

الباب الرابع

التصميم الزلزالي للمنشآت الفولاذية

الباب الرابع

التصميم الزلزالي للمنشآت الفولاذية

تُراعى الشروط والمتطلبات الواردة في كودة الإنشاءات الفولاذية من كودات البناء الوطني الأردني بالإضافة إلى المتطلبات الواردة في هذه الكودة عند تصميم المنشآت الفولاذية. ويتضمن هذا الباب المتطلبات الخاصة بتصميم الأعضاء الإنشائية ووصلاتها وواصلاتها وتنفيذها في المنشآت الفولاذية التي حُسبت القوى الزلزالية التصميمية لها وفق الشروط الواردة في الباب الثاني من هذه الكودة، وعلى أساس تبديد الطاقة المتولدة نتيجة الحركة الزلزالية من خلال التجاوب اللاخطي للمنشأ. وتشمل شروط هذا الباب متطلبات الهياكل الخاصة أو العادية المقاومة للعزوم، وكذلك متطلبات الهياكل المكنّفة مركزياً أو لامركزياً.

١/٤ التعريفات والمصطلحات

بالإضافة إلى بعض التعريفات والمصطلحات الواردة في الباب الثاني والباب الثالث، فيما يلي التعريفات والمصطلحات الخاصة بالباب الرابع:

١/١/٤ الإجهادات المسموح بها (Allowable Stresses):

كما هي مُعرّفة في كودة الإنشاءات الفولاذية.

٢/١/٤ التكتيف ذو الشكل (K) (K-Bracing):

هو ذلك الشكل من التكتيف الذي ينتهي فيه زوج المكنّفات الواقع في جهة واحدة من العمود بنقطة واحدة تقع ضمن الارتفاع الخالص للعمود.

٣/١/٤ التكتيف ذو الشكل (V) (V-Bracing) أو الشكل (٨) (Inverted V-Bracing):

هو شكل من أشكال التكتيف المتعرج يتقاطع فيه زوج المكنّفات مع الجائز من أعلاه، أما التكتيف ذو الشكل (٨) فيتقاطع فيه زوج المكنّفات مع الجائز من أسفله.

٤/١/٤ التكتيف ذو الشكل (X) (X-Bracing):

هو ذلك الشكل من التكتيف الذي يتقاطع فيه زوج من المكنّفات القطرية حول نقطة المنتصف لهذه الأعضاء.

٥/١/٤ التكتيف القطري (Diagonal Bracing):

هو ذلك الشكل من التكتيف الذي يربط الوصلات الواقعة في مستويات مختلفة بشكل قطري.

٦/١/٤ التكتيف المتعرج (Chevron Bracing):

هو ذلك الشكل من التكتيف الذي ينتهي فيه زوج من المكتفات بنقطة واحدة فقط تقع ضمن البحر الصافي للجائز سواء وقعت هذه المكتفات فوق الجائز أو تحته.

٧/١/٤ جائز الربط (Link Beam):

هو ذلك الجزء من الجائز في الهيكل المكتف لامركزيًا، الذي صُمم بحيث يصل إلى إجهاد الخضوع بالقص و/أو الانحناء لمنع حدوث انعطاط (Buckling) في أعضاء التكتيف.

٢/٤ الرموز

يتم اعتماد الرموز ومعانيها الواردة في كودة الإنشاءات الفولاذية ما لم يرد ما يخالف ذلك ضمن المواد والبنود والنصوص الواردة في هذا الباب. ويكون للرموز الخاصة بهذا الباب الواردة في أدناه المعاني المبينة إزاء كل منها.

$$M_s = \text{مقاومة الانحناء}$$

(Flexural Strength)

$$P_D = \text{الحمل المحوري الميت}$$

(Axial Dead Load)

$$P_E = \text{الحمل المحوري الناتج عن الزلازل}$$

(Axial Load Due to Earthquakes)

$$P_L = \text{الحمل المحوري الحي}$$

(Axial Live Load)

$$P_c = \text{مقاومة الضغط المحوري}$$

(Compressive Axial Strength)

$$P_t = \text{مقاومة الشد المحوري}$$

(Tensile Axial Strength)

$$V_s = \text{مقاومة القص}$$

(Shear Strength)

$$Z = \text{معايير المقطع اللدن}$$

(Plastic Section Modulus)

Ω_0 = عامل تضخيم القوة الزلزالية (Seismic Force Amplification Factor)،
اللازم لحساب المقاومة الإنشائية الزائدة (Overstrength) كما ورد في
الجدولين (٦-٢) و (٨-٢).

٣/٤ متطلبات عامة

١/٣/٤ المجال:

تُصمَّم الأعضاء (Members) الإنشائية جميعها ووصلاتها (Connections) وواصلاتها (Connectors) بحيث لا تزيد الإجهادات المتولدة فيها نتيجة تعرّضها للأحمال التشغيلية الواجب أخذها بعين الاعتبار عند استخدام تجميعات الأحمال الواردة في البند الفرعي (١/٣/٢) عن الإجهادات المسموح بها والمنصوص عليها في الباب الخامس وحتى نهاية الباب الثالث عشر من كودة الإنشاءات الفولاذية، بالإضافة إلى تحقيق المتطلبات والشروط الخاصة الواردة في هذا الباب.

٢/٣/٤ حدود التطبيق:

يُراعى ما ورد بهذا الخصوص في كودة الإنشاءات الفولاذية.

٣/٣/٤ الفولاذ الإنشائي:

يكون الفولاذ الإنشائي المستخدم مطابقاً لأي من المواصفات القياسية الأميركية (ASTM-A36, ASTM-A500, ASTM-A501, ASTM-A572, ASTM-A588)، أو ما يعادلها من المواصفات القياسية المحلية أو العربية أو العالمية المعتمدة، كما يمكن استخدام الفولاذ الإنشائي المطابق للمواصفة الأميركية (ASTM-A913) أو ما يعادلها من المواصفات القياسية المحلية أو العربية أو العالمية المعتمدة.

٤/٤ المنشآت الفولاذية المشيّدة في المنطقة الزلزالية (3)

١/٤/٤ عام:

تُصمَّم الهياكل الفولاذية وتنفَّذ ضمن الأنظمة المقاومة للقوى الجانبية والمشيّدة في المنطقة الزلزالية (3) بحيث تكون مطابقة لما ورد في هذه الكودة بشكل عام وفي هذه المادة بشكل خاص.

(أ) النوعية:

يجب أن يطابق الفولاذ الإنشائي المستخدم في الأنظمة المقاومة للقوى الجانبية ما ورد في البند (٣/٤). هذا، ويمكن استخدام الفولاذ الإنشائي المطابق للمواصفة القياسية الأميركية (ASTM-A283) لألواح الأساس ومساميل الإرساء.

(ب) المقاومة:

تُستخدم المقاومة الواردة في أدناه لتحديد مقاومة الأعضاء والوصلات للقوى المؤثرة عليها.

(١) مقاومة العضو:

للعزم

$$(4-1) \quad M_s = Z F_y$$

للقص

$$(4-2) \quad V_s = 0.55 F_y d t$$

للضغط المحوري

$$(4-3) \quad P_c = 1.7 F_a A$$

للتشد المحوري

$$(4-4) \quad P_t = F_y A$$

حيث:

F_a = إجهاد الضغط المحوري المسموح به في غياب عزم الانحناء، ن/مم^٢.

F_y = إجهاد الخضوع الأدنى المحدد لنوع الفولاذ المستعمل، ن/مم^٢.

(٢) مقاومة الوصلات:

لحام تام الاختراق (Full Penetration Welds)

$$(4-5) \quad F_y A$$

لحام جزئي الاختراق (Partial Penetration Welds)

$$(4-6) \quad 1.7 F_s$$

المساميل واللحام الزاوي (Bolts and Fillet Welds)

$$(4-7) \quad 1.7 F_s$$

حيث (F_s) هي قيمة الإجهاد المسموح به كما وردت في الباب الحادي عشر من كودة الإنشاءات الفولاذية. ولا يُسمح بزيادة الإجهادات المسموح بها بمقدار الثلث كما ورد في البند الفرعي (د1/3/2) لأغراض تحديد مقاومة الأعضاء أو الوصلات. كذلك، لا ضرورة لأن تكون الأعضاء الإنشائية مكتنزة ما لم يُطلب غير ذلك في هذه المادة.

متطلبات الأعمدة: ٣/٤/٤

(أ) مقاومة العمود:

(١) يجب أن تقاوم الأعمدة تجميعات الأحمال الواردة في البند الفرعي (د1/3/2) وذلك في حدود الإجهادات المسموح بها والزيادة في الإجهادات المسموح بها وفقاً للبند ذاته.

(٢) بالإضافة إلى ذلك، يجب أن تقاوم أعمدة الهياكل المشيدة في المنطقة الزلزالية (3) الأحمال المحورية الناتجة عن حالي تجميع الأحمال التاليتين:

في الضغط المحوري

$$(4-8) \quad 1.0 P_D + 0.7 P_L + \Omega_0 P_E$$

في الشد المحوري

$$(4-9) \quad 0.85 P_D \pm \Omega_0 P_E$$

هذا، ويُراعى في تطبيق حالي تجميع الأحمال المحورية الواردتين في التعبيرين (4-8) و(4-9) ما يلي:

* لا يلزم أن تزيد الأحمال المحورية عن القوى القصوى التي يمكن انتقالها إلى العمود من خلال عناصر المنشأ أو عن القيم التي تحددها قدرة القواعد على مقاومة عزوم الانقلاب المولدة لقوى رفع في الأعمدة.

* لا يلزم تطبيق التعبيرين (4-8) و(4-9) على أعمدة الهياكل المقاومة للعزوم التي تحقق الشرط المنصوص عليه في العلاقتين (4-14) و(4-15)، وذلك في الحالات التي تساوي فيها قيمة الإجهاد المحوري المحسوب (f_a) المقدار ($0.3F_y$) أو تقل عنه لتجميعات الأحمال كافة.

(ب) وصلات الأعمدة (Column Splices):

(١) تُصمَّم وصلات الأعمدة لمقاومة القوى المؤثرة على مقطع العمود والمحددة وفقاً لما ورد في البند الفرعي (٤/٤/١٣). أما وصلات الأعمدة الملحومة والمعرضة لقوى شد صافية، فيجب أن تحقق المتطلب الأكثر حرجاً من بين ما يلي:

* أن تُصمَّم وصلات اللحام جزئي الاختراق لمقاومة (150) بالمائة من قوة الشد المحوري الناتجة عن تجميع الأحمال الوارد في التعبير (4-9).

* أن يحقق اللحام ما لا يقل عن (50) بالمائة من مقاومة مساحة شفة العمود الأصغر.

(٢) يجب ألا يقل بعد الوصلة التي تستخدم اللحام جزئي الاختراق عن شفة الجائر عن (900) ملمتر.

(ج) تقييم النحافة:

في حالة استخدام الشروط الزلزالية لتحديد الطول الفعال للأعمدة في الهياكل المقاومة للعزوم، فيمكن اعتبار قيمة عامل الطول الفعال ($1=k$) في مستوى قوى الزلازل عندما تتحقق الشروط التالية معاً:

* أن يكون العمود إما مستمراً أو مثبتاً عند كل وصلة.

* ألا تزيد القيم القصوى لإجهاد الضغط المحوري (F_a) عن المقدار ($0.4F_y$) تحت تأثير الأحمال التصميمية.

* ألا تزيد نسبة الإزاحة الجانبية المحسوبة عن (2.5) بالمائة من ارتفاع الطابق للمنشآت التي تقل الفترة الأساسية لاهتزازها عن (0.7) ثانية، ولا تزيد عن (2) بالمائة من ارتفاع الطابق للمنشآت التي تساوي الفترة الأساسية لاهتزازها (0.7) ثانية أو تزيد عنها.

٤/٤/٤ متطلبات الهياكل العادية المقاومة للعزوم:

(أ) تُصمَّم الهياكل العادية المقاومة للعزوم لمقاومة تجميعات الأحمال الواردة في البند الفرعي (٢/٣/٥١).

(ب) يجب أن تحقق جميع وصلات الجيزان بالأعمدة في الهياكل العادية المقاومة للعزوم والتي تقاوم قوى الزلازل أحد المتطلبات التالية:

* وصلات تامة التقييد (Fully Restrained) مطابقة للشروط الواردة في البند الفرعي (٥/٤/٤).

* وصلات تامة التقييد قادرة على مقاومة تجميع أحمال الجاذبية وقوى الزلازل التصميمية مضروبة في عامل التضخيم (Ω_o).

* يُسمح باستخدام وصلات جزئية التقييد (Partially Restrained) بشرط تحقيق ما يلي:

- أن يتم تصميم الوصلات لمقاومة تجميعات الأحمال الواردة في البند الفرعي (٥/٣/٢).

- أن يتم التأكد من امتلاك الوصلات قدرة كافية على الدوران (Rotation Capacity) لاستيعاب الإزاحة الجانبية الطبقية الناجمة عن

قوى الزلازل التصميمية مضروبة في عامل التضخيم (Ω_o)، وذلك باستخدام فحوص التحميل الدورية (Cyclic Tests).

- أن تتضمن حسابات الإزاحة الجانبية لهيكل العزوم الإزاحة الناتجة عن الدوران والتشوه في الوصلة.

(ج) تُعتبر الوصلات التي تمتلك حساءة كافية لمنع حدوث أي تغيير في مقاس الزوايا الأصلية بين أعضاء الهيكل الجاسي أو المستمر وصلات تامة التقييد. وفيما عدا ذلك تُعتبر الوصلات جزئية التقييد.

٥/٤/٤ متطلبات الهياكل الخاصة المقاومة للعزوم:

(أ) وصلة الجائر بالعمود:

(١) المقاومة المطلوبة:

* يجب أن تحقق مقاومة وصلة الجائر بالعمود أصغر القيم التالية كحد أدنى:

- مقاومة الجائر في الانحناء.

- العزم المكافئ لتحقيق مقاومة قص منطقة الصفيحة

(Panel Zone) المحددة من العلاقة (4-11).

* عندما لا تُصمَّم الوصلة للمشاركة في مقاومة الانحناء عند الوصلة، فإنه لا يلزم أن تحقق الوصلة المقاومة المطلوبة إذا حققت متطلبات تساقق التشوهات (Deformation Compatibility) الواردة في البند (٢/٧/٢).

(٢) مقاومة الوصلة:

عند استخدام اللحام أو المصاميل عالية المقاومة في بعض أشكال الوصلات، فيجب التحقق من قدرة هذه الوصلات على تحمل الدوران اللامرن (Inelastic Rotation) وتحقيق متطلبات المقاومة الميَّنة أعلاه في الفقرة الأولى من البند الفرعي (٤/٤/٥)، وذلك باستخدام فحوص التحميل الدورية أو الحسابات، وبحيث تُؤخذ زيادة المقاومة الناجمة عن زيادة مقاومة الفولاذ (Steel Overstrength) وتصلد المطاوعة (Strain Hardening) بعين الاعتبار.

(٣) حدود تفاصيل الشفة:

* عندما تقل المقاومة القصوى للفولاذ الإنشائي المستخدم عن مرة ونصف من إجهاد الخضوع له، فيجب ألا تتكون المفصلات اللدنة (Plastic Hinges) في المواقع التي يتم فيها تخفيض مساحة شفة الجائر، كمواقع تقوب المصاميل.

* يجب أن تحقق وصلات ألواح الشفة (Flange Plates) في مناطق وصل الجيزان بالأعمدة والمنقّدة باستخدام المصاميل العلاقة التالية:

$$(4-10) \quad \frac{A_e}{A_g} \geq 1.2 \frac{F_y}{F_u}$$

حيث:

A_e = المساحة الصافية الفعّالة، مم^٢.

A_g = المساحة الإجمالية، مم^٢.

F_y = إجهاد الخضوع الأدنى المحدّد لنوع الفولاذ المستخدم، ن/مم^٢.

F_u = مقاومة الشد الدنيا المحدّدة لنوع الفولاذ أو المرباط المستعملة، ن/مم^٢.

(ب) منطقة الصفيحة (Panel Zone):

(١) المقاومة:

* تُصمَّم منطقة الصفيحة في الوصلة لمقاومة قوة القص الناتجة عن عزوم الانحناء في الجائز تحت تأثير أحمال الجاذبية بالإضافة إلى ما يعادل (1.85) من قوى الزلازل التصميمية.

* لا يلزم أن تزيد مقاومة القص في منطقة الصفيحة عن المقاومة اللازمة لتحقيق (80) بالمائة من مجموع عزوم انحناء الجيزان ($\sum M_s$) المتصلة بشفاة الأعمدة في منطقة الوصلة. ويمكن حساب مقاومة قص منطقة الصفيحة في الوصلة من العلاقة التالية:

$$(4-11) \quad V = 0.55F_y d_c t \left[1 + \frac{3b_c t_{cf}^2}{d_b d_c t} \right]$$

حيث:

b_c = عرض شفة العمود، مم.

d_b = عمق الجائز، مم.

d_c = عمق العمود، مم.

t = السماكة الكلية لمنطقة الصفيحة في الوصلة بما فيها

الألواح المضاعفة (Doublers Plates)، مم.

t_{cf} = سماكة شفة العمود، مم.

(٢) السماكة:

* يجب أن تحقق سماكة منطقة الصفيحة (t_z) العلاقة التالية:

$$(4-12) \quad t_z \geq (d_z + w_z)/90$$

حيث:

t_z = سماكة منطقة الصفيحة، مم.

d_z = عمق منطقة الصفيحة بين ألواح الوصل

(Continuity Plates)، مم.

w_z = عرض منطقة الصفيحة بين شفاة العمود، مم.

* لا تُؤخذ سماكة أي من الألواح المضاعفة في حساب سماكة منطقة الصفيحة (t_z) إلا إذا رُبط اللّوح المضاعف بوتيرة العمود بواسطة لحام سدود (Plug Weld) كافٍ لمنع حدوث انعطاط موضعي في اللّوح.

(٣) الألواح المضاعفة (Doublers Plates):

تُوضع الألواح المضاعفة المستخدمة لأغراض تقليل إجهادات القص في منطقة الصفيحة أو لأغراض خفض نسبة عمق الوتيرة إلى سماكتها على مسافة لا تزيد عن (1.5) ملليمتر من وتيرة العمود، وبحيث تُلحم على عرض اللّوح من أعلى ومن أسفل باستخدام لحام زاوي (Fillet Weld) بسماكة لا تقل عن (4.7) ملليمتر. وتُلحم الألواح المضاعفة مع شفاف العمود باستخدام اللحام التناكبي أو اللحام الزاوي، بحيث يتم تحقيق قوة القص المطلوبة للّوح المضاعف، وبحيث تكون مقاومة اللحام كما هو مبين في الفقرة الثانية من البند الفرعي (٤/٤/٢ ب).

(ج) نسبة العرض إلى السماكة:

(١) يجب أن تحقق الجيزان المتطلبات الخاصة بها كما وردت في كودة الإنشاءات الفولاذية باستثناء نسبة عرض الشفة لسماكتها ($b_f/2t_f$)، التي يجب ألا تزيد عن المقدار $(0.31\sqrt{E/F_y})$.

(٢) يجب أن تحقق نسبة العرض إلى السماكة في مقاطع الأعمدة المتطلبات الواردة في الباب السادس من كودة الإنشاءات الفولاذية. كما يجب ألا تزيد نسبة عرض الجدار الخارجي إلى السماكة في الأعمدة ذات المقاطع الأنبوبية المستطيلة عن المقدار $(0.65\sqrt{E/F_y})$ إلا إذا تمت تقويتها.

(د) ألواح الوصل (Continuity Plates):

لأغراض تحديد الحاجة لاستخدام ألواح الوصل لشفة الشد في الجائز، تُحدّد قيمة القوة (P_{bf}) المنقولة بواسطة الشفة أو لوح الوصل من العلاقة التالية:

$$(4-13) \quad P_{bf} = 1.8 (b t_f) F_{yb}$$

حيث:

P_{bf} = القوة المنقولة بواسطة الشفة أو لوح الوصل مضروبة في العامل

(1.67) إذا كانت القوة المحسوبة ناتجة عن أحمال حية وميتة فقط،

أو مضروبة في العامل (1.33) إذا كانت القوة المحسوبة ناتجة عن

أحمال حية وميتة وأحمال رياح أو زلازل، نيوتن.

b = عرض الشفة، مم

t_f = سماكة الشفة، مم.

F_{yb} = إجهاد خضوع فولاذ الجائز، ن/مم².

(هـ) النسبة بين مقاومات العناصر الإنشائية في مناطق وصلها:

(١) يجب تحقيق العلاقات التالية عند أي وصلة في هياكل العزوم:

$$(4-14) \quad \sum Z_c (F_{yc} - f_a) / \sum M_c > 1.0$$

$$(4-15) \quad \sum Z_c (F_{yc} - f_a) / 1.25 \sum M_{pz} > 1.0$$

حيث:

f_a أكبر من الصفر.

M_c = عزوم الانحناء عند محور العمود، الناتج عن تكوّن المفاصل

اللينة في الجائز وباعتبار المقاومة الزائدة وتصلد المطاوعة.

M_{pz} = مجموع عزوم الانحناء في الجائز عندما تبلغ مقاومة القص

لمنطقة الصفيحة القيمة المبيّنة في العلاقة (4-11).

(٢) تُستثنى الأعمدة التي تحقق حدود الاكتناز (Compactness Limitations)

للهيكل الواردة في البند الفرعي (٤/٤/٥ ج) من ضرورة تحقيق

المعادلات الواردة أعلاه بشرط أن تحقق أحد المتطلبات التالية:

* الأعمدة التي تؤثر عليها إجهادات محورية (f_a) أقل من المقدار

$(0.4F_y)$ لتحميمات الأحمال كافة غير تلك الواردة في البند

الفرعي (٤/٤/٣ أ)، و

- التي تُستخدم في الطابق العلوي للمباني ذات الطوابق المتعددة،

التي لا تزيد فترة الاهتزاز الطبيعية لها عن (0.7) ثانية، أو

- التي يقل مجموع مقاومتها عن (20) بالمائة من قوى القص في الطابق، وعن (33) بالمائة من قوى القص في كل صف من صفوف الأعمدة في ذلك الطابق، أو

- عندما يتم التصميم لمقاومة إجهادات الضغط المحوري والانحناء المشتركة لتحقيق ما ورد في كودة الإنشاءات الفولاذية دون زيادة الإجهادات المسموح بها بمقدار الثلث.

ويمكن تعريف صف الأعمدة لأغراض هذا الاستثناء بالصف المنفرد أو الصفوف المتوازية من الأعمدة الواقعة ضمن مسافة لا تزيد عن (10) بالمائة من بعد مسطح المنشأ المعامد لصف الأعمدة.

* الأعمدة في أي طابق من الطوابق تزيد مقاومة القص الجانبية له عن (50) بالمائة من مقاومة القص الجانبية لأعمدة الطابق الذي يعلوه مباشرة.

* الأعمدة التي لا تشكّل جزءاً من النظام الإنشائي المقاوم لقوى الزلازل.

(و) الجملونات في الهياكل الخاصة المقاومة للزلازل:

(١) يمكن استخدام الجملونات أعضاء أفقية في الهياكل الخاصة المقاومة للزلازل إذا كان مجموع مقاومة انحناء الجملونات الناتج عن القوى الزلزالية يزيد بمقدار لا يقل عن مجموع مقاومة انحناء الأعمدة العلوية والسفلية المتصلة مباشرة بالجملونات مضروباً في العامل (1.25). ولهذا الغرض يجب تخفيض مقاومات الأعضاء بمقدار تأثيرات أحمال الجاذبية.

(٢) يجب ألا يزيد الإجهاد المحوري للعمود (f_a) عن المقدار ($0.4F_y$) في المباني التي يزيد عدد طوابقها عن طابق واحد، وألا تزيد نسبة الطول غير المكتف للعمود إلى نصف القطر التدويري الأصغر له (I_p/r) عن (60).

(٣) تُخفّض الإجهادات المسموح بها في الأعمدة بنسبة (25) بالمائة عندما يرتبط أحد طرفي العمود بجملون، وتُخفّض بنسبة (50) بالمائة عندما يرتبط طرفا العمود بجملونين.

(٤) يجب أن تحقق مقاومة وصلة أوتار الجملون (Truss Chords) بالعمود أصغر القيمتين التاليتين:

* مقاومة وتر الجملون.

* قوة الوتر اللازمة لتحقيق ما نسبته (125) بالمائة من مقاومة إحناء العمود.

(ز) تقييد وصلة الجائر بالعمود (Beam-Column Joint Restraint):

(١) الوصلة المقيّدة (Restrained Joint):

* تُدعم شفاة الأعمدة جانبياً فقط عند مستوى الشفة العلوية للجائر وذلك في الحالات التي يمكن فيها التحقق من أن تجاوب أعمدة الهياكل الخاصة بالمقاومة للعزوم هو تجاوب مرن. ويمكن افتراض أن الأعمدة تبقى مرنة إذا تحقق أحد الشروط التالية:

- عندما تزيد نسبة مقاومة العناصر الإنشائية في مناطق وصلها، المحسوبة باستخدام العلاقة (4-14) أو العلاقة (4-15) عن (1.25).

- في الحالات التي تساوي فيها مقاومة الانحناء للعمود قيمة العزم المكافئ لمقاومة قص منطقة الصفيحة مضروبة في العامل (1.25) على الأقل.

- في الحالات التي تحدّد فيها مقاومة انحناء الجائر أو مقاومة منطقة الصفيحة مجموع الإجهادات المؤثرة على العمود بحيث لا تزيد عن إجهاد الخضوع له كما في العلاقة التالية:

$$(4-16) \quad f_a + f_{bx} + f_{by} \leq F_y$$

حيث:

$$f_a = \text{الإجهاد المحوري المحسوب، ن/مم}^2.$$

$$f_{bx} = \text{إجهاد الانحناء المحسوب حول محور العمود الرئيسي، ن/مم}^2.$$

$$f_{by} = \text{إجهاد الانحناء المحسوب حول محور العمود الثانوي، ن/مم}^2.$$

- في الحالات التي تبقى فيها الأعمدة مرنة تحت تأثير أحمال الجاذبية وقوى الزلازل التصميمية مضروبة في العامل (Ω_0).

* تُدعم شفاة الأعمدة جانبياً عند المستويين العلوي والسفلي لشفاة الجائز في الحالات التي لا يمكن فيها التأكد من بقاء الأعمدة مرنة. وتُصمم الدعامات الجانبية لشفاة الأعمدة بحيث تقاوم قوة مقدارها (1) بالمائة من قدرة شفة الجائز على المقاومة عند بلوغها الإجهادات المسموح بها، وبحيث لا تزيد قيم الإزاحة المتعامدة مع الهيكل عن (5) مليمترات. ويمكن لأعضاء التثبيت المطلوبة أن تدعم شفاة العمود بطريقة مباشرة أو غير مباشرة من خلال اتصالها مع وتيرة العمود أو شفاة الجائز.

(٢) الوصلة غير المقيدة (Unrestrained Joint):

* يجب أن تحقق الأعمدة التي ليس لها دعم جانبي عمودي على مستوى الوصلة المتطلبات الواردة في الباب السادس من كودة الإنشاءات الفولاذية، وذلك باعتبار العمود مسماري الأطراف (Pin Ended)، وبحيث يُؤخذ طول العمود مساوياً المسافة بين الدعامات الجانبية المطابقة لما ورد في الفقرة الأولى من البند الفرعي (٤/٤/٥ز).

* تُحدد قيمة إجهاد العمود المحوري (f_a) بإضافة الإجهاد الناتج عن احمال الجاذبية إلى أصغر القيمتين التاليتين:

- الإجهاد الناتج عن أفعال الزلازل التصميمية مضروبة في عامل التضخيم (Ω_o).

- القوى المكافئة لما نسبته (125) بالمائة من مقاومة الجائز للانحناء أو مقاومة قص منطقة الصفيحة.

* يجب أن تتضمن قيم إجهاد الانحناء حول محور العمود الثانوي (f_{by}) التأثير الناتج عن قوى التثبيت المنصوص عليها في الفقرة الأولى من البند الفرعي (٤/٤/٥ز) بالإضافة إلى تأثيرات الحمل-الإزاحة (P-Δ).

* يجب ألا تزيد نسبة الطول الفعلي غير المكتف إلى نصف القطر التدويري (r) لهذه الأعمدة عن (60).

* تُدعم الأعمدة في الهياكل الجملونية عند كل وتر للحملون لمقاومة قوة جانبية مقدارها (1) بالمائة من قيمة مقاومة الخضوع بالضغط لذلك الوتر.

(ح) تكتيف الجائز:

(١) يجب تكتيف الشفتين العلوية والسفلية للجائز بطريقة مباشرة أو غير مباشرة.

(٢) يجب ألا تزيد المسافة بين مكثفات الجائز المستمر بين محاور الأعمدة عن المقدار $(96 r_v)$.

(٣) تُزوّد الجيزان بمكثفات إضافية في مناطق تأثير الأحمال المركزة التي يتوقع تشكّل المفاصل اللدنة عندها.

(ط) التغيّرات في مساحة شفاه الجائز:

في الهياكل الخاصة المقاومة للعزوم لا يُسمح بحدوث تغيّرات مفاجئة في مساحة شفاه الجائز في المناطق التي يُتوقع تكون المفاصل اللدنة عندها.

(ي) حسابات الإزاحة في الهياكل المقاومة للعزوم:

(١) يجب أن تتضمن حسابات الإزاحة الجانبية في الهياكل المقاومة للعزوم الإزاحة الناتجة عن عزوم الانحناء وقوى القص المؤثرة على البحور الصافية للجيزان والأعمدة بالإضافة إلى تشوّهات الأعمدة المحورية ودوران منطقة الصفيحة وتشوّهها.

(٢) لحساب الإزاحة يمكن اعتماد الطول الكامل الممتد بين المحاور للأعمدة والجيزان عندما يتحقق أي من الشرطين التاليين:

* عندما يمكن إثبات أن الإزاحة المحسوبة بهذه الطريقة لهياكل ذات تشكيلات ماثلة (Similar Configurations) تقع ضمن (15) بالمائة من قيم الإزاحة المحسوبة باستخدام طول البحر الخالص.

* أن تحقق مقاومة منطقة الصفيحة في العمود ما مقداره $(0.8 \sum M_s)$ من عزوم الجيزان التي تتصل بشفاه الأعمدة في منطقة الوصلة.

(٣) يمكن إهمال تشوّهات الأعمدة المحورية إذا قلت مساهمتها عمّا نسبته (10) بالمائة من الإزاحة الكلية.

٦/٤/٤ متطلبات الهياكل المكثفة:

(أ) عام:

- (١) تُطبق الشروط الواردة في هذا البند على الهياكل المكثفة جميعها باستثناء الهياكل الخاصة المكثفة مركزياً والمصممة وفقاً للبند (٧/٤/٤) والهياكل المكثفة لامركزياً والمصممة وفقاً للبند (٨/٤/٤).
- (٢) تُصمم الأعضاء التي تقاوم قوى الزلازل كلياً أو جزئياً بالقص أو الانحناء وفقاً للبند (٥/٤/٤) باستثناء البند الفرعي (٥/٤/٤ ج) الخاص بنسبة العرض إلى السماكة.

(ب) أعضاء التكتيف:

(١) النحافة:

- يجب ألا تزيد نسبة النحافة (l/r) لأعضاء التكتيف في المنطقة الزلزالية (3) عن المقدار $(4.23\sqrt{E/F_y})$ باستثناء ما هو مسموح به في البند الفرعي (٥/٤/٤ هـ).

(٢) تخفيض الإجهادات:

- * تُحدّد الإجهادات المسموح بها (F_{as}) لأعضاء التكتيف التي تقاوم أفعال الزلازل بالضغط من العلاقة التالية:

$$(4-17) \quad F_{as} = B F_a$$

حيث:

B = معامل تخفيض الإجهادات الذي يُحدّد من العلاقة التالية:

$$(4-18) \quad B = \frac{1}{1 + [(kl/r)/2C_c]}$$

F_a = إجهاد الضغط المحوري المسموح به حسب الباب السادس من كودة الإنشاءات الفولاذية.

$$C_c = \text{نسبة نحافة العمود المميزة} = \sqrt{2\pi^2 E / F_y}$$

- * يمكن أن تُصمم أعضاء التكتيف التي تحمل أحمال الجاذبية باستخدام متطلبات مقاومة الأعمدة وتجميعات الأحمال الواردة في التعبير (4-8).

(٣) توزيع القوى الجانبية:

* تُوزَّع قوى الزلازل الجانبية المؤثرة على أي من خطوط التكتيف على الأعضاء المختلفة، بحيث لا يزيد مجموع مركبات القوى الأفقية في الأعضاء التي تعمل بالشد أو بالضغط عن (70) بالمائة من القوة الكلية. ولهذا الغرض، يُعرَّف خط التكتيف بالخط المنفرد أو مجموعة الخطوط المتوازية التي تقع ضمن مسافة لا تزيد عن (10) بالمائة من بعد المنشأ المعامد لخط التكتيف.

* يُسمح بتجاوز متطلب توزيع القوى الوارد في الفقرة السابقة في الحالات التي يمكن فيها لأعضاء تكتيف الضغط أن تقاوم وحدها قوى الزلازل التصميمية مضروبة في العامل (Ω_0) ، شريطة عدم استخدام معامل تخفيض الإجهادات (B).

(٤) الأعضاء المجمعة (Built-up Members):

عند حساب نسبة النحافة (l/r) لأجزاء أعضاء التكتيف المجمعة الممتدة بين الدرزات (Stitches)، فيجب ألا تزيد هذه النسبة عن (75) بالمائة من نسبة نحافة عضو التكتيف كاملاً.

(٥) عناصر الضغط في المكتفات:

* تكون نسبة العرض إلى السماكة لعناصر الضغط المقواة (Stiffened) وغير المقواة (Unstiffened) المستخدمة في المكتفات ضمن النسب المنصوص عليها للمقاطع المكتسرة في الجدول (١) في الباب الرابع من كودة الإنشاءات الفولاذية، مع مراعاة ما يلي:

- ألا تزيد نسبة العرض إلى السماكة في مقاطع الزوايا عن المقدار $(0.31\sqrt{E/F_y})$.
- ألا تزيد نسبة القطر الخارجي إلى سماكة الجدار في المقاطع الدائرية عن المقدار $(0.0448E/F_y)$.
- ألا تزيد نسبة العرض إلى السماكة للجدار الخارجي في الانابيب المستطيلة عن المقدار $(0.65\sqrt{E/F_y})$.

* تُستثنى عناصر الضغط المقوّاة لمقاومة الانعطاط الموضعي من تحقيق المتطلبات الواردة في الفقرة السابقة.

(ج) وصل المكَتفات (Bracing Connection):

(١) القوى:

* تُصمّم وصلات المكَتفات لمقاومة أصغر القيم التالية:

- مقاومة عضو التكتيف في الشد الخوري (P_t).
- القوة المتولّدة في المكَتف تحت تأثير قوى الزلازل التصميمية مضروبة في العامل (Ω_0)، مضافاً إليها القوة المتولّدة في المكَتف تحت تأثير أحمال الجاذبية.
- القوة القصوى التي يمكن أن تنتقل إلى المكَتف من خلال أعضاء النظام الإنشائي.

* تُصمّم وصلات التكتيف باستخدام تجميعات الأحمال الواردة في البند الفرعي (د١/٣/٢) حداً أدنى مع الزيادة المسموح بها في الاجتهادات، وبحيث تراعي هذه التجميعات الشروط الواردة في الفقرة الثانية من البند الفرعي (د٦/٤/٤) والفقرة الأولى من البند الفرعي (د٦/٤/٤).

* في الجيزان التي تشكّل جزءاً من نظام التكتيف يجب أن تمتلك وصلة الجائز بالعمود القدرة على نقل القوة المحدّدة في الفقرة الأولى من هذا البند الفرعي.

* تُصمّم العناصر والوصلات التي تتأثر بوجود لامركزية ناتجة عن الشكل الهندسي للهيكل أو عن خط عمل القوة على الوصلة لمقاومة جميع القوى الثانوية (Secondary Forces) الناتجة عن اللامركزية بالإضافة إلى جميع القوى الأساسية (Primary Forces) باستخدام أصغر قيم القوى المحدّدة في الفقرة الأولى من هذا البند الفرعي.

(٢) المساحة الصافية:

يجب أن تحقق نسبة مساحة المقطع الصافية الفعّالة إلى مساحته الإجمالية في وصلات التكتيف المصمّالية العلاقة التالية:

$$(4-19) \quad \frac{A_e}{A_g} \geq \frac{1.2\alpha F'}{F_u}$$

حيث:

- A_e = المساحة الصافية الفعّالة كما هي مُعرّفة في كودة الإنشاءات الفولاذية، مم^٢.
- A_g = المساحة الإجمالية، مم^٢.
- F_u = مقاومة الشد الدنيا المحددة لنوع الفولاذ أو المرباط المستعملة، ن/مم^٢.
- F' = إجهاد عضو التكتيف المحدد بالرجوع الى الفقرة الأولى من البند الفرعي (٤/٤/٦ ج)، ن/مم^٢.
- α = عامل لحساب ذلك الجزء من القوة المؤثرة في العضو والمحددة في الفقرة الأولى من البند الفرعي (٤/٤/٦ ج)، المنقول عبر المساحة الصافية لمقطع معيّن.

(د) أشكال التكتيف

(١) التكتيف المتعرج (Chevron Bracing):

* يجب أن يحقق التكتيف المتعرج ما يلي:

- أن تُصمّم أعضاؤه لمقاومة جميع الأحمال، باستثناء أحمال الزلازل، مضروبة في العامل (1.5)، بالإضافة إلى متطلبات الفقرة الثانية من البند الفرعي (٤/٤/٦ ب).
- أن يستمر الجائز الذي يتقاطع مع هذا التكتيف بين الأعمدة.
- أن يكون الجائز الذي تتقاطع معه أعضاء هذا التكتيف من الأسفل (ومثال ذلك التكتيف ذو الشكل (٨)) قادراً على دعم أحمال الجاذبية الرافدة (Tributary Gravity Loads) في حال عدم وجود المكثفات.

* يمكن تجاوز تطبيق الشروط الواردة في الفقرة الفرعية السابقة على السقيفة (Penthouse) المبنية على السطح أو المباني ذات الطابق الواحد أو على الطابق الأخير في المباني متعددة الطوابق.

(٢) التكتيف ذو الشكل (K) (K-Bracing):

يُحظر استخدام التكتيف ذي الشكل (K) باستثناء ما هو مسموح به في البند الفرعي (٥٦/٤/٤).

(٣) التكتيف اللامركزي (Nonconcentric Bracing):

يجب أن يحقق التكتيف اللامركزي الشرطين التاليين:

- * يجب أن يستمر العضو الذي يتقاطع مع التكتيف عبر الوصلة.
- * عندما تزيد لامركزية المكثف عن عمق العضو الذي يتقاطع معه في موقع اللامركزية، فيجب أن يمتلك العضو المتأثر القدرة على مقاومة القوى المنصوص عليها في الفقرة الأولى من البند الفرعي (٥٦/٤/٤ ج) بالإضافة إلى تأثير جميع القوى الثانوية الناتجة عن اللامركزية.

(٥) المباني ذات الطابق الواحد والمباني ذات الطابقين:

يمكن استخدام الهياكل المكثفة التي لا تحقق متطلبات البندين الفرعيين (٥٦/٤/٤ ب) و (٥٦/٤/٤ د) في المباني التي لا يزيد ارتفاعها عن طابقين وفي منشآت السقف (Roof Structures) إذا كانت المكثفات قادرة على مقاومة قوى الزلازل التصميمية مضروبة في العامل (Ω_0).

(و) المنشآت غير المباني (Nonbuilding Structures):

يجب أن تحقق المنشآت غير المباني المتطلبات الواردة في البند الفرعي (٥٦/٤/٤ ج) فقط، وذلك باستخدام قيم المعامل (R) الواردة في الجدول (٢-٨) في الباب الثاني.

٧/٤/٤ متطلبات الهياكل الخاصة المكثفة مركزياً:

(أ) عام:

- (١) تنطبق الشروط الواردة في هذا البند على منشآت الهياكل الخاصة المكثفة مركزياً والمعروفة في البند (٥٤/١/٢).
- (٢) تُصمَّم جميع العناصر والوصلات وتُفصَّل لمقاومة قوى القص وعزوم الانحناء الناتجة عن اللامركزية في الشكل الهندسي للأعضاء التي تشكِّل الهياكل الخاصة المكثفة حسب متطلبات هذا البند.

- (٣) يجب أن يستمر العضو الذي يتقاطع مع المكثفات خلال الوصلة.
- (٤) يجب أن تحقق المكثفات الأفقية التي تقوم بنقل القوى بين المكثفات المُرَاحَة أفقياً في المستوى العمودي المتطلبات الواردة في هذا البند، باستثناء الفقرة الثالثة من البند الفرعي (٧/٤/٤) والشرط الثالث من الفقرة الفرعية الأولى من الفقرة الأولى من البند الفرعي (٧/٤/٤) والفقرة الثانية من البند الفرعي (٧/٤/٤).
- (٥) يُسمح بتجاوز متطلبات البند (٧/٤/٤) عند تصميم المكثفات الأفقية التي تختلف عما ورد في متطلبات الفقرات السابقة من هذا البند الفرعي.

(ب) أعضاء التكتيف:

(١) النحافة:

يجب ألا تزيد نسبة النحافة (k/r) لأعضاء التكتيف عن المقدار $(5.87\sqrt{E/F_y})$.

(٢) توزيع القوى الجانبية:

يُراعى في هذا الخصوص ما ورد في الفقرة الثالثة من البند الفرعي (٦/٤/٤).

(٣) الأعضاء المجمعّة (Built-up Members):

- * تُحدّد المسافة بين الدرزات (Stitches) بحيث لا تزيد نسبة النحافة (r/r) للعناصر المنفردة الممتدة بين الدرزات عما نسبته (40) بالمائة من نسبة النحافة لعضو التكتيف المجمع.
- * يجب ألا تقل مقاومة القص الكلية للدرزات عن مقاومة الشد لأي عنصر.
- * تكون المسافات بين الدرزات منتظمة، ولا يجوز استخدام أقل من درزتين.
- * يجب ألا تقع الدرزات المصمالية (Bolted Stitches) ضمن الربع الأوسط من الطول الخالص لعضو التكتيف. أما في الحالات التي يمكن فيها إثبات أن انعطاط (Buckling) المكثفات لا يتسبب في حدوث قص في الدرزات، فتُحدّد المسافات بين الدرزات بحيث لا تزيد نسبة النحافة (r/r) للعنصر المنفرد بين الدرزات عن (75) بالمائة من نسبة النحافة السائدة (Governing Slenderness Ratio) للعضو المجمع.

(٤) عناصر الضغط في المكنّفات:

يُراعى في هذا الخصوص ما ورد في الفقرة الخامسة من البند الفرعي (٤/٤/٦ب).

(ج) وصل المكنّفات (Bracing Connection):

(١) القوى:

يُراعى في هذا الخصوص ما ورد في الفقرة الأولى من البند الفرعي (٤/٤/٦ج)، باستثناء أنه لا يلزم أن تراعى تجميعات الأحمال الشروط المنصوص عليها في الفقرة الثانية من البند الفرعي (٤/٤/٦ب) والفقرة الأولى من البند الفرعي (٤/٤/٦د).

(٢) المساحة الصافية:

يجب أن تحقق نسبة مساحة المقطع الصافية الفعّالة إلى مساحته الإجمالية في وصلات التكتيف المصمّالية العلاقة (4-19).

(٣) ألواح التجميع (Gusset Plates):

* يجب أن تمتلك الوصلات الطرفية للمكنّفات مقاومة انحناء تزيد عن مقاومة انحناء المقطع الكلي لعضو التكتيف حول محور الانعطاط الحرج.

* عندما تقل مقاومة انعطاط المكنّف خارج مستوى الهيكل (Out-of-plane Buckling Strength) عن مقاومته في المستوى نفسه (In-plane Buckling Strength)، فإنه يُسمح بوصل المكنّف على لوح تجميع منفرد مع تراجع (Setback) طرف المكنّف الموصول بلوح التجميع بمقدار مثلي سماكة لوح التجميع عن الخط الذي يمكن أن ينحني حوله لوح التجميع دون تقييد من وصلة العمود أو الجائر. ويُصمّم لوح التجميع لدعم حمل يكافئ مقاومة الضغط للمكنّف دون انعطاط.

(د) أشكال التكتيف:

(١) التكتيف المتعرّج (Chevron Bracing):

* يجب أن يحقق التكتيف المتعرّج ما يلي:

- أن يستمر الجائز الذي يتقاطع مع هذا التكتيف بين الأعمدة.
 - أن يكون الجائز الذي تتقاطع معه أعضاء هذا التكتيف من الأسفل (ومثال ذلك التكتيف ذو الشكل (٨)) قادراً على دعم أحمال الجاذبية الرافدة (Tributary Gravity Loads) في حال عدم وجود المكثفات.

- أن يكون الجائز الذي يتقاطع مع التكتيف المتعرج قادراً على دعم أحمال الجاذبية الرافدة وقوى التكتيف غير المتوازنة (P_b) الواردة في تجميعي الأحمال التاليين:

$$(4-20) \quad 1.2 D + 0.5 L + P_b$$

$$(4-21) \quad 0.9 D - P_b$$

حيث:

D = الأحمال الرافدة الميتة.

L = الأحمال الرافدة الحية.

P_b = القيمة القصوى للقوة غير المتوازنة بعد الانعطاف

(Maximum Unbalanced Post-Buckling Force)

التي يمكن أن تنتقل إلى الجائز بواسطة المكثفات. ولهذا

الغرض، يمكن حساب القوة القصوى غير المتوازنة

باستخدام قيمة (P_t) حداً أدنى لعضو تكتيف الشد

والمقدار ($0.3P_t$) حداً أعلى لعضو تكتيف الضغط.

- تُدعم الشفتان العلوية والسفلية للجائز في نقطة التقاطع

مع التكتيف ذي الشكل (٧) والشكل (٨) بطريقة مباشرة

أو غير مباشرة.

* يمكن تجاوز تطبيق الشرطين الثاني والثالث الواردين في الفقرة الفرعية

السابقة على السقيفة (Penthouse) المبنية على السطح أو المباني

ذات الطابق الواحد أو على الطابق الأخير في المباني متعددة الطوابق.

(٢) التكتيف ذو الشكل (K) (K-Bracing):

يُحظر استخدام التكتيف ذي الشكل (K).

(هـ) الأعمدة:

* يجب أن تحقق الأعمدة في الهياكل المكثفة المتطلبات الواردة في البند الفرعي (٤/٤/٥ ج).

* بالإضافة إلى تحقيق المتطلبات الواردة في البنود الفرعية (٤/٤/٣ أ) و (٤/٤/٣ ب)، تُصمّم وصلات الأعمدة التراكبية (Column Splices) بحيث تحقق كامل مقاومة القص بالإضافة إلى (50) بالمائة من مقاومة الانحناء الكلية للمقطع.

* تُحدّد مواقع وصلات الأعمدة التراكبية بحيث تقع ضمن الثلث الأوسط من الارتفاع الخالص للأعمدة.

٨/٤/٤ متطلبات الهياكل المكثفة لامركزيًا:

(أ) عام:

تُصمّم الهياكل المكثفة لامركزيًا وفقاً لمتطلبات هذا البند.

(ب) جائر الربط (Link Beam):

* يجب تزويد طرف واحد على الأقل من طرفي كل عضو من أعضاء التكييف بجائر ربط.

* يجب أن تحقق الجيزان في الهياكل المكثفة لامركزيًا المتطلبات الواردة في الباب السابع من كودة الإنشاءات الفولاذية، باستثناء نسبة عرض الشفة إلى سماكتها ($b/2t_f$) التي يجب ألا تزيد عن المقدار $(0.31\sqrt{E/F_y})$.

(ج) مقاومة جائر الربط (Link Beam Strength):

(١) تُعرّف مقاومة القص (V_s) ومقاومة الانحناء (M_s) لجائر الربط كما ورد في البند الفرعي (٤/٤/٢ ب).

(٢) تُحسب قدرة جائر الربط على مقاومة الانحناء والقوى المحورية باستخدام شفاة الجائر فقط، وذلك في الحالات التي تُحدّد فيها مقاومة جائر الربط بقدرته على مقاومة القص.

(٣) تُحسب مقاومة الانحناء المخفضة (M_{rs}) لأغراض تطبيق شروط البندين الفرعيين (٤/٤/٨ ح) و (٤/٤/٨ م) من العلاقة التالية:

$$(4-22) \quad M_{rs} = Z (F_y - f_a)$$

ويمكن إهمال قيمة القوة المحورية (f_a) عندما تقل عن المقدار ($0.15F_y$).

(د) دوران جوائز الربط (Link Beam Rotation):

يجب ألا تزيد زاوية دوران جزء الربط في الجوائز نسبة إلى باقي أجزائه، عند بلوغ الهيكل قيمة الإزاحة الكلية (Δ_M)، عمّا يلي:

- (0.09) درجة زاوية لأجزاء الربط التي يساوي طولها الصافي المقدار ($1.6 M_s/V_s$) أو يقل عنه.

- (0.03) درجة زاوية لأجزاء الربط التي يساوي طولها الصافي المقدار ($3.0 M_s/V_s$) أو يزيد عنه.

- تُحدّد قيم الدوران المسموح بها لأجزاء الربط التي تقع أطوالها الخالصة بين الحدود المذكورة أعلاه باستخدام الاستكمال الخطي (Linear Interpolation).

(هـ) وتيرة جوائز الربط (Link Beam Web):

(١) يجب أن تحقق سماكة وتيرة جوائز الربط منفردة القدرة المطلوبة للمقاومة دون استخدام الألواح المضاعفة (Doublers Plates).

(٢) لا يُسمح بإحداث أي فتحة في وتيرة جوائز الربط.

(٣) يجب ألا تزيد قوى القص في الوتيرة عن المقدار ($0.8V_s$) تحت تأثير القوى الجانبية.

(و) وصلة المكنّف بالجوائز (Brace-to-Beam Connection):

(١) تُصمّم وصلة المكنّف بالجوائز بحيث تحقق مقاومة الضغط في المكنّف وتنقل هذه القوة لوتيرة الجوائز.

(٢) لا يُسمح بامتداد أي جزء من وصلة الجوائز بالمكنّف إلى منطقة وتيرة جوائز الربط.

(ز) أضلاع التقوية في جوائز الربط (Link Beam Stiffeners):

(١) تُزوّد جيزان الربط بأضلاع تقوية في طرفها المتصل بعضو التكتيف، بحيث تمتد أضلاع التقوية على كامل عمق الوتيرة على جانبي الجوائز.

(٢) تُزوّد جيزان الربط التي يقع طولها الصافي ضمن الحدود المنصوص عليها في الشرط الثالث من البند الفرعي (٤/٤/٥٨) بأضلاع تقوية كاملة العمق (Full-depth Stiffeners). وتُستخدم أضلاع التقوية في هذه الحالة على طرفي جائر الربط وتوضع على مسافة تساوي عرض الشفة (b_f) مقاسة من طرف الجائر. ويجب ألا يقل مجموع عرض ضلعي التقوية عن المقدار $(b-2t_w)$ ، وألا تقل سماكة ضلع التقوية عن (9.5) ملمتر أو المقدار $(0.75t_w)$ ، أيهما أكبر.

(ح) أضلاع التقوية الوسطية (Intermediate Stiffeners):

تُستخدم أضلاع تقوية وسطية على كامل عمق الوتيرة في الحالتين التاليتين:

- عندما تكون مقاومة جائر الربط محدّدة بقدرته على مقاومة القص (V_s).
- عندما تكون مقاومة جائر الربط محدّدة بقدرته على مقاومة الانحناء وتزيد قوى القص المحسوبة باستخدام مقاومة الانحناء المحفّضة (M_{rs}) عن المقدار $(0.45F_y d t)$.

(ط) المسافات بين أضلاع تقوية الوتيرة (Web Stiffener Spacing):

يجب أن تحقق المسافات بين أضلاع تقوية الوتيرة الشروط التالية:

- (١) يجب ألا تزيد المسافة بين أضلاع التقوية عن المقدار $(38t_w-d/5)$ في جيزان الربط التي تساوي زاوية دورانها (0.09) درجة زاوية.
- (٢) يجب ألا تزيد المسافة بين أضلاع التقوية عن المقدار $(56t_w-d/5)$ في جيزان الربط التي تساوي زاوية دورانها (0.03) درجة زاوية أو أقل.
- (٣) يمكن استخدام الاستكمال (Interpolation) لتحديد المسافة بين أضلاع التقوية في جيزان الربط التي تقع زاوية دورانها بين (0.03) و (0.09) درجة زاوية.

(ي) مواقع أضلاع تقوية الوتيرة (Web Stiffener Location):

- (١) تُزوّد وتائر الجيزان التي يساوي عمقها (600) ملمتر أو أكثر بأضلاع تقوية وسطية مزدوجة (على جانبي الوتيرة) على كامل عمق الوتيرة.

(٢) في الحالات التي يقل فيها عمق الجائز عن (600) ملمتر، تُزوّد الوتيرة بأضلاع تقوية وسطية مفردة (على جانب واحد من وتيرة الجائز) بحيث تمتد على كامل عمق الوتيرة. كما يجب ألا تقل سماكة أضلاع التقوية التي تُوضع على جانب واحد من الوتيرة عن (9.5) ملمتر، وألا يقل عرضها عن المقدار $(b/2 - t_w)$.

(ك) لحامات أضلاع التقوية (Stiffeners Welds):

(١) يُصمّم اللحام الزاويّ المستخدم لربط ضلع التقوية بوتيرة الجائز بحيث يكون قادراً على تحقيق مقاومة ضلع التقوية عند بلوغه إجهاد الخضوع وبما يعادل المقدار $(A_{st} F_y)$ ، حيث:

$$(4-23) \quad A_{st} = b t$$

A_{st} = مساحة مقطع ضلع التقوية أو زوج من أضلاع التقوية، مم^٢.

b = عرض ضلع التقوية، مم.

t = سماكة ضلع التقوية، مم.

(٢) يُصمّم اللحام الزاويّ الذي يربط ضلع التقوية بشفة الجائز بحيث يكون قادراً على تحقيق رُبع المقاومة المذكورة في الفقرة الأولى من البند الفرعي (٤/٤/٨) وبما يعادل المقدار $(A_{st} F_y/4)$.

(ل) وصلات الأعمدة بجيزان الربط (Link Beam-Column Connections):

(١) يجب ألا يزيد طول جائز الربط المتصل بالأعمدة عن المقدار $(1.6 M_e/V_s)$.

(٢) يُطبّق الشرطان التاليان في الحالات التي يتصل فيها جائز الربط بشفة العمود:

* تُلحم شفاه الجائز مع العمود باستخدام لحام تام الاختراق.

* عندما تُحدّد مقاومة جائز الربط بقدرته على مقاومة القص (V_s)

كما ورد في البند الفرعي (٤/٤/٨)ح، فيجب أن تلحم وصلة

الوتيرة بحيث تحقق كامل مقاومة وتيرة جائز الربط للقص.

(٣) تُلحم شفاه الجائز مع ألواح الوصلة باستخدام لحام تام الاختراق في

الحالات التي يتصل فيها جائز الربط بوتيرة العمود. وتُلحم وصلة

الوتسيرة بحيث تحقق مقاومة وتيرة جائر الربط للقص. ويجب ألا تزيد زاوية الدوران بين جائر الربط والعمود عن (0.015) درجة زاوية عندما يبلغ الهيكل قيمة الإزاحة الكلية (Δ_M).

(م) مقاومات الجائر والمكثف:

(١) تكون مقاومة جائر الربط مساوية مقاومة القص (V_s) أو مقاومة الانحناء المخفضة (M_{rs})، بحيث تؤخذ المقاومة التي ينتج عنها أصغر قوة محورية في المكثف.

(٢) يجب أن تمتلك المكثفات والجيران التي تقع خارج منطقة جائر الربط مقاومة محورية أو مقاومة إنحناء مخفضة (M_{rs}) تساوي على الأقل مقدار القوى المكافئة لمقاومة جائر الربط مضروباً في العامل (1.5).

(٣) يجب أن تمتلك المجموعة (Assembly) المكونة من المكثف والجائر خارج منطقة الربط مجتمعة مقاومة انحناء مخفضة (M_{rs}) تساوي على الأقل القوى المكافئة لمقاومة جائر الربط مضروبة بالعامل (1.3).

(ن) مقاومة العمود:

- (١) تُصمم الأعمدة بحيث تبقى مرنة عند تحقق ما قيمته (1.25) من مقاومة باكية (bay) الهيكل المكثف لامركزياً كما هي معرفة في البند الفرعي (٤/٤/٨).
- (٢) يجب ألا تزيد مقاومة العمود عما هو منصوص عليه في المتطلبات الواردة في البند (٤/٤/٣).

(س) جائر الربط في السقف (Roof Link Beam):

لا يُطلب استخدام جائر الربط في جيران السقف (Roof Beams) في الهياكل المكثفة لامركزياً عندما يزيد عدد الطوابق عن خمسة.

(ع) المكثفات المركزية في الهياكل المكثفة لامركزياً:

يمكن تكتيف الطابق الأول مركزياً في باكية الهيكل المكثف لامركزياً (EBF) الذي يزيد ارتفاعه عن خمسة طوابق في الحالات التي يمكن فيها إثبات أن هذا

الطابق يمتلك في الحالة المرنة قدرة تفوق قدرة الخضوع (Yield Capacity) لهيكل الطوابق التي تقع فوقه بما نسبته (50) بالمائة.

(ف) القوى المحورية:

في حسابات الهيكل، يجب أن تؤخذ القوى المحورية في جيزان الهياكل المكثفة لامركزيًا والناجمة عن المكثفات وعن انتقال قوى الزلازل إلى أطراف الهياكل بعين الاعتبار.

(ص) شفاه الجوائز:

(١) تُكثف الشفاه العلوية والسفلية لجيزان الهياكل المكثفة لا مركزيًا عرضيًا عند أطراف جيزان الربط وعلى مسافات لا تزيد عن عرض شفة الجوائز مضروباً في العامل $(0.45\sqrt{E/F_y})$.

(٢) يُصمّم التكتيف الطرقي (End Bracing) لمقاومة ما نسبته (6) بالمائة من مقاومة شفة الجوائز المحسوبة من المقدار $(F_y b_f t_f)$.

(٣) يُصمّم التكتيف الوسطي (Intermediate Bracing) لمقاومة ما نسبته (1) بالمائة من مقاومة شفة الجوائز عند نقطة التكتيف باستخدام مقاومة جوائز الربط المحددة في البند الفرعي (٤/٤/٨م).

(ق) وصلة الجوائز بالعمود:

يمكن أن تُصمّم وصلة الجوائز بالعمود كوصلة مسمارية في مستوى وتيرة الجوائز عندما لا يكون جوائز الربط مجاوراً للعمود بحيث تمتلك هذه الوصلة القدرة على مقاومة عزوم اللي المساوية للمقدار $(0.01F_y b_f t_f d)$.

٩/٤/٤ متطلبات الهياكل الجملونية الخاصة بالمقاومة للعزوم:

(أ) عام:

تُصمّم الهياكل الجملونية الخاصة بالمقاومة للعزوم والمبنية من الفولاذ وفقاً لهذا البند.

(ب) الجزء الخاص (Special Segment):

(١) يجب استخدام جزء خاص ضمن النصف الأوسط من طول كل جملون أفقي يشكل جزءاً من الهيكل المقاوم للعزوم مع مراعاة الحدود التالية:

* تُستخدم هذه الجملونات بين الأعمدة بحيث لا يزيد طول البحر عن (15) متراً، ولا يزيد عمقها الكلي عن (1.8) متر.

* لا يقل طول الجزء الخاص عن عُشر طول بحر الجملون ولا يزيد عن نصف هذا الطول.

* تُحدد نسبة الطول إلى العمق في أي حجرة (Panel) من الجزء الخاص بحد أقصى لا يزيد عن (1.5) وبحد أدنى لا يقل عن (0.67).

* تكون حجيرات الجملون الواقعة ضمن الجزء الخاص إما على شكل (Vierendeel) أو مكثفة على شكل (X)، ولا يُسمح بتداخل الشكّلين معاً.

(٢) تُوضع الأعضاء القطرية بتقاطع على شكل (X) عند استخدامها في الجزء الخاص، بحيث يتم الفصل بينها باستخدام الأعضاء العمودية. ويجب أن تتصل الأعضاء القطرية عند نقط تقاطعها، بحيث تمتلك الوصلة القدرة على مقاومة قوة تساوي رُبع مقاومة شد العضو القطري على الأقل.

(٣) لا يُسمح باستخدام الوصلات المصمالية في الأعضاء الوترية (Web-Members) الواقعة ضمن الجزء الخاص.

(٤) لا يُسمح بوصل الأعضاء الوترية (Chord Members) ضمن الجزء الخاص أو ضمن مسافة مكافئة لنصف طول الحجرة (Panel) على طرفي الجزء الخاص.

(٥) يجب ألا تزيد الإجهادات المحورية في الأعضاء الوترية القطرية الناتجة عن الأحمال الميتة والحية المركزة ضمن الجزء الخاص عن المقدار $(0.03F_y)$.

(ج) مقاومة أعضاء الجزء الخاص:

(١) يجب أن يحقق الجزء الخاص في حالة الخضوع التام (Fully Yielded State) مقاومة القص العمودية من خلال مقاومة الانحناء للأعضاء الوترية ومن خلال مقاومة الشد والضغط المحوري للأعضاء الوترية القطرية.

(٢) يُصنع الوتران العلوي والسفلي في الجزء الخاص من مقاطع متماثلة تماماً، بحيث يحققان ما نسبته (25) بالمائة من مقاومة القص العمودية المطلوبة على الأقل.

(٣) يجب ألا تزيد قيمة الإجهادات المحورية القصوى في الأعضاء الوترية عن المقدار $(0.4 F_y)$.

(٤) تُصنع الأعضاء القطرية في أي من حجيرات الجزء الخاص من مقاطع متماثلة تماماً.

(٥) يجب أن تمتلك الوصلات الطرفية للأعضاء الوترية القطرية في الجزء الخاص القدرة على مقاومة قوة دنيا تساوي قيمة (P_t) للعضو.

(د) مقاومة أعضاء الجزء غير الخاص:

يجب أن تمتلك الأعضاء والوصلات كلها في الهياكل الجملونية الخاصة المقاومة للعزوم، باستثناء تلك الواردة في البند الفرعي (٤/٤/٩ ج)، القدرة على مقاومة القوى الناتجة عن تجميعات أحمال الجاذبية المحددة والقوى الجانبية اللازمة لتحقيق القيمة القصوى لقوة القص العمودية المصعدة (Amplified) في جميع الأجزاء الخاصة (V_{ss}) المبينة في العلاقة التالية:

$$(4-24) \quad V_{ss} = \frac{3.4M_s}{L_s} + 0.11EI \frac{(L-L_s)}{L_s^3} + 1.25(P_t + 0.3P_c) \sin \alpha$$

حيث:

V_{ss} = قوة القص العمودية المصعدة، نيوتن.

EI = جساءة الانحناء للأعضاء الوترية، ن.مم^٢.

L = بحر الجملون، مم.

L_s = طول الجزء الخاص مضروباً في العامل (0.9)، مم.

M_s = مقاومة عزوم الانحناء للأعضاء الوترية، ن.مم.

P_c = مقاومة الضغط المحوري للأعضاء القطرية، نيوتن.

P_t = مقاومة الشد المحوري للأعضاء القطرية، نيوتن.

α = زاوية ميلان الأعضاء القطرية مع الأفق، درجة.

(هـ) الوصلات:

تُطبّق الشروط الواردة في الفقرة الثانية من البند الفرعي (٤/٤/١٥) على وصلات أعضاء الهيكل الجملوني جميعها، بما فيها وصلات أعضاء الجملون نفسه.

(و) الاكتناز (Compactness):

(١) تُشكّل الأعضاء الوترية القطرية من قضبان مسطّحة، بحيث لا تزيد نسبة العرض إلى السماكة لهذه القضبان عن (2.5).

(٢) يجب ألا تزيد نسبة العرض إلى السماكة في الزوايا وفي شفاة المقاطع ذات الشكل (T) وواترها المستخدمة في الأعضاء الوترية في الجزء الخاص عن المقدار $(0.31\sqrt{E/F_y})$.

(ز) التكتيف الجانبي:

(١) يُكتّف وترا الجملون العلوي والسفلي جانبياً عند أطراف المنطقة الخاصة وتباعداً لا يزيد عن (L_p) على كامل طول الجملون.

(٢) تُصمّم المكتّفات الجانبية المستخدمة على أطراف الجزء الخاص وفي داخله لمقاومة ما لا يقل عمّا نسبته (5) بالمائة من مقاومة الشد المحوري (P_t) للوتر. أما المكتّفات التي تقع خارج الجزء الخاص، فتُصمّم لمقاومة ما لا يقل عمّا نسبته (2.5) بالمائة من مقاومة الشد المحوري (P_t) للوتر.

(٣) يمكن تحديد الطول غير المكتّف (L_p) كما يلي:

* للمقاطع ذات الشكل (I) بما فيها المقاطع المهجنّة والمقاطع ذات الشكل (C):

$$(4-25) \quad L_p = \frac{2900r_y}{\sqrt{F_{yf}}}$$

* للمقاطع الصندوقية والقضبان ذات المقاطع المستطيلة الصلبة:

$$(4-26) \quad L_p = \frac{13800r_y}{M_p} \sqrt{JA}$$

حيث:

r_y = نصف القطر التدويري للمقطع حول المحور الثانوي، مم.

F_{yt} = إجهاد خضوع الشفة، ن/مم².

A = مساحة المقطع، مم².

J = ثابت اللي، مم⁴.

M_p = عزم الانحناء اللدن، ن.مم.

(ح) المواد:

تكون مواصفات المواد المستخدمة في عناصر الجملونات الخاصة جميعها مطابقة لما ورد في البند (٣/٣/٤).

٥/٤ المنشآت الفولاذية المشيطة في المناطق الزلزالية (1) و(2A) و(2B)

١/٥/٤ عام:

(أ) تُصمَّم الهياكل الفولاذية وتنفَّذ ضمن الأنظمة المقاومة للقوى الجانبية والمشيطة في المناطق الزلزالية (1) و(2A) و(2B) بحيث تكون مطابقة لما ورد في هذه الكودة بشكل عام وفي هذا الباب بشكل خاص. إضافة لذلك، تُطبَّق المتطلبات الواردة في هذا البند على الهياكل المشيطة في المنطقتين الزلزاليتين (2A) و(2B).

(ب) يمكن استخدام القيمة (8.5) للمعامل (R) في الهياكل العادية المقاومة للعزوم المشيطة في المنطقة الزلزالية (1) والتي تحقق متطلبات البند (٣/٥/٤)، ولا يلزم أن تحقق الأنواع الأخرى من الهياكل المشيطة في المنطقة الزلزالية (1) المتطلبات الواردة في هذا البند.

٢/٥/٤ المواد:

تكون المواد كما ورد في البند (٢/٤/٤). وتُستثنى من ذلك الهياكل العادية المقاومة للعزوم التي ينطبق عليها البند (٣/٥/٤).

٣/٥/٤ متطلبات الهياكل العادية المقاومة للعزوم:

(أ) تُصمَّم الهياكل العادية المقاومة للعزوم لمقاومة تجميعات الأحمال الواردة في البند الفرعي (٢ / ٥١/٣).

(ب) يمكن استخدام القيمة (8.5) للمعامل (R) في الهياكل العادية المقاومة للعزوم المشددة في المنطقة الزلزالية (1) والتي تحقق متطلبات هذا البند.

(ج) يجب أن تحقق وصلات الجيزان بالأعمدة جميعها في الهياكل العادية المقاومة للعزوم ضمن الأنظمة المقاومة لقوى الزلازل أحد المتطلبات التالية:

* تكون الوصلات تامة التقييد (Fully Restrained) مطابقة للشروط الواردة في البند الفرعي (٤/٥/٤).

* تكون الوصلات تامة التقييد قادرة على مقاومة تجميع أحمال الجاذبية وقوى الزلازل التصميمية مضروباً في عامل التضخيم (Ω_0).

* يُسمح باستعمال الوصلات جزئية التقييد (Partially Restrained) بشرط تحقيق ما يلي:

- أن يتم تصميم الوصلات لمقاومة تجميعات الأحمال الواردة في البند الفرعي (٥١/٣/٢).

- أن يتم التأكد من امتلاك الوصلات قدرة كافية على الدوران لاستيعاب الإزاحة الجانبية الطابقية الناجمة عن قوى الزلازل التصميمية مضروبة في عامل التضخيم (Ω_0)، وذلك باستخدام فحوص التحميل الدورية (Cyclic Tests).

- أن تتضمن حسابات الإزاحة الجانبية لهيكل العزوم الإزاحة الناتجة عن الدوران والتشوه في الوصلة.

٤/٥/٤ متطلبات الهياكل الخاصة المقاومة للعزوم:

(أ) وصلة الجائر بالعمود

(١) المقاومة المطلوبة:

يُراعى في هذا الخصوص ما ورد في الفقرة الأولى من البند الفرعي (٤/٥/٤).

(٢) مقاومة الوصلة:

* يمكن اعتبار وصلة الجائر بالعمود كافية لتحقيق مقاومة انحناء

الجائر إذا حققت ما يلي:

- أن تُلحم الشفاه مع الأعمدة باستخدام لحام تناكبي تام للاختراق.
- أن تكون وصلة وتيرة الجائز بالعمود قادرة على مقاومة قوى القص في الجائز الناتجة عن تجميع أحمال الجاذبية وقوى القص الزلزالية المحددة حسب متطلبات الفقرة الأولى من البند الفرعي (٤/٥/٤). ولا يلزم أن تزيد مقاومة وصلة وتيرة الجائز بالعمود عما هو مطلوب لمقاومة أحمال الجاذبية مضافاً إليها قوى القص في الجائز، الناتجة عن أفعال الزلازل التصميمية، مضروبة في عامل التضخيم (Ω_0).

* في الحالات التي تزيد فيها مقاومة الحناء شفاه الجائز عما نسبته (70) بالمائة من مقاومة الانحناء لكامل المقطع كما في المتباينة $[b t_f (d - t_f) F_y > 0.7 Z_x F_y]$ ، يمكن تنفيذ وصلة الوتيرة باستخدام اللحام أو المصاميل عالية الشد. وفيما عدا ذلك تُنفذ وصلة وتيرة الجائز بالعمود باللحام المباشر أو باستعمال عراوٍ أو مقابض قص (Shear Tabs) مع العمود، وبحيث يمتلك اللحام المقاومة اللازمة لتحقيق ما لا تقل نسبته عن (20) بالمائة من مقاومة وتيرة الجائز للانحناء. ويمكن مقاومة القص في الجائز باستخدام لحامات إضافية أو مصاميل احتكاكية عالية المقاومة (Friction-Type High Strength Bolts) أو كليهما معاً.

(٣) وصلة بديلة:

يمكن استخدام أشكال الوصلات ذات اللحامات أو المصاميل الاحتكاكية عالية المقاومة، التي لا تحقق متطلبات الفقرة الثانية من البند الفرعي (٤/٥/٤)، إذا أثبتت الفحوص أو الحسابات تحقيقها المتطلبات الواردة في الفقرة الأولى من البند الفرعي (٤/٥/٤). وعندئذ، يمكن استخدام ما نسبته (125) بالمائة من مقاومات العناصر المتصلة.

(٤) حدود تفاصيل الشفة:

يُراعى في هذا الخصوص ما ورد في الفقرة الثالثة من البند الفرعي (٥/٤/٤).

(ب) الجملونات في الهياكل الخاصة المقاومة للعزوم

يُراعى في هذا الخصوص ما ورد في البند الفرعي (٥/٤/٤)، باستثناء الفقرة الثالثة من البند ذاته.

(ج) تقييد وصلة الجائر بالعمود (Girder-Column Joint Restraint):

يُراعى في هذا الخصوص ما ورد في البند الفرعي (٥/٤/٤).

(د) التغيّرات في مساحة شفاه الجائر:

في الهياكل الخاصة المقاومة للعزوم لا يُسمح بحدوث تغيّرات مفاجئة في مساحة شفاه الجائر في المناطق التي يُتوقع تكوّن المفاصل اللدنة عندها.

٥/٥/٤ متطلبات الهياكل المكتّفة:

(أ) عام:

(١) تُطبّق الشروط الواردة في هذا البند على الهياكل المكتّفة جميعها، باستثناء

الهياكل الخاصة المكتّفة مركزياً والمصمّمة وفقاً للبند (٧/٤/٤)، والهياكل

المكتّفة لامركزياً والمصمّمة وفقاً للبند (٨/٤/٤).

(٢) تُصمّم الأعضاء التي تقاوم أفعال الزلازل كلياً أو جزئياً بالقص أو

الانحناء وفقاً للبند (٤/٥/٤).

(ب) أعضاء التكتيف:

(١) تخفيض الإجهادات (Stress Reduction):

* تُحدّد الإجهادات المسموح بها (F_{as}) لأعضاء التكتيف التي تقاوم

قوى الزلازل بالضغط من العلاقة (4-17)، مع مراعاة ألا تقل

قيمة المعامل (B) عن (0.8).

* يمكن تصميم عناصر التكتيف التي تحمل أحمال الجاذبية باستخدام

متطلبات مقاومة الأعمدة وتجميعات الأحمال الواردة في التعبير (4-8).

(٢) الأعضاء المجمعة (Built-up Members):

عند حساب نسبة النخافة (r) لأجزاء أعضاء التكتيف المجمعة الممتدة بين الدرزات (Stitches) فيجب ألا تزيد عما نسبته (75) بالمائة من نسبة نخافة عضو التكتيف كاملاً.

(٣) عناصر الضغط في المكتّفات:

تكون نسبة العرض إلى السماكة لعناصر الضغط المقوّاة وغير المقوّاة المستخدمة في المكتّفات كما وردت في كودة الإنشاءات الفولاذية.

(ج) وصلات المكتّفات (Bracing Connections):

(١) القوى:

* تُصمّم وصلات المكتّفات لمقاومة أصغر القيم التالية:

- مقاومة الشد لعضو التكتيف.
- القوة المتولّدة في المكتف تحت تأثير أحمال الزلازل التصميمية مضروبة في العامل (Ω_0).

- القوة القصوى التي يمكن أن تنقل إلى المكتف من أعضاء النظام الإنشائي.

* يجب أن تمتلك وصلة الجائز بالعمود في الجيزان التي تشكّل جزءاً من نظام التكتيف القدرة على نقل القوة المحددة في الفقرة السابقة.

(٢) المساحة الصافية:

يجب أن تحقق نسبة مساحة المقطع الصافية الفعّالة إلى مساحته الإجمالية في وصلات التكتيف المصمّالية العلاقة (4-19)، حيث يُحدّد إجهاد المكتف (F) بالرجوع إلى الفقرة الأولى من البند الفرعي (٦/٤/٤ ج).

(د) أشكال التكتيف في التكتيف المتعرج والتكتيف على شكل حرف (K) (Bracing Configuration for Chevron and K-Bracing):

- (١) تُصمّم أعضاء التكتيف لمقاومة جميع الأحمال، باستثناء أحمال الزلازل، مضروبة في العامل (1.5).

(٢) يجب أن يستمر الجائز الذي يتقاطع مع التكتيف ذي الشكل (٧) والشكل (٨) بين الأعمدة.

(٣) يجب أن يكون الجائز الذي تتقاطع معه أعضاء التكتيف ذي الشكل (٧) والشكل (٨) من الأسفل قادراً على دعم أحمال الجاذبية الرافدة جميعها في حال عدم وجود المكثفات. ويمكن تجاوز تطبيق هذا الشرط على السقيفة المبنية على السطح أو المباني ذات الطابق الواحد أو على الطابق الأخير في المباني متعددة الطوابق.

(٥) المباني ذات الطابق الواحد والمباني ذات الطابقين:

يمكن استخدام الهياكل المكثفة التي لا تحقق متطلبات البندين الفرعيين (٥/٥/ب) و(٥/٥/د) في المباني التي لا يزيد ارتفاعها عن طابقين، وفي منشآت السقف إذا كانت المكثفات قادرة على مقاومة قوى الزلازل التصميمية مضروبة في العامل (Ω_0).

(و) المنشآت غير المباني (Nonbuilding Structures):

يجب أن تحقق المنشآت غير المباني المتطلبات الواردة في البند الفرعي (٥/٥/ج) فقط، وذلك باستخدام قيم المعامل (R) الواردة في الجدول (٢-٨) في الباب الثاني.

٦/٥/٤ متطلبات الهياكل الخاصة المكثفة مركزياً:

يجب أن تحقق الهياكل الخاصة المكثفة مركزياً المتطلبات الواردة في البند (٧/٤/٤).

٧/٥/٤ متطلبات الهياكل المكثفة لامركزياً:

يجب أن تحقق الهياكل المكثفة لامركزياً المتطلبات الواردة في البند (٨/٤/٤).

٨/٥/٤ متطلبات الهياكل الجملونية الخاصة المقاومة للعزوم:

يجب أن تحقق الهياكل الجملونية الخاصة المقاومة للعزوم المتطلبات الواردة في البند (٩/٤/٤).