

การศึกษาเปรียบเทียบปูนซีเมนต์ซิลิกาและปูนซีเมนต์พอร์ตแลนด์

ดร.ปริญญา จินดาประเสริฐ*
เฉลิมพล พิณรัตน์**

บทคัดย่อ

บทความนี้เปรียบเทียบคุณสมบัติของปูนซีเมนต์ซิลิกา และปูนซีเมนต์พอร์ตแลนด์ประเภทหนึ่งคุณสมบัติที่ศึกษาได้แก่ ส่วนประกอบทางเคมี ความละเอียด ความถ่วงจำเพาะ ความชื้นเหลว ปกติ เวลาในการก่อตัว การคายน้ำ กำลังรับแรงอัด การหดตัวเมื่อแห้ง และความทนทานต่อสารเคมี

ABSTRACT

This paper compares the properties of silica cement and Portland cement type I. The studied properties are the chemical constituents, fineness, specific gravity, normal consistency, setting time, bleeding, compressive strength, drying shrinkage and chemical resistance.

* ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

** นักศึกษาปริญญาโท วิศวกรรมโครงสร้าง บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น

1. บทนำ

ปูนซีเมนต์ซิลิกา (Silica Cement) หรือที่เรียกกันทั่วไปว่าปูนซีเมนต์ผสม หมายถึงผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการเติมวัสดุเฉื่อย เช่น ทรายหรือหินปูน และอื่น ๆ ลงไปบดพร้อมกันกับการบดปูนเม็ดของปูนซีเมนต์พอร์ตแลนด์ประเภทหนึ่ง และคุณลักษณะของปูนซีเมนต์ที่ได้นี้ขึ้นอยู่กับเกณฑ์กำหนดของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ผสม มอก.80-2517⁽¹⁾ ซึ่งมีข้อกำหนดอยู่ 6 ข้อคือ

1. ความละเอียดค่าสุดท้ายเท่ากับ $2800 \text{ ซม}^2/\text{กรัม}$ เมื่อวัดด้วยวิธีเบลนแอร์เพอร์มิอ์บิลิตี (Blaine Air Permeability)
2. ค่าความอยู่ตัวสูงสุดร้อยละ 0.6 เมื่อทดสอบโดยวิธีออโตคลอว์ (Autoclave)
3. ระยะเวลาการก่อตัวไม่น้อยกว่า 45 นาที เมื่อทดสอบโดยวิธีวิคัต (Vicat)
4. ปริมาณอากาศในมอร์ต้าสูงสุด 12.0% โดยปริมาตร
5. กำลังรับแรงอัดของลูกบาศก์มอร์ต้าค่าสุดท้าย $65 \text{ กก}/\text{ซม}^2$ เมื่ออายุ 3 วัน และ $115 \text{ กก}/\text{ซม}^2$ เมื่ออายุ 7 วัน
6. ระยะเวลาสุดท้ายของการทดสอบการก่อตัวผิดปกติค่าสุดท้ายร้อยละ 50

จะเห็นว่าเกณฑ์กำหนดของปูนซีเมนต์ซิลิกานั้นค่อนข้างกว้าง จากใบรับรองผลการทดสอบจากโรงงานปูนซีเมนต์ (3, 4, 5) พบว่า คุณสมบัติของปูนซีเมนต์ซิลิกาที่ผลิตในประเทศไทยได้เกณฑ์ดังกล่าวข้างต้น อาทิเช่น มีความละเอียดตั้งแต่ 3200 ถึง $4000 \text{ ซม}^2/\text{กรัม}$ ค่าความอยู่ตัวร้อยละ 0.02 ถึง 0.2 ระยะเวลาการก่อตัว 120 ถึง 150 นาที และปริมาณอากาศในมอร์ต้า 6-7 % แต่มาตรฐานดังกล่าวไม่ระบุความแตกต่างของคุณสมบัติสำหรับการใช้งานของปูนซีเมนต์ซิลิกากับปูนซีเมนต์พอร์ตแลนด์ประเภทหนึ่ง ซึ่งเป็นปูนซีเมนต์ที่นิยมใช้กันทั้ง 2 ชนิด

โดยทั่วไป ปูนซีเมนต์พอร์ตแลนด์ประเภทหนึ่งใช้สำหรับการทำคอนกรีต และผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมใดที่ไม่ต้องการคุณภาพพิเศษกว่าธรรมดา และใช้สำหรับงานก่อสร้างทั่วไป ส่วนปูนซี

เมนต์ซิลิกาได้จากการบดวัสดุเฉื่อย 20-30 % กับปูนซีเมนต์จึงทำให้ราคาถูกลง และเป็นที่ยอมรับกันมากปูนซีเมนต์ชนิดนี้เหมาะสำหรับใช้ในงานก่อสร้างที่ไม่ต้องการกำลังสูงมากนัก เช่น คอมมอดี้กแฉว 2-3 ชั้น และในงานปูนฉาบ

2. วิธีการทดลอง

2.1 วัสดุ

ปูนซีเมนต์ เป็นปูนซีเมนต์พอร์ตแลนด์ประเภทหนึ่ง และปูนซีเมนต์ซิลิกาที่มีขายตามท้องตลาด

ทราย เป็นทรายพุทไธสงผานแรงเบอร์ 16 และค้ำแรงเบอร์ 30
น้ำ ใช้น้ำประปา

2.2 การทดลอง

ส่วนประกอบทางเคมี ตัวอย่างปูนซีเมนต์ได้ถูกส่งไปทำการวิเคราะห์หาส่วนประกอบทางเคมีที่บริษัทปูนซีเมนต์ไทย

ความละเอียด หาคความละเอียดของปูนซีเมนต์โดยใช้เครื่องมือเบลนแอร์เพอร์มิอ์บิลิตี (Blaine Air Permeability) ตามมาตรฐาน ASTM C 204-79⁽⁶⁾

ความถ่วงจำเพาะ หาคความถ่วงจำเพาะของปูนซีเมนต์โดยการแทนที่แอลกอฮอล์ตามมาตรฐาน ASTM C 188-78⁽⁷⁾

ความชื้นเหลวปกติ หาปริมาณน้ำที่ความชื้นเหลวปกติตามมาตรฐาน ASTM C 187-79⁽⁸⁾

เวลาในการก่อตัว หาเวลาในการก่อตัวระยะต้นและระยะปลายโดยเข็มไวแคต (Vicat Needle) ตามมาตรฐาน ASTM C 191-77⁽⁹⁾

การคายน้ำ ได้ดัดแปลงเครื่องมือสำหรับการทดสอบการคายน้ำให้ทำได้ง่ายขึ้นโดยสามารถใช้วัสดุที่มีอยู่ในห้องปฏิบัติการทั่วไป รูปที่ 1 แสดงเครื่องมือทดสอบการคายน้ำ ซึ่งประกอบด้วย ถ้วยบีกเกอร์ (Beaker) ขนาดความจุ 1000 ซม³ เส้นผ่าศูนย์กลาง 100 มม. สูง 145 มม. สำหรับบรรจุคาร์บอนเตตระคลอไรด์ (Carbon Tetrachloride) ภาชนะบรรจุเพสต์หรือมอร์ต้าที่บรรจุอยู่ภายในมีความจุ 250 ซม³ เส้นผ่าศูนย์กลาง 66 มม. และสูง 90 มม. บิวเรตต์ (Burette) สำหรับวัดปริมาณน้ำที่คายออกจากเพสต์หรือมอร์ต้ามีเส้นผ่าศูนย์กลาง 25

มม. และมีความยาวทั้งหมด 50 ซม. บิวเรตต์ประกอบด้วยกรวยสำหรับน้ำที่คายจากเพสต์หรือมอร์ต้า จุกปิดเปิด ตัวคูตอากาศ และยึดอยู่บนขาตั้งซึ่งสามารถเลื่อนขึ้นลงได้อย่างสะดวก

การทดสอบการคายน้ำใช้ 2 วิธี คือ การทดสอบซีเมนต์เพสต์ และการทดสอบมอร์ต้าวิธีการทดสอบทำตามมาตรฐาน ASTM C 243-79⁽¹⁰⁾

กำลังรับแรงอัด สัดส่วนผสม วิธีการหล่อ การบ่ม และการทดสอบหากำลังรับแรงอัดทำตามมาตรฐานอเมริกัน ASTM C 109-7⁽¹¹⁾ ใช้ลูกบาศก์มอร์ต้าขนาด 50 มม. ทดสอบที่อายุ 3, 7, 28 และ 90 วัน

การหดตัวเมื่อตากแห้ง การทดสอบทำตามมาตรฐาน ASTM C 596-75⁽¹²⁾ ใช้แท่งมอร์ต้าขนาด 25x25x285 มม. เริ่มทำการทดสอบเมื่ออายุได้ 3 วัน หาน้ำหนักที่สูญเสียและการหดตัวเมื่อแห้งหลังจากทิ้งแท่งทดสอบไว้ในห้องที่อุณหภูมิ 21.3 °C และความชื้นสัมพัทธ์ 65.10 % เป็นเวลา 4, 11, 28 และ 57 วัน รูปที่ 2 แสดงเครื่องมือวัดการหดตัว

ความต้านทานสารเคมี การทดสอบได้ดัดแปลงมาจากมาตรฐาน ASTM C 267-77⁽¹³⁾ แท่งทดสอบเป็นลูกบาศก์มอร์ต้าขนาด 50 มม. เริ่มทำการทดสอบเมื่ออายุ 7 วัน โดยแช่ในกรดซัลฟูริก (Sulfuric Acid) ที่มีความเข้มข้น 8 % หาน้ำหนักที่สูญเสียไปและกำลังรับแรงอัดที่เปลี่ยนไปหลังจากแช่ในกรด 1, 7 และ 28 วัน

3. ผลการทดลองและการอภิปรายผล

ตารางที่ 1 แสดงถึงส่วนประกอบทางเคมี ค่าความละเอียดและความดวงจำเพาะของปูนซีเมนต์ซิลิกา และปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทหนึ่ง จะเห็นได้ว่าส่วนประกอบทางเคมีของของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทหนึ่งและปูนซีเมนต์ซิลิกาคล้ายคลึงกัน ปริมาณสารประกอบต่าง ๆ ในปูนซีเมนต์ซิลิกาจะน้อยกว่าปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทหนึ่ง แต่การสูญเสียเนื่องจากการเผา (Loss on Ignition) จะสูงกว่ามาก การสูญเสียเนื่องจากการเผาในปูนซีเมนต์ซิลิกาสวนมากมาจากการสลายตัวของน้ำและคาร์บอนไดออกไซด์ที่มีอยู่ในโครงสร้างของวัสดุเนื้อเมื่อถูกความร้อนสูง นอกจากนี้วัสดุเนื้อยังมีความดวงจำเพาะต่ำกว่าปูนเม็ดทำให้ความ

ถ่วงจำเพาะของปูนซีเมนต์ซิลิกาต่ำกว่าปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทหนึ่ง ส่วนความละเอียดของปูนซีเมนต์ซิลิกามีค่าประมาณ $3200 \text{ ซม}^2/\text{กรัม}$ ซึ่งสูงกว่าปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทหนึ่ง และเป็นไปตามมาตรฐาน มอก.80-2517

คุณสมบัติอื่น ๆ ของซีเมนต์ซิลิกาและปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทหนึ่งได้สรุปไว้ในตารางที่ 2 ค่าความชื้นเหลือปกติของปูนซีเมนต์ซิลิกามีค่าเท่ากับ 27.4 % ซึ่งใกล้เคียงกับ 27.2 % ของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทหนึ่ง ค่าการก่อดั้วระยะต้นของปูนซีเมนต์ทั้งสองชนิดมีค่าเท่ากันคือ 115 นาที และค่าการก่อดั้วระยะปลายของปูนซีเมนต์ซิลิกาสูงกว่าคือ 280 นาที เปรียบเทียบกับ 240 นาที ของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทหนึ่ง

รูปที่ 3 แสดงถึงกราฟของกำลังรับแรงอัดของลูกบาศก์มอร์ต้า จะเห็นได้ว่ากำลังรับแรงอัดของปูนซีเมนต์ซิลิกามีค่าต่ำกว่าปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทหนึ่งอยู่ประมาณ 25-30 % ตลอดระยะเวลาของการทดสอบคือ 3 ถึง 90 วัน ซึ่งค่าที่ต่ำกว่านี้ใกล้เคียงกับปริมาณของวัสดุเฉื่อยที่ผสมในการบดทำปูนซีเมนต์ซิลิกา

การวัดการคายน้ำของปูนซีเมนต์วัดโดยใช้ซีเมนต์เพสต์และมอร์ต้า ซีเมนต์เพสต์ที่ใช้สำหรับการทดสอบมีปริมาณน้ำผสมคงที่ และมอร์ต้าที่ใช้ในการทดสอบมีค่าการไหลคงที่เท่ากับ 105-110 % ซึ่งปูนซีเมนต์ซิลิกาต้องการน้ำผสมคิดเป็นอัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์เท่ากับ 0.544 สูงกว่าสำหรับปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ธรรมดา คือ 0.541 อยู่เพียงเล็กน้อย จากรูปที่ 4 และตารางที่ 2 แสดงให้เห็นว่าปูนซีเมนต์ซิลิกามีการคายน้ำต่ำกว่าปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทหนึ่ง

รูปที่ 5 แสดงถึงการหดตัวและน้ำหนักที่สูญเสียเมื่อตากแห้ง แท่งมอร์ต้าที่ทำจากปูนซีเมนต์ซิลิกามีการหดตัวน้อยกว่าปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทหนึ่ง แต่น้ำหนักที่สูญเสียกลับมากกว่า ซึ่งตามธรรมชาติการหดตัวควรเป็นปกติโดยตรงกับปริมาณน้ำที่สูญเสียไป น้ำที่สูญเสียในการตากแห้งที่ความชื้นสัมพัทธ์ 65 % เป็นน้ำที่อยู่ในโพรงคาปิลลารี (Capillary Pore) ดังนั้นอาจเป็นไปได้ว่าขนาดและการกระจายของโพรงคาปิลลารีภายในของซีเมนต์เพสต์ทั้งสองชนิดจะแตกต่างกัน เนื่องจากปริมาณน้ำที่ใช้ในการผสมใกล้เคียงกันแต่ปริมาณเนื้อปูนซีเมนต์ในปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ชนิดที่หนึ่งมีมากกว่า ค่าการหดตัวของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ชนิดที่หนึ่งสูงกว่าเพราะมีปริมาณซีเมนต์เพสต์มากกว่า

รูปที่ 6 แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงของกำลังรับแรงอัด และน้ำหนักที่สูญเสียไปเนื่องจากการกักตรอนของกรดซัลฟูริกที่มีความเข้มข้น 8 % จะเห็นได้ว่าปูนซีเมนต์ซิลิกามีความคงทน

ต่อการกัดกร่อนของกรตมากกว่าปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ธรรมดา โดยที่น้ำหนักสูญเสียมีค่าต่ำกว่า และกำลังรับแรงอัดที่เปลี่ยนแปลงมีค่าต่ำกว่า

4. สรุปผล

จากข้อมูลจากการทดสอบสามารถสรุปผลได้ดังนี้

1. ปูนซีเมนต์ซีลิกามีส่วนผลสมคล้ายกับปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทหนึ่ง แต่มีการสูญเสียเนื่องจากการเผาสูงมากถึง 13.3 % ค่าความถ่วงจำเพาะต่ำกว่าเล็กน้อยคือประมาณ 3.05 และมีความละเอียดมากกว่าคือประมาณ 3200 ซม²/กรัม เมื่อวัดโดยวิธีเบลนแอร์เพอร์มีอะบิลิตี้
2. ระยะเวลาการก่อตัวระยะต้นของปูนซีเมนต์ทั้งสองชนิดมีค่าเท่ากัน แต่เวลาการก่อตัวระยะปลายของปูนซีเมนต์ซีลิกาสูงกว่า
3. กำลังรับแรงอัดของปูนซีเมนต์ซีลิกิต่ำกว่าปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทหนึ่งอยู่ประมาณ 25-30 % ซึ่งใกล้เคียงกับปริมาณวัสดุเฉื่อยที่ผสมเพิ่มในการทำปูนซีเมนต์ซีลิกา
4. ปูนซีเมนต์ซีลิกามีการคายน้ำและการหดตัวเมื่อแห้งน้อยกว่า และมีคุณสมบัติทนต่อการกัดกร่อนของกรดซัลฟูริกได้ดีกว่าปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทหนึ่ง

บรรณานุกรม

1. มอก. 80-2517 "มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ผสม" 7 หน้า
2. ปูนซีเมนต์นครหลวง "เอกสารเทคนิควิทยาคอนกรีต" ฉบับพิมพ์ครั้งที่ 3 พ.ศ.2520, 190 หน้า
3. ชลประทานซีเมนต์ "ชลประทานซีเมนต์เพื่อมาตรฐานงานปูน" แผนปลิว
4. ปูนซีเมนต์นครหลวง "เทคนิคการใช้ปูนซีเมนต์" 44 หน้า
5. Siam Cement Co.

"Advice on Making Good Concrete," No.1 March 1965.

6. ASTM C 204-79 "Standard Test Method for Fineness of Portland Cement by Air Permeability Apparatus"
 7. ASTM C 188-78 "Standard Test Method for Density of Hydraulic Cement"
 8. ASTM C 187-78 "Standard Test Method for Normal Consistency of Hydraulic Cement"
 9. ASTM C 191-77 "Standard Test Method for Time of Setting of Hydraulic Cement by Vicat Needle"
 10. ASTM C 243-79 "Standard Test Method for Bleeding of Cement Pastes and Mortars"
 11. ASTM C 109-77 "Standard Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars (Using 2-in or 50-mm Cube Specimens)"
 12. ASTM C 596-75 "Standard Method of Measuring the Drying Shrinkage of Mortar Containing Portland Cement"
 13. ASTM C 267-77 "Standard Test Method for Chemical Resistance of Mortars"
-

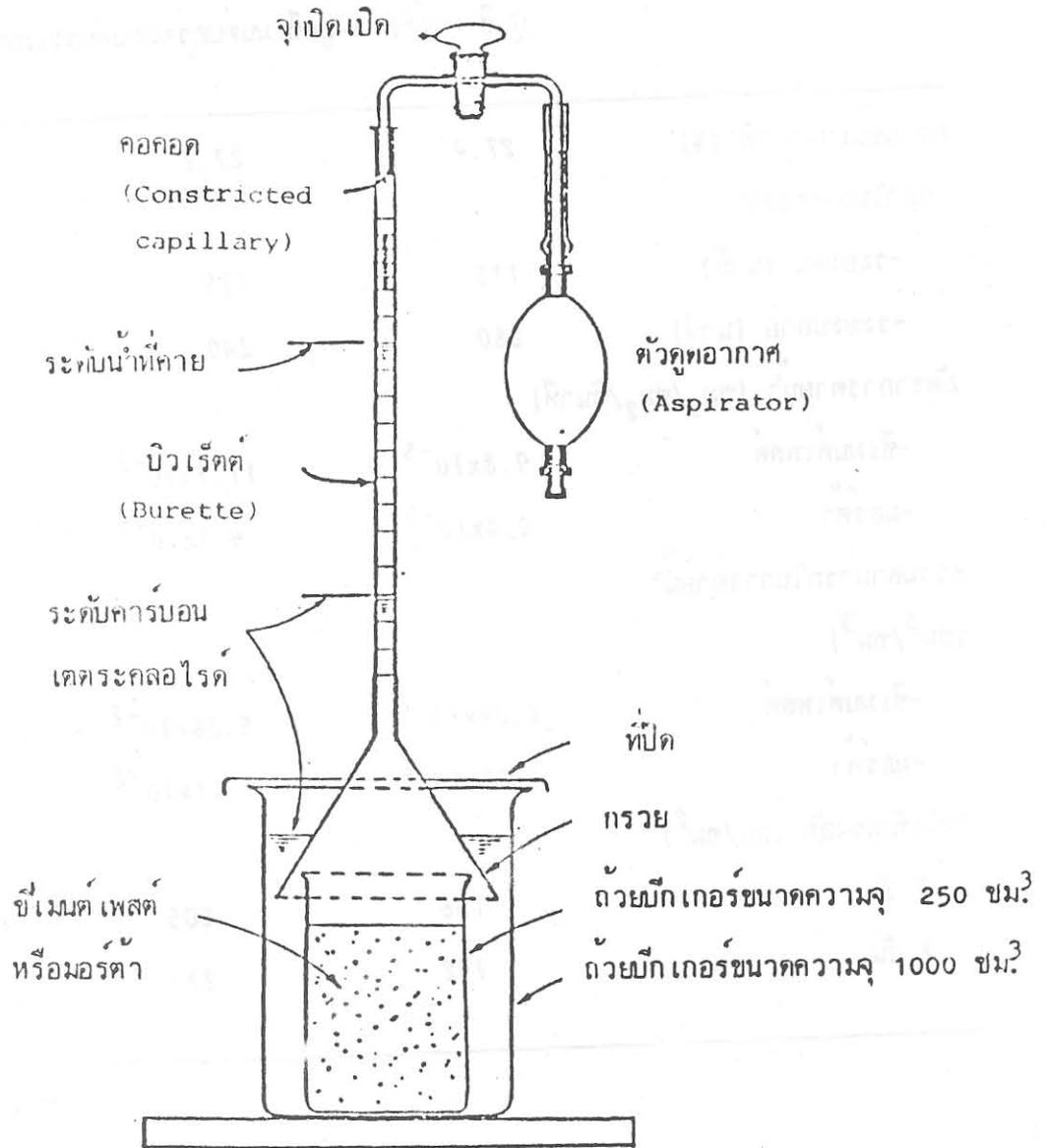
ตารางที่ 1 ส่วนประกอบทางเคมี

ส่วนประกอบ	ปูนซีเมนต์ซิลิกา		ปูนซีเมนต์ ปอร์ตแลนด์ประเภทหนึ่ง
	1 *	2	
CaO	61.1	60.4	63.8
SiO ₂	16.9	15.1	20.2
Al ₂ O ₃	4.9	3.8	5.4
Fe ₂ O	2.8	2.5	2.9
MgO	0.7	1.7	1.5
SO ₃	2.9	2.6	2.6
Na ₂ O	0.1	0.2	0.3
K ₂ O	0.4	0.4	0.5
การสูญเสียเนื่องจากการเผา	10.2	13.3	2.7
ความละเอียด (ซม ₂ /กรัม)			
โดยวิธีเบลนแอร์เพอร์มิอะบิลิตี	3200	3200	2500
ความถ่างจำเพาะ			
	3.04	3.06	3.12

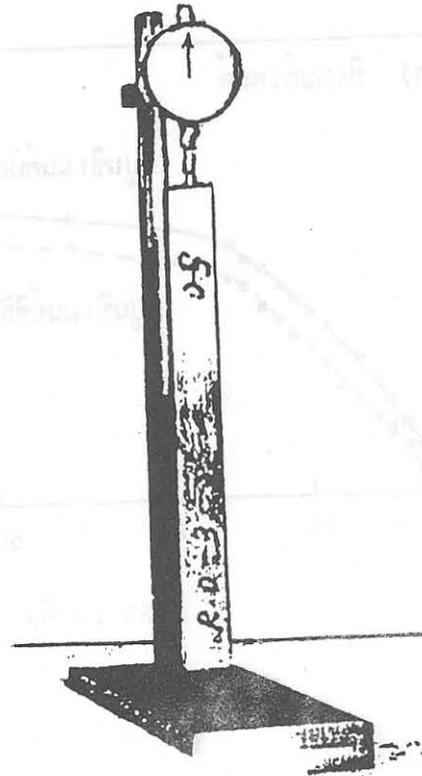
หมายเหตุ * ปูนซีเมนต์ซิลิกาตัวอย่างที่ 1 ใช้สำหรับการทดสอบอื่น ๆ

ตารางที่ 2 คุณสมบัติของซีเมนต์เฟสท์และมอร์ต้า

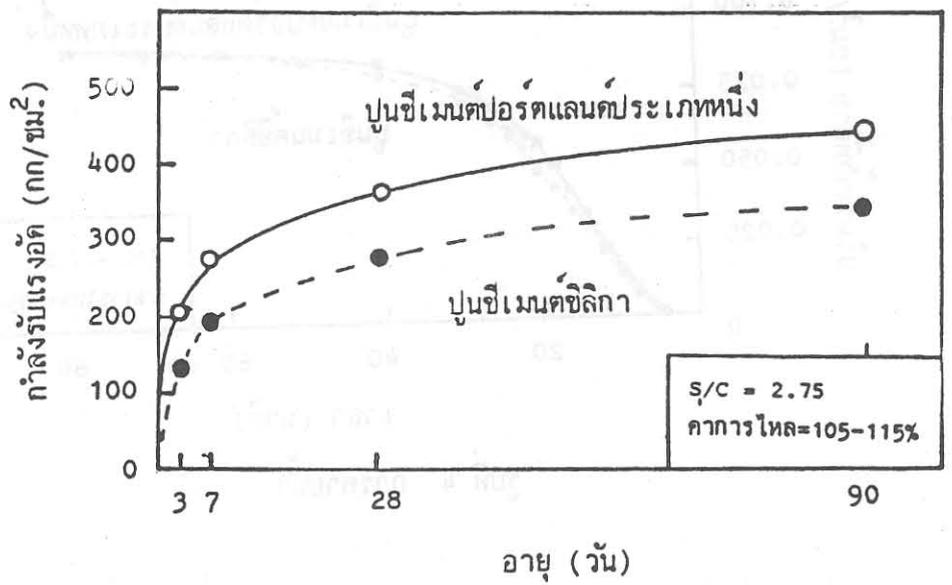
	ปูนซีเมนต์ซิลิกา	ปูนซีเมนต์พอร์ตแลนด์ประเภทหนึ่ง
ความชื้นเหลือปกติ (%)	27.4	27.2
เวลาในการก่อตัว		
- ระยะต้น (นาที)	115	115
- ระยะปลาย (นาที)	280	240
อัตราการคายน้ำ (ชม ₃ /ชม ₂ /วินาที)		
- ซีเมนต์เฟสท์	9.8×10^{-5}	11.7×10^{-5}
- มอร์ต้า	9.4×10^{-5}	6.5×10^{-5}
ความสามารถในการคายน้ำ (ชม ³ /ชม ³)		
- ซีเมนต์เฟสท์	2.09×10^{-2}	2.36×10^{-2}
- มอร์ต้า	1.09×10^{-2}	1.11×10^{-2}
กำลังรับแรงอัด (กก/ชม ²)		
3 วัน	136	205
7 วัน	192	277



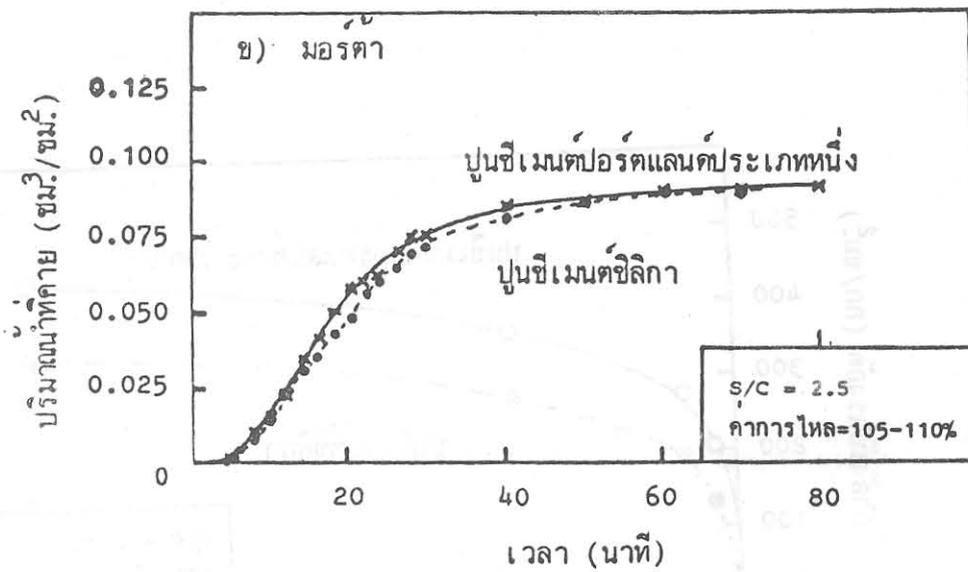
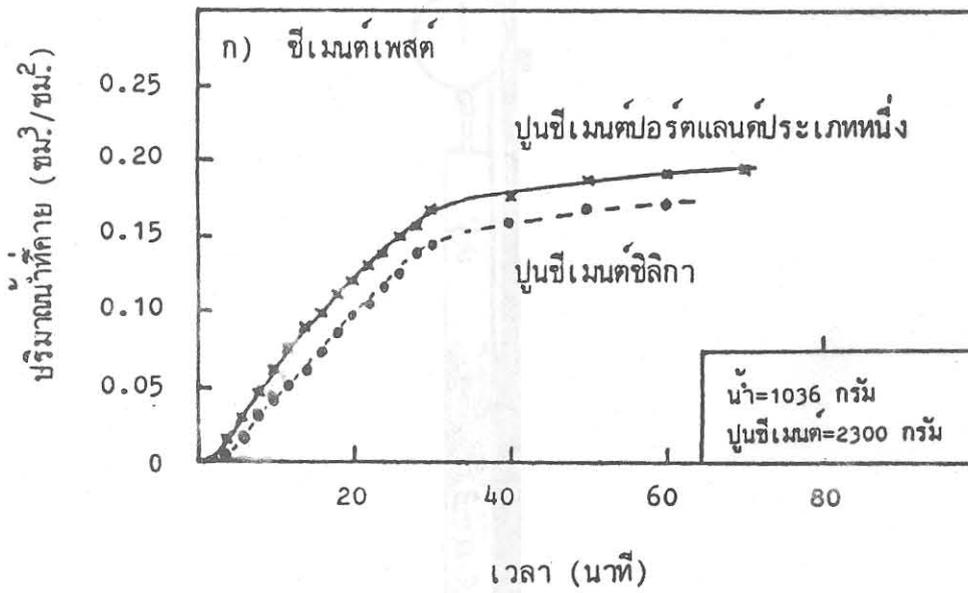
รูปที่ 1 เครื่องมือทดสอบการคายน้ำ



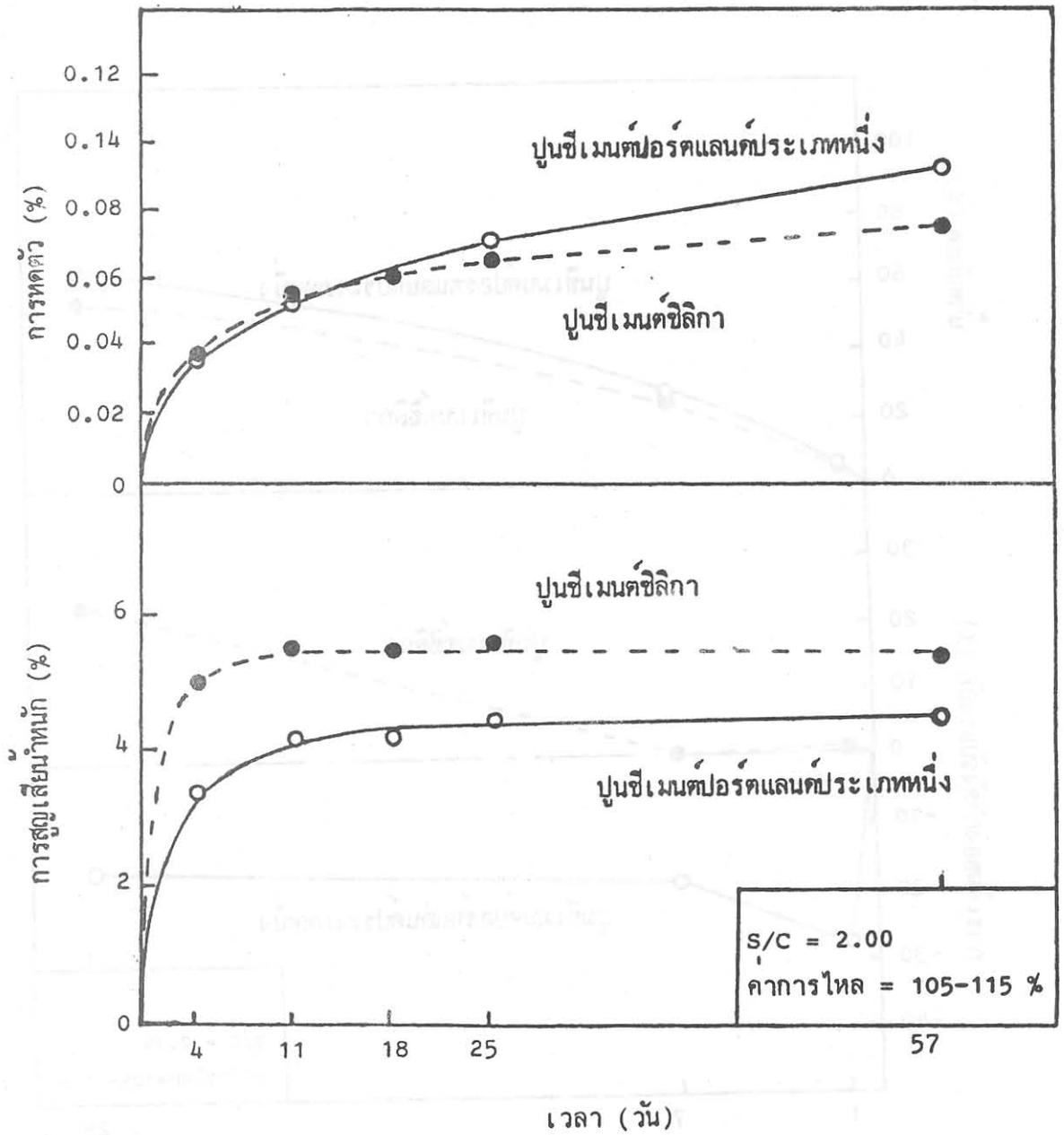
รูปที่ 2 เครื่องมือวัดการหดตัว



รูปที่ 3 กำลังรับแรงอัดของลูกบาศก์มอร์ต้า



รูปที่ 4 การคายน้ำ



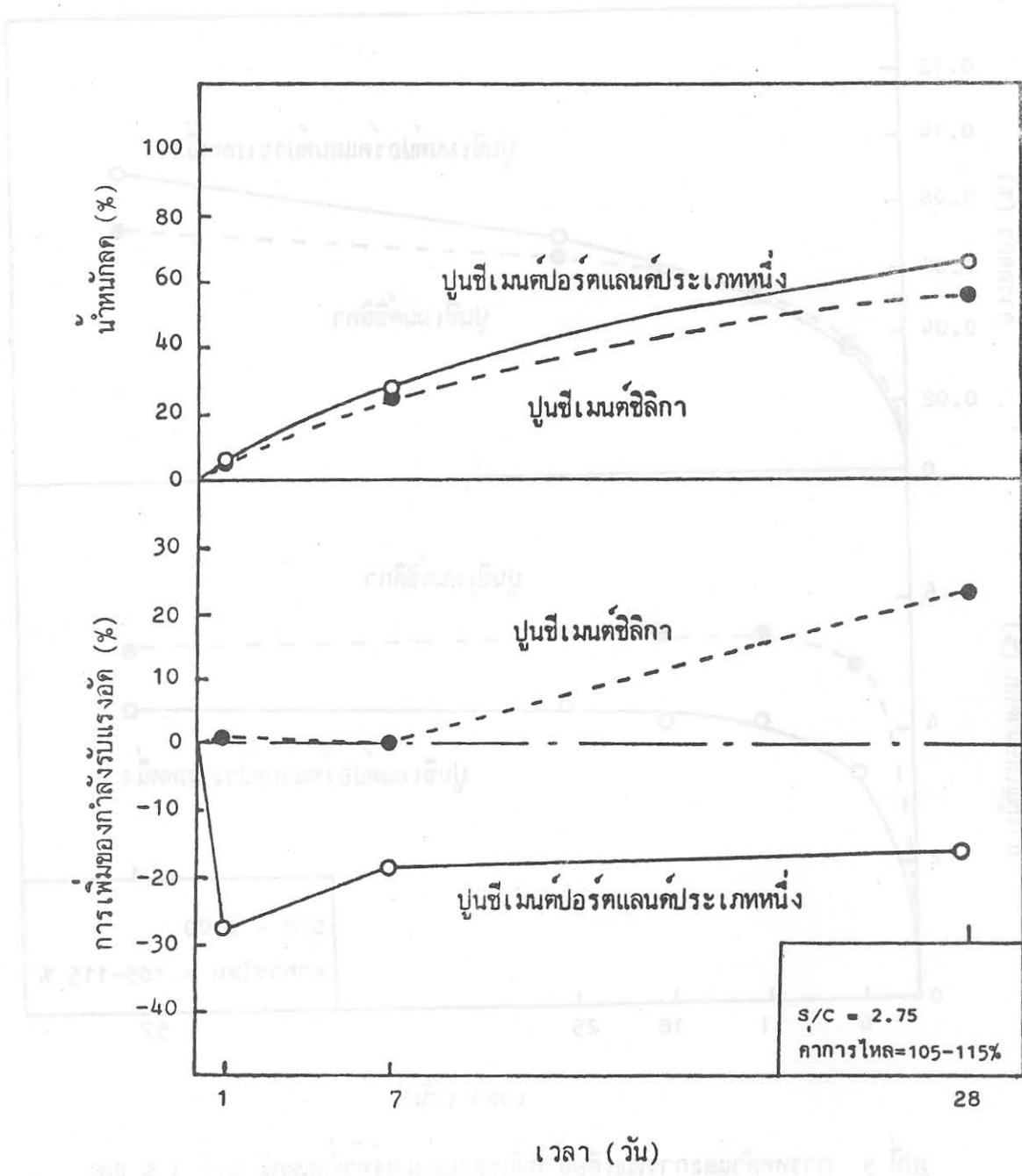
รูปที่ 5 การดูดน้ำและการสูญเสียน้ำหนักของแท่งมอร์ต้าที่อุณหภูมิ 21 ± 3 % และ ความชื้นสัมพัทธ์ 65 ± 10 % เริ่มทดสอบที่อายุ 3 วัน

บทสรุป

การบริหารการผลิตและการตลาดนั้นจะต้องคำนึงถึงวัตถุประสงค์เป็นสิ่งแรกและทำการศึกษาอย่างเป็นระบบในส่วนที่เกี่ยวข้องกันโดยจะต้องมีการวางแผน วิเคราะห์และควบคุมอย่างเป็นวัฏจักร การพัฒนาระบบในการบริหารทั้งนี้ก็เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ของแต่ละหน่วยงานโดยต้องอยู่ในนโยบายหลักขององค์กร

เอกสารอ้างอิง

1. Bedworth, David D., Bailey, James E., *Integrated Production control Systems : Management, Analysis, Design.*, John Wiley & Sons, Inc.. New York, 1982.
2. Johnson. Lynwood A.. and Montgomery, Douglas C., *Operation Research in Production Planning, Scheduling, and Inventory Control.*, John Wiley & Sons, Inc.. New York, 1974
3. Kotler, Philip.. *Marketing Management : Analysis, Planing and Control.*, Fourth Edition, Prentice - Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, 1980.
4. Riggs, James L., *Production Systems: Planning, Analysis, and Control.* Second Edition, John Wiley & Sons, Inc., New York, 1976.
5. Shapiro, Benson P., *Can marketing and manufacturing coexist?*. "Harvard Business Review, September - October 1977.



รูปที่ 6 การเพิ่มของกำลังรับแรงอัด และน้ำหนักที่สูญเสียของลูกบาศก์มอร์ต้า
 แชนในกรดซัลฟูริกเข้มข้น 8 % เริ่มทดสอบที่อายุ 7 วัน