

เอกสารอ้างอิง

1. Beedle, L.S. Plastic Design of Steel Frames. New York: John Wiley and Sons, 1966.
2. Kinasoshvili, R. Strength of Materials. Translated by M. Konyaeva. Moscow: Mir Publishers, 1972.
3. Tee Wian Plastic Behavior of Simply Supported Beams and Portal Frames. Master's Thesis, Department of Mechanical Engineering, Graduate School, Chulalongkorn University, 1969.
4. Timoshenko, S. Strength of Materials. Part 2. 3d. ed. International Student Edition. New York: Van Nostrand Reinhold Co., 1976.
5. Baker, J.F.; Horne, M.R.; and Heyman, J. The Steel Skeleton. Vol.2. E.L.B.S. edition. London: E.L.B.S. and Cambridge University Press, 1963.
6. Bresler, B.; Lin, T.Y.; and Scalzi, J.B. Design of Steel Structures. 2d. ed. New York: John Wiley and Sons, 1968.
7. Rice, P.F. and Hoffman, E.S. Structural Design Guide to AISC Specifications for Buildings. New York: Van Nostrand Reinhold Co., 1976.
8. Popov, E.P. Introduction to Mechanics of Solids. New Delhi: Prentice-Hall of India Pvt., 1976.
9. Nadai, A. Theory of Flow and Fracture of Solids. Vol.1 2d. ed. New York: McGraw-Hill Book Co., 1950.

10. Hoffman, O., and Sachs, G. Introduction to the Theory of Plasticity for Engineers. New York: McGraw-Hill Book Co., 1953.
11. Voltera, E., and Graines, J.H. Advanced Strength of Materials. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice-Hall, 1971.
12. Seely, F.B., and Smith, J.O. Advanced Mechanics of Materials. 2d ed. New York: John Wiley and Sons, 1967.
13. Stippes, M.; Wempner, G.; Stern, M.; and Beckett, F. An Introduction to the Mechanics of Deformable Bodies. Columbus, Ohio: Charles B. Merrill Books, 1961.
14. Gerstle, K.H. Basic Structural Design. International Student Edition. Tokyo: McGraw-Hill Kogakusha Co., 1967.
15. Suphad Watcharotayangul. Inelastic Bending of Wood Beam. Master's Thesis, Dept. of Civil Eng., Graduate School, Chulalongkorn University, 1978.
16. Neal, B.G. The Plastic Methods of Structural Analysis. 3d (S.I.) ed. London: Chapman and Hall, 1977.
17. Peterson, R.E. Stress Concentration Design Factors. New York: John Wiley and Sons, 1953.
18. Seely, F.B., and Smith, J.O. Resistance of Materials. 4th ed. New York: John Wiley and Sons, 1967.
19. Byars, E.F., and Snyder, R.D. Engineering Mechanics of Deformable Bodies. Scranton, Pennsylvania: International Textbook Co., 1968.
20. Hill, R. The Mathematical Theory of Plasticity. Oxford: Clarendon Press, 1950.

21. Kachanov, L.M. Fundamentals of the Theory of Plasticity.
Translated by M. Konyaeva. Moscow: Mir Publishers,
1974.
22. Ford, H. Advanced Mechanics of Materials. London: Longman,
1972.
23. Ewing, D.J.F. "Calculations of the Bending Rigid/Plastic
Notched Bars." Journal of the Mechanics and Physics
of Solids. 16(1968): 205-213.
24. Green, A.P., and Hundy, B.B. "Initial Plastic Yielding in
Notch Bend Tests." Journal of the Mechanics and
Physics of Solids. 4(1956): 128-144.
25. Griffiths, J.R., and Owen, D.R.J. "An Elastic-Plastic Stress
Analysis for a Notched Bar in Plane Strain Bending."
Journal of the Mechanics and Physics of Solids.
19(1971): 419-431.
26. Barsom, J.M. "Relationship Between Plane-Strain Ductility and
 K_{IC} for Various Steels." Transaction of the ASME
Journal of Engineering for Industry. (November 1971):
1209-1215.
27. Ritchie, R.O.; Knott, J.F., and Rice, J.R. "On the Relation
Between Critical Tensile Stress and Fracture Toughness
in Mild Steel." Journal of the Mechanics and Physics
of Solids. 21(1973): 395-410.
28. Perry, C.C., and Lissner, H.R. The Strain Gage Primer. 2d ed.
New York: McGraw-Hill book Co., 1955.

29. Dove, R.C., and Adams, P.H. Experimental Stress Analysis and Motion Measurement. New Delhi: Prentice-Hall of India Pvt., 1964.
30. Marin, J. Mechanical Behavior of Engineering Materials. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice Hall, 1962.

ภาคผนวก ก

ผลการวิจัย

ตาราง ก-๑ ข้อมูลและผลลัพธ์จากการทดสอบการดึง

ลำดับที่	แรงดึง		การยืดตัว mm	ความเค้น N/mm ²	ความเครียด %
	kg	kN			
1	0	0	0	0	0
2	250	2.453	0.0055	23.4	0.0110
3	500	4.905	0.0110	46.7	0.0220
4	750	7.358	0.0164	70.1	0.0328
5	1 000	9.810	0.0218	93.4	0.0436
6	1 250	12.263	0.0274	116.8	0.0548
7	1 500	14.715	0.0325	140.1	0.0650
8	1 750	17.168	0.0382	163.5	0.0764
9	2 000	19.620	0.0436	186.9	0.0872
10	2 250	22.073	0.0491	210.2	0.0982
11	2 500	24.525	0.0543	233.6	0.1086
12	2 750	26.978	0.0596	256.9	0.1192
13	3 000	29.430	0.0654	280.3	0.1308
14	3 250	31.883	0.0736	303.6	0.1472
15	3 500	34.335	0.0867	327.0	0.1734
16	3 640	35.708	0.1909	340.1	0.3818
17	3 710	36.395	0.8107	346.6	1.6213
18	3 640	35.708	1.4565	340.1	2.9130
19	3 660	35.905	1.4895	342.0	2.9790
20	3 750	36.788	1.7082	350.4	3.4164
21	4 000	39.240	2.2325	373.7	4.4350
22	4 250	41.693	2.9721	397.1	5.9442
23	4 500	44.145	4.0416	420.4	8.0832

ตาราง ก-๑ (ต่อ)

ลำดับที่	แรงดึง		การยืดตัว mm	ความเค้น N/mm ²	ความเครียด %
	kg	kN			
24	4 750	46.598	5.5832	443.8	11.1664
25	5 000	49.050	8.5520	467.1	17.1040
26	5 110	50.129	13.2325	477.4	26.4640
27	5 000	49.050	15.4131	467.1	30.8262
28	4 750	46.598	16.9582	443.8	33.9164
29	4 500	44.145	17.7499	420.4	35.4998
30	4 250	41.693	18.2325	397.1	36.4650
31	4 000	39.240	18.6770	373.7	37.3540
32	3 700	36.297	19.0867	345.7	38.1734

หมายเหตุ

elastic limit285.0 N/mm²
 yield point345.0 N/mm²
 ultimate strength477.4 N/mm²
 rupture strength345.7 N/mm²
 modulus of elasticity213.4 kN/mm²
 original gauge length 50 mm
 final gauge length 69 mm
 percentage of elongation 38 %
 original cross-section area105 mm²
 final cross-section area 38.5 mm²
 percentage of reduction of area 63.3 %

ตาราง ก-๒ การโก่งตรงจุดกึ่งกลางและโมเมนต์ค้ดของคานที่ไม่มีรอยบาก

ลำดับที่	การโก่ง mm	โมเมนต์ค้ด N.m	
		หน้าค้ด 8.8x50 mm	หน้าค้ด 8.8x40 mm
1	0	0	0
2	1	154	68
3	2	341	172
4	3	538	279
5	4	755	389
6	5	955	496
7	6	1 155	599
8	7	1 356	702
9	8	1 523	816
10	9	1 629	916
11	10	1 706	996
12	11	1 709	1 038
13	12	1 723	1 050
14	13	1 733	1 060
15	14	1 743	1 063
16	15	1 753	1 066
17	16	1 763	1 076
18	17	1 769	1 083
19	18	1 776	1 090
20	19	1 779	1 090
21	20	1 781	1 090

ตาราง ก-๒ (ต่อ)

ลำดับที่	การโก่ง mm	โมเมนต์ค้ด N.m	
		หน้าค้ด 8.9x50 mm	หน้าค้ด 8.9x40 mm
22	21	1 783	1 093
23	22	1 783	1 093
24	23	1 783	1 093
25	24	1 786	1 096
26	25	1 790	1 103
27	26	1 790	1 110
28	27	1 793	1 116
29	28	1 796	1 122
30	29	1 800	1 123
31	30	1 800	1 123
32	31	1 800	1 123
33	32	1 800	1 123
34	33	1 800	1 123
35	34	1 800	1 123
36	35	1 800	1 123
37	36	1 800	1 123
38	37	1 800	1 123
39	38	1 802	1 123
40	39	1 803	1 123
41	40	1 803	1 123
42	41	1 806	1 123

ตาราง ก-๒ (ต่อ)

ลำดับที่	การโก่ง mm	โมเมนต์คัต N.m	
		หน้าคัต	หน้าคัต
		8.8x50 mm	8.8x40 mm
43	42	1 806	1 123
44	43	1 810	1 123
45	44	1 810	1 123
46	45	1 813	1 123
47	46	1 816	1 123
48	47	1 819	1 123
49	48	1 822	1 123
50	49	1 824	1 123
51	50	1 826	1 123
52	51	1 828	1 123
53	52	1 830	1 123
54	53	1 832	1 123
55	54	1 834	1 123
56	55	1 836	1 123
57	56	1 838	1 123
58	57	1 840	1 123
59	58	1 842	1 123
60	59	1 844	1 123
61	60	1 846	1 123
62	61	1 848	1 123
63	62	1 850	1 123



ตาราง ก-๒ (ต่อ)

ลำดับที่	การโก่ง mm	โมเมนต์ค้ด N.m	
		หน้าค้ด	หน้าค้ด
		8.8x50 mm	8.8x40 mm
64	63	1 856	1 123
65	64	1 856	1 123
66	65	1 856	1 123
67	66	1 856	1 123
68	67	1 856	1 123
69	68	1 856	1 123
70	69	1 856	1 123
71	70	1 856	1 123
72	71	1 856	1 123
73	72	1 856	1 123
74	73	1 856	1 123
75	74	1 856	1 123
76	75	1 856	1 123
77	76	1 856	1 123
78	77	1 856	1 123
79	78	1 856	1 123
80	79	1 856	1 123
81	80	1 856	1 123

ตาราง ก-๗ การโก่งตรงรอยบากและโมเมนต์ค้ำของคานที่มีรอยบากข้างเดียว, $\theta = 60^\circ$

ลำดับที่	การโก่ง mm	โมเมนต์ค้ำ N.m		
		r = 0	r = 2.5mm	r = 5mm
1	0	0	0	0
2	1	171	171	107
3	2	354	341	288
4	3	555	521	471
5	4	722	705	655
6	5	882	882	838
7	6	1 055	1 049	1 055
8	7	1 155	1 182	1 062
9	8	1 239	1 222	1 199
10	9	1 255	1 225	1 222
11	10	1 289	1 227	1 236
12	11	1 289	1 249	1 249
13	12	1 306	1 259	1 272
14	13	1 322	1 279	1 289
15	14	1 356	1 292	1 302
16	15	1 372	1 322	1 322
17	16	1 389	1 349	1 342
18	17	1 422	1 359	1 362
19	18	1 422	1 389	1 376
20	19	1 456	1 409	1 399
21	20	1 456	1 422	1 422
22	21	1 489	1 426	1 439

ตาราง ก-๓ (ต่อ)

ลำดับที่	การโก่ง mm	โมเมนต์คัต N.m		
		r = 0	r = 2.5mm	r = 5mm
23	22	1 506	1 446	1 456
24	23	1 523	1 456	1 472
25	24	1 556	1 459	1 489
26	25	1 556	1 486	1 506
27	26	1 573	1 489	1 523
28	27	1 589	1 489	1 539
29	28	1 606	1 506	1 566
30	29	1 623	1 519	1 583
31	30	1 623	1 523	1 589
32	31	1 623	1 523	1 589
33	32	1 623	1 533	1 589
34	33	1 623	1 549	1 589
35	34	1 623	1 556	1 596
36	35	1 639	1 563	1 606
37	36	1 656	1 589	1 623
38	37	1 656	1 599	1 639
39	38	1 673	1 599	1 649
40	39	1 689	1 606	1 663
41	40	1 689	1 606	1 676
42	41	1 689	1 623	1 689
43	42	1 706	1 623	1 703
44	43	1 706	1 623	1 713

ตาราง ก-๗ (ต่อ)

ลำดับที่	การโก่ง mm	โมเมนต์ค้ำ N.m		
		r = 0	r = 2.5mm	r = 5mm
45	44	1 706	1 639	1 719
46	45	1 706	1 639	1 723
47	46	1 706	1 656	1 733
48	47	1 723	1 656	1 743
49	48	1 723	1 656	1 749
50	49	1 723	1 673	1 753
51	50	1 739	1 676	1 756
52	51	1 739	1 689	1 756
53	52	1 739	1 689	1 756
54	53	1 723	1 689	1 756
55	54	1 689	1 689	1 756
56	55	1 623	1 689	1 756
57	56	1 623	1 689	1 756
58	57	1 589	1 706	1 756
59	58	1 589	1 706	1 756
60	59	1 589	1 706	1 756
61	60	1 556	1 706	1 756
62	61	1 556	1 723	1 766
63	62	1 523	1 723	1 773
64	63	1 489	1 723	1 790
65	64	1 489	1 723	1 790
66	65	1 489	1 723	1 790

ตาราง ก-๗ (ต่อ)

ลำดับที่	การโก่ง mm	โมเมนต์คด N.m		
		r = 0	r = 2.5mm	r = 5mm
67	66	1 456	1 723	1 790
68	67	1 456	1 723	1 790
69	68	1 422	1 723	1 790
70	69	1 389	1 723	1 790
71	70	1 389	1 723	1 790
72	71	1 389	1 723	1 790
73	72	1 356	1 723	1 790
74	73	1 356	1 723	1 790
75	74	1 322	1 723	1 790
76	75	1 322	1 723	1 790
77	76	1 322	1 723	1 790
78	77	1 289	1 723	1 790
79	78	1 289	1 723	1 790
80	79	1 256	1 723	1 790
81	80	1 256	1 723	1 790

ตาราง ก-๘ การโก่งตรงรอยบากและโมเมนต์ค้ำของคานที่มีรอยบากข้างเดียว, $r = 2.5 \text{ mm}$

ลำดับที่	การโก่ง mm	โมเมนต์ค้ำ N.m		
		$\theta = 0$	$\theta = 60^\circ$	$\theta = 120^\circ$
1	0	0	0	0
2	1	108	171	154
3	2	287	341	354
4	3	470	521	521
5	4	655	705	721
6	5	837	882	888
7	6	1 006	1 049	1 055
8	7	1 060	1 182	1 182
9	8	1 200	1 222	1 222
10	9	1 225	1 225	1 222
11	10	1 235	1 227	1 229
12	11	1 250	1 249	1 249
13	12	1 271	1 259	1 262
14	13	1 290	1 279	1 282
15	14	1 303	1 292	1 302
16	15	1 320	1 322	1 322
17	16	1 343	1 349	1 336
18	17	1 363	1 359	1 356
19	18	1 375	1 389	1 382
20	19	1 400	1 409	1 396
21	20	1 425	1 422	1 422
22	21	1 440	1 426	1 422

ตาราง ก-๔ (ต่อ)

ลำดับที่	การโก่ง mm	โมเมนต์คด N.m		
		$\theta = 0$	$\theta = 60^\circ$	$\theta = 120^\circ$
23	22	1 455	1 446	1 436
24	23	1 475	1 456	1 456
25	24	1 490	1 459	1 462
26	25	1 505	1 486	1 462
27	26	1 512	1 489	1 482
28	27	1 523	1 489	1 489
29	28	1 543	1 506	1 516
30	29	1 556	1 519	1 523
31	30	1 566	1 523	1 536
32	31	1 576	1 523	1 543
33	32	1 586	1 533	1 556
34	33	1 590	1 549	1 556
35	34	1 595	1 556	1 563
36	35	1 608	1 563	1 576
37	36	1 625	1 589	1 589
38	37	1 640	1 599	1 589
39	38	1 643	1 599	1 603
40	39	1 646	1 606	1 616
41	40	1 649	1 606	1 623
42	41	1 656	1 623	1 629
43	42	1 659	1 623	1 636
44	43	1 666	1 623	1 649

ตาราง ก-๔ (ต่อ)

ลำดับที่	การโก่ง mm	โมเมนต์ค้ำ N.m		
		$\theta = 0$	$\theta = 60^\circ$	$\theta = 120^\circ$
45	44	1 673	1 639	1 649
46	45	1 683	1 639	1 649
47	46	1 689	1 656	1 656
48	47	1 699	1 656	1 656
49	48	1 706	1 656	1 663
50	49	1 716	1 673	1 663
51	50	1 723	1 676	1 663
52	51	1 729	1 689	1 669
53	52	1 739	1 689	1 683
54	53	1 743	1 689	1 689
55	54	1 749	1 689	1 689
56	55	1 753	1 689	1 689
57	56	1 756	1 689	1 689
58	57	1 756	1 706	1 689
59	58	1 756	1 706	1 689
60	59	1 756	1 706	1 689
61	60	1 756	1 706	1 696
62	61	1 756	1 723	1 703
63	62	1 756	1 723	1 703
64	63	1 756	1 723	1 709
65	64	1 756	1 723	1 716
66	65	1 756	1 723	1 716

ตาราง ก-๔ (ต่อ)

ลำดับที่	การโก่ง mm	โมเมนต์ค้ำ N.m		
		$\theta = 0$	$\theta = 60^\circ$	$\theta = 120^\circ$
67	66	1 756	1 723	1 723
68	67	1 756	1 723	1 723
69	68	1 756	1 723	1 723
70	69	1 756	1 723	1 723
71	70	1 756	1 723	1 723
72	71	1 756	1 723	1 723
73	72	1 756	1 723	1 723
74	73	1 756	1 723	1 723
75	74	1 756	1 723	1 723
76	75	1 756	1 723	1 723
77	76	1 756	1 723	1 723
78	77	1 756	1 723	1 723
79	78	1 756	1 723	1 723
80	79	1 756	1 723	1 723
81	80	1 756	1 723	1 723

ตาราง ก-๕ การโก่งตรงรอยบากและโมเมนต์คัตของคานที่มีรอยบากข้างเดียวและ
สองข้าง $\theta = 60^\circ$, $r = 2.5 \text{ mm}$

ลำดับที่	การโก่ง mm	โมเมนต์คัต N.m	
		บากข้างเดียว	บากสองข้าง
1	0	0	0
2	1	171	154
3	2	341	321
4	3	521	521
5	4	705	688
6	5	882	788
7	6	1 049	1 022
8	7	1 182	1 155
9	8	1 222	1 189
10	9	1 225	1 222
11	10	1 227	1 256
12	11	1 249	1 289
13	12	1 259	1 309
14	13	1 279	1 322
15	14	1 292	1 336
16	15	1 322	1 349
17	16	1 349	1 356
18	17	1 359	1 376
19	18	1 389	1 396
20	19	1 409	1 409
21	20	1 422	1 422
22	21	1 426	1 456

ตาราง ก-๕ (ต่อ)

ลำดับที่	การโก่ง mm	โมเมนต์ค้ำ N.m	
		भागखानकेियव	भागसुुुुखख
23	22	1 446	1 489
24	23	1 456	1 496
25	24	1 459	1 502
26	25	1 486	1 523
27	26	1 489	1 539
28	27	1 489	1 556
29	28	1 506	1 556
30	29	1 519	1 573
31	30	1 523	1 589
32	31	1 523	1 589
33	32	1 533	1 609
34	33	1 549	1 623
35	34	1 556	1 623
36	35	1 563	1 643
37	36	1 589	1 643
38	37	1 599	1 663
39	38	1 599	1 663
40	39	1 606	1 676
41	40	1 606	1 676
42	41	1 623	1 689
43	42	1 623	1 696
44	43	1 623	1 703

ตาราง ก-๕ (ต่อ)

ลำดับที่	การโก่ง mm	โมเมนต์ค้ำ N.m	
		บากข้างเดียว	บากสองข้าง
45	44	1 639	1 703
46	45	1 639	1 706
47	46	1 656	1 706
48	47	1 656	1 706
49	48	1 656	1 709
50	49	1 673	1 709
51	50	1 676	1 716
52	51	1 689	1 723
53	52	1 689	1 723
54	53	1 689	1 723
55	54	1 689	1 723
56	55	1 689	1 723
57	56	1 689	1 723
58	57	1 706	1 723
59	58	1 706	1 723
60	59	1 706	1 723
61	60	1 706	1 723
62	61	1 723	1 723
63	62	1 723	1 723
64	63	1 723	1 729
65	64	1 723	1 729
66	65	1 723	1 729

ตาราง ก-๕ (ต่อ)

ลำดับที่	การโก่ง mm	โมเมนต์ค้ด N.m	
		บากข้างเดียว	บากสองข้าง
67	66	1 723	1 729
68	67	1 723	1 729
69	68	1 723	1 729
70	69	1 723	1 729
71	70	1 723	1 729
72	71	1 723	1 736
73	72	1 723	1 756
74	73	1 723	1 756
75	74	1 723	1 756
76	75	1 723	1 756
77	76	1 723	1 756
78	77	1 723	1 756
79	78	1 723	1 756
80	79	1 723	1 756
81	80	1 723	1 756

ตารางที่ ก-๖ ความเครียดที่เกิดขึ้นตามความลึกของคานที่ไม่มีรอยบาก
หน้าตัด 8.8x50 mm

ลำดับที่	การโก่ง mm	โมเมนต์กิก N.m	ความเครียดตรงตำแหน่งที่ติด strain gage $\mu\epsilon$					
			strain gage no.1	strain gage no.2	strain gage no.3	strain gage no.4	strain gage no.5	strain gage no.6
1	0	0	0	0	0	0	0	0
2	1	154	-185	-130	-56	-57	124	187
3	2	341	-407	-260	-123	124	262	405
4	3	538	-627	-405	-192	190	407	630
5	4	755	-860	-560	-266	263	557	856
6	5	955	-1 088	-701	-333	335	697	1 093
7	6	1 155	-1 337	-874	-406	408	872	1 342
8	7	1 356	-1 537	-1 024	-471	473	1 026	1 571
9	8	1 523	-1 792	-1 170	-544	546	1 163	1 790
10	9	1 629	-2 010	-1 320	-610	608	1 316	2 013
11	10	1 706	-	-1 466	-678	680	1 462	2 225
12	11	1 709	-	-1 574	-743	740	1 575	-
13	12	1 723	-	-1 746	-815	817	-	-
14	13	1 733	-	-	-882	880	-	-
15	14	1 743	-	-	-950	953	-	-
16	15	1 753	-	-	-1 020	1 017	-	-
17	16	1 763	-	-	-1 082	1 084	-	-

หมายเหตุ ข้อมูลที่เว้นไว้ไม่สามารถวัดค่าได้ เพราะ strain gage หลุดออกจาก
ชิ้นทดสอบ

ตารางที่ ก-๗ ความเครียดที่เกิดขึ้นตามความลึกของคานที่ไม่มีรอยบาก
หน้าตัด 8.8x40 mm

ลำดับที่	การวัดโมเมนต์คาน		ความเครียดตรงตำแหน่งที่ติดตั้ง strain gage $\mu\epsilon$					
	mm	N.m	strain gage no.1	strain gage no.2	strain gage no.3	strain gage no.4	strain gage no.5	strain gage no.6
1	0	0	0	0	0	0	0	0
2	1	68	-115	-78	-29	27	77	120
3	2	172	-304	-181	-61	67	190	312
4	3	279	-501	-298	-115	108	302	504
5	4	389	-745	-419	-162	157	430	739
6	5	496	-908	-532	-201	196	529	897
7	6	599	-1 080	-669	-227	234	664	1 073
8	7	702	-1 265	-793	-280	284	787	1 271
9	8	816	-1 468	-912	-328	331	909	1 462
10	9	916	-1 638	-980	-350	357	998	1 650
11	10	996	-1 812	-1 084	-382	395	1 097	-
12	11	1 038	-	-1 180	-432	441	1 188	-
13	12	1 050	-	-1 300	-475	473	1 296	-
14	13	1 060	-	-1 406	-502	518	1 412	-
15	14	1 063	-	-1 520	-560	557	1 518	-
16	15	1 066	-	-1 638	-598	602	1 627	-
17	16	1 076	-	-	-620	617	1 741	-

ตาราง ก-๘ ความเครียดที่เกิดขึ้นตามความลึกของคานที่มีรอยบากข้างเดียว

$$\theta = 60^\circ, r = 0$$

ลำดับที่	การโก่ง mm	โมเมนต์ค้ำ N.m	ความเครียดตรงตำแหน่งที่ติดตั้ง strain gage $\mu\epsilon$					
			strain gage no.1	strain gage no.2	strain gage no.3	strain gage no.4	strain gage no.5	strain gage no.6
1	0	0	0	0	0	0	0	0
2	1	171	-259	-147	-45	-27	96	269
3	2	354	-549	-316	-93	37	210	579
4	3	555	-842	-482	-141	65	343	989
5	4	722	-1 153	-649	-183	100	506	1 590
6	5	882	-1 520	-834	-224	167	801	-
7	6	1 055	-2 097	-1 214	-261	374	1 565	-
8	7	1 155	-	-1 490	-375	1 157	-	-
9	8	1 239	-	-	-600	1 990	-	-
10	9	1 255	-	-	-969	-	-	-
11	10	1 289	-	-	-1 498	-	-	-

ตาราง ก-๘ ความเครียดที่เกิดขึ้นตามความลึกของคานที่มีรอยบากข้างเดียว

$$\theta = 60^\circ, r = 2.5 \text{ mm}$$

ลำดับที่	การโก่ง mm	โมเมนต์ค้ำค้ำ N.m	ความเครียดตรงตำแหน่งที่ติดตั้ง strain gage $\mu\epsilon$					
			strain gage no.1	strain gage no.2	strain gage no.3	strain gage no.4	strain gage no.5	strain gage no.6
1	0	0	0	0	0	0	0	0
2	1	171	-271	-161	-58	19	102	278
3	2	341	-481	-307	-104	39	235	615
4	3	521	-738	-454	-134	71	375	1 009
5	4	705	-1 045	-611	-172	132	614	1 625
6	5	882	-1 390	-785	-201	225	869	-
7	6	1 049	-1 882	-1 036	-249	293	1 357	-
8	7	1 182	-	-1 448	-313	456	-	-
9	8	1 222	-	-	-606	650	--	-
10	9	1 225	-	-	-1 025	-	-	-
11	10	1 227	-	-	-1 526	-	-	-
12	11	1 249	-	-	-2 141	-	-	-

ตาราง ก-๑๐ ความเครียดที่เกิดขึ้นตามความลึกของคานที่มีรอยบากข้างเดียว
 $\theta = 60^\circ$, $r = 5$ mm.

ลำดับที่	การโก่ง mm	โมเมนต์คด N.m	ความเครียดตรงตำแหน่งที่ติด strain gage $\mu\epsilon$					
			strain gage no.1	strain gage no.2	strain gage no.3	strain gage no.4	strain gage no.5	strain gage no.6
1	0	0	0	0	0	0	0	0
2	1	107	-170	-101	-39	18	52	205
3	2	288	-425	-240	-85	33	138	477
4	3	471	-675	-398	-132	52	260	924
5	4	655	-940	-582	-159	75	402	1 591
6	5	838	-1 298	-785	-183	124	625	-
7	6	1 005	-	-1 033	-254	255	951	-
8	7	1 062	-	-1 500	-400	423	1 435	-
9	8	1 199	-	-2 196	-513	576	2 149	-
10	9	1 222	-	-	-746	962	-	-
11	10	1 236	-	-	-1 204	1 462	-	-

ตาราง ก-๑๐ ความเครียดที่เกิดขึ้นตามความลึกของคานที่มีรอยบากข้างเดียว

$$r = 2.5 \text{ mm.}, \theta = 0$$

ลำดับที่	การโก่ง mm	โมเมนต์ค้ำ N.m	ความเครียดตรงตำแหน่งที่ติดตั้ง strain gage $\mu\epsilon$					
			strain gage no.1	strain gage no.2	strain gage no.3	strain gage no.4	strain gage no.5	strain gage no.6
1	0	0	0	0	0	0	0	0
2	1	108	-178	-81	-50	26	74	218
3	2	287	-437	-226	-67	73	168	485
4	3	470	-724	-446	-125	108	275	821
5	4	655	-1 045	-597	-135	190	413	1 208
6	5	837	-1 438	-817	-201	226	607	-
7	6	1 006	-1 982	-1 089	-243	409	1 075	-
8	7	1 060	-	-1 321	-349	827	-	-
9	8	1 200	-	-1 850	-625	-	-	-
10	9	1 225	-	-	-1 019	-	-	-
11	10	1 235	-	-	-1 518	-	-	-
12	11	1 250	-	-	-2 067	-	-	-

ตาราง ก-๑๒ ความเครียดที่เกิดขึ้นตามความลึกของคานที่มีรอยบากข้างเดียว

$$r = 2.5 \text{ mm.}, \theta = 120^\circ$$

ลำดับที่	การโก่ง mm	โมเมนต์ค้ำ N.m	ความเครียดตรงตำแหน่งที่ติด strain gage $\mu\epsilon$					
			strain gage no.1	strain gage no.2	strain gage no.3	strain gage no.4	strain gage no.5	strain gage no.6
1	0	0	0	0	0	0	0	0
2	1	154	-285	-144	-32	27	115	270
3	2	354	-575	-333	-72	57	236	544
4	3	521	-873	-495	-117	78	357	801
5	4	721	-1 234	-653	-156	126	512	1 108
6	5	888	-1 450	-820	-182	205	772	1 752
7	6	1 055	-	-1 169	-243	411	1 318	-
8	7	1 182	-	-1 767	-301	851	-	-
9	8	1 222	-	-	-382	1 953	-	-
10	9	1 222	-	-	-706	-	-	-
11	10	1 229	-	-	-1 205	-	-	-
12	11	1 249	-	-	-1 719	-	-	-

ตาราง ก-๑๓ ความเครียดที่เกิดขึ้นตามความลึกของคานที่มีรอยบากสองข้าง
 $r = 2.5 \text{ mm.}, \theta = 60^\circ$

ลำดับที่	การโก่ง mm	โมเมนต์ค้ำค้ำ N.m	ความเครียดตรงตำแหน่งที่ติด strain gage $\mu\epsilon$					
			strain gage no.1	strain gage no.2	strain gage no.3	strain gage no.4	strain gage no.5	strain gage no.6
1	0	0	0	0	0	0	-0	0
2	1	154	-282	-114	-34	36	111	285
3	2	321	-609	-242	-80	78	246	607
4	3	521	-1 009	-377	-126	130	381	1 012
5	4	688	-1 624	-530	-176	180	527	1 618
6	5	788	-	-768	-244	241	773	-
7	6	1 022	-	-1 504	-391	393	1 512	-
8	7	1 155	-	-	-970	968	-	-

ตาราง ก-๑๔ ความเค้นที่เกิดขึ้นตามความลึกของคานที่ไม่มีรอยบาก
หน้าตัด 8.8x50 mm.

ลำดับที่	การโก่ง mm	โมเมนต์ค้ำค้ำ N.m	ความเค้นตรงตำแหน่งที่ติด strain gage N/mm ²					
			strain gage no.1	strain gage no.2	strain gage no.3	strain gage no.4	strain gage no.5	strain gage no.6
1	0	0	0	0	0	0	0	0
2	1	154	-39.5	-27.7	-12.0	12.2	26.5	39.9
3	2	341	-86.9	-55.5	-26.2	26.5	55.9	86.4
4	3	538	-133.8	-86.4	-41.0	40.6	86.9	134.4
5	4	755	-183.9	-119.5	-56.8	56.1	118.9	182.7
6	5	955	-232.2	-149.6	-71.1	71.5	148.7	233.3
7	6	1 155	-285.3	-184.5	-86.6	87.1	186.1	286.4
8	7	1 356	-335.8	-218.5	-100.5	100.9	219.0	335.3
9	8	1 629	-345.0	-249.7	-116.1	116.5	248.2	345.0
10	9	1 706	-345.0	-281.7	-130.2	129.8	280.8	345.0
11	10	1 709	-	-312.8	-144.7	145.1	312.0	345.0
12	11	1 723	-	-335.9	-158.6	157.9	336.1	-
13	12	1 733	-	-345.0	-173.9	174.3	-	-
14	13	1 743	-	-	-188.2	187.8	-	-
15	14	1 753	-	-	-202.7	203.4	-	-
16	15	1 763	-	-	-217.7	217.0	-	-
17	16	1 769	-	-	-230.9	231.3	-	-

ตาราง ก-๑๕ ความเค้นที่เกิดขึ้นตามความลึกของคานที่ไม่มีรอยบาก
หน้าตัด 8.8x40 mm.

ลำดับที่	การโก่ง mm	โมเมนต์คดัด N.m	ความเค้นตรงตำแหน่งที่ติดตั้ง strain gage N/mm ²					
			strain gage no.1	strain gage no.2	strain gage no.3	strain gage no.4	strain gage no.5	strain gage no.6
1	0	0	0	0	0	0	0	0
2	1	68	-24.5	-16.7	-6.2	5.8	16.4	25.6
3	2	172	-64.9	-38.6	-13.0	14.3	40.6	66.6
4	3	279	-106.9	-63.6	-24.5	23.0	64.4	107.6
5	4	389	-159.0	-89.4	-34.6	33.5	91.8	157.7
6	5	496	-193.8	-113.5	-42.9	41.8	112.9	191.4
7	6	599	-230.5	-142.8	-48.4	49.9	141.7	229.0
8	7	702	-270.0	-169.2	-59.8	60.4	168.0	271.2
9	8	816	-313.3	-194.6	-70.0	70.6	194.0	312.0
10	9	916	-345.0	-209.1	-74.7	76.2	213.0	345.0
11	10	996	-345.0	-231.3	-81.5	84.3	234.1	-
12	11	1 038	-	-251.8	-92.2	94.1	253.5	-
13	12	1 050	-	-277.4	-101.4	100.9	276.6	-
14	13	1 060	-	-300.0	-107.0	110.5	301.3	-
15	14	1 063	-	-324.4	-119.5	118.9	323.9	-
16	15	1 066	-	-345.0	-127.6	128.5	345.0	-
17	16	1 076	-	-	-132.3	131.7	345.0	-

ตาราง ก-๑๖ ความเค้นที่เกิดขึ้นตามความลึกของคานที่มีรอยบากข้างเดียว

$$\theta = 60^\circ, r = 0$$

ลำดับที่	การโก่ง mm	โมเมนต์ค้ำ N.m	ความเค้นตรงตำแหน่งที่ติดตั้ง strain gage N/mm ²					
			strain gage no.1	strain gage no.2	strain gage no.3	strain gage no.4	strain gage no.5	strain gage no.6
1	0	0	0	0	0	0	0	0
2	1	171	-55.3	-31.4	-9.6	5.8	20.5	57.4
3	2	354	-117.2	-67.4	-19.8	7.9	44.8	123.6
4	3	555	-179.7	-102.9	-30.1	13.9	73.2	211.1
5	4	722	-246.1	-138.5	-39.1	21.3	108.0	340.2
6	5	882	-324.4	-178.0	-47.8	35.6	170.9	-
7	6	1 055	-345.0	-259.1	-55.7	79.8	334.0	-
8	7	1 155	-	-318.0	-80.0	246.9	-	-
9	8	1 239	-	-	-128.0	345.0	-	-
10	9	1 255	-	-	-206.8	-	-	-
11	10	1 289	-	-	-319.7	-	-	-

ตาราง ป-๑๗ ความเค้นที่เกิดขึ้นตามความลึกของคานที่มีรอยบากข้างเดียว

$$\theta = 60^\circ, r = 2.5 \text{ mm.}$$

ลำดับที่	การโก่ง mm	โมเมนต์คด N.m	ความเค้นตรงตำแหน่งที่วัด strain gage N/mm ²					
			strain gage no.1	strain gage no.2	strain gage no.3	strain gage no.4	strain gage no.5	strain gage no.6
1	0	0	0	0	0	0	0	0
2	1	171	-57.8	-34.4	-12.4	4.1	21.8	59.3
3	2	341	-102.7	-65.5	-22.2	8.3	50.1	131.2
4	3	521	-157.5	-96.9	-28.6	15.2	80.0	215.3
5	4	705	-223.0	-130.4	-36.7	28.0	131.0	345.0
6	5	882	-296.6	-167.5	-42.9	48.0	185.4	-
7	6	1 049	-345.0	-221.0	-53.0	62.5	289.6	-
8	7	1 182	-	-309.0	-66.8	97.3	-	-
9	8	1 222	-	-	-129.3	139.0	-	-
10	9	1 225	-	-	-218.7	-	-	-
11	10	1 227	-	-	-325.6	-	-	-
12	11	1 249	-	-	-345.0	-	-	-

ตาราง ก-๑๘ ความเค้นที่เกิดขึ้นตามความลึกของคานที่มีรอยบากทางเดียว

$$\theta = 60^\circ, r = 5 \text{ mm.}$$

ลำดับที่	การโก่ง mm	โมเมนต์ค้ำ N.m	ความเค้นตรงตำแหน่งที่ติดตั้ง strain gage N/mm ²					
			strain gage no.1	strain gage no.2	strain gage no.3	strain gage no.4	strain gage no.5	strain gage no.6
1	0	0	0	0	0	0	0	0
2	1	107	-36.3	-21.6	-8.3	3.8	11.1	43.8
3	2	288	-90.7	-51.2	-18.1	7.0	29.5	101.8
4	3	471	-144.1	-84.9	-28.2	11.1	55.5	197.2
5	4	655	-200.6	-124.2	-33.9	16.0	85.8	339.5
6	5	838	-277.0	-167.5	-39.1	26.5	133.4	-
7	6	1 005	-	-220.4	-54.2	54.4	202.9	-
8	7	1 062	-	-320.1	-85.4	90.3	306.2	-
9	8	1 199	-	-345.0	-109.5	122.9	345.0	-
10	9	1 222	-	-	-159.2	205.3	-	-
11	10	1 236	-	-	-256.9	312.0	-	-



ตาราง ก-๑๘ ความเค้นที่เกิดขึ้นตามความลึกของคานที่มีรอยบากข้างเดียว

$$r = 2.5 \text{ mm.}, \theta = 0$$

ลำดับที่	การโก่ง mm	โมเมนต์ค้ำ N.m	ความเค้นตรงตำแหน่งที่วัด strain gage N/mm ²					
			strain gage no.1	strain gage no.2	strain gage no.3	strain gage no.4	strain gage no.5	strain gage no.6
1	0	0	0	0	0	0	0	0
2	1	108	-38.0	-17.3	-10.7	5.6	15.8	46.5
3	2	287	-93.3	-48.2	-14.3	15.6	35.9	103.5
4	3	470	-154.5	-95.2	-26.7	23.1	58.7	175.2
5	4	655	-223.0	-127.4	-28.8	32.0	88.1	257.8
6	5	837	-306.9	-174.3	-42.9	48.2	129.5	-
7	6	1 006	-345.0	-232.4	-51.9	87.3	229.4	-
8	7	1 060	-	-281.9	-74.5	176.5	-	-
9	8	1 200	-	-345.0	-133.4	-	-	-
10	9	1 225	-	-	-217.5	-	-	-
11	10	1 235	-	-	-323.9	-	-	-
12	11	1 250	-	-	-345.0	-	-	-

ตาราง ก-๒๐ ความเค้นที่เกิดขึ้นตามความลึกของคานที่มีรอยบากข้างเดียว

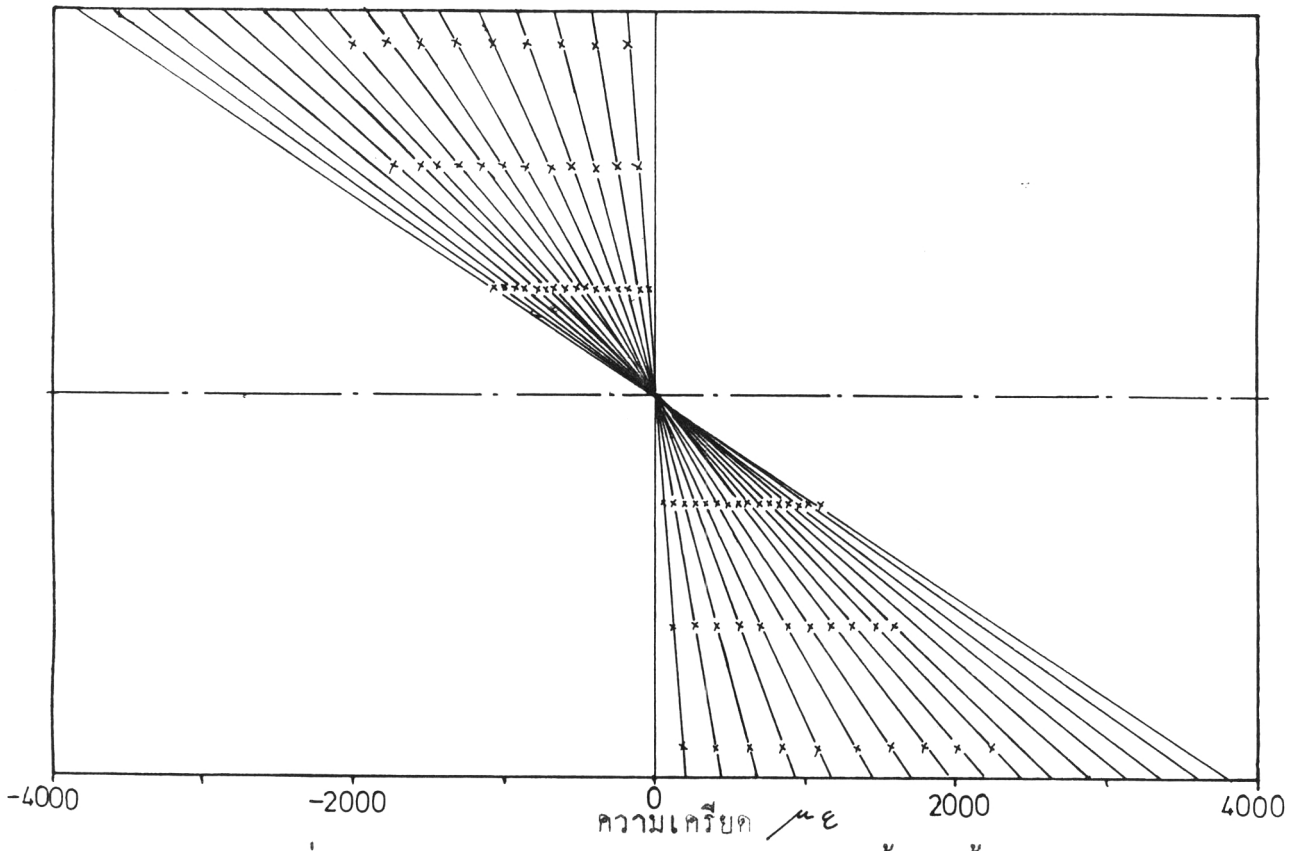
$$r = 2.5 \text{ mm.}, \theta = 120^\circ$$

ลำดับที่	การโก่ง mm	โมเมนต์ค้ำ N.m	ความเค้นตรงตำแหน่งที่ติดตั้ง strain gage N/mm ²					
			strain gage no.1	strain gage no.2	strain gage no.3	strain gage no.4	strain gage no.5	strain gage no.6
1	0	0	0	0	0	0	0	0
2	1	154	-60.8	-30.7	-6.8	5.8	24.5	57.6
3	2	354	-122.7	-71.1	-15.4	12.2	50.4	116.1
4	3	521	-186.3	-105.6	-25.0	16.6	76.2	170.9
5	4	721	-263.3	-139.4	-33.3	26.9	109.3	236.4
6	5	888	-309.4	-175.0	-38.5	43.7	164.7	345.0
7	6	1 055	-	-249.5	-51.6	87.7	281.3	-
8	7	1 182	-	-345.0	-64.2	165.4	-	-
9	8	1 222	-	-	-81.5	345.0	-	-
10	9	1 222	-	-	-150.7	-	-	-
11	10	1 229	-	-	-257.2	-	-	-
12	11	1 249	-	-	-345.0	-	-	-

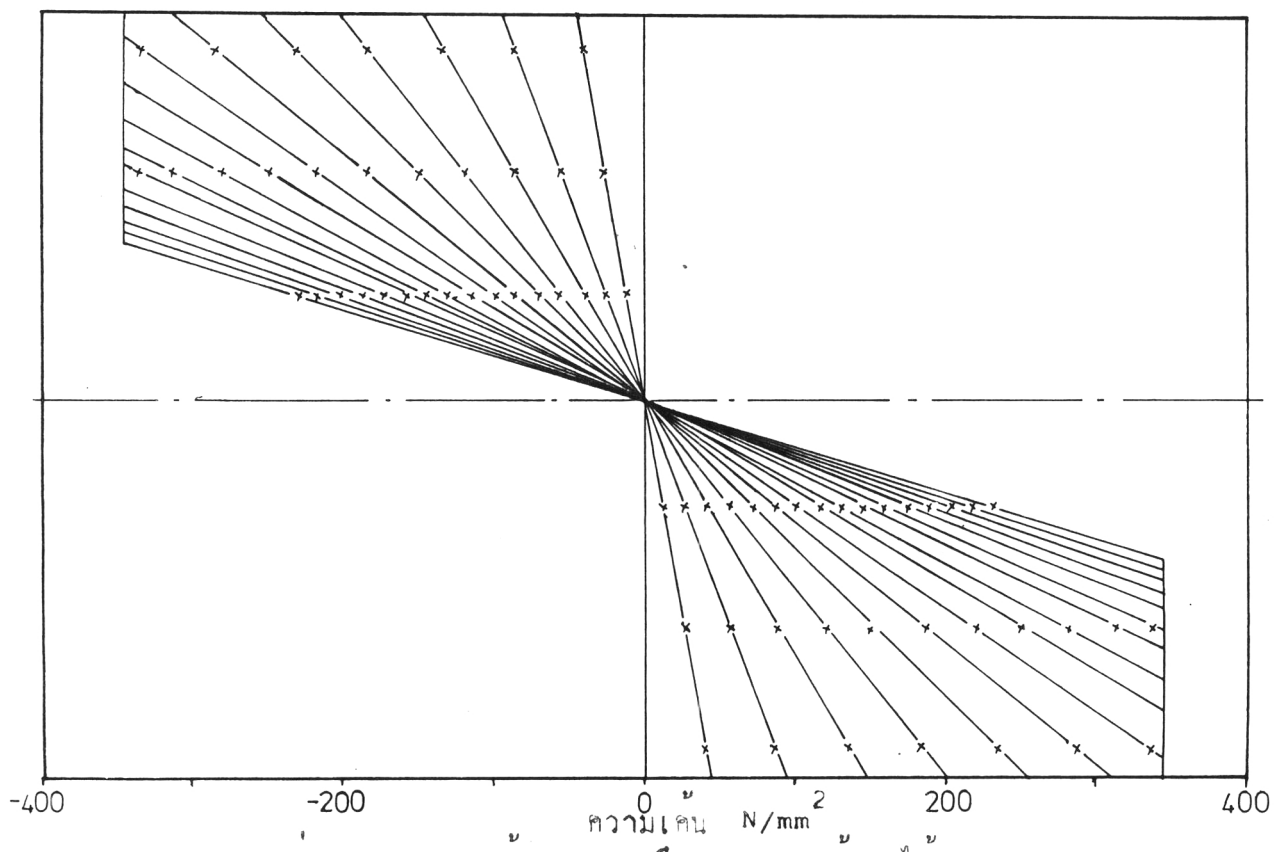
ตาราง ก-๒๑ ความเค้นที่เกิดขึ้นตามความลึกของคานที่มีรอยบากสองข้าง

$$r = 2.5 \text{ mm.}, \theta = 60^\circ$$

ลำดับ	กรโก่ง mm	โมเมนต์ค้ำ N.m	ความเค้นตรงตำแหน่งที่ติดตั้ง strain gage N/mm ²					
			strain gage no.1	strain gage no.2	strain gage no.3	strain gage no.4	strain gage no.5	strain gage no.6
1	0	0	0	0	0	0	0	0
2	1	154	-60.2	-24.3	-7.3	7.7	23.7	60.8
3	2	321	-130.0	-51.6	-17.1	16.7	52.5	129.5
4	3	521	-215.3	-80.5	-26.9	27.7	81.3	216.0
5	4	688	-345.0	-113.1	-37.6	38.4	112.5	345.0
6	5	788	—	-163.0	-52.1	51.1	165.0	—
7	6	1 022	—	-321.0	-83.4	83.9	322.7	—
8	7	1 155	—	—	-207.0	206.6	—	—

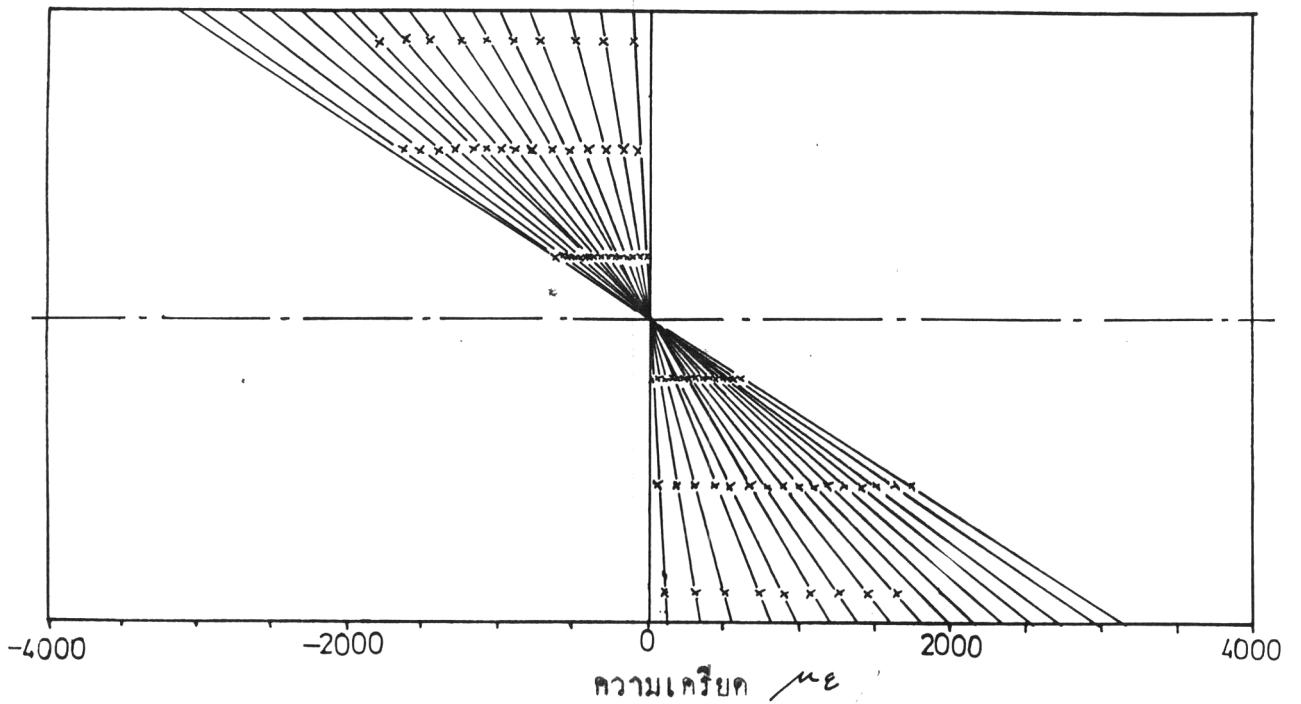


ก. การแบ่งกระจายความเครียดตามความลึกของคาน (ข้อมูลได้จากตาราง ก-๖)

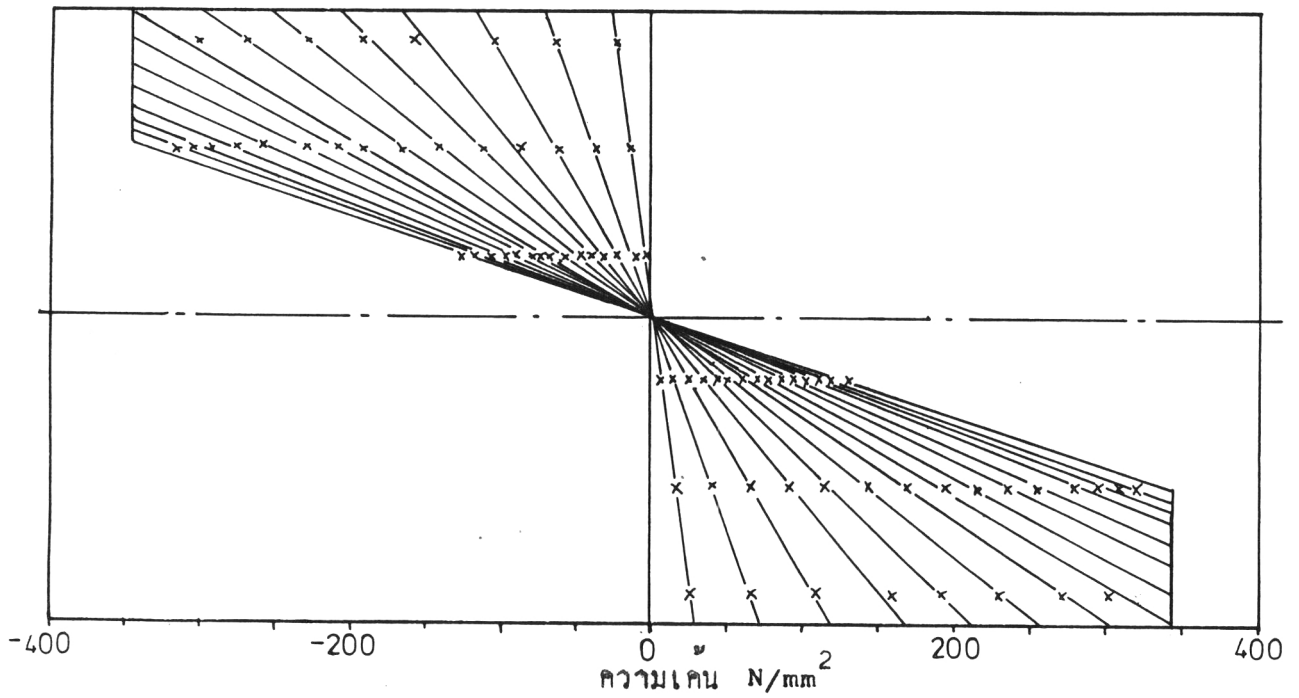


ข. การแบ่งกระจายความเค้นตามความลึกของคาน (ข้อมูลได้จากตาราง ก-๖๔)

รูป ก-๖ การแบ่งกระจายความเครียดและความเค้นตามความลึกของคานที่ไม่มีรอยร้าว
 ขนาดคาน ๓.๕ x ๕๐ มม.

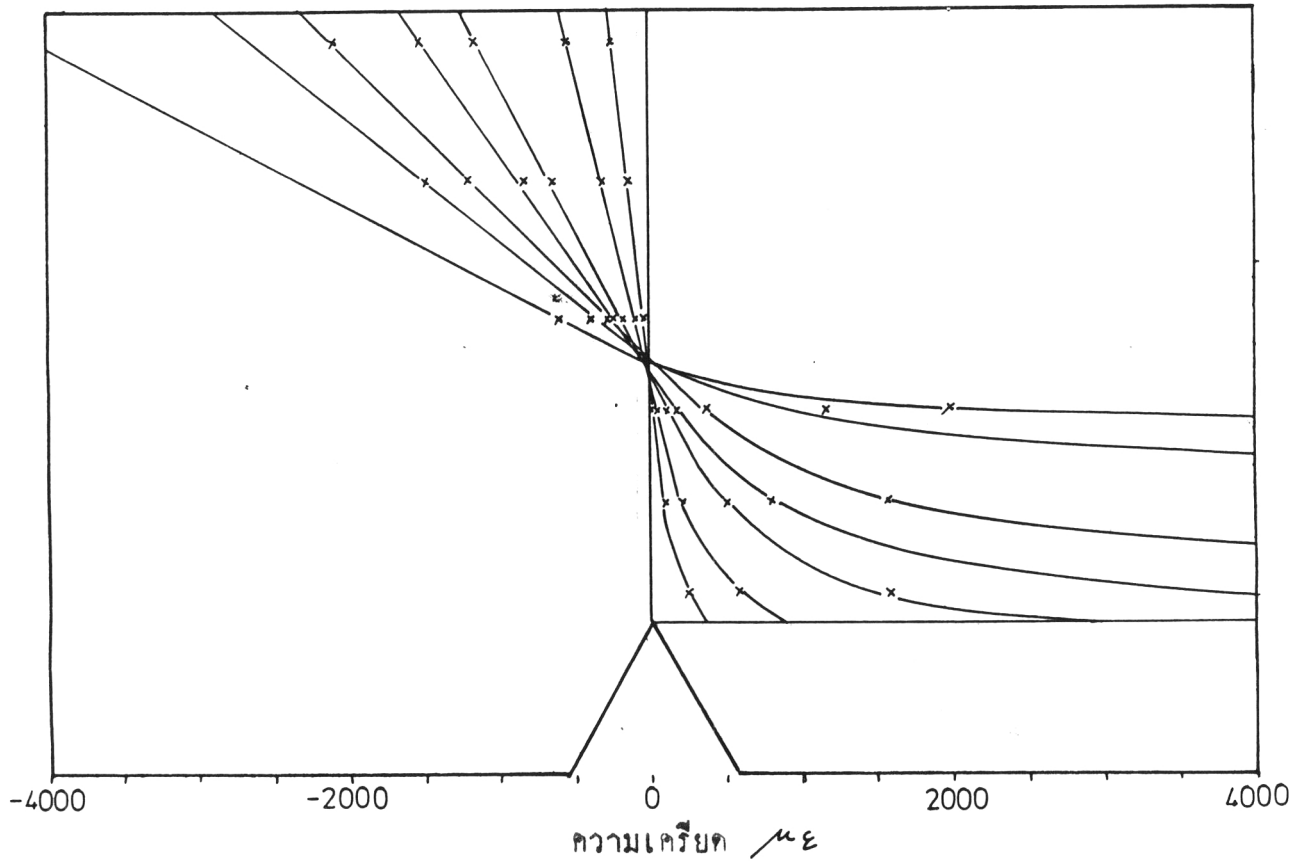


ก. การแผ่กระจายความเครียดตามความลึกของคาน (ข้อมูลได้จากตาราง ก-๗)

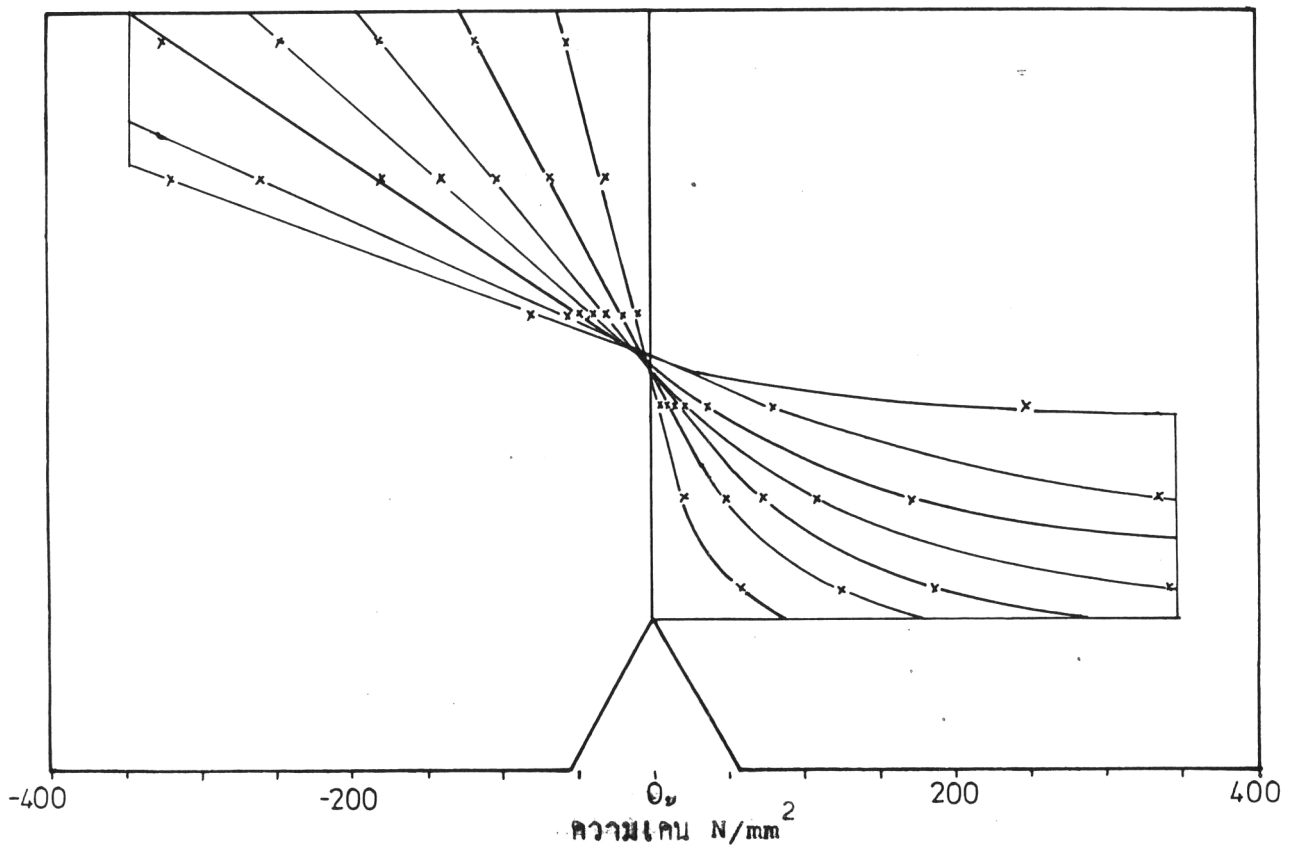


ข. การแผ่กระจายความเค้นตามความลึกของคาน (ข้อมูลได้จากตาราง ก-๘)

รูป ก-๒ การแผ่กระจายความเครียดและความเค้นตามความลึกของคานที่ไม่มีรอยขาด
หน้าตัด ๔.๘ × ๔๐ มม.

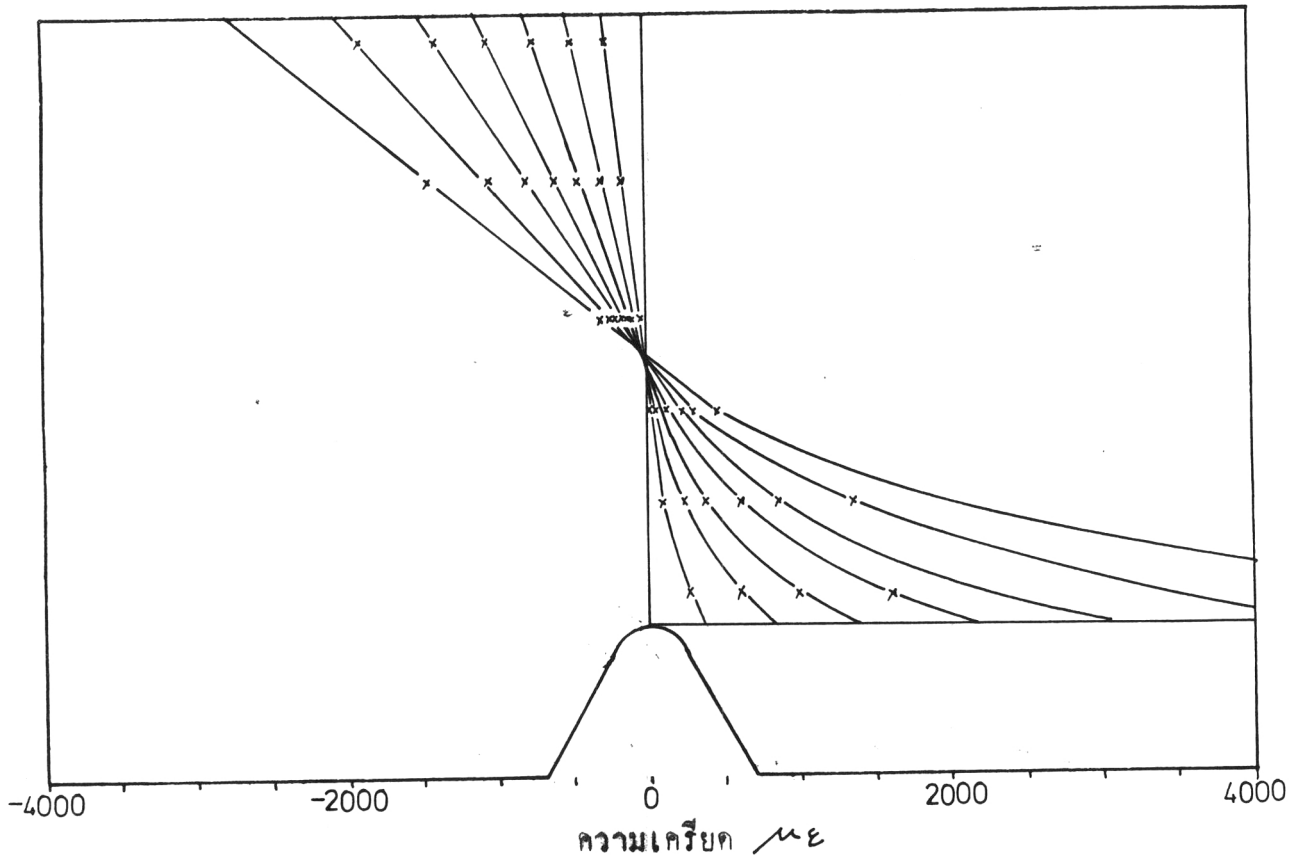


ก. การแผ่กระจายความเครียดตามความลึกของคาน (ข้อมูลได้จากตาราง ก-๔)

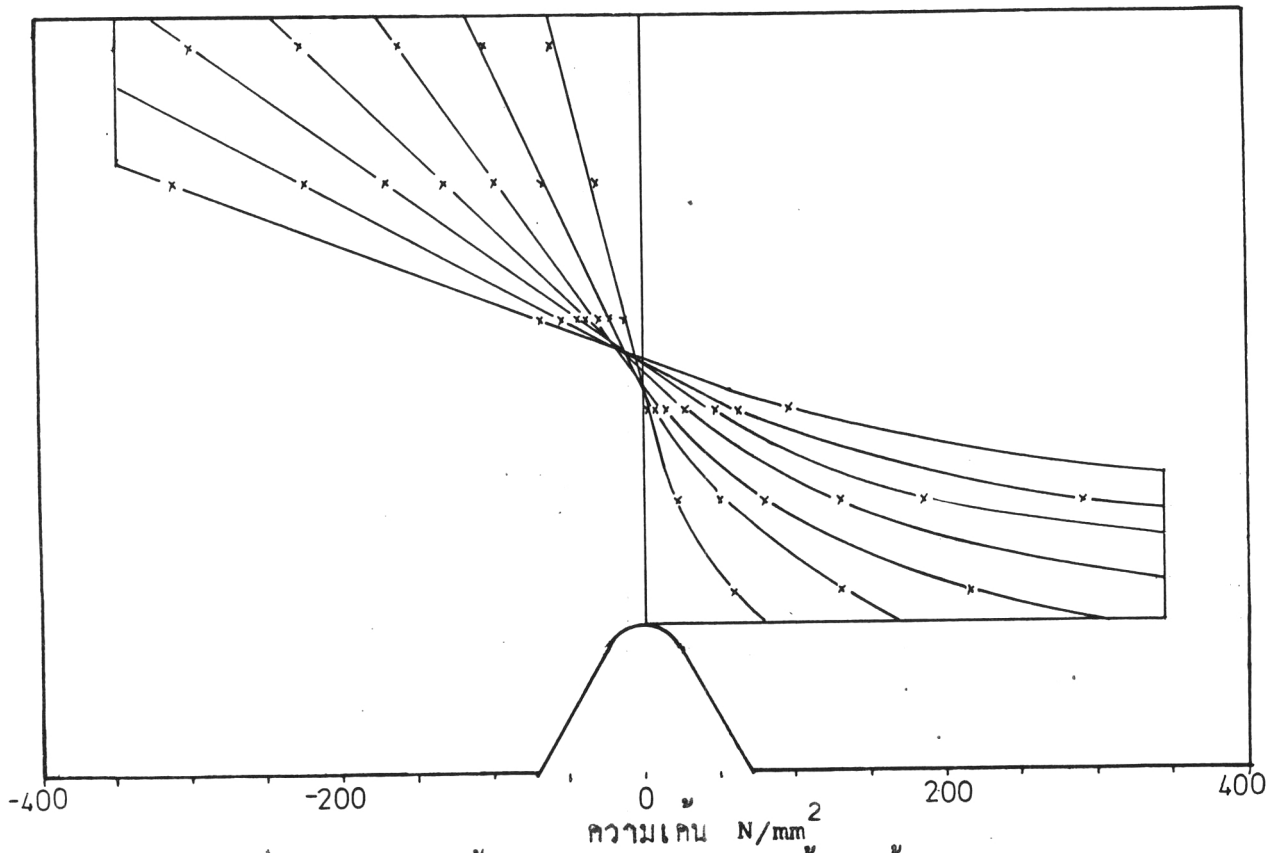


ข. การแผ่กระจายความเค้นตามความลึกของคาน (ข้อมูลได้จากตาราง ก-๑๖)

รูป ก-๕ การแผ่กระจายความเครียดและความเค้นตามความลึกของคานที่มีรอยบากข้างเดียว

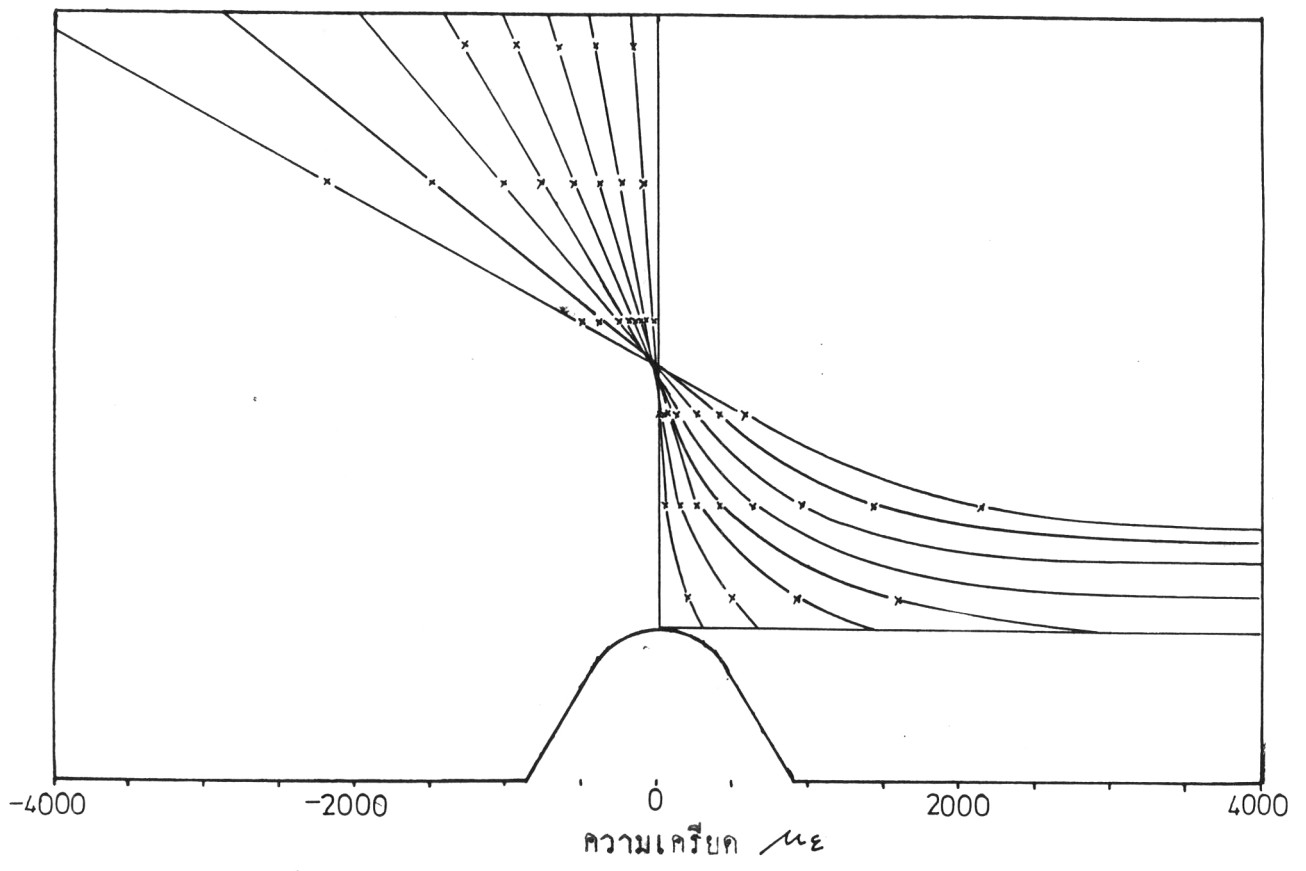


ก. การแผ่กระจายความเครียดตามความลึกของคาน (ข้อมูลได้จากตาราง ก-๕)

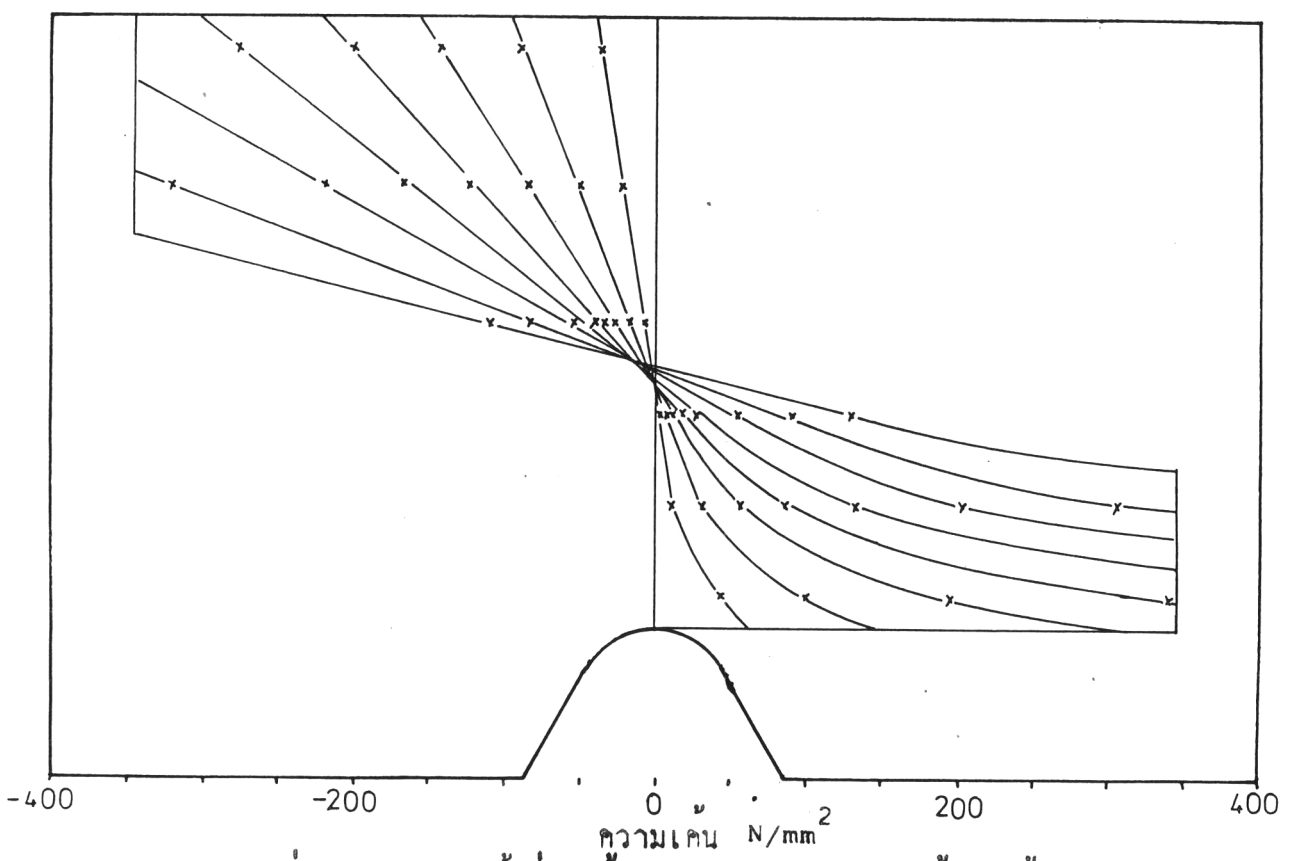


ข. การแผ่กระจายความเค้นตามความลึกของคาน (ข้อมูลได้จากตาราง ก-๖๗)

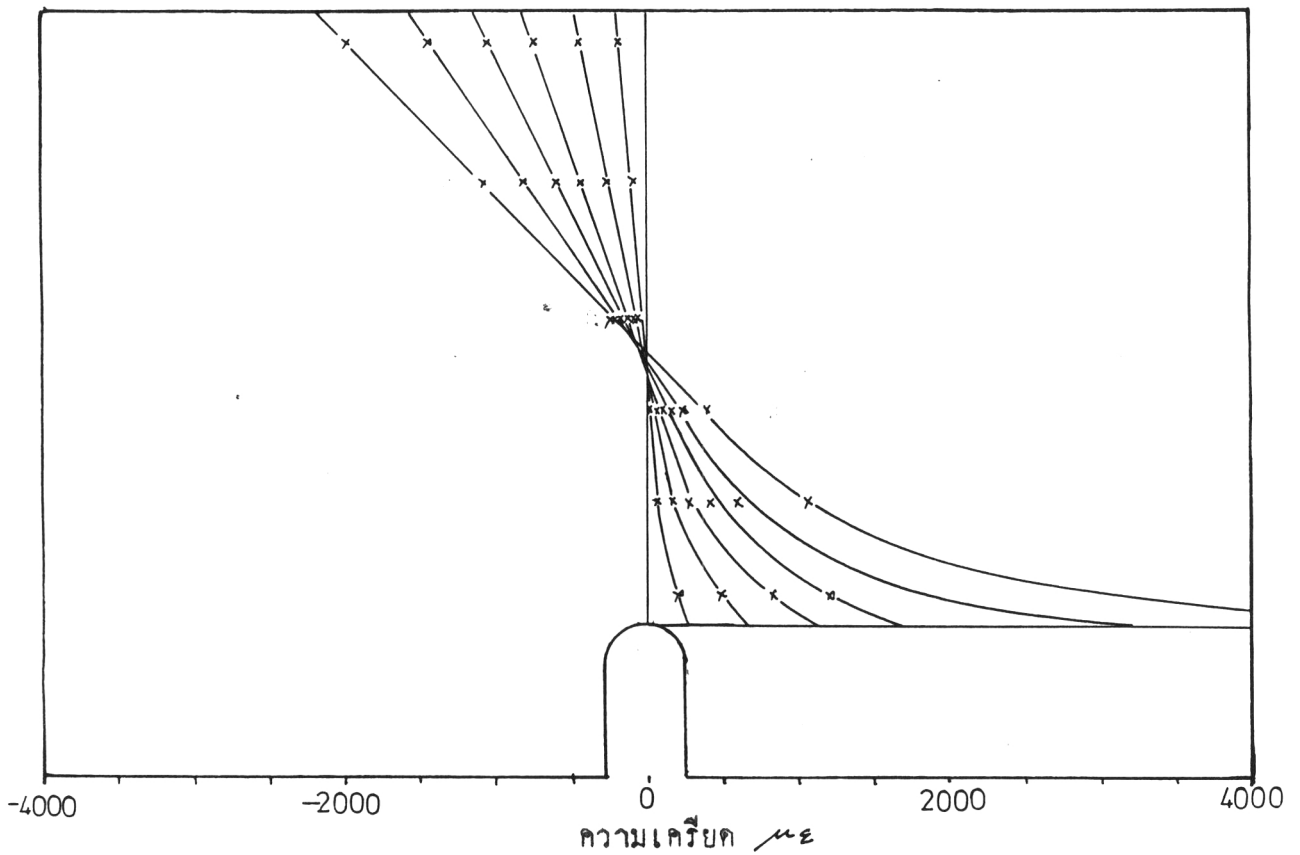
รูป ก-๕ การแผ่กระจายความเครียดและความเค้นที่เกิดขึ้นตามความลึกของคานที่มีรอยบากข้างเดียว



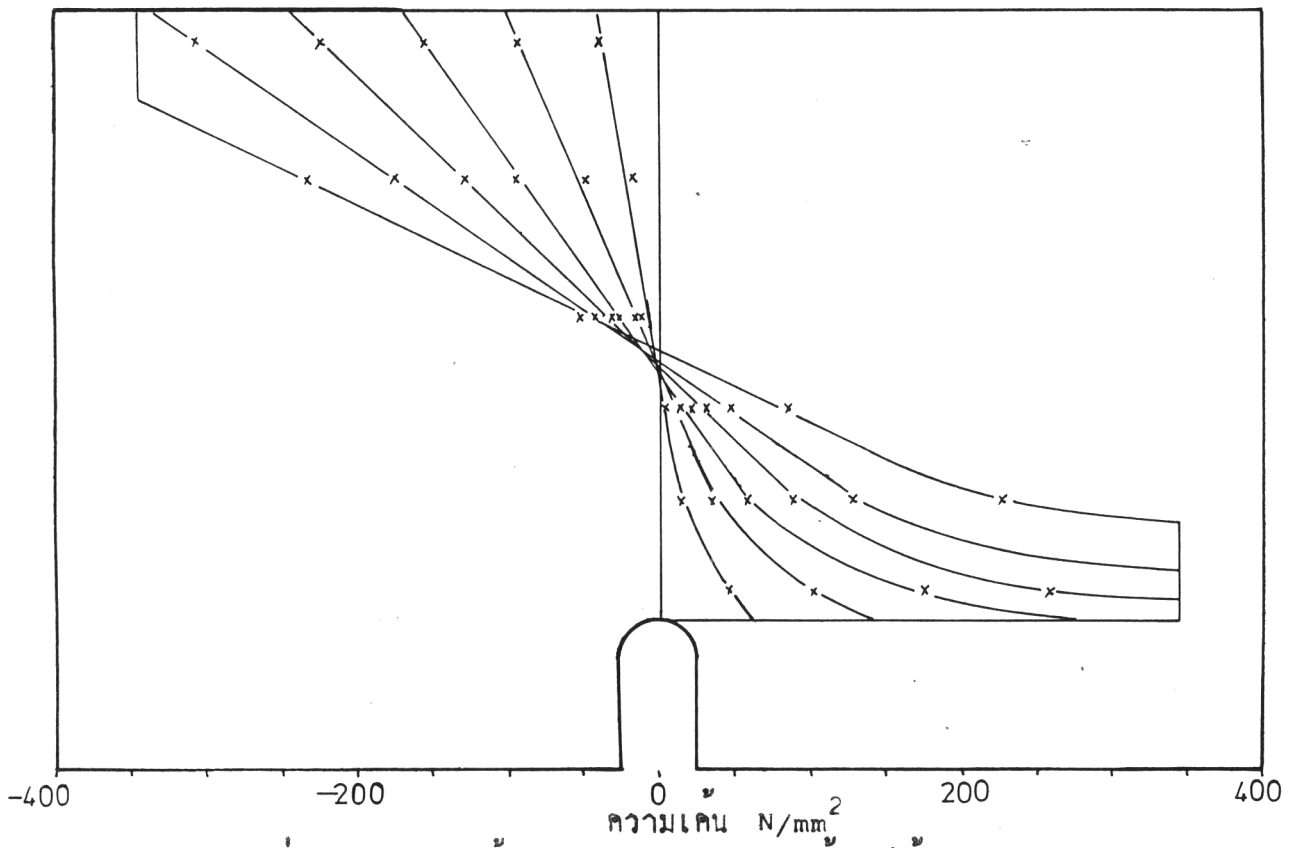
ก. การแผ่กระจายความเครียดที่เกิดขึ้นตามความลึกของคาน (ข้อมูลได้จากตาราง ก-๑๐)



ข. การแผ่กระจายความเค้นที่เกิดขึ้นตามความลึกของคาน (ข้อมูลได้จากตาราง ก-๑๑)
 รูปที่ ก-๕ การแผ่กระจายความเครียดและความเค้นที่เกิดขึ้นตามความลึกของคานที่มีรอยบากข้างเดียว



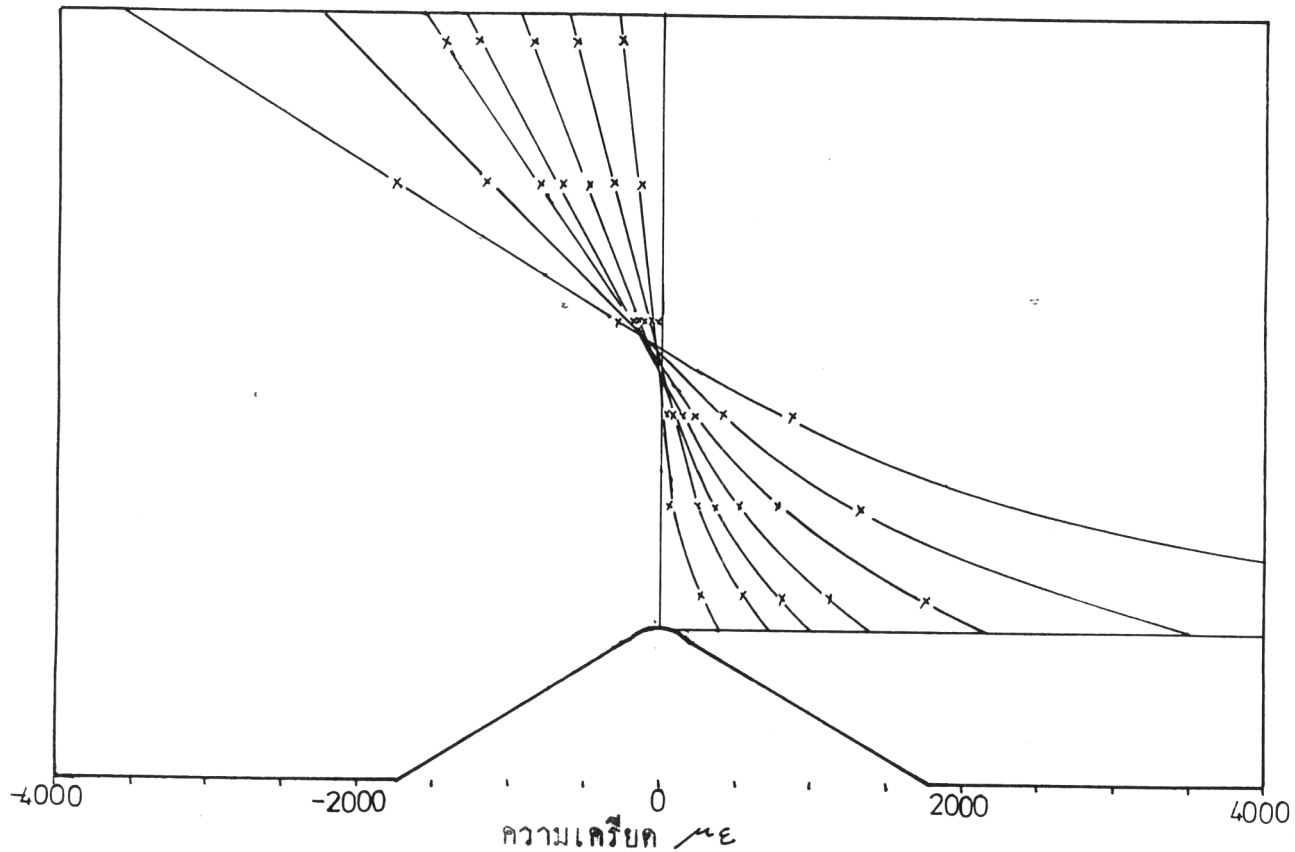
ก. การแผ่กระจายความเครียดตามความลึกของคาน (ข้อมูลได้จากตาราง ก-๑๑)



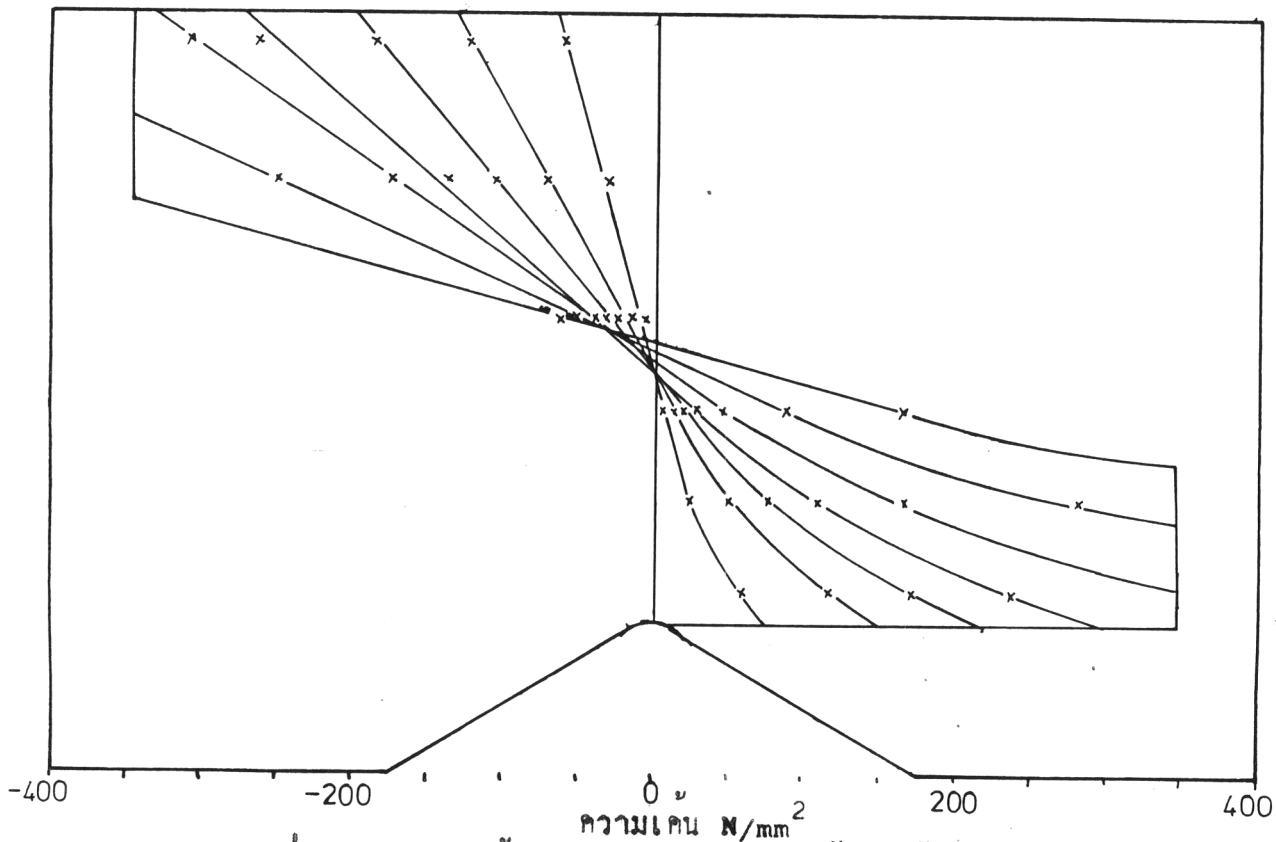
ข. การแผ่กระจายความเค้นตามความลึกของคาน (ข้อมูลได้จากตาราง ก-๑๒)

รูป ก-๖ การแผ่กระจายความเครียดและความเค้นตามความลึกของคานที่มีรอยบากทางเดียว

$r = 2.5 \text{ mm.}, \theta = 0$

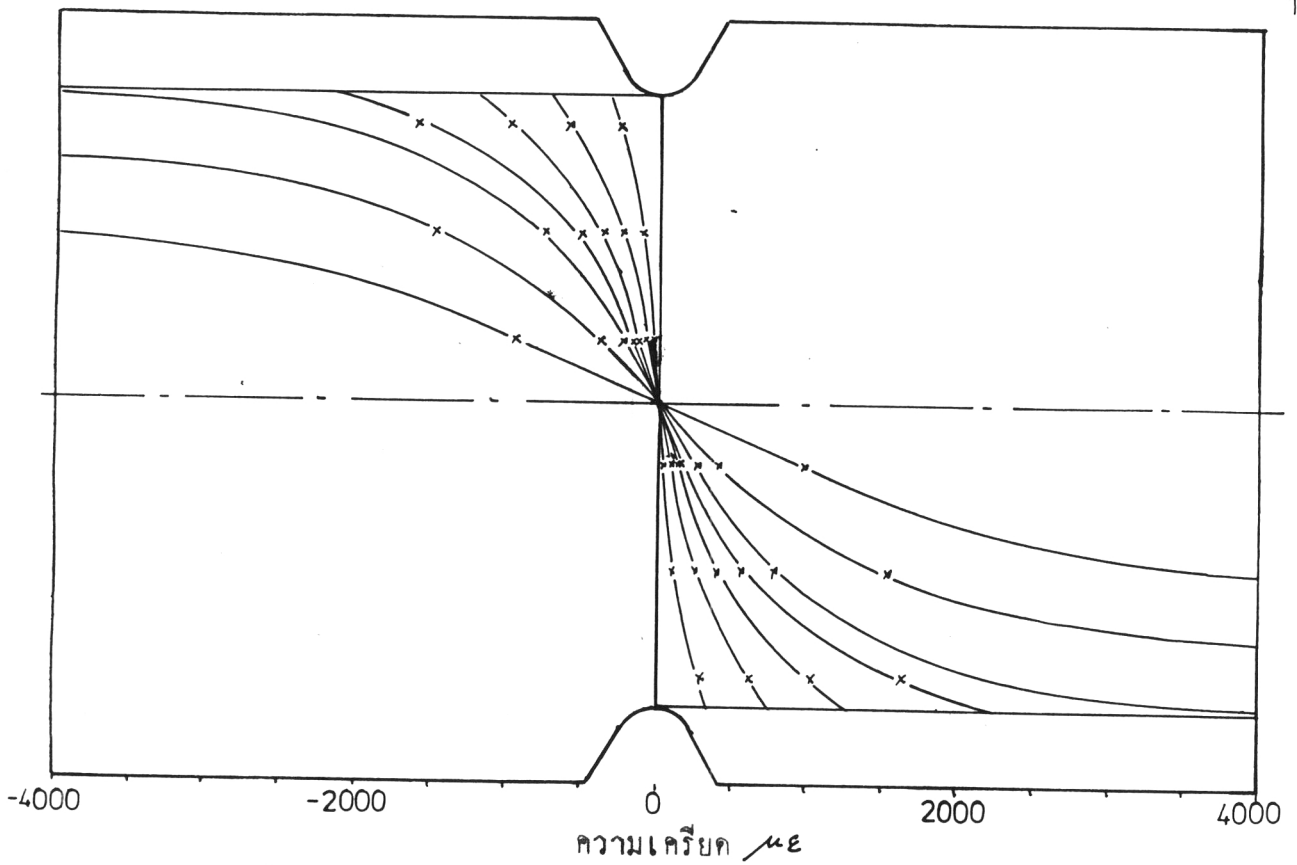


ก. การแผ่กระจายความเครียดตามความลึกของคาน (ข้อมูลได้จากตาราง ก-๑๒)

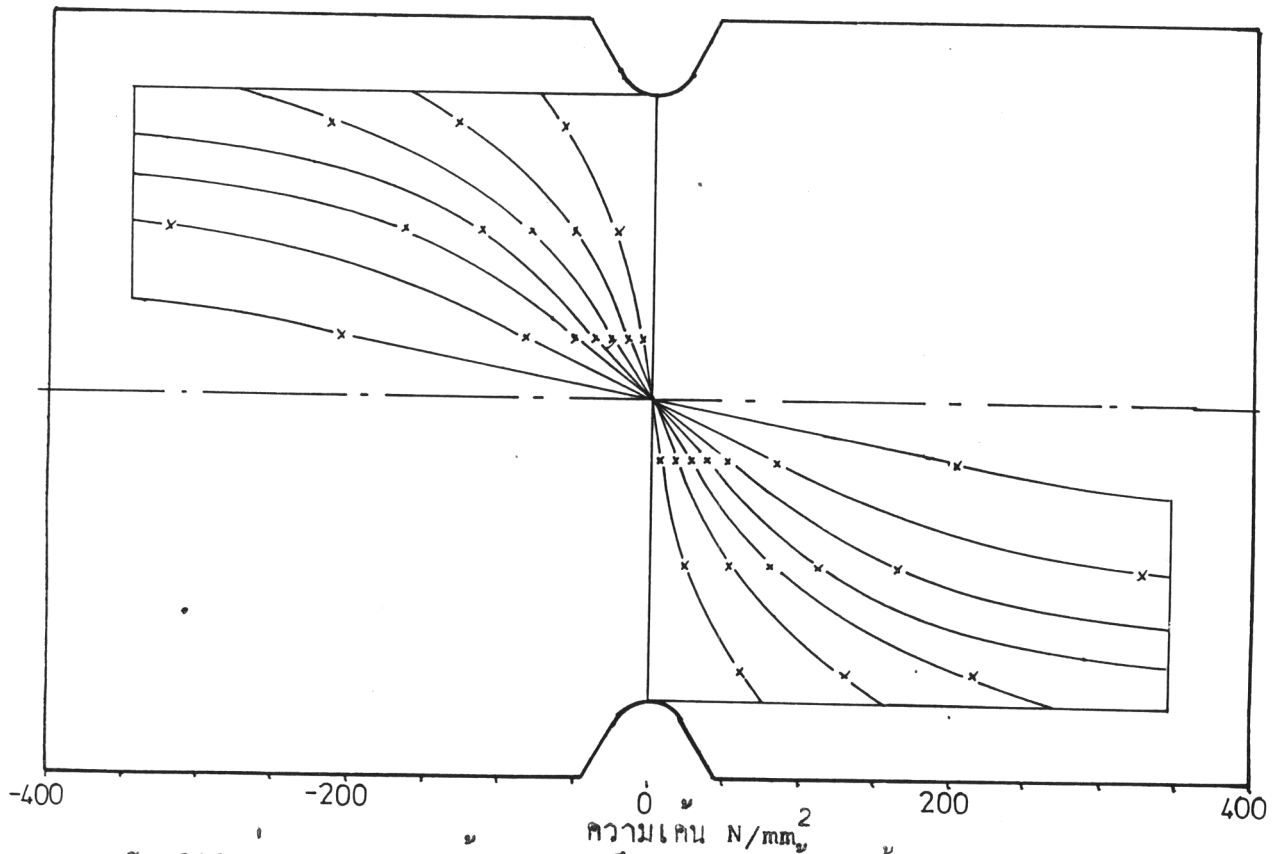


ข. การแผ่กระจายความเค้นตามความลึกของคาน (ข้อมูลได้จากตาราง ก-๒๐)

รูป ก-๓ การแผ่กระจายความเครียดและตามความเค้นตามความลึกของคานที่มีรอยบากข้างเดียว
 $r = 2.5 \text{ mm.}, \theta = 120^\circ$



ก. การแผ่กระจายความเครียดตามความลึกของคาน (ข้อมูลได้จากตาราง ก-๑๓)



ข. การแผ่กระจายความเค้นตามความลึกของคาน (ข้อมูลได้จากตาราง ก-๑๑)

รูป ก-๔ การแผ่กระจายความเครียดและความเค้นตามความลึกของคานที่มีรอยบาก α ข้าง $\theta = 60^\circ$, $r = 2.5$ mm.

ตาราง ก-๒๒ ความเค้นสูงสุดและ **nominal stress** ของคานที่ไม่มีรอยบาก
หน้าตัด 8.8x50 mm. (ความเค้นสูงสุดได้จากรูป ก-๑)

ลำดับที่	การโก่ง mm	โมเมนต์ค้ำค N.m	ความเค้นสูงสุด N/mm ²	nominal stress N/mm ²	ความแตกต่าง ของความเค้น %
1	0	0	0	0	0.00
2	1	154	44	42	4.76
3	2	341	94	93	1.08
4	3	538	147	147	0.00
5	4	755	201	206	-2.43
6	5	955	255	261	-2.30
7	6	1 155	313	315	-0.64
8	7	1 356	345	-	-

หมายเหตุ : ความแตกต่างสูงสุด 4.76 %
ความแตกต่างต่ำสุด 0.00 %
ความแตกต่างเฉลี่ย 1.60 %

ตาราง ก-๒๓ ความเค้นสูงสุดและ **nominal stress** ของคานที่ไม่มีรอยบาก
หน้าตัด 8.8x40 mm. (ความเค้นสูงสุดได้จากรูป ก-๒)

ลำดับที่	การโก่ง mm	โมเมนต์ค้ำ N.m	ความเค้นสูงสุด N/mm ²	nominal stress N/mm ²	ความแตกต่าง ของความเค้น %
1	0	0	0	0	0.00
2	1	68	28	29	-3.45
3	2	172	72	73	-1.37
4	3	279	120	119	0.84
5	4	389	167	166	0.60
6	5	496	212	211	0.47
7	6	599	252	255	-1.18
8	7	702	303	299	1.34
9	8	816	345	-	-

หมายเหตุ

ความแตกต่างสูงสุด	3.45 %
ความแตกต่างต่ำสุด	0.00 %
ความแตกต่างเฉลี่ย	1.16 %

ตาราง ก-๒๔ ความเค้นสูงสุดและความเค้นต่ำสุดของคานที่มีรอยบากข้างเดียว
 $\theta = 60^\circ, r = 0$ (ค่าของความเค้นได้จากรูป ก-๓)

ลำดับที่	การโก่ง mm	โมเมนต์ค้ำค	ความเค้นสูงสุด N/mm ²	ความเค้นต่ำสุด N/mm ²
1	0	0	0	0
2	1	171	88	-62
3	2	354	177	-127
4	3	555	292	-195
5	4	722	345	-269
6	5	882	345	-345

ตาราง ก-๒๕ ความเค้นสูงสุดและความเค้นต่ำสุดของคานที่มีรอยบากข้างเดียว
 $\theta = 60^\circ$, $r = 2.5 \text{ mm}$. (ค่าของความเค้นได้จากรูป ก-๔)

ลำดับที่	การโก่ง mm	โมเมนต์คด N.m	ความเค้นสูงสุด N/mm ²	ความเค้นต่ำสุด N/mm ²
1	0	0	0	-0
2	1	171	80	-61
3	2	341	169	-115
4	3	521	306	-175
5	4	705	345	-243
6	5	882	345	-322
7	6	1 049	345	-345

ตาราง ก-๒๖ ความเค้นสูงสุดและความเค้นต่ำสุดของคานที่มีรอยบากข้างเดียว
 $\theta = 60^\circ$, $r = 5 \text{ mm}$. (ค่าของความเค้นได้จากรูป ก-๕)

ลำดับที่	การโก่ง mm	โมเมนต์ค้ำค้ำ N.m	ความเค้นสูงสุด N/mm ²	ความเค้นต่ำสุด N/mm ²
1	0	0	0	-0
2	1	107	63	-40
3	2	288	148	-96
4	3	471	307	-157
5	4	655	345	-222
6	5	838	345	-303
7	6	1 005	345	-345

ตาราง ก-๒๘ ความเค้นสูงสุดและความเค้นค่าสุดของคานที่มีรอยบากข้างเดียว
 $r = 2.5 \text{ mm.}, \theta = 0$ (ค่าของความเค้นได้จากรูป ก-๖)

ลำดับที่	การโก่ง mm	โมเมนต์ค้ำ N.m	ความเค้นสูงสุด N/mm ²	ความเค้นค่าสุด N/mm ²
1	0	0	0	0
2	1	154	62	-40
3	2	354	143	-102
4	3	521	280	-170
5	4	721	345	-245
6	5	888	345	-335
7	6	1 045	345	-345

ตาราง ก-๒๘ ความเค้นสูงสุดและความเค้นต่ำสุดของคานที่มีรอยบากข้างเดียว
 $r = 2.5 \text{ mm.}, \theta = 120^\circ$ (ค่าของความเค้นได้จากรูป ก-๘)

ลำดับที่	การโก่ง mm	โมเมนต์คด N.m	ความเค้นสูงสุด N/mm ²	ความเค้นต่ำสุด N/mm ²
1	0	0	0	0
2	1	154	75	-66
3	2	354	150	-135
4	3	521	218	-200
5	4	721	296	-275
6	5	888	345	-335
7	6	1 055	345	-345

ตาราง ก-๒๘ ความเค้นสูงสุดและความเค้นต่ำสุดของคานที่มีรอยบากสองข้าง
 $\theta = 60^\circ$, $r = 2.5 \text{ mm}$. (ค่าของความเค้นได้จากรูป ก-๘)

ลำดับที่	การโก่ง mm	โมเมนต์คด N.m	ความเค้นสูงสุด N/mm ²	ความเค้นต่ำสุด N/mm ²
1	0	0	0	0
2	1	154	77	-77
3	2	321	159	-159
4	3	521	275	-275
5	4	688	345	-345
6	5	788	345	-345

ตาราง ก-๓๐ ความเครียดที่เกิดขึ้นตามความลึกของคานที่ไม่มีรอยบาก
หน้าตัด 8.8x50 mm. (ได้จากการคำนวณ)

ลำดับที่	การโก่ง mm	โมเมนต์กัก N.m	ความเครียดตรงตำแหน่งที่ติด strain gage $\mu\epsilon$					
			strain gage no.1	strain gage no.2	strain gage no.3	strain gage no.4	strain gage no.5	strain gage no.6
1	0	0	0	0	0	0	0	0
2	1	154	-181	-118	-55	55	118	181
3	2	341	-401	-261	-122	122	261	401
4	3	538	-632	-421	-192	192	412	632
5	4	755	-887	-579	-270	270	579	887
6	5	955	-1 122	-732	-342	342	732	1 122
7	6	1 155	-1 358	-885	-413	413	885	1 358
8	7	1 356	-1 594	-1 039	-485	485	1 039	1 594

ตาราง ก-๓๑ ความแตกต่างระหว่างความเครียดที่ได้จากการทดลองกับความเครียดที่ได้จากการคำนวณของคานที่ไม่มีรอยบาก หน้าตัด 8.8x50 mm.

ลำดับที่	กรโก่ง mm	โมเมนต์ค้ำค N.m	ความแตกต่างเมื่อเปรียบเทียบกับการคำนวณ %					
			strain gage no.1	strain gage no.2	strain gage no.3	strain gage no.4	strain gage no.5	strain gage no.6
1	0	0	0	0	0	0	0	0
2	1	154	+2.21	+10.17	+1.82	+3.64	+5.08	+3.31
3	2	341	+1.50	-0.38	+0.82	+1.64	+0.38	+1.00
4	3	538	-0.79	-1.70	0.00	-1.04	-1.21	-0.32
5	4	755	-3.04	-3.28	-1.48	-2.59	-3.80	-3.49
6	5	955	-3.03	-4.23	-2.63	-2.05	-4.78	-2.58
7	6	1 155	-1.55	-1/24	-1.69	-1.21	-1.47	-1.18
8	7	1 356	-1.32	-1.44	-2.89	-2.47	-1.64	-1.44

หมายเหตุ ค่าของความเครียดที่นำมาเปรียบเทียบ ได้จากตาราง ก-๖ และตาราง ก-๓๐

ความแตกต่างสูงสุด 10.17 %

ความแตกต่างต่ำสุด 0.00 %

ความแตกต่างเฉลี่ย 1.95 %

ตาราง ก-๑๒ ความเครียดที่เกิดขึ้นตามความลึกของคานที่ไม่มีรอยบาก
หน้าตัด 8.8x40 mm. (ได้จากการคำนวณ)

ลำดับที่	ทวิโก่ง mm'	โมเมนต์ค้ำคัก N.m	ความเครียดตรงตำแหน่งที่ติด strain gage $\mu\epsilon$					
			strain gage no.1	strain gage no.2	strain gage no.3	strain gage no.4	strain gage no.5	strain gage no.6
1	0	0	0	0	0	0	0	0
2	1	68	-122	-75	-27	27	75	122
3	2	172	-309	-189	-69	69	189	309
4	3	279	-501	-306	-111	111	306	501
5	4	389	-699	-427	-155	155	427	699
6	5	496	-891	-545	-198	198	545	891
7	6	599	-1 076	-658	-239	239	658	1 076
8	7	702	-1 262	-771	-280	280	771	1 262
8	7	816	-1 467	-896	-326	326	896	1 476

ตาราง ก-๓๓ ความแตกต่างระหว่างความเครียดที่ได้จากการทดลองกับความเครียดที่ได้จากการคำนวณของคานที่ไม่มีรอยบาก หน้าตัด 8.8x40 mm.

ลำดับที่	การโก่ง mm	โมเมนต์ค้ำค N.m	ความแตกต่างเมื่อเปรียบเทียบกับการคำนวณ %					
			strain gage no.1	strain gage no.2	strain gage no.3	strain gage no.4	strain gage no.5	strain gage no.6
1	0	0	0	0	0	0	0	0
2	1	68	-5.70	+4.00	+7.41	0.00	+2.67	-1.67
3	2	172	-1.62	-4.23	+11.59	-2.90	+0.53	+0.97
4	3	279	0.00	-5.56	+3.60	-3.00	-1.31	+0.60
5	4	389	+6.58	-1.87	+4.52	+1.29	+0.70	+5.72
6	5	496	+1.91	-2.39	+1.52	-1.01	-2.94	+0.67
7	6	599	+0.37	+1.67	-5.02	-2.09	+0.91	-0.28
8	7	702	+0.24	+2.85	0.00	+1.07	+2.08	+0.71
9	8	816	+0.07	+1.79	+0.61	+1.53	+1.45	-0.34

หมายเหตุ ค่าของความเครียดที่นำมาเปรียบเทียบ ได้จากราย ก-๘ และตาราง ก-๓๒

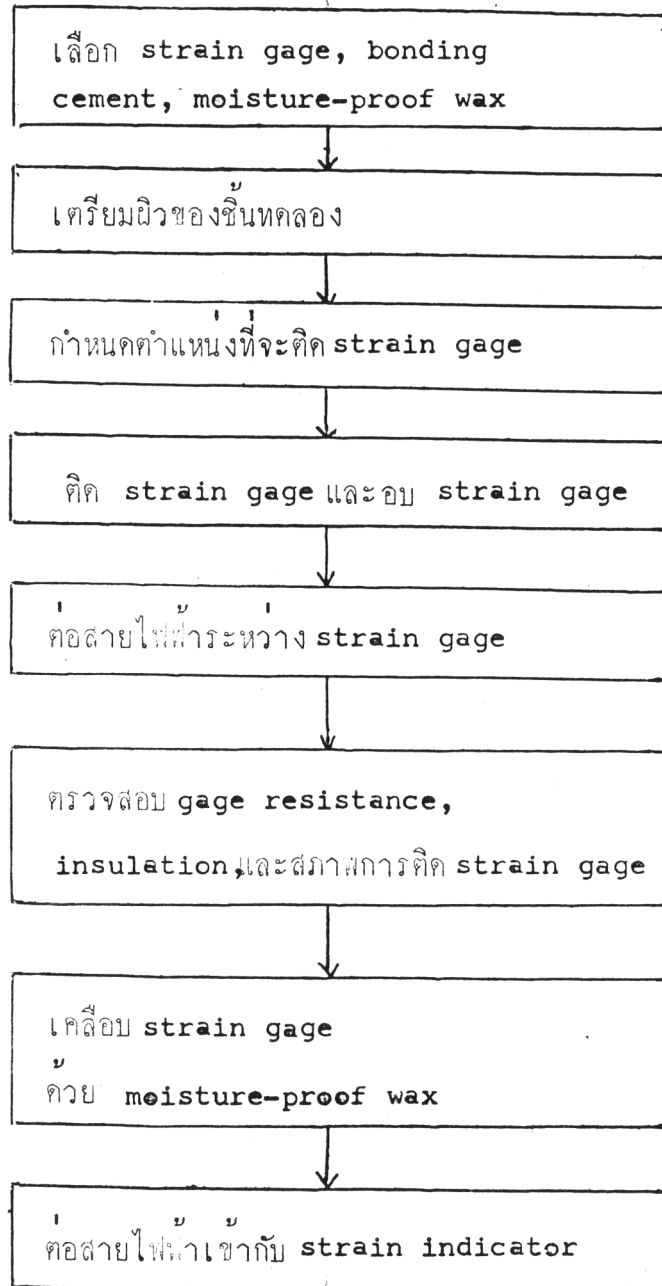
ความแตกต่างสูงสุด 11.59 %
 ความแตกต่างต่ำสุด 0.00 %
 ความแตกต่างเฉลี่ย 2.32 %

ภาคผนวก ข

การติด strain gage และการต่อวงจรไฟฟ้า

การติด strain gage และการต่อวงจรไฟฟ้า

การติด strain gage ลงบนผิวของชิ้นทดลองตรงจุดที่ต้องการวัดความเครียดหรือความเค้นและการต่อวงจรไฟฟ้าสามารถกระทำได้เป็นลำดับดังต่อไปนี้



รูปที่ ข-๑ แผนภาพแสดงลำดับขั้นตอนในการติด strain gage และการต่อวงจรไฟฟ้า

การเลือก strain gage, bonding cement และ moisture proof wax

๑. เลือกแบบและขนาดของ strain gage ให้เหมาะสมกับชิ้นทดลอง โดยพิจารณาจากแคตตาล็อกของผู้ผลิต ในการวิจัยนี้เลือกใช้แบบ KFC - 1 - C1 - 11
๒. เลือก bonding cement ให้เหมาะสมกับ strain gage ที่ใช้ในการวิจัยนี้เลือกใช้ CC - 15 - A
๓. เลือก moisture proof wax ที่เหมาะสมในการวิจัยนี้เลือกใช้แบบ C - 1A

การเตรียมผิวของชิ้นทดลอง

๑. ล้างสิ่งสกปรก, ไขมันหรือคราบต่าง ๆ ที่เกาะบนผิวของชิ้นทดลองตรงบริเวณที่จะติด strain gage ออกให้หมด
๒. ขัดผิวบริเวณที่จะติด strain gage ด้วยกระดาษทรายเบอร์ ๑๒๐

การกำหนดตำแหน่งที่จะติด strain gage

๑. ชีตเส้นเป็นเส้นรอบรูปของ strain gage หรือชีตเส้นให้ตรงกับแนว center line ของ strain gage ตรงบริเวณที่ต้องการติด strain gage
๒. อย่าชีตเส้นดำเข้าไปในส่วนที่จะติด strain gage

การติด strain gage และการอบ strain gage

๑. ทำความสะอาดบริเวณที่จะติด strain gage ด้วย acetone ใช้สำลีชุบ acetone เช็ดแรง ๆ ตรงบริเวณที่จะติด strain gage ถ้าจับ strain gage แล้วจะต้องเช็ดด้านหลังของ strain gage ด้วย ก่อนทำการติด
๒. หยด bonding cement ลงบนผิวด้านหลังของ strain gage หรือหยดลงบนผิวของ specimen
๓. วาง strain gage ให้อยู่ในแนวที่ต้องการตามรอยขีดที่ทำไว้ มือที่จับ strain gage จะต้องเช็ดหรือล้างด้วย acetone ก่อนจับ
๔. เอาแผ่น polyethylene วางทับบนผิวด้านหน้าของ strain gage แล้วกดด้วยความดัน $0.5-1\text{kg/cm}^2$ ($0.5-1\text{bar}$) อย่างสม่ำเสมอด้วยนิ้วมือ

๕. กดทิ้งไว้ประมาณ ๑๐-๓๐ วินาที ที่อุณหภูมิห้อง แล้วจึงดึงแผ่น polyethylene ออก

๖. สิ่งกีดขวางที่ขอบของ strain gage bonding cement ควรจะถูกกดตะลັก แล้่ออกมาพ้นขอบของ strain gage เล็กน้อย

การต่อสายไฟระหว่าง strain gage

๑. ต่อสายขั้วของ strain gage แต่ละตัวเข้ากับ strain gage terminal ด้วยการใช้ตะลັก ในการวิจัยนี้เลือกใช้ strain gage terminal แบบ T - P4

๒. ต่อสายไฟจาก strain gage terminal แต่ละตัวเข้าด้วยกันตามวงจรไฟฟ้า (ดูรูปที่ ข-๒)

๓. การมัดกรีสายไฟฟ้าเหมือนกับการมัดกรีทางอิเล็กทรอนิกส์ทั่วไป ควรใช้หัวแร้งแบบปากกาหรือแบบปืนขนาดเล็ก อย่าให้ความร้อนจน strain gage ร้อนมากเกินไป

การตรวจสอบ gage resistance, insulation และสภาพการติด strain gage

๑. ตรวจสอบ gage resistance ว่าตรงกับข้อกำหนดของผู้ผลิตหรือไม่

๒. ตรวจสอบว่าวงจรเปิดหรือไม่

๓. ความต้านทานระหว่าง gage filament กับผิวชั้นทกลงจะต้องมีค่า 1000 M Ω หรือมากกว่า อย่างน้อยที่สุดจะต้องไม่ต่ำกว่า 50 M Ω

๔. โวลเตจที่ใช้ต้องน้อยกว่า 50 V - D.C.

๕. ต่อสายไฟฟ้าเข้ากับ strain indicator แล้ว balance ให้ค่าที่อ่านได้ เป็นศูนย์ เอาอย่างลบกดลงบน strain gage ค่าที่แสดงบน strain indicator จะต้องเปลี่ยนแปลงไปเล็กน้อย เมื่อเอาอย่างลบออกค่าที่แสดงบน strain indicator จะต้องกลับมาที่ศูนย์เช่นเดิม

การเคลือบ strain gage ด้วย moisture-proof wax

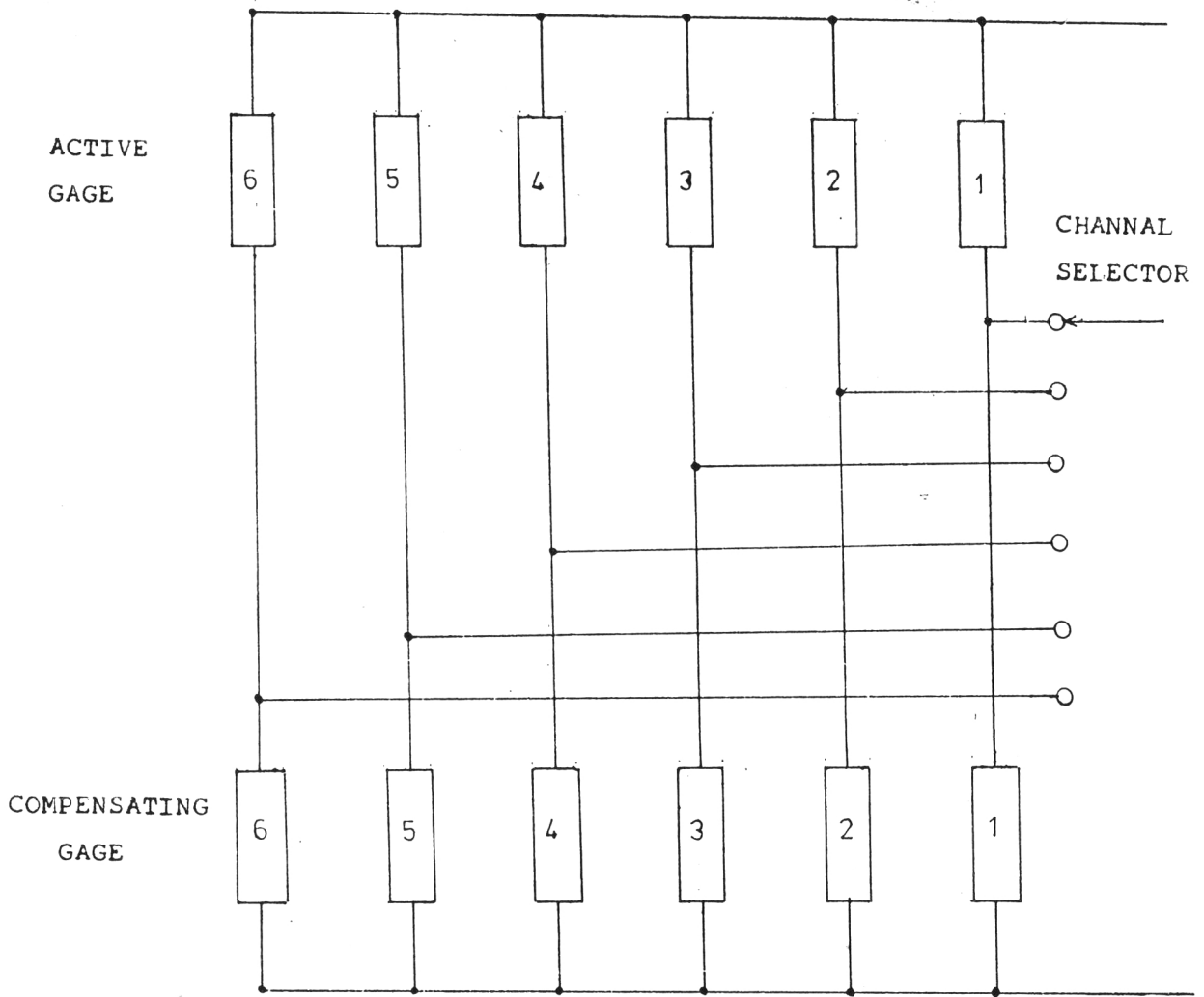
๑. หลอม wax ให้ละลาย อย่าให้ร้อนจัด แล้วใช้แปรงขนอ่อนทา wax เคลือบ strain gage เป็นชั้น ๆ การเคลือบจะทำได้ก็ต่อเมื่อ bending cement ที่ยึด strain gage ให้ติดกับชิ้นทกลงแห้งสนิทแล้วเท่านั้น

๒. ทำให้คลุม bonding cement ที่แผ่ออกมานอก strain gage ด้วย ทำให้เป็นพื้นที่มากกว่า strain gage base ประมาณ ๔-๕ เท่า และหนาประมาณ ๒-๕ มม.

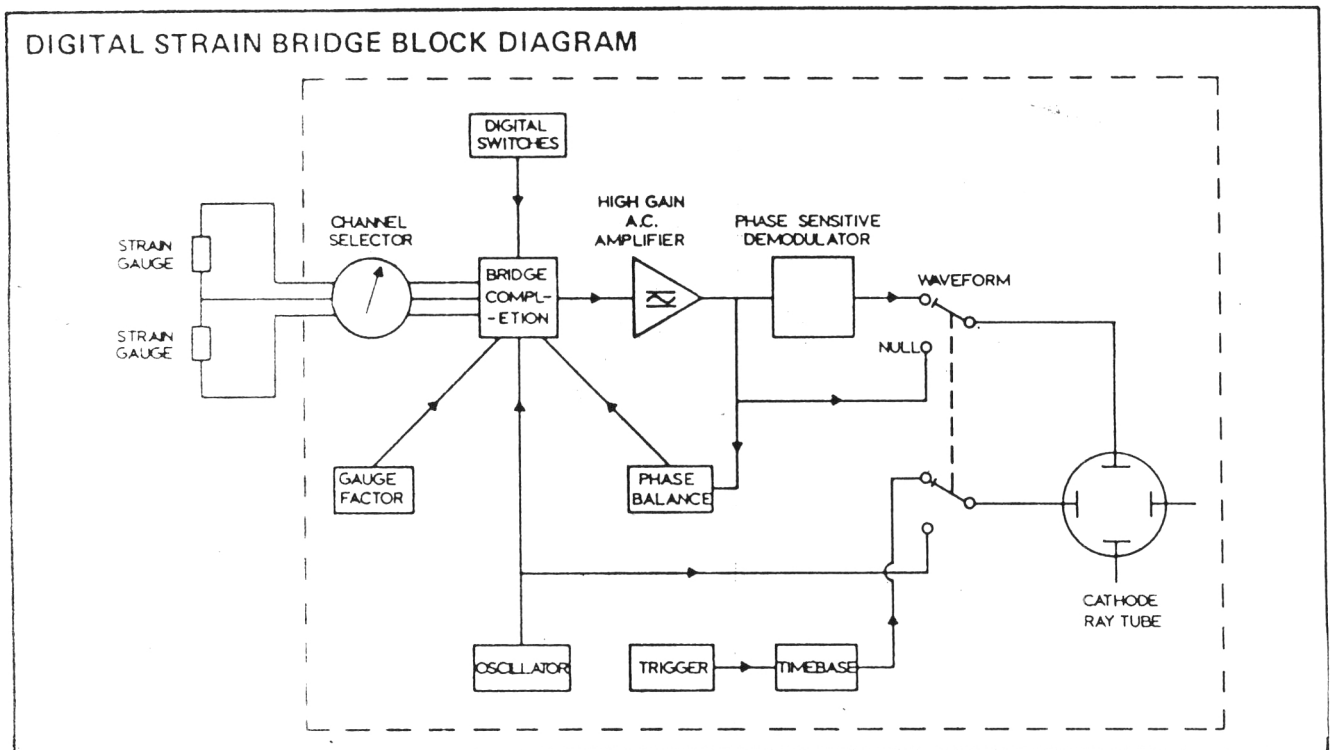
การต่อสายไฟฟ้าเข้ากับ strain indicator

๑. ต่อสายไฟฟ้าจาก strain gage terminal ไปเข้า strain indicator ให้ตรงกับวงจรไฟฟ้า (ดูรูปที่ ข-๓)

๒. สายไฟฟ้าที่ใช้ จะต้องมีความต้านทานต่ำ, insulation ดี และเป็นสายไฟฟ้าที่สามารถม้วนงอได้



รูป ข-๒ Block diagram ของ strain gage



รูป ๗-๓ Block diagram ของ strain indicator

ภาคผนวก ค

รายละเอียดของเครื่องทดสอบและเครื่องวัด

รายละเอียดจำเพาะของเครื่องทดสอบการดึง

Manufacturer Messrs, M.A.N., A.G.

Nürnberg, W. Germany.

Model M - 66 Universal Testing Machine.

Type Floor type, Hydraulically Powered Universal Testing Machine
with Variable Loading and Return Speed.

Specification

capacity: 20 Ton with 4 Subcapacity Ranges; 0 - 2, 0 - 4,
0 - 10 and 0 - 20 tons.

Graduation in Kilograms

Maximum Length of Specimen: Between Grip Holders 600 mm.

Between Compression Plates 300 mm.

Maximum Width of Flat Specimen: 60 mm.

Maximum Diameter of Specimen: 24 mm.

Span for Transverse Test: up to 900 mm.

Width of Transverse Specimen: 130 mm.

Electrical: 380 V, 50 Hz, 3-Phase Current.

รายละเอียดจำเพาะของ Strain Gage

Manufacturer Kyowa Electronic Instruments

Japan

Model KFC - 1 - C1 - 11

Type Variable Electrical Resistance Strain Gage

Specification

Gage Resistance: $120.0 \pm 0.3 \Omega$

Gage Factor: $2.11 \pm 1 \%$

Gage Length: 1 mm.

Thermal Output: $\pm 1.8 \mu\epsilon / ^\circ\text{C}$

Adoptable Thermal Expansion: $10.8 \text{ PPM}/^\circ\text{C}$

Gage Factor Change With Temperature: $0.015 \%/^\circ\text{C}$

Temperature Compensation For: Steel, Stainless Steel,
Aluminum, Magnesium.

ต้นฉบับ หน้าขาดหาย

ประวัติผู้เขียน

นาย บัญชา คังตระกูล เกิดเมื่อวันที่ ๑๙ เมษายน ๒๕๔๖ ที่อำเภอศรีดำโรง จังหวัดสุโขทัย ได้รับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง แผนกวิชาช่างยนต์ จากวิทยาลัยเทคนิคภาคพายัพ ในปีการศึกษา ๒๕๖๗ และได้รับปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล จากวิทยาลัยเทคโนโลยีและอาชีวศึกษา ในปีการศึกษา ๒๕๖๙ ปัจจุบันเป็นอาจารย์อยู่ที่ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมเทคโนโลยี วิทยาลัยเทคโนโลยีและอาชีวศึกษา.

