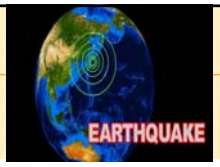
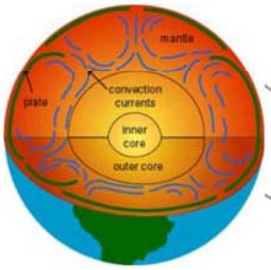
มาตรฐานประกอบการออกแบบอาคาร
เพื่อต้านทานการสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว
(มยผ.๑๓๐๑-๕๔)

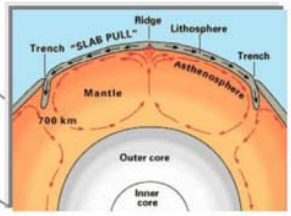
กลุ่มงานวิชาการโยธาธิการ
สำนักงานโยธาธิการและผังเมือง จังหวัดเชียงใหม่
กรมโยธาธิการและผังเมือง กระทรวงมหาดไทย

พื้นฐาน





ลักษณะโครงสร้างภายในโลก

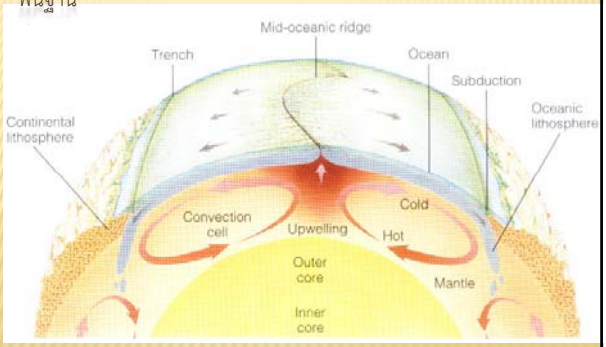


กระบวนการนำพาการแสดงความร้อนในชั้นเนื้อโลก

พื้นฐาน

แผ่นเปลือกโลกสำคัญ ๑๓ แผ่น

พื้นฐาน

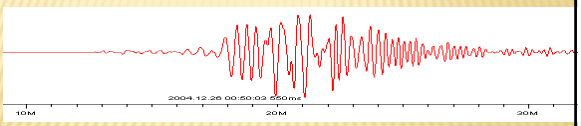


เพลทเทคโทนิค:กลไกของการเกิดการเคลื่อนที่ของแผ่นเปลือกโลก

พื้นฐาน

คลื่นแผ่นดินไหว แบ่งเป็น ๒ ชนิดใหญ่ๆ คือ Body Wave และ Surface Wave

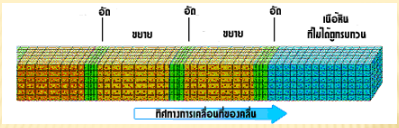
Body Wave



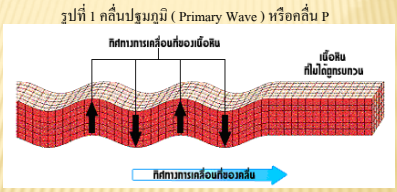
คลื่นปฐมภูมิ (Primary Wave) หรือ คลื่น P

คลื่นทุติยภูมิ (Secondary Wave) หรือ คลื่น S

พื้นฐาน



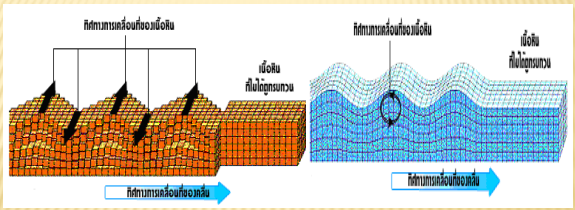
รูปที่ 1 คลื่นปฐมภูมิ (Primary Wave) หรือคลื่น P



รูปที่ ๒ คลื่นทุติยภูมิ (Secondary Wave) หรือคลื่น S

พื้นฐาน

Surface Wave (คลื่นพื้นผิว)

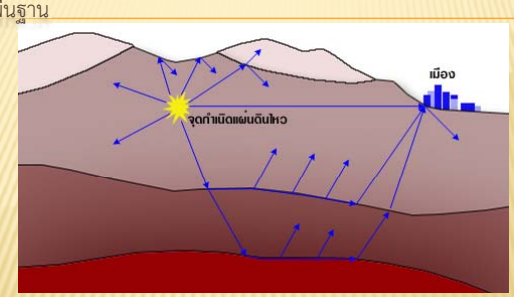


รูปที่ ๓ Love Wave

รูปที่ ๔ Rayleigh Wave

การเดินทางของคลื่นแผ่นดินไหว

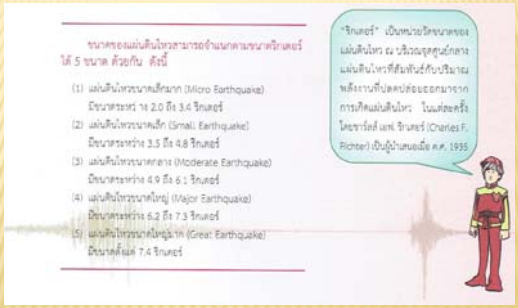
พื้นฐาน



รูปที่ ๕ การเดินทางของคลื่นแผ่นดินไหวจากจุดกำเนิดแผ่นดินไหว

พื้นฐาน

การวัดขนาดของแผ่นดินไหว (Magnitude)



พื้นฐาน

การวัดขนาดของแผ่นดินไหว (Magnitude) มาตราวัดขนาดของแผ่นดินไหวแบบริกเตอร์

ขนาดแผ่นดินไหว	จัดอยู่ในระดับ	ผลกระทบ	อัตราการเกิดทั่วโลก
๑.๙ ลงไป	ไม่รู้สึก (Micro)	ไม่มี	๘,๐๐๐ ครั้ง/วัน
๒.๐-๒.๙	เบามาก (Minor)	คนทั่วไปมักไม่รู้สึก แต่สามารถรู้สึกได้บ้าง และตรวจจับได้ง่าย	๑,๐๐๐ ครั้ง/วัน
๓.๐-๓.๙	เบามาก (Minor)	คนส่วนใหญ่รู้สึกได้ และบางครั้งสามารถสร้างความเสียหายได้บ้าง	๕๕,๐๐๐ ครั้ง/ปี
๔.๐-๔.๙	เบา (Light)	ข้าวของในบ้านสั่นไหวชัดเจน สามารถสร้างความเสียหายได้	๖,๒๐๐ ครั้ง/ปี
๕.๐-๕.๙	ปานกลาง (Moderate)	สร้างความเสียหายยืนเป็นได้กับสิ่งก่อสร้างที่ไม่มั่นคง แต่กับสิ่งก่อสร้างที่มั่นคงนั้นไม่มีปัญหา	๘๐๐ ครั้ง/ปี
๖.๐-๖.๙	แรง (Strong)	สร้างความเสียหายที่ค่อนข้างรุนแรงได้ในรัศมีประมาณ ๘๐ กิโลเมตร	๑๒๐ ครั้ง/ปี
๗.๐-๗.๙	รุนแรง (Major)	สามารถสร้างความเสียหายรุนแรงในบริเวณกว้างกว่า	๑๘ ครั้ง/ปี
๘.๐-๘.๙	รุนแรงมาก (Great)	สร้างความเสียหายรุนแรงได้ในรัศมีเป็นร้อยกิโลเมตร	๑ ครั้ง/ปี
๙.๐-๙.๙	รุนแรงมาก (Great)	"ล้างผลาญ" ทุกสิ่งทุกอย่างในรัศมีเป็นพันกิโลเมตร	๑ ครั้ง/๒๐ ปี
๑๐.๐ ขึ้นไป	ทำลายล้าง (Epic)	ไม่เคยเกิด จึงไม่มีบันทึกความเสียหายไว้	๐

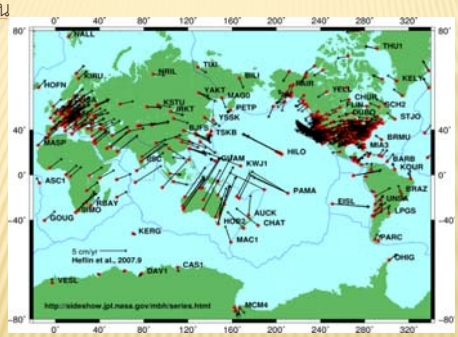
พื้นฐาน

การวัดความรุนแรงของแผ่นดินไหว (Intensity) ในประเทศไทยใช้มาตราเมอร์แคลลี่

อันดับที่	ลักษณะความรุนแรงโดยเปรียบเทียบ
I	เป็นอันดับที่อ่อนมาก ตรวจวัดโดยเครื่องมือ
II	พอรู้สึกได้สำหรับผู้ที่อยู่นิ่ง ๆ ในอาคารสูง ๆ
III	พอรู้สึกได้สำหรับผู้อยู่ในบ้าน แต่คนส่วนใหญ่ยังไม่รู้สึก
IV	ผู้อยู่ในบ้านรู้สึกว่าของในบ้านสั่นไหว
V	รู้สึกเกือบทุกคน ของในบ้านเริ่มแกว่งโคว
VI	รู้สึกได้กับทุกคนของหนักในบ้านเริ่มเคลื่อนไหว
VII	ทุกคนตกใจ สิ่งก่อสร้างเริ่มปรากฏความเสียหาย
VIII	เสียหายค่อนข้างมากในอาคารธรรมดา
IX	สิ่งก่อสร้างที่ออกแบบไว้อย่างดี เสียหายมาก
X	อาคารพัง รางรถไฟบิดงอ
XI	อาคารสิ่งก่อสร้างพังทลายเกือบทั้งหมด ผิวโลกปูดนูนและเลื่อนเป็นคลื่นบน พื้นดินอ่อน
XII	ทำลายหมดทุกอย่าง มองเห็นเป็นคลื่นบนแผ่นดิน

พื้นฐาน

การเคลื่อนที่ของแผ่นธรณีภาคทั่วโลก



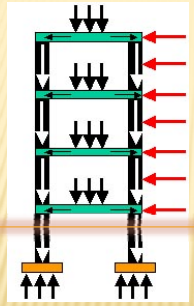
พื้นฐาน

รอยเลื่อนและศูนย์กลางแผ่นดินไหว ตั้งแต่พ.ศ. ๒๕๒๖ถึง ๒๕๔๘

พื้นฐาน

แรงที่กระทำต่ออาคารทั่วไป

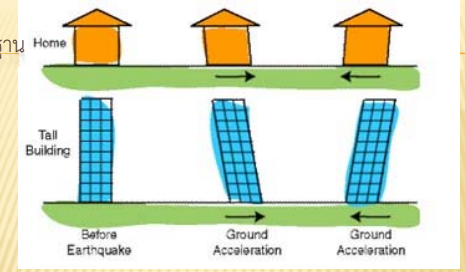
น้ำหนักบรรทุก
DL+LL+etc.



แรงลม
WL.

แรงต้านของดิน

พื้นฐาน



แผ่นดินไหวกับอาคาร

พื้นฐาน

การสั่นพ้อง (Resonance)

แผ่นดินไหว ที่จังหวัดเชียงราย

5 พ.ค.2557

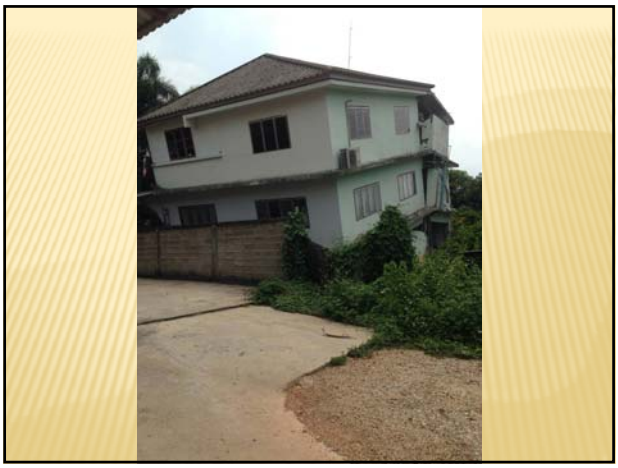
ขนาด 6.3 ริกเตอร์

ศูนย์ประสานงานเพื่อตรวจสอบอาคาร
เนื่องจากภัยพิบัติแผ่นดินไหวจังหวัดเชียงราย

สรุปผลการตรวจสอบ (ข้อมูล ณ วันที่ ๒๘ พ.ค. ๒๕๕๗)

อาคารภาครัฐ อาคารบ้านเรือนได้รับความเสียหาย ๗ อำเภอ ๔๕ ตำบล ๔๘๑ หมู่บ้าน

- บ้านเรือนเสียหายทั้งหลัง ๔๗๕ หลัง เสียหายบางส่วน ๒,๑๘๐ หลัง เสียหายเล็กน้อย ๗,๗๑๔ หลัง
- วัดเสียหายจำนวน ๑๒๕ แห่ง และโบสถ์คริสต์จำนวน ๗ แห่ง
- โรงเรียนเสียหายจำนวน ๕๖ แห่ง และมหาวิทยาลัยจำนวน ๑ แห่ง
- สถานที่ราชการเสียหายจำนวน ๒๙ แห่ง
- สถานพยาบาลเสียหายจำนวน ๒๐ แห่ง
- โรงงานอุตสาหกรรมเสียหายจำนวน ๖ แห่ง
- โรงแรมจำนวน ๑ แห่ง



The constant flow of water suspends
the sand grains and liquifies the sand
Quicksand
Dry Sand
Water flow
Underground Stream

พลกระทบที่ จ.เชียงใหม่

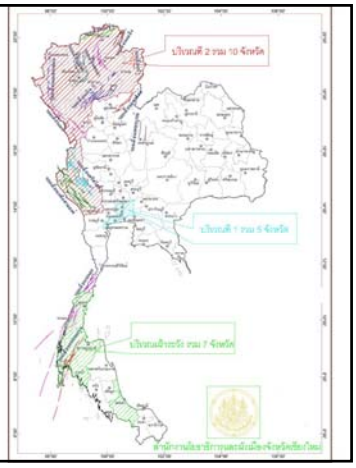
พื้นฐาน

กฎกระทรวง ฉบับที่ ๔๙ (พ.ศ. ๒๕๔๐)
ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. ๒๕๒๒

ยกเลิก

กฎกระทรวงกำหนดการรับน้ำหนัก ความต้านทาน ความคงทนของอาคาร
และพื้นดินที่รองรับอาคารในการต้านทานแรงสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว พ.ศ. ๒๕๕๐

ให้ใช้บังคับในบริเวณและอาคาร



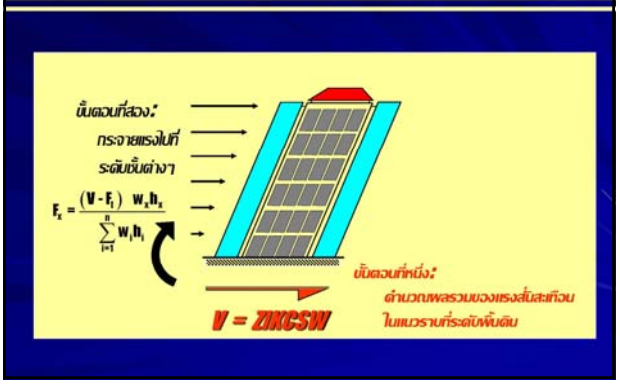
พื้นฐาน

ข้อ ๔ การออกแบบโครงสร้างอาคารในข้อ ๓ ให้ผู้คำนวณออกแบบคำนึงถึงการจัดรูปแบบเรขาคณิตให้มีเสถียรภาพในการต้านทานการสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว การกำหนดรายละเอียดปลีกย่อยชิ้นส่วนโครงสร้าง รวมทั้งบริเวณรอยต่อระหว่างปลายชิ้นส่วนโครงสร้างต่าง ๆและการจัดให้โครงสร้างทั้งระบบอย่างน้อยให้มีความเหนียวเทียบเท่าความเหนียวจำกัด (Limited Ductility)ตาม**มาตรฐานประกอบการออกแบบอาคารเพื่อต้านทานการสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหวของกรมโยธาธิการและผังเมือง** หรือมาตรฐานว่าด้วยการออกแบบอาคารต้านทานการสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหวที่สภาวิศวกรรับรอง

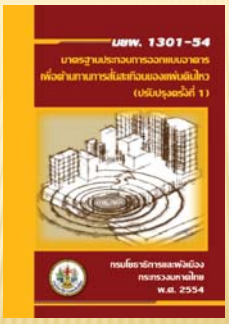
ข้อ ๖ การคำนวณออกแบบโครงสร้างอาคารที่มีลักษณะเป็นตึก บ้าน เรือน โรงหรือสิ่งก่อสร้างอย่างอื่นที่มีลักษณะคล้ายคลึงกัน และไม่อยู่ในบริเวณเฝ้าระวัง ให้ผู้คำนวณออกแบบคำนวณให้อาคารสามารถรับแรงสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหวได้ โดยคำนวณแรงเฉือนตามวิธีการ

$V = ZIKCSW$

(4) การคำนวณแรงสั่นสะเทือนจากแผ่นดินไหว



มยผ. ๑๓๐๑ - ๕๔



Download free ที่ http://eservices.dpt.go.th/eservice_๕/standard/index.html

เนื้อหาสำคัญของมยผ. ๑๓๐๑ - ๕๔

- เพิ่มเติมจากกฎกระทรวงกำหนดการรับน้ำหนัก ความต้านทาน ความคงทนของอาคารและพื้นดินที่รองรับอาคารในการต้านทานแรงสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว พ.ศ. ๒๕๕๐ ในข้อ ๔ “**ความเหนียวจำกัด**”
- ไม่คลอบคลุมถึงงานก่อสร้างถนน สะพาน เขื่อน อุโมงค์ และงานก่อสร้างอาคารชั่วคราว
- ข้อกำหนดในเรื่องลักษณะและรูปทรงของโครงสร้าง (ข้อ ๕ กฎกระทรวง)
- รายละเอียดการเสริมเหล็กโครงต้านแรงดัดที่มีความเหนียวจำกัดสำหรับโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก

เนื้อหาสำคัญของ มยผ. ๑๓๐๑ - ๕๔

- รายละเอียดการเสริมเหล็กโครงต้านแรงดัดสำหรับโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก ใน**บริเวณเฝ้าระวัง** ให้ปฏิบัติตามข้อ ๔.๔ (การเสริมเหล็กในเสา) และหากองค์อาคารเป็นแผ่นพื้นสองทางแบบไร้คาน ให้ปฏิบัติตามข้อ ๔.๘ (ปริมาณเหล็กเสริมล่างวางผ่านหรือฝังเข้าไปในแกนเสาในแต่ละทิศทางเพื่อป้องกันการวิบัติอย่างต่อเนื่อง)
- ข้อกำหนดการเสริมเหล็กในการออกแบบข้อต่อคานและเสา
- ข้อกำหนดการเสริมเหล็กในการออกแบบแผ่นพื้นสองทางไร้คาน

ส่วนที่ 1 ขอบข่าย

1.1 มาตรฐานประกอบการออกแบบอาคารเพื่อต้านทานการสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหวนี้เป็นข้อกำหนดเพิ่มเติมจาก กฎกระทรวงกำหนดการรับน้ำหนัก ความต้านทาน ความคงทนของอาคารและพื้นดินที่รองรับอาคารในการต้านทานแรงสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว พ.ศ. 2550 ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522 เพื่อให้การออกแบบและดำเนินโครงสร้างอาคารควบคุมตามกฎกระทรวง มีความมั่นคงแข็งแรงและปลอดภัย

1.2 ข้อกำหนดในมาตรฐานนี้ไม่ครอบคลุมถึงงานก่อสร้างถนน สะพาน เขื่อน อุโมงค์และงานก่อสร้างอาคารชั่วคราว

1.3 ข้อกำหนดเกี่ยวกับลักษณะและรูปทรงของโครงสร้างเป็นข้อกำหนดสำหรับการจำแนกอาคารตามลักษณะและรูปทรงของอาคาร เพื่อให้สอดคล้องกับการกำหนดรูปทรงของอาคารในกฎกระทรวง

1.4 ข้อกำหนดการเสริมเหล็กของโครงต้านแรงดัดที่มีความเหนียวจำกัดในส่วนที่ 4 เป็นข้อกำหนดขั้นต่ำสำหรับการออกแบบโครงสร้างอาคารควบคุมตามกฎกระทรวงที่ใช้โครงต้านแรงดัดเป็นโครงสร้างต้านแรงด้านข้าง และเป็นข้อกำหนดขั้นต่ำของข้อกำหนดออกแบบวิศวกรรมทั่วไป

1.5 ข้อกำหนดการเสริมเหล็กของโครงต้านแรงดัดที่มีความเหนียวจำกัดในส่วนที่ 4 ไม่ครอบคลุมถึงองค์อาคารที่ไม่ระบุให้เป็นส่วนของระบบรับแรงด้านข้าง (Members not Designated as Part of the Lateral-Force - Resisting System) ยกเว้นแผ่นพื้นสองทางแบบไร้คานที่ไม่เป็นส่วนของระบบรับแรงต้านข้าง ที่ผู้ออกแบบจะต้องปฏิบัติตามข้อ 4.7.4 และ 4.8 ตามมาตรฐานนี้ด้วย

1.6 หากไม่ได้มีการระบุเป็นอย่างอื่นแล้ว การรวมน้ำหนักบรรทุก (Load Combinations) ในมาตรฐานนี้ให้เป็นไปตามกฎกระทรวงฉบับที่ 6 (พ.ศ. 2537) ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522 โดยให้เทียบเคียงของแผ่นดินไหวตามกฎกระทรวง

1.7 ข้อกำหนดการเสริมเหล็กของโครงต้านแรงดัดที่มีความเหนียวจำกัดในบริเวณเฝ้าระวังอย่างน้อยให้ปฏิบัติตามข้อ 4.4 และหากองค์อาคารเป็นแผ่นพื้นสองทางแบบไร้คานจะต้องปฏิบัติตามข้อ 4.8 ตามมาตรฐานนี้ด้วย

1.8 มาตรฐานนี้ใช้หน่วย SI (International System Units) เป็นหลักและมีหน่วยเมตริกกำกับในวงเล็บต่อท้าย โดยการแปลงหน่วยของแรงใช้ 1 กิโลกรัมแรงเท่ากับ 9.806 นิวตัน

ส่วนที่ 2 นิยามและสัญลักษณ์

ส่วนที่ 3ลักษณะและรูปทรงของโครงสร้าง

เกณฑ์กำหนดสำหรับการจำแนกอาคารตามลักษณะและรูปทรงของโครงสร้าง

ความไม่สม่ำเสมอของโครงสร้างในแนวดิ่ง

ความไม่สม่ำเสมอของผังโครงสร้าง

มยผ. ๑๓๐๑ - ๕๔

เกณฑ์กำหนดสำหรับการจำแนกอาคารตามลักษณะและรูปทรงของโครงสร้าง

มยผ. ๑๓๐๑ – ๕๔

1 ความไม่สม่ำเสมอของโครงสร้างในแนวดิ่ง

ความไม่สม่ำเสมอของสติฟเนส (Stiffness irregularity) หรือชั้นที่อ่อน (Soft Story)

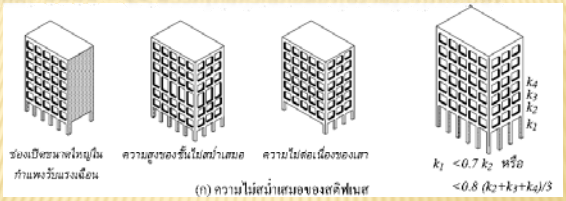
ชั้นที่อ่อน หมายถึง ชั้นที่มีสติฟเนสทางด้านข้าง (Lateral Stiffness) มีค่าน้อยกว่าร้อยละ 70 ของชั้นที่เหนือถัดขึ้นไปหรือน้อยกว่าร้อยละ 80 ของสติฟเนสเฉลี่ยของสามชั้นที่เหนือขึ้นไป

สำหรับ คาน $I_{eff} = 0.35 I_g$

สำหรับ เสา $I_{eff} = 0.7 I_g$

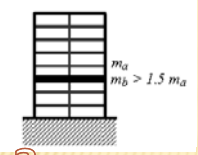
คำนวณค่าสติฟเนสของโครงสร้างแต่ละชั้น จาก $k = \dfrac{12E}{h^2\left\{\dfrac{1}{\sum \frac{I_c}{h}} + \dfrac{1}{\sum \frac{I_b}{l}}\right\}}$

มยผ. ๑๓๐๑ – ๕๔ ความไม่สม่ำเสมอของโครงสร้างในแนวดิ่ง



(ก) ความไม่สม่ำเสมอของสติฟเนส

มยผ. ๑๓๐๑ – ๕๔ ความไม่สม่ำเสมอของโครงสร้างในแนวดิ่ง



2 **ความไม่สม่ำเสมอของมวล (Mass Irregularity)**

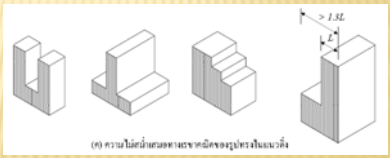
ความไม่สม่ำเสมอของมวล หมายถึง มวลประสิทธิผล (Effective Mass) ของชั้นใดๆ มีค่ามากกว่าร้อยละ 150 ของชั้นที่ติดกัน (หลังคาที่มีมวลน้อยกว่าพื้นชั้นถัดลงมาไม่จำเป็นต้องนำมาพิจารณา)

มยผ. ๑๓๐๑ – ๕๔ ความไม่สม่ำเสมอของโครงสร้างในแนวดิ่ง

3

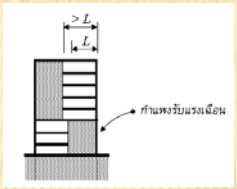
ความไม่สม่ำเสมอทางเรขาคณิตของรูปทรงในแนวดิ่ง (Vertical Geometrical Irregularity)

ความไม่สม่ำเสมอทางเรขาคณิตของรูปทรงในแนวดิ่ง หมายถึง มิติในแนวราบของระบบต้านแรงทางด้านข้างของชั้นใด ๆ มีค่ามากกว่าร้อยละ 130 ของชั้นที่ติดกัน ยกเว้น Penthouse ที่สูง 1 ชั้น ไม่จำเป็นต้องนำมาพิจารณา



(ก) ความไม่สม่ำเสมอทางเรขาคณิตของรูปทรงในแนวดิ่ง

มยผ. ๑๓๐๑ – ๕๔ ความไม่สม่ำเสมอของโครงสร้างในแนวดิ่ง

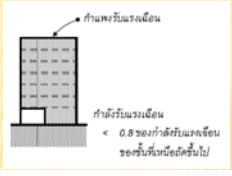


4

ความไม่ต่อเนื่องในระนาบขององค์อาคารต้านแรงด้านข้างในแนวดิ่ง (In-Plane Discontinuity in Vertical Lateral-Force-Resisting Element)

ความไม่ต่อเนื่องในระนาบขององค์อาคารในแนวดิ่งจะพิจารณาเมื่อระยะเยื้องในระนาบขององค์อาคารต้านแรงด้านข้างมีค่ามากกว่าความยาวขององค์อาคารนั้นๆ

มยผ. ๑๓๐๑ – ๕๔ ความไม่สม่ำเสมอของโครงสร้างในแนวดิ่ง



5

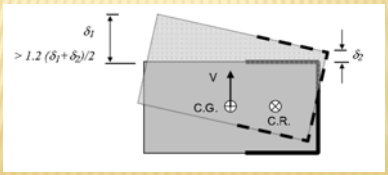
ความไม่ต่อเนื่องของกำลัง (Discontinuity in Capacity) หรือชั้นที่อ่อนแอ (Weak Story)

ชั้นที่อ่อนแอ หมายถึง ชั้นที่มีผลรวมกำลังของชิ้นส่วนที่ทำหน้าที่ร่วมกันรับแรงแผ่นดินไหวในทิศทางที่พิจารณาทั้งหมด มีค่าน้อยกว่าร้อยละ 80 ของชั้นที่เหนือถัดขึ้นไป

มยผ. ๑๓๐๑ – ๕๔ ความไม่สม่ำเสมอของผังโครงสร้าง

ความไม่สม่ำเสมอเชิงการบิด (Torsional Irregularity) พิจารณากรณีที่ไดอะแฟรมเป็นประเภทไม่อ่อนตัว (Not Flexible)

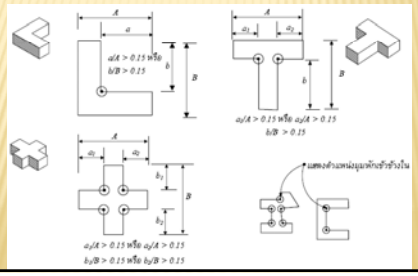
โครงสร้างจะถือว่ามีความไม่สม่ำเสมอเชิงการบิดเมื่อค่าสูงสุดของการเคลื่อนตัวด้านข้างระหว่างชั้นในแนวตั้งฉากกับแนวแกน [คำนวณจากแรงด้านข้างที่รวมผลของแรงบิดโดยบังเอิญ (Accidental Torsion)] ที่ปลายด้านหนึ่งของโครงสร้างมีค่ามากกว่า 1.2 เท่าของค่าเฉลี่ยที่ปลายทั้งสองด้าน



มยผ. ๑๓๐๑ – ๕๔ ความไม่สม่ำเสมอของผังโครงสร้าง

ความไม่สม่ำเสมอจากการมีมุมหักเข้าข้างใน (Re-Entrant Corners)

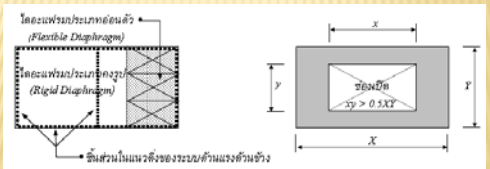
โครงสร้างจะถือว่ามีความไม่สม่ำเสมอจากการมีมุมหักเข้าข้างใน เมื่อผังโครงสร้างและระบบด้านแรงด้านข้างมีลักษณะหักเข้าข้างใน ทำให้เกิดส่วนอื่น โดยที่ส่วนอื่นนั้นมีระยะฉากในแต่ละทิศทางมากกว่าร้อยละ 15 ของมิติของผังในทิศทางนั้น



มยผ. ๑๓๐๑ – ๕๔ ความไม่สม่ำเสมอของผังโครงสร้าง

ความไม่ต่อเนื่องของไดอะแฟรม (Diaphragm Discontinuity)

โครงสร้างจะถือว่ามีความไม่ต่อเนื่องของไดอะแฟรม เมื่อไดอะแฟรมมีความไม่ต่อเนื่องหรือมีการเปลี่ยนค่าสติฟเนสอย่างทันทีทันใด รวมถึงการเจาะช่องหรือมีช่องเปิดมากกว่าร้อยละ 50 ของพื้นที่ไดอะแฟรมหรือสติฟเนสประสิทธิผลของไดอะแฟรมของชั้นใดชั้นหนึ่งมีการเปลี่ยนแปลงมากกว่าร้อยละ 50 เมื่อเทียบกับชั้นถัดไป



มยผ. ๑๓๐๑ – ๕๔ ความไม่สม่ำเสมอของผังโครงสร้าง

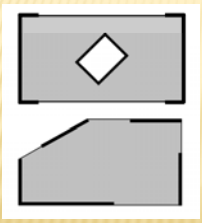
การเยื้องออกนอกระนาบ (Out-of-Plane Offsets)

โครงสร้างจะถือว่ามีความไม่สม่ำเสมอจากการเยื้องออกนอกระนาบเมื่อเส้นทาง การถ่ายแรงของแรงด้านข้างมีความไม่ต่อเนื่อง เช่น กรณีมีการเยื้องระหว่างระนาบของกำแพงรับแรงด้านข้าง

มยผ. ๑๓๐๑ – ๕๔ ความไม่สม่ำเสมอของผังโครงสร้าง

ระบบที่ไม่ขนานกัน (Nonparallel Systems)

ระบบที่ไม่ขนานกัน ได้แก่ ระบบที่มีชิ้นส่วนแนวดิ่งที่ต้านแรงด้านข้างวางตัวในแนวที่ไม่ขนานกัน หรือไม่สมมาตรกัน เมื่อเทียบกับแกนหลักของระบบต้านแรงด้านข้าง



ส่วนที่ 4 รายละเอียดการเสริมเหล็กโครงต้านแรงดัดที่มีความเหนียวจำกัด สำหรับโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก

กำลังต้านแรงเฉือน

การเสริมเหล็กในคาน

การเสริมเหล็กในเสา

การออกแบบข้อต่อระหว่างคานและเสา

การเสริมเหล็กในแผ่นพื้นสองทางคอนกรีตเสริมเหล็กแบบไร้คาน

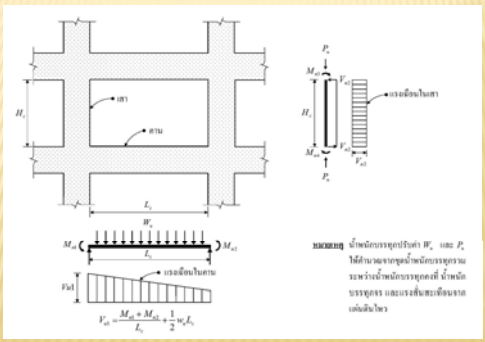
แรงเฉือนทะลุในแผ่นพื้นสองทางแบบไร้คาน

ป้องกันการวิบัติอย่างต่อเนื่อง (Progressive Collapse)

ข้องอสำหรับโครงสร้างรับแรงสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว

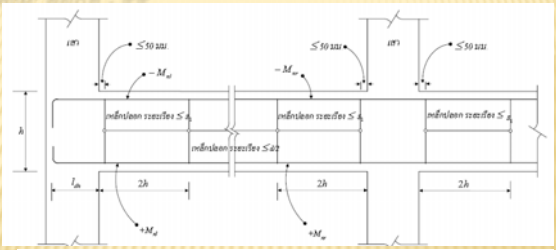
ฐานรากอาคาร

มยผ. ๑๓๐๑ - ๕๔ กำลังต้านแรงเฉือน



การเสริมเหล็กในคาน

มยผ. ๑๓๐๑ - ๕๔



ก) ระยะเรียงของเหล็กปลอก s ต้องไม่มากกว่าค่าที่น้อยสุดของค่าดังต่อไปนี้

(1) 1 ใน 4 ของความลึกประสิทธิผล (2) 8 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางเหล็กเสริมตามความยาวที่มีขนาดเล็กสุด

(3) 24 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางเหล็กปลอก และ (4) 300 มิลลิเมตร

ข) กำลังต้านโมเมนต์ของคานต้องเป็นไปตามข้อกำหนดดังต่อไปนี้ (1) $+M_n \geq (1/3)(-M_{nl})$ (2) $+M_m \geq (1/3)(-M_{nr})$ และ

(3) $+M_n$ และ $-M_n$ ที่หน้าตัดใดๆ $\geq (1/5)$ ของกำลังสูงสุดระหว่าง $-M_n$ และ $-M_m$

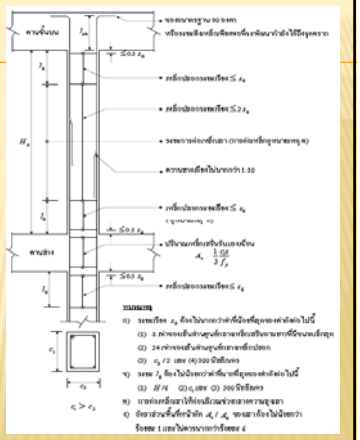
มยผ. ๑๓๐๑ - ๕๔

การเสริมเหล็กในเสา

"พื้นที่หน้าตัดเหล็กเสริมตามยาวของเสาจะต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ ๑ และไม่ควรมากกว่าร้อยละ ๖ ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด"

"การต่อเหล็กเสริมในเสาควรต่อบริเวณช่วงกลางความสูงเสา"

"รอยต่อของเหล็กเสริมแต่ละเส้นที่อยู่ข้างเคียงต้องไม่อยู่ในแนวเดียวกัน และควรเหลื่อมกัน ประมาณ ๓.๐๐ เมตร"



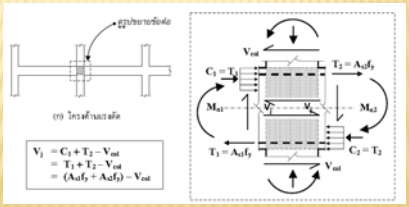
มยผ. ๑๓๐๑ - ๕๔

การออกแบบข้อต่อระหว่างคานและเสา

ข้อต่อระหว่างคานและเสาต้องมีขนาดใหญ่เพียงพอเพื่อมิให้แรงภายในข้อต่อมีค่าเกินกว่ากำลังของข้อต่อ

$$V_j \leq \phi V_n$$

ตัวคูณลดกำลัง Ø = 0.85

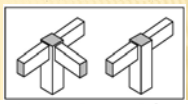


มยผ. ๑๓๐๑ – ๕๔ **การออกแบบข้อต่อระหว่างคานและเสา**

(1) ข้อต่อที่ได้รับการยึดรั้งจากคานทั้ง 4 ด้าน [รูปที่ 7 (ก)]

$V_n = 1.7\sqrt{f'_c}A_j$

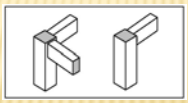
$(V_n = 5.4\sqrt{f'_c}A_j$ ในหน่วยเมตริก)



(2) ข้อต่อที่ได้รับการยึดรั้งจากคาน 3 ด้าน หรือคาน 2 ด้านที่อยู่ตรงข้ามกัน [รูปที่ 7 (ข)]

$V_n = 1.25\sqrt{f'_c}A_j$

$(V_n = 4.0\sqrt{f'_c}A_j$ ในหน่วยเมตริก)

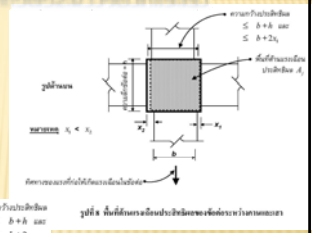


(3) ข้อต่ออื่นๆ [รูปที่ 7 (ค)]

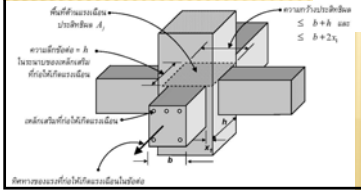
$V_n = 1.0\sqrt{f'_c}A_j$

$(V_n = 3.2\sqrt{f'_c}A_j$ ในหน่วยเมตริก)

มยผ. ๑๓๐๑ – ๕๔ **การออกแบบข้อต่อระหว่างคานและเสา**

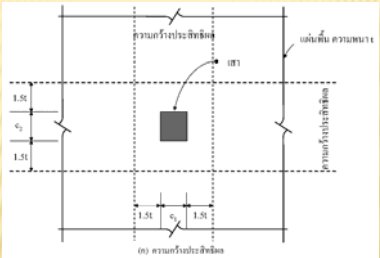


รูปที่ 8 พื้นที่ด้านตรงเฉือนประสิทธิผลของข้อต่อระหว่างคานและเสา



มยผ. ๑๓๐๑ - ๕๔

การเสริมเหล็กในแผ่นพื้นสองทางดอนกรีตเสริมเหล็กแบบไร้คาน

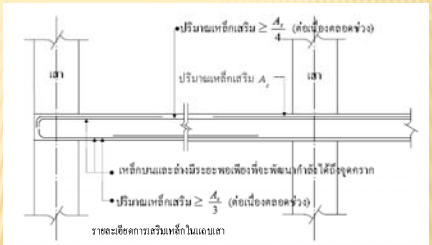


รูปที่ ๑ รายละเอียดการเสริมเหล็กในแผ่นพื้นสองทางแบบไร้คาน

มยผ. ๑๓๐๑ - ๕๔

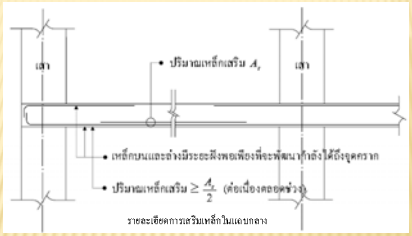
การเสริมเหล็กในแผ่นพื้นสองทางแบบไร้คาน – แถบเสา

"จะต้องมีเหล็กเสริมบนไม่น้อยกว่า 2 เส้น วางผ่านแถบเสาในแต่ละทิศทาง"



รายละเอียดการเสริมเหล็กในแถบเสา

มยผ. ๑๓๐๑ - ๕๔



รายละเอียดการเสริมเหล็กในแถบกลาง

การเสริมเหล็กในแผ่นพื้นสองทางแบบไร้คาน – แถบกลาง

มยผ. ๑๓๐๑ - ๕๔

แรงเฉือนทะลุในแผ่นพื้นสองทางแบบไร้คาน

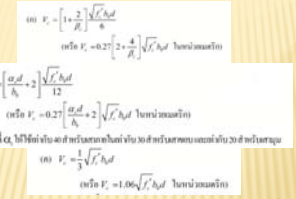
๑.หน่วยแรงเฉือนเจาะทะลุบนหน้าตัดวิกฤติรอบเสาที่เกิดจากน้ำหนักบรรทุกแนวดิ่งร่วมกับหน่วยแรงเฉือนที่เกิดจากโมเมนต์ไม่สมดุลที่ส่งถ่ายระหว่างเสาและพื้นจะต้องไม่เกินกำลังต้านแรงเฉือนที่กำหนดไว้ในมาตรฐานสำหรับอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กโดยวิธีกำลังของ วสท.

มยผ. ๑๓๐๑ - ๕๔

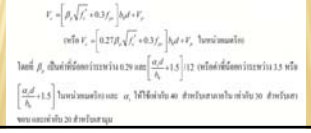
๒.ค่า อัตราส่วนแรงเฉือน $V_u / \emptyset V_c$ ที่คำนวณได้จะต้องไม่เกิน ๐.๔ โดยที่ V_u เป็นแรงเฉือนปรับค่าบนหน้าตัดวิกฤตรอบเสาที่เกิดจากน้ำหนักบรรทุกในแนวดิ่งขนาดเท่ากับ ๑.๒D + ๑.๐L ซึ่งตัวคูณน้ำหนักบรรทุกในส่วนของหน่วยน้ำหนักบรรทุกจร (L) สามารถลดลงจาก ๑.๐ เป็น ๐.๕ ได้ หากหน่วยน้ำหนักจรมีค่าน้อยกว่า ๔.๙ กิโลนิวตันต่อตารางเมตร (๕๐๐ กิโลกรัมแรงต่อตารางเมตร) เว้นแต่อาคารนั้นเป็นที่อาคารจอดรถ หรือพื้นที่ที่ใช้เป็นส่วนของการชุมนุมคน ตัวคูณกำลัง Ø ในที่นี้ ให้ใช้เท่ากับ ๐.๗๕ และ V_c ให้คำนวณตามรายละเอียดดังนี้.

$$V_u / \emptyset V_c \leq 0.4$$

(๑) สำหรับแผ่นพื้นไร้คานคอนกรีตเสริมเหล็ก V_c ให้ใช้ค่าน้อยที่สุดของค่าดังต่อไปนี้



(๒) สำหรับแผ่นพื้นไร้คานคอนกรีตอัดแรง V_c ให้ใช้ค่าดังต่อไปนี้



๓.ข้อกำหนดในข้อ ๒. ไม่จำเป็นต้องนำมาพิจารณาหากหน่วยแรงเฉือนปรับค่าแบบสองทาง(Factored Two-Way Shear Stress) ณ ตำแหน่งที่ให้ค่าสูงสุดมีค่าไม่เกินครึ่งหนึ่งของหน่วยแรงเฉือน ϕV_n โดยหน่วยแรงเฉือนปรับค่าดังกล่าวเป็นส่วนของหน่วยแรงเฉือนที่เกิดจากแรงแผ่นดินไหวและส่งถ่ายโดยการเยื้องศูนย์ของแรงเฉือน(Eccentricity of Shear) และ ϕV_n ให้คำนวณดังต่อไปนี้.

(n) สำหรับองค์อาคารที่ไม่เสริมเหล็กรับแรงเฉือน

$$\phi v_c = \frac{\phi V_c}{b_o d}$$

(ข) สำหรับองค์อาคารที่เสริมเหล็กรับแรงเฉือนบนหน้าตัดเหนือจากเหล็กเหนี่ยวรั้งรับแรงเฉือน (Shearhead)

$$\phi v_c = \frac{\phi (V_c + V_s)}{b_o d}$$

๔.สำหรับข้อต่อพื้นเสาในระบบแผ่นพื้นสองทางแบบไร้คานที่ไม่ได้เป็นส่วนหนึ่งของระบบรับแรงด้านข้าง จะต้องจัดให้มีเหล็กเสริมต้านแรงเฉือนในแผ่นพื้นโดยที่กำลังต้านแรงเฉือนของเหล็กเสริม V_s จะต้องไม่น้อยกว่า ๐.๓๑$\sqrt{f'_c}\, b_o d$ (หรือไม่น้อยกว่า 0.93 $\sqrt{f'_c}\, b_o d$ ในหน่วยเมตริก) และต้องวางเหล็กเสริมดังกล่าวออกไปจากขอบของที่รองรับเป็นระยะไม่น้อยกว่า 4 เท่าของความหนาแผ่นพื้น แต่ข้อกำหนดข้างต้นอาจยกเว้นได้ หากการออกแบบเป็นไปตาม

(1) หน่วยแรงเฉือนจะพะลุบนหน้าตัดวิกฤตรอบเสาที่เกิดจากแรงเฉือนปรับค่า V_u ร่วมกับหน่วยแรงเฉือนที่เกิดจากโมเมนต์ไม่สมดุลที่ส่งถ่ายระหว่างเสาและพื้นภายใต้การเคลื่อนตัวด้านข้างออกแบบจะต้องไม่เกินกำลังด้านแรงเฉือนที่กำหนดไว้ในมาตรฐานสำหรับอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กโดยวิธีกำลังของสมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย

(2) ค่าการเคลื่อนตัวสัมพัทธ์ด้านข้างระหว่างชั้นออกแบบ (Design Story Drift) จะต้องไม่เกินกว่าค่าที่มากกว่าระหว่าง 0.005 ของความสูงระหว่างชั้น และ $[0.035 - 0.05(V_u / \phi V_n)]$

กรณีที่ใช้การคำนวณแรงสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหวตามกฎกระทรวง ค่าการเคลื่อนตัวด้านข้างออกแบบให้คำนวณจากการเคลื่อนตัวในระบบรับแรงด้านข้างภายใต้แรงดังกล่าวคูณด้วยอัตราส่วน 3/K เมื่อ K เป็นค่าสัมประสิทธิ์ของโครงสร้างอาคารที่รับแรงในแนวราบตามที่กำหนดในกฎกระทรวง ส่วนกรณีที่ใช้การคำนวณแรงสั่นสะเทือนในสถานะจำกัดด้านกำลัง (Strength Limit State) และใช้การวิเคราะห์แบบยืดหยุ่น (Elastic Analysis) ค่าการเคลื่อนตัวด้านข้างออกแบบให้คำนวณจากการเคลื่อนตัวในระบบรับแรงด้านข้างภายใต้แรงดังกล่าวคูณด้วยตัวประกอบขยายค่าการโก่งตัวที่เหมาะสม

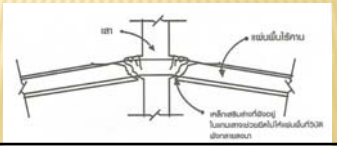
การคำนวณค่า V_u และ ϕV_c ให้เป็นไปตามข้อ ๒.

มยผ. ๑๓๐๑ - ๕๔ ป้องกันการวิบัติอย่างต่อเนื่อง (Progressive Collapse)

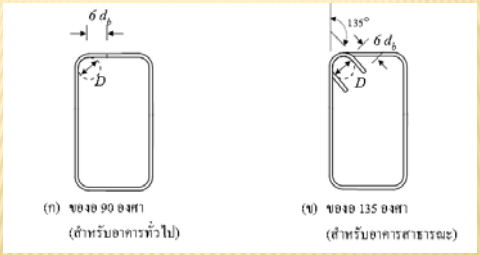
ป้องกันการวิบัติอย่างต่อเนื่อง (Progressive Collapse) จุดรองรับภายในจะต้องมีเหล็กเสริมล่างวางผ่านหรือฝังเข้าไปในแกนเสาในแต่ละทิศทางเป็นปริมาณไม่น้อยกว่า

$$A_{sm} = \frac{0.5 w_u L_1 L_2}{0.9 f_y}$$

โดยที่ w_u เป็นน้ำหนักบรรทุกปรับค่ากระจายอย่างสม่ำเสมอ แต่ทั้งนี้จะต้องไม่น้อยกว่า ๒ เท่าของน้ำหนักบรรทุกคงที่ใช้งาน (Service Dead Load) สำหรับจุดรองรับที่ขอบและที่มุม เหล็กเสริมล่างที่จัดวางผ่านหรือฝังเข้าไปในแกนเสาจะต้องมีปริมาณไม่น้อยกว่าสองในสามและหนึ่งในสองของปริมาณที่กำหนดไว้ในสมการข้างต้นโดยลำดับ โดยที่เหล็กเสริมดังกล่าวจะต้องวางผ่านหรือฝังเข้าไปในเสา ทั้งนี้เหล็กเสริมล่างในแถบเสา สามารถนำมาใช้เป็นส่วนหนึ่งของพื้นที่หน้าตัดเหล็กเสริม A_{sm} ได้



มยผ. ๑๓๐๑ – ๕๔ ข้องอสำหรับโครงสร้างรับแรงสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว



(ก) ของอ 90 องศา (สำหรับอาคารทั่วไป)

(ข) ของอ 135 องศา (สำหรับอาคารสาธารณะ)

รายละเอียดของอ

มยผ. ๑๓๐๑ – ๕๔ ฐานราก

"ผู้ออกแบบและคำนวณจะต้องคำนึงถึงการส่งถ่ายแรงแผ่นดินไหวจากโครงสร้างอาคารส่วนบนเข้าสู่ฐานรากนอกเหนือจากแรงหรือน้ำหนักบรรทุกประเภทอื่นด้วย ในกรณีที่ฐานรากใช้ระบบเสาเข็มจะต้องคำนึงถึงการส่งถ่ายแรงแผ่นดินไหวจากฐานรากเข้าสู่เสาเข็มด้วย เช่น การกำหนดปริมาณเหล็กเสริมในเสาเข็มที่ฝังอยู่ในฐานราก การพิจารณาความสามารถในการรับแรงด้านข้างของเสาเข็มแต่ละต้น"

"The soil underneath the tank liquefied during the Kobe earthquake on January ๑๗, ๑๙๙๕."

Photograph from the Kobe Geotechnical Collection, EERC,

การปรับปรุงอาคารในพื้นที่เสี่ยงภัยแผ่นดินไหว

- กฎหมายควบคุมอาคารได้ยกเว้นอาคารควบคุมในพื้นที่เสี่ยงภัยแผ่นดินไหวที่ได้รับใบอนุญาตหรือได้รับใบรับแจ้งการก่อสร้างหรืออาคารที่มีอยู่ก่อนวันที่ ๓๐ พฤศจิกายน ๒๕๕๐ ไม่ต้องปฏิบัติตามกฎกระทรวง
- อาคารหากมีการออกแบบและก่อสร้างที่ได้มาตรฐานและมีการควบคุมการใช้วัสดุให้ถูกต้องตามหลักวิชาการแล้ว อาคารก็จะมีความต้านทานต่อแรงสั่นสะเทือนจากแผ่นดินไหวได้ในระดับหนึ่ง แต่หากเจ้าของอาคารต้องการปรับปรุงอาคารของตนให้สามารถต้านทานแรงแผ่นดินไหวได้ตามมาตรฐานสากลก็ควรจะพิจารณาประเมินและเสริมกำลังโครงสร้างของอาคารให้แข็งแรงขึ้น

การปรับปรุงอาคารในพื้นที่เสี่ยงภัยแผ่นดินไหว

- ปัจจัยสำคัญที่ใช้ประกอบในการพิจารณาเสริมความมั่นคงแข็งแรงของอาคารมีดังนี้
  - ค่าใช้จ่าย งบประมาณเป็นปัจจัยสำคัญในการเลือกวิธีการปรับปรุงอาคาร
  - สภาพการใช้สอยของอาคาร เช่น การเสริมความมั่นคงโดยใช้โครงแกงแนงยึดโยงหัวเสาไม่ควรเป็นอุปสรรคต่อการเข้าถึงอาคารหรือจากการอพยพหนีไฟ
  - ความสวยงามของอาคารระหว่างและภายหลังการเสริมความมั่นคงแข็งแรง
  - ระดับความเสี่ยงภัยแผ่นดินไหว หากอาคารตั้งอยู่ในพื้นที่ที่มีระดับความเสี่ยงสูง เช่น บริเวณใกล้รอยเลื่อนในภาคเหนือ ก็ต้องได้รับการเสริมความมั่นคงแข็งแรงในระดับที่สูงขึ้น

วิธีการปรับปรุงอาคารในพื้นที่เสี่ยงภัยแผ่นดินไหว

- การเสริมกำลังให้ระบบต้านแรงด้านข้างที่มีอยู่แล้ว
  - โครงต้านแรงดัดคอนกรีตเสริมเหล็กอาจเสริมกำลังของเสาและคานที่เป็นส่วนของโครงต้านแรงดัดคอนกรีตเสริมเหล็กโดยการพอกคอนกรีตหุ้มขึ้นส่วนเดิม
  - สำหรับโครงต้านแรงดัดเหล็กรูปพรรณสามารถทำได้โดยการเสริมกำลังรับแรงดัดให้ข้อต่อโดยใช้แผ่นเหล็กเสริม หรือการเสริมกำลังให้กับชิ้นส่วนโดยใช้แผ่นเหล็กประกับข้าง

(ที่มา: G E Thermou and A S Elnashai, ๒๐๐๕)

วิธีการปรับปรุงอาคารในพื้นที่เสี่ยงภัยแผ่นดินไหว

- การเพิ่มระบบต้านแรงด้านข้าง
  - การเพิ่มโครงแกงแนงหรือกำแพงรับแรงเฉือนเพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการรับแรงสั่นสะเทือนให้กับอาคาร

(ที่มา: Leonard G., ๒๐๐๔)

(ที่มา: G E Thermou and A S Elnashai, ๒๐๐๕)

วิธีการปรับปรุงอาคารในพื้นที่เสี่ยงภัยแผ่นดินไหว

- การเสริมความแข็งแรงให้กับฐานรากอาคาร โดยคำนึงถึงการส่งถ่ายแรงแผ่นดินไหวจากโครงสร้างอาคารส่วนบนเข้าสู่ฐานราก
  - ฐานรากระบบเสาเข็มจะต้องคำนึงถึงการส่งถ่ายแรงแผ่นดินไหวจากฐานรากเข้าสู่เสาเข็มด้วย อีกทั้งความสามารถในการรับแรงด้านข้างของเสาเข็มแต่ละต้น รวมถึงปริมาณเหล็กเสริมในเสาเข็มที่ฝังอยู่ในฐานรากด้วย
    - การเจาะเข็มเพิ่มเพื่อขยายฐานราก และการปรับปรุงบริเวณข้อต่อต่าง ๆ ของฐานรากโดยการเสริมเหล็กเพิ่มและการขยายข้อต่อ

(ที่มา: G E Thermou and A S Elnashai, ๒๐๐๕)

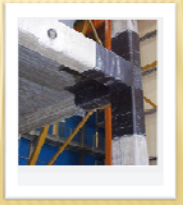
วิธีการปรับปรุงอาคารในพื้นที่เสี่ยงภัยแผ่นดินไหว

- การใช้อุปกรณ์ควบคุมการสั่นสะเทือนของอาคารเพื่อลดแรงสั่นสะเทือนหรือการโยกตัวของอาคาร
  - ปัจจุบันอุปกรณ์ดังกล่าวได้มีการใช้กันอย่างแพร่หลายในต่างประเทศที่มีความเสี่ยงต่อภัยแผ่นดินไหว เช่น อุปกรณ์สลายพลังงาน (Damper) อุปกรณ์ลดการส่งผ่านการสั่นสะเทือนจากแผ่นดินไหว (Base Isolator)

วิธีการปรับปรุงอาคารในพื้นที่เสี่ยงภัยแผ่นดินไหว

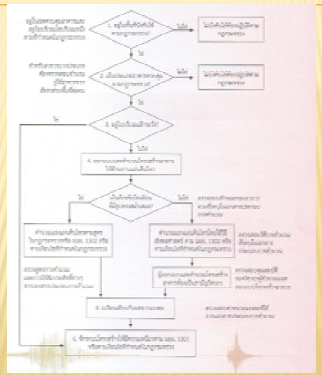
- การเพิ่มความเหนียวให้กับระบบโครงสร้างอาคาร เพื่อให้อาคารนั้นมีความสามารถในการโยกตัวภายใต้แรงแผ่นดินไหวที่ดีขึ้นโดยยังคงกำลังส่วนใหญ่ไว้ได้
  - การพันข้อต่อและโครงสร้างด้วยแผ่นวัสดุคอมโพสิตเสริมเส้นใย (FRP) หรือวัสดุอื่นที่มีความเหนียวสูง

(ที่มา: G E Thermou and A S Elnashai, ๒๐๐๕)

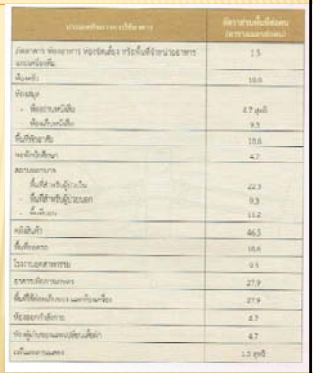


(ที่มา: Balsamo et al., ๒๐๐๕)

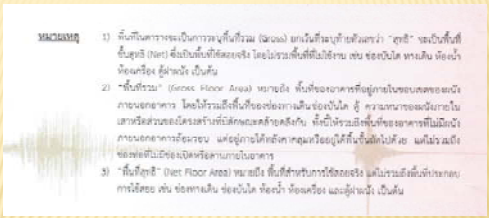
แนวทางการตรวจพิจารณาของเจ้าพนักงานท้องถิ่น



แนวทางการตรวจพิจารณาของเจ้าพนักงานท้องถิ่น



แนวทางการตรวจพิจารณาของเจ้าพนักงานท้องถิ่น



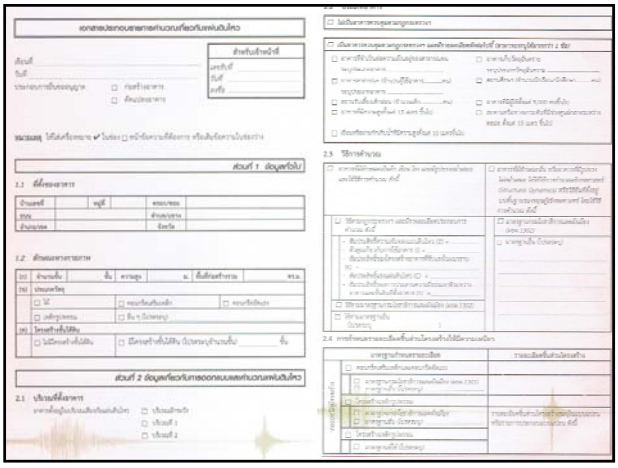
หมายเหตุ

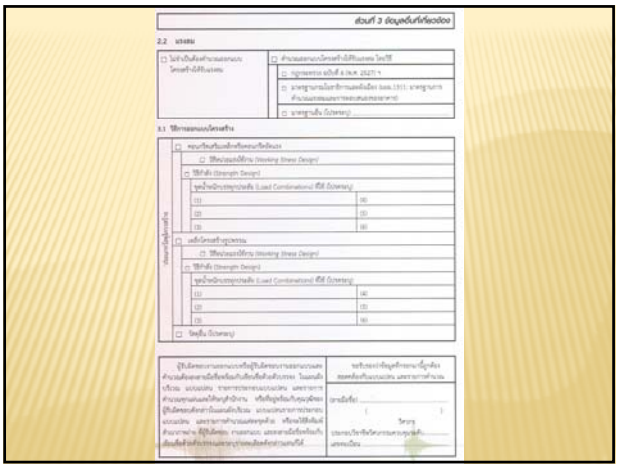
1) พื้นที่ในตารางจะเป็นการรวมพื้นที่ทั้งหมด (ข้อ 1.1.1) และเว้นที่จะระบุที่ (ข้อ 1.1.2) ว่า "สุทธิ" จะเป็นพื้นที่ขึ้นสุทธิ (Net) ซึ่งเป็นพื้นที่ใช้สอยจริง โดยไม่รวมพื้นที่ที่ไม่ใช้งาน เช่น ช่องบันได ทางเดิน ห้องน้ำ ห้องเครื่อง ตู้ผ่านนัง เป็นต้น

2) "พื้นที่รวม" (Gross Floor Area) หมายถึง พื้นที่ของอาคารที่อยู่ภายในของขอบของผนังภายนอกอาคาร โดยให้รวมถึงพื้นที่ของช่องทางเดินช่องบันได ตู้ ความหนาของผนังภายในเสาหรือส่วนของโครงสร้างที่มีลักษณะคล้ายคลึงกัน ทั้งนี้ให้ระบุถึงพื้นที่ของอาคารที่ไม่มีผนังภายนอกอาคารล้อมรอบ แต่อยู่ภายใต้หลังคาคลุมเหนือยู่ได้ที่นั้นด้วย แต่ไม่รวมถึงช่องช่องที่ไม่มีของเปิดหรือหลานภายในอาคาร

3) "พื้นที่สุทธิ" (Net Floor Area) หมายถึง พื้นที่สำหรับการใช้สอยจริง แต่ไม่รวมถึงพื้นที่ (ระบุ) การจัดวาง เช่น ช่องทางเดิน ช่องบันได ห้องน้ำ ห้องเครื่อง และตู้ผ่านนัง เป็นต้น

แนวทางการตรวจพิจารณาของเจ้าพนักงานท้องถิ่น





กรมโยธาธิการและผังเมือง กระทรวงมหาดไทย

http://www.dpt.go.th

ธนยศสู่ นครวงศ์นันท์ วิศวกรโยธาชำนาญการ
สนง.โยธาธิการและผังเมืองจังหวัดเชียงใหม่