บทที่ 2 น้ำหนักที่กระทำต่อโครงสร้าง

บรรยายโดย อ.เสริมพันธ์ เอี่ยมจะบก

น้ำหนักบรรทุกในสภาพความเป็นจริงนั้น น้ำหนักที่กระทำต่อโครงสร้างมีอยู่ด้วยกันในหลายรูปแบบและหลายลักษณะ ทั้งนี้โดยภาพรวมแล้วขึ้นอยู่กับลักษณะหรือประเภทของโครงสร้าง สภาพการใช้งานของโครงสร้าง สภาพและลักษณะภูมิประเทศของแต่ละท้องที่ ดังนั้นค่าของน้ำหนักในเชิงตัวเลขที่กระทำต่อโครงสร้างก็จะแตกต่างกันออกไปมากบ้างน้อยบ้าง ตามมาตรฐานของแต่ละท้องที่ ที่ได้มีการบันทึกเก็บสถิติ หรือจากการรวบรวมวิจัยจากหลายๆหน่วยงาน และได้มีการยอมรับและใช้กันทั่วๆไป เพื่อไม่ให้เกิดความสับสนดังนั้นในทีนี้ผู้เขียนจึงได้ทำการจำแนกน้ำหนักที่กระทำต่อโครงสร้างออกเป็น ❷ กลุ่มหลักๆ คือ(ไม่รวมแรงอันอาจเกิดจาก การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ - การทรุดตัวของฐานราก - Creep & Shrinkage)

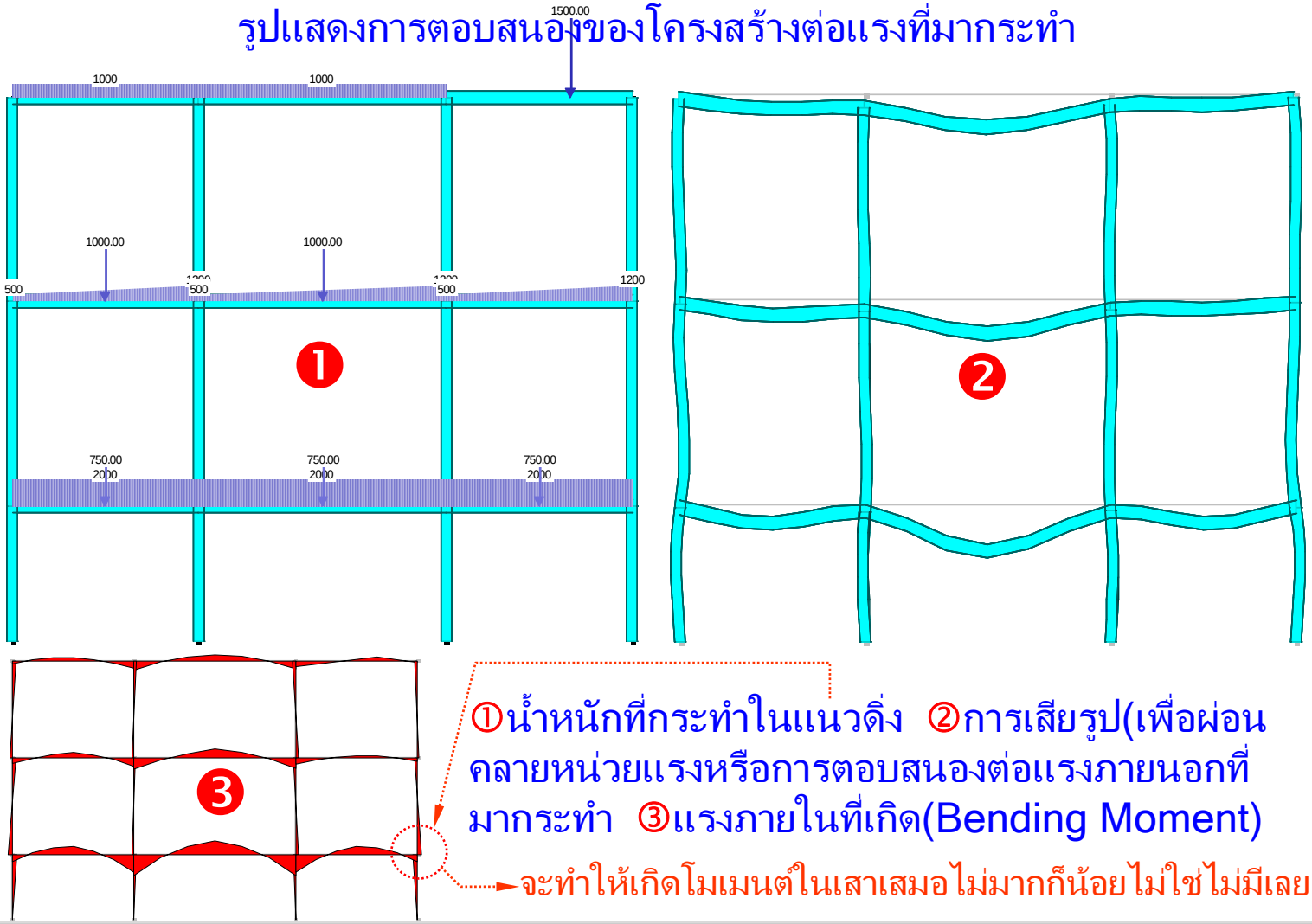
① น้ำหนักที่กระทำในแนวดิ่ง(Gravity Load or Vertical Load) : ซึ่งเกิดจากอิทธิพลของแรงดึงดูดของโลก เช่น น้ำหนักบรรทุกตายตัว น้ำหนักบรรทุกจร(ทั้งที่กระทำต่ออาคารและสะพาน) น้ำหนักหิมะ น้ำหนักวัสดุตกแต่ง น้ำหนักประกอบอื่นๆ ลฯ

② น้ำหนักที่กระทำในแนวนอน(Horizontal Load) : ซึ่งโดยรวมแล้วจะเกิดจากอิทธิพลของธรรมชาติเป็นหลัก เช่น แรงลม แรงแผ่นดินไหว โคลนถล่ม น้ำหลาก แรงดันดินด้านข้าง แรงดันน้ำ แรงสั่นสะเทือนจาก Moving Load แรงจากการพุ่งชน(เช่น ท่อนซุงหรือเรือ เครื่องบิน รถทุกชนิด ขีปนาวุธ) ลฯ

บรรยายโดย อ.เสริมพันธ์ เอี่ยมจะบก

ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ในเชิงพาณิชย์ ถ้าต้องการนำไปใช้ในเชิงพาณิชย์ ต้องได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรเท่านั้น

รูปแสดงการตอบสนองของโครงสร้างต่อแรงที่มากระทำ

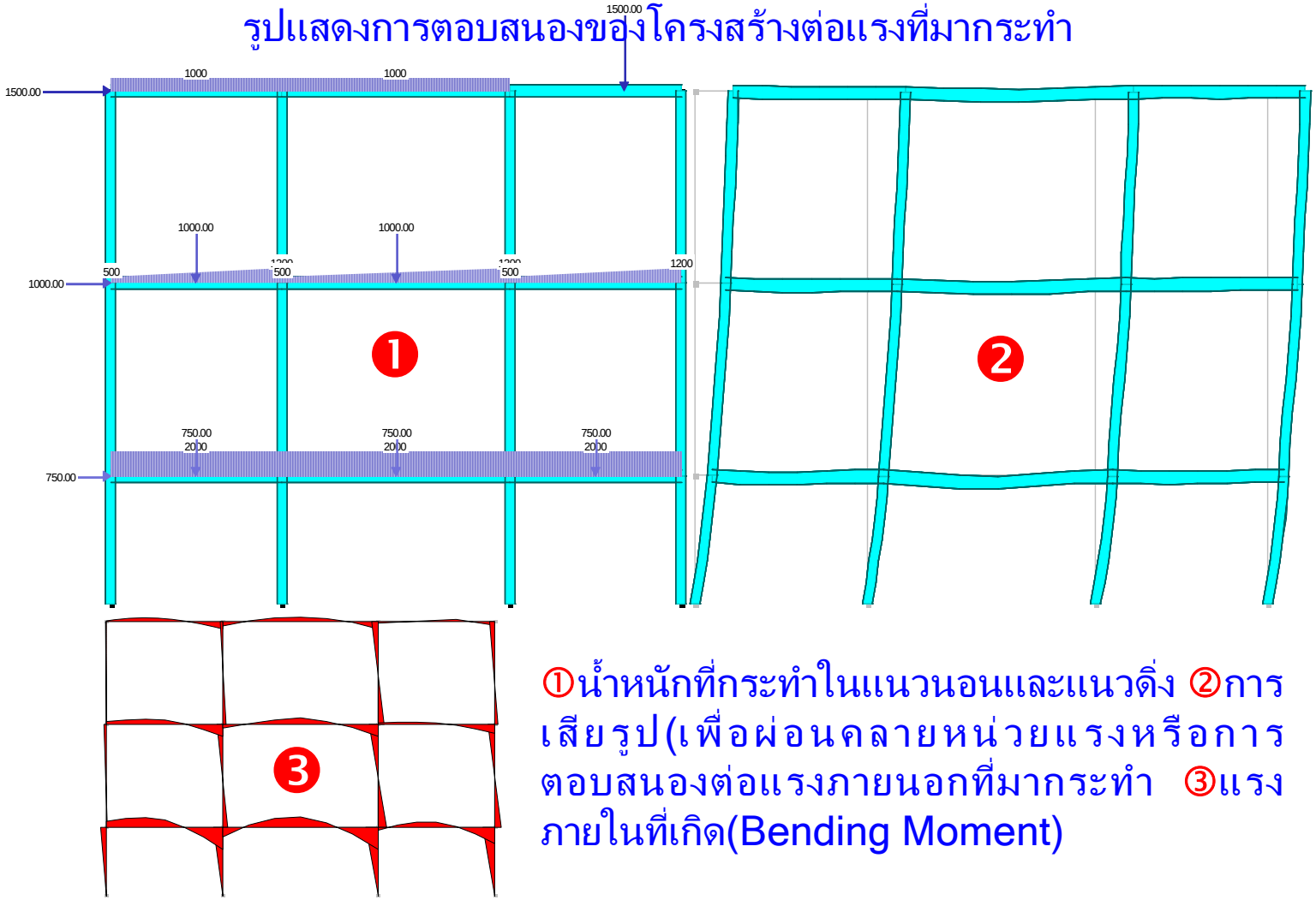


①น้ำหนักที่กระทำในแนวดิ่ง ②การเสียรูป(เพื่อผ่อนคลายหน่วยแรงหรือการตอบสนองต่อแรงภายนอกที่มากระทำ ③แรงภายในที่เกิด(Bending Moment)

จะทำให้เกิดโมเมนต์ในเสาเสมอไม่มากก็น้อยไม่ใช่ไม่มีเลย

บรรยายโดย อ.เสริมพันธ์ เอี่ยมจะบก

รูปแสดงการตอบสนองของโครงสร้างต่อแรงที่มากระทำ



①น้ำหนักที่กระทำในแนวนอนและแนวดิ่ง ②การเสียรูป(เพื่อผ่อนคลายหน่วยแรงหรือการตอบสนองต่อแรงภายนอกที่มากระทำ ③แรงภายในที่เกิด(Bending Moment)

ความรู้เสริม

น้ำหนักบรรทุกตายตัว(Dead Load ; DL.)

"คือน้ำหนักที่ถูกยึด ฝัง หรือตรึงให้อยู่กับที่(โครงสร้าง) รวมถึงน้ำหนักของตัวโครงสร้างเอง(Self Weight ; SW.)"

น้ำหนักบรรทุกจร(Live Load ; LL.)

"คือน้ำหนักที่ไม่ถูกยึด ฝัง หรือตรึงให้อยู่กับที่(โครงสร้าง) ซึ่งสามารถเคลื่อนย้ายหรือเคลื่อนไหวได้โดยง่าย ทั้งที่เคลื่อนที่โดยธรรมชาติเองหรือโดยการใส่กำลังงานให้โดยมนุษย์"

2.1.น้ำหนักที่กระทำในแนวดิ่ง(Gravity Load or Vertical Load)

①น้ำหนักตัวโครงสร้างเอง(Self Weight ; SW.) : ซึ่งสามารถหาได้โดยตรงจากขนาดของโครงสร้าง และหน่วยน้ำหนัก(Unite Weight)ของตัวโครงสร้างเอง เช่น

- คานคอนกรีตเสริมเหล็ก SW. = 2,400 x กว้าง(ม.) x ลึก(ม.) ; กก./ม. หรือ kg./m.

บทที่ 2 น้ำหนักที่กระทำต่อโครงสร้าง

บรรยายโดย อ.เสริมพันธ์ เอี่ยมจะบก

- ผนัง-ครีบ คอนกรีตเสริมเหล็ก SW. = 2,400 x กว้าง(1 ม.) x สูง(ม.) ; กก./ม. หรือ kg./m.
- เสาคอนกรีตเสริมเหล็ก SW. = 2,400 x พื้นที่หน้าตัดเสา(ตร.ม.) x สูง(ม.) ; กก. หรือ kg.
- ฐานรากคอนกรีตเสริมเหล็ก(ฐานแผ่) SW. = 2,400 x กว้าง(ม.) x ยาว(ม.) x หนา(ม.) ; กก. หรือ kg.
- บันไดคอนกรีตเสริมเหล็ก SW. = 12 x ความสูงลูกตั้ง(ซม.)

บันไดท้องแบน

$$+ \frac{24 \text{ x ความหนา(ซม.)}}{\text{ลูกนอน(ซม.)}} \text{ x } \sqrt{\text{ลูกนอน(ซม.)}^2 + \text{ลูกตั้ง(ซม.)}^2}$$

; กก./ตร.ม./ม. หรือ กก./ม.

- โครงหลังคา(Truss) : ค่าน้ำหนักโดยประมาณ
  1. โครงหลังคาเหล็กรูปพรรณ
     - 1.024 x ความยาวโครงถักวัดจากปลายถึงปลาย(ม.) ; กก./ตร.ม.
     - ประมาณ 7% - 15% ของน้ำหนักบรรทุก
     - $\frac{\text{ความยาวโครงถัก(ม.)}}{3} + 5$; กก./ตร.ม.

2.โครงหลังคาไม้

- $\theta > 30$ องศา ; 1.024 x ความยาวโครงถักวัดจากปลายถึงปลาย(ม.) ; กก./ตร.ม
- $\theta < 30$ องศา ; 0.688 x ความยาวโครงถักวัดจากปลายถึงปลาย(ม.) + 8.54 กก./ตร.ม.

หมายเหตุ : จากที่กล่าวมาข้างต้น ถ้าหากเป็นวัสดุอย่างอื่น เช่น ไม้ เหล็ก อะลูมิเนี่ยม ดิน หิน น้ำ ก็สามารถหาน้ำหนักได้โดยการ คูณหน่วยน้ำหนักของวัสดุกับขนาดหรือมิติของโครงสร้างนั้นๆ

②น้ำหนักวัสดุตกแต่ง(Finishing Load ; FL.) : ดูในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 แสดงค่าน้ำหนักบรรทุกตายตัวของวัสดุ(2545)

ชนิดของวัสดุ	น้ำหนักบรรทุก	หน่วย
คอนกรีตล้วน(หน่วยน้ำหนัก)	2,323	กก./ลบ.ม.
คอนกรีตเสริมเหล็ก(หน่วยน้ำหนัก)	2,400	กก./ลบ.ม
คอนกรีตอัดแรง(หน่วยน้ำหนัก)	2,450	กก./ลบ.ม
ไม้(หน่วยน้ำหนัก)	1,100	กก./ลบ.ม

บทที่ 2 น้ำหนักที่กระทำต่อโครงสร้าง

บรรยายโดย อ.เสริมพันธ์ เอี่ยมจะบก

ชนิดของวัสดุ	น้ำหนักบรรทุก	หน่วย
คอนกรีตล้วน(หน่วยน้ำหนัก)	2,323	กก./ลบ.ม.
คอนกรีตเสริมเหล็ก(หน่วยน้ำหนัก)	2,400	กก./ลบ.ม
คอนกรีตอัดแรง(หน่วยน้ำหนัก)	2,450	กก./ลบ.ม
ไม้(หน่วยน้ำหนัก)	1,100	กก./ลบ.ม
เหล็ก(หน่วยน้ำหนัก)	7,850	กก./ลบ.ม
แผ่นยิปซั่ม	880	กก./ลบ.ม
ปูนฉาบ	1,685	กก./ลบ.ม
ดินทั่วๆไป	1,600	กก./ลบ.ม
ดินแน่น	1,900	กก./ลบ.ม
กระเบื้องราง	18	กก./ลบ.ม
กระเบื้องลอนคู่	14	กก./ตร.ม.
กระเบื้องลูกฟูกลอนเล็ก	12	กก./ตร.ม.
กระเบื้องลูกฟูกลอนใหญ่	17	กก./ตร.ม.
สังกะสี	5	กก./ตร.ม.
Metal Sheet	5 - 10 ; t * 7,850	กก./ตร.ม.
แปไม้(สำหรับงานทั่วไป)	5	กก./ตร.ม.
แปเหล็ก(สำหรับงานทั่วไปที่ช่วงไม่ใหญ่มาก)	7 - 10	กก./ตร.ม

บทที่ 2 น้ำหนักที่กระทำต่อโครงสร้าง

บรรยายโดย อ.เสริมพันธ์ เอี่ยมจะบก

ชนิดของวัสดุ	น้ำหนักบรรทุก	หน่วย
พื้นไม้หนา 1 นิ้ว รวมตรง	30	กก./ตร.ม
อิฐมอญก่อครึ่งแผ่นฉาบเรียบสองด้าน	180	กก./ตร.ม
อิฐมอญก่อเต็มแผ่นฉาบเรียบสองด้าน	360	กก./ตร.ม
ผนังก่ออิฐมวลเบา	90	กก./ตร.ม
ผนังกระจก	5	กก./ตร.ม
ผนังกระเบื้องแผ่นเรียบหนา 4 มม.	7	กก./ตร.ม
ผนังกระเบื้องแผ่นเรียบหนา 8 มม.	14	กก./ตร.ม
ผนังอิฐบล๊อกหนา 10 มม.	100	กก./ตร.ม
ผนังคอนกรีตบล๊อก 10 มม.	100 - 150	กก./ตร.ม
ผนังคอนกรีตบล๊อก 15 มม.	170 - 180	กก./ตร.ม
ผนังคอนกรีตบล๊อก 20 มม.	220 - 240	กก./ตร.ม
ฝาไม้ ½” รวมคร่าว	22	กก./ตร.ม
ผนังก่ออิฐบล๊อกแก้ว	90	กก./ตร.ม
ผนังเซลโลกรีต + ไม้คร่าว	30	กก./ตร.ม
ผนังแผ่นเอสเบสโตลักส์	5	กก./ตร.ม
* กระเบื้องคอนกรีต เช่น ซีแพ็คโมเนียร์ *	50 - 60	กก./ตร.ม

③น้ำหนักประกอบ(etc.)อื่นๆ : เป็นน้ำหนักที่ถูกนำมาเกาะยึดหรือตรึงเข้ากับตัวโครงสร้าง ส่วนการเลือกใช้ว่าจะมีขนาดของน้ำหนักเท่าใดนั้น มีทั้งอ่านจากตารางที่เป็นที่ยอมรับ อ่านจากแค็ตตาล็อก คำนวณหาจากสมการ Empirical ต่างๆ รวมไปถึงการใช้โดยกำหนดขึ้นจากประสบการณ์ของแต่ละท่าน ซึ่งโดยรวมแล้วตัวเลขที่ว่ามา มักจะเป็นค่าโดยประมาณ เช่น

- ราวบันได ราวระเบียง ผนังกั้นห้องสำเร็จรูป ม่าน-มู่ลี่ ระบบงานฝ้าเพดานต่างๆ ประตู-หน้าต่าง(รวมถึง Block Out ต่างๆ) อุปกรณ์ด้านสุขภัณฑ์ ระบบแอร์ต่างๆ งานระบบ Pressure ต่างๆ โทรทัศน์-พัดลม ดวงโคมไฟฟ้าและตู้ควบคุมต่างๆ จานรับสัญญาณดาวเทียม เสาอากาศวิทยุ-โทรทัศน์ ป้ายโฆษณา ถังน้ำสำเร็จรูป ระบบลิฟท์ ระบบเครนและHoist โต๊ะ-เก้าอี้ในส่วนที่ยึดอยู่กับที่(เช่น ห้องเรียน โรงภาพยนต์ ห้องประชุม ลฯ) ระบบอุปกรณ์ฉายภาพต่างๆ ระบบอุปกรณ์ช่วยระบายอากาศ-ความร้อน-ควันต่างๆ ระบบกันเสียงกันความร้อนกันไฟไหม้ต่างๆ ระบบเครื่องจักรกลต่างๆ ลฯ ตัวเลขที่จะใช้ขึ้นอยู่กับดุลยพินิจและประสบการณ์ของผู้ออกแบบ รวมถึงแค็ตตาล็อกแนะนำสินค้าต่างๆ

- อุปกรณ์ของงานระบบต่างๆ เช่น ระบบท่องานประปา-สุขาภิบาล-ระบายน้ำ ระบบท่อดับเพลิงต่างๆ ระบบท่อแอร์ ระบบไฟฟ้า(ท่อ+ราง) ระบบท่อแก๊ส ฯล ตัวเลขที่จะใช้ขึ้นอยู่กับดุลยพินิจและประสบการณ์ของผู้ออกแบบ

④น้ำหนักบรรทุกจร(Live Load ; LL.) : บนอาคาร

ให้ใช้ตามมาตรฐานของ วสท.(ข้อกำหนด) และ เทศบัญญัติ กทม.(ข้อกฎหมาย) หรือใช้ตามข้อกำหนด-กฎหมาย ที่ประกาศใช้ในแต่ละท้องที่ที่จะทำการออกแบบและก่อสร้าง

น้ำหนักบรรทุกจรสำหรับอาคารแต่ละประเภทและส่วนประกอบของอาคาร : ดูในตารางที่ 2.2(ซึ่งเป็นค่าต่ำสุดที่แนะนำให้ใช้ โดยค่าในตารางดังกล่าวได้เผื่อน้ำหนักที่อาจจะเกิดขึ้นได้ ในกรณีเหตุสุดวิสัยหรือน้ำหนักบรรทุกที่อาจเกิดขึ้นได้ในขณะก่อสร้าง รวมถึงได้เผื่อน้ำหนักเพื่อป้องกันการสั่นไหวของอาคารไว้ด้วย)

ตารางที่ 2.2 แสดงค่าน้ำหนักบรรทุกสำหรับอาคารแต่ละประเภทและส่วนประกอบของอาคาร(2545)

ประเภทและส่วนประกอบของอาคาร	น้ำหนักบรรทุก (กก./ตร.ม.)
1.หลังคา(ที่มุงด้วยวัสดุแผ่นมุงทั่วๆไป)	30(50)
2.หลังคาคอนกรีตหรือกันสาด	100
3.ที่พักอาศัย โรงเรียนอนุบาล รวมถึงห้องน้ำ-ห้องส้วม	150
4.อาคารชุด หอพัก โรงแรม ห้องแถว ตึกแถวที่ใช้เพื่อพักอาศัย ห้องคนไข้พิเศษโรงพยาบาล	200

ตารางที่ 2.2 แสดงค่าน้ำหนักบรรทุกสำหรับอาคารแต่ละประเภทและส่วนประกอบของอาคาร(2545)

ประเภทและส่วนประกอบของอาคาร	น้ำหนักบรรทุก (กก./ตร.ม.)
5.อาคารสำนักงาน ธนาคาร	250
6. (ก.)โรงเรียน โรงพยาบาล วิทยาลัย มหาวิทยาลัย อาคารพาณิชย์ ส่วนของห้องแถว และตึกแถวที่ใช้เพื่อการพาณิชย์ (ข.)ห้องโถง บันไดและช่องทางเดินของ อาคารชุด อาคารสำนักงานและธนาคาร หอพัก โรงแรม	300
7. (ก.)ตลาด ภัตตาคาร ห้างสรรพสินค้า โรงมหรสพ หอประชุม ห้องประชุม ห้องอ่านหนังสือในห้องสมุดหรือหอสมุด ที่จอดหรือเก็บรถยนต์นั่งหรือรถจักรยานยนต์ (ข.)ห้องโถง บันไดและช่องทางเดินของ อาคารพาณิชย์ โรงเรียน วิทยาลัย มหาวิทยาลัย	400
8. (ก.)โรงกีฬา อัฒจันทร์ พิพิธภัณฑ์ คลังสินค้า โรงงานอุตสาหกรรม โรงพิมพ์ ห้องเก็บเอกสารและพัสดุ (ข.)ห้องโถง บันไดและช่องทางเดินของ ตลาด ห้างสรรพสินค้า ภัตตาคาร โรงมหรสพ หอประชุม ห้องประชุม หอสมุดและห้องสมุด	500
9.ห้องเก็บหนังสือของหอสมุดหรือห้องสมุด	600
10.ที่จอดหรือเก็บรถบรรทุกเปล่าและรถอื่นๆ	800

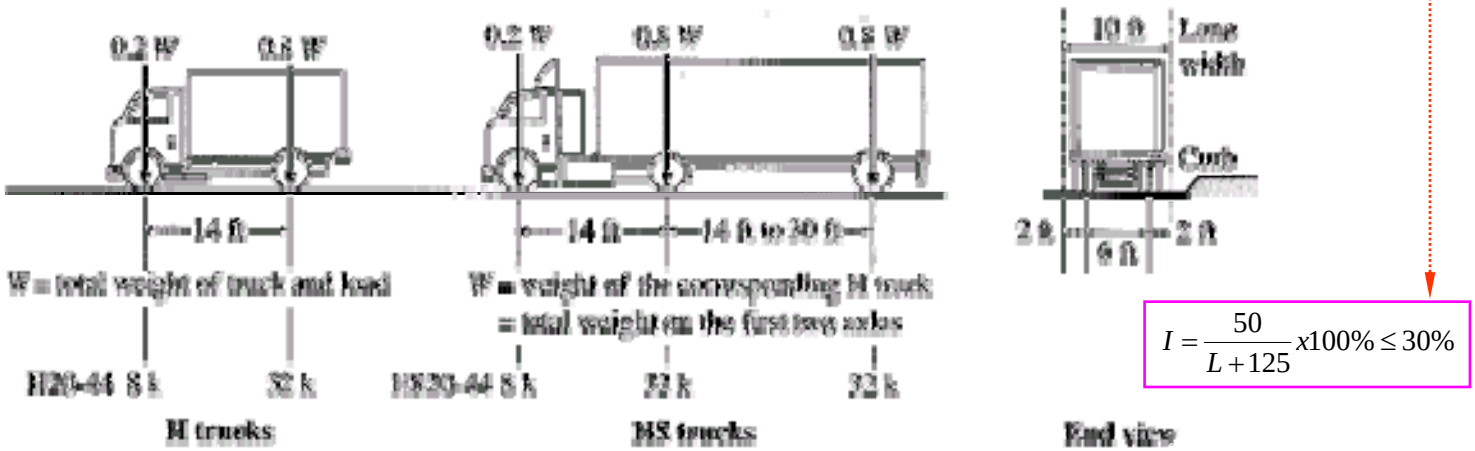
เนื่องจากว่าน้ำหนักบรรทุกจรดังกล่าว(ในตารางที่ 2.2) มีโอกาสหรือเป็นไปได้น้อยที่จะเกิดขึ้นหรือกระทำพร้อมๆกันเต็มพื้นที่ที่ออกแบบ ดังนั้นในกรณีของการออกแบบอาคารสูง(23 ม. ; 2545) จึงมีมาตรฐานออกมาเพื่อลดน้ำบรรทุกจรดังกล่าวลง ทั้งนี้เพื่อให้ค่าที่คำนวณได้มีความใกล้เคียงกับสภาพความเป็นจริงให้มากที่สุด ดังแสดงในตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 แสดงค่าการลดน้ำหนักบรรทุกจร(2545)

ลำดับชั้นที่ที่มีการลดน้ำหนักบรรทุกจร	อัตราการลดน้ำหนักบรรทุกบนพื้นแต่ละชั้น (%)
หลังคาหรือดาดฟ้า ชั้นที่1และ2นับถัดจากหลังคา-ดาดฟ้า	0
ชั้นที่ 3 นับถัดจากหลังคา-ดาดฟ้า	10
ชั้นที่ 4 นับถัดจากหลังคา-ดาดฟ้า	20
ชั้นที่ 5 นับถัดจากหลังคา-ดาดฟ้า	30
ชั้นที่ 6 นับถัดจากหลังคา-ดาดฟ้า	40
ชั้นที่ 7 นับถัดจากหลังคา-ดาดฟ้า และชั้นต่อๆลงไปอีก	50

⑤น้ำหนักบรรทุกจร (Live Load ; LL.) : บนสะพาน ⇨ ตัดตอนมาบางส่วน(ไม่รวมแรงจากการเบรก การออกตัว แรงหนีศูนย์จากการเข้าโค้ง และ Impact Load)

①น้ำหนักบรรทุกจรบนสะพานเนื่องจากรถที่วิ่ง



$$I = \frac{50}{L+125} x100\% \le 30\%$$

②น้ำหนักรถบรรทุกเทียบเท่า(ใช้เทียบหรือตรวจสอบชุดน้ำหนักข้างบน)

H15/HS15 : for V = 19,500 lb ; for M = 13,500 lb
H20/HS20 : for V = 26,000 lb ; for M = 18,000 lb

ω = H15/HS15 = 480 lb/ft ; H20/HS20 = 640 lb/ft ของช่องจราจร

③น้ำหนักบรรทุกจรบนทางเท้าเนื่องจากคนเดินเท้า(และรถจักรยานยนต์)

พื้นทางเท้า - คาน - และส่วนที่รองรับพื้นทางเท้าหรือคาน จะต้องออกแบบให้รับน้ำหนักบรรทุกจรได้ 415 กิโลกรัมต่อตารางเมตร

2.2.น้ำหนักที่กระทำในแนวนอน(Horizontal Load)

①แรงลม(Wind Load ; WL.) : ในการวิเคราะห์โครงสร้างจำเป็นต้องคำนึงถึงผลจากการกระทำของแรงลม ซึ่งแรงลมที่กระทำตั้งฉากกับอาคารหาได้จาก

แรงลมที่กระทำต่อโครงสร้าง = แรงดันด้านเหนือลม + แรงดูดด้านใต้ลม

$$P = 0.004826 C_d V^2 ; kg./m.^2$$

C_d = สปส.ของรูปร่างและสัดส่วนของอาคาร(ทั้งด้านเหนือและใต้ลม)

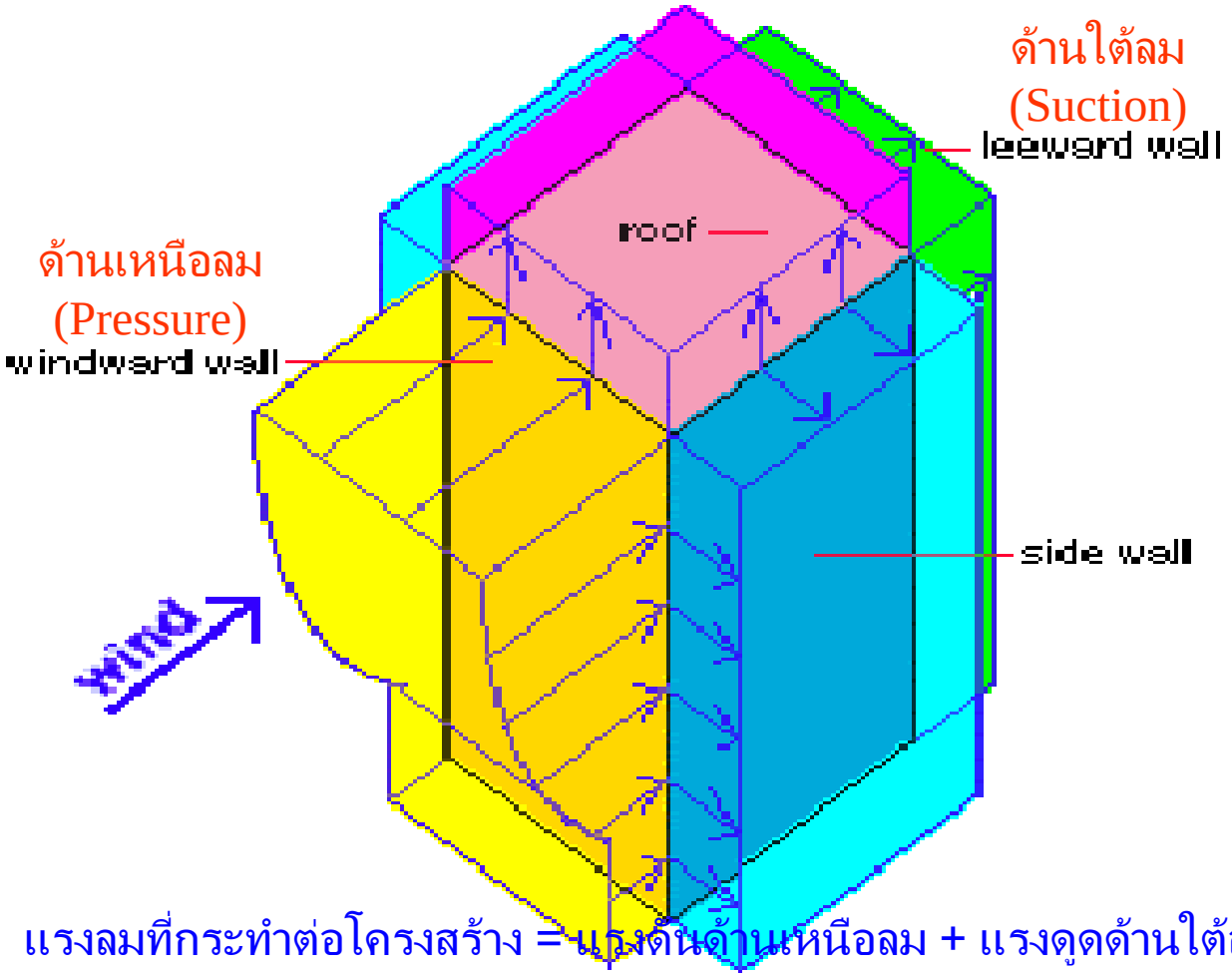
V = ความเร็วลม ; km./hr.

แต่ถ้าหากไม่มีผลการทดสอบหรือข้อมูลจริงใดๆ หรือไม่มีเอกสารอ้างอิงใดๆที่เป็นที่หน้าเชื่อถือ ให้ใช้ค่าแรงลมตามเทศบัญญัติ กทม. ดังแสดงในตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 แสดงเทศบัญญัติ กทม . พ.ศ. 2522 ว่าด้วยเรื่องแรงลม(2545)

ความสูงของอาคาร/ส่วนประกอบอาคาร	หน่วยแรงลมที่ใช้ต่ำสุด(กก./ตร.ม.)
สูงไม่เกิน 10 เมตร(จากพื้นผิวโลก)	50
สูงอยู่ในช่วง 10 - 20 เมตร(จากพื้นผิวโลก)	80
สูงอยู่ในช่วง 20 - 40 เมตร(จากพื้นผิวโลก)	120
สูงกว่า 40 เมตร(จากพื้นผิวโลก)	160

บรรยายโดย อ.เสริมพันธ์ เอี่ยมจะบก



แรงลมที่กระทำต่อโครงสร้าง = แรงดันด้านเหนือลม + แรงดูดด้านใต้ลม

Wind pressure on buildings

บทที่ 2 น้ำหนักที่กระทำต่อโครงสร้าง

บรรยายโดย อ.เสริมพันธ์ เอี่ยมจะบก

ตารางแสดงตัวอย่างแรงลมที่กระทำต่อโครงสร้าง เมื่อคำนวณจากข้อมูลจริงที่มีการตรวจวัด(ความเร็วลม)ในพื้นที่จริง(ขอให้สังเกตค่าแรงลมที่ให้ใช้จากตารางที่ 2.4 เทียบกับตารางข้างล่างนี้ ที่ระดับความสูงใกล้เคียงกัน)

สถานีตรวจอากาศ		ความสูง (เมตร)	ความเร็วลมสูงสุด (กม. ต่อชั่วโมง)	หน่วยแรงลมสูงสุด (กก. ต่อ ตร.ม.)
กรุงเทพฯ (เอกมัย)		33	148	152
กรุงเทพฯ (ดอนเมือง)		19	157	172
ชลบุรี		14	167	193
สัตหีบ	เช่น	10	135	127 ⟩50
ปราจีนบุรี		11	130	117
แม่ฮ่องสอน	เช่น	10	150	156 ⟩50
แพร่		12	126	110
พิษณุโลก		13	124	107
อุดรธานี		13	130	117
มุกดาหาร		11	148	152
อุบลราชธานี		25	148	152
นครสวรรค์		14	130	117
นครศรีธรรมราช		15	148	152
สงขลา		18	141	138

ที่มา : กรมอุตุนิยมวิทยา

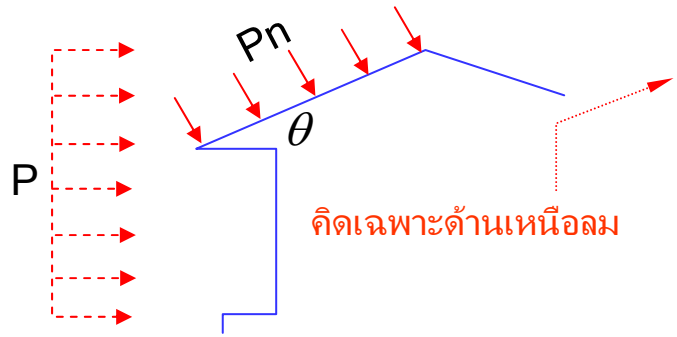
หมายเหตุ :

1.ค่าของแรงลมที่แสดงในตารางที่ 2.4 เป็นแรงลมที่กระทำต่อโครงสร้าง "รูปทรง 4 เหลี่ยม" เท่านั้น

2.แรงลมดังกล่าวเป็นแรงลมที่กระทำในแนวราบที่ "ตั้งฉาก" กับตัวโครงสร้างเท่านั้น

3.หากโครงสร้างใดวางขวางทิศทางลมและ/หรืออยู่ในที่โล่ง การเลือกใช้ค่าแรงลมควรเพิ่มค่าแรงลมดังกล่าวให้มากกว่าค่าที่แสดงในตารางตามสภาพพื้นที่และตามความเหมาะสม

4.กรณีที่แรงลมกระทำไม่ตั้งฉากกับโครงสร้างที่ต้องการออกแบบ จะต้องทำการแตกแรงลมให้มาอยู่ในแนวที่ตั้งฉากกับโครงสร้างนั้นๆก่อน แล้วถึงจะทำการวิเคราะห์โครงสร้างเพื่อหาแรงภายใน เช่น การออกแบบแปโครงหลังคา



$$Pn = \frac{2P\sin\theta}{1+\sin^2\theta};\ kg./m.^2$$

เมื่อ P = แรงลมตามเทศบัญญัติ

θ = ความชันของหลังคา ; องศา

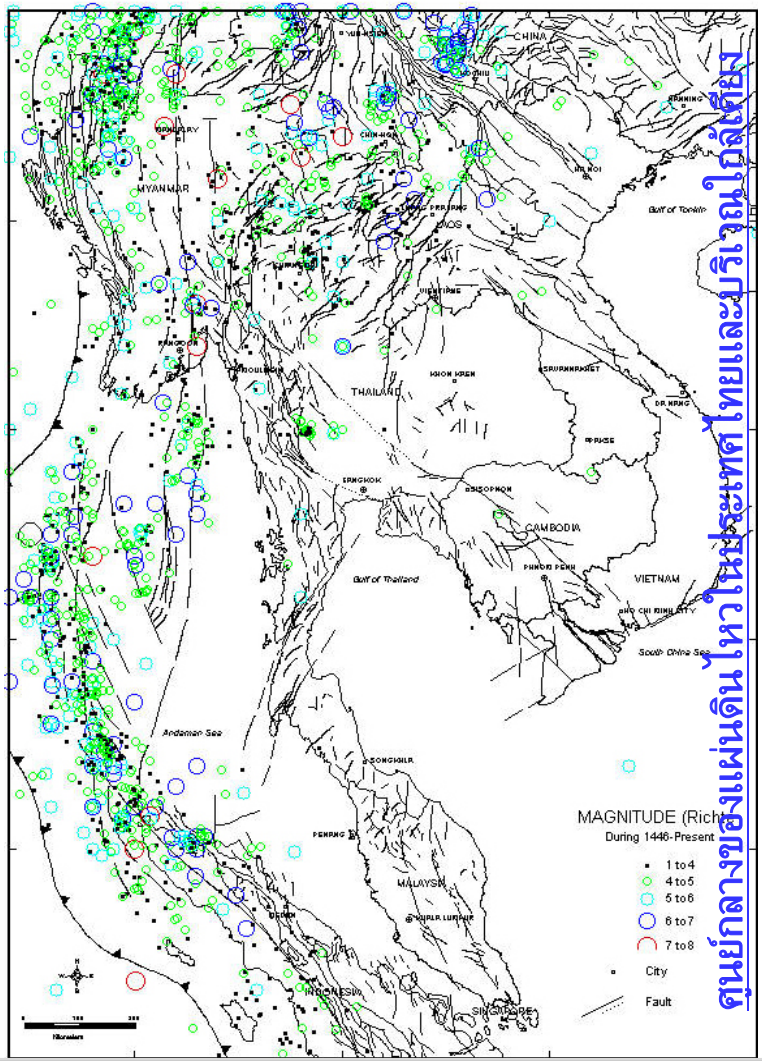
☑5.มาตรฐานแรงลมล่าสุดโดย วสท. ดาวน์โหลดได้ที่ http://www.eit.or.th

②แรงจากแผ่นดินไหว(Seismic Load : Earthquake ; EQ.)

ประเทศไทยซึ่งเป็นประเทศที่ค่อนข้างโชคดีมิได้ตั้งอยู่บริเวณที่เป็นแนวแผ่นดินไหวขนาดใหญ่ของโลก แต่ใช่ว่าจะปลอดจากภัยแผ่นดินไหว ในประวิติศาสตร์ได้มีการบันทึกการเกิดแผ่นดินไหวถึงขนาดทำให้เมืองโยกนกนครยุบตัวลงเกิดเป็นหนองน้ำใหญ่ ปัจจุบันเกิดแผ่นดินไหวที่รู้สึกได้บ่อยครั้งโดยเฉลี่ยปีละ 5 - 6 ครั้ง ส่วนใหญ่จะเกิดแผ่นดินไหวรู้สึกได้บริเวณภาคเหนือและภาคตะวันตก รวมทั้งอยู่บนอาคารสูงในกรุงเทพมหานคร แหล่งศูนย์กลางแผ่นดินไหวที่ส่งผลกระทบจะอยู่ทั้งภายในและภายนอกประเทศส่งแรงสั่นสะเทือนเป็นบริเวณกว้างตามขนาดแผ่นดินไหว แผ่นดินไหวบริเวณทะเลอันดามันสุมาตราตอนบน ในประเทศพม่าตอนใต้ของประเทศจีน สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว ถ้ามีขนาดใหญ่พอก็จะส่งแรงสั่นสะเทือนมาถึงประเทศไทย ส่วนแผ่นดินที่เกิดจากแนวรอยเลื่อนในประเทศส่วนใหญ่อยู่บริเวณภาคเหนือและภาคตะวันตกก็เป็นอีกสาเหตุหนึ่งซึ่งมักทำให้เกิดแผ่นดินไหวที่มีขนาดตั้งแต่ขนาดเล็กจนถึงขนาดกลางเคยเกิดแผ่นดินไหวขนาดใหญ่ที่สุด 5.9 ริคเตอร์ เมื่อวันที่ 22 เมษายน 2526 บริเวณอำเภอศรีสวัสดิ์ จังหวัดกาญจนบุรี ครั้งนั้นทำให้เกิดความรู้สึกสั่นสะเทือนไปไกล สำหรับประเทศไทยความเสียหายต่อชีวิตและทรัพย์สินสิ่งก่อสร้างยังมีน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับประเทศ อื่น ๆ แต่เมื่อเร็ว ๆ นี้ เมื่อวันที่ 11 กันยายน 2537 แผ่นดินไหวที่บริเวณ อ.พาน และ อ.แม่สรวย จ.เชียงราย ขนาด 5.1 ริคเตอร์ ก่อความเสียหายต่ออาคารหลายแห่ง เช่น โรงพยาบาลอำเภอพาน โรงเรียนและวัด บางแห่งเสียหายถึงขั้นใช้การไม่ได้ ซึ่งนับเป็นครั้งแรกที่ภัยแผ่นดินไหวเห็นได้ชัดเจนในประเทศไทย จากเหตุการณ์ที่อำเภอศรีสวัสดิ์นำไปสู่การจัดตั้งคณะกรรมการแผ่นดินไหวแห่งชาติ มีการผลักดันให้กระทรวงมหาดไทยออกกฎกระทรวงเรื่องแผ่นดินไหว(กฎกระทรวงฉบับที่ 49 พ.ศ. 2540)

บทที่ 2 น้ำหนักที่กระทำต่อโครงสร้าง

บรรยายโดย อ.เสริมพันธ์ เอี่ยมจะบก



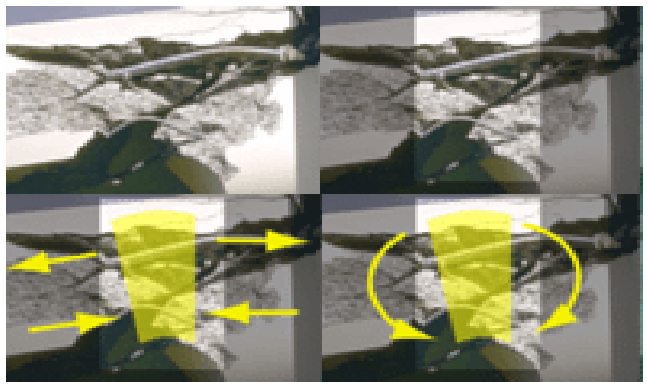
ศูนย์กลางของแผ่นดินไหวในประเทศไทยและบริเวณใกล้เคียง

เครื่องวัดความสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว(ผลพลอยได้)เครื่องแรกในไทย ถูกติดตั้งที่จังหวัดเชียงใหม่ในปี พ.ศ.2505 โดยรัฐบาลสหรัฐอเมริกา ทั้งนี้เพื่อเป็นการเฝ้าระวังและตรวจจับการทดลองระเบิดนิวเคลียร์ของประเทศสหภาพโซเวียต(ในขณะนั้น) จากนั้นในปี พ.ศ.2506 กรมอุตุนิยมวิทยาได้ทำการก่อสร้างและติดตั้งสถานีตรวจวัดแผ่นดินไหวขึ้นที่จังหวัดสงขลา โดยงบสนับสนุนจากองค์การยูเสด

นอกจากจะมีที่จังหวัดเชียงใหม่และสงขลาแล้ว ปัจจุบัน(2545)ยังมีหน่วยวัดดังกล่าวอยู่ที่ จังหวัดนครราชสีมา เขื่อนภูมิพล เขื่อนเขาแหลม จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ จังหวัดกาญจนบุรี จังหวัดนครสวรรค์ และจังหวัดเลย

ผลเสียหายต่อโครงสร้างอันเนื่องมาจากแรงแผ่นดินไหว

ผลเสียหายจาก **Shear**



ผลเสียหายจาก **Bending Moment**

ไม่อนุญาตให้นำเนื้อหาในสไลด์นี้ไปแสวงหาผลประโยชน์ทางการค้า

📖การวิเคราะห์โครงสร้างเพื่อต้านแรงแผ่นดินไหวนั้นปัจจุบันมีอยู่ ❷ วิธี คือ

①วิธีพลศาสตร์ : ยุ่งยากและใช้ค่าใช้จ่ายสูง

②วิธีแรงสถิตเทียบเท่า(ใช้กับอาคารสูงไม่เกิน 75 เมตร) : ไม่ยุ่งยากเหมือนวิธีแรก จึงอนุโลมให้ใช้วิธีนี้แทนได้แต่ก็มีข้อจำกัดค่อนข้างเยอะ

โดยวิธีนี้มีสมมติฐานว่า “แรงกระทำเนื่องจากแผ่นดินไหวต่อโครงสร้าง (แรงเฉือนที่ฐานโครงสร้าง)” หาได้จากสมการต่อไปนี้

$$V = ZIKCSW$$

โดยแรงเฉือนดังกล่าวจะแบ่งกระจายไปเป็นแรงกระทำด้านข้างยังชั้นต่างๆของโครงสร้างต่อไป

Z = สปส. ขึ้นอยู่กับเขตแผ่นดินไหว

zone 1 ; Z = 0.1875

zone 2 ; Z = 0.375

I = สปส. ขึ้นอยู่กับความสำคัญของโครงสร้าง(1-1.5)

K = สปส. ขึ้นอยู่กับประเภทของโครงสร้าง(0.67-1.33)

C = สปส. ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติทางพลศาสตร์ของโครงสร้าง = $\frac{1}{15\sqrt{T}} \le 0.12$

S = สปส. ความสัมพันธ์ระหว่างชั้นดินและโครงสร้าง(1-1.5)

W = น้ำหนักของโครงสร้าง

📖ส่วนการออกแบบโครงสร้างเพื่อต้านแรงแผ่นดินไหวนั้น ต้องเป็นไปตามมาตรฐานการออกแบบของ SEAOC(สมาคมวิศวกรโครงสร้างแห่งรัฐแคริฟอร์เนีย) และมาตรฐานการออกแบบโครงสร้างต้านแรงแผ่นดินไหว ที่ประกาศใช้ตาม กฎกระทรวงฉบับที่ ๔๙ (พ.ศ.๒๕๔๐) ซึ่งมีผลบังคับใช้ในการออกแบบอาคารเพื่อรองรับแผ่นดินไหวตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. ๒๕๔๐ ภายในพื้นที่ ๑๐ จังหวัด ได้แก่ เชียงราย เชียงใหม่ แม่ฮ่องสอน ลำพูน ลำปาง พะเยา แพร่ น่าน ตาก และ กาญจนบุรี ซึ่งใช้บังคับกับอาคารประเภทต่างๆ ดังต่อไปนี้

ก.อาคารสาธารณะ (เช่น ห้างสรรพสินค้า โรงมหรสพ หอประชุม โรงเรียน โรงแรม ฯลฯ) และอาคารที่จำเป็นเพื่อการบรรเทาสาธารณะภัยต่าง ๆ (เช่น โรงพยาบาล สถานีดับเพลิง ฯลฯ)

ข.อาคารที่เก็บวัตถุอันตราย เช่น วัตถุระเบิด วัตถุมีพิษ วัตถุไวไฟ ฯลฯ

ค.อาคารที่มีความสูงเกิน ๑๕ เมตร

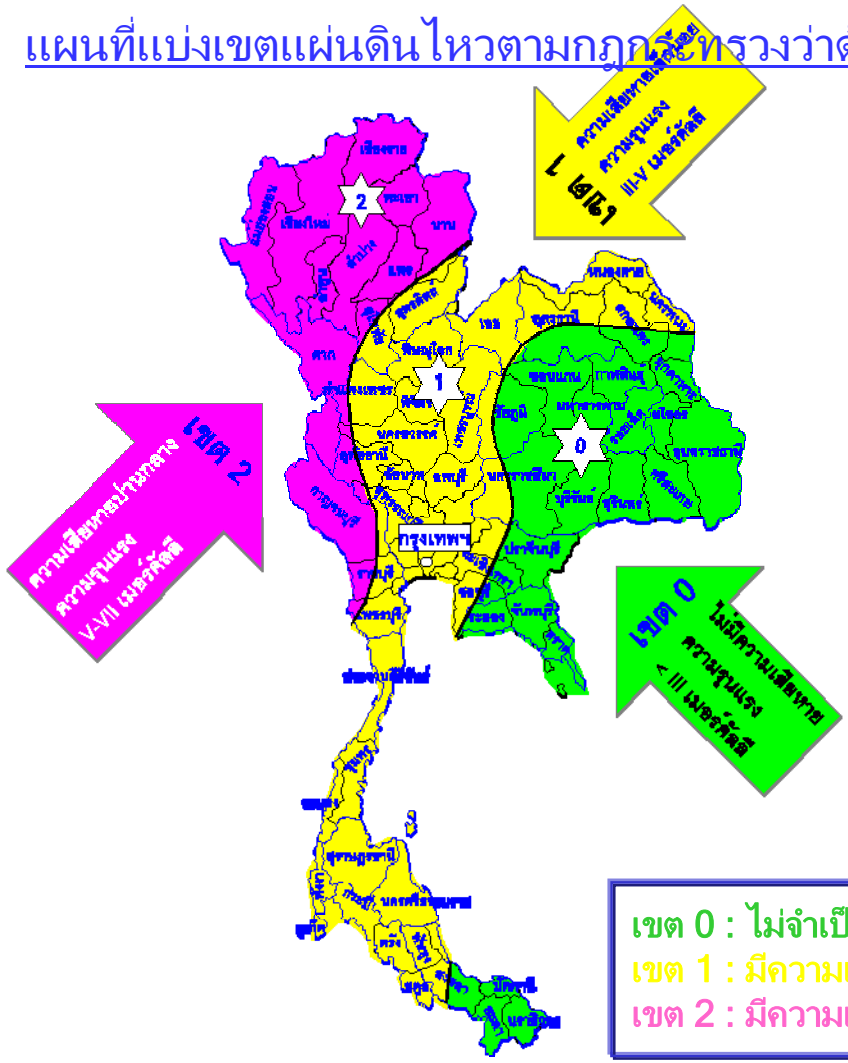
⃠หมายเหตุ :

รายละเอียดการออกแบบด้านนี้ ผู้เขียนแนะนำให้ศึกษาเพิ่มเติมได้จากหนังสือ “การออกแบบโครงสร้างเพื่อรับแรงแผ่นดินไหว(SEISMIC DESIGN OF STRUCTURES)“ เขียนโดย ดร.สัจจา บุญยฉัตร

บทที่ 2 น้ำหนักที่กระทำต่อโครงสร้าง

บรรยายโดย อ.เสริมพันธ์ เอี่ยมจะบก

แผนที่แบ่งเขตแผ่นดินไหวตามกฎกระทรวงว่าด้วยแรงแผ่นดินไหวของประเทศไทย



แผนที่แบ่งเขตแผ่นดินไหวในประเทศไทยแบ่งได้เป็น ❸ เขต คือ

-เขตพื้นที่0(Zone 0) มีความรุนแรงน้อยกว่า V หน่วยเมอร์แคลลี่ อาคารที่อยู่ในเขตนี้อาจสั่นไหวบ้างแต่ไม่มีอันตราย

-เขตพื้นที่1(Zone 1) มีความรุนแรง V-VI หน่วยเมอร์แคลลี่ อาคารที่อยู่ในเขตนี้อาจเสียหายบ้าง

-เขตพื้นที่2(Zone 2) มีความรุนแรง VI-VII หน่วยเมอร์แคลลี่ อาคารที่อยู่ในเขตนี้อาจเสียหายปานกลาง

เขต 0 : ไม่จำเป็นต้องออกแบบอาคารรับแรงแผ่นดินไหว
เขต 1 : มีความเสี่ยงน้อยแต่อาจมีความเสียหายบ้าง
เขต 2 : มีความเสี่ยงในการเกิดความเสียหายในระดับปานกลาง

2.3.การวิเคราะห์โครงสร้าง(Structure Analysis) : For ASD. Only

จากระบบของน้ำหนักดังที่กล่าวมาทั้งหมด จะเห็นว่ามีอยู่ในหลายรูปแบบด้วยกัน ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้ว่าในบางครั้งอาจมีน้ำหนักมากกว่าหนึ่งรูปแบบกระทำต่อโครงสร้างพร้อมๆกัน หรือในบางครั้งอาจมีเพียงรูปแบบเดี่ยวๆกระทำ เมื่อเป็นเช่นนี้ ดังนั้นในการวิเคราะห์โครงสร้าง เราจำเป็นจะต้องแยกการวิเคราะห์ไปในหลายๆกรณีตามลักษณะการกระทำของน้ำหนักที่คาดว่าน่าจะเกิดขึ้น ทั้งนี้เพื่อให้ได้ค่าแรงภายใน(เช่น โมเมนต์ดัด-บิด , แรงเฉือน , แรงตามแนว , แรงร่วมอื่นๆรวมไปถึงการเสียรูปทั้งเชิงเส้น Δ และ เชิงมุม θ)สูงสุด จากนั้นจึงนำผลที่ได้จากการวิเคราะห์ดังกล่าวไปออกแบบต่อไป แต่ทั้งนี้ทั้งนั้นการที่จะทำให้เราทราบค่าสูงสุดของระบบแรงภายในดังกล่าวได้ ไม่ได้ขึ้นอยู่กับกรณีการกระทำของน้ำหนักแต่อย่างเดียว แต่ยังรวมถึงลักษณะของการจัดวางตัวของน้ำหนักในแต่ละกรณีด้วย โดยทั่วไปแล้ว กรณีของน้ำหนักที่กระทำต่อโครงสร้าง มักจะประกอบด้วย ❸ กรณีหลักๆ โดยกรณีที่ให้ค่าน้ำหนักบรรทุกสูงสุดจะถูกเลือกไปเป็นน้ำหนักบรรทุกเพื่อการวิเคราะห์ต่อไป(การทำอย่างนี้ ง่าย-สะดวก-รวดเร็ว...แต่ถ้าไม่จำเป็นแล้ว ผู้เขียนเองไม่ขอแนะนำ) ที่ถูกต้องแล้วค่าแรงภายในสูงสุดที่จะนำไปออกแบบ ควรเป็นค่าที่ได้จากการทำ Envelope ที่ได้จากการ Combined Force แต่ละชนิด(Mb,N,V)จากน้ำหนักทั้ง ❸ กรณี(รายละเอียดดูเพิ่มเติมได้ในเรื่องของ “การออกแบบคาน”)

① น้ำหนักตายตัว
② น้ำหนักตายตัว + น้ำหนักจร
③ 0.75[น้ำหนักตายตัว + น้ำหนักจร + (แรงลม หรือ แรงแผ่นดินไหว)]
น้ำหนักตายตัวประกอบด้วย SW. + FL. + etc.

ข้อสังเกต :

คือใน กรณีที่ 3 แรงจากแรงลมหรือแรงเนื่องจากแผ่นดินไหว เป็นแรงที่เกิดขึ้นเพียงบางครั้งคราวเท่านั้นตลอดช่วงอายุของการใช้งานตัวอาคาร ดังนั้นเราจริงสามารถลดค่าน้ำหนักรวมในกรณีดังกล่าวลงได้อีก 25% (ก็คือคูณลดด้วย 0.75) แต่ถ้าไม่ลดค่าน้ำหนักดังกล่าวลง ก็อาจจะใช้วิธีการเพิ่มหน่วยแรงขึ้นจากเดิมได้อีก 1/3 เท่าก็ได้ และข้อที่น่าพิจารณาอีกจุดหนึ่งสำหรับในกรณีที่ 3 คือ การกระทำพร้อมๆกันของน้ำหนักจรกับแรงลมหรือแรงเนื่องจากแผ่นดินไหว แทบจะไม่เกิดขึ้นเลยเสียด้วยซ้ำสำหรับในบางกรณี ยกตัวอย่างเช่น ในกรณีของโครงหลังคาขณะเกิดพายุพัดกันโชกหรือฝนฟ้าคะนอง คงไม่มีใครปีนขึ้นไปเดินเล่นแน่นอน(น้ำหนักจร(ในแนวดิ่ง)ไม่มี)