บทที่ 3

ผลการวิเคราะห์

คำตอบสำหรับผนังรับแรงเฉือนคู่ ผนังรับแรงเฉือนเดี่ยว และโครงข้อแข็ง

สำหรับโครงอาคารหลายชั้นที่ประกอบด้วยผนังรับแรงเฉือนคู่ ผนังรับแรงเฉือนเดี่ยว และโครงข้อแข็งที่มีการยึดรั้งที่ฐาน สามารถหาระยะเอน $y(x)$ ได้โดยการแทนฟังก์ชันของ $Q(x)$ เนื่องจากแรงกระทำ $q(x)$ ลงในสมการที่ 21 แล้วแทนสมการที่ 21 ลงในสมการที่ 22,23,24,25 และ 26 เมื่อได้ฟังก์ชันของระยะเอนแล้ว ก็ย่อมจะหาแรงต่างๆในโครงสร้างได้ โดยเพียงแต่แทนฟังก์ชันของระยะเอน ลงในความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับระยะเอน

แรงกระทำกระจายสม่ำเสมอ $q(x) = q$

ในกรณีที่แรงกระทำด้านข้างมีขนาดสม่ำเสมอตลอดความสูงของอาคาร คือ $q(x) = q$ ซึ่งจะให้ $Q(x) = q(H-x)$ แล้วจะได้ฟังก์ชันของระยะเอนดังนี้

$$y(x) = -\frac{q(\alpha_2^2\beta_1 - K_f)}{\alpha_1^2\beta_1 K_f(\alpha_1^2 - \alpha_2^2)}\left\{\frac{(1+\alpha_1 H\sinh\alpha_1 H)(\cosh\alpha_1 x - 1)}{\cosh\alpha_1 H} - \alpha_1 H(\sinh\alpha_1 x - \alpha_1 x) - \frac{\alpha_1^2 x^2}{2}\right\}$$

$$+\frac{q(\alpha_1^2/\beta_1 - K_f)}{\alpha_2^2\beta_1 K_f(\alpha_1^2 - \alpha_2^2)}\left\{\frac{(1+\alpha_2 H\sinh\alpha_2 H)}{\cosh\alpha_2 H}(\cosh\alpha_2 x - 1) - \alpha_2 H(\sinh\alpha_2 x - \alpha_2 x) - \frac{\alpha_2^2 x^2}{2}\right\} \quad \ldots 27$$

แทนสมการที่ 27 ลงในสมการที่ 2 และ 4 จะได้ฟังก์ชั่นของแรงเฉือนในโครงข้อแข็งและผนังรับแรงเฉือนเดี่ยวดังนี้ คือ

$$Q_f(x) = -\frac{q(\alpha_2^2/\beta_1-K_f)}{\alpha_1/\beta_1(\alpha_1^2-\alpha_2^2)}\left\{\frac{(1+\alpha_1 H\sinh\alpha_1 H)}{\cosh\alpha_1 H}\sinh\alpha_1 x - \alpha_1 H(\cosh\alpha_1 x-1)-\alpha_1 x\right\}$$

$$+\frac{q(\alpha_1^2/\beta_1-K_f)}{\alpha_2/\beta_1(\alpha_1^2-\alpha_2^2)}\left\{\frac{(1+\alpha_2 H\sinh\alpha_2 H)}{\cosh\alpha_2 H}\sinh\alpha_2 x - \alpha_2 H(\cosh\alpha_2 x-1)-\alpha_2 x\right\} \quad \ldots 28$$

$$Q_w(x) = +\frac{q(\alpha_2^2/\beta_1-K_f)EI_w\alpha_1}{\beta_1 K_f(\alpha_1^2-\alpha_2^2)}\left\{\frac{(1+\alpha_1 H\sinh\alpha_1 H)}{\cosh\alpha_1 H}\sinh\alpha_1 x - \alpha_1 H\cosh\alpha_1 x\right\}$$

$$-\frac{q(\alpha_1^2/\beta_1-K_f)EI_w\alpha_2}{\beta_1 K_f(\alpha_1^2-\alpha_2^2)}\left\{\frac{(1+\alpha_2 H\sinh\alpha_2 H)}{\cosh\alpha_2 H}\sinh\alpha_2 x - \alpha_2 H\cosh\alpha_2 x\right\} \quad \ldots 29$$

แทนสมการที่ 28 และ 29 ลงในสมการที่ 18 จะได้ฟังค์ชั่นของแรงเฉือนในผนังรับแรงเฉือนคู่ดังนี้.—

$$Q_{cw}(x) = -\frac{q(\alpha_2^2\beta_1-K_f)(EI_w\alpha_1^2-K_f)}{\alpha_1\beta_1K_f(\alpha_1^2-\alpha_2^2)}\left\{\frac{(1+\alpha_1H\sinh\alpha_1H)}{\cosh\alpha_1H}\sinh\alpha_1x - \alpha_1H\cosh\alpha_1x\right\}$$

$$+\frac{q(\alpha_1^2\beta_1-K_f)(EI_w\alpha_2^2-K_f)}{\alpha_2\beta_1K_f(\alpha_1^2-\alpha_2^2)}\left\{\frac{(1+\alpha_2H\sinh\alpha_2H)}{\cosh\alpha_2H}\sinh\alpha_2x - \alpha_2H\cosh\alpha_2x\right\} \quad \ldots 30$$

แทนสมการที่ 27 และ 30 ลงในสมการที่ 15 แล้วอินติเกรตเทียบกับ x โดยที่ $F_{cw}(H)=0$ จะได้ฟังค์ชั่นของแรงในแนวแกนของผนังรับแรงเฉือน

$$F_{cw}(x) = \frac{q(\alpha_2^2\beta_1-K_f)(\alpha_1^2\beta_1-K_f)}{\alpha_1^2\beta_1K_f(\alpha_1^2-\alpha_2^2)\,a}\left\{\frac{(1+\alpha_1H\sinh\alpha_1H)}{\cosh\alpha_1H}\cosh\alpha_1x - \alpha_1H\sinh\alpha_1x-1\right\}$$

$$-\frac{q(\alpha_1^2\beta_1-K_f)(\alpha_2^2\beta_1-K_f)}{\alpha_2^2\beta_1K_f(\alpha_1^2-\alpha_2^2)\,a}\left\{\frac{(1+\alpha_2H\sinh\alpha_2H)}{\cosh\alpha_2H}\cosh\alpha_2x - \alpha_2H\sinh\alpha_2x-1\right\} \quad \ldots 31$$

แทนสมการที่ 31 ลงในสมการที่ 9 จะได้ ฟังก์ชั่นของแรงเฉือนในคานเชื่อมของผนังรับแรงเฉือนคู่ดังนี้ คือ

$$Q_b(x) = \frac{q(\alpha_2^2\beta_1-K_f)(\alpha_1^2\beta_1-K_f)h}{\alpha_1\beta_1K_f(\alpha_1^2-\alpha_2^2)a}\left\{\frac{(1+\alpha_1H\sinh\alpha_1H)}{\cosh\alpha_1H}\sinh\alpha_1x - \alpha_1H\cosh\alpha_1x\right\}$$

$$- \frac{q(\alpha_1^2\beta_1-K_f)(\alpha_2^2\beta_1-K_f)}{\alpha_2\beta_1K_f(\alpha_1^2-\alpha_2^2)}\frac{h}{a}\left\{\frac{(1+\alpha_2H\sinh\alpha_2H)}{\cosh\alpha_2H}\sinh\alpha_2x - \alpha_2H\cosh\alpha_2x\right\} \quad \ldots \quad 32$$

แทนสมการที่ 27 ลงในสมการที่ 3 และ 5 ตามลำดับจะได้ ฟังก์ชั่น ของแรงด้านข้างที่กระทำต่อ โครงข้อแข็ง และผนังรับแรงเฉือนเดี่ยวดังนี้

$$q_f(x) = \frac{q(\alpha_2^2\beta_1-K_f)}{\beta_1(\alpha_1^2-\alpha_2^2)}\left\{\frac{(1+\alpha_1H\sinh\alpha_1H)}{\cosh\alpha_1H}\cosh\alpha_1x - \alpha_1H\sinh\alpha_1x-1\right\}$$

$$- \frac{q(\alpha_1^2\beta_1-K_f)}{\beta_1(\alpha_1^2-\alpha_2^2)}\left\{\frac{(1+\alpha_2H\sinh\alpha_2H)}{\cosh\alpha_2H}\cosh\alpha_2x - \alpha_2H\sinh\alpha_2x-1\right\} \quad \ldots \quad 33$$

$$q_w(x) = -\frac{q(\alpha_2^2\beta_1-K_f)EI_w\alpha_1^2}{\beta_1K_f(\alpha_1^2-\alpha_2^2)}\left\{\frac{(1+\alpha_1H\sinh\alpha_1H)}{\cosh\alpha_1H}\cosh\alpha_1x - \alpha_1H\sinh\alpha_1x\right\}$$

$$+\frac{q(\alpha_1^2\beta_1-K_f)EI_w\alpha_2^2}{\beta_1K_f(\alpha_1^2-\alpha_2^2)}\left\{\frac{(1+\alpha_2H\sinh\alpha_2H)}{\cosh\alpha_2H}\cosh\alpha_2x - \alpha_2H\sinh\alpha_2x\right\} \quad \ldots \quad 34$$

แทนสมการที่ 30 ลงในสมการที่ 7 จะได้ ฟังค์ชั่นของแรงด้านข้างที่กระทำต่อผนังรับแรงเฉือนคู

$$q_{cw}(x) = \frac{q(\alpha_2^2\beta_1-K_f)(EI_w\alpha_1^2-K_f)}{\beta_1K_f(\alpha_1^2-\alpha_2^2)}\left\{\frac{(1+\alpha_1H\sinh\alpha_1H)}{\cosh\alpha_1H}\cosh\alpha_1x - \alpha_1H\sinh\alpha_1x\right\}$$

$$-\frac{q(\alpha_1^2\beta_1-K_f)(EI_w\alpha_2^2-K_f)}{\beta_1K_f(\alpha_1^2-\alpha_2^2)}\left\{\frac{(1+\alpha_2H\sinh\alpha_2H)}{\cosh\alpha_2H}\cosh\alpha_2x - \alpha_2H\sinh\alpha_2x\right\} \quad \ldots \quad 35$$

แทนสมการที่ 27 ลงในสมการที่ 6 จะได้ฟังก์ชั่นของโมเมนต์ดัดทั้งหมดในผนังรับแรงเฉือนเดี่ยว ดังนี้

$$M_w(x) = \frac{q(\alpha_2^2\beta_1 - K_f)I_w}{K_f(\alpha_1^2 - \alpha_2^2)\,I}\left\{\frac{(1+\alpha_1 H\sinh\alpha_1 H)}{\cosh\alpha_1 H}\cosh\alpha_1 x - \alpha_1 H\sinh\alpha_1 x - 1\right\}$$

$$- \frac{q(\alpha_1^2\beta_1 - K_f)}{K_f(\alpha_1^2 - \alpha_2^2)}\frac{I_w}{I}\left\{\frac{(1+\alpha_2 H\sinh\alpha_2 H)}{\cosh\alpha_2 H}\cosh\alpha_2 x - \alpha_2 H\sinh\alpha_2 x - 1\right\} \quad \ldots \quad 36$$

และในทำนองเดียวกัน แทนสมการที่ 27 ลงในสมการที่ 13 จะได้ฟังก์ชั่นของโมเมนต์ดัดในผนังรับแรงเฉือนคู่

$$M_{cw}(x) = \frac{q(\alpha_2^2\beta_1 - K_f)}{K_f(\alpha_1^2 - \alpha_2^2)}\frac{I_{cw}}{I}\left\{\frac{(1+\alpha_1 H\sinh\alpha_1 H)}{\cosh\alpha_1 H}\cosh\alpha_1 x - \alpha_1 H\sinh\alpha_1 x - 1\right\}$$

$$- \frac{q(\alpha_1^2\beta_1 - K_f)}{K_f(\alpha_1^2 - \alpha_2^2)}\frac{I_{cw}}{I}\left\{\frac{(1+\alpha_2 H\sinh\alpha_2 H)}{\cosh\alpha_2 H}\cosh\alpha_2 x - \alpha_2 H\sinh\alpha_2 x - 1\right\} \quad \ldots \quad 37$$

<u>แรงกระทำเป็นรูปสามเหลี่ยม</u> $q(x) = \frac{wx}{H}$

ในกรณีที่แรงกระทำเป็นรูปสามเหลี่ยม ที่มีค่ามากอยู่ที่จุดยอดของอาคาร คือ $q(x) = \frac{wx}{H}$ จะให้ค่า $Q(x) = \frac{w}{2H}(H^2-x^2)$ และจะได้ค่าฟังก์ชั่นของระยะเอน ตลอดจนแรงต่าง ๆ ดังนี้ คือ

$$y(x) = -\frac{w(\alpha_2^2/\beta_1-K_f)}{2\alpha_1^2/\beta_1 K_f(\alpha_1 H)(\alpha_1^2-\alpha_2^2)}\left\{\frac{\left[2\alpha_1 H+(\alpha_1^2H^2-2)\sinh\alpha_1 H\right]}{\cosh\alpha_1 H}(\cosh\alpha_1 x-1)\right.$$
$$\left.-(\alpha_1^2H^2-2)(\sinh\alpha_1 x-\alpha_1 x)-\frac{\alpha_1^3x^3}{3}\right\}$$
$$+\frac{w(\alpha_1^2/\beta_1-K_f)}{2\alpha_2^2/\beta_1 K_f(\alpha_2 H)(\alpha_1^2-\alpha_2^2)}\left\{\frac{\left[2\alpha_2 H+(\alpha_2^2H^2-2)\sinh\alpha_2 H\right]}{\cosh\alpha_2 H}(\cosh\alpha_2 x-1)\right.$$
$$\left.-(\alpha_2^2H^2-2)(\sinh\alpha_2 x-\alpha_2 x)-\frac{\alpha_2^3x^3}{3}\right\} \quad \ldots 38$$

$$Q_f(x) = -\frac{w(\alpha_2^2/\beta_1-K_f)}{2\alpha_1/\beta_1(\alpha_1 H)(\alpha_1^2-\alpha_2^2)}\left\{\frac{\left[2\alpha_1 H+(\alpha_1^2H^2-2)\sinh\alpha_1 H\right]}{\cosh\alpha_1 H}\sinh\alpha_1 x\right.$$
$$\left.-(\alpha_1^2H^2-2)(\cosh\alpha_1 x-1)-\alpha_1^2x^2\right\}$$
$$+\frac{w(\alpha_1^2/\beta_1-K_f)}{2\alpha_2/\beta_1(\alpha_2 H)(\alpha_1^2-\alpha_2^2)}\left\{\frac{\left[2\alpha_2 H+(\alpha_2^2H^2-2)\sinh\alpha_2 H\right]}{\cosh\alpha_2 H}\sinh\alpha_2 x\right.$$
$$\left.-(\alpha_2^2H^2-2)(\cosh\alpha_2 x-1)-\alpha_2^2x^2\right\} \quad \ldots 39$$

$$Q_w(x) = \frac{w(\alpha_2^2\beta_1 - K_f)EI_w\alpha_1}{2\beta_1 K_f(\alpha_1 H)(\alpha_1^2 - \alpha_2^2)} \left\{ \frac{\left[2\alpha_1 H + (\alpha_1^2 H^2 - 2)\sinh \alpha_1 H\right]}{\cosh \alpha_1 H} \sinh \alpha_1 x \right.$$
$$\left. - (\alpha_1^2 H^2 - 2)(\cosh \alpha_1 x - 2) \right\}$$
$$- \frac{w(\alpha_1^2\beta_1 - K_f)EI_w\alpha_2}{2\beta_1 K_f(\alpha_2 H)(\alpha_1^2 - \alpha_2^2)} \left\{ \frac{\left[2\alpha_2 H + (\alpha_2^2 H^2 - 2)\sinh \alpha_2 H\right]}{\cosh \alpha_2 H} \sinh \alpha_2 x \right.$$
$$\left. - (\alpha_2^2 H^2 - 2)\cosh \alpha_2 x - 2 \right\} \quad \ldots \quad 40$$

$$Q_{cw}(x) = - \frac{w(\alpha_2^2\beta_1 - K_f)(EI_w\alpha_1^2 - K_f)}{2\alpha_1\beta_1 K_f(\alpha_1 H)(\alpha_1^2 - \alpha_2^2)} \left\{ \frac{\left[2\alpha_1 H + (\alpha_1^2 H^2 - 2)\sinh \alpha_1 H\right]}{\cosh \alpha_1 H} \sinh \alpha_1 x \right.$$
$$\left. - (\alpha_1^2 H^2 - 2)\cosh \alpha_1 x - 2 \right\}$$
$$+ \frac{w(\alpha_1^2\beta_1 - K_f)(\ {}^2EI_w - K_f)}{2\alpha_2\beta_1 K_f(\alpha_2 H)(\alpha_1^2 - \alpha_2^2)} \left\{ \frac{\left[2\alpha_2 H + (\alpha_2^2 H^2 - 2)\sinh \alpha_2 H\right]}{\cosh \alpha_2 H} \sinh \alpha_2 x \right.$$
$$\left. - (\alpha_2^2 H^2 - 2)\cosh \alpha_2 x - 2 \right\} \quad \ldots \quad 41$$

$$F_{cw}(x) = \frac{w(\alpha_2^2\beta_1 - K_f)(\alpha_1^2\beta_1 - K_f)}{2\alpha_1^2\beta_1 K_f(\alpha_1 H)(\alpha_1^2 - \alpha_2^2)a} \left\{ \frac{\left[2\alpha_1 H + (\alpha_1^2 H^2 - 2)\sinh \alpha_1 H\right]}{\cosh \alpha_1 H} \cosh \alpha_1 x \right.$$
$$\left. - (\alpha_1^2 H^2 - 2)\sinh \alpha_1 x - 2\alpha_1 x \right\}$$
$$- \frac{w(\alpha_1^2\beta_1 - K_f)(\alpha_2^2\beta_1 - K_f)}{2\alpha_2^2\beta_1 K_f(\alpha_2 H)(\alpha_1^2 - \alpha_2^2)a} \left\{ \frac{\left[2\alpha_2 H + (\alpha_2^2 H^2 - 2)\sinh \alpha_2 H\right]}{\cosh \alpha_2 H} \cosh \alpha_2 x \right.$$
$$\left. - (\alpha_2^2 H^2 - 2)\sinh \alpha_2 x - 2\alpha_2 x \right\}$$
$$\ldots \quad 42$$

$$q_b(x) = + \frac{w(\alpha_2^2\beta_1 - K_f)(\alpha_1^2\beta_1 - K_f)}{2\alpha_1\beta_1 K_f(\alpha_1 H)(\alpha_1^2 - \alpha_2^2)} \frac{h}{a} \left\{ \frac{[2\alpha_1 H + (\alpha_1^2 H^2 - 2)\sinh\alpha_1 H]}{\cosh\alpha_1 H} \sinh\alpha_1 x \right.$$

$$\left. - (\alpha_1^2 H^2 - 2)\cosh\alpha_1 x - 2 \right\}$$

$$- \frac{w(\alpha_1^2\beta_1 - K_f)(\alpha_2^2\beta_1 - K_f)}{2\alpha_2\beta_1 K_f(\alpha_2 H)(\alpha_1^2 - \alpha_2^2)} \frac{h}{a} \left\{ \frac{[2\alpha_2 H + (\alpha_2^2 H^2 - 2)\sinh\alpha_2 H]}{\cosh\alpha_2 H} \sinh\alpha_2 x \right.$$

$$\left. - (\alpha_2^2 H^2 - 2)(\cosh\alpha_2 x - 2 \right\} \quad \ldots 43$$

$$q_f(x) = \frac{w(\alpha_2^2\beta_1 - K_f)}{2\beta_1(\alpha_1 H)(\alpha_1^2 - \alpha_2^2)} \left\{ \frac{[2\alpha_1 H + (\alpha_1^2 H^2 - 2)\sinh\alpha_1 H]}{\cosh\alpha_1 H} \cosh\alpha_1 x \right.$$

$$\left. - (\alpha_1^2 H^2 - 2)\sinh\alpha_1 x - 2\alpha_1 x \right\}$$

$$- \frac{w(\alpha_1^2\beta_1 - K_f)}{2\beta_1(\alpha_2 H)(\alpha_1^2 - \alpha_2^2)} \left\{ \frac{[2\alpha_2 H + (\alpha_2^2 H^2 - 2)\sinh\alpha_2 H]}{\cosh\alpha_2 H} \cosh\alpha_2 x \right.$$

$$\left. - (\alpha_2^2 H^2 - 2)\sinh\alpha_2 x - 2\alpha_2 x \right\}$$

$$\ldots 44$$

$$q_w(x) = \frac{-w(\alpha_2^2\beta_1 - K_f)EI_w\alpha_1^2}{2\beta_1 K_f(\alpha_1 H)(\alpha_1^2 - \alpha_2^2)} \left\{ \frac{[2\alpha_1 H + (\alpha_1^2 H^2 - 2)\sinh\alpha_1 H]}{\cosh\alpha_1 H} \cosh\alpha_1 x \right.$$

$$\left. - (\alpha_1^2 H^2 - 2)\sinh\alpha_1 x \right\}$$

$$+ \frac{w(\alpha_1^2\beta_1 - K_f)EI_w\alpha_2^2}{2\beta_1 K_f(\alpha_2 H)(\alpha_1^2 - \alpha_2^2)} \left\{ \frac{[2\alpha_2 H + (\alpha_2^2 H^2 - 2)\sinh\alpha_2 H]}{\cosh\alpha_2 H} \cosh\alpha_2 x \right.$$

$$\left. - (\alpha_2^2 H^2 - 2)\sinh\alpha_2 x \right\} \quad \ldots 45$$

$$q_{cw}(x) = \frac{w(\alpha_2^2\beta_1 - K_f)(EI_w\alpha_1^2 - K_f)}{2\beta_1 K_f(\alpha_1 H)(\alpha_1^2 - \alpha_2^2)} \left\{ \frac{\left[2\alpha_1 H + (\alpha_1^2 H^2 - 2)\sinh \alpha_1 H\right]}{\cosh \alpha_1 H} \cosh \alpha_1 x \right.$$
$$\left. - (\alpha_1^2 H^2 - 2)\sinh \alpha_1 x \right\}$$
$$- \frac{w(\alpha_1^2\beta_1 - K_f)(EI_w\alpha_2^2 - K_f)}{2\beta_1 K_f(\alpha_2 H)(\alpha_1^2 - \alpha_2^2)} \left\{ \frac{\left[2\alpha_2 H + (\alpha_2^2 H^2 - 2)\sinh \alpha_2 H\right]}{\cosh \alpha_2 H} \cosh \alpha_2 x \right.$$
$$\left. - (\alpha_2^2 H^2 - 2)\sinh \alpha_2 x \right\} \quad \ldots 46$$

$$M_w(x) = \frac{w(\alpha_2^2\beta_1 - K_f)}{2K_f(\alpha_1 H)(\alpha_1^2 - \alpha_2^2)} \frac{I_w}{I} \left\{ \frac{\left[2\alpha_1 H + (\alpha_1^2 H^2 - 2)\sinh \alpha_1 H\right]}{\cosh \alpha_1 H} \cosh \alpha_1 x \right.$$
$$\left. - (\alpha_1^2 H^2 - 2)\sinh \alpha_1 x - 2\alpha_1 x \right\}$$
$$- \frac{w(\alpha_1^2\beta_1 - K_f)}{2K_f(\alpha_2 H)(\alpha_1^2 - \alpha_2^2)} \frac{I_w}{I} \left\{ \frac{\left[2\alpha_2 H + (\alpha_2^2 H^2 - 2)\sinh \alpha_2 H\right]}{\cosh \alpha_2 H} \cosh \alpha_2 x \right.$$
$$\left. - (\alpha_2^2 H^2 - 2)\sinh \alpha_2 x - 2\alpha_2 x \right\} \quad \ldots 47$$

$$M_{cw}(x) = \frac{w(\alpha_2^2\beta_1 - K_f)}{2K_f(\alpha_2 H)(\alpha_1^2 - \alpha_2^2)} \frac{I_{cw}}{I} \left\{ \frac{\left[2\alpha_1 H + (\alpha_1^2 H^2 - 2)\sinh \alpha_1 H\right]}{\cosh \alpha_1 H} \cosh \alpha_1 x \right.$$
$$\left. - (\alpha_1^2 H^2 - 2)\sinh \alpha_1 x - 2\alpha_1 x \right\}$$
$$- \frac{w(\alpha_1^2\beta_1 - K_f)}{2K_f(\alpha_2 H)(\alpha_1^2 - \alpha_2^2)} \frac{I_{cw}}{I} \left\{ \frac{\left[2\alpha_2 H + (\alpha_2^2 H^2 - 2)\sinh \alpha_2 H\right]}{\cosh \alpha_2 H} \cosh \alpha_2 x \right.$$
$$\left. - (\alpha_2^2 H^2 - 2)\sinh \alpha_2 x - 2\alpha_2 x \right\} \quad \ldots 48$$

i18345451

หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย

แรง P กระทำที่จุดยอดของอาคาร

ในกรณีนี้แรง P กระทำเป็นจุด ดังนั้น $q(x) = 0$ และ $Q(x) = P$ ซึ่งจะให้ฟังก์ชันของระยะเอนและแรงต่าง ๆ ดังนี้ คือ

$$y(x) = -\frac{P(\alpha_2^2\beta_1-K_f)}{\alpha_1\beta_1K_f(\alpha_1^2-\alpha_2^2)}\left\{\frac{\sinh\alpha_1H}{\cosh\alpha_1H}(\cosh\alpha_1x-1)-(\sinh\alpha_1x-\alpha_1x)\right\}$$
$$+\frac{P(\alpha_1^2\beta_1-K_f)}{\alpha_2\beta_1K_f(\alpha_1^2-\alpha_2^2)}\left\{\frac{\sinh\alpha_2H}{\cosh\alpha_2H}(\cosh\alpha_2x-1)-(\sinh\alpha_2x-\alpha_2x)\right\} \quad \ldots 49$$

$$Q_f(x) = -\frac{P(\alpha_2^2\beta_1-K_f)}{\beta_1(\alpha_1^2-\alpha_2^2)}\left\{\frac{\sinh\alpha_1H}{\cosh\alpha_1H}\sinh\alpha_1x-(\cosh\alpha_1x-1)\right\}$$
$$+\frac{P(\alpha_1^2\beta_1-K_f)}{\beta_1(\alpha_1^2-\alpha_2^2)}\left\{\frac{\sinh\alpha_2H}{\cosh\alpha_2H}\sinh\alpha_2x-(\cosh\alpha_2x-1)\right\} \quad \ldots 50$$

$$Q_w(x) = \frac{P(\alpha_2^2\beta_1-K_f)EI_w\alpha_1^2}{\beta_1K_f(\alpha_1^2-\alpha_2^2)}\left\{\frac{\sinh\alpha_1H}{\cosh\alpha_1H}\sinh\alpha_1x-\cosh\alpha_1x\right\}$$
$$-\frac{P(\alpha_1^2\beta_1-K_f)EI_w\alpha_2^2}{\beta_1K_f(\alpha_1^2-\alpha_2^2)}\left\{\frac{\sinh\alpha_2H}{\cosh\alpha_2H}\sinh\alpha_2x-\cosh\alpha_2x\right\} \quad \ldots 51$$

$$Q_{cw}(x) = -\frac{P(\alpha_2^2\beta_1-K_f)(EI_w\alpha_1^2-K_f)}{\beta_1K_f(\alpha_1^2-\alpha_2^2)}\left\{\frac{\sinh\alpha_1H}{\cosh\alpha_1H}\sinh\alpha_1x-\cosh\alpha_1x\right\}$$
$$+\frac{P(\alpha_2^2\beta_1-K_f)(EI_w\alpha_2^2-K_f)}{\beta_1K_f(\alpha_1^2-\alpha_2^2)}\left\{\frac{\sinh\alpha_2H}{\cosh\alpha_2H}\sinh\alpha_2x-\cosh\alpha_2x\right\} \quad \ldots 52$$

$$F_{cw}(x) = \frac{P(\alpha_2^2\beta_1-K_f)(\alpha_1^2\beta_1-K_f)}{a\,\alpha_1\beta_1K_f(\alpha_1^2-\alpha_2^2)}\left\{\frac{\sinh\alpha_1H}{\cosh\alpha_1H}\cosh\alpha_1x-\sinh\alpha_1x\right\}$$

$$-\frac{P(\alpha_1^2\beta_1-K_f)(\alpha_2^2\beta_1-K_f)}{a\,\alpha_2\beta_1K_f(\alpha_1^2-\alpha_2^2)}\left\{\frac{\sinh\alpha_2H}{\cosh\alpha_2H}\cosh\alpha_2x-\sinh\alpha_2x\right\} \quad \ldots 53$$

$$Q_b(x) = \frac{Ph}{a}\frac{(\alpha_2^2\beta_1-K_f)(\alpha_1^2\beta_1-K_f)}{\beta_1K_f(\alpha_1^2-\alpha_2^2)}\left\{\frac{\sinh\alpha_1H}{\cosh\alpha_1H}\sinh\alpha_1x-\cosh\alpha_1x\right\}$$

$$-\frac{Ph}{a}\frac{(\alpha_1^2\beta_1-K_f)(\alpha_2^2\beta_1-K_f)}{\beta_1K_f(\alpha_1^2-\alpha_2^2)}\left\{\frac{\sinh\alpha_2H}{\cosh\alpha_2H}\sinh\alpha_2x-\cosh\alpha_2x\right\} \quad \ldots 54$$

$$q_f(x) = \frac{P\alpha_1(\alpha_2^2\beta_1-K_f)}{\beta_1(\alpha_1^2-\alpha_2^2)}\left\{\frac{\sinh\alpha_1H}{\cosh\alpha_1H}\cosh\alpha_1x-\sinh\alpha_1x\right\}$$

$$-\frac{P\alpha_2(\alpha_1^2\beta_1-K_f)}{\beta_1(\alpha_1^2-\alpha_2^2)}\left\{\frac{\sinh\alpha_2H}{\cosh\alpha_2H}\cosh\alpha_2x-\sinh\alpha_2x\right\} \quad \ldots 55$$

$$q_w(x) = -\frac{P(\alpha_2^2\beta_1-K_f)EI_w\alpha_1^3}{\beta_1K_f(\alpha_1^2-\alpha_2^2)}\left\{\frac{\sinh\alpha_1H}{\cosh\alpha_1H}\cosh\alpha_1x-\sinh\alpha_1x\right\}$$

$$+\frac{P(\alpha_1^2\beta_1-K_f)EI_w\alpha_2^3}{\beta_1K_f(\alpha_1^2-\alpha_2^2)}\left\{\frac{\sinh\alpha_2H}{\cosh\alpha_2H}\cosh\alpha_2x-\sinh\alpha_2x\right\} \quad \ldots 56$$

$$q_{cw}(x) = \frac{P\alpha_1(\alpha_2^2\beta_1-K_f)(EI_w\alpha_1^2-K_f)}{\beta_1 K_f(\alpha_1^2-\alpha_2^2)}\left\{\frac{\sinh\alpha_1 H}{\cosh\alpha_1 H}\cosh\alpha_1 x-\sinh\alpha_1 x\right\}$$

$$-\frac{P\alpha_2(\alpha_1^2\beta_1-K_f)(EI_w\alpha_2^2-K_f)}{\beta_1 K_f(\alpha_1^2-\alpha_2^2)}\left\{\frac{\sinh\alpha_2 H}{\cosh\alpha_2 H}\cosh\alpha_2 x-\sinh\alpha_2 x\right\} \quad \ldots 57$$

$$M_w(x) = \frac{P\alpha_1(\alpha_2^2\beta_1-K_f)}{K_f(\alpha_1^2-\alpha_2^2)}\frac{I_w}{I}\left\{\frac{\sinh\alpha_1 H}{\cosh\alpha_1 H}\cosh\alpha_1 x-\sinh\alpha_1 x\right\}$$

$$-\frac{P\alpha_2(\alpha_1^2\beta_1-K_f)}{K_f(\alpha_1^2-\alpha_2^2)}\frac{I_w}{I}\left\{\frac{\sinh\alpha_2 H}{\cosh\alpha_2 H}\cosh\alpha_2 x-\sinh\alpha_2 x\right\} \quad \ldots 58$$

$$M_{cw}(x) = \frac{P\alpha_1(\alpha_2^2\beta_1-K_f)}{K_f(\alpha_1^2-\alpha_2^2)}\frac{I_{cw}}{I}\left\{\frac{\sinh\alpha_1 H}{\cosh\alpha_1 H}\cosh\alpha_1 x-\sinh\alpha_1 x\right\}$$

$$-\frac{P\alpha_2(\alpha_1^2\beta_1-K_f)}{K_f(\alpha_1^2-\alpha_2^2)}\frac{I_{cw}}{I}\left\{\frac{\sinh\alpha_2 H}{\cosh\alpha_2 H}\cosh\alpha_2 x-\sinh\alpha_2 x\right\} \quad \ldots 59$$

คำตอบสำหรับผนังรับแรงเฉือนเดี่ยว และโครงข้อแข็ง

สำหรับกรณีที่โครงอาคารประกอบด้วย ผนังรับแรงเฉือนเดี่ยวและโครงข้อแข็ง สามารถหาคำตอบได้จากคำตอบของโครงอาคารที่ประกอบด้วยโครงสร้างทั้งสามประเภทที่หาไว้แล้ว โดยกำหนดให้คุณสมบัติเชิงกลและเชิงเรขาคณิตของผนังรับแรงเฉือนคู่มีค่าเป็นศูนย์ ตัวพารามิเตอร์ต่าง ๆ จะเปลี่ยนไปดังนี้

$$\beta_1 = EI_w$$

$$\beta_2 = K_f$$

$$\beta_3 = 0$$

$$\alpha_1 = \alpha_f = \sqrt{\frac{K_f}{EI_w}}$$

$$\alpha_2 = 0$$

แล้วนำพารามิเตอร์เหล่านี้ แทนลงไปในคำตอบที่หาไว้แล้ว ก็จะได้คำตอบสำหรับโครงอาคารที่ประกอบด้วยผนังรับแรงเฉือนเดี่ยวและโครงข้อแข็ง ดังนี้ คือ .-

<u>แรงกระทำกระจายสม่ำเสมอ</u> $q(x) = q$

$$y(x) = \frac{q}{EI_w\alpha_f^4}\left\{\frac{(1+\alpha_f H\sinh\alpha_f H)}{\cosh\alpha_f H}(\cosh\alpha_f x-1) - \alpha_f H(\sinh\alpha_f x-\alpha_f x)-\frac{\alpha_f^2}{2}x^2\right\} \quad \ldots 60$$

$$Q_f(x) = \frac{-q}{\alpha_f}\left\{\frac{(1+\alpha_f H\sinh\alpha_f H)}{\cosh\alpha_f H}\sinh\alpha_f x-\alpha_f H(\cosh\alpha_f x-1)-\alpha_f x\right\} \quad \ldots 61$$

$$Q_w(x) = \frac{-q}{\alpha_f}\left\{\frac{(1+\alpha_f H\sinh\alpha_f H)}{\cosh\alpha_f H}\sinh\alpha_f x-\alpha_f H\cosh\alpha_f x\right\} \quad \ldots 62$$

$$q_f(x) = -q\left\{\frac{(1+\alpha_f H\sinh\alpha_f H)}{\cosh\alpha_f H}\cosh\alpha_f x-\alpha_f H\sinh\alpha_f x-1\right\} \quad \ldots 63$$

$$q_w(x) = +q\left\{\frac{(1+\alpha_f H\sinh\alpha_f H)}{\cosh\alpha_f H}\cosh\alpha_f x-\alpha_f H\sinh\alpha_f x\right\} \quad \ldots 64$$

$$M_w(x) = \frac{-q}{\alpha_f^2}\left\{\frac{(1+\alpha_f H\sinh\alpha_f H)}{\cosh\alpha_f H}\cosh\alpha_f x-\alpha_f H\sinh\alpha_f x-1\right\} \quad \ldots 65$$

<u>แรงกระทำเป็นรูปสามเหลี่ยม</u> $q(x) = \frac{wx}{H}$

$$y(x) = \frac{w}{2EI_w \alpha_f^4 (\alpha_f H)} \left\{ \frac{[2\alpha_f H + (\alpha_f^2 H^2 - 2)\sinh \alpha_f H]}{\cosh \alpha_f H} (\cosh \alpha_f x - 1) - (\alpha_f^2 H^2 - 2)(\sinh \alpha_f x - \alpha_f x) - \frac{\alpha_f^3 x^3}{3} \right\} \quad \ldots 66$$

$$Q_f(x) = \frac{w}{2\alpha_f (\alpha_f H)} \left\{ \frac{[2\alpha_f H + (\alpha_f^2 H^2 - 2)\sinh \alpha_f H]}{\cosh \alpha_f H} \sinh \alpha_f x - (\alpha_f^2 H^2 - 2)(\cosh \alpha_f x - 1) - \alpha_f^2 x^2 \right\} \quad \ldots 67$$

$$Q_w(x) = -\frac{w}{2\alpha_f (\alpha_f H)} \left\{ \frac{[2\alpha_f H + (\alpha_f^2 H^2 - 2)\sinh \alpha_f H]}{\cosh \alpha_f H} \sinh \alpha_f x - (\alpha_f^2 H^2 - 2)\cosh \alpha_f x - 2 \right\} \quad \ldots 68$$

$$q_f(x) = -\frac{w}{2(\alpha_f H)} \left\{ \frac{[2\alpha_f H + (\alpha_f^2 H^2 - 2)\sinh \alpha_f H]}{\cosh \alpha_f H} \cosh \alpha_f x - (\alpha_f^2 H^2 - 2)\sinh \alpha_f x - 2\alpha_f x \right\} \quad \ldots 69$$

$$q_w(x) = \frac{w}{2(\alpha_f H)} \left\{ \frac{[2\alpha_f H + (\alpha_f^2 H^2 - 2)\sinh \alpha_f H]}{\cosh \alpha_f H} \cosh \alpha_f x - (\alpha_f^2 H^2 - 2)\sinh \alpha_f x \right\} \quad \ldots 70$$

$$M_w(x) = -\frac{w}{2\alpha_f^2(\alpha_f H)}\left\{\frac{[2\alpha_f H+(\alpha_f^2H^2-2)\sinh\alpha_f H]}{\cosh\alpha_f H}\cosh\alpha_f x - (\alpha_f^2H^2-2)\sinh\alpha_f x-2\alpha_f x\right\} \quad \ldots 71$$

<u>แรง P กระทำที่จุดยอดของอาคาร</u>

$$y(x) = \frac{P}{EI\alpha_f^3}\left\{\frac{\sinh\alpha_f H}{\cosh\alpha_f H}(\cosh\alpha_f x-1)-(\sinh\alpha_f x-\alpha_f x)\right\} \quad \ldots 72$$

$$Q_f(x) = P\left\{\frac{\sinh\alpha_f H}{\cosh\alpha_f H}\sinh\alpha_f x-\cosh\alpha_f x+1\right\} \quad \ldots 73$$

$$Q_w(x) = P\left\{\frac{\sinh\alpha_f H}{\cosh\alpha_f H}\sinh\alpha_f x-\cosh\alpha_f x\right\} \quad \ldots 74$$

$$q_f(x) = -P\alpha_f\left\{\frac{\sinh\alpha_f H}{\cosh\alpha_f H}\cosh\alpha_f x-\sinh\alpha_f x\right\} \quad \ldots 75$$

$$q_w(x) = P\alpha_f\left\{\frac{\sinh\alpha_f H}{\cosh\alpha_f H}\cosh\alpha_f x-\sinh\alpha_f x\right\} \quad \ldots 76$$

$$M_w(x) = -\frac{P}{\alpha_f}\left\{\frac{\sinh\alpha_f H}{\cosn\alpha_f H}\cosh\alpha_f x-\sinh\alpha_f x\right\} \quad \ldots 77$$

คำตอบสำหรับผนังรับแรงเฉือนคู่ และผนังรับแรงเฉือนเดี่ยว

ในทำนองเดียวกัน สามารถหาคำตอบสำหรับผนังรับแรงเฉือนคู่และเดี่ยวได้จากคำตอบของโครงอาคารที่ประกอบด้วยโครงสร้างสามประเภทที่หาไว้แล้ว โดยการกำหนดให้คุณสมบัติเชิงกลและเชิงเรขาคณิตของโครงข้อแข็งมีค่าเป็นศูนย์ ตัวพารามิเตอร์ที่ใช้จะเปลี่ยนไปดังนี้ คือ

$$\beta_1 = EI$$

$$\beta_2 = \frac{12EI_b a^2}{h\ c^3}\mu$$

$$\beta_3 = 0$$

$$\alpha_1 = \sqrt{\frac{12I_b}{I}\frac{a^2}{hc^3}\mu}$$

$$\alpha_2 = 0$$

เมื่อ $$\mu = 1 + \frac{A_{cw}I}{a^2 A_{cw1} A_{cw2}}$$

แล้วนำพารามิเตอร์เหล่านี้ ไปแทนลงไปในคำตอบของโครงอาคารที่ประกอบด้วย โครงสร้างสามประเภท ก็จะได้คำตอบสำหรับ โครงอาคารที่ประกอบด้วยผนังรับแรงเฉือนคู่และเดี่ยว ดังนี้.-

แรงกระทำกระจายสม่ำเสมอ $q(x) = q$

$$y(x) = \frac{q}{EI\alpha^4\mu}\left\{\frac{(1+\alpha H\sinh\alpha H)}{\cosh\alpha H}(\cosh\alpha x-1)-\alpha H(\sinh\alpha x-\alpha x)\right.$$

$$\left.-\frac{\alpha^2x^2}{2}+(\mu-1)\frac{\alpha^4x^2}{24}(6H^2-4Hx+x^2)\right\} \quad \ldots 78$$

$$Q_w(x) = -\frac{q}{\alpha\mu}\frac{I_w}{I}\left\{\frac{(1+\alpha H\sinh\alpha H)}{\cosh\alpha H}\sinh\alpha x-\alpha H\cosh\alpha x\right.$$

$$\left.-(\mu-1)\alpha(H-x)\right\} \quad \ldots 79$$

$$Q_{cw}(x) = q(H-x)+\frac{q}{\alpha\mu}\frac{I_w}{I}\left\{\frac{(1+\alpha H\sinh\alpha H)\sinh\alpha x-\alpha H\cosh\alpha x}{\cosh\alpha H}\right.$$

$$\left.-(\mu-1)\alpha_{(H-x)}\right\} \quad \ldots 80$$

$$F_{cw}(x) = \frac{q}{a\alpha^2\mu}\left\{\frac{\alpha^2}{2}(H-x)^2+1+\alpha H\sinh\alpha x-\frac{(1+\alpha H\sinh\alpha H)\cosh\alpha x}{\cosh\alpha H}\right\}$$

$$\ldots 81$$

$$Q_b(x) = -\frac{q}{\alpha\mu}\frac{h}{a}\left\{\frac{(1+\alpha H\sinh\alpha H)}{\cosh\alpha H}\sinh\alpha x-\alpha H\cosh\alpha x\right.$$

$$\left.+\alpha(H-x)\right\} \quad \ldots 82$$

$$q_w(x) = \frac{q}{\mu}\frac{I_w}{I}\left\{\frac{(1+\alpha H\sinh\alpha H)}{\cosh\alpha H}\cosh\alpha x-\alpha H\sinh\alpha x+(\mu-1)\right\}$$

$$\ldots 83$$

$$q_{cw}(x) = q - \frac{q}{\mu}\frac{I_w}{I}\left\{\frac{(1+\alpha H\sinh\alpha H)\cosh\alpha x-\alpha H\sinh\alpha x}{\cosh\alpha H} + (\mu-1)\right\} \quad \ldots 84$$

$$M_w(x) = -\frac{q}{\alpha^2\mu}\frac{I_w}{I}\left\{\frac{(1+\alpha H\sinh\alpha H)\cosh\alpha x-\alpha H\sinh\alpha x-1}{\cosh\alpha H} +(\mu-1)\frac{\alpha^2}{2}(H-x)^2\right\} \quad \ldots 85$$

$$M_{cw}(x) = -\frac{q}{\alpha^2\mu}\frac{I_{cw}}{I}\left\{\frac{(1+\alpha H\sinh\alpha H)\cosh\alpha x-\alpha H\sinh\alpha x-1}{\cosh\alpha H} + (\mu-1)\frac{\alpha^2}{2}(H-x)^2\right\} \quad \ldots 86$$

<u>แรงกระทำเป็นรูปสามเหลี่ยม</u> $q(x) = \frac{wx}{H}$

$$y(x) = \frac{w}{2EI\,\alpha^4(\alpha H)}\left\{\frac{[2\alpha H+(\alpha^2H^2-2)\sinh\alpha H]}{\cosh\alpha H}(\cosh\alpha x-1) -(\alpha^2H^2-2)\sinh\alpha x-\frac{\alpha^3x^3}{3} + (\mu-1)\frac{\alpha^5x^2}{60}(x^3-10H^2x+20H^3)\right\} \quad \ldots 87$$

$$Q_w(x) = -\frac{w}{2\alpha(\alpha H)\mu}\frac{I_w}{I}\left\{\frac{\left[2\alpha H+(\alpha^2H^2-2)\sinh\alpha H\right]}{\cosh\alpha H}\sinh x\right.$$

$$\left.-(\alpha^2H^2-2)\cosh\alpha x-2-(\mu-1)\alpha^2(H^2-x^2)\right\}$$

. . . 88

$$Q_{cw}(x) = \frac{w}{2H}(H^2-x^2) + \frac{w}{2\alpha(\alpha H)\mu}\frac{I_w}{I}\left\{\frac{\left[2\alpha H+(\alpha^2H^2-2)\sinh\alpha H\right]}{\cosh\alpha H}\sinh\alpha x\right.$$

$$-(\alpha^2H^2-2)\cosh\alpha x-2$$

$$\left.-(\mu-1)\alpha^2(H^2-x^2)\right\}$$

. . . 89

$$F_{cw}(x) = \frac{w}{2a\alpha^2(\alpha H)\mu}\left\{\frac{\alpha^3}{3}(x^3-3H^2x+2H^3)+(\alpha^2H^2-2)\sinh\alpha x\right.$$

$$\left.+\,2\alpha x-\frac{\left[2\alpha H-(\alpha^2H^2-2)\sinh\alpha H\right]}{\cosh\alpha H}\cosh\alpha x\right\}$$

. . . 90

$$Q_b(x) = -\frac{wh}{2a\alpha(\alpha H)\mu}\left\{\frac{\left[2\alpha H+(\alpha^2H^2-2)\sinh\alpha H\right]}{\cosh\alpha H}\sinh\alpha x\right.$$

$$\left.-(\alpha^2H^2-2)\cosh\alpha x-2+\alpha^2(H^2-x^2)\right\}$$

. . . 91

$$q_w(x) = \frac{w}{2(\alpha H)\mu} \frac{I_w}{I} \left\{ \left[\frac{2\alpha H + (\alpha^2 H^2 - 2)\sinh \alpha H}{\cosh \alpha H} \right] \cosh \alpha x - (\alpha^2 H^2 - 2)\sinh \alpha x + (\mu - 1)\alpha x \right\} \quad \ldots 92$$

$$q_{cw}(x) = \frac{wx}{H} - \frac{w}{2(\alpha H)\mu} \frac{I_x}{I} \left\{ \left[\frac{2\alpha H + (\alpha^2 H^2 - 2)\sinh \alpha H}{\cosh \alpha H} \right] \cosh \alpha x - (\alpha^2 H^2 - 2)\sinh \alpha x + (\mu - 1)\alpha x \right\} \quad \ldots 93$$

$$M_w(x) = -\frac{w}{2\alpha^2(\alpha H)\mu} \frac{I_w}{I} \left\{ \left[\frac{2\alpha H + (\alpha^2 H^2 - 2)\sinh \alpha H}{\cosh \alpha H} \right] \cosh \alpha x - (\alpha^2 H^2 - 2)\sinh \alpha x - 2\alpha x + \frac{1}{3}(\mu - 1)\alpha^3 (2H^3 - 3H^2 x + x^3) \right\} \quad \ldots 94$$

$$M_{cw}(x) = -\frac{w}{2\alpha^2(\alpha H)\mu} \frac{I_{cw}}{I} \left\{ \left[\frac{2\alpha H + (\alpha^2 H^2 - 2)\sinh \alpha H}{\cosh \alpha H} \right] \cosh \alpha x - (\alpha^2 H^2 - 2)\sinh \alpha x - 2\alpha x + \frac{1}{3}(\mu - 1)\alpha^3 (2H^3 - 3H^2 x + x^3) \right\} \quad \ldots 95$$

แรง P กระทำที่จุดยอดของอาคาร

$$y(x) = \frac{P}{EI\alpha^3\mu}\left\{\frac{\sinh\alpha H}{\cosh\alpha H}(\cosh\alpha x-1) - (\sinh\alpha x-\alpha x) + (\mu-1)\frac{\alpha^3}{6}x^2(H-x)\right\} \quad \ldots 96$$

$$Q_w(x) = -\frac{P}{\mu}\frac{I_w}{I}\left\{\frac{\sinh\alpha H}{\cosh\alpha H}\sinh\alpha x-\cosh\alpha x-(\mu-1)\right\} \quad \ldots 97$$

$$Q_{cw}(x) = \frac{P+P}{\mu}\frac{I_w}{I}\left\{\frac{\sinh\alpha H}{\cosh\alpha H}\sinh\alpha x-\cosh\alpha x-(\mu-1)\right\} \quad \ldots 98$$

$$F_{cw}(x) = \frac{P}{a\alpha\mu}\left\{\alpha(H-x)+\sinh\alpha x-\frac{\sinh\alpha H}{\cosh\alpha H}\cosh\alpha x\right\} \quad \ldots 99$$

$$Q_b(x) = -\frac{Ph}{\alpha\mu a}\left\{\frac{\sinh\alpha H}{\cosh\alpha H}\sinh\alpha x-\cosh\alpha x+1\right\} \quad \ldots 100$$

$$q_w(x) = \frac{P\alpha}{\mu}\frac{I_w}{I}\left\{\frac{\sinh\alpha H}{\cosh\alpha H}\cosh\alpha x-\sinh\alpha x\right\} \quad \ldots 101$$

$$q_{cw}(x) = -\frac{P\alpha}{\mu}\frac{I_w}{I}\left\{\frac{\sinh\alpha H}{\cosh\alpha H}\cosh\alpha x-\sinh\alpha x\right\} \quad \ldots 102$$

$$M_w(x) = -\frac{P}{\alpha\mu}\frac{I_w}{I}\left\{\frac{\sinh\alpha H}{\cosh\alpha H}\cosh\alpha x-\sinh\alpha x+(\mu-1)\alpha(H-x)\right\} \quad \ldots 103$$

$$M_{cw}(x) = -\frac{P}{\alpha\mu}\frac{I_{cw}}{I}\left\{\frac{\sinh \alpha H}{\cosh \alpha H}\cosh \alpha x - \sinh \alpha x + (\mu - 1)\alpha(H-x)\right\}$$

. . . . 104

ตัวอย่างการคำนวณ

ตัวอย่างการคำนวณที่ 1 ตัวอย่างการคำนวณนี้ เพื่อเปรียบเทียบผลที่ได้จากวิธีการนี้ กับผลของการวิเคราะห์ของแมคลีออด[15] โดยวิธีการของแมคลีออด และผลจากเครื่องจักรประมวลผลซึ่งแมคลีออดได้ทำไว้ โครงการอาคารนี้ประกอบด้วย ผนังรับแรงเฉือนเดี่ยว และผนังรับแรงเฉือนคู่ ตามรูปที่ 7 มีความสูงของชั้น 2.743 เมตร จำนวนชั้น 20 ชั้น มีแรงกระทำด้านข้าง 14.87 กก/ม ค่าโมเมนต์อินเนอเชียของคานเชื่อม 1.731×10^{-3} $(\text{เมตร})^4$ และมีโมดูลัสยืดหยุ่น 2.44×10^6 ตัน/$(\text{เมตร})^2$ สำหรับขนาดต่าง ๆ ของอาคารได้แสดงไว้ข้างล่าง

H = 54.864 เมตร

a = 4.877 เมตร

c = 1.219 เมตร

h' = 2.743 เมตร

$A_{cw1} = A_{cw2}$ = 0.556 ตารางเมตร

A_{cw} = 1.112 ตารางเมตร

I_{cw1} = 0.623 $(\text{เมตร})^4$

I_{cw} = 1.246 $(\text{เมตร})^4$

I_w = 7.915 $(\text{เมตร})^4$

I = 9.161 $(\text{เมตร})^4$

I_b = 1.731×10^{-3} $(\text{เมตร})^4$

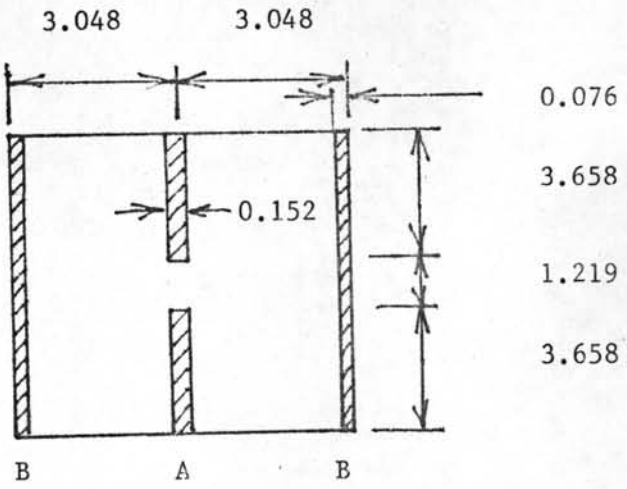
μ = 2.3785

α^2 = 0.0258/$(\text{เมตร})^2$

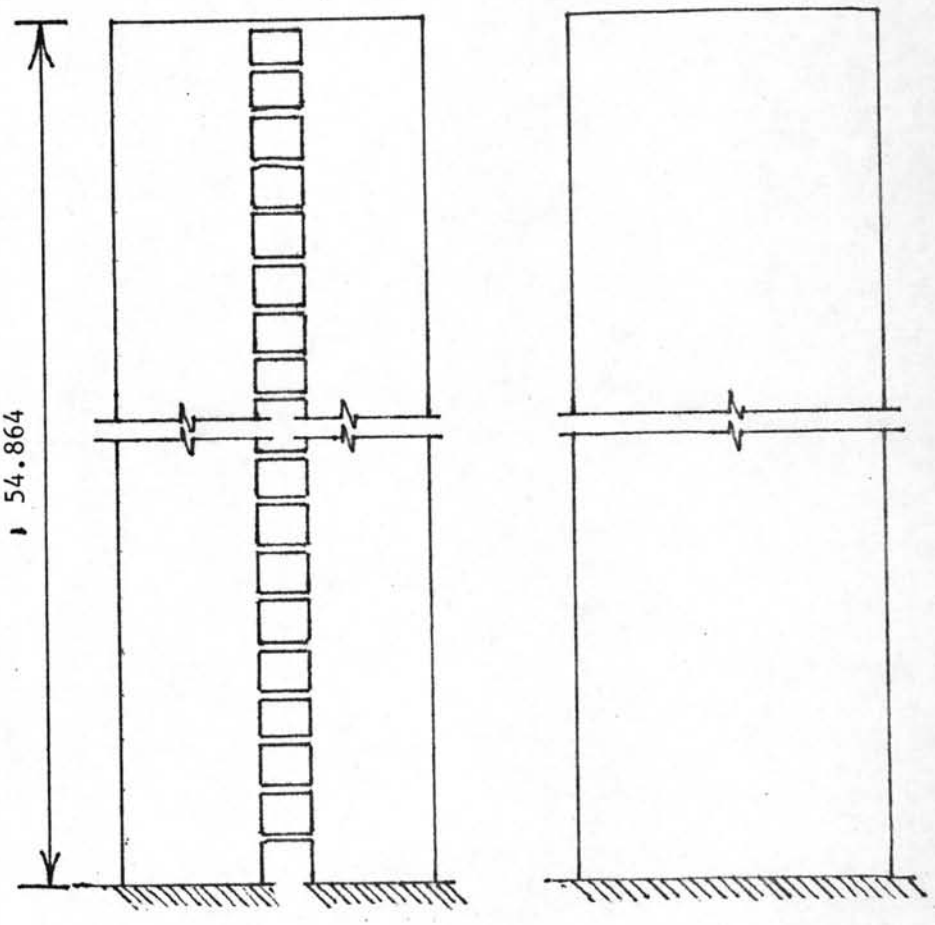
αH = 8.812

---

[15] MacLeod, I. A., "Large Panel Structures", in Handbook of Concrete Engineering. pp. 437-438.



ผังอาคาร



ผนังรับแรงเฉือนคู่ ผนังรับแรงเฉือนเดี่ยว

รูปที่ 7 ผังและโครงอาคารในตัวอย่างที่ 1

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ตัวอย่างที่ 1

		1	2	3
1.	ระยะเอนที่จุดยอด (เมตร)	4.52×10^{-4}	4.53×10^{-4}	4.51×10^{-4}
			(0.22)	(0.22)
2.	ขนาดของแรงเฉือนที่มากที่สุดในคานเชื่อม (ตัน)	0.1221	0.1420	0.1235
			(16.3%)	(1.1%)
3.	หน่วยแรงกดที่ฐานของผนัง A (ตัน/ตารางเมตร)	5.615	6.591	5.747
			(17.4%)	(2.3%)

หมายเหตุ ช่องที่ 1 เป็นผลจากการใช้เครื่องจักรประมวลผลโดยแมคลีออด

ช่องที่ 2 เป็นผลการคำนวณโดยใช้วิธีการของแมคลีออด

ช่องที่ 3 เป็นผลการคำนวณโดยการแทนคุณสมบัติเชิงกลและเชิงเรขาคณิตลงไปในคำตอบที่หาไว้ในวิทยานิพนธ์นี้

ค่าในวงเล็บเป็นค่าความผิดพลาดเป็นเปอร์เซนต์ เมื่อเทียบกับค่าในช่องที่ 1

<u>ตัวอย่างการคำนวณที่ 2</u> ตัวอย่างการคำนวณนี้ เพื่อเปรียบเทียบผลที่ได้จากวิธีนี้กับผลการวิเคราะห์ของ คูลล์ และเชาดูรี[16] ซึ่งโครงอาคารประกอบด้วยผนังรับแรงเฉือนคู่เพียงอย่างเดียว จากคำตอบที่หาไว้ สำหรับกรณีของโครงอาคารที่ประกอบด้วยผนังรับแรงเฉือนคู่ และผนังรับแรงเฉือนเดี่ยว สามารถนำมาใช้ในการคำนวณได้ทันที โดยที่คุณสมบัติเชิงกลและเชิงเรขาคณิตของผนังรับแรงเฉือนเดี่ยวมีค่าเป็นศูนย์

คุณสมบัติของผนังรับแรงเฉือนคู่ มีดังนี้

A_{cw1} = 6.506 x 0.406 = 2.646 ตารางเมตร

A_{cw2} = 9.760 x 0.406 = 13.014 ตารางเมตร

I_{cw1} = $\frac{1}{12}$ x 0.406(6.506)^3 = 9.329 (เมตร)^4

I_{cw2} = $\frac{1}{12}$ x 0.406(9.76)^3 = 31.508 (เมตร)^4

I_b = 4.4 x 10^{-3} (เมตร)^4

h = 2.693 (เมตร)

a = 9.760 (เมตร)

c = 1.626 (เมตร)

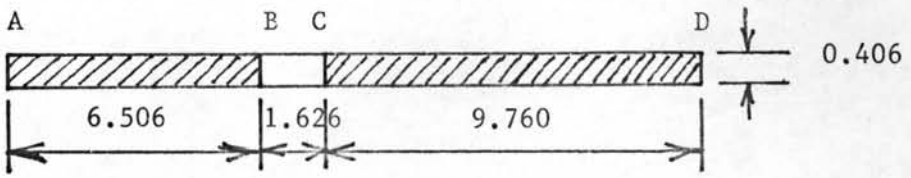
q = 1.487 ตัน/เมตร

H = 59.271 เมตร

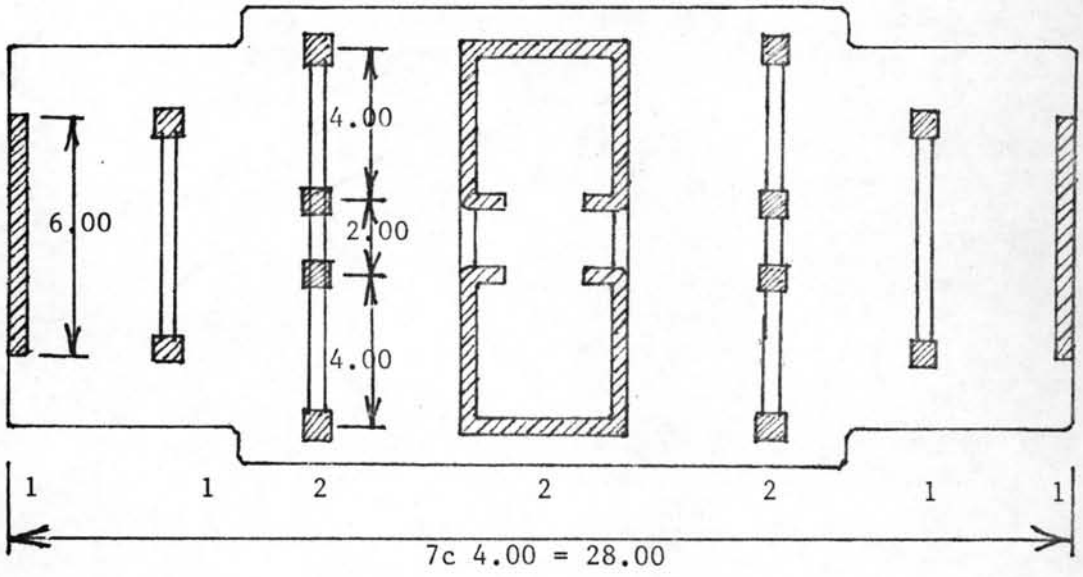
E = 2.44 x 10^6 ตัน/(เมตร)^2

---

[16] Alexander Coull, and J. R. Choudhury, "Stresses and Deflections in Coupled Shear Walls," pp. 71-72.



รูปที่ 8 หน้าตัดของผนังรับแรงเฉือนคู่ ในตัวอย่างที่ 2



รูปที่ 8 ผังของอาคาร ในตัวอย่างที่ 3

และผนังทั้งคู่หนา 0.406 เมตร ลักษณะหน้าตัดของผนังได้แสดงไว้ในรูปที่ 8

A_{cw} = 6.615 (เมตร)^2

I_{cw} = 40.837 (เมตร)^4

μ = 1.27

α = 0.1162/เมตร

αH = 6.89

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบผลการคำนวณตัวอย่างที่ 2

		1	2	3
1.	หน่วยแรงกดหรือดึงที่ฐานที่จุด (ตัน/ตารางเมตร)			
	A	139.5	144.8	(3.8%)
	B	-25.4	-25.1	(1.1%)
	C	88.3	87.8	(0.6%)
	D	-167.7	-167.3	(0.3%)
2.	แรงเฉือนสูงสุดในคานเชื่อม (ตัน)	10.93	11.03	(0.9%)
3.	ระยะเอนที่จุดยอด (เมตร)	0.0061	0.0061	(0%)

หมายเหตุ ช่องที่ 1 เป็นผลการคำนวณของ คูลล์ และ เซาดูรี

ช่องที่ 2 เป็นผลการคำนวณโดยการแทนคุณสมบัติเชิงกลและเชิงเรขาคณิตของผนังรับแรงเฉือนคูลงไปในคำตอบที่หาไว้ในวิทยานิพนธ์นี้

ช่องที่ 3 ค่าในวงเล็บเป็นค่าความผิดพลาดเป็นเปอร์เซนต์

<u>ตัวอย่างการคำนวณที่ 3</u> โครงอาคารในรูปที่ 9 มีความสูง 20 ชั้น ความสูงของช่วงชั้น 3 เมตร มีแรงกระทำด้านข้าง 0.1 ตัน/ตารางเมตร และมีโมดูลัสยืดหยุ่น 2×10^6 ตัน/ตารางเมตร และผนังมีความหนา 0.20 เมตร แล้วทำการวิเคราะห์สำหรับกรณี ดังนี้

1. เมื่อคำนึงว่าโครงอาคารประกอบด้วยผนังรับแรงเฉือนคู่ ผนังรับแรงเฉือนเดี่ยว และโครงข้อแข็ง
2. เมื่อไม่คิดถึงผลของโครงข้อแข็ง
3. เมื่อไม่คิดถึงผลของความเครียดเชิงแกนในแนวแกนของผนังรับแรงเฉือนคู่
4. เมื่อไม่คิดถึงผลของคานเชื่อม

แล้วนำผลมาเปรียบเทียบกัน ซึ่งแสดงไว้ในตารางที่ 3

สำหรับคุณสมบัติอย่างอื่นของเรขาคณิต และทางกลของโครงสร้าง มีดังนี้คือ

$A_{cw1} = A_{cw2} = 2.90$ ตารางเมตร

$I_{cw1} = I_{cw2} = 7.26$ (เมตร)^4

$I_w = 7.20$ (เมตร)^4

$a = 6.20$ เมตร

$c = 2.00$ เมตร

$I_{bi} = 2.0833 \times 10^{-3}$ (เมตร)^4

$I_{ci} = 5.2083 \times 10^{-3}$ (เมตร)^4

$I_b = 0.02109$ (เมตร)^4

$H = 60.00$ เมตร

h = 3.00 เมตร

K_f = 29,535 ตัน

β_1 = 43.44×10^6 ตัน-(เมตร)^2

β_2 = 1.157×10^6 ตัน

β_3 = 214.83 ตัน/(เมตร)^2

กรณีที่ 1 α_1 = 0.1626/เมตร $\alpha_1 H$ = 9.756

α_2 = 0.01368/เมตร $\alpha_2 H$ = 0.8208

กรณีที่ 2 α = 0.1611/เมตร

αH = 9.665

กรณีที่ 3 α_1 = 0.1391/เมตร α_2 = 0

$\alpha_1 H$ = 8.346 $\alpha_2 H$ = 0

กรณีที่ 4 α_1 = 0.02607/เมตร α_2 = 0

$\alpha_1 H$ = 1.564 $\alpha_2 H$ = 0

ซึ่งให้ผลต่าง ๆ ดังแสดงไว้ในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการคำนวณตัวอย่างที่ 3

กรณีที่	1	2	3	4
1. ระยะเอนที่จุดยอด (เมตร)	0.025	0.032	0.0047	0.054
2. โมเมนต์ดัดที่ฐานของผนัง (ตัน-เมตร)				
ผนังที่ 1	-307.6	-345.7	-176.2	-569.5
ผนังที่ 2	-620.4	-697.2	-355.3	-1148.4
3. แรงเฉือนที่จุดยอด (ตัน)				
โครงข้อแข็ง 1	1.234	-	0.060	2.653
โครงข้อแข็ง 2	5.984	-	0.292	12.865
ผนัง 1	-2.724	-2.071	-3.323	-5.144
ผนัง 2	-4.494	2.071	2.971	-10.374
4. แรงเฉือนที่ฐาน (ตัน)				
ผนัง 1	27.845	27.845	27.845	27.845
ผนัง 2	56.155	56.155	56.155	56.155
5. แรงในแนวแกนที่ฐาน (ตัน)				
ผนัง 2	394.40	476.4	618.91	-
ในเสาของโครงข้อแข็ง				
โครงข้อแข็ง 1	10.53	-	1.99	22.86
โครงข้อแข็ง 2	30.62	-	5.79	66.49
6. แรงเฉือนสูงสุดในคาน เชื่อม (ตัน)	20.83	19.37	24.56	-
7. แรงเฉือนสูงสุดในโครงข้อแข็ง (ตัน)				
โครงข้อแข็ง 1	1.283	-	0.316	2.810
โครงข้อแข็ง 2	6.218	-	1.532	13.625