

บทที่ 4

ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผล

ในบทนี้เป็นการแสดงผลที่ได้จากการทดลองตามที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 3 ซึ่งจากผลที่ได้ดังกล่าว จะถูกนำมาวิเคราะห์เพื่อศึกษาถึงคุณสมบัติของซีเมนต์ที่ใช้ในมอร์ตาร์แทนซีเมนต์ ซึ่งซีเมนต์เหล่านี้ได้มาจากโรงสีไฟ ณ สถานที่ต่างๆ 3 แห่งคือ

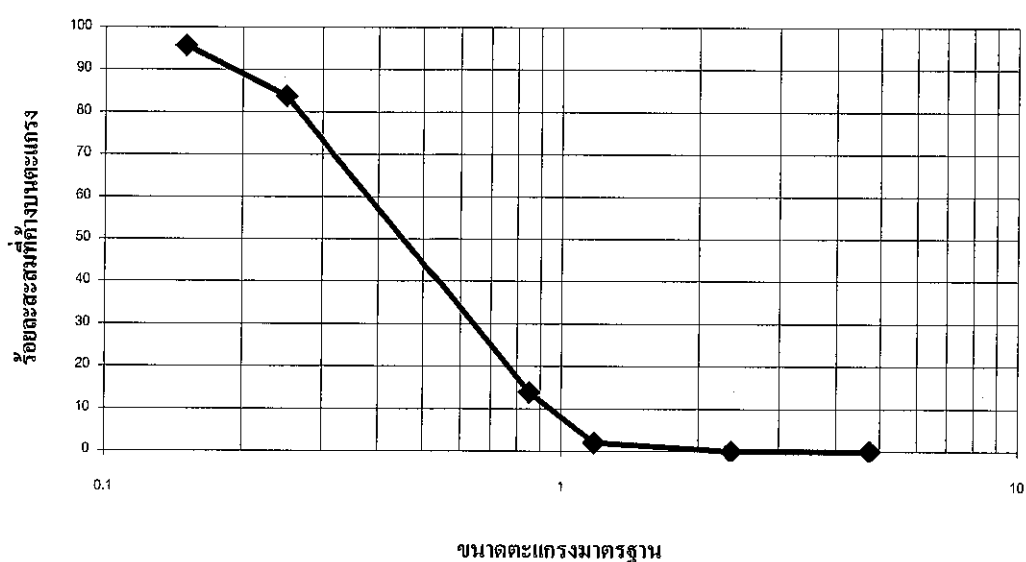
1. โรงสีไฟสิงห์วัฒน์ ตั้งอยู่บริเวณ ต. บ้านคลอง อ.เมือง จ.พิษณุโลก เป็นโรงสีขนาดใหญ่ที่ใช้พลังงานไอน้ำ ใช้แรงดันน้ำระหว่าง 125–150 psi. เพื่อขับเคลื่อนเครื่องจักรในการสีข้าว
2. โรงสีไฟพรพิษณุ ตั้งอยู่บริเวณอำเภอวังทอง อ.เมือง จ.พิษณุโลก เป็นโรงสีไฟขนาดเล็กที่ใช้พลังงานไอน้ำ ใช้แรงดันน้ำระหว่าง 100-120 psi. เพื่อขับเคลื่อนเครื่องจักรในการสีข้าว
3. โรงสีไฟเบญจพิช ตั้งอยู่บริเวณ อ.เมือง จ.พิษณุโลก เป็นโรงสีไฟขนาดใหญ่ที่ใช้พลังงานไอน้ำ ใช้แรงดันน้ำระหว่าง 130-200 psi. เพื่อขับเคลื่อนเครื่องจักรในการสีข้าว

4.1 การทดสอบหาขนาดคละของทราย

การทดสอบหาขนาดคละของทรายมีคุณสมบัติที่มีผลต่อกำลังอัดของมอร์ต้าโดยขนาดคละนั้นเป็นไปตามมาตรฐานของ ASTM ที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 3 ซึ่งผลการทดสอบหาขนาดคละของทรายแสดงไว้ใน 4.1 และรูปที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 แสดงการทดสอบหาขนาดคละของทราย

ขนาดตะแกรง มาตรฐาน	น้ำหนักที่ค้างอยู่บน ตะแกรง (กรัม)	ร้อยละที่ค้างบน ตะแกรง	ร้อยละสะสมที่ค้าง บนตะแกรง	ร้อยละสะสมที่ผ่าน บนตะแกรง
เบอร์ 4	0	0	0	100
เบอร์ 8	0	0	0	100
เบอร์ 16	4	2	2	98
เบอร์ 20	24	12	14	86
เบอร์ 60	140	70	84	16
เบอร์ 100	24	12	96	4
ถาด	9	4	100	0
รวม	200	100	-	-



รูปที่ 4.1 แผนภูมิแสดงขนาดคละของทราย

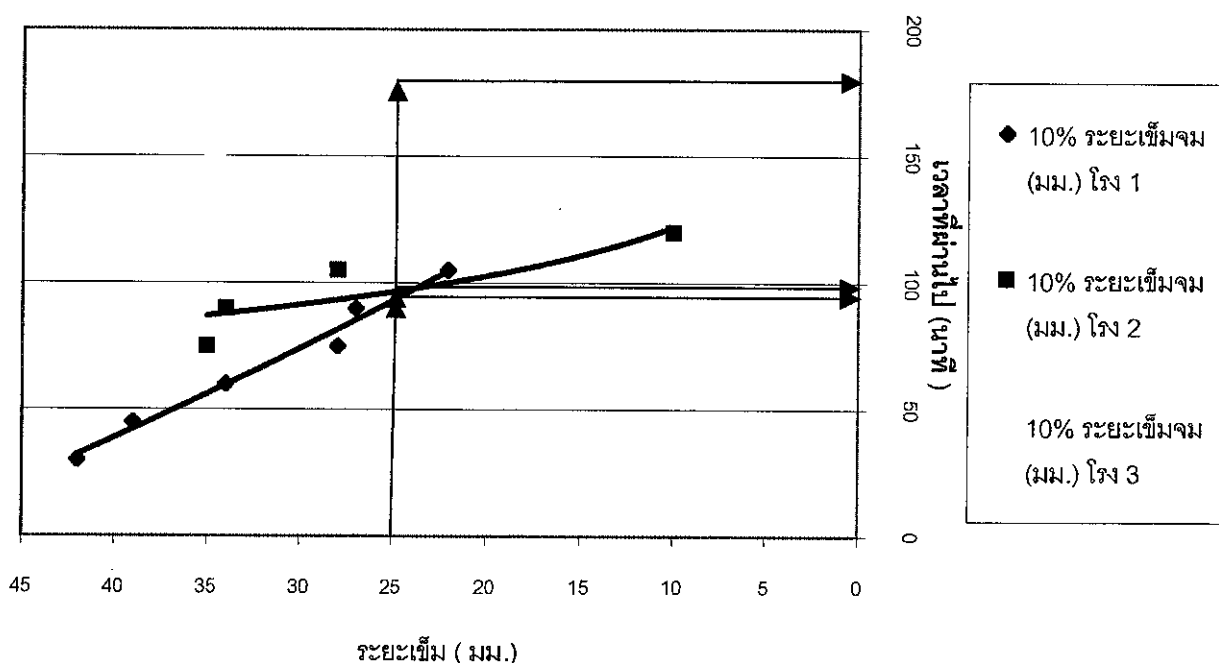
จากผลที่ได้จากการทดลองพบว่าทรายมีลักษณะการกระจายตัวของขนาดคละใกล้เคียงกับขนาดคละตามมาตรฐานของ ASTM ซึ่งเป็นค่าที่เหมาะสมสำหรับใช้ทำมอร์ต้ารับแรงอัด

4.2 การทดสอบหาระยะเวลาก่อตัวของซีเมนต์ผสมซีเถ้าแกลบโดยใช้เข็มแบบไวแคต

ผลที่ได้จากการทดลองหาระยะเวลาก่อตัวของซีเมนต์ผสมซีเถ้าแกลบโดยใช้เข็มแบบไวแคต สามารถนำมาใช้แสดงกราฟความสัมพันธ์ของระยะเวลาค่อระยะเข็มที่จมลงในซีเมนต์ผสมซีเถ้าแกลบดังต่อไปนี้

4.2.1 ความสัมพันธ์ของระยะเวลาค่อระยะเข็มที่จมลงในซีเมนต์ผสมซีเถ้าแกลบ

รูปที่ 4.2.1 ถึง 4.2.5 เป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ของระยะเวลาค่อระยะเข็มที่จมลงในซีเมนต์ผสมซีเถ้าแกลบ ซึ่งได้จากการทดลองหาค่าระยะก่อกัวของซีเมนต์ผสมซีเถ้าแกลบ เพื่อหาระยะเวลาในการก่อกัวเริ่มต้น (Initial Setting Time) คือระยะเวลาที่ซีเมนต์ผสมซีเถ้าแกลบเริ่มก่อกัว สามารถรับน้ำหนักของเข็มมาตรฐานไวแคตขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 มม. ปักลงไปบนซีเมนต์ผสมซีเถ้าแกลบที่ผสมน้ำแล้วมีความชื้นเหลือปกติ แล้วเข็มนั้นจะจมลงไป 25 มม. โดยแสดงที่อัตราส่วนของซีเมนต์ต่อซีเถ้าแกลบต่างๆ ตามลำดับดังนี้

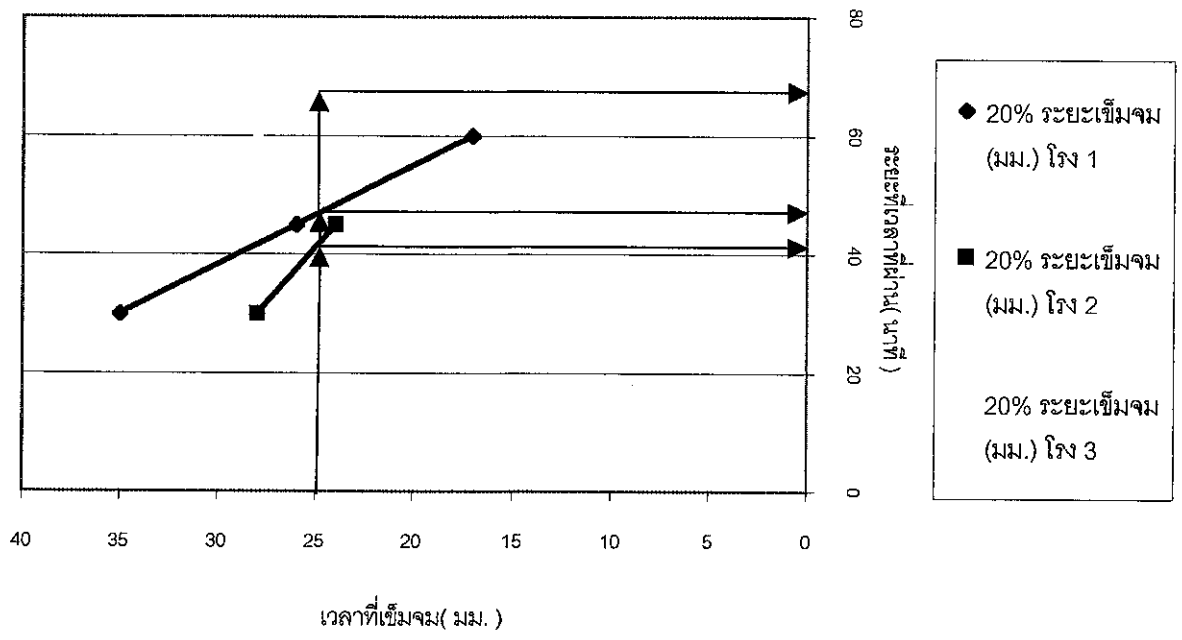


รูปที่ 4.2.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ผ่านไปกับระยะเข็ม ของอัตราส่วนซีเมนต์ต่อซีเถ้าแกลบ ที่ 90:10

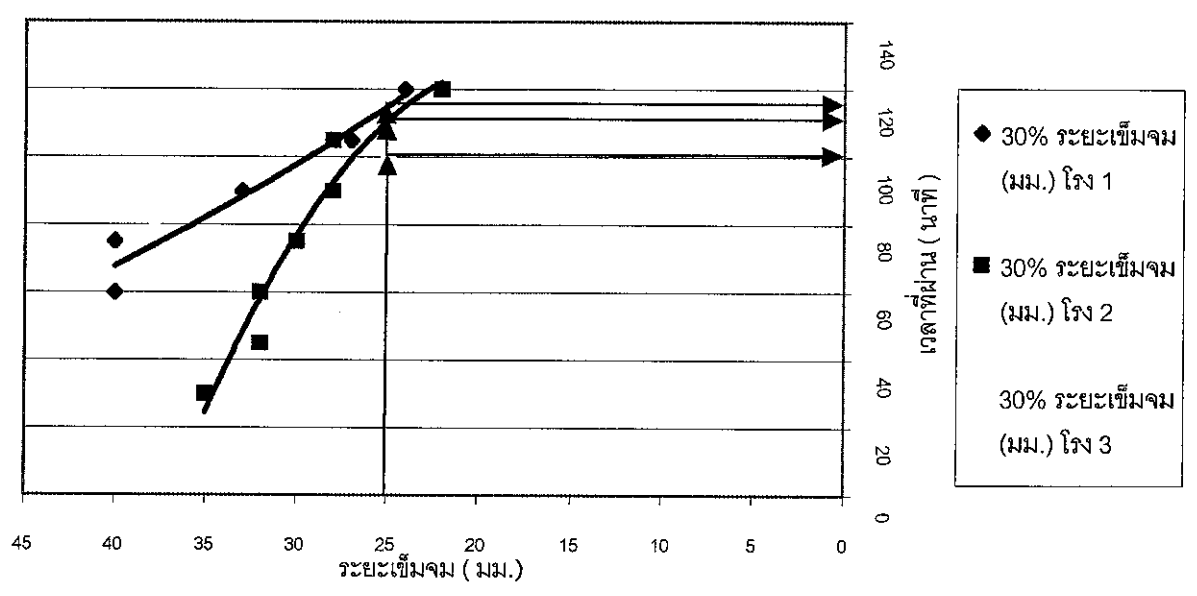
ป
1A
439
กธ๒๒
๒๖๔๕

4740039

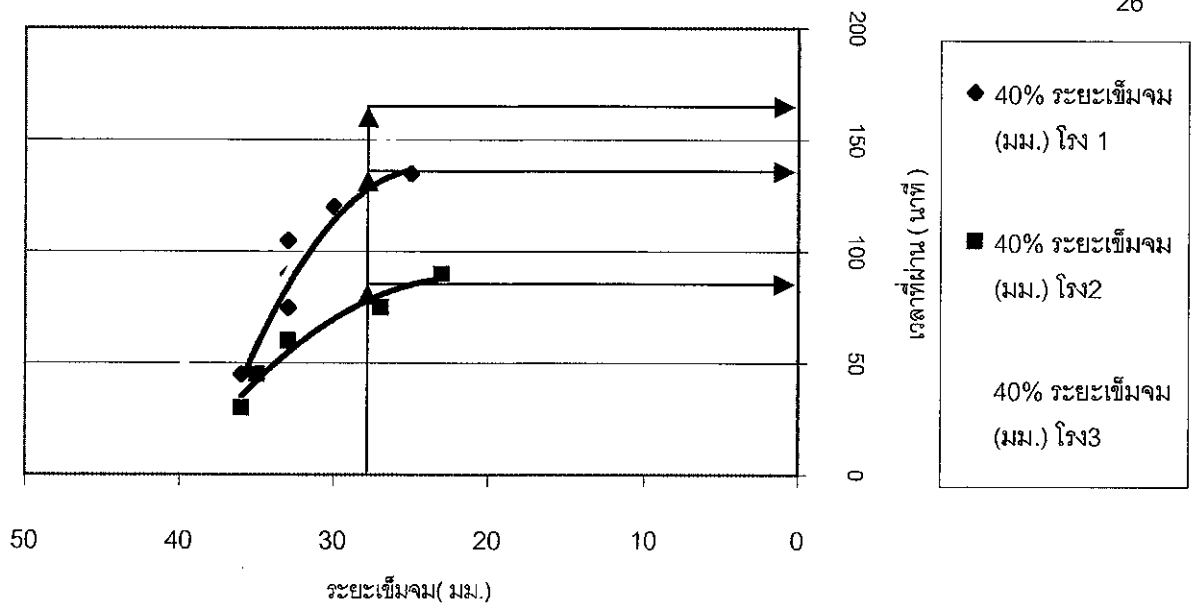
2 S.A. 7546



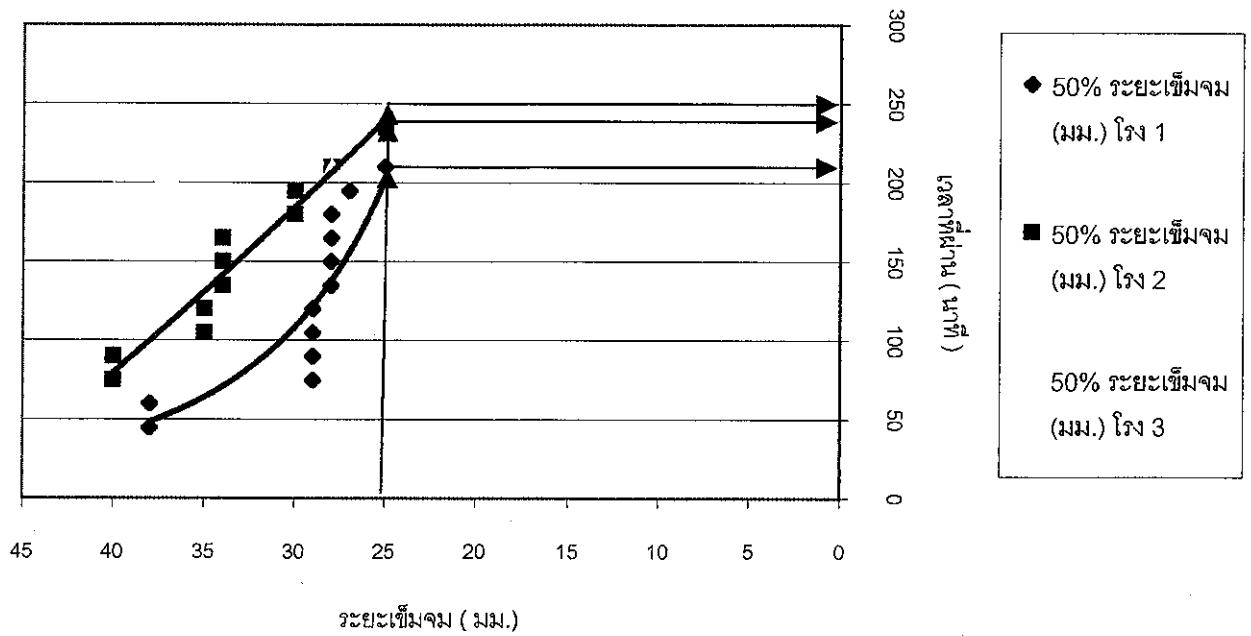
รูปที่ 4.2.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ผ่านไปกับระยะเจีย ของอัตราส่วนซีเมนต์ ต่อ ซีเมนต์เคลือบ ที่ 80:20



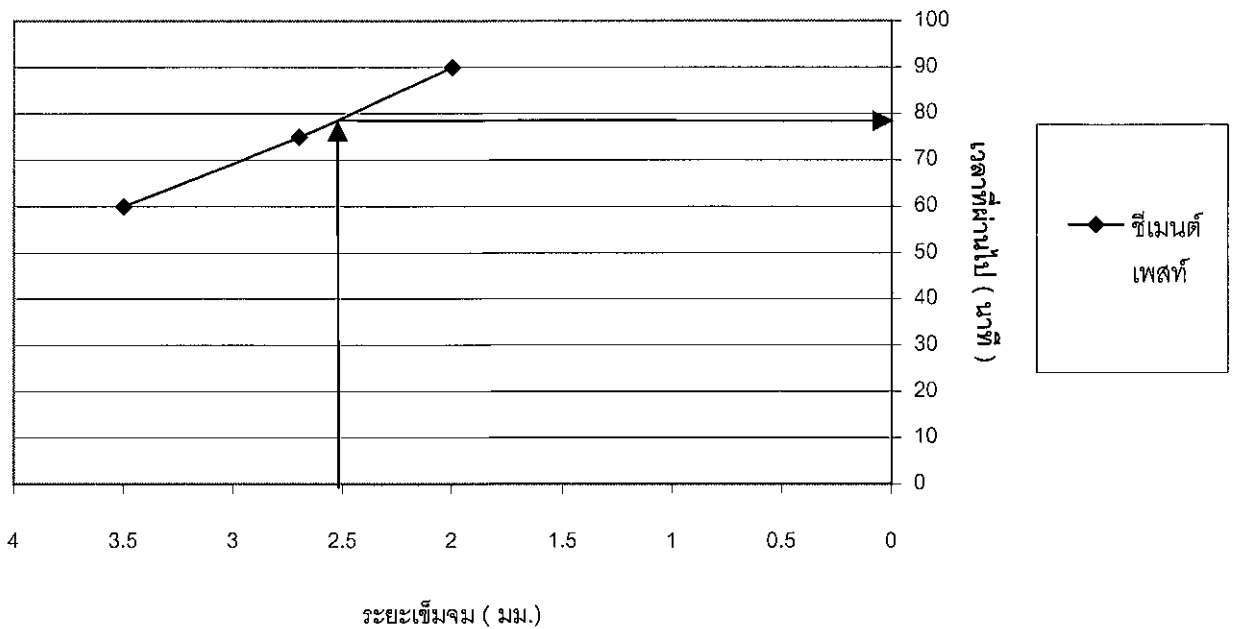
รูปที่ 4.2.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ผ่านไปกับระยะเจีย ของอัตราส่วนซีเมนต์ ต่อ ซีเมนต์เคลือบ ที่ 70:30



รูปที่ 4.2.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ผ่านไปกับระยะเข็ม ของอัตราส่วนซีเมนต์ ต่อ ไข่ไก่แกลบ ที่ 60:40



รูปที่ 4.2.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ผ่านไปกับระยะเข็ม ของอัตราส่วนซีเมนต์ ต่อ ไข่ไก่แกลบ ที่ 50:50



รูปที่ 4.2.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ผ่านไปกับระยะเข็มของซีเมนต์ เพสท์

จากรูปที่ 4.2.1 ถึง 4.2.5 พบว่าในกราฟที่มีอัตราส่วนซีเมนต์ต่อซีเมนต์ที่ใกล้เคียงกัน เส้นกราฟโรงที่ 3 จะมีค่าเวลาที่ผ่านไปมากกว่าโรงอื่น และ โรงที่ 2 มีค่าเวลาที่ผ่านไปเร็วสุด สามารถนำกราฟรูปที่ 4.2.1 ถึง 4.2.5 มาเทียบกับกราฟรูปที่ 4.2.6 สามารถหาค่าเวลาที่ซีเมนต์ผสมซีเมนต์เริ่มก่อตัว (กำหนดที่ระยะเข็มจมน 25 มม.) มาเทียบกับที่ซีเมนต์เพสท์ที่ได้ดังตารางที่ 4.2.1

ตารางที่ 4.2.1 ตารางแสดงระยะเวลาในการก่อตัวของอัตราส่วนซีเมนต์ผสมซีเมนต์เถ้าแกลบ

ซีเมนต์ที่ผสมซีเมนต์เถ้าแกลบในแต่ละเปอร์เซ็นต์	เวลาที่ใช้ในการก่อตัวเริ่มต้น (นาที)		
	โรงที่ 1	โรงที่ 2	โรงที่ 3
ซีเมนต์ 100%	80	80	80
ซีเมนต์ที่ผสมซีเมนต์เถ้าแกลบ10%	96	96	178
ซีเมนต์ที่ผสมซีเมนต์เถ้าแกลบ20%	45	41	68
ซีเมนต์ที่ผสมซีเมนต์เถ้าแกลบ30%	115	110	99
ซีเมนต์ที่ผสมซีเมนต์เถ้าแกลบ40%	135	85	164
ซีเมนต์ที่ผสมซีเมนต์เถ้าแกลบ50%	210	240	240

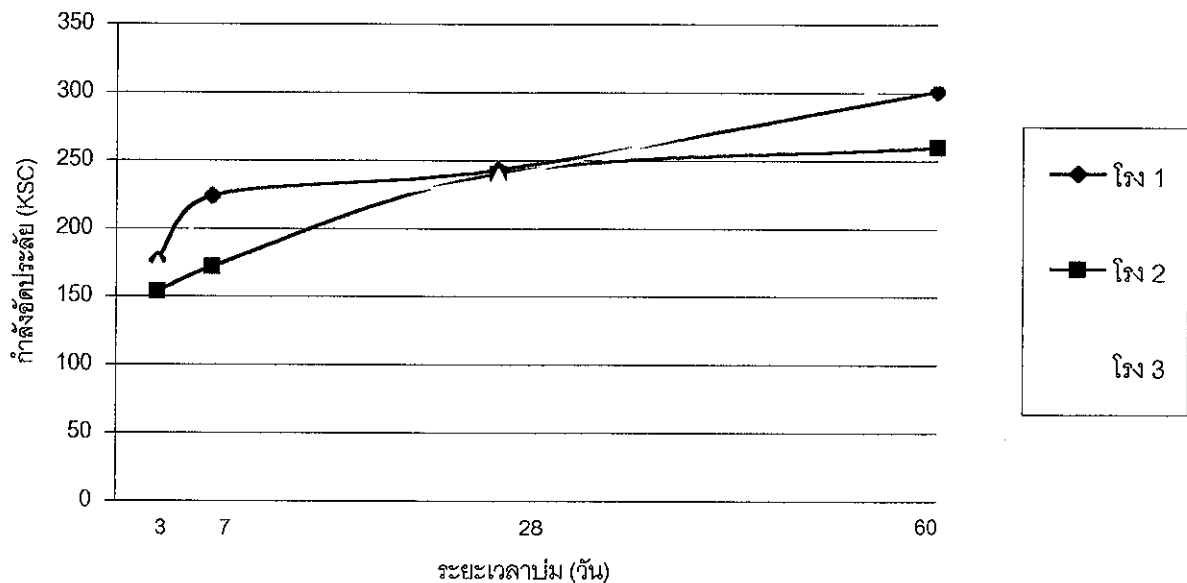
จากตารางที่ 4.2.1 แสดงถึงค่าระยะเวลาในการเริ่มก่อตัวของซีเมนต์ที่ผสมซีเมนต์เถ้าแกลบในอัตราส่วนต่างๆ ของโรงที่ 1 , โรงที่ 2 และโรงที่ 3 กับซีเมนต์ที่ไม่ผสมซีเมนต์เถ้าแกลบ จากตารางสามารถวิเคราะห์ข้อมูลได้ดังนี้

จากตารางพบว่าที่อัตราส่วนระหว่างซีเมนต์ : แกลบ (90 : 10) ของทุกโรงจะโรงที่1และโรงที่2จะใช้เวลาในการก่อตัวเริ่มต้นที่เท่ากันส่วนของโรงที่3จะใช้เวลาในการก่อตัวเริ่มต้นที่มากกว่าทั้ง2โรงถึง1เท่าตัว ที่อัตราส่วนระหว่างซีเมนต์ : แกลบ (80 : 20) เป็นช่วงที่ทุกโรงใช้เวลาในการก่อตัวเริ่มต้นเร็วที่สุดและเร็วกว่าที่ซีเมนต์เพลส 100 % โดยของโรง2จะเร็วที่สุดคือใช้เวลา 41 นาที แล้วยังโรง 1 ใช้เวลา45 นาที สุดท้ายคือโรง 3 ใช้เวลา68 นาที ที่อัตราส่วนระหว่างซีเมนต์ต่อซีเมนต์เถ้าแกลบ (70 : 30) พบว่าทุกโรงใช้เวลาในการก่อตัวที่ใกล้เคียงกัน ที่อัตราส่วนระหว่างซีเมนต์ต่อซีเมนต์เถ้าแกลบ (60 : 40) โรงที่ใช้เวลาในการก่อตัวเร็วที่สุดคือโรงที่2 และ โรงที่ใช้เวลาในการก่อตัวนานที่สุดคือคือโรงที่ 3 ที่อัตราส่วนระหว่างซีเมนต์ : แกลบ (50 : 50) แต่ละโรงจะใช้เวลาในการก่อตัวที่ใกล้เคียงกัน ดังนั้นจากผลการทดลองพบว่ายิ่งที่อัตราส่วนซีเมนต์เถ้าแกลบที่ผสมในซีเมนต์มีปริมาณมากขึ้น เวลาที่ใช้ในการก่อตัวเริ่มต้นจะมากขึ้นตามไปด้วย และที่อัตราส่วนซีเมนต์เถ้าแกลบเดียวกันจะพบว่า ค่าระยะเวลาที่ใช้ในการก่อตัวเริ่มต้นของโรงที่ 2 จะที่เร็วที่สุด และที่โรงที่ 3 จะมีค่าระยะเวลาที่ใช้ในการก่อตัวเริ่มต้นที่นานที่สุด

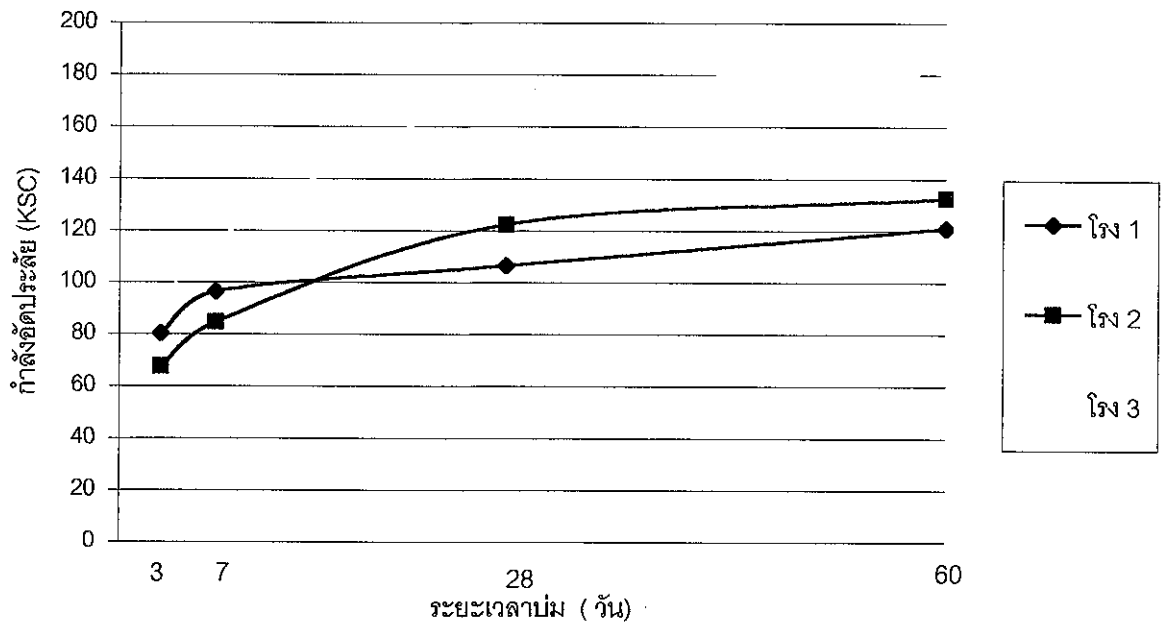
4.3 การทดสอบการรับกำลังอัดของมอร์ต้า

ค่าความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดของมอร์ต้าต่อระยะเวลาที่ใช้ในการบ่มที่อัตราส่วนต่างๆ ของมอร์ต้าผสมซีเมนต์แต่ละตัวอย่าง

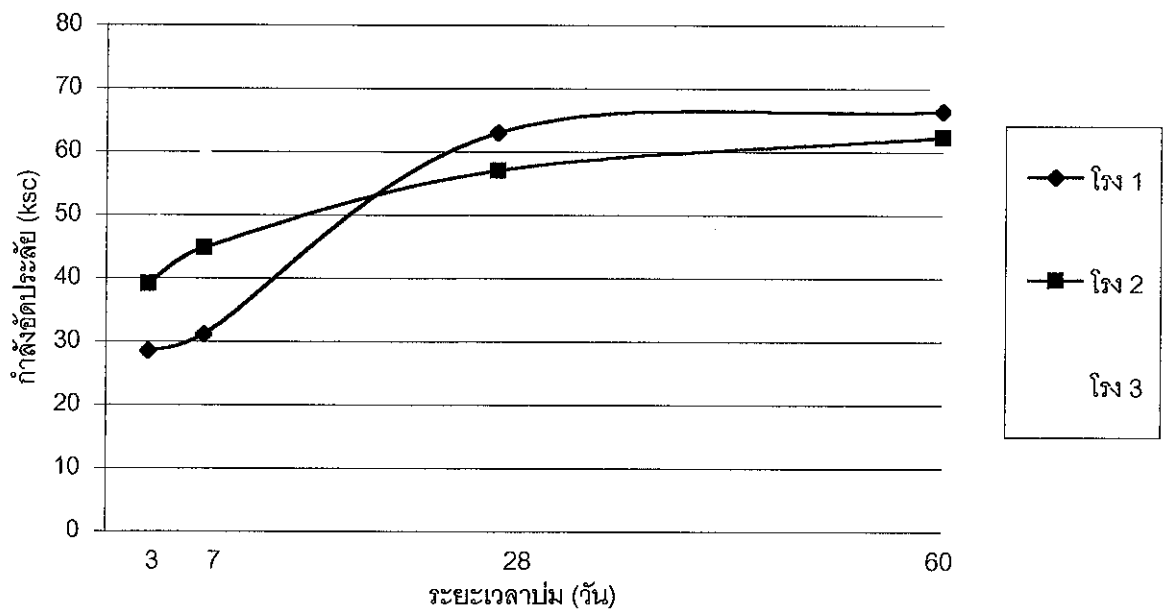
ผลที่ได้จากการทดสอบการรับกำลังอัดของมอร์ต้าสามารถนำมาใช้แสดงความสัมพันธ์ของค่าการรับกำลังอัดของมอร์ต้าที่มีค่าอัตราส่วนของปูนซีเมนต์ต่อซีเมนต์ที่เปลี่ยนไปกับระยะเวลาการบ่ม คือ 3 , 7 , 28 และ 60 วัน ของแต่ละ โรงสี ดังรูปที่ 4.3.1 - 4.3.8



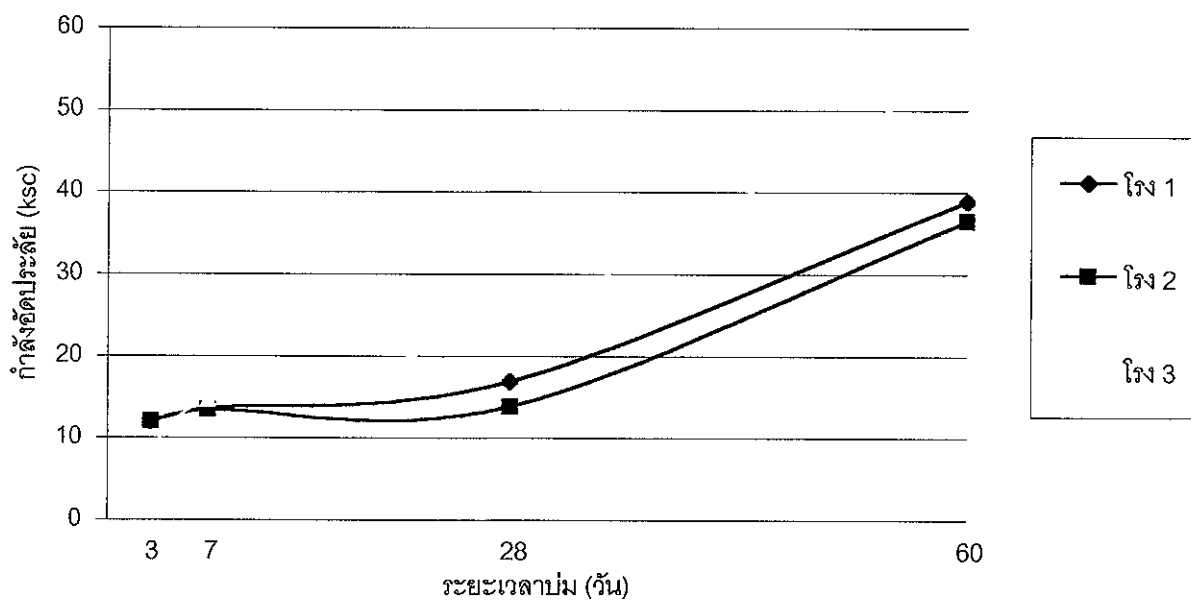
รูปที่ 4.3.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาบ่มกับกำลังอัดประลัยที่สัดส่วนซีเมนต์:ซีเมนต์ (90: 10)



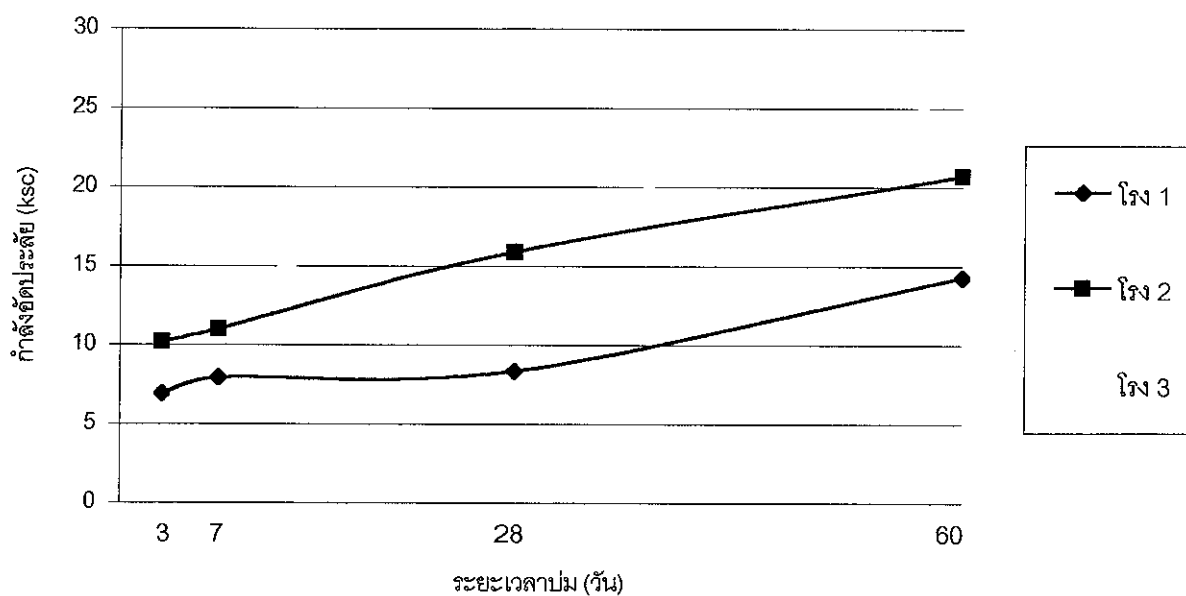
รูปที่ 4.3.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาบ่มกับกำลังอัดประลัย ที่ตัดส่วนซีเมนต์:ซีเถ้าเกลบ (80:20)



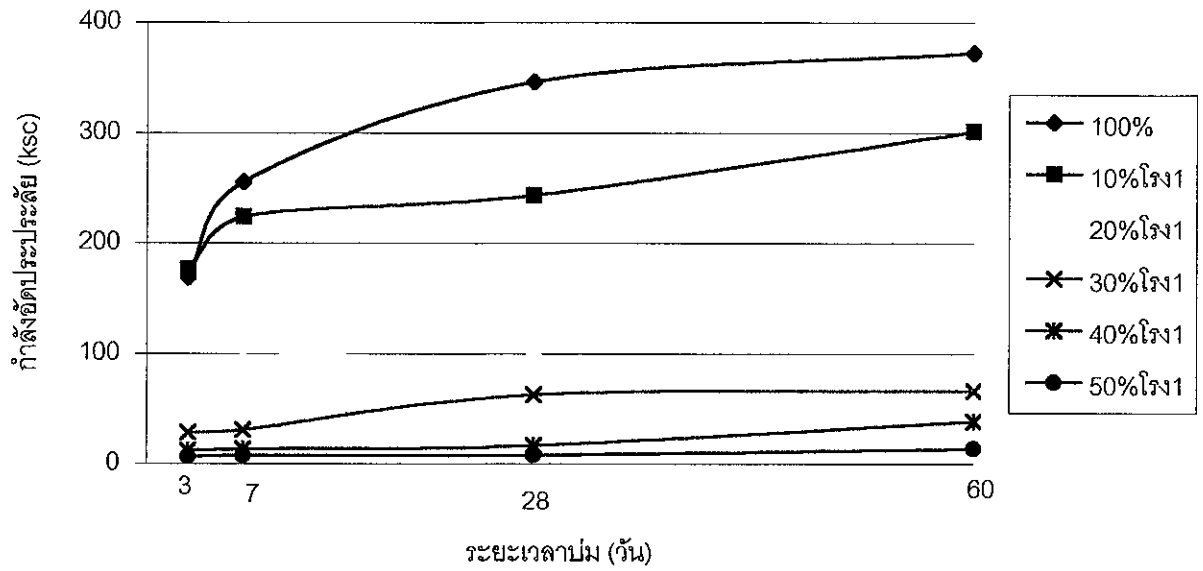
รูปที่ 4.3.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาบ่มกับกำลังอัดประลัย ที่ตัดส่วนซีเมนต์:ซีเถ้าเกลบ(70:30)



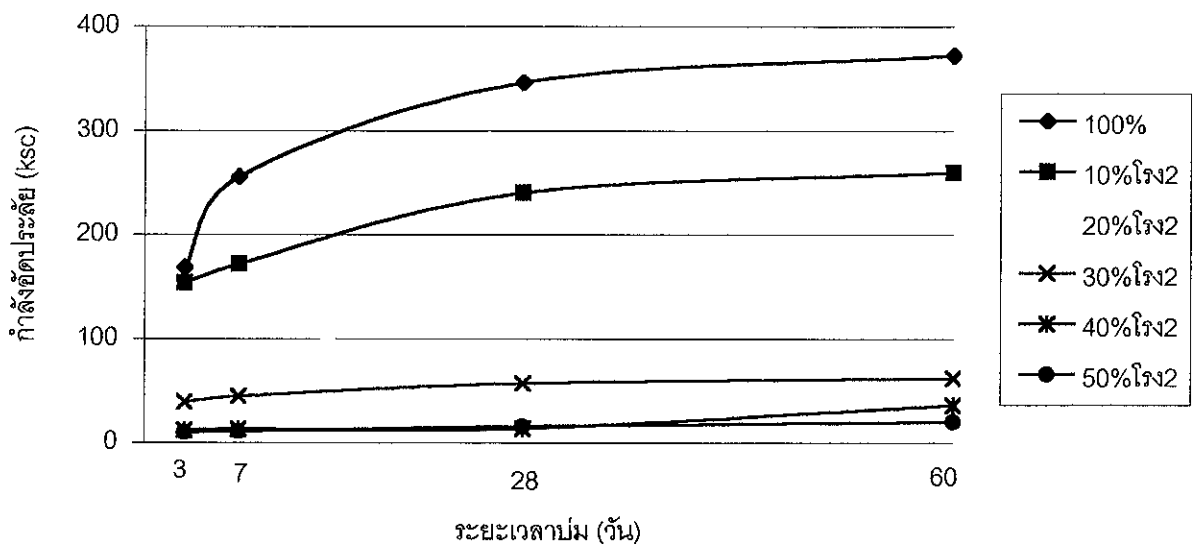
รูปที่ 4.3.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาบ่มกับกำลังอัดประลัย
ที่สัดส่วนซีเมนต์:ซีเถ้ากลบ(60:40)



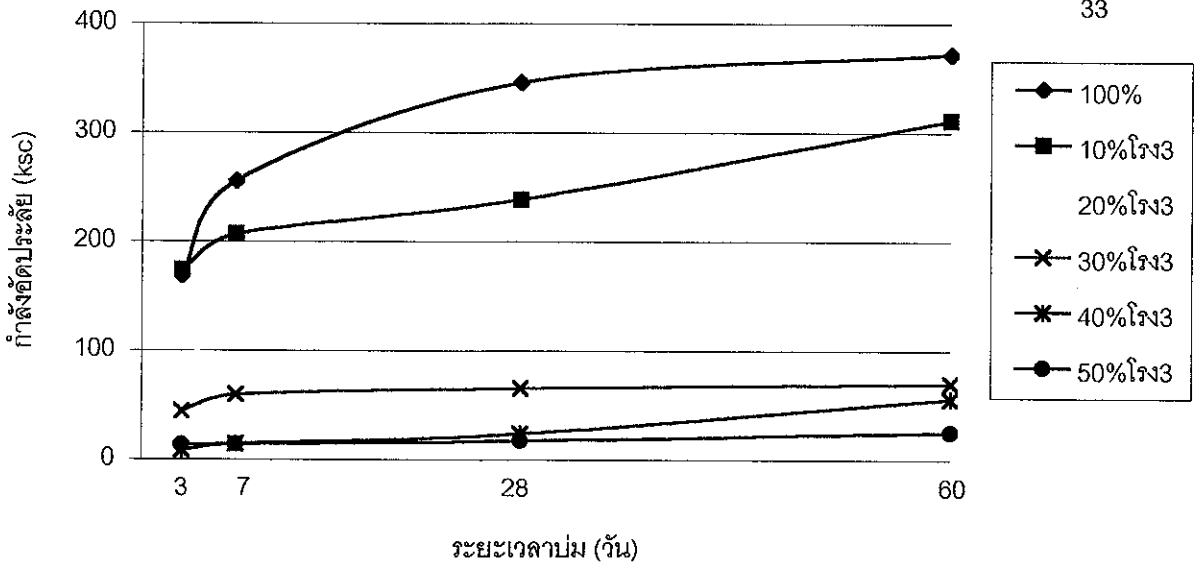
รูปที่ 4.3.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาบ่มกับกำลังอัดประลัย
ที่สัดส่วนซีเมนต์:ซีเถ้ากลบ(50:50)



รูปที่ 4.3.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาบ่มกับกำลังอัดประลัย
ที่สัดส่วนซีเมนต์ : ขี้เถ้าแกลบต่างๆ ของโรงที่ 1



รูปที่ 4.3.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาบ่มกับกำลังอัดประลัย
ที่สัดส่วนซีเมนต์ : ขี้เถ้าแกลบต่างๆ ของโรงที่ 2



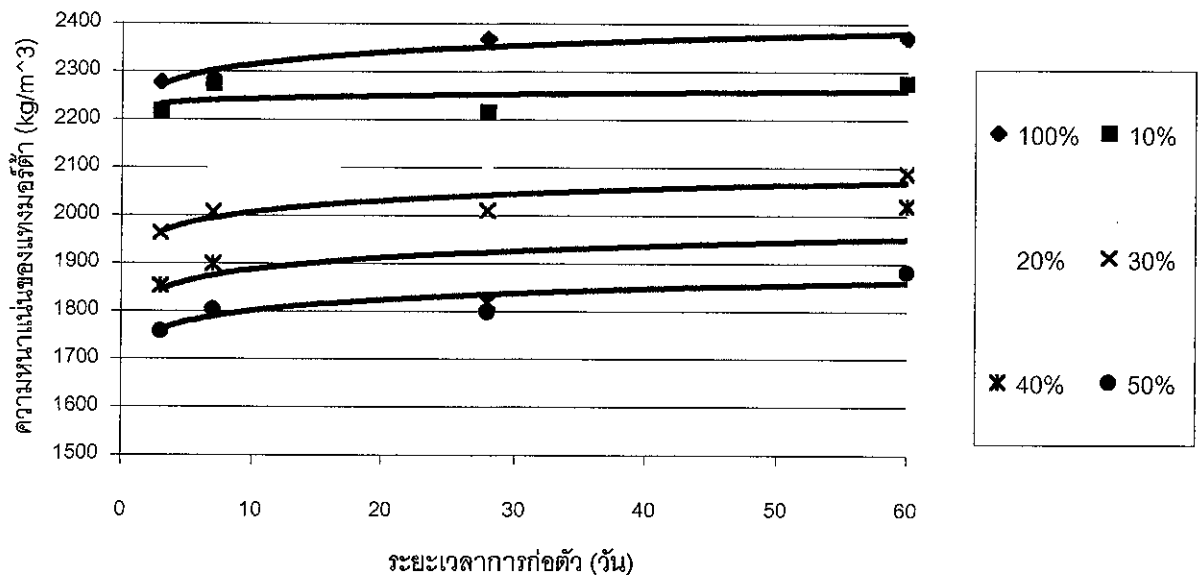
รูปที่ 4.3.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาบ่มกับกำลังอัดประลัยที่สัดส่วนซีเมนต์ : ซีเมนต์แกลบต่างๆ ของโรงที่ 3

จากรูปที่ 4.3.1 - 4.3.8 การทดสอบกำลังอัดของมอร์ต้าช่วงที่มีปูนซีเมนต์ต่อซีเมนต์แกลบเท่ากับ 90:10 พบว่ามีค่ากำลังรับแรงอัดในทุกช่วงเวลาที่ทดสอบ ใกล้เคียงกับปูนซีเมนต์ต่อซีเมนต์แกลบเท่ากับ 100 : 0 โดยเฉลี่ยกำลังรับแรงอัดจะอยู่ในระหว่าง 68%- 84% ของกำลังรับแรงอัดปูนซีเมนต์ต่อซีเมนต์แกลบเท่ากับ 100 : 0 ที่ ณ เวลาบ่ม 28 และ 60 วัน (จากภาคผนวก ก ตารางที่ ก.7-ก.12) โดยส่วนส่วนผสมที่รับแรงได้ดีที่สุดเป็น คือจากแหล่งโรงสีที่ 3 น่าจะเป็นเพราะอุณหภูมิของการเผาแกลบมีผลถึงกำลังการรับแรงอัด คือ ถ้าอุณหภูมิในการเผาแกลบสูง(วิเคราะห์จากแรงดันไอน้ำ) กำลังในการรับแรงอัดก็จะสูงด้วย และจึงพบว่าค่ากำลังรับแรงอัด ที่อัตราส่วน 90 : 10 ที่ 60 วัน มีค่าใกล้เคียงกับ อัตราส่วน 100 : 0 ที่ประมาณ 7 -15 วัน นั้นหมายถึงว่า เมื่อผสมซีเมนต์แกลบที่ 10 % จะให้กำลังใกล้เคียงกับที่ไม่ผสม แต่ใช้ระยะเวลาพัฒนากำลังนานกว่า จึงเหมาะที่จะนำไปใช้กับโครงสร้างที่ไม่ต้องรีบถอดแบบ หรือมีระยะเวลาในการบ่ม เช่น เขื่อน เป็นต้น

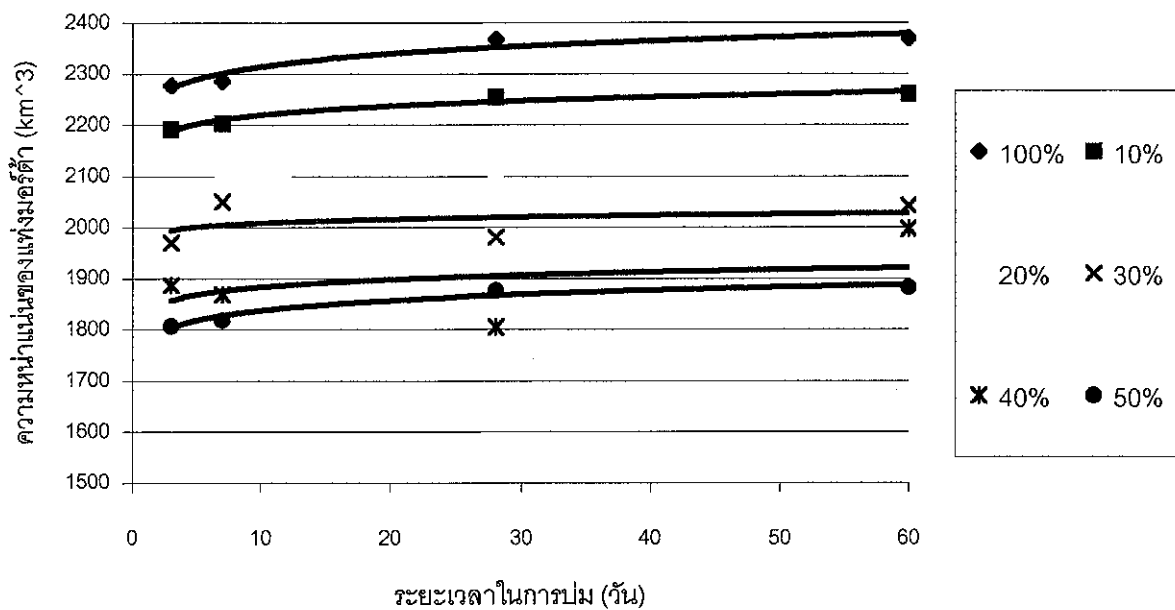
ส่วนการทดสอบกำลังอัดของมอร์ต้าช่วงที่มีปูนซีเมนต์ต่อซีเมนต์แกลบเท่ากับ 80 :20 , 70 :30 60 :40 และ 50 : 50 พบว่าจะมีค่ากำลังรับแรงอัดในทุกช่วงเวลาที่ทดสอบ จะมีค่ารับแรงอัดน้อยกว่าปูนซีเมนต์ต่อซีเมนต์แกลบเท่ากับ 100 : 0 อยู่มาก คือ ในช่วงระหว่าง 50% - 2% ของกำลังรับแรงอัดปูนซีเมนต์ต่อซีเมนต์แกลบเท่ากับ 100 : 0 ที่ ณ เวลาบ่ม 28 และ 60 วัน

4.4 ค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำของก้อนตัวอย่างมอร์ต้า และค่าความหนาแน่นของก้อนตัวอย่างมอร์ต้า(จากภาคผนวก ก ตารางที่ ก.1-ก.6)

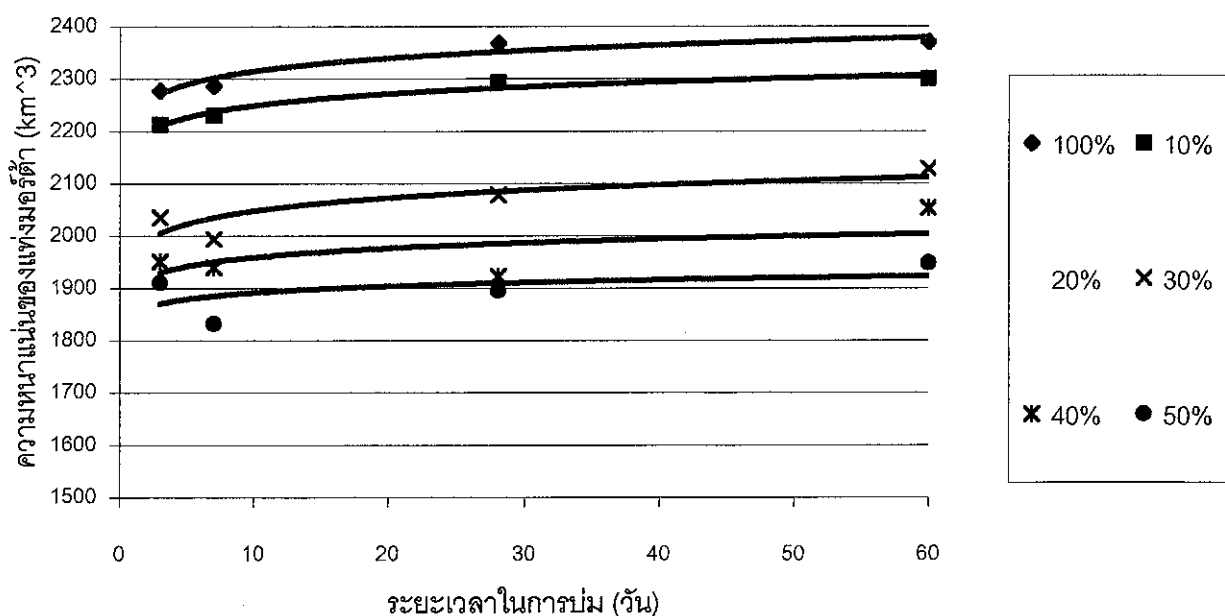
ค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำของก้อนตัวอย่างมอร์ต้ามีค่าเพิ่มขึ้นเมื่ออัตราส่วนซีเมนต์ต่อซีเมนต์เพิ่มมากขึ้น คือเมื่อเพิ่มเปอร์เซ็นต์ซีเมนต์แล้วกลบมากขึ้น เปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำก็จะมากขึ้นด้วยเช่นกัน และจากตารางดังกล่าวพบว่า ก้อนตัวอย่างมอร์ต้าผสมซีเมนต์แล้วกลบจากโรงสีต่างมีค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำที่ใกล้เคียงกัน จึงไม่สามารถบอกถึงความแตกต่างที่ชัดเจนได้



รูปที่ 4.4.1 กราฟแสดงแนวโน้มความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นต่อระยะเวลาการบ่มก้อนตัวอย่างมอร์ต้าผสมซีเมนต์แล้วกลบจาก โรงสีที่ 1



รูปที่ 4.4.2 กราฟแสดงแนวโน้มความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นต่อระยะเวลาการบ่มก้อน ตัวอย่างมอร์ต้าผสมซีเมนต์จากโรงสีที่ 2



รูปที่ 4.4.3 กราฟแสดงแนวโน้มความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นต่อระยะเวลาการบ่มก้อน ตัวอย่างมอร์ต้าผสมซีเมนต์จากโรงสีที่ 3

รูปที่ 4.4.1 - 4.4.3 เป็นกราฟแสดงแนวโน้มความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นต่อระยะเวลาการบ่มก้อนตัวอย่างมอร์ต้าผสมซีเมนต์จากโรงสีต่างๆ พบว่าเมื่อระยะเวลาการบ่มก้อนตัวอย่างมอร์ต้าผสมซีเมนต์กลับมากขึ้นนั้น ค่าความหนาแน่นของก้อนตัวอย่างมอร์ต้าก็จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด และเมื่อเปรียบเทียบที่อัตราส่วนผสมต่างๆของก้อนตัวอย่างมอร์ต้า พบว่าค่าความหนาแน่นของก้อนตัวอย่างมอร์ต้ามีค่าลดลง เมื่อเพิ่มอัตราส่วนผสมของซีเมนต์ต่อซีเมนต์กลับในก้อนตัวอย่างมอร์ต้า และซีเมนต์กลับจากแหล่งโรงสีที่ 3 มีค่าความหนาแน่นสูงกว่าซีเมนต์กลับโรงที่ 1 และ 2