บทที่ 4

ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผลการทดลอง

4.1 ผลการวิเคราะห์หาส่วนขนาดคละของมวลรวม

4.1.1 มวลรวมละเอียด มวลรวมละเอียดใช้ทรายน้ำจืดที่ร่อนผ่านตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 4 โดยใช้ตามเกณฑ์กำหนดส่วนขนาดคละ ตามมาตรฐาน ASTM C33–67 ผลการทดลองได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.1 แผนภูมิส่วนขนาดคละได้แสดงไว้ในรูปที่ 4.1 ค่าโมดูลัสความละเอียดได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.2

4.1.2 มวลรวมหยาบ มวลรวมหยาบใช้กรวดกินเผาร่อนผ่านตะแกรงมาตรฐาน ขนาด 1/2 นิ้ว และค้างบนตะแกรงเบอร์ 8 โดยใช้ตามเกณฑ์กำหนดส่วนขนาดคละตามมาตรฐาน ASTM C330–77 ผลการทดลองได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.3 ถึง 4.4 ค่าโมดูลัสความละเอียดได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.3 แผนภูมิส่วนขนาดคละได้แสดงไว้ในรูปที่ 4.2

แผนภูมิการหาส่วนขนาดคละรวม ของวัสดุผสมทั้งสองชนิด คือทรายกับกรวดกินเผานั้น ทำไม่ได้ เพราะค่าความถ่วงจำเพาะของทรายกับกรวดกินเผาแตกต่างกันมาก

ตารางที่ 4.1 การวิเคราะห์หาส่วนขนาดคละของมวลรวมละเอียด

ขนาดตะแกรงมาตรฐาน	เปอร์เซ็นต์ค้างสะสม	เปอร์เซ็นต์ค้างสะสมจากการทดลองผสม				
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5
เบอร์ 8	0 – 20	0	0	0	0	0
เบอร์ 16	15 – 50	15	20	25	30	15
เบอร์ 30	40 – 75	40	65	60	65	75
เบอร์ 50	70 – 90	70	85	80	85	90
เบอร์ 100	90 – 98	90	93	96	93	98
หน่วยน้ำหนักอัดแน่น (กรัมต่อลิตร)		1735	1695	1715	1735	1720

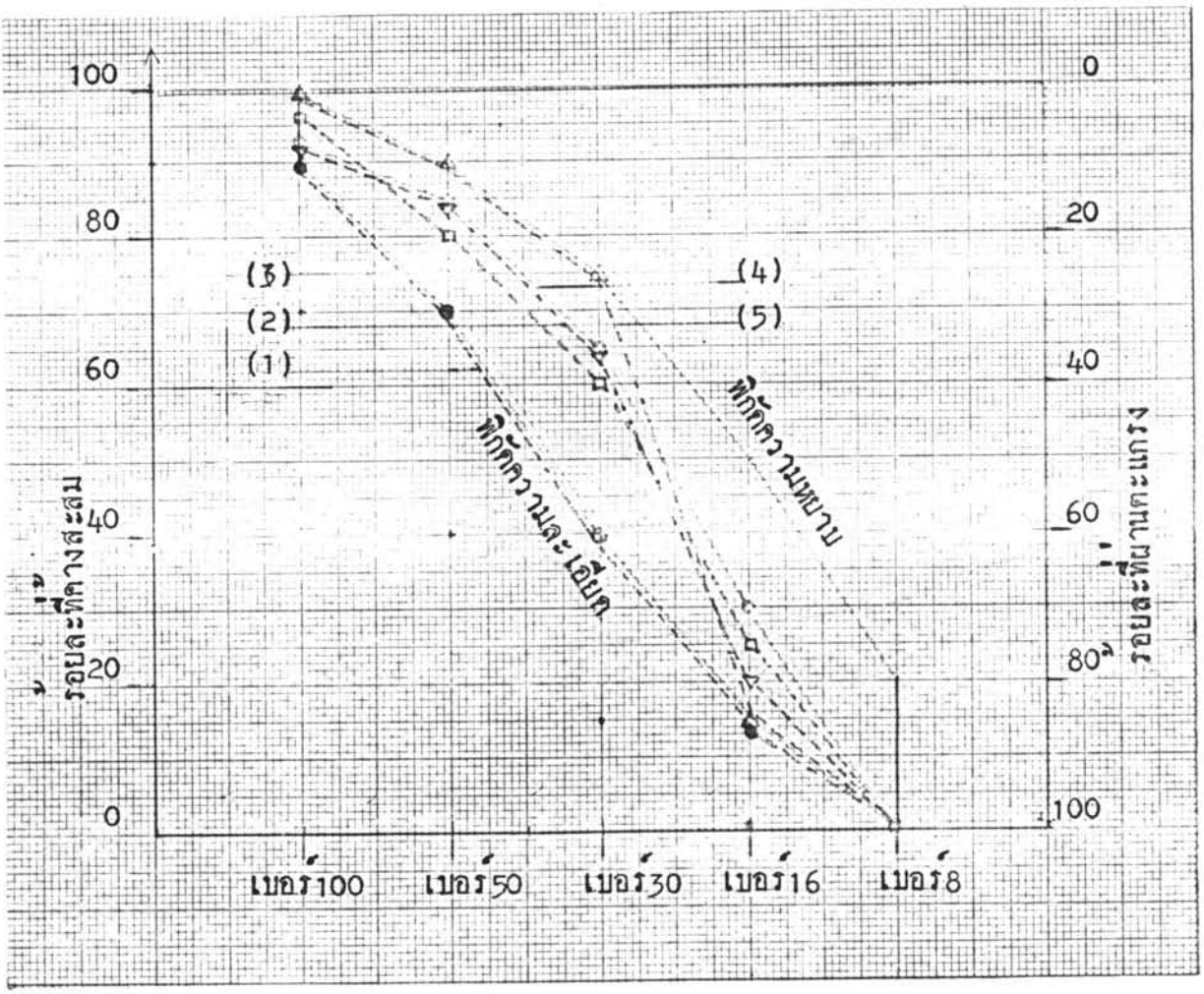
ใช้ทรายน้ำจืดเป็นมวลรวมละเอียดตามมาตรฐาน ASTM C33–67

ใช้ทรายจากการทดลองผสมครั้งที่ 4 มาใช้ผสมเป็นคอนกรีต

ตารางที่ 4.2 การคำนวณหาค่า โมดูลัสความละเอียด ของมวลรวมละเอียด

ขนาดตะแกรงมาตรฐาน	ร้อยละสะสมที่ค้างบนตะแกรง ขนาดต่างๆ				
	การทดลองครั้งที่ 1	การทดลองครั้งที่ 2	การทดลองครั้งที่ 3	การทดลองครั้งที่ 4	การทดลองครั้งที่ 5
เบอร์ 8	0	0	0	0	0
เบอร์ 16	15	20	25	30	15
เบอร์ 30	40	65	60	65	75
เบอร์ 50	70	85	80	85	90
เบอร์ 100	90	93	96	93	98
รวม	215	263	261	273	278
โมดูลัสความละเอียด	2.15	2.63	2.61	2.73	2.78

รูปที่ 4.1 แผนภูมิส่วนขนาดคละของมวลรวมละเอียด



(1) แสดงผลการทดลองผสมครั้งที่ 1 , โมดูลัสความละเอียด 2.15

(2) แสดงผลการทดลองผสมครั้งที่ 2 , โมดูลัสความละเอียด 2.63

(3) แสดงผลการทดลองผสมครั้งที่ 3 , โมดูลัสความละเอียด 2.61

(4) แสดงผลการทดลองผสมครั้งที่ 4 , โมดูลัสความละเอียด 2.73

(5) แสดงผลการทดลองผสมครั้งที่ 5 , โมดูลัสความละเอียด 2.78

ตารางที่ 4.3 การวิเคราะห์หาส่วนขนาดคละ และค่าโมดูลัสความละเอียดของมวลรวมหยาบ

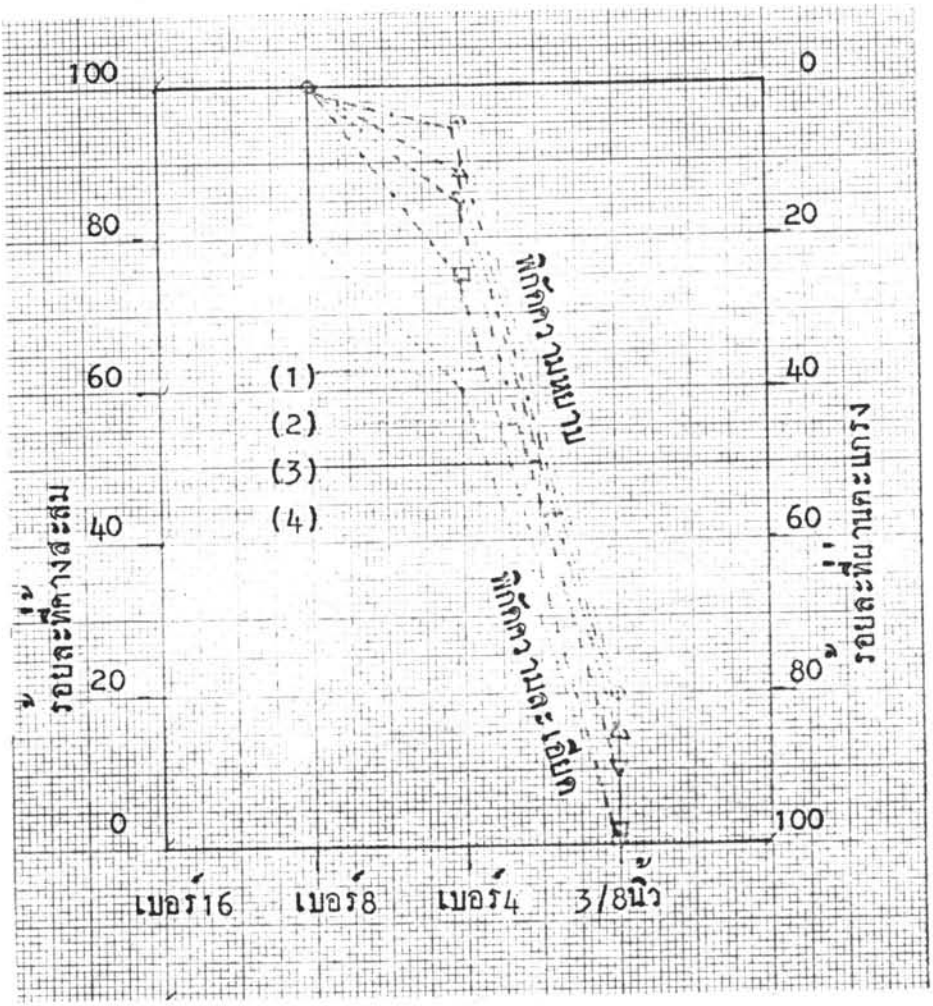
ขนาดตะแกรงมาตรฐาน	เปอร์เซ็นต์ที่ผ่านตะแกรง	เปอร์เซ็นต์ค้างสะสม	เปอร์เซ็นต์ค้างสะสม จากการทดลองผสม			
			ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4
3/8 นิ้ว	80 – 100	0 – 20	0	10	14	20
เบอร์ 4	5 – 40	60– 95	75	85	89	95
เบอร์ 8	0 – 20	80–100	100	100	100	100
เบอร์ 16	0	100	100	100	100	100
เบอร์ 30	0	100	100	100	100	100
เบอร์ 50	0	100	100	100	100	100
เบอร์ 100	0	100	100	100	100	100
รวม			575	595	603	615
ค่าโมดูลัสความละเอียด			5.75	5.95	6.03	6.15

ตามมาตรฐาน ASTM C330–77

ตารางที่ 4.4 การเลือกส่วนขนาดคละ ของมวลรวมหยาบ
โดยวิธีหาหน่วยน้ำหนักอัดแน่น

		หน่วยน้ำหนักอัดแน่น (กรัมต่อลิตร) จากการทดลองผสม				การทดลองที่ใช้ในการผสม
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ตัวอย่างคอนกรีต
ดินหนองงูเห่า	800 °ซ.	1064	1085	1105	1090	3
	900 °ซ.	1040	1045	1050	1035	3
	1000 °ซ.	1015	1025	1030	1015	3
	1100 °ซ.	975	985	995	1005	4
	1200 °ซ.	860	885	905	895	3
ดินบางเขน	800 °ซ.	–	995	1005	1020	4
	900 °ซ.	–	1005	1005	1010	4
	1000 °ซ.	–	1025	1040	1045	2
	1100 °ซ.	–	1080	1075	1055	2
	1200 °ซ.	–	1085	1085	1075	3
ดินบางมด	800 °ซ.	960	980	1000	985	3
	900 °ซ.	945	950	955	940	3
	1000 °ซ.	920	930	935	920	3
	1100 °ซ.	885	895	915	905	3

รูปที่ 4.2 แผนภูมิส่วนขนาดคละของมวลรวมหยาบ



(1) แสดงผลการทดลองผสมครั้งที่ 1 , โมดูลัสความละเอียด 5.75

(2) แสดงผลการทดลองผสมครั้งที่ 2 , โมดูลัสความละเอียด 5.95

(3) แสดงผลการทดลองผสมครั้งที่ 3 , โมดูลัสความละเอียด 6.03

(4) แสดงผลการทดลองผสมครั้งที่ 4 , โมดูลัสความละเอียด 6.15

I 15881062

4.2 ผลการทดลองหาปฏิภาคส่วนผสม

สัดส่วนการผสมของซีเมนต์ ทราย และกรวดดิน เผาจากการทดลองผสม 3 การผสม ได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.5 ปริมาณน้ำที่ใช้ในการผสมได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.6 ซึ่งปริมาณน้ำที่ใช้ผสมนี้ควบคุมได้จากการทดสอบการยุบ โดยให้การยุบลดลงประมาณ 2.5 นิ้ว และเนื่องจากการผสมเป็นคอนกรีตนี้ มวลรวมหยาบมีแนวโน้มที่จะแยกตัวออกจากมวลรวมละเอียด[2] เพราะความถ่วงจำเพาะน้อยกว่า ดังนั้นปริมาณน้ำที่จะใช้ผสมนี้จึงต้องควบคุมเป็นพิเศษ ให้ได้ปริมาณน้ำที่พอดีที่จะทำให้คอนกรีตไม่เกิดการแยกตัวได้

สัดส่วนการผสมที่แสดงไว้ในตารางที่ 4.5 และตารางที่ 4.6 นี้ เป็นการใช้สัดส่วนของทราย ต่อกรวดดินเผาเป็น 1 ต่อ 2 โดยปริมาตร และเป็นค่าปริมาณของส่วนผสมที่ผสมได้คอนกรีตปริมาตร 1 ลูกบาศก์เมตร ซึ่งค่าต่างๆเหล่านี้ได้มาจากการทดลองผสม (Trial Mix Method)[4]

ตารางที่ 4.5 สัดส่วนการผสมของซีเมนต์ ทราย และกรวดดินเผา เมื่อผสมเป็นคอนกรีต 1 ลูกบาศก์เมตร

รายการ	ส่วนผสมที่ 1	ส่วนผสมที่ 2	ส่วนผสมที่ 3
ซีเมนต์ กก.	300	350	400
ทราย กก.	670	670	670
กรวดดินเผา กก.	815	815	815

ตารางที่ 4.6 ปริมาณน้ำที่ใช้ผสมในคอนกรีต 1 ลูกบาศก์เมตร สำหรับมวลรวมหยาบชนิดต่างๆกัน

ชนิดของมวลรวมหยาบ		ปริมาณน้ำจากการทดลองผสม (กก.)		
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
หินหนองงูเห่า	800 °ซ.	300	304.5	304.5
	900 °ซ.	342	342.5	345
	1000 °ซ.	276	287	292
	1100 °ซ.	288	294	300
	1200 °ซ.	288	294	304
หินบางเขน	800 °ซ.	324	329	344
	900 °ซ.	306	322	344
	1000 °ซ.	315	332.5	340
	1100 °ซ.	252	255.5	276
	1200 °ซ.	240	266	272
หินบางมด	800 °ซ.	300	322	348
	900 °ซ.	303	315	328
	1000 °ซ.	297	308	320
	1100 °ซ.	291	305	316

4.3 ผลการทดลองหาค่าหน่วยน้ำหนักของคอนกรีต

ผลการทดลองหาค่าหน่วยน้ำหนักของคอนกรีตได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.11 ซึ่งพอจะนำมาวิเคราะห์จากที่มาของแหล่งดินได้ดังนี้

4.3.1 ดินหนองงูเห่า(ส่วนผสมที่ 2) ที่อุณหภูมิ 800 ถึง 1000 °ซ. หน่วยน้ำหนักจะใกล้เคียงกัน โดยอยู่ในช่วง 1990 ถึง 2030 กก./ม.^{3} ที่อุณหภูมิ 1100 °ซ. หน่วยน้ำหนักประมาณ 1970 กก./ม.^{3} ที่อุณหภูมิ 1200 °ซ. หน่วยน้ำหนักประมาณ 1840 กก./ม.^{3} ทั้งนี้เพราะที่อุณหภูมิ 800 ถึง 1000 °ซ. กรวดดินเผายังไม่ขยายตัว หน่วยน้ำหนักจึงสูง ที่อุณหภูมิ 1100 °ซ. กรวดดินเผาเริ่มขยายตัว เพราะผ่านจุดอ่อนตัวของดิน (Softening Point) หน่วยน้ำหนักจึงเริ่มลดลง ที่อุณหภูมิ 1200 °ซ. หน่วยน้ำหนักยังคงลดลงต่อไปเนื่องจากกรวดดินเผาเกิดการขยายตัวมากขึ้น จนถึงจุดหลอมเหลว(Fusion Point) ที่อุณหภูมิสูงกว่า 1200 °ซ. หน่วยน้ำหนักกรวดดินเผาจะมีค่าต่ำสุด

4.3.2 ดินบางเชน หน่วยน้ำหนักของคอนกรีตทุกอุณหภูมิอยู่ในช่วง 2055 ถึง 2080 กก./ม.^{3} ทั้งนี้แสดงว่าก๊าซที่เกิดขึ้นภายในกรวดดินเผา เกิดที่อุณหภูมิต่ำกว่าจุดอ่อนตัวของดิน และมีปริมาณไม่มากพอที่จะทำให้เกิดการขยายตัวได้ ค่าหน่วยน้ำหนักจึงไม่เปลี่ยนแปลงมากอย่างกรวดดินเผาหนองงูเห่า และบางมด

4.3.3 ดินบางมด ที่อุณหภูมิ 800 °ซ. ถึง 900 °ซ. หน่วยน้ำหนักประมาณ 2000 กก./ม.^{3} ที่อุณหภูมิ 1000 °ซ. หน่วยน้ำหนักประมาณ 1920 กก./ม.^{3} และที่อุณหภูมิ 1100 °ซ. หน่วยน้ำหนักประมาณ 1780 กก./ม.^{3} ทั้งนี้เพราะที่อุณหภูมิ 800 ถึง 900 °ซ. ดินยังไม่ขยายตัวหน่วยน้ำหนักจึงสูง ที่อุณหภูมิ 1000 °ซ. ดินเริ่มเข้าสู่จุดอ่อนตัว ทำให้หน่วยน้ำหนักเริ่มลดลง ที่อุณหภูมิ 1100 °ซ. ดินเข้าใกล้จุดหลอมเหลว การขยายตัวเพิ่มขึ้นหน่วยน้ำหนักจึงลดลง

ลักษณะของกรวดดินเผาที่บวมตัว ได้แสดงไว้ในรูปที่ 4.18

ตารางที่ 4.7 หน่วยน้ำหนักของคอนกรีต

อุณหภูมิ °ซ.	ส่วนผสมที่	หน่วยน้ำหนัก (เฉลี่ย 3 ตัวอย่าง) กก./ม.³		
		ดินหนองงูเห่า	ดินบางเขน	ดินบางมด
800	1	1995	2020	1995
	2	2015	2078	1998
	3	2040	2104	2004
900	1	1985	2053	1980
	2	1990	2056	2006
	3	2005	2060	2010
1000	1	2018	2037	1904
	2	2028	2063	1922
	3	2065	2082	1934
1100	1	1962	2031	1770
	2	1973	2079	1783
	3	1996	2083	1805
1200	1	1833	2072	—
	2	1845	2073	—
	3	1885	2078	—

4.4 ผลการทดลองหาค่ากำลังรับแรงอัด

เนื่องจากกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตนั้นสามารถแบ่งส่วนที่รับแรงอัดได้เป็น สองส่วน คือส่วนของมวลรวม และส่วนของซีเมนต์เพสต์[4] จะเห็นว่าคอนกรีตที่มีเนื้อซีเมนต์เพสต์มากจะรับแรงอัดได้ดีกว่าคอนกรีตที่มีเนื้อซีเมนต์เพสต์น้อย เพราะเนื้อซีเมนต์เพสต์จะไปช่วยรับแรงอัดได้มากขึ้น ส่วนมวลรวมนั้นเป็นส่วนสำคัญส่วนหนึ่ง ถ้าตัวมวลรวมเองมีความแข็งแรงมากก็จะทำให้คอนกรีตรับแรงอัดได้สูง ซึ่งสามารถนำมาวิเคราะห์ผลการทดลองของกรวดดินเผาจากแหล่งต่างๆในตารางที่ 4.7 ถึง 4.9 ได้ดังนี้

4.4.1 <u>กรวดดินเผาหนองงูเห่า</u> ที่อุณหภูมิ 800 ถึง 900 °ซ. กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตจะต่ำประมาณ 150 กก./ซม.^{2} (ส่วนผสมที่ 2) ที่อุณหภูมิ 1000 ถึง 1200 °ซ. จะได้กำลังรับแรงอัด 260 ถึง 285 กก./ซม.^{2} ซึ่งพอจะอธิบายได้ตาม F.H. Norton [9] ที่อธิบายไว้ว่า กรวดดินเผาเมื่อถูกความร้อนจะทำให้น้ำที่ถูกดูดซึมเข้าไปเกิดการสูญเสียทำให้กำลังรับแรงอัดลดลงเล็กน้อย เนื่องจากแรงดึงดูดระหว่างอนุภาคลดลง น้ำอีกส่วนหนึ่งที่ประกอบอยู่ภายในโครงสร้างของดินจะถูกขับออกไปอีกเมื่อได้รับความร้อน จึงไปทำลายโครงสร้างในกรวดดินเผา ทำให้ความแข็งแรงของกรวดดินเผาลดลงอีก จนกระทั่งกรวดดินถูกเผาถึงอุณหภูมิหนึ่ง กำลังรับแรงอัดก็จะเริ่มเพิ่มขึ้น เนื่องจากส่วนประกอบภายในกรวดดินเผาเริ่มรวมตัวกันเป็นโครงสร้างผลึกขึ้นมาใหม่ ยังผลให้กำลังรับแรงอัดของดินเพิ่มขึ้น

กรวดดินเผาหนองงูเห่าที่อุณหภูมิ 800 และ 900 °ซ. อยู่ในกรณีที่น้ำถูกขับออกจากกรวดดินเผา กำลังรับแรงอัดจึงน้อย ส่วนที่อุณหภูมิ 1000 ถึง 1200 °ซ. กรวดดินเผาเริ่มรวมตัวเป็นโครงสร้างผลึกขึ้นมาใหม่ กำลังรับแรงอัดจึงสูงขึ้น

4.4.2 <u>กรวดดินเผาบางเขน</u> กำลังรับแรงอัดจะดีขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นตามลำดับตั้งแต่ 800 ถึง 1100 °ซ. โดยมีกำลังรับแรงอัดตั้งแต่ 180 ถึง 350 กก./ซม.^{2} ซึ่งนับว่าเป็นคอนกรีตที่มีกำลังรับแรงอัดสูง พอจะนำมาอธิบายได้ว่าที่อุณหภูมิ 800 ถึง

1100 °ซ. น้ำถูกขับออกจากกรวดดินเผาหมดแล้ว และกรวดดินเผาก็เริ่มรวมตัวกันเป็นโครงสร้างผลึกที่มีความแข็งแรง ทำให้กำลังรับแรงอัดสูงขึ้นเรื่อยๆ แต่ที่อุณหภูมิ 1200 °ซ. กำลังรับแรงอัดจะลดลงเล็กน้อย อธิบายได้ว่ากรวดดินเผาเริ่มถึงจุดอ่อนตัว ทำให้เกิดรูพรุนชนิดปิดมากขึ้น โดยเปรียบเทียบได้จากการดูดซึมดังตารางที่แสดงไว้ในภาคผนวก ซึ่งค่าการดูดซึมจะลดลงอย่างมาก ทำให้มอร์ตาร์แทรกเข้าไปในรูพรุนได้น้อยกว่า เป็นผลให้กรวดดินเผาในตัวอย่างคอนกรีตรับกำลังอัดได้น้อยลง

4.4.3 <u>กรวดดินเผาบางมด</u> กำลังรับแรงอัดจะดีขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นตามลำดับ ตั้งแต่ 800 ถึง 1000 °ซ. โดยมีกำลังรับแรงอัดตั้งแต่ 130 ถึง 160 กก./ซม.^{2} และกำลังรับแรงอัดจะลดลงที่อุณหภูมิ 1100 °ซ. จึงอธิบายได้เช่นเดียวกันกับกรวดบางเขน ที่อุณหภูมิ 1100 °ซ. กรวดดินเผามีรูพรุนมากขึ้น น้ำหนักก็เบาขึ้น ทำให้กำลังรับแรงอัดลดลง

จะเห็นว่าในกรวดดินเผาทั้ง 3 ชนิดนี้ กรวดดินเผาบางเขนสามารถรับแรงอัดได้สูงสุดถึง 350 กก./ซม.^{2} กรวดดินเผาหนองงูเห่ารับแรงอัดได้สูงถึง 280 กก./ซม.^{2} กรวดดินเผาบางมดรับแรงอัดได้สูงถึง 160 กก./ซม.^{2} อธิบายได้ตามเหตุผลที่ว่า กรวดดินเผาที่มีหน่วยน้ำหนักมากเพราะมีโครงสร้างที่มีรูพรุนน้อย โครงสร้างจึงแข็งแรงสามารถรับแรงอัดได้สูง[4] กรวดดินเผาบางเขน กรวดดินเผาหนองงูเห่า และกรวดดินเผาบางมด เมื่อผสมเป็นคอนกรีตจะมีหน่วยน้ำหนักมากน้อยเรียงมาตามลำดับ จึงมีกำลังรับแรงอัดมากน้อยเรียงมาตามลำดับเช่นเดียวกันด้วย และคุณสมบัติในการรับแรงอัดยังขึ้นอยู่กับโครงสร้างภายในของมวลรวมแต่ละชนิด ทำให้มีความสามารถในการรับแรงอัดไม่เท่ากัน ถึงแม้จะมีหน่วยน้ำหนักใกล้เคียงกัน

จากข้อกำหนดของคอนกรีตเบาในการก่อสร้างทั่วไป[5] อธิบายไว้ว่าหน่วยน้ำหนักของคอนกรีตเบาจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับกำลังรับแรงอัด โดยกำหนดให้น้ำหนักสูงสุดไม่เกิน 1840 กก./ม.^{3} และที่หน่วยน้ำหนักนี้ต้องมีกำลังรับแรงอัดต่ำสุด 280 กก./ซม.^{2} ซึ่งกรวดดินเผาหนองงูเห่าอยู่ในเกณฑ์นี้ ส่วนกรวดดินเผาบางมดนั้นถึงแม้จะรับแรงอัดได้สูงแต่หน่วยน้ำหนักก็สูงด้วย และกรวดดินเผาบางมดนั้นถึงแม้หน่วยน้ำหนักต่ำ กำลังรับแรงอัดก็ต่ำด้วย

ตารางที่ 4.8 ค่าหน่วยกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตดินเผาหนองงูเห่าเป็นมวลรวมหยาบ

อุณหภูมิของเม็ดดินเผา °ซ.	ส่วนผสม	หน่วยกำลังรับแรงอัดประลัยที่ 14 วัน กก./ซม.^{2}	หน่วยกำลังรับแรงอัดประลัยที่ 28 วัน กก./ซม.^{2}
800	1	85	122
	2	124	147
	3	150	185
900	1	128	132
	2	132	152
	3	160	195
1000	1	180	220
	2	214	262
	3	220	270
1100	1	150	207
	2	206	261
	3	216	275
1200	1	176	198
	2	210	283
	3	240	306

หมายเหตุ ค่าต่างๆแต่ละค่าที่ได้แสดงไว้นี้ เป็นค่าเฉลี่ยจากตัวอย่างคอนกรีต 3 ตัวอย่าง

ตารางที่ 4.9 ค่ากำลังรับแรงอัดของคอนกรีตใช้ดินเผาบางเขนเป็นมวลรวมหยาบ

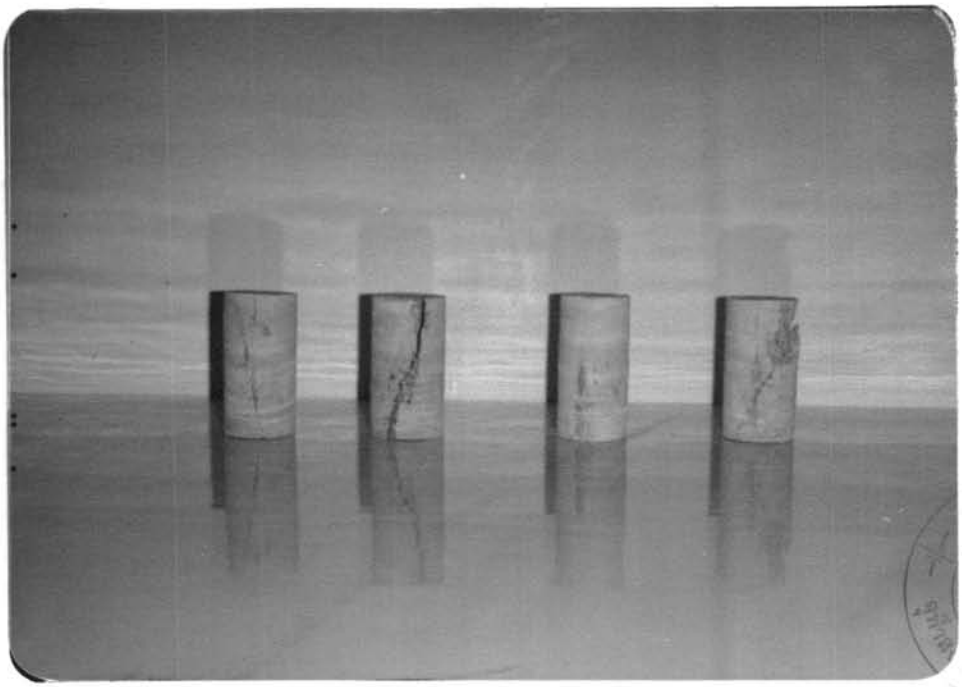
อุณหภูมิของเม็ดดินเผา °ซ.	ส่วนผสม	หน่วยกำลังรับแรงอัด - ประลัย ที่ 14 วัน กก./ซม.^{2}	หน่วยกำลังรับแรงอัด - ประลัย ที่ 28 วัน กก./ซม.^{2}
800	1	107	173
	2	120	180
	3	137	194
900	1	111	174
	2	133	184
	3	139	202
1000	1	146	198
	2	156	243
	3	178	250
1100	1	229	274
	2	255	348
	3	302	362
1200	1	185	268
	2	254	308
	3	262	309

หมายเหตุ ค่าต่างๆแต่ละค่าที่ได้แสดงไว้นี้ เป็นค่าเฉลี่ยจากตัวอย่างคอนกรีต 3 ตัวอย่าง

ตารางที่ 4.10 ค่าหน่วยกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตใช้ดินเผาบางมดเป็นมวลรวมหยาบ

อุณหภูมิของเม็ดดินเผา °ซ.	ส่วนผสม	หน่วยกำลังรับแรงอัด – ประลัย ที่ 14 วัน กก./ซม.^{2}	หน่วยกำลังรับแรงอัด – ประลัย ที่ 28 วัน กก./ซม.^{2}
800	1	92	111
	2	117	130
	3	133	148
900	1	98	116
	2	119	136
	3	140	161
1000	1	140	158
	2	155	175
	3	178	200
1100	1	99	125
	2	132	160
	3	155	175

หมายเหตุ ค่าต่างๆแต่ละค่าที่ได้แสดงไว้นี้ เป็นค่าเฉลี่ยจากตัวอย่างคอนกรีต 3ตัวอย่าง



รูปที่ 4.3 ลักษณะการแตกของแท่งคอนกรีตเมื่อรับแรงอัด

4.5 <u>ผลการทดลองหาค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีต</u>

ผลการทดลองหาค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีตได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.10 ซึ่งพอจะนำมาวิเคราะห์ตามชนิดของกรวดคินเผาได้ดังนี้

4.5.1 <u>กรวดคินเผาหนองงูเห่า</u> ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นจะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น โดยมีค่าตั้งแต่ 6.4 ถึง 8.6×10^4 กก./ซม.^{2} อธิบายได้ว่ากรวดคินเผาได้รวมตัวกันเป็นโครงสร้างผลึกที่มีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ คุณสมบัติในการยืดหยุ่นก็ลดลง ทำให้ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นสูงขึ้น

4.5.2 <u>กรวดคินเผาบางเขน</u> ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นจะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น โดยมีค่าตั้งแต่ 6.7 ถึง 10.6×10^4 กก./ซม.^{2} อธิบายได้เช่นเดียวกับกรวดคินเผาหนองงูเห่า

4.5.3 <u>กรวดดินเผาบางมด</u> ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นมีค่าตั้งแต่ 4.0 ถึง 5.1×10^4 กก./ซม.^{2} อธิบายได้เช่นเดียวกับกรวดดินเผาทั้ง 2 ชนิดที่กล่าวมา

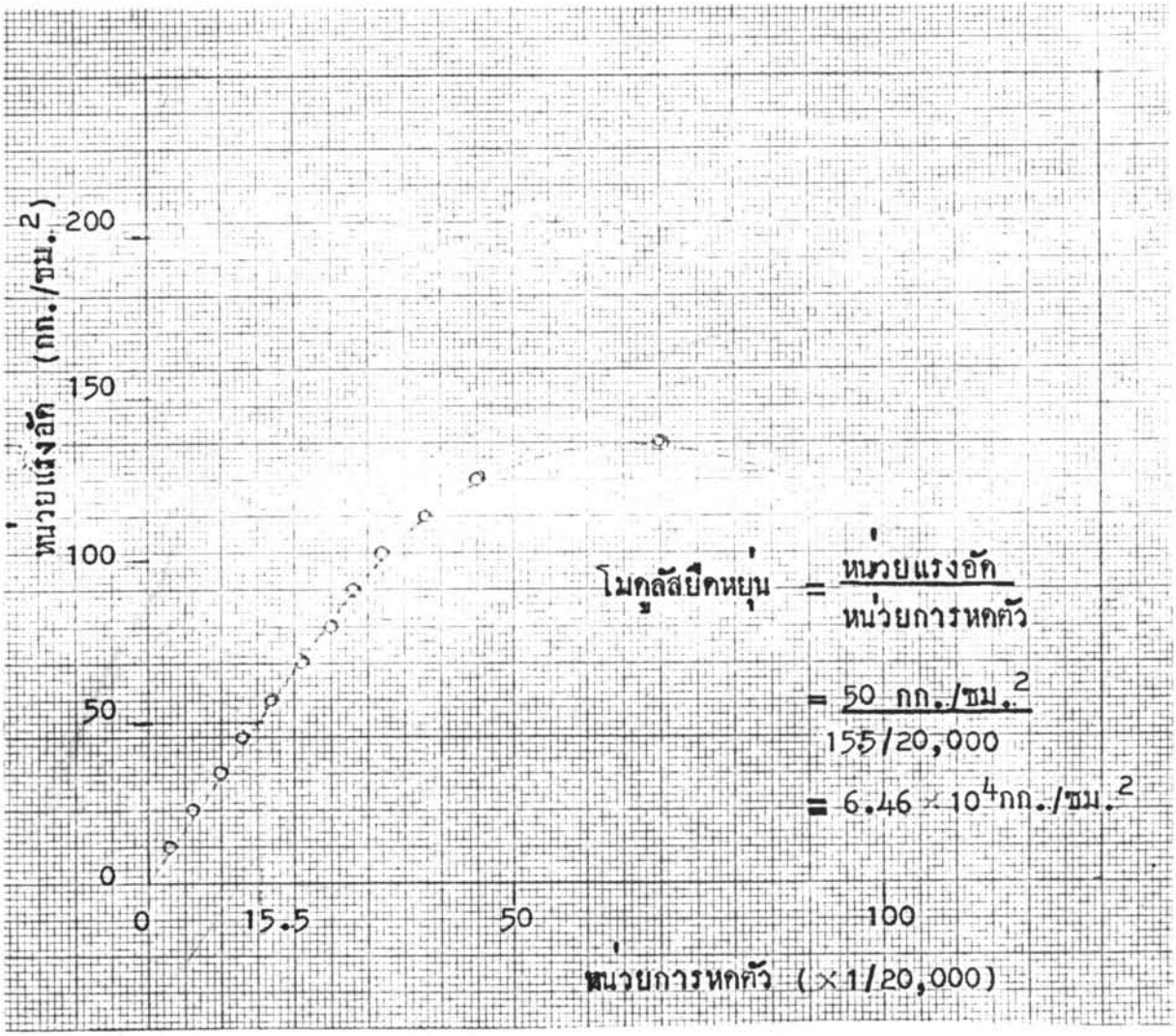
จะเห็นว่ากรวดดินเผาบางเขนมีค่าโมดูลัสยืดหยุ่นสูงสุด เพราะมีโครงสร้างที่แข็งแรง มีความยืดหยุ่นน้อยดังได้อธิบายไว้แล้วในข้อ 4.3

ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีตเบาที่ทดลองนี้ จะมีค่าประมาณครึ่งหนึ่งของคอนกรีตธรรมดา เพราะเกิดจากความแตกต่างของมวลรวมหยาบ กรวดดินเผามีโครงสร้างที่พรุน มีความแข็งแรงน้อยกว่าหิน ย่อมมีความยืดหยุ่นมากกว่าหิน ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีตเบาจึงน้อยกว่าคอนกรีตธรรมดา

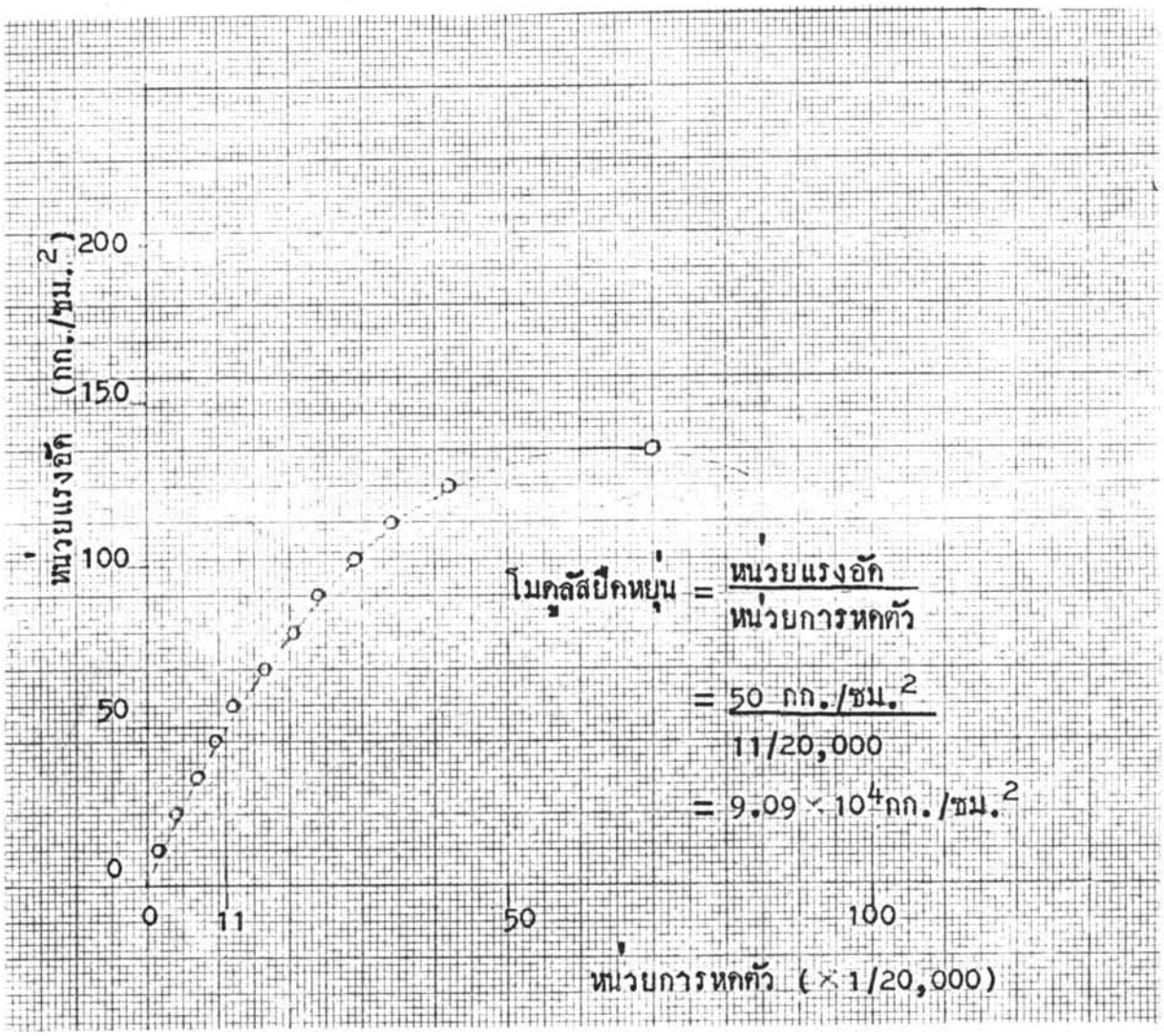
ตารางที่ 4.11 ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีต (ส่วนผสมที่ 2)

อุณหภูมิ °ซ.	ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีต $\times 10^4$ กก./ซม.^{2}		
	ดินหนองงูเห่า	ดินบางเขน	ดินบางมด
800	6.46	6.70	4.87
900	7.70	7.23	4.07
1000	7.14	8.07	5.44
1100	6.95	10.64	5.14
1200	8.61	9.83	—

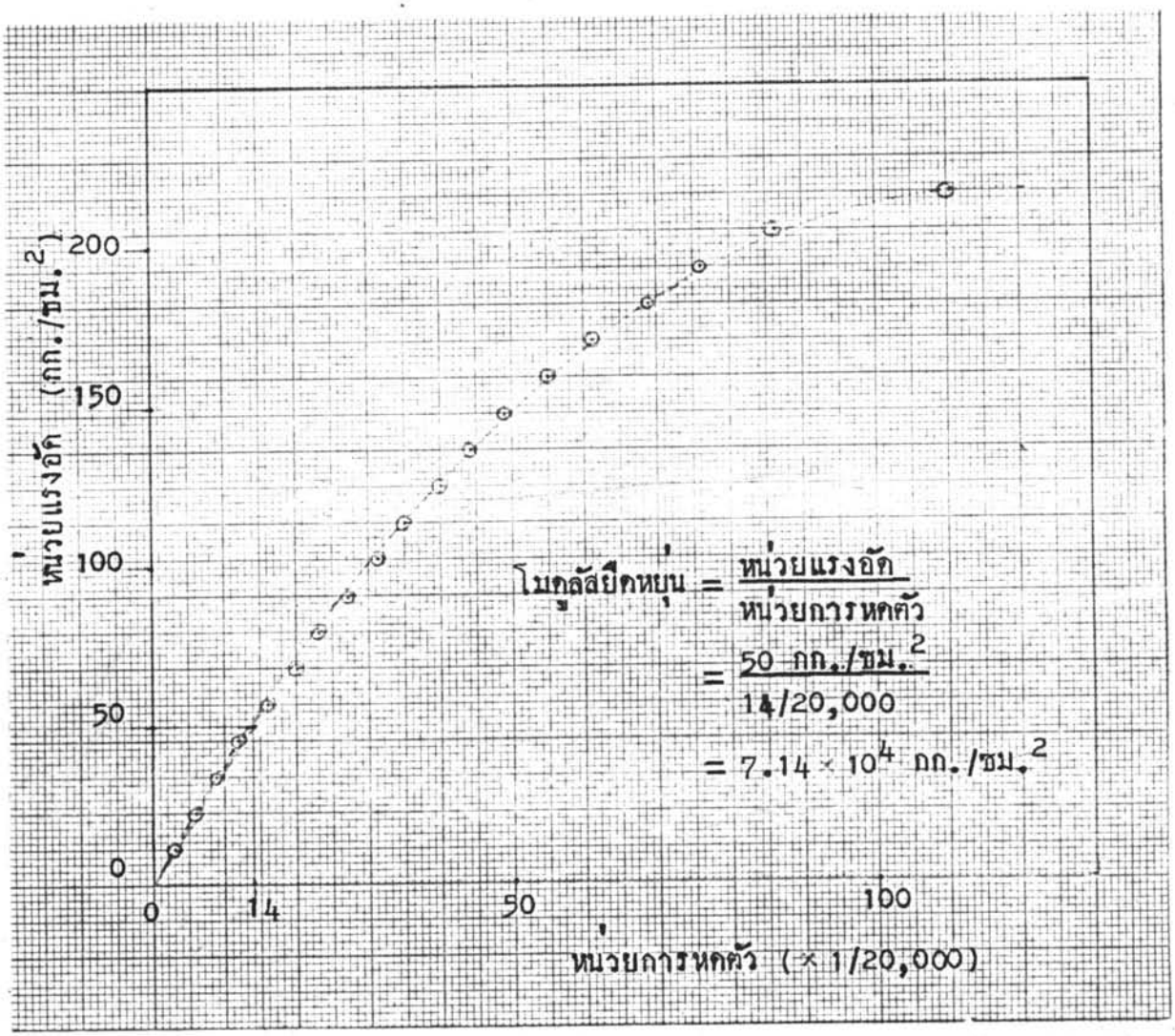
รูปที่ 4.4 ถึง 4.17 แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงอัด กับหน่วยการหดตัวของคอนกรีต



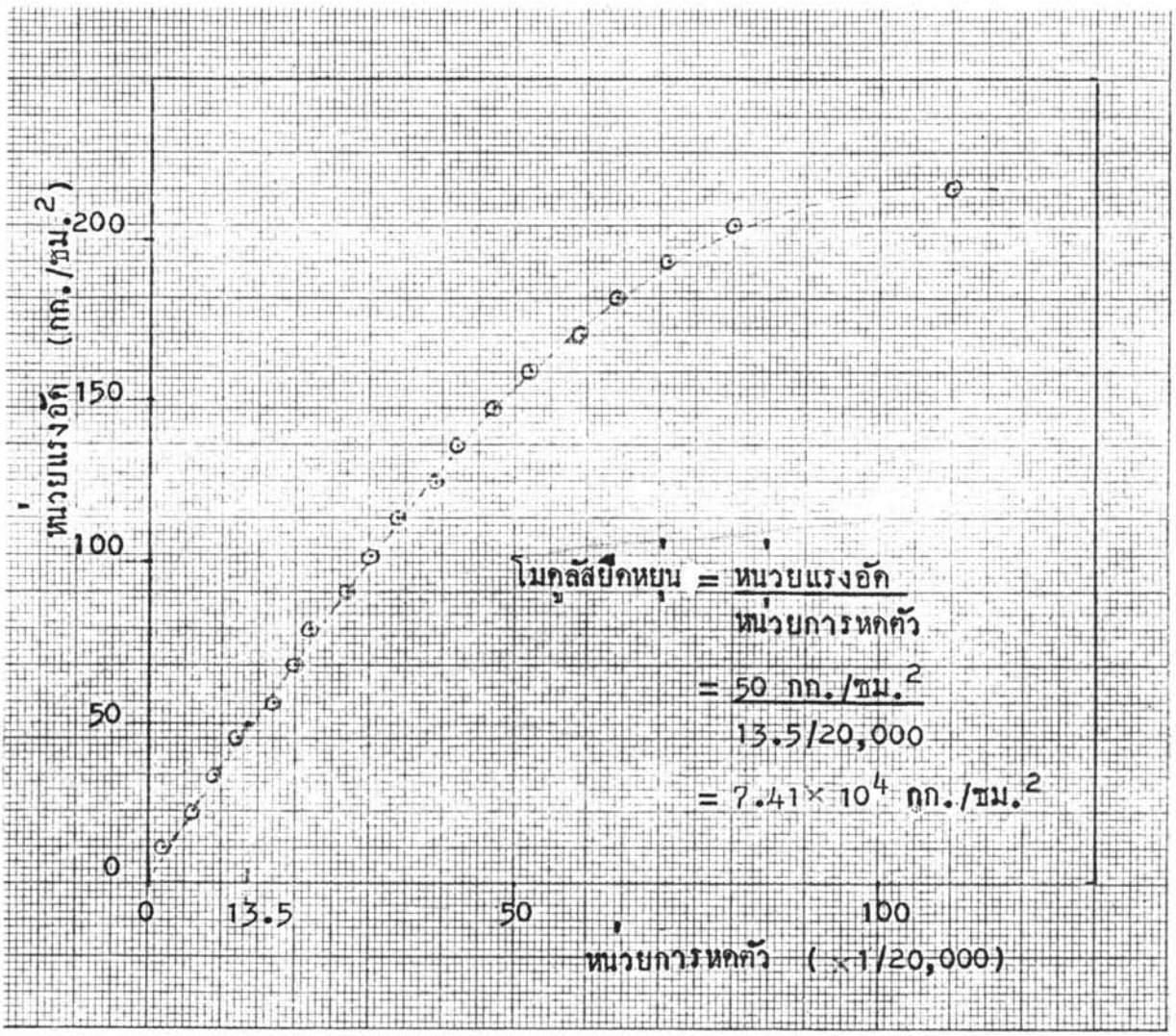
รูปที่ 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงอัดกับหน่วยการหดตัวของคอนกรีต ใช้กรวดกินเผาหนองงูเห่า 800 °ซ. เป็นมวลรวมหยาบ



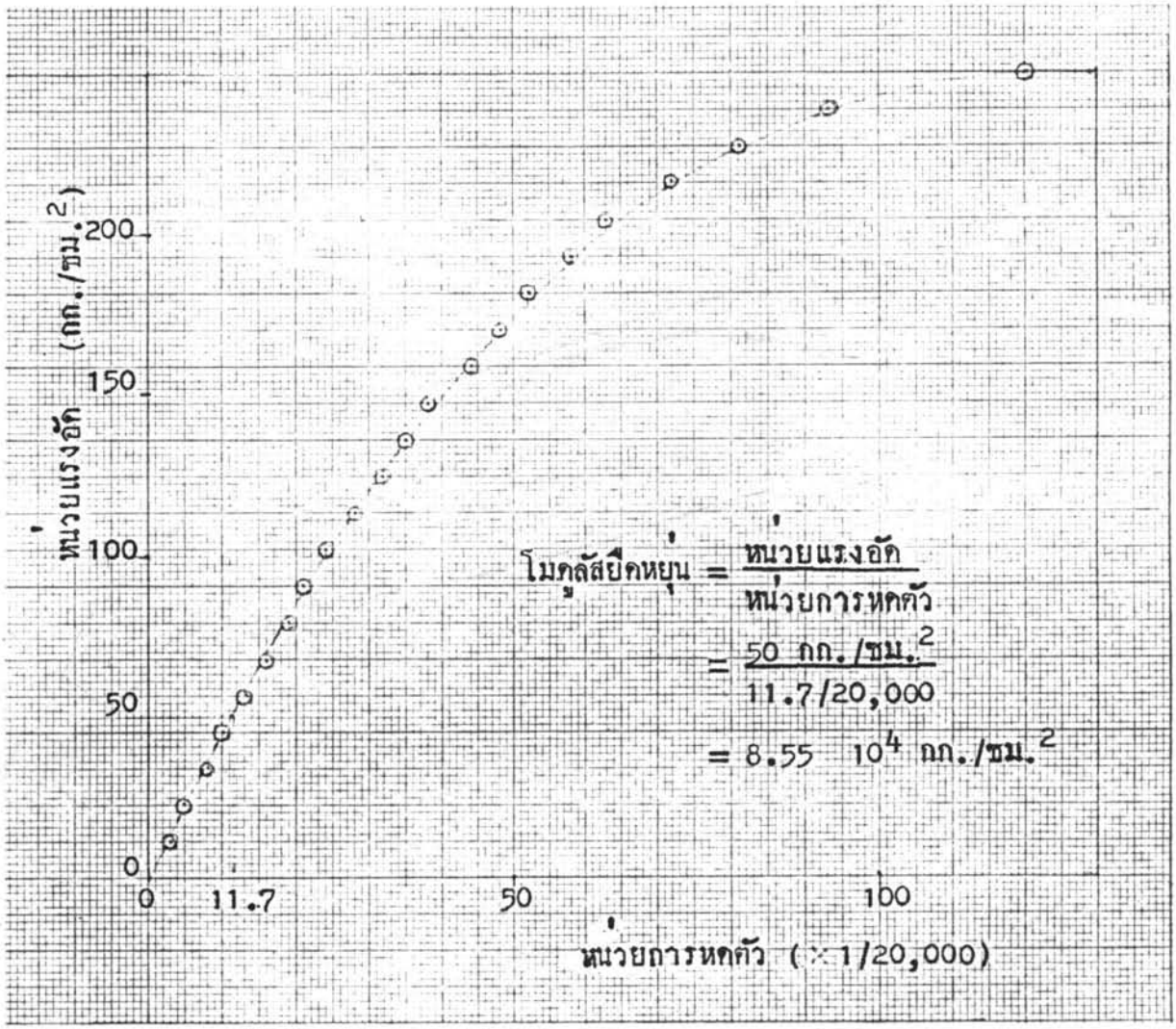
รูปที่ 4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงอัดกับหน่วยการหดตัวของคอนกรีตใช้กรวดหินเผาหนองงูเห่า 900 °ซ. เป็นมวลรวมหยาบ



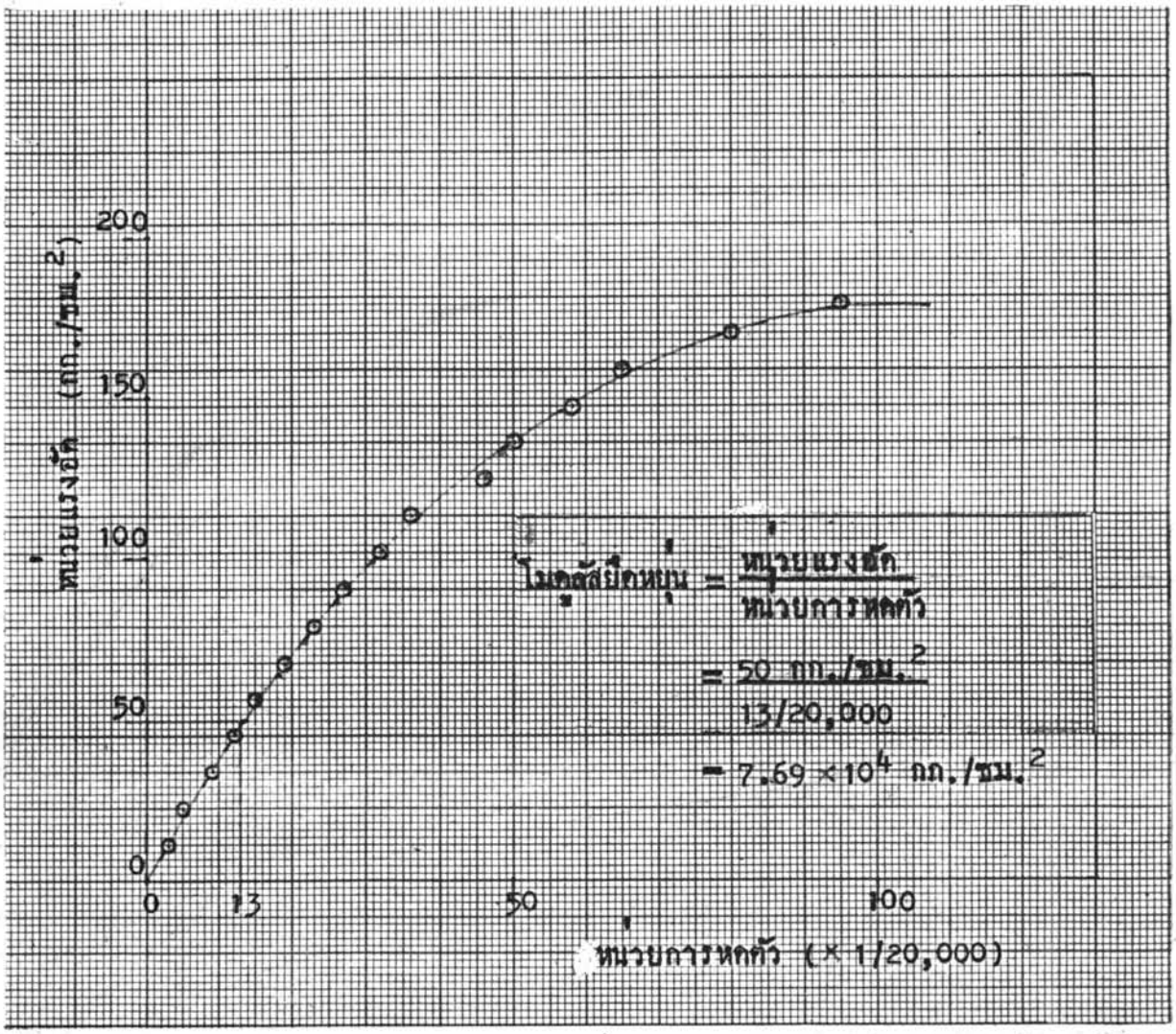
รูปที่ 4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงอัดกับหน่วยการหดตัวของคอนกรีต ใช้กรวดคันเขาหนองงูเห่า 1000 ° ซ. เป็นมวลรวมหยาบ



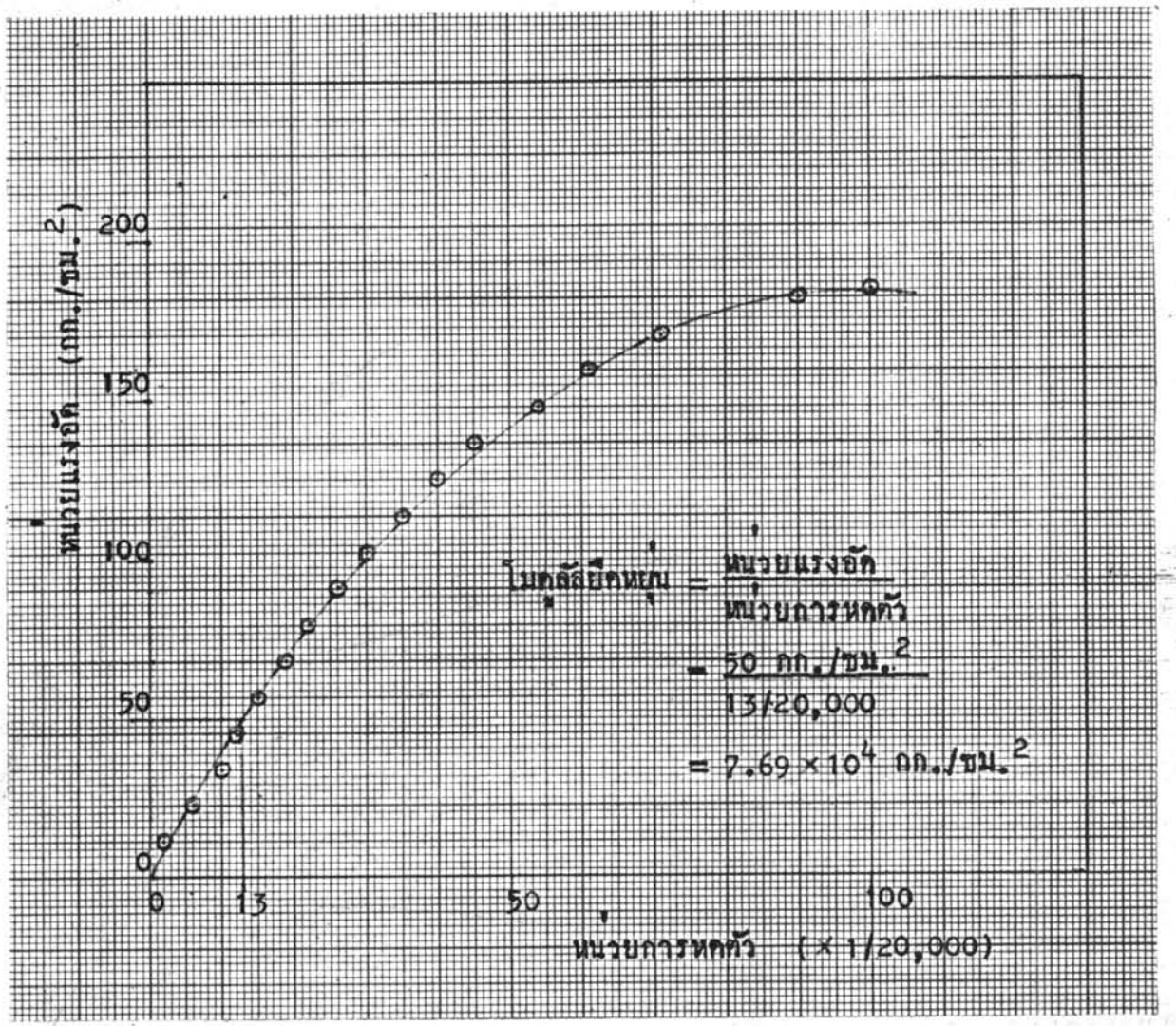
รูปที่ 4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงอัดกับหน่วยการหดตัวของคอนกรีต ใช้กรวดกินเผาหนองงูเห่า 1100 °ซ. เป็นมวลรวมหยาบ



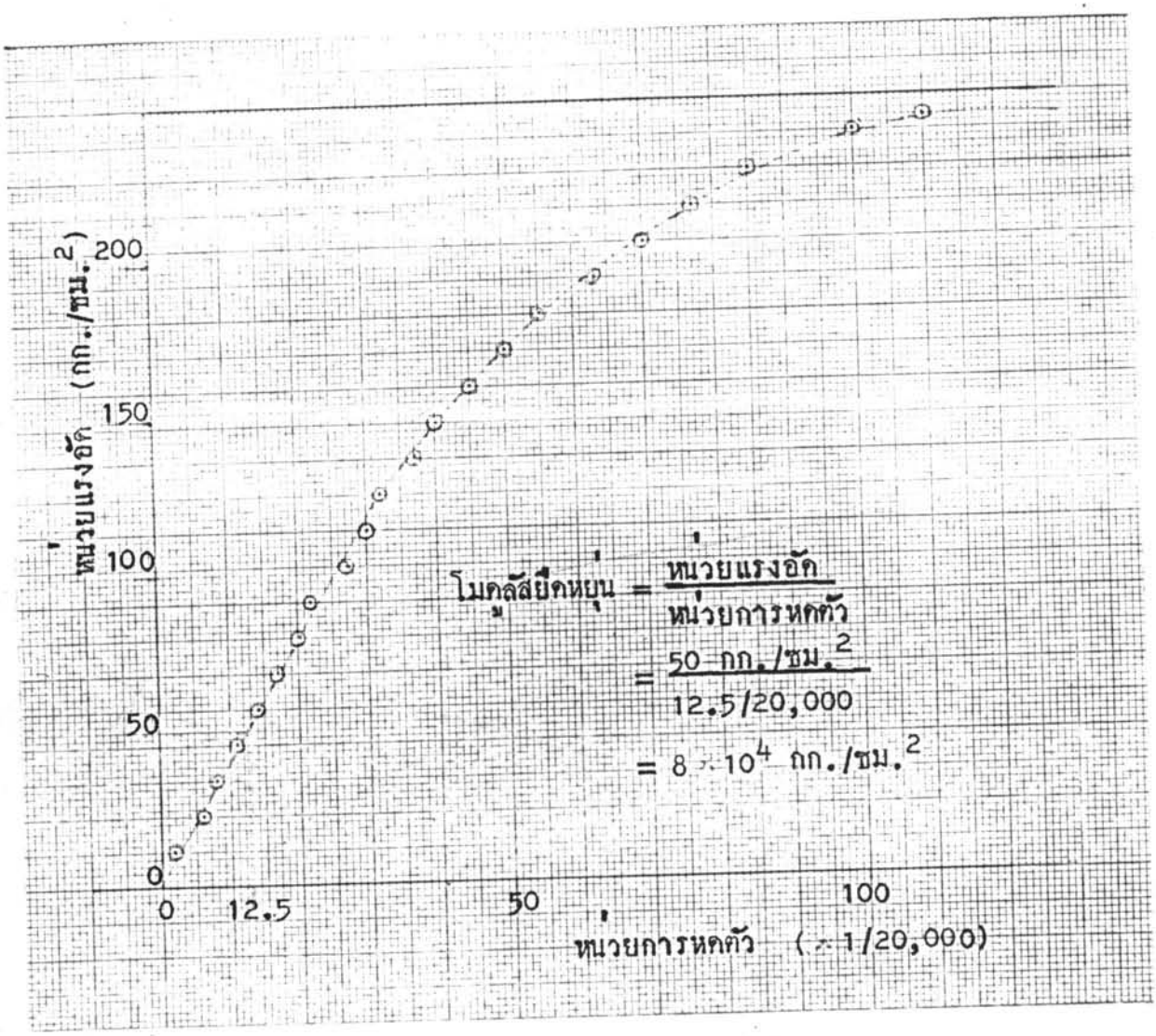
รูปที่ 4.8 ความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงอัดกับหน่วยการหดตัวของคอนกรีต ใช้กรวดคันเขาหนองงูเห่า 1200 °ซ. เป็นมวลรวมหยาบ



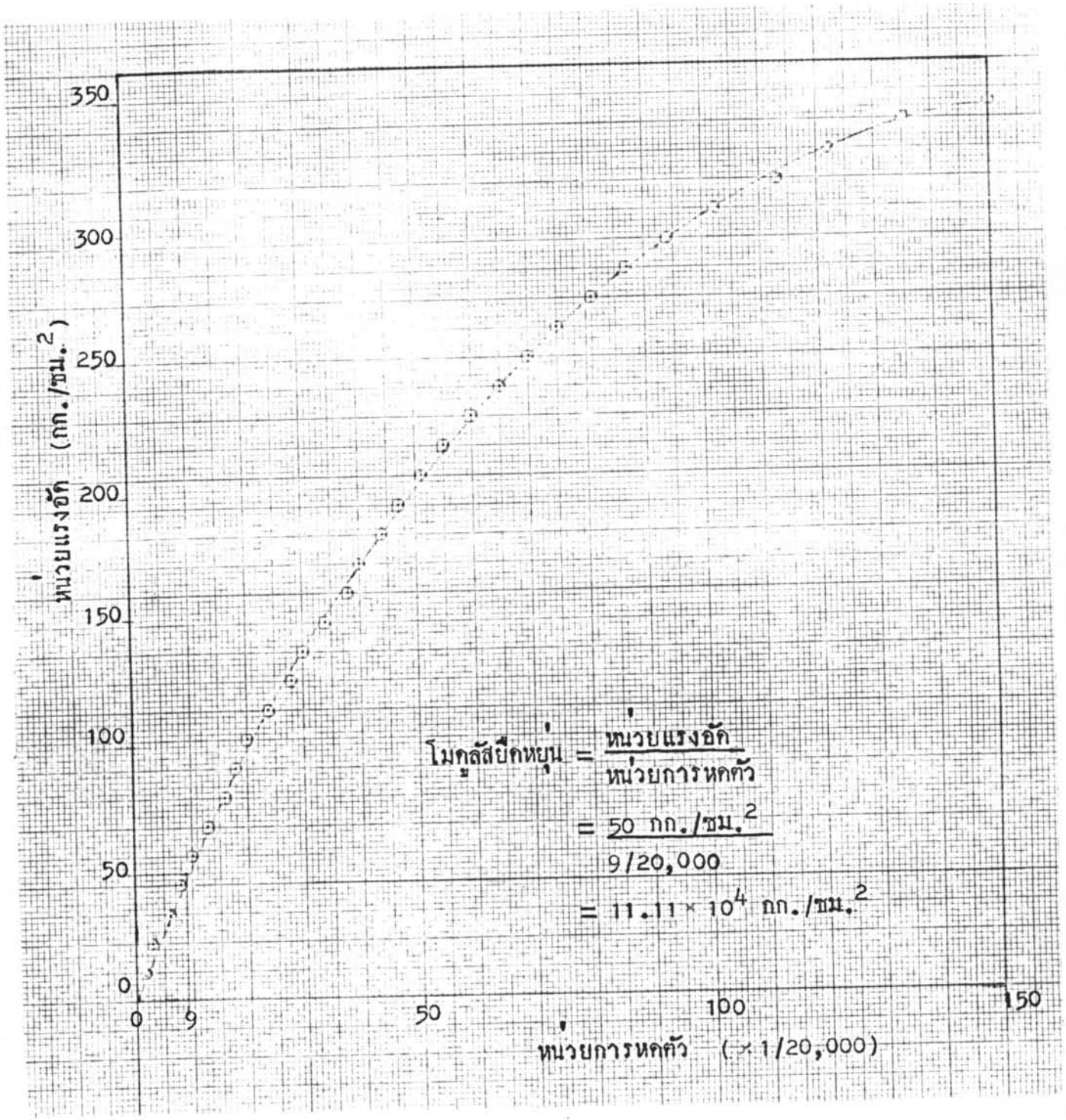
รูปที่ 4.9 ความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงอัดกับหน่วยการหดตัวของคอนกรีต ใช้กรวดกินเผาบางเชน 800 °ซ. เป็นมวลรวมหยาบ



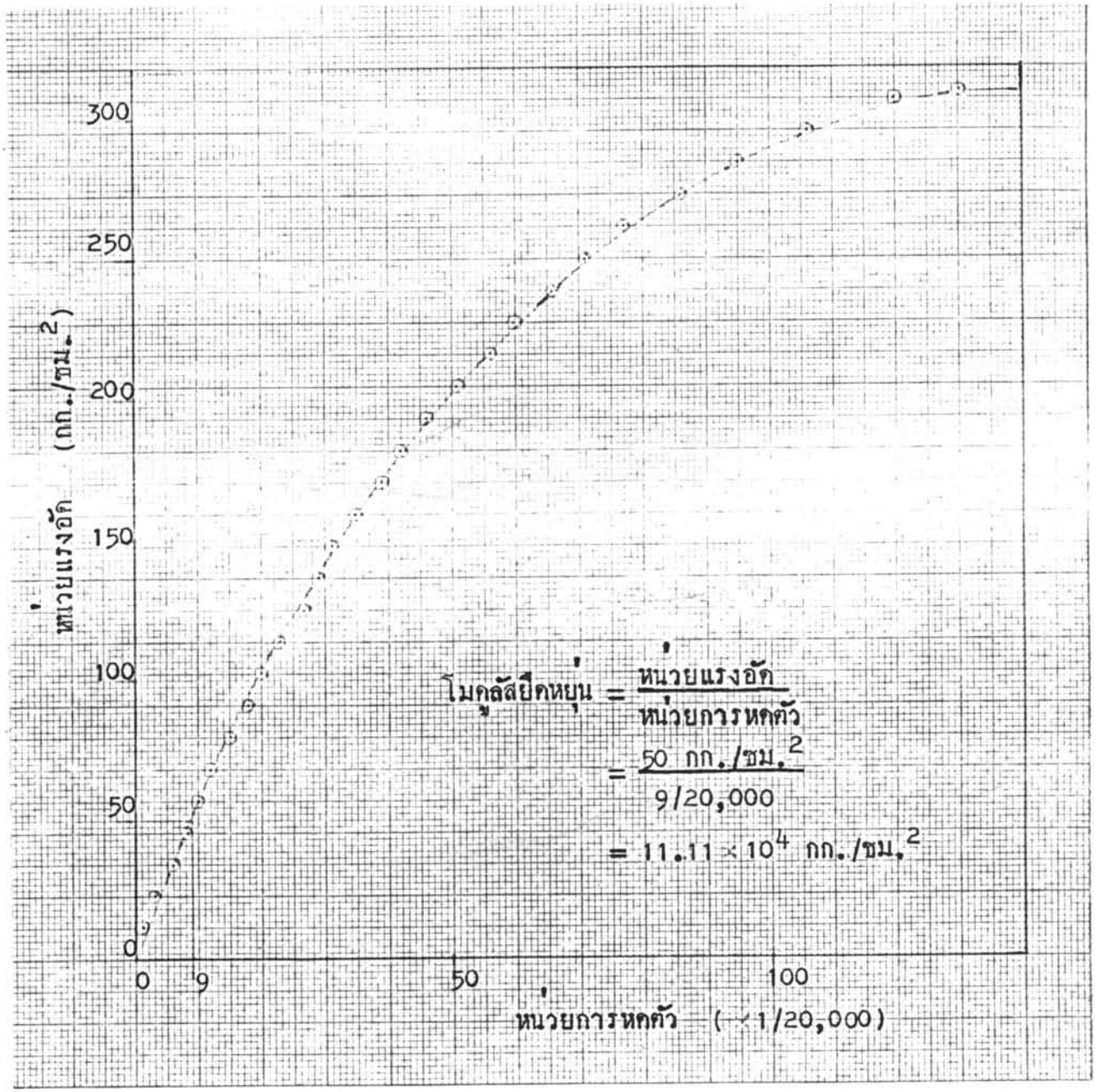
รูปที่ 4.10 ความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงอัดกับหน่วยการหดตัวของคอนกรีต ใช้กรวดกินเผาบางเขน 900 °ซ. เป็นมวลรวมหยาบ



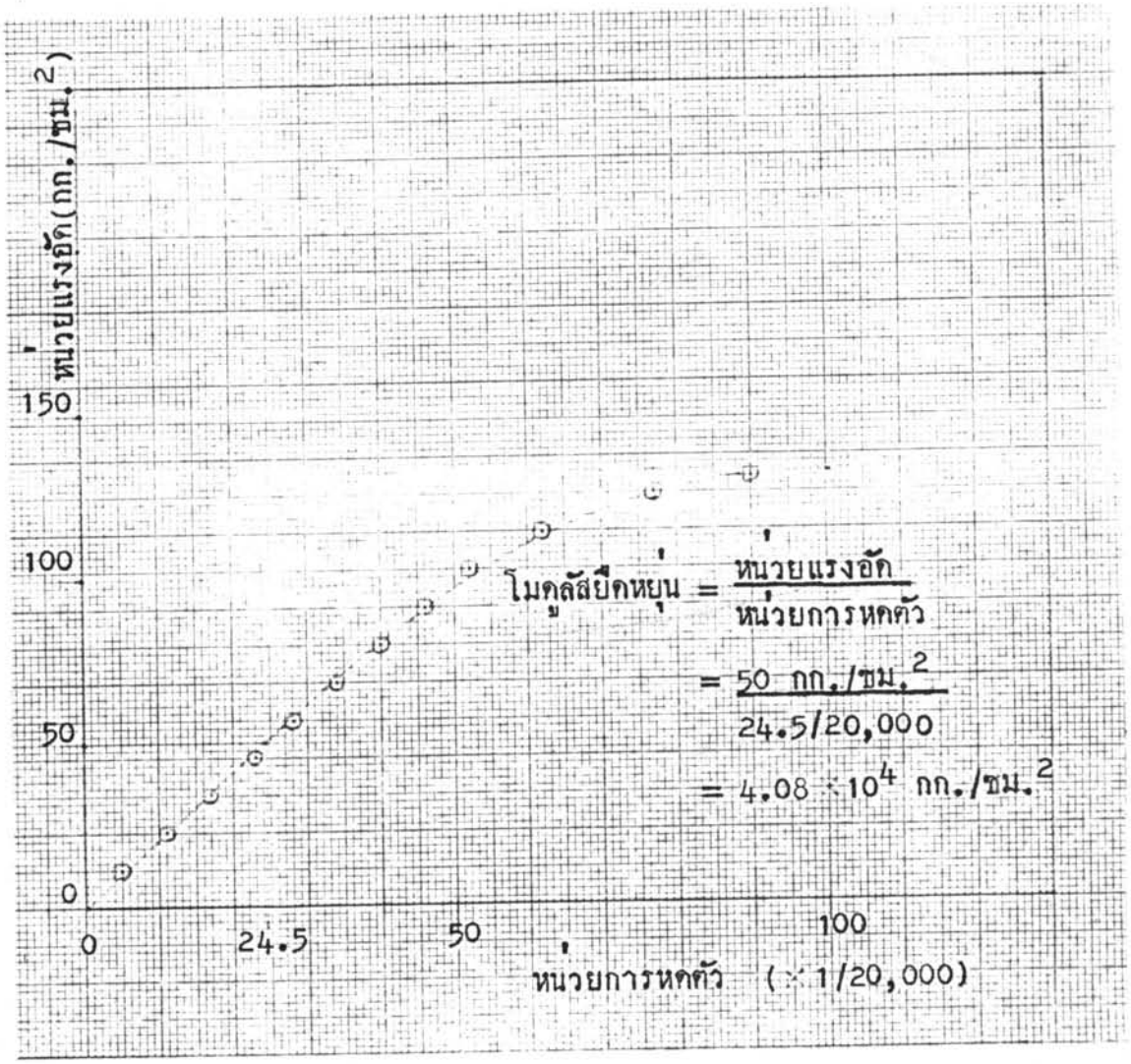
รูปที่ 4.11 ความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงอัดกับหน่วยการหดตัวของคอนกรีต ใช้กรวดคินเผาบางเชน 1000 °ซ. เป็นมวลรวมหยาบ



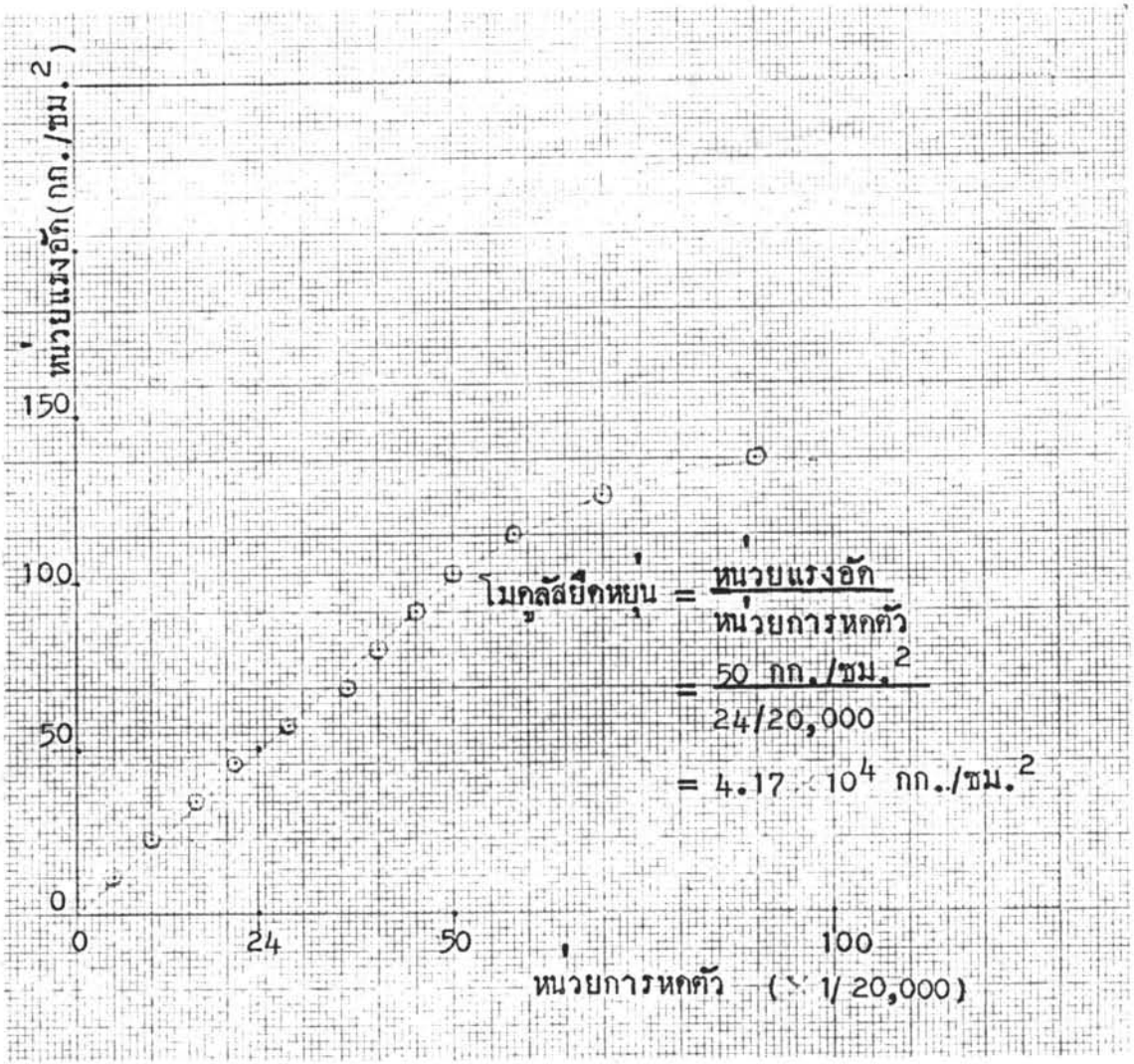
รูปที่ 4.12 ความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงอัดกับหน่วยการหดตัวของคอนกรีต
ใช้กรวดคันเผาบางเชน 1100 ° ซ. เป็นมวลรวมหยาบ



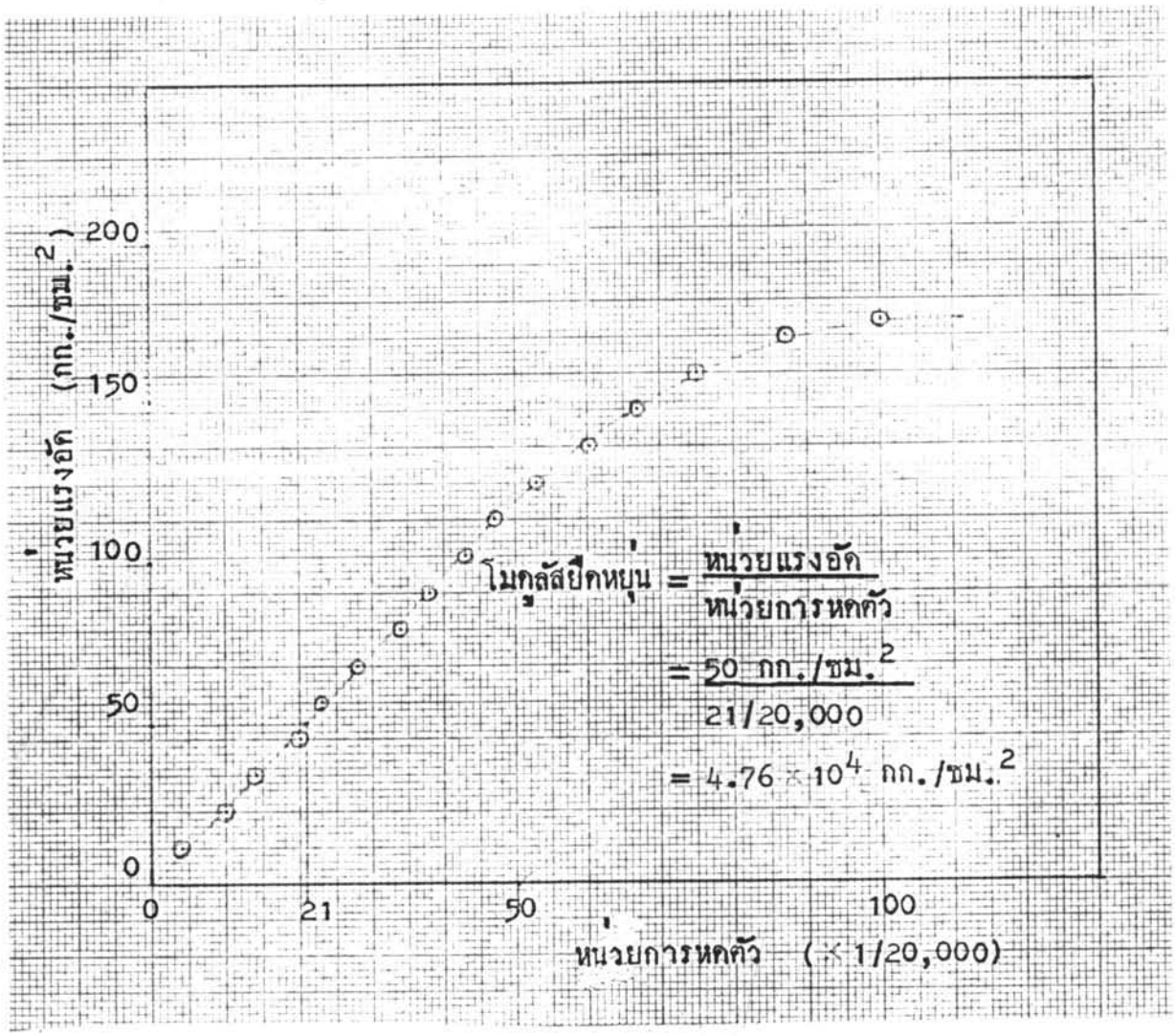
รูปที่ 4.13 ความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงอัดกับหน่วยการหดตัวของคอนกรีต
ใช้กรวดคินเผาบางเขน 1200 °ซ. เป็นมวลรวมหยาบ



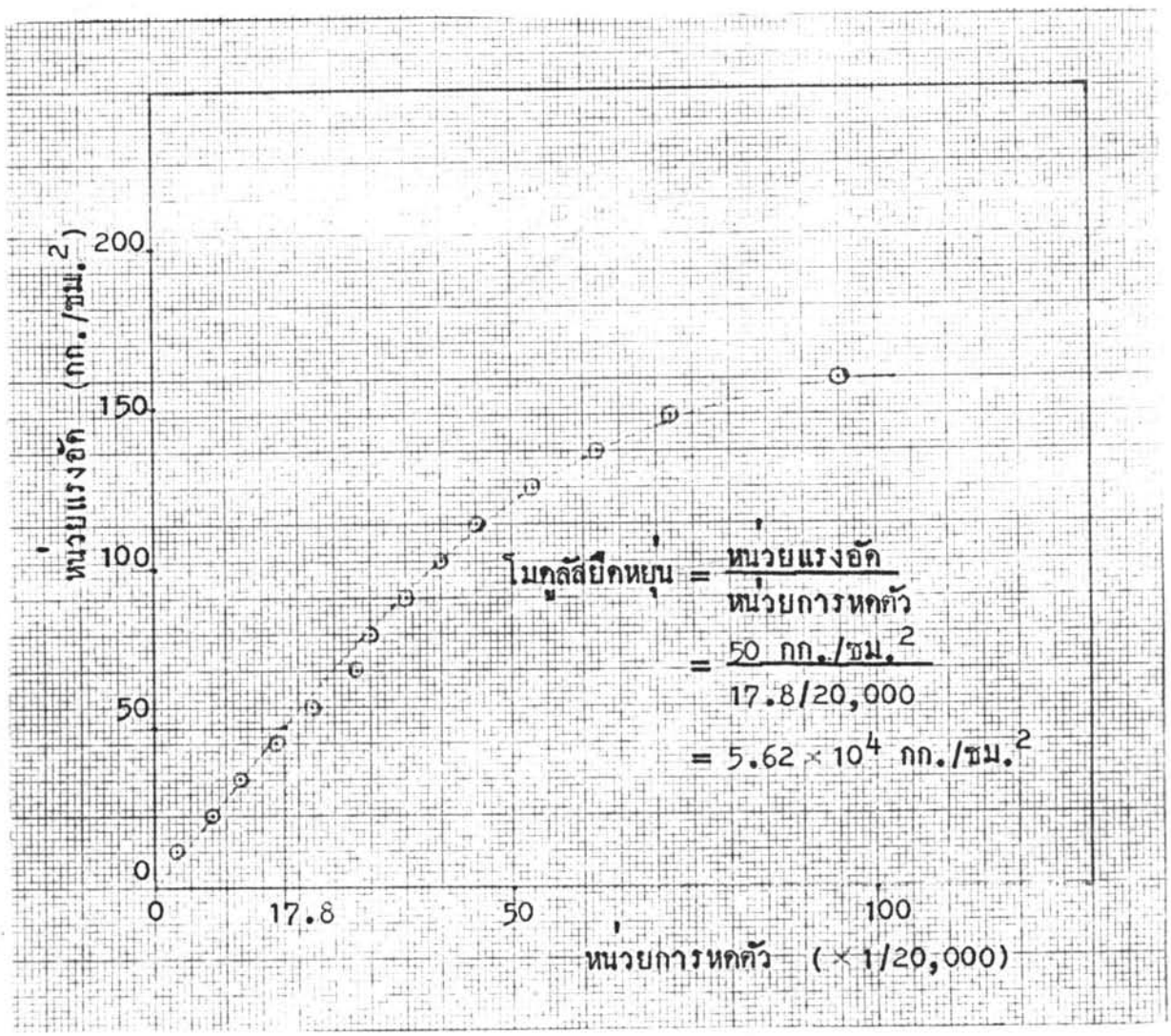
รูปที่ 4.14 ความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงอัดกับหน่วยการหดตัวของคอนกรีต ใช้กรวดคันเผาบางมด 800 °ซ. เป็นมวลรวมหยาบ



รูปที่ 4.15 ความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงอัดกับหน่วยการหดตัวของคอนกรีต ใช้กรวดหินเผาบางมด 900° ซ. เป็นมวลรวมหยาบ



รูปที่ 4.16 ความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงอัดกับหน่วยการหดตัวของคอนกรีต ใช้กรวดคินเผาบางมด 1000 °ซ. เป็นมวลรวมหยาบ



รูปที่ 4.17 ความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงอัดกับหน่วยการหดตัวของคอนกรีต ใช้กรวดคันเผาบางมด 1100 °ซ. เป็นมวลรวมหยาบ

4.6 ผลการทดลองหาค่าหน่วยกำลังรับแรงดัด และหน่วยกำลังรับแรงดึง

เนื่องจากหน่วยกำลังรับแรงดัด และหน่วยกำลังรับแรงดึงของคอนกรีต มีค่าเป็นสัดส่วนโดยตรงกับหน่วยกำลังรับแรงอัด[4] ซึ่งผลการทดลองที่ได้ตามตารางที่ 4.12 ก็เป็นไปตามทฤษฎีนี้ โดยหน่วยกำลังรับแรงดัดมีค่าประมาณ 21 % ของหน่วยกำลังรับแรงอัด และหน่วยกำลังรับแรงดึงมีค่าประมาณ 13 % ของหน่วยกำลังรับแรงอัด ดังนั้นผลการทดลองเหล่านี้จึงสามารถอธิบายได้ ในทำนองเดียวกันกับผลของหน่วยกำลังรับแรงอัด(ข้อ 4.3)

ลักษณะของคานคอนกรีตที่ทดสอบหาค่ากำลังรับแรงดัดนี้ ได้แสดงไว้ในรูปที่ 4.19 ส่วนลักษณะการแตกของแท่งคอนกรีตที่ทดสอบหาค่ากำลังรับแรงดึง จะแตกเป็นแนวยาวขนานกับตัวแท่ง ดังที่แสดงไว้ในรูปที่ 3.15

4.7 ผลการทดลองหาค่าการดูดซึมของคอนกรีต

ผลการทดลองได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.12 ซึ่งพอจะนำมาวิเคราะห์ตามที่มาของแหล่งดินได้ดังนี้

4.7.1 ดินหนองงูเห่า ค่าการดูดซึมจะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น เพราะว่าที่อุณหภูมิสูงขึ้นนั้นเม็ดดินได้ขยายตัวตาม เกิดรูพรุนภายในสามารถดูดซึมน้ำได้มากขึ้น โดยมีค่าการดูดซึมเทียบกับน้ำหนักแห้งในอากาศ 2.8 ถึง 4.0 %

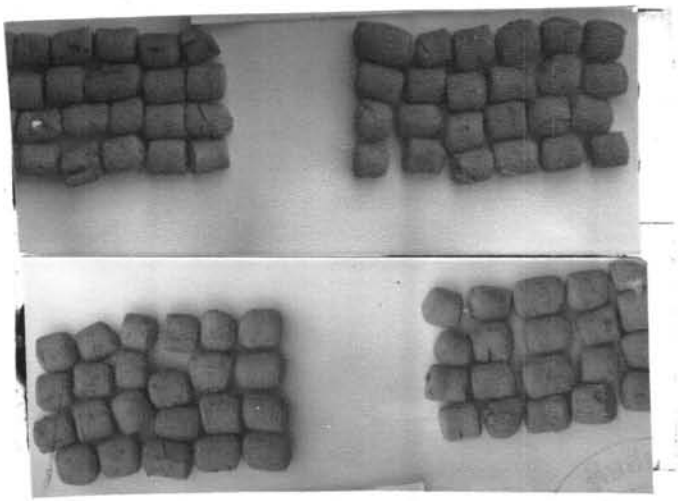
4.7.2 ดินบางเขน ดินแหล่งนี้ดูดซึมน้ำได้น้อย และไม่แปรเปลี่ยนไปตามอุณหภูมิที่สูงขึ้น โดยมีค่าการดูดซึมตั้งแต่ 2.6 ถึง 3.2 % เพราะกรวดดินเผาบางเขนมีรูพรุนน้อย เนื่องจากดินไม่ขยายตัวที่อุณหภูมิสูง

4.7.3 ดินบางมด ดินแหล่งนี้สามารถดูดซึมน้ำได้มากขึ้นตามอุณหภูมิที่สูงขึ้น อธิบายได้เช่นเดียวกันกับดินหนองงูเห่า โดยมีค่าการดูดซึมตั้งแต่ 4.6 ถึง 6.8 %

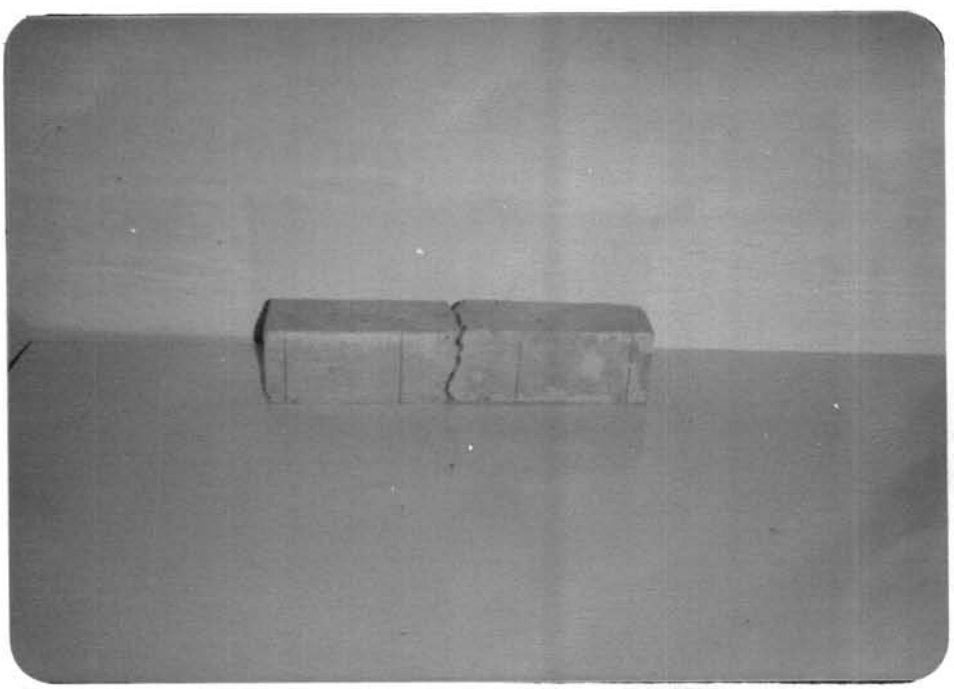
ชนิดของมวลรวมหยาบ		หน่วยกำลังรับแรงอัดประลัย กก./ซม.^{2}	หน่วยกำลังรับแรงดึงประลัย กก./ซม.^{2}	ร้อยละของการดูดซึมโดยน้ำหนักที่แห้งในอากาศ
ดินหนองงูเห่า	800 °ซ.	38	25	2.9
	900 °ซ.	43	26	2.8
	1000 °ซ.	45	28	3.2
	1100 °ซ.	45	29	3.5
	1200 °ซ.	50	34	4.0
ดินบางเชน	800 °ซ.	40	23	3.2
	900 °ซ.	42	23	2.8
	1000 °ซ.	48	28	2.6
	1100 °ซ.	58	37	2.6
	1200 °ซ.	50	28	3.1
ดินบางมด	800 °ซ.	32	22	4.6
	900 °ซ.	36	23	5.0
	1000 °ซ.	44	28	5.5
	1100 °ซ.	41	26	6.8

ตารางที่ 4.12 กำลังรับแรงอัด กำลังรับแรงดึง และการดูดซึมของคอนกรีต (ส่วนผสมที่ 2)

หมายเหตุ ใช้ค่าเฉลี่ย 3 ตัวอย่าง สำหรับการทดลองหาค่ากำลังรับแรงอัด กับค่าการดูดซึมน้ำ
ใช้ค่าเฉลี่ย 8 ตัวอย่าง สำหรับการทดลองหาค่า กำลังรับแรงดึง



รูปที่ 4.18
ลักษณะของกรวดดินเผา
ที่บวมตัว



รูปที่ 4.19
ลักษณะการแตก
ของคานคอนกรีต
ที่รับแรงดัด

4.8 ผลการทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน

ผลการทดลองที่แสดงไว้ในตารางที่ 4.13 นี้ เป็นผลของตัวอย่างคอนกรีตส่วนผสมที่ 2 และใช้กรวดดินเผาที่อุณหภูมิ 1100° ซ. เป็นมวลรวมหยาบ

ตารางที่ 4.13 สัมประสิทธิ์การนำความร้อนของคอนกรีต

ชนิดของมวลรวมหยาบ	หน่วยน้ำหนัก 10^3 กก/ม.^{3}	สัมประสิทธิ์การนำความร้อน (เฉลี่ย 3 ตัวอย่าง) กิโลแคลอรี/เมตร/° ซ./ชั่วโมง.
กรวดดินเผาหนองงูเห่า	1.62	0.15
กรวดดินเผาบางเชน	1.93	0.21
กรวดดินเผาบางมด	1.66	0.28

การวัดค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของกรวดดินเผาทั้ง 3 แหล่ง วัดที่อุณหภูมิและความหนาแน่นแตกต่างกัน เพราะว่าไม่ได้ใช้กรวดดินเผามาจากแหล่งเดียวกัน จึงเกิดภาวะสมดุลย์ที่อุณหภูมิแตกต่างกัน (ภาวะสมดุลย์ คือภาวะที่อุณหภูมิที่ผิวทั้งสองข้างของแผ่นตัวอย่างที่ทดลองมีค่าคงที่ หลังจากให้ความร้อนไหลผ่านแผ่นตัวอย่างคอนกรีตเป็นเวลาประมาณ 6 ถึง 7 ชั่วโมง) คอนกรีตธรรมดาจะมีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนประมาณ 1 กิโลแคลอรี/เมตร/° ซ./ชั่วโมง.[1] จะเห็นว่าดินทั้ง 3 แหล่งมีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนต่ำกว่าคอนกรีตธรรมดา เพราะว่ามีรูพรุนภายในมากกว่าคอนกรีตธรรมดา ทำให้อากาศซึ่งเป็นฉนวนความร้อนเข้าไปแทรกซึมในรูพรุน จึงเป็นตัวนำความร้อนที่เลว ดินหนองงูเห่ามีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนน้อยกว่าดินบางเชน และดินบางมด เพราะดินหนองงูเห่ามีหน่วยน้ำหนักน้อยกว่า มีรูพรุนมากกว่า ส่วนดินบางมดมีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนมากกว่าดินแหล่งอื่นด้วยเหตุที่ว่าที่อุณหภูมิ 1100° ซ. ดินบางมดมีการดูดซึมมากที่สุด จึงทำให้เกิดภาวะสมดุลย์ที่อุณหภูมิต่ำกว่าดินทั้ง 2 แหล่งข้างต้น ทำให้สัมประสิทธิ์การนำความร้อนมากขึ้น