ความรู้พื้นฐานทางด้านวิศวกรรมโครงสร้างต้านทานแผ่นดินไหว และผลกระทบของแผ่นดินไหวต่อโครงสร้างและมาตรฐานการออกแบบที่เกี่ยวข้อง

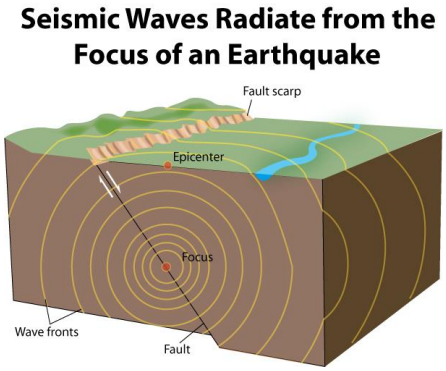
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชยานนท์ หรรษภิญโญ

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

เทคโนโลยีการเสริมกำลังโครงสร้างอาคารเพื่อรับแรงแผ่นดินไหว
วันที่ 1-4 ตุลาคม 2558 ณ โรงแรมเมอร์เคียว จ.เชียงใหม่

ความยากของการออกแบบอาคารต้านทานแรงแผ่นดินไหว

1. แรงกระทำเป็นแรงพลศาสตร์
2. ในกรณีแรงแผ่นดินไหวที่รุนแรง จะยอมให้อาคารเกิดความเสียหายได้



ความรู้สำหรับการออกแบบอาคารต้านแรงแผ่นดินไหว (ในมุมมองของผู้บรรยาย)

- จำเป็นต้องมี
  - แนวคิดของระบบโครงสร้าง: ชนิดโครงสร้าง การถ่ายแรง ข้อดี-ด้อย
  - การรรออกแบบอาคารที่ภาวะประลัย: การเข้าใจพฤติกรรมโครงสร้างหลังกำลังสูงสุด การคราก
  - คุณสมบัติเชิงพลศาสตร์: ความถี่ คาบ การหน่วง โหมด การเกิดเรโซแนนซ์
  - Engineering sense ที่ใช้เพื่อพิจารณาว่าอาคารจะสั่นมาก การบิด ความอ่อนแอของอาคาร
  - การเสริมเหล็กให้มีประสิทธิภาพ
  - การจำลองและวิเคราะห์ด้วยคอมพิวเตอร์
  - กฎหมาย และข้อกำหนด มาตรฐาน
- ส่วนเสริม
  - การวิเคราะห์ขั้นสูง: พลศาสตร์ ไร้เชิงเส้น
  - การวิเคราะห์ Ground motion
  - การตอบสนองสัมพัทธ์กับดิน/ฐานรากอาคาร

ความรู้พื้นฐานทางด้านวิศวกรรมโครงสร้างต้านทานแผ่นดินไหว

- ความรู้ทางด้านพลศาสตร์
- แนวคิดการออกแบบโครงสร้าง และการตอบสนองของโครงสร้างอาคาร
- วัสดุและความเสียหายต่อชิ้นส่วนโครงสร้าง
- มาตรฐานการออกแบบ

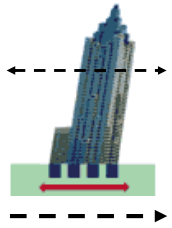
ส่วนที่ 1. พื้นฐานพลศาสตร์ทั่วไป

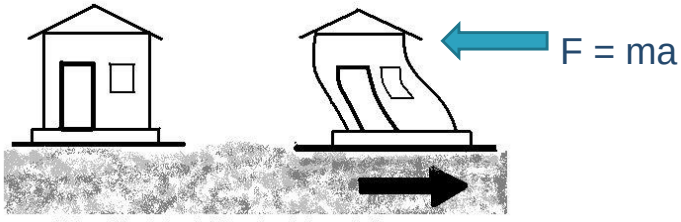
แรงเฉื่อย

- Newton's Second Law

$$F = ma$$

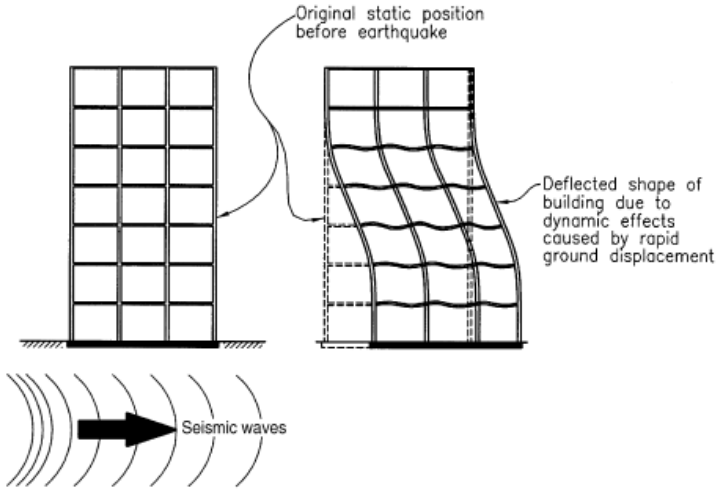
- โดยที่ m = มวลของอาคาร
- a = ความเร่งของการสั่นของพื้น





Effect of Inertia in a building when shaken at its base

Inertial force for Multi-story building

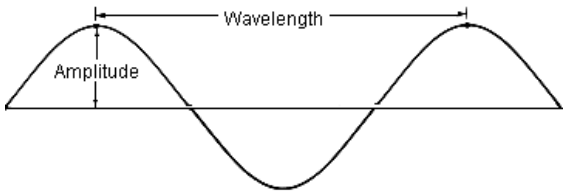


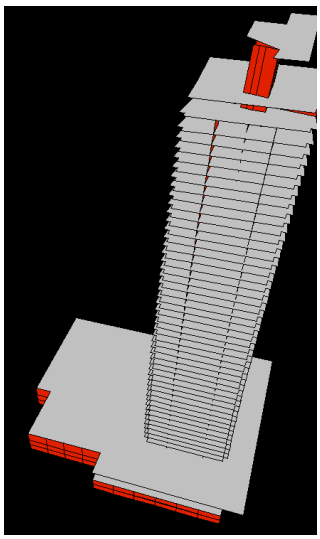
คาบ (Period) และ ความถี่ (Frequency) ของคลื่น

- Frequency (f) = จำนวนรอบคลื่นต่อเวลา 1 วินาที
- Period (T) = ระยะเวลาที่คลื่นสั่นครบ 1 รอบ

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$$

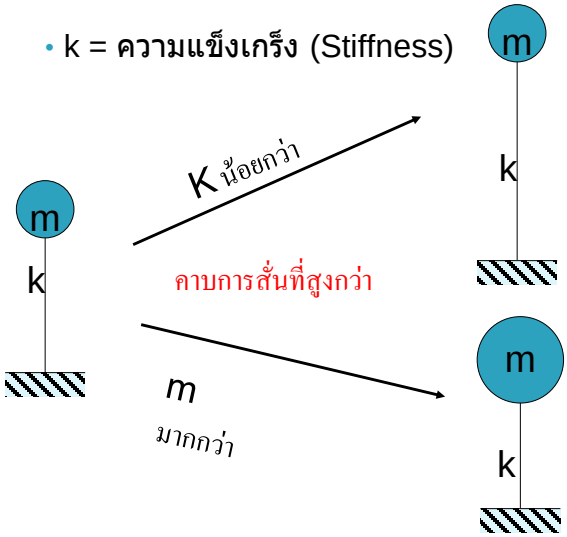
$$T = 1 / f$$

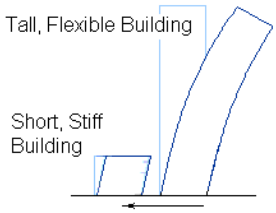




แบบจำลองอาคาร

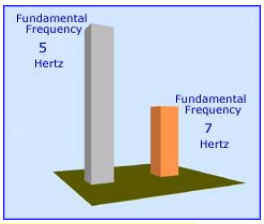
- k = ความแข็งเกร็ง (Stiffness)





คาบการสั่นของอาคาร

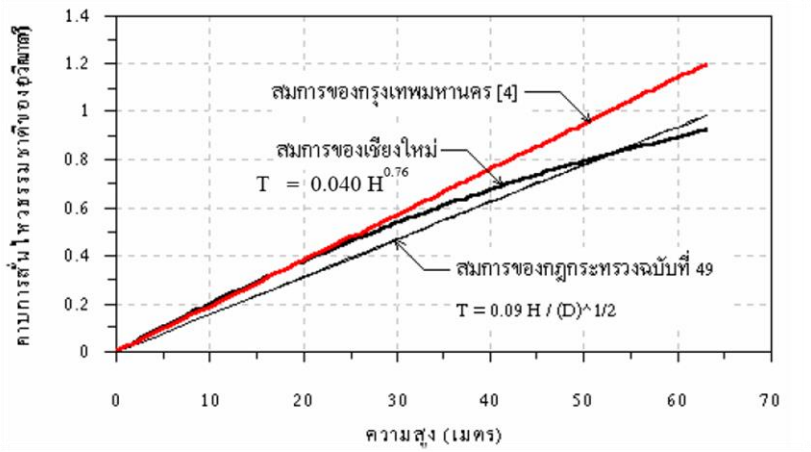
- ในแต่ละอาคาร จะมีคาบการสั่นธรรมชาติที่ต่างกัน



ความสูงอาคาร	คาบการสั่นธรรมชาติ	ความถี่ธรรมชาติ
2 story	0.2 seconds	5 cycles/sec
5 story	0.5 seconds	2 cycles/sec
10 story	1.0 seconds	1 cycles/sec
20 story	2.0 seconds	0.5 cycles/sec
30 story	3.0 seconds	1/3 cycles/sec

อาคารที่สูงกว่าจะสั่นด้วยคาบที่สูงกว่า หรือ ด้วยความถี่ที่ต่ำกว่า

การเปรียบเทียบสมการประมาณคาบการสั่นธรรมชาติของอาคาร

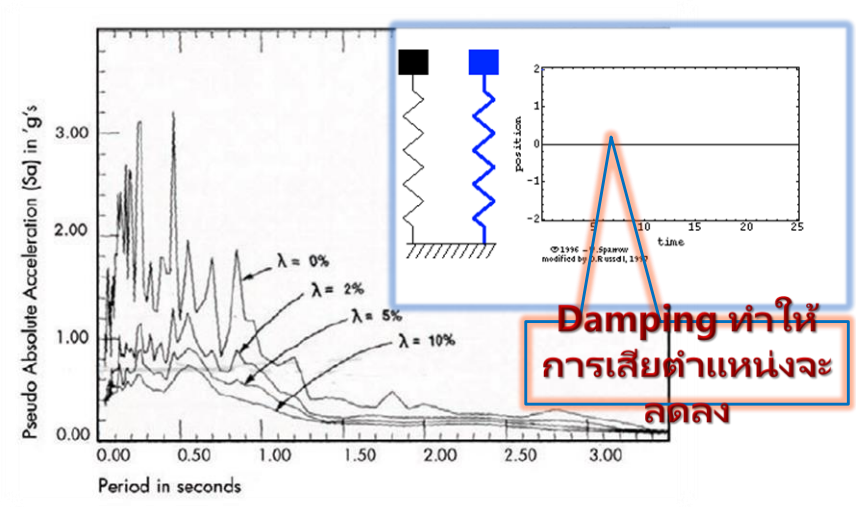


Resonance search test

โต๊ะสั่นปรับความถี่เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ

SDOF

MDOF (3)



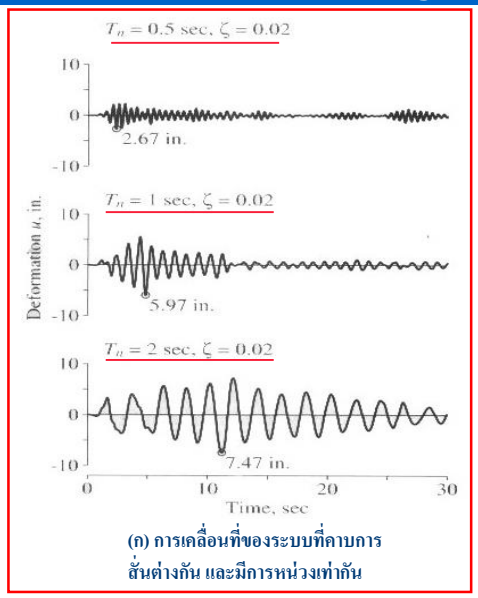
การหน่วง (DAMPING)

การวิเคราะห์การตอบสนองตามเวลาต่างๆ การสั่นสะเทือนจากแผ่นดินไหว

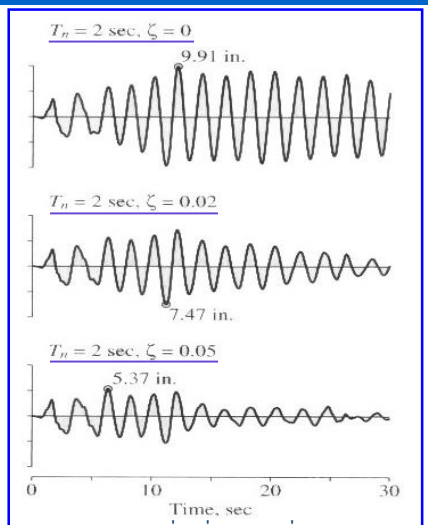
ค่าความเร่งของพื้นดินในแนวราบตามแนวเหนือ-ใต้ที่บันทึกได้จากเหตุแผ่นดินไหว El Centro, California วันที่ 18 พฤษภาคม 2483

$$\ddot{u} + 2\zeta\omega_n\dot{u} + \omega_n^2 u = -\ddot{u}_g(t)$$

การเคลื่อนที่ของระบบที่มีค่าคาบ และ อัตราส่วนการหน่วงที่ต่างกัน ของ El Centro ground motion

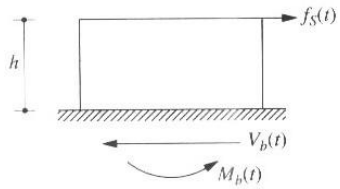


(ก) การเคลื่อนที่ของระบบที่คาบการสั่นต่างกัน และมีการหน่วงเท่ากัน



(ข) การเคลื่อนที่ของระบบที่มีการหน่วงต่างกัน และคาบการสั่นเท่ากัน

แรงสถิตเทียบเท่า (Equivalent static force)



$$V_b(t) = f_s(t)$$
$$M_b(t) = hf_s(t)$$

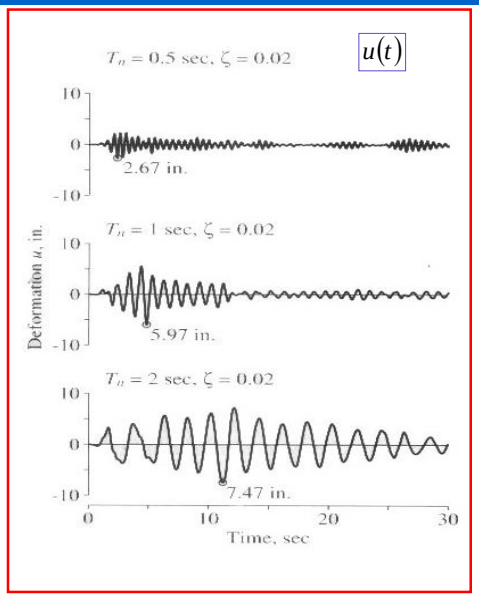
$$f_s(t) = ku(t)$$

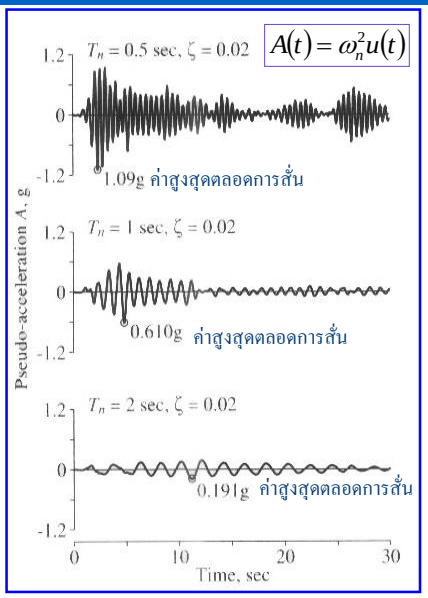
โดยที่ k คือ ค่าสติฟเนสต้านแรงด้านข้างของโครงสร้าง และเมื่อ $\omega_n = \sqrt{\frac{k}{m}}$ จะได้

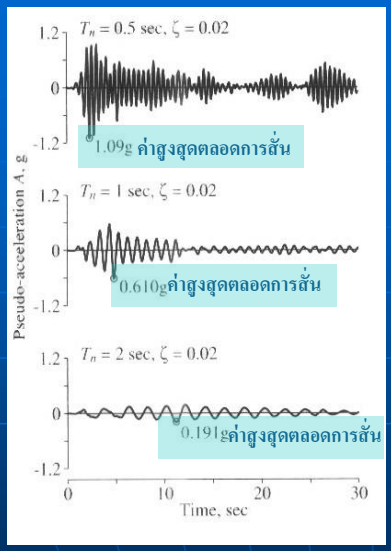
$$f_s(t) = ku(t) = m\omega_n^2 u(t) = mA(t)$$

เมื่อ $A(t) = \omega_n^2 u(t)$ เป็นค่าความเร่ง เรียกว่า pseudo-acceleration

pseudo-acceleration







รูปที่ 19 Pseudo-acceleration response

แรงเฉือนที่ฐาน (Base shear)

$$V_b(t) = mA(t)$$

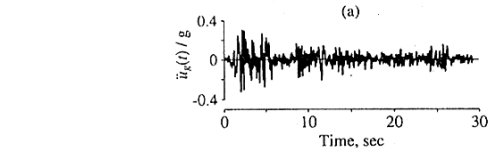
โมเมนต์พลิกคว่ำที่ฐาน

(base overturning moment)

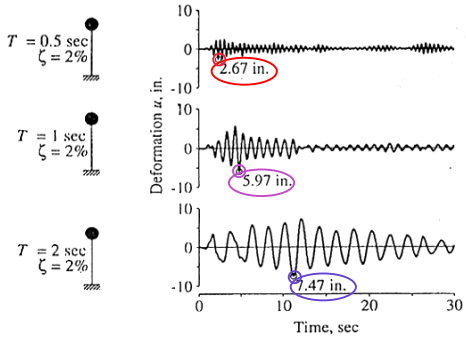
$$M_b(t) = hV_b(t)$$

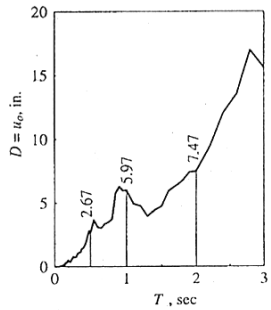
- ค่าที่ได้เป็นแรงที่เวลาใดๆ
- การออกแบบใช้ขนาดแรงที่มีค่ามากที่สุด
- อาคารที่มีคาบและการหน่วงต่างกันมีค่าแรงสูงสุดต่างกัน

สเปรคตรัมการตอบสนอง (Response spectrum)

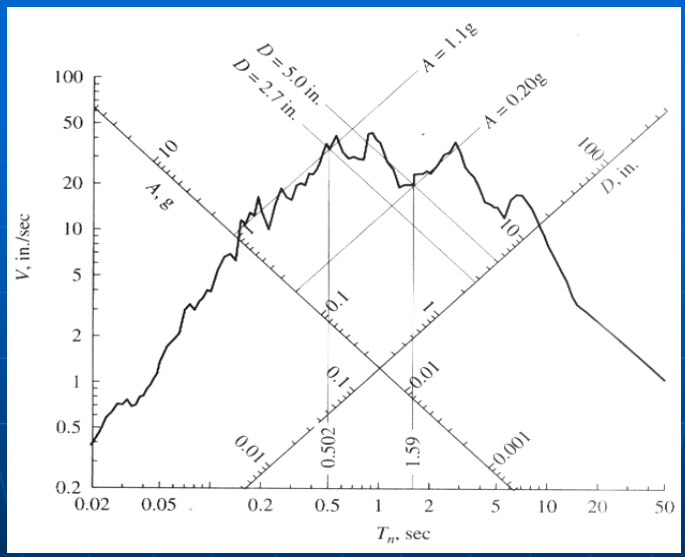


คลื่นแผ่นดินไหว



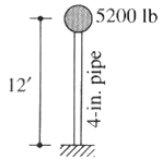


Deformation response spectrum



กราฟสเปรคตรัมการตอบสนองรวม *D-V-A* ของเหตุการณ์แผ่นดินไหว El Centro ground motion ของระบบที่มีอัตราหน่วง 2%

ตัวอย่าง การคำนวณหาแรงเนื่องจากแผ่นดินไหว



$\phi_{out} = d_0 = 4.500\ in$

$E = 29000\ ksi$

$I = 7.23\ in^4$

$\phi_{in} = d_i = 4.026\ in$

$\zeta = 2\%$

ไม่คิดน้ำหนักรวมของท่อ

เหตุแผ่นดินไหว El Centro ground motion

วิธีทำ หาค่าสติฟเนสด้านข้างของระบบ

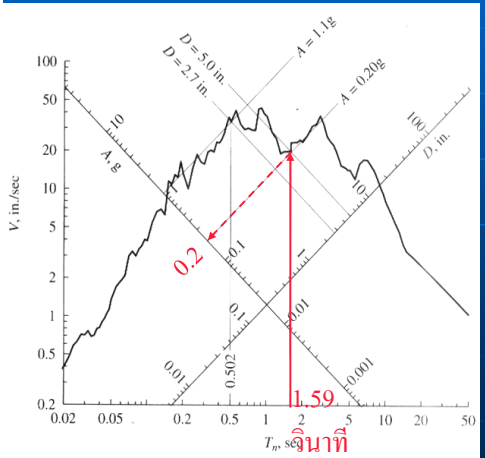
$$k = \frac{3EI}{L^3} = \frac{3(29\times10^3)(7.23)}{(12\times12)^3} = 0.211 \ \text{kip/in.}$$

มวลของระบบคือ

$$m = \frac{w}{g} = \frac{5.20}{386} = 0.01347 \ \ \text{kip} - \text{sec}^2/\text{in}$$

ค่าการสั่นธรรมชาติ และคาบธรรมชาติ

$$\omega_n = \sqrt{\frac{k}{m}} = \sqrt{\frac{0.211}{0.01347}} = 3.958 \ \text{rad/sec} \qquad T_n = 1.59 \ \text{sec}$$



อินาที

ค่าแรงกระทำเนื่องจากแผ่นดินไหว

$$f_{s0} = \frac{A}{g}w = 0.20\times5.2 = 1.04 \ \text{kips}$$

$$V_{bo} = Cw$$

Base shear coefficient

- คาบการสั่น
- การหน่วง
- โซน
- อื่นๆ

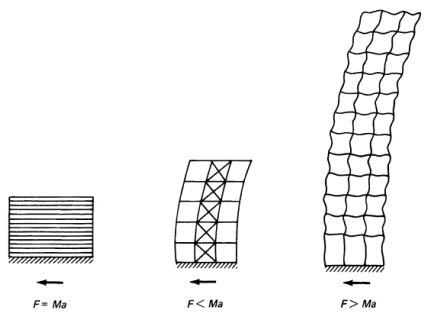
สรุปเนื้อหา

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

2. แนวคิดการออกแบบโครงสร้าง และการตอบสนองของโครงสร้างอาคาร

การตอบสนองต่อโครงสร้าง

- แผ่นดินไหว ทำให้อาคาร สั่นไหว แกว่งตัวกลับไปมา
- แรงกระทำต่อโครงสร้าง เป็นแรงที่เกิดขึ้นจากแรงเฉื่อยจากการเคลื่อนของมวลอาคาร
- การแกว่งตัวของอาคารสูง กับ อาคารเตี้ย จะมีความแตกต่างกัน



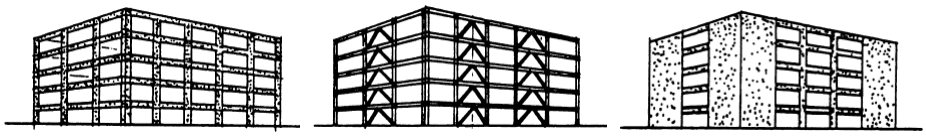
- เมื่อฐานอาคารเคลื่อนที่ ส่วนโครงสร้างด้านบนจะยังไม่เคลื่อนไปพร้อมๆกัน ทำให้เกิดแรงในโครงสร้าง
- แรงกระทำเปรียบเสมือนฐานอยู่นิ่งกับที่ และมีแรงผลักอาคารเป็นแรงเฉื่อย
- ในการวิเคราะห์โดยแรงสถิตเทียบเท่า แรงเฉื่อยนี้จะคำนวณเทียบเป็นแรงผลักสถิต

การเคลื่อนตัวของอาคาร

- แรงเฉื่อยที่กระทำต่ออาคารทำให้อาคารเคลื่อนตัวด้านข้าง
- ขนาดแรงแผ่นดินไหวที่มาก ทำให้อาคารเคลื่อนตัวในช่วงอินอิลาสติกซึ่งมีขนาดที่มากกว่าช่วงอิลาสติกมาก
- การก่อสร้างอาคารที่มีระยะห่างน้อย ทำให้อาคารเกิดการชนกัน

1. เส้นทางการถ่ายแรง

- แรงแผ่นดินไหว เป็นแรงแนวราบกระจุกตัวอยู่ที่ระดับชั้นพื้น
- ชั้นพื้น มีพฤติกรรมเป็นแผ่นแข็งถ่ายแรงสู่ชิ้นส่วนที่อยู่แนวตั้ง เช่น ระบบโครงเสา-คาน ผนัง หรือ ระบบโครงถัก
- ชิ้นส่วนแนวตั้ง ถ่ายแรงลงสู่ฐานรากอาคาร



Frame Braced frame Shear wall

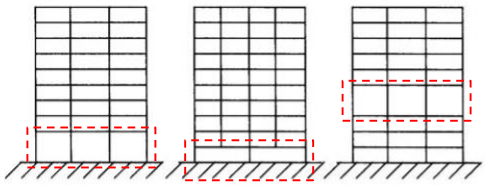
2. รูปทรงของอาคาร

ความไม่สม่ำเสมอ = อาคารอ่อนแอ

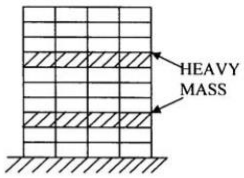
ความไม่สม่ำเสมอของรูปทรงโครงสร้าง

- อาคารที่มีรูปทรงโครงสร้างไม่สม่ำเสมอ (Irregular) หมายถึง โครงสร้างที่มีความไม่ต่อเนื่องทางกายภาพของรูปทรง ลักษณะโครงสร้าง และมวลในแนวราบหรือในแนวดิ่งหรือความไม่ต่อเนื่องในระบบต้านแรงด้านข้างอย่างมีนัยสำคัญ
  - อาคารที่มีรูปทรงโครงสร้างไม่สม่ำเสมอในแนวระนาบ (Horizontal Irregularity) และ
  - ไม่สม่ำเสมอในแนวดิ่ง (Vertical Irregularity)

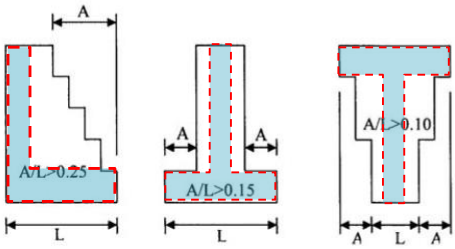
Stiffness => แนวดิ่ง



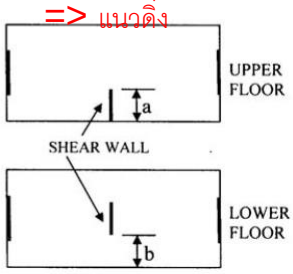
Mass=> แนวดิ่ง



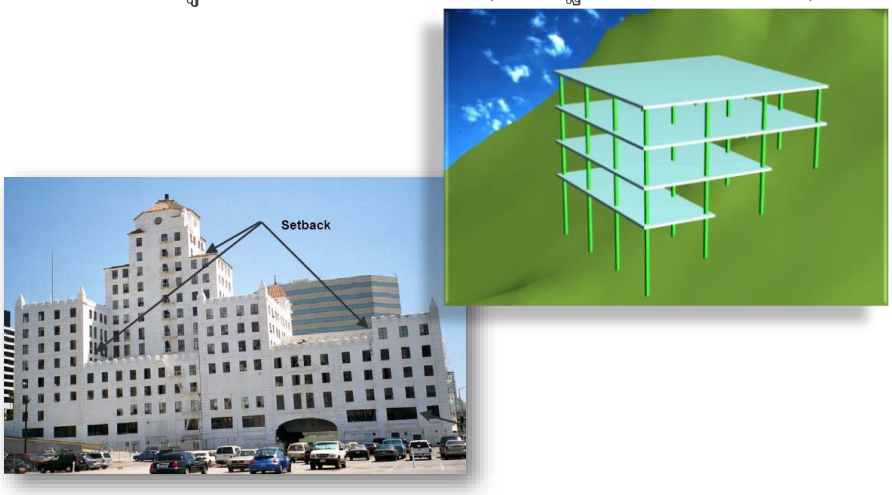
Plan Offset => แนวนอน



Discontinuity => แนวดิ่ง



ลักษณะและรูปทรงของโครงสร้าง (มาตรฐาน มยผ. 1301-50)

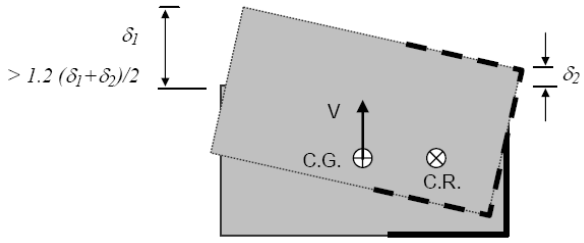


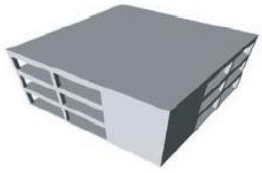
ความไม่สม่ำเสมอในทุกรูปแบบเพิ่มระยะเคลื่อนตัวจากแรงแผ่นดินไหว

ความไม่สม่ำเสมอของ mass, stiffness, and strength

- Mass irregular < Stiffness < Strength
- Combined-stiffness-and strength irregularity has been found to be the largest.

ความไม่สม่ำเสมอเชิงการบิด





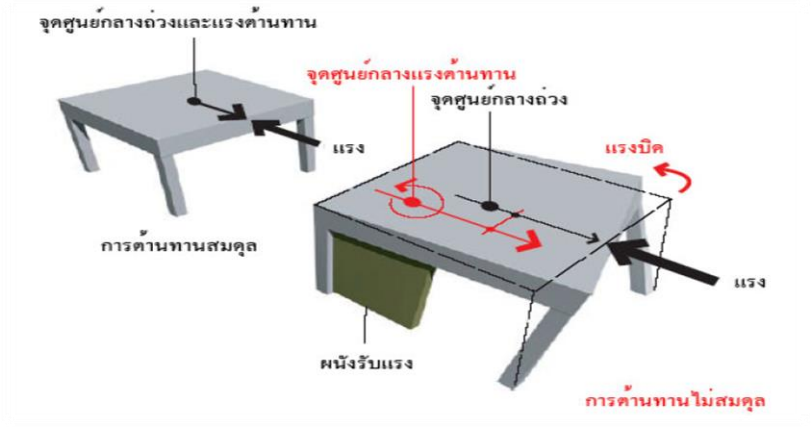
กฎกระทรวงออกแบบแผ่นดินไหว 2550

กฎกระทรวง

กำหนดการรับน้ำหนัก ความต้านทาน ความคงทนของอาคาร
และพื้นดินที่รองรับอาคารในการต้านทานแรงสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว
พ.ศ. ๒๕๕๐

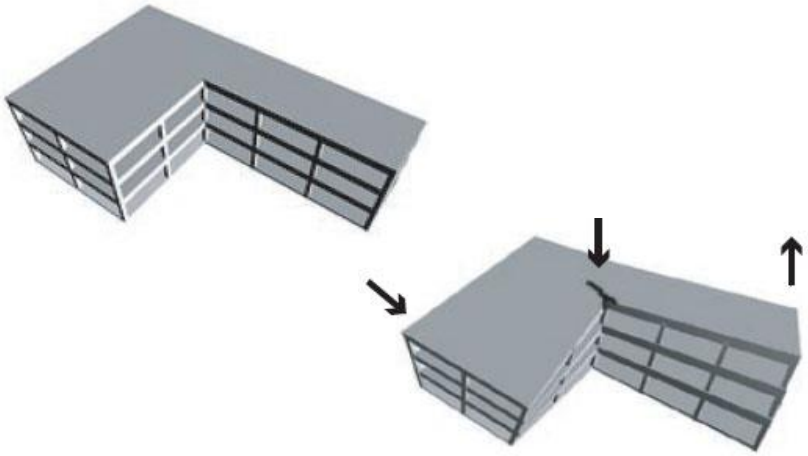
ข้อ ๕ การคำนวณออกแบบโครงสร้างอาคารที่มีรูปทรงไม่สม่ำเสมอ หรือโครงสร้างอาคารอื่น ๆ ที่ไม่ใช่อาคารตามที่กำหนดในข้อ ๖ และไม่อยู่ในบริเวณเฝ้าระวัง ผู้คำนวณออกแบบต้องเป็นผู้ได้รับใบอนุญาตเป็นผู้ประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุมตั้งแต่ระดับสามัญวิศวกรขึ้นไป และต้องคำนวณให้อาคารสามารถรับแรงสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว โดยใช้วิธีการคำนวณเชิงพลศาสตร์หรือวิธีอื่นที่ตั้งอยู่บนพื้นฐานทางทฤษฎีเชิงพลศาสตร์

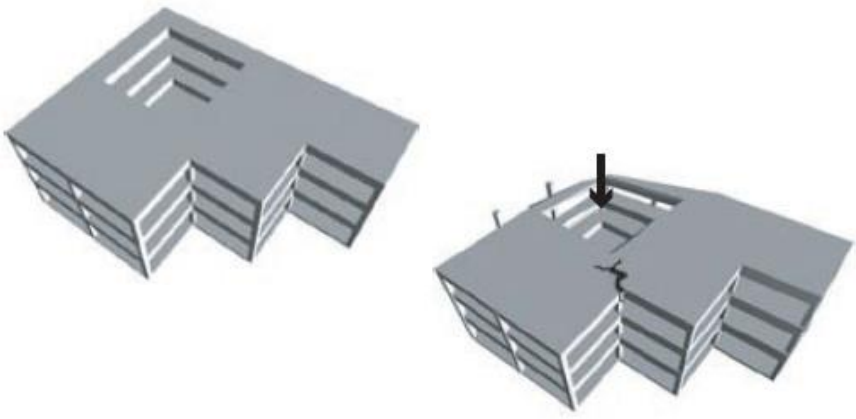
•การออกแบบอาคารจะต้องออกแบบให้ตำแหน่งของจุดศูนย์กลางของมวล และจุดศูนย์กลางรวมของแรงต้านทาน มีตำแหน่งที่ใกล้เคียงกัน



แรงบิด

การแยกบริเวณมุมอาคาร

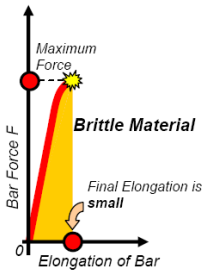


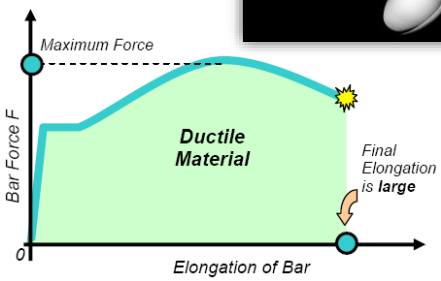


ส่วนที่ 3.วัสดุและความเสียหายต่อชิ้นส่วนโครงสร้าง

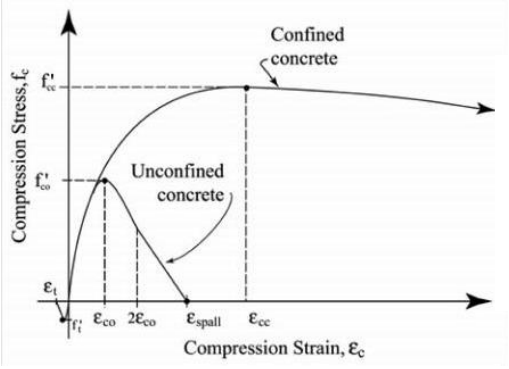
“ค ว า ม เ ห นี ย ว (Ductility)”

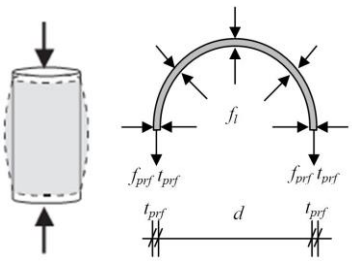
ความสามารถขององค์อาคารที่ยังคงสภาพ (ไม่พังทลาย) ได้ในช่วงการตอบสนองแบบไร้เชิงเส้น



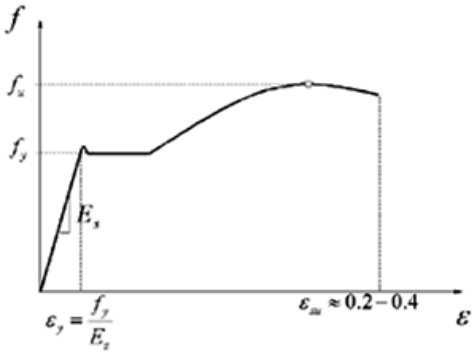


คอนกรีต

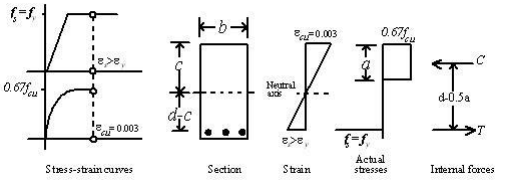




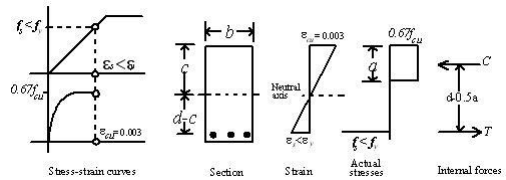
เหล็กเสริม



การควบคุมรูปแบบความเสียหาย



เหล็กเสียหายก่อน
(Tension Failure)



คอนกรีตเสียหายก่อน
(Compression Failure)

โครงต้านแรงดัดที่มีความเหนียวจำกัด

	ความรุนแรงแผ่นดินไหว	พฤติกรรมโครงสร้างที่ออกแบบ	การออกแบบ interstory drift
Ordinary moment frame (OMF)	ต่ำ	อีลาสติกในสภาวะใช้งานทั่วไป	ไม่เกินค่า Serviceability ที่ยอมให้
intermediate moment frame (IMF)	ปานกลาง	อินอีลาสติก เมื่อเกิดแผ่นดินไหว	ให้มีค่าระดับปานกลาง
special moment frame (SMF)	สูง	อินอีลาสติก เมื่อเกิดแผ่นดินไหว	ให้มีค่าระดับปานกลาง

โครงต้านแรงดัดที่มีความเหนียวจำกัด

- Special moment-resisting frames ต้องมีความเหนียวมากที่สุด
- Intermediate moment-resisting frames ต้องมีความเหนียวระดับปานกลาง ซึ่งเป็นข้อกำหนดสำหรับการออกแบบในประเทศไทย

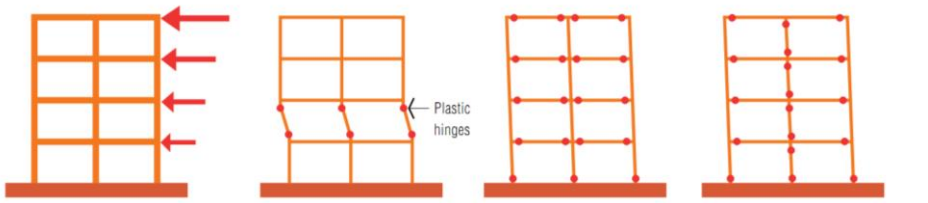
System	R	Ω_o	C_d
Moment-resisting frames			
Special	8	3	5
Intermediate	5	3	4
Ordinary	3	3	2

หลักการออกแบบให้มีความเหนียว

2 หลักการ เพื่อการออกแบบให้อาคารมีความเหนียว

- เกิดการครากในตำแหน่งที่โครงสร้างและรูปแบบที่อาคารยังคงให้อาคารไม่เสียเสถียรภาพ
- การให้รายละเอียดการเสริมเหล็กในส่วนที่เกิดการครากให้ยังคงกำลังอยู่ได้

รูปแบบความเสียหายที่กำหนดในการออกแบบ



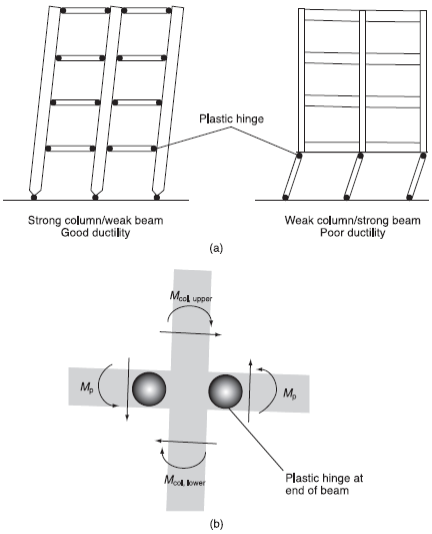
Frame

a) Column sidesway mechanism
- soft storey (strong beam/weak column)
- non-preferred arrangement

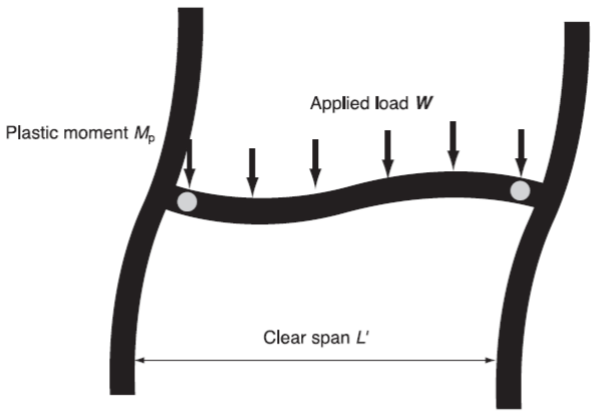
b) Beam sidesway mechanism
- plastic hinges in beams only (strong column/weak beam)
- preferred arrangement

c) Mixed sidesway mechanism
- interior columns form plastic hinges
- acceptable with adequate design and detailing for ductility

Capacity Design: Weak beam-Strong column



Capacity Design: Avoid beam shear

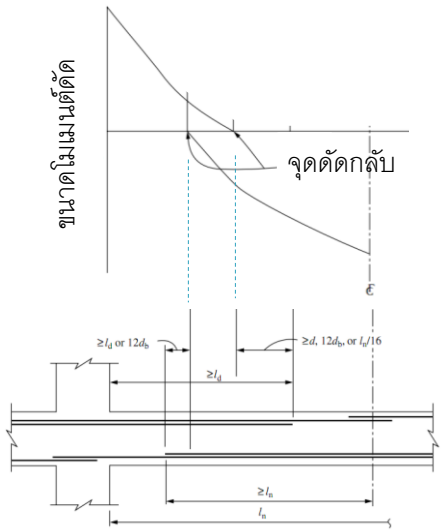


Shear force at beam ends = $2M_p/L' \pm W/2$
Therefore, to avoid shear failure
Shear strength > $2M_p/L' \pm W/2$

การให้รายละเอียดการเสริมเหล็ก

- การเสริมเหล็กให้สามารถต้านทานรอยแตกร้าวไม่ให้กว้างมากขึ้น
- ระยะฝังเหล็กที่เพียงพอ
- การต่อ และการทาบ
- การจัดวางเหล็กให้มีการโอบรัดคอนกรีต โดย เหล็ก **Hoops, ties หรือ crossties**

การเสริมเหล็กในคานต่อเนื่องทั่วไป (แรงแนวดิ่ง)

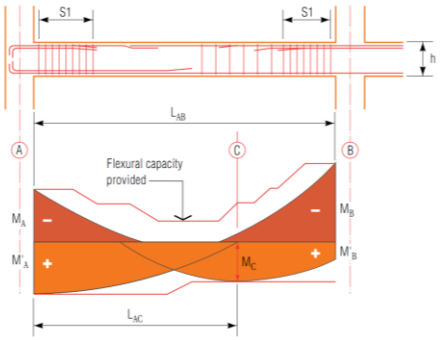


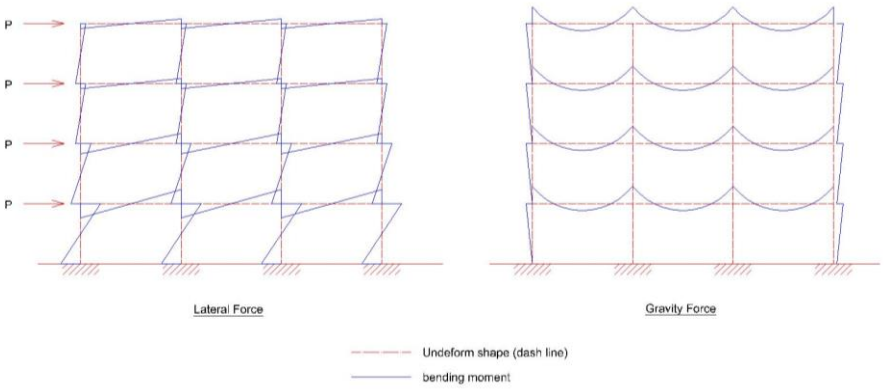
- โมเมนต์ดัด

- การเสริมเหล็กที่เกิดแรงดึง

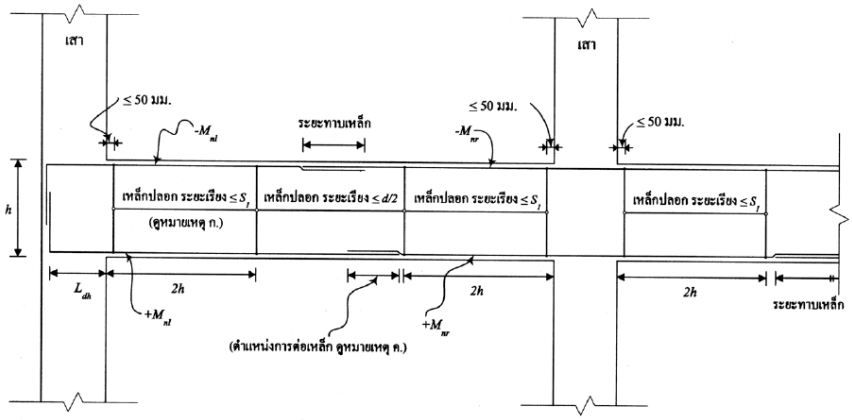
การเสริมเหล็กในคานกรณีแผ่นดินไหว

- เหล็กบนและล่าง ยาวตลอด
- เกิดการเสียหายที่ปลายคานในรูปแบบของการครากที่เหล็กเสริมตามแนวยาว ดังนั้น
  - เหล็กแนวยาวที่ปลายริมต้องมีระยะฝังเพียงพอ
  - เหล็กแนวยาวที่ปลายริมด้านในอาคารต้องต่อเนื่อง
- แรงแผ่นดินไหวเป็นแรงที่สลับทิศทำให้ค่าโมเมนต์เกิดขึ้นได้ทั้งทิศบวก และ ทิศลบ
  - เสริมเหล็กแนวยาวที่มีปริมาณไม่ต่างกันมากเกินไป





มาตรฐาน มยผ. 1301-50: ส่วนที่ 4 รายละเอียดการเสริมเหล็ก



หมายเหตุ

ก.) ระยะเรียง S_1 ต้องไม่มากกว่า (1) 1 ใน 4 ของความลึกประสิทธิผล; (2) 8 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางเหล็กเสริมตามความยาวที่มีขนาดเล็กสุด; (3) 24 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางเหล็กปลอก; และ (4) 300 มิลลิเมตร

ข.) โมเมนต์ดัดระบุ (1) $+M_n \geq (1/3)(-M_n)$; (2) $+M_n \geq (1/3)(-M_n)$; และ (3) $+M_n$ และ $-M_n$ ที่หน้าตัดใด ๆ $\geq$ (1/5) ของค่าสูงสุดระหว่าง $-M_n$ และ $-M_n$

ค.) ไม่ทาบเหล็กเสริมทั้งบนและล่างภายในระยะ 2h จากขอบของที่รองรับ

ง.) L_{dh} = ระยะฝังเหล็ก (Development length)

Shear failure in beam

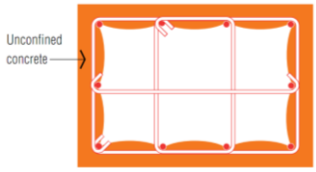
เหล็กในคานมีระยะยึดฝังไม่เพียงพอ

Figure 3-24 Damage to a nonductile reinforced concrete beam

Figure 3-25 Failure of lap splices in a moment frame conncetion

การเสริมเหล็กในเสากรณีแผ่นดินไหว

- เสาแข็ง-คานอ่อน => แนวทางการออกแบบ
- ในบางกรณีที่จำเป็น อาจยอมให้เกิดได้ในเสาบางต้น (ดังสไลด์ก่อนหน้านี้)
- โดยปกติ การเสียหายในแบบ compression จะเป็นแบบเปราะเนื่องจากการระเบิดออก
- การโก่งเดาะของเหล็กยืนเป็นการเสียหายแบบเปราะ
- การต่อเหล็กเสา ต้องให้สามารถถ่ายแรงได้อย่างสมบูรณ์
  - เพิ่มความเหนียวโดยการโอบรัดด้วยเหล็กปลอก
  - ยึดรั้งการโก่งของเหล็ก เกิดเฉพาะตรงมุม ต้องใช้ Cross ties
  - เพิ่มแรงยึดเหนียวของเหล็กและคอนกรีตที่บริเวณทาบเหล็ก => ต่อบริเวณที่เกิดหน่วยแรงต่ำ



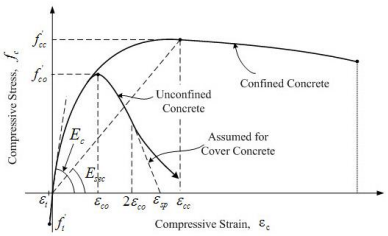
Hoops, ties and crossties: Advantages

- (i) รับแรงเฉือน และป้องกันรอยแตกเฉือนทแยง
- (ii) ยึดเหล็กแนวดิ่ง
- (iii) โอบรัดคอนกรีตทำให้มีกำลัง และความเหนียวมากขึ้น

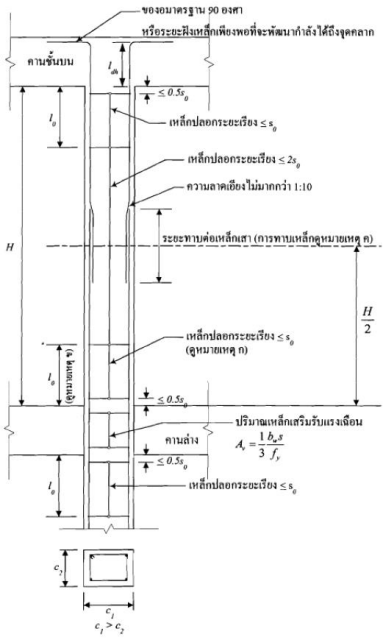
- ปลายต้องดัด 135° และมีระยะห่างที่ไม่มากเกินไป

Shear failure of column

การโก่งเดาะของเหล็กแนวดิ่ง



รายละเอียดการเสริมเหล็กเสาและจุดต่อ



หมายเหตุ

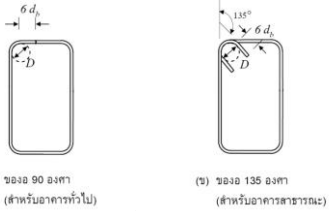
ก.) ระยะเรียง s_0 ต้องไม่มากกว่า
(1) 8 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางเหล็กเสริมตามยาวที่มีขนาดเล็กสุด;
(2) 24 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางเหล็กปลอก;
(3) $C_2/2$; และ (4) 300 มิลลิเมตร

ข.) ระยะ l_0 ต้องไม่น้อยกว่า
(1) H/6; (2) c_1; และ (3) 500 มิลลิเมตร

ค.) การต่อเหล็กเสา ให้ต่อบริเวณช่วงกลางความสูงเสา

ง.) l_{dh} = ระยะฝังเหล็ก (Development length)

จ.) อัตราส่วนพื้นที่หน้าตัด A_v/A_g ของเสา ต้องไม่น้อยกว่า



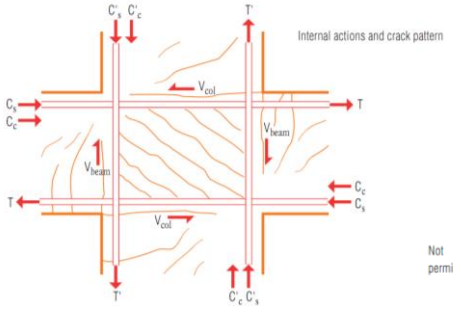
(ก) ของอ 90 องศา (สำหรับอาคารทั่วไป)

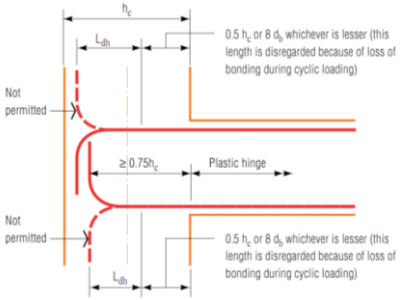
(ข) ของอ 135 องศา (สำหรับอาคารสาธารณะ)

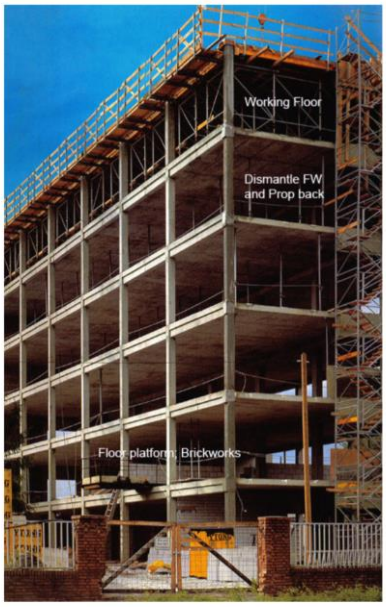
เหล็กปลอก

Beam-column connection

แรงกระทำในจุดต่อ







ACI-318 PROVISIONS FOR FLAT SLAB

มี 2 ประเด็น คือ

1. การกำหนดเป็น “Intermediate Frame”.

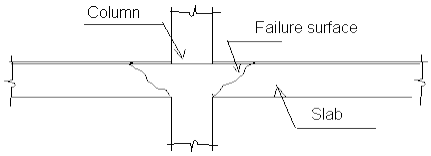
2. แม้ว่า ตามแนวคิด “โครงเฟรมเทียบเท่า” จะสามารถจำลองเสมือนโครงเฟรมที่ต้านทานแรงด้านข้างได้ แต่การออกแบบรับแรงแผ่นดินไหวนั้น โครงสร้างเฟรมของเสาและพื้นจะไม่ได้ต้านทานแผ่นดินไหวเลย (หรือแรงด้านข้าง) ดังนั้น อาคารจะต้องมีผนังรับแรงเฉือน หรือ ระบบโครงสร้างต้านทานแรงด้านข้างอื่นๆ เพื่อรับแรงด้านข้างทั้งหมด

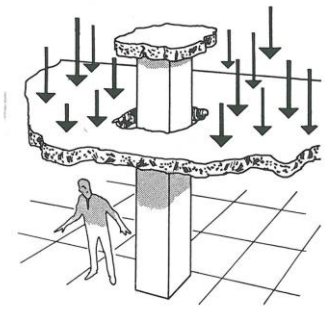
เหล็กเสริมในแผ่นพื้น

- เหล็กเสริมต้านทานโมเมนต์ดัด
- เหล็กเสริมต้านทานแรงเฉือนพื้นที่จุดรองรับเสา
- เหล็กอัดแรง (ระบบพื้นคอนกรีตอัดแรง)

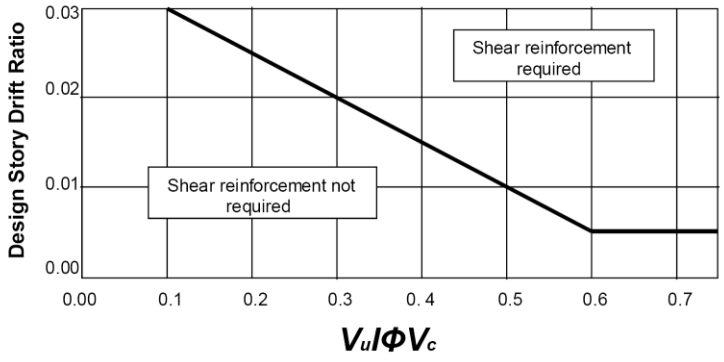
แรงเฉือนที่หัวเสา

- กำลังเฉือนพื้นคอนกรีต น้อยกว่าแรงเฉือนทะลุ (Punching shear)
- เพิ่มความหนาพื้น
- เพิ่ม column capital
- เพิ่ม Drop panel
- เพิ่มเหล็กเสริมรับแรงเฉือน



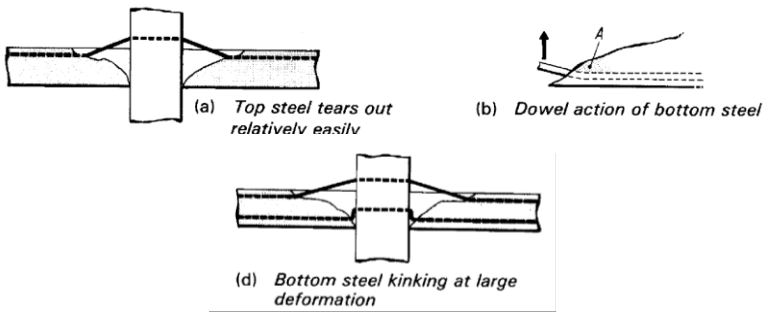


ความต้องการเหล็กเสริมรับแรงเฉือนเมื่อพิจารณา Story drift

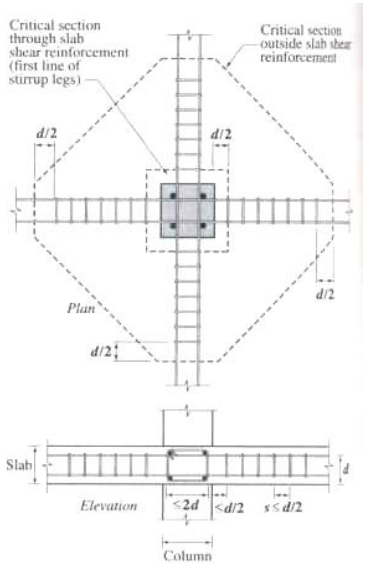


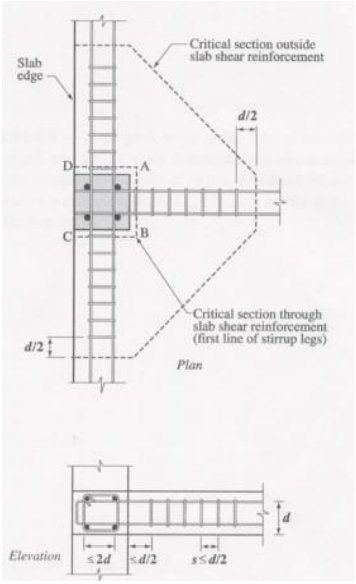
พฤติกรรมหลังจาก punching

- การเกิด punching ของเสาต้นที่หนึ่ง จะทำให้เสาต้นข้างเคียงรับน้ำหนักแทน
- เกิดการไม่สมดุลของโมเมนต์ ทำให้เกิด punching เพิ่มมากขึ้น และ มากขึ้น ๆๆ ตามกันไป
- เกิด Progressive collapse
- การให้รายละเอียดเหล็กเสริมโดยทั่วไป จะมีเหล็กตามแนวยาวด้านบนช่วยต้าน แต่คอนกรีตหุ้มได้ถูกแตกหักไปแล้ว และจะถูกดึงให้หลุดได้ง่าย



Shear strength of sections- ACI 318-02 clause 11.12





สรุปแนวคิดการออกแบบอาคารต้านแผ่นดินไหว

- เลือกระบบโครงสร้างต้านทานแรงแนวราบที่เหมาะสมกับขนาดของแรงแผ่นดินไหวที่ประเมิน รวมทั้งพิจารณาการรองรับเผื่อความเสียหาย (Redundant) และเส้นทางการส่งถ่ายแรง เพื่อให้โครงสร้างกระจายน้ำหนักอย่างเป็นระบบ
- คำนวณขนาดแรง และการกระจายของแรงแผ่นดินไหวไปตามระดับชั้นต่างๆ ประมาณการเคลื่อนตัว
- วิเคราะห์อาคาร และผลรวมของแรงต่างๆ ตรวจสอบความเพียงพอของกำลัง และการเสียรูปที่เกิดขึ้นในปริมาณที่ยอมรับได้
- ให้รายละเอียดการเสริมเหล็กที่ทำให้โครงสร้างมีความเหนียวเพียงพอ เพื่อรองรับกรณีแผ่นดินไหวที่รุนแรง (มากกว่าที่ออกแบบ)

ส่วนที่ 4. มาตรฐานการออกแบบ

กฎหมายและมาตรฐานการออกแบบโครงสร้างต้านทานแผ่นดินไหว

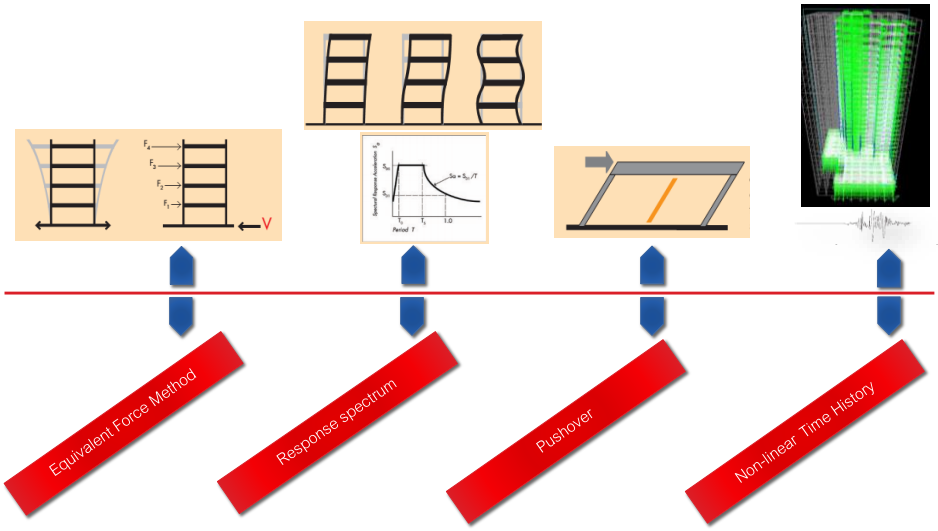
กฎกระทรวง ปี 2550

กฎกระทรวง

มยผ. 1301-54

มยผ. 1302-52

วิธีการวิเคราะห์เพื่อการออกแบบแผ่นดินไหว



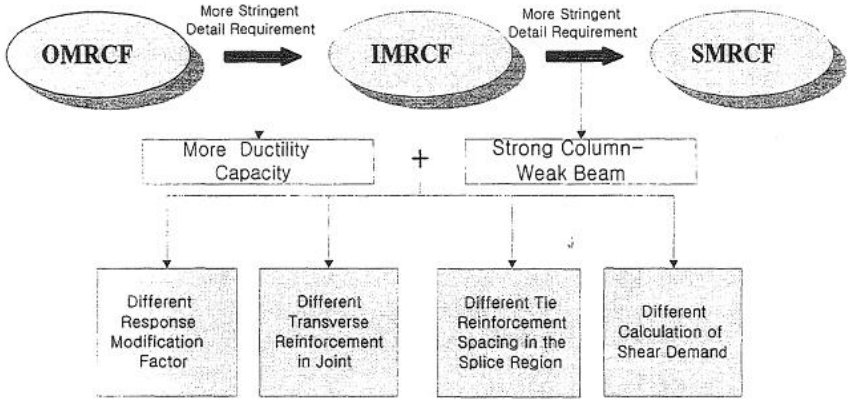
concrete moment frames

- according to an earthquake (seismic) risk level.
- ACI 318 (1999) classifies concrete moment frames into three types: (detailing requirements)
  - Ordinary Moment Resisting Concrete Frame (OMRCF),
  - Intermediate Moment Resisting Concrete Frame (IMRCF), and
  - Special Moment Resisting Concrete Frame (SMRCF).

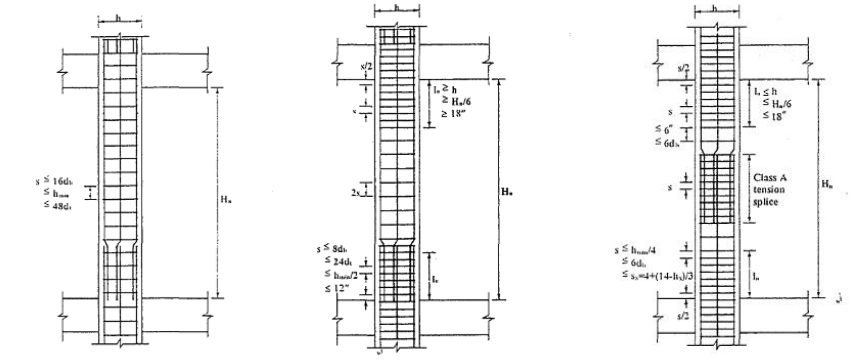
- ACI 318 requires the fewest and least stringent detailing provisions for members of OMRCF among three types of moment frames. The following are some examples:
  - (1) Fewest reinforcement requirements for shear and confinement in columns
  - (2) Lap splice location at the possible plastic hinge region

- there are no requirements for strong column-weak beam for OMRCF and IMRCF.
- OMRCF requires the fewest reinforcement details.
- In OMRCF and IMRCF, lap splices exist at the base of columns, where the potential location of plastic hinge during an earthquake is located.
- Lap splices in a column of SMRCF must be located in the middle of a column.

ความเข้มงวดในการออกแบบโครงเฟรมแต่ละประเภท



การเสริมเหล็กในเสา



(a) Ordinary moment frame (b) Intermediate moment frame (c) Special moment frame

กฎกระทรวง

กำหนดหลักเกณฑ์การอนุญาตดัดแปลงอาคาร
เพื่อเสริมความมั่นคงแข็งแรงของอาคารให้สามารถต้านแรงสั่นสะเทือนจากแผ่นดินไหว
พ.ศ. ๒๕๕๕

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา ๕ (๓) แห่งพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. ๒๕๒๒ และมาตรา ๘ (๓) (๑๑) และ (๑๒) แห่งพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. ๒๕๒๒ ซึ่งแก้ไขเพิ่มเติมโดยพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร (ฉบับที่ ๓) พ.ศ. ๒๕๔๓ อันเป็นกฎหมายที่มีบทบัญญัติบางประการเกี่ยวกับการจำกัดสิทธิและเสรีภาพของบุคคล ซึ่งมาตรา ๒๙ ประกอบกับมาตรา ๓๒ มาตรา ๓๓ มาตรา ๔๑ มาตรา ๔๒ และมาตรา ๔๓ ของรัฐธรรมนูญแห่งราชอาณาจักรไทย บัญญัติให้กระทำได้โดยอาศัยอำนาจตามบทบัญญัติแห่งกฎหมาย รัฐมนตรีว่าการกระทรวงมหาดไทยโดยคำแนะนำของคณะกรรมการควบคุมอาคารออกกฎกระทรวงไว้ ดังต่อไปนี้

ข้อ ๑ กฎกระทรวงนี้ให้ใช้บังคับแก่อาคารตามกฎหมายว่าด้วยการควบคุมอาคารในบริเวณที่กำหนดในกฎกระทรวงกำหนดการรับน้ำหนัก ความต้านทาน ความคงทนของอาคาร และพื้นดินที่รองรับอาคารในการต้านทานแรงสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว พ.ศ. ๒๕๕๐

ข้อ ๒ การเสริมความมั่นคงแข็งแรงของอาคารให้สามารถต้านแรงสั่นสะเทือนจากแผ่นดินไหว