أسس التصميم الزلزالي
للمباني الخرسانية المسلحة

فلسفة تصميم البناء

- إن خطورة الإهتزاز الأرضي في موقع يمكن ان تكون: صغيرة، متوسطة ، كبيرة. الحركات الأرضية الخفيفة تحدث بكثرة بينما الحركات المتوسطة والقوية فيعتبر حدوثها نادرا.

- 800 هزة كل عام ذات قدر 5.9 – 5.0 و 18 هزة ذات قدر 7.9 – 7.0

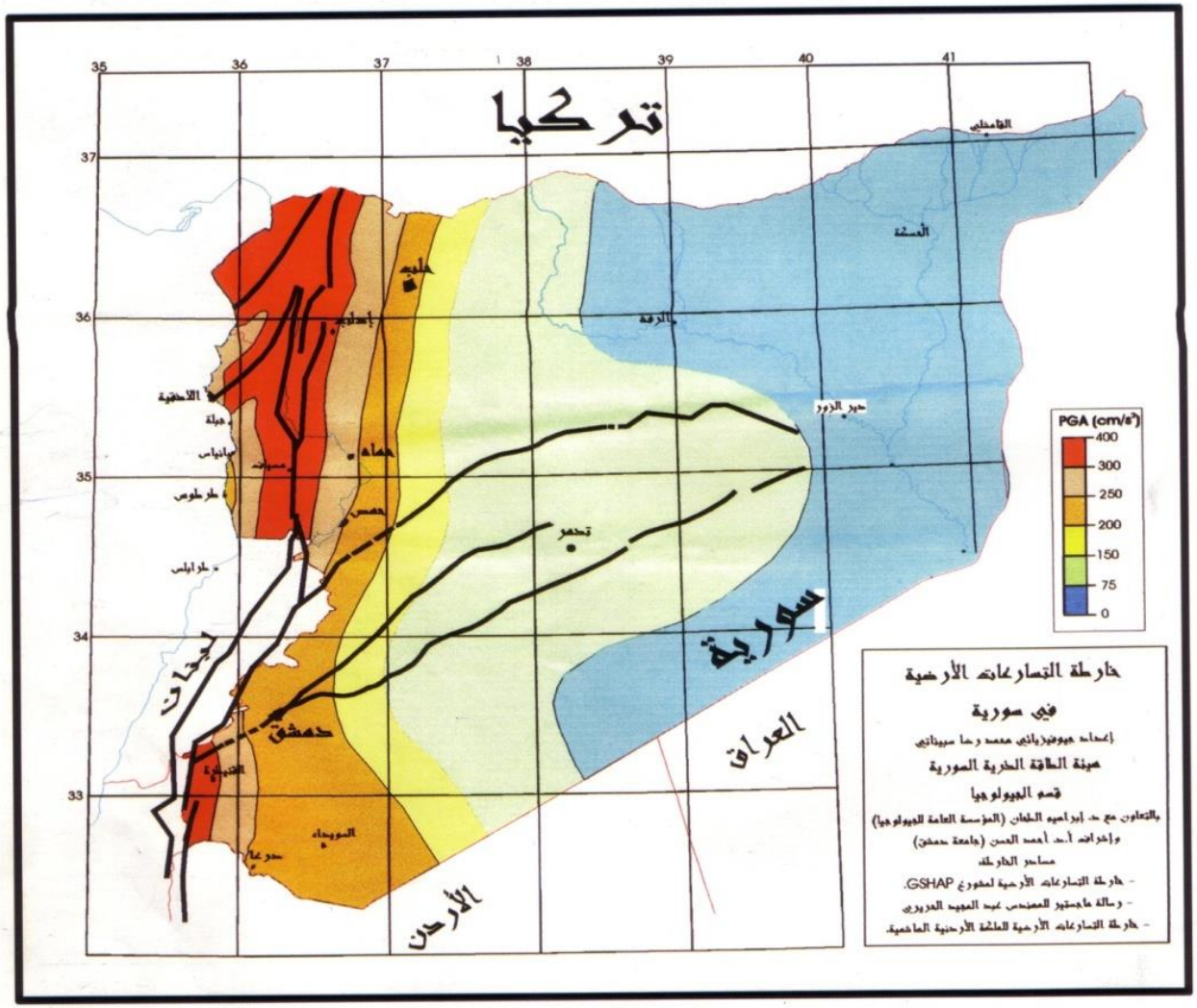
- لذلك هل يجب أن نصمم الأبنية لتقاوم تلك الزلازل النادرة التي ربما تأتي مرة كل 500سنة أوحتى مرة كل 2000 سنة في موقع المشروع، مع أن عمر المشروع نفسه ربما يكون 50 سنة إلى 100 سنة.

- بما أن هناك تكاليف لتزويد الأبنية بأمان زلزالي إضافي، إذا هناك جدال حول هذا الموضوع.

الخطر الزلزالي في سوريا

الملحق (د)

الخارطة الزلزالية للجمهورية العربية السورية



الملحق (هـ)

جدول بقيم التسارعات الأرضية العظمى (PGA) المحتملة على الطبقة الصخرية الصلبة خلال خمسون عاماً مع احتمالية عدم تجاوز 90% مقدرة بال cm/s^2 لأهم مراكز المدن والبلدات في سورية

المدينة أو البلدة	التسارع الأرضي	المدينة أو البلدة	التسارع الأرضي	المدينة أو البلدة	التسارع الأرضي
أبو قبيس	300-400	خناصر	200	عامودة	75
أبو الشامات	200	خنيفيس	150	عدرا	200
أبو كمال	75	دمشق	250	عشارنة	300-400
ادلب	300-400	درباسية	75	عفرين	300
أريحا	300-400	درعا	250	عين العرب	75
إزرع	250	دير الزور	75	غباغب	250
اعزاز	300	دريكيش	300-400	فرقلس	200
باب الهوى	300-400	دير عطية	200	فيق	300-400
الباب	200	راجو	300-400	قصير حمص	300
بانياس	300	رأس العين	75	قامشلي	75
بصرى الشام	250	رستن	300	القحطانية	75
بلودان	250	رقة	75	قدموس	300-400
البصيري	75	رنكوس	250	قربتين	200
تدمر	150	زبداني	250	قصر الحير الغربي	150
تل أبيض	75	زلف	200	قطنا	250
تل شنان	200	سبع بيار	150	قطيفة	250
تلكلخ	300-400	سخنة	150	قلعة الحصن	300-400
تل كوجك (اليمربية)	75	سراقب	300	قرداحة	300-400
التنف	75	سلمية	200	كسب	300-400
جديدة يابوس	250	سويداء	250	كسوة	250
جبلة	300	سد الطبقة	150	اللاذقية	300
جبول	200	سلحب	300-400	محردة	300
جديدة الوادي	250	شهبا	250	مسكنة	150
جرابلس	150	شيخ مسكين	250	مسلمية	250
جسر الشغور	300-400	شيخ بدر	300-400	مصياف	300-400
جوسية	300-400	الشحمة	75	معرة النعمان	300
جيرود	150	صافيتا	300-400	منبج	150
حارم	300-400	صلخد	250	ميادين	75
حسكة	75	صلنفة	300-400	ميدان اكبس	300-400
الحفة	300-400	صنمين	200	المالكية	75
حلب	250	صيدنايا	200	المخرم	200

فلسفة تصميم البناء

- هل نتخلى عن تصميم الأبنية لمقاومة الزلازل؟

-هل نصمم الأبنية لتكون مقاومة للزلازل بحيث لا يحدث بها أية أضرار خلال الزلازل القوية النادرة ؟

- من الواضح أن الطريقة الأولى يمكن أن تقود إلى كارثة كبيرة

- الطريقة الثانية تكون مكلفة جدا.

- لذلك فإن فلسفة التصميم يجب أن تقع بين تلك الحالتين الحديتين

-إن الهدف الهندسي هو جعل البناء مقاوم للزلازل (وليس عدم حدوث الأضرار حتى تحت تأثير زلازل نادرة).

فلسفة تصميم البناء

- إن البناء يقاوم تأثير الزلازل مع أنه يمكن أن يتعرض لأضرار خطيرة تحت تأثير زلازل قوية ولكنه لن ينهار.

- لذلك فإن أمان الناس وممتلكاتهم داخل البناء مؤكدة في الأبنية المقاومة للزلازل، وبذلك فإن الكارثة يمكن تجنبها.

- تمثل النقطة الأخيرة هدف كودات التصميم الزلزالي في العالم

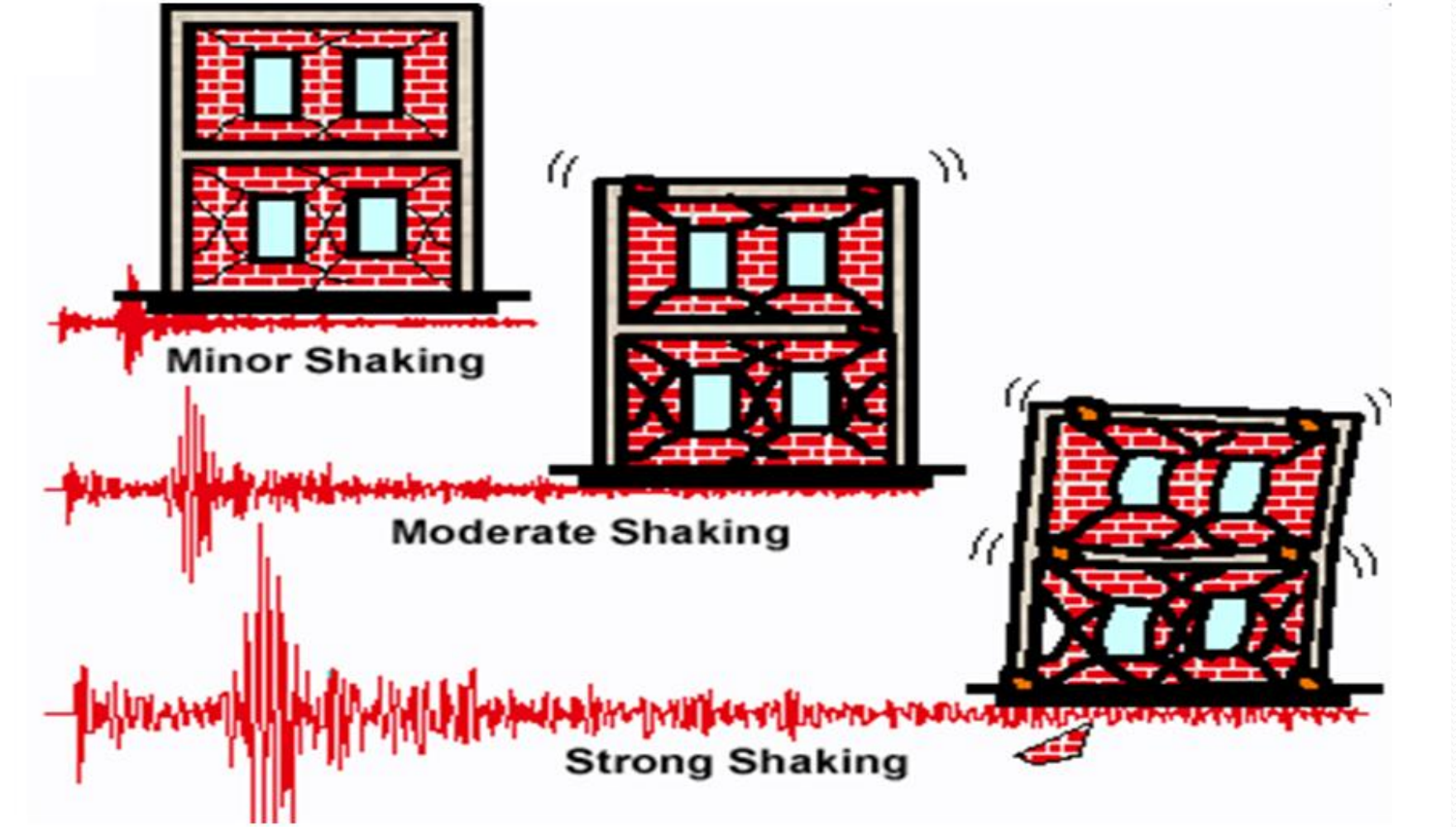
فلسفة التصميم الزلزالي

- تحت تأثير زلازل ضعيفة ولكنها متكررة، يجب أن لاتتضرر العناصر الرئيسية للبناء التي تحمل الحمولات الشاقولية والأفقية، ولكن بعض أجزاء البناء التي لاتحمل أية حمولات يسمح أن تتعرض لأضرار قابلة للترميم.

- تحت تأثير زلازل متوسطة تحدث احيانا، فإن العناصر الرئيسية يمكن أن تتعرض لأضرار قابلة للإصلاح، بينما الأجزاء الأخرى للبناء يمكن أن تتضرر إلى درجة تتطلب استبدالها بعد الزلزال.

- تحت تأثير زلازل قوية ولكنها نادرة، فإن العناصر الرئيسية يمكن أن تتعرض لأضرار بالغة حتى غير قابلة للإصلاح، ولكن البناء يجب أن لاينهار.

تمثيل الحالات الثلاث



استثمار المنشأ بعد الزلزال

بعد الزلزال الضعيف

- سيكون البناء قابل للإستثمارضمن فترة قصيرة
- وتكاليف الإصلاح ستكون صغيرة.

بعد الزلزال المتوسط

- سيكون البناء قابل للإستثمار حالما يتم إصلاح
- وتقوية العناصر الرئيسية المتضررة.

بعد الزلزال القوي

- ربما يصبح البناء غير قابل للاستثمار في المستقبل
- ولكنه سيبقى صامدا وآمنا من حيث إمكانية إخلاء السكان وترحيل الممتلكات منه.

منشآت يجب أن تكون قابلة للإستثمار بعد حدوث الزلزال

عواقب الأضرار وفلسفة التصميم

إن عواقب الأضرار يجب أن تكون متمثلة في فلسفة التصميم:

- تلعب الأبنية الهامة مثل المشافي ومحطات إطفاء الحريق دورا هاما في المرحلة التي تعقب الزلزال ويجب أن تبقى تقوم بوظيفتها حالا بعد الزلزال. هذه المنشآت يجب أن تتعرض لأضرار قليلة جدا ويجب تصميميها لمستوى أعلى من الحماية الزلزالية.

- انهيار سد نتيجة زلزال يمكن أن يسبب فيضانا في المناطق أسفل النهر والتي يمكن تسبب كارثة ثانية. لذلك فإن السدود (ومحطات الطاقة النووية) يجب أن تصمم على مستوى أعلى مستقر من الحركة الزلزالية.

الأضرار في الأبنية لا يمكن تجنبها ؟

- يتضمن تصميم الأبنية لمقاومة الزلازل التحكم بالأضرار لمستويات مقبولة وبكلف معقولة.

- عكس التفكير الشائع بأن أي تشقق في البناء بعد الزلزال يعني بأنه غير آمن للسكن، فإن المهندسين الذين يصممون أبنية مقاومة للزلازل يعترفون بأن بعض الأضرار لايمكن تجنبها.

- هناك أنواع مختلفة من الأضرار(بشكل رئيسي يمكن رؤيتها عن طريق الشقوق)

- بعض هذه الشقوق تكون مقبولة (من حيث قياسها وموقعها) بينما شقوق أخرى تعتبر غير مقبولة.

أضرار مقبولة وغير مقبولة

- على سبيل المثال في أبنية الجمل الإطارية المملوءة بجدارن حجرية بين الأعمدة، فإن التشققات بين الأعمدة والجدران تعتبر مقبولة بينما التشققات القطرية في الأعمدة ليست مقبولة كما في الشكل.

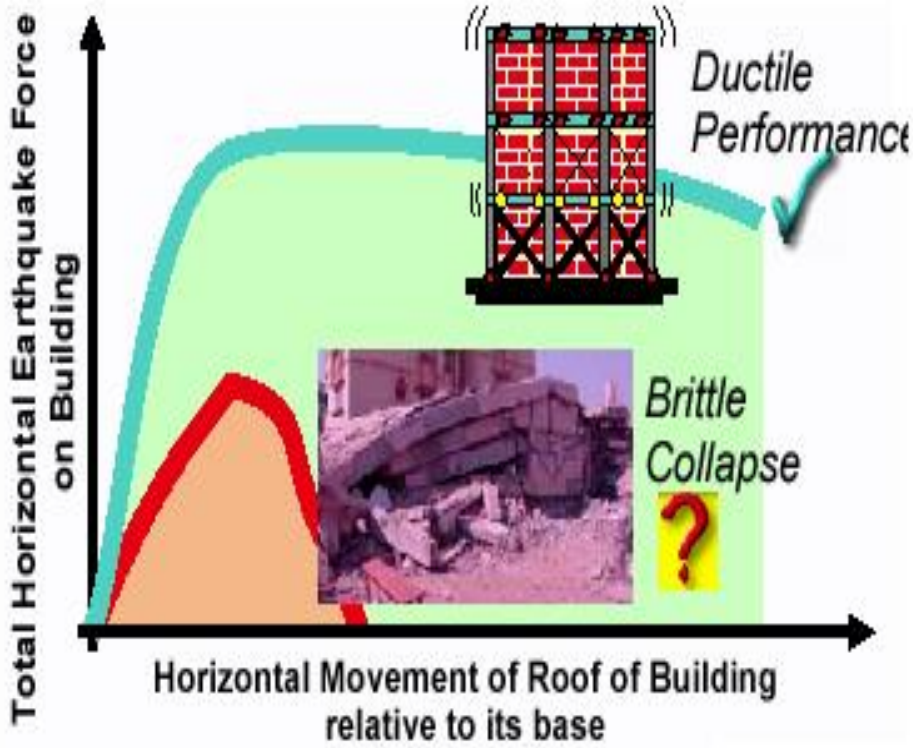
صمام الأمان في الأبنية

- يتعلق تصميم الأبنية لمقاومة الزلازل بالتأكيد على أن الأضرار في الأبنية نتيجة الزلزال ستكون من النوع المقبول وتحدث بالمكان المناسب وبالكمية المناسبة.
- إن هذه الطريقة بالتصميم تشبه استخدام الفيوزات في التمديدات الكهربائية. لحماية كامل الشبكة والأجهزة الكهربائية المنزلية، نخسر بعض الأجزاء من الدارة الكهربائية نسميها فيوزات وهذه الفيوزات يمكن استبدالها بسهولة بعد التيار القوي، وبشكل مشابه ولحماية البناء من الإنهيار، نحتاج لأن نسمح ببعض الأجزاء المحددة بالتعرض لنوع ومستوى ضرر مقبولين.

الأضرار المقبولة – المطاوعة

- إن المهمة الآن، هي تحديد الأشكال المقبولة للضرر وسلوك البناء المفضل خلال الزلازل.
- حتى نفهم ذلك، علينا فهم أولا سلوك مواد مختلفة على سبيل المثال ألواح الطباشير المستخدمة بالكتابة والدبابيس الفولاذية المستخدمة لربط الأوراق.
- تنكسر ألواح الطباشير بسهولة، وعلى العكس من ذلك فإن الدبابيس الفولاذية تنحني عدة مرات بدون انكسار.
- يحدد المهندسون الخاصة التي تسمح للدبابيس الفولاذية بالانحناء عدة مرات وبكمية كبيرة بالمطاوعة، بينما يعتبر الطباشير مادة هشة.

الأضرار المقبولة – المطاوعة



- يبين الشكل المجاور أداء الأبنية خلال الزلازل.

الحالتين الحديتين:

سلوك مطاوع وسلوك هش

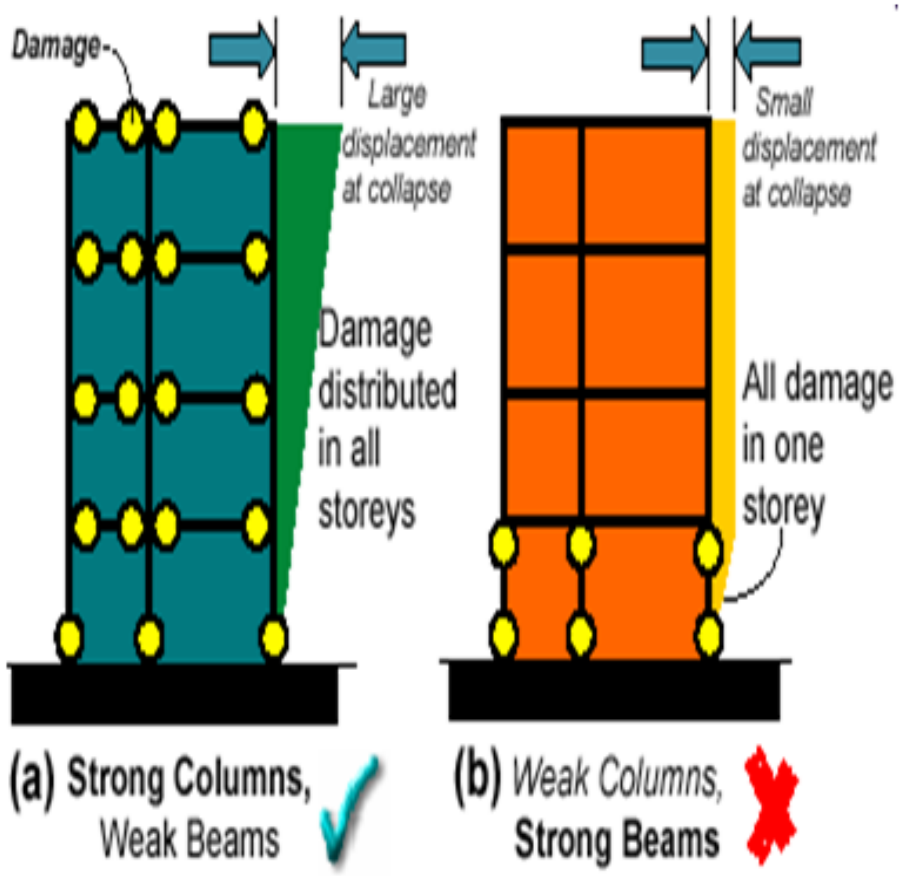
السلوك الهش للعناصر الإنشائية

- يبين الشكل إنهيار هش لعمود من البيتون المسلح.
- إن مهمة التصميم الزلزالي تجنب هذا النوع من الإنهيار.

أهمية المطاوعة

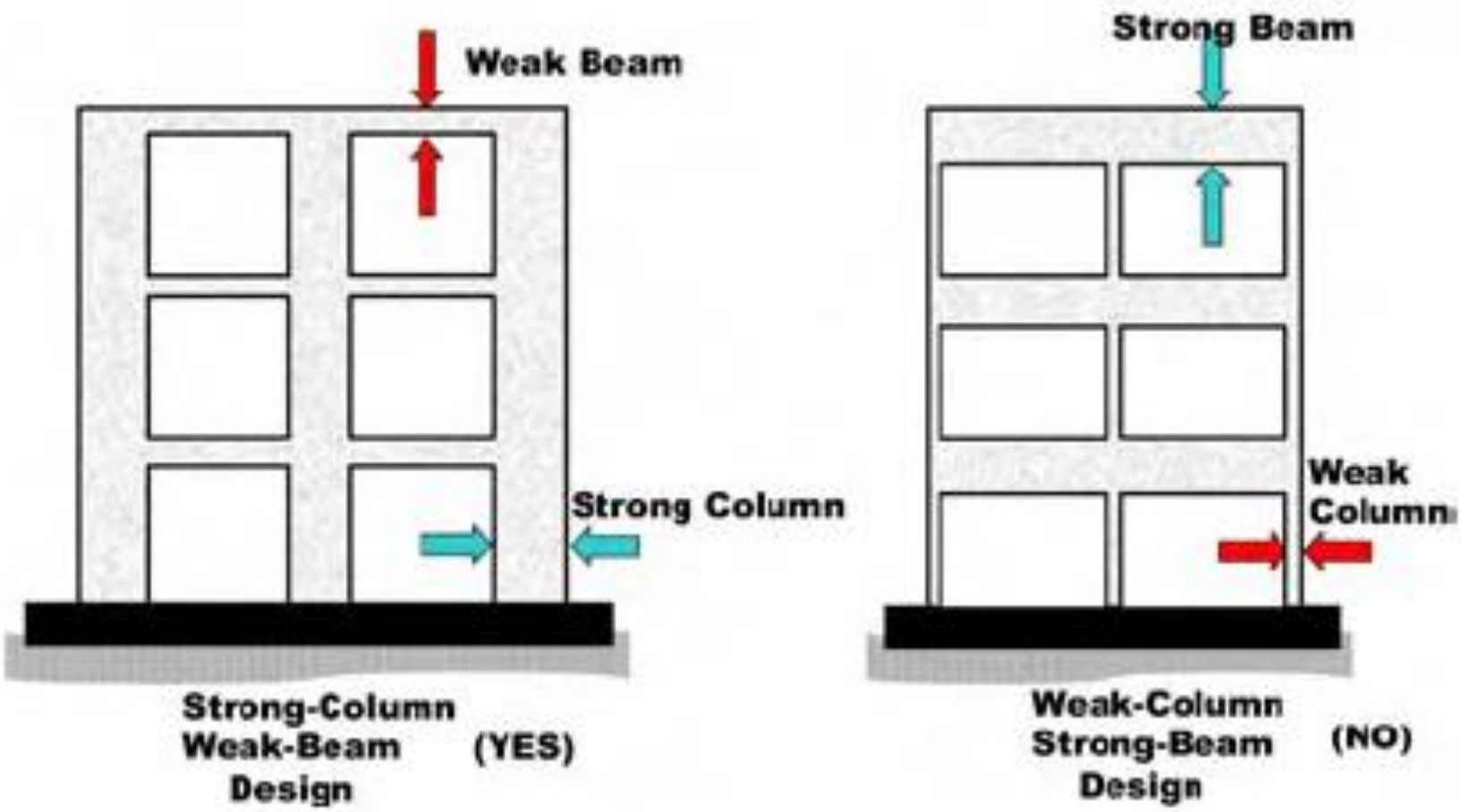
- إن الأبنية المقاومة للزلازل وبشكل خاص عناصرها الرئيسية تحتاج لأن تبنى بحيث تسلك سلوكا مطاوعا.
- لهذه الأبنية القدرة على الاهتزاز جيئة وذهابا خلال الزلزال والصمود أمام تأثيرات الزلزال بأضرار محدودة ولكن بدون انهيار.
- إن المطاوعة أحد أهم العوامل في الأداء الزلزالي للبناء، لذلك يسعى التصميم الزلزالي لتحديد مواقع الضرر المتوقع مسبقا ومن ثم تزويد هذه المناطق بتفاصيل تسليح جيدة للتأكد من السلوك المطاوع للبناء.

مبدأ العمود القوي والجائز الضعيف في التصميم



- حتى يبقى البناء آمنا عند تعرضه للزلزال، فإن الأعمدة (التي تنقل القوى من الجوائز) يجب أن تكون أقوى من الجوائز.
- الأساسات (التي تنقل القوى من الأعمدة) يجب أن تكون أقوى من الأعمدة.
- أيضا العقد بين الجوائز والأعمدة والأساسات يجب أن لاتنهار بحيث تتم عملية نقل القوى بأمان.
- عند تبني هذه الإستراتيجية في التصميم فإن الجوائز تتعرض للأضرار أولا.

نحو تصميم مبنى على عمود قوي وجائز ضعيف



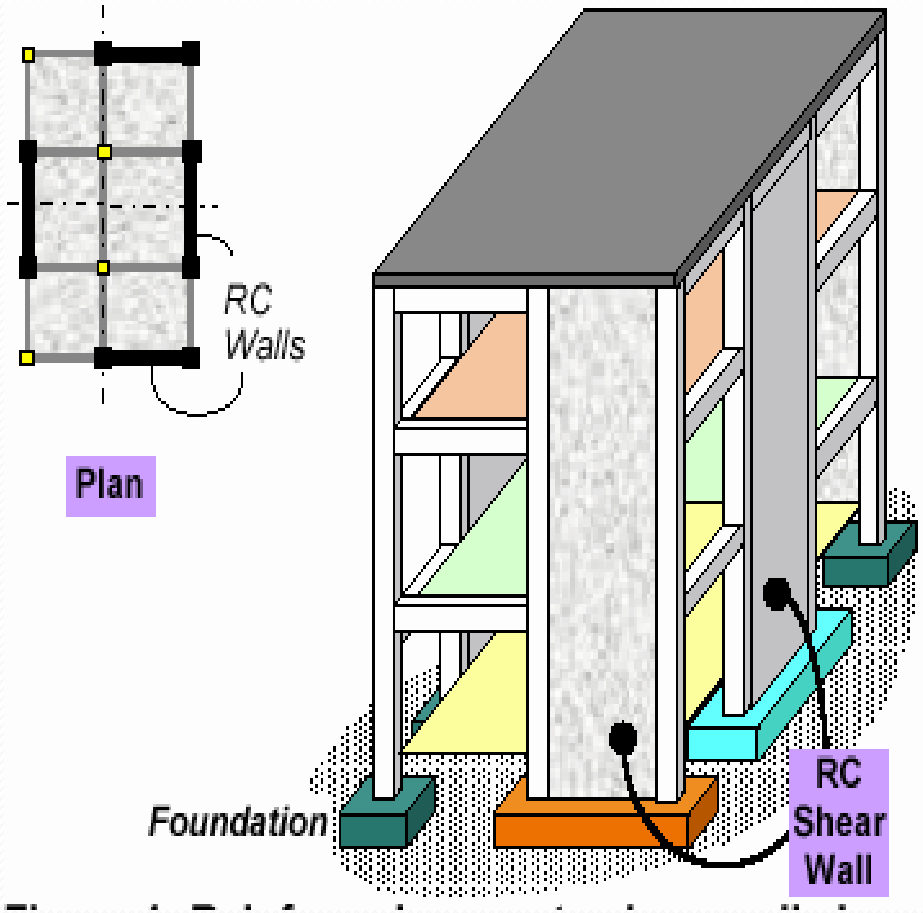
انهيار الأبنية بسبب العمود الضعيف والجائز القوي في كل من زلزال بهاج الهندي 2001 وزلزال إزميت التركي 1999

مبدأ العمود القوي والجائز الضعيف في التصميم

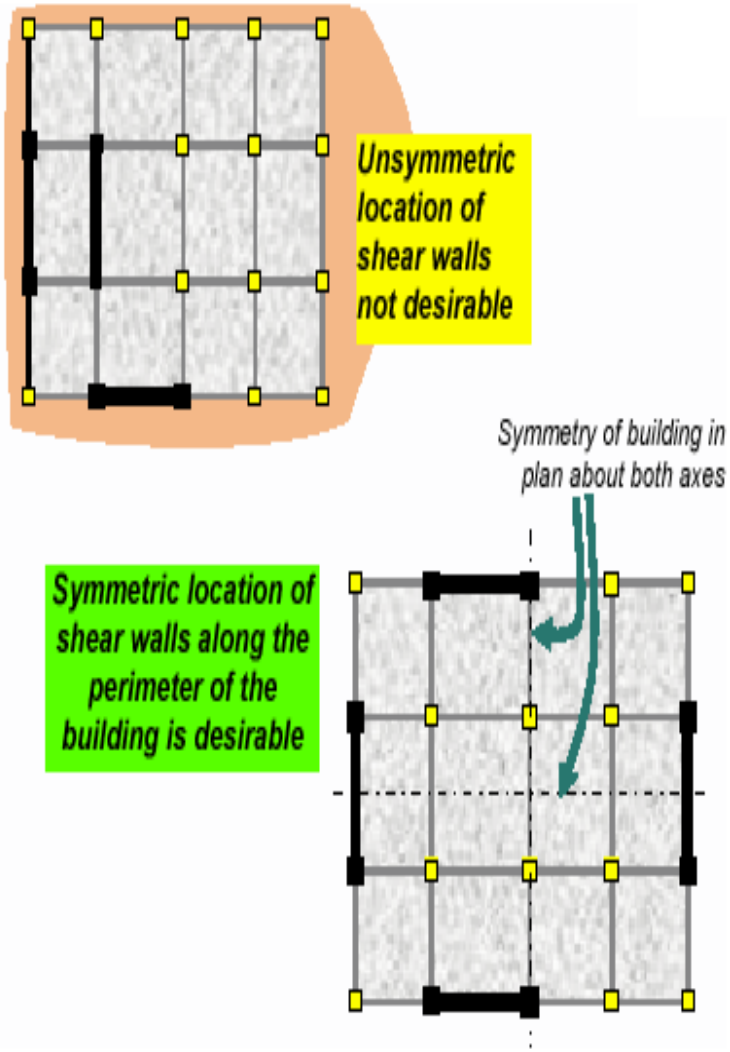
- عندما تكون تفاصيل تسليح الجوائز مناسبة بحيث تملك مطاوعة كبيرة، فإن البناء ككل يمكن أن يتعرض لإنتقال كبير، بالرغم من الأضرار المتلاحقة التي تتعرض لها الجوائز.
- على العكس من ذلك، إذا صممت الأعمدة أضعف، فإنها ستتعرض لأضرار محلية كبيرة عند قمة وأسفل طابق معين. هذا الضرر المحلي يمكن أن يؤدي لإنهيار المبنى، مع أن الأعمدة في الطوابق الأعلى تبقى غير متضررة.

جدران القص في المناطق الزلزالية

- إن الأبنية التي تحوي جدران قص ذات أبعاد وتوزع وتسليح مناسبين قد أبدت سلوكا جيدا خلال الزلازل السابقة.
- تزود جدران القص البناء بمقاومة وصلابة عاليتين في الإتجاه العامل لهذه الجدران.
- تخفض الإنتقال الجانبي للبناء وبالتالي تساهم في تخفيض الأضرار للمنشأ ومحتوياته.
- بما أن جدران القص تحمل نسبة كبيرة من الحمولة الأفقية فإنها تتعرض لعزوم إنقلاب كبيرة، لذلك يجب العناية بأساسات هذه الجدران.

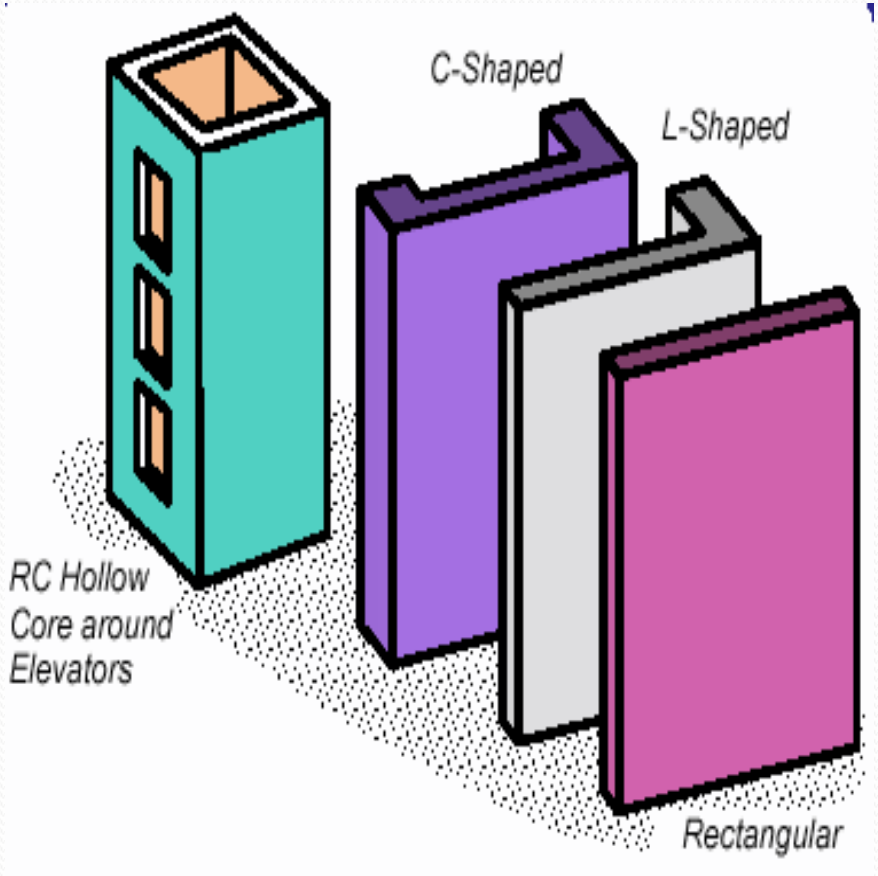


توضع جدران القص في المسقط



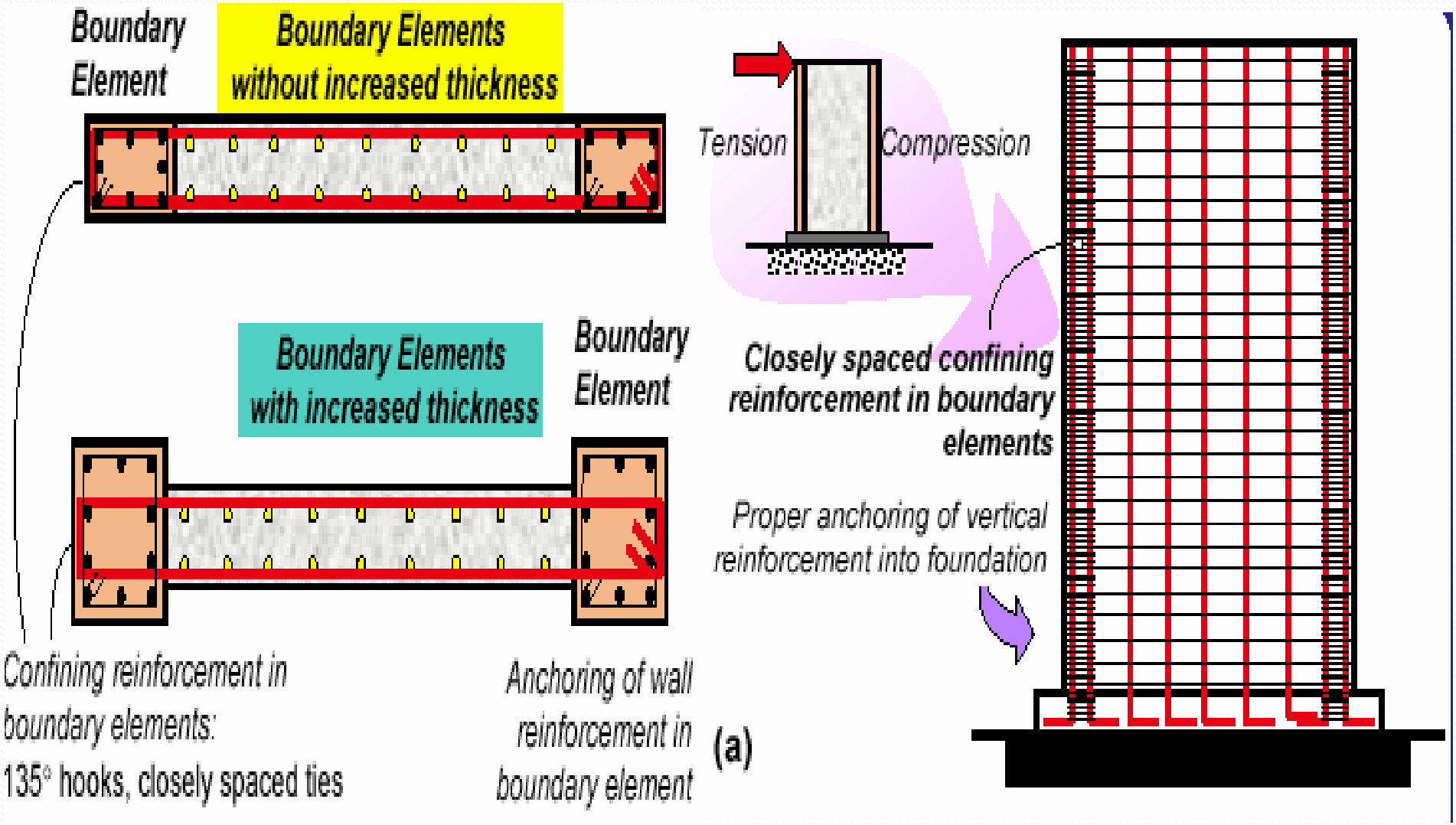
- يجب وضع جدران القص بالاتجاهين.
- إذا وضعت جدران القص في اتجاه واحد فيجب عندها تزويد البناء بجملة إطارية مقاومة للعزوم بالإتجاه الآخر.
- يجب أن توضع جدران القص بشكل متناظر في المسقط الأفقي، وبذلك يمكن تجنب الفتل.
- تعتبر جدران القص أكثر فعالية عندما توضع في المحيط الخارجي للبناء وذلك لقدرتها على مقاومة الفتل بشكل أكبر

أشكال جدران القص

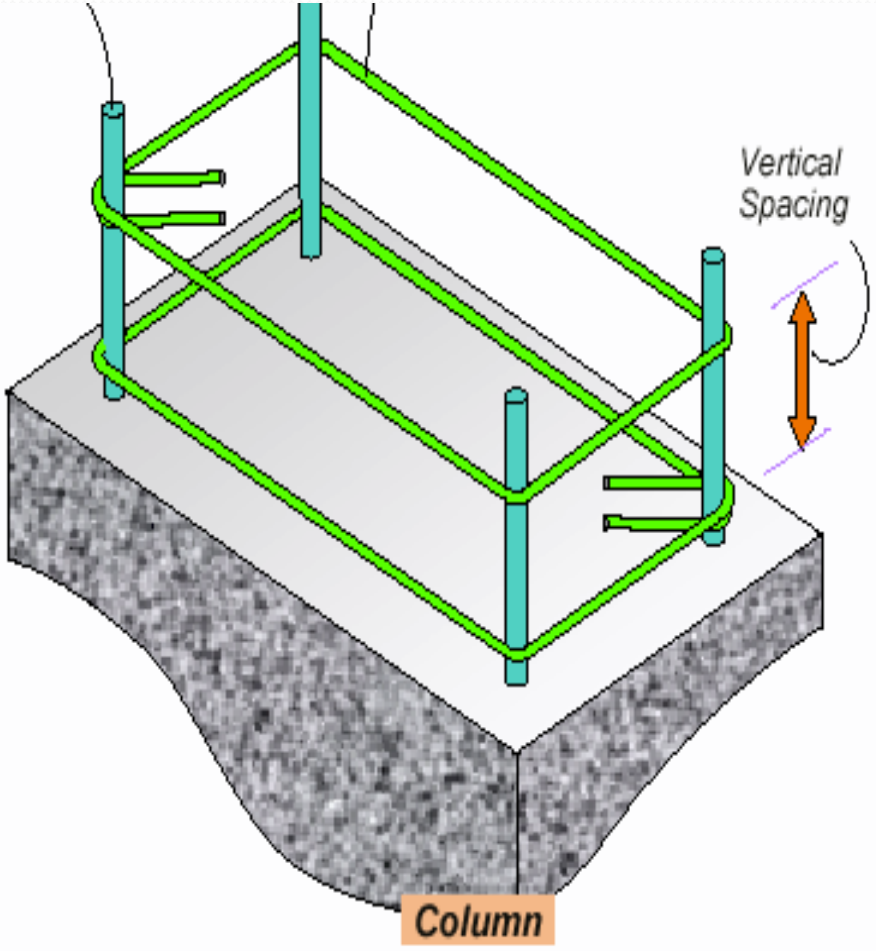


- يمكن أن تكون جدران القص بأبعاد ومقاطع مختلفة.
- نواة بيتونية، على شكل حرف U، وعلى شكل حرف L، وعلى شكل حرف I كبير، إضافة للمقاطع المستطيلة.

تفاصیل تسلیح



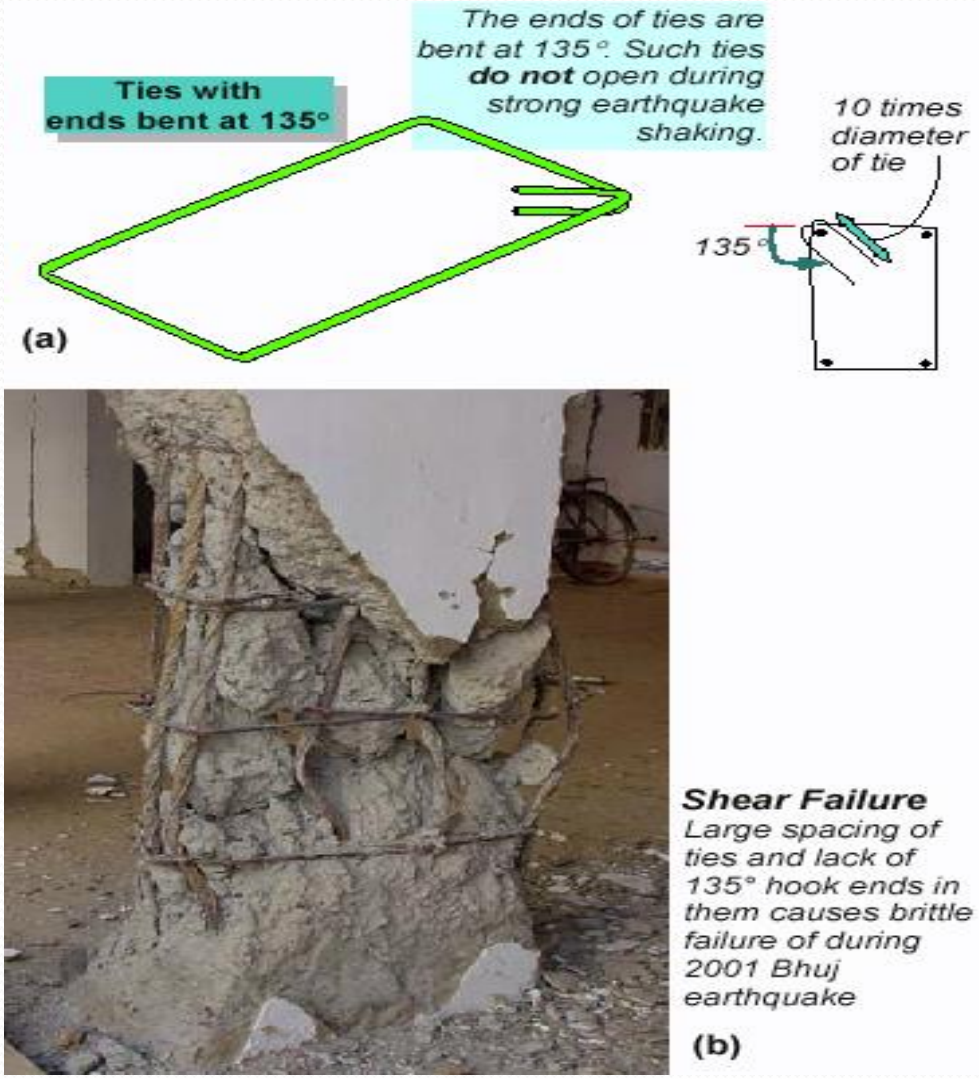
كيف تقاوم الأعمدة الزلازل



- يبين الشكل المجاور نوعي التسليح في العمود.
- إن الأساور المغلقة بتباعدات متقاربة تحسن أداء الأعمدة تحت تأثير زلازل قوية.
- تتعرض الأعمدة إلى نوعين من الضرر وهما:

1. انهيار على الضغط والانعطاف.
2. إنهيار على القص

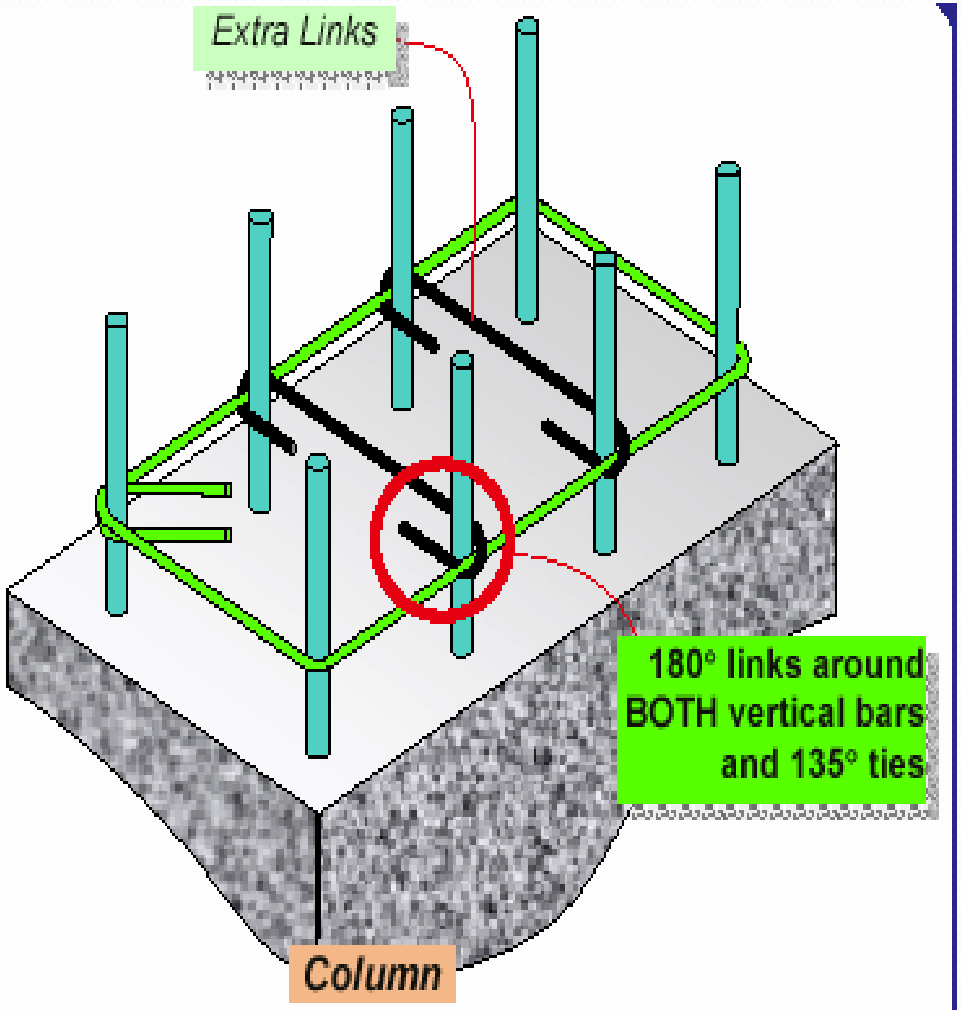
تجنب الإنهيار الهش في الأعمدة



- يبين الشكل تسليح عمود غير مناسب في منطقة زلزالية.

1. تباعد كبير بين الأساور
2. عدم التقيد بزاوية عكفة 135° درجة عند ربط الأساور.
3. أدى هذا إلى انهيار هش للعمود خلال زلزال بهاج في الهند عام 2001.

استراتيجية تصميم العمود



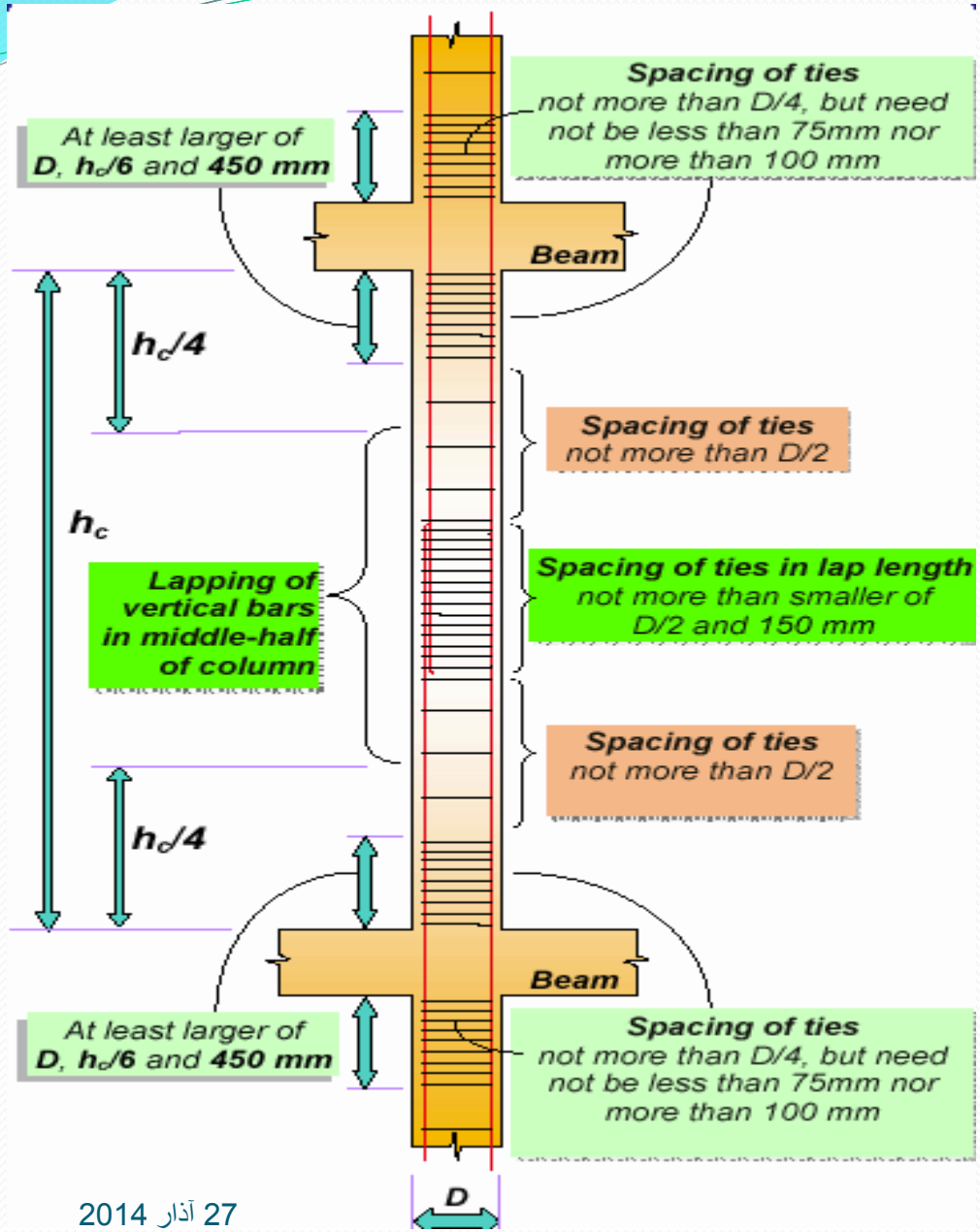
1- اختيار درجة جودة البيتون وخواص الفولاذ.

2- اختيار شكل وقياس المقطع العرضي وحساب كمية التسليح وتوزيعه.

3- إن الأساور المغلقة المتقاربة تساعد في:

- تحمل قوى القص الأفقية نتيجة الزلازل، وبذلك تقاوم تشققات القص القطرية.
- تربط القضبان الشاقولية معا وتمنعها من التحنيب.
- تحصر البيتون في العمود ضمن أساور مغلقة.

نهايات العمود ومناطق وصل القضبان



- تنص كودات التصميم على:

1- تكثيف الأساور عند نهايتي العمود وعلى مسافة لاتقل عن البعد الأكبر لمقطع العمود، 6/1 ارتفاع العمود، أو 45 سم.

2- في مناطق وصل القضبان، هناك أطوال تراكب دنيا يجب تحقيقها كما تكثف الأساور في هذه المناطق وفق اشتراطات الكود.

نماذج من انهيار الأعمدة نتيجة التباعد غير المناسب للأساور

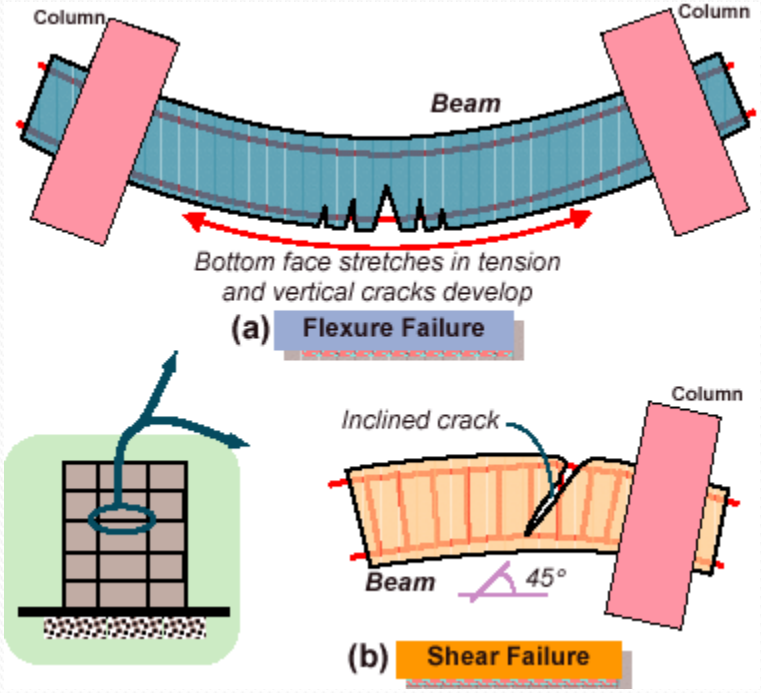
طول تشاريك غير كاف ومكان وصل غير مناسب للعمود التالي

- ذكر كود ACI 318-83 لأول مرة عام 1983بضرورة وصل القضبان في منطقة منتصف العمود

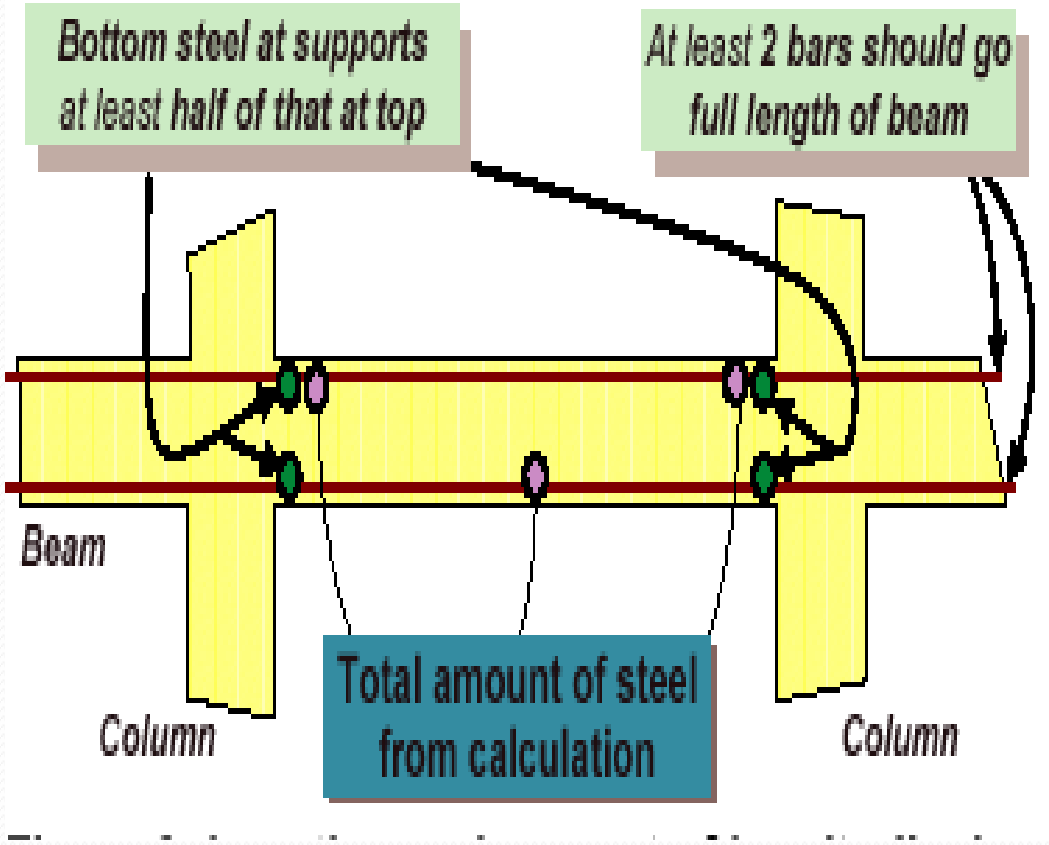
سلوك الجوائز تحت تأثير حمولات الزلازل

- لدينا نوعين من الضرر في الجوائز:

- انهيار على الانعطاف وينقسم إلى نوعين انهيار هش(غير مرغوب) وانهيار مطاوع (مرغوب) ويتميز بظهور تشققات شاقولية من جهة الشد وحتى منتصف عمق الجائز.
- انهيار على القص ويتميز بظهور شقوق تميل بزاوية 45° قرب المساند نتيجة عدم كفاية أساور القص ويعتبر هذا الانهيار هشا ويجب تجنبه في تصميم الجوائز.

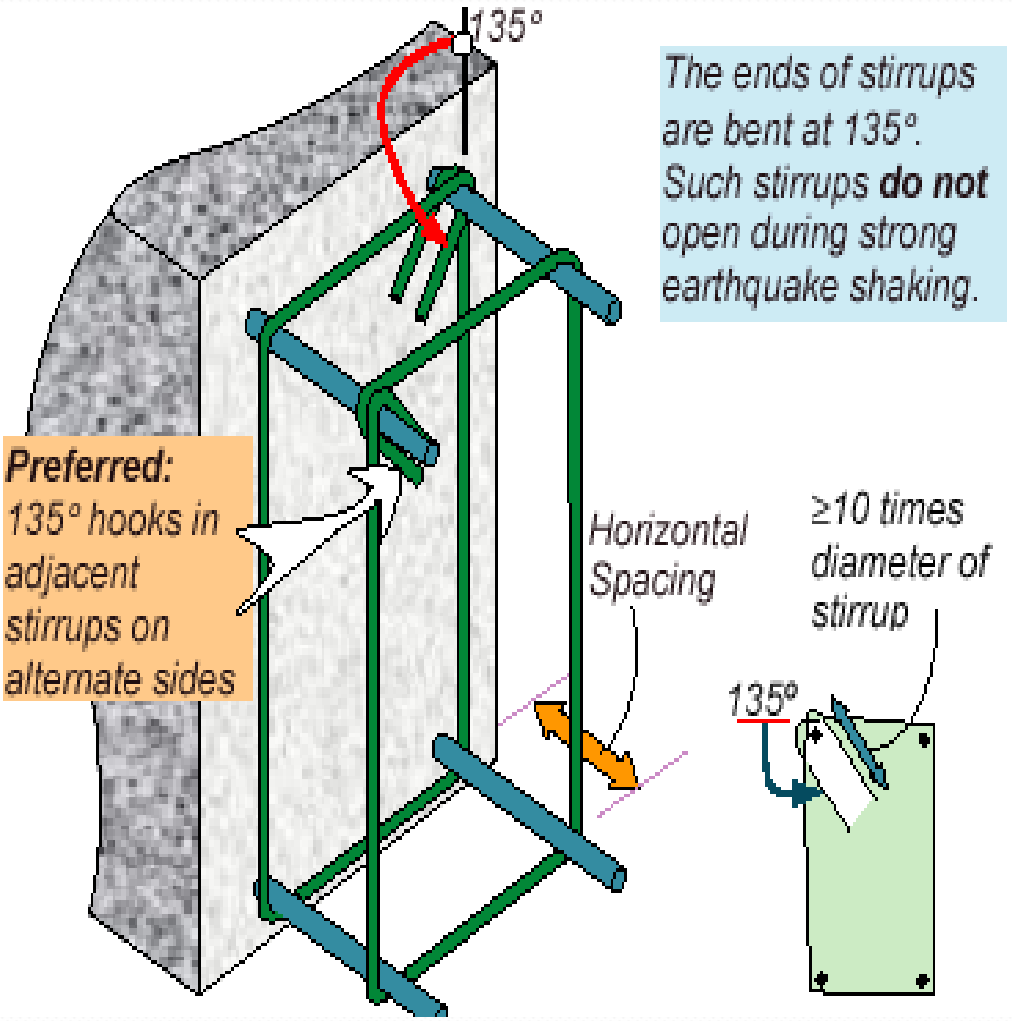


التسليح الرئيسي وكميته وتوضعه في الجوائز



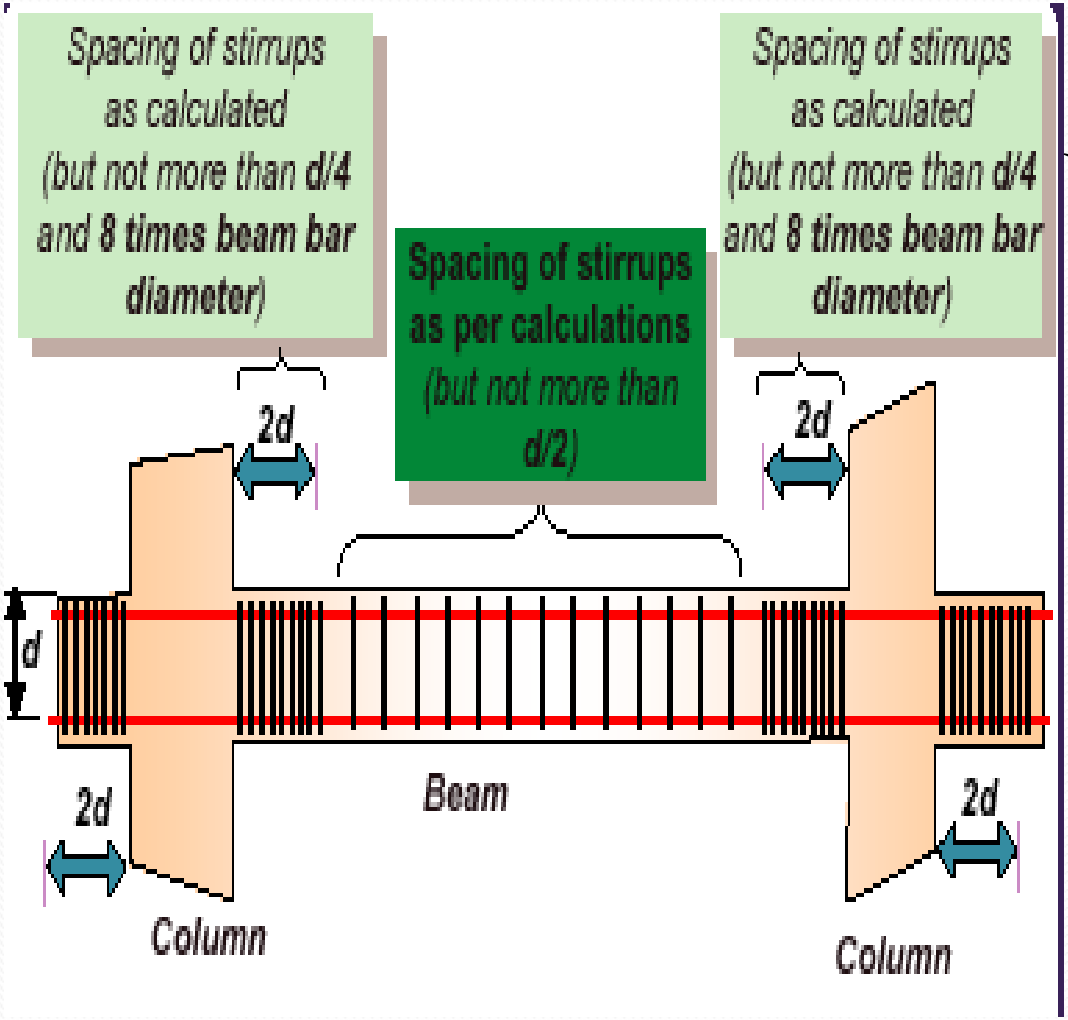
- يجب أن يكون هناك قضيبان على الأقل يمتدا على كامل طول الجائز وذلك بالنسبة لكل من التسليحين السفلي والعلوي.
- عند نهايتي الجائز، كمية التسليح السفلي تعادل على الأقل نصف التسليح العلوي.

تسليح القص



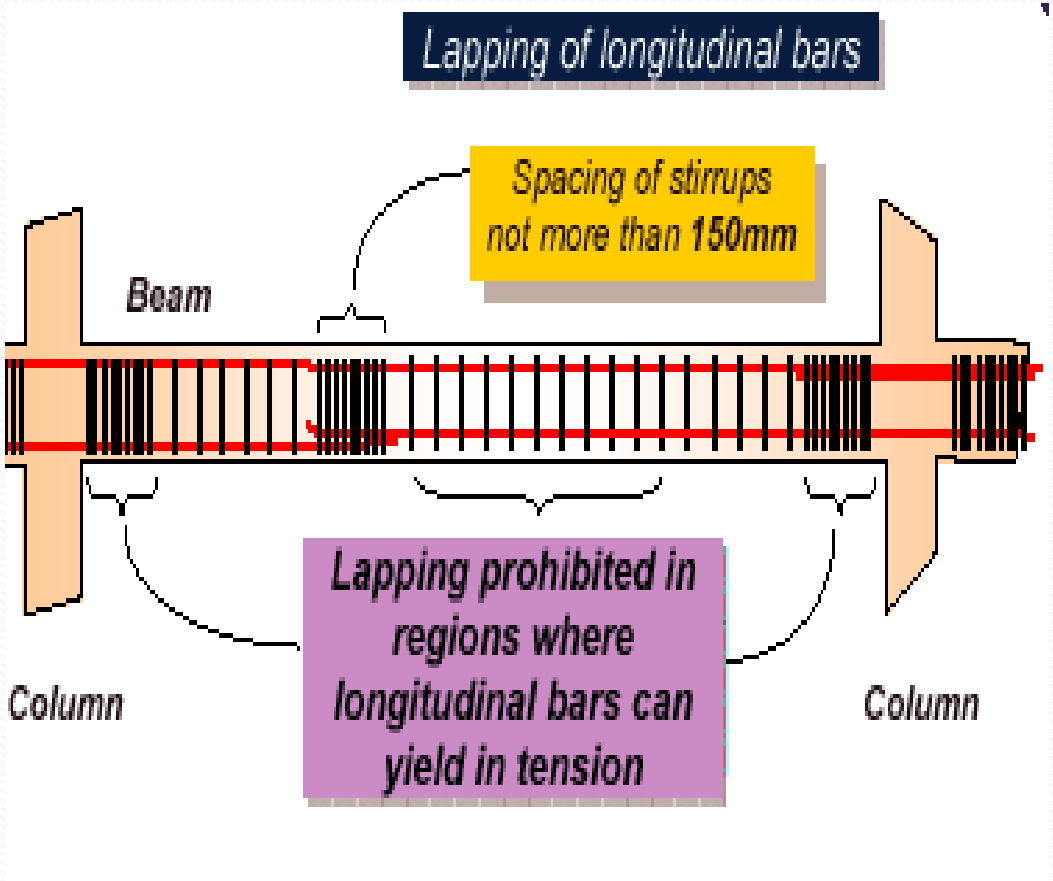
- لايقل قطر الأسوارة عن 6مم، وفي الجوائز التي يزيد طولها عن 5م يجب أن لايقل قطرها عن 8مم.
- الأساور ذات عكفات 135 درجة وتمتد مسافة بعد العكفة بمقدار عشرة أضعاف قطر الأسوارة وذلك للتأكد من أن الأسوارة لن تفتح أثناء الزلزال.

تسليح القص



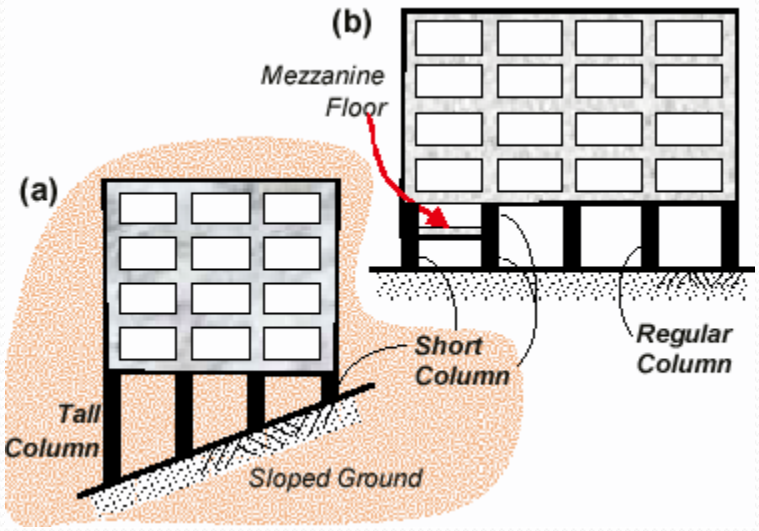
- تباعد الأسوار على طول الجائز يتم تحديده من الحسابات على القص.
- التباعد الأعظم أقل من نصف ارتفاع الجائز.
- لمسافة تعادل ضعف ارتفاع الجائز اعتبارا من وجه العمود، تكثف الأساور وتوضع على مسافات تعادل نصف المسافة السابقة.

مناطق تراكب التسليح



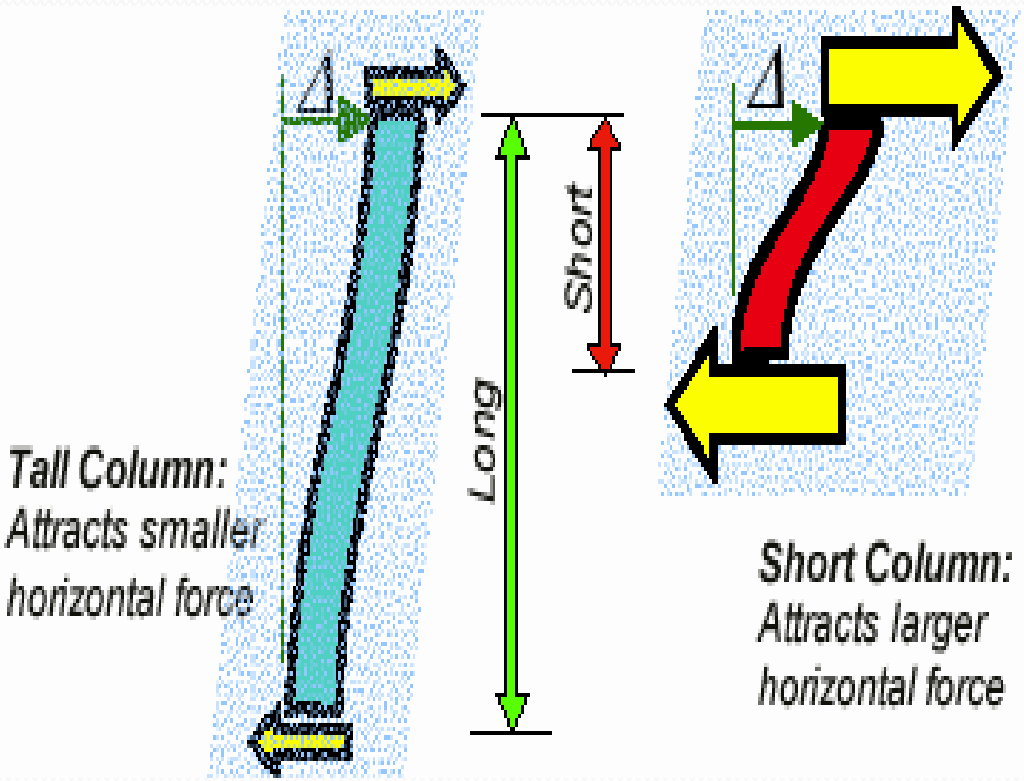
- تكون منطقة تراكب قضبان التسليح بعيدة عن وجه العمود.
- لاتوضع في مناطق العزم الأعظمي.
- تكثف الأساور في مناطق التراكب.

مشكلة العمود القصير



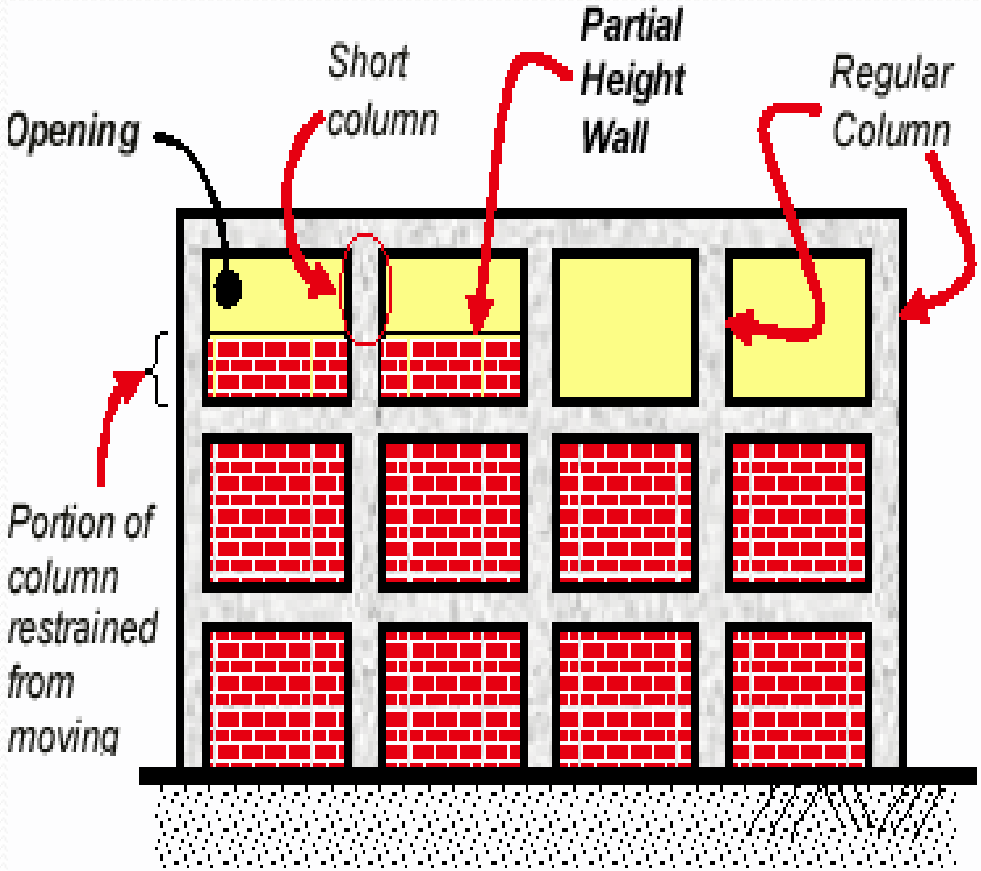
- خلال الزلازل السابقة، تضررت الأعمدة القصيرة أكثر مقارنة مع الأعمدة الطويلة.
- مثال: بناء يقع على منحدر في (أ) وبناء آخر يحتوي طابق نصاصي في (ب).
- خلال الزلزال تنتقل الأعمدة القصيرة والطويلة ذات المقطع الواحد أفقيا بنفس المقدار.

مشكلة العمود القصير



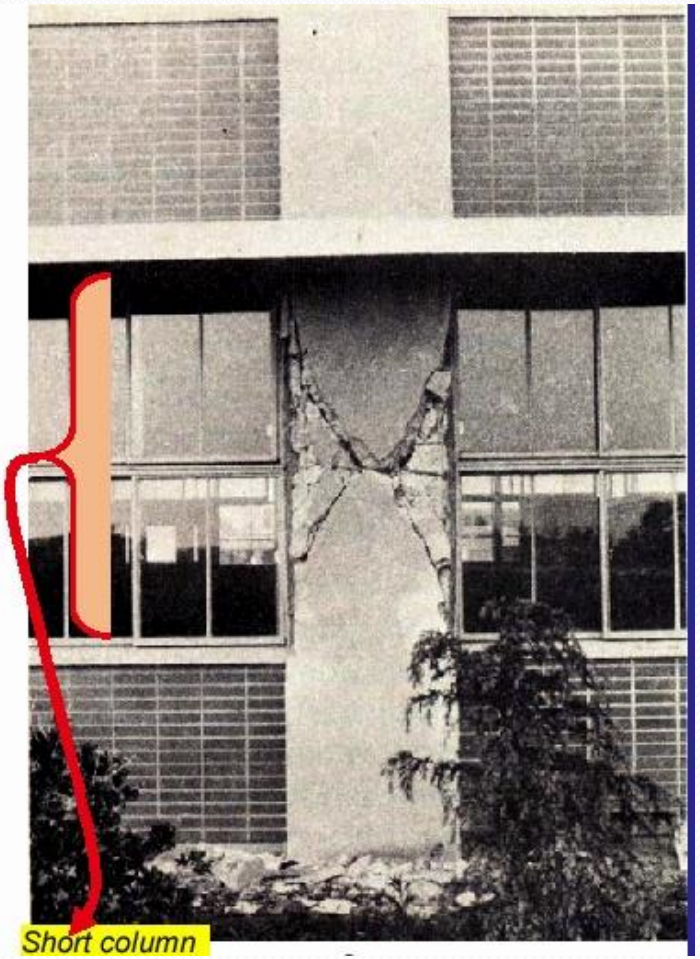
- بما أن الأعمدة القصيرة أقسى مقارنة مع الطويلة فإنها تتعرض لقوى زلزالية أكبر.
- إذا لم يصمم العمود القصير لمثل هذه القوى الكبيرة فإنه سيتضرر بشكل كبير.
- يظهر ذلك من خلال التشققات على شكل حرف x. وهذا مانسميه انهيار على القص.

مشكلة العمود القصير



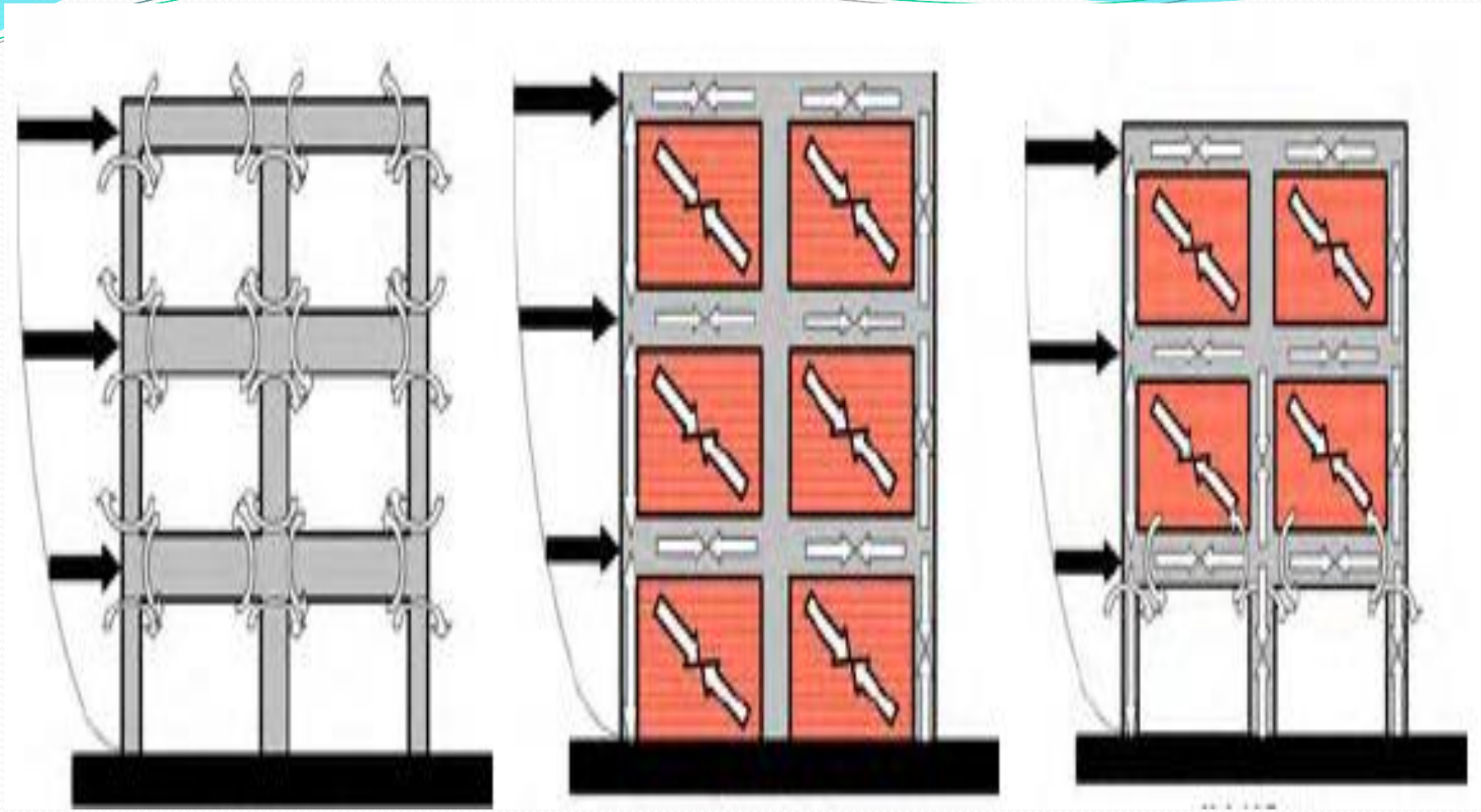
- شكل آخر لظهور الأعمدة القصيرة، حيث تملأ الجدران الحجرية جزئيا بغرض استخدام الفتحة المتبقية للنوافذ.
- جزء العمود المجاور لفتحة النافذة يسلك سلوك عمود قصير.

شكل انهيار العمود القصير

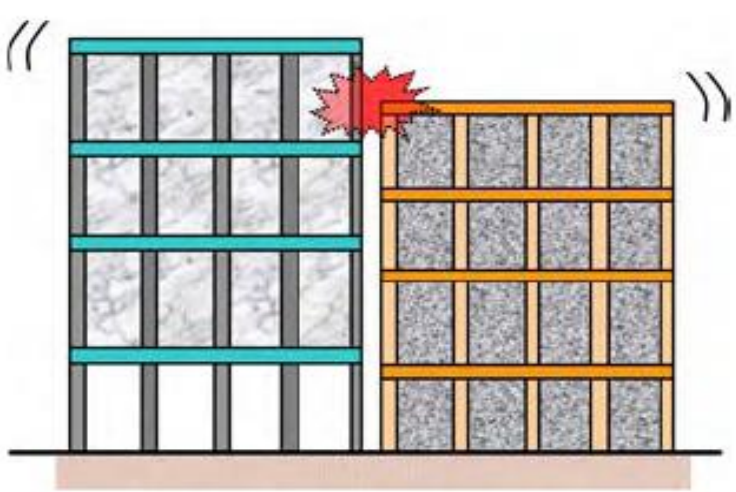


- حالة عمود قصير بسبب الملئ الجزئي للجدران.
- شكل x لإنهيار العمود القصير على القص.

انهيار عمود مقيد من زلزالي وبومرداس 2003 وبهاج 2001



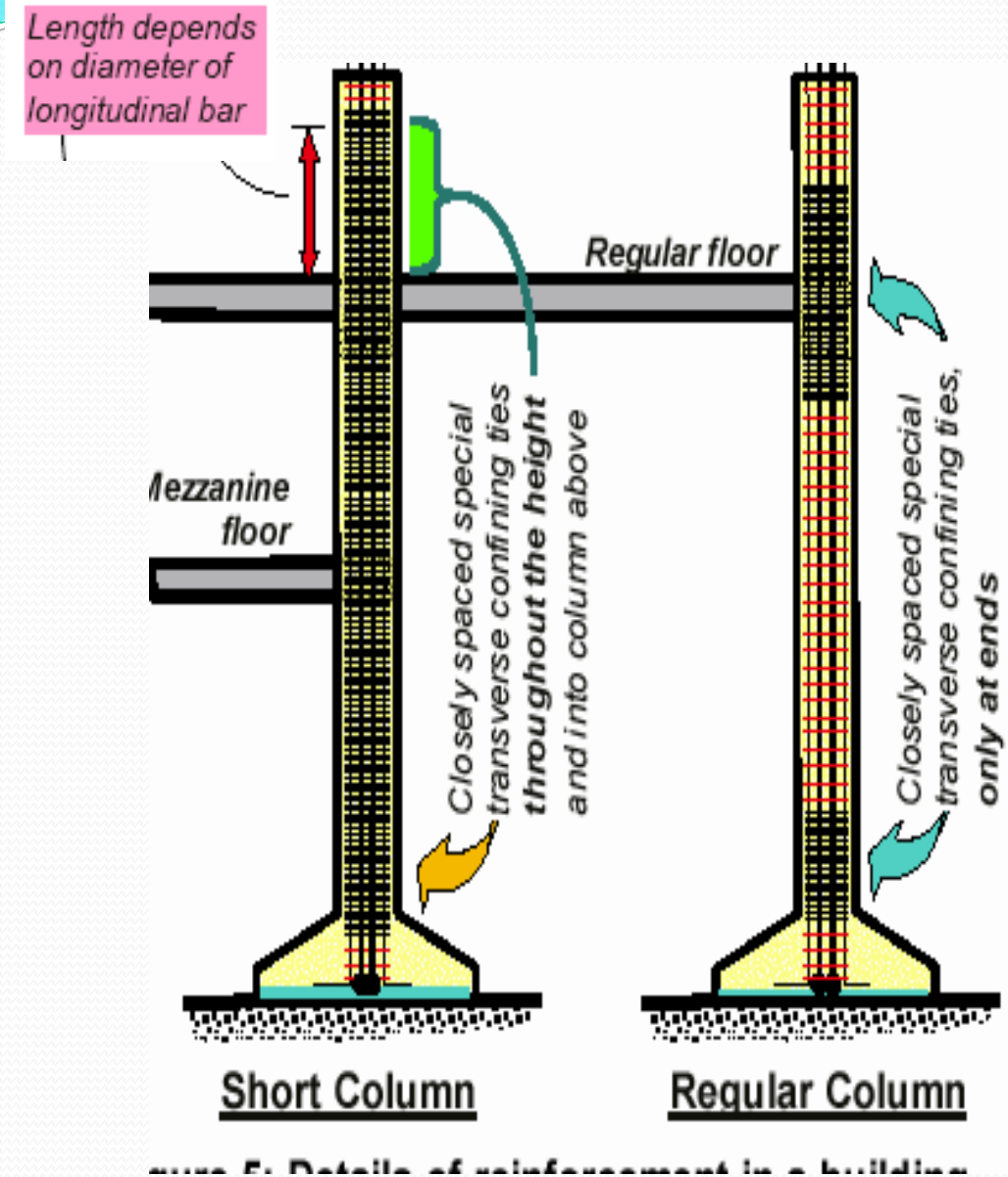
الأبنية المتجاورة ومشكلة الضرر الناجمة عن الطرق



a

b

حل مشكلة العمود القصير



- في الأبنية المصممة حديثا، يجب تجنب الأعمدة القصيرة قدر الإمكان.
- عندما يكون ذلك غير ممكنا فيجب أخذ ذلك بالحسبان أثناء التصميم.
- يتم استخدام تطويق خاص على كامل ارتفاع العمود القصير، ويمتد قليلا أعلى وأسفل العمود القصير.
- بالنسبة للأبنية القائمة التي تحوي أعمدة قصيرة، فيجب تقوية هذه الأعمدة.

مشكلة الطابق اللين

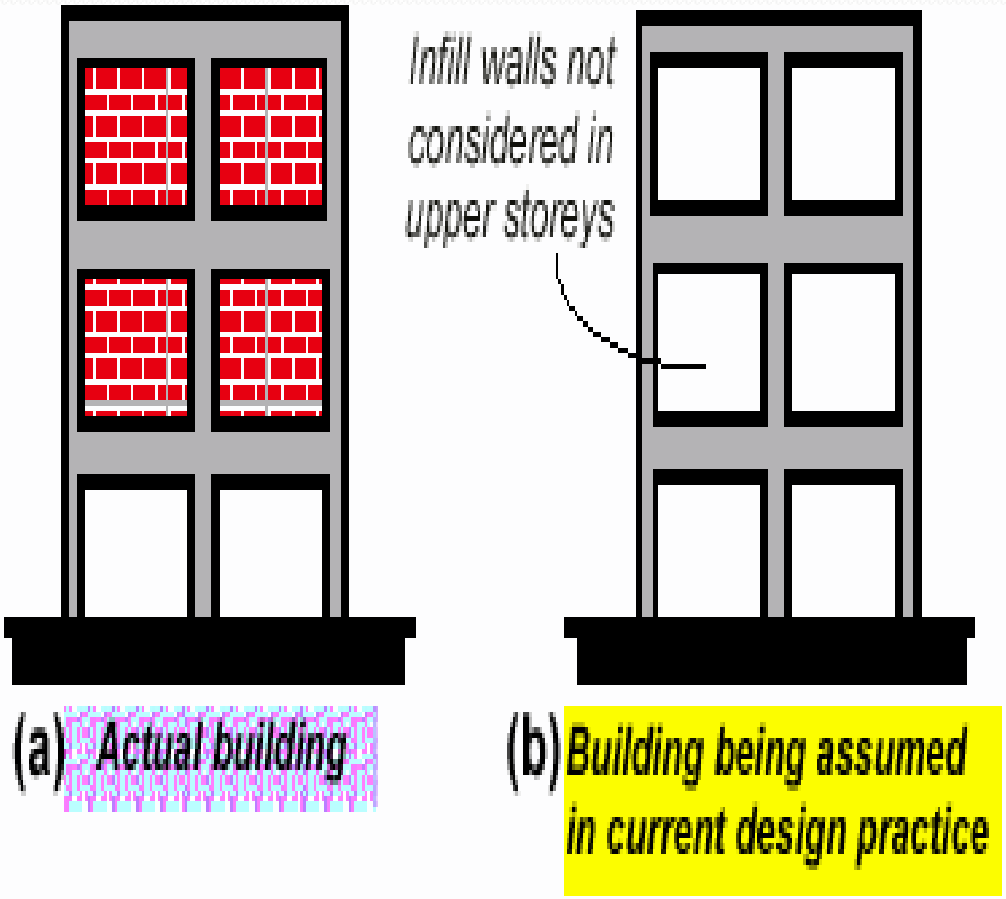
- غالبا ما يترك الطابق الأرضي بدون قواطع لأغراض مختلفة (كراج – محلات ..).
- الأبنية ذات الطابق الأرضي المفتوح تحوي في الطابق الأرضي أعمدة فقط بينما تحوي في الطابق العليا أعمدة وقواطع.

إنهيار نتيجة الطابق اللين نتيجة زلزال بومرداس الجزائري 2003

وتشي تشي التايواني 1999

انهيار نتيجة طابق لين في المنطقة الوسطى من ارتفاع البناء
زلزال بهاج الهندي 2001

الطابق اللين



- يعتبر الطابق الأرضي لينا ويتعرض لإنتقالات نسبية كبيرة مقارنة مع الطوابق الأعلى.
- الطابق اللين ضعيفا بمعنى أن القوة الزلزالية الأفقية الكلية التي يمكن أن يتحملها هي أقل بكثير من الطوابق الأعلى، لذلك يمكن أن يكون الطابق اللين طابقا ضعيفا أيضا.
- بشكل عام يتواجد الطابق اللين أو الضعيف في الطابق الأرضي ولكن من الممكن أن يتواجد الطابق اللين أو الضعيف في أي طابق

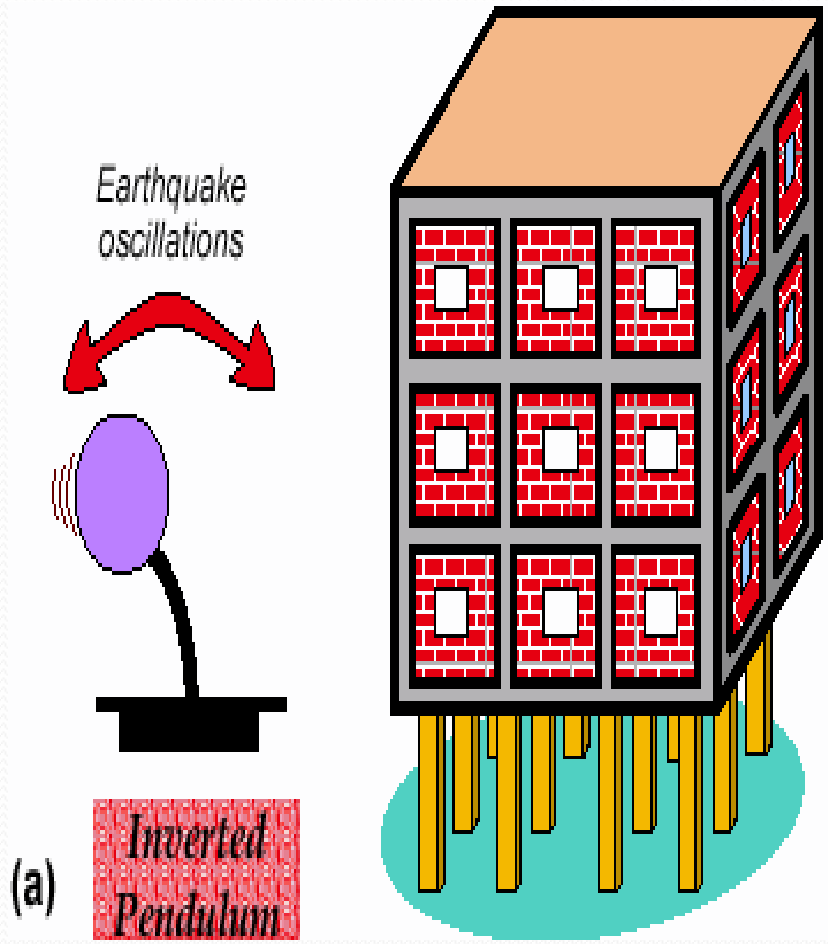
الطابق اللين

- كان أداء الأبنية ذات الطابق اللين سيئا خلال الزلازل التي حدثت في العالم (زلزال تركيا-1999، تايوان 1999، الجزائر 2003)، وقد انهار العديد من هذه الأبنية نتيجة تلك الزلازل.
- حوالي 100 بناء ذي طابق لين قد إنهار نتيجة زلزال بهاج في الهند 2001 وذلك في منطقة تبعد 225كم عن مركز البؤرة الزلزالية.

الطابق اللين

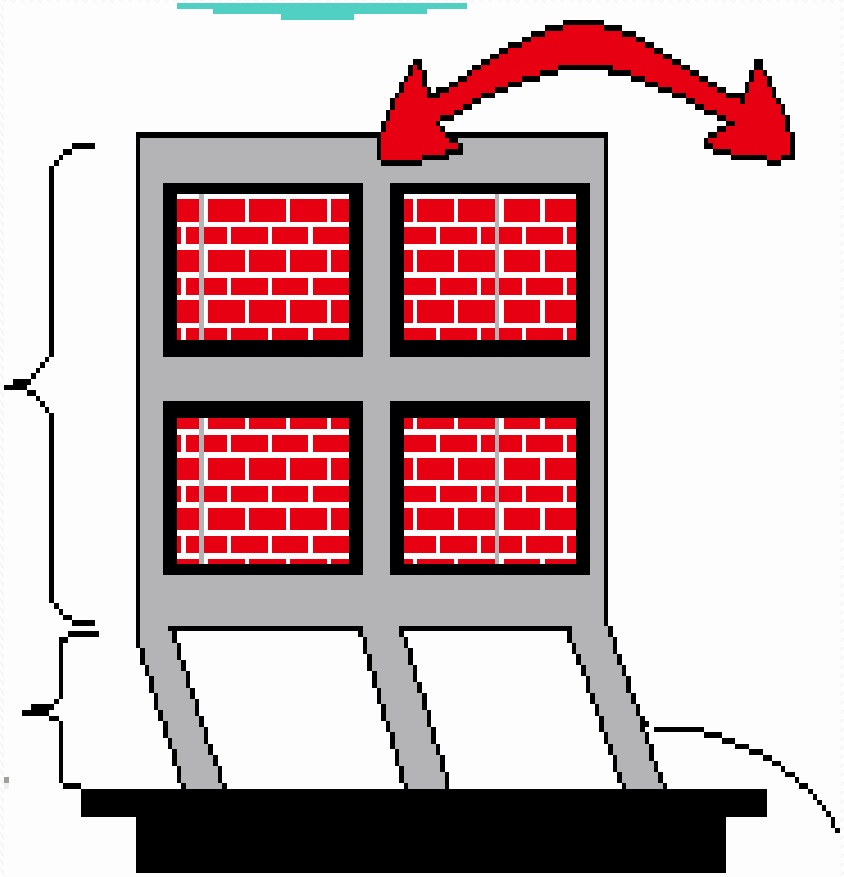
- الطابق الأرضي المفتوح وتعرض الأعمدة لانهيارات هشة خلال زلزال سان فيرنا ندو 1971.

الطابق اللين



- إن وجود الجدران في الطوابق العليا يجعلهم أقسى من الطابق الأرضي المفتوح. لذلك فإن الطوابق العليا تتحرك تقريبا معا ككتلة واحدة، ومعظم الإنتقالات الأفقية للبناء تحدث في الطابق الأرضي اللين نفسه.
- لذلك تهتز هذه الأبنية كنواس مقلوب خلال الزلزال.

الطابق اللين



- تتعرض الأعمدة في الطابق اللين لإجهادات كبيرة.
- إذا كانت الأعمدة ضعيفة ولاتملك المقاومة المطلوبة لمقاومة هذه الإجهادات العالية أو ليس لديها المطاوعة الكافية فإن الأعمدة ستتعرض لضرر كبير قد ينتج عنه انهيار المبنى.

كيفية المعالجة

- إن الأبنية ذات الطابق المفتوح هي أبنية ذات جمل إنشائية ضعيفة الأداء حيث هناك هبوط مفاجئ في القساوة والمقاومة في الطابق الأرضي.
- في التصميم الراهن، تهمل الجدران ويؤخذ بالإعتبار الإطار فقط في حسابات التصميم، لذلك لم يراعى السلوك الحقيقي في التصميم (سلوك النواس المقلوب).
- وضع الكود الهندي مؤخرا اشتراطات تصميم خاصة متعلقة بالأبنية ذات الطابق اللين.

الكودات والطابق اللين

- تستخرج أولا القوى الداخلية في الأعمدة والجوائز وجدران القص تحت تأثير القوى الزلزالية المحددة بالكود بدون أي اعتبار للقواطع.
- يقترح الكود الهندي تصعيد القوى الداخلية في عناصر الطابق اللين (الأعمدة والجوائز) بعامل 2.5
- الأبنية القائمة ذات الطابق اللين بحاجة لتقوية بشكل مناسب لمنع إنهيارها تحت تأثير اهتزاز زلزالي قوي حدد الكود أولا متى يجب اعتبارالبناء بناء ذي طابق لينا وضعيفا.

طرائق حساب الحمل الزلزالي

- الطريقة الستاتيكية الأولى (الكود العربي السوري 2004).
- الطريقة الستاتيكية الثانية (الملحق الثاني للكود 2005)
- الطريقة الديناميكية (طريقة أطياف الإستجابة – ملحق2).

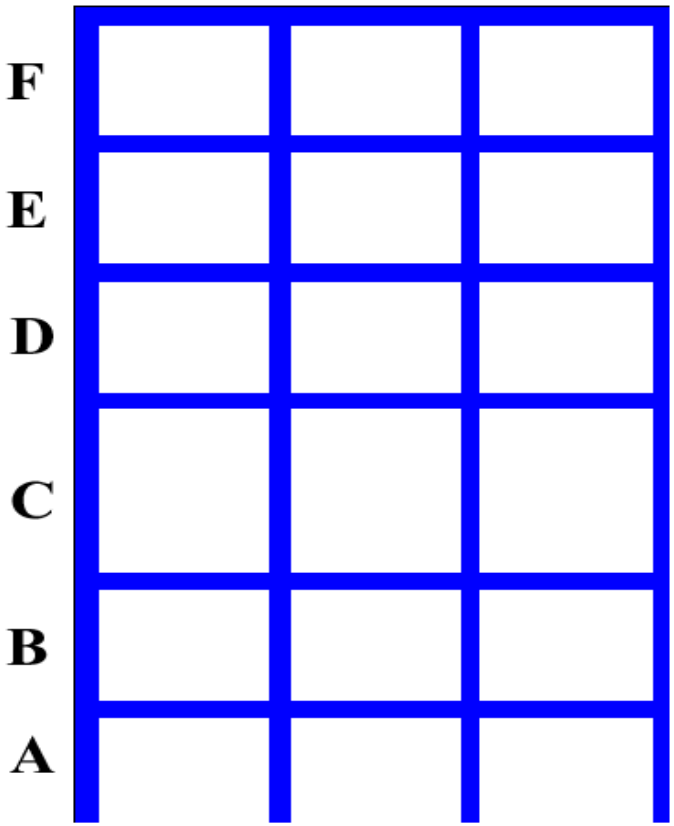
أبنية بحاجة لتحليل ديناميكي:

المنشآت المنتظمة وغير المنتظمة

- المنشآت المنتظمة هي منشآت لايوجد فيها انقطاعات فيزيائية هامة مثل الكتل أو القساوات في المسقط الأفقي أو في المقطع الرأسي أو في جمل مقاومة القوى الجانبية المرتبطة بها مثل الخصائص غير المنتظمة الموصوفة في البند التالي.

- المنشآت غير المنتظمة هي المنشآت التي تتميز بانقطاعات مهمة في الكتل أو القساوات نتيجة تغير في الشكل أو في جملة مقاومة القوى الجانبية.

عدم الانتظام الرأسي
اختلاف قساوات الطوابق

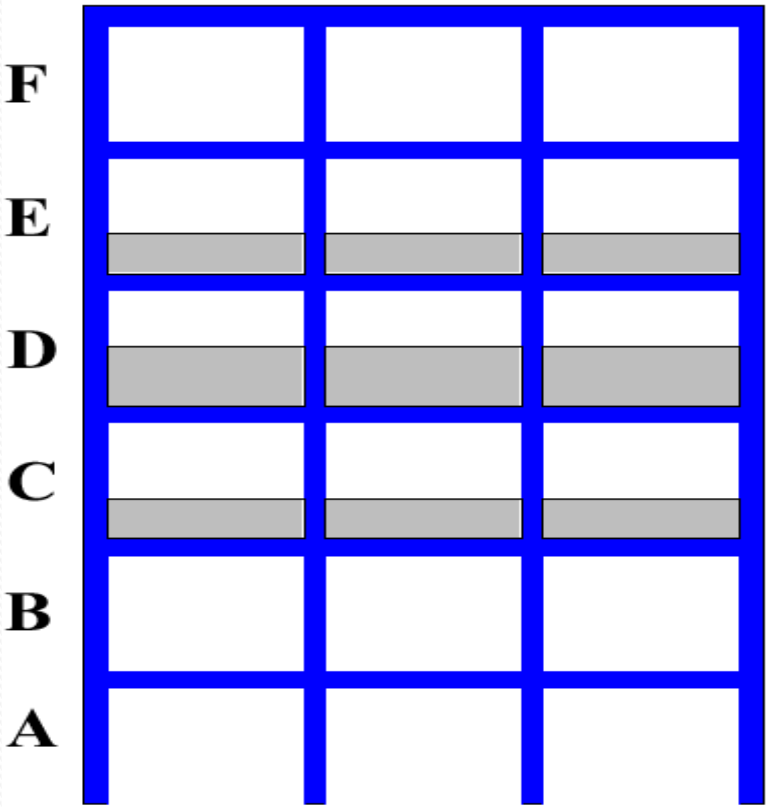


$$K_C < 0.70 \cdot K_D$$

or

$$K_C < 0.80 \frac{(K_D + K_E + K_F)}{3}$$

عدم الإنتظام الرأسي
اختلاف كتل الطوابق

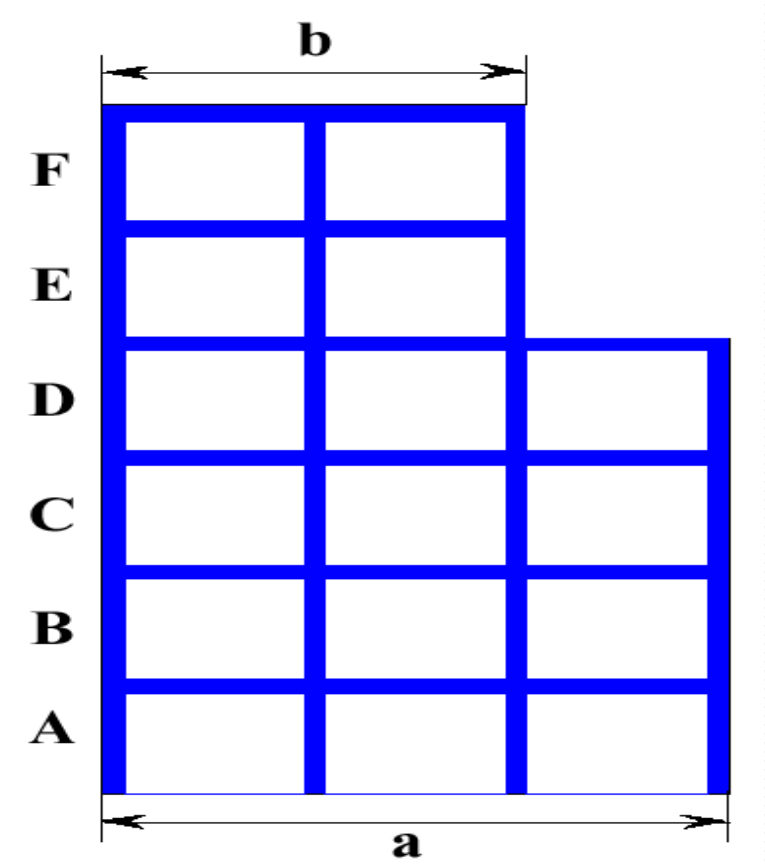


$$w_D > 1.50 \cdot w_E$$

or

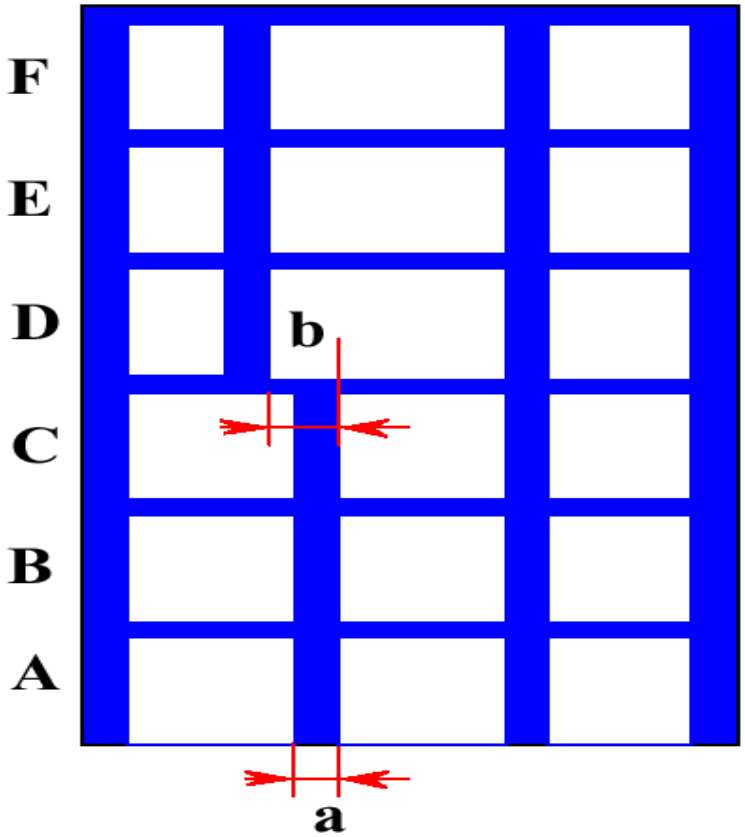
$$w_D > 1.50 \cdot w_C$$

عدم الإنتظام الرأسي– وجود تراجعات



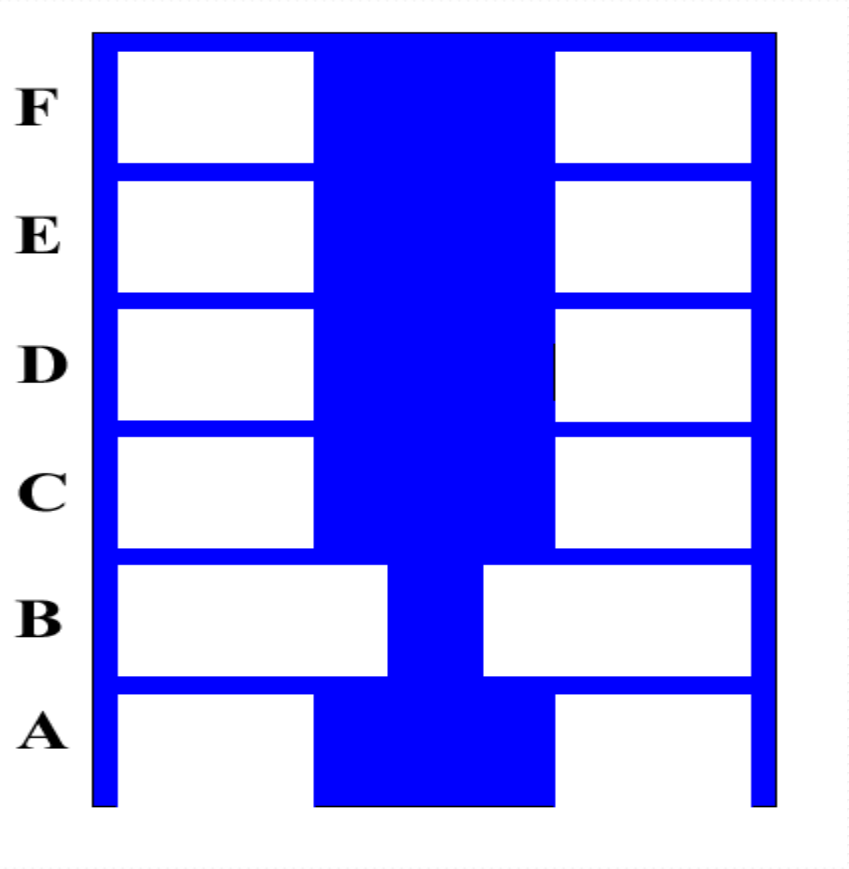
$$a > 1.30b$$

عدم الإنتظام الرأسي – وجود انزياح



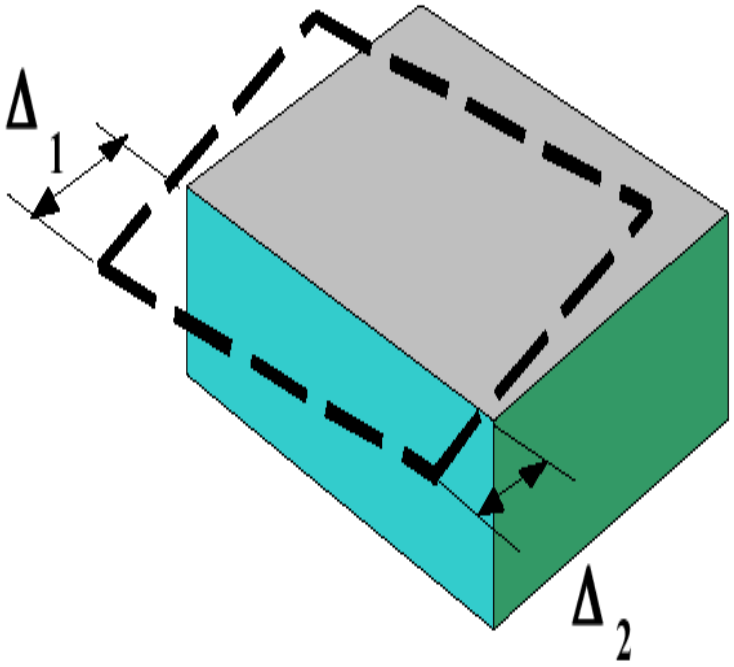
$$b > a$$

غير منتظم رأسيا – وجود طابق ضعيف



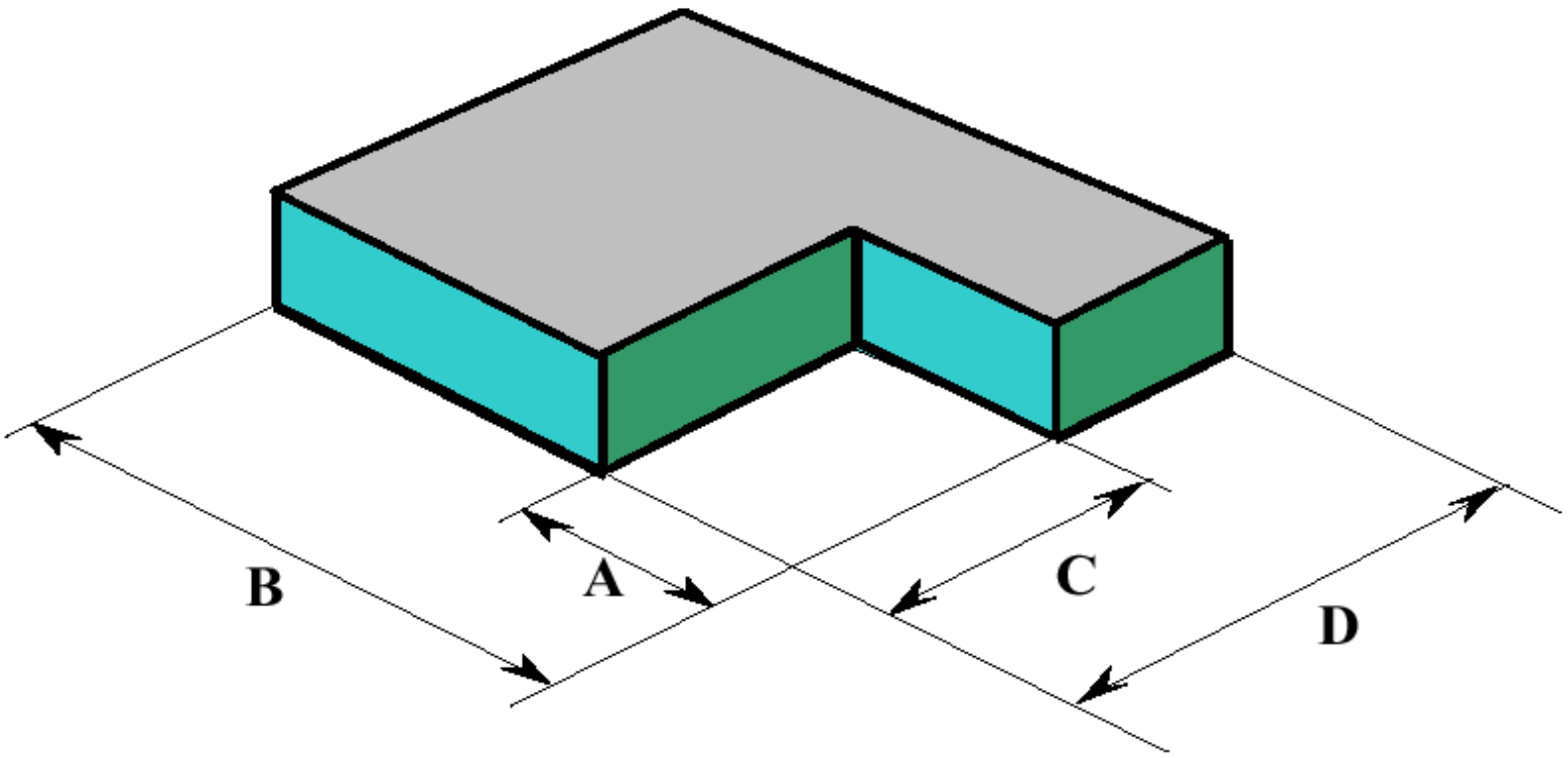
$$\text{Strength B} < 0.8 \cdot \text{Strength C}$$

عدم انتظام أفقي – فتل

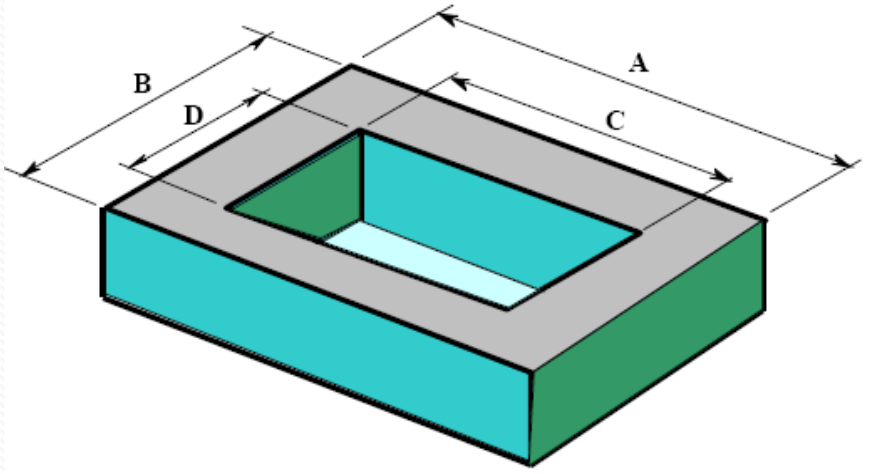


$$\Delta_1 > 1.2\left(\frac{\Delta_1 + \Delta_2}{2}\right)$$

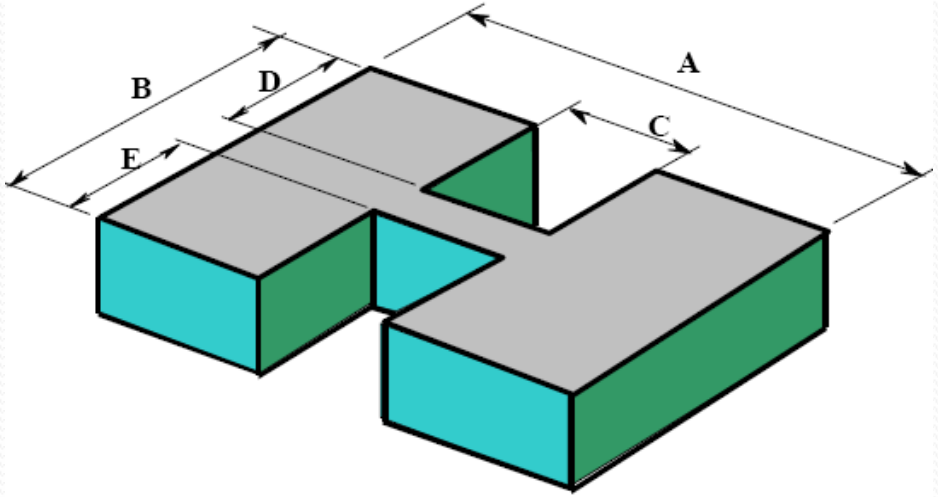
عدم الإنتظام الأفقي – تراجع



عدم انتظام الديافرام

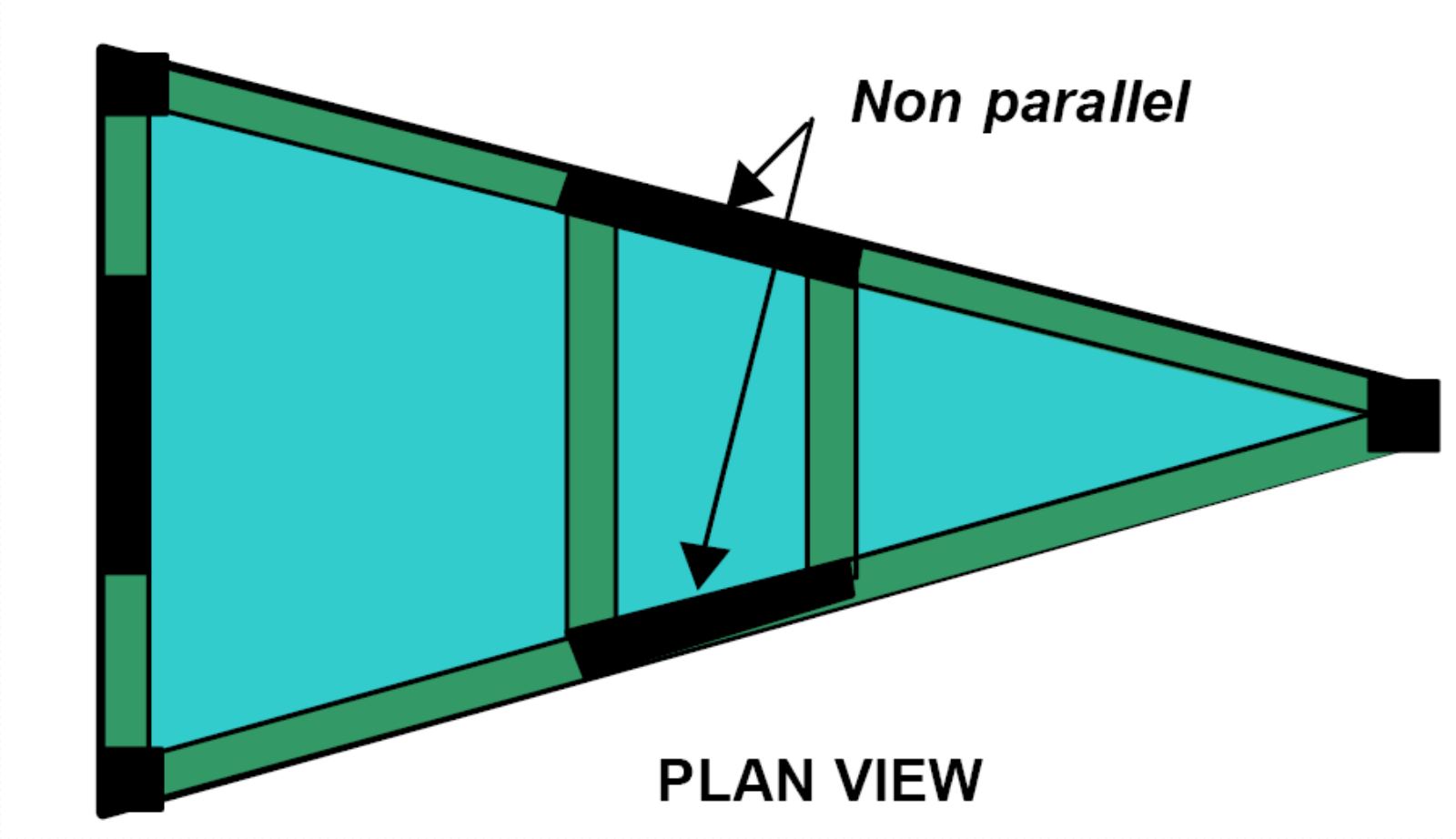


$$C \cdot D > 0.5 \cdot A \cdot B$$



$$(C \cdot D + C \cdot E) > 0.5 \cdot A \cdot B$$

Nonparallel systems



الجدول (٣-٥)

عدم الانتظام الإنشائي في المسقط الأفقي

القسم المرجعي	نوع عدم الانتظام وتعريفه
٧-١١-١ ٧-١١-٨	(1) عدم انتظام الفتل ــ ويؤخذ بالحسبان عندما تكون الديافرامات غير لينة. يعد عدم الانتظام هذا موجوداً عندما تكون الإزاحات العظمى للطابق، محسوبة بعد أخذ اللي (الفتل) الطارىء، عند نهاية واحدة للمنشأة وبشكل مستعرض (متعامد) مع محور ما، تزيد على (1.2) مرة متوسط الإزاحة (فرق الانتقال) لنهايتي 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 بروز المنشأة بعد الزاوية الداخلية أكبر من 15% من البعد الكلي لمسقط المنشأة بالاتجاه المدروس.
٧-١١-٨	(3) الانقطاع في الديافرام : الديافرامات الحاوية على انقطاعات مفاجئة أو تغيرات في الجساءة (القساوة)، 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 (٣-٤)

عدم الانتظام الإنشائي في المسقط الرأسي

البند المرجعي	شكل عدم الانتظام وتعريفه
٣-٩-	... في القساوة – الطابق اللين : ... الطابق ليناً إذا كانت قساوته الجانبية أقل من 70% من قساوات الطابق الذي ... أو أقل من 80% من متوسط القساوات 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 : يلزم اخذ عدم الانتظام هذا في الحسبان عندما يكون البعد الأفقي للجملة الإنشائية 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 المقاومة للقوى الجانبية. وهو إنزياح في المستوي لعنصر ما من عناصر مقاومة القوى الجانبية (في طابق أو أكثر) يفوق طول هذا العنصر (مقاساً في المستوي الأفقي).
	...قطاع في الاستطاعة – الطابق الضعيف : ...ق الضعيف هو طابق مقاومته أقل من 80% من مقاومة الطابق الذي يعلوه. إن ... الطابق هي مجموع مساهمات العناصر المقاومة للزلازل على القص لهذا ...ابق وذلك بالاتجاه المدروس. وتحسب مساهمة كل عنصر من طاقة تحمل العنصر للعزم بأعلى وبأسفل الطابق.