

**การคำนวณแรงเฉือนที่กระทำต่ออาคาร  
จากแรงสั่นสะเทือนเนื่องจากแผ่นดินไหว  
ตามกฎกระทรวงฉบับใหม่ พ.ศ. 2550**

อนุชิต เจริญศุภกุล

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) หรือโครงแกนแนง (braced frame) ต้านแรงทั้งหมดในแนวราบ      K = 1.33

2. โครงสร้างมีโครงต้านแรงดัดที่มีความเหนียว (ductile Moment-resisting frame) ต้านแรงทั้งหมดในแนวราบ      K = 0.67

3. โครงสร้างที่มีกำแพงรับแรงเฉือนหรือโครงแกนแนงเมื่อแยกเป็นอิสระสามารถรับแรงเฉือนได้ 100% และโครงต้านแรงดัดที่มีความเหนียวรับแรงเฉือนได้มากกว่า 25%      K = 0.80

4. โครงสร้างอื่นๆ      K = 1.00

5. หอดังน้ำที่รองรับด้วยเสาไม่น้อยกว่า 4 ต้น      K = 2.50

C = สัมประสิทธิ์ที่มีค่าขึ้นอยู่กับคาบการแกว่งธรรมชาติของอาคาร  
(natural vibration of building)

$$C = \frac{1}{15\sqrt{T}} \leq 0.12$$

T = คาบการแกว่งธรรมชาติของอาคาร (วินาที)  
$$= \frac{0.09h_n}{\sqrt{D}}$$

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) ระหว่างอาคารและชั้นดินที่ตั่งอาคาร

ลักษณะของชั้นดินที่เป็นหิน S = 1.00

ลักษณะของชั้นดินที่เป็นดินแข็ง S = 1.20

ลักษณะของชั้นดินที่เป็นดินอ่อน S = 1.50

ลักษณะของชั้นดินที่เป็นดินอ่อนมาก S = 2.50

สำหรับดินแข็งและดินอ่อน CS ≤ 0.14

สำหรับดินอ่อนมาก CS ≤ 0.26

W = น้ำหนักบรรทุกทุกคงที่สำหรับอาคารทั่วไป หรือ

น้ำหนักบรรทุกทุกคงที่ +25% ของน้ำหนักบรรทุกจรสำหรับโกดังหรือคลังสินค้า

### การกระจายแรงเฉือน

ให้กระจายแรงเฉือนทั้งหมดในแนวราบที่กระทำต่ออาคารออกเป็นแรงในแนวราบที่กระทำต่อชั้นต่างๆ ของอาคารดังนี้

แรงในแนวราบที่กระทำต่อพื้นชั้นบนสุดของอาคาร

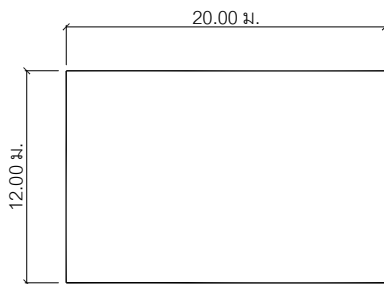
$F_t = 0.07 TV \leq 0.25 V$ , ถ้า  $T \leq 0.7$  วินาที ให้ใช้ค่า  $F_t = 0$   
 แรงในแนวราบที่กระทำต่อพื้นที่ชั้นต่างๆ ของอาคารรวมทั้งชั้นบนสุดของอาคาร ให้คำนวณดังนี้

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

- $w_x, w_i$  = น้ำหนักบนพื้นอาคารชั้นที่  $x$  และชั้นที่  $i$  ตามลำดับ
- $h_x, h_i$  = ความสูงจากระดับพื้นดินถึงพื้นที่ชั้นที่  $x$  และชั้นที่  $i$  ตามลำดับ
- $i$  = 1 สำหรับพื้นที่ชั้นแรกที่อยู่สูงถัดจากพื้นที่ชั้นล่างของอาคาร
- $x$  = 1 สำหรับพื้นที่ชั้นแรกที่อยู่สูงถัดจากพื้นที่ชั้นล่างของอาคาร
- $\sum_{i=1}^n w_i h_i$  = ผลรวมของผลคูณระหว่างน้ำหนักกลับความสูงจากพื้นที่ชั้นที่ 1 ถึงชั้นที่  $n$
- $n$  = จำนวนชั้นทั้งหมดของอาคารที่อยู่เหนือระดับพื้นที่ชั้นล่างของอาคาร

ตัวอย่างที่ 1 อาคารที่พักอาศัยหลังหนึ่งมีแปลนพื้นที่ชั้นทั่วไปกว้าง 12 เมตร ยาว 20 เมตร สูง 5 ชั้น แต่ละชั้นสูง 3.50 เมตร น้ำหนักบรรทุกคงที่ของชั้นหลังคามีค่าเท่ากับ 500 กก./ตร.ม. และของพื้นที่ชั้นทั่วไปเท่ากับ 700 กก./ตร.ม. ให้คำนวณหาแรงในแนวราบที่กระทำต่อพื้นที่ชั้นต่างๆ ของอาคารเนื่องจากแรงสั่นสะเทือนจากแผ่นดินไหว โดยอาคารอยู่ในกรุงเทพมหานคร โครงสร้างเป็นคอนกรีตเสริมเหล็กมีปล่องลิฟต์เป็นกำแพงรับแรงเฉือน

วิธีทำ



แปลนอาคาร



รูปตั้งของอาคารสูง 5 ชั้น

คำนวณแรงกระทำต่อด้านยาวของอาคาร

- น้ำหนักบรรทุกคงที่ของพื้นที่ชั้นหลังคา =  $0.500 \times 12 \times 20 = 120$  ตัน
- น้ำหนักบรรทุกคงที่ของพื้นที่ชั้นทั่วไป =  $0.700 \times 12 \times 20 = 168$  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<sub>n</sub> = 17.50 ม.

$$T = \frac{0.09h_n}{\sqrt{D}} = \frac{0.09 \times 17.50}{\sqrt{20}} = 0.352 \text{ วินาที}$$

$$C = \frac{1}{15\sqrt{T}} = \frac{1}{15\sqrt{0.352}} = 0.112 < 0.12 \text{ ใ้ } C = 0.112$$

สภาพดินในกรุงเทพมหานครเป็นดินอ่อนมาก S = 2.50

$$CS = 0.112 \times 2.50 = 0.280 > 0.26 \text{ ใ้ } CS = 0.26$$

$$V = ZIKCSW$$

$$= 0.19 \times 1.25 \times 1.33 \times 0.26 \times 960 = 78.84 \text{ ตัน}$$

$$F_t = 0.07 TV$$

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

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

$$\sum_{i=1}^n w_i h_i = 168 \times 3.50 (4+3+2+1) + 120 \times 3.50 \times 5$$

$$= 5,880 + 2,100 = 7,980 \text{ ตัน}$$

$$F_x = (78.84 - 1.94) \frac{w_x h_x}{7.980} = 0.00963 w_x h_x$$

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

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

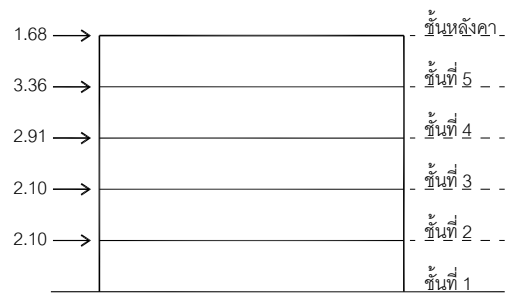
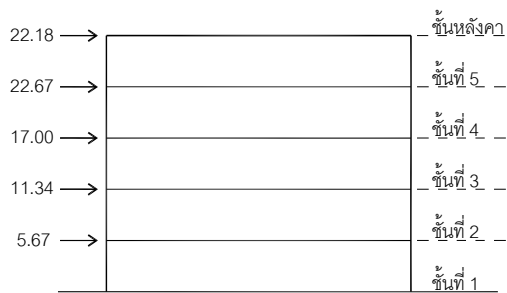
$$\text{แรงเฉือนชั้นที่ 4} = 0.0096 \times 168 \times 3.50 \times 3 = 17.00 \text{ ตัน}$$

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

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

รูป ก. แสดงขนาดของแรงเฉือนที่กระทำต่อพื้นแต่ละชั้นของอาคารที่เกิดแผ่นดินไหว

รูป ข. แสดงขนาดของแรงลมที่กระทำต่ออาคารโดยใช้หน่วยแรงลมตามกฎกระทรวง



ก. แรงเฉือนเนื่องจากแผ่นดินไหว

$$(\sum F = 78.86 \text{ ตัน})$$

ข. แรงเนื่องจากแรงลม

$$(\sum F = 12.15 \text{ ตัน})$$

ข้อสังเกต : แรงรวมของแรงเนื่องจากแผ่นดินไหวจะสูงกว่าแรงลมประมาณ 6.5 เท่า