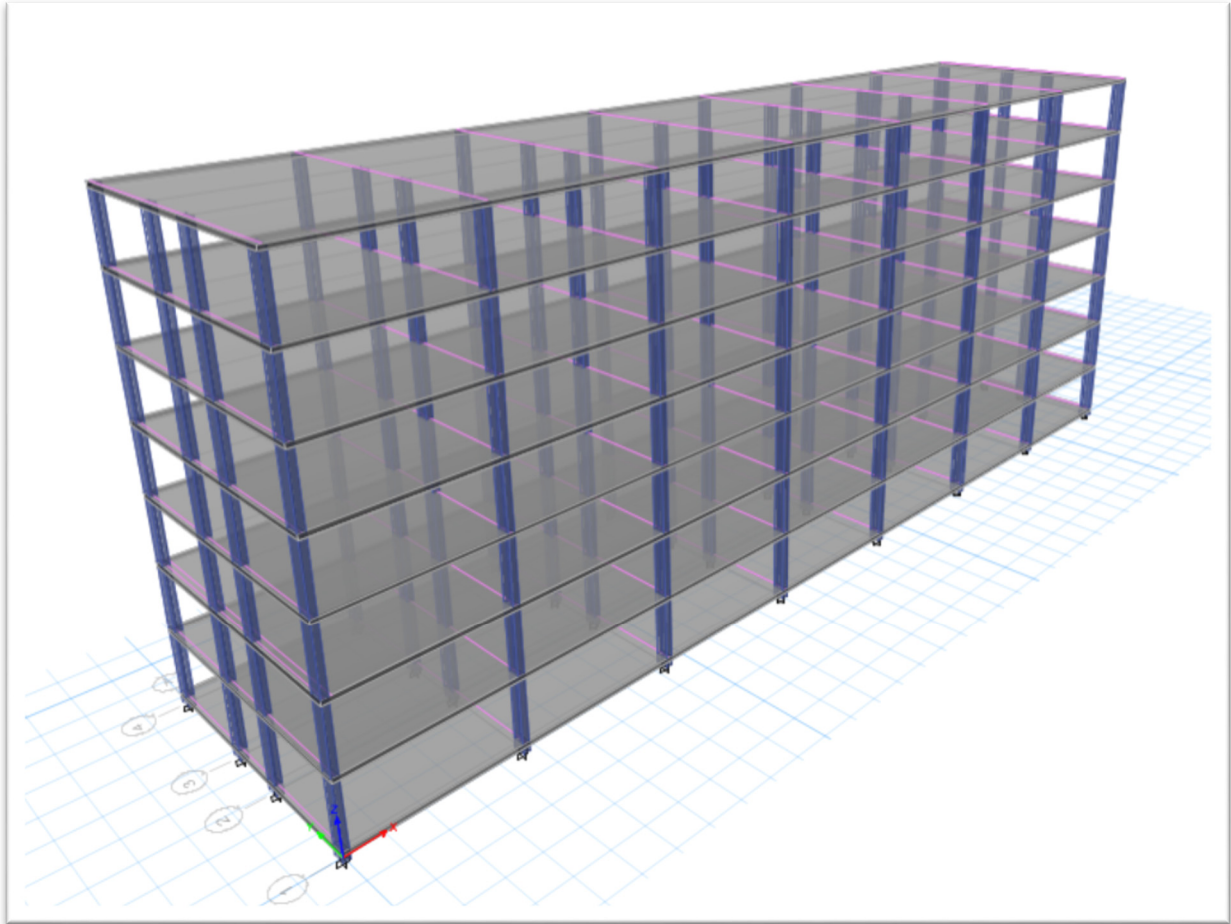


ตัวอย่าง การออกแบบพื้น post tension โดยรวมผลจากแรงด้านข้าง

อาคาร คสล. สูง 8 ชั้น ความสูงระหว่างชั้น 3.2m ชั้นแรกอยู่ที่ระดับ +0.50m

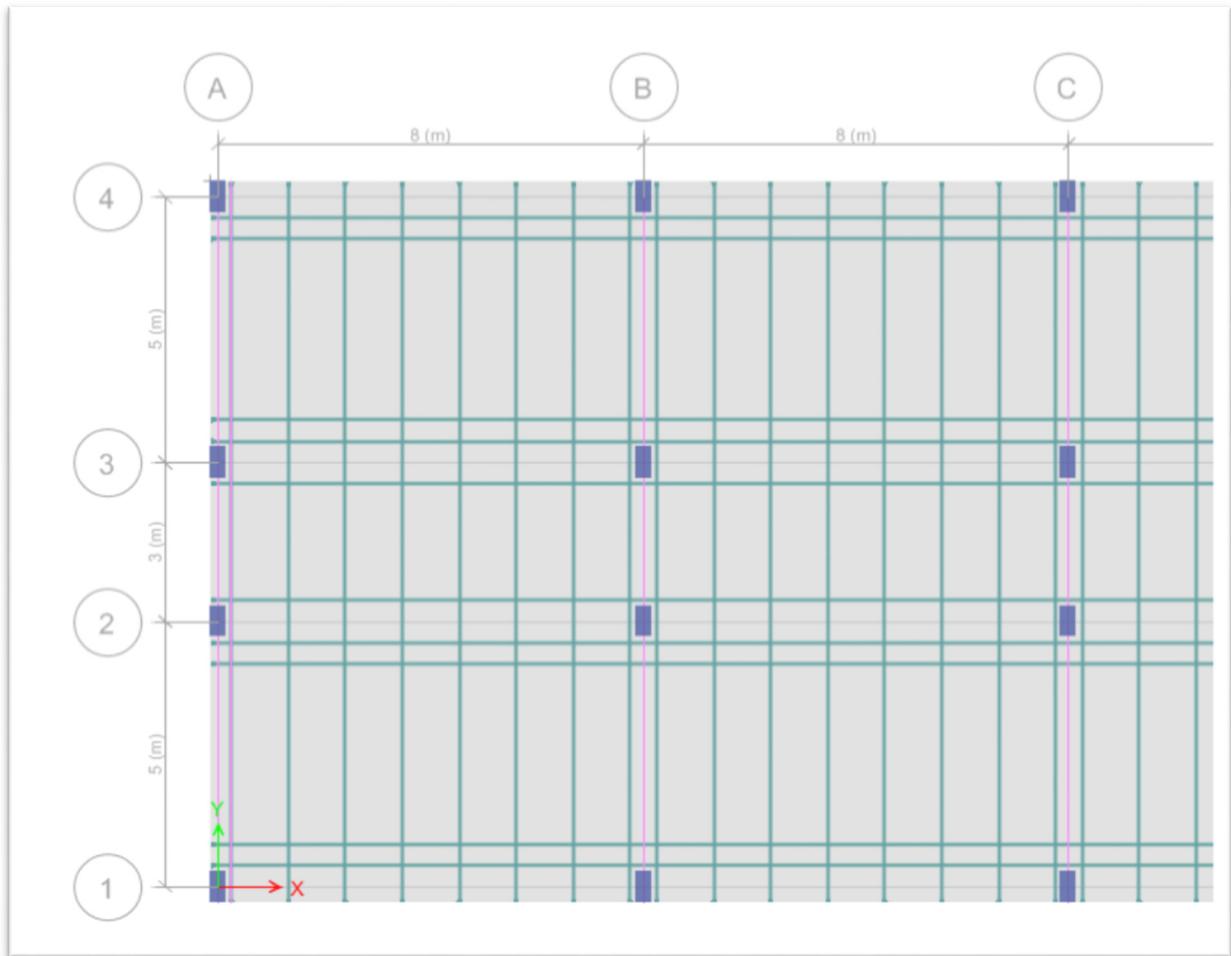


Superimposed Dead Load 300 kg/m²

Live Load 200 kg/m²

fc' for slab 320 ksc

column 240 ksc



ออกแบบพื้นหนา 0.23m เพื่อรับน้ำหนักบรรทุกทุกในแนวตั้ง (SW+SDL+LL)

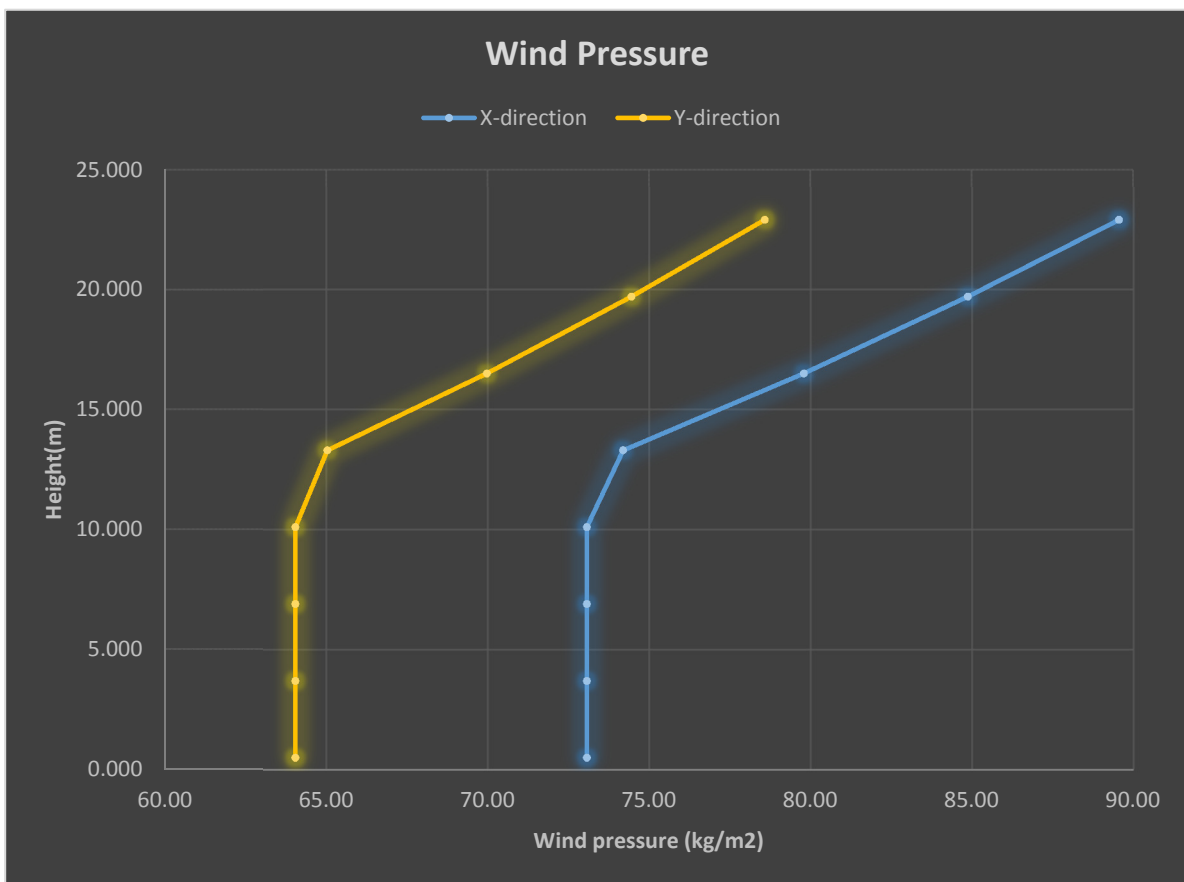
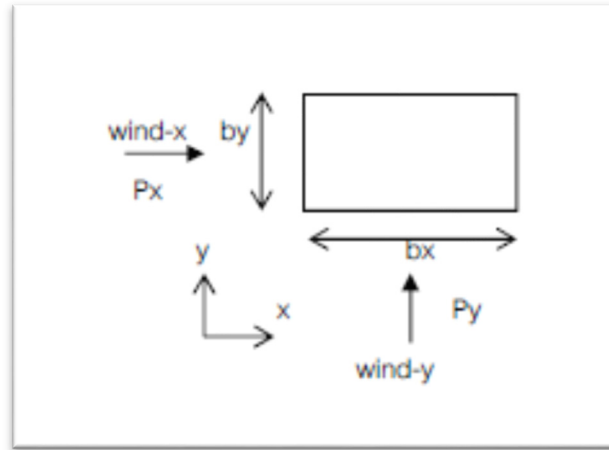
ตรวจสอบแล้ว Punching shear ผ่าน โดยไม่ต้องเพิ่มเหล็กเสริมรับแรงเฉือน

พิจารณา Line B ได้จำนวน 7-wire strand ทั้งหมด 16 เส้น โดยจัดให้เป็น 8 tendon โดยแต่ละ tendon มี 2 strand

1. ผลของแรงลม

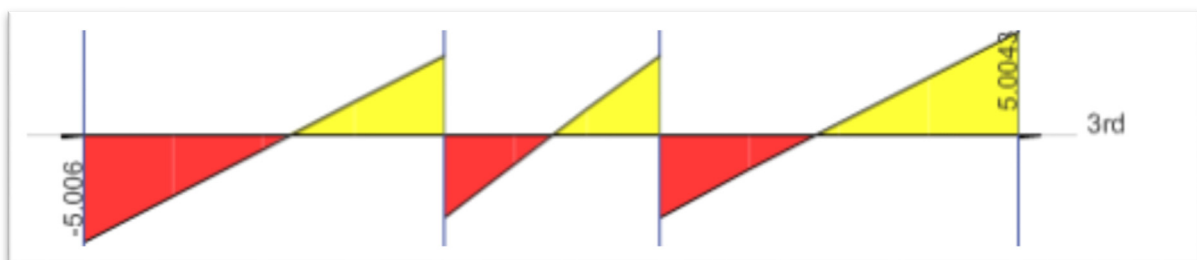
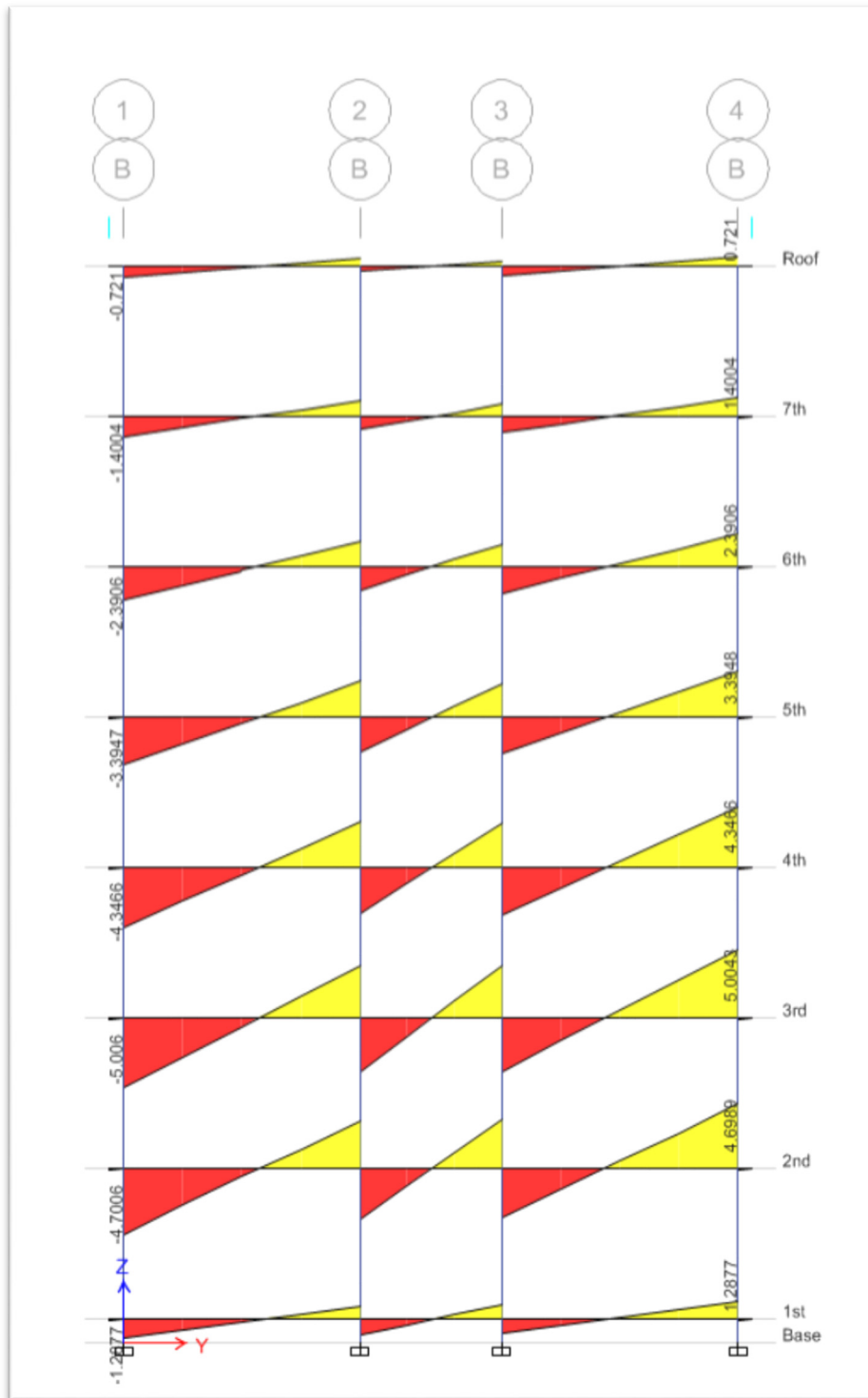
คำนวณหาแรงลมตาม มยพ.1311-50 เพื่อนำไปวิเคราะห์โครงสร้าง กำหนดให้อาคารตั้งอยู่บริเวณ
ชานเมือง จังหวัดนนทบุรี ความเร็วลมพื้นฐานเฉลี่ยในหนึ่งชั่วโมงที่ความสูง 10 เมตรในสภาพภูมิประเทศโล่ง
สำหรับคาบเวลากลับ 30 ปี เท่ากับ 25 เมตรต่อวินาที

สภาพภูมิประเทศเป็นแบบ B



1.1 ตรวจสอบกำลังรับโมเมนต์

จากหน่วยแรงลมที่คำนวณได้นำไปกระทำกับอาคาร ก็จะได้โมเมนต์ที่เกิดขึ้นในพื้นที่นี้ จะลองพิจารณากรณีที่แรงลมกระทำต่อด้านยาวของอาคาร จากรูปโมเมนต์ที่ที่แสดง พบว่าชั้นที่ 3 มีค่าสูงสุด นำ BMD ของชั้นที่ 3 มารวมผลกับแรงในแนวตั้งของ Line B ที่คำนวณไว้ก่อน



เปรียบเทียบค่าโมเมนต์ที่เกิดขึ้นในแต่ละ Load combination

กรณีรับแรงในแนวตั้ง $Mu1 = 1.4MD + 1.7ML + 1.0Msec$

กรณีรับแรงในแนวตั้ง+แรงด้านข้าง $Mu2 = 0.75 (1.4MD + 1.7ML + 1.0MSEC + 1.7MW)$

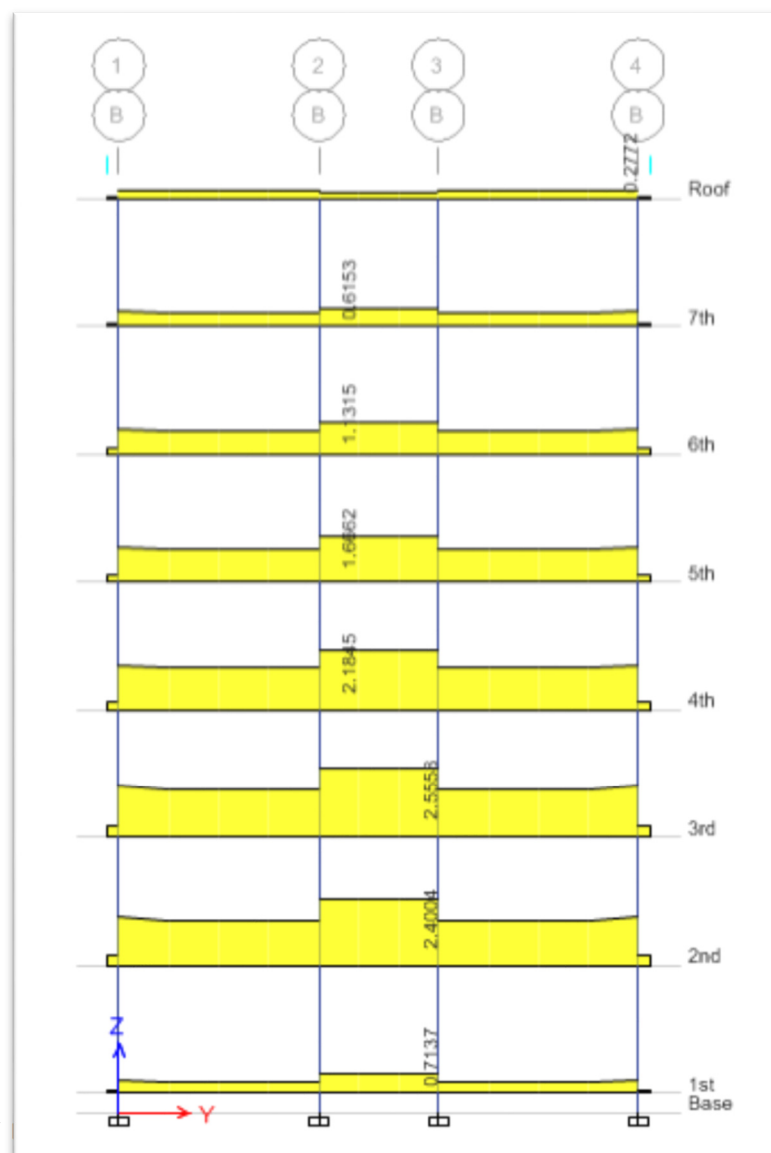
$Mu3 = 0.9MD + 1.0MSEC + 1.3MW$

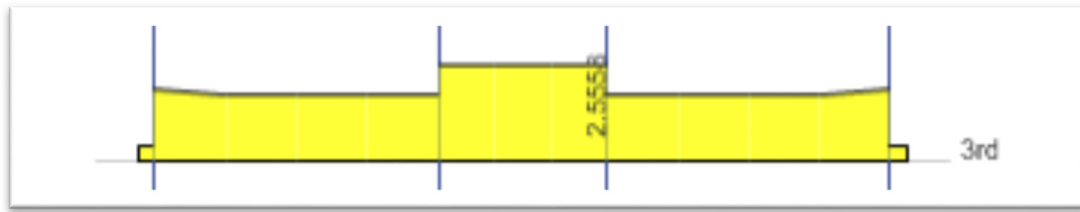
ในกรณีที่ $Mu1$ มีค่าน้อยกว่า $Mu2$ หรือ $Mu3$ ให้ทำการเพิ่มกำลังรับโมเมนต์ของหน้าตัด โดยการเพิ่มเหล็กเสริม จะทำให้ค่า fps สูงขึ้นและจะส่งผลให้กำลังรับโมเมนต์ของหน้าตัดมากขึ้น

1.2 ตรวจสอบกำลังรับแรงเฉือน

การตรวจสอบแรงเฉือนยังคงเหมือนกับการออกแบบพื้นทั่วไปคือต้องตรวจสอบแรงเฉือนแบบคาน (Beam shear or one way shear) และแรงเฉือนเจาะทะลุ (Punching shear or Two way shear)

- แรงเฉือนแบบคาน (Beam shear or One way shear)





ดู Shear Force Diagram (SFD) ที่ได้จากการวิเคราะห์โครงสร้าง นำมารวมผลกับแรงเฉือนที่ได้จากน้ำหนักบรรทุกทุกในแนวตั้ง แล้วนำมาเปรียบเทียบกับแต่ละ Load combination โดยที่ แรงเฉือนที่มากที่สุดจะต้องมีค่าไม่เกิน $\phi V_c = 0.53v(fc') b.d$

เปรียบเทียบค่าแรงเฉือนที่เกิดขึ้นในแต่ละ Load combination

กรณีรับแรงในแนวตั้ง $V_{u1} = 1.4VD + 1.7VL$

กรณีรับแรงในแนวตั้ง+แรงด้านข้าง $V_{u2} = 0.75 (1.4VD + 1.7VL + 1.7VW)$

$$V_{u3} = 0.9VD + 1.3VW$$

-แรงเฉือนเจาะทะลุ (Punching shear or Two way shear)

เมื่ออาคารถูกแรงด้านข้างมากกระทำ จะทำให้เกิด unbalance moment สูงขึ้น ซึ่งค่าที่สูงขึ้นนี้จะ เป็นสาเหตุที่ทำให้แรงเฉือนเจาะทะลุมีค่ามากขึ้น นำมาเปรียบเทียบกับแรงเฉือนเจาะทะลุเนื่องจากแรงในแนวตั้ง เลือก Load combination ที่มากที่สุด เพื่อนำมาเปรียบเทียบกับกำลังรับแรงเฉือนเจาะทะลุของพื้น และเนื่องจากแรงด้านข้างสามารถเปลี่ยนทิศทางได้ ดังนั้น unbalance moment ที่เกิดจากแรงด้านข้าง จึงสามารถมีทิศทางเสริมจาก Load combination ของแรงในแนวตั้งได้เลย

-กรณีน้ำหนักบรรทุกทุกในแนวตั้ง $V_u = \frac{Vu}{b_o d} \pm \frac{\alpha_v M_{ub} C}{J}$ คำนวณจาก 1.4D+1.7L

-กรณีรวมผลของแรงแผ่นดินไหว $V_u = \frac{Vu}{b_o d} \pm \frac{\alpha_v M_{ub} C}{J} \pm \frac{\alpha_v M_{ub,L} C}{J}$

V_u = Punching shear from transverse load 0.75(1.4D+1.7L)

M_{ub} = Unbalance moment from transverse load 0.75(1.4D+1.7L)

$M_{ub,L}$ = Unbalance moment from lateral load 0.75(1.7W)

1.3 ความเค้นที่ผิวบนและผิวล่าง (Stress at top and bottom surface)

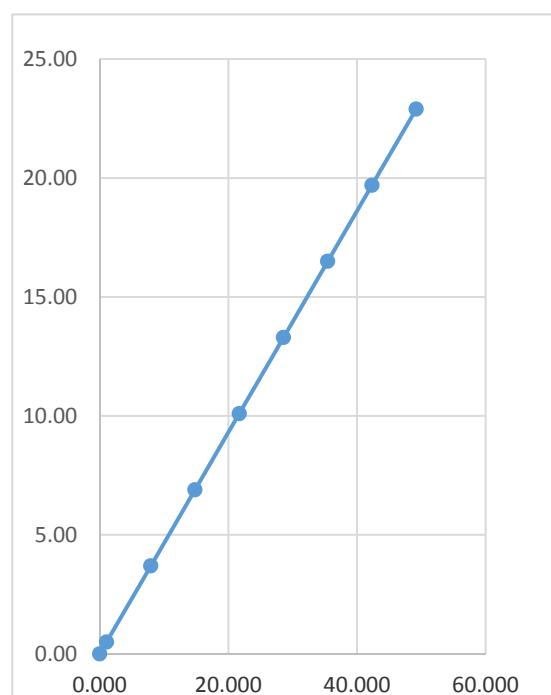
เพื่อควบคุมไม่ให้เกิดรอยร้าวที่ผิว ความเค้นที่ผิวที่เกิดขึ้นจะต้องไม่เกินค่าที่ยอมให้ในขณะใช้งาน

$$\sigma_{top,bottom} = 0.75 \left(\frac{P_e}{A} \pm \frac{P_e \cdot e \cdot c}{I} \pm \frac{M \cdot c}{I} \pm \frac{M_w \cdot c}{I} \right)$$

2. ผลของแรงจากแผ่นดินไหว

คำนวณหาแรงลมตาม มยพ.1311-50 เพื่อนำไปวิเคราะห์โครงสร้าง กำหนดให้อาคารตั้งอยู่บริเวณ
ชานเมือง จังหวัดนนทบุรี เป็นพื้นที่ในแอ่งกรุงเทพฯโซน 4 คำนวณแรงกระทำในแต่ละชั้นด้วยวิธีสถิตศาสตร์ ได้
ค่าดังตาราง

	hx	wx	wi.hi ^k	Fx	
Roof	3.2	22.90	802.256	18371.66	49.215
7th	3.2	19.70	802.256	15804.44	42.337
6th	3.2	16.50	802.256	13237.22	35.460
5th	3.2	13.30	802.256	10670	28.583
4th	3.2	10.10	802.256	8102.786	21.706
3rd	3.2	6.90	802.256	5535.566	14.829
2nd	3.2	3.70	802.256	2968.347	7.952
1st	0.5	0.50	802.256	401.128	1.075
	Σ		6418.048	75091.16	201.2

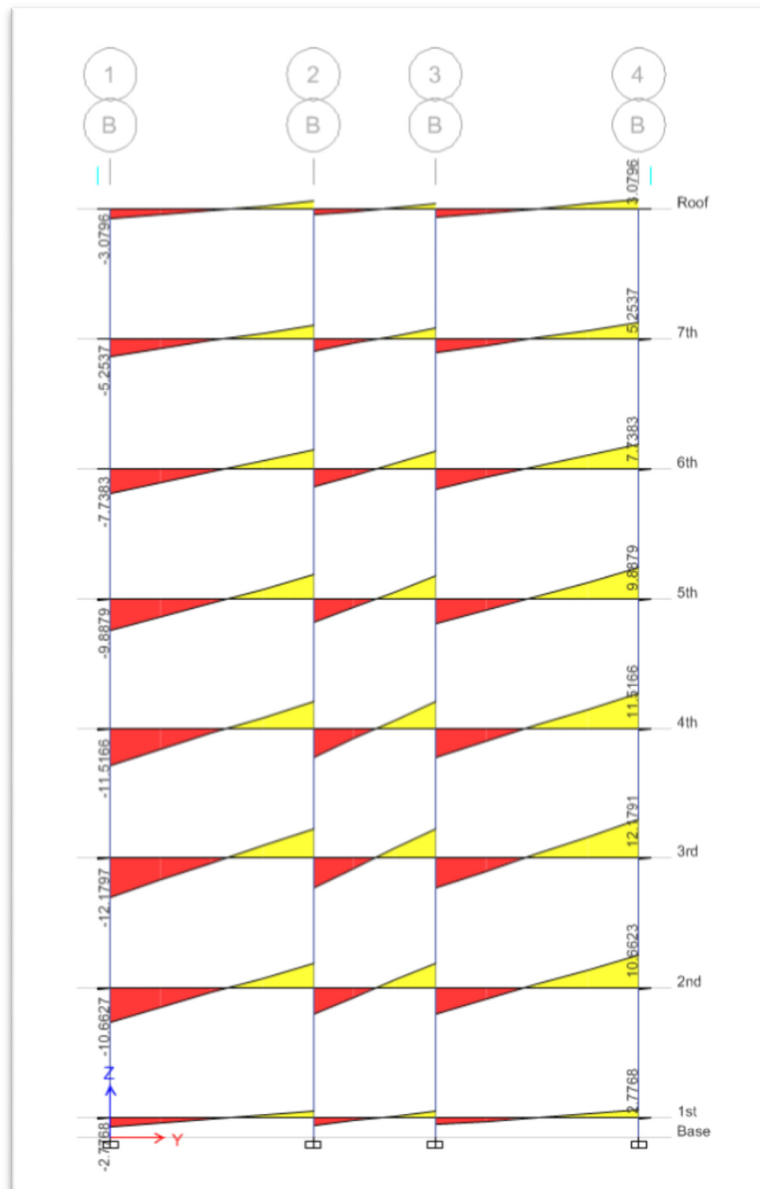


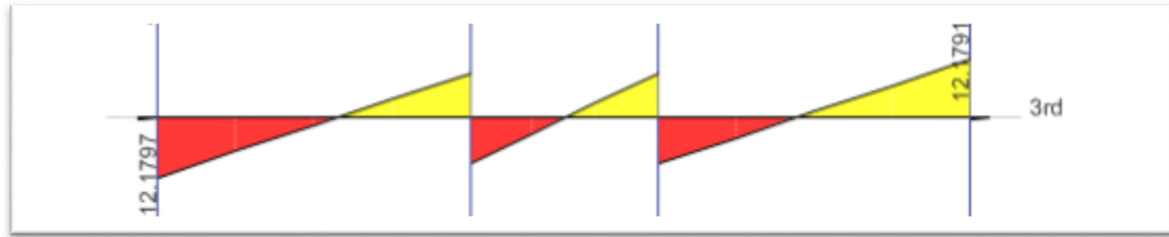
จากนั้นคำนวณหาแรงจากแผ่นดินไหวด้วยวิธีสเปกตรัมการตอบสนองแบบโหมตตาม มยพ.1302 เมื่อได้ค่าแรงเฉือนที่ฐาน, V_t แล้ว หากมีค่าน้อยกว่า 85% ของค่าแรงเฉือนที่ฐานที่ได้จากวิธีแรงสถิตเทียบเท่า, V ให้ปรับค่าแรงภายในที่ใช้ในการออกแบบที่หาจากวิธีสเปกตรัมการตอบสนองแบบโหมต โดยคูณด้วยค่า $0.85V/V_t$

2.1 ตรวจสอบกำลังรับโมเมนต์

จากแรงแผ่นดินไหวที่คำนวณด้วยวิธีทางสถิติศาสตร์ตาม มยพ.1302 แล้วนำไปกระทำกับอาคาร ก็จะได้โมเมนต์ที่เกิดขึ้นในพื้นที่ ในที่นี้พิจารณากรณีที่แรงแผ่นดินไหวกระทำต่อด้านยาวของอาคาร จากรูปโมเมนต์ที่ที่แสดง พบว่าชั้นที่ 3 มีค่าสูงสุด นำ BMD ของชั้นที่ 3 มารวมผลกับแรงในแนวตั้งของ Line B ที่คำนวณไว้ก่อน

จากค่าแรงที่คำนวณได้ เมื่อนำไปกระทำต่อโครงสร้าง ปล่อยให้วิเคราะห์ที่โครงสร้างจะได้ BMD ดังนี้





เปรียบเทียบค่าโมเมนต์ที่เกิดขึ้นในแต่ละ Load combination

กรณีรับแรงในแนวตั้ง

$$Mu1 = 1.4MD + 1.7ML + 1.0Msc$$

กรณีรับแรงในแนวตั้ง+แรงด้านข้าง

$$Mu2 = 1.2MD + 1.0ML + 1.0MSEC + 1.0ME$$

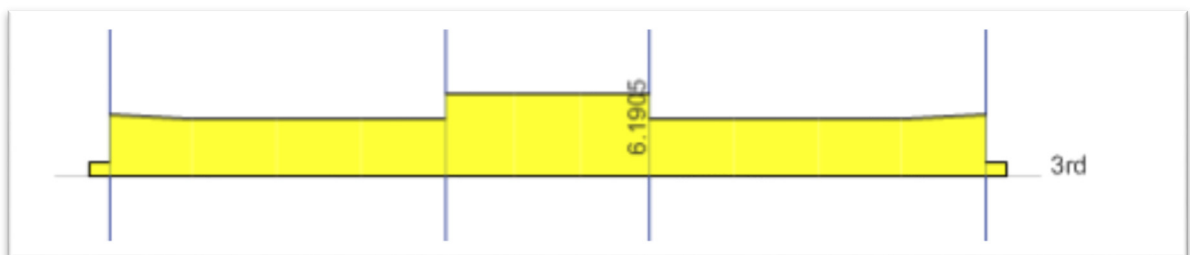
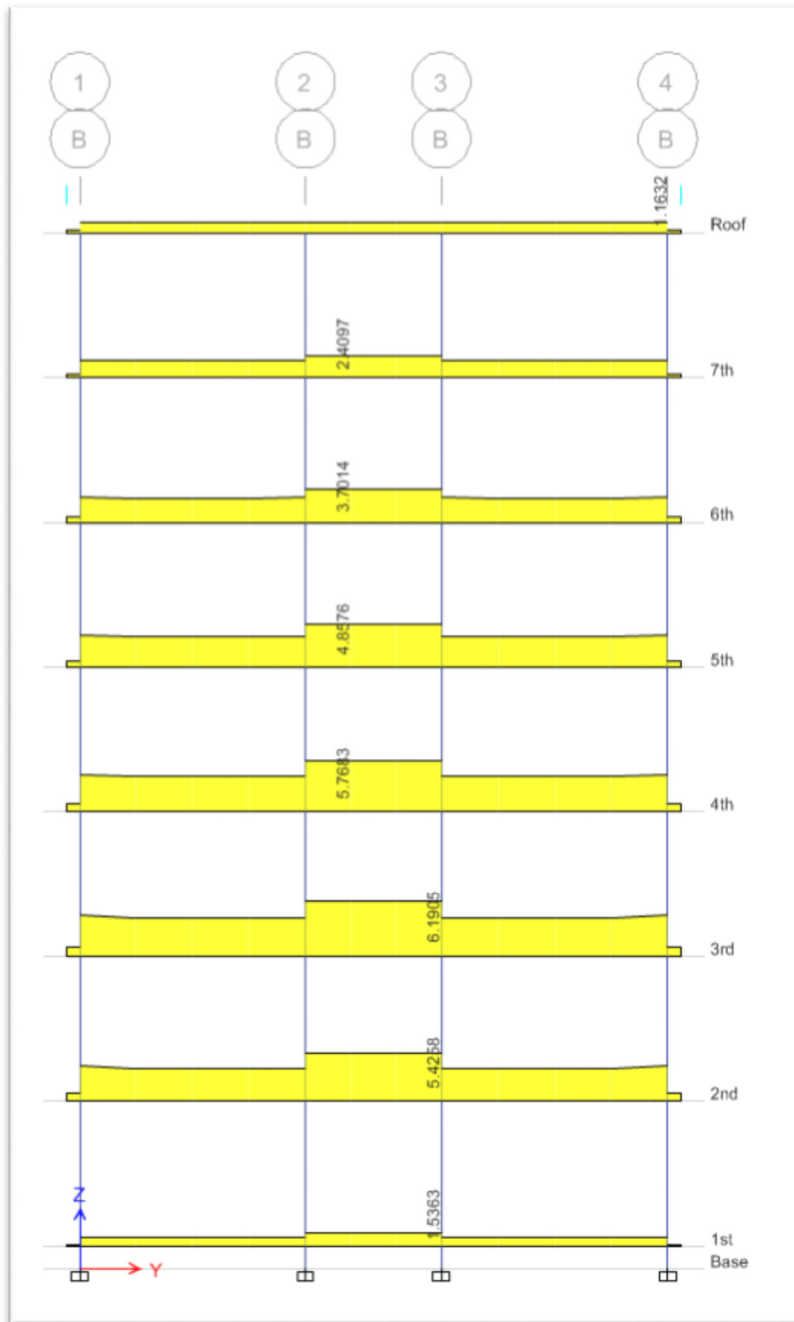
$$Mu3 = 0.9MD + 1.0MSEC + 1.0ME$$

ในกรณีที่ Mu1 มีค่าน้อยกว่า Mu2 หรือ Mu3 ให้ทำการเพิ่มกำลังรับโมเมนต์ของหน้าตัด โดยการเพิ่มเหล็กเสริม จะทำให้ค่า fps สูงขึ้นและจะส่งผลให้กำลังรับโมเมนต์ของหน้าตัดมากขึ้น

2.2 ตรวจสอบกำลังรับแรงเฉือน

การตรวจสอบแรงเฉือนยังคงเหมือนกับการออกแบบพื้นทั่วไปคือต้องตรวจสอบแรงเฉือนแบบคาน (Beam shear or one way shear) และแรงเฉือนเจาะทะลุ (Punching shear or Two way shear)

-แรงเฉือนแบบคาน (Beam shear or One way shear)



ดู Shear Force Diagram (SFD) ที่ได้จากการวิเคราะห์โครงสร้าง นำมารวมผลกับแรงเฉือนที่ได้จากน้ำหนักบรรทุกในแนวตั้ง แล้วนำมาเปรียบเทียบกับแต่ละ Load combination โดยที่ แรงเฉือนที่มากที่สุดจะต้องมีค่าไม่เกิน $\phi V_c = 0.53v(fc') b.d$

เปรียบเทียบค่าแรงเฉือนที่เกิดขึ้นในแต่ละ Load combination

กรณีรับแรงในแนวตั้ง $V_{u1} = 1.4VD + 1.7VL$

กรณีรับแรงในแนวตั้ง+แรงดัดข้าง $V_{u2} = 1.2VD + 1.0VL + 1.0VE$

$V_{u3} = 0.9VD + 1.0VE$

-แรงเฉือนเจาะทะลุ (Punching shear or Two way shear)

เมื่ออาคารถูกแรงดัดข้างมากกระทำ จะทำให้เกิด unbalance moment สูงขึ้น ซึ่งค่าที่สูงขึ้นนี้จะ เป็นสาเหตุที่ทำให้แรงเฉือนเจาะทะลุมีค่ามากขึ้น ดังนั้นเราจึงต้องเลือก Load combination ที่มากที่สุด เพื่อนำมาเปรียบเทียบกับกำลังรับแรงเฉือนของพื้น เนื่องจากแรงดัดข้างสามารถเปลี่ยนทิศทางได้ ดังนั้น unbalance moment จึงสามารถมีทิศทางเสริมจาก Load combination ของแรงในแนวตั้งได้เลย

-กรณีน้ำหนักบรรทุกทุกในแนวตั้ง $V_u = \frac{Vu}{b_o d} \pm \frac{\alpha_v M_{ubC}}{J}$ คำนวนจาก 1.4D+1.7L

-กรณีรวมผลของแรงแผ่นดินไหว $V_u = \frac{Vu}{b_o d} \pm \frac{\alpha_v M_{ubC}}{J} \pm \frac{\alpha_v M_{ub,L}}{J}$

V_u = Punching shear from transverse load 1.2D+1.0L

M_{ub} = Unbalance moment from transverse load 1.2D+1.0L

$M_{ub,L}$ = Unbalance moment from lateral load 1.2E

2.3 การตรวจสอบความเค้นที่ผิวเพื่อควบคุมรอยร้าว

กรณีแรงจากแผ่นดินไหว ไม่จำเป็นต้องควบคุมการเกิดรอยร้าว เพราะ เรายอมให้โครงสร้างมีการโยกตัว โดยจุดต่อถูกออกแบบให้มีความแข็งแรงตามข้อกำหนดการให้รายละเอียดความเหนียวเทียบเท่าความเหนียวจำกัด