الباب الثالث

التصميم الزلزالي للمنشآت الخرسانية المسلحة

البـــاب الثـــالث

التصميم الزلزالي للمنشآت الخرسانية المسلّحة

تُـــراعى الشروط والمتطلبات الواردة في كودة الخرسانة العادية والمسلّحة من كودات البناء الوطني الأردني بالإضـــافة إلى المتطلبات الواردة في هذه الكودة عند تصميم المنشآت الخرسانية. ويتضمّن هـــذا الباب المتطلبات الخاصة بتصميم الأعضاء الخرسانية المسلّحة ووصلاتها وتنفيذها في المنشآت الـــتي حُسبت القوى الزلزالية التصميمية لها وفق الشروط الواردة في الباب الثاني من هذه الكودة، وعـــلى أســـاس تبديد الطاقة المتولّدة نتيجة الحركة الزلزالية من خلال التجاوب اللاخطي للمنشأ. وتشمل شروط هذا الباب متطلبات نظام جدران القص الخاصة والهياكل الخاصة والمتوسطة المقاومة للعـــزوم من الخرسانة المصبوبة في الموقع، وكذلك متطلبات نظام جدران القص الخاصة والمتوسطة والهياكل الخاصة المقاومة للعزوم من الخرسانة سابقة الصب.

٣/١ التعريفات والمصطلحات

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

٣/١/١ الطوق (الكانة المغلقة) (Hoop):

هي كانة مغلقة يمكن تجهيزها من عدة عناصر تسليح، لكل منها عقفتان زلزاليتان عند الطرفين، أو هي كانة مستمرة الالتفاف لها عقفة زلزالية عند الطرفين كليهما.

٣/١/٢ طـــول التثبيت لقضيب بعقفة قياسية:

(Development Length for a Bar with a Standard Hook):

هو أقصر مسافة بين المقطع الحرج (حيث يراد بلوغ مقاومة خضوع القضيب) ومماس الحافة الخارجية للعقفة ذات الانثناء البالغ (90) درجة.

٣/١/٣ العقفة الزلزالية (Seismic Hook):

هي عقفة في كانة أو طوق أو مربط عرضي لها انثناء لا يقل عن (135) درجة، باستثناء العقفات في الأطواق (الكانات المغلقة) الدائرية التي يجب ألا يقل انثناؤها عن (90) درجة. ويكون امتداد العقفات بعد انتهاء الثني ستة أمثال القطر وبما لا يقل عن (75) مليمتراً بحيث تطوّق التسليح الطولي وتتجه أطرافها إلى داخل الطوق.

٤/١/٣ العنصر الطرفي الخاص (Special Boundary Element):

هو عنصر طرفي مُصمّم وفقاً لمتطلبات البند الفرعي (٣/٨/٦د).

٥/١/٣ المربط العرضي (Crosstie):

هو قضيب تسليح مستمر له عقفة زلزالية عند أحد طرفيه وعقفة لا يقل انثناؤهـــا عن (90) درجة وبامتداد لا يقل عن ستة أمثال القطر عند طرفه الآخر. ويجب أن تطوّق العقفـــات القضـــبان الطولية المحيطية، مع تبادل موضع العقفات ذات الزاوية القائمة للمرابط العرضية المتتالية المطوّقة للقضبان الطولية ذاتها.

٦/١/٣ منطقة المفصل اللّدن (Plastic Hinge Region):

هي منطقة من عنصر الهيكل يُراد حدوث خضوع الانحناء على طولها نتيجة الإزاحات التصميمية، وتمتد مسافة لا تقل عن (h) من المقطع الحرج حيث يبدأ خضوع الانحناء.

٧/١/٣ الوصلة القوية (Strong Connection):

هي الوصلة التي تبقى مرنة أثناء تعرّض الأعضاء المجاورة للخضوع نتيجة الازاحات التصميمية.

٨/١/٣ الوصلة المطيلية (Ductile Connection):

هي الوصلة التي تتعرّض للخضوع نتيجة الازاحات التصميمية.

٢/٣ الرموز

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

A_b = مساحة مقطع قضيب التسليح المنفرد، مم^2.

A_{ch} = مساحة المقطع العرضي للعنصر الإنشائي المحصورة بين الحواف الخارجية للتسليح العرضي، مم^2.

A_{cp} = مساحة المقطع الخرساني المقاوم للقص سواء كان دعامة منفردة أو جزءاً من مقطع أفقي لجدار، مم^2.

A_{cv} = المساحة الإجمالية للمقطع الخرساني المحاط بسماكة الوتيرة وطول المقطع في اتجاه قوة القص المأخوذ بعين الاعتبار، مم^2.

A_g = المساحة الإجمالية للمقطع الخرساني، مم^2.

A_j = مساحة المقطع الخرساني الفعّال داخل الوصلة في مستوى يوازي مستوى التسليح الذي يولّد القص في الوصلة، مم^2.

A_s = مساحة تسليح الشد، مم^2.

A_{sh} = مساحة مقطع التسليح العرضي في العمود (بما فيه المرابط) ضمن مسافة التباعد (s) وبشكل عمودي على البعد (h_c)، مم^2.

$A_{s,\,min}$ = المساحة الدنيا لتسليح الانحناء المحسوبة وفقاً لما هو وارد في البند الفرعي (٣/٤/٢أ)، مم^2.

A_v = المساحة الكليّة لمقطع التسليح العرضي ضمن مسافة التباعد (s) على امتداد المحور الطولي لعضو الانحناء الإنشائي، مم^2.

A_{vd} = المساحة الكليّة للتسليح لكل مجموعة من القضبان القطرية في الجائز القارن المسلح قطرياً، مم^2.

A_{vf} = مساحة مقطع التسليح المستخدم لمقاومة قص الاحتكاك، مم^2.

A_{vh} = المساحة الكليّة لمقطع تسليح القص الطولي الموازي لتسليح الشد في الانحناء ضمن مسافة التباعد (s_2) في اتجاه يعامد المحور الطولي للعضو الانشائي، مم^2.

b = عرض شفة الضغط الفعّال للعنصر الإنشائي، مم.

b_1 = عرض المقطع الحرج الذي يُحدّد مكانه بحيث يكون طول محيطه أصغر ما يمكن ولا يقترب مسافة تقل عن مقدار (d/2) من حواف العمود أو أركانه أو الأحمال المركّزة أو التغيّرات في سماكة البلاطة، مقاساً في اتجاه البحر المُراد تحديد العزوم له، مم.

b_2 = عرض المقطع الحرج المُعرّف في وصف الرمز (b_1) مقاساً في الاتجاه العمودي على (b_1)، مم.

b_c = البعد الأصغر لمقطع العمود مُقاساً في اتجاه معامد للقوى المطبّقة على الجدار، مم.

b_w = عرض وتيرة الجائز أو قطر المقطع الدائري، مم.

C_c = المقاومة التصميمية للضغط في العمود، نيوتن.

c = المسافة بين ألياف الخرسانة الأكثر انضغاطاً ومحور الخمول باعتبار القوة المحوريـة المعوملـة والمقاومـة الاعتبارية للعزوم، وبما يتفق مع الإزاحة التصميمية (δ_u) التي تؤدي إلى أكبر عمق لمحور الخمول، مم.

c_1 = بعد العمود المستطيل أو المكافئ للمستطيل أو بعد التاج أو الكتيفة (Bracket)، مُقاساً في اتجاه البحر الذي تحدّد له العزوم، مم.

c_2 = بعد العمود المستطيل أو المكافئ للمستطيل أو بعد التاج أو الكتيفة (Bracket)، مُقاساً في الاتجاه العرضي للبحر الذي تُحدّد له العزوم، مم.

c_t = بعد يعادل المسافة من الوجه الداخلي للعمود إلى حافة البلاطة، مُقاساً في اتجاه يوازي (c_1) ولا يزيد عنه، مم.

D = الحمل الميت على العنصر الانشائي.

d = عمق المقطع الفعّال، مم.

d_b = قطر قضيب التسليح، مم.

E = تأثيرات الحمل الزلزالي، أو العزوم والقوى الداخلية المتعلقة بها.

f_{cu} = المقاومة المميّزة للخرسانة بالضغط (مكعّب قياسي بأبعاد 150x150x150 ملليمتراً)، ن/مم^2.

f_c' = المقاومة المميّزة للخرسانة بالضغط (اسطوانة قياسية بأبعاد 300 ملليمتر 150x ملليمتراً)، ن/مم^2.

f_y = مقاومة الخضوع المميّزة للتسليح، ن/مم^2.

f_{yh} = مقاومة الخضوع المميّزة للتسليح العرضي والتي يجب ألا تزيد عن (420) ن/مم^2، ن/مم^2.

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

h = السماكة الكليّة للعضو، مم.

h_c = بعد المقطع العرضي للب العمود مُقاساً بين مركزي قضبان تسليح الحصر، مم.

h_{col} = البعد الأكبر للعمود مقاساً في اتجاه موازٍ للقوى المطبّقة على الجدار، مم.

h_m = الارتفاع الخالص لجدار الحجر المصمت مُقاساً وجهاً لوجه بين البلاطة في الأسفل والوجه السفلي للجائز الواقع ضمن الجدار، مم.

h_w = ارتفاع الجدار أو الجزء من الجدار المأخوذ بعين الاعتبار، مم.

h_x = البعد الأفقي الأعظم بين أرجل الكانات المغلقة أو المرابط العرضية عند كل أوجه العمود، مم.

L = الحمل الحي متضمّناً أي تخفيض مسموح به.

l_1 = طول البحر في اتجاه العزوم المُراد تحديدها مُقاساً وجهاً لوجه بين الركيزتين، مم.

l_2 = طـــول الـــبحر في الاتجـــاه العمودي على (l_1) مُقاساً وجهاً لوجه بين الركيزتين، أو معدّل طولي البحرين العرضيين على جانبي الخط المحوري الممتد بين الركيزتين، مم.

l_{cont} = البعد اللازم لحساب قوة القص (V_{dc}) ويُحسب من العلاقة (3-28).

l_d = طول التثبيت للقضيب المستقيم، مم.

l_{dh} = طول التثبيت للقضيب ذي العقفة القياسية، مم.

l_m = طول الجدار المصمت المأخوذ بعين الاعتبار في اتجاه قوة القص مُقاساً بين محوري العمودين على طرفي الجدار، مم.

l_n = البحر الخالص مُقاساً وجهاً لوجه بين الركيزتين، مم.

l_o = الطـــول الأدنى مُقاساً من وجه الوصلة على طول محور العضو الإنشائي الذي يجب تزويده بالتسليح العرضي، مم.

l_u = الارتفاع الخالص للعمود مُقاساً وجهاً لوجه بين البلاطتين، مم.

l_w = طـــول الجـــدار أو الجزء من الجـــدار المأخوذ بعين الاعتبار في اتجـــاه قـــوة القـــص، مم.

M_c = العزم عند وجه الوصلة، العائد للمقاومة الاعتبارية للعزوم للعمود المتّصل بالوصلة، والمحسوب للقوة المحورية المعوملة بما يتفق مع اتجاه القوى الجانبية المأخوذة بعين الاعتبار والتي تؤدي إلى أقل مقاومة للعزوم، ن.مم.

M_g = العزم عند وجه الوصلة، العائد للمقاومة الاعتبارية للعزوم للجائز المتّصل بالوصلة متضمّناً البلاطة حيثما كانت بالشد، ن.مم.

M_{gx} = العزم عند وجه وصلة الجائز أو الشناج بالجدار في المستوى (x)، والعائد لمقاومـــة العزوم التصميمية للجائز أو الشناج متضمّناً البلاطـــة حيثما كانت بالشـــد، ن.مم.

M_n = المقاومة الاعتبارية للعزوم، ن. مم.

M_{pr} = المقاومـــة المُحـــتملة لعـــزوم الانحناء للأعضاء، مع أحمال محـــورية أو دونهـــا، والمحـــدّدة باســـتخدام خصائص العضو عند وجـــوه الوصلة وبافـــتراض مقاومـــة الشد في القضبان الطـــولية بمقدار ($1.25f_y$) على الأقـــل ودون تخفيـــض، ن.مم.

M_s = ذلك الجـــزء من عزم البلاطة المكافىء لعـــزم الركيزة، ن.مم.

M_u = العزم المعومل عند المقطع العرضي، ن.مم.

M_{uc} = المقاومـــة التصـــميمية للعزوم للعمود المعرّض للضغط متضمّنة تأثيرات القوى المحورية، ن.مم.

M_{wx} = العـــزم الـــناتج عـــن نقل تأثير الحمل (W_{wx}) الى المحور الرأسي للجدار المصمت في المستوى (x)، ن.مم.

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

P_n = المقاومة الاعتبارية للحمل المحوري عند مركزية محدّدة، نيوتن.

P_o = المقاومة الاعتبارية للحمل المحوري دون لامركزية، نيوتن.

P_u = الحمـــل المحـــوري المعومل عند مركزية محدّدة، والذي يجب ألا يتجاوز المقدار (ϕP_n)، نيوتن.

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

S = حمـــل الثلـــوج.

S_e = العـــزم أو قوة القص أو القوة المحورية في الوصلة المصاحب لحدوث المقاومة المُحـــتملة في المواقـــع المُـــراد حدوث الخضوع عندهـــا اعتماداً على آليّة التشوّهات الجانبية اللامرنة الحرجـــة مع أخذ تأثير أحمـــال الجاذبية وأحمال الزلازل بعين الاعتبـــار.

S_n = مقاومة الوصلة الاعتبارية لعزوم الانحناء أو القص أو القوى المحورية.

S_y = مقاومـــة خضوع الوصلة للعزوم أو القص أو القوى المحورية، المحسوبة باستخدام مقاومة الخضوع المميّزة للتسليح (f_y).

s = تباعد التسليح العرضي للقص أو اللّي مقاساً على امتداد المحور الطـــولي للعضو الإنشائي، مم.

s_2 = تـــباعد تسليح القص الطولي مقاساً في اتجاه عمودي على امتداد المحور الطولي للعضو الإنشائي، مم.

s_o = التباعد الأعظم للتسليح العرضي، مم.

s_x = التباعد الطولي للتسليح العرضي ضمن الطول (l_o)، مم.

T_c = المقاومة التصميمية للشد في العمود، نيوتن.

t = سماكة خرسانة التصفيح، مم.

V_c = المقاومة الاعتبارية للقص في الخرسانة، نيوتن.

V_{dc} = قوة القص المكافئة لحدوث انهيار بالضغط القطري في الجدار بين الأعمدة.

V_e = قوة القص التصميمية المحدّدة في البند الفرعي (٣/٤/٤أ) أو البند الفرعي (٣/٥/٦أ)، نيوتن.

V_n = مقاومة القص الاعتبارية، نيوتن.

V_u = قوة القص المعوملة عند المقطع العرضي، نيوتن.

V_{sh} = مقاومة الأعمدة على طرفي الجدار لانزلاق القص، بافتراض حدوث انزلاق قص في الجدار في منتصف ارتفاعه.

V_{sw} = المقاومة الجانبية للجدار الحجري المصمت عند قاعدته، نيوتن.

W_{wx} = ذلك الجزء من الحمل الميت المعومل التابع للمستوى (x) والمؤثر على المحور الرأسي للجدار المصمت كما هو مُعرّف في البند الفرعي (٣/١٦/٢هـ)، نيوتن.

w_u = الحمل المعومل لكل وحدة طول للجائز أو لكل وحدة مساحة للبلاطة.

x = رقم يشير إلى مستوى معين من المنشأ؛ فعلى سبيل المثال يُعرّف (x=1) بالمستوى الأول فوق قاعدة المنشأ.

Δ_M = الإزاحة الجانبية العظمى للتجاوب اللامرن، 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).

Ω_o = عامل تضخيم القوة الزلزالية كما ورد في البند الفرعي (٢/٤/١ب).

α = الزاوية بين التسليح القطري والمحور الطولي لجائز قارن مسلح قطرياً.

α_1 = عامل رقمي كما ورد في البند الفرعي (٣/١٦/٢و).

α_c = معامل يحدّد مقاومة المقطع الخرساني لقوى القص نسبة إلى مقاومة الجدار.

α_f = الزاوية بين التسليح المستخدم لمقاومة قص الاحتكاك ومستوى القص المفترض.

δ_u = الإزاحة التصميمية، مم.

ϕ = معامل تخفيض المقاومة كما ورد في كودة الخرسانة العادية والمسلّحة.

γ_f = معامل لحساب جزء من عزم البلاطة (M_s) في شريط العمود.

μ = معامل الاحتكاك كما ورد في البند الفرعي (٣/٧/١أ).

ρ = نسبة تسليح الشد، وتعادل المقدار ($A_s/b\,d$).

ρ_g = نسبة المساحة الكليّة للتسليح إلى مساحة المقطع العرضي للعمود.

ρ_n = نسبة مساحة التسليح الموزّع الموازي لمستوى (A_{cv}) إلى المساحة الإجمالية للمقطع الخرساني المتعامد مع هذا التسليح.

ρ_s = نسبة حجم التسليح الحلزوني إلى حجم اللب المحصور داخل هذا التسليح (مقاساً بين الأطراف الخارجية).

ρ_v = نسبة مساحة التسليح الموزّع والمعامد لمستوى (A_{cv}) إلى المساحة الإجمالية للمقطع الخرساني (A_{cv}).

٣/٣ متطلبات عامة

١/٣/٣ المجال:

(أ) لا يلزم تطبيق الشروط الواردة في هذا الباب لتصميم المنشآت الخرسانية الواقعة في المنطقة الزلزالية (1). ولهذا الغرض، تُطبّق الشروط والمتطلبات الواردة في كودة الخرسانة العادية والمسلّحة لتصميم جدران القص العادية وأعضاء الهياكل العادية المقاومة للعزوم (المكّتفة أو غير المكّتفة)، سواء المصبوبة في الموقع أو سابقة الصب مع أخذ التعديلات الواردة في المادة (٣/١٥) بعين الاعتبار في حال التصميم للمنطقة الزلزالية (1). وفي حال حساب القوى الزلزالية التصميمية باستخدام شروط الأنظمة الخرسانية الخاصة أو المتوسطة، فيلزم حينها تحقيق متطلبات هذه الأنظمة عند تصميم الأعضاء الخرسانية حسب الشروط الواردة في هذا الباب.

(ب) في المنطقتين الزلزاليتين (2A) و(2B)، تُستخدم جدران القص العادية أو المتوسطة أو الخاصة، أو الهياكل المتوسطة أو الخاصة المقاومة للعزوم باعتبارها

أنظمة مقاومة للقوى الناشئة عن الزلازل. وفي حال حساب القوى الزلزالية التصميمية باستخدام شروط الأنظمة الخرسانية الخاصة، فيلزم حينها تحقيق متطلبات هذه الأنظمة الخاصة عند تصميم الأعضاء الخرسانية حسب الشروط الواردة في هذا الباب.

(ج) في المنطقة الزلزالية (3)، وحيثما استخدمت جدران القص الخاصة، أو الهياكل الخاصة المقاومة للعزوم، مع الحجب والجملونات، باعتبارها أنظمة مقاومة للقوى الناشئة عن الزلازل، فيجب تحقيق المتطلبات الواردة في المواد من (٣/٣) إلى (١١/٣) من هذا الباب، بالإضافة إلى متطلبات كودة الخرسانة العادية والمسلّحة باستثناء ما عدّل منها في هذا الباب.

(د) تُصمّم أعضاء الهياكل الخرسانية المتوسطة المقاومة للعزوم وفق الشروط الواردة في المادة (١٣/٣) بالإضافة إلى متطلبات كودة الخرسانة العادية والمسلّحة باستثناء ما عدّل منها في هذا الباب.

(هـ) تُطبّق الشروط الواردة في المادة (١٢/٣) على الأعضاء الهيكلية التي لم تُصمّم لمقاومة القوى الزلزالية ضمن أي من أنظمة الهياكل الخرسانية الخاصة المقاومة للعزوم.

(و) يُسمح باستخدام نظام إنشائي من الخرسانة المسلّحة لا يفي بمتطلبات هذا الباب إذا ثبت بالبينات المخبرية والتحليلية أن النظام المقترح له مقاومة وممطولية تساوي أو تزيد عمّا يملكه منشأ مماثل تُصب أعضاؤه الخرسانية المسلّحة صبّاً متواحداً (Monolithic) ويتوافق مع متطلبات هذا الباب.

٢/٣/٣ تحليل أبعاد الأعضاء الإنشائية وتحديدها:

(أ) عند تحليل المنشأ يؤخذ بعين الاعتبار التفاعل (Interaction) بين الأعضاء الإنشائية والأعضاء غير الإنشائية، الذي يؤثر بطريقة ملموسة على التجاوب الخطي والتجاوب اللاخطي للحركة الاهتزازية للمنشأ.

(ب) يُسمح باستخدام الأعضاء الجاسئة التي افترض أنها ليست جزءا من نظام مقاومة القوى الجانبية، شريطة أن يُؤخذ تأثير وجودها واحتمال فشلها على تجاوب النظام بعين الاعتبار.

(ج) يجب أن تحقق الأعضاء الإنشائية الموجودة أسفل قاعدة المنشأ والتي تنقل القوى الناتجة عن التأثير الزلزالي إلى الأساسات متطلبات هذا الباب.

(د) تُصمّم الأعضاء الإنشائية جميعها التي افترض أنها ليست جزءا من نظام مقاومة القوى الجانبية وفق متطلبات المادة (٣/١٢).

٣/٣/٣ نوعية الخرسانة ومعاملات خفض المقاومة:

(أ) يجب ألا تقل المقاومة المميّزة للخرسانة المعبّر عنها بمقاومة كسر المكعّب (f_{cu}) عن (25) نيوتن/مليمتر مربع.

(ب) تُعتبر مقاومة كسر الاسطوانة الخرسانية (f_c') مساوية المقدار ($0.8f_{cu}$).

(ج) تُؤخذ معاملات تخفيض المقاومة للحصول على المقاومات التصميمية كما وردت في كودة الخرسانة العادية والمسلّحة.

٤/٣/٣ تسليح الأعضاء المقاومة للقوى الناشئة عن الزلازل:

يجب أن يحقق التسليح المقاوم لعزوم الانحناء والقوى المحورية الناشئة عن الزلازل في أعضاء الهيكل والعناصر الطرفية (Boundary Elements) في جدران القص متطلبات المواصفة القياسية الأميركية (ASTM A706M). ويُسمح باستخدام التسليح المطابق للمواصفة القياسية الأردنية (م.ق.أ/٤٤١) في هذه العناصر إذا تحقّقت الشروط التالية:

* ألا يزيد إجهاد الخضوع الاعتباري عن (460) نيوتن/مليمتر مربع.
* ألا يزيد إجهاد الخضوع الفعلي المحدّد بالاختبار (Mill Tests) عن مقاومة الخضوع الاعتبارية بأكثر من (120) نيوتن/مليمتر مربع، وفي حالة إعادة الاختبار يجب ألا تزيد القيمة عن (140) نيوتن/مليمتر مربع.
* ألا تقل نسبة مقاومة الشد القصوى الفعلية إلى مقاومة الخضوع بالشد الفعلية عن (1.25).

٣/٤ أعضاء الانحناء في الهياكل الخاصة المقاومة للعزوم

٣/٤/١ المجـــــال:

تُطـبّق متطلبات هذه المادة على أعضاء الهيكل الخاص المقاوم للعزوم التي تقاوم القوى الناشـئة عن الزلازل، وصمّمت مقاطعها أساساً لمقاومة الانحناء. هذا، ويجب أن تحقق أعضاء الهيكل الشروط التالية أيضاً:

* ألا تزيد قوى الضغط المحورية المعوملة المؤثرة على العضو عن المقدار $(A_g f_{cu} /10)$.
* ألا يقل البحر الخالص للعضو عن أربعة أمثال عمقه الفعّال.
* ألا تقل نسبة عرض العضو إلى عمقه عن (0.3).
* ألا يقـــل عـــرض العضو عن (250) مليمتراً، ولا يزيد عن عرض عضو الارتكاز (مقاســـاً عـــلى المستوى المعامد للمحور الطولي لعضو الانحناء) مُضافاً إليه مسافة لاتزيد عن ثلاثة أرباع عمق عضو الانحناء من كل جانب.

٣/٤/٢ التسليح الطولي:

(أ) تُحسب المساحة الدنيا للتسليح العلوي وكذلك المساحة الدنيا للتسليح السفلي عند أي مقطع في عضو الانحناء بالمليمترات المربعة من العلاقة التالية:

$$A_{s,min} = \frac{\sqrt{0.8 f_{cu}}}{4 f_y} b_w d \qquad (3\text{-}1)$$

على ألا تقل عن المقدار $(1.4 b_w d/f_y)$، وألا تزيد نسبة التسليح (ρ) عن (0.025). هذا، ويجب في جميع الأحوال وضع ما لا يقل عن قضيـــبي تسليح مستمرين في الأعلى ومثل ذلك في الأسفل.

(ب) يجب ألا تقل مقاومة العزم الموجب عند وجه الوصلة عن نصف مقاومة العزم السالب لوجه الوصلة نفسها. كما يجب ألا تقل مقاومة العزم السالب أو العزم الموجب عند أي مقطع على طول العضو عن رُبع المقاومة العظمى للعزوم عند وجه أي من الوصلتين على طرفي العضو.

(ج) يُسمح بتشريك قضبان تسليح الانحناء بالتراكب، شريطة أن يتم استخدام تسليح عرضي على شكل أطواق (كانات مغلقة) (Hoops) أو تسليح حلزوني

على طول مسافة التشريك، على ألا يزيد التباعد الأعظم للتسليح العرضي المطوّق للقضبان على طول مسافة التشريك عن مقدار (d/4) أو (100) مليمتر.

(د) يجب عدم تشريك القضبان بالتراكب في المناطق التالية:

* داخل الوصلات.
* ضمن مسافة تعادل مثلي عمق العضو من وجه الوصلة.
* عند المواقع التي تدل نتائج التحليل على حدوث خضوع لتسليح الانحناء عندها نتيجة الإزاحات الجانبية اللامرنة.

٣/٤/٣ التسليح العرضي:

(أ) تُستخدم الأطواق (الكانات المغلقة) في تسليح أعضاء الهيكل في المناطق التالية:

* على طول يساوي مثلي عمق العضو مُقاساً من وجه عضو الارتكاز في اتجاه وسط البحر عند طرفي عضو الانحناء.
* على أطوال تساوي مثلي عمق العضو على جانبي المقطع المتوقّع خضوع تسليح الانحناء عنده والذي تسبّبه الازاحات الجانبية اللامرنة للهيكل.

(ب) توضع أول كانة على مسافة لا تزيد عن (50) مليمتراً من وجه عضو الارتكاز. كما يجب ألا تزيد مسافة التباعد الأعظم للكانات المغلقة عن أصغر القيم التالية:

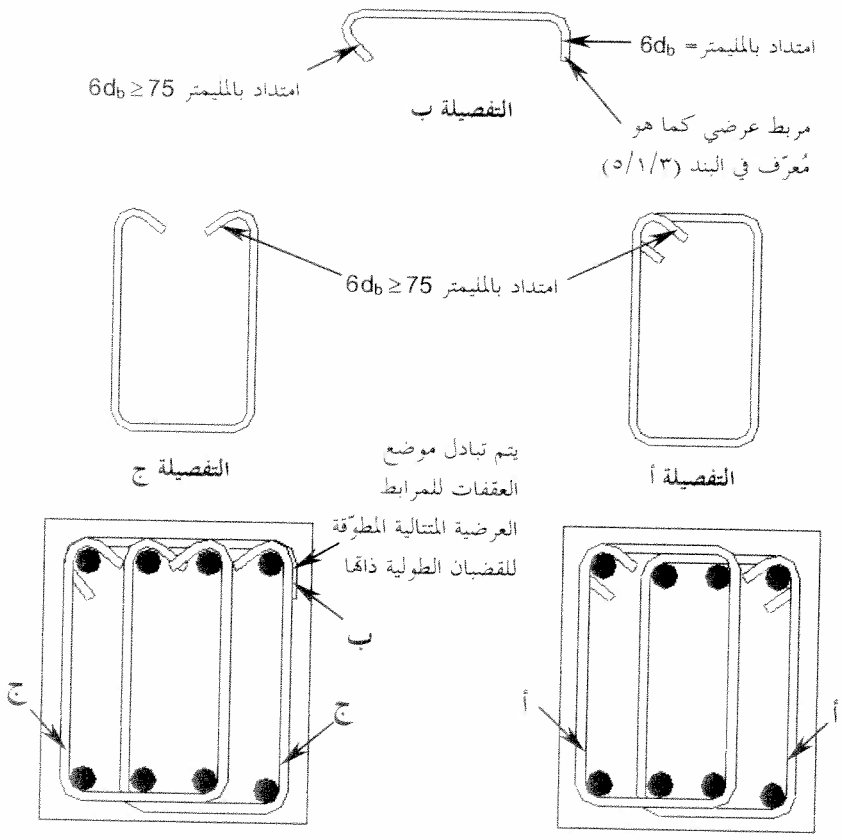
* رُبع العمق الفعّال للعضو،
* ثمانية أمثال قطر أصغر قضيب من قضبان التسليح الطولي،
* (24) مثل قطر قضيب الطوق،
* (300) مليمتر.

(ج) في المناطق التي يلزم وجود الكانات المغلقة فيها، يجب حصر قضبان التسليح الطولية على المحيط وفق متطلبات كودة الخرسانة العادية والمسلّحة.

(د) في المناطق التي لا يلزم وجود الكانات المغلقة فيها، يجب ألا يزيد تباعد الكانات ذات العقفات الزلزالية على الطرفين عن مسافة (d/2) على كامل طول العضو.

(هـ) يجب استخدام الكانات المغلقة لمقاومة القص على أطوال معيّنة من الأعضاء كما هو مُحدّد في البنود (٣/٤/٣) و(٣/٥/٥) و(٣/٦/٢).

(و) يُسمح باستخدام الكانات المغلقة المكوّنة من قطعتي تسليح إحداهما كانة ذات عقفتين زلزاليتين على الطرفين والأخرى مربط عرضي لإغلاق الكانة كما هو موضّح في الشكل (٣-١). ويجب هنا ترتيب المرابط العرضية المتتالية المطوّقة للقضيب الطولي ذاته بحيث تتعاقب العقفات ذات الزاوية القائمة ((90) درجة) على الجانبين المتقابلين لعضو الانحناء. وعندما تكون قضبان التسليح الطولية المطوّقة بالمرابط العرضية محصورة ببلاطة على جانب واحد فقط من عضو الانحناء في الهيكل، فيجب وضع العقفات ذات الزاوية القائمة عند ذلك الجانب.



الشكل (٣-١): أمثلة على المرابط والأطواق (الكانات المغلقة) المتراكبة

٣/٤/٤ مقاومة القص:

(أ) القوى التصميمية:

تُحدّد قوة القص التصميمية (V_e) بأخذ القوى الاستاتية المؤثرة على ذلك الجزء من العضو المُمتد بين وجهي الوصلتين بعين الاعتبار. كما يُفترض وجود عزمين متعاكسين يؤثران على طرفي العضو (عند وجه الوصلة) أحدهما يسبّب شداً في الوجه العلوي والآخر يسبّب شداً في الوجه السفلي وقيمة كل منهما تعادل المقاومة المحتملة للعزوم (M_{pr})، وأن العضو يقع تحت تأثير أحمال الجاذبية الرافدة المعوملة (Factored Tributary Gravity Loads)، وكما هو مبيّن في الشكل (٣-٢).

(ب) التسليح العرضي:

يُستخدم التسليح العرضي على الأطوال المحدّدة في البند الفرعي (٣/٤/٣أ) لمقاومة قوى القص، وبافتراض أن (V_c =0) عندما يتحقق الشرطان التاليان معاً:

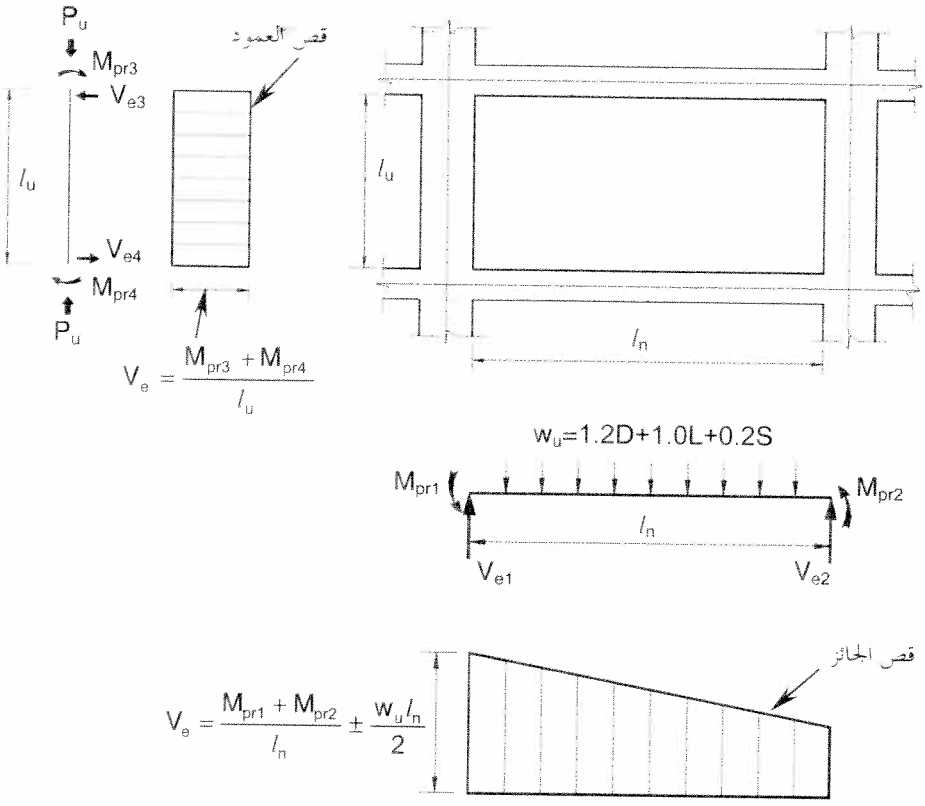
* تمثّل قوة القص الزلزالية المحسوبة وفق البند الفرعي (٣/٤/٤أ) ما يعادل أو يزيد عن نصف مقاومة القص العظمى المطلوبة ضمن تلك الأطوال.
* تقل قوة الضغط المحورية المعوملة والمتضمّنة التأثيرات الزلزالية عن المقدار ($A_g f_{cu}$ /20).

٣/٥ الأعضاء المعرّضة للانحناء والقوى المحورية في الهياكل الخاصة المقاومة للعزوم

٣/٥/١ المجال:

تُطبّق متطلبات هذه المادة على أعضاء الهيكل الخاص المقاوم للعزوم التي تقاوم القوى الناشئة عن الزلازل، والتي تزيد قوى الضغط المحورية المعوملة المؤثرة عليها عن المقدار ($A_g f_{cu}$/10). هذا، ويجب أن تحقق أعضاء الهيكل هذه الشرطين التاليين:

* ألا يقل البعد الأقصر للمقطع العرضي (مُقاساً على خط مستقيم مار بالمركز الهندسي (Geometric Centroid)) عن (300) مليمتر.
* ألا تقل نسبة البعد الأقصر للمقطع العرضي إلى البعد العمودي عليه عن (0.40).



ملاحظات:

(١) يعتمد إتجاه قوة القص (V_e) على القيمة النسبية لأحمال الجاذبية والقص المتولّد من عزوم الأطراف.

(٢) يُؤخذ تأثير عزوم الأطراف (M_{pr}) في الاتجاهين كليهما (مع عقارب الساعة وعكسها) بعين الاعتبار، وبحيث يكون إجهاد شد التسليح ($1.25f_y$).

(٣) لا يلزم ان تزيد عزوم الأطراف (M_{pr}) في الأعمدة عن العزوم (M_{pr}) الناتجة عن الجيزان المتصلة بالأعمدة. ويجب ألا تقل (V_e) عن تلك التي يتطلبها تحليل المنشأ.

الشكل (٣-٢): قوى القص التصميمية للجيزان والأعمدة

٢/٥/٣ القوى المحورية للأعمدة:

تُحدّد القوى المحورية للعمود بإضافة القوى الناتجة عن الأحمال الرأسية إلى أصغر القيمتين التاليتين:

* القوى الناشئة عن أفعال الزلازل التصميمية مضروبة في العامل (Ω_o).
* القوى المكافئة لما نسبته (125) بالمائة من مقاومة الجائز للانحناء.

٣/٥/٣ مقاومة الانحناء الدنيا للأعمدة:

(أ) يجب أن تحقق مقاومة الانحناء لأي عمود حُدّدت أبعاده لمقاومة قوة ضغط محورية معاملة تزيد عن المقدار ($A_g f_{cu}/10$) متطلبات البند الفرعي (٣/٥/٣ب) أو البند الفرعي (٣/٥/٣ج). كما يجب إهمال المقاومة والصلابة الجانبية للأعمدة التي لا تحقق متطلب البند الفرعي (٣/٥/٣ب) عند تحديد المقاومة والصلابة المحسوبتين للمنشأ، مع ضرورة أن تحقق هذه الأعمدة متطلبات المادة (١٢/٣).

(ب) يجب أن تحقق مقاومات الانحناء للأعمدة العلاقة التالية:

$$\Sigma M_c \geq (6/5)\, \Sigma M_g \qquad (3\text{-}2)$$

حيث:

ΣM_c = مجموع العزوم عند أوجه الوصلة، المساوية لمقاومات الانحناء الاعتبارية للأعمدة المتلاقية في تلك الوصلة. هذا، ويجب حساب مقاومة الانحناء للعمود في أي اتجاه بوجود القوة المحورية المعاملة الناشئة عن القوى الجانبية المتوافقة في الاتجاه المسبّب للانحناء وبحيث تكون مقاومة الانحناء أقل ما يمكن.

ΣM_g = مجموع العزوم عند أوجه الوصلة، المساوية لمقاومات الانحناء الاعتبارية للجيزان المتلاقية في تلك الوصلة. وفي حالة الجيزان ذات المقاطع المصنوعة على شكل حرف (T)، وحيثما تكون البلاطة تحت تأثير الشد بسبب العزوم المؤثرة على وجه الوصلة، فإنه يُحسب العرض الفعّال للبلاطة وفق ما ورد في كودة الخرسانة العادية والمسلّحة، ويُعتبر تسليح البلاطة ضمن العرض الفعّال مساهماً في مقاومة الانحناء إذا بلغت الإجهادات في التسليح عند المقطع الحرج للانحناء حد الخضوع. هذا، ويجب جمع مقاومات الانحناء بحيث تعاكس عزوم الأعمدة عزوم الجيزان. كما يجب أن تتحقق العلاقة (3-2) لعزوم الجيزان المؤثرة في الاتجاهين في المستوى الرأسي للهيكل المأخوذ بعين الاعتبار.

(ج) إذا لم يتحقق متطلب البند الفرعي (٣/٥/٣ب) عند الوصلة، فيجب عندها تزويد الأعمدة الساندة لقوى الارتكاز من تلك الوصلة بتسليح عرضي كما هو محدّد في البنود الفرعية من (٣/٥/٣أ) إلى (٣/٥/٣ج) على كامل ارتفاعها.

٣/٥/٤ التسليح الطولي:

(أ) يجب ألا تقل نسبة التسليح (ρ_g) عن (0.01) وألا تزيد عن (0.06).

(ب) يُسمح بتشريك قضبان التسليح بالتراكب في منطقة النصف الأوسط من طول العضو فقط، ويُحسب طول التشريك لمقاومة الشد، كما يُزوّد بتسليح عرضي وفقاً للبندين الفرعيين (٣/٥/٣ب) و(٣/٥/٣ج).

٣/٥/٥ التسليح العرضي:

(أ) تُستخدم كمية التسليح العرضي المطلوبة في الفقرات الفرعية التالية من (1) إلى (5)، إلا إذا تطلّب البند (٣/٥/٦) كمية اكبر:

(١) يجب ألا تقل النسبة الحجمية (ρ_s) لكانات التسليح الحلزونية أو الدائرية الطوقية عن تلك المبيّنة في العلاقة التالية:

$$\rho_s = 0.12(0.8f_{cu})/f_{yh} \qquad (3\text{-}3)$$

ويجب ألا تقل عن تلك المطلوبة حسب العلاقة التالية:

$$\rho_s = 0.45\left[\frac{A_g}{A_{ch}} - 1\right]\frac{(0.8f_{cu})}{f_{yh}} \qquad (3\text{-}4)$$

(٢) يجب ألا يقل مجموع مساحات مقطع كانات التسليح المستطيلة بالمليمترات المربعة عمّا هو مطلوب في العلاقتين التاليتين:

$$A_{sh} = 0.3(sh_c(0.8f_{cu})/f_{yh})[(A_g/A_{ch}) - 1] \qquad (3\text{-}5)$$

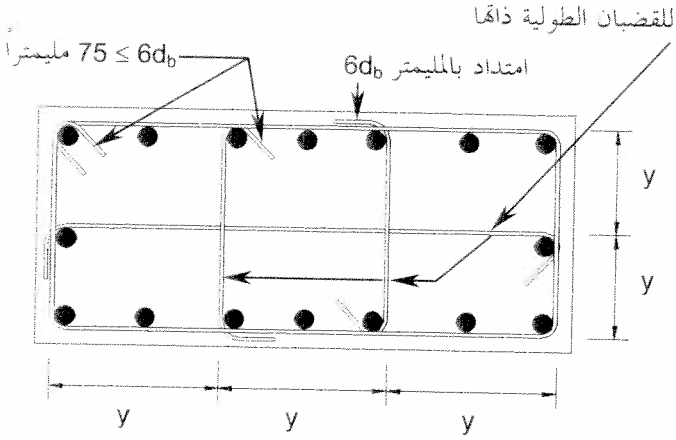
$$A_{sh} = 0.09(sh_c(0.8f_{cu})/f_{yh}) \qquad (3\text{-}6)$$

(٣) يكون التسليح العرضي إمّا من كانات مغلقة فردية أو متراكبة، ويُسمح باستخدام المرابط العرضية ذات الأقطار المماثلة للكانات بالتباعد ذاته

وكما هو موضّح في الشكل (٣-٣)، بحيث يلتف كل طرف للمربط العرضي حول قضيب تسليح طولي على محيط الكانة مع مراعاة تعاقب نهايات المرابط العرضية بشكل متعاكس على امتداد التسليح الطولي.

(٤) لا يلزم تطبيق العلاقتين (4-3) و(5-3) إذا ما حققت المقاومة التصميمية للقص العضو متطلبات تجميعات الأحمال التصميمية المتضمنة تأثير الزلازل.

يتم تبادل موضع العقفات للمرابط العرضية المتتالية المطوّقة للقضبان الطولية ذاتها



ملاحظة: يجب ألا تزيد المسافة (y) عن (350) ملليمتراً

الشكل (٣-٣): مثال للتسليح العرضي في الأعمدة

(٥) عندما تزيد سماكة الخرسانة خارج تسليح الحصر العرضي عن (100) ملليمتر، فيجب تزويد المقطع بتسليح عرضي إضافي بتباعد لا يتجاوز (300) ملليمتر. ويجب ألا تزيد سماكة الغطاء الخرساني للتسليح الإضافي عن (100) ملليمتر.

(ب) يجب ألا يزيد تباعد التسليح العرضي عن:

* رُبع البعد الأدنى للعضو.
* ستة أمثال قطر أصغر قضبان التسليح الطولي.
* المسافة (s_x) بالملليمتر كما هي مُعرّفة في العلاقة التالية:

$$s_x = 100 + \left(\frac{350 - h_x}{3} \right) \qquad (3\text{-}7)$$

وبحيث لا تزيد قيمة (s_x) عن (150) ملليمتراً، ولا يلزم أن تكون أقل من (100) ملليمتر.

(ج) يجب ألا يزيد تباعد المرابط العرضية أو أرجل الكانات المتراكبة عن (350) ملليمتراً مقاسة بين المراكز في الاتجاه العمودي على المحور الطولي للعضو الإنشائي.

(د) تُستخدم كمية التسليح العرضي المحدّدة في البنود الفرعية من (٣/٥/أ) إلى (٣/٥/ج) على طول (l_o) من كل وجه للوصلة وعلى جانبي أي مقطع يُحتمل خضوع تسليح الانحناء عنده بسبب الازاحات الجانبية اللامرنة للهيكل. ويجب ألا يقل طول (l_o) عن:

* عمق العضو عند وجه الوصلة أو عند المقطع الذي يحتمل حدوث خضوع تسليح الانحناء عنده.
* سُدس البحر الخالص (Clear Span) للعضو.
* (450) ملليمتراً.

(هـ) تُزوّد الأعمدة الساندة لقوى ارتكاز من الأعضاء الجاسئة غير المستمرة (كالجدران) بالتسليح العرضي المنصوص عليه في البنود الفرعية من (٣/٥/أ) إلى (٣/٥/ج) كما هو مبيّن تالياً:

(١) يُستخدم التسليح العرضي على كامل ارتفاع الأعمدة أسفل المستوى الذي لا تستمر الأعضاء الجاسئة تحته، وذلك عندما تزيد قوى الضغط المحورية المعوملة المؤثرة على هذه الأعضاء والناشئة عن تأثير الزلازل عن المقدار ($A_g f_{cu}/10$).

(٢) يُستخدم التسليح العرضي للعمود داخل العضو غير المستمر مسافة لا تقل عن طول التثبيت لأكبر قضبان التسليح الطولي في العمود وفق البند (٣/٦/٤).

(٣) في حالة انتهاء الطرف السفلي للعمود في جدار، فيجب استخدام التسليح العرضي للعمود داخل الجدار لمسافة لا تقل عن طول التثبيت لأكبر قضبان التسليح الطولي في العمود عند نقطة الالتقاء.

(٤) في حالة التقاء العمود بقاعدة أو حصيرة أساس، فيجب استمرار التسليح العرضي للعمود مسافة لا تقل عن (300) مليمتر في القاعدة أو الحصيرة.

(و) في الحالات التي لا تتطلب استمرار التسليح العرضي كما ورد في البنود الفرعية من (٣/٥/٥أ) إلى (٣/٥/٥ج) على ارتفاع العمود بكامله، فيجب عندها تزويد الطول المتبقي من العمود بتسليح حلزوني أو بأطواق ذات تباعد بين المراكز لا يتجاوز ستة أمثال قطر القضبان الطولية للعمود أو (150) مليمتراً، أيهما أصغر.

٣/٥/٦ مقاومة القص:

(أ) يجب تحديد قوة القص التصميمية (V_e) بأخذ القوى العظمى التي يمكن أن تنشأ عند وجهي الوصلتين على طرفي العضو بعين الاعتبار. ويجب تحديد قوى الوصلات هذه باستخدام مقاومات العزوم العظمى المحتملة للعضو (M_{pr}) المصاحبة للأحمال المحورية المعومة المؤثرة على العضو. ولا يلزم أن تزيد قوى القص للعضو عن تلك المحدّدة من مقاومات الوصلة باعتماد المقاومة المحتملة للعزوم (M_{pr}) للأعضاء العرضية الملتقية داخل الوصلة. ولا يجوز في أي حال من الأحوال أن تقل (V_e) عن قوة القص المعومة المحدّدة من تحليل المنشأ.

(ب) يُستخدم التسليح العرضي على طول المسافة (l_o) المحدّدة في البند الفرعي (٣/٥/٥د) لمقاومة القص، وبافتراض أن (V_c=0) عندما يتحقق الشرطان التاليان معاً:

* تمثّل قوة القص الناشئة عن الزلازل والمحسوبة وفق البند الفرعي (٣/٥/٦أ) ما يعادل أو يزيد عن نصف مقاومة القص العظمى المطلوبة ضمن تلك الأطوال.
* تقل قوة الضغط المحورية المعومة والمتضمّنة التأثيرات الزلزالية عن المقدار ($A_g f_{cu}/20$).

٦/٣ وصلات الهياكل الخاصة المقاومة للعزوم

١/٦/٣ المتطلبات العامة:

(أ) تُحـــدّد القوى المتولّدة في التسليح الطولي للجائز عند وجه الوصلة بافتراض أن الإجهاد في تسليح الشد يساوي المقدار ($1.25 f_y$).

(ب) تُحســـب مقاومـــة الوصلة باستخدام المعاملات المناسبة لتخفيض المقاومة كما وردت في كودة الخرسانة العادية والمسلّحة.

(ج) يجب أن يمتد التسليح الطولي للجائز المنتهي بعمود إلى الوجه البعيد للب العمود المحصـــور، بحيـــث يـــتم تثبيته في الشد وفق البند (٤/٦/٣) وفي الضغط وفق متطلبات كودة الخرسانة العادية والمسلّحة.

(د) في حـــال امـــتداد التسليح الطولي للجائز خلال وصلة الجائز بالعمود، فيجـــب ألا يقـــل بعد العمود الموازي لتسليح الجائز عن (20) مثل قطر أكبر القضبان الطولية.

٢/٦/٣ التسليح العرضي:

(أ) تُستخدم أطواق التسليح العرضي كما هو منصوص عليه في البند (٣/٥/٥) في داخل الوصلة، ما لم تكن الوصلة محصورة بالأعضاء الإنشائية وفق البند الفرعي (٣/٦/٢ب).

(ب) في حالة الوصلات المحصورة بأعضاء من جوانبها الأربعة والتي لا يقل عرض أي عضو منها عن ثلاثة أرباع عرض العمود، فيجب استخدام تسليح عرضي في الوصلة لا يقل عن نصف الكمية المطلوبة وفق البند الفرعي (٣/٥/٥أ) وذلك على ارتفاع العضو ذي العمق الأصغر. وعند تلك المواقع يُسمح بزيادة التباعد المنصوص عليه في البند الفرعي (٣/٥/٥ب) إلى (150) مليمتراً.

(ج) يجب استخدام التسليح العرضي المنصوص عليه في البند (٣/٥/٥) داخل الوصلة لحصر التسليح الطولي للجائز خارج لب العمود وذلك في الحالات التي لا يتم فيها توفير الحصر اللازم من خلال التقاء إي جائز بالوصلة.

٣/٦/٣ مقاومة القص:

(أ) يجـــب ألا تزيد مقاومة القص الاعتبارية للوصلة عن القوى المحدّدة في هذا البند الفرعي وباستخدام الشكل (٣-٤) لحساب المساحة الفعّالة للوصلة:

* للوصلات المحصورة من وجوهها الأربعة

$1.7\sqrt{0.8f_{cu}}\,A_j$

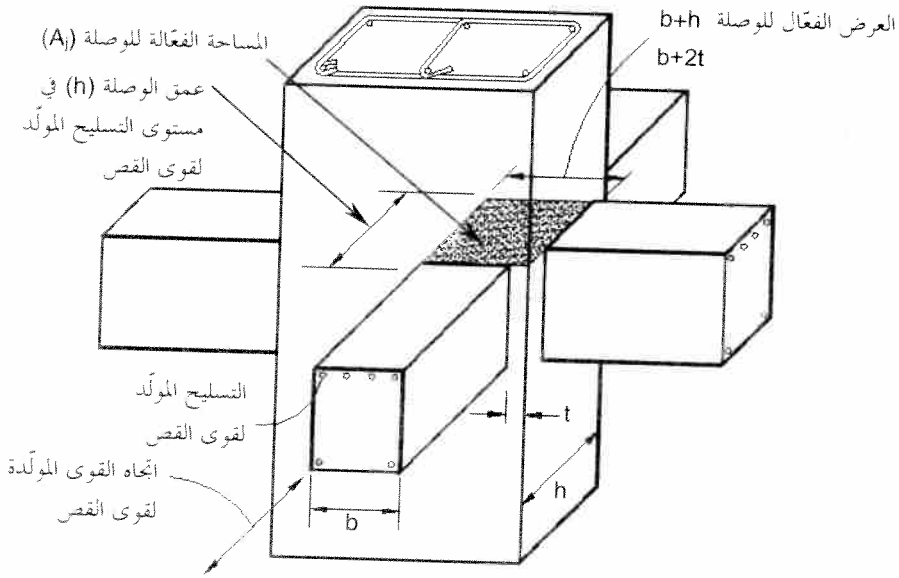
* للوصلات المحصورة من ثلاثة وجوه أو من وجهين متقابلين

$1.25\sqrt{0.8f_{cu}}\,A_j$

* للوصلات الأخرى

$1.0\sqrt{0.8f_{cu}}\,A_j$

هـــذا، ويُعتبر الجائز الذي يلتقي بأحد وجوه الوصلة كافياً لحصر الوصلة عند ذلك الوجه إذا زاد عرضه عن ثلاثة أرباع عرض العمود على الأقل.



ملاحظـــــات:

- تُؤخذ في الاعتبار المساحة الفعّالة للوصلة لمقاومة القوى المؤثرة بشكل منفرد في كل اتجاه اتصال مع الوصلة.
- لا يـــتوافق الرســـم التوضيحي مع متطلبات البندين الفرعيين (٣/٦/٢ ج) و(٣/٦/٣أ) اللازمة لاعتبار الوصلة محصورة (Confined Joint)، لأن عرض الأعضاء المتّصلة بالوصلة لا يزيد عن ثلاثة أرباع وجه الوصلة.

الشكل (٣-٤): المساحة الفعّالة للوصلة

(ب) تُحسب مساحة المقطع الخرساني الفعّال داخل الوصلة في مستوى يوازي مستوى التسليح الذي يولّد القص في الوصلة. ويُحسب عمق الوصلة على أنه عمق العمود بالكامل. وفي حال استناد الجائز على ركيزة أكبر عرضاً، فيجب ألا يزيد العرض الفعّال للوصلة عن أصغر المقدارين التاليين:

* عرض الجائز زائداً عمق الوصلة.
* مثلا المسافة العمودية الأصغر من المحور الطولي للجائز إلى جانب العمود.

٤/٦/٣ أطوال تثبيت القضبان في الشد:

(أ) يجب ألا يقل طول التثبيت (l_{dh}) للقضيب ذي العقفة القياسية القائمة عن المقدار ($8d_b$) أو (150) مليمتراً أو الطول المطلوب وفق العلاقة التالية، أيها أكبر:

$$l_{dh} = f_y\, d_b \Big/ \left(5.4\sqrt{0.8f_{cu}}\right) \qquad (3\text{-}8)$$

وذلك للقضبان ذات الأقطار من (10) مليمترات إلى (36) مليمتراً. ويجب وضع العقفة ذات الزاوية (90) درجة داخل اللب المحصور للعمود أو للعنصر الطرفي.

(ب) يجب ألا يقل طول التثبيت (l_d) للقضيب المستقيم ذي القطر من (10) مليمترات إلى (36) مليمتراً عن كل من:

* مثلي ونصف الطول المطلوب حسب البند الفرعي (٣/٦/٤أ) إذا لم يتجاوز عمق الخرسانة المصبوبة في طبقة واحدة أسفل القضيب مسافة (300) مليمتر.
* ثلاثة أمثال ونصف الطول المطلوب حسب البند الفرعي (٣/٦/٤أ) إذا تجاوز عمق الخرسانة المصبوبة في طبقة واحدة أسفل القضيب مسافة (300) مليمتر.

(ج) يجب أن تمر القضبان المستقيمة المنتهية عند الوصلة من خلال اللب المحصور للعمود أو للعنصر الطرفي. هذا، ويجب زيادة طول التثبيت لأي جزء من القضيب المستقيم خارج اللب المحصور بمقدار (1.6) مرة.

(د) في حال استخدام التسليح المطلي بالايبوكسي، فيجب ضرب أطوال التثبيت المنصوص عليها في البنود الفرعية من (٣/٦/٤أ) إلى (٣/٦/٤ج) بالعامل المناسب مما يلي:

* (1.5) للقضبان أو الأسلاك ذات الغطاء الخرساني الذي يقل عن ($3d_b$) أو التي تقل المسافة الخالصة بينها عن ($6d_b$).
* (1.2) للقضبان أو الأسلاك الأخرى.

٣/٧ الهياكل الخاصة المقاومة للعزوم من الخرسانة سابقة الصب

٣/٧/١ الهياكل ذات الوصلات المطيلية (Frames with Ductile Connections):

يجب تحقيق متطلبات البندين الفرعيين (٣/٧/١أ) و(٣/٧/١ب) إضافة إلى متطلبات الهياكل الخاصة المقاومة للعزوم المبنيّة من الخرسانة المصبوبة في الموقع جميعها.

(أ) يجب ألا تقل المقاومة الاعتبارية للقص للوصلات (V_n) عن المقدار ($2V_e$)، حيث تُحسب قوة القص التصميمية (V_e) كما ورد في البند الفرعي (٣/٤/٤أ) أو البند الفرعي (٣/٥/٦أ)، بينما تُحسب قيمة (V_n) بناء على وضع التسليح المستخدم لمقاومة قص الاحتكاك (Shear Friction) كما يلي:

(١) للتسليح العمودي على مستوى القص:

$$V_n = A_{vf}\, f_y\, \mu \qquad (3\text{-}9)$$

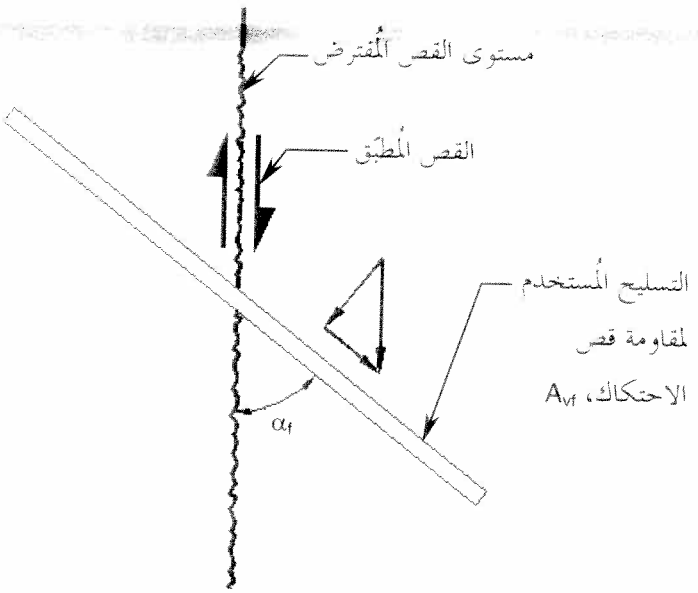
(٢) للتسليح المائل على مستوى القص حيث تنتج قوة شد في التسليح نتيجة قوة القص وكما هو مبيّن في الشكل (٣-٥):

$$V_n = A_{vf}\, f_y\, (\mu \sin \alpha_f + \cos \alpha_f) \qquad (3\text{-}10)$$

حيث تكون قيمة معامل الاحتكاك (μ) كما يلي:

* (1.4) للخرسانة المصبوبة بشكل متواحد (Monolithically)،
* (1.0) للخرسانة المصبوبة على سطح خرساني مخشن لعمق حوالي (5) ملميترات،
* (0.6) للخرسانة المصبوبة على سطح خرساني دون تخشين،
* (0.7) للخرسانة المثبّتة بالفولاذ الإنشائي المسحوب.

(ب) تُوضع الوصلات الميكانيكية على بعد لا يقل عن المقدار (h/2) من وجه الوصلة.



الشكل (٣-٥): التسليح المستخدم لمقاومة قص الاحتكاك

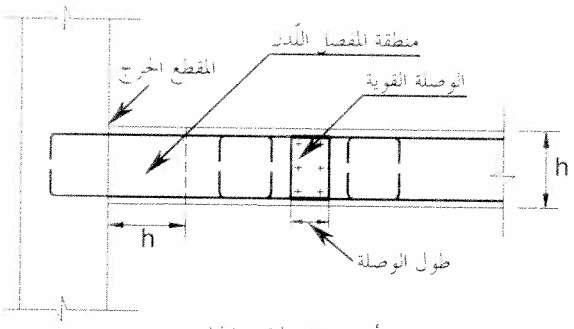
٢/٧/٣ الهياكل ذات الوصلات القوية (Frames with Strong Connections):
يجب تحقيق متطلبات البنود الفرعية من (٣/٧/٢أ) إلى (٣/٧/٢د) إضافة إلى متطلبات الهياكل الخاصة المقاومة للعزوم المبنيّة من الخرسانة المصبوبة في الموقع جميعها، وبما يتفق مع الأمثلة المبيّنة في الشكل (٣-٦).

(أ) يُطبّق الشرط الذي ينص على ألا تقل نسبة البحر الخالص للعضو إلى عمقه الفعّال عن (4) على الأجزاء الواقعة بين الأماكن المُراد حدوث خضوع الانحناء عندها نتيجة الازاحات التصميمية.

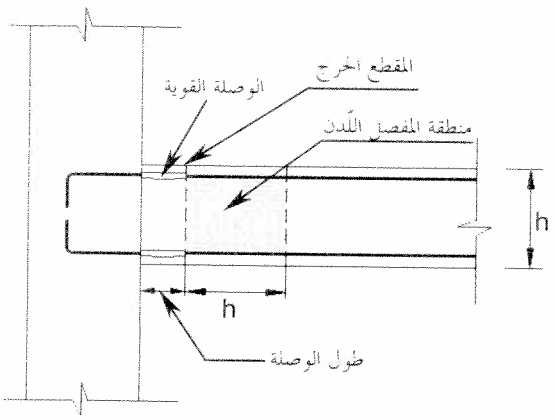
(ب) يجب ألا تقل المقاومة التصميمية للوصلة القوية (ϕS_n) عن قيمة (S_e).

(ج) يُوضع التسليح الطولي الرئيسي بشكل مستمر عبر الوصلات ويُثبّت خارج الوصلة القوية ومنطقة المفصل اللدن.

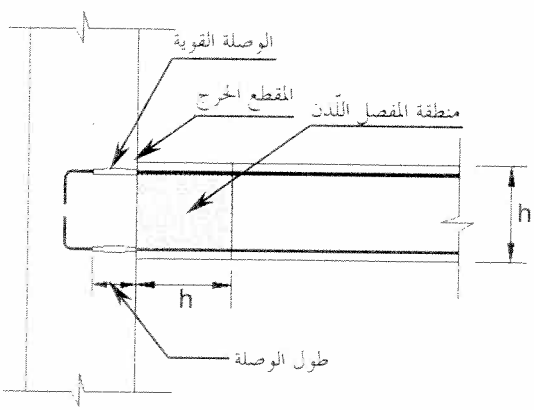
(د) يجب ألا تقل المقاومة التصميمية للوصلات بين الأعمدة (ϕS_n) عن المقدار ($1.4S_e$). ولهذه الوصلات، يجب ألا تقل المقاومة التصميمية للانحناء (ϕM_n) عن المقدار ($0.4M_{pr}$) للعمود ضمن ارتفاع الطابق، كما يجب ألا تقل المقاومة التصميمية للقص (ϕV_n) للوصلة عن القيمة المحدّدة وفق البند الفرعي (٣/٥/٦أ).



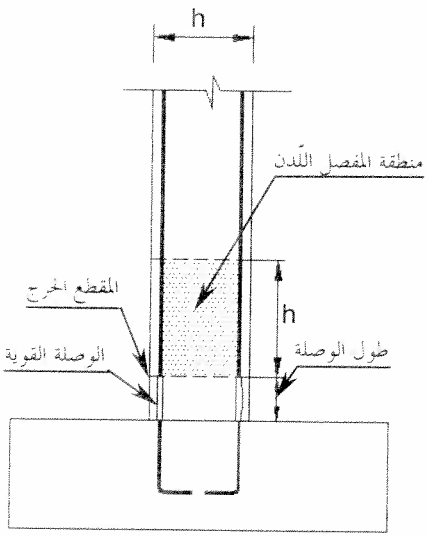
(أ) وصلة الجائز بالجائز



(ب) وصلة الجائز بالعمود من الخارج



(د) وصلة الجائز بالعمود من الداخل



(ج) وصلة العمود بالقاعدة

الشكل (٣-٦): نماذج الوصلات القوية

٣/٧/٣ استثناءات:

في حالة الهياكل الخاصة المقاومة للعزوم من الخرسانة سابقة الصب، التي لا تحقق متطلبات أي من البندين (١/٧/٣) و(٢/٧/٣)، فينبغي الرجوع إلى مصادر ومراجع أكثر تخصصاً لتحليلها وتصميمها لمقاومة تأثيرات الزلازل.

٨/٣ جدران القص الخاصة والجيزان القارنة

١/٨/٣ المجال:

تُطبّق متطلبات هذه المادة على جدران القص الخاصة والجيزان القارنة من الخرسانة المسلّحة والمستخدمة بصفتها أجزاء من أنظمة مقاومة قوى الزلازل.

٢/٨/٣ التسليح:

(أ) يجب ألا تقل نسبتا التسليح الموزع في وتيرة جدران القص (ρ_v) و(ρ_n) عن (0.0025)، وفي حال لم تتجاوز قيمة قوة القص التصميمية المقدار $\left((1/12)A_{cv}\sqrt{0.8f_{cu}}\right)$، فيُسمح عندها باستخدام نسب التسليح الدنيا المبيّنة في البند الفرعي (٣/٨/٢ب).

(ب) تُزوّد وتيرة جدران القص بتسليح مستمر وموزع في مستواها وعلى طولها وارتفاعها الكاملين يحقق نسب التسليح الدنيا التالية، مع مراعاة ألا تزيد مسافة التباعد بين قضبان التسليح عن (450) مليمتراً في الاتجاهين:

* للتسليح الرأسي:
  - (0.0012) للقضبان ذات النتوءات التي لا يزيد قطرها عن (16) مليمتراً ولا تقل مقاومة خضوعها عن (400) نيوتن/مليمتر مربع.
  - (0.0015) لأي قضبان أخرى ذات نتوءات.

* للتسليح الأفقي:
  - (0.0020) للقضبان ذات النتوءات التي لا يزيد قطرها عن (16) مليمتراً ولا تقل مقاومة خضوعها عن (400) نيوتن/مليمتر مربع.
  - (0.0025) لأي قضبان أخرى ذات نتوءات.

(ج) تُستخدم طبقتان أو أكثر من التسليح في الجدار إذا تجاوزت قيمة قوة القص المعوملة والمؤثرة في مستوى الجدار (In-plane Factored Shear Force) المقدار $\left((1/6)A_{cv}\sqrt{0.8f_{cu}}\right)$.

(د) يجب تثبيت قضبان التسليح المستمر أو تشريكها في جدران القص وفق المتطلبات الواردة في البند (٣/٦/٤).

٣/٨/٣ القوى التصميمية:

(أ) يتم ايجاد قوة القص التصميمية (V_u) من تحليل الأحمال الجانبية باستخدام الأحمال المعوملة وفق حالات تجميع الأحمال المنصوص عليها في البند الفرعي (٢/٣/١ج).

(ب) تُصمّم جدران القص النحيفة (Slender) لمقاومة قوى القص المحسوبة من العلاقة التالية:

$$V_u = M_n / 0.50\, h_w \qquad (3\text{-}11)$$

حيث:

V_u = قوة القص التصميمية القصوى عند قاعدة الجدار، نيوتن.

M_n = العزم الاعتباري لمقطع الجدار عند قاعدته، ن.مم.

h_w = ارتفاع الجدار فوق القاعدة، مم.

٤/٨/٣ مقاومة القص:

(أ) يجب ألا تزيد مقاومة القص الاعتبارية (V_n) لجدران القص عن المقدار المحسوب من العلاقة التالية:

$$V_n = A_{cv}\left[\alpha_c\sqrt{0.8f_{cu}} + \rho_n f_y\right] \qquad (3\text{-}12)$$

حيث تتغير قيمة المعامل (α_c) خطياً من (0.25) للنسبة ($h_w/l_w \le 1.5$) إلى (0.17) للنسبة ($h_w/l_w \ge 2.0$).

(ب) يجب أن تكون النسبة (h_w/l_w) المستخدمة في حساب مقاومة القص الاعتبارية (V_n) في البند الفرعي (٣/٨/٤أ) لأجزاء الجدران هي الأكبر من بين النسب المحسوبة للجدار الكلي أو لذلك الجزء من الجدار المأخوذ بعين الاعتبار.

(ج) تُزوّد جدران القص بتسليح قص موزع لتوفير المقاومة في اتجاهين متعامدين في مستوى الجدار. وإذا كانت النسبة (h_w/l_w) لا تزيد عن (2.0) فيجب ألا تقل نسبة التسليح (ρ_v) عن نسبة التسليح (ρ_n).

(د) يجب ألا تزيد مقاومة القص الاعتبارية لأجزاء الجدار جميعها معاً، التي تقاوم قوى جانبية مشتركة عن المقدار $\left((2/3)A_{cv}\sqrt{0.8f_{cu}}\right)$، حيث تمثل ($A_{cv}$) مساحة المقطع الكليّة، وألا تزيد مقاومة القص الاعتبارية لأي جزء من الجدار منفرداً عن المقدار $\left((5/6)A_{cp}\sqrt{0.8f_{cu}}\right)$، حيث تمثل ($A_{cp}$) مساحة المقطع العرضي للجزء من الجدار المأخوذ بعين الاعتبار.

(هـ) يجب ألا تزيد مقاومة القص الاعتبارية لأجزاء الجدار الأفقية والجيزان القارنة عن المقدار $\left((5/6)A_{cp}\sqrt{0.8f_{cu}}\right)$، حيث تمثل ($A_{cp}$) مساحة المقطع العرضي لجزء الجدار الأفقي أو الجائز القارن.

٣/٨/٥ تصميم جدران القص لمقاومة عزوم الانحناء والأحمال المحورية:

(أ) تُصمّم جدران القص وأجزاؤها الخاضعة لعزوم الانحناء والأحمال المحورية معاً وفق الشروط والمتطلبات الواردة بالنسبة لتصميم الأعمدة في كودة الخرسانة العادية والمسلّحة، مع مراعاة أن المطاوعة اللاخطية للتسليح والخرسانة لا تحقق شرط التساوق (Compatibility) في أثناء التجاوب اللامرن للمنشأ. ولهذا الغرض، يُعتبر مقطع الخرسانة فعّالاً حينما يبلغ فيه التسليح حد الخضوع ضمن العرض الفعّال للشفاه والعناصر الطرفية ووتيرة الجدار، كما يُؤخذ تأثير الفتحات في حساب المقاومة بعين الاعتبار.

(ب) ما لم تُجرَ تحليلات دقيقة، يُحسب امتداد العرض الفعّال للشفة في المقاطع ذات الشفة لمسافة من وجه الوتيرة تساوي نصف المسافة إلى وتيرة الجدار المجاور أو ما نسبته (25) بالمائة من ارتفاع الجدار الكلي، أيهما أصغر.

٣/٨/٦ العناصر الطرفية لجدران القص الخاصة:

(أ) يجب تقييم الحاجة إلى عناصر طرفية خاصة عند حواف جدران القص وفق البند الفرعي (٣/٨/٦ب) أو البند الفرعي (٣/٨/٦ج). كما يجب تحقيق متطلبات البندين الفرعيين (٣/٨/٦د) و(٣/٨/٦هـ).

(ب) يُطبّق هذا البند الفرعي على الجدران أو أجزائها المستمرة فعلياً من قاعدة المنشأ وحتى أعلى الجدار والتي صُمّمت ليكون لها مقطع واحد حرج تحت تأثير عزوم الانحناء والأحمال المحورية. وتُصمّم الجدران التي لا تحقق هذه المتطلبات وفق البند الفرعي (٣/٨/٦ج):

(١) تُسلّح مناطق الضغط بعناصر طرفية خاصة عندما تزيد المسافة بين محور الخمول وألياف الخرسانة الأكثر انضغاطاً (c) عمّا يلي:

$$c \geq \frac{l_w}{600(\delta_u/h_w)} \qquad (3\text{-}13)$$

وبحيث لا تُؤخذ قيمة المقدار (δ_u/h_w) في العلاقة (3-13) أقل من (0.007).

(٢) في الحالات التي تتطلب عناصر طرفية خاصة وفق الفقرة الأولى من البند الفرعي (٣/٨/٦ب)، فيجب استمرار تسليح العنصر الطرفي من المقطع الحرج مسافة رأسية لا تقل عن قيمة (l_w) أو عن المقدار $(M_u/4V_u)$، أيهما أكبر.

(ج) إذا لم تُصمّم جدران القص وفقاً لشروط البند الفرعي (٣/٨/٦ب)، فتُزوّد جدران القص بعناصر طرفية خاصة عند حواف الجدران وحول الفتحات وذلك حيث يتجاوز اجهاد الضغط الأعظم في الألياف الخرسانية الأبعد والمناظر للقوى المعوملة المتضمّنة تأثير الزلازل المقدار $((0.2(0.8f_{cu}))$. ويجوز انهاء العنصر الطرفي الخاص إذا قل إجهاد الضغط المحسوب عن المقدار $((0.15(0.8f_{cu}))$. هذا، وتُحسب الإجهادات الناتجة عن القوى المعوملة باستخدام النموذج الخطي المرن وخصائص المقطع الإجمالي للعنصر الطرفي. كما يُستخدم العرض الفعّال للشفة كما هو مُعرّف في البند الفرعي (٣/٨/٥ب) بالنسبة للجدران ذات الشفاه.

(د) يجب تحقيق المتطلبات التالية حيثما تلزم العناصر الطرفية الخاصة وفق البندين الفرعيين (٣/٨/٦ب) و(٣/٨/٦ج):

(١) يجب مد العنصر الطرفي أفقياً من الألياف الخرسانية الأكثر انضغاطاً مسافة لا تقل عن المقدار $(c - 0.1l_w)$ أو $(c/2)$، أيهما أكبر.

(٢) للمقـــاطع ذات الشفاه، يجب أن يتضمّن العنصر الطرفي العرض الفعّـــال للشفة في الضغط، وأن يمتد مســـافة لا تقل عن (300) مليمتر داخـــل الوتيرة.

(٣) يجب أن يحقق التسليح العرضي للعنصر الطرفي الخاص متطلبات البنود الفرعية من (٣/٥/أ) إلى (٣/٥/ج) باستثناء أنه لا يلزم تطبيق العلاقة (5-3).

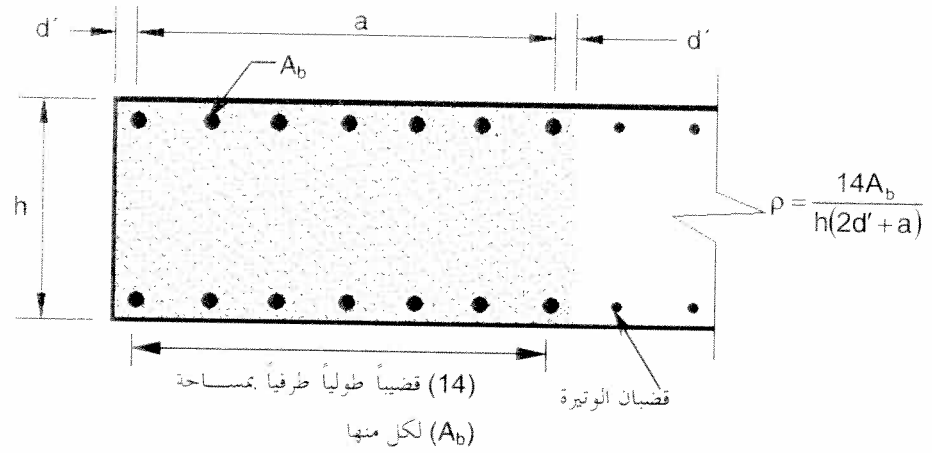
(٤) يجب استمرار التسليح العرضي للعنصر الطرفي الخاص عند قاعدة الجدار داخل الركيزة مسافة لا تقل عن الطول اللازم لإيصال اجهاد أكبر قضبان تسليح العنصر الطرفي إلى حد الخضوع، الا إذا انتهى العنصر الطرفي الخاص فوق قاعدة أو حصيرة لأساس، حيث يلزم حينها استمرار التسليح العرضي للعنصر الطرفي الخاص مسافة لا تقل عن (300) مليمتر داخل القاعدة أو الحصيرة.

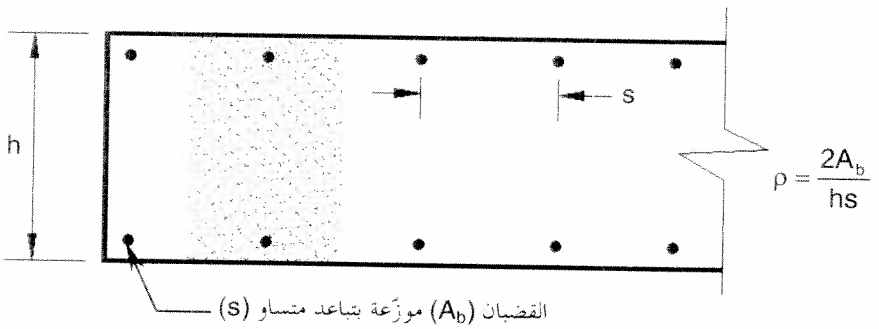
(٥) يجب تثبيت التسليح الأفقي لوتيرة الجدار في داخل اللب المحصور للعنصر الطرفي بالطول اللازم لإيصال الإجهاد المتولّد فيه إلى حد الخضوع (f_y).

(هـ) يجب تحقيق المتطلبات التالية حيثما لا تلزم العناصر الطرفية الخاصة وفق البند الفرعي (٣/٨/٦ب) أو البند الفرعي (٣/٨/٦ج):

(١) إذا زادت نسبة التسليح الطولي عند طرف الجدار كما هي مبيّنة في الشكل (٣-٧) عن المقدار ($2.8/f_y$)، فيجب أن يحقق التسليح العرضي الطرفي متطلبات الفقرة الثالثة من البند الفرعي (٣/٥/أ) والبند الفرعي (٣/٥/ج) والفقرة الأولى من البند الفرعي (٣/٨/٦د). ويجب ألا يزيد التباعد الطولي الأعظم للتسليح العرضي الطرفي عن (200) مليمتر.

(٢) ما لم تقل قيمة (V_u) في مستوى الجدار عن المقدار $\left((1/12)A_{cv}\sqrt{0.8f_{cu}}\right)$، فيجب تزويد التسليح الأفقي المنتهي عند أطراف جدران القص التي لا تتضمّن عناصر طرفية بعقفات قياسية تطوّق التسليح عند الحواف، أو تُستخدم كانات على شكل حرف (U) لها القطر ذاته والتباعد ذاته كما هما للتسليح الأفقي وتتراكب معه لتطويق التسليح عند الحواف.





الشكل (٣-٧): نسب التسليح الطولي لحالات نموذجية من أطراف الجدران

٣/٨/٧ الجيزان القارنة:

(أ) يجب أن تحقق الجيزان القارنة التي لها نسبة بحر خالص إلى سماكة كليّة قدرها ($l_n/h \geq 4$) متطلبات المادة (٣/٤). ولا يطلب التقيّد بشرطي البند الفرعي (٣/٤/١)، اللذين ينصّان على ألا تقل نسبة عرض الجائز إلى عمقه عن (0.3)، وألا يقل عرض الجائز عن (250) مليمتراً، إذا ثبت من خلال التحليل أن الجائز مستقر وثابت جانبياً.

(ب) يُسمح للجيزان القارنة التي لها نسبة بحر خالص إلى سماكة كليّة قدرها ($l_n/h < 4$) بأن تُسلّح بمجموعتين متقاطعتين من القضبان القطرية وبتناظر حول منتصف البحر.

(ج) تُسلّح الجيزان القارنة ذات النسبة ($l_n/h < 2$) وقوة قص معولمة (V_u) تزيد عن المقدار $\left((1/3)A_{cp}\sqrt{0.8f_{cu}}\right)$ بمجموعتين متقاطعتين من القضبان القطرية

وبتناظر حول منتصف البحر، ما لم يكن بالإمكان إثبات أن فقدان صلابة الجيزان القارنة ومقاومتها لن يضر بقدرة المنشأ على حمل الأحمال الرأسية أو بمتانة الأجزاء غير الإنشائية ووصلاتها بالمنشأ.

(د) يجب أن تحقق الجيزان القارنة المسلّحة بمجموعتين متقاطعتين من القضبان القطرية وبتناظر حول منتصف البحر المتطلبات التالية:

(١) أن تتألف كل مجموعة من القضبان القطرية من أربعة قضبان على الأقل تشكّل لباً ذا جوانب لا تقل مسافاتها الخارجية للتسليح العرضي عن المقدار ($b_w/2$) في الاتجاه المعامد لمستوى الجائز، وعن المقدار ($b_w/5$) في مستوى الجائز وبشكل عمودي على القضبان القطرية، وكما هو موضّح في الشكل (٣-٨).

(٢) تُحدّد مقاومة القص الاعتبارية (V_n) من العلاقة التالية:

$$V_n = 2A_{vd} f_y \sin\alpha \le (5/6)A_{cp}\sqrt{0.8f_{cu}} \qquad (3\text{-}14)$$

(٣) يجب تطويق كل مجموعة من القضبان القطرية بتسليح عرضي وفقاً للبنود الفرعية من (٣/٥/أ) إلى (٣/٥/ج). ولأغراض حساب (A_g) للاستخدام في العلاقتين (3-4) و(3-5)، فيُفترض وجود أدنى غطاء خرساني على الجوانب الأربعة لكل مجموعة من القضبان القطرية.

(٤) تُثبّت القضبان القطرية لتبلغ إجهاد الخضوع بالشد في الجدار.

(٥) تُؤخذ مساهمة القضبان القطرية في المقاومة الاعتبارية للانحناء في الجائز القارن بعين الاعتبار.

(٦) يُزوّد الجائز القارن بتسليح قص طولي وعرضي لا يقل عمّا يلي:

* بالنسبة لمساحة تسليح القص العرضي (A_v):

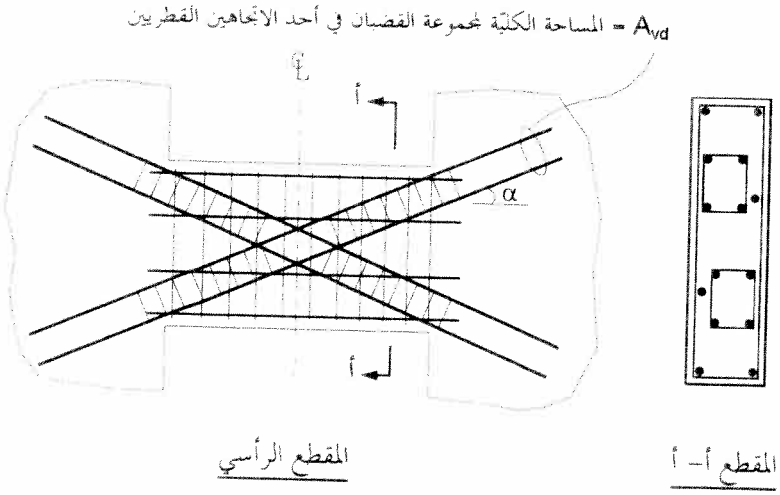
$$A_v \ge 0.0025\, b_w\, s \qquad (3\text{-}15)$$

بحيث لا تزيد (s) عن المقدار (d/5) أو (300) مليمتر، أيهما أصغر.

* بالنسبة لمساحة تسليح القص الطولي (A_{vh}):

$$A_{vh} \ge 0.0015\, b_w\, s_2 \qquad (3\text{-}16)$$

بحيث لا تزيد (s_2) عن المقدار (d/5) أو (300) مليمتر، أيهما أصغر.



الشكل (٣-٨): جائز قارن مُسلّح في اتجاه قطري

٨/٨/٣ فواصل الصب:

يجب أن تُنفّذ جميع فواصل الصب في جدران القص وفقاً لمتطلبات كودة الخرسانة العادية والمسلّحة، مع تنظيف سطوح الاتصال وتخشينها لعمق نتوءات يبلغ حوالي (5) ملليمترات.

٩/٨/٣ الجدران غير المستمرة:

تُسلّح الأعمدة الساندة لجدران القص غير المستمرة وفقاً للبند الفرعي (٣/٥/٥هـ).

٩/٣ جدران القص الخاصة من الخرسانة سابقة الصب

يجب أن تحقق جدران القص الخاصة المبنيّة من الخرسانة سابقة الصب متطلبات المادة (٨/٣) جميعها لجدران القص الخاصة من الخرسانة المصبوبة في الموقع بالإضافة إلى متطلبات البندين (٣/١٤/٢) و(٣/١٤/٣).

١٠/٣ الحجب والجملونات الإنشائية

١/١٠/٣ المجال:

تُصمّم بلاطات الطوابق التي تعمل بصفتها حجباً إنشائية وأجزاؤها مثل عناصر الربط والدعامات والأوتار والمجمّعات التي تنقل الأفعال التصميمية الناشئة عن الزلازل بالإضافة إلى الجملونات التي تُستخدم بصفتها أجزاء من أنظمة مقاومة قوى الزلازل وفقاً لهذه المادة.

٣/١٠/٢ حجب بلاطات التعلية المركّبة والمصبوبة في الموقع:

يُسمح باستخدام بلاطات التعلية المركّبة (Composite-Topping Slabs) المصبوبة في الموقع على أرضية أو سقف سابق الصب حجباً إنشائية، بشرط أن تكون بلاطات التعلية مسلّحة ووصلاتها مصمّمة بحيث تكون مزوّدة بمقاطع وتفاصيل توفّر نقلاً كاملاً للقوى إلى الأوتار والمجمّعات ونظام مقاومة القوى الجانبية. ويجب أن يكون سطح الخرسانة المتصلّدة الذي توضع عليه بلاطة التعلية نظيفاً وخشناً وخالياً من الشوائب.

٣/١٠/٣ حجب بلاطات التعلية المصبوبة في الموقع:

يُسمح باستخدام بلاطات التعلية غير المركّبة المصبوبة في الموقع على أرضية أو سقف سابق الصب حجباً إنشائية، بشرط أن تكون بلاطات التعلية مُصمّمة بمقاطع وتفاصيل تجعلها قادرة وحدها على مقاومة القوى التصميمية.

٣/١٠/٤ السماكة الدنيا للحجب:

يجب ألا تقل سماكة الحجب الخرسانية وبلاطات التعلية المركّبة المستخدمة حجباً لنقل قوى الزلازل عن (50) مليمتراً. كما يجب ألا تقل سماكة بلاطات التعلية الموضوعة فوق أرضية أو سقف سابق الصب، والتي لا تعتمد على السلوك المركّب مع العناصر سابقة الصب لمقاومة قوى الزلازل التصميمية، عن (65) مليمتراً.

٣/١٠/٥ التسليح:

(أ) تُزوّد الحجب الإنشائية بنسب التسليح الدنيا المبيّنة في أدناه كنسبة من المقطع الخرساني الإجمالي، على ألا تقل نسبة التسليح الدنيا عن (0.0014):

* للحجب المسلّحة بقضبان ذات نتوءات درجة (300) = 0.0020
* للحجب المسلّحة بقضبان ذات نتوءات درجة (420) أو بشبك من الأسلاك الملحومة (مع نتوءات او دونها) = 0.0018
* للحجب المسلّحة بقضبان درجة أعلى من (420) = $\frac{0.0018 \times 420}{f_y}$.

(ب) يجب ألا يزيد تباعد التسليح في أنظمة البلاطات أو السقوف عن (450) مليمتر في كل اتجاه، وتُستثنى أنظمة البلاطات والسقوف المصنوعة من الخرسانة سابقة

الاجهـــاد لاحقـــة الصب من ذلك. وحيثما يُستخدم شبك الأسلاك الملحومة تسليحاً موزّعاً لمقاومة القص في بلاطات التعلية المصبوبة فوق أنظمة البلاطات أو السقوف سابقة الصب، فيجب ألا يقل تباعد الأسلاك الموازية لبحر العناصر سابقة الصب عن (250) ملليمتراً. كما يجب استمرار التسليح المستخدم لمقاومة القص وتوزيعه بشكل منتظم عبر مستوى القص.

(ج) تُزوّد عناصر الحجاب الإنشائية من عناصر الربط والدعامات والأوتار والمجمّعات، التي تزيد إجهـــادات الضغط عند أي مقطـــع فيها عن المقدار ($0.2(0.8f_{cu})$)، بتسليح عرضي عـــلى طـــول العنصر وفقاً للبنـــود الفرعية من (٣/٥/٥أ) إلى (٣/٥/٥ج). ويجوز إنهاء استمرار هذا التسليح العرضي عند المقطع الذي تقل مقاومة الضغط المحسوبة عنده عن المقدار ($0.15(0.8f_{cu})$). هذا، وتحسب الإجهادات الناجمة عن القوى المعوملة باستخدام نموذج خطي مرن وخصائص المقطع الإجمالي للعناصر المأخوذة بعين الاعتبار.

(د) يتم تثبيت التسليح المستمر أو وضعه بشكل متراكب في الحجب وعناصر الربط والدعامـــات والأوتار والمجمّعات وفقاً للشروط الخاصة بتسليح الشد كما هو منصوص عليه في البند (٣/٦/٤).

٣/١٠/٦ القوى التصميمية:

تُؤخـــذ القـــوى التصـــميمية الزلزالية المؤثرة على الحجب الإنشائية من تحليل الأحمال الجانبية وفق تجميعات الأحمال التصميمية.

٣/١٠/٧ مقاومة القص:

(أ) يجب ألا تزيد مقاومة القص الاعتبارية (V_n) للحجب الإنشائية عن القيمة المحسوبة من العلاقة التالية:

$$V_n = A_{cv}\left(\frac{\sqrt{0.8f_{cu}}}{6} + \rho_n f_y\right) \qquad (3\text{-}17)$$

(ب) يجب ألا تزيد مقاومة القص الاعتبارية (V_n) لبلاطات التعلية المركّبة وغير المركّبة المصبوبة في الموقع فوق الأرضيات أو السقوف سابقة الصب والتي تشكّل حجباً، عن قوة القص المحسوبة من العلاقة التالية:

$$V_n = A_{cv}\,\rho_n\,f_y \qquad (3\text{-}18)$$

حيث تُحسب (A_{cv}) على أساس سماكة بلاطة التعلية. كما يُوزّع التسليح المطلوب للوتيرة بانتظام في الاتجاهين.

(ج) يجب ألا تتجاوز مقاومة القص الاعتبارية المقدار $\left((2/3)A_{cv}\sqrt{0.8f_{cu}}\right)$، حيث ($A_{cv}$) هي المساحة الإجمالية لمقطع الحجاب العرضي.

٣/١٠/٨ العناصر الطرفية للحجب الإنشائية:

(أ) تُصمّم مقاطع العناصر الطرفية للحجب الإنشائية لمقاومة القوى المحورية المعوملة والمؤثرة في مستوى الحجاب بالإضافة إلى القوة الناتجة عن قسمة العزم المعومل المؤثر عند المقطع على المسافة بين العنصرين الطرفيين للحجاب عند ذلك المقطع.

(ب) يتم وضع تسليح الشد بصورة متراكبة في الأوتار والمجمّعات في الحجب بحيث يبلغ إجهاد الخضوع (f_y).

(ج) يُراعى في مناطق تثبيت تسليح الأوتار والمجمّعات وتراكبه أن يكون التباعد الأدنى للتسليح ($3d_b$)، على ألا يقل عن (40) مليمتراً، كما تكون السماكة الدنيا للغطاء الخرساني ($2.5d_b$) على ألا تقل عن (50) مليمتراً. وفي الحالات التي لا يتم فيها تحقيق الشرط السابق، تُزوّد مناطق تثبيت التسليح وتراكبه بتسليح عرضي لا تقل مساحته الدنيا عن المقدار المبيّن في العلاقة التالية:

$$A_v = \frac{1}{3}\frac{b_w\,s}{f_y} \qquad (3\text{-}19)$$

٩/١٠/٣ فواصل الصب:

يجب أن تُنفّذ جميع فواصل الصب في الحجب وفقاً لمتطلبات كودة الخرسانة العادية والمسلّحة، مع تنظيف سطوح الاتصال وتخشينها جيداً لعمق نتوءات يبلغ حوالي (5) مليمترات.

١١/٣ الأساسات

١/١١/٣ المجال:

تُطبّق شروط المادة (١١/٣) والشروط الأخرى ذات العلاقة في كودة الخرسانة العادية والمسلّحة وكودة القواعد والأساسات والجدران الساندة على الأساسات المقاومة للقوى الناجمة عن الزلازل أو الناقلة لمثل هذه القوى بين المنشأ والأرض.

٣/١١/٢ المقاومة المطلوبة:

تكون المقاومة المعوملة (Factored Resistance) لنظام الأساسات ودعامات الهياكل أو الجدران أو كليهما كافية لتحقيق مقاومة العزوم الاعتبارية للهياكل أو الجدران وقوى القص المصاحبة لها. وعندما تزيد مقاومة العزوم المعوملة لأي من الجدران أو الهياكل زيادة ملحوظة عن العزم المعومل المطلوب مقاومته، فلا يلزم أن تزيد المقاومة المعوملة للقواعد غير المثبّتة (Unanchored) الداعمة لهذه الجدران أو الهياكل عن تأثيرات الأحمال القصوى المعوملة التي تم تحديدها من متغيّرات التجاوب المحسوبة باستخدام قيمة للمعامل (R) تساوي (1.3). وفي الحالات التي تُستخدم فيها القواعد المثبّتة (Anchored) أو عناصر أخرى غير الأساسات لدعم الهياكل أو الجدران، فلا يلزم أن تزيد المقاومة المعوملة لهذه العناصر عن تأثيرات الأحمال القصوى المعوملة التي تم تحديدها من متغيّرات التجاوب المحسوبة باستخدام قيمة للمعامل (R) تساوي (1.0).

٣/١١/٣ القواعد والحصائر وأغطية الخوازيق:

(أ) يجب تثبيت التسليح الطولي للأعمدة وجدران القص المقاومة للقوى الناجمة عن تأثيرات الزلازل في القواعد أو الحصائر أو أغطية الخوازيق، بحيث يبلغ التسليح حد الخضوع بالشد عند مناطق الالتقاء.

(ب) بالنسبة للأعمدة التي يُفترض تثبيتها عند الأساس، يُراعى ما ورد في البند الفرعي (٣/١١/٣أ)، وإذا لزم تزويد التسليح الطولي المقاوم للانحناء بعقفات، فيجب أن تكون عقفات بزاوية (90) درجة قرب أسفل الأساس وبحيث تتجه الأطراف الحرة للقضبان في اتجاه مركز العمود.

(ج) تُزوّد الأعمدة أو العناصر الطرفية لجدران القص الخاصة التي تبعد إحدى حوافها عن طرف القاعدة مسافة تقل عن نصف عمق القاعدة بتسليح عرضي وفق البند (٣/٥/٥)، وذلك أسفل وجه القاعدة، بحيث تمتد مسافة وضع التسليح العرضي في القاعدة لكامل عمق القاعدة أو الحصيرة أو غطاء الخوازيق، أو طول التثبيت بالشد للتسليح الطولي، أيهما أصغر.

(د) عندما تُسبّب تأثيرات الزلازل قوى رفع في العناصر الطرفية لجدران القص الخاصة أو في الأعمدة، فيتم تسليح أعلى القاعدة أو الحصيرة أو غطاء الخوازيق

بتسليح الحناء لمقاومة تجميعات الأحمال التصميمية، بحيث لا تقل نسبة التسليح الدنيا عن النسب المنصوص عليها في البند الفرعي (٣/١٠/٥أ).

٣/١١/٤ الجيزان والبلاطات الأرضية:

(أ) تُزوّد الجيزان الأرضية المصمّمة لتتصرف بصفتها روابط أفقية بين أغطية الخوازيق أو القواعد بتسليح طولي مستمر يُثبّت داخل الأعمدة المسنودة وبالطول اللازم أو يُثبّت داخل غطاء الخوازيق أو القاعدة عند أماكن الانقطاع جميعها.

(ب) تُصمّم الجيزان الأرضية لتتصرف بصفتها روابط أفقية بين أغطية الخوازيق أو القواعد بحيث لا يقل أصغر بعد للمقطع العرضي عن مسافة التباعد الخالصة (Clear Spacing) بين الأعمدة المتّصلة مقسومة على (20)، وبحد أقصى يبلغ (450) مليمتراً. ويجب وضع الكانات المغلقة على طول الجيزان بتباعد لا يتجاوز نصف البعد الأصغر العمودي للمقطع العرضي، أو (300) مليمتر، أيهما أصغر.

(ج) يجب أن تتوافق الجيزان الأرضية والجيزان التي تشكل جزءاً من حصيرة أساس تتعرض للانحناء من الأعمدة التي تشكّل جزءاً من نظام مقاومة القوى الجانبية مع المادة (٣/٤).

(د) تُصمّم البلاطات الأرضية التي تقاوم القوى الزلزالية من الجدران والأعمدة التي تشكّل جزءاً من نظام مقاومة القوى الجانبية بصفتها حجباً إنشائية وفقاً للمادة (٣/١٠)، وبحيث تنص المخططات بوضوح على أن البلاطات الأرضية حجب إنشائية وأنها جزء من نظام مقاومة القوى الجانبية.

٣/١١/٥ الخوازيق والشرائح الخازوقية:

(أ) تُطبّق شروط هذا البند على الخوازيق والشرائح الخازوقية الخرسانية التي تسند منشآت مُصمّمة لمقاومة الزلازل.

(ب) تُزوّد الخوازيق والشرائح الخازوقية المقاومة لأحمال الشد بتسليح طولي مستمر على الطول اللازم لمقاومة قوى الشد التصميمية. هذا، وتُحدّد تفاصيل التسليح الطولي بحيث تنقل قوى الشد داخل غطاء الخوازيق إلى العناصر الإنشائية الساندة.

(ج) في الحالات التي تُنقل فيها قوى الشد الناجمة عن تأثيرات الزلازل بين غطاء الخوازيق أو حصيرة الأساس والخازوق سابق الصب عن طريق قضبان التسليح التي تمّ الحقن حولها أو تثبيتها بعد الصب في أعلى الخازوق، فيجب بالاختبار إثبات أن نظام الحقن قادر على تحقيق ما يعادل (125) بالمائة من مقاومة الخضوع المنصوص عليها للقضيب.

(د) تُزوّد الخوازيق والشرائح الخازوقية بتسليح عرضي وفقاً للبند (٣/٥/٥) في المناطق التالية:

(١) في أعلى العضو وعلى طول لا يقل عن (5) أمثال بعد المقطع العرضي للعضو، وبحيث لا تقل المسافة عن مترين تحت الوجه السفلي لغطاء الخوازيق.

(٢) في ذلك الجزء من الخوازيق في التربة غير القادرة على توفير دعم جانبي، أو في الهواء والماء، وعلى كامل الطول غير المدعوم بالإضافة إلى الطول المبيّن في الفقرة الأولى من البند الفرعي (٣/١١/٥د).

(هـ) يجب أن يكون الطول المزوّد بتسليح عرضي في الخوازيق المدفوعة وسابقة الصب كافياً لتغطية التغيّرات المحتملة في مناسيب أطراف الخوازيق.

(و) تُعفى الخوازيق والشرائح الخازوقية الخرسانية في الأساسات الساندة لمباني الطابق الواحد والطابقين ذات الجدران الحاملة من تحقيق متطلبات التسليح العرضي الواردة في البندين الفرعيين (٣/١١/٥د) و(٣/١١/٥هـ).

(ز) تُصمّم أغطية الخوازيق التي تضم خوازيق مائلة لمقاومة الحمل المكافىء لمقاومة الضغط الكليّة للخوازيق المائلة باعتبارها أعمدة قصيرة. ويجب أخذ تأثيرات نحافة الخوازيق المائلة في أجزاء الخوازيق المغمورة بالتربة غير القادرة على توفير الدعم الجانبي لها أو في الهواء والماء بعين الاعتبار.

٦/١١/٣ الأساسات وجدران التسوية من الخرسانة العادية:

(أ) يُسمح باستخدام عناصر أساسات من الخرسانة العادية غير المسلّحة في المنشآت المُصمّمة لمقاومة القوى الناجمة عن الزلازل في الحالات التالية:

* المباني الإسكانية ذات الجدران الحاملة، التي لا يتجاوز ارتفاعها ثلاثة طوابق وأساساتها مستمرة لإسناد الجدران أو منفصلة لإسناد الأعمدة.
* المنشآت الأخرى التي لها أساسات مستمرة لإسناد الجدران الخرسانية المسلّحة المصبوبة في الموقع أو المبنيّة من الطوب المسلّح بشرط أن يُسلّح أساس الجدار طولياً بقضيبين مستمرين على الأقل وبحيث لا يقل قطر القضيب عن (12) مليمتراً، ولا تقل نسبة تسليح مقطع الأساس عن (0.2) بالمائة من مساحة المقطع الكلي، مع استمرار التسليح عند الأركان والتقاطعات.

(ب) يُسمح باستخدام عناصر أساسات وجدران تسوية من الخرسانة العادية غير المسلّحة في حالة المباني الإسكانية ذات الجدران الحاملة، التي لا يتجاوز ارتفاعها ثلاثة طوابق ولا تقل سماكة جدران التسوية فيها عن (0.2) متر ولا يسند جدار التسوية ما يزيد عن (1.2) متر من الطمم غير المتوازن.

٣/١٢ أعضاء الهياكل التي لم تُعتبر جزءاً من النظام الإنشائي المقاوم لقوى الزلازل

١/١٢/٣ يجب تسليح أعضاء الهيكل غير المساهمة في المقاومة الجانبية كما هو وارد في البند (٢/١٢/٣) أو البند (٣/١٢/٣) وحسب قيم عزوم الانحناء المتولّدة في تلك الأعضاء في حالة تعرّضها للإزاحة التصميمية. وإذا لم يتم التحقق من تأثيرات الإزاحات التصميمية بشكل صريح، فيُسمح عندها بتطبيق شروط البند (٣/١٢/٣).

٢/١٢/٣ عندما لا يزيد مجموع عزوم الانحناء وقوى القص الناتجة من الازاحات التصميمية الواردة في البند (١/١٢/٣) والعزوم وقوى القص المعوملة الناتجة عن أحمال الجاذبية عن المقاومة التصميمية للانحناء والقص لعضو الهيكل، فيجب عندها تحقيق الشروط التالية وباستخدام الحالة الحرجة من حالتي تجميع أحمال الجاذبية (1.2D+1.0L+0.2S) أو (0.9D)، مع إمكانية أخذ (0.5L) بدلاً من (1.0L) إلا في حالات المرائب وساحات التجمّع العام وكل المساحات التي يزيد الحمل الحي عليها عن (5) كيلو نيوتن/متر مربع:

(أ) يجب أن تحقق الأعضاء المعرّضة لقوى جاذبية محورية معوملة لا تزيد عن المقدار ($A_g f_{cu}/10$) الشروط الواردة في البند الفرعي (٢/٤/٣أ). ويجب ألا يزيد تباعد الكانات عن المقدار (d/2) على طول العضو.

(ب) يجب أن تحقق الأعضاء التي تزيد فيها قوى الجاذبية المحورية المعوملة عن المقدار ($A_g f_{cu}/10$) شروط البندين (٣/٥/٤) و(٣/٥/٦) بالإضافة إلى الفقرة الثالثة من البند الفرعي (٣/٥/٥أ) والبند الفرعي (٣/٥/٥ج). ويجب أن يكون التباعد الأعظم للكانات مساوياً (s_o) لكامل ارتفاع العمود. كما يجب ألا يزيد التباعد (s_o) عن ستة أمثال قطر أصغر القضبان الطولية المحاطة بالكانات أو (150) مليمتراً، أيهما أصغر.

(ج) يجب أن تحقق الأعضاء التي تزيد فيها قوى الجاذبية المحورية المعوملة عن المقدار ($0.35P_o$) شروط البند الفرعي (٣/١٢/٢ب)، كما يجب توفير مقدار من التسليح العرضي يساوي نصف المقدار المطلوب في البند الفرعي (٣/٥/٥أ) وبتباعد لا يزيد عن (s_o) لكامل ارتفاع العمود.

٣/١٢/٣ إذا تجاوز العزم أو قوة القص الناشئة عن الإزاحات التصميمية المنوّه عنها في البند (٣/١٢/١) مقدار المقاومة التصميمية للانحناء أو القص لعضو الهيكل، أو إذا لم تُحسب العزوم الناشئة، فيجب عندها تحقيق الشروط التالية:

(أ) يجب أن تحقق الخرسانة وقضبان التسليح شروط البندين (٣/٣/٣) و(٣/٣/٤).

(ب) يجب أن تحقق الأعضاء التي لا تزيد فيها قوى الجاذبية المحورية المعوملة عن المقدار ($A_g f_{cu}/10$) شروط البند الفرعي (٣/٤/٢أ) والبند (٣/٤/٤). كما يجب ألا يزيد تباعد الكانات عن المقدار (d/2) على كامل طول العضو.

(ج) يجب أن تحقق الأعضاء التي تزيد فيها قوى الجاذبية المحورية المعوملة عن المقدار ($A_g f_{cu}/10$) شروط البندين (٣/٥/٥) و(٣/٥/٦) والبندين الفرعيين (٣/٥/٤أ) و(٣/٦/٢أ).

٤/١٢/٣ يجب أن تحقق أعضاء الهياكل من الخرسانة سابقة الصب ووصلاتها، التي يُفترض أنها لا تساهم في المقاومة الجانبية للمنشأ، المتطلبات التالية بالإضافة إلى متطلبات البندين (٣/١٢/١) و(٣/١٢/٣):

(أ) تُزوّد الأعمدة على كامل طولها بما فيه عمق الجيزان بالكانات المحدّدة في البند الفرعي (٣/١٢/٢ب).

(ب) يُستخدم التسليح الخاص بتحقيق التكامل الانشائي للربط بين الأعضاء والعناصر في المنشأ.

(ج) يجب أن يكون طول إسناد الجائز عند الركيزة مساوياً الطول المحسوب باستخدام مقاومة الخرسانة للتحمل (Bearing Strength) مُضافاً إليه (50) مليمتراً على الأقل.

٣/١٣ متطلبات الهياكل المتوسطة المقاومة للعزوم

١/١٣/٣ المجال:

تُطبّق متطلبات هذه المادة على الهياكل المتوسطة المقاومة للعزوم.

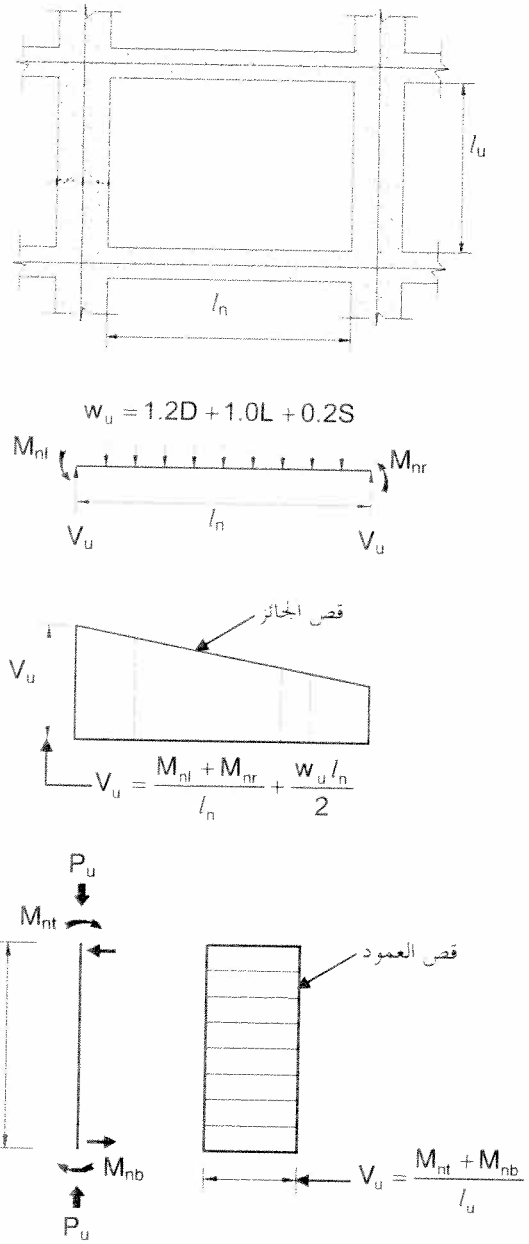
٢/١٣/٣ تفاصيل التسليح:

يجب أن تحقق تفاصيل تسليح عضو الهيكل شروط البند (٤/١٣/٣) إذا لم تزد قوة الضغط المحورية المعوملة عن المقدار ($A_g f_{cu}/10$). وإذا زادت قوة الضغط المحورية المعوملة عن تلك القيمة، فيجب عندها أن تحقق تفاصيل تسليح الهيكل شروط البند (٥/١٣/٣)، إلا إذا احتوى العضو على تسليح حلزوني محسوب من العلاقة (3-4). وإذا اعتبر نظام البلاطات ذات الاتجاهين دون جيزان جزءاً من الهيكل المقاوم لتأثير الزلازل، فيجب عندها أن تحقق تفاصيل تسليح أي بحر يقاوم العزوم الناتجة عن القوة الجانبية شروط البند (٦/١٣/٣).

٣/١٣/٣ مقاومة القص:

يجب ألا تقل مقاومة القص التصميمية للجيزان والأعمدة والبلاطات ذات الاتجاهين المقاومة لتأثير الزلازل عن أي مما يلي:

* مجموع قوى القص المصاحبة لبلوغ المقاومات الاعتبارية لعزوم الانحناء عند طرفي تثبيت البحر الصافي للعضو وقوة القص المحسوبة لأحمال الجاذبية المعوملة، وكما هو موضّح في الشكل (٣-٩).
* قوة القص العظمى الناتجة من حالات تجميع الأحمال التصميمية التي تتضمّن تأثير الزلازل (E) بحيث تفرض قيمة (E) مثلي القيمة المنصوص عليها في البند الفرعي (٢/٤/١ب).



الشكل (٣-٩): قوى القص التصميمية للهياكل المتوسطة المقاومة للعزوم

٣/١٣/٤ الجيـــــــــزان:

(أ) يجـــب ألا تقل مقاومة العزم الموجب عند وجه الوصلة عن ثُلث مقاومة العزم الســـالب عند ذلك الوجه. كما يجب ألا تقل مقاومة العزم الموجب أو العزم

السالب عند أي مقطع على طول العضو عن خُمس المقاومة العظمى للعزوم المؤثرة عند وجه أي من الوصلتين.

(ب) تُوضع كانات مغلقة عند طرفي العضو على أطوال تساوي مثلي عمق العضو مُقاسة من وجه الركيزة في اتجاه منتصف البحر. كما تُوضع أول كانة مغلقة على مسافة لا تزيد عن (50) مليمتراً من وجه الركيزة. هذا، ويجب ألا يزيد التباعد الأعظم للكانات عن أصغر القيم التالية:

* (d/4)،
* ثمانية أمثال قطر أصغر القضبان الطولية المحاطة بالكانات،
* (24) مثل قطر قضيب الكانة،
* (300) مليمتر.

(ج) يجب ألا يزيد تباعد الكانات عن المقدار (d/2) على طول العضو.

٣/١٣/٥ الأعمدة:

(أ) يجب أن تحقق مقاومات الانحناء للأعمدة العلاقة التالية:

$$\Sigma M_c > (1.0)\,\Sigma M_g \qquad (3\text{-}20)$$

حيث يُؤخذ تعريف (ΣM_c) و(ΣM_g) كما ورد في البند الفرعي (٣/٥/٣ب).

(ب) إذا لم يتحقق البند الفرعي (٣/١٣/٥أ)عند الوصلة، فيجب عندها تزويد الأعمدة الساندة لقوى الارتكاز من تلك الوصلة بتسليح عرضي كما هو مُحدّد في البند (٣/٥/٥) على كامل ارتفاعها.

(ج) ما لم تُزوّد الأعمدة بتسليح حلزوني بنسبة حجمية تحقق العلاقة (4-3)، فيجب تحقيق المتطلبات الواردة في البنود الفرعية (٣/١٣/٥د) و(٣/١٣/٥هـ) و(٣/١٣/٥و). ويُطبّق ما ورد في البند الفرعي (٣/١٣/٥ز) على الأعمدة جميعها.

(د) يجب ألا يزيد التباعد الأعظم للكانات المغلقة عن (s_o) على طول (l_o) مُقاساً من وجه الوصلة عند كل من طرفي العضو. ويجب ألا يزيد التباعد (s_o) عن أصغر القيم التالية:

* ثمانية أمثال قطر أصغر القضبان الطولية المحاطة بالكانات،

* (24) مثل قطر قضيب الكانة،
* نصف البعد الأصغر للمقطع العرضي لعضو الهيكل،
* (300) مليمتر.

ويجب ألا يقل الطول (l_o) عن أكبر القيم التالية:
* سُدس البحر الخالص للعضو،
* البعد الأعظم للمقطع العرضي للعضو،
* (500) مليمتر.

(هـ) تُوضع الكانة المغلقة الأولى على مسافة لا تزيد عن المقدار ($s_o/2$) من وجه الوصلة.

(و) يجب ألا يزيد تباعد التسليح العرضي خارج الطول (l_o) عن المقدار (d/2).

(ز) تُسلّح الوصلة بكانات عرضية داخل العمود لعمق لا يقل عن العمق الأكبر للأعضاء المتّصلة بالعمود وبمقدار لا يقل عن التسليح المبيّن في العلاقة (3-19).

٦/١٣/٣ البلاطات ذات الاتجاهين دون جيزان:

(أ) يُحسب العزم المعومل للبلاطة عند الركيزة والناتج عن تأثير الزلزال لحالتي تجميع الأحمال التاليتين لأخذ الحالة الأكثر حرجاً:

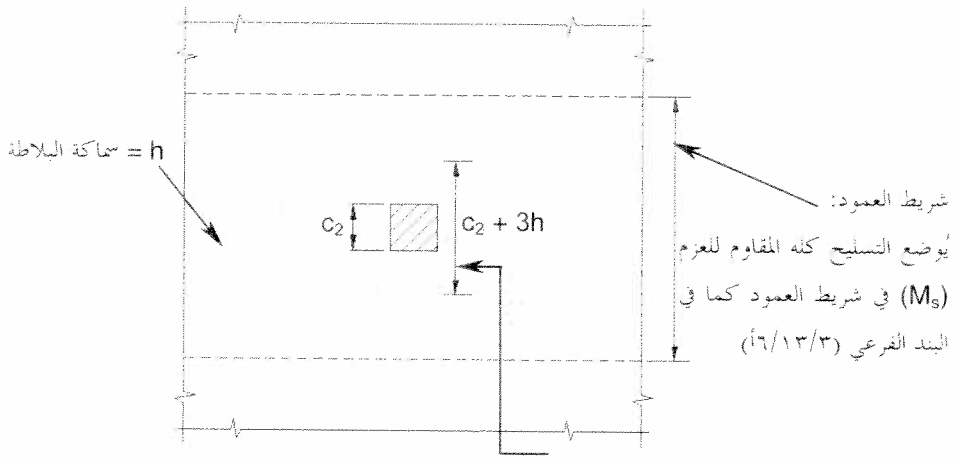
(3-21) $1.2D + 1.0E + 1.0L + 0.2S$

(3-22) $0.9D + 1.0E + 1.6H$

ويجب وضع التسليح كلّه المطلوب لمقاومة (M_s)، وهو الجزء من عزم البلاطة المعادل للعزم في الركيزة، في شريط العمود (Column Strip) المحدّد لأغراض التصميم بعرض يساوي ($0.25\, l_2$) أو ($0.25\, l_1$)، أيهما أصغر.

(ب) يجب مقاومة ذلك الجزء من العزم (M_s) المحدد بالمعامل المبيّن في العلاقة التالية باستخدام تسليح يوضع ضمن العرض الفعّال للبلاطة والممتد مسافة تساوي مرة ونصف من سماكة البلاطة أو سقوط التاج (1.5h) على الجانبين الخارجيين المتقابلين للعمود أو التاج كما في الشكل (٣-١٠). وفي حالة الوصلات الخارجية أو الركنية، فيجب ألا يمتد العرض الفعّال للبلاطة مسافة تزيد عن قيمة (c_t) بعيداً عن وجه العمود مقاسة في الاتجاه العمودي على بحر البلاطة كما في الشكل (٣-١١):

(3-23) $$\gamma_f = \frac{1}{1+(2/3)\sqrt{b_1/b_2}}$$



التسليح المقاوم للعزم ($\gamma_f M_s$) كما في البند الفرعي (٣/١٣/٦ب)، ولا يقل عن نصف التسليح في شريط العمود كما في البند الفرعي (٣/١٣/٦ج)

ملاحظة: يُطبّق الشكل على التسليح العلوي والتسليح السفلي.

الشكل (٣-١٠): موقع التسليح في البلاطات

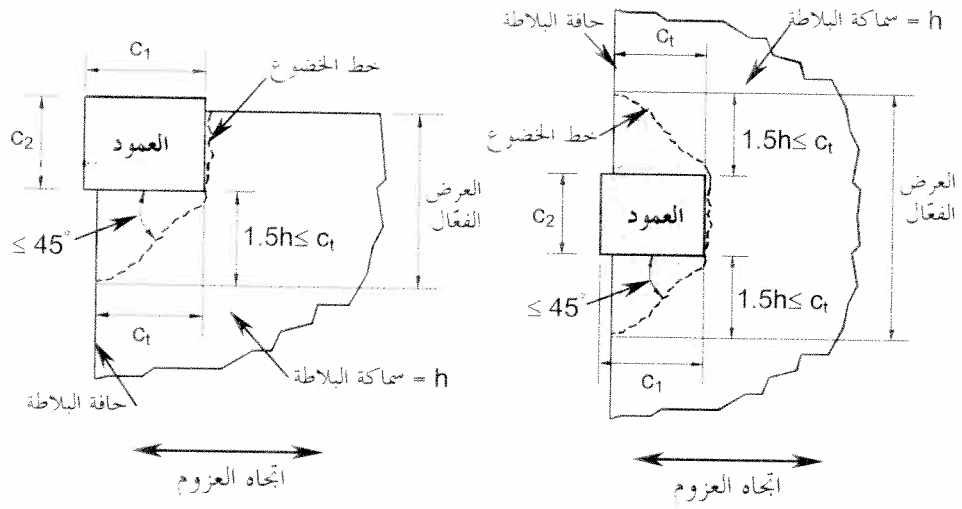
(ح) يُوضع ما لا يقل عن نصف مساحة تسليح شريط العمود عند الركيزة ضمن عرض البلاطة الفعّال المنصوص عليه في البند الفرعي (٣/١٣/٦ب).

(د) يجب استمرار ما لا يقل عن ربع مساحة التسليح العلوي عند الركيزة في شريط العمود على طول البحر.

(هـ) يجب ألا تقل مساحة التسليح السفلي المستمر في شريط العمود عن ثُلث مساحة التسليح العلوي عند الركيزة في شريط العمود.

(و) يجب استمرار ما لا يقل عن نصف مساحة التسليح السفلي عند منتصف البحر للشريط الاوسط بين شريطي العمودين، واستمرار التسليح السفلي كلّه عند منتصف البحر لشريط العمود، بحيث يبلغ التسليح إجهاد الخضوع عند وجه الركيزة. وكذلك الحال بالنسبة لتثبيت قضبان التسليح العلوي والسفلي لحواف البلاطة غير المستمرة جميعها، بحيث يبلغ التسليح اجهاد الخضوع عند وجه الركيزة، وكما هو مبيّن في الشكل (٣-١٢).

(ز) عند المقاطع الحرجة للأعمدة والمعرّفة في وصف الرمز (b_1)، يجب ألا تزيد قوى القص في الاتجاهين الناتجة عن أحمال الجاذبية المعوملة عن المقدار ($0.4\phi V_c$).



الشكل (٣-١١): العرض الفعّال لوضع التسليح في وصلات الحافة والزاوية

١٤/٣ جدران القص المتوسطة من الخرسانة سابقة الصب

١/١٤/٣ تُطبّق متطلبات هذا البند على جدران القص المتوسطة سابقة الصب التي تُستخدم لمقاومة القوى الناشئة عن حركات الزلازل. هذا، وينبغي الرجوع إلى مصادر ومراجع أكثر تخصصاً عند تحديد قيمة المعامل (R).

٢/١٤/٣ يُحصر حدوث الخضوع بالعناصر الفولاذية أو بالتسليح المستخدم في الوصلات بين صفائح الجدار ذاتها أو بين صفائح الجدار والأساس.

٣/١٤/٣ يكون إجهاد خضوع عناصر الوصلات التي لا تُصمّم لإحداث خضوع فيها معادلاً المقدار ($1.5S_y$) على الأقل.

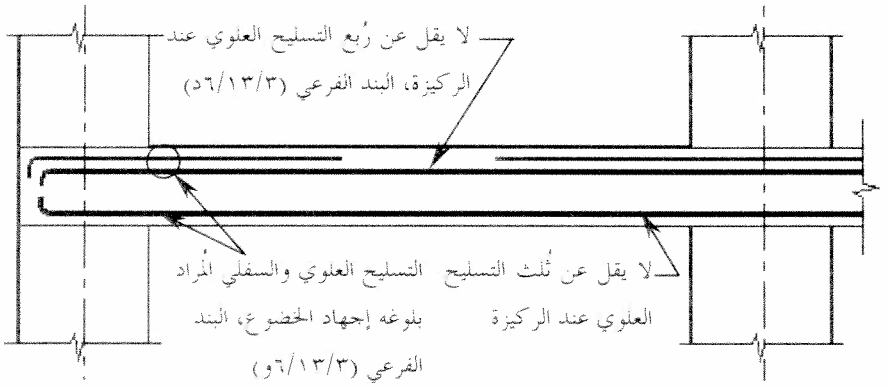
١٥/٣ أعضاء الهياكل العادية (المكّتفة أو غير المكّتفة) المقاومة للعزوم

تُصمّم أعضاء الهياكل العادية المقاومة للعزوم (المكّتفة أو غير المكّتفة) وفقاً لمتطلبات كودة الخرسانة العادية والمسلّحة باستثناء ما عُدّل منها في هذه المادة.

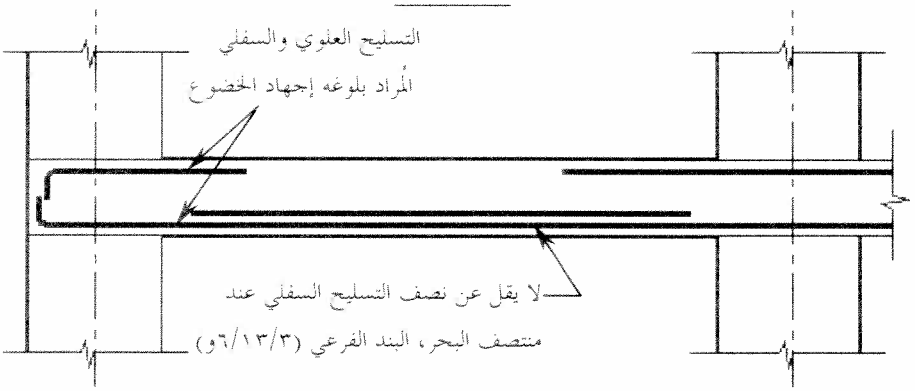
١/١٥/٣ تفصيلة ربط الأعمدة والجدران الخارجية:

يُربط كل عمود خارجي وكل جدار خارجي حامل بالمنشأ عند منسوب أرضية كل طابق وعند الأساسات بعناصر ربط تُصمّم لمقاومة قوة شد محورية لا تقل عما

نسبته (10) بالمائة من الحمل المحوري الأقصى في العمود أو الحمل المحوري الأقصى لكل متر طولي من الجدار، مع مراعاة ربط الأعمدة عند الزوايا إلى المنشأ في الاتجاهين.



شريط العمود



الشريط الأوسط

الشكل (٣-١٢): ترتيب التسليح في البلاطات

٣/١٥/٢ أسس تسليح الجيزان:

(أ) المساحة الدنيا للتسليح الرئيسي:

يجب ألا تقل النسبة المئوية لمساحة تسليح الشد في الجيزان عن المقدار $(140/f_y)$.

(ب) المتطلبات الدنيا للكانات:

يجب ألا تزيد مسافة التباعد الأفقية بين الكانات (s_o) في اتجاه محور العضو عن أصغر القيم التالية:

* للجيزان الساقطة $s_o \leq 0.75d$

* للجيزان الأخرى $s_o \leq 0.50d$

* (600) مليمتر.

(ج) تُطبّق المتطلبات الواردة في البندين الفرعيين (٣/٥/٥ب) و(٣/٥/٥ج) فيما يتعلّق بتحديد مسافة التباعد بين قوائم الكانات مقاسة بين المراكز في الاتجاه العمودي على المحور الطولي للعضو.

٣/١٥/٣ أسس تسليح الأعمدة:

(أ) المساحة الدنيا للتسليح الرئيسي:

يجب ألا تقل النسبة المئوية لمساحة التسليح الرئيسي في الأعمدة عن (1) بالمائة.

(ب) المتطلبات الدنيا للكانات:

تُزوّد الأعمدة بكانات لا يقل قطرها عن (1/4) قطر أكبر قضيب تسليح طولي فيها أو (10) مليمترات أيهما أكبر، وبمسافة تباعد لا تزيد عن (12) مثل قطر أصغر قضيب تسليح طولي.

(ج) تُطبّق المتطلبات الواردة في البندين الفرعيين (٣/٥/٥ب) و(٣/٥/٥ج).

٤/١٥/٣ أعضاء الانحناء في الهياكل العادية (المكّتفة أو غير المكّتفة) المقاومة للعزوم:

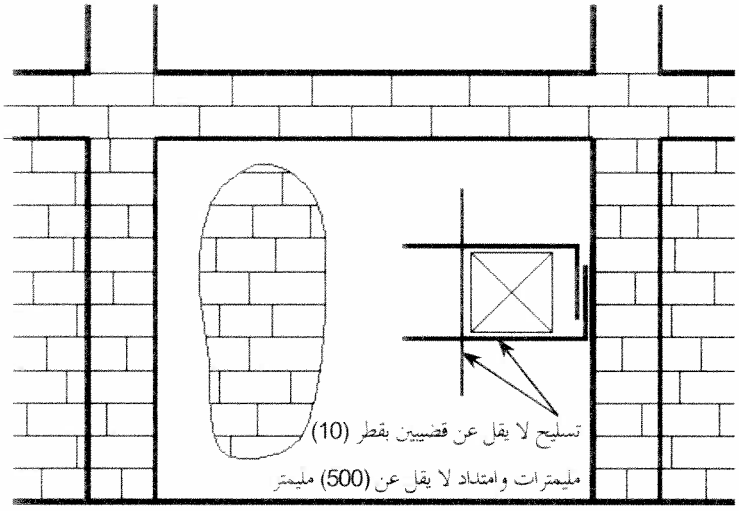
تُزوّد الجيزان في الهياكل العادية المقاومة للعزوم والتي تشكل جزءاً من النظام الإنشائي المقاوم لتأثيرات الزلازل بما لا يقل عن قضيبين رئيسيين علويين وآخرين سفليين بحيث تستمر هذه القضبان على طول الجيزان، ويتم إنهاؤها ضمن الأعمدة الخارجية أو العناصر الطرفية بشكل يضمن فعالية نقل القوى ومقاومة الانحناء.

١٦/٣ الجدران الحجرية المُصفّحة بالخرسانة

١/١٦/٣ المجال:

تُطبّق متطلبات هذه المادة على الجدران الحجرية المصفّحة بالخرسانة والمستخدمة، في المباني ذات الطوابق متساوية الارتفاع، أجزاء من أنظمة مقاومة قوى الزلازل في المناطق الزلزالية (1) و(2A) و(2B) باعتبارها هياكل خرسانية مملوءة أو جدران قص مصمتة

مستمرة من منسوب الأساس ولكامل الارتفاع وفي المستوى ذاته، بشرط ألا تتجاوز قيمة الإزاحة الجانبية العظمى للتجاوب اللامرن (Δ_M) ما نسبته (1) بالمائة من ارتفاع الطابق. ولأغراض هذه المادة، يُعرّف الجدار المصمت بأنه الجدار الواقع بين عمودين (متضمناً العمودين)، ولا يزيد طول أي فتحة فيه عن (25) بالمائة من طول الجدار ولا يزيد ارتفاع هذه الفتحة عن (25) بالمائة من ارتفاع الطابق، شريطة أن تُزوّد جوانب هذه الفتحة بما لا يقل عن قضيبين بقطر (10) ملليمترات وامتداد لا يقل عن (500) ملليمتر مقاساً من جوانب الفتحة كما هو موضّح في الشكل (٣-١٣)، وألا يزيد عدد الفتحات المسموح بها في الجدار المصمت في أي طابق عن فتحة واحدة.



الشكل (٣-١٣): تفاصيل التسليح حول الفتحات في الجدار الحجري

٣/١٦/٢ القوى التصميمية:

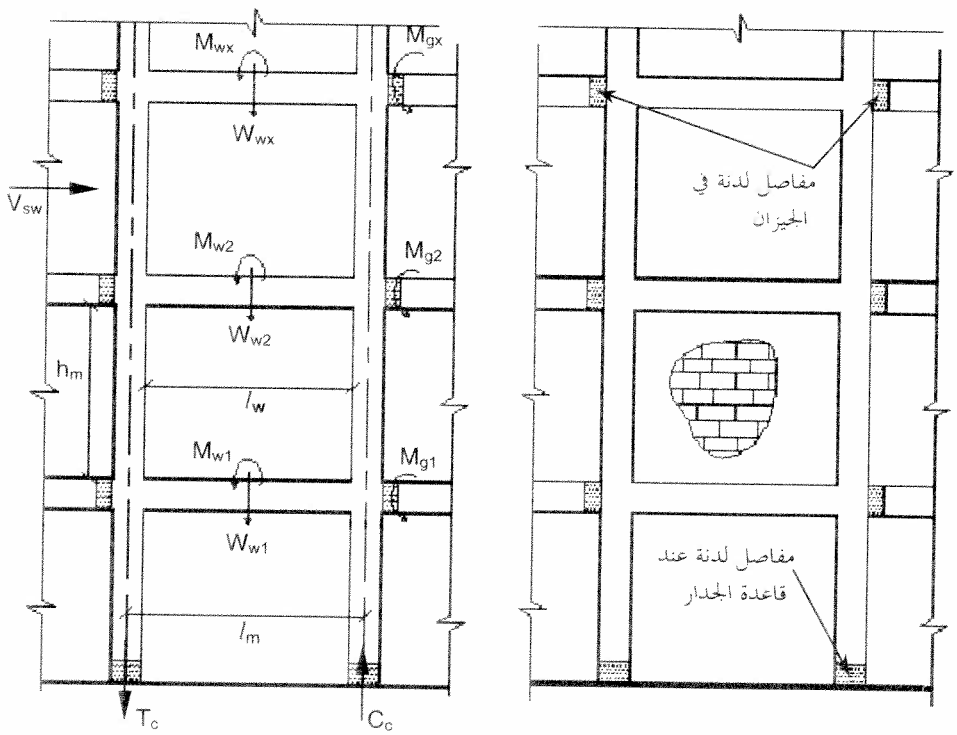
(أ) تُحدّد قوة القص التصميمية الكلية عند القاعدة (القوة الجانبية التصميمية للمنشأ، V_u) من تحليل الأحمال الجانبية باستخدام الأحمال المعاملة وفق حالات تجميع الأحمال المنصوص عليها في البند الفرعي (٢/٣/١ج).

(ب) تكون المقاومة الجانبية للجدران الحجرية في أي من الاتجاهين الرئيسيين للمبنى مساوية لمجموع المقاومات الجانبية للجدران المصمتة في الاتجاه الواحد، والمحدّدة وفق البند الفرعي (٣/١٦/٢هـ)، وذلك بافتراض تشكّل المفاصل اللّدنة في

الجـــيزان في مناطق وصلها مع الجدار المصمت وفي الجدار المصمت عند قاعدته كمـــا هو مبيّن في الشكل (٣-١٤). ولأغراض هذا البند الفرعي يُعتبر عامل تخفيض المقاومة (ϕ) مساوياً (1.0).

(ج) في الحالات التي تزيد فيها قوة القص التصميمية في أي من الاتجاهين الرئيسيين للمبنى عن مجموع المقاومات الجانبية للجدران الحجرية المصمتة في ذلك الاتجاه، يلـــزم رفـــع قدرة نظام مقاومة القوى الجانبية لتحقيق المقاومة المطلوبة. ويمكن تحقـــيق ذلك عن طريق زيادة مقاومة الجدران الحجرية من خلال تخفيض مساحات الفتحات في الجدران أو زيادة سماكة الجدران ذاتها أو استعمال أنظمة انشائية أخرى.

(د) يُؤخـــذ بعين الاعتبار تأثير عزم اللّي الناتج عن اللامركزية بين القوى الجانبية التصـــميمية ومركـــز الجساءة للعناصر الرأسية المقاومة للزلازل في زيادة قوى القـــص على هذه العناصر. وتُصمّم الجدران في الاتجاه المعامد للاتجاه المأخوذ بعين الاعتبار لمقاومة ما نسبته (125) بالمائة من عزم اللّي التصميمي في ذلك الاتجاه.



الشكل (٣-١٤): آليّة الانهيار المُفترضة في الجدار الحجري المصمت

(هـ) المقاومة الجانبية للجدار:

تُحسب المقاومة الجانبية للجدران الحجرية المصمتة من العلاقة التالية:

$$V_{sw} = M_u / 0.67\, h_w \qquad (3\text{-}24)$$

حيث:

V_{sw} = المقاومة الجانبية للجدار الحجري المصمت عند قاعدته، نيوتن.

M_u = العزم المعومل عند قاعدة الجدار، ن.مم.

h_w = ارتفاع الجدار الكلي مُقاساً فوق القاعدة حتى منسوب أعلى مستوى في المبنى، مم.

ويُحسب العزم (M_u) من العلاقة التالية:

$$M_u = T_c\, l_m + \sum_{x=1}^{n} W_{wx}\, l_m/2 + \sum_{x=1}^{n} M_{wx} + \sum_{x=1}^{n} M_{gx} \qquad (3\text{-}25)$$

حيث:

T_c = المقاومة التصميمية للشد في العمود، نيوتن.

l_m = طول الجدار المصمت المأخوذ بعين الاعتبار في اتجاه قوة القص مُقاساً بين محوري العمودين على طرفي الجدار، مم.

W_{wx} = لأغراض هذا البند الفرعي، يعتبر ذلك الجزء من الحمل الميت المعومل (0.9D) التابع للمستوى (x) والمؤثر على المحور الرأسي للجدار المصمت، مع أخذ الأحمال المؤثرة على الجيزان المتصلة بالجدار المصمت بعين الاعتبار، بافتراض وجود عزمين متعاكسين يؤثران على طرفي الجائز المتصل بالجدار (عند وجه الوصلة) أحدهما يسبّب شداً في الوجه العلوي والآخر يسبّب شداً في الوجه السفلي وقيمة كل منهما تعادل المقاومة التصميمية للعزوم (M_u)، وأن الجائز يقع تحت تأثير الحمل الميت المعومل (0.9D)، نيوتن.

M_{wx} = العزم الناتج عن نقل تأثير الحمل (W_{wx}) الى المحور الرأسي للجدار المصمت في المستوى (x)، ن.مم.

M_{gx} = العزم عند وجه وصلة الجائز أو الشناج بالجدار في المستوى (x)، والعائد لمقاومة العزوم التصميمية للجائز أو الشناج والبلاطة حيثما كانت بالشد، ن.مم.

x = رقم يشير إلى مستوى معين من المنشأ؛ فعلى سبيل المثـــال يُعرّف (x=1) بالمستوى الأول فوق قاعدة المنشأ.

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

(و) لتجنّـــب فشل خرسانة التصفيح المحصورة بين الأعمدة بالضغط القطري، يجب أن تحقق مقاومة القص للجدار المصمت العلاقة التالية:

$$V_{dc} \geq (4/3)\, V_{sw} \qquad (3\text{-}26)$$

حيث:

V_{dc} = قوة القص المكافئة لحدوث انهيار بالضغط القطري في الجدار بين الأعمدة.

وتُحسب (V_{dc}) من العلاقة التالية:

$$V_{dc} = l_{cont}\, t\, f_{cu} \qquad (3\text{-}27)$$

حيث:

t = سماكة خرسانة التصفيح، مم.

f_{cu} = المقاومة المميّزة لخرسانة التصفيح. ويمكن لأغراض الحساب، اعتبار قيمتها مساوية (5) ن/مم^2 في حال عدم توفر معلومات مبنيّة على فحوصات فعليّة للخرسانة المصبوبة في الموقع.

ويُحسب البعد l_{cont} من العلاقة التالية:

$$l_{cont} = \alpha_1\, h_{col} \qquad (3\text{-}28)$$

h_{col} = البعد الأكبر للعمود مقاساً في اتجاه موازٍ للقوى المطبّقة على الجدار، مم.

α_1 = عامل رقمي تؤخذ قيمته (0.86) للجدران الحجرية المبنيّة حسب الطريقة الأولى الموصـــوفة في الفقـــرة الأولى مـــن البند الفرعي (٢/٣/٥ب). وتكون قيمة (α_1) مساوية (1.0) للجدران الحجرية المبنيّة حسب الطريقة الثانية الموصوفة في الفقرة الثانية مـــن البند الفرعي (٢/٣/٥ب).

(ز) فشل الانزلاق بالقص:

(١) لتجنب فشل الانزلاق بالقص فـــي جدار الخرسانة، يجب أن تحقق مقاومة القص للجدار المصمت العلاقة التالية:

$$V_{sh} \geq (4/3)\, V_{sw} \qquad (3\text{-}29)$$

حيث:

V_{sh} = مقاومة الأعمدة على طرفي الجدار لانزلاق القص، بافتراض حدوث انزلاق قص في الجدار في منتصف ارتفاعه.

وتُحسب (V_{sh}) من العلاقة التالية:

$$V_{sh} = \left(\frac{4M_{uc}}{h_m} + \mu \sum_{x=1}^{n} W_{wx} \right) \left(\frac{1}{1 - \frac{\mu h_m}{l_w}} \right) \qquad (3\text{-}30)$$

حيث:

μ = معامل احتكاك الخرسانة، ويُعتبر مساوياً المقدار (0.6) للخرسانة المصبوبة على سطح خرساني دون تخشين.

M_{uc} = المقاومة التصميمية للعزوم للعمود المعرّض للضغط متضمّنة تأثيرات القوى المحورية، ن.مم.

h_m = الارتفاع الخالص لجدار الحجر المصمت مقاساً وجهاً لوجه بين البلاطة في الأسفل والوجه السفلي للجائز الواقع ضمن الجدار، مم.

l_w = الطول الخالص لجدار الحجر المصمت مقاساً وجهاً لوجه بين العمودين في اتجاه قوة القص، مم.

W_{wx} = ذلك الجزء من الحمل الميت المعومل كما هو مُعرّف في الفقرة الثانية من البند الفرعي (٣/١٦/٢هـ).

هذا، ولا داع للتحقق من فشل الانزلاق بالقص في الحالات التي تساوي فيها أو تزيد قيمة المقدار ($\mu\, h_m/l_w$) عن (1.0).

(٢) تُحسب قوة القص التصميمية لأعمدة الجدار المصمت من العلاقة التالية:

$$V_e = 4M_{uc}/\phi\, h_m \qquad (3\text{-}31)$$

ويُعتبر عامل تخفيض المقاومة (ϕ) مساوياً (0.87).

(ح) تُحدّد قوى القص التصميمية للجيزان المتّصلة بالجدار المصمت وفقاً للبند الفرعي (٣/٤/٤أ).

(ط) لتجنّب الفشل بالضغط المحوري في أي من العمودين على طرفي الجدار المصمت، يجب أن تتحقق العلاقة التالية:

$$(0.4b_c h_{col} f_{cu}) \geq T_c + \sum_{x=1}^{n} W_{wx} \qquad (3\text{-}32)$$

حيث:

T_c = المقاومة التصميمية للشد في العمود، نيوتن.

b_c = البعد الأصغر لمقطع العمود مُقاساً في اتجاه معامد للقوى المطبّقة على الجدار، مم.

h_{col} = البعد الأكبر لمقطع العمود مُقاساً في اتجاه موازٍ للقوى المطبّقة على الجدار، مم.

f_{cu} = المقاومة المميّزة لخرسانة الأعمدة، ن/مم^2. ويمكن اعتبار قيمتها (5) ن/مم^2 في جدران الحجر المبنيّة حسب الطريقة الأولى الموصوفة في الفقرة الأولى من البند الفرعي (٢/٣/٥ب) إذا لم تتوفر معلومات مبنيّة على فحوصات فعليّة للخرسانة المصبوبة في الموقع.

W_{wx} = لأغراض هذا البند الفرعي، يُعتبر ذلك الجزء من الأحمال الميتة والحيّة المعوملة (1.2D+1.0L) التابعة للمستوى (x) والمؤثرة على المحور الرأسي للجدار المصمت، مع أخذ الأحمال المؤثرة على الجيزان المتّصلة بالجدار المصمت بعين الاعتبار، بافتراض وجود عزمين متعاكسين يؤثران على طرفي الجائز المتّصل بالجدار (عند وجه الوصلة) أحدهما يسبّب شداً في الوجه العلوي والآخر يسبّب شداً في الوجه السفلي، وقيمة كل منهما تعادل المقاومة التصميمية للعزوم (M_u)، وأن الجائز يقع تحت تأثير الحمل الميت والحي المعومل (1.2D + 1.0L)، نيوتن.

٣/١٦/٣ الجدران الحجرية ذات العمود الواحد:

(أ) في الحالات التي تزيد فيها نسبة ارتفاع الجدار الحجري المصمت في الطابق الواحد، مُقاساً بين البلاطتين، إلى عرضه عن (2)، يمكن الاستعاضة عن الأعمدة على جانبي الجدار بعمود واحد في منتصف الجدار على ألا يقل البعد الأكبر للعمود (طول

العمـــود) عـــن (0.8) مـــتر. ولأغراض حساب مقاومة قص الجـــدار الحجري المصمت (V_{sw})، يُحدّد العزم المعومل (M_u) عند قاعدة الجدار من العلاقة التالية:

$$M_u = M_{uc} + \sum_{x=1}^{n} M_{wx} + \sum_{x=1}^{n} M_{gx} \qquad (3\text{-}33)$$

حيث:

M_{uc} = مقاومة العزوم التصميمية للعمود متضمّنة تأثير الأحـــمال الرأسية (W_{wx}) المُعرّفة في البند الفرعي (٣/١٦/٤٢هـ).

(ب) يُصمّم العمود لمقاومة قوة القص المحسوبة من العلاقة التالية:

$$V_u = (4/3)\, V_{sw} \qquad (3\text{-}34)$$

(ج) يجب أن تحقق أبعاد مقطع العمود العلاقة التالية:

$$\sum_{x=1}^{n} W_{wx} \le 0.4\, b_c\, h_{col}\, f_{cu} \qquad (3\text{-}35)$$

حيث:

b_c = البعد الأصغر لمقطع العمود مُقاساً باتجاه معامد للقوى المطبّقة على الجدار، مم.

h_{col} = البعد الأكبر لمقطع العمود مُقاساً باتجاه موازٍ للقوى المطبّقة على الجدار، مم.

f_{cu} = المقاومة المميّزة لخرسانة الأعمدة، ن/مم^2. ويمكن اعتبار قيمتها مكافئة (5) ن/مم^2 في جدران الحجر المبنيّة حسب الطريقة الأولى الموصوفة في الفقرة الأولى من البند الفرعي (٢/٣/٥ب) إذا لم تتوفر معلومات مبنيّة على فحوصات فعليّة للخرسانة المصبوبة في الموقع.

٣/١٦/٤ تسليح الجيزان ضمن الجدران الحجرية:

(أ) يجـــب ألا تقل نسبة التسليح السفلي وكذلك العلوي عند أي مقطع في الجائز عن مقدار ($0.02\, d/l_n$) وألا تزيد عن مقدار ($0.04\, d/l_n$)، حيث (d) عمق المقطع الفعّال لـــلجائز و (l_n) الـــبحر الخالص للجائز مُقاسا وجهاً لوجه بين الركيزتين، وبحيث يستمر هذا التسليح على كامل طول الجدار الحجري ويُثبّت أو يتراكب بالشد.

(ب) يجب ألا يقل مجموع التسليح السفلي والتسليح العلوي عند أي مقطع في جزء الجائـــز الواقـــع ضمن الجدار الحجري المصمت عن المقدار ($V_{sw}/\phi f_y$)، حيث تُؤخذ قيمة عامل تخفيض المقاومة (ϕ) مساوية للمقدار (0.87).

٣/١٦/٥ الجدران الحجرية التي لا تشكّل جزءاً من النظام الإنشائي المقاوم للزلازل:

يجب ألا تستجاوز الإزاحة الجانبية الطابقية المحسوبة على أساس الإزاحة الجانبية العظمى (Δ_M) ما نسبته (1) بالمائة من ارتفاع الطابق في الحالات التي يتم فيها إهمال مقاومة الجدران الحجرية للقوى الجانبية والاعتماد على أنظمة إنشائية أخرى لمقاومة تأثيرات الزلازل. ولأغراض ذلك، تُعفى الجدران الحجرية من شروط تحقيق متطلبات البنود من (٣/١٦/٢) إلى (٣/١٦/٤) بالإضافة إلى متطلبات البند الفرعي (٢/٣/٥ب)، شريطة أن تُزوّد الجدران بأعمدة تقوية بتباعد لا يزيد عن (4) أمتار وأن تحقق متطلبات المادة (٣/١٥).