



บรรณานุกรม

ปดิธาน ลักณะประสิทธิ์. "Ductility ของโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก."

วิศวกรรมสาร 29 (ธันวาคม 2519) : 38 - 49.

วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย. มาตรฐานสำหรับอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก.

มาตรฐาน ว.ส.ท. 1001 - 16, มิถุนายน 2517, กรุงเทพมหานคร :
โรงพิมพ์รวมมิตรไทย, 2517.

วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย. มาตรฐานสำหรับอาคารวัสดุก่อ. มาตรฐาน ว.ส.ท.

1005 - 18, ธันวาคม 2518, กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์มหาวิทยาลัย
ธรรมศาสตร์, 2519.

วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย. ศัพท์วิทยาการวิศวกรรมโยธา. กรุงเทพมหานคร :

โรงพิมพ์สหมิตรการพิมพ์, 2517.

วุฒิพันธ์ เติชัญญวารากุล. "ระบบพื้นอิฐโปร่งอัดแรง." วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบัณฑิต

แผนกวิชาวิศวกรรมโยธา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2518.

สนั่น เจริญเผ่า และวินิต ซอวิเชียร. คอนกรีตเสริมเหล็ก. พิมพ์ครั้งที่ 1 กรุงเทพฯ

มหานคร : โรงพิมพ์รวมมิตรไทย, 2518.

อำนาจ พานิชกุล, สมนึก กุลประภา และ วินิต ซอวิเชียร. การวิเคราะห์โครงสร้าง.

พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์รวมมิตรไทย, 2517.

ACI Committee 318. Building Code Requirements for Reinforced

Concrete (ACI 318 - 63). American Concrete Institute,
Detroit, 1963.

ACI Committee 318. Building Code Requirements for Reinforced

Concrete (ACI 318 - 71). American Concrete Institute,
Detroit, 1971.

ACI Committee 435. "Variability of Deflection of Simply Supported Reinforced Concrete Beams." Journal of the American Concrete Institute. Proceeding Vol. 69 Title No. 69 - 3, (January 1972) : 2.

Andrews, H. "Mortar for Brickwork, Block Construction and Masonry." National Building Studies Bulletin. No. 8 Department of Scientific and Industrial Research, London, 1950.

Brelle, H.J. Ultimate Strength Design of Reinforced Brickwork Piers in Compression and Biaxial Bending. Unicity Report No. R. 49. June 1969.

David Lenczner. Element of Loadbearing Brickwork. 1st. ed. Pergamon Press, 1972.

Ferguson, P.M. Reinforced Concrete Fundamentals. 2 nd. ed. New York : John Wiley & Sons, 1965.

Frank B. Johnson and J. Neiles Thompson. Designing Engineering and construction with Masonry Products. Houston, Texas : Gulf Publishing, 1969.

Harry C. Plummer and John A. Blume, Reinforced Brick Masonry and Lateral Force Design. Structural Clay Products Institute, Washington D.C., 1963.

James H. Hansen. "Development in Reinforced Brick Masonry." Proceeding of ASCE (March 1933) : 407.

- Jesses C. Saemann. Investigation of the Structural Properties of Reinforced Concrete Masonry. National Concrete Masonry Association, Illinois, 1955.
- Knowles, P.R. Composite Steel and Concrete Construction. London : Butterworths Co. Ltd. 1973.
- Michael Gage and Tom Kirkbride. Design in Brickwork. London : Architectural Press, 1972.
- Natimal Bureau of Standards Hand book 74. Building Code Requirements for Reinforced Masonry. Unit States Department of Commerce, 1960.
- Perry, C.C. and Lissner, H.R. The Strain Gage Primer. 2 nd. ed. New York : McGraw - Hill Book Co., 1962.
- Saven Sahlin. Structural Masonry. Englewood Cliffs, N.J. : Prentice - Hall, 1971.
- Thorley, W. Design of Loadbearing Brickwork in SI and Imperial Units. London : William Heinemann Ltd., 1970.
- William H. Lorell. The Structural Properties and Characteristics of Vitrified Clay Element. The Research of the Asian Institute of Technology, Thailand, 1968.
- Winter, G. and Nilson, Arthur H. Design of Concrete Structures . International Student Edition, McGraw - Hill Kogakusha Ltd., 1972.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก.
คุณสมบัติของวัสดุ

ตารางที่ 3.1 คุณสมบัติของการกูดซึมของอิฐ

แบบที่	ลำดับที่	น.น.อิฐแห้งของ (กก.)		น.น.อิฐจมน้ำในเวลา (กก.)		% การกูดซึมในเวลา	
		$\frac{1}{2}$ ชม.	24 ชม.	$\frac{1}{2}$ ชม.	24 ชม.	$\frac{1}{2}$ ชม.	24 ชม.
1	1	1.350	1.380	1.490	1.540	10.4	11.6
	2	1.360	1.450	1.490	1.610	8.1	11.0
	3	1.350	1.320	1.480	1.460	9.6	10.6
	เฉลี่ย	-	-	-	-	9.4	11.1
2	1	1.353	1.278	1.440	1.393	6.4	9.0
	2	1.232	1.264	1.323	1.381	7.4	9.3
	3	1.348	1.317	1.449	1.414	7.5	7.4
	4	1.329	1.268	1.388	1.323	4.4	4.3
	5	1.296	1.354	1.342	1.450	3.5	7.1
	6	1.269	1.232	1.350	1.333	6.4	8.2
เฉลี่ย	-	-	-	-	6.0	7.5	
3	1	1.700	1.836	1.878	1.920	10.5	7.3
	2	1.841	1.710	1.882	1.825	2.2	6.7
	3	1.721	1.734	1.852	1.861	7.6	7.3
	4	1.694	1.697	1.813	1.845	7.0	8.7
	5	1.731	1.701	1.900	1.885	9.8	10.8
	6	1.783	1.841	1.936	1.890	8.6	7.9
เฉลี่ย	-	-	-	-	7.6	8.1	

ตารางที่ 3.1 คุณสมบัติการดูดซึมของอิฐ (ต่อ)

แบบที่	ลำดับที่	น.น.อิฐ แห้งของ(กก.)		น.น.อิฐจุ่มน้ำใน เวลา(กก.)		% การดูดซึมในเวลา	
		1/2 ชม.	24 ชม.	1/2 ชม.	24 ชม.	1/2 ชม.	24 ชม.
4H	1	0.811	0.731	0.841	0.805	3.7	10.1
	2	0.791	0.774	0.857	0.851	5.8	9.9
	3	0.784	0.769	0.855	0.810	6.5	5.5
	4	0.723	0.751	0.775	0.809	7.2	7.7
	5	0.765	0.812	0.825	0.844	7.3	3.9
	6	0.811	0.791	0.862	0.844	6.3	6.7
	เฉลี่ย	-	-	-	-	6.2	7.3
4	1	1.669	1.668	1.749	1.781	4.8	6.8
	2	1.582	0.693	1.629	1.794	3.0	6.0
	3	1.574	1.515	1.628	1.626	3.4	7.5
	4	1.575	1.624	1.645	1.770	4.4	9.0
	5	1.616	1.670	1.657	1.759	2.5	5.3
	6	1.614	1.582	1.723	1.634	6.8	3.3
	เฉลี่ย	-	-	-	-	4.2	6.3

ตารางที่ 3.2 กำลังอัดประลัยของอิฐ

อิฐ แบบที่	ก่อนที่	ทิศทาง แรงที่กด	ขนาดหน้าตัด ของอิฐ (ซม. + ซม.)	นน. อิฐ (กก.)	พื้นที่หน้าตัด (ซม. ²)		แรงอัด ประลัย (ตัน)	กำลังอัดประลัย		กำลังอัดประลัยเฉลี่ย		
					ทั้งหมด	สุทธิ		คิดหน้าตัด(กก. /ซม. ²)	คิดหน้าตัด (กก. /ซม. ²)	ทั้งหมด	สุทธิ	
1	1	ตั้งฉาก	6.5 + 22.5	1.410	146.25	62.40	9.82	67.15	157.37	64	150	
	2	กับริฐ	6.5 + 22.5	1.380	146.25	62.40	9.23	63.11	147.92			
	3		6.4 + 22.5	1.360	144.00	61.44	8.93	62.01	145.35			
2	1	ตั้งฉาก	14.3 + 11.7	1.278	167.31	53.82	11.35	67.84	210.89	74	255	
	2		14.4 + 12.0	1.317	172.80	50.40	11.90	68.86	236.11			
	3		กับริฐ	14.3 + 11.6	1.299	165.88	46.40	11.85	71.44			255.39
	4		14.3 + 12.0	1.329	171.60	46.80	14.85	86.54	317.31			
	5	ขนาน	14.4 + 6.3	1.345	90.72	58.28	20.85	229.8	357.8	199	310	
	6		14.5 + 6.4	1.275	92.80	58.75	15.80	170.3	268.9			
	7		กับริฐ	14.3 + 6.2	1.330	88.66	57.23	17.05	192.3			297.9
	8		14.5 + 6.3	1.326	91.35	58.68	18.50	202.5	315.3			

ตารางที่ 3.2 กำลังอัดประลัยของอิฐ (ต่อ)

อิฐ แบบที่	ก้อนที่	ทิศทาง แรงที่กด	ขนาดหน้าตัด ของอิฐ (ซม. + ซม.)	นน. อิฐ (กก.)	พื้นที่หน้าตัด (ซม. ²)		แรงอัด ประลัย (ตัน)	กำลังอัดประลัย คิดหน้าตัด(กก./ซม. ²)		กำลังอัดประลัยเฉลี่ย คิดหน้าตัด (กก./ซม. ²)	
					ทั้งหมด	สุทธิ		ทั้งหมด	สุทธิ	ทั้งหมด	สุทธิ
3	1	ค้ำฉาก กับรู	14.3 + 13.9	1.721	198.77	63.94	11.45	57.60	179.07	63	194
	2		14.4 + 14.2	1.820	204.48	65.32	13.20	64.55	202.08		
	3		14.8 + 14.0	1.753	207.20	68.60	11.25	54.30	164.00		
	4		14.7 + 14.2	1.786	208.74	66.74	15.50	74.26	232.24		
	5	ขนาน กับรู	14.4 + 7.8	1.715	112.32	72.16	20.90	196.1	289.6	183	282
	6		14.4 + 7.7	1.741	110.88	70.56	21.95	198.0	311.1		
	7		14.3 + 7.8	1.752	111.54	71.88	20.80	186.5	289.4		
	8		14.4 + 7.9	1.789	113.76	72.68	17.40	153.0	239.4		
4 H ประกบ	1	ขนาน กับร่อง	13.7 + 14.0	3.361	191.8	63.63	12.55	65.43	197.23	62	188
	2		13.5 + 14.0	3.139	189.0	60.24	9.70	51.32	161.02		
	3		13.7 + 14.0	3.252	191.8	62.09	12.50	65.17	201.32		
	4		13.6 + 13.8	3.191	187.7	62.24	12.10	64.46	194.41		

ตารางที่ 3.3 คุณสมบัติของเหล็กเสริม

เหล็ก ϕ (มม.)	เส้นผ่าศูนย์กลาง กลางเฉลี่ย (มม.)	พื้นที่หน้าตัด เฉลี่ย (ซม.^2)	เส้นรอบรูป เฉลี่ย (ซม.)	% การยึด	หน่วยแรง ดึงที่ใช้ (กก./ ซม.^2)	กำลังดึง คาด (กก./ ซม.^2)	กำลัง ดึงประลัย (กก./ ซม.^2)
6	5.7	0.255	1.791	24	1800	3900	4600
9	8.0	0.503	2.513	18	2050	4100	5200
12	11.7	1.075	3.676	29	1350	2700	4070
15	14.6	1.674	4.587	27	1350	2700	4800
19	18.4	2.659	5.781	29	1350	2700	4300

หมายเหตุ จากการทดลองได้ค่าเฉลี่ย $E_s = 2.24 \times 10^6$ กก./ ซม.^2

ตารางที่ 3.4 กำลังอัดประลัยของปูนสอ

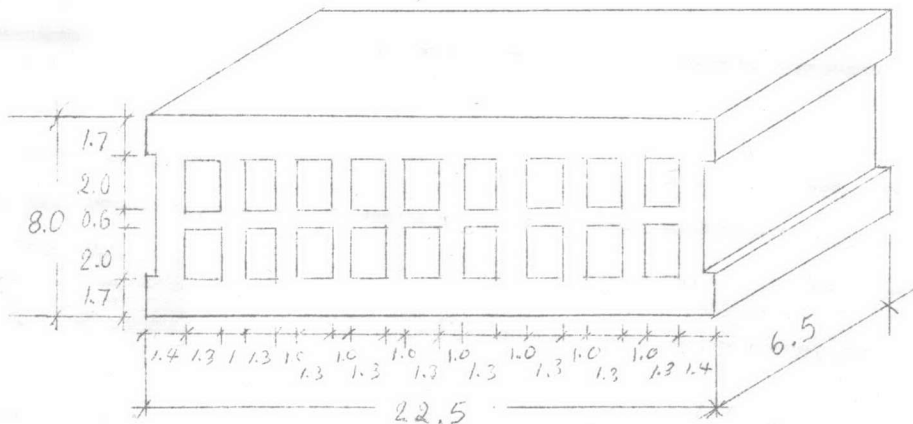
ก้อนที่	อายุ (วัน)	น้ำหนัก (กรัม)	พื้นที่ หน้าตัด (ซม. ²)	แรงอัด ประลัย (กก.)	กำลังอัดประลัย (กก./ซม. ²)	
					แต่ละก้อน	เฉลี่ย
1	3	287	26.16	2750	105.1	99
2	3	292	26.01	2600	99.9	
3	3	280	25.76	2400	93.2	
4	15	271	25.50	4620	181.2	184
5	15	280	26.01	4710	181.1	
6	15	270	26.26	4950	188.5	
7	3	280	26.16	4800	183.5	184
8	3	279	26.01	4900	188.4	
9	3	278	25.76	4620	179.3	
10	6	280	25.76	6800	264.0	270
11	6	287	26.01	7250	278.7	
12	6	290	26.01	6950	267.2	
13	12	285	26.26	9000	342.7	356
14	12	278	25.76	9350	363.0	
15	12	285	26.26	9150	348.4	
16	12	284	25.76	9400	364.9	
17	12	286	26.01	9200	353.7	
18	12	295	26.26	9500	361.8	

หมายเหตุ อัตราส่วนปูนสอ ปูนซีเมนต์ : ทราย = 1:3 โดยปริมาตร
 ก้อนที่ 1 - 6 ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ชนิดที่ 1
 ก้อนที่ 7 - 18 ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ชนิดที่ 3

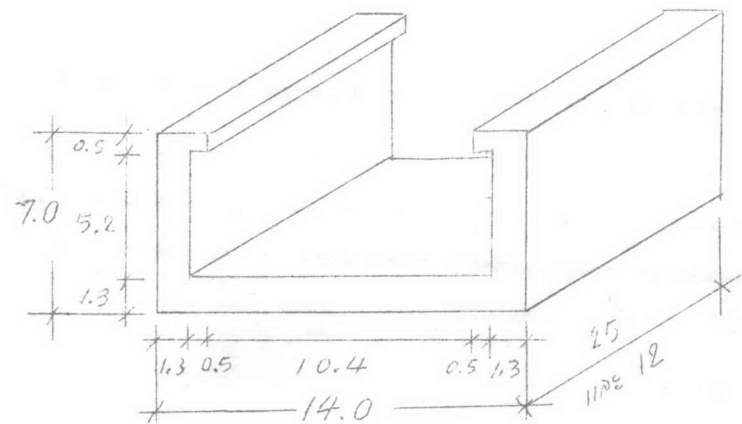
ตารางที่ 3.5 กำลังอัดประลัยของแท่งคอนกรีตรูปทรงกระบอก

ลำดับ ที่	น้ำหนัก (กก.)	อายุ (วัน)	แรงอัด ประลัย (ตัน)	กำลังอัด ประลัย (กก./ซม. ^๒)	กำลังอัด ประลัยที่ไว้ (กก./ซม. ^๒)	ความที่ใช้
1.	13.150	15	24.8	140.3	140	B1 - 1.50
2.	12.830	4	32.1	181.6	180	B1 - 2.00
3.	12.740	10	41.2	233.1	230	B2 - 1.50
4.	12.800	10	40.8	230.9		B2 - 2.00, B3 - 2.00
5.	12.762	5	34.0	192.4	190	B4 - 2.00
6.	12.798	9	41.3	233.7	230	B3 - 1.50, B4 - 1.50
7.	12.730	9	41.0	232.0		B5 - 3.00, B6 - 2.00
8.	12.809	13	45.9	259.7	260	B1 - 3.00, B2 - 3.00
9.	12.750	13	46.3	262.0		B3 - 3.00, B4 - 3.00

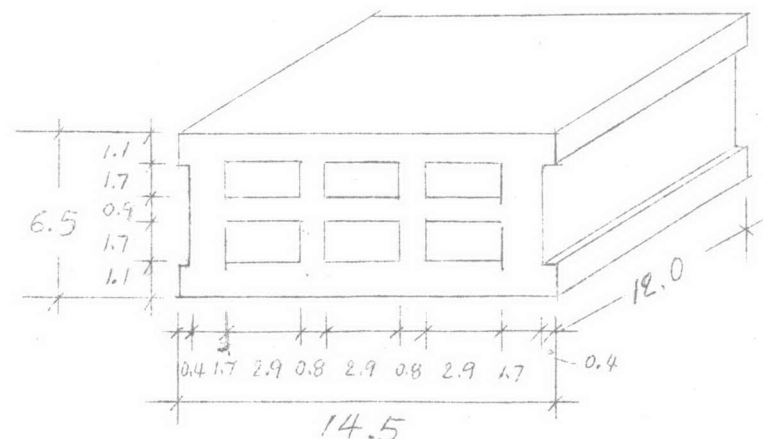
หมายเหตุ ลำดับที่ 1 ใ้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ชนิดที่ 1
ลำดับที่ 2 - 9 ใ้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ชนิดที่ 3



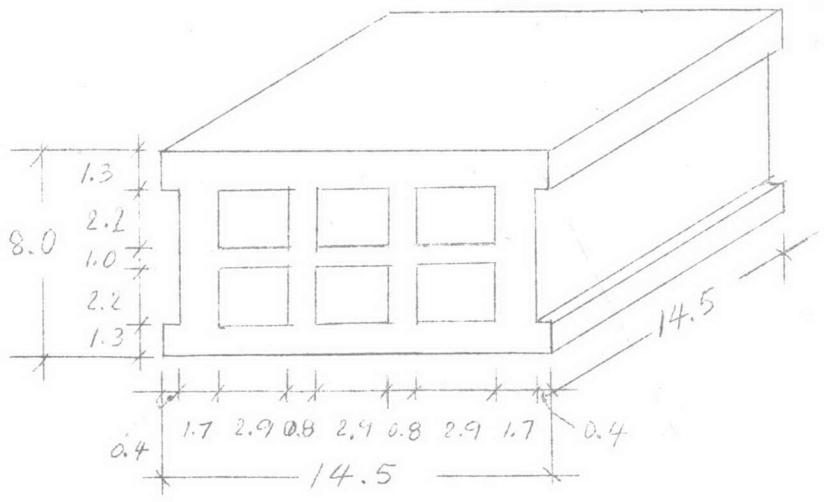
แบบที่ 1



แบบที่ 4 (4H)

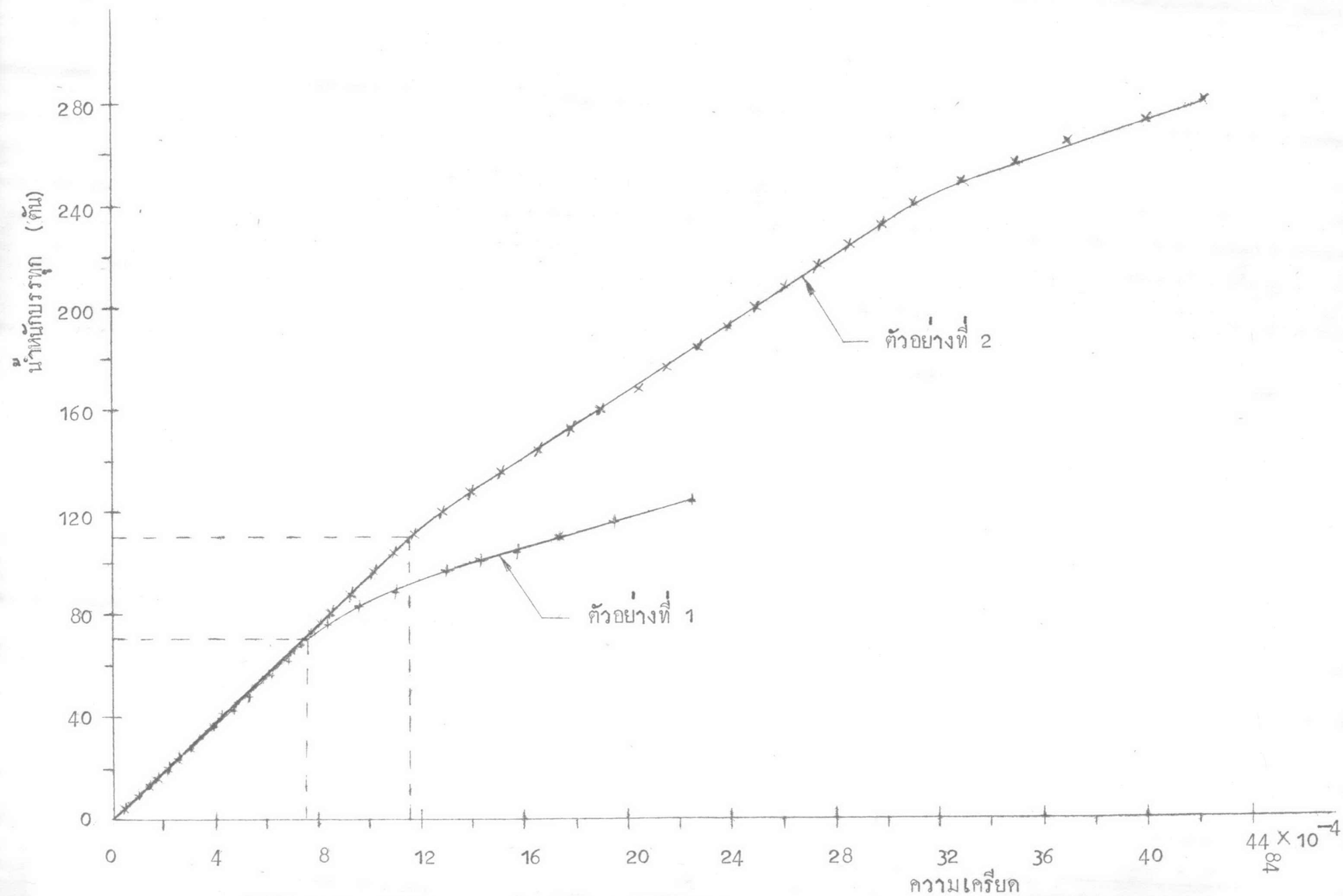


แบบที่ 2



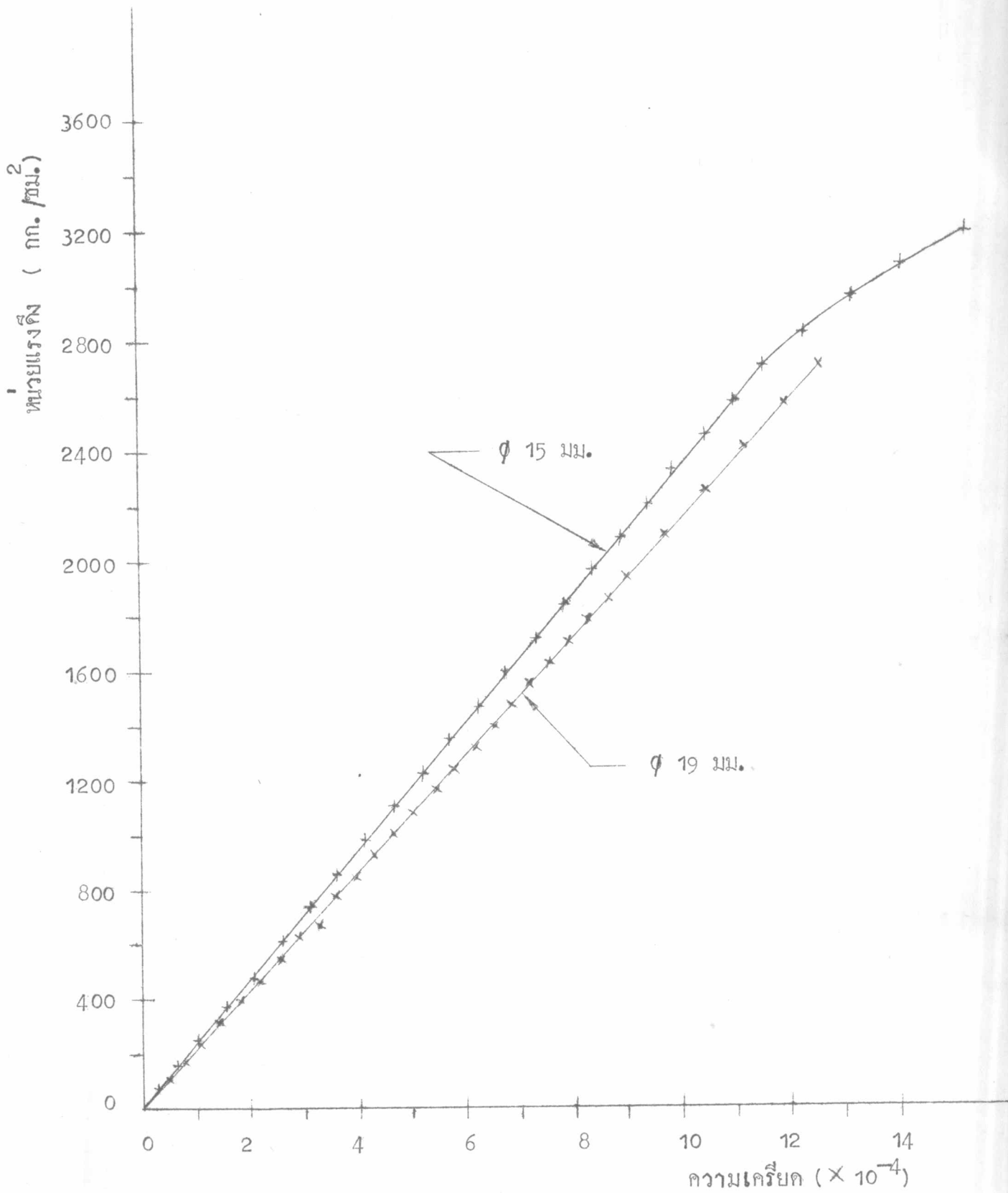
แบบที่ 3

รูปที่ 3.1 ปริติไซท์ทดลอง

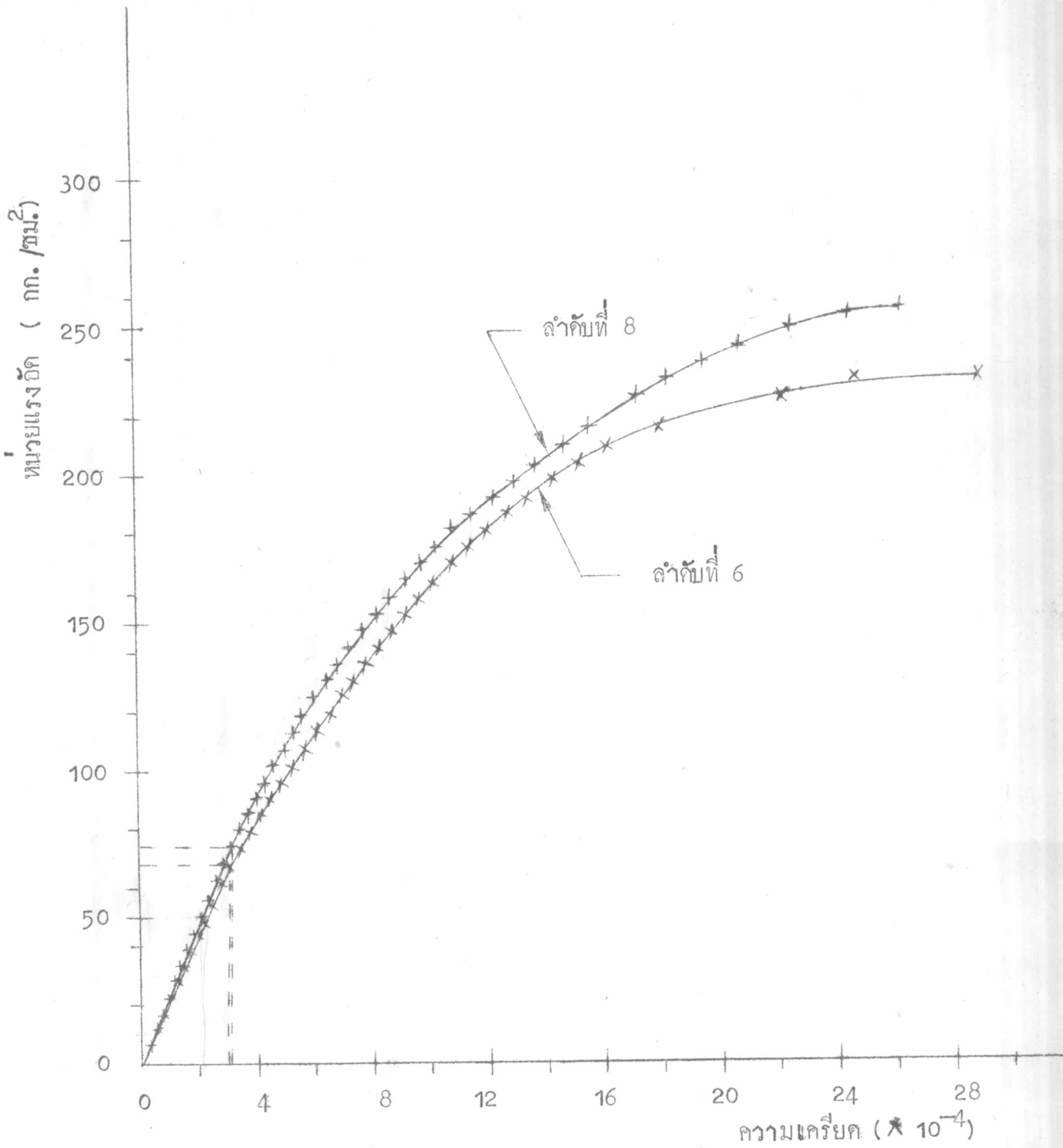


รูปที่ 3.2 การหาโมดูลัสยืดหยุ่นของอิฐ

รูปที่ 3.3 การทดสอบดึงเหล็ก



รูปที่ 3.4 การทดสอบเพ่งคอนกรีตรูปทรงกระบอก



ภาคผนวก ข.
วิธีการก่อสร้างและรูปหน้าตัดของถนน

ตารางที่ 4.1 ขนาดของคานต่าง ๆ ที่ใช้ทดลอง

คาน	ขนาด (ซม. x ซม.)	เหล็กกลาง (มม.)	ระยะช่วง (ม.)	ความยาว คาน ทั้งหมด (ม.)	น.น. คาน ทั้งหมด (กก.)	หน่วย น.น. ของคาน (กก./ม.)	อายุ ของ คาน (วัน)
B1-1.50	14 x 33	2 \emptyset 12	1.50	1.79	169	94.4	15
B2-1.50	14 x 30	2 \emptyset 12	1.50	1.84	143	77.7	10
⊕ B3-1.50	14 x 30	2 \emptyset 12	1.50	1.78	134	75.3	9
B4-1.50	14 x 30	2 \emptyset 15	1.50	1.77	140	79.1	9
* B1-2.00	14 x 22	2 \emptyset 12	2.00	2.37	125	52.7	4
B2-2.00	14 x 30	2 \emptyset 12	2.00	2.38	180	75.6	12
B3-2.00	14 x 30	2 \emptyset 15	2.00	2.39	182	76.2	11
* B4-2.00	14 x 25	2 \emptyset 15	2.00	2.36	140	59.3	5
+ B5-2.00	14 x 30	2 \emptyset 12	2.00	2.37	174	73.4	8
B6-2.00	14 x 30	2 \emptyset 15	2.00	2.36	182	77.1	8
B1-3.00	14 x 33	2 \emptyset 15	3.00	3.34	285	85.3	12
B2-3.00	14 x 33	2 \emptyset 15	3.00	3.35	283	84.5	12
B3-3.00	14 x 33	2 \emptyset 19	3.00	3.34	286	85.6	13
B4-3.00	14 x 33	2 \emptyset 19	3.00	3.32	282	84.9	13

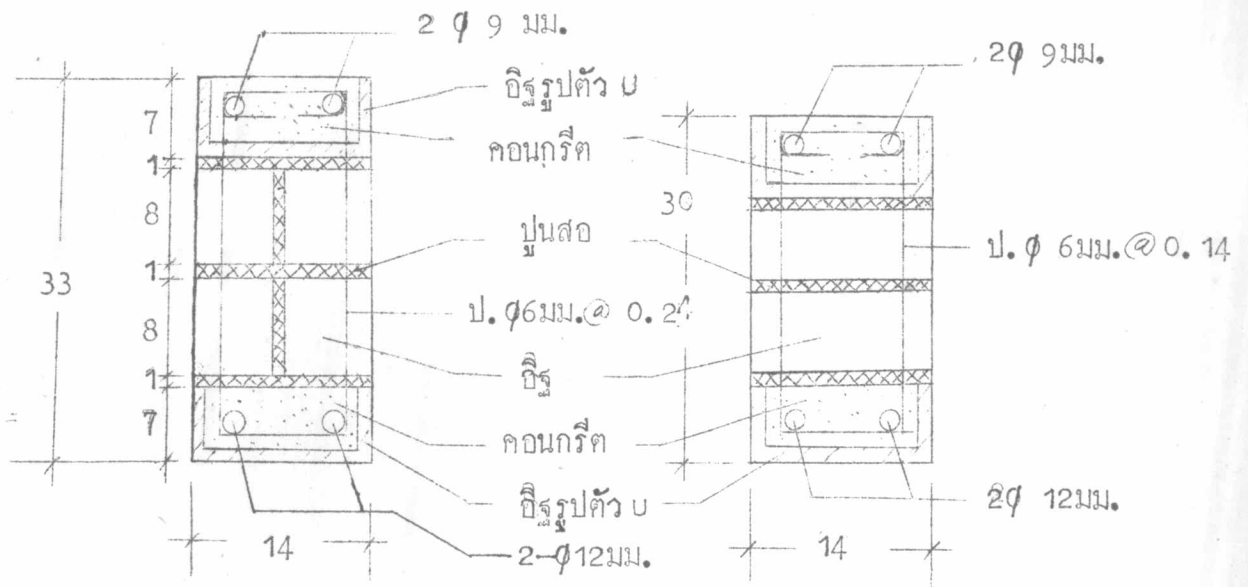
หมายเหตุ คานทุกตัวใส่เหล็กบน 2 \emptyset 9 มม. ยกเว้นคาน B3-1.50 ไม่มีเหล็กบน คาน B3-3.00 และ B4-3.00 ไม่ได้ออกข้อที่ปลายเหล็กเสริมเอก

⊕ คานที่ไม่มีเหล็กบนและเหล็กปลอก

* คานระหว่างก่อสร้าง (ไม่ทดสอบกรีตที่ส่วนบน)

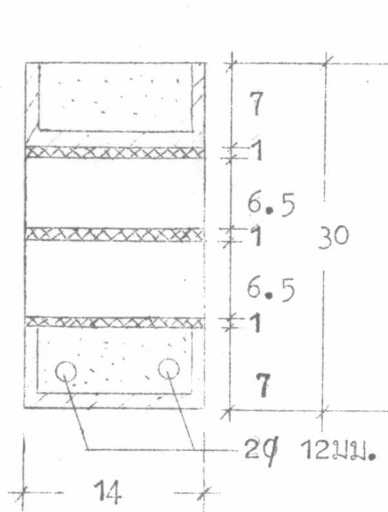
+ คานที่ไม่อุดปูนสอที่รอยเชื่อมต่อของอิฐในแนวค้ำตามเหล็กปลอก

รูปที่ 4.1 รูปหน้าตัดของคานต่างที่ใช้ทดลอง

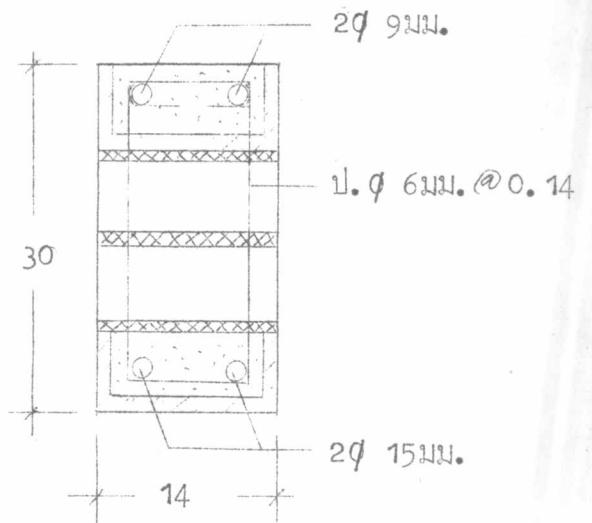


B1 - 1.50

B2 - 1.50



B3 - 1.50



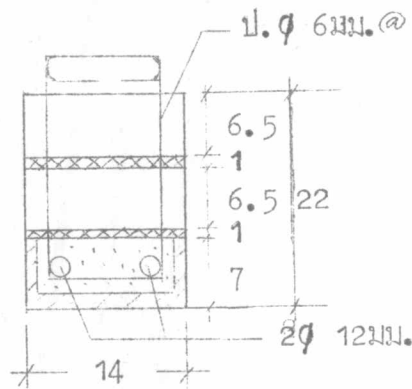
B4 - 1.50

หมายเหตุ

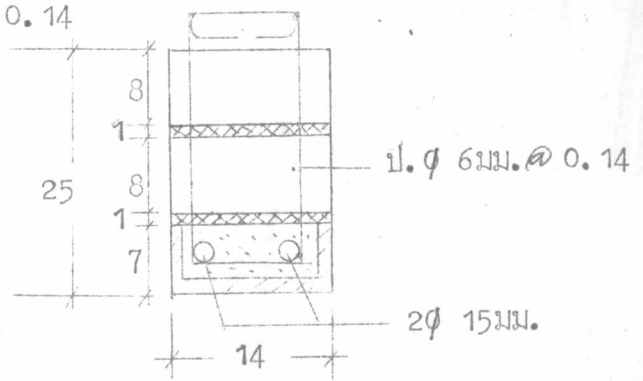
B1 - 1.50 ใช้ดิวแบบที่ 1

B2 - 1.50, B3 - 1.50 และ B4 - 1.50 ใช้ดิวแบบที่ 2

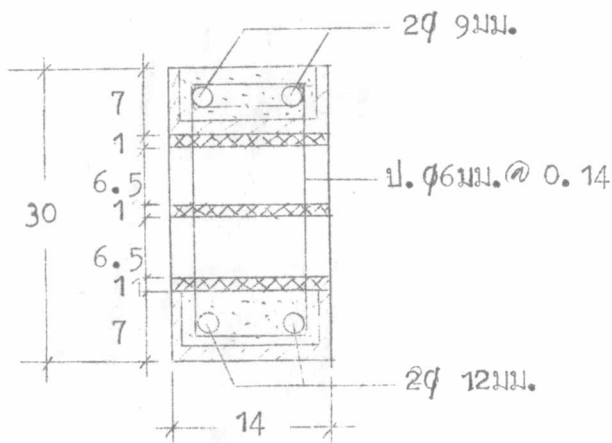
รูปที่ 4.1 รูปหน้าตัดของคานตางที่ไรทคดอง (ต่อ)



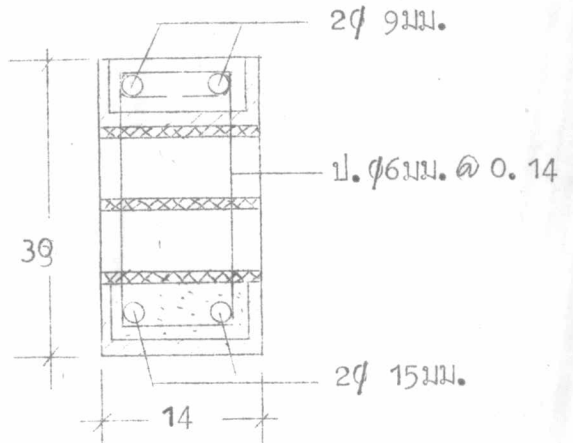
B1 - 2.00



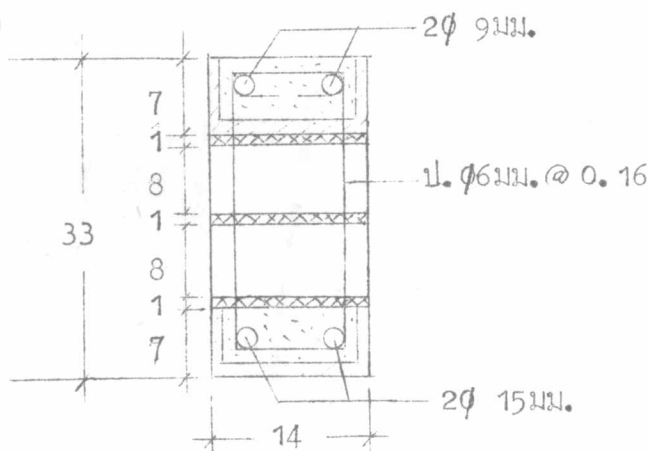
B4 - 2.00



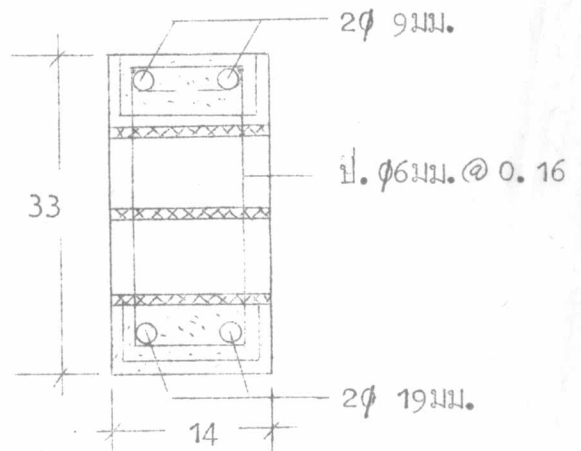
B2 - 2.00 และ B5 - 2.00



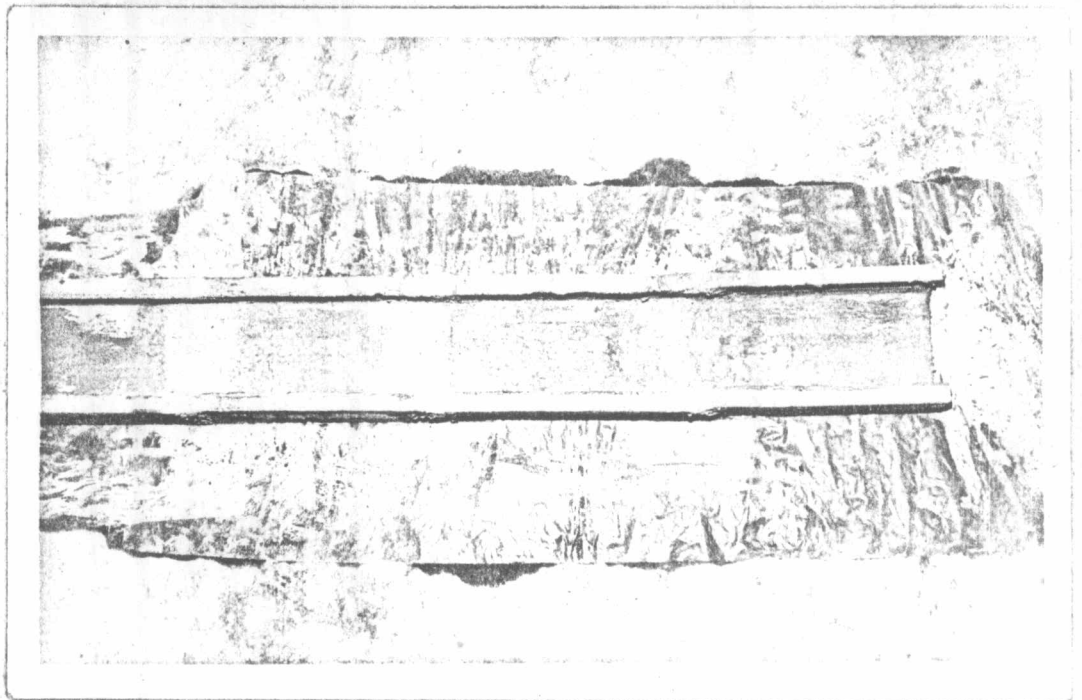
B3 - 2.00 และ B6 - 2.00



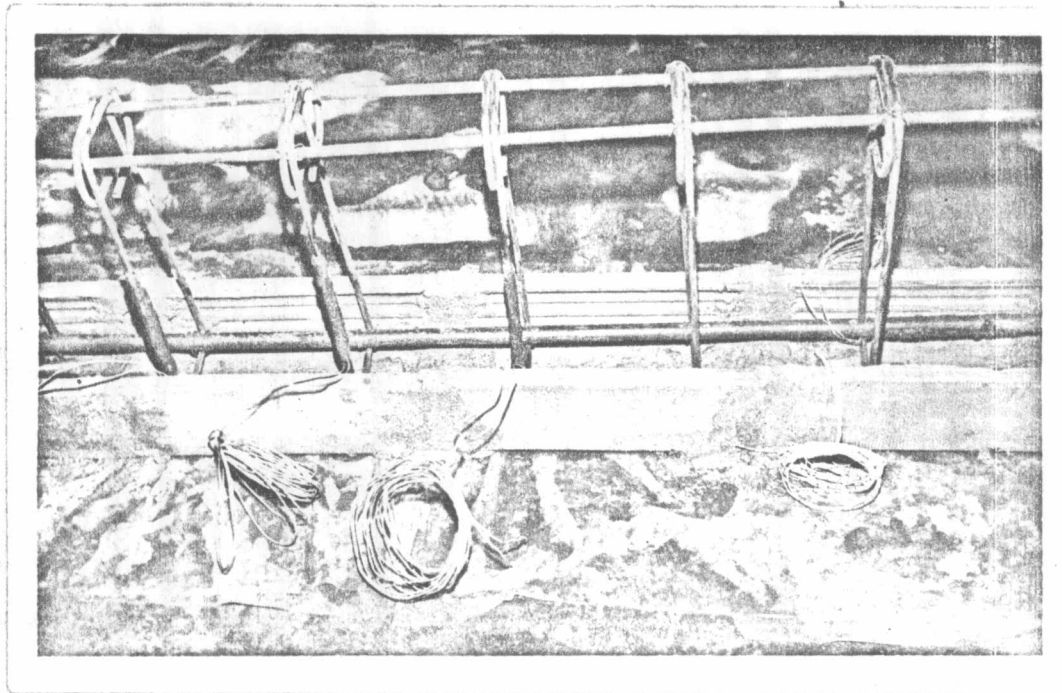
B1 - 3.00 และ B2 - 3.00



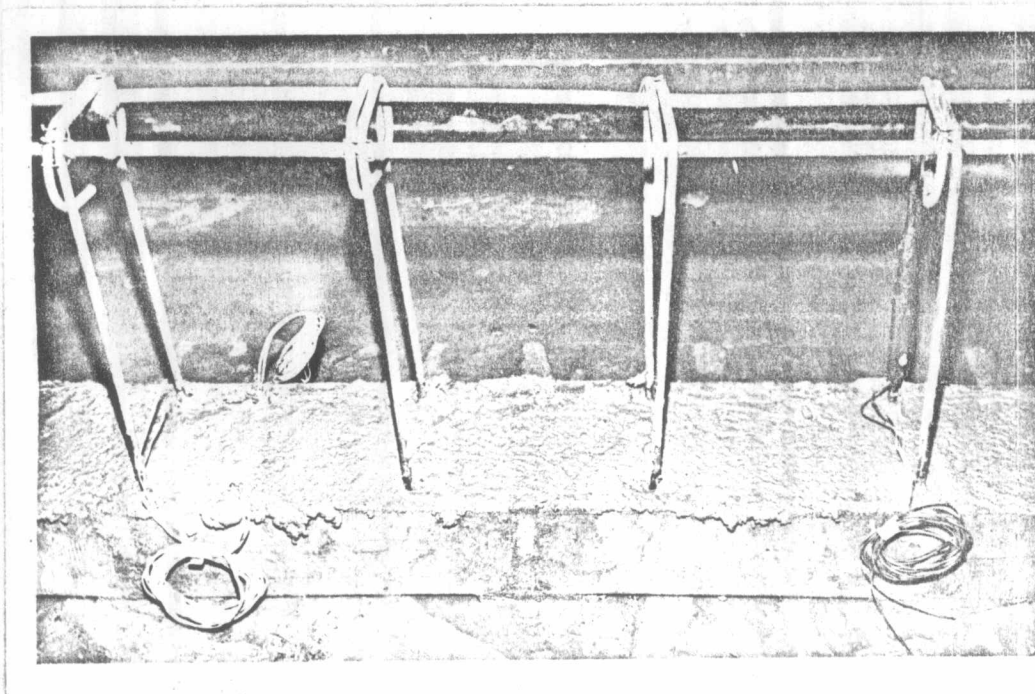
B3 - 3.00 และ B4 - 3.00



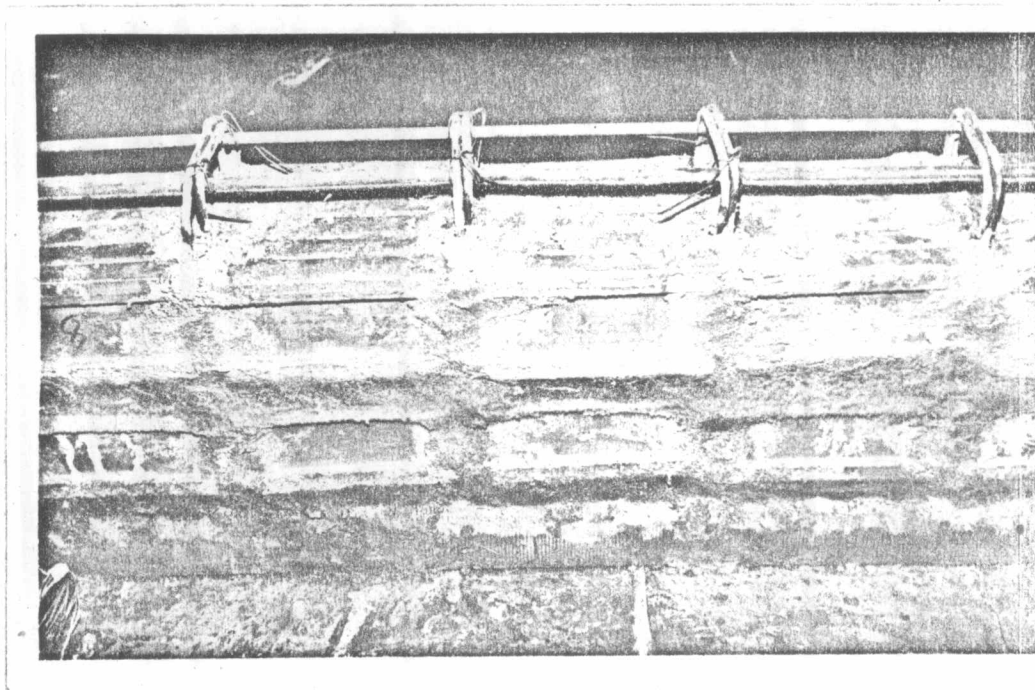
รูปที่ 4.2 การวางอิฐรูปตัว M ให้เป็นรูปร่างน้ำ



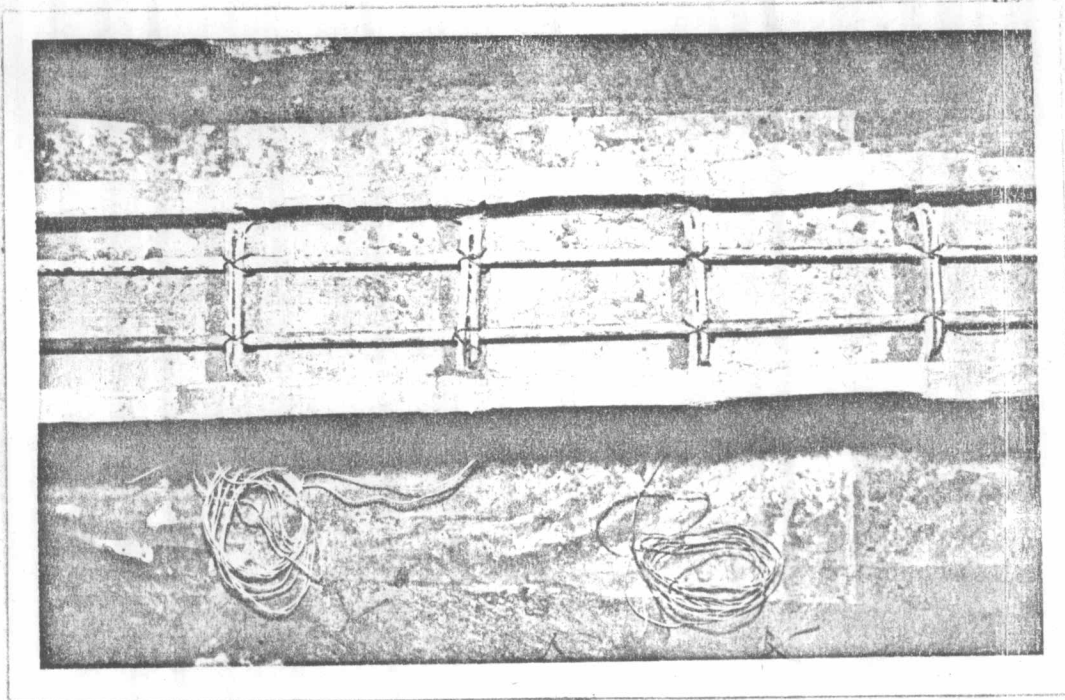
รูปที่ 4.3 การวางเหล็กเสริมลงในแนวอิฐรูปร่างน้ำ



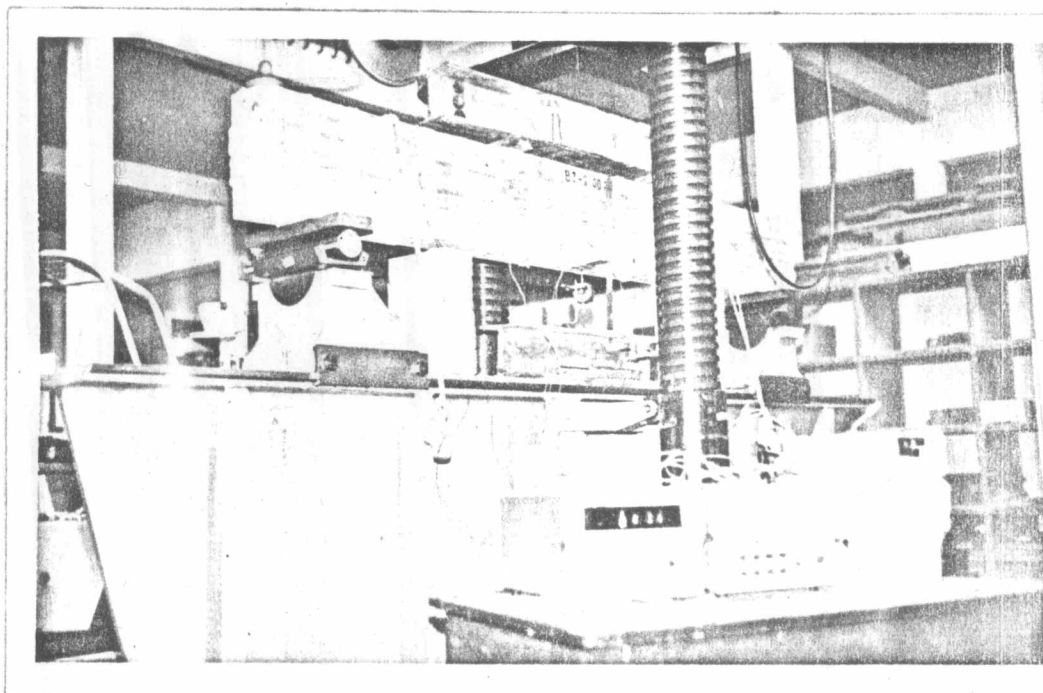
รูปที่ 4.4 การเทคอนกรีตส่วนล่างลงในแนวอิฐปรางน้ำ



รูปที่ 4.5 การก่ออิฐบนคอนกรีตส่วนล่าง



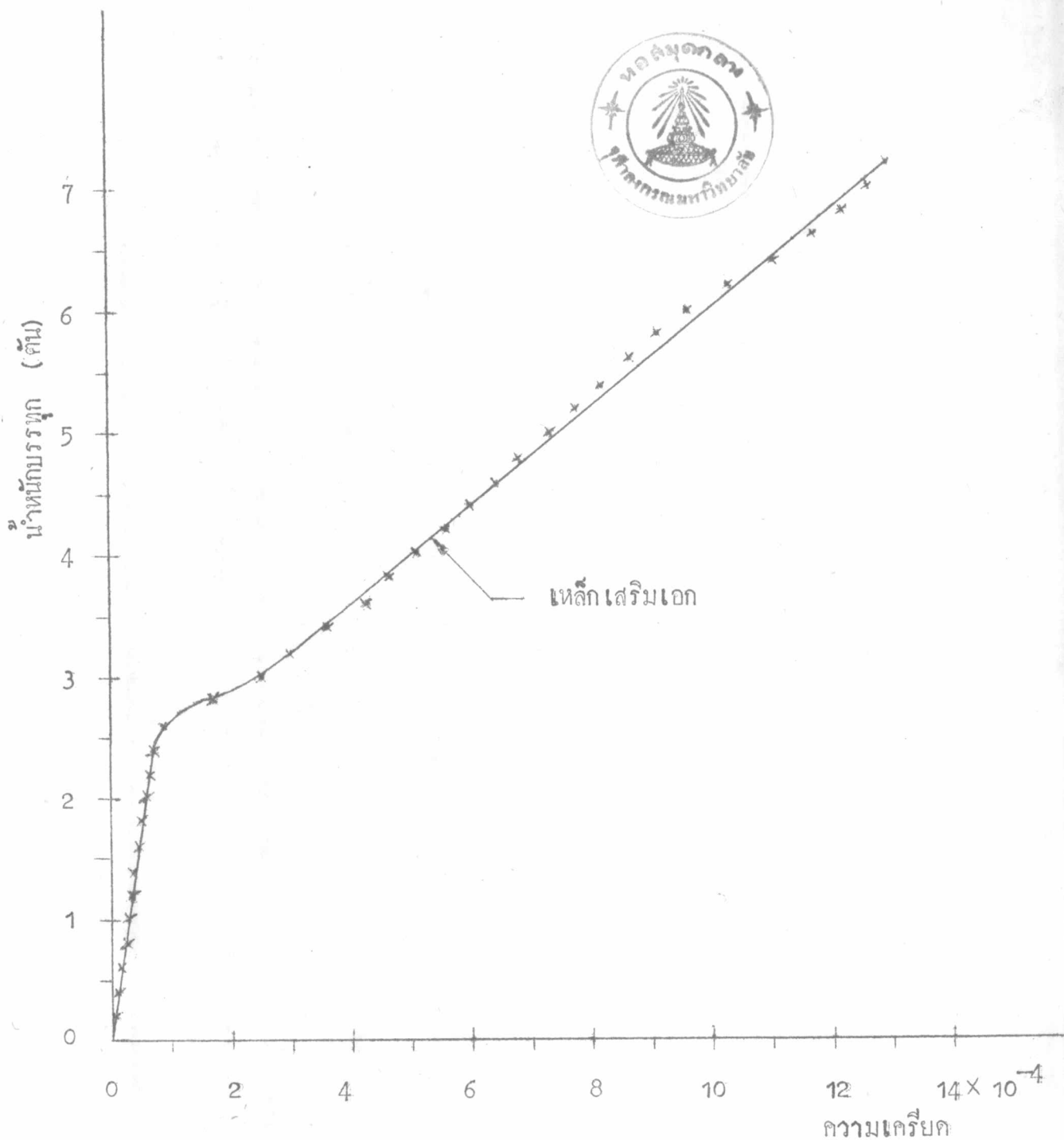
รูปที่ 4.6 การก่ออิฐรูปตัว U พร้อมที่จะเทคอนกรีตส่วนบน



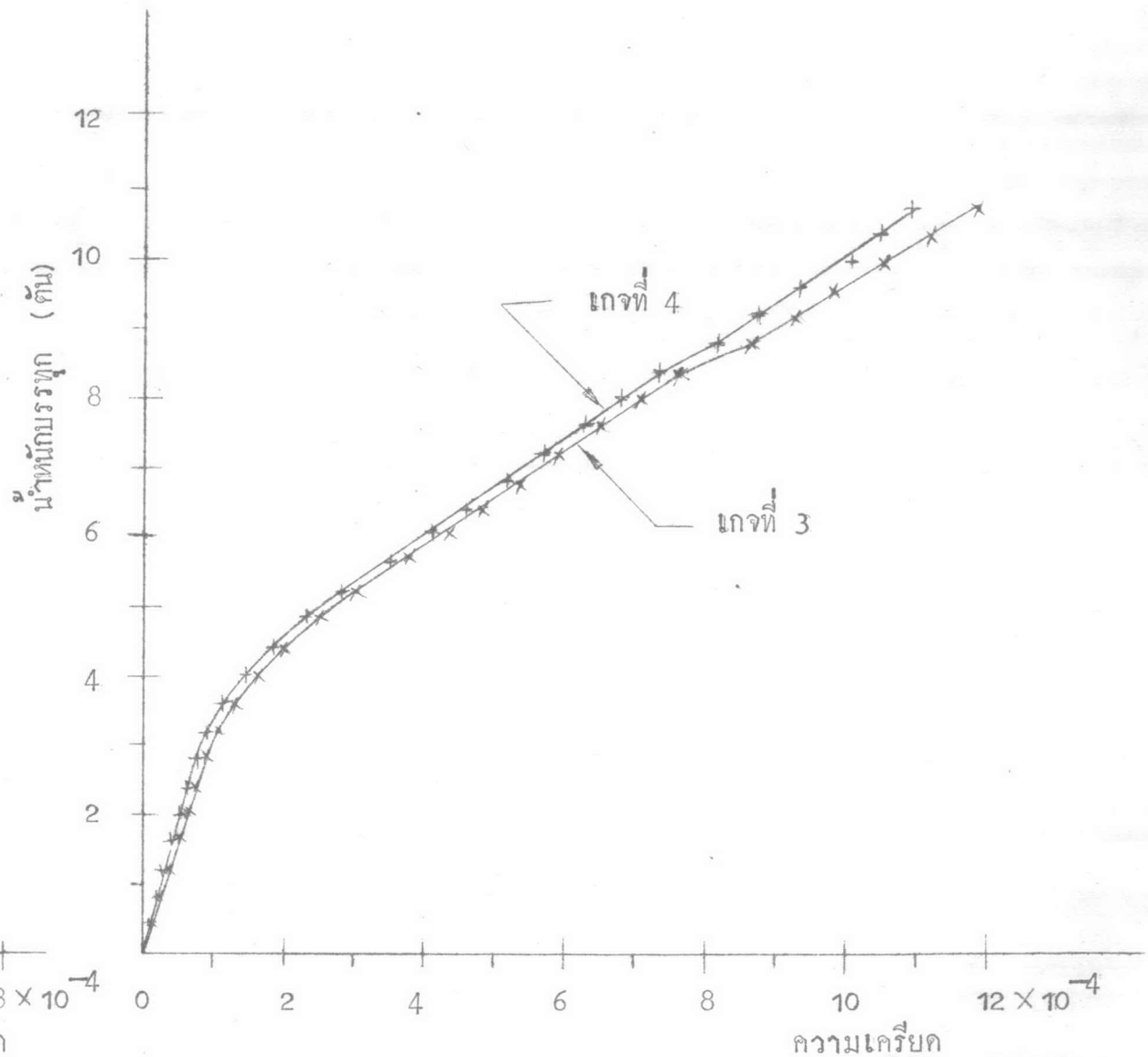
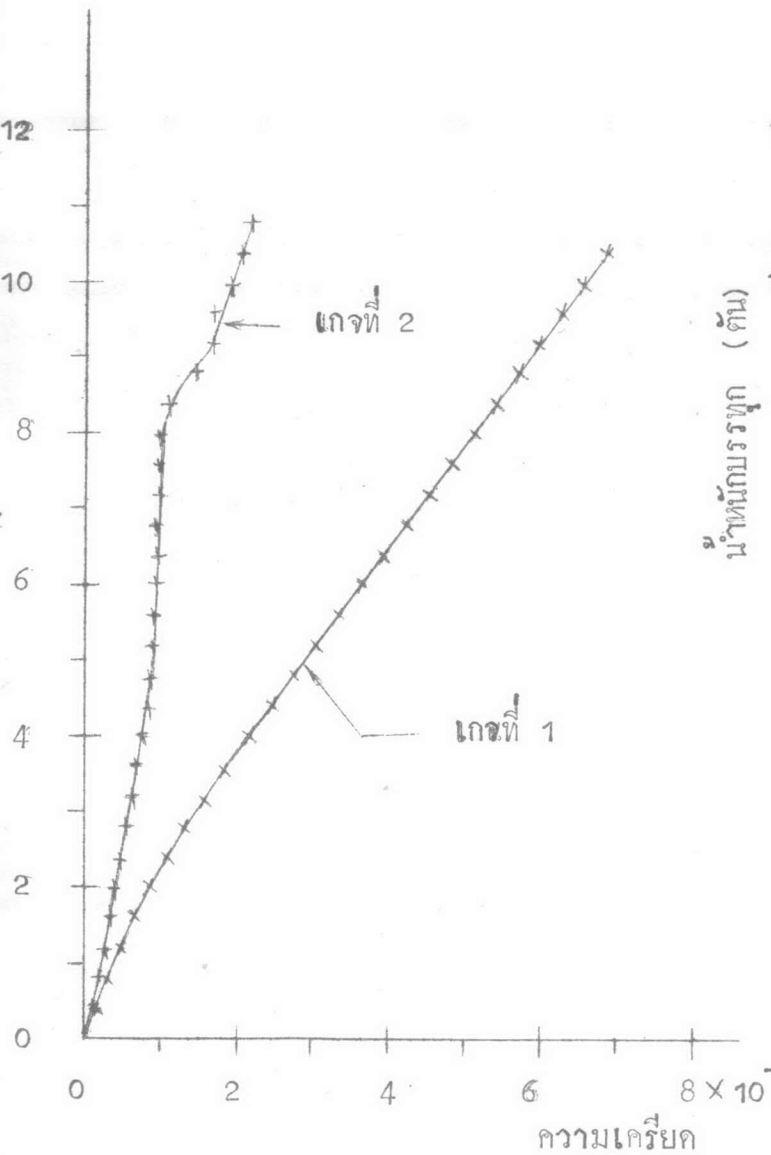
รูปที่ 4.7 การเตรียมคานและเครื่องมือพร้อมที่จะทกลงได้

ภาคผนวก ค.
ผลการทดลองงานประกอบ

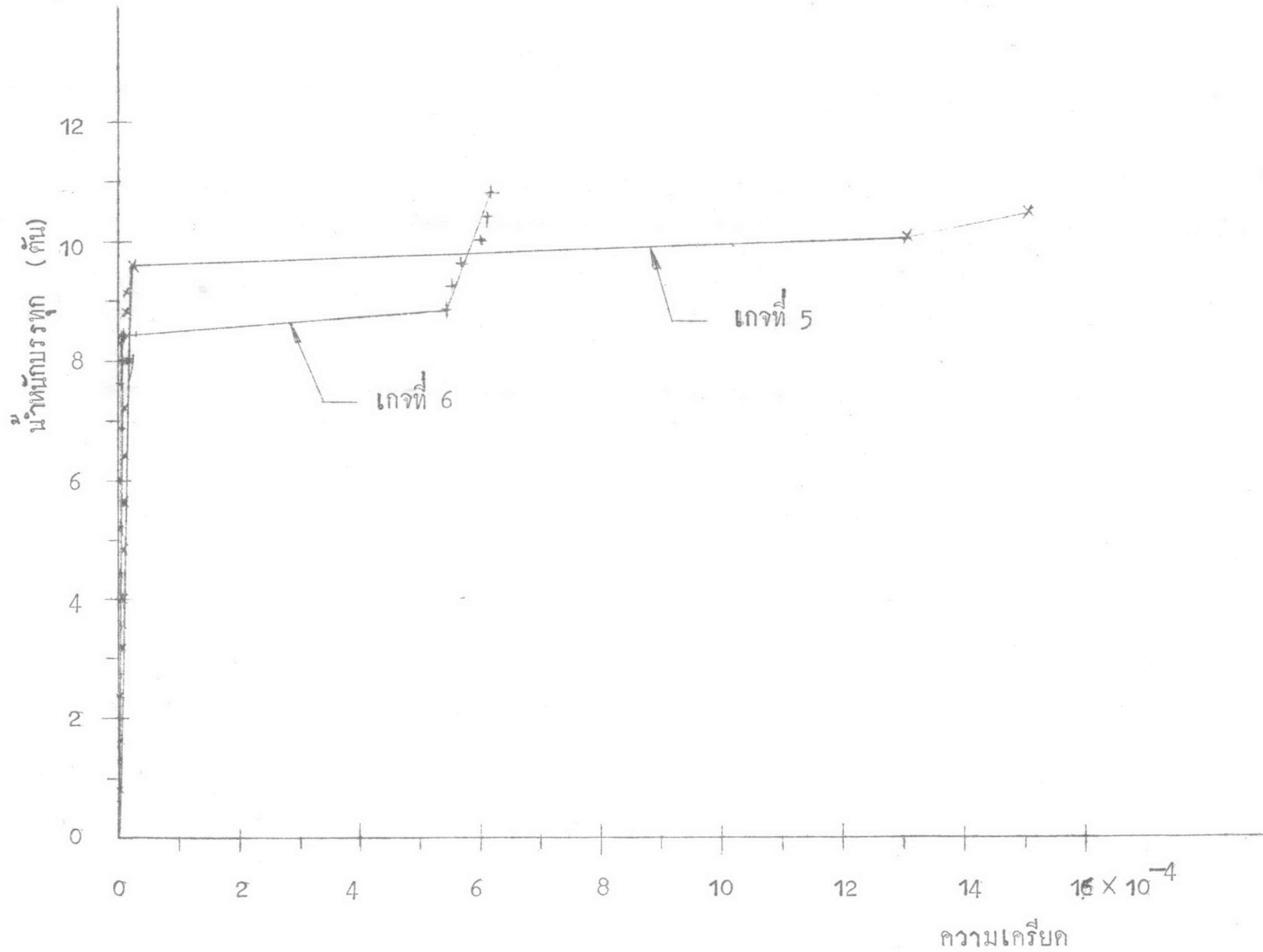
รูปที่ 5.1 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกและความเครียด
ของคาน B 2 - 1.50



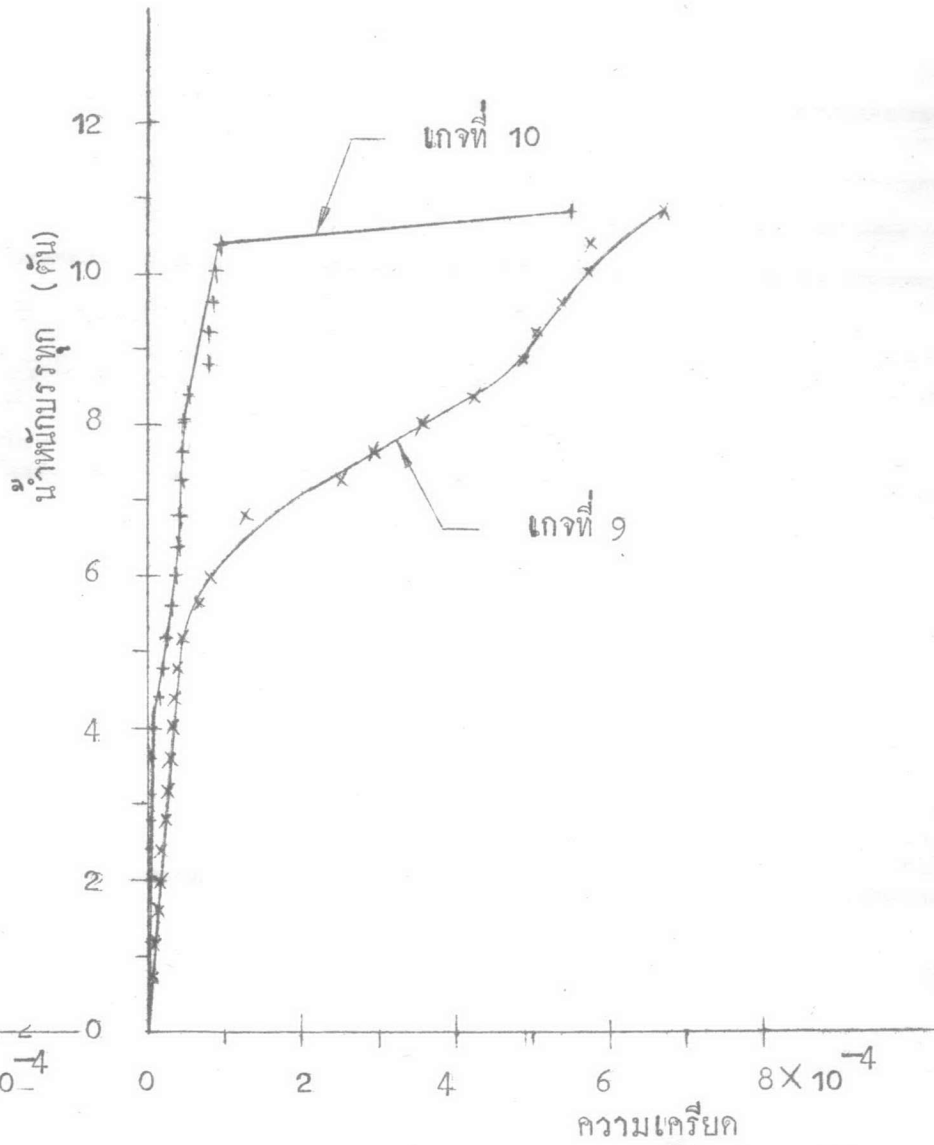
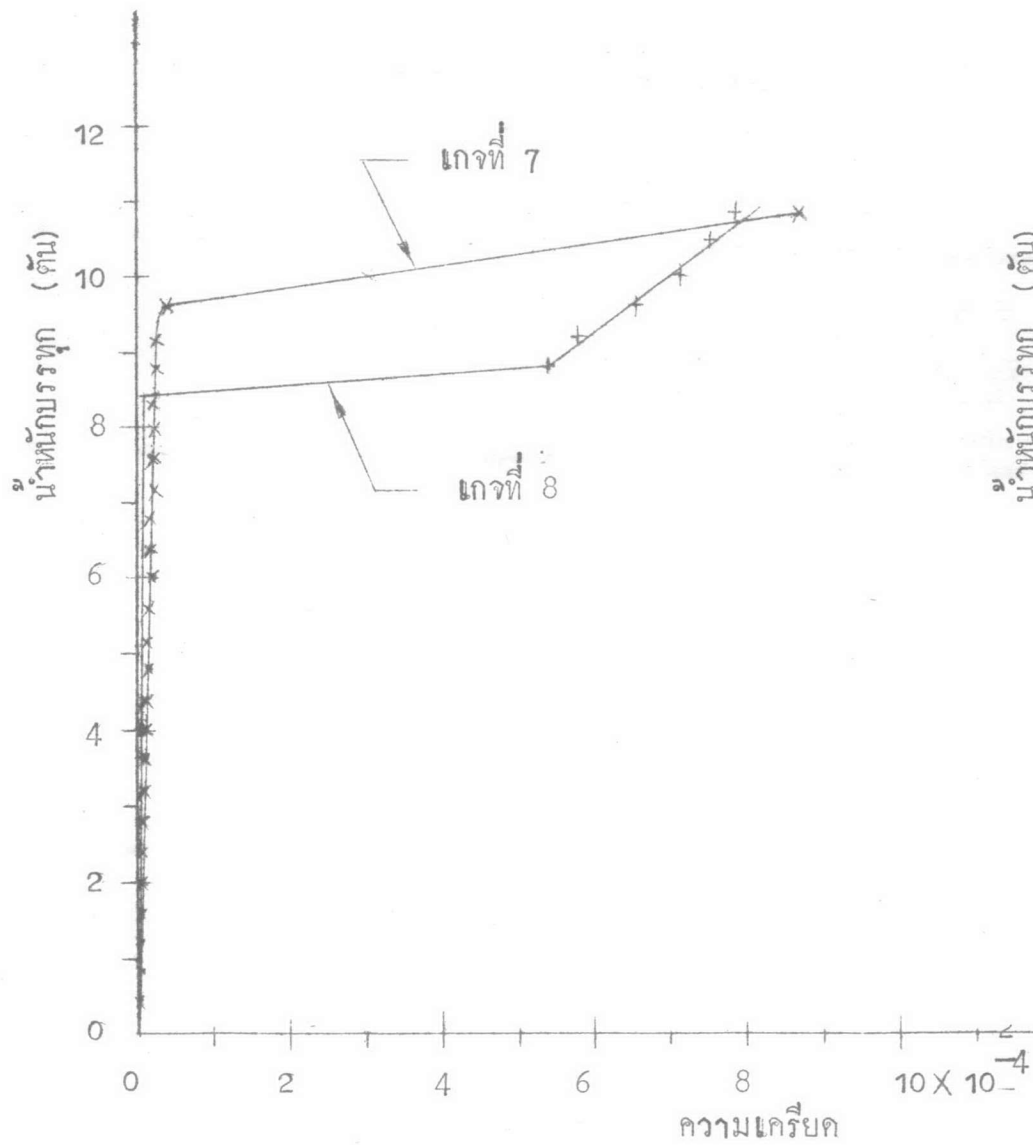
หมายเหตุ เกจวัดความเครียดที่ 1,3,4 ไซ้ไม่ได้



รูปที่ 5.2 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำที่ดูดบรรจุและความเคียดของคาน ๘ 4 - 1.50

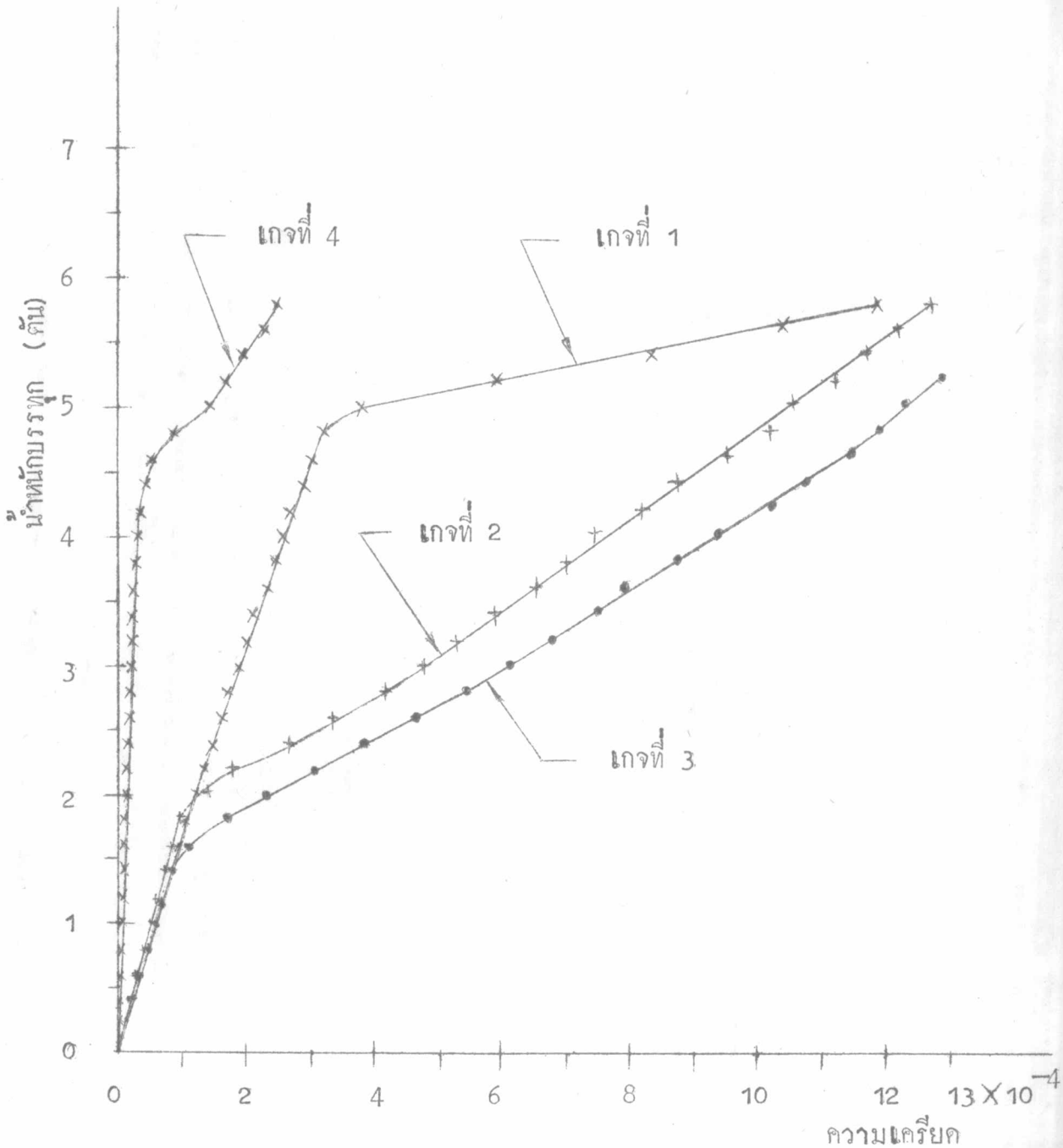


รูปที่ 5.2 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำตักบรทุกและความเคียดของคาน B 4 - 1.50 (ต่อ)



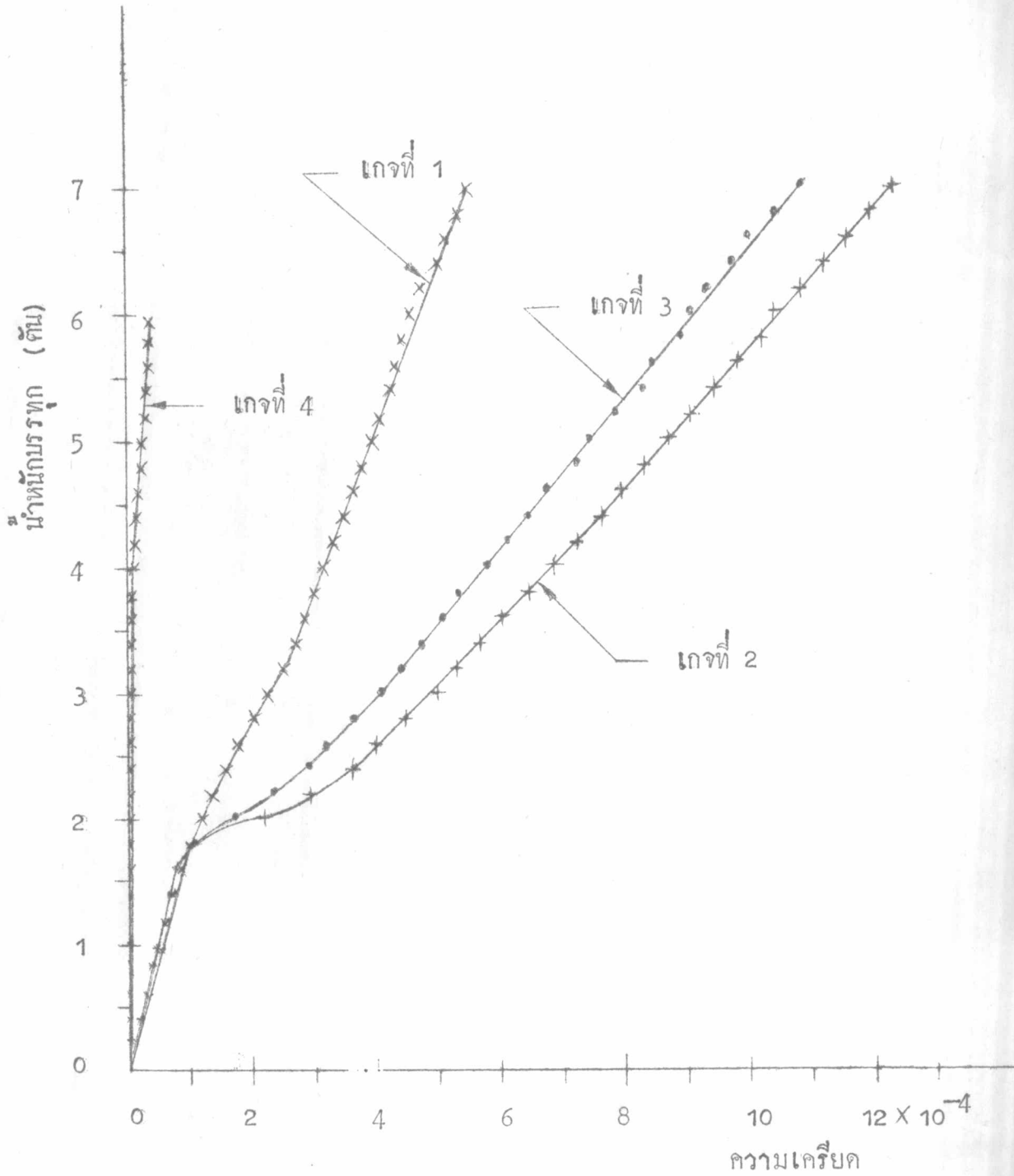
รูปที่ 5.2 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรจุและความเครียดของคาน B4 - 1.50 (ต่อ)

รูปที่ 5.3 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกและความเครียด
ของคาน B 2 - 2.00

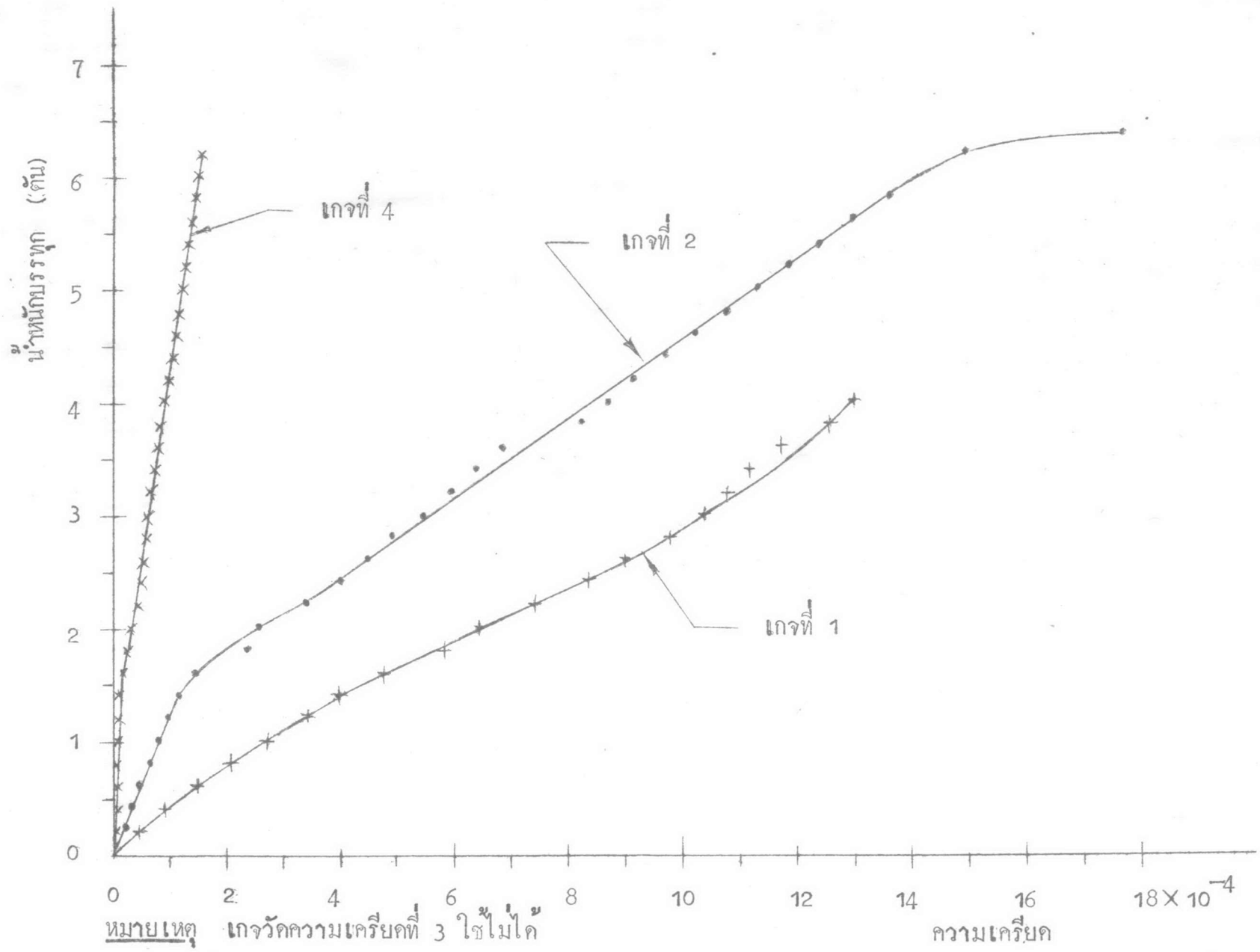


หมายเหตุ เกจวัดความเครียดที่ 5 ใช้งานไม่ได้

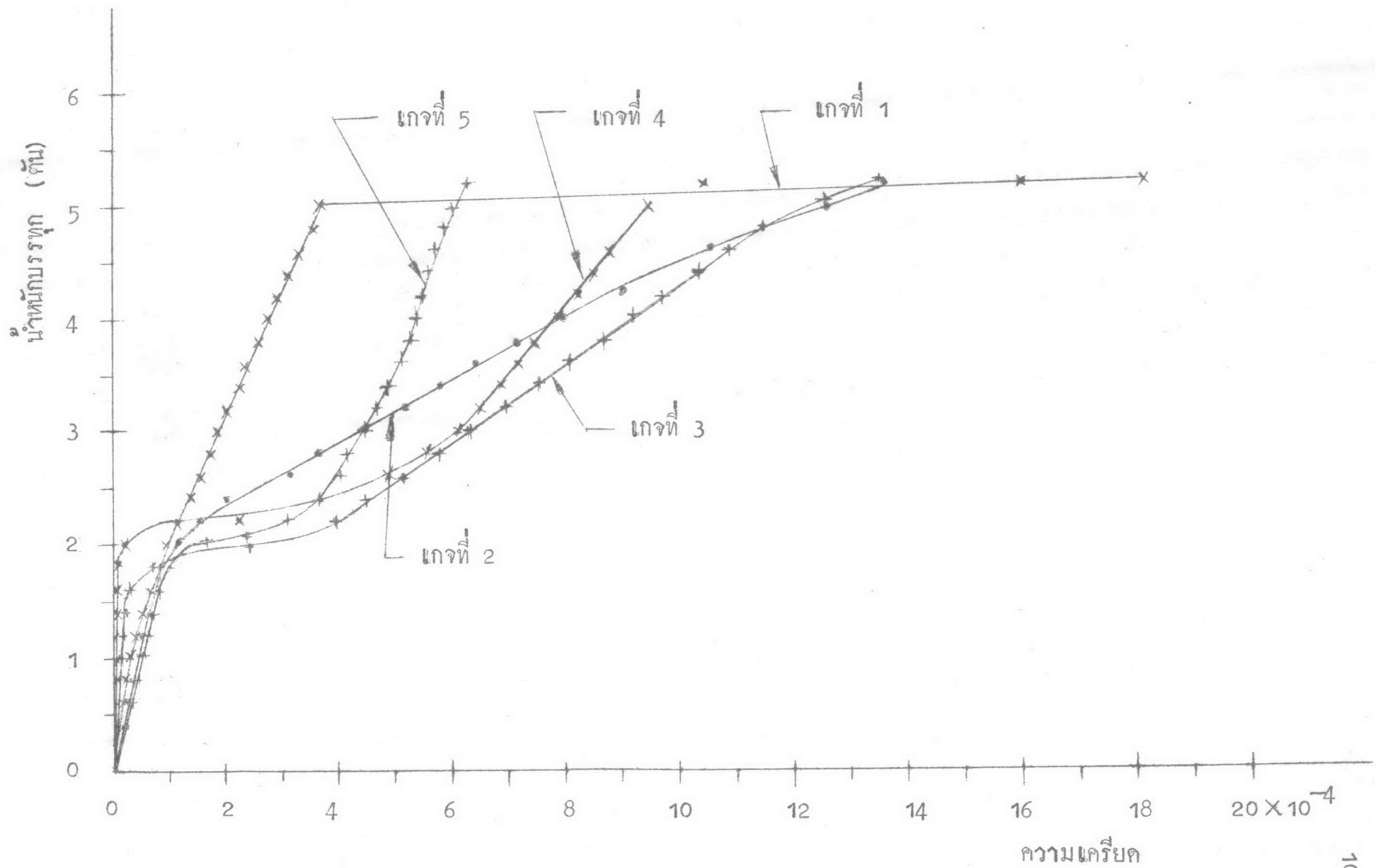
รูปที่ 5.4 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกและความเครียด
ของคอนกรีต B 3 - 2.00



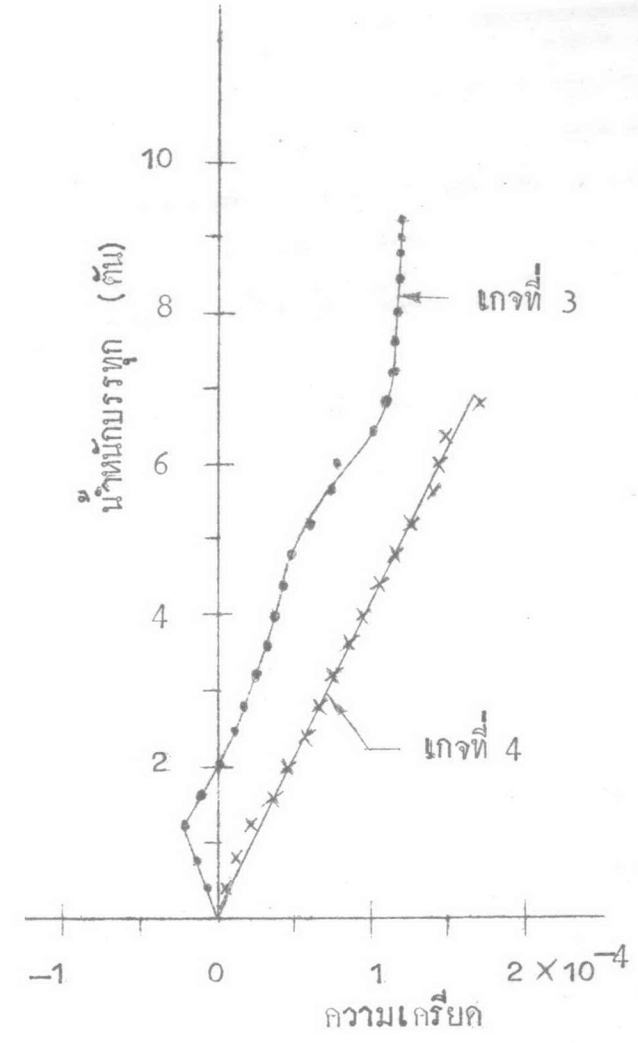
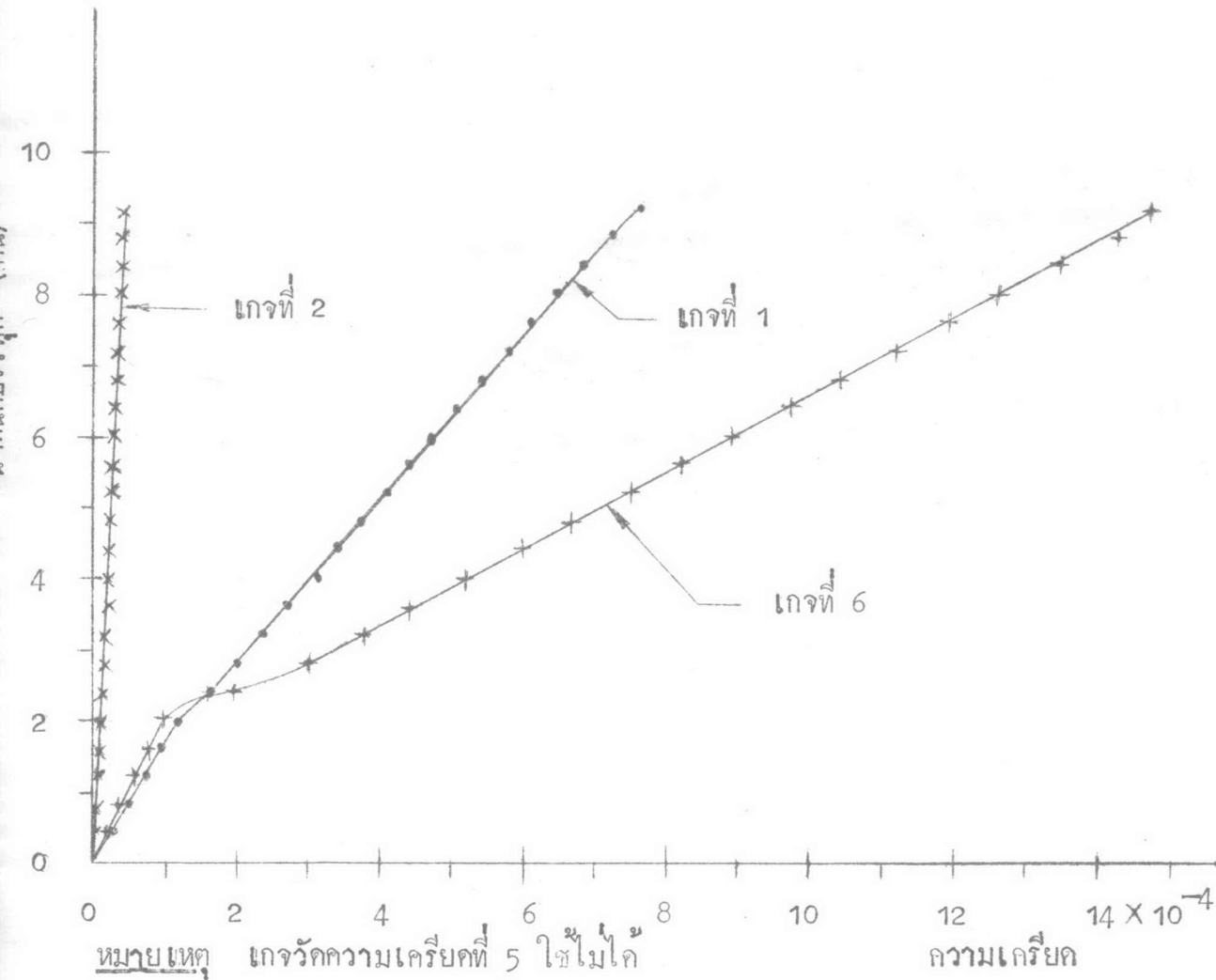
หมายเหตุ เกจวัดความเครียดที่ 5 ใช้ไม่ได้



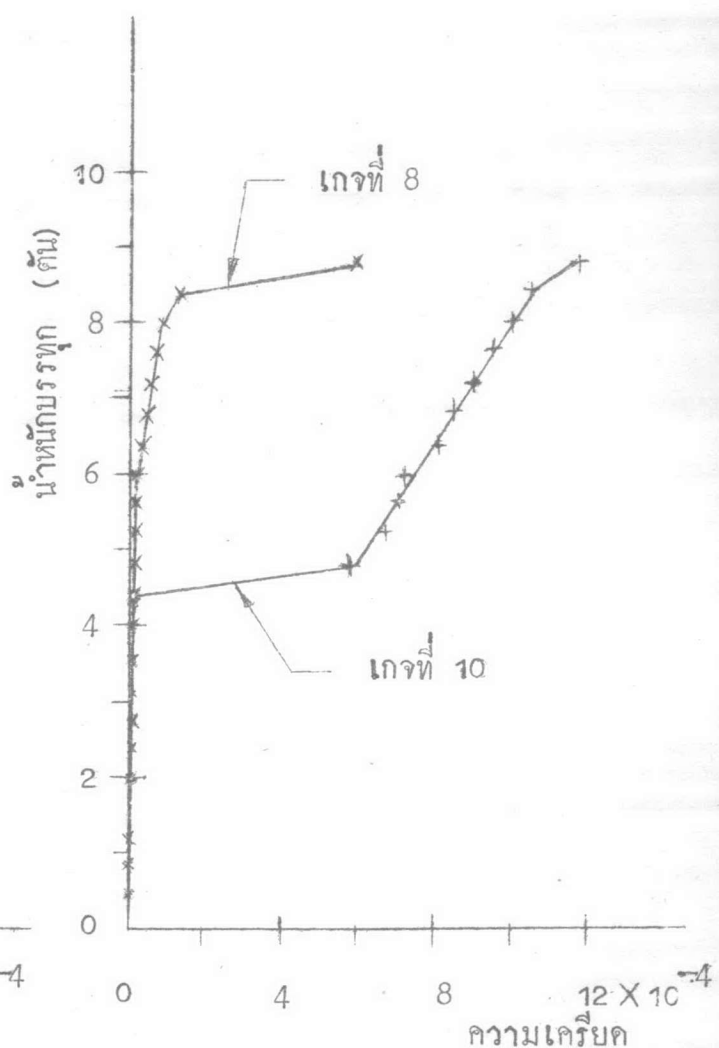
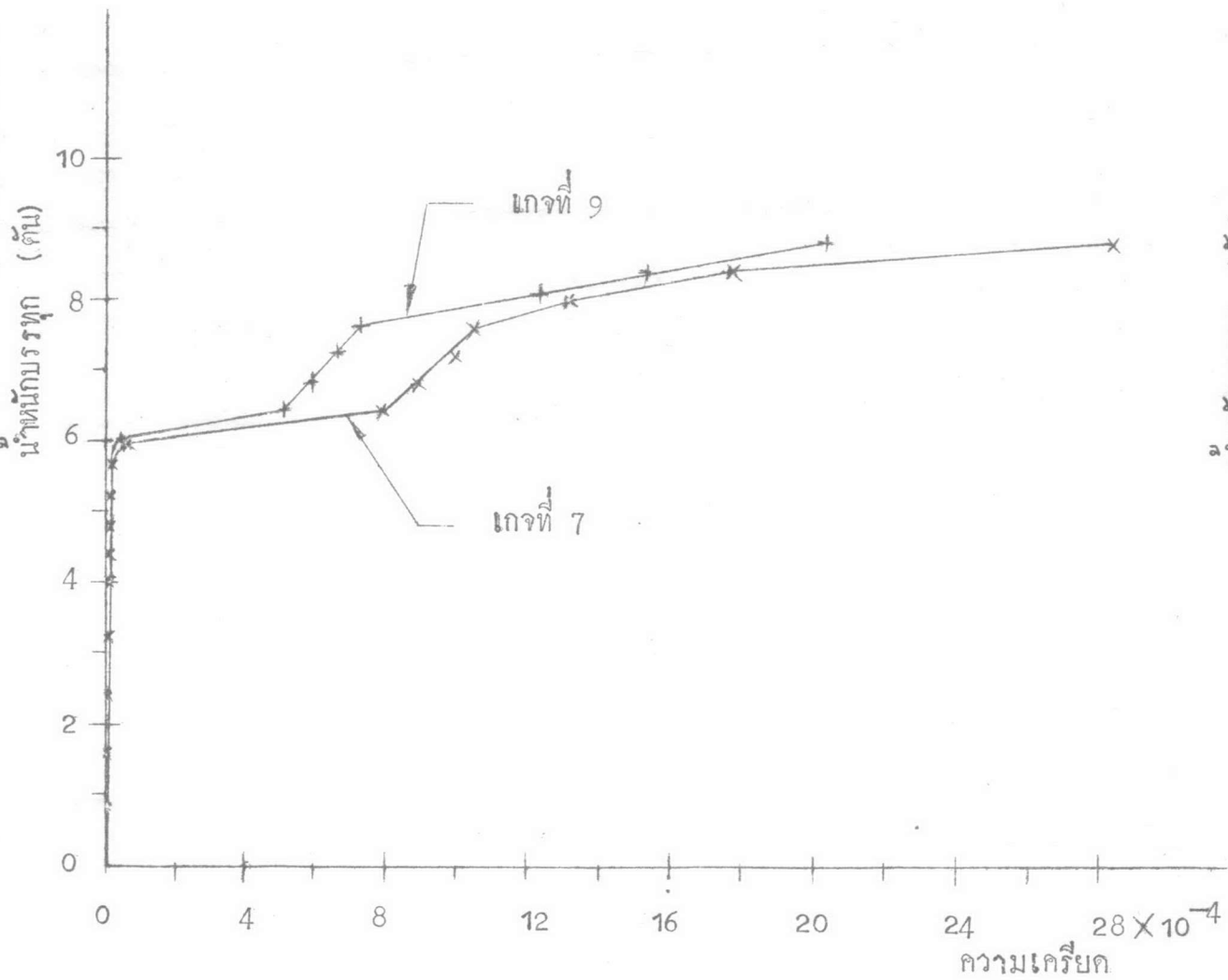
รูปที่ 5.5 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำที่กักรทุกและความเครียดของคาน D 4 - 2.00



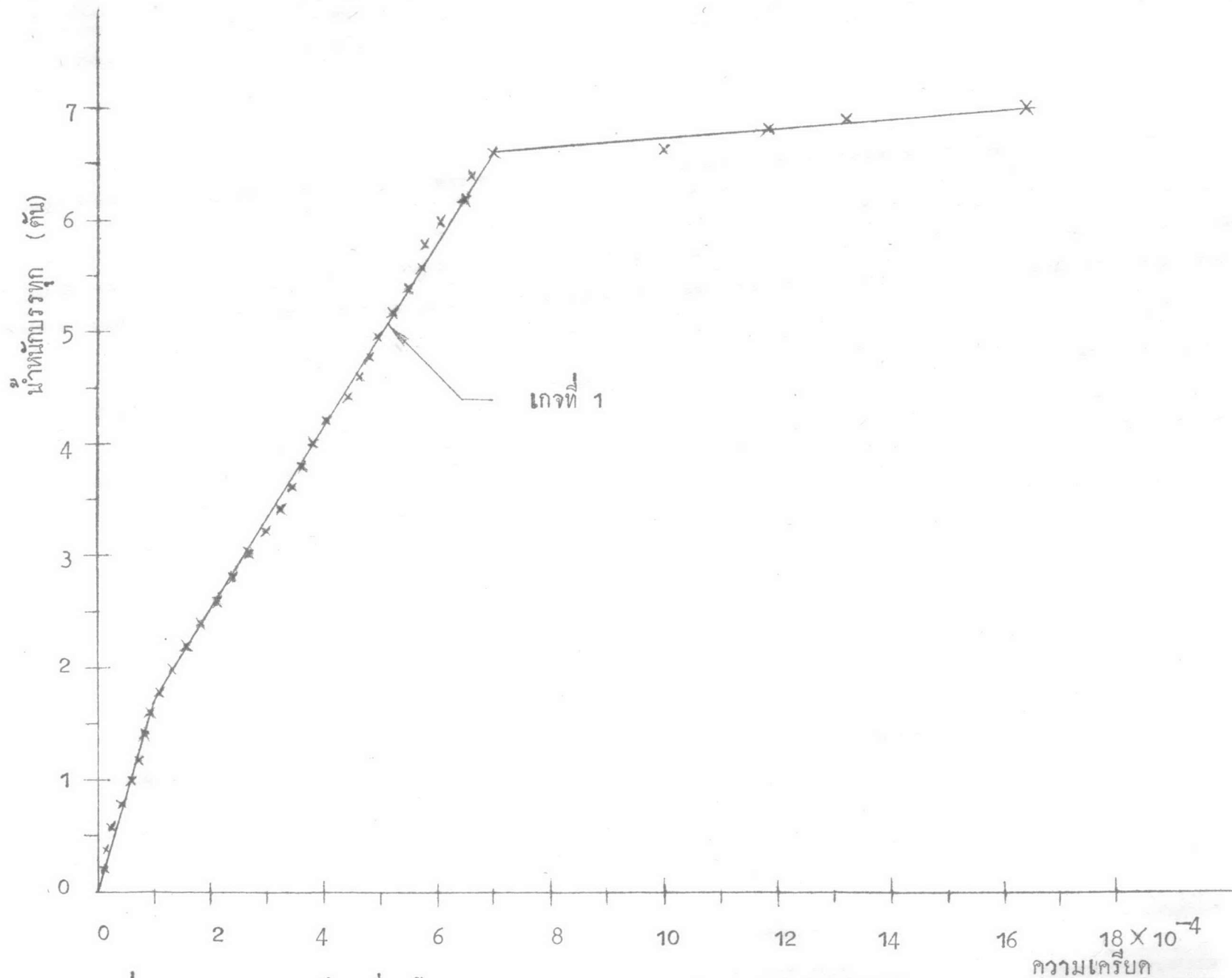
รูปที่ 5.6 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำที่ดูดและเวลาของคาน B 5 - 2.00



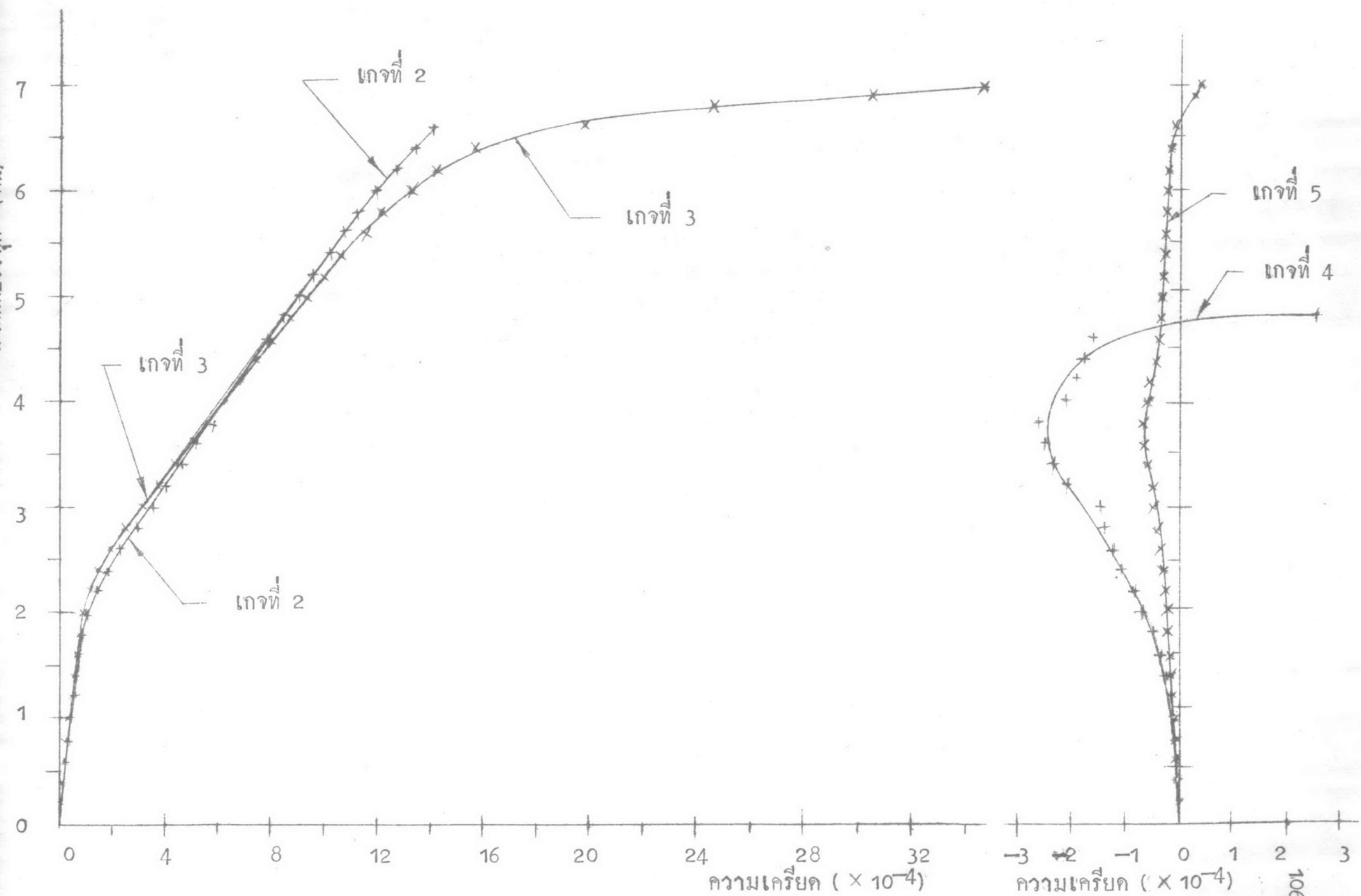
รูปที่ 5.7 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรจุและความเครียดของคาน B 6 - 2.00



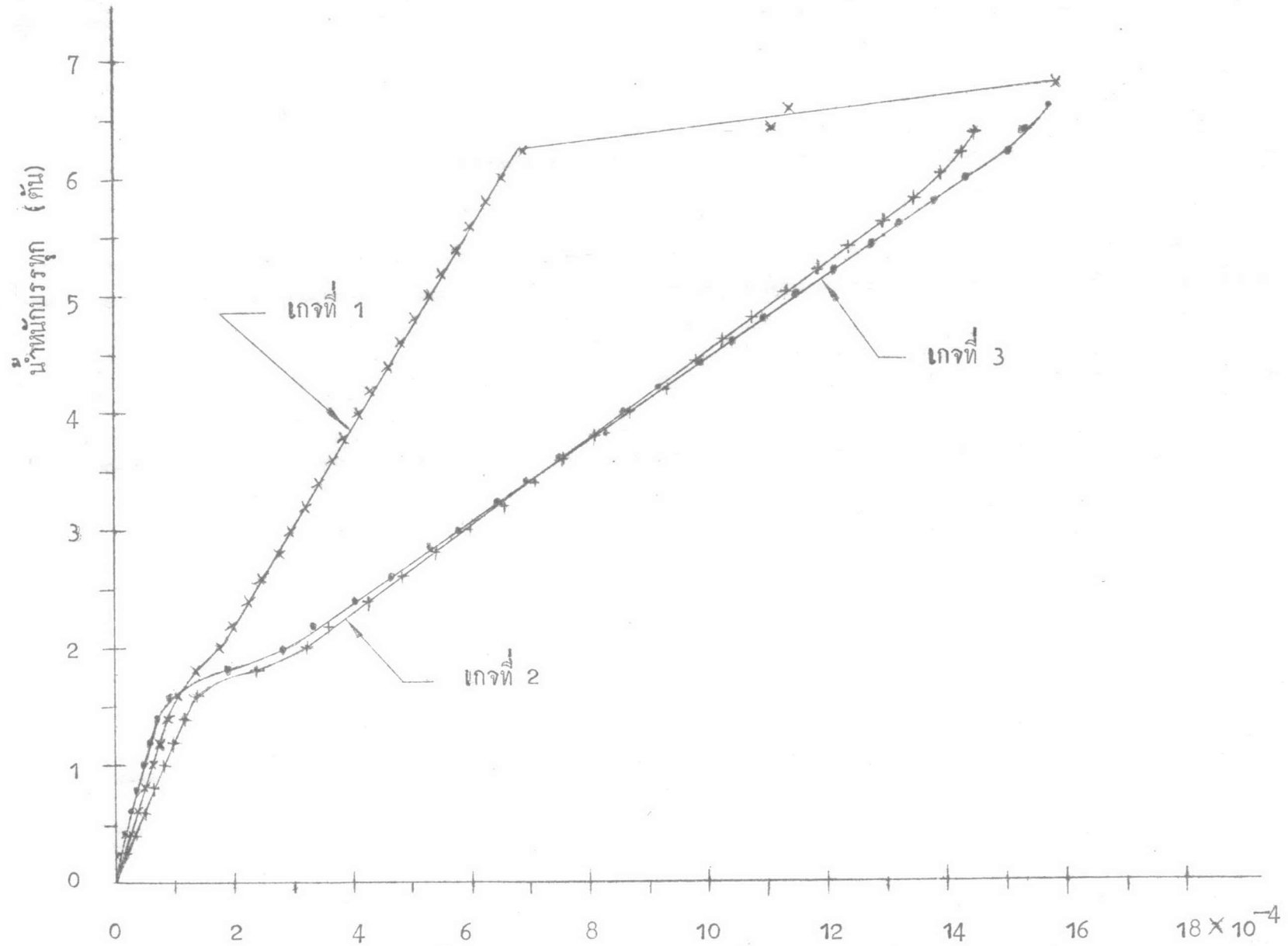
รูปที่ 5.7 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรจุและความเครียดของแกน 6 - 2.00 (ต่อ)



รูปที่ 5.8 ความสัมพันธ์ระหว่างแนว้หนักบรทุกและความเครียบคของคาน B 1 - 3.00



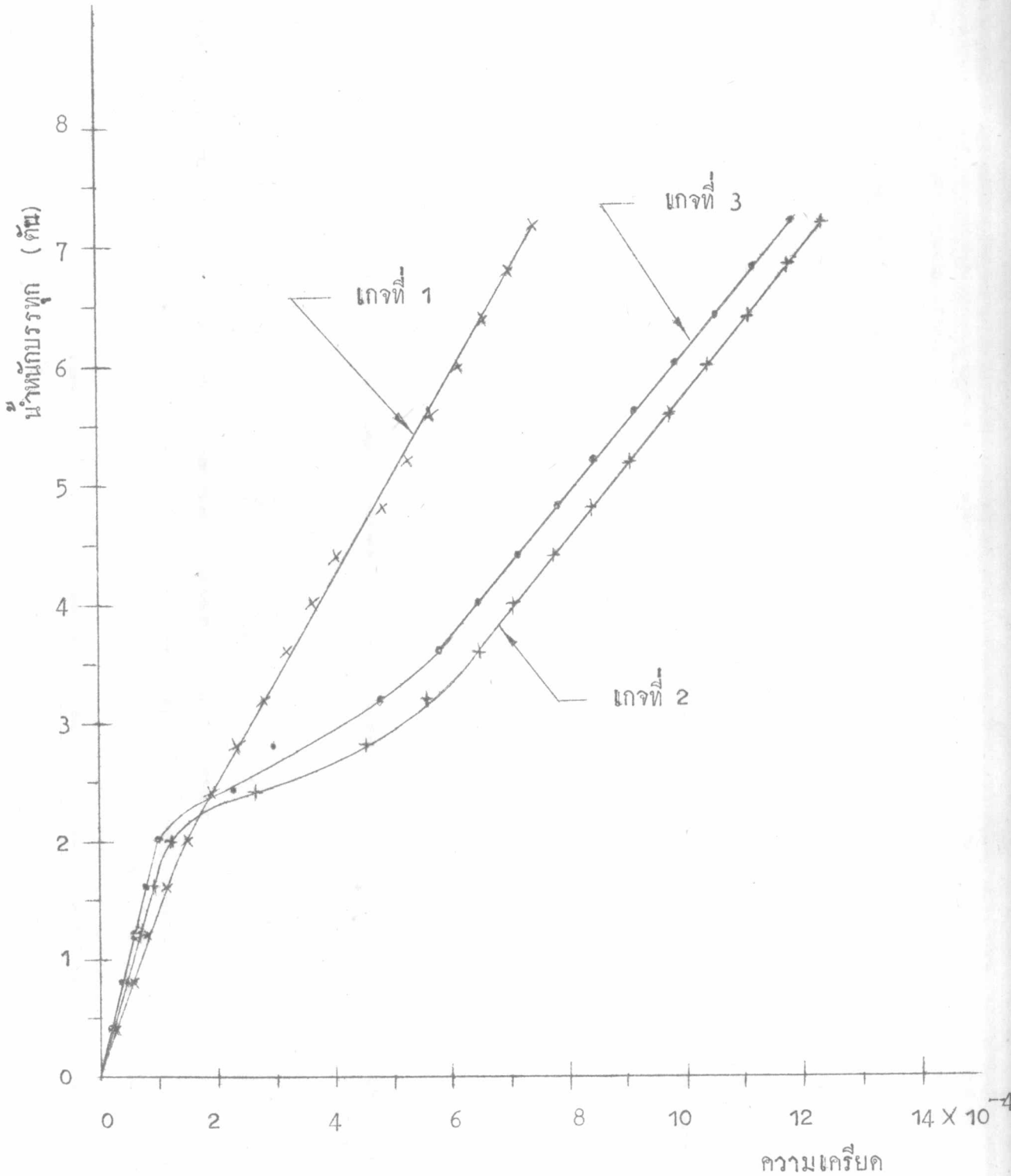
รูปที่ 5.8 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกและความเคี้ยวของดิน B 1 - 3.00 (ต่อ)



หมายเหตุ เกจวัดความเครียดที่ 4,5 วัดความเครียดได้มากที่สุด 24×10^{-6} ความเครียด

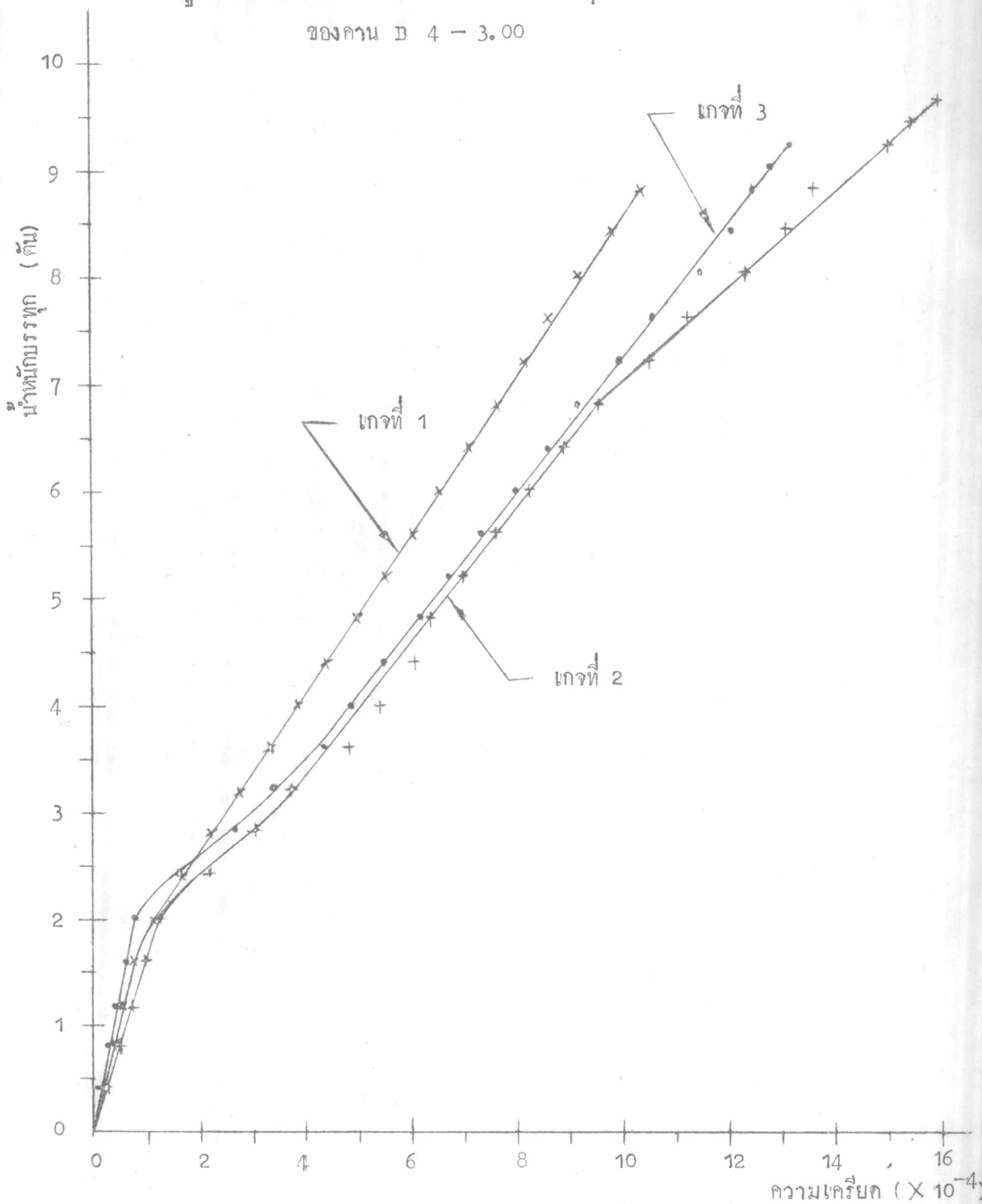
รูปที่ 5.9 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรจุและความเครียดของคาน B 2 - 3.00

รูปที่ 5.10 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกและความเครียด
ของคอนกรีต B 3 - 3.00

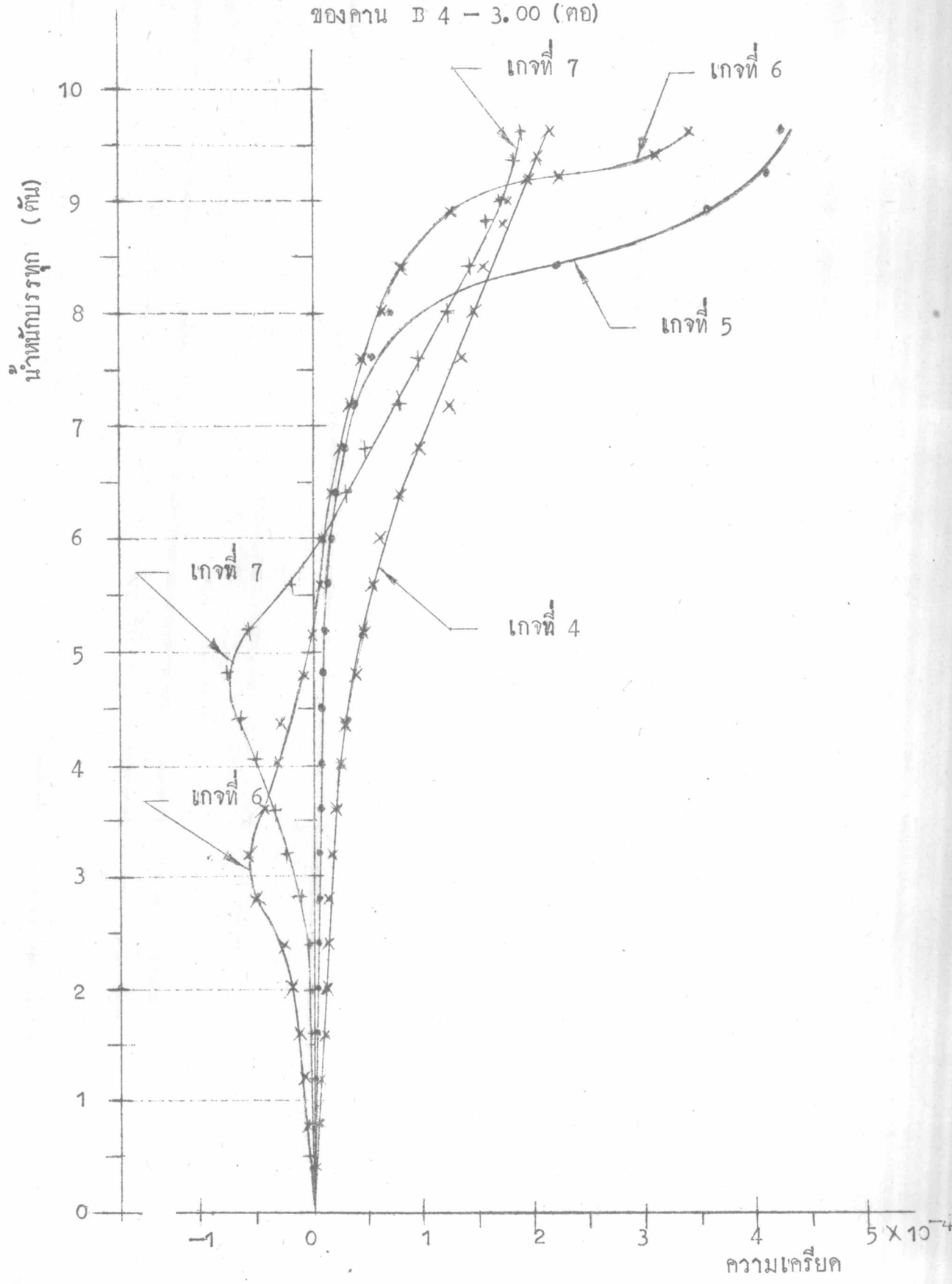


หมายเหตุ แกนวัดความเครียดที่ 4, 5, 6, 7 วัดความเครียดได้มากที่สุด 11×10^{-4}

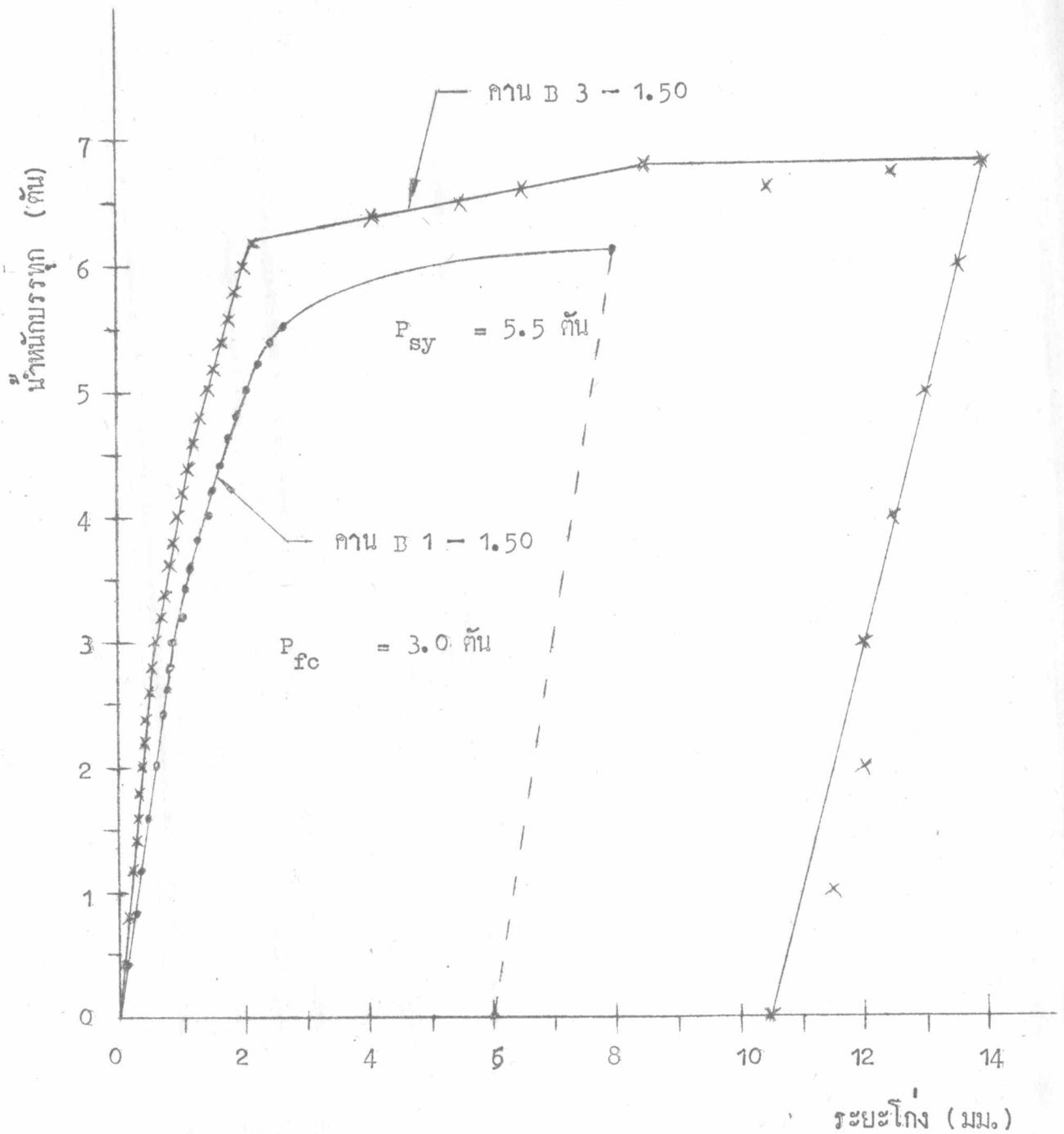
รูปที่ 5.11 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกและความเครียด
ของคาน B 4 - 3.00

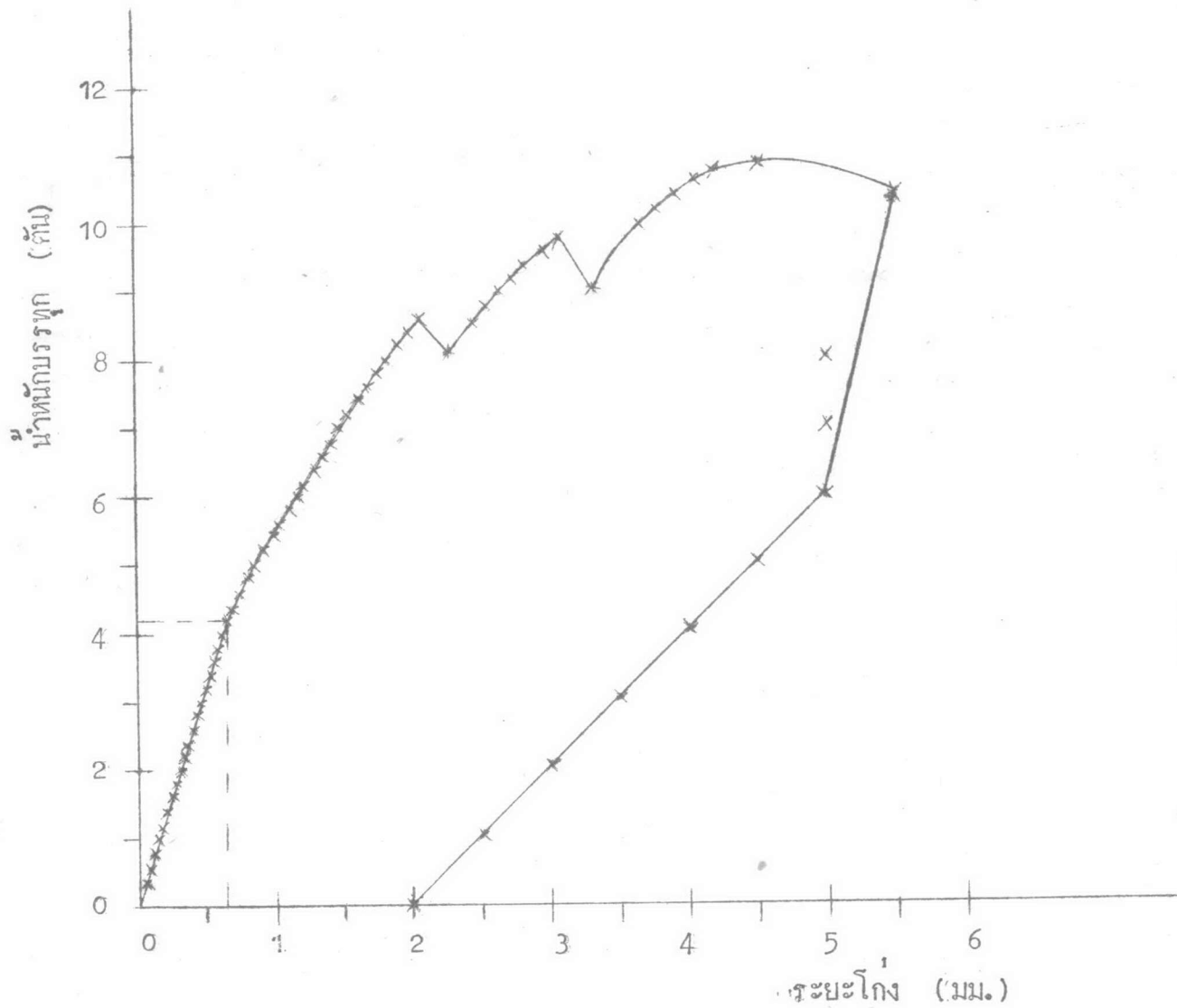


รูปที่ 5.11 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักรรทุกและความเครียด
ของคาน B 4 - 3.00 (ต่อ)

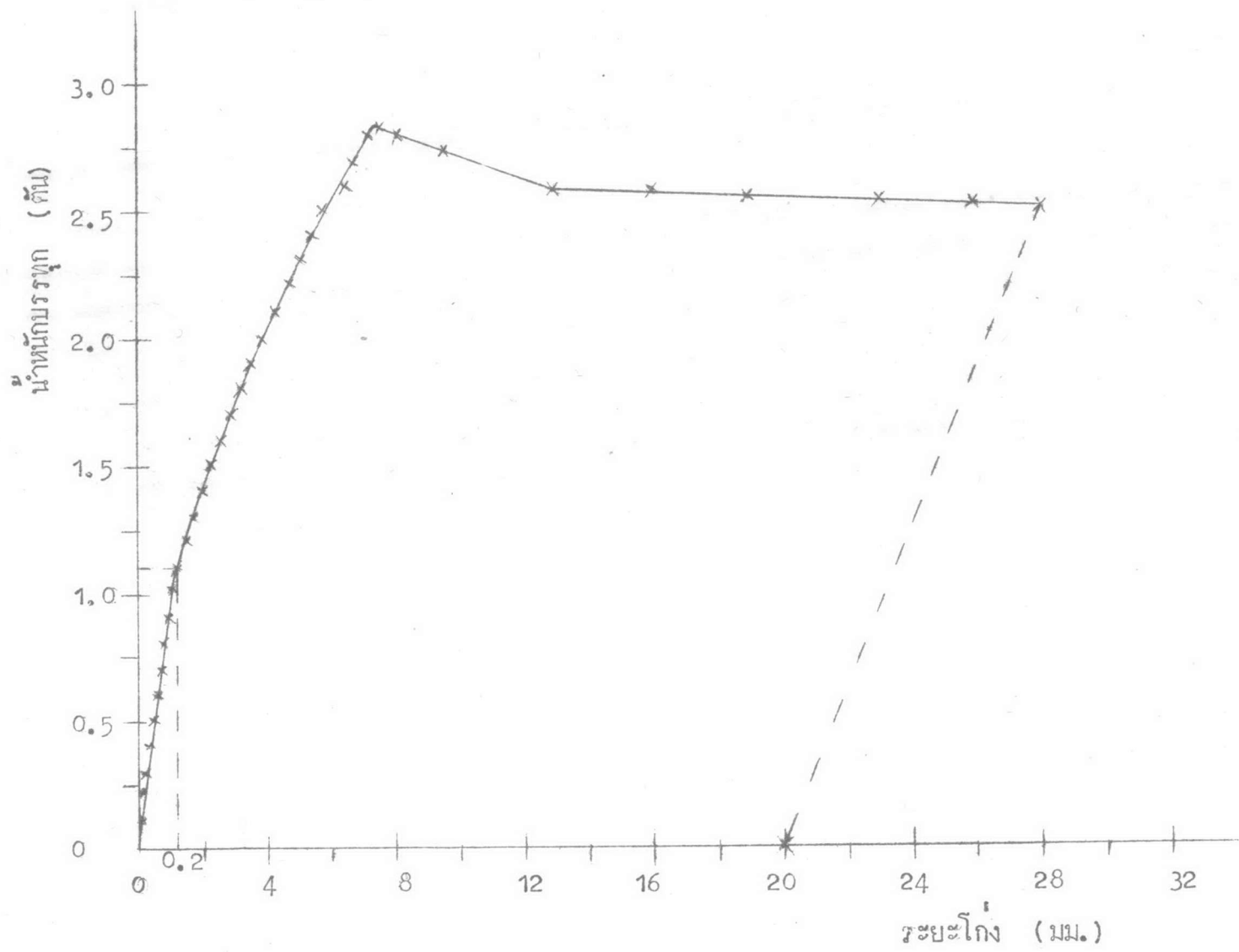


รูปที่ 5.12 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกและระยะโก่ง
ของคาน B 1 - 1.50 และ B 3 - 1.50

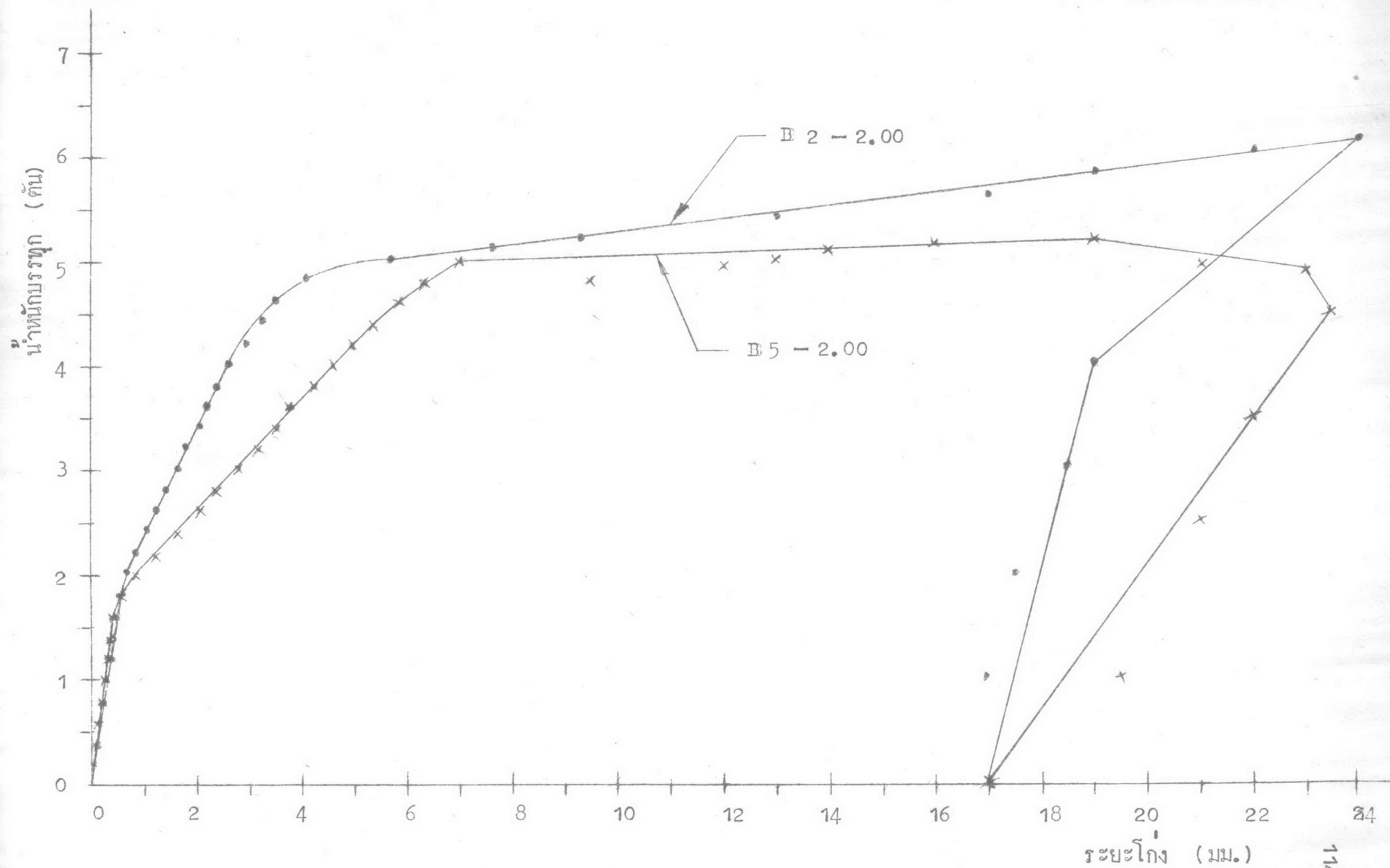




รูปที่ 5.13 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกและระยะโค้งของคาน B 4 - 1.50

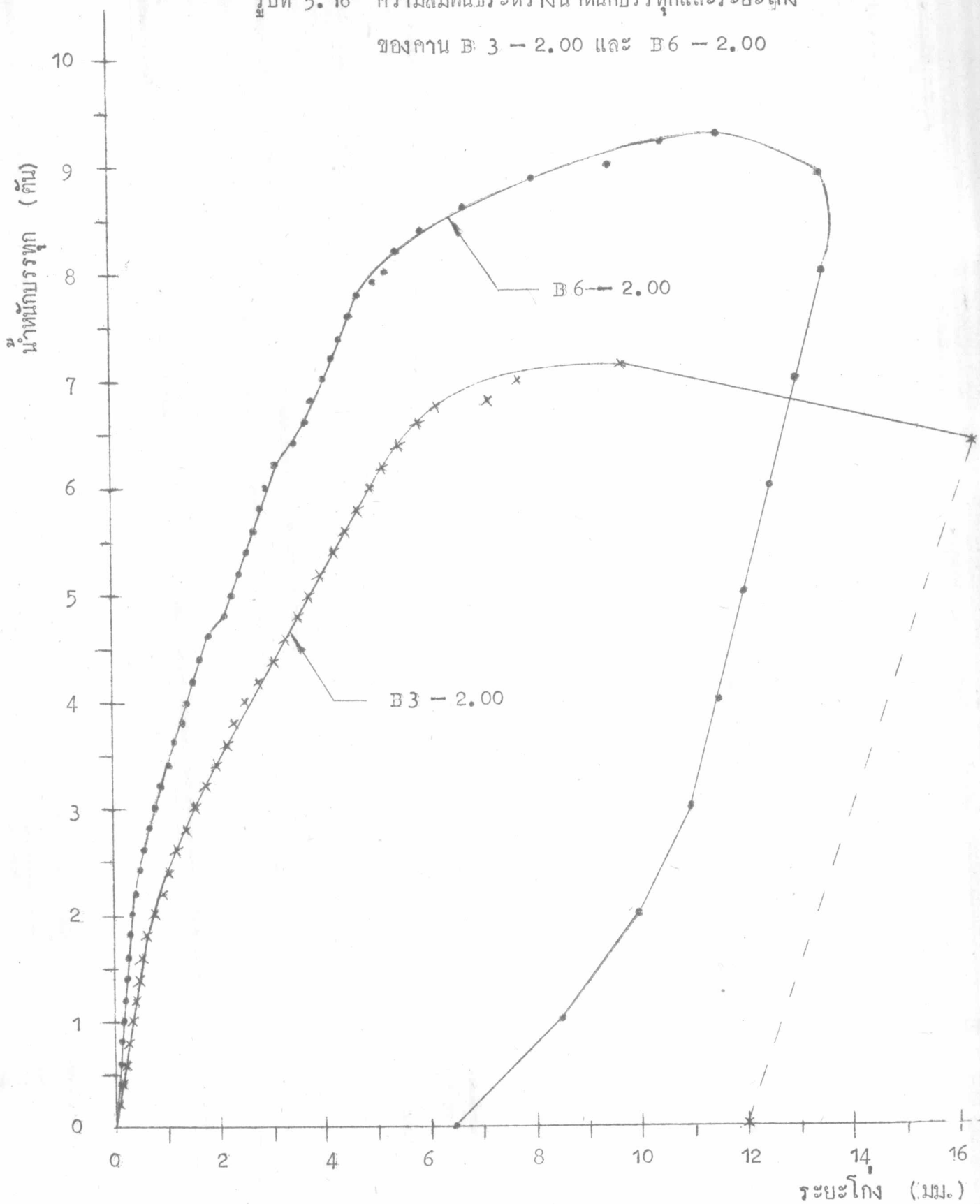


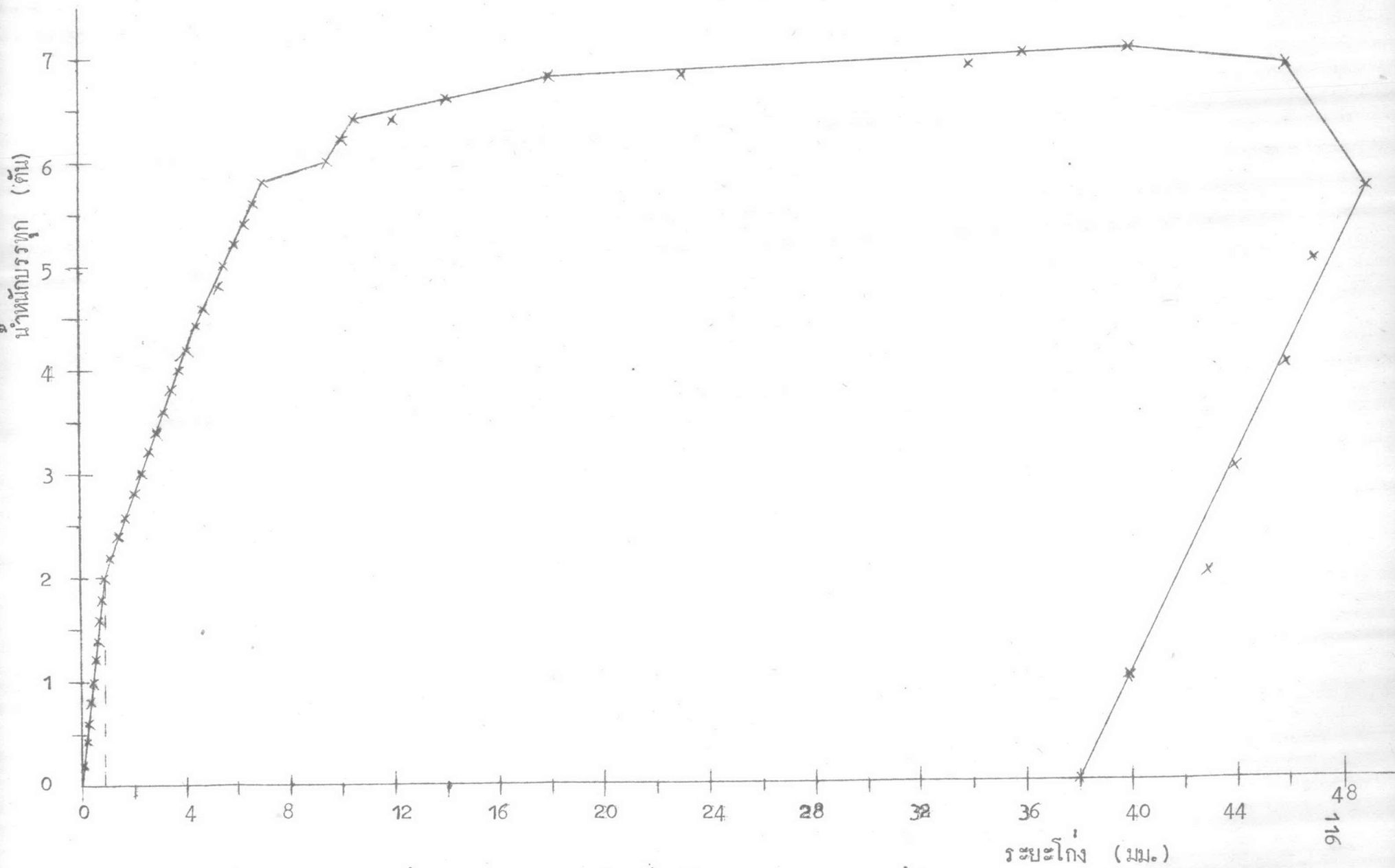
รูปที่ 5.14 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรจุและระยะโค้งของคาน B 1 - 2.00



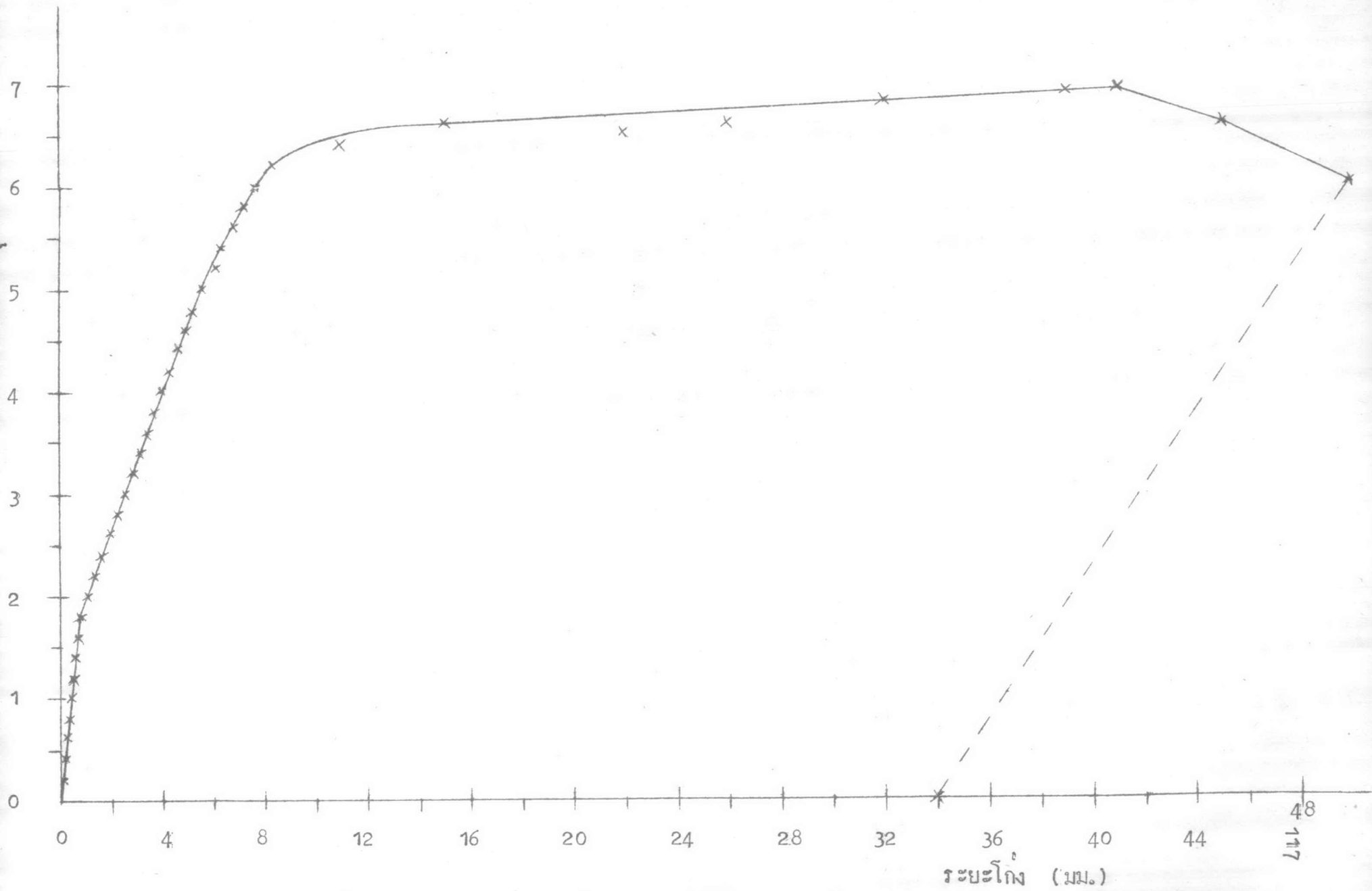
รูปที่ 5.15 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำที่ดูดซับและระยะโงงของคาน B 2 - 2.00 และ B 5 - 2.00

รูปที่ 5.16 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกและระยะโก่ง
ของคาน B 3 - 2.00 และ B 6 - 2.00

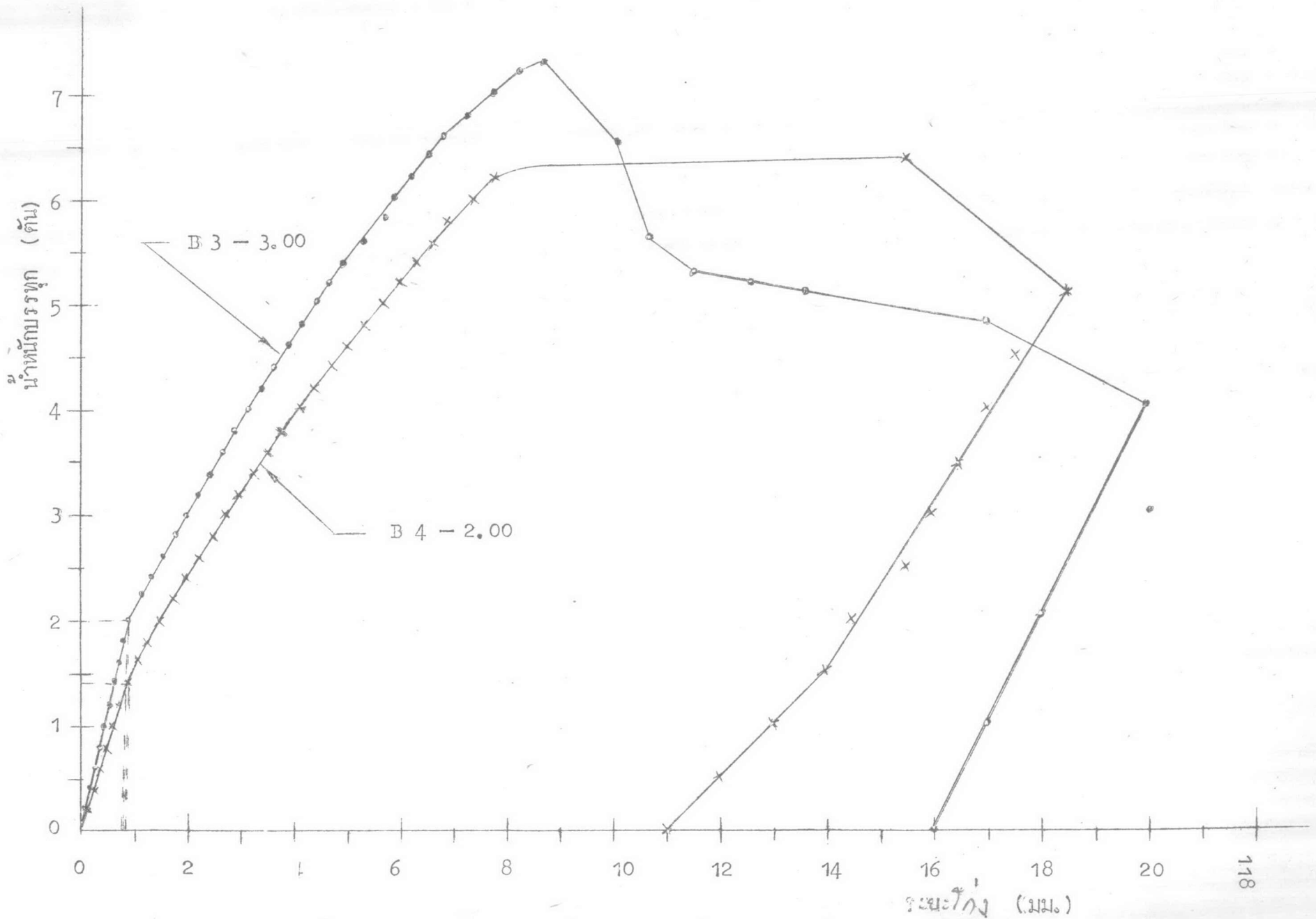




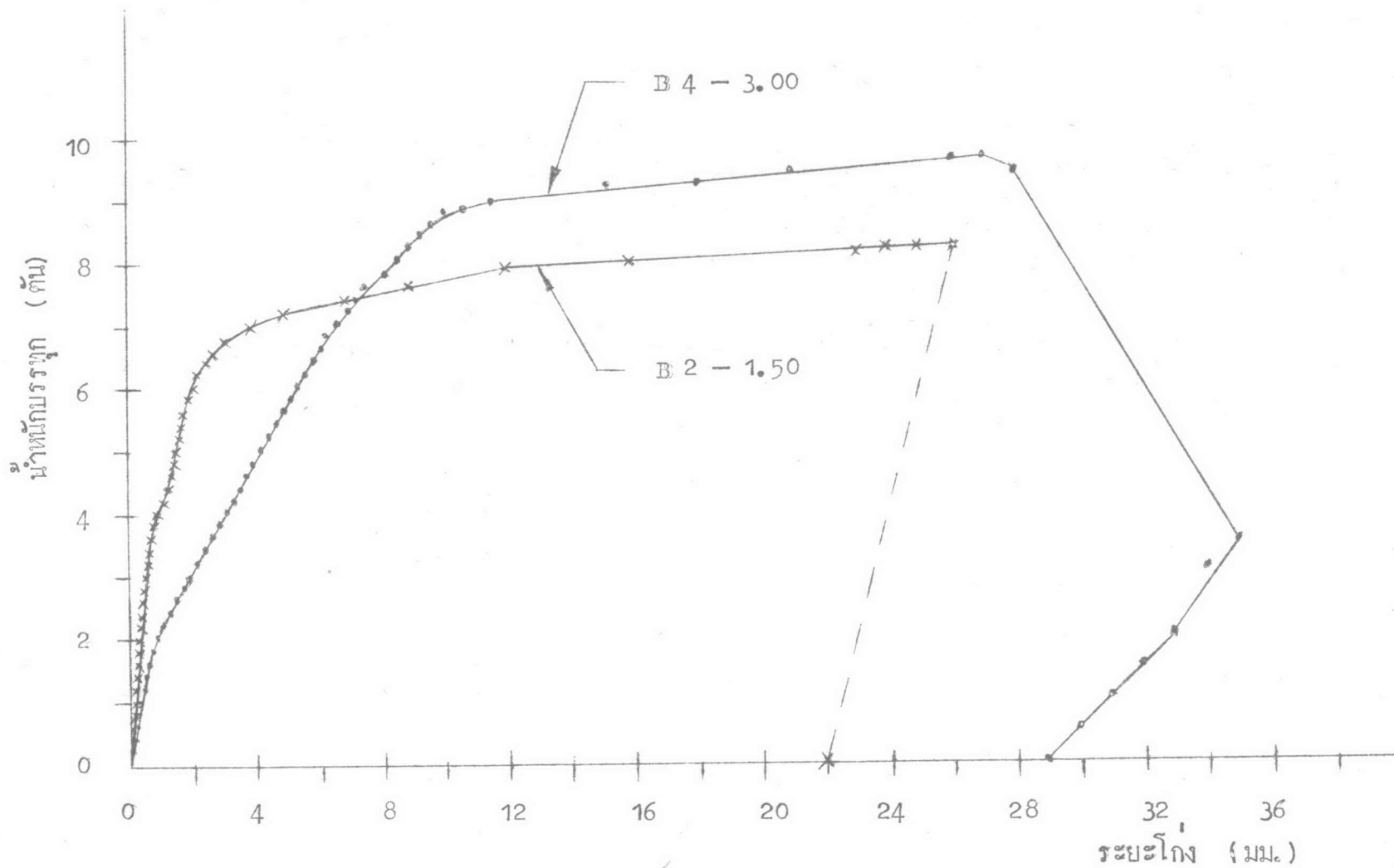
รูปที่ 5.17 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรจุและระยะโค้งของคาน B1 - 3.00



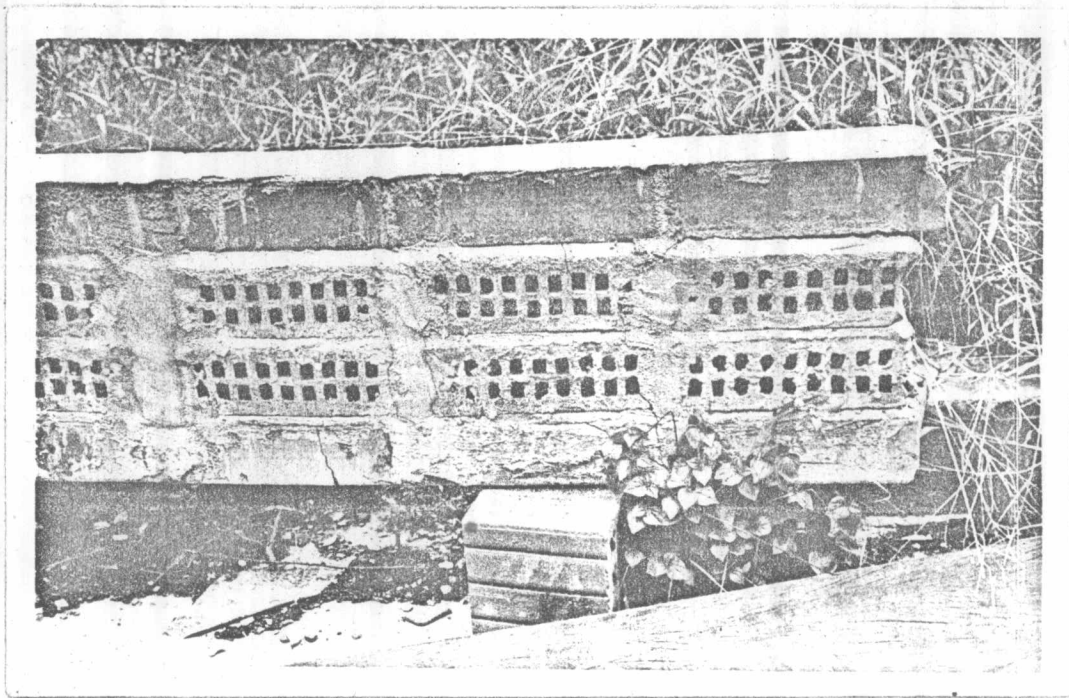
รูปที่ 5.18 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกและระยะโคงของคาน B2 - 3.00



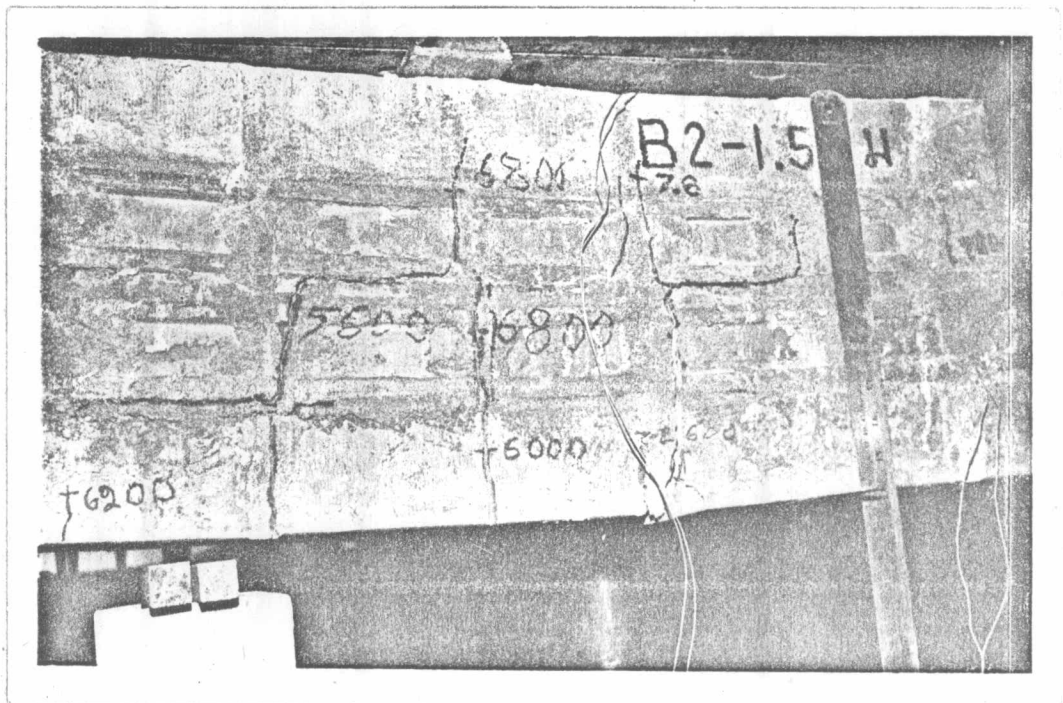
รูปที่ 5.19 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรจุและระยะโค้งของคาน B4 - 2.00 และ B3 - 3.00



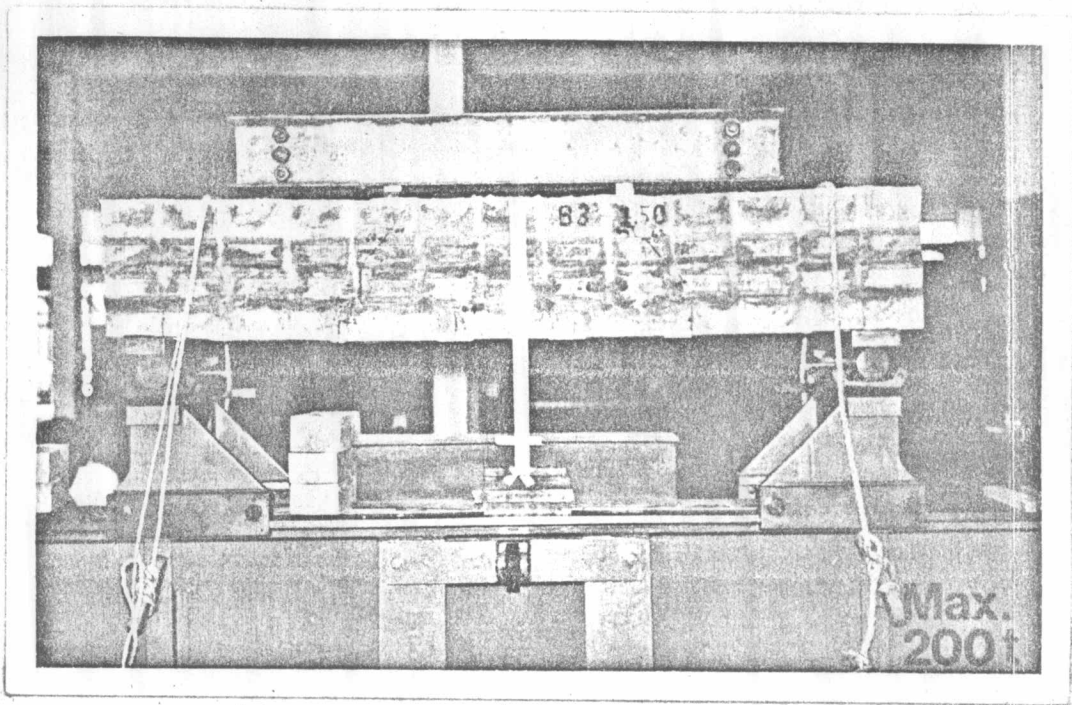
รูปที่ 5.20 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรจุและระยะไกลของคาน B 2 - 1.50 และ B 4 - 3.00



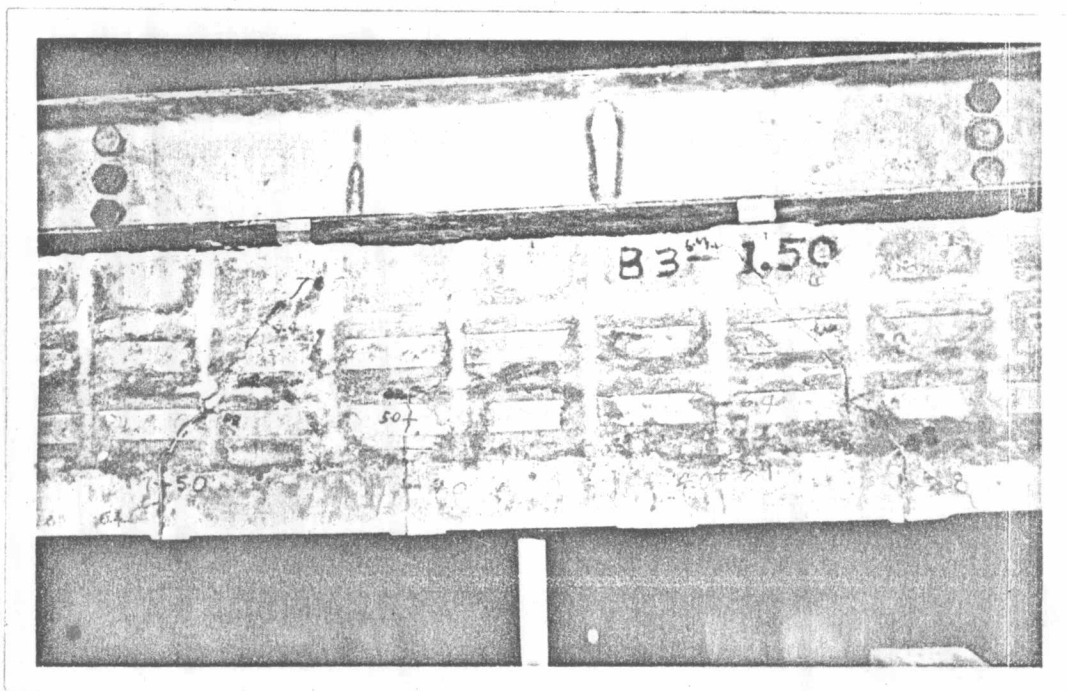
รูปที่ 5.21 ลักษณะการแตกร้าวของคาน B 1 - 1.50



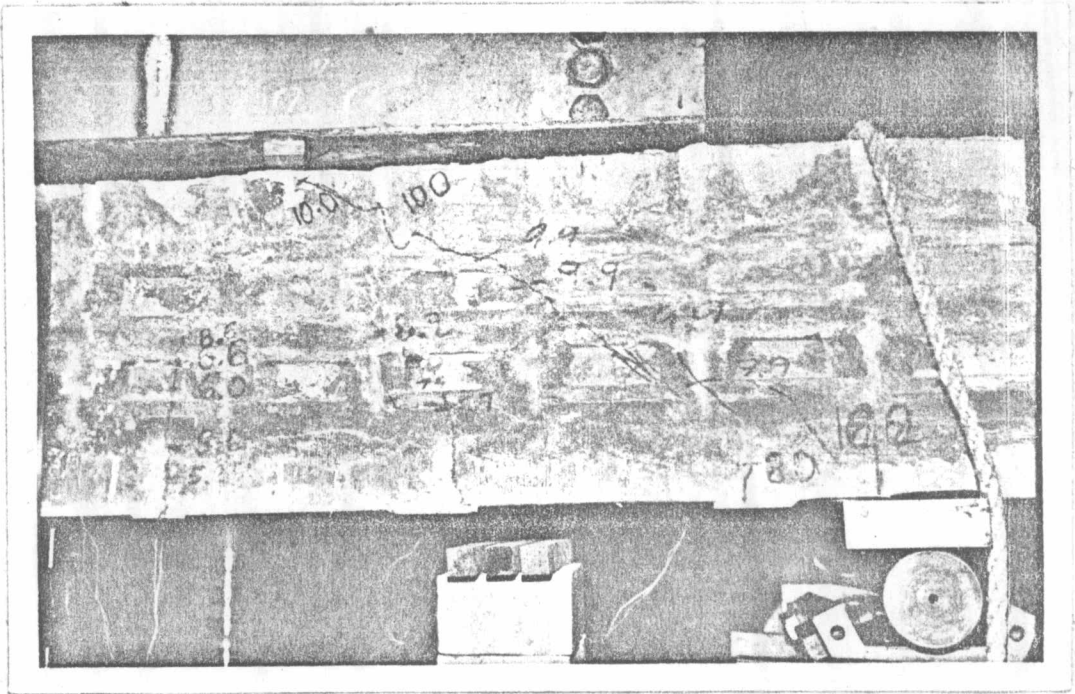
รูปที่ 5.22 ลักษณะการแตกร้าวของคาน B 2 - 1.50



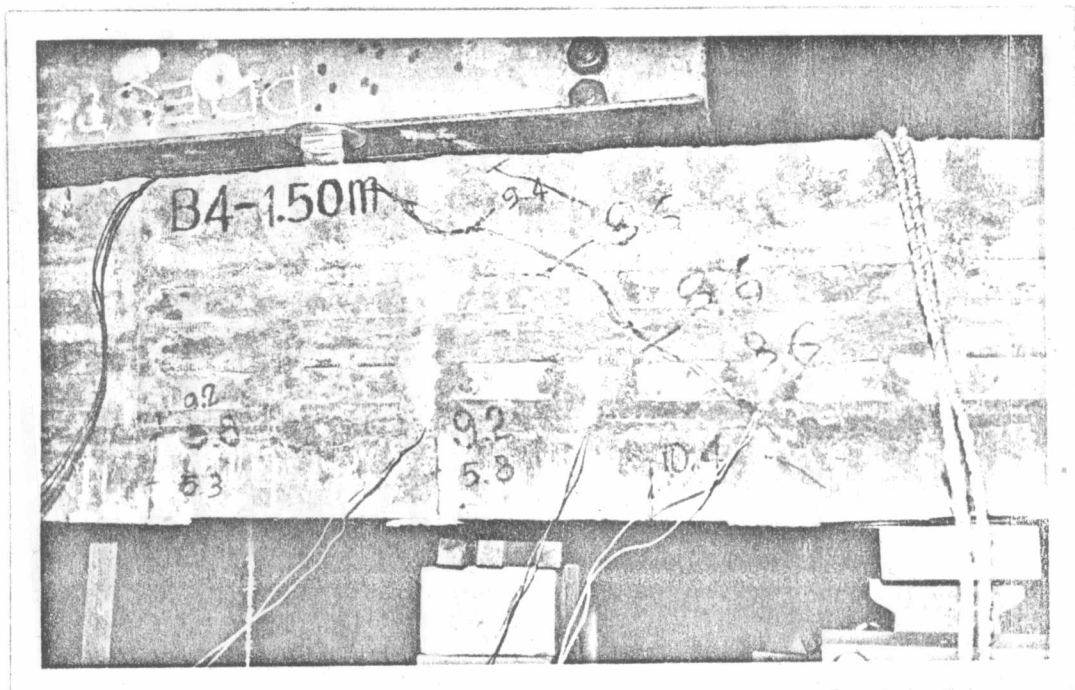
รูปที่ 5.23 ลักษณะการแตกร้าวของคาน B 3 - 1.50 ทันที่ 1



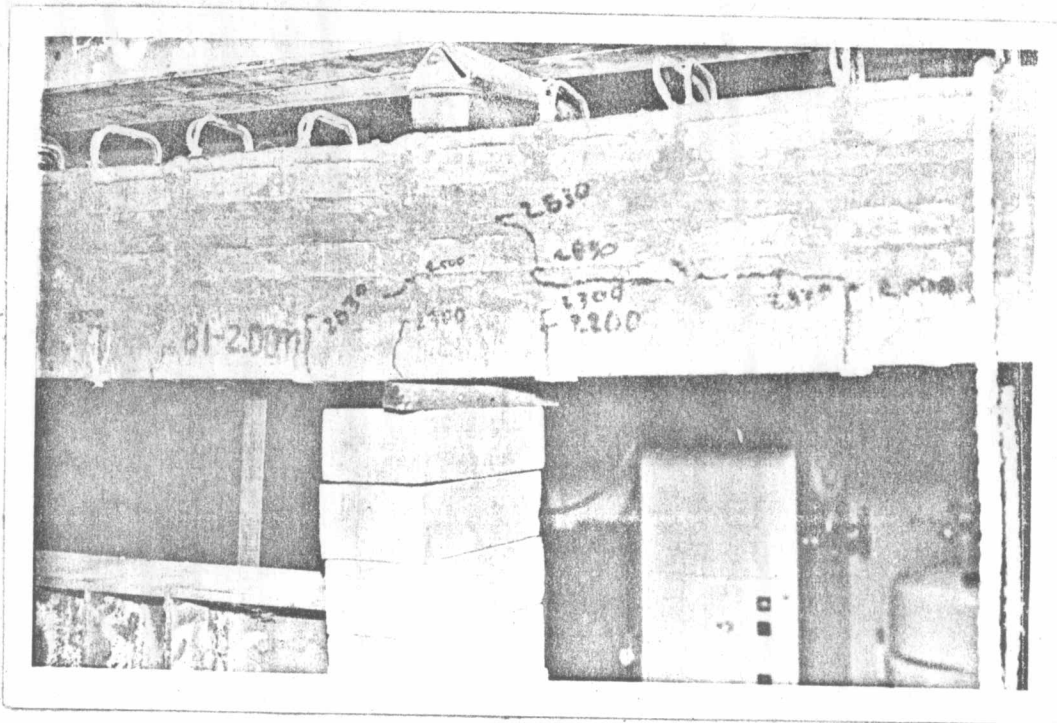
รูปที่ 5.24 ลักษณะการแตกร้าวของคาน B 3 - 1.50 ทันที่ 2



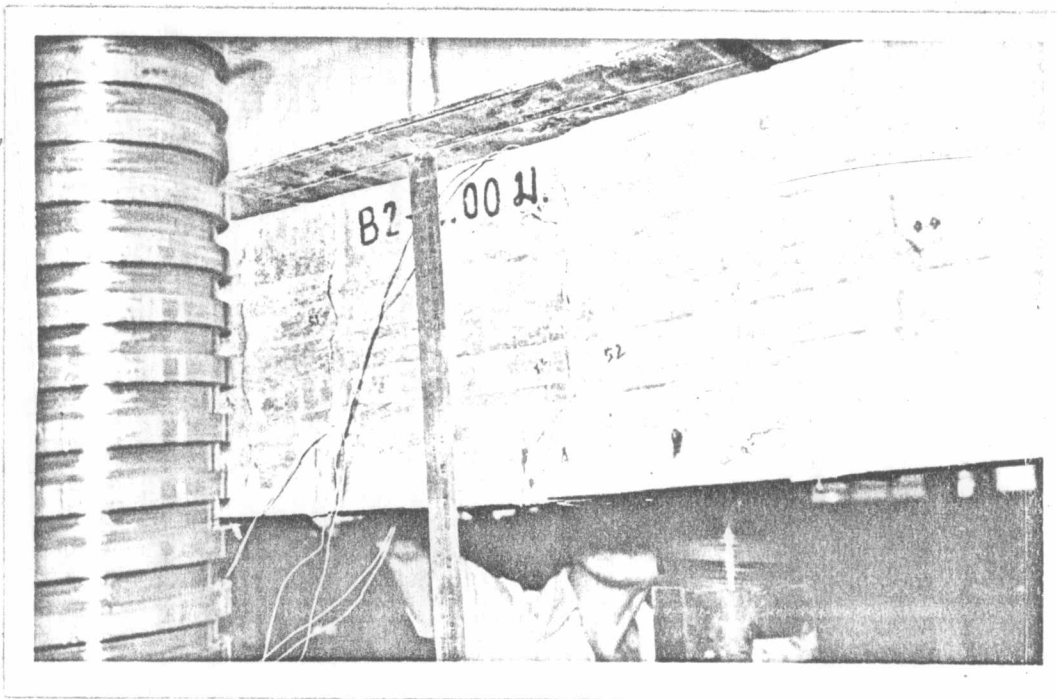
รูปที่ 5.25 ลักษณะการแตกร้าวของคาน B4 - 1.50 คำนปลาย ก.



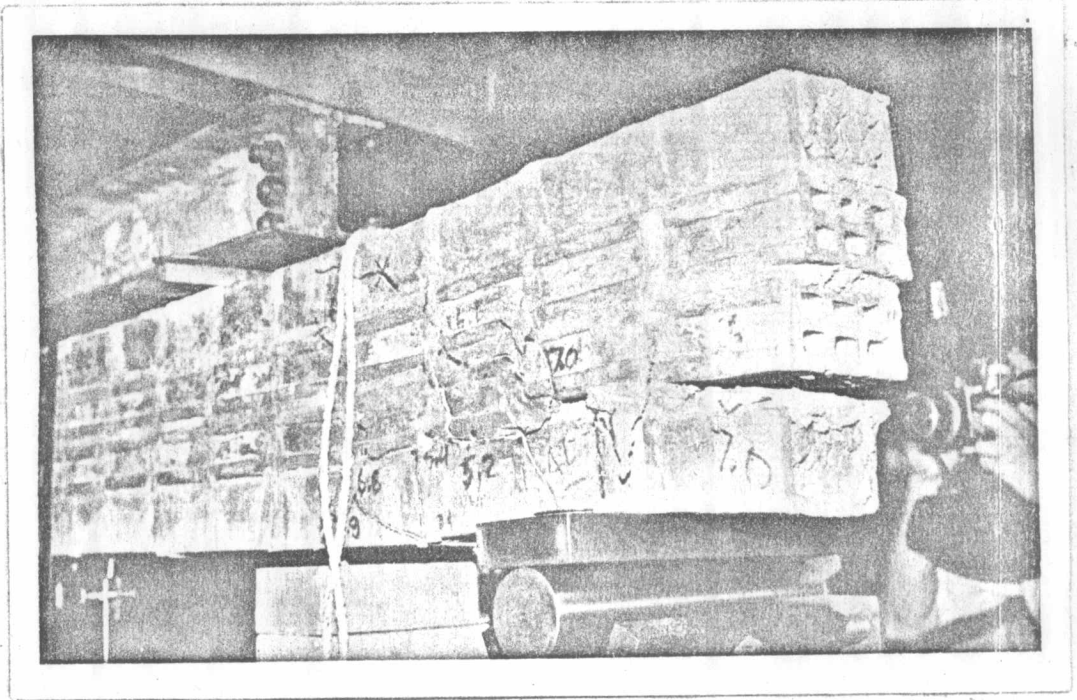
รูปที่ 5.26 ลักษณะการแตกร้าวของคาน B4 - 1.50 คำนปลาย ข.



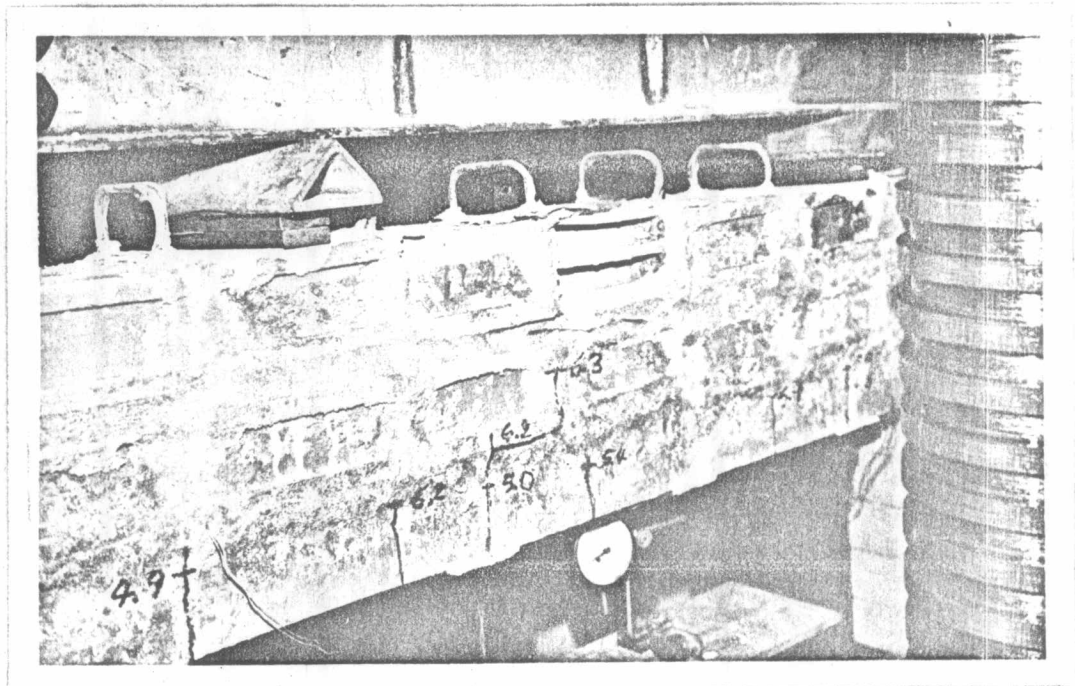
รูปที่ 5.27 ลักษณะการแตกร้าวของคาน B1 - 2.00



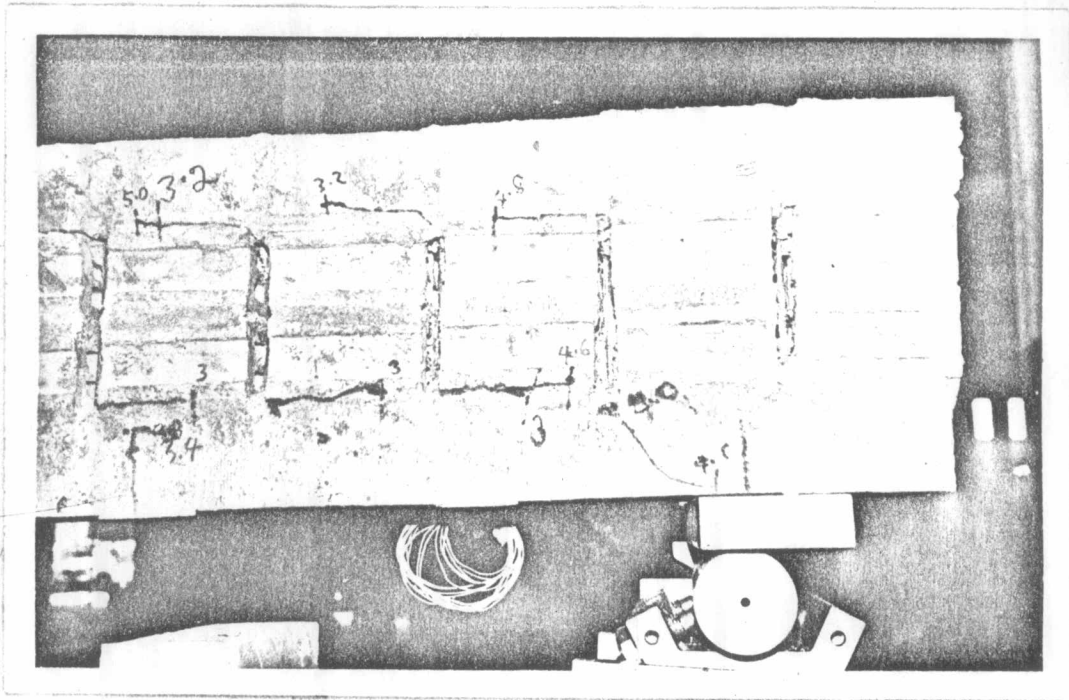
รูปที่ 5.28 ลักษณะการแตกร้าวของคาน B 2 - 2.00



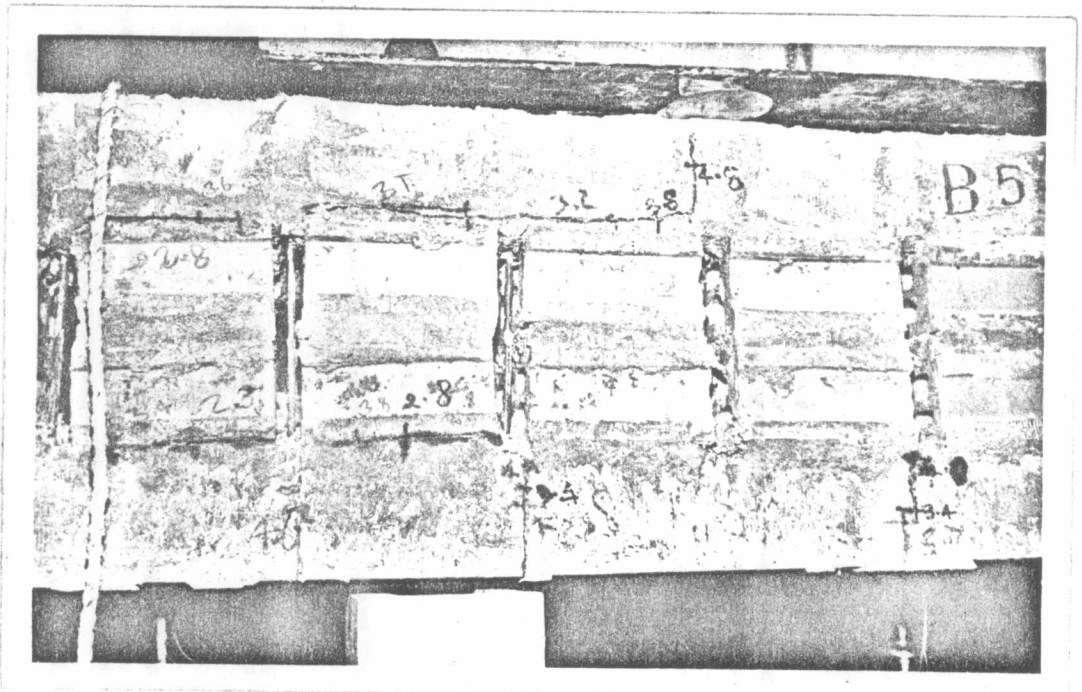
รูปที่ 5.29 ลักษณะการแตกร้าวของคาน B3 - 2.00



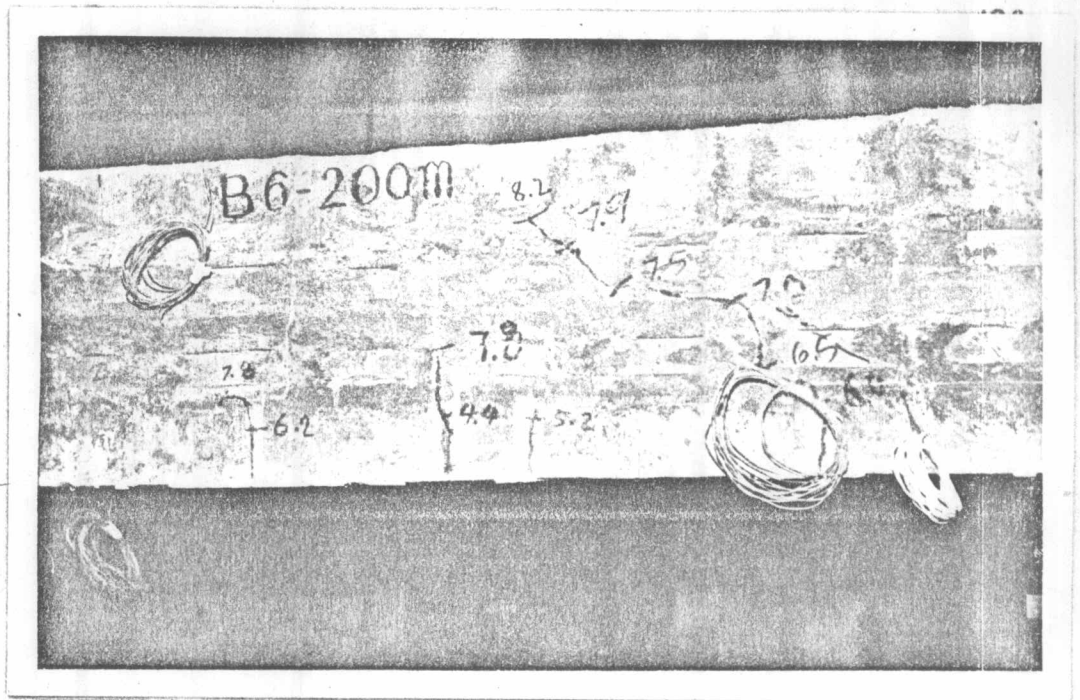
รูปที่ 5.30 ลักษณะการแตกร้าวของคาน B4 - 2.00



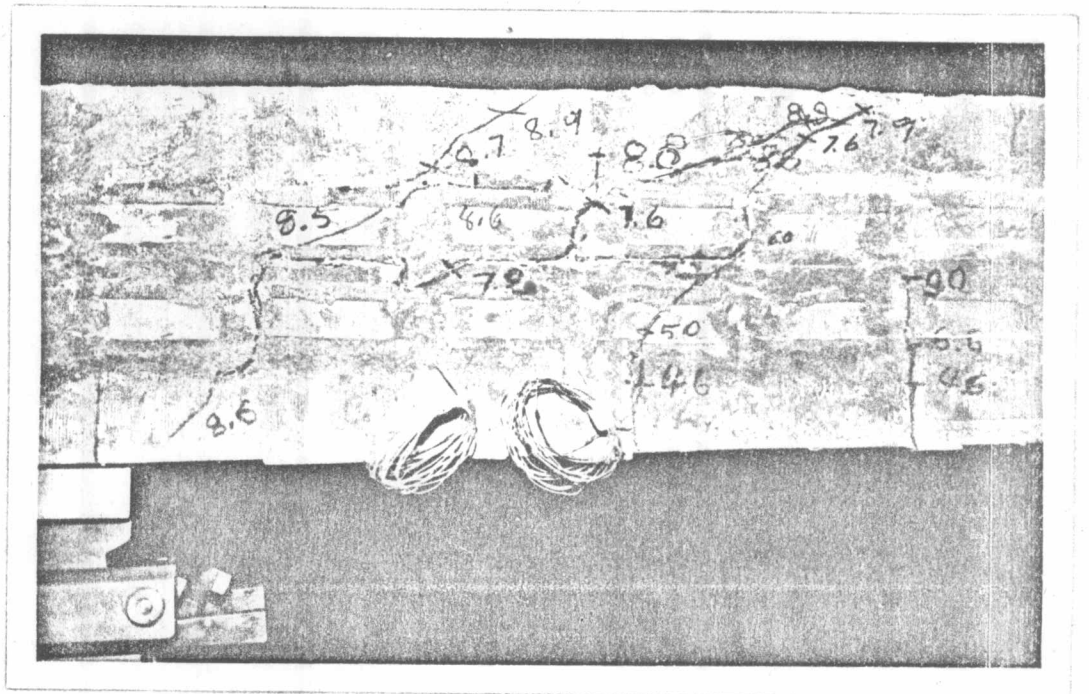
รูปที่ 5.31 ลักษณะการแตกร้าวของคาน B5 - 2.00



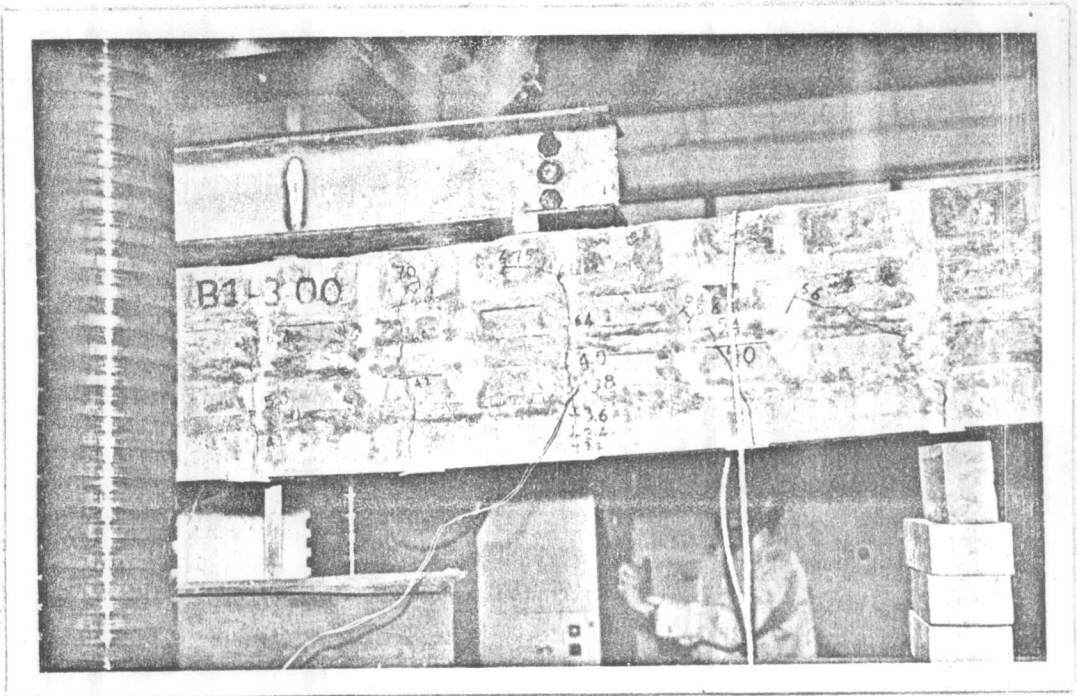
รูปที่ 5.32 ลักษณะการแตกร้าวของคาน B5 - 2.00



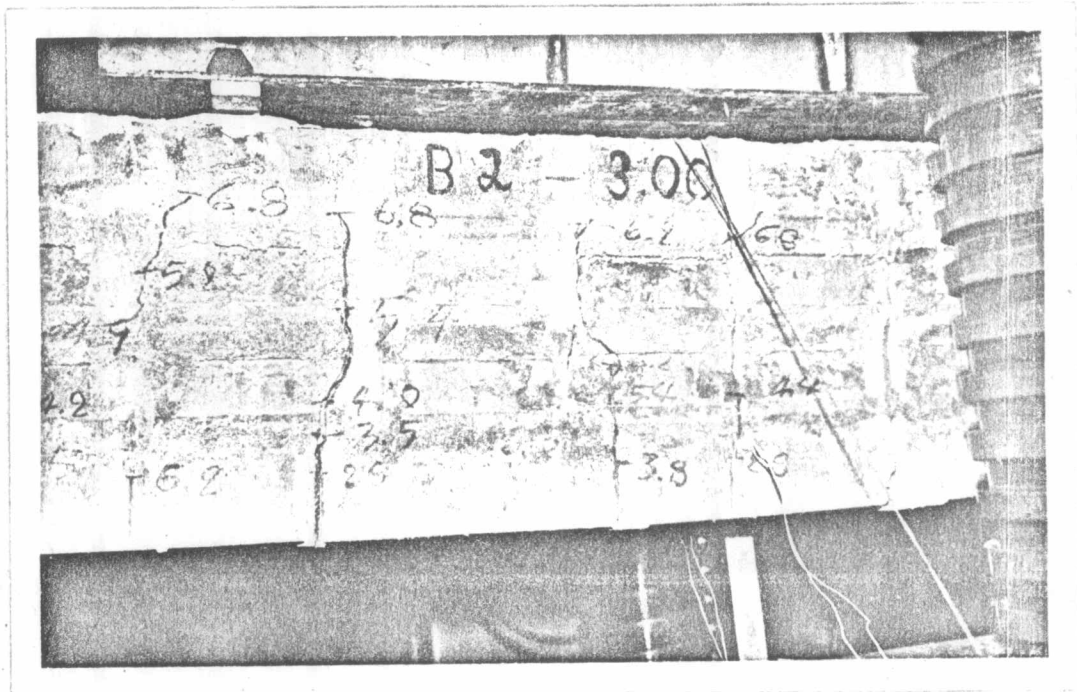
รูปที่ 5.33 ลักษณะการตกร้าวของคาน B6 - 2.00 คานปลาย ก.



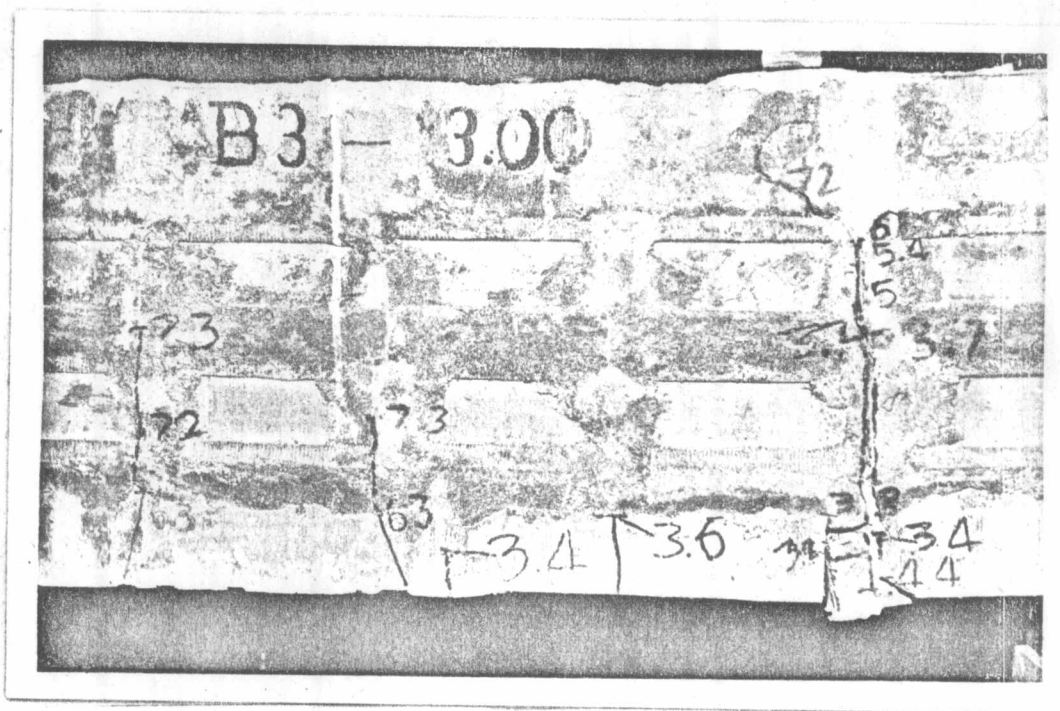
รูปที่ 5.34 ลักษณะการตกร้าวของคาน B 6- 2.00 คานปลาย ข.



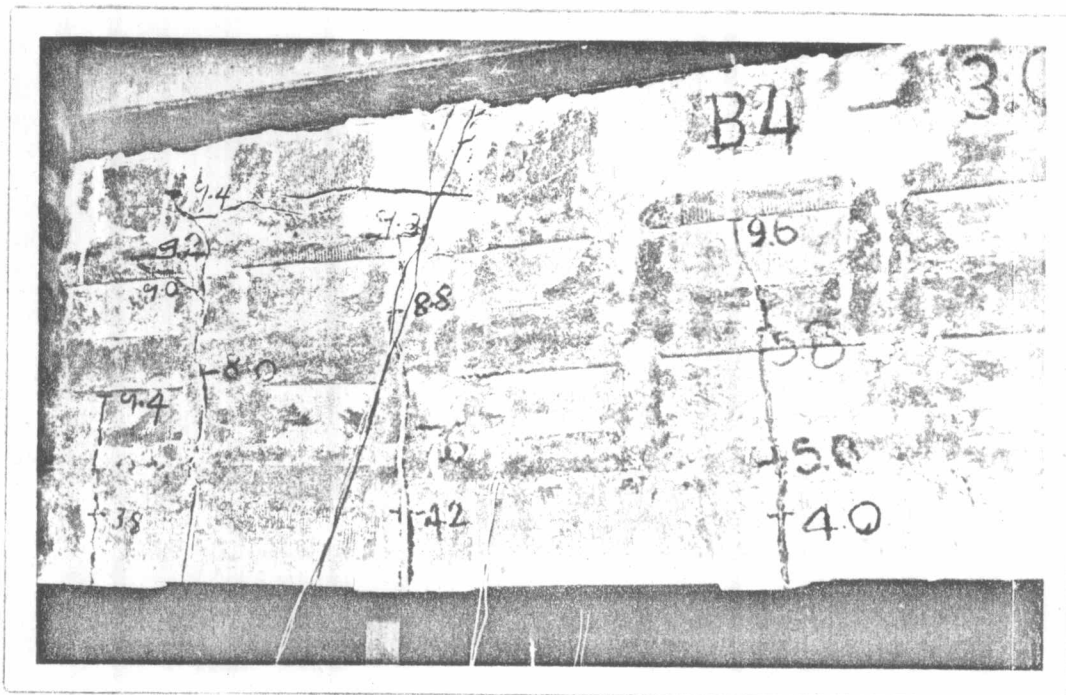
รูปที่ 5.35 ลักษณะการแตกร้าวของคาน B 1 - 3.00



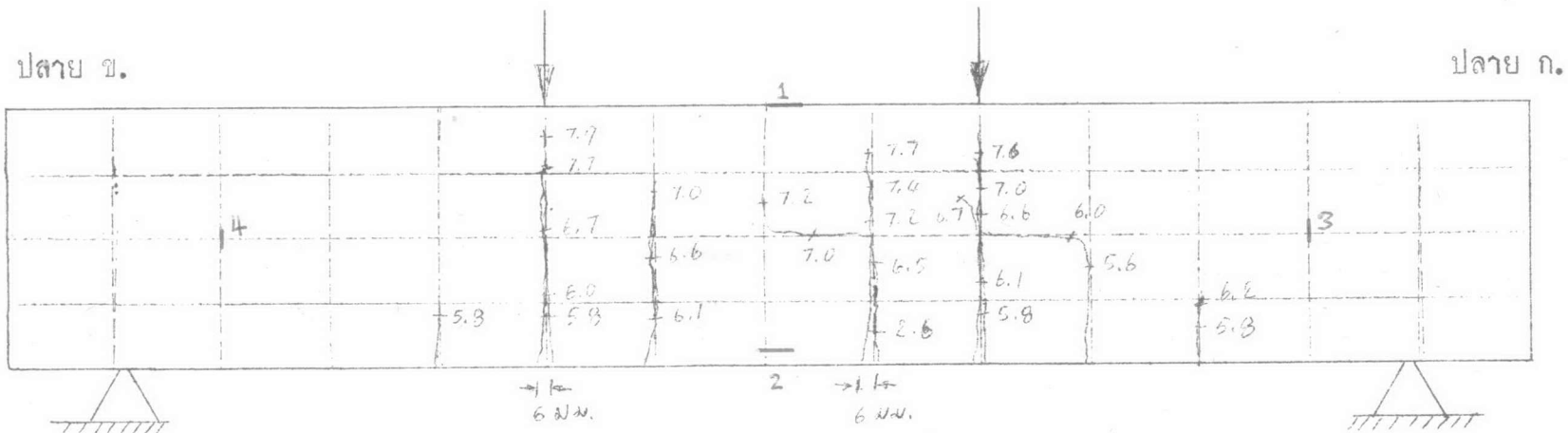
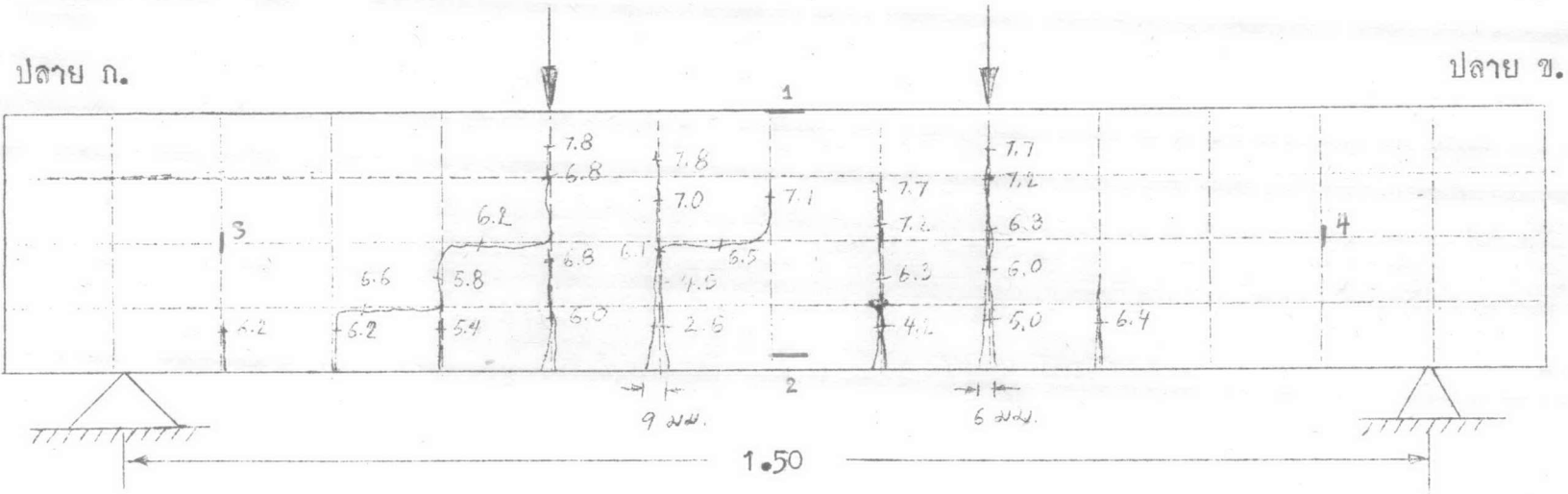
รูปที่ 5.36 ลักษณะการแตกร้าวของคาน B 2 - 3.00



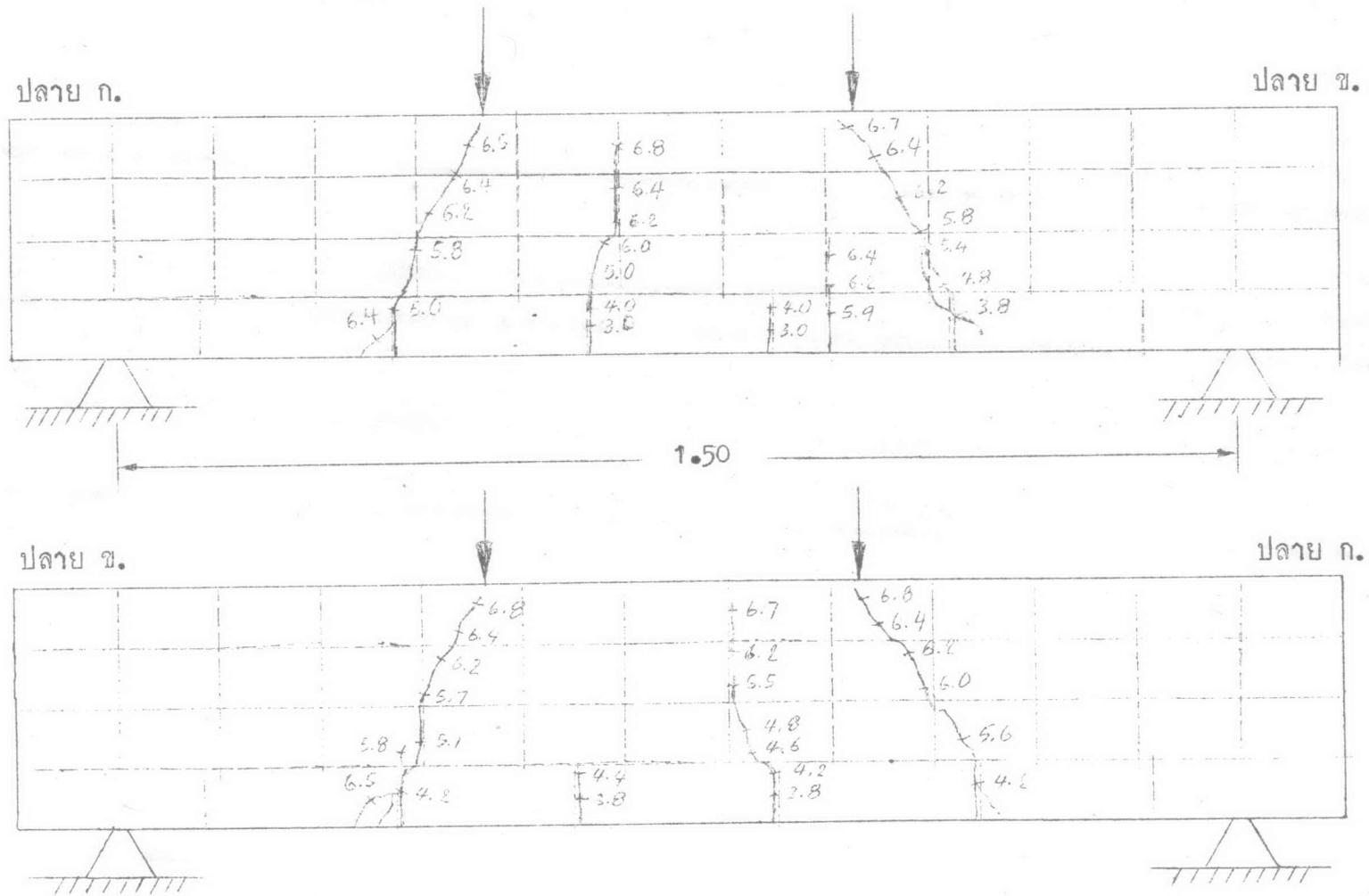
รูปที่ 5.37 ลักษณะการแตกร้าวของคาน B 3 - 3.00



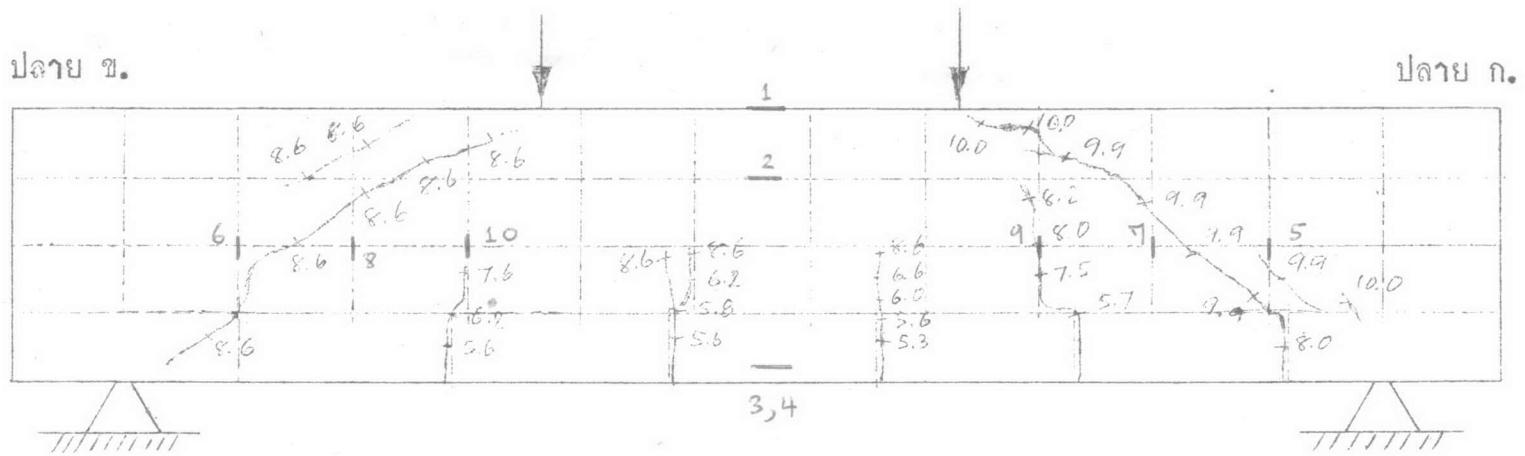
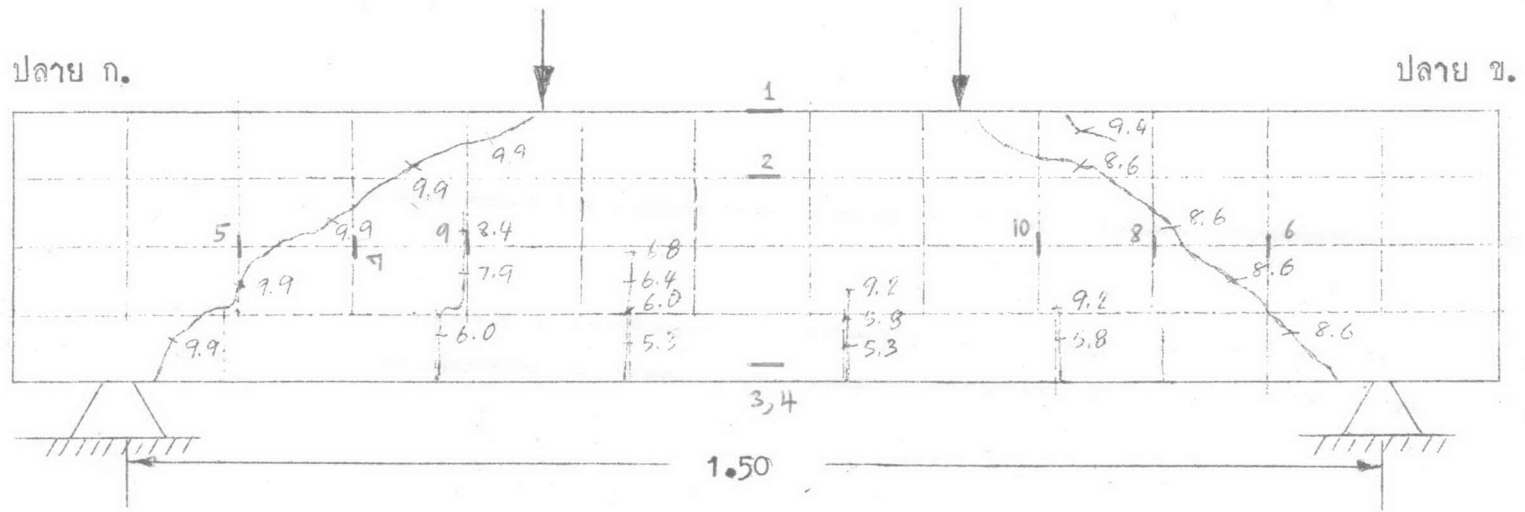
รูปที่ 5.38 ลักษณะการแตกร้าวของคาน B 4 - 3.00



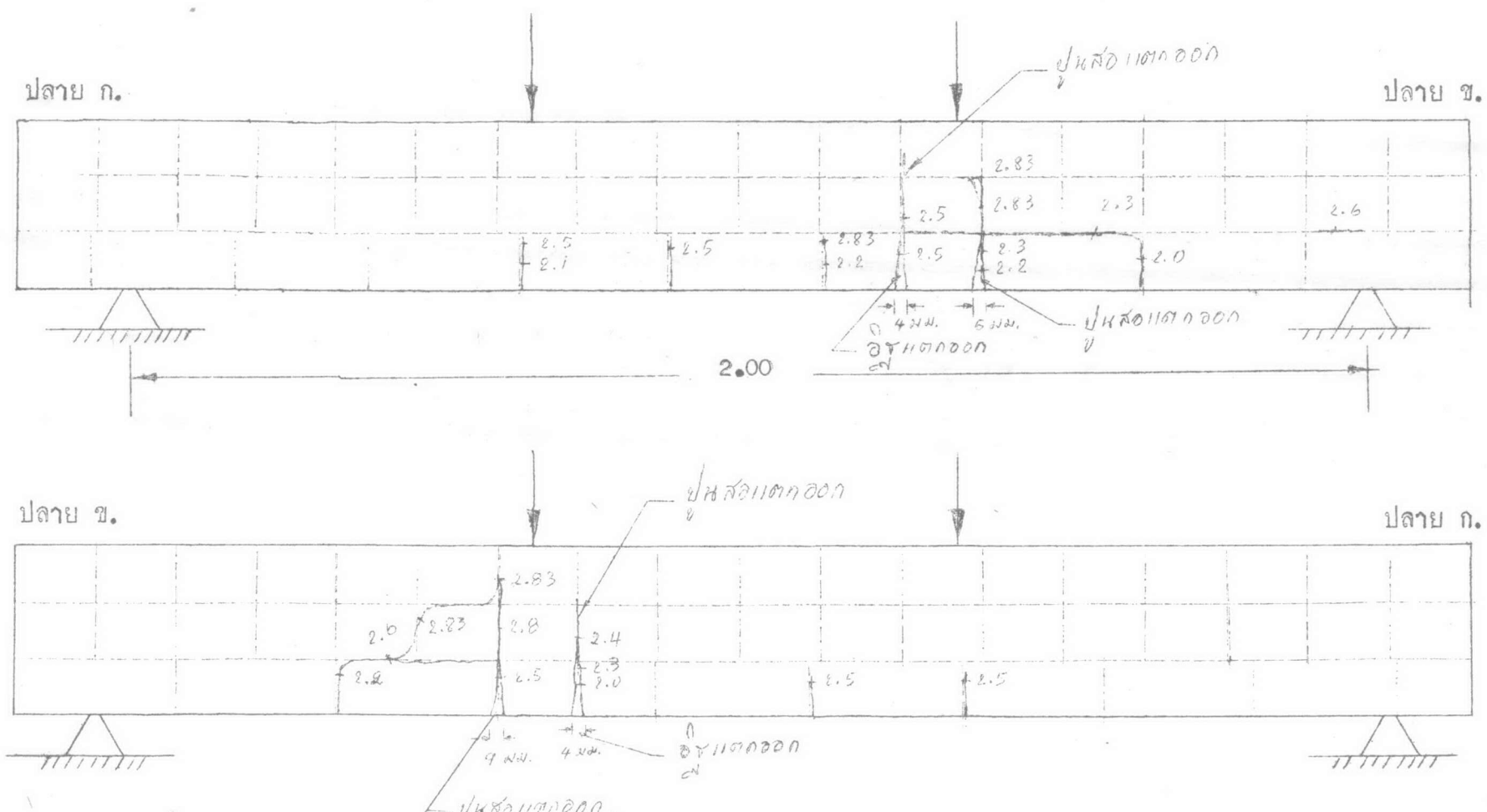
รูปที่ 5.40 ลักษณะการแทรก رأวและตำแหน่ง เกจวัดความเครียดของคาน B2 , - 1.50 (คืบ)



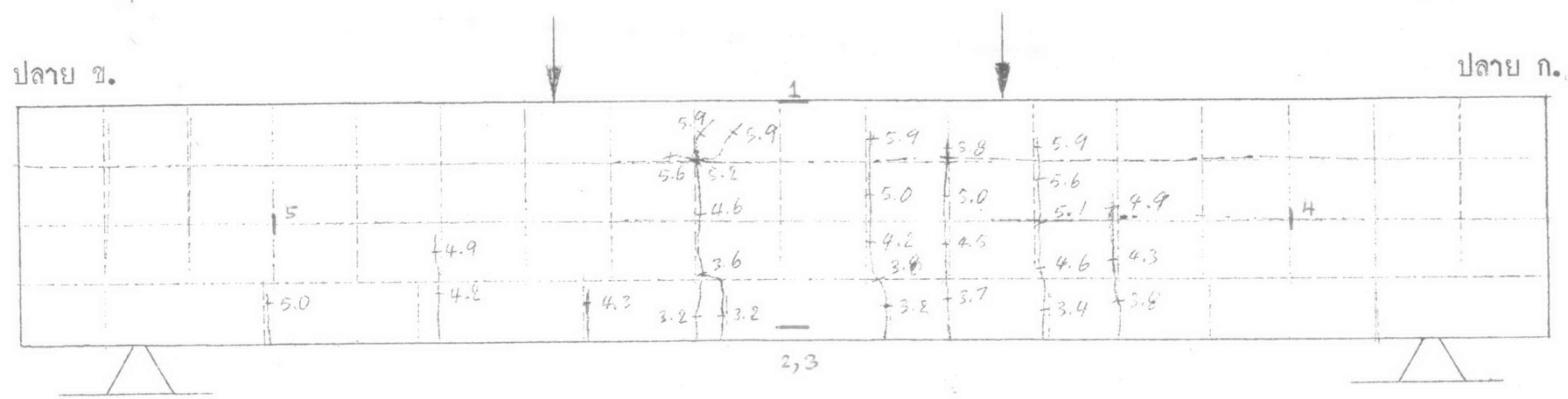
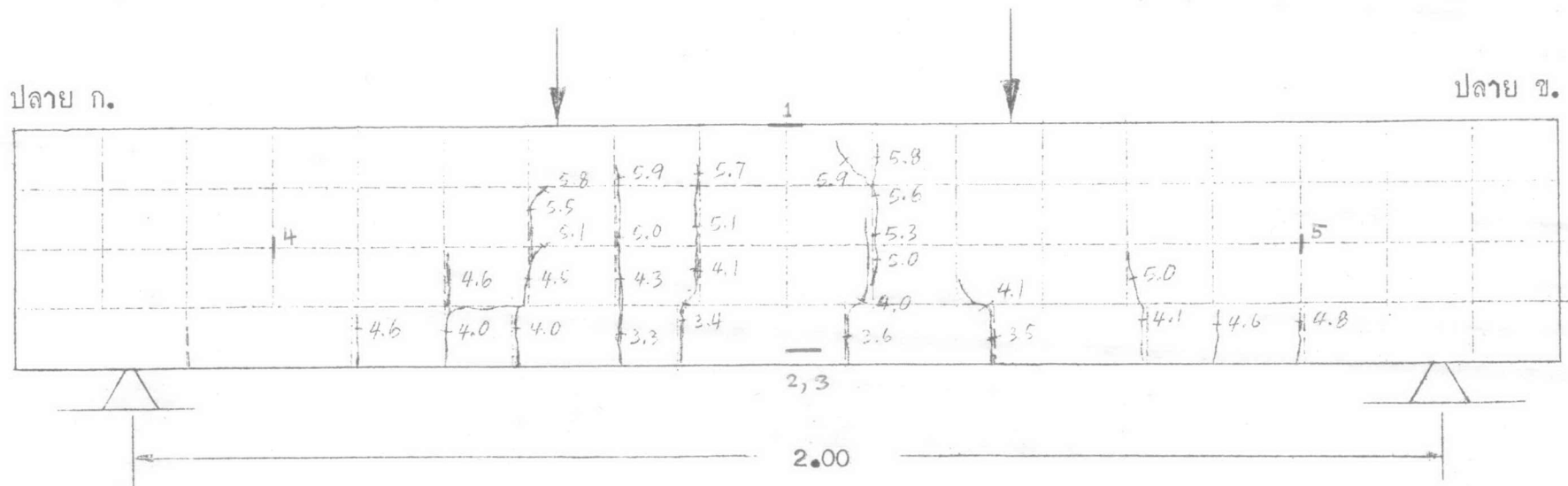
รูปที่ 5.41 ลักษณะการแตกร้าวและค่าหมุน แก้วที่คว่ำมเอียงของคาน 33×1.50 (คันทัน)
 (คานที่ไม่มีเหล็กปลอกและเหล็กเสริมบน)



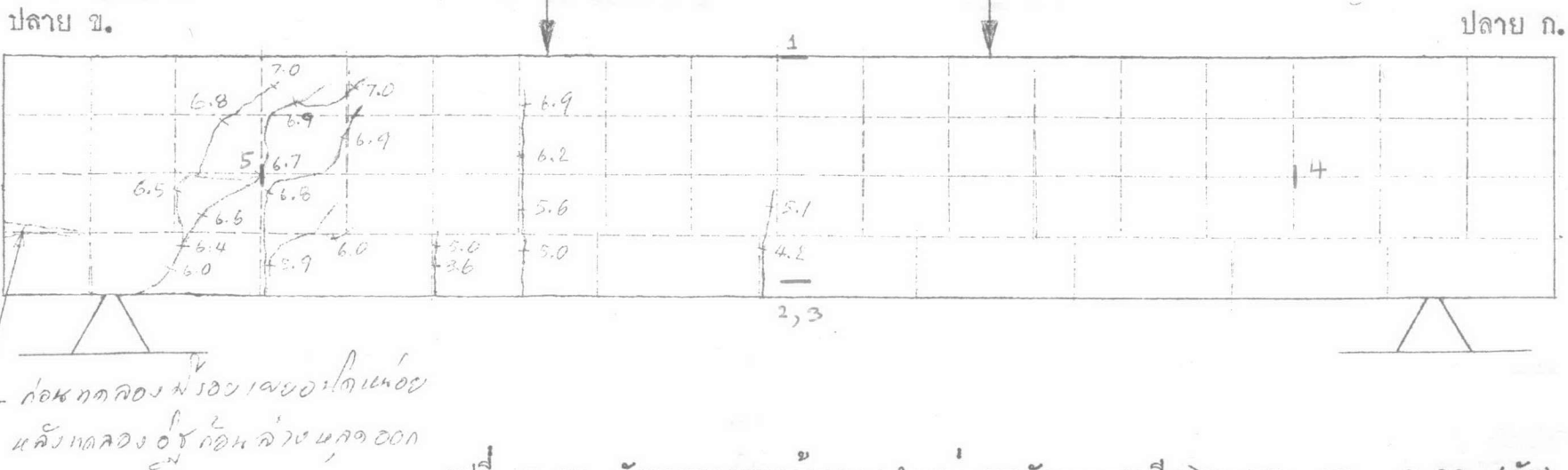
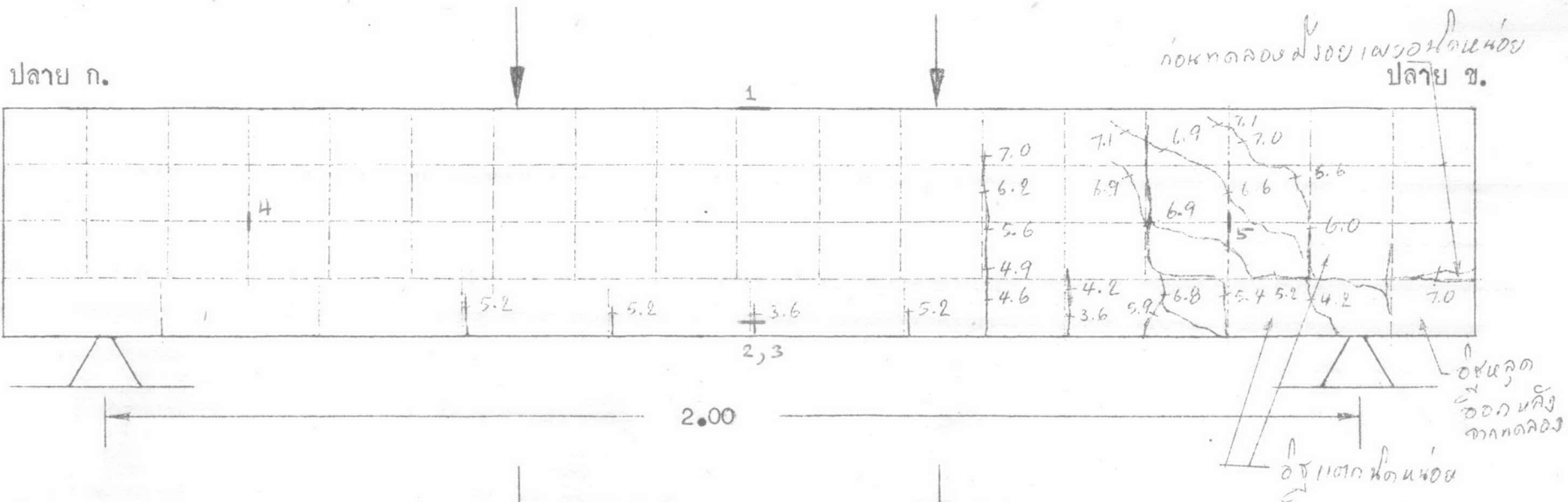
รูปที่ 5.42 ลักษณะการแตกร้าวและตำแหน่ง เเกจวัดความเครียดของคาน B4 - 1.50 (คัน)



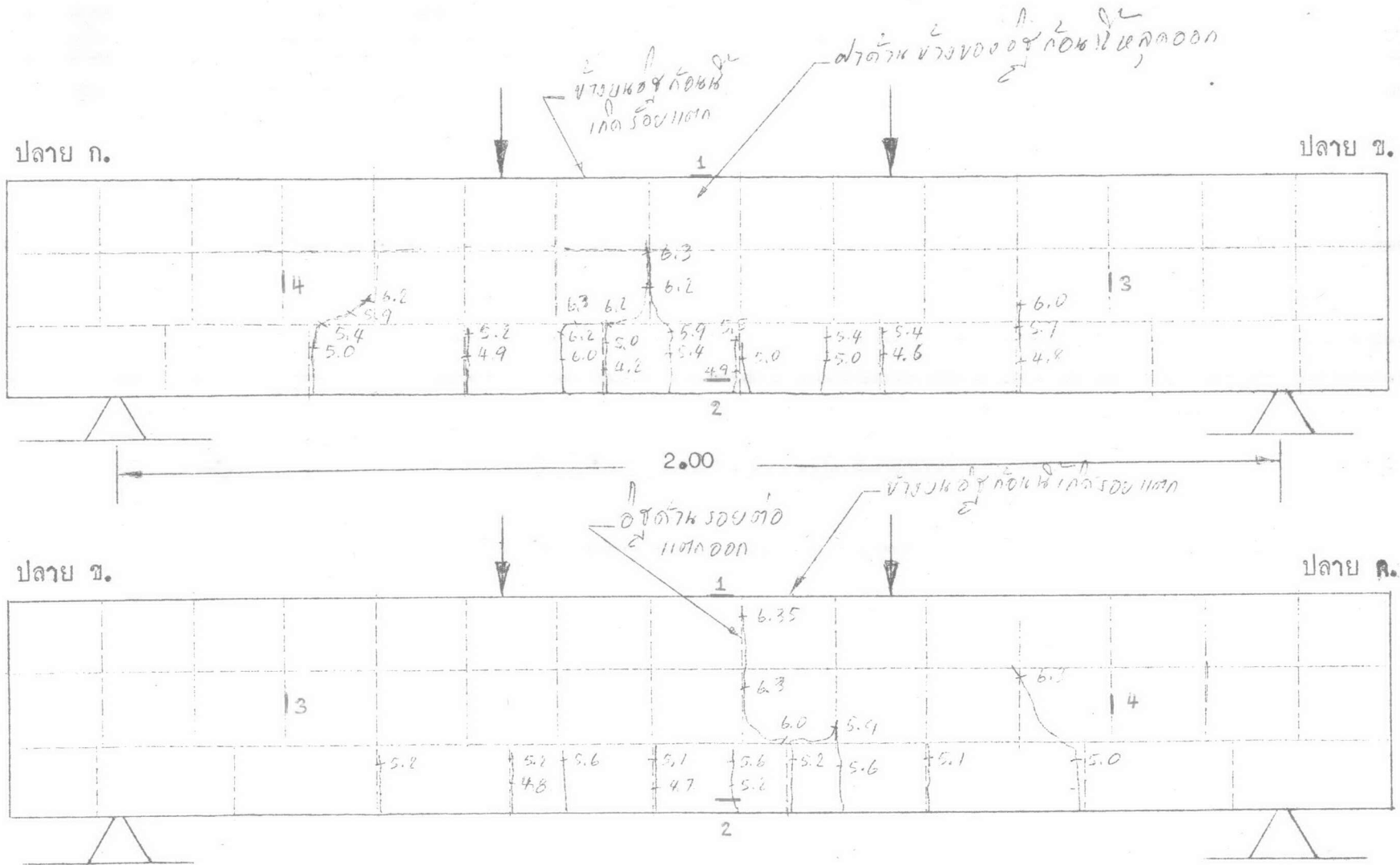
รูปที่ 5.43 ลักษณะการแตกร้าวและตำแหน่ง เเกจวัดความเครียดของคาน B1 - 2.00 (คั่น)
(คานที่ไม่ได้เทคอนกรีตส่วนบน)



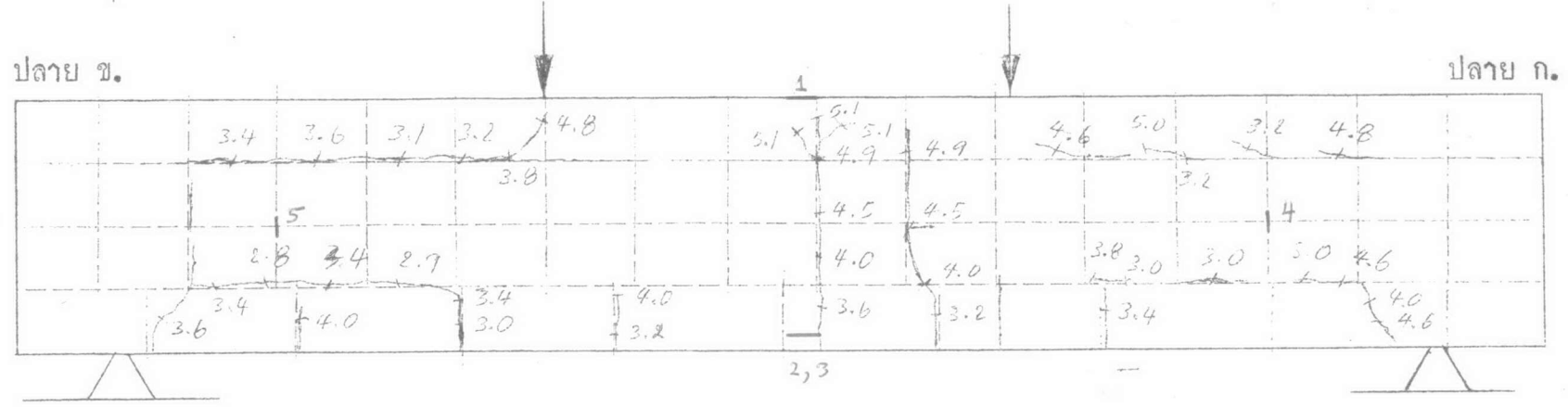
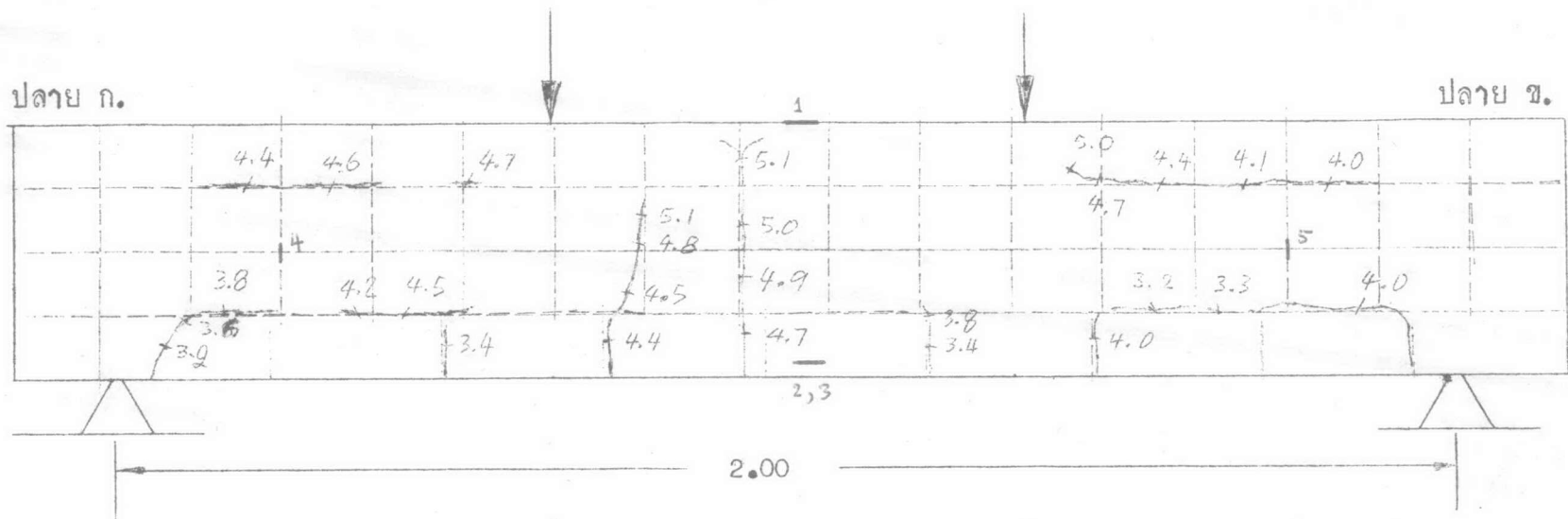
รูปที่ 5.44 ลักษณะการแตกร้าวและตำแหน่ง เกจวัดความเครียดของคาน B2 - 2.00 (ต้น)



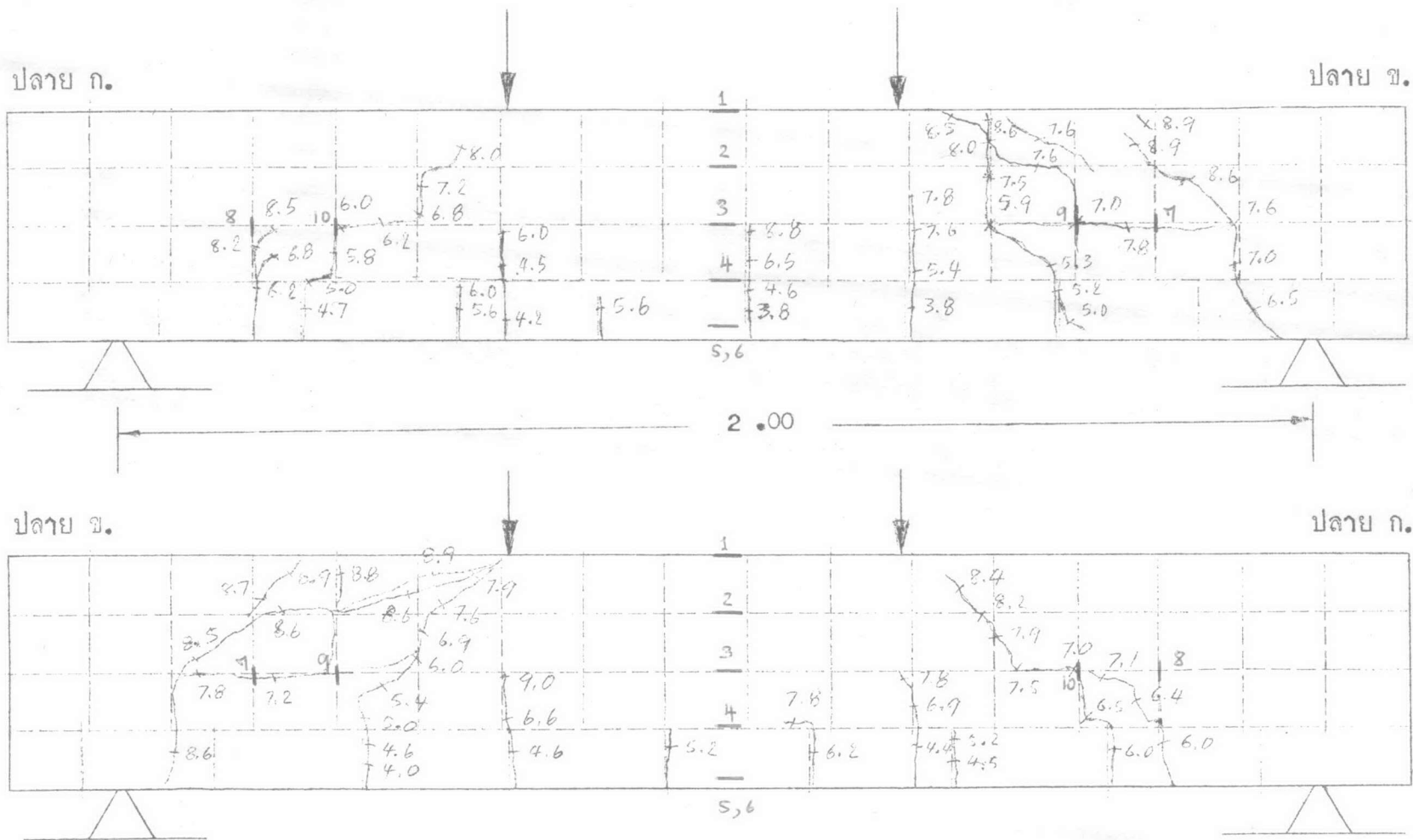
รูปที่ 5.45 ลักษณะการแตกร้าวและตำแหน่ง เกรงวัดความเครียดของคาน B3 - 2.00 (ตัน)



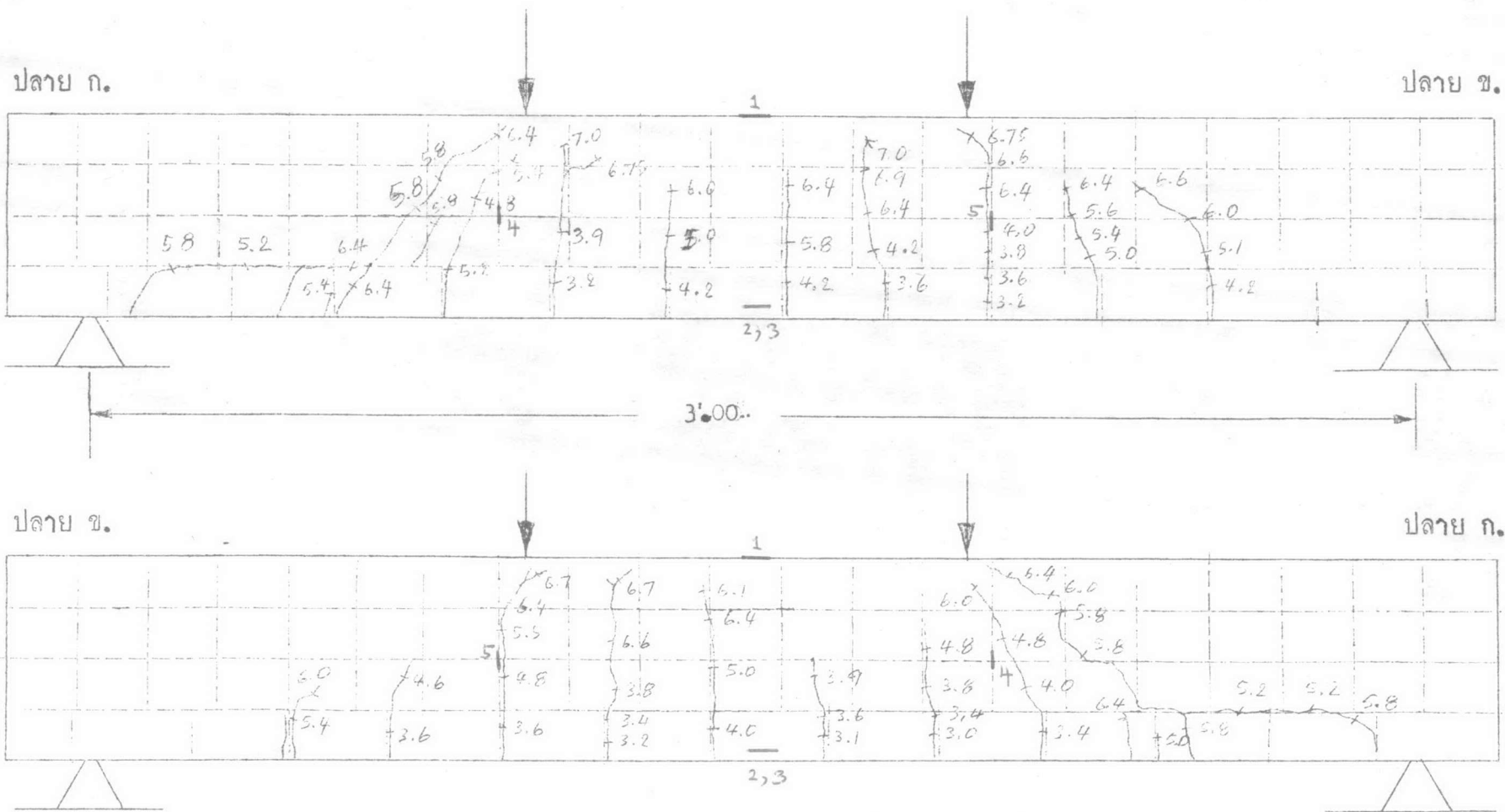
รูปที่ 5.46 ลักษณะการแตกร้าวและตำแหน่ง เกรงัดความเครียดของคาน B4 - 2.00 (ตัน)
 (คานที่ไม่ได้เทคอนกรีตส่วนบน)



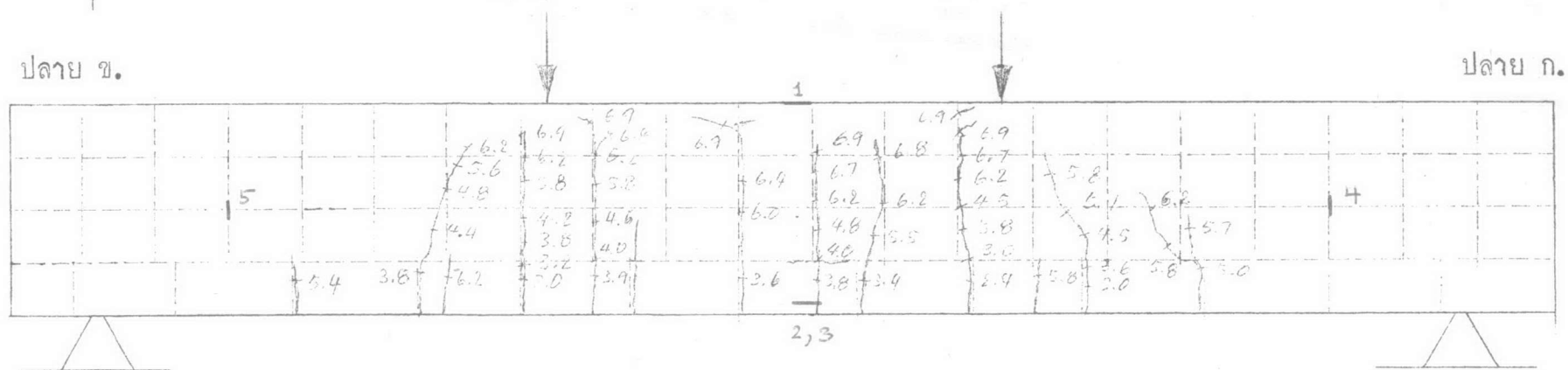
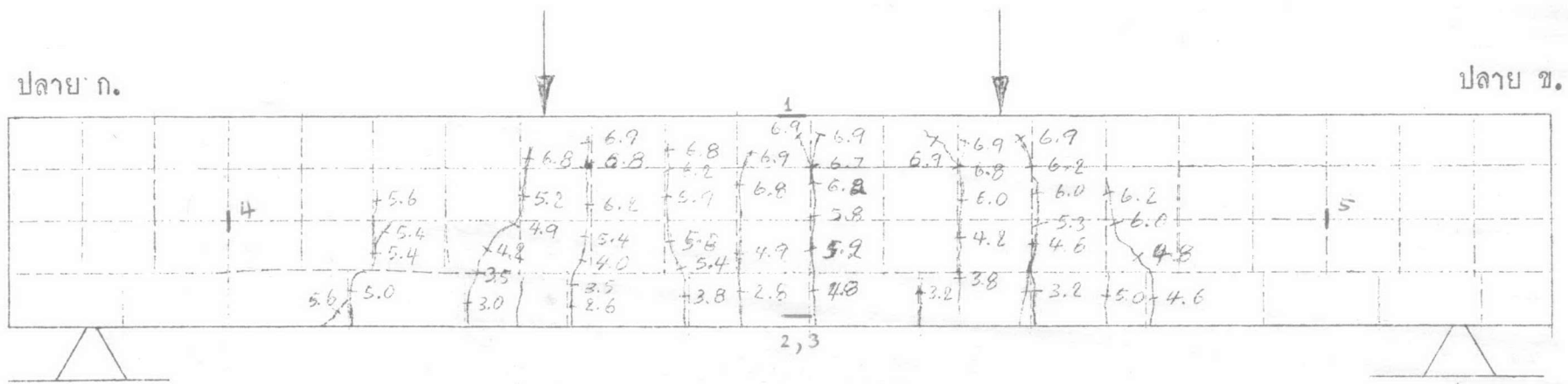
รูปที่ 5.47 ลักษณะการแตกร้าวและตำแหน่ง เกจวัดความเครียดของคาน B5 - 2.00 (ต้น)
 (คานที่ไม่อุดรอยเชื่อมตอปูนสอระหว่างอิฐในแนวตั้งตามเหล็กปลอก)



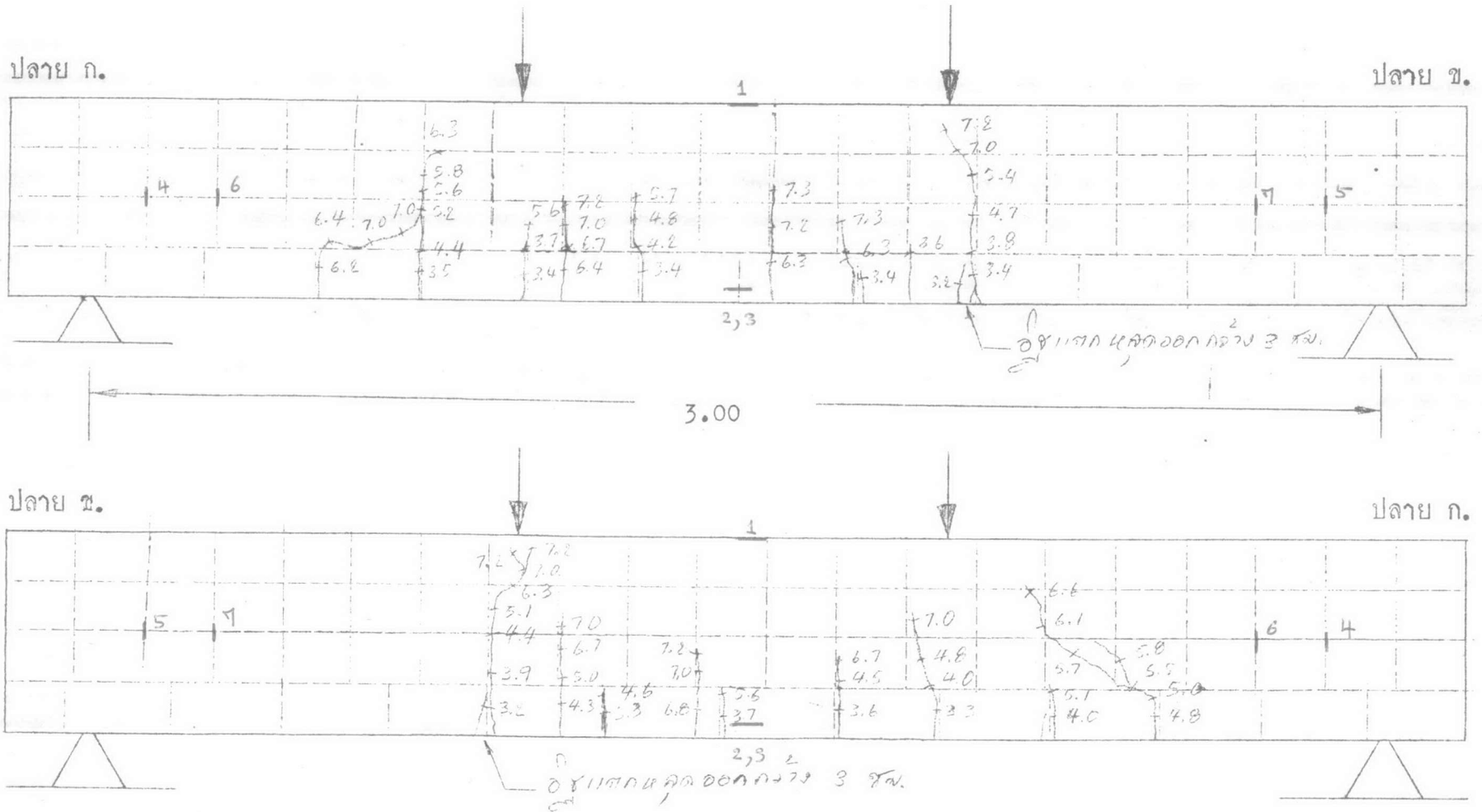
รูปที่ 5.48 ลักษณะการแตกร้าวและตำแหน่ง เกรงวัดความเครียดของคาน B6 - 2.00 (คืบ)



รูปที่ 5.49 ลักษณะการแตกร้าวและตำแหน่ง เเกจวัดความเครียดของคาน B1 - 3.00 (คืบ)



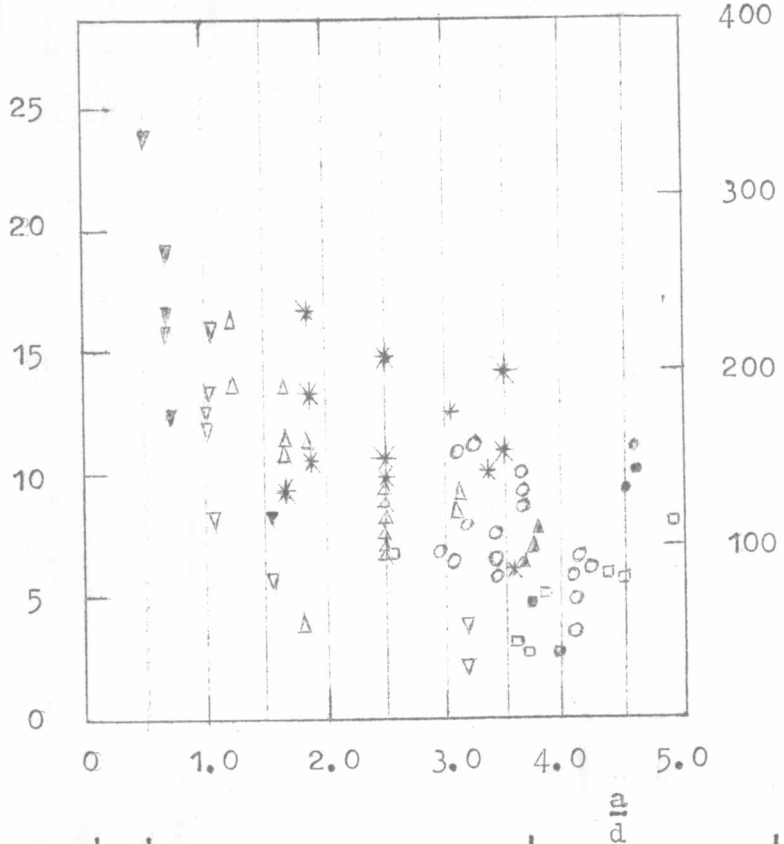
รูปที่ 5.50 ลักษณะการแตกร้าวและตำแหน่ง เเกจวัดควมเครียดของคาน B2 - 3.00 (กั้น)



รูปที่ 5.51 ลักษณะการแตกร้าวและตำแหน่ง เกรงรัศควมเครียดของคาน B3 - 3.00 (ต้น)
(เหล็กเสริมเอกไม่โค้งออกมา)

กค. / ซม.²

$$\tau_b = \frac{V}{\frac{7}{8} db}$$



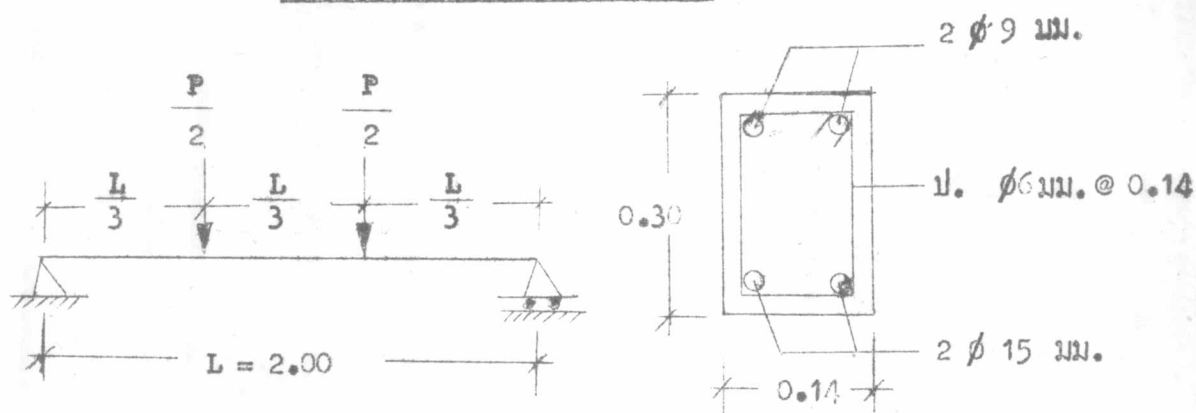
รูปที่ 5.53 เปรียบเทียบค่าหน่วยแรงเฉือนของคานประกอบที่ทดลองกับคานวัสดุของคานอื่นๆ

- * ตารวิจัยครั้งนี้
- Williamson
- o Parsons, Stang, and McBurney
- Δ Thomas and Sims
- △ Withey
- ▽ Schneider
- ▽ Zelger
- Granholm
- Hansen

จาก Sven Sahlin: "Structural Masonry", Prentice - Hall, Inc.

ตัวอย่างการคำนวณคาน

เมื่อคิดว่าเป็นคานคอนกรีตเสริมเหล็ก



$$\begin{aligned}
 f_y &= 2,700 \text{ กก./ซม.}^2 & f'_c &= 230 \text{ กก./ซม.}^2 \\
 f_s &= 1,350 \text{ กก./ซม.}^2 & f_c &= 100 \text{ กก./ซม.}^2 \\
 E_s &= 2.24 \times 10^6 \text{ กก./ซม.}^2 & E_c &= 2.27 \times 10^5 \text{ กก./ซม.}^2 \\
 n &= \frac{E_s}{E_c} = 10
 \end{aligned}$$

ค่าค่าสุด

$$A_s^+ = \frac{14}{f_y} bd$$

$$A_s^+ = \frac{14}{2,700} \times 14 \times 27 = 1,920 < 3,348$$

$$p = \frac{A_s}{bd} = \frac{3,348}{14 \times 27} = 0.008857$$

$$k = \sqrt{2np + (np)^2} - np$$

$$\begin{aligned}
 k &= \sqrt{2 \times 10 \times 0.008857 + (10 \times 0.008857)^2} - 10 \times 0.008857 \\
 &= 0.342
 \end{aligned}$$

$$j = 1 - \frac{k}{3} = 1 - \frac{0.342}{3} = 0.886$$

$$\begin{aligned}
 M_s &= A_s f_s j d \\
 &= 3,348 \times 1350 \times 0.886 \times 0.27 = 1,081 \text{ กก.-ม.}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_c &= \frac{1}{2} \times f_c k j db^2 \\
 &= \frac{1}{2} \times 100 \times 0.342 \times 0.886 \times 0.14 \times (27)^2 = 1,546 \text{ กก.-ม.}
 \end{aligned}$$

$$\text{แรงค้ำที่ยอมรับได้} \quad M = 1,081$$

กค.-ม.

$$\text{น้ำหนักแกน} = 2,400 \times 0.14 \times 0.30 = 100.8$$

กค./ม.

$$1,081 = \frac{P_w}{2} \times \frac{2.00}{3} + \frac{1}{8} \times 100.8 \times (2.00)^2$$

∴ น้ำหนักบรรทุกที่ยอมรับได้

$$P_w = 3,092$$

กค.

$$V = \frac{P_w}{2} + w \frac{L}{2}$$

$$V = \frac{3,092}{2} + 100.8 \times \frac{2.00}{2} = 1,647$$

กค.

$$V_c = 0.29 \sqrt{f'_c} b d$$

$$V_c = 0.29 \sqrt{230} \times 14 \times 27 = 1,662 \text{ กค.} > 1,647$$

เหล็กปลอก $\varnothing 6 \text{ มม.} @ 0.14 \text{ ไร่ได้}$

$$\text{หน่วยแรงยึดหน่วงที่เกิด} u = \frac{V}{\sum o j d}$$

$$= \frac{1,647}{(4.587 \times 2) 0.886 \times 27} = 7.50 \text{ กค./ม.}^2$$

หน่วยแรงยึดหน่วงที่ยอมรับได้

$$= \frac{2.29}{2 \times 1.46} \sqrt{230} = 11.89 \text{ กค./ม.}^2 > 7.50$$

ทฤษฎีกำลังประลัย

$$q = \frac{p f_y}{f'_c}$$

$$q = \frac{0.008857}{230} \times 2,700 = 0.1040$$

$$M_u = b d^2 f'_c q (1 - 0.59 q)$$

$$M = 0.14 \times (27)^2 \times 230 \times 0.1040 (1 - 0.59 \times 0.1040)$$

$$= 2,292 \text{ กค.-ม.}$$

$$2,292 = \frac{P_u}{2} \times \frac{2.00}{3} + \frac{1}{8} \times 100.8 \times (2.00)^2$$

∴ น้ำหนักบรรทุกทุกประลัย

$$P_u = 6,725 \text{ กค.}$$

คานประกอบคอนกรีต - บิฐเสริมเหล็ก

$$\begin{array}{llll}
 b = 0.14 & \text{ม.} & f_{b\gamma} = 310 & \text{กก./ซม.}^2 \\
 d_I = 0.08 & \text{ม.} & f_{mI} = 148 & \text{กก./ซม.}^2 \\
 d = 0.27 & \text{ม.} & f_m = 49 & \text{กก./ซม.}^2 \\
 n_c = \frac{E_s}{E_c} = 10 & & n_b = \frac{E_s}{E_b} = \frac{2.24 \times 10^6}{9.48 \times 10^6} = 24 &
 \end{array}$$

จากสมการ (2.3 - 1)

$$\begin{aligned}
 k &= \frac{2(8 \times 10 - 8 \times 24 - 0.008857 \times 27 \times 24 \times 10)}{\pm \sqrt{4(-169.4)^2 - 4 \times 10(8^2 \times 10 - 8^2 \times 24 - 2 \times 0.008857 \times 27^2 \times 10 \times 24)}} \\
 &= 0.343
 \end{aligned}$$

จากสมการ (2.3 - 2)

$$j_I = 1 - \frac{8}{3 \times 27} \left[\frac{3 \times 0.342 \times 27 - 2 \times 8}{2 \times 0.343 \times 27 - 8} \right]$$

$$j_I = 0.889$$

จากสมการ (2.3 - 3)

$$j_2 = 1 - \frac{0.343}{3} \times \frac{2}{3} \times \frac{8}{27}$$

$$j_2 = 0.688$$

จากสมการ (2.3 - 6)

$$M_s = 1,083 \quad \text{กก.-ม.}$$

จากสมการ (2.3 - 7)

$$\begin{aligned}
 M_s &= \frac{1}{2} \left(\frac{2 \times 0.343 \times 27 - 8}{1 - 0.343} \right) \times \frac{1,350}{10} \times 8 \times 0.14 \times 0.889 \\
 &+ \frac{1}{2} \frac{(0.343 \times 27 - 8)^2}{1 - 0.343} \times \frac{1,350}{24} \times 0.14 \times 0.688
 \end{aligned}$$

$$M_s = 1,076 + 7 = 1,083 \quad \text{กก.-ม.}$$

จากสมการ (2.3 - 11) จะได้ $M_c = 1,536$ กก.-ม.

แรงดัดที่ยอมให้ $= 1,083$ กก.-ม.

$$1,083 = \frac{P_w \times 2.00}{2} \times \frac{1}{3} + \frac{1}{8} \times 76.8 \times (2.00)^2$$

น้ำหนักบรรทุกที่ยอมให้ $P_w = 3,134$ กก.

ทฤษฎีกำลังประลัย

$$T = A_s f_y$$

$$= 3.348 \times 2,700 \quad \text{กก.}$$

$$= 9,040 \quad \text{กก.}$$

$$C_1 = 0.85 f_c d_1 b$$

$$= 0.85 \times 230 \times 8 \times 14$$

$$= 21,200 \quad \text{กก.}$$

เนื่องจาก $C_1 > T$

\therefore ระยะแนวแกนสะเทิน e จะมีค่าน้อยกว่า d_1

นั่นคือทฤษฎีกำลังประลัยของคานประกอบคอนกรีต - อีฐเสริมเหล็ก

จะเหมือนคานคอนกรีตเสริมเหล็ก ฉะนั้นจึงได้แรงดัดประลัย 2,292 กก.-ม.

$$2,292 = \frac{P_u \times 2.00}{2} \times \frac{1}{3} + \frac{1}{8} \times 76.8 \times (2.00)^2$$

น้ำหนักบรรทุกประลัย $P_u = 6,761$ กก.

ประวัติการศึกษา

ชื่อ นายภูวไนย เกียรติชนก
วุฒิการศึกษา วศ.บ. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2514
ตำแหน่ง วิศวกรโยธา กองทางหลวงท้องถิ่น กรมโยธาธิการ

