เอกสารอ้างอิง

1. เอกสิทธิ์ ลิ้มสุวรรณ, "วัสดุที่ใช้ในการซ่อมโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก," สัมนาวิชาการสาเหตุและแนวทางแก้ไขการวิบัติโครงสร้าง, ส่วนที่ 2, คณะวิศวกรรมศาสตร์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,กรุงเทพมหานคร 2523
2. ปริญญา จินดาประเสริฐ, "ปูนซีเมนต์และคอนกรีต," ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น 2529
3. ACI Committee 503, "Use of Epoxy Compounds With Concrete," ACI Manual of Concrete Practice,Part 5,American Concrete Institute, Detriot, Michigan 1985.
4. ACI Committee 224, "Causes,Evaluation and Repair of Cracks in Concrete Structures," ACI Manual of Concrete Practice, Part 3, American Concrete Institute, Detriot, Michigan 1985.
5. G.W. Whitesides, "Stress in Epoxy Compounds for Portland Cement Concrete," EPOXY WITH CONCRETE, SP-21, American Concrete Institute, Detriot, Michigan 1968., pp.93-106
6. J.D. Kriegh and G.M. Nordby, "Methods of Evaluation of Epoxy Compounds Used for Bonding Concrete," EPOXY WITH CONCRETE, SP-21, American Concrete Institute, Detriot, Michigan 1968., pp.104-118
7. S. Champion, "Failure and Repair of Concrete Structure," John Wiley & Sons Inc., New York, 1961.
8. ACI Committee 201, "Guide to Durable Concrete," ACI Journal Proceeding V.74, No.12, Dec.1977.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

9. ACI Committee 223, "Standard Practice For Use of Shrinkage Compensating Concrete, "ACI Manual of Concrete Practice, Part 1, American Concrete institute, Detriot, Michigan 1985.

10. J.S. Wall and N.G. Shrive, "Factors Affecting Bond between New and Old Concrete, "ACI MATERAILS JUORNAL V.80, American Concrete institute, Michigan 1988.

11. M.R. Rixom, "Concrete Admixtures Use and Applications," The Construction Press, ISBN 0 904406 326

12 Nikolai G. Zoldners, "The Properties of Concrete under sustained elevated temperature, "TEMPERATURE AND CONCRETE, SP 25-1, American Concrete institure, Michigan 1971.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2.1 ส่วนประกอบทางเคมีของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ (2)

ส่วนประกอบ	ส่วนประกอบเป็นร้อยละ				
	ประเภทของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์				
	1	2	3	4	5
C_3S	50	45	60	25	40
C_2S	25	30	15	50	40
C_3A	12	7	10	5	4
C_4AF	8	12	8	4	4

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.1 ทรายขนาดคละมาตรฐาน ASTM C109
สำหรับการผสมมอร์ต้า

ตระแกรงเบอร์	ร้อยละค้างสะสม
100	98-2
50	75-5
40	30-5
30	2-2
16	-

ตารางที่ 3.2 สัดส่วนการผสมของคอนกรีตที่ใช้ในงานวิจัย

วัสดุ	น้ำหนักต่อ ม.^{3} กก.
ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ชนิดที่ 3	400
หิน 3/4 นิ้ว	1000
ทราย	740
น้ำ	160
สารเคมีเพิ่มการไหลลื่น	3200 ซม.^{3}

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.3 ผลการทดสอบกำลังอัดของคอนกรีตที่ใช้ในงานวิจัย

ตัวอย่างที่	น้ำหนักกด ตัน	กำลังอัด กก./ซม.^{2}
1	70.5	399
2	82.5	467
3	68.2	386
4	65.5	371
5	78.4	444
6	70.5	400
7	67.8	384
8	69.2	392
9	75.5	427
10	66.4	376
11	72.5	410
12	62.7	355
	เฉลี่ย	401
	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	32

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.4 กำลังอัดของอีป๊อกซี่

อายุ วัน	หน้าตัด ซม.xซม.	น้ำหนักกด ตัน	กำลังอัด กก./ซม.^{2}	เฉลี่ย กก./ซม.^{2}
3	5.020x4.983	6.40	256	257
	5.025x5.032	6.57	260	
	4.980x4.995	6.35	255	
7	5.015x4.955	12.80	515	518
	5.030x4.985	13.20	526	
	4.958x4.986	12.70	514	
28	4.945x4.951	19.60	800	751
	4.954x4.907	17.30	712	
	4.883x5.058	18.35	743	

ตารางที่ 3.5 กำลังดึงของอีป๊อกซี่

อายุ วัน	หน้าตัด ซม.xซม.	แรงดึง กก.	กำลังดึง กก./ซม.^{2}	เฉลี่ย กก./ซม.^{2}
7	2.565x2.570	1540	234	263
	2.545x2.575	2110	322	
	2.560x2.550	1520	233	
28	2.550x2.488	1750	276	280
	2.544x2.480	1900	301	
	2.554x2.500	1680	263	

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.6 กำลังยึดเหนี่ยวแบบดัดระหว่างอีป๊อกซี่กับคอนกรีต

รอยต่อ มม.	ก่อนประสาน		หลังประสาน		หมายเหตุ
	แรงกด กก.	โมดูลัสแตกร้าว กก./ซม.^{2}	แรงกด กก.	กำลังยึดเหนี่ยว กก./ซม.^{2}	
1	2810	62.4	3040	67.0	ขาดรอยเก่า
	2520	56.0	3000	66.7	ขาดรอยใหม่
	2900	64.0	3010	66.9	ขาดรอยใหม่
	เฉลี่ย	60.8		66.9	134 %*
2	2340	52.0	2620	58.2	ขาดรอยใหม่
	2700	60.0	2045	45.4	ขาดรอยใหม่
	2760	61.0	2450	54.4	ขาดรอยเก่า
	เฉลี่ย	57.7		52.7	105 %*
3	2480	55.1	2020	44.9	ขาดรอยใหม่
	2550	56.6	2270	50.4	ขาดรอยเก่า
	2970	66.0	2435	54.1	ขาดรอยเก่า
	เฉลี่ย	59.2		49.8	99 %*
4	2400	53.3	2310	51.3	ขาดรอยเก่า
	2000	44.4	2500	55.5	ขาดรอยใหม่
	2150	47.8	2225	49.4	ขาดรอยใหม่
	เฉลี่ย	48.5		52.1	104 %*

<u>หมายเหตุ</u> * ร้อยละของค่าเฉลี่ยโมดูลัสแตกร้าวของคอนกรีตควบคุม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.7 กำลังอัดของอีป๊อกซี่มอร์ตา (อายุ 28 วัน)

ทราย:ซีเมนต์	หน้าตัด ซม.xซม.	น้ำหนักกด ตัน	กำลังอัด กก./ซม.^{2}	เฉลี่ย กก./ซม.^{2}
1:2	5.035x4.940 5.044x4.965 5.018x4.974	16.30 16.17 16.20	655 646 649	650
1:3	5.025x4.920 5.040x4.915 5.000x4.936	12.30 12.37 12.50	498 499 506	501
1:4	5.070x4.950 5.050x4.910 5.030x4.900	10.40 10.55 10.74	414 425 436	425

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.8 กำลังยึดเหนี่ยวแบบดัดระหว่างอีป๊อกซี่มอร์ต้ากับคอนกรีต

อีป๊อกซี่:ทราย	ก่อนประสาน		หลังประสาน		หมายเหตุ
	แรงกด กก.	โมดูลัสแตกร้าว กก./ซม.^{2}	แรงกด กก.	กำลังยึดเหนี่ยว กก./ซม.^{2}	
1:2	2800	62.2	2770	61.6	ขาดรอยเก่า
	2660	59.1	2820	62.7	ขาดรอยใหม่
	2440	54.2	2600	57.8	ขาดรอยใหม่
	เฉลี่ย	58.5		60.7	121 %*
1:3	1950	43.3	2320	51.6	ขาดรอยใหม่
	1820	40.4	2930	65.1	ขาดรอยใหม่
	2510	55.8	2500	55.6	ขาดรอยใหม่
	เฉลี่ย	46.5		57.5	115 %*
1:4	2610	58.1	2470	54.9	ขาดรอยใหม่
	2800	62.2	2620	58.2	ขาดรอยใหม่
	2400	53.3	2435	65.5	ขาดรอยใหม่
	เฉลี่ย	57.9		59.5	119 %*

<u>หมายเหตุ</u> * ร้อยละของค่าเฉลี่ยโมดูลัสแตกร้าวของคอนกรีตควบคุม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.9 กำลังอัดของมอร์ต้าที่ไม่หดตัวประเภทลดน้ำเพิ่มการไหลลื่น

อายุ วัน	หน้าตัด ซม.xซม.	น้ำหนักกด ตัน	กำลังอัด กก./ซม.^{2}	เฉลี่ย กก./ซม.^{2}
1	5.075x5.125 5.150x5.200 5.270x5.136	6.20 6.20 6.90	239 231 255	242
3	5.130x4.960 5.010x5.070 5.150x5.015	11.30 12.00 11.90	444 472 461	459
7	5.070x4.950 5.090x5.000 5.110x5.050	13.00 13.40 13.70	518 526 531	525
28	5.000x5.085 5.025x5.110 5.010x5.155	16.20 14.30 15.50	637 557 600	598

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.10 กำลังยึดเหนี่ยวแบบตัดระหว่าง มอร์ต้าที่ไม่หดตัว
ประเภทลดน้ำเพิ่มการไหลลื่นกับคอนกรีต

ตัวอย่างที่	ก่อนประสาน		หลังประสาน		หมายเหตุ
	แรงกด กก.	โมดูลัสแตกร้าว กก./ซม.^{2}	แรงกด กก.	กำลังยึดเหนี่ยว กก./ซม.^{2}	
1	2100	46.7	1430	31.7	ขาดรอยเก่า
2	2850	63.3	1230	27.3	ขาดรอยเก่า
3	2420	53.8	1560	34.7	ขาดรอยเก่า
เฉลี่ย		58.5		31.2	62 %*

<u>หมายเหตุ</u> * ร้อยละของค่าเฉลี่ยโมดูลัสแตกร้าวของคอนกรีตควบคุม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.11 กำลังอัดของมอร์ต้าที่ไม่หดตัวประเภทขยายตัว

อายุ วัน	หน้าตัด ซม.xซม.	น้ำหนักกด ตัน	กำลังอัด กก./ซม.^{2}	เฉลี่ย กก./ซม.^{2}
	4.985x5.080	9.50	376	
1	5.314x5.135	7.40	271	317
	5.085x5.015	7.75	304	
	5.020x5.030	12.60	499	
3	5.000x5.030	13.90	553	527
	5.000x5.015	13.30	530	
	5.080x5.030	14.50	567	
7	5.095x5.050	15.20	916	561
	5.035x5.010	13.50	526	
	5.050x5.145	23.00	888	
28	5.092x5.062	22.60	877	
	5.040x5.055	20.70	812	847
	5.047x5.032	19.80	779	
	5.017x5.060	22.20	874	

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.12 กำลังยึดเหนี่ยวแบบดัดระหว่าง มอร์ต้าที่ไม่หดตัวประเภทขยายตัว กับคอนกรีต

ตัวอย่างที่	ก่อนประสาน		หลังประสาน		หมายเหตุ
	แรงกด กก.	โมดูลัสแตกร้าว กก./ซม.^{2}	แรงกด กก.	กำลังยึดเหนี่ยว กก./ซม.^{2}	
1	2500	55.5	1210	26.9	ขาดรอยเก่า
2	2230	49.5	1460	32.4	ขาดรอยเก่า
3	2450	54.4	1350	30.0	ขาดรอยเก่า
เฉลี่ย		53.1		29.8	60 %*

<u>หมายเหตุ</u> * ร้อยละของค่าเฉลี่ยโมดูลัสแตกร้าวของคอนกรีตควบคุม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.13 กำลังยึดเหนี่ยวแบบดัดระหว่างมอร์ต้าสำหรับการประฉาบกับคอนกรีต

ทราย:ซีเมนต์	ก่อนประสาน		หลังประสาน		หมายเหตุ
	แรงกด กก.	โมดูลัสแตกร้าว กก./ซม.^{2}	แรงกด กก.	กำลังยึดเหนี่ยว กก./ซม.^{2}	
1:1	2370	52.7	905	20.1	ขาดรอยเก่า
	2395	53.2	920	20.4	ขาดรอยเก่า
	2065	45.9	840	18.7	ขาดรอยเก่า
	เฉลี่ย	50.6		19.7	39 %*
1.5:1	2580	57.3	740	16.4	ขาดรอยเก่า
	2320	51.6	860	19.1	ขาดรอยเก่า
	2580	57.3	760	16.9	ขาดรอยเก่า
	เฉลี่ย	55.4		17.5	35 %*
2:1	2080	46.2	695	15.4	ขาดรอยเก่า
	2255	50.1	875	19.5	ขาดรอยเก่า
	2280	50.7	800	17.8	ขาดรอยเก่า
	เฉลี่ย	49.0		17.6	35 %*
2.5:1	1790	39.8	530	11.8	ขาดรอยเก่า
	2305	51.2	710	15.8	ขาดรอยเก่า
	2080	46.2	445	9.9	ขาดรอยเก่า
	เฉลี่ย	45.7		12.5	25 %*

หมายเหตุ * ร้อยละของค่าเฉลี่ยโมดูลัสแตกร้าวของคอนกรีตควบคุม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.14 กำลังยึดเหนี่ยวแบบดัดระหว่างมอร์ต้า+SP. สำหรับการประฉาบกับคอนกรีต

ทราย:ซีเมนต์	ก่อนประสาน		หลังประสาน		หมายเหตุ
	แรงกด กก.	โมดูลัสแตกร้าว กก./ซม.^{2}	แรงกด กก.	กำลังยึดเหนี่ยว กก./ซม.^{2}	
1:1	2430	54.0	1940	43.1	ขาดรอยเก่า
	2910	64.3	1710	38.0	ขาดรอยเก่า
	2500	55.5	1160	25.8	ขาดรอยเก่า
	เฉลี่ย	57.9		35.6	71 %*
1.5:1	2020	44.9	1010	22.4	ขาดรอยเก่า
	2570	57.1	895	19.9	ขาดรอยเก่า
	2050	45.6	1250	27.8	ขาดรอยเก่า
	เฉลี่ย	49.2		23.3	47 %*
2:1	1680	37.3	1010	22.4	ขาดรอยเก่า
	2075	46.1	820	18.3	ขาดรอยเก่า
	2065	45.9	800	17.8	ขาดรอยเก่า
	เฉลี่ย	43.1		19.5	39 %*
2.5:1	1645	36.6	955	21.2	ขาดรอยเก่า
	2160	48.0	890	19.7	ขาดรอยเก่า
	2345	52.1	600	13.3	ขาดรอยเก่า
	เฉลี่ย	45.5		18.1	36 %*

หมายเหตุ * ร้อยละของค่าเฉลี่ยโมดูลัสแตกร้าวของคอนกรีตควบคุม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.15 กำลังยึดเหนี่ยวแบบตัดระหว่างมอร์ต้าสำหรับการเกราท์กับคอนกรีต

ทราย:ซีเมนต์	ก่อนประสาน		หลังประสาน		หมายเหตุ
	แรงกด กก.	โมดูลัสแตกร้าว กก./ซม.^{2}	แรงกด กก.	กำลังยึดเหนี่ยว กก./ซม.^{2}	
ซีเมนต์เพส	1830	40.7	830	18.4	ขาดรอยเก่า
	1825	40.6	810	18.0	ขาดรอยเก่า
	1925	42.8	815	18.1	ขาดรอยเก่า
	เฉลี่ย	41.4		18.2	36 %*
0.5:1	2620	58.2	580	12.9	ขาดรอยเก่า
	2060	45.8	625	13.9	ขาดรอยเก่า
	2225	49.4	605	13.4	ขาดรอยเก่า
	เฉลี่ย	51.1		13.4	27 %*
1:1	1760	39.1	605	13.4	ขาดรอยเก่า
	1720	38.2	740	16.4	ขาดรอยเก่า
	1860	41.3	780	17.3	ขาดรอยเก่า
	เฉลี่ย	39.5		15.7	31 %*
1.5:1	1620	36.0	680	15.1	ขาดรอยเก่า
	1700	37.8	950	21.1	ขาดรอยเก่า
	1730	38.4	970	21.5	ขาดรอยเก่า
	เฉลี่ย	37.4		19.2	38 %*

<u>หมายเหตุ</u> * ร้อยละของค่าเฉลี่ยโมดูลัสแตกร้าวของคอนกรีตควบคุม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.16 กำลังยึดเหนี่ยวแบบตัดระหว่างมอร์ต้า+SP.สำหรับการเกราท์กับคอนกรีต

ทราย:ซีเมนต์	ก่อนประสาน		หลังประสาน		หมายเหตุ
	แรงกด กก.	โมดูลัสแตกร้าว กก./ซม.^{2}	แรงกด กก.	กำลังยึดเหนี่ยว กก./ซม.^{2}	
ซีเมนต์เพส	2255	50.1	1470	32.7	ขาดรอยเก่า
	1885	41.9	1085	24.1	ขาดรอยเก่า
	2210	49.1	1460	32.4	ขาดรอยเก่า
	เฉลี่ย	47.0		29.7	59 %*
0.5:1	2010	44.7	1420	31.5	ขาดรอยเก่า
	2095	46.6	1165	25.9	ขาดรอยเก่า
	2155	47.9	1130	25.1	ขาดรอยเก่า
	เฉลี่ย	46.4		27.5	55 %*
1:1	2140	47.6	1135	25.2	ขาดรอยเก่า
	1740	38.7	985	21.9	ขาดรอยเก่า
	2060	45.8	860	19.1	ขาดรอยเก่า
	เฉลี่ย	44.0		22.0	44 %*
1.5:1	1855	41.2	785	17.4	ขาดรอยเก่า
	2345	52.1	970	21.6	ขาดรอยเก่า
	2330	51.8	765	17.0	ขาดรอยเก่า
	เฉลี่ย	48.4		18.7	37 %*

<ins>หมายเหตุ</ins> * ร้อยละของค่าเฉลี่ยโมดูลัสแตกร้าวของคอนกรีตควบคุม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.1 ก. ผลการทดสอบอีป็อกซี่

	คอนกรีตควบคุม	อีป็อกซี่	
กำลังอัด (กก./ซม.^{2})	400	751	Y
กำลังดึง (กก./ซม.^{2})	50	280	Y
โมดูลัสยืดหยุ่น (กก./ซม.^{2})	320000	18860	N
การหดตัว (%)	-	0.046	
สัมประสิทธิ์การขยายตัว ซม./ซม./ $^\circ$ซ.	$11\ x10^{-6}$	$93x10^{-6}$	N

<u>หมายเหตุ</u> Y = กำลังมากกว่าคอนกรีตควบคุม
Fair = 90-100 % ของคอนกรีตควบคุม
N = กำลังต่ำกว่า 90 % ของคอนกรีตควบคุม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.1 ข. ผลการทดสอบอีป๊อกซี่มอร์ต้า

คุณสมบัติ	คอนกรีตควบคุม	อีป๊อกซี่:ทราย					
		1:2		1:3		1:4	
กำลังอัด (กก./ซม.^{2})	400	650	Y	501	Y	425	Y
กำลังดึง (กก./ซม.^{2})	50	223	Y	190	Y	176	Y
สัมประสิทธิ์การขยายตัว ซม./ซม./°ซ.	11×10^{-6}	75×10^{-6}	N	64×10^{-6}	N	53×10^{-6}	N
กำลังยึดเหนี่ยวเฉือนอัด กก./ซม.^{2}	400	420	Y	426	Y	393	Fair
กำลังยึดเหนี่ยวดัด กก./ซม.^{2}	50	60.7	Y	57.5	Y	59.5	Y

หมายเหตุ Y = กำลังมากกว่าคอนกรีตควบคุม Fair = 90-100% ของคอนกรีตควบคุม

N = กำลังต่ำกว่า 90 % ของคอนกรีตควบคุม

ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบมอร์ตาร์ที่ไม่หดตัว (Non-Shrinkage Mortar)

คุณสมบัติ	คอนกรีตควบคุม	M		F	
กำลังอัด (กก./ซม.^{2})	400	598	Y	847	Y
กำลังดึง (กก./ซม.^{2})	50	42.5	N	52.2	Y
การหดตัว (%)	-	0.130		0.110	
สัมประสิทธิ์การขยายตัว ชม./ซม./°ซ.	11 x10^{-6}	4.1x10^{-6}	N	4.5x10^{-6}	N
โมดูลัสยืดหยุ่น กก./ซม.^{2}	320000	304000	Fair	275000	N
กำลังยึดเหนี่ยวเฉือนอัด กก./ซม.^{2}	400	358	Fair	245	N
กำลังยึดเหนี่ยวดัด กก./ซม.^{2}	50	31.2	N	29.8	N

<u>หมายเหตุ</u> M = มอร์ต้าที่ไม่หดตัวประเภทลดน้ำเพิ่มการไหลลื่น

F = มอร์ต้าที่ไม่หดตัวประเภทขยายตัว

Y = กำลังมากกว่าคอนกรีตควบคุม

N = กำลังต่ำกว่า 90 % ของคอนกรีตควบคุม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบมอร์ตาร์สำหรับการประสาน

คุณสมบัติ	คอนกรีตควบคุม		ทราย:ซีเมนต์							
			1:1		1.5:1		2:1		2.5:1	
น้ำ/ซีเมนต์	0.40	มอร์ต้า มอร์ต้า+SP.	0.40 0.30	- -	0.48 0.38	- -	0.58 0.49	- -	0.68 0.63	- -
กำลังอัด (28 วัน) กก./ซม.^{2}	400	มอร์ต้า มอร์ต้า+SP.	805 876	Y Y	560 710	Y Y	437 526	Y Y	360 412	Fair Y
กำลังดึง (28 วัน) กก./ซม.^{2}	50	มอร์ต้า มอร์ต้า+SP.	55.1 59.1	Y Y	43.0 49.1	N Fair	34.0 39.1	N N	31.3 37.9	N N
โมดูลัสยืดหยุ่น กก./ซม.^{2}	320000	มอร์ต้า มอร์ต้า+SP.	298000 344500	Fair Y	261400 290000	N Fair	231000 250000	N N	203600 205100	N N
การหดตัว %	-	มอร์ต้า มอร์ต้า+SP.	0.117 0.113	- -	0.112 0.108	- -	0.107 0.101	- -	0.104 0.097	- -
ส.ป.ส.การขยายตัว ซม./ซม./°ซ.	11×10^{-6}	มอร์ต้า มอร์ต้า+SP.	4.0×10^{-6} 6.2×10^{-6}	N N	5.5×10^{-6} 7.7×10^{-6}	N N	7.7×10^{-6} 8.9×10^{-6}	N Y	8.5×10^{-6} 9.6×10^{-6}	Y Y
กำลังยึดเหนี่ยวเฉือนอัด กก./ซม.^{2}	400	มอร์ต้า มอร์ต้า+SP.	336 394	N Fair	229 362	N Fair	215 243	N N	173 214	N N
กำลังยึดเหนี่ยวดัด กก./ซม.^{2}	50	มอร์ต้า มอร์ต้า+SP.	19.7 35.6	N N	17.5 23.3	N N	17.6 19.5	N N	12.5 18.1	N N

หมายเหตุ Y = กำลังมากกว่าคอนกรีตควบคุม Fair = 90-100% ของคอนกรีตควบคุม

N = ต่ำกว่า 90% ของคอนกรีตควบคุม

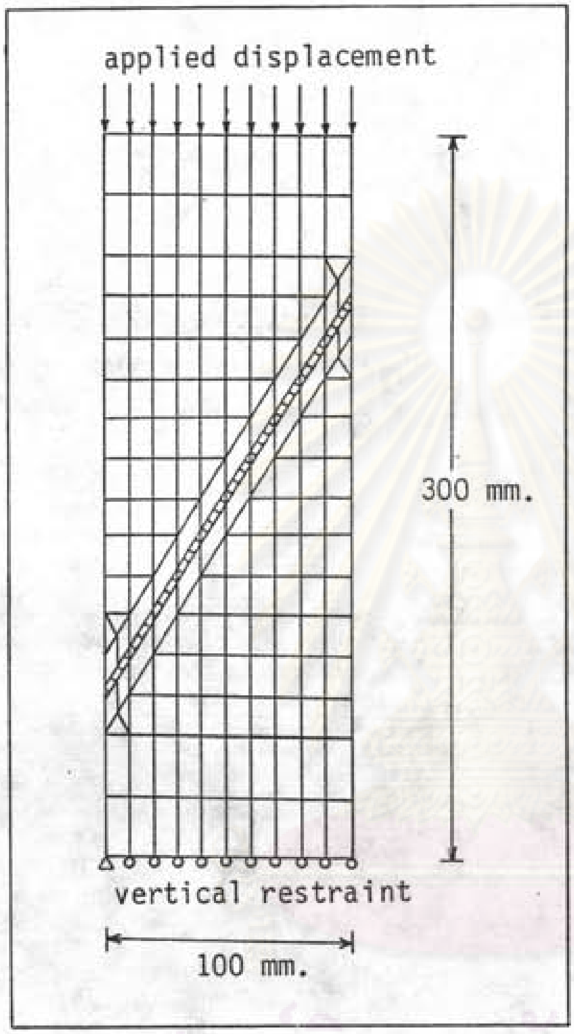
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.4 ผลการทดสอบมอร์ตาร์สำหรับการเกราท์

คุณสมบัติ	คอนกรีตควบคุม		ทราย:ซีเมนต์							
			ซีเมนต์เพส		0.5:1		1:1		1.5:1	
น้ำ/ซีเมนต์	0.40	มอร์ต้า	0.55	-	0.65	-	0.75	-	0.81	-
		มอร์ต้า+SP.	0.45	-	0.57	-	0.65	-	0.75	-
กำลังอัด (28 วัน) กก./ซม.^{2}	400	มอร์ต้า	388	Fair	433	Y	440	Y	302	N
		มอร์ต้า+SP.	476	Y	600	Y	628	Y	283	N
กำลังดึง (28 วัน) กก./ซม.^{2}	50	มอร์ต้า	34.2	Y	31.6	N	30.0	N	31.9	N
		มอร์ต้า+SP.	41.0	N	37.0	N	31.0	N	31.5	N
โมดูลัสยืดหยุ่น กก./ซม.^{2}	320000	มอร์ต้า	99000	N	119500	N	130700	N	111900	N
		มอร์ต้า+SP.	190300	N	214300	N	225900	N	174300	N
การหดตัว %	-	มอร์ต้า	0.302	-	0.232	-	0.157	-	0.125	-
		มอร์ต้า+SP.	0.304	-	0.228	-	0.155	-	0.136	-
ส.ป.ส.การขยายตัว ซม./ซม./°ซ.	11×10^{-6}	มอร์ต้า	2.5×10^{-6}	N	2.8×10^{-6}	N	4.1×10^{-6}	N	4.8×10^{-6}	N
		มอร์ต้า+SP.	2.5×10^{-6}	N	3.5×10^{-6}	N	4.0×10^{-6}	N	5.0×10^{-6}	N
กำลังยึดเหนี่ยวเฉือนอัด กก./ซม.^{2}	400	มอร์ต้า	173	N	152	N	138	N	130	N
		มอร์ต้า+SP.	219	N	160	N	141	N	136	N
กำลังยึดเหนี่ยวดัด กก./ซม.^{2}	50	มอร์ต้า	18.2	N	13.4	N	15.7	N	19.2	N
		มอร์ต้า+SP.	29.7	N	27.5	N	22.0	N	18.7	N

<u>หมายเหตุ</u> Y = กำลังมากกว่าคอนกรีตควบคุม Fair = 90-100% ของคอนกรีตควบคุม

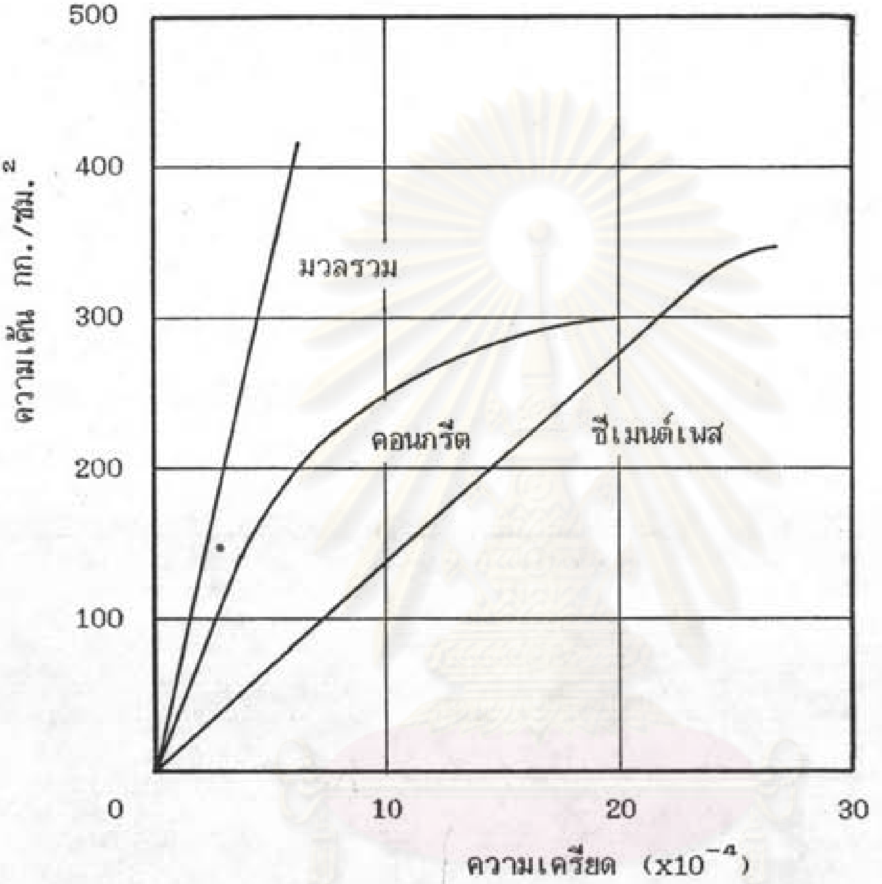
N = ต่ำกว่า 90% ของคอนกรีตควบคุม



รูปที่ 1.1 แบบจำลองไฟไนต์เอเลเมนต์ตัวอย่าง

ทดสอบกำลังเฉือนอัด (10)

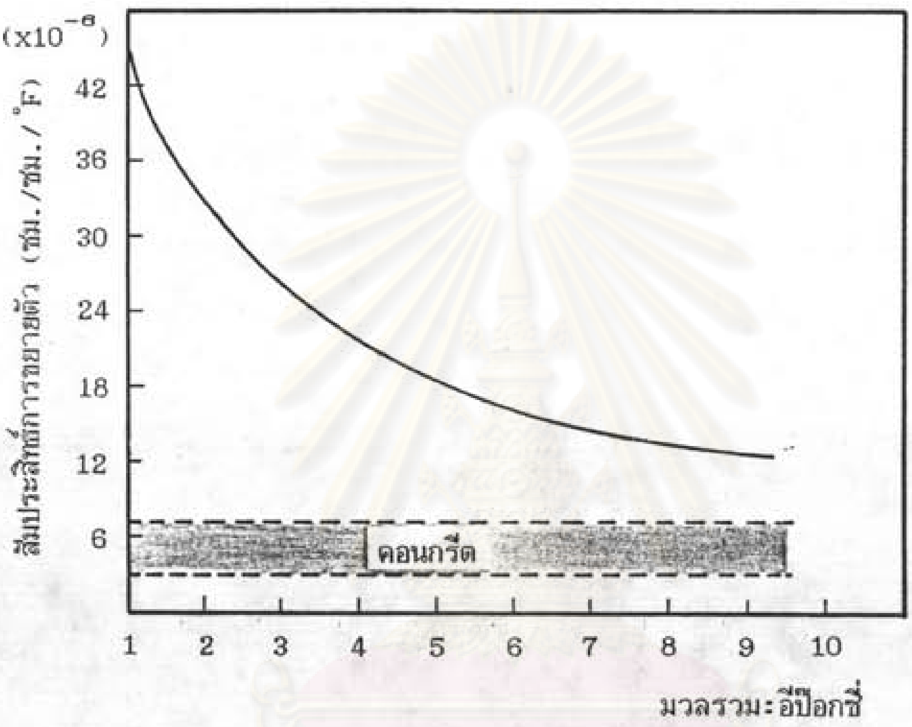
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียด
ของมวลรวม คอนกรีต และ ซีเมนต์เพส (2)

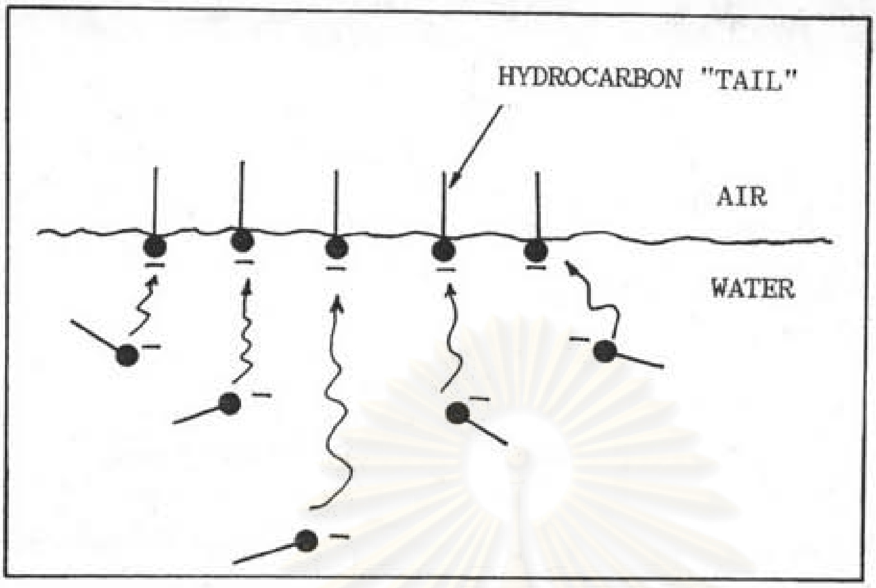
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

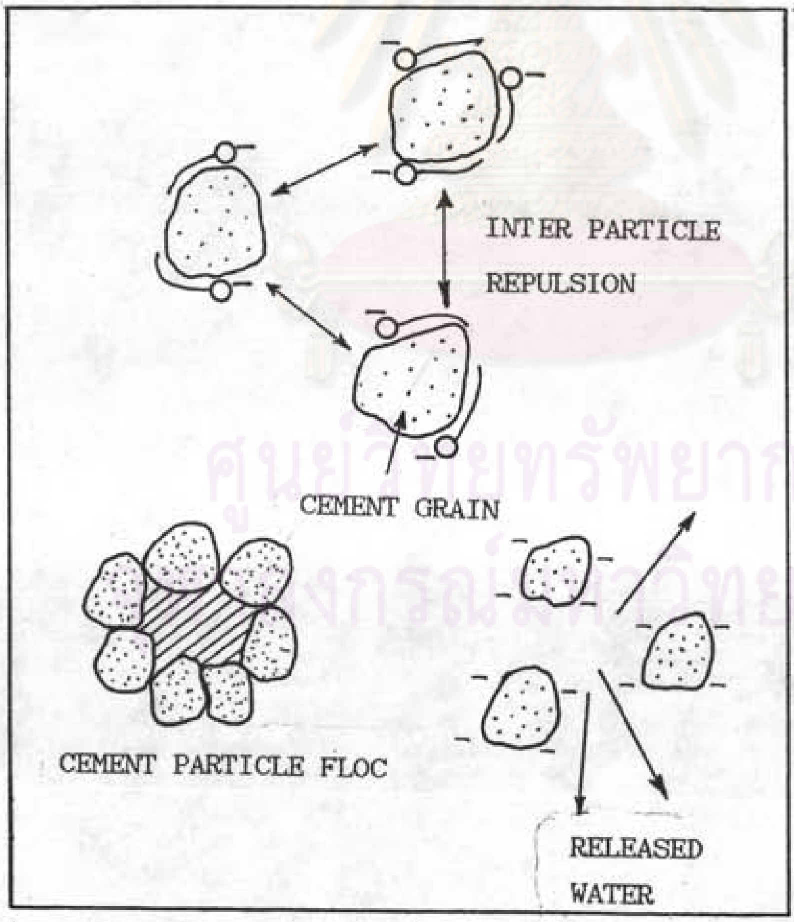


รูปที่ 2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์การขยายตัวตามอุณหภูมิ
และอัตราส่วนมวลรวมต่ออีป๊อกซี่ (3)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

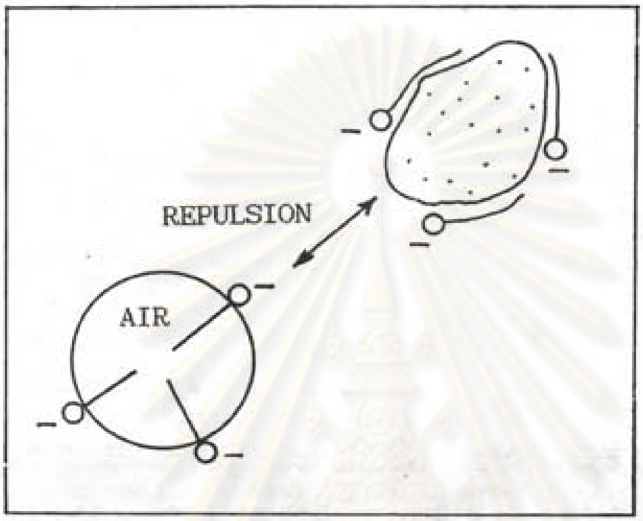


รูปที่ 2.3 ลักษณะจำลองของโมเลกุลของสารลดน้ำพิเศษ (11)



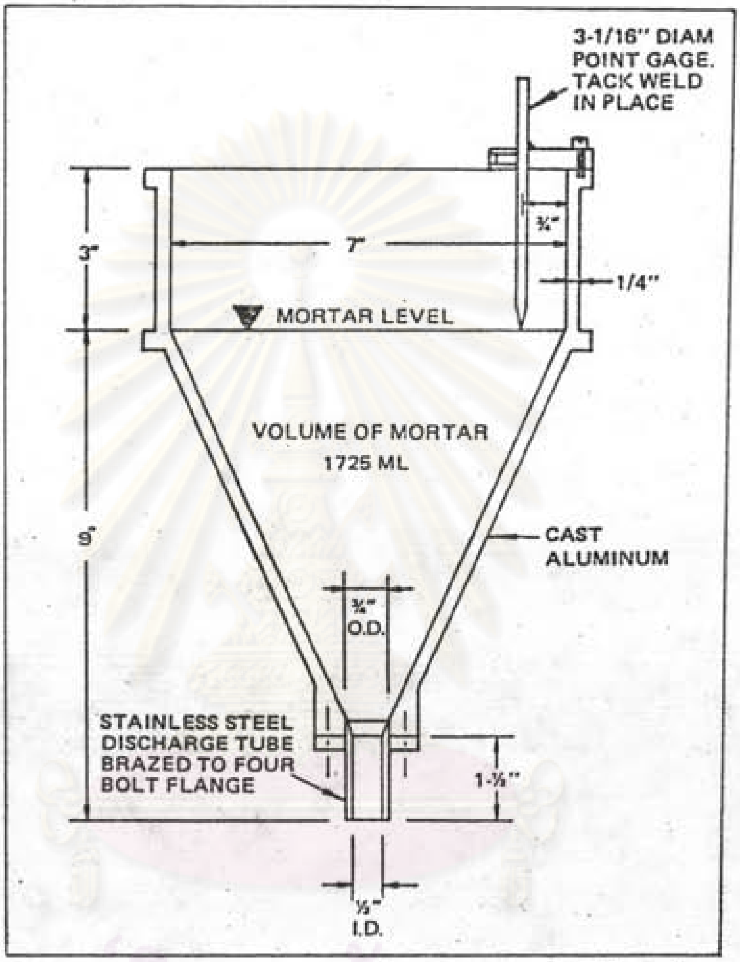
รูปที่ 2.4 ลักษณะการกระจายของเม็ดปูนซีเมนต์เมื่อผสมสารลดน้ำพิเศษ (11)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

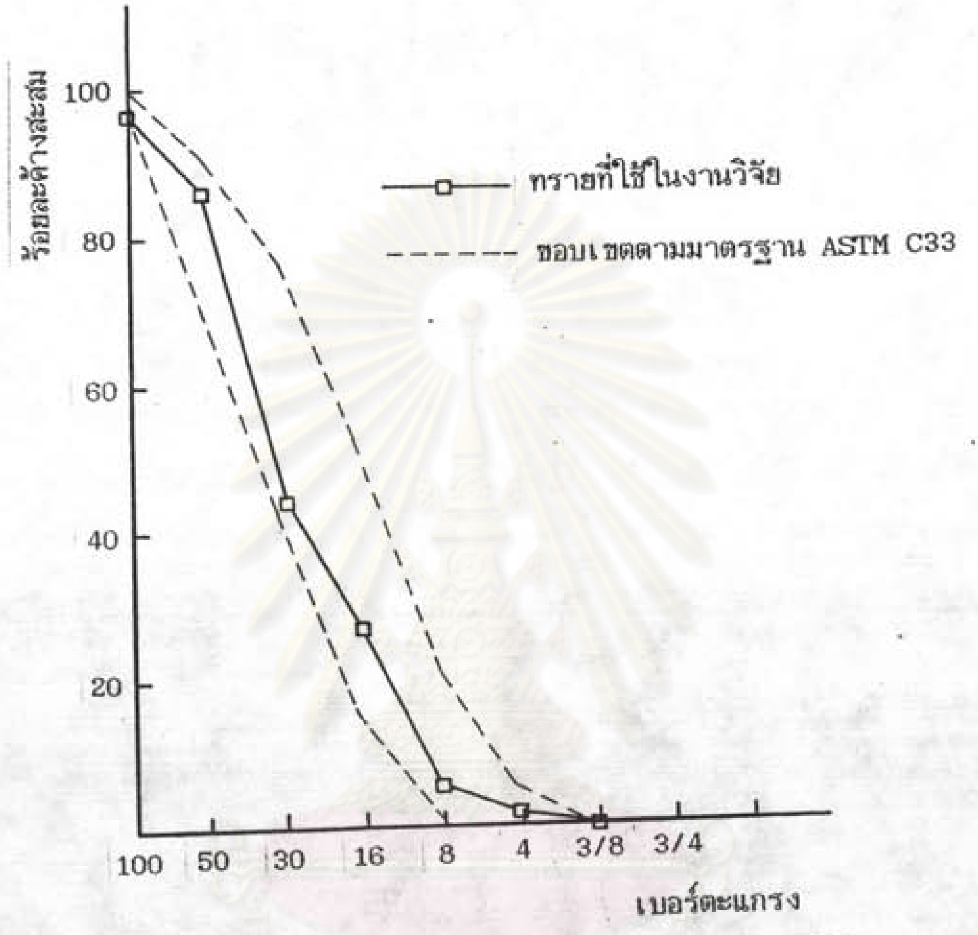


รูปที่ 2.5 ลักษณะประจุไฟฟ้ารอบเม็ดปูนซีเมนต์และฟองอากาศ (11)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

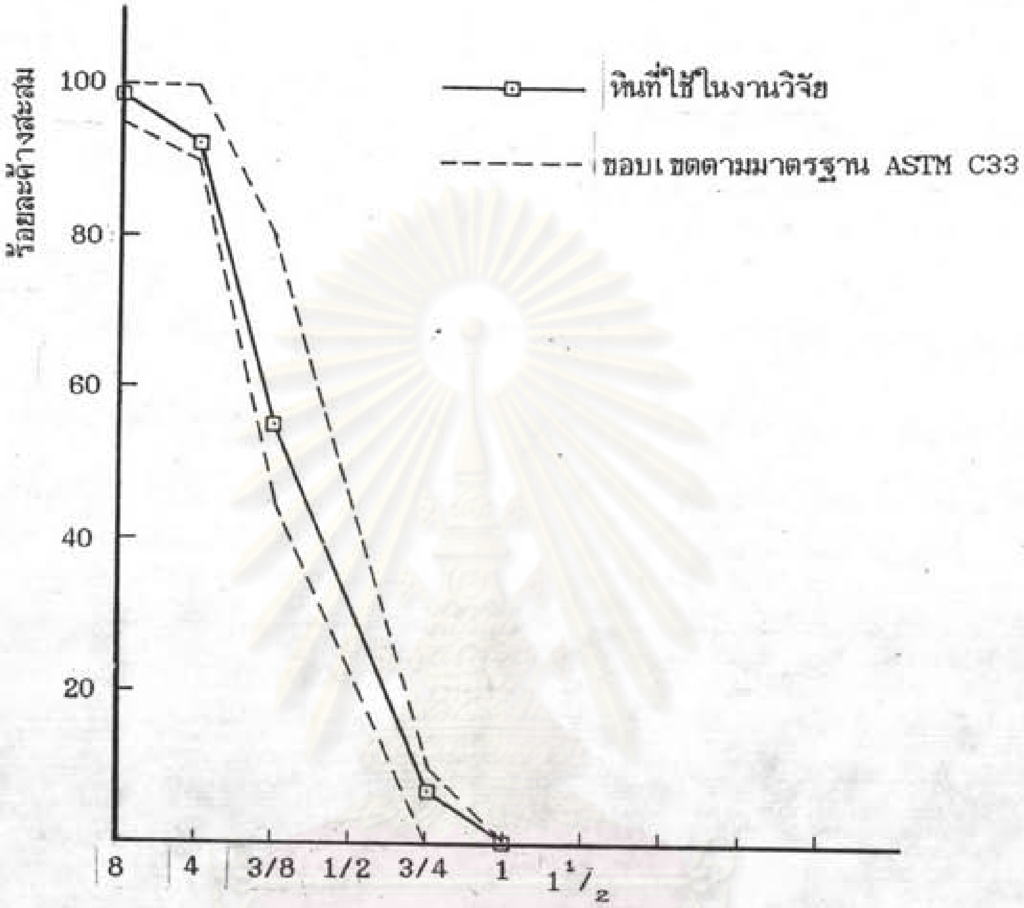


รูปที่ 3.1 ขนาดของกรวยสำหรับทดสอบการไหล (Flow Cone Test)



รูปที่ 3.2 ก การกระจายขนาดของทรายที่ใช้ในการหล่อคอนกรีต

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

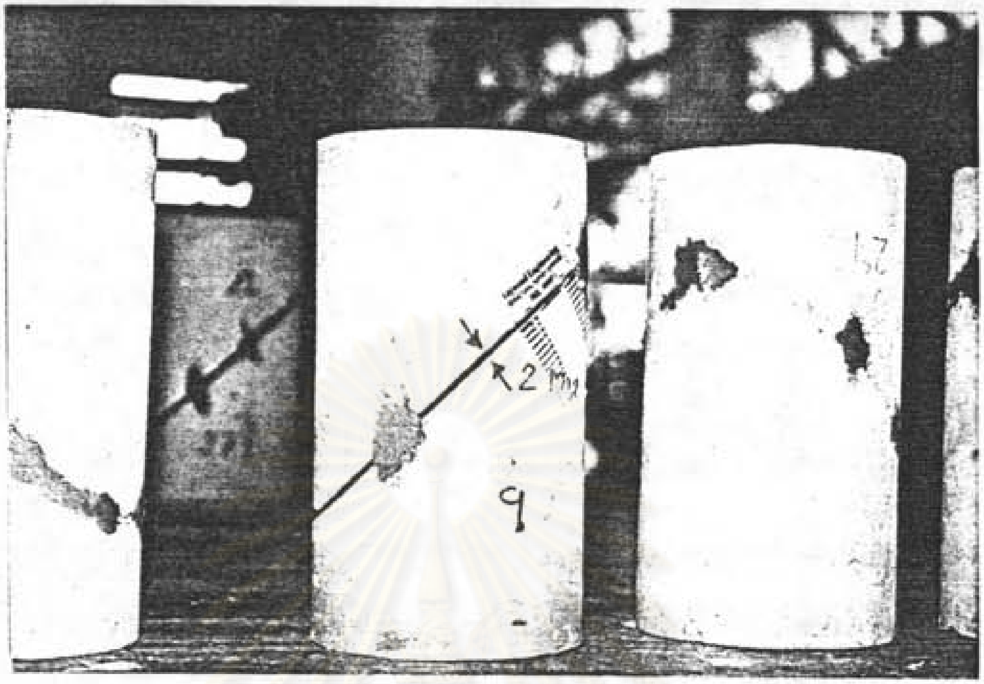


รูปที่ 3.2 ข การกระจายขนาดของหินที่ใช้ในการหล่อคอนกรีต

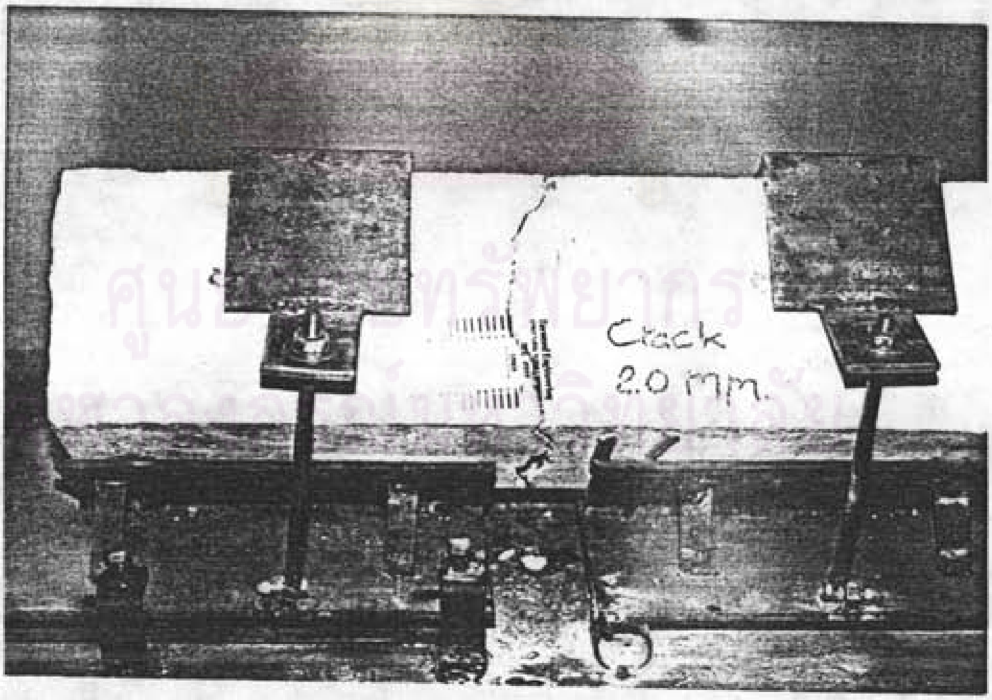
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 3.3 ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดของคอนกรีตควบคุม

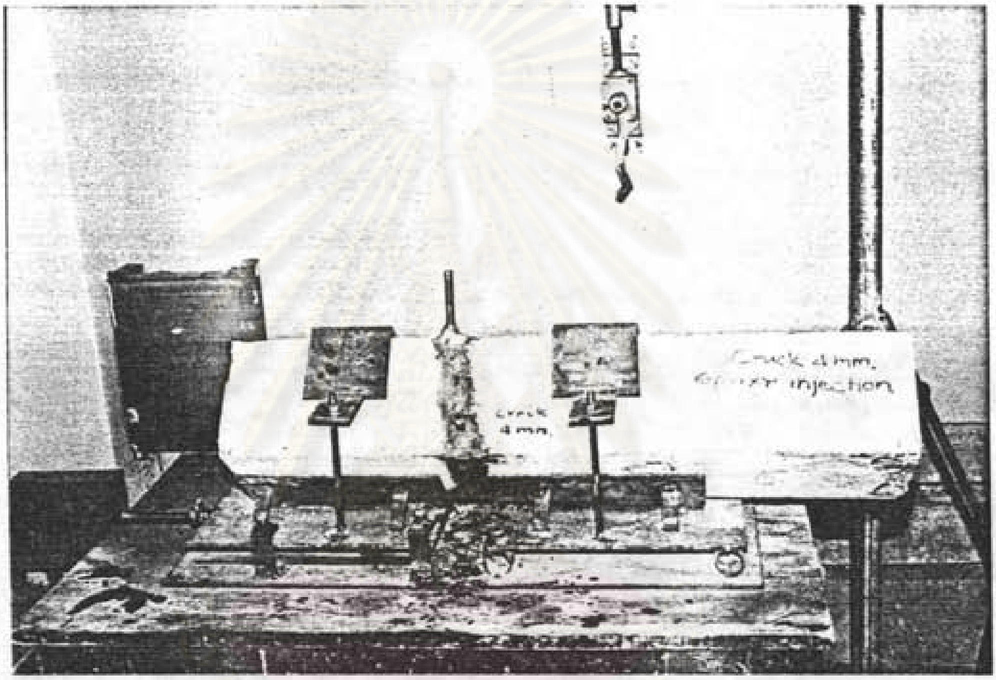
รูปที่ 3.4 การขยายตัวตามอุณหภูมิของคอนกรีตควบคุม



รูปที่ 3.5 ลักษณะการต่อคอนกรีตทรงกระบอก

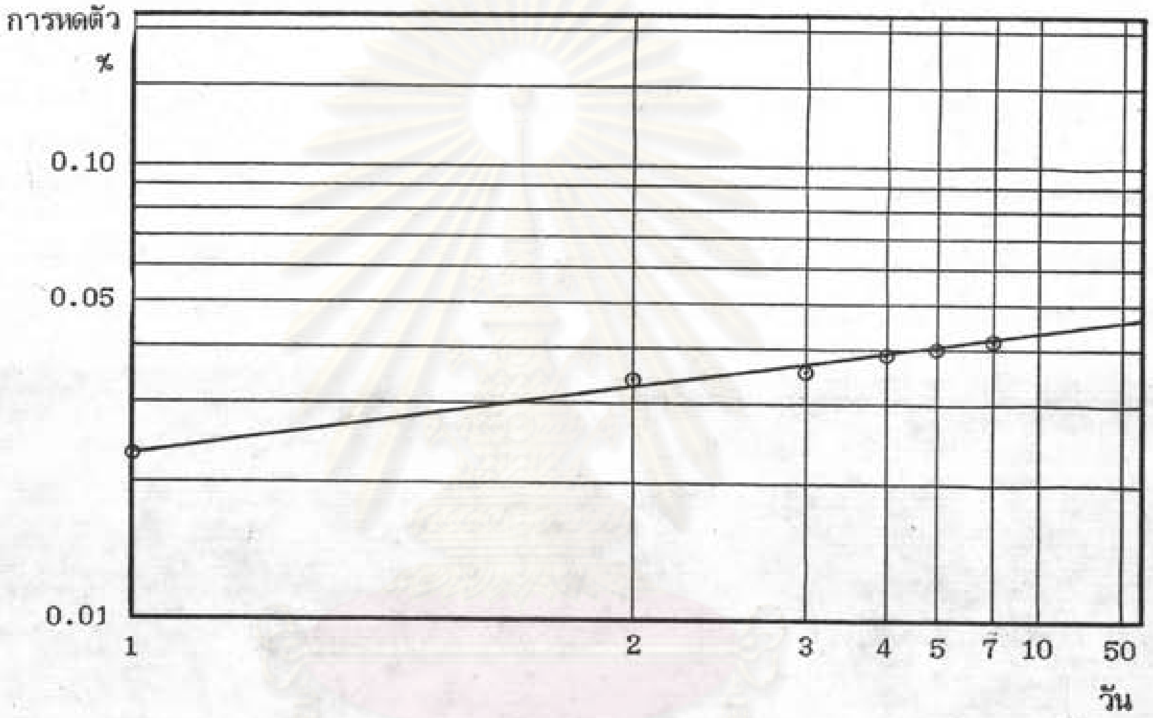


รูปที่ 3.6 ลักษณะการต่อคานคอนกรีต



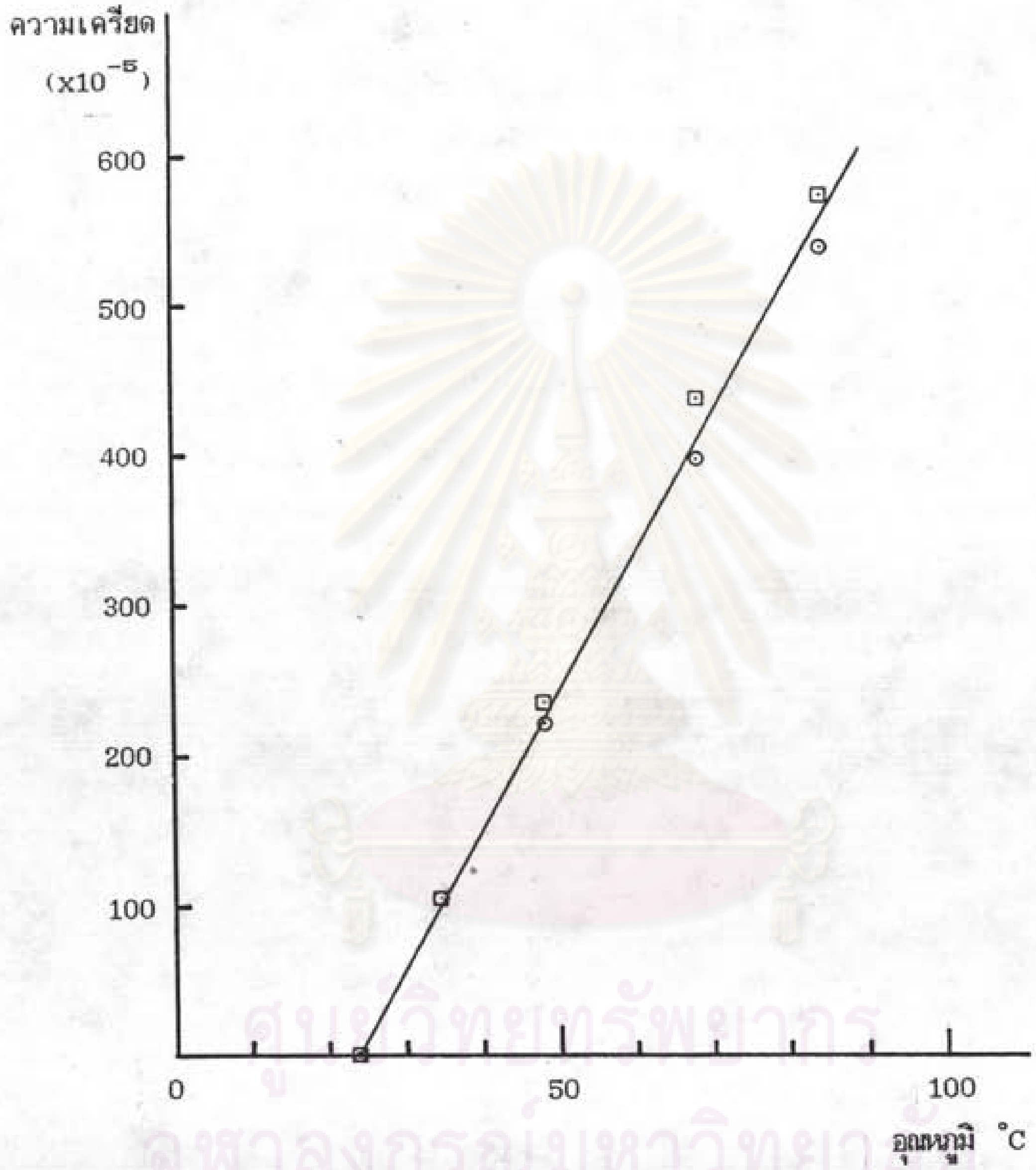
รูปที่ 3.7 การเตรียมท่อสำหรับการฉีดวัสดุประสาน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



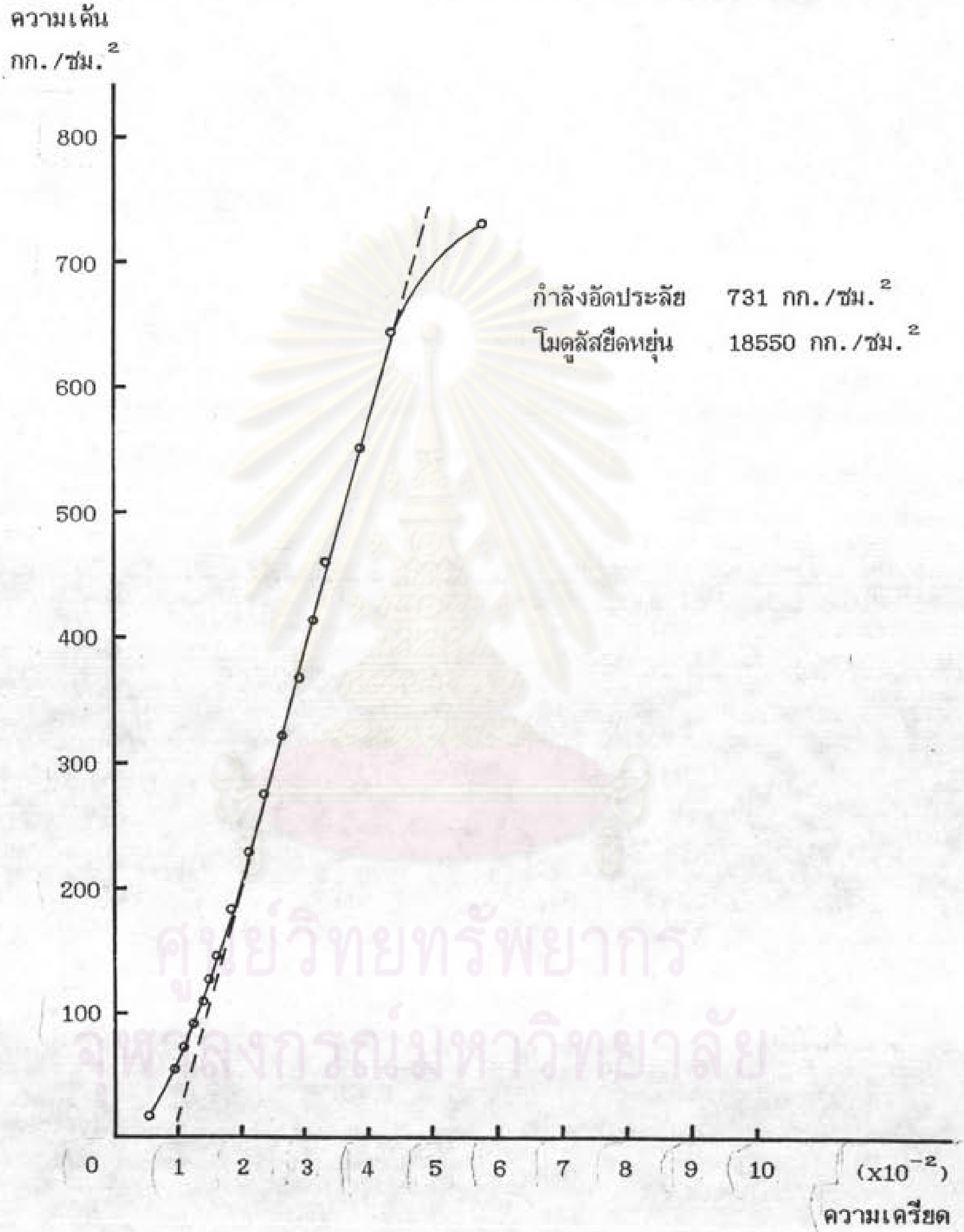
รูปที่ 3.8 การหดตัวของอีป็อกซี่

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



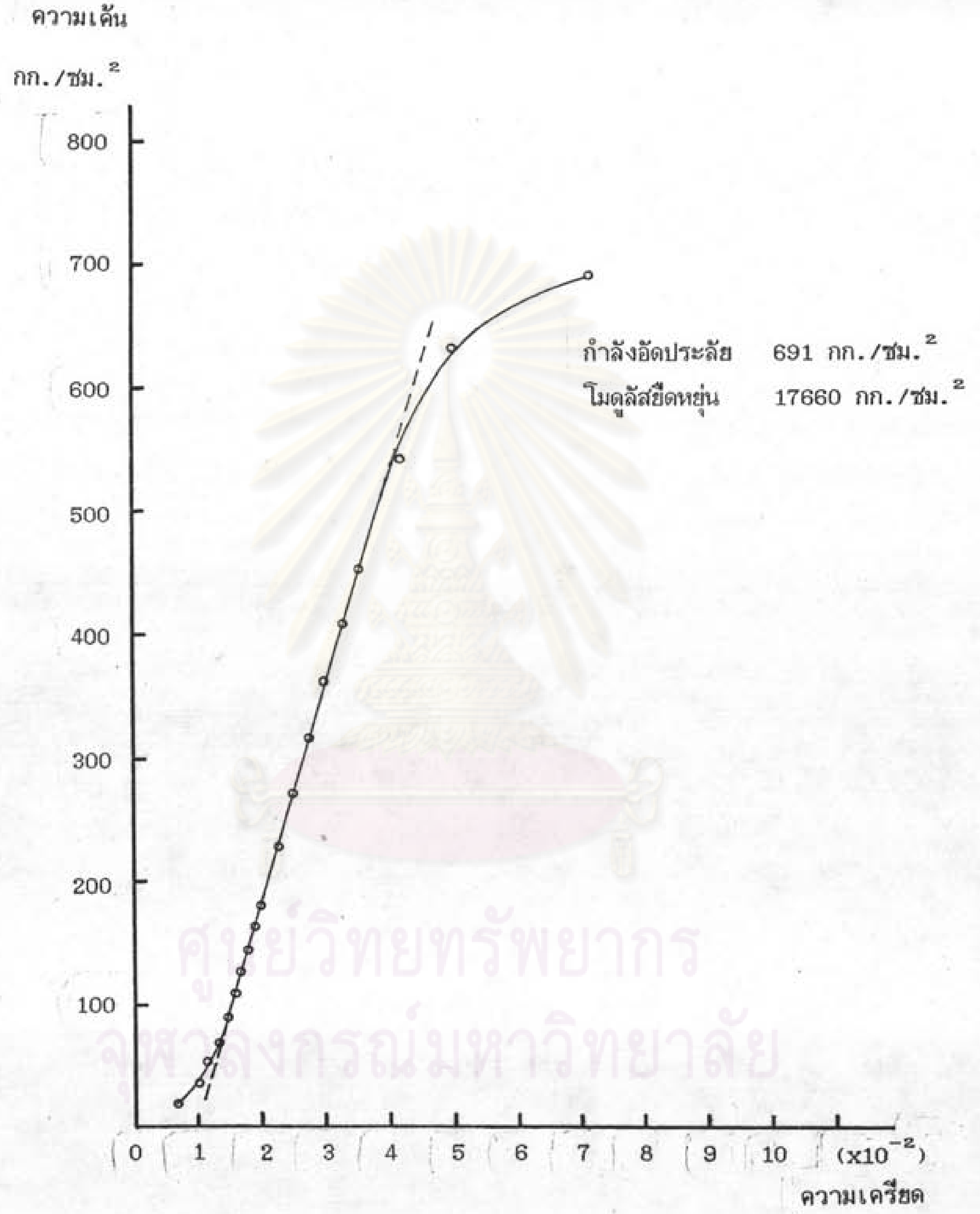
รูปที่ 3.9 การขยายตัวตามอุณหภูมิของอีป็อกซี่

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



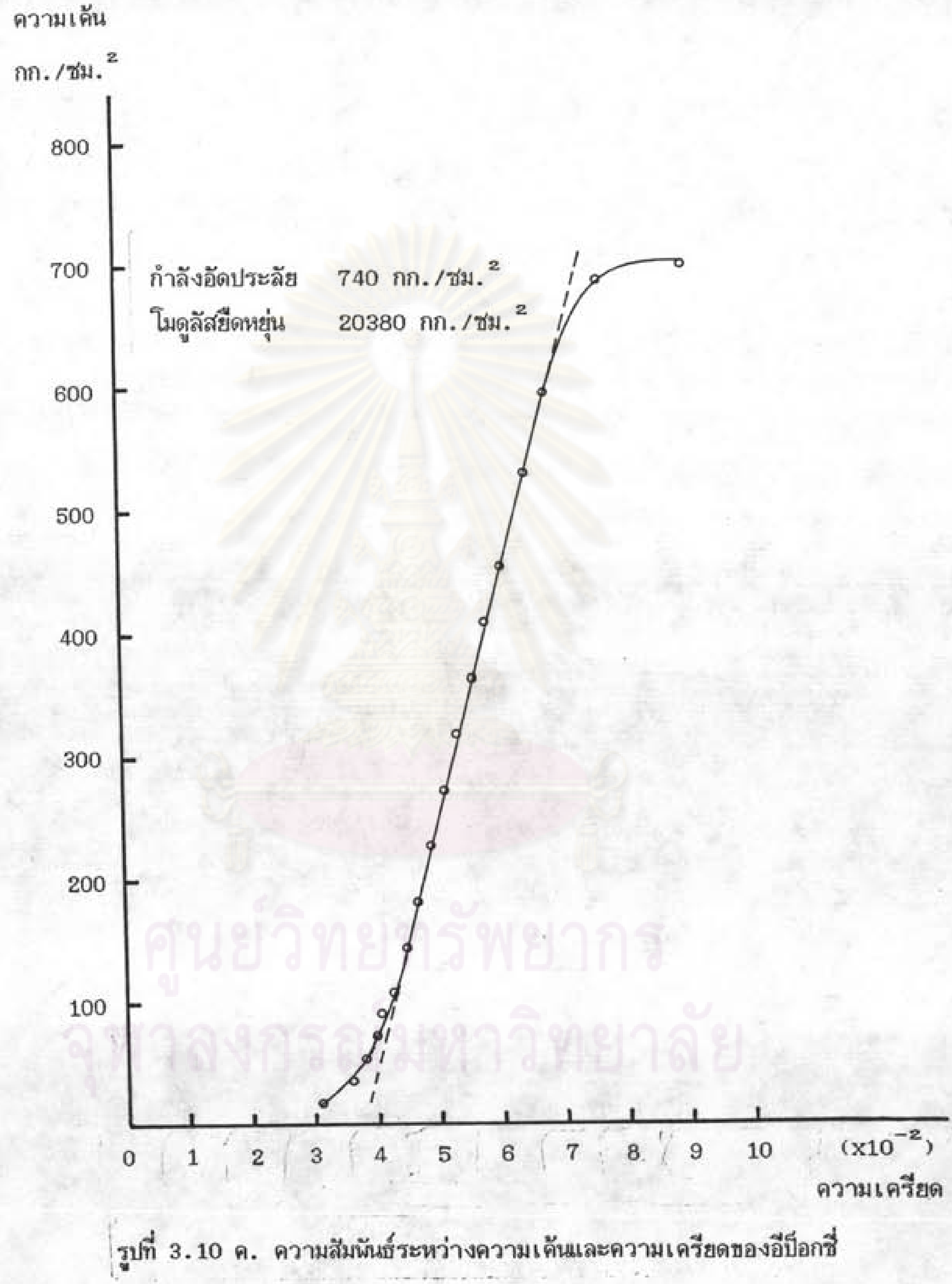
รูปที่ 3.10 ก. ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดของอีป็อกซี่

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

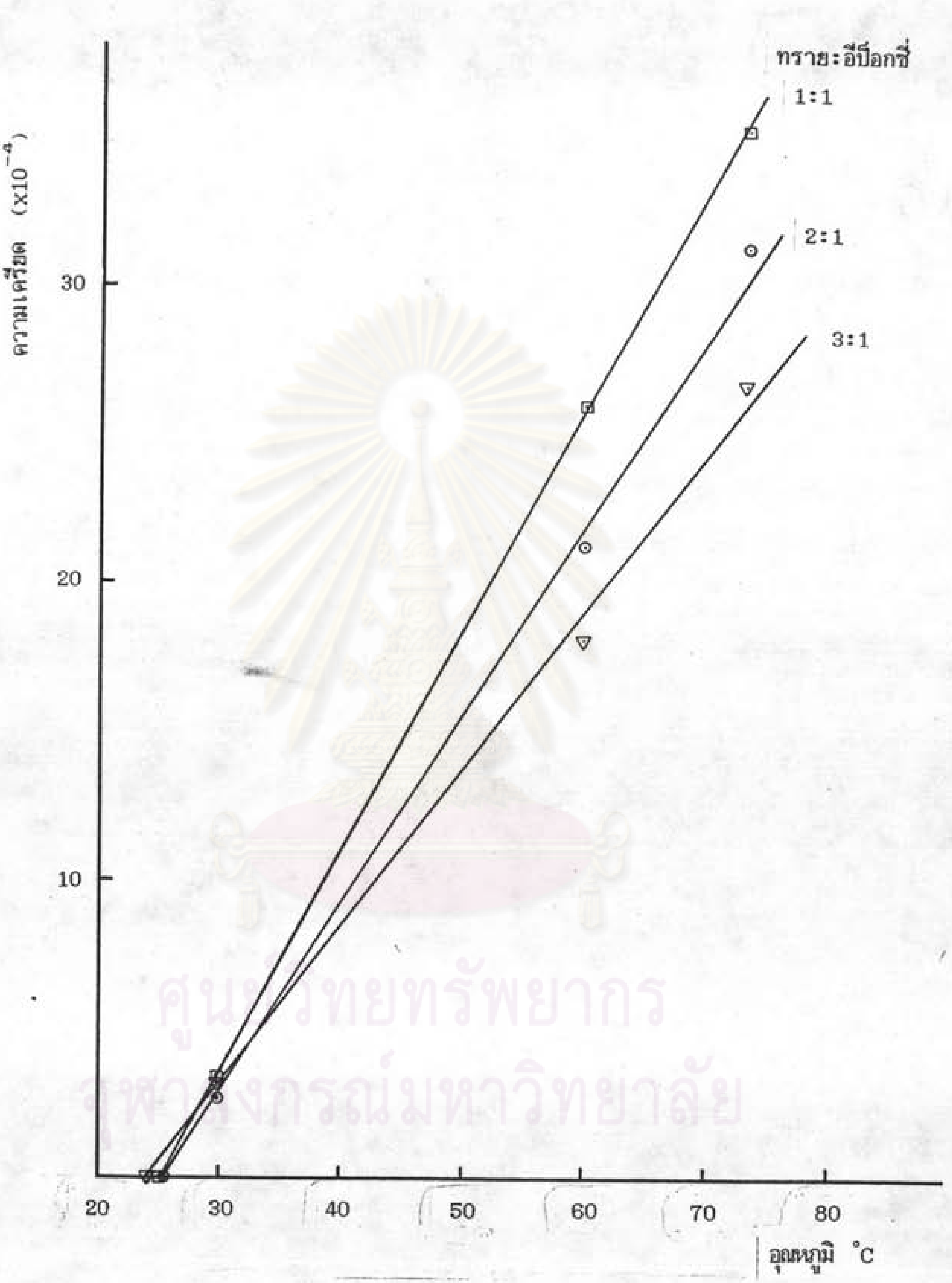
รูปที่ 3.10 ข. ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดของอีป็อกซี่



รูปที่ 3.10 ค. ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดของอีป็อกซี่

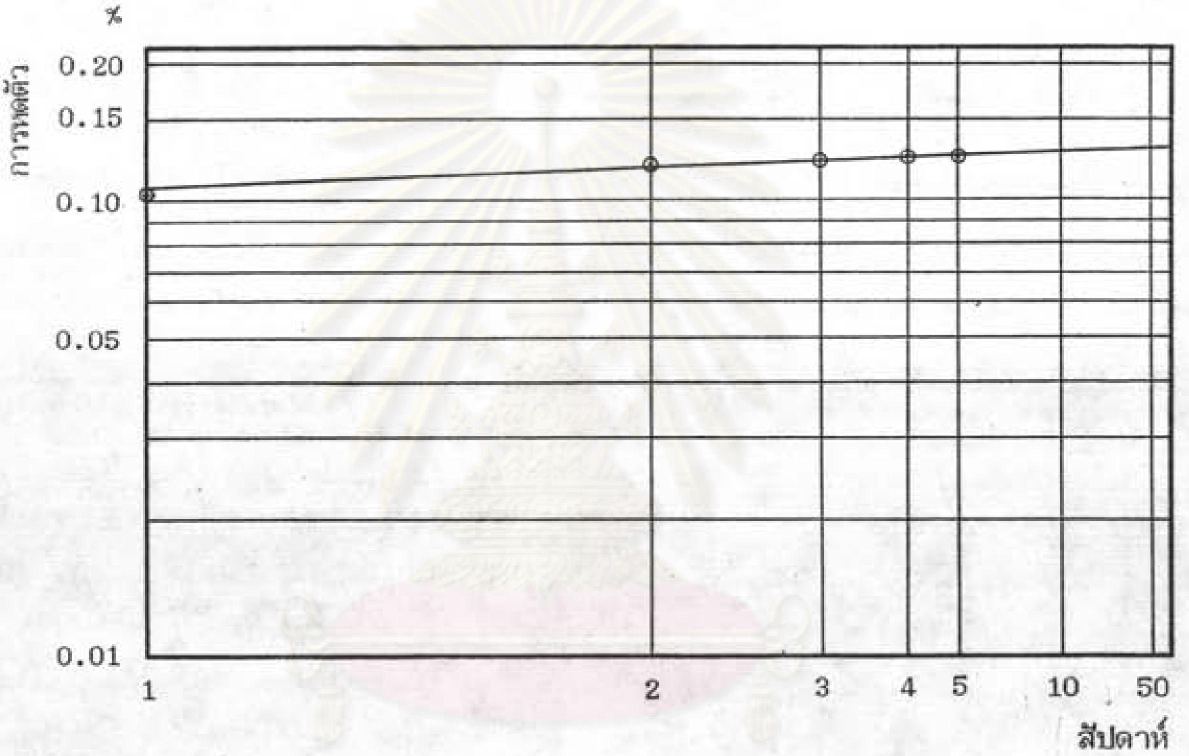
รูปที่ 3.11 ลักษณะการวิบัติของคอนกรีตทรงกระบอกที่ประสานด้วยอีป็อกซี่

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

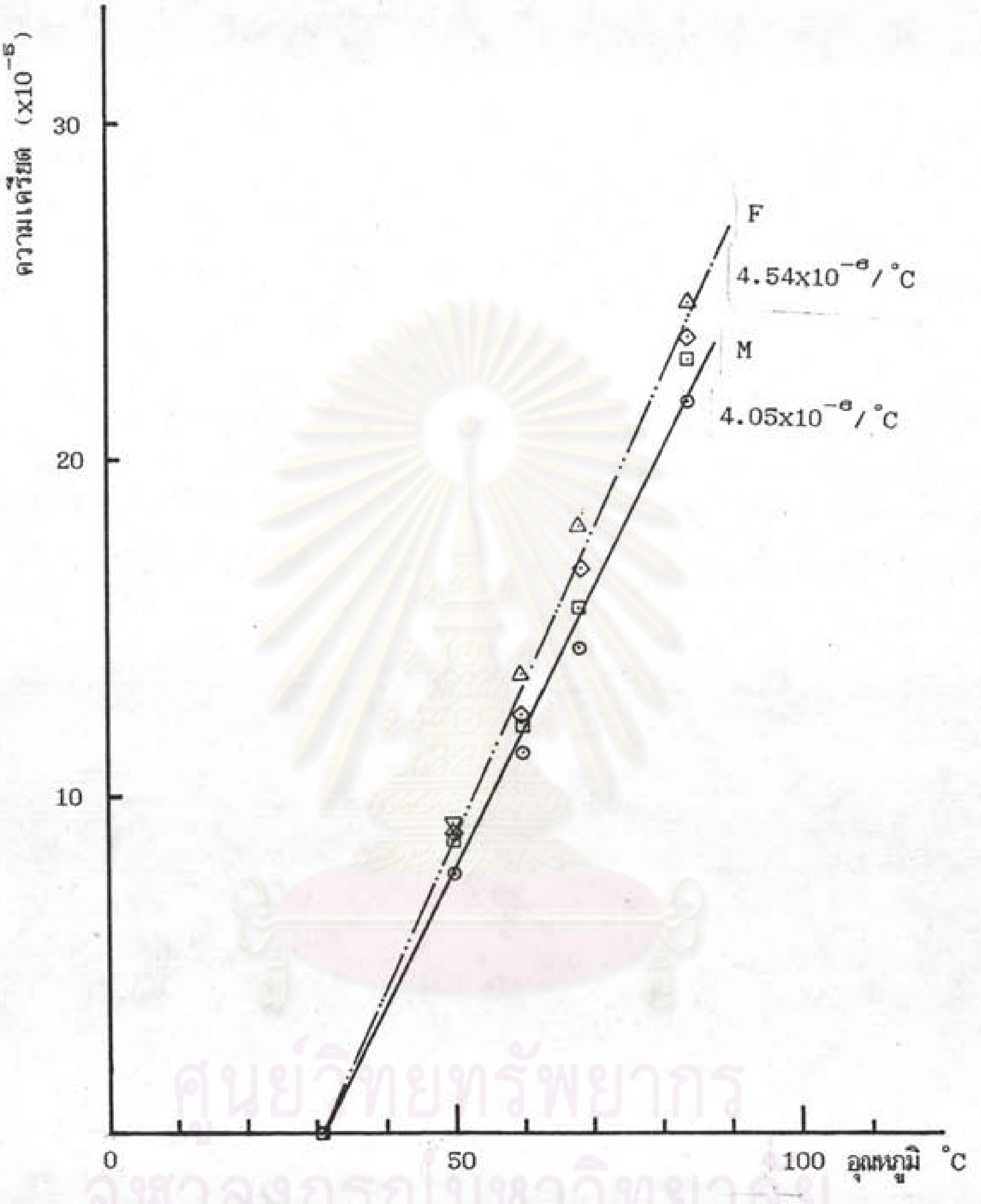


รูปที่ 3.12 การขยายตัวตามอุณหภูมิของอีป็อกซี่มอร์ตา

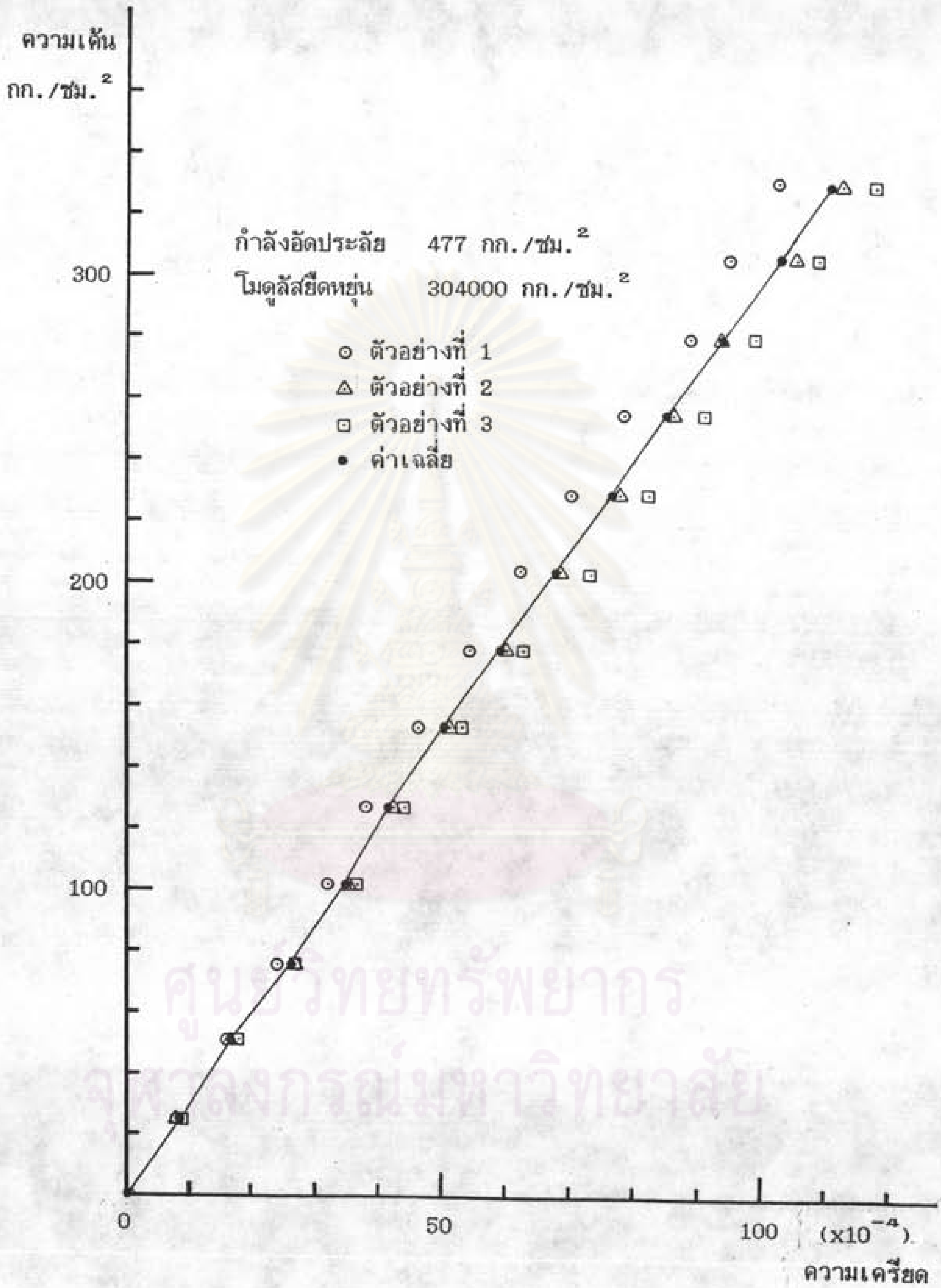
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



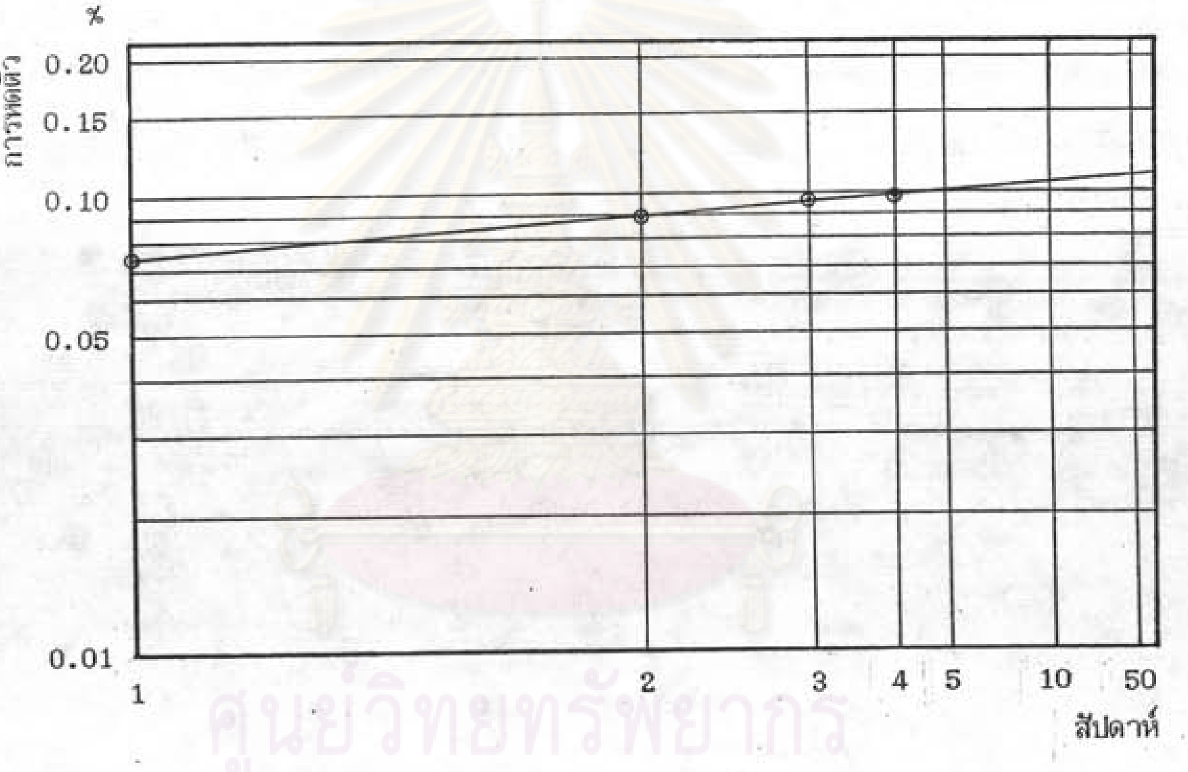
รูปที่ 3.13 การหดตัวจากการเสียน้ำของมอร์ต้าที่ไม่หดตัว
ประเภทลดน้ำเพิ่มการไหลลื่น



รูปที่ 3.14 การขยายตัวตามอุณหภูมิของมอร์ต้าที่ไม่หดตัว
ประเภทลดน้ำเพิ่มการไหลลื่น (M) และ ประเภทขยายตัว (F)

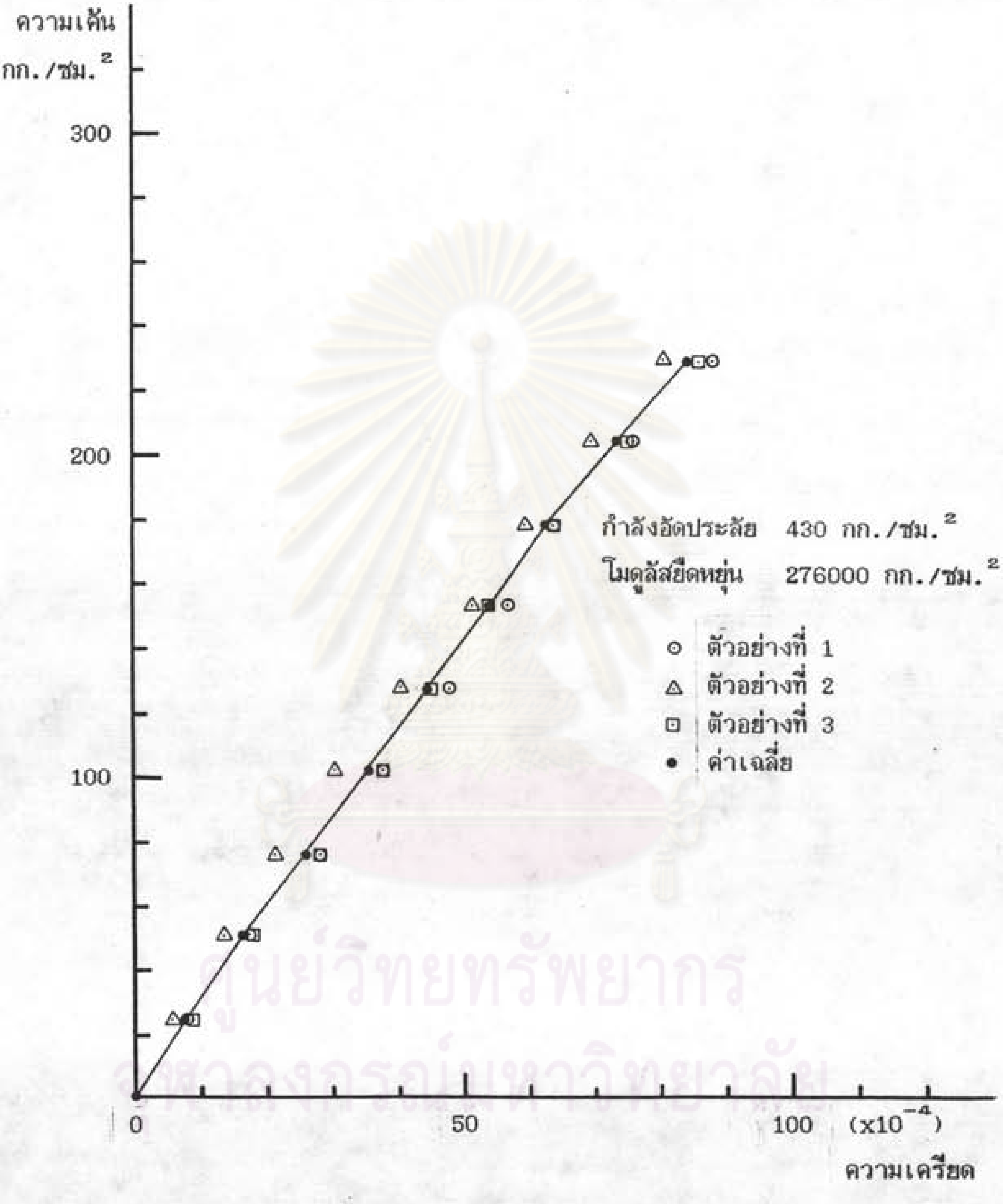


รูปที่ 3.15 ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียด มอร์ต้าที่ไม่หดตัวประเภทลดน้ำเพิ่มการไหลลื่น



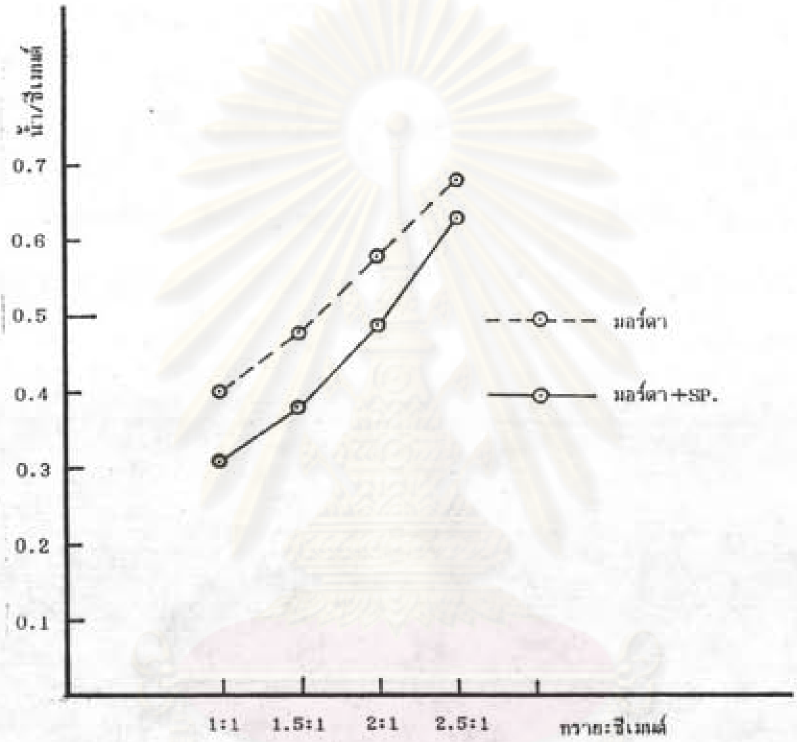
รูปที่ 3.16 การหดตัวจากการเสียน้ำของมอร์ต้าที่ไม่หดตัว
ประเภทขยายตัว

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



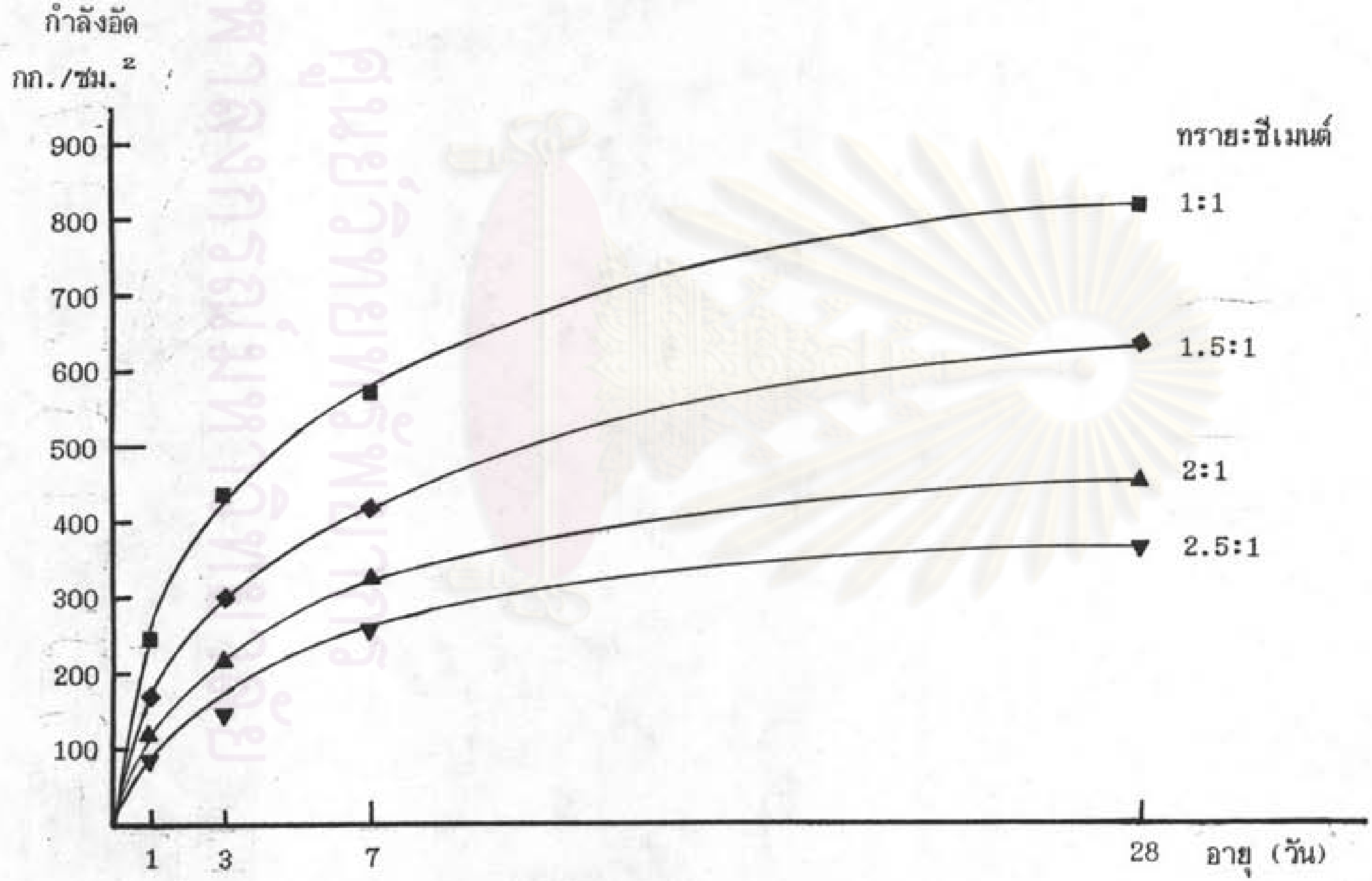
รูปที่ 3.17 ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียด
มอร์ต้าที่ไม่หดตัวประเภทขยายตัว

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

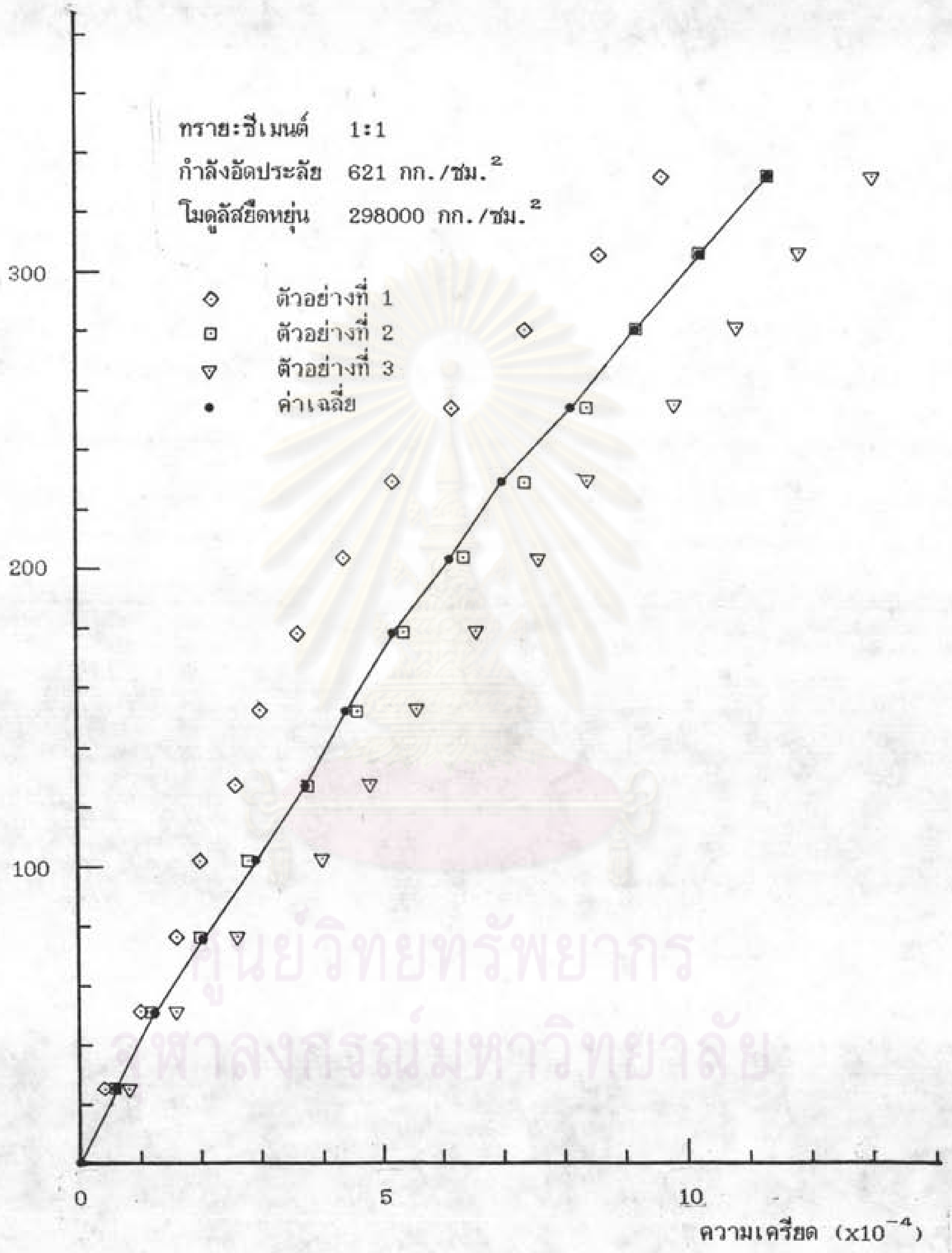


รูปที่ 3.18 อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ของมอร์ต้าสำหรับการปะฉาบ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

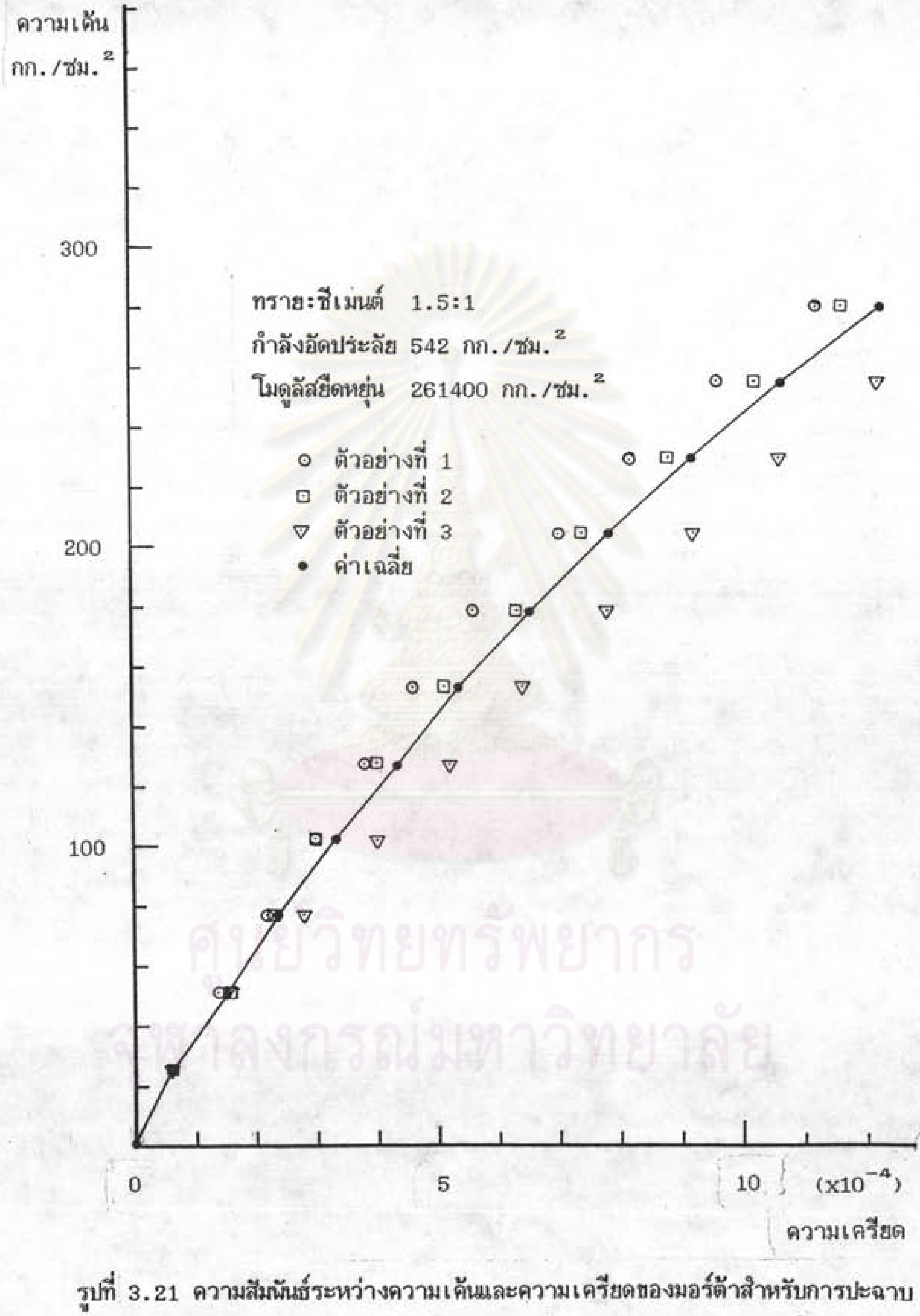


รูปที่ 3.19 กำลังอัดของมอร์ต้าสำหรับการปะฉาบ



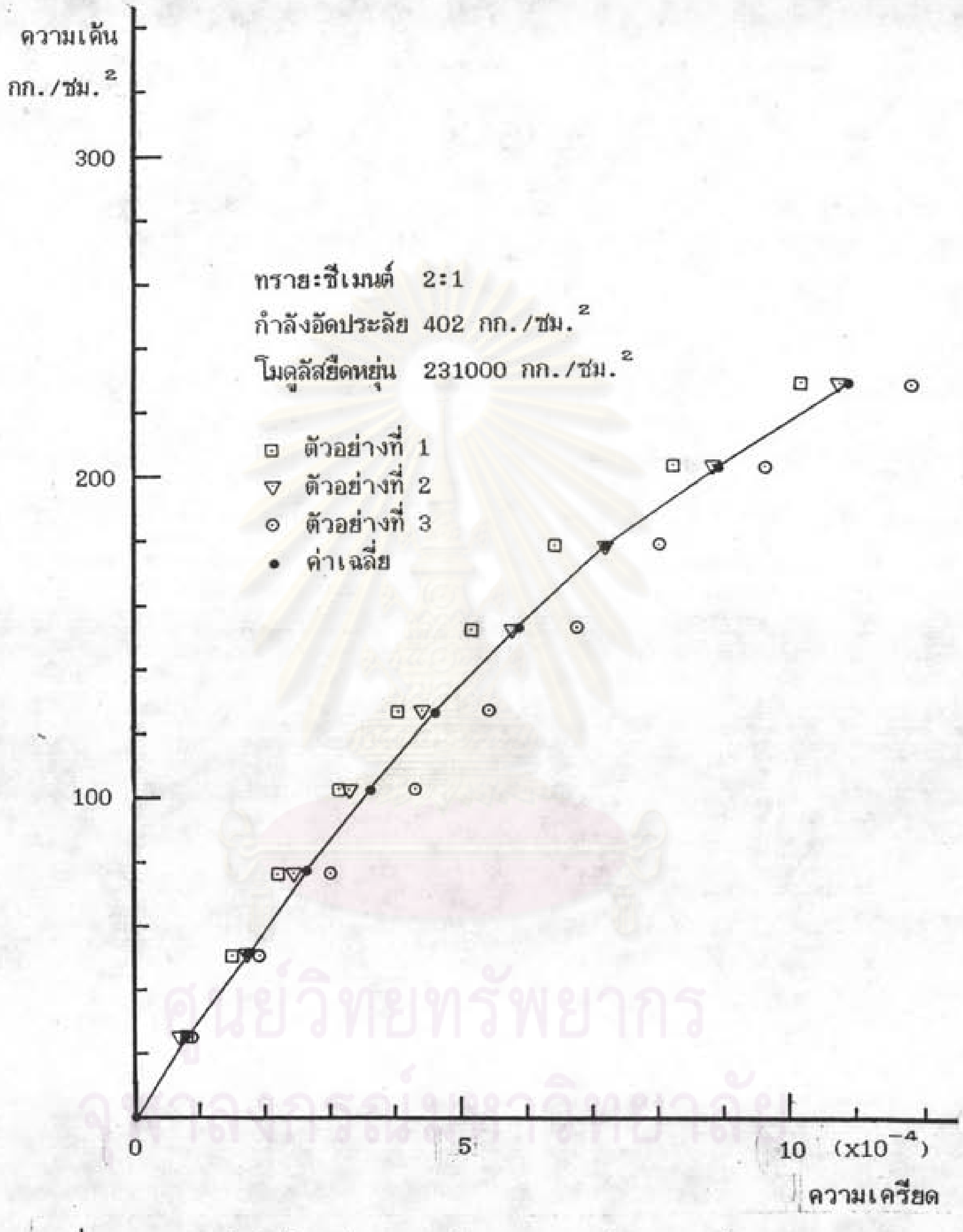
รูปที่ 3.20 ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดของมอร์ต้าสำหรับการปะฉาบ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

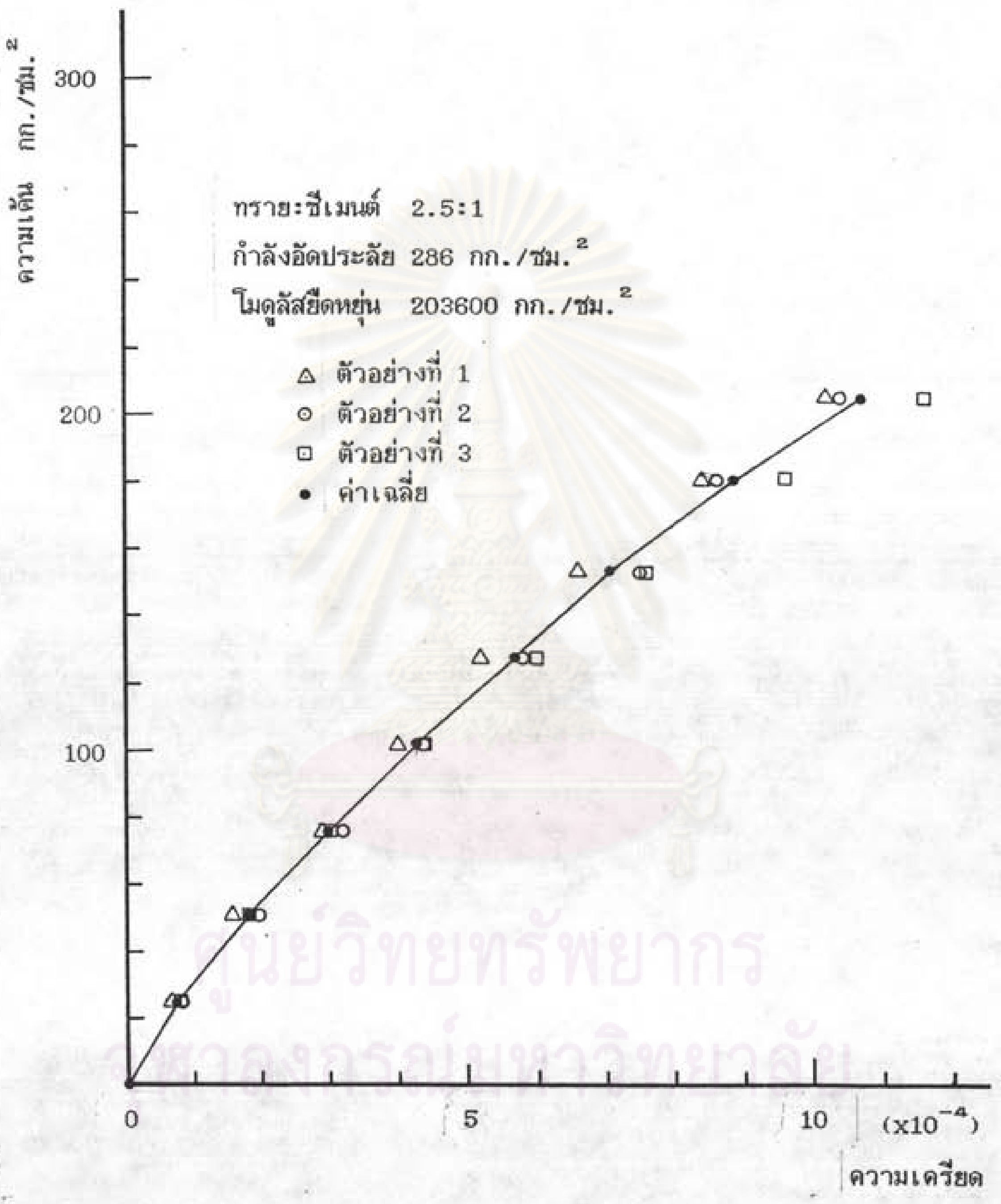


รูปที่ 3.21 ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดของมอร์ต้าสำหรับการปะฉาบ

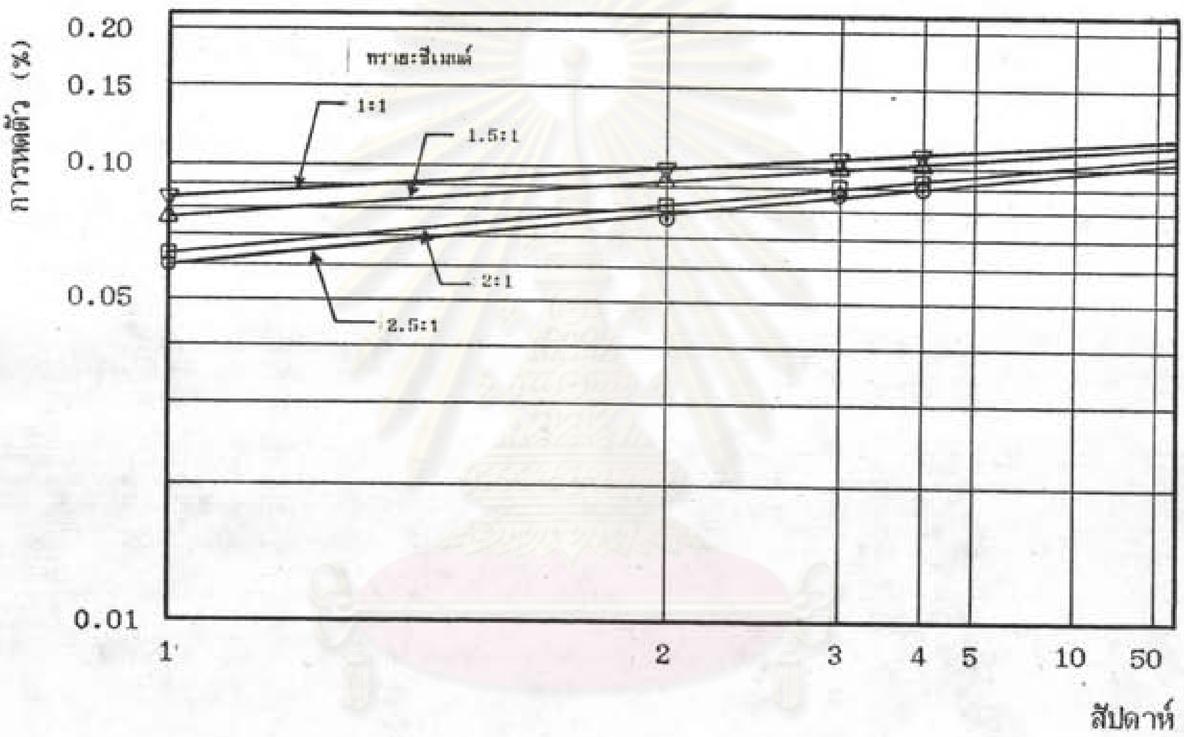
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.22 ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดของมอร์ต้าสำหรับการประฉาบ

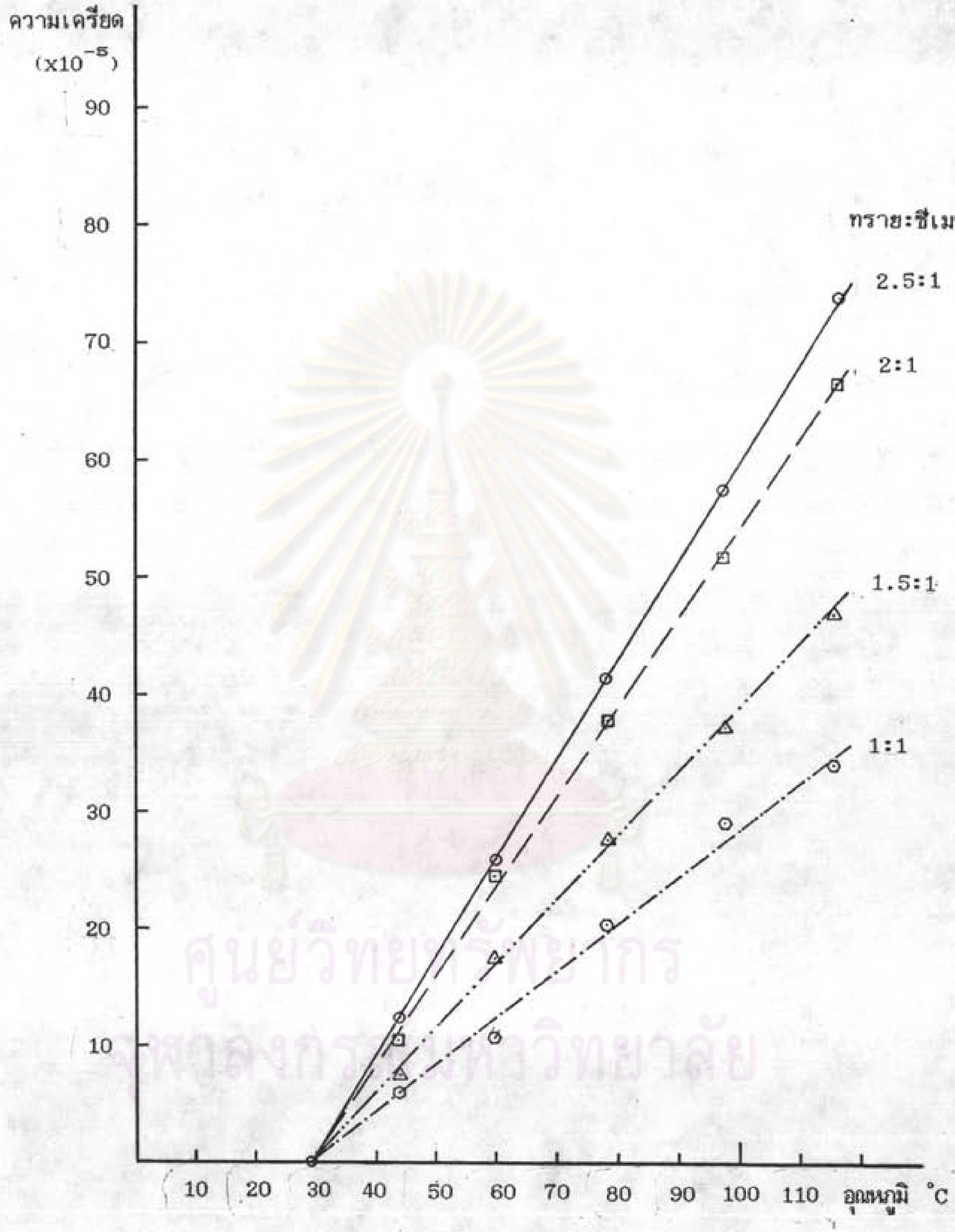


รูปที่ 3.23 ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดของมอร์ต้าสำหรับการปะฉาบ



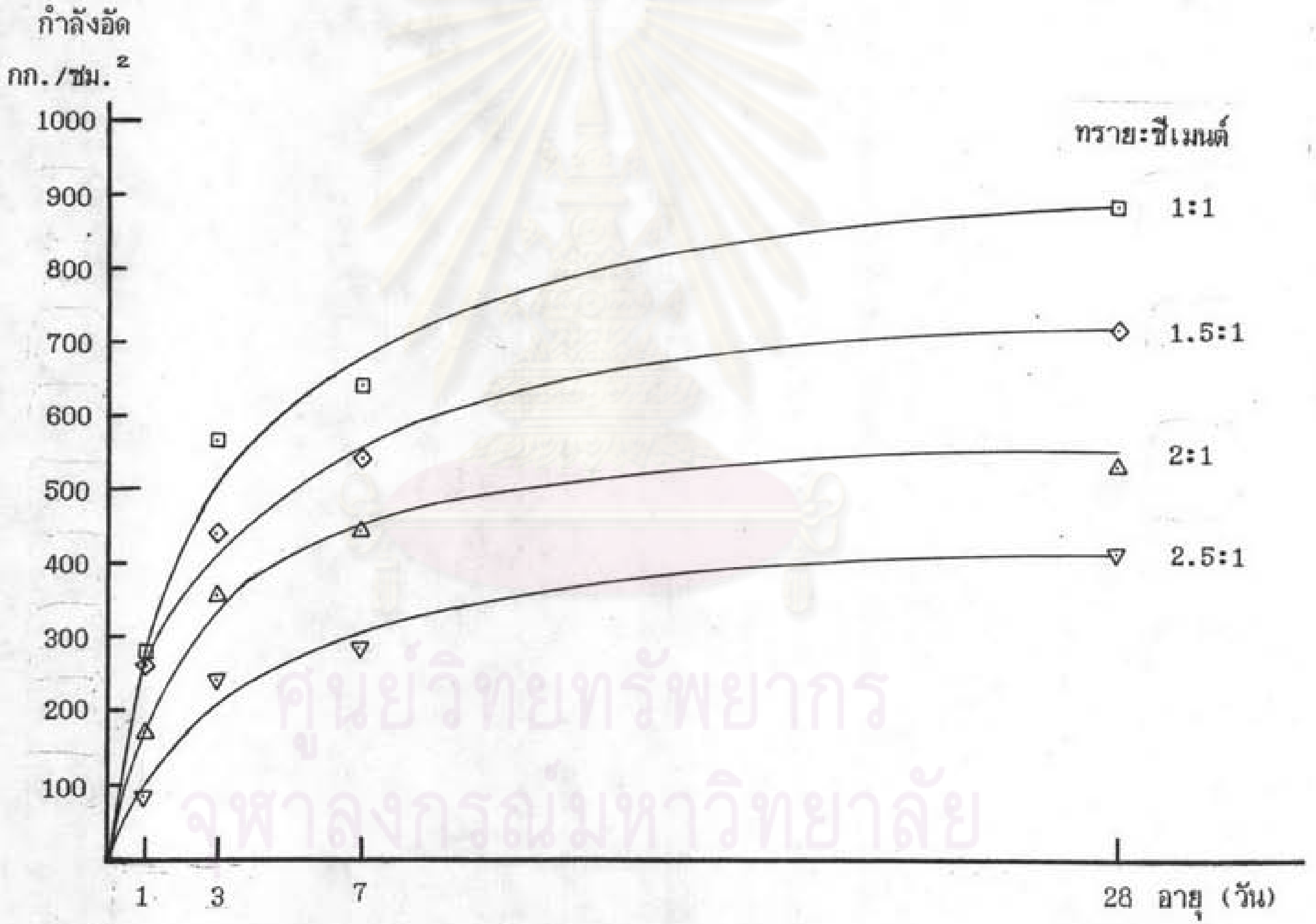
รูปที่ 3.24 การหดตัวจากการเสียน้ำของมอร์ต้าสำหรับการปะฉาบ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



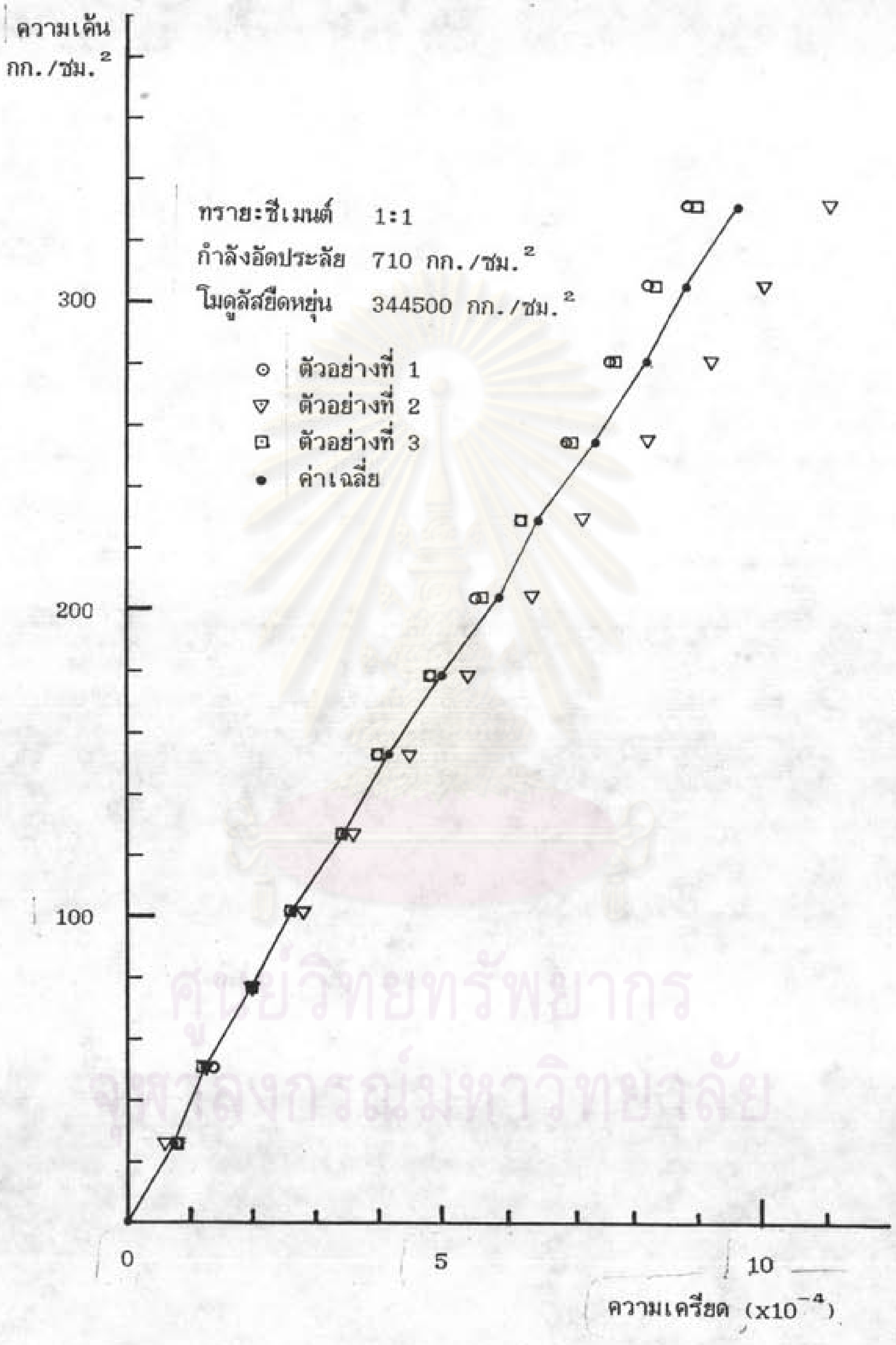
รูปที่ 3.25 การขยายตัวตามอุณหภูมิของมอร์ต้าสำหรับการปะฉาบ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

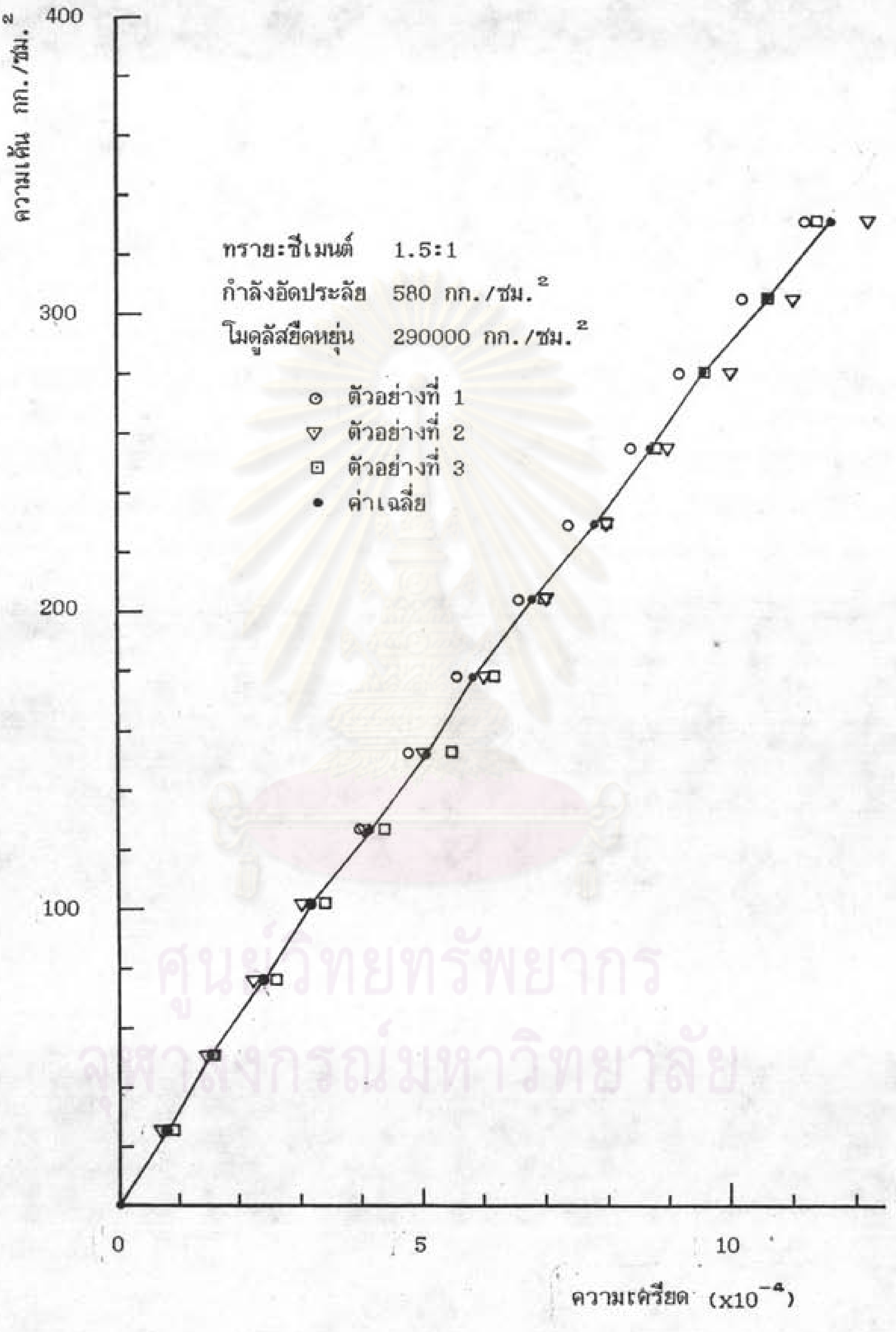


รูปที่ 3.26 กำลังอัดของมอร์ต้า+SP.สำหรับการปะฉาบ

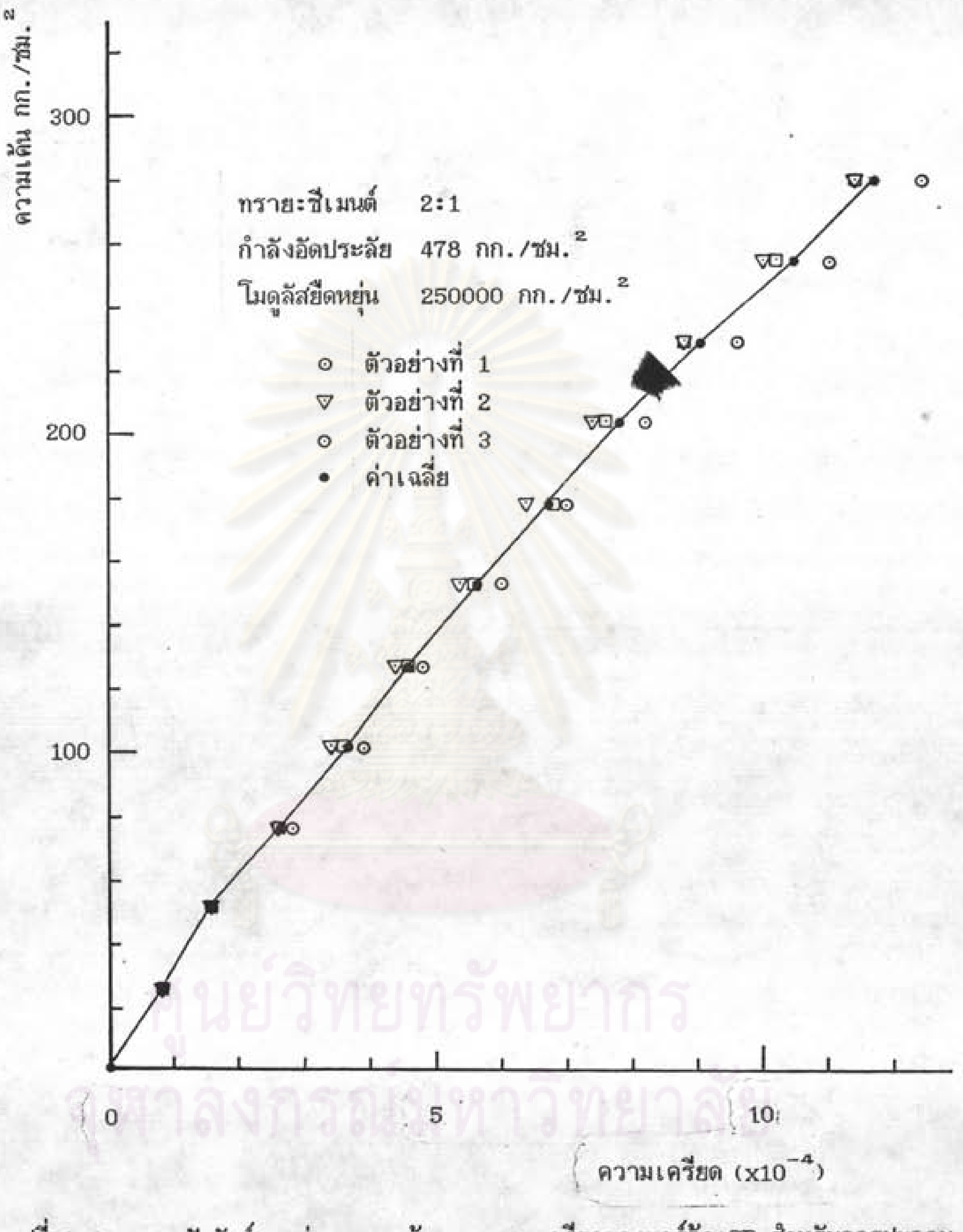
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.27 ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดของมอร์ต้า+SP. สำหรับการปะฉาบ

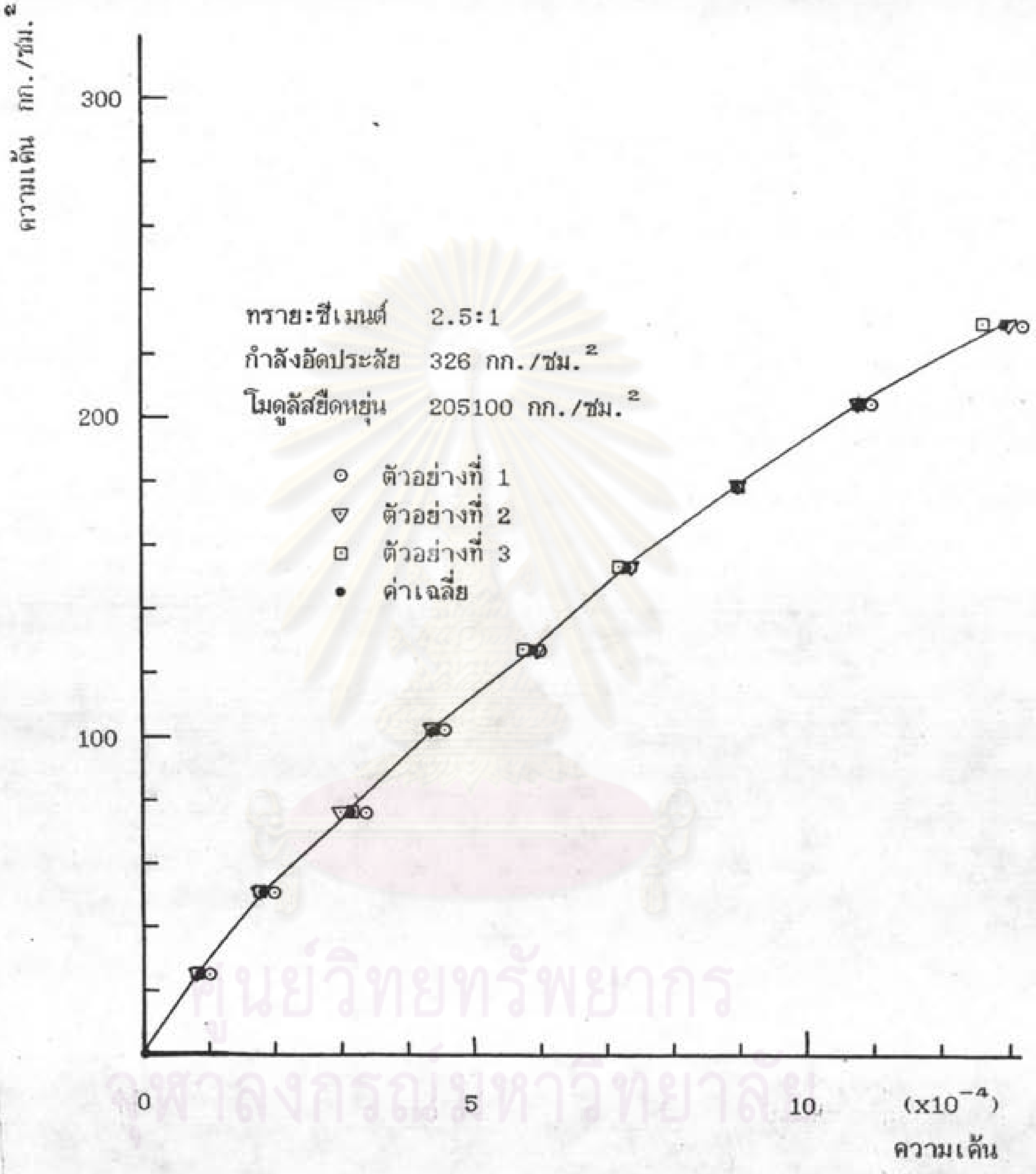


รูปที่ 3.28 ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดของมอร์ต้า+SP.สำหรับการปะฉาบ



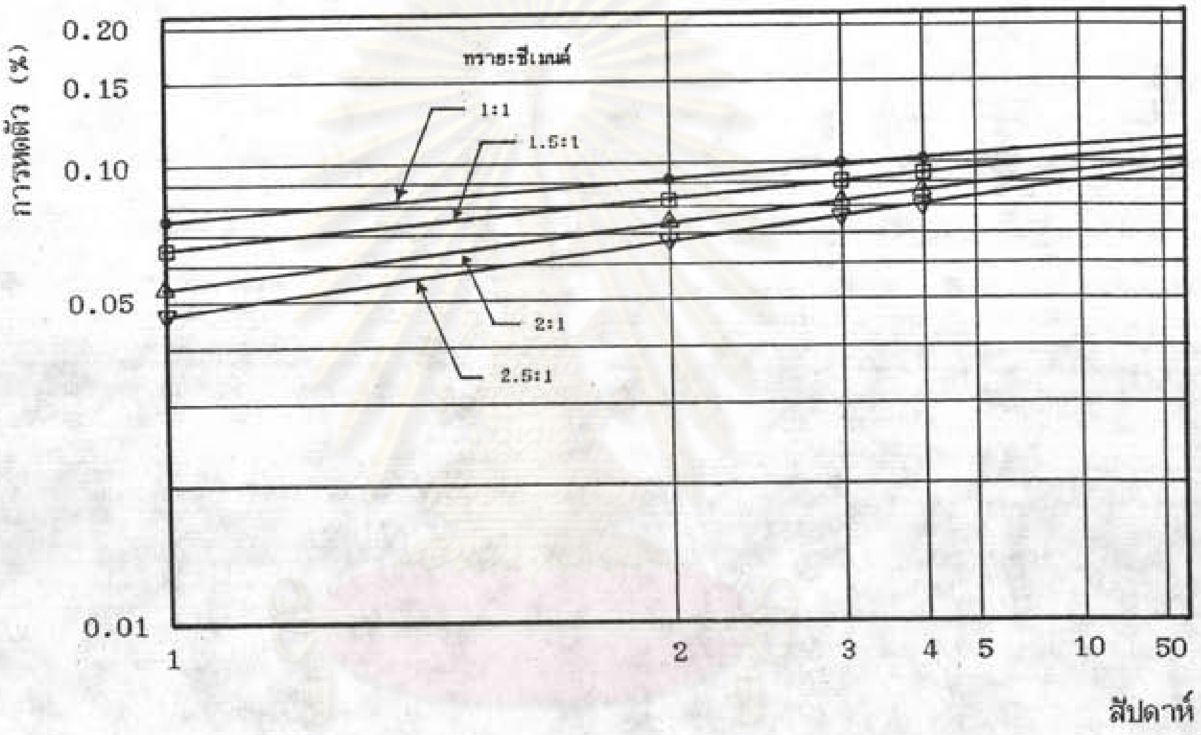
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 3.29 ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดของมอร์ต้า+SP.สำหรับการปะฉาบ



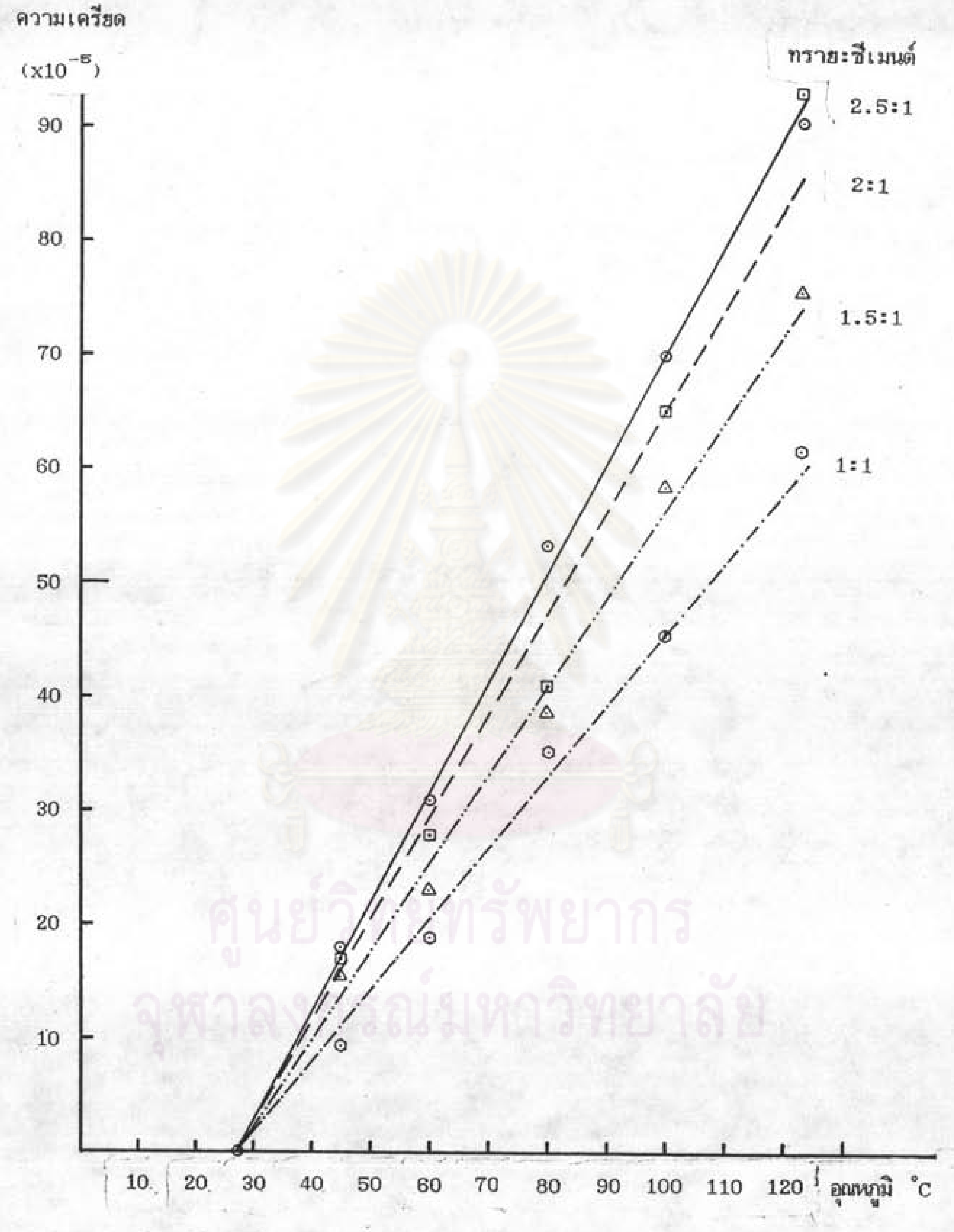
รูปที่ 3.30 ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดของมอร์ต้า+SP.สำหรับการปะฉาบ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

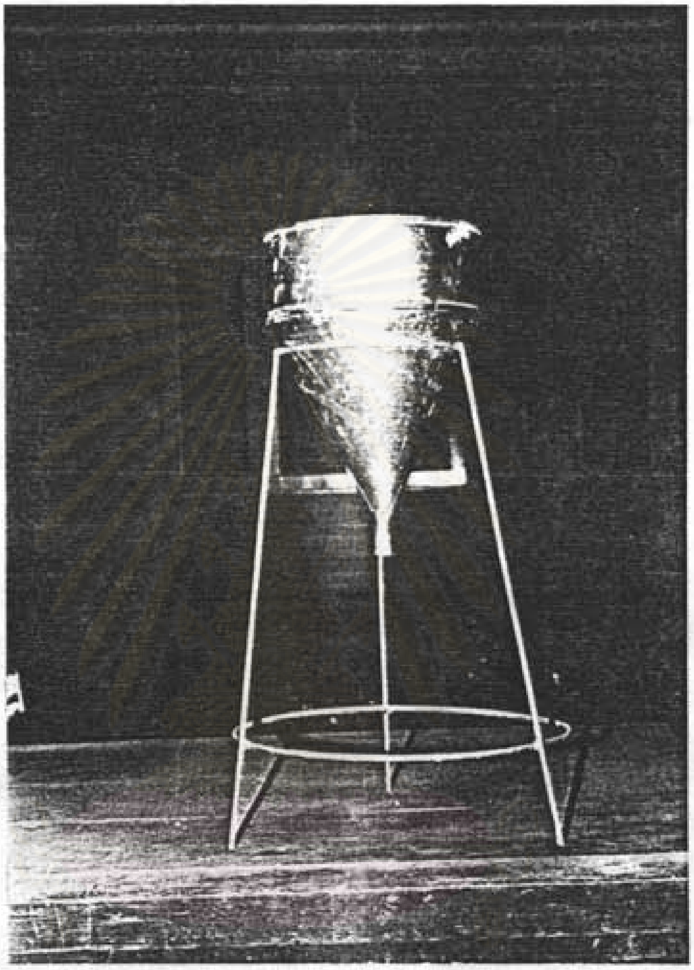


รูปที่ 3.31 การหดตัวจากการเสียน้ำของมอร์ต้า+SP.สำหรับการปะฉาบ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

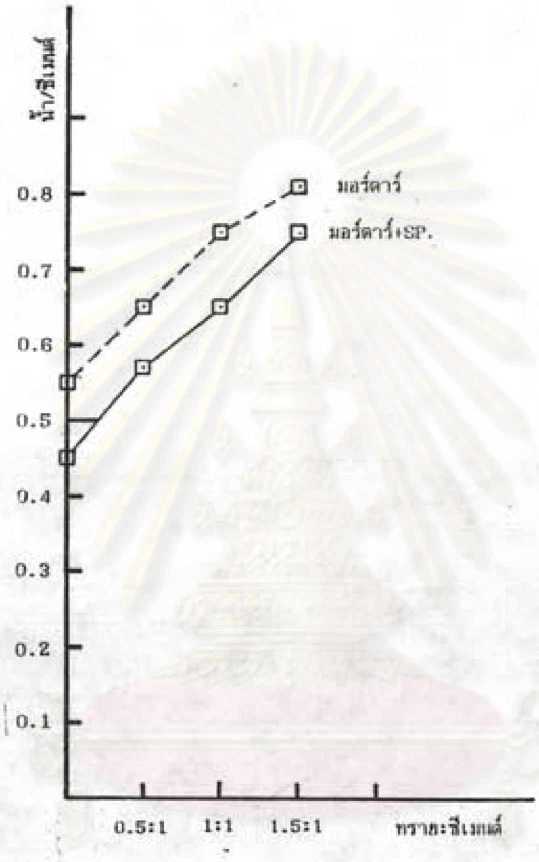


รูปที่ 3.32 การขยายตัวตามอุณหภูมิของมอร์ต้า+SP.สำหรับการปะฉาบ



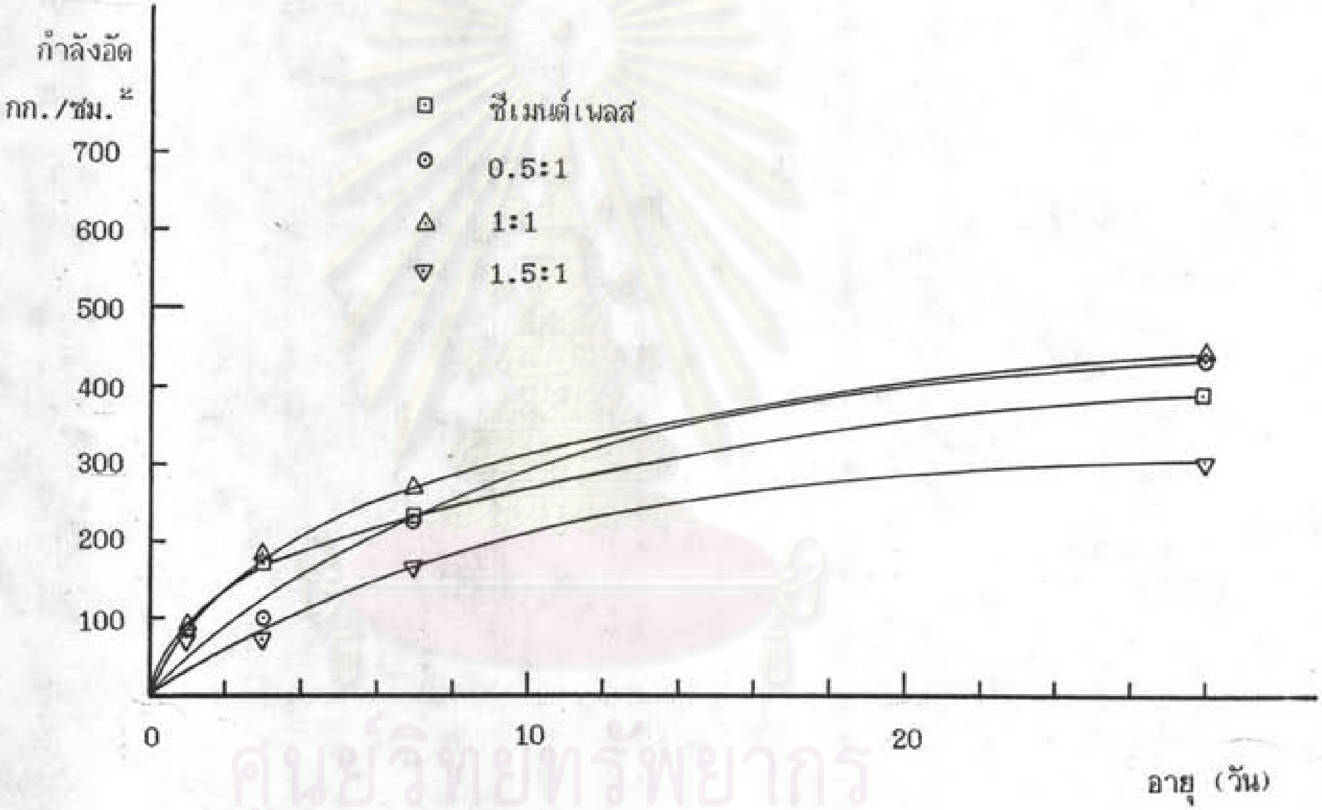
รูปที่ 3.33 กรวยสำหรับทดสอบ Flow Cone Test

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



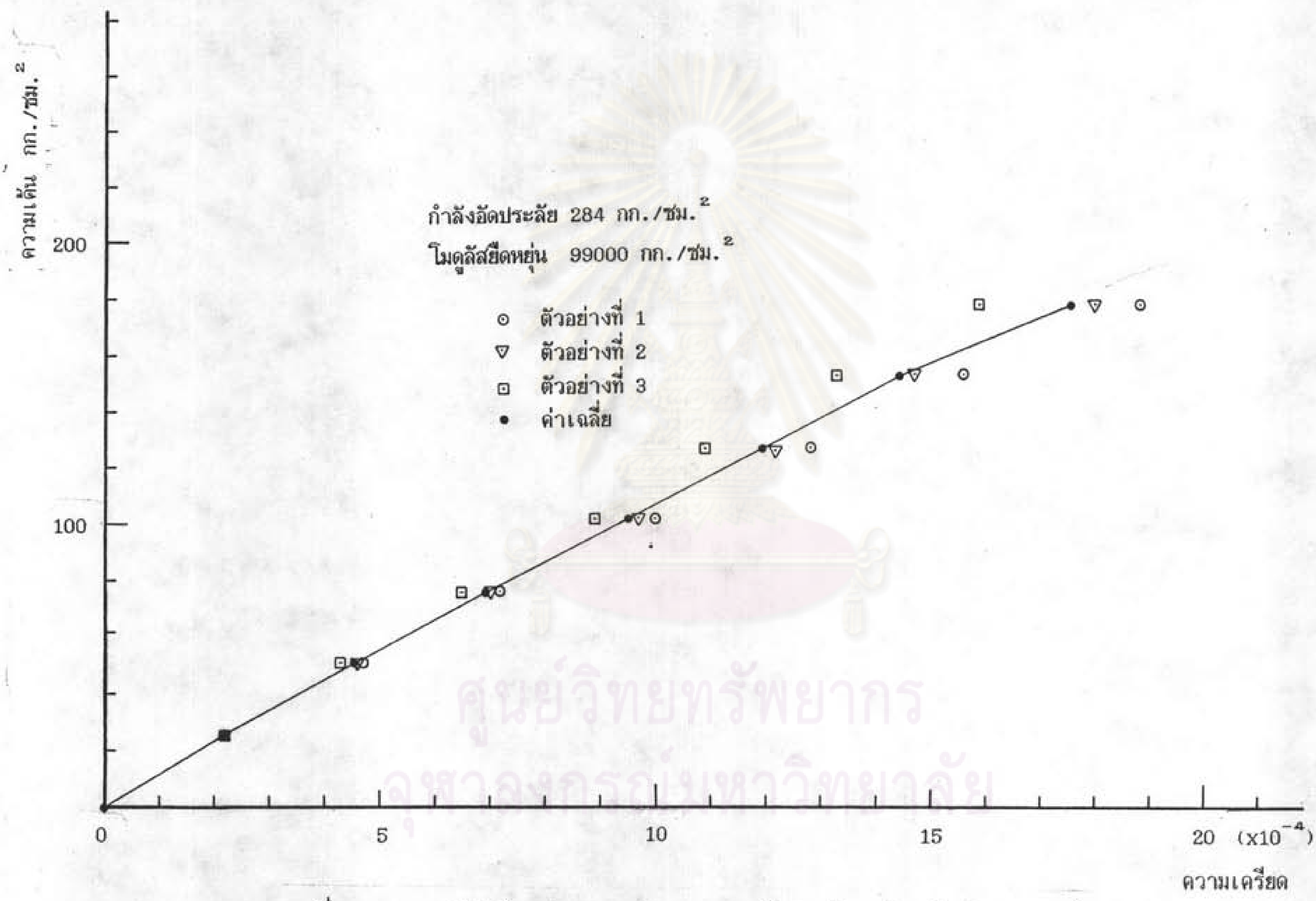
รูปที่ 3.34 อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ของมอร์ต้าสำหรับการเกราท์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



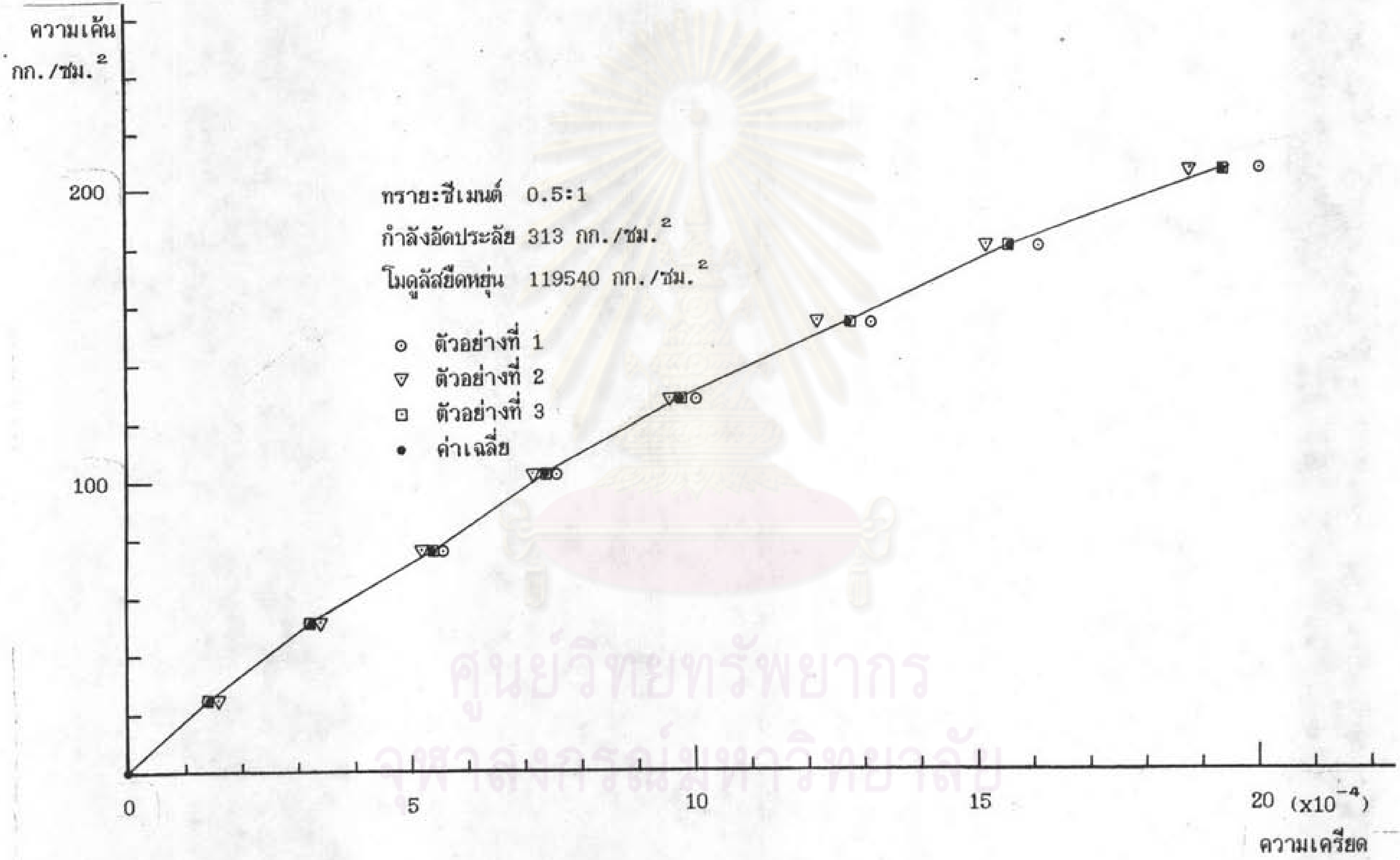
รูป 3.35 กำลังอัดของมอร์ต้าสำหรับการเกราท์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



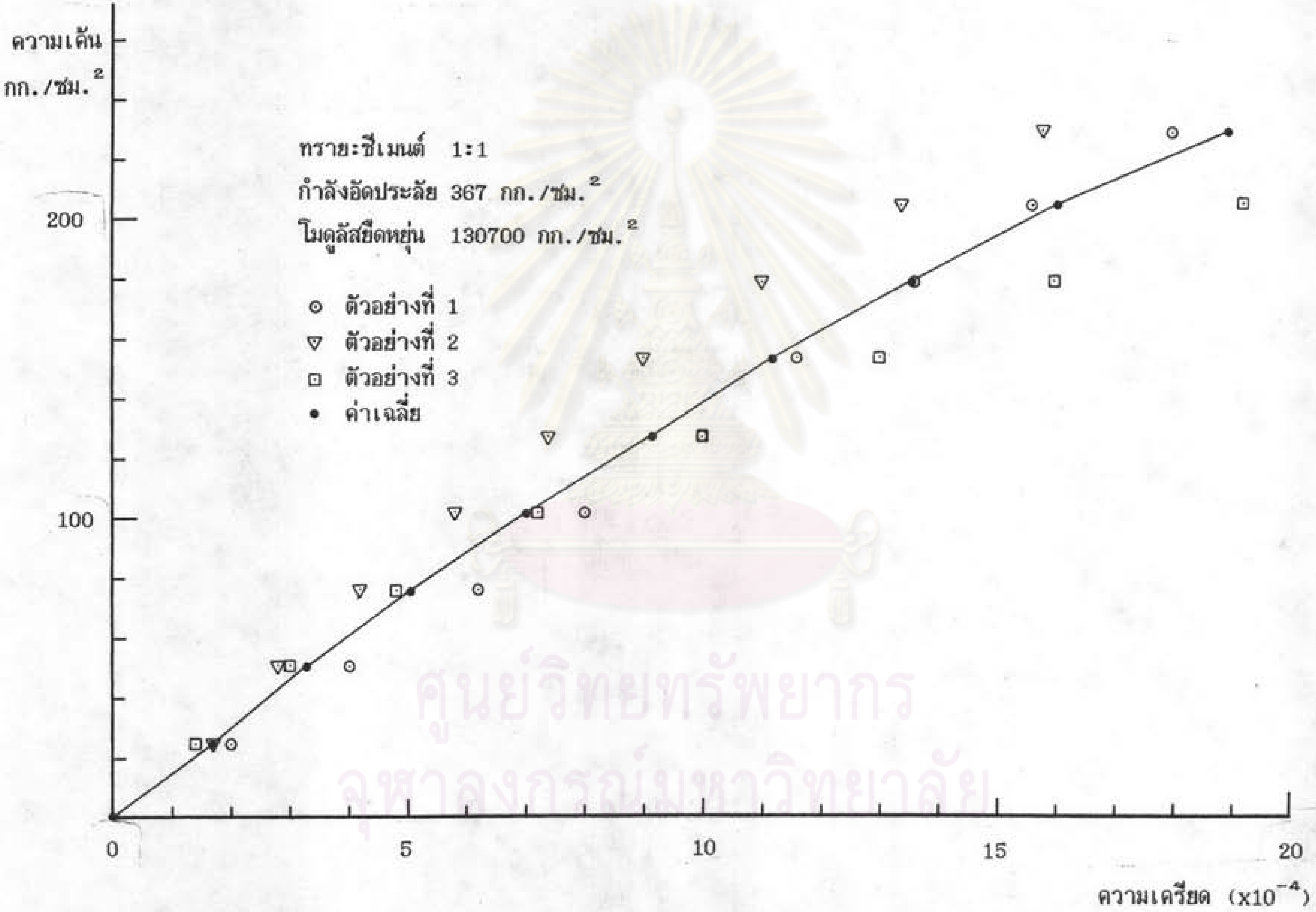
รูปที่ 3.36 ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดของซีเมนต์เพสสำหรับการเกราท์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



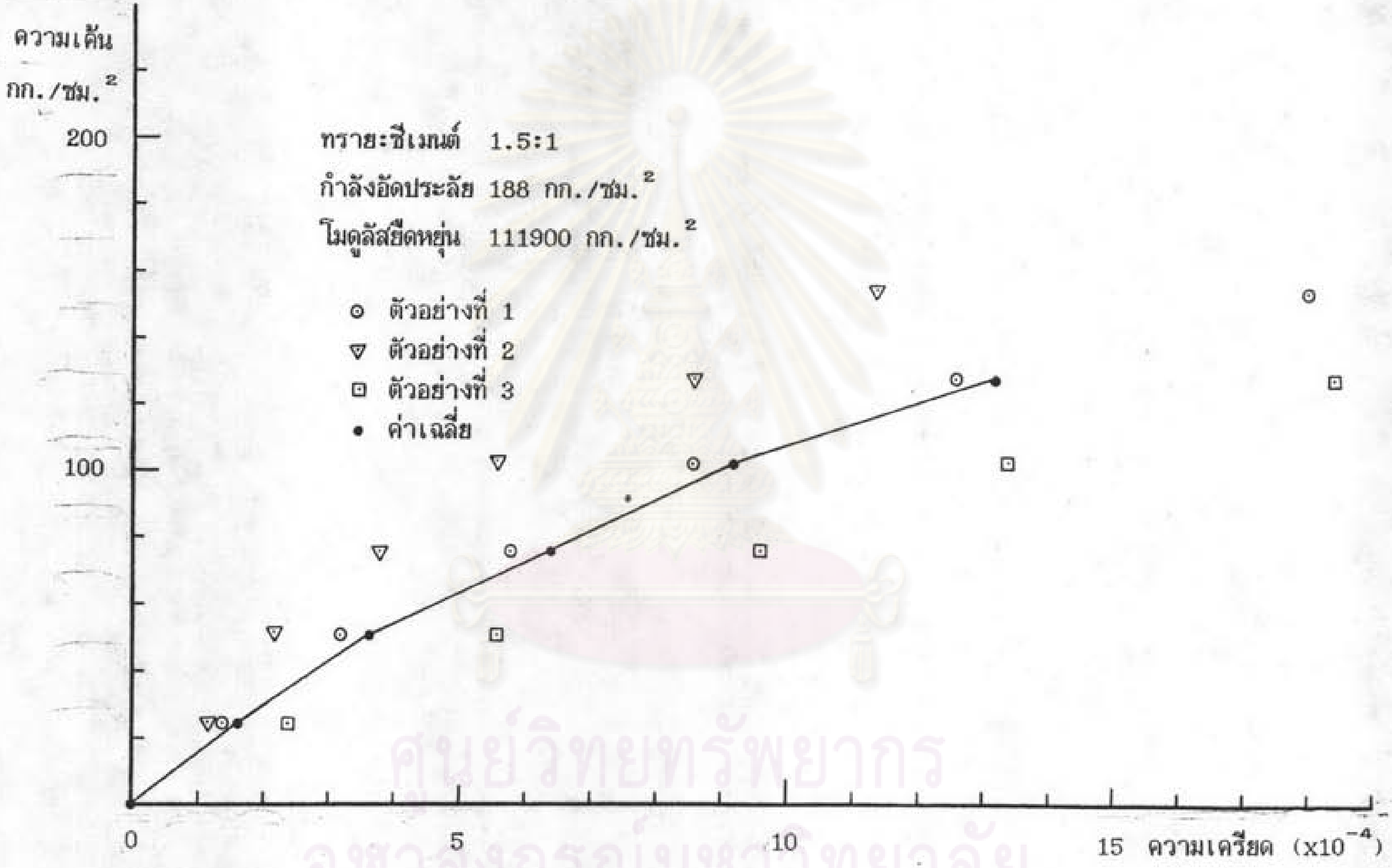
รูปที่ 3.37 ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดของมอร์ต้าสำหรับการเกราท์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



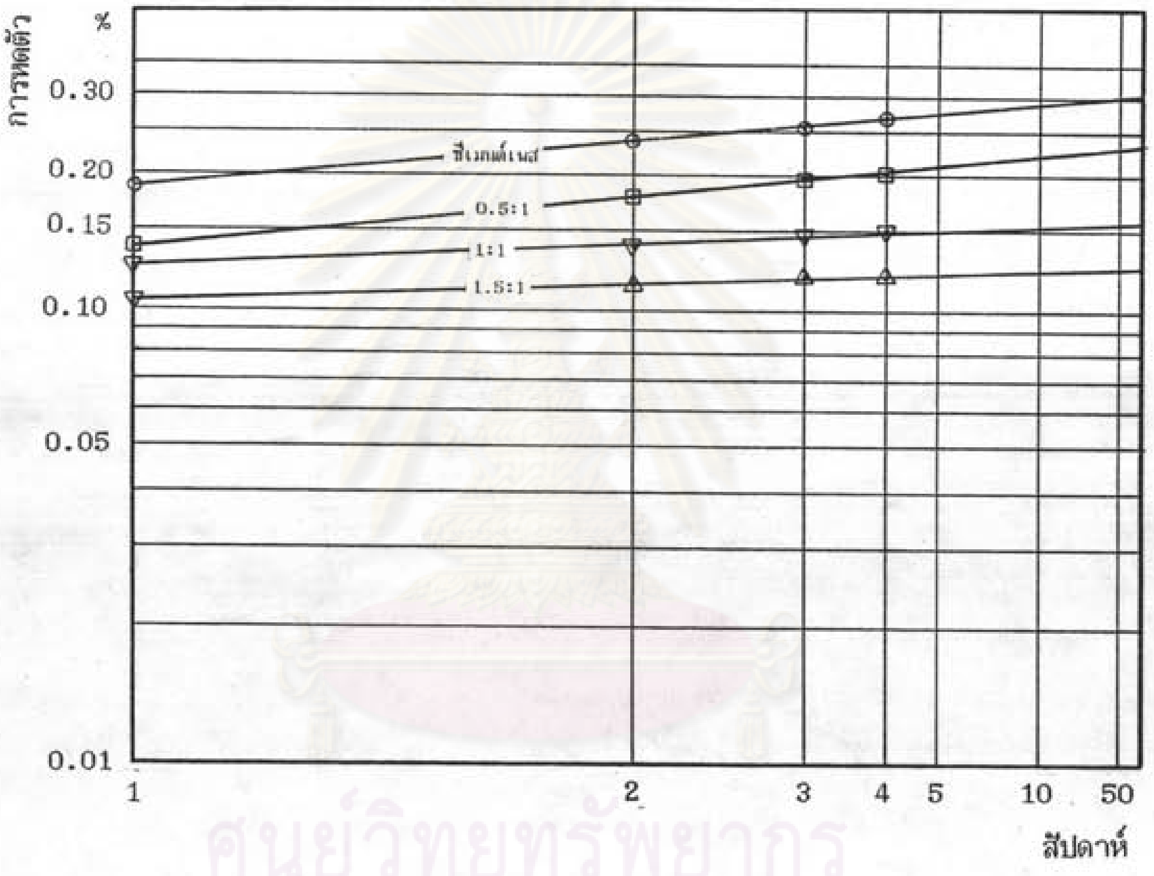
รูปที่ 3.38 ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดของมอร์ต้าสำหรับการเกราท์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



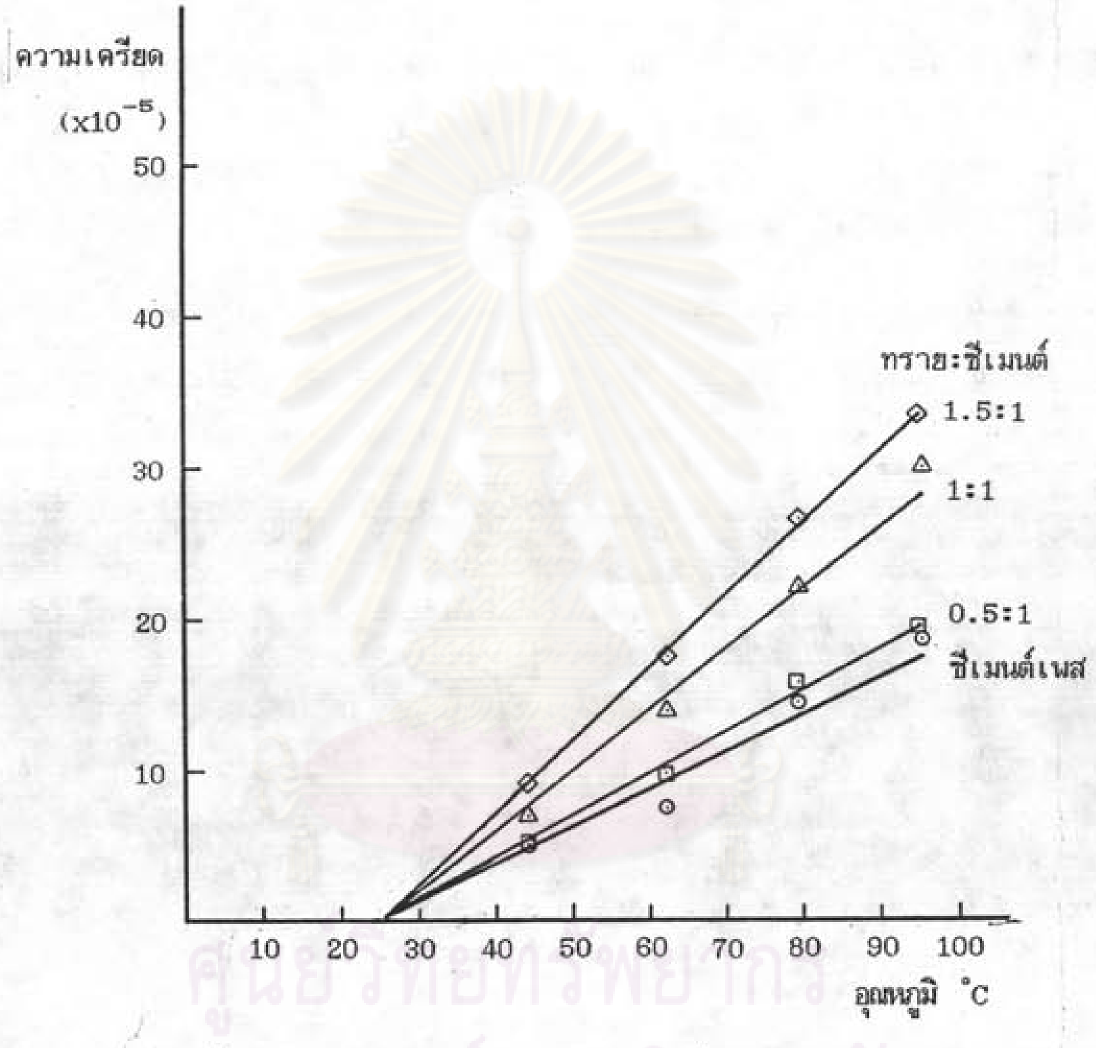
รูปที่ 3.39 ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดของมอร์ต้าสำหรับการเกราท์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



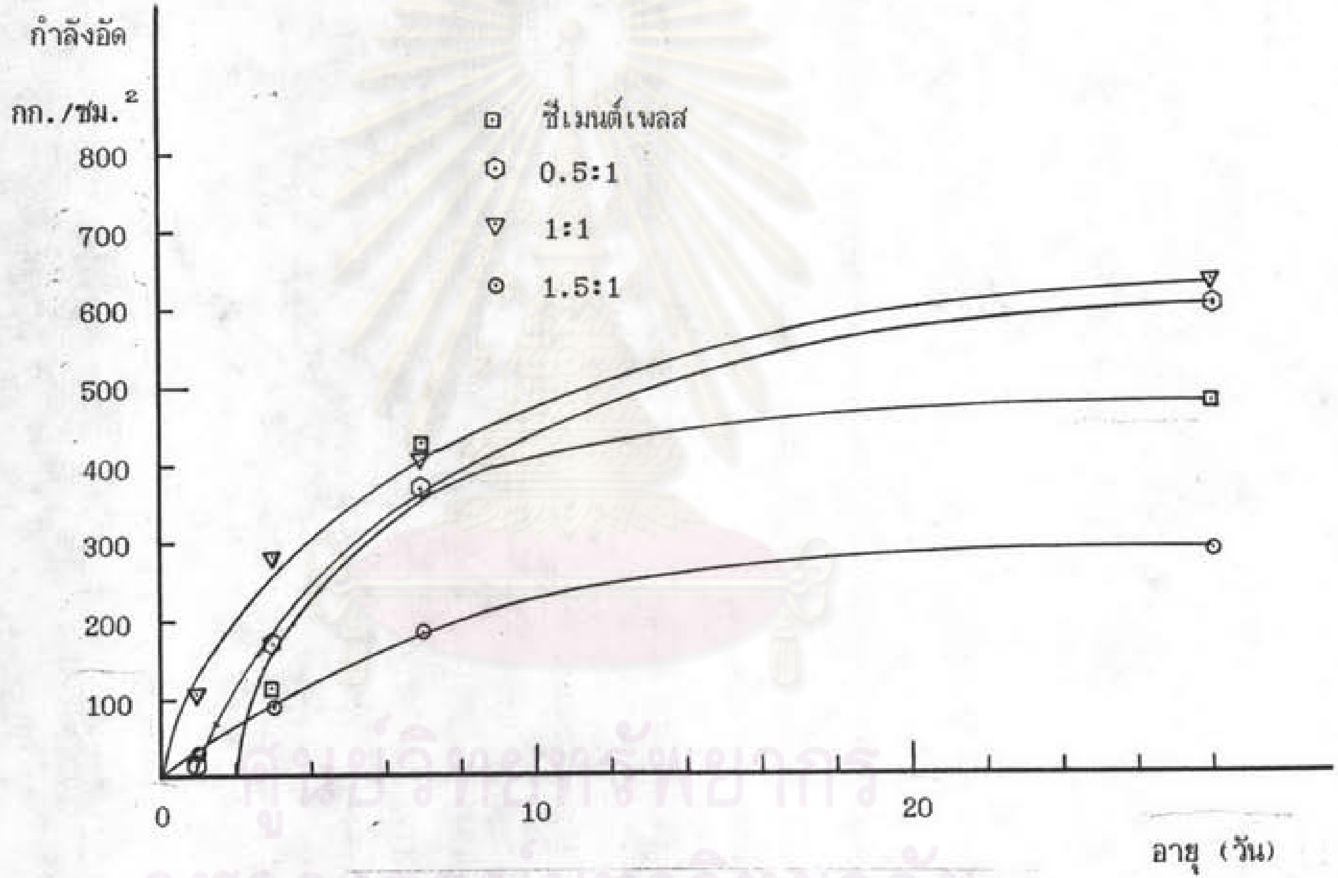
รูปที่ 3.40 การหดตัวจากการเสียน้ำของมอร์ต้าสำหรับการเกราท์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



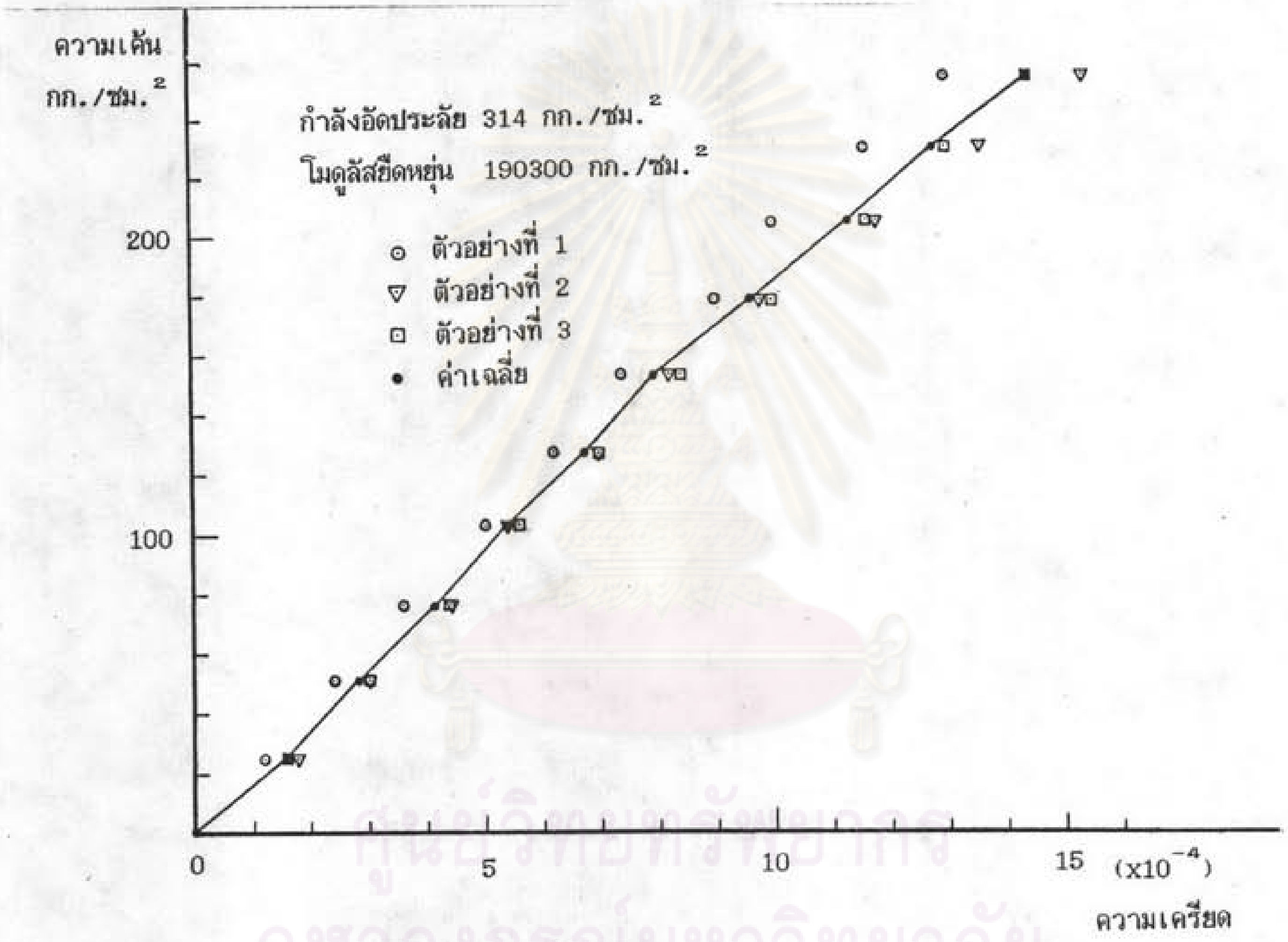
รูปที่ 3.41 การขยายตัวตามอุณหภูมิของมอร์ต้าสำหรับการเกราท์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



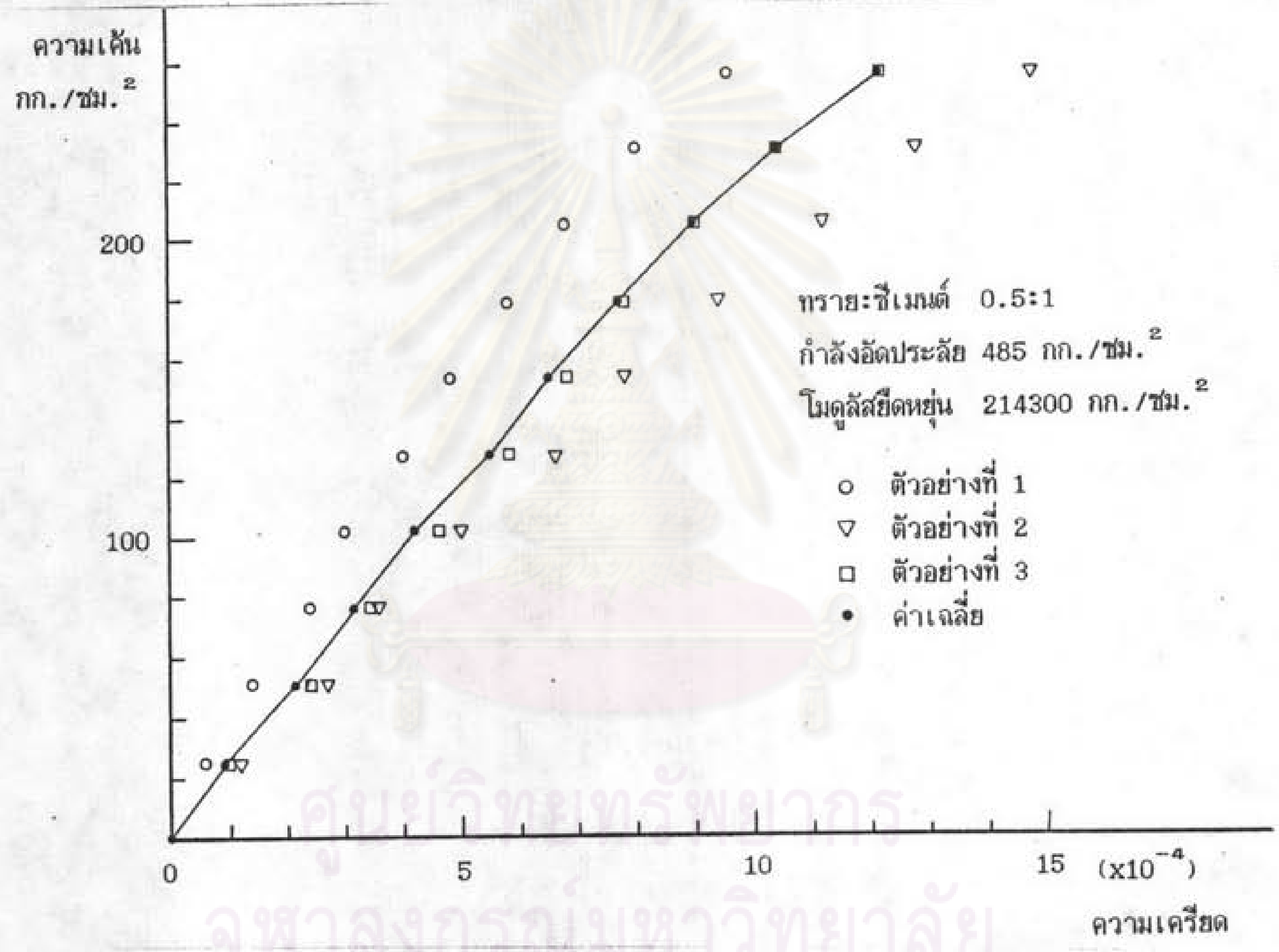
รูปที่ 3.42 กำลังอัดของมอร์ต้า+SP.สำหรับการเกราท์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

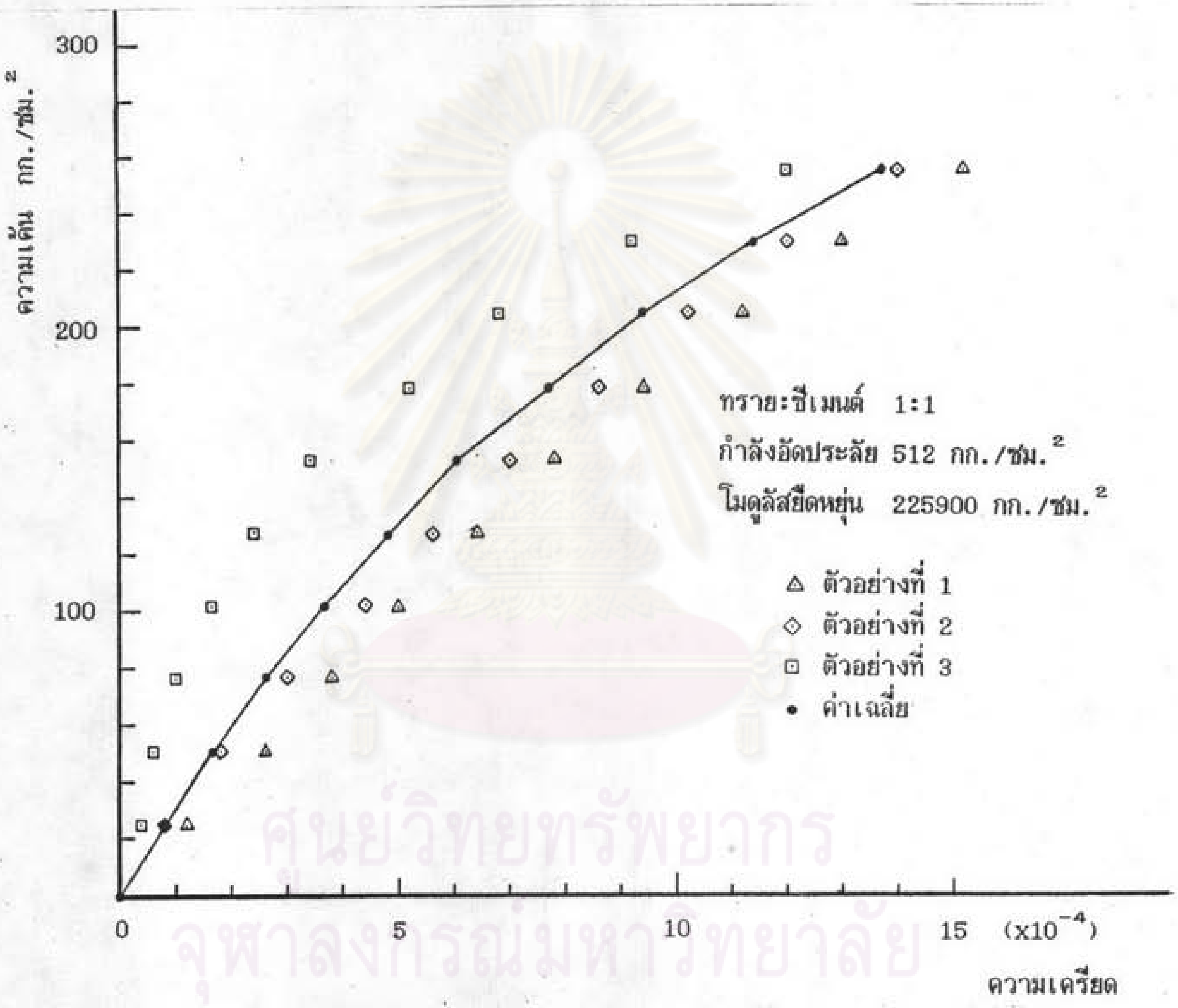


ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 3.43 ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดของซีเมนต์เพส+SP.สำหรับการเกราท์

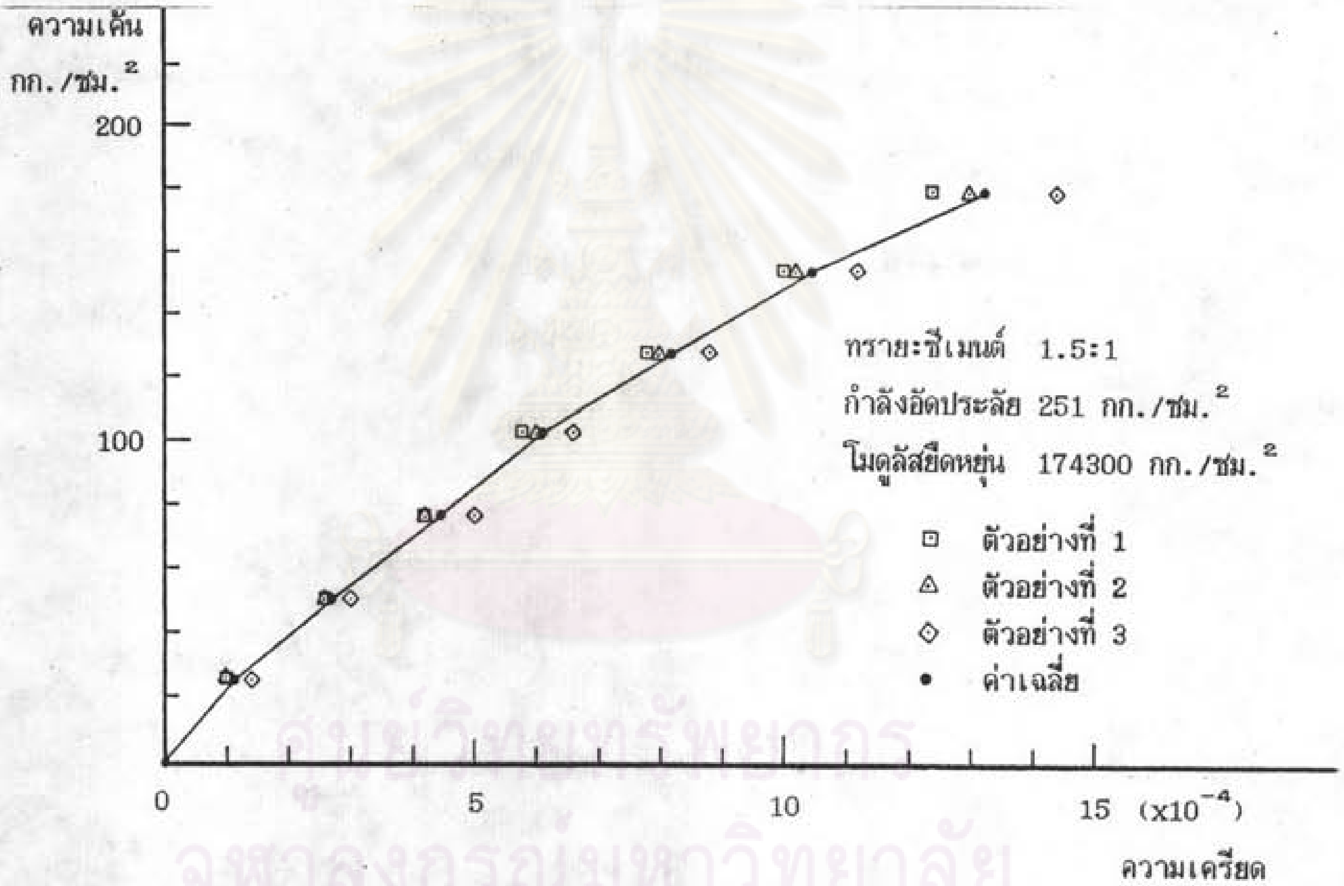


รูปที่ 3.44 ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดของมอร์ต้า+SP.สำหรับการเกราท์



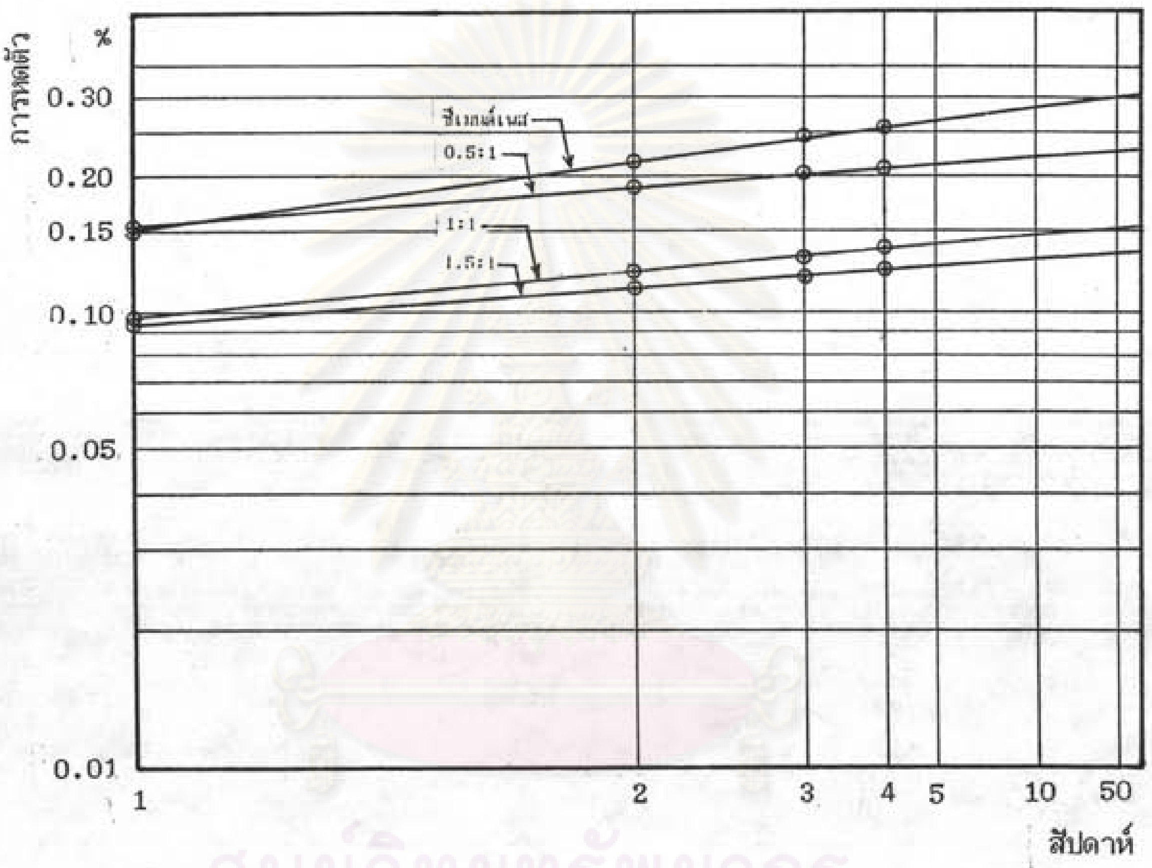
รูปที่ 3.45 ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดของมอร์ต้า+SP.สำหรับการเกราท์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

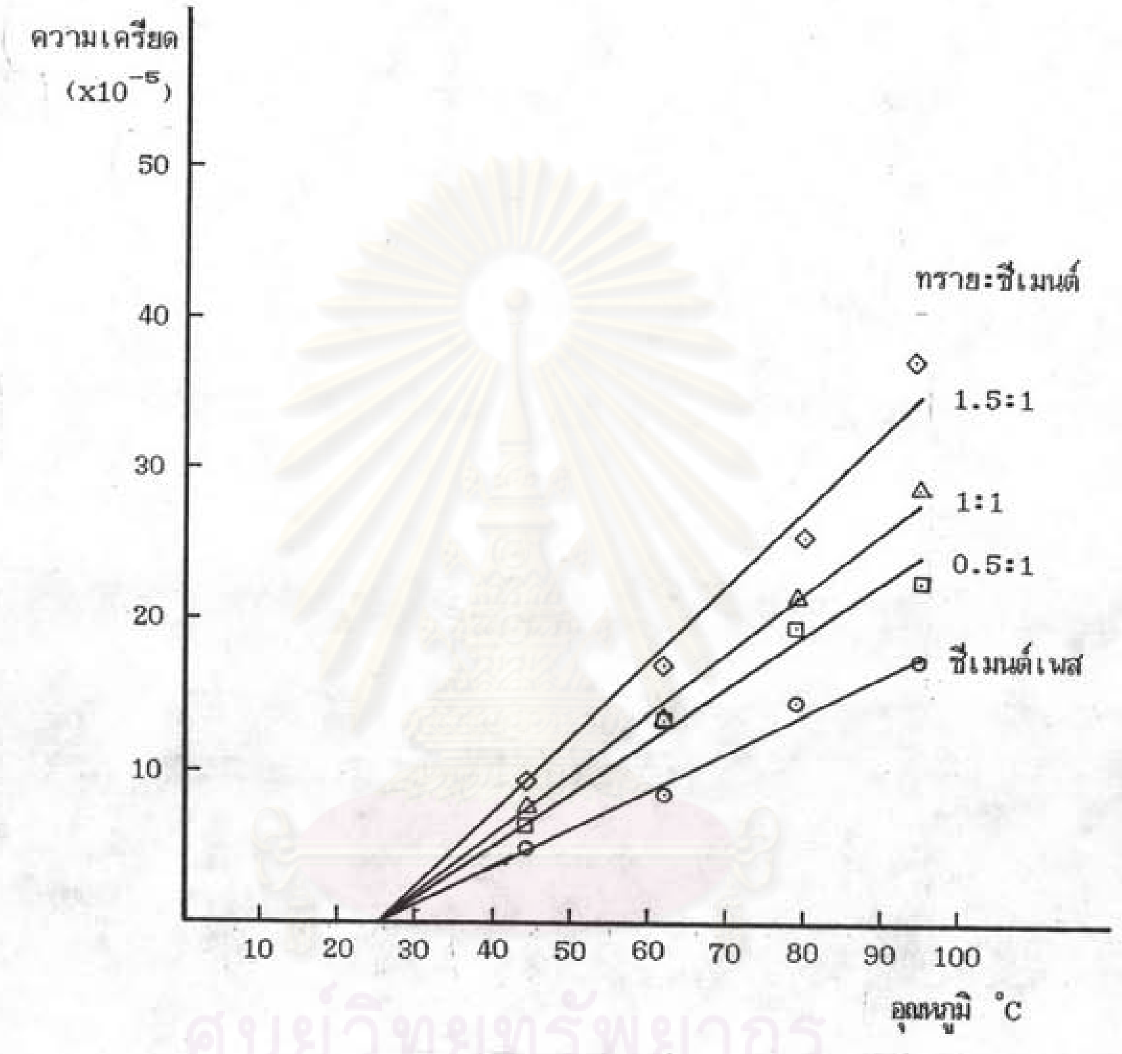


รูปที่ 3.46 ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดของมอร์ต้า+SP.สำหรับการเกราท์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

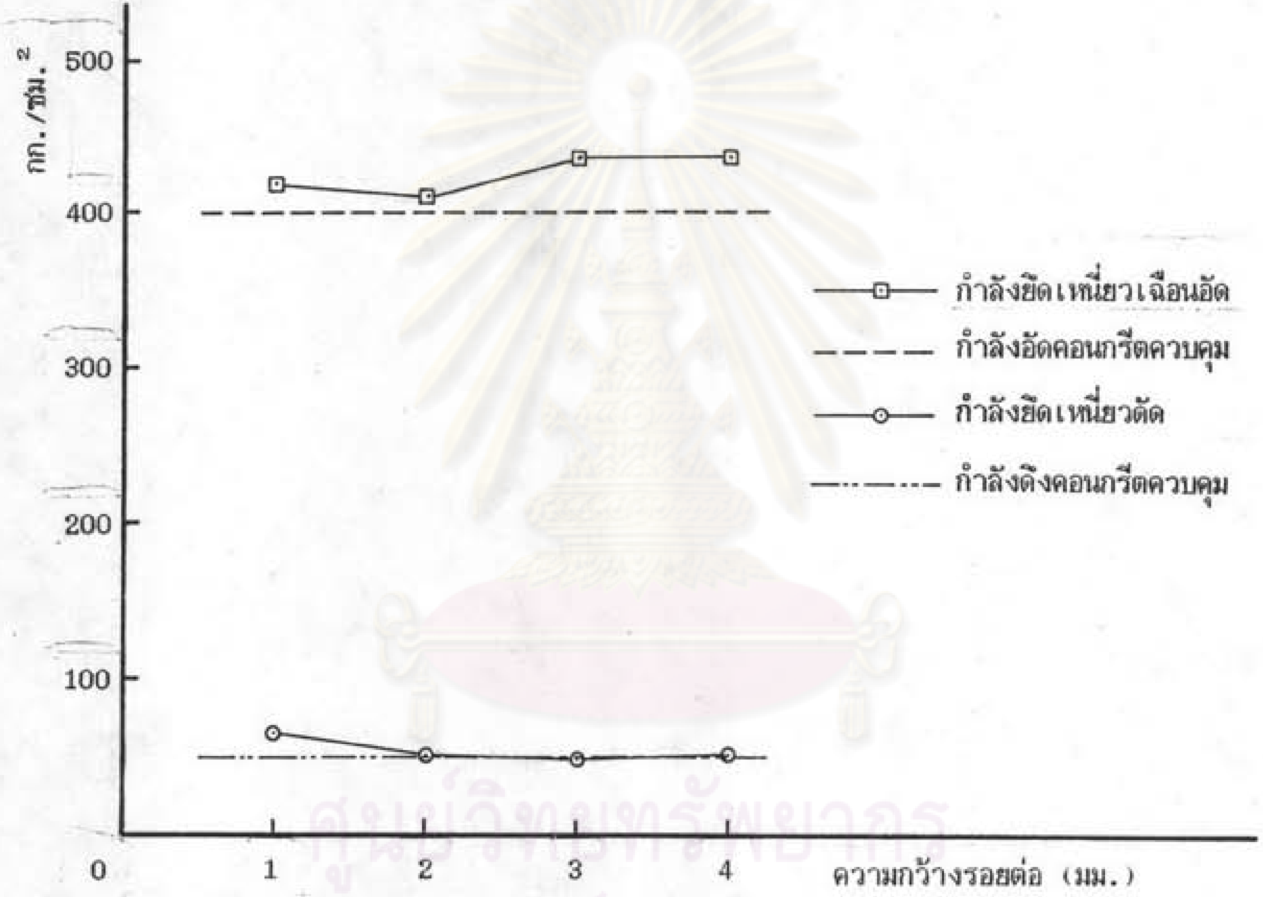


รูปที่ 3.47 การหดตัวจากการเสียน้ำของมอร์ต้า+SP.สำหรับการเกราท์



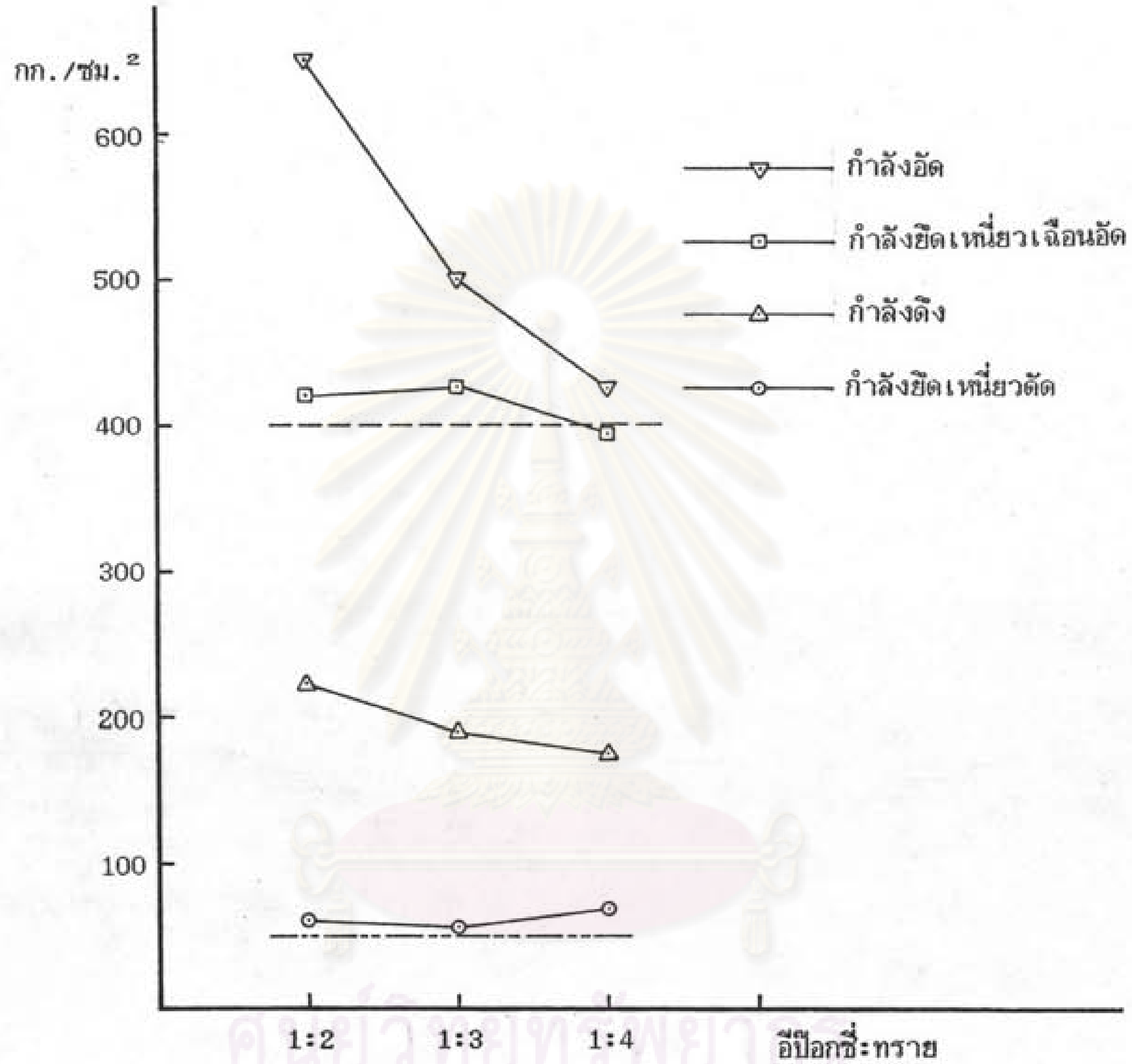
รูปที่ 3.48 การขยายตัวตามอุณหภูมิของมอร์ต้า+SP. สำหรับการเกราท์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

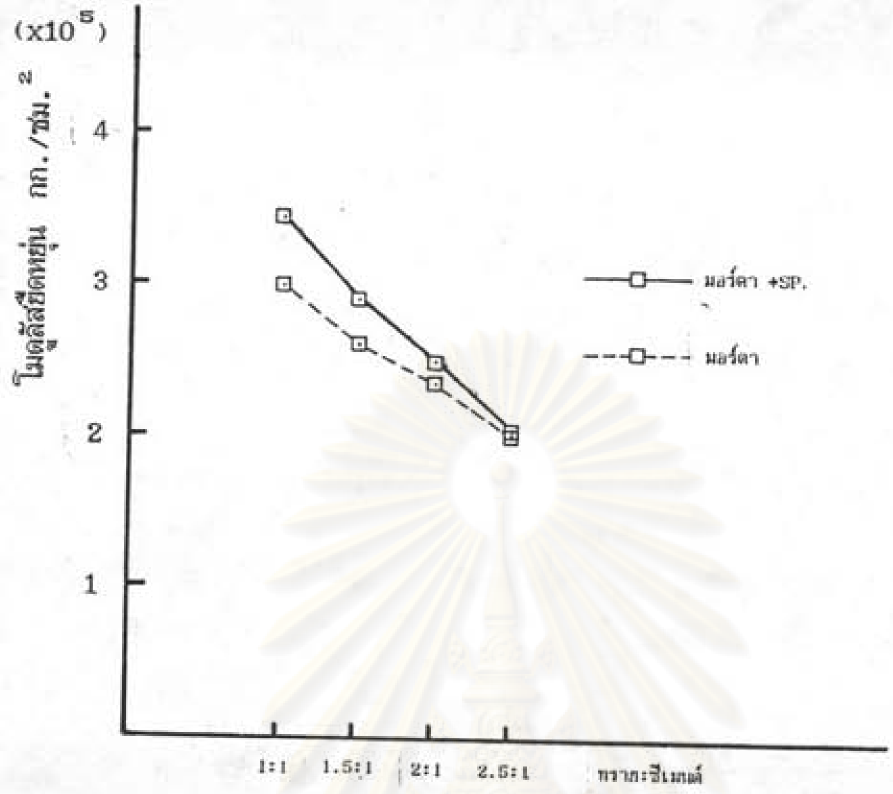


รูปที่ 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างความกว้างของต่อ กับ กำลังยึดเหนี่ยวเฉือนอัด และกำลังยึดเหนี่ยวดัดของอีป็อกซี่กับคอนกรีตเก่า

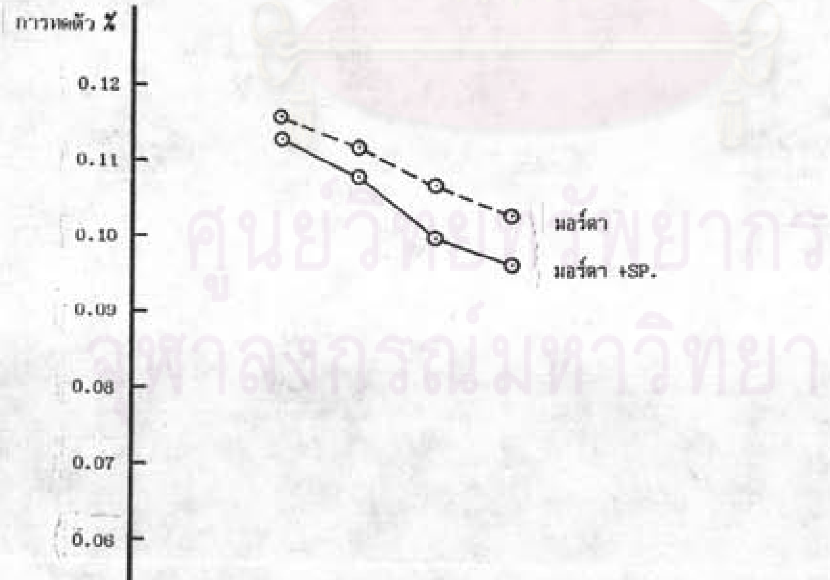
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



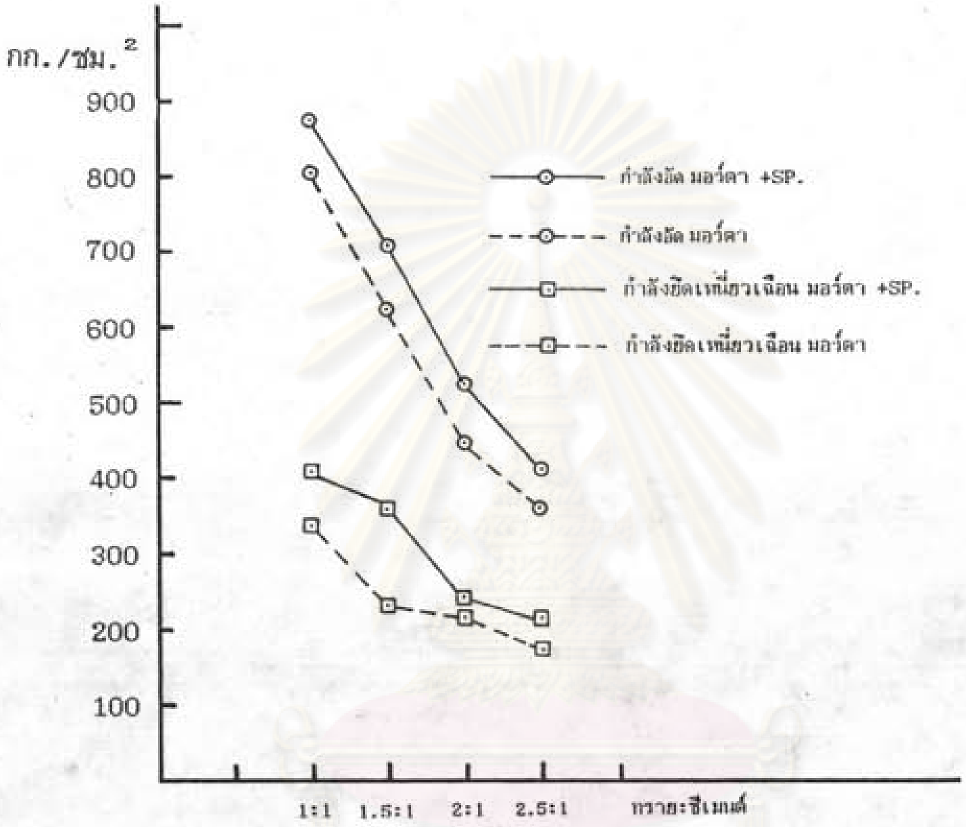
รูปที่ 4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนอีป๊อกซี่ต่อทราย กับ กำลังยึดเหนี่ยวเฉือนอัด และกำลังยึดเหนี่ยวดัดของอีป๊อกซี่มอร์ต้ากับคอนกรีตเก่า



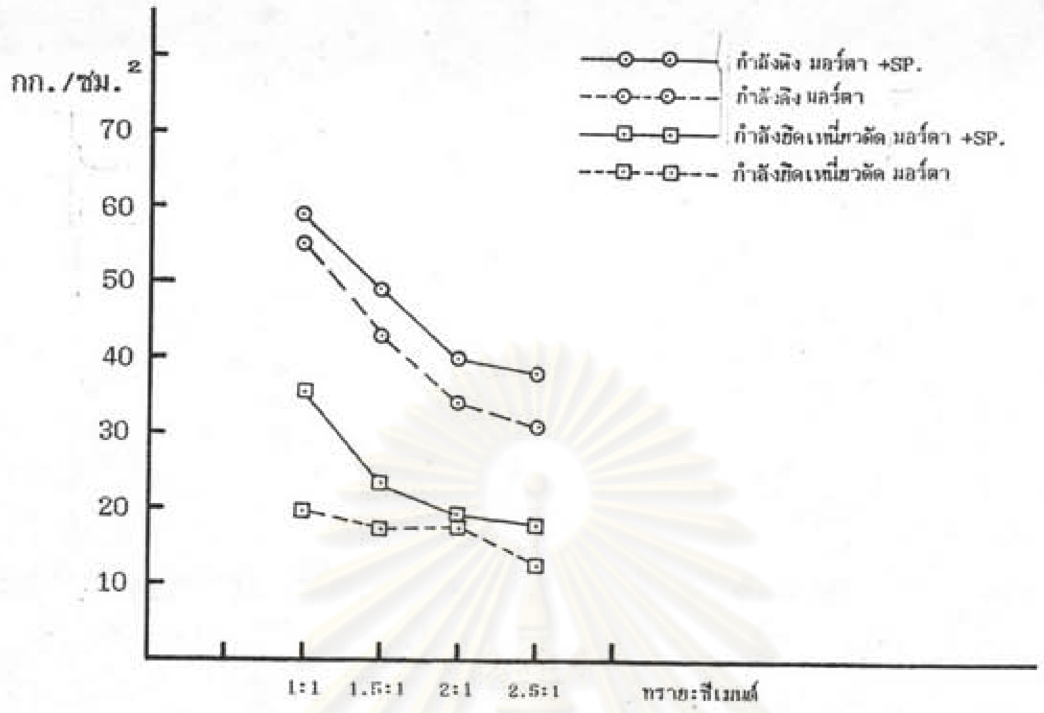
รูปที่ 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างโมดูลัสยืดหยุ่นและอัตราส่วนระหว่างทรายต่อซีเมนต์ของมอร์ต้าสำหรับการปะฉาบ



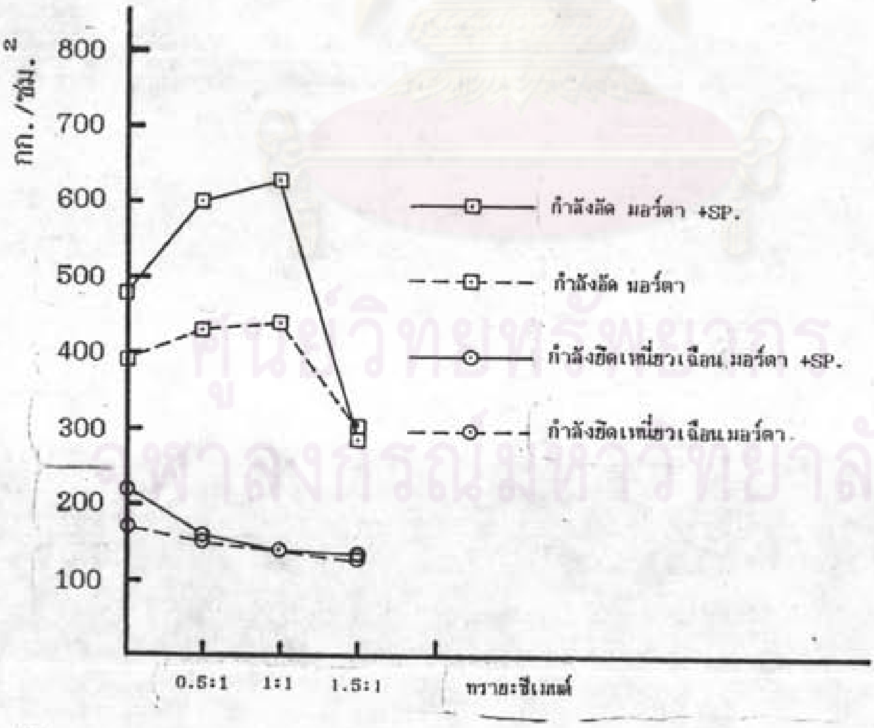
รูปที่ 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างการหดตัวและอัตราส่วนทรายต่อซีเมนต์ของมอร์ต้าสำหรับการปะฉาบ



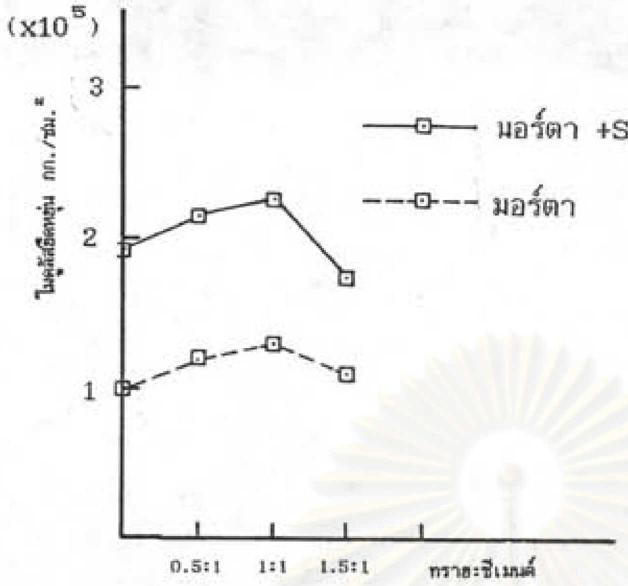
รูปที่ 4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัด กำลังยึดเหนี่ยวเฉือนอัด และอัตราส่วนทรายต่อซีเมนต์ของมอร์ต้าสำหรับการปะฉาบ



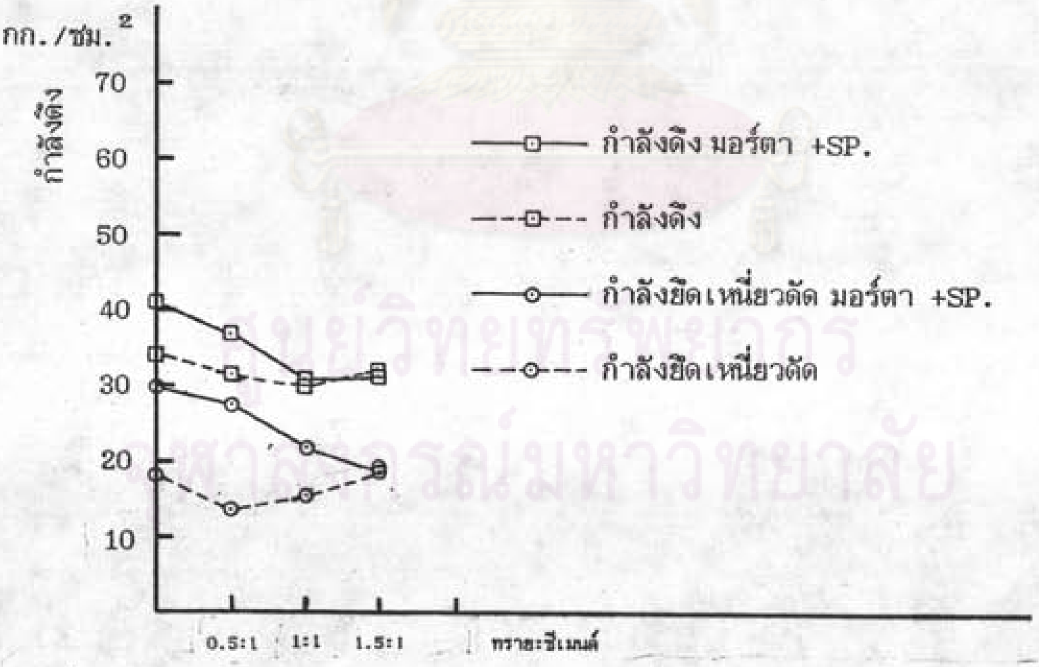
รูปที่ 4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังดึง กำลังยึดเหนี่ยวดัด และอัตราส่วนทรายต่อซีเมนต์ของมอร์ต้าสำหรับการปะฉาบ



รูปที่ 4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัด กำลังยึดเหนี่ยวเฉือนอัด และอัตราส่วนทรายต่อซีเมนต์ของมอร์ต้าสำหรับการเกราท์

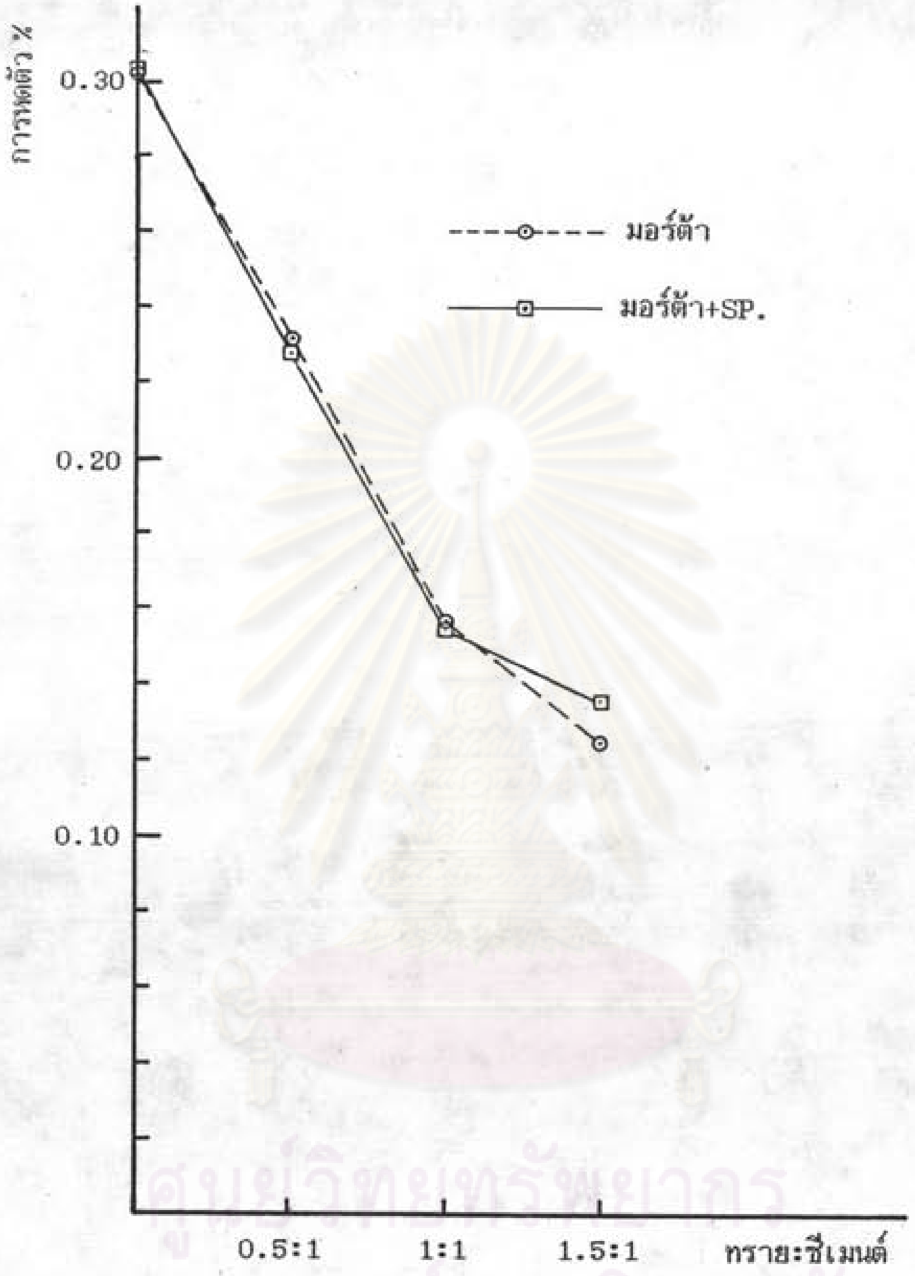


รูปที่ 4.8 ความสัมพันธ์ระหว่างโมดูลัสยืดหยุ่นและอัตราส่วนระหว่างทรายต่อซีเมนต์ของมอร์ต้าสำหรับการเกราท์



รูปที่ 4.9 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังดึง กำลังยึดเหนี่ยวดัด และอัตราส่วนทรายต่อซีเมนต์ของมอร์ต้าสำหรับการเกราท์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.10 ความสัมพันธ์ระหว่างการหดตัวจากการเสียน้ำ กับ อัตราส่วนทรายต่อซีเมนต์ ของมอร์ต้าสำหรับการเกราท์

ประวัติผู้เขียน

นายนิพนธ์ เนยเมืองปักษ์ เกิดเมื่อวันที่ 6 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2505 สำเร็จการศึกได้รับปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา จากมหาวิทยาลัยขอนแก่น เมื่อปีการศึกษา 2526 เป็นวิศวกรประจำบริษัท เนาวรัตน์พัฒนาการ จำกัด เมื่อ พ.ศ. 2527 เข้าศึกษาต่อในระดับวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต ณ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2529 ปัจจุบัน รับราชการในตำแหน่งวิศวกรโยธา 3 ณ สำนักการโยธา กรุงเทพมหานคร กระทรวงมหาดไทย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียน

นายพินิจ เนยเมืองปักษ์ เกิดเมื่อวันที่ 6 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2505 สำเร็จการศึกได้รับปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา จากมหาวิทยาลัยขอนแก่น เมื่อปีการศึกษา 2526 เป็นวิศวกรประจำบริษัท เนาวรัตน์พัฒนาการ จำกัด เมื่อ พ.ศ. 2527 เข้าศึกษาต่อในระดับวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต ณ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2529 ปัจจุบัน รับราชการในตำแหน่งวิศวกรโยธา 3 ณ สำนักการโยธา กรุงเทพมหานคร กระทรวงมหาดไทย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย