สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การศึกษาคุณสมบัติของปูนสูตรโบราณ

นางสาวรุ่งรัชนี ยิ้มละม้าย

นางสาวลักษณา สุระมรรคา

โครงงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาเคมี

คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2538

ปพ.
5632ก
2538

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 26212
วัน, เดือน, ปี 16 ต.ค. 2539

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

STUDIES ON PROPERTIES OF MORTARS FROM TRADITIONAL FORMULAE

MISS RUNGRATCHANEE YIMLAMAY

MISS LUKSANA SURAMAKA

A Special Project Submitted in Partial Fulfillment of the Requirement for the Degree of Bachelor of Science

Department of Chemistry

Faculty of Science

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

1995

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ การศึกษาคุณสมบัติของปูนสูตรโบราณ

โดย นางสาวรุ่งรัชนี ยิ้มละม้าย

นางสาวลักษณา สุระมรรคา

ภาควิชา เคมี

อาจารย์ที่ปรึกษา ดร.ศิริชัย หวังเจริญตระกูล

ผศ.ดร.ธีรวัฒน์ มงคลอัศวรัตน์

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
อนุมัติให้นับโครงงานพิเศษฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

---------- หัวหน้าภาควิชาเคมี

(ผศ.ดร.เผชิญชัย ไชยสิทธิ์)

คณะกรรมการสอบโครงงาน

---------- ประธานกรรมการ

(ผศ.ดร.ศักดา ไตรศักดิ์)

---------- กรรมการ

(ผศ.นงนุช เภตรานุวัฒน์)

---------- กรรมการ

(อาจารย์สุจินต์ ตันติพิสิฐกุล)

ลิขสิทธิ์ของภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ การศึกษาคุณสมบัติของปูนสูตรโบราณ
นักศึกษาผู้จัดทำ นางสาวรุ่งรัชนี ยิ้มละม้าย
นางสาวลักษณา สุระมรรคา
อาจารย์ที่ปรึกษา ดร.ศิริชัย หวังเจริญตระกูล
ผศ.ดร.ธีรวัฒน์ มงคลอัศวรัตน์
ภาควิชา เคมี
ปีการศึกษา 2538

บทคัดย่อ

ปูนสูตรโบราณเป็นปูนสูตรที่ใช้ในการก่อสร้างและบูรณะซ่อมแซมสถาปัตยกรรมโบราณมีปูนขาวเป็นส่วนผสมหลัก และมีส่วนผสมอื่นได้แก่ ทรายละเอียด กาวหนังสัตว์ กระ-คายฟาง น้ำมันละหุ่ง เป็นต้น แต่ละสูตรจะมีการผสมแตกต่างกันไปขึ้นกับสกุลช่าง จากรายงานไม่ปรากฏว่ามีการศึกษาคุณสมบัติของปูนสูตรโบราณแต่ละสูตร จุดประสงค์ของโครงงานวิจัยนี้คือการศึกษาคุณสมบัติของปูนสูตรโบราณ และหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของปูนสูตรน้ำอ้อยเพื่อใช้ในการบูรณะสถาปัตยกรรมโบราณ

จากการทดสอบคุณสมบัติด้านต่างๆพบว่า ปูนน้ำอ้อยสูตรที่3 ซึ่งมีอัตราส่วนปูนขาวหมัก:ทราย:กาวหนังสัตว์:น้ำตาลทรายแดงเท่ากับ 7:16:0.5:0.5 มีความต้านทานกำลังอัดที่สภาวะแห้งสูงกว่าอัตราส่วนของปูนน้ำอ้อยสูตรอื่นๆ และมีค่าปริมาณความชื้นและค่าอัตราการดูดซึมน้ำต่ำกว่าอัตราส่วนของปูนน้ำอ้อยสูตรอื่นๆด้วย จากคุณสมบัติข้างต้นสรุปได้ว่าปูนน้ำอ้อยเป็นปูนที่เหมาะสมที่จะนำมาปรับปรุงคุณภาพเพื่อใช้ในการซ่อมแซมสถาปัตยกรรมและอุตสาห-กรรมก่อสร้างได้ดีที่สุด

จากการศึกษาสารที่ละลายน้ำของปูนสูตรต่างๆด้วยวิธีอินฟราเรด(IR)สเปคโตรโฟโตมิตี้ พบว่าส่วนผสมของปูนที่เป็นสารอินทรีย์สามารถละลายน้ำออกมาได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Special Project Title	Studies on Properties of Motars from Traditional Formulae
Name	Miss Rungratchanee Yimlamay
	Miss Luksana Suramaka
Special Project Advisor	Dr. Sirichai Wangchareontrakul
	Asst.Prof.Dr Teerawat Mongkolassawarat
Department	Chemistry
Academic Year	1995

Abstract

The mortars used for restoration of ancient building compose of lime,sand,animal glue,vegetable fibre and castor oil *etc*. Each mortar formulae is different depending on each school. This is still no report about the properties of mortars prepared by traditional formular. The objective of this project is studies on the properties of mortars prepared from traditional formulae and determination of the suitable formulae which can be used for restoration of ancient building.

The results of the studies showed that the lime mortars prepared by mixing lime,sand,animal glue and sugar in the ratio of 7:16:0.5:0.5 gave the highest compressive strength at dry condition and provided the lowest water absorption and moisture content. Infrared(IR) analysis of the compounds obtained from the water extracted of the mortars indicated that organic compounds in the mortars could be dissolved in water.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานพิเศษนี้สำเร็จได้ด้วยความช่วยเหลือจากบุคคลหลายฝ่าย ทางผู้วิจัยโครงงานพิเศษจึงใคร่ขอขอบพระคุณทุกท่านที่ได้ให้ความช่วยเหลือ

ขอขอบพระคุณ ดร.ศิริชัย หวังเจริญตระกูล ผศ.ดร.ธีรวัฒน์ มงคลอัศวรัตน์ และคุณสมถวิล นิลวิไล ที่กรุณาให้คำปรึกษาและคำแนะนำ ตลอดจนให้ความช่วยเหลือในการดำเนินงานโครงงานพิเศษนี้มาโดยตลอด

ขอขอบพระคุณภาควิชาศิลปอุตสาหกรรม คณะสถาปัตยกรรม ที่กรุณาอนุเคราะห์ให้ใช้เตาเผาปูน

ขอขอบพระคุณภาควิชาโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ ที่กรุณาอนุเคราะห์ให้ใช้เครื่องทดสอบกำลังอัดของปูน

สุดท้ายขอขอบพระคุณคณะกรรมการสอบโครงงานพิเศษ รุ่นพี่ รุ่นน้อง เจ้าหน้าที่ภาควิชาเคมีทุกท่าน อีกทั้งเพื่อนๆ ทุกคนที่คอยให้กำลังใจและสนับสนุนในทุกๆ ด้านตลอดมา

รุ่งรัชนี ยิ้มละม้าย
ลักษณา สุระมรรคา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญแผนภูมิ	ช
สารบัญตาราง	ช
อธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	ฌ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงานวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบข่ายของโครงงานวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากโครงงานวิจัย	2
1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน	2
บทที่ 2 ทฤษฎี	
2.1 ปูนขาว	3
2.2 ทราย	6
2.3 ส่วนผสมอื่น	7
2.4 มอร์ต้า	7
2.5 ประเภทของปูนสูตรโบราณ	8
บทที่ 3 การวิจัยและการดำเนินการ	
3.1 แผนการดำเนินการวิจัย	
3.1.1 การเตรียมวัสดุของปูนสูตรโบราณแต่ละสูตร	11
3.1.2 การผสมปูนสูตรโบราณแต่ละสูตรตามสกุลช่าง	12
3.2 วัสดุที่ใช้	15
3.3 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้	16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 วิธีการทดลอง

3.4.1 การทดสอบหาค่าความต้านทานกำลังอัด (Compressive strength) ของปูนสูตรโบราณแต่ละสูตร 17

3.4.2 การทดสอบหาค่าอัตราการดูดซึมน้ำ (Water absorption) ของปูนสูตรโบราณแต่ละสูตร 18

3.4.3 การทดสอบหาปริมาณของแข็ง (Solid content) ของปูนสูตรโบราณแต่ละสูตร 19

3.4.4 การทดสอบหาปริมาณความชื้น (Moisture content) ของปูนน้ำอ้อย ที่อัตราส่วนต่างๆ 19

3.4.5 การวิเคราะห์สารที่ละลายในน้ำของปูนสูตรโบราณ 20

บทที่ 4 ผลการวิจัย

4.1 ผลการทดลองหาค่าความต้านทานกำลังอัดของปูนสูตรโบราณแต่ละสูตร 21

4.2 ผลการทดลองหาค่าอัตราการดูดซึมน้ำของปูนสูตรโบราณแต่ละสูตร 25

4.3 ผลการทดลองหาค่าปริมาณของแข็งของปูนสูตรโบราณแต่ละสูตร 27

4.4 ผลการทดลองหาค่าปริมาณความชื้นของปูนน้ำอ้อย ที่อัตราส่วนต่างๆ 29

4.5 ผลการวิเคราะห์สารที่ละลายน้ำได้ของปูนโบราณสูตรต่างๆ โดยใช้เครื่องอินฟราเรด(IR)สเปคโตรโฟโตมิเตอร์ 30

บทที่ 5 วิจารณ์ผลการวิจัย

5.1 ผลการเปรียบเทียบค่าความต้านทานกำลังอัด (Compressive strength) ของปูนสูตรโบราณ ปูนซีเมนต์ตราเสือ และปูนขาวล้วน 31

5.2 ผลการเปรียบเทียบค่าอัตราการดูดซึมน้ำ (Water absorption) ของปูนสูตรโบราณ ปูนซีเมนต์ตราเสือ และปูนขาวล้วน 35

5.3 ผลการเปรียบเทียบค่าปริมาณของแข็ง (Solid content) ของปูนสูตรโบราณ ปูนซีเมนต์ตราเสือ และปูนขาวล้วน 37

5.4 ผลการศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของปูนน้ำอ้อยที่อัตราส่วนต่างๆ โดยเปรียบเทียบคุณสมบัติในด้านต่างๆ ดังนี้

5.4.1 คุณสมบัติในด้านความต้านทานกำลังอัด (Compressive strength) 39

5.4.2 คุณสมบัติในด้านอัตราการดูดซึมน้ำ (Water absorption) 43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4.3 คุณสมบัติในด้านปริมาณของแข็ง (Solid content) 45
5.4.4 คุณสมบัติในด้านปริมาณความชื้น (Moisture content) 47
5.5 วิจารณ์ผลการศึกษาสารที่ละลายในน้ำของปูนสูตรโบราณต่างๆ 49
โดยใช้เครื่องอินฟราเรด(IR)สเปคโตรโฟโตมิเตอร์
บทที่ 6 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ
6.1 สรุปผลการวิจัย
6.1.1 การศึกษาคุณสมบัติในด้านต่างๆของปูนสูตรโบราณ 51
6.1.2 การศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของปูนน้ำอ้อย 52
6.1.3 ผลการศึกษาสารที่ละลายในน้ำของปูนสูตรโบราณ 53
6.2 ข้อเสนอแนะ 53
เอกสารอ้างอิง 54
ภาคผนวก ก รูปภาพแสดงปูนสูตรโบราณแต่ละสูตร 56
ภาคผนวก ข อินฟราเรดสเปคตรา 64

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญแผนภูมิ

หน้า

แผนภูมิที่ 1 แสดงค่าความต้านทานกำลังอัด (Compressive strength) ของปูนสูตรต่างๆ ณ สภาวะเปียก (Wet condition) 31

แผนภูมิที่ 2 แสดงค่าความต้านทานกำลังอัด (Compressive strength) ของปูนสูตรต่างๆ ณ สภาวะแห้ง (Dry condition) 33

แผนภูมิที่ 3 แสดงค่าอัตราการดูดซึมน้ำ (Water absorption) ของปูนสูตรต่างๆ 35

แผนภูมิที่ 4 แสดงค่าปริมาณของแข็ง (Solid content) ของปูนสูตรต่างๆ 37

แผนภูมิที่ 5 แสดงค่าความต้านทานกำลังอัด (Compressive strength) ของปูนน้ำอ้อย ที่อัตราส่วนต่างๆ ณ สภาวะเปียก (Wet condition) 39

แผนภูมิที่ 6 แสดงค่าความต้านทานกำลังอัด (Compressive strength) ของปูนน้ำอ้อย ที่อัตราส่วนต่างๆ ณ สภาวะแห้ง (Dry condition) 41

แผนภูมิที่ 7 แสดงค่าอัตราการดูดซึมน้ำ (Water absorption) ของปูนน้ำอ้อย ที่อัตราส่วนต่างๆ 43

แผนภูมิที่ 8 แสดงค่าปริมาณของแข็ง (Solid content) ของปูนน้ำอ้อย ที่อัตราส่วนต่างๆ 45

แผนภูมิที่ 9 แสดงค่าปริมาณความชื้น (Moisture content) ของปูนน้ำอ้อย ที่อัตราส่วนต่างๆ 47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 แสดงค่าความต้านทานกำลังอัด (Compressive strength) ของปูนสูตรโบราณ แต่ละสูตร ปูนซีเมนต์ตราเสือ ปูนขาวล้วน ที่สภาวะเปียก (Wet condition) 21

ตารางที่ 2 แสดงค่าความต้านทานกำลังอัด (Compressive strength) ของปูนสูตรโบราณ แต่ละสูตร ปูนซีเมนต์ตราเสือ ปูนขาวล้วน ที่สภาวะแห้ง (Dry condition) 23

ตารางที่ 3 แสดงค่าอัตราการดูดซึมน้ำ (Water absorption) ของปูนสูตรโบราณ แต่ละสูตร ปูนซีเมนต์ตราเสือ ปูนขาวล้วน 25

ตารางที่ 4 แสดงค่าปริมาณของแข็ง (Solid content) ของปูนสูตรโบราณ แต่ละสูตร ปูนซีเมนต์ตราเสือ ปูนขาวล้วน 27

ตารางที่ 5 แสดงค่าปริมาณความชื้น (Moisture content) ของปูนน้ำอ้อย ที่อัตราส่วนต่างๆ 29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

$^{\circ}C$	องศาเซลเซียส
%	เปอร์เซนต์
AV	ค่าเฉลี่ย
cm^2	ตารางเซนติเมตร
g	กรัม
kgf	kilogram force
s	strong
w	weak
b	broad
ν	wave number(เลขคลื่น)
max	maximum

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงานวิจัย

สถาปัตยกรรมโบราณส่วนใหญ่อยู่ในสภาพทรุดโทรมเนื่องจากผ่านกาลเวลามาเนิ่นนานหลายร้อยปี และมีสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดการเสื่อมสภาพชำรุดผุพัง จากสาเหตุภายในตัววัสดุเอง ได้แก่ชนิดและคุณภาพของวัสดุก่อสร้าง วิธีการก่อสร้างเป็นต้น ส่วนสาเหตุภายนอกเกิดจากสภาวะแวดล้อม ได้แก่ความร้อน ความชื้น ลม เกลือ สัตว์ พืช แมลงเป็นต้น เพื่อที่จะอนุรักษ์ไว้จึงต้องมีการซ่อมแซมสถาปัตยกรรมโบราณเหล่านี้ให้มีสภาพใกล้เคียงกับแบบดั้งเดิมให้มากที่สุด

ในปัจจุบันการซ่อมแซมสถาปัตยกรรมโบราณใช้ปอร์ตแลนด์ซีเมนต์เป็นวัสดุหลัก แต่พบว่าการใช้ปอร์ตแลนด์ซีเมนต์ในการซ่อมแซมเป็นผลทำให้ปูนดั้งเดิมของสถาปัตยกรรมจำนวนมากหลุดร่อนออกมา เนื่องจากปอร์ตแลนด์ซีเมนต์มีความแข็งแรงสูงมาก และขาดความยืดหยุ่นเมื่อเทียบกับปูนดั้งเดิม จึงไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ในงานซ่อมแซมสถาปัตยกรรมโบราณนี้

จากการศึกษาพบว่า ปูนที่เหมาะสมในการซ่อมแซมสถาปัตยกรรมคือ ปูนสูตรโบราณ โดยมีปูนขาวเป็นส่วนผสมหลัก นอกจากนี้ยังมีส่วนผสมอื่นๆ เช่น ทรายละเอียด หนังควาย กระดาษฟาง น้ำตาลทรายแดง น้ำมันงา เป็นต้น แต่ละสูตรจะมีส่วนผสมแตกต่างกันไปขึ้นกับวิธีการเตรียมปูนของแต่ละสกุลช่าง ตัวอย่างเช่น

- ปูนปั้นจีนของช่างท้องถิ่นทางภาคเหนือ มีสูตรการผสมดังนี้คือ ปูนขาว ทรายละเอียด ก้อนอิฐเก่า น้ำมันมะมื่อหรือน้ำมันละหุ่งหรือน้ำมันงาอย่างใดอย่างหนึ่ง
- ปูนฉาบผนังของช่างท้องถิ่นจังหวัดเพชรบุรี มีสูตรการผสมดังนี้คือ ปูนขาว ทรายละเอียด กระดาษฟาง กาวหนังแช่น้ำเดี่ยว และน้ำตาลทรายแดง

จากรายงานไม่ปรากฏว่ามีการศึกษาคุณสมบัติในด้านต่างๆ ของปูนสูตรโบราณแต่ละสูตร ดังนั้นโครงงานวิจัยนี้จึงมีแนวความคิดที่จะศึกษาคุณสมบัติในด้านต่างๆ ของปูนสูตรโบราณแต่ละสูตร และปรับปรุงให้ปูนมีคุณสมบัติดีขึ้น เหมาะกับการใช้เป็นข้อมูลในการอนุรักษ์สถาปัตยกรรมการก่อสร้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อศึกษาคุณสมบัติของปูนสูตรโบราณ

1.2.2 เพื่อทำการหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของปูนน้ำอ้อย

1.3 ขอบข่ายของโครงงานวิจัย

1.3.1 ศึกษาคุณสมบัติในด้านความต้านทานกำลังอัด (Compressive strength)

1.3.2 ศึกษาคุณสมบัติในด้านอัตราการดูดซึมน้ำ (Water absorbtion)

1.3.3 หาปริมาณของแข็ง (Solid content) และหาปริมาณความชื้น(Moisture content) ของปูนสูตรน้ำอ้อย

1.3.4 หาอัตราส่วนผสมของปูนน้ำอ้อยที่เหมาะสม

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากโครงงานวิจัย

1.4.1 ได้ทราบถึงคุณสมบัติในด้านความต้านทานกำลังอัด ด้านอัตราการดูดซึมน้ำ ปริมาณของแข็งของปูนสูตรโบราณแต่ละสูตร และปริมาณความชื้นของปูนน้ำอ้อย

1.4.2 ผลจากการปรับปรุงอัตราส่วนของปูนทำให้ได้ปูนน้ำอ้อยที่มีคุณสมบัติดีกว่าเดิม เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการอนุรักษ์สถาปัตยกรรมโบราณ และนำไปใช้ในงานอุตสาหกรรมการก่อสร้างได้

1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1.5.1 ค้นคว้าเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาวิจัย

1.5.2 ทำการศึกษาทดลองในห้องปฏิบัติการ

1.5.3 สรุปผลการทดลองและวิเคราะห์ผลจากการศึกษาทดลอง

1.5.4 เขียนรายงานและเสนอผลงานศึกษาวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎี

ปูนขาวเป็นวัสดุก่อสร้างที่สำคัญของคนโบราณ ใช้ในการผสมปูนก่อ ผสมทำปูนฉาบและปูนปั้น วัสดุและวิธีการช่างในการเตรียมปูนขาวสำหรับการก่อสร้างกำลังจะสูญไปจากประเทศไทย ทั้งนี้เพราะช่างสมัยใหม่ขาดความเข้าใจในคุณสมบัติของปูนสูตรโบราณ และหันมาใช้ปอร์ตแลนด์ซีเมนต์ ซึ่งเป็นวัสดุสังเคราะห์สมัยใหม่ที่มีจุดมุ่งหมายในการใช้แตกต่างจากเดิม ในปัจจุบันการบูรณะซ่อมแซมสถาปัตยกรรมโบราณจะนำปอร์ตแลนด์ซีเมนต์มาซ่อมแซมส่วนที่หลุดร่อนไปของปูนสูตรโบราณ แต่เนื่องจากปอร์ตแลนด์ซีเมนต์มีความแข็งแรงสูง และขาดความยืดหยุ่นเมื่อเทียบกับปูนสูตรโบราณ ทำให้ปูนสูตรโบราณที่ติดอยู่กับปอร์ตแลนด์ซีเมนต์หลุดลอกออกมา หากไม่มีการศึกษาถึงการใช้ปูนที่ถูกต้องสำหรับการบูรณะซ่อมแซมสถาปัตยกรรมโบราณแล้ว ก็น่าเป็นห่วงว่าในอนาคตอันใกล้ ปูนสูตรโบราณจะต้องสูญไปจากประเทศไทยแน่นอน นั่นคือหลักฐานทางประวัติศาสตร์ชิ้นสำคัญจะสูญหายไปด้วย เหลือไว้แต่อาคารที่มีรูปร่างเหมือนสถาปัตยกรรมโบราณไว้ให้ศึกษาแต่เพียงภายนอกเท่านั้น

ในการบูรณะซ่อมแซมสถาปัตยกรรมโบราณ ควรใช้ปูนสูตรโบราณ เนื่องจากเป็นวัสดุประเภทเดียวกัน ส่วนผสมหลักของปูนสูตรโบราณคือ ปูนขาว นอกจากนี้ยังมีส่วนผสมอื่นๆ อีก ได้แก่ ทรายละเอียด หนังควาย กระดาษฟาง น้ำตาลทรายแดง น้ำมันงา เป็นต้น แต่ละสูตรการผสมและวิธีการผสมแตกต่างกัน ขึ้นกับวิธีการเตรียมปูนของแต่ละสกุลช่าง[1,2,3,4]

2.1 ปูนขาว

ปูนขาวทำหน้าที่เป็นวัสดุประสาน ได้จากการนำเอาหินปูน(Lime stone) ซึ่งมีชื่อทางเคมีว่า แคลเซียมคาร์บอเนต "$CaCO_3$" มาเผาที่อุณหภูมิในช่วง 760-1090 $^{\circ}C$[5] ใช้เวลาในการเผาประมาณ 6 วัน 6 คืน หินปูนสามารถขุดพบได้ในสภาพที่บริสุทธิ์และไม่บริสุทธิ์ หินปูนที่ไม่บริสุทธิ์อาจมีส่วนประกอบที่เป็น แมกนีเซียมคาร์บอเนต "$MgCO_3$" , ซิลิก้า "SiO_2", อลูมิน่า "Al_2O_3" หรือมีเหล็กออกไซด์ "Fe_2O_3"[6]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1 ประเภทของปูนขาว

ประเภทของปูนขาวแบ่งได้เป็น 2 ลักษณะ

2.1.1.1 แบ่งตามลักษณะของปูนขาวเรียกทางเคมี (Chemical type of lime)

ก. ชนิดแคลเซียมไลม์สูง (High calcium lime) เป็นปูนขาวที่มีแคลเซียมออกไซด์ "CaO" อย่างน้อย 90%

ข. ชนิดแคลเซียมไลม์ (Calcium lime) เป็นปูนขาวที่มีแคลเซียมออกไซด์ "CaO" ประมาณ 85 -90%

ค. ชนิดแมกนีเซียมไลม์ (Magnesium lime) เป็นปูนขาวที่มีแคลเซียมออกไซด์และแมกนีเซียมออกไซด์ "CaO,MgO" 85-90% ซึ่งในจำนวนนี้มีแมกนีเซียมออกไซด์ปนอยู่ 10-25%

ง. ชนิดแมกนีเซียมสูง (High magnesium lime) เป็นปูนขาวที่มีแคลเซียมออกไซด์และแมกนีเซียมออกไซด์ "CaO,MgO" ปนอยู่ไม่น้อยกว่า 85% ซึ่งในจำนวนนี้มีแมกนีเซียมออกไซด์ปนอยู่ 25%

จ. ชนิดไฮดรอลิกไลม์ (Hydraulic lime) เป็นปูนขาวที่มีไลม์ซิลิเกต (Lime siligate) หรือเฟอเรต (Ferrate) มาก เพื่อให้มีสมบัติแข็งในน้ำได้

ปูนขาวแมกนีเซียมเข้ากับน้ำได้ยาก ทำให้เกิดปฏิกริยากับน้ำได้ช้าลง ส่วนปูนขาวที่มีแคลเซียมสูง ทำให้ส่วนผสมในการฉาบและก่อขึ้นเหนียวขึ้น

2.1.1.2 แบ่งตามลักษณะของปูนขาวที่ใช้ในวงการก่อสร้าง

ก. ปูนขาวธรรมดา (Quick lime) มีลักษณะเป็นก้อนๆ แต่อาจบดให้เป็นผงได้ เป็นปูนขาวที่เผาออกมาจากเตาโดยไม่ได้คัดเลือก มีคุณสมบัติในการยึดเหนี่ยวดี แต่มีการหดตัวมากเวลาใช้ต้องผสมกับทราย ปูนขาวชนิดนี้โดยมากใช้กับการก่ออิฐ ซึ่งกำแพงนั้นรับน้ำหนักไม่มาก สำหรับงานอย่างธรรมดา

ข. ปูนขาวตกแต่ง(Finishing lime) เป็นปูนขาวธรรมดาเหมือนกัน แต่นำมาบดให้ละเอียดอย่างดีโดยมีวัตถุอื่นๆ เจือปนน้อยที่สุด บริสุทธิ์ ละเอียดมาก ใช้ในงานที่เน้นคุณภาพ เช่นการฉาบปูนชั้นดี ปูนขาวชนิดนี้มีคุณสมบัติในการยึดเหนี่ยวดี

ค. ปูนขาวไฮเดรต (Hydrated lime) เป็นปูนขาวที่ผสมน้ำหรือถูกน้ำแล้ว โดยเอาน้ำผสมกับปูนขาวธรรมดา เมื่อเผาหินปูนเสร็จออกมาเป็นปูนขาวนั้น ยังคงมีลักษณะเป็นก้อนขนาดเท่าหินปูนที่ใส่เข้าไปเผา หลังจากที่เอาออกจากเตาขณะที่กำลังร้อนอยู่ เมื่อฉีดน้ำจะแตกออกเป็นชิ้นเล็กๆ แล้วจึงนำมาร่อนเอาแต่ส่วนที่ละเอียด ใช้ได้ทันที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยไม่ต้องหมักก่อน

ง. ปูนขาวไฮดรอลิค (Hydraulic lime) หรือปูนขาวแข็งในน้ำได้ เป็นปูนขาวที่ได้จากการเผาหินปูนซึ่งมี ซิลิก้า ดินเหนียว เหล็กออกไซด์ และธาตุต่างๆ บางชนิด ซึ่งหินปูนเหล่านี้เมื่อเผาแล้วจะเกิดเป็นวัตถุผสมซึ่งมีลักษณะคล้ายซีเมนต์ความร้อนในการเผาจะไล่คาร์บอนไดออกไซด์ออกจากหินปูน การที่ปูนชนิดนี้จะแข็งได้นั้นต้องใช้เวลานาน แต่ก็แข็งดีมาก[5,7]

2.1.2 การหมักปูนขาว

นำปูนขาวไปหมักลงในภาชนะหมัก ปูนจะทำปฏิกริยากับน้ำและคายความร้อนออกมา ลักษณะคล้ายกับน้ำกำลังเดือด ใช้ระยะเวลาในการหมักปูน 45 วัน แต่ถ้าต้องการให้ปูนมีความเหนียวดี ควรจะหมักเป็นระยะเวลา 2 เดือนขึ้นไปและสามารถหมักปูนนี้ได้เป็นปี ในการหมักต้องให้น้ำท่วมปูนอยู่เสมออย่างน้อย 1 นิ้ว ต้องทำการถ่ายเทน้ำบ่อยๆ เพื่อกำจัดความเค็มที่มีอยู่ในปูนออกไป ผิวน้ำในบ่อจะก่อตัวเป็นแผ่นฟิลม์ขุ่น ไม่ต้องทำให้ผิวฟิลม์แตกออก เมื่อต้องการใช้ปูนเหนียวให้ถ่ายน้ำออก

น้ำปูนที่ได้สามารถนำไปสลัดใส่ผนังปูนฉาบได้ มีผลทำให้ปูนฉาบแข็งตัวเร็วขึ้น[1,4]

2.1.3 การก่อตัวของปูนขาว (Setting of lime)

2.1.3.1 ออกไซด์ของปูนขาว ดังสมการ

$$CaCO_3 \xrightarrow[790\text{-}1090\ ^{\circ}C]{\text{Heat}} CaO + CO_2$$

2.1.3.2 ปูนขาวอิ่มน้ำ ดังสมการ

$$CaO + H_2O \longrightarrow Ca(OH)_2$$

2.1.3.3 การก่อตัว

ปูนขาวที่อิ่มน้ำ เมื่อปล่อยทิ้งไว้น้ำจะระเหยออกไป เป็นการเพิ่มรูพรุนให้เนื้อปูน ในขณะเดียวกันจะมีการดูดซึมคาร์บอนไดออกไซด์ "CO_2" จากอากาศเข้าไปดังสมการ[6]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$Ca(OH)_2 \xrightarrow{-H_2O} CaO$$

$$CaO + CO_2 \longrightarrow CaCO_3$$

2.2 ทราย

ทรายเป็นวัสดุที่สำคัญอีกชนิดหนึ่งและเป็นส่วนผสมของปูนโบราณประเภทมวลรวมละเอียด (Fine Aggregate) เพื่อความแข็งแรงและเป็นตัวแทรกลงไปในเนื้อปูน

2.2.1 เหตุผลที่นำทรายมาเป็นส่วนผสมในปูนสูตรโบราณ

2.2.1.1 ทรายเป็นหินแข็งเม็ดเล็ก ซึ่งสามารถแทรกตัวเข้าไปในระหว่างส่วนผสมต่างๆ โดยการเคลือบคลุมและยึดประสานด้วยปูนขาว

2.2.1.2 ทรายต้านทานการยึดหดได้ดี เป็นเครื่องช่วยผ่อนคลายความแตกร้าวหรือรอยปริ อันเกิดจากการที่ปูนสลายตัวหรือหดตัวตามผิว เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนไปเป็นร้อนหรือเย็นก็ตาม ทรายจะช่วยถ่ายเทความร้อนและเฉลี่ยแรงยึดหดที่ได้รับอย่างรวดเร็ว จึงสามารถช่วยต้านทานอยู่ได้

2.2.1.3 ทรายจะช่วยให้เกิดช่องเล็กๆ ขึ้นได้ภายในเนื้อปูน ให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เข้าไปช่วยให้การแข็งตัวของปูนได้เร็วยิ่งขึ้น

2.2.1.4 ช่วยเพิ่มปริมาณของส่วนผสม ซึ่งทรายมีราคาถูกกว่าวัตถุชนิดอื่น ทั้งยังหาง่ายและมีความแข็งแรงดีมาก

2.2.2 ในงานก่อสร้างนิยมใช้ทรายแม่น้ำ

หรือเรียกว่า "ทรายน้ำจืด" มี 3 ชนิดดังนี้

2.2.2.1 ทรายหยาบ ที่เรียกว่า ทรายราชบุรี เป็นทรายเม็ดใหญ่ มีเหลี่ยมแง่มุมและแข็งแรงดีมาก เหมาะสำหรับใช้เป็นส่วนผสมในคอนกรีต ที่ต้องการต้านทานกำลัง เช่น โครงของอาคารที่เป็นคอนกรีตเสริมเหล็ก หล่อฐานราก เทพื้นคอนกรีต หล่อตอหม้อ อาคาร เทเขื่อนกั้นน้ำ เป็นต้น ทรายชนิดนี้มักจะปนด้วยเปลือกหอย และเศษหินก้อนเล็กๆ เสมอ เวลาใช้ต้องมีการร่อนโดยผ่านลวดตาข่ายตา 1/2 นิ้ว ซ้อน 2 ชั้นสลับตากัน เรียกว่า การสาดทราย

2.2.2.2 ทรายกลาง ที่เรียกว่า ทรายอ่างทอง เป็นทรายที่มีขนาดปานกลางไม่หยาบและละเอียดนัก เป็นขนาดที่พอเหมาะสำหรับงานปูนทั่วๆ ไป เช่น นำมาใช้เป็นส่วนผสมของปูน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก่อสำหรับก่ออิฐ และวัสดุแท่งอื่นๆ หรือจะใช้เทพื้นคอนกรีตที่ไม่ต้องรับกำลังมากนัก เช่น พื้นบ้านหรือทางเท้า เป็นต้น ทรายชนิดนี้มักจะมีใบไม้แห้ง เปลือกไม้ติดมาด้วยเสมอ ก่อนใช้ควรต้องทำการร่อนด้วยตะแกรงลวดตาข่ายชนิดตาข่ายตาเล็กเช่นเดียวกัน

2.2.2.3 ทรายละเอียด ที่เรียกว่า ทรายอยุธยา เป็นทรายเม็ดเล็กมาก นำมาใช้ในงานที่ไม่ต้องรับกำลัง เหมาะที่จะนำมาใช้เป็นปูนฉาบผิวหน้าของกำแพงอิฐ ใช้ทำบัวประดับลวดลายขั้นงานฝีมือ งานปั้นปูน ก่อนนำมาใช้ต้องร่อนด้วยตะแกรงละเอียด ถ้าเป็นการใช้กับปูนฉาบทำบัวหรือลวดลายต่างๆ ควรใช้ตะแกรงร่อนชนิดละเอียดมากๆ ที่ใช้ร่อนแป้งทำขนมก็ได้[6]

2.3 ส่วนผสมอื่น

นอกจากปูนสูตรโบราณจะมีส่วนผสมหลักคือ ปูนขาว มีหน้าที่เป็นวัสดุประสานและมีส่วนผสมอื่นๆ ได้แก่

- ทราย มีหน้าที่รับกำลังและช่วยไม่ให้มีการแตกร้าวในขณะที่มีการขยายตัวเกิดขึ้น
- น้ำตาลทรายแดง หรือน้ำอ้อยเคี่ยว ช่วยให้ปูนแข็งตัวเร็วขึ้น
- กาวหนังสัตว์ ช่วยให้การยึดติดของปูนดีขึ้น
- กระดาษสา หรือกระดาษฟาง ช่วยทำให้เนื้อปูนจับตัวกันได้ดีขึ้น
- ข้าวเหนียว ช่วยให้การยึดติดของปูนดีขึ้น
- และยังมีส่วนผสมอื่นที่มีส่วนช่วยทำให้ปูนมีคุณสมบัติดีขึ้น ได้แก่ น้ำมันละหุ่ง น้ำมันงา น้ำมันมะมื่อ น้ำสารส้ม เป็นต้น[1,2,4]

2.4 มอร์ต้า

มอร์ต้าประกอบด้วยส่วนผสมของวัสดุที่ยึดติดกับมวลรวมละเอียด ด้วยอัตราส่วนที่กำหนดตามชนิดของงาน ที่จะก่อหรือฉาบให้มีความเหลวพอเหมาะ

2.4.1 คุณสมบัติของมอร์ต้า (Properties of Mortars)

2.4.1.1 ยึดติดด้วยมอร์ต้า (Mortars bond) พยายามทำให้มอร์ต้ายึดติดแผ่นอิฐหรือวัสดุก่อแน่น ไม่ให้น้ำรั่วซึมผ่านตามรอยต่อได้แสดงว่ายึดติดอย่างสมบูรณ์ น้ำที่ใส่ในมอร์ต้าต้องเพียงพอที่จะทำการผสม ให้เกิดความเหนียวพอเหมาะกับงานและยึดติดวัสดุก่อไว้ การนำวัสดุประสาน "ปูนขาวอิ่มตัว" เข้ายึดเกาะเม็ดทรายไว้ เท่ากับทำให้เกิดเป็นมอร์ต้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่รับกำลังได้

2.4.1.2 กำลังและการคงทน (Strength and durability) กำลัง หมายถึง มอร์ต้าสามารถทรงตัวอยู่ได้แม้จะมีแรงดึงและแรงอัดมากระทำ แต่ความคงทน หมายถึง การต้านทานต่อแรงมากระทำ รวมทั้งให้คงอยู่ด้วยเวลานาน มอร์ต้าที่มีกำลังสูง จะมีความคงทนน้อย และทางกลับกันถ้าความคงทนมากจะมีกำลังน้อยลง

2.4.1.3 ความเหลวที่สามารถทำงานได้ (Workability) หมายถึงการจัดอัตราส่วนผสม อาจเพิ่มตัวที่ทำให้เหนียวคือปูนขาว หรือการลดจำนวนทรายลง เพื่อให้นำไปใช้งานได้ โดยยอมให้กำลังและความคงทนเสียไป เป็นไปไม่ได้ที่จะทำมอร์ต้าให้มีความแข็งแรง คงทน และใช้งานได้ดีพร้อมๆ กัน จะต้องกำหนดความเหลว ตามจุดประสงค์ของงาน เพื่อจะได้มอร์ต้าที่พอเหมาะ

2.4.1.4 น้ำที่ใส่อย่างเพียงพอ (Water retentivity) เพื่อเป็นการป้องกันการสูญหายของน้ำในการที่วัสดุก่อดูดซึมไปและป้องกันน้ำทะลัก (Bleeding) ในเมื่อมอร์ต้าสัมผัสกับก้อนวัสดุก่อ ส่วนการบ่มที่ไม่สมบูรณ์จะทำให้รอยต่อเป็นส่วนที่อ่อนแอ และจะทำให้น้ำซึมออกได้ในส่วนนี้ การใส่น้ำให้มากไว้จะทำให้สามารถทำงานได้ดีขึ้น มอร์ต้าที่ใส่ปูนขาวเป็นส่วนผสมจะมีการเก็บน้ำไว้ได้สูง อากาศร้อนและหนาวจะช่วยให้มีอัตราการระเหยน้ำได้สูงด้วย

2.4.2 ลักษณะที่ต้องการของมอร์ต้า

2.4.2.1 มีความแข็งแรงเพียงพอตามจุดประสงค์ ไม่ควรมีความแข็งแรงกว่าอิฐและวัสดุก่อที่วางบนมอร์ต้านั้น

2.4.2.2 ส่วนผสมและความเหลวต้องสามารถถกดก้อนวัสดุก่อด้วยมือได้

2.4.2.3 ให้การเกาะยึดได้ดีกับอิฐและวัสดุก่อ ซึ่งจะต้องก่อวางบนมอร์ต้า

2.4.2.4 มีความคงทนและต้านทานน้ำที่ไหลตามพื้นดินได้ และต้านทานต่อปฏิกริยาเคมีด้วย[7]

2.5 ประเภทของปูนสูตรโบราณ

สูตร 1 ปูนปั้นแบบจีน[2]

เป็นปูนปั้นของช่างท้องถิ่นทางภาคเหนือ(ล้านนา)

ส่วนผสม

1. ปูนขาวร่อน	9	ส่วน
2. ทรายละเอียดร่อน	1	ส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ก้อนอิฐเก่าทุบและตำให้ละเอียด 1 ส่วน
4. น้ำมันมะมื่อหรือน้ำมันละหุ่งหรือน้ำมันงา 1 ส่วน

การผสม

1. นำส่วนผสมทั้งหมดคลุกเคล้าให้เข้ากัน
2. นำส่วนผสมที่ได้ตำในครก ใช้เวลาในการตำ 30 นาที ส่วนผสมที่ได้จะมีความเหนียวนำไปปั้นได้ทันที

หมายเหตุ การแปะติดปูนปั้นที่ตัวอาคารในสมัยโบราณใช้ยางรัก ในปัจจุบันใช้สีน้ำมันหรือกาวอีป๊อกซี่

สูตร 2 ปูนสออิฐ[3]

เป็นสูตรปูนของช่างท้องถิ่นจังหวัดเพชรบุรี

ส่วนผสม

1. ปูนขาว 1 ส่วน
2. ทราย 4-5 ส่วน
3. น้ำตาลทรายเชื่อม
4. น้ำ

การผสม

นำส่วนผสมทั้งหมดกวนรวมกันหรือตำด้วยครก ให้เหลวพอเป็นลักษณะเลน นำไปใช้เชื่อมแผ่นอิฐให้ติดกัน

สูตร 3 ปูนฉาบผนัง[3]

เป็นสูตรปูนของช่างท้องถิ่นจังหวัดเพชรบุรี

ส่วนผสม

1. ปูนขาวแช่น้ำ 2-3 คืน 3 ส่วน
2. ทรายร่อน 1 ส่วน
3. กระดาษฟางแช่น้ำยีให้ละเอียด
4. กาวหนังแช่น้ำเคี่ยวข้น
5. น้ำตาลทรายแดง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การผสม

นำส่วนผสมทั้งหมดกวนรวมกันหรือตำด้วยครก ใช้ในการฉาบผนังอิฐที่ก่อเสร็จแล้ว

สูตร 4 ปูนฉาบผิวผนัง[3]

ส่วนผสม

1. ปูนขาวแช่น้ำ 3-4 วัน
2. ข้าวเหนียว
3. น้ำสารส้ม

การผสม

นำส่วนผสมทั้งหมดกวนให้เข้ากัน ใช้ในงานฉาบผิวผนัง[3]

สูตร 5 ปูนน้ำอ้อย[4]

เป็นปูนสูตรที่ช่างอนุรักษ์ใช้ในการซ่อมแซมสถาปัตยกรรมโบราณ

ส่วนผสม

1. ปูนขาวหมัก	7	ส่วน
2. ทราย	16	ส่วน
3. น้ำตาลทรายแดง	1/2	ส่วน
4. กาวหนังสัตว์	1/2	ส่วน

การผสม

นำส่วนผสมทั้งหมดกวนให้เข้ากัน นำไปใช้ในงานฉาบ และ งานก่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การวิจัยและการดำเนินการ

3.1 แผนการดำเนินการวิจัย

3.1.1 การเตรียมวัสดุต่างๆของปูนสูตรโบราณแต่ละสูตร ดังนี้

1. ปูนขาวร่อน

นำปูนขาวร่อนผ่านตะแกรงมาตรฐานขนาด 30 เมช จากนั้นนำไปตากแดดให้แห้งเก็บไว้ในภาชนะที่มีฝาปิด

2. ทราย

ทรายที่ใช้ในการดำเนินการวิจัยเป็นทรายแม่น้ำ ผ่านตะแกรงมาตรฐานขนาด 30 เมช จากนั้นนำไปตากแดดให้แห้งเก็บไว้ในภาชนะที่มีฝาปิด

3. ปูนขาวหมัก

นำปูนขาวไปเผาที่อุณหภูมิ 950 °C เป็นเวลา 48 ชม. จากนั้นนำไปหมักในภาชนะหมักเป็นเวลา 2 เดือน ทำการกรองผ่านผ้าดิบนำส่วนที่กรองได้เก็บไว้ใช้ผสมต่อไป

4. อิฐร่อน

นำอิฐเก่าทุบแล้วตำให้ละเอียดจากนั้นร่อนผ่านตะแกรงมาตรฐานขนาด 30 เมช แล้วนำไปตากแดดให้แห้งเก็บไว้ในภาชนะที่มีฝาปิด

5. ข้าวเหนียว

นำข้าวเหนียวสุกต้มผสมรวมกับน้ำจนข้นเปื่อยมีลักษณะคล้ายกาวจากนั้นกรองเอาข้าวเหนียวออกเก็บส่วนของเหลวเก็บไว้ใช้ผสมต่อไป

6. สารส้ม

นำสารส้มมาละลายน้ำ นำส่วนที่ละลายน้ำเก็บไว้ใช้ผสมต่อไป

7. กระดาษฟางหรือกระดาษสา

นำกระดาษฟางหรือกระดาษสา 21.7 กรัม ยีให้เป็นชิ้นเล็กๆจากนั้นนำไปแช่ในน้ำ 1500 มิลลิลิตร

8. กาวหนังสัตว์เคี่ยว

ทำการเคี่ยวกาวหนังสัตว์กับน้ำจนได้ความหนืดมีค่าใกล้เคียงกับความหนืดของน้ำผึ้งแท้

9. น้ำตาลทรายแดงหรือน้ำอ้อยเคี่ยว

ทำการเคี่ยวน้ำตาลทรายแดงหรือน้ำอ้อยกับน้ำจนได้ความหนืดมีค่าใกล้เคียงกับความหนืดของน้ำผึ้งแท้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเหตุ ความหนืดของน้ำผึ้งแท้ที่ใช้ในการการดำเนินการวิจัยนี้มีค่าเท่ากับ 150 cpi โดยใช้เครื่อง

วัดความหนืดขนาดของเข็มเบอร์ 2 ที่อุณหภูมิ 32 ° C

3.1.2 การผสมปูนสูตรโบราณแต่ละสูตรตามสกุลช่างดังนี้

3.1.2.1 ปูนปั้นจีน

ส่วนผสม

1. ปูนขาวร่อน
2. ทราย
3. อิฐร่อน
4. น้ำมันมะมื่อหรือน้ำมันงาหรือน้ำมันละหุ่ง

วิธีผสม

1. นำปูนขาวร่อน 9 ส่วน ผสมกับทราย 1 ส่วน และอิฐร่อน 1 ส่วน คลุกเคล้าให้เข้ากัน
2. จากนั้นนำน้ำมันละหุ่งมา 1 ส่วนผสมให้เข้ากันโดยใช้เครื่องผสมความเร็วรอบ 3000 รอบ/นาที จนคลุกเคล้าให้เข้ากันดี
3. นำส่วนผสมที่ได้จากข้อ 2 เทลงในแม่พิมพ์ขนาด 2x2x2 ลูกบาศก์นิ้ว ใช้เกรียงเหล็กปาดที่ผิวหน้า ทิ้งไว้ 20 วัน แล้วจึงนำไปทดสอบ

3.1.2.2 ปูนสออิฐ

ส่วนผสม

1. ปูนขาวร่อน
2. ทราย
3. น้ำ
4. น้ำตาลทรายแดงเคี่ยว

วิธีผสม

1. นำปูนขาวร่อนผสมกับทรายในอัตราส่วน 1:4 หรือ 1:5
2. นำส่วนผสมที่ได้จากข้อ 1 ผสมกับน้ำ 1100 มิลลิลิตร และน้ำตาลทรายแดงเคี่ยว 80 มิลลิลิตร จากนั้นนำส่วนผสมที่ได้ผสมในเครื่องผสมโดยใช้ความเร็วรอบ 3000 รอบ/นาที ให้เหลวพอเป็นเลน
3. นำส่วนผสมที่ได้จากข้อ 2 เทลงในแม่พิมพ์ขนาด 2x2x2 ลูกบาศก์นิ้ว ใช้เกรียงเหล็กปาดที่ผิวหน้าทิ้งไว้ 20 วัน แล้วจึงนำไปทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2.3 ปูนฉาบผนัง

<u>ส่วนผสม</u>

1. ปูนขาวหมัก
2. ทราย
3. กระดาษฟางหรือกระดาษสา
4. กาวหนังสัตว์เคี่ยว
5. น้ำตาลทรายแดงเคี่ยว

<u>วิธีผสม</u>

1. นำปูนขาวหมัก 3 ส่วน กระดาษสาแช่น้ำยีให้ละเอียด ทราย 1 ส่วน กาวหนังสัตว์เคี่ยว 75 มิลลิลิตรและน้ำตาลทรายแดงเคี่ยว 25 มิลลิลิตร นำมาผสมรวมกันแล้วผสมลงในเครื่องผสม ความเร็วรอบ 3000 รอบ/นาที
2. จากนั้นนำส่วนผสมที่ได้จากข้อ 1 เทลงในแม่พิมพ์ขนาด 2x2x2 ลูกบาศก์นิ้ว ใช้เกรียงเหล็กปาดที่ผิวหน้า ทิ้งไว้ 20 วัน แล้วจึงนำไปทดสอบ

3.1.2.4 ปูนฉาบผิวผนัง

<u>ส่วนผสม</u>

1. ปูนขาวหมัก
2. ข้าวเหนียว(มีสภาพคล้ายกาว)
3. สารส้ม

<u>วิธีผสม</u>

1. นำปูนขาวหมัก 3000 มิลลิลิตร ผสมกับข้าวเหนียวที่มีสภาพคล้ายกาว 300 มิลลิลิตร และน้ำสารส้ม 100 มิลลิลิตร มากวนผสมรวมกันโดยใช้เครื่องผสม ความเร็วรอบ 3000 รอบ/นาที
2. จากนั้นนำส่วนผสมที่ได้จากข้อ 1 เทลงในแม่พิมพ์ขนาด 2x2x2 ลูกบาศก์นิ้วใช้เกรียงเหล็กปาดที่ผิวหน้า ทิ้งไว้ 20 วัน แล้วจึงนำไปทดสอบ

3.1.2.5 ปูนน้ำอ้อย

<u>ส่วนผสม</u>

1. ปูนขาวหมัก
2. ทราย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. กาวหนังสัตว์เคี่ยว

4. น้ำตาลทรายแดงเคี่ยว

<u>วิธีผสม</u>

1. นำปูนขาวหมัก ทราย น้ำตาลทรายแดงเคี่ยวและกาวหนังสัตว์ ผสมรวมกันในอัตราส่วนดังต่อไปนี้

- ปูนน้ำอ้อยสูตรที่1

อัตราส่วนของปูนขาวหมัก:ทราย:น้ำตาลทรายแดงเคี่ยว:กาวหนังสัตว์เคี่ยวเท่ากับ 7:4:0.5:0.5

- ปูนน้ำอ้อยสูตรที่2

อัตราส่วนของปูนขาวหมัก:ทราย:น้ำตาลทรายแดงเคี่ยว:กาวหนังสัตว์เคี่ยวเท่ากับ 7:8:0.5:0.5

- ปูนน้ำอ้อยสูตรที่3

อัตราส่วนของปูนขาวหมัก:ทราย:น้ำตาลทรายแดงเคี่ยว:กาวหนังสัตว์เคี่ยวเท่ากับ 7:16:0.5:0.5

- ปูนน้ำอ้อยสูตรที่4

อัตราส่วนของปูนขาวหมัก:ทราย:น้ำตาลทรายแดงเคี่ยว:กาวหนังสัตว์เคี่ยวเท่ากับ 7:24:0.5:0.5

2. นำส่วนผสมในแต่ละอัตราส่วนของปูนสูตรน้ำอ้อยทำการผสมโดยใช้เครื่องผสม ความเร็วรอบ 3000 รอบ/นาที คลุกเคล้าให้เข้ากันดี

3. จากนั้นนำส่วนผสมที่ได้จากข้อ 2 เทลงในแม่พิมพ์ขนาด 2x2x2 ลูกบาศก์นิ้ว ใช้เกรียงเหล็กปาดที่ผิวหน้า ทิ้งไว้ 20 วัน แล้วจึงนำไปทดสอบ

3.1.2.6 ปูนซีเมนต์ตราเสือ

<u>ส่วนผสม</u>

1. ปูนซีเมนต์ตราเสือ

2. ทราย

3. น้ำ

<u>วิธีผสม</u>

1. ทำการผสมปูนซีเมนต์ตราเสือ 4 ส่วน ทราย 8 ส่วน น้ำ 4-6 ส่วน ผสมจนมีสักษณะเป็นเลน

2. จากนั้นนำส่วนผสมที่ได้จากข้อ 1 ลงในแม่พิมพ์ขนาด 2x2x2 ลูกบาศก์นิ้ว เทลงในแม่พิมพ์ใช้เกรียงเหล็กปาดที่ผิวหน้า ทิ้งไว้ 20 วัน แล้วจึงนำไปทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2.7 ปูนขาวล้วน

<u>ส่วนผสม</u>

ปูนขาวหมัก

<u>วิธีผสม</u>

นำปูนขาวหมักออกจากภาชนะหมักจากนั้นนำไปกรองด้วยผ้าดิบ และทำการแขวนไว้จนสะเด็ดน้ำ แล้วจึงนำส่วนที่ได้เทลงในแม่พิมพ์ขนาด 2x2x2 ลูกบาศก์นิ้ว ใช้เกรียงเหล็กปาดที่ผิวหน้า ทิ้งไว้ 20 วัน แล้วจึงนำไปทดสอบ

3.1.3ทดสอบหาค่าความต้านทานกำลังอัด (Test of compressive strength) ของปูนสูตรโบราณแต่ละสูตรแล้วทำการเปรียบเทียบกับปูนซีเมนต์ตราเสือและปูนขาวล้วน

3.1.4ทดสอบหาอัตราการดูดซึมน้ำ (Test of water absorption) ของปูนสูตรโบราณแต่ละสูตรแล้วทำการเปรียบเทียบกับปูนซีเมนต์ตราเสือและปูนขาวล้วน

3.1.5ทดสอบหาปริมาณของแข็ง (Test of solid content) ของปูนสูตรโบราณแต่ละสูตรแล้วทำการเปรียบเทียบกับปูนซีเมนต์ตราเสือและปูนขาวล้วน

3.1.6ทดสอบหาปริมาณความชื้น (Test of moisture content) ของปูนสูตรน้ำอ้อยในแต่ละอัตราส่วนและทำการเปรียบเทียบสูตรปูนน้ำอ้อยที่ได้ในแต่ละอัตราส่วน

3.1.7การวิเคราะห์สารที่ละลายในน้ำของปูนสูตรโบราณแต่ละสูตรโดยใช้เครื่องอินฟราเรด(IR) สเปคโตรโฟโตมิเตอร์

3.2 วัสดุที่ใช้

1. ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์

ปูนซีเมนต์ปอร์แลนด์ที่ใช้ในการดำเนินการวิจัยเป็นปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์เกรดการค้า ตราเสือ

2. ทราย

ทรายที่ใช้ในการดำเนินการวิจัยเป็นทรายแม่น้ำ

3. น้ำ

น้ำที่ใช้ในการดำเนินการวิจัยเป็นน้ำประปา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ปูนขาวร่อน
5 . กาวหนังสัตว์
6. น้ำตาลทรายแดง
7. ปูนขาวหมัก
8. กระดาษสา
9. อิฐเก่า
10 ข้าวเหนียว
11. สารส้ม
12. น้ำผึ้งแท้
13. น้ำมันละหุ่ง

3.3 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้

1. เตาเผา
2. เครื่องทดสอบกำลังอัด LLoyd 30 KN
3. เครื่องผสม
4. เครื่องวัดความหนืดแบบ Brookfield บริษัท Brookfield Engineering Laborattories,Inc.
5. เครื่องกวน
6. เครื่องอินฟราเรด(IR)สเปคโตรโฟโตมิเตอร์ Jasco IR-810 Jasco Co.,Ltd
7. เครื่องชั่งละเอียดทศนิยม 2 ตำแหน่ง บริษัท Satorious
8. เครื่องร่อน(Retch)
9. ตะแกรงมาตรฐานขนาด 30 เมช
10. เทอร์โมมิเตอร์อุณหภูมิในช่วง 0-100 $^{\circ}$C
11. ภาชนะสำหรับแช่ชิ้นงาน
12. โถกันความชื้น
13. บีกเกอร์
14. กระบอกตวง
15. เกรียงเหล็ก
16. ถาด
17. เวอร์เนียร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

18. ผ้าสำหรับกรอง
19. กระดาษฟอยด์
20. แม่พิมพ์รูปสี่เหลี่ยมลูกบาศก์ทำด้วยแผ่นพลาสติกแข็ง ขนาด 2x2x2 ลูกบาศก์นิ้ว

3.4 วิธีการทดลอง

3.4.1การทดสอบหาค่าต้านทานกำลังอัด (Compressive strength) ของปูนสูตรโบราณแต่ละสูตร ASTM : C 170-90[22]

การเตรียมชิ้นงานตัวอย่าง

ชิ้นงานตัวอย่างที่นำมาทดสอบเป็นชิ้นงานที่ได้จากการผสมปูนสูตรโบราณของแต่ละสูตร และควรใช้ชิ้นงานตัวอย่างอย่างน้อย 3 ตัวอย่าง

การทดลอง

ในการทดสอบความต้านทานกำลังอัดจะแบ่งออกเป็น 2 สภาวะคือ

ก. สภาวะเปียก (Wet condition)

นำชิ้นงานตัวอย่างของปูนสูตรโบราณแต่ละสูตรแช่ในภาชนะที่มีน้ำโดยให้มีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 20-24 $^{\circ}$ C เป็นเวลา 48 ชม. จากนั้นนำชิ้นงานตัวอย่างออกจากภาชนะที่แช่ซับที่ผิวหน้าทำการวัดขนาดแล้วนำไปทดสอบทันที

ข. สภาวะแห้ง (Dry condition)

นำชิ้นงานตัวอย่างของปูนสูตรโบราณแต่ละสูตรเข้าตู้อบที่อุณหภูมิ 58-62 $^{\circ}$ C เป็นเวลา 48 ชม. ทำการวัดอุณหภูมิที่ 46 ชม. 47 ชม และที่ 48 ชม. ให้ได้น้ำหนักที่ใกล้เคียงกันแต่ถ้าน้ำหนักลดลงเรื่อยๆไม่คงที่ทำการอบชิ้นงานต่อไปจนได้น้ำหนักคงที่ นำชิ้นงานใส่ลงในโถกันความชื้นให้อุณหภูมิลดลงจนถึงอุณหภูมิห้อง จากนั้นนำชิ้นงานตัวอย่างไปทดสอบความต้านทานกำลังอัด จากนั้นให้นำค่าต่างๆมาคำนวณหาค่าความต้านทานกำลังอัดดังต่อไปนี้

กำหนดให้ C = ค่าความต้านทานกำลังอัดของชิ้นงานตัวอย่าง (kgf/cm^2)

W = แรงกระทำสูงสุดต่อชิ้นงานตัวอย่าง (kgf)

A = พื้นที่หน้าตัดที่วัดตั้งฉากกับแรงที่กระทำต่อชิ้นงานตัวอย่าง (cm^2)

= กว้างxยาว

เมื่อ $C = W/A$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

26212

ตัวอย่างการคำนวณ เช่น ปูนปั้นจีน ชิ้นที่1 ที่สภาวะแห้ง

W = 1102.00 kgf

A = 26.42 cm^2

C = 41.71 kgf/cm^2

3.4.2 การทดสอบหาอัตราการดูดซึมน้ำ (Water absorption) ของปูนสูตรโบราณแต่ละสูตร

ASTM : C 140-75[20]

การเตรียมชิ้นงานตัวอย่าง

ชิ้นงานตัวอย่างที่นำมาทดสอบเป็นตัวอย่างที่ได้จากการผสมปูนสูตรโบราณในแต่ละสูตร และควรใช้ชิ้นงานตัวอย่างอย่างน้อย 3 ตัวอย่าง

การทดลอง

นำชิ้นงานตัวอย่างที่ได้จากการผสมในแต่ละสูตร แช่ในน้ำที่อุณหภูมิห้อง(15.6-26.7 $^\circ$ C) เป็นเวลา 48 ชม. นำชิ้นงานตัวอย่างออกจากภาชนะที่แช่ ชั่งน้ำหนักและบันทึกแทนด้วยค่า A จากนั้นนำชิ้นงานตัวอย่างเข้าตู้อบให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 62 $^\circ$ C เป็นเวลา 48 ชม. แล้วจึงนำใส่โถกันความชื้นเพื่อให้ชิ้นงานตัวอย่างเย็นตัวลงจนถึงอุณหภูมิห้องจึงนำไปชั่งน้ำหนักและบันทึกค่าแทนด้วย B

จากนั้นให้นำค่าต่างๆมาคำนวณหาค่าอัตราการดูดซึมน้ำ ดังต่อไปนี้

กำหนดให้ W = ค่าอัตราการดูดซึมน้ำ (%)

A = น้ำหนักของชิ้นงานตัวอย่างหลังแช่น้ำ (g)

B = น้ำหนักของชิ้นงานตัวอย่างก่อนแช่น้ำ (g)

เมื่อ $W = [(A-B)/B] \times 100$

ตัวอย่างการคำนวณ เช่น ปูนปั้นจีน ชิ้นที่1

A = 183.67 g

B = 174.01 g

W = [(183.67-174.01)/174.01] x100

= 0.0555x100

= 5.55 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.3 การทดสอบหาปริมาณของแข็ง (Solid content) ของปูนสูตรโบราณแต่ละสูตร

<u>การเตรียมชิ้นงานตัวอย่าง</u>

ชิ้นงานตัวอย่างที่นำมาทดสอบเป็นชิ้นงานที่ได้จากการผสมปูนสูตรโบราณของแต่ละสูตร และควรใช้ชิ้นงานตัวอย่างอย่างน้อย 3 ตัวอย่าง

<u>การทดลอง</u>

นำชิ้นงานตัวอย่างที่ได้จากการผสมในแต่ละสูตรชั่งน้ำหนักและบันทึกแทนด้วยค่า P จากนั้นนำไปแช่ลงในน้ำเป็นเวลา 48 ชม: ทำการกรองและชั่งน้ำหนักเก็บเฉพาะส่วนที่เป็นของแข็งไว้แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 62 $^{\circ}$ C เป็นเวลา 48 ชม. นำชิ้นงานใส่ในโถกันความชื้นทิ้งให้เย็นตัวลงที่อุณหภูมิห้องทำการชั่งน้ำหนักและบันทึกค่าแทนด้วย D

จากนั้นให้นำค่าต่างๆมาคำนวณหาค่าปริมาณของแข็ง ดังต่อไปนี้

กำหนดให้ S = ค่าปริมาณของแข็ง (%)

D = น้ำหนักชิ้นงานตัวอย่างหลังอบไล่ความชื้น (g)

P = น้ำหนักชิ้นงานตัวอย่างก่อนอบไล่ความชื้น (g)

เมื่อ $S = [D/P]x100$

<u>ตัวอย่างการคำนวณ</u> เช่น ปูนปั้นจีน ชิ้นที่1

D = 172.34 g

P = 172.81 g

S = [172.34/172.81]*100

= 99.73 %

3.4.4 การทดสอบหาปริมาณความชื้น (Moisture content) ของปูนสูตรน้ำอ้อยในแต่ละอัตราส่วน

ASTM : C 140-75[20]

<u>การเตรียมชิ้นงานตัวอย่าง</u>

ชิ้นงานตัวอย่างที่นำมาทดสอบเป็นชิ้นงานตัวอย่างที่ได้จากการผสมปูนน้ำอ้อยที่อัตราส่วนต่างๆ 4 อัตราส่วน ใช้ชิ้นงานตัวอย่างของแต่ละอัตราส่วนอย่างน้อย 3 ตัวอย่าง

<u>การทดลอง</u>

นำตัวอย่างชิ้นงานที่ได้ ชั่งน้ำหนักและบันทึกค่าแทนด้วยค่า A จากนั้นนำไปแช่ในน้ำที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ชม. นำชิ้นงานตัวอย่างออกจากภาชนะที่แช่แล้วทำการซับที่ผิวหน้า ชั่งน้ำหนักและบันทึกค่าแทนด้วย C จากนั้นนำชิ้นงานตัวอย่างเข้าตู้อบที่อุณหภูมิ 100-110 $^{\circ}$ C เป็นเวลา 24 ชม. นำชิ้นงานตัวอย่างใส่ลงในโถกันความชื้นทิ้งลงให้เย็นที่อุณหภูมิห้องทำการชั่งน้ำหนักและบันทึกค่าแทนด้วย B

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากนั้นให้นำค่าต่างๆมาคำนวณหาปริมาณความชื้น ดังต่อไปนี้

กำหนดให้ M = ปริมาณความชื้น (%)

A = น้ำหนักชิ้นงานตัวอย่างก่อนอบ (g)

B = น้ำหนักชิ้นงานตัวอย่างหลังอบ (g)

C = น้ำหนักชิ้นงานตัวอย่างในสภาวะอิ่มตัวด้วยน้ำ (g)

เมื่อ $M = [(A-B)/(C-B)] \times 100$

ตัวอย่างการคำนวณ เช่น ปูนน้ำอ้อยสูตรที่1 ชิ้นที่1

A = 160.56 g

B = 153.74 g

C = 190.30 g

$M = [(160.56-153.74)/(190.30-153.74)] \times 100$

$= 0.1865 \times 100$

= 18.65 %

3.4.5 การวิเคราะห์สารที่ละลายในน้ำของปูนสูตรโบราณ

การเตรียมชิ้นงานตัวอย่าง

ชิ้นงานตัวอย่างที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์ได้แก่ ปูนปั้นจีน ปูนสออิฐ ปูนฉาบผนัง ปูนฉาบผิวผนังและปูนน้ำอ้อย

การทดลอง

นำชิ้นงานตัวอย่างที่ได้จากแต่ละสูตรแช่น้ำเป็นเวลา 24 ชม. เพื่อให้ส่วนที่ละลายในน้ำละลายออกมาหลังจากนั้นทำการกรองเอาเฉพาะส่วนที่เป็นของเหลวไประเหยใน Water bath จนแห้งเก็บส่วนที่ระเหยได้ไว้ในขวดที่มีฝาปิด นำส่วนที่ระเหยได้ไปอบให้แห้งบดรวมกับ KBr (โปแตสเซียมโบรไมด์)แล้ววัดการดูดกลืนรังสีอินฟราเรดในช่วง 4000-625 cm^{-1}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการวิจัย

4.1 ผลการทดลองการหาค่าความต้านทานกำลังอัดของปูนสูตรโบราณแต่ละสูตร

ตารางที่1 แสดงค่าความต้านทานกำลังอัดของปูนสูตรโบราณแต่ละสูตร
ปูนซีเมนต์ตราเสือ และปูนขาวล้วน ณ สภาวะเปียก (Wet condition)

สูตรปูน	จำนวน (ชิ้น)	พื้นที่หน้าตัด (cm^2)	แรงกระทำสูงสุด(kgf)	ความต้านทานกำลังอัด(kgf/cm^2)	เฉลี่ย
ปูนปั้นจีน	1	26.56	840.90	31.66	
	2	25.55	1136.00	44.46	
	3	24.85	636.60	25.62	**33.91**
ปูนสออิฐ	1	25.96	122.50	4.72	
	2	26.57	197.70	7.44	
	3	24.21	203.60	8.41	**6.86**
ปูนฉาบผนัง	1	20.96	1618.00	77.19	
	2	22.27	2143.00	96.23	
	3	24.45	2096.00	85.73	**86.38**
ปูนฉาบผิวผนัง	1	17.64	106.60	6.04	
	2	21.99	86.24	3.92	**4.98**
ปูนน้ำอ้อยสูตรที่1	1	23.91	499.90	20.91	
	2	21.41	321.80	15.03	
	3	23.28	613.70	26.36	**20.77**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สูตรปูน	จำนวน (ชิ้น)	พื้นที่หน้าตัด (cm^2)	แรงกระทำสูงสุด(kgf)	ความต้านทานกำลังอัด (kgf/cm^2)	เฉลี่ย
ปูนน้ำอ้อยสูตรที่2	1	25.05	563.00	22.48	
	2	24.51	332.70	13.57	
	3	24.15	344.80	14.28	**16.78**
ปูนน้ำอ้อยสูตรที่3	1	25.35	419.20	16.54	
	2	21.99	486.40	22.12	
	3	25.15	351.60	13.98	
	4	25.65	412.90	16.10	**17.19**
ปูนน้ำอ้อยสูตรที่4	1	25.55	277.60	10.87	
	2	24.80	804.60	32.44	
	3	26.06	471.90	18.11	**20.47**
ปูนซีเมนต์ตราเสือ	1	26.11	7650.00	292.99	
	2	25.85	6600.00	255.32	**274.16**
ปูนขาวล้วน	1	21.44	194.60	9.08	
	2	20.66	158.20	7.66	**8.37**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่2 แสดงค่าความต้านทานกำลังอัดของปูนสูตรโบราณแต่ละสูตร ปูนซีเมนต์ตราเสือ และปูนขาวล้วน ณ สภาวะแห้ง (Dry condition)

สูตรปูน	จำนวน (ชิ้น)	พื้นที่หน้าตัด (cm^2)	แรงกระทำสูงสุด(kgf)	ความต้านทานกำลังอัด (kgf/cm^2)	เฉลี่ย
ปูนปั้นจีน	1	26.42	1102.00	41.71	
	2	24.84	945.20	38.05	
	3	23.09	548.90	23.77	**34.51**
ปูนสออิฐ	1	25.70	263.40	10.25	
	2	25.65	172.60	6.73	
	3	26.05	260.90	10.02	**9.00**
ปูนฉาบผนัง	1	21.08	354.60	16.82	
	2	22.82	801.50	35.12	
	3	21.06	1268.00	60.21	**37.38**
ปูนฉาบผิวผนัง	1	18.38	1327.00	72.20	
	2	17.92	1338.00	74.67	**73.44**
ปูนน้ำอ้อยสูตรที่1	1	23.23	1683.00	72.45	
	2	23.47	1854.00	78.99	
	3	23.57	1296.00	54.99	**68.81**
ปูนน้ำอ้อยสูตรที่2	1	23.52	1812.00	77.04	
	2	24.85	1389.00	55.90	
	3	24.85	1256.00	50.54	**61.16**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สูตรปูน	จำนวน (ชิ้น)	พื้นที่หน้าตัด (cm^2)	แรงกระทำสูงสุด(kgf)	ความต้านทานกำลังอัด (kgf/cm^2)	เฉลี่ย
ปูนน้ำอ้อยสูตรที่3	1	26.16	2702.00	103.29	
	2	25.05	2479.00	98.96	
	3	25.45	1845.00	72.50	
	4	25.20	1552.00	61.59	**84.09**
ปูนน้ำอ้อยสูตรที่4	1	26.11	1702.00	65.19	
	2	26.57	1996.00	75.12	
	3	27.93	2536.00	90.80	**77.04**
ปูนซีเมนต์ตราเสือ	1	26.16	3975	151.95	**151.95**
ปูนขาวล้วน	1	20.10	243.80	12.13	
	2	19.94	258.10	12.94	
	3	20.02	279.20	13.95	**13.01**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ผลการทดลองหาค่าอัตราการดูดซึมน้ำของปูนสูตรโบราณแต่ละสูตร

ตารางที่3 แสดงค่าอัตราการดูดซึมน้ำของปูนสูตรโบราณแต่ละสูตร ปูนซีเมนต์ตราเสือ และปูนขาวล้วน

สูตรปูน	จำนวน (ชิ้น)	น้ำหนักหลังแช่น้ำ (g)	น้ำหนักหลังอบ (g)	อัตราการดูดซึมน้ำ (%)	เฉลี่ย
ปูนปั้นจีน	1	183.67	174.01	5.55	
	2	179.81	170.45	5.49	
	3	177.28	167.60	5.78	**5.61**
ปูนสออิฐ	1	193.60	167.91	15.29	
	2	211.89	183.55	15.43	
	3	195.26	169.08	15.48	**15.36**
ปูนฉาบผนัง	1	164.25	120.93	35.82	
	2	162.88	120.75	34.89	
	3	166.40	122.35	36.00	**35.57**
ปูนฉาบผิวผนัง	1	103.09	62.28	65.52	
	2	117.23	71.37	64.26	
	3	116.24	70.39	65.14	**64.97**
ปูนน้ำอ้อยสูตรที่1	1	190.29	160.82	18.32	
	2	183.53	153.81	19.32	
	3	183.40	155.89	17.97	**18.54**
ปูนน้ำอ้อยสูตรที่2	1	216.83	190.95	13.55	
	2	213.05	186.60	14.17	
	3	211.50	185.18	14.21	**13.98**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สูตรปูน	จำนวน (ชิ้น)	น้ำหนักหลังแช่น้ำ (g)	น้ำหนักหลังอบ (g)	อัตราการดูดซึมน้ำ (%)	เฉลี่ย
ปูนน้ำอ้อยสูตรที่3	1	222.05	204.02	8.84	
	2	222.97	200.51	11.20	
	3	220.24	201.23	9.45	**9.83**
ปูนน้ำอ้อยสูตรที่4	1	232.72	208.68	11.52	
	2	233.81	212.30	10.13	
	3	233.26	210.09	11.03	**10.89**
ปูนซีเมนต์ตราเสือ	1	271.31	242.66	11.80	
	2	255.55	228.21	11.98	
	3	272.52	245.46	11.04	**11.61**
ปูนขาวล้วน	1	128.02	79.63	60.77	
	2	126.41	78.04	61.98	
	3	131.00	81.68	60.38	**61.04**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ผลการทดลองหาค่าปริมาณของแข็งของปูนสูตรโบราณแต่ละสูตร

<u>ตารางที่4</u> แสดงค่าปริมาณของแข็งของปูนสูตรโบราณแต่ละสูตร ปูนซีเมนต์ตราเสือ และปูนขาวล้วน

สูตรปูน	จำนวน (ชิ้น)	น้ำหนักก่อนอบ (g)	น้ำหนักหลังอบ (g)	ปริมาณของแข็ง (%)	เฉลี่ย
ปูนปั้นจีน	1	172.81	172.34	99.73	
	2	174.06	173.86	99.89	
	3	170.08	169.97	99.94	**99.85**
ปูนสออิฐ	1	189.98	188.47	99.21	
	2	178.80	176.12	98.50	
	3	170.77	167.66	98.18	**98.63**
ปูนฉาบผนัง	1	119.40	119.01	99.67	
	2	120.16	117.84	98.07	
	3	119.65	118.20	98.79	**98.84**
ปูนฉาบผิวผนัง	1	73.39	70.75	96.40	
	2	72.17	70.91	98.25	
	3	7.093	70.92	99.99	**98.21**
ปูนน้ำอ้อยสูตรที่1	1	143.12	138.41	96.71	
	2	140.40	137.42	97.88	
	3	149.72	143.85	96.08	**96.89**
ปูนน้ำอ้อยสูตรที่2	1	179.08	175.20	97.83	
	2	183.41	177.45	96.75	
	3	183.61	176.83	96.31	**96.96**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สูตรปูน	จำนวน (ชิ้น)	น้ำหนักก่อนอบ (g)	น้ำหนักหลังอบ (g)	ปริมาณของแข็ง (%)	เฉลี่ย
ปูนน้ำอ้อยสูตรที่3	1	196.64	191.87	97.57	
	2	195.67	191.66	97.95	
	3	199.02	194.06	97.51	**97.68**
ปูนน้ำอ้อยสูตรที่4	1	178.52	175.51	98.31	
	2	186.81	182.66	97.78	
	3	207.05	200.17	96.67	**97.59**
ปูนซีเมนต์ตราเสือ	1	233.08	230.69	98.97	
	2	244.90	242.85	99.16	
	3	210.81	208.08	98.70	**98.95**
ปูนขาวล้วน	1	79.39	79.38	99.99	
	2	77.73	77.72	99.99	**99.99**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 ผลการทดลองค่าหาปริมาณความชื้นของปูนน้ำอ้อยที่อัตราส่วนต่าง ๆ

ตารางที่5 แสดงค่าปริมาณความชื้นในปูนน้ำอ้อยที่อัตราส่วนต่างๆ

สูตรปูนน้ำอ้อย	จำนวน (ชิ้น)	น้ำหนักก่อนอบ(g)	น้ำหนักหลังอบ(g)	น้ำหนักอิ่มตัวด้วยน้ำ(g)	ปริมาณความชื้น(%)
ปูนน้ำอ้อยสูตรที่1	1	160.56	153.74	190.30	18.65
	2	161.13	153.52	188.65	21.66
					AV: 20.16
ปูนน้ำอ้อยสูตรที่2	1	190.44	183.05	217.66	21.35
	2	187.84	181.58	215.84	18.27
					AV: 19.81
ปูนน้ำอ้อยสูตรที่3	1	202.16	196.71	230.32	16.22
	2	206.13	198.99	231.60	21.90
	3	206.56	201.57	234.95	14.95
					AV: 17.69
ปูนน้ำอ้อยสูตรที่4	1	201.34	194.22	225.34	22.88
	2	199.71	191.76	223.94	24.70
					AV: 23.79

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 ผลการวิเคราะห์สารที่ละลายน้ำได้ของปูนสูตรต่างๆ โดยใช้เครื่องอินฟราเรด(IR)สเปคโตรโฟโตมิเตอร์/เตรียมตัวอย่างด้วยวิธีทำ KBr disc

สูตร 1 ปูนปั้นจีน

ตัวอย่างที่ได้จากการระเหยน้ำจากสารละลายที่ได้จากการสกัดปูนปั้นจีนด้วยน้ำ แสดงการดูดกลืนรังสีอินฟราเรดที่ νmax คือ 3675(w) , 3200-3500(b) , 2950(w) , 1150(w) , 890(w)

สูตร 2 ปูนสออิฐ

ตัวอย่างที่ได้จากการระเหยน้ำจากสารละลายที่ได้จากการสกัดปูนสออิฐด้วยน้ำ แสดงการดูดกลืนรังสีอินฟราเรดที่ νmax คือ 3650(w) , 3300-3500(b) , 2925(w) , 1040(w) , 880(w)

สูตร 3 ปูนฉาบผนัง

ตัวอย่างที่ได้จากการระเหยน้ำจากสารละลายที่ได้จากการสกัดปูนฉาบผนังด้วยน้ำ แสดงการดูดกลืนรังสีอินฟราเรดที่ νmax คือ 3600(w) , 3200-3500(b) , 2900(w) , 860(w)

สูตร 4 ปูนฉาบผิวผนัง

ตัวอย่างที่ได้จากการระเหยน้ำจากสารละลายที่ได้จากการสกัดปูนฉาบผิวผนังด้วยน้ำ แสดงการดูดกลืนรังสีอินฟราเรดที่ νmaxคือ 3625(w) , 3200-3500(b), 2950(w) , 1250(w) , 1150(w) , 1025(w) , 860(w)

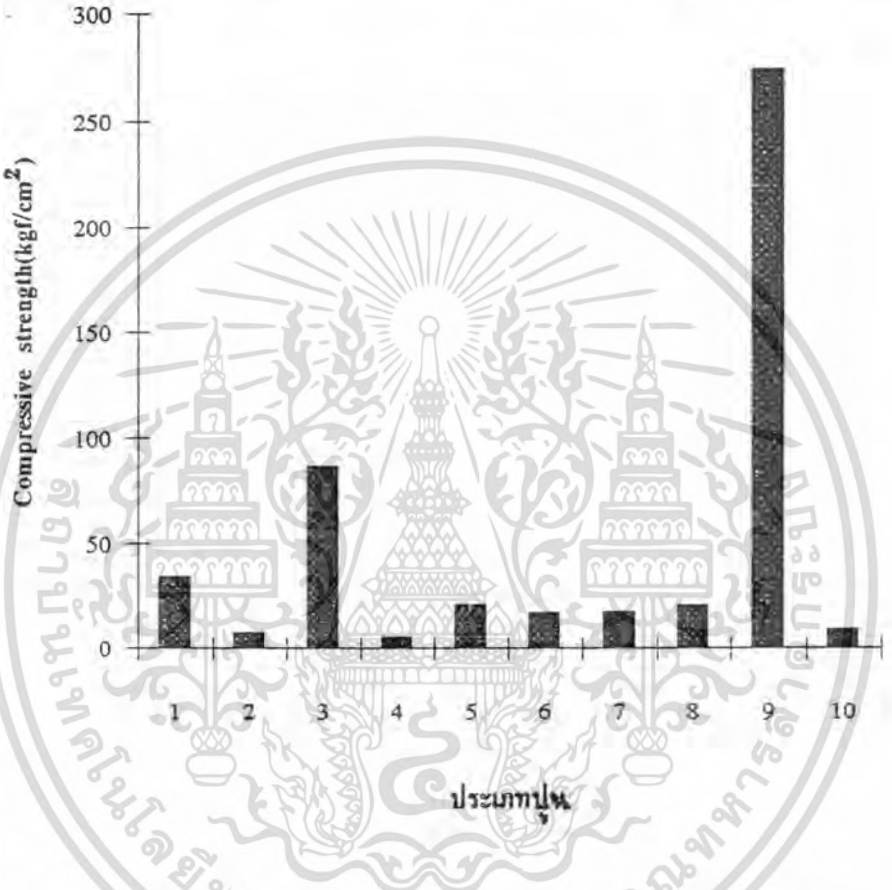
สูตร 5 ปูนน้ำอ้อย

ตัวอย่างที่ได้จากการระเหยน้ำจากสารละลายที่ได้จากการสกัดปูนน้ำอ้อยด้วยน้ำ แสดงการดูดกลืนรังสีอินฟราเรดที่ νmax คือ 3200-3500(b) , 2925(w) , 1150(w) , 925(w)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
วิจารณ์ผลการวิจัย

5.1 ผลการศึกษาวิจัยหาค่าความต้านทานกำลังอัด (Compressive strength) ของปูนสูตรต่างๆ



1	-	ปูนปั้นจีน	6	-	ปูนน้ำอ้อยสูตรที่ 2
2	-	ปูนสออิฐ	7	-	ปูนน้ำอ้อยสูตรที่ 3
3	-	ปูนฉาบผนัง	8	-	ปูนน้ำอ้อยสูตรที่ 4
4	-	ปูนฉาบผิวผนัง	9	-	ปูนซีเมนต์ตราเสือ
5	-	ปูนน้ำอ้อยสูตรที่ 1	10	-	ปูนขาวล้วน

รูปที่ 1 แสดงค่าความต้านทานกำลังอัด ณ สภาวะเปียกของปูนสูตรต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

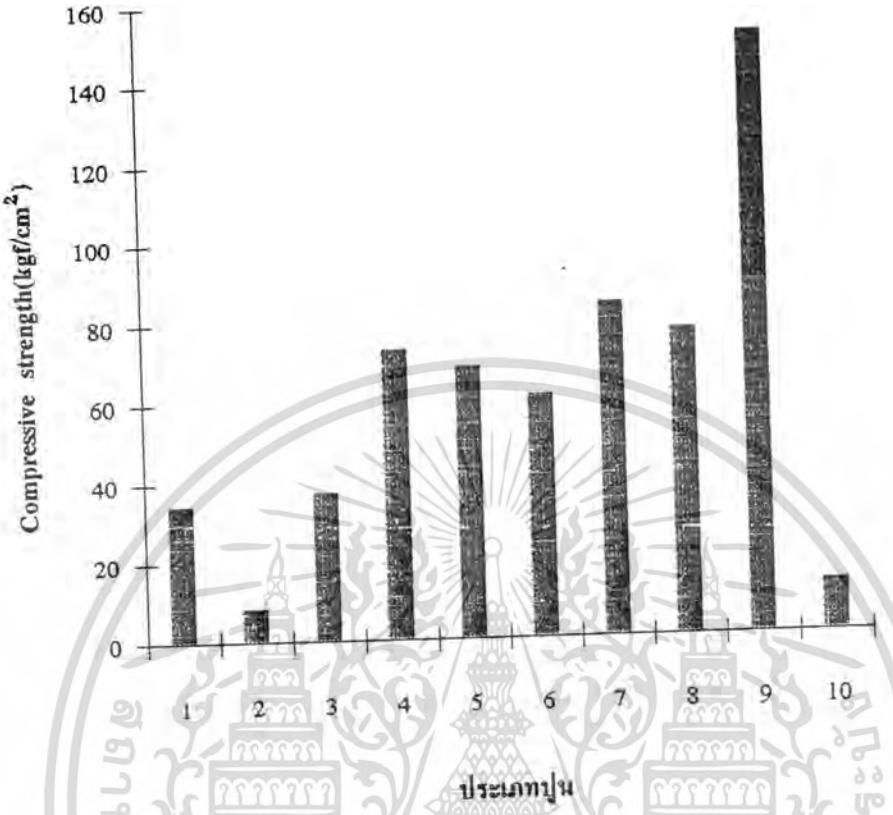
กราฟในรูปที่1 แสดงให้เห็นว่า

- ค่าความต้านทานกำลังอัดของปูนฉาบผนัง ซึ่งมีส่วนผสมของปูนขาวหมัก ทราย กระดาษสา กาวหนังสัตว์เคี่ยว น้ำตาลทรายแดงเคี่ยว มีค่าความต้านทานกำลังอัดมากที่สุดเท่ากับ 86.38 kgf/cm^2 ซึ่งมีค่ามากกว่าความต้านทานกำลังอัดของปูนขาวล้วน แต่มีค่าน้อยกว่าค่าความต้านทานกำลังของปูนซีเมนต์ตราเสือ

- ค่าความต้านทานกำลังอัดของปูนฉาบผิวผนัง ซึ่งมีส่วนผสมของปูนขาวหมัก สารส้ม และข้าวเหนียว(สภาพคล้ายกาว) มีค่าความต้านกำลังอัดน้อยที่สุดเท่ากับ 4.98 kgf/cm^2 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าความต้านทานกำลังอัดของปูนขาวล้วน และน้อยกว่าความต้านทานกำลังอัดของปูนซีเมนต์ตราเสือ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



1	-	ปูนปั้นจีน	6	-	ปูนน้ำอ้อยสูตรที่ 2
2	-	ปูนสออิฐ	7	-	ปูนน้ำอ้อยสูตรที่ 3
3	-	ปูนฉาบผนัง	8	-	ปูนน้ำอ้อยสูตรที่ 4
4	-	ปูนฉาบผิวผนัง	9	-	ปูนซีเมนต์ตราเสือ
5	-	ปูนน้ำอ้อยสูตรที่ 1	10	-	ปูนขาวล้วน

รูปที่ 2 แสดงค่าความต้านทานกำลังอัด ณ สภาวะแห้งของปูนสูตรโบราณสูตรต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

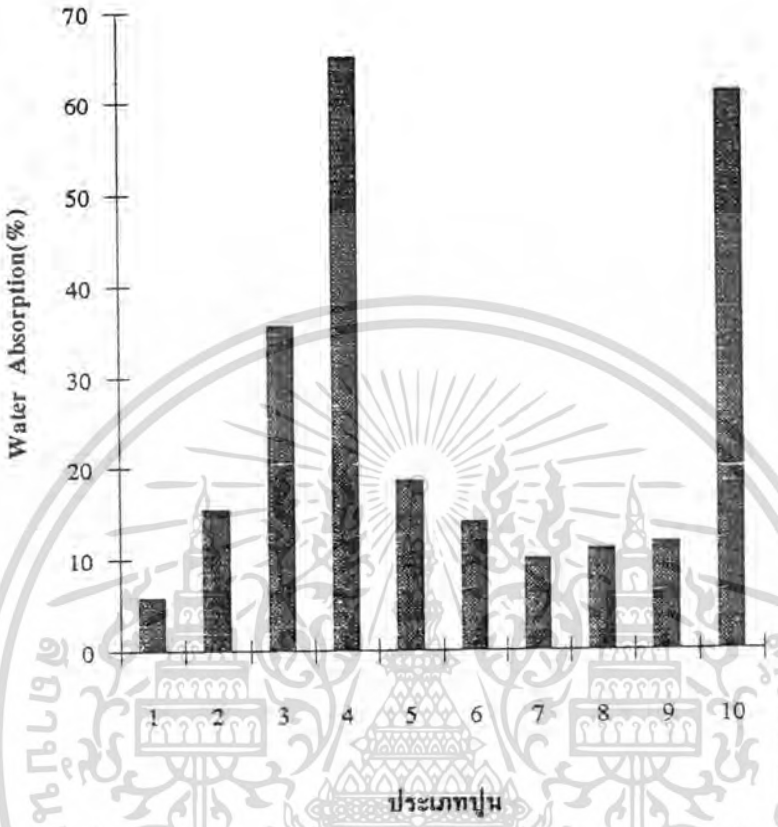
กราฟในรูปที่2 แสดงให้เห็นว่า

- ค่าความต้านทานกำลังอัดของปูนน้ำอ้อยสูตรที่3เป็นสูตรที่ช่างอนุรักษ์ใช้ในการซ่อมแซมสถาปัตยกรรมโบราณ ซึ่งมีส่วนผสมของปูนขาวหมัก : ทราย : กาวหนังสัตว์ : น้ำตาลทรายแดงเคี่ยวเท่ากับ 7:16:0.5:0.5 มีค่าความต้านทานกำลังอัดมากที่สุดเท่ากับ 84.09 kgf/cm^2 และมีค่ามากกว่าความต้านทานกำลังอัดของปูนขาวล้วน แต่มีค่าน้อยกว่าค่าความต้านทานกำลังอัดของปูนซีเมนต์ตราเสือ

- ค่าความต้านทานกำลังอัดของปูนสออิฐ ซึ่งมีส่วนผสมของปูนขาวร่อน ทราย น้ำตาล-ทรายแดงเคี่ยว น้ำ มีความต้านทานกำลังอัดน้อยที่สุดเท่ากับ 9.00 kgf/cm^2 และมีค่าน้อยกว่าค่าความต้านทานกำลังของปูนขาวล้วนและน้อยกว่าค่าความต้านทานกำลังอัดของปูนซีเมนต์ตราเสือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ผลการศึกษาการดูดซึมน้ำ (Water absorption) ของปูนสูตรต่างๆ



1	-	ปูนปั้นจีน	6	-	ปูนน้ำอ้อยสูตรที่ 2
2	-	ปูนสออิฐ	7	-	ปูนน้ำอ้อยสูตรที่ 3
3	-	ปูนฉาบผนัง	8	-	ปูนน้ำอ้อยสูตรที่ 4
4	-	ปูนฉาบผิวผนัง	9	-	ปูนซีเมนต์ตราเสือ
5	-	ปูนน้ำอ้อยสูตรที่ 1	10	-	ปูนขาวล้วน

รูปที่ 3 แสดงค่าอัตราการดูดซึมน้ำของปูนสูตรต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กราฟในรูปที่3 แสดงให้เห็นว่า

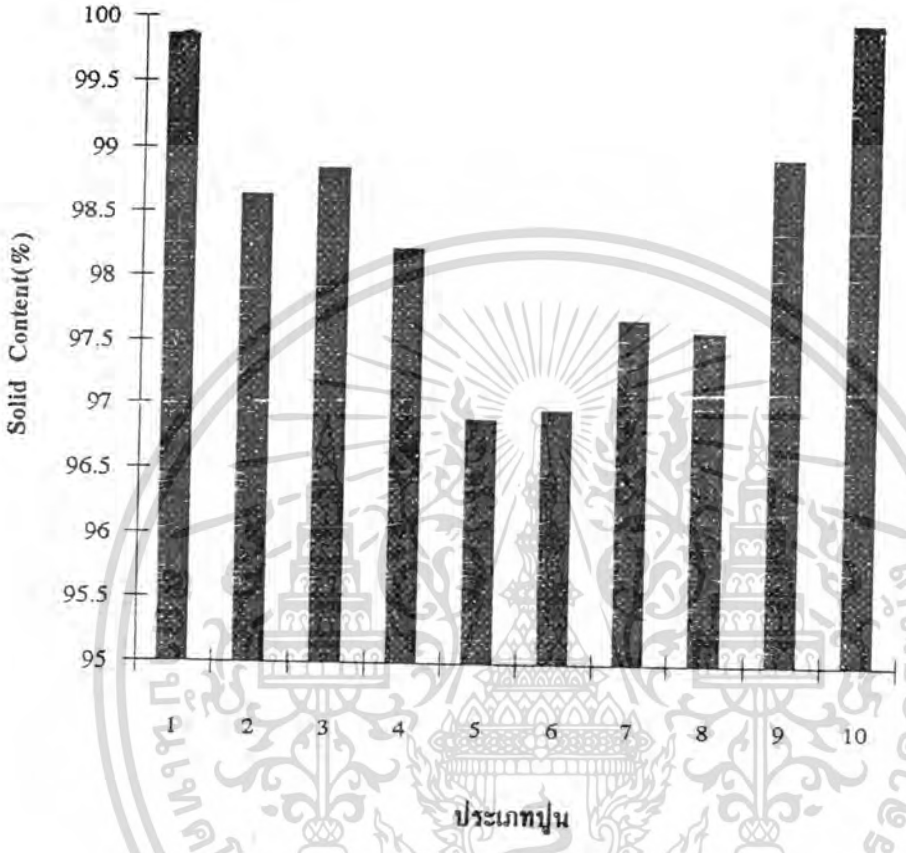
- ค่าอัตราการดูดซึมน้ำของปูนฉาบผิวผนัง ซึ่งมีส่วนผสมของปูนขาวหมัก สารส้ม และข้าวเหนียว(สภาพคล้ายกาว) มีค่าอัตราการดูดซึมน้ำมากที่สุดเท่ากับ 64.97% ซึ่งมีค่ามากกว่าปูนขาวล้วนและมากกว่าปูนซีเมนต์ตราเสือ

- ค่าอัตราการดูดซึมน้ำของปูนปั้นจีนซึ่งมีอัตราส่วนของปูนขาวร่อน ทราย อิฐ และน้ำมันละหุ่ง มีค่าอัตราการดูดซึมน้อยที่สุด เท่ากับ 5.61% ซึ่งมีค่าน้อยกว่าปูนขาวล้วนและน้อยกว่าปูนซีเมนต์ตราเสือ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 ผลการศึกษาค่าปริมาณของแข็ง (Solid content) ของปูนสูตรต่างๆ



1	-	ปูนปั้นจีน	6	-	ปูนน้ำอ้อยสูตรที่ 2
2	-	ปูนสออิฐ	7	-	ปูนน้ำอ้อยสูตรที่ 3
3	-	ปูนฉาบผนัง	8	-	ปูนน้ำอ้อยสูตรที่ 4
4	-	ปูนฉาบผิวผนัง	9	-	ปูนซีเมนต์ตราเสือ
5	-	ปูนน้ำอ้อยสูตรที่ 1	10	-	ปูนขาวล้วน

รูปที่ 4 แสดงค่าปริมาณของแข็งของปูนสูตรต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กราฟในรูปที่4 แสดงให้เห็นว่า

- ค่าปริมาณของแข็งของปูนปั้นจีน ซึ่งมีส่วนผสมของปูนขาวร่อน ทราย อิฐร่อน และน้ำมันละหุ่ง มีค่าปริมาณของแข็งมากที่สุดเท่ากับ 99.85% ซึ่งมีค่าน้อยกว่าปูนขาวล้วนแต่มากกว่าปูนซีเมนต์ตราเสือ

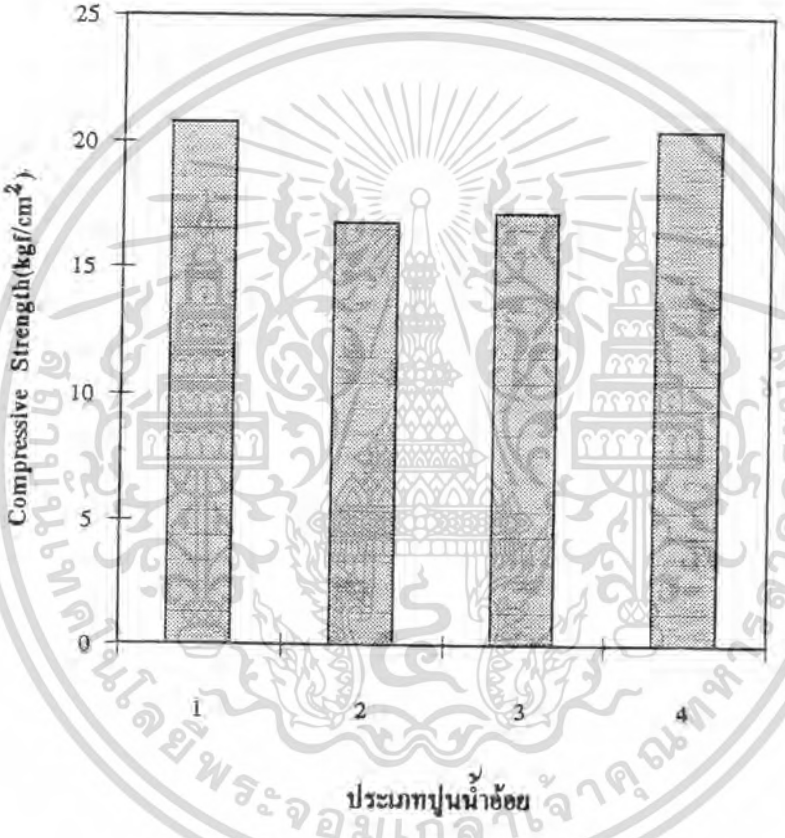
- ค่าปริมาณของแข็งของปูนน้ำอ้อยสูตรที่1 ซึ่งมีอัตราส่วนของปูนขาวหมัก : ทราย : กาวหนังสัตว์เคี่ยว : น้ำคาลทรายแดงเคี่ยว เท่ากับ 7 : 4 : 0.5 : 0.5 มีค่าปริมาณของแข็งน้อยที่สุดเท่ากับ 96.89% ซึ่งมีค่าน้อยกว่าปูนขาวล้วนและน้อยกว่าปูนซีเมนต์ตราเสือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4 ผลการศึกษาการหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของปูนน้ำอ้อยที่อัตราส่วนต่างๆกัน โดยพิจารณาจากคุณสมบัติในด้านต่างๆ ดังนี้

5.4.1 คุณสมบัติในด้านความต้านทานกำลังอัด (Compressive strength)ของปูนน้ำอ้อยสูตรที่มีอัตราส่วนต่างๆกันดังนี้

- ค่าความต้านทานกำลังอัด ณ สภาวะเปียก (Wet condition)



1 - ปูนน้ำอ้อยสูตรที่ 1
2 - ปูนน้ำอ้อยสูตรที่ 2
3 - ปูนน้ำอ้อยสูตรที่ 3
4 - ปูนน้ำอ้อยสูตรที่ 4

รูปที่ 5 แสดงค่าความต้านทานกำลังอัด ณ สภาวะเปียกของปูนสูตรน้ำอ้อยสูตรต่างๆ

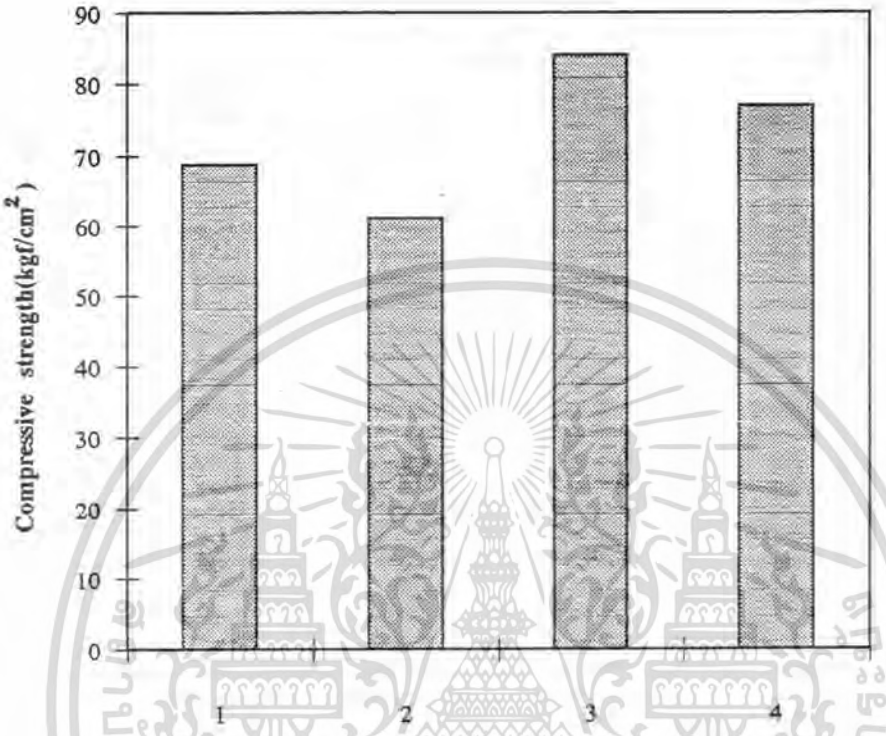
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กราฟในรูปที่5 แสดงให้เห็นว่า

ปูนน้ำอ้อยสูตรที่1 ซึ่งมีอัตราส่วนของปูนขาวหมัก : ทราย : กาวหนังสัตว์เคี่ยว : น้ำตาลทรายแดงเคี่ยวเท่ากับ 7: 4 : 0.5 : 0.5 มีค่าความต้านทานกำลังอัดมากที่สุดเท่ากับ 20.77 kgf/cm^2 ส่วนปูนน้ำอ้อยสูตรที่2 ที่มีอัตราส่วน ของปูนขาวหมัก : ทราย : กาวหนังสัตว์เคี่ยว : น้ำตาลทรายแดงเคี่ยว เท่ากับ 7: 8 : 0.5 : 0.5 มีค่าความต้านทานกำลังอัดน้อยที่สุดเท่ากับ 16.78 kgf/cm^2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ค่าความต้านทานกำลังอัด ณ สภาวะแห้ง (Dry condition)



1 - ปูนน้ำอ้อยสูตรที่ 1
2 - ปูนน้ำอ้อยสูตรที่ 2
3 - ปูนน้ำอ้อยสูตรที่ 3
4 - ปูนน้ำอ้อยสูตรที่ 4

รูปที่ 6 แสดงค่าความต้านทานกำลังอัด ณ สภาวะแห้งของปูนสูตรน้ำอ้อยสูตรต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

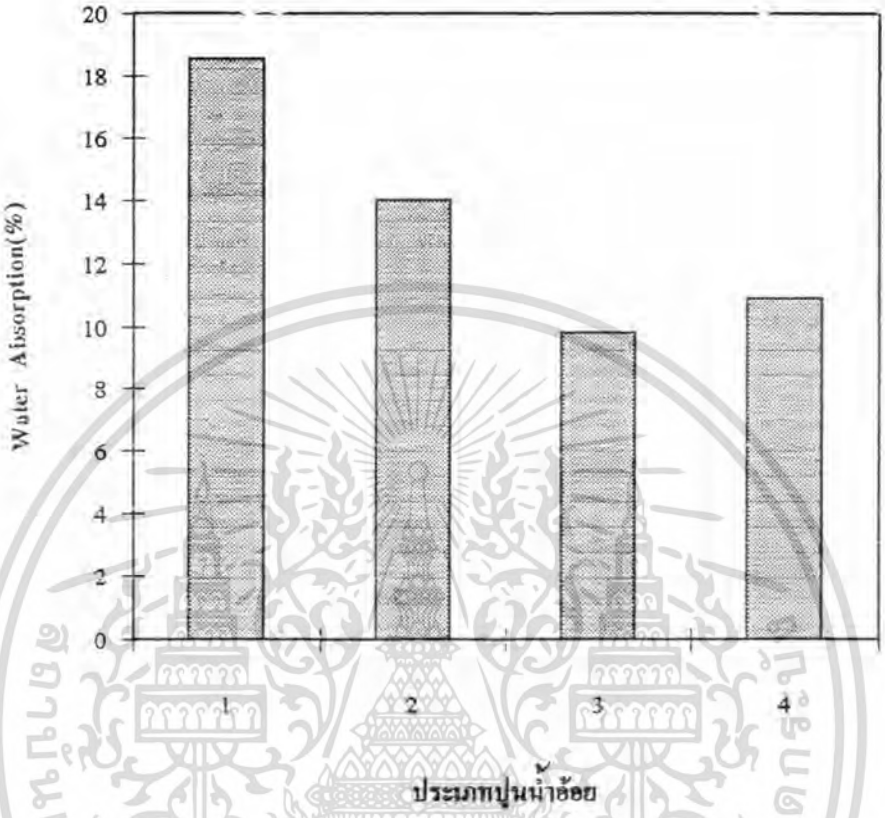
กราฟในรูปที่6 แสดงให้เห็นว่า

ปูนน้ำอ้อยสูตรที่3 ซึ่งมีอัตราส่วนของปูนขาวหมัก : ทราย : กาวหนังสัตว์เคี่ยว : น้ำตาล-ทรายแดงเคี่ยวเท่ากับ 7: 16 : 0.5 : 0.5 มีค่าความต้านทานกำลังอัดมากที่สุดเท่ากับ 84.09 kgf/cm^2 ส่วนปูนน้ำอ้อยสูตรที่2 ที่มีอัตราส่วน ของปูนขาวหมัก : ทราย : กาวหนังสัตว์เคี่ยว : น้ำตาลทราย-แดงเคี่ยว เท่ากับ 7: 8 : 0.5 : 0.5 มีค่าความต้านทานกำลังอัดน้อยที่สุดเท่ากับ 61.61 kgf/cm^2

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4.2 คุณสมบัติในด้านการดูดซึมน้ำ (Water absorption) ของปูนสูตรน้ำอ้อยที่มีอัตราส่วนต่างๆกัน



1 - ปูนน้ำอ้อยสูตรที่ 1
2 - ปูนน้ำอ้อยสูตรที่ 2
3 - ปูนน้ำอ้อยสูตรที่ 3
4 - ปูนน้ำอ้อยสูตรที่ 4

รูปที่ 7 แสดงค่าอัตราการดูดซึมน้ำของปูนสูตรน้ำอ้อยสูตรต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

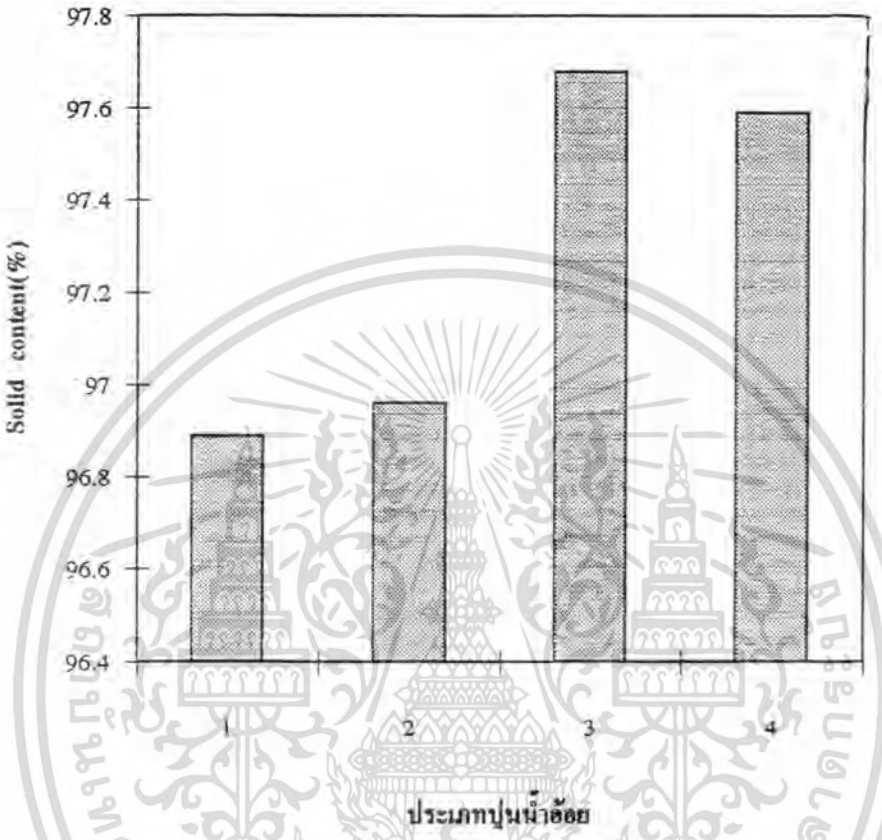
กราฟในรูปที่7 แสดงให้เห็นว่า

ปูนน้ำอ้อยสูตรที่1 ซึ่งมีอัตราส่วนของปูนขาวหมัก : ทราย : กาวหนังสัตว์เคี่ยว : น้ำตาล-ทรายแดงเคี่ยวเท่ากับ 7: 4 : 0.5 : 0.5 มีค่าอัตราการดูดซึมน้ำมากที่สุดเท่ากับ 18.54% ส่วนปูนน้ำ-อ้อยสูตรที่3 ที่มีอัตราส่วน ของปูนขาวหมัก : ทราย : กาวหนังสัตว์เคี่ยว : น้ำตาลทรายแดงเคี่ยว เท่ากับ 7: 16 : 0.5 : 0.5 มีค่าการดูดซึมน้ำน้อยที่สุดเท่ากับ 9.83%

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4.3 คุณสมบัติในด้านปริมาณของแข็ง(Solid content) ของปูนสูตรน้ำอ้อยที่มีอัตราส่วนต่างๆกัน



1 - ปูนน้ำอ้อยสูตรที่ 1
2 - ปูนน้ำอ้อยสูตรที่ 2
3 - ปูนน้ำอ้อยสูตรที่ 3
4 - ปูนน้ำอ้อยสูตรที่ 4

รูปที่ 8 แสดงค่าปริมาณของแข็งของปูนสูตรน้ำอ้อยสูตรต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

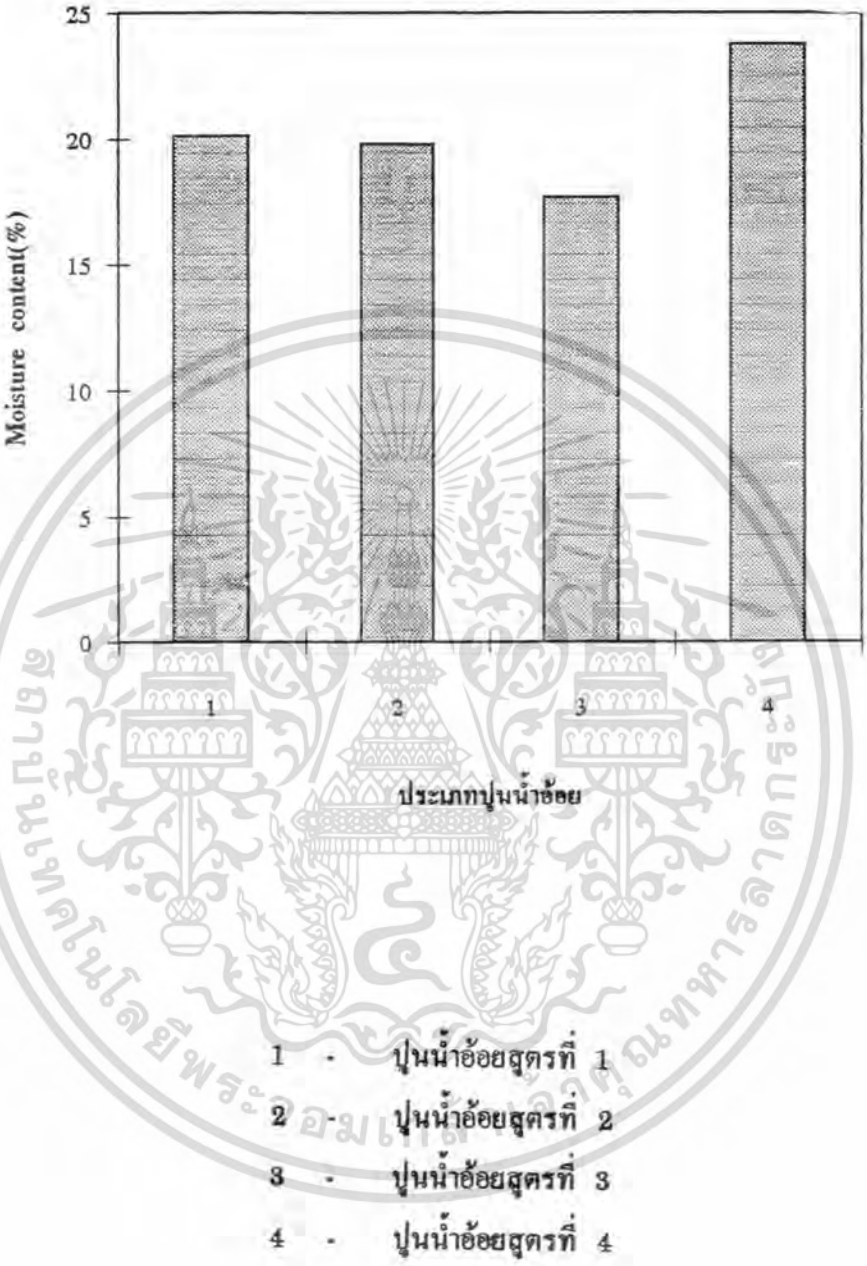
กราฟในรูปที่8 แสดงให้เห็นว่า

ปูนน้ำอ้อยสูตรที่3 ซึ่งมีอัตราส่วนของปูนขาวหมัก : ทราย : กาวหนังสัตว์เคี่ยว : น้ำตาล-ทรายแดงเคี่ยวเท่ากับ 7: 16 : 0.5 : 0.5 มีค่าปริมาณของแข็งมากที่สุดเท่ากับ 97.68% ส่วนปูนน้ำ-อ้อยสูตรที่1 ที่มีอัตราส่วน ของปูนขาวหมัก : ทราย : กาวหนังสัตว์เคี่ยว : น้ำตาลทรายแดงเคี่ยว เท่ากับ 7: 4 : 0.5 : 0.5 มีค่าปริมาณของแข็งน้อยที่สุดเท่ากับ 96.89%

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4.4 คุณสมบัติในด้านปริมาณความชื้น(Moisture content)ของปูนสูตรน้ำอ้อยที่มีอัตราส่วนต่างๆ



รูปที่ 9 แสดงค่าปริมาณความชื้นของปูนสูตรน้ำอ้อยสูตรต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กราฟในรูปที่9 แสดงให้เห็นว่า

ปูนน้ำอ้อยสูตรที่4 ซึ่งมีอัตราส่วนของปูนขาวหมัก : ทราย : กาวหนังสัตว์เคี่ยว : น้ำตาล-ทรายแดงเคี่ยวเท่ากับ 7: 24 : 0.5 : 0.5 มีค่าปริมาณความชื้นมากที่สุดเท่ากับ 23.79% ส่วนปูนน้ำ-อ้อยสูตรที่3 ที่มีอัตราส่วน ของปูนขาวหมัก : ทราย : กาวหนังสัตว์เคี่ยว : น้ำตาลทรายแดงเคี่ยว เท่ากับ 7: 16 : 0.5 : 0.5 มีค่าปริมาณความชื้นน้อยที่สุดเท่ากับ 17.69%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.5 วิจารณ์ผลการวิเคราะห์สารที่ละลายในน้ำของปูนสูตรต่างๆ โดยใช้เครื่องอินฟราเรด(IR)สเปคโตรโฟโตมิเตอร์

<u>สูตร 1 ปูนปั้นจีน</u>

จากผลการดูดกลืนรังสีอินฟราเรดของตัวอย่างที่ได้จากการระเหยน้ำจากสารละลายที่ได้จากการสกัดปูนปั้นจีนแสดงการดูดกลืนรังสีอินฟราเรดที่ 2950 ซม$^{-1}$ และ 1150 ซม$^{-1}$ซึ่งตรงกับสัญญาณการดูดกลืนรังสีอินฟราเรดของน้ำมันละหุ่งแสดงว่าน้ำมันละหุ่งซึ่งเป็นส่วนผสมในปูนปั้นจีนบางส่วนละลายน้ำออกมา

<u>สูตร 2 ปูนสออิฐ</u>

จากผลการดูดกลืนรังสีอินฟราเรดของตัวอย่างที่ได้จากการระเหยน้ำจากสารละลายที่ได้จากการสกัดปูนสออิฐแสดงการดูดกลืนรังสีอินฟราเรดที่ 3300-3500 ซม$^{-1}$ ซึ่งตรงกับสัญญาณการดูดกลืนรังสีอินฟราเรดของกาวหนังสัตว์ซึ่งเป็นส่วนผสมในปูนสออิฐบางส่วนละลายออกมา

<u>สูตร 3 ปูนฉาบผนัง</u>

จากผลการดูดกลืนรังสีอินฟราเรดของตัวอย่างที่ได้จากการระเหยน้ำจากสารละลายที่ได้จากการสกัดปูนฉาบผนังแสดงการดูดกลืนรังสีอินฟราเรดที่ 3200-3500 และ2950 ซม$^{-1}$ ซึ่งตรงกับสัญญาณการดูดกลืนรังสีอินฟราเรดของกาวหนังสัตว์ซึ่งเป็นส่วนผสมในปูนฉาบผนังบางส่วนละลายออกมา

<u>สูตร 4 ปูนฉาบผิวผนัง</u>

จากผลการดูดกลืนรังสีอินฟราเรดของตัวอย่างที่ได้จากการระเหยน้ำจากสารละลายที่ได้จากการสกัดปูนฉาบผิวผนังแสดงการดูดกลืนรังสีอินฟราเรดที่ 3200-3500 และ2950 ซม$^{-1}$ ซึ่งตรงกับสัญญาณการดูดกลืนรังสีอินฟราเรดของข้าวเหนียวซึ่งเป็นส่วนผสมในปูนฉาบผิวผนังบางส่วนละลายออกมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>สูตร 5 ปูนน้ำอ้อย</u>

จากผลการดูดกลืนรังสีอินฟราเรดของตัวอย่างที่ได้จากการระเหยน้ำจากสารละลายที่ได้จากการสกัดปูนน้ำอ้อยแสดงการดูดกลืนรังสีอินฟราเรดที่ 3200-3500 ซม$^{-1}$ และ2925 ซม$^{-1}$ ซึ่งตรงกับสัญญาณการดูดกลืนรังสีอินฟราเรดของกาวหนังสัตว์ซึ่งเป็นส่วนผสมในปูนน้ำอ้อยบางส่วนละลายออกมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการวิจัย

6.1.1 จากผลการวิจัยคุณสมบัติในด้านต่างๆของปูนสูตรโบราณพบว่า

6.1.1.1 *คุณสมบัติในด้านความต้านทานกำลังอัด* ที่สภาวะเปียก (Wet condition) จะมีค่าน้อยกว่าค่าความต้านทานกำลังอัด ที่สภาวะแห้ง (Dry condition) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่า ที่สภาวะเปียกชิ้นงานตัวอย่างแช่อยู่ในน้ำทำให้สารที่ละลายน้ำ ละลายออกมามีผลให้รูปร่างของชิ้นงานและความต้านทานกำลังอัดเสียไป และจากผลการวิจัยพบว่าปูนฉาบผนังจะมีค่าความต้านทานกำลังอัด ที่สภาวะเปียกมากที่สุดทั้งนี้อาจเนื่องมาจากปูนฉาบผนังมีกระดาษสาเป็นส่วนผสมทำให้ปูนจับตัวกันได้ดีชิ้นงานตัวอย่างไม่เสียรูปทรงหรือเสียรูปทรงไม่มากจึงทำให้ค่าความต้านทานกำลังอัดที่สภาวะเปียกมีค่ามากกว่าสูตรปูนโบราณสูตรอื่น ส่วนที่สภาวะแห้งพบว่า ปูนน้ำอ้อยสูตรที่3 ซึ่งมีอัตราส่วนของปูนขาวหมัก : ทราย : กาวหนังสัตว์เคี่ยว : น้ำตาลทรายแดงเคี่ยว เท่ากับ 7: 16 : 0.5 : 0.5 : 0.5 มีค่าความต้านทานกำลังอัดมากที่สุด แต่ปูนสูตรโบราณทั้งสองสภาวะก็ยังมีค่าน้อยกว่าปูนซีเมนต์ตราเสือซึ่งมีความแข็งแรงสูงและขาดความยืดหยุ่นจึงไม่เหมาะที่จะนำมาใช้ในงานที่มีความละเอียดอ่อน

6.1.1.2 *คุณสมบัติในด้านอัตราการดูดซึมน้ำ* พบว่าปูนน้ำอ้อยสูตรที่3 ซึ่งมีอัตราส่วนของปูนขาวหมัก : ทราย : กาวหนังสัตว์เคี่ยว : น้ำตาลทรายแดงเคี่ยวเท่ากับ7: 16 : 0.5 : 0.5 มีค่าอัตราการดูดซึมน้ำน้อยมากจึงเหมาะที่จะนำมาใช้ในงานสถาปัตยกรรมและงานก่อสร้าง เนื่องจากความชื้นที่อยู่ในอากาศและในชิ้นงานเป็นสาเหตุให้ชิ้นงานสื่อมสภาพหรือเกิดการชำรุดได้ ดังนั้นสูตรที่มีอัตราการดูดซึมน้ำมากเช่น ปูนฉาบผนังจึงไม่เหมาะที่จะนำมาใช้ในงานสถาปัตยกรรมและงานก่อสร้าง

6.1.1.3 *คุณสมบัติในด้านปริมาณของแข็ง* พบว่าปูนปั้นจีนมีค่าปริมาณของแข็งมากที่สุดทั้งนี้เนื่องจาก ส่วนผสมของปูนปั้นจีนมีน้ำเป็นองค์ประกอบน้อยมาก จึงทำให้ชิ้นงานที่ได้มีส่วนที่เป็นของแข็งมากที่สุดและชิ้นงานที่ได้จะมีการยุบตัวน้อยมากเมื่อเทียบกับชิ้นงานตัวอย่างจากปูนสูตรโบราณสูตรอื่นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลที่ได้ข้างต้นจะพบว่า ปูนน้ำอ้อยสูตรที่3

ปูนขาวหมัก : ทราย : กาวหนังสัตว์เคี่ยว : น้ำตาลทรายแดงเคี่ยวเท่ากับ 7: 16 : 0.5 : 0.5

จะมีคุณสมบัติที่ดีในด้านความต้านทานกำลังอัด ที่ สภาวะแห้งสูงกว่าปูนสูตรโบราณสูตรอื่นๆและอัตราการดูดซึมน้ำน้อยกว่าปูนสูตรโบราณสูตรอื่นๆยกเว้นปูนปั้นจีน จึงเหมาะที่จะนำมาปรับปรุงคุณสมบัติเพื่อใช้ในการซ่อมแซมสถาปัตยกรรมโบราณและใช้ในงานก่อสร้าง

6.1.2 การเปรียบเทียบอัตราส่วนของปูนสูตรน้ำอ้อยในแต่ละอัตราส่วน

จากการเปรียบเทียบอัตราส่วนของปูนสูตรน้ำอ้อยในแต่ละอัตราส่วนโดยอาศัยคุณสมบัติต่างๆได้แก่ ความต้านทานกำลังอัด (Compressive strength),อัตราการดูดซึมน้ำ(Water-absorption),ปริมาณของแข็ง (Solid content) และปริมาณความชื้น (Moisture content)

ก. ปูนน้ำอ้อยสูตรที่1 ซึ่งมีอัตราส่วนของ

ปูนขาวหมัก : ทราย : กาวหนังสัตว์เคี่ยว:น้ำตาลทรายแดงเคี่ยวเท่ากับ 7: 4 : 0.5 : 0.5

ข. ปูนน้ำอ้อยสูตรที่2 ซึ่งมีอัตราส่วนของ

ปูนขาวหมัก : ทราย : กาวหนังสัตว์เคี่ยว : น้ำตาลทรายแดงเคี่ยวเท่ากับ 7: 8 : 0.5 : 0.5

ค. ปูนน้ำอ้อยสูตรที่3 ซึ่งมีอัตราส่วนของ

ปูนขาวหมัก : ทราย : กาวหนังสัตว์เคี่ยว : น้ำตาลทรายแดงเคี่ยวเท่ากับ 7: 16 : 0.5 : 0.5

ง. ปูนน้ำอ้อยสูตรที่3 ซึ่งมีอัตราส่วนของ

ปูนขาวหมัก : ทราย : กาวหนังสัตว์เคี่ยว : น้ำตาลทรายแดงเคี่ยวเท่ากับ 7: 24 : 0.5 : 0.5

พบว่า ปูนน้ำอ้อยสูตรที่3 ซึ่งมีอัตราส่วนของปูนขาวหมัก : ทราย : กาวหนังสัตว์เคี่ยว : น้ำตาลทรายแดงเคี่ยวเท่ากับ 7: 16 : 0.5 : 0.5 จะมีคุณสมบัติดีที่สุดคือ

1. มีค่าความต้านทานกำลังอัด ที่ สภาวะแห้ง (Dry condition) มากที่สุด
2. มีค่าอัตราการดูดซึมน้ำ (Water absorption) น้อยที่สุด
3. มีค่าปริมาณของแข็ง (Solid content) มากที่สุด
4. มีค่าปริมาณความชื้น (Moisture content) น้อยที่สุด

ดังนั้นปูนน้ำอ้อย ซึ่งมีอัตราส่วนของปูนขาวหมัก : ทราย : กาวหนังสัตว์เคี่ยว : น้ำตาลทรายแดงเคี่ยวเท่ากับ 7: 16 : 0.5 : 0.5 จึงเป็นปูนที่เหมาะสมที่จะนำไปปรับปรุงคุณสมบัติเพื่อนำไปใช้ในการซ่อมแซมสถาปัตยกรรมโบราณและใช้ในงานก่อสร้างมากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.1.3 <u>การวิเคราะห์สารที่ละลายในน้ำของปูนสูตรโบราณแต่ละสูตร</u> โดยใช้เครื่องอินฟราเรด(IR) สเปคโตรโฟโตมิเตอร์ พบว่า

สารอินทรีย์ที่เป็นส่วนผสมของปูนสูตรโบราณสามารถละลายน้ำออกมาได้

6.2 ข้อเสนอแนะ

1. ความหนืดของกาวหนังสัตว์เคี่ยว น้ำตาลทราย และข้าวเหนียว(สภาพคล้ายกาว)ควรจะมีความหนืดใกล้เคียงกับน้ำผึ้งแท้โดยใช้เครื่องวัดความหนืดซึ่งในงานวิจัยนี้ความหนืดของน้ำผึ้งเท่ากับ 150 cpi ที่อุณหภูมิ 32 $^{\circ}$ C

2. ในการผสมปูนสูตรโบราณที่ต้องใช้ปูนขาวหมักควรใส่ถุงมือทุกครั้งที่ทำการผสม เนื่องจากปูนขาวหมักที่นำมาจากภาชนะหมักจะมีค่า pH = 11 ซึ่งนับว่าเป็นค่าที่สูงมาก

3. สภาวะที่ใช้ในการทดลองแต่ละครั้งของการทดลองต้องมีสภาวะที่เหมือนกัน เพื่อเปรียบเทียบผลการทดลองที่ได้

4. ก่อนที่จะเทส่วนผสมลงในแม่พิมพ์พลาสติกต้องทำการทาแม่พิมพ์ด้วยน้ำมัน และซิลิโคนเพื่อป้องกันไม่ให้ชิ้นงานติดแม่พิมพ์ และในการแกะชิ้นงานตัวอย่างออกจากแม่พิมพ์ควรแกะด้วยความระมัดระวังให้ชิ้นงานเสียหายน้อยที่สุด

5. ควรทำการศึกษาค้นคว้าคุณสมบัติเพิ่มเติมของปูนสูตรโบราณในด้านต่างๆมากขึ้นเพื่อให้ได้ปูนที่มีคุณสมบัติดีที่สุด

6. ควรที่จะทำการศึกษาปรับปรุงคุณสมบัติของปูนสูตรโบราณ และทดลองใช้สารพอลิเมอร์เพื่อนำมาใช้ในการปรับปรุงคุณสมบัติของปูนสูตรโบราณให้ดียิ่งขึ้นและสามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลในการอนุรักษ์สถาปัตยกรรมโบราณและใช้ในงานอุตสาหกรรมก่อสร้างได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

1. สมชาติ จึงศิริอารักษ์ ,"ปูนตำ ปูนหมัก" การสัมมนาเรื่อง การอนุรักษ์โบราณสถานในฐานะเป็นหลักฐานทางวิชาการ (2530).
2. ทัศนีย์ พิกุล. "เทคนิคการเตรียมปูนแบบดั้งเดิมท้องถิ่นภาคเหนือของไทย (ล้านนา)"การสัมมนาเรื่อง การอนุรักษ์และบูรณะโบราณสถาน หิน อิฐ ปูน (2537).
3. ชมพูนุท ประศาสน์เศรษฐ, "เทคนิคการเตรียมปูนและทำปูนปั้นแบบดั้งเดิมท้องถิ่นจังหวัดเพชรบุรี"การสัมมนาเรื่อง การอนุรักษ์และบูรณะโบราณสถาน หิน อิฐ ปูน (2537).
4. สุมาลี ศิริรัตน์ และณรงค์ โตกสันเทียะ. "การอนุรักษ์ประติมากรรมปูนปั้นในประเทศไทย"การสัมมนาเรื่อง การอนุรักษ์และบูรณะโบราณสถาน หิน อิฐ ปูน (2537).
5. พงศ์พัน วรสุนทโรสถ. "ปูนขาว" วัสดุก่อสร้าง (2514) : 72-74.
6. พิภพ สุนทรสมัย. "ปูนขาว"ช่างปูนก่อสร้าง (2533) : 16-21.
7. พงศ์พัน วรสุนทโรสถ. "ปูนขาว" วัสดุก่อสร้าง (2521) : 92-97.
8. พิภพ สุนทรสมัย. "ทราย"ช่างปูนก่อสร้าง (2533) : 1-5.
9. พงศ์พัน วรสุนทโรสถ ,"ปูนก่อ-ปูนฉาบ" วัสดุก่อสร้าง (2514) : 92-95.
10. พัชรี สาริกบุตร. "การสงวนรักษาโบราณวัตถุจำพวก หิน ปูนปั้น เครื่องปั้นดินเผา" ความรู้เบื้องต้นในการซ่อมสงวนรักษาโบราณวัตถุและจิตรกรรมฝาผนัง (2524).
11. จิราภรณ์ อรัณยะนาค, "สาเหตุที่ทำให้อิฐและหินบนโบราณสถานผุเปื่อย"วารสารวิทยาศาสตร์&เทคโนโลยี 2(2538) : 18-28.
12. มอก., "มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ขาว" 133(2518).
13. มอก., "มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมปูนยิปซัมสำหรับการก่อสร้าง" 188(2519).
14. มอก., "มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมปูนไลม์" 202-1(2520).
15. มอก., "มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมปูนไลม์เพื่อการก่อสร้าง" 241(2520).
16. มอก., "มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมปูนไลม์เพื่อการอุตสาหกรรม" 319(2522).
17. Francois baudequin. "Process and device for forming calcium oxide" U.S. Patent 5,230,880 (1993).
18. American society of testing materials . "Standard specification for quicklime for structural purposes" , ASTM. C5-79 (1984).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

19. American society of testing materials , "Standard detinations of terms relating to lime and limestone", ASTM. C51-71 (1986).

20. American society of testing materials , "Standard test methods of sampling and testing concrete masonry units". ASTM.C140-75(Reapproved 1988)

21. American society of testing materials , "Standard test methods for chemicai analysis of limestone , quicklime and hydrated lime" , ASTM. C25-88 (1988).

22. American society of testing materials , "Standard test methods for compressive strength of dimention stone" , ASTM. C170-90 (1989).

23. American society of testing materials , "Standard specification for limestone dimention stone" , ASTM. C568-89 (1990).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

แสดงรูปปูนสูตรโบราณแต่ละสูตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปปูนปั้นจีน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปปูนสออิฐ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปปูนฉาบผนัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปปูนผิวฉาบผนัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปปูนน้ำอ้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปปูนซีเมนต์ตราเสือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

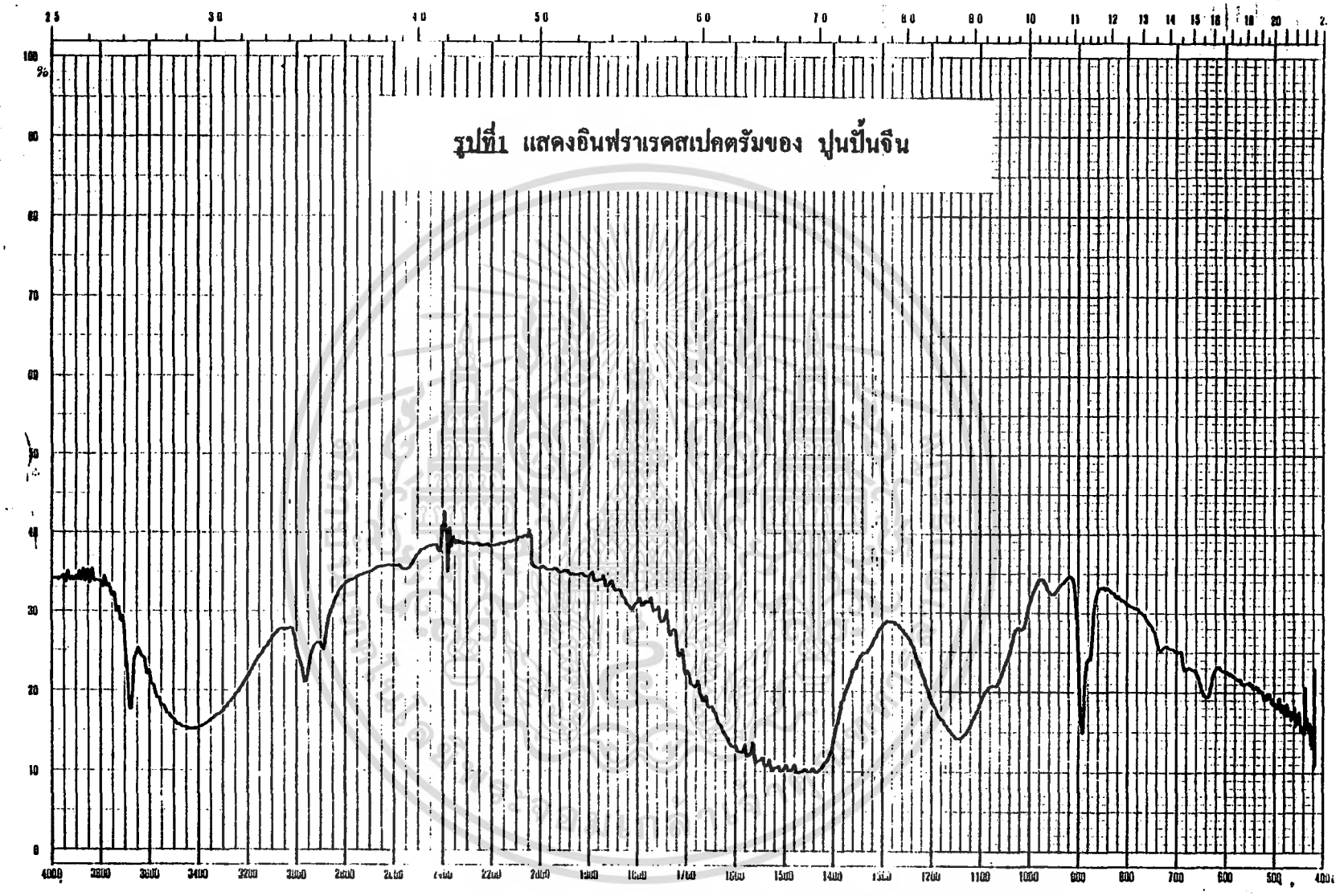
รูปปูนขาวล้วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

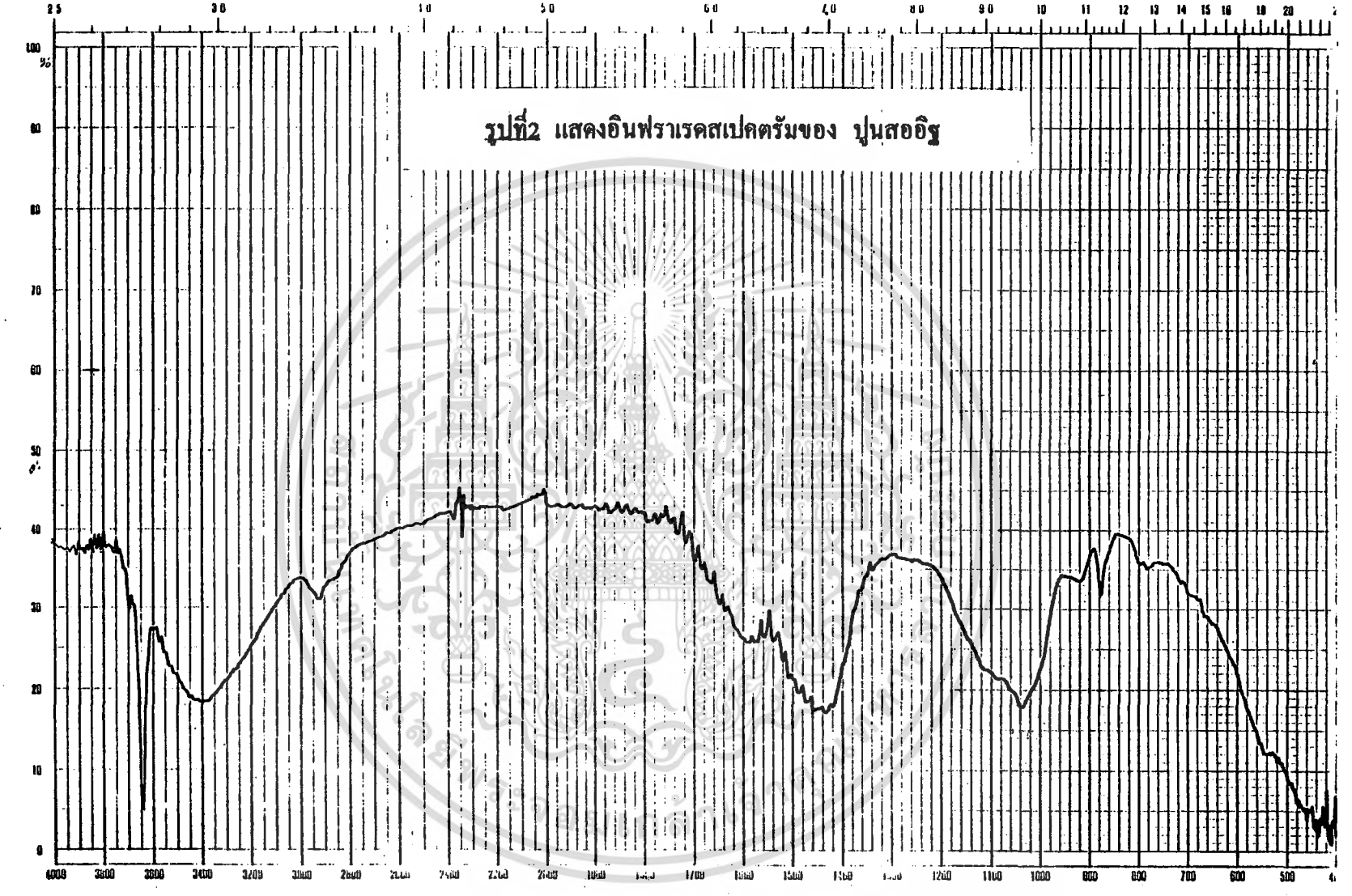
ภาคผนวก ข

แสดงอินฟราเรดสเปคตรา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

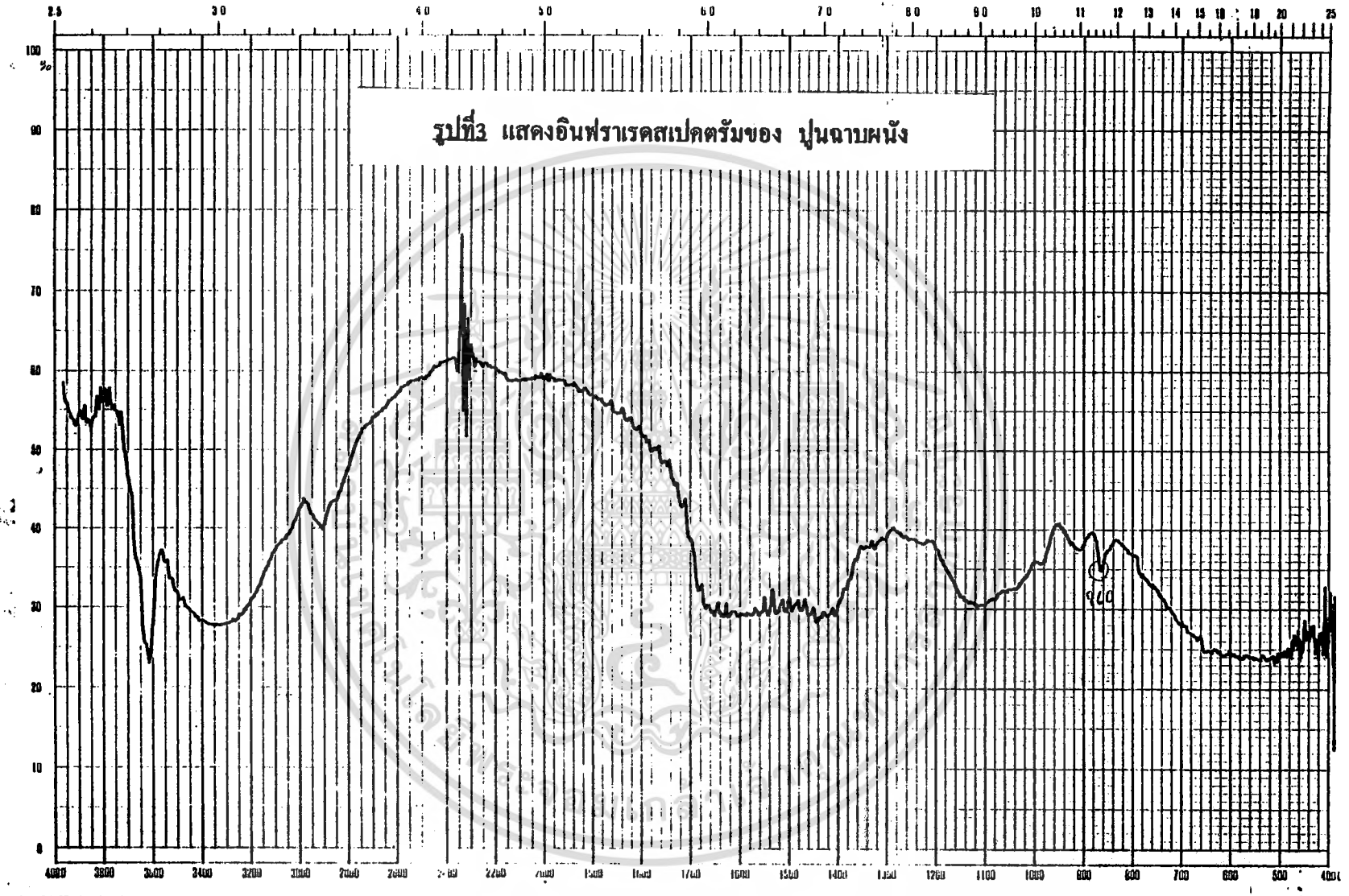


DATE 22/12/39	MODE %T	SCAN SPEED 2	SAMPLE ปูนปั้นจีน 2	SAMPLING METHOD KBr	CONCENTRATION	REMARKS	Jasco JAPAN SPECTROSCOPIC CO. 日本分光工業株式会社
OPERATOR	SPAN —	SLIT M		CELL LENGTH	SOLVENT		MADE IN JAPAN J-1
	νEXPANDER						

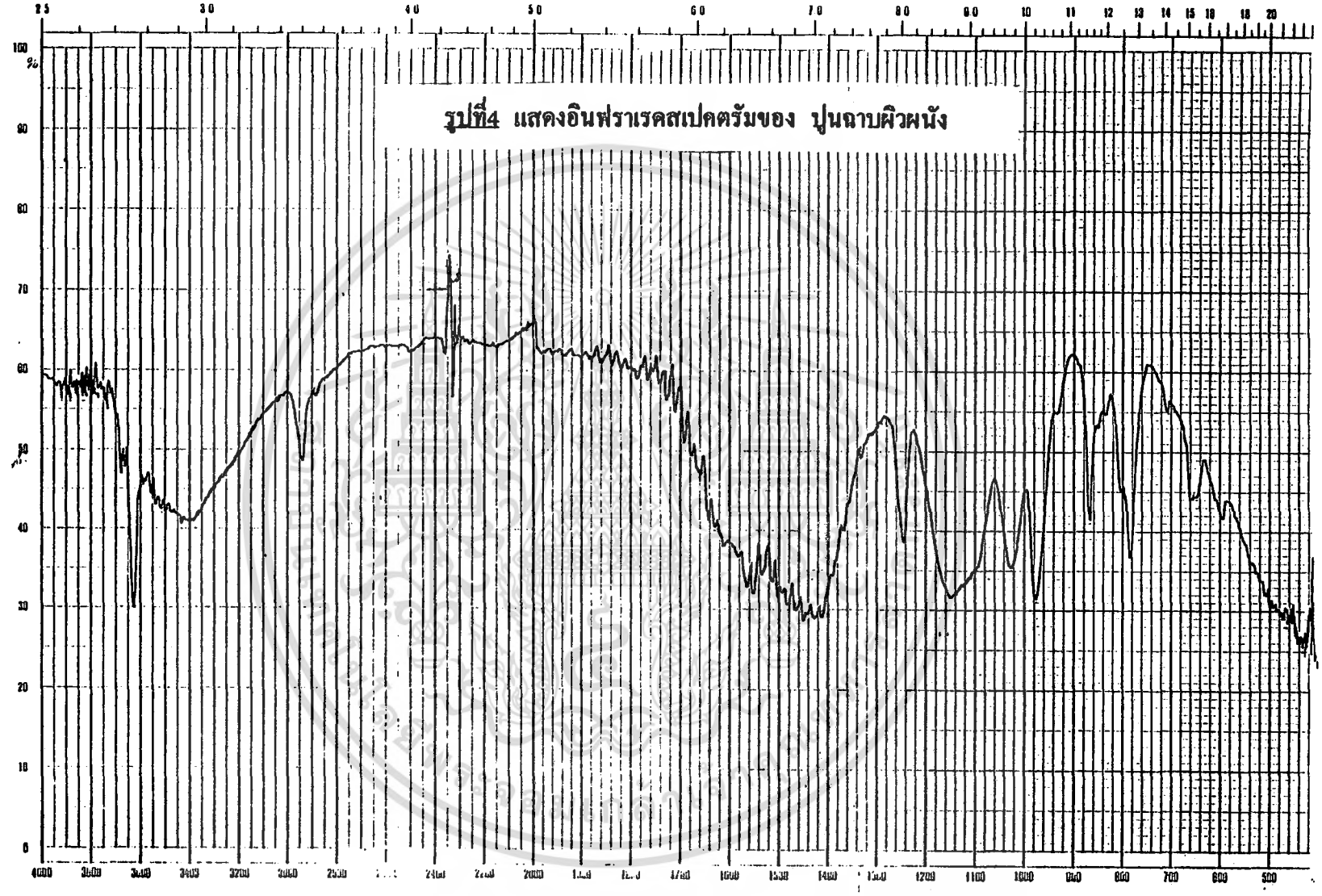


DATE 22/12/34	MODE	%T	SCAN SPEED 2	SAMPLE ปูนสออิฐ ข ค	SAMPLING METHOD KBr	CONCENTRATION	REMARKS
OPERATOR	SPAN	—	SLIT M		DATA LENGTH	SOLVENT	
	EXPANDER						

JASCO
JAPAN SPECTROSCOPIC C
日本分光工業株式会社
MADE IN JAPAN



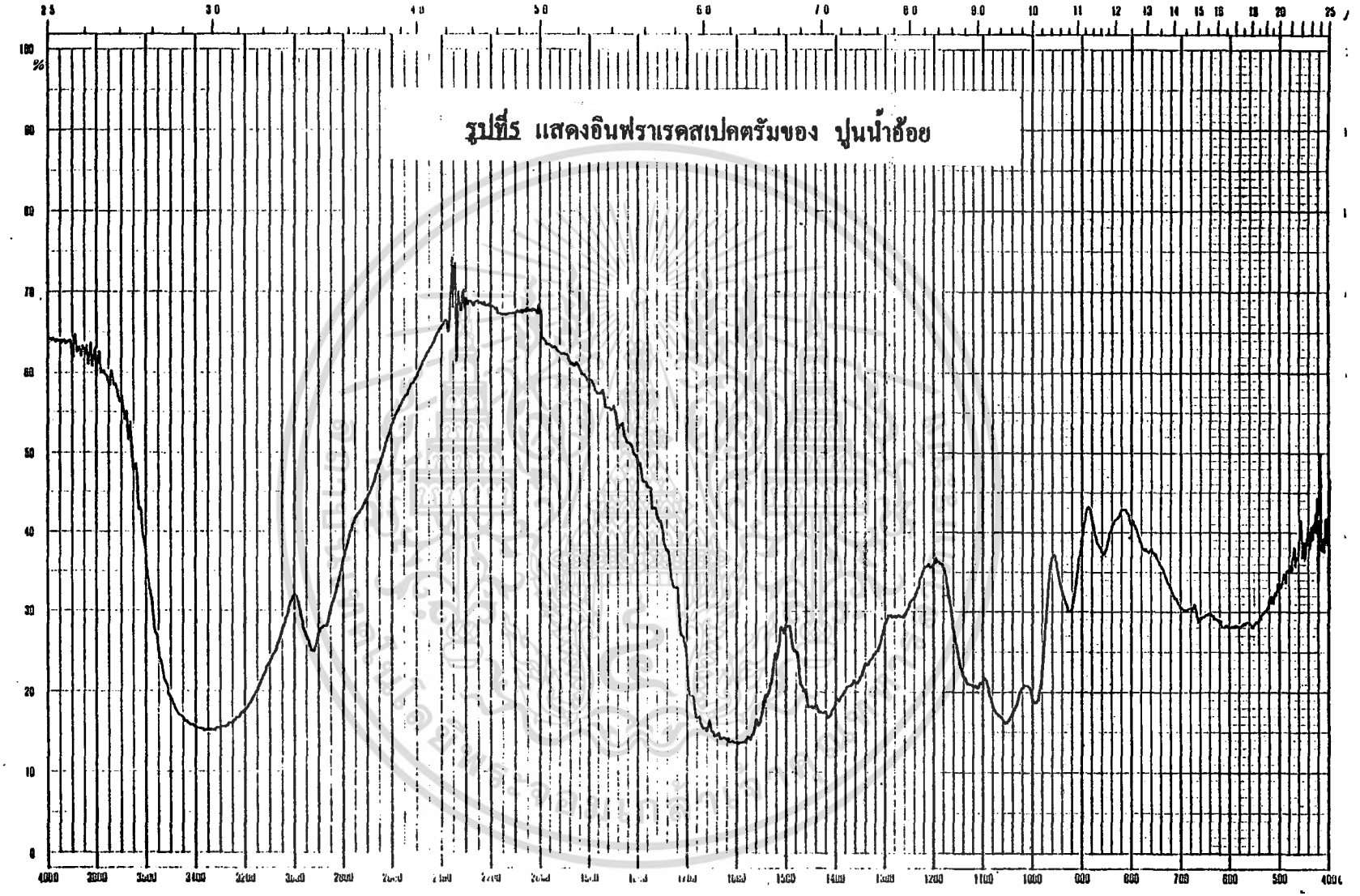
DATE 25/12/37	MODE %T	SCAN SPEED 2	SAMPLE ปูนฉาบผนัง	SAMPLING METHOD KBr	CONCENTRATION	REMARKS	JASCO JAPAN SPECTROSCOPIC CO., 日本分光工業株式会社
OPERATOR	SPAN —	SLIT M		CELL LENGTH	SOLVENT		MADE IN JAPAN J-1
	EXPANDED						



รูปที่4 แสดงอินฟราเรดสเปคตรัมของ ปูนฉาบผิวผนัง

DATE 15/1/39	MODE	T	SCAN SPEED 2	SAMPLE ปูนฉาบผิวผนัง	SAMPLING METHOD KBr	CONCENTRATION	REMARKS
	SPAN	—					
OPERATOR	EXPANDED		SLIT M		CELL LENGTH	SOLVENT	

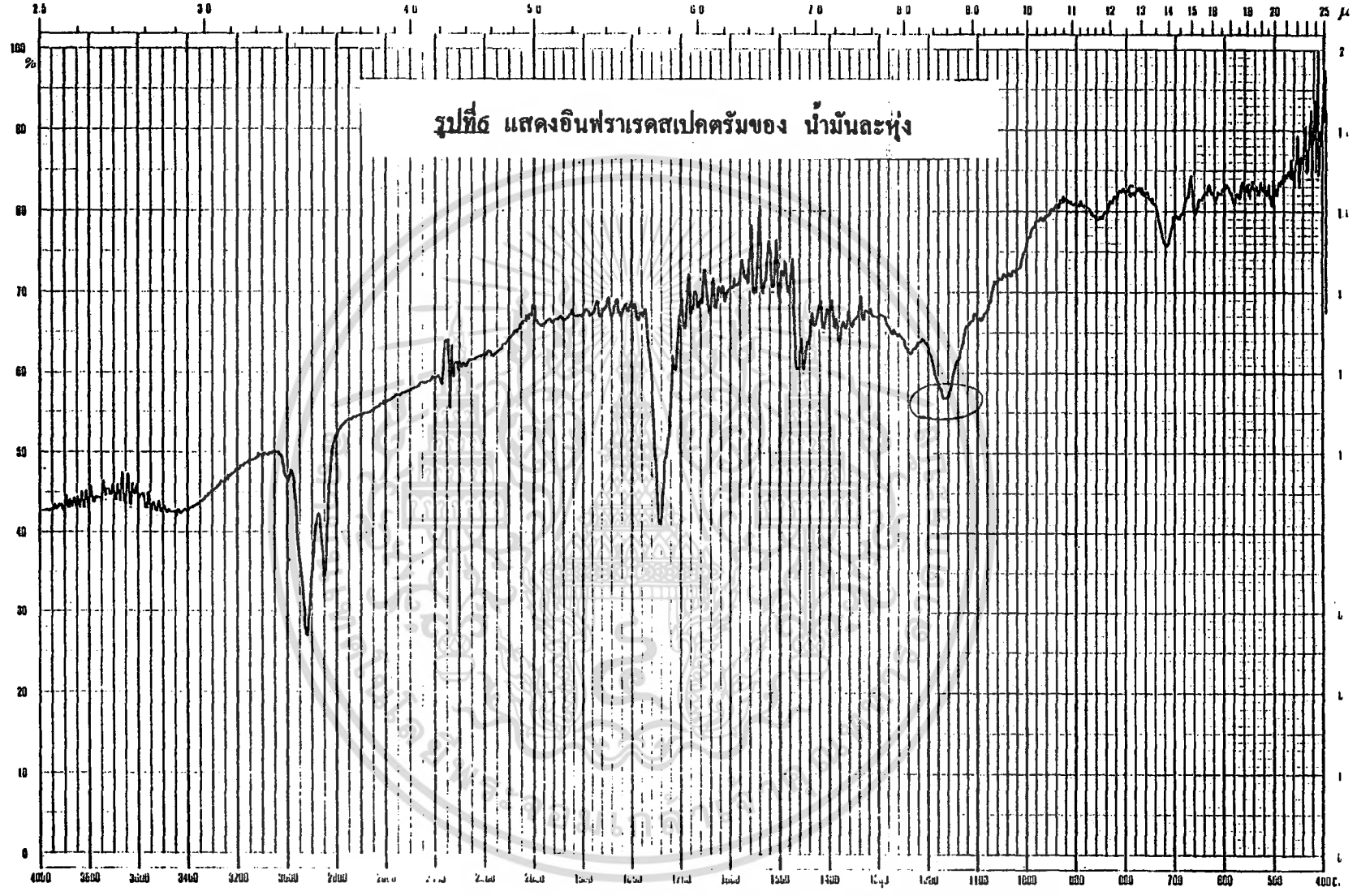
KOBAYASHI KIKOUSHO



DATE 9/1/39	MODE %T	SCAN SPEED 2	SAMPLE ปูนน้ำอ้อย	SAMPLE PREPARATION KBr	CONCENTRATION	REMARKS
OPERATOR	SPAN —	SLIT M			SOLVENT	
	EXPANDED					

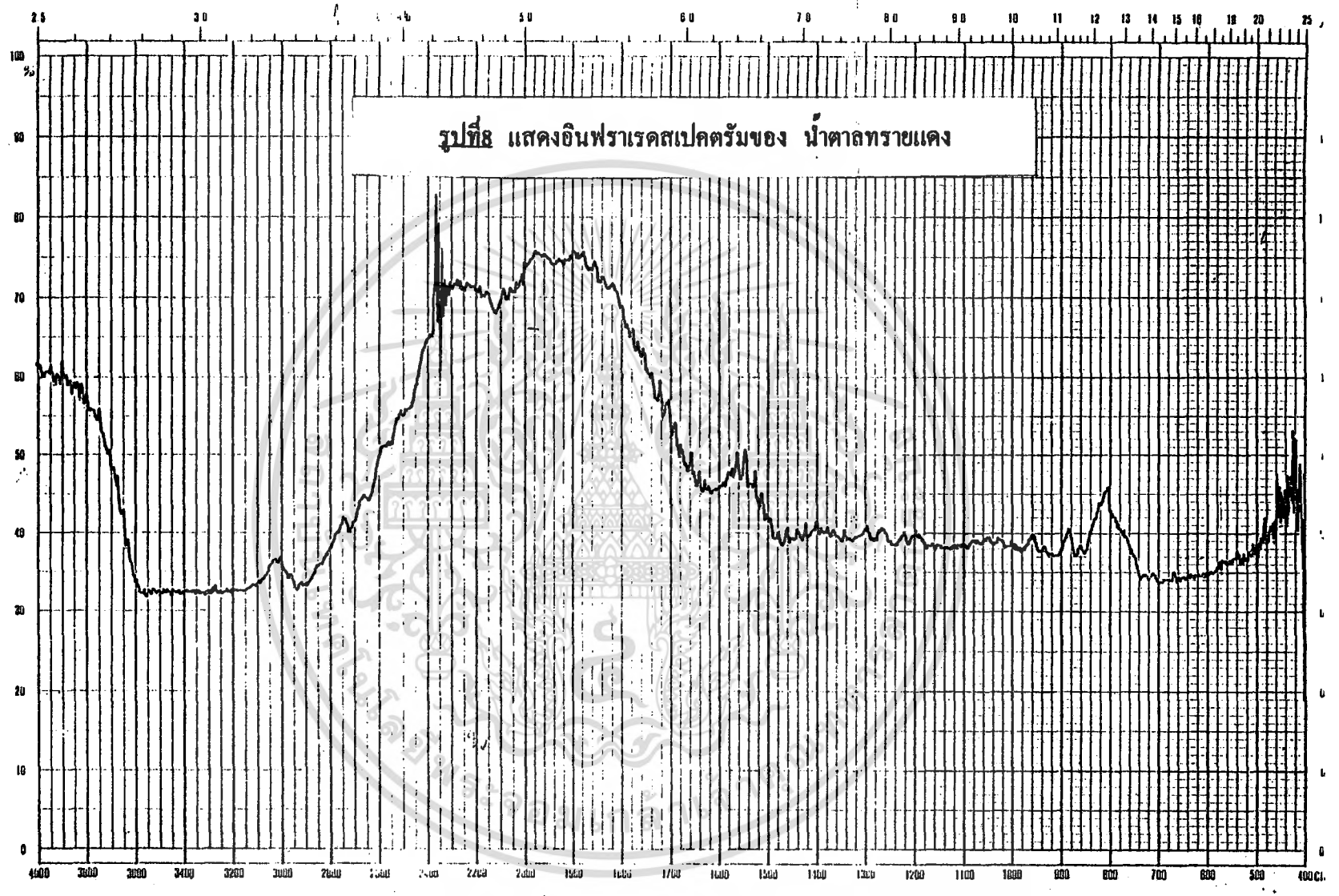
KUBAYASHI KIKOUSHA

J-1

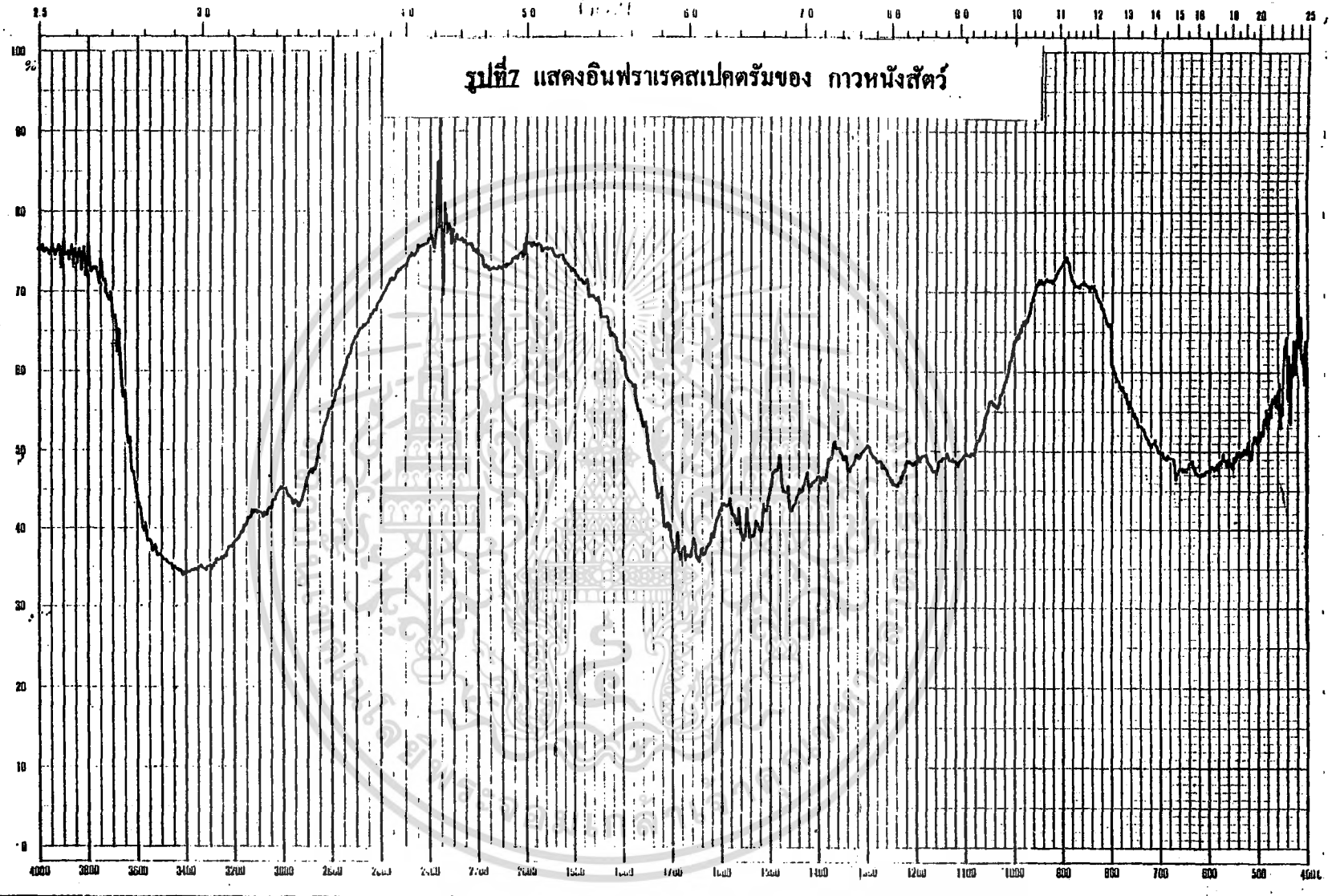


DATE 24/1/39	MODE %T	SCAN SPEED 2	SAMPLE น้ำมันละหุ่ง	SAMPLING METHOD KBr	CONCENTRATION	REMARKS	KOBAYASHI KIROKUSHI
OPERATOR	SPAN —	SLIT 7			SOLVENT		
	EXPANDER						

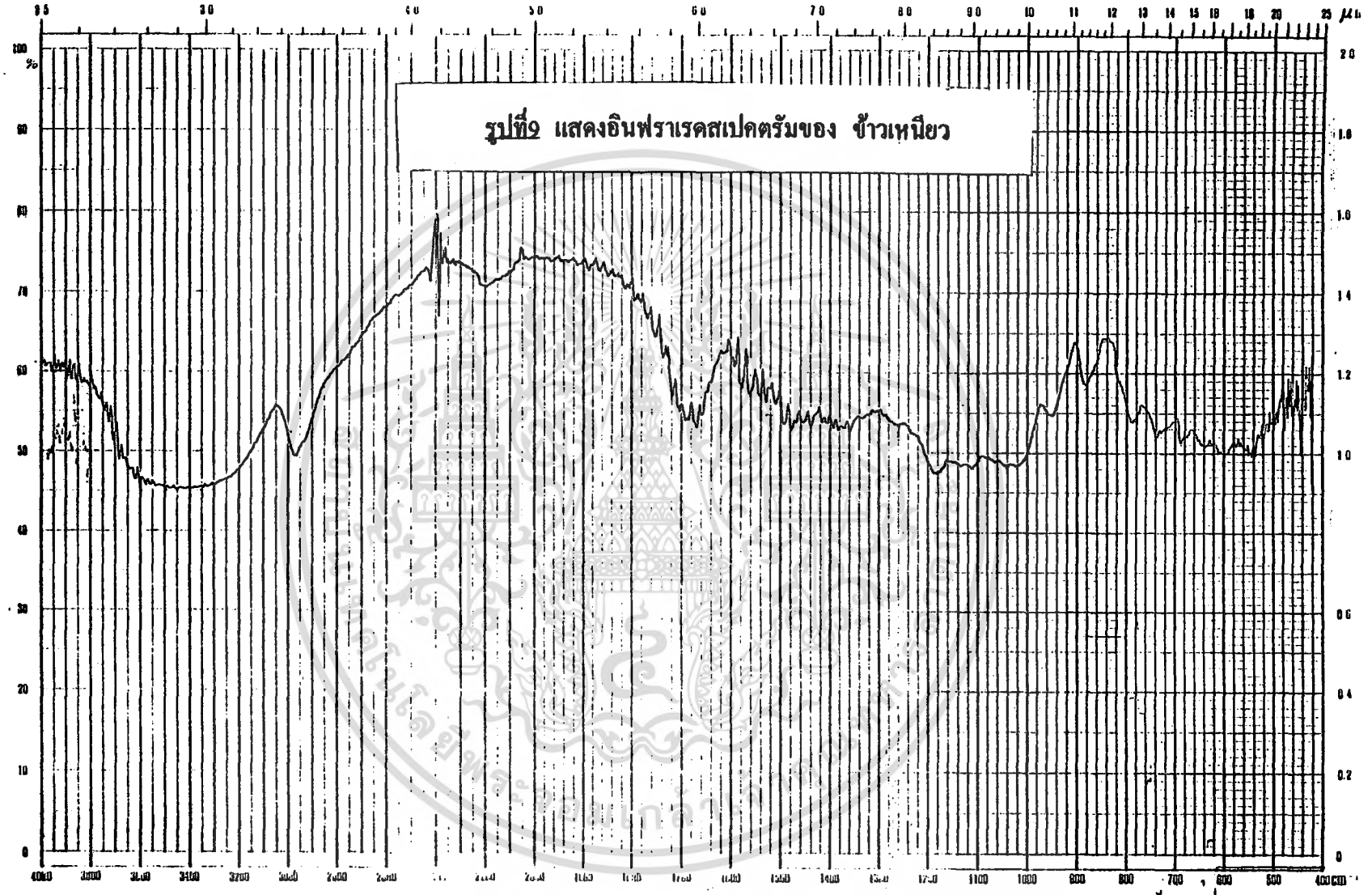
J-0


รูปที่8 แสดงอินฟราเรดสเปคตรัมของ น้ำตาลทรายแดง
DATE 25/12/37
MODE %T
SPAN —
SCAN SPEED 2
SLIT M
SAMPLE น้ำตาลทรายแดง
SAMPLING METHOD KBr
CELL-LENGTH
CONCENTRATION
SOLVENT
REMARKS
OPERATOR
ν EXPANDER
Jasco
JAPAN SPECTROSCOPIC CO.,L
日本分光工業株式会社
MADE IN JAPAN
J-0

รูปที่7 แสดงอินฟราเรดสเปคตรัมของ กาวหนังสัตว์



DATE 25/12/39	MODE %T	SCAN SPEED 2	SAMPLE กาวหนังสัตว์	SAMPLING METHOD KBr	CONCENTRATION	REMARKS	Jasco JAPAN SPECTROSCOPIC CO. 日本分光工業株式会社
OPERATOR	SPAN —	SLIT M		CELL LENGTH	SOLVENT		MADE IN JAPAN J-0



DATE 25/12/27	MODE %T	SCAN SPEED 2	SAMPLE ข้าวเหนียว	SAMPLING METHOD KBr	CONCENTRATION	REMARKS	Jasco JAPAN SPECTROSCOPIC CO.,LTD. 日本分光工業株式会社
OPERATOR	SPAN —	SLIT M		CELL LENGTH	SOLVENT		MADE IN JAPAN J-006
	νEXPANDER						