บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ได้ใช้ยิบซัมชนิดที่ 4 ที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยอะคริลาไมด์ โดยอ้างอิงจากการศึกษาของ Stav E. และคณะ (1991) ซึ่งได้ใช้อะคริลาไมด์ ในการปรับปรุงคุณภาพเช่นกัน โดยมีโปแทสเซียมเปอร์ซัลเฟต เป็นสารเริ่มต้นปฏิกิริยา (initiator) และใช้โซเดียมไบซัลไฟต์ เป็นสารกระตุ้นการเกิดปฏิกิริยา (activator) แต่ในการศึกษาครั้งนี้ได้เปลี่ยนสารกระตุ้นการเกิดปฏิกิริยาเป็นกรดแอสคอบิก เนื่องจากสามารถหาได้ง่าย และมีราคาถูกกว่า ดังนั้นในการทดลองนี้จึงได้ทำการทดลองโดยแบ่งออกเป็น 2 ตอนด้วยกัน คือ ตอนที่ 1 ได้ทำการศึกษาถึงปริมาณของกรดแอสคอบิกที่แตกต่างกันโดยอ้างอิงจากการศึกษาของ Stav E.และคณะ (1991) และ Bajpai และคณะ (1993) ที่ได้ศึกษาถึงปริมาณกรดแอสคอบิกที่เหมาะสมในการเกิดปฏิกริยาพอลิอะคริลาไมด์ โดยในการทดลองนี้ได้ศึกษาถึงปริมาณของกรดแอสคอบิกที่แตกต่างกันที่มีผลต่อกำลังแรงอัด ระยะเวลาก่อตัว และการขยายตัวขณะแข็งตัวของยิบซัม และเมื่อได้ปริมาณของกรดแอสคอบิกที่เหมาะสมที่สุดจากการทดลอง ตอนที่ 1 แล้ว จึงนำปริมาณของกรดแอสคอบิกที่เหมาะสมนั้นมาทำการทดลองต่อในตอนที่ 2 เพื่อศึกษาถึงปริมาณของอะคริลาไมด์ที่แตกต่างกัน ที่มีผลต่อกำลังแรงอัด ระยะเวลาก่อตัว และการขยายตัวขณะแข็งตัวของยิบซัม

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

อุปกรณ์ที่ใช้

1.ถ้วยผสมปูน (bowl)

2.พายผสมปูน (plaster spatular)

3.กระบอกตวง

4.เครื่องชั่งดิจิตัล (Scaltec instruments SBA51, Germany)

5.เครื่องชั่งดิจิตัล (Scaltec instruments SPB51, Germany)

6.เครื่องผสมปูนสูญญากาศ (Vacuum mixer; J. Morita corproration, Japan)

7.เครื่องสั่น (Vibrator; Pioneer inter supply Co.,LTD., Thailand)

8.เครื่องทดสอบสากล (Instron universal testing machine : Instron 8872, USA)

9.เครื่องวัดเวอร์เนีย คาลิปเปอร์ (Digimatic caliper; Mitutoyo, Japan)

10. เครื่องมือวัดระยะเวลาการแข็งตัวของยิบซัม (Vicat needle apparatus)

11. เครื่องมือทดสอบการขยายตัวขณะแข็งตัว (Extensometer)

12. แบบหล่อเหล็กกล้าไม่เป็นสนิม (stainless steel) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 มม.ยาว 20 มม.

13.เครื่องกดทับแบบหล่อเหล็กกล้าไม่เป็นสนิม

วัสดุที่ใช้

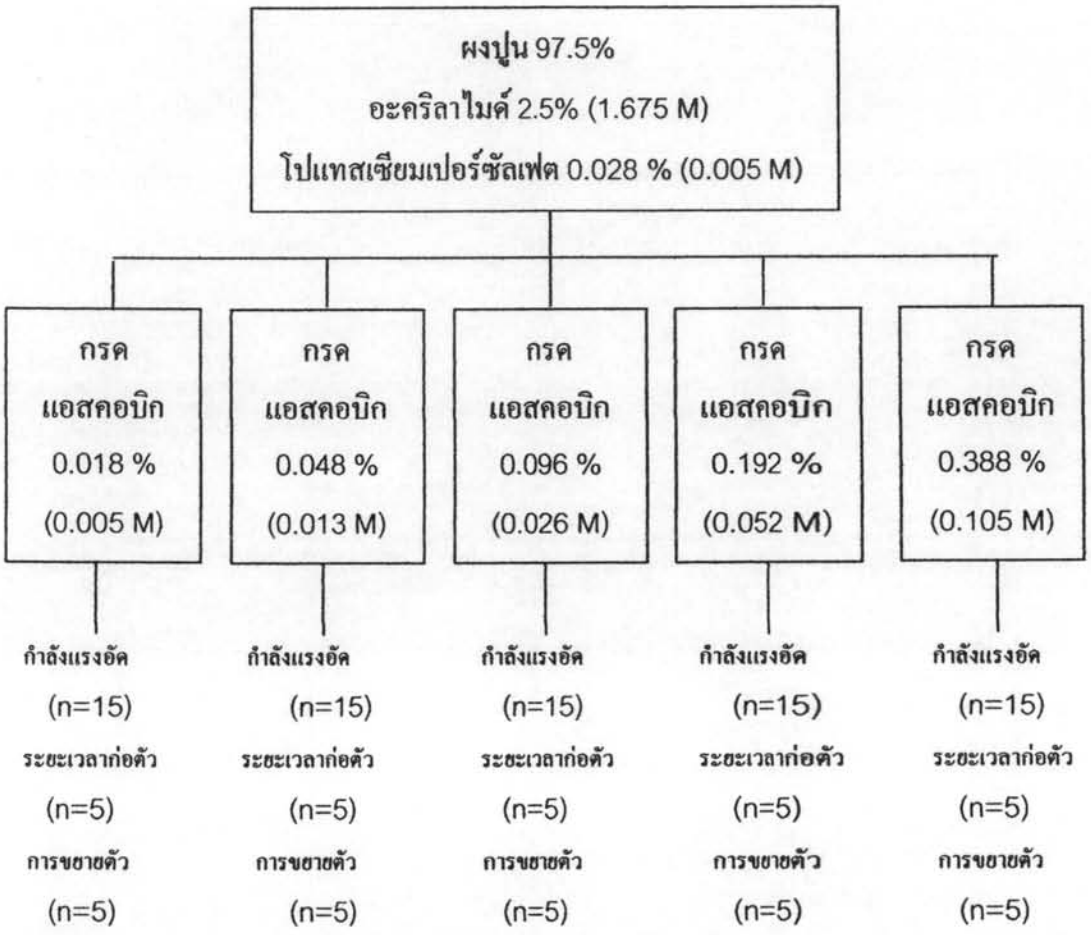
1. ผลิตภัณฑ์ยิบซัมชนิดที่ 4 (Atlast®) บริษัท ลาฟาร์จเพรสเทีย จำกัด
2. อะคริลาไมด์ (Acrylamide) บริษัท เคมิเคิล เอ็กเพรส จำกัด
3. โปแทสเซียมเปอร์ซัลเฟต (Potassium Persulfate) บริษัท เคมิเคิล เอ็กเพรส จำกัด
4. กรดแอสคอบิก (Ascorbic acid) บริษัท เบคไทย กรุงเทพอุปกรณ์เคมีภัณฑ์ จำกัด
5. น้ำกลั่น
6. กระดาษทรายเบอร์ 1000
7. แผ่นพลาสติกขนาด 2x2 นิ้ว
8. แผ่นโพลิเตตราฟลูออโรเอทิลีน (Polytetrafluoroethylene sheet)
9. น้ำยาป้องกันการเกาะติดของแบบหล่อ (Mould-release agent)

วิธีการทดลอง

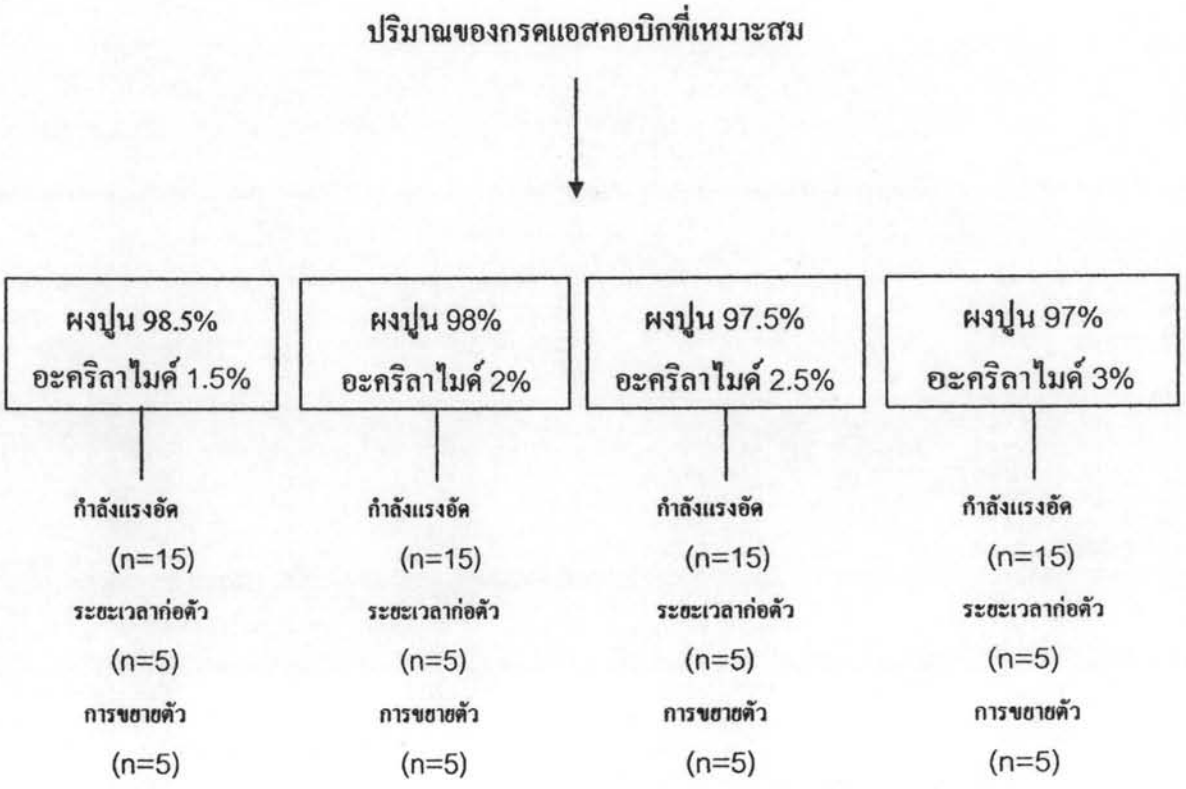
ในการวิจัยครั้งนี้ได้ใช้ยิบซัมชนิดที่ 4 (Atlast® : บริษัท ลาฟาร์จเพรสเทีย จำกัด) โดยนำมาปรับปรุงคุณภาพด้วยอะคริลาไมด์ (Acrylamide for synthesis : บริษัท เคมิเคิล เอ็กเพรส จำกัด) โดยมีโปแทสเซียมเปอร์ซัลเฟต (Potassium Persulfate, Reagent grade : บริษัท เคมิเคิล เอ็กเพรส จำกัด) เป็นสารเริ่มต้นปฏิกิริยา (initiator) และกรดแอสคอบิค (L(+)-Ascorbic acid, Reagent grade : บริษัท เบคไทย กรุงเทพอุปกรณ์เคมีภัณฑ์ จำกัด) เป็นสารกระตุ้นการเกิดปฏิกิริยา (activator) ซึ่งในการทดลองนี้ได้ทำการทดลองโดยแบ่งออกเป็น 2 ตอนด้วยกัน คือ ตอนที่ 1 ได้ทำการศึกษาถึงปริมาณของกรดแอสคอบิก ที่แตกต่างกันที่มีผลต่อความอดทนแรงอัด ระยะเวลาก่อตัว และการขยายตัวขณะแข็งตัวของยิบซัม โดยในแต่ละการทดสอบได้แบ่งออกเป็นกลุ่มย่อย 6 กลุ่ม ซึ่งมีปริมาณของกรดแอสคอบิกที่แตกต่างกันคือ กลุ่มควบคุม กลุ่มที่ใส่กรดแอสคอบิก 0.005M 0.013M 0.026M 0.052M และ 0.105M และเมื่อได้ปริมาณแอสคอบิกที่เหมาะสมที่สุดจากการทดลอง ตอนที่ 1 แล้ว จึงนำปริมาณแอสคอบิกที่เหมาะสมนั้นมาทำการทดลองต่อในตอนที่ 2 เพื่อศึกษาถึงปริมาณของอะคริลาไมด์ที่แตกต่างกัน ที่มีผลต่อกำลังแรงอัด

ระยะเวลาก่อตัว และการขยายตัวขณะแข็งตัวของยิบซัม โดยในแต่ละการทดสอบได้แบ่งออกเป็นกลุ่มย่อย 5 กลุ่ม ซึ่งมีปริมาณของอะคริลาไมด์ที่แตกต่างกันคือ กลุ่มควบคุม กลุ่มที่ใส่อะคริลาไมด์ 1.5 เปอร์เซ็นต์ 2 เปอร์เซ็นต์ 2.5 เปอร์เซ็นต์ และ 3 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณส่วนที่เป็นผง

ตอนที่ 1 การศึกษาถึงปริมาณของแอสคอบิกที่แตกต่างกันที่มีผลต่อกำลังแรงอัดแรง ระยะเวลาก่อตัว และ การขยายตัวขณะแข็งตัวของยิบซัม



ตอนที่ 2 การศึกษาถึงปริมาณของอะคริลาไมด์ที่แตกต่างกันที่มีผลต่อกำลังแรงอัด ระยะเวลาก่อตัว และ การขยายตัวขณะแข็งตัวของยิบซัม



การทดสอบกำลังแรงอัด

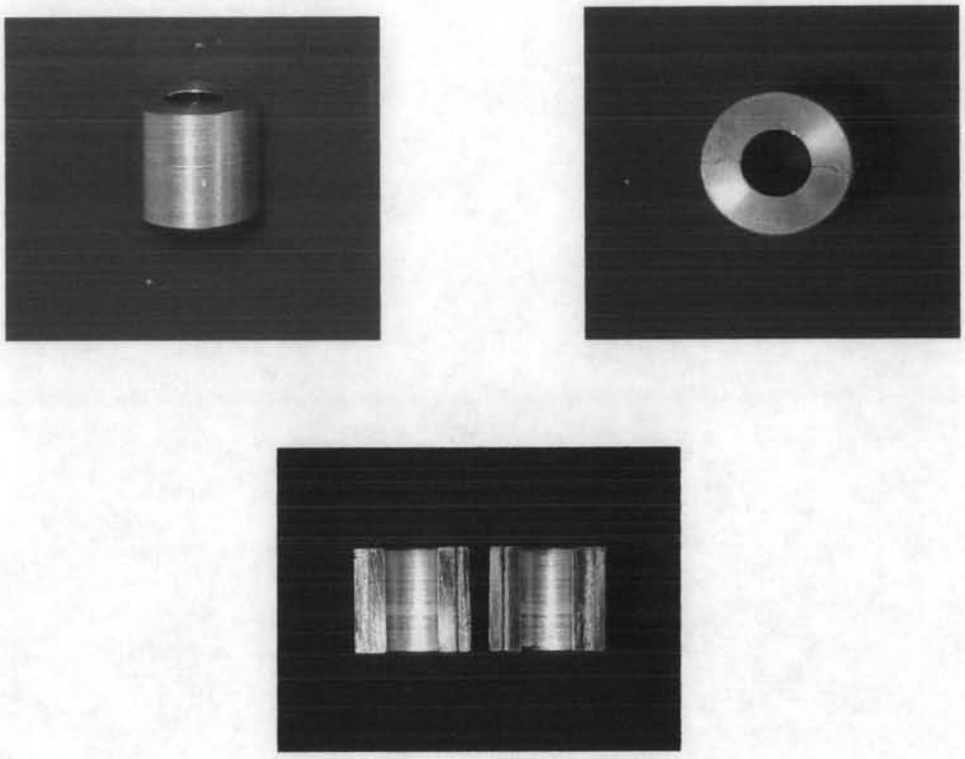
เตรียมชิ้นตัวอย่างรูปทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 มิลลิเมตร ยาว 20 มิลลิเมตร (Prombonas, 1994) จำนวน 135 ชิ้น แบ่งออกเป็นกลุ่มละ 5 ชิ้นตัวอย่าง (Fairhurst, 1960; Schneider และ Taylor, 1984; Prombonas, 1994) เริ่มแรกนำแบบหล่อเหล็กกล้าไม่เป็นสนิมมาฉีดพ่นด้วยน้ำยาป้องกันการเกาะติดของแบบหล่อ (Mould-release agent) แล้วจึงนำส่วนผสมของผง 100 กรัม มาผสมรวมกับน้ำกลั่นในถ้วยผสมปูนด้วยมือที่อุณหภูมิห้องตามอัตราส่วนที่บริษัทกำหนด หลังจากนั้นใช้เครื่องผสมสุญญากาศที่ความเร็ว 400 รอบต่อนาที เป็นเวลา 30 วินาที เพื่อผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน ใช้เครื่องสั่นเพื่อลดการเกิดฟองอากาศเป็นเวลา 30 วินาที แล้วนำไปใส่แบบหล่อเหล็กกล้าไร้สนิมโดยใช้แผ่นพลาสติกปิดทางด้านล่าง เมื่อบรรจุจนเต็มแบบหล่อแล้วนำแผ่นพลาสติกปิดทางด้านบน นำแบบหล่อไปกดทับด้วยเครื่องมือกดทับ รอจนวัสดุแข็งตัวแล้วแกะออกจากแบบหล่อแล้วใช้กระดาษทรายเบอร์ 1000 ขัดแห้งบริเวณผิวหน้าตัดของชิ้นตัวอย่างทดสอบ นำมาวัดด้วยเครื่องวัดเวอร์เนีย คาลิปเปอร์ (digimatic caliper) จนได้ขนาดชิ้นตัวอย่างตามที่กำหนด แล้วนำมาทำการทดสอบกำลังแรงอัดที่เวลา 1 ชั่วโมง 24 ชั่วโมง และ 48 ชั่วโมง ด้วยเครื่องทดสอบสากล (Instron universal testing machine) รุ่น Instron 8872 โดยใช้อัตราเร็วของการเคลื่อนที่ของหัวกด 1 มม. / นาที

ตอนที่ 1 การศึกษาถึงปริมาณของกรดแอสคอบิกที่แตกต่างกันที่มีผลต่อกำลังแรงอัด

ระยะเวลา	กรดแอสคอบิก (Molar)	จำนวนชิ้นงาน (ชิ้น)
1 ชั่วโมง	กลุ่มควบคุม	5
	0.005	5
	0.013	5
	0.026	5
	0.052	5
	0.105	5
24 ชั่วโมง	กลุ่มควบคุม	5
	0.005	5
	0.013	5
	0.026	5
	0.052	5
	0.105	5
48 ชั่วโมง	กลุ่มควบคุม	5
	0.005	5
	0.013	5
	0.026	5
	0.052	5
	0.105	5

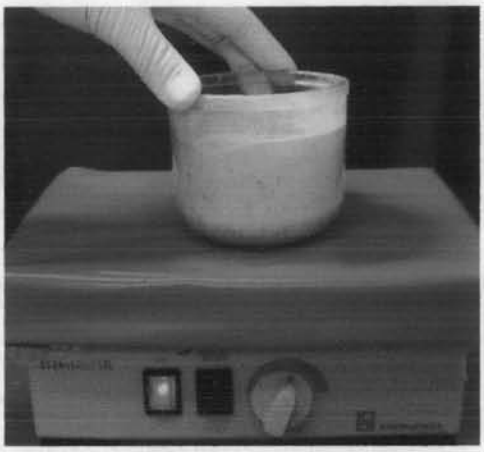
ตอนที่ 2 การศึกษาถึงปริมาณของอะคริลาไมด์ที่แตกต่างกันที่มีผลต่อกำลังแรงอัด

ระยะเวลา	อะคริลาไมด์ (%)	จำนวนชิ้นงาน (ชิ้น)
1 ชั่วโมง	กลุ่มควบคุม	5
	1.5	5
	2	5
	2.5	5
	3	5
24 ชั่วโมง	กลุ่มควบคุม	5
	1.5	5
	2	5
	2.5	5
	3	5
48 ชั่วโมง	กลุ่มควบคุม	5
	1.5	5
	2	5
	2.5	5
	3	5

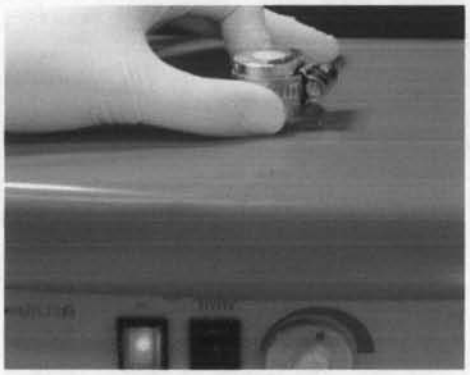


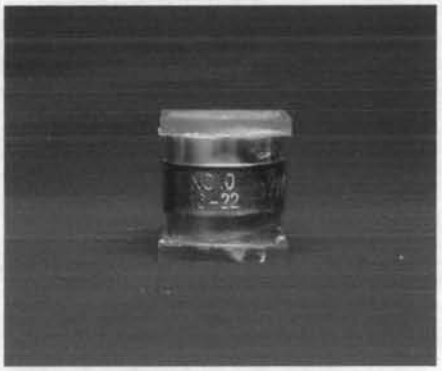
ภาพที่ 5 แสดงแบบหล่อเหล็กกล้าไม่เป็นสนิมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 มม.ยาว 20 มม.

ภาพที่ 6 แสดงการผสมด้วยเครื่องผสมสุญญากาศ

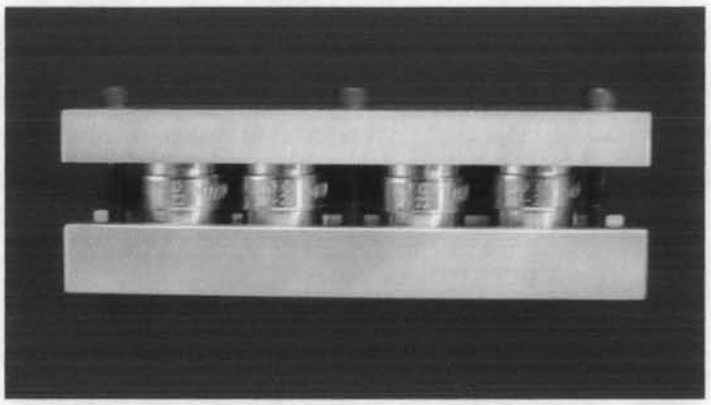


ภาพที่ 7 แสดงใช้เครื่องสั่นเพื่อลดปริมาณฟองอากาศ

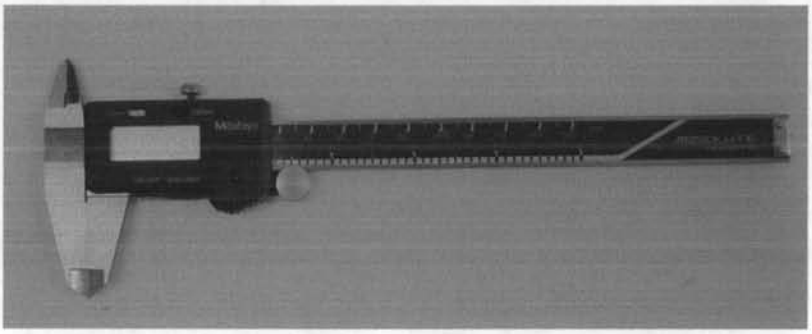




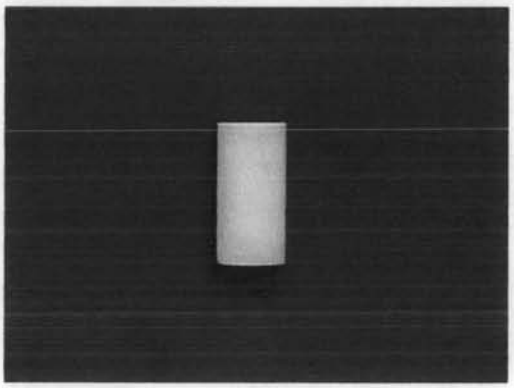
ภาพที่ 8 แสดงการบรรจุลงในแบบหล่อ



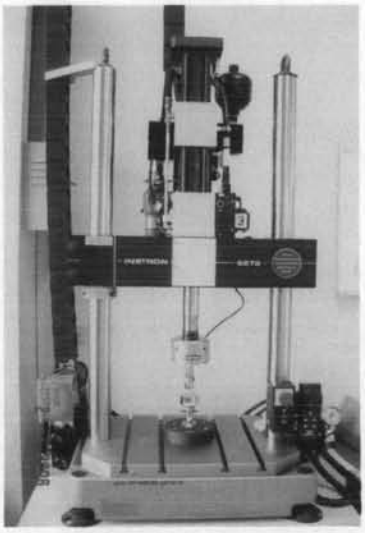
ภาพที่ 9 แสดงเครื่องมือกดทับแบบหล่อ



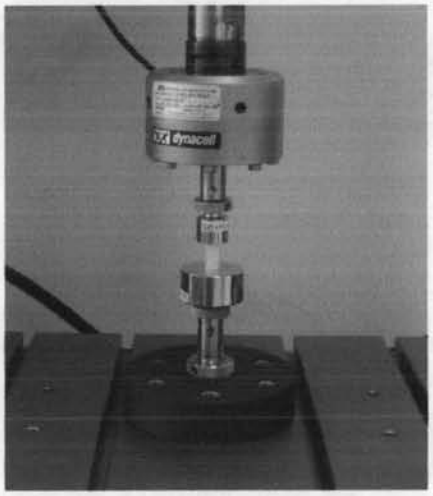
ภาพที่ 10 แสดงเครื่องวัดเวอร์เนีย คาลิปเปอร์ (digimatic caliper)



ภาพที่ 11 แสดงชิ้นงานตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบกำลังแรงอัด



ภาพที่ 12 แสดงเครื่องทดสอบสากล (Instron universal testing machine) รุ่น Instron 8872



ภาพที่ 13 แสดงการกดชิ้นงานด้วยเครื่องทดสอบสากล (Instron universal testing machine)

การทดสอบระยะเวลาการก่อตัว

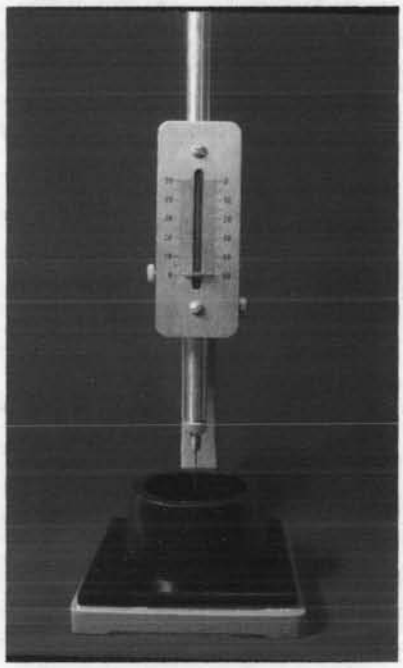
ทำการทดสอบด้วยเครื่องทดสอบระยะเวลาการก่อตัวชนิดเข็มไวเคท (Vicat needle apparatus) ดังภาพที่ 4 การทดลองแบ่งออกเป็นกลุ่มละ 5 ชิ้นตัวอย่าง (Peyton, 1952) นำส่วนผสมของผง 300 กรัมมาผสมรวมกับน้ำกลั่นในถ้วยผสมปูนด้วยมือที่อุณหภูมิห้องตามอัตราส่วนที่บริษัทกำหนด หลังจากนั้นใช้เครื่องผสมสุญญากาศที่ความเร็ว 400 รอบต่อนาทีเป็นเวลา 30 วินาที เพื่อผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน และใช้เครื่องสั่นเพื่อลดการเกิดฟองอากาศเป็นเวลา 30 วินาที แล้วนำไปเทใส่ภาชนะบรรจุของเครื่องมือทดสอบ เริ่มทำการทดสอบที่เวลา 1 นาทีก่อนที่จะถึงเวลาการก่อตัวของวัสดุที่ได้คาดการณ์ไว้ ซึ่งมักจะอยู่ในช่วงเวลาที่วัสดุเริ่มสูญเสียความเงา ทำการทดสอบทุกๆ 15 วินาที โดยเปลี่ยนตำแหน่งที่จะแทงเข็มในแต่ละครั้งจนเข็มไม่สามารถแทงลงไปในเนื้อวัสดุได้ลึกเกินกว่า 2 มิลลิเมตร

ตอนที่ 1 การศึกษาถึงปริมาณของกรดแอสคอบิกที่แตกต่างกันที่มีผลต่อระยะเวลาก่อตัว

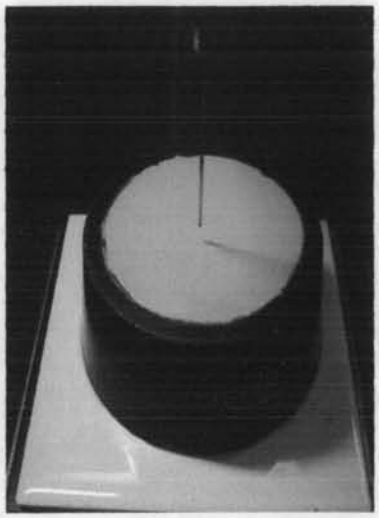
กรดแอสคอบิก (Molar)	จำนวนชิ้นงาน (ชิ้น)
กลุ่มควบคุม	5
0.005	5
0.013	5
0.026	5
0.052	5
0.105	5

ตอนที่ 2 การศึกษาถึงปริมาณของอะคริลาไมด์ที่แตกต่างกันที่มีผลต่อระยะเวลาก่อตัว

อะคริลาไมด์ (%)	จำนวนชิ้นงาน (ชิ้น)
กลุ่มควบคุม	5
1.5	5
2.0	5
2.5	5
3.0	5



ภาพที่ 14 แสดงเครื่องทดสอบระยะเวลาการก่อตัวชนิดเข็มไวเคท (Vicat needle apparatus)



ภาพที่ 15 แสดงการใช้เครื่องทดสอบระยะเวลาการก่อตัว

การทดสอบการขยายตัวขณะแข็งตัว

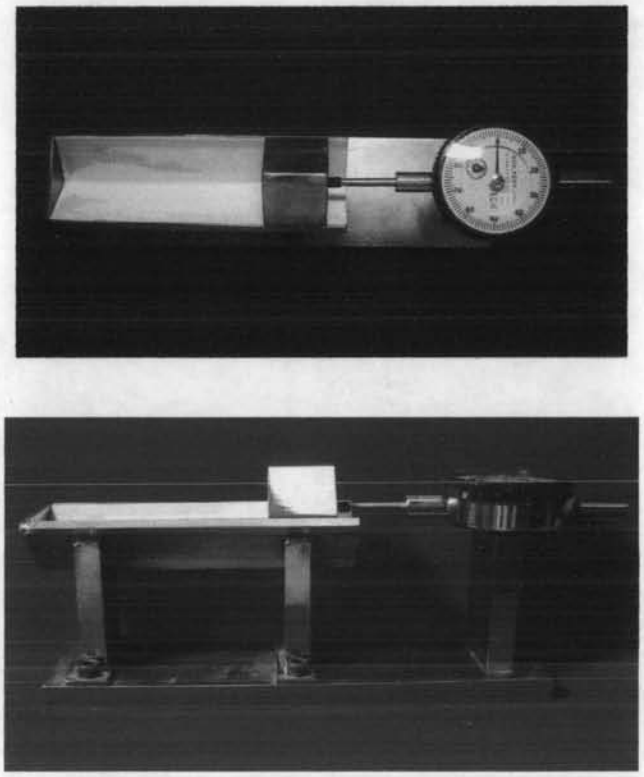
ทำการทดสอบด้วยเครื่องมือทดสอบการขยายตัวขณะแข็งตัว (Extensometer) ดังภาพที่ 16 เพื่อหาการขยายตัวขณะแข็งตัวของยิบซัม การทดลองแบ่งออกเป็นกลุ่มละ 5 ชิ้นตัวอย่าง (Hashmati และคณะ, 2002) เริ่มต้นด้วยการนำแผ่นโพลิเตตราฟลูออโรเอทิลีน (Polytetrafluoroethylene sheet) บุรองส่วนที่เป็นถาดบรรจุ เพื่อป้องกันการเกาะติดของวัสดุ แล้วนำส่วนผสมของผง 100 กรัมมาผสมรวมกับน้ำกลั่นในถ้วยผสมปูนด้วยมือที่อุณหภูมิห้องตามอัตราส่วนที่บริษัทกำหนด หลังจากนั้นใช้เครื่องผสมสุญญากาศที่ความเร็ว 400 รอบต่อนาทีเป็นเวลา 30 วินาที เพื่อผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน และใช้เครื่องสั่นเพื่อลดการเกิดฟองอากาศเป็นเวลา 30 วินาที แล้วนำมาเทในถาดของเครื่องมือ ปิดทับด้วยแผ่นยางกันน้ำลาย อ่านค่าการขยายตัวขณะแข็งตัวที่ระยะเวลา 120 นาทีภายหลังจากทำการผสม แล้วนำค่าที่ได้มาคำนวณค่าการขยายตัวขณะแข็งตัวโดยคิดเป็นเปอร์เซ็นต์

ตอนที่ 1 การศึกษาถึงปริมาณของแอสคอบิกที่แตกต่างกันที่มีผลต่อการขยายตัวขณะแข็งตัว

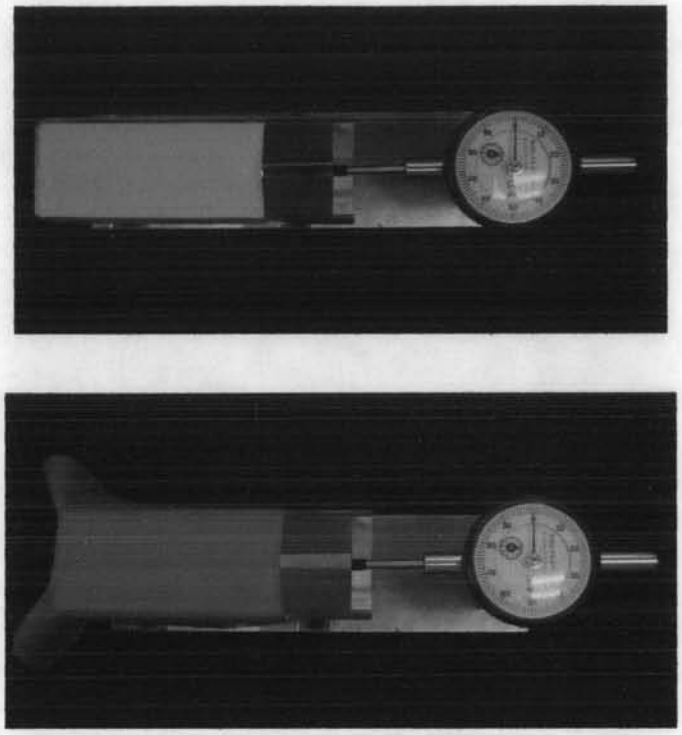
กรดแอสคอบิก (Molar)	จำนวนชิ้นงาน (ชิ้น)
กลุ่มควบคุม	5
0.005	5
0.013	5
0.026	5
0.052	5
0.105	5

ตอนที่ 2 การศึกษาถึงปริมาณของอะคริลาไมด์ที่แตกต่างกันที่มีผลต่อกำลังแรงอัด ระยะเวลาก่อตัว และ การขยายตัวขณะแข็งตัวของยิบซัม

อะคริลาไมด์ (%)	จำนวนชิ้นงาน (ชิ้น)
กลุ่มควบคุม	5
1.5	5
2.0	5
2.5	5
3.0	5



ภาพที่ 16 แสดงเครื่องทดสอบการขยายตัวขณะแข็งตัว (Extensometer).



ภาพที่ 17 การใช้แสดงเครื่องทดสอบการขยายตัวขณะแข็งตัว

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การทดสอบกำลังแรงอัด

ทำการบันทึกค่ากำลังแรงอัดได้ระหว่างทำการทดลองจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ของเครื่องทดสอบสากล (Instron Universal testing machine; Instron 8872)

การทดสอบระยะเวลาก่อตัว

ทำการทดสอบด้วยเครื่องทดสอบระยะเวลาก่อตัว ทุกๆ 15 วินาที และบันทึกเวลาที่เข็มไม่สามารถแทงลงไปในเนื้อวัสดุได้ลึกเกินกว่า 2 มิลลิเมตร

การทดสอบการขยายตัวขณะแข็งตัว

อ่านค่าการขยายตัวขณะแข็งตัวจากเครื่องวัดการขยายตัวขณะแข็งตัวที่ระยะเวลา 120 นาที ภายหลังจากทำการผสมแล้วนำค่าที่ได้มาคำนวณค่าการขยายตัวขณะแข็งตัวโดยคิดเป็นเปอร์เซ็นต์

การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้โปรแกรม SPSS for Window (version 13.0, SPSS Inc, Chicago, Illinois, USA)

การทดสอบกำลังแรงอัด

ทำการวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้ การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (one -way ANOVA) และวิเคราะห์ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างกลุ่มตัวอย่างโดยทำการทดสอบด้วยวิธีของ บอนเฟอโรนี (Bonferroni method) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

การทดสอบระยะเวลาก่อตัว

ทำการวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้ สถิติไคสแควร์ (Chi-square) ด้วยวิธีมอนติคาร์โล (Monte Carlo) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

การทดสอบการขยายตัวขณะแข็งตัว

ทำการวิเคราะห์ทางสถิติด้วยวิธีอินดีเพนเด้นแซมเปิลทีเทสต์ (Independent – Samples T test) และ วิธีวันแซมเปิ้ลทีเทส (One Sample T test) ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ร้อยละ 95