائة من بعد المبنى المعامد لاتجاه القوة المأخوذة بعين الاعتبار عند المستوى الواحد.

(٢) للحجب اللّينة:

لغايات توزيع قوة القص الطابقية وعزم اللّي، يُعتبر الحجاب ليّناً عندما تزيد الإزاحة الجانبية العظمى للحجاب عن مثلي معدّل الإزاحة الجانبية للطابق المعني. ويمكن تحديد ذلك بمقارنة الترخيم الحاصـــل للنقطـــة الوسطية للحجـــاب في مستـــواه تحت تأثير الحمل الجانبي المُطبّق على الحجاب مع الإزاحة الجانبية الطابقية للعناصر المقاومة للأحمال الرأسية والمتّصـــلة بالحجـــاب تحت تأثير الحمل الجانبي الموزع بالنسب المكافئة لتوزيع مساحات التحميل الرأسي عليها.

٢/٤/٨ عزوم اللّي الأفقية:

(أ) يُؤخذ تأثير عزوم اللّي في زيادة قوى القص على العناصر الرأسية المقاومة للزلازل بعين الاعتبار عندما تكون الحجب غير ليّنة. ولأغراض التصميم تُعتبر حالة تجميع الأحمال الأكثر حرجاً بالنسبة لكل عنصر.

(ب) يكـــون عـــزم اللّي التصميمي عند مستوى طابق ما مساوياً العزم الناتج عن اللامركـــزية بـــين القوى الجانبية التصميمية المُطبّقة على المستويات فوق ذلك الطـــابق ومركـــز الجســـاءة للعناصر الرأسية المقاومة للزلازل في ذلك الطابق بالإضـــافة إلى عـــزم اللّي العارض. ويُحدّد عزم اللّي العارض بافتراض إزاحة الكتلة وفقاً لما هو مطلوب في الفقرة الأولى من البند الفرعي (٢/٤/٧ب).

(ج) يُعتـــبر عـــدم الانتظام في اللّي موجوداً عند أي مستوى (x) إذا تحققت المتباينة التالية متضمّنة تأثير عزم اللّي العارض:

$$\delta_{max} > 1.2\,\delta_{avg} \qquad (2\text{-}26)$$

وفي هذه الحالة، تتم زيادة عزم اللّي العارض عند كل مستوى بعامل التضخيم (A_{tx}) المحسوب من العلاقة التالية:

$$A_{tx} = \left[\frac{\delta_{max}}{1.2\,\delta_{avg}}\right]^2 \qquad (2\text{-}27)$$

وبحيث لا تتجاوز قيمة (A_{tx}) المقدار (3.0).

٢/٤/٩ الانقلاب:

(أ) يُصـــمّم كل منشأ لمقاومة تأثيرات الانقلاب الناتجة عن القوى الزلزالية الجانبية المحـــددة في البند (٢/٤/٦). وتُحسب عزوم الانقلاب المؤثرة عند أي مستوى باســـتخدام القـــوى الزلزالية (F_t) و(F_x) المؤثرة على المستويات فوق المستوى المعني. وتُوزّع الفـــروق (Incremental Changes) في عـــزوم الانقـــلاب التصميمية بين أي مستويين على عناصر المقاومة المختلفة في الطابق المعني وعلى النحو الموصوف في البند (٢/٤/٧). وتُنقل تأثيرات الانقلاب على كل عنصر إلى العنصـــر الأســـفل منه وحتى منسوب الأساسات. هذا، ويتم جمع قوى الجاذبية مع القوى الزلزالية حسب البندين الفرعيين (٢/٣/١ج) و(٢/٣/١د).

(ب) لأغراض تحديد عزم الانقلاب عند منسوب التأسيس للمنشآت المنتظمة، يجوز اسقاط القوة (F_t) الواردة في البند (٢/٤/٦) من الحساب.

٢/٤/١٠ الإزاحة الجانبية:

(أ) تحديد الإزاحة الجانبية التصميمية للتجاوب المرن (Δ_S):

يتم إجراء تحليل استاتي مرن لنظام مقاومة القوى الجانبية باستخدام القوى الزلزالية التصميمية وفق البند الفرعي (٢/٤/٥ب). وبدلاً من ذلك، يمكن إجراء تحليل دينامي وفق المادة (٢/٥). وفي حال استخدام طريقة التصميم للإجهادات المسموح بها وحيثما يتم حساب الإزاحة الجانبية، تُستخدم تجميعات الأحمال الواردة في البند الفرعي (٢/٣/١د). هذا، وتُراعى متطلبات السنمذجة حسبما ورد في البند (٢/٤/٢). وتُحسب الإزاحات الجانبية التصميمية للتجاوب المرن (Δ_S) عند المواقع الحرجة جميعها في المنشأ متضمّنة إزاحات الانتقال واللّي.

(ب) تحديد الإزاحة الجانبية العظمى للتجاوب اللامرن (Δ_M):

تُحسب الإزاحة الجانبية العظمى للتجاوب اللامرن (Δ_M) من العلاقة التالية:

$$\Delta_M = 0.7\, R\, \Delta_S \qquad (2\text{-}28)$$

وبدلاً من ذلك، يمكن حساب (Δ_M) من التحليل اللاخطي باستخدام السجل الزمني وفق البند (٢/٥/٤). ويجب أن يتضمّن التحليل لإيجاد (Δ_M) تأثيرات الحمل- الإزاحة ($P\text{-}\Delta$).

(ج) حد الإزاحة الجانبية الطابقية:

تُحسب الإزاحات الجانبية الطابقية باستخدام الإزاحة الجانبية العظمى للتجاوب اللامرن (Δ_M)، بشرط ألا تتجاوز قيمة (Δ_M) ما نسبته (2.5) بالمائة من ارتفاع الطابق للمنشآت التي تقل فترة اهتزازها الأساسية عن (0.7) ثانية، أو ما نسبته (2) بالمائة من ارتفاع الطابق للمنشآت التي تبلغ فترة اهتزازها الأساسية (0.7) ثانية أو أكثر. هذا، ويُسمح بتجاوز حدود الإزاحة الجانبية هذه، إذا أُثبت بالحساب أن العناصر الإنشائية وغير الإنشائية المتأثرة قادرة على تحمل إزاحات جانبية أكبر، أو عند تصميم منشآت الهياكل الفولاذية ذات الطابق الواحد التي يُراعى في تفاصيلها السماح بحدوث إزاحات جانبية إضافية. كما يمكن إهمال

حـــدود العلاقة (2-22) عند تحديد القوى التصميمية الجانبية لأغراض حساب الإزاحة الجانبية الطابقية.

٢/٤/١١ القوى الرأسية المكافئة:

في المنطقة الزلزالية (3)، تُصمّم الأجزاء الكابولية الأفقية لقوة خالصة إلى الأعلى تعادل $(0.7C_a I_p W_p)$.

٢/٥ طرق التحليل الدينامي

٢/٥/١ عام:

يجـــب أن تـــتوافق طرق التحليل الدينامي في حال استخدامها مع الأسس المبيّنة في هذه المادة. ويجب أن يعتمد التحليل على تمثيل مناسب للحركة الأرضية وأن يُجرى باستخدام مـــبادئ مقبولة لديناميكا الإنشاءات. كما يجب أن تتوافق المنشآت التي تُصمّم وفقاً لهذه المادة مع جميع المتطلبات الواجب تحققها في المنشأ والواردة في شروط هذه الكودة.

٢/٥/٢ تمثيل الحركة الأرضية:

تُعتـــبر الحركة الأرضية التي تبلغ احتمالية تجاوزها (10) بالمائة في (50) سنة هي الحد الأدنى المقـــبول لتمثيل الحركة الأرضية الأساسية التصميمية، ولا يجوز تخفيضها بقيمة المعامل (R)، ويمكن أن تمثّل بأي من الأساليب التالية:

(أ) طيف التجاوب التصميمي المرن (Elastic Design Response Spectrum):

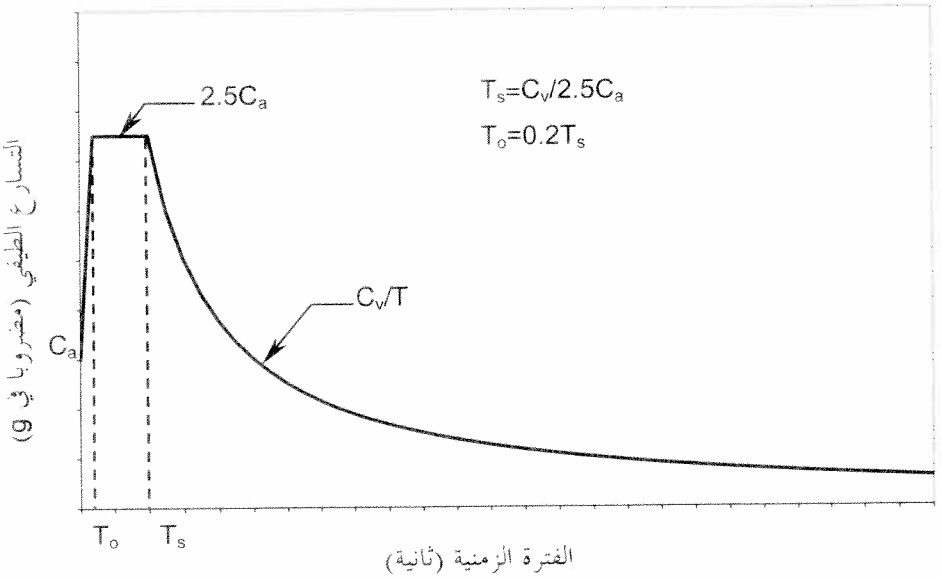
يكون طيف التجاوب التصميمي المرن كما هو مبيّن في الشكل (٢-٣) وذلك باســـتخدام قيمتين مناسبتين للمعاملين (C_a) و(C_v) المتوافقين مع الموقع المحدّد. هـــذا، ويجـــب ضـــرب إحداثيات التسارع الطيفي في مقدار تسارع الجاذبية الأرضية البالغ (9.81) متر/ثانية مربعة.

(ب) طيف التجاوب التصميمي المرن الخاص بالموقع:

(١) يتم إعداد طيف التجاوب التصميمي المرن الخاص بالموقع اعتماداً على الخصـــائص الجيولوجـــية والتكتونية والسيزمولوجية وتربة الموقع المعني باســـتخدام نسبة تخميد تبلغ (5) بالمائة. ويمكن اعتماد أي قيمة لنسبة

التخمـــيد شـــريطة أن تتوافق مع السلوك الإنشائي المتوقع عند شدة الاهـــتزاز المحـــدّدة خصيصاً للموقع. ويُعتبر استخدام طيف التجاوب الخاص بالموقع ضرورياً في أي من الحالات التالية:

* عـــندما يقع المنشأ ضمن مسافة لا تزيد عن عشرة كيلومترات عن فالق زلزالي نشط (Active Fault).
* عندما يُصنّف مقطع التربة على أساس النوع (S_F).
* عند تحليل المنشأ ديناميا باستخدام طريقة تحليل السجل الزمني.
* عند تصميم المنشأ باعتباره معزولاً عند القاعدة (Base Isolation) أو باستخدام وسائل تبديد الطاقة (Energy Dissipation).



الشكل (٢-٣): طيف التجاوب التصميمي

(٢) يجب الحصول على تفويض مُسبق من قبل الجهة الرسمية المختّصة بالبناء لـــتحديد طيف التجاوب الخاص بالموقع. ويُسمح بأن تقل قيم طيف الـــتجاوب الخاص بالموقع للحركة الأرضية التصميمية عمّا يقابلها في طيف التجاوب العام المبيّن في الشكل (٢-٣)، على ألا تقل هذه القيم عمّا نسبته (80) بالمائة من القيم المقابلة لها.

(٣) يستم إعداد طيف التجاوب الخاص بالموقع المعني من قبل فريق متكامل يشمل، بالإضافة إلى المهندس المصمم، مختّصين في الهندسة الجيوتقنية لضمان فهم ماهيّة الزلزال التصميمي والطرق المتّبعة لإعداد أطياف التجاوب الخاصة بالموقع المعني والتعرف على طبيعة نواتج الحركة الأرضية ومحدّداتها التي يتم الحصول عليها من الدراسات الجيوتقنية. ويقوم الفريق بإعداد طيف التجاوب الخاص بالموقع كما يلي:

* توصيف المصادر الزلزالية وتحديد خصائصها اعتماداً على جيولوجية الموقع وسيزمولوجيته.
* تحديد علاقات التوهين (Attenuation) المناسبة ودراسة تجاوب الموقع.
* تقييم احتمالات الخطر الزلزالي (Probabilistic Seismic Hazard Anaysis) وتحليلها باستخدام طرق نمذجة الاحتمالات وتحليلها.

(٤) يمكن اتّباع أي من الطرق الواردة في المرجع رقم (١٠) لإعداد طيف التجاوب الخاص بالموقع المعني.

(ج) السجلات الزمنية للحركة الأرضية الخاصة بالموقع المعني والممثلة للحركة الزلزالية الفعلية. ويجب أن تماثل أطياف التجاوب الناتجة عن السجلات الزمنية إما بشكل فردي أو جماعي الطيف التصميمي الخاص بالموقع على وجه التقريب، وبحيث يتوافق الطيف التصميمي مع ما ورد في البند الفرعي (٢/٥/٢ب).

(د) يُطبّق الشرطان التاليان للمنشآت المنتظمة أو غير المنتظمة على السواء والواقعة على تربة ذات مقطع من نوع (S_F) ولها فترة اهتزاز تزيد عن (0.7) ثانية:

(١) تُعتمد الحركة الأرضية الممثلة وفقاً للبندين الفرعيين (٢/٥/٢ب) و(٢/٥/٢ج).

(٢) يُؤخذ احتمال تضخيم تجاوب المبنى بسبب تأثيرات التفاعل بين المنشأ والتربة وإطالة فترة اهتزاز المبنى بسبب السلوك اللامرن بعين الاعتبار.

(هـ) يمكن تمثيل المركّبة الرأسية للحركة الأرضية بمقدار ثلثي التسارعات الأفقية المصاحبة لها ما لم توجد بيانات خاصة بالموقع أكثر دقة. هذا، وتُعتبر المركّبة الرأسية للحركة الأرضية مساوية المركّبة الأفقية المصاحبة لها في الحالات التي يقع فيها المنشأ ضمن مسافة لا تزيد عن عشرة كيلومترات من أي فالق زلزالي نشط.

٢/٥/٣ طريقة تحليل طيف التجاوب:

(أ) يتم إجراء تحليل دينامي مرن للمنشأ يعتمد على التجاوب الديناميي الأقصى لجميع أنساق الاهتزاز (Modes of Vibration) ذات المساهمة الفعّالة في التجاوب الكلي للمنشأ، حيث تُؤخذ أنساق الاهتزاز الفعّالة التي يشارك من خلالها ما لا يقل عن (90) بالمائة من الكتلة المساهمة في المنشأ في حساب تجاوب المنشأ لكل اتجاه أفقي رئيسي.

(ب) تُحسب قيم التجاوب النسقي الأقصى باستخدام إحداثيات المنحني المناسب لطيف التجاوب المقابل للفترات النسقية (Modal Periods) للمنشأ.

(ج) تُجمع المساهمات النسقية العظمى بطريقة إحصائية معروفة مثل طريقة التجميع التربيعي التام (CQC)، مع أخذ مدى التناغم بين الأنساق بعين الاعتبار للحصول على متغيّرات التجاوب المرن (Elastic Response Parameters) من قوى وعزوم وإزاحات. ويمكن تخفيض متغيّرات التجاوب المرن بما يتوافق مع البند (٢/٥/٥).

٢/٥/٤ طريقة تحليل السجل الزمني:

(أ) عام:

(١) يتم إجراء تحليل السجل الزمني باستخدام أزواج من السجلات الزمنية المناسبة للمركّبات الأفقية للحركة الأرضية يتم اختيارها وعوملتها من سجلات ثلاث وقائع زلزالية على الأقل. وتُعتبر السجلات الزمنية مناسبة في حال توافقت القوة العظمى للزلزال (Magnitude) والبعد عن الفالق (Fault Distance) وآلية الحركة في المصدر الزلزالي (Source Mechanism) مع ما يقابلها من الخصائص التي تحدّد الزلزال التصميمي (أو أكبر زلزال يمكن حدوثه).

(٢) وحيث لا تتوفر ثلاثة أزواج مناسبة لسجلات زمنية لحركات أرضية فعلية، فيمكن استخدام أزواج مناسبة من السجلات الزمنية المحاكية للحركة الأرضية لاستكمال العدد المطلوب من السجلات الزمنية.

(٣) يتم تحديد طيف تجاوب الموقع المعني بنسبة تخميد تبلغ (5) بالمائة لكل زوج من أزواج المركبات الأفقية المعوملة باستخدام طريقة الجذر التربيعي لمجموع المربعات (SRSS). وتتم عوملة الحركة الأرضية بحيث

لا يقل معدّل قيمة الطيف المحسوب كما هو مذكور أعلاه عمّا نسبته (140) بالمائة من طيف التجاوب التصميمي المعد باستخدام نسبة تخميد تبلغ (5) بالمائة، وذلك لقيم فترة الاهتزاز الواقعة بين ما يعادل (0.2) و(1.5) من فترة الاهتزاز الأساسية (T) مقاسة بالثواني.

(٤) يتم تطبيق كل زوج من السجلات الزمنية على النموذج الرياضي الممثّل للمنشأ في وقت واحد مع اعتبار تأثيرات اللّي.

(٥) لحساب أي من متغيرات التجاوب الديناميّ، تُحسب قيمة المتغيّر المعني لكل تحليل سجل زمني على حدة. وفي الحالة التي يتم فيها إجراء ثلاثة تحاليل باستخدام السجل الزمني، تُؤخذ قيمة التجاوب الأقصى لأغراض التصميم بينما يؤخذ معدّل قيم متغير التجاوب المعني إذا أجري ما لا يقل عن سبعة تحليلات دينامية.

(٦) مراجعة التصميم:

في حال استخدام تحليل السجل الزمني لتبرير التصميم الإنشائي، فتتم مراجعة تصميم نظام مقاومة القوى الجانبية من قبل فريق هندسي مستقل يشمل أشخاصاً مؤهلين/مرخصين في المجالات المعنيّة وذوي خبرة في طرق التحليل الزلزالي، على أن تشمل مراجعة تصميم نظام مقاومة القوى الجانبية الأمور التالية على سبيل المثال لا الحصر:

* مراجعة طريقة إعداد الأطياف الخاصة بالموقع والسجلات الزمنية للحركة الأرضية.
* مراجعة التصميم الأولي لنظام مقاومة القوى الجانبية.
* مراجعة التصميم النهائي لنظام مقاومة القوى الجانبية وجميع التحليلات المساندة.

وعلى المكتب المصمّم تقديم المخططات والحسابات ومذكّرة من أعضاء فريق المهندسين المراجعين للتصميم جميعاً تفيد بإجراء المراجعة المنوّه عنها أعلاه.

(ب) التحليل المرن للسجل الزمني:

يتم إجراء تحليل دينامي مرن للمنشأ لتحديد تجاوبه الديناميي عند كل نقطة زمنية من السجل الزمني للحركة الأرضية المُطبّقة على قاعدة المنشأ. وتُؤخذ أنساق الاهتزاز الفعّالة التي يشارك من خلالها ما لا يقل عن (90) بالمائة من الكتلة المساهمة في المنشأ في حساب تجاوب المنشأ لكل اتجاه أفقي رئيسي. وتُؤخذ بعين الاعتبار تأثيرات اتجاه الحركة الأرضية وفقاً للبند (٢/٥/٦) وتأثيرات اللّي بما فيها تأثيرات اللّي العارض وفقاً للبند (٢/٥/٧). وتُصمّم جميع العناصر باستخدام طريقة التصميم للمقاومة (Strength Design). هذا، ويمكن تخفيض متغيّرات التجاوب المرن بما يتوافق مع البند (٢/٥/٥).

(ج) التحليل اللاخطي للسجل الزمني:

لإجراء التحليل اللاخطي للسجل الزمني يلزم اعتماد ثلاثة أزواج من السجلات الزمنية المناسبة للمركّبات الأفقية للحركة الأرضية على النحو الوارد في البند الفرعي (٢/٥/٤أ). ويتم أخذ قدرات العناصر اللاخطية في النموذج الرياضي للمنشأ وخصائصها بعين الاعتبار بشكل متوافق مع بيانات الفحص أو ما أثبتته التحليلات متضمّناً عامل الأهمية. ولا يجوز تخفيض قيمة الإزاحة العظمى للتجاوب اللامرن التي يجب أن تتوافق مع البند الفرعي (٢/٤/١٠ج).

٢/٥/٥ تخفيض متغيّرات التجاوب المرن للتصميم:

(أ) يُسمح بتخفيض متغيّرات التجاوب المرن لأغراض التصميم بحيث لا تقل قوة القص التصميمية الكليّة عند القاعدة عن أكبر القيمتين التاليتين:

* قوة القص الكليّة عند القاعدة والمحسوبة من التجاوب المرن مقسومة على قيمة المعامل (R)،
* قوة القص التصميمية الكليّة عند القاعدة، المحدّدة باستخدام طريقة القوة الجانبية الاستاتية المبيّنة في البند (٢/٤/٥).

(ب) تُستخدم القوى الزلزالية التصميمية المخفّضة في التصميم وفقاً للبندين الفرعيين (٢/٣/١ج) و(٢/٣/١د).

٦/٥/٢ تأثيرات اتجاه الحركة الأرضية:

يجـــب أن تتوافق تأثيرات اتجاه الحركة الأرضية الأفقية مع متطلبـــات البند (٢/٤/١). أما تأثيرات الحركات الأرضية الرأسية على الأجزاء الكابولية الأفقية فيجب أخذها بعين الاعتـــبار باســـتخدام القوى الرأسيـــة المكافئـــة وفقـــاً للبند (٢/٤/١١). وبدلاً من ذلك، يمكن تحديد التجاوب الزلزالي الرأسي بطرق التحليل الديناميي للتجاوب، ولا يجوز في أي حال أن يقل التجاوب المستخدم في التصميم عن ذلك المحدّد بالطريقة الاستاتية.

٧/٥/٢ تأثيرات اللّي:

في التحلـــيل الديناميي يجب أخذ تأثيرات اللّي بعين بالاعتبار بما فيها تأثيرات اللّي العارض كما ورد في البند (٢/٤/٨). وفي حال استخدام نماذج ثلاثية الأبعاد في التحليل، فتُؤخذ تـــأثيرات اللّـــي العارض بعين الاعتبار إمّا بإجراء التعديلات المناسبة على النموذج مثل تعديل توزيع الكتلة، أو باستخدام الطرق الاستاتية المكافئة كما ورد في البند (٢/٤/٧).

٦/٢ القـــوة الجانبـــية على عناصر المنشآت والأجزاء غير الإنشائية والمعدّات المستندة إلى المنشآت

١/٦/٢ عام:

تُصـــمّم عناصـــر المنشآت ومرفقاتها، والأجزاء غير الإنشائية الدائمة ومرفقاتها، وكذلك مـــرفقات المعـــدّات الدائمة المستندة إلى المنشأ، لمقاومة القوى الزلزالية التصميمية الكليّة المحدّدة في البند (٢/٦/٢)، حيث تتضمن المرفقات قطع التثبيت والتكتيف اللازمة. هذا، وتُهمـــل قوى الاحتكاك الناتج عن أحمال الجاذبية عند حساب المقاومة للقوى الزلزالية، كمـــا لا يلزم تصميم الأثاث، ولا وصلات المعدّات المثبّتة على الأرضيات أو السقوف والـــتي تزن أقل من (18) كيلو نيوتن. ويشمل هذا البند تصميم تلبيس الحجر أو الرخام ميكانيكياً على واجهات المبنى وكذلك أنواع الكساء الأخرى مثل واجهات الألمنيوم.

٢/٦/٢ تصميم الأجزاء للقوة الجانبية الكليّة:

(أ) تُحدّد القوة الزلزالية الجانبية التصميمية الكليّة (F_p) من العلاقة التالية:

$$F_p = 4.0\, C_a\, I_p\, W_p \qquad (2\text{-}29)$$

وبدلاً من ذلك، يمكن حساب (F_p) باستخدام العلاقة التالية:

$$F_p = \frac{a_p C_a I_p}{R_p}\left(1+2\frac{h_p}{h_r}\right)W_p \qquad (2\text{-}30)$$

مع مراعاة المتباينة التالية:

$$0.7\, C_a\, I_p\, W_p < F_p \leq 4.0\, C_a\, I_p\, W_p \qquad (2\text{-}31)$$

حيث:

a_p = عامل التضخيم للجزء في المنشأ، ويتراوح من (1.0) إلى (2.5) كما ورد في الجدول (٢-٧). وبدلاً من ذلك، يمكن تحديد هذا العامل بالاعتماد على الخصائص الدينامية أو البيانات التجريبية للجزء وللمنشأ الساند، بشرط ألا تقل قيمته عن (1.0).

R_p = عامل تعديل التجاوب للجزء كما ورد في الجدول (٢-٧) على أن تعادل قيمة (R_p) لقطع التثبيت (1.5) لمصاميل التثبيت المتمدّدة الضحلة، أو وحدات التثبيت الكيميائية الضحلة، أو وحدات التثبيت الضحلة المصبوبة في الموقع. وتُعرّف وحدات التثبيت الضحلة بأنها تلك الوحدات ذات نسبة طول التثبيت إلى القطر أقل من (8). وفي حال التثبيت بمواد غير مطيلة أو باستخدام اللاصق، فتكون قيمة (R_p) مساوية (1.0).

h_p = ارتفاع مرفق العنصر أو الجزء فوق الأرض المجاورة للمنشأ بالمتر، ويُعتبر صفراً لمرفقات العناصر أو الأجزاء الواقعة أسفل منسوب الأرض المجاورة للمنشأ، ولا تُؤخذ قيمة (h_p) أعلى من قيمة (h_r) لمرفقات العناصر أو الأجزاء المثبّتة فوق منسوب سقف المنشأ.

h_r = ارتفاع سقف المنشأ فوق الأرض المجاورة له بالمتر.

(ب) تُوزّع القوى الجانبية التصميمية المحدّدة من العلاقة (2-29) أو العلاقة (2-30) بالتناسب مع توزيع كتلة العنصر أو الجزء.

(ج) تُستخدم القوى المحدّدة من العلاقة (2-29) أو العلاقة (2-30) لتصميم الأعضاء والوصلات التي تنقل تلك القوى إلى أنظمة مقاومة الزلازل، مع مراعاة

تجميعات الأحمال والعوامل المنصوص عليها في البندين الفرعيين (٢/٣/١ ج) و(٢/٣/١د).

(د) يتم الحصول على القوى وعوامل تعديل تجاوب الجزء في واصلات الصفائح (Panels) الخارجية والحجب بالرجوع إلى البندين (٢/٧/٢) و(٢/٧/٥). كما يتم تطبيق القوى في الاتجاهات الأفقية التي تؤدي إلى أكثر الأحمال التصميمية حرجاً.

٢/٦/٣ الحركة النسبية لمرفقات المعدّات:

للمعدّات في فئتي الإشغال (1) و(2) الواردتين في الجدول (٢-٥)، يتم أخذ تأثيرات الحركة النسبية لنقاط التوصيل بالمنشأ بعين الاعتبار باستخدام الإزاحة الجانبية المعتمدة على (Δ_M) في التصميم للقوى الجانبية.

٢/٦/٤ التصاميم البديلة:

في حال توفر مواصفة قياسية وطنية معتمدة أو بيانات فحص فعلي معتمدة للتصميم المقاوم للزلازل لنوع معين من المعدّات أو الأجزاء غير الإنشائية، فإنه يمكن قبول مثل هذه المواصفة القياسية أو البيانات أساساً للتصميم وفق الشرطين التاليين:

* تُعتبر هذه الشروط الحدود الدنيا لتصميم قطع التثبيت والأعضاء والوصلات التي تنقل القوى إلى نظام مقاومة الزلازل.
* لا تقل القوة (F_p) وعزم الانقلاب المستخدمان في تصميم الأجزاء غير الإنشائية عن (80) بالمائة من القيم التي يتم الحصول عليها باستخدام هذه الشروط.

٢/٧ المتطلبات التصميمية الإضافية للأنظمة الإنشائية

٢/٧/١ عام:

(أ) تُستخدم متطلبات التفاصيل الأشد قيداً للأجزاء والعناصر المشتركة بين الأنظمة الإنشائية المختلفة في المنشأ الواحد.

(ب) في حال اتصال عناصر الهياكل المقاومة للعزوم أو جدران القص بعناصر أكثر جساءة، فيُشترط بيان أن مشاركة العناصر الأكثر جساءة أو فشلها لن يحدّ من قدرة أنظمة مقاومة أحمال الجاذبية والقوى الجانبية على مقاومة الأحمال الرأسية والجانبية.

الجدول (٢-٧): معاملا القوى الأفقية (a_p) و(R_p)

عناصر المنشآت والأجزاء غير الإنشائية والمعدّات[1]	a_p	R_p	ملاحظات التذييل
١- عناصر المنشآت			
أ. الجدران متضمّنة ما يلي:			
(١) التصوينات (المعتلية) غير المكّتفة	2.5	3.0	
(٢) الجدران الخارجية للطابق الأرضي أو فوقه والتصوينات المكّتفة فوق مراكز ثقلها	1.0	3.0	2
(٣) جميع الجدران الداخلية الحاملة وغير الحاملة	1.0	3.0	2
ب. السقيفة المبنيّة على السطح الأحير (إلا إذا كان هيكلها امتداداً لهيكل المنشأ)	2.5	4.0	
ج. وصلات العناصر الإنشائية سابقة الصنع ما عدا الجدران، أنظر أيضاً البند (٢/٦/٢)	1.0	3.0	3
٢- العناصر غير الإنشائية			
أ. الزينة والملحقات الداخلية والخارجية	2.5	3.0	
ب. المداخن والأبراج الجملونية المستندة إلى السطح أو البارزة فوقه:			
(١) المكّستفة جانبياً أو المثبّتة بالهيكل الإنشائي عند نقطة أسفل مراكز كتلها	2.5	3.0	
(٢) المكّتفة جانبياً أو المثبّتة بالهيكل الإنشائي عند مراكز كتلها أو فوقها	1.0	3.0	
ج. الشاخصات ولوحات الإعلان	2.5	3.0	
د. رفوف التخزين (متضمنة المحتويات) التي يزيد ارتفاعها عن مترين	2.5	4.0	4
هـ. الخزائن ومناضد الكتب الدائمة والمستندة إلى الأرضية وبارتفاع يزيد عن مترين (بما فيها محتوياتها)	1.0	3.0	5
و. قطع التثبيت والتكتيف الجانبي للسقوف المعلقة ووحدات الإنارة	1.0	3.0	8,7,6,3
ز. أنظمة أرضيات العبور	1.0	3.0	9,5,4
ح. السياجات من الخرسانة أو من قطع البناء بارتفاع يزيد عن مترين	1.0	3.0	
ط. القسّامات (القواطع)	1.0	1.5	

تابع الجدول (٢-٧): معاملا القوى الأفقية (a_p) و(R_p)

عناصر المنشآت والأجزاء غير الإنشائية والمعدّات[1]	a_p	R_p	ملاحظات التذييل
٣- المعـــــدات			
أ. الأوعية والخزانات (متضمّنة المحتويات) بما فيها أنظمة الإسناد	1.0	3.0	
ب. المعدّات والتمديدات الكهربائية والميكانيكية والصحية	1.0	3.0	11, 10, 5, 13, 12, و 15, 14, و 16
ج. أية معدّات مكّتفة جانبياً أو مثبّتة بالهيكل الإنشائي عند نقطة أسفل مراكز كتلها	2.5	3.0	14, 10, 5, 16, 15,
د. قطـــع تثبيت أنظمة مولّدات الطاقة عند الطوارئ ومعدّات الاتصـــال الضـــروري ومـــرابط وأنظمة ارتكاز منضدات الـــبطاريات وخـــزانات الوقـــود اللازمـــة لتشغيل معدّات الطوارئ. أنظر أيضاً البند (٢/٦/٢).	1.0	3.0	18 ,17
هـ. الحاويـــات المؤقتة المحتوية على مواد قابلة للاشتعال أو على مواد خطرة	1.0	3.0	19
٤- الأجزاء الأخرى			
أ. الأجزاء الجاسئة ذات المواد والمرفقات المطيلة	1.0	3.0	1
ب. الأجزاء الجاسئة ذات المواد والمرفقات غير المطيلة	1.0	1.5	1
ج. الأجزاء اللّينة ذات المواد والمرفقات المطيلة	2.5	3.0	1
د. الأجزاء اللّينة ذات المواد والمرفقات غير المطيلة	2.5	1.5	1

1 أنظر المادة (١/٢) لتعريف الأجزاء الجاسئة واللّينة.

2 أنظر البنود (٢/٧/٢) و(٤/٧/٢) و(٥/٧/٢) حـــول الجدران من الخرســـانة أو من قطـــع البناء، والبند (٢/٦/٢) حول وصلات الصفائح.

3 يُطبّق في المناطق الزلزالية (2A) و(2B) و(3) فقط.

4 يمكن تصميم رفوف التخزين الفولاذية المستندة إلى الأرضية وفق متطلبات المادة (٨/٢).

5 يلزم تصميم قطع التثبيت فقط.

6 يتضمّن وزن السقف جميع وحدات الإنارة والمعدّات الأخرى أو القسّامات المدعومة جانبياً بالسقف. ولأغراض تحديد القوة الزلزالية يجب ألا يقل وزن السقف عن (0.19) كيلو نيوتن/متر مربع.

7 لا يلزم تحليل السقوف المكونة من الشبك والقصارة وألواح الديكور (مثل الجبس) المثبتة بالمسامير أو البراغي إلى عناصر تعليق السقف في مستوى واحد يمتد من جدار إلى آخر بشرط ألا يزيد تباعد الجدران بعضها عن بعض عن (16) متراً.

تابع الجدول (٢-٧): معاملا القوى الأفقية (a_p) و(R_p)

8 يـــتم تثبيـــت وحدات الإنارة والخدمات الميكانيكية ضمن أنظمة التعليق المعدنية للسقوف ذات البلاط العازل للصوت والألواح بشكل مستقل عن المنشأ فوقها.

9 تكون قيمة (W_p) لأنظمة أرضيات العبور مساوية الحمل الميت لنظام أرضية العبور زائداً ما نسبته (25) بالمائة من الحمل الحي للأرضية زائداً (0.50) كيلو نيوتن/متر مربع بدل حمل القسّام.

10 تشمل المعدّات، لا على سبيل الحصر، المراجل والمبرّدات ومبدّلات الحرارة والمضخات ووحدات معالجة الهواء وأبراج التبريد ولوحات التحكم والمحرّكات والمبدّلات والمحوّلات ومعدّات السلامة.

كمـــا تشـــمل القنوات وأعمال التمديدات والأنابيب الرئيسية التي تخدم هذه الآلات والمعدّات وأنظمة الرش للحريق. أنظر البند (٢/٦/٢) حول المتطلبات الإضافية لتحديد العامل (a_p) للمعدّات غير الجاسئة أو ذات التعليق اللّين.

11 يمكن الاستغناء عن عناصر التثبيت الزلزالي للتمديدات الصحية والميكانيكية في حال تحقق كافة الشروط التالية:

11.1 لا تُسبّب الحركة الجانبية للأنابيب أو التمديدات واصطدامها بالأنظمة الأخرى أي ضرر.

11.2 تتكون الأنابيب أو التمديدات ووصلاتها من مادة مطيلة.

11.3 لا تتسبّب الحركة الجانبية للأنابيب أو التمديدات بارتطام التركيبات القابلة للكسر بأية معدّات أخرى أو أنابيب أو عناصر إنشائية.

11.4 لا تُسبّب الحركة الجانبية للأنابيب أو التمديدات فشلاً لنظام إسنادها الرأسي.

11.5 قضبان التثبيت المعلّقة التي يقل طولها عن (0.3) متر مزّودة بوصلات علوية لا ينتج عنها عزوم انحناء.

11.6 يتم التدقيق على ثبات عناصر الدعم المعتلية البارزة عن الأرضية.

12 يمكـــن الاســـتغناء عن عناصر التثبيت الزلزالي للمسارات الكهربائية مثل تمديدات الكوابل والقنوات في حال تحقق كافة الشروط التالية:

12.1 لا تُسبّب الحركة الجانبية للمسار واصطدامها بالأنظمة الأخرى أي ضرر.

12.2 لا تُسبّب الحركة الجانبية للمسار فشلاً لنظام إسنادها الرأسي.

12.3 قضبان التثبيت المُعلّقة التي يقل طولها عن (0.3) متر مزّودة بوصلات علوية لا ينتج عنها عزوم انحناء.

12.4 يتم التدقيق على ثبات عناصر الدعم المعتلية البارزة عن الأرضية.

13 عـــند لـــزوم بقاء الأنابيب الصحية والتمديدات الميكانيكية والمسارات الكهربائية المُمتدّة بين المباني أو الأنظمة الإنشائية المختلفة صالحة للاستعمال بعد حدوث الزلزال، فيجب أن تكون ليّنة بما يكفي لتحمّل الحركة النسبية لنقاط الدعم بافتراض حركات غير متناغمة.

14 تُصـــمّم عوازل الاهتزاز التي ترتكز عليها المعدّات لمقاومة الأحمال الجانبية أو تقيد ضد الإزاحة الجانبية بأية وسائل أخرى. كما يتم استخدام وسائل تقييد تحد من الإزاحة الرأسية لمنع انفصال المقيّدات الجانبية من أماكنـــها.

تابع الجدول (٢-٧): معاملا القوى الأفقية (a_p) و(R_p)

وتكون قيمتا (a_p) و(R_p) للمعدّات المرتكزة على عوازل الاهتزاز مساويتين (2.5) و(1.5) على التوالي، إلا إذا كـــان هيكل تعليق العوازل مثبّتاً بقطع تثبيت ضحلة أو تمددية، فعندها تُضرب القوى التصميمية لقطع التثبيت المحدّدة في العلاقات (2-29) أو(2-30) و(2-31) بعامل إضافي قيمته (2.0).

15 لا تُصمّم قطع تثبيت المعدّات لتقاوم الأحمال الجانبية بالاحتكاك الناتج عن الجاذبية (مثل مرابط الاحتكاك).

16 لا تُستخدم قطع التثبيت التمددية لتقاوم الأحمال الزلزالية بالشد في حال وجود أحمال تشغيلية اهتزازية.

17 يـــتم تقييد حركة القطع في داخل خزائن الكهرباء، والمعدّات المحمولة على الرفوف أو بشكل انزلاقي، وأجزاء المعدّات الكهروميكانيكية المحمولة بشكل انزلاقي، والتي قد تلحق جميعها ضرراً بالقطع الأخرى نتيجة إزاحتها، وذلك بربطها بمعدّات مثبّتة أو بهياكل داعمة.

18 يتم تقييد حركة البطاريات على الرفوف في جميع الاتجاهات عند تعرضها لقوى زلزالية.

19 يمكـــن أن تتضمن المقيّدات الزلزالية الأشرطة والسلاسل والمسامير والمصاميل (Bolts) والحواجز أو أي وســـائل ميكانيكـــية أخرى تمنع الانزلاق والسقوط وتحرر المحتويات من مواد قابلة للاحتراق أو سامة. ويمكن عدم الاعتماد على قوى الاحتكاك لمقاومة الأحمال الجانبية في هذه المقيّدات ما لم يتم توفير مقيّد فعلي للحلع يضمن تأثير قوى الاحتكاك بشكل مستمر.

٢/٧/٢ تساوق التشوّهات (Deformation Compatibility):

(أ) يـــتم تصميم و/أو تفصيل جميع العناصر الإنشائية الهيكلية ووصلاتها، والتي لا يُراد من تصميمها أن تكون جزءاً من نظام مقاومة القوى الجانبية، بحيث تحافظ على اسناد الأحمال التصميمية الميتة والحيّة عند تعرضها للتشوّهات التي تسببها القوى الزلزالية متضمّنة تأثيرات الحمل-الإزاحة (P-Δ).

(ب) تُحسب التشوّهات المتوقعة بإهمال صلابة العناصر التي لا تشكل جزءاً من نظام مقاومة القوى الجانبية وأخذ أكبر القيمتين التاليتين:

* الإزاحة الجانبية العظمى للتجاوب اللامرن (Δ_M) المحسوبة وفق البند الفرعي (٢/٤/١٠ب) متضمنة تأثيرات الحمل-الإزاحة (P-Δ)، أو
* التشوّه المتولّد عن إزاحة جانبية طابقية تعادل ما نسبته (2.5) بالمائة من ارتفاع الطابق.

(ج) يمكن اعتبار القوى المتولّدة عن التشوّهات المتوقّعة في العناصر التي لا تشكّل جزءاً مـــن نظـــام مقاومة القوى الجانبية على أنها قوى معولمة، وتُؤخذ عند حسابها

تأثيرات تقييد الحركة الناتجة عن المنشآت الجاسئة والعناصر غير الإنشائية المجاورة بعين الاعتبار وذلك باستخدام قيم مناسبة لصلابة الاعضاء والمقيّدات.

ويمكن لأغراض حساب هذه القوى أن تُؤخذ بعين الاعتبار التشوّهات اللامرنة للاعضاء والوصلات، شريطة أن تتوافق القدرات المحسوبة مع تصميم الاعضاء والوصلات وتفاصيلها.

(د) تفرض صلابات الانحناء والقص للعناصر الخرسانية التي تشكل جزءاً من نظام مقاومة القوى الجانبية، بحيث لا تتجاوز نصف صلاباتها المحسوبة على أساس خصائص المقطع الإجمالي ما لم يتم إجراء تحليل منطقي باستخدام خصائص المقطع المتشقق (Cracked-Section Analysis). ويجب أن تُؤخذ التشوّهات الإضافية التي يمكن أن تحدث نتيجة ليونة الأساسات وترخيم الحجب بعين الاعتبار. وللعناصر الخرسانية التي لا تشكّل جزءاً من نظام مقاومة القوى الجانبية، تُراعى تفاصيل التسليح الواردة في المادة (١٢/٣).

٣/٧/٢ ربط أجزاء المنشأ:

(أ) يتم الربط بين أجزاء المنشأ جميعها بعناصر ربط ووصلات قادرة على تمرير القوة الزلزالية المتولّدة في أي جزء منه إلى العناصر والأعضاء التي تقاومها. ويتم ربط كل جزء من المنشأ مع باقي المنشأ بعناصر قادرة على مقاومة قوة لا تقل عن مقدار حاصل ضرب ($0.5\ C_a\ I$) في وزن الجزء الأصغر.

(ب) يجب أن تكون وصلات الجوائز أو الجملونات مع العناصر الحاملة لها قادرة على مقاومة قوة أفقية بموازاة الجائز أو الجملون لا تقل عن مقدار حاصل ضرب ($0.5\ C_a\ I$) في مجموع الحمل الميت والحمل الحي للجائز أو الجملون.

٤/٧/٢ العناصر الخارجية:

تُصمّم صفائح الجدران (Wall Panels) الخارجية غير الحاملة وغير المقاومة للقص، ومثلها الواجهات الزجاجية وجدران الطوب المفرغ، أو العناصر الملاصقة لها، أو الكاسية لها كألواح الرخام والجرانيت والحجر بأسلوب التلبيس لمقاومة القوى المحسوبة من العلاقة (29-2) أو (30-2)، مع السماح بحدوث الازاحات الجانبية الناشئة

عن (Δ_M) والتغيرات الحرارية. ويجب إسناد مثل هذه العناصر بواسطة خرسانة مصبوبة في الموقع أو بوصلات ميكانيكية ومرابط (Fasteners) حسب الشروط التالية:

(أ) تسمح الوصلات ووصلات الصفائح (Panel Joints) بحركة نسبية بين الطوابق لاتقل عن مثلي الإزاحة الجانبية الطابقية بفعل الرياح أو الإزاحة الجانبية الطابقية المحسوبة اعتماداً على (Δ_M) أو (13) مليمتراً، أيهما أكبر.

(ب) تُستخدم الوصلات الميكانيكية المنزلقة أو الوصلات التي تؤمن الحركة بواسطة التشوّهات غير المرنة أو أي نوع من الوصلات التي تسمح بهذه الحركة النسبية في مستوى الصفيحة.

(ج) تتوفر في أجسام الوصلات مطولية وقدرة على الدوران تكفي لمنع تهشم الخرسانة أو حدوث فشل قصيف (Brittle Failure) عند مناطق اللحام أو بالقرب منها.

(د) يُصمّم جسم الوصلة لمقاومة القوة المحدّدة في العلاقة (30-2)، حيث: $R_p = 3.0$ و $a_p = 1.0$.

(هـ) تُصمّم المرابط وقطع التثبيت في نظام الوصلات، مثل المصاميل والمرابط الداخلية واللحام وقضبان التشريك، لمقاومة القوى المحدّدة في العلاقة (30-2)، حيث: $R_p = 1.0$ و $a_p = 1.0$.

(و) تُثبّت المرابط المحاطة بالخرسانة بفولاذ التسليح أو يتم إنهاؤها بالشكل الذي يضمن فعالية نقل القوى إلى فولاذ التسليح.

٢/٧/٥ الحجب:

(أ) يجب ألا يتجاوز الترخيم في مستوى الحجاب الترخيم المسموح به للعناصر المتصلة به، وهو حد الترخيم الذي يسمح بالمحافظة على التكامل الإنشائي للعناصر المتصلة تحت الأحمال الواقعة على كل منها مع استمرار إسنادها للأحمال المنتقلة إليها.

(ب) تُصمّم حجب الأرضيات والسقوف وعناصرها ووصلاتها لمقاومة القوى المحدّدة حسب العلاقة التالية:

$$F_{px} = \frac{F_t + \sum_{i=x}^{n} F_i}{\sum_{i=x}^{n} w_i} w_{px} \qquad (2\text{-}32)$$

مع مراعاة المتباينة التالية:

$$0.5\, C_a\, I\, w_{px} < F_{px} \leq 1.0\, C_a\, I\, w_{px} \qquad (2\text{-}33)$$

(ج) عندما يلزم من الحجاب نقل القوى الزلزالية التصميمية من عناصر المقاومة الرأسية فوق الحجاب إلى عناصر المقاومة الرأسية تحت الحجاب بسبب عدم تطابق مواقعها أو اختلاف صلابتها، فتتم إضافة هذه القوى إلى تلك المحدّدة في العلاقة (2-32).

(د) تُثبّت الجدران بجميع الأرضيات والسقوف التي توفر إسناداً جانبياً لها في اتجاه معامد لمستوى الجدار. وتكون وصلة الجدار بالأرضية أو السقف قادرة على مقاومة القوى الأفقية المعوملة ذات القيمة الأعظم من القوى المنتقلة إليها من الجدار أو الحجاب أو ما ورد في المادة (٦/٢).

٦/٧/٢ عناصر إسناد الأنظمة غير المستمرة:

(أ) عام:

في حال عدم استمرار جزء من نظام مقاومة الأحمال الجانبية، كما ورد في الفقرة الثالثة من البند الفرعي (٦/٣/٢ب) من عدم الانتظام الأفقي أو كما ورد في الفقرة الرابعة من البند الفرعي (٦/٣/٢ج) من عدم الانتظام الرأسي، فيجب أن تكون المقاومة التصميمية للعناصر الخرسانية والفولاذية التي ترتكز عليها الأنظمة غير المستمرة هذه كافية لمقاومة تجميعات الأحمال الناتجة عن استخدام (E_m) بدلاً من (E) في تجميعات الأحمال الواردة في البندين الفرعيين (٢/٣/١ج) للمنشآت الخرسانية و(٢/٣/١د) للمنشآت الفولاذية. ولا يلزم أن تتجاوز قيمة (E_m) القوة العظمى التي يمكن ان تنتقل إلى العنصر بواسطة نظام مقاومة القوى الجانبية.

(ب) متطلبات التفاصيل في المنطقة الزلزالية (3):

يُراعى في تصميم العناصر التي تستند إليها الأنظمة غير المستمرة في المنطقة الزلزالية (3) حدود التفاصيل التالية:

(١) يجب أن تتوافق عناصر الخرسانة المسلّحة المُصمّمة أساساً بصفتها عناصر تحميل رأسي مع البند الفرعي (٣/٥/٥أ).

(٢) يجب أن تتوافق عناصر الخرسانة المسلّحة المُصمّمة أساساً بصفتها عناصر الحناء مع البندين (٣/٤/٢) و(٣/٤/٣).

(٣) يجب أن تتوافق عناصر الفولاذ المُصمّمة أساساً بصفتها عناصر تحميل رأسي مع البندين الفرعيين (٣/٤/٤ب) و(٣/٤/٤ج).

(٤) يجب تكثيف عناصر الفولاذ المُصمّمة أساساً بصفتها عناصر الحناء أو جملونات عند كل من الشفتين العليا والسفلى أو الأوتار عند مواقع إسناد النظام غير المستمر، والتي يجب أن تتوافق مع الفقرة الفرعية الثالثة من الفقرة الثالثة من البند الفرعي (٤/٤/٥أ).

٢/٧/٧ الفصل بين المنشآت:

(أ) يُراعى الفصل بين المنشآت المتجاورة بترك مسافة بينها تسمح بإزاحة لا تقل عن (Δ_{MT}) محدّدة وفق العلاقة التالية:

$$\Delta_{MT} = \sqrt{(\Delta_{M1})^2 + (\Delta_{M2})^2} \qquad (2\text{-}34)$$

حيث تعبّر (Δ_{M1}) و (Δ_{M2}) عن الإزاحة الجانبية اللامرنة للمنشأين المتجاورين.

(ب) في حال وقوع المنشأ على حافة قطعة أرض مجاورة قابلة تنظيمياً لقيام بناء على حافتها، فيجب أن يرتد المنشأ من حافة الأرض بمقدار لا يقل عن الإزاحة (Δ_M) للمنشأ ذاته.

(ج) يُسمح بمسافات فصل بين المنشآت المتجاورة أو ارتدادات من حافة قطعة الأرض أقل مما ورد في هذا البند عند تبرير ذلك بالتحليلات المنطقية المعتمدة على الحركات الأرضية العظمى المتوقعة.

٢/٨ المنشآت الخاصة (غير المباني)

١/٨/٢ المجال:

تضم هذه الفئة من المنشآت المنشآت الخاصة – من غير المباني – التي تحمل أثقال الجاذبية وتقاوم تأثيرات الزلازل. وتُصمّم المنشآت الخاصة لمقاومة الإزاحات الناجمة عن

القـــوى الجانبية الدنيا المحدّدة في هذه المادة، مع مراعاة توافق التصميم مع شروط المواد الأخرى الواردة في هذا الباب والمعدّلة حسب شروط هذه المادة.

٢/٨/٢ أسس تصميم المنشآت الخاصة:

(أ) لا تقل القوى الزلزالية التصميمية للمنشآت الخاصة عن تلك التي تسبب إزاحات في الـــنموذج المرن للمنشأ المثبّت عند قاعدته والتي تقارب تلك المتوقعة لتجاوب المنشـــأ الحقـــيقي تحـــت تأثير الحركة الأرضية الأساسية التصميمية. ويُسمح بتخفـــيض تلـــك القـــوى باستخدام المعامل (R) بشرط توفر مقاومة وممطولية كافيتين، وبما ينسجم مع الشروط المحدّدة هنا لتصميم المنشآت الخاصة.

(ب) تُصمّم المنشآت الخاصة باستخدام تجميعات الأحمال الواردة في البندين الفرعيين (٢/٣/١ج) للمنشآت الخرسانية و(٢/٣/١د) للمنشآت الفولاذية.

(ج) إذا لم تكن المقاومات التصميمية المطبّقة وغيرها من أسس التصميم مشمولة هنا أو مشاراً إليها في مصادر هذه الكودة، فيجب الحصول على مثل هذه الأسس من المواصفات القياسية الأردنية أو كودات البناء الوطني الأردني.

٣/٨/٢ الحمل الميت الزلزالي للمنشآت الخاصة:

يتضـــمّن الحمل الميت الزلزالي للمنشآت الخاصة (W_D) الأحمال الميتة جميعها كما هي مُعرّفة للمباني في البند (٨/٣/٢). ولغايات حساب القوى الزلزالية التصميمية للمنشآت مـــن غـــير المـــباني، فيجـــب أن تتضمّن قيمة (W_D) المحتويات التشغيلية العادية كلها للمنشآت مثل الخزانات والأوعية والصوامع والأنابيب.

٤/٨/٢ فترة اهتزاز المنشآت الخاصة:

تُحـــدّد الفـــترة الأساســـية (T) لاهتزاز المنشأ من خلال إجراء تحليل واف ودقيق باستخدام الخصائص الإنشائية ومميّـــزات الإزاحة (Deformational Characteristics) لعناصر المقاومة. ويُشترط أن يكـــون التحليل متوافقاً مع متطلبات نمذجة المنشأ (Modeling Requirements) الـــواردة في البند (٢/٤/٢)، كما يُشترط ألا تتجاوز قيمة (T) المحدّدة حسبما هو موصوف في أدناه ما نسبته (140) بالمائة من قيمة (T_a) المحدّدة وفقاً للبند الفرعي (٧/٣/٢أ). وعلى هذا الأساس، يُسمح بحساب الفترة الأساسية (T) باستخدام العلاقة التالية:

$$T = 2\pi\sqrt{\left(\sum_{x=1}^{n} w_x \delta_x^2\right) \div \left(g \sum_{x=1}^{n} f_x \delta_x\right)} \qquad (2\text{-}35)$$

حيث تمثّل قيم (f_x) القوى الجانبية المُوزّعة رأسياً بشكل تقريبي وفق البند (٢/٤/٦) والمُستخدمة لحساب الإزاحات المرنة (δ_x).

٢/٨/٥ الإزاحة الجانبية للمنشآت الخاصة:

لا يلزم تطبيق حد الإزاحة الجانبية الطابقية الواردة في البند الفرعي (٢/٤/١٠ج) على المنشآت الخاصة. وانما يجب وضع حد للإزاحة الجانبية للعناصر الإنشائية وغير الإنشائية التي يسبب فشلها تهديداً للحياة. ويتم أخذ تأثيرات الحمل-الإزاحة (P-Δ) بعين الاعتبار للمنشآت التي تتجاوز إزاحتها الجانبية المحسوبة القيم الواردة في البند (٢/٤/٣).

٢/٨/٦ تأثيرات التفاعل في المنشآت الخاصة:

في المنطقة الزلزالية (3)، وللمنشآت التي تسند عناصر غير إنشائية ليّنة يزيد وزنها مجتمعة عن (25) بالمائة من وزن المنشأ، فيجب تصميمها باعتبار تأثيرات التفاعل (Interaction) بين المنشأ والعناصر المسنودة.

٢/٨/٧ القوة الجانبية للمنشآت الخاصة:

يتم اختيار طرق حساب القوى الجانبية للمنشآت الخاصة من غير المباني ذات الأنظمة الإنشائية المماثلة للمباني، أي ذات الأنظمة الإنشائية المبيّنة في الجدول (٢-٦) حسب شروط المادة (٢/٣). وبصورة استثنائية، يمكن استخدام الهياكل المتوسطة المقاومة للعزوم في المنطقة الزلزالية (3) للمنشآت الخاصة في فئتي الإشغال (3) و(4) في الجدول (٢-٥) إذا تحقق الشرطان التاليان:

* ارتفاع المنشأ أقل من (15) متراً، و
* قيمة المعامل (R) المُستخدمة لتخفيض قوى العناصر وعزومها المحسوبة لا تتجاوز (2.8).

٢/٨/٨ المنشآت الخاصة الجاسئة:

تُصمّم المنشآت الجاسئة (أي ذات الفترة (T) أقل من (0.06) ثانية) ومثبّتاتها (Anchorages) لقوة جانبية تُحدّد من العلاقة التالية:

(2-36) $V = 0.7\ C_a\ I\ W_D$

وتُوزّع القوة (V) حسب توزيع الكتلة، وبفرض وقوعها في أي اتجاه أفقي.

٩/٨/٢ الخزانات ذات الأرضيات المسنودة:

تُصمّم الخزانات ذات الأرضيات المسنودة سواء المستوية منها أو غير المستوية، والتي أسست على مستوى الأرض أو تحته، لمقاومة القوى الزلزالية المحسوبة باستخدام الطرق الواردة في المادة (٨/٢) للمنشآت الجاسئة باعتبار وزن الخزان كاملاً بمحتوياته. وبدلاً من ذلك، يمكن تصميم مثل هذه المنشآت باستخدام إحدى الطريقتين التاليتين:

* التحليل الطيفي للتجاوب والذي يأخذ الحركة الأرضية الفعليّة المتوقّعة في الموقع وتأثيرات عزم القصور الذاتي للسائل المحصور بعين الاعتبار.
* طريقة أساسية للتصميم منصوص عليها للنوع المحدد من الخزانات في كودة مرجعية معتمدة، بشرط أن تتوافق المناطق الزلزالية وفئات الإشغال مع شروط البندين (٣/٣/٢) و(٤/٣/٢)، على التوالي.

١٠/٨/٢ المنشآت الخاصة (غير المباني) الأخرى:

تُصمّم المنشآت الخاصة الأخرى من غير المباني التي لم ترد في البندين (٨/٨/٢) و(٩/٨/٢) لمقاومة قوى زلزالية تصميمية لا تقل عن تلك المحدّدة وفق شروط المادة (٤/٢) مع الإضافات والاستثناءات التالية:

(أ) تكون قيمة المعامل (R) والعامل (Ω_o) كما ورد في الجدول (٢-٨). ويجب ألا تقل قوة القص التصميمية الكلية عند القاعدة والمحدّدة وفق البند (٥/٤/٢) عمّا يلي:

(2-37) $V = 0.6\ C_a\ I\ W_D$

(ب) يُحدّد التوزيع الرأسي للقوى الزلزالية التصميمية باستخدام شروط البند (٦/٤/٢) أو باستخدام الطرق الدينامية الواردة في المادة (٥/٢). وبصورة استثنائية، وللمنشآت غير المنتظمة في فئتي الإشغال (1) و(2) حسب الجدول (٢-٥) والتي لا يمكن نمذجتها ككتلة منفردة، فيجب استخدام الطرق الدينامية الواردة في المادة (٥/٢).

(ج) في حـــال اعتماد كودة مرجعية معتمدة توفر أساساً للتصميم لمقاومة الزلازل لـــنوع معين من المنشآت الخاصة من غير المباني، فيمكن استخدام هذه الكودة المرجعية بالحدود الواردة في هذه المادة، بشرط أن تتوافق المناطق الزلزالية وفئات الإشغال مع شروط البندين (٢/٣/٣) و(٢/٣/٤)، على التوالي. ويجب ألا تقل قيمـــتا القـــوة الجانبية التصميمية الكلية وعزم الانقلاب التصميمي الكلي عند القاعدة عن (80) بالمائة من القيمتين المحسوبتين وفق شروط هذه المادة.

الجدول (٢-٨): المعاملان (R) و(Ω_o) للمنشآت الخاصة (غير المباني)

نوع المنشـــأ	R	Ω_o
1. الخزانات القائمة على أرجل مكّتفة أو غير مكّتفة	2.2	2.0
2. صوامع الخرسانة المصبوبة في الموقع والمداخن ذات الجدران المستمرة حتى الأساسات	3.6	2.0
3. المنشآت المعتلية ذات الكتلة الموزّعة مثل المداخن والصوامع	2.9	2.0
4. الأبراج الجملونية (الحرة أو المقيّدة بروابط) والمداخن المقيّدة بروابط	2.9	2.0
5. المنشآت المعتلية على هيئة العمود	2.2	2.0
6. أبراج التبريد	3.6	2.0
7. خزانات تجميع وتفريغ على أرجل مكّتفة أو غير مكّتفة	2.9	2.0
8. رفوف التخزين	3.6	2.0
9. اليافطات وألواح العرض	3.6	2.0
10. المنشآت الترفيهية والمعالم	2.2	2.0
11. جميع المنشآت الأخرى الساندة لنفسها والتي لم تُذكر أعلاه	2.9	2.0

٢/٩ طريقة تصنيف المواقع

١/٩/٢ تعريفات:

تُصنّف أنواع مقاطع التربة وتُعرّف وفق الجدول (٢-١) كما يلي:

S_A صخر قاسٍ ذو معدل سرعة موجة قص مقاسة تبلغ $(\overline{v}_s > 1500)$ متر/ثانية.

S_B صخر مع $(760 < \overline{v}_s \le 1500)$ متر/ثانية.

S_C تربة ذات كثافة عالية وصخر طري مع $(360 < \overline{v}_s \le 760)$ متر/ثانية، أو مع أي من $(\overline{N} > 50)$ أو $(\overline{S}_u \ge 100)$ كيلو باسكال.

S_D تـــربة صلدة مع $(180 \le \overline{v}_s \le 360)$ متر/ثانية، أو مع أي من $(15 \le \overline{N} \le 50)$ أو $(50 \le \overline{S}_u \le 100)$ كيلو باسكال.

S_E مقطع تربة طرية مع $(\overline{v}_s < 180)$ متر/ثانية، أو أي مقطع مكوّن من أكثر من (3) أمتـــار من طين طـــري معـــرّف كتـــربة ذات (PI>20) و$(w_{mc} \ge 40\%)$ و$(\overline{S}_u < 25)$ كيلو باسكال.

S_F أنواع تربة تتطلب تقييماً خاصاً للموقع وهي كالتالي:

(١) أنواع التربة المُهدّدة بإمكانية فشلها أو انهيارها تحت أحمال الزلازل مثل التربة المتميّعة، والطين الســـريع (Quick Clay) وشديد الحســـاسية، والتربة ضعيفة الترابط القابلة للانهيار.

(٢) الخث و/أو الطين عالي العضوية [$(H_s>3)$ أمتار من الخث و/أو الطين عالي العضوية، حيث H_s= سماكة التربة].

(٣) الطين ذو اللدونة العالية جداً [$(H_s>8)$ أمتار و$(PI>75)$].

(٤) طين طري/متوسط الصلادة وعالي السماكة [$(H_s>35)$ متراً].

مع مراعاة ما يلي:

* في حالـــة عدم معرفة خواص التربة بتفاصيل كافية لتحديد نوع مقطع التربة، يجب استخدام النوع (S_D).
* لا يلزم افتراض أن نوع مقطع التربة هو (S_E) إلا إذا حدّدت الجهة الرسمية المختصة أن نوع مقطع التربة (S_E) قد يوجد في الموقع، أو أن افتراض النوع (S_E) مبني على بيانات جيوتقنية.

٢/٩/٢ معدّل سرعة موجة القص $(\overline{v}_s)$:

تُحدّد قيمة $(\overline{v}_s)$ بالمتر/ثانية من العلاقة التالية:

$$\overline{v}_s = \frac{\sum_{i=1}^{m} d_i}{\sum_{i=1}^{m} \frac{d_i}{v_{si}}} \qquad (2\text{-}38)$$

٣/٩/٢ معـــدّل مقاومـــة الاخـــتراق المعياري الموقعي $(\overline{N})$ ومعدّل مقاومة الاختراق المعياري لطبقات التربة المفكّكة $(\overline{N}_{CH})$:

تُحدّد قيمتا $(\overline{N})$ و$(\overline{N}_{CH})$ من العلاقتين التاليتين:

$$\overline{N} = \frac{\sum_{i=1}^{m} d_i}{\sum_{i=1}^{m} \frac{d_i}{N_i}} \qquad (2\text{-}39)$$

$$\overline{N}_{CH} = \frac{d_s}{\sum_{i=1}^{m} \frac{d_i}{N_i}} \qquad (2\text{-}40)$$

٤/٩/٢ معدّل مقاومة القص دون تصريف $(\overline{S}_u)$:

تُحدّد قيمة $(\overline{S}_u)$ بالكيلو باسكال من العلاقة التالية:

$$\overline{S}_u = \frac{d_c}{\sum_{i=1}^{m} \frac{d_i}{S_{ui}}} \qquad (2\text{-}41)$$

بشرط ألا تتجاوز قيمة (S_{ui}) (250) كيلو باسكال.

٥/٩/٢ مقطع التربة الطرية (S_E):

يجـــب التحري عن وجود تربة طينية طرية ذات سماكة كليّة تتجاوز (3) أمتار، حيث تُعرّف طبقة التربة الطينية الطـــرية بالقيم: $(\overline{S}_{ui} < 25)$ كيلو باسكال، $(w_{mc} \geq 40\%)$، و$(PI > 20)$. فـــإذا تحققت هذه المعايير فيجب عندها تصنيف الموقع على أنه من نوع مقطع التربة (S_E).

٦/٩/٢ مقاطع التربة (S_C) و(S_D) و(S_E):

تُصـــنّف المواقع ذات مقاطع التربة من الأنواع (S_C) و(S_D) و(S_E) باستخدام إحدى الطرق الثلاث التالية مع حساب $(\overline{v}_s)$ و$(\overline{N})$ و$(\overline{S}_u)$ في الحالات جميعها كما ورد في البنود (٢/٩/٢) و(٣/٩/٢) و(٤/٩/٢):

* طريقة $(\overline{v}_s)$: $(\overline{v}_s)$ في مسافة (30) متراً العلوية.
* طريقة $(\overline{N})$: $(\overline{N})$ في مسافة (30) متراً العلوية.

* طريقة $(\overline{S}_u)$: $(\overline{N}_{CH})$ لطبقات التربة المفكّكة (PI<20) في مسافة (30) متراً العلوية والمعدّل $(\overline{S}_u)$ لطبقات التربة المتماسكة (PI>20) في مسافة (30) متراً العلوية.

٧/٩/٢ مقاطع الصخر (S_A) و(S_B):

(أ) تُقاس سرعة أمواج القص للصخر ذي مقطع التربة من نوع (S_B) في الموقع أو تُقدّر من قبل المهندس الجيوتقني أو الجيولوجي المختّص أو السيزمولوجي للصخر متوسط التشقق والتجوية. ويجب إمّا قياس سرعة أمواج القص للصخر الأطرى وذي التشقق والتجوية الأكثر في الموقع أو تصنيف الصخر على أنه من نوع مقطع التربة (S_C).

(ب) يُدعم تصنيف فئة الصخر القاسي من نوع مقطع التربة (S_A) بقياس سرعة أمواج القص إمّا في الموقع أو على مقاطع لنوع الصخر ذاته في التكوين ذاته وبدرجة تجوية وتشقق معادلة أو أكثر. وفي الأماكن التي يُعرف أن حالة الصخر القاسي تستمر فيها لعمق (30) متراً، فيمكن استقراء قياسات سرعة أمواج القص السطحية لتقييم $(\overline{v}_s)$. ويجب عدم استخدام مقاطع التربة من النوع (S_A) و(S_B) لفئات الصخر إذا وجد ما يزيد عن مسافة (30) متراً من التربة بين سطح الصخر وأسفل الأساس المنفرد أو المستمر أو حصيرة الأساس.

(ج) تُطبّق التعريفات المبيّنة هنا على مسافة (30) متراً العلوية من مقطع تربة الموقع. أمّا المقاطع التي تمتاز بوجود طبقات تربة مختلفة ومحدّدة، فيجب تقسيمها إلى طبقات مسومة برقم من (1) إلى (m) عند القاع، حيث يوجد ما مجموعه (m) من الطبقات المتميّزة في مسافة (30) متراً العلوية، ويعود الرمز (i) إلى أي من الطبقات بين (1) و(m).