# الباب الخامس

# تقييم المباني القائمة

# الباب الخامس

# تقييم المباني القائمة

يتضمّن هذا الباب الأسس الفنيّة لتقييم المباني القائمة بهدف تحديد قابليتها للإصابة بالضرر نتيجة الحركة الزلزالية، مع أخذ المستوى المطلوب للأداء الزلزالي بعين الاعتبار، من حيث الحفاظ على الحياة او الإشغال المباشر عقب وقوع الزلزال. وتوضّح الأسس في هذا الباب متطلبات المراحل الثلاث لعملية التقييم، وهي التقييم السريع والتقييم والتقييم المُفصّل.

## ١/٥ عام

تتم عملية التقييم من قبل المهندس المختص بهدف تحديد قابلية المبنى للإصابة بالضرر عند تعرّضه لتأثير الزلازل. وتكون عملية التقييم إجبارية فقط في الحالات التي تشترط فيها الجهة الرسمية المختصة أو ذات السلطة القيام بهذه العملية، وبحيث يتم تقييم المباني لمستويين من الأداء الزلزالي: الحفاظ على الحياة (Life Safety) والإشغال المباشر (Immediate Occupancy) عقب وقوع الزلزال. ويتم تحديد مستوى الأداء الزلزالي لأغراض عملية التقييم من قبل المهندس المختص أو الجهة الرسمية المختصة.

## ٢/٥ الخطوات اللازمة قبل البدء بعملية التقييم

(أ) جمع الوثائق والمخططات المتعلقة بتصميم المبنى وتنفيذه ومراجعتها.

(ب) المطابقة بين المخططات التنفيذية، في حال وجودها، والمبنى القائم من خلال الكشف الحسّي على عناصر المبنى وتوثيق أيّة اختلافات في الواقع عمّا هو مبيّن في المخططات.

(ج) جمع المعلومات الكافية لتحديد ما يلي:

(١) مستوى الأداء الزلزالي للمبنى.

(٢) طبيعة الخطر الزلزالي في المنطقة اعتماداً على خرائط الخطورة الزلزالية وعوامل تجاوب الموقع.

(٣) نـــوع المبنى من حيث النظام الإنشائي المُستخدم لمقاومة الأحمال الأفقية ونـــوع الحجـــاب.

## ٣/٥ عمليـــة التقييـــم

### ١/٣/٥ عـــــام:

تتم عملية التقييم على ثلاث مراحـــل:

(أ) مرحلـــة التقييـــم السريـــع:

(١) تُطـــبّق مـــرحلة التقييم السريع على المباني جميعها، وتهدف إلى تحديد العيوب المحتمل وجودها في المباني بشكل سريع.

(٢) تُستخدم قيم منطقية لخصائص المواد الداخلة في عناصر النظام الإنشائي دون إجراء أيّة فحوص.

(٣) تُســـتخدم الفحوص غير الإتلافيّة للحصول على المعلومات اللازمة عن مناطق الوصلات.

(٤) يُمكن استخدام الفحوص الإتلافيّة عند اللزوم وبخاصة عند تقييم المبنى لمستوى الإشغال المباشر عقب حدوث الزلزال.

(ب) مرحلـــة التقييـــم (Evaluation Phase):

(١) يتم الرجوع إلى كودات البناء المُطبّقة عند تنفيذ المبنى أو إلى المخططات التنفيذية الخاصة بالمبنى لتحديد خصائص المواد اللازمة، ويُمكن إجراء بعض الفحوص الفيزيائية لهذا الغرض.

(٢) تُستخدم الفحوص الإتلافيّة لتحديد المعلومات الضرورية للمباني التي يتم تقييمها لمستوى الإشغال المباشر وللمباني المُشيّدة في المنطقة الزلزالية (3).

(ج) مرحلـــة التقييـــم المُفصّـــل (Detailed Evaluation Phase):

(١) يـــتم إعداد مخططات تنفيذية لتوثيق الوضع القائم للمبنى بكافة عناصره وخاصـــة عناصر النظام الإنشائي المُستخدم لمقاومة الأحمال الأفقية في حال عدم توفّر المخططات التنفيذية الأصليّة للمبنى.

(٢) تُحدّد المقاومة المُتوقعة لجميع المواد المُستخدمة في نظام مقاومة الأحمال الأفقيّة مع أخذ تأثير التلف بعين الاعتبار عن طريق إجراء الفحوص اللازمة (الإتلافيّة وغير الإتلافيّة).

(٣) يتم تحديد ترتيب كافة الأعضاء الرئيسيّة في نظام مقاومة الأحمال الأفقيّة وتوزيعها.

٢/٣/٥ مرحلة التقييم السريع:

(أ) يتم تقييم المبنى باستخدام قوائم مُعدّة سابقا لهذا الغرض، بحيث تتضمّن هذه القوائم ثلاث مجموعات:

(١) القوائم الإنشائية:

* تُستخدم القوائم الإنشائية لتقييم نظام المبنى بشكل عام، من حيث التأكد من وجود مسار مستمر للحمل، ووجود مسافة فصل مناسبة بين المباني المتجاورة، وعدم وجود الطابق الرخو أو الطابق الضعيف، وتحقيق الشكل الهندسي للمبنى لأسس الانتظام، بالإضافة إلى الانتظام في توزيع الكتل والصلابة، وعدم وجود انقطاعات عمودية في المبنى، وعدم وجود ظاهرة الليّ، والتحقّق من عدم تلف المواد (الخرسانة وفولاذ التسليح).
* تُستخدم القوائم الإنشائية للتحقّق من كفاءة النظام الإنشائي المُقاوم للأحمال الأفقيّة من حيث الزائدية، وتأثير الجدران المالئة على أداء النظام الإنشائي، وعدم تجاوز حدود الإزاحة الجانبية وحدود الإجهادات، بالإضافة إلى الحجب والوصلات.
* يتم إعداد القوائم الإنشائية لأغراض التقييم اعتماداً على نوع المبنى، ويُمكن استخدام قائمة عامة في الحالات التي لا يُمكن فيها تصنيف المبنى بشكل صريح. أما في الحالات التي يختلف فيها نظام مقاومة الأحمال في الاتجاهين الرئيسيين للمبنى، فتُستخدم قوائم مختلفة في الاتجاهين كليهما.

(٢) القوائـــم غير الإنشـــائية:

تُســـتخدم القوائـــم غـــير الإنشائية لتقييم القواطع وأنظمة السقوف والتركيبـــات الخفيفة (Light Fixtures) وعناصـــر الإكساء والعناصر الزجاجية والتصويتات وعناصر الزينة والملحقات، بالإضافة إلى المداخن والأدراج ومحتويات المبنى والأثاث والتمديدات والمصاعد وتخزين المواد الخطرة وتوزيعها.

(٣) قوائم الأساسات والخطورة الجيولوجية وطبيعة الموقع:

* تُســـتخدم هذه القوائم لتحديد الخطورة الجيولوجية المُرتبطة بطبيعة الموقـــع من حيث احتمال حدوث التميّع أو انهيار التربة أو تصدّع الفـــالق وظهوره على السطح. ويتم من خلال هذه القوائم تقييم وضع الأساسات من حيث مستوى الأداء وعدم حدوث هبوط أو انتفاخ في التربة وديمومة الأساسات (عدم تلف المواد).
* يـــتم تقيـــيم مقاومة الأساسات لقوى الانقلاب، والتأكد من وجـــود عناصر كافية للربط بين عناصر الأساسات المختلفة، والـــتأكد من قدرة الأساسات العميقة على نقل القوى الأفقيّة من المنشأ إلى التربة، وعدم وجود تفاوت كبير في ميول الموقع على طول المنشأ.

(ب) تقتصـــر عمليـــات التحليـــل في مرحلة التقييم السريع على التحقق السريع (Quick Checks) من مقاومة أجزاء المبنى وصلابتها، ويشمل هذا التقييم:

* الإزاحة الجانبية الطابقيّة في الهياكل المقاومة للعزوم.
* إجهاد القص في أعمدة الهياكل الخرسانية.
* إجهاد القص في جدران القص.
* الإجهاد المحوري في أعضاء التكتيف القطرية.
* الإجهاد المحوري في الأعمدة المُعرّضة لقوى الانقلاب.
* مقاومة الوصلات في المنشآت سابقة الصب.

٥/٣/٣ مرحلـــة التقييـــم:

(أ) يُمكـــن في هذه المرحلة تقييم المبنى بكامله أو تقييم ذلك الجزء من المبنى الذي يُحتمل أن يحتاج إلى إعادة تأهيل وفقاً لنتائج مرحلة التقييم السريع.

(ب) تقتصـــر عمليات التحليل في هذه المرحلة على الطرق الخطيّة المُبسّطة الاستاتية والديناميـــة ومقارنـــة الأفعـــال الناجمة عن قوى الزلازل بمعايـــير مقبولـــة (Acceptance Criteria) يتم تحديدها مُسبقاً لهذه الغاية.

(ج) طـــرق التحليـــل:

(١) الطريقـــة الخطيـــة الاستاتيـــة:

تُستخدم الطريقة الاستاتية للتحليل وفقاً للخطوات التالية:

* بناء نموذج رياضي للمبنى.
* حساب القوة الاستاتية الوهمية (Pseudo-static).
* توزيع القوة الاستاتية عموديّاً.
* حســـاب القوى الناجمة (في المبنى وأجزائه) باستخدام طرق التحليل الخطية المرنة.
* حساب القوى في الحجب.
* مقارنة التأثيرات الناجمة بالمعايير المقبولة.

(٢) الطريقـــة الخطيـــة الديناميـــة:

تُستخدم الطريقة الدينامية للتحليل وفقاً للخطوات التالية:

* بناء نموذج رياضي للمبنى.
* إعداد طيف التجاوب الخاص بالموقع.
* تحليل المبنى باستخدام طريقة طيف التجاوب.
* تعديل القوى والتشوهات.
* حساب القوى في الحجب.
* حساب القوى الناجمة في أجزاء المبنى.
* مقارنة التأثيرات الناجمة بالمعايير المقبولة.

٥/٣/٤ مرحلـــة التقييـــم المُفصّـــل:

(أ) عـــــام:

يُمكـــن في هـــذه المرحلة القيام بتحليل كامل ومُفصّل للمبنى أو القيام بتحليل جـــزئي للمـــبنى وفقاً لنتائج المراحل السابقة من عملية التقييم. ويُمكن اعتماد إحدى الطرق التالية في مرحلة التقييم المُفصّل:

(١) الطرق المُستخدمة لتحليل المباني من أجل إعادة تأهيلها، ومثالها الطرق الـــواردة في الدليل الإرشادي لإعادة تأهيل المباني الصادر عن الوكالة الفيدرالية لإدارة الطوارئ:

(FEMA, NEHRP Guidelines for Seismic Rehabilitation of Buildings, FEMA 273 & 274)

(٢) الطـــرق والاشـــتراطات المُستخدمة لتحليل المباني الجديدة وتصميمها، ومثالها الأبواب الأربعة الأولى من هذه الكودة.

(ب) القـــوى المؤثـــرة:

يـــتم تخفيض القوى المؤثرة على المبنى بمقدار (25) بالمائة لأغراض التقييم فقط، على أن تُستعمل القيم الكاملة للقوى المؤثرة عند إعادة التأهيل.

(ج) طـــرق التحليـــل:

(١) يُمكـــن استخدام طرق التحليل الخطيّة أو اللاخطيّة في مرحلة التقييم المُفصّل، على أن يتم تحديد خصائص الصلابة والمقاومة والمطوليّة من خلال الفحوص المخبرية والدراسات التحليليّة.

(٢) تُستخدم الطرق الخطيّة الدينامية أو اللاخطيّة (الاستاتية أو الدينامية) إذا توفرت إحدى الصفات التالية في المبنى:

* يزيد ارتفاع المبنى عن (30) متراً.
* تـــزيد النسبة بين البعد الأفقي للمبنى في أي طابق إلى البعد الأفقي للمبنى في الطابق الذي يعلوه مُباشرة عن (1.4).

* عـــدم تعامد النظام الإنشائي المُستخدم لمقاومة الأحمال الأفقيّة في الاتجاهين الرئيسيين للمبنى.

٥/٣/٥ التقريـــر النهـــائي:

يُمكّن للمهندس المختص الذي يقوم بعملية التقييم أن يُنهي عملية التقييم بعد أيّ من مراحل التقييم الثلاث المذكورة آنفاً. ويتضمّن التقرير النهائي المُقدّم من قبل المهندس المختص للمالك أو الجهة الرسمية المختصة ما يلي:

(أ) الهـــدف من عمليـــة التقييـــم.

(ب) المعلومات التي تمّ جمعها عن الموقع والمبنى.

(ج) الفرضيّات المُستخدمة في عمليات التقييم والتحليل.

(د) نتـــائج عمليـــة التقييـــم.

(هـ) التوصيات، ويجب أن تتضمّن الطرق المقترحة لتخفيف الخطر الزلزالي إن لزمت أو التوصية بالاستمرار في عملية التقييم.

(و) الملاحـــق، وتشمل المراجع والحسابات الأولية.

# الباب السادس

# التحليل والتصميم لمقاومة تأثيرات الزلازل للمباني الأكثر شيوعاً

# الباب السادس

# التحليل والتصميم لمقاومة تأثيرات الزلازل للمباني الأكثر شيوعاً

يتضمّن هذا الباب الشروط المتعلقة بحساب القوى الزلزالية التصميمية وتأثيراتها على المباني الخرسانية الأكثر شيوعاً ومعايير التصميم لمقاومة الازاحات الجانبية، مع أخذ الخطورة الزلزالية للموقع، والخصائص الدينامية للمبنى، وتوزيع قوى الزلازل رأسياً وأفقياً، ومتطلبات تصميم العناصر والأجزاء الإنشائية وغير الإنشائية بعين الاعتبار. وتُعتبر المباني الإسكانية المشيّدة في المناطق الزلزالية (1) و(2A) و(2B) التي تحقق الشروط الواردة في البند (٢/٦) قادرة على مقاومة القوى الأفقية الناتجة عن تأثير الزلازل.

## ١/٦ المجال

تُطبّق متطلبات هذا الباب على المباني المنتظمة في المسقط الرأسي المبنيّة من الخرسانة المسلّحة بما فيها المباني ذات الجدران الحجرية المُصفّحة بالخرسانة، والمشيّدة في المناطق الزلزالية (1) و(2A) و(2B)، والتي لا يزيد عدد الطوابق فيها عن سبعة بالإضافة إلى طوابق التسوية باستثناء ما ورد في البند (٢/٦)٠ ولأغراض هذه المادة، تُعرّف المباني غير المنتظمة إنشائياً في المسقط الرأسي وفقاً للبند الفرعي (٢/٣/٦ ج). وتُستخدم الطرق الدينامية المبيّنة في المادة (٢/٥) لحساب القوة الجانبية للمباني المنتظمة أو غير المنتظمة على السواء والواقعة على تربة ذات مقطع من نوع ($S_F$)، ولها فترة اهتزاز تزيد عن (0.7) ثانية وفقاً للفقرة الرابعة من البند الفرعي (٢/٣/٩د). ولأغراض هذا الباب تُعتمد التعريفات والمصطلحات الواردة في البابين الثاني والثالث من هذه الكودة.

## ٢/٦ المباني المشيّدة في المناطق الزلزالية (1) و(2A) و(2B)

تُعتبر المباني الإسكانية المشيّدة في المناطق الزلزالية (1) و(2A) و(2B) التي يعتمد نظامها الإنشائي في الاتجاهين الرئيسيين للمبنى على نظام الجدران الخارجية الحاملة من الخرسانة أو الحجر المُصفّح بالخرسانة، كما هو موصوف في البند الفرعي (٢/٣/٥ ج)، والتي لا يزيد ارتفاع منسوب أعلى بلاطة فيها عن (14) متراً عن منسوب قاعدة المبنى ولا يزيد عدد طوابقها ضمن هذا الارتفاع عن أربع طوابق، قادرة على مقاومة القوى

الأفقية الناتجة عن تأثير الزلازل، باعتبار أن الجدران الخارجية هي جدران قص أو تكتيف تتوفر فيها مقاومة كافية للقوى الجانبية، ودون الحاجة إلى تطبيق متطلبات التحليل والتصميم للعناصر الإنشائية الواردة في هذا الباب إذا حققت ما يلي:

* الشروط الواردة في الفقرة الأولى من البند الفرعي (٢/٣/٥ب) في حالة الجدران الخرسانية أو الحجرية المُصفّحة بالخرسانة المبنيّة حسب الطريقة الأولى الموصوفة لجدران الحجر، أو
* الشروط الواردة في الفقرة الثانية من البند الفرعي (٢/٣/٥ب) في حالة الجدران الحجرية المُصفحّة بالخرسانة المبنيّة حسب الطريقة الثانية الموصوفة لجدران الحجر.

ويُستثنى ما عُدّل منها أو أضيف إليها كما هو مبيّن تالياً:

(١) ألا يزيد ارتفاع الطابق الواحد عن (3.5) متر.

(٢) أن تتم مراعاة الانتظام في توزيع الكتل في المستويين الأفقي والعمودي للمبنى، بحيث تستمر الجدران الحاملة من منسوب الأساس ولكامل الارتفاع وفي المستوى ذاته، مع مراعاة ما ورد في البندين الفرعيين (٢/٣/٦ب) و(٢/٣/٦ج).

(٣) ألا يكون تصنيف تربة الموقع من النوع ($S_F$) الذي يتطلب تقييماً خاصاً للموقع حسبما ورد في البند (٢/٩/١).

(٤) أن تُزوّد الجدران عند منسوب الأساس بدسر فولاذية مثبّتة بالشد لا يقل قطرها عن (12) مليمتراً وبتباعد أفقي لا يزيد عن (250) مليمتراً وامتداد في الجدار لا يقل عن (500) مليمتر، وذلك في المباني المشيّدة في المنطقتين الزلزاليتين (1) و(2A). وتكون الدسر الفولاذية بقطر لا يقل عن (14) مليمتراً وبتباعد لا يزيد عن (250) مليمتراً وامتداد في الجدار لا يقل عن (600) مليمتر، وذلك في المباني المشيّدة في المنطقة الزلزالية (2B).

(٥) أن تُزوّد جدران مكرر الدرج وبئر المصعد - إن وجدت - بطبقتين مستمرتين من قضبان التسليح بقطر لا يقل عن (12) مليمتراً وبتباعد لا يزيد عن (250) مليمتراً في كل من الاتجاهين الرأسي والأفقي وأن تُوزّع على كامل طول الجدران وارتفاعها.

(٦) ألا يقـــل مجموع أطوال الجدران المصمتة (بالمتر) في أي من الاتجاهين الرئيسيين للمـــبنى عـــن نـــاتج قسمة مجموع مساحات طوابق المبنى (بالمتر المربع) فوق منســـــوب قاعدته على المقدار ($0.125IC_a$) بحيث تُحدّد الخطـــورة الزلزالية للموقع ومعامل التجاوب الزلزالي ($C_a$) وفقاً للبند (٣/٣/٢). ويُصنّف المبنى في إحـــدى فـــئات الإشغال الواردة في الجدول (٦-٢)، ويُعيّن عامل الأهمية (I) لكـــامل المـــبنى كمـــا هو مبيّن لكل فئة. ولأغراض هذا البند، يُعرّف الجدار المصمت بأنه الجـــدار الواقع بين عمودين (متضمناً العمودين) ولا يزيد طول أي فـــتحة فيه عن (25) بالمائة من طول الجدار ولا يزيد ارتفـــاع هذه الفتحة عن (25) بالمائة من ارتفاع الطابق.

(٧) أن تُـــراعى الشـــروط الواردة في كودة الخرسانة العادية والمسلّحة من كودات البناء الوطني الأردني فيما يتعلق بتسليح العناصر الإنشائية المختلفة وتفاصيلها، وكـــودة البناء والجـــدران فيما يتعلق بتفاصيل بناء الجـــدران.

## ٣/٦ طريقـــة التحليـــل

(أ) تُطـــبّق على المبنى في اتجاه كل محور رئيسي له قوة جانبية استاتية تُحسب وفق المادة (٤/٦) وتُوزّع رأسياً كما في المادة (٩/٦)، ويُحلّل المبنى تحت تأثير هذه القـــوة باســـتخدام طـــرق التحليل المرن لحساب القوى الداخلية والازاحات الحاصلة في عناصر النظام الإنشائي المقاوم للقوى الجانبية في ذلك الاتجاه.

(ب) عـــند التحلـــيل المرن يؤخذ تأثير تشقق المقاطع على صلابة عناصر الخرسانة المســـلّحة في الاعتبار، ويمكن اعتبار قيمة عزم العطالة للمقطع المُتشقّق مساوية نصف عزم العطالة للمقطع الكلي.

(ج) لأغراض التحليل المرن، يُسمح بإهمال التشوّهات الناتجة عن قوى القص.

## ٤/٦ القـــوة الجـــانبية الاستـــاتية (V)

تُحدّد القوة الجانبية الاستاتية والمُعرّفة بقوة القص التصميمية الكليّة عند القاعدة (V) في اتجاه معيّن وفق العلاقة التالية:

$$V = \frac{aI}{R} W_D \qquad (6\text{-}1)$$

حيث:

$a = (C_v/T_a)$ أو $(2.5C_a)$، أيهما أصغر.

وتُحدّد جيولوجية الموقع وصفات التربة وفقاً للبند (٢/٣/٢) بينما تُحدّد الخطورة الزلزالية للموقع ومعاملات التجاوب الزلزالي ($C_a$) و($C_v$) وفقاً للبند (٣/٣/٢). ويُصنّف المبنى في إحدى فئات الإشغال الواردة في الجدول (٦-٢)، ويُعيّن عامل الأهمية (I) لكامل المبنى و($I_p$) للجزء أو العنصر في المبنى كما هو مبيّن لكل فئة.

## ٥/٦ الحمل الميت الزلزالي ($W_D$)

يُحسب الحمل الميت الزلزالي ($W_D$) على انه حاصل جمع الأحمال الميتة الكليّة، متضمّنة الأوزان الكليّة للمعدّات الدائمة وأحمال الخزانات ومحتوياتها، ومضافاً اليها ما لا يقل عن (25) بالمائة من الحمل الحي على الأرضيات في حالات الإشغال للتخزين والمستودعات.

## ٦/٦ فترة الاهتزاز الأساسية التقريبية ($T_a$)

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

$$T_a = C_t (h_n)^{3/4} \qquad (6\text{-}2)$$

حيث:

$C_t$ = (1/14) للمنشآت ذات الهياكل الخرسانية المسلّحة المقاومة للعزوم.

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

= (1/20) للمباني الأخرى جميعها.

## ٧/٦ الأنظمة الإنشائية المقاومة للقوى الجانبية

### ١/٧/٦ عام:

يتكوّن النظام الإنشائي المقاوم للقوى الجانبية من البلاطات وجدران القص أو الجدران من الحجر المُصفّح بالخرسانة أو الهياكل. وتقوم البلاطات بنقل القوى الجانبية المطبّقة

عليها ضمن مستواها ومن خلال سلوكها كحائز عميق إلى العناصر الإنشائية الرأسية التي تقوم بدورها بنقل هذه القوى إلى الأساسات.

٢/٧/٦ تُستخدم الأنظمة الإنشائية المقاومة للقوى الجانبية الواردة في الجدول (٦-١)، وتُحدّد لها قيمة المعامل (R) المبيّنة إزاء كل نظام والتي تعكس طبيعة النظام الإنشائي ودرجة ممطوليته.

٣/٧/٦ يُسمح باستخدام نظام إنشائي لمقاومة القوى الجانبية في اتجاه أحد المحاور الرئيسية للمبنى يختلف عن النظام الإنشائي المستخدم في اتجاه المحاور الرئيسية الأخرى، مع مراعاة استخدام قيمة المعامل (R) المحدّدة لكل نظام.

٤/٧/٦ يُسمح باستخدام اكثر من نظام إنشائي لمقاومة القوى الجانبية في اتجاه أحد المحاور الرئيسية للمبنى، مع مراعاة استخدام قيمة المعامل (R) الأقل للأنظمة المستخدمة في الاتجاه ذاته.

**الجدول (٦-١): الأنظمة الإنشائية المقاومة للقوى الجانبية**

| النظام الإنشائي | وصف نظام مقاومة القوى الجانبية | R |
|---|---|---|
| **١- نظام جدران القص** | ١- جدران القص الخرسانية الخاصة | 4.5 |
| | ٢- جدران القص الخرسانية العادية | 3.0 |
| **٢- نظام الجدران الحجرية** | ١- جدران الحجر المُصفّح بالخرسانة (الطريقة الأولى)[١] | 3.0 |
| | ٢- هياكل خرسانية مملوءة بجدران من الحجر المُصفّح بالخرسانة (الطريقة الثانية)[١] | 3.5 |
| **٣- نظام الهياكل المقاومة للعزوم** | ١- الهياكل الخاصة المقاومة للعزوم | 8.5 |
| | ٢- الهياكل المتوسطة المقاومة للعزوم | 5.5 |
| | ٣- الهياكل العادية المقاومة للعزوم[٢] | 3.5 |

[١] عُرّفت طرق بناء الجدران من الحجر المُصفّح بالخرسانة في البند الفرعي (٢/٣/٥ب).

[٢] يُسمح باستخدام الهياكل العادية المقاومة للعزوم في المنطقة الزلزالية (1) فقط.

## ٨/٦ عامل الأهمية (I)

يُستخدم عامل الأهمية (I) لتصعيد القوى الجانبية الناشئة عن الزلازل، وتُؤخذ قيمته من الجدول (٦-٢)، حيث تُصعّد القوى الجانبية التصميمية لمباني المرافق المهمّة بحيث تبقى

قابلـــة للإشـــغال بعد وقوع الحركة الأرضية التصميمية، وكذلك لمباني المرافق الخطرة بحيث يُخفّف فيها مستوى الضرر الناجم عن وقوع الحركة الأرضية التصميمية.

**الجدول (٦-٢): عامل الأهمية**

| فئة الإشغال | الإشغال الوظيفي أو نوع المنشأ | عامل الأهمية للمنشأ I | عامل الأهمية لجزء من المنشأ $I_p$ |
|---|---|---|---|
| **1. المرافق المهمّة** | - المستشفيات والمستوصفات ومراكز الطوارئ.<br>- محطات مكافحة الحرائق ومراكز الشرطة.<br>- مرائب مركبات وطائرات الإسعاف.<br>- مراكز الجيش والدفاع المدني والملاجئ العامة.<br>- مراكز الاتصالات العامة وغرف عمليات الإغاثة.<br>- المباني والمعدات في محطات المولّدات الطارئة للطاقة للمرافق المهمّة.<br>- أية مبانٍ أخرى تُحدّد بوصفها مرافق مهمّة من قبل الجهات الرسمية المختصة. | 1.50 | 1.50 |
| **2. المرافق الخطرة** | - المباني التي تضم أو تسند مواداً أو كيميائيات سامة أو متفجرة أو إشعاعات ضارة. | 1.50 | 1.50 |
| **3. منشـــآت الإشـــغالات الأخرى** | - المباني غير المُـــدرجة في الفئتين (1) و(2) أعلاه. | 1.00 | 1.00 |

## ٦/٩ التوزيع الرأسي للقوى الجانبية

تُـــوزّع قوة القص التصميمية الكليّة عند القاعدة (V) على ارتفاع المبنى عند مستويات البلاطات وفق العلاقة التالية:

$$F_x = \frac{w_x h_x}{\sum_{x=1}^{n} w_x h_x} V \qquad (6\text{-}3)$$

## ١٠/٦ التوزيع الأفقي لقوة القص الطابقية ($V_x$)

(أ) تكـــون قوة القص الطابقية التصميمية ($V_x$) لأي طابق مساوية لمجموع القوى الزلزالية الجانبية المُطبّقة فوق مستوى ذلك الطابق، وتُحسب وفق العلاقة التالية باعتبار أن البلاطات الخرسانية مطلقة الجساءة في مستواها.

$$Vx = \sum_{i=x}^{n} F_i \qquad (6\text{-}4)$$

حيث:

$F_i$ = القوة الزلزالية التصميمية المُطبّقة عند مستوى البلاطة (i).

(ب) تُوزّع قيمة ($V_x$) على العناصر الرأسية في النظام الإنشائي المقاوم للقوى الجانبية بالتناسب مع جساءة كل منها.

## ١١/٦ عـــزم اللّـــي الأفقـــي

(أ) يكـــون عـــزم اللّي التصميمي عند مستوى طابق ما مساوياً العزم الناتج عن اللامركـــزية بـــين القوى الجانبية التصميمية المُطبّقة على المستويات فوق ذلك الطابق ومركز الجساءة للعناصر الرأسية المقاومة للزلازل في ذلك الطابق.

(ب) يجب ألا يزيد عزم اللّي التصميمي عند مستوى طابق ما عن حاصل ضرب قوة القص الطابقية التصميمية في سُدس البعد الأفقي لذلك الطابق مقاساً في الاتجاه المعامد لقوة القص.

(ج) تُحســـب قـــوى القص الناتجة عن عزم اللّي التصميمي والمؤثرة على العناصر الرأســـية للنظام المقاوم للقوى الجانبية، وتُضاف جبرياً إلى قوى القص المحسوبة وفقاً للمادة (١٠/٦).

## ١٢/٦ الإزاحـــة الجـــانبية

(أ) تكون قيمة الإزاحة الجانبية العظمى ($\Delta_M$) الناتجة عن الحركة الأرضية التصميمية في مجال التجاوب اللامرن للمبنى، وتتجاوز قيمة الإزاحة الجانبية التصميمية ($\Delta_s$) الـــناتجة عن التحليل المرن للمبنى تحت تأثير القوى الجانبية الاستاتية المُحدّدة في المادة (٤/٦)، وذلك بسبب انتقال المبنى من التشوّه المرن إلى التشوّه اللامرن.

(ب) تُحسب الإزاحة الجانبية العظمى ($\Delta_M$) من العلاقة التالية:

$$\Delta_M = 0.7\, R\, \Delta_S \qquad (6\text{-}5)$$

(ج) حد الإزاحة الجانبية الطابقية:

يجب ألا تتجاوز الإزاحة الجانبية الطابقية المحسوبة على أساس الإزاحة الجانبية العظمى ($\Delta_M$) ما نسبته (1) بالمائة من ارتفاع الطابق.

## ٦/١٣ تحديد اتجاه الحمل الزلزالي

### ٦/١٣/١ المركّبة الأفقية للحركة الأرضية التصميمية:

يُصمّم المبنى بافتراض أن مركّبات الحركة الأرضية باتجاه المحاور الرئيسية للمنشأ لاتتوافق توافقاً زمنياً. ويمكن اعتبار ذلك متحققاً بتصميم المبنى لمقاومة القوى الزلزالية التصميمية المُحدّدة باتجاه كل محور رئيسي على حدة. ويُؤخذ تأثير القوى الزلزالية في غير اتجاه المحورين الرئيسيين للمنشأ في الاعتبار في الحالات التالية:

(أ) وجود عدم توازٍ أو عدم تناظر في العناصر الرأسية المقاومة للقوى الجانبية حول المحورين الرئيسيين المتعامدين لنظام مقاومة القوى الجانبية.

(ب) في المنطقتين الزلزاليتين (2A) و(2B)، 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 القوى الزلزالية في أي من الاتجاهين عمّا نسبته (20) بالمائة من قدرة العمود على مقاومة الأحمال المحورية. وعندها، تُصمّم العناصر لمقاومة ما نسبته (100) بالمائة من القوى الزلزالية التصميمية المحدّدة في أحد الاتجاهين بالإضافة إلى ما نسبته (30) بالمائة من القوى الزلزالية التصميمية المحدّدة في الاتجاه المعامد. ويُستخدم التجميع الذي يتطلب مقاومة أعلى للعنصر المصمّم.

### ٦/١٣/٢ المركّبة الرأسية للحركة الأرضية التصميمية:

تُصمّم المرافق المهمّة والخطرة المعرّفة في الجدول (٦-٢) لمقاومة تأثير الحمل الناتج من المركّبة الرأسية للحركة الأرضية بإضافة ما مقداره ($0.5\ C_a\ I\ D$) لتأثير الحمل الميت (D) عند التصميم للمقاومة (Strength Design). ويُسمح باعتبار تأثير الحمل الناتج من المركّبة الرأسية للحركة الأرضية صفراً عند التصميم للإجهادات المسموح بها (Allowable Stress Design).

## ٦/١٤ حجب الأرضيات والسقوف

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

$$F_{px} = 1.0\, C_a\, I\, w_{px} \qquad (6\text{-}6)$$

حيث:

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

$w_{px}$ = وزن الحجاب والعناصر التابعة له ضمن المستوى (x).

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

$I$ = عامل الأهمية للمنشأ (Structure Importance Factor)، وقيمته مُعطاة في الجدول (٦-٢).

## ٦/١٥ الفصل بين المباني

٦/١٥/١ يُراعى الفصل بين المباني المتجاورة بترك مسافة بينها تسمح بإزاحة لا تقل عن ($\Delta_{MT}$) محدّدة وفق العلاقة التالية:

$$\Delta_{MT} = \sqrt{(\Delta_{M1})^2 + (\Delta_{M2})^2} \qquad (6\text{-}7)$$

حيث تُعبّر ($\Delta_{M1}$) و($\Delta_{M2}$) عن الإزاحة الجانبية اللامرنة للمبنيين المتجاورين.

٦/١٥/٢ في حال وقوع المبنى على حافة قطعة أرض مجاورة قابلة تنظيمياً لقيام بناء على حافتها، فيجب أن يرتد المبنى من حافة الأرض بمقدار لا يقل عن الإزاحة ($\Delta_M$) للمنشأ ذاته.

٦/١٥/٣ يُسمح بمسافات فصل بين المباني المتجاورة أو ارتدادات من حافة قطعة الأرض أقل مما ورد في البندين (٦/١٥/١) و(٦/١٥/٢) عند تبرير ذلك بالتحليلات المنطقية المعتمدة على الحركات الأرضية العظمى المتوقعة.

## ٦/١٦ القوة الجانبية على عناصر المنشآت والأجزاء غير الإنشائية والمعدّات المستندة إلى المنشآت

٦/١٦/١ عام:

تُصمّم عناصر المنشآت ومرفقاتها (التي تتضمن قطع التثبيت والتكتيف اللازمة)، والأجزاء غير الإنشائية الدائمة ومرفقاتها، وكذلك مرفقات المعدّات الدائمة المستندة إلى

المنشـــأ، لمقاومـــة القـــوى الزلزالية التصميمية الكلية المحـــدّدة في البند (٦/١٦/٢). ويشمل هذا البند تصميم تلبيس الحجر أو الرخـــام ميكانيكياً على واجهـــات المبنى، وكذلـــك أنـــواع الكســـاء الأخـــرى مثل واجهات الألمنيوم والواجهات الزجاجية، بالإضـــافـــة إلى تصـــميم قسّـــامات الطوب الداخلية والخارجية والقسّامات الخفيفة وجـــدران الحجـــر والتصوينات والقارمات، وكذلك عناصر تثبيت خزانـــات المياه المعدنـــية أو المُصنّعة من الفايبر، ولا يشمل هذا البند الأجزاء غير الإنشائية اللّينة ذات المواد والمرفقـــات غير المطيلة.

٦/١٦/٢ القـــوة الجـــانبية الكليّـــة:

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

$$F_p = 2.5\, C_a\, I_p\, W_p \qquad (6\text{-}8)$$

حيث:

$I_p$ = عامل الأهمية لجزء من المنشأ (Component Importance Factor)، وقيمته مُعطاة في الجدول (٦-٢).

$W_p$ = وزن عنصر أو جزء ما من المنشأ.

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

(ب) تُوزّع القـــوى الجـــانبية التصميمية المحدّدة من العلاقة (6-8) على أجزاء المنشأ أو عناصره بالتناسب مع توزيع كتل تلك الأجزاء أو العناصر.

(ج) تُســـتخدم القـــوى المحدّدة من العلاقة (6-8) لتصميم الأعضاء والوصلات التي تـــنقل تلـــك القوى إلى أنظمة مقاومة الزلازل، مع مراعاة تجميعات الأحمال والعوامل المنصـــوص عليها في البند الفرعي (٢/٣/١ ج).