

ผลการวิเคราะห์ผนังด้านแรงเฉือนแบบมีช่องเปิด

4.1 ความนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงผลการวิเคราะห์ผนังด้านแรงเฉือนแบบมีช่องเปิดโดยการจำลองโครงสร้างเป็นโครงข้อแข็ง เปรียบเทียบกับวิธีอื่น เช่น Shear Connection และวิธีไฟไนต์เอเลเมนต์ ผนังด้านแรงเฉือนดังกล่าวจะประกอบด้วยผนังด้านแรงเฉือนที่มีช่องเปิดแถวเดียว มีช่องเปิดสองแถว และผนังด้านแรงเฉือนที่มีความกว้างไม่เท่ากันตลอดความสูง ผลการวิเคราะห์จะแสดงถึงความแม่นยำของคำตอบที่ได้ เช่น การโก่งตัว หน่วยแรงที่บริเวณขอบ และค่าแรงเฉือนสูงสุดในคาน

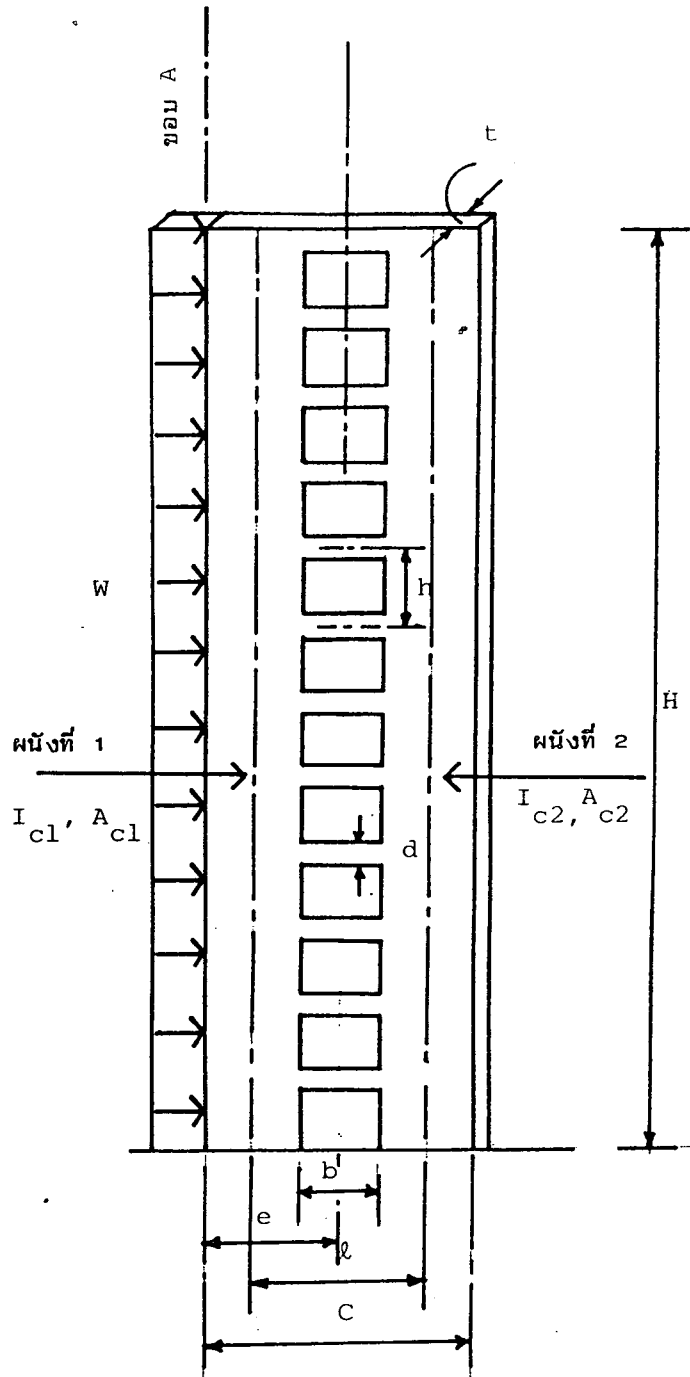
นอกจากนี้ยังศึกษาถึงการทรุดตัวของฐานราก ในผนังด้านแรงเฉือนแบบมีช่องเปิดแถวเดียวด้วย

4.2 ผนังด้านแรงเฉือนแบบมีช่องเปิดแถวเดียว

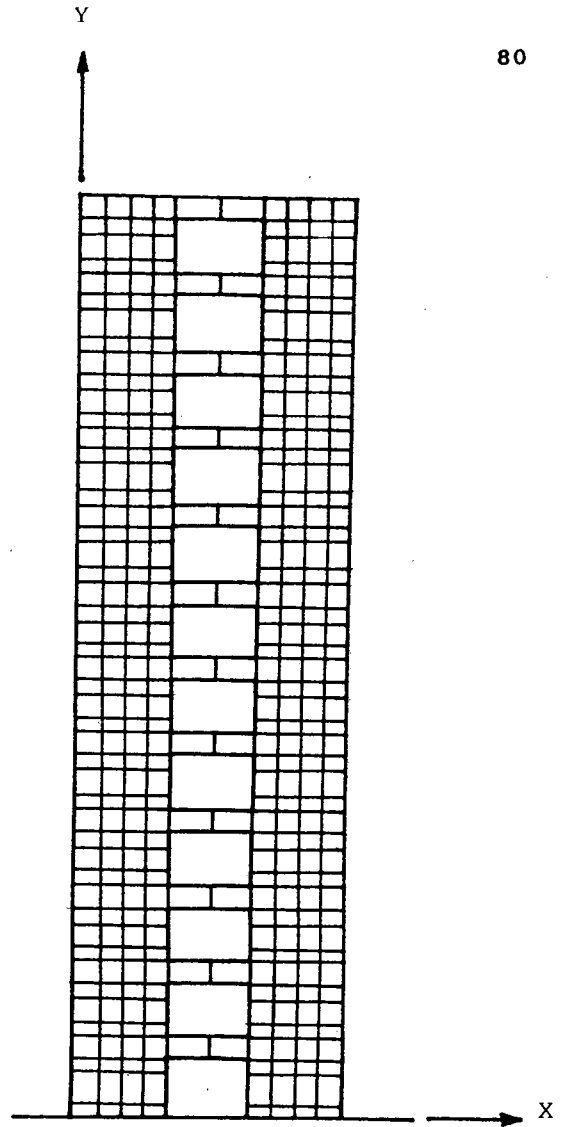
สำหรับในงานวิจัยนี้จะพิจารณาผนังด้านแรงเฉือนแบบมีช่องเปิดแถวเดียว โดยมีรายละเอียดแสดงในรูปที่ 4.1 และตาราง 4.2 ซึ่งเป็นผนังด้านแรงเฉือนที่มีความสูงระหว่างชั้นเท่ากันตลอดผนัง ค่าพื้นที่หน้าตัดและโมเมนต์อินเนอร์เซียของผนังและคานคงที่ตลอดความสูงของผนัง

ในการพิจารณาผลการวิเคราะห์จะเปรียบเทียบความแม่นยำกับการวิเคราะห์โดยวิธีไฟไนต์เอเลเมนต์<sup>(19)</sup> และ Shear Connection<sup>(6-11)</sup> สำหรับการวิเคราะห์โดยวิธีไฟไนต์เอเลเมนต์นั้นจะแบ่งโครงสร้างออกเป็นชั้นส่วนย่อยดังแสดงในรูปที่ 4.3 ชั้นส่วนย่อยที่ประกอบเป็นโครงสร้างผนังด้านแรงเฉือนดังกล่าวนั้น เป็นชั้นส่วนที่มี 8 ขั้วในหนึ่งชั้นส่วนย่อย (8 - Point Isoparametric Plane Stress Element) ดังแสดงในรูปที่ 4.4

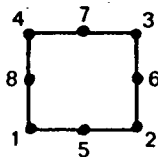
ตัวอย่างในตารางที่ 4.2 นั้น เป็นผนังด้านแรงเฉือนแบบมีช่องเปิดแถวเดียวในรูปแบบต่าง ๆ กัน 45 ตัวอย่างด้วยกัน โดย 15 ตัวอย่างแรก เป็นผนังด้านแรงเฉือนแบบมีช่องเปิดแถวเดียวที่มีลักษณะสมมาตร คือ มีขนาดผนังที่ 1 และผนังที่ 2 เท่ากัน แต่จะแตกต่างกัน



รูปที่ 4.1 ผนังต้านแรงเฉือนแบบมีช่องเปิด  
แถวเดียว



รูปที่ 4.3 การแบ่งโครงสร้างผนังต้าน  
แรงเฉือนในการวิเคราะห์  
ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์



รูปที่ 4.4 ชิ้นส่วนย่อยที่ใช้วิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

ตารางที่ 4.2 ตัวอย่างการวิเคราะห์หนึ่งด้านแรงเฉือนแบบมีช่องเปิดแถวเดียว

ตัวอย่างที่	อัตราส่วน m	อัตราส่วน S	อัตราส่วน αH	ความสูงของผนัง H เมตร	ความสูงของชั้น h เมตร	ความกว้างช่องเปิด b เมตร	ความกว้างผนัง C เมตร	ระยะระหว่าง ศูนย์กลาง f เมตร	ความลึกคาน d เมตร	ความกว้างผนังที่ 1 v1 เมตร	ความกว้างผนังที่ 2 v2 เมตร	ความหนาผนัง t เมตร
1	0.5	0.1	3.60	24.00	3.00	1.00	10.00	5.50	0.30	4.50	4.50	1.00
2	0.5	0.1	7.63	24.00	3.00	1.00	10.00	5.50	0.30	4.50	4.50	1.00
3	0.5	0.1	14.06	24.00	3.00	1.00	10.00	5.50	0.75	4.50	4.50	1.00
4	0.5	0.2	3.41	24.00	3.00	2.00	10.00	6.00	0.50	4.00	4.00	1.00
5	0.5	0.2	7.83	24.00	3.00	2.00	10.00	6.00	0.75	4.00	4.00	1.00
6	0.5	0.2	12.06	30.00	3.00	2.00	10.00	6.00	1.00	4.00	4.00	1.00
7	0.5	0.3	2.40	24.00	3.00	3.00	10.00	6.50	0.50	3.50	3.50	1.00
8	0.5	0.3	6.79	24.00	3.00	3.00	10.00	6.50	1.00	3.50	3.50	1.00
9	0.5	0.3	15.60	30.00	3.00	3.00	10.00	6.50	1.50	3.50	3.50	1.00
10	0.5	0.4	3.82	24.00	3.00	4.00	10.00	7.00	0.75	3.00	3.00	1.00
11	0.5	0.4	7.35	30.00	3.00	4.00	10.00	7.00	1.00	3.00	3.00	1.00
12	0.5	0.4	13.50	30.00	3.00	4.00	10.00	7.00	1.50	3.00	3.00	1.00

ตารางที่ 4.2 ตัวอย่างการวิเคราะห์หนึ่งด้านแรงเฉือนแบบมีช่องเปิดแถวเดียว (ต่อ)

ตัวอย่างที่	อัตราส่วน $m$	อัตราส่วน $n$	อัตราส่วน $H_0$	ความสูงของผนัง $H$ เมตร	ความสูงของช่อง $h$ เมตร	ความกว้างเปิด $a$ เมตร	ความกว้างผนัง $C$ เมตร	ระยะระหว่างช่อง $f$ เมตร	ความหนาของผนัง $D$ เมตร	ความกว้างผนัง $1$ เมตร	ความกว้างผนัง $2$ เมตร	ความหนาของผนัง $3$ เมตร
13	0.5	0.5	3.82	24.00	3.00	5.00	10.00	7.50	0.75	2.50	2.50	1.00
14	0.5	0.5	7.35	30.00	3.00	5.00	10.00	7.50	1.00	2.50	2.50	1.00
15	0.5	0.5	13.50	30.00	3.00	5.00	10.00	7.50	1.50	2.50	2.50	1.00
16	0.4	0.1	3.38	24.00	3.00	1.00	10.00	5.50	0.30	3.50	5.50	1.00
17	0.4	0.1	7.27	24.00	3.00	1.00	10.00	5.50	0.50	3.50	5.50	1.00
18	0.4	0.1	13.37	24.00	3.00	1.00	10.00	5.50	0.75	3.50	5.50	1.00
19	0.4	0.2	3.19	24.00	3.00	2.00	10.00	6.00	0.50	3.00	5.00	1.00
20	0.4	0.2	9.00	24.00	3.00	2.00	10.00	6.00	1.00	3.00	5.00	1.00
21	0.4	0.2	16.54	24.00	3.00	2.00	10.00	6.00	1.50	3.00	5.00	1.00
22	0.4	0.3	3.77	30.00	3.00	3.00	10.00	6.50	0.75	2.50	4.50	1.00
23	0.4	0.3	7.26	30.00	3.00	3.00	10.00	6.50	1.00	2.50	4.50	1.00
24	0.4	0.3	13.35	30.00	3.00	3.00	10.00	6.50	1.50	2.50	4.50	1.00

ตารางที่ 4.2 ตัวอย่างการวิเคราะห์หนึ่งค้ำนแรง เดือนแบบมีช่อง เบ็ดแถว เดียว (ต่อ)

ตัวอย่างที่	อัตราส่วน $\mu$	อัตราส่วน $\sigma$	อัตราส่วน $\sigma/H$	ความสูงของผนัง H เมตร	ความสูงของชั้น h เมตร	ความกว้างช่องเปิด b เมตร	ความกว้างผนัง C เมตร	ระยะระหว่างศูนย์กลาง $\xi$ เมตร	ความลึกคาน d เมตร	ความกว้างผนัง 1 $b_1$ เมตร	ความกว้างผนัง 2 $b_2$ เมตร	ความหนาผนัง $\delta$ เมตร
25	0.4	0.4	3.36	24.00	3.00	4.00	10.00	7.00	0.75	2.00	4.00	1.00
26	0.4	0.4	6.48	30.00	3.00	4.00	10.00	7.00	1.00	2.00	4.00	1.00
27	0.4	0.4	11.874	30.00	3.00	4.00	10.00	7.00	1.50	2.00	4.00	1.00
28	0.4	0.3	3.188	24.00	3.00	5.00	10.00	7.50	0.75	1.50	3.50	1.00
29	0.4	0.3	6.48	30.00	3.00	5.00	10.00	7.50	1.00	1.50	3.50	1.00
30	0.4	0.3	11.22	30.00	2.00	5.00	10.00	7.50	1.50	1.50	3.50	1.00
31	0.3	0.1	3.048	24.00	3.00	1.00	10.00	5.50	0.30	2.50	6.50	1.00
32	0.3	0.1	6.576	24.00	3.00	1.00	10.00	5.50	0.50	2.50	6.50	1.00
33	0.3	0.1	12.10	24.00	3.00	1.00	10.00	5.50	0.75	2.50	6.50	1.00
34	0.3	0.2	2.78	24.00	3.00	2.00	10.00	6.00	0.50	2.00	6.00	1.00
35	0.3	0.2	6.42	30.00	3.00	2.00	10.00	6.00	0.75	2.00	6.00	1.00
36	0.3	0.2	16.12	30.00	3.00	2.00	10.00	6.00	1.50	2.00	6.00	1.00

ตารางที่ 4.2 ตัวอย่างการวิเคราะห์ห้ผนังด้านแรงเฉือนแบบมีช่องเปิดแถวเดียว (ต่อ)

ตัวอย่างที่	อัตราส่วน $\frac{m}{H}$	อัตราส่วน $\frac{b}{H}$	อัตราส่วน $\frac{a}{H}$	ความสูงของผนัง เมตร H	ความสูงของทับ เมตร h	ความกว้างช่องเปิด เมตร b	ความกว้างผนัง เมตร C	ระยะระหว่างศูนย์กลางช่องผนัง z เมตร	ความลึกคาน เมตร d	ความกว้างผนัง 1 เมตร w1	ความกว้างผนัง 2 เมตร w2	ความหนาผนัง 1 เมตร t1
37	0.3	0.3	3.38	24.00'	3.00	3.00	10.00	6.50	0.75	1.50	5.50	1.00
38	0.3	0.3	6.54	30.00	3.00	3.00	10.00	6.50	1.00	1.50	5.50	1.00
39	0.3	0.3	11.97	30.00	3.00	3.00	10.00	6.50	1.50	1.50	5.50	1.00
40	0.3	0.4	2.74	24.00	3.00	4.00	10.00	7.00	0.75	1.00	5.00	1.00
41	0.3	0.4	5.25	30.00	3.00	4.00	10.00	7.00	1.00	1.00	5.00	1.00
42	0.3	0.4	9.63	30.00	3.00	4.00	10.00	7.00	1.50	1.00	5.00	1.00
43	0.3	0.5	2.50	24.00	3.00	5.00	10.00	7.50	0.75	0.50	4.50	1.00
44	0.3	0.5	4.80	30.00	3.00	5.00	10.00	7.50	1.00	0.50	4.50	1.00
45	0.3	0.5	8.82	30.00	3.00	5.00	10.00	7.50	1.50	0.50	4.50	1.00

ที่ขนาดของช่องเปิด และขนาดของคาน ส่วนตัวอย่างที่เหลือ เป็นผนังด้านแรงเฉือนที่ไม่สมมาตร โดยช่องเปิดจะอยู่เยื้องไปทางด้านผนังที่ 1 ทำให้ผนังที่ 1 มีขนาดเล็กกว่าผนังที่ 2

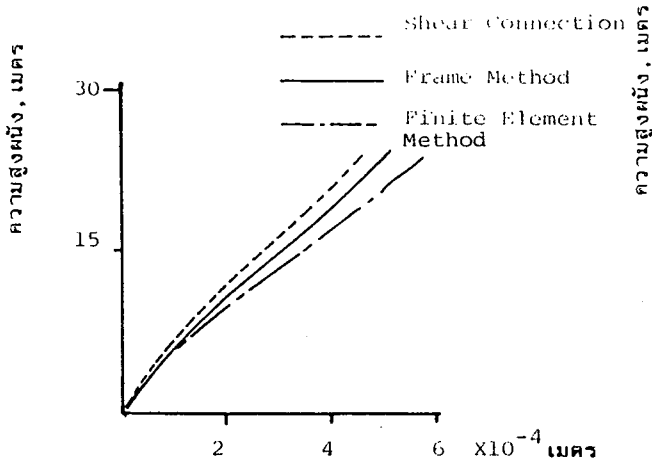
ตัวอย่างทั้งหมดในตารางที่ 4.2 จะใช้ค่าโมดูลัสเท่ากับ  $2.0 \times 10^9$  กิโลกรัม/ตารางเมตร และค่า Poisson's Ratio เท่ากับ 0.15 ส่วนแรงที่กระทำต่อผนังด้านแรงเฉือนนั้น เป็นแรงกระทำด้านข้างที่กระจายสม่ำเสมอ (Uniformly Distributed load) มีค่าเท่ากับ 1000 กิโลกรัม/เมตร

เมื่อพิจารณาการโก่งตัวด้านข้างของผนังด้านแรงเฉือนด้วยวิธีการวิเคราะห์ทั้งสามวิธี พบว่า ในจำนวนตัวอย่างทั้ง 45 ตัวอย่างจะให้ผลในลักษณะเดียวกันกล่าวคือ การวิเคราะห์โดยวิธี Shear Connection จะให้ค่าการโก่งตัวที่บริเวณใกล้ฐานคิดไปจากวิธีไฟไนต์เอเลเมนต์ประมาณ 40-60 % ส่วนที่ระดับความสูงกลางผนังไปจนถึงยอดของผนังค่าการโก่งตัวโดยการวิเคราะห์ด้วยวิธี Shear Connection จะคิดไปประมาณ 20-30 % เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีไฟไนต์เอเลเมนต์

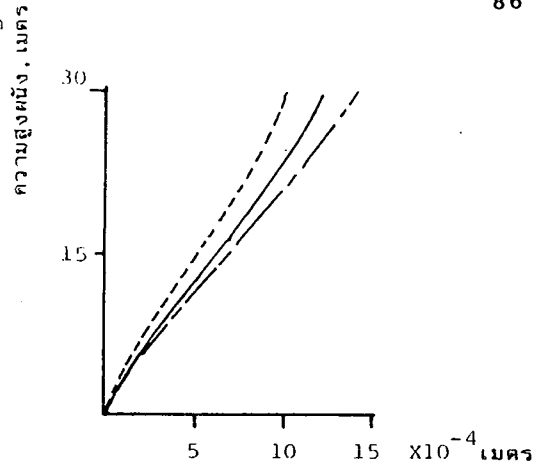
ในรูปที่ 4.5 - 4.10 เป็นการเปรียบเทียบการโก่งตัวด้านข้างผนังด้านแรงเฉือนด้วยการวิเคราะห์ทั้งสามวิธี โดยเป็นการโก่งตัวของผนังด้านแรงเฉือนตัวอย่างที่ 1, 15, 16, 30, 31 และ 45 ในตารางที่ 4.2 ตามลำดับ

สำหรับการวิเคราะห์ผนังด้านแรงเฉือนโดยการจำลองโครงสร้างเป็นโครงข้อแข็งนั้น ให้ค่าการโก่งตัวใกล้เคียงกับวิธีไฟไนต์เอเลเมนต์ที่ระดับใกล้ฐานของผนัง ส่วนตั้งแต่ระดับความสูง กลางผนังถึงบริเวณยอดของผนัง ค่าการโก่งตัวจะคิดไปจากการวิเคราะห์โดยวิธีไฟไนต์เอเลเมนต์บ้างประมาณ 10 - 15 %

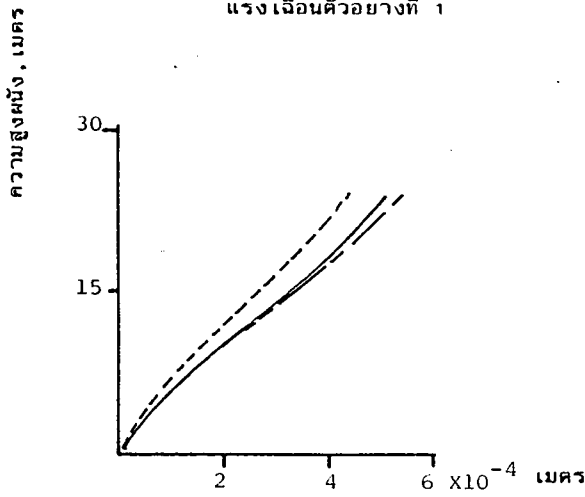
ในรูปที่ 4.11 เป็นการกระจายของหน่วยแรงที่ได้จากการวิเคราะห์โดยวิธีไฟไนต์เอเลเมนต์ของตัวอย่างที่ 3 ในตารางที่ 4.2 จะพบว่า การกระจายของหน่วยแรงในผนังที่ระดับความสูงตั้งแต่กลางผนังไปจนถึงยอดของผนังไม่เป็นไปตามทฤษฎีการค้ำ<sup>(17)</sup> กล่าวคือ หน่วยแรงไม่แปรผัน เป็นเชิงเส้น การกระจายของหน่วยแรงดังกล่าวจะแปรผัน เป็นเชิงเส้นเฉพาะบริเวณใกล้ฐานของผนังเท่านั้น อย่างไรก็ตามพบว่า หน่วยแรงในระดับกลางผนังจนถึงยอดผนังนั้นมีค่าไม่มากนัก เมื่อเปรียบเทียบกับหน่วยแรงบริเวณฐาน โดยมีค่าประมาณ 10-25 % ของหน่วยงานที่ฐาน (ที่ระดับกลางผนัง) และประมาณ 1-5 % ของหน่วยแรงที่ฐาน (ที่บริเวณยอดของผนัง)



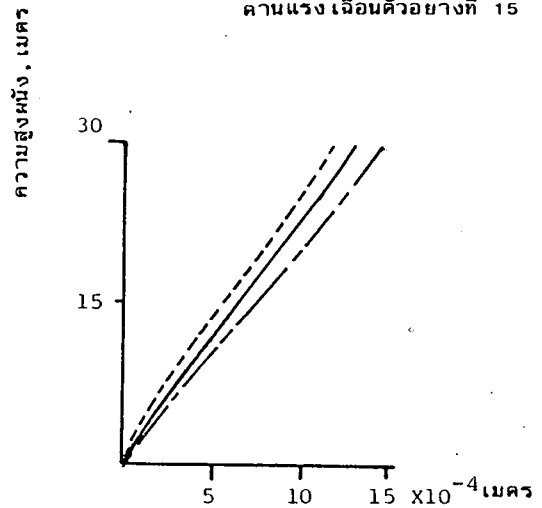
รูปที่ 4.5 การโก่งตัวด้านข้างของผนังด้านแรงเฉือนตัวอย่างที่ 1



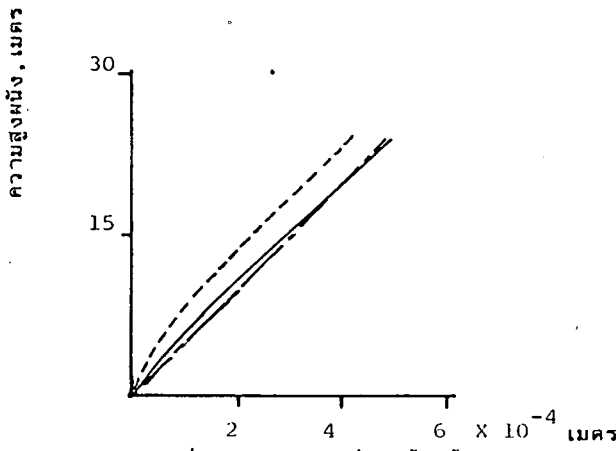
รูปที่ 4.6 การโก่งตัวด้านข้างของผนังด้านแรงเฉือนตัวอย่างที่ 15



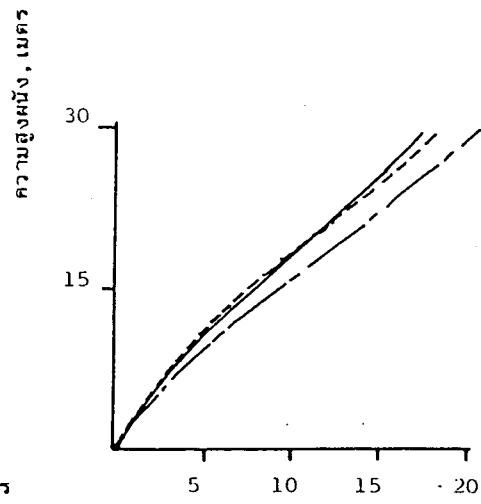
รูปที่ 4.7 การโก่งตัวด้านข้างของผนังด้านแรงเฉือนตัวอย่างที่ 16



รูปที่ 4.8 การโก่งตัวของผนังด้านแรงเฉือนตัวอย่างที่ 30

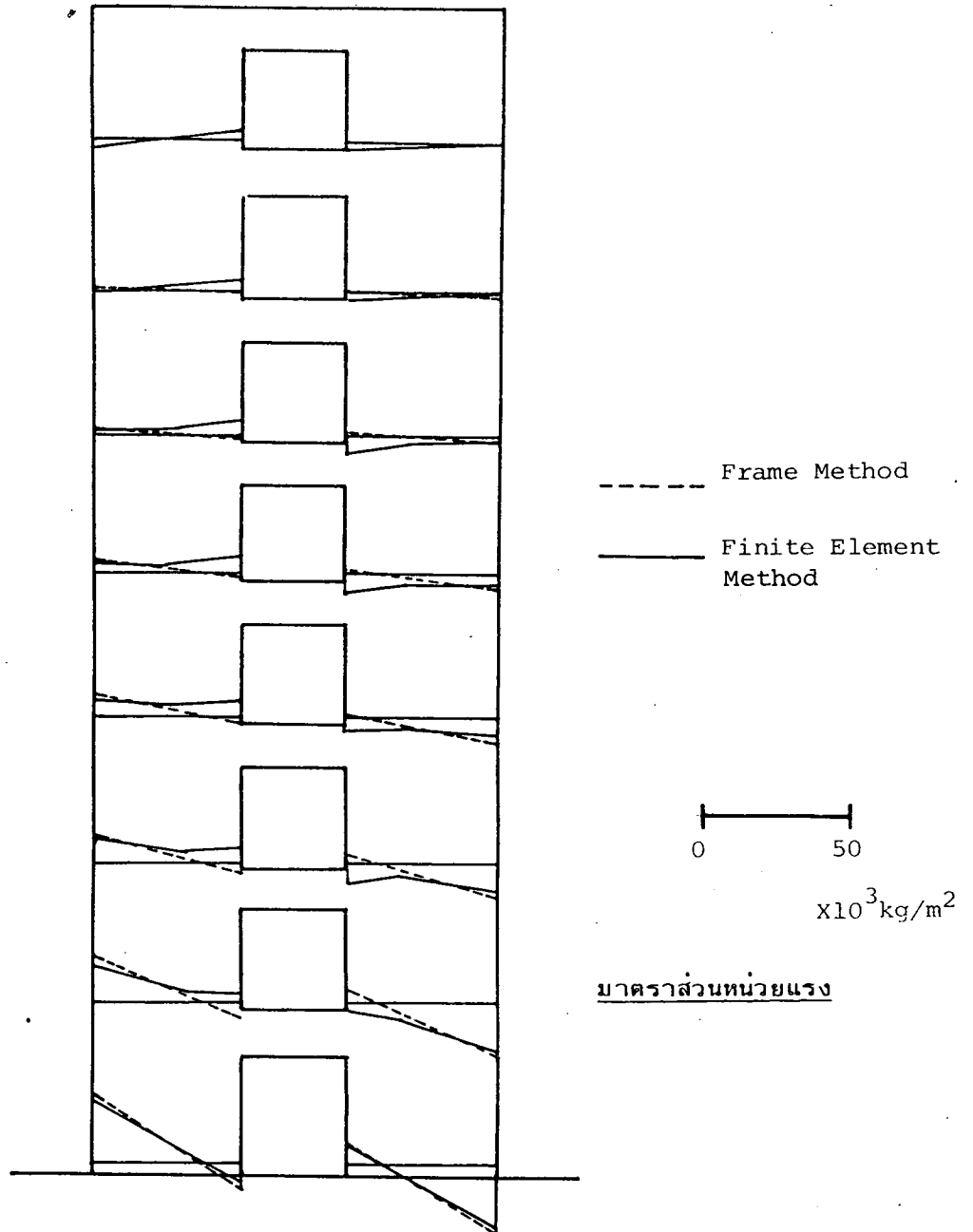


รูปที่ 4.9 การโก่งตัวด้านข้างของผนังด้านแรงเฉือนตัวอย่าง 31



รูปที่ 4.10 การโก่งตัวด้านข้างของผนังด้านแรงเฉือนตัวอย่างที่ 45





รูปที่ 4.11 การกระจายของหน่วยแรงที่ได้จากการวิเคราะห์โดยวิธีไฟไนต์เอเลเมนต์ของตัวอย่างที่ 3 ในตารางที่ 4.2



สำหรับหน่วยแรงที่บริเวณขอบ A ของผนังด้านแรงเฉือน (ดูรูปที่ 4.1 ประกอบ) จะมีลักษณะดังแสดงในรูปที่ 4.12 - 4.16 ซึ่งเป็นผนังด้านแรงเฉือน ตัวอย่างที่ 3, 6, 9, 12 และ 15 ในตารางที่ 4.2 ตามลำดับ ตัวอย่างข้างต้นเป็นผนังด้านแรงเฉือนแบบมีช่องเปิดแถวเดียวที่มีลักษณะสมมาตร จะพบว่าค่าหน่วยแรงที่ขอบ A ที่ได้จากการวิเคราะห์โดยการจำลองโครงสร้างเป็นโครงข้อแข็งจะมีค่าใกล้เคียงกับวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ เฉพาะที่ฐานและระดับใกล้ฐาน ส่วนที่ระดับกลางผนังจะมีความผิดพลาดไปจากวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ไปมาก โดยเฉพาะเมื่อ  $S > 0.3$  ขึ้นไป อย่างไรก็ตามค่าผิดพลาดนี้เป็นไปโดยให้ค่ามากกว่าวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์และ Shear Connection

รูปที่ 4.17 และ 4.18 เป็นการแสดงถึงความแตกต่างของหน่วยแรงที่ขอบ A ของผนังด้านแรงเฉือนที่ฐานและที่ระดับกลางผนัง (ในที่นี้คิดที่ระดับความสูง 9 เมตรจากฐาน) จากการวิเคราะห์ด้วยวิธีจำลองโครงสร้างเป็นโครงข้อแข็งกับวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ เปรียบเทียบกับอัตราส่วน  $S$  ( $S$  เท่ากับความกว้างช่องเปิดต่อความกว้างของผนัง) ซึ่งแสดงให้เห็นว่า หน่วยแรงที่ขอบ A บริเวณฐาน ค่าผิดพลาดเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์จะมีค่าประมาณ 10 - 12 % ทุกค่าของ  $S$  ส่วนที่ระดับกลางผนัง ค่าผิดพลาดเมื่อ  $S \leq 0.2$  อยู่ในช่วง 20 - 25 % ไปขณะที่เมื่อ  $S > 0.3$  ขึ้นไปค่าผิดพลาดจะเริ่มมากขึ้น

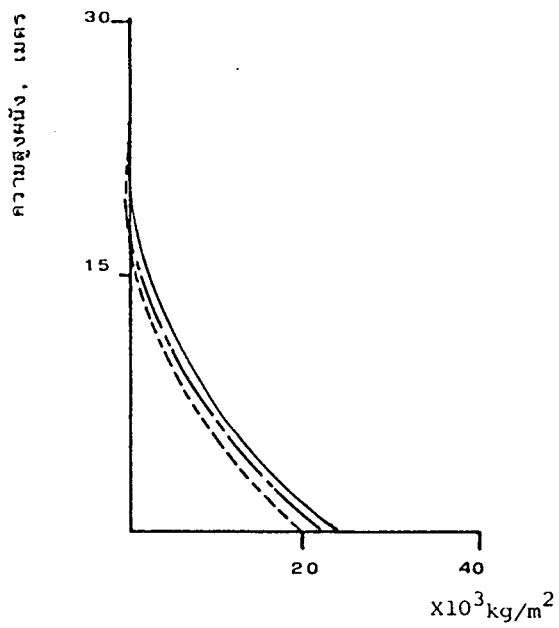
มีข้อสังเกตประการหนึ่งคือ การวิเคราะห์ผนังด้านแรงเฉือนที่มีลักษณะสมมาตรด้วยวิธี Shear Connection นั้นจะพบว่าให้ค่าหน่วยแรงที่ขอบของผนังใกล้เคียงกับวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ในช่วง  $0.1 \leq S \leq 0.5$  โดยในช่วง  $S = 0.5$  จะมีค่าหน่วยแรงที่ขอบผิดพลาดจากวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์บ้างเฉพาะที่บริเวณฐาน โดยค่าผิดพลาดนี้ไม่มากนักประมาณ 2 - 8 %

แรงเฉือนในคานจากการวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์นั้นได้จากการพิจารณาภาวะสมดุลย์ของแรงในชิ้นส่วนย่อยดังแสดงในรูปที่ 4.19 โดยแรงเฉือนในคานเท่ากับผลต่างของแรงลัพธ์ในผนัง

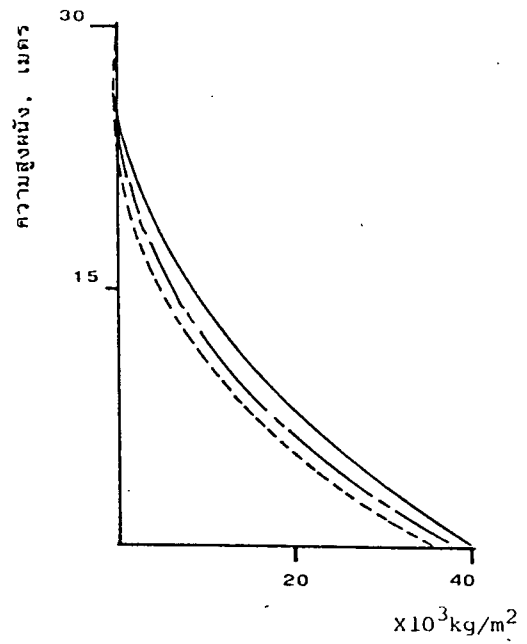
ในตารางที่ 4.20 เป็นการเปรียบเทียบแรงเฉือนสูงสุดในคานที่ได้จากการวิเคราะห์ทั้งสามวิธี พบว่ามีค่าแตกต่างกันไม่มากนัก โดยมีความแม่นยำของการวิเคราะห์ที่อยู่ในเกณฑ์ใช้ได้

#### 4.3 ผนังด้านแรงเฉือนแบบมีช่องเปิดสองแถว

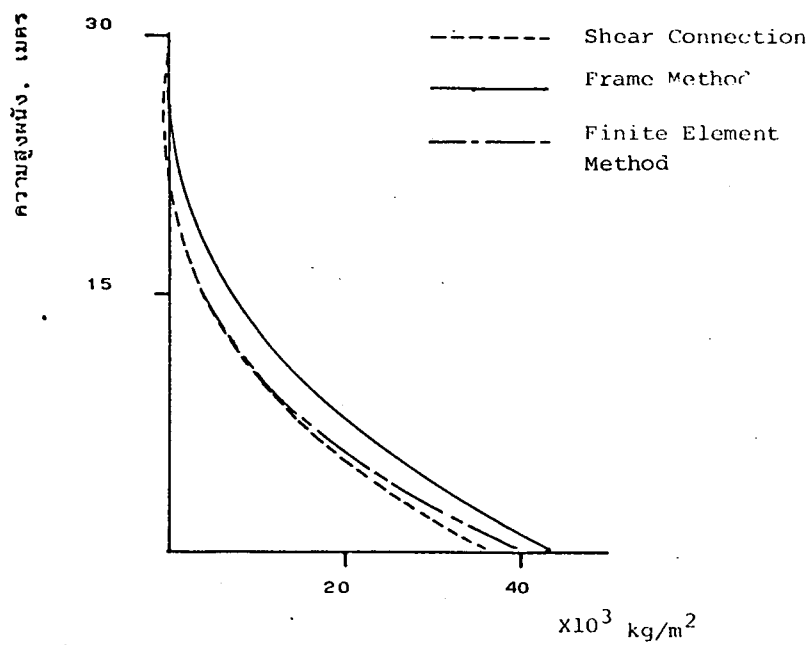
ในการศึกษาผนังด้านแรงเฉือนแบบมีช่องเปิดสองแถวนี้จะวิเคราะห์โดยเปรียบเทียบกับผลการทดลอง<sup>(33)</sup> ซึ่งเป็นการทดลองกับตัวอย่างจำลองที่ทำด้วยอาราลไดท์ซีท (Araldite



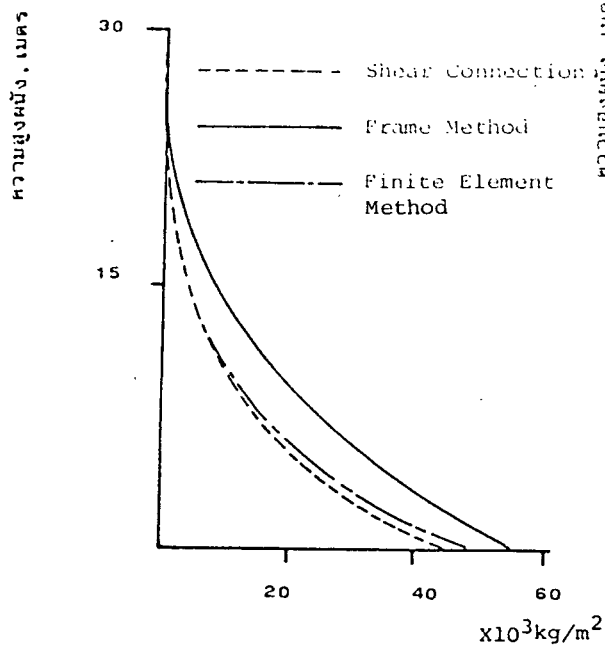
รูปที่ 4.12 หน่วยแรงที่ข้อ A ของผนังต้านแรง  
เฉือนตัวอย่างที่ 3 ในตารางที่ 4.2



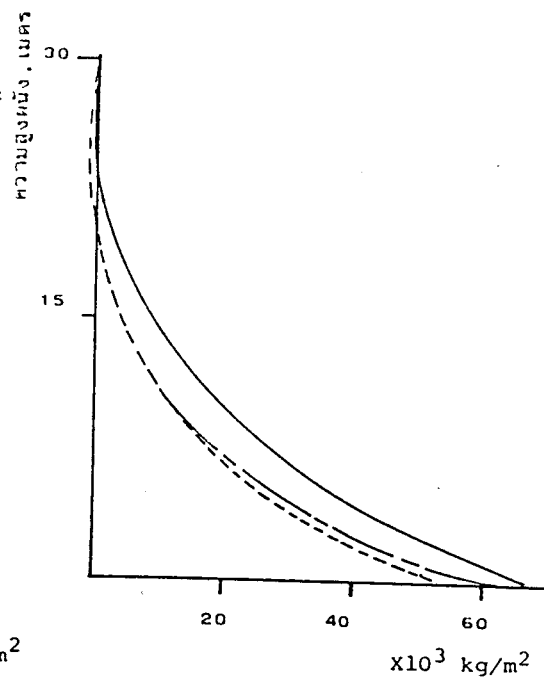
รูปที่ 4.13 หน่วยแรงที่ข้อ A ของผนังต้าน  
แรงเฉือนตัวอย่างที่ 6 ในตาราง  
ที่ 4.2



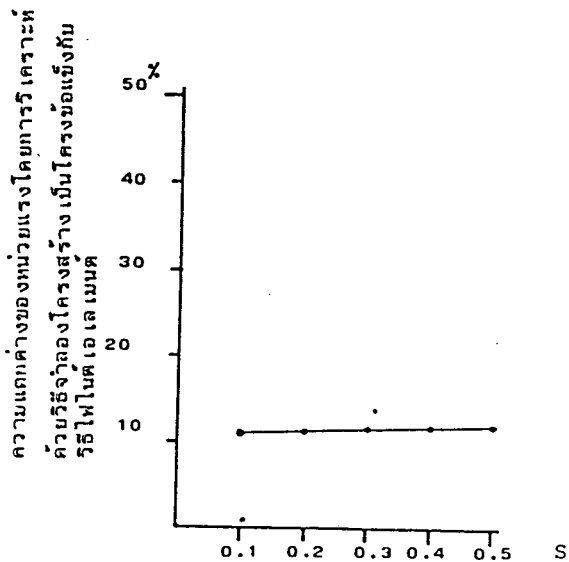
รูปที่ 4.14 หน่วยแรงที่ข้อ A ของผนังต้านแรงเฉือน ตัวอย่างที่ 9  
ในตารางที่ 4.2



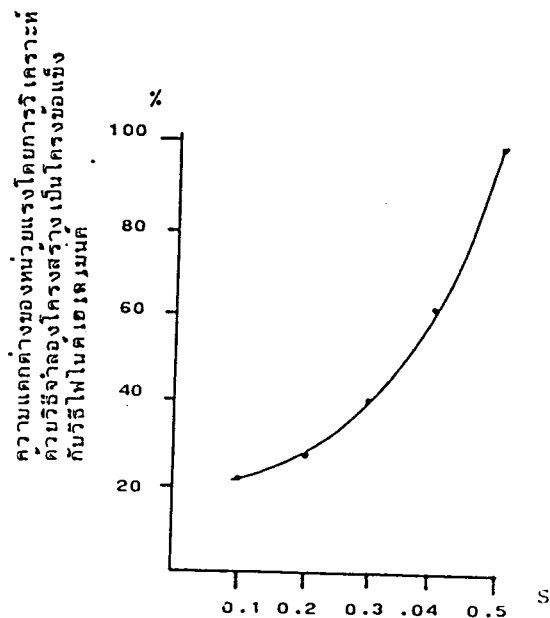
รูปที่ 4.15 หน่วยแรงที่ขอม A ของผนังค้ำ  
แรงเฉือนตัวอย่างที่ 12 ในตารางที่  
4.2



รูปที่ 4.16 หน่วยแรงที่ขอม A ของผนังค้ำ  
แรงเฉือนตัวอย่างที่ 15 ใน  
ตารางที่ 4.2



รูปที่ 4.17 เปรียบเทียบความแม่นยำของหน่วยแรง  
ที่ขอม A ของผนังค้ำแรงเฉือนที่ฐาน  
กับอัตราส่วน S



รูปที่ 4.18 เปรียบเทียบความแม่นยำของหน่วยแรง  
ที่ขอม A ของผนังค้ำแรงเฉือน  
ที่ความสูง 9 เมตรจากฐานกับ  
อัตราส่วน S

Sheet) มีรายละเอียดดังแสดงในรูปที่ 4.21 และตารางที่ 4.22 แผ่นอาราลไคท์นี้มีค่าโมดูลัสเท่ากับ  $4.6 \times 10^6$  ปอนด์/ตารางนิ้ว

ตัวอย่างทั้ง 5 ตัวอย่างในตารางที่ 4.22 จะไม่คิดผลการเคลื่อนที่เนื่องจากแรงเฉือนและรับแรงกระทำเป็นจุดที่ยอดของผนังด้านแรงเฉือนมีค่าเท่ากับ 1 ปอนด์

รูปที่ 4.23 เป็นการเปรียบเทียบการโก่งตัวด้านข้างของผนังด้านแรงเฉือนที่ได้จากการทดลองและจากการวิเคราะห์ด้วยการจำลองโครงสร้างเป็นโครงข้อแข็ง ซึ่งพบว่าการวิเคราะห์ให้ผลสอดคล้องกับการทดลองอยู่ในเกณฑ์ดี โดยการวิเคราะห์จะให้ค่าการโก่งตัวน้อยกว่าการทดลองอยู่เล็กน้อย

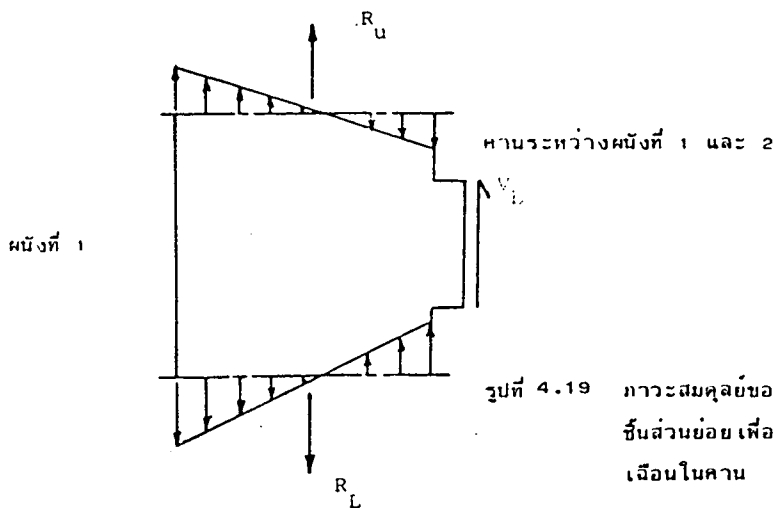
ในรูปที่ 4.24 เป็นการเปรียบเทียบหน่วยแรงในผนังทั้งสามผนัง (ผนังที่ 1, ผนังที่ 2 และผนังที่ 3 ในรูปที่ 4.21) ที่ระดับความสูง 4.5 นิ้วจากฐาน ซึ่งจะพบว่าการวิเคราะห์ผนังด้านแรงเฉือนโดยการจำลองโครงสร้างเป็นโครงสร้างข้อแข็งให้ค่าหน่วยแรงใกล้เคียงกับผลการทดลองมีความแม่นยำอยู่ในเกณฑ์ดีทั้ง 5 ตัวอย่างถึงแม้ว่าในตัวอย่างที่ 4 และ 5 จะมีการลดขนาดของผนังลงเหลือความกว้างเท่ากับ 0.625 นิ้ว ทำให้มีลักษณะเป็นเสามากกว่าผนัง แต่ผลการวิเคราะห์ก็ให้ค่าหน่วยแรงในผนังทั้งสามมีความแม่นยำอยู่ในเกณฑ์ดี

#### 4.4 ผนังด้านแรงเฉือนที่มีความกว้างไม่เท่ากันตลอดความสูง

พิจารณาผนังด้านแรงเฉือนที่มีความกว้างของผนังไม่เท่ากันตลอดความสูงของผนังดังแสดงในรูปที่ 4.25 (รูปที่ 4.25.1 เป็นผนังด้านแรงเฉือนที่รับแรงกระทำด้านข้างกระจายสม่ำเสมอ ส่วนรูปที่ 4.25.2 เป็นผนังด้านแรงเฉือนที่รับแรงกระทำด้านข้างเป็นจุด) การวิเคราะห์ด้วยการจำลองโครงสร้างเป็นโครงสร้างข้อแข็งสามารถทำได้โดยจำลองผนังด้านแรงเฉือนดังกล่าวเป็นโครงข้อแข็งดังแสดงในรูปที่ 4.26.1 และ 4.26.2

เช่นเดียวกับในหัวข้อที่ผ่านมา ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ ด้วยการจำลองโครงสร้างเป็นโครงข้อแข็งจะ เปรียบ เทียบกับการวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนต์ เอ เล เมนต์ ดังแสดงในรูปที่ 4.27.1 และ 4.27.2 เป็นการเปรียบเทียบการโก่งตัวด้านข้าง ซึ่งพบว่าการวิเคราะห์ทั้งสองวิธีให้ค่าการโก่งตัวด้านข้างใกล้เคียงกัน โดยการวิเคราะห์ด้วยวิธีจำลองโครงสร้างเป็นโครงข้อแข็งให้ค่าน้อยกว่าเล็กน้อย

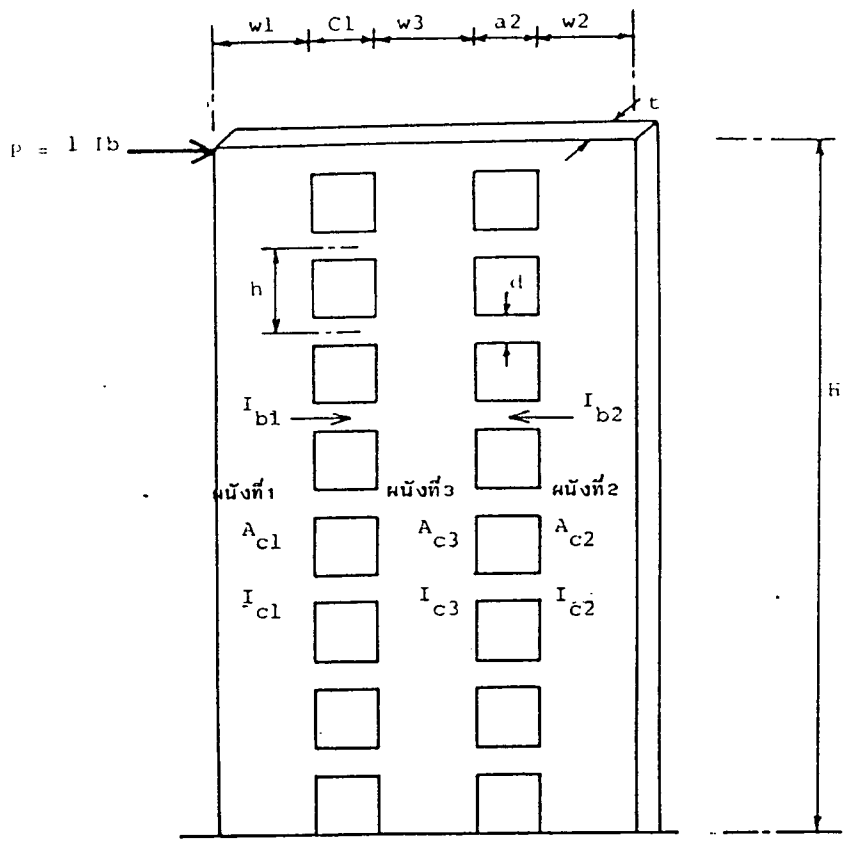
ในรูปที่ 4.28.1 และ 4.28.2 แสดงการกระจายของหน่วยแรงในผนัง 1 และ 2 ที่รอยตัด 1 - 1, 2 - 2, 3 - 3, 4 - 4 (ดูรูปที่ 4.25 ประกอบ) ซึ่งเป็นค่าหน่วยแรงที่ได้จากการวิเคราะห์ทั้งสองวิธี จะพบว่าค่าหน่วยแรงที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยวิธีจำลอง



รูปที่ 4.19 ภาวะสมดุลของแรงใน  
ชั้นส่วนย่อยเพื่อหาแรง  
เฉือนในคาน

ตารางที่ 4.20 เปรียบเทียบแรงเฉือนสูงสุดในคานที่ได้จากการวิเคราะห์โดยวิธี Shear Connection  
วิธีจำลองโครงสร้าง เป็นโครงข้อแข็งและวิธีไฟไนต์เอเลเมนต์

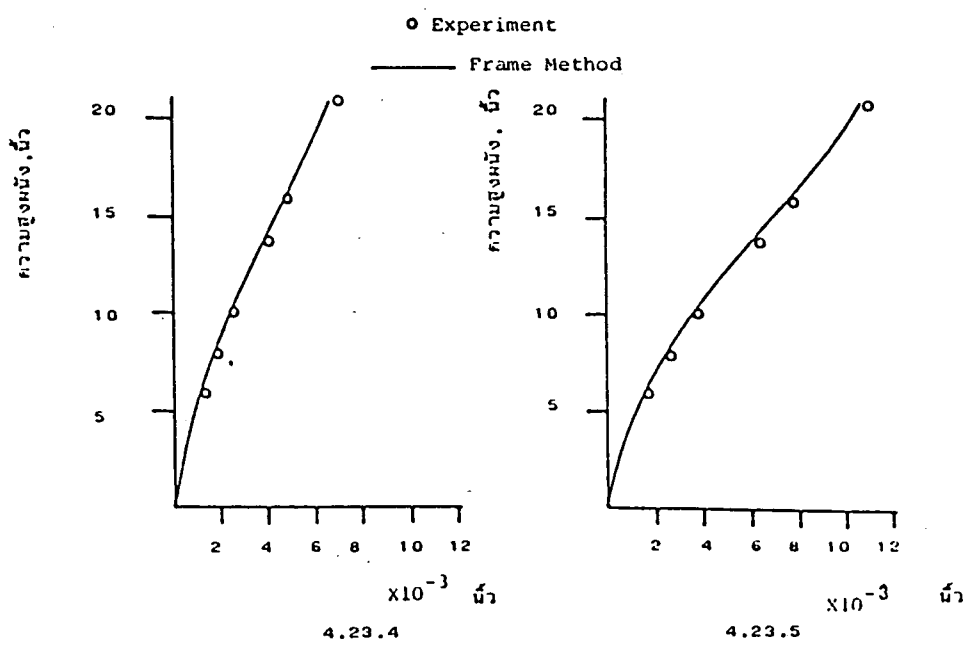
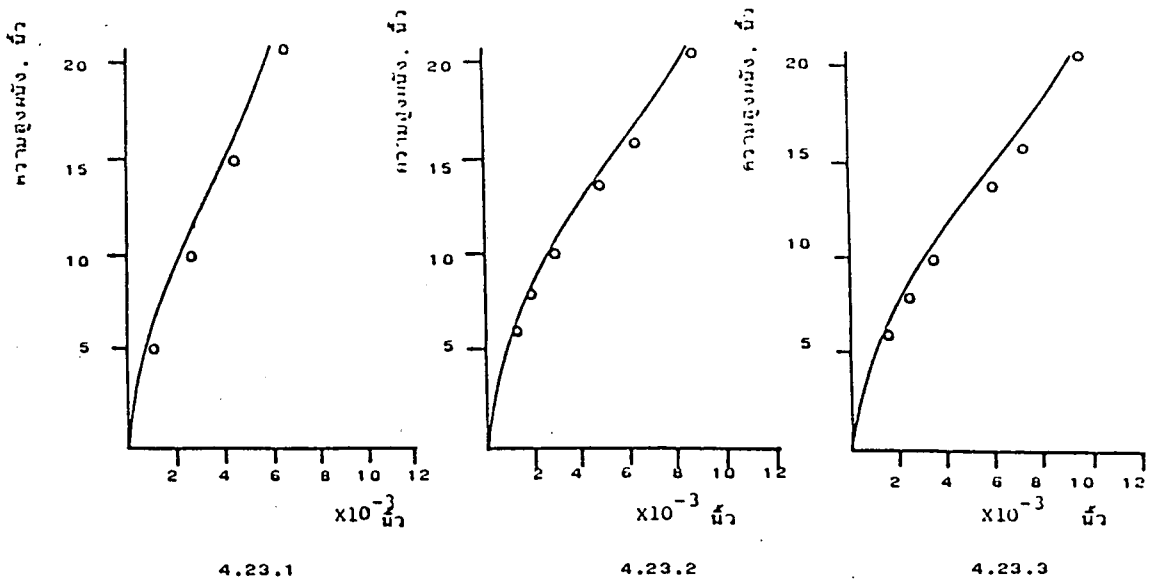
หมายเลขตัวอย่าง ตามตารางที่ 4.2	แรงเฉือนสูงสุดในคานจาก การวิเคราะห์โดยวิธี Shear Connection kg	แรงเฉือนสูงสุดในคานจาก การวิเคราะห์โดยวิธีจำลอง โครงสร้างเป็นโครงข้อแข็ง kg	แรงเฉือนสูงสุดในคานจาก การวิเคราะห์โดย ไฟไนต์เอเลเมนต์ kg
1	8236	7970	6606
2	12776	10560	13423
3	15330	12800	11106
13	7488	6700	12216
14	13533	12280	13413
15	16828	15260	13917
16	7644	6760	10942
17	12014	10100	10044
18	14650	12260	14879
28	6368	5580	9883
29	12533	10960	14036
30	14953	13080	16771
31	6222	5540	6208
32	10029	8520	9379
33	12643	10360	12241
43	4362	3400	7166
44	8631	6460	10868
45	11570	8460	10856



รูปที่ 4.21 หน้าที่ยี่ด้านแรง เจริญแบบมีช่อง เปิดสองแถว

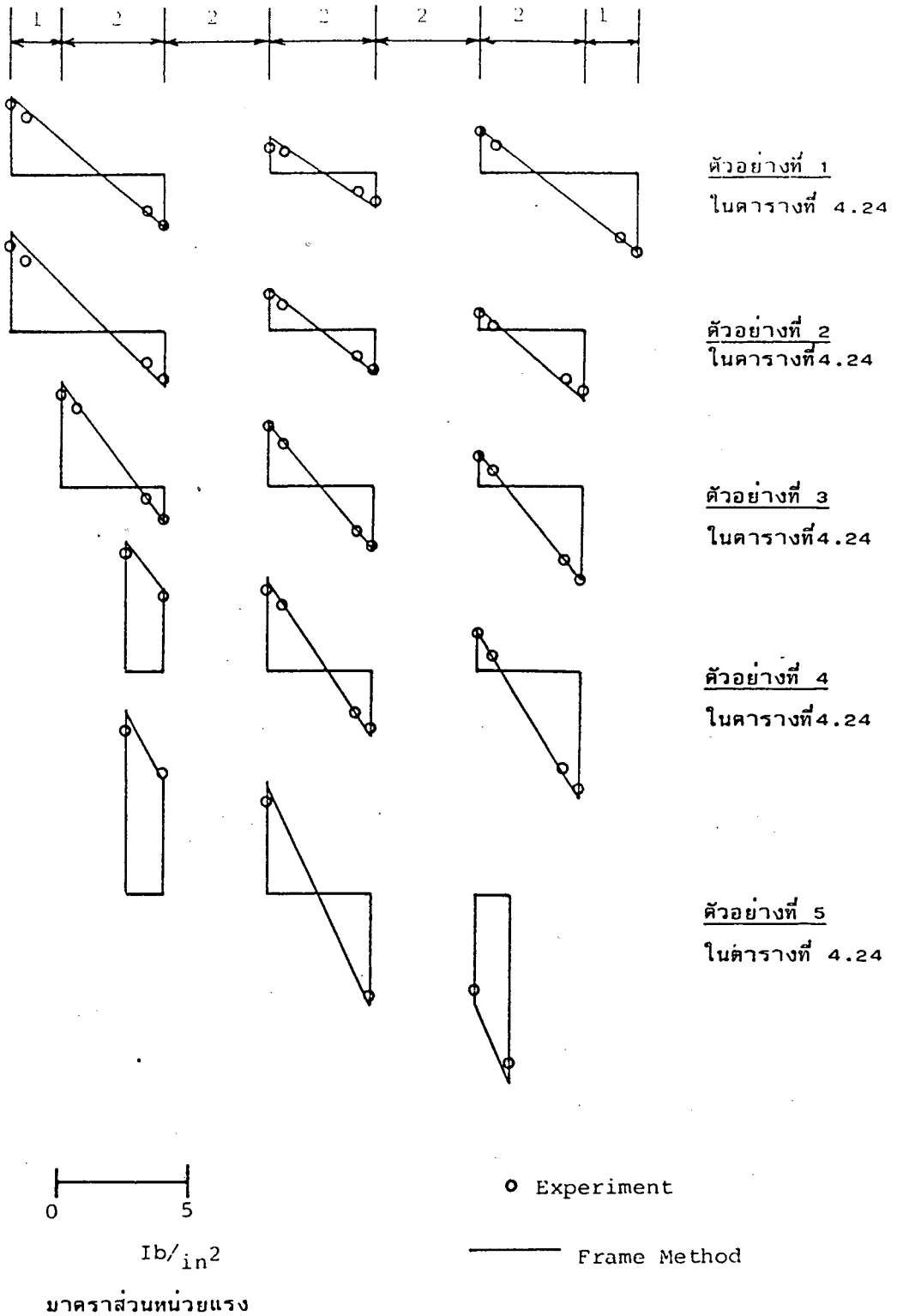
ตัวอย่างที่ 4.22 ตัวอย่างการวิเคราะห์หน้าที่ยี่ด้านแรง เจริญแบบมีช่อง เปิดสองแถว

ตัวอย่างที่	ความสูงหน้าที่ยี่	ความสูงของชั้น	ความกว้างของหน้าที่ยี่	ความกว้างของช่อง เปิดที่ 2	ความกว้างหน้าที่ยี่	ความกว้างหน้าที่ยี่ 2	ความกว้างหน้าที่ยี่ 3	ความลึกความ	ความหนาหน้าที่ยี่
1	21.125	1.0	2	2	3	2	3	0.25	0.625
2	21.125	1.0	2	2	3	2	2	0.25	0.625
3	21.125	1.0	2	2	2	2	2	0.25	0.625
4	21.125	1.0	2	2	0.625	2	2	0.25	0.625
5	21.125	1.0	2	2	0.625	2	0.625	0.25	0.625



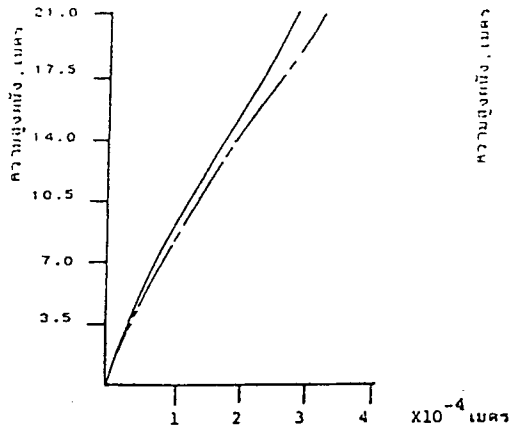
รูปที่ 4.23 การโค้งตัวห้ามข้างของหมัดด้านแรงเฉือนหัวอย่างที 1 - 5 ในตารางที่ 4.22 โดยการวิเคราะห์ด้วยวิธีจำลองโครงร่างเป็นโครงข้อแข็ง เปรียบเทียบกับผลการทดลอง



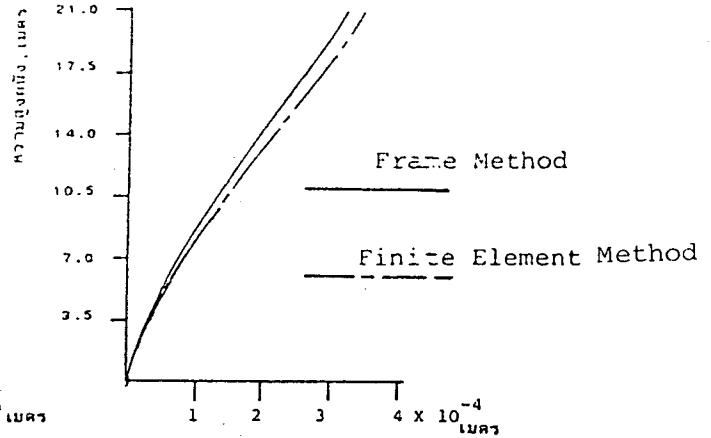


รูปที่ 4.24 เปรียบเทียบหน่วยแรงในผนังด้านแลเฉียงที่ระดับความสูง 4.5 นิ้วจากฐานของตัวอย่างในตารางที่ 4.22 ซึ่งได้จากการวิเคราะห์ด้วยการจำลองโครงสร้างเป็นโครงข้อแข็งกับผลการทดลอง





รูปที่ 4.27.1 การโก่งตัวของผนังต้านแรง  
เฉือนในรูปที่ 4.

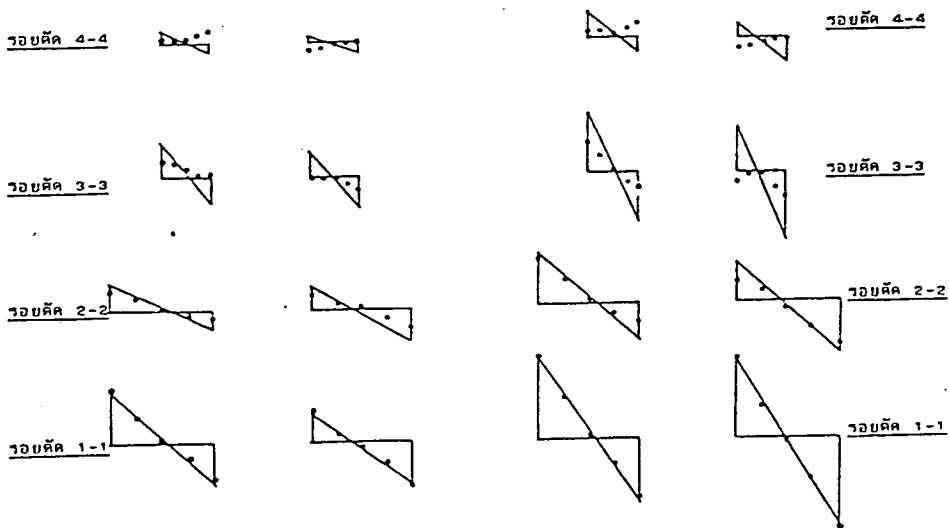


รูปที่ 4.27.2 การโก่งตัวด้านข้างของผนังต้าน  
แรงเฉือนในรูปที่ 4.

• Finite Element Method

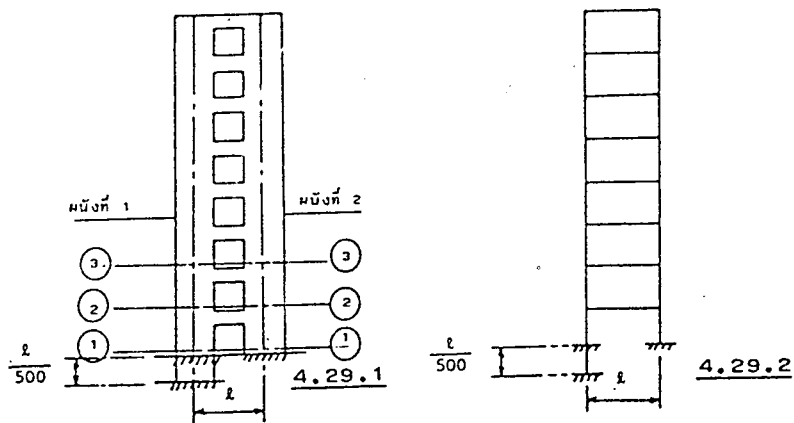
— Frame Method

0 — 300  $\times 10^3 \text{ kg/m}^2$   
มาตราส่วนหน่วยแรง

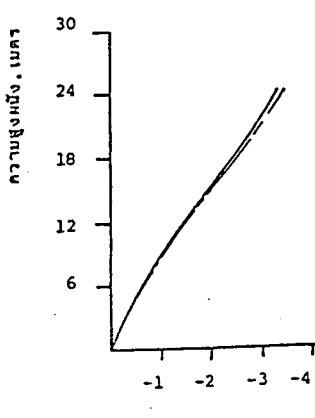


รูปที่ 4.28.1 เปรียบเทียบการกระจายของ  
หน่วยแรงในผนังต้านแรงเฉือน  
รูปที่ 4

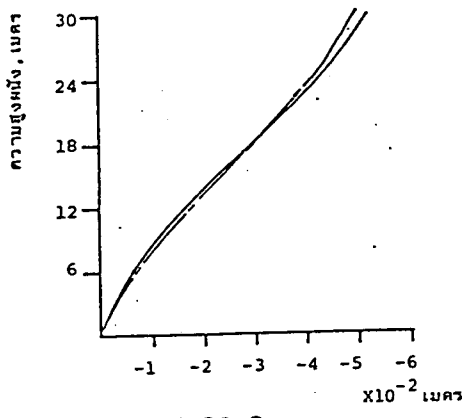
รูปที่ 4.28.2 เปรียบเทียบการกระจายของ  
หน่วยแรงในผนังต้านแรงเฉือน  
รูปที่ 4.



รูปที่ 4.29 มั่นค้ำแรง เจียนแบบมีช่องเปิดแถวเดียว ในกรณีที่เกิดการทรุดตัวของฐานราก



4.30.1

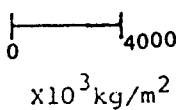


4.30.2

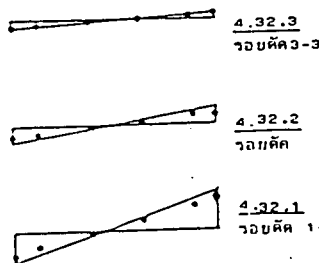
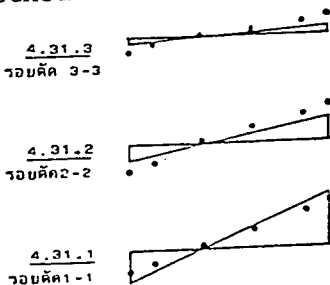
รูปที่ 4.30 การโค้งตัวด้านข้างของผนังค้ำแรงเจียนในกรณีเกิดการทรุดตัวที่ฐานราก ตัวอย่างที่ 3 และ 15 ในตารางที่ 4.2

• Finite Element Method

Frame Method



มาตราส่วนแรง



รูปที่ 4.31 หน่วยแรงในผนังที่ 1 กรณีที่เกิดการทรุดตัวของฐานราก ตัวอย่างที่ 3 ในตารางที่ 4.2

รูปที่ 4.32 หน่วยแรงในผนังที่ 1 กรณีที่เกิดการทรุดตัวของฐานราก ตัวอย่างที่ 15 ในตารางที่ 4.2

โครงสร้าง เป็นโครงข้อแข็งจะให้ค่าใกล้เคียงกับวิธีไฟไนต์ เอ เล เมนต์ เฉพาะที่บริเวณฐาน เท่านั้น ส่วนที่ระดับความสูงขึ้นไป ค่าหน่วยแรงที่ได้จากทั้งสองวิธีจะ เริ่มมีค่าแตกต่างกันมากขึ้น

อย่างไรก็ตามค่าหน่วยแรงที่ฐานจะ เป็นค่าหน่วยแรงสูงสุด โดยที่ค่าหน่วยแรงที่ระดับความสูง เทียบบริเวณฐานขึ้นมา จะมีค่าลดลง

#### 4.5 การทรุดตัวของฐานราก ในผนังต้านแรง เฉือนแบบมีช่อง เปิดแถว เดียว

การศึกษาในหัวข้อนี้จะพิจารณาผลที่เกิดขึ้นต่อผนังต้านแรง เฉือนและคานในกรณีฐาน ราก เกิดการทรุดตัวไม่เท่ากัน (Differential Settlement) และพิจารณาถึงความแม่นยำของ วิธีการวิเคราะห์ด้วยการจำลองผนังต้านแรง เฉือน เป็นโครงข้อแข็ง เมื่อ เปรียบ เทียบกับการวิ เคราะห์ ด้วยวิธีไฟไนต์ เอ เล เมนต์

เกี่ยวกับความแม่นยำของวิธีการวิเคราะห์นั้นจะใช้ตัวอย่างที่ 3 และ 15 ในตารางที่ 4.2 เป็นตัวอย่าง เปรียบ เทียบผล ในที่นี้จะให้เกิดการทรุดตัวที่ผนังที่ 1 เท่ากับ  $2\text{ cm}/500$  ซึ่งเป็นการทรุดตัวที่อยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ <sup>(35)</sup> ดังแสดงในรูปที่ 4.29 ปรากฏว่าการวิ เคราะห์ การทรุดตัวของฐานราก โดยการจำลองโครงสร้างเป็นโครงข้อแข็งนั้น ให้ความแม่นยำใน เกณฑ์ที่ดีเฉพาะค่าการโก่งตัวด้านข้างเท่านั้น ดังแสดงในรูปที่ 4.30.1 และ 4.30.2 ส่วน ค่าหน่วยแรงในผนังนั้น มีความผิดพลาดไปจากวิธีไฟไนต์ เอ เล เมนต์อยู่บ้างประมาณ 10 - 30 % ที่บริเวณฐานและประมาณ 30 - 50 % ที่ความสูงเหนือฐานขึ้นไป ดังแสดงในรูปที่ 4.31.1 - 4.31.3 และ 4.32.1 - 4.32.3

หน่วยแรงที่เกิดขึ้นในผนังสำหรับกรณีผนังต้านแรง เฉือน เกิดการทรุดตัวของฐาน รากนี้ จะมีค่าสูงสุดบริเวณฐานของผนัง และแปรผันโดยตรงกับการทรุดตัวต่อระยะระหว่างศูนย์กลางผนัง ทั้งสอง สติฟ เนสของผนังและสติฟ เนสของคาน โดยไม่ขึ้นกับความสูงของอาคาร