

เอกสารอ้างอิง



1. ถาวร อโชนยานนท์. "การใช้ไม้ไผ่เป็นแรงเสริมในพื้นที่คอนกรีตกันน้ำ" รายงานฉบับที่ วว. 23 กองวิเคราะห์และวิจัย กรมทางหลวง กระทรวงคมนาคม กรุงเทพฯ 4, เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2519.
2. เทวรินทร์ ผาติอุดมภาพ. "การนำคอนกรีตเสริมไม้ไผ่มาใช้สร้างบ้านราคาถูก" วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต, บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กท.ม., 2521.
3. วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย "มาตรฐานสำหรับอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก" มาตรฐาน ว.ส.ท. 1001-16, มิถุนายน 2517, กรุงเทพมหานคร, โรงพิมพ์รวมมิตรไทย, 2517.
4. โขติ ลู่วัตติ. "ไม้และหญ้า" มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร.
5. เชลล์ แห่งประเทศไทย. "คู่มือและวิธีการใช้เชลล์พลีนท์โค้ท" โดยบริษัทเชลล์ แห่งประเทศไทย จำกัด 140 ถนนวิบูลย์ กรุงเทพมหานคร.
6. วิจิต ช่อวิเชียร. "คอนกรีตเทคโนโลยี" กรุงเทพมหานคร : โดยผู้แต่ง 94 พหลโยธิน ซอย 1, 2519.
7. ต่อดระกุล ยมภาค, พิบูลย์ จินาวัฒน์, เรืองศักดิ์ กันตบุตร, พิชัย แทนชวาล และ อรุณชัย เสรี. "ระบบพื้นสำเร็จรูป." ใน เล่าเอ็มและระบบพื้นสำเร็จรูป, หน้า 1-65 ช่อมรมวิศวกรรมโยธา แผนกวิชาการวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2521.
8. ลั่นั้น เจริญเผ่า และ วิจิต ช่อวิเชียร. "คอนกรีตเสริมเหล็ก" กรุงเทพมหานคร : โดย ดร. วิจิต ช่อวิเชียร 94 พหลโยธิน ซอย 1 กรุงเทพฯ 4.
9. Cox, F.B. and Geymayer, H.G. "Expedient Reinforcement for Use in South East Asia." Technical Report C-69-3, Report No. 1, U.S. Army Engineer Wes., 1969.

10. Glenn, H.E. "Bamboo Reinforcement in Portland Cement Concrete"  
Bulletin No. 4, Clemson Agricultural College,  
Clemson, 1950.
11. Saucier, K.L. "Precast Concrete Elements with Bamboo  
Reinforcement." Technical Report No. 9-646, U.S. Army  
Waterways Experiment Station, May 1964.
12. Zahid Ali. "Mechanical Properties of Bamboo Reinforced Slabs."  
M. Eng. Thesis, Asian Institute of Technology, 1974.
13. A.H.M. Abu Sadeque. "Behavior of Bamboo Reinforced Concrete  
Tied Columns." M. Eng. Thesis, Asian Institute of  
Technology, 1975.
14. Jan Durrani A. "A Study of Bamboo as Reinforcement" for Slabs  
on Grade." M. Eng. Thesis, Asian Institute of  
Technology, 1975.
15. H.Y. Fang and S.M. Fay. "Mechanism of Bamboo-Water Interaction"  
In Materials of Construction For Developing Countries,  
Volume I pp. 36-48. Edited by R.P. PAMA, P. NIMITYONG-  
SKUL and D.J. COOK. Asian Institute of Technology,  
Thailand, 1978.
16. A C I Committee 318. "Building Code Requirement for Reinforced  
concrete." Detroit : American Concrete Institute, 1971.
17. Ferguson, P.M. "Reinforced Concrete Fundamentals" Third Edition,  
A Wiley International Editional, 1973.

ตารางที่ 3.1 คุณสมบัติการรับแรงดึงของไม้ไผ่เลื่อม

ลำดับที่	ลักษณะของ ไม้ไผ่	ขนาดหน้าตัด (ซม. x ซม.)	หน่วยแรงดึง ประลัย (กก./ซม. <sup>2</sup> )	โมดูลัส ยืดหยุ่น (กก./ซม. <sup>2</sup> )	ลักษณะการขาดของไม้ไผ่
1	มีข้อตรงกลาง	0.62 x 0.93	1,526	$1.98 \times 10^5$	ขาดที่ข้อไม้ไผ่ตรงกลาง
2	"	0.60 x 0.93	1,488	$1.95 \times 10^5$	"
3	"	0.79 x 1.03	1,475	$1.85 \times 10^5$	"
4	"	0.64 x 0.98	1,674	$2.10 \times 10^5$	ขาดที่ข้อและแตกตามยาว
5	"	0.53 x 0.88	1,329	$1.85 \times 10^5$	"
6	ไม่มีข้อ	0.49 x 1.01	1,674	$2.20 \times 10^5$	ขาดที่ข้อใกล้ที่ยึด
7	"	0.62 x 1.06	1,796	$2.55 \times 10^5$	แตกตามยาวเริ่มจากที่ยึด
8	"	0.45 x 0.95	1,871	$2.35 \times 10^5$	"
9	"	0.48 x 1.01	1,825	$2.84 \times 10^5$	"
10	"	0.54 x 0.92	1,872	$2.95 \times 10^5$	ขาดที่ข้อใกล้ที่ยึด
ค่าเฉลี่ย			1,653	$2.26 \times 10^5$	

## ตารางที่ 3.2 แรงยึดเหนี่ยวระหว่างไม้ไผ่กับคอนกรีต เมื่ออายุ 7 วัน

(ชุดที่ 1)

หมายเลขของตัวอย่างไม้ไผ่	ขนาดของไม้ไผ่ (ซม. x ซม.)	แรงดึงประลัย (กก.)	ลักษณะวิบัติ	หน่วยแรงยึดเหนี่ยวประลัย (กก./ซม. <sup>2</sup> )		
				แต่ละตัว	เฉลี่ย	
น ไม้ฝักข้อ	1-1	1.30 x 0.54	285	ไม้ไผ่รูด	5.16	5.47
	1-2	1.27 x 0.53	270	"	5.00	
	1-3	1.22 x 0.47	317	"	6.25	
F3 (S1) ไม้ฝักข้อ	1-1	1.24 x 0.55	510	ไม้ไผ่รูด	9.50	7.68
	1-2	1.23 x 0.55	320	"	5.99	
	1-3	1.23 x 0.57	465	"	8.61	
	1-4	1.19 x 0.47	330	"	6.63	
F16 (S1) ไม้ฝักข้อ	1-1	1.29 x 0.54	427	ไม้ไผ่รูด	7.78	6.45
	1-2	1.29 x 0.48	307	"	5.78	
	1-3	1.23 x 0.61	391	"	7.08	
	1-4	1.22 x 0.44	278	"	5.16	
F16 (1) ไม้ฝักข้อ	1-1	1.26 x 0.54	582	ไม้ไผ่รูด	10.78	9.78
	1-2	1.26 x 0.49	467	"	8.79	
	1-3	1.20 x 0.61	550	"	10.13	
	1-4	1.18 x 0.44	457	"	9.40	
F16 (2) ไม้ฝักข้อ	1-1	1.22 x 0.54	243	ไม้ไผ่รูด	4.60	5.01
	1-2	1.27 x 0.49	245	"	4.64	
	1-3	1.23 x 0.47	295	"	5.78	

หมายเหตุ. ความยาวผิวสัมผัสของไม้ไผ่ตัวอย่างเท่ากับ 15 ซม.

ค่าเฉลี่ยกำลังอัดประลัยของแท่งคอนกรีตรูปทรงกระบอก (ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 15 ซม. สูง 30 ซม.) เท่ากับ 181.8 กก./ซม.<sup>2</sup>

ตารางที่ 3.3 แรงยึดเหนี่ยวระหว่างไม้ไผ่กับคอนกรีต เมื่ออายุ 7 วัน

(ชุดที่ 2)

หมายเลขของตัวอย่างไม้ไผ่	ขนาดของไม้ไผ่ (ซม. x ซม.)	แรงดึงประลัย (กก.)	ลักษณะวิบัติ	หน่วยแรงยึดเหนี่ยววประลัย <sup>2</sup> (กก./ซม.)		
				แต่ละตัว	เฉลี่ย	
น มีข้อ	2-1	1.22 x 0.65	440	ไม้ไผ่รูด	7.84	8.82
	2-2	1.22 x 0.50	500	"	9.69	
	2-3	1.25 x 0.54	480	"	8.94	
น ไม่มีข้อ	2-1	1.20 x 0.51	340	ไม้ไผ่รูด	6.63	7.13
	2-2	1.20 x 0.50	367	"	7.20	
	2-3	1.22 x 0.47	383	"	7.55	
	2-4	1.26 x 0.49	408	"	7.77	
	2-5	1.25 x 0.42	325	"	6.49	
F3 (S1) ไม่มีข้อ	2-1	1.25 x 0.50	227	ไม้ไผ่รูด	4.32	5.41
	2-2	1.27 x 0.49	292	"	5.53	
	2-3	1.13 x 0.48	307	"	6.36	
	2-4	1.25 x 0.46	267	"	5.20	
	2-5	1.29 x 0.44	292	"	5.63	
F16 (1) ไม่มีข้อ	2-1	1.23 x 0.51	438	ไม้ไผ่รูด	8.39	7.48
	2-2	1.18 x 0.43	382	"	7.91	
	2-3	1.21 x 0.47	460	"	9.13	
	2-4	1.28 x 0.48	338	"	6.40	
	2-5	1.27 x 0.36	272	"	5.56	

หมายเหตุ. ความยาวฝังกของไม้ไผ่ตัวอย่างเท่ากับ 15 ซม.

ค่าเฉลี่ยกำลังอัดประลัยของแท่งคอนกรีตรูปทรงกระบอก (ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 15 ซม. สูง 30 ซม.) เท่ากับ 248.6 กก./ซม.<sup>2</sup>

ตารางที่ 3.4 การเปรียบเทียบระหว่างแรงยึดเหนี่ยวช่วงระยะเวลาสั้นกับการดูดซึมน้ำ

ลำดับที่	ลักษณะของไม้ไฟ	แรงยึดเหนี่ยว เฉลี่ยเมื่อ 7 วัน (กก./ช.ม. <sup>2</sup> )	การดูดซึมน้ำของไม้ไฟเมื่อเวลา (% ของน้ำหนักไม้ไฟที่แห้ง)		
			24 ชม.	72 ชม.	144 ชม.
1	น ไม่มีข้อ	5.47 (1.00)	34.24 (1.00)	46.36 (1.00)	57.54 (1.00)
		7.13 (1.00)	21.52 (1.00)	33.23 (1.00)	37.52 (1.00)
2	F3 (S1) ไม่มีข้อ	7.68 (1.40)	-	-	-
		5.41 (0.75)	12.21 (0.57)	23.51 (0.71)	31.21 (0.83)
3	F16 (S1) ไม่มีข้อ	6.45 (1.18)	-	-	-
		-	14.42 (0.67)	25.81 (0.78)	32.06 (0.85)
4	F16 (1) ไม่มีข้อ	9.78 (1.79)	23.08 (0.67)	33.52 (0.72)	44.89 (0.78)
		7.48 (1.05)	17.01 (0.79)	29.26 (0.88)	35.85 (0.96)
5	F16 (2) ไม่มีข้อ	5.01 (0.92)	15.84 (0.46)	25.53 (0.55)	34.53 (0.60)
		-	14.09 (0.65)	26.04 (0.78)	34.33 (0.92)

หมายเหตุ. ค่าตัวเลขในวงเล็บเป็นค่าที่เปรียบเทียบกับค่าของ น ที่ไม่มีข้อ ในการทดลองแต่ละครั้ง โดยตัวเลขข้างบนในแต่ละช่องเป็นการทดลองครั้งที่ 1 และตัวเลขข้างล่างเป็นการทดลองครั้งที่ 2

ตารางที่ 3.5 แรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับไม้ไผ่ เมื่ออายุ 2 สัปดาห์

ลำดับที่	ลักษณะไม้ไผ่	ขนาดของไม้ไผ่ (ซม. x ซม.)	แรงดึงประลัย (กก.)	ลักษณะวิบัติ	หน่วยแรงยึดเหนี่ยวประลัย (กก./ซม. <sup>2</sup> )	
					แต่ละตัว	เฉลี่ย
1	น ไม้สีเขียว	1.29 x 0.43	282	ไม้ไผ่รูด	5.47	
2	"	1.21 x 0.47	258	"	5.12	4.67
3	"	1.19 x 0.55	เสีย	"	-	
4	"	1.17 x 0.58	180	"	3.43	
1	F3 (S1) ไม้สีเขียว	1.25 x 0.45	490	ไม้ไผ่รูด	9.61	
2	"	1.26 x 0.40	190	"	3.82	6.41
3	"	1.21 x 0.55	306	"	5.80	
4	"	1.27 x 0.57	เสีย	"	-	
1	F16 (1) ไม้สีเขียว	1.18 x 0.46	386	ไม้ไผ่รูด	7.85	
2	"	1.19 x 0.45	390	"	7.93	7.00
3	"	1.25 x 0.56	315	"	5.80	
4	"	1.21 x 0.56	340	"	6.40	

หมายเหตุ. ความยาวฝักของไม้ไผ่ตัวอย่างเท่ากับ 15 ซม.

ค่าเฉลี่ยกำลังอัดประลัยของแท่งคอนกรีตรูปทรงกระบอก (ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 15 ซม.) เท่ากับ 203.3 กก./ซม.<sup>2</sup>

ตารางที่ 3.6 แรงยึดเหนี่ยวระหว่างไม้ไผ่กับคอนกรีต เมื่ออายุ 2 เดือน

ลำดับที่	ลักษณะไม้ไผ่	ขนาดของไม้ไผ่ (ซม. x ซม.)	แรงดึงประลัย (กก.)	ลักษณะวิบัติ	หน่วยแรงยึดเหนี่ยวประลัย (กก./ซม. <sup>2</sup> )	
					แต่ละตัว	เฉลี่ย
1	น ไม่มีข้อ	1.26 x 0.42	57	ไม้ไผ่รูด	1.13	1.47
2	"	1.19 x 0.39	95	"	2.00	
3	"	1.25 x 0.55	90	"	1.67	
4	"	1.25 x 0.48	55	"	1.06	
1	F3 (S1) ไม่มีข้อ	1.23 x 0.39	220	ไม้ไผ่รูด	4.53	4.42
2	"	1.24 x 0.45	240	"	4.73	
3	"	1.19 x 0.53	240	"	4.65	
4	"	1.19 x 0.59	200	"	3.75	
1	F16 (1) ไม่มีข้อ	1.21 x 0.40	227	ไม้ไผ่รูด	4.70	4.75
2	"	1.30 x 0.36	295	"	5.92	
3	"	1.21 x 0.50	230	"	4.48	
4	"	1.32 x 0.58	223	"	3.91	

หมายเหตุ. ความยาวผิวสัมผัสของไม้ไผ่ตัวอย่างเท่ากับ 15 ซม.

ค่าเฉลี่ยกำลังอัดประลัยของแท่งคอนกรีตรูปทรงกระบอก (ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 15 ซม. สูง 30 ซม.) เท่ากับ 252.7 กก./ซม.<sup>2</sup>



ตารางที่ 3.7 แรงยึดเหนี่ยวระหว่างไม้ไผ่กับคอนกรีต เมื่ออายุ 4 เดือน

ลำดับที่	ลักษณะไม้ไผ่	ขนาดของไม้ไผ่ (ซม. x ซม.)	แรงดึงประลัย (กก.)	ลักษณะวิบัติ	หน่วยแรงยึดเหนี่ยวประลัย (กก./ซม. <sup>2</sup> )	
					แต่ละตัว	เฉลี่ย
1	น ไม้ผิ้อ	1.26 x 0.39	53	ไม้ไผ่รูด	1.07	
2	"	1.21 x 0.56	43	"	0.81	0.74
3	"	1.27 x 0.58	2	"	0.04	
4	"	1.27 x 0.66	60	"	1.04	
1	F3 (S1) ไม้ผิ้อ	1.17 x 0.45	165	ไม้ไผ่รูด	3.40	
2	"	1.16 x 0.53	73	"	1.44	2.98
3	"	1.12 x 0.65	185	"	3.48	
4	"	1.26 x 0.57	198	"	3.61	
1	F16 (1) ไม้ผิ้อ	1.17 x 0.40	100	ไม้ไผ่รูด	2.12	
2	"	1.25 x 0.57	80	"	1.47	2.18
3	"	1.25 x 0.55	180	"	3.33	
4	"	1.26 x 0.61	100	"	1.78	

หมายเหตุ. ความยาวฝักของไม้ไผ่ตัวอย่างเท่ากับ 15 ซม.

ค่าเฉลี่ยกำลังอัดประลัยของแท่งคอนกรีตรูปทรงกระบอก (ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 15 ซม. สูง 30 ซม.) เท่ากับ 234.7 กก./ซม.<sup>2</sup>

ตารางที่ 4.1 รายละเอียดของตงและแผ่นพื้นที่ใช้ในการทดลอง

ตง หรือ แผ่นพื้น-ตง	ความยาว ประสิทธิภาพ (L) (ม.)	ลักษณะของไม้ไม้ ผ่าซีกที่เสริม	จำนวน เส้นที่ เสริม	พื้นที่หน้าตัด ของไม้ไม้ (ซม <sup>2</sup> )	เปอร์เซ็นต์ของ พื้นที่หน้าตัดของ ไม้ไม้ต่อพื้นที่ ของตง	เปอร์เซ็นต์ของ พื้นที่หน้าตัดของ ไม้ไม้ต่อพื้นที่ ของแผ่นพื้น-ตง	บริเวณที่ติด เกลวัดความ เครียด
B1 น	2.50	ไม้ปรับปรุงผิว แขน้ำ 24 ซม.	6	4.05	2.11	-	-
B2 น	2.50	"	5	3.30	1.72	-	-
B3 F16 (1)	3.00	ทากลึงที่โคทเบอร์ 16 1 ชั้น	7	3.95	2.06	-	2 (2), <sup>*</sup> 4
B4 F3 (S1)	3.00	ทากลึงที่โคทเบอร์ 3 1 ชั้น ผลมทราย	7	3.96	2.06	-	2 (2), 4
B5 F16 (1)	3.00	ทากลึงที่โคทเบอร์ 16 1 ชั้น	7	4.33	2.26	-	2 (2), 4
B6 F3 (S1)	3.00	ทากลึงที่โคทเบอร์ 3 ผลมทราย 1 ชั้น	7	4.35	2.27	-	2 (2), 4
S1 น	3.00	ไม้ปรับปรุงผิว แขน้ำ 24 ซม.	6	7.05	3.67	2.10	1
S2 น	3.00	"	7	5.65	2.94	1.68	2(1), 2(2), 2(3), 3
S3 น	3.00	"	7	3.69	1.92	1.13	2(1), 2(2), 5
S4 F16 (1)	3.00	ทากลึงที่โคทเบอร์ 16 1 ชั้น	7	3.69	1.92	1.13	2(1), 2(2), 5
S5 น	3.00	ไม้ปรับปรุงผิว แขน้ำ 24 ซม.	7	3.69	1.92	1.13	2(1), 2(2), 2(3), 5
S6 F16 (1)	3.00	ทากลึงที่โคทเบอร์ 16 1 ชั้น	7	3.69	1.92	1.13	2(1), 2(2), 2(3), 5

\* ตัวเลขหน้าแสดงหมายเลขของรูป ตัวเลขในวงเล็บแสดงตำแหน่งที่ติด เกลวัดความเครียด ดังแสดงในรูป

จำนวนไม้ไผ่ที่เสริม = 6 เส้น



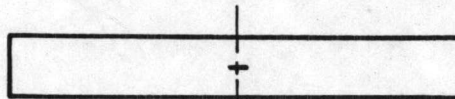
(1)

จำนวนไม้ไผ่ที่เสริม = 7 เส้น



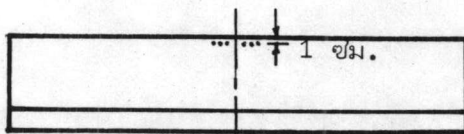
(2)

การตัดเกลวัดความเครียดของไม้ไผ่ในปีกล่าง

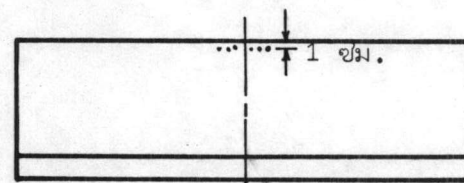


(3)

การตัดเกลวัดความเครียดแบบไฟฟ้าบนผิวคอนกรีตด้านบน



(4)



(5)

การตัดเกลวัดความเครียดบนกลบนผิวคอนกรีตด้านข้างของตงและแผ่นพื้น

ตารางที่ 4.2 กำลังอัดประลัยของแท่งคอนกรีตรูปทรงกระบอก

ลำดับที่	ไซโน ตงและแผ่นพื้น	ส่วนผสม คอนกรีต	อายุ (วัน)	แรงอัด ประลัย (ตัน)	กำลังอัดประลัย (กก./ซม. <sup>2</sup> )	
					แต่ละแท่ง	เฉลี่ย
1	B1 น	1: 2.5:3	7	41.4	234.3	
2	B1 น	โดยปริมาตร	7	40.8	230.9	234.3
3			7	42.0	237.7	
1	B3 F16 (1)		7	48.0	271.6	
2	B4 F3 (S1)	1:3:3	7	38.0	215.0	228.2
	B5 F16 (1)	โดยน้ำหนัก				
3	B6 F3 (S1)		7	35.0	198.1	
1		1:2.5:3	7	36.8	208.2	
2	S1 น	โดยปริมาตร	7	42.8	242.2	225.6
3			7	40.0	226.4	
1		1:3:3	7	31.6	178.8	
2	S2 น	โดยน้ำหนัก	7	33.0	186.7	176.5
3			7	29.0	164.1	
1	S3 น	1:3:3	7	37.4	211.6	
2	S4 F16 (1)	โดยน้ำหนัก	7	31.2	176.6	192.0
	S5					
3	S6 F16 (1)		7	33.2	187.9	

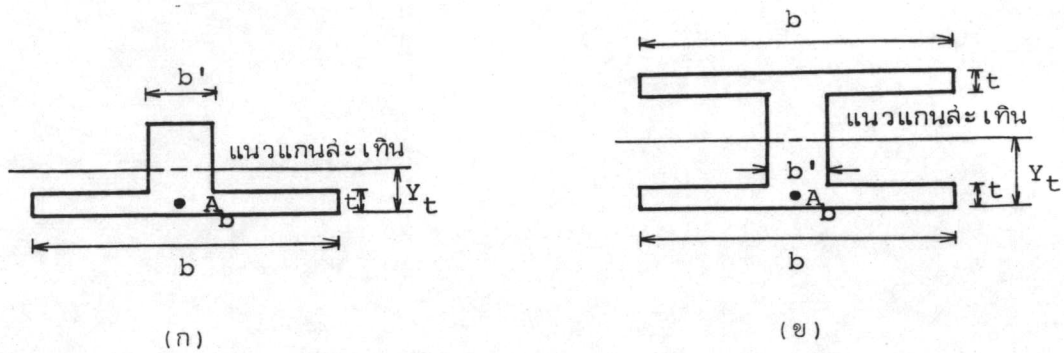
ตารางที่ 4.3 โปรแกรมการทดลองตงและแผ่นพื้นในการวิจัย

ตงหรือแผ่นพื้น	ชนิดของการทดลอง	วิธีการทดลองหากการรับรับน้ำหนักบรรทุก	เวลาที่บรรทุกน้ำหนักค้างไว้ (วัน)	หมายเหตุ
B1 น	ระยะสั้น	บรรทุกน้ำหนักที่จุดแบ่งสาม	-	นำมาทดสอบแบบบรรทุกน้ำหนักที่จุดแบ่งสาม เมื่ออายุ 35 วัน
B2 น	"	"	-	
B3 F16 (1)	"	"	-	
B4 F3 (S1)	"	"	-	
B5 F16 (1)	ระยะยาว	บรรทุกน้ำหนักค้างไว้ 60 กก./ม. <sup>2</sup> (150 กก./ม. <sup>2</sup> )	120	
B6 F3 (S1)	"	"	35	
S1 น	ระยะสั้น	บรรทุกน้ำหนักที่จุดแบ่งสาม	-	
S2 น	"	"	-	
S3 น	ระยะยาว	บรรทุกน้ำหนักค้างไว้ 200 กก./ม. <sup>2</sup>	60	
S4 F16 (1)	"	"	60	
S5 น	"	"	60	
S6 F16 (1)	"	"	60	

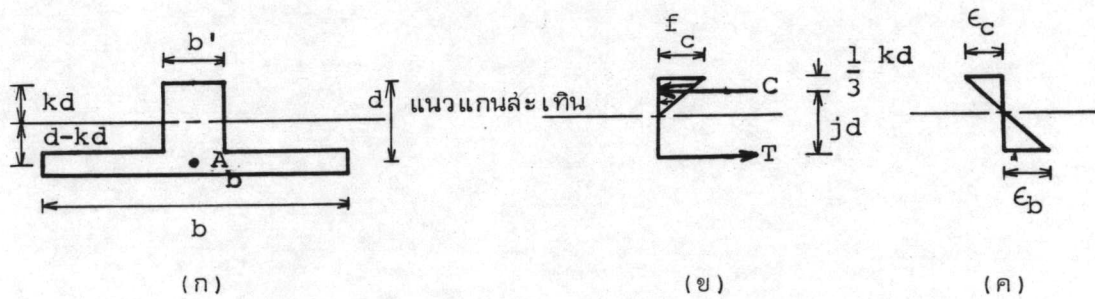
ตารางที่ 4.4 น้ำหนักบรรทุกของตงและแผ่นพื้น-ตง คำจำกัดต่าง ๆ

ตงหรือแผ่นพื้น-ตง	น้ำหนักบรรทุก (กก.)															ลักษณะการรับน้ำหนัก
	การแตกร้าวเริ่มแรก			หน่วยแรงดึงที่ยอมให้ของ โมเมนต์เสริม ( $0.3 f_{bu}$ )			หน่วยแรงอัดที่ยอมให้ของ คอนกรีต ( $0.45 f'_c$ )			ระยะโก่ง = $L/360$			น้ำหนักบรรทุกประลัย			
	ทฤษฎี	ทดลอง	ทดลอง ทฤษฎี	ทฤษฎี	ทดลอง	ทดลอง ทฤษฎี	ทฤษฎี	ทดลอง	ทดลอง ทฤษฎี	ทฤษฎี	ทดลอง	ทดลอง ทฤษฎี	ทฤษฎี	ทดลอง	ทดลอง ทฤษฎี	
B1 น	336.2	480	1.43	305	-	-	157	-	-	500	490	0.98	806	905	1.12	การอัด-ค้ำไว้
B2 น	333.4	477	1.43	237	-	-	140	-	-	500	477	0.95	720	1,052	1.46	การเฉือน
B3 F16 (1)	260.6	160	0.51	365	423	1.16	136	268	1.97	378	260	0.69	783	1,014	1.30	การเฉือน
B4 F3 (S1)	260.6	205	0.79	365	548	1.50	136	368	2.67	378	280	0.74	783	1,084	1.38	การเฉือน
B6 F3 (S1)	260.6	255	0.39	317	683	2.15	143	338	2.36	360	485	1.35	805	1,408	1.75	การอัด-ค้ำไว้
S1 น	1,568	338	0.22	1,786	(1)	-	2,597	300	0.12	2,950	300	0.10	6,934	2,638	0.38	การเฉือนในแนวราบ
S2 น	1,347	1,454	1.08	1,350	3,162	2.34	1,856	1,932	1.04	2,500	2,100	0.84	5,458	4,004	0.73	การเฉือนในแนวราบ

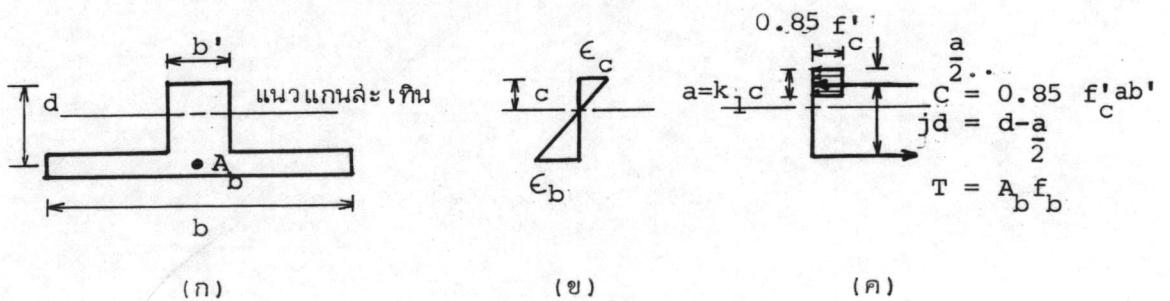
หมายเหตุ (1) ค่าไม่ได้เนื่องจากเกดไขท้เสีย



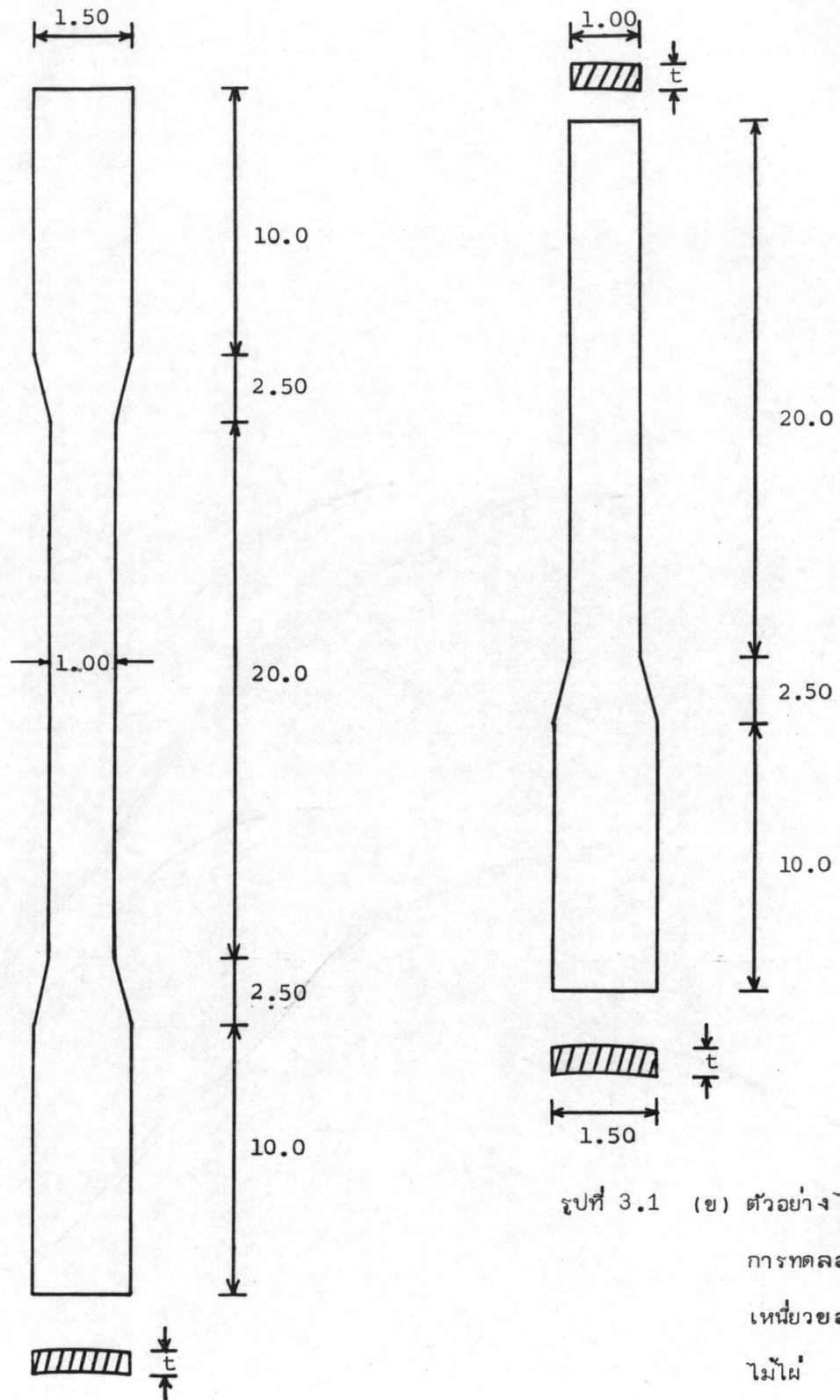
รูปที่ 2.1 (ก) หน้าตัดของตงคอนกรีตเสริมไม้ไผ่รูปทึงาย  
(ข) หน้าตัดของแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมไม้ไผ่



รูปที่ 2.2 (ก) หน้าตัดของตงรูปทึงายคอนกรีตเสริมไม้ไผ่  
(ข) แสดงหน่วยแรงและระยะต่าง ๆ  
(ค) แสดงหน่วยการหดตัวของคอนกรีตและหน่วยการยืดตัวของไม้ไผ่



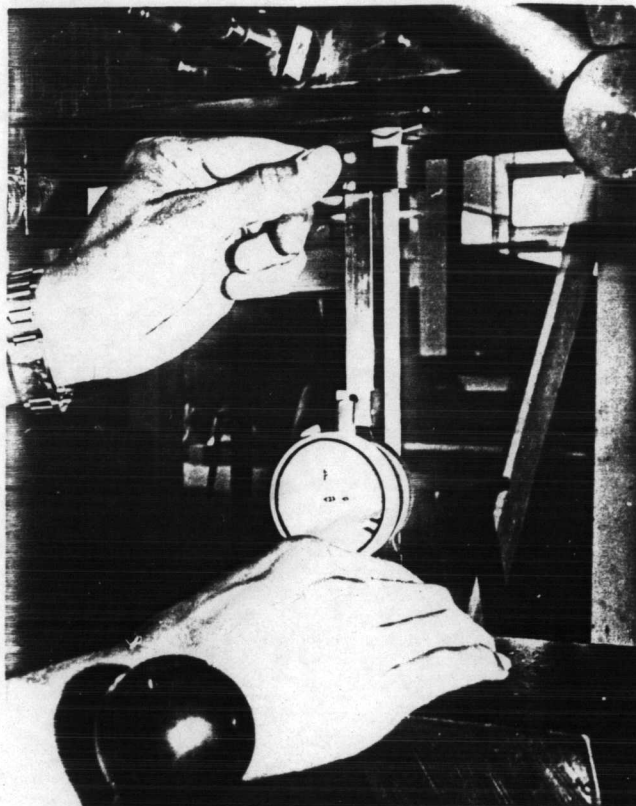
รูปที่ 2.3 (ก) หน้าตัดของตงคอนกรีตเสริมไม้ไผ่รูปทึงาย  
(ข) การกระจายของหน่วยการยืดและหดตัวที่จุดประลัย  
(ค) การกระจายของหน่วยแรงที่จุดประลัย



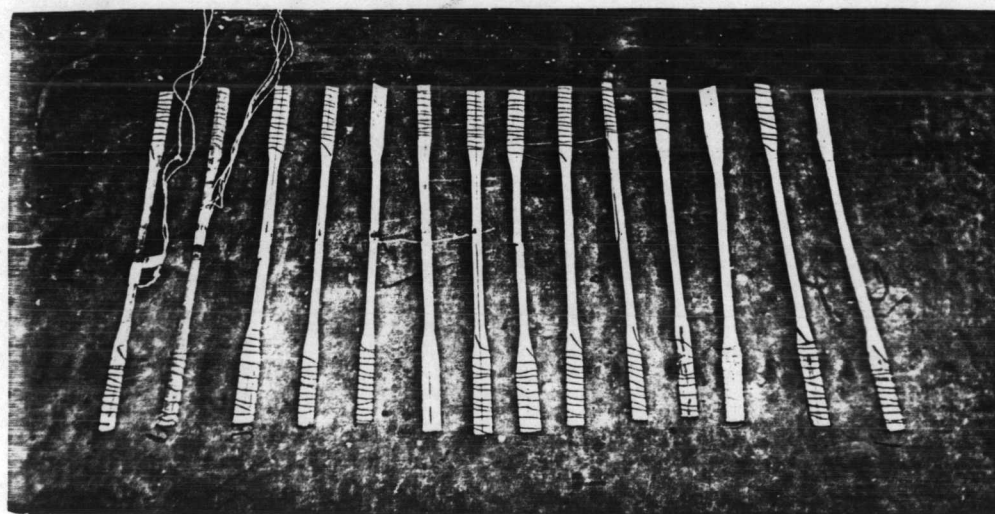
รูปที่ 3.1 (ก) ตัวอย่างไม้เนื้อที่ใช้ในการทดสอบหาการรับแรงดึงของไม้เนื้อ  
(หน่วยเป็นเซนติเมตร)

รูปที่ 3.1 (ข) ตัวอย่างไม้เนื้อที่ใช้ในการทดสอบหาแรงยึดเหนี่ยวของคอนกรีตกับไม้เนื้อ

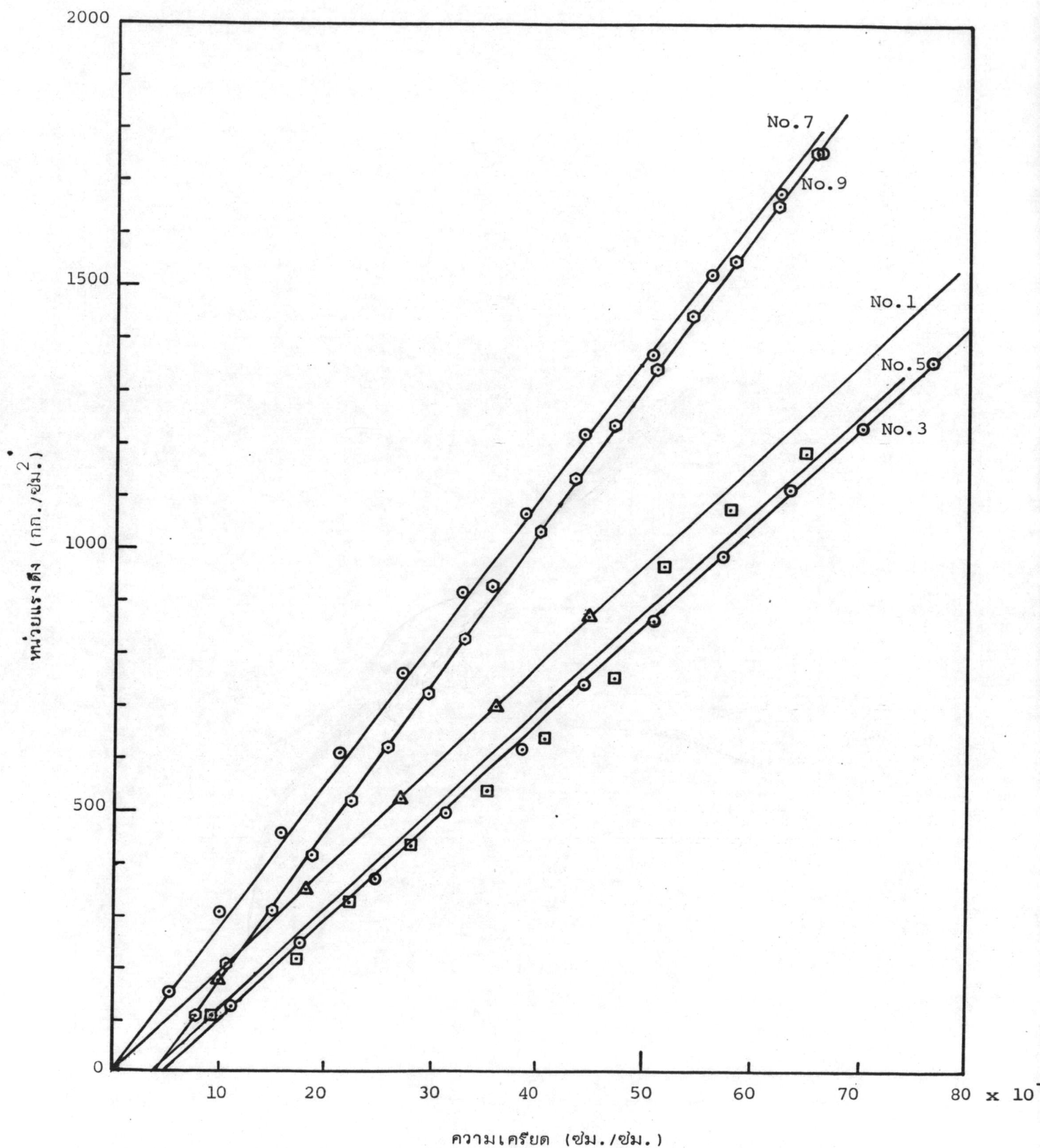




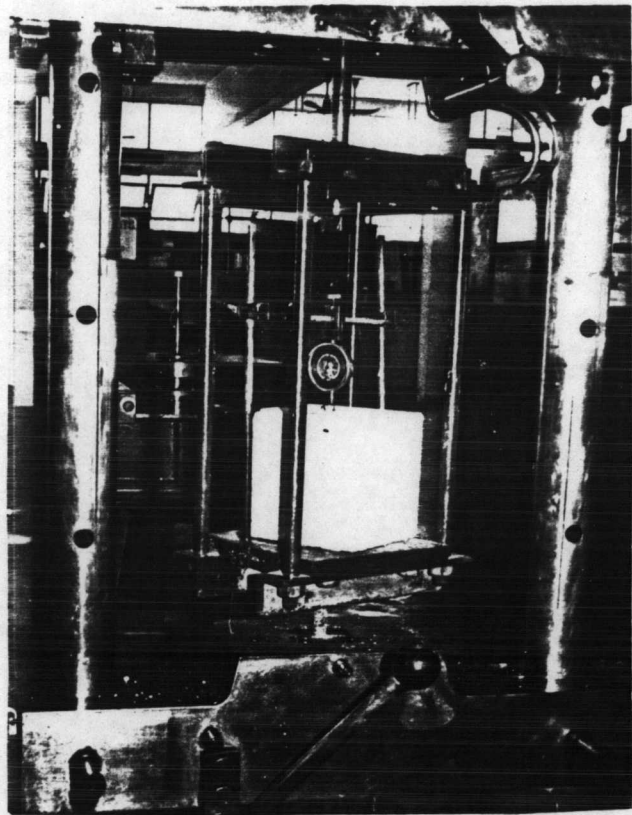
รูปที่ 3.2 การทดลองหาการรับแรงดึงของไม้ไผ่



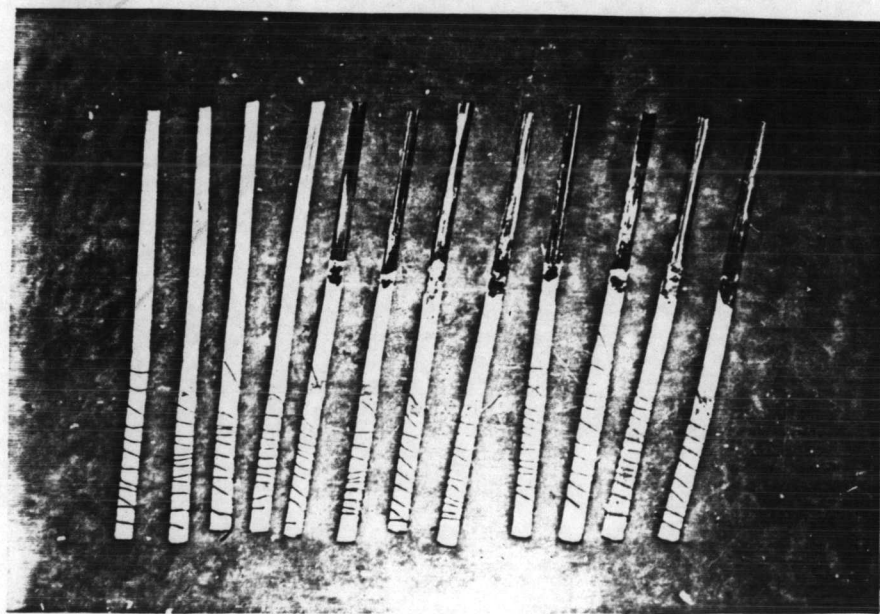
รูปที่ 3.3 ตัวอย่างของไม้ไผ่ที่วัดจากการทดลองหาการรับแรงดึงของไม้ไผ่



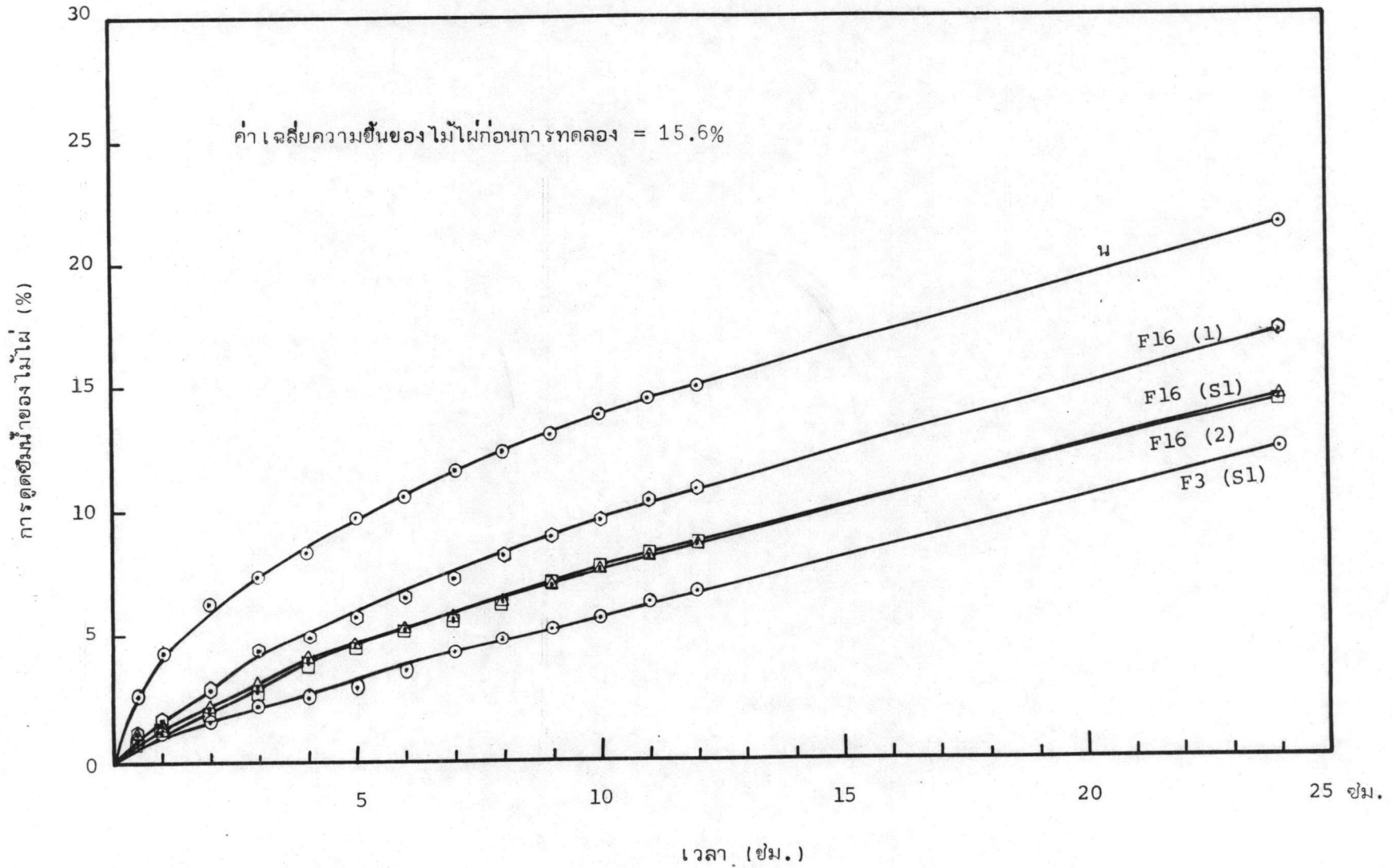
รูปที่ 3.4 ความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงดึงกับความเครียดของไม้ไผ่



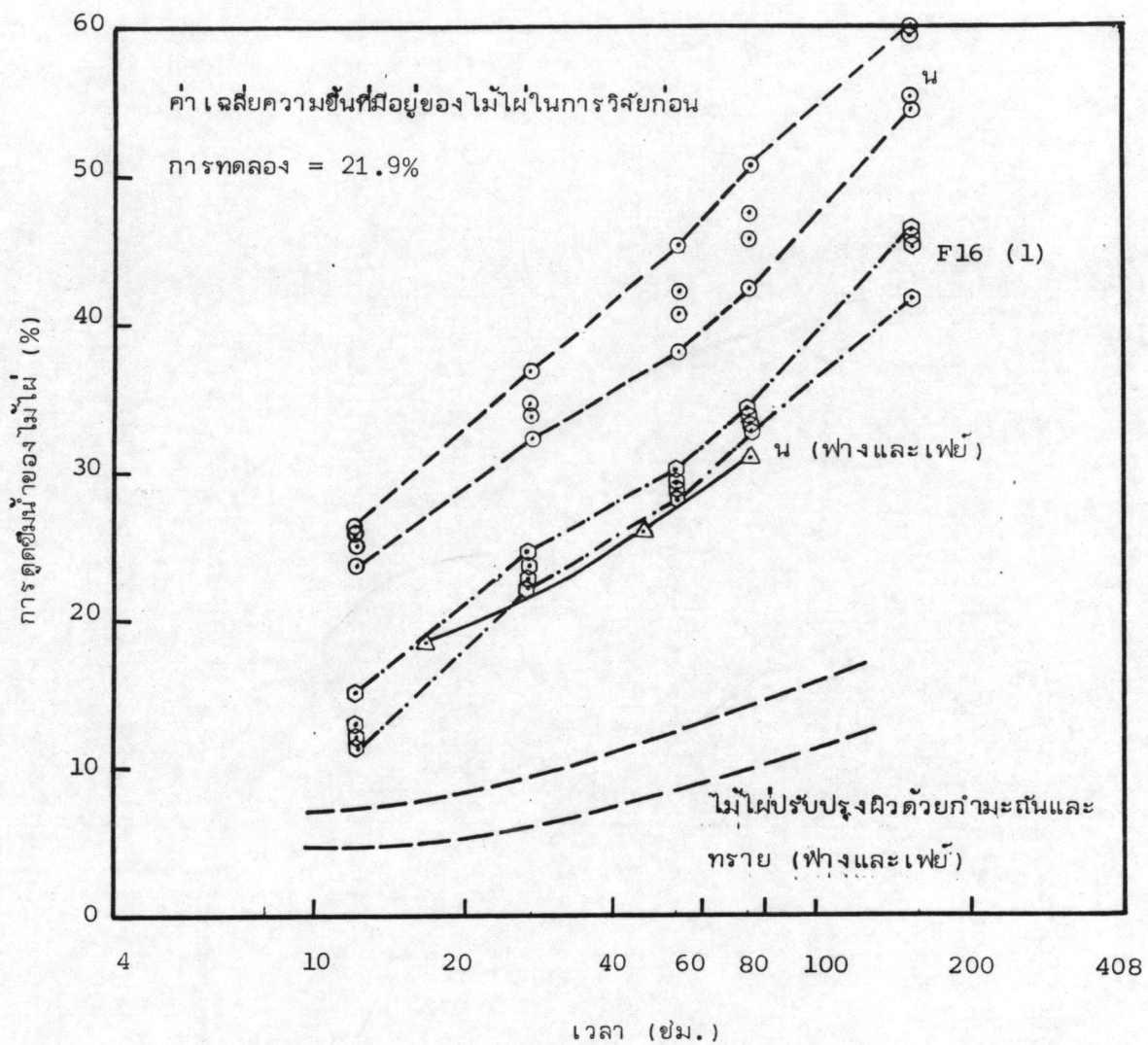
รูปที่ 3.5 การทดลองหาแรงยึดเหนี่ยวระหว่างไม้ไผ่กับคอนกรีต



รูปที่ 3.6 ตัวอย่างไม้ไผ่ที่วิบัติจากการทดลองหาแรงยึดเหนี่ยวระหว่างไม้ไผ่กับคอนกรีต

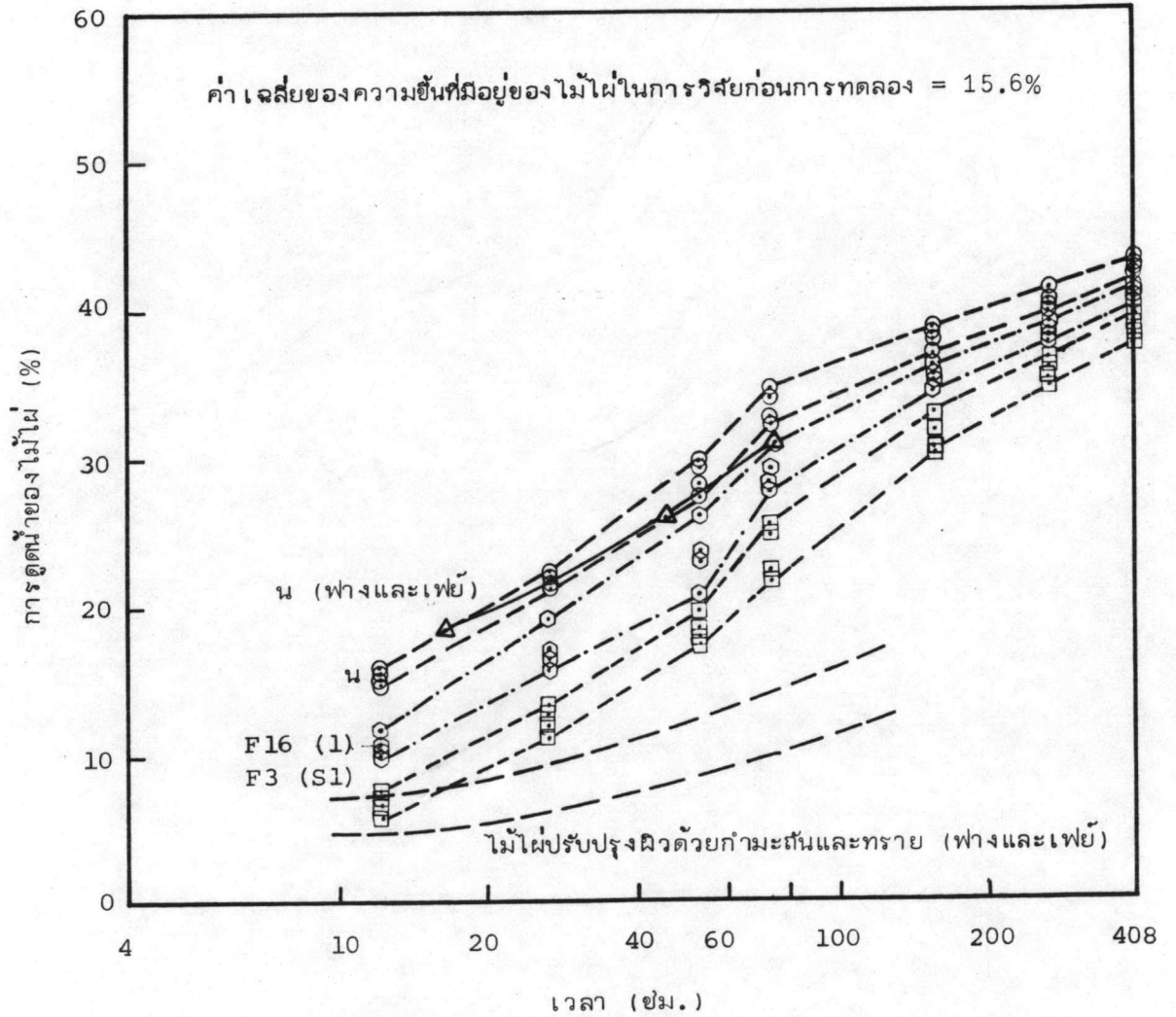


รูปที่ 3.7 ค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำของไม้ผู่ที่มีผิวลักษณะต่าง ๆ กัน เมื่อ 24 ชม. (การทดลองชุดที่ 2)

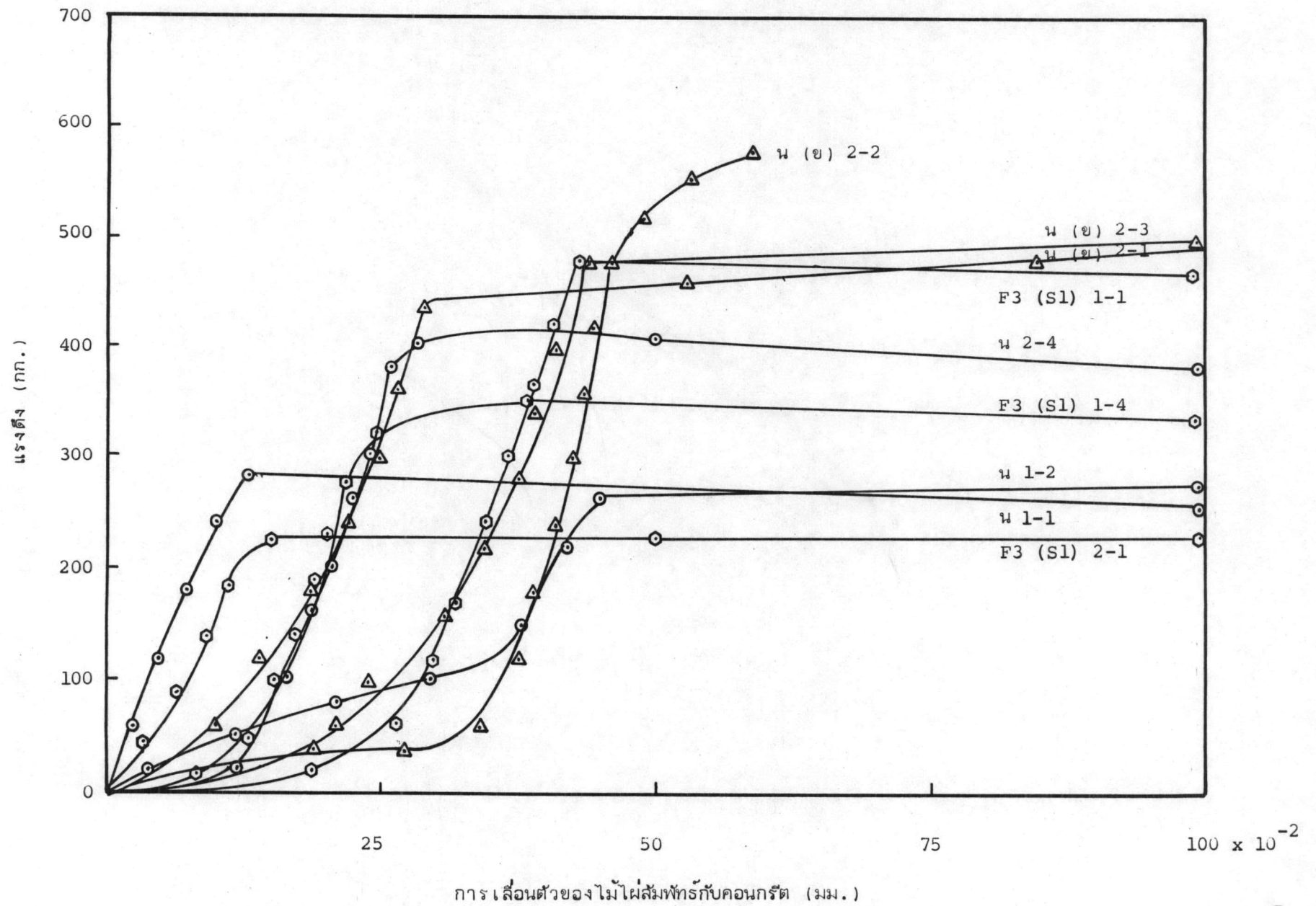


รูปที่ 3.8 การกระจายของการดูดซึมน้ำที่แปรเปลี่ยนตามเวลาของไม้ผุที่มีผิวลักษณะต่าง ๆ กัน (ชุดที่ 1) เปรียบเทียบกับการทดลองของฟางและเพี้ย

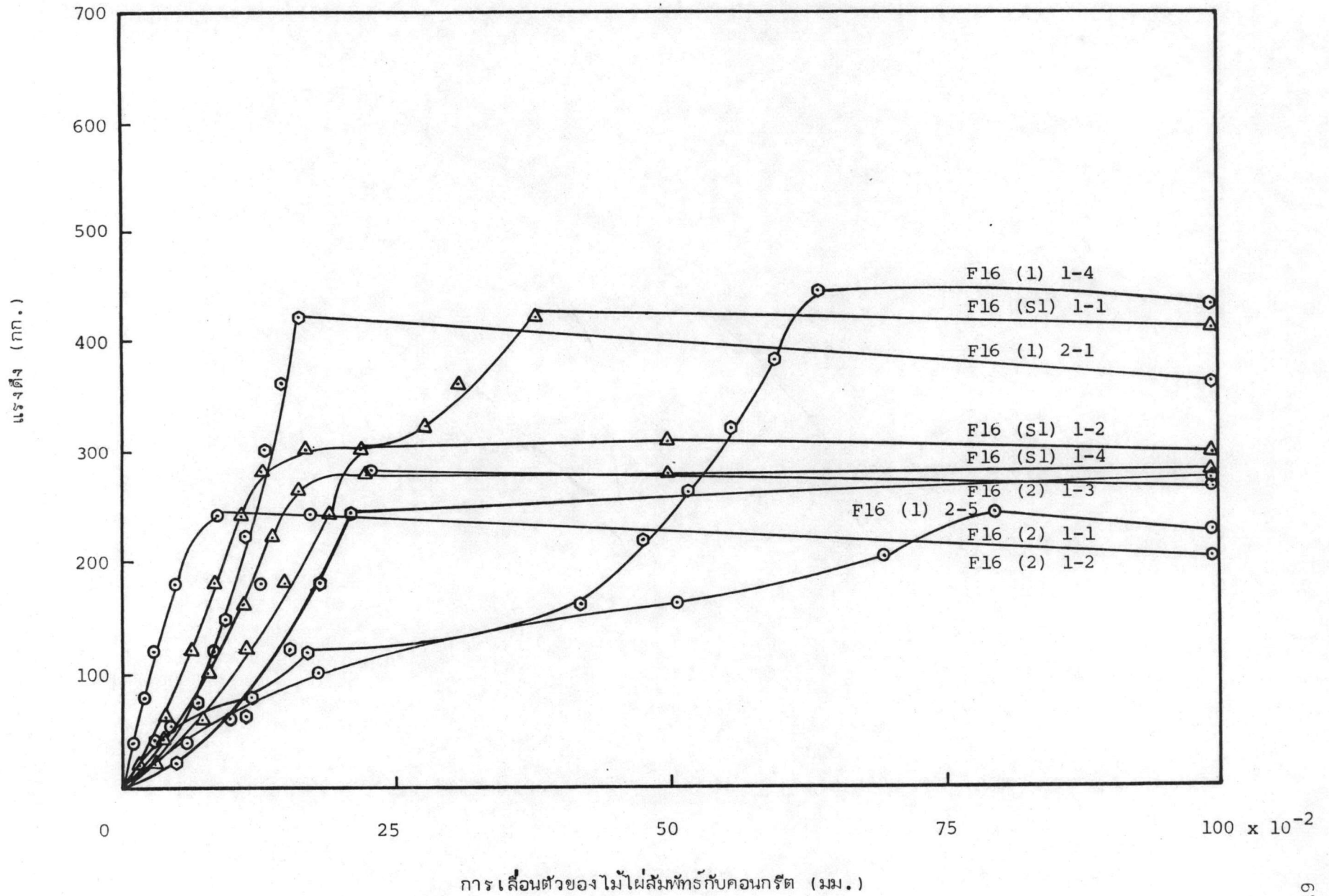
หมายเหตุ. ฟางและเพี้ยเทียบอัตราการดูดน้ำกับน้ำหนักไม้ผุก่อนการทดลอง สำหรับการวิจัยนี้เทียบอัตราการดูดน้ำกับน้ำหนักแห้งของไม้ผุ



รูปที่ 3.9 การกระจายของการดูดซึมน้ำที่แปรเปลี่ยนตามเวลาของไม้ไฟที่มีผิวลักษณะต่าง ๆ กัน (ชุดที่ 2) เปรียบเทียบกับการทดลองของฟางและเพี้ย  
 หมายเหตุ. ฟางและเพี้ยเปรียบเทียบกับอัตราการดูดน้ำด้วยน้ำหนักไม้ไฟก่อนทำการทดลอง  
 สำหรับการวิจัยนี้เปรียบเทียบกับอัตราการดูดน้ำด้วยน้ำหนักแห้งของไม้ไฟ



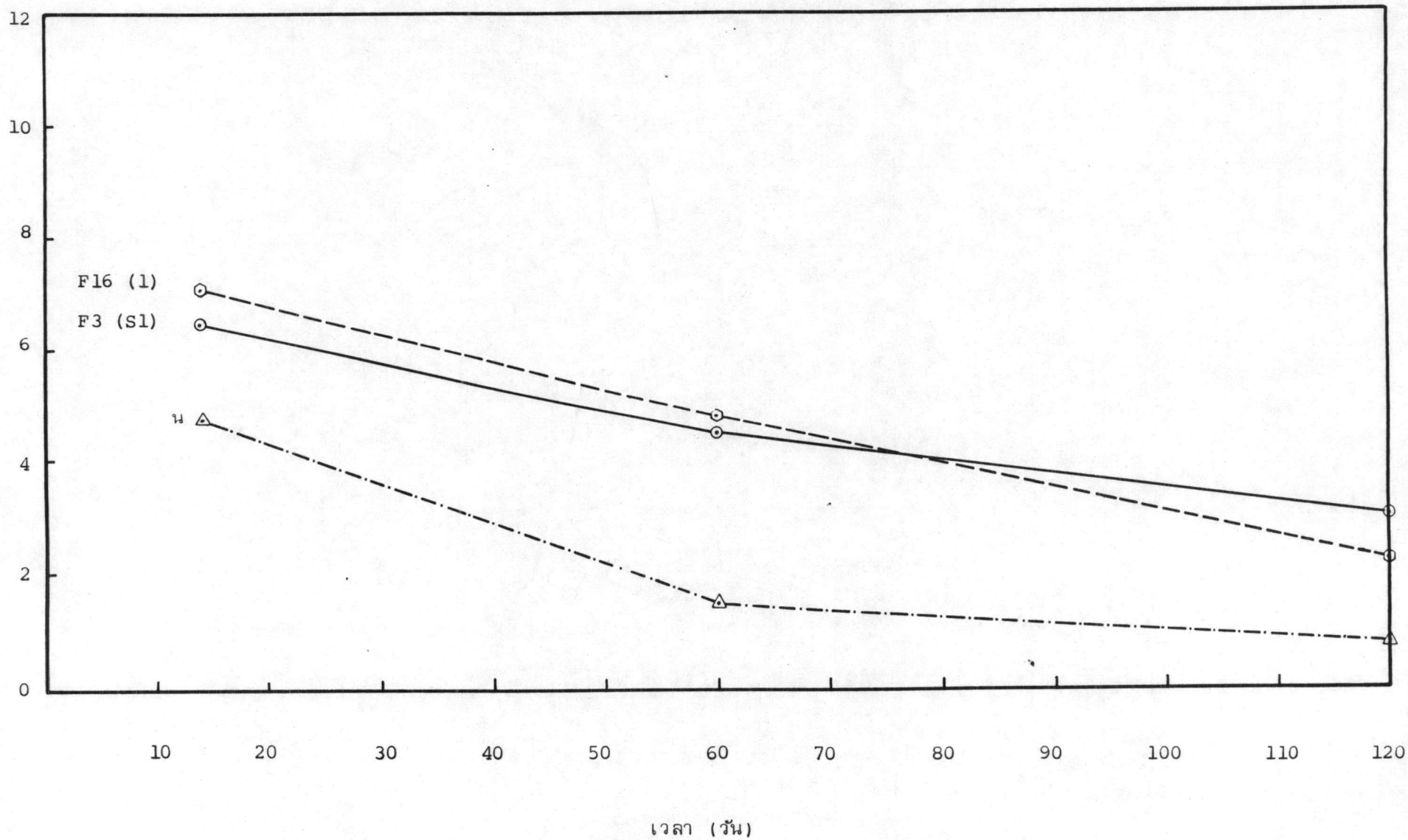
รูปที่ 3.10 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดิ่งกับการเลื่อนตัวของไม้สัมผัสกับคอนกรีต



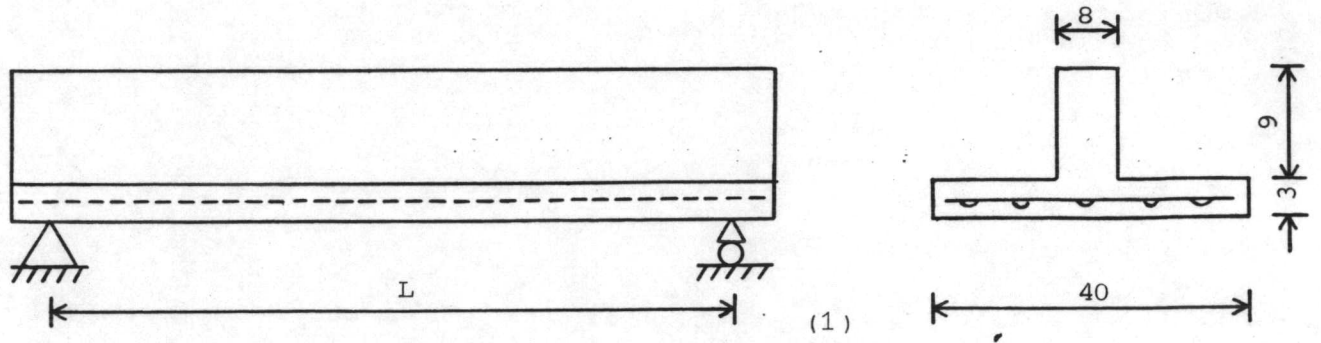
รูปที่ 3.11 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงกับการเลื่อนตัวของไม้ไผ่สัมผัสกับคอนกรีต



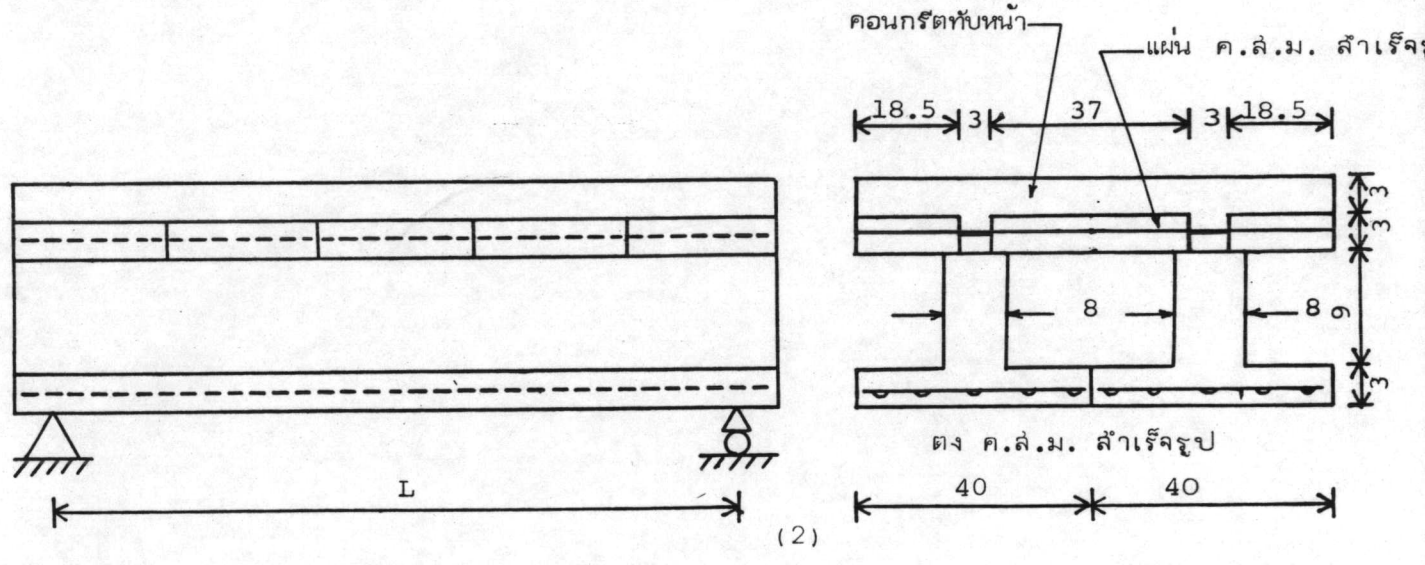
หน่วยแรงยึดเหนี่ยว (กก./ซม.<sup>2</sup>)



รูปที่ 3.12 หน่วยแรงยึดเหนี่ยวของไม้ไผ่ที่มีลักษณะผิวต่างกัน แปรเปลี่ยนตามเวลา

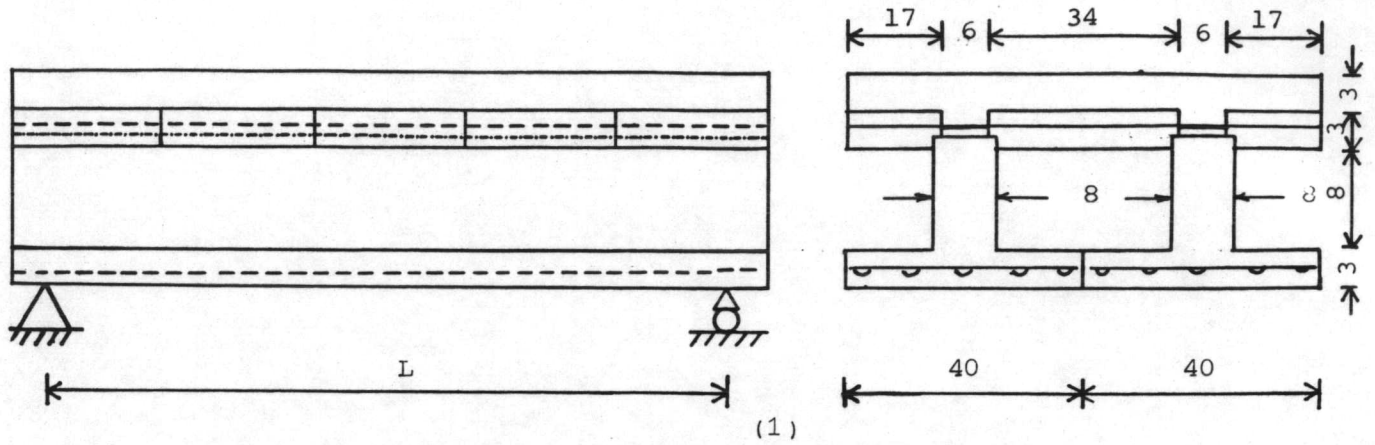


รูปที่ 4.1 , ลักษณะหน้าตัด การวาง และการใส่ไม้ไผ่เสริมของตงในโครงการที่ 1 และโครงการที่ 4 (หน่วยเป็นเซนติเมตร)

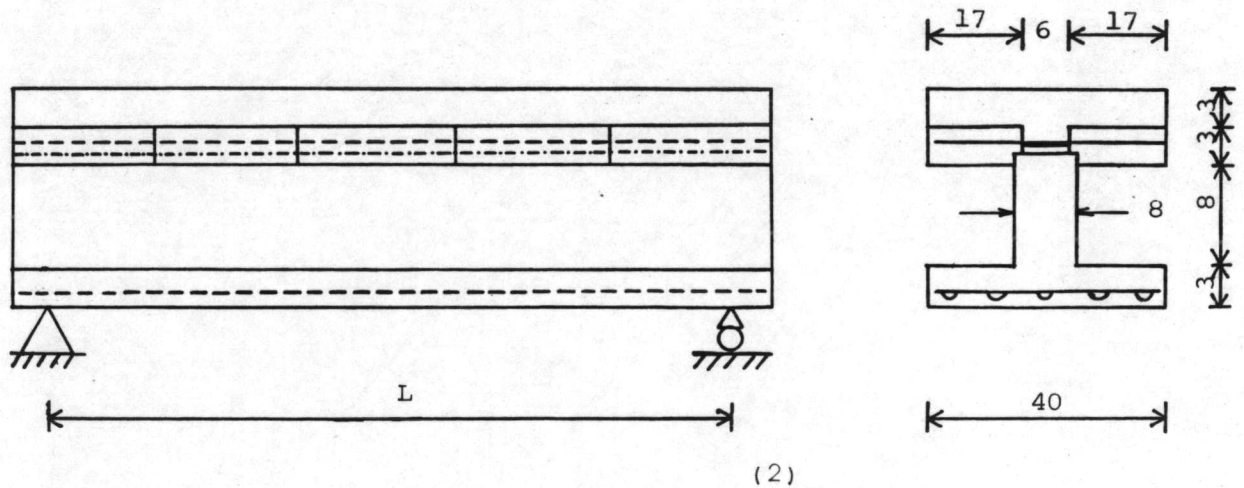


รูปที่ 4.2 ลักษณะหน้าตัด การวาง และการใส่ไม้ไผ่เสริมของแผ่นพื้นในโครงการที่ 2 (หน่วยเป็นเซนติเมตร)

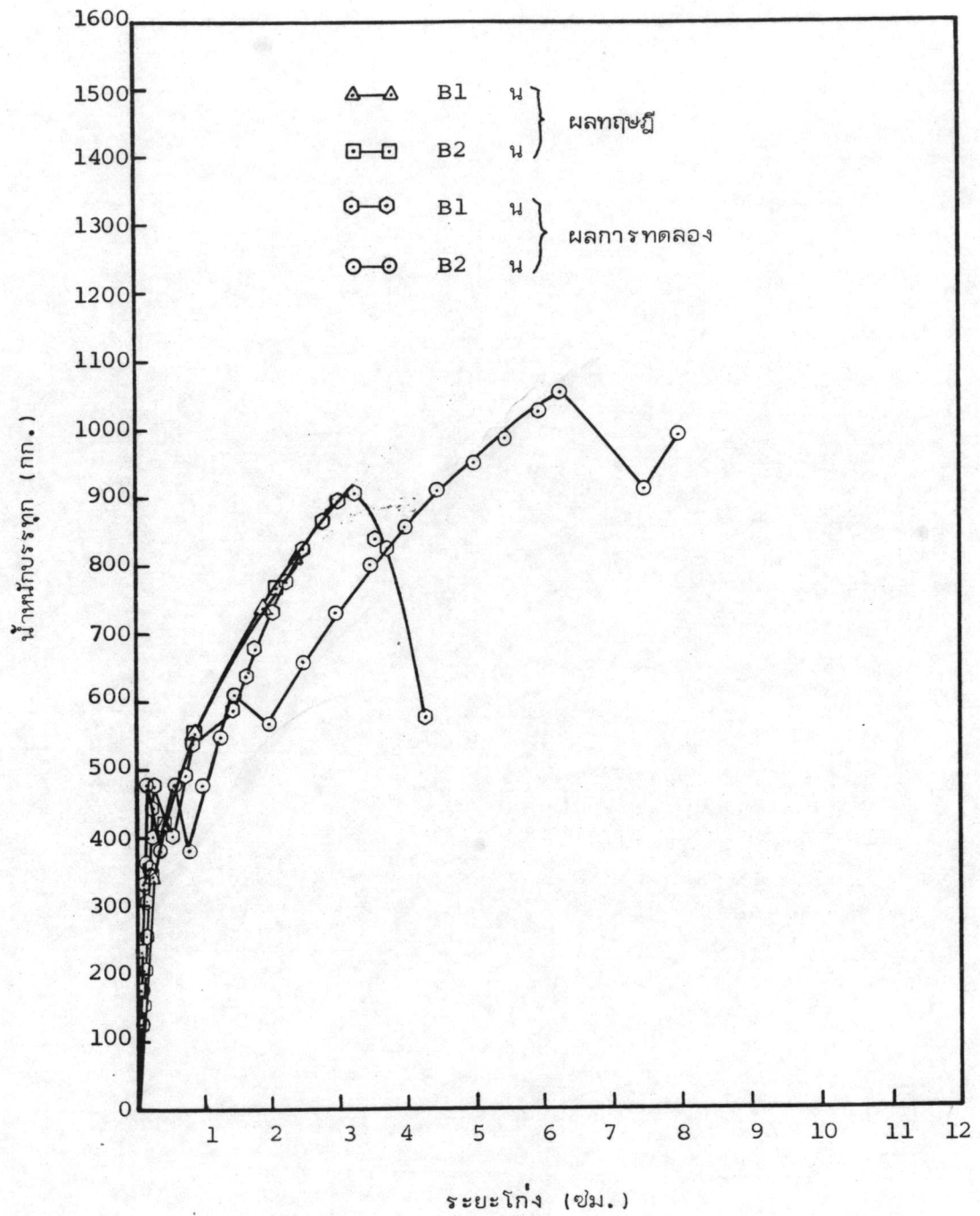
หมายเหตุ. ค.ล.ม. = คอนกรีตเสริมไม้ไผ่



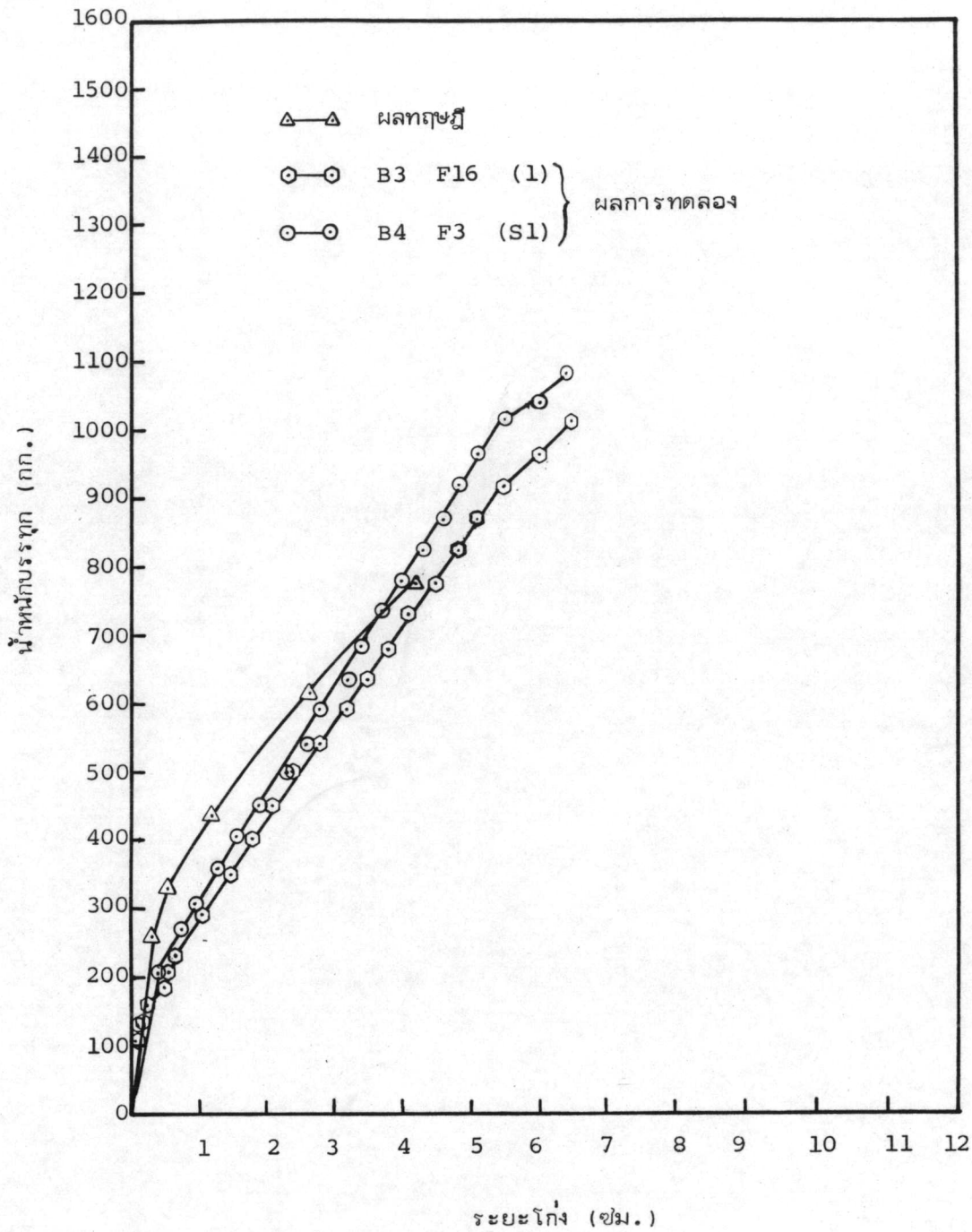
รูปที่ 4.3 ลักษณะหน้าตัด การวาง และการใส่ไม้ไผ่เสริมของแผ่นพื้นในโครงการที่ 3  
(หน่วยเป็น เซนติเมตร)



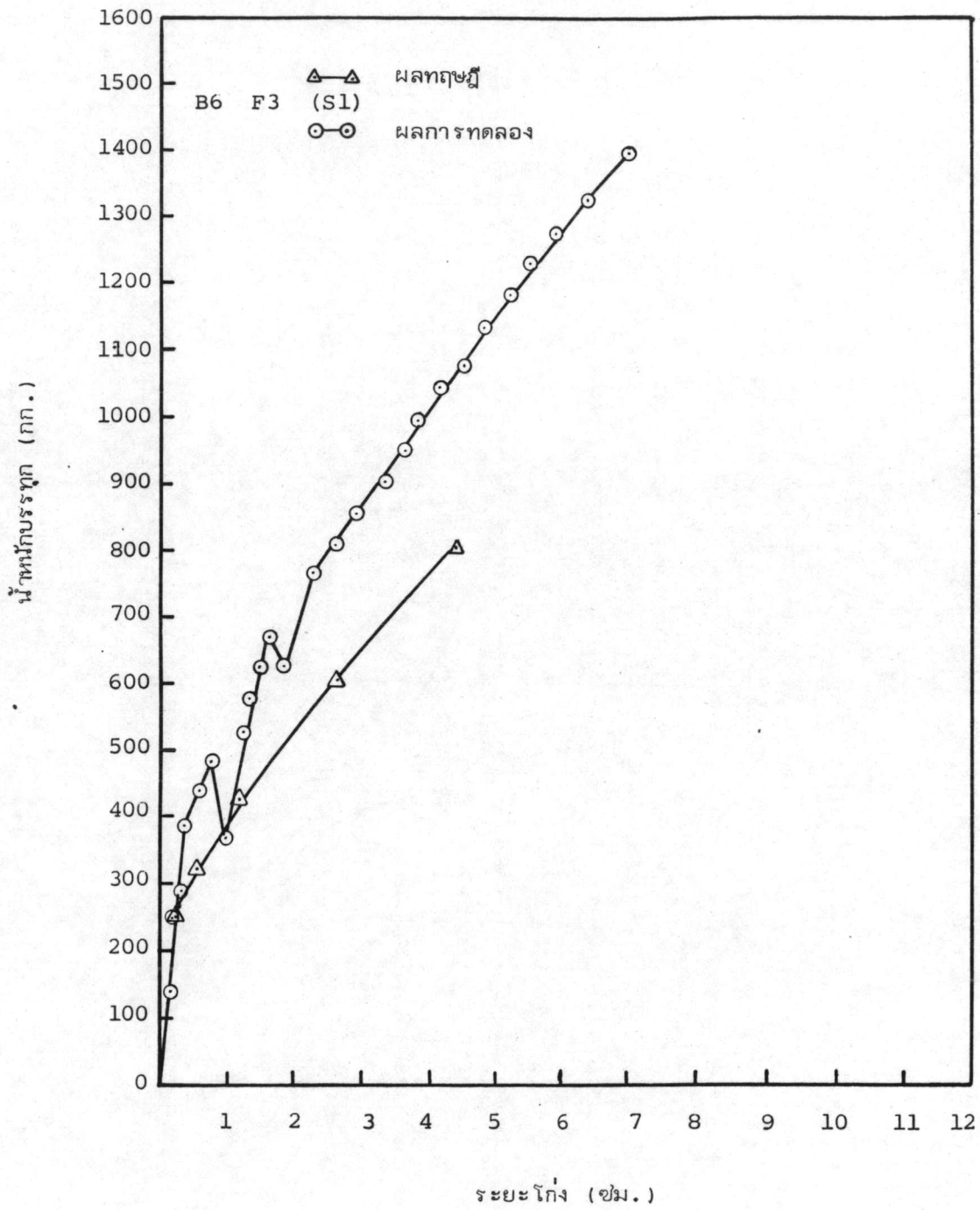
รูปที่ 4.4 ลักษณะหน้าตัด การวาง และการใส่ไม้ไผ่เสริมของแผ่นพื้นในโครงการที่ 5  
(หน่วยเป็น เซนติเมตร)



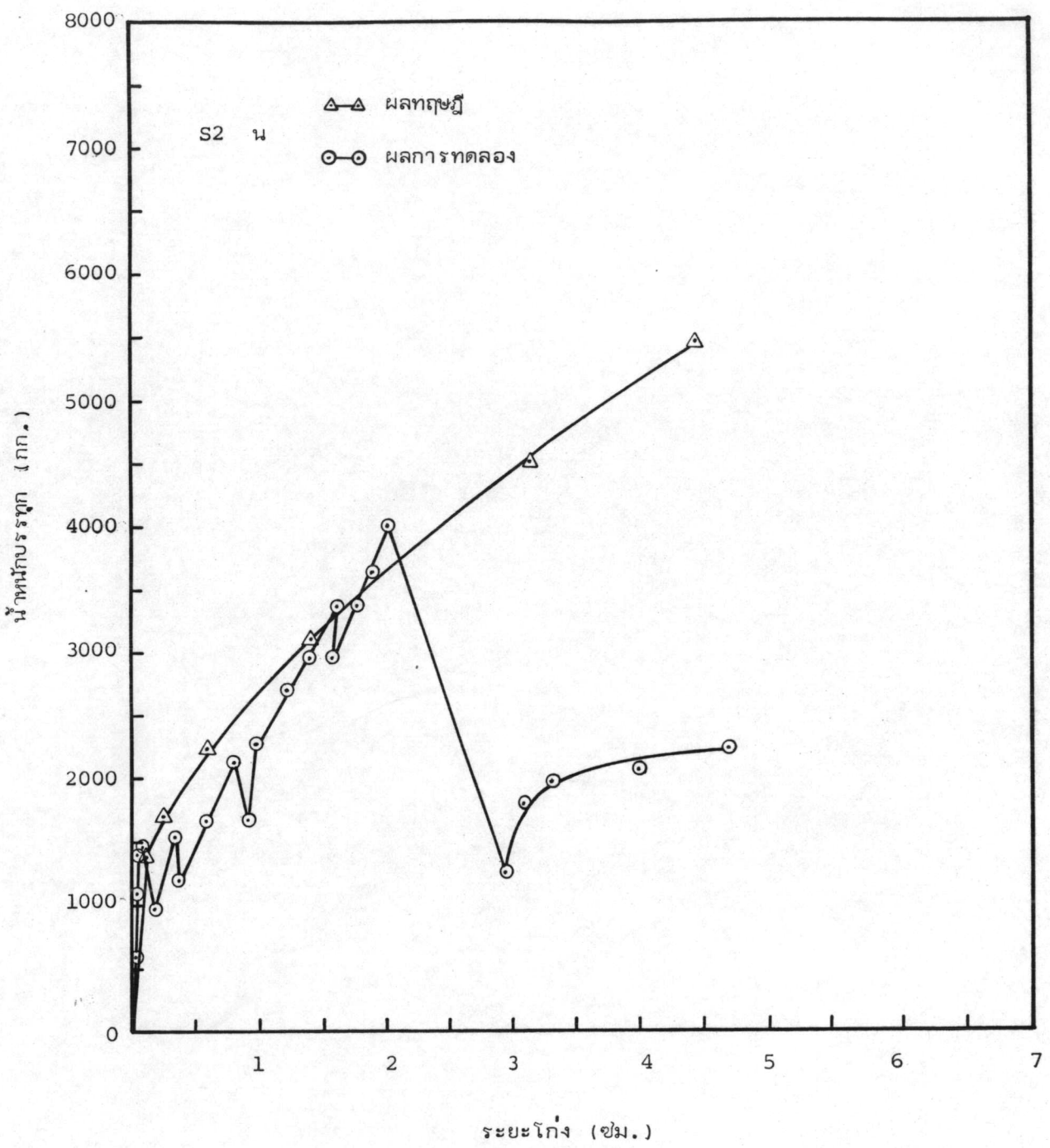
รูปที่ 4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหน้ากับรทุก กับระยะโก่งของตง B1 น และตง B2 น



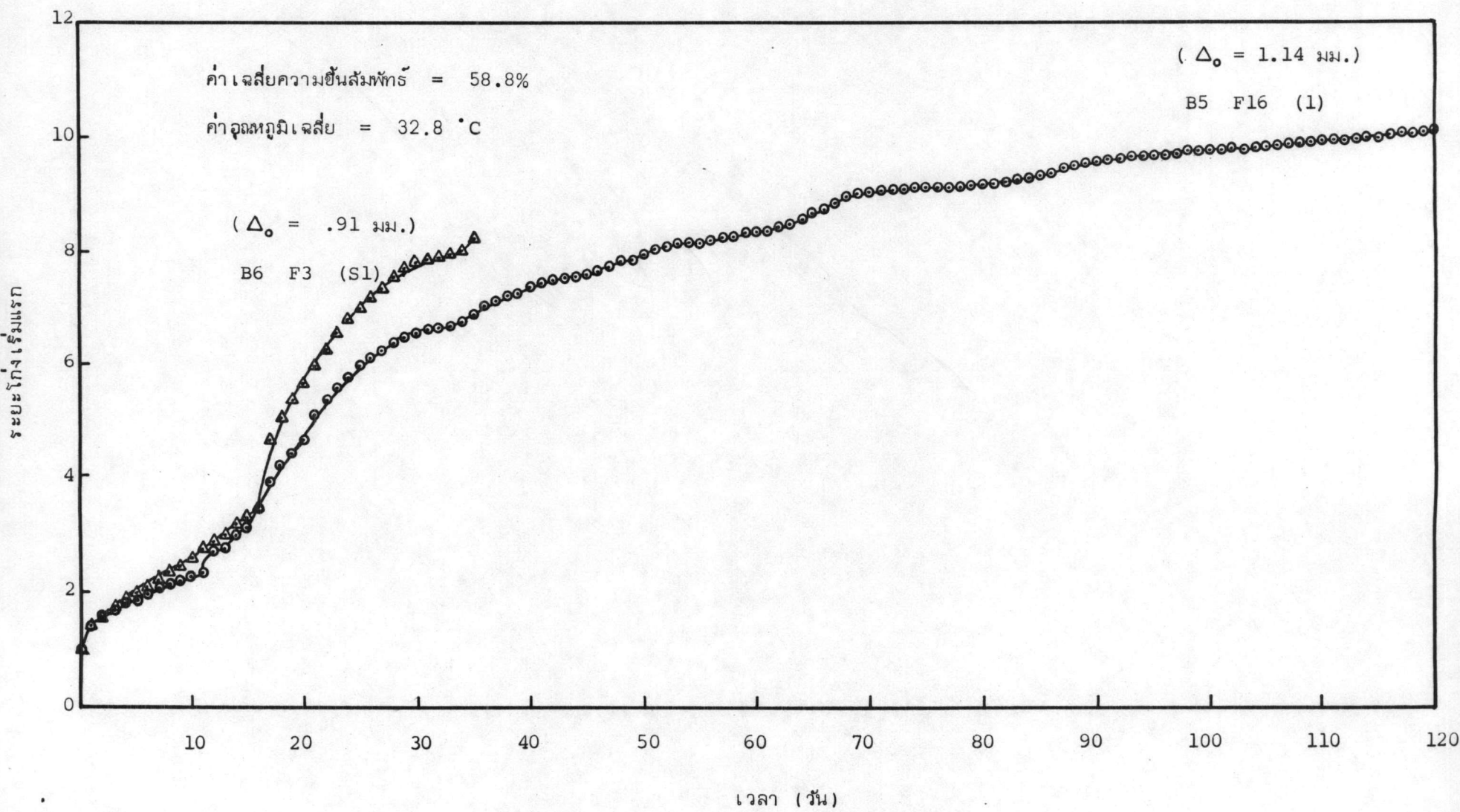
รูปที่ 4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรจุ กับระยะโคงของตง B3 F16 (1) และตง B4 F3 (S1)



รูปที่ 4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหมักบรรจุ กับระยะโก่งของตง B6 F3 (S1)



รูปที่ 4.8 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำที่กักบรรทุก กับระยะโก่งของแผ่นพื้น-ตง S2 น

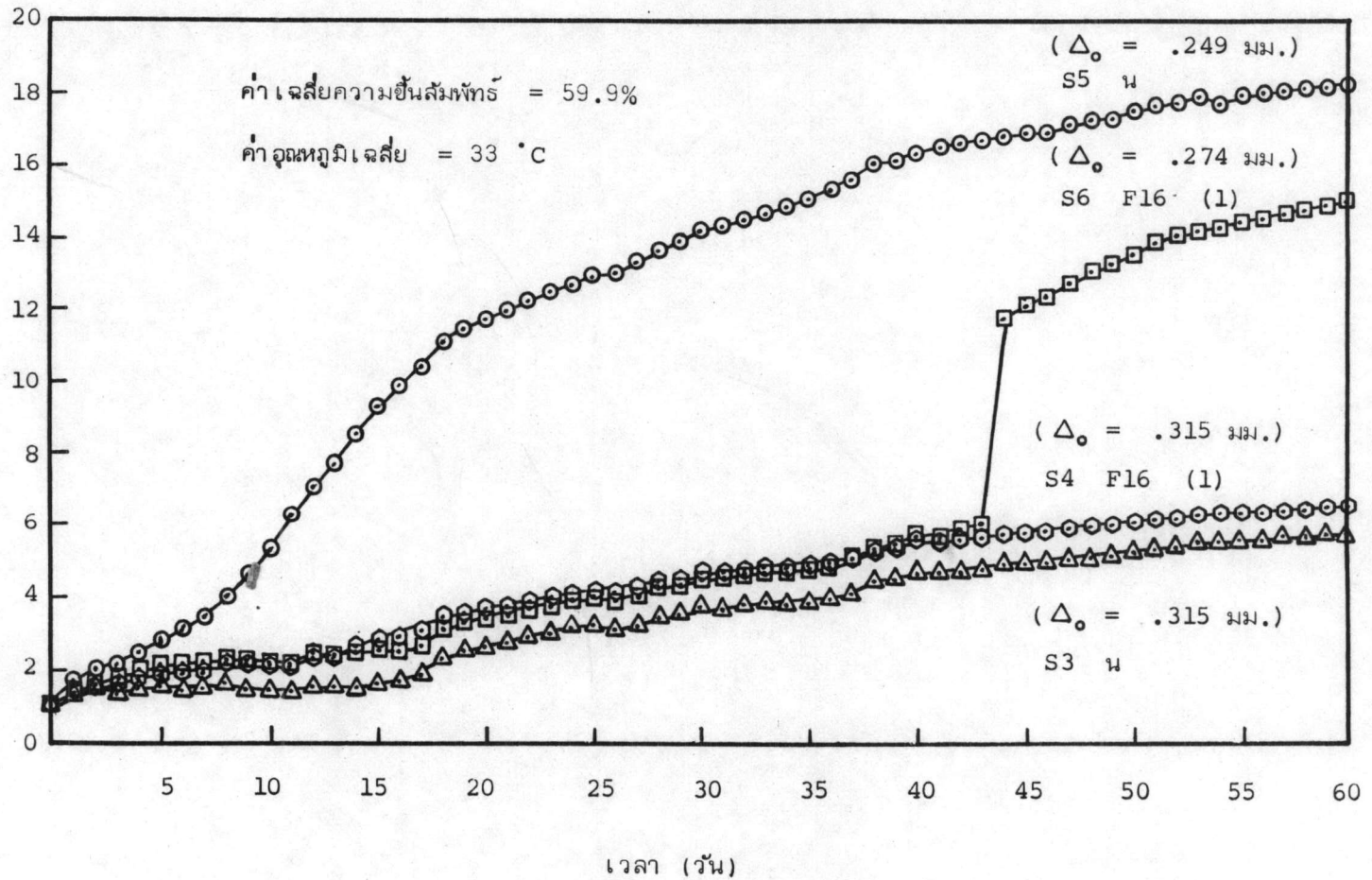


รูปที่ 4.9 การเปลี่ยนแปลงตามเวลาของอัตราส่วนระยะโพ่งของตงในแต่ละวันต่อระยะโพ่งเริ่มแรก

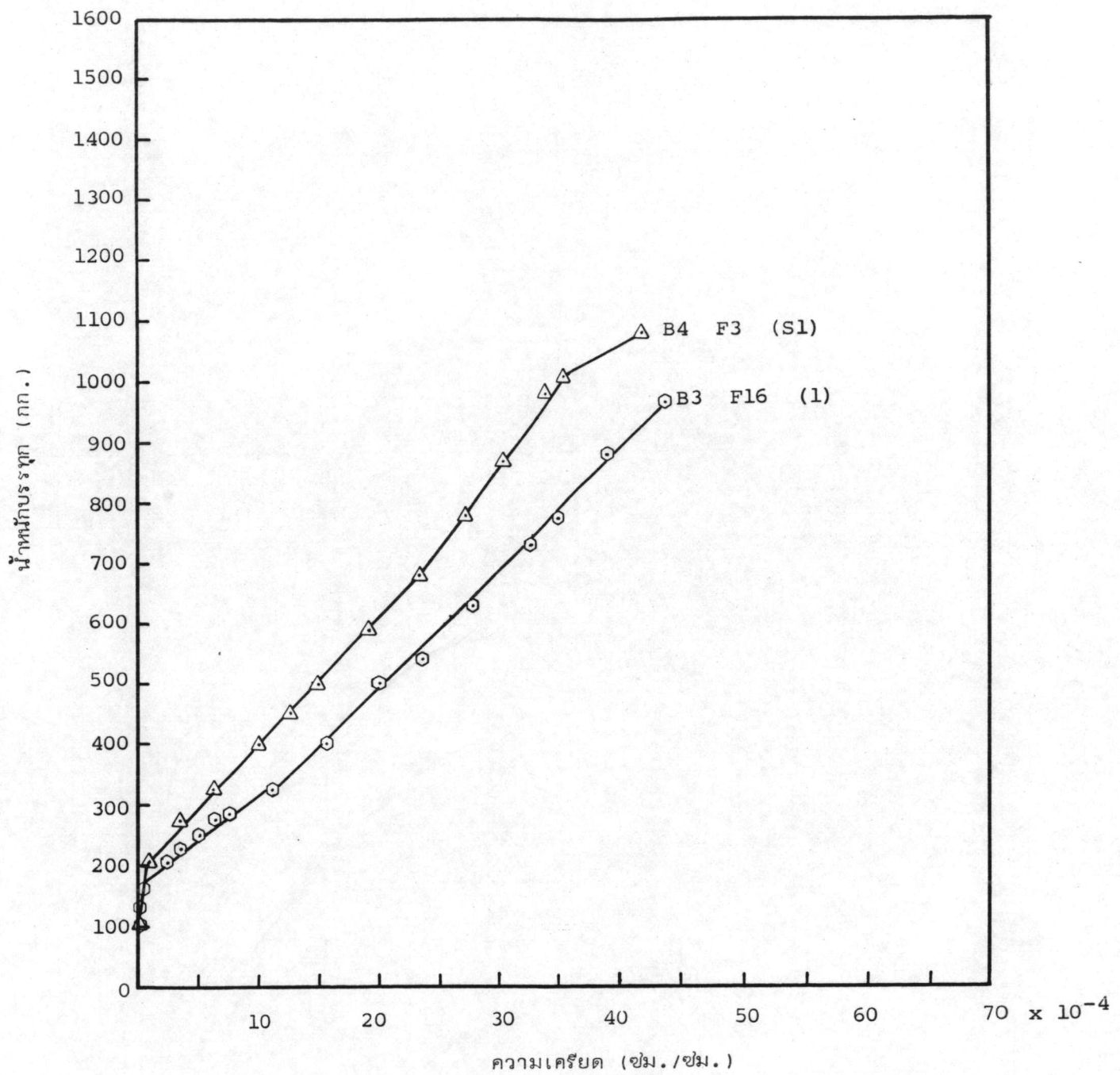
( $\Delta_0$  = ระยะโพ่งเริ่มแรก)



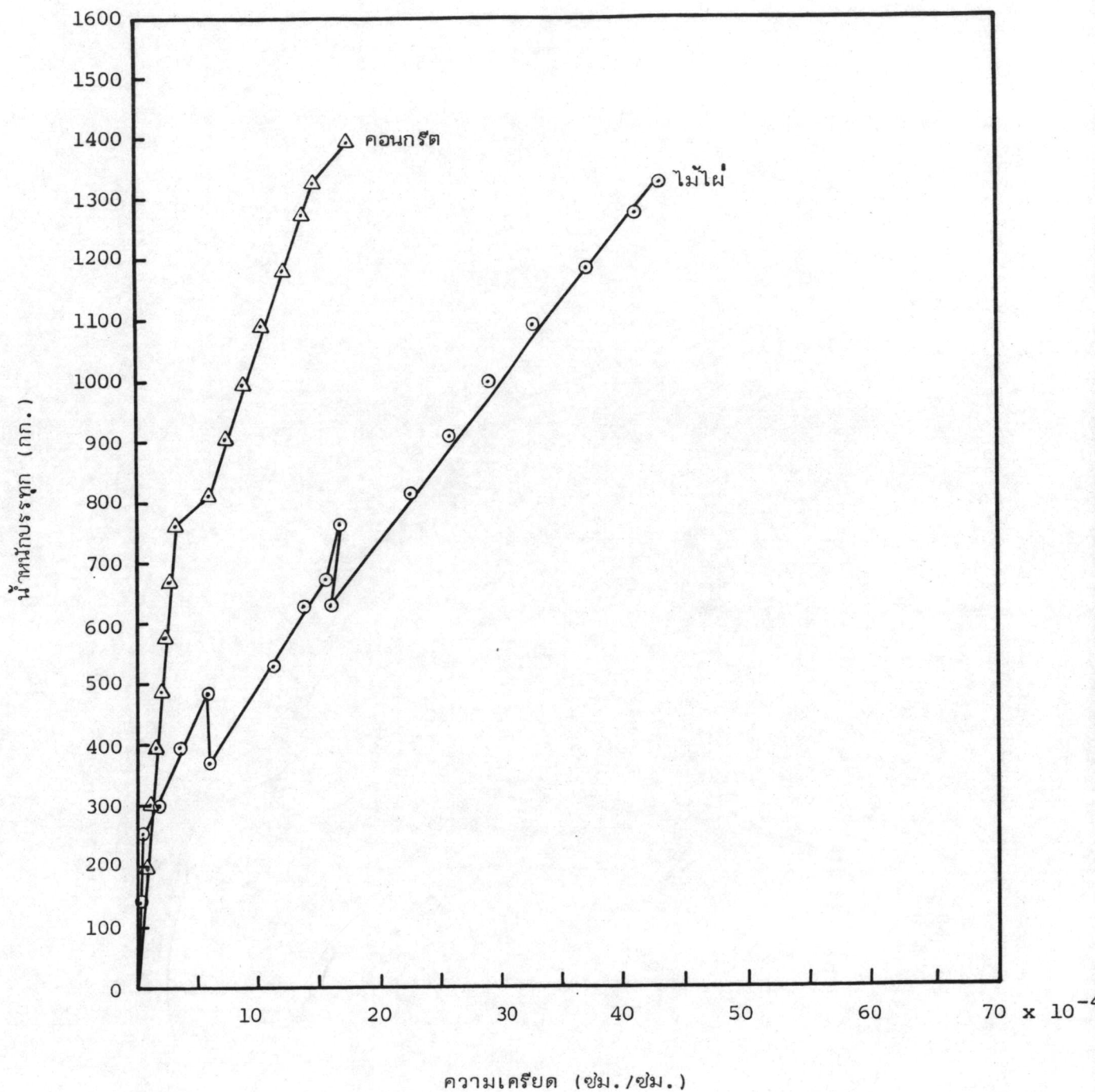
ระยะโก่งของแผ่นพื้น-ตงในแต่ละวัน  
 ระยะโก่งเริ่มแรก



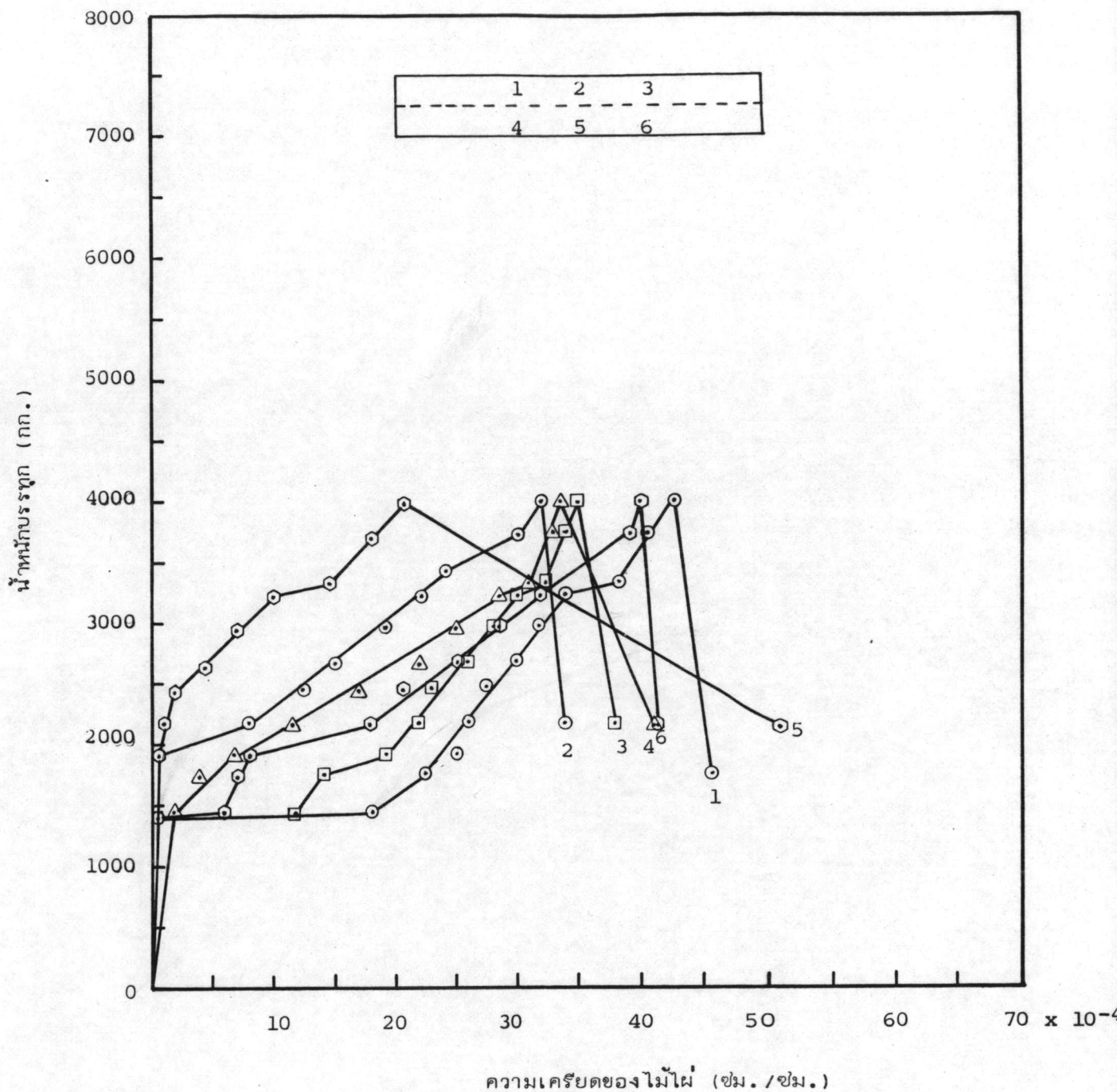
รูปที่ 4.10 การเปลี่ยนแปลงตามเวลาของอัตราส่วนของระยะโก่งของแผ่นพื้น-ตงในแต่ละวันต่อระยะโก่งเริ่มแรก  
 ( $\Delta_o$  = ระยะโก่งเริ่มแรก)



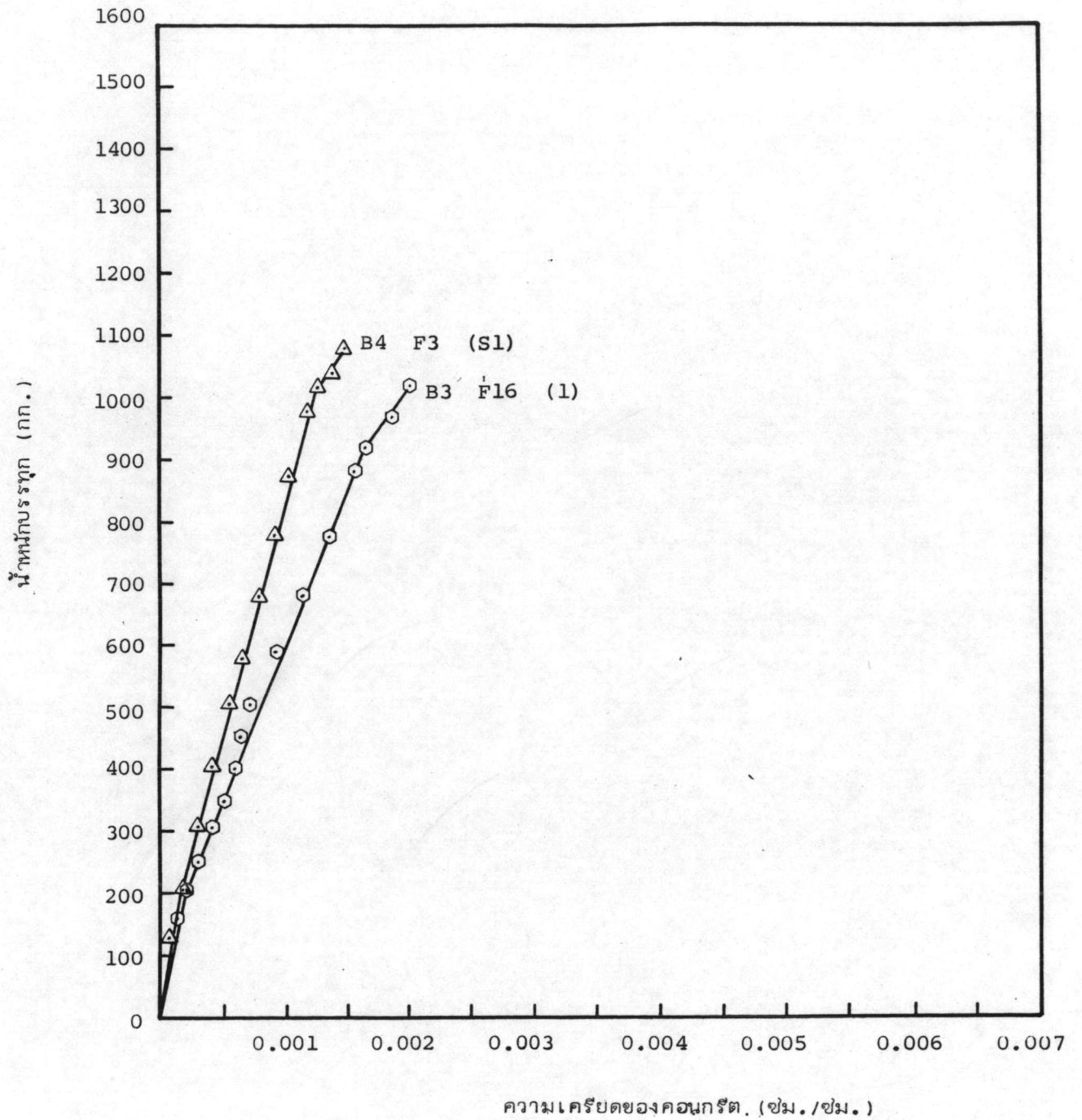
รูปที่ 4.11 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำที่ดูดซับกับความเครียดของไม้ไผ่เส้น  
กลางบริเวณกึ่งกลางตงของตง B3 F16 (1) และตง B4 F3 (S1)



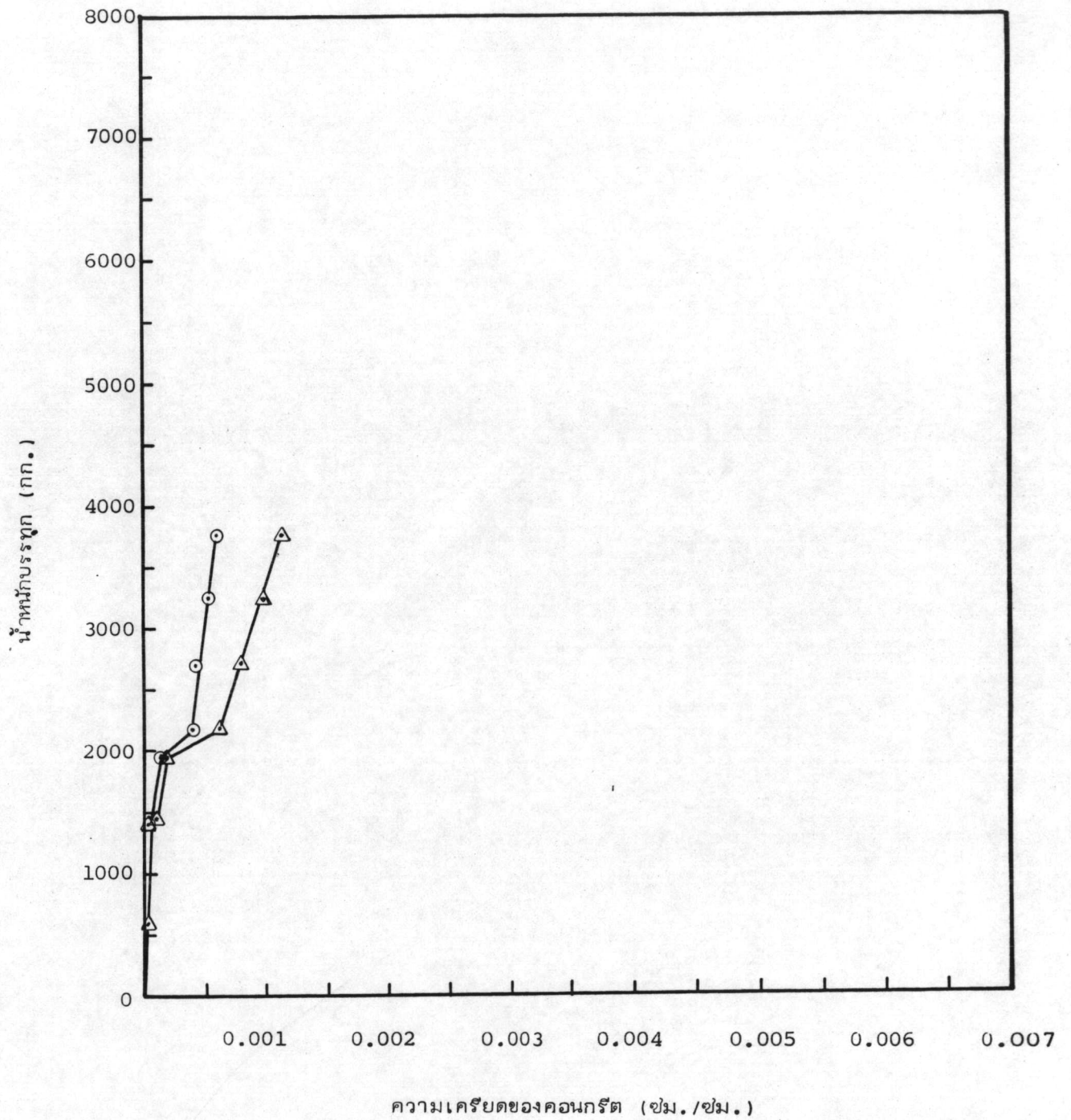
รูปที่ 4.12 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรจุทุก กับความเครียดในไม้ไผ่เส้นกลาง บริเวณกึ่งกลางตง และคอนกรีตผิวบนของตง B6 F3 (S1)



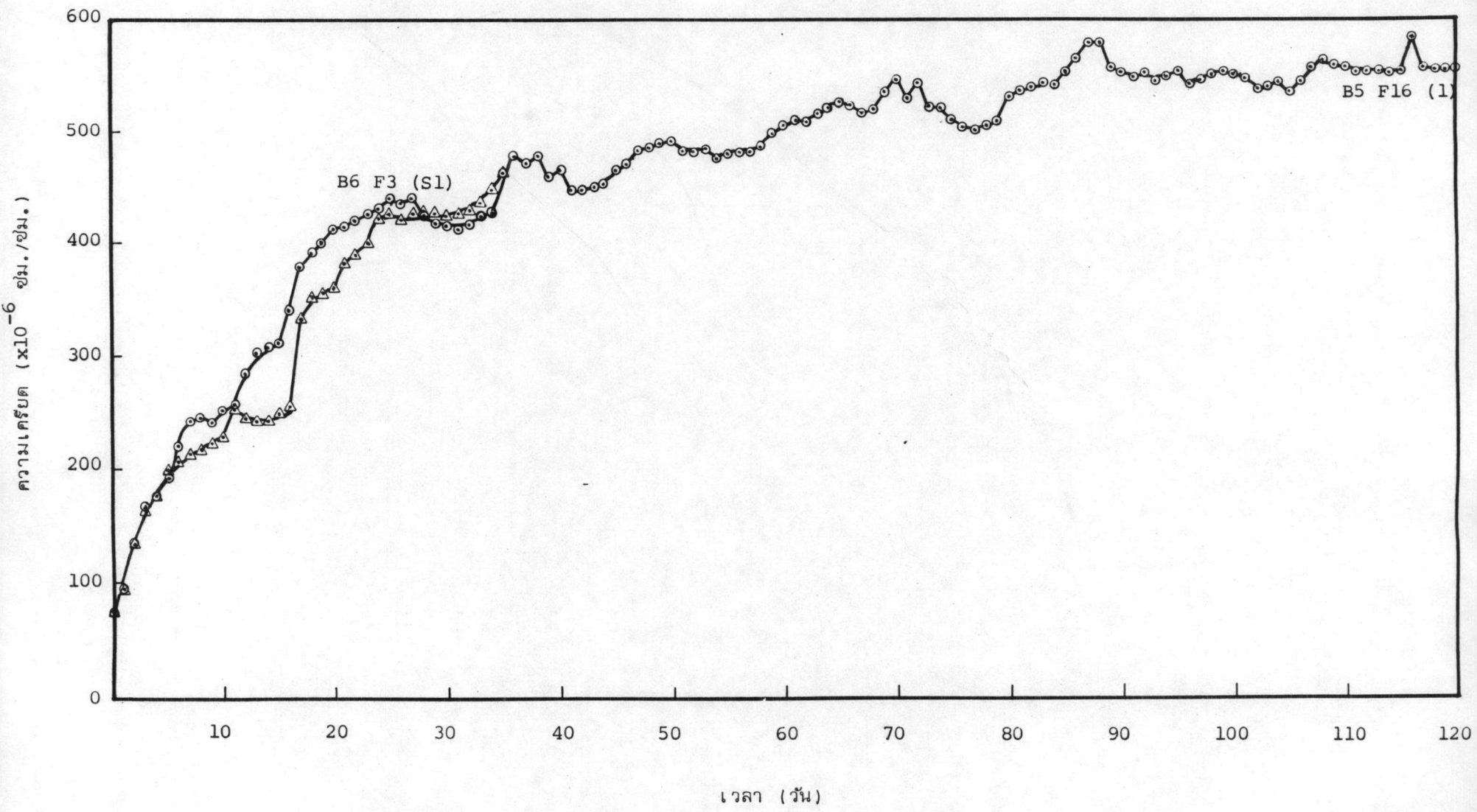
รูปที่ 4.13 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรจุทุก กับความเครียดของไม้ไผ่เส้นกลาง  
ของแผ่นพื้น S2 น



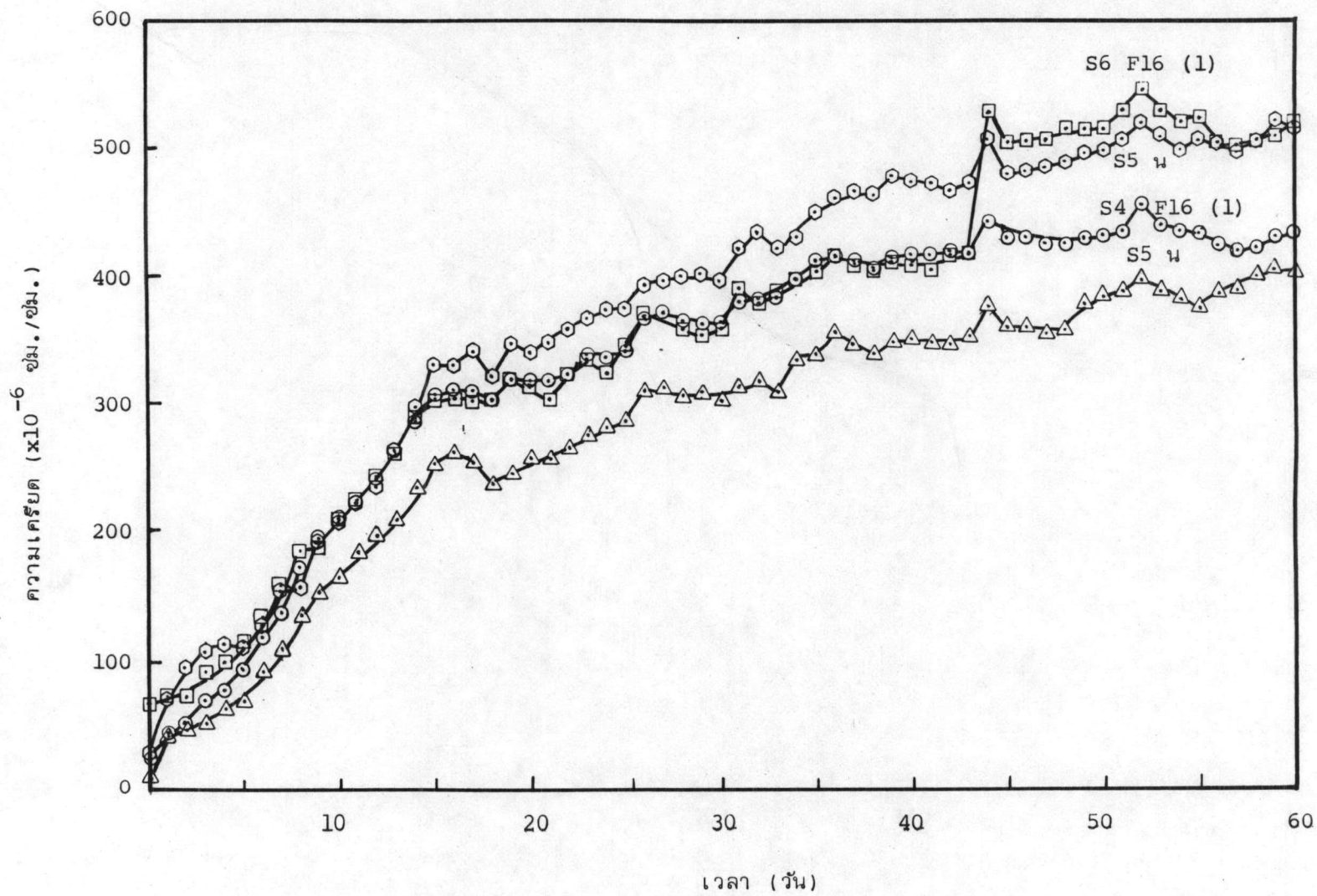
รูปที่ 4:14 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำที่ดูดซึม กับความเคียดของคอนกรีต  
ของตง B3 F16 (1) และตง B4 F3 (S1)



รูปที่ 4.15 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบวกรวม กับความเครียดของคอนกรีตของ S2 น

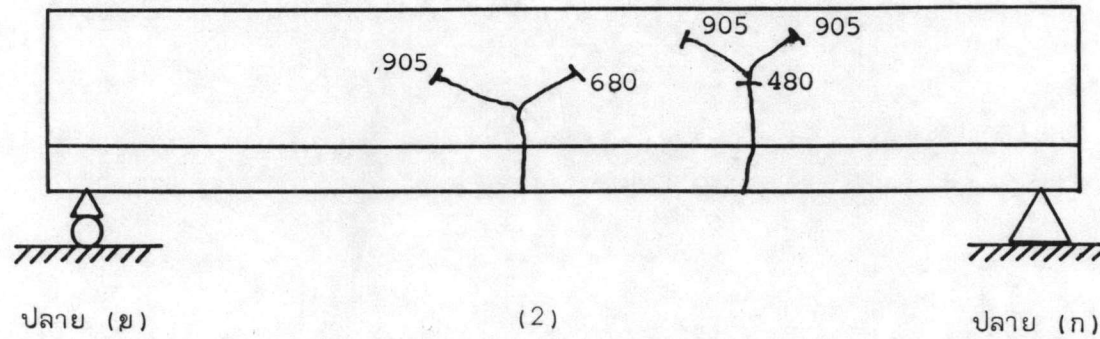
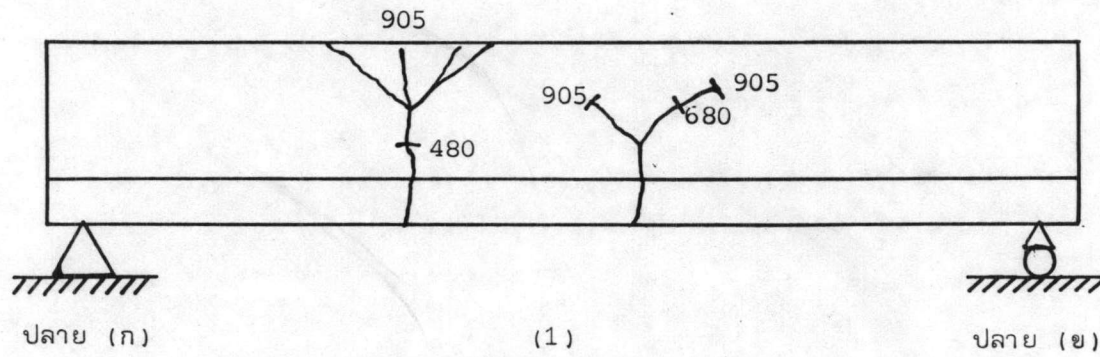


รูปที่ 4.16 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นกับเวลาของตง B5 F16 (1), ตง B6 F3 (S1)

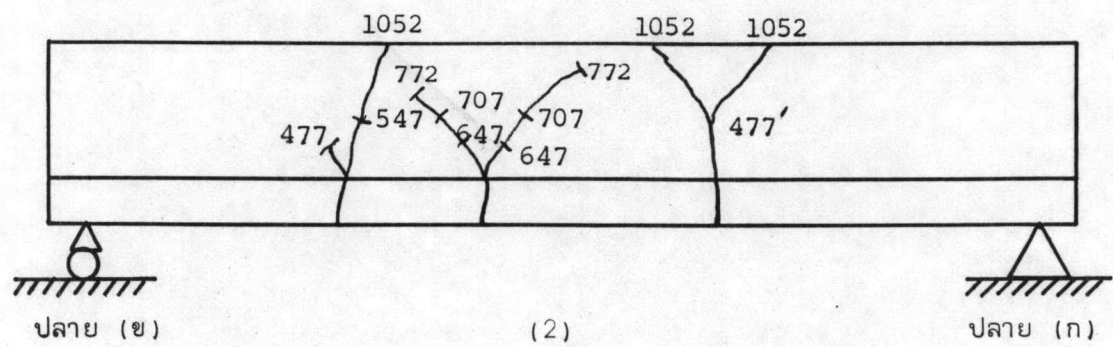
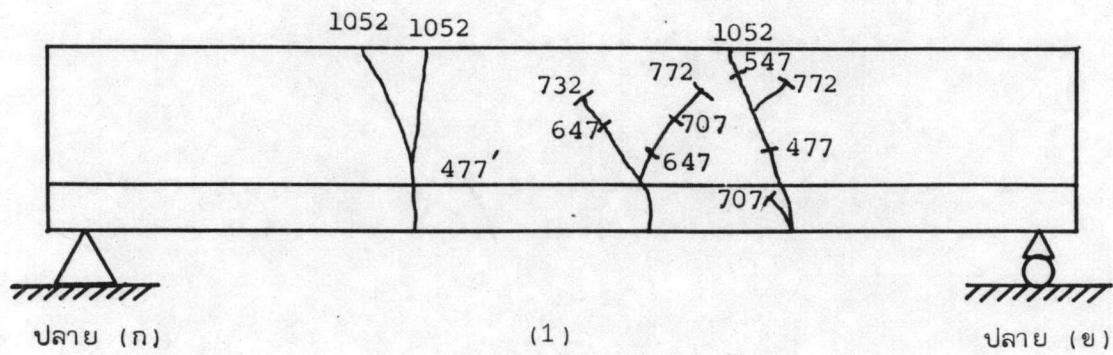


รูปที่ 4.17 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเคียดกับเวลาของแผ่นพัน-ตง S3 น S4 F16 (1) S5 น และ B6 F16 (1)

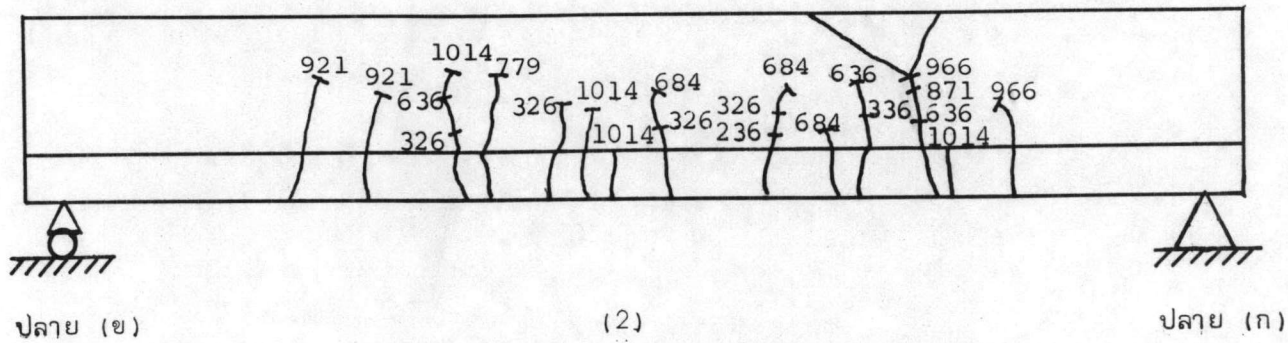
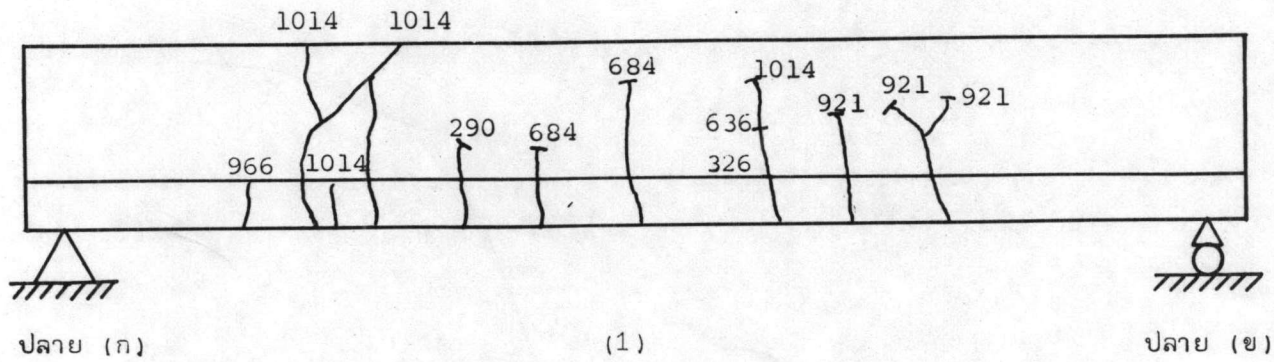




รูปที่ 4.18 ลักษณะการแตกร้าวของตง B1 น  
(ตัวเลขแสดงค่าของน้ำหนักบรรทุก (กก.) ขณะเกิดรอยแตกร้าว)



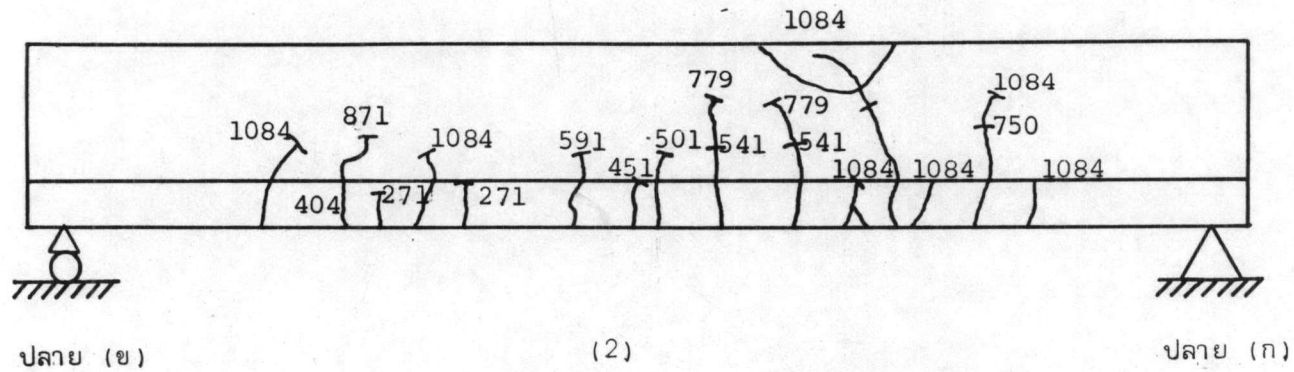
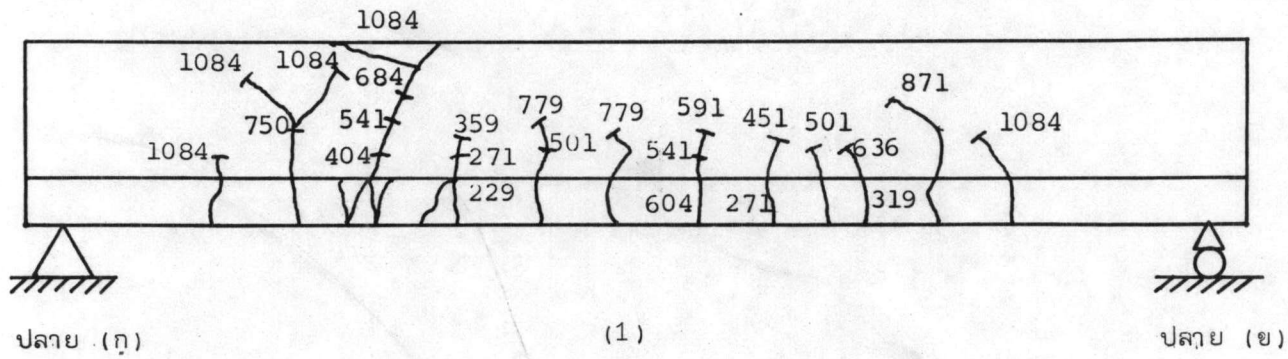
รูปที่ 4.19 ลักษณะแตกกร้าวของตง B2 น  
(ตัวเลขแสดงค่าน้ำหนักบรรทุก (กก.) ขณะเกิดรอยแตกกร้าว)



รูปที่ 4.20 ลักษณะการแตกร้าวของตง B3 F16 (1)

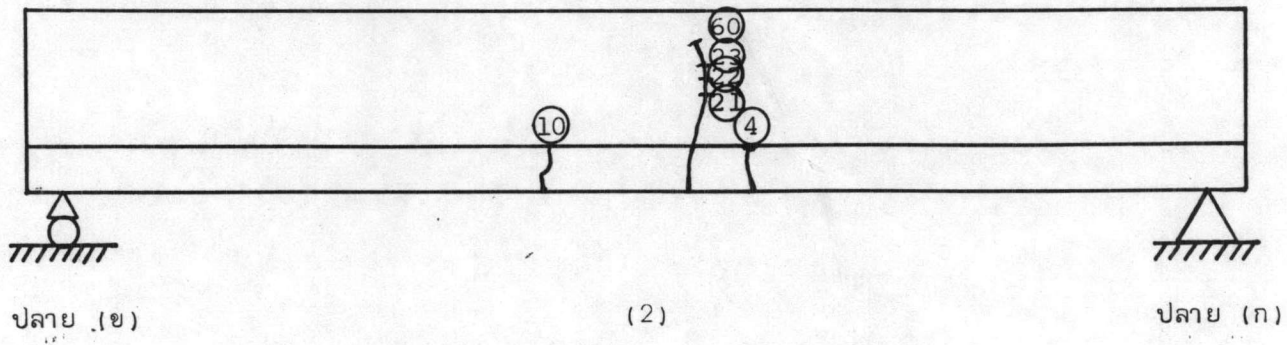
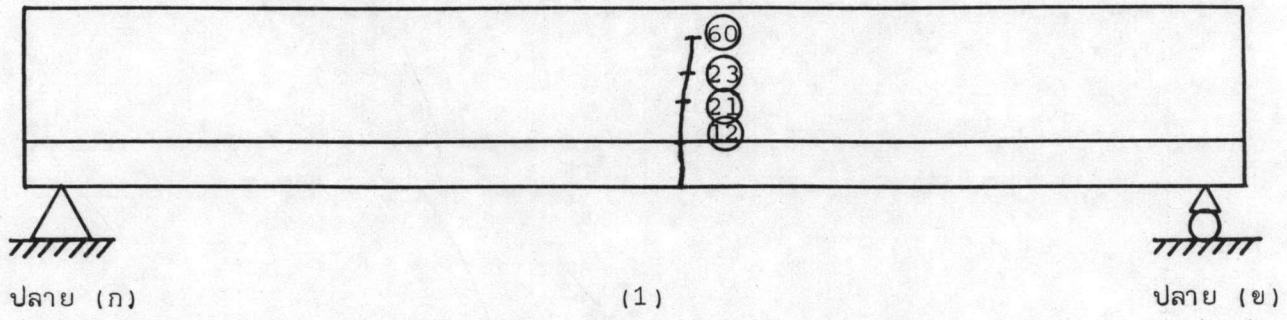
(ตัวเลขแสดงค่าของน้ำหนักบรรทุก (กก.) ขณะเกิดรอยแตกร้าว)



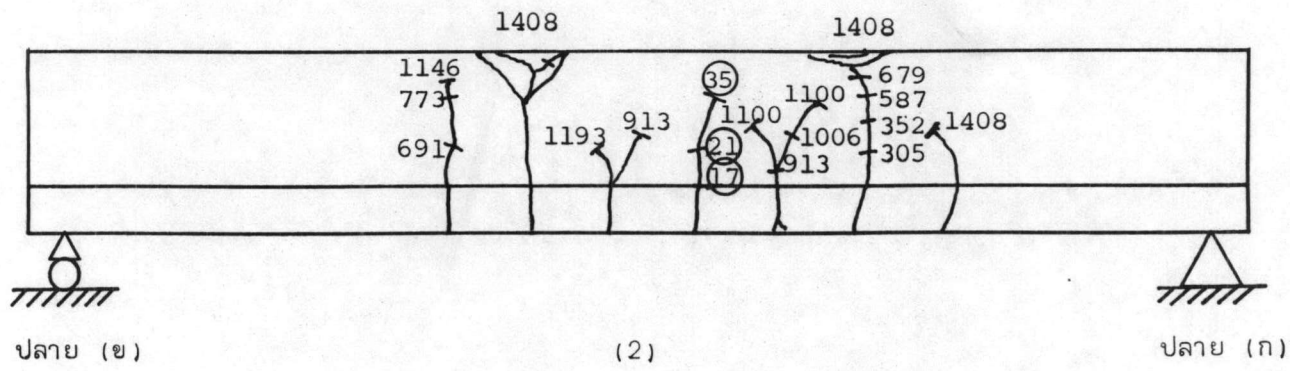
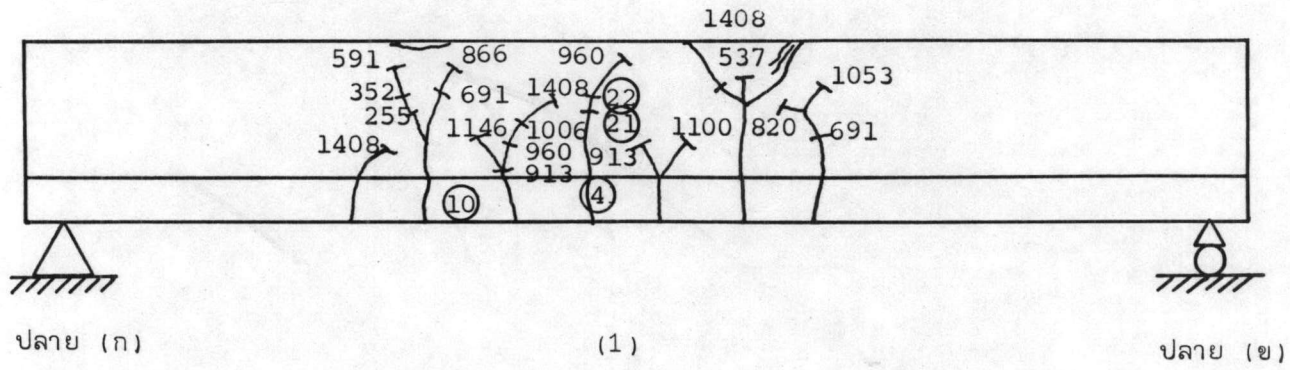


รูปที่ 4.21 ลักษณะการแตกร้าวของตง B4 F3 (S1)

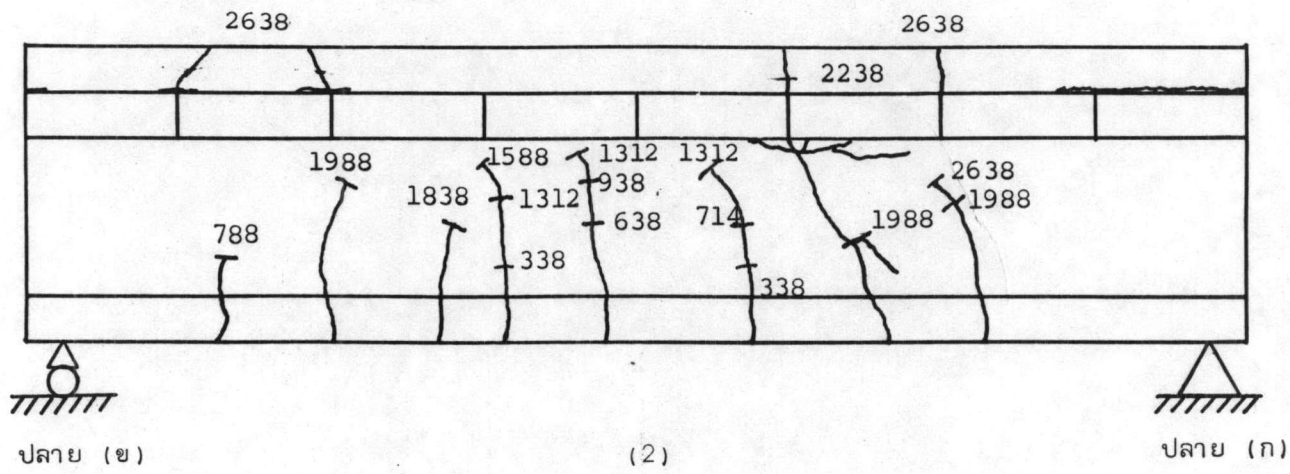
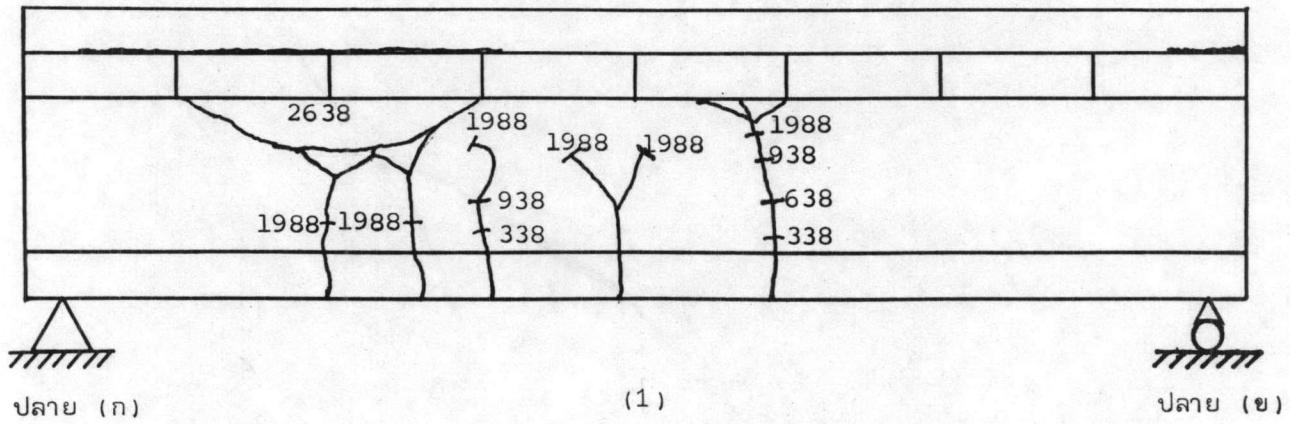
(ตัวเลขแสดงค่าของน้ำหนักบรรทุก (กก.) ขณะเกิดรอยแตกร้าว)



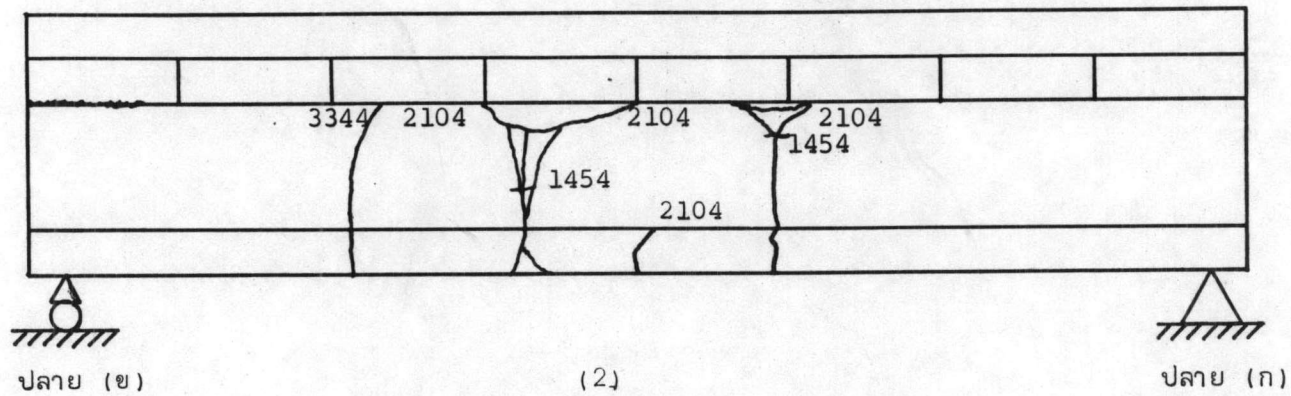
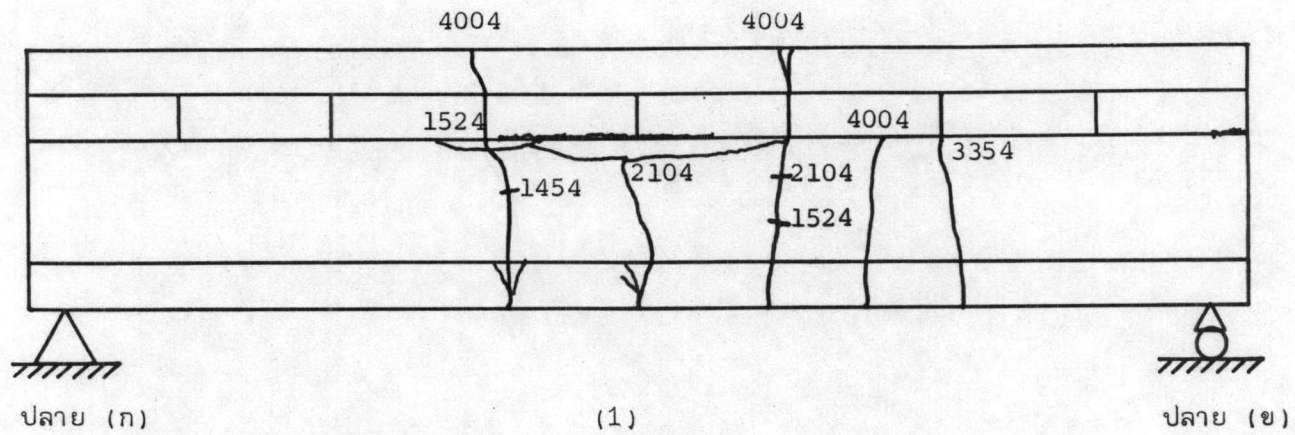
รูปที่ 4.22 ลักษณะการแตกร้าวของตง B5 F16 (1)  
 (ตัวเลขแสดงค่าของเวลา (วัน) ขณะเกิดรอยแตกร้าว)



รูปที่ 4.23 ลักษณะการแตกร้าวของตง B6 F3 (S1)  
 (ตัวเลขใน O แสดงค่าของเวลา (วัน) และตัวเลขนอก O แสดงค่าของน้ำหนักบรรทุก (กก.)  
 ขณะเกิดรอยแตกร้าว)



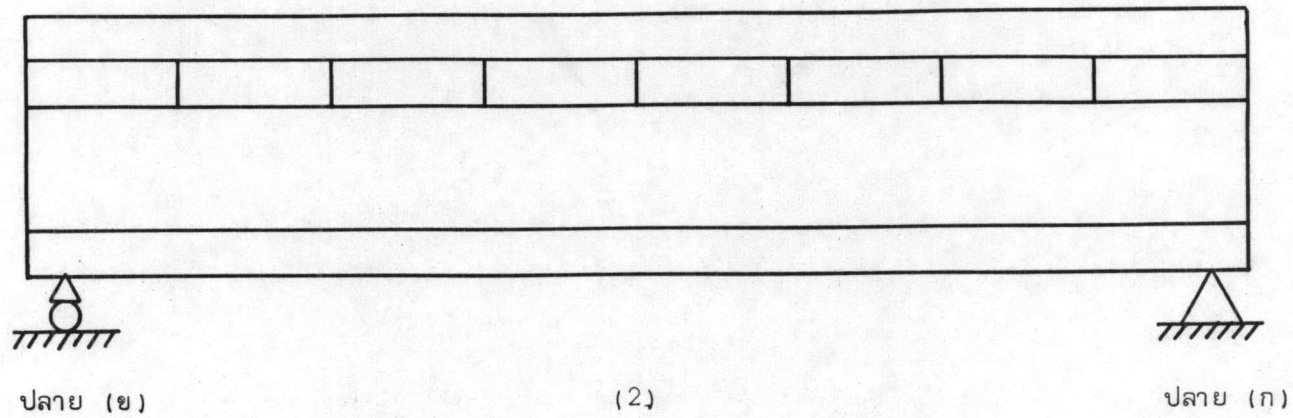
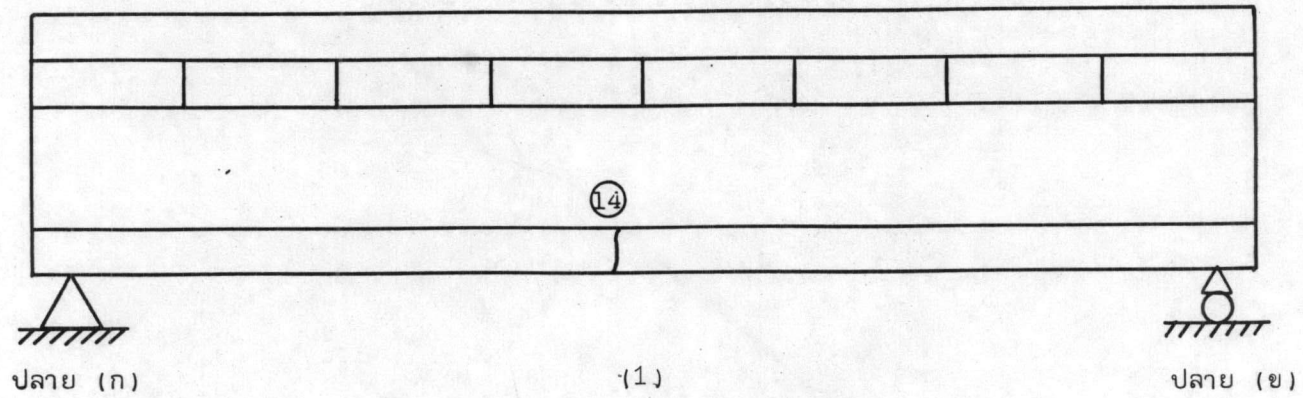
รูปที่ 4.24 ลักษณะการแตกร้าวของแผ่นพื้น S1  
 (ตัวเลขแสดงค่าของน้ำหนักบรรทุก (กก.) ขณะเกิดร้าวแตกร้าว)



รูปที่ 4.25 ลักษณะการแตกร้าวของแผ่นพื้น S2 น

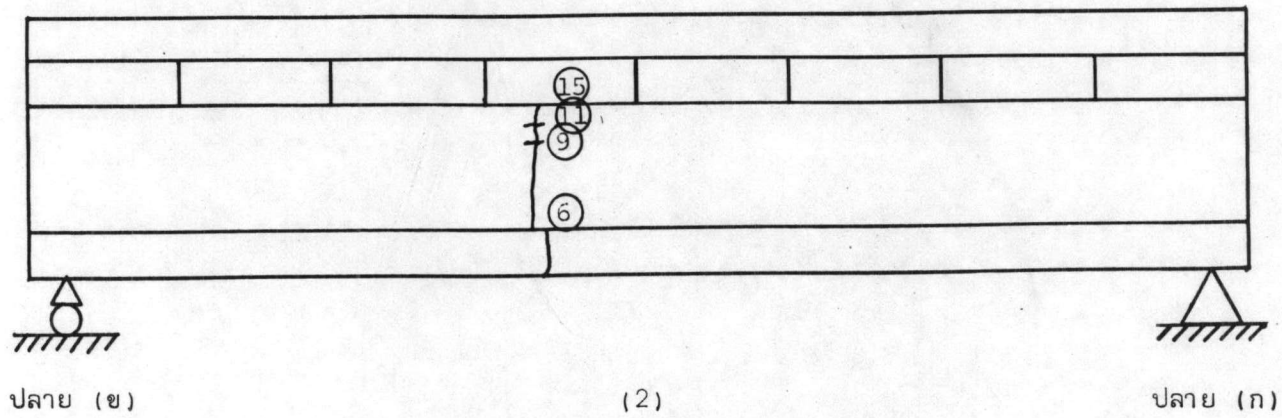
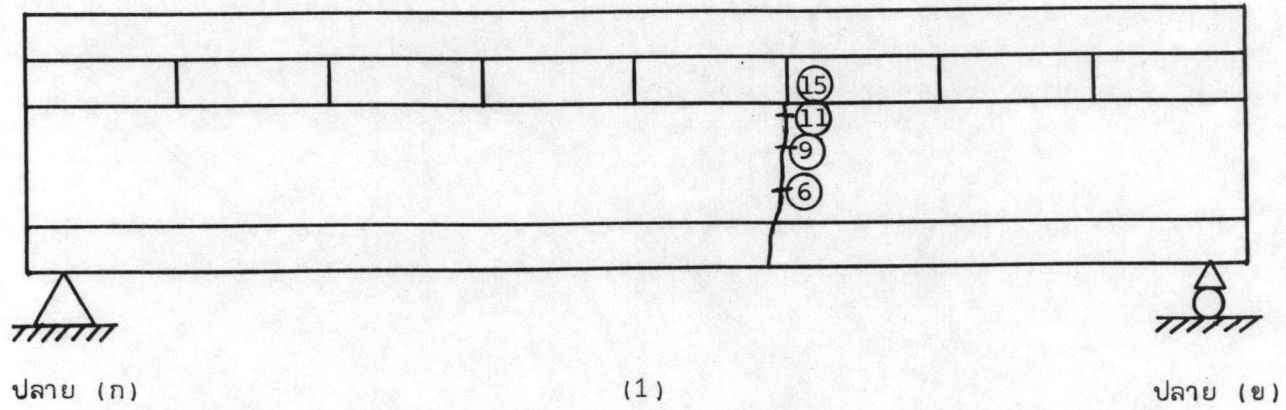
(ตัวเลขแสดงค่าของน้ำหนักบรรทุก (กก.) ขณะเกิดรอยแตกร้าว)





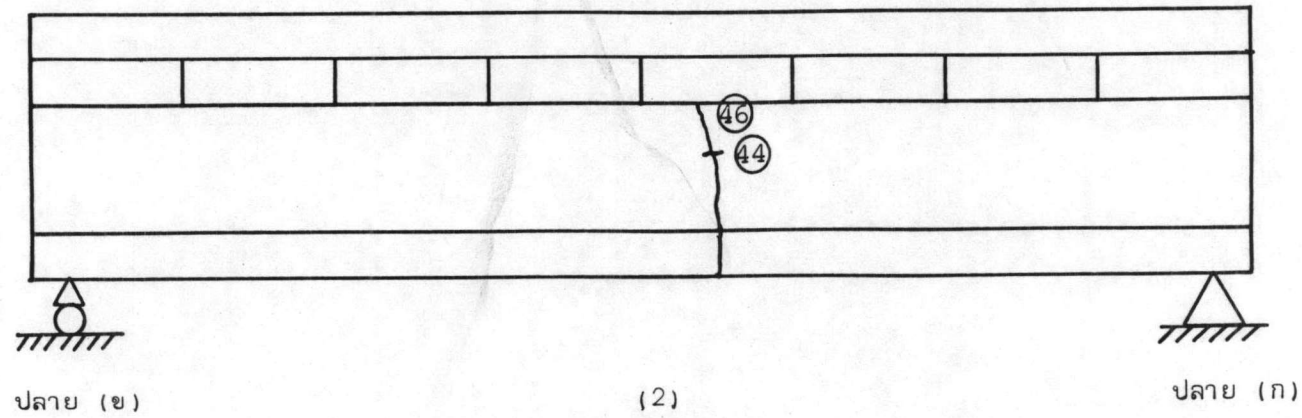
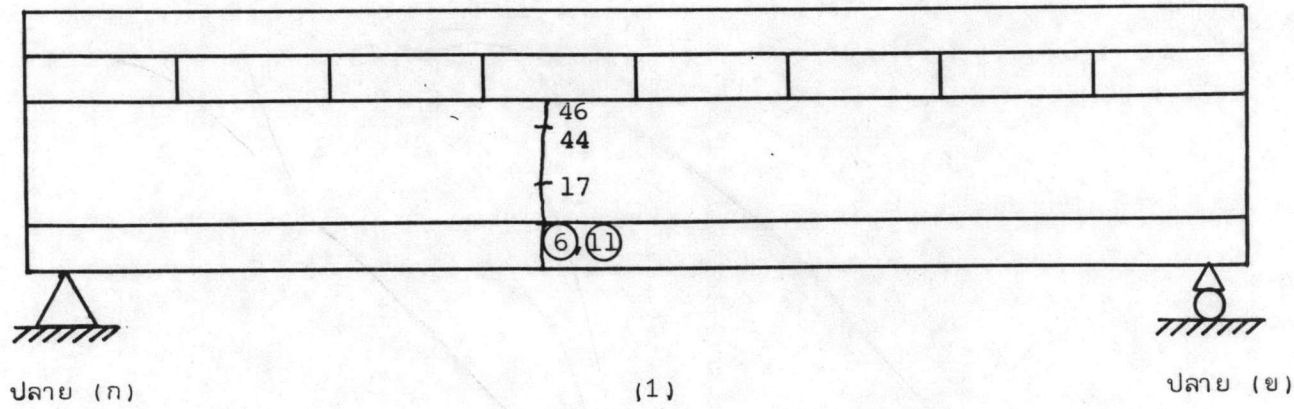
รูปที่ 4.26 ลักษณะการแตกร้าวของแผ่นพื้น S4 F16 (1)

(ตัวเลขแสดงค่าของเวลา (วัน) ขณะเกิดรอยแตกร้าว)

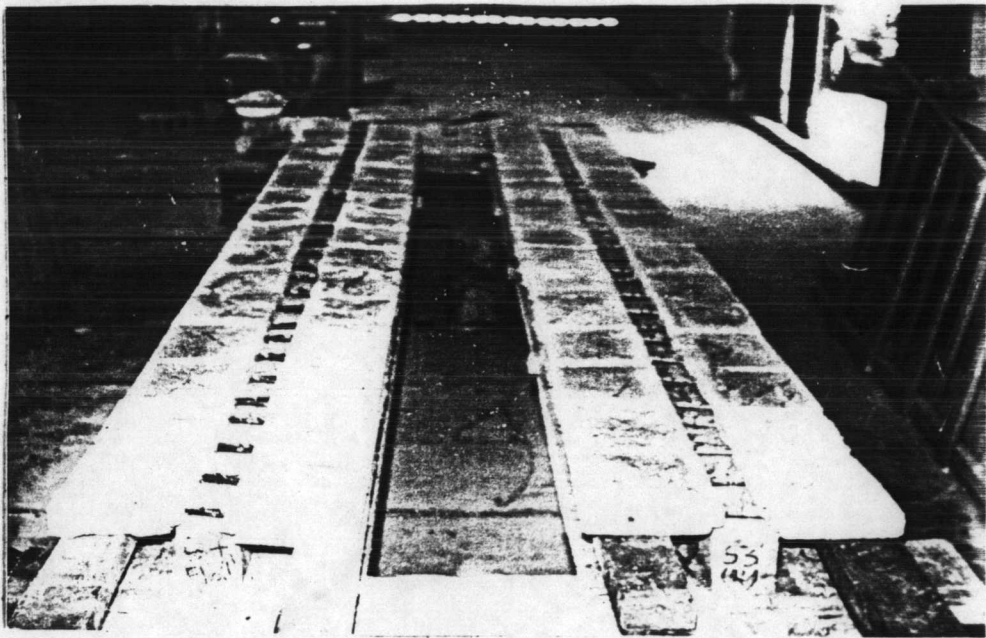


รูปที่ 4.27 ลักษณะการแตกร้าวของแผ่นพื้น S5 น

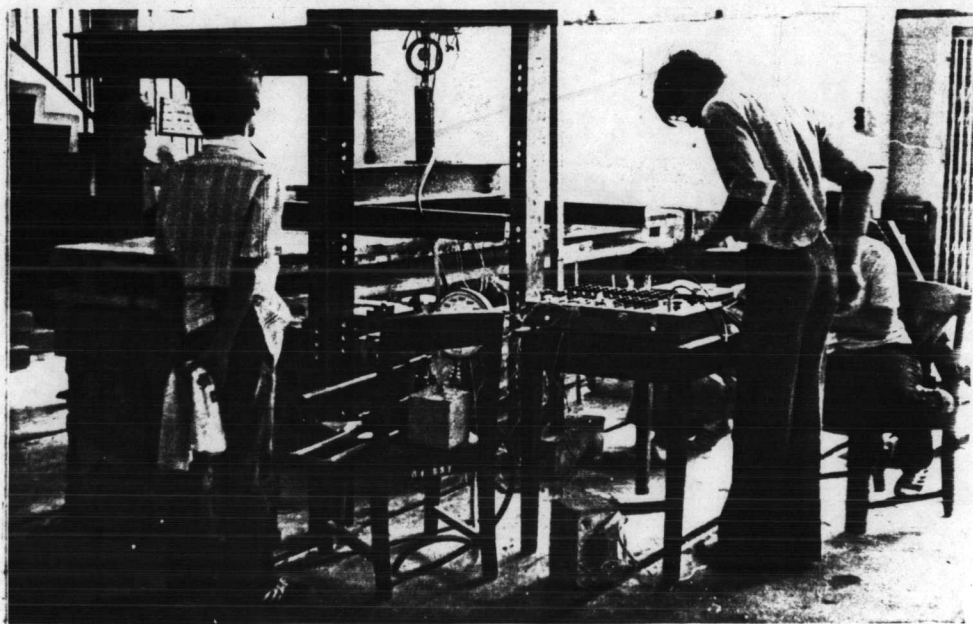
(ตัวเลขแสดงค่าของเวลา (วัน) ขณะเกิดรอยแตกร้าว)



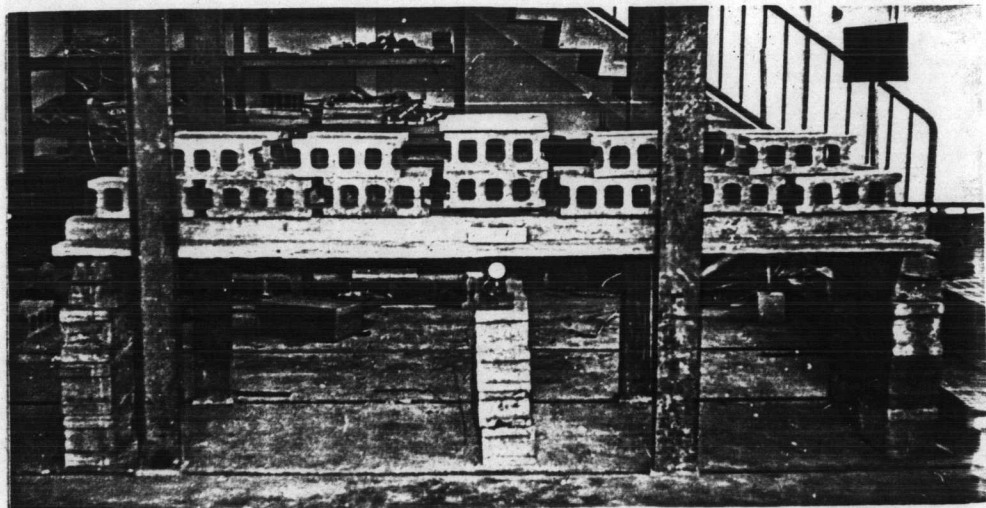
รูปที่ 4.28 ลักษณะการแตกร้าวในแผ่นพื้น S6 F16 (1)  
 (ตัวเลขแสดงค่าของเวลา (วัน) ขณะเกิดการแตกร้าว)



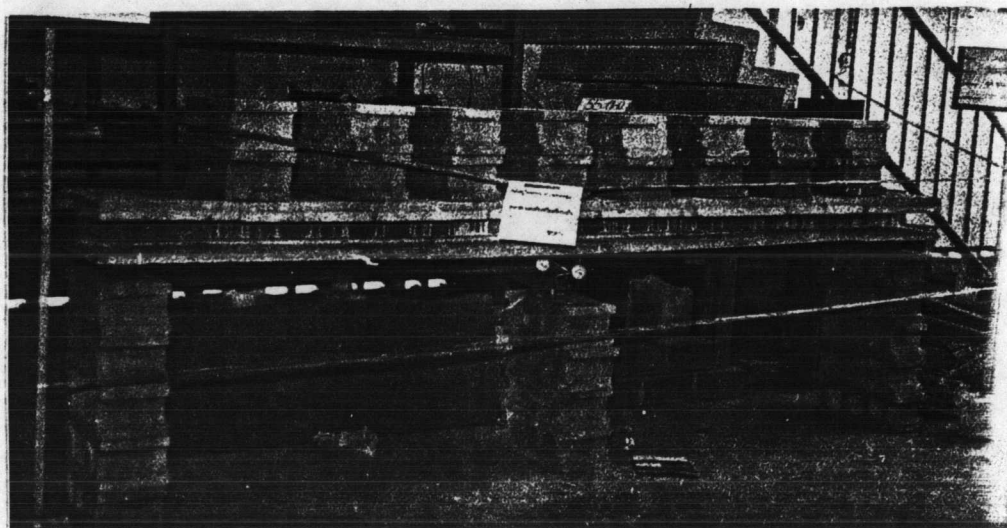
รูปที่ 4.29 ลักษณะของแผ่นพื้น-ตง ก่อนการเทคอนกรีตทับหน้า



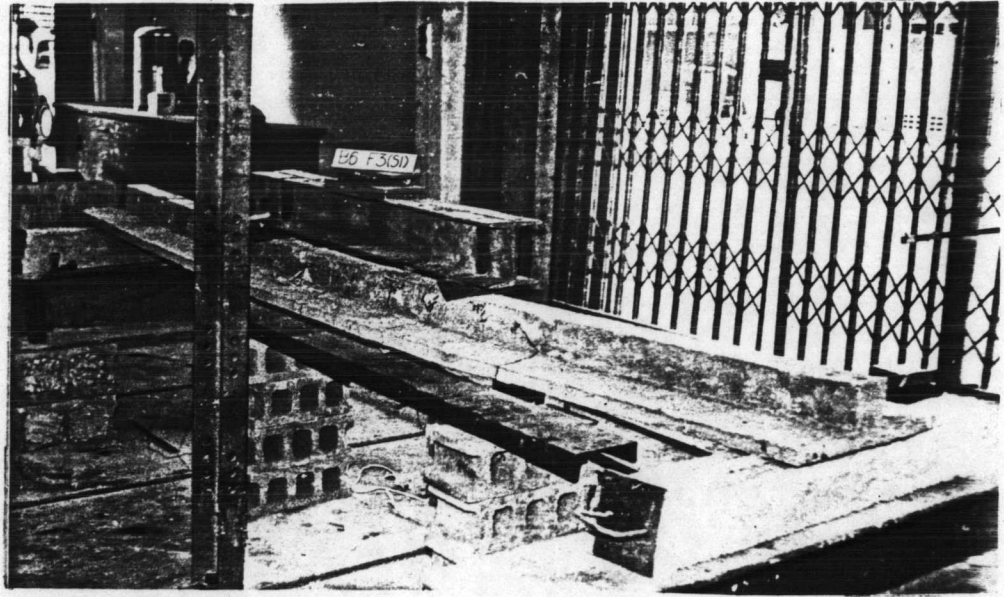
รูปที่ 4.30 แสดงการทดลองบรรจุหน้าหนักที่จุดแบ่งลำม บนแผ่นพื้น-ตง



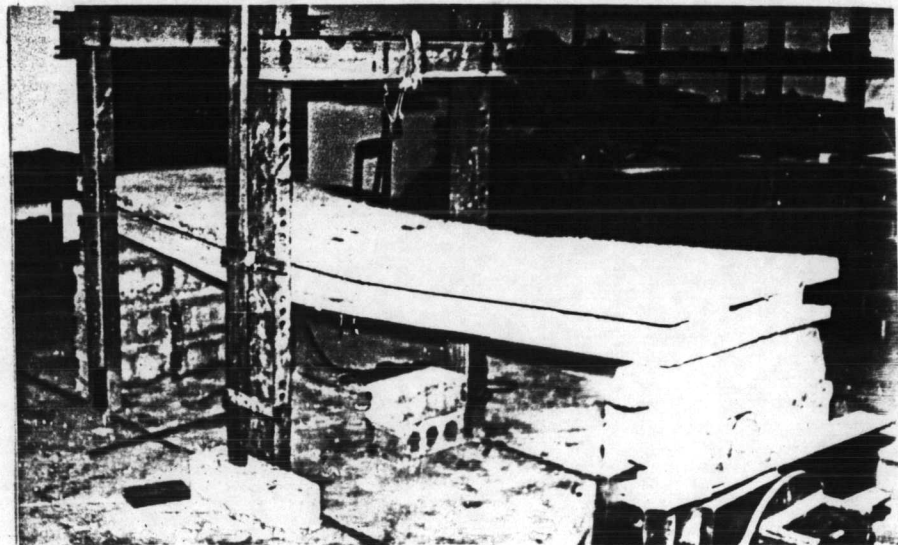
รูปที่ 4.31 แสดงการทดลองบรรจุหน้าหนักค้ำไวจับนตง



รูปที่ 4.32 แสดงการทดลองบรรจุหน้าหนักค้ำไวจับนแผ่นพื้น-ตง



รูปที่ 4.33 ลักษณะของตงภายหลังการวิบัติจากการทดลองบรรทุกน้ำหนักที่จุดแบ่งสาม



รูปที่ 4.34 ลักษณะของแผ่นพื้น-ตงภายหลังการวิบัติจากการทดลองบรรทุกน้ำหนักที่จุดแบ่งสาม

การคำนวณ



ตัวอย่างการคำนวณแผ่นพื้น-ตง คอนกรีตเสริมไม้อัด

แผ่นพื้น-ตง S2 น กว้าง 40 ซม. ความลึกประสิทธิภาพ = 16.5 ซม. ความยาวประสิทธิภาพเท่ากับ 3.00 ม.

$$A_b = 5.65 \text{ ซม.}^2$$

$$f'_c = 176.5 \text{ กก./ซม.}^2$$

$$E_c = w^{1.5} 4,270 \sqrt{f'_c}$$

$$(2.13)^{1.5} 4,270 \sqrt{176.5} = 176,347 \text{ กก./ซม.}^2$$

$$n = \frac{E_b}{E_c} = \frac{2.26 \times 10^5}{176,347} = 1.281$$

จาก ACI 318-71 โมดูลัสแตกกร้าว (Modulus of rupture) ของคอนกรีตมีค่าเท่ากับ  $1.99 f'_c \text{ กก./ซม.}^2$

$$y_t = \frac{18(8) \left\{ 18-2(3) \right\} + 40(3)(18)+3(5.65)(0.281)}{8(18)+2(3)(40-8)+0.281(5.65)}$$

$$= 8.96 \text{ ซม.}$$

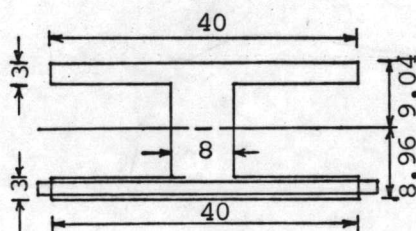
$$M_{cr} = \frac{f_r I_g}{y_t}$$

$$= \frac{1.99 \sqrt{176.5} (14,920.9)}{(100) (8.96)}$$

$$= 440.3 \text{ กก.-ม.}$$

$$= 103.5 \text{ กก.-ม.}$$

หาหน้าหนักบรรทุกทุกแตกกร้าว



(หน่วยเป็น เซนติเมตร)

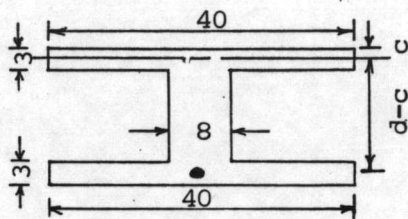
$$M_{DL} = \frac{wL^2}{8} = \frac{92(3)^2}{8}$$

$$P_{cr} = \frac{(M_{cr} - M_{DL})6}{L} = \frac{(440.3 - 103.5)6}{3} = 673.5 \text{ กก.}$$



$$\Delta_{cr} = \frac{23}{1,296} \frac{PL^3}{(E_c I_g)} = \frac{23}{1,296} \frac{(673.5)(3)^3 \times 10^6}{(176,347)(14,920.9)} = 0.12 \text{ ซม.}$$

หาหน้าหนักบรรทุกประลัย



(หน่วยเป็นเซนติเมตร)

$$\text{ลํมุดิ } f_{bo} = 0.90 f_{by} = 0.90 (1,653)$$

$$= 1,487.7 \text{ กก./ซม.}^2$$

$$\therefore \epsilon_{bo} = 6.58 \times 10^{-3} \text{ ซม./ซม.}$$

จากการลํมุดิในแนวราบ

$$C = T$$

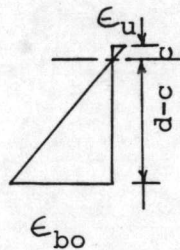
$$0.85(176.5)40(a) = 5.65(1,487.7)$$

$$a = 1.40 \text{ ซม.}$$

$$c = \frac{1.40}{0.85} = 1.65 \text{ ซม.}$$

หา  $\epsilon_{b1}$  จากรูปการกระจายของหน่วยความเครียดระหว่างไม้ไผ่กับคอนกรีต

$$\epsilon_{b1} = \frac{0.003(16.5-1.65)}{1.65} = 0.027 \text{ ซม./ซม.} > \epsilon_{bu}$$



$$\text{ใช้คํ่า } f_{b1} = f_{bu} = 1,653 \text{ กก./ซม.}^2$$

$$a = \frac{5.65(1,653)}{0.85(176.5)40}$$

$$= 1.56 \text{ ซม.}$$

$$c = \frac{1.56}{0.85} = 1.84 \text{ ซม.}$$

$$M'_u = A_b f_{by} \frac{(d-a)}{2}$$

$$= \frac{5.65(1,653)(16.5-1.56)}{100 \cdot 2}$$

$$= 1,468.2 \text{ กก.-ม.}$$

$$P'_u = \frac{(1,468.2-103.5)6}{3} = 2,729.3 \text{ กก.}$$

คำนวณหาความสัมพันธ์ของน้ำหนักบรรทุกกับระยะ โคง

$$I_{cr} = \frac{40 (1.84)^3}{12} - \frac{40 (1.84) (1.84)^2}{4} + \frac{5.65 (16.5 - 1.84)^2}{2}$$

$$= 1,392.2 \text{ ซม.}^4$$

$$\textcircled{a} \quad M_a = 1.2 M_{cr}, P_a = \frac{(1.2 M_{cr} - M_{DL})^2}{L} = 849.7 \text{ กก.}$$

$$I_c = \left(\frac{1}{1.2}\right)^3 14,920.9 + \left\{1 - \left(\frac{1}{1.2}\right)^3\right\} 1,392.2$$

$$= 9,221.3 \text{ ซม.}^4$$

$$\Delta = \frac{23 (849.7) (3)^3 \times 10^6}{1,296 (176,347) (9,221.3)} = 0.25 \text{ ซม.}$$

หา  $P_a$  และ  $\Delta$  ณ ตำแหน่ง  $M_a = 1.5 M_{cr}$   $M_a = 2 M_{cr}$   $M_a = 2.79 M_{cr}$

และ  $M_a = M'_u$  หา  $P_a$  และ  $\Delta$  มาเขียนกราฟดังแสดงในรูปที่ 4.8 หาค่า  $P_a$  ที่  $\Delta =$

0.833 ซม. (L/360) ได้  $P_a = 1,250$  กก.

หาน้ำหนักบรรทุกเมื่อไม้ไม่เสริมและคอนกรีตถึงหน่วยแรงที่ยอมให้

$$\rho_b = \frac{A_b}{bd} = \frac{5.65}{40(16.5)} = 8.56 \times 10^{-3}$$

$$N_b = \frac{2.26 \times 10^5}{176,347} = 1.281$$

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

$$= 0.138$$

$$kd = 2.27 \text{ ซม.} < 3 \text{ ซม.}$$

$$jd = 15.74 \text{ ซม.}$$

$$\begin{aligned}
 M_c &= \frac{1}{2} f_c j k b d^2 \\
 &= \frac{1}{2} \frac{(0.45 \times 176.5) 40 (15.74) (2.27)}{100} \\
 &= 567.6 \text{ กก.-ม.}
 \end{aligned}$$

$$P_c = 928.1 \text{ กก.}$$

$$\begin{aligned}
 M_b &= A_b f_b j d \\
 &= \frac{5.65}{100} (0.3 \times 1,653) 15.74 \\
 &= 441.0 \text{ กก.-ม.}
 \end{aligned}$$

$$P_b = 675.0 \text{ กก.}$$

จากการทดลองนั้นเห็นได้ว่าในช่องแรกนั้นไม้ไผ่และคอนกรีตรับน้ำหนักตัวของมันเองซึ่งมีค่าถึง 92 กก./ม. หรือคิดเป็นโมเมนต์ที่กึ่งกลางตงเท่ากับ 103.5 กก.-ม. ทำให้ความเครียดในตัวของมันมีอยู่แล้ว ในที่นี้จะวัดน้ำหนักบรรทุกของตงหรือแผ่นพื้น-ตงที่ลดความเครียดที่ยอมให้ของ

$$\begin{aligned}
 \text{ไม้ไผ่} &= \frac{0.3 \times 1,653}{2.26 \times 10^5} = 2.19 \times 10^{-3} \text{ ซม./ซม.} \quad \text{และของคอนกรีต} = \frac{0.45 (176.5)}{176,347}
 \end{aligned}$$

$= 4.50 \times 10^{-4}$  ซม./ซม. แปลงค่าน้ำหนักบรรทุกเป็นโมเมนต์แล้วจะนำมาลบออกด้วยโมเมนต์ที่เกิดเนื่องจากตงหรือแผ่นพื้นนั้น เพื่อให้คล้ายกับทฤษฎี แล้วหาค่าน้ำหนักบรรทุกที่เกิดขึ้น

จะได้น้ำหนักบรรทุกที่หน่วยแรงดึงที่ยอมให้ไม้ไผ่

$$= \left\{ \frac{1,788 \times 3}{6} - 103.5 \right\} \frac{6}{3} = 1,581 \text{ กก.}$$

น้ำหนักบรรทุกที่หน่วยแรงอัดที่ยอมให้ของคอนกรีต

$$= \left\{ \frac{1,173 \times 3}{6} - 103.5 \right\} \frac{6}{3} = 966 \text{ กก.}$$

## ประวัติการศึกษา

นายอุดม ฉัตรศิริกุล สำเร็จการศึกษาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรม  
โยธา จากมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ปีการศึกษา 2519

