نقابة المهندسين
في الجمهورية العربية السورية

لجنة التدريب والتأهيل المركزية
الفريق الوطني للتأهيل والتدريب للاختصاص الإنشائي

دورة تأهيلية في الدراسات الإنشائية
وإعداد المهندسين المتقدمين إلى مرتبة الاستشاري بالدراسات
في الاختصاص الإنشائي

2019

محاضرة : تصميم المباني لمقاومة الزلازل

إعداد: د. م. محمد كرامة بدورة
رئيس لجنة الكود العربي السوري لتصميم وتنفيذ المنشآت

مقدمة

لقد صدر خلال هذه السنة النسخة المطورة من الملحق رقم /٢/ للكود . ومن أهم التطويرات التي جرى تنفيذها في هذا الملحق ، هي إلغاء الطريقة الاستاتيكية المكافئة الأولى (التي كانت مشروحة بالكود الأساس ومسموح العمل بها بموجب هذا الملحق في ذلك الوقت)، وإضافة طريقة جديدة هي الطريقة الاستاتيكية المكافئة المطورة (التي تعتمد على الكود IBC - 2009 والكود ASCE-7 / 2010) وتمثل أحدث التطورات في مجال تصميم المباني والمنشآت لمقاومة الزلازل. وهكذا جرى إعادة تسمية الطريقة الإستاتيكية المكافئة الثانية (التي كانت تعتمد على الكود UBC-97)، بحذف كلمة الثانية من الإسم، وأصبحت الطريقتان المعتمدتان لتصميم وتحقيق الأبنية والمنشآت لمقاومة الزلازل هما:

الطريقة الاستاتيكية المكافئة والطريقة الاستاتيكية المكافئة المطورة ، إضافة بالطبع للطرائق الديناميكية الأكثر شمولية، والتي كانت معتمدة أيضاً بالطبعة الأولى.

و يجدر التنويه إلى أن هذه المحاضرة لن تشمل الطريقة الاستاتيكية المكافئة المطورة حيث أنها تحتاج إلى بعض الوقت لشرحها للزملاء بعد أن يكونوا قد راجعوها و درسوها في المحلق رقم /٢/ . و سيتبين للزملاء أن هذه الطريقة التي هي أكثر تطوراً تحتاج إلى جهد في التطبيق أكثر من الطريقة الاستاتيكية المكافئة . و حيث أنها غير ملزمة التطبيق فلن تكون داخلة ضمن بنود امتحانات هذا العام .

تُـصمم وتحقق جميع المباني والمنشآت وأية أجزاء منها لمقاومة القوى الأفقية والرأسية (الشاقولية) المكافئة لتأثير الزلازل وفق الشروط الخاصة الواردة في هذا الكود الملحق، وإضافةً لذلك يسمح باستعمال الكودات المذكورة في البند (١-١-٤)، حيث تأخذ بالحسبان الخط الطيفي لتجاوب المنشأة وممطوليتها وقدرتها على امتصاص الطاقة الناتجة عن الزلازل وتخميدها، على أن لا تقل القوى و الآثار الناتجة عما ينتج عن تطبيق هذا الكود الملحق.

و تحدد الغاية من تصميم المباني والمنشآت لمقاومة الزلازل في حال حدوثها بما يلي:

(أ) منع الخسائر البشرية.

(ب) استمرار خدمات المباني الهامة والمنشآت الحيوية قدر الإمكان.

(ج) حماية المباني والمنشآت من الانهيارات التي تسبب خسائر في الأرواح والممتلكات.

(د) تقليل الأضرار في الممتلكات والمباني.

لا يضمن تصميم المباني والمنشآت لمقاومة الزلازل في حال حدوثها ما يلي:

(أ) منع الأضرار في المباني والمنشآت كلياً، مثل حدوث تصدعات أو شقوق في العناصر الإنشائية أو عناصر الإكساء.

(ب) استمرار المباني والمنشآت غير الحيوية في أداء المهام المبنية من أجلها.

- من المعترف به عالمياً أن تأمين الحماية التامة ضد جميع الزلازل غير ممكن اقتصادياً لمعظم أنواع المباني والمنشآت.
- يجب تصميم وتنفيذ المباني والمنشآت وأجزائها لمقاومة تأثيرات الحركة الأرضية الزلزالية الواردة في هذا الكود الملحق كحد أدنى.
- عندما تنتج أحمال الرياح المطبقة على المباني والمنشآت تأثيرات أكبر من تأثيرات الزلازل، فإن أحمال الرياح هي التي ستحكم التصميم، ولكن متطلبات التفصيلات والاشتراطات والاحتياطات الواردة في هذه الكود يلزم إتباعها أيضاً.

أولاً : أحمال الزلازل

١-١- مجال الاستعمال :

يُعتمد في الجمهورية العربية السورية التصنيف المذكور وفقاً للخارطة الزلزالية الواردة في الملحق (د) والجدول في الملحق (هـ) من هذا الكود.

وفقاً لهذا الكود يتوجب تصميم وتنفيذ كل منشأة وكل جزء منها لمقاومة قوى أفقية كلية دنيا تمثل قوى الزلازل، وتحسب بالطريقة المناسبة من الطريقة الاستاتيكية المكافئة أو من الطريقة الاستاتيكية المكافئة المطورة أو من إحدى الطرائق الديناميكية الواردة في الملحق رقم (٢) الخاص بالزلازل، مع العلم أنه بالطريقتين الاستاتيكية المكافئة و الاستاتيكية المكافئة المطورة تؤثر القوى الأفقية الجانبية باتجاه المحاور الرئيسية للمسقط الأفقي للمنشأة (حيث تؤثر باتجاه كل محور رئيسي وبشكل غير متواقت) .

١-٢- تقييم أحمال الزلازل وفق الطريقتين الاستاتيكية المكافئة والاستاتيكية المكافئة المطورة:

تُعتمد الطريقتان الاستاتيكية المكافئة والاستاتيكية المكافئة المطورة في المناطق الخاضعة للزلازل، لحالة المباني والمنشآت التي تحقق الشروط الواردة في الملحق (٢) الخاص بالزلازل، أي عندما يكون البناء متناظراً أو شبه متناظر للكتل والقساوات في كل من الاتجاهين والتي لا يوجد فيها تراجعات شاقولية أو أفقية تزيد على الحدود المسموحة والموصوفة في الملحق رقم (٢) الخاص بالزلازل، كما لا يزيد ارتفاعها على 73m . يمكن، في هاتين الطريقتين، أخذ أحمال الزلازل على هذه المنشآت بصفة أحمال أفقية مطبقة عند مركز ثقل كل منسوب من مناسيب المنشأة، وتؤثر باتجاه المحاور الرئيسية للمنسوب المدروس وبالاتجاه المدروس.

و قد تم في الكود الأساس، شرح مبادىء الطريقة الاستاتيكية المكافئة فقط، وتم في الملحق (٢) الخاص بالزلازل تفصيل الطريقتين الاستاتيكية المكافئة والاستاتيكية المكافئة المطورة والطرائق الديناميكية.

تُحسب (في الطريقة الاستاتيكية المكافئة) قوة القص القاعدي V، وهي قوة القص الكلية الأفقية في الاتجاه المدروس، عند منسوب اتصال الأساس مع المبنى أو المنشأة (أي مستوى القاعدة) اعتماداً على عدة بارامترات، وهي:

- معامل التسارع الزلزالي للأرض (Z).
- معامل الأهمية (I).
- معامل السلوك اللا مرن (R).
- الفترة الأساسية للتردد الذاتي للمبنى أو المنشأة (الدور الأساس للاهتزاز T).
- الترابط المشترك والطنين بين المنشأة وتربة تأسيسها، ويتم التعبير عنه بمعامل مقطع التربة S، وبتأثيره على العاملين C_a - C_v.

١-٢-١- تقييم معامل التسارع الزلزالي للأرض Z :

يعرف المعامل **Z** بأنه التسارع الزلزالي للأرض في الموقع المدروس كنسبة مئوية من تسارع الجاذبية الأرضية g ($9.81\ m/sec^2$)، وتؤخذ قيمه من الجدول (١).

الجدول (١): قيم المعامل Z

المنطقة	0	1	2A	2B	2C	3	4
قيم المعامل Z	0	0.075	0.15	0.20	0.25	0.30	0.40

كما يمكن اعتماد قيم متوسطة للمعامل Z، حسب الخارطة الزلزالية للموقع المدروس، حتى لو زادت على القيمة 0.30 ماعدا المنشآت الخاصة وبناءً على دراسات زلزالية مفصلة للموقع قيد الدراسة يمكن أن تصل إلى القيمة 0.40. وفي الحالات العادية يمكن اعتماد القيم الواردة في الخارطة الزلزالية لسورية (الملحق د) من الكود أو القيم الواردة في جدول الملحق (هـ) من الكود.

أما في حال اتباع الطريقة الاستاتيكية المكافئة المطورة الواردة في الملحق (ج) من الملحق (٢) الخاص بالزلازل، فيتم تحديد قيمة المعامل Z للمنطقة، من قيمة التسارع الأرضي الأعظمي (PGA) المحسوب وفقاً لتلك الطريقة، وذلك كما ورد أيضاً في الملحق (ج) من الملحق (٢) الخاص بالزلازل.

١-٢-٢- تقييم معامل أهمية المنشأة I :

يُعرف البارامتر **I** بأنه معامل أهمية المنشأة وطبيعة استعمالها، وتؤخذ قيمه من الملحق (٢) الخاص بالزلازل وفق الجدول**(٢)** .

I يمثل معامل أهمية المنشأة وطبيعة استعمالها، وتؤخذ قيمه من الجدول (٢)

الجدول**(٢) قيم المعامل I**

نوع الإشغال	أنواع أو وظائف المنشأة	معامل الأهمية الزلزالي I	معامل الأهمية الزلزالي I_p (1)
1- المرافق الرئيسية .	- الإشغالات الحاوية على المرافق الخاصة بالعمليات الجراحية ومعالجة الطوارئ.	1.25	1.50
	- المحطات الخاصة بالمطافئ والشرطة.		
	- المرائب والملاجئ الخاصة بآليات الطوارئ وكذلك مطارات الطوارئ.		

	- المنشآت والملاجئ الواقعة في مراكز الاستعداد للطوارئ.		
	- أبراج مراقبة الطيران.		
	- المنشآت والمعدات في مراكز الاتصال الحكومية وباقي المرافق المطلوبة لاستجابة نداء الطوارئ.		
	– معدات توليد الطاقة الكهربائية الاحتياطية. – المنشآت الوظيفية الهامة مثل منشآت الدفاع المدني والصوامع والجسور .... إلخ.		
	- الخزانات أو باقي المنشآت الحاوية على المياه المنزلية أو المياه الداعمة أو أية مواد أخرى تستعمل لإطفاء الحريق.		
2 – المرافق الخطرة.	- الإشغالات والمنشآت الحاوية على مواد كيميائية سامة أو قابلة للانفجار. - المنشآت التي ليس لها شكل المباني والتي تحتوي على كميات من المواد السامة أو المتفجرة.	1.25	1.50
3– المنشآت الأخرى.	- باقي المنشآت	1.00	1.00

(1) إن حدود قيمة (I_p) لوصلات العوارض تساوي (1.0) لمجمل الوصلة.

(2) لإرساء الماكينات والتجهيزات المطلوبة لتوفير أمان ذي عمر طويل، تؤخذ قيمة (I_p) مساوية لـ (1.5).

أما المنشآت النووية وما شابهها فيحدد لها عوامل الأهمية، ويتم تصميمها بالاعتماد على كوداتها الخاصة.

١-٢-٣- تقييم معامل السلوك اللا مرن (معامل تعديل القوى الزلزالية) R :

يُعرف المعامل **R** بأنه معامل تأثير السلوك اللا مرن للمباني والمنشآت على الأحمال الزلزالية، ويُسمى اختصاراً معامل السلوك اللا مرن، وتؤخذ قيمه من الجدول(٣-٦) في الملحق (٢) الخاص بالزلازل ويمكن للتبسيط اعتماد الجدولين رقم (٣) حسب الحال .

١-٢-٤- تقييم الفترة الأساسية للتردد الذاتي للمبنى أو المنشأة (T):

تُعرف الفترة الأساسية للتردد الذاتي للمبنى أو المنشأة (الدور الأساس للاهتزاز T) بأنها تساوي قيمة الدور الأساسي (الأول) للمنشأة (أو المبنى) المهتزة بالاتجاه المدروس، مقدرة بالثانية. يتم تعيين قيمة T

كالآتي:

أ - في حال استعمال التحديد المباشر التقريبي لقيمة T يمكن اعتماد العلاقة التجريبية التقريبية الآتية (عند استعمال جدران قصية في التصميم لمقاومة الزلازل):

$$T_{(sec)} = 0.08\ N \qquad (١)$$

حيث: N عدد طوابق المنشأة.

ب- أما في حال كون المنشأة منفذة من جمل إطارية فراغية مطاوعة من الخرسانة المسلحة قادرة على امتصاص مجمل القوى الجانبية المتأتية عن الزلازل ولا تتصل مع عناصر صلدة أخرى تمنعها عن الحركة تحت تأثير القوى الجانبية، فيمكن تحديد قيمة الدور الأساسي للمنشأة مقدرة بالثانية وفق العلاقة التجريبية التقريبية الآتية:

$$T = 0.1\ N \qquad (٢)$$

ج- إضافة لحساب T وفق إحدى العلاقتين الواردتين في أ و ب أعلاه، يلزم حسابها أيضاً وفق العلاقة التقريبية الآتية:

$$T = \gamma_t \cdot (h_n)^{3/4} \qquad (٣)$$

حيث:

h_n = ارتفاع المنشأة (أو المبنى) من القاعدة حتى أعلى منسوب (أي المنسوب n) مقدراً بالمتر.

$\gamma_t = 0.0853$ للإطارات المعدنية المقاومة للعزوم.

$\gamma_t = 0.0731$ للإطارات الخرسانية المسلحة المقاومة للعزوم وللإطارات المكتفة لا مركزياً.

$\gamma_t = 0.0488$ للمباني الأخرى كافة.

ويمكن، كحل بديل، أخذ قيمة γ_t للمنشآت والمباني الحاوية على جدران قص خرسانية أو حجرية من العلاقة:

$$\gamma_t = 0.0743 / \sqrt{A_c} \qquad (٤)$$

حيث: A_c = المساحة المكافئة الفعالة المركبة لجدران القص في الطابق الأول من المبنى فوق الأساس، بالمتر المربع، وتحدد قيمتها من العلاقة الآتية:

$$A_c = \Sigma\ A_e\ [\ 0.2 + (D_e/h_n)^2\ ]\ (٤')$$

حيث: A_e = المساحة الدنيا للمقطع العرضي لجدار القص (بالمتر المربع) في أي مستوي أفقي في الطابق الأول فوق منسوب الأساس.

D_e : الطول (m) لجدار القص في الطابق الأول بالاتجاه الموازي للقوى المطبقة، بما فيها أطوال الفتحات في الجدار.

يجب ألا تتجاوز قيمة (D_e/h_n) في العلاقة السابقة القيمة 0.9.

ملاحظة : تؤخذ القيمة الأصغر للدور T الناتجة من تطبيق العلاقة في (3) أعلاه أو من تطبيق إحدى العلاقتين (1) أو (2) (حسب الجملة الإنشائية).

د - في حال حساب قيمة الدور الأساسي للمنشأة (أو المبنى) اعتماداً على خصائصها الحركية (الديناميكية)،

يمكن استعمال علاقة ريلاي الآتية، والناجمة عن التحليل الحركي التقريبي للمنشأة الشكل (١).

$$T = 2\pi \sqrt{\left(\sum_{i=1}^{n} W_i \cdot \delta_i{}^2\right) \div g\left[\sum_{i=1}^{n-1} F_i \cdot \delta_i + (F_n + F_t)\delta_n\right]} \quad (٥)$$

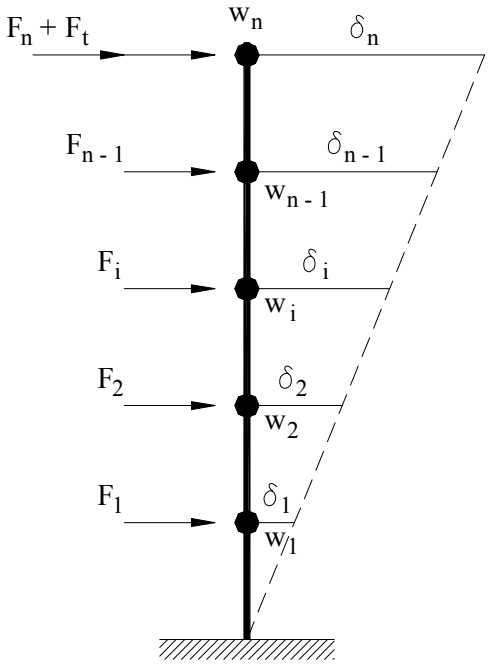
حيث: W_i وزن المنشأة المركّز عند المنسوب i، أو الناجم عن وزن المنسوب i فقط، ويساوي جزءاً من الوزن الكلي للمنشأة أو المبنى W المعرّف أدناه.

δ_n, δ_i السهم الأفقي الناجم في المنشأة نتيجة تطبيق القوى الأفقية المركّزة عند المناسيب من 1 إلى n والناجمة عن الزلازل، وذلك في المناسيب n,i بالترتيب.

g التسارع الأرضي.

F_n, F_i القوى الأفقية الناجمة عن الزلازل والمركّزة عند المناسيب المختلفة n,i .

F_t القوى الأفقية الناجمة عن الزلازل والمركّزة عند أعلى المنشأة عند المنسوب n .



الشكل (١): تمثيل المنشأة الطابقية لحساب الدور الأساسي بطريقة ريلاي

ويُذكر أنه لا بُد من استعمال إحدى العلاقات التقريبية في بدء كل تصميم لأن قيمة T تكون مجهولة آنئذ، ثم بالتقريب المتتالي نقترب من القيمة الأدق عن طريق حساب قيمة ذلك الدور اعتماداً على الخصائص الحركية للمنشأة.

ملاحظة ١: عندما تزيد قيمة T (في أي من الاتجاهين) المحسوبة بطريقة ريلاي أو بطريقة دقيقة تعتمد على التحليل الديناميكي على قيمة T المعتمدة من الطرائق التقريبية (الواردة في (1) و(2) و(3) أعلاه) ، يسمح بزيادة T التقريبية بما لا يزيد على 40 % للمنطقة الزلزالية رقم /3/ و على 30 % للمنطقة الزلزالية /4/ من قيمتها (بحيث لا تزيد على قيمة T الناتجة من ريلاي أو من

الطريقة الدقيقة). على أنه يسمح باعتماد كامل القيمة T بطريقة ريلاي أو بطريقة دقيقة تعتمد على التحليل الديناميكي عند حساب الازاحات والانتقالات .

ملاحظة ٢: يجدر التنويه بأنه حتى في حال استعمال إحدى الطرائق الديناميكية لحساب تأثير الزلازل، فإنه يلزم حساب قوة القص القاعدي بإحدى الطريقتين الاستاتيكيتين المكافئة أو المكافئة المطورة الواردتين في الملحق رقم (٢) الخاص بالزلازل (وهي مصعدة بالأصل) وذلك من أجل تحديد قوة القص القاعدي الديناميكية (المصعدة بالأصل) اللازم اعتمادها، كما هو موضح في الملحق رقم (٢) .

١-٢-٥- تقييم الترابط المشترك بين المنشأة وتربة تأسيسها:

يتم تقييم الترابط المشترك بين المنشأة وتربة تأسيسها عن طريق قياس سرعة أمواج القص ضمن تربة التأسيس، حيث يتم تصنيف مقاطع التربة إلى ستة أصناف (S_A-S_B-S_C-C_D-S_E-S_F) وفقاً لسرعة أمواج القص. يتم أخذ تأثير خواص مقاطع التربة خلال الزلازل على المنشآت بإجراء تعديلات على قيم التسارع الأرضي الزلزالي، كما هو مبين في الجدول رقم (٤) المعطى أدناه و الوارد في الملحق /٢/ :

الجدول (٤): تصنيف التربة وخواصها الزلزالية

نموذج المقطع الشاقولي للتربة	تسمية المقطع الجانبي (الشاقولي) للتربة (الوصف العام)	الخصائص الوسطية للتربة ذات العمق (30.5 m) من المقطع الجانبي		
		سرعة أمواج القص $\overline{v}_s$ (m/sec)	تجربة الاختراق النظامية $(\overline{N})$ أو $(\overline{N}_{CH})$ للترب غير المتماسكة من طبقات التربة (ضربة/قدم) (blows/ft)	مقاومة القص غير المصرفة $\overline{s_U}$ (kPa)
S_A	صخر صلب (قاسٍ)	1500	-	-
S_B	صخر	760 - 1500	-	-
S_C	تربة ذات كثافة عالية جداً وصخر طري (كونغلوميرات)	360 - 760	> 50	> 100
S_D	تربة صلبة	180 - 360	15 – 50	50 – 100
S_E[1]	تربة طرية	< 180	< 15	< 50
S_F	تربة تتطلب دراسة خاصة في الموقع (يراجع البند (٣-٤-١))			

(١) يشمل صنف المقطع الجانبي للتربة (S_E) أيضاً أي مقطع جانبي بسماكة أكبر من (3m) من الطين (الغضار) الطري المعرف على أن قرينة اللدونة فيه $PI > 20$ ، $w_{mc} \geq 40$ ٪ و $\overline{s_U} < (24\ kPa)$

(٢) تحدد قرينة اللدونة، PI ، والمحتوى الرطوبي، w_{mc}، وفق المواصفات الوطنية المعمول بها.

١-٢-٦- و يمكن للتبسيط اعتماد طريقة مبسطة لتحديد صنف المقطع الجانبي للتربة:

- لا يعتمد صنف المقطع الشاقولي S_A إلا باختبارات حقلية واقعية بالأمواج فوق الصوتية ولعمق لا يقل عن 30m **تحت منسوب التأسيس**، وتحمل تربة لا يقل عن $4.5\ kg/cm^2$.
- يمكن اعتماد صنف المقطع الشاقولي S_B عندما يكون الإجهاد المسموح للتربة لا يقل عن$3.5\ kg/cm^2$، مع تنفيذ اختبارات حقلية بالأمواج فوق الصوتية لعمق لا يقل عن 20m .
- يمكن اعتماد صنف المقطع الشاقولي S_C عندما يكون الإجهاد المسموح للتربة لا يقل عن $3\ kg/cm^2$، مع تنفيذ اختبارات حقلية بالأمواج فوق الصوتية لعمق لا يقل عن 15m .
- يمكن اعتماد صنف المقطع الشاقولي S_D عندما يكون الإجهاد المسموح للتربة لا يقل عن $2.5\ kg/cm^2$، مع تنفيذ اختبارات حقلية واقعية بالأمواج فوق الصوتية لعمق لا يقل عن 15m .
- يمكن اعتماد صنف المقطع الشاقولي S_E عندما يكون الإجهاد المسموح للتربة لا يقل عن $2.0\ kg/cm^2$، مع تنفيذ اختبارات حقلية بالأمواج فوق الصوتية لعمق لا يقل عن 15m .

ويمكن أيضاً أخذ قيم وسطية بين القيم السابقة.

- يسمح أن تكون مواقع الأسبار للاختبارات الحقلية المذكورة أعلاه، في حدود مسافة لا تزيد على 2 m خارج رقعة المبنى.
- إذا لم يتحقق أي من الشروط السابقة، فيمكن اعتماد صنف المقطع الشاقولي S_F .
- لا يسمح بالتوسط بين S_A و S_B ، ويسمح بالقيم الوسطية بين البقية.
- إذا كانت الاختبارات غير كافية لتصنيف المقطع كمقطع S_D، فيصنف كمقطع S_E .

إذا كانت قيمة الاجهاد المسموح لتربة التأسيس (في تقرير ميكانيك التربة) المحسوبة من علاقات المقاومة تزيد على القيمة المحسوبة من تحقيق الهبوط ، فيمكن اعتماد هذه القيمة العليا عند تحديد صنف المقطع الشاقولي للتربة ، على أن لا يتجاوز (التحسين) النموذج الذي يعلو النموذج الموافق (لقيمة الاجهاد المسموح لتحمل التربة) من الهبوط .

وفي حال الاستناد على أوتاد ارتكاز، فيمكن اعتماد صنف المقطع الشاقولي S_A ، أما في حال الاستناد على أوتاد احتكاك، فيمكن اعتماد صنف المقطع الشاقولي للتربة S_B . وفي حال الاستناد على أوتاد ارتكاز وإحتكاك معاً فيمكن اعتماد صنف المقطع الشاقولي بقيمة بين S_A وS_B حسب نسبتي مساهمتيهما.

١-٢-٧- تقييم الوزن الإجمالي W :

يعرف الوزن الإجمالي **W** بأنه يساوي مجمل الأحمال الميتة في حالة المباني والمتشآت العادية، أما في حالة المستودعات والمصانع وماشابهها، فيؤخذ 25% من مجمل الأحمال الحية غير المخفضة المطبقة على المنشأة. وفي حالة الخزانات فيلزم أخذ كامل وزن السائل بالحسبان. على أنه، في جميع الحالات، يلزم إدخال الأحمال الحية في تصميم العناصر، وفق التراكيب الواردة في الكود و الملحق رقم /٢/ .

١-٣- مجموعات الجمل الإنشائية:

١-٣-١- عام:

عندما توجد مجموعات من الجمل الإنشائية مندمجة في المنشأة ذاتها، فيجب تحقيق المتطلبات التالية :

١-٣-٢- التراكيب بالاتجاه الرأسي:

يجب أن تكون قيمة (R) المستعملة في تصميم أي طابق أقل أو تساوي قيمة (R) المستعملة في الطابق الأعلى بالاتجاه المدروس. ولا يطبق هذا الشرط على الطابق الذي يكون الوزن الميت فوقه أقل من **(10%)** من الوزن الميت الكلي للمنشأة.

وبذلك يمكن تصميم المنشآت باتباع الإجراءات الواردة في هذا الباب تحت الشروط الآتية:

(أ) تصمم كامل المنشأة باستعمال القيم الدنيا لـ (R) الخاصة بجمل مقاومة القوة الجانبية المستعملة أو:

(ب) المنشآت المدروسة والمطابقة لمحتوى البند الفرعي (٣-٩-٣-د) من الملحق رقم /٢/ الذي ينص على مايلي :

"(د) المنشآت المؤلفة من جزأين، جزء علوي لين (flexible) ويستند على الجزء السفلي الصلب (Rigid)، وحيث يكون كلاً من الجزأين منتظماً بحد ذاته، كما أن القساوة المتوسطة الطابقية للجزء السفلي لا تقل عن عشرة أمثال القساوة المتوسطة الطابقية للجزء العلوي، كما وأن الفترة الأساسية للمنشأة الكاملة لاتزيد على (1.1) مرة الفترة الأساسية للجزء العلوي المفترض كمنشأة مستقلة مثبتة عند قاعدتها".

يتم استعمال إجراءات التحليل الاستاتيكي الآتية على مرحلتين وهما:

١) تصميم الجزء العلوي اللين كمنشأة مستقلة تستند جانبياً على الجزء السفلي الصلب (الجاسىء Stiff) وذلك باستعمال القيمة المناسبة لكل من (R) و(ρ).

٢) تصميم الجزء السفلي الصلب (الجاسىء Stiff) كمنشأة مستقلة باستعمال القيمة المناسبة لكل من (R) و(ρ)، أما ردود الأفعال الناتجة عن الجزء العلوي، فهي تلك المحددة من تحليل الجزء العلوي بعد تكبيرها بالنسبة (R/ρ) للجزء العلوي مقسومة على (R/ρ) للجزء السفلي.

١-٣-٣- التراكيب باتجاه محاور مختلفة:

في المناطق الزلزالية (3) و(4) وعندما تكون لمنشأة ما جملة جدران حاملة في اتجاه واحد فقط، فإن قيمة (R) المستعملة في التصميم بالاتجاه المتعامد يجب أن لا تزيد على تلك المستعملة لجملة الجدران الحاملة.

إن أي تركيب مؤلف من جملة الجدران الحاملة و جمل الأبنية الهيكلية (الإطارية) و الجمل الثنائية أو جمل الإطارات المقاومة للعزوم، يمكن أن يستعمل لمقاومة القوى الزلزالية في المنشآت التي لا يزيد ارتفاعها على (49m). أما في المناطق الزلزالية (3) و(4) عندما يزيد ارتفاع المنشآت على (49m) فيجب استعمال تراكيب الجمل الثنائية والإطارات الخاصة المقاومة للعزوم في مقاومة القوى الزلزالية.

١-٣-٤- التراكيب باتجاه المحور ذاته:

باستثناء الجمل الثنائية والجمل المختلطة، في المناطق الزلزالية (0 و1)، فعندما تستعمل تراكيب مختلفة من الجمل الإنشائية لمقاومة القوى الجانبية في الاتجاه ذاته، تؤخذ قيمة (R) المستعملة في التصميم في هذا الاتجاه بحيث لا تزيد على القيمة الدنيا لأي من الجمل المستعملة في الاتجاه ذاته.

١-٤- ١- التوزيع الرأسي للقوى الزلزالية:

يتم توزيع القوة الزلزالية الكلية على ارتفاع المنشأة وفق العلاقات (٦) و (٧) و (٨) وذلك في حال عدم توفر إجراء أكثر دقة.

$$V = F_t + \sum_{i=1}^{n} F_i \qquad (٦)$$

تحدد القوة المركزة (F_t) عند القمة، والتي هي بالإضافة لـ (F_n) من العلاقة:

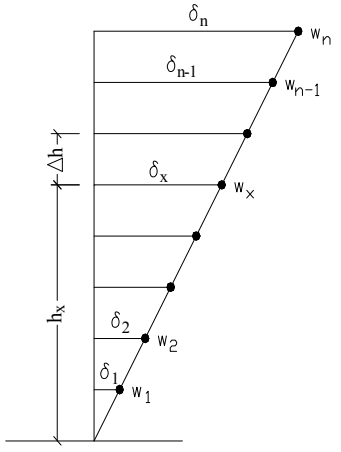
$$F_t = 0.07\ T.\ V \qquad (٧)$$

إن قيمة T المستعملة في حساب (F_t) هي الفترة التي تتعلق بالقص القاعدي التصميمي والمحسوب باستعمال العلاقة (٤-٤).

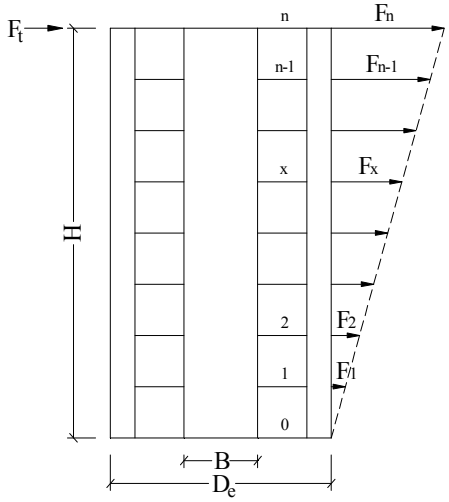
يجب أن لا تتجاوز قيمة (F_t) المعتمدة $(0.25V)$ ، ويمكن أخذها مساوية للصفر عندما تكون (T = 0.7 sec) أو أقل. أما الجزء المتبقي من القص القاعدي فيتم توزيعه على كامل ارتفاع المنشأة بما فيها المنسوب n، وذلك وفق الصيغة الآتية (راجع الشكل (٢) من أجل W و h):

$$F_x = \frac{(V - F_t)\, w_x . h_x}{\sum_{i=1}^{n} w_i\, h_i} \qquad (٨)$$

تطبق القوة F_x عند كل منسوب مشار إليه بـ (x) (راجع الشكل (٣))، على مساحة من المبنى وذلك وفق توزع الكتلة عند هذا المنسوب. يتم حساب الانتقالات الإنشائية والقوى الزلزالية التصميمية كناتج لتأثير القوى F_x و F_t المطبقة على المستويات المناسبة الواقعة فوق القاعدة.



الشكل (٢): أحمال الطوابق w والانتقالات الأفقية δ



الشكل (٣): توزع القوى الزلزالية التصميمية F المطبقة في الطوابق

١-٤-٢- التوزيع الأفقي لقوة القص:

تساوي قوة القص التصميمية (V_x)، في أي طابق لمجموع القوى (F_t) و(F_x) الواقعة فوق هذا الطابق، ويتم توزيع قيمه على مختلف العناصر الموجودة في الجملة الرأسية المقاومة للقوى الجانبية وذلك وفق نسب قساواتها، وبما يتوافق مع التحليل الإنشائي للبناء، على أن يؤخذ بالحسبان قساوة الديافرام (البلاطة)، انظر البند (٧-١١-٣) في ملحق الكود رقم/٢/ للعناصر القاسية، وغير المعدودة كجزء من جمل مقاومة القوى الجانبية .

وعندما تكون الديافرامات (البلاطات) غير لينة (not flexible) فيلزم افتراض إزاحة الكتلة عند كل منسوب من مركز الكتلة المحسوب في كل اتجاه، لمسافة تساوي (5%) من بعد المبنى عند هذا المنسوب في اتجاه متعامد مع اتجاه القوة المدروسة. ويؤخذ تأثير هذه الإزاحة على توزيع القص الطابقي.

يجب افتراض الديافرامات (البلاطات) لينة لأغراض توزيع القص الطابقي وعزم اللي (الفتل) عندما يكون الانتقال الجانبي الأعظمي للديافرام أكبر من ضعفي متوسط الإزاحة للطابق المرافق. ويمكن تحديد ذلك بمقارنة السهم المحسوب في المستوي الأفقي لنقطة منتصف الديافرام ذاته بتأثير الحمل الجانبي مع إزاحة الطابق للعناصر المقاومة الرأسية المرافقة تحت تأثير قوى جانبية مكافئة إضافية.

١-٥- عزوم الفتل (اللي) الأفقية:

يجب اتخاذ الاحتياطات اللازمة للأخذ بالحسبان الزيادة في قوى القص والناتجة عن الفتل (اللي) الأفقي عندما تكون الديافرامات غير لينة، وبذلك يجب الأخذ بالحسبان تراكيب الأحمال الأكثر خطورةً على كل عنصر عند تصميمه.

يساوي عزم الفتل (اللي) التصميمي عند طابق ما، العزم الناتج عن اللا مركزيات الناشئة بين القوى الجانبية التصميمية المطبقة عند المناسيب الواقعة أعلى ذلك الطابق ومركز قساوة العناصر الرأسية المقاومة في هذا الطابق، مضافاً إليها قيمة تمثل الفتل (اللي) الطاريء. يتم تحديد عزم الفتل (اللي) الطاريء بافتراض أن الكتلة قد انتقلت كما ذكر سابقاً .

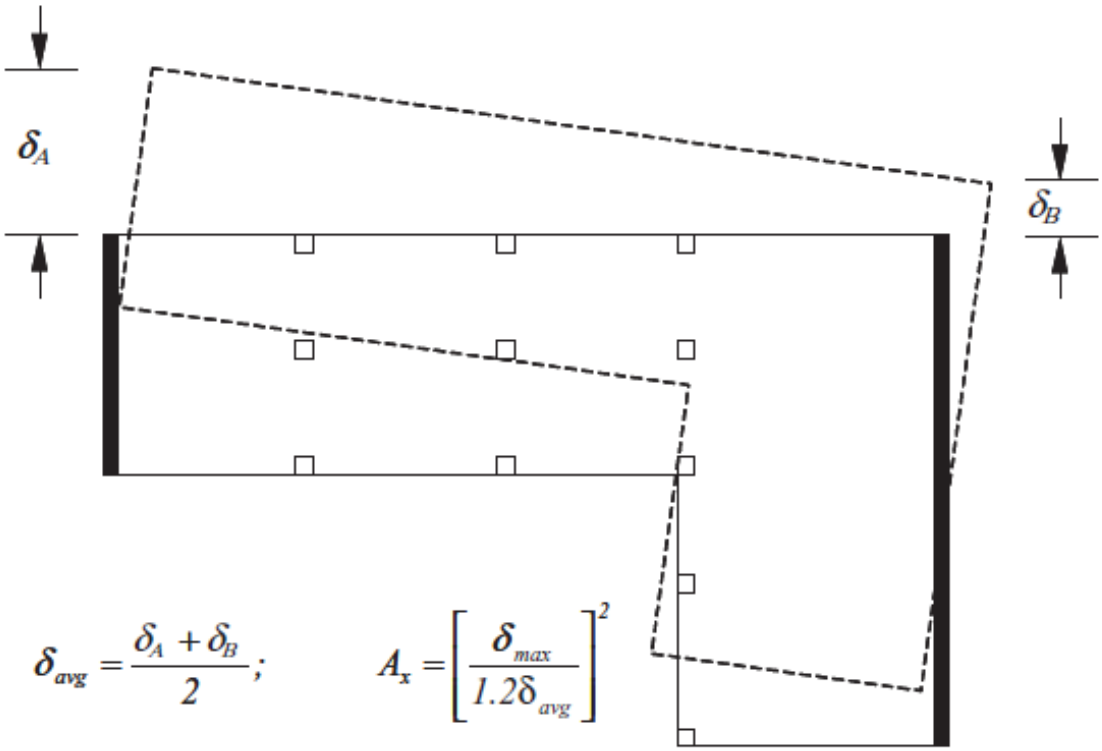
وفي حالة الجمل الإنشائية التي تحوي عدم انتظام في الفتل (اللي) ، كما هو معرف في الجدول (٦) من ملحق الكود رقم /٢/ الخاص بعدم الانتظام الإنشائي في المسقط الأفقي فإن تأثيرات ذلك يجب أن تؤخذ بالحسبان في زيادة الفتل الطارئ عند كل منسوب، بمعامل تكبير (Ax) محدد من العلاقة الآتية:

$$A_x = \left[\frac{\delta_{max}}{1.2\,\delta_{avg}} \right]^2 \qquad (٩)$$

حيث:

δ_{avg} = متوسط الانتقالات للنقاط الأبعد لمسقط المنشأة عند المنسوب x ، (δ_A و δ_B في الشكل (٤) أدناه).

δ_{max} = الانتقال الأعظمي لمسقط المنشأة عند المنسوب x. وبحيث لا تتجاوز (A_x) المعتمدة في الحساب القيمة (3) .



الشكل (٤): عامل تكبير اللامركزية الطارئة بسبب الانتقالات
في المسقط الأفقي الناتجة عن الفتل (اللي)

١-٦- الانقلاب:

١-٦-١- عام:

يجب أن تصمم أي منشأة لمقاومة تأثيرات الانقلاب الناتجة عن القوى الزلزالية الموصوفة في البند (٤-٦) من ملحق الكود رقم /٢/ . وتحدد عزوم الانقلاب اللازم مقاومتها عند أي منسوب باستعمال تلك القوى الزلزالية (F_x, F_t) والمؤثرة على المناسيب الواقعة فوق المنسوب المدروس.

يجب أن توزع التغيرات المتزايدة في عزم الانقلاب التصميمي عند أي منسوب، على مختلف العناصر المقاومة وذلك بالطريقة الموصوفة في البند (٤-٧) من ملحق الكود رقم /٢/ . أي حسب تحليل المنشأة.

كما يجب نقل تأثير عزوم الانقلاب على كل عنصر إلى الأساسات حسب تراكيب الأحمال.

١-٦-٢- العناصر الساندة للجمل الحاوية انقطاعات:

(أ) عام:

عندما يكون أي جزء من جملة مقاومة الأحمال الجانبية تحتوي على انقطاع، مثل عدم الانتظام رأسياً وفق النموذج (4) من الجدول (٥) من ملحق الكود رقم /٢/، أو عدم انتظام في المستوي الأفقي نموذج (4) من الجدول (٦) من ملحق الكود رقم /٢/، فإن كافة العناصر الخرسانية أو الحجرية أو الفولاذية أو الخشبية

والساندة لمثل هذه الجمل المحتوية على انقطاعات، يجب أن يكون لها مقاومة تصميمية لتحمل تراكيب الأحمال الناجمة عن التراكيب الخاصة بالأحمال الزلزالية الواردة في البند (٣-١٢-٤) من ملحق الكود رقم /٢/ التي تحوي معامل زيادة المقاومة Ω_o (وهو معامل تكبير يطبق على القوة الزلزالية حسب ما ورد في الباب الثالث من هذا الملحق) .

استثناءات:

١) ليس ضرورياً أن تتجاوز قيمة (E_m) الواردة في البند (٣-١٢-٤) من ملحق الكود رقم /٢/ القوة العظمى التي يمكن أن تنتقل إلى العنصر الساند (من عناصر جملة مقاومة القوى الجانبية)) بعد أخذ حالة زيادة المقاومة فيها (overstrength) بتصعيد قيمة f_y بالمعامل (1.25) لحساب عزم التحميل عند الإنكسار.

٢) البلاطات الخرسانية الساندة للجمل ذات الإطارات الخشبية الخفيفة وجدران القص أو الإطارات المعدنية الخفيفة والمنشآت الخشبية على شكل جدران قص مؤلفة من ألواح إنشائية.

(ب) التفاصيل المطلوبة في المناطق الزلزالية (3) و(4):

في المناطق الزلزالية (3) و(4)، يجب أن تحقق العناصر الساندة للجمل المحتوية انقطاعات، التفاصيل والاشتراطات الآتية:

١) يجب أن تحقق العناصر المكونة من الخرسانة المسلحة أو العناصر الحجرية المسلحة، المصممة بشكل أساسي للعمل كعناصر مقاومة للقوى المحورية أو لعزوم الانحناء أو لقوى القص وغيرها، متطلبات الكود الأساس وهذا الملحق وكود الجدران الحاملة غير المسلحة (الصادر عن نقابة المهندسين)، إضافةً للاشتراطات الخاصة لأحد الكودات العالمية.

٢) يجب أن تحقق العناصر الخرسانية المسلحة، والمصممة لتعمل بشكل أساسي كعناصر خاضعة للانحناء، متطلبات الكود الأساس وشروط المطاوعة (الممطولية) الواردة في هذا الملحق (٢). يجب أن تتضمن حسابات المقاومة لأجزاء البلاطات المصممة كعناصر ساندة فقط، تلك الأجزاء من البلاطة، والتي تتوافق مع متطلبات الكود الأساس وهذا الملحق (٢).

٣) يجب أن تحقق العناصر الجدارية الحجرية، والمصممة بشكل أساسي كعناصر معرضة للقوى المحورية، متطلبات كود الجدران الحاملة غير المسلحة في المباني (الصادر عن نقابة المهندسين).

٤) أما فيما يتعلق بالمنشآت الفولاذية وبالمنشآت الخشبية وبالمنشأت الخرسانية المسبقة الصنع، أو المسبقة الإجهاد وغيرها، فيتم اعتماد أحد الكودات العالمية لتصميمها وتفصيلها، مع إعتماد الأحمال الحية وأحمال الزلازل وأحمال الرياح من الكود الأساس وملاحقه.

١-٦-٣- عند الأساسات:

يُراجع الفصل (٣-١) من ملحق الكود رقم /٢/ حول عزوم الانقلاب الواجب مقاومتها عند سطح التماس بين القاعدة والتربة.

١-٦-٤- حساب عزم الانقلاب:

يتوجب حساب كل منشأة أو مبنى ليقاوم عزم الانقلاب الناجم عن الأحمال الجانبية (أحمال الرياح أو الزلازل، أيهما أخطر). ويُحسب عزم الانقلاب الناجم عن الزلازل من العلاقة:

$$M = F_t h_n + \sum_{i=x}^{n} F_i h_i \quad (١٠)$$

أما عزم الانعطاف (عزم الانقلاب) من الزلازل الناتج عند كل منسوب (x) فيحسب من العلاقة:

$$M = F_t(h_n - h_x) + \sum_{i=x}^{n} F_i(h_i - h_x) \qquad (١١)$$

ملاحظة ١: في المباني التي يزيد ارتفاعها على 50m في المنطقة الزلزالية (3)، حسب تصنيف هذا الكود، يفضل استعمال جملة إطارية تقاوم جزءاً من القوى الأفقية الناجمة عن الزلازل لا يقل عن 25% من مجمل هذه القوى.

ملاحظة ٢: في جميع المباني التي استعملت فيها قيم المعامل $R > 4.5$ (جمل مختلطة)، يتوجب تصميم الجمل الإطارية المقاومة للعزوم (المطاوعة) من الخرسانة المسلحة المصبوبة في المكان كما هو وارد في الملحق (ز) .

ملاحظة ٣: عادة يحصل انقلاب المنشآة حول أساساتها، ولكن بعض المنشآت النحيفة يخشى من انقلابها حول مناسيب أخرى على ارتفاع المنشأة، لذلك يحسب عزم الانقلاب عند سويات مختلفة. والمقصود بعزم الإنقلاب عند منسوب معين هو قيمة مجموع العزوم الزلزالية المؤثرة عند هذا المنسوب والتي تتوزع على جميع العناصر المقاومة للزلازل عند هذا المنسوب والتي تحدد قيمها بموجب تحليل إنشائي لكامل المنشأة وفق ما سيرد في الباب الثامن .

ملاحظة ٤: في حال زيادة ارتفاع المنشأة على 73m يتوجب استعمال إحدى طرائق التحليل الحركي (الديناميكي) لتحديد تأثير الزلازل عليها واستعمال الإطارات الخاصة المقاومة للعزوم سواء في الجمل الإطارية أو الجمل المختلطة.

١-٧- الإزاحة:

يلزم حساب الإزاحة، أو الانتقالات الأفقية للمنشأة، عندما يُطلب ذلك وفق اشتراطات هذا الكود. ويجب حساب الانتقال الأعظمي (الإزاحة العظمى) الناتج عن الإستجابة اللامرنة Δ_M للمنشأة، والناتج عن حركة الأرض الأساسية التصميمية .

تحدد الإزاحات (الانتقالات) المرتبطة بالقوى الزلزالية التصميمية الواردة في البند (٤-٣-١) من ملحق الكود رقم /٢/ ، Δ_S ، وفق اشتراطات البند (٤-١٠-١) من ملحق الكود رقم /٢/ . عند حساب قيمة Δ_M ، فإن هذه الإزاحات يجب أن تصعد (تكبر) وفق اشتراطات البند (٤-١٠-٢).

١-٧-١- تحديد قيمة Δ_S :

يتم تحديدها بإجراء التحليل الاستاتيكي المرن لجملة مقاومة القوى الجانبية بتطبيق القوى الزلزالية التصميمية المحددة في البند (٤-٣-١) من ملحق الكود رقم /٢/. وكحل بديل يمكن استعمال طريقة التحليل الديناميكي الواردة في الباب الخامس من هذا الملحق (٢).

يجب للنموذج الرياضي أن يحقق متطلبات البند (٤-٢-٢) من ملحق الكود رقم /٢/.

يجب أن تحدد الانتقالات الناتجة، والمسماة Δ_S ، عند كافة المواقع الحرجة في المنشأة، علماً بأن حسابات الإزاحة يجب أن تتضمن السهوم الناتجة عن الإزاحات و اللي (الفتل).

١-٧-٢- تحديد قيمة Δ_M :

يحسب الانتقال الأعظمي Δ_M الناتج عن الاستجابة (الحركة) اللا مرنة كما يلي:

$$\Delta_M = 0.7\ R\ .\ \Delta_S \qquad (١٢)$$

استثناء:

يمكن، وبطريقة أخرى، حساب Δ_M باستعمال طريقة التحليل التاريخي الزمني اللا خطي المتبعة في التحليل الديناميكي وذلك وفق ما ورد في الباب الخامس. ويجب أن يأخذ التحليل المستعمل لتحديد الإزاحة العظمى Δ_M الناتجة عن الاستجابة اللا مرنة، تأثيرات (P-Δ).

١-٨- حدود الإزاحة الطابقية:

١-٨-١- عام:

تحسب الإزاحات الطابقية باستعمال الانتقال الأعظمي الناتج عن الاستجابة اللامرنة، Δ_M.

١-٨-٢- طريقة الحساب:

يجب أن لا تتجاوز الإزاحة الطابقية (إزاحة الدور) المحسوبة باستعمال (Δ_M) المقدار (0.025) مرة من ارتفاع الطابق، وذلك للمنشآت التي فترتها الأساسية (دورها) أقل من (0.7 sec). أما المنشآت التي فترتها الأساسية تساوي (0.7 sec) أو أكبر، فإن الإزاحة الطابقية المحسوبة يجب أن لا تتجاوز 0.020 مرة ارتفاع الطابق (الدور).

استثناءات:

(أ) يمكن تجاوز حدود الإزاحات هذه عندما يكون ظاهراً وواضحاً أن قيمة أكبر للإزاحة يمكن أن تتحملها كلٍ من العناصر الإنشائية والعناصر غير الإنشائية، والتي يمكن أن تؤثر في الأمان للحياة. ويجب أن تكون الإزاحة المستعملة في هذا التقييم معتمدة على الإزاحة الأعظمية الناتجة عن الاستجابة اللامرنة Δ_M.

(ب) ليس هناك حد للإزاحة في المنشآت الإطارية المعدنية المؤلفة من طابق واحد ذات الإشغالات الأساسية مخازن أو معامل أو ورشات.

على أنه يجب أن لا تحتوي المنشآت التي تخضع لهذا الاستثناء، على معدات أو آلات مربوطة إلى الإطار الإنشائي، إلا إذا كانت الآلة مدروسة بحيث تتكيف مع السهم الإضافي. أما الجدران المستندة جانبياً عن طريق إطار معدني، فتصمم لتتلاءم مع الإزاحة الواردة في البند (٧-١١-٣) من ملحق الكود رقم /٢/.

١-٨-٣- التحديدات:

نذكر بأنه يمكن عند حساب القوى الجانبية التصميمية المستعملة لتحديد الإزاحة المحسوبة أن يلغى الحد المطلوب من الزيادة 30 إلى 40 % ويمكن أن تستند إلى الفترة الأساسية المحددة في الحسابات وذلك بإهمال النسب (% 40 -30) المحددة في البند (٤-٣-٢) من ملحق الكود رقم /٢/ .

١-٩- المركبة الرأسية:

تطبق الاشتراطات الآتية في المناطق الزلزالية (3) و(4) فقط:
تصمم الأجزاء الظفرية (الكابولية) الأفقية على قوة صافية (أي دون أن يحسم منها الأوزان الرأسية المتجهة للأسفل)، تتجه إلى الأعلى، وقدرها ($0.7\ C_a\ I\ W_p$)، بالإضافة لكافة تراكيب الأحمال الممكنة الأخرى. أما العناصر الأفقية سابقة الإجهاد، فيجب أن تصمم باستعمال ما لا يزيد على (50%) من الأحمال الميتة بمفردها، أو بالتراكيب مع تأثيرات القوى الجانبية.

١-١٠- طريقة مبسطة لتوزيع القوة الزلزالية بالاتجاه الأفقي في الطابق الواحد:

١-١٠-١- في حال عدم الاعتماد على تحاليل دقيقة للمنشأة لتحديد قيم القوة الزلزالية يتم توزيع قوى الزلازل F_x المؤثرة عند منسوب سقف الطابق **x** على العناصر المقاومة للأحمال على الشكل الآتي:

(أ) إذا كان مركز الثقل لمسقط الطابق المدروس منطبقاً على مركز قساوته يتحمل كل عنصر جزءاً من القوة متناسباً مع حاصل قسمة قساوته النسبية إلى مجموع القساوات النسبية للعناصر المقاومة في هذا الطابق.

(ب) إذا لم ينطبق مركز الثقل لمسقط الطابق المدروس مع مركز قساوته الشكل (٥)، فيشارك كل عنصر بتحمل قوة جانبية، مع الأخذ بالحسبان تأثير عزم اللي على توزيع هذه القوى تبعاً لموقعها من مركز قساوة المجموعة. ويتوجب، حتى في المنشآت المتناظرة تماماً، حساب عناصرها المقاومة لتحمل قوى جانبية إضافية نتيجة تأثير عزوم لي إضافية مطبقة على بعد 0.05 من بعد المبنى المتعامد مع جهة القوة الجانبية المأخوذة في الدراسة، مع الأخذ بالحسبان متطلبات البند (٤-٨) حسب ملحق الكود رقم/٢/ ، ويبرر ذلك باحتمال كون أحمال الزلازل ذاتها غير متناظرة.

١-١٠-٢- وسيتم فيما يلي شرح طريقة مبسطة لتوزيع القوى بين العناصر المختلفة، نتيجة تعرض المسقط بالحالة العامة إلى قوة F_x بالاتجاه x ، و F_y بالاتجاه **y** ، وذلك بفرض أن قساوة البلاطات كبيرة جداً ضمن مستواها، وبأن قساوة العناصر متقاربة بحيث يكون خطها المرن نتيجة تعرضها لقوى أفقية تقريباً متماثلاً من حيث الشكل.

(أ) تحدد إحداثيات مركز القساوة للمسقط المدروس، بالنسبة لمحاور إحداثيات عـامة اختيارية، وفق العلاقتين:

$$Y_{CR} = \frac{\sum_{j=1}^{m} Y_j K_{x.j}}{\sum_{j=1}^{m} K_{x.j}} \quad \text{.....} \quad \text{.....} \qquad (١٣)$$

$$X_{CR} = \frac{\sum_{j=1}^{m} X_j K_{y.j}}{\sum_{j=1}^{m} K_{y.j}} \quad \text{.....} \quad \text{.....} \qquad (١٤)$$

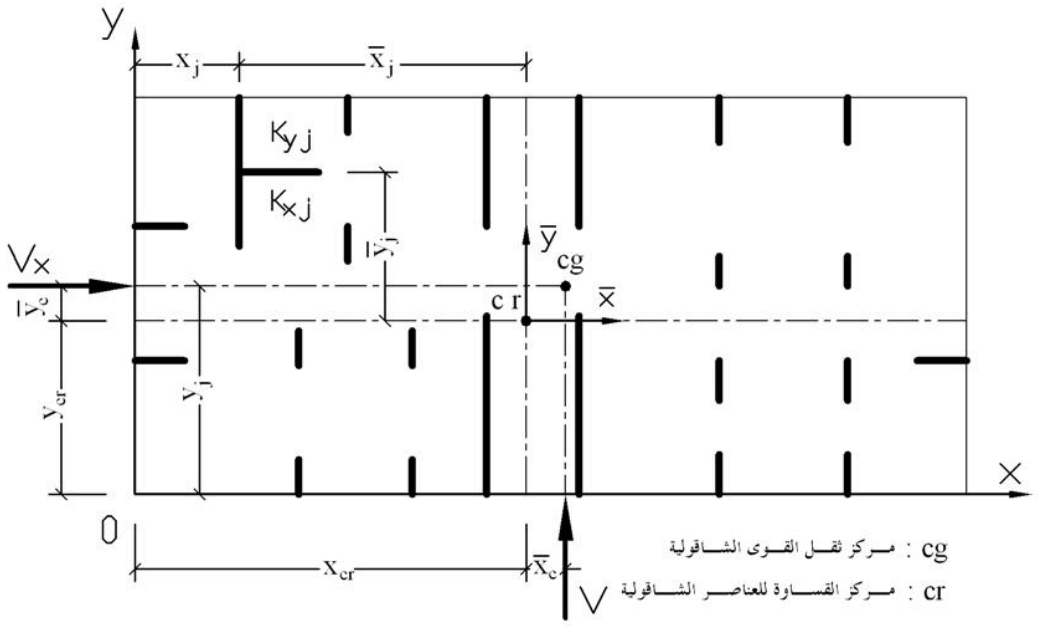
حيث:

Y_j, X_j: إحداثيات مركز قص العنصر **j** (ينطبق مركز القص مع مركز الثقل للعناصر ذات المقاطع المتناظرة بالاتجاهين المتعامدين).

$K_{x.j}$: قساوة العنصر (أو الجملة) **j** في الاتجاه **x**، أي القوة اللازمة لإحداث واحدة الانتقالات للعنصر (أو الجملة) **j** في الاتجاه **x**، فيما لو كان يعمل وحده.

$K_{y.j}$: قساوة العنصر (أو الجملة) **j** في الاتجاه **y**، أي القوة اللازمة لإحداث واحدة الانتقالات للعنصر (أو الجملة) **j** في الاتجاه **y**، فيما لو كان يعمل وحده.

m: عدد عناصر (أو جمل) المنشأة المقاومة للقوى الأفقية.



الشكل (٥): مركز ثقل الطابق ومركز قساوة العناصر الشاقولية

(ب) تحدد إحداثيات مراكز قص العناصر (أو الجمل) بالنسبة لمركز قساوة (جساءة) المسقط وهي Y_j, X

(ج) يحدد البعد $\overline{X}_C$ لمحصلة القوى V_y عن مركز القساوة (الجساءة).

(د) يحدد البعد $\overline{Y}_C$ لمحصلة القوى V_x عن مركز القساوة (الجساءة).

(هـ) يحدد عزم اللي M_t حول محور رأسي مار من مركز القساوة (الجساءة).

$$M_t = V_y.\overline{X}_C - V_x.\overline{Y}_C \quad \text{.....} \qquad (١٥)$$

(و) تحسب القوى الناتجة في العنصر (أو الجملة) **j** بالاتجاهين، من العلاقة:

$$F_{yj} = \frac{K_{y.j}}{\Sigma K_{y.j}} V_y + \frac{K_{y.j}.\overline{X_j}}{\Sigma(K_{y.j}\overline{X_j^2} + K_{x.j}.\overline{Y_j^2})} M_t \text{.....} \quad (١٦)$$

$$F_{xj} = \frac{K_{x.j}}{\Sigma K_{x.j}} V_x + \frac{K_{x.j}.\overline{Y_j}}{\Sigma(K_{y.j}\overline{X_j^2} + K_{x.j}.\overline{Y_j^2})} M_t \text{.....} \quad (١٧)$$

وبالتالي، عند توزيع القوى الناتجة عن قوة الزلزال V_y مثلاً، وما يرافقها من عزم فتل $M_t = V_y.\overline{X}c$ بحيث تمثل $\overline{X}c$ اللامركزية المحسوبة بعد زيادتها بلامركزية طارئة مقدارها 0.05 من بعد المسقط في الاتجاه x ، حتى لو كانت المنشأة متناظرة مع التصعيد، إذا تطلب البند (٤-٨) من ملحق الكود رقم/٢/ ذلك.

نستعمل العلاقتين السابقتين بتعويض $V_x = 0$ ، وبالتالي يتضح نشوء قوى F_{xj} بالاتجاه x في بعض العناصر التي لها قساوة بالاتجاه x. أي أن عزم الفتل (اللي) المؤثر حول مركز القساوة، من القوة V_y ينتج قوة أفقية في المسقط بالاتجاهين المتعامدين، أي يقاوم بالاتجاهين المتعامدين من قبل العناصر التي لها قساوة في كل من الاتجاهين، أو في اتجاه واحد حسب شكل مقطعها.

١-١٠-٣- وفي حال وجود إطارات وجدران قص (مستمرة أو لها أشكال مختلفة) فيمكن استعمال الطريقة التقريبية السابقة وذلك بعد تحديد قساوة كل جدار، أو جدران قص متصلة بكمرات (جوائز) رابطة، أو إطار ذي كمرات بخواص محددة، حيث تعامل جدران القص المتصلة أو الإطار الواصل بين مجموعة من الأعمدة، كجملة واحدة تحدد خواصها بشكل مسبق، ومن ثم تحديد القوى المؤثرة في كل جملة في كل طابق. أو يمكن اللجوء إلى طرائق الحل الدقيقة ذات الثلاثة أبعاد (طرائق المصفوفات)، وهي طريقة القساوة (وهي الأكثر استعمالاً) وطريقة الليونة والطريقة المختلطة، حيث يتم الحل باستعمال الحاسب الإلكتروني. ويمكن برمجة الحل أو استعمال البرامج الجاهزة التي أصبحت متوفرة لمثل هذه الحلول. وفي جميع الأحوال ينصح باللجوء إلى طريقة تحليل تقريبية للتحقق من صحة نتائج الطرائق الدقيقة التي يستعمل فيها الحاسب، تجنباً لحصول أخطاء غير منظورة من المستعمل أثناء استعمال البرامج الجاهزة.

١-١١- تراكيب الآثار من الاتجاهين الأفقيين المتعامدين:

في الحالات العامة، يكتفى بتحليل المنشأة و تصميم عناصرها لكل اتجاه لوحده (باتجاهي المحورين الرئيسيين). أما في حال وجود عدم انتظام للجملة الانشائية في الاتجاه الأفقي من النموذج **(5)** أو النموذج **(1)** المعرفين في الجدول (٦)، وفي حالة عمود في منشأة يقع عند تقاطع إثنان أو أكثر من جملة مقاومة القوى الجانبية فيتم تركيب الآثار (للقوى و للعزوم و للسهوم و للتشوهات .... الخ) كما ورد في البند (٧-١١-١) من ملحق الكود رقم /٢/.

١-١٢- تحديد القوى الجانبية المطبقة على أجزاء من المنشأة:

تُحدد القوى الجانبية المطبقة على أجزاء من المنشأة الحاملة أو غير الحاملة بغية تأمين تثبيتها الكافي عند حدوث الزلازل وعدم حصول الانهيارات الجزئية والمؤذية في فترة تعرّض المنشأة إلى فعل الزلازل، وذلك في الملحق ٢ .

١-١٣- اشتراطات إضافية بخصوص الزلازل:

١- يتوجب تسليح جميع الجدران الحجرية، أو الخرسانية التي تقع في المناطق 4,3,2 من مناطق التقسيم الزلزالي.

٢- يتوجب لحظ فواصل زلزالية كافية بين الكتل المتجاورة، بحيث تسمح بالحركة الحرة لكل كتلة منفصلة، دون معوقات ناجمة عن الكتل المجاورة لها لتجنب التصادم بين الكتل المتجاورة.
٣- يتوجب حساب السهم النسبي لطابق واحد من المنشأة، والناجم عن القوى الأفقية المتأتية من الزلازل، ويجب ألا يزيد هذا السهم المرن (بدون اللدونة) من حمل الاستثمار للزلازل (دون تصعيد) على ارتفاع الطابق مقسوماً على 360، بغية منع تكسير العناصر غير الحاملة في المنشأة، خاصة النوافذ والأبواب والواجهات الخفيفة.
٤- يتوجب الاهتمام بطبيعة وصل الواجهات الخارجية المسبقة الصنع غير الحاملة، بحيث يُسمح لها بالحركة على نحو ينسجم مع الحركة الأفقية المتوقعة للمبنى، دون تعرضها إلى قوى إضافية لا تستطيع تحملها، أو انكسار هش للوصلات، وبالتالي انهيارها بسبب الحركة الأفقية للمبنى الناجمة عن الزلازل.
٥- في حال وجود تراجع في الأدوار العليا لا يزيد على 25% من المساحة الأفقية للدور المتكرر، يُؤخذ المبنى في الحساب كاملاً. أما إذا كان التراجع يزيد على 25%، يُؤخذ القسم المتراجع، ابتداءً من مستوى التراجع، كما لو كان مبنى مستقلاً لوحده، يستند بشكل وثاقة على أعلى المبنى الذي تحته، بوضع ردود أفعال القسم المتراجع العلوي كقوى مؤثرة في أعلى المبنى السفلي.
ويجدر التنويه إلى أن استعمال الدراسة المطورة الواردة في الملحق (ز) من هذا الكود ليس إلزامياً، باستثناء ما ورد في الفصل (ز-٧) عن تصميم عقد الإطارات، وفي الفصل (ز-٩) عن جدران القص الخاصة وجوائز الربط بين الجدران، وفي الفصل (ز-١١) عن الأحجبة (الديافرامات) الإنشائية والجوائز الشبكية، وفي الفصل (ز-١٣) عن العناصر غير المصممة كجزء من الجملة المقاومة للقوى الزلزالية.

١-١٤- الاحتياطات في طرائق الإنشاء والتسليح في المباني المقاومة للزلازل:

يجب تحقيق الاحتياطات والاشتراطات في اختيار المواد وتفاصيل التسليح للإطارات والجوائز والأعمدة .

١-١٥- أحمال طرائق الإنشاء:

يجب أن يُؤخذ بالحسبان، تأثير الأحمال الناشئة عن طرائق الإنشاء والتنفيذ للأقسام التي ستنفذ، على الأقسام التي تكون قد نُفِّذت، فيعود عليها تحمّل الأقسام المطلوب تنفيذها، وذلك في مختلف مراحل التنفيذ.

ثانياً : تحديد الأمان

٢-١- أسس تحقيق الأمان:

يتحقق الأمان عندما تكون المقاومة الداخلية للمواد المستعملة في العناصر المختلفة للإنشاءات الخرسانية، وهي الخرسانة وفولاذ التسليح، أكبر بنسبة مُحددة من القوى الداخلية الناجمة عن الأحمال والأفعال الأخرى المباشرة أو غير المباشرة المتوقعة، وبحيث تبقى المنشأة في كل جزء من أجزائها صالحة للاستثمار أثناء وطوال الفترة المفترضة تصميماً، لبقائها قيد الاستثمار.

٢-٢- تحديد الأفعال القصوى:

تُحدد قيم الأفعال القصوى U، المأخوذة في التصميم، وتراكيبها الممثلة كما يلي:

٢-٢-١- التراكيب الأساسية للأفعال القصوى:

أ - عندما يقتصر تأثير الأفعال المؤثرة على الأحمال المميزة (أو الاسمية) الثابتة D، والأحمال المميزة (أو الاسمية) الإضافية L (وبضمنها المعامل الحركي (الديناميكي) إن وُجد)، تُحسب الأفعال القصوى وفق التركيبين الآتيين:

$$U = 1.4\ D \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots (a)$$
$$U = 1.4\ D + 1.7\ L \qquad \ldots\ldots (b)$$

ب- عندما يتوجب أخذ أثر ضغط الريح W في الحسبان، تحسب الأفعال القصوى وفق التركيبين الآتيين، وتعتمد النتائج الأخطر منهما في كل مقطع:

$$1.2\ D + 1.6\ (Lr \text{ or } S) + (f_1\ L \text{ or } 0.8\ W) \qquad \ldots\ldots (c)$$
$$1.2\ D + 1.3\ W + f_1\ L + 0.5\ (L_r \text{ or } S) \qquad \ldots\ldots (d)$$

حيث:

W : تمثل قيمة الأفعال الناتجة عن ضغط الريح بقيمها المميزة (أو الاسمية).

f_1 : تساوي (1.00) للأسقف المتكررة في المواقع ذات التجمعات العامة وفي الأماكن التي تتجاوز فيها الأحمال الحية $\left(5\ kN/m^2\right)$ وفي الأحمال الحية لمرائب السيارات، وتساوي (0.5) لباقي الأحمال الحية.

f_2 : وتساوي (0.7) للأسقف النهائية ذات الأشكال الخاصة (مثل سقف سن المنشار) والتي لا تسمح بطرح الثلج بعيداً عن المنشأة (التخلص منه)، وتساوي (0.2) لباقي الأشكال من الأسقف النهائية.

ج- عندما يتوجب أخذ أثر الزلازل في الحسبان باستعمال الطريقة الاستاتيكية المكافئة الواردة في الملحق (٢) الخاص بالزلازل، تُحسب الأفعال القصوى وفق التراكيب الواردة في ذلك الملحق (٢)، وهي الآتية:

$1.32\ D + 1.1\ E + 1.1\ (f_1\ L + f_2\ S)$ ..... (e)

$0.99\ D \pm (1.1\ E \text{ or } 1.3\ W)$ ..... (f)

د- أما إذا تم أخذ أثر الزلازل في الحسبان باستعمال الطريقة الاستاتيكية المكافئة المطورة، الواردة في الملحق (ج) من الملحق (٢) الخاص بالزلازل، فتستعمل التراكيب الواردة في ذلك الملحق.

ملاحظة: لا يُجمع أثر الزلازل مع أثر الرياح، بل يُؤخذ الأثر الأسوأ بينهما.

٢-٢-٢- التراكيب الثانوية للأفعال القصوى:

تعرّف الرموز **F** (حمل سوائل)، **H** (ضغط جانبي للتربة والماء ضمنها)، **P** (وزن حمل تجمع المياه على السطح الأخير)، **T** (قوى ذاتية ناتجة عن الحرارة والانكماش وغيرها)، كما ورد في الباب الثالث. في حال تأثير هذه الأحمال (**T, P, H, F**) في التصميم، فإنها يجب أن تضاف إلى التراكيب السابقة بعد تصعيدها (ضربها) بالعوامل الآتية:

$1.2\ T, 1.2\ P, 1.6\ H, 1.3\ F$

٢-٣- معاملات خفض المقاومة:

يُحدد معامل خفض المقاومة Ω المشار إليه في البند (٦-٣-١) كما يلي:

١- للمقاطع المعرّضة للانحناء البسيط أو لقوى شد محورية أو لا محورية $\Omega = 0.9$.

٢- للمقاطع المعرّضة لقوى الضغط المحوري $\Omega = 0.65$.

٣- للمقاطع المعرّضة لقوى ضغط لا محورية:

$$0.90 \geq \Omega = 0.9 - 0.5\ (\frac{N_u}{N_c}) \geq 0.65$$

حيث: N_u = قوة الضغط المصعدة المطبقة على المقطع العرضي.

N_c = مقاومة المقطع الخرساني لوحده $(0.85\ f'_c\ A_c)$

ويمكن كبديل عن العلاقة الواردة أعلاه تحديد قيمة Ω كما يلي:

عندما تزيد قوة الضغط المحورية المطبقة على المقطع N_u على $(0.1\ Ac\ f'_c)$، تؤخذ Ω مساوية إلى 0.65، وعندما تنخفض قوة الضغط المحورية المطبقة على المقطع من $(0.1\ A_c\ f'_c)$ إلى الصفر، يمكن زيادة معامل خفض المقاومة Ω خطياً من 0.65 إلى 0.9 بالنسبة والتناسب.

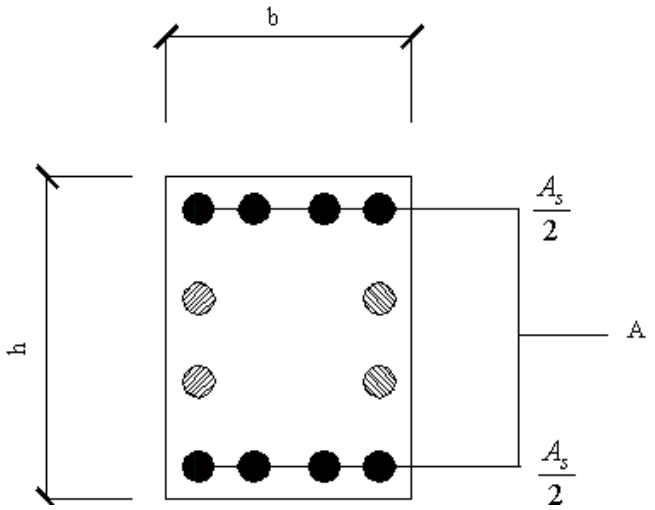
٤- للقص أو الفتل أو أحدهما $\Omega = 0.75$.

٢-٤- معاملات زيادة الإجهاد المسموح للتربة من الأحمال القصوى التي تشمل الزلازل:

يسمح بزيادة الإجهادات المطبقة على التربة والمحسوبة من الأحمال القصوى التي تشمل تأثير الزلازل (بأي طريقة واردة في هذا الكود الأساس أو في الملحق (٢)) بحيث تُصعد الإجهادات المسموحة

على التربة بالمعاملات الآتية:

- بالمعامل 1.6 إذا كان توزع الإجهادات المطبقة على التربة تحت الأساس منتظماً (أي أن النسبة بين الإجهادين الأعظمي والأصغري عند طرفي مقطع الأساس تساوي 1).
- وبالمعامل 2.0 عندما لا تقل النسبة بين الإجهادين الأعظمي والأصغري عند طرفي مقطع الأساس عن 2 . وفي حال وجود شد تحت الأساس (حيث يلزم حذف هذا الجزء المشدود تحت الأساس من الحساب) تُعد النسبة أكبر من 2 .
- ويمكن أخذ قيمة متوسطة لمعامل التصعيد تكون بين 1.6 و2 حسب تغير النسبة بين الإجهادين من 1 إلى 2 .



الشكل (٦)

ثالثاً : (الملحق ٢ للكود)
تحديد معايير التصميم ومعاملات تراكيب الأحمال
للطريقة الاستاتيكية الثانية والطرق الديناميكية

٣-١- أسس التصميم:

٣-١-١- يجب أن تصمم المنشأة لتحقق المقاومة والاستقرار (الثبات)، منعاً لأي انهيار جزئي أو كلي، وتجنباً لحدوث خسائر بشرية كارثية، وذلك عند تعرضها لزلزال، ناشيء عن حركة الأرض الأساسية التصميمية (راجع البند (٢-١-٢٧)). ويمكن السماح بحدوث شقوق في العناصر غير الإنشائية، ولكن لا يسمح بحدوث شقوق خطيرة في الأعضاء الإنشائية.

أما إذا تعرضت المنشأة ذاتها لزلزال كارثي شدته عالية جداً نسبة إلى الشدة المحتمل حدوثها مرة واحدة في عمرها (راجع البند (٢-١-٢٨))، فيسمح بظهور شقوق (شروخ) كبيرة نسبياً في عناصرها الإنشائية وغير الإنشائية، شريطة بقاء المنشأة مترابطة ومستقرة أثناء هذا الزلزال، ولا يسمح بحدوث انهيار فيها تنجم عنه خسائر في الأرواح. ومن أجل تحقيق ذلك يجب أن تصمم المنشآت لمقاومة زلزالية لا تقل عن القوى الزلزالية المحسوبة في الباب الرابع.

٣-١-٢- تُحدد الأسس والجمل المتبعة في تصميم المنشآت مع الأخذ بالحسبان المناطق الزلزالية الرئيسية وخصائص الموقع والإشغالات والشكل والجمل الإنشائية والارتفاع وذلك وفق ما سيرد في هذا الباب. تصمم المنشآت بحيث يوفر لها المقاومة الكافية لتحمل الازاحات الجانبية الناتجة عن حركة الأرض التصميمية الأساسية، مع الأخذ بالحسبان الاستجابة اللدنة للمنشأة والمقاومة الناجمة من عدم التقرير والمقاومة الزائدة في مرحلة اللدونة والمرونة الخاصة بجملة مقاومة القوى الجانبية.

يجب أن لا تقل المقاومة التصميمية الدنيا المأخوذة حسابياً، عن القوى التصميمية الزلزالية المحددة وفق الإجراءات المتبعة في الباب الرابع والخاصة بإجراءات معالجة القوى الجانبية الاستاتيكية، باستثناء ما هو معدل في الباب الخامس .

٣-١-٣- يجب التحقق من مقاومة المنشأة أو المبنى للانزلاق والانقلاب عند منسوب تربة التأسيس، ومقاومة تأثيرات الزلازل (عزوم انحناء - عزوم فتل – قوى قص – قوى ناظمية) في المناسيب المختلفة، وكذلك التحقق من الإجهادات عند منسوب التأسيس. ويلزم كذلك التحقق من قيم السهوم الأفقية عند مناسيب الطوابق.

٣-١-٤- يتم استعمال طريقة حالات الحد الأقصى في تصميم أعضاء (أو عناصر) المنشأة، باستعمال تراكيب الأحمال الخاصة بها.

٣-١-٥- وفقاً لهذا الكود الملحق، يجب تصميم وتنفيذ كل المنشأة، وكل جزء منها، لمقاومة قوى أفقية دنيا تمثل قوى الزلازل، وهي عبارة عن قوى أفقية جانبية، تؤثر باتجاه المحاور الرئيسية للمنشأة، حيث تؤثر باتجاه كل محور رئيسي بصورة مستقلة في حالة المنشآت المتناظرة. أما في حالات المنشآت غير المتناظرة، أو غير المنتظمة،ومنها حالات الانتظام الأفقي الواردة في البند (٧-١١-١) وحالة العمود المشترك بين إثنين أو أكثر من جمل المقاومة الجانبية، فيلزم دراسة المنشأة مع أخذ تأثير الزلازل باتجاهي المحورين معاً، ويتم تجميع آثار الاتجاهين المتعامدين بحيث تؤخذ كامل القيمة بأحد الاتجاهين الرئيسيين و 30% من القيمة للاتجاه الآخر. وكبديل، يمكن أخذ نتائج تحليل الآثار لأي اتجاهين متعامدين، ويتم استعمالها بطريقة الجذر التربيعي لمجموع المربعات (طريقة SRSS)، أو يتم الجمع لهذه الحالة بطريقة أخرى مقبولة وفق أحد الكودات المذكورة في البند (١-١-٤) .

٣-٢- زلزالية موقع المنشأة:

يتم تحديد زلزالية موقع المنشأة وفق المعطيات الآتية:

(أ) الموقع على خريطة مناطق النشاط الزلزالي.

(ب) القرب من المصادر النشطة الزلزالية لفترة عودة قدرها 50 سنة مع احتمال تجاوز 10% .

(ج) العمر التصميمي الافتراضي للمنشأة.

(د) معامل أهمية المنشأة.

لقد تم إنجاز خارطة لمناطق النشاط الزلزالي من قبل الجهات المختصة، ويلزم أن يستمر تطوير هذه الخارطة مع القياسات والدراسات المستجدة. وينوه في هذا المجال إلى ضرورة تطوير خارطة النشاط الزلزالي وفق الأسس الموحدة الآتية:

٣-٢-١- الشدة الزلزالية والتسارع الزلزالي:

ويقصد بالشدة الزلزالية مقاسة بمقياس ميركالي المعدل (MM) الشدة القصوى للزلزال التي يمكن أن تحدث خلال العمر التصميمي للمنشأة مع نسبة احتمال تجاوز لا تتعدى 10% (أي نسبة احتمال عدم تجاوز لا تقل عن 90%، وهذا يقابل الزلزال الأقصى الذي يمكن أن يحدث مرة كل **475** عام) وذلك للاستعمال في الطريقة الاستاتيكية المكافئة، ويستعمل التعريف ذاته عند تحديد التسارع (العجلة) الأقصى للأرض (Peak Ground Acceleration - PGA) وذلك من أجل استعماله في طرائق التحليل الديناميكي.

٣-٢-٢- العمر التصميمي للمنشآت:

تنجز خرائط التمنطق الزلزالي لعمر تصميمي قدره (50) خمسون عاماً، وتعطى عوامل لتعديل الشدات والتسارعات الزلزالية في حال دراسة منشآت بأعمار تصميمية تختلف عن عمر (50) عاماً. ويمكن كذلك إنجاز خرائط تمنطق زلزالي لأعمار أخرى، مثلاً: 100 عام - 200 عام – 500 عام، لاستعمالها في المنشآت الاستراتيجية كالسدود ومحطات توليد الطاقة الكهربائية والمنشآت النووية وما شابه ذلك. وفي جميع الأعمار التصميمية يجب استعمال تعريف الشدات والتسارعات الزلزالية كما ورد أعلاه.

٣-٢-٣- المناطق الزلزالية:

يتم إنجاز الخارطة الزلزالية التي تحدد الشدات الزلزالية المتوقعة وفقاً لما ورد أعلاه، ومن ثم يتم تقسيم القطر إلى عدد من المناطق الزلزالية لا يتعدى السبع، اعتماداً على احتمال تعرضها للأخطار الزلزالية، وذلك وفقاً لما يلي:

(أ) المنطقة (O) لا تعد معرضة لزلازل ذات أهمية (حتى درجة MM V).

(ب) المنطقة (1) لا تعد معرضة لزلازل مضرة (حتى درجة MM VI)، أو تسارع (عجلة) 0.075g

(ج) المنطقة (2A) لا تعد معرضة لزلازل متوسطة الشدة (حتى أقل من درجة MM VII بقليل)، أو تسارع (عجلة) 0.15g .

(د) المنطقة (2B) لا تعد معرضة لزلازل أكثر من متوسطة الشدة (حتى درجة MM VII)، أو تسارع 0.20g .

(هـ) المنطقة (2C) معرضة لزلازل متوسطة الشدة (حتى أكبر من درجة MM VII بقليل)، أو لتسارع (عجلة) 0.25g.

(و) المنطقة (3) تكثر فيها الزلازل وتعد معرضة لزلازل عالية الشدة (حتى درجة MM VIII)، أو لتسارع (عجلة) 0.30g .

(ز) المنطقة (4) تكثر فيها الزلازل وتعد معرضة لزلازل مدمرة (أكبر من MM VIII)، أو لتسارع (عجلة) 0.40g أو أكثر .

كما تم إنجاز خرائط التسارعات القصوى الزلزالية (PGA) المتوقعة وفقاً لما ورد في أعلاه مبين فيها خطوط تساوي التسارعات (الملحق ج لهذا الكود الملحق).

٣-٣- أنواع الإشغالات:

تصنف كل منشأة، عند التصميم لمقاومة الزلازل، تبعاً لطبيعة إشغالها في مجموعات كما هو وارد في الجدول (٣)، حيث يشير هذا الجدول إلى عوامل الأهمية I و I_p لكل مجموعة حسب الحال.

٣-٤- جيولوجية الموقع وخصائص التربة:

٣-٤-١- مقدمة:

يجب أن يصنف كل موقع بعد دراسته إلى نموذج مقطع للتربة بالاستناد إلى معطيات جيولوجية موثقة ومدروسة بشكل خاص، وذلك باستعمال إجراءات تصنيف الموقع المبينة في الباب التاسع .

وفي حال تعذر تحديد خصائص تربة الموقع بصورة كافية من أجل تحديد صنف المقطع العرضي للتربة فيستعمل لها الصنف S_D. إن نماذج التربة S_E و S_F يجب أن لا تفترض في التصميم، إلا إذا حددت الهيئات الرسمية للبناء أن الصنف S_E و S_F يمكن أن يوجد في الموقع أو في حال تصنيف S_E وS_F في المعطيات الجيوتكنيكية.

٣-٤-٢- صنف مقطع التربة:

تعرف أصناف المقطع العرضي للتربة S_A , S_B , S_C , S_D , S_E في الجدول أدناه ، أما الصنف S_F فيعرف على أنه يمثل التربة التي هي بحاجة إلى تقييم موضعي خاص كما يلي:

(أ) التربة الحساسة وسريعة التأثر بالانهيار الكامن بفعل أحمال الزلازل، مثل التربة القابلة للتميع Liquefiable Soils أو التربة الطينية (الغضارية) شديدة الحساسية أو التربة ضعيفة التماسك القابلة للانهيار.

(ب) أنواع التربة الطفلية (المتفحمة Peats) و / أو التربة الطينية الغضارية عالية المحتوى العضوي عندما تزيد سماكتها على (3 m).

(ج) الغضار (الطين) ذو اللدونة العالية جداً حيث تتجاوز قرينة اللدونة فيه (PI > 75) وحيث يكون عمق الغضار متجاوزاً للقيمة (7.5 m).

(د) التربة الغضارية (الطينية) الطرية، ذات السماكة الكبيرة أو متوسطة الصلابة (القساوة) حيث يكون عمق الغضار (الطين) متجاوزاً القيمة (37 m).

٣-٥- خصائص المخاطر المتعلقة بالموقع الزلزالي:

تحدد خصائص المخاطر الزلزالية للموقع بناءً على المنطقة الزلزالية ودرجة قرب الموقع من مصادر الزلازل الفعّالة وعلى مقطع التربة فيه وكذلك معامل الأهمية للمنُشأة.

٣-٥-١- المنطقة الزلزالية:

يتم تصنيف المواقع حسب المناطق الزلزالية المحددة، وذلك وفق الخرائط الزلزالية التي تصدرها السلطات المختصة، وفقاً للتعاريف الواردة في هذا الكود الملحق. اعتمادا على ما ورد في الفصل أعلاه، يجب أن يعطى معامل المنطقة الزلزالية Z وفق الجدول (١).

٣-٥-٢- معامل القرب من المصدر للمنطقة الزلزالية (4):

يجب أن يعطى إلى كل موقع في المنطقة الزلزالية (4) معامل يسمى معامل القرب من المصدر (N_a) وذلك وفق الجدول (٩) حسب ملحق الكود رقم /٢/ بالاعتماد على نوع المصدر الزلزالي المبين في الجدول (١١).

يسمح باعتماد قيمة أعظمية للمعامل (N_a) المستعمل لتحديد (C_a) القيمة (1.1) وذلك للمنشآت التي تحقق كافة الشروط الآتية:

(أ) صنف مقطع للتربة هو من النوع: S_D أو S_C أو S_B أو S_A .

(ب) معامل الوثوقية $\rho = 1.0$.

(ج) باستثناء المنشآت المؤلفة من طابق واحد، فإن المنشآت التي إشغالاتها من المجموعة (R) الجزء (3) والمجموعة (U) الجزء (1) يلزم أن يكون فيها جملة الإطارات المعتمدة كجزء من جملة مقاومة الزلازل مصممة على أنها إطارات خاصة مقاومة للعزوم (SMRF).

(د) عندما لا يكون أي من أشكال عدم الانتظام الإنشائي الآتية موجودة في المنشأة وهي النماذج (1, 4, 5) من الجدول (٥) والنموذجين (1, 4) من الجدول (٦).

٣-٥-٣- معاملات الاستجابة الزلزالية:

يحدد لكل منشأة معامل زلزالي (C_a) حسب الجدول (١٢) ومعامل زلزالي آخر (C_v) حسب الجدول (١٣).

٣-٦- متطلبات الشكل:

٣-٦-١- عام:

تصنف كل منشأة عند تصميمها حسب شكلها الإنشائي إلى منتظمة أو غير منتظمة وذلك وفق البندين (٣-٦-٢) و (٣-٦-٣).

٣-٦-٢- المنشآت المنتظمة:

المنشآت المنتظمة هي منشآت لا يوجد فيها انقطاعات (تغيرات ملحوظة) في الكتل أو الجساءات (القساوات) ذات أهمية في المسقط الأفقي أو المقطع الرأسي أو جمل مقاومة القوى الجانبية المرتبطة بها مثل الخصائص غير المنتظمة.

٣-٦-٣- المنشآت غير المنتظمة:

(أ) هي المنشآت التي تتميز بانقطاعات مهمة (تغيرات واضحة) في الكتل أو الجساءات (القساوات) نتيجة تغير في الشكل أو في جملة مقاومة القوى الجانبية. إن خصائص عدم الانتظام تشمل مثلاً، وليس حصراً، تلك الموصوفة في الجدولين (٥) و(٦).

إن كافة المنشآت الواقعة ضمن المنطقة الزلزالية (1) وأنواع الإشغالات (3)، ماعدا الأبنية السكنية و الصناعية من المنطقة الزلزالية (2) تحتاج فقط إلى تقييم من أجل عدم الانتظام الرأسي للنموذج (5) من الجدول (٥) وعدم الانتظام الأفقي للنموذج (1) من الجدول (٦).

(ب) المنشآت التي تحتوي إحدى نماذج عدم الانتظام المذكورة في الجدول (٦) تعامل على أنها تحتوي عدم انتظام أفقي.

استثناء

عندما تكون نسبة إ زاحة الطابق بتأثير القوى الزلزالية التصميمية لا تتجاوز (1.3) مرة نسبة إزاحة الطابق الذي يعلوه، تعد عندها المنشأة أنها لا تحتوي عدم انتظام إنشائي من النموذج (1) أو (2) من الجدول (٥)، علماً أنه لا حاجة لحساب نسبة الإزاحة الطابقية للطابقين العلويين كما أنه يمكن لهذا التصنيف إهمال تأثير اللي (الفتل) للمنشأة عند حساب الإزاحة الطابقية .

(ج) المنشآت التي تتصف بأي من الخصائص المصنفة في الجدول (٦) تعد منشآت لها عدم انتظام في المسقط الأفقي.

٣-٧- الجمل الإنشائية:

٣-٧-١- عام:

تصنف الجمل الإنشائية على أنها واحدة من الأشكال المصنفَّة في الجدول (٣) .

٣-٧-٢- جمل الجدران الحاملة:

وهي جمل إنشائية دون هيكل فراغي تام لمقاومة الأحمال الرأسية، وتكون الجدران الحاملة أو الجمل المكتفة هي التي تحمل كافة أو معظم الأحمال الرأسية، أما مقاومة القوى الزلزالية فتؤمن عن طريق جدران القص أو الإطارات المكتفة.

٣-٧-٣- جملة المبنى الهيكلي (جملة إطارات عادية مع جدران قص):

وهي جملة إنشائية مؤلفة من هيكل فراغي تام بشكل يقاوم الأحمال الرأسية، أما مقاومة القوى الزلزالية فتؤمن عن طريق جدران القص أو الإطارات المربَّطة (المكتفة) وتكون الإطارات من النوع العادي.

٣-٧-٤- جملة الإطار المقاوم للعزم:

وهي جملة إنشائية مؤلفة من إطار فراغي تام يؤمن بشكل رئيسي سند الأحمال الرأسية، كما أن الإطار ذاته يؤمن مقاومة القوى الزلزالية وذلك عن طريق مقاومة الانحناء (الانعطاف) التي تتمتع بها عناصر الإطار.

٣-٧-٥- الجملة الثنائية (إطارات مقاومة للعزوم + جدران قص):

وهي جملة إنشائية (جملة مختلطة خاصة، أو تفاعلية) تتصف بالمعالم الآتية:

(أ) إطار فراغي تام يؤمن بشكل رئيسي سند الأحمال الرأسية.

(ب) تؤمن مقاومة القوى الجانبية عن طريق جدران القص أو الإطارات المربَّطة (المكتفة) وبمساهمة الإطارات المقاومة للعزوم الخاصة ومتوسطة المقاومة والعادية والحجرية (MMRWF, OMRF, IMRF, SMRF). ويجب أن تصمم الإطارات المقاومة للعزوم (أو الإطارات العزمية) بشكل مستقل على تحمل (25%) على الأقل من القص القاعدي التصميمي.

(ج) كلا الجملتين يجب أن يصمما على مقاومة القص القاعدي التصميمي الكلي بنسبة جساءتها (قساوتها) النسبية مع الأخذ بالحسبان الفعل المشترك للجملة الثنائية على كافة المستويات.

٣-٧-٦- الجملة المختلطة أو التفاعلية Interactive (إطارات مقاومة للعزوم + جدران قص):

وهي جملة مماثلة للجملة الثنائية المعرّفة أعلاه، إلا أنه لا يشترط فيها تصميم الإطارات المقاومة للعزوم بشكل مستقل للنسبة الدنيا 25% من القص القاعدي التصميمي، وإنما تصمم الإطارات لتحمل نسبة من القص وفقاً لقساوتها.

٣-٧-٧- جملة العمود الظفري:

وهي جملة إنشائية تعتمد على عناصر من الأعمدة الظفرية في تحقيق المقاومة الزلزالية، وغالباً ما تكون من طابق واحد أو طابقين على الأكثر.

٣-٧-٨- الجمل الإنشائية غير المصنفة:

وهي الجمل غير المصنفة في الجدول (٣).

٣-٧-٩- الجمل الإنشائية غير المباني:

وهي الجمل الإنشائية المطابقة للباب الثامن.

٣-٨- حدود الارتفاع:

تم تحديد حدود الارتفاع لمختلف الجمل الإنشائية في المناطق الزلزالية (3) و(4) وذلك وفق معطيات الجدول (٣). على أنه يمكن للمنشآت المنتظمة أن تتجاوز هذه الحدود بقيمة لا تزيد على 50% وذلك للمنشآت غير المشغولة بقاطنين، والتي لا يمكن الوصول إليها من قبل الجمهور العام.

٣-٩- إجراءات تحديد القوة الجانبية:

٣-٩-١- عام:

عندما تتطلب أي من المنشآت المعرفة أدناه اتباع إجراءات التحليل الديناميكي لتحديد القوى الزلزالية فيتم ذلك بواسطة الإجراءات المبينة في الباب الخامس، مع التنويه إلى الحالتين الأساسيتين اللتين تتطلبان التحليل الديناميكي، وهما: عندما يزيد ارتفاع المبنى على 73m أو عند وجود انقطاعات في الجمل الإنشائية. كما يُنصح باستعماله عندما تزيد قيمة اللا مركزية بين مركز القساوة للجمل الإنشائية ومركز ثقل الكتل على 20% من بُـعد المبنى أو المنشأة في أي من الاتجاهين أو في كليهما. خلافاً لذلك يمكن استعمال الطريقة الاستاتيكية المكافئة، بإحدى صيغها المختلفة، حسبما يسمح به هذا الملحق ولجميع المنشآت، علماً بأن المجالات التي يسمح فيها باستعمال الطريقة الاستاتيكية المكافئة موضحة في الباب الرابع من هذا الملحق، وعلماً بأنه بمكن أيضاً استعمال الطريقة الاستاتيكية المكافئة المطورة المعروضة في الملحق (ج) من هذا الملحق، إضافة للمرجعين [2] و [3]. كذلك يجدر التنويه إلى إمكانية استعمال الطريقة الديناميكية في جميع المنشآت، بما فيها تلك المسموح استعمال الطريقة الاستاتيكية المكافئة في تحليلها.

٣-٩-٢- التحليل الاستاتيكي المبسط:

يمكن استعمال الإجراءات المتبعة في تحليل القوى الجانبية بالطريقة الاستاتيكية المكافئة المبسطة المبينة للمنشآت الآتية الواقعة ضمن أنواع الإشغالات (**3**) :

(أ) الأبنية من أي إشغال (بما فيها الأبنية العائلية الافرادية) وبعدد طوابق لا يزيد على ثلاثة بالارتفاع ما عدا الأقبية (البدرومات)، والتي تستعمل فيها الجمل الإطارية الخفيفة.

(ب) باقي الأبنية التي لا يزيد ارتفاعها على طابقين (دورين) ما عدا الأقبية (البدرومات).

٣-٩-٣- التحليل الاستاتيكي:

يمكن استعمال الإجراءات المتبعة في التحليل الاستاتيكي للقوى الزلزالية كما وردت في الباب الرابع من الملحق **(2) للكود** للمنشآت الآتية:

(أ) كافة المنشآت المنتظمة و**غير المنتظمة، في المنطقة الزلزالية** (1) **وفي أنواع المباني ذات الإشغالات (3) من المنطقة الزلزالية (2)**، ما عدا الأبنية السكنية والصناعية.

(ب) المنشآت المنتظمة التي لا يزيد ارتفاعها على (73m) مع تأمين مقاومة للقوى الزلزالية باستعمال الجمل المصنفة في الجدول (٣) ، ما عدا ما ينطبق عليه البند (٣-٩-٤) الفقرة (د).

(ج) المنشآت غير المنتظمة التي لا تزيد على /5/ طوابق، أو بارتفاع لا يزيد على (20 m)، ما عدا ما ورد في البند (٣-٩-٤-ب).

(د) المنشآت المؤلفة من جزأين، جزء علوي لين (flexible) ويستند على الجزء السفلي الصلب (Rigid)، وحيث يكون كلاً من الجزأين منتظماً بحد ذاته، كما أن القساوة المتوسطة الطابقية للجزء السفلي لا تقل عن عشرة أمثال القساوة المتوسطة الطابقية للجزء العلوي، كما وأن الفترة الأساسية للمنشأة الكاملة لاتزيد على (1.1) مرة الفترة الأساسية للجزء العلوي المفترض كمنشأة مستقلة مثبتة عند قاعدتها.

٣-٩-٤- التحليل الديناميكي:

تستعمل الإجراءات المتبعة في التحليل الديناميكي للقوى الجانبية في الباب الخامس لكافة المنشآت الأخرى بما فيها المنشآت الآتية:

(أ) المنشآت التي يزيد ارتفاعها على (73m) ما عدا ما هو مسموح في البند الفرعي (٣-٩-٣-أ).

(ب) المنشآت التي فيها عدم انتظام رأسي يشمل القساوة (الجساءة) أو الوزن أو الأبعاد الهندسية، من النماذج (1) أو (2) أو (3) كما هي معرفة في الجدول (٥) أو المنشآت التي لها خصائص غير منتظمة وغير موصوفة في الجدولين (٥) أو (٦) ما عدا ما هو مسموح في البند (٤- ٥-٢).

(ج) المنشآت المؤلفة من أكثر من خمسة طوابق بارتفاع يزيد على (20m) في المناطق الزلزالية (3) أو (4) والتي ليس لها جملة إنشائية متجانسة على كامل ارتفاعها، ما عدا ما هو مسموح في البند (٤ ٥-٢).

(د) المنشآت المنتظمة، والمنشآت غير المنتظمة المستندة على صنف مقطع للتربة (S_F) والتي لها فترة أساسية تزيد على (0.7 Sec). ويجب أن يشمل التحليل تأثيرات التربة في الموقع .

٣-١٠- تحديدات الجمل الإنشائية:

٣-١٠-١- حالة خاصة من عدم الاستمرارية (الانقطاع):

يجب أن لا تزيد المنشآت التي تحوي عدم استمرارية في المقاومة (أي عدم انتظام رأسي من النوع (Type-5) كما هو معرف في الجدول (٥) على طابقين أو (9m) بالارتفاع، حيث عرف الطابق الضعيف بأن له مقاومة محسوبة تقل عن 80% من مقاومة الطابق الذي يعلوه.

ويستثنى من ذلك، الطابق الضعيف عندما يكون قادراً على مقاومة قوة زلزالية جانبية تساوي (Ω_o) مرة القوة التصميمية المحددة في الباب الرابع.

٣-١٠-٢- الجمل الإنشائية غير المصنفة:

للجمل الإنشائية غير المصنفة (أي غير الواردة) في الجدول (٣) تحدد قيمة المعامل (R) من معطيات إختبارات وتحاليل دورية تأخذ بالحسبان النقاط الهامة الآتية:

(أ) خصائص الاستجابة الديناميكية.
(ب) مقاومة القوة الجانبية.
(ج) المقاومة الإضافية وانفعالات التقسية أو التلين.
(د) انحدار المقاومة والقساوة.
(هـ) خصائص تشتيت (تبديد) الطاقة.
(و) ممطولية (مطاوعة) الجمل.
(ز) درجة عدم التقرير.

٣-١٠-٣- الخصائص غير المنتظمة:

إن كافة المنشآت التي تمتلك خصائص غير منتظمة والموصوفة في الجدول (٥) أو الجدول (٦)، يجب أن تصمم لتحقيق المتطلبات الإضافية للأقسام الملحقة بهذه الجداول.

٣-١١- الإجراءات البديلة:

٣-١١-١- عام:

يمكن استعمال إجراءات بديلة في حساب القوى الزلزالية بالاعتماد على طرائق التحليل المعتادة والمستندة إلى المبادئ الثابتة لحساب الإنشاءات بدلاً عن تلك الموصوفة في هذه الإجراءات.

٣-١١-٢- العزل الزلزالي:

يمكن استعمال جمل العزل الزلزالي ومبددات الطاقة وجمل التخميد في تصميم بعض المنشآت الخاصة لمقاومة الزلازل وذلك بالاعتماد على إحدى الكودات العالمية المتخصصة في هذا المجال المذكورة في مراجع هذا الكود الملحق.

٣-١١-٣- الحساب الافتراضي لإجهاد القص الحدي في جدران القص نتيجة لتأثيرات الزلازل:

عند إجراء الحساب الإفتراضي لإجهاد القص الحدي (τ_{tu}) في جدران القص، نتيجة لتأثير قوى القص الناتجة عن تأثيرات الزلازل، فيتم هذا الحساب وفقاً لما ورد في البند (٩-٢-١٠-٧) من الكود الأساس، بالإستئناس مع ماورد في البند (٩-٢-٨-٢) من الكود ذاته، ومع التعديلات الآتية:

- عندما تكون $Z \leq 0.2$ تُحسب τ_{tu} كما ورد في العلاقة الواردة في (أ) من البند (٩-٢-٨-٢) مع اعتماد قيمة للعمق الفعال مساوية إلى 0.8 من الإرتفاع الفعال للقطاع العرضي الحرج (أي كما ورد في البند (٩-٢-١٠-٧) تماماً).
- عندما تكون $0.2 < Z < 0.3$ تحسب τ_{tu} كما ورد في العلاقة الواردة في (أ) من البند المذكور، مع اعتماد قيمة للعمق الفعال مساوية إلى 0.75 من الإرتفاع الفعال للقطاع العرضي الحرج.

- عندما تكون $Z \geq 0.3$ تحسب τ_{tu} كما ورد في العلاقة الواردة في (أ) من البند المذكور، مع اعتماد قيمة للعمق الفعال مساوية إلى 0.60 من الإرتفاع الفعال للقطاع العرضي الحرج.

٣-١١-٤- شروط سهم الانحناء:

يجب أن لا تتجاوز قيمة السهم لأي عنصر إنشائي القيم الواردة في الجدول (٣-١٤) من الملحق رقم/٢/ والمستندة إلى العوامل المبينة في الجدول (٣-١٥) من الملحق رقم/٢/ .

يجب تطبيق معيار السهم الأشد الشروط صرامةً. ويلزم إيجاد معيار للسهم من أجل المواد غير الموصوفة بطريقة متوافقة مع الاشتراطات الواردة في هذا الباب.

يجب إعطاء السطوح النهائية سهوم معاكسة لضمان تصريف مياه مناسب عنها بعد حصول السهوم طويلة الأمد من الأحمال الميتة، أو تصمم لمقاومة وزن بركة المياه p، بتراكيب الأحمال المعطاة في البند (٣-١٢-٢). يجب أن يتضمن وزن البركة تجمع المياه من أي مصدر كان، بما فيها الثلج، بسبب السهم.

الجدول (٥): عدم الانتظام الإنشائي في المسقط الشاقولي (الرأسي)

البند المرجعي	شكل عدم الانتظام وتعريفه
٣-٩-٤-ب	(1) **عدم انتظام في القساوة – الطابق اللين:** يكون الطابق ليناً إذا كانت قساوته الجانبية أقل من 70% من قساوات الطابق الذي يعلوه أو أقل من 80% من متوسط القساوة للطوابق الثلاثة التي تعلوه.
٣-٩-٤-ب	(2) **عدم انتظام في الوزن (الكتلة):** يعتبر عدم الانتظام هذا موجوداً عندما تكون الكتلة الفعالة لأي طابق أكبر من 150% من الكتلة الفعالة لطابق مجاور. وعندما يكون السقف الأخير أخف وزناً من الطابق الذي تحته، فعدم الانتظام هذا لا يؤخذ بالحسبان.
٣-٩-٤-ب	(3) **عدم انتظام هندسي في الاتجاه الرأسي (الشاقولي):** يلزم أخذ عدم الانتظام هذا في الحسبان عندما يكون البعد الأفقي للعناصر الرأسية المقاومة للقوى الجانبية في أي طابق تزيد على 130% البعد الأفقي للطابق (الدور) المجاور ولا داعي لأخذ الملحق المتراجع ذي الطابق الواحد في هذا التعريف.
٤-٩-٢	(4) **انقطاع في المستوي في العناصر الرأسية لمقاومة القوى الجانبية:** وهو إنزياح في المستوي لعنصر ما من عناصر مقاومة القوى الجانبية (في طابق أو أكثر) يفوق طول هذا العنصر (مقاساً في المستوي الأفقي).
٣-١٠-١	(5) **انقطاع في الاستطاعة – الطابق الضعيف:** الطابق الضعيف هو طابق متانته (مقاومته) أقل من 80% من الطابق الذي يعلوه. إن متانة الطابق هي المتانة الكلية لكافة مساهمات العناصر المقاومة للزلازل على القص لهذا الطابق وذلك بالاتجاه المدروس. وتحسب مساهمة كل عنصر من طاقة تحمل العنصر للعزم بأعلى وبأسفل الطابق.

الجدول (٦): عدم الانتظام الإنشائي في المسقط الأفقي

البند المرجعي	نوع عدم الانتظام وتعريفه
٧-١١-١ ٧-١١-٨	(1) **عدم انتظام اللي - ويؤخذ بالحسبان عندما تكون الديافرامات غير لينة:** يعد عدم الانتظام هذا موجوداً عندما تكون الإزاحة العظمى للطابق، محسوبةً بعد أخذ اللي (الفتل) الطاريء، عند نهاية واحدة للمنشأة وبشكل مستعرض (متعامد) مع محور ما، تزيد على (1.2) مرة متوسط إزاحة نهايتي الطابق في المنشأة.
٧-١١-٨	(2) **الزوايا الداخلية: "Re - entrant Corners":** يقال عن المسقط الأفقي لمنشأة (بما فيها جملة مقاومة القوى الجانبية) أنه يحتوي على زوايا داخلية، عندما يكون مسقط المنشأة إلى ما بعد الزاوية الداخلية، أكبر من 15% من البعد الكلي لمسقط المنشأة، بالاتجاه المدروس.
٧-١١-٨	(3) **الانقطاع (عدم الاستمرار) في الديافرام:** الديافرامات (الأحجبة) الحاوية على انقطاعات مفاجئة أو تغيرات في القساوة (الجساءة)، بما فيها تلك الحاوية على مساحات مقطوعة أو مفتوحة أكبر من 50% من المساحة الكلية المجملة للديافرام، أو هناك تغيرات في القساوة الفعالة للديافرام تزيد على 50% من طابق لآخر.
٤-٩-٢ ٧-١١-٨	(4) **تغيرات مفاجئة خارج المستوي:** وتشمل الانقطاعات في مسار القوة الجانبية، مثل التغيرات المفاجئة للعناصر الرأسية خارج مستواها (مثال جدار قص انتقل في الطابق الأعلى إلى موقع آخر موازٍ في غير مستويه).
٧-١١-١	(5) **الجمل غير المتوازية:** عندما تكون العناصر الرأسية المقاومة للأحمال الجانبية غير موازية للمحاور المتعامدة الرئيسية لجملة مقاومة القوى الجانبية أو غير متناظرة حول هذه المحاور.

الجدول (٣): الجمل الإنشائية [1]

الجمل الإنشائية الرئيسية [2]	وصف جملة مقاومة القوى الجانبية		R	Ω_o	حدود الارتفاع للمناطق الزلزالية (4), (3) (m)
١ – جملة الجدران الحاملة.	جمل الجدران المدعمة بإطارات خفيفة مع عوارض ألواح للقص:	(١)			
	آ- جدران مؤلفة من ألواح خشبية لمنشآت لاتتجاوز ثلاثة طوابق.		5.5	2.8	20
	ب - كافة الجدران الأخرى المدعمة بإطارات خفيفة.		4.5	2.8	20
	جدران القص:	(٢)			
	آ - من الخرسانة.		4.5	2.8	49
	ب - حجرية.		4.5	2.8	49
	جدران حاملة مدعمة بإطارات خفيفة من الفولاذ باستعمال شبكة تربيط شد فقط.	(٣)	2.8	2.2	20
	إطارات مربطة حيث تحمل شبكة التربيط أحمال الجاذبية:	(٤)			
	آ - فولاذ.		4.4	2.2	49
	ب - خرسانة.		2.8	2.2	-
	ج - خشب ثقيل.		2.8	2.2	20
٢ – جملة المبني الإطاري	إطار فولاذ مربط لا مركزياً (EBF)	(١)	7.0	2.8	73
	جدران مؤطرَّة (مدعمة) بإطارات خفيفة مع ألواح مقاومة للقص:	(٢)			
	آ - جدران مؤلفة من ألواح خشبية إنشائية لمنشآت لاتتجاوز ثلاثة طوابق.		6.5	2.8	20
	ب - كافة الجدران المدعمة بإطارات خفيفة.		5.0	2.8	20
	جدران القص:	(٣)			
	آ - من الخرسانة.		5.5	2.8	73
	ب – حجرية.		5.5	2.8	49
	الإطارات العادية المكتفة (المربَّطة):	(٤)			
	آ – فولاذ.		5.6	2.2	49
	ب - خرسانة [3].		5.6	2.2	-
	ج - خشب ثقيل.		5.6	2.2	20
	الإطارات الخاصة المكتفة (المربَّطة) مركزياً:	(٥)			
	آ - فولاذ.		6.4	2.2	73

تابع الجدول (٣): الجمل الإنشائية [1]

الجمل الإنشائية الرئيسية [2]	وصف جملة مقاومة القوى الجانبية	R	Ω_o	حدود الارتفاع للمناطق الزلزالية (4), (3) (m)
٣ – الجمل الإنشائية الإطارية المقاومة للعزوم	(١) إطار خاص مقاوم للعزوم (SMRF):			
	آ - فولاذ.	8.5	2.8	N.L
	ب - خرسانة [4].	8.5	2.8	N.L
	(٢) إطار جداري حجري مقاوم للعزوم (MMRWF) .	6.5	2.8	49
	(٣) إطار من الخرسانة متوسط المقاومة للعزوم (IMRF) [5] .	5.5	2.8	-
	(٤) إطار عادي مقاوم للعزوم (OMRF):			
	آ - من الفولاذ [6].	4.5	2.8	49
	ب - من الخرسانة [7].	3.5	2.8	-
	(٥) الإطارات الفولاذية الشبكية الخاصة المقاومة للعزوم (STMF).	6.5	2.8	73
٤ – الجمل الثنائية	(١) جدران قص:			
	آ - من الخرسانة مع SMRF .	8.5	2.8	N.L
	ب - من الخرسانة مع OMRF من الفولاذ.	4.2	2.8	49
	ج - من الخرسانة مع IMRF من الخرسانة [5].	6.5	2.8	49
	د - حجري مع SMRF.	5.5	2.8	49
	هـ- حجري مع OMRF من الفولاذ.	4.2	2.8	49
	و - حجري مع IMRF من الخرسانة [3] .	4.2	2.8	-
	ز - حجري مع حجري MMRWF.	6.0	2.8	49
	(٢) إطار من الفولاذ المكتف (مربط) لا مركزياً EBF:			
	آ - مع SMRF من الفولاذ.	8.5	2.8	N.L
	ب - مع OMRF من الفولاذ.	4.2	2.8	49
	(٣) إطارات مكتفة (مربطة) عادية:			
	آ - فولاذية مع SMRF من الفولاذ.	6.5	2.8	N.L
	ب - فولاذية مع OMRF من الفولاذ.	4.2	2.8	49
	ج - خرسانية مع SMRF من الخرسانة [3].	6.5	2.8	-
	د - خرسانية مع IMRF من الخرسانة [3].	4.2	2.8	-
	(٤) الإطارات الخاصة المربطة مركزياً:			
	آ - الفولاذية مع SMRF فولاذ.	7.5	2.8	N.L
	ب - الفولاذية مع OMRF فولاذ.	4.2	2.8	49

تابع الجدول (٣): الجمل الإنشائية [1]

حدود الارتفاع للمناطق الزلزالية (4), (3) (m)	Ω_o	R	وصف جملة مقاومة القوى الجانبية	الجمل الإنشائية الرئيسية [2]
11 [7]	2.0	2.2	(١) عناصر من الأعمدة الظفرية (الكابولية).	5 – المباني ذات الجمل المؤلفة من أعمدة ظفرية.
49	2.8	5.5	(١) من الخرسانة [8]	6 – الجمل المختلطة أو التفاعلية (ذات الفعل المتبادل بين الإطار العزمي وجدار القص).
-	-	-	انظر البندين (٣-٧-٧) و (٣-١٠-٢)	7 – الجمل غير المعرفة.

N.L ليس له حدود

(1) راجع الفصل (٤-٥) بشأن تراكيب الجمل الإنشائية.

(2) الجمل الإنشائية الرئيسية المعرفة في الفصل (٣-٧) من الملحق رقم /٢/ .

(3) محظورة في المناطق الزلزالية (3) و (4).

(4) وتتضمن الخرسانة مسبقة الصنع .

(5) محظورة في المناطق الزلزالية (3) و(4)، باستثناء ما هو مسموح به .

(6) الإطارات العادية المقاومة للعزوم في المنطقة الزلزالية (1) تأخذ قيمة (R) مساوية لـ (8).

(7) الارتفاع الكلي للمبنى بما فيه الأعمدة الظفرية (الكابولية).

(8) محظورة في المناطق الزلزالية (2 A)، (2 B)، (2 C)، (3) و(4).

الجدول (٧): معاملات القوى الأفقية (a_p) و (R_p)

رقم الملاحظة	R_p	a_p	عناصر المنشآت والمكونات غير الإنشائية والمعدات [١]
			١ – عناصر المنشآت:
	3.0	2.5	(آ) الجدران متضمنة مايلي: ١) التصاوين(الدراوي) العلوية الكابولية (غير المكتفة).
٢	3.0	1.0	٢) الجدران الخارجية الواقعة عند أو أعلى من الطابق الأرضي والتصاوين (الأسوار أو الدراوي) المربطة عند نقط أعلى من مراكز ثقلها.
٢	3.0	1.0	٣) كافة الجدران الداخلية الحاملة وغير الحاملة.
	4.0	2.5	(ب) الملاحق الفرعية (ملاحق – سقائف – أبنية فرعية) (باستثناء حالة كونها مدعمة بعنصر شد في الإطار الإنشائي).
٣	3.0	1.0	(ج) عناصر الوصل في العناصر الإنشائية مسبقة الصنع غير الجدران. انظر الفصل (٦-٢).
			٢ – المكونات غير الإنشائية:
	3.0	2.5	(آ) العناصر الزخرفية الداخلية والخارجية وتوابعها.
			(ب) المداخن وأبراج التبريد المستندة على السقف أو الظاهرة فوقه.
	3.0	2.5	١) مربَّطة جانبياً أو مثبتة (إرساء) إلى إطار إنشائي عند نقطة تقع أسفل من مركز كتلتها.
	3.0	1.0	٢) مربطة جانبياً أو مثبتة (إرساء) إلى إطار إنشائي عند نقطة تقع بمنسوب مركز كتلتها أو أعلى من ذلك.
	3.0	2.5	(ج) شواخص الإشارات ولوحات الإعلانات.
٤	4.0	2.5	(د) حوامل التخزين في المستودعات (بما فيها المحتويات) بارتفاع يزيد على (1.8m).
٥	3.0	1.0	(هـ) الخزائن المثبتة على الأرض بشكل دائم ورفوف الكتب بارتفاع يزيد عن (1.8m) بما فيها المحتويات.
٨،٧،٦،٣	3.0	1.0	(و) نقاط التثبيت (الإرساء) والتربيط الجانبي للأسقف المستعارة المعلقة ونقاط تثبيت الإنارة.
٩،٥،٤	3.0	1.0	(ز) أرضيات معابر الدخول.
	3.0	1.0	(ح) الأسوار المؤلفة من الخرسانة أو القرميد بارتفاع يزيد على (1.8 m) .
	3.0	1.0	(ط) القواطع الداخلية.

تابع الجدول (٧): معاملات القوى الأفقية (a_p) و(R_p)

رقم الملحوظة	R_p	a_p	عناصر المنشآت والمكونات غير الإنشائية والمعدات [1]
	3.0	1.0	**٣ – المعدات:** (أ) الخزانات والأوعية (بما فيها المحتويات)، متضمنة جمل الاستناد.
١٢،١١،١٠، ٥ ١٦،١٥،١٤، ١٣	3.0	1.0	(ب) الأجهزة الكهربائية والميكانيكية والصحية وكافة الأنابيب والمجاري والأقنية المرتبطة بها.
١٥،١٤، ١٠،٥ ١٦	3.0	2.5	(ج) أي جهاز لين مربَّط جانبياً أو مثبت إلى إطار إنشائي عند نقطة تقع أسفل مركز الكتلة.
١٨،١٧	3.0	1.0	(د) نقاط تثبيت وإرساء جمل الطوارئ لتوليد الطاقة ومعدات الاتصال الرئيسية ونقاط تثبيت وإرساء وجمل استناد حوامل (رفوف) البطاريات وخزانات الوقود الضرورية لعمل أجهزة الطوارئ . انظر أيضاً الفصل (٦-٢).
١٩	3.0	1.0	(هـ) الحاويات المؤقتة التي تحتوي على مواد قابلة للاشتعال أو مواد خطرة.
			٤ – المكونات الأخرى:
١	3.0	1.0	(أ) مكونات صلبة من مادة (وروابط) ممطولية (مطاوعة).
١	1.5	1.0	(ب) مكونات صلبة من مادة (وروابط) غير ممطولية.
١	3.0	2.5	(ج) مكونات مرنة من مادة (وروابط) ممطولية.
١	1.5	2.5	(د) مكونات مرنة من مادة (وروابط) غير ممطولية.

(١) انظر الباب الثاني للإطلاع على تعاريف المكونات اللينة والمكونات الصلبة.
(٢) انظر البنود (٧-١١-٣) و(٧-١١-٧) من أجل الجدران الخرسانية والحجرية والبند (٦-٢) من أجل الوصلات الخاصة بالوصل والألواح.
(٣) تطبق فقط على المناطق الزلزالية (2) و(3) و(4).
(٤) حوامل التخزين الفولاذية المثبتة على الأرض يجب أن تصمم طبقاً لاشتراطات الملحق (أ) من هذا الكود الملحق، شرط أن تكون القوى الزلزالية التصميمية مساوية أو أكبر من تلك المحددة في الفصلين (٦-٢) و(٨-٢) والمحددة لذلك.
(٥) تصمم فقط نقاط الإرساء أو التثبيت (Restraints).
(٦) يجب أن يتضمن وزن السقف المستعار كافة الحواشي الخفيفة (مثل نقاط الإنارة) والتجهيزات الأخرى أو القواطع المسنودة جانبياً عن طريق السقف، ولتحديد القوة

الزلزالية، تؤخذ أوزان السقف ($0.19\ kN/m^2$) كحد أدنى.

(٧) السقوف المستعارة المنشأة من ألواح خشبية ملبسة بالمونة أو الجص والمثبتة ببراغي أو مسامير إلى عناصر متدلية حاملة لهذا السقف على منسوب واحد يمتد من الجدار إلى الجدار لا تحتاج إلى تحليل إنشائي شريطة أن يكون التباعد بين الجدران لا يزيد على (15.25 m).

(٨) الحواشي الخفيفة (نقاط تثبيت أجهزة الإنارة) والخدمات الميكانيكية والمركبة في جمل معدنية معلقة لتحقيق عزل صوتي وألواح الأسقف المستعارة يجب أن تحمل بشكل مستقل عن المنشأة فوقها.

(٩) (W_P) من أجل جمل أرضيات الدخول والمعابر تمثل الوزن الميت لهذه الجمل مضافاً إليها 25% من الحمولة الحية المطبقة عليها، بالإضافة لحمل مساوٍ لـ ($0.48\ kN/m^2$) حمولة قواطع إضافية.

(١٠) التجهيزات المذكورة في الجدول تتضمن مثلاً، وليس على سبيل الحصر: مايلي:
المراجل، الشيلرات (أجهزة التبريد)، المبادلات الحرارية، المضخات، وحدات معالجة الهواء، أبراج التبريد، لوحات التحكم، المحركات، مفاتيح تبديل السرعة، المحولات، تجهيزات الحماية والأمان. كما يجب أن تتضمن الأقنية الرئيسية والدكتات والأنابيب والتي تخدم الماكينات والتجهيزات وشبكات إطفاء الحريق. يراجع الفصل (٢-٦) الذي يحدد المتطلبات الإضافية لتحديد (a_p) وذلك للتجهيزات المركبة اللينة (غير الجاسئة).

(١١) يمكن أن تحذف القيود الزلزالية من نقاط استناد الأنابيب والدكتات، إذا تحققت كافة الشروط الآتية:

١١-١- الحركة الجانبية للأنابيب أو الدكتات لا تؤدي إلى صدمة مخربة (مدمرة) مع باقي الجمل.

١١-٢- الأنابيب أو الأقنية (الدكتات) مصنَّعة من مادة مطيلة (مطاوعة) ووصلات ممطولية (مطاوعة).

١١-٣- الحركة الجانبية للأنابيب أو الدكتات لا تسبب صدمة ذات توابع تؤدي إلى صدم الحواشي القابلة للكسر (مثلاً، النقاط الرئيسية لشبكة الحريق) مع أي من المعدات الأخرى، سواء أنابيب أو عناصر إنشائية.

١١-٤- يجب أن لا تؤدي الحركة الجانبية للأنابيب أو الأقنية (الدكتات) إلى خسارة في جملة الاستناد الرأسي.

١١-٥- نقاط الاستناد المؤلفة من قضبان تعليق بطول يقل عن (305 mm) يجب أن تثبت بوصلة علوية لا تؤدي إلى نشوء عزوم.

١١-٦- عناصر الاستناد الكابولية (الظفرية) الظاهرة فوق البلاطة يجب أن تُحقق على الاستقرار.

(١٢) يمكن أن تحذف القيود الزلزالية من أقنية الكهرباء، مثل حوامل الكابلات، الأنابيب وحوامل الأقنية (الدكتات)، إذا تحققت كافة الشروط الآتية:

١٢-١- الحركة الجانبية للأقنية لا تسبب صدمة مخربة مع الجمل الأخرى.

١٢-٢- الحركة الجانبية للأقنية لا تسبب خسارة في جملة الإستناد الرأسي.

١٢-٣- الحوامل المؤلفة من قضبان تعليق بطول لا يقل عن (305 mm) يجب أن تزود بوصلة علوية لا تؤدي إلى نشوء عزوم.

١٢-٤- يجب أن تحقق عناصر الاستناد الظفرية (الكابولية) فوق البلاطة على الاستقرار.

(١٣) الأنابيب والأقنية (الدكتات) وأقنية الكهرباء، والتي يجب أن تحقق وظيفتها بعد الهزة الأرضية أو تلك الممتدة بين مختلف المباني أو الجمل الإنشائية، يجب أن تكون لينة بالشكل الكافي لمقاومة الحركة النسبية لنقاط الإستناد مع افتراض حدوث الحركات الخارجة عن الطور.

(١٤) يجب تصميم عوازل الاهتزاز الساندة للتجهيزات من أجل مقاومة القوى الجانبية أو لتقييدها من أجل منع حركتها الجانبية من الجمل الأخرى.

(١٥) يجب عدم تصميم إرساء (مثبتات) المعدات بالاعتماد على مقاومة القوى الجانبية بالاحتكاك الناتج عن الجاذبية (مثل ملاقط الاحتكاك).

(١٦) المثبتات بالتوسع (Expansion Anchors) والمطلوب منها مقاومة للأحمال الزلزالية بالشد لا ُيسمح باستعمالها في حال وجود أحمال ناتجة عن الاهتزازات.

(١٧) يجب منع حركة الأجزاء ضمن الغرف الكهربائية أو ضمن الرفوف وضمن المعدات المعلقة وقطع المعدات الكهربائية – الميكانيكية التي يمكن أن تسبب ضرراً للأجزاء الأخرى من تحركها، ويتم منع الحركة بالتثبيت بروابط إلى معدات مثبتة أو إلى إطارات ساندة.

(١٨) يجب تقييد حركة البطاريات المخزنة على رفوف في جميع اتجاهات القوى الزلزالية.

(١٩) يمكن أن تشمل التثبيتات الزلزالية: شرائط معدنية، سلاسل، براغي، حواجز أو أية طرائق أخرى التي تضمن منع الانزلاق والسقوط والانكسار لمحتويات الأوعية السامة أو القابلة للحريق. ولا ُيسمح بالاعتماد على قوى الاحتكاك لمقاومة القوى الأفقية في هذه التثبيتات، إلا إذا تأمن منع الحركة الرأسية للجزء المثبت بما يضمن وجود قوى الاحتكاك عند حدوث الزلزال.

الجدول (٨): قيمة العوامل (R) و (Ω_O) المرتبطة بالمنشآت غير المباني

نوع المنشأة	R	Ω_O
(١) الأوعية، بما فيها الخزانات والكرات المضغوطة والمحمولة على قوائم (أرجل) مربطة أو غير مربطة.	2.2	2.0
(٢) الصوامع والمداخن المصبوبة في المكان وذات الجدران المستمرة حتى الأساسات.	3.6	2.0
(٣) المنشآت الظفرية (الكابولية) ذات الكتل الموزعة مثل المداخن فوق الأسطحة والمداخن والصوامع والأوعية الرأسية المستندة على حوامل مركزية.	2.9	2.0

(٤)	الأبراج الشبكية (المستندة بشكل حر أو المربطة بشدادات)، المداخن المربطة.	2.9	2.0
(٥)	المنشآت المؤلفة من أعمدة ظفرية (كابولية).	2.2	2.0
(٦)	أبراج التبريد.	3.6	2.0
(٧)	القواديس والأقماع المستندة على قوائم مربطة أو غير مربطة.	2.9	2.0
(٨)	رفوف وحوامل التخزين.	3.6	2.0
(٩)	الإشارات ولوحات الإعلانات.	3.6	2.0
(١٠)	منشآت الملاهي والآثار.	2.2	2.0
(١١)	كافة المنشآت الأخرى المستندة ذاتياً وغير الواردة فيما سبق، مثل الجدران الاستنادية والخزانات.	2.9	2.0

الجدول (٩): معامل القرب من المصدر[١] (N_a)

نموذج المصدر الزلزالي	المسافة الأكثر قرباً من المصدر الزلزالي المعروف [٢،٣]		
	≤ 2km	**5 km**	≥ 10km
A	1.5	1.2	1.0
B	1.3	1.0	1.0
C	1.0	1.0	1.0

(١) يمكن حساب قيمة معامل القرب من المصدر بالتناسب الخطي وذلك للمسافات غير تلك الواردة في الجدول.
(٢) يجب تحديد موقع وشكل المصادر الزلزالية المستعملة في التصميم بناءً على معطيات جيوتكنيكية مصادق عليها.
(٣) تُـؤخذ المسافة الأكثر قرباً من المصدر الزلزالي على أنها المسافة الدنيا بين الموقع والمساحة المحددة بالمسقط الرأسي للمصدر على السطح (أي المسقط السطحي لمستوى الصدع) ولا ضرورة أن يشمل المسقط السطحي أجزاء من المصدر تقع على أعماق تساوي أو تزيد على (10 km).
يجب اعتماد القيمة الأكبر لمعامل القرب من المصدر في التصميم بعد الأخذ بالحسبان كافة المصادر الأخرى.

الجدول (١٠): معامل القرب من المصدر[١] (N_v)

نموذج المصدر الزلزالي	المسافة الأكثر قرباً من المصدر الزلزالي المعروف [٢،٣]			
	≤ 2km	5km	10km	≥ 15km
A	2.0	1.6	1.2	1.0
B	1.6	1.2	1.0	1.0
C	1.0	1.0	1.0	1.0

(١) يمكن حساب قيمة معامل القرب من المصدر بالتناسب خطياً وذلك للمسافات غير تلك الواردة في الجدول.
(٢) يجب تحديد موقع وشكل المصادر الزلزالية المستعملة في التصميم بناءً على معطيات جيوتكنيكية مصادق عليها.
(٣) تُؤخذ المسافة الأكثر قرباً من المصدر الزلزالي على أنها المسافة الدنيا بين الموقع والمساحة المحددة بالمسقط الرأسي للمصدر على السطح (أي المسقط السطحي لمستوى الصدع) ولا ضرورة أن يشمل المسقط السطحي أجزاء من المصدر تقع على أعماق تساوي أو تزيد على (10km).
يجب اعتماد القيمة الأكبر لمعامل القرب من المصدر في التصميم، بعد الأخذ بالحسبان كافة المصادر الأخرى.

الجدول: (١١): نمط (نوع) المصدر الزلزالي [١]

نمط المصدر الزلزالي	وصف المصدر الزلزالي	تعريف المصدر الزلزالي	
		قيمة مقدار الزلزال الأعظمي بمقياس ريختر (M)	معدل الانزلاق SR (mm/year)
A	صدوع جيولوجية قادرة على خلق حوادث زلزالية وتتمتع بمعدل مرتفع من النشاطات الزلزالية.	$M \geq 7.0$	$SR \geq 5$
B	كافة الصدوع غير الأنماط **(A)** و **(C)**	$M \geq 7.0$ **$M < 7.0$** $M \geq 6.5$	**$SR < 5$** **$SR > 2$** **$SR < 2$**
C	صدوع جيولوجية غير قادرة على خلق حوادث زلزالية كبيرة وتتمتع بمعدل منخفض من النشاطات الزلزالية.	**$M < 6.5$**	$SR \leq 2$

(١) يجب أن يحدد تصنيف المصدر بناءً على طبيعة الموقع الخاصة.
(٢) يجب أن يتحقق كلاً من شرطي القيمة العظمى للعزم ومعدل الانزلاق بشكلٍ كافٍ، عند تحديد نمط المصدر الزلزالي.

رابعاً
القوى الزلزالية التصميمية الدنيا والتأثيرات المرافقة لها
الطريقة الاستاتيكية والطرق الديناميكية

٤-١- **تستعمل الطريقة الاستاتيكية في حالة المنشآت المتناظرة**، أو شبه المتناظرة (ما عدا الحالات الأخرى التي يلزم بها استعمال تحليل ديناميكي وفقاً لاشتراطات الكود وملحقه هذا) عندما لا تزيد اللامركزية بين مركز ثقل الأحمال ومركز القساوة على 20% من بعد المبنى أو المنشأة في الاتجاهين. وإذا زادت هذه اللامركزية (في أي اتجاه أو في الاتجاهين معاً) على 20% ، فيلزم استخدام الطرق الديناميكية .

٤-٢- **في حال زيادة اللامركزية بين مركز ثقل الأحمال ومركز القساوة** على 20% من بعد المبنى أو المنشأة في أي من الاتجاهين، او كليهما، (وفي الحالات الأخرى التي يلزم بها استعمال تحليل ديناميكي وفقاً لاشتراطات الكود وملحقه هذا) فيلزم استعمال إحدى طرائق التحليل الديناميكي الواردة في هذا الملحق، علماً بأنه يمكن استعمال إحدى هذه الطرائق مهما كانت قيمة اللامركزية، مع مراعاة الحدود الدنيا لقيمة قوى القص القاعدي والتي تحسب باستعمال الطريقة الاستاتيكية.

إن حساب القوى الزلزالية بالطريقة الاستاتيكية يعطي هذه القوى بقيمتها المصعدة مباشرة، وعند التصميم باعتمادها تؤخذ تراكيب الأحمال من العلاقات الواردة في هذا البند .

يعطي حساب القوى والتأثيرات الزلزالية بطرائق التحليل الديناميكي الواردة في هذا الملحق أيضاً بقيمها المصعدة مباشرة كما جاء في أعلاه.

٤-٣- متطلبات النمذجة (التمثيل) :

يجب أن يتضمن النموذج الرياضي الممثل للمنشأة الفيزيائية كافة العناصر المساهمة بجملة مقاومة القوى الجانبية. كما يجب أن يتضمن النموذج قساوة و مقاومة العناصر المؤثرة في توزيع القوى، كما يلزم أن يمثل هذا النموذج التوزيع الأساسي للكتل و القساوات في المنشأة.

بالإضافة لذلك يجب أن يتوافق النموذج مع مايلي :

(أ) عند تحديد خصائص القساوة للعناصر الخرسانية المسلحة أو الجدران الحجرية، يجب أن يؤخذ بالحسبان تأثيرات المقاطع المتشققة (القطاعات التي بها شروخ).

(ب) في جمل الإطارات الإنشائية المعدنية المقاومة للعزوم، يجب الأخذ بالحسبان مساهمة تشوهات صفائح موضعية (Panel Zone) عند حساب الإزاحة الكلية الطابقية (إزاحة الدور الكلية).

٤-٣-١- **تأثيرات (P-Δ) :** (التأثيرات الإضافية الناتجة عن الازاحات الأفقية)

عند تصميم وحساب الاستقرار الإنشائي الكلي للهيكل، يجب أخذ القوى والعزوم الناشئة في العناصر (بما فيها إزاحات الطوابق)، الناتجة عن تأثيرات (P-Δ) ويتم تحديدها باستعمال القوى المنتجة للإزاحات (Δ_S).

يمكن إهمال تأثير (P-Δ) عندما تكون نسبة العزوم الثانوية إلى العزوم الرئيسية لا تتجاوز (0.10).

ويمكن حساب هذه النسبة لأي طابق كناتج للعلاقة التالية :

$$\text{نسبة العزوم الثانوية} = \frac{\text{الأحمال (الميتة + الحية + الثلج) المطبقة أعلى منسوب الطابق المدروس} \times \text{الإزاحة الزلزالية للطابق}}{\text{القص الزلزالي في الطابق المدروس} \times \text{ارتفاع الطابق}}$$

في المناطق الزلزالية (3) و(4) فإن تأثير ($P\text{-}\Delta$) لا يؤخذ بالحسبان عندما تكون الإزاحة الطابقية النسبية لا تتجاوز (0.02/R).

٤-٤- مراحل حساب القوة الاستاتيكية المكافئة (الطريقة الإستاتيكية) :

٤-٤-١- حساب القص القاعدي التصميمي :

يحدد القص القاعدي التصميمي الكلي في اتجاه ما بالعلاقة التالية :

$$V = \frac{C_v\ I}{R\ .\ T} W \qquad (١٨)$$

وبحيث لا يتجاوز القص القاعدي التصميمي الكلي القيمة :

$$V = \frac{2.5\ C_a\ I}{R}\ W \qquad (١٩)$$

وبحيث لا يقل القص القاعدي الكلي التصميمي عن :

$$V = 0.11\ C_a\ I\ W \qquad (٢٠)$$

إضافة لما سبق، يجب أن لا يقل القص القاعدي الكلي للمنطقة الزلزالية (4) عن :

$$V = \frac{0.8\ Z\ N_v\ I}{R}\ W \qquad (٢١)$$

٤-٤-٢- الفترة الأساسية للمنشأة : (تحسب كما ذكر سابقاً)

الجدول (٣-٩)

الجدول (١٢): المعامل الزلزالي (C_a)

نموذج المقطع الشاقولي للتربة	معامل المنطقة الزلزالي (Z)					
	Z=0.075	Z=0.15	Z=0.2	Z=0.25	Z=0.3	Z=0.4
S_A	0.06	0.12	0.16	0.20	0.24	0.32 Na
S_B	0.08	0.15	0.20	0.25	0.30	0.40 Na
S_C	0.09	0.18	0.24	0.29	0.33	0.40 Na
S_D	0.12	0.22	0.28	0.32	0.36	0.44 Na
S_E	0.19	0.30	0.34	0.35	0.36	0.36 Na
S_F	انظر الملاحظة (١)					

(١)لتحديد المعاملات الزلزالية للتربة ذات المقطع الجانبي من النوع (S_F) يجب إجراء تحريات ودراسات جيوتكنيكية حقلية وإجراء التحليل الديناميكي لاستجابة الموقع.

الجدول (١٣): المعامل الزلزالي (C_v)

نموذج المقطع الشاقولي للتربة	معامل المنطقة الزلزالي (Z)					
	Z=0.075	Z=0.15	Z=0.2	Z=0.25	Z=0.3	Z=0.4
S_A	0.06	0.12	0.16	0.20	0.24	0.32 Nv
S_B	0.08	0.15	0.20	0.25	0.30	0.40 Nv
S_C	0.13	0.25	0.32	0.38	0.45	0.56 Nv
S_D	0.18	0.32	0.40	0.47	0.54	0.64 Nv
S_E	0.26	0.50	0.64	0.74	0.84	0.96 Nv
S_F	انظر الملحوظة (١)					

(١) لتحديد المعاملات الزلزالية للتربة ذات المقطع الجانبي من النوع (S_F) يجب إجراء تحريات ودراسات جيوتكنيكية حقلية وإجراء التحليل الديناميكي لاستجابة الموقع.

٤-٥- تحديد المعاملات الزلزالية :

٤-٥-١- تحديد قيمة (Ω_o) :

من أجل عناصر معينة في المنشأة، كما هي محددة بشكل خاص في هذه الكود (مثل عناصر البند ٤-٨-٢)، تحسب القيمة الدنيا التصميمية للمقاومة من حاصل ضرب معامل تكبير القوة الزلزالية (Ω_o) والقوى الزلزالية التصميمية، كما وردت في الباب الرابع. ويؤخذ معامل زيادة مقاومة القوة الزلزالية (Ω_o) من الجدول (٣).

٤-٥-٢- تحديد قيمة (R) :

تؤخذ القيمة (R) من الجدول (٣).

الجدول رقم (٣): جدول مبسط لتحديد قيمة المعامل R للجمل الإنشائية
الشائعة الاستعمال في الجمهورية العربية السورية عند
إستعمال إطارات عزمية متوسطة محلية

التسلسل	الجملــة الإنشـائيــة	المعامل R
١	جملة إطارات متوسطة محلية (أي متوسطة مقاومة للعزوم بمفهوم هذا الملحق من حيث تفصيل فولاذ التسليح والأبعاد الدنيا والتصميم لمقاومة العزوم والتسليح الأدنى ومقاومة قوى القص محسوبة على أساس عامل تخفيض المقاومة ($\Omega = 1$) لطاقتي تحمل المقطعين في أعلى وأسفل العمود للعزوم ومحسوبين بإستعمال إجهاد شد أعظمي = f_y ، إضافة لبقية الاشتراطات الواردة في الجدول (٤-٣)).	6.0
٢	جملة ثنائية من جدران قص وإطارات متوسطة مقاومة للعزوم (كما ذكر في ١ أعلاه) تتحمل الإطارات ما لا يقل عن 50% من قوة القص القاعدي.	5.5
٣	جملة ثنائية من جدران قص وإطارات متوسطة مقاومة للعزوم (كما ذكر في ١ أعلاه) تتحمل الإطارات ما لا يقل عن 25% من قوة القص القاعدي.	5.0
٤	جملة جدران قص دون إطارات متوسطة مقاومة للعزوم (كما ذكر في ١ أعلاه)، أو مع وجود إطارات تحقق مفهوم تفصيل حديد التسليح والأبعاد الدنيا، مع إهمال مساهمة الإطارات في مقاومة القوى الزلزالية، مع تحقيق متطلبات واشتراطات الفصل (٧-١١) من الكود الأساس.	4.5

ملاحظات: ١) يمكن أخذ قيمة للعامل R بالتناسب الخطي للحالات الواقعة بين الحالات المذكورة في الجدول.
٢) عند مساهمة الإطارات المتوسطة المقاومة للعزوم المحلية (المقاومة للعزوم المتوسطة بمفهوم الكود الأساس وهذا الملحق)، فتصمم لقوة متناسبة مع مساهمتها، وتصمم جدران القص لبقية القوة.

الجدول رقم (٣)
جدول مبسط لتحديد قيمة المعامل R للجمل الإنشائية
الشائعة الاستعمال في الجمهورية العربية السورية
عند إستعمال إطارات عزمية خاصة محلية

التسلسل	الجملــة الإنشـائيــة	المعامل R
١	جملة إطارات عزمية خاصة محلية (أي خاصة مقاومة للعزوم بمفهوم هذا الملحق من حيث تفصيل فولاذ التسليح والأبعاد الدنيا والتصميم لمقاومة العزوم والتسليح الأدنى ومقاومة قوى القص محسوبة على أساس عامل تخفيض المقاومة ($\Omega = 1$) لطاقتي تحمل المقطعين في أعلى وأسفل العمود للعزوم، ومحسوبين بإستعمال $f_u = 1.25\ f_y$ ، إضافة لبقية الاشتراطات الواردة في الجدول (٤-٣)).	8.0
٢	جملة ثنائية من جدران قص وإطارات خاصة مقاومة للعزوم (كما ذكر في ١ أعلاه) تتحمل الإطارات ما لا يقل عن 50% من قوة القص القاعدي.	7.0
٣	جملة ثنائية من جدران قص وإطارات خاصة مقاومة للعزوم (كما ذكر في ١ أعلاه) تتحمل الإطارات ما لا يقل عن 25% من قوة القص القاعدي.	6.0
٤	جملة جدران قص دون إطارات خاصة مقاومة للعزوم (كما ذكر في ١ أعلاه)، أو مع وجود إطارات تحقق مفهوم تفصيل حديد التسليح والأبعاد الدنيا، مع إهمال مساهمة الإطارات في مقاومة القوى الزلزالية، مع تحقيق متطلبات واشتراطات الفصل (٧-١١) من الكود الأساس.	4.5

ملاحظات: ١) يمكن أخذ قيمة للعامل R بالتناسب الخطي للحالات الواقعة بين الحالات المذكورة في الجدول.
٢) عند مساهمة الإطارات الخاصة المحلية (المقاومة للعزوم الخاصة بمفهوم هذا الملحق)، فتصمم لقوة متناسبة مع مساهمتها، وتصمم جدران القص لبقية القوة.

٤-٦- تراكيب الأحمال في حالة الحد الأقصى (الاستاتيكية والطرق الديناميكية):

يتم حساب القوة الزلزالية من العلاقة :

$$E = \rho E_h + E_v \qquad (٢٢)$$

حيث $\rho = 1$ للمناطق الزلزالية $Z = (0$ و 1 و $2)$ وتحسب من العلاقة الخاصة بها للمنطقتين $Z = (3$ و $4)$.
و Ev تمثل تأثير المركبة الشاقولية للزلازل التي تحسب من تحليل ديناميكي بالاتجاه الشاقولي أو تحدد من العلاقة التالية لإدخالها في الطريقة الاستاتيكية :

$$E_v=0.5\ Ca\ I\ (DL) \qquad (٢٣)$$

Ca : المعامل المقابل لزلزالية المنطقة .

I : معامل أهمية المنشأة.

DL : الحمولة الدائمة .

(أ) التراكيب الأساسية :

عند استعمال إحدى الطريقتين السابقتين في التصميم، فإن المنشآت وكافة الأجزاء المكونة لها يجب أن تقاوم أكثر التأثيرات خطورة من التراكيب التالية بعد تصعيد (ضرب) الأحمال بعواملها المحددة:

<u>التركيب الأساسي</u>

1.4DL (UDCON1……)

1.4DL +1.7LL

يلزم الانتباه بأن التركيبين الأساسين للمنشآت البيتونية :

1 . 1 [1.2 DL + 1.0 E +(f_1 LL + f_2 S)]

1.1 [0.9 DL ± (1.0 E or 1.3 W)]

حيث :

f_1 : تساوي (1.00) للأسقف المتكررة في المواقع ذات التجمعات العامة وفي الأماكن التي تتجاوز فيها الأحمال الحية ($5\ kN/m^2$) وفي الأحمال الحية لمرائب السيارات، وتساوي (0.5) لباقي الأحمال الحية.

f_2 : وتساوي (0.7) للأسقف النهائية ذات الأشكال الخاصة (مثل سقف سن المنشار) والتي لا تسمح بطرح الثلج بعيداً عن المنشأة (التخلص منه). وتساوي (0.2) لباقي الأشكال من الأسقف النهائية.

٣) عندما تكون باقي تراكيب الأحمال المصعدة (المضروبة) بعواملها المحددة مطلوبة على وجه الخصوص من اشتراطات هذا الكود.

(ب) تراكيب الأحمال الأخرى :

في حال تأثير الأحمال التالية T, P, H, F (راجع المادة ٢-٢) في التصميم يجب أن يضاف كل حمل مطبق إلى التراكيب السابقة بعد تصعيدها (ضربها) بالعوامل التالية :

1.2 T, 1.2 P, 1.6 H, 1.3 F

حيث :

f_1 : يساوي الواحد للبلاطات المتكررة في الأماكن العامة، عند تجاوز الأحمال الحية المقدار (5 kN/m^2) وللحمل الحية للمرائب. ويساوي (0.5) لباقي الأحمال الحية.

E_m : القوة الزلزالية العظمى المحسوبة، والتي تنشأ في المنشأة كما هو مبين في البند (٤-١-١).

عند التصميم باستعمال البرامج الحاسوبية نحتاج في الحالة العامة إلى تحديد التراكيب التالية المشتقة من التراكيب الأساسية مع الأخذ بالحسبان تأثير المركبة الشاقولية للزلازل وتأثير اللامركزية الطارئة مرة إلى اليمين وأخرى إلى اليسار بالاتجاه X وما يماثلها بالاتجاه y:

التراكيب الأساسية في التحليل الزلزالي للمنشآت الخرسانية مع أخذ تأثير المركبة الشاقولية للزلازل :

تراكيب تعطي غالبا قوى شاقولية كبيرة مع ما يرافقها من عزوم :

لحالة $f_1 = 0.5$

UDCON3……$1.32DL + 0.55LL + 1.1 \times [0.5C_{\alpha}.I.DL + \rho.E_{XP}]$

UDCON4….$1.32DL + 0.55LL + 1.1 \times [0.5C_{\alpha}.I.DL - \rho.E_{XP}]$

UDCON5……$1.32DL + 0.55LL + 1.1 \times [0.5C_{\alpha}.I.DL + \rho.E_{XN}]$

UDCON6…. $1.32DL + 0.55LL + 1.1 \times [0.5C_{\alpha}.I.DL - \rho.E_{XN}]$

UDCON7…….$1.32DL + 0.55LL + 1.1 \times [0.5C_{\alpha}.I.DL + \rho.E_{YP}]$

UDCON8…….$1.32DL + 0.55LL + 1.1 \times [0.5C_{\alpha}.I.DL - \rho.E_{YP}]$

UDCON9…….$1.32DL + 0.55LL + 1.1 \times [0.5C_{\alpha}.I.DL + \rho.E_{YN}]$

UDCON10…..$1.32DL + 0.55LL + 1.1 \times [0.5C_{\alpha}.I.DL - \rho.E_{YN}]$

علماً بأنه يمكن إضافة تراكيب أخرى إنما على الأغلب لا تسبب حمولات حرجة . وذلك عندما نأخذ المركبة الشاقولية السالبة حيث تؤدي إلى تصغير الحمولات الشاقولية المطبقة.

تراكيب أخرى :

هذه التراكيب تعطي العزوم مع حمولات شاقولية أقل نتيجة حذف الحمولات الحية

UDCON11……$1.32DL + 1.1 \times [0.5C_{\alpha}.I.DL + \rho.E_{XP}]$

UDCON12……$1.32DL + 1.1 \times [+0.5C_{\alpha}.I.DL - \rho.E_{XP}]$

UDCON13……$1.32DL + 1.1 \times [0.5C_{\alpha}.I.DL + \rho.E_{XN}]$

UDCON14……$1.32DL + 1.1 \times [+0.5C_{\alpha}.I.DL - \rho.E_{XN}]$

UDCON15……$1.32DL + 1.1 \times [0.5C_{\alpha}.I.DL + \rho.E_{YP}]$

UDCON16……$1.32DL + 1.1 \times [+0.5C_{\alpha}.I.DL - \rho.E_{YP}]$

UDCON17……$1.32DL + 1.1 \times [0.5C_{\alpha}.I.DL + \rho.E_{YN}]$

UDCON18…… $1.32DL + 1.1 \times [0.5C_{\alpha}.I.DL - \rho.E_{YN}]$

تراكيب أخرى :

هذه التراكيب تعطي العزوم الكبيرة مع ما يرافقها من حمولات شاقولية أقل مع حذف الحمولات الحية

UDCON19……$0.99DL + 1.1 \times [-0.5C_{\alpha}.I.DL + \rho.E_{XP}]$

UDCON20……$0.99DL - 1.1 \times [0.5C_{\alpha}.I.DL + \rho.E_{XP}]$

UDCON21……$0.99DL + 1.1 \times [-0.5C_{\alpha}.I.DL + \rho.E_{XN}]$

UDCON22……$0.99DL - 1.1 \times [0.5C_{\alpha}.I.DL + \rho.E_{XN}]$

UDCON23……$0.99DL + 1.1 \times [-0.5C_{\alpha}.I.DL + \rho.E_{YP}]$

UDCON24……$0.99DL - 1.1 \times [0.5C_{\alpha}.I.DL + \rho.E_{YP}]$

UDCON25……$0.99DL + 1.1 \times [-0.5C_{\alpha}.I.DL + \rho.E_{YN}]$

UDCON26……$0.99DL - 1.1 \times [0.5C_{\alpha}.I.DL + \rho.E_{YN}]$

علما بأنه يمكن أخذ تراكيب إضافية يؤخذ فيها تأثير المركبة الشاقولية بحيث تزيد المركبة الشاقولية على أنها لا تمثل حالة حرجة لأن الحمولات الشاقولية المطبقة في هذه التراكيب بالأصل مصغرة وليست عظمى.

ويمكن أخذ تركيبين إضافيين من أجل تأثير المركبة الشاقولية للزلازل مع حذف المركبات الأفقية علماً بأنهما على الأغلب ليسا حرجين في الحالة العامة :

UDCON27.....$1.32DL + 0.55LL + 1.1 \times [0.5C_a.I.DL]$

UDCON28.....$0.99DL - 1.1 \times [0.5C_a.I.DL]$

في حال الحاجة إلى تحليل ديناميكي نستعمل التراكيب الديناميكية التالية :

$1.32DL + 0.55LL + 1.1Spectra$

$0.99DL + 1.1Spectra$

لم نأخذ إشارة + و – للزلازل حيث أن بعض البرامج العالمية تأخذ الزلازل وفق طيف الاستجابة مرة بالموجب ومرة بالسالب للحصول على أكبر قيم لقوى العزوم الناتجة . أي لا حاجة لأخذ إشارة للطيف + ، - إذا كان البرنامج يأخذها مباشرةً بالتحليل .

و- التحقق من تصميم الأساسات وكفاية مساحاتها وخاصة أساسات جدران القص المنفردة. في حال عدم تحقيقها يلزم ربطها بشيناجات قوية مع أساسات مجاورة (وتصمم هذه الشيناجات لتحمل جزء من العزوم الزلزالية المؤثرة) أو تدمج أساساتها مع أساسات أعمدة مجاورة وتصمم كأساس مشترك . مع التذكير بأن أقصى طول تحت الأساس يسمح به لنشوء إجهادات شادة على التربة يجب أن لا يزيد عن نصف طول الأساس مع التأكيد على إعادة حساب الأساس لحذف الإجهادات الشادة وتصميم الأساس بشكل تتوازن العزوم الناتجة مع القوى الناظمية رد فعل التربة المضغوطة.

ز- التحقق من الشيناجات وضرورة تحقيقها لقوة شادة أو ضاغطة بنسبة ١٠% من الأعمدة الرابطة فيها وضرورة تحقيق الشيناجات المرتبطة بجدران قص بما يؤمن المقاومة المطلوبة.

٤-٧- التحقق من المنشأة إذا كانت تتطلب التحليل الديناميكي:

مع أنه يمكن اعتماد الطرائق الديناميكية لتحليل أية منشأة إلا أن النتائج التي يتم الحصول عليها لإستعمالها لحالة المنشآت المنتظمة أو القريبة من الانتظام تكون متقاربة جداً مع التحليل بالطريقة الاستاتيكية في الأبنية ذات ارتفاع أقل من (73m). ولذلك لا داعي لبذل جهود إضافية لإجراء هذا التحليل. أما الحالات التي تتطلب التحليل الديناميكي لتحديد التأثيرات الزلزالية فهي بشكل عام لكافة المنشآت غير المتناظرة والمتناظرة العالية بما فيهاالمنشآت التالية:

أ- إذا زاد ارتفاع المنشأة عن 73m ما عدا المنشآت المنتظمة ذات الاشغالات (3) من المنطقة الزلزالية (2) التي يحددها ملحق الكود ، ويقصد بها المنشآت غير المصنفة ضمن نوع الاشغالات (1) أو (2)، وهذه محدودة جداً.

ب- المنشآت التي فيها عدم انتظام رأسي (شاقولي) من النماذج (1) و (2) و (3) المعرفه بالجدول (٣-٤) بملحق الكود وتشمل:

١- عدم انتظام في القساوة – الطابق اللين .

٢- عدم انتظام في الوزن (الكتلة) .

٣- عدم انتظام هندسي في الاتجاه الرأسي.

وكذلك تشمل المنشآت التي لها خصائص غير منتظمة وغير محددة في الجدولين (٥) و (٦) في ملحق الكود ما عدا الحالات التي يسمح بها بتحليل المنشأة كجزئين مترابطين إذا تحققت الشروط في البند (٤- ٥ – ٢) من الملحق.

ج- المنشآت المؤلفة من أكثر من خمسة طوابق بارتفاع يزيد على 20m في المناطق الزلزالية (3) و (4) والتي ليس لها جملة إنشائية متجانسة على كامل ارتفاعها ما عدا هو مسموح في البند (٤ – ٥ – ٢) .

د- المنشآت المنتظمة وغير المنتظمة الموجودة في موقع تربته صنف SF والتي لها فترة اساسية تزيد على (0.7) ثانية .

هـ- بشكل عام جميع المنشآت التي لم يسمح الكود بتحليلها باستعمال احدى الطريقتين الاستاتيكيتين حسب البند (٣-٩-٣). ومنها خاصة المنشآت غير المنتظمة.

- التحقق من النمذجة المعتمدة للبناء وصحة اختيار العناصر الإنشائية العاملة وكيفية تحويلها وتمثيلها بعناصر خطية أو عناصر محددة مستوية.
- التحقق من خواص المواد لعناصر البناء مع ضرورة تخفيف E للعناصر المعرضة لعزوم إنحناء أو للامركزية كبيرة . ويتم ذلك من أجل الجوائز وكذلك لبعض الأعمدة وجدران القص .
- التحقق من وضع التراكيب للحمولات:

أ- للحمولات الشاقولية

ب- للحمولات الشاقولية مع تاثير الزلازل (أو الرياح) وملاحظة أن لكل طريقة ستاتيكية عوامل تصعيد خاصة وهي مشروحة بشكل مفصل في الملحق رقم (٢) للكود.

ج- التأكد من إدخال تأثير المركبه الشاقولية للزلازل في حال اعتماد الطريقة الاستاتيكية الثانية أو الديناميكية .

د- التحقق من ضرورة أخذ تأثيرات الزلازل في اتجاهين معاً أم الإكتفاء في إتجاه واحد حسب نوع البناء ومقدار عدم الانتظام فيه.

هـ- التحقق من نتائج التحليل الزلزالي وتصميم المقاطع لأحرج الوضعيات .

٤-٨- التحقق من استعمال المعلومات الصحيحة عند تطبيق طريقة طيف الاستجابة:

يحدد الكود إمكانية استعمال طيف استجابة نموذجي أو تأليف منحني طيف استجابة صنعي يتعلق بطبيعة الموقع وخواص تربته وفق ما يلي:

١- استعمال طيف استجابة تصميمي مرن وينشأ بعد تحديد القيمتين ca و cv المتوافقتين مع خصوصية الموقع . وتضرب تسارعات المنحني بالقيمة$g=9.81m/sec^2$ (تسارع الجاذبية الأرضية). ويتم الحصول على منحني طيفي للاستجابة ذو قمم ووديان عديدة ، على أن يتم تسويته ضمن حدود مقبولة بحيث أعطت المنحني النموذجي الوارد في الملحق (٢) للكود. وهو

يصلح للمنشآت ذات التخامد الذي يساوي 0.05 من التخامد الحرج لها وهي تتوافق مع المنشآت البيتونية وبعض المشآت المعدنية.

٢- ايجاد طيف استجابة تصميمي خاص بالموقع المدروس ويتم إنشاءه بالاستناد إلى المعلومات والخصائص الجيولوجية والتكتونية والزلزالية وخواص التربة الخاصة بالموقع. ويعتمد فيه أيضاً على استعمال نسبة تخامد 0.05 .

٣- استعمال التسجيلات الزمنية لحركات أرضية مسجلة لموقع تكون ممثلة لحركات الزلازل الفعلية ويكون طيف الاستجابة تقريباً لطيف الاستجابة التصميمي في البند أعلاه.

٤- ويمكن اعتماد مركبه رأسية لحركة الأرض مساوية لثلثي التسارعات الأفقية المرافقة ويمكن استعمال عوامل بديلة في حال توفر معطيات خاصة بالموقع .

- يتم جمع آثار الاستجابات من الأطوار المعتمدة باستعمال إحدى الطرق التالية:
  ١- تجميع القيم المطلقة للإستجابات من الأطوار.
  ٢- حساب الجذر التربيعي لمجموع مربعات الآثار من الأطوار المعتمدة S.R.S.S
  ٣- استعمال التجميع التربيعي الكامل

Complete Quadratic Combination

الأسلوب الأول للتجميع يعطي قيم متحفظة حيث أنه من غير المحتمل أن نحصل على القيم العظمى للاستجابات من كل طور في وقت واحد لجميع الأطوار.

الأسلوب الثاني مقبول ويعطي نتائج مقبولة في معظم الأحيان وكان هو المستعمل بشكل دائم حتى ٢٠ سنة الماضية. على أن هذا الأسلوب يفترض في عملية التجميع أن النتائج التي يتم الحصول عليها من الأطوار مستقلة (أي غير معتمدة على بعضها).على أنه في حالة بعض المنشآت الفراغية (ذات المساقط المربعة أو القريبة منها) تكون ذات الأطوار المتقاربة تبين وجود عدم استقلالية كاملة في بعض الأطوار المتجاورة مما يجعل عملية التجميع السابقة لا تحقق الافتراضية التي اعتمدت عليها. ولذلك تم تطوير الأسلوب الثالث للتجميع الذي يعتمد على نظريات الاهتزاز العشوائي وقد وجد أنه يعطي نتائج أكثر دقة للحالات المذكورة أعلاه وقد أدخل في معظم البرامج العالمية للتحليل الإنشائي من الزلازل.

- يتم تخفيض قيمة قوة القص القاعدية بحيث لا تقل عما سمح به الكود كما جاء في شرح طريقة تجميع أطوار الاهتزاز تماماً.
- يتم ضبط نتائج التحليل الإنشائي على ضوء قيمة قوة القص القاعدي النهائية المعتمدة . ويتم ذلك بالحاسب بعد اعطاء قيم Ca و Cv ثم عامل المعايرة بحيث يساوي :

(قوة القص الناتجة من الحمل)/(قوة القص المحسوبة من البنود أعلاه)* g/R

علماً بأن : g تمثل تسارع الجاذبية

R عامل زيادة المقاومة وهو يمثل أيضاً عامل المطاوعة للجملة الإنشائية في الاتجاه المدروس.

- يتم تحليل المنشأة من أجل لا مركزية فتل طارئة مقدارها (0,05 A)من بعد المتعامد لاتجاه التأثير الزلزالي وتصعد هذه اللامركزية في كل طابق بعامل التصعيد A الذي يحسب بعد الوصول إلى النتائج ثم يصحح التحليل وفق ذلك.

$$A=[\delta_{max} / (1.2\ \delta_{avg})]^2 \qquad (23)$$

حيث :

δ_{avg} متوسط الانتقالات للنقاط الأبعد في المنشأة عند المنسوب الأفقي x.

δ_{max} الانتقال الأعظمي في المنشأة عند المنسوب الأفقي x ولا تؤخذ قيمة A بأكبر من 3 حتى لو كانت كذلك.

ويتم أخذ تأثير هذه اللامركزية الطارئة باتباع أحد الاجرائين التاليين:

- تحليل المنشأة وتطبيق القوى الأفقية الزلزالية الناتجة كقوى ستاتيكية مؤثرة عند منسوب الطوابق ولها لا مركزية أفقية محددة وفق المذكور أعلاه وتحسب النواتج وتضاف لنواتج التحليل الديناميكي.
- بتعديل مواقع الكتل بحيث تزاح بمقدار اللامركزية الطارئة في اتجاهين متعاكسين على التوالي ثم يعاد الحل الديناميكي للوصول إلى النتائج النهائية.
- يتم تجميع آثار التأثيرات الزلزالية من الاتجاهين الأفقيين المتعامدين كما يلي:

أ- في الحالات العامة يمكن أخذ نتائج تأثير الزلازل لكل اتجاه لوحده (باتجاهي المحورين الرئيسيين) وتصميم عناصر المنشأة وفق ذلك.

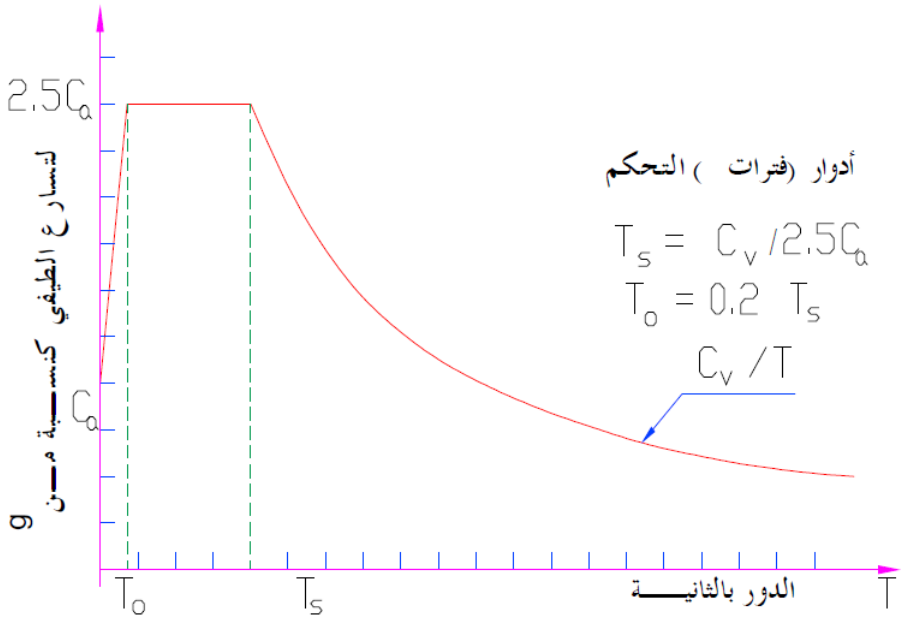
ب- أما في حال وجود عدم انتظام في المستوي للجملة الإنشائية في الاتجاه الأفقي من النموذج (5) أو النموذج (1) المعرفين في الجدول (٣-٥) من الملحق (٢) للكود وفي حالة عمود في منشأة يقع عند تقاطع اثنين أو أكثر من جملة مقاومة القوى الجانبية فيتم تركيب الآثار (القوى ، العزوم ، السهوم ...) و يلزم تحقيق الاشتراطات المتعلقة بتأثير الهزات الأرضية المؤثرة باتجاه غير اتجاه المحاور الرئيسية . ويمكن تحقيق هذا الشرط بتصميم العناصر من أجل 100% من القوى الزلزالية التصميمية الموصوفة في اتجاه واحد مضافاً لها 30% من القوى الزلزالية التصميمية الموصوفة في الاتجاه المتعامد.

وكبديل يمكن تركيب تأثيرات العناصر بإعتماد مبدأ الجذر التربيعي لمجموع المربعات لنواتج التحليل في الاتجاهين المتعامدين مع نواتج التحليل من مركبة الاتجاه الشاقولي (ثلثي المركبة بالاتجاه x إو y) ويتم اسناد قيمة لكل حد يتم حسابه بالإشارة التي تعطي النتيجة الأكثر تحفظاً.

يتم استعمال تراكيب الحمولات والتأثيرات الزلزالية التي تؤدي إلى أحرج وضع لكل عنصر بحيث يتم تصميمه من أجل أسوأ إحتمال.

عند استعمال الطريقة الاستاتيكية يؤخذ تأثير المركبة الشاقولية للزلازل في الحسبان عند وضع التراكيب للحمولات . ويتم ذلك من العلاقة الاستاتيكية المعطاة فيما بعد.

ويتم إجراء تراكيب عوامل الاستجابة (القوى - العزوم - القص - الانتقالات .....) باستعمال طريقة SRSS للمكونات في الاتجاهات الثلاثة أو باستعمال الطريقة المطورة للتجميع الكامل CQC3 لحالة التأثيرات الزلزالية في اتجاه ثلاثة محاور (أفقيان وشاقولي).

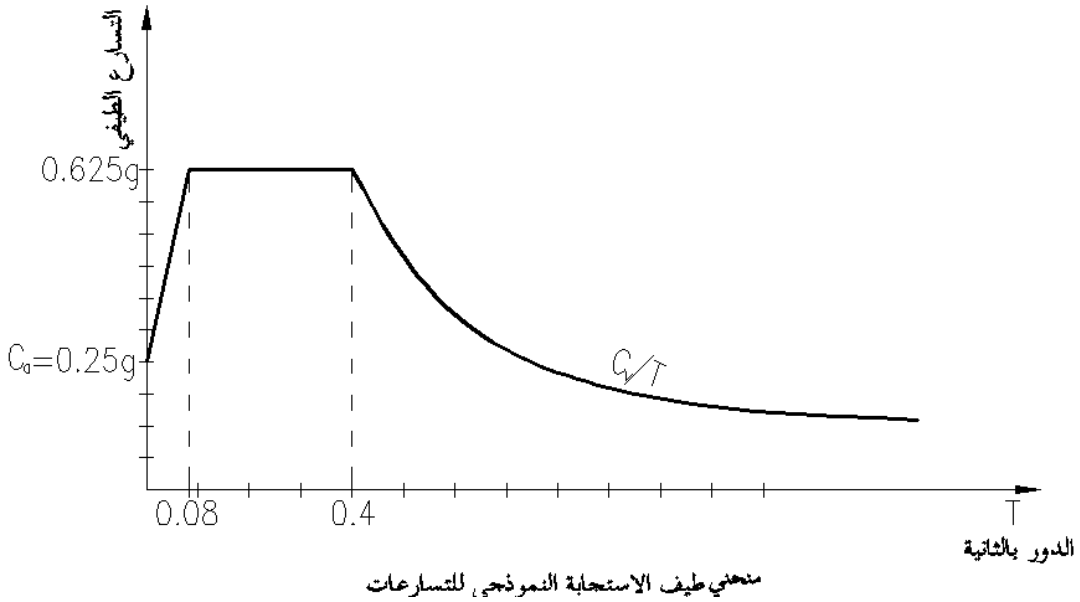


الشكل (٧)

ويتم إنشاء منحني طيف الاستجابة النموذجي للموقع حسب المنطقة الزلزالية ونوع التربة. مثلاً من أجل منطقة حيث $(Z = 0.25)$ والتربة (SB) نجد من الجداول $(Ca = 0.25)$ و $(Cv = 0.25)$ ومنها تحسب:

$$T_S = Cv / 2.5 * Ca = 0.4$$

$$T_O = 0.2 * T_S$$



الشكل (٨)

ويجب مقارنة هذه القوة مع ما تعطيه الطريقة الاستاتيكية الثانية للكود مع أخذ عامل الأهمية بالحسبان. ومن ثم يتم أخذ القص القاعدي الديناميكي مساوياً (90 %) من القوة الاستاتيكية (المبنى متناظر ومستعمل به طيف الاستجابة نموذجي) أو (100 %) للمنشأة غير المتناظرة ومن ذلك نحسب نسبة المعايرة للقوة الزلزالية الديناميكية .

ويتم تجميع الاستجابات من التأثيرات الزلزالية بنفس مبدأ حساب قوة القص القاعدية بعد ضرب القيم المجمعة بقيمة نسبة المعايرة .

ويتم حساب القوة الزلزالية من العلاقة :

$$E = \rho E_h + E_v \qquad (٢٤)$$

حيث $\rho = 1$ و Ev تمثل تأثير المركبة الشاقولية للزلازل التي تحسب من تحليل ديناميكي بالاتجاه الشاقولي أو تحدد من العلاقة التالية لإدخالها في الطريقة الاستاتيكية :

$$E_v = 0.5\ Ca\ I\ (DL) \qquad (٢٥)$$

Ca : المعامل المقابل لزلزالية المنطقة .

I : معامل أهمية المنشأة.

DL : الحمولة الدائمة .

٤-٩- العناصر الساندة للجمل الحاوية على انقطاعات :

(أ) عام :

عندما يكون أي جزء من جملة مقاومة الأحمال الجانبية تحتوي على انقطاع، مثل عدم الانتظام رأسياً وفق النموذج (4) من الجدول (٣-٤)، أو عدم انتظام في المستوي الأفقي نموذج (4) من الجدول (٣-٥)، فإن كافة العناصر الخرسانية أو الحجرية أو الفولاذية أو الخشبية والساندة لمثل هذه الجمل المحتوية على انقطاعات، يجب أن يكون لها مقاومة تصميمية لتحمل تراكيب الأحمال الناجمة عن التراكيب الخاصة بالأحمال الزلزالية الواردة في البند (٣-١٢-٤) من الملحق /٢/ التي تحوي معامل التكبير Ω_o.

استثناءات :

١) ليس ضرورياً أن تتجاوز قيمة (E_m) الواردة في البند (٣-١٢-٤) القوة العظمى التي يمكن أن تنتقل إلى العنصر الساند من عناصر جملة مقاومة القوى الجانبية بعد أخذ حالة زيادة المقاومة فيها عند الانكسار.

٢) البلاطات الخرسانية الساندة للجمل ذات الإطارات الخشبية الخفيفة وجدران القص أو الإطارات المعدنية الخفيفة والمنشآت الخشبية على شكل جدران قص مؤلفة من ألواح إنشائية.

(ب) التفاصيل المطلوبة في المناطق الزلزالية (3) و(4) :

في المناطق الزلزالية (3) و(4)، يجب أن تحقق العناصر الساندة للجمل المحتوية انقطاعات، التفاصيل و الاشتراطات التالية :

١) العناصر المكونة من الخرسانة المسلحة أو العناصر الحجرية المسلحة المصممة بشكل أساسي للعمل كعناصر مقاومة للقوى المحورية، يجب أن تحقق متطلبات الكود المعتمد وشروط الممطولية (المطاوعة) الواردة في الباب الثاني من هذا الكود.

٢) العناصر الخرسانية المسلحة و المصممة لتعمل بشكل أساسي كعناصر خاضعة للانحناء والساندة لعناصر غير تلك المؤلفة من الإطارات الخشبية الخفيفة العاملة كجدران قص أو الإطارات المعدنية الخفيفة وجدران القص الخشبية الإنشائية، يجب أن تحقق متطلبات الكود المعتمد وشروط الممطولية الواردة في الباب الثاني من هذه الكود.
يجب أن تتضمن حسابات المقاومة لأجزاء البلاطات المصممة كعناصر ساندة فقط تلك الأجزاء من البلاطة والتي تتوافق مع متطلبات الكود المعتمد.
٣) العناصر الجدارية الحجرية والمصممة بشكل أساسي كعناصر معرضة للقوى المحورية يجب أن تحقق متطلبات الكود المعتمد.
٤) العناصر الحجرية والمصممة بشكل أساسي كعناصر خاضعة للانحناء، يجب أن تحقق متطلبات الكود المعتمد.
٥) العناصر المعدنية المصممة بشكل أساسي كعناصر خاضعة للقوى المحورية يجب أن تحقق متطلبات الكود المعتمد.
٦) العناصر الفولاذية (الصلب) المصممة بشكل أساسي كعناصر خاضعة للانحناء أو تعمل كجائز شبكي (كمرة شبكية أو جملون) يجب أن تربَّط عند كلٍ من الجناح العلوي والسفلي للكمرة (الشفة العليا والسفلى للجملون) وذلك في موقع الاستناد للجمل الحاوية على انقطاعات، ويجب أن تحقق متطلبات الكود المعتمد.
٧) العناصر الخشبية المصممة بشكل أساسي كعناصر خاضعة للانحناء يجب أن تزود بتربيط (بتكتيف) جانبي أو تثبيت صلب في كل من نهايتي العنصر وعند نقاط الاتصال للجمل الحاوية على انقطاعات.

٤-١٠- عند الأساسات :

تراجع المادة (٣-١) حول عزوم الانقلاب الواجب مقاومتها عند سطح التماس بين القاعدة والتربة.

٤-١١- القيود :

يمكن عند حساب القوى الجانبية التصميمية المستعملة لتحديد الإزاحة المحسوبة أن يلغى الحد المطلوب في العلاقة (٤-٦) كما ويمكن أن تستند إلى الفترة الأساسية المحددة في العلاقة (٤-١٠) وذلك بإهمال النسب (30- 40 %) المحددة في البند (٤-٢-٢).

٤-١٢- جدران القص:

٤-١٢-١- تعريف جدار القص:

إذا تعرّض الجدار الخرساني لأحمال أفقية موازية لارتفاع القطاع العرضي للجـــدار (موازية لطول الجدار) بحيث كانت هذه الأحمال أساسية في تصميم الجدار، سُميَ هذا الجدار: جدار قص.
يمكن أن يتعرض جدار القص أيضاً، لأحمال أفقية ثانوية موازية لسمك القطاع العرضي للجدار.

٤-١٢-٢- الاشتراطات البعدية لجدران القص:

تُعتمد الاشتراطات البعدية التالية لجدران القص:
أ – لايقل سمك الجدران الخرسانية المسلحة في المباني عن 150 mm.
ب- إذا كان البناء من طابقين فقط، فيمكن الاكتفاء بالسمك 150 mm، على كامل الارتفاع للبناء.
جـ- إذا كان البناء مؤلفاً من عدة طوابق، فيكون السمك الأدنى للجدران المسلحة الحاملة كما يلي:

150 mm لأعلى 5 أمتار من الارتفاع.
50 mm تُزاد لكل 20 متراً من الارتفاعات التالية للخمسة أمتار السابقة، أو جزء منها باتجاه الأسفل.
ويمكن الاستغناء عن هذا الشرط في جدران النواة الصندوقية.

د- لا يقلّ سمك جدران القص من الخرسانة المسلحة عن $\frac{1}{25}$ من الطول الفعّال للتحنيب، المعرّف في البند (٧-٤-٣).

هـ- لا يقلّ السمك الأدنى لجدران القص المستعملة في الأقبية (جدران خارجية)، وجدران الأساسات، وجدران مقاومة الحريق، عن 250 mm.

و- لا يقلّ السمك الأدنى للجدران الحاملة، وجدران القص، بشكل ألواح خرسانية مسبقة الصب، عن 100 mm، كما لا يقلّ عن $\frac{1}{30}$ من المسافة الدنيا بين العناصر الحاملة (التي هي عملياً طول التحنيب).

ز- يُفضل ألا يقل طول (عمق) القطاع العرضي الأفقي لجدار القص، من دون فتحات بشكل ظفر، عن 1/12 الارتفاع الكلي للجدار، إلا إذا تحققت السهوم. ويعتمد الجدول التالي كدليل.

الارتفاع H من ظهر الأساسات حتى منسوب السقف الأخير	الطول (العمق) للقطاع الأفقي لجدار القص
حتى 10 m	H /4
أكبر من 10 m وحتى 20 m	H /5.5
أكبر من 20m وحتى 30 m	H /7
أكبر من 30 m وحتى 40 m	H / 8.5
أكبر من 40 m	H / 10

ح- إذا سمح التصميم المعماري، يمكن تدعيم نهايات جدران القص التي ستتعرّض لإجهادات مركّزة كبيرة بأجنحة عرضانية من الخرسانة المسلحة، طبقاً للمتطلبات الحسابية الإنشائية، وبما يُلائم التصميم المعماري.

٤-١٢-٣- مساحات التسليح الدنيا والقصوى لجدران القص:

أ - في جدران القص، تُطبّق مساحات التسليح الدنيا والقصوى للجدران الحاملة الواردة في البند (٧-٤-٥).

ب- إضافة لذلك، تصمم جدران القص للإجهادات الناتجة من تأثير عزم الانعطاف و القوى الشاقولية، ويستعمل فيها أعمدة مخفية عند النهايات كما في (٧-٥-٤).

٤-١٢-٤- ترتيبات التسليح في جدران القص:

أ- تُطبّق في جدران القص ترتيبات التسليح ذاتها الواردة في البند (٧-٤-٦) للجدران المسلحة الحاملة.

ب- إضافة لما سبق، ونظراً لأن جدران القص ستقاوم قوى أفقية بالاتجاه الأفقي الطويل للجدار، فإنها ستتعرض لتركيز إجهادات في نهاياتها. ومن أجل معالجة هذا الأمر، يلزم تركيز تسليح في كل نهاية، و أن يتم ربطه بأساور عرضية كما في حالة الأعمدة (أي عمود مخفي). يُوضع هذا التسليح

بمنطقة ذات طول يساوي ضعف سمك الجدار، وتكون نسبة التسليح في هذه المنطقة من 1% إلى 2.5% من مساحة العمود المخفي وفق الحساب. أما إذا اتضح بالحسابات، أن الإجهادات المركّزة في النهايات ستكون كبيرة، فتوضع أعمدة مخفية بالأبعاد والتسليح المناسبين، طبقاً للحسابات، على ألا يزيد طول العمود المخفي على ربع طول الجدار من كل طرف. وفي هذه الحالة يلحظ تخفيض عمق الجدار الفعال في تصميم المقاطع لحالتي العزم والقص.

جـ- يمكن الاستغناء عن وضع الأعمدة المخفية في نهايات جدران القص المذكورة في الفقرة (ب) أعلاه، إذا ثبت بالتحليل الإنشائي، أن الإجهادات التي سيتعرّض لها الجدار في النهايات ستكون صغيرة (حيث لا تتعدى القوة الناظمية التي سيتعرض لها الجدار N_u مقدار $\frac{1}{2}$ طاقة المقاومة القصوى لتحمّل الجدار الخرساني).

(هـ) اختيار الأساسات السطحية :

يتم اختيار نوع الأساسات السطحية المناسبة بعد الأخذ بالحسبان ما يلي :

١) تحقق الأساسات الحصيرية (Raft) عادة (بما فيها الحصائر المفرغة المكونة من كمرات مستمرة بالاتجاهين وبدون بلاطات) الكفاءة الأعلى في سلوك المنشآت عند تعرضها للزلزال بالمقارنة مع الأنواع الأخرى من الأساسات. ويكون هذا المبدأ مشروطاً بتحقق اشتراطات المقاومة والاستقرار في التقرير الحسابي لها.

٢) تعد الأساسات الخطية ملائمة أيضاً شريطة أن تكون محققة لشرطي المقاومة والاستقرار حسابياً باتجاهها والاتجاه المتعامد بالشيناجات، ويفضل منها الأساسات الخطية باتجاهين.

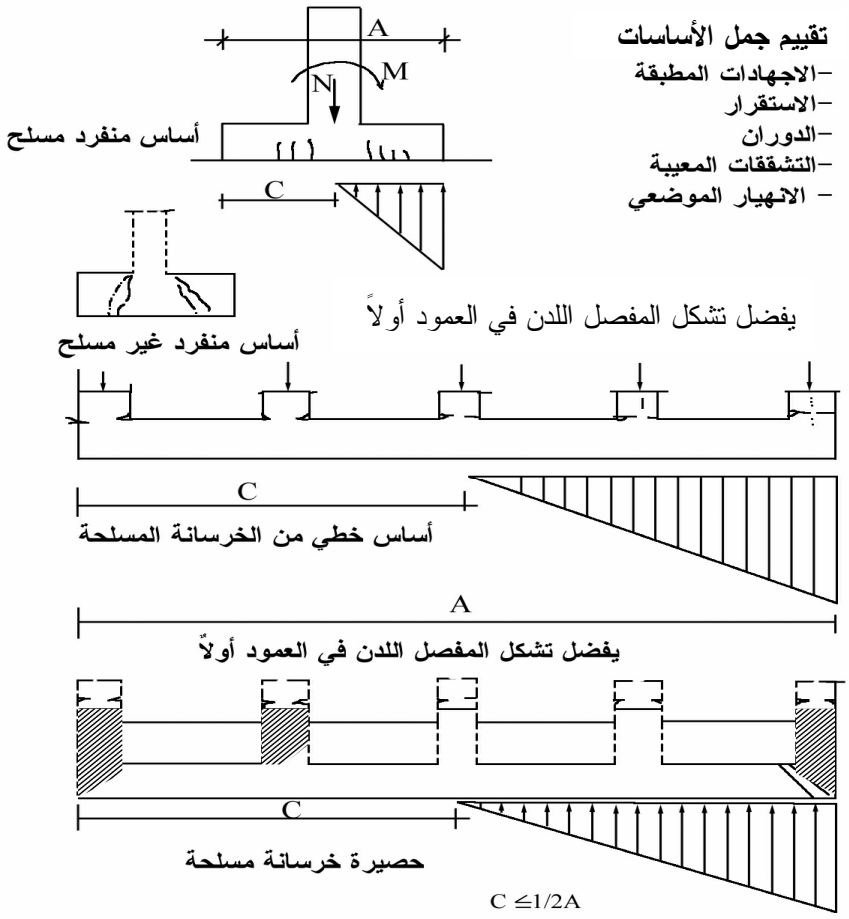
٣) إن الأساسات المنفردة هي الأقل كفاءة، ويتحسن سلوكها ويصبح مقبولاً إذا كانت مربوطة فيما بينها بالاتجاهين بشيناجات (كمرات أرضية) منفذة فوق الأساسات مباشرة (دون رقبات). وتصمم الشيناجات لتحمل قوى محورية (شد أو ضغط) لا تقل عن 10% من حمل العمود، إضافة إلى ما ينقل له من عزم ناتج عن أحمال الزلزال بحيث لا تزيد منطقة الشد تحت كل أساس على 50% من مساحته على أن تكون الإجهادات العظمى على التربة مقبولة.

٤) إن الأساسات المنفردة دون ربط فيما بينها بشيناجات (كمرات أرضية)، مع وجود رقبات غير محسوبة على الأحمال الجانبية، هي الأضعف في سلوكها عند تعرضها إلى زلزال، وقد تشكل نقاط ضعف في المنشأة، يجب التدقيق في مقاومتها خاصة إذا كانت لها رقبات قصيرة ومؤسسة على مناسيب متعددة.

٥) تعد الأساسات غير الخرسانية ضعيفة جداً، وتشكل نقاط ضعف في المنشأة عند تعرضها للزلزال.

(يبين الشكل (٧-١٧) نماذج لهذه الأساسات الواردة أعلاه).

وفي جميع الأحوال، لا يتخذ القرار النهائي في تقيم الأساسات إلا بعد إنجاز التحقق الحسابي التفصيلي لهذه العناصر.



الشكل (٩)

٤-١٢-٥- الاشتراطات والاحتياطات المطلوبة في الشيناجات ورقبات القواعد :

(أ) عند استعمال الأساسات المنفردة في المباني يتوجب، إن أمكن، ربطها بشيناجات تحقق شرط جائز التقويم strap beam في الأساسات الطرفية وتسليحها بتسليح ملائم لمقاومة العزوم الناتجة.

(ب) يفضل أن يكون المنسوب لأسفل الشيناجات هو منسوب السطح العلوي للأساسات ذاتها، ويفضل ترك تشاريك على سطح الأساسات لتأمين الربط الكافي بين الشيناجات والأساسات. ويمكن تخفيض منسوب أسفل الشيناجات بحيث يكون على منسوب أعلى بقليل من السطح السفلي للأساسات المسلحة، وهذا يؤمن أفضل ربط للأساسات. ويمكن أخذ منسوب أسفل الشيناجات عند منسوب السطح السفلي للأساسات. وفي هذه الحالة تعمل الشيناجات كأجزاء رابطة بين أساسات مشتركة إذ ينتج تحتها اجهادات من رد فعل التربة يتوجب أخذها بالحسبان عند تصميمها.

(ج) عندما يطلب من الشيناجات حمل قواطع بلوك، وعندما تكون المسافة بين الشيناجات والأرضية قليلة، فيمكن تنزيل قواطع البلوك حتى منسوب الشيناجات أو زيادة ارتفاع الشيناجات أو الحلين معاً. أما إذا

كانت المسافة كبيرة نسبياً (قريبة من ارتفاع طابق أو دور) فيمكن وضع شيناجات بمنسوب تحت الأرضية لحمل القواطع إضافة للشيناجات الرابطة بين الأساسات.

(د) عندما يكون ارتفاع رقبات القواعد أقل من 70% من ارتفاع الطابق المتكرر يجب أن يؤخذ بالحسبان تأثير القوى الإضافية (عزوم انحناء مترافقة مع قوى قص) عليها وزيادة التسليح الطولي والعرضي بما يتلاءم مع هذه القوى الإضافية وفق الحساب التالي :

١) يزاد التسليح الطولي للرقبة بحيث تصبح نسبته لا تقل عن 1.2% وتوزع على المحيط.

٢) يحسب العزم الأقصى المقاوم على الانحناء الذي يتحمله مقطع رقبة القاعدة Mu في اتجاه قوة الزلزال المطبقة (وبإهمال قوى الضغط المؤثرة).

٣) يصمم التسليح العرضي (الأساور) للمقطع في هذا الاتجاه لمقاومة قوة القص العظمى بقيمة لا تقل عما يلي :

$$Qu = 2\,Mu / h \qquad (26)$$

حيث h الارتفاع الصافي للرقبة.

٤) يلزم حساب التسليح العرضي لمقاومة قوة القص الأقصى التي تحسب من أجل الاتجاه الثاني.

(هـ) يمكن الاستغناء عن الشيناجات السفلية إذا كانت تربة التأسيس قاسية أو صخرية وكان الأساس المنفرد منفذاً ضمنها، أو عند وجود جدران مسلحة محيطة بقبو البناء، ودون أن يقسمها أي فاصل تمدد. ويجب أن يتم تأسيس القاعدة المنفردة على تربة قاسية أو صخرية خشنة، أو غمر القاعدة المنفردة داخل الصخر بمسافة لا تقل عن (100 mm).

(و) تحسب قوة الزلازل المطبقة على الشيناج (الكمرة الأرضية) كنسبة من حمل أكبر عمود مرتبط بالشيناج، وتكون هذه النسبة 10% من الحمل. وتطبق هذه القوة بصورة محورية على الشيناج وذلك بافتراضها قوة ضغط أو شد، ويتم تصميم الشيناج لمقاومة الحالتين.

(ز) إذا كان الشيناج (الكمرة الأرضية) سيقوم بمهمة أخرى غير ربط الأساسات وقت الزلازل (مثل حالة حمل قاطع بلوك)، فتضاف القوى الناتجة عن المهمة الأخرى لقوة الزلزال وفق الفقرة السابقة، ويتم تصميم الشيناج لمقاومة القوتين معاً.

٤-١٣- تباعد الأبنية :

يجب أن تتباعد كافة المنشآت عن المنشآت المجاورة لها. وتحدد هذه التباعدات إنطلاقاً من قيم الإنتقال Δ_M.

يجب أن تتباعد الكتل المتجاورة والواقعة ضمن ملكية واحدة بالمسافة Δ_{MT} كحد أدنى (و لا تقل عن 3 سم) حيث :

$$\Delta_{MT} = \sqrt{(\Delta_{M1})^2 + (\Delta_{M2})^2} \qquad (٢٤)$$

حيث : Δ_{M1} و Δ_{M2} هي انتقالات البنائين المتجاورين (أو قسمي بناء واحد بينهما فاصل زلزالي). وعندما تكون المنشأة محاذية لخط ملكية غير مشترك مع الطريق العام، يجب تنفيذ هذه المنشأة أيضاً عن خط الملكية على الأقل بالمقدار Δ_M لهذه المنشأة.

استثناء :

يمكن السماح بتباعدات أو رجوعات عن خط الملكية (أو بين أي كتلتين متجاورتين) أقل من المذكورة سابقاً، اذا تم تبريرها باستعمال تحليل منطقي ومقبول يستند إلى حركة الأرض العظمى المتوقعة، وكذلك في حالات تحقيق المنشآت القائمة لمقاومة الزلازل إذا كانت سقوفها بمناسيب واحدة، وعلى أن تصمم الكتلة قيد الدراسة (أو كل من الكتلتين المتجاورتين) على قوة زلزالية مكبرة بمقدار لا يقل عن 10% (عشرة بالمائة) عن القوة الزلزالية التصميمية إذا كان عرض الفاصل المعتمد لا يقل عن ثلاثة أرباع العرض المطلوب و بمقدار لا يقل عن 15% (خمس عشرة بالمائة) عن القوة الزلزالية التصميمية إذا كان عرض الفاصل المعتمد أقل من ثلاثة أرباع و يساوي أو يزيد عن نصف عرض المطلوب . ولكلتا الحالتين لا يعاد حساب عرض الفاصل الزلزالي بعد تصعيد القوة الزلزالية .

مثال : حل سؤال مأخوذ من إحدى الدورات الامتحانية لمهندسي رأي بالدراسات .

كما تم تقديم حل للمثال أيضا بنهاية المحاضرة بعد تصعيد قساوة جداري قص من أجل المقارنة.

السؤال الثاني: (٦٠ درجة)

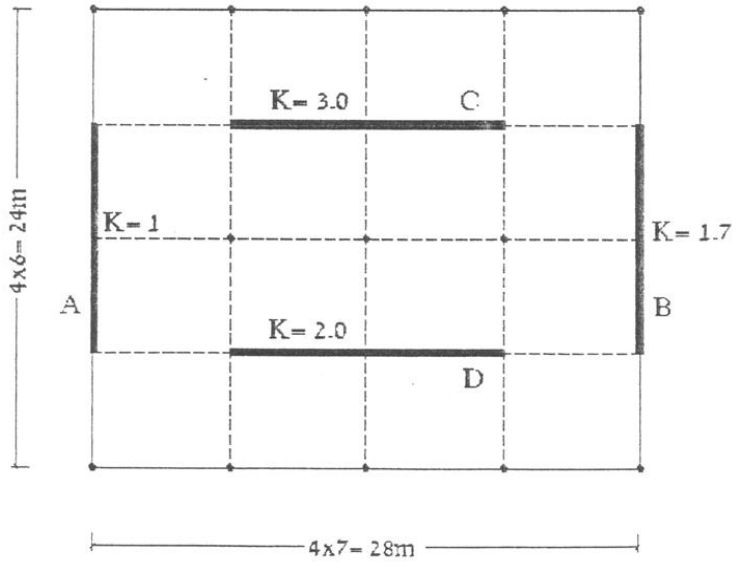
المسقط الأفقي المبين هو لمبنى سكني عادي مؤلف من أربعة طوابق متكررة، ارتفاع كل منها 3.6 m ، و يقع ضمن المنطقة (2C)، حيث Z=0.25 . فإذا فرضنا أن مجموع أوزان الأحمال الميتة للطابق الواحد تساوي 1000 ton، و أن مركز الكتل هو في مركز مسقط المبنى فالمطلوب:

١- حساب قوة القص القاعدي للمبنى (بالطريقة الاستاتيكية المكافئة، وبفرض أن جدران القص تتحمل كامل الحمل الزلزالي) و ذلك عندما يتعرض المبنى لزلزال بالاتجاه الموازي لطول الجدار **A**.

٢- حساب الأحمال الأفقية المطبقة على جدار القص **A** في كل طابق، و ذلك عندما يتعرض المبنى لزلزال بالاتجاه الموازي لطول الجدار **A**.

٣- تصميم المقطع العرضي لجدار القص **A** بأسفل الجدار (فوق الأساسات مباشرة)، إذا فرضنا أن عرض الجدار يساوي 20 cm و طوله يساوي 1200 cm و أنه يتعرض لأحمال شاقولية استثمارية من كل طابق، مُحصلتها (في مركز الجدار) 100 ton أحمال ميتة و 20 ton أحمال حية، و ذلك لحالة تحميل واحدة فقط (تشمل أحمال الزلازل). يُهمل التسليح بجانبي الجدار و يُكتفى بتسليح الأعمدة المخفية بنهايتي الجدار (للتسهيل)، و يمكن الاستعانة بعلاقات الكود أو بمنحنيات الترابط الموجودة بالورقة المرفقة مع الأسئلة أو بأي منحنيات ترابط أخرى مناسبة.

٤- تصميم أساس جدار القص **A**، و ذلك لحالة تحميل واحدة فقط (تشمل أحمال الزلازل)، مع افتراض أن سمك التربة فوق الأساس يساوي 30 cm



مع العلم أن المقاومة المميزة للبيتون f_c'=200 kg/cm² وإجهاد الخضوع للفولاذ f_y = 4000 kg/cm² وأن قدرة تحمل التربة المسموح للهبوط q_a= 3 kg/cm² وتحمل التربة للمقاومة q_a= 4 kg/cm² (أي نعتمد q_a= 3.5 kg/cm² لحساب القوة الزلزالية) . ووزن الجدار غير داخل في الحمولات الشاقولية. إذا لم يحدد منسوب التأسيس يمكن للتسهيل افتراض السطح العلوي للأساس مع سطح الأرض.

١) حساب قوة القص القاعدي في الاتجاه الشاقولي:

$$V = \frac{C_V I}{RT} W$$

$$\left.\begin{array}{l} Z = 0.25 \\ q_a = 3.5\ kg/cm^2 \end{array}\right\} \Rightarrow \quad C_a = 0.25, \quad C_v = 0.25$$

$$I = 1$$

$$R = 4.5$$

$$T_A = \gamma_t\ (h_n)^{3/4} = 0.0488 \times (4 \times 3.6)^{3/4} = 0.3607 \sec$$

$$1.4 \times T_A = 1.4 \times 0.3607 = 0.505 \sec$$

يسمح بزيادة قيمة الدور التقريبية بنسبة لا تزيد عن ٤٠% في حال وجود تحليل ديناميكي بما لا يزيد عن قيمة الدور الديناميكي (وفي هذا المثال سنتابع بالقيمة التقريبية دون زيادة).

$$T = 0.3607 \sec$$

$$W = 4 \times 1000 = 4000\ t$$

$$V_1 = \frac{0.25 \times 1}{4.5 \times 0.3607} \times 4000 = 616\ t$$

$$V_{\max} = \frac{2.5 C_a I}{R} W = \frac{2.5 \times 0.25 \times 1}{4.5} \times 4000 = 555.6\ t$$

$$V_{\min} = 0.11 C_a I W = 0.11 \times .25 \times 1 \times 4000 = 110\ t$$

$$V_{\min} = 110\ t \le V \le V_{\max} = 555.6\ t$$

$$V = V_{\max} = 555.6\ t$$

٢) حساب الأحمال الأفقية المطبقة على جدار القص A في كل طابق:

$$V = F_t + \sum_{i=1}^{4} F_i$$

$$T = 0.3607 \sec \quad \Rightarrow F_t = 0\ t$$

$$F_x = \frac{V\, w_x\, h_x}{\sum_{i=1}^{4} w_x\, h_x}$$

$$N = 1 \quad \Rightarrow w_1 = 1000\ t,\ h_1 = 3.6\ m \quad \Rightarrow \quad w_1\, h_1 = 3600$$

$$N = 2 \quad \Rightarrow w_2 = 1000\,t,\ h_2 = 7.2\,m \quad \Rightarrow \quad w_2\,h_2 = 7200$$

$$N = 3 \quad \Rightarrow w_3 = 1000\,t,\ h_3 = 10.8\,m \quad \Rightarrow \quad w_3\,h_3 = 10800$$

$$N = 4 \quad \Rightarrow w_4 = 1000\,t,\ h_4 = 14.4\,m \quad \Rightarrow \quad w_4\,h_4 = 14400$$

$$\sum w_x\,h_x = 3600 + 7200 + 10800 + 14400 = 36000$$

وبالتالي تكون القوة الأفقية المؤثرة في كل طابق:

$$F_1 = \frac{555.6 \times 3600}{36000} = 55.56\,t$$

$$F_2 = \frac{555.6 \times 7200}{36000} = 111.12\,t$$

$$F_3 = \frac{555.6 \times 10800}{36000} = 166.68\,t$$

$$F_4 = \frac{555.6 \times 14400}{36000} = 222.24\,t$$

$$F_1 + F_2 + F_3 + F_4 = 55.56 + 111.12 + 166.68 + 222.24 = 555.6\,t \quad ok$$

- لحساب القوة المطبقة على الجدار A في الطابق الأول نحسب ما يلي:

١. حساب مركز القساوة للطابق: وذلك بأخذ مركز الإحداثيات في الزاوية اليسارية السفلى للمسقط (علما أنه يمكن أخذ أية نقطة أخرى من المسقط).

$$x_{CR} = \frac{\sum_{j=1}^{m} x_i\,k_{yj}}{\sum_{j=1}^{m} k_{yj}}$$

$$x_{CR} = \frac{0 \times 1 + 28 \times 1.7}{1 + 1.7} = 17.6\,m$$

$$y_{CR} = \frac{\sum_{j=1}^{m} y_i\,k_{xj}}{\sum_{j=1}^{m} k_{xj}}$$

$$y_{CR} = \frac{6 \times 2 + 18 \times 3}{2 + 3} = 13.2\,m$$

٢. حساب اللامركزية:

$$e_x = x_{CR} - x_{CG} = 17.6 - 14 = 3.6\,m$$

$$e_y = y_{CR} - y_{CG} = 13.2 - 12 = 1.2\,m$$

٣. حساب عزم الفتل المؤثر من قوة زلزالية بالاتجاه Y :

$$M_t = V_y\ \overline{e_x} - V_x\ \overline{e_y}$$

$$\overline{e_x} = e_x + 0.05\ L_x = 3.6 + 0.05 \times 28 = 5\ m$$

$$\overline{e_y} = e_y + 0.05\ L_y = 1.2 + 0.05 \times 24 = 2.4\ m$$

يؤخذ 0.05Lx و 0.05Ly بإشارة موجبة أو سالبة بما يعطي أثر أكبر.

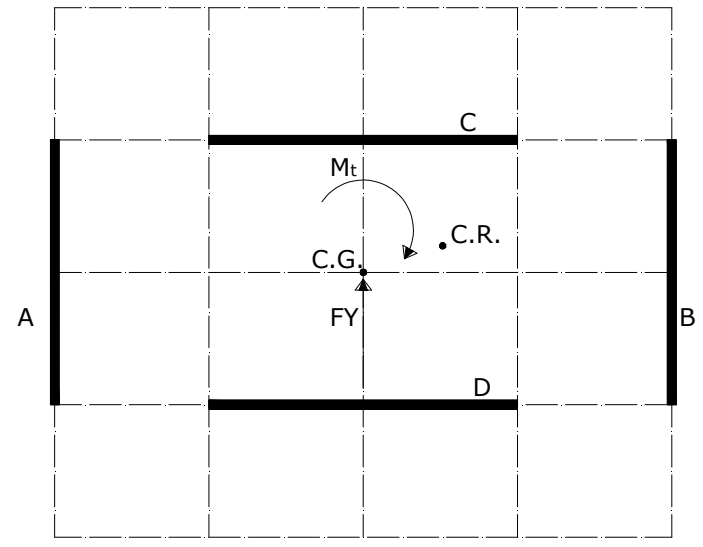
$$M_t = 55.6 \times 5 - 0 \times 2.4 = 278\ t.m$$

٤. حساب جزء القوة المؤثرة في الجدار A من القوة الزلزالية عند كل طابق:

$$F_{xj} = \frac{k_{xj}}{\sum k_{xj}} V_x + \frac{k_{xj}\ Y_j}{\sum (k_{yj}\ X_j^2 + k_{xj} Y_j^2)} M_t$$

$$F_{yj} = \frac{k_{yj}}{\sum k_{yj}} V_y + \frac{k_{yj}\ X_j}{\sum (k_{yj}\ X_j^2 + k_{xj} Y_j^2)} M_t$$

حيث الإحداثيات المعطاة في هذه العلاقة تقاس من مركز القساوة. ويجب الانتباه إلى استعمال الإشارات الصحيحة لعزم الفتل وإحداثيات الجدار أو يرسم شكل بسيط يظهر هل هناك جمع أو طرح لقيمة القوة الناتجة من عزم الفتل.(عزم الفتل المؤثر سالب لأنه مع عقارب الساعة حول مركز الصلابة وإحداثي الجدار A سالب فينتج أن المركبة من العزم هي بنفس اتجاه المركبة من القوة الزلزالية).



حساب عزم القساوة القطبية حول مركز القساوة:

$$\sum (k_{yj}\ X_j^2 + k_{xj} Y_j^2) = 1 \times 17.6^2 + 1.7 \times 10.4^2 + 2 \times 7.2^2 + 3 \times 4.8^2 = 666.4$$

$$k_{xj} = 0, \quad V_x = 0 \quad \Rightarrow\ F_{xA} = 0\ t$$

$$F_{yA} = \frac{1}{1+1.7} \times 55.6 + \frac{1 \times 17.6}{666.4} \times 278 = 27.9\ t$$

وبتكرار العمليات السابقة من أجل بقية الطوابق مع اعتبار أن إحداثيات مركز القساوة ثابتة لجميع الطوابق يكون:

- جزء القوة المطبقة على الجدار A في الطابق الثاني من القوة الزلزالية:

$$M_t = 111.12 \times 5 - 0 \times 2.4 = 555.6\ t.m$$

$$k_{xj} = 0, \quad V_x = 0 \quad \Rightarrow \ F_{xA} = 0\ t$$

$$F_{yA} = \frac{1}{1+1.7} \times 111.12 + \frac{1 \times 17.6}{666.4} \times 555.6 = 55.8\ t$$

يلاحظ في هذا المثال أن جزء القوة يساوي ضعف جزء القوة المؤثرة على الجدار في الطابق الأول.

- جزء القوة المطبقة على الجدار A في الطابق الثالث من القوة الزلزالية:

$$M_t = 166.68 \times 5 - 0 \times 2.4 = 833.4\ t.m$$

$$k_{xj} = 0, \quad V_x = 0 \quad \Rightarrow \ F_{xA} = 0\ t$$

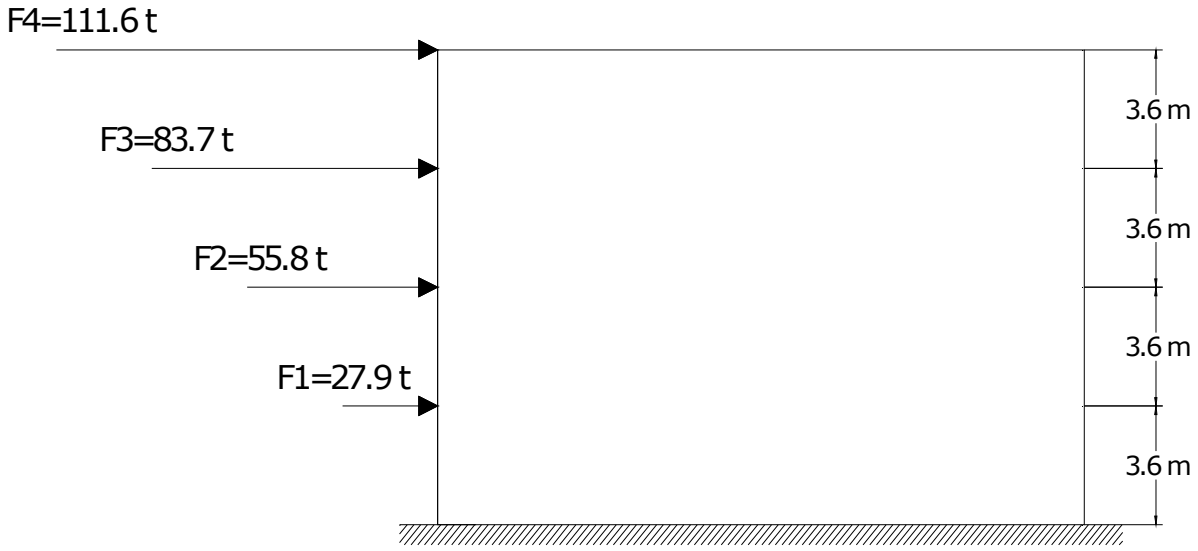
$$F_{yA} = \frac{1}{1+1.7} \times 166.68 + \frac{1 \times 17.6}{666.4} \times 833.4 = 83.7\ t$$

- جزء القوة المطبقة على الجدار A في الطابق الرابع من القوة الزلزالية:

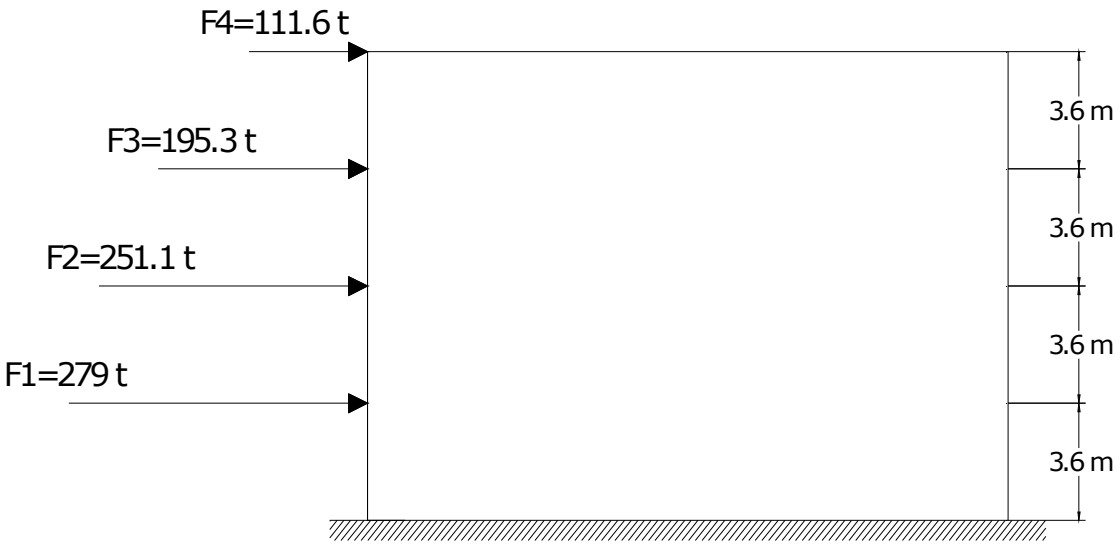
$$M_t = 222.24 \times 5 - 0 \times 2.4 = 1111.2\ t.m$$

$$k_{xj} = 0, \quad V_x = 0 \quad \Rightarrow \ F_{xA} = 0\ t$$

$$F_{yA} = \frac{1}{1+1.7} \times 222.24 + \frac{1 \times 17.6}{666.4} \times 1111.2 = 111.6\ t$$



الجزء من القوة الزلزالية المؤثر على الجدار A



قوى القص المؤثرة على الجدار A
من الزلازل

٣) تصميم المقطع العرضي لجدار القص A فوق الأساس مباشرة:

$$Comb. = 1.1 \times (1.2\ DL + 0.5\ LL + 0.5 C_a I\ DL + E)$$

$$Comb. = 1.1 \times (1.2\ DL + 0.5\ LL + 0.125\ DL + E)$$

$$Comb. = 1.4575\ DL + 0.55\ LL + 1.1E$$

$$N_u = 1.4575 \times (4 \times 100 + 4 \times 0.2 \times 12 \times 2.5 \times 3.6) + 0.55 \times (4 \times 20) + 1.1 \times 0 = 752.9\ t$$

$$M_u = 1.4575 \times 0 + 0.55 \times 0 + 1.1 \times (111.6 \times 14.4 + 83.7 \times 10.8 + 55.8 \times 7.2 + 27.9 \times 3.6)$$

$$M_u = 3314.52\ t.m$$

$$0.9 \le \Omega = 0.9 - 0.5\,(\frac{Nu}{Nc}) \ge 0.65$$

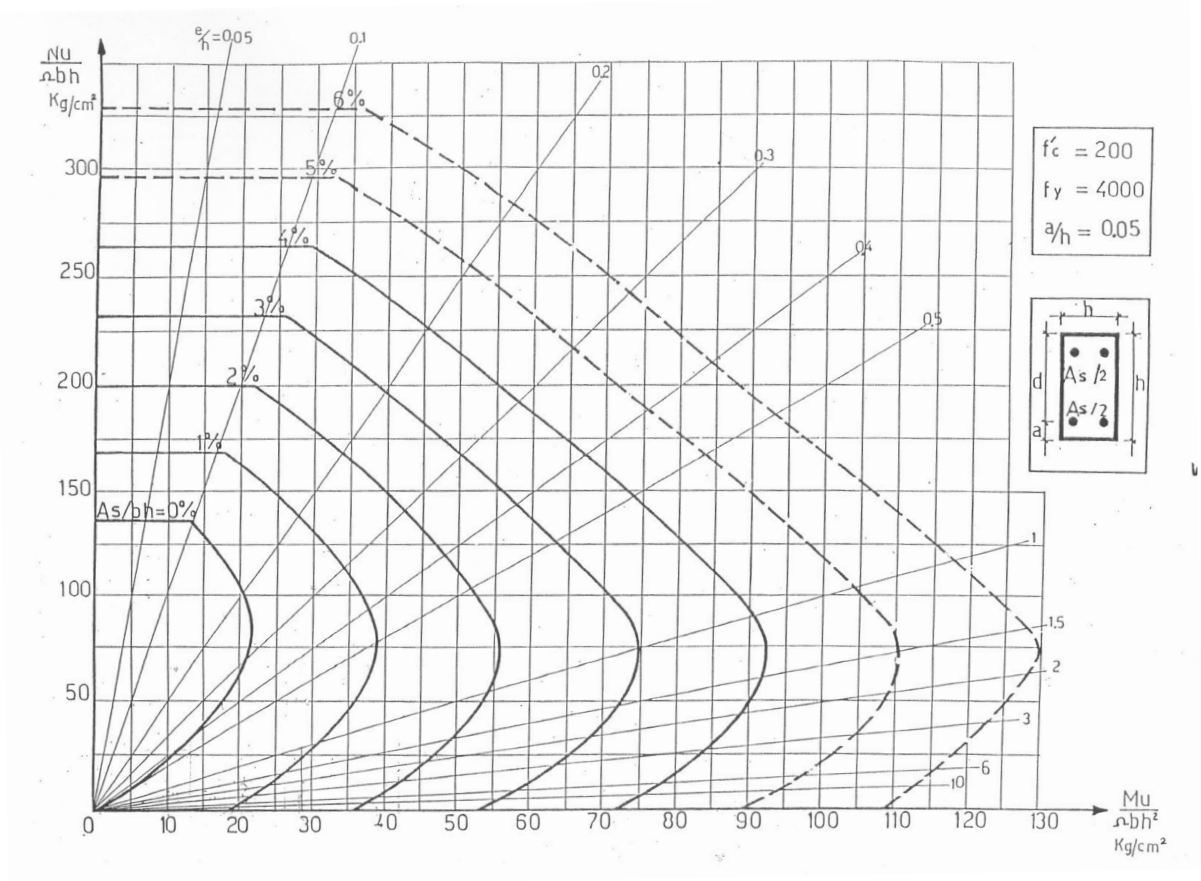
$$N_c = 0.85\ f_c^{'}\ A_c^{'} = 0.85 \times 200 \times 20 \times 1200 \times 10^{-3} = 4080\ t$$

$$\Omega = 0.9 - 0.5\ (\frac{752.9}{4080}) = 0.808$$

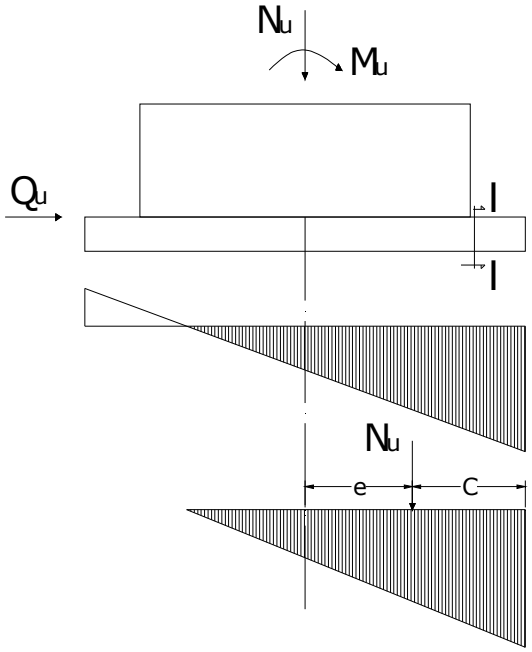
على أنه يمكن في الامتحان اعتماد قيمة ل Ω افتراضية تتراوح بين ٠,٦٥ و ٠,٩.

$$\frac{N_u}{\Omega\, b\, h} = \frac{752.9 \times 10^3}{0.808 \times 20 \times 1200} = 38.8\ kg/cm^2$$

$$\frac{M_u}{\Omega\, b\, h^2} = \frac{3314.52 \times 10^5}{0.808 \times 20 \times 1200^2} = 14.24\ kg/cm^2$$

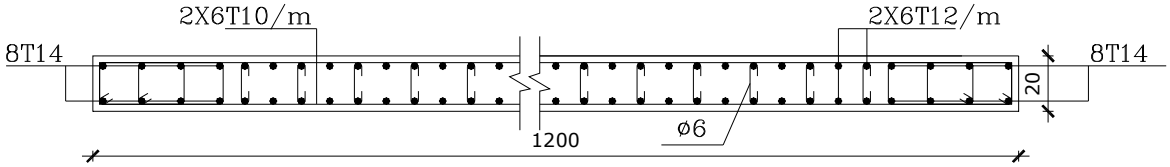


بالعودة إلى مخطط الترابط نجد أن نسبة التسليح الموافقة هي النسبة الدنيا
لذلك نضع تسليح الجدار كما يلي:



$$A_s = 0.006\ b\ h = 0.006 \times 20 \times 100 = 12\ cm^2\ /\ m'$$

كان يمكن أخذ النسبة الدنيا في الوسط 0.003 إنما لكون الجدار صغير السماكة تم زيادتها.
نستخدم تسليح شاقولي 2x6T12/m' (على أنه كان يمكن استخدام 2x6T10/m') وتسليح عرضي 2X6T10/m' مع أعمدة مخفية في الطرفين 20x60 cm بتسليح طولي 8T14 و تسليح عرضي 2φ8/10 – 20cm .



٤) تصميم أساس الجدار A:

$$N'_u = 752.9\ t, \quad M'_u = 3314.52\ t.m, \quad Q_u = 1.1 \times 279 = 306.9\ t$$

بفرض أن الوزن الذاتي للأساس:

$$W_u = 1.4575 \times 2.2 \times 16 \times 1 \times 2.5 = 128.26\ t$$

$$M_u = 3314.52 + 306.9 \times 1 = 3621.42\ t.m$$

$$N_u = 752.9 + 128.26 = 881.16\ t$$

$$N_u = 881.16\ t, \quad M_u = 3621.42\ t.m$$

$$\sigma = \frac{N_u}{A} \pm \frac{M_u}{I} y$$

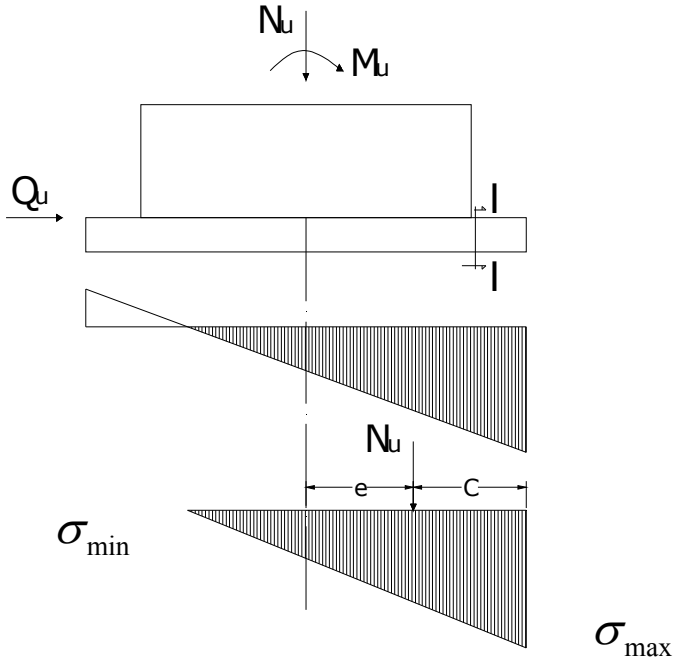
بفرض أن عرض الأساس B=220 cm وطول الأساس L=1600cm

$$A = 2.2 \times 16 = 35.2\ m^2$$

$$I = \frac{b\,h^3}{12} = \frac{2.2 \times (16)^3}{12} = 750.93\ m^4$$

$$\sigma_{\max} = \frac{881.16}{35.2} + \frac{3621.42}{750.93} \times 8 = 25.03 + 38.58 = 63.61\ \ t/m^2$$

$$\sigma_{\min} = \frac{881.16}{35.2} - \frac{3621.42}{750.93} \times 8 = 25.03 - 38.58 = -13.55\ \ t/m^2$$



$$\frac{\sigma_{\max}}{\sigma_{\min}} = \frac{63.61}{-} > 2 \quad \Rightarrow \sigma_{\max} = 63.61\ t/m^2 > 2\times 30 = 60\, t/m^2 \quad not\ ok$$

يلزم زيادة عرض الأساس بمقدار بسيط يحدد بعد حساب الإجهاد الفعلي حيث يصبح:

$$e = \frac{3621.42}{881.16} = 4.11\ \ m$$

$$C = \frac{L}{2} - e = \frac{16}{2} - 4.11 = 3.89\ \ m$$

$$\sigma_{\max} = \frac{2\ N_u}{3\ C\ B} = \frac{2\times 881.16}{3\times 3.89\times 2.2} = 68.64\ \ t/m^2$$

إذا يكون عرض الأساس اللازم:

$$B = \frac{68.64}{60}\times 2.2 = 2.515\ \ m$$

نختار عرض الأساس ٢,٦م وبالتالي يكون الإجهاد الفعلي تحت الأساس:

$$\sigma_{\max} = \frac{60}{2.6}\times 2.515 = 58\ \ t/m^2$$

$$\sigma_{I-I} = \sigma_{\max}\frac{3C-(2m)}{3\ C} = 58\times\frac{3\times 3.89-2}{3\times 3.89} = 48\ \ t/m^2$$

$$V_1 = 48\times 2\times 2.6 = 249.6\, t$$

$$V_2 = \frac{1}{2}(58-48)\times 2\times 2.6 = 26\, t$$

$$M_u = 249.6\times 1 + 26\times 2\times\frac{2}{3} = 284.3\, t.m$$

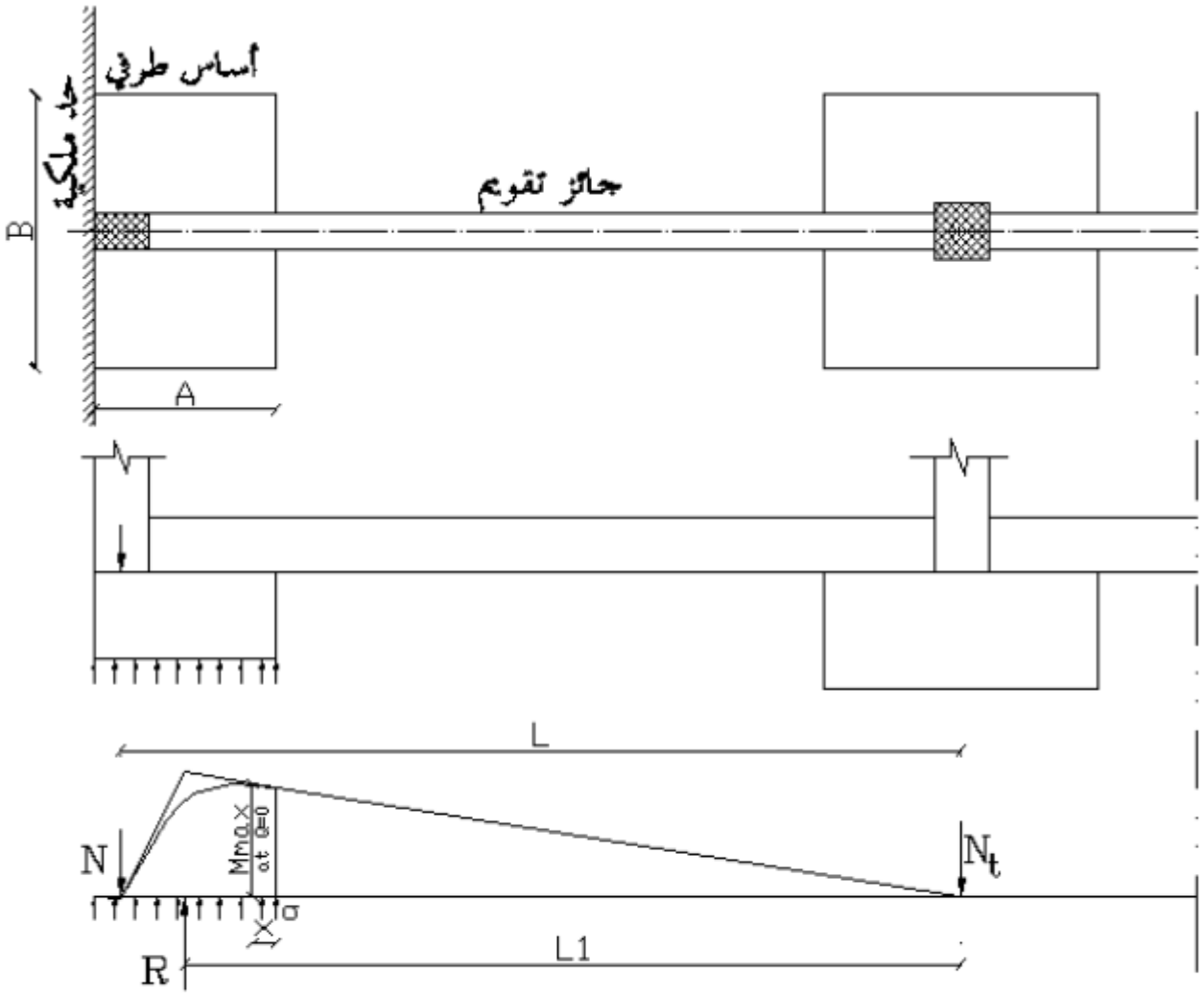
بفرض أن ارتفاع الأساس H=100 cm

$$A_s = \frac{284.3\times 10^5}{0.9\times 0.9\times 93\times 4000} = 94.4\ cm^2$$

نستعمل 20T25 على كامل عرض المقطع أي 8T25/m'

أما التسليح الثانوي فيحسب من الإجهادات وهو بحدود ٠,٣٦ في هذه الحالة من الرئيسي فنأخذ 6T18/m' . ويؤخذ التسليح العلوي في الاتجاه الطولي ٥٠% من التسليح السفلي و أيضا بالاتجاه العرضي ٥٠% من ذلك التسليح السفلي.

تصميم جائز تقويم لأساس طرفي:



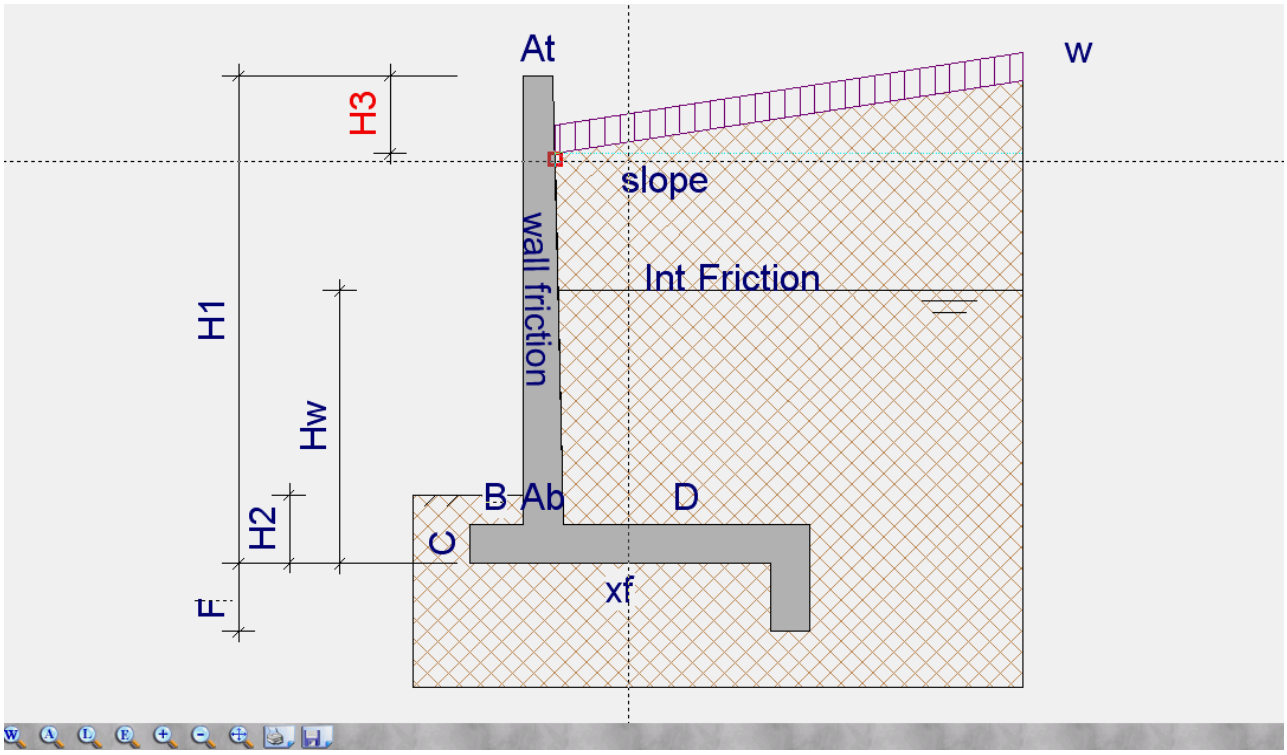
$$R = N\ L\ /\ L1$$

$$N_t = R - N$$

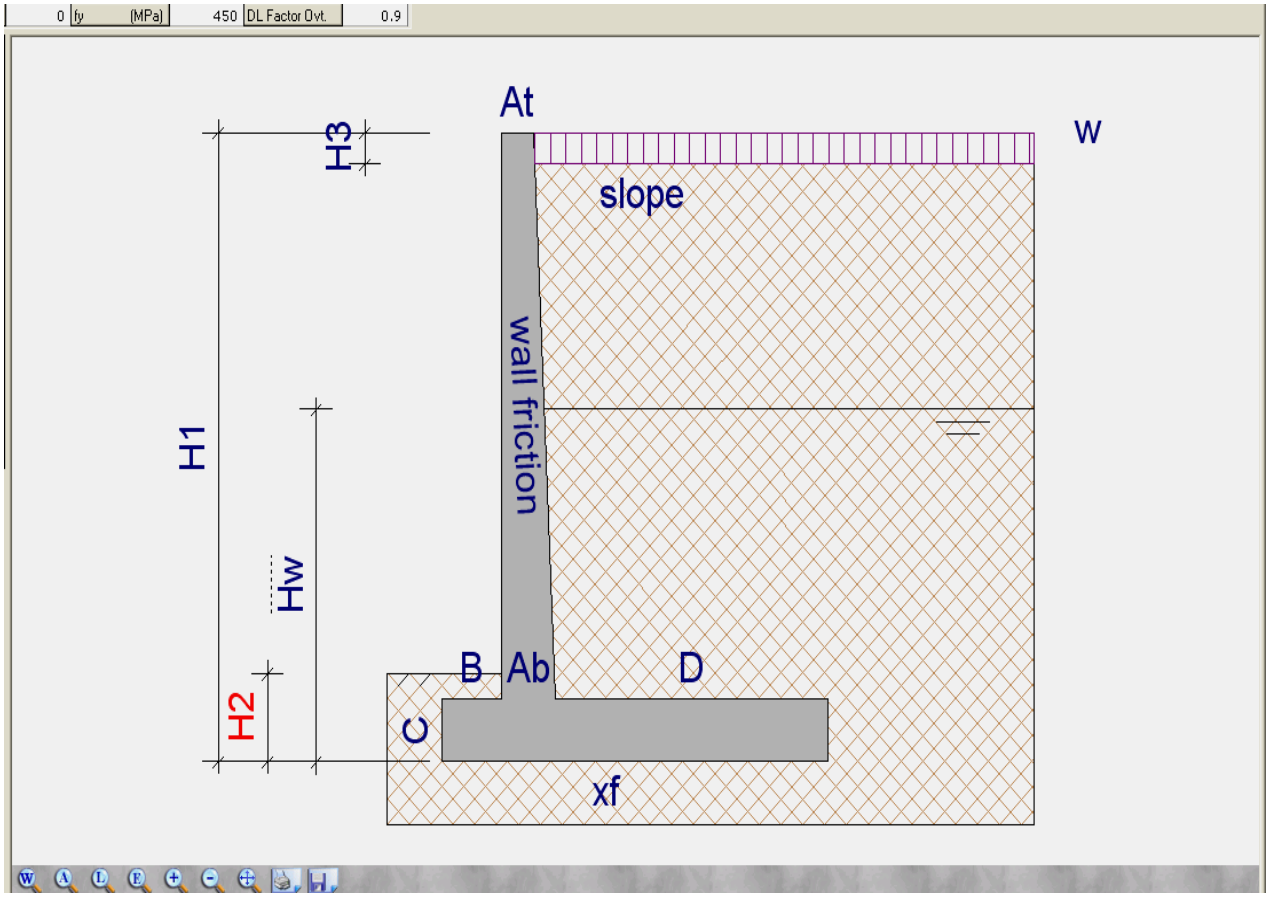
لحالة الإجهادات الموزعة بانتظام

$$\sigma = R\ /\ (\ A\ B\ )$$

$$x = N_t / (\sigma\ B)$$



يظهر الشكل الحالة لجدار استنادي مع وجود حمولة على سطح التربة ووجود مياه جوفية



يظهر الشكل الحالة لجدار استنادي مع وجود حمولة على سطح التربة
الأفقي ووجود مياه جوفية ودون استعمال مفتاح تثبيت

تصميم جدار استنادي ظفري بإهمال تأثير الزلازل

المعطيات:

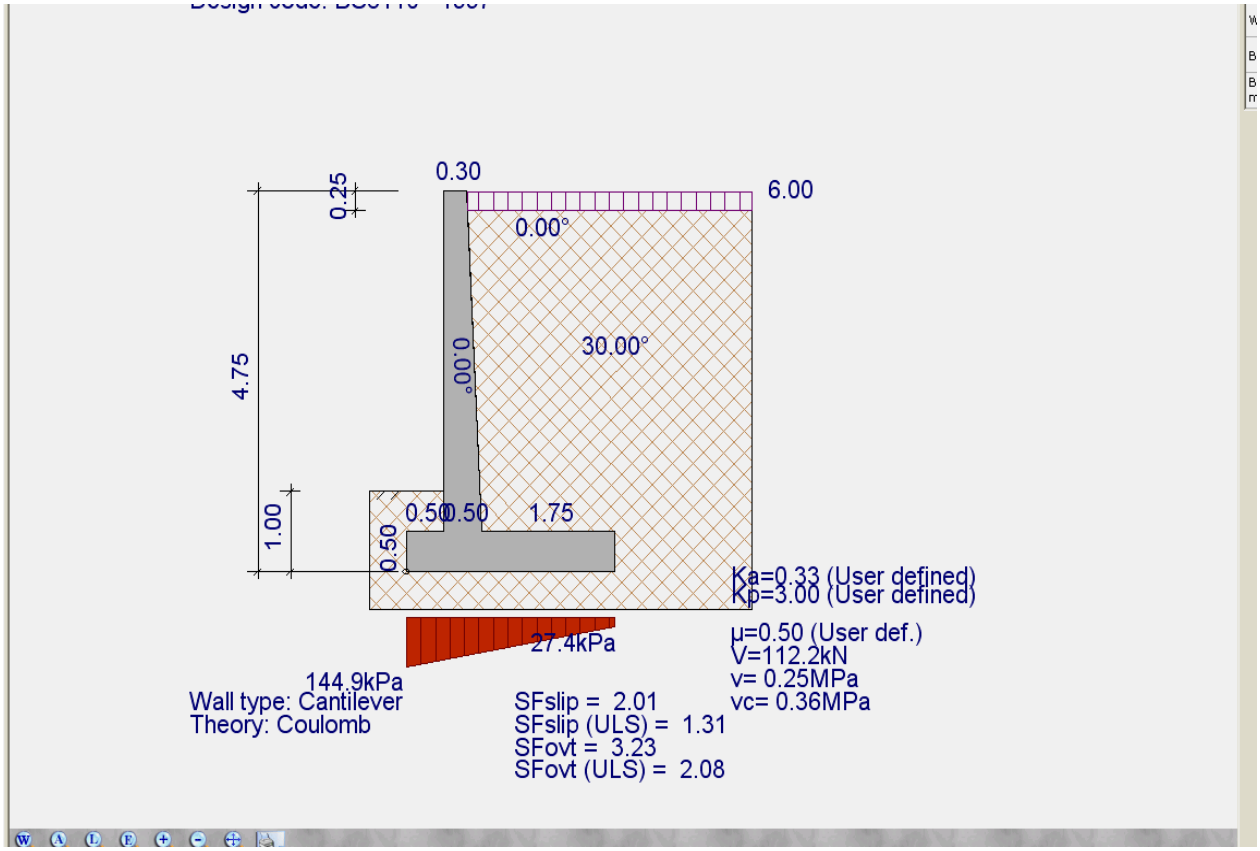
زاوية الاحتكاك الداخلي F=30

إجهاد التماسك للتربة C=0

الوزن الحجمي للتربة $g= 1.9\ t/m^3$

تحمل التربة المسموح $\sigma= 3\ kg/cm^2$

لاتوجد مياه جوفية



للأبعاد المختارة يتبين أن الجدار سليم للمعطيات المذكورة أعلاه

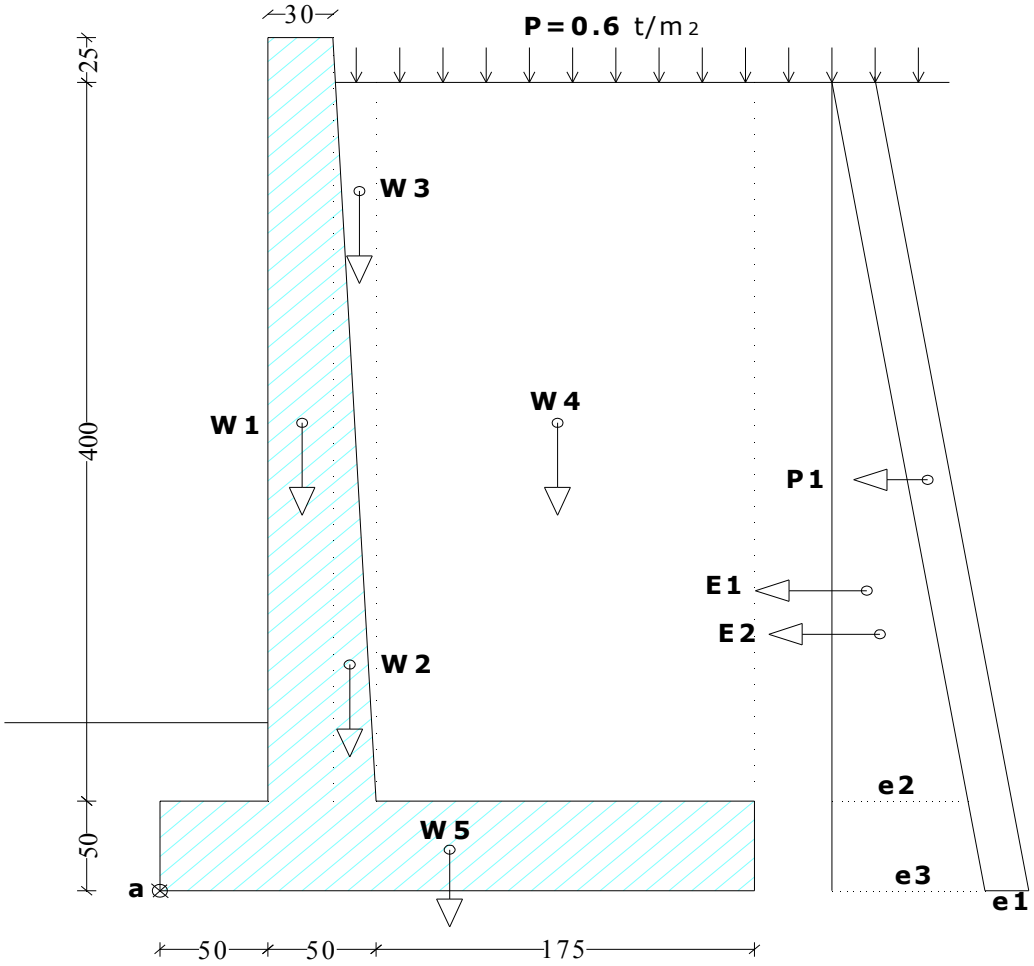
مثال لتصميم جدار استنادي ظفري بإهمال تأثير الزلازل

المعطيات مبينة على الشكل

$\Phi = 30^0$

$C = 0$

$\gamma = 1.9\ t/m^3$



الأحمال الشاقولية :

W1 = 0.3 * 4.25 * 2.5 = 3.188 t/m	جدار
W2 = 0.2 * 4.25 * 2.5/2 = 1.063 t/m	جدار
W3 = 0.2 * 4 * 1.9/2 = 0.76 t/m	تربة
W4 = 1.75 * 4 * 1.9 = 13.3 t/m	تربة
W5 = 2.75 * 0.5 * 2.5 = 3.438 t/m	أساس
P = 1.95 * 0.6 = 1.17 t/m	حية

ضغط التربة :

ka = (1-sin Φ)/(1+sin Φ) =0.333 e1 = 0.6 * 0.333 = 0.2 t/m²

e2 = γ* h2 * Ka = 1.9 * 4 * 0.333 = 2.533 t/m²

e3 = γ* h3 * Ka = 1.9 * 4.5 * 0.333 = 2.85 t/m²

يمكن إهمال الضغط السلبي نظرا لصغر عمق التربة أمام الجدار .

الضغط على جسم الجدار والضغط على الجدار والأساس :

E1 = e2 * 4 / 2 = 2.533 * 2 = 5.066 t/m

E2 = e3 * 4.5 / 2 = 2.85 * 2.25 = 6.413 t/m

P1 = e1 * 4 = 0.2 * 4 = 0.8 t/m

P2 = e2 * 4.5 = 0.2*4.5 = 0.9 t/m

N = ΣW + P = 3.188+1.063+0.76+13.3+3.438+1.17 = 22.919 t/m

العزم الأعظمي على الجدار (عند أسفله) :

M = E1 * 4 / 3 + P1 * 4 /2 = 5.066 * 4 /3 + 0.8 * 4/2 = 8.35 tm/m

العزم الأعظمي عند أسفل القاعدة :

M = E2 * 4.5 / 3 + P2 * 4.5 /2 =6.413 * 4.5 /3 + 0.9* 4.5/2 = 11.644 tm/m

العزم الكلي المثبت عند النقطة a :

$M_{ar} = W1(x_1) + W2(x_2) + W3(x_3) + W4(x_4) + W5(x_5) + P(x_p)$

=3.188*0.65+1.063*1.17+0.76*0.933+13.3*1.875+3.438*1.375 +

1.17 * 1.775 = 35.44 t.m/m

العزم الكلي القالب عند النقطة a :

M_{aa} = E2* 4.5 / 3 + P2 * 4.5 / 2 = 6.413*4.5/3 + 0.9 * 2.25 = 11.64 t.m/m

حساب الاجهادات على التربة :

$\Sigma M_a = M_{ar} - M_{aa}$ = 35.44 -11.64 = 23.8 t.m/m

$e_a = \Sigma M_a / N$ = 23.8 / 22.919 = 1.038 m

e = 2.75 / 2 – 1.038 = 0.337 m

$$\sigma_{1,2} = \frac{N}{A.B}\left[1 \pm \frac{6*e}{A}\right]$$

= 14.46 t/m² =1.446 kg/cm^2 < 2 O.K. $\sigma_{max} = \frac{22.919}{2.75}\left[1 + \frac{6*0.337}{2.75}\right]$

= 2.2 t/m² $\sigma_{min} = \frac{22.919}{2.75}\left[1 - \frac{6*0.337}{2.75}\right]$

وفي حال حصول اجهادات شادة فتصبح العلاقات السابقة غير صحيحة ويحسب الاجهاد الأعظمي على التربة وطول منطقة الضغط تحت الأساس من علاقات التوازن مباشرة . مع التأكيد أن الكود يشترط أن تكون المنطقة المضغوطة بحيث لا تقل عن نصف طول الأساس بما في ذلك الأخذ بالحسبان للتأثير الزلزالي .

التحقق من الانقلاب :

$$Fo = \frac{35.44}{11.64} \qquad > 1.5$$

التحقق من الانزلاق :

$$Fs = \frac{22.99(0.5)}{6.413 + 0.9} = \frac{22.99(0.5)}{E2 + P2} \qquad > 1.5$$

فالجدار يحقق اشتراطات الكود

- وفي حالة وجود مياه جوفية يلزم أخذ ضغطها على الجدار وفي هذه يؤخذ الوزن الحجمي للتربة في الجزء المغمور مساويا للوزن الحجمي المغمور ، كما يجب أخذ خواص التربة المغمورة :

$$\gamma sub = \gamma sat - 1$$

ويتابع الحساب كما ورد أعلاه ، على أنه يفضل نتيجة زيادة عدد القوى أن توضع الحسابات المبينة أعلاه ضمن جدول يعطي قيمة الاجهاد وقيمة القوة وذراعها وغيرها ، وتعطى كل النتائج في جدول .

- ويحسب التسليح اللزم لمقطع الجدار الاستنادي في أسفله من قيمة العزم الظفري باستعمال الطريقة الكلاسيكية أو الحدية .

مثلا بالطريقة الكلاسيكية يمكن بشكل تقريبي لحالة الجدران الاستنادية حساب التسليح من العلاقة :

$$A_s = M / (0.9 * \sigma_S * d)$$

حيث A_s : مساحة التسليح الشاقولي في جهة الشد للمتر الطولي من الجدار

σ_S : إجهاد التسليح المسموح ويساوي f_y (0.55--- 0.45) ويلزم أخذ العامل 0.45 في حال وجود مياه أو استعمال أقطار 18mm وما فوق .

ويحسب التسليح للأساس تحت التربة المردومة من قيمة العزم الأعظمي لاجهادات التربة المؤثرة من الأسفل إلى الأعلى ويطرح منها وزن التربة فوق الأساس ،ويكون التسليح علويا .

ويحسب التسليح للأساس تحت التربة من الجهة المقابلة للردم من قيمة العزم الأعظمي لاجهادات التربة المؤثرة من الأسفل إلى الأعلى ويمكن أن يطرح منها وزن التربة الضحلة فوق الأساس ، ويكون التسليح في أسفل المقطع .

ملاحظة :

لتصميم الجدار لمقاومة الزلازل يلزم اتباع ما ورد في الباب (٨) من الملحق ٢ للكود .

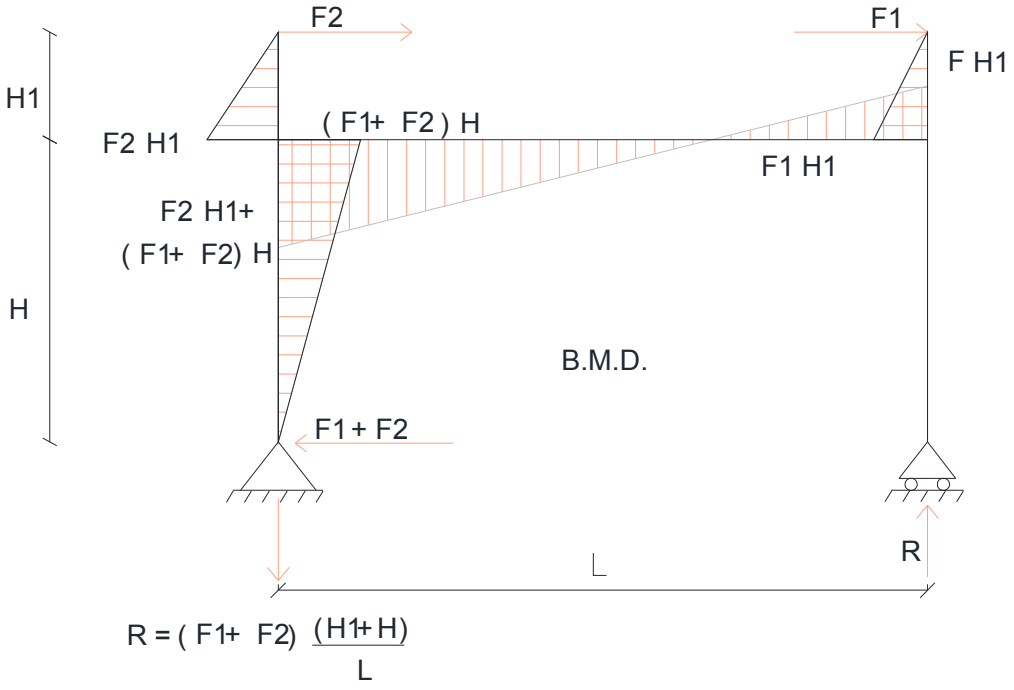
ويمكن بشكل تقريبي للجدران التي لا يزيد ارتفاعها عن ٤ م زيادة العزوم الناتجة من التربة بمقدار ١٥% إلى ٤٠% حسب المنطقة الزلزالية وتحمل التربة المسموح في الموقع .

أما للارتفاعات التي تزيد عن ذلك فتحسب وفق الملحق ٢ للكود . و يجب الانتباه إلى أن حساب أبعاد المقاطع المعرضة للمياه أو الرطوبة يجب أن يحقق شرط عدم التشقق أي يتم وفق المرحلة الأولي من عمل المقاطع الخرسانية .

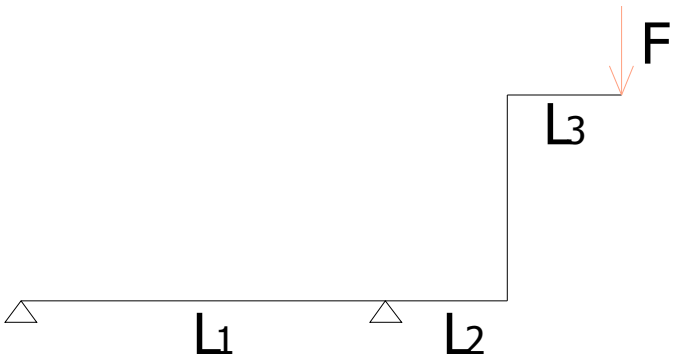
مخططات العزوم والقص والقوى الناظمية لبعض أشكال الاطارات

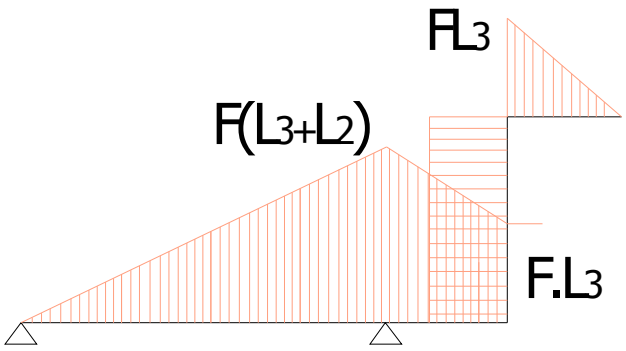
ترسم مخططات العزوم دوما في الجهة المشدودة من المقاطع

المخططات المرسومة أدناه هي بحالة إهمال الوزن الذاتي ، وتعدل في حالة ادخاله .

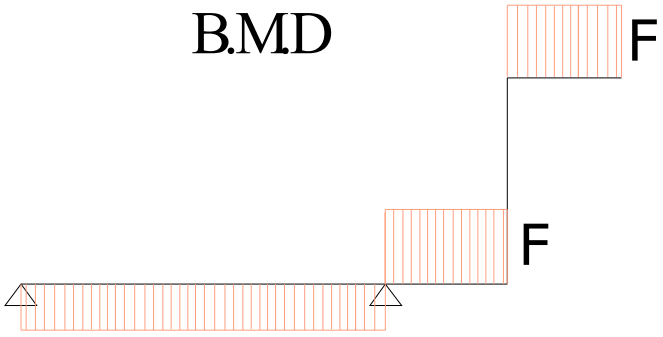


$$R = (F1+ F2) \frac{(H1+ H)}{L}$$



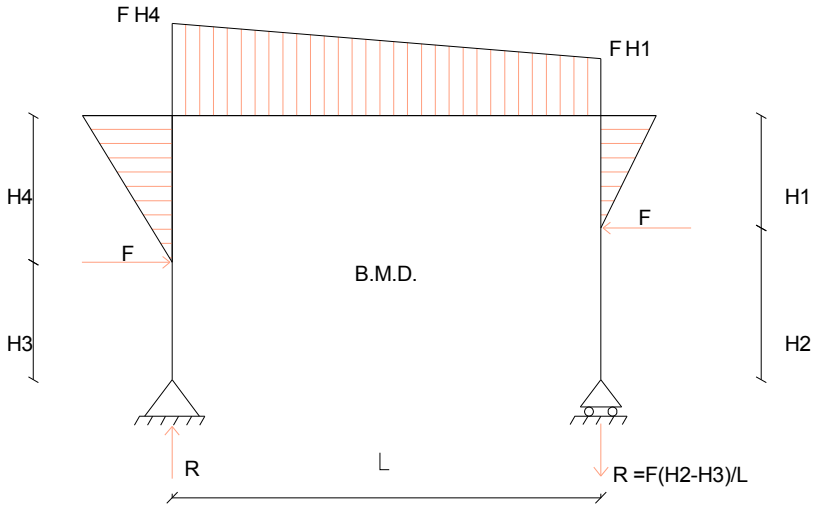


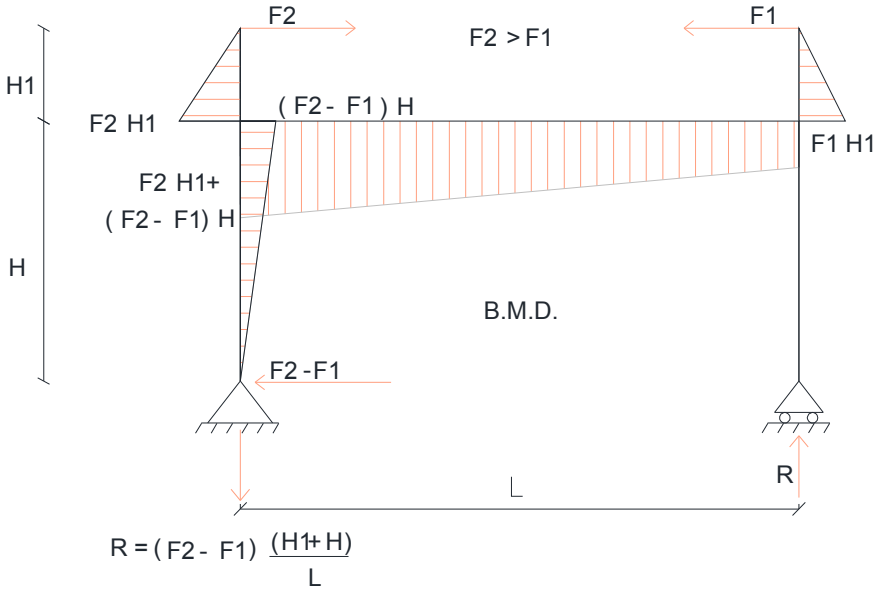
B.M.D

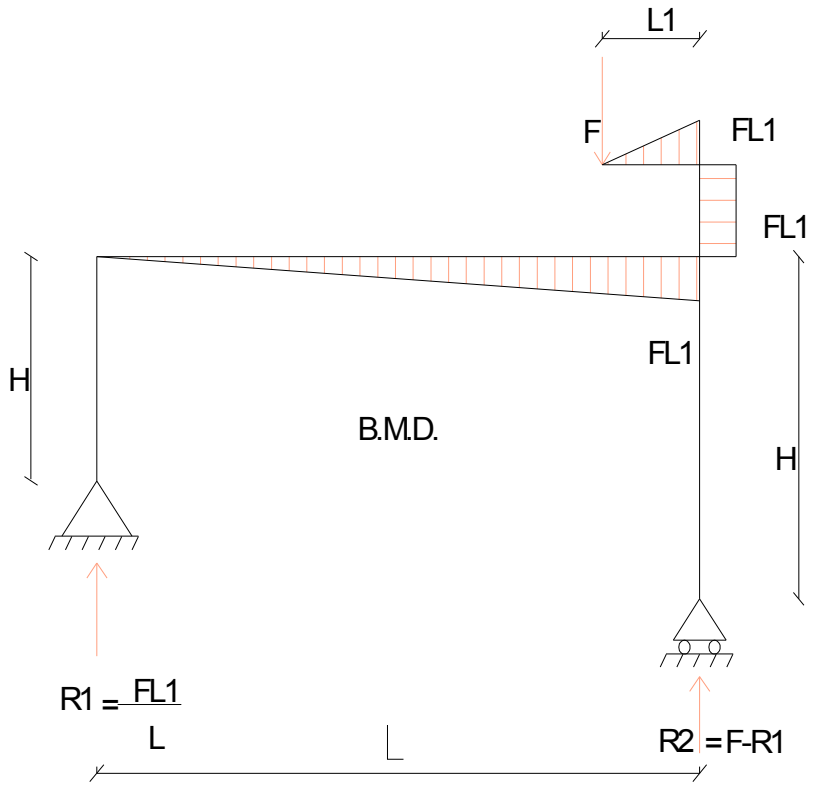


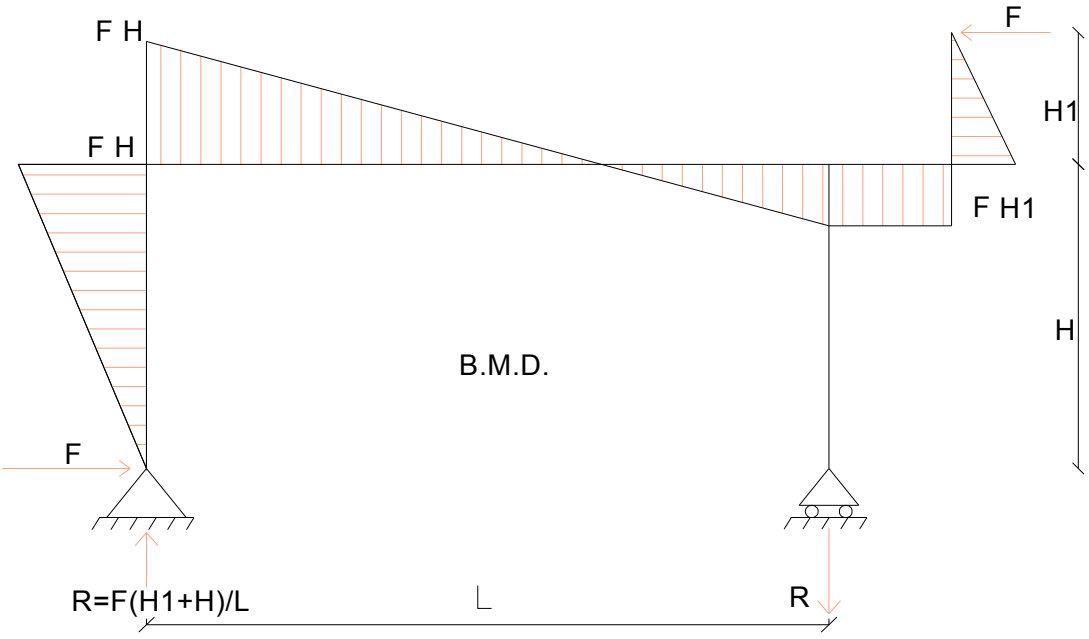
S.F.D

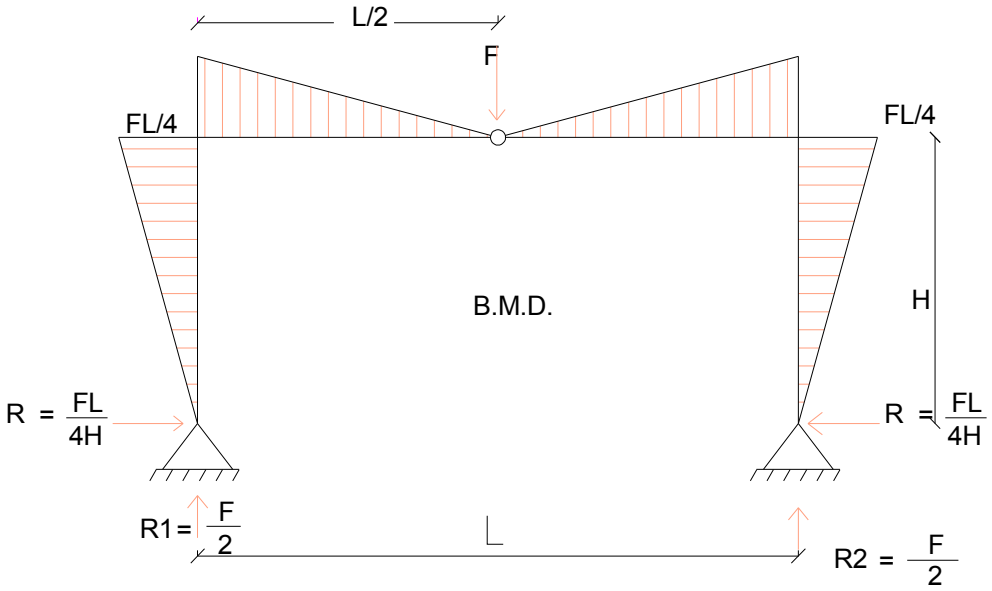
T.F.D

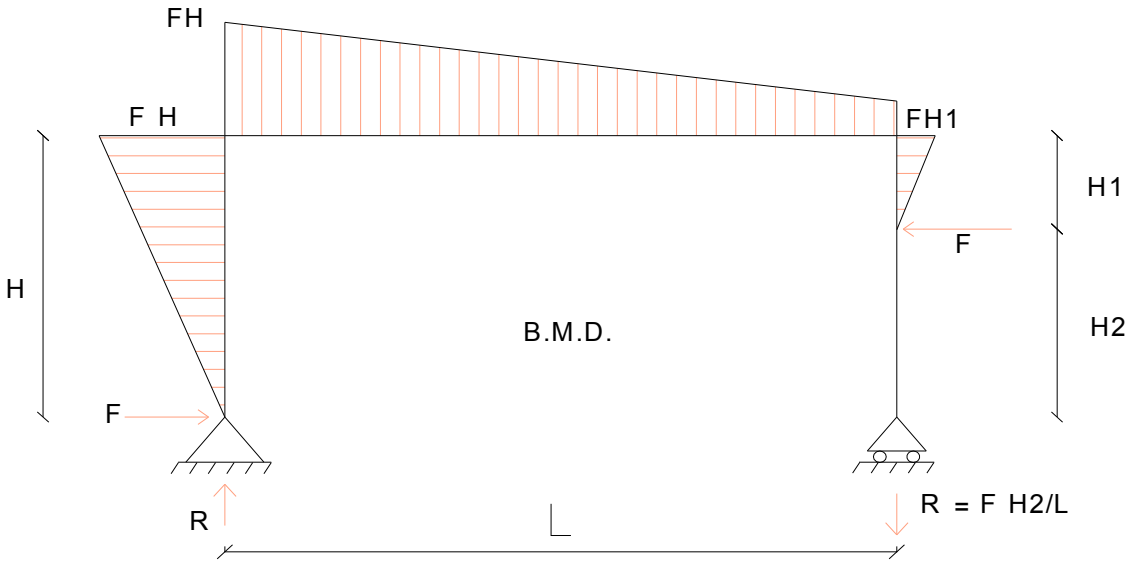

F H4
F H1
H4
H1
F
F
B.M.D.
H3
H2
R
L
R =F(H2-H3)/L

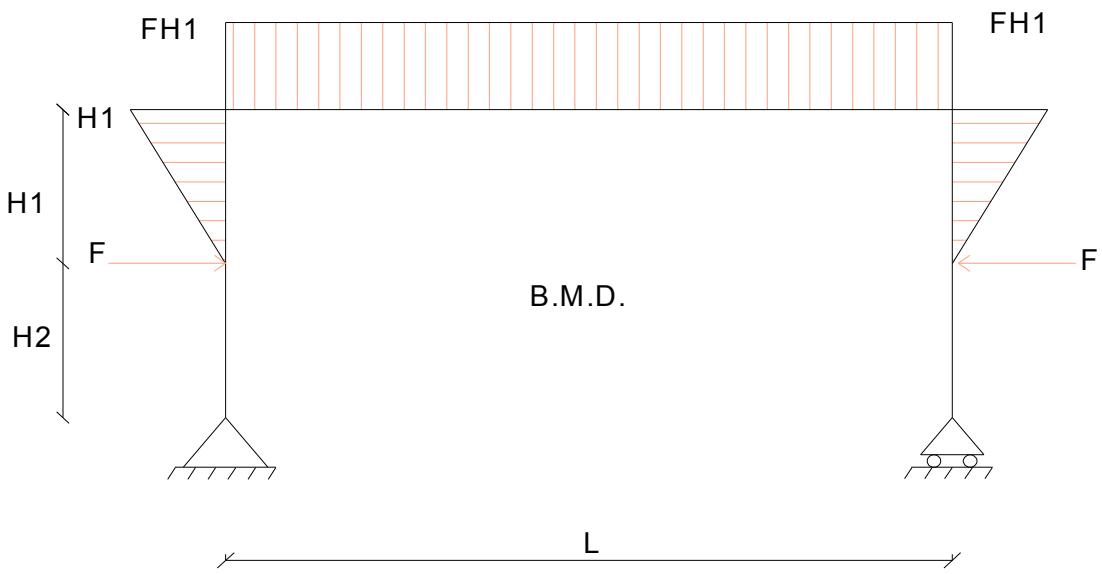

F2
F2 > F1
F1
H1
(F2 - F1) H
F2 H1
F1 H1
F2 H1+
(F2 - F1) H
H
B.M.D.
F2 -F1
R
L
R = (F2 - F1) (H1+ H)
L

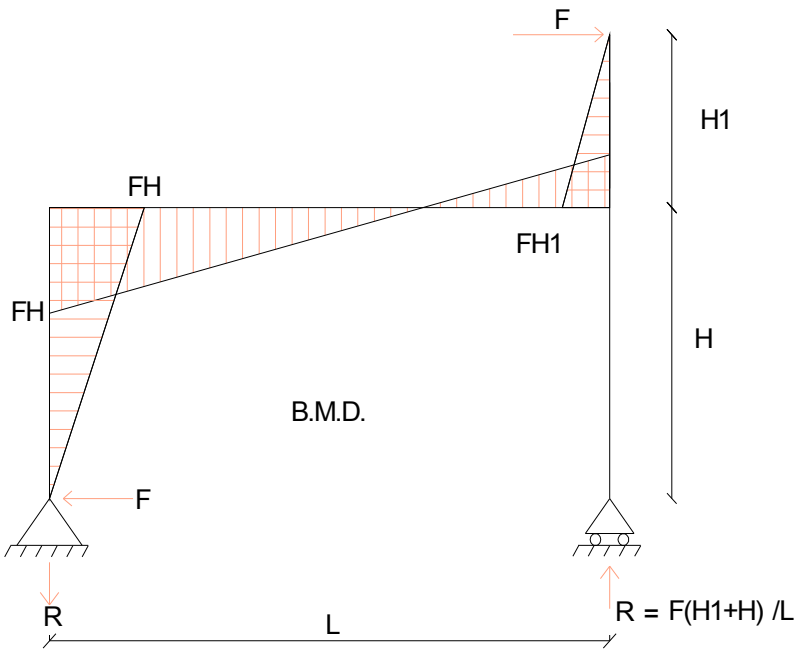

L1
F
FL1
FL1
FL1
H
B.M.D.
H
R1 = FL1 / L
R2 = F-R1
L

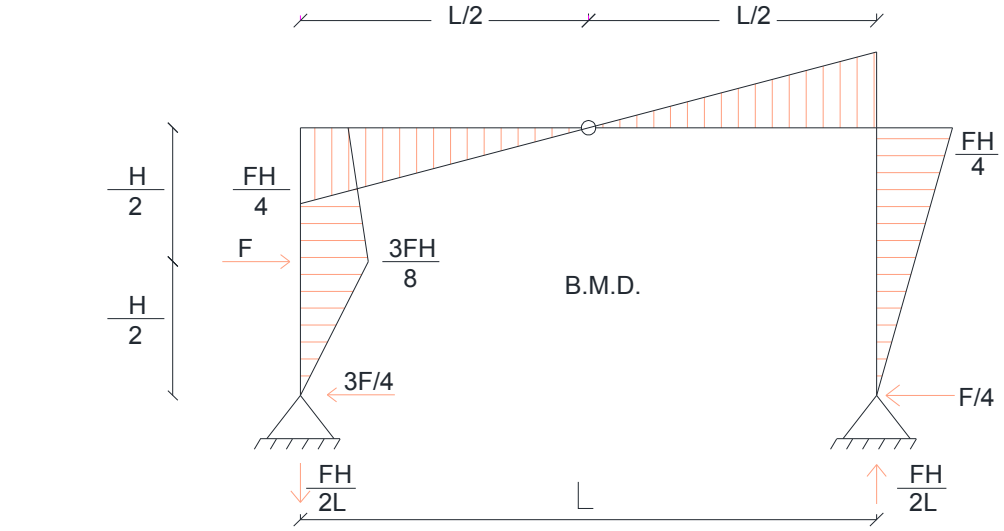

F H
F H
F
H1
F H1
H
B.M.D.
F
R=F(H1+H)/L
R
L

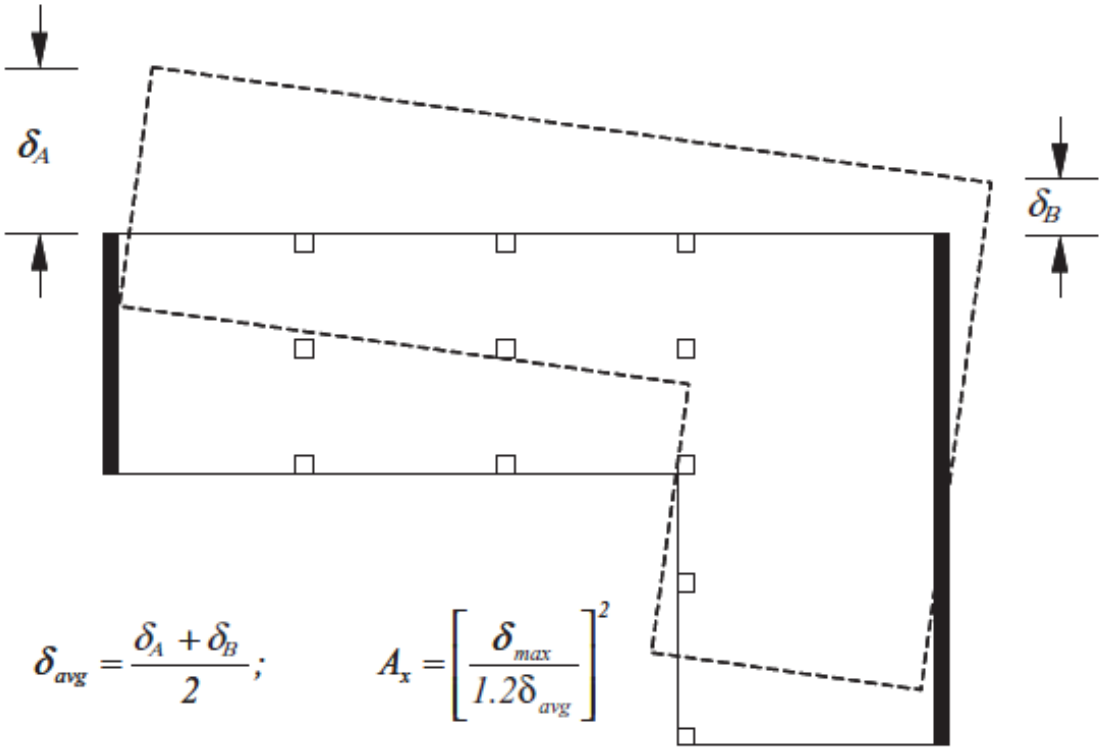

L/2
F
FL/4
FL/4
B.M.D.
H
R = FL/4H
R = FL/4H
R1 = F/2
R2 = F/2
L


FH
F H
FH1
H1
F
H
B.M.D.
H2
F
R
R = F H2/L
L


FH1
FH1
H1
H1
F
F
H2
B.M.D.
L


F
H1
FH
FH1
FH
H
B.M.D.
F
R
L
R = F(H1+H) /L





الشكل (١١)

عامل تكبير اللامركزية الطارئة بسبب الانتقالات في المسقط الأفقي الناتجة عن الفتل (اللي)