การออกแบบอาคารพักอาศัย จำนวน 9 ชั้น

ประเภทอาคาร : อาคารสูงเกิน 35 เมตรจัดเป็นประเภทอาคารสูง

โครงสร้างองค์อาคาร : อาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก

ข้อกำหนดในการออกแบบ : แรงลมและการตอบสนองอาคาร มยผ. 1311-50
ออกแบบแรงต้านทานแผ่นดินไหวมาตรฐาน UBC (Uniform Building Code)1985
กฎกระทรวง พศ. 2550
เทศบัญญัติ พศ. 2522

วิธีการออกแบบ : ออกแบบด้วยวิธีแรงหน่วยที่ยอมให้ WSD

สถานที่ก่อสร้าง : กรุงเทพฯ

วัสดุโครงสร้างหลัก : คอนกรีตกำลังอัดรูปทรงกระบอกที่ 28 วัน f'c = 240 Ksc
เหล็กเสริม SR 24 (FY = 2400 Ksc) SD 40 (FY=4000 KSC)

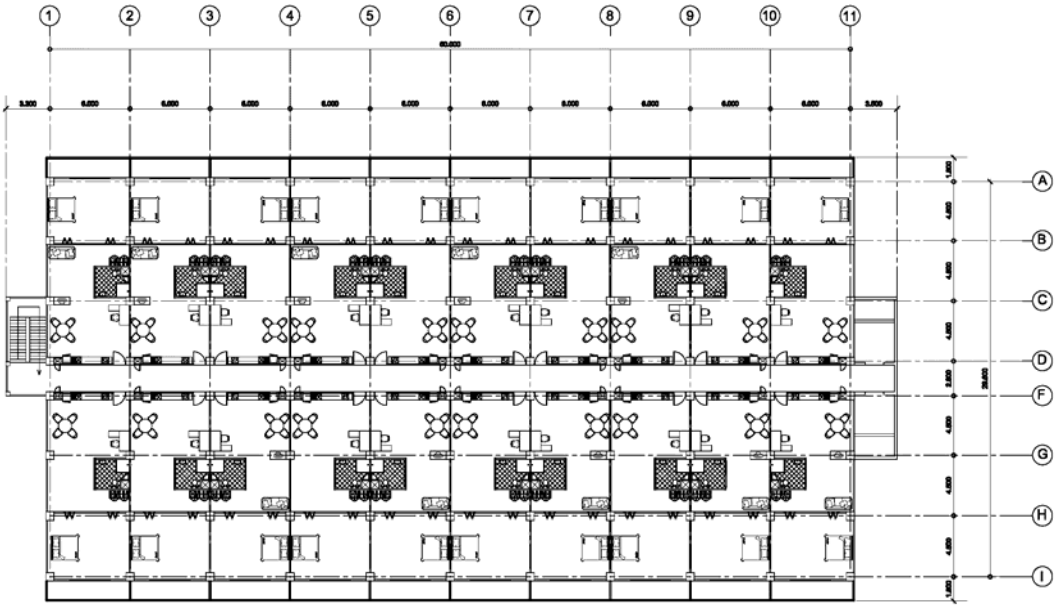
น้ำหนักจร (ตามมาตรฐานวสท.และเทศบัญญัติ กทม.)

หลังคากันสาด	100	กก./ตรม.
พื้นอาคารชุดชั้นอื่นๆ	300	กก./ตรม.
บันไดและทางเดิน	300	กก./ตรม.

การลดน้ำหนักบรรทุกจร ตามข้อบัญญัติกทม พศ. 2522

หลังคาหรือดาดฟ้า	ลดได้	0%
ชั้นที่1 จากหลังคาหรือดาดฟ้า	ลดได้	0 %
ชั้นที่2 จากหลังคาหรือดาดฟ้า	ลดได้	0 %
ชั้นที่3 จากหลังคาหรือดาดฟ้า	ลดได้	10 %
ชั้นที่4 จากหลังคาหรือดาดฟ้า	ลดได้	20 %
ชั้นที่5 จากหลังคาหรือดาดฟ้า	ลดได้	30 %
ชั้นที่6 จากหลังคาหรือดาดฟ้า	ลดได้	40 %
ชั้นที่7 จากหลังคาหรือดาดฟ้า	ลดได้	50 %
ชั้นต่อลงไป ถึง ชั้นที่ 1	ลดได้	50 %

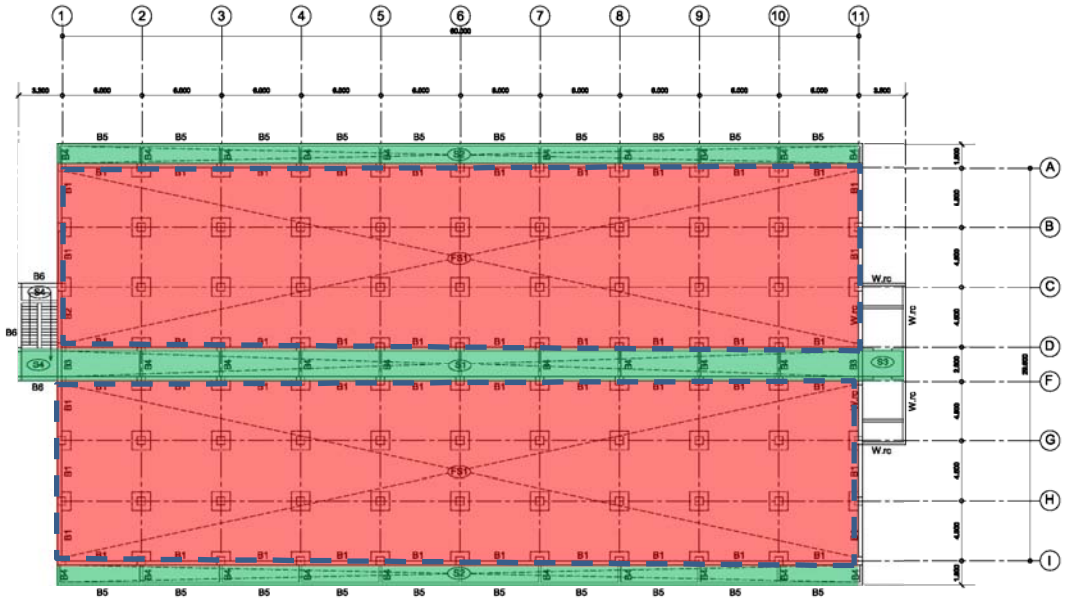
เงื่อนไขการลดน้ำหนักจะใช้ได้กับน้ำหนักจรไม่เกิน 500 กก./ตรม. และไม่ใช้พื้นลานจอดรถ



แบบทางสถาปัตย์ระหว่างชั้น 2-8

พิจารณารูปแบบแปลนเพื่อจะกำหนดรูปแบบโครงสร้าง

โดยการออกแบบนั้ นวัตถุประสงค์ให้หน้างานทำงานได้ง่ายและรวดเร็วจึงจะออกแบบพื้ น ระบบผสมกันระหว่างพื้ นไร้คาน(Flat Slab)และ พื้ น หนึ่ง และหรือ สอง ทาง (1Way – 2Ways) โดยมีคานขอบรัดรอบ (Edge Beam)



พื้ นหนึ่งหรือสองทาง

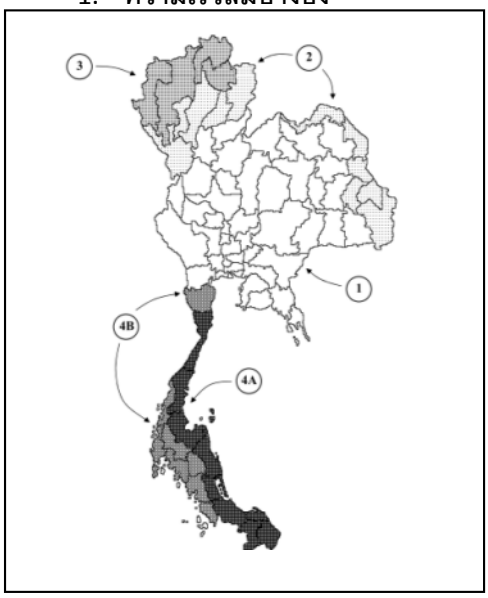
พื้ นไร้คาน

คานขอบรัดรอบพื้ นไร้คาน

ออกแบบแรงลมวิธีแรงเทียบเท่า

ขั้ นตอนการออกแบบแรงลมวิธีแรงเทียบเท่า

1. **ความเร็วลมอ้างอิง**



สำหรับคาบเวลากลับ (return period) 50 ปี (V_{50})

สำหรับการออกแบบที่สภาวะใช้งาน $\overline{V} = V_{50}$

สำหรับการออกแบบที่สภาวะกำลัง $\overline{V} = T_F \cdot V_{50}$

โดย T_F คือค่าประกอบได้ฝุ่น

กลุ่ม 1 : V_{50} = 25 m/s, T_F = 1.0
กลุ่ม 2 : V_{50} = 27 m/s, T_F = 1.0
กลุ่ม 3 : V_{50} = 29 m/s, T_F = 1.0
กลุ่ม 4A : V_{50} = 25 m/s, T_F = 1.2
กลุ่ม 4B : V_{50} = 25 m/s, T_F = 1.08

2. **ตารางจำแนกประเภทของอาคารตามความสำคัญต่อสาธารณชน**

ประเภทของอาคาร	ประเภทความส
อาคารและส่วนโครงสร้างอื่นที่มีปัจจัยเสี่ยงต่ำต่อชีวิตมนุษย์ต่อนข้างน้อยเมื่อเกิดการพังทลายของอาคารหรือส่วนโครงสร้างนั้นๆ เช่น - อาคารที่เกี่ยวข้องกับการเกษตร - อาคารชั่วคราว - อาคารเก็บของเล็กๆ ซึ่งไม่มีความสำคัญ	น้อย
อาคารและส่วนโครงสร้างอื่นที่ไม่จัดอยู่ในอาคารประเภท ความสำคัญ น้อย มาก และสูงมาก	ปกติ
อาคารและส่วนโครงสร้างอื่นที่ทากเกิดการพังทลาย จะเป็นอันตรายต่อชีวิตมนุษย์และสาธารณชนอย่างมาก เช่น - อาคารที่เป็นที่ชุมนุมในพื้นที่หนึ่งๆ มากกว่า 300 คน - โรงเรียนประถมหรือมัธยมศึกษาที่มีความจุมากกว่า 250 คน - มหาวิทยาลัยหรือวิทยาลัย ที่มีความจุมากกว่า 500 คน - สถานรักษาพยาบาลที่มีความจุคนไข้มากกว่า 50 คน แต่ไม่สามารถทำการรักษาการฉุกเฉินได้ - เรือนจำและสถานกักกันนักโทษ	มาก

อาคารและส่วนโครงสร้างที่มีความจำเป็นต่อความเป็นอยู่ของสาธารณชนเป็นอย่างมาก หรืออาคารที่จำเป็นต่อการบรรเทาภัยพิบัติเกิดหลังเกิดเหตุเป็นอย่างมาก เช่น - โรงพยาบาลที่สามารถทำการรักษาการฉุกเฉินได้ - สถานีตำรวจ สถานีดับเพลิง และโรงเก็บรถฉุกเฉินต่างๆ - โรงไฟฟ้า - โรงผลิตน้ำประปาถังเก็บน้ำ และสถานีสูบจ่ายน้ำที่มีความดันสูงสำหรับการดับเพลิง - อาคารศูนย์สื่อสาร - อาคารศูนย์บรรเทาสาธารณภัย - ท่าอากาศยาน ศูนย์บังคับการบิน และโรงเก็บเครื่องบิน ที่ต้องใช้เมื่อเกิดการฉุกเฉิน - อาคารศูนย์บัญชาการแห่งชาติ อาคารหรือส่วนโครงสร้างในส่วนของการผลิต การจัดการ การจัดเก็บ หรือการใช้สารพิษ เช่น เชื้อเพลิง หรือสารเคมี อันก่อให้เกิดการระเบิดขึ้นได้	สูงมาก

3. **ค่าประกอบความสำคัญของแรงลม (Iw)**

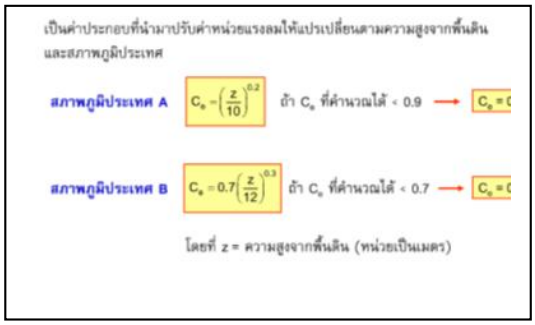
ประเภทความสำคัญของอาคาร	ค่าประกอบความสำคัญของแรงลม	
	สภาวะจำกัดด้านกำลัง	สภาวะจำกัดด้านการใช้งาน
น้อย	0.8	0.75
ปกติ	1	0.75
มาก	1.15	0.75
สูงมาก	1.15	0.75

4. **สภาพภูมิประเทศ**

A (ภูมิประเทศแบบโล่ง) B (ภูมิประเทศแบบชานเมือง) C (ภูมิประเทศแบบศูนย์กลางเมือง)

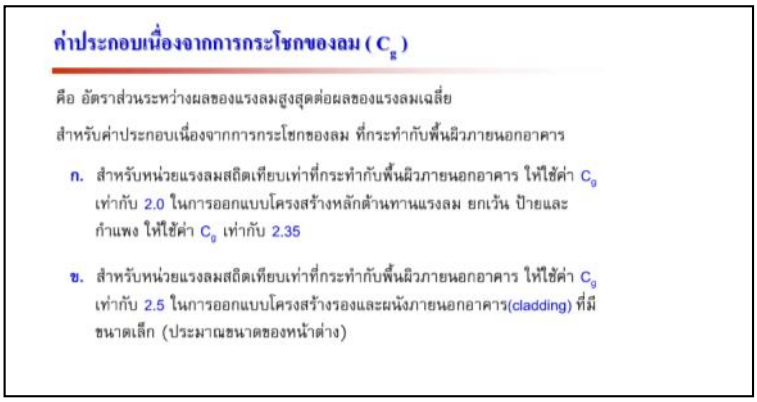
5. ค่าประกอบเนื่องจากสภาพภูมิประเทศ (Ce)

ซึ่งสามารถหาจากรายการคำนวณตามสมการ หรือ จากตาราง

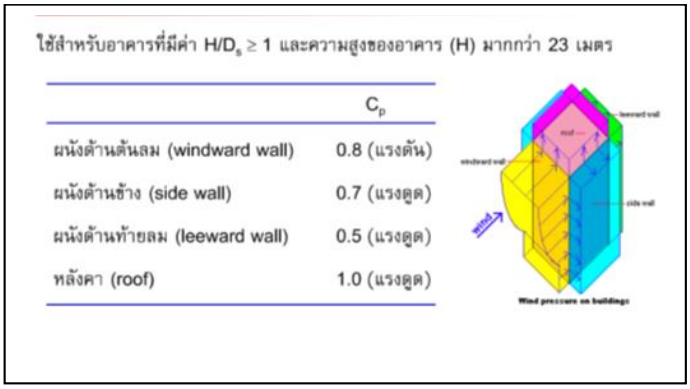


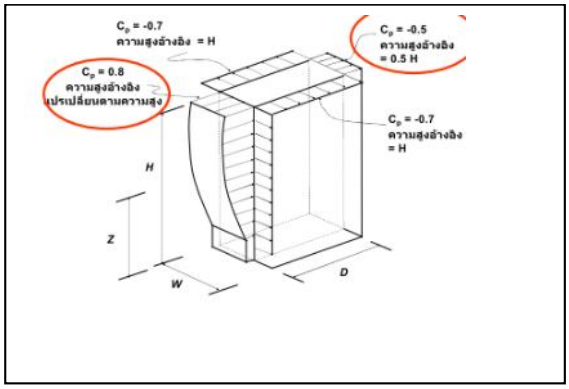
ความสูงจากพื้นดิน	สภาพภูมิประเทศแบบ A	สภาพภูมิประเทศแบบ B
สูงไม่เกิน 6 เมตร	0.90	0.70
สูงเกิน 6 เมตร แต่ไม่เกิน 10 เมตร	1.00	0.70
สูงเกิน 10 เมตร แต่ไม่เกิน 20 เมตร	1.15	0.82
สูงเกิน 20 เมตร แต่ไม่เกิน 30 เมตร	1.25	0.92
สูงเกิน 30 เมตร แต่ไม่เกิน 40 เมตร	1.32	1.00
สูงเกิน 40 เมตร แต่ไม่เกิน 60 เมตร	1.43	1.13
สูงเกิน 60 เมตร แต่ไม่เกิน 80 เมตร	1.52	1.24

6. ค่าประกอบเนื่องจากการกระโชกของลม (Cg)



7. ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมภายนอก (Cp)





ขั้นตอนการคำนวณออกแบบแรงลม

Step 1: ความเร็วลม = พื้นที่กรุงเทพฯเป็นภาคกลาง ค่าความเร็วลม V = 25 เมตร/วินาที

Step 2 : ประเภทของอาคารตามความสำคัญต่อสาธารณชน = อาคารชุดความสำคัญ = มาก

Step 3 : ค่าประกอบความสำคัญของแรงลม (Iw) = 1.15

Step 4 : สภาพภูมิประเทศ เป็นแบบ B (ภูมิประเทศแบบชานเมือง)

Step 5 : อาคารจำนวน 9 ชั้น ความสูงอยู่ระหว่าง 30-40 เมตร ค่า Ce

Ce ด้านต้นลม = $\left(\frac{z}{10}\right)^{0.2}$ = $\left(\frac{1}{10}\right)^{0.2}$ = $0.63Z^{0.2}$ (Z ในที่นี้ ให้คูณ 1 แล้วไปคูณความสูงในตารางภายหลัง)

Ce ด้านท้ายลม = $0.7\left(\frac{H/2}{10}\right)^{0.2}$ = $0.7\left(\frac{40/2}{10}\right)^{0.2}$ = 0.80 (ใช้ค่าจากตาราง Ce หรือคำนวณ)

Step 6 : ค่าประกอบเนื่องจากการกระโชกของลม (Cg) = 2

Step 7 : ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยแรงลมภายนอก (Cp) = ค่าสัมประสิทธิ์ของแรงลม Cp ด้านต้านลม = 0.8

ค่าสัมประสิทธิ์ของแรงลม Cp ด้านท้ายลม = -0.5 เมื่อ

ρ = ความหนาแน่นมวลอากาศ = 1.25 กก./ม^3

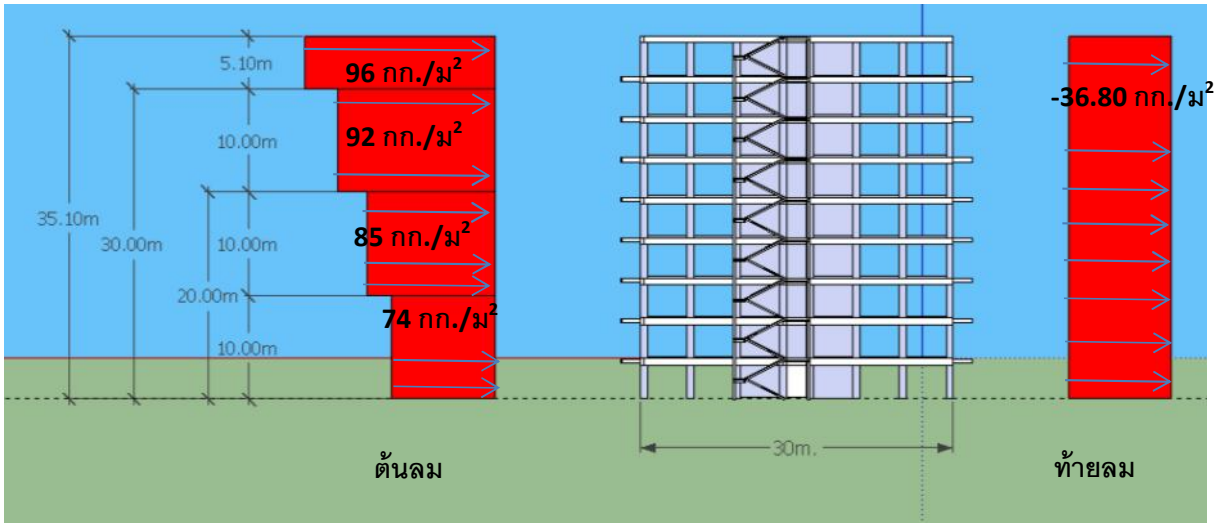
$q = ½ (\rho/9.81)V^2 = ½ (1.25/9.81)x25^2 = 39.81 \rightarrow 40$ Kg/m^2

แรงด้านต้นลม P = IwqCeCgCp = $1.15x40x0.63Z^{0.2}x2x0.8 = 46.368Z^{0.2}$ กก/ม^2

แรงด้านท้ายลม P = IwqCeCgCp = 1.15x40x0.80x2x(-0.5) = -36.80 กก/ม^2

หน่วยแรงลมสถิตเทียบเท่า ด้านต้นลม ท้ายลม และรวมแรงด้านต้นลมและท้ายลม

ความสูงจากพื้นดิน (ม)	การแทนค่าการคำนวณด้านต้นลม	แรงลมด้านต้นลม (กก./ม.^{2})	แรงลมด้านท้ายลม (กก./ม.^{2})	แรงต้นลม+แรงท้ายลม (กก./ม.^{2})
0-10	$46.368x10^{0.2}$	74	-36.80	110.80
10-20	$46.368x20^{0.2}$	85	-36.80	121.80
20-30	$46.368x30^{0.2}$	92	-36.80	128.80
30-40	$46.368x40^{0.2}$	96	-36.80	132.80



รูปแสดงแรงลมกระทำต่ออาคาร

ประเทศไทยกับแรงแผ่นดินไหว

แผ่นดินไหวที่เกิดขึ้นกับประเทศไทยเมื่อครั้งอดีต

สมัยก่อนสุโขทัย (ก่อน พ.ศ.1781)

- เมืองแถน (เมืองเดียนเบียนฟูในเวียดนามเหนือ)
- หริภุญไชย (ลำพูน) พ.ศ.500 พระมหาปราสาทโอนไปเป็นหลายที
- โยนกนคร พ.ศ.480, 481, 510, 515, 1003, 1077

สมัยสุโขทัย (พ.ศ.1781-1893)

- สุโขทัย พ.ศ.1860 สมัยพญาลิไท
- สุโขทัย พ.ศ.1905, 1909
- เชียงใหม่ พ.ศ.2025,พ.ศ. 2088 ยอดเจดีย์หลวงสูง86 เมตร พังลงมาเหลือ 60 เมตร
- อยุธยา พ.ศ.2048, 2070, 2089, 2127, 2131, 2132, 2228
- น่าน พ.ศ.2103เจดีย์หลวง สูง 17 วา กว้าง 10 วา หักพังลง
- ย่างกุ้ง พม่า พ.ศ.2111, 2172พระเจดีย์เมืองร่างกุ้งเกิดความเสียหาย
- เชียงใหม่ พ.ศ.2088ยอดเจดีย์หลวงสูง86 เมตร พังลงมาเหลือ 60 เมตร

สมัยอยุธยา (พ.ศ.1893-2311)

- กำแพงเพชร พ.ศ.2127
- เชียงแสน พ.ศ.2247, 2258, 2260 พ.ศ.2258 พระเจดีย์วิหารหักพังทลาย 4 ตำบล
- หงสาวดี, พม่า พ.ศ.2300 ฉัตรยอดพระเจดีย์มุตางหักลงมา

สมัยกรุงธนบุรี (พ.ศ.2311-2325)

- กรุงเทพฯ พ.ศ.2311, 2312
- เชียงใหม่ พ.ศ.2317

สมัยกรุงรัตนโกสินทร์ (พ.ศ.2325-ปัจจุบัน)

- สมัยรัชกาลที่1 - หลวงพระบาง พ.ศ.2335 น่าน พ.ศ.2336, 2342, 2344
- สมัยรัชกาลที่2 - มณฑลยูนาน พ.ศ.2367 ประชาชนชาวจีนเสียชีวิต 2,000 คน ,น่าน พ.ศ.2363 ยอดมหาธาตุเจ้าภูเวียงแช่แห้ง ก็หักลงห้อยอยู่
- สมัยรัชกาลที่3 กรุงเทพฯ พ.ศ.2375, 2376, 2378 น้ำในแม่น้ำกระฉอกออกมา, พม่า พ.ศ.2382
- สมัยรัชกาลที่4 กรุงเทพฯ พ.ศ.2417
- สมัยรัชกาลที่5 กรุงเทพฯ พ.ศ.2429, 2430 น่าน พ.ศ.2422
- สมัยรัชกาลที่6 กรุงเทพฯ พ.ศ.2455
- สมัยรัชกาลที่7 กรุงเทพฯ, อยุธยา, จันทบุรี, พิษณุโลก, ราชบุรี, ปราจีนบุรี พ.ศ.2473ศูนย์กลางอยู่ประมาณเมืองพะโค, พม่า

ตำแหน่งเกิดแผ่นดินไหวขนาดใหญ่ในประวัติศาสตร์ไทย

- บริเวณที่ราบลุ่มแม่น้ำสะโตง ตอนกลางของประเทศพม่า
- บริเวณรอยต่อระหว่างประเทศพม่า-ลาว-จีน และไทย
- ทะเลอันดามัน หมู่เกาะอันดามัน-นิโคบาร์
- พื้นที่ครอบคลุมภาคทะเลอันดามัน เกาะสุมาตรา แผ่นดินเอเชียตะวันออกเฉียงใต้

แผ่นดินไหวในประเทศไทยในปัจจุบัน

ส่วนสถิติแผ่นดินไหวที่เกิดขึ้นในประเทศไทย ซึ่งตรวจวัดโดย กรมอุตุนิยมวิทยา มีขนาดอยู่ในระดับเล็กถึงปานกลาง **(ไม่เกิน6.0 ริคเตอร์)** หากเกิดแผ่นดินไหวที่มีขนาดใหญ่พอก็จะส่งแรงสั่นสะเทือนมายังประเทศไทย ซึ่งทำให้เกิดความเสียหายเล็กน้อยต่อสิ่งก่อสร้างใกล้ศูนย์กลาง โดยมีรายละเอียดดังนี้

- แผ่นดินไหวเมื่อ17 ก.พ. 2518 ขนาด 5.6 ริคเตอร์บริเวณ อ.ท่าสองยาง จ.ตาก
- แผ่นดินไหวเมื่อ15 เม.ย. 2526 ขนาด 5.5 ริคเตอร์ บริเวณ อ.ศรีสวัสดิ์ จ.กาญจนบุรี
- แผ่นดินไหวเมื่อ22 เม.ย. 2526 ขนาด 5.9 ริคเตอร์ บริเวณ อ.ศรีสวัสดิ์ จ.กาญจนบุรี
- แผ่นดินไหวเมื่อ22 เม.ย. 2526 ขนาด 5.2 ริคเตอร์ บริเวณ อ.ศรีสวัสดิ์ จ.กาญจนบุรี
- แผ่นดินไหวเมื่อ11 ก.ย. 2537 ขนาด 5.1 ริคเตอร์บริเวณ อ.พาน จ.เชียงราย
- แผ่นดินไหวเมื่อ9 ธ.ค. 2538 ขนาด 5.1 ริคเตอร์ บริเวณ อ.ร้องกวาง จ.แพร่
- แผ่นดินไหวเมื่อ21 ธ.ค. 2538 ขนาด 5.2 ริคเตอร์ บริเวณ อ.พร้าว จ.เชียงใหม่
- แผ่นดินไหวเมื่อ22 ธ.ค. 2539 ขนาด 5.5 ริคเตอร์ บริเวณพรมแดนไทยลาว
- เหตุการณ์แผ่นดินไหวรู้สึกได้ ในประเทศไทย(2542 - สิงหาคม2543)
- 31 ส.ค. 2542 ใกล้พรมแดนไทย- ลาว ขนาด 4.8 ริคเตอร์ รู้สึกได้ ที่ จ.น่าน
- 3 เม.ย. 2542 ใกล้พรมแดนไทย- พม่า ขนาด 3.2 ริคเตอร์ รู้สึกได้ ที่ อ.เชียงแสน จ. เชียงราย
- 29 มิ.ย. 2542 ในประเทศพม่าขนาด 5.6 ริคเตอร์ รู้สึกได้ ที่ จ.เชียงราย
- 15 ส.ค. 2542 ตอนใต้ ของประเทศพม่าขนาด5.6 ริคเตอร์ รู้สึกได้ ที่ จ.เชียงใหม่
- 17 ส.ค.2542 บริเวณทะเลอันดามันขนาด 2.1 ริคเตอร์ รู้สึกได้ ที่ จ.ภูเก็ตและพังงา
- 29 ส.ค. 2542 บริเวณทะเลอันดามันขนาด 2.1 ริคเตอร์รู้สึกได้ ที่ จ.ภูเก็ตและพังงา
- 20 ม.ค. 2543 ที่สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว ขนาด5.9 ริคเตอร์ รู้สึกได้ ที่ จ.น่าน แพร่ พะเยา เชียงราย มีความเสียหายที่ จ.น่านและแพร่
- 14 เม.ย. 2543 ที่พรมแดนลาว - เวียดนาม ขนาด 4.9 ริคเตอร์ รู้สึกได้ ที่ จ.สกลนคร
- 29 พ.ค. 2543 บริเวณอ.สันกำแพง จ.เชียงใหม่ ขนาด3.8 ริคเตอร์ รู้สึกได้ ที่ อำเภอเมือง อ.สันกำแพง และ อ.สันทราย จ.เชียงใหม่
- 7 ส.ค. 2543 บริเวณพรมแดนไทย - พม่าขนาด 3.0 ริคเตอร์ รู้สึกได้ ที่บริเวณอำเภอเมือง จ. แม่ฮ่องสอน

สำหรับรอยเลื่อนมีพลัง หรือActive Fault ในปัจจุบันมีดังนี้ครับ

- รอยเลื่อนเชียงแสน ความยาวประมาณ130 กิโลเมตร เริ่มต้นจากแนวร่องน้ำแม่จันไปทางทิศตะวันออก ผ่านอำเภอแม่จัน แล้วตัดข้ามด้านใต้ ของอำเภอเชียงแสนไปทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือตามแนวลำน้ำเงิน ทางด้านเหนือของอำเภอเชียงของ
- รอยเลื่อนแม่จัน ยาวประมาณ 130 กม. ตั้งแต่ปี 2521 ขนาด >3 ริคเตอร์ เกิดตามแนวรอยเลื่อนนี้ 10 ครั้ง / 3 ครั้งมีขนาด>4.5 ริคเตอร์ โดยเฉพาะวันที่ 1 กันยายน 2521 มีขนาด >4.9 ริคเตอร์
- รอยเลื่อนแพร่ เริ่มต้นจากด้านตะวันตกเฉียงใต้ ของอำเภอเด่นชัย ผ่านไปทางด้านตะวันออกของอำเภอสูงเม่น และจังหวัดแพร่ ไปจนถึงด้านตะวันออกเฉียงเหนือของอำเภอร้องกวาง รวมความยาวทั้งสิ้นประมาณ115 กิโลเมตรรอบ 10 ปีที่ผ่านมา ขนาด 3.4 ริคเตอร์ มากกว่า 20 ครั้ง ล่าสุด ขนาด 3 ริคเตอร์ เมื่อ 10 กันยายน 2533
- รอยเลื่อนแม่ทา เป็นรูปโค้งตามแนวลำน้ำแม่วัง และแนวลำน้ำแม่ทาในเขตจังหวัดเชียงใหม่และลำพูน ความยาวทั้งสิ้นประมาณ55 กิโลเมตร การศึกษาอย่างละเอียดเฉพาะ ในปี 2521 มีแผ่นดินไหวขนาดเล็กอยู่หลายครั้ง
- รอยเลื่อนเถิน อยู่ทางทิศตะวันตกของรอยเลื่อนแพร่ ตั้งต้นจากด้านตะวันตกของอำเภอเถินไปทางตะวันออกเฉียงเหนือ ขนานกับรอยเลื่อนแพร่ไปทางด้านเหนือของอำเภอเถินไปทางตะวันออกเฉียงเหนือ ขนานกับรอยเลื่อนแพร่ไปทางด้านเหนือของอำเภอวังชิ้น และอำเภอลอง รวมความยาวทั้งหมดประมาณ 90 กิโลเมตร 23 ธันวาคม 2521 เกิดแผ่นดินไหวขนาด 3.7 ริคเตอร์
- รอยเลื่อนเมย-อุทัยธานี ตั้งต้นจากลำน้ำเมยชายเขตแดนพม่ามาต่อกับห้วยแม่ท้อและลำน้ำปิงใต้ จังหวัดตาก ต่อลงมาผ่านจังหวัดกำแพงเพชร และนครสวรรค์ จนถึงเขตจังหวัดอุทัยธานี รวมความยาวกว่า 250 กิโลเมตร เมื่อวันที่ 23 กันยายน 2476 ไม่ทราบขนาด 23 กุมภาพันธ์ 2518 ขนาด 5.6 ริคเตอร์

- รอยเลื่อนเจดีย์สามองค์ อยู่ในลำน้ำแควน้ อยตลอดสาย และต่อไปจนถึงรอยเลื่อนสะแกง (Sakaing Fault) ในประเทศพม่า ความยาวของรอยเลื่อนในประเทศไทย กว่า 250 กิโลเมตร ตามลำน้ำแควน้ อย และต่อเข้ าไปเป็นรอยเลื่อนสะแกง ในประเทศพม่าเกิด แผ่นดินไหวขนาดเล็ก หลายพันครั้ง
- รอยเลื่อนศรีสวัสดิ์ อยู่ทางตันตะวันตกของรอยเลื่อนเมย - อุทัยธานีในร่องน้ำแม่กลองและแควใหญ่ ตลอดขึ้นไปจนถึงเขตแดนพม่า รวมความยาวทั้งหมดกว่า 500 กิโลเมตร รอบ 10 ปีที่ผ่านมา มีแผ่นดินไหวขนาดเล็กเกิดขึ้นหลายร้ อยครั้ง ขนาดใหญ่ที่สุด 5.9 ริคเตอร์ เมื่อ 22 เมษายน 2526
- รอยเลื่อนระนอง ตามแนวร่องน้ำของแม่น้ำกระบุรี ความยาวทั้งสิ้นประมาณ 270 กิโลเมตร 30 กันยายน 2521 มีขนาด 5.6 ริคเตอร์
- รอยเลื่อนคลองมะลุ่ย รอยเลื่อนคลองมะรุย ตัดผ่านด้ านตะวันออกของเกาะภูเก็ต เข้ าไปในอ่าวพังงา ตามแนวคลองมะรุย คลองชะอุน และคลองพุมดวงทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือ จนกระทั่งไปออกอ่าวบ้ านดอน ระหว่างอำเภอพุนพินกับอำเภอท่าฉาง รวมความยาวทั้งสิ้นประมาณ 150 กิโลเมตรมีรายงานเกิดแผ่นดินไหว 16 พฤษภาคม 2476 - 7 เมษายน 2519 - 17 สิงหาคม 2542 -29 สิงหาคม 2542

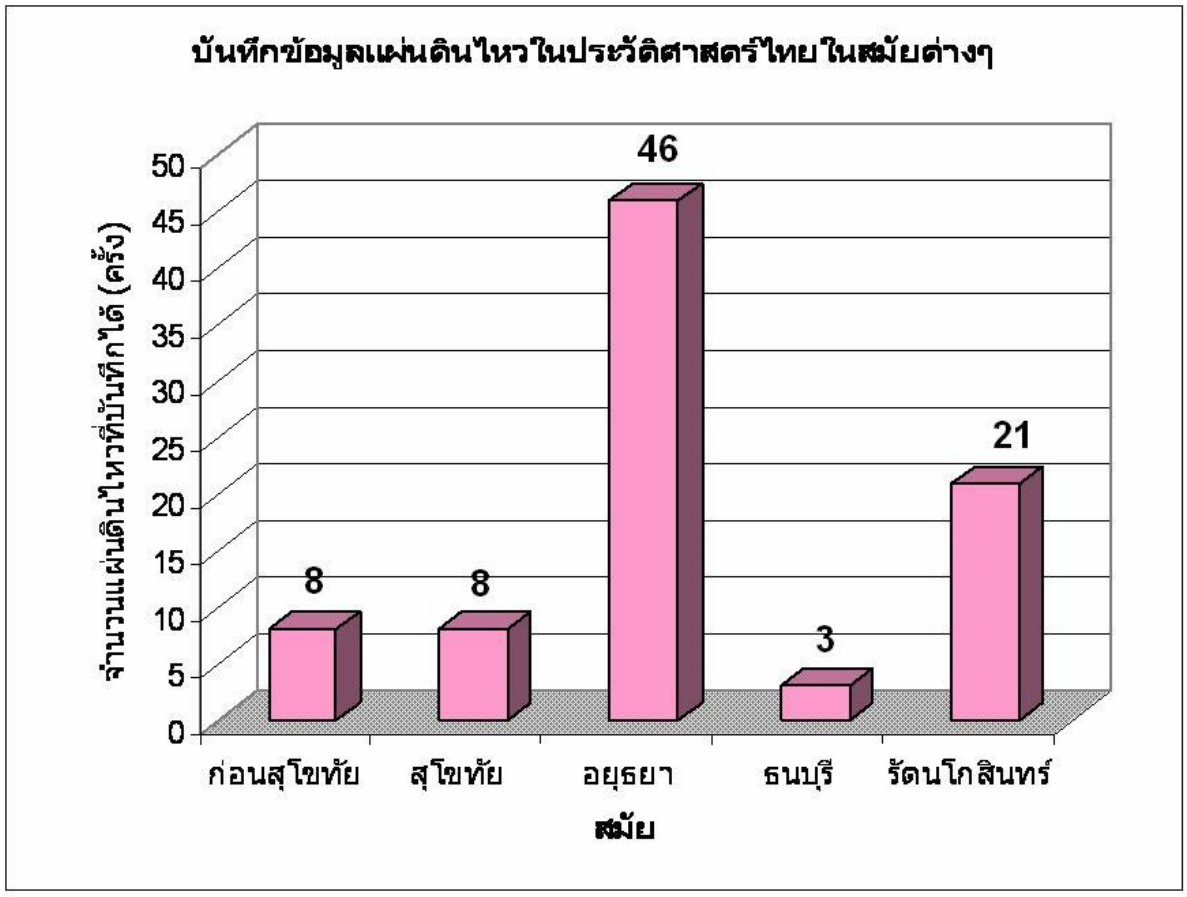
ขนาดของพลังงานที่ปลดปล่อยออกมา (Magnitude)มาตราริคเตอร์

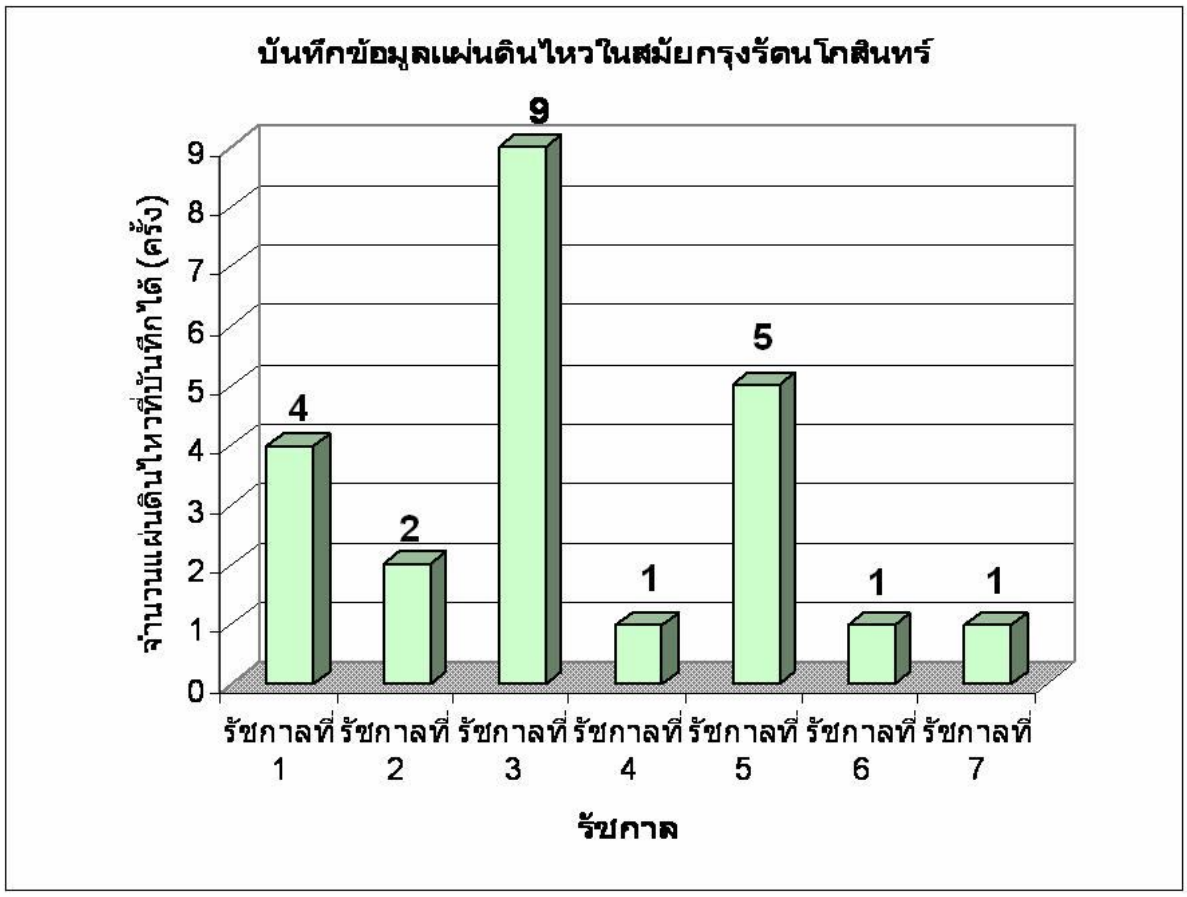
Richter Magnitude/	TNT Equivalent	
1.0	6 ounces	
1.5	2 pounds	
2.0	13 pounds	
2.5	63 pounds	
3.0	397 pounds	
3.5	1,000 pounds	
4.0	6 tons	Small atomic bomb
4.5	32 tons	Average tornado
5.0	199 tons	
5.5	500 tons	
6.0	6,270 tons	
6.5	31,550 tons	
7.0	199,000 tons	San Francisco (7.1) 1989
7.5	1,000,000 tons	Los Angeles (7.4) 1992
8.0	6,270,000 tons	San Francisco (8.3) 1906
8.5	31,550,000 tons	Anchorage, Alaska 1964
9.0	199,999,000 tons	

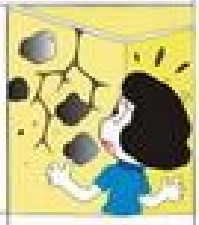
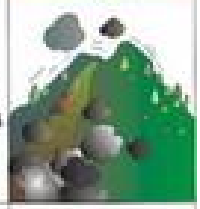
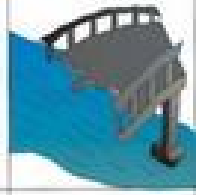
ขนาด	ความสั่นสะเทือน
1 - 2.9	สั่นไหวเล็กน้ อย
3 - 3.9	ผู้ คนในอาคารรู้ สึกเหมือนรถไฟวิ่งผ่าน
4 - 4.9	สั่นไหวปานกลาง ผู้ คนทั้งในและนอกอาคารรู้ สึก วัตถุห้ อยแขวนแกว่งไกว
5 - 5.9	สั่นไหวรุนแรง เครื่องเรือน วัตถุมีการเคลื่อนที่
6 - 6.9	สั่นไหวรุนแรงมาก อาคารเริ่มพังเสียหาย
7.0 ขึ้นไป	สั่นไหวร้ ายแรง อาคารพังเสียหายมาก แผ่นดินแยก วัตถุถูกเหวี่ยงกระเด็น

แสดงว่ารายการคำนวณแผ่นดินไหวที่ใช้กับประเทศไทยนั้ นจะไม่เกิน 5.9 ริคเตอร์

ขนาดตามมาตราริคเตอร์ ถ้ าค่าต่างกัน 1 ระดับจะมีพลังงานต่างกัน 31 เท่า กล่าวคือ ระดับ 4 จะมีระดับความสั่นสะเทือนเสียหายมากกว่าระดับ 3 ถึง 31 เท่า แผ่นดินไหวที่มีขนาดใหญ่ที่สุดในโลกที่เคยวัดได้ คือ ขนาด 9 ริคเตอร์


บันทึกข้อมูลแผ่นดินไหวในประวัติศาสตร์ไทยในสมัยต่างๆ
จำนวนแผ่นดินไหวที่บันทึกได้ (ครั้ง)
0
5
10
15
20
25
30
35
40
45
50
8
8
46
3
21
ก่อนสุโขทัย
สุโขทัย
อยุธยา
ธนบุรี
รัตนโกสินทร์
สมัย


บันทึกข้อมูลแผ่นดินไหวในสมัยกรุงรัตนโกสินทร์
จำนวนแผ่นดินไหวที่บันทึกได้ (ครั้ง)
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
4
2
9
1
5
1
1
รัชกาลที่ 1
รัชกาลที่ 2
รัชกาลที่ 3
รัชกาลที่ 4
รัชกาลที่ 5
รัชกาลที่ 6
รัชกาลที่ 7
รัชกาล

ความรุนแรง	สภาพของแผ่นดินไหว		ความรุนแรง	สภาพของแผ่นดินไหว	
I	คนธรรมดาจะไม่รู้สึกแต่เครื่องวัดสามารถตรวจจับได้		VII แรงมาก	ฝาห้องแยก ร้าว กรุเพดานรวง	
II อ่อน	คนที่มีความรู้สึกไว จะรู้สึกว่าแผ่นดินไหวเล็กน้อย		VIII ทำลาย	ต้องหยุดรับรถยนต์ ตึกร้าว ปล่องไฟพัง	
III เบา	คนที่อยู่กับที่รู้สึกว่าพื้นสั่น		IX ทำลายสูญเสีย	บ้านพังลาม แอบรอยแยกของแผ่นดิน ท่อน้ำ ท่อแก๊ส ขาดเป็นตอน ๆ	
IV พอประมาณ	คนที่สัญจรไปมา รู้สึกได้		X วินาศภัย	แผ่นดินแตกอ้า ตึกแข็งแรงพัง รางรถไฟคดโค้ง ดินลาดเขาเคลื่อนตัว หรือถล่มลงอย่าง ๆ	
V ค่อนข้างแรง	คนที่นอนหลับ ก็ตกใจตื่น		XI วินาศภัยใหญ่	ตึกถล่ม สะพานขาด ทางรถไฟท่อน้ำและสายไฟใต้ดินเสียหาย แผ่นดินถล่มน้ำท่วม	
VI แรง	ต้นไม้สั่น บ้านแกว่ง สิ่งปลูกสร้างบางชนิดพัง		XII มหาวินิติ	ทุกสิ่งทุกอย่างบนพื้นดินถูกพลิกขึ้นลง พื้นดินเคลื่อนตัวเป็นลูกคลื่น	

ระดับความรุนแรงแผ่นดินไหว ตามมาตราเมอร์คัลลี

แหล่งอ้างอิง

1. http://earthquake.usgs.gov
2. http://www.tmd.go.th/knowledge/know_earthquake01.html
3. http://www.dmr.go.th/geohazard/earthquake/EQthaiHAZARD.htm
4. พิษณุพงศ์ กาญจนพยนต์ภาควิชาธรณีวิทยาคณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
5. วัฒนา คำคม กลุ่มงานวิชาการวิศวกรรมธรณีส่วนวิศวกรรมธรณี สำนักสำรวจด้านวิศวกรรมและธรณีวิทยา
6. โครงการสร้างเสริมความรู้ เพื่อบรรเทาภัยแผ่นดินไหวภาควิชาธรณีวิทยคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ออกแบบแรงต้านทานแผ่นดินไหว

ขั้ นตอนการออกแบบแรงต้านทานแผ่นดินไหมาตรฐาน UBC (Uniform Building Code)1985

1. สัมประสิทธิ์ความเข้มของแผ่นดินไหว ค่า (Z)

Zone	1	2A	2B	3	4
Z	0.075	0.15	0.2	0.3	0.4

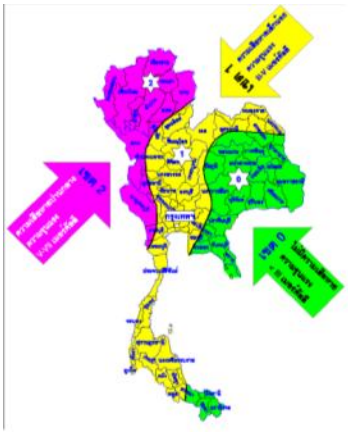
กฎกระทรวง พศ. 2550 ได้กำหนดบริเวณพื้ นที่ดังนี้

บริเวณเฝ้าระวัง ได้แก่ กระบี่ ชุมพร พังงา ภูเก็ต ระนอง สงขลา สุราษฎร์ธานี

บริเวณที่ 1 ได้แก่ กรุงเทพฯ นนทบุรี ปทุมธานี สมุทรปราการ สมุทรสาคร ค่า Z = 0.19 หรือมากกว่า

บริเวณที่ 2 ได้แก่ กาญจนบุรี เชียงราย เชียงใหม่ ตาก น่าน พะเยา แพร่ แม่ฮ่องสอน ลำปาง ลำพูน

ค่า Z = 0.38 หรือมากกว่า



สรุป เขต 0 ความรุนแรงน้อยไม่ต้องออกแบบแรง (ไม่สามารถรู้ สึกได้

เขต 1 มีความเสี่ยงน้อย ผู้ที่อาศัยบนอาคารสูงจะรู้ สึกถึงแรง

เขต 2 มีความเสียหายปานกลาง

2. ตัวคูณเกี่ ยวกับการใช้งาน ค่า (I)

ตามกฎกระทรวง พศ. 2550

ชนิดของอาคาร	ค่าของ
(1) อาคารที่จำเป็นต่อความเป็นอยู่ของสาธารณาชน	1.5
(2) อาคารที่เป็นที่ชุมนุมคนครั้ งหนึ่งๆได้มากกว่า300คน	1.25
(3) อาคารอื่นๆ	1.00

3. สัมประสิทธิ์การรับแรงในแนวราบ ค่า (K)

ตามกฎกระทรวง พศ. 2550 กำหนดดังนี้

อาคารโครงสร้างคสล. มี กำ แพงรับแรงเฉือนหรือ โครงแกงแนง

อาคารโครงสร้างเหล็ก มีกำ แพงรับแรงเฉือนหรือ โครงแกงแนง

- โครงสร้างที่ให้กำแพงรับแรงเฉือน หรือโครงแกงแนงรับแรงทั้งหมดแนวราบ ใช้ K= 1.33
- โครงข้อแข็งรับแรงทั้งหมดแนวราบใช้ K = 0.67 ← อาคารโครงสร้างเหล็ก
- โครงสร้างที่ออกแบบให้โครงข้อแข็งรับแรงร่วมกับกำแพงรับแรงเฉือนหรือโครงแกงแนงรับแรงทั้งหมดแนวราบใช้ K = 0.80
- หอถังน้ำ รองรับด้วยเสาไม่น้อยกว่า 4 ต้นและมีแกงแนงยึดไม่ได้ตั้งอยู่บนอาคารใช้ K = 2.5 ← ถังเก็ บน้ ำสู
(ทั้งนี้ผลคูณระหว่าง K กับ C ให้ใช้ค่าต่ำสุด 0.12 และค่าสูงสุด 0.25)
- โครงอาคารอื่น ๆ นอกจากที่กล่าวมาแล้ว ใช้ K = 1.0 ← โครงสร้างทั่วไป

คาบการแกว่งตามธรรมชาติ (T)

สำหรับอาคารทั่วไป $T = \frac{0.09hn}{\sqrt{D}}$

สำหรับโครงสร้างต้านแรงดัดที่มีความเหนียว T = 0.10 N

เมื่อ hn คือ ความสูงของพื้นอาคารชั้นสูงสุดวัดจากระดับผิวดินเมตร

D คือ ความกว้างของอาคารในทิศทางขนานแรงแผ่นดินไหว, เมตร

N คือ จำนวนชั้นของอาคารทั้งหมดที่อยู่เหนือระดับพื้นดิน

4. สัมประสิทธิ์คาบการสั่นไหว(C)

C = $\frac{1}{15\sqrt{T}}$

5. สัมประสิทธิ์การประสานความถี่ธรรมชาติระหว่างอาคารและชั้นดิน(S)

ลักษณะของชั้นดิน	ค่า S
หิน	1.0
ดินแข็ง	1.2
ดินอ่อน	1.5
ดินอ่อนมาก	2.5

6. น้ำหนักของตัวอาคาร (W)

คือน้ำหนักโครงสร้าง พื้น ผนัง วัสดุปูผิว ตลอดจนเครื่องจักร อุปกรณ์ต่างๆ

ขั้นตอนการคำนวณออกแบบแรงต้านทานแผ่นดินไหวมาตรฐานUBC (Uniform Building Code)1985

Step 1 สัมประสิทธิ์ความเข้มของแผ่นดินไหว ค่า (Z) โซนกรุงเทพฯ = 0.19

Step 2ตัวคูณเกี่ยวกับการใช้งาน ค่า (I) อาคารที่เป็นที่ชุมนุมคนครั้งหนึ่งๆได้มากกว่า300คน I= 1.25

Step 3สัมประสิทธิ์การรับแรงในแนวราบ ค่า (K) โครงสร้างคสล.ทั่วไป = 1

Step 4 สัมประสิทธิ์คาบการสั่นไหว(C)

สำหรับอาคารทั่วไป $T = \frac{0.09hn}{\sqrt{D}}$ เมื่อ hn คือความสูงของอาคาร = 35.10 เมตร

ความกว้างของอาคาร = 29.60 เมตร

คาบการสั่น $= T = \frac{0.09\times35.10}{\sqrt{29.60}}$ = 0.580 วินาที

สัมประสิทธิ์C $= \frac{1}{15\sqrt{T}}$ $= \frac{1}{15\sqrt{0.580}}$ = 0.0875 < 0.12 OK

(หากค่าสัมประสิทธิ์ที่คำนวณได้มากกว่า0.12 ให้ใช้ค่า 0.12)

Step 5 สัมประสิทธิ์การประสานความถี่ธรรมชาติระหว่างอาคารและชั้นดิน (S) ดินอ่อนมาก = 2.5

ผลคูณ CxS = 0.0875x2.5 = 0.218 > 0.14 ใช้ค่า 0.14

(หากค่าสัมประสิทธิ์ที่คำนวณได้มากกว่า0.14 ให้ใช้ค่า 0.14 เว้นแต่กรณีดินอ่อนมาก ถ้าผลคูณดังกล่าวมากกว่า 0.26 ให้ใช้เท่ากับ 0.26)

Step 6 น้ำหนักตัวอาคาร W

พื้น(สมมุติพื้นหนา20 cm.)

DL. Slab = 0.2x1x2400 = 480 Kg./m^2

SDL. ปูนทับหน้า+ตกแต่งวัสดุ = 50 Kg./m^2

รวมน้ำหนักพื้นต่อชั้น = 530 x 60 x 29.60 = 941,280 Kg.

คาน Egde Beam (คานรัดรอบพื้น Flat Slab) สมมุติคาน 20x60 cm.

DL. Beam = 0.20x0.60x(29.6+29.6+60+60)x2400 = 51,609 Kg.

กำแพง

ผนังก่ออิฐบล็อก 1 แถวรวมปูนฉาบ = 180 x3.3x(29.6+29.6+60+60) = 106,444 Kg.

Wx =รวมน้ำหนักที่กระทำต่อชั้น(1ชั้น) = 1,099,333Kg. หรือ 1,099 tons.

W = น้ำหนักทั้งหมดของอาคาร = 1099 * 9 = 9,891 Tons

Step 7 คำนวณแรงเฉือนที่ฐาน V

V = ZIKCSW = 0.19x1.25x1x0.14xW = 0.03325 W หรือ 3.32 % ของน้ำหนักอาคาร

= 0.03325x1099 = 36.54 Tons

Step 8 การกระจายแรงด้านข้าง Fx

เนื่องจากคาบการสั่น T = 0.580 น้อยกว่า 0.7 ดังนั้น Ft = 0

ค่า Ft ที่ได้จากสูตรนี้ ให้ใช้ไม่เกิน 0.25 V

ถ้าหาก T = มีค่าเท่ากับหรือต่ำกว่า 0.7 วินาที ให้ใช้ค่า Ft = 0

Fx = $\frac{(V-Ft)WxHx}{\sum_{i=1}^{n} Wxhx}$ รวมผลลัพธ์ในแต่ละชั้นลงในตาราง

เมื่อ V = 36.54 T

ชั้น	Wx(tons)	hx(m.)	Wxhx	Wxhx/(∑Wh)	Fx(Tons)
9	1099	35.1	38,574.90	38,574.90/192,874.50 = 0.20	(36.54-0)*0.2*1=7.308
8	1099	31.2	34,288.80	34,288.80/192,874.50 = 0.178	(36.54-0)*34288.8/192874.5*1=6.496
7	1099	27.3	30,002.70	30,002.70/192,874.50 = 0.156	(36.54-0)*30002.7/192874.5*1=5.684
6	1099	23.4	25,716.60	25,716.60/192,874.50 = 0.133	(36.54-0)*25716.6/192874.5*1=4.872
5	1099	19.5	21,430.50	21,430.50/192,874.50 = 0.111	(36.54-0)*21430.5/192874.5*1=4.06
4	1099	15.6	17,144.40	17,144.4/192,874.50 = 0.089	(36.54-0)*17144.4/192874.5*1=3.248
3	1099	11.7	12,858.30	12,858.30/192,874.50 = 0.067	(36.54-0)*12858.3/192874.5*1=2.436
2	1099	7.8	8,572.20	8,572.2/192,874.50 = 0.044	(36.54-0)*8572.2/192874.5*1=1.624
1	1099	3.9	4,286.10	4,286.10/192,874.50 = 0.022	(36.54-0)*4286.1/192874.5*1=0.812
รวม	**9891**		**192,874.50**	**1**	**36.54**

Step 9 แรงเฉือนที่แต่ละระดับชั้นVx และโมเมนต์พลิกคว่ำ Mx

โมเมนต์พลิกคว่ำที่ระดับชั้ นที่X คือผลรวมของโมเมนต์คือแรงคูณด้วยผลต่างความสูงที่ระดับชั้ นนั้ น

และ

ชั้น	Fx(Tons)	Vx(tons)	hx(m)	Mx(Tons-m)
9	7.308	7.308	35.1	7.308*(35.1-35.1) =0
8	6.496	13.804	31.2	7.308*(35.1-31.2) = 28.5
7	5.684	19.488	27.3	13.804*(35.1-31.2)+28.5 = 82.30
6	4.872	24.36	23.4	19.488*(35.1-31.2)+82.30 = 158.30
5	4.06	28.42	19.5	24.36*(35.1-31.2)+158.30 = 253.30
4	3.248	31.668	15.6	28.42*(35.1-31.2)+253.30 = 364.138
3	2.436	34.104	11.7	31.668*(35.1-31.2)+364.138 = 487.643
2	1.624	35.728	7.8	34.104*(35.1-31.2)+487.643 = 620.649
1	0.812	36.54	3.9	35.728*(35.1-31.2)+620.649 = 759.988
ฐาน				**2754.818**

ชั้ นที่สูงกว่า Mx = Ft(h_n-h_x)+$\sum_{i=x}^{n} Fi(h_i\text{-}h_x)$ กรณีที่ ค่าFt =0 Mx = $\sum_{i=x}^{n} Fi(h_i\text{-}h_x)$

โมเมนต์ต้านทาน MR = W*(D/2) = 9891*(29.6/2) = 146,386 T-m. (เมื่อ D คือความกว้างตัวอาคาร)

ความปลอดภัยต่อการพลิกคว่ำ = MR/M = 146,386/2754.818 = 53.13 > 1.5 OK

Step 10 การเคลื่ อนตัวสัมพันธ์ระหว่างชั้ นΔx

คำนวณได้จาก Δx = Vx/K เมื่อค่า K คือ สติฟเนสต้านแรงด้านข้าง

โดยเสาในแต่ละชั้ นมีขนาด60x60 Cm. จำนวนเสาในแต่ละชั้ นมี88 ต้น

Ec = 15120$\sqrt{240}$ = 235,632

สติฟเนสของเสา $K_{col} = 12\Sigma EI/h^3 = \frac{12\times235632}{390^3} \times \frac{60\times60^3}{12} \times 88/1000 =$ 4530 t-cm.

การเคลื่อนตัวสัมพันธ์Δ ต้องไม่เกิน 0.005 h_x ในแต่ละชั้ น = 0.005 x 390 = 1.95 Cm.

ชั้น	Vx(tons)	Kcol (Tons-cm.)	ΔX (Cm.)	ΔX<1.95	δx(Cm.)
9	7.308	4530	7.308/4530 = 0.002	<1.95	0.049+0.002 = 0.051
8	13.804	4530	13.804/4530 = 0.003	<1.95	0.046+0.003 = 0.049
7	19.488	4530	19.488/4530 = 0.004	<1.95	0.042+0.004 = 0.046
6	24.36	4530	24.36/4530 = 0.005	<1.95	0.037+0.005 = 0.042
5	28.42	4530	28.42/4530 = 0.006	<1.95	0.031+0.006 = 0.037
4	31.668	4530	31.668/4530 = 0.007	<1.95	0.024+0.007 = 0.031
3	34.104	4530	34.104/4530 = 0.008	<1.95	0.016+0.008 = 0.024
2	35.728	4530	35.728/4530 = 0.008	<1.95	0.008+0.008 = 0.016
1	36.54	4530	36.54/4530 = 0.008	<1.95	0.008

การเคลื่อนตัวสัมพันธ์Δ ที่คำนวณน้อยกว่า 1.95 Cm. แสดงว่าอาคารมีเสถียรภาพ

Step 11 การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์เสถียรภาพ (Stability Coefficient)

การตรวจสอบผลกระทบที่เกิดจากแรงและการเคลื่อนตัวหรือ PΔ Effect ซึ่งเป็นการตรวจสอบค่าโมเมนต์ที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากน้ำหนักของโครงสร้างแต่ละชั้นคูณกับระยะการเคลื่อนตัวในแนวราบของแต่ละชั้น เปรียบเทียบค่าโมเมนต์ที่เกิดจากแรงเฉือนที่เกิดจากแผ่นดินไหวที่กระทำกับเสาในแต่ละชั้นคูณความสูงของแต่ละชั้นดังนี้

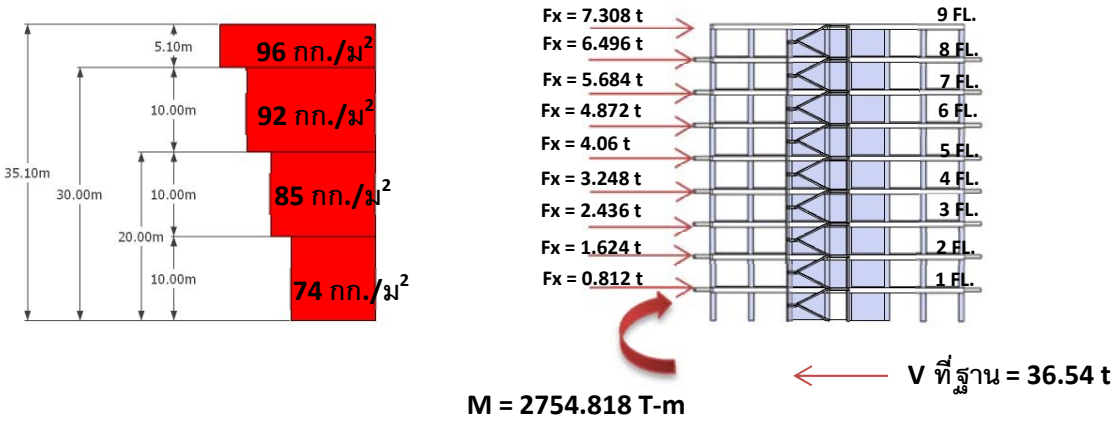
$$\theta = \frac{Px\Delta x}{Vxhx}$$

เมื่อ θ คือ สัมประสิทธิ์ความมั่นคงซึ่งเป็นอัตราส่วนระหว่างโมเมนต์ที่เพิ่มขึ้นจากการเคลื่อนตัวทางข้างต่อโมเมนต์ที่เกิดแรงแผ่นดินไหว หาก มีค่าน้อยกว่า 0.1 ไม่ต้องคิดค่าโมเมนต์ที่เพิ่มขึ้น หาก มากกว่า 0.1 จะต้องพิจารณาค่าโมเมนต์ที่เพิ่มขึ้นจากการเคลื่อนตัวทางข้างในการคำนวณออกแบบเสา

ชั้น	Wx(tons)	Px(Tons)	ΔX (Cm.)	Vx(tons)	Hx(ความสูงแต่ละชั้น)Cm.	θ
9	1099	1099	0.002	7.308	390	0.0008
8	1099	2198	0.003	13.804	390	0.0012
7	1099	3297	0.004	19.488	390	0.0017
6	1099	4396	0.005	24.36	390	0.0023
5	1099	5495	0.006	28.42	390	0.003
4	1099	6594	0.007	31.668	390	0.0037
3	1099	7693	0.008	34.104	390	0.0046
2	1099	8792	0.008	35.728	390	0.005
1	1099	9891	0.008	36.54	390	0.0056

ค่า θ ในแต่ละชั้นมีค่าน้อยกว่า 0.1 ดังนั้นจึงไม่ต้องพิจารณาผลกระทบของPΔ Effect

ในโจทย์ตัวอย่างนี้ จะไม่คิดถึงผลของการบิดตัวขององค์อาคาร เนื่องจากอาคารมีรูปทรงเสถียรภาพ



รูปแสดงแรงลมและแรงแผ่นไหวกระทำกับองค์อาคาร

การถ่ายแรงสู่อาคาร กรณีการบรรทุกร่วม

วิเคราะห์หาแรงภายในของโครงสร้างอาคาร จากการรวมน้ำหนักบรรทุกกรณีพิจารณาแรงกระทำด้านข้างโดยพิจารณาค่าสูงสุดของการร่วมแรงตาม Code ดังนี้

U = 1.2D+1.6L

U = 1.2D+1.3W+L

U = 1.2D + 1.0E+L

⟵ UBC Code 1997 (Section 1612)

U = 1.4D+1.7L

U = 0.75(1.4D+1.7L+1.7W)

U = 0.9D+1.3W

U = 1.05D + 1.28L +1.40E

U = 0.90D+1.43E

⟵ ACI 318-89 = วสท.1008-38, ACI 318-95,ASCE 7-98

D = Dead Load

L = Live Load

E = แรงแผ่นดินไหว

W = แรงลม

ดังนั้น จากองค์อาคาร 9 ชั้น เป็นประเภทอาคารสูงความกว้าง 29.60 m. ยาว 60 m. สูง 35.10 m.

น้ำหนักDL. = 1099 t/Fl. ดังนั้น 1099/(29.60*60) = 0.618 T หรือ 618 Kg./m^2

น้ำหนัก บรรทุกจร= 300 Kg./m^2 (สามารถลดน้ำหนักจรต่อชั้นตามข้อกำหนด)

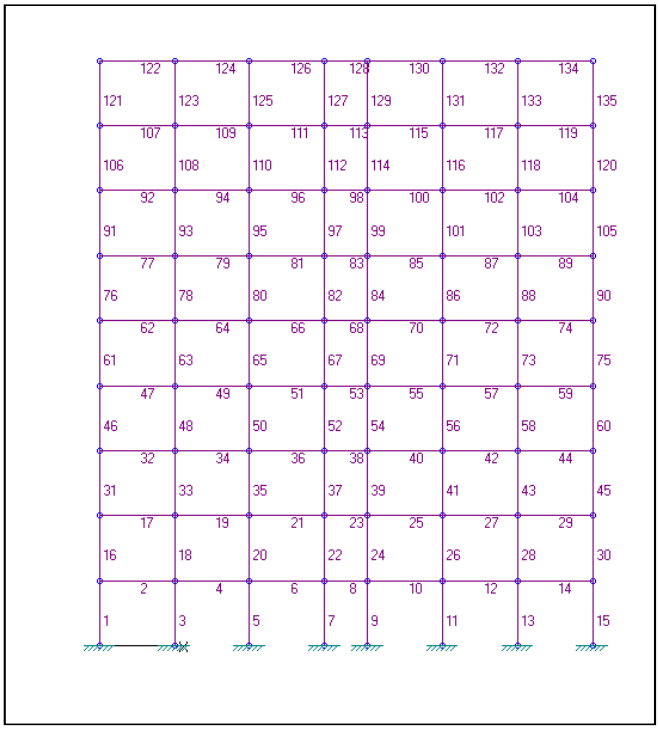
UBC 1997 (Section 1612)									
ชั้น	DL.	LL	ลดLL	ผลรวม LL	Wind Load	E=Fx	1.2D+1.6L	1.2D+1.3W+L	1.2D + 1.0E+L
หน่วย	Kg./m^2	Kg./m^2	%	Kg./m^2	Kg./m^2	Kg./m^2	Kg./m^2	Kg./m^2	Kg./m^2
9	618	100	0	100	96	7308	901.6	966.4	841.6
8	618	300	0	300	96	6496	1221.6	1166.4	1041.6
7	618	300	0	300	92	5684	1221.6	1161.2	1041.6
6	618	300	10%	330	92	4872	1269.6	1191.2	1071.6
5	618	300	20%	360	92	4060	1317.6	1221.2	1101.6
4	618	300	30%	390	85	3248	1365.6	1242.1	1131.6
3	618	300	40%	420	85	2436	1413.6	1272.1	1161.6
2	618	300	50%	450	74	1624	1461.6	1287.8	1191.6
1	618	300	50%	450	74	812	1461.6	1287.8	1191.6

ACI 318-89 = วสท.1008-38, ACI 318-95,ASCE 7-98											
ชั้น	DL.	LL	ลดLL	ผลรวม LL	Wind Load	E=Fx	1.4D+1.7L	0.75(1.4D+1.7L+1.7W)	0.9D+1.3W	1.05D + 1.28L +1.40E	0.90D+1.43E
	Kg./m^2	Kg./m^2	%	Kg./m^2	Kg./m^2	Kg./m^2	Kg./m^2	Kg./m^2	Kg./m^2	Kg./m^2	Kg./m^2
9	618	100	0	100	96	7308	1035.2	898.8	681	776.9	556.2
8	618	300	0	300	96	6496	1375.2	1153.8	681	1032.9	556.2
7	618	300	0	300	92	5684	1375.2	1148.7	675.8	1032.9	556.2
6	618	300	10%	330	92	4872	1426.2	1186.95	675.8	1071.3	556.2
5	618	300	20%	360	92	4060	1477.2	1225.2	675.8	1109.7	556.2
4	618	300	30%	390	85	3248	1528.2	1254.525	666.7	1148.1	556.2
3	618	300	40%	420	85	2436	1579.2	1292.775	666.7	1186.5	556.2
2	618	300	50%	450	74	1624	1630.2	1317	652.4	1224.9	556.2
1	618	300	50%	450	74	812	1630.2	1317	652.4	1224.9	556.2

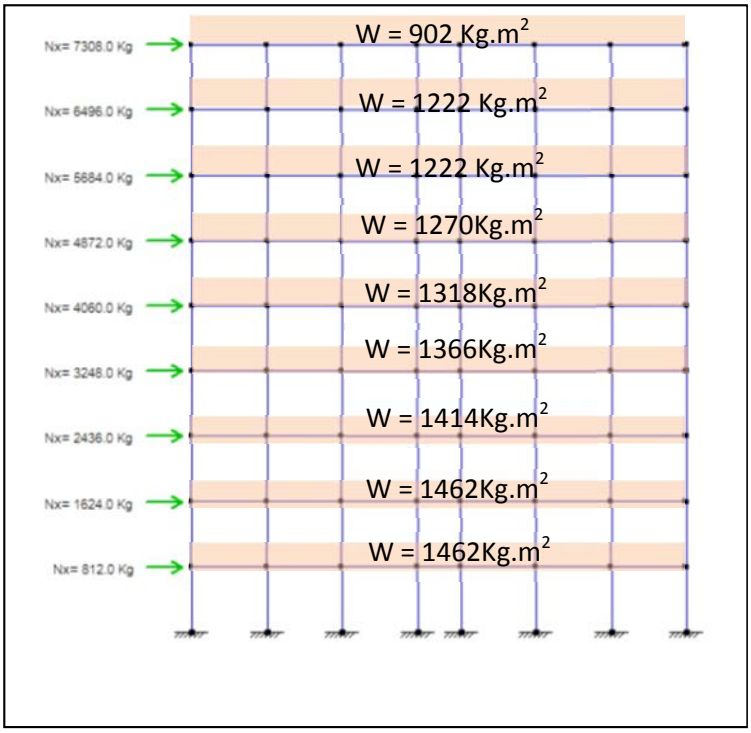
จากตารางการร่วมแรงจะยังไม่พิจารณาค่า E เนื่องจากเป็นแรงกระทำต่อจุดทางด้านข้าง มีหน่วย เป็น Tons

ซึ่งจะนำมาวิเคราะห์กับองค์อาคาร จากตารางจะพบว่า Code UBC มีแรงมากระทำมากกว่า

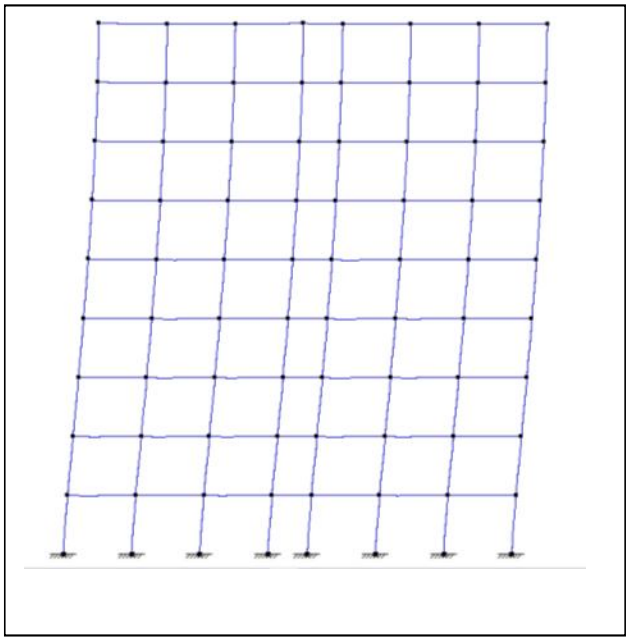
การวิเคราะห์โครงสร้างองค์อาคาร ด้านความกว้างกรณีทิศทางด้านซ้าย



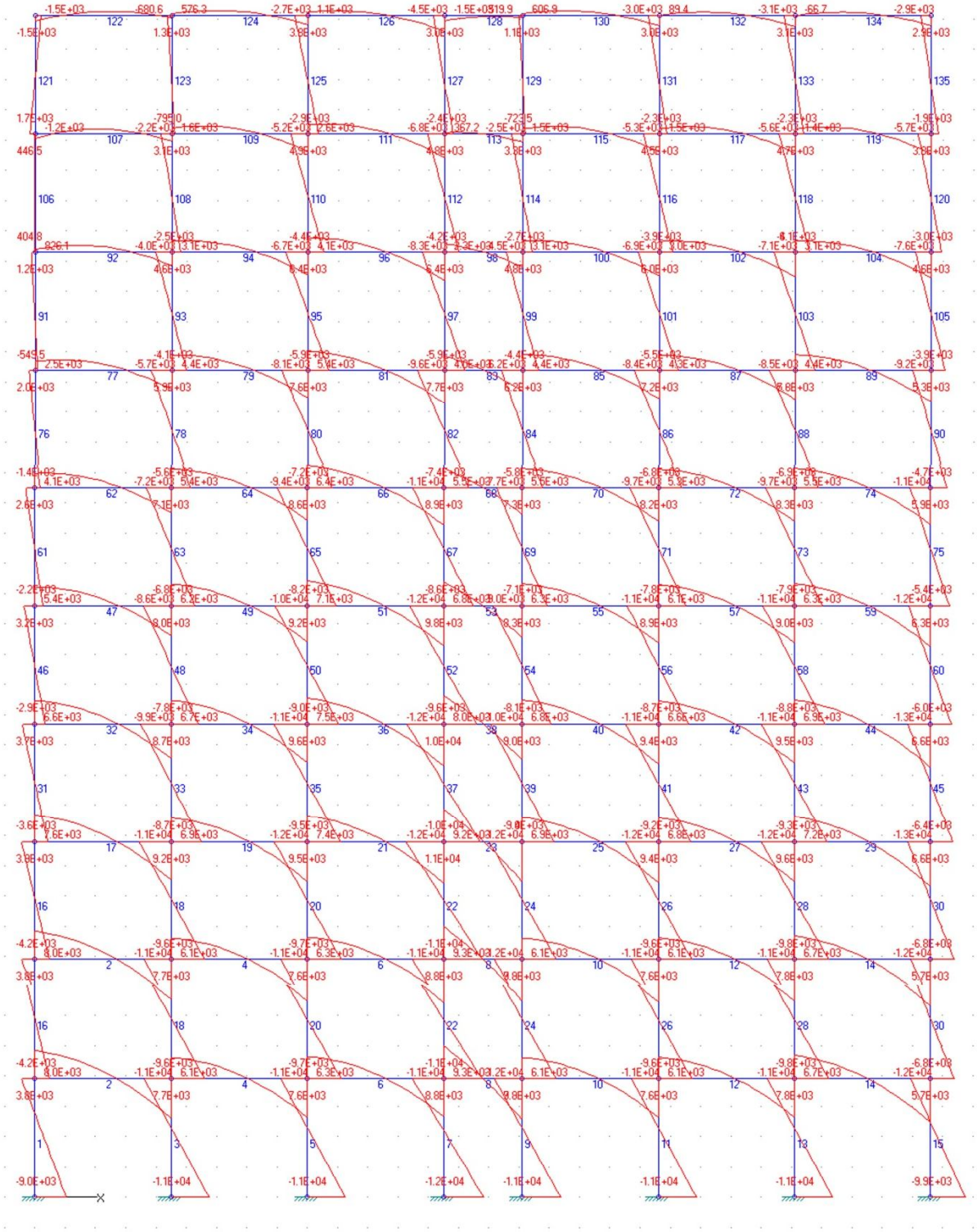
ภาพที่ 1 แสดงรายการชิ้นส่วน



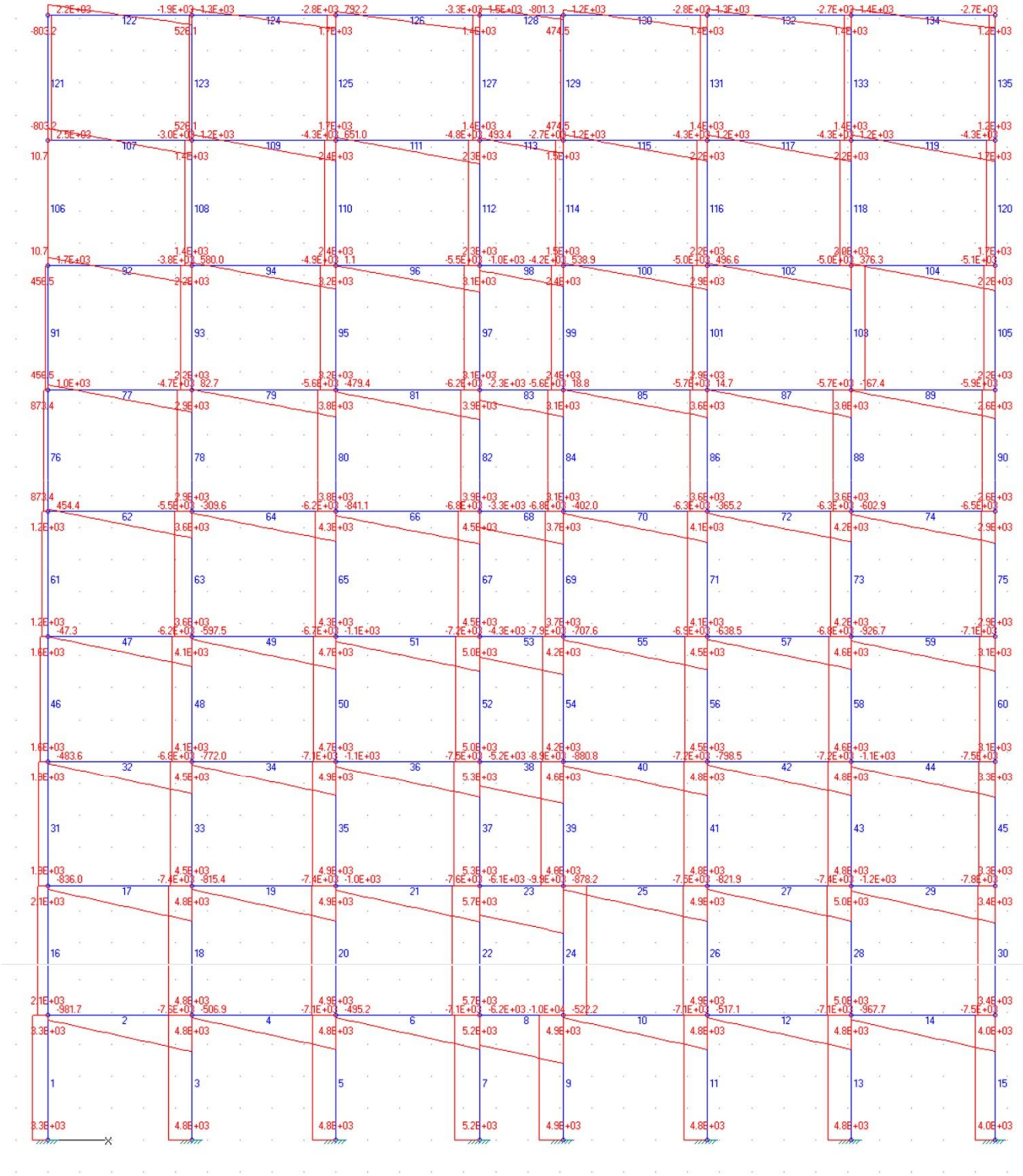
ภาพที่ 2 แสดงน้ำหนักร่วมของโครงสร้างด้านซ้าย



ภาพที่ 3 แสดงการเอียงด้านซ้าย

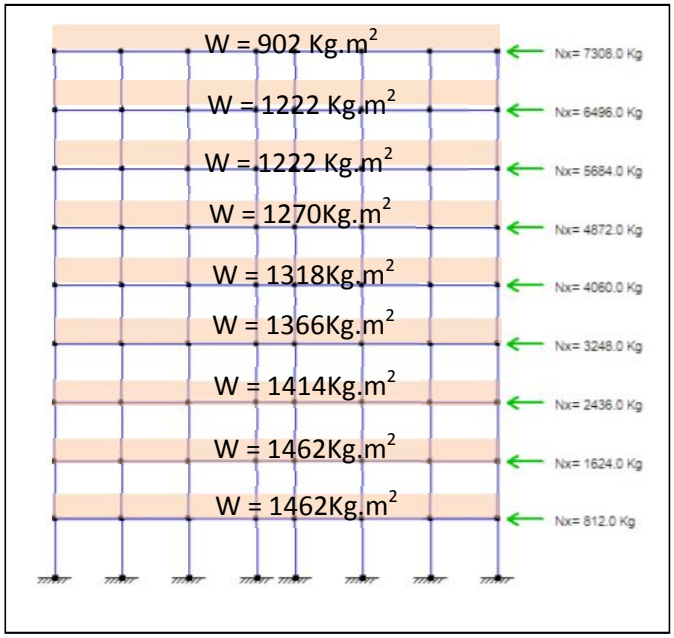


ภาพที่ 4 แสดงกราฟฟิคโมเมนต์อาคารด้านซ้าย

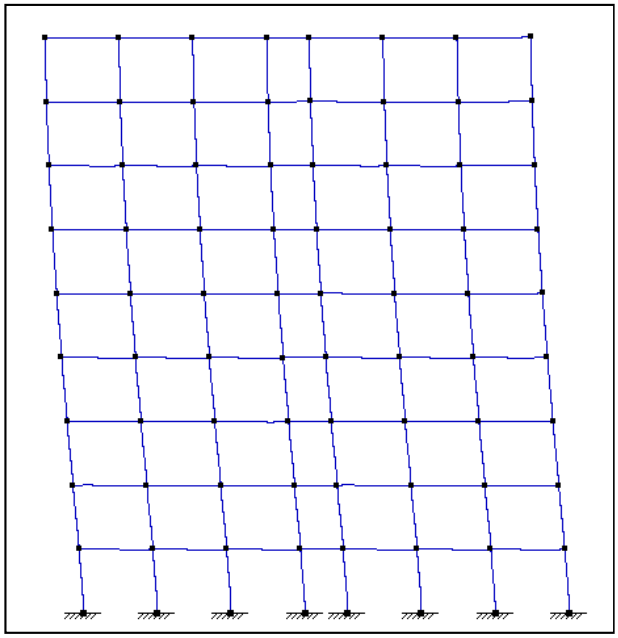


ภาพที่ 5 แสดงกราฟฟิคแรงเฉือนอาคารด้านซ้าย

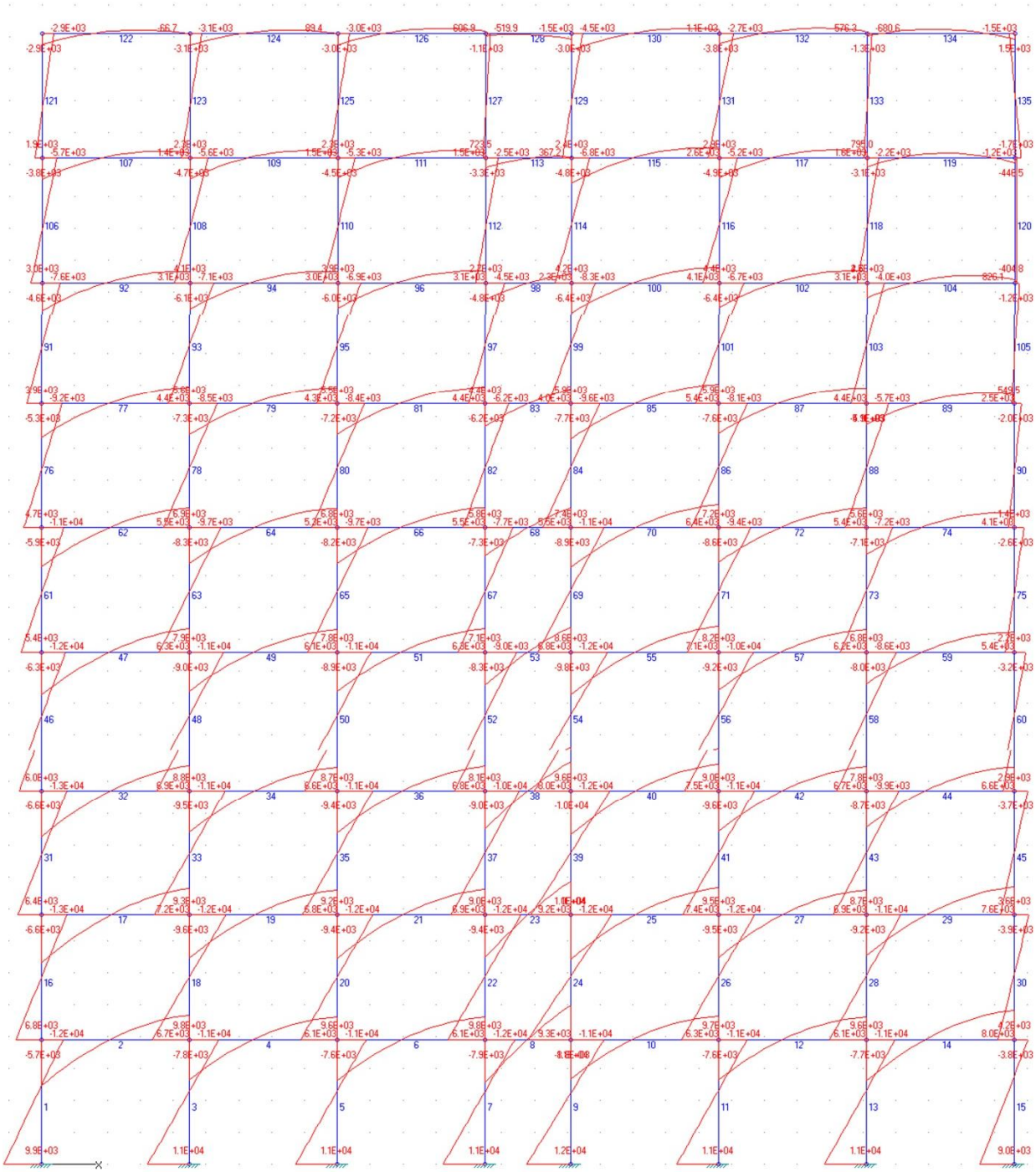
วิเคราะห์โครงสร้างองค์อาคาร ด้านความกว้างกรณีทิศทางด้านขวา



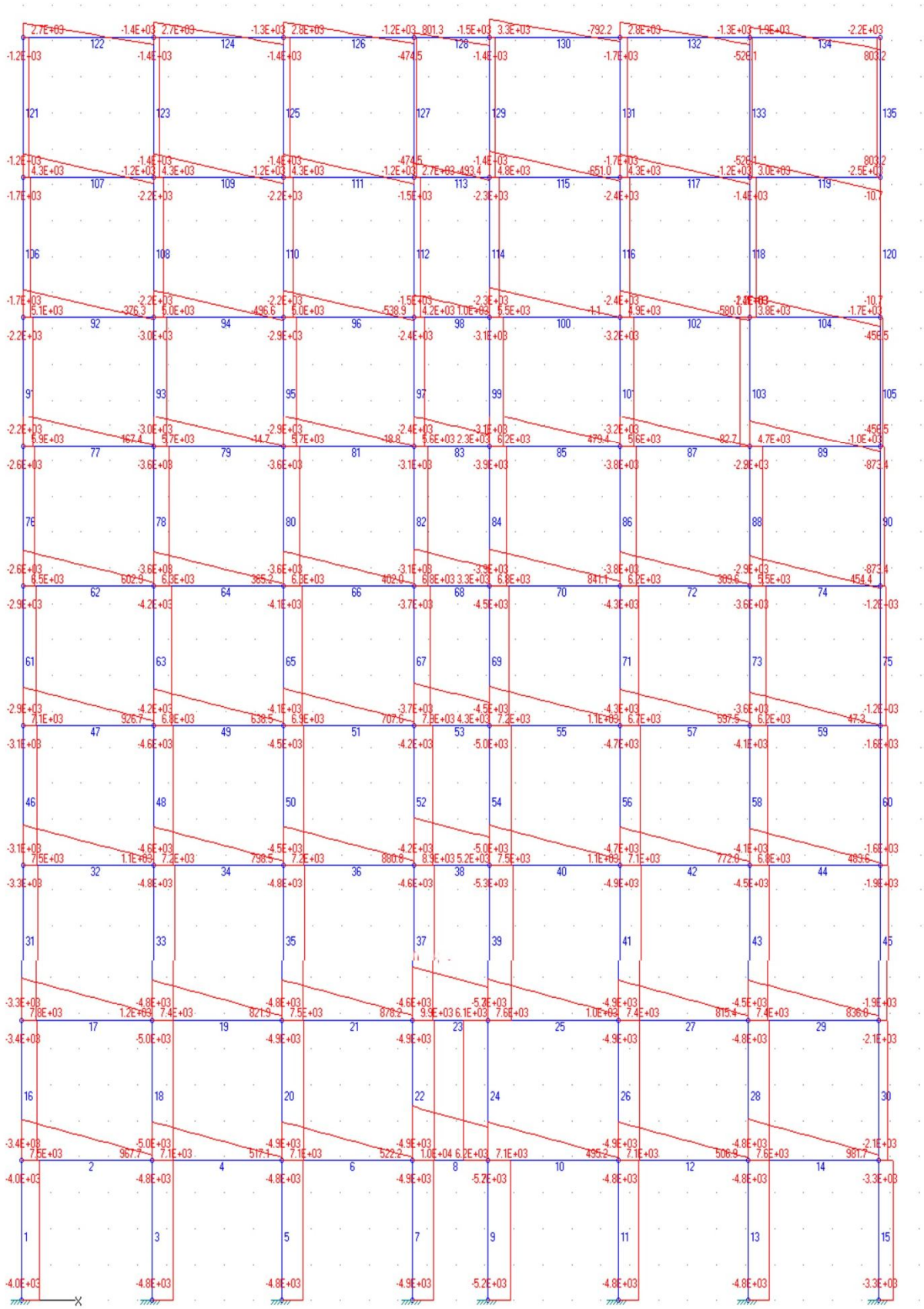
ภาพที่ 6 แสดงน้ำหนักร่วมของโครงสร้างด้านขวา



ภาพที่ 7 แสดงการเอียงของอาคารด้านขวา



ภาพที่ 8 แสดงกราฟฟิคโมเมนต์อาคารด้านขวา



ภาพที่ 9 แสดงกราฟฟิคแรงเฉือนอาคารด้านขวา

การวิเคราะห์โครงสร้างองค์อาคาร ด้านความยาว

ตรวจสอบค่าสัมประสิทธิ์คาบการสั่นไหวด้านยาวของอาคาร

จาก Step 4 สัมประสิทธิ์คาบการสั่นไหว(C)

สำหรับอาคารทั่วไป $T = \frac{0.09hn}{\sqrt{D}}$ เมื่อ hn คือความสูงของอาคาร = 35.10 เมตร

ความยาวของอาคาร = 60 เมตร

คาบการสั่น $= T = \frac{0.09 \times 35.10}{\sqrt{60}}$ = 0.407 วินาที

สัมประสิทธิ์ C $= \frac{1}{15\sqrt{T}} = \frac{1}{15\sqrt{0.407}}$ = 0.104 < 0.12 OK

(หากค่าสัมประสิทธิ์ที่คำนวณได้มากกว่า 0.12 ให้ใช้ค่า 0.12)

จาก Step 5 สัมประสิทธิ์การประสานความถี่ธรรมชาติระหว่างอาคารและชั้นดิน (S) ดินอ่อนมาก = 2.5

ผลคูณ CxS = 0.104x2.5 = 0.26 > 0.14 ใช้ค่า 0.14

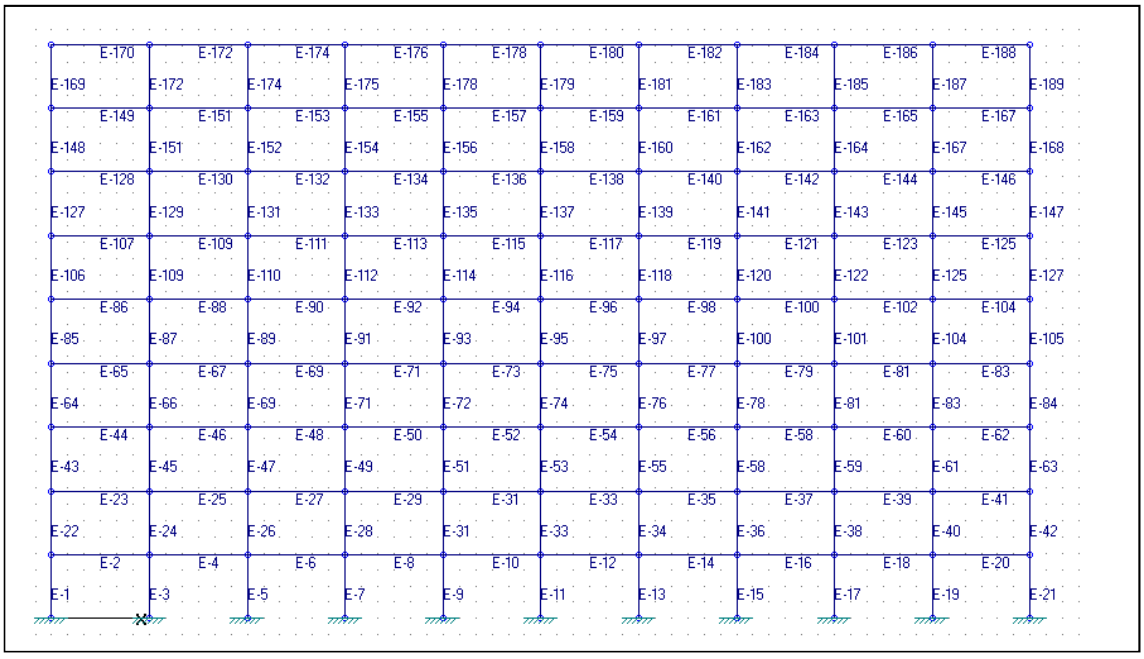
(หากค่าสัมประสิทธิ์ที่คำนวณได้มากกว่า 0.14 ให้ใช้ค่า 0.14 เว้นแต่กรณีดินอ่อนมาก ถ้าผลคูณดังกล่าวมากกว่า 0.26 ให้ใช้เท่ากับ 0.26)

จาก Step 7 คำนวณแรงเฉือนที่ฐาน V

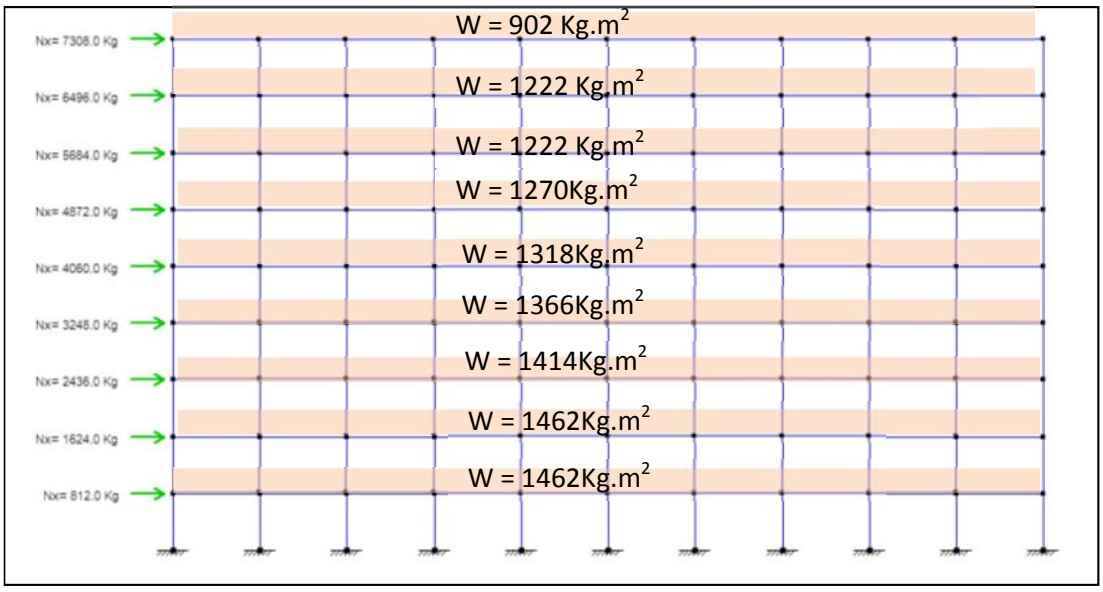
V = ZIKCSW = 0.19x1.25x1x0.14xW = 0.03325 W หรือ 3.32 % ของน้ำหนักอาคาร

= 0.03325x1099 = 36.54 Tons

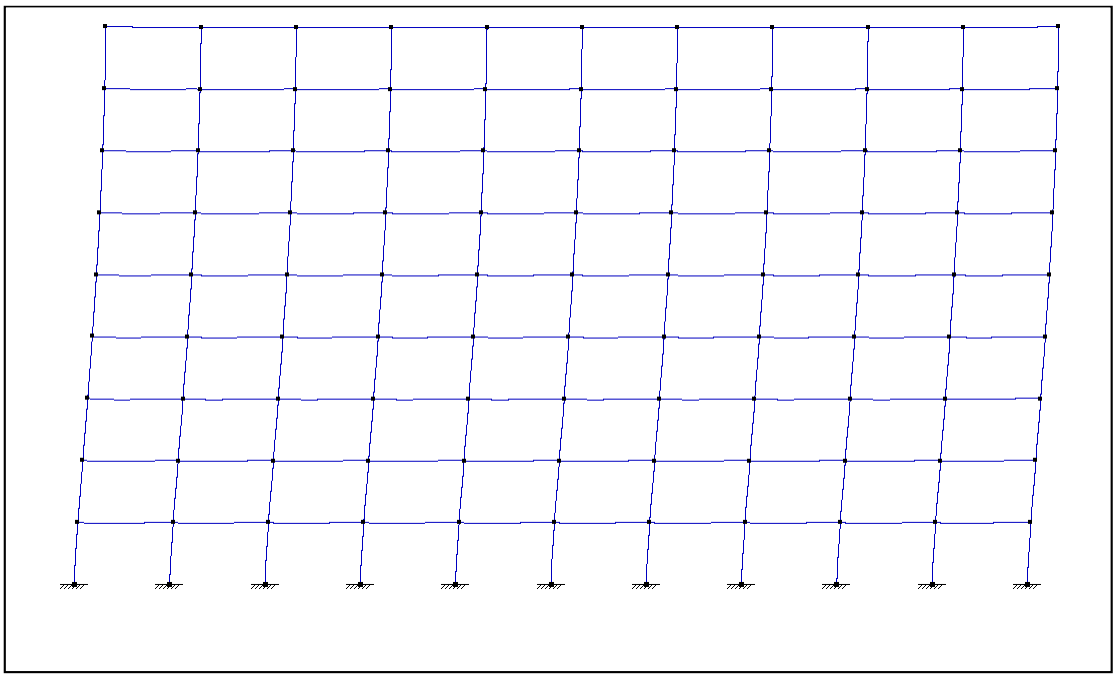
สรุปด้านยาวขององค์อาคารยังสามารถใช้แรง Fx จากด้านกว้างที่ได้คำนวณก่อนนี้ ไปคำนวณได้



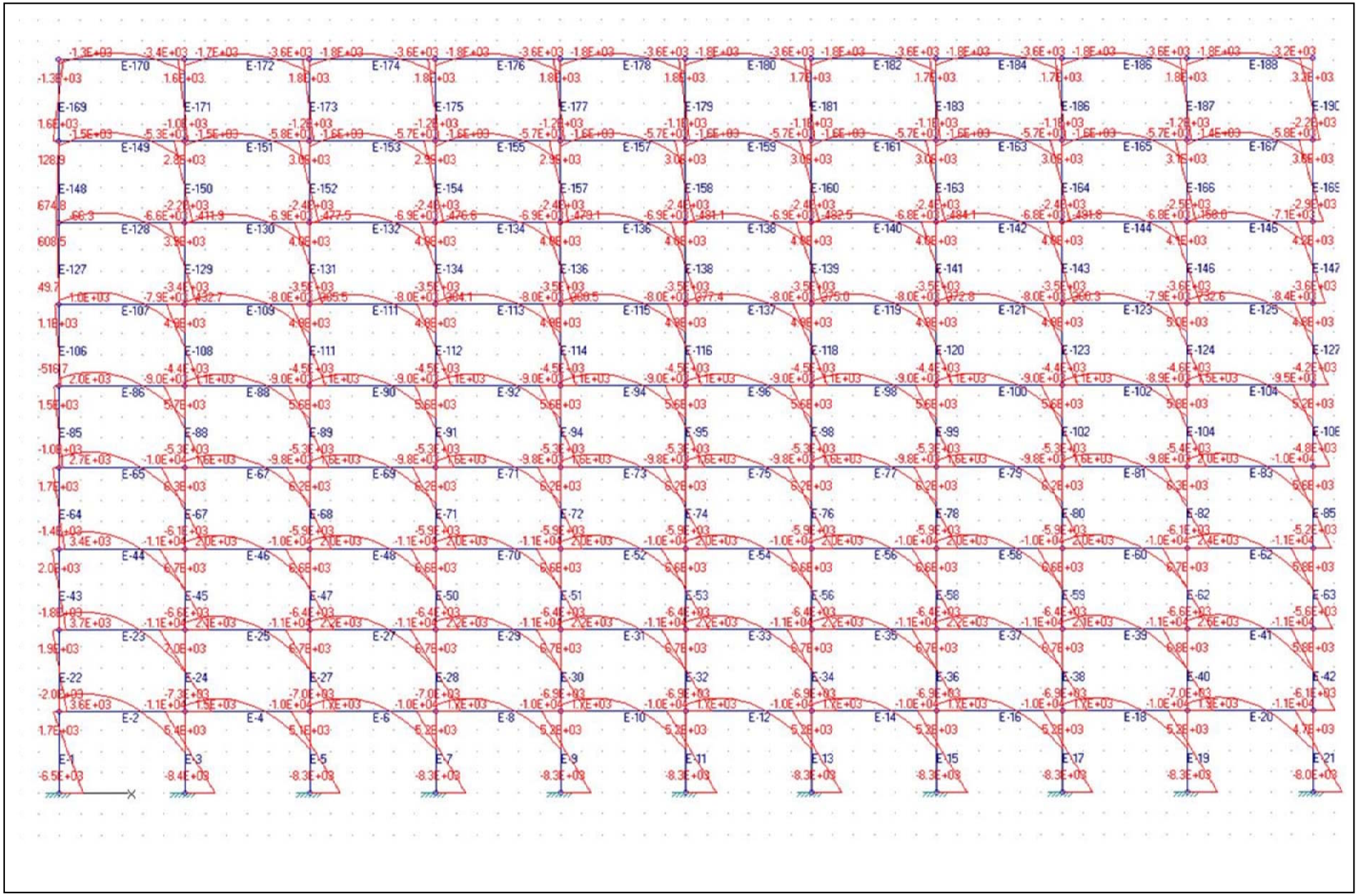
ภาพที่ 10 แสดงชิ้นส่วนโครงสร้างด้านยาว



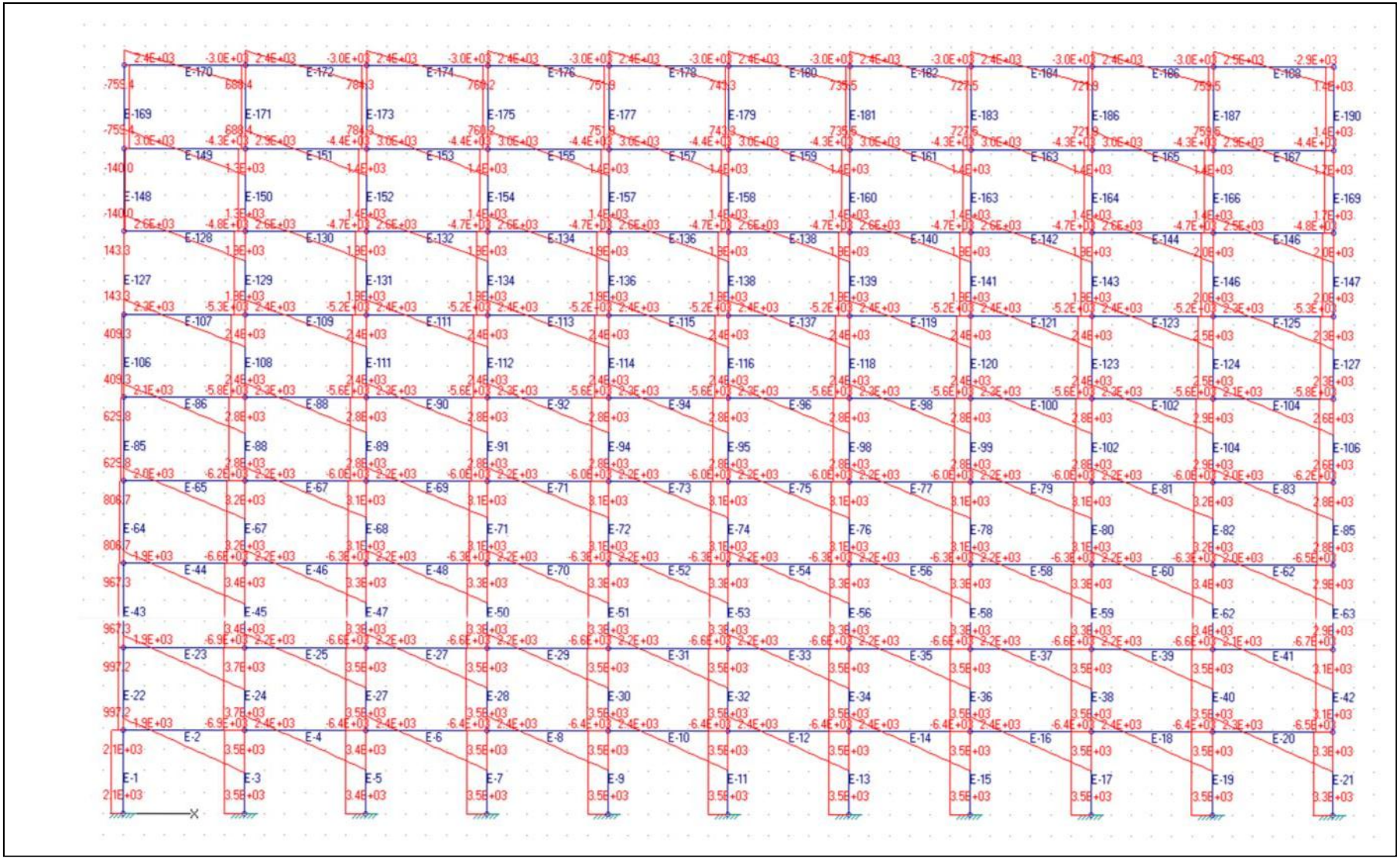
ภาพที่ 11 แสดงน้ำหนักกระทำโครงสร้างด้านยาวทิศทางซ้าย



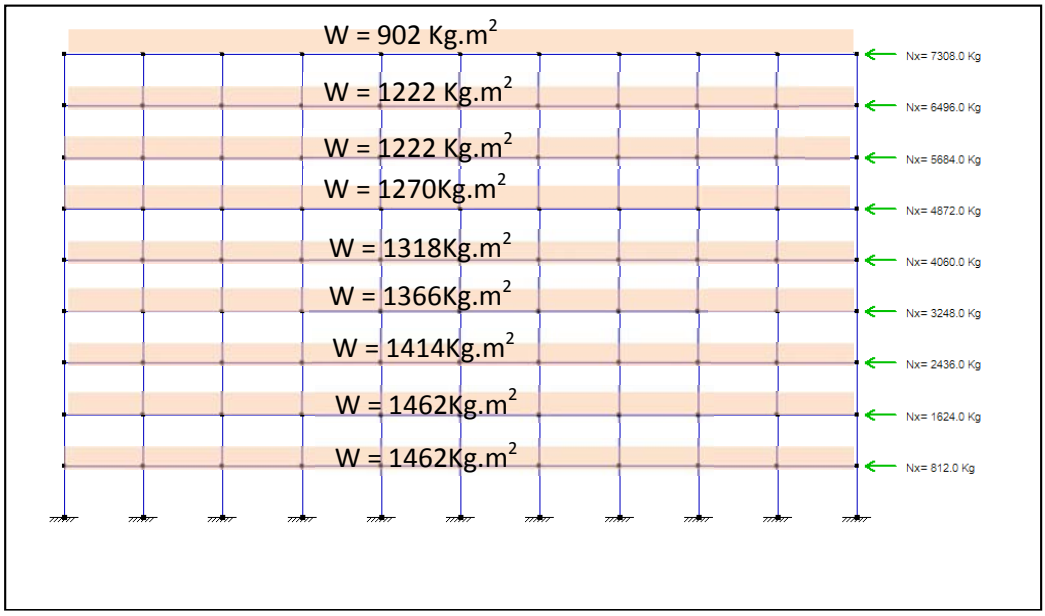
ภาพที่ 12 แสดงการเอียงโครงสร้างด้านยาวทิศทางซ้าย



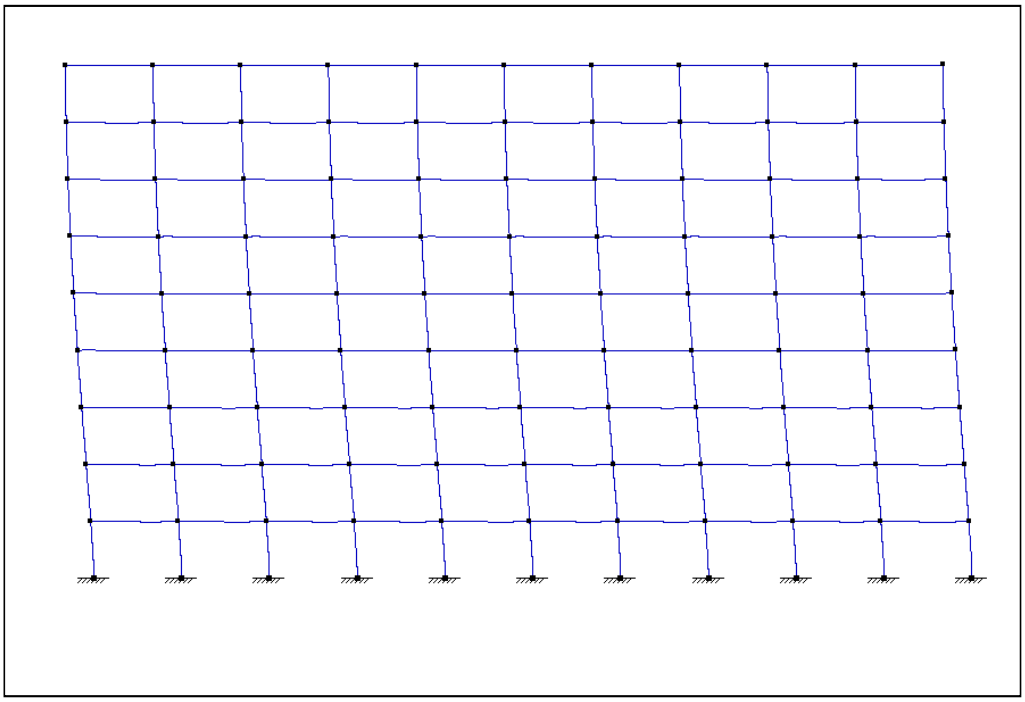
ภาพที่ 13 แสดงกราฟฟิคโมเมนต์ทางยาวทิศทางแรงด้านซ้าย



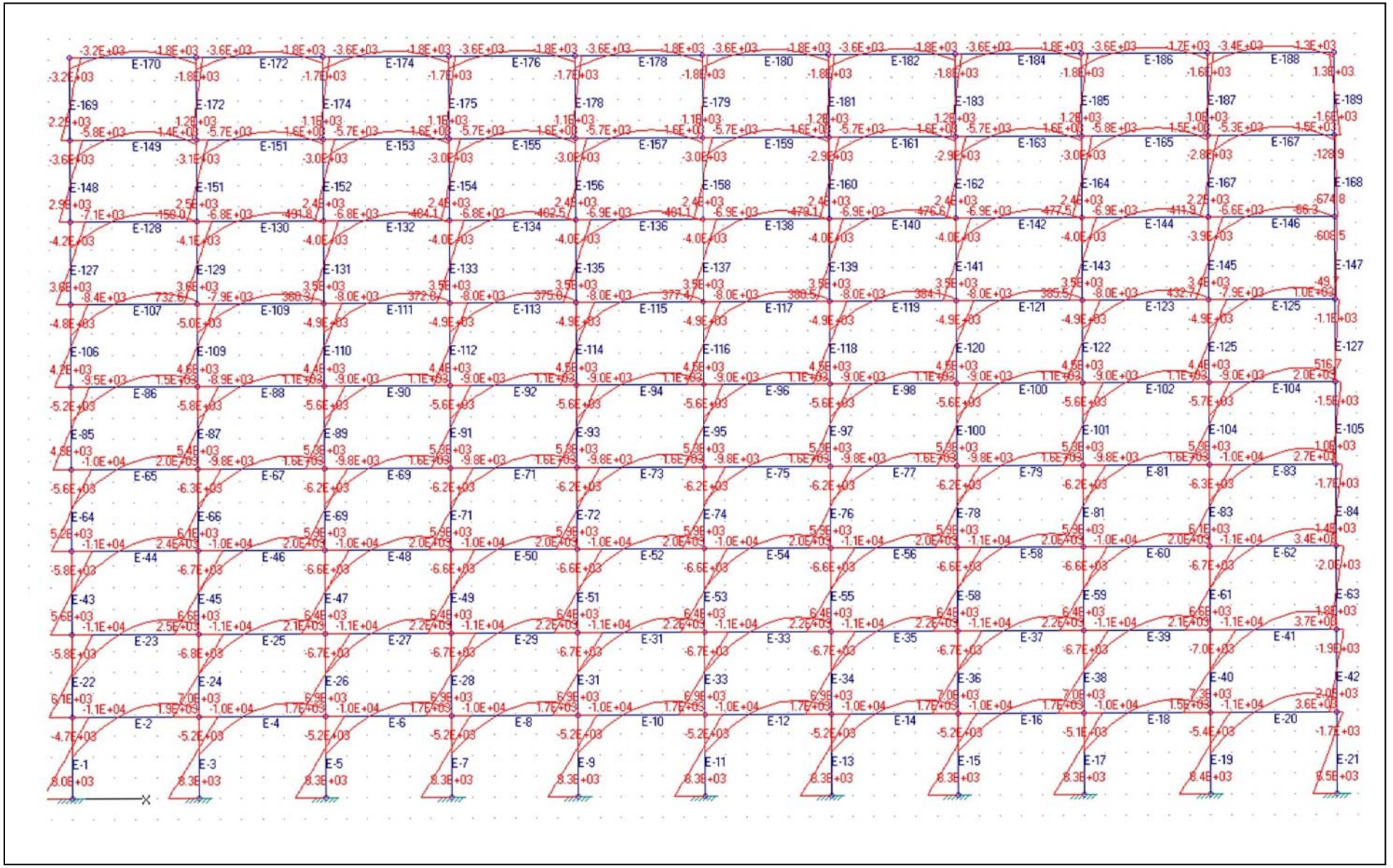
ภาพที่ **14** แสดงกราฟฟิคแรงเฉือนทางยาวทิศทางแรงด้านซ้าย



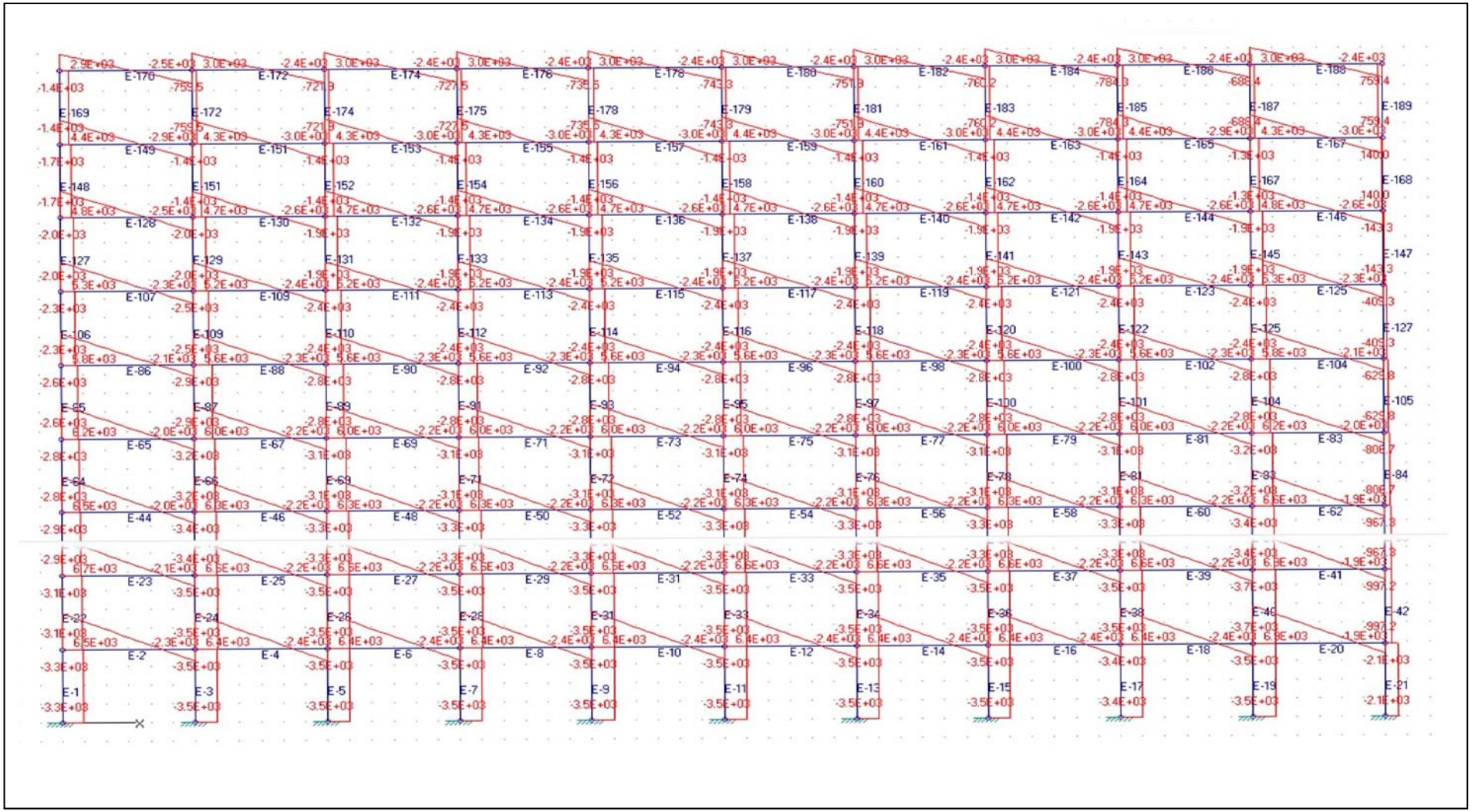
ภาพที่ 15 แสดงน้ำหนักกระทำโครงสร้างด้านยาวทิศทางขวา



ภาพที่ 16 แสดงการเอียงของโครงสร้างด้านยาวทิศทางขวา



ภาพที่ 17แสดงกราฟฟิคโมเมนต์ทางยาวทิศทางแรงด้านขวา



ภาพที่ 18 แสดงกราฟฟิคแรงเฉือนทางยาวทิศทางแรงขวา

ผลลัพธ์จากแรงด้านกว้างอาคารทิศทางด้านซ้าย							ผลลัพธ์จากแรงด้านกว้างอาคารทิศทางด้านขวา					
	ด้านซ้าย	กลาง	ด้านขวา	ด้านซ้าย	ด้านขวา			ด้านซ้าย	กลาง	ด้านขวา	ด้านซ้าย	ด้านขวา
Member	Mz.i [Kg-m]	Mz.pos [Kg-m]	Mz.j [Kg-m]	Fy.i [Kg]	Fy.j [Kg]		Member	Mz.i [Kg-m]	Mz.pos [Kg-m]	Mz.j [Kg-m]	Fy.i [Kg]	Fy.j [Kg]
1.00	-9023.24	3812.32	3812.32	3291.17	3291.17		1	9948.63	9948.63	-5690.22	-4009.96	-4009.96
2.00	7976.24	7976.24	-11244.00	-981.67	-7560.67		2	-12497.10	6660.47	6660.47	7546.73	967.73
3.00	-10967.30	7679.26	7679.26	4781.17	4781.17		3	11020.30	11020.30	-7803.09	-4826.52	-4826.52
4.00	6059.35	6059.35	-11024.50	-506.91	-7085.91		4	-10990.10	6139.45	6139.45	7096.07	517.07
5.00	-10950.50	7626.78	7626.78	4763.40	4763.40		5	10946.20	10946.20	-7632.54	-4763.78	-4763.78
6.00	6309.91	6309.91	-10721.40	-495.24	-7074.24		6	-11099.50	6053.29	6053.29	7101.24	522.24
7.00	-11563.30	8842.74	8842.74	5232.31	5232.31		7	11092.00	11092.00	-7907.54	-4871.68	-4871.68
8.00	9340.80	9340.80	-11683.90	-6185.81	-9987.01		8	-11683.90	9340.80	9340.80	9987.01	6185.81
9.00	-11092.00	7907.54	7907.54	4871.68	4871.68		9	11563.30	11563.30	-8842.74	-5232.31	-5232.31
10.00	6053.29	6053.29	-11099.50	-522.24	-7101.24		10	-10721.40	6309.92	6309.91	7074.24	495.24
11.00	-10946.20	7632.54	7632.54	4763.78	4763.78		11	10950.50	10950.50	-7626.78	-4763.40	-4763.40
12.00	6139.45	6139.45	-10990.10	-517.07	-7096.07		12	-11024.50	6059.35	6059.35	7085.91	506.91
13.00	-11020.30	7803.09	7803.09	4826.52	4826.52		13	10967.30	10967.30	-7679.26	-4781.17	-4781.17
14.00	6660.47	6660.47	-12497.10	-967.73	-7546.73		14	-11244.00	7976.24	7976.24	7560.67	981.67
15.00	-9948.63	5690.22	5690.22	4009.96	4009.96		15	9023.24	9023.24	-3812.32	-3291.17	-3291.17
16.00	-4163.92	3949.91	3949.91	2080.47	2080.47		16	6806.85	6806.85	-6595.71	-3436.55	-3436.55
17.00	7556.49	7556.49	-11008.10	-835.96	-7414.96		17	-13006.10	7219.89	7219.89	7784.15	1205.15
18.00	-9624.11	9198.02	9198.02	4826.19	4826.19		18	9847.52	9847.52	-9578.19	-4980.95	-4980.95
19.00	6868.16	6868.16	-11603.70	-815.36	-7394.36		19	-11700.40	6801.02	6801.02	7400.94	821.94
20.00	-9707.64	9546.46	9546.46	4936.95	4936.95		20	9606.43	9606.43	-9393.34	-4871.74	-4871.74
21.00	7393.25	7393.25	-12008.60	-1022.01	-7601.01		21	-11827.80	6926.80	6926.80	7457.19	878.19
22.00	-11219.50	10823.10	10823.10	5651.94	5651.94		22	9829.61	9829.61	-9448.92	-4943.21	-4943.21
23.00	9217.61	9217.61	-11537.20	-6082.01	-9883.21		23	-11537.20	9217.61	9217.61	9883.21	6082.01
24.00	-9448.92	9829.61	9829.61	4943.21	4943.21		24	10823.10	10823.10	-11219.50	-5651.94	-5651.94
25.00	6926.80	6926.80	-11827.80	-878.19	-7457.19		25	-12008.60	7393.25	7393.25	7601.01	1022.01
26.00	-9606.43	9393.34	9393.34	4871.74	4871.74		26	9707.64	9707.64	-9546.46	-4936.95	-4936.95
27.00	6801.02	6801.02	-11700.40	-821.94	-7400.94		27	-11603.70	6868.16	6868.16	7394.36	815.36
28.00	-9847.52	9578.19	9578.19	4980.95	4980.95		28	9624.11	9624.11	-9198.02	-4826.19	-4826.19
29.00	7219.89	7219.89	-13006.10	-1205.15	-7784.15		29	-11008.10	7556.49	7556.49	7414.96	835.96
30.00	-6806.85	6595.71	6595.71	3436.55	3436.55		30	4163.92	4163.92	-3949.91	-2080.47	-2080.47
31.00	-3606.58	3668.89	3668.89	1865.50	1865.50		31	6410.34	6410.34	-6560.02	-3325.73	-3325.73
32.00	6592.25	6592.25	-9900.80	-483.62	-6846.62		32	-12519.00	6913.19	6913.19	7499.75	1136.75
33.00	-8678.21	8718.63	8718.63	4460.73	4460.73		33	9342.13	9342.13	-9470.57	-4823.77	-4823.77
34.00	6661.33	6661.33	-11129.50	-772.02	-7135.02		34	-11325.50	6584.57	6584.57	7161.52	798.52
35.00	-9450.52	9612.57	9612.57	4887.97	4887.97		35	9235.47	9235.47	-9367.99	-4770.12	-4770.12
36.00	7452.19	7452.19	-12012.60	-1144.00	-7507.00		36	-11456.20	6824.28	6824.28	7243.82	880.82
37.00	-10403.10	10441.60	10441.60	5344.77	5344.77		37	9015.04	9015.04	-9023.99	-4625.39	-4625.39
38.00	8009.81	8009.81	-10319.60	-5211.59	-8887.99		38	-10319.60	8009.81	8009.81	8887.99	5211.59
39.00	-9015.04	9023.99	9023.99	4625.39	4625.39		39	10403.10	10403.10	-10441.60	-5344.77	-5344.77
40.00	6824.28	6824.28	-11456.20	-880.82	-7243.82		40	-12012.60	7452.19	7452.19	7507.00	1144.00
41.00	-9235.47	9367.99	9367.99	4770.12	4770.12		41	9450.52	9450.52	-9612.57	-4887.97	-4887.97
42.00	6584.57	6584.57	-11325.50	-798.52	-7161.52		42	-11129.50	6661.33	6661.33	7135.02	772.02
43.00	-9342.13	9470.58	9470.57	4823.77	4823.77		43	8678.21	8678.21	-8718.63	-4460.73	-4460.73
44.00	6913.19	6913.19	-12519.00	-1136.75	-7499.75		44	-9900.80	6592.25	6592.25	6846.62	483.62
45.00	-6410.34	6560.02	6560.02	3325.73	3325.73		45	3606.58	3606.58	-3668.89	-1865.50	-1865.50

ผลลัพธ์จากแรงด้านกว้างอาคารทิศทางด้านซ้าย							ผลลัพธ์จากแรงด้านกว้างอาคารทิศทางด้านขวา					
	ด้านซ้าย	กลาง	ด้านขวา	ด้านซ้าย	ด้านขวา			ด้านซ้าย	กลาง	ด้านขวา	ด้านซ้าย	ด้านขวา
Member	Mz.i [Kg-m]	Mz.pos [Kg-m]	Mz.j [Kg-m]	Fy.i [Kg]	Fy.j [Kg]		Member	Mz.i [Kg-m]	Mz.pos [Kg-m]	Mz.j [Kg-m]	Fy.i [Kg]	Fy.j [Kg]
46.00	-2923.36	3187.18	3187.18	1566.81	1566.81		46	5958.93	5958.93	-6279.92	-3138.17	-3138.17
47.00	5403.15	5403.15	-8640.41	-47.29	-6194.29		47	-11687.90	6312.84	6312.84	7073.66	926.66
48.00	-7843.50	8002.65	8002.65	4063.11	4063.11		48	8768.13	8768.13	-9009.84	-4558.45	-4558.45
49.00	6153.95	6153.95	-10365.70	-597.54	-6744.54		49	-10642.70	6061.42	6061.42	6785.53	638.53
50.00	-8969.12	9237.15	9237.15	4668.27	4668.27		50	8672.76	8672.76	-8917.18	-4510.24	-4510.24
51.00	7081.67	7081.67	-11561.30	-1069.38	-7216.38		51	-10705.70	6309.23	6309.23	6854.61	707.60
52.00	-9580.80	9755.06	9755.06	4957.91	4957.91		52	8119.92	8119.92	-8279.68	-4205.03	-4205.03
53.00	6761.71	6761.71	-9039.20	-4301.47	-7853.07		53	-9039.20	6761.71	6761.71	7853.07	4301.47
54.00	-8119.92	8279.68	8279.68	4205.03	4205.03		54	9580.80	9580.80	-9755.06	-4957.91	-4957.91
55.00	6309.23	6309.23	-10705.70	-707.60	-6854.61		55	-11561.30	7081.67	7081.67	7216.38	1069.38
56.00	-8672.76	8917.18	8917.18	4510.24	4510.24		56	8969.12	8969.12	-9237.15	-4668.27	-4668.27
57.00	6061.42	6061.42	-10642.70	-638.53	-6785.53		57	-10365.70	6153.95	6153.95	6744.54	597.54
58.00	-8768.13	9009.84	9009.84	4558.45	4558.45		58	7843.50	7843.50	-8002.65	-4063.11	-4063.11
59.00	6312.84	6312.84	-11687.90	-926.66	-7073.66		59	-8640.41	5403.15	5403.15	6194.29	47.29
60.00	-5958.93	6279.92	6279.92	3138.17	3138.17		60	2923.36	2923.36	-3187.18	-1566.81	-1566.81
61.00	-2215.97	2627.25	2627.25	1241.85	1241.85		61	5407.96	5407.96	-5860.48	-2889.34	-2889.34
62.00	4053.45	4124.48	-7246.56	454.39	-5476.61		62	-10586.40	5471.51	5471.51	6533.93	602.93
63.00	-6791.71	7067.02	7067.02	3553.52	3553.52		63	7945.73	7945.73	-8285.00	-4161.73	-4161.73
64.00	5376.59	5376.59	-9361.35	-309.60	-6240.60		64	-9701.23	5286.92	5286.91	6296.20	365.20
65.00	-8210.26	8560.63	8560.63	4300.23	4300.23		65	7849.98	7849.98	-8183.49	-4111.15	-4111.15
66.00	6377.46	6377.46	-10752.40	-841.14	-6772.14		66	-9668.86	5485.11	5485.11	6333.05	402.05
67.00	-8567.95	8852.16	8852.16	4466.69	4466.69		67	7068.74	7068.74	-7343.67	-3695.49	-3695.49
68.00	5450.31	5450.31	-7687.64	-3339.66	-6766.46		68	-7687.64	5450.31	5450.31	6766.46	3339.66
69.00	-7068.74	7343.67	7343.67	3695.49	3695.49		69	8567.95	8567.95	-8852.16	-4466.69	-4466.69
70.00	5485.11	5485.11	-9668.86	-402.05	-6333.05		70	-10752.40	6377.45	6377.46	6772.14	841.14
71.00	-7849.98	8183.49	8183.49	4111.15	4111.15		71	8210.26	8210.26	-8560.63	-4300.23	-4300.23
72.00	5286.91	5286.91	-9701.23	-365.20	-6296.20		72	-9361.35	5376.59	5376.59	6240.60	309.60
73.00	-7945.73	8285.00	8285.00	4161.73	4161.73		73	6791.71	6791.71	-7067.02	-3553.52	-3553.52
74.00	5471.51	5471.51	-10586.40	-602.93	-6533.93		74	-7246.56	4124.48	4053.45	5476.61	-454.39
75.00	-5407.96	5860.48	5860.48	2889.34	2889.34		75	2215.97	2215.97	-2627.25	-1241.85	-1241.85
76.00	-1426.20	1980.04	1980.04	873.39	873.39		76	4725.93	4725.93	-5304.51	-2571.91	-2571.91
77.00	2529.56	2938.73	-5711.58	1026.14	-4688.86		77	-9217.75	4394.46	4394.46	5882.43	167.43
78.00	-5556.13	5935.84	5935.84	2946.66	2946.66		78	6887.74	6887.74	-7316.78	-3642.19	-3642.19
79.00	4354.90	4354.90	-8131.65	82.71	-5632.29		79	-8518.92	4273.71	4273.71	5700.31	-14.69
80.00	-7178.18	7610.97	7610.97	3792.09	3792.09		80	6772.29	6772.29	-7193.13	-3580.87	-3580.87
81.00	5378.85	5378.85	-9637.28	-479.42	-6194.42		81	-8378.75	4395.34	4395.34	5696.19	-18.81
82.00	-7350.58	7730.93	7730.93	3867.05	3867.05		82	5829.08	5829.08	-6205.67	-3085.83	-3085.83
83.00	4002.49	4002.49	-6191.36	-2269.71	-5571.71		83	-6191.36	4002.49	4002.49	5571.71	2269.71
84.00	-5829.08	6205.67	6205.67	3085.83	3085.83		84	7350.58	7350.58	-7730.93	-3867.05	-3867.05
85.00	4395.34	4395.34	-8378.75	18.81	-5696.19		85	-9637.28	5378.85	5378.85	6194.42	479.42
86.00	-6772.29	7193.13	7193.13	3580.87	3580.87		86	7178.18	7178.18	-7610.97	-3792.09	-3792.09
87.00	4273.71	4273.71	-8518.92	14.69	-5700.31		87	-8131.65	4354.90	4354.90	5632.29	-82.71
88.00	-6887.74	7316.78	7316.78	3642.19	3642.19		88	5556.13	5556.13	-5935.84	-2946.66	-2946.66
89.00	4394.46	4394.46	-9217.75	-167.43	-5882.43		89	-5711.58	2938.73	2529.56	4688.86	-1026.14
90.00	-4725.93	5304.51	5304.51	2571.91	2571.91		90	1426.20	1426.20	-1980.04	-873.39	-873.39
91.00	-549.53	1230.84	1230.84	456.50	456.50		91	3913.24	3913.24	-4604.63	-2184.07	-2184.07
92.00	826.09	1970.83	-4019.03	1672.81	-3826.19		92	-7592.94	3140.06	3086.31	5122.67	-376.33

ผลลัพธ์จากแรงด้านกว้างอาคารทิศทางด้านซ้าย							ผลลัพธ์จากแรงด้านกว้างอาคารทิศทางด้านขวา					
	ด้านซ้าย	กลาง	ด้านขวา	ด้านซ้าย	ด้านขวา			ด้านซ้าย	กลาง	ด้านขวา	ด้านซ้าย	ด้านขวา
Member	Mz.i [Kg-m]	Mz.pos [Kg-m]	Mz.j [Kg-m]	Fy.i [Kg]	Fy.j [Kg]		Member	Mz.i [Kg-m]	Mz.pos [Kg-m]	Mz.j [Kg-m]	Fy.i [Kg]	Fy.j [Kg]
93.00	-4130.64	4612.42	4612.42	2241.81	2241.81		93	5596.60	5596.60	-6109.54	-3001.57	-3001.57
94.00	3091.62	3228.91	-6670.94	580.04	-4918.96		94	-7108.78	3128.91	3029.15	5002.37	-496.63
95.00	-5899.52	6422.18	6422.18	3159.41	3159.41		95	5459.33	5459.33	-5968.13	-2930.12	-2930.12
96.00	4110.06	4110.06	-8257.96	1.05	-5497.95		96	-6864.91	3201.45	3082.66	4960.07	-538.93
97.00	-5908.84	6372.09	6372.09	3148.96	3148.96		97	4381.03	4381.03	-4844.65	-2365.56	-2365.56
98.00	2348.37	2348.37	-4482.61	-1038.70	-4215.90		98	-4482.61	2348.37	2348.37	4215.90	1038.70
99.00	-4381.03	4844.65	4844.65	2365.56	2365.56		99	5908.84	5908.84	-6372.09	-3148.96	-3148.96
100.00	3082.66	3201.45	-6864.91	538.93	-4960.07		100	-8257.96	4110.06	4110.06	5497.95	-1.05
101.00	-5459.33	5968.13	5968.13	2930.12	2930.12		101	5899.52	5899.52	-6422.18	-3159.41	-3159.41
102.00	3029.15	3128.91	-7108.78	496.63	-5002.37		102	-6670.94	3228.91	3091.62	4918.96	-580.04
103.00	-6109.54	5596.60	5596.60	3001.57	3001.57		103	4612.42	4612.42	-4130.64	-2241.81	-2241.81
104.00	3086.31	3140.06	-7592.94	376.33	-5122.67		104	-4019.03	1970.83	826.09	3826.19	-1672.81
105.00	-3913.24	4604.63	4604.63	2184.07	2184.07		105	549.53	549.53	-1230.84	-456.50	-456.50
106.00	404.75	446.52	446.52	10.71	10.71		106	2988.30	2988.30	-3809.00	-1742.90	-1742.90
107.00	-1220.94	1387.45	-2229.52	2525.37	-2973.63		107	-5748.09	1982.13	1440.14	4346.88	-1152.12
108.00	-2498.23	3052.37	3052.37	1423.23	1423.23		108	4085.55	4085.55	-4677.01	-2246.81	-2246.81
109.00	1617.84	2233.40	-5202.56	1233.86	-4265.14		109	-5581.06	2074.06	1513.29	4326.02	-1172.98
110.00	-4358.82	4906.73	4906.73	2375.78	2375.78		110	3925.93	3925.93	-4503.71	-2161.45	-2161.45
111.00	2640.81	2810.04	-6802.38	651.01	-4847.99		111	-5265.19	2136.26	1510.22	4255.15	-1243.85
112.00	-4234.23	4766.38	4766.38	2307.85	2307.85		112	2720.62	2720.62	-3266.92	-1535.27	-1535.27
113.00	367.21	466.72	-2480.21	493.44	-2683.76		113	-2480.21	466.72	367.21	2683.76	-493.44
114.00	-2720.62	3266.92	3266.92	1535.27	1535.27		114	4234.23	4234.23	-4766.38	-2307.85	-2307.85
115.00	1510.22	2136.26	-5265.19	1243.85	-4255.15		115	-6802.38	2810.04	2640.81	4847.99	-651.01
116.00	-3925.93	4503.71	4503.71	2161.45	2161.45		116	4358.82	4358.82	-4906.73	-2375.78	-2375.78
117.00	1513.29	2074.06	-5581.06	1172.98	-4326.02		117	-5202.56	2233.40	1617.84	4265.14	-1233.86
118.00	-4085.55	4677.01	4677.01	2246.81	2246.81		118	2498.23	2498.23	-3052.37	-1423.23	-1423.23
119.00	1440.14	1982.13	-5748.09	1152.12	-4346.88		119	-2229.52	1387.45	-1220.94	2973.63	-2525.37
120.00	-2988.30	3809.00	3809.00	1742.90	1742.90		120	-404.75	0.00	-446.52	-10.71	-10.71
121.00	1667.47	1667.47	-1465.04	-803.21	-803.21		121	1939.08	1939.08	-2926.53	-1247.59	-1247.59
122.00	-1465.04	1226.78	-680.55	2203.83	-1855.17		122	-2926.53	1010.06	-66.69	2665.02	-1393.98
123.00	-794.98	1256.87	1256.87	526.12	526.12		123	2344.19	2344.19	-3060.79	-1385.89	-1385.89
124.00	576.32	1507.02	-2714.28	1298.26	-2760.74		124	-3127.49	1042.20	89.39	2744.36	-1314.64
125.00	-2936.64	3821.71	3821.71	1732.91	1732.91		125	2274.77	2274.77	-3049.46	-1365.19	-1365.19
126.00	1107.44	1455.10	-4460.43	792.20	-3266.80		126	-2960.07	1454.70	606.92	2822.16	-1236.84
127.00	-2403.21	2975.11	2975.11	1379.06	1379.06		127	723.50	723.50	-1126.86	-474.45	-474.45
128.00	-1485.32	0.00	-519.94	1543.90	-801.30		128	-519.94	0.00	-1485.32	801.30	-1543.90
129.00	-723.50	1126.86	1126.86	474.45	474.45		129	2403.21	2403.21	-2975.11	-1379.06	-1379.06
130.00	606.92	1454.70	-2960.07	1236.84	-2822.16		130	-4460.43	1455.10	1107.44	3266.80	-792.20
131.00	-2274.77	3049.46	3049.46	1365.19	1365.19		131	2936.64	2936.64	-3821.71	-1732.91	-1732.91
132.00	89.39	1042.20	-3127.49	1314.64	-2744.36		132	-2714.28	1507.01	576.32	2760.74	-1298.26
133.00	-2344.19	3060.79	3060.79	1385.89	1385.89		133	794.98	794.98	-1256.87	-526.12	-526.12
134.00	-66.69	1010.06	-2926.53	1393.98	-2665.02		134	-680.55	1226.78	-1465.04	1855.17	-2203.83
135.00	-1939.08	2926.53	2926.53	1247.59	1247.59		135	-1667.47	1465.04	1465.04	803.21	803.21

ผลลัพธ์จากแรงด้านยาวอาคารทิศทางด้านซ้าย							ผลลัพธ์จากแรงด้านยาวอาคารทิศทางด้านขวา					
	ด้านซ้าย	กลาง	ด้านขวา	ด้านซ้าย	ด้านขวา			ด้านซ้าย	กลาง	ด้านขวา	ด้านซ้าย	ด้านขวา
Member	Mz.i [Kg-m]	Mz.pos [Kg-m]	Mz.j [Kg-m]	Fy.i [Kg]	Fy.j [Kg]		Member	Mz.i [Kg-m]	Mz.pos [Kg-m]	Mz.j [Kg-m]	Fy.i [Kg]	Fy.j [Kg]
1	-6519.96	1654.87	1654.87	2096.11	2096.11		1	8037.81	8037.81	-4688.41	-3263.13	-3263.13
2	3631.19	4878.87	-11183.20	1916.94	-6855.06		2	-10832.10	3635.40	1878.92	6504.51	-2267.49
3	-8401.96	5413.77	5413.77	3542.49	3542.49		3	8319.93	8319.93	-5249.32	-3479.30	-3479.30
4	1536.64	3487.40	-10397.30	2397.01	-6374.99		4	-10402.20	3573.80	1653.47	6395.28	-2376.72
5	-8268.53	5143.93	5143.93	3439.09	3439.09		5	8286.38	8286.38	-5180.01	-3452.92	-3452.92
6	1697.49	3592.38	-10460.00	2359.76	-6412.24		6	-10442.10	3575.57	1669.12	6404.53	-2367.47
7	-8285.08	5175.16	5175.16	3451.34	3451.34		7	8289.55	8289.55	-5184.67	-3454.93	-3454.93
8	1677.93	3580.32	-10449.50	2364.76	-6407.24		8	-10441.40	3576.54	1670.17	6404.59	-2367.41
9	-8286.71	5177.45	5177.45	3452.35	3452.35		9	8289.44	8289.44	-5183.29	-3454.55	-3454.55
10	1675.90	3579.49	-10446.70	2365.56	-6406.44		10	-10443.90	3577.83	1672.73	6405.43	-2366.57
11	-8288.63	5181.15	5181.15	3453.79	3453.79		11	8288.63	8288.63	-5181.15	-3453.79	-3453.79
12	1672.73	3577.83	-10443.90	2366.57	-6405.43		12	-10446.70	3579.49	1675.90	6406.44	-2365.56
13	-8289.44	5183.29	5183.29	3454.55	3454.55		13	8286.71	8286.71	-5177.45	-3452.35	-3452.35
14	1670.17	3576.54	-10441.40	2367.41	-6404.59		14	-10449.50	3580.32	1677.93	6407.24	-2364.76
15	-8289.55	5184.67	5184.67	3454.93	3454.93		15	8285.08	8285.08	-5175.16	-3451.34	-3451.34
16	1669.12	3575.57	-10442.10	2367.47	-6404.53		16	-10460.00	3592.38	1697.49	6412.24	-2359.76
17	-8286.38	5180.01	5180.01	3452.92	3452.92		17	8268.53	8268.53	-5143.93	-3439.09	-3439.09
18	1653.47	3573.79	-10402.20	2376.72	-6395.28		18	-10397.30	3487.40	1536.64	6374.99	-2397.01
19	-8319.93	5249.32	5249.32	3479.30	3479.30		19	8401.96	8401.96	-5413.77	-3542.49	-3542.49
20	1878.92	3635.41	-10832.10	2267.49	-6504.51		20	-11183.20	4878.87	3631.19	6855.06	-1916.94
21	-8037.81	4688.41	4688.41	3263.13	3263.13		21	6519.96	6519.96	-1654.87	-2096.11	-2096.11
22	-1976.31	1912.62	1912.62	997.16	997.16		22	6143.72	6143.72	-5848.23	-3074.86	-3074.86
23	3715.30	4894.56	-11441.20	1859.91	-6912.09		23	-11459.70	3923.63	2472.42	6708.03	-2063.97
24	-7306.07	6974.83	6974.83	3661.77	3661.77		24	7031.82	7031.82	-6788.79	-3543.75	-3543.75
25	2134.37	3799.44	-10942.30	2206.55	-6565.45		25	-10888.50	3822.69	2147.44	6558.66	-2213.34
26	-6950.86	6700.67	6700.67	3500.39	3500.39		26	6915.54	6915.54	-6660.71	-3481.09	-3481.09
27	2191.53	3837.93	-10959.90	2194.10	-6577.90		27	-10938.70	3823.91	2165.78	6570.08	-2201.92
28	-6962.73	6703.49	6703.49	3504.16	3504.16		28	6925.81	6925.81	-6670.93	-3486.34	-3486.34
29	2181.82	3832.67	-10951.80	2197.07	-6574.93		29	-10938.60	3825.34	2167.66	6570.38	-2201.62
30	-6947.94	6691.19	6691.18	3497.21	3497.21		30	6930.74	6930.74	-6675.50	-3488.78	-3488.78
31	2176.05	3829.69	-10946.40	2198.93	-6573.07		31	-10942.00	3827.27	2171.37	6571.57	-2200.43
32	-6938.33	6682.38	6682.38	3492.49	3492.49		32	6938.33	6938.33	-6682.38	-3492.49	-3492.49
33	2171.37	3827.27	-10942.00	2200.43	-6571.57		33	-10946.40	3829.69	2176.05	6573.07	-2198.93
34	-6930.74	6675.50	6675.50	3488.78	3488.78		34	6947.94	6947.94	-6691.18	-3497.21	-3497.21
35	2167.66	3825.34	-10938.60	2201.62	-6570.38		35	-10951.80	3832.67	2181.82	6574.93	-2197.07
36	-6925.81	6670.93	6670.93	3486.34	3486.34		36	6962.73	6962.73	-6703.49	-3504.16	-3504.16
37	2165.78	3823.91	-10938.70	2201.92	-6570.08		37	-10959.90	3837.93	2191.53	6577.90	-2194.10
38	-6915.54	6660.71	6660.71	3481.09	3481.09		38	6950.86	6950.86	-6700.67	-3500.39	-3500.39
39	2147.44	3822.70	-10888.50	2213.34	-6558.66		39	-10942.30	3799.44	2134.37	6565.45	-2206.55
40	-7031.82	6788.79	6788.79	3543.75	3543.75		40	7306.07	7306.07	-6974.83	-3661.77	-3661.77
41	2472.42	3923.63	-11459.70	2063.97	-6708.03		41	-11441.20	4894.56	3715.30	6912.09	-1859.91
42	-6143.72	5848.22	5848.23	3074.86	3074.86		42	1976.31	1976.31	-1912.62	-997.16	-997.16
43	-1802.68	1969.61	1969.61	967.25	967.25		43	5611.51	5611.51	-5804.21	-2927.11	-2927.11
44	3366.81	4602.50	-10816.30	1878.14	-6605.86		44	-11037.80	3782.88	2360.11	6474.98	-2009.02
45	-6600.77	6749.83	6749.83	3423.23	3423.23		45	6572.15	6572.15	-6731.55	-3411.21	-3411.21
46	1983.77	3635.80	-10497.10	2161.86	-6322.14		46	-10441.50	3656.06	1992.25	6314.29	-2169.71
47	-6433.21	6592.53	6592.53	3339.93	3339.93		47	6425.44	6425.44	-6578.91	-3334.45	-3334.45
48	2026.08	3664.99	-10507.30	2153.11	-6330.89		48	-10495.00	3655.91	2009.87	6326.14	-2157.86

ผลลัพธ์จากแรงด้านยาวอาคารทิศทางด้านซ้าย							ผลลัพธ์จากแรงด้านยาวอาคารทิศทางด้านขวา					
	ด้านซ้าย	กลาง	ด้านขวา	ด้านซ้าย	ด้านขวา			ด้านซ้าย	กลาง	ด้านขวา	ด้านซ้าย	ด้านขวา
Member	Mz.i [Kg-m]	Mz.pos [Kg-m]	Mz.j [Kg-m]	Fy.i [Kg]	Fy.j [Kg]		Member	Mz.i [Kg-m]	Mz.pos [Kg-m]	Mz.j [Kg-m]	Fy.i [Kg]	Fy.j [Kg]
49	-6438.20	6596.19	6596.19	3342.15	3342.15		49	6433.46	6433.46	-6587.22	-3338.64	-3338.64
50	-6436.63	6592.86	6592.86	3340.90	3340.90		50	-10494.40	3656.95	2011.06	6326.24	-2157.76
51	2016.08	3659.54	-10499.10	2156.14	-6327.86		51	6434.19	6434.19	-6588.54	-3339.16	-3339.16
52	-6435.37	6590.55	6590.55	3339.98	3339.98		52	-10496.50	3658.10	2013.31	6326.97	-2157.03
53	2013.31	3658.10	-10496.50	2157.03	-6326.97		53	6435.37	6435.37	-6590.55	-3339.98	-3339.98
54	-6434.19	6588.54	6588.54	3339.16	3339.16		54	-10499.10	3659.54	2016.08	6327.86	-2156.14
55	2011.06	3656.95	-10494.40	2157.76	-6326.24		55	6436.63	6436.63	-6592.86	-3340.90	-3340.90
56	-6433.46	6587.22	6587.22	3338.64	3338.64		56	-10502.00	3660.92	2018.88	6328.81	-2155.19
57	2009.87	3655.91	-10495.00	2157.86	-6326.14		57	6438.20	6438.20	-6596.19	-3342.15	-3342.15
58	-6425.44	6578.91	6578.91	3334.45	3334.45		58	-10507.30	3664.98	2026.08	6330.89	-2153.11
59	1992.25	3656.06	-10441.50	2169.71	-6314.29		59	6433.21	6433.21	-6592.53	-3339.93	-3339.93
60	-6572.15	6731.55	6731.55	3411.21	3411.21		60	-10497.10	3635.80	1983.77	6322.14	-2161.86
61	2360.11	3782.89	-11037.80	2009.02	-6474.98		61	6600.77	6600.77	-6749.83	-3423.23	-3423.23
62	-5611.51	5804.20	5804.21	2927.11	2927.11		62	-10816.30	4602.50	3366.81	6605.86	-1878.14
63	-1397.20	1748.82	1748.82	806.67	806.67		63	1802.68	1802.68	-1969.61	-967.25	-967.25
64	2749.83	4177.36	-9981.07	1976.18	-6219.82		64	5233.57	5233.57	-5566.27	-2769.19	-2769.19
65	-6050.28	6294.67	6294.67	3165.37	3165.37		65	-10350.00	3521.39	1998.19	6156.03	-2039.97
66	1634.26	3375.62	-9841.30	2185.41	-6010.59		66	6070.04	6070.04	-6344.51	-3183.22	-3183.22
67	-5930.63	6203.11	6203.11	3111.22	3111.22		67	-9767.67	3374.90	1608.75	5994.07	-2201.93
68	1640.77	3381.92	-9835.63	2185.27	-6010.73		68	5908.33	5908.33	-6179.24	-3099.38	-3099.38
69	2018.88	3660.92	-10502.00	2155.19	-6328.81		69	-9822.62	3373.80	1625.61	6006.04	-2189.96
70	-5929.98	6199.94	6199.94	3110.24	3110.24		70	5917.04	5917.04	-6187.79	-3103.80	-3103.80
71	1636.13	3379.62	-9830.91	2186.83	-6009.17		71	-9822.49	3375.03	1627.20	6006.28	-2189.72
72	-5925.18	6195.61	6195.61	3107.89	3107.89		72	5919.04	5919.04	-6189.72	-3104.81	-3104.81
73	1632.68	3377.86	-9827.61	2187.95	-6008.05		73	-9824.79	3376.30	1629.66	6007.08	-2188.92
74	-5921.85	6192.40	6192.40	3106.22	3106.22		74	5921.85	5921.85	-6192.40	-3106.22	-3106.22
75	1629.66	3376.30	-9824.79	2188.92	-6007.08		75	-9827.61	3377.86	1632.68	6008.05	-2187.95
76	-5919.04	6189.72	6189.72	3104.81	3104.81		76	5925.18	5925.18	-6195.61	-3107.89	-3107.89
77	1627.20	3375.03	-9822.49	2189.72	-6006.28		77	-9830.91	3379.62	1636.13	6009.17	-2186.83
78	-5917.04	6187.79	6187.79	3103.80	3103.80		78	5929.98	5929.98	-6199.94	-3110.24	-3110.24
79	1625.61	3373.80	-9822.62	2189.96	-6006.04		79	-9835.63	3381.92	1640.77	6010.73	-2185.27
80	-5908.33	6179.24	6179.24	3099.38	3099.38		80	5930.63	5930.63	-6203.11	-3111.22	-3111.22
81	1608.75	3374.90	-9767.67	2201.93	-5994.07		81	-9841.30	3375.62	1634.26	6010.59	-2185.41
82	-6070.04	6344.51	6344.51	3183.22	3183.22		82	6050.28	6050.28	-6294.67	-3165.37	-3165.37
83	1998.19	3521.39	-10350.00	2039.97	-6156.03		83	-9981.07	4177.36	2749.83	6219.82	-1976.18
84	-5233.57	5566.27	5566.27	2769.19	2769.19		84	1397.20	1397.20	-1748.82	-806.67	-806.67
85	-1001.02	1455.27	1455.27	629.82	629.82		85	4783.75	4783.75	-5221.66	-2565.49	-2565.49
86	1972.01	3679.03	-8992.89	2126.52	-5781.48		86	-9463.70	3172.43	1453.47	5773.53	-2134.47
87	-5320.66	5655.46	5655.46	2814.39	2814.39		87	5421.35	5421.35	-5776.79	-2871.32	-2871.32
88	1111.66	3055.20	-9016.68	2265.94	-5642.06		88	-8933.10	3045.84	1062.47	5619.93	-2288.07
89	-5278.96	5635.34	5635.34	2798.54	2798.54		89	5252.13	5252.13	-5607.12	-2784.42	-2784.42
90	1091.26	3046.19	-8999.13	2272.27	-5635.73		90	-8986.39	3040.40	1077.54	5631.32	-2276.68
91	-5271.82	5626.64	5626.64	2794.48	2794.48		91	5260.31	5260.31	-5615.06	-2788.56	-2788.56
92	1088.21	3045.29	-8994.99	2273.47	-5634.53		92	-8986.69	3041.59	1079.37	5631.68	-2276.32
93	-5267.98	5622.80	5622.80	2792.51	2792.51		93	5262.27	5262.27	-5617.07	-2789.57	-2789.57
94	1084.80	3043.88	-8991.73	2274.58	-5633.42		94	-8988.94	3042.62	1081.80	5632.46	-2275.54
95	-5264.87	5619.68	5619.68	2790.91	2790.91		95	5264.87	5264.87	-5619.68	-2790.91	-2790.91
96	1081.80	3042.62	-8988.94	2275.54	-5632.46		96	-8991.73	3043.88	1084.80	5633.42	-2274.58

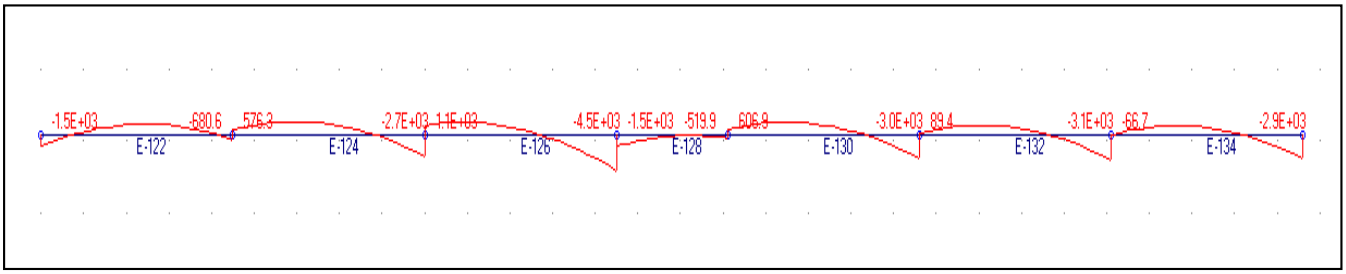
ผลลัพธ์จากแรงด้านยาวอาคารทิศทางด้านซ้าย							ผลลัพธ์จากแรงด้านยาวอาคารทิศทางด้านขวา					
	ด้านซ้าย	กลาง	ด้านขวา	ด้านซ้าย	ด้านขวา			ด้านซ้าย	กลาง	ด้านขวา	ด้านซ้าย	ด้านขวา
Member	Mz.i [Kg-m]	Mz.pos [Kg-m]	Mz.j [Kg-m]	Fy.i [Kg]	Fy.j [Kg]		Member	Mz.i [Kg-m]	Mz.pos [Kg-m]	Mz.j [Kg-m]	Fy.i [Kg]	Fy.j [Kg]
96	1081.80	3042.62	-8988.94	2275.54	-5632.46		96	-8991.73	3043.88	1084.80	5633.42	-2274.58
97	-5262.27	5617.07	5617.07	2789.57	2789.57		97	5267.98	5267.98	-5622.80	-2792.51	-2792.51
98	1079.37	3041.59	-8986.69	2276.32	-5631.68		98	-8994.99	3045.29	1088.21	5634.53	-2273.47
99	-5260.31	5615.06	5615.06	2788.56	2788.56		99	5271.82	5271.82	-5626.64	-2794.48	-2794.48
100	1077.54	3040.40	-8986.39	2276.68	-5631.32		100	-8999.13	3046.18	1091.26	5635.73	-2272.27
101	-5252.13	5607.12	5607.12	2784.42	2784.42		101	5278.96	5278.96	-5635.34	-2798.54	-2798.54
102	1062.47	3045.84	-8933.10	2288.07	-5619.93		102	-9016.68	3055.20	1111.66	5642.06	-2265.94
103	-5421.35	5776.79	5776.79	2871.32	2871.32		103	5320.66	5320.66	-5655.46	-2814.39	-2814.39
104	1453.47	3172.43	-9463.70	2134.47	-5773.53		104	-8992.89	3679.03	1972.01	5781.48	-2126.52
105	-4783.75	5221.66	5221.66	2565.49	2565.49		105	1001.02	1001.02	-1455.27	-629.82	-629.82
106	-516.74	1079.68	1079.68	409.34	409.34		106	4242.04	4242.04	-4780.31	-2313.42	-2313.42
107	1029.96	3163.77	-7859.32	2328.45	-5291.55		107	-8386.63	2797.44	732.62	5329.87	-2290.13
108	-4449.09	4863.60	4863.60	2387.87	2387.87		108	4609.78	4609.78	-5043.10	-2475.10	-2475.10
109	432.70	2692.87	-8035.39	2398.65	-5221.35		109	-7944.23	2669.51	360.26	5194.08	-2425.92
110	-4472.61	4909.15	4909.15	2405.58	2405.58		110	4441.74	4441.74	-4877.12	-2389.45	-2389.45
111	385.47	2668.50	-8006.41	2411.35	-5208.65		111	-7993.49	2663.54	372.83	5204.39	-2415.61
112	-4460.69	4895.58	4895.58	2399.05	2399.05		112	4449.17	4449.17	-4884.25	-2393.18	-2393.18
113	384.05	2668.62	-8002.74	2412.20	-5207.80		113	-7994.27	2664.79	374.96	5204.87	-2415.13
114	-4456.99	4892.03	4892.03	2397.18	2397.18		114	4451.24	4451.24	-4886.32	-2394.25	-2394.25
115	380.45	2667.11	-7999.38	2413.36	-5206.64		115	-7996.54	2665.83	377.42	5205.66	-2414.34
116	-4453.86	4888.93	4888.93	2395.59	2395.59		116	4453.86	4453.86	-4888.93	-2395.59	-2395.59
117	-4451.24	4886.32	4886.32	2394.25	2394.25		117	-7999.38	2667.11	380.45	5206.64	-2413.36
118	374.96	2664.79	-7994.27	2415.13	-5204.87		118	4456.99	4456.99	-4892.03	-2397.18	-2397.18
119	-4449.17	4884.25	4884.25	2393.18	2393.18		119	-8002.74	2668.62	384.05	5207.80	-2412.20
120	372.83	2663.54	-7993.49	2415.61	-5204.39		120	4460.69	4460.69	-4895.58	-2399.05	-2399.05
121	-4441.74	4877.12	4877.12	2389.45	2389.45		121	-8006.41	2668.51	385.47	5208.65	-2411.35
122	360.26	2669.51	-7944.23	2425.92	-5194.08		122	4472.61	4472.61	-4909.15	-2405.58	-2405.58
123	-4609.78	5043.10	5043.10	2475.10	2475.10		123	-8035.39	2692.87	432.70	5221.35	-2398.65
124	732.62	2797.44	-8386.63	2290.13	-5329.87		124	4449.09	4449.09	-4863.60	-2387.87	-2387.87
125	-4242.04	4780.31	4780.31	2313.42	2313.42		125	-7859.32	3163.77	1029.96	5291.55	-2328.45
126	49.73	608.49	608.49	143.27	143.27		126	516.74	516.74	-1079.68	-409.34	-409.34
127	-66.30	2659.04	-6577.01	2580.88	-4751.12		127	3606.32	3606.32	-4243.26	-2012.71	-2012.71
128	-3428.42	3929.81	3929.81	1886.72	1886.72		128	-7123.23	2408.27	-157.99	4826.87	-2505.13
129	-411.88	2323.97	-6892.57	2585.88	-4746.12		129	3633.74	3633.74	-4140.23	-1993.33	-1993.33
130	-3511.71	4028.85	4028.85	1933.48	1933.48		130	-6808.75	2301.37	-491.78	4718.83	-2613.17
131	-477.49	2293.92	-6856.58	2602.82	-4729.18		131	3476.63	3476.63	-3990.14	-1914.56	-1914.56
132	-3494.89	4010.29	4010.29	1924.40	1924.40		132	-6848.33	2292.50	-484.12	4726.70	-2605.30
133	-476.61	2295.23	-6854.46	2603.03	-4728.97		133	3482.86	3482.86	-3996.03	-1917.66	-1917.66
134	-3491.16	4005.97	4005.97	1922.34	1922.34		134	-6849.19	2293.24	-482.52	4727.11	-2604.89
135	-479.06	2294.42	-6852.22	2603.81	-4728.19		135	3485.18	3485.18	-3998.95	-1919.01	-1919.01
136	377.42	2665.83	-7996.54	2414.34	-5205.66		136	-6850.37	2293.77	-481.06	4727.55	-2604.45
137	-3487.87	4002.13	4002.13	1920.51	1920.51		137	3487.87	3487.87	-4002.13	-1920.51	-1920.51
138	-481.06	2293.77	-6850.37	2604.45	-4727.55		138	-6852.22	2294.42	-479.06	4728.19	-2603.81
139	-3485.18	3998.95	3998.95	1919.01	1919.01		139	3491.16	3491.16	-4005.97	-1922.34	-1922.34
140	-482.52	2293.24	-6849.19	2604.89	-4727.11		140	-6854.46	2295.23	-476.61	4728.97	-2603.03
141	-3482.86	3996.03	3996.03	1917.66	1917.66		141	3494.89	3494.89	-4010.29	-1924.40	-1924.40
142	-484.12	2292.50	-6848.33	2605.30	-4726.70		142	-6856.58	2293.92	-477.49	4729.18	-2602.82
143	-3476.63	3990.14	3990.14	1914.56	1914.56		143	3511.71	3511.71	-4028.85	-1933.48	-1933.48

ผลลัพธ์จากแรงด้านยาวอาคารทิศทางด้านซ้าย							ผลลัพธ์จากแรงด้านยาวอาคารทิศทางด้านขวา					
	ด้านซ้าย	กลาง	ด้านขวา	ด้านซ้าย	ด้านขวา			ด้านซ้าย	กลาง	ด้านขวา	ด้านซ้าย	ด้านขวา
Member	Mz.i [Kg-m]	Mz.pos [Kg-m]	Mz.j [Kg-m]	Fy.i [Kg]	Fy.j [Kg]		Member	Mz.i [Kg-m]	Mz.pos [Kg-m]	Mz.j [Kg-m]	Fy.i [Kg]	Fy.j [Kg]
144	-491.78	2301.37	-6808.75	2613.17	-4718.83		144	-6892.57	2323.97	-411.88	4746.12	-2585.88
145	-3633.74	4140.23	4140.23	1993.33	1993.33		145	3428.42	3428.42	-3929.81	-1886.72	-1886.72
146	-157.99	2408.27	-7123.23	2505.13	-4826.87		146	-6577.01	2659.04	-66.30	4751.12	-2580.88
147	-3606.32	4243.26	4243.26	2012.71	2012.71		147	-49.73	0.00	-608.49	-143.27	-143.27
148	674.79	674.79	128.88	-139.98	-139.98		148	2879.97	2879.97	-3602.58	-1662.19	-1662.19
149	-1499.92	2254.13	-5312.41	3030.58	-4301.42		149	-5827.13	2127.83	-1367.26	4409.31	-2922.69
150	-2235.32	2778.95	2778.95	1285.71	1285.71		150	2510.54	2510.54	-3099.56	-1438.49	-1438.49
151	-1493.54	2066.95	-5789.92	2949.94	-4382.06		151	-5660.06	2030.58	-1640.74	4335.89	-2996.11
152	-2386.24	2962.17	2962.17	1371.39	1371.39		152	2366.42	2366.42	-2955.85	-1364.68	-1364.68
153	-1601.00	2025.49	-5732.37	2977.44	-4354.56		153	-5700.10	2020.30	-1631.16	4344.16	-2987.84
154	-2369.68	2946.69	2946.69	1363.17	1363.17		154	2369.03	2369.03	-2956.65	-1365.56	-1365.56
155	-1603.59	2026.61	-5725.68	2978.98	-4353.02		155	-5705.08	2022.08	-1624.89	4346.03	-2985.97
156	-2369.42	2949.19	2949.19	1363.75	1363.75		156	2368.90	2368.90	-2953.83	-1364.80	-1364.80
157	-1611.35	2024.95	-5718.19	2981.53	-4350.47		157	-5711.37	2023.42	-1618.45	4348.15	-2983.85
158	-2369.03	2951.48	2951.48	1364.23	1364.23		158	2369.03	2369.03	-2951.48	-1364.23	-1364.23
159	-1618.45	2023.42	-5711.37	2983.85	-4348.15		159	-5718.19	2024.95	-1611.35	4350.47	-2981.53
160	-2368.90	2953.83	2953.83	1364.80	1364.80		160	2369.42	2369.42	-2949.19	-1363.75	-1363.75
161	-1624.89	2022.08	-5705.08	2985.97	-4346.03		161	-5725.68	2026.61	-1603.59	4353.02	-2978.98
162	-2369.03	2956.65	2956.65	1365.56	1365.56		162	2369.68	2369.68	-2946.69	-1363.17	-1363.17
163	-1631.16	2020.30	-5700.10	2987.84	-4344.16		163	-5732.37	2025.49	-1601.00	4354.56	-2977.44
164	-2366.42	2955.85	2955.85	1364.68	1364.68		164	2386.24	2386.24	-2962.17	-1371.39	-1371.39
165	-1640.74	2030.58	-5660.06	2996.11	-4335.89		165	-5789.92	2066.95	-1493.54	4382.06	-2949.94
166	-2510.54	3099.56	3099.56	1438.49	1438.49		166	2235.32	2235.32	-2778.95	-1285.71	-1285.71
167	-1367.26	2127.83	-5827.13	2922.69	-4409.31		167	-5312.41	2254.13	-1499.92	4301.42	-3030.58
168	-2879.97	3602.58	3602.58	1662.19	1662.19		168	-674.79	0.00	-128.88	139.98	139.98
169	1628.80	1628.80	-1332.85	-759.40	-759.40		169	2224.54	2224.54	-3216.20	-1395.06	-1395.06
170	-1332.85	1774.00	-3358.54	2368.39	-3043.61		170	-3216.20	1587.91	-1787.66	2944.09	-2467.91
171	-1039.92	1645.00	1645.00	688.44	688.44		171	1193.23	1193.23	-1768.68	-759.46	-759.46
172	-1713.54	1433.52	-3649.87	2383.28	-3028.72		172	-3556.34	1402.86	-1845.81	2991.09	-2420.91
172	-1713.54	1433.52	-3649.87	2383.28	-3028.72		172	-3556.34	1402.86	-1845.81	2991.09	-2420.91
173	-1226.75	1831.91	1831.91	784.27	784.27		173	1103.52	1103.52	-1711.82	-721.88	-721.88
174	-1817.96	1399.26	-3598.38	2409.26	-3002.74		174	-3557.64	1400.02	-1849.92	2990.62	-2421.38
175	-1182.09	1782.68	1782.68	760.20	760.20		175	1117.26	1117.26	-1719.86	-727.47	-727.47
176	-1815.69	1403.09	-3592.65	2409.84	-3002.16		176	-3569.77	1399.78	-1840.42	2994.22	-2417.78
177	-1165.14	1767.17	1767.17	751.87	751.87		177	1132.66	1132.66	-1735.62	-735.46	-735.46
178	-1825.48	1401.65	-3583.89	2412.93	-2999.07		178	-3576.04	1400.85	-1833.35	2996.45	-2415.55
179	-1148.26	1750.55	1750.55	743.28	743.28		179	1148.26	1148.26	-1750.55	-743.28	-743.28
180	-1833.35	1400.85	-3576.04	2415.55	-2996.45		180	-3583.89	1401.65	-1825.48	2999.07	-2412.93
181	-1132.66	1735.62	1735.62	735.46	735.46		181	1165.14	1165.14	-1767.17	-751.87	-751.87
182	-1840.42	1399.78	-3569.77	2417.78	-2994.22		182	-3592.65	1403.09	-1815.69	3002.16	-2409.84
183	-1117.26	1719.86	1719.86	727.47	727.47		183	1182.09	1182.09	-1782.68	-760.20	-760.20
184	-1849.92	1400.02	-3557.64	2421.38	-2990.62		184	-3598.38	1399.26	-1817.96	3002.74	-2409.26
185	-1103.52	1711.82	1711.82	721.88	721.88		185	1226.75	1226.75	-1831.91	-784.27	-784.27
186	-1845.81	1402.86	-3556.34	2420.91	-2991.09		186	-3649.87	1433.52	-1713.54	3028.72	-2383.28
187	-1193.23	1768.68	1768.68	759.46	759.46		187	1039.92	1039.92	-1645.00	-688.44	-688.44
188	-1787.66	1587.91	-3216.20	2467.91	-2944.09		188	-3358.54	1774.00	-1332.85	3043.61	-2368.39
189	-2224.54	3216.20	3216.20	1395.06	1395.06		189	-1628.80	1332.85	1332.85	759.40	759.40

ออกแบบพื้น ชั้นดาดฟ้าด้วยพื้นไร้คาน(Flat Slab)

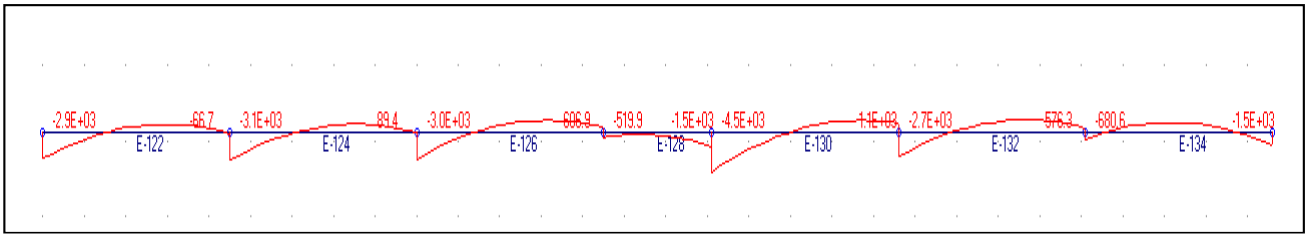
พิจารณาผลรวมของโมเมนต์และแรงเฉือนที่เกิดจากแผ่นดินไหวจากตารางการวิเคราะห์ในช่วงชิ้นส่วนทั้งหมดของชั้นดาดฟ้าโดยพิจารณาค่าแรงที่สูงสุดเป็นเกณฑ์ซึ่งจะนำไปรวมกับค่าแรงโมเมนต์และแรงเฉือนที่ได้จากพฤติกรรมของแผ่นพื้นไร้คาน

จากแรงด้านกว้างอาคารทิศทางซ้ายของชั้นดาดฟ้า



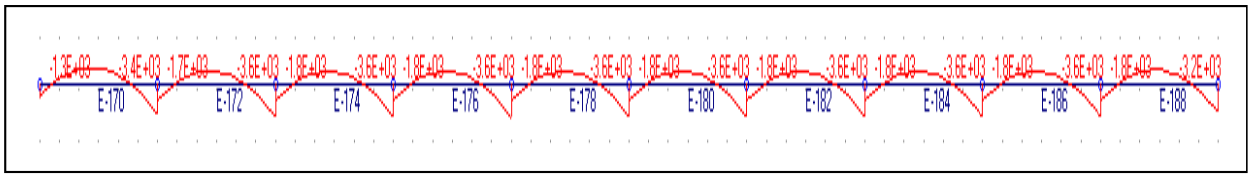
	ด้านซ้าย	กลาง	ด้านขวา	ด้านซ้าย	ด้านขวา
Member	Mz.i [Kg-m]	Mz.pos [Kg-m]	Mz.j [Kg-m]	Fy.i [Kg]	Fy.j [Kg]
122.00	-1465.04	1226.78	-680.55	**2203.83**	-1855.17
124.00	576.32	**1507.02**	-2714.28	1298.26	-2760.74
126.00	1107.44	1455.10	**-4460.43**	792.20	**-3266.80**
128.00	**-1485.32**	0.00	-519.94	1543.90	-801.30
130.00	606.92	1454.70	-2960.07	1236.84	-2822.16
132.00	89.39	1042.20	-3127.49	1314.64	-2744.36
134.00	-66.69	1010.06	-2926.53	1393.98	-2665.02

จากแรงด้านกว้างอาคารทิศทางขวาของชั้นดาดฟ้า



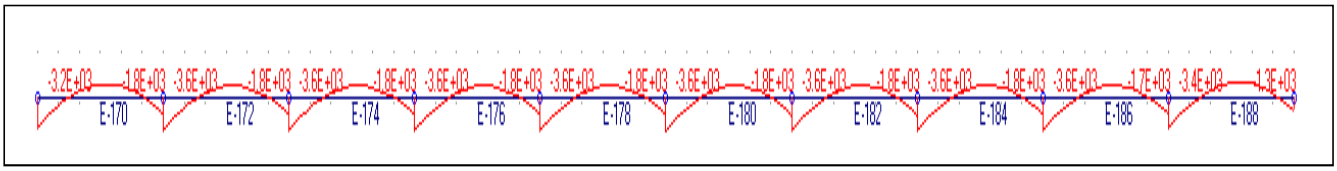
	ด้านซ้าย	กลาง	ด้านขวา	ด้านซ้าย	ด้านขวา
Member	Mz.i [Kg-m]	Mz.pos [Kg-m]	Mz.j [Kg-m]	Fy.i [Kg]	Fy.j [Kg]
122	-2926.53	1010.06	-66.69	2665.02	-1393.98
124	-3127.49	1042.20	89.39	2744.36	-1314.64
126	-2960.07	1454.70	606.92	2822.16	-1236.84
128	-519.94	0.00	**-1485.32**	801.30	-1543.90
130	**-4460.43**	1455.10	1107.44	**3266.80**	-792.20
132	-2714.28	**1507.01**	576.32	2760.74	-1298.26
134	-680.55	1226.78	-1465.04	1855.17	**-2203.83**

จากแรงด้านยาวอาคารทิศทางซ้ายของชั้นดาดฟ้า



	ด้านซ้าย	กลาง	ด้านขวา	ด้านซ้าย	ด้านขวา
Member	Mz.i [Kg-m]	Mz.pos [Kg-m]	Mz.j [Kg-m]	Fy.i [Kg]	Fy.j [Kg]
170	-1332.85	**1774.00**	-3358.54	2368.39	**-3043.61**
172	-1713.54	1433.52	**-3649.87**	2383.28	-3028.72
174	-1817.96	1399.26	-3598.38	2409.26	-3002.74
176	-1815.69	1403.09	-3592.65	2409.84	-3002.16
178	-1825.48	1401.65	-3583.89	2412.93	-2999.07
180	-1833.35	1400.85	-3576.04	2415.55	-2996.45
182	-1840.42	1399.78	-3569.77	2417.78	-2994.22
184	**-1849.92**	1400.02	-3557.64	2421.38	-2990.62
186	-1845.81	1402.86	-3556.34	2420.91	-2991.09
188	-1787.66	1587.91	-3216.20	**2467.91**	-2944.09

จากแรงด้านยาวอาคารทิศทางขวาของชั้นดาดฟ้า



	ด้านซ้าย	กลาง	ด้านขวา	ด้านซ้าย	ด้านขวา
Member	Mz.i [Kg-m]	Mz.pos [Kg-m]	Mz.j [Kg-m]	Fy.i [Kg]	Fy.j [Kg]
170	-3216.20	1587.91	-1787.66	2944.09	**-2467.91**
172	-3556.34	1402.86	-1845.81	2991.09	-2420.91
174	-3557.64	1400.02	**-1849.92**	2990.62	-2421.38
176	-3569.77	1399.78	-1840.42	2994.22	-2417.78
178	-3576.04	1400.85	-1833.35	2996.45	-2415.55
180	-3583.89	1401.65	-1825.48	2999.07	-2412.93
182	-3592.65	1403.09	-1815.69	3002.16	-2409.84
184	-3598.38	1399.26	-1817.96	3002.74	-2409.26
186	**-3649.87**	1433.52	-1713.54	3028.72	-2383.28
188	-3358.54	**1774.00**	-1332.85	**3043.61**	-2368.39

จากตารางจากได้แรงเฉือนและโมเมนต์ที่มากที่สุดจากพฤติกรรมของอาคารด้านกว้าง

คือ M = 4460.45Kg-m ด้านซ้าย และ M = 1107.44 kg-m ด้านขวา

และ V = 3266 Kg

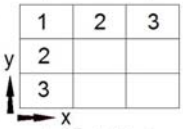
การออกแบบพื้นไร้คาน FLAB SLAB โดยวิธีสูตรสำเร็จ

PARAMETER — ออกแบบคานโดยวิธีหน่วยแรงใช้งาน WSD

Fc'	240	Kg./cm^2	Fy	3000	Kg./cm^2	Fs	1500	Kg./cm^2
K	0.393		J	0.869		n	9	
Es	2040000	Kg./cm^2	Ec	235632	Kg./cm^2	R	18.45	Kg./cm^2
Code	0.45		Fc	108	Kg./cm^2	Rebar :	DB	

STEP 1 — Step 1 : ตรวจสอบขอจำกัดของสูตร

แผ่นพื้นจะต้องต่อเนื่องกันอย่างน้อยสามช่วง								
ช่วงพื้นแนวแกน X มีจำนวนช่วง			10	≤ 3	KO			
ช่วงพื้นแนวแกน Y มีจำนวนช่วง			3	≤ 3	KO			
อัตราส่วนความยาวต่อความกว้างไม่เกิน 1.33								
กว้าง	4.5	m	ยาว	6	m	1.330	≤ 1.33	KO
ความสูงอาคารต้องไม่เกิน 40 m. และแต่ละชั้นไม่เกิน 4 m								
ความสูงอาคาร	35.1	m ≤ 40 m.	KO	ความสูงแต่ละชั้น	3.9	m ≤ 4 m.	KO	
ขนาดเสา	กว้าง (C1)	0.6	m	ลึก (C2)	0.6	m.		



STEP2 — STEP 2 : หาขนาดแป้นหัวเสา (Diameter Drop Panel)

Drop ขนาด	0.30L	1.8	m					

STEP3 — Step 3 : หาความหนาพื้นไร้คาน (Flat Slab Thickness)

T1 = L/40	0.15	m.	ใช้พื้นหนาจริง	0.2	m.			

STEP4 — Step4 : น้ำหนักกระทำ(Take Load)

LL	300	Kg./m^2	กระเบื้องพื้น	50	Kg./m^2	งานระบบ	100	Kg./m^2
DL. Slab	480	Kg./m^2	อื่นๆ	0	Kg./m^2	รวมนน.ทั้งสิ้น	930	Kg./m^2

STEP5 — Step 5 : ตรวจสอบความหนาพื้น (Check Slab Thickness)

T1= $0.091\,L\left(1-\frac{2C}{3L}\right)\sqrt{\frac{W}{f'c/144}}+2.54$	12.858	Cm. <	0.2	Cm.	KO		

STEP6 — Step 6 : หาความหนาของแป้นหัวเสา (Drop Panel Thickness)

T2Max = 1.5T	0.30	m	T2 MIN = $0.106L\left(1-\frac{2C}{3L}\right)\sqrt{\frac{W}{f'c/144}}+3.81$			0.158	m.	
ใช้ความหนา DROP PANAL ระหว่าง 0.158ถึง0.3 m.						ใช้ DROP หนาเฉลี่ย	0.220	m.

STEP7 — Step 7 : ความลึกประสิทธิผล

Covering	2.5	cm	d Flat Slab	0.175	m.	d Dop Panel	0.195	m.

STEP8 — Step 8 : โมเมนต์รวมที่พื้น (Moment)

น้ำหนักที่เพิ่มจาก Drop Panal	882.00	Kg./m^2	F = 1.15 -(0.30L/L)		0.85	ใช้ F =	1
น้ำหนักทั้งหมดบนแผ่นพื้น W	25,265.52	Kg./m^2	Mo1(ด้านยาว)	$0.09\,FWL\left(1-\frac{2C}{3L}\right)^2$	8,731.76	Kg./m^2	
			Mo1(ด้านสั้น)	$0.09FWB\left(1-\frac{2c}{3B}\right)^2$	5,502.83	Kg./m^2	
Mo2 = โมเมนต์ดัดจากแรงลมหรือแรงแผ่นดินไหว			4460	Kg./m^2	ผลรวม MO	13191.76	Kg./m^2
โมเมนต์แถบริมเสา(Column Stip)		-M	0.56	7,387.39	Kg./m		
		+M	0.24	3,166.02	Kg./m		
โมเมนต์แถบกลาง (Middle Stip)		-M	0.17	2,242.60	Kg./m		
		+M	0.20	2,638.35	Kg./m		

STEP 9 — Step 9 : หาเหล็กเสริมคอนกรีต (Reinforcement steel)

ด้านยาว LONG SPAN	แถบเสา (Column Stip)			DB	@	ใช้ @	AS จริง	
	-Asเหล็กบน	32.39	Cm^2	16	0.186	0.125	48.23	KO
	+AS เหล็กล่าง	13.88	Cm^2	16	0.430	0.300	20.1	KO
	แถบกลาง (Midle Stip)			DB	@	ใช้ @	AS จริง	
	-Asเหล็กบน	9.83	Cm^2	12	0.340	0.250	13.565	KO
	+AS เหล็กล่าง	11.57	Cm^2	12	0.290	0.250	13.565	KO
ด้านสั้น SHORT SPAN	แถบเสา (Column Stip)			DB	@	ใช้ @	AS จริง	
	-Asเหล็กบน	32.39	Cm^2	16	0.140	0.125	36.173	KO
	+AS เหล็กล่าง	13.88	Cm^2	16	0.326	0.300	15.072	KO
	แถบกลาง (Midle Stip)			DB	@	ใช้ @	AS จริง	
	-Asเหล็กบน	9.83	Cm^2	12	0.259	0.250	10.174	KO
	+AS เหล็กล่าง	11.57	Cm^2	12	0.220	0.200	12.717	KO
ปริมาณเหล็กเสริม กันร้าว จากการหดตัวและอุณหภูมิ				DB	@	ใช้ @	AS จริง	
กรณี SR24	Ast = 0.0025bd	4.375	Cm^2	9	0.145	0.125	5.087	KO
กรณี SD30	Ast = 0.0020bd	3.5	Cm^2	12	0.323	0.300	3.768	KO
กรณี SD40	Ast = 0.0018bd	3.15	Cm^2	12	0.359	0.300	3.768	KO
กรณี SD50	Ast = (0.0018*4000/fy)bd	2.52	Cm^2	12	0.449	0.300	3.768	KO

STEP 10

Step 10 : หาแรงเฉือนที่กระทำต่อพื้น(Shear Checking)

แรงเฉือนทะลุ Punching Shear

พิจารณาแรงเฉือนทะลุที่ระยะ d/2 ห่างจาก DROP PANAL			ความลึกประสิทธิผลของแผ่น		0.175	m.
ดังนั้น ระยะ C+d1 (เมื่อ C คือ Drop Panal, dlคือ ความลึกประสิทธิผลของแผ่นพื้น) ดังนั้น C+d1 =					1.975	m.
เมื่อ V = W[(SL)-[((C+d1))]2					21,482.42	Kg.
แรงเฉือนเพิ่มเติมจากแรงแผ่นดินไหวหรือแรงลมซึ่งเป็นผลพิจารณาจากแรงด้านข้าง					3,266.00	Kg.
ผลรวมของแรงเฉือนทั้งหมด					24,748.42	Kg.
หน่วยแรงเฉือนทะลุ V = V/bod	1.79	Kg./cm^2	VC= 0.53 $\sqrt{f'c}$	8.21	Kg./cm^2	**KO**

แรงเฉือนแบบคาน BeamShear

แรงเฉือนแบบคาน โดยคิดว่าพื้นเสมือนคานกว้าง		6	m.และพิจารณาที่ระยะ d ห่างจากหัวเสา โดยพิจารณาเฉพาะพื้นไม่รวม DROP			
V =	14,647.50	Kg.				
หน่วยแรงเฉือนแบบคาน V=V/bwd	1.395	Kg./cm^2	VC= 0.29 $\sqrt{f'c}$	4.49	Kg./cm^2	**KO**

STEP 11

STEP : 11 ขนาดเสารองรับของพื้น FLAB SLAB

กรณี มีเสาทั้งด้านบนและด้านล่าง ซึ่งหากไม่มีเสาด้านบน(พื้นชั้นเดียว)สามารถใช้เสาเข็มเป็นตัวรับแรงจากพื้น

	ความกว้างของเสาในบิติที่แคบที่สุด		0.6	≥ 0.25 Cm.	**KO**
ผลรวมของโมเมนต์อินนิเชียของเสาคอนกรีต Ic = $\frac{0.083t^3H}{0.5+\frac{WD}{WL}}$		≥42000 Cm.^4	ซึ่งมาจากผลรวมของเสาขนาด 25 cm.ที่น้อยที่สุด		
เมื่อ t = ความหนาพื้น					
แทนค่าในสมการจะได้ค่า	Ic =	123216.49	≥42000 Cm.^4	เป็นค่าเฉลี่ยเสาบนและล่าง	**KO**
ดังนั้นหากจะใช้ขนาดเสาบนและล่างจะต้องมีขนาดอย่างน้อย		$\left(\frac{64Ic}{\pi}\right)^{0.25}/\sqrt{f'c}$	39.809	Cm.	**KO**

STEP 12

STEP : 12 ตรวจสอบแรงยึดเหนี่ยว

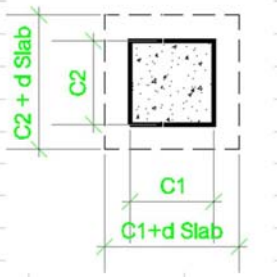
แถบริมเสาด้านสั้น		แถบริมกลางด้านสั้น			แถบริมเสาด้านยาว		แถบริมกลางด้านยาว	
22.78	Cm^2	10.17	Cm^2		22.78	Cm^2	9.04	Cm^2
$\sum$ = 4As/db		82.37	Cm		$\sum$ = 4As/db		79.55	Cm
พิจารณาแรงเสริมที่มีขนาดเล็กที่สุด		1.2	Cm		พิจารณาแรงเสริมที่มีขนาดใหญ่ที่สุด		1.6	Cm
เหล็กเล็ก	U = V/$\sum$.j.d	11.69	kg/cm^2 <	Ua = $\frac{3.23\sqrt{f'c}}{db}$	41.70	**OK**		
เหล็กใหญ่	U = V/$\sum$.j.d	12.11	kg/cm^2 <		31.27	**OK**		

STEP 13

STEP : 13 ตรวจสอบการถ่ายแรงระหว่างพื้นกับเสาจากโมเมนต์ไม่สมดุลย์

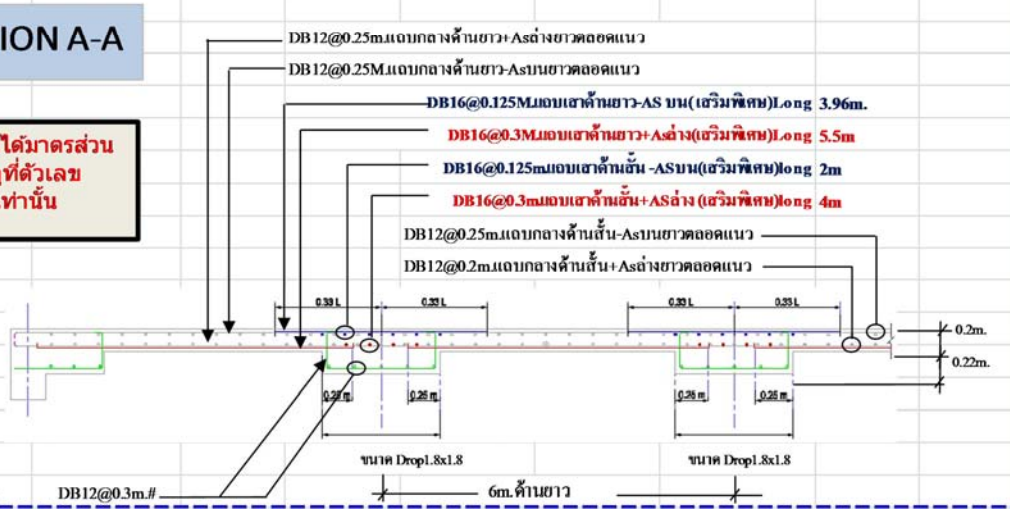
การถ่ายแรงเฉือนจากพื้นสู่เสาจะเป็นแรงเฉือนทะลุ (punching shear) แต่เมื่อน้ำหนักบรรทุกที่แต่ละด้านไม่เท่ากัน หรือเมื่อพื้นต้องรับแรงด้านข้าง ทำให้จุดต่อระหว่างแผ่นพื้นกับเสารองรับต้องรับและถ่ายโมเมนต์ไม่สมดุล (unbalanced moment) นอกเหนือจากแรงเฉือนด้วย

	W	33,480.00	kg	WD	22,680.00	kg	
M เสาต้นใน $M=\frac{WL1-WDL2}{f}$	1620	Kg.-m	ทิศทาง N-S,E-W				
สำหรับเสาต้นใน							
สำหรับโมเมนต์ทิดในทิศทาง N-S							
ระยะ C= C1 + d	77.5	Cm					
ระยะ b = C2 + d	77.5	Cm					
โพลาโมเมนต์อินนอร์เชีย JC = $\left[\frac{dc^3}{6}+\frac{cd^3}{6}+2bd\left(\frac{c}{2}\right)^2\right]$	5,499,876.30	Cm.^4					
สำหรับโมเมนต์ทิดในทิศทาง N-S							
ระยะ C= C2 + d	77.5	Cm					
ระยะ b = C1 + d	77.5	Cm					
โพลาโมเมนต์อินนอร์เชีย JC = $\left[\frac{dc^3}{6}+\frac{cd^3}{6}+2bd\left(\frac{c}{2}\right)^2\right]$	5,499,876.30	Cm.^4					
แรงเฉือนรวม $v=\frac{V}{bod}+\frac{My}{Jc}(CAS)x-S+\frac{MY}{Jc}(CAS)E-W$	2.25	Kg./cm^2 <	VC= 0.53 $\sqrt{f'c}$	8.21	Kg./cm^2	**KO**	

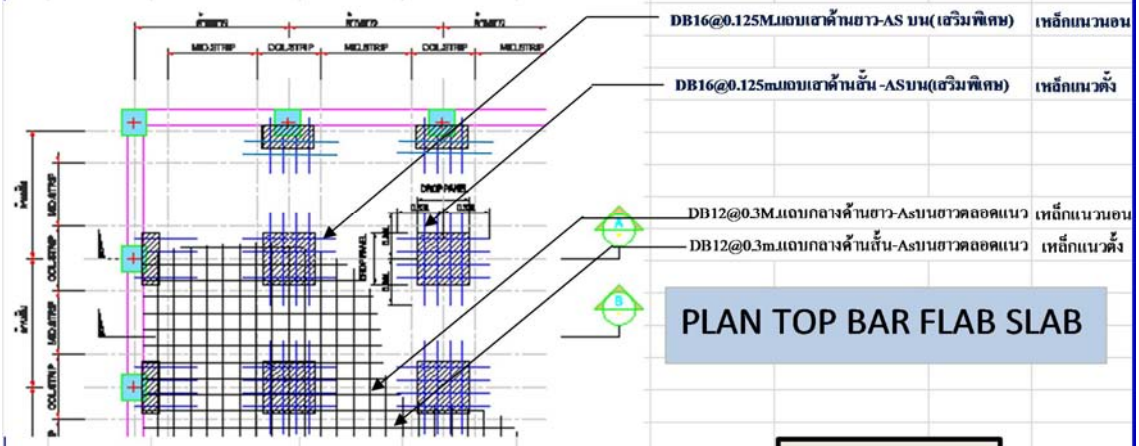


SECTION A-A

รูปไม่ได้มาตรส่วน ให้ดูที่ตัวเลขเท่านั้น

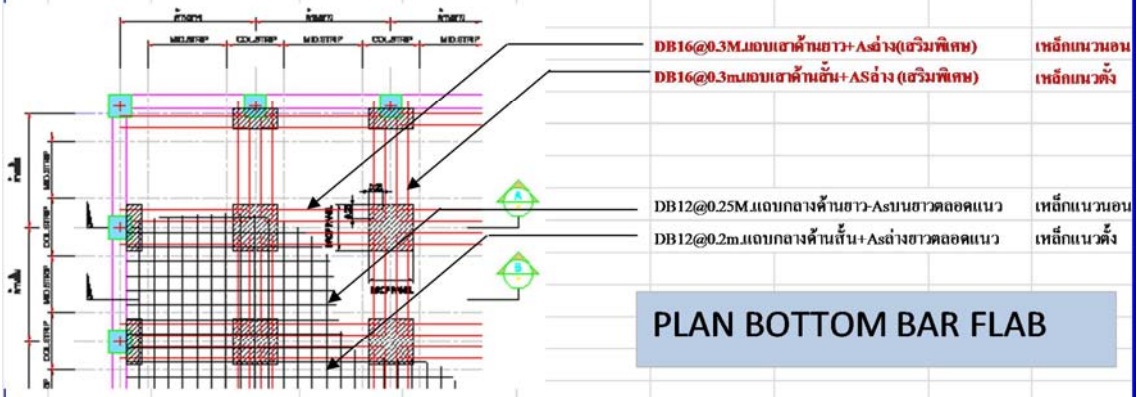


SECTION B-B



PLAN TOP BAR FLAB SLAB

รูปไม่ได้มาตรส่วน ให้ดูที่ตัวเลขเท่านั้น



PLAN BOTTOM BAR FLAB

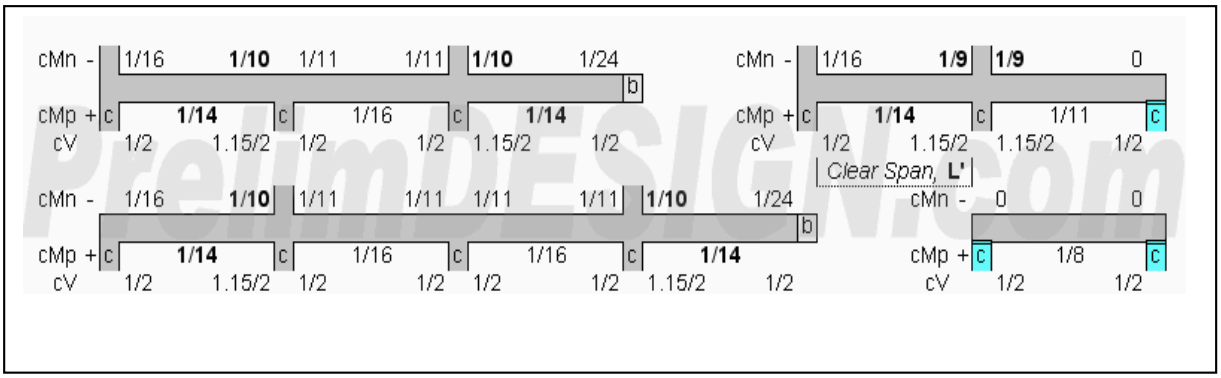
** หมายเหตุ อธิบาย การจัดวางเหล็กเสริมใน FLAB SLAB ***

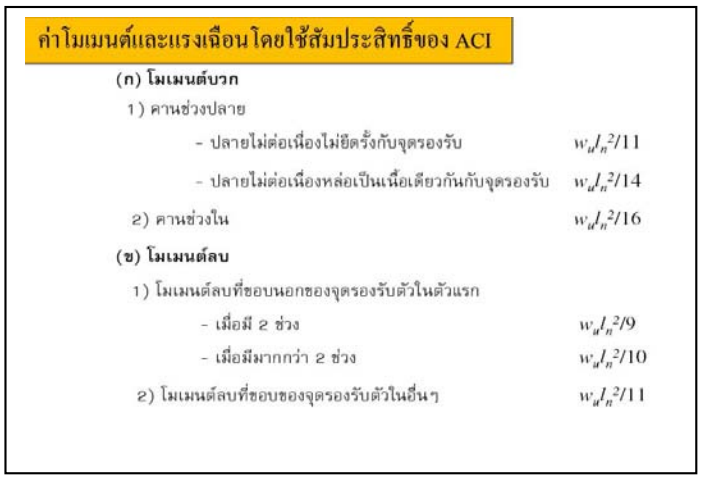
เหล็กด้านแนวยาวจะอยู่ด้านบนสุดของ Top Bar เนื่องด้วยค่าโมเมนต์ด้านยาวมากกว่าด้านสั้น ซึ่งจะต่างจากพฤติกรรมพื้น Two Way

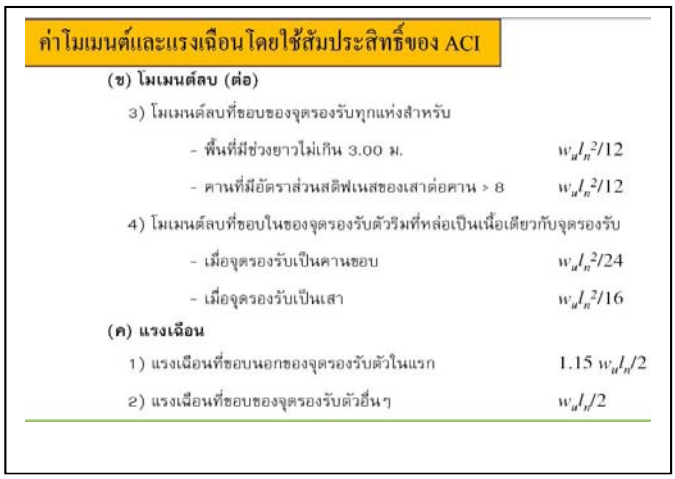
เหล็กด้านแนวยาวจะอยู่ด้านล่างสุดของ Bottom Bar เนื่องด้วยค่าโมเมนต์ด้านยาวมากกว่าด้านสั้น ซึ่งจะต่างจากพฤติกรรมพื้น Two Way

Design Programs By : Aditap Israngkura (9/9/2556)

ออกแบบคานรัดรอบพื้นFLAT SLAB ช่วงยาว 6 m.พิจารณาเป็นคานต่อเนื่อง

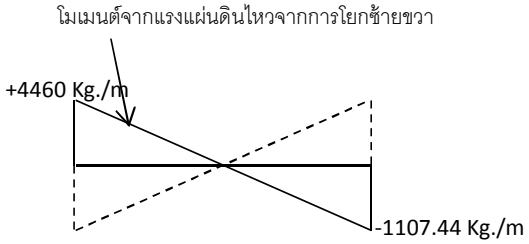






สัมประสิทธิ์โมเมนต์และแรงเฉือนคานต่อเนื่องของACI

ออกแบบคานต้านการดัดเหนียวปานกลาง



W ชั้นดาดฟ้า= 902 Kg./m

โมเมนต์ลบที่ปลายคานจากแรงแผ่นดินไหวด้านซ้าย = 4460 Kg./m

โมเมนต์ลบที่ปลายคานจากแรงแผ่นดินไหวด้านขวา = 1107.44 Kg./m

ดังนั้น โมเมนต์ลบที่ปลายคาน = WL^2/11 +M- (จากแรงแผ่นดินไหว) = $902(6)^2/11 + 4460$ = 7412 Kg.-m.

โมเมนต์บวกที่ปลายคาน = 4460 Kg-m.

โมเมนต์บวกที่กลางคาน = WL^2/16 = $902(6)^2/16$ = 2029.50 Kg.-m

แรงเฉือนที่คาน = $\frac{M(\text{คานด้านซ้าย})+M(\text{คานด้านขวา})}{L} + \frac{wL}{2} = \frac{4460+1107.44}{6} + \frac{902\times6}{2}$ = 3633 Kg.

การออกแบบคานต่อเนื่องต้านทานแรงแผ่นดินไหว

PARAMETER — ออกแบบคานโดยวิธีหน่วยแรงใช้งาน WSD

Fc'	240	Kg./cm^2	Fy	3000	Kg./cm^2	Fs	1500	Kg./cm^2
K	0.393		J	0.869		n	9	
Es	2040000	Kg./cm^2	Ec	235632	Kg./cm^2	R	18.45	Kg./cm^2
Code	0.45		Fc	108	Kg./cm^2	Rebar :	DB	

LOAD — Step 1 :น้ำหนักกระทำต่อคาน

W =	902	Kg./m		L =	6	m		
คานกว้าง	0.2	m	คานลึก	0.6	m			

MOMENT&SHEAR — Step 2 :Moment and Shear

โมเมนต์ลบที่ปลายคานจากแรงแผ่นดินไหวด้านซ้าย	4460	Kg./m
โมเมนต์ลบที่ปลายคานจากแรงแผ่นดินไหวด้านขวา	1107.44	Kg./m
ดังนั้น โมเมนต์ลบที่ปลายคาน = WL/11 +M- (จากแรงแผ่นดินไหว)	7412	Kg./m
โมเมนต์บวกที่ปลายคาน	4460	Kg./m
ดังนั้น โมเมนต์บวกที่กลางคาน = WL/16	2029.5	Kg./m
แรงเฉือนที่คาน $\frac{M(\text{คานด้านซ้าย}) + M(\text{คานด้านขวา})}{L} + \frac{wL}{2}$	3633.907	Kg.

โมเมนต์จากแรงแผ่นดินไหวจากการโยกซ้ายขวา

Depth — Step 3 :ความลึกประสิทธิผล

ระยะหุ้มของคอนกรีต		2.5	Cm			
เสริมเหล็ก 1 ชั้น	DB	RB	เสริมเหล็ก 2 ชั้น		DB	RB
	20	9			20	9

Reinforcement Bar of WSD — Step 4 : การเสริมเหล็ก ด้วยวิธี WSD

การเสริมเหล็ก	1	เหล็กเสริมชั้นเดียว	d	55.60	cm
MR = Rbd^2	11407.1446	Kg./m	d'	4.40	cm

ปริมาณเหล็กเสริม	โมเมนต์ลบที่ปลายคาน		โมเมนต์ลบที่กลางคาน		โมเมนต์บวกที่กลางคาน	
AST = [(M/Fs.j.d]	10.228	Cm.^2	6.154	Cm.^2	2.801	Cm.^2

As' บน	ชั้นที่ 1	3 - DB20mm	18.85	KO	ปริมาณเหล็กเสริมทั้งหมด
	ชั้นที่ 2	3 - DB20mm			22.242Cm^2
	ชั้นที่ 3				
As ล่าง	ชั้นที่ 3		3.39	KO	
	ชั้นที่ 2				
	ชั้นที่ 1	3 - DB12mm			

Reinforcement Bar of SDM — Step 5 : การเสริมเหล็ก ด้วยวิธี SDM

pb = $0.85\beta_1 \frac{F'c}{Fy}\left(\frac{6120}{6120+Fy}\right)$ = 0.0388 Pmax = 0.75Pb = 0.0291 Pmin = 14/fy = 0.00467

	โมเมนต์ลบที่ปลายคาน		โมเมนต์ลบที่กลางคาน		โมเมนต์บวกที่กลางคาน	
Rn = $\frac{Mu}{\phi bd^2}$	13.320	Kg./cm^2	8.015	Kg./cm^2	3.647	Kg./cm^2
P = $\frac{0.85f'c}{Fy}\left(1-\sqrt{1-\frac{2Rn}{0.85f'c}}\right)$	0.0046		0.0027		0.0012	
As = Pbd	5.11	Cm.^2	3.032	Cm.^2	1.364	Cm.^2
	OK_P<Pmax		OK_P<Pmax		OK_P<Pmax	

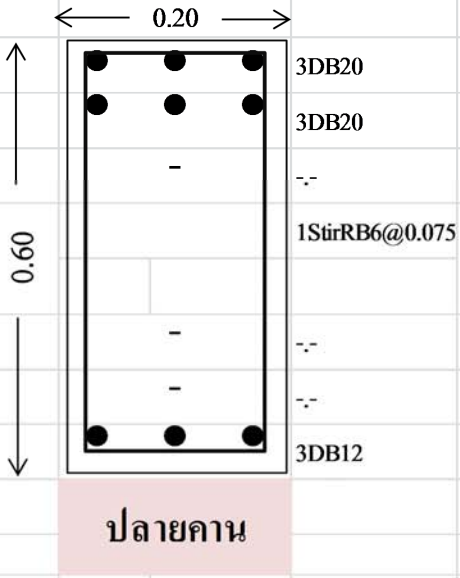
As' บน	ชั้นที่ 1	3 - DB16mm	10.05	KO	ปริมาณเหล็กเสริมทั้งหมด
	ชั้นที่ 2	2 - DB16mm			12.315Cm^2
	ชั้นที่ 3				
As ล่าง	ชั้นที่ 3		2.26	KO	
	ชั้นที่ 2				
	ชั้นที่ 1	2 - DB12mm			

ปริมาณเหล็กเสริมจากวิธี SDM ประหยัดกว่า WSD ประมาณ	55.37	%

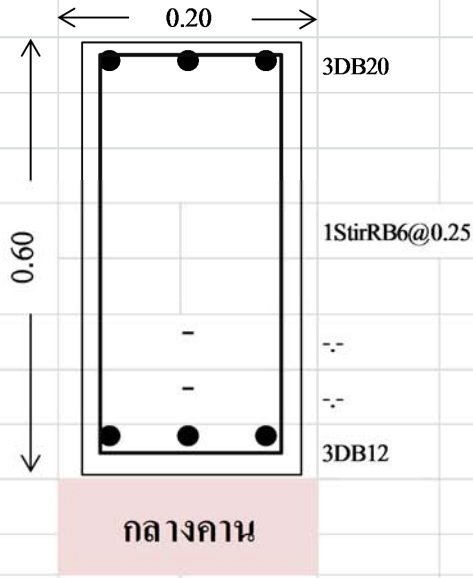
Checking Shear

Step 6 : ตรวจสอบแรงเฉือน

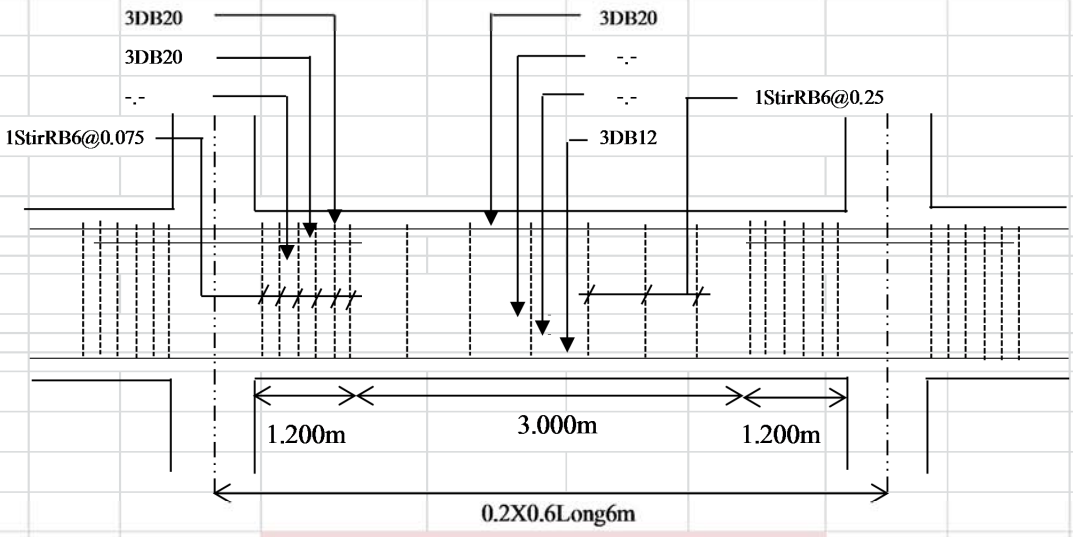
Vmax จากแรงแผ่นดินไหว			3,633.91	Kg.	Vc = $0.29\sqrt{f'c}\,bd$	4,995.84	Kg.
V1 =	$0.795\sqrt{f'c}\,bd$		13,695.49	Kg.	V2= $1.32\sqrt{f'c}\,bd$	22,739.68	Kg.
V' =Vmax-VC			0.00	Kg.	ไม่มีแรงส่วนเกินไม่ต้องออกแบบเหล็กปลอก		V'<V2__OK
การเรียงเหล็กปลอกที่ช่วงกลางคาน d/2			0.278	m			
เลือกเหล็กปลอก	1 ปี	RB	6	@ 0.25 m.	Av ปี x 2 ขา=	0.5652	Cm.^2
Vd = Av.Fs.d/S =	1,885.51	Kg	Vd>V'__OK				
การเรียงเหล็กปลอกที่ช่วงปลายคานที่ช่วงความยาว 2 h							
1/4 ของความลึกประสิทธิผล		0.139	@ 0.075 m.	OK	ที่ความยาว 2h	1.200m	
8 เท่าของขนาดเหล็กเสริมหลักเล็กที่สุด		0.096					
24 เท่าของเหล็กปลอก		0.14					
ระยะเรียงอย่างน้อย 0.30 m		0.3					



ปลายคาน



กลางคาน



SECTION BEAM

การออกแบบคานต่อเนื่องต้านทานแรงแผ่นดินไหว

PARAMETER — ออกแบบคานโดยวิธีหน่วยแรงใช้งาน WSD

Fc'	240	Kg./cm^2	Fy	3000	Kg./cm^2	Fs	1500	Kg./cm^2
K	0.393		J	0.869		n	9	
Es	2040000	Kg./cm^2	Ec	235632	Kg./cm^2	R	18.45	Kg./cm^2
Code	0.45		Fc	108	Kg./cm^2	Rebar :	DB	

LOAD — Step 1 :น้ำหนักกระทำต่อคาน

W =	902	Kg./m		L =	4.5	m		
คานกว้าง	0.2	m	คานลึก	0.6	m			

MOMENT&SHEAR — Step 2 :Moment and Shear

โมเมนต์ลบที่ปลายคานจากแรงแผ่นดินไหวด้านซ้าย	4460	Kg./m
โมเมนต์ลบที่ปลายคานจากแรงแผ่นดินไหวด้านขวา	1107.44	Kg./m
ดังนั้น โมเมนต์ลบที่ปลายคาน = WL/11 +M- (จากแรงแผ่นดินไหว)	6120.5	Kg./m
โมเมนต์บวกที่ปลายคาน	4460	Kg./m
ดังนั้น โมเมนต์บวกที่กลางคาน = WL/16	1141.59375	Kg./m
แรงเฉือนที่คาน $\frac{M(\text{คานด้านซ้าย}) + M(\text{คานด้านขวา})}{L} + \frac{wL}{2}$	3266.709	Kg.

โมเมนต์จากแรงแผ่นดินไหวจากการโยกซ้ายขวา

Depth — Step 3 :ความลึกประสิทธิผล

ระยะหุ้มของคอนกรีต		2.5	Cm	d	53.65	cm
2- ชั้นเหล็กเสริม	DB20mm	RB 6 mm		d'	6.35	cm

Reinforcement Bar of WSD — Step 4 : การเสริมเหล็ก ด้วยวิธี WSD

MR = Rbd^2 = 10621.0344 Kg./m

		โมเมนต์ลบที่ปลายคาน		โมเมนต์ลบที่กลางคาน		โมเมนต์บวกที่กลางคาน	
AST = [(M/Fs.j.d]		8.753	Cm.^2	6.378	Cm.^2	1.633	Cm.^2
As' บน	ชั้นที่ 1	3 - DB20mm		15.71	KO	ปริมาณเหล็กเสริมทั้งหมด	
	ชั้นที่ 2	2 - DB20mm					
	ชั้นที่ 3					17.970Cm^2	
As ล่าง	ชั้นที่ 3			2.26	KO		
	ชั้นที่ 2						
	ชั้นที่ 1	2 - DB12mm					

Reinforcement Bar of SDM — Step 5 : การเสริมเหล็ก ด้วยวิธี SDM

pb = $0.85\beta_1 \frac{F'c}{Fy}\left(\frac{6120}{6120+Fy}\right)$ = 0.0388 Pmax = 0.75Pb = 0.0291 Pmin = 14/fy = 0.00467

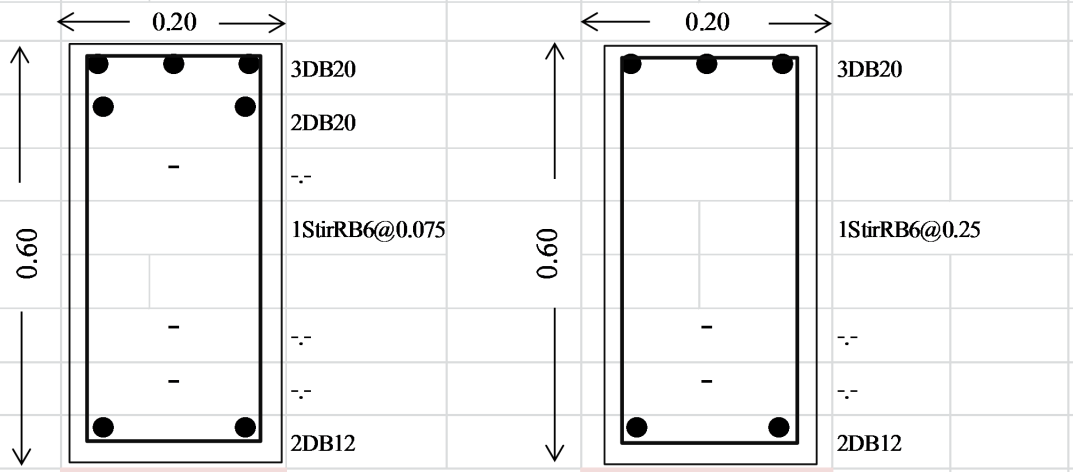
		โมเมนต์ลบที่ปลายคาน		โมเมนต์ลบที่กลางคาน		โมเมนต์บวกที่กลางคาน	
Rn = $\frac{Mu}{\phi bd^2}$		11.813	Kg./cm^2	8.608	Kg./cm^2	2.203	Kg./cm^2
P = $\frac{0.85f'c}{Fy}\left(1-\sqrt{1-\frac{2Rn}{0.85f'c}}\right)$		0.0041		0.0029		0.0007	
As = Pbd		4.355	Cm.^2	3.147	Cm.^2	0.792	Cm.^2
		OK__P<Pmax		OK__P<Pmax		OK__P<Pmax	
As' บน	ชั้นที่ 1	3 - DB16mm		8.29	KO	ปริมาณเหล็กเสริมทั้งหมด	
	ชั้นที่ 2	2 - DB12mm					
	ชั้นที่ 3					10.556Cm^2	
As ล่าง	ชั้นที่ 3			2.26	KO		
	ชั้นที่ 2						
	ชั้นที่ 1	2 - DB12mm					

ปริมาณเหล็กเสริมจากวิธี SDM ประหยัดกว่า WSD ประมาณ	41.26	%

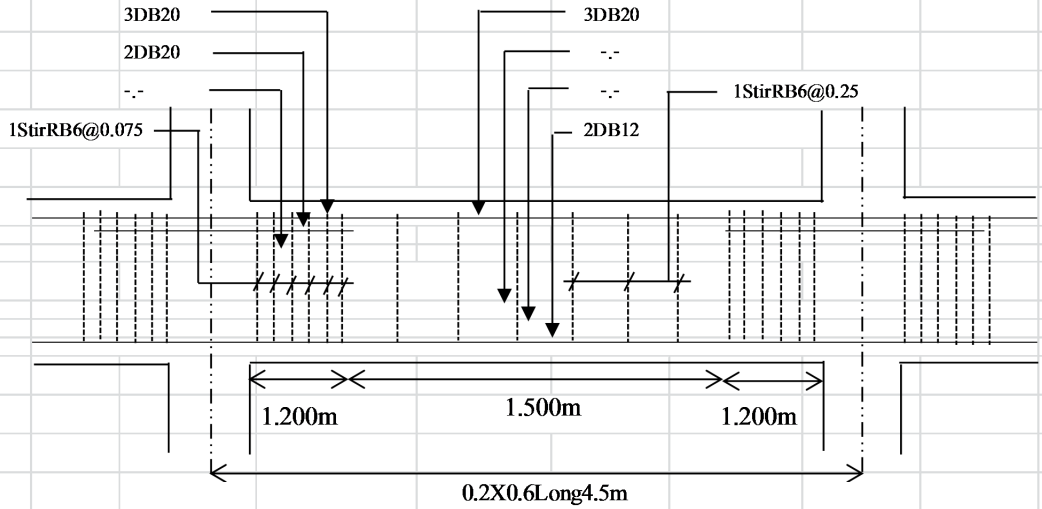
Checking Shear

Step 6 : ตรวจสอบแรงเฉือน

Vmax จากแรงแผ่นดินไหว		3,266.71	Kg.	Vc = $0.29\sqrt{f'c}\,bd$		4,820.63	Kg.
V1 =	$0.795\sqrt{f'c}\,bd$	13,215.16	Kg.	V2= $1.32\sqrt{f'c}\,bd$		21,942.15	Kg.
V' =Vmax-VC		0.00	Kg.	ไม่มีแรงส่วนเกินไม่ต้องออกแบบเหล็กปลอก			V'<V2__OK
การเรียงเหล็กปลอกที่ช่วงกลางคาน d/2		0.26825	m				
เลือกเหล็กปลอก	1 ปี	RB	6	@ 0.25 m.	Av ปี x 2 ขา=	0.5652	Cm.^2
Vd = Av.Fs.d/S =	1,819.38	Kg	Vd>V'__OK				
การเรียงเหล็กปลอกที่ช่วงปลายคานที่ช่วงความยาว 2 h							
1/4 ของความลึกประสิทธิผล		0.134125					
8 เท่าของขนาดเหล็กเสริมหลักเล็กที่สุด		0.096	@ 0.075 m.	OK	ที่ความยาว 2h	1.200m	
24 เท่าของเหล็กปลอก		0.14					
ระยะเรียงต่างน้อย 0.30 m		0.3					



ปลายคาน WSD กลางคาน



SECTION BEAM

Design Programs By : Aditap Israngkura (12/9/2556)

ออกแบบเสา

Project :		*Date :*	13/9/2013
Owner :		*Column No :*	
Location :		*Floor :*	

Beam - Column Design

Constant :

Yeild stress , fy (ksc.)	=	3,000
Elastic Modulus of steel , Es (ksc.)	=	2,040,000
Allowable Stress of Steel, fs (ksc.)	=	1,200
Comp. Stress of Concrete , fc' (ksc.)	=	240
Allowable Stress of Concrete , fc (ksc.)	=	90.00
Elastic Modulus of Concrete , Ec (ksc.)	=	234,238

Input Data :

Column Width , Bx (m.)		=	0.60	
Column Long , Ty (m.)		=	0.60	
Column Length , H (m.)		=	3.90	
Column Load , Pcol (kg.)		=	24,354	
Moment X , Mx (kg.-m.)		=	4,460	
Moment Y , My (kg.-m.)		=	1,107	
Main Bars Steel Type :	4 x		DB25	Bars
Stirrup Steel Type :	1 x		RB9	
pg %		=	0.55	
Use Bars Along x-Axis		=	2	Bars
Use Bars Along y-Axis		=	2	Bars
Concrete Covering (m.)		=	0.03	

Solve :

Ratio	=	6.50
Type of Column	=	Short Column
Capaclty Reduction Factor Rx	= -	Ry = -

Case 1 : e < ea (Compression Control) :

Pa = 203,633 > 24354 kg.---Ok.

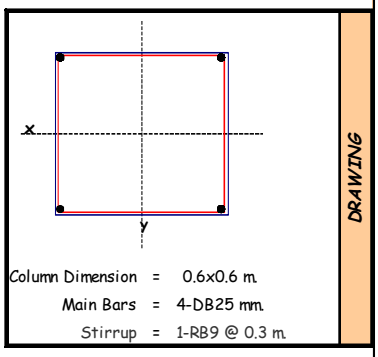
Case 2 : ea ≤ e ≤ eb (Compression Control) :

Pax	=	-
Pay	=	-
fa/Fa+fbx/Fbx+fby/Fby	=	-

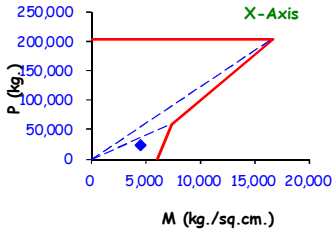
Case 3 : e ≥ eb (Tension Control) :

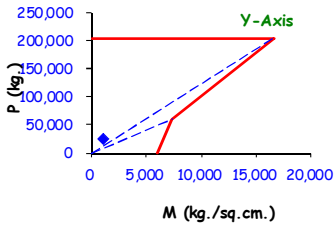
Px = Pbx*((Mx-Mox)/(Mbx-Mox))	=	-
Py = Pby*((My-Moy)/(Mby-Moy))	=	-
Mx/Mox+My/Moy	=	0.932 < 1---Ok.

Spacing of Stirrup : = 1-RB9 @ 0.3 m.



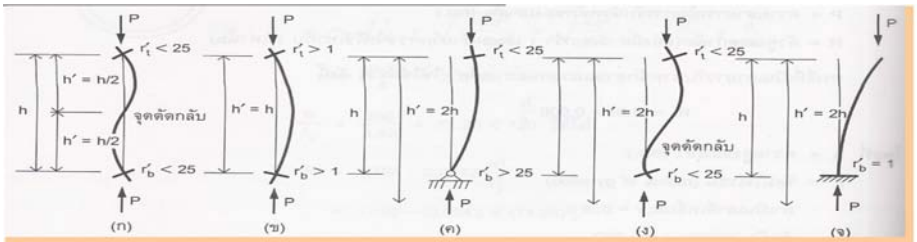
Interaction :





Engineer : _____

License : _____



เลือกการโก่งตัวของเสาในแกน X

แบบ (ก) แบบ (ข) แบบ (ค) แบบ (ง) แบบ (จ)

เลือกการโก่งตัวของเสาในแกน Y

แบบ (ก) แบบ (ข) แบบ (ค) แบบ (ง) แบบ (จ)

เมื่อน้ำหนักกระทำ = 902 Kg/m^2

พื้ นที่= 4.5x6 = 27 $m.^2$

น้ำ หนักกระทำเป็นPoint Load = 24,354 Kg

แรงเฉือนกระทำต่ออาคารด้านข้าง = 7,308 kg

โมเมนต์ลบที่ปลายคานจากแรงแผ่นดินไหวด้านซ้าย = 4460 Kg./m พิจารณาทำกับเสาแกน X-X

โมเมนต์ลบที่ปลายคานจากแรงแผ่นดินไหวด้านขวา = 1107.44 Kg./m พิจารณาทำกับเสา แกน Y-Y

ระยะเรียง

8 เท่าของเหล็ก Main เล็กที่สุด = 8*2.5 = 20 cm

24เท่าของเหล็กปลอก = 24*0.9 =21.6 cm

d/2 = 60/2

น้อยที่สุด = 30 cm.

ใช้ระยะเรียง = 20 cm

ปลอกแรกห่างจากจุดต่อไม่เกิน

= 0.5 x 20 = 10 cm

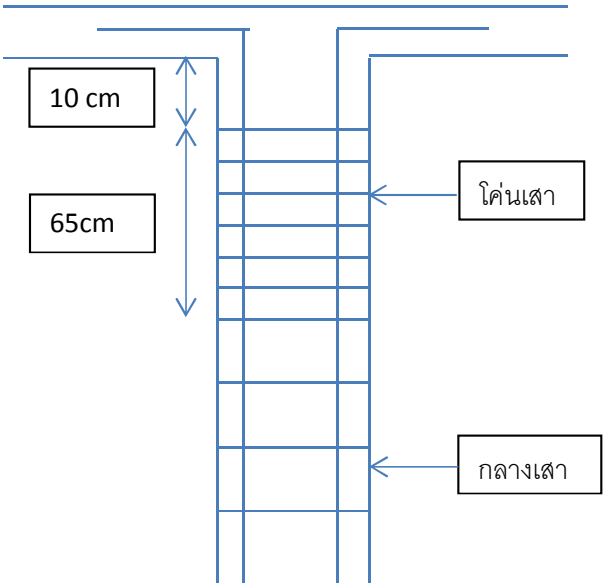
ความยาวที่โค่นเสา

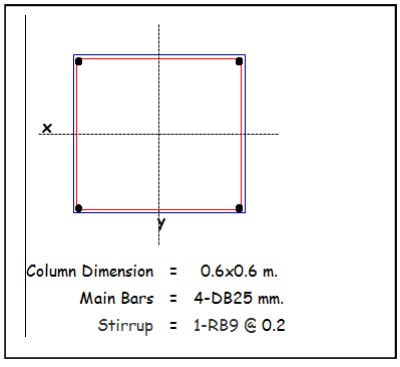
1/6ของความสูง = 3.9(-ขนาดพื้น0.2)/6 = 3.7/6 =0.61 cm

ขนาดมิติมากที่สุดของเสา = 60 cm

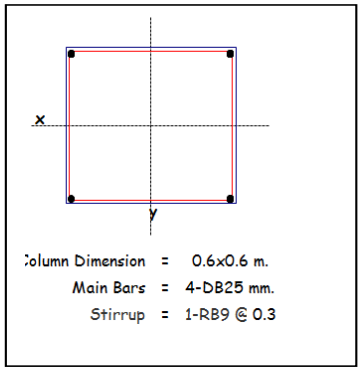
50 cm อย่างน้อย

ใช้ความยาว = 65cm





ช่วงโคนเสา



ช่วงกลางเสา