

การคำนวณแรงเฉือนที่กระทำต่ออาคาร

อนุชิต เจริญศุกกุล

การไหวตัวของดินที่อาคารตั้งอยู่ จะทำให้เกิดแรงกระทำในแนวราบต่ออาคาร ขนาดของแรงขึ้นอยู่กับมวล (น้ำหนัก) ทั้งหมดของอาคาร และความเร่งของอาคารที่เกิดจากการเคลื่อนที่ ($F = ma$)

กฎกระทรวงให้คำนวณแรงเฉือนทั้งหมดในแนวราบที่ระดับพื้นดินจากสมการ

$$V = ZIKCSW$$

โดยที่

V = แรงเฉือนทั้งหมดในแนวราบที่กระทำต่ออาคาร

Z = สัมประสิทธิ์ของความเข้มของแผ่นดินไหว

บริเวณที่ 1 $Z = 0.19$ หรือมากกว่า

บริเวณที่ $2 Z = 0.38$ หรือมากกว่า

$I =$ ตัวคูณเกี่ยวกับการใช้งานของอาคาร

อาคารที่จำเป็นต่อความเป็นอยู่ของสาธารณชนตามข้อ 3 ของกฎกระทรวง $I = 1.50$

อาคารที่ชุมนุมคนครั้งหนึ่งๆ ได้มากกว่าสามร้อยคน $I = 1.25$

อาคารอื่นๆ $I = 1.00$

$K =$ สัมประสิทธิ์ของโครงสร้างอาคารที่รับแรงในแนวราบ

1. โครงสร้างมีกำแพงรับแรงเฉือน (shear wall) หรือ โครงแกงแนง $K = 1.33$

(braced frame) ต้านแรงทั้งหมดในแนวราบ

2. โครงสร้างมีโครงสร้างต้านแรงดัดที่มีความเหนียว (ductile $K = 0.67$

Moment-resisting frame) ต้านแรงทั้งหมดในแนวราบ

3. โครงสร้างที่มีกำแพงรับแรงเฉือนหรือ โครงแกงแนงเมื่อแยกเป็นอิสระ $K = 0.80$

สามารถรับแรงเฉือนได้ 100% และ โครงต้านแรงดัดที่มีความเหนียว

รับแรงเฉือนได้มากกว่า 25%

4. โครงสร้างอื่นๆ $K = 1.00$

5. หอดังน้ำที่รองรับด้วยเสาไม่น้อยกว่า 4 ต้น $K = 2.50$

$C =$ สัมประสิทธิ์ที่มีค่าขึ้นอยู่กับคาบการแกว่งธรรมชาติของอาคาร

(natural vibration of building)

{mosimage}

$T =$ คาบการแกว่งธรรมชาติของอาคาร (วินาที)

{mosimage}

สำหรับอาคารที่มีโครงต้านแรงอัดที่มีความเหนียว

$T = 0.10 N$

โดยที่

$h_n =$ ความสูงของพื้นอาคารชั้นสูงสุดวัดจากระดับพื้นดิน (เมตร)

$D =$ ความกว้างของอาคารในทิศทางขนานกับแรง (เมตร)

N = จำนวนชั้นของอาคารเหนือพื้นดิน

หมายเหตุ : ในกรณีของหอดังน้ำ ผลคูณของค่า K กับค่า C ต้องไม่น้อยกว่า 0.12 และไม่มากกว่า 0.25

S = สัมประสิทธิ์ของการประสานความถี่ธรรมชาติ (resonance) ระหว่างอาคารและชั้นดินที่ตั้งอาคาร

ลักษณะของชั้นดินที่เป็นหิน $S = 1.00$

ลักษณะของชั้นดินที่เป็นดินแข็ง $S = 1.20$

ลักษณะของชั้นดินที่เป็นดินอ่อน $S = 1.50$

ลักษณะของชั้นดินที่เป็นดินอ่อนมาก $S = 2.50$

สำหรับดินแข็งและดินอ่อน $CS \leq 0.14$

สำหรับดินอ่อนมาก $CS \leq 0.26$

W = น้ำหนักบรรทุกคงที่สำหรับอาคารทั่วไป หรือ

น้ำหนักบรรทุกคงที่ +25% ของน้ำหนักบรรทุกจรสำหรับ โกดังหรือคลังสินค้า

การกระจายแรงเฉือน

ให้กระจายแรงเฉือนทั้งหมดในแนวราบที่กระทำต่ออาคารออกเป็นแรงในแนวราบที่กระทำต่อชั้นต่างๆ ของอาคารดังนี้

แรงในแนวราบที่กระทำต่อพื้นชั้นบนสุดของอาคาร

$$F_t = 0.07 TV \leq 0.25 V, \text{ ถ้า } T \leq 0.7 \text{ วินาที ให้ใช้ค่า } F_t = 0$$

แรงในแนวราบที่กระทำต่อพื้นชั้นต่างๆ ของอาคารรวมทั้งชั้นบนสุดของอาคาร ให้คำนวณดังนี้

{mosimage}

w_x, w_i = น้ำหนักบนพื้นอาคารชั้นที่ x และชั้นที่ i ตามลำดับ

h_x, h_i = ความสูงจากระดับพื้นดินถึงพื้นชั้นที่ x และชั้นที่ i ตามลำดับ

$i = 1$ สำหรับพื้นชั้นแรกที่อยู่สูงถัดจากพื้นชั้นล่างของอาคาร

$x = 1$ สำหรับพื้นชั้นแรกที่อยู่สูงถัดจากพื้นชั้นล่างของอาคาร

{mosimage} = ผลรวมของผลคูณระหว่างน้ำหนักกลับความสูงจากพื้นชั้นที่ 1 ถึงชั้นที่ n

n = จำนวนชั้นทั้งหมดของอาคารที่อยู่เหนือระดับพื้นชั้นล่างของอาคาร

ตัวอย่างที่ 1 อาคารที่พักอาศัยหลังหนึ่งมีแปลนพื้นที่กว้าง 12 เมตร ยาว 20 เมตร สูง 5

ชั้นแต่ละชั้นสูง 3.50 เมตร น้ำหนักบรรทุกคงที่ของชั้นหลังคามีค่าเท่ากับ 500 กก./ตร.ม. และของพื้นชั้นทั่วไปเท่ากับ 700 กก./ตร.ม. ให้คำนวณหาแรงในแนวราบที่กระทำต่อพื้นชั้นต่างๆ ของอาคารเนื่องจากแรงสั่นสะเทือนจากแผ่นดินไหว โดยอาคารอยู่ในกรุงเทพมหานคร โครงสร้างเป็นคอนกรีตเสริมเหล็กมีปล่องลิฟต์เป็นกำแพงรับแรงเฉือน

วิธีทำ

{mosimage}

แปลนอาคาร รูปตั้งของอาคารสูง 5 ชั้น

คำนวณแรงกระทำต่อด้านยาวของอาคาร

น้ำหนักบรรทุกคงที่ของพื้นชั้นหลังคา = $0.500 \times 12 \times 20 = 120$ ตัน

น้ำหนักบรรทุกคงที่ของพื้นชั้นทั่วไป = $0.700 \times 12 \times 20 = 168$ ตัน

น้ำหนักบรรทุกคงที่ทั้งหมด = $120 + 168 \times 5 = 960$ ตัน

กรุงเทพมหานครอยู่ในบริเวณที่ 1 $Z = 0.19$

อาคารเป็นอาคารชุมนุมคน $I = 1.25$

โครงสร้างมีกำแพงรับแรงเฉือน $K = 1.33$

ความกว้างของอาคารในทิศทางขนานกับแรง $D = 20$ ม.

ความสูง $h_n = 17.50$ ม.

{mosimage}

{mosimage}

สภาพดินในกรุงเทพมหานครเป็นดินอ่อนมาก $S = 2.50$

$CS = 0.112 \times 2.50 = 0.280 > 0.26$ ใช้ $CS = 0.26$

$V = ZIKCSW$

$= 0.19 \times 1.25 \times 1.33 \times 0.26 \times 960 = 78.84$ ตัน

$F_t = 0.07 TV$

$= 0.07 \times 0.352 \times 78.8 = 1.94$ ตัน $< (0.25 V = 19.7$ ตัน)

แรงเฉือนชั้นหลังคา $= 0.00963 \times 120 \times 3.50 \times 5 + 1.94 = 20.24 + 1.94 = 22.18$ ตัน

แรงเฉือนชั้นที่ 5 $= 0.0096 \times 168 \times 3.50 \times 4 = 22.67$ ตัน

แรงเฉือนชั้นที่ 4 $= 0.0096 \times 168 \times 3.50 \times 3 = 17.00$ ตัน

แรงเฉือนชั้นที่ 3 $= 0.0096 \times 168 \times 3.50 \times 2 = 11.34$ ตัน

แรงเฉือนชั้นที่ 2 $= 0.0096 \times 168 \times 3.50 \times 1 = 5.67$ ตัน

รูป ก. แสดงขนาดของแรงเฉือนที่กระทำต่อพื้นแต่ละชั้นของอาคารที่เกิดแผ่นดินไหว

รูป ข. แสดงขนาดของแรงลมที่กระทำต่ออาคาร โดยใช้หน่วยแรงลมตามกฎกระทรวง

{mosimage}

ก. แรงเฉือนเนื่องจากแผ่นดินไหว ข. แรงเนื่องจากแรงลม

(ตัน) (ตัน)

ข้อสังเกต : แรงรวมของแรงเนื่องจากแผ่นดินไหวจะสูงกว่าแรงลมประมาณ 6.5 เท่า