รายงานการคำนวณแรงแผ่นดินไหว
ดีคอนโด แคมปัส รีสอร์ท รังสิต
(อาคาร A)
ด้วยวิธีแรงสถิตเทียบเท่า

ตามกฎกระทรวง กำหนดการรับน้ำหนัก ความต้านทาน ความคงทนของอาคาร และพื้นดินที่รองรับอาคารในการต้านทานแรงสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว พ.ศ. 2550

สารบัญ

	หน้า
1. สมมติฐานในการคำนวณ	2
2. การคำนวณน้ำหนักอาคาร	3
3. การคำนวณแรงกระทำจากแผ่นดินไหว	11
3.1 แรงกระทำในแนวแกน X	11
3.2 แรงกระทำในแนวแกน Y	19
4. ข้อแนะนำในการออกแบบโครงสร้างจากแรงแผ่นดินไหว	23
ภาคผนวก ก: รายละเอียดการเสริมเหล็กโครงสร้างต้านแรงดัด ที่มีความเหนียวจำกัดสำหรับโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก	

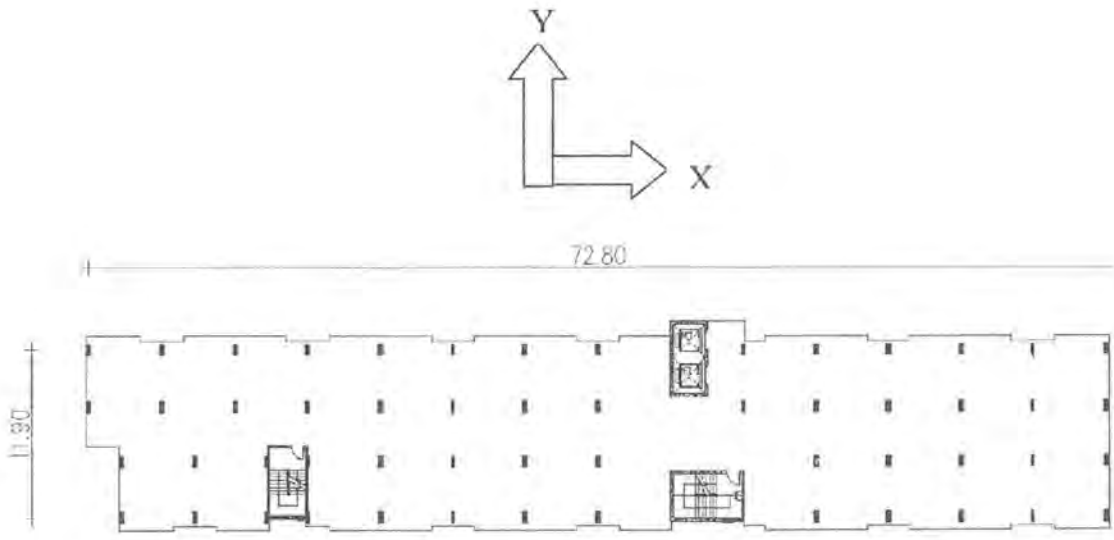
นายนราธิป จันทรทอง

1. สมมุติฐานที่ใช้ในการคำนวณ

1. การคำนวณแรงแผ่นดินไหว จะใช้วิธีแรงสถิตศาสตร์เทียบเท่า (Equivalent static - force method) ตามกฎกระทรวง กำหนดการรับน้ำหนัก ความต้านทาน ความคงทนของอาคาร และพื้นดินที่รองรับอาคารในการต้านทานแรงสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว ปี พ.ศ. 2550

2. อาคารที่ก่อสร้างในเขตพื้นที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร จังหวัดนนทบุรี จังหวัดปทุมธานี จังหวัดสมุทรปราการ และจังหวัดสมุทรสาคร ถูกจัดให้อยู่ใน "บริเวณที่ 1" ตามกฎกระทรวง กำหนดการรับน้ำหนัก ความต้านทาน ความคงทนของอาคาร และพื้นดินที่รองรับอาคารในการต้านทานแรงสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว ปี พ.ศ. 2550 หมายความว่า พื้นที่หรือบริเวณดังกล่าวที่เป็นดินอ่อนมากที่อาจได้รับผลกระทบจากแผ่นดินไหวระยะไกล

3. แรงแผ่นดินไหวที่ใช้ในการออกแบบจะมีสองทิศทางที่ตั้งฉากกัน คือทิศทาง X และ ทิศทาง Y ดังแสดงในรูปที่ 1 โดยในการออกแบบแรงแผ่นดินไหวที่คำนวณได้ในแต่ละทิศทางจะแยกกระทำทีละทิศทางไม่พร้อมกัน



รูปที่ 1 ทิศทางของแรงแผ่นดินไหวที่กระทำกับโครงสร้างอาคาร

นายนราธิป จันทร์ทอง
ลย. 6661

2. การคำนวณน้ำหนักอาคาร

น้ำหนักที่ใช้ในการคำนวณแรงแผ่นดินไหว (W) คือน้ำหนักของอาคารทั้งหมดรวมทั้งน้ำหนักของวัสดุอุปกรณ์ซึ่งยึดตรึงกับที่โดยไม่รวมน้ำหนักบรรทุกสำหรับอาคารทั่วไป น้ำหนักของแต่ละชั้นจะประกอบไปด้วย เสา พื้น ผนัง กำแพงคอนกรีตเสริมเหล็ก วัสดุปูพื้น การคำนวณน้ำหนักของชิ้นส่วนอาคารจะมีรายละเอียดโดยประมาณดังนี้

2.1 น้ำหนักของชิ้นส่วนอาคาร

ก. น้ำหนักช่องลิฟท์ ต่อความสูง 1 ม. = กว้าง x ยาว x 2.4

= (0.2 ((2.7x2 + 5.3x2) x 2.76 – 1.2x2x2)) x 2.4) / 2.76

= 6.85 T/m

ข. น้ำหนักบันได ST-1 ต่อความสูง 1 ม. = กว้าง x ยาว x 2.4

= (0.2 ((3.6x2 + 5.3x2) x 2.76 – 1.55x1.15 - 1x2))x2.4) / 2.76

= 7.89 T/m

ค. น้ำหนักบันได ST-2 ต่อความสูง 1 ม. = กว้าง x ยาว x 2.4

= (0.2 ((3x2 + 5.3x2) x 2.76 – 1.55x1.15 - 1x2))x 2.4) / 2.76

= 7.31 T/m

ง. น้ำหนักพื้นต่อ ตร. ม. = 0.15 x 2.4

= 0.36 T/m^2

นายนราธิป จันทร์ขจร
ธย. 6661

จ. น้ำหนักผนังต่อ ตร. ม. $= 0.18\ T/m^2$

โดยความยาวผนังในแต่ละห้องพักส่วนใหญ่มีความยาว

$= 0.45 + 3.20 + 0.70 + 1.95 + 3.50 + 2.80 + 2.35 + 2.20 + 0.65 = 17.8$ m.

ฉ. น้ำหนักวัสดุปูพื้นใช้ $= 0.05\ T/m^2$

ช. น้ำหนัก เสา ต่อความสูง 1 ม. = กว้าง x ยาว x 2.4

$= (0.30 \times 0.80) \times 2.4$

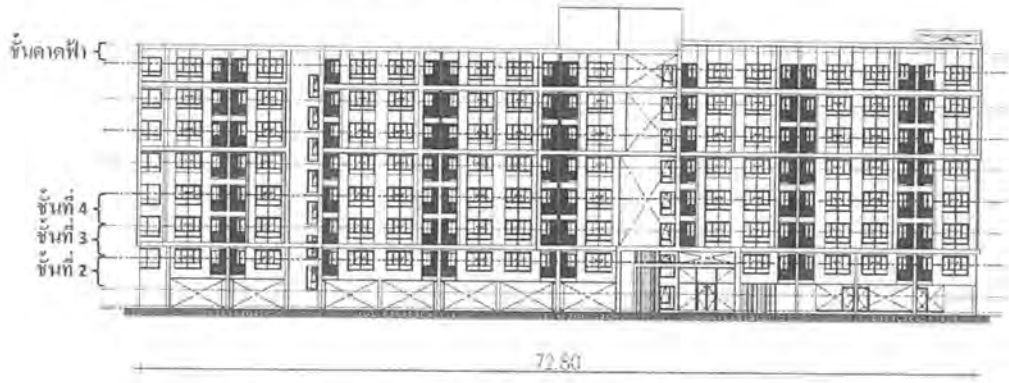
$= 0.58$ T/m

นายนราธิป จันทร์ทอง

ศย. 6661

2.2 การคำนวณน้ำหนักในแต่ละชั้น

การคำนวณน้ำหนักในแต่ละชั้น จะคำนวณน้ำหนักของชิ้นส่วนอาคารจากกึ่งกลางชั้นที่คำนวณถึงกึ่งกลางชั้นล่างของชั้นที่คำนวณ ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 การแบ่งระดับเพื่อการคำนวณน้ำหนักอาคารในแต่ละชั้น

ก. น้ำหนักอาคารสำหรับชั้นที่ 2

น้ำหนักพื้นชั้นที่ 2 คิดตั้งแต่ กึ่งกลางชั้นล่าง – กึ่งกลางชั้น 2

น้ำหนักช่องลิฟท์ = 6.85 x 2.78

= 19.04 T

น้ำหนักบันได ST-1 = 7.89 x 2.78

= 21.93 T

น้ำหนักบันได ST-2 = 7.31 x 2.78

= 20.37 T

น้ำหนักพื้นชั้นที่ 2 มี พื้นที่ 964.04 m^2

= 964.04 x 0.36

= 347.05 T

นายนราธิป จันทร์ทอง

สย. 6661

น้ำหนักผนังชั้นล่างตั้งแต่ กลางชั้นล่าง – ใต้พื้นชั้น 2 สูง 2.78 x 0.5 = 1.39 m. มี 8 ห้อง

ผนังมีความยาวทั้งสิ้น =1.50+44.40+1.90+2.60+5.20+28.70+3.20+8.40+21.20+13.50+26.60 +3.60+5.50+4.30+3.20+(3.50x2)+(17.80x8)

= 323.20 m.

= 323.20 x 1.39 x 0.18 t/m2.

= 80.86 T

น้ำหนักผนังชั้นล่างตั้งแต่ พื้นชั้น 2 – กลางชั้น 2 สูง 2.76 x 0.5 = 1.38 m. มี 24 ห้องพัก

ผนังมีความยาวทั้งสิ้น = (17.80 x 24) + (2.50x2) + (1.90x2) + 1.40 + 2.70

= 440.10 m.

= 440.10 x 1.38 x 0.18 t/m2.

= 109.32 T

น้ำหนักวัสดุปูพื้น = 964.04 x0.05

= 48.20 T

น้ำหนักเสา มีเสาทั้งหมด 50 ต้น = (0.58 x 50) x 2.76

= 80.04 T

รวมน้ำหนักของชั้น 2 = 19.04+21.93+20.32+347.05+80.86+109.32+48.20+80.04

= 726.76 T

สรุปชั้นสองมีน้ำหนักรวม 726.76 ตัน

นายนราธิป จันทร์ทอง

สย. 6661

ข. น้ำหนักอาคารสำหรับชั้นที่ 3 ถึง ชั้นที่ 8

น้ำหนักพื้นชั้นที่ 3 - 8 คิดตั้งแต่ กลางชั้น n ถึง กึ่งกลางชั้น n+1

น้ำหนักของช่องลิฟท์ = 6.85 x 2.76

= 18.91 T

น้ำหนักบันได ST-1 = 7.89 x 2.76

= 21.78 T

น้ำหนักบันได ST-2 = 7.31 x 2.76

= 20.18 T

น้ำหนักพื้นชั้นที่ 3 มี พื้นที่ 964.04 m^2

= 964.04 x 0.36

= 347.05 T

น้ำหนักผนังชั้นล่างตั้งแต่ พื้นชั้น n – 1 กลางชั้น n สูง 2.76 x 0.5 = 1.38 m. มี 25 ห้องพัก

ผนังมีความยาวทั้งสิ้น = (17.80 x 25) + (2.50x2) + (1.90x2) + 1.40 + 2.70

= 457.90 m.

= 457.90 x 1.38 x 0.18 t/m2.

= 113.74 T

นายนราธิป จันทร์ทอง

ลย. 0651

น้ำหนักผนังชั้นล่างตั้งแต่ พื้นชั้น n – กลางชั้น (n+1) สูง 2.76 x 0.50 = 1.38 m. มี 25 ห้องพัก

ผนังมีความยาวทั้งสิ้น = (17.80 x 25) + (2.50x2) + (1.90x2) + 1.40 + 2.70

= 457.90 m.

= 457.90 x 1.38 x 0.18 t/m2.

= 113.74 T

น้ำหนักวัสดุปูพื้น = 964.04 x0.05

= 48.20 T

น้ำหนักเสา มีเสา 50 ต้น = (0.58 x 50) x 2.76

= 80.04 T

รวมน้ำหนักของชั้น 3 – 8

= 18.91+21.78+20.18+347.05+113.74+113.74+48.20+80.04

= 763.64 T

สรุปชั้น 3 ถึงชั้น 8 แต่ละชั้นมีน้ำหนักรวม 763.64 ตัน

ค. น้ำหนักอาคารสำหรับชั้นดาดฟ้า

น้ำหนักของช่องลิฟท์ = 6.83 x (1.68+3.50)

= 35.38 T

น้ำหนักบันได ST-1 = 7.89 x (1.68+3.50)

= 40.87 T

น้ำหนักบันได ST-2 = 7.31 x 1.68

= 12.28 T

นายนราธิป จันทร์ทอง

น้ำหนักพื้นชั้นดาดฟ้า มี พื้นที่ 964.04 m^2

= 964.04 x 0.36

= **347.05 T**

น้ำหนักผนังชั้นล่างตั้งแต่ พื้นชั้น ดาดฟ้า – กลางชั้น 8 สูง 3.36 x 0.50 = 1.68 m. มี 25 ห้องพัก

ผนังมีความยาวทั้งสิ้น = (17.80 x 25) + (2.50x2) + (1.90x2) + 1.40 + 2.70

= 457.90 m.

= 457.90 x 1.68 x 0.18 t/m2.

= 138.47 T

น้ำหนักเสา มีเสา 50 ต้น = (0.58 x 50) x 1.68

= 48.72 T

น้ำหนักหลังคาคอนกรีตเสริมเหล็ก พื้นที่ 134 m2

= 134 x 0.36

= 48.24 T

รวมน้ำหนักของชั้นดาดฟ้า = 35.38+40.87+12.28+347.05+138.47+48.72+48.24

= 676.46 T

สรุปชั้นดาดฟ้ามีน้ำหนักรวม 676.46 ตัน

นายนราธิป จันทร์ทอง

สย. 6661

น้ำหนักรวมในแต่ละชั้นได้สรุปไว้ในตารางที่ 1 ซึ่งน้ำหนักนี้จะนำไปคำนวณแรงแผ่นดินไหวที่กระทำกับอาคาร

ตารางที่ 1 น้ำหนักอาคารในแต่ละชั้น

ระดับชั้น	น้ำหนักในแต่ละชั้น W_X ตัน (T)	น้ำหนักสะสม W ตัน (T)
ดาดฟ้า	671.01 T	671.01 T
8	763.64 T	1,434.65 T
7	763.64 T	2,198.29 T
6	763.64 T	2,961.93 T
5	763.64 T	3,725.57 T
4	763.64 T	4,489.21 T
3	763.64 T	5,252.85 T
2	726.76 T	5,979.61 T

นายนราธิป จันทร์ทอง
ธย. 6661

3. การคำนวณแรงกระทำจากแผ่นดินไหว

จากน้ำหนักอาคารที่คำนวณได้ในหัวข้อที่ 2 แรงแผ่นดินไหวแยกตามแนวแกน X และ Y จะคำนวณในหัวข้อที่ 3.1 และ 3.2 ตามลำดับ

3.1 แรงกระทำในแนวแกน X

แรงกระทำจากแผ่นดินไหวทำได้โดยการคำนวณแรงเฉือนในแนวราบที่ระดับพื้นดินแล้วกระจายแรงที่คำนวณได้สู่ชั้นต่าง ๆ แรงเฉือนในแนวราบทั้งหมดสามารถคำนวณได้โดย

$$V = ZIKCSW$$

โดย V คือ แรงเฉือนทั้งหมดในแนวราบที่ระดับพื้นดิน

Z คือ สัมประสิทธิ์ของความเข้มข้นของแผ่นดินไหว

I คือ ตัวคูณเกี่ยวกับการใช้อาคาร

K คือ สัมประสิทธิ์ของโครงสร้างอาคารที่รับแรงในแนวราบ

C คือ ค่าสัมประสิทธิ์

S คือ สัมประสิทธิ์ของการประสานความถี่ธรรมชาติระหว่างอาคารและชั้นดินที่ตั้งอาคาร

W คือ น้ำหนักของตัวอาคารทั้งหมดรวมทั้งน้ำหนักของวัสดุอุปกรณ์ซึ่งยึดตรึงกับที่โดยไม่รวม น้ำกับน้ำหนักบรรทุกจรสำหรับอาคารทั่วไปหรือน้ำหนักน้ำหนักของตัวอาคารทั้งหมด รวมกับร้อยละ 25 ของน้ำหนักบรรทุกจรสำหรับโกดังหรือคลังสินค้า

ก. การคำนวณค่า Z

ค่า Z = 0.19 เนื่องจาก

ค่าสัมประสิทธิ์ของความเข้มของแผ่นดินไหว Z ของบริเวณที่ ๑ ให้ใช้เท่ากับ 0.19 หรือมากกว่า และบริเวณที่ ๒ ให้ใช้เท่ากับ 0.38 หรือมากกว่า

สรุป Z = 0.19

นายนราธิป จันทร์ทอง

กย. 6861

ข. การคำนวณค่า I

คำนวณค่า I = 1 จากตาราง ตัวคูณเกี่ยวกับการใช้อาคาร (I)

ชนิดของอาคาร	ค่าของ I
1.อาคารที่จำเป็นต่อความเป็นอยู่ของสาธารณชน เช่น โรงพยาบาล สถานีดับเพลิง อาคาร ศูนย์บรรเทาสาธรณภัย	1.5
2.อาคารที่เป็นที่ชุมนุมคนครั้งหนึ่ง ๆ ได้มากกว่า 300 คน	1.25
3.อาคารอื่นๆ	1

สรุป I = 1.0

ค. การคำนวณค่า K

คำนวณ K = 1 จากตารางคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ของโครงสร้างของอาคารที่รับแรงในแนวราบ (K)

ระบบและชนิดของโครงสร้างรับแรงในแนวราบ	ค่าของ K
1.โครงสร้างที่ได้รับการออกแบบให้กำแพงรับแรงเฉือน (Shear Wall) หรือโครงสร้างแกงแนง (Braced Frame) รับแรงทั้งหมดในแนวราบ	1.33
2.โครงสร้างซึ่งได้รับการออกแบบให้โครงข้อแข็งซึ่งมีความเหนียว (Ductile Moment - resisting Space Frame) รับแรงทั้งหมดในแนวราบ	0.67
3.โครงสร้างซึ่งได้รับการออกแบบให้โครงข้อแข็งซึ่งมีความเหนียวร่วมกับกำแพงรับแรงเฉือนหรือโครงแกงแนง	0.80

นายนราธิป จันทร์ทอง
รย. 6661

ต้านแรงในแนวราบ โดยมีข้อกำหนดในการคำนวณออกแบบ ดังนี้ ก) โครงข้อแข็งซึ่งมีความเหนียวต้องสามารถต้านแรงในแนวราบได้ไม่น้อยกว่าร้อยละ 25 ของแรงในแนวราบทั้งหมด ข) กำแพงรับแรงเฉือนหรือโครงแกงแนงเมื่อแยกเป็นอิสระจากโครงข้อแข็งซึ่งมีความเหนียวต้องสามารถต้านแรงในแนวราบได้ทั้งหมด ค) โครงข้อแข็งซึ่งมีความเหนียวร่วมกับกำแพงรับแรงเฉือนหรือโครงแกงแนงต้องสามารถต้านแรงในแนวราบได้ทั้งหมดโดยสัดส่วนของแรงที่กระทำต่อโครงสร้างแต่ละระบบให้เป็นไปตามสัดส่วนความคงตัว (Rigidity) โดยคำนึงถึงการถ่ายเทของแรงระหว่างโครงสร้างทั้งสอง	
4. หอถังน้ำ รองรับด้วยเสาไม่น้อยกว่า 4 ต้น และมีแกงแนงยึดและไม่ได้ตั้งอยู่บนอาคาร <u>หมายเหตุ</u> ผลคุณระหว่างค่า Kกับค่า C ให้ใช้ค่าต่ำสุดเท่ากับ 0.12 และค่าสูงสุดเท่ากับ 0.25	2.50
5.โครงอาคารระบบอื่นๆ นอกจากโครงอาคารตาม 1,2,3 หรือ 4	1.00

สรุป K = 1.0

นายนราธิป จันทร์ทอง
ลย. 6281

ง. การคำนวณค่า S

คำนวณ S = 2.5 จาก ตาราง ค่าสัมประสิทธิ์ของการประสานความถี่ธรรมชาติระหว่างอาคารและชั้นดินที่ตั้งของอาคาร (S)

ลักษณะของชั้นดิน	ค่าของ S
1. หิน	1.0
2. ดินแข็ง	1.2
3. ดินอ่อน	1.5
4. ดินอ่อนมาก	2.5

เนื่องจากชั้นดินใน บริเวณที่ 1 เป็นชั้นอ่อนมาก ดังนั้นค่า S = 2.5

สรุป S = 2.5

จ. การคำนวณค่า C

คำนวณค่า C = 0.12 ในทางแกน X จากสมการสำหรับการคำนวณแรงแผ่นดินไหวที่กระทำต่ออาคารหรือส่วนต่างๆ ของอาคาร ค่าสัมประสิทธิ์ (C) คำนวณได้จากสมการ

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

ถ้าคำนวณค่าประสิทธิ์ได้มากกว่า 0.12 ให้ใช้เท่ากับ 0.12

คาบการแกว่งตามธรรมชาติของอาคาร (T) ถ้าไม่สามารถคำนวณหาคาบการแกว่งตามธรรมชาติของอาคารได้ถูกต้องโดยวิธีอื่น ให้คำนวณตามสูตรดังนี้

นายนราธิป จันทร์ทอง
ธย. 6661

สำหรับอาคาทั่วไปทุกชนิด ให้คำนวณตามสมการ

$$T = \frac{0.09h_n}{\sqrt{D}}$$

โดย

h_n คือ ความสูงของพื้นอาคารชั้นสูงสุดจากระดับพื้นดินมีหน่วยเป็นเมตร

D คือ ความกว้างของโครงสร้างของอาคารในทิศทางขนานกับแรงแผ่นดินไหว มีหน่วยเป็นเมตร

h_n = 22.88 m.

D_X = 72.80 m.

$$T = \frac{0.09(22.88)}{\sqrt{72.80}} = 0.241 \text{ sec.}$$

$$C = \frac{1}{15\sqrt{0.241}} = 0.136 \text{ มากกว่า } 0.12 \text{ ดังนั้น ใช้ } 0.12$$

สรุป C = 0.12

ฉ. การคำนวณค่าแรงเฉือน V

แรงเฉือนที่กระทำทั้งหมดในทางแกน X มีค่าเท่ากับ

$V_x = 0.19 \times 1.0 \times 1.0 \times 0.12 \times 2.5 \times 5,979.61$

$= 340.84$ T

สรุป แรงเฉือนทั้งหมดในแนวแกน X (V_X) = 340.84 ตัน

นายนราธิป จันทร์ทอง
ศย. 6661

ช. กระจายแรงเฉือนไปยังชั้นต่าง ๆ ของอาคาร

คำนวณ Ft = 0 จากการกระจายแรงเฉือนทั้งหมดในแนวราบที่ระดับดินออกเป็นแรงในแนวราบที่กระทำต่อพื้นดิน ออกเป็นแรงในแนวราบที่กระทำต่อพื้นชั้นบนสุดของอาคารด้วยวิธีการคำนวณดังนี้

$$Ft = 0.07\,TV$$

$$Ft = 0.07 \times 0.241 \times 340.84$$

$$= 5.75\ T$$

ดังนั้นจะได้ Ft = 0 เนื่องจากค่า Ft ที่ได้จากสูตรนี้ต้องไม่เกิน 0.25 V และถ้าหาก T มีค่าเท่ากับหรือต่ำกว่า 0.7 วินาที ให้ใช้ค่า Ft เท่ากับ 0

สรุป $F_t = 0$

แรงในแนวราบที่กระทำต่อพื้นชั้นต่างๆ ของอาคาร รวมถึงชั้นบนสุดของอาคารด้วยให้คำนวณ ด้วยสมการดังนี้

$$F_x = \frac{(V - F_t)w_x h_x}{\sum_{i=1}^{n} w_i h_i}$$

โดย F_t คือ แรงในแนวราบที่กระทำต่อพื้นชั้นบนสุดของอาคาร

F_x คือ แรงในแนวราบที่กระทำต่อพื้นชั้นที่ x ของอาคาร

T คือ คาบการแกว่งตามธรรมชาติของอาคาร มีหน่วยเป็นวินาที

V คือ แรงเฉือนทั้งหมดในแนวราบที่ระดับพื้นดิน

w_x , w_t คือ น้ำหนักของพื้นอาคารชั้นที่ x และชั้นที่ i ตามลำดับ

h_x , h_i คือ ความสูงจากระดับพื้นดินถึงพื้นชั้นที่ x และพื้นชั้นที่ i ตามลำดับ

i = 1 สำหรับพื้นชั้นแรกที่อยู่สูงถัดจากพื้นชั้นล่างของอาคาร

นายนราธิป จันทรัพยง

สถ. 6551

x = 1 สำหรับพื้นชั้นแรกที่อยู่สูงถัดจากพื้นชั้นล่างของอาคาร

$\sum_{i=1}^{n} w_i h_i$ คือ ผลรวมของการคูณระหว่างน้ำหนักกับความสูงจากพื้นชั้นที่ 1 ถึงชั้นที่ n

n คือ จำนวนชั้นทั้งหมดของอาคาร

แรงกระทำด้านข้างและแรงเฉือนที่กระทำกับอาคารได้สรุปไว้ในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แรงกระทำด้านข้างและแรงเฉือนในแต่ละชั้น ที่กระทำในแนวแกน X

ระดับชั้น	น้ำหนักอาคารในแต่ละชั้น W_X(T)	ระดับความสูงของชั้น h_X(m)	$W_X h_X$ (T-m)	แรงกระทำด้านข้าง F_X (T)	แรงเฉือน V_X (T)
ดาดฟ้า	671.01 T	22.88	15,352.71	69.47	69.48
8	763.64 T	19.52	14,906.25	67.45	136.93
7	763.64 T	16.76	12,798.61	57.91	194.84
6	763.64 T	14.00	10,690.96	48.37	243.21
5	763.64 T	11.24	8,583.31	38.84	282.05
4	763.64 T	8.48	6,475.67	29.30	311.35
3	763.64 T	5.72	4,368.02	19.76	331.11
2	726.76 T	2.96	2,151.21	9.73	340.84
			$\sum$ **75,326.74**		

นายนราธิป จันทร์ทอง

สย. 6661

รูปที่ 3 การกระจายแรงกระทำด้านข้างอาคารในแนวแกน X

นายนรากิป จันทร์ทอง
ลย. กศส.

3.2 แรงกระทำในแนวแกน Y

การคำนวณแรงจากแผ่นดินไหวจะคำนวณในลักษณะเดียวกับในหัวข้อที่ 3.1 โดยค่าที่แตกต่างคือความกว้างอาคาร ในแนวแกน Y ความกว้างของอาคาร

ก. การคำนวณค่า Z

สรุป Z = 0.19

ข. การคำนวณค่า I

สรุป I = 1.0

ค. การคำนวณค่า K

สรุป K = 1.0

ง. การคำนวณค่า S

สรุป S = 2.5

จ. การคำนวณค่า C

คำนวณค่า C = 0.086 ในทางแกน Y จากสมการสำหรับการคำนวณแรงแผ่นดินไหวที่กระทำต่ออาคารหรือส่วนต่างๆ ของอาคาร ค่าสัมประสิทธิ์ (C) คำนวณได้จากสมการ

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

และคำนวณ T จาก

$$T = \frac{0.09h_n}{\sqrt{D}}$$

นายนรเทิ จันทร์ทอง

ผศ. ดร.

h_n = 22.88 m.

D_Y = 11.90 m.

$$T = \frac{0.09(22.88)}{\sqrt{11.90}} = 0.597 \text{ sec.}$$

$$C = \frac{1}{15\sqrt{0.597}} = 0.086$$

ฉ. การคำนวณค่าแรงเฉือน V

แรงเฉือนที่กระทำทั้งหมดในทางแกน Y มีค่าเท่ากับ

$$V_Y = 0.19 \times 1.0 \times 1.0 \times 0.086 \times 2.5 \times 5,979.61$$
$$= 244.47 \text{ T}$$

สรุป แรงเฉือนทั้งหมดในแนวแกน Y (V_Y) = 244.47 ตัน

ช. กระจายแรงเฉือนไปยังชั้นต่าง ๆ ของอาคาร

คำนวณ Ft = 0 โดยการกระจายแรงเฉือนทั้งหมดในแนวราบที่ระดับดินออกเป็นแรงในแนวราบที่กระทำต่อพื้นดิน ออกเป็นแรงในแนวราบที่กระทำต่อพื้นชั้นบนสุดของอาคาร โดยใช้วิธีการคำนวณดังนี้

$$Ft = 0.07 TV$$
$$Ft = 0.07 \times 0.597 \times 244.47$$
$$= 10.22 \text{ T}$$

นายมาโนช จันทร์ศิลา
สย. 0661

ดังนั้นจะได้ Ft = 0 เนื่องจากค่า Ft ที่ได้จากสูตรนี้ต้องไม่เกิน 0.25 V และถ้าหาก T มีค่าเท่ากับหรือต่ำกว่า 0.7 วินาที ให้ใช้ค่า Ft เท่ากับ 0

สรุป $F_t = 0$

แรงในแนวราบที่กระทำต่อพื้นชั้นต่างๆ ของอาคาร รวมถึงชั้นบนสุดของอาคารด้วยให้คำนวณ ด้วยสมการดังนี้

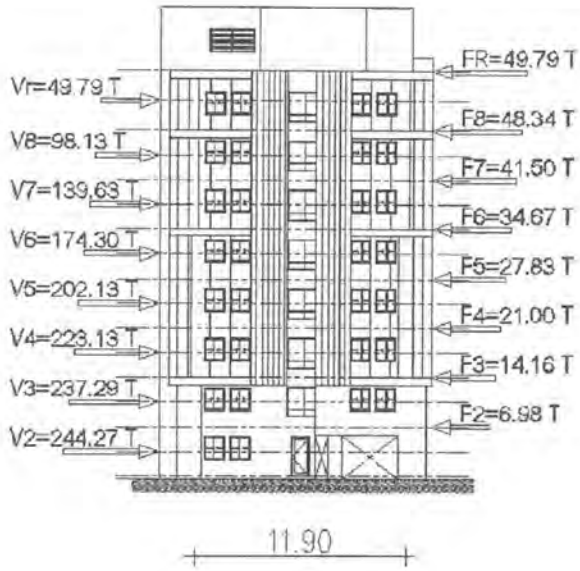
$$F_x = \frac{(V - F_t)w_x h_x}{\sum_{i=1}^{n} w_i h_i}$$

แรงกระทำด้านข้างและแรงเฉือนที่กระทำกับอาคารในแนวแกน Y ได้สรุปไว้ในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แรงกระทำด้านข้างและแรงเฉือนในแต่ละชั้น ที่กระทำในแนวแกน Y

ระดับชั้น	น้ำหนักอาคารในแต่ละชั้น W_X(T)	ระดับความสูงของชั้น h_X(m)	$W_X h_X$ (T-m)	แรงกระทำด้านข้าง F_V (T)	แรงเฉือน V_V(T)
ดาดฟ้า	671.01 T	22.88	15,352.71	49.79	49.79
8	763.64 T	19.52	14,906.25	48.34	98.13
7	763.64 T	16.76	12,798.61	41.57	139.63
6	763.64 T	14.00	10,690.96	34.67	174.30
5	763.64 T	11.24	8,583.31	27.83	202.13
4	763.64 T	8.48	6,475.67	21.00	223.13
3	763.64 T	5.72	4,368.02	14.16	237.29
2	726.76 T	2.96	2,151.21	6.98	244.27
			$\sum$ **75,326.74**		

นายนราธิป จันทร์ทอง
สย. 6661



รูปที่ 4 การกระจายแรงกระทำด้านข้างอาคารในแนวแกน Y

นายนราธิป จันทร์ทอง
สย. 6661

4. ข้อแนะนำในการออกแบบโครงสร้างจากแรงแผ่นดินไหว

หลังจากได้แรงที่กระทำทางด้านข้างของอาคารแล้วให้นำค่าที่ได้ไปออกแบบอาคาร ดังขั้นตอนดังต่อไปนี้

4.1 ตรวจสอบความมั่นคงของอาคาร จากค่าระยะการเคลื่อนตัวสัมพัทธ์ในแต่ละชั้น, ค่าความปลอดภัยต่อการพลิกคว่ำเนื่องจากโมเมนต์ และผลกระทบของโมเมนต์ลำดับที่สอง

4.2 วิเคราะห์หาแรงภายในของโครงสร้างอาคาร จากการรวมน้ำหนักบรรทุกกรณีพิจารณาแรงกระทำด้านข้าง (Combined Load Cases) โดยพิจารณาใช้ค่าสูงสุดของการรวมแรงจากกรณี

U1 = 1.2D + 1.0L +1.0EQY

U2 = 1.2D + 1.0L +1.0EQX

U3 = 0.9D + 1.0EQX

U4 = 0.9D + 1.0EQY

4.3 ออกแบบโครงสร้างจากผลการวิเคราะห์แรงภายในของโครงสร้างอาคาร

4.4 จัดทำรายละเอียดการเสริมเหล็กโครงสร้างต้านทานแรงดัดที่มีความเหนียวจำกัดสำหรับโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กที่กำหนดไว้ใน มยผ. 1301-50 กรมโยธาธิการและผังเมือง ดังรายละเอียดในภาคผนวก ก.

นายมราธิป จันทร์ทอง
ตึก 6661

ภาคผนวก ก.

รายละเอียดการเสริมเหล็กโครงสร้างต้านแรงดัด
ที่มีความเหนียวจำกัดสำหรับโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก

นายนราธิป จันทร์ทอง
สย. 6661

ส่วนที่ 4 รายละเอียดการเสริมเหล็กโครงต้านแรงดัดที่มีความเหนียวจำกัดสำหรับโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก

4.1 คานและเสา คานในมาตรฐานนี้หมายความถึง องค์อาคารของโครงต้านแรงดัดที่มีแรงตามแนวแกนปรับค่า (Factored Axial Load) ไม่มากกว่า $0.10 A_g f_c'$ และเสาในมาตรฐานนี้หมายถึงองค์อาคารของโครงต้านแรงดัดที่มีแรงตามแนวแกนปรับค่ามากกว่าค่าดังกล่าว

4.2 กำลังต้านแรงเฉือน กำลังต้านแรงเฉือนที่ใช้ออกแบบ คาน เสา และแผ่นพื้นลองทางแบบไร้คาน สำหรับต้านแรงสั่นสะเทือนจากแผ่นดินไหวจะต้องไม่น้อยกว่าค่าแรงเฉือนในข้อ 4.2.1 หรือข้อ 4.2.2

4.2.1 แรงเฉือนที่เกิดขึ้นเมื่อแรงดัดที่ปลายขององค์อาคารทั้งสองถึงค่าโมเมนต์กำลังระบุรวมกับแรงเฉือนจากน้ำหนักบรรทุกเนื่องจากแรงโน้มถ่วง (ถ้ามี) (รูปที่ 3)

4.2.2 แรงเฉือนสูงสุดที่ได้จากการรวมน้ำหนักบรรทุกออกแบบ (Design Load Combinations) ที่พิจารณาแรงเนื่องจากแผ่นดินไหวเป็น 2 เท่าของแรงที่กำหนดในกฎหมายควบคุมอาคารว่าด้วยการก่อสร้างอาคารในเขตที่อาจได้รับแรงสั่นสะเทือนจากแผ่นดินไหว

4.3 การเสริมเหล็กในคาน ข้อกำหนดการเสริมเหล็กในคานของโครงต้านแรงดัดมีรายละเอียดดังนี้ (รูปที่ 4)

4.3.1 กำลังต้านโมเมนต์บวกที่ขอบของข้อต่อจะต้องไม่น้อยกว่าหนึ่งในสามของกำลังต้านโมเมนต์ลบที่ขอบของข้อต่อเดียวกัน นอกจากนี้กำลังต้านโมเมนต์บวกและโมเมนต์ลบที่หน้าตัดใดๆ ตลอดความยาวคานจะต้องไม่น้อยกว่าหนึ่งในห้าของกำลังต้านโมเมนต์สูงสุดที่ขอบของข้อต่อที่ปลายทั้งสองของคาน

4.3.2 ภายในบริเวณปลายคานที่ห่างจากขอบของจุดรองรับเป็นระยะ 2 เท่าของความลึกคานจะต้องเสริมเหล็กปลอกที่มีระยะเรียงของเหล็กปลอกไม่มากกว่าค่าดังต่อไปนี้

(1) 1 ใน 4 ของความลึกประสิทธิผล
(2) 8 เท่าของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็กเสริมตามยาวที่มีขนาดเล็กสุด
(3) 24 เท่าของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็กปลอก
(4) 300 มิลลิเมตร

และเหล็กปลอกแรกจะอยู่ห่างจากขอบของจุดรองรับเป็นระยะไม่มากกว่า 50 มิลลิเมตร

4.3.3 ระยะเรียงของเหล็กปลอกในบริเวณอื่นที่นอกเหนือจากข้อ 4.3.2 จะต้องไม่มากกว่าครึ่งหนึ่งของความลึกประสิทธิผล

4.3.4 ควรหลีกเลี่ยงการทาบเหล็กเสริมตามยาวทั้งบนและล่างภายในระยะ 2 เท่าของความลึกคาน เมื่อวัดจากขอบของจุดรองรับ

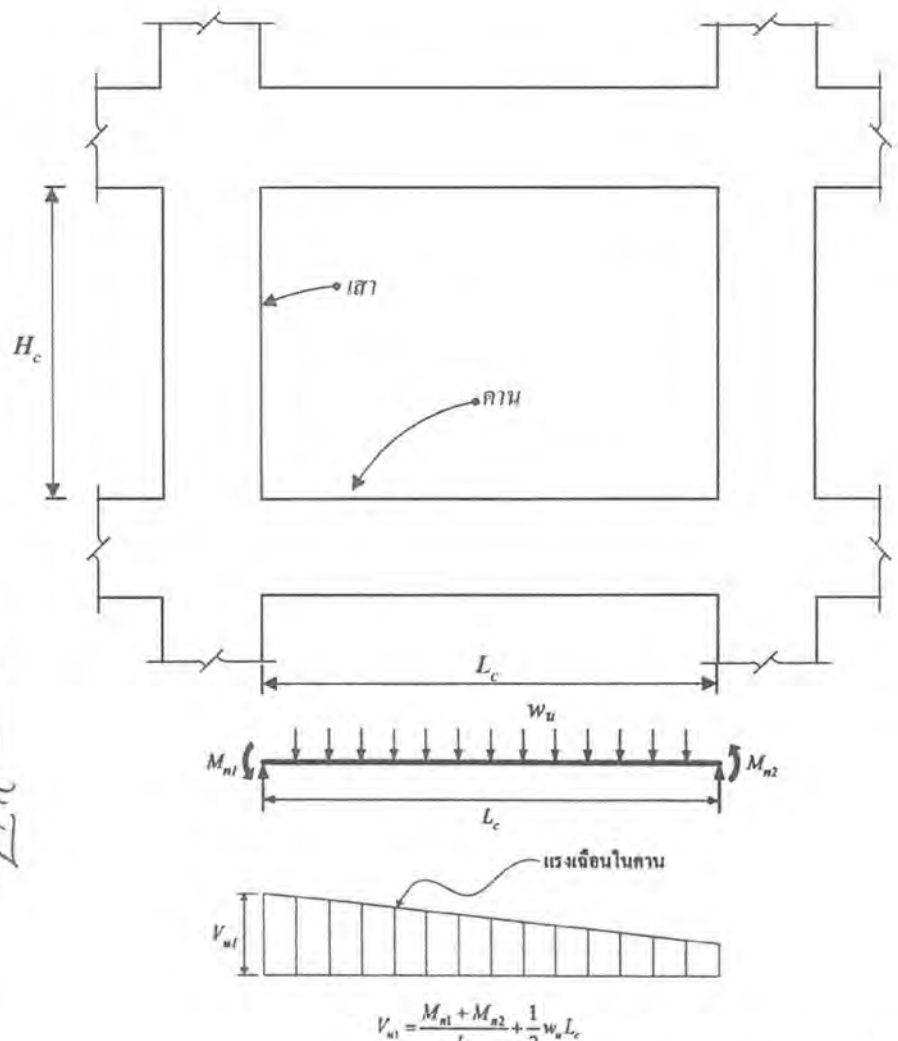
4.4 การเสริมเหล็กในเสา ข้อกำหนดการเสริมเหล็กในเสาของโครงต้านแรงดัดมีรายละเอียดดังนี้ (รูปที่ 5)

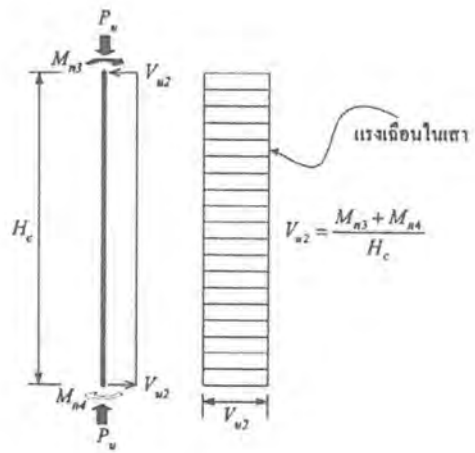
4.4.1 ในกรณีเหล็กปลอกเดี่ยว จะต้องเสริมเหล็กปลอกเดี่ยวที่มีระยะไม่มากกว่าระยะ s_0 ตลอดความยาว l_0 ที่วัดจากขอบของข้อต่อเสา โดยที่ระยะ s_0 จะต้องไม่มากกว่าระยะดังต่อไปนี้

(1) 8 เท่าของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็กเสริมตามยาวที่มีขนาดเล็กสุด
(2) 24 เท่าของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็กปลอก
(3) ครึ่งหนึ่งของมิติที่เล็กที่สุดของหน้าตัดเสา
(4) 300 มิลลิเมตร

และเหล็กปลอกแรกจะต้องอยู่ห่างจากขอบของข้อต่อเป็นระยะไม่มากกว่า $0.5 s_0$

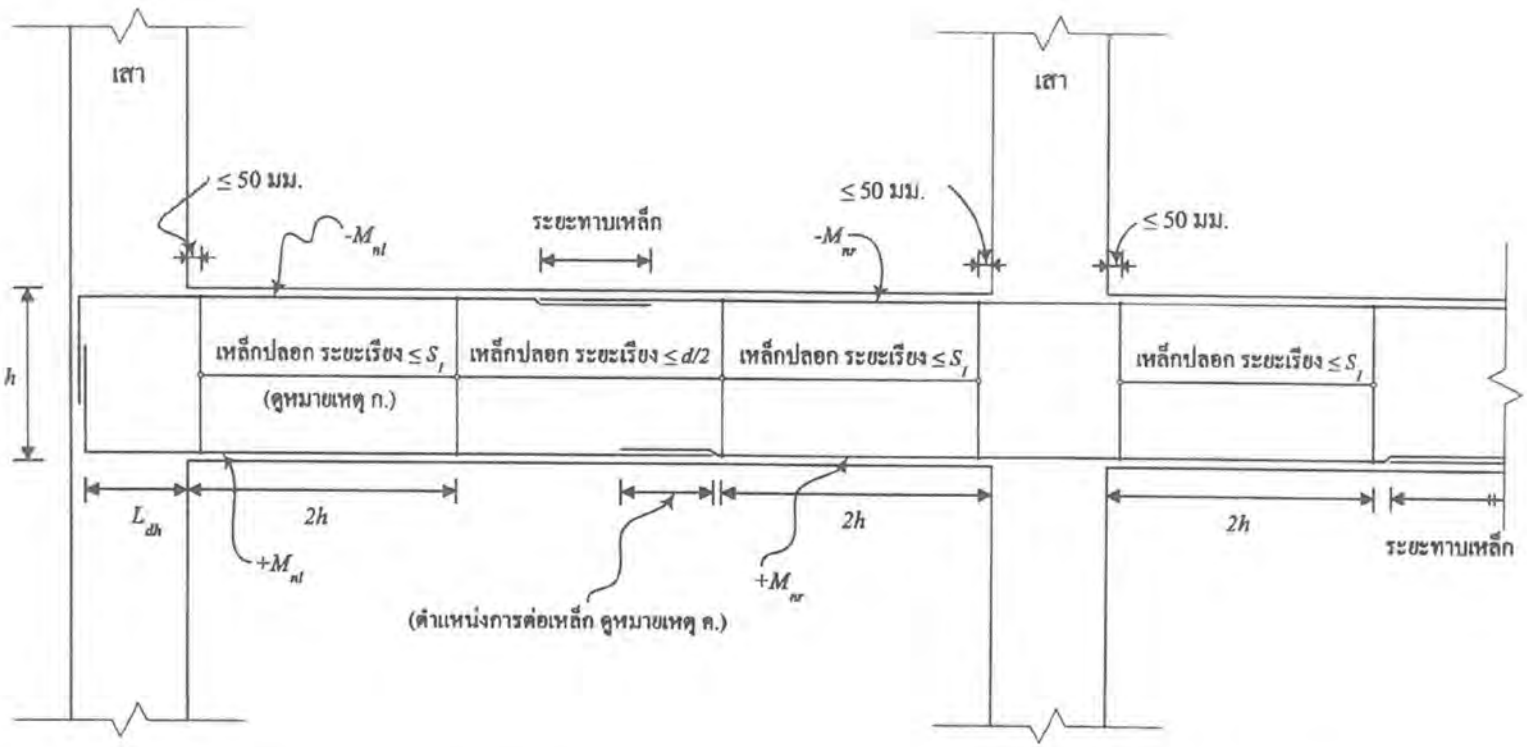
นายเรวัฒ จันทร์ทอง
สย. ๖๓๕๑





หมายเหตุ น้ำหนักบรรทุกปรับค่า w_u และ P_u ให้คำนวณจากชุดน้ำหนักบรรทุกรวมระหว่างน้ำหนักบรรทุกคงที่ น้ำหนักบรรทุกจร และแรงสั่นสะเทือนเนื่องจากแผ่นดินไหว

รูปที่ 3 ตัวอย่างการคำนวณกำลังต้านแรงเฉือนตามข้อ 4.2.1



หมายเหตุ

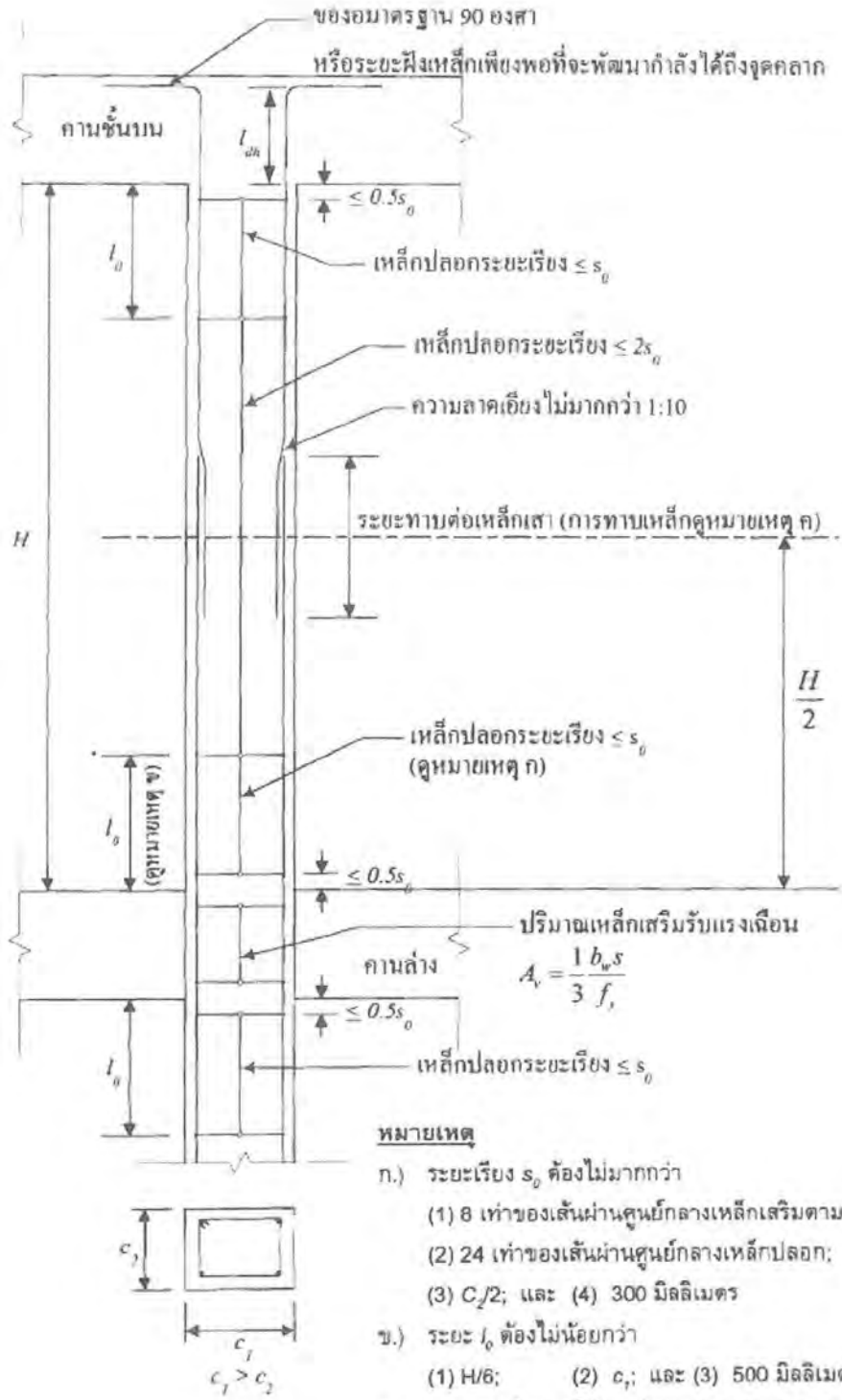
ก.) ระยะเรียง S_1 ต้องไม่มากกว่า (1) 1 ใน 4 ของความลึกประสิทธิผล; (2) 8 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางเหล็กเสริมตามความยาวที่มีขนาดเล็กสุด; (3) 24 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางเหล็กปลอก; และ (4) 300 มิลลิเมตร

ข.) โมเมนต์ดัดระบุ (1) $+M_{nl} \geq (1/3)(-M_{nl})$; (2) $+M_{nr} \geq (1/3)(-M_{nr})$; และ (3) $+M_n$ และ $-M_n$ ที่หน้าตัดใดๆ $\geq (1/5)$ ของค่าสูงสุดระหว่าง $-M_{nl}$ และ $-M_{nr}$

ค.) ไม่ทาบเหล็กเสริมทั้งบนและล่างภายในระยะ 2h จากขอบของที่รองรับ

ง.) L_{dh} = ระยะฝังเหล็ก (Development length)

รูปที่ 4 รายละเอียดการเสริมเหล็กในคาน



หมายเหตุ

ก.) ระยะเรียง s_0 ต้องไม่มากกว่า

(1) 8 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางเหล็กเสริมตามยาวที่มีขนาดเล็กสุด;

(2) 24 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางเหล็กปลอก;

(3) $C_2/2$; และ (4) 300 มิลลิเมตร

ข.) ระยะ l_0 ต้องไม่น้อยกว่า

(1) H/6; (2) c_1; และ (3) 500 มิลลิเมตร

ค.) การต่อเหล็กเสา ให้ต่อบริเวณช่วงกลางความสูงเสา

ง.) l_{dh} = ระยะฝังเหล็ก (Development length)

จ.) อัตราส่วนพื้นที่หน้าตัด A_s/A_g ของเสา ต้องไม่น้อยกว่า

รูปที่ 5 รายละเอียดการเสริมเหล็กในเสา

นายนราธิป จันทร์ทอง
สย. 6661

4.4.2 สำหรับความยาว l_0 ในข้อ 4.4.1 จะต้องไม่น้อยกว่าความยาวดังนี้

(1) 1 ใน 6 ของความสูงจากขอบถึงขอบของเสา

(2) มิติที่มากที่สุดของหน้าตัดเสา

(3) 500 มิลลิเมตร

4.4.3 ในกรณีเหล็กปลอกเกลียว การเสริมเหล็กให้เป็นไปตามข้อกำหนดสำหรับการเสริมเหล็กองค์อาคารรับแรงอัดในมาตรฐานสำหรับอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กโดยวิธีกำลังของสมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย

4.4.4 ยกเว้นข้อต่อระหว่างเสาและคานที่ไม่ได้เป็นส่วนหลักของระบบรับแรงแผ่นดินไหวและมีการยึดโคนเสาทั้ง 4 ด้านด้วยแผ่นพื้นหรือคานที่มีความลึกเท่ากันโดยประมาณ ข้อต่อต้องมีการเสริมเหล็กปลอกเป็นปริมาณไม่น้อยกว่า

$$A_v = \frac{1}{3}\frac{b_w s}{f_y} \qquad (4.4.4)$$

(หรือไม่น้อยกว่า $A_v = 3.5\frac{b_w s}{f_y}$ สำหรับหน่วยเมตริก)

โดยที่เหล็กเสริมนี้จะต้องเสริมภายในเสาเป็นความลึกไม่น้อยกว่าความลึกของคานที่ลึกที่สุดที่ข้อต่อนั้น

4.4.5 ระยะเรียงของเหล็กปลอกเดี่ยวในส่วนที่นอกเหนือจากข้อ 4.4.1 จะต้องไม่มากกว่า 2 เท่าของระยะ s_0

4.4.6 พื้นที่หน้าตัดเหล็กเสริมตามยาวของเสาต้องไม่น้อยกว่า 0.01 และไม่มากกว่า 0.06 ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด

4.4.7 การต่อเหล็กเสริมในเสาให้ต่อบริเวณช่วงกลางความสูงเสา

4.5 การออกแบบข้อต่อระหว่างคานและเสา

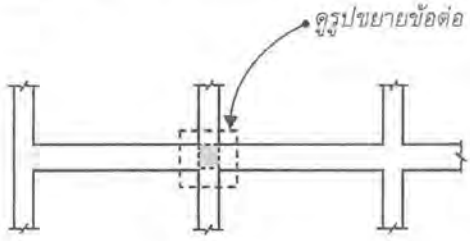
ข้อต่อระหว่างคานและเสาต้องมีขนาดใหญ่เพียงพอเพื่อมิให้แรงภายในข้อต่อมีค่าเกินกว่ากำลังของข้อต่อ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

4.5.1 แรงเฉือนในแนวนอนสูงสุดที่กระทำต่อข้อต่อ (V_j) จะต้องไม่มากกว่ากำลังต้านทานแรงเฉือนออกแบบ (ϕV_n) หรือ

$$V_j \le \phi V_n \qquad (4.5.1)$$

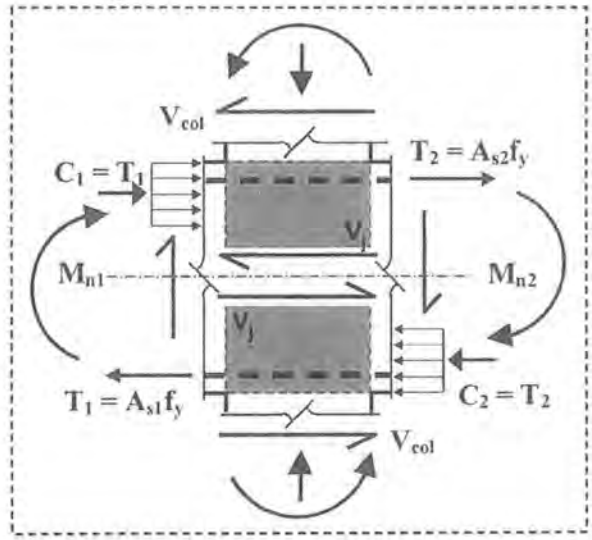
โดยที่ตัวคูณลดกำลังของข้อต่อ (ϕ) ให้ใช้เท่ากับ 0.85

4.5.2 แรงเฉือนในแนวนอนสูงสุดที่กระทำต่อข้อต่อเป็นแรงเฉือนที่เกิดขึ้นเมื่อหน้าตัดคานที่ปลายคานทั้งสองด้านของข้อต่อมีกำลังต้านทานโมเมนต์ดัดระบุในทิศทางเดียวกันดังแสดงในรูปที่ 6



(ก) โครงต้านแรงดัด

$$\begin{aligned} V_j &= C_1 + T_2 - V_{col} \\ &= T_1 + T_2 - V_{col} \\ &= (A_{s1}f_y + A_{s2}f_y) - V_{col} \end{aligned}$$



(ข) รูปขยายข้อต่อ

รูปที่ 6 การคำนวณแรงเฉือนในแนวนอนสูงสุดที่กระทำต่อข้อต่อ

สย. 6661

4.5.3 กำลังต้านแรงเฉือนระบุ (V_n) ของข้อต่อมีค่าดังต่อไปนี้

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

$$V_n = 1.7\sqrt{f_c'}A_j \qquad (4.5.3\text{-ก})$$

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

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

$$V_n = 1.25\sqrt{f_c'}A_j \qquad (4.5.3\text{-ข})$$

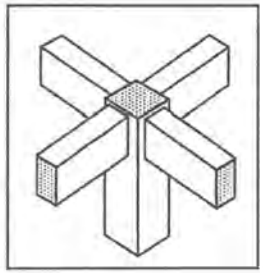
($V_n = 3.9\sqrt{f_c'}A_j$ ในหน่วยเมตริก)

(3) ข้อต่ออื่นๆ [(รูปที่ 7 (ค))]

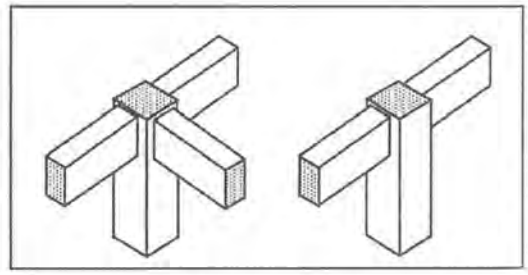
$$V_n = 1.0\sqrt{f_c'}A_j \qquad (4.5.3\text{-ค})$$

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

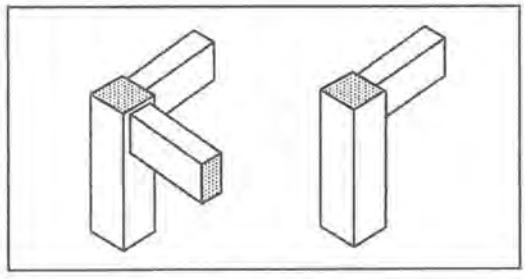
โดยที่ A_j เป็นพื้นที่ต้านแรงเฉือนในแนวนอนประสิทธิผลของข้อต่อ ดังแสดงในรูปที่ 8 และจะถือว่าข้อต่อได้รับการยึดรัดจากคานก็ต่อเมื่อคานที่เข้ามายึดรัดนั้นมีความกว้างไม่น้อยกว่าสามในสี่ของความกว้างเสาด้านที่คานเข้ามาบรรจบ และมีความลึกไม่น้อยกว่าสามในสี่ของความลึกคานตัวที่ลึกที่สุดที่เข้ามาบรรจบกันที่ข้อต่อ



(ก) ข้อต่อที่ได้รับการยึดรัดจากคานทั้ง 4 ด้าน



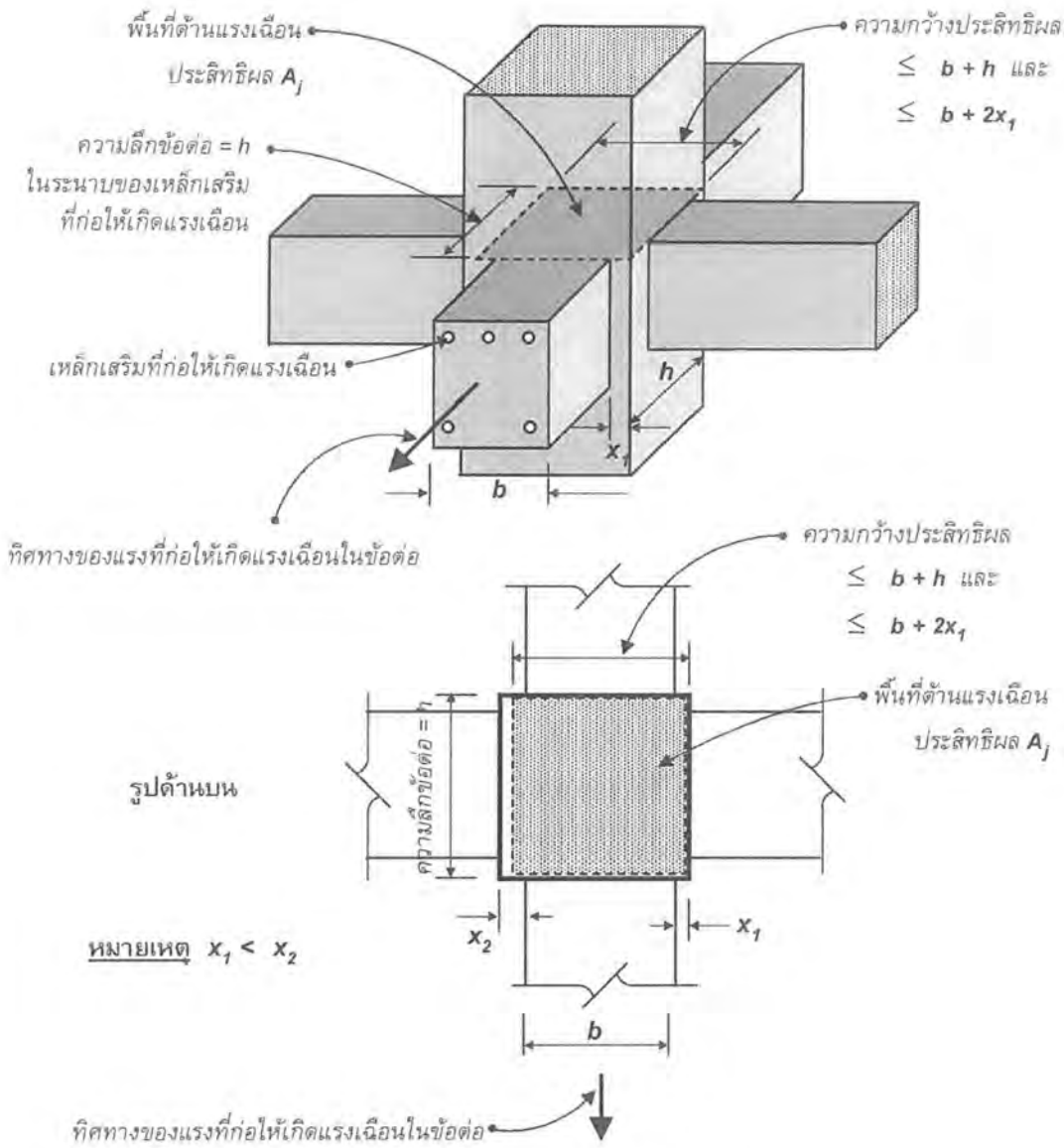
(ข) ข้อต่อที่ได้รับการยึดรัดจากคาน 3 ด้าน หรือคาน 2 ด้านที่อยู่ตรงข้ามกัน



(ค) ข้อต่ออื่นๆ

รูปที่ 7 ประเภทข้อต่อต่าง ๆ สำหรับการคำนวณกำลังต้านแรงเฉือนระบุ (V_n)

นายนราธิป จันทร์ทอง
ศย. 6661



รูปที่ 8 พื้นที่ด้านแรงเฉือนประสิทธิผลของข้อต่อระหว่างคานและเสา

4.6 การเสริมเหล็กในแผ่นพื้นสองทางคอนกรีตเสริมเหล็กแบบไร้คาน

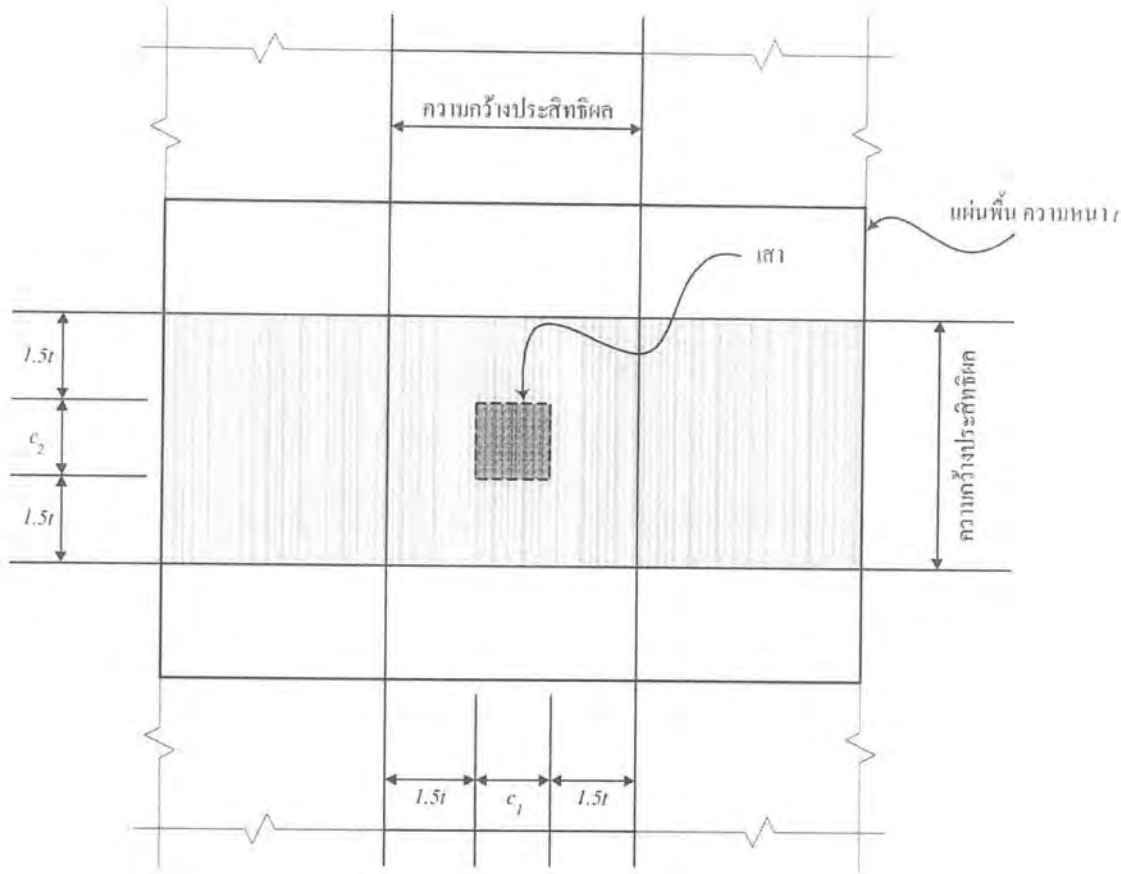
การเสริมเหล็กในแผ่นพื้นสองทางคอนกรีตเสริมเหล็กแบบไร้คานที่พิจารณาว่าเป็นส่วนของโครงด้านแรงดัดรับแรงสั่นสะเทือนจากแผ่นดินไหว ให้เสริมเหล็กตามรายละเอียดดังนี้ (รูปที่ 9)

4.6.1 ปริมาณเหล็กเสริมที่คำนวณได้สำหรับรับส่วนของโมเมนต์ดัดในแผ่นพื้นที่ถ่ายให้จุดรองรับ (M_s) จะต้องวางอยู่ในแถบเสาทั้งหมด

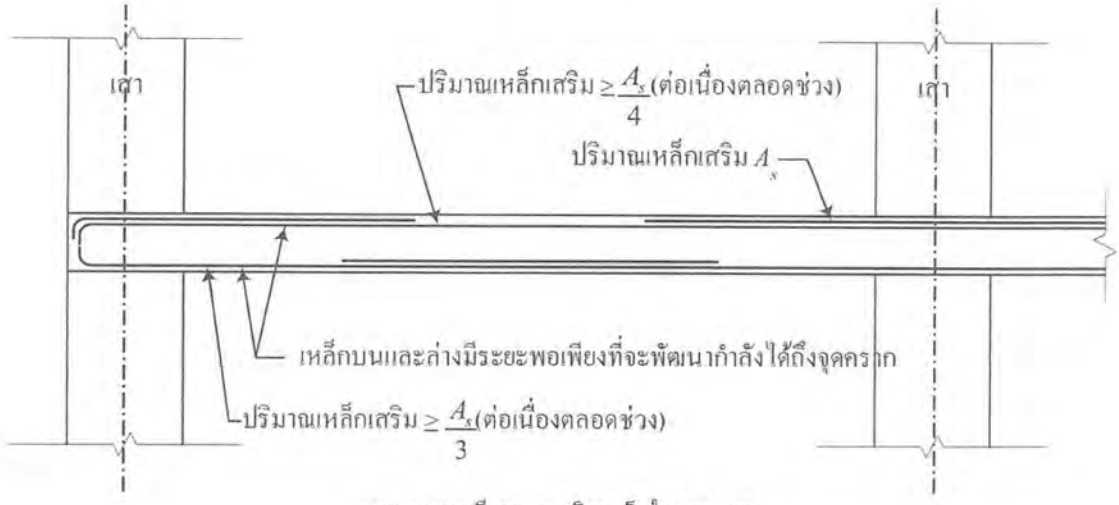
4.6.2 ปริมาณเหล็กเสริมสำหรับต้านทานสัดส่วนโมเมนต์ $\gamma_f M_s$ จะต้องอยู่ภายในความกว้างประสิทธิผล

4.6.3 ปริมาณเหล็กเสริมไม่น้อยกว่าครึ่งหนึ่งของเหล็กเสริมในแถบเสาบริเวณจุดรองรับจะต้องวางอยู่ภายในความกว้างประสิทธิผลของแผ่นพื้น

นายนราธิป จันทร์พยง
ลย. 6661



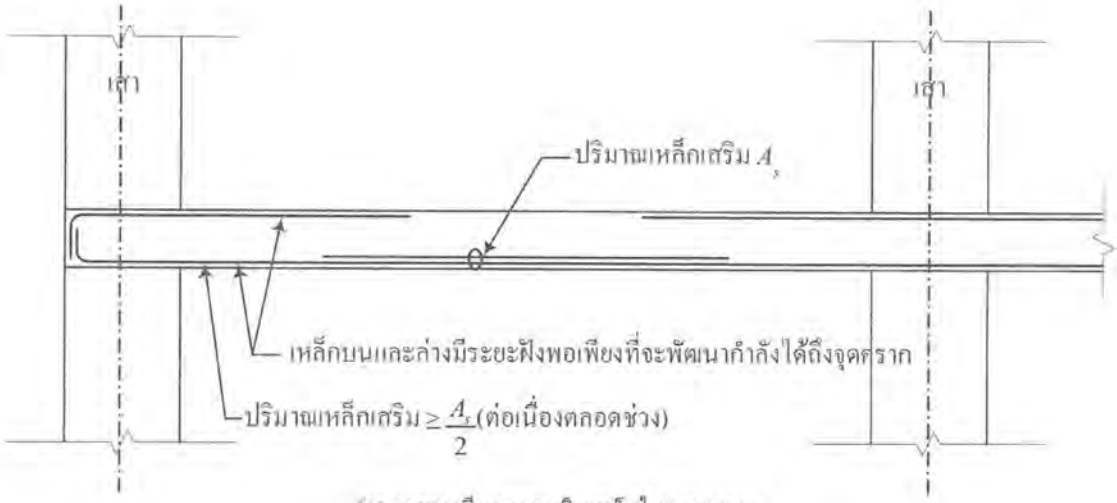
(ก) แสดงความกว้างประสิทธิผล



(ข) รายละเอียดการเสริมเหล็กในแถบเสา

รูปที่ 9 รายละเอียดการเสริมเหล็กในแผ่นพื้นสองทางไร้คาน

นายนราธิป จันทร์ทอง
สย. 6661



(ค) รายละเอียดการเสริมเหล็กในแถบกลาง

รูปที่ 9 รายละเอียดการเสริมเหล็กในแผ่นพื้นสองทางไร้คาน (ต่อ)

4.6.4 ปริมาณเหล็กเสริมไม่น้อยกว่า 1 ใน 4 ของเหล็กเสริมบนในแถบเสาบริเวณจุดรองรับจะต้องต่อเนื่องตลอดความยาวช่วง และจะต้องมีเหล็กเสริมบนไม่น้อยกว่า 2 เส้นวางผ่านแนวเสาในแต่ละทิศทาง

4.6.5 เหล็กเสริมล่างในแถบเสาที่มีความต่อเนื่องจะต้องมีปริมาณไม่น้อยกว่าหนึ่งในสามของเหล็กเสริมบนในแถบเสาบริเวณจุดรองรับ

4.6.6 ปริมาณเหล็กเสริมไม่น้อยกว่าครึ่งหนึ่งของเหล็กเสริมล่างที่กึ่งกลางช่วงจะต้องต่อเนื่องและสามารถพัฒนาให้เกิดกำลังครากที่ขอบของจุดรองรับได้

4.6.7 ที่ขอบของแผ่นพื้นที่ไม่ต่อเนื่อง เหล็กเสริมบนและล่างที่จุดรองรับจะต้องสามารถพัฒนากำลังครากที่ขอบของจุดรองรับได้

4.7 แรงเฉือนทะลุในแผ่นพื้นสองทางแบบไร้คาน

4.7.1 การคำนวณแรงเฉือนเจาะทะลุบนหน้าตัดวิกฤติรอบเสาซึ่งเกิดจากการกระทำร่วมกันของแรงเฉือนโดยตรง และโมเมนต์ไม่สมดุลให้ใช้วิธีการตามมาตรฐานสำหรับอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กโดยวิธีกำลังของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย และแรงเฉือนปรับค่าที่เกิดขึ้นจะต้องมีค่าไม่เกินกว่าค่าที่กำหนดในมาตรฐานดังกล่าว

4.7.2 แรงเฉือนบนหน้าตัดวิกฤตรอบเสาที่เกิดจากน้ำหนักแนวดิ่งซึ่งมีขนาดเท่ากับ 1.2 D+1.0 L จะต้องไม่เกิน $0.4\phi V_c$ โดยตัวคูณน้ำหนักบรรทุกในส่วนของหน่วยน้ำหนักบรรทุกจร (L) สามารถลดจาก 1.0 เป็น 0.5 ได้ ยกเว้นกรณีเป็นที่จอดรถ พื้นที่ที่เป็นส่วนของการชุมนุมคน และทุกพื้นที่ที่มีหน่วยน้ำหนักจรเกินกว่า 4.9 กิโลนิวตันต่อตารางเมตร (500 กิโลกรัมแรงต่อตารางเมตร) ตัวคูณลดกำลัง ϕ ในที่นี้ให้ใช้เท่ากับ 0.75 และ V_c ให้คำนวณดังต่อไปนี้

4.7.2.1 สำหรับแผ่นพื้นไร้คานคอนกรีตเสริมเหล็ก V_c ให้ใช้ค่าที่น้อยที่สุดของค่าต่อไปนี้

(ก) $$V_c = \left[1+\frac{2}{\beta_c}\right]\frac{\sqrt{f_c'}b_o d}{6} \qquad (4.7.2.1\text{-ก})$$

(หรือ $V_c = 0.27\left[2+\frac{4}{\beta_c}\right]\sqrt{f_c'}b_o d$ ในหน่วยเมตริก)

นายเรวัติ จันทร์ภิรมย์
ลย. 6661

(ข) $$V_c = \left[\frac{\alpha_s d}{b_0}+2\right]\frac{\sqrt{f_c'}b_0 d}{12} \qquad (4.7.2.1\text{-ข})$$

(หรือ $V_c = 0.27\left[\frac{\alpha_s d}{b_0}+2\right]\sqrt{f_c'}b_0 d$ ในหน่วยเมตริก)

โดยที่ α_s ให้ใช้เท่ากับ 40 สำหรับเสาภายใน 30 สำหรับเสาขอบ และ 20 สำหรับเสามุม

(ค) $$V_c = \frac{1}{3}\sqrt{f_c'}b_0 d \qquad (4.7.2.1\text{-ค})$$

(หรือ $V_c = 1.06\sqrt{f_c'}b_0 d$ ในหน่วยเมตริก)

4.7.2.2 สำหรับแผ่นพื้นไร้คานคอนกรีตอัดแรง V_c ให้ใช้ค่าดังต่อไปนี้

$$V_c = (\beta_p\sqrt{f_c'}+0.3f_{pc})b_0 d + V_p \qquad (4.7.2.2)$$

(หรือ $V_c = (0.27\beta_p\sqrt{f_c'}+0.3f_{pc})b_0 d + V_p$ ในหน่วยเมตริก)

โดยที่ β_p เป็นค่าที่น้อยกว่าระหว่าง 0.29 และ $(\alpha_s d/b_0+1.5)/12$ [หรือค่าที่น้อยกว่าระหว่าง 3.5 หรือ $(\alpha_s d/b_0+1.5)$ ในหน่วยเมตริก] และ α_s ให้ใช้เท่ากับ 40 สำหรับเสาภายใน เท่ากับ 30 สำหรับเสาขอบ และเท่ากับ 20 สำหรับเสามุม

4.7.3 ข้อกำหนดในข้อ 4.7.2 ไม่จำเป็นต้องนำมาพิจารณาหากหน่วยแรงเฉือนปรับค่าแบบสองทาง (Factored Two-Way Shear Stress) ณ ตำแหน่งที่ให้ค่าสูงสุดมีค่าไม่เกินครึ่งหนึ่งของหน่วยแรงเฉือน ϕv_n โดยหน่วยแรงเฉือนปรับค่าดังกล่าวเป็นส่วนของหน่วยแรงเฉือนที่เกิดจากแรงแผ่นดินไหวและส่งถ่ายโดยการเยื้องศูนย์ของแรงเฉือน (Eccentricity of Shear) และ ϕv_n ให้คำนวณดังต่อไปนี้

(ก) สำหรับองค์อาคารที่ไม่เสริมเหล็กรับแรงเฉือน

$$\phi v_n = \phi V_c/(b_0 d)$$

(ข) สำหรับองค์อาคารที่เสริมเหล็กรับแรงเฉือนนอกเหนือจากเหล็กหมวกรับแรงเฉือน (Shearhead)

$$\phi v_n = \phi(V_c + V_s)/(b_0 d)$$

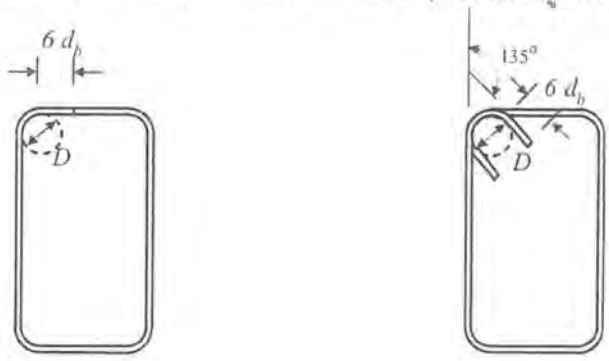
4.8 เพื่อป้องกันการวิบัติอย่างต่อเนื่อง (Progressive Collapse) จุดรองรับภายในจะต้องมีเหล็กเสริมล่างวางผ่านหรือฝังเข้าไปในแกนเสาในแต่ละทิศทางเป็นปริมาณไม่น้อยกว่า

$$A_{sm} = \frac{0.5 w_u L_1 L_2}{0.9 f_y} \qquad (4.8)$$

โดยที่ w_u เป็นน้ำหนักบรรทุกปรับค่ากระจายอย่างสม่ำเสมอ แต่ทั้งนี้จะต้องไม่น้อยกว่า 2 เท่าของน้ำหนักบรรทุกคงที่ใช้งาน (Service Dead Load) สำหรับจุดรองรับที่ขอบและที่มุม เหล็กเสริมล่างที่จัดวางผ่านหรือฝังเข้าไปในแกนเสาจะต้องมีปริมาณไม่น้อยกว่าสองในสามและหนึ่งในสองของปริมาณที่กำหนดไว้ในสมการข้างต้นตามลำดับ โดยที่เหล็กเสริมดังกล่าวจะต้องวางผ่านหรือฝังเข้าไปในเสา ทั้งนี้เหล็กเสริมในข้อ 4.6.5 สามารถนำมาใช้เป็นส่วนหนึ่งของพื้นที่หน้าตัดเหล็กเสริม A_{sm} ได้

นายเสาธิป จันทร์ทอง
สย. 6661

4.9 ของอสำหรับโครงสร้างรับแรงสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว ของอของเหล็กปลอกลูกตั้ง (Stirrup) และเหล็กปลอกรัดรอบ (Hoop) โดยทั่วไปอาจดัดเป็นมุม 90 องศา และมีส่วนปลายยื่นต่อไปอีกไม่น้อยกว่า 6 เท่าของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็กปลอก (รูปที่ 10) สำหรับอาคารสาธารณะ เช่น โรงมหรสพ หอประชุม โรงแรม โรงพยาบาล สถานศึกษา เป็นต้น ของอดังกล่าวควรมีการดัดเป็นมุม 135 องศา หรือในกรณีที่ทำเป็นของอ 90 องศา ควรยึดด้วยคลิปของอ (Hook -Clip) เพื่อรัดขาของอ 90 องศา ในบริเวณใกล้ข้อต่อ (ระยะ 2h ในรูปที่ 4 หรือ l_0 ในรูปที่ 5)



(ก) ของอ 90 องศา
(สำหรับอาคารทั่วไป)

(ข) ของอ 135 องศา
(สำหรับอาคารสาธารณะ)

รูปที่ 10 รายละเอียดของอสำหรับโครงสร้างรับแรงสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว

บรรณานุกรม

1. Building Code Requirements for Structural Concrete, ACI 318M-99, American Concrete Institute, Michigan, 1999.
2. Lukkunaprasit, Panitan, *"Basic Concepts in Earthquake Resistant Design"*, International Seminar on Earthquake Resistant Design of Structures, Chiangmai, 1998.
3. Lukkunaprasit, P., and Sittipunt, C. *"Ductility Enhancement of Moderately Confined Concrete Tied Columns with Hook-Clips"*. ACI Structural Journal, 100(4), 422-429, 2003.
4. Uniform Building Code, 1991ed. International Conference of Building Officials, Whitter, California, 1991.
5. Uniform Building Code, 1997ed. International Conference of Building Officials, Whitter, California, 1997.
6. กฎกระทรวงฉบับที่ 6 (พ.ศ. 2540) ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522
7. กฎกระทรวงฉบับที่ 49 (พ.ศ. 2540) ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522
8. วิโรจน์ บุญญภิญโญ *"การเลือกรูปทรงของอาคารสำหรับการออกแบบต้านทานแรงแผ่นดินไหว"* สัมมนาการออกแบบอาคารต้านทานแรงแผ่นดินไหว ครั้งที่ 4, วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย พ.ศ. 2544
9. สมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ มาตรฐานสำหรับอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กโดยวิธีกำลัง พิมพ์ครั้งที่ 4 พ.ศ. 2545
10. สุวิทย์ โคสุวรรณ แผนที่รอยเลื่อนมีพลังในประเทศไทย กรมทรัพยากรธรณี พ.ศ. 2549

นายนราธิป จันทร์ทอง
ลย. 6661