

เอกสารอ้างอิง

1. Guyan, R.J., "Reduction of Stiffness and Mass Matrices", AIAA Journal, Vol.3, No.2, 1965, p. 380.
2. Irons, B.M., "Structural Eigenvalue Problems : Elimination of Unwanted Variables", AIAA Journal, Vol.3, No.5, 1965, pp. 961-962.
3. Henshell, R.D. and Ong, J.H., "Automatic Masters for Eigenvalue Economization", Earthquake Engineering and Structural Dynamics, Vol.3, 1975, pp. 375-383.
4. Leung, Y.T., "An Accurate Method of Dynamic Condensation in Structural Analysis", International Journal for Numerical Methods in Engineering, Vol.12, 1978, pp. 1705-1715.
5. Hurty, W.C., "Dynamic Analysis of Structural Systems Using Component Modes", AIAA Journal, Vol.3, No.4, 1965, pp. 678-685.
6. Gladwell, G.M.L., "Branch Mode Analysis of Vibrating Systems", Journal of Sound & Vibration, Vol.1, 1964, pp. 41-59.
7. Craig, R.R. and Bampton, M.C.C., "Coupling of Substructures for Dynamic Analyses", AIAA Journal, Vol.6, No.7, 1968, pp. 1313-1319.
8. Benfield, W.A. and Hruda, R.F., "Vibration Analysis of Structures by Component Mode Substitution", AIAA Journal, Vol.9, No.7, 1971, pp. 1255-1261.
9. Holze, G.H. and Boresi, A.P., "Free Vibration Analysis Using Substructuring", Journal of the Structural Division, ASCE, Vol.101, No. ST12, 1975, pp. 2627-2639.

- mC
10. Lukkunaprasit, P. and Alam, J., "A Simplified Dynamic Condensation Scheme in Dynamic Analyses of Tall Buildings", Proceeding of the International Conference on Engineering for Protection from Natural Disasters, Karasudhi, P., Balasubramaniam, A.S. and Kanok-nukulchai, W., Asian Institute of Technology, Bangkok, January, 1980, pp. 401-414.
 11. Zienkiewicz, O.C., The Finite Element Method, McGraw-Hill, London, 1977
 12. Kanok-nukulchai, W., "A Simple and Efficient Finite Element for General Shell Analysis", SESM Report No. 78-1, Department of Civil Engineering, University of California, Berkeley, 1978.
 13. Bathe, K.J. and Wilson, E.L., Numerical Methods in Finite Element Analysis, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, 1976.
 14. Wilson, E.L., "CAL Computer Analysis Language for the Static and Dynamic Analysis of Structural Systems", SESM Report No. 77-2, Department of Civil Engineering, University of California, Berkeley, 1977.
 15. Rock, T.A. and Hinton, E., "A Finite Element Method for the Free Vibration of Plates Allowing for Transverse Shear Deformation", Computer & Structure, Vol.6, 1976, pp. 37-44.
 16. Leissa, A.W., "Vibration of Plates", National Aeronautics and Space Administration, Report SP-160, 1969.
 17. Bares, R., "Tables for the Analysis of Plates, Slabs and Diaphragms Based on the Elastic Theory", Bauverlag GmbH., Wiesbaden und Berlin, 1971.

ตารางที่ ๑ เปรียบเทียบค่าความถี่ไร้มิติและร้อยละของความคลาดเคลื่อน (ในวงเล็บ) สำหรับแบบจำลองต่าง ๆ ของโครงสร้างแผ่นบางรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสรองรับแบบธรรมดา โดยเทียบกับแบบจำลองที่ 1-1

แบบ รูปแบบที่		1-1	1-2	1A-S	1A-C	1AT-S	ผลลัพธ์ จาก [15]
1	1	0.095	0.099	0.099	0.095	0.084	0.093
			(4.21)	(4.21)	(0.00)	(-11.58)	
2	1	0.233	0.277	0.258	0.234	0.190	0.223
			(18.88)	(10.73)	(0.43)	(-18.45)	
2	2	0.351	0.404	0.384	0.350	0.339	0.342
			(15.10)	(9.40)	(-0.28)	(-3.42)	
3	1	0.473	0.720	0.487	0.495	0.431	0.417
			(52.22)	(2.96)	(4.65)	(-8.88)	
3	2	0.564	0.747	0.641	0.594	0.602	0.524
			(32.45)	(13.65)	(5.32)	(6.74)	
3	3	0.752	0.766	0.876	0.841	0.876	0.689
			(1.86)	(16.49)	(11.84)	(16.49)	

หมายเหตุ m เป็นจำนวนครั้งลูกคลื่นทางแกนหลักในระนาบของโครงสร้าง
 n เป็นจำนวนครั้งลูกคลื่นทางแกนฉากบนระนาบกับแกนหลัก

ตารางที่ ๒.๑ เปรียบเทียบค่าความถี่ไร้มติและร้อยละของความคลาดเคลื่อน (ในวงเล็บ) สำหรับแบบจำลองต่าง ๆ ของโครงสร้างแผ่นบางยื่นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าโดยเทียบกับแบบจำลองที่ 2-1 ใช้วิธีหามวลของชิ้นส่วนเบื้องต้นอย่างคอนซิสแทนต์

แบบ รูปแบบที่	2-1	2-2	2A-S	2A-C	2AT-S	2AT-C	2AR-S	2AR-C	ผลลัพธ์ จาก [11]
1	3.429	3.498 (2.01)	3.391 (-1.11)	3.429 (0.00)	3.347 (-2.39)	3.419 (-0.29)	3.378 (-1.49)	3.419 (-0.29)	3.472
2	14.714	15.773 (7.20)	14.831 (0.80)	14.735 (0.14)	9.865 (-32.96)	9.816 (-33.29)	10.106 (-31.32)	10.077 (-31.51)	14.929
3	24.478	37.538 (53.35)	24.456 (-0.09)	24.504 (0.11)	24.948 (1.92)	24.450 (-0.11)	24.240 (-0.97)	24.439 (-0.16)	21.609
4	51.945	60.878 (17.20)	52.803 (1.65)	52.332 (0.74)	34.802 (-33.00)	34.677 (-33.24)	35.514 (-31.63)	35.305 (-32.03)	48.710
5	86.374	106.177 (22.93)	75.535 (-12.55)	90.199 (4.43)	54.965 (-36.36)	52.410 (-39.32)	47.197 (-45.36)	38.310 (-55.65)	



ตารางที่ ๒.๒ เปรียบเทียบค่าความถี่ไร้มิติและร้อยละของความคลาดเคลื่อน (ในวงเล็บ) สำหรับแบบจำลองต่าง ๆ ของโครงสร้างแผ่นบางยื่นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าโดยเทียบกับแบบจำลองที่ 2-1 ใช้วิธีหามวลของชิ้นส่วนเบื้องต้นอย่างเหมาะสม

แบบ รูปแบบที่	2-1	2-2	2A-S	2A-C	2AT-S	2AT-C	2AR-S	2AR-C	ผลลัพธ์ จาก [11]
1	3.347	3.202 (-4.33)	3.313 (-1.02)	3.347 (0.00)	3.273 (-2.21)	3.338 (-0.27)	3.301 (-1.37)	3.338 (-0.27)	3.472
2	11.862	12.135 (2.30)	11.959 (0.82)	11.878 (0.13)	7.957 (-32.92)	7.961 (-32.89)	8.157 (-31.23)	8.127 (-31.49)	14.929
3	20.828	25.472 (22.30)	21.039 (1.01)	20.846 (0.09)	21.715 (4.26)	20.736 (-0.44)	20.844 (0.08)	19.329 (-7.20)	21.609
4	36.892	33.019 (-10.50)	37.486 (1.61)	37.050 (0.43)	24.692 (-33.07)	24.068 (-34.76)	25.214 (-31.65)	20.999 (-43.08)	48.710
5	39.447	41.308 (4.72)	40.965 (3.85)	39.757 (0.78)	31.660 (-19.73)	28.359 (-28.11)	27.821 (-29.47)	24.141 (-38.80)	

ตารางที่ ๓.๑ เปรียบเทียบค่าความถี่ไร้มิติและร้อยละของความคลาดเคลื่อน (ในวงเล็บ) สำหรับแบบจำลองต่าง ๆ ของโครงสร้างแผ่นบางยื่นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส ซึ่งใช้วิธีลดขนาดเมทริกซ์ของมวลอย่างง่ายโดยเทียบกับแบบจำลองที่ 3-1

รูปแบบที่	แบบ						ผลลัพธ์ จาก [16]
	3-1	3-2	3A-S	3B-S	3C-S	3D-S	
1	3.479	3.482 (0.09)	3.436 (-1.24)	3.465 (-0.40)	3.397 (-2.36)	3.395 (-2.41)	3.494
2	8.501	8.575 (0.87)	8.478 (-0.27)	8.534 (0.39)	8.657 (1.84)	8.422 (-0.93)	8.547
3	22.460	23.018 (2.48)	22.780 (1.42)	23.002 (2.41)	24.683 (9.90)	24.259 (8.01)	21.44
4	27.998	28.819 (2.93)	29.048 (3.75)	28.870 (3.11)	30.344 (8.38)	30.651 (9.48)	27.46
5	32.199	33.086 (2.75)	33.227 (3.19)	34.150 (6.06)	34.763 (7.96)	37.122 (15.29)	31.17
6	55.883	56.128 (0.44)	59.801 (7.01)	58.680 (5.01)	58.536 (4.75)	61.741 (10.48)	
7	72.279	80.334 (11.14)	74.697 (3.34)	75.710 (4.75)	80.030 (10.72)	92.091 (27.41)	
8	73.415	81.655 (11.22)	105.496 *	79.868 (8.79)	81.950 (11.62)	102.629 *	
9	82.451	90.976 (10.34)	118.113 *	104.996 *	105.890 *	105.877 *	
10	101.759	111.382 (9.46)	134.760 *	111.058 *	121.274 *	127.078 *	
11	107.481	111.931 (4.14)	139.448 *	131.240 *	134.640 *	143.298 *	
12	154.772	165.733 (7.08)	177.161 *	168.914 *	145.844 *	174.822 *	

* รูปแบบเกิดการเคลื่อนที่คลาดเคลื่อน

ตารางที่ ๓.๒ เปรียบเทียบค่าความถี่ไร้มิติและร้อยละของความคลาดเคลื่อน (ในวงเล็บ) สำหรับแบบจำลองต่าง ๆ ของโครงสร้างแผ่นบางยื่นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส ซึ่งใช้วิธีลดขนาดเมทริกซ์ของมวลอย่างคงตัวแปลงโดยเทียบกับแบบจำลองที่ 3-1

แบบ รูปแบบที่	3-1	3-2	3A-C	3B-C	3C-C	3D-C	ผลลัพธ์ จาก [16]
1	3.479	3.482 (0.09)	3.479 (0.00)	3.479 (0.00)	3.479 (0.00)	3.479 (0.00)	3.494
2	8.501	8.575 (0.87)	8.502 (0.01)	8.502 (0.01)	8.507 (0.07)	8.503 (0.02)	8.547
3	22.460	23.018 (2.48)	22.506 (0.20)	22.469 (0.04)	22.511 (0.23)	22.550 (0.40)	21.44
4	27.998	28.819 (2.93)	28.012 (0.05)	28.009 (0.04)	28.027 (0.10)	28.042 (0.16)	27.46
5	32.199	33.086 (2.75)	32.404 (0.64)	32.226 (0.08)	32.300 (0.31)	32.440 (0.75)	31.17
6	55.883	56.128 (0.44)	56.765 (1.58)	56.007 (0.22)	55.942 (0.10)	55.941 (0.10)	
7	72.279	80.334 (11.14)	72.482 (0.28)	72.529 (0.34)	73.284 (1.39)	73.680 (1.94)	
8	73.415	81.655 (11.22)	75.667 (3.07)	73.537 (0.17)	74.733 (1.80)	76.283 (3.91)	
9	82.451	90.976 (10.34)	88.230 (7.01)	82.734 (0.34)	86.766 (5.23)	83.506 (1.28)	
10	101.759	111.382 (9.46)	103.179 (1.40)	102.851 (1.07)	103.011 (1.23)	107.842 (5.98)	
11	107.481	111.931 (4.14)	114.192 (6.24)	107.847 (0.34)	107.879 (0.37)	110.559 (2.86)	
12	154.772	165.733 (7.08)	162.690 (5.12)	156.714 (1.25)	165.217 (6.75)	162.891 (5.24)	

ตารางที่ ๓.๓ เปรียบเทียบค่าความถี่ไร้มิติและร้อยละของความคลาดเคลื่อน (ในวงเล็บ) สำหรับแบบจำลองต่าง ๆ ของโครงสร้างแผ่นบางยื่นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส ซึ่งใช้วิธีลดขนาดเมทริกซ์ของมวลอย่างง่ายโดยที่ลดตัวแปรในแนวทวนของจุดข้อต่อประธานรองทิ้ง เทียบกับแบบจำลองที่ 3-1

รูปแบบที่	แบบ						ผลลัพธ์ จาก [16]
	3-1	3-3	3AR-S	3BR-S	3CR-S	3DR-S	
1	3.479	3.476 (-0.09)	3.101 (-10.86)	2.632 (-24.35)	2.729 (-21.56)	3.278 (-5.78)	3.494
2	8.501	8.778 (3.26)	8.213 (-3.39)	8.088 (-4.86)	8.316 (-2.18)	7.988 (-6.03)	8.547
3	22.460	21.463 (-4.44)	16.034 (-28.61)	15.953 (-28.97)	19.129 (-14.83)	17.489 (-22.13)	21.44
4	27.998	30.911 (10.40)	20.036 (-28.44)	21.808 (-22.11)	22.560 (-19.42)	21.334 (-23.80)	27.46
5	32.199	33.447 (3.88)	28.580 (-11.24)	28.447 (-11.65)	30.330 (-5.80)	31.634 (-1.75)	31.17
6	55.883	37.810 *	42.187 (-24.51)	40.836 (-26.93)	51.717 (-7.45)	54.537 (-2.41)	
7	72.279	47.208 *	53.468 (-26.03)	51.016 (-29.42)	64.411 (-10.88)	76.862 (6.34)	
8	73.415	150.599 *	79.257 (7.96)	52.268 (-28.80)	67.652 (-7.85)	79.324 (8.05)	
9	82.451	150.822 *	96.685 (17.26)	91.507 (10.98)	95.800 (16.19)	95.410 (15.72)	
10	101.759	455.668 *	110.516 (8.60)	92.013 (-9.58)	103.505 (1.72)	101.319 (-0.43)	
11	107.481	685.431 *	123.437 (14.84)	111.308 (3.56)	109.180 (1.58)	125.974 (17.20)	
12	154.772	726.161 *	142.206 (-8.12)	120.695 (-22.02)	121.079 (-21.77)	133.922 (-13.47)	

ตารางที่ ๓.๔ เปรียบเทียบค่าความถี่ไร้มิติและร้อยละของความคลาดเคลื่อน (ในวงเล็บ) สำหรับแบบจำลองต่าง ๆ ของโครงสร้างแผ่นบางยื่นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส ซึ่งใช้วิธีลดขนาด เมทริกซ์ของมวลอย่างคงตัวแปลง โดยที่ลดตัวแปรในแนวทวนของจุดข้อต่อประธานรองทิ้ง เทียบกับแบบจำลองที่ 3-1

แบบ รูปแบบที่	3-1	3-3	3AR-C	3BR-C	3CR-C	3DR-C	ผลลัพธ์ จาก [16]
1	3.479	3.476 (-0.09)	3.128 (-10.09)	2.644 (-24.00)	2.784 (-19.98)	3.356 (-3.54)	3.494
2	8.501	8.778 (3.26)	8.251 (-2.94)	8.059 (-5.20)	8.178 (-3.80)	8.085 (-4.89)	8.547
3	22.460	21.463 (-4.44)	16.513 (-26.48)	15.711 (-30.05)	18.594 (-17.21)	16.968 (-24.45)	21.44
4	27.998	30.911 (10.40)	19.834 (-29.16)	21.695 (-22.51)	20.784 (-25.77)	21.186 (-24.33)	27.46
5	32.199	33.447 (3.88)	28.853 (-10.39)	27.450 (-14.75)	29.029 (-9.84)	29.676 (-7.84)	31.17
6	55.883	37.810 *	42.070 (-24.72)	41.506 (-25.73)	51.032 (-8.68)	50.210 (-10.15)	
7	72.279	47.208 *	52.379 (-27.53)	51.171 (-29.20)	58.384 (-19.22)	61.223 (-15.30)	
8	73.415	150.599 *	76.368 (4.02)	51.186 (30.28)	63.390 (-13.66)	65.896 (-10.24)	
9	82.451	150.822 *	78.019 (-5.38)	73.602 (-10.73)	93.961 (13.96)	77.135 (-6.45)	
10	101.759	455.668 *	90.418 (-11.14)	91.697 (-9.89)	96.665 (-5.00)	95.152 (-6.49)	
11	107.481	685.431 *	114.284 (6.33)	100.193 (-6.78)	104.573 (-2.70)	125.231 (16.51)	
12	154.772	726.161 *	137.215 (-11.34)	120.319 (-22.26)	147.832 (-4.48)	133.109 (-14.00)	

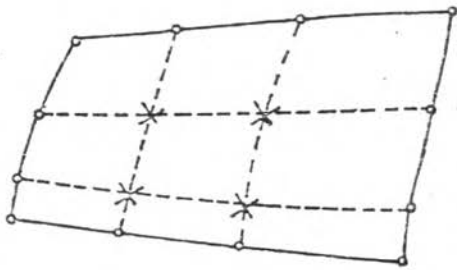
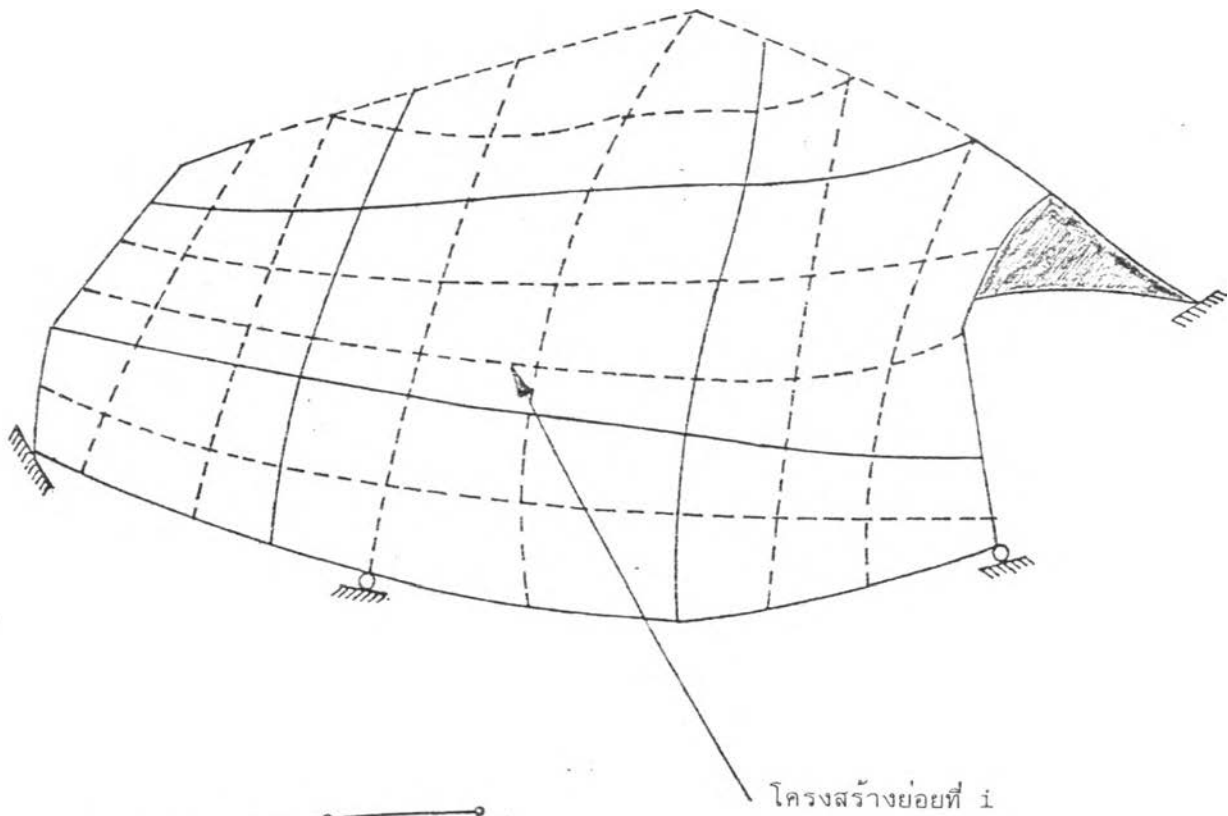
ตารางที่ ๓.๕ เปรียบเทียบค่าความถี่ไร้มิติและร้อยละของความคลาดเคลื่อน (ในวงเล็บ) สำหรับแบบจำลองต่าง ๆ ของโครงสร้างแผ่นบางยื่นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส ระหว่างการลดเฉพาะตัวแปรในแนวนอน กับการลดตัวแปรทุกชนิดของจุดข้อต่อประธานรอง เทียบกับแบบจำลองที่ 3-1

รูปแบบที่	แบบ						ผลลัพธ์ จาก [16]
	3-1	3-3	3BR-S	3BR-C	3BT-S	3BT-C	
1	3.479	3.476 (-0.09)	2.632 (-24.35)	2.644 (-24.00)	2.556 (-26.53)	2.584 (-25.72)	3.494
2	8.501	8.778 (3.26)	8.088 (-4.86)	8.059 (-5.20)	8.056 (-5.23)	6.810 (-19.89)	8.547
3	22.460	21.463 (-4.44)	15.953 (-28.97)	15.711 (-30.05)	15.087 (-32.83)	11.248 (-49.92)	21.44
4	27.998	30.911 (10.40)	21.808 (-22.11)	21.695 (-22.51)	17.462 (-37.63)	14.145 (-49.48)	27.46
5	32.199	33.447 (3.88)	28.447 (-11.65)	27.450 (-14.75)	27.732 (-13.87)	19.571 (-39.22)	31.17
6	55.883	37.810 *	40.836 (-26.93)	41.506 (-25.73)	41.360 (-25.99)	26.187 (-53.14)	
7	72.279	47.208 *	51.016 (-29.42)	51.171 (-29.20)	53.291 (-26.27)	32.187	
8	73.415	150.599 *	52.268 (-28.80)	51.186 (-30.28)	53.537 (-27.08)	33.452	
9	82.451	150.822 *	91.507 (10.98)	73.602 (-10.73)	93.952 (13.95)	35.176	
10	101.759	455.668 *	92.013 (-9.58)	91.697 (-9.89)	149.017 (46.44)	41.213	
11	107.481	685.431 *	111.308 (3.56)	100.193 (-6.78)	302.325	52.958	
12	154.772	726.161 *	120.695 (-22.02)	120.319 (-22.26)	460.585	68.283	

ตารางที่ ๔. เปรียบเทียบค่าความถี่มีมิติ (เรเดียน/วินาที) และร้อยละของความคลาดเคลื่อน (ในวงเล็บ) สำหรับแบบจำลองต่าง ๆ ของโครงสร้างหลังคาเปลือกบางโค้งทรงกระบอกโดยเทียบกับแบบจำลองที่ 4-1

รูปแบบที่ \	แบบ	4-1	4-2	4A-S	4A-C
1*		1.176	0.972 (-17.35)	1.203 (2.30)	1.177 (0.09)
2*		4.258	2.878 (-32.41)	4.589 (7.77)	4.272 (0.33)
3*		4.533	5.168 (14.01)	4.758 (4.96)	4.540 (0.15)
4*		4.953	5.801 (17.12)	5.316 (7.33)	4.962 (0.18)
5*		8.035	11.995 (49.28)	10.834 (34.84)	8.100 (0.81)

* ลำดับเฉพาะจุดของรูปแบบการเคลื่อนที่อย่างสมมาตร

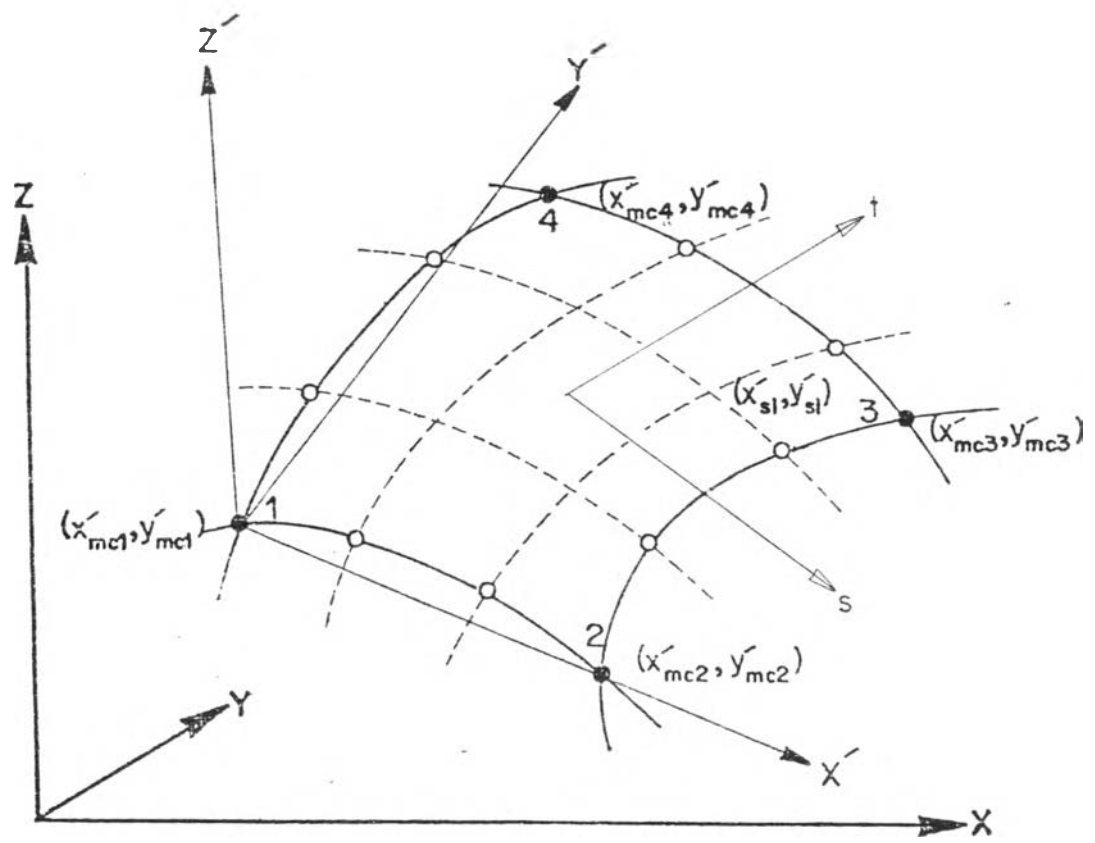


รูปแยกของโครงสร้างย่อยที่ i จากโครงสร้างทั้งหมด

- o จุดข้อต่อบริเวณขอบต่อเนื่อง
- x จุดข้อต่อภายใน

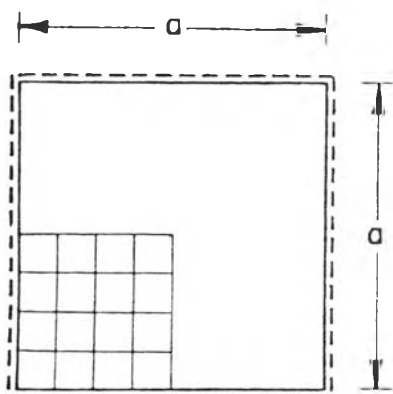
รูปที่ ๑.ก แสดงลักษณะทั่วไปของโครงสร้างซึ่งแบ่งออกเป็นโครงสร้างย่อยและแต่ละโครงสร้างย่อยประกอบขึ้นด้วยชิ้นส่วนเบื้องต้น

รูปที่ ๑. แสดงรายละเอียดของโครงสร้างเพื่อประกอบการพิจารณา

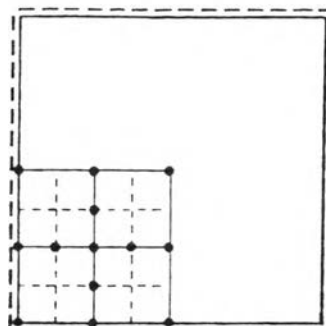


รูปที่ ๑.๖ แสดงโครงสร้างย่อยใด ๆ มีจุด 1, 2, 3 และ 4 เป็นจุดเชื่อมต่อที่มุมทั้งสี่ของโครงสร้างย่อย แกน X, Y และ Z เป็นแกนหลักของระบบพิกัดร่วม แกน X', Y' และ Z' เป็นแกนหลักของระบบพิกัดประจำตัวสร้างขึ้น โดยที่แกน X' ขนานกับแนวเส้นตรงจากจุด 1 ไปยังจุด 2 แกน Z' ตั้งฉากกับระนาบที่ผ่านจุด 1 จุด 2 และจุด 4 แกน Y' ตั้งฉากกับระนาบซึ่งเกิดจากแกน X' และแกน Z' แกน s, t เป็นแกนหลักของระบบพิกัดธรรมชาติ บนระนาบ X' Y'

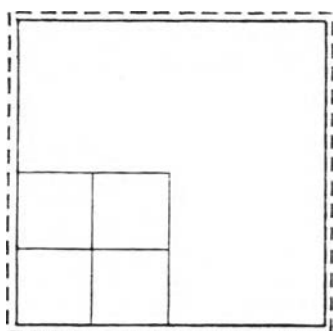
รูปที่ ๑. (ต่อ)



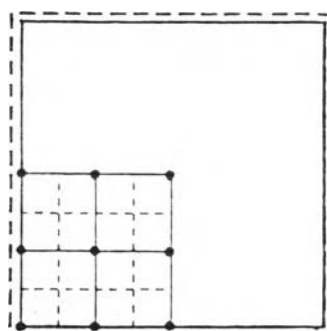
รูปที่ ๒.ก แบบจำลองที่ 1-1
 กรณีที่ ๑ (48 d.o.f.)
 กรณีที่ ๒ (48 d.o.f.)
 กรณีที่ ๓ (49 d.o.f.)



รูปที่ ๒.ค แบบจำลองที่ 1A-S และ 1A-C
 กรณีที่ ๑ (24 d.o.f.)
 กรณีที่ ๒ (24 d.o.f.)
 กรณีที่ ๓ (25 d.o.f.)



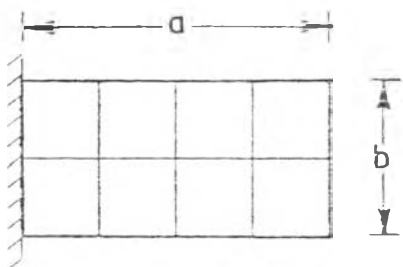
รูปที่ ๒.ข แบบจำลองที่ 1-2
 กรณีที่ ๑ (12 d.o.f.)
 กรณีที่ ๒ (12 d.o.f.)
 กรณีที่ ๓ (13 d.o.f.)



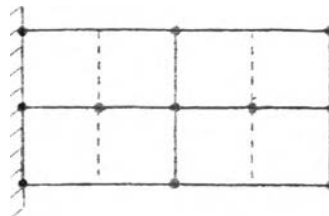
รูปที่ ๒.ง แบบจำลองที่ 1AT-S
 กรณีที่ ๑ (12 d.o.f.)
 กรณีที่ ๒ (12 d.o.f.)
 กรณีที่ ๓ (13 d.o.f.)

หมายเหตุ โดยใช้ค่า m และ n ที่ได้นิยามไว้ในตารางที่ ๑
 กรณีที่ ๑ m เป็นจำนวนคี่ n เป็นจำนวนคี่
 กรณีที่ ๒ m เป็นจำนวนคี่ n เป็นจำนวนคู่
 กรณีที่ ๓ m เป็นจำนวนคู่ n เป็นจำนวนคู่

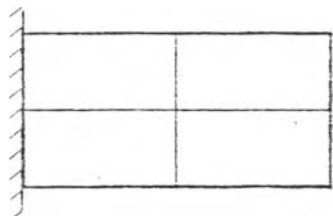
รูปที่ ๒. แบบจำลองต่าง ๆ ของโครงสร้างแผ่นบางรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสรองรับแบบธรรมดาที่ขอบ
 ทั้งสี่ด้านแสดงจำนวนตัวแปรอิสระหลังจากการกำหนดสภาพขอบเขต (ในวงเล็บ)



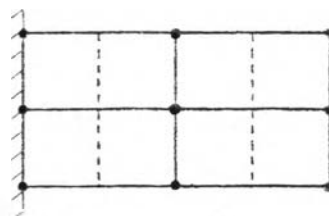
รูปที่ ๓.ก แบบจำลองที่ 2-1
(36 d.o.f.)



รูปที่ ๓.ค แบบจำลองที่ 2A-S และ 2A-C
(24 d.o.f.)

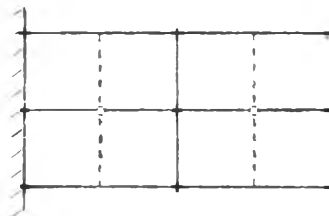


รูปที่ ๓.ข แบบจำลองที่ 2-2
(18 d.o.f.)



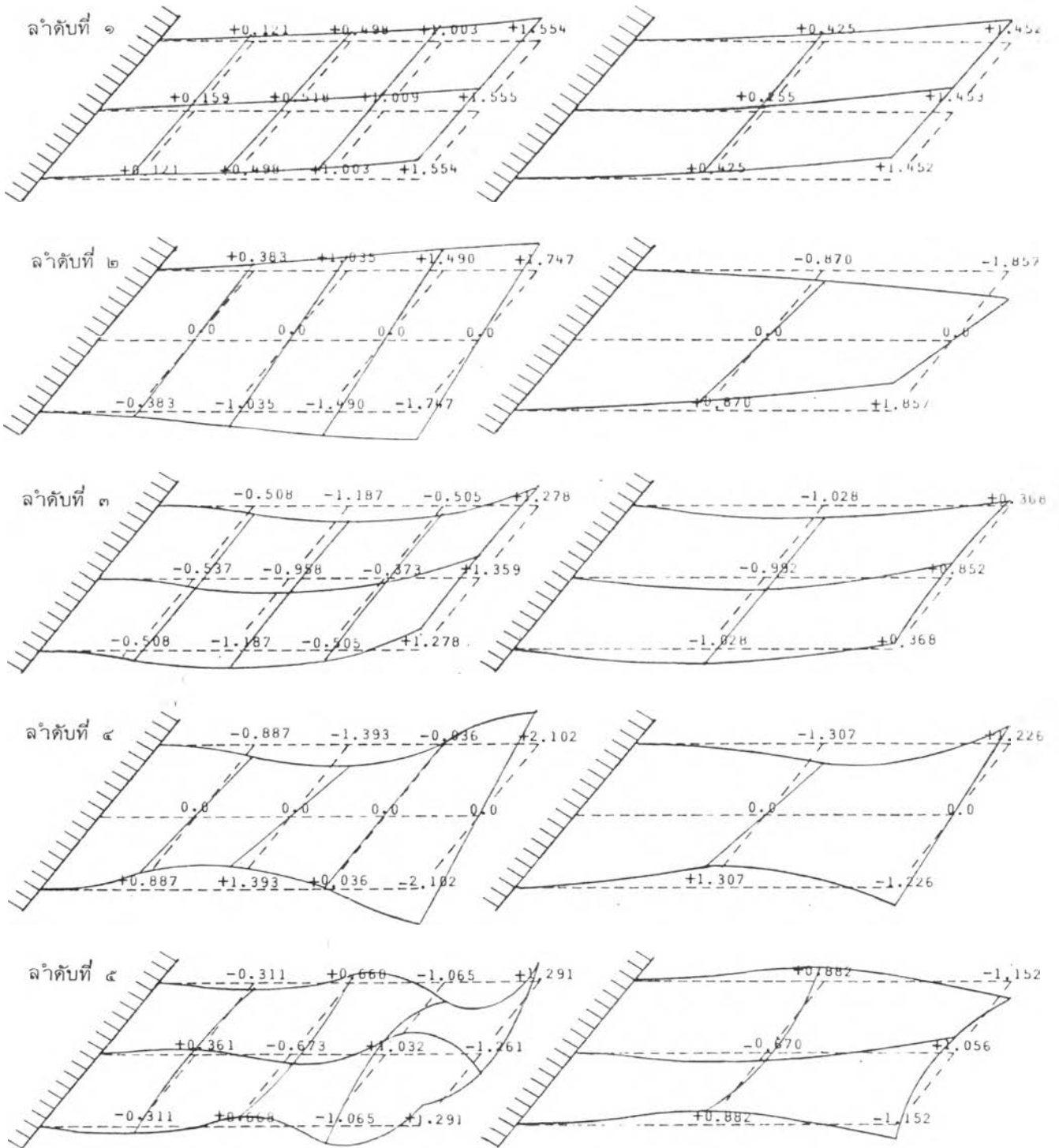
รูปที่ ๓.ง แบบจำลองที่ 2AT-S และ 2AT-C
(18 d.o.f.)

- จุดข้อต่อที่มีตัวแปรอิสระครบ
- จุดข้อต่อที่ลดตัวแปรอิสระเชิงหมุนทิ้ง



รูปที่ ๓.จ แบบจำลองที่ 2AR-S และ 2AR-C
(20 d.o.f.)

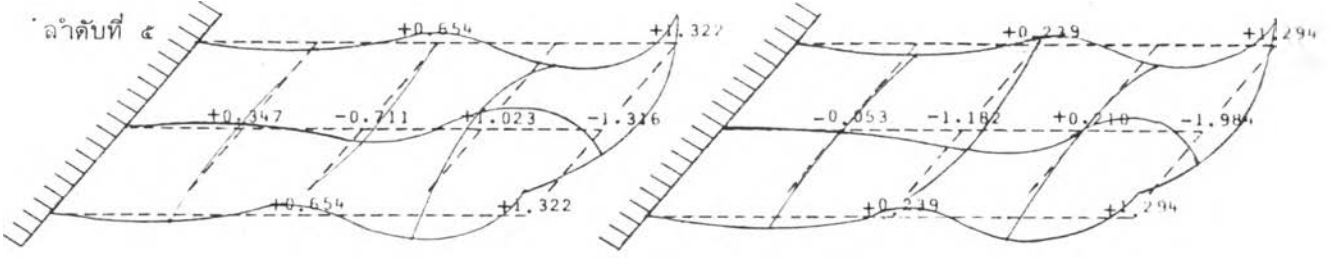
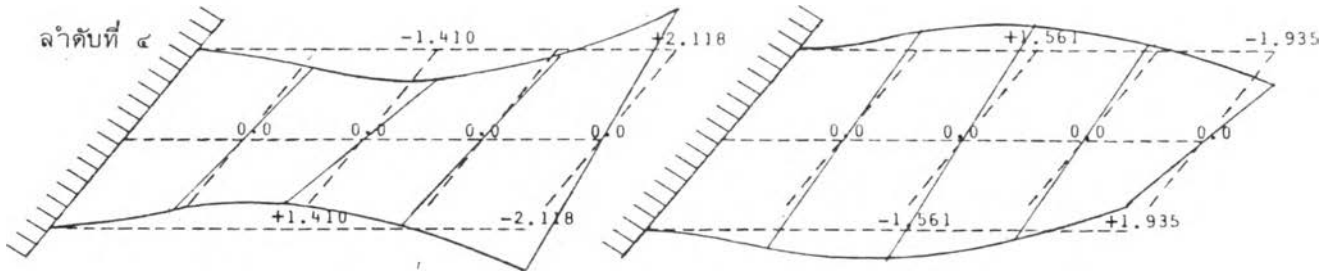
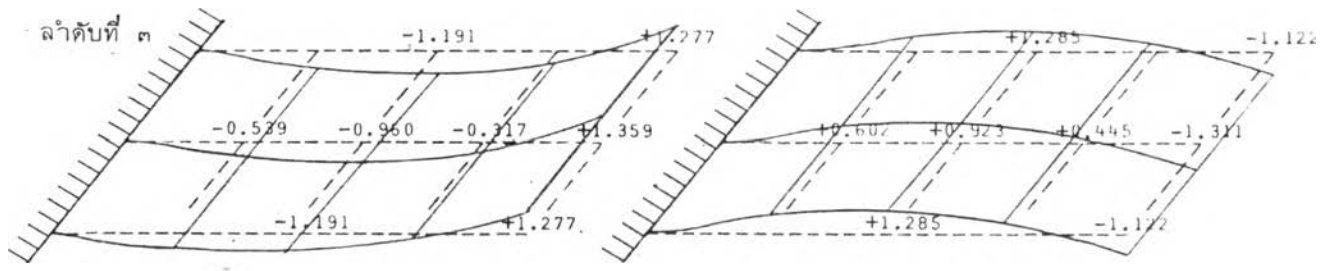
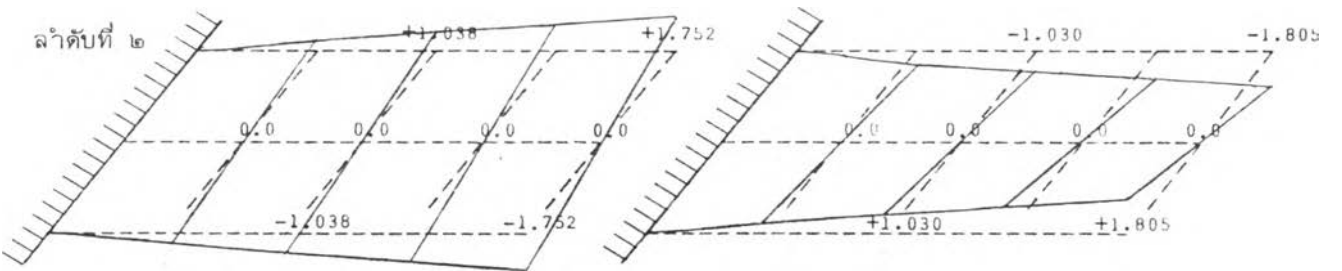
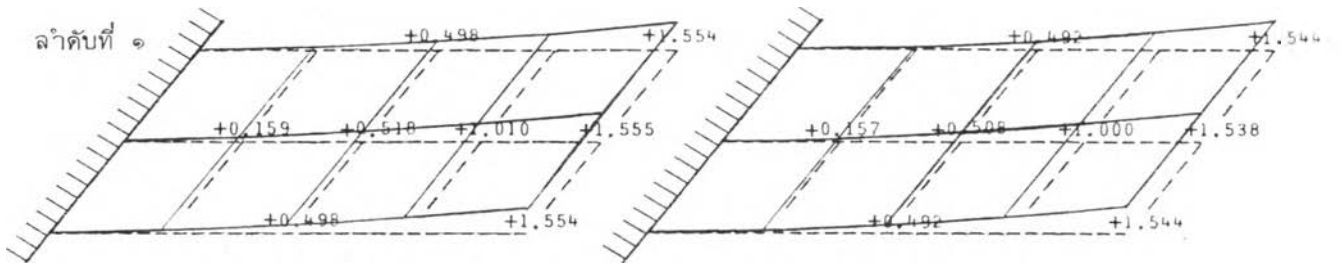
รูปที่ ๓. แบบจำลองต่าง ๆ ของโครงสร้างแผ่นบางยื่นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแสดงจำนวนตัวแปรอิสระ หลังจากการกำหนดสภาพขอบเขต (ในวงเล็บ)



แบบจำลองที่ 2-1

แบบจำลองที่ 2-2

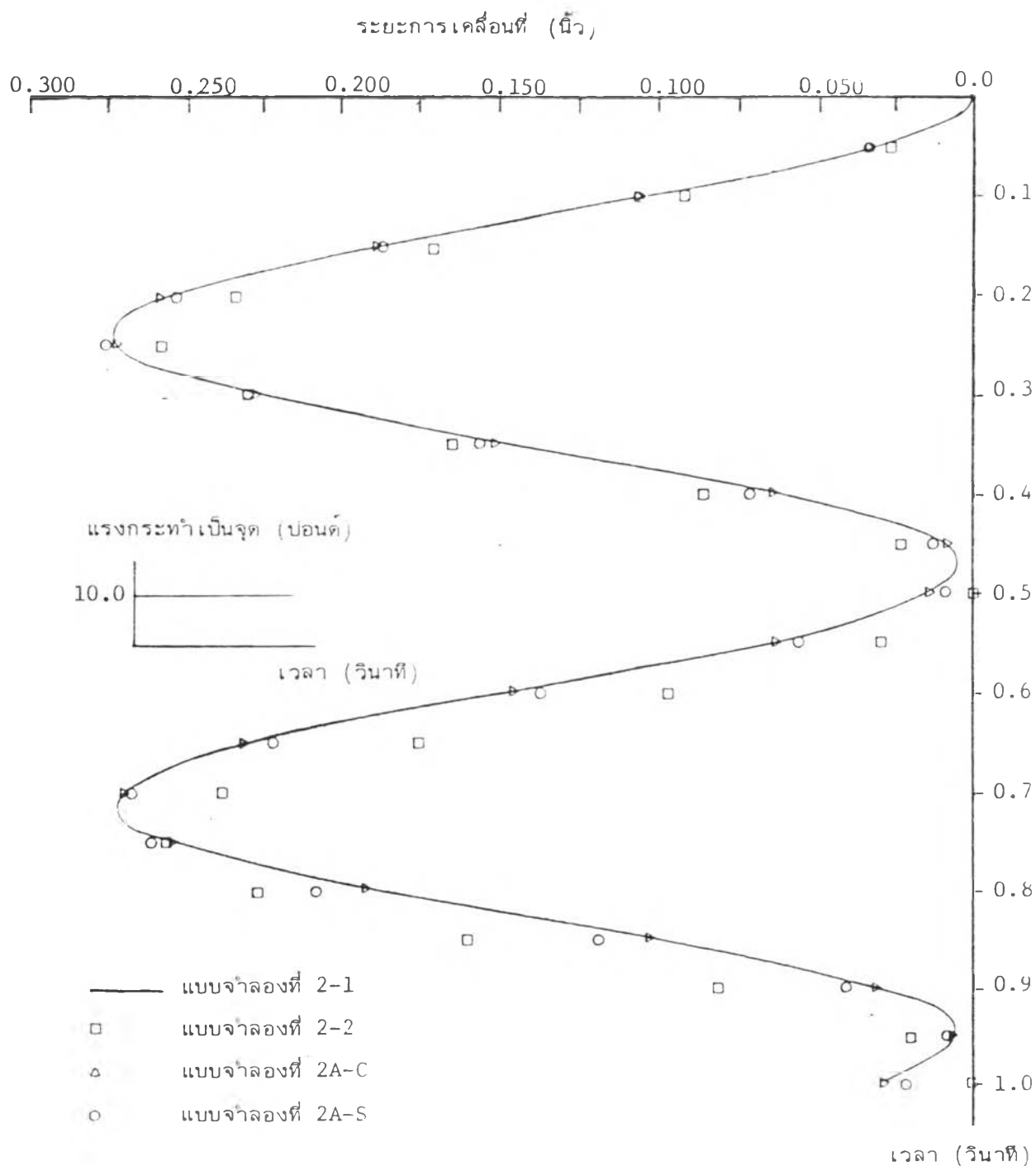
รูปที่ ๔. แสดงรูปแบบพิทการเคลื่อนที่ลำดับต่าง ๆ จากค่าไอเจนเวกเตอร์สำหรับพิทการเคลื่อนที่เชิงแนวททางขวาง



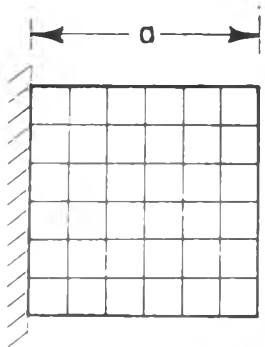
แบบจำลองที่ 2A-C

แบบจำลองที่ 2A-S

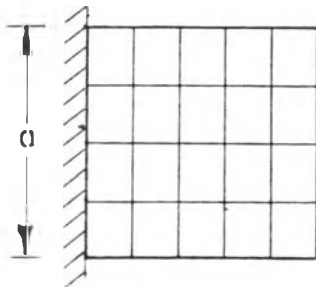
รูปที่ ๔. (ต่อ)



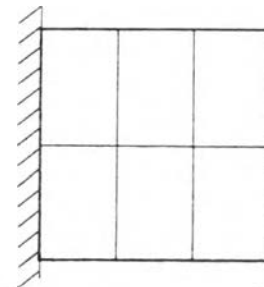
รูปที่ ๕. การเปรียบเทียบการเคลื่อนที่ทางขวางของจุดกึ่งกลางที่ปลายยื่นของโครงสร้างแผ่นบางยื่นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าภายใต้แรงกระทำเป็นจุดทันทีทันใดคงที่



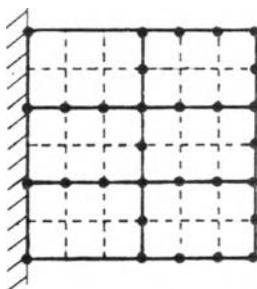
รูปที่ ๖.ก แบบจำลองที่
3-1
(126 d.o.f.)



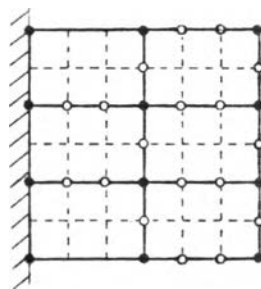
รูปที่ ๖.ข แบบจำลองที่
3-2
(75 d.o.f.)



รูปที่ ๖.ค แบบจำลองที่
3-3
(27 d.o.f.)

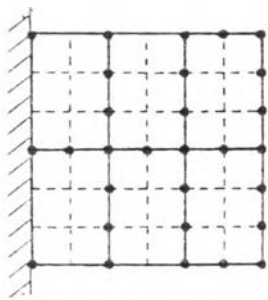


รูปที่ ๖.ง.๑ แบบจำลองที่
3A-S และ
3A-C
(78 d.o.f.)

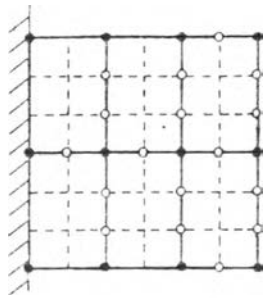


รูปที่ ๖.ง.๒ แบบจำลองที่
3AR-S และ
3AR-C
(42 d.o.f.)

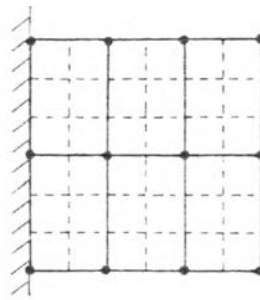
รูปที่ ๖. แบบจำลองต่าง ๆ ของโครงสร้างแผ่นบางยื่นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส
แสดงจำนวนตัวแปรอิสระหลังจากการกำหนดสภาพขอบเขต (ในวงเล็บ)



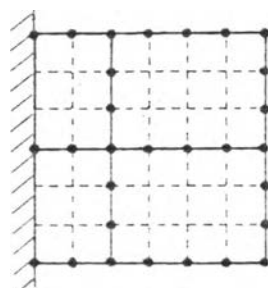
รูปที่ ๖.จ.๑ แบบจำลองที่
3B-S และ
3B-C
(78 d.o.f.)



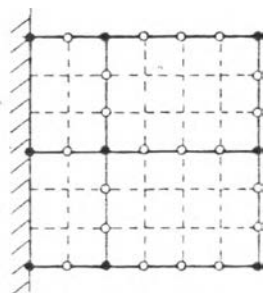
รูปที่ ๖.จ.๒ แบบจำลองที่
3BR-S และ
3BR-C
(44 d.o.f.)



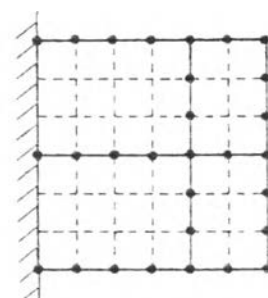
รูปที่ ๖.จ.๓ แบบจำลองที่
3BT-S และ
3BT-C
(27 d.o.f.)



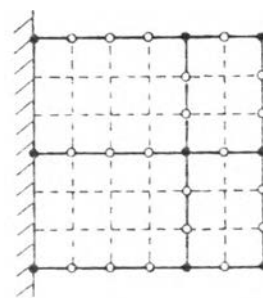
รูปที่ ๖.ฉ.๑ แบบจำลองที่
3C-S และ
3C-C
(78 d.o.f.)



รูปที่ ๖.ฉ.๒ แบบจำลองที่
3CR-S และ
3CR-C
(38 d.o.f.)

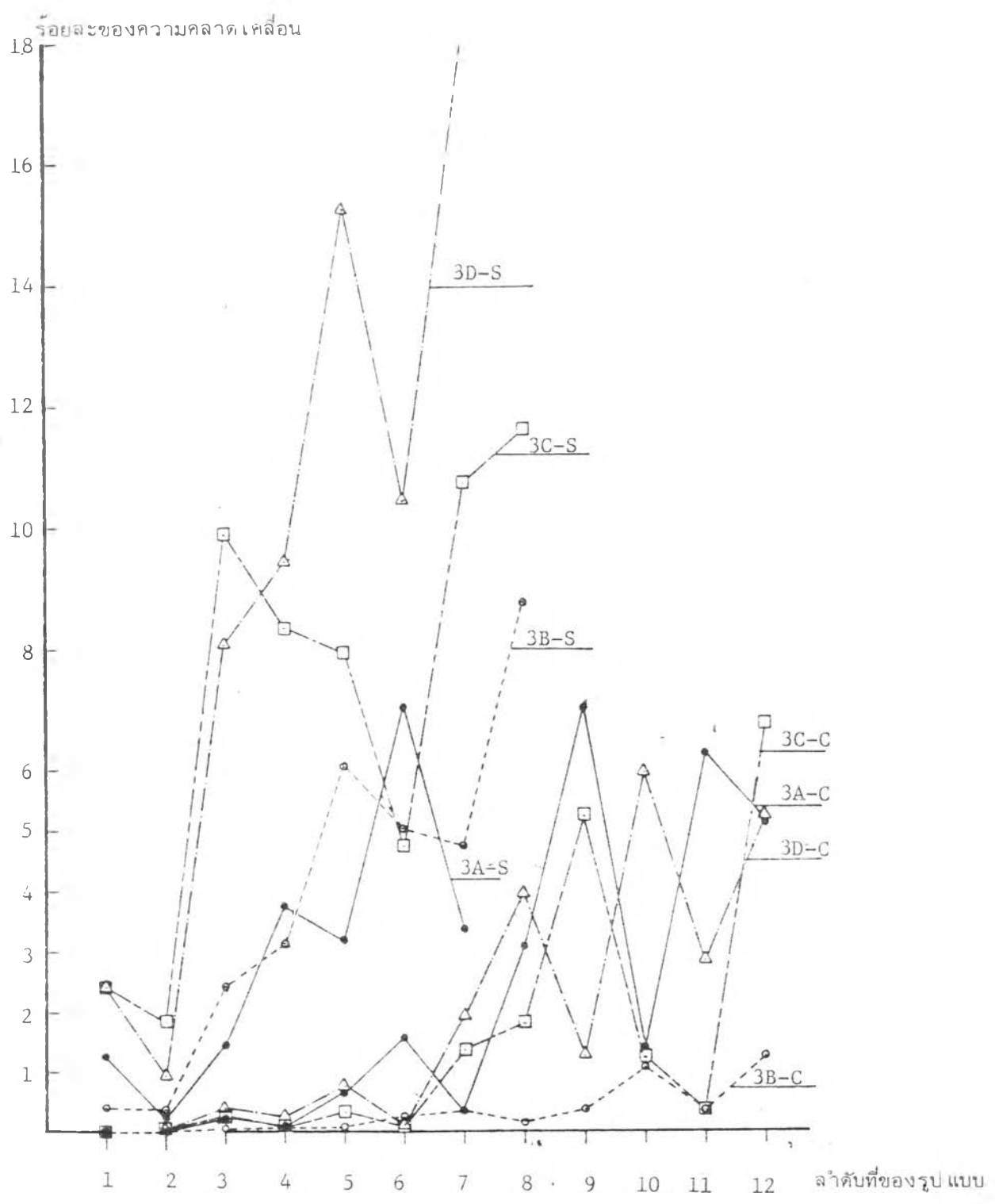


รูปที่ ๖.ช.๑ แบบจำลองที่
3D-S และ
3D-C
(78 d.o.f.)

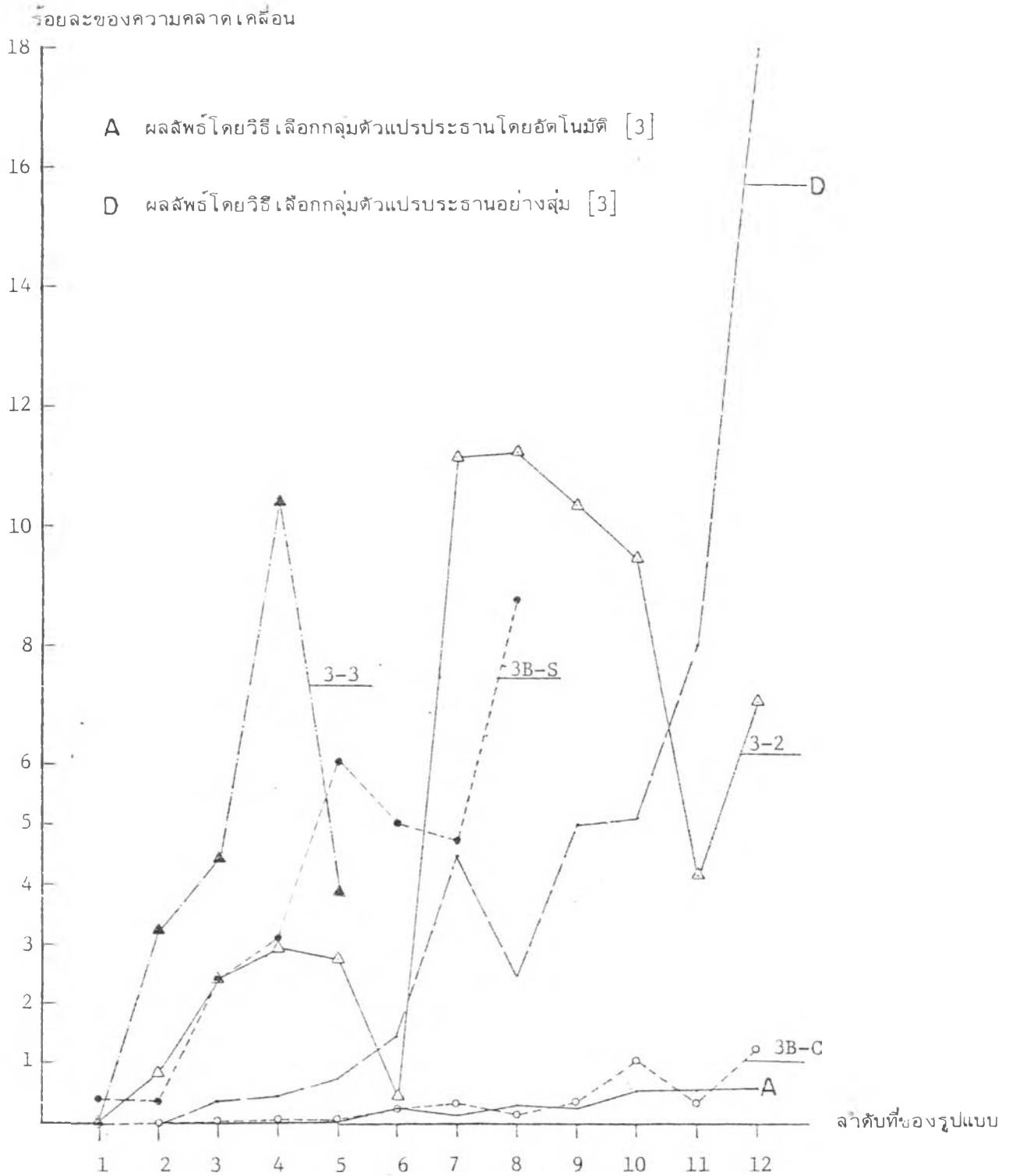


รูปที่ ๖.ช.๒ แบบจำลองที่
3DR-S และ
3DR-C
(38 d.o.f.)

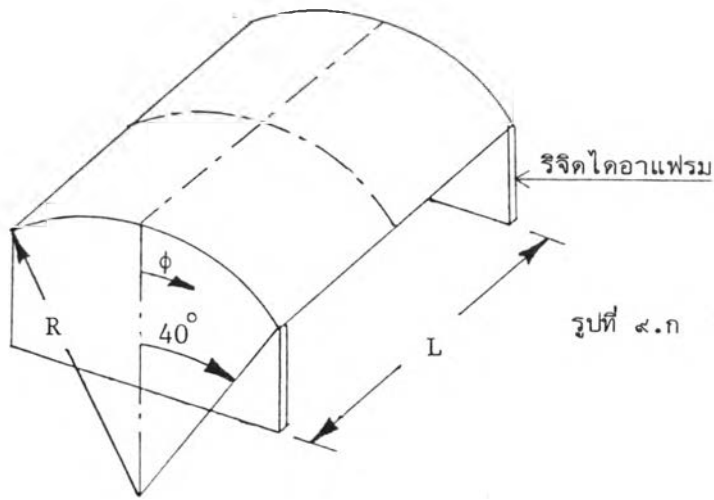
รูปที่ ๖. (ต่อ)



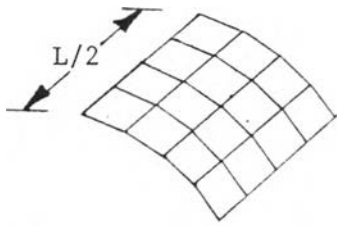
รูปที่ ๗. แสดงร้อยละของความคลาดเคลื่อนของความถี่อิสระสำหรับแบบจำลองต่างๆ ของโครงสร้างแผ่นบางยื่นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส



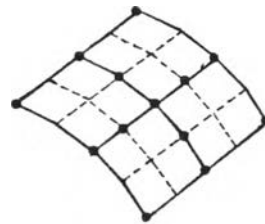
รูปที่ ๘. แสดงร้อยละของความคลาดเคลื่อนของความถี่อิสระสำหรับแบบจำลองต่าง ๆ ของโครงสร้างแผ่นบางยื่นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสโดยมีผลลัพธ์จากเอกสารอ้างอิงเปรียบเทียบ



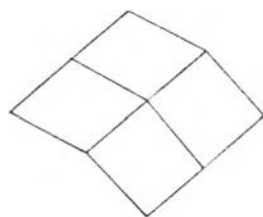
รูปที่ ๔.ก รูปทรงทางเรขาคณิตของโครงสร้าง



รูปที่ ๔.ข แบบจำลองที่ 4-1
(108 d.o.f.)

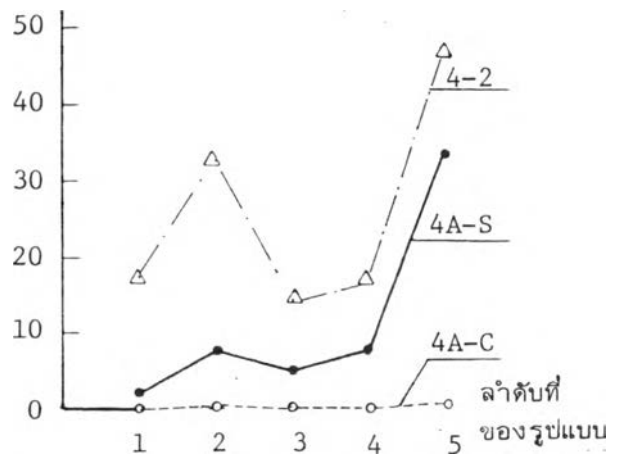


รูปที่ ๔.ง แบบจำลองที่ 4A-S และ
4A-C (54 d.o.f.)



รูปที่ ๔.ค แบบจำลองที่ 4-2
(30 d.o.f.)

ร้อยละของความคลาดเคลื่อน



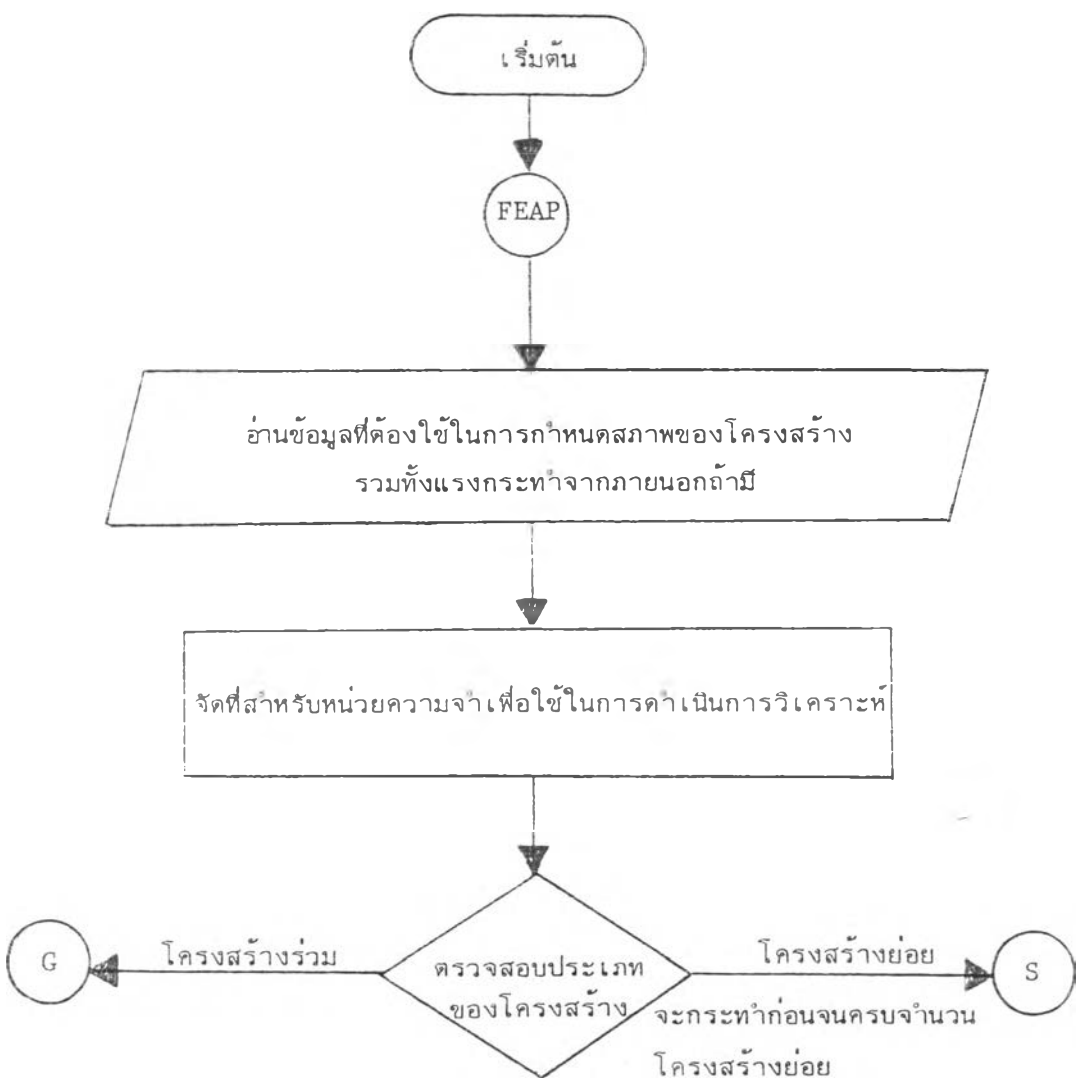
รูปที่ ๔.จ แสดงร้อยละของความคลาดเคลื่อนของความถี่

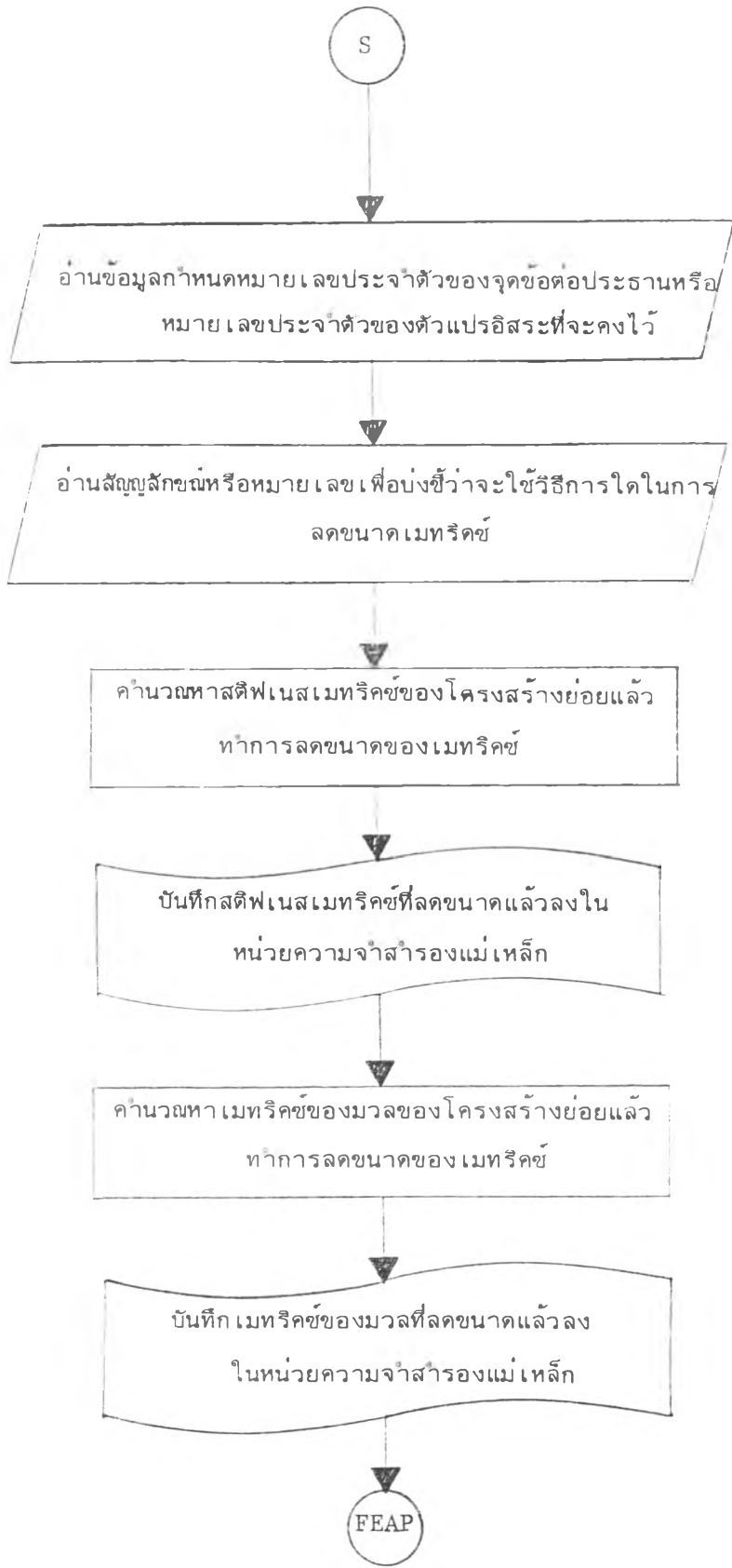
รูปที่ ๔. โครงสร้างหลังคาเปลือกบางโค้งทรงกระบอก

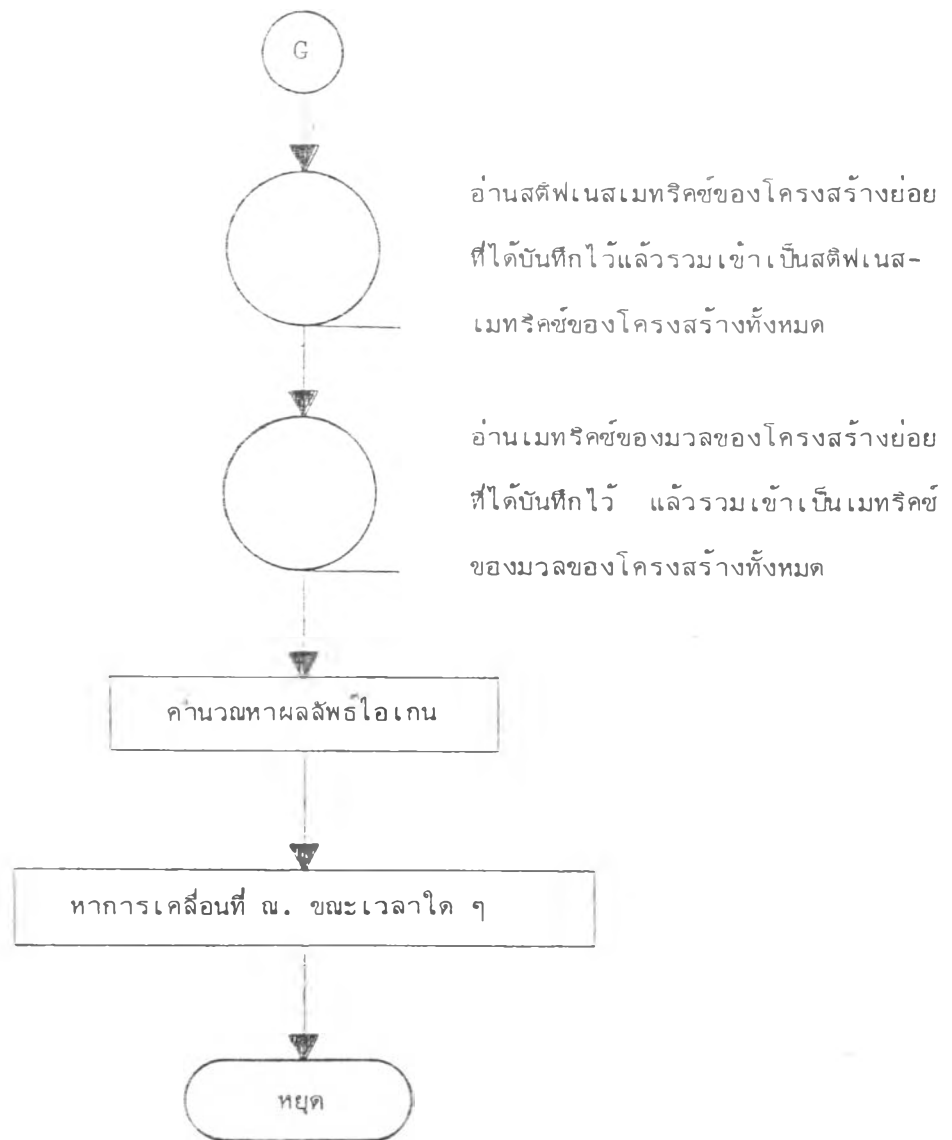
ภาคผนวก ก.

ผังงานของโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับวิธีโครงสร้างย่อย

โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จทางการวิเคราะห์ปัญหาด้วยวิธีไฟไนท์เอเลเมนต์ซึ่งใช้กันโดยทั่วไปนั้นมักจะเป็นโปรแกรมที่ใช้แก้ปัญหาโดยตรงกล่าวคือไม่มีขบวนการในการลดจำนวนตัวแปรใด ๆ ดังนั้นการที่จะแก้ปัญหาด้วยวิธีการโครงสร้างย่อยทั้งในงานวิจัยและทางปฏิบัติผู้ที่จะใช้โปรแกรมสำเร็จดังกล่าวก็ต้องทำการเพิ่มเติมส่วนของโปรแกรมเข้าไปในโปรแกรมเดิม ในที่นี้จะได้แสดงผังงานอย่างคร่าว ๆ ที่สามารถนำไปใช้ในการปรับปรุงเพิ่มเติมโปรแกรมเดิมโดยทั่วไปเพื่อใช้แก้ปัญหาดังกล่าวทางพลศาสตร์ในช่วงอิลาสติกด้วยวิธีโครงสร้างย่อย







วิธีการจากผังงานที่ได้แสดงไว้ใช้ได้โดยมีประสิทธิภาพพอควรกับโปรแกรม ฟีป (FEAP) [11] เพราะทุกครั้งที่เริ่มอ่านข้อมูลของโครงสร้างใด ๆ โปรแกรมจะจัดให้ใช้พื้นที่หน่วยความจำชุดเก่าไปก่อนและจะสามารถเพิ่มปริมาณหน่วยความจำได้โดยอัตโนมัติถ้าโครงสร้างใหม่ต้องการใช้เนื้อที่หน่วยความจำมากขึ้น แต่ส่วนปลีกย่อยหลายอย่างยังไม่สมบูรณ์เต็มที่ สำหรับในทางปฏิบัติจริงจะต้องมีการปรับปรุงเพิ่มเติมอีกมากเพื่อที่จะให้ประหยัดหน่วยความจำเร็วมากที่สุดเท่าที่จะมากได้ จุดบกพร่องข้อใหญ่ที่เห็นได้ชัดในขณะนี้ก็คือยังไม่สามารถทำการลดขนาดเมทริกซ์โดยที่เมทริกซ์นั้นใช้หน่วยความจำในการเก็บแบบโปรไฟล์ (Profile) [11] ได้ ยังต้องขยายเมทริกซ์ให้เป็นสแควร์เมทริกซ์ (Square Matrix) อยู่ซึ่งทำให้สิ้นเปลืองหน่วยความจำโดยไม่จำเป็น

ประวัติผู้เขียน

นายสุรียา ทัศนียานนท์ เกิดเมื่อวันที่ ๑๗ มกราคม พ.ศ. ๒๕๔๕ ที่จังหวัดราชบุรี
สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา จากจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา ๒๕๖๘

