



ผลของช่องเปิดในผนังด้านแรงเฉือนแบบมีช่องเปิดแถวเดียว

5.1 ความนำ

ในบทที่ผ่านมา ได้แสดงถึงผลการวิเคราะห์ผนังด้านแรงเฉือนแบบมีช่องเปิดด้วยวิธีการจำลองโครงสร้างเป็นโครงข้อแข็ง ทั้งนี้ เพื่อนำผลที่ได้มาประกอบการพิจารณาเกี่ยวกับช่องเปิดในผนังด้านแรงเฉือนภายใต้แรงกระทำด้านข้างและการทรุดตัวของฐานราก โดยช่องเปิดในที่นี้จะ เป็นช่องเปิดที่มีลักษณะสี่เหลี่ยม เท่านั้น ในเรื่องของช่องเปิดนี้จะพิจารณาเกี่ยวกับขนาดและตำแหน่งของช่องเปิดที่มีผลต่อการโก่งตัวด้านข้างและหน่วยแรงในผนังด้านแรงเฉือน

5.2 ขนาดของช่องเปิดต่อการโก่งตัวด้านข้างและหน่วยแรงในผนังด้านแรงเฉือน

Macleod<sup>(2)</sup> ได้แสดงผลของช่องเปิดที่มีต่อผนังด้านแรงเฉือนที่มีลักษณะสมมาตร โดยใช้การวิเคราะห์วิธี Shear Connection อยู่ในพจน์ของ  $\alpha_H$  โดยที่

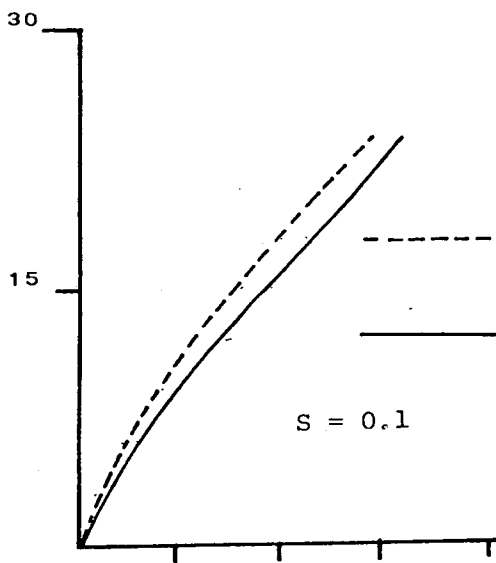
$$\alpha_H = H \sqrt{\frac{12I_b}{hb^3} \left[ \frac{l^2}{(I_{c1} + I_{c2})} + \frac{A_{c1} + A_{c2}}{A_{c1} A_{c2}} \right]} \quad (5.1)$$

ผลสรุปดังกล่าวมีรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 5.1 ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ผนังด้านแรงเฉือนแบบมีช่องเปิดจะมีพฤติกรรมเข้าใกล้ผนังด้านแรงเฉือนแบบไม่มีช่องเปิด เมื่อ  $\alpha_H > 8$  แต่จากผลการวิเคราะห์ที่ได้ในบทที่ 4 นั้นให้ผลสอดคล้องกับข้อสรุปข้างต้น เฉพาะค่าการโก่งตัวด้านข้างในกรณีที่มี  $S \leq 0.3$  เท่านั้น ดังแสดงในรูปที่ 5.2 ซึ่งเป็นการโก่งตัวด้านข้างของผนังด้านแรงเฉือนตัวอย่างที่ 3, 6, 9 และ 12 ตามลำดับ

ส่วนหน่วยแรงในผนังโดยเฉพาะอย่างยิ่งที่ฐาน พยว่าถึงแม้  $\alpha_H$  จะมากกว่า 8 ก็ตาม แต่หน่วยแรงที่ได้จากการวิเคราะห์ผนังด้านแรงเฉือนแบบมีช่องเปิด เมื่อ เปรียบเทียบกับผนังด้านแรงเฉือนขนาดเท่ากันแต่ไม่มีช่องเปิด จะมีค่าแตกต่างกันมาก โดยเฉพาะที่ขอบผนังด้านใน ดังแสดงในรูปที่ 5.3 ซึ่งเป็นผนังด้านแรงเฉือนตัวอย่างที่ 3, 6, 9 และ 12 ในตารางที่ 4.2 ทั้งนี้ เป็นเพราะหน่วยแรงในผนังที่ได้จากการวิเคราะห์ผนังด้านแรงเฉือนแบบมีช่องเปิดไม่ว่าจะเป็นวิธี Shear Connection วิธีไฟไนต์เอเลเมนต์ และวิธีจำลองโครง

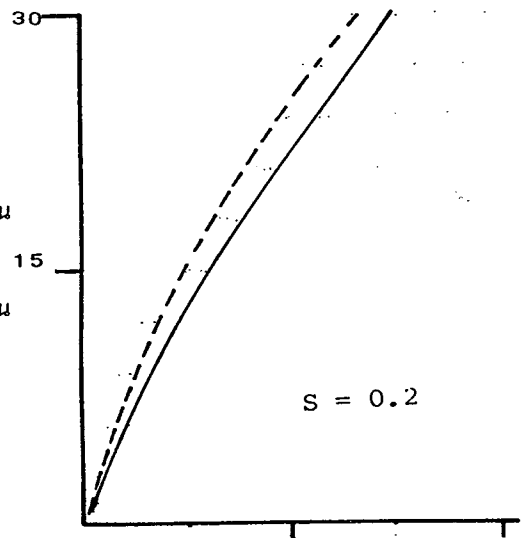
$\alpha H$	พฤติกรรมผนังด้านแรงเฉือนแบบมีช่องเปิดแถวเดียว
>8	เข้าใกล้ผนังด้านแรงเฉือนแบบไม่มีช่องเปิด การเคลื่อนที่เนื่องจากแรงตามแนวแกนมีความสำคัญต่อการตัดสติฟเนส
4-8	อยู่ระหว่างผนังด้านแรงเฉือนแบบไม่มีช่องเปิดและโครงข้อแข็ง
0-4	เข้าใกล้โครงข้อแข็ง

ความสูงผนัง, เมตร



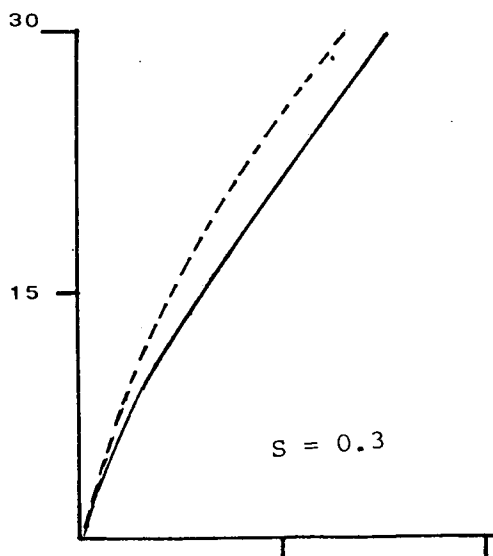
ตัวอย่างที่ 3

ความสูงผนัง, เมตร



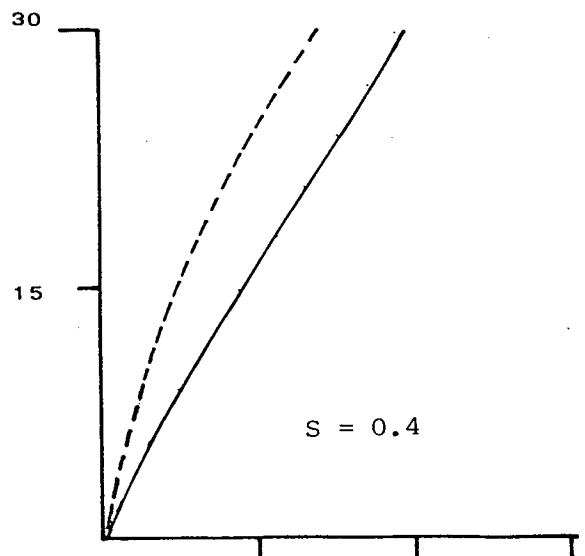
ตัวอย่างที่ 6

ความสูงผนัง, เมตร



ตัวอย่างที่ 9

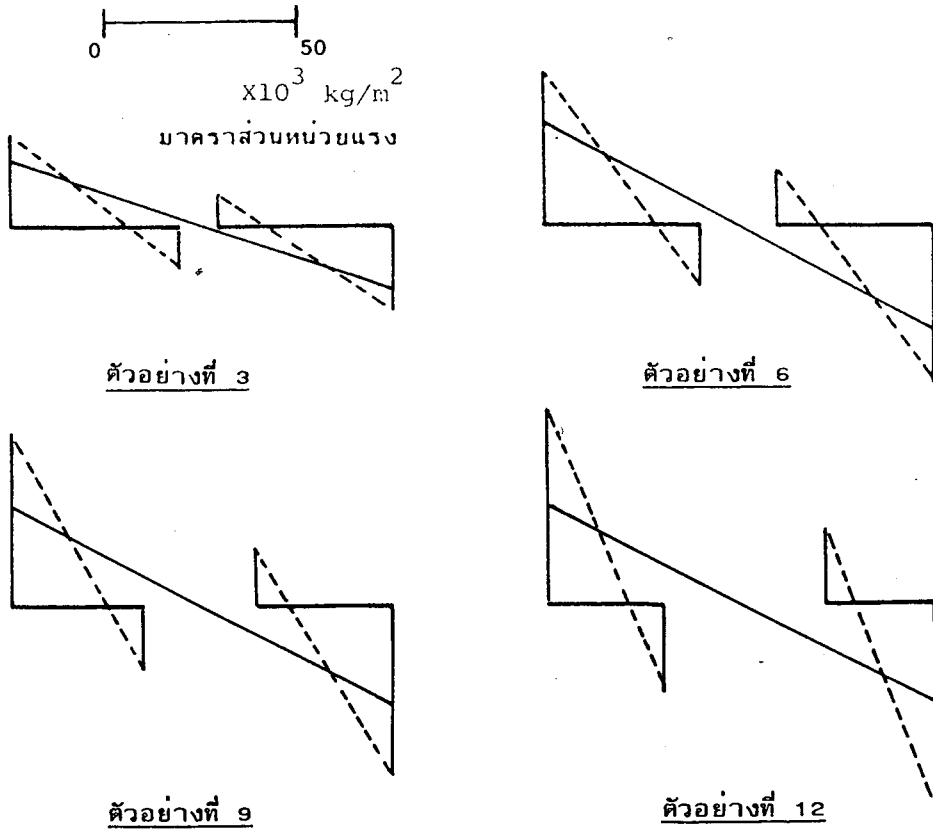
ความสูงผนัง, เมตร



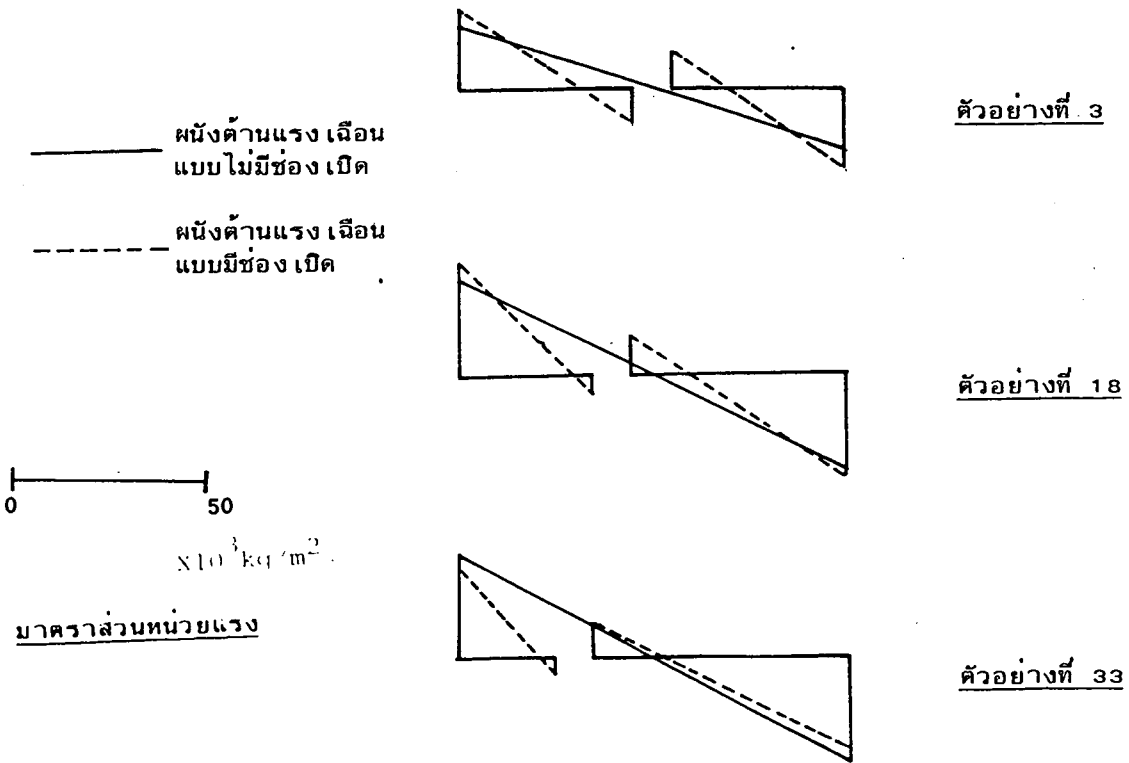
ตัวอย่างที่ 12

รูปที่ 5.2 การโค้งตัวด้านข้างของผนังด้านแรงเฉือนแบบมีช่องเปิดตัวอย่างที่ 3, 6, 9, 12

การโค้งตัวด้านข้างของผนังด้านแรงเฉือนแบบไม่มีช่องเปิด



รูปที่ 5.3 การเปรียบเทียบหน่วยแรงในผนังด้านแรงเฉือนแบบมีช่องเปิดกับผนังด้านแรงเฉือนแบบไม่มีช่องเปิด



รูปที่ 5.4 การเปรียบเทียบหน่วยแรงในผนังด้านแรงเฉือนแบบมีช่องเปิดในกรณีที่มีช่องเปิดมีขนาดเล็กกับผนังด้านแรงเฉือนแบบไม่มีช่องเปิด

สร้างเป็นโครงข้อแข็ง เป็นหน่วยแรงที่เกิดจากหน่วยแรงตามแนวแกน (Axial Stress) รวมกับหน่วยแรงดัด (Flexural Stress) โดยที่หน่วยแรงดัดจะมีค่ามากกว่าหน่วยแรงตามแนวแกนเสมอ ในขณะที่หน่วยแรงซึ่งได้จากการวิเคราะห์ผนังด้านแรงเฉือนแบบไม่มีช่องเปิดนั้น เป็นหน่วยแรงดัด เพียงอย่างเดียว

อย่างไรก็ตามถ้าพิจารณาเฉพาะหน่วยแรงที่ขอบด้านนอก (ขอบ A ในรูปที่ 4.1) จะพบว่าในกรณีที่มี  $S < 0.1$  กล่าวคือช่องเปิดมีขนาดเล็ก เมื่อเทียบกับความกว้างผนังและ  $\alpha H > 12$  ค่าหน่วยแรงบริเวณนี้จากการวิเคราะห์ผนังด้านแรงเฉือนแบบมีช่องเปิดจะมีค่าใกล้เคียงกับหน่วยแรงที่ได้จากการวิเคราะห์ผนังด้านแรงเฉือนแบบไม่มีช่องเปิด ดังแสดงในรูปที่ 5.4 ซึ่งเป็นหน่วยแรงที่ขอบ A ของตัวอย่างที่ 3, 18 และ 33 ในตารางที่ 4.2

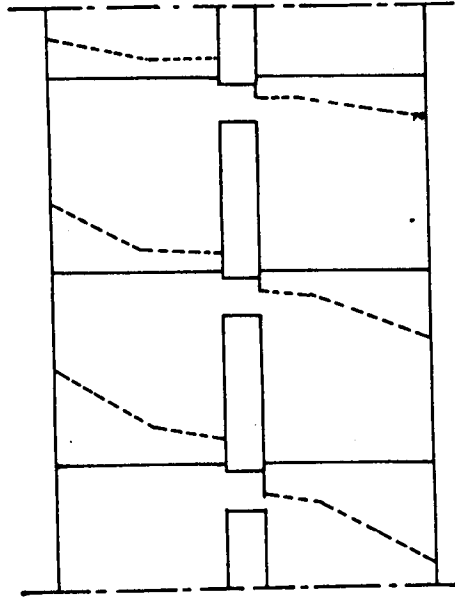
ข้อสังเกตอีกประการหนึ่งคือ จากการวิเคราะห์ผนังด้านแรงเฉือนแบบมีช่องเปิดด้วยวิธีไฟไนต์เอเลเมนต์ พบว่าในกรณีที่ช่องเปิดมีขนาดเล็ก เมื่อเทียบกับความกว้างผนัง ( $S < 0.1$ ) และ  $\alpha H > 12$  นั้น ค่าหน่วยแรงที่บริเวณความสูง 3 เมตรถึงความสูง 9 เมตรจากฐานมีแนวโน้มว่าจะปรับตัวเข้าใกล้หน่วยแรงซึ่งได้จากการวิเคราะห์ผนังด้านแรงเฉือนแบบไม่มีช่องเปิด ดังแสดงในรูปที่ 5.5

ข้อสรุปในตารางที่ 5.1 ที่สำคัญอีกประการหนึ่งก็คือ ในกรณีที่ช่องเปิดมีขนาดกว้างมาก จนทำให้  $\alpha H < 4$  นั้นจะทำให้พฤติกรรมของผนังด้านแรงเฉือนเข้าใกล้โครงข้อแข็ง ผลสรุปในเรื่องนี้เมื่อพิจารณาประกอบกับการวิเคราะห์ในบทที่ 4 แล้วพบว่า ถึงแม้ว่า  $\alpha H < 4$  แล้วก็ตาม แต่พฤติกรรมของผนังด้านแรงเฉือนไม่เข้าใกล้โครงข้อแข็งนัก ทั้งนี้พิจารณาจากรูปที่ 5.6 ซึ่งเป็นการโก่งตัวและหน่วยแรงในผนังของผนังด้านแรงเฉือน ตัวอย่างที่ 4.2 จะเห็นว่าทั้งการโก่งตัวด้านข้างและหน่วยแรงในผนังจะมีค่าต่างจากการวิเคราะห์โดยคิดเป็นโครงข้อแข็งอยู่มาก

### 5.3 ตำแหน่งของช่องเปิดในผนังด้านแรงเฉือนต่อผลการวิเคราะห์ด้วยวิธีจำลองโครงสร้างเป็นโครงข้อแข็ง

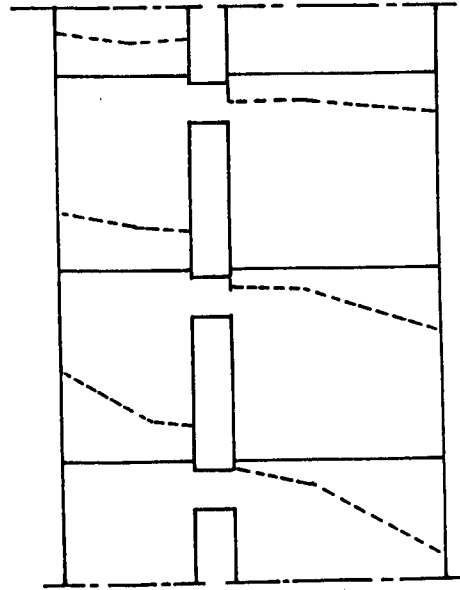
ในการวิเคราะห์ผนังด้านแรงเฉือนด้วยวิธี Shear Connection นั้น มีข้อกำหนดในเรื่องความแม่นยำของวิธีการวิเคราะห์ซึ่งระบุว่าในกรณีที่ผนังด้านแรงเฉือนแบบมีช่องเปิดมีลักษณะไม่

$m = 0.5$



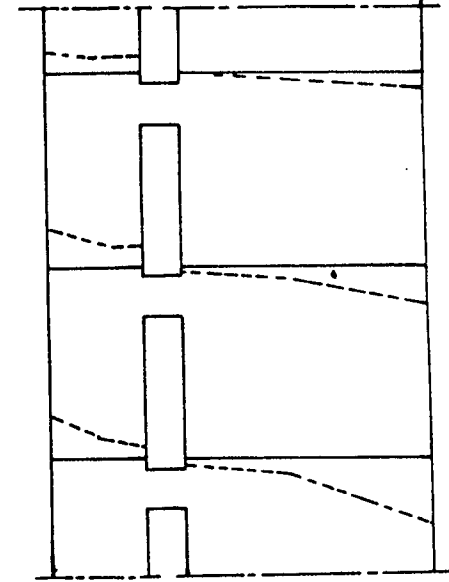
ตัวอย่างที่ 3

$m = 0.4$



ตัวอย่างที่ 18

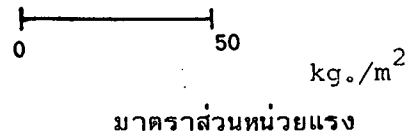
$m = 0.3$

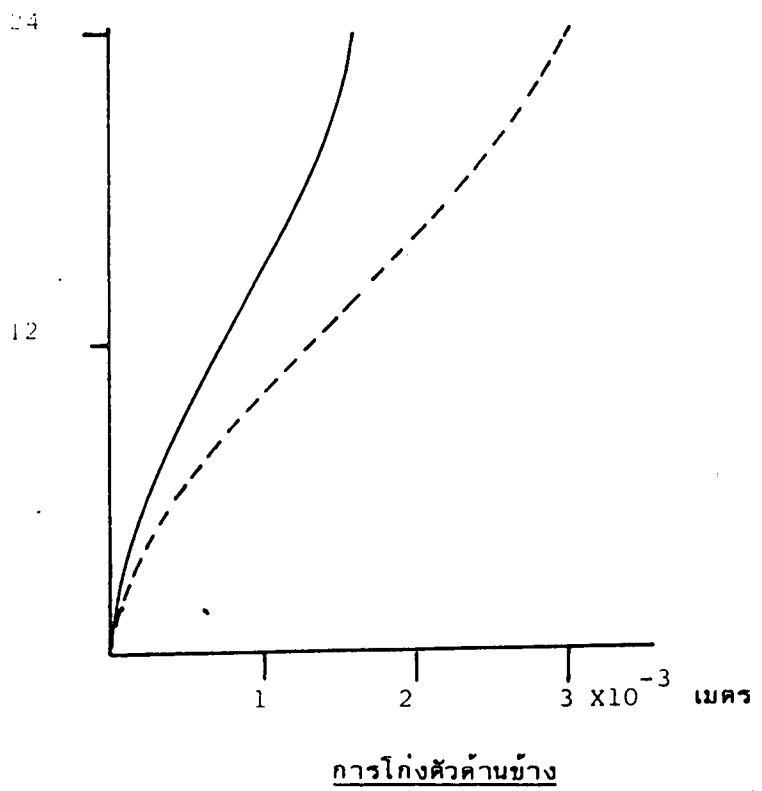


ตัวอย่างที่ 33

รูปที่ 5.5 หน่วยแรงในผนังที่ระดับความสูง 3 เมตร, 6 เมตรและ 9 เมตรจากฐานของตัวอย่างที่ 3, 18 และ 33

ในตารางที่ 4.2





- Frame Method without Rigid End Part and Shear Deformation
- Frame Method with Rigid End Part and Shear Deformation

รูปที่ 5.6 การโก่งตัวด้านข้างและหน่วยแรงในผนังด้านแรงเฉือนตัวอย่างที่ 13 ในตารางที่ 4.2

สมมาตร และผนังทั้งสองมีขนาดแตกต่างกันมากทำให้

$$\lambda_2 < 5$$

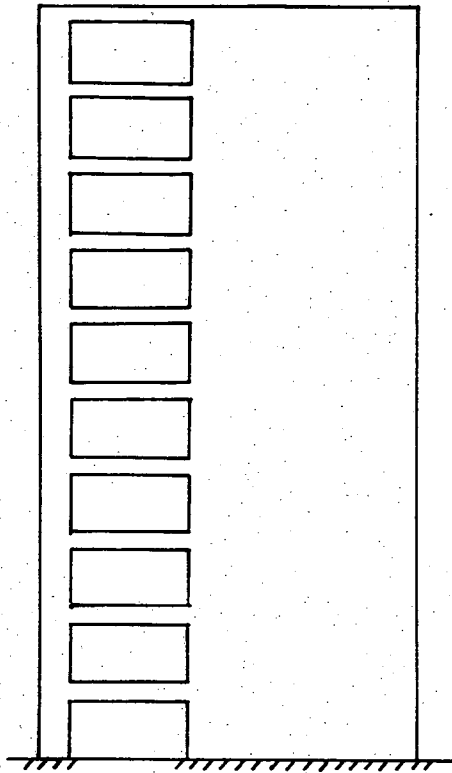
$$\begin{aligned} \text{โดยที่ } \lambda_2 &= \text{อัตราส่วนสติฟเนสของผนังที่เล็กกว่าต่อสติฟเนสของคาน} \\ &= \frac{E_c I_c}{h} / \frac{E_b I_b}{b} \end{aligned}$$

ในกรณีข้างต้นการวิเคราะห์ด้วยวิธี Shear Connection จะมีปัญหาเรื่องความแม่นยำของคำตอบที่ได้ เพราะสมมุติฐานการวิเคราะห์ผิดไป เนื่องจากการที่ผนังทั้งสองมีขนาดแตกต่างกันมากทำให้จุดดัดกลับของคานไม่เกิดที่กลางคาน

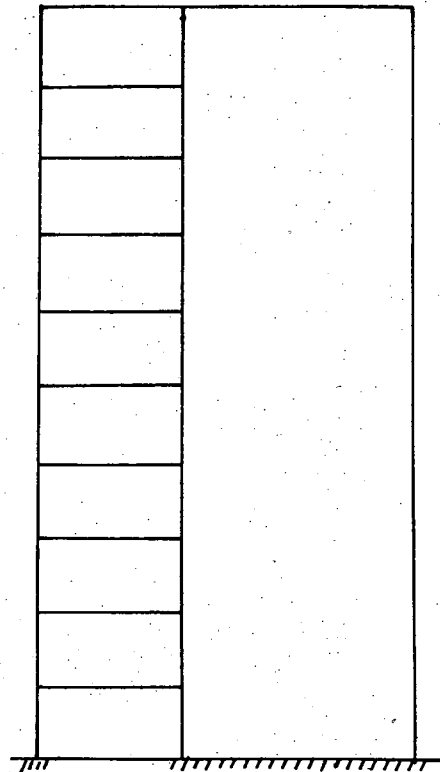
แต่สำหรับการวิเคราะห์ผนังด้านแรงเฉือนแบบมีช่องเปิดด้วยวิธีจำลองโครงสร้างเป็นโครงข้อแข็งนั้น เมื่อเกิดความแตกต่างของผนังทั้งสองมาก ดังแสดงในรูปที่ 5.7 แล้ว ผนังที่มีขนาดเล็กกว่าจะมีลักษณะเหมือนเสา ทำให้การวิเคราะห์สามารถทำได้โดยจำลองโครงสร้างดังกล่าว เป็นโครงข้อแข็งรับแรงกระทำร่วมกับผนังด้านแรงเฉือนดังแสดงในรูปที่ 5.8

#### 5.4 การทรุดตัวของฐานรากที่มีต่อผนังด้านแรงเฉือนแบบมีช่องเปิดแถวเดียว

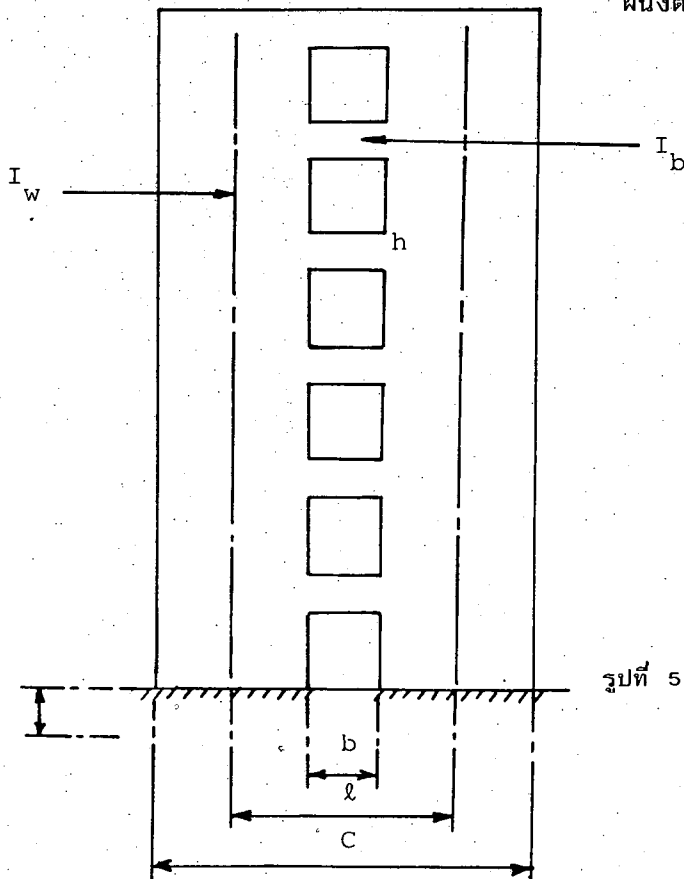
จากการศึกษาถึงผล เกี่ยวกับการทรุดตัวไม่เท่ากันของฐานราก ในผนังด้านแรงเฉือนแบบมีช่องเปิดแถวเดียว โดยในการวิเคราะห์ตัวอย่างในรูปที่ 5.9 และรายละเอียดตามตารางที่ 5.10 ทั้งนี้กำหนดให้เกิดการทรุดตัวที่ผนังที่ 1 เท่ากับ  $1\epsilon/500$  ซึ่งเป็นการทรุดตัวที่อยู่ในช่วงที่ยอมรับได้แต่ผลการวิเคราะห์ปรากฏว่า การทรุดตัวไม่เท่ากันดังกล่าวทำให้เกิดการโก่งตัวด้านข้าง หน่วยแรงสูงสุดในผนังและหน่วยแรงเฉือนสูงสุดในคานมีค่าสูงมาก เมื่อเปรียบเทียบกับในกรณีที่รับแรงกระทำด้านข้าง โดยจะเกิดการโก่งตัวมากที่สุดบริเวณยอดผนัง ในขณะที่หน่วยแรงสูงสุดในผนังจะเกิดที่ฐานและหน่วยแรงเฉือนสูงสุดในคานจะเกิดที่คานตัวล่างสุด ทั้งนี้พิจารณาจากรูปที่ 5.11 - 5.13 ซึ่งแสดงถึงการโก่งตัวด้านข้าง หน่วยแรงสูงสุดในผนังและหน่วยแรงสูงสุดในคาน เปรียบเทียบกับอัตราส่วนช่องเปิดของช่องเปิดต่อความกว้างผนัง,  $S$  และอัตราส่วนสติฟเนสของผนังต่อสติฟเนสของคาน,  $\lambda_2$



รูปที่ 5.7 ผนังด้านแรงเฉือนที่ช่องเปิดเอียงไปมาก



รูปที่ 5.8 การจำลองผนังด้านแรงเฉือนในรูปที่ 5.7 เป็นโครงข้อแข็งกับผนังด้านแรงเฉือน



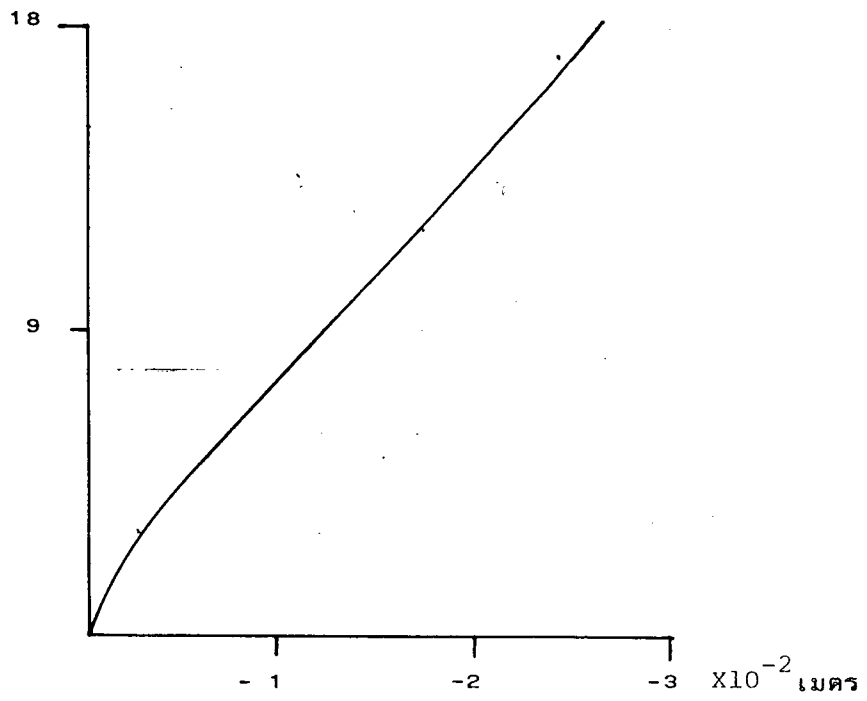
รูปที่ 5.9 ตัวอย่างการวิเคราะห์ผนังด้านแรงเฉือนในกรณีที่เกิดการทรุดตัวที่ฐานราก



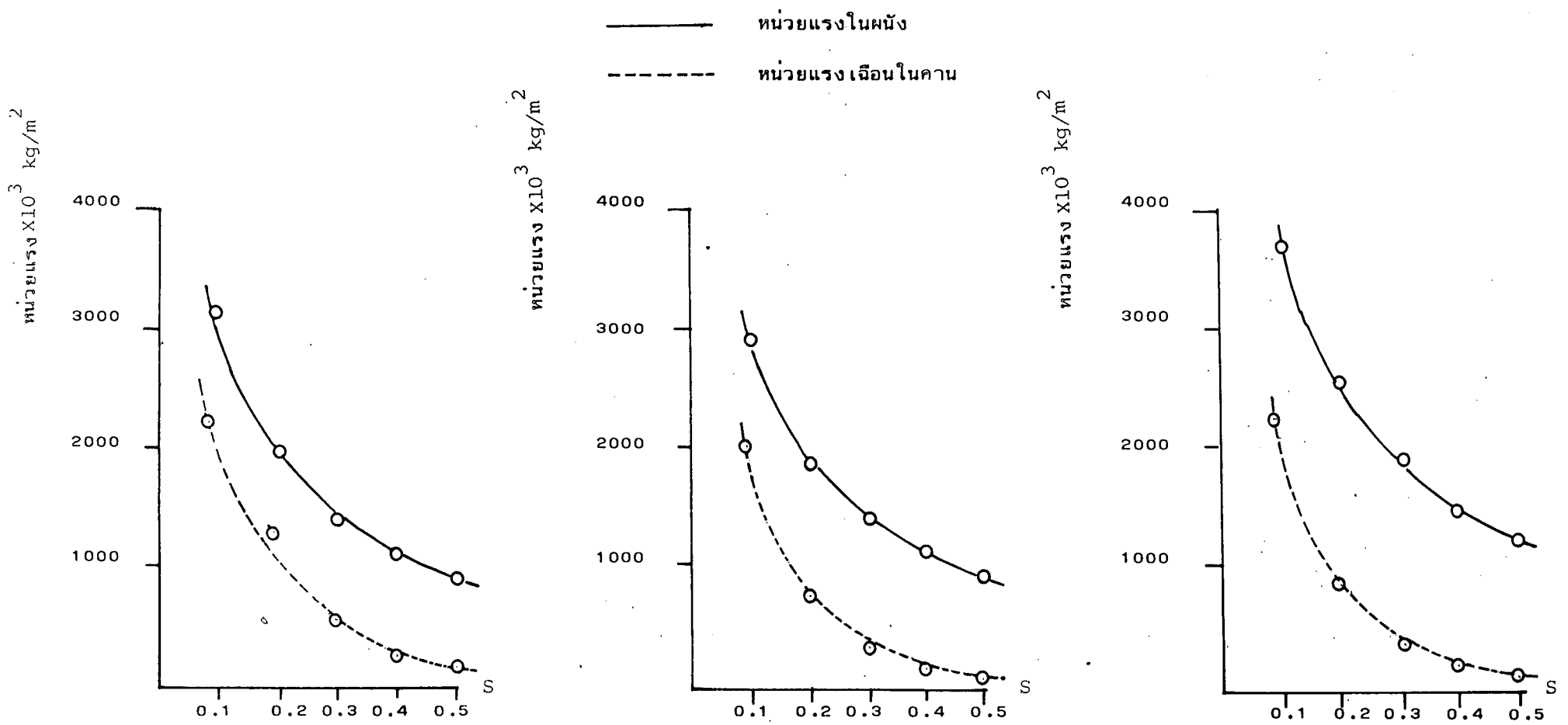
ตารางที่ 5.10 รายละเอียดคาน้ำแรงเดือนในรูปที่ 5.9 ที่ใช้ในการวิเคราะห์การทรุดตัวของฐานราก

ตัวอย่างที่	l เมตร	l/500 เมตร	S	b เมตร	c เมตร	h เมตร	$I_w$ เมตร <sup>4</sup>	$I_b$ เมตร <sup>4</sup>	$\lambda_2$
1	5.50	0.011	0.1	1.0	10	3	7.59	0.083	396
2	6.00	0.012	0.2	2.0	10	3	5.33	0.083	304
3	6.50	0.013	0.3	3.0	10	3	3.57	0.083	220
4	7.00	0.014	0.4	4.0	10	3	2.25	0.083	150
5	7.50	0.015	0.5	5.0	10	3	1.30	0.083	93
6	8.25	0.0165	0.1	1.5	10	3	25.63	0.178	396
7	9.00	0.018	0.2	3.0	10	3	18.00	0.178	304
8	9.75	0.0195	0.3	4.5	10	3	12.06	0.178	220
9	10.50	0.021	0.4	6.0	10	3	7.59	0.178	150
10	11.25	0.0225	0.5	7.5	10	3	4.39	0.178	93
11	11.00	0.022	0.1	2.0	10	3	60.75	0.56	396
12	12.00	0.024	0.2	4.0	10	3	42.67	0.56	304
13	13.00	0.026	0.3	6.0	10	3	28.58	0.56	220
14	14.00	0.028	0.4	8.0	10	3	18.00	0.56	150
15	15.00	0.030	0.5	10.0	10	3	10.416	0.56	93

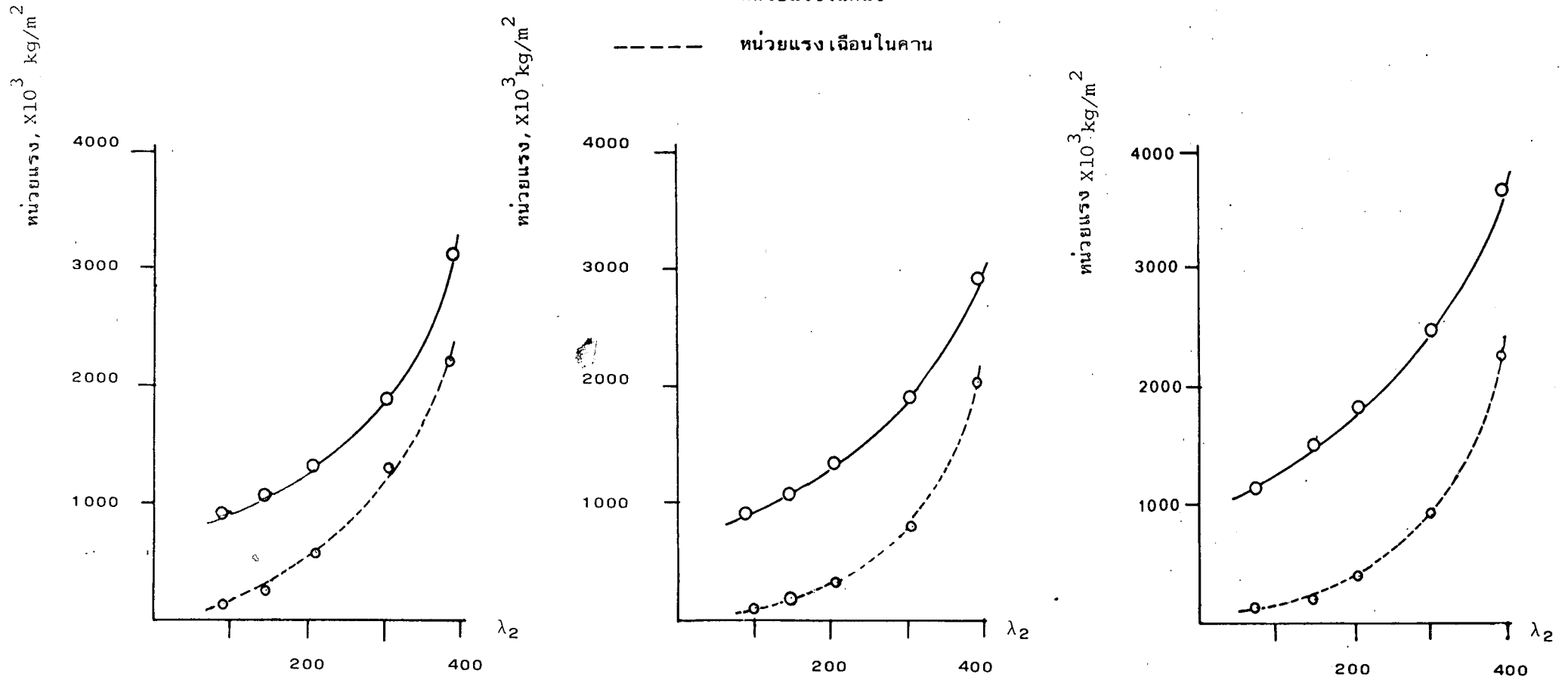
ความสูงผนัง, เมตร



รูปที่ 5.11 การโค้งตัวด้านข้างของผนังต้านแรงเฉือนที่เกิดการทรุดตัวของตัวอย่างที่ 1 ในตารางที่ 5.10



รูปที่ 5.12 ค่าหน่วยแรงสูงสุดในคานและหน่วยแรงเฉือนสูงสุดในคานกับอัตราส่วน S



รูปที่ 5.13 ค่าหน่วยแรงในผนังและหน่วยแรงเฉือนสูงสุดในคานกับอัตราส่วน  $\lambda_2$

ตารางที่ 5.14 หน่วยแรงในผนังและหน่วยแรงเฉือนในคานของผนัง

ด้านแรงเฉือนที่มีความสูงไม่เท่ากันในกรณีที่เกิดการทรุดตัวของ

ฐานราก

ความสูงผนังด้าน แรงเฉือน เมตร	หน่วยแรงในผนังที่ฐาน $\times 10^3 \text{ kg/m}^2$	หน่วยแรงเฉือนในคาน $\times 10^3 \text{ kg/m}^2$
30	1055.99	1071.43
39	1056.80	1071.04

รูปที่ 5.12 แสดงให้เห็นว่าในกรณีที่มีการทรุดตัวของฐานรากต่อช่วงคานเท่ากันแล้ว ค่าหน่วยแรงสูงสุดในผนังและหน่วยแรงเฉือนสูงสุดในคานจะขึ้นอยู่กับอัตราส่วน  $S$  โดยที่  $S$  มีค่ามากขึ้นจะทำให้หน่วยแรงมีค่าลดลง

รูปที่ 5.13 เป็นการเปรียบเทียบค่าหน่วยแรงสูงสุดในผนังและหน่วยแรงเฉือนสูงสุดในคานกับอัตราส่วน  $\lambda_2$  ซึ่งพบว่าเมื่ออัตราส่วน  $\lambda_2$  น้อยลง ค่าหน่วยแรงสูงสุดในผนังและคานจะมีค่าลดลงด้วย

นอกจากนี้จากการวิเคราะห์เกี่ยวกับการทรุดตัวของฐานรากในผนังด้านแรงเฉือนแบบมีช่องเปิดแถวเดียว พบว่าค่าหน่วยแรงในผนังและคานจะไม่ขึ้นกับความสูงของผนัง แต่จะขึ้นอยู่กับอัตราส่วน  $S$  และ  $\lambda_2$  ดังกล่าวข้างต้น ทั้งนี้พิจารณาจากตารางที่ 5.13 ซึ่งเป็นการวิเคราะห์ผนังด้านแรงเฉือนที่มีความสูง 10 ชั้นและ 13 ชั้น โดยมีคุณสมบัติอื่น ๆ เช่น ความกว้างผนัง ความกว้างช่องเปิด และขนาดคานเท่ากัน ผลการวิเคราะห์ได้ค่าหน่วยแรงในผนังและหน่วยแรงเฉือนในคานมีค่าใกล้เคียงกันมาก