

บทที่ 2 นำหนักที่กระทำต่อโครงสร้าง

ในสภาพความเป็นจริงหรือโครงสร้างจริงนั้น น้ำหนักที่กระทำต่อโครงสร้างมีอยู่ด้วยกัน ในหลายรูปแบบและหลายลักษณะ ทั้งนี้โดยภาพรวมแล้วขึ้นอยู่กับลักษณะหรือประเภทของ โครงสร้าง สภาพการใช้งานของโครงสร้าง สภาพและลักษณะภูมิประเทศของแต่ละท้องถิ่น ดังนั้นค่าของน้ำหนักในเชิงตัวเลขที่กระทำต่อโครงสร้างก็จะแตกต่างกันออกไปมากบ้างน้อยบ้าง ตามมาตรฐานของแต่ละท้องถิ่นที่ได้มีการบันทึก เก็บสถิติ หรือจากการรวบรวมวิจัยจากหลายๆ หน่วยงาน และได้มีการยอมรับและใช้กันทั่วไป

เพื่อไม่ให้เกิดความสับสน ดังนั้นในที่นี้ผู้เขียนจึงได้ทำการจำแนกน้ำหนักที่กระทำต่อ โครงสร้างออกเป็น 2 กลุ่มหลักๆ

2.1.ประเภทของน้ำหนักที่กระทำต่อโครงสร้าง

2.1.1.น้ำหนักบรรทุกตายตัว(Dead Load ; DL.)

“คือน้ำหนักที่ถุกยึด ฝัง หรือตรึงให้อยู่กับที่(โครงสร้าง) รวมถึงน้ำหนักของตัว โครงสร้างเอง(Self Weight ; SW.)”

2.1.2.น้ำหนักบรรทุกจร(Live Load ; LL.)

“คือน้ำหนักที่ไม่ถุกยึด ฝัง หรือตรึงให้อยู่กับที่(โครงสร้าง) ซึ่งสามารถเคลื่อนย้ายหรือ เคลื่อนไหวได้โดยง่าย ทั้งที่เคลื่อนที่โดยธรรมชาติเองหรือโดยการใส่กำลังงานให้โดยมนุษย์”

2.2.น้ำหนักบรรทุกตายตัว(Dead Load ; DL.)

2.2.1.น้ำหนักตัวโครงสร้างเอง(Self Weight ; SW.) : ซึ่งสามารถหาได้โดยตรงจากขนาด ของโครงสร้าง และหน่วยน้ำหนัก(Unite Weight)ของตัวโครงสร้างเอง เช่น

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

- คอนกรีตอัดแรง SW. = 2,450 x กว้าง(ม.) x ความหนาพื้น(ม.) ; กก./ม. หรือ kg./m. + 2,400 x กว้าง(ม.) x ความหนา topping(ม.) ; กก./ม. หรือ kg./m.

- บันไดคอนกรีตเสริมเหล็ก SW. = 12 x ความสูงลูกตั้ง(ซม.) +

$$\frac{24 \times \text{ความหนา(ซม.)}}{\text{ลูกนอน(ซม.)}} \times \sqrt{\text{ลูกนอน(ซม.)}^2 + \text{ลูกตั้ง(ซม.)}^2} ; \text{ กก./ตร.ม./ม. หรือ กก./ม.}$$

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

- ผนัง-crib คอนกรีตเสริมเหล็ก SW. = 2,400 x กว้าง(1 ม.) x สูง(ม.) ; กก./ม. หรือ kg./m.

- เสาคอนกรีตเสริมเหล็ก SW. = $2,400 \times \text{พื้นที่หน้าตัดเสา(ตร.ม.)} \times \text{สูง(ม.)}$; กก. หรือ kg.
- ฐานรากคอนกรีตเสริมเหล็ก(ฐานแผ่) SW. = $2,400 \times \text{กว้าง(ม.)} \times \text{ยาว(ม.)} \times \text{หนา(ม.)}$; กก. หรือ kg.
- **หมายเหตุ**: จากที่กล่าวมาข้างต้น ถ้าหากเป็นวัสดุอย่างอื่น เช่น ไม้ เหล็ก ก็สามารถหา น้ำหนักได้โดยการ คูณหน่วยน้ำหนักของวัสดุกับขนาดหรือมิติของ โครงสร้างนั้นๆ
- โครงหลังคา(Truss)

1. โครงหลังคาเหล็ก

- $1.024 \times \text{ความยาวโครงถักวัดจาก ปลาย ถึง ปลาย(ม.)}$; กก./ตร.ม.
- $\frac{\text{ความยาวโครงถัก(ม.)}}{3} + 5$; กก./ตร.ม.
- ประมาณ 7% - 15% ของน้ำหนักบรรทุก

2. โครงหลังคาไม้

- $\theta > 30$ องศา ; $1.024 \times \text{ความยาวโครงถักวัดจาก ปลาย ถึง ปลาย(ม.)}$; กก./ตร.ม
- $\theta < 30$ องศา ; $0.688 \times \text{ความยาวโครงถักวัดจาก ปลาย ถึง ปลาย(ม.)} + 8.54$ กก./ตร.ม.

2.2.2. น้ำหนักประกอบ : เป็นน้ำหนักที่ถูกนำมา เกะ ยึดหรือตรึงเข้ากับตัวโครงสร้าง ส่วนการเลือกใช้ว่าจะมีขนาดของน้ำหนักเท่าใดนั้น มีทั้งอ่านจากตารางที่เป็นที่ยอมรับ อ่านจาก เค็ดตาลีอก จำนวนหาจากสมการ Empirical ต่างๆรวมไปถึงการใช้โดยกำหนดขึ้นจาก ประสบการณ์ของแต่ละท่าน ซึ่งโดยรวมแล้วตัวเลขที่นำมามักจะเป็นค่าโดยประมาณ เช่น

- ราวบันได ราวระเบียง ผนังกันห้องสำเร็จรูป ม่าน-มู่ลี่ ระบบงานฝ้าเพดานต่างๆ ประตู-หน้าต่าง(รวมถึง Block Out ต่างๆ) อุปกรณ์ด้านสุขภัณฑ์ ระบบแอร์ต่างๆ งานระบบ Pressure ต่างๆ โทรทัศน์-พัดลม ดวงโคมไฟฟ้าและตู้ควบคุมต่างๆ งานรับสัญญาณดาวเทียม เสาอากาศวิทยุ-โทรทัศน์ ป้ายโฆษณา ถังน้ำสำเร็จรูป ระบบลิฟท์ ระบบเครนและHoist โต๊ะ-เก้าอี้ในส่วนที่ยึดอยู่กับที่(เช่น ห้องเรียน โรงภาพยนตร์ ห้องประชุม ฯลฯ) ระบบอุปกรณ์ฉายภาพ ต่างๆ ระบบอุปกรณ์ช่วยระบายอากาศ-ความร้อน-ควันต่างๆ ระบบกันเสียงกันความร้อนกันไฟ ไข่มต่าง ๆ ระบบเครื่องจักรกลต่างๆ ฯลฯ ตัวเลขที่จะใช้ขึ้นอยู่กับดุลยพินิจและประสบการณ์ของผู้ออกแบบ รวมถึงเค็ดตาลีอกแนะนำสินค้าต่างๆ

- อุปกรณ์ของงานระบบต่างๆ เช่น ระบบท่องานประปา-สุขาภิบาล-ระบายน้ำ ระบบท่อ ดับเพลิงต่างๆ ระบบท่อแอร์ ระบบไฟฟ้า(ท่อ+ราง) ระบบท่อแก๊ส ฯลฯ ตัวเลขที่จะใช้ขึ้นอยู่กับดุลยพินิจและประสบการณ์ของผู้ออกแบบ

- วัสดุคก-แต่งต่างๆ : ดูในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 แสดงค่าน้ำหนักบรรทุกตายตัวของวัสดุ(2544)

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.
แผ่นยิปซัม	880	กก./ลบ.ม.
ปูนฉาบ	1,685	กก./ลบ.ม.
ดินทั่วไป	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.
แป้ไม้(สำหรับงานทั่วไป)	5	กก./ตร.ม.
แป้เหล็ก(สำหรับงานทั่วไปที่ช่วงไม่ใหญ่มาก)	7 - 10	กก./ตร.ม.
พื้นไม้หนา 1 นิ้ว รวมตง	30	กก./ตร.ม.
อิฐมอญก่อครึ่งแผ่นฉาบเรียบสองด้าน	180	กก./ตร.ม.
อิฐมอญก่อเต็มแผ่นฉาบเรียบสองด้าน	360	กก./ตร.ม.
ผนังกระจก	5	กก./ตร.ม.
ผนังกระเบื้องแผ่นเรียบหนา 4 มม.	7	กก./ตร.ม.
ผนังกระเบื้องแผ่นเรียบหนา 8 มม.	14	กก./ตร.ม.
ผนังอิฐบล็อกหนา 10 มม.	100	กก./ตร.ม.
ผนังคอนกรีตบล็อก 10 มม.	100 - 150	กก./ตร.ม.
ผนังคอนกรีตบล็อก 15 มม.	170 - 180	กก./ตร.ม.
ผนังคอนกรีตบล็อก 20 มม.	220 - 240	กก./ตร.ม.

ฝาไม้ 1/2" รวมคร่าว	22	กก./ตร.ม
ผนังก่ออิฐบล็อกจากแก้วและอิฐมวลเบา	90	กก./ตร.ม
ผนังเซตโลกริต + ไม้คร่าว	30	กก./ตร.ม
ผนังแผ่นเอสเบสโตล็กส์	5	กก./ตร.ม
* กระเบื้องคอนกรีต เช่น ซีแพ็คโมเนียร์ *	50 - 60	กก./ตร.ม

2.3.น้ำหนักบรรทุกจร(Live Load ; LL.)

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

2.3.1.น้ำหนักบรรทุกจรสำหรับอาคารแต่ละประเภทและส่วนประกอบของอาคาร : คู่มือตารางที่ 2.2(ซึ่งเป็นค่าต่ำสุดที่แนะนำให้ใช้ โดยค่าในตารางดังกล่าวได้เพื่อน้ำหนักที่อาจจะเกิดขึ้นได้ในกรณีเหตุสุดวิสัยหรือน้ำหนักบรรทุกที่อาจเกิดขึ้นได้ในขณะก่อสร้าง รวมถึงได้เพื่อน้ำหนักเพื่อป้องกันการสั่นไหวของอาคารไว้ด้วย)

ตารางที่ 2.2 แสดงค่าน้ำหนักบรรทุกสำหรับอาคารแต่ละประเภทและส่วนประกอบของอาคาร(2544)

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

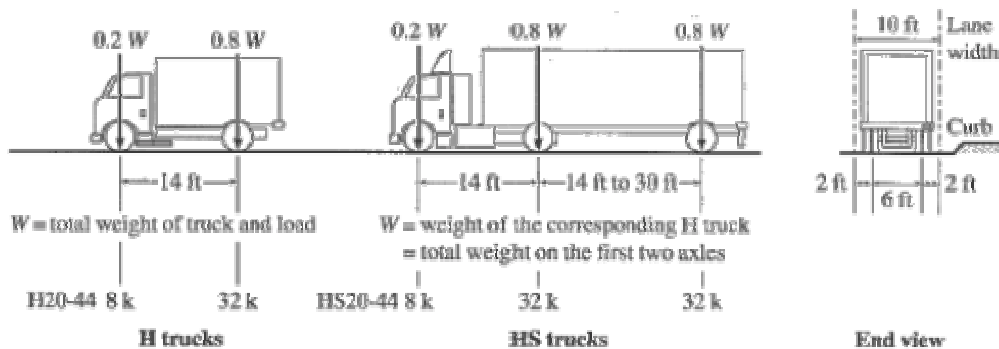
หรือรถจักรยานยนต์ (ข.)ห้องโถง บันไดและช่องทางเดินของ อาคารพาณิชย์ โรงเรียน วิทยาลัย มหาวิทยาลัย	400
8. (ก.)โรงกีฬา อัฒจันทร์ พิพิธภัณฑสถาน คลังสินค้า โรงงานอุตสาหกรรม โรง พิมพ์ ห้องเก็บเอกสารและพัสดุ (ข.)ห้องโถง บันไดและช่องทางเดินของ ตลาด ห้างสรรพสินค้า ภัตตาคาร โรงแรมที่พัก หอประชุม ห้องประชุม หอสมุดและห้องสมุด	500
9.ห้องเก็บหนังสือของหอสมุดหรือห้องสมุด	600
10.ที่จอดรถหรือเก็บรถบรรทุกทุกประเภทและรถอื่นๆ	800

เนื่องจากว่าน้ำหนักบรรทุกจรดังกล่าว(ในตารางที่ 2.2) มีโอกาสหรือเป็นไปได้น้อยที่จะเกิดขึ้นหรือกระทำพร้อมๆกันเต็มพื้นที่ที่ออกแบบ ดังนั้นในกรณีของการออกแบบอาคารสูง(23 ม. ; 2544) จึงมีมาตรฐานออกมาเพื่อลดน้ำหนักบรรทุกจรดังกล่าวลง ทั้งนี้เพื่อให้ค่าที่คำนวณได้มีความใกล้เคียงกับสภาพความเป็นจริงให้มากที่สุด ดังแสดงในตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 แสดงค่าการลดน้ำหนักบรรทุกจร(2544)

ลำดับชั้นที่มีการลดน้ำหนักบรรทุกจร	อัตราการลดน้ำหนักบรรทุกบนพื้นที่แต่ละชั้น (%)
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 และชั้นต่อๆลง	50

2.3.2. นำหนักบรรทุกจรบนสะพาน :



2.3.3.แรงลม(Wind Load ; WL.) : ในกรณีที่มีการวิเคราะห์โครงสร้างที่จำเป็นต้องคำนึงถึงผลจากการกระทำของแรงลม ถ้าหากไม่มีผลการทดสอบใดๆหรือไม่มีเอกสารอ้างอิงใดๆที่เป็นที่หน้าเชื่อถือ ให้ใช้ค่าแรงลมตามเทศบัญญัติของ กทม. ดังแสดงในตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 แสดงเทศบัญญัติ กทม . พ.ศ. 2522 ว่าด้วยเรื่องแรงลม(2544)

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

- **หมายเหตุ :** 1.ค่าของแรงลมที่แสดงในตาราง เป็นแรงลมที่กระทำต่อโครงสร้าง **“รูปทรง 4 เหลี่ยม”** เท่านั้น
- 2.แรงลมดังกล่าวเป็นแรงลมที่กระทำในแนว **“ตั้งฉาก”** กับตัวโครงสร้างเท่านั้น
- 3.หากโครงสร้างใดวางขวางทิศทางลมและอยู่ในที่โล่ง การเลือกใช้ค่าแรงลมควรเพิ่มค่าแรงลมดังกล่าวให้มากกว่าค่าที่แสดงในตารางตามสภาพพื้นที่และตามความเหมาะสม
- 4.ปัจจุบัน(2546) วสท. ได้ออกมาตรฐานแรงลมมาใหม่ ดูที่ www.eit.or.th

2.4.การวิเคราะห์โครงสร้าง(Structure Analysis) ในที่นี้หมายถึง **First Order Analysis**

จากระบบของน้ำหนักตั้งที่กล่าวมาทั้งหมด จะเห็นว่ามีอยู่ในหลายรูปแบบด้วยกัน ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้ว่าในบางครั้งอาจมีน้ำหนักมากกว่าหนึ่งรูปแบบกระทำต่อโครงสร้างพร้อมๆกัน

หรือในบางครั้งอาจมีเพียงรูปแบบเดียวๆกระทำ เมื่อเป็นเช่นนี้ดังนั้นในการวิเคราะห์โครงสร้าง เราจำเป็นต้องแยกการวิเคราะห์ไปในหลายๆกรณี ตามลักษณะการกระทำของน้ำหนักที่คาดว่าจะเกิดขึ้น ทั้งนี้เพื่อให้ได้ค่าแรงภายใน(เช่น โมเมนต์ดัด-บิด , แรงเฉือน , แรงตามแนว , แรงร่วมอื่นๆรวมไปถึงการเสีรูปทั้งเชิงเส้น Δ และ เชิงมุม θ)สูงสุด จากนั้นจึงนำผลที่ได้จากการวิเคราะห์ดังกล่าวไปออกแบบต่อไป แต่ทั้งนี้ทั้งนั้นการที่จะทำให้เราทราบค่าสูงสุดของระบบแรงภายในดังกล่าวได้ ไม่ได้ขึ้นอยู่กับกรณีการกระทำของน้ำหนักแต่อย่างเดียว แต่ยังรวมถึงลักษณะของการจัดวางตัวของน้ำหนักในแต่ละกรณีด้วย

โดยทั่วไปแล้วกรณีของน้ำหนักที่กระทำต่อโครงสร้าง มักจะประกอบด้วย 3 กรณีหลักๆ โดยกรณีที่ให้น้ำหนักบรรทุกสูงสุดจะถูกเลือกไปเป็นน้ำหนักบรรทุกเพื่อการวิเคราะห์ต่อไป

- 1.) น้ำหนักตายตัว
- 2.) น้ำหนักตายตัว + น้ำหนักจร
- 3.) $0.75[\text{น้ำหนักตายตัว} + \text{น้ำหนักจร} + \text{แรงลม} + \text{แรงแผ่นดินไหว}]$

ข้อที่น่าสังเกตคือ ในกรณีที่ 3 เนื่องจากแรงลมหรือแรงเนื่องจากแผ่นดินไหว เป็นแรงที่เกิดขึ้นเพียงบางครั้งคราวเท่านั้นตลอดช่วงอายุของการใช้งานตัวอาคาร ดังนั้นจึงสามารถลดค่าน้ำหนักรวมในกรณีดังกล่าวลงได้อีก 25% (ก็คือคูณลดด้วย 0.75) แต่ถ้าไม่ลดค่าน้ำหนักดังกล่าวลง ก็อาจจะใช้วิธีการเพิ่มหน่วยแรงขึ้นจากเดิมได้อีก $\frac{1}{3}$ เท่าก็ได้ และ ข้อที่น่าพิจารณาอีกจุดหนึ่งสำหรับในกรณีที่ 3 คือ การกระทำพร้อมๆกันของ น้ำหนักจร กับแรงลมหรือแรงเนื่องจากแผ่นดินไหว แทบจะไม่เกิดขึ้นเลยเสียด้วยซ้ำสำหรับในบางกรณี ยกตัวอย่างเช่น ในกรณีของโครงหลังคาขณะเกิดพายุพัดกันโชนหรือฝนฟ้าคะนอง คงไม่มีใครปีนขึ้นไปเดินเล่นแน่นอน

หมายเหตุ : ที่ถูกต้องแล้วน้ำหนักบรรทุกทั้ง 3 กรณีดังกล่าวข้างต้น ในการวิเคราะห์โครงสร้างเราจะต้องทำการวิเคราะห์แยกเป็นรายกรณีไป หลังจากนั้นจึงนำผลที่ได้(แรงภายในต่างๆ เช่น Shear , Axial Forces , Bending Moment , Torsion Moment) มาทำ Envelope Force(ซึ่งแท้จริงแล้วก็คือเส้นแสดงกรอบบนสุดและล่างสุดของแรงภายใน ที่ระยะ x ใดๆตามความยาวของชิ้นส่วน(member)ที่เราพิจารณา) จากนั้นจึงนำผลที่ได้จากการกระทำดังกล่าวมาพิจารณาเพื่อการออกแบบต่อไป

อีกสิ่งหนึ่งที่ผมอยากจะฝากก็คือในการวิเคราะห์โครงสร้างที่มีแรงลมเข้ามาเกี่ยวข้อง การพิจารณาทิศทางของแรงลมที่กระทำ อย่างน้อยควรพิจารณาใน 2 ทิศทาง เช่น น้ำหนักที่กระทำในกรณีที่ 3 (Load Case 3) ควรจะเป็นในลักษณะนี้

$$-0.75[\text{น้ำหนักตายตัว} + \text{น้ำหนักจร} + \text{แรงลม(ตามแกน x)} + \text{แรงแผ่นดินไหว}]$$

$$-0.75[\text{น้ำหนักตายตัว} + \text{น้ำหนักจร} + \text{แรงลม(ตามแกน y)} + \text{แรงแผ่นดินไหว}]$$

