

เอกสารอ้างอิง

1. J.D. Renton "The related behaviour of Plane grids, space grids and plates". The International Conference on Space Structures, University of Survey, September 1966.
2. E. Suzuki, H. Kitamura & M. Yamada "The Analysis of Space Truss Plate by Difference Equation" The International Conference on Space Structures, University of Survey, September 1966.
3. B. Kato, K. Takanashi, Y. Tsushima & Y. Hirata "The analysis of a Space Truss Composed of Square Pyramid Unit" The International Conference on Space Structures, University of Survey, September 1966.
4. William R. Flower and Lewis C. Schmidt M. ASCE "Analysis of Space Truss as Equivalent Plate" Journal of the Structural Division Proceeding of the American Society of Civil Engineers, December 1971, pp. 2777-2789.
5. Timoshenko, S. "Theory of Plates and Shells" McGraw-Hill, Inc. New York, NY. 1940.
6. Lee, S.L. and Ballesteros, P. "Uniformly Loaded Rectangular Plate Supported at the Corners" Int. J. Mech. Science, Vol. 2, No. 3, 1960, pp. 206-211.
7. Masao Saitoh, Takamichi Matsubayashi, Yoshinori Doi and Masuyuki Hirose "The Design and Analysis of two way Space Truss" Proc. 1971 IASS Pacific Symposium Part II on Tension Structures and Space Frames, Tokyo and Kyoto pp. 917-929.

8. Mohommed Zakeria "Uniformly Loaded Orthotropic Rectangular Plate Supported at the Corners" Thesis of the Asian Institute of Technology, Bangkok, Thailand, 1970.
9. J.F. Brotchie and A.J. Wynn "Elastic Deflections and Moments in an Internal Panel of the Flat Plate Structure" Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization Australia 1975.
10. Z.S. Makowski "Steel Space Structures" Michael Joseph, London, 1965.
11. Edward L. Wilson "Computer Analysis Language for the Static and Dynamic Analysis of Structural System" Jan. 1977.
12. วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย : มาตรฐานสำหรับอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก พ.ศ. 2517.

ตารางที่ 1 แสดงผลการวิเคราะห์แรงสูงสุดและระยะโก่งสูงสุดจากการวิเคราะห์โดยประมาณจากตัวอย่างที่ 1-4

แรงกระทำที่คอร์ดล่าง				
	ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 3	ตัวอย่างที่ 4
F_{xum} (ปอนด์)	-12411	-8966	-3915	-2501
F_{xIm} (ปอนด์)	11727	8243	4459	3129
F_{yum} (ปอนด์)	-12742	-6949	-4146	-2418
F_{yIm} (ปอนด์)	11984	6502	5067	3083
F_{wm} (ปอนด์)	-11314	-9406	-2515	-1634
W_m (ฟุต)	0.075	0.059	0.041	0.015
แรงกระทำที่คอร์ดบน				
F_{xum} (ปอนด์)	-10053	-7191	-4881	-3266
F_{xIm} (ปอนด์)	9499	6611	5559	4086
F_{yum} (ปอนด์)	-10321	-5573	-5169	-3158
F_{yIm} (ปอนด์)	9707	5215	6317	4025
F_{wm} (ปอนด์)	-9164	-7543	-3135	-2133
W_m (ฟุต)	0.061	0.047	0.051	0.019

ตารางที่ 2 แสดงผลการเปรียบเทียบแรงสูงสุดและระยะโก่งสูงสุดจากการวิเคราะห์โดยประมาณกับการวิเคราะห์โดยคอมพิวเตอร์ ตามตัวอย่างที่ 1

แรงกระทำที่คอร์ดล่าง														
	แรงรวมทั้งหมด			อัตราร้อยละ		แรงสูงสุดของคอร์ดบนหรือคอร์ดล่าง			แรงสูงสุดของคอร์ดทะแยง			ระยะโก่งสูงสุด		
	วิธี 1 (ปอนด์)	วิธี 2 (ปอนด์)	Err (%)	วิธี 1	วิธี 2	วิธี 1 (ปอนด์)	วิธี 2 (ปอนด์)	Err (%)	วิธี 1 (ปอนด์)	วิธี 2 (ปอนด์)	Err (%)	วิธี 1 (ฟุต)	วิธี 2 (ฟุต)	Err (%)
F_{xu}	-28370	-28284	-0.30	43.60	43.88	-12362	-12411	0.40						
F_{xL}	27800	28001	0.72	41.70	41.88	11597	11727	1.12						
F_{yu}	-28370	-28284	-0.30	43.60	45.05	-12364	-12742	3.06	-11228	-11314	0.76	0.095	0.075	-21.05
F_{yL}	27800	28001	0.72	41.70	42.80	11598	11984	3.33						
แรงกระทำที่คอร์ดบน														
F_{xu}	-25015	-22910	-8.41	41.4	43.88	-10356	-10053	-2.93						
F_{xL}	25015	22681	-9.33	38.8	41.88	9705	9499	-2.64						
F_{yu}	-25015	-22910	-8.41	41.4	45.05	-10358	-10321	-0.36	-9187	-9164	-0.25	0.083	0.061	-26.50
F_{yL}	25015	22681	-9.33	38.8	42.80	9705	9707	-0.02						

วิธี 1 : ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ของ CAL

วิธี 2 : วิธีประมาณที่ใช้ในงานวิจัย

Err : ค่าผิดพลาด

ตารางที่ 3 แสดงผลการเปรียบเทียบแรงสูงสุดและระยะโก่งสูงสุดจากการวิเคราะห์โดยประมาณกับการวิเคราะห์โดยคอมพิวเตอร์ ตามตัวอย่างที่ 2

แรงกระทำที่คอร์ดล่าง														
	แรงรวมทั้งหมด			อัตราร้อยละ		แรงสูงสุดของคอร์ดบนหรือคอร์ดล่าง			แรงสูงสุดของคอร์ดทะแยง			ระยะโก่งสูงสุด		
	วิธี 1 (ปอนด์)	วิธี 2 (ปอนด์)	Err (%)	วิธี 1	วิธี 2	วิธี 1 (ปอนด์)	วิธี 2 (ปอนด์)	Err (%)	วิธี 1 (ปอนด์)	วิธี 2 (ปอนด์)	Err (%)	วิธี 1 (ฟุต)	วิธี 2 (ฟุต)	Err (%)
F_{xu}	-15363	-15360	-0.02	59.62	58.37	-9159	-8966	-2.11						
F_{xL}	14884	15120	1.59	53.25	54.52	7925	8243	4.01						
F_{yu}	-23053	-23040	-0.06	32.58	30.16	-7511	-6949	-7.48	-9311	-9406	1.02	0.073	0.059	-19.18
F_{yL}	22733	22880	0.65	29.45	28.42	6695	6502	-2.88						
แรงกระทำที่คอร์ดบน														
F_{xu}	-13643	-12319	-9.70	54.94	58.37	-7495	-7191	-4.06						
F_{xL}	13643	12126	-11.12	47.65	54.52	6501	6611	1.69						
F_{yu}	-19891	-18478	-7.10	32.07	30.16	-6379	-5573	-12.64	-7540	-7543	0.05	0.062	0.047	-24.19
F_{yL}	19891	18350	-7.75	28.47	28.42	5663	5215	-7.91						

วิธี 1 : ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ของ CAL

วิธี 2 : วิธีประมาณที่ใช้ในงานวิจัย

Err : ค่าผิดพลาด

ตารางที่ 4 แสดงผลการ เปรียบ เทียบแรงสูงสุดและระยะโก่งสูงสุดจากการวิเคราะห์โดยประมาณกับการวิเคราะห์โดยคอมพิวเตอร์ ตามตัวอย่างที่ 3

แรงกระทำที่คอร์ดล่าง														
	แรงรวมทั้งหมด			อัตราร้อยละ		แรงสูงสุด ของคอร์ดบนหรือคอร์ดล่าง			แรงสูงสุดของคอร์ดทะแยง			ระยะโก่งสูงสุด		
	วิธี 1 (ปอนด์)	วิธี 2 (ปอนด์)	Err (%)	วิธี 1	วิธี 2	วิธี 1 (ปอนด์)	วิธี 2 (ปอนด์)	Err (%)	วิธี 1 (ปอนด์)	วิธี 2 (ปอนด์)	Err (%)	วิธี 1 (ฟุต)	วิธี 2 (ฟุต)	Err (%)
F_{xu}	-10563	-10560	-0.03	36.04	37.07	-3807	-3915	2.84						
F_{xL}	10563	10780	2.05	45.88	41.36	4846	4459	-7.98	-2453	-2515	2.53	0.037	0.041	10.81
F_{yu}	-16809	-16800	-0.05	25.25	24.68	-4244	-4146	-2.31						
F_{yL}	16809	16940	0.78	31.16	29.91	5238	5067	-3.26						
แรงกระทำที่คอร์ดบน														
F_{xu}	-11043	-13166	19.22	41.36	37.07	-4567	-4881	6.88						
F_{xL}	11524	13440	16.63	50.82	41.36	5856	5559	-5.07	-3071	-3135	2.08	0.043	0.051	18.60
F_{yu}	-18891	-20946	10.88	26.08	24.68	-4925	-5169	4.95						
F_{yL}	19211	21121	9.94	31.70	29.91	6089	6317	3.74						

วิธี 1 : ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ของ CAL

วิธี 2 : วิธีประมาณที่ใช้ในงานวิจัย

Err : ค่าผิดพลาด

ตารางที่ 5 แสดงผลการเปรียบเทียบแรงสูงสุดและระยะโก่งสูงสุดจากการวิเคราะห์โดยประมาณกับการวิเคราะห์โดยคอมพิวเตอร์ ตามตัวอย่างที่ 4

แรงกระทำที่คอร์ดล่าง														
	แรงรวมทั้งหมด			อัตราร้อยละ		แรงสูงสุด ของคอร์ดบนหรือคอร์ดล่าง			แรงสูงสุดของคอร์ดทะแยง			ระยะโก่งสูงสุด		
	วิธี 1 (ปอนด์)	วิธี 2 (ปอนด์)	Err (%)	วิธี 1	วิธี 2	วิธี 1 (ปอนด์)	วิธี 2 (ปอนด์)	Err (%)	วิธี 1 (ปอนด์)	วิธี 2 (ปอนด์)	Err (%)	วิธี 1 (ฟุต)	วิธี 2 (ฟุต)	Err (%)
F_{xu}	-7128	-7128	0.00	33.94	35.08	-2419	-2501	3.39						
F_{xL}	7128	7277	2.09	43.09	43.00	3072	3129	1.86						
F_{yu}	-7128	-7128	0.00	33.94	33.92	-2419	-2418	-0.04	-1605	-1634	1.81	0.014	0.015	7.14
F_{yL}	7128	7277	2.09	43.09	42.36	3072	3083	0.35						
แรงกระทำที่คอร์ดบน														
F_{xu}	-7806	-9309	19.25	37.80	35.08	-2951	-3266	10.67						
F_{xL}	8146	9503	16.66	46.28	43.00	3770	4086	8.38						
F_{yu}	-7806	-9309	19.25	37.80	33.92	-2951	-3158	7.01	-2101	-2133	1.52	0.015	0.019	26.67
F_{yL}	8146	9503	16.66	46.28	42.36	3770	4025	6.76						

วิธี 1 : ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ของ CAL

วิธี 2 : วิธีประมาณใช้ในงานวิจัย

Err : ค่าผิดพลาด

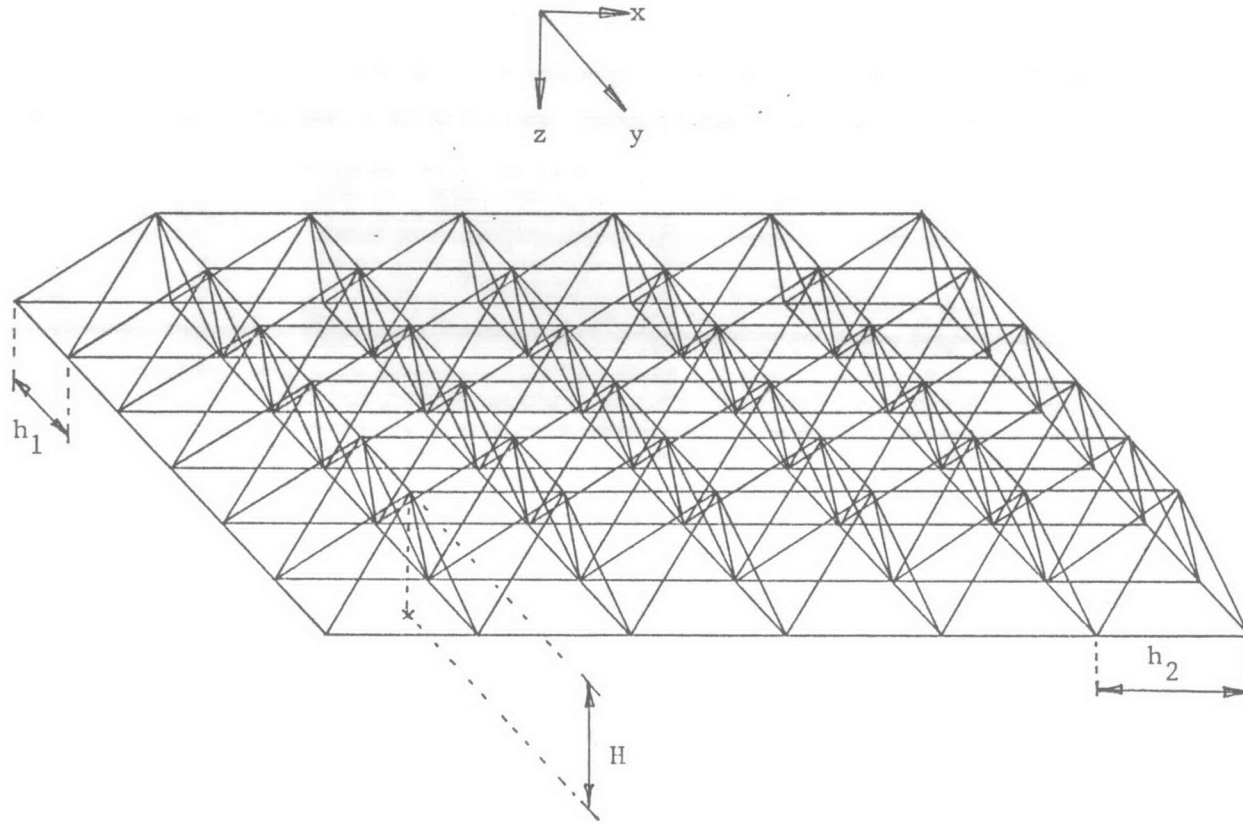
ตารางที่ 6 แสดงผลการเปรียบเทียบระยะโค้งสูงสุดจากการวิเคราะห์โดยประมาณกับระยะโค้งที่ยอมให้เกิดขึ้นได้ในโครงสร้างที่กำหนดไว้ในมาตรฐาน ว.ส.ท.

ตัวอย่างที่	แรงกระทำที่คอร์ดล่าง			แรงกระทำที่คอร์ดบน		
	W_{allow} (ฟุต)	W_m (ฟุต)	$\frac{W_{allow}}{W_m}$ (เท่า)	W_{allow} (ฟุต)	W_m (ฟุต)	$\frac{W_{allow}}{W_m}$ (เท่า)
1	0.222	0.075	2.96	0.222	0.061	3.64
2	0.178	0.059	3.02	0.178	0.047	3.79
3	0.156	0.041	3.80	0.156	0.051	3.06
4	0.117	0.015	7.80	0.117	0.019	6.16

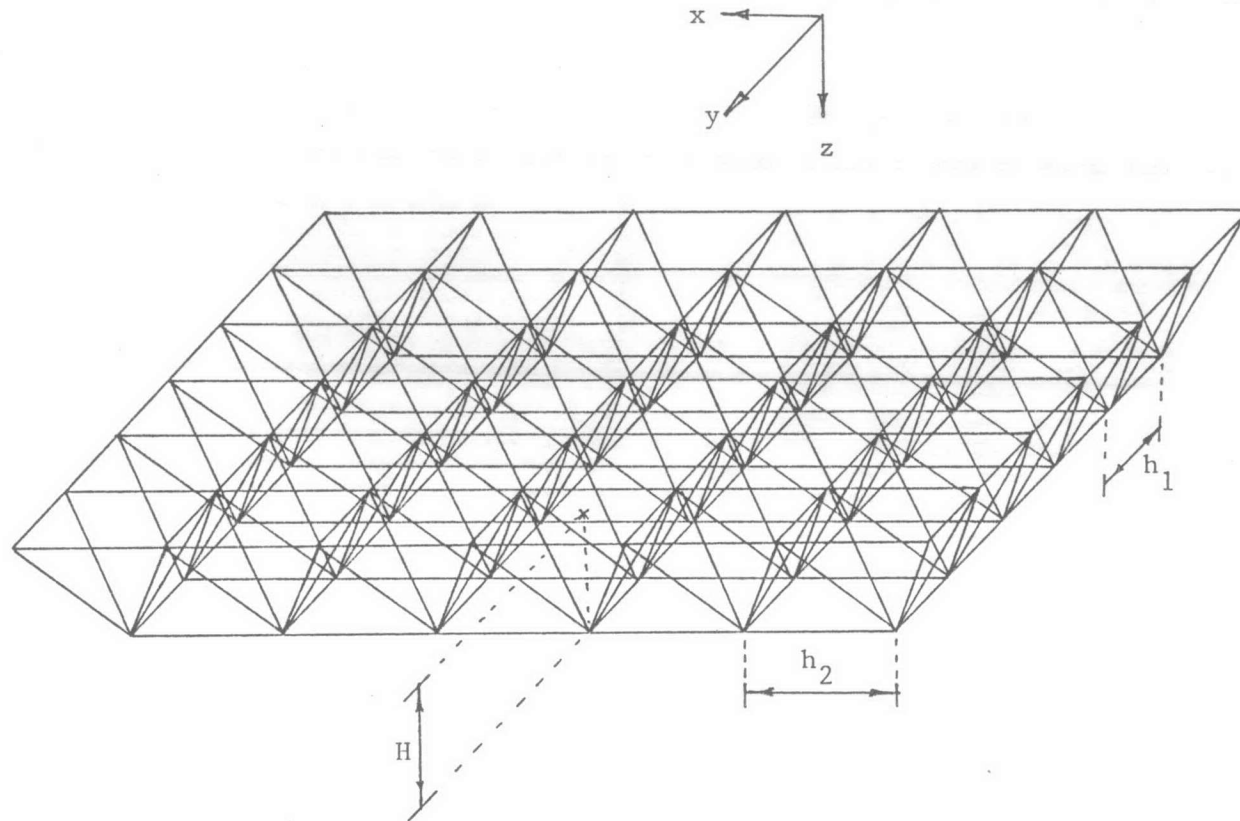
W_{allow} = ระยะโค้งที่ยอมให้เกิดขึ้นได้ในโครงสร้างที่กำหนดไว้ในมาตรฐาน ว.ส.ท.

W_m = ระยะโค้งสูงสุดที่ได้จากการวิเคราะห์โดยวิธีประมาณที่เสนอแนะ

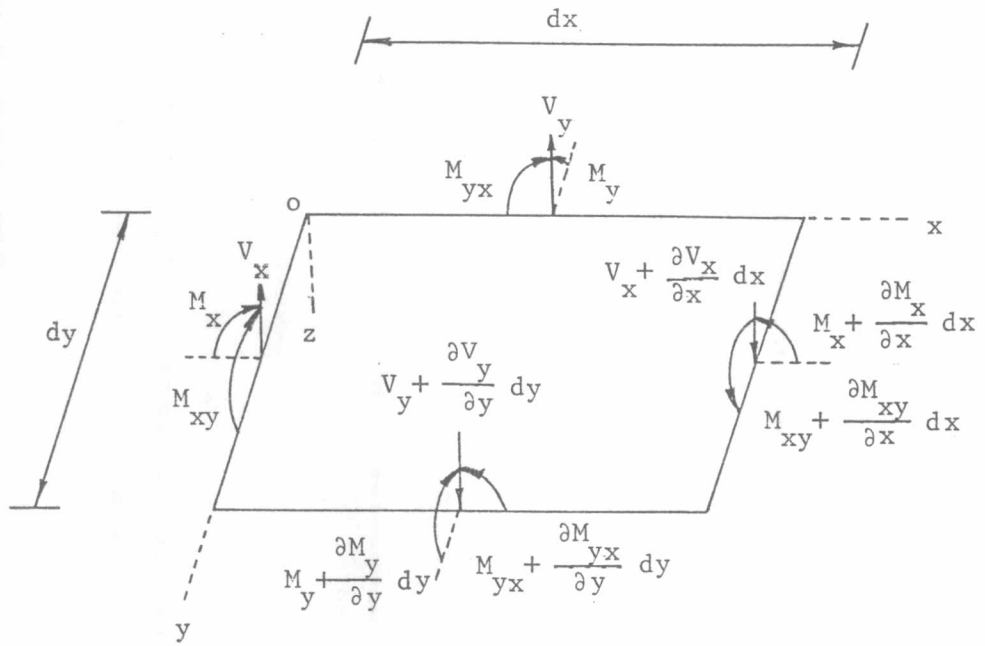




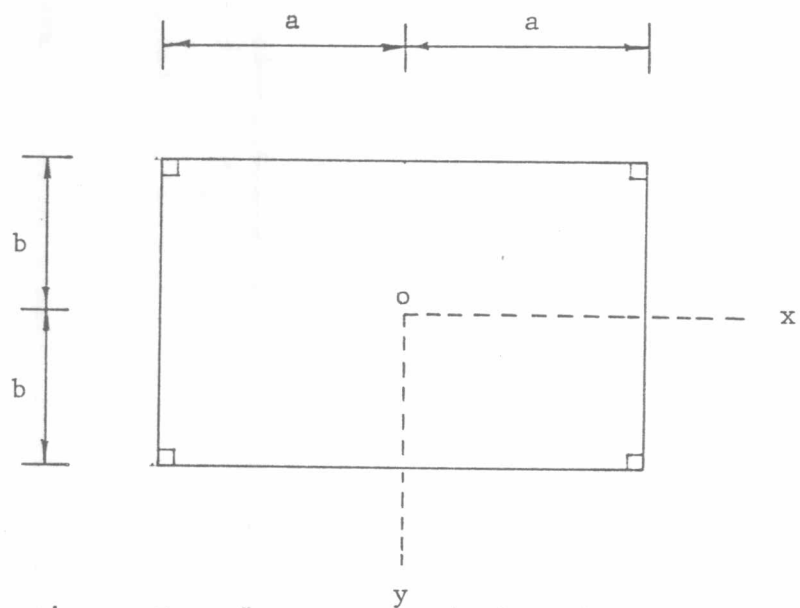
รูปที่ 1 โครงข่ายสามมิติที่มีจุดต่อเชื่อมระหว่างคอร์คบนและคอร์คล่าง เป็นรูปปิรามิดคว่ำ



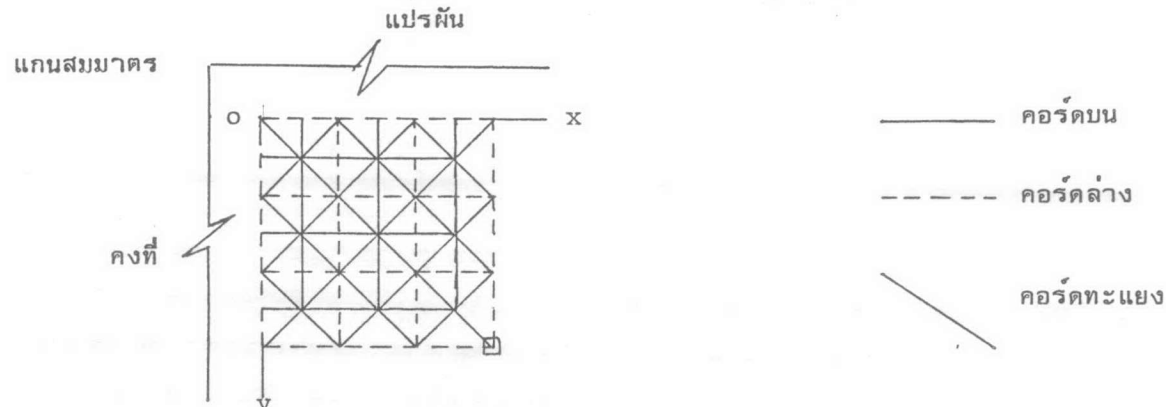
รูปที่ 2 โครงข้อมนสามมิติที่มีจุดต่อเชื่อมระหว่างคอร์คบนและคอร์คล่างเป็นรูปปิรามิดหงาย



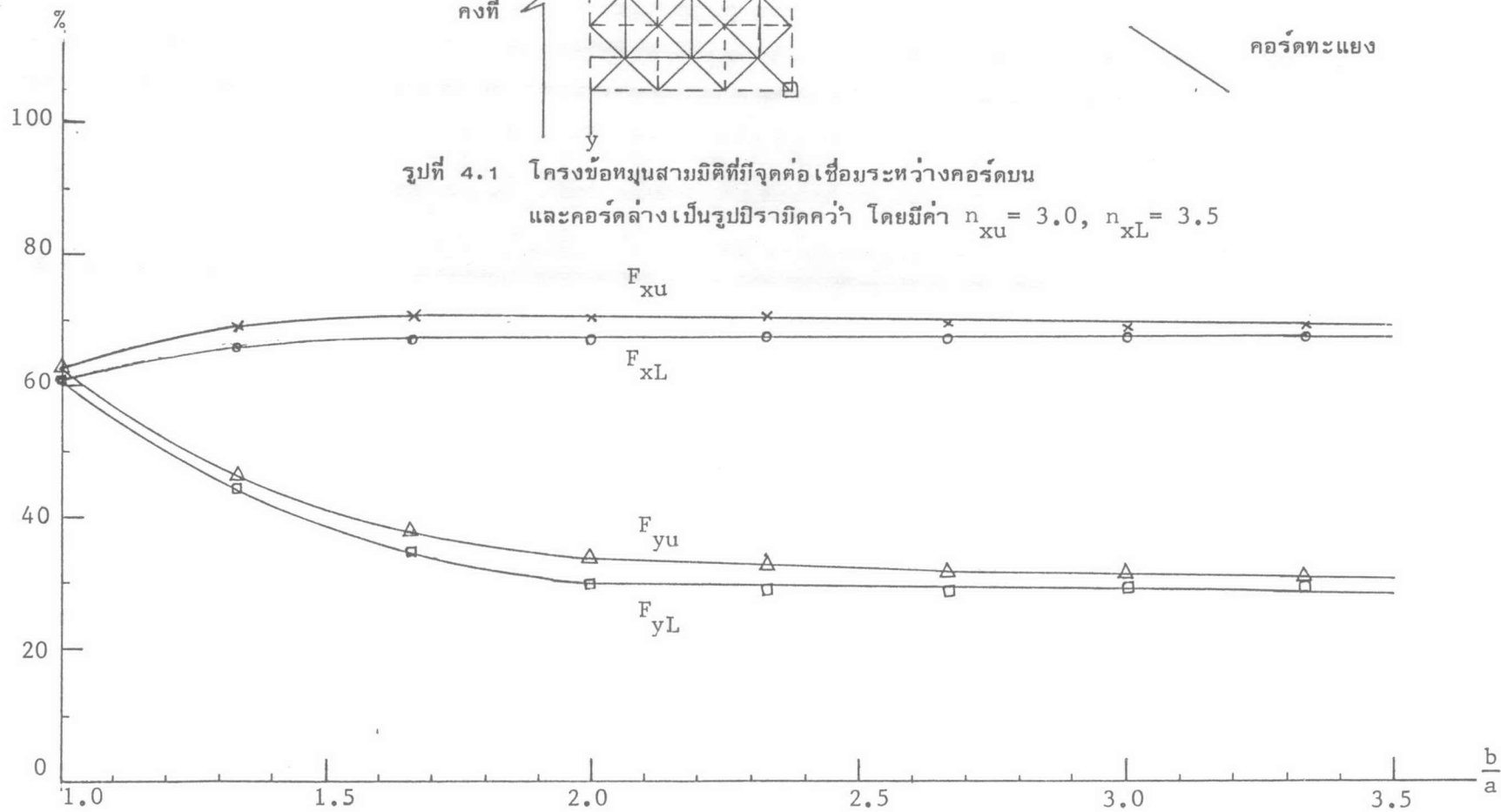
รูปที่ 3.1 ทิศทางโมเมนต์และแรงเฉือนของโครงสร้างเปลือกบาง



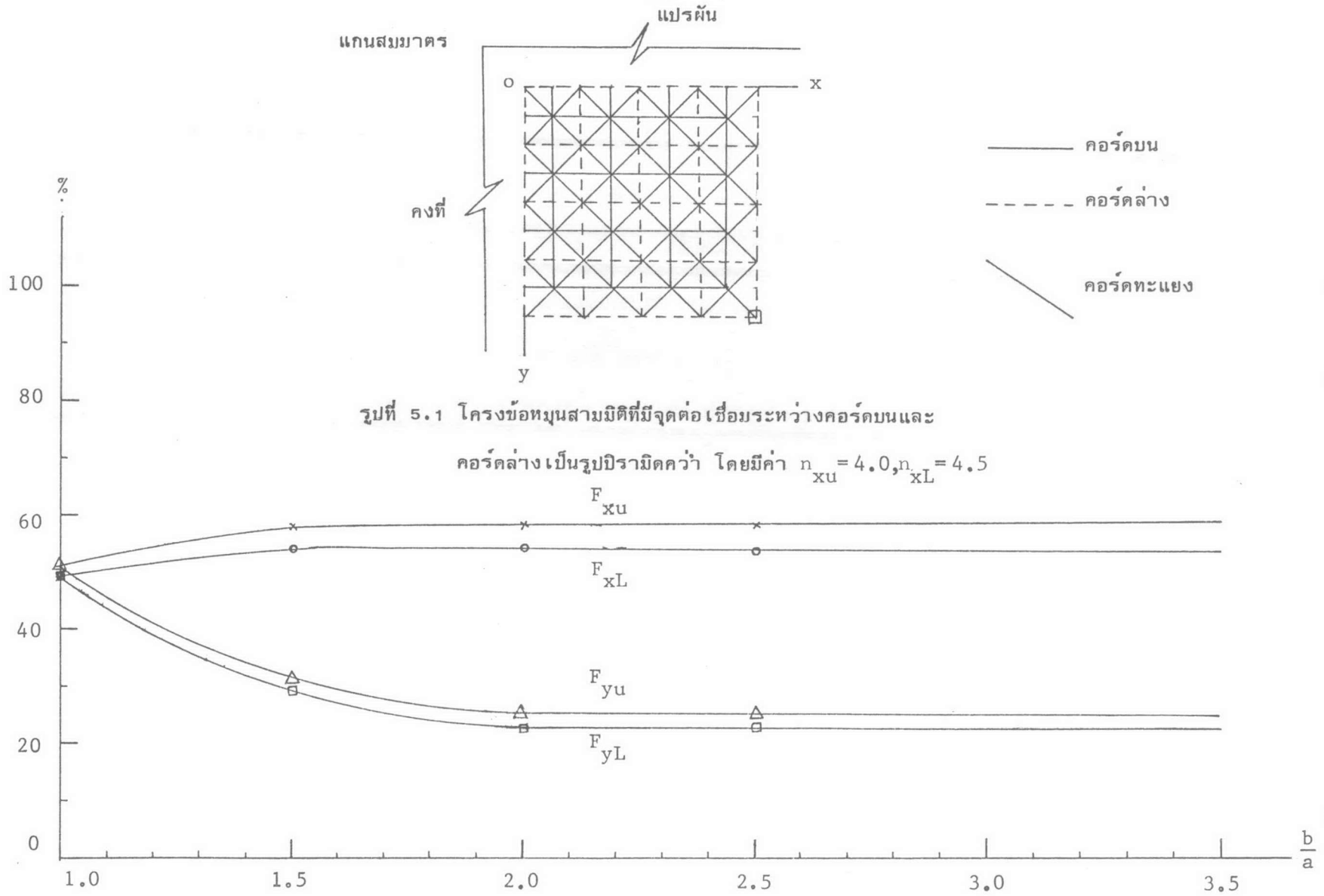
รูปที่ 3.2 โครงสร้างเปลือกบางรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าและแนวแกน



รูปที่ 4.1 โครงขั้วหมุนสามมิติที่มีจุดต่อเชื่อมระหว่างคอร์ดบน และคอร์ดล่างเป็นรูปปิรามิดคว่ำ โดยมีค่า $n_{xu} = 3.0$, $n_{xL} = 3.5$

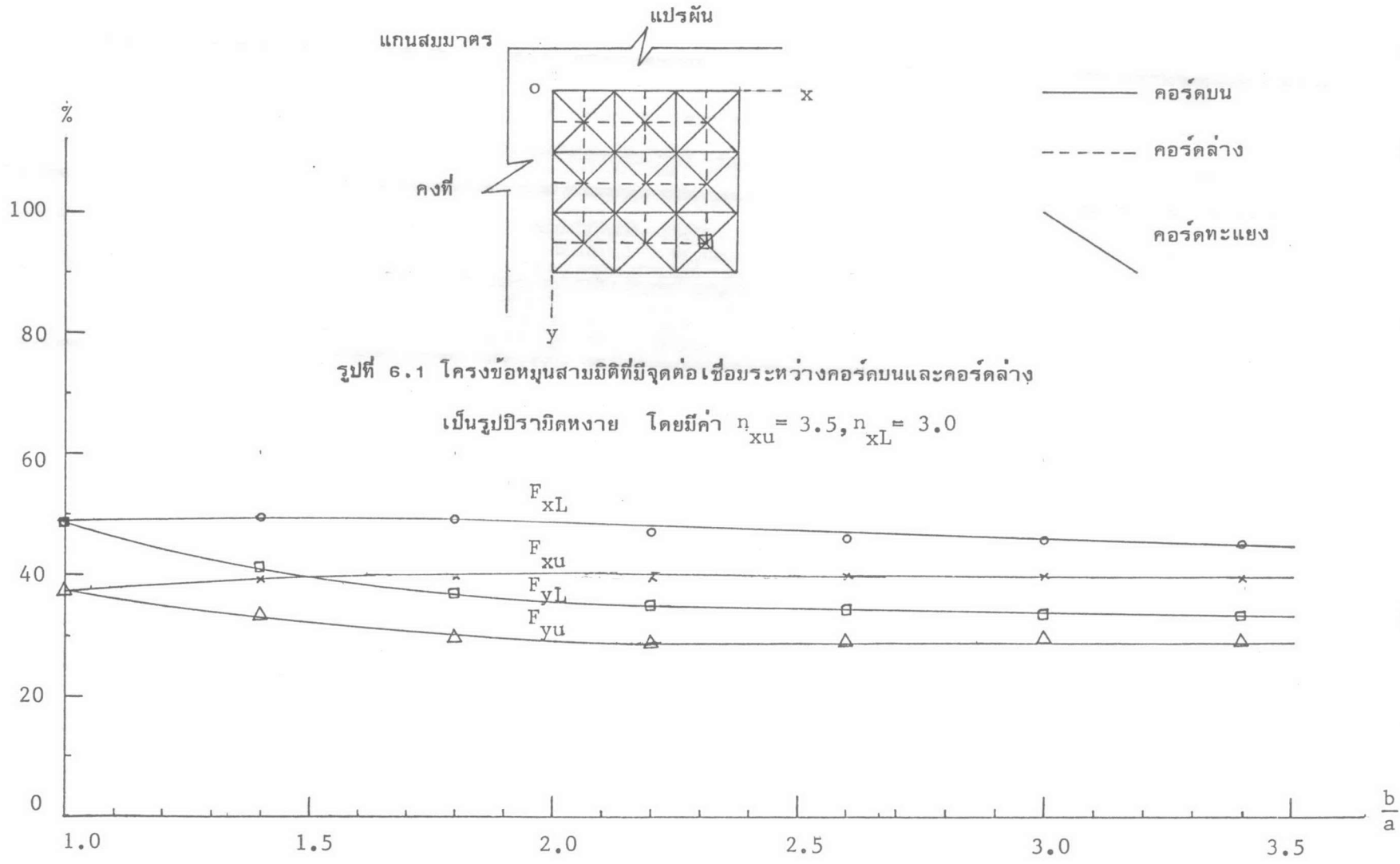


รูปที่ 4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $\frac{b}{a}$ กับอัตราร้อยละแรงสูงสุดของแรงรวมทั้งหมด ตามรูป 4.1



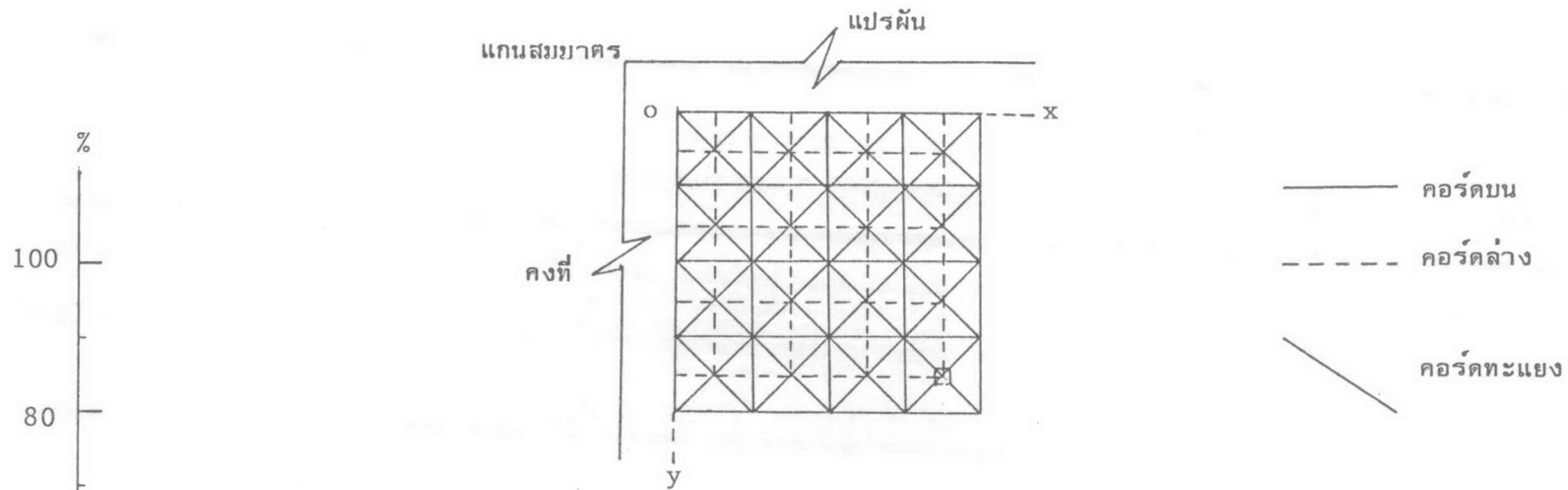
รูปที่ 5.1 โครงข่ายท่อนสามมิติที่มีจุดต่อเชื่อมระหว่างคอร์ดบนและคอร์ดล่างเป็นรูปปิรามิดคว่ำ โดยมีค่า $n_{xu} = 4.0, n_{xL} = 4.5$

รูปที่ 5.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $\frac{b}{a}$ กับอัตราร้อยละแรงสูงสุดของแรงรวมทั้งหมด ตามรูป 5.1



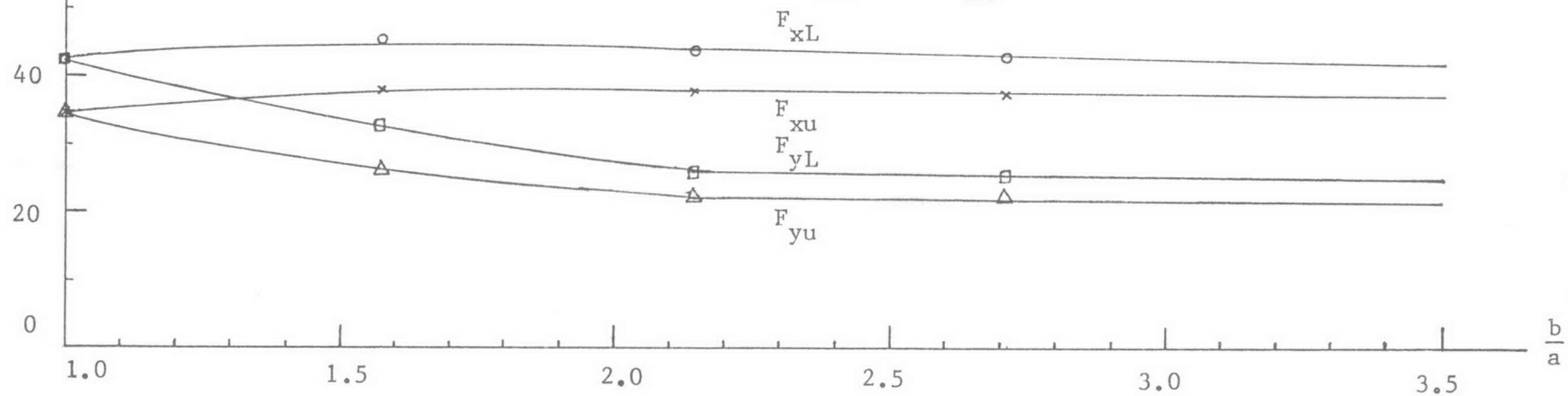
รูปที่ 6.1 โครงข่ายพหุสามมิติที่มีจุดต่อเชื่อมระหว่างคอร์ดบนและคอร์ดล่าง เป็นรูปปริมาตรทรงแปดเหลี่ยม โดยมีค่า $n_{xu} = 3.5, n_{xL} = 3.0$

รูปที่ 6.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $\frac{b}{a}$ กับอัตราร้อยละแรงสูงสุดของแรงรวมทั้งหมด ตามรูป 6.1

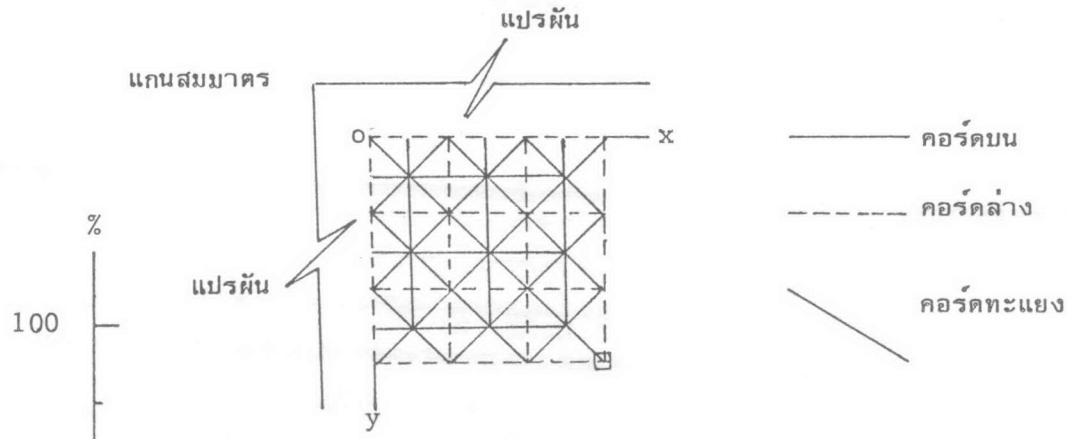


รูปที่ 7.1 โครงข่ายสามมิติที่มีจุดต่อเชื่อมระหว่างคอร์คบนและคอร์คล่าง

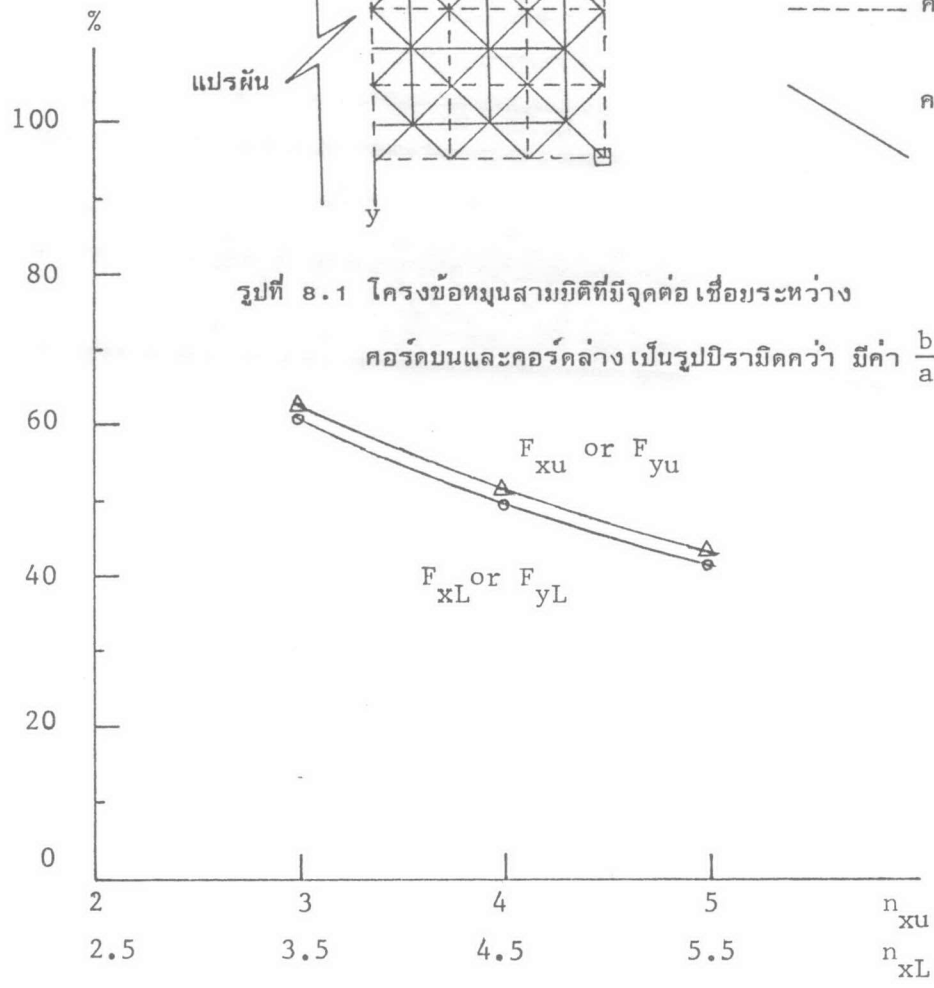
เป็นรูปปิรามิดหงาย โดยมีค่า $n_{xu} = 4.5$, $n_{xL} = 4.0$



รูปที่ 7.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $\frac{b}{a}$ กับอัตราร้อยละแรงสูงสุดของแรงรวมทั้งหมด ตามรูป 7.1



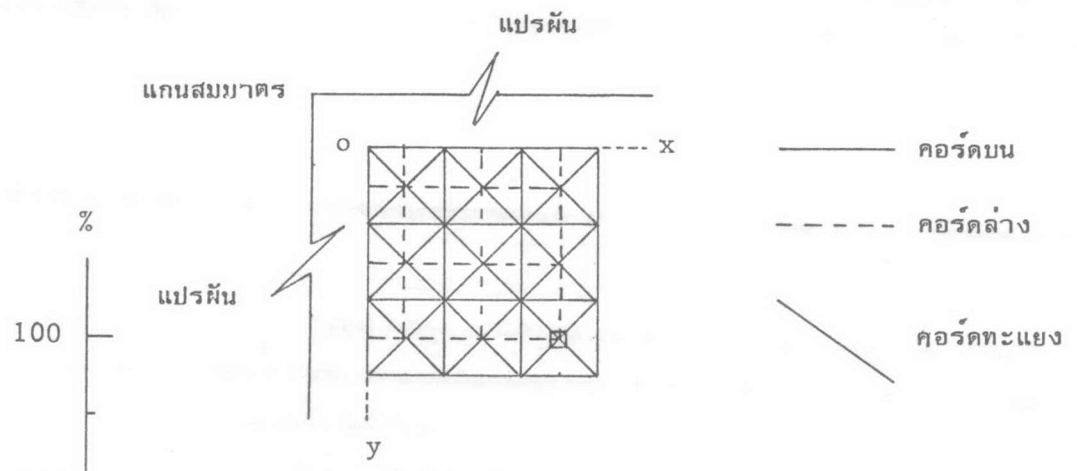
รูปที่ 8.1 โครงข่ายสามมิติที่มีจุดต่อเชื่อมระหว่าง
 คอร์คบนและคอร์คกลาง เป็นรูปปิรามิดคว่ำ มีค่า $\frac{b}{a} = 1$



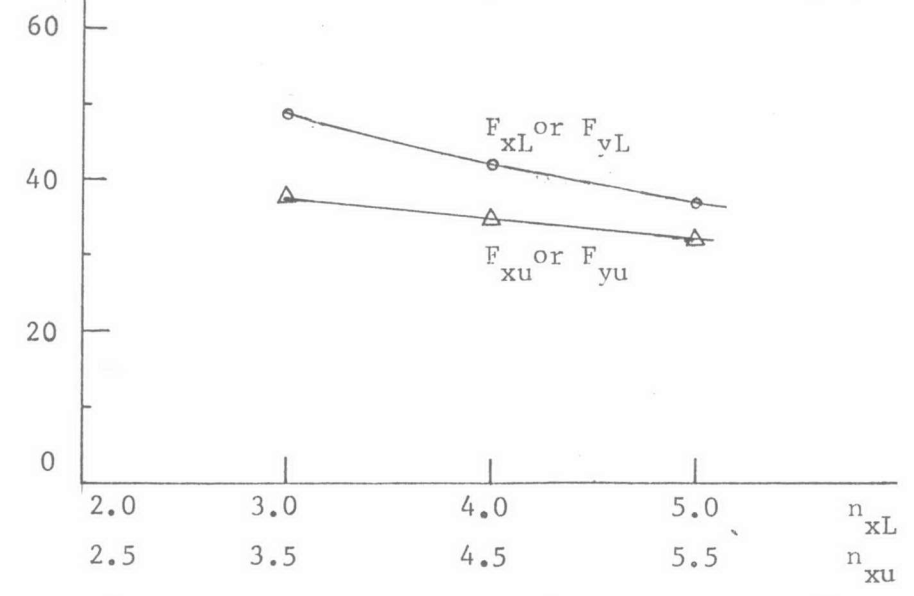
รูปที่ 8.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $n_x = n_y$ กับอัตราร้อยละแรงสูงสุดของแรงรวม

ทั้งหมด ตามรูป 8.1

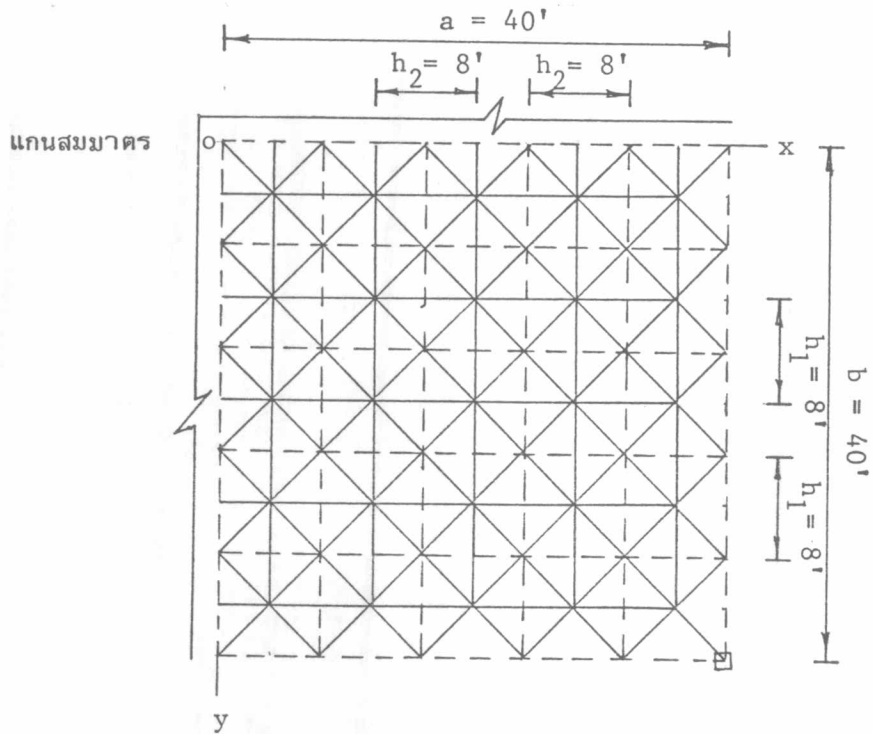
1692816X



รูปที่ 9.1 โครงข้อมุนสามมิติที่มีจุดต่อเชื่อมระหว่างคอร์คบนและคอร์คล่างเป็นรูปปิรามิดทงาย มีค่า $\frac{b}{a} = 1$

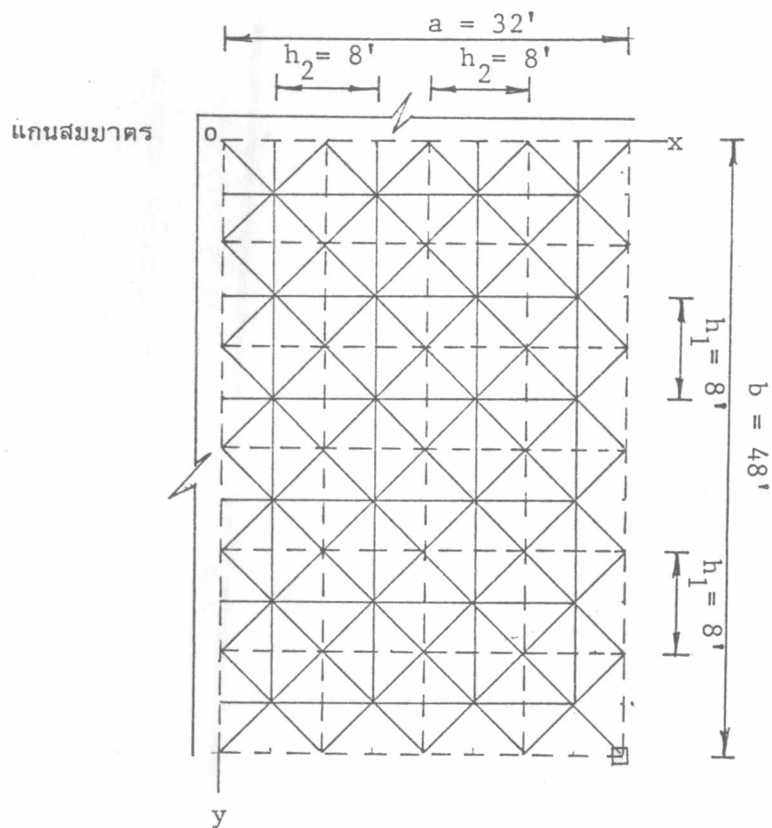


รูปที่ 9.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $n_x = n_y$ กับอัตราร้อยละแรงสูงสุดของแรงรวมทั้งหมด ตามรูป 9.1

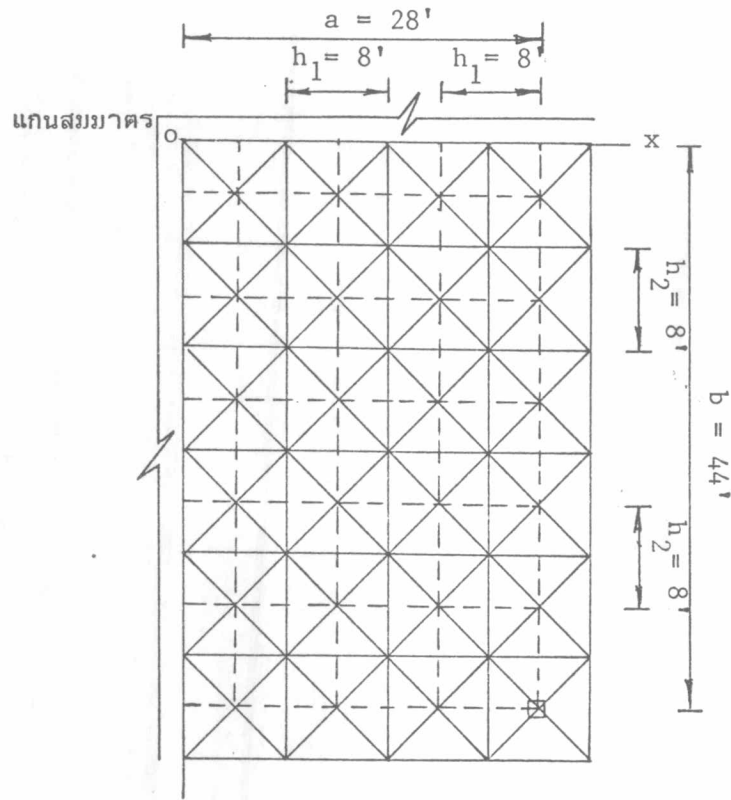


รูปที่ 10 โครงข้อหมุนสามมิติที่มีจุดต่อเชื่อมระหว่างคอร์คบน และคอร์คล่างเป็นรูปปิรามิดคว่ำ ตามตัวอย่างที่ 1

- คอร์คบน
- คอร์คล่าง
- คอร์คทะแยง

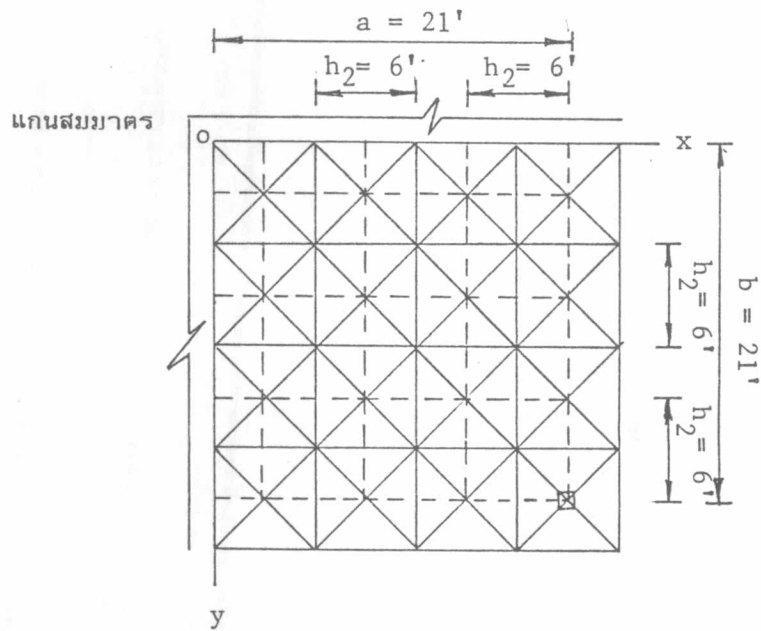


รูปที่ 11 โครงข้อหมุนสามมิติที่มีจุดต่อเชื่อมระหว่างคอร์คบน และคอร์คล่างเป็นรูปปิรามิดคว่ำ ตามตัวอย่างที่ 2



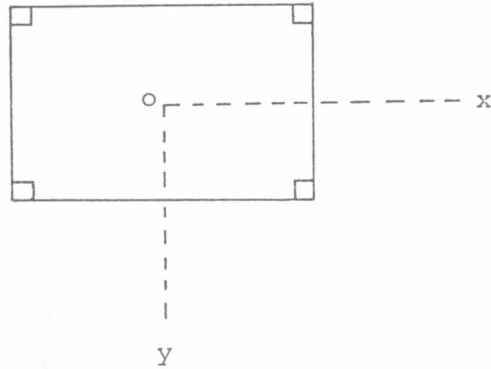
รูปที่ 12 โครงข่ายท่อนสามมิติที่มีจุดต่อเชื่อมระหว่างคอร์คบน และคอร์คล่าง เป็นรูปปิรามิดหงาย ตามตัวอย่างที่ 3

— คอร์คบน
 - - - คอร์คล่าง
 / คอร์คทะแยง



รูปที่ 13 โครงข่ายท่อนสามมิติที่มีจุดต่อเชื่อมระหว่างคอร์คบนและคอร์คล่าง เป็นรูปปิรามิดหงาย ตามตัวอย่างที่ 4

ภาคผนวก ก.



รูปที่ ก1 โครงสร้างเปลือกบางรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าและแนวแกน

สมมติให้ระยะโก่งที่เกิดขึ้นในโครงสร้างเปลือกบางดังรูปที่ ก1 ในรูปของ polynomials กำลังสี่ได้ดังนี้

$$\begin{aligned}
 [w]_{x,y} = & c_1 + c_2x + c_3y + c_4x^2 + c_5xy \\
 & + c_6y^2 + c_7x^3 + c_8x^2y + c_9xy^2 + c_{10}y^3 \\
 & + c_{11}x^4 + c_{12}x^3y + c_{13}x^2y^2 + c_{14}xy^3 + c_{15}y^4
 \end{aligned}$$

$$c_1 - c_{15} = \text{ค่าคงที่}$$

อาศัยหลักของโครงสร้างมีสมมาตรทำให้สัมประสิทธิ์เหล่านี้มีค่าเป็นศูนย์

$$\left[\frac{\partial w}{\partial x} \right]_{0,0} = 0 \quad \text{ทำให้} \quad c_2 = 0$$

$$\left[\frac{\partial w}{\partial y} \right]_{0,0} = 0 \quad \text{ทำให้} \quad c_3 = 0$$

$$\left[\frac{\partial w}{\partial x} \right]_{0,b} = \left[\frac{\partial w}{\partial x} \right]_{0,-b} = 0 \text{ ทำให้ } c_5 = c_{14} = 0$$

$$\left[\frac{\partial w}{\partial y} \right]_{a,0} = \left[\frac{\partial w}{\partial y} \right]_{-a,0} = 0 \text{ ทำให้ } c_{12} = 0$$

$$[w]_{a,0} = [w]_{-a,0} \text{ ทำให้ } c_7 = 0$$

$$[w]_{a,b} = [w]_{a,-b} \text{ ทำให้ } c_8 = 0$$

$$[w]_{-a,b} = [w]_{-a,-b} \text{ ทำให้ } c_9 = 0$$

$$[w]_{0,b} = [w]_{0,-b} \text{ ทำให้ } c_{10} = 0$$

$$\text{ดังนั้น } [w]_{x,y} = c_1 + c_4 x^2 + c_6 y^2 + c_{11} x^4 + c_{13} x^2 y^2 + c_{15} y^4$$

เปลี่ยนรูปค่าคงที่ใหม่จะได้

$$[w]_{x,y} = c_1 + c_2 x^2 + c_3 y^2 + c_4 x^4 + c_5 x^2 y^2 + c_6 y^4$$

ภาคผนวก ข

ตัวอย่างการวิเคราะห์



ตัวอย่างที่ 1

โครงข้อมุมสามมิติที่มีจุดต่อเชื่อมระหว่างคอร์คบนและคอร์คล่าง เป็นรูปปิรามิดคว่ำ ดัง
 ตัวอย่างที่ 1 ในหัวข้อ 3.2 มีขนาด $a = b = 40$ ฟุต $H = 5.657$ ฟุต $n_{xu} = n_{yu} = 5$ คอร์ค
 $n_{xL} = n_{yL} = 5.5$ คอร์ค $h_1 = h_2 = 8$ ฟุต รับน้ำหนักแผ่กระจาย 5 ปอนด์ต่อตารางฟุต
 สมมติให้คอร์คแต่ละอันมีพื้นที่หน้าตัด 1.300 ตารางนิ้ว $E = 30 \times 10^6$ ปอนด์ต่อตารางนิ้ว

$$\begin{aligned}
 I &= \frac{\sum Ad^2}{h_1} \\
 &= \frac{2 \times 1.300 \times (2.828)^2}{8} \\
 &= 2.599 \text{ (ฟุตนิ้ว)}^2/\text{ฟุต}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \%F_{xu} &= \frac{138}{[n_{xu}]^{[0.62]}} - \frac{7}{\left[\frac{b}{a}\right]^{[2n_{yu}]}} \\
 &= \frac{138}{[5]^{[0.62]}} - \frac{7}{[1]^{[2 \times 5]}} \\
 &= 43.88 \%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \%F_{xL} &= \frac{145}{[n_{xL}]^{[0.65]}} - \frac{6}{\left[\frac{b}{a}\right]^{[2n_{yL}]}} \\
 &= \frac{145}{[5.5]^{[0.65]}} - \frac{6}{[1]^{[2 \times 5.5]}} \\
 &= 41.88 \%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \%F_{yu} &= \frac{101}{\left[\frac{n_{xu}}{5}\right]} + \frac{29 \left[1 + \frac{(n_{xu} - 3)}{30}\right]}{\left[\frac{b_1}{a}\right]^{0.7n_{yu}} \left[1 + \frac{(n_{xu} - 3)}{10}\right] \left[1 + \frac{(n_{xu} - 3)}{10}\right]} \\
 &= \frac{101}{[5]} + \frac{29 \left[1 + \frac{(5-3)}{30}\right]}{[1]^{0.7 \times 5} \left[1 + \frac{(5-3)}{10}\right] \left[1 + \frac{(5-3)}{10}\right]} \\
 &= 45.05 \%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \%F_{yL} &= \frac{102}{\left[\frac{n_{xL}}{5.5}\right]} + \frac{32.5 \left[1 + \frac{(n_{xL} - 4)}{30}\right]}{\left[\frac{b}{a}\right]^{0.58n_{yL}} \left[1 + \frac{(n_{xL} - 2.5)}{10}\right] \left[1 + \frac{(n_{xL} - 2.5)}{10}\right]} \\
 &= \frac{102}{[5.5]} + \frac{32.5 \left[1 + \frac{(5.5-4)}{30}\right]}{[1]^{0.58 \times 5.5} \left[1 + \frac{(5.5-2.5)}{10}\right] \left[1 + \frac{(5.5-2.5)}{10}\right]} \\
 &= 42.80 \%
 \end{aligned}$$

กรณีที่ 1 เมื่อมีแรงมากระทำตรงคอร์คกลาง

$$\begin{aligned}
 F_{xuT} &= \frac{qb}{2H} (a^2 - x^2) \\
 &= \frac{5.00 \times 40}{2 \times 5.657} (40)^2 \\
 &= - 28284 \text{ ปอนด์}
 \end{aligned}$$

$$F_{xLT} = \frac{qb}{2H} (a^2 - x^2)$$

$$= \frac{5.00 \times 40}{2 \times 5.657} (40^2 - 4^2)$$

$$= 28001 \text{ ปอนด์}$$

$$F_{yuT} = \frac{qa}{2H} (b^2 - y^2)$$

$$= \frac{5.00 \times 40}{2 \times 5.657} (40^2)$$

$$= -28284 \text{ ปอนด์}$$

$$F_{yLT} = \frac{qa}{2H} (b^2 - y^2)$$

$$= \frac{5.00 \times 40}{2 \times 5.657} (40^2 - 4^2)$$

$$= 28001 \text{ ปอนด์}$$

$$F_{xum} = (\%F_{xu}) (F_{xuT})$$

$$= (43.88\%) (-28284)$$

$$= -12411 \text{ ปอนด์}$$

$$F_{xlm} = (\%F_{xL}) (F_{xLT})$$

$$= (41.88\%) (28001)$$

$$= 11727 \text{ ปอนด์}$$

$$\begin{aligned}
 F_{yUm} &= (%F_{yu})(F_{yuT}) \\
 &= (45.05\%)(-28284) \\
 &= -12742 \text{ ปอนด์}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F_{yLm} &= (%F_{yL})(F_{yLT}) \\
 &= (42.80\%)(28001) \\
 &= 11984 \text{ ปอนด์}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F_{wm} &= \frac{qab}{\cos \theta} \\
 &= \frac{5 \times 40 \times 40}{\cos 45^\circ} \\
 &= -11314 \text{ ปอนด์}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 W_m &= \frac{qa^4}{24EI} \left[5 + \left(\frac{b}{a}\right)^2 + 5\left(\frac{b}{a}\right)^4 \right] \\
 &= \frac{5 \times (40)^4}{24 \times 30 \times 10^6 \times 2.599} \left[5 + (1)^2 + 5(1)^4 \right] \\
 &= 0.075 \text{ ฟุต}
 \end{aligned}$$

กรณีที่ 2 เมื่อมีแรงมากกระทำตรงคอร์คบน

$$\begin{aligned}
 q &= \frac{5 \times 36 \times 36}{40 \times 40} \\
 &= 4.05 \text{ ปอนด์ต่อตารางฟุต}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F_{xuT} &= \frac{qb}{2H} (a^2 - x^2) \\
 &= \frac{4.05 \times 40}{2 \times 5.657} (40^2) \\
 &= -22910 \text{ ปอนด์}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F_{xLT} &= \frac{qb}{2H} (a^2 - x^2) \\
 &= \frac{4.05 \times 40}{2 \times 5.657} (40^2 - 4^2) \\
 &= 22681 \text{ ปอนด์}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F_{yuT} &= \frac{qa}{2H} (b^2 - y^2) \\
 &= \frac{4.05 \times 40}{2 \times 5.657} (40^2) \\
 &= -22910 \text{ ปอนด์}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F_{yLT} &= \frac{qa}{2H} (b^2 - y^2) \\
 &= \frac{4.05 \times 40}{2 \times 5.657} (40^2 - 4^2) \\
 &= 22681 \text{ ปอนด์}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F_{xum} &= (\%F_{xu}) (F_{xuT}) \\
 &= (43.88\%) (-22910) \\
 &= -10053 \text{ ปอนด์}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F_{xLm} &= (\%F_{xL}) (F_{xLT}) \\
 &= (41.88\%) (22681) \\
 &= 9499 \text{ ปอนด์}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F_{yum} &= (%F_{yu})(F_{yuT}) \\
 &= (45.05\%)(-22910) \\
 &= -10321 \text{ ปอนด์}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F_{yLm} &= (%F_{yL})(F_{yLT}) \\
 &= (42.80\%)(22681) \\
 &= 9707 \text{ ปอนด์}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F_{wm} &= \frac{qab}{\cos \theta} \\
 &= \frac{4.05 \times 40 \times 40}{\cos 45^\circ} \\
 &= -9164 \text{ ปอนด์}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 W_m &= \frac{qa^4}{24EI} \left[5 + \left(\frac{b}{a}\right)^2 + 5\left(\frac{b}{a}\right)^4 \right] \\
 &= \frac{4.05 \times 40^4}{24 \times 30 \times 10^6 \times 2.599} \left[5 + (1)^2 + 5(1)^4 \right] \\
 &= 0.061 \text{ ฟุต}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 W_{allow} &= \frac{L}{360} \\
 &= \frac{80}{360} \\
 &= 0.222 \text{ ฟุต}
 \end{aligned}$$

ตัวอย่างที่ 2

โครงข้อมุมสามมิติที่มีจุดต่อ เชื่อมระหว่างคอร์คบนและคอร์คล่าง เป็นรูปปิรามิดคว่ำ ดัง
ตัวอย่างที่ 2 ในหัวข้อ 3.2 มีขนาด $a = 32$ ฟุต $b = 48$ ฟุต $H = 8$ ฟุต $n_{xu} = 4$ คอร์ค
 $n_{xL} = 4.5$ คอร์ค $n_{yu} = 6$ คอร์ค $n_{yL} = 6.5$ คอร์ค $h_1 = h_2 = 8$ ฟุต รับน้ำหนักแผ่กระจาย
5 ปอนด์ต่อตารางฟุต สมมติให้คอร์คแต่ละอันมีพื้นที่หน้าตัด 1.000 ตารางนิ้ว $E = 30 \times 10^6$ ปอนด์
ต่อตารางนิ้ว

กรณีที่ 1 เมื่อมีแรงมากระทำตรงคอร์คล่าง

$$\begin{aligned} F_{xum} &= (\%F_{xu}) (F_{xuT}) \\ &= (58.37\%) (-15360) \\ &= -8966 \text{ ปอนด์} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_{xLm} &= (\%F_{xL}) (F_{xLT}) \\ &= (54.52\%) (15120) \\ &= 8243 \text{ ปอนด์} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_{yum} &= (\%F_{yu}) (F_{yuT}) \\ &= (30.16\%) (-23040) \\ &= -6949 \text{ ปอนด์} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_{yLm} &= (\%F_{yL}) (F_{yLT}) \\ &= (28.42\%) (22880) \\ &= 6502 \text{ ปอนด์} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F_{wm} &= \frac{qab}{\cos \theta} \\
 &= \frac{5 \times 32 \times 48}{\cos 35.26^\circ} \\
 &= -9406 \text{ ปอนด์}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 W_m &= \frac{qa^4}{24EI} \left[5 + \left(\frac{b}{a}\right)^2 + 5\left(\frac{b}{a}\right)^4 \right] \\
 &= \frac{5 \times 32^4}{24 \times 30 \times 10^6 \times 4.000} \left[5 + (1.5)^2 + 5(1.5)^4 \right] \\
 &= 0.059 \text{ ฟุต}
 \end{aligned}$$

กรณีที่ 2 เมื่อมีแรงมากกระทำตรงคอร์คอบน

$$\begin{aligned}
 F_{xum} &= (\%F_{xu})(F_{xuT}) \\
 &= (58.37\%)(-12319) \\
 &= -7191 \text{ ปอนด์}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F_{xLm} &= (\%F_{xL})(F_{xLT}) \\
 &= (54.52\%)(12126) \\
 &= 6611 \text{ ปอนด์}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F_{yum} &= (\%F_{yu})(F_{yuT}) \\
 &= (30.16\%)(-18478) \\
 &= -5573 \text{ ปอนด์}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F_{yLm} &= (\%F_{yL})(F_{yLT}) \\
 &= (28.42\%)(18350) \\
 &= 5215 \text{ ปอนด์}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F_{wm} &= \frac{qab}{\cos \theta} \\
 &= \frac{4.01 \times 32 \times 48}{\cos 35.26^\circ} \\
 &= -7543 \text{ ปอนด์}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 W_m &= \frac{qa^4}{24EI} \left[5 + \left(\frac{b}{a}\right)^2 + 5\left(\frac{b}{a}\right)^4 \right] \\
 &= \frac{4.01 \times 32^4}{24 \times 30 \times 10^6 \times 4.000} \left[5 + (1.5)^2 + 5(1.5)^4 \right] \\
 &= 0.047 \text{ ฟุต}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 W_{\text{allow}} &= \frac{L}{360} \\
 &= \frac{64}{360} \\
 &= 0.178 \text{ ฟุต}
 \end{aligned}$$

ตัวอย่างที่ 3

โครงข้อมุมสามมิติที่มีจุดต่อเชื่อมระหว่างคอร์คบนและคอร์คล่าง เป็นรูปปริมาตรทรงแปดหน้า
 ดังตัวอย่างที่ 3 ในหัวข้อ 3.2 มีขนาด $a = 28$ ฟุต $b = 44$ ฟุต $H = 8$ ฟุต $n_{xu} = 4.5$ คอร์ค
 $n_{xL} = 4$ คอร์ค $n_{yu} = 6.5$ คอร์ค $n_{yL} = 6$ คอร์ค $h_1 = h_2 = 8$ ฟุต สมมติให้คอร์คแต่ละอันมีพื้นที่หน้า
 ตัด 1.000 ตารางนิ้ว $E = 30 \times 10^6$ ปอนด์ต่อตารางนิ้ว

$$I = \frac{\sum Ad^2}{h_1}$$

$$= \frac{2 \times 1.000 \times (4)^2}{8}$$

$$= 4.000 \quad (\text{ฟุตนิ้ว})^2 / \text{ฟุต}$$

$$\%F_{xu} = \frac{56.5}{\left[\frac{n_{xu}}{0.28} \right]^2 - \frac{2}{\left[\frac{b}{a} \right]^2 [2n_{yu}]}}$$

$$= \frac{56.5}{[4.5]^{[0.28]} - \frac{2}{[1.571]^{[2 \times 6.5]}}}$$

$$= 37.07\%$$

$$\%F_{xL} = \frac{77}{\left[\frac{n_{xL}}{0.50} \right]^2 + \frac{4.5}{\left[\frac{b}{a} \right]^2}}$$

$$= \frac{77}{[4]^{[0.50]} + [1.571]}$$

$$= 41.36\%$$

$$\%F_{yu} = \frac{103}{\left[\frac{n_{xu}}{0.62} \right]^2 + \frac{2.5 \left[\frac{n_{xu}}{0.2} \right] - 300 \left[\frac{n_{xu}}{0.2} \right]^{[n_{xu}]}}{\left[\frac{b}{a} \right]^2 [0.62 n_{yu}] \left[1 + \frac{(n_{xu} - 4.5)}{15} \right]}}$$

$$= \frac{103}{[4.5]^{[1.571]} + \frac{2.5 [4.5] - 300 [0.2] [4.5]}{[0.62 \times 6.5] \left[1 + \frac{(4.5 - 4.5)}{15} \right]}}$$

$$= 24.68\%$$

$$\begin{aligned}
 \%F_{yL} &= \frac{101}{[n_{xL}]} + \frac{15.5 + n_{xL} - 200[0.2]^{[n_{xL}]} - [1.2]^{[n_{xL}]}}{[0.48 n_{yL}]} \\
 &\quad \left[\frac{b}{a} \right] \\
 &= \frac{101}{[4]} + \frac{15.5 + 4 - 200[0.2]^{[4]} - [1.2]^{[4]}}{[1.571][0.48 \times 6]} \\
 &= 29.91 \%
 \end{aligned}$$

กรณีที่ 1 เมื่อมีแรงกระทำตรงคอร์คกลาง

$$\begin{aligned}
 F_{xuT} &= \frac{qb}{2H} (a^2 - x^2) \\
 &= \frac{5.00 \times 44}{2 \times 8} (28^2 - 4^2) \\
 &= -10560 \text{ ปอนด์}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F_{xLT} &= \frac{qb}{2H} (a^2 - x^2) \\
 &= \frac{5.00 \times 44}{2 \times 8} (28)^2 \\
 &= 10780 \text{ ปอนด์}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F_{yuT} &= \frac{qa}{2H} (b^2 - y^2) \\
 &= \frac{5.00 \times 28}{2 \times 8} (44^2 - 4^2) \\
 &= -16800 \text{ ปอนด์}
 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 F_{yLT} &= \frac{qa}{2H} (b^2 - y^2) \\
 &= \frac{5.00 \times 28}{2 \times 8} (44)^2 \\
 &= 16940 \text{ ปอนด์}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F_{xum} &= (\%F_{xu})(F_{xuT}) \\
 &= (37.07\%)(-10560) \\
 &= -3915 \text{ ปอนด์}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F_{xLm} &= (\%F_{xL})(F_{xLT}) \\
 &= (41.36\%)(10780) \\
 &= 4459 \text{ ปอนด์}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F_{yum} &= (\%F_{yu})(F_{yuT}) \\
 &= (24.68\%)(-16800) \\
 &= -4146 \text{ ปอนด์}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F_{yLm} &= (\%F_{yL})(F_{yLT}) \\
 &= (29.91\%)(16940) \\
 &= 5067 \text{ ปอนด์}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F_{wm} &= \frac{qab}{3\cos\theta} \\
 &= \frac{5 \times 28 \times 44}{3 \cos 35.26^\circ} \\
 &= -2515 \text{ ปอนด์}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 W_m &= \frac{qa^4}{24EI} \left[5 + \left(\frac{b}{a}\right)^2 + 5 \left(\frac{b}{a}\right)^4 \right] \\
 &= \frac{5.00 \times 28^4}{24 \times 30 \times 10^6 \times 4.000} \left[5 + (1.571)^2 + 5(1.571)^4 \right] \\
 &= 0.041 \text{ ฟุต}
 \end{aligned}$$

กรณีที่ 2 เมื่อมีแรงกระทำตรงคอร์คอบน

$$\begin{aligned}
 q &= \frac{5 \times 32 \times 48}{28 \times 44} \\
 &= 6.234 \text{ ปอนด์ต่อตารางฟุต}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F_{xuT} &= \frac{qb}{2H} (a^2 - x^2) \\
 &= \frac{6.234 \times 44}{2 \times 8} (28^2 - 4^2) \\
 &= -13166 \text{ ปอนด์}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F_{xLT} &= \frac{qb}{2H} (a^2 - x^2) \\
 &= \frac{6.234 \times 44}{2 \times 8} (28^2) \\
 &= 13440 \text{ ปอนด์}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F_{yuT} &= \frac{qa}{2H} (b^2 - y^2) \\
 &= \frac{6.234 \times 28}{2 \times 8} (44^2 - 4^2) \\
 &= -20946 \text{ ปอนด์}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F_{yLT} &= \frac{qa}{2H} (b^2 - y^2) \\
 &= \frac{6.234 \times 28}{2 \times 8} (44^2) \\
 &= 21121 \text{ ปอนด์}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F_{xum} &= (\%F_{xu}) (F_{xuT}) \\
 &= (37.07\%) (-13166) \\
 &= -4881 \text{ ปอนด์}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F_{xlm} &= (\%F_{xL}) (F_{xLT}) \\
 &= (41.36\%) (13440) \\
 &= 5559 \text{ ปอนด์}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F_{yum} &= (\%F_{yu}) (F_{yuT}) \\
 &= (24.68\%) (-20946) \\
 &= -5169 \text{ ปอนด์}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F_{yLm} &= (\%F_{yL})(F_{yLT}) \\
 &= (29.91\%)(21121) \\
 &= 6317 \text{ ปอนด์}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F_{wm} &= \frac{qab}{3 \cos \theta} \\
 &= \frac{6.234 \times 28 \times 44}{3 \cos 35.26^\circ} \\
 &= -3135 \text{ ปอนด์}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 W_m &= \frac{qa^4}{24EI} \left[5 + \left(\frac{b}{a}\right)^2 + 5\left(\frac{b}{a}\right)^4 \right] \\
 &= \frac{6.234 \times 28^4}{24 \times 30 \times 10^6 \times 4.000} \left[5 + (1.571)^2 + 5(1.571)^4 \right] \\
 &= 0.051 \text{ ฟุต}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 W_{allow} &= \frac{L}{360} \\
 &= \frac{56}{360} \\
 &= 0.156 \text{ ฟุต}
 \end{aligned}$$

ตัวอย่างที่ 4

โครงข้อหมุนสามมิติที่มีจุดต่อเชื่อมระหว่างคอร์คบนและคอร์คกลางเป็นรูปปิรามิดทงาย ดังตัวอย่างที่ 4 ในหัวข้อ 3.2 มีขนาด $a = b = 21$ ฟุต $H = 5.657$ ฟุต $n_{xu} = n_{yu} = 4.5$ คอร์ค $n_{xL} = n_{yL} = 4$ คอร์ค $h_1 = h_2 = 6$ ฟุต สมมติให้คอร์คแต่ละอันมีพื้นที่หน้าตัด 0.667 ตารางนิ้ว $E = 30 \times 10^6$ ปอนด์ต่อตารางนิ้ว

กรณีที่ 1 เมื่อมีแรงมากระทำตรงคอร์คกลาง

$$\begin{aligned}
 F_{xum} &= (\%F_{xu})(F_{xuT}) \\
 &= (35.08\%)(-7128) \\
 &= -2501 \text{ ปอนด์}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F_{xLm} &= (\%F_{xL})(F_{xLT}) \\
 &= (43.00\%)(7277) \\
 &= 3129 \text{ ปอนด์}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F_{yum} &= (\%F_{yu})(F_{yuT}) \\
 &= (33.92\%)(-7128) \\
 &= -2418 \text{ ปอนด์}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F_{yLm} &= (\%F_{yL})(F_{yLT}) \\
 &= (42.36\%)(7277) \\
 &= 3083 \text{ ปอนด์}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F_{wm} &= \frac{qab}{3 \cos \theta} \\
 &= \frac{8.89 \times 21 \times 21}{3 \cos 36.87^\circ} \\
 &= -1634 \text{ ปอนด์}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 W_m &= \frac{qa^4}{24EI} \left[5 + \left(\frac{b}{a}\right)^2 + 5\left(\frac{b}{a}\right)^4 \right] \\
 &= \frac{8.89 \times 21^4}{24 \times 30 \times 10^6 \times 1.778} [5 + (1)^2 + 5(1)^4] \\
 &= 0.015 \text{ ฟุต}
 \end{aligned}$$



กรณีที่ 2 เมื่อมีแรงมากระทำตรงคอร์คบน

$$\begin{aligned} F_{xum} &= (\%F_{xu})(F_{xuT}) \\ &= (35.08\%)(-9309) \\ &= -3266 \text{ ปอนด์} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_{xLm} &= (\%F_{xL})(F_{xLT}) \\ &= (43.00\%)(9503) \\ &= 4086 \text{ ปอนด์} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_{yum} &= (\%F_{yu})(F_{yuT}) \\ &= (33.92\%)(-9309) \\ &= -3158 \text{ ปอนด์} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_{yLm} &= (\%F_{yL})(F_{yLT}) \\ &= (42.36\%)(9503) \\ &= 4025 \text{ ปอนด์} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_{wm} &= \frac{qab}{3 \cos \theta} \\ &= \frac{11.61 \times 21 \times 21}{3 \cos 36.87^\circ} \\ &= -2133 \text{ ปอนด์} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 W_m &= \frac{qa^4}{24EI} \left[5 + \left(\frac{b}{a}\right)^2 + 5\left(\frac{b}{a}\right)^4 \right] \\
 &= \frac{11.61 \times 21^4}{24 \times 30 \times 10^6 \times 1.778} \left[5 + (1)^2 + 5(1)^4 \right] \\
 &= 0.019 \text{ ๗ค}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 W_{\text{allow}} &= \frac{L}{360} \\
 &= \frac{42}{360} \\
 &= 0.117 \text{ ๗ค}
 \end{aligned}$$

ประวัติการศึกษา

นายมนตรี จันทรวงศ์พงศา สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิศวกรรมโยธา
จากมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ปีการศึกษา 2519

