



การศึกษาความแข็งแรงของแบบหล่อทรายซีโอทูที่ใช้ในโรงงานหล่อโลหะ  
 THE STUDY FOR STRENGTH OF CO<sub>2</sub> SAND



จัดทำโดย

นายวุฒิพงษ์ สนิทผล  
 นายสถาพร เล็กอุดม  
 นายสุทธิเลิศ จันทรรัตน์

วัน เดือน ปี..... ๑ สิงหาคม ๒๕๕๖  
 เลขทะเบียน..... ๐๓๗๑๘๙  
 เลขเรียกหนังสือ..... T 38๑8๘ ๗๘๖๗๓

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

๑. สาขา วิศวกรรมโยธา  
 ๒. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2538

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

037189

# THE STUDY FOR STRENGTH OF CO<sub>2</sub> SAND

๕



A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT  
OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE  
BACHELOR OF CONSTRUCTION ENGINEERING  
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

1995

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

๕

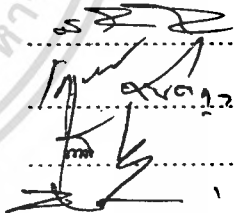
ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

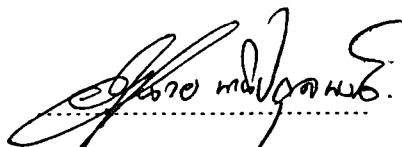
หัวข้อโครงการพิเศษ (ภาษาไทย) การศึกษาความแข็งแรงของแบบหล่อทรายซีโอทูที่ใช้ในโรงงานหล่อโลหะ  
(ภาษาอังกฤษ) THE STUDY FOR STRENGTH OF CO<sub>2</sub> SAND

นักศึกษา นายวุฒิพงษ์ สนิทผล รหัสประจำตัว 35104410  
นายสถาพร เล็กอุดม รหัสประจำตัว 35104432  
นายสุทธิเลิศ จันทรรัตน์ รหัสประจำตัว 35104481

หลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมการก่อสร้าง  
ภาควิชา วิศวกรรมโยธา

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ สมเกียรติ ขวัญพฤษ์

คณะกรรมการการสอบหัวข้อโครงการพิเศษ	ลายมือชื่อ
1. อาจารย์ศักดิ์ชัย ..... สถาปนพงษ์.....	
2. อาจารย์เกษม ..... อมันตกุล.....	
3. อาจารย์สุรัตน์ ..... หวังเจริญ.....	
4. อาจารย์สมเกียรติ ..... ขวัญพฤษ์.....	

  
(นายอำนวยการ พานิชกุลพงศ์)

หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมโยธา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# การศึกษาความแข็งแรงของแบบหล่อทรายซีโอทูที่ใช้ในโรงงานหล่อโลหะ

## THE STUDY FOR STRENGTH OF CO<sub>2</sub> SAND

โดย นายวุฒิพงษ์ สนิทผล  
นายสถาพร เล็กอุคม  
นายสุทธิเลิศ จันทร์รัตน์  
อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์สมเกียรติ ขวัญพฤษย์

### บทคัดย่อ

ปัญญานิพนธ์นี้ได้นำเสนอ โครงการการศึกษาความแข็งแรงของแบบหล่อทรายซีโอทู ที่ใช้ใน โรงงานหล่อโลหะ ซึ่งมีลักษณะดังนี้

การศึกษาความแข็งแรงของแบบหล่อทรายซีโอทูที่ใช้ในโรงงานหล่อโลหะมีวัตถุประสงค์หลัก คือ เพื่อหาค่าความแข็งแรงของทรายซีโอทูและศึกษาความเป็นไปได้ในการนำทรายซีโอทูไปใช้ใน งานก่อสร้างชั่วคราวโดยอาศัยทฤษฎีในการทดสอบด้านกำลังรับแรงดึง,กำลังรับแรงอัด,กำลังรับแรงดัด และกำลังรับแรงเฉือน ทฤษฎีที่ใช้ในการทดสอบนั้นจะอ้างอิงตามมาตรฐาน ASTM ซึ่งผลจากการ ทดสอบได้ค่าความแข็งแรงของทรายซีโอทู เป็นไปตามวัตถุประสงค์ และเมื่อได้ทำการศึกษาในส่วน ของความเป็นไปได้ในการนำทรายซีโอทูมาประยุกต์ใช้ในการก่อสร้างชั่วคราวแล้วพบว่าทรายซีโอทูมี จุดอ่อนในการนำไปใช้งานคือ เมื่อถูกน้ำหรือมีความชื้นสูง คุณสมบัติในด้านกำลังรับแรงจะลดลง ซึ่ง เป็นอุปสรรคสำคัญในการนำไปใช้งาน ดังนั้นหากมีการศึกษาต่อไปเพื่อหาวิธีการที่จะป้องกันทรายซี โอทูจากน้ำและความชื้นก็จะสามารถนำทรายซีโอทูมาใช้ในงานก่อสร้างชั่วคราวได้อย่างมีประสิทธิภาพ

### ABSTRACT

This thesis presents the study for strength of CO<sub>2</sub> Sand which is used in metal casting industrial.

The purposes of this study are to find out the strength of CO<sub>2</sub> Sand and to study the possibility of CO<sub>2</sub> Sand applying for temporary construction by testing this material for tensile strength, compressive strength, flexural strength and shear strength with testing theory that refers to ASTM (American Standard of Testings and Materials) and also the result comes out as purpose. Then the study of CO<sub>2</sub> Sand applying for temporary construction is considered that the weak point of CO<sub>2</sub> Sand is water or high humidity which causes CO<sub>2</sub> Sand loses strength properties. So far when we have more study to prevent CO<sub>2</sub> Sand from water or high humidity, we could apply CO<sub>2</sub> Sand for temporary construction efficiently.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# กิติกรรมประกาศ

การที่รายงานฉบับนี้สามารถสำเร็จลงได้นั้น มิได้เกิดจากผู้ทำการศึกษาเพียงลำพัง จึงใคร่ขอกราบขอพระคุณบุคคล ผู้มีส่วนให้รายงานฉบับนี้บรรลุผลสำเร็จ ดังนี้

อาจารย์สมเกียรติ ขวัญพุกฤษ อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เจ้าหน้าที่ในกองปฏิบัติการภาควิชาวิศวกรรมโยธา

ตลอดจนเพื่อนๆภาควิชาวิศวกรรมโยธา น้องๆภาควิชาวิศวกรรมโยธา น้องๆสมาชิกชุมนุมประชาสัมพันธ์ ญาติๆของสมาชิกชุมนุมประชาสัมพันธ์ ที่ให้คำแนะนำ และให้ความช่วยเหลือในด้านต่างๆ รวมถึงบุคคลอื่นๆที่มีได้กล่าวถึง ณ ที่นี้ ที่คอยให้กำลังใจตลอดมา จนทำให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ข้าพเจ้าจึงขอขอบพระคุณบุคคลเหล่านี้อีกครั้ง และจะระลึกถึงตลอดไป

นายวุฒิพงษ์ สนิทผล

นายสถาพร เล็กอุดม

นายสุทธิเลิศ จันทรรัตน์

29 เมษายน 2538

# สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	I
กิตติกรรมประกาศ	II
สารบัญ	III
สารบัญรูปภาพ	VII
สารบัญตาราง	XVI
<b>บทที่ 1 หลักการและเหตุผล</b>	<b>1</b>
วัตถุประสงค์ของโครงการ	2
ทฤษฎีและแนวคิด	3
หมวดที่ 1 ทฤษฎีในการทำแบบหล่อทราย	
1.1)ความรู้พื้นฐานในการทำแบบหล่อทราย	3
1.2)ชนิดของแบบหล่อทราย	4
1.3)การผสมทรายหล่อแต่ละชนิดเพื่อทำแบบหล่อ	7
1.4)การใช้งานแบบหล่อทราย	14
1.5)การทำแบบหล่อทรายซีโอทูในโรงงานอุตสาหกรรม	15
1.6)แฟคเตอร์ที่มีอิทธิพลต่อทรายทำแบบหล่อ	25
หมวดที่ 2 ทฤษฎีในการทดสอบ	
1.7)การทดสอบหาส่วนผสมขนาดละเอียดของทราย	29
(Sieve Analysis of Sand) ASTM : C 136-84	
1.8)การทดสอบปริมาณอินทรีย์สารที่ปนอยู่ในทราย	31
(Test for Organic Impurities in Sand) ASTM : C 40-79	
1.9)การทดสอบหาความถ่วงจำเพาะและการดูดซึ่มของทราย	33
(Test for Specific Gravity and Absorbtion of Fine Aggrigate)	
ASTM : C 128-84	
1.10)การทดสอบกำลังรับแรงดึงของซีเมนต์มอร์ตาร์	35
(Test for Tensile Strength of Hydraulic Cement Mortar)	
ASTM : C 190-72	
1.11)การทดสอบกำลังรับแรงอัดของซีเมนต์มอร์ตาร์	40
(Test for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortar)	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของ ASTM : C 109-80 เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ(ต่อ)

เรื่อง	หน้า
1.12)การทดสอบกำลังรับแรงค้คของคานคองครีต (Test for Flexural Strength of Concrete) ASTM : C 293-68 (Using Simple Beam with Center-Point Loading)	44
1.13)การทดสอบแรงเฉือนของเหล็กเส้นกลม(ม.อ.ก. 49-2528)	46
1.14)ลักษณะการแตกของก้อนตัวอย่างคองครีต	48
ขอบเขตของโครงการ	50
<b>บทที่ 2</b> คุณสมบัติของวัสดุ	<b>51</b>
2.1)ทราย	51
2.2)ตัวประสาน(โซเดียมซิลิเกต)	63
2.3)แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์(CO <sub>2</sub> )	65
2.4)ปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นในแบบหล่อทรายซีโอทู	66
<b>บทที่ 3</b> การดำเนินการวิจัย	<b>72</b>
3.1)การทดสอบและวิเคราะห์คุณสมบัติของทราย	72
การทดลองที่ 1 การทดสอบหาส่วนขนาดคละของทรายสำหรับทรายซีโอทู (Sieve Analysis of Sand for CO <sub>2</sub> Sand) ASTM : C 136-84	73
การทดลองที่ 2 การทดสอบปริมาณอินทรีย์สารที่ปนอยู่ในทรายสำหรับทราย ซีโอทู(Test for Organic Impurities in Sand for CO <sub>2</sub> Sand) ASTM : C 40-79	75
การทดลองที่ 3 การทดสอบหาความถ่วงจำเพาะและการดูดซ้มของทรายสำหรับ ทรายซีโอทู(Test for Specific Gravity and Absorbtion of Fine Aggrigate for CO <sub>2</sub> Sand) ASTM : C 128-84	77

## สารบัญ(ต่อ)

เรื่อง	หน้า
3.2)การทดสอบความแข็งแรงของทรายซีโอทู	79
การทดลองที่ 4 การทดสอบกำลังรับแรงดึงของทรายซีโอทู (Test for Tensile Strength of CO <sub>2</sub> Sand) อ้างอิง ASTM : C 190-72	79
การทดลองที่ 5 การทดสอบกำลังรับแรงอัดของซีเมนต์มอร์ตาร์ (Test for Compressive Strength of CO <sub>2</sub> Sand) อ้างอิง ASTM : C 109-80	84
การทดลองที่ 6 การทดสอบกำลังรับแรงดัดของคานคอนกรีต (Test for Flexural Strength of CO <sub>2</sub> Sand) (Using Simple Beam with Center-Point Loading) อ้างอิง ASTM : C 293-68	89
การทดลองที่ 7 การทดสอบแรงเฉือนของทรายซีโอทู (Test for Shear Strength of CO <sub>2</sub> Sand) (อ้างอิง ม.อ.ก. 49-2528)	94
<b>บทที่ 4</b> วิเคราะห์ผลการทดลอง	151
4.1)การวิเคราะห์คุณสมบัติของทรายที่ใช้	151
4.2)การวิเคราะห์กำลังรับแรงอัด	151
4.3)การวิเคราะห์กำลังรับแรงดึง	172
4.4)การวิเคราะห์กำลังรับแรงดัด	192
4.5)การวิเคราะห์กำลังรับแรงเฉือน	196
<b>บทที่ 5</b> ขั้นตอนการวิเคราะห์ราคา	200

## สารบัญ(ต่อ)

เรื่อง	หน้า
<b>บทที่ 6</b> สรุป	203
6.1)สรุปความแข็งแรงของทรายซีโอทู	203
6.2)ความเป็นไปได้ในการนำทรายซีโอทูมาใช้ในงานก่อสร้าง	204
<b>บทที่ 7</b> ข้อเสนอแนะ	205
7.1)ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับความแข็งแรงของทรายซีโอทู	205
7.2)ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการแก้ปัญหาเรื่องน้ำที่ทำให้ความแข็งแรง ของทรายซีโอทูลดลง	206
7.3)ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับนำทรายซีโอทูมาประยุกต์ใช้งาน	206
<b>ภาคผนวก ก.</b> มาตรฐานการทดสอบ	207
<b>ภาคผนวก ข.</b> อัตราส่วนในการผสมทรายซิลิกา	211
<b>ภาคผนวก ค.</b> ตารางบันทึกผลการทดลอง	212
<b>หนังสืออ้างอิง</b>	334

# สารบัญรูปร่างภาพ

รูปที่	หน้า
<b>บทที่ 1</b>	
1.1 เครื่องผสมชนิดใบพาย(Paddle type)	9
1.2 เครื่องผสมชนิดลูกกลิ้ง(Muller)	9
1.3.1 แสดงการใช้เครื่องผสมแบบลูกกลิ้ง ภายในโรงงาน	16
1.3.2 แบบทรายที่ถูกตกแต่งไว้ สำหรับ หล่อ ชิ้นส่วน โครงรถ	16
1.3.3 แสดงการเจาะรูที่แบบก่อนผ่าน แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์	17
1.3.4 ขั้นตอนการผ่าน แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์โดยอาศัย ท่อยาว เล็ก สอดลงไปในรูที่เจาะแล้ว	18
1.3.5 ตัวอย่างชิ้นส่วนของแบบหล่อทราย	19
1.3.6 แบบหล่อทรายภายหลังการใช้งานจะถูกทุบ และนำมาถอดรวมกันร่อนนำไปทิ้ง	19
1.3.7 โรงหล่อเสียงฮิวเฮง	20
1.3.8 สถานที่ภายในโรงงาน ดังแก๊ สคาร์บอนไดออกไซด์ จะถูกวางไวตามจุดที่มีการทำแบบหล่อขึ้นโลหะ	20
1.3.9 ขั้นตอนการผ่านแก๊ สคาร์บอน ไดออกไซด์(CO <sub>2</sub> )	21
1.3.10 ห้างหุ้นส่วนจำกัด ประดิษฐ์การหล่อ	22
1.3.11 โรงหล่อที่นี้เป็น โรงหล่อหนึ่งที่ใช้แบบหล่อทรายซีโอทู ในการหล่อชิ้นส่วนเครื่องยนต์	22
1.3.12 แบบหล่อทรายซีโอทู หลังจากผ่านแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์แล้ว พร้อมที่จะใช้หล่อเสื้อสูบต่อไป	23
1.3.13 ตัวอย่างแบบหล่อทรายซีโอทูในการหล่อชิ้นส่วนของเครื่องยนต์	23
1.3.14 ขั้นตอนการเผาแบบ เพื่อไล่ฟองอากาศออก	24
1.4 แสดงอิทธิพลของปริมาณความชื้นต่อความแข็งแรงของทรายทำแบบหล่อ ขณะขึ้นและแห้ง (สำหรับส่วนผสมทรายซิลิกาและเบนโทไนด์)	25
1.5 แสดงอิทธิพลของปริมาณดินและความชื้นต่อความแข็งแรงขณะขึ้น ของทรายทำแบบหล่อ	26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

### รูปที่

หน้า

1.6 แสดงถึงอิทธิพลของปริมาณของตัวประสานที่มีผลต่อความแข็งแรง ขณะชั้นของทรายทำแบบหล่อ	26
1.7 ผลการผ่านแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในเวลาต่างๆ กัน ซึ่งมีผลต่อความ ทนทานต่อความแข็งแรงต่อการอัด	27
1.8 ผลกระทบต่อความแข็งแรงต่อการอัดเมื่อผ่านแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ลงไปนทรายทำแบบหล่อและค่าจะลดลงเมื่อผ่านแก๊สเลขจุดวิกฤต	27
1.9 ผลของการผ่านแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งมีผลต่อความแข็งแรงต่อ ทรายหล่อที่เพิ่มขึ้นภายหลังการบ่มทิ้งไว้	28
1.10 ความสัมพันธ์ของเวลาที่ใช้ในการผสม	28
1.11 การแตกของก้อนตัวอย่างรูปทรงกระบอก	48
1.12 (a) ลักษณะการแตกของก้อนตัวอย่างรูปทรงลูกบาศก์ที่ถูกต้อง (b) การแตกที่ไม่ถูกต้อง	49

### บทที่ 2

2.1 แสดงความแน่นของเม็ดทราย	56
2.2 แสดงลักษณะของทรายก่อนข้างกลม ขยาย 50 เท่า	57
2.3 แสดงลักษณะของทรายกลม ขยาย 50 เท่า	58
2.4 แผนภูมิการผลิตแก๊ส คาร์บอนไดออกไซด์ โดยวิธี solving absorption method	65
2.5 การทำลายแรงยึดเหนี่ยวเมื่อผ่าน CO <sub>2</sub> มากเกินไป	67
2.6 ขั้นตอนการยึดเหนี่ยวในขบวนการ CO <sub>2</sub> - Process	68
2.7 ความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งแรงและเวลาผ่านแก๊ส	70

## สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

รูปที่

หน้า

**บทที่ 3**

### 3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

3.1.1. สถานที่ปฏิบัติงาน	101
3.1.2. ชุดตะแกรงมาตรฐานและเครื่องเขย่า	102
3.1.3. ทรายละเอียดที่ใช้ในการทดสอบ	103
3.1.4 ชุดเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง	103
3.1.5. น้ำแก้ว(โซเดียมซิลิเกต) บรรจุในภาชนะที่ปิดสนิท	104
3.1.6 แบบหล่อตัวอย่าง แบบลูกบาศก์ ขนาด 5x5x5 cmและแบบ Briquet	104
3.1.7. เครื่องผสมแบบมอเตอร์ไฟฟ้า มีปุ่มปรับระดับความเร็ว 3 ระดับ	105
3.1.8. แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์	106
3.1.9. สายยาง , ท่อเหล็กที่ใช้ในการทดลอง	106
3.1.10. เตาอบที่ใช้ในการทดลอง	107
3.1.11 ลักษณะข้างในเตาอบ	107
3.1.12. ทรายละเอียดผ่านการอบและการร่อนเพื่อให้ได้พิกัดความละเอียดประมาณ 2.5	108
3.1.13 เครื่องผสมทรายแบบใบกวน 3 ระดับขับเคลื่อนด้วยกำลังไฟฟ้า	108

### 3.2 รูปประกอบการดำเนินการวิจัยเกี่ยวกับคุณสมบัติของทราย

3.2.1 การทดสอบอินทรีย์สารที่ปนอยู่ในทราย (Test of Organic Impurities in Sands)	110
3.2.2 เครื่องร่อนทรายใช้ในการหาส่วนขนาดคละของทราย	111
3.2.3 ลักษณะปริมาณทรายที่ตกค้างบนตะแกรงต่างๆ ในการทดสอบหาส่วนขนาดคละของทราย	111

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญญรูปภาพ(ต่อ)

รูปที่

หน้า

<b>3.3</b>	<b>รูปประกอบการผสมทรายซิลิเกตเพื่อใช้ในการทดสอบ</b>	
3.3.1	ทรายและน้ำแก้วในอัตราส่วน 10:1 โดยน้ำหนักก่อนเข้าเครื่องผสม	113
3.3.2	เครื่องผสมชนิดใบพายที่ใช้ในการผสมทรายกับน้ำแก้ว	113
3.3.3	รูปขณะทำการผสมในเครื่องผสม	114
3.3.4	ทรายที่ผสมเสร็จแล้วหรือทรายซิลิเกต	114
<b>3.4</b>	<b>รูปประกอบการทดสอบกำลังรับแรงดึงของทรายซีโอทู</b>	
3.4.1	การใส่ทรายลงในแบบ Briquet	116
3.4.2	การอัดทรายลงในแบบด้วยแท่งเหล็กกระทุ้งขนาดตามที่กำหนด	116
3.4.3	ทรายที่อัดและปาดเสร็จเรียบร้อย	117
3.4.4	ทำการเจาะรูด้วยแท่งเหล็ก โดยรูที่เจาะมีความลึก 2/3 ของแบบหล่อ	117
3.4.5	เมื่อได้ความลึกแล้วก็นำเกียงมากดและแต่งให้ผิวหน้าเรียบ	118
3.4.6	ลักษณะของ Briquet ที่ทำการเจาะรูเรียบร้อย	118
3.4.7	อัดแก๊สคาร์บอน ไดออกไซด์(CO <sub>2</sub> )ลงใน Briquet	119
3.4.8	Briquet ที่พร้อมจะทำการทดสอบกำลังรับแรงดึง	119
3.4.9	เครื่องที่ใช้ในการทดสอบกำลังรับแรงดึง	120
<b>3.5</b>	<b>รูปประกอบการทดสอบกำลังรับแรงอัดของทราย ซีโอทู</b>	
3.5.1	การบรรจุทรายลงในแบบหล่อลูกบาศก์ ขนาด 5x5x5 cm	122
3.5.2	การอัดทรายลงในแบบด้วยแท่งเหล็กกระทุ้งขนาดตามที่กำหนด	122
3.5.3	ทรายที่อัดเสร็จในชั้นสุดท้าย	123
3.5.4	ทำการปาดผิวหน้าให้เรียบโดยใช้เกียง	123
3.5.5	ลักษณะทรายที่อัดเสร็จเรียบร้อย	124
3.5.6	การใช้เหล็กทำการเจาะรูให้มีความลึก 2/3 ของความสูงของแบบ	124
3.5.7	นำเกียงมากดภายหลังการเจาะรูแต่งผิวหน้าให้เรียบ	125
3.5.8	ตัวอย่างที่ทำการเจาะรูเสร็จเรียบร้อย	125

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการศึกษา  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูปรภาพ(ต่อ)

**รูปที่**

**หน้า**

3.5.9	ทำการอัดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO <sub>2</sub> ) ลงในรูที่เจาะโดยใช้แรงดัน 20 psi (0.0014 kg/mm <sup>2</sup> )	126
3.5.10	ตัวอย่างที่ทำการอัดแก๊สเสร็จเรียบร้อยแล้ว	126
3.5.11	ทำการถอดแบบหล่อ	127
3.5.12	ตัวอย่างที่เสร็จเรียบร้อยแล้วพร้อมนำไปทดสอบ	127
3.5.13	เครื่องทดสอบกำลังรับแรงอัดแบบไฮดรอลิก	128
3.5.14	ลักษณะการวางตัวอย่างบนเครื่องทดสอบ	128
3.6	รูปลักษณะการแตกของตัวอย่างภายหลังทำการทดสอบ	130
3.7	รูปประกอบการทดสอบกำลังรับแรงค้ำของทรายซีโอทู	
3.7.1	การเตรียมทรายละเอียดสำหรับผสม โดยใช้ทราย 90 กิโลกรัม ต่อ น้ำแก้ว 9 กิโลกรัมสำหรับการผสม ใน แต่ละครั้ง(ครั้งละ 3 ตัวอย่าง)	132
3.7.2	ชุดเครื่องมือ ประกอบด้วยแบบหล่อคาน ขนาด 15x15x60 cm. Rammer ขนาด 10 lb Ø 2 incs ระยะตกกระทบ 18 incs และ เหล็กเจาะรูยาว 20 cm. Ø 6 mm.	132
3.7.3	เททรายลงในเครื่องผสมแบบใบกวน 3 ระดับเพียงครึ่งหนึ่ง แล้วกดสวิทซ์เดินเครื่องทำงาน	133
3.7.4	ค่อยๆเทน้ำแก้วครึ่งหนึ่งผสมกับทรายขณะที่เครื่องทำงานอยู่ ภายในเวลา 1 นาที จากนั้นเททรายที่เหลือลงไปแล้วค่อยๆเทน้ำแก้วที่เหลือ จนหมดภายในเวลา 1 นาทีเช่นกัน จากนั้นเดินเครื่องทิ้งไว้ประมาณ 3 นาที	133
3.7.5	ลักษณะทรายซิลิเกตที่ผสมเข้ากันดีโดยไม่เป็นก้อนจับกัน	135
3.7.6	ขั้นตอนการอัดทรายซิลิเกตด้วย Rammer ขนาด 10 ปอนด์ Ø 2 นิ้ว เพื่อให้เม็ดทรายเรียงตัวกันอย่างสม่ำเสมอโดยแบ่งการอัดเป็น 3 ชั้นเท่าๆกัน	135
3.7.7	ทรายซิลิเกตที่อัดเสร็จในชั้นสุดท้าย	136
3.7.8	ปาดทรายซิลิเกตส่วนที่เกินออกด้วยเกรียงขอบตรงยาว 100-150 มม.	136

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอญูญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

รูปที่

หน้า

3.7.9	รูปภาพหลังการใช้เกรียงปาดแต่งผิวให้เรียบ	137
3.7.10	แสดงการเจาะรู โดยใช้เหล็กกลม $\varnothing$ 6 มม. เจาะรูลึก 2/3 ของแบบหล่อ โดยมีระยะห่างกัน 5 นิ้ว	137
3.7.11	แสดงรูที่เจาะแล้วแต่งหน้าให้เรียบ	138
3.7.12	ขั้นตอนการผ่านแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ลงในแบบทิ้งไว้ประมาณ 4 นาที ขณะที่ผ่านแก๊สเมื่อเอามือสัมผัสที่ผิวจะรู้สึกว้าวร้อนและเริ่มแข็งขึ้น	138
3.7.13	แสดงการถอดตัวอย่างออกจากแบบ	139
3.7.14	ลักษณะของตัวอย่างที่เสร็จแล้ว	139
3.7.15	แสดงชุดเครื่องมือขณะทำการทดสอบตัวอย่าง	140
3.7.16	ลักษณะการแตกร้าวของคานตัวอย่างภายหลังการทดสอบถึงจุดประลัย	140
8.8	รูปประกอบการทดสอบกำลังรับแรงเฉือนของทรายซีโอพู	
3.8.1	การเตรียมทรายละเอียดสำหรับผสม โดยใช้ทราย 90 กิโลกรัม ต่อ น้ำแก้ว 9 กิโลกรัม สำหรับการผสม ใน แต่ละครั้ง(ครั้งละ 3 ตัวอย่าง)	142
3.8.2	ชุดเครื่องมือ ประกอบด้วยแบบหล่อคาน ขนาด 15x15x60 cm. Rammer ขนาด 10 lb $\varnothing$ 2 incs ระยะตกกระทบ 18 incs และ เหล็กเจาะรูยาว 20 cm. $\varnothing$ 6 mm.	142
3.8.3	เททรายลงในเครื่องผสมแบบใบกวน 3 ระดับเพียงครั้งหนึ่ง แล้วกดสวิทซ์เดินเครื่องทำงาน	143
3.8.4	ค่อยๆเทน้ำแก้วครึ่งหนึ่งผสมกับทรายขณะที่เครื่องทำงานอยู่ ภายในเวลา 1 นาที จากนั้นเททรายที่เหลือลงไปแล้วค่อยๆเท น้ำแก้วที่เหลือจนหมดภายในเวลา 1 นาทีเช่นกัน จากนั้น เดินเครื่องทิ้งไว้ประมาณ 3 นาที	143
3.8.5	ลักษณะทรายซิลิเกตที่ผสมเข้ากันดี โดยไม่เป็นก้อนจับกัน	144

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญรูปรภาพ(ต่อ)

## รูปที่

## หน้า

3.8.6	ขั้นตอนการอัดทรายซึลิกเกิดด้วย Rammer ขนาด 10 ปอนด์ Ø 2 นิ้วเพื่อให้เม็ดทรายเรียงตัวกันอย่างสม่ำเสมอโดยแบ่ง การอัดเป็น 3 ชั้นเท่าๆกัน	144
3.8.7	ทรายซึลิกเกิดที่อัดเสร็จในชั้นสุดท้าย	145
3.8.8	ปาดทรายซึลิกเกิดส่วนที่เกินออกด้วยเกรียงขอบตรงยาว 100-150 มม.	145
3.8.9	รูปรภาพหลังการใช้เกรียงปาดแต่งผิวให้เรียบ	146
3.8.10	แสดงการเจาะรูโดยใช้เหล็กกลม Ø 6 มม. เจาะรูลึก 2/3 ของแบบหล่อ โดยมีระยะห่างกัน 5 นิ้ว	146
3.8.11	แสดงรูที่เจาะแล้วแต่งหน้าให้เรียบ	147
3.8.12	ขั้นตอนการผ่านแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ลงในแบบทิ้งไว้ประมาณ 4 นาที ขณะที่ผ่านแก๊สเมื่อเอามือสัมผัสที่ผิวจะรู้สึกว่ตัวอย่างร้อนและเริ่มแข็งขึ้น	147
3.8.13	แสดงการถอดตัวอย่างออกจากแบบ	148
3.8.14	ลักษณะของตัวอย่างที่เสร็จแล้ว	148
3.8.15	การเตรียมเครื่องมือทดสอบแรงเฉือนแบบ 2 ระนาบ	149
3.8.16	การนำตัวอย่างวางลงแทนทดสอบโดยมีการขีดบอกระยะไว้	149
3.8.17	ลักษณะการแตกของแท่งตัวอย่างซึ่งเป็นการแตกเนื่องจากแรงเฉือน	150

## บทที่ 4

4.1	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดกับอายุ ของทรายซีโอทู ๗ อุณหภูมิห้อง(ประมาณ 35°)	153
4.2	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดกับอายุ ของทรายซีโอทู ๗ อุณหภูมิ 50 °	155
4.3	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดกับอายุ ของทรายซีโอทู ๗ อุณหภูมิ 100 °	157
4.4	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดกับอายุ ของทรายซีโอทู ๗ อุณหภูมิ 150 °	159

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

รูป

หน้า

4.5	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดกับอายุ ของทรายซีโอทู ณ อุณหภูมิ 200 °	161
4.6	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดกับอายุ ของทรายซีโอทู ณ อุณหภูมิ 250 °	163
4.7	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดของ ทรายซีโอทูกับอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง	165
4.8	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดกับอายุ ของทรายซีโอทูเนื่องจากการอบเป็นเวลา 1 วัน ณ อุณหภูมิ ต่างๆกัน	167
4.9	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดกับเวลา ในการอลของทรายซีโอทู ณ อุณหภูมิ ต่างๆ	169
4.10	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงดึงกับอายุ ของทรายซีโอทู ณ อุณหภูมิห้อง(ประมาณ 35°)	174
4.11	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงดึงกับอายุ ของทรายซีโอทู ณ อุณหภูมิ 50 °	176
4.12	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงดึงกับอายุ ของทรายซีโอทู ณ อุณหภูมิ 100 °	178
4.13	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงดึงกับอายุ ของทรายซีโอทู ณ อุณหภูมิ 150 °	180
4.14	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงดึงกับอายุ ของทรายซีโอทู ณ อุณหภูมิ 200 °	182
4.15	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงดึงกับอายุ ของทรายซีโอทู ณ อุณหภูมิ 250 °	184
4.16	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงดึงของ ทรายซีโอทูกับอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง	186
4.17	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงดึงกับอายุ ของทรายซีโอทูเนื่องจากการอบเป็นเวลา 1 วัน ณ อุณหภูมิ ต่างๆกัน	188

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

## รูปที่

## หน้า

4.18 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงดึงกับเวลา ในการอบของทรายซีโอทู ณ อุณหภูมิ ต่างๆ	190
4.19 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงดัดกับอายุของทรายซีโอทู	194
4.20 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงเฉือนกับอายุของทรายซีโอทู	198

## บทที่ 7

7.1 ผลกระทบต่อความแข็งแรงต่อการอัดเมื่อผ่านแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ลงไปในทรายทำแบบหล่อ ซึ่งใช้ทรายที่มีความละเอียดต่างๆ	205
---	-----



## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 แสดงส่วนผสมของทรายหล่อธรรมชาติ	7
1.2 แสดงส่วนผสมของทรายกึ่งสังเคราะห์	8
1.3 แสดงส่วนผสมของทรายสังเคราะห์	8
1.4 แสดงส่วนผสมของทรายฟูราน	11
1.5 แสดงส่วนผสมของทรายเปลือก	12
1.6 แสดงส่วนผสมของ oil core sand สำหรับหล่อเหล็กกล้า	12
1.7 แสดงส่วนผสมของ oil core sand สำหรับหล่อเหล็กหล่อ	12
1.8 แสดงส่วนผสมของทรายซีเมนต์	13
1.9 แสดงส่วนผสมของทรายซีเมนต์โดยใช้ซีเมนต์และ โมลาสเป็นตัวประสาน	14
2.1 แสดงส่วนประกอบทางเคมีของทรายซิลิกาจากแหล่งต่าง ๆ	53
2.2 แสดงส่วนประกอบทางเคมีของทรายโอลิวิน	54
2.3 แสดงส่วนประกอบทางเคมีของทรายเซอร์คอน	54
2.4 แสดงส่วนประกอบทางเคมีของทรายโครไมต์	54
2.5 แสดงส่วนประกอบทางเคมีของทรายซามอิต	54
2.6 เกรดความบริสุทธิ์ของทราย	55
2.7 เกรดของปริมาณดินในทรายธรรมชาติ	55
2.8 คุณสมบัติต่างๆของทรายทำแบบหล่อ	59
2.9 โซเดียมซิลิเกตที่ใช้ในปี 1990	63
2.10 ส่วนประกอบของสารละลายโซเดียมซิลิเกตแต่ละชนิด	64
4.1 แสดงกำลังรับแรงอัดของทรายซีโอทู ฅ อุณหภูมิห้อง(ประมาณ 35 ° C)	152
4.2 แสดงกำลังรับแรงอัดของทรายซีโอทู ฅ อุณหภูมิ 50 ° C	154
4.3 แสดงกำลังรับแรงอัดของทรายซีโอทู ฅ อุณหภูมิ 100 ° C	156
4.4 แสดงกำลังรับแรงอัดของทรายซีโอทู ฅ อุณหภูมิ 150 ° C	158
4.5 แสดงกำลังรับแรงอัดของทรายซีโอทู ฅ อุณหภูมิ 200 ° C	160
4.6 แสดงกำลังรับแรงอัดของทรายซีโอทู ฅ อุณหภูมิ 250 ° C	162

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.7 แสดงกำลังรับแรงอัดของทรายซีโสตูซึ่งผ่านการอบที่อุณหภูมิต่างๆ (ซึ่งใช้ตัวอย่างที่อบนาน 1 วันและมีอายุ 28 วัน)	164
4.8 แสดงกำลังรับแรงอัดของทรายซีโสตูที่มีอายุต่างๆกันหลังจากผ่านการอบ ที่อุณหภูมิต่างๆเป็นเวลา 1 วัน	166
4.9 แสดงกำลังรับแรงอัดของทรายซีโสตูที่อุณหภูมิและเวลาในการอบที่แตกต่างกัน (ซึ่งได้จากการทดสอบทันทีหลังการอบ)	168
4.10 แสดงกำลังรับแรงดึงของทรายซีโสตู ณ อุณหภูมิห้อง(ประมาณ 35 ° C)	173
4.11 แสดงกำลังรับแรงดึงของทรายซีโสตู ณ อุณหภูมิ 50 ° C	175
4.12 แสดงกำลังรับแรงดึงของทรายซีโสตู ณ อุณหภูมิ 100 ° C	177
4.13 แสดงกำลังรับแรงดึงของทรายซีโสตู ณ อุณหภูมิ 150 ° C	179
4.14 แสดงกำลังรับแรงดึงของทรายซีโสตู ณ อุณหภูมิ 200 ° C	181
4.15 แสดงกำลังรับแรงดึงของทรายซีโสตู ณ อุณหภูมิ 250 ° C	183
4.16 แสดงกำลังรับแรงดึงของทรายซีโสตูซึ่งผ่านการอบที่อุณหภูมิต่างๆ (ซึ่งใช้ตัวอย่างที่อบนาน 1 วันและมีอายุ 28 วัน)	185
4.17 แสดงกำลังรับแรงดึงของทรายซีโสตูที่มีอายุต่างๆกันหลังจากผ่านการอบ ที่อุณหภูมิต่างๆเป็นเวลา 1 วัน	187
4.18 แสดงกำลังรับแรงดึงของทรายซีโสตูที่อุณหภูมิและเวลาในการอบที่แตกต่างกัน (ซึ่งได้จากการทดสอบทันทีหลังการอบ)	189
4.19 แสดงกำลังรับแรงค้ำ ณ อายุต่างๆของทรายซีโสตู	193
4.20 แสดงกำลังรับแรงเฉือน ณ อายุต่างๆของทรายซีโสตู	197
5.1 แสดงปริมาณทรายซิลิกาเกิดในการทดลองที่ทำให้พอดีเมื่อใช้ แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 1 ถึง	200

# การศึกษาความแข็งแรงของ แบบหล่อทรายซีโอทูที่ใช้ในโรงงานหล่อโลหะ (THE STUDY FOR STRENGTH OF CO<sub>2</sub>-SAND)

## บทที่ 1

### หลักการและเหตุผล

เนื่องจากในสถานะเศรษฐกิจปัจจุบันมีความบีบรัดมากขึ้น ฉะนั้นในการก่อสร้างเพื่อให้ประสบความสำเร็จมากนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องมีความรวดเร็วในการก่อสร้าง และ หารวิธีที่จะเป็นการลดภาระการใช้จ่ายให้มากที่สุด โดยเฉพาะค่าวัสดุอุปกรณ์ในส่วนที่เป็นงานก่อสร้างชั่วคราว(Temporary work) ซึ่งจะเป็นตัวแปรที่ชี้ให้เห็นถึงผลกำไรในการก่อสร้างได้

ในการศึกษาปรับปรุงเพื่อหาวัสดุที่นำมาใช้ในงานก่อสร้างซึ่งช่วยลดเวลาในการก่อสร้างให้น้อยลงและลดค่าใช้จ่ายในส่วนนี้ จึงได้เกิดความคิดที่จะทดลองนำทรายมาใช้เป็นวัสดุหลักในการทำงานก่อสร้างชั่วคราว(Temporary work) เนื่องจากทรายมีราคาที่ไม่แพงมาก และสามารถแข็งตัวได้เมื่อผสมกับสารเคมีบางชนิดดังเช่นใช้ในการทำแบบหล่อในการหล่อโลหะซึ่งมีหลายวิธีด้วยกันขึ้นอยู่กับชนิดของตัวประสาน ในปัจจุบันวิธีที่ใช้ได้ผลดีและเป็นที่ยอมรับมากในงานหล่อโลหะ คือ แบบหล่อทรายซีโอทู(CO<sub>2</sub> SAND) มีความสามารถในการทนความร้อนได้สูงและจำเป็นต้องทุบทิ้งเนื่องจากมีความแข็งแรงมากไม่สามารถนำไปใช้งานอย่างอื่นได้

คณะผู้จัดทำจึงจะทำการศึกษาในส่วนของความแข็งแรงของทรายซีโอทู(CO<sub>2</sub> SAND)ที่ใช้ในโรงงาน เพื่ออาจจะนำมาประยุกต์ใช้ในงานก่อสร้างชั่วคราว(Temporary work)หรืองานอื่นๆได้ โดยจะทำการทดสอบทรายซีโอทู(SAND CO<sub>2</sub>)ที่ทำขึ้นตามวิธีการที่ทำอยู่ในโรงงานหล่อโลหะทั่วไป

## วัตถุประสงค์ของโครงการพิเศษ

1. เพื่อศึกษาความแข็งแรงของแบบหล่อทรายซีโอทู(CO<sub>2</sub> SAND)ที่ใช้อยู่ในโรงงานหล่อโลหะทั่วไป
2. เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการนำแบบหล่อทรายมาใช้ในงานก่อสร้างชั่วคราวงานอื่นๆ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ทฤษฎีและแนวคิด

แบ่งเป็น 2 หมวด

### หมวดที่ 1 ทฤษฎีในการทำแบบหล่อ

#### 1.1) ความรู้พื้นฐานในการทำแบบหล่อทราย

แบบหล่อทรายนับว่าเป็นเครื่องมือที่สำคัญ ในการหล่อโลหะซึ่งส่วนใหญ่แล้วจะทำมาจากทราย ชิ้นงานหล่อที่ได้นั้นจะผลิตได้จากแบบหล่อที่ดี และรวมไปถึงการนำทรายที่ดีและมีคุณภาพมาทำเป็นแบบหล่อ โดยทั่วไปแล้วจะใช้ทรายซิลิกาเป็นส่วนใหญ่นำมาผสมเพื่อทำให้มีความแข็งแรง และความเหนียวของดินจะช่วยทำให้แบบหล่อจับตัวได้ดี

ทรายและดินนั้นในธรรมชาติเกิดจากการสลายตัวของหินและทางฟิสิกส์จาก ลม น้ำ และธารน้ำแข็ง ที่มากระทำกับหินชนิดต่าง ๆ บ่อยครั้งที่จะพบดินเกิดปะปนอยู่กับทราย บางครั้งผู้ผลิตเพียงแต่นำทรายที่มีลักษณะเช่นนี้มาปรับด้วยน้ำเพื่อให้ทรายจับตัวเป็นแบบหล่อ โดยดินจะช่วยให้ความแข็งแรง และดินเหนียวขึ้นลักษณะของทรายเช่นนี้ เรียกว่า Natural bonded sand (ทรายที่ใช้ตัวประสานจากธรรมชาติ) แต่เมื่อผู้ผลิตต้องการแบบหล่อที่มีคุณสมบัติที่จะให้ได้มาซึ่งผลผลิตหรือชิ้นงานที่มีคุณภาพดีจึงได้มีการนำทรายมาปรับปรุงส่วนผสมใหม่ โดยใช้ดินหรือสารอื่น ด้วยเหตุนี้เองทรายซิลิกาที่ปราศจากดินจะนำมาใช้เป็นวัสดุหลักทดแทนทรายจากธรรมชาติ ซึ่งเราเรียกว่า Synthetic sand (ทรายสังเคราะห์) ทรายจากธรรมชาติโดยปกติแล้วจะประกอบด้วยดิน 13-25 % และพบว่ามีขนาดต่าง ๆ กัน เมื่อผสมน้ำลงไป 8-10 % ก็จะใช้เป็นแบบหล่อโลหะได้ แต่ทรายธรรมชาติมักมีสิ่งเจือปนอยู่มาก ดังนั้นความทนไฟจะน้อยกว่าเมื่อใช้ทรายซิลิกา แต่ก็ยังมีผู้ใช้อยู่ ทั้งนี้เนื่องจากราคาถูก ปัจจุบันการใช้ทรายซิลิกานำมาผสมเป็นทรายสังเคราะห์มีการใช้งานมากขึ้น

## 1.2) ชนิดของแบบหล่อทราย(Kind of sand mold)

แบบหล่อทราย มีการแบ่งเป็นหลายชนิด โดยแบ่งตามลักษณะของแบบหล่อ เช่น แบบเปิด (open sand mold) แบบหล่อ 2 ชั้น, แบบหล่อหลายชั้น เป็นต้น หรือแบ่งตามลักษณะของทรายหล่อ เช่น แบบทรายชื้น (Green Sand Mold), แบบทรายแห้ง (Dry-Sand Mold), แบบทรายผิวแห้ง (Skin-Dried Mold) เป็นต้น แต่ในที่นี้จะขอแบ่งชนิดของแบบหล่อทรายตามชนิดของตัวประสาน ดังนี้

### แบบทรายหล่อธรรมชาติ (Natural sand mold)

ทรายหล่อธรรมชาติมีอยู่ตามธรรมชาติ ประกอบด้วยทรายซิลิกาและดินเหนียว ซึ่งดินเหนียวจะทำหน้าที่เป็นตัวประสาน การผสมทรายซิลิกาและดินเหนียวเป็นไปโดยขบวนการทางธรรมชาติเรียกว่า weathering

ทรายซิลิกาที่มีอยู่ในทรายหล่อธรรมชาตินั้นมีฤทธิ์เป็นกรด สัญลักษณ์ทางเคมี คือ  $\text{SiO}_2$  เกิดอยู่ตามธรรมชาติไม่ค่อยบริสุทธิ์ หากบริสุทธิ์จะมีสีขาวมาก มีจุดหลอมเหลว  $1,710^{\circ}\text{C}$ .

ทรายหล่อธรรมชาติโดยทั่วไปแล้วมักจะนำมาใช้ได้ทันทีโดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติหรือเติมสารอื่นลงไปอีก แต่เมื่อผ่านการใช้งานมาแล้วอาจเติมดินเหนียวลงไปชดเชยส่วนที่สูญเสียไปได้ ซึ่งเรียกว่า ทรายหล่อกึ่งสังเคราะห์ (semi-synthetic sand mold) ทรายหล่อธรรมชาติมักจะนำไปใช้ทำแบบหล่อสำหรับงานหล่อเหล็กที่มีชิ้นงานขนาดเล็กหรือบางและหล่อพวก non-ferrous โดยแบบหล่อที่ใช้ส่วนใหญ่ขึ้นรูปด้วยมือ (hand molding)

### ข้อดีและข้อเสียของทรายหล่อธรรมชาติ

ข้อดี	ข้อเสีย
1). มีความต้านทานต่อผลเสียที่จะเกิดจากทรายขยายตัวและมีการสึกกร่อนกันทำให้เกิดเสียหายอยู่ในตัวเอง	1). ควบคุมส่วนผสมได้ยาก
2). สามารถทำงานโดยใช้ความชื้นในช่วงปกติ 4.0 - 8.0 %	2). ปริมาณความชื้นขึ้นอยู่กับสภาพบรรยากาศ
3). อัดตัวได้ดีภายในหีบหล่อ	3). มีปริมาณดินเหนียวมากเกินไป
4). ไม่แยกตัวออกจากกันขณะเคลื่อนย้าย	4). มักจะมีพกรากไม้, ใบไม้ หรืออินทรีย์วัตถุปนอยู่มากเกินไป
5). ใช้งานง่ายไม่ต้องควบคุมคุณภาพมากนักและราคาถูก	5). ทรายใหม่ ๆ ใช้งานไม่ค่อยดีต้องนำไปผสมกับทรายเก่า

### แบบทรายหล่อสังเคราะห์ (Synthetic sand mold)

ทรายหล่อสังเคราะห์โดยทั่วไปมีส่วนผสมดังนี้ :- ทราย (sand) + ตัวประสาน (Binder) + น้ำ (Water) + สารเติมพิเศษ (additives)

ทรายที่นำมาใช้ได้แก่ ทรายซิลิกา, ทรายเซอร์คอม, ทรายโอลีวิน และทรายโครไมต์ ส่วนตัวประสานที่นิยมใช้ได้แก่ เบนโทไนท์, โซเดียมซิลิเกต, ยางสังเคราะห์ เป็นต้น สำหรับสารเติมพิเศษนั้นเติมเข้าไปเพื่อปรับปรุงคุณสมบัติบางประการของแบบหล่อ เช่น การเติมผงซีลี้อยเพื่อให้ทรายร่วนตัวดี หลังจากขึ้นงานแข็งตัว เป็นต้น

จุดประสงค์ของการผสมทรายหล่อสังเคราะห์ก็เพื่อให้ตัวประสานห่อหุ้มเม็ดทรายได้ทั่วถึงเพื่อปรับปรุงความแข็งแรงของแบบหล่อโดยใช้เวลาประมาณ 3-5 นาที ตัวประสานที่สามารถห่อหุ้มเม็ดทรายได้ทั่วถึงสม่ำเสมอ จะสามารถปรับปรุงความแข็งแรงเพิ่มขึ้นได้ถึง 80-90 % ถ้าเครื่องผสมมีความเร็วรอบสูงจะใช้เวลาประมาณ 1½-3 นาที เครื่องผสมที่ใช้ควรเป็นแบบที่มีทั้งใบพายและลูกกลิ้งอยู่ด้วยกัน การผสมใช้อัตราส่วนโดยน้ำหนัก สิ่งสำคัญที่ควรคำนึงเพื่อให้การใช้ตัวประสานมีประสิทธิภาพในการผสมทรายหล่อคือ

1. ทรายจะต้องแห้งก่อนที่จะเติมตัวประสานลงไป
2. พยายามใช้ตัวประสานให้น้อยที่สุด
3. ต้องเลือกใช้ตัวประสานที่ละเอียดที่สุด
4. อย่าใช้เวลาผสมนานเกินไป หรือเติมทรายใหม่มากเกินไป

แบบทรายหล่อสังเคราะห์ที่นิยมใช้ ได้แก่ :-

(1) แบบหล่อทรายขึ้น (Green Sand Mold) เป็นแบบหล่อที่ใช้เบนโทไนท์เป็นตัวประสานและใช้น้ำเป็นตัวทำปฏิกิริยา เพื่อให้เกิดแรงยึดเหนี่ยวกันระหว่างเม็ดทราย เป็นแบบหล่อที่นิยมใช้กันมากเพราะราคาถูก การเตรียมทรายหล่อไม่ยุ่งยาก แต่ความแข็งแรงของแบบหล่อไม่มากนักจึงเหมาะกับชิ้นงานที่มีขนาดเล็ก ไม่ต้องการความเที่ยงตรงมากนัก สามารถทำแบบได้ด้วยมือหรือเครื่องจักร

(2) แบบหล่อทรายซีโอทู (CO<sub>2</sub> Sand Mold) เป็นแบบหล่อที่ใช้โซเดียมซิลิเกตเป็นตัวประสานเม็ดทรายและผ่านก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เข้าไปเพื่อทำปฏิกิริยากับโซเดียมซิลิเกตให้แข็งตัวยึดเม็ดทรายให้ติดกัน แบบหล่อทรายซีโอทูนี้มีความแข็งแรงกว่าแบบหล่อทรายขึ้นมาก จึงเหมาะกับชิ้นงานขนาดใหญ่ และมีความเที่ยงตรงกว่าแบบหล่อทรายขึ้น

๙

(3) แบบหล่อทรายเปลือก (Shell Mold) เป็นแบบหล่อที่ใช้ยางสังเคราะห์เป็นตัวประสาน ซึ่งที่นิยมใช้คือ เฟโนลิกเรซิน (Phenolic Resin) วิธีการทำจะพ่นหรือเททรายหล่อที่มีตัวประสานเคลือบอยู่ให้สัมผัสกับกระสวนโลหะซึ่งถูกเผาจนร้อน เมื่อตัวประสานได้รับความร้อนก็จะหลอมยึดทรายแต่ละเม็ดให้ติดกัน เมื่อรอนแบบหล่อมีความหนาตามต้องการแล้วจึงเททรายที่เปลือกกลับเข้าดังเก็บตามเดิม โดยทั่วไปแล้ว แบบหล่อทรายเปลือกจะมีความหนาประมาณ 3-5 มม. เหมาะกับชิ้นงานที่ต้องการผิวเรียบ และความเที่ยงตรงสูง ใช้ได้ทั้งเหล็กและโลหะเบา

(4) แบบหล่อทรายฟูราน (Furan Resin Mold) เป็นกระบวนการทำแบบหล่อ โดยปฏิกิริยาทางเคมีระหว่างตัวประสานฟูรานเรซินซึ่งเป็นยางสังเคราะห์เฟอร์ฟูริลแอลกอฮอล์ (Furfuryl Alcohol) และกรดที่แรงมาก เช่น กรดฟอสฟอริก (Phosphoric Acid) หรือ กรดพาราโทลูอิน (Paratoluene Acid) เป็นตัวทำให้แข็งยึดเม็ดทรายให้ติดกับ แบบหล่อทรายฟูรานนี้มีความแข็งแรงและอัตราการระคายอากาศดีมาก จึงเหมาะกับชิ้นงานที่มีขนาดใหญ่และน้ำหนักมาก

#### ข้อดีข้อเสียของทรายสังเคราะห์

ข้อดี	ข้อเสีย
1). ปริมาณน้ำที่ใช้ต่ำกว่า ทรายธรรมชาติ	1). เนื่องจากความชื้นต่ำ เมื่อผสมเสร็จแล้วต้องใช้งานทันทีที่ทิ้งไว้นานอาจเสื่อมคุณภาพ
2). มีแก๊สน้อย เพราะใช้ตัวประสานที่เป็นอนินทรีย์	2). ต้องใช้น้ำสะอาดผสม
3). มีอัตราลมผ่านสม่ำเสมอและดีกว่าทรายธรรมชาติ	3). ต้องมีกฎเกณฑ์ในการผสมและต้องใช้เครื่องผสมให้ทั่วถึง
4). อายุการใช้งานนานกว่าทรายธรรมชาติ	4). ต้องใช้ความรู้และคอยตรวจตราอยู่เสมอ
5). ควบคุมคุณภาพได้ง่าย	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวประสาน (binder) เป็นสารที่ใช้ผสมกับทรายที่จะนำมาทำแบบหล่อโลหะชนิดต่าง ๆ เพื่อทำให้เกิดความเหนียว ฟอรั่มเป็นรูปร่างต่าง ๆ เพื่อใช้เป็นแบบหล่อได้สะดวกมีความแข็งแรง และทนความร้อนได้ดีเมื่อนำไปใช้ในการผลิตชิ้นงานหล่อโลหะ ตัวประสานที่ใช้กับแบบหล่อเหล่านี้จะใช้ตัวประสานซึ่งเป็นสารอนินทรีย์ (inorganic binder) ได้แก่ดินเหนียวและเบนโทไนต์เป็นตัวประสานหลัก สารทั้งสองตัวนี้เกิดในธรรมชาติเมื่อเปรียบเทียบกับสารอื่น ๆ ในด้านราคาแล้ว ราคาจะถูกที่สุด อย่างไรก็ตามพบว่าคุณสมบัติของแบบหล่ออาจเปลี่ยนแปลงได้ขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำที่ใช้ผสมด้วย

เมื่อพิจารณาถึงการหล่อโลหะในอุตสาหกรรมที่ทันสมัยแล้วจะพิจารณาถึงตัวประสานที่มีคุณสมบัติสม่ำเสมอและคุณภาพคงที่ ซึ่งจะทำให้ผลงานที่ได้จากการหล่อมีคุณภาพเป็นไปตามที่ต้องการอย่างต่อเนื่อง ถ้าหากมองในทัศนะนี้ตัวประสานที่ได้จากธรรมชาติอาจจะได้ผลไม่เป็นที่น่าพอใจนัก อย่างไรก็ตามก็มีการวิจัยเพื่อหาสารประกอบอื่นมาใช้เปรียบเทียบกับควบคุมคุณสมบัติของแบบหล่อที่เหมาะสมต่อมา ซึ่งนอกจากตัวประสานที่ใช้จากสารประกอบอนินทรีย์ได้แก่ดินและเบนโทไนต์แล้วยังมีการนำเอาสารประกอบโซเดียมซิลิเกตและซีเมนต์มาใช้ ในขณะเดียวกันก็มีการนำเอาสารประกอบอินทรีย์ เช่น เรซินชนิดต่าง ๆ โมลาส (molasses) และเด็กซ์ทริน (dextrin) ซึ่งมีคุณสมบัติที่ดีกว่าและสามารถนำกลับมาใช้ทำแบบหล่อได้อีก

### 1.3) การผสมทรายหล่อแต่ละชนิดเพื่อทำแบบหล่อตามขบวนการต่างๆ

**ทรายหล่อขึ้น (Green Sand)** มีการใช้ทรายชนิดต่างๆ มาผสมเพื่อใช้ทำแบบหล่อ โดยอธิบายได้ดังต่อไปนี้

(1) **ทรายหล่อธรรมชาติ (Natural Bonded Sand)** ซึ่งเป็นทรายธรรมชาติ ปกติแล้วจะประกอบด้วยดินเหนียว 10 % และเติมน้ำลงไป 7-8 % ก็จะได้ค่าความแข็งแรงต่อการอัด (Compressive strength)  $0.6 \text{ Kg/cm}^2$  และค่าอัตราการผ่านประมาณ 70 แต่อาจจะต่ำเป็น 30 ก็ได้ เมื่อต้องการผิวชิ้นงานหล่อละเอียด ในประเทศญี่ปุ่นใช้ทรายธรรมชาติเป็นวัตถุดิบหลัก และเติมเบนโทไนต์ 0.5-1.5 % เท่าๆ กับผงถ่าน 0.5 % โดยส่วนผสมการใช้ทรายหล่อธรรมชาติแสดงตามตารางที่ 1.1

**ตารางที่ 1.1 แสดงส่วนผสมของทรายหล่อธรรมชาติ**

ทรายใหม่	ทรายเก่าที่นำกลับมาใช้	เบนโทไนต์	ผงถ่าน	น้ำ
20	80	0.5-1.5	0.5	7-8

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(2)ทรายกึ่งสังเคราะห์(Semi-synthetic Sand) ทรายหล่อธรรมชาติและทรายซิลิกา ซึ่งมีปริมาณดินและน้ำอยู่ต่ำกว่าทรายธรรมชาติสามารถนำมาใช้หล่อชิ้นงานเหล็กหรือไม่ใช่เหล็ก(non ferrous) โดยใช้เครื่องทำแบบหล่อได้ ทรายชายหาดที่มีขนาด 100 mesh ใช้แทนทรายซิลิกาได้ และปริมาณของทรายธรรมชาติจะเพิ่มขึ้นมาก ทรายชายหาดที่นำมาผสมมีเม็ดที่หยาบขึ้น ส่วนผสมของทรายกึ่งสังเคราะห์ และผง Pitch อาจใช้แทนผงถ่านได้ รวมทั้งเด็กซ์ตรินอาจใช้แทนแป้งข้าวโพคได้ แสดงตามตารางที่ 1.2

ตารางที่ 1.2 แสดงส่วนผสมของทรายกึ่งสังเคราะห์

ทรายหล่อธรรมชาติ	ทรายซิลิกา	ทรายเก่า นำกลับมาใช้	เบนโทไนต์	แป้งข้าวโพค	ผงถ่าน	น้ำ
20	10	70	0.5-1.5	0.2	0.5-1.0	6

(3)ทรายสังเคราะห์(Synthetic Sand) ทรายชนิดนี้เมื่อนำมาใช้ในการหล่อโลหะจะต้องมีปริมาณซิลิกาเป็นองค์ประกอบมากกว่า 94 % และเติมเบนโทไนต์เป็นสารผสมเช่นเดียวกับการเติมสารพิเศษเป็นอันดับต่อมา ตารางที่ 1.3 แสดงส่วนผสมของทรายสังเคราะห์ต่างๆ

ตารางที่ 1.3 แสดงส่วนผสมของทรายสังเคราะห์

หมายเลข	ทรายซิลิกา No.5	ทรายซิลิกา No.6	เบนโทไนต์	เด็กซ์ตริน	แป้ง Starch	แป้งข้าวโพค	ผงถ่าน	น้ำ
1	50	50	6	0.5	1.2			3.5-4
2	50	50	7	1.5		0.5		3.5-4
3	ทรายใหม่ 25	ทรายเก่า นำกลับ มาใช้ 75	1.0-5.0	0.-1.5			0.5-0.8	3.5-4.5

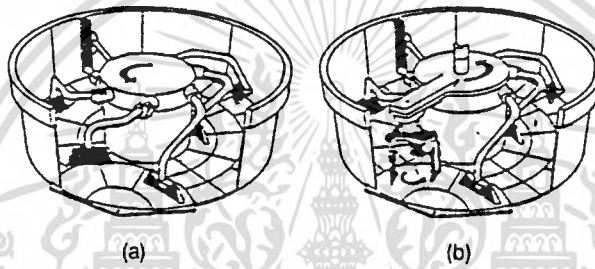
วิธีการผสมทรายแต่ละชนิดนี้ทำได้โดยนำส่วนผสมทั้งหมดยกเว้นน้ำ ใส่ลงในเครื่องผสมใช้เวลาในการผสมแห้ง 1 นาที แล้วเติมน้ำลงไปในขณะที่เปิดเครื่องอยู่ ใช้เวลาในการผสมเปียกอีก 3-4 นาที แล้วจึงนำไปใช้งานต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

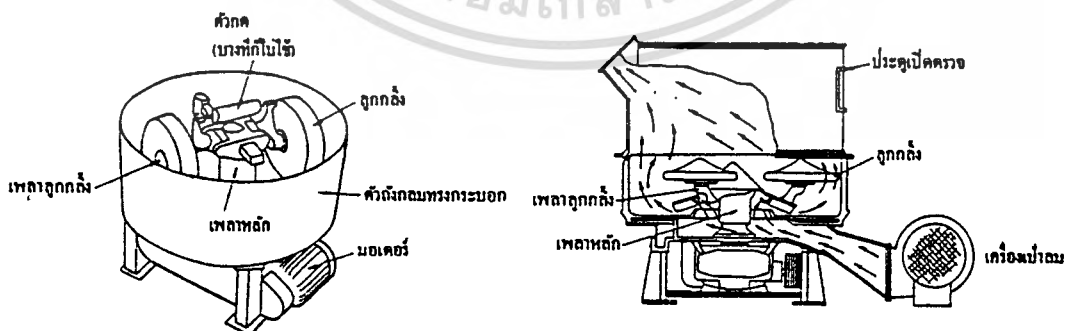
\*ทรายซีโอทู่ (CO<sub>2</sub> Sand) ทรายซีโอทู่ในกรณีที่ยังไม่ได้ผ่านแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO<sub>2</sub>) เราจะเรียกว่า “ทรายซิลิเกต”

การควบคุมทรายซีโอทู่ (CO<sub>2</sub> SAND) (ทราย+ โซเดียมซิลิเกต+แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์) เพื่อให้มีคุณสมบัติตามที่ต้องการนอกจากจะต้องชั่งส่วนผสมแต่ละส่วนให้ถูกต้องแล้วยังต้องเลือกใช้เครื่องมือผสมในการผสมทรายซิลิเกต (ทราย+ โซเดียมซิลิเกต) ให้เหมาะสมด้วยโดยทั่วไปเครื่องมือมี 2 ชนิดคือ

1. ชนิดใบพาย (Paddle Type)
2. ชนิดลูกกลิ้ง (Muller Type) ดังรูป



รูปที่ 1.1 ชนิดใบพาย (Paddle Type)



รูปที่ 1.2 ชนิดลูกกลิ้ง (Muller)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิดไบพายจะมีไบพาย 2 ไบหรือมากกว่า หมุนกวาดทรายอยู่ภายในถึงผสม โดยจะหมุนรอบแกนซึ่งตั้งอยู่ในแนวดิ่ง ไบพายจะทำหน้าที่กวาดทรายขึ้นจากก้นถึงผสมและคลุกเคล้าให้เข้ากันได้ดี ข้อดีของเครื่องผสมแบบไบพายจะช่วยเคล้าทรายให้ผสมกันได้ดีและเม็ดทรายไม่แตกหัก

ชนิดลูกกลิ้งใช้ขับเคลื่อนที่เพื่อก่อน ให้แตกออกจากกันและจะเกิดลักษณะบดมากกว่าผสม ทำให้ทรายกระด้าง

การผสมทรายซิลิเกตนิยมใช้เครื่องผสมชนิดไบพายและไม่ควรใช้เครื่องผสมร่วมกับทรายหล่อชนิดอื่นๆ เพราะถ้ามีสารอื่นปะปนอยู่จะทำให้ทรายซิลิเกตมีคุณสมบัติต่ำลง

ส่วนผสมต่างๆของทรายซิลิเกตต้องชั่งให้ถูกต้องตามน้ำหนักที่กำหนดไม่ควรใช้ฟิ้วหรือกระป๋องตวงเป็นปริมาตร

ภาชนะที่ใช้ชั่งน้ำแก้ว (โฆเดียมซิลิเกต) ควรรักษาให้สะอาดอยู่เสมออย่าปล่อยให้มือน้ำแก้วเกาะอยู่ตามผนังหรือก้นภาชนะเพราะจะทำให้การชั่งลำบากและผิดพลาดได้ง่ายควรเก็บน้ำแก้วไว้ในถังที่มีฝาปิดเปิดง่ายและมิดชิดและตั้งไว้กับเครื่องผสม

สิ่งสำคัญอีกอย่างหนึ่งในการผสมทรายซิลิเกต คืออย่าผสมนานเกินไป ปกติจะใช้เวลาผสมไม่เกิน 3 นาที เพราะขณะผสมจะเกิด Friction Hydrolysis ขึ้นมา โดยน้ำที่ผสมอยู่ในระบบ  $\text{Na}_2\text{O}-\text{SiO}_2-\text{H}_2\text{O}$  จะถูกขับออกมาความร้อนที่เกิดขึ้นขณะผสมทำให้น้ำระเหยได้เร็วขึ้นน้ำแก้วจะเหนียวและข้นมากกว่าปกติเมื่อผ่านแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ( $\text{CO}_2$ ) เข้าไปแล้วจะร่วนและกรอบปฏิกิริยาเกิดขึ้นได้ยาก เพราะฮีออนจะเคลื่อนที่ไปในแบบหล่อได้ยากขึ้น แบบที่ได้จะมีความแข็งแรงลดลง

การผ่านแก๊สเข้าไปในแบบหล่อสามารถทำได้หลายวิธีที่นิยมกันมากที่สุดได้แก่ การปล่อยแก๊สผ่านท่อยาวเล็กๆ (Lance) หรือหัวฉีดแก๊ส (Probe) หย่อนลงไปในทราย

การผ่านแก๊สต้องควบคุมความดันและเวลาให้ถูกต้องพอได้ระยะเวลาที่ต้องการต้องย้ายหัวฉีดแก๊สไปยังจุดอื่นๆต่อไปจนทั่วแบบหรืออาจทดสอบง่ายๆได้ว่าแก๊สเกิดปฏิกิริยาสมบูรณ์หรือไม่โดยเอามือกดผิวหน้าแบบประมาณความแข็ง ปกติจะปรับความดันแก๊ส ( $\text{CO}_2$ ) ที่ 20 psi (0.014 kg/mm<sup>2</sup>) และแต่ละจุดที่จะผ่านแก๊สควรห่างกัน 4-5 นิ้ว (10.16-12.74 cm.) โดยเวลาในการผ่านจุดละประมาณ 4-5 นาที

ข้อดีของการท ๒ นี้ก็คือ แข็งตัวได้เองโดยไม่ต้องใช้เตาอบ สามารถเคลื่อนที่ได้ง่าย ราคาถูกและผลิตได้มากแต่ในขณะเดียวกันก็มีข้อเสียคือ การหดตัว ความชื้นได้ง่าย ยากแก่การทำลาย (Collapsibility)

\* “ทรายทำแบบหล่อโลหะ”, สถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมเครื่องจักรกลโลหะการ กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม กรมกระทรวงอุตสาหกรรม

“หล่อโลหะ 1”, สุทน พัฒนาสิริ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ทรายฟูราน(Furan Sand)** เป็นการนำเอาเรซินมาผสมกับทรายซิลิกาเพื่อใช้แทนน้ำแก้วในการปรับปรุงคุณสมบัติการสลายตัวของทรายที่ใช้ทำแบบหล่อ ตามขบวนการ CO<sub>2</sub> เรซินที่ใช้คือ ammonium acrylic resin หรือ phenol resin โดยใช้เป็นตัวประสาน ตารางที่ 1.4 แสดงส่วนผสมของทรายฟูราน

**ตารางที่ 1.4 ส่วนผสมของทรายฟูราน**

หมายเลข	ทรายซิลิกา	เรซิน	ตัวเร่งปฏิกิริยา	น้ำ
1	100	3	Ca(OH) <sub>2</sub>	4
2	100 (35 mesh)	0.8-1.2	0.4%ของเรซิน	

การผสมตัวอย่างหมายเลข 2

นำทรายซิลิกาใส่ในเครื่องผสมเปิดเครื่องแล้วเติมตัวเร่งปฏิกิริยา (Catalyst) ใช้เวลาในการผสม 30 วินาที จากนั้นค่อยเติมเรซิน (resin) ลงไป ใช้เวลาในการผสมอีก 30 วินาที เมื่อผสมเสร็จแล้วจะต้องรีบใช้งานทันที เพราะเรซินเมื่อทำปฏิกิริยากับตัวเร่งแล้วจะแข็งตัวภายใน 30 นาที และจะต้องระมัดระวังไม่ให้เรซินสัมผัสกับตัวเร่งปฏิกิริยาโดยตรง เพราะจะทำให้เกิดการระเบิดขึ้น

ถ้าทรายซิลิกาที่ใช้เป็นทรายใหม่ 100 % จะใช้ปริมาณเรซิน 1.2 % แต่ถ้าเป็นทรายเก่า 100 % จะใช้ปริมาณเรซิน 0.8 % ทรายฟูรานนี้เมื่อเวลาผ่านไป 5 ชม. จะมีความแข็งแรงในการรับแรงอัด (Compressive Strength) ประมาณ 35 KSC

**ทรายเปลือก(Shell Mold Sand)** ขบวนการทำทรายหล่อเปลือกนี้ได้มีการคิดค้นในประเทศเยอรมันในปี ค.ศ. 1945 โดย Johannes Groning ด้วยการนำทรายซิลิกาผสมกับผงเรซินในปริมาณ 4-5 % และต่อมาในปี ค.ศ. 1956 ประเทศอเมริกาได้มีการพัฒนาทรายที่เคลือบด้วยเรซิน (resin coated sand) มาใช้งานเป็นที่ยอมรับและแพร่หลายเป็นต้นมา ซึ่งเรซินที่นำมาใช้เคลือบทรายนั้นมีลักษณะเป็นของเหลวใช้ในปริมาณ 3 % เพื่อให้คุณสมบัติของแบบหล่อดี ข้อดีของทรายเปลือกคือสามารถผลิตแบบหล่อได้มาก มีขนาดที่เที่ยงตรงและผิวงานหล่อละเอียด ง่ายต่อการทำลายภายหลังหล่อชิ้นงาน การดำเนินการง่าย ส่วนผสมแสดงได้ตามตารางที่ 1.5

ตารางที่ 1.5 แสดงส่วนผสมของทรายเปลือก

หมายเลข	ทรายซิลิกา	ฟีนอลเรซิน	Curig agent	$(CH_2)_6N_4$	น้ำมันก๊าด
1	100	2.5-4.0	0.3-0.5		0.05-0.25

การผสม นำส่วนผสมทั้งหมดไปให้ความร้อน เพื่อให้ฟีนอลเรซินและเฮกซะเมททิลเตตราเอมีนละลายเคลือบเม็ดทรายไว้ แล้วปล่อยให้เย็นตัวลง จะได้เม็ดทรายที่มีตัวประสานเคลือบอยู่เป็นผง หนึ่งเวลานำไปใช้งาน ทรายที่ถูกเคลือบไว้นี้จะเทหรือเป่าให้ไปติดบนแม่พิมพ์ที่ร้อน  $250-300^{\circ}C$  ตัวประสานที่เคลือบไว้ก็จะละลายเชื่อมติดกันกลายเป็นแบบหล่อที่แข็ง ใช้เวลาในการทำแบบประมาณ 2-3 นาที

ทรายหล่อที่ใช้น้ำมันเป็นตัวประสาน(oil sand) น้ำมันลินสีดใช้เป็นตัวประสานสำหรับทำให้แบบ จะแข็งตัวภายหลังไปอบที่อุณหภูมิ  $200^{\circ}C$  ซึ่งทำให้การผลิตได้ผลผลิตต่ำกว่าทรายประเภทอื่น แต่ก็ยังคงใช้กันอยู่ทั้งนี้เนื่องจากประหยัดค่าใช้จ่ายและง่ายต่อการทำลายภายหลังหล่อชิ้นงาน ส่วนผสมแสดงตามตารางที่ 1.6 และ 1.7

ตารางที่ 1.6 แสดงส่วนผสมของ oil core sand สำหรับหล่อเหล็กกล้า

ทรายซิลิกา	น้ำมันลินสีด	เด็กซ์ตริน	เบนโทไนต์
100	2.5	1.0	0.4

ตารางที่ 1.7 แสดงส่วนผสมของ oil core sand สำหรับหล่อเหล็กหล่อ

ทรายชายหาด	น้ำมันลินสีด	ลิกนิน	เบนโทไนต์	เด็กซ์ตริน
100	2.5	0.5-1	0.1-0.5	0.1-1
100	2.5-3			0.5-1

การทำแบบไม่มีวัตถุประสงค์เพื่อต้องการให้เกิดรูหรือ โพรงขึ้นภายในชิ้นงานจึงต้องนำทรายมา ผสมกับตัวประสานดังกล่าวทำเป็นรูปร่างต่างๆ ตามที่ต้องการ จากนั้นนำไปประกอบเข้ากับแบบหล่อ เพื่อเทน้ำโลหะต่อไป ใ้แบบทรายที่ดีจะต้องมีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

1. มีความแข็งแรงขณะขึ้นสูงเพื่อให้สามารถนำเข้าเตาอบได้โดยไม่เสียหาย
2. มีความแข็งแรงขณะแห้งสูงเพื่อให้คงรูปอยู่ได้เมื่อความชื้นระเหยออกไปจนหมดขณะอบ , แห้ง
3. มีความแข็งแรงหรืออบแห้งสูง เพื่อให้เคลื่อนย้ายและค้ำทานแรงค้ำน้ำโลหะได้ดี ,
4. ทนความร้อนได้สูง
5. มีความสามารถในการระบายอากาศได้สูง
6. มีผิวเรียบ
7. ยุบหรือทำลายได้ง่ายหลังจากงานหล่อแข็งตัว

**ทรายซีเมนต์ (Cement Sand)** ทรายซีเมนต์ใช้สำหรับทำแบบหล่อโลหะที่ขนาดปานกลางและ ขนาดใหญ่ การทำทรายซีเมนต์จะใช้ทรายชายหาดและทรายแม่น้ำหรือทรายที่มีปริมาณซิลิกาต่ำผสมกับ ซีเมนต์ 6-12 % ซึ่งเท่ากับปริมาณน้ำที่เติมลงไปประมาณ 7 % นอกจากนั้นเติม  $\text{CaCl}_2$  และ  $\text{CaSO}_4$  อย่างละ 0.5 % หรืออาจจะเติม โมลาส 3-4 % เพื่อเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาการแข็งตัวของทรายผสม ซึ่งแบบ ที่ทำจากทรายผสมนี้จะบ่มไว้ประมาณ 2 วัน ก่อนนำไปหล่อ ส่วนผสมของทรายซีเมนต์แสดงตาม ตารางที่ 1.8

ตารางที่ 1.8 แสดงส่วนผสมของทรายซีเมนต์

ทรายชายหาด	ซีเมนต์	น้ำ	$\text{CaCl}_2$	$\text{CaSO}_4$
100	8	6	0.5	0.5

นอกจากการใช้ซีเมนต์เป็นตัวประสานแล้วยังมีการนำเอาซีเมนต์ผสมกับโมลาสมาใช้ ซึ่งส่วน ผสมแสดงตามตารางที่ 1.9 การเติมโมลาสลงในส่วนผสมจะช่วยลดปริมาณน้ำที่ใช้ลง ตัวอย่างเมื่อเติม โมลาสลงไป 4 % จะช่วยลดปริมาณน้ำจาก 7.5 % เหลือเพียง 3.2 % ข้อดีของทรายซีเมนต์ที่นำไปทำ แบบหล่อคือ ไม่ต้องใช้ช่างชำนาญในการทำ การทำลายง่ายกว่าแบบหล่อซีอิฐ ข้อเสียก็คือมีระยะเวลา แข็งตัวนาน อายุการใช้งานสั้น และจะให้แบบหล่อที่ต้องทำลายมากหลังการใช้งาน

ตารางที่ 1.9 แสดงส่วนผสมของทรายซีเมนต์โดยใช้ซีเมนต์และโมลาสเป็นตัวประสาน

หมายเลข	ทราย ชายหาด	ทรายเก่าที่ นำไปใช้ใหม่	ซีเมนต์	โมลาส	น้ำ	ผงซีลีเยอ
1	100	-	8	4	3.2	0.3
2	100	-	8	-	7.5	0.5
3	50	50	8	4	3.2	0.3

#### 1.4) การใช้งานแบบหล่อทราย

นิยมใช้ทรายซิลิเกตทำแบบหล่อ , ไล้แบบเพื่อผลิตงานหล่อจำพวกเหล็กกล้า , เหล็กหล่อ ทองแดงผสม , นิกเกิลผสม , แมกนีเซียมและอะลูมิเนียมผสมได้ดี

เนื่องจากทรายซิลิเกตมีความชื้นอยู่น้อยมาก(มีผลอยู่ในซิลิกาเยลเท่านั้น) เมื่อผ่านแก๊ส CO<sub>2</sub> เข้าไปแล้วควรนำไปใช้งานทันทีถ้าทิ้งไว้นานเกินไปมันจะดูดความชื้นเข้าไป ทำให้ความแข็งแรงลดลง เช่นไล้แบบที่ทำด้วยทรายซิลิเกต หากนำไปใช้กับแบบหล่อทรายขึ้นแล้วปล่อยให้ทิ้งไว้นานเกินไป(เกิน 2 ชั่วโมง)ไล้แบบจะร่วนตัวเองเพราะดูดความชื้นไว้มาก เช่นเดียวกันไล้แบบที่ทำเสร็จแล้ว ถ้าเก็บไว้นานๆอาจดูดความชื้นจากบรรยากาศเข้าไปได้ พอทำเสร็จแล้วควรนำไปใช้งานทันที หรือเมื่อนำไล้แบบไปประกอบลงในแบบแล้วควรเทน้ำไล่หะลงไปที่ทันที แต่ถ้าเป็นไล้แบบขนาดใหญ่สามารถเก็บไว้ในสตอร์จนานถึง 6 สัปดาห์โดยยังใช้งานได้ แต่พอผ่านแก๊ส CO<sub>2</sub> เข้าไปพอดีแล้วต้องใช้สารทนไฟฉาบผิวไว้ทันที ก่อนใช้งานก็อาจใช้ไฟเผาให้แห้งก่อนก็ได้เพื่อไล่ความชื้น

ทรายซิลิเกตมีข้อเสียคือ เมื่อแข็งตัวแล้วรื้อออกได้ยาก สำหรับงานเหล็กหล่อและเหล็กกล้าที่ต้องใช้ไล้แบบขนาดใหญ่(โดยประมาณ 12-18 นิ้ว)เมื่อได้รับความร้อนสูงถึง 1100 ° C จะร่วนตัวได้ง่าย ที่อุณหภูมิ 400-700 ° C ก็ยังพอจะรื้อออกได้ง่าย หากทรายซิลิเกตได้รับความร้อนเพียง 200 ° C จะมีความแข็งแรงดีมากหรือลำบาก ดังนั้นจึงพยายามหลีกเลี่ยงการทำไล้แบบที่ทำด้วยทรายซิลิเกตล้วน เพราะภายในจะได้รับความร้อนน้อยหรือลำบาก

## 1.5) การทำแบบหล่อทรายซีโอทู(CO<sub>2</sub> SAND)ในโรงงานอุตสาหกรรม

การทำแบบหล่อทรายซีโอทู(CO<sub>2</sub> SAND)ในโรงงานอุตสาหกรรมจะมีกรรมวิธีและเทคนิคต่างๆ ใกล้เคียงกับที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น โดยในการศึกษาและเก็บข้อมูลจากโรงงานอุตสาหกรรมนั้นทางกลุ่มผู้ศึกษาได้มีการเก็บข้อมูลจากโรงงานหล่อโลหะ 3 โรงงานด้วยกัน คือ

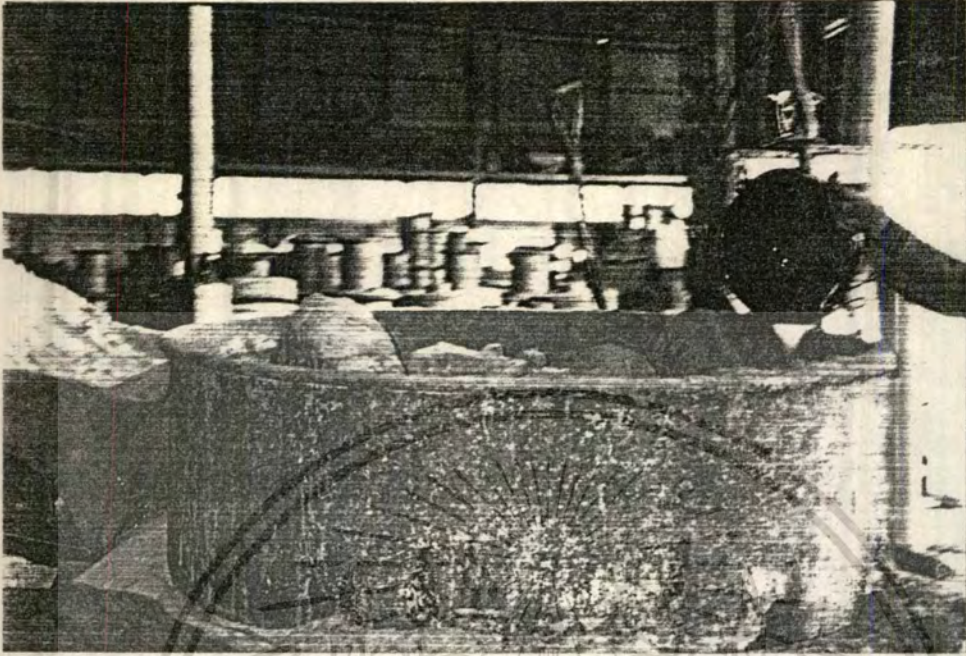
1. ห้างหุ้นส่วนจำกัด โรงหล่อสหบางกอก : 60/12 หมู่ 9 ซ.วัดท่าพูด ต.ไร่จิ้ง อ. พุทธมณฑล  
สาย 5 อ.สามพราน จ.นครปฐม 73120  
โทร. 4312089 แฟล็กซ์ 4312090
2. โรงหล่อเลี้ยงฮั่วเฮง : 60/8 หมู่ 9 พุทธมณฑลสาย 5 ต.ไร่จิ้ง สามพราน  
จ.นครปฐม 73120 โทร. (662) 431-2083-4  
แฟล็กซ์ 431-2084
3. ห้างหุ้นส่วนจำกัดประดิษฐ์การหล่อ : 60/2 หมู่ 9 ซ.วัดท่าพูด ต.ไร่จิ้ง อ.พุทธมณฑล  
สาย 5 อ.สามพราน จ.นครปฐม 73120  
โทร.420-4111

ทุกโรงงานมีการใช้แบบหล่อทรายซีโอทู(CO<sub>2</sub> SAND)ในการหล่อโลหะ โดยใช้อัตราส่วนผสมระหว่าง น้ำแก้ว(โซเดียมซิลิเกต) ต่อ ทรายในอัตราส่วน 1 : 10 และ ใช้วัสดุในการทำแบบหล่อทรายซีโอทู(CO<sub>2</sub> SAND) จากแหล่งเดียวกัน คือ

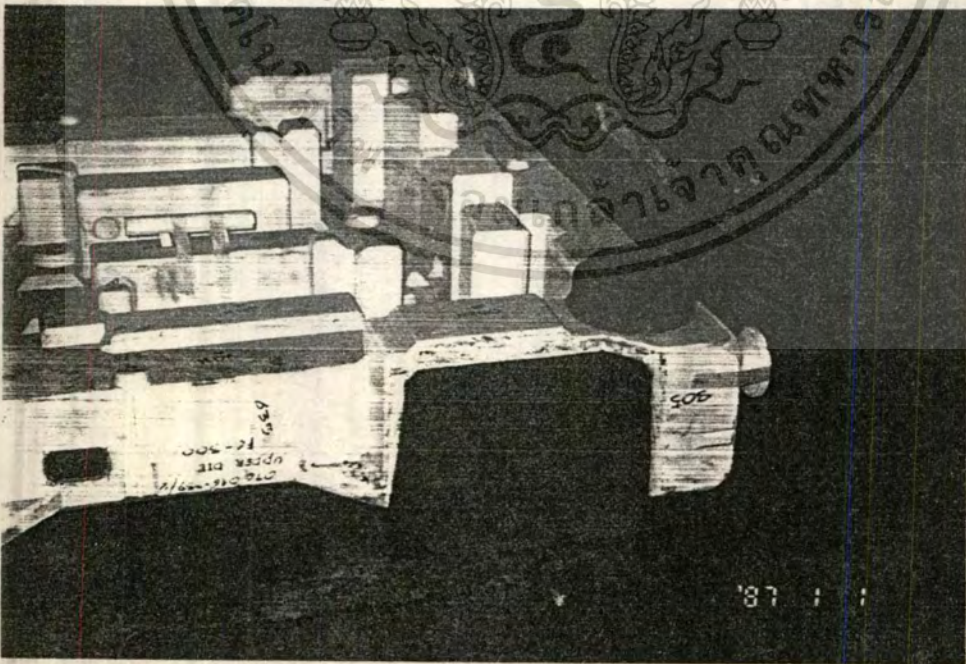
- น้ำแก้ว(โซเดียมซิลิเกต) สั่งจาก บริษัท ช.เคมีไทย จำกัด (91 ถนนเพชรเกษม แขวงบางหว้า  
เขตภาษีเจริญ กรุงเทพมหานคร 10160 โทร. 413-1230  
แฟล็กซ์ 413-3986)
- ทราย ใช้ทรายละเอียดหรือทรายแก้ว มีความสะอาดสูง แห้งไม่เปียกชื้น

แต่ละโรงงานจะมีลักษณะในการใช้งานและการทำแบบหล่อทรายซีโอทู(CO<sub>2</sub> SAND)ดังรูปประกอบต่อไปนี้

# 1. ห้องหุ่นส่วนจำกัด โรงหล่อสหบางกอก

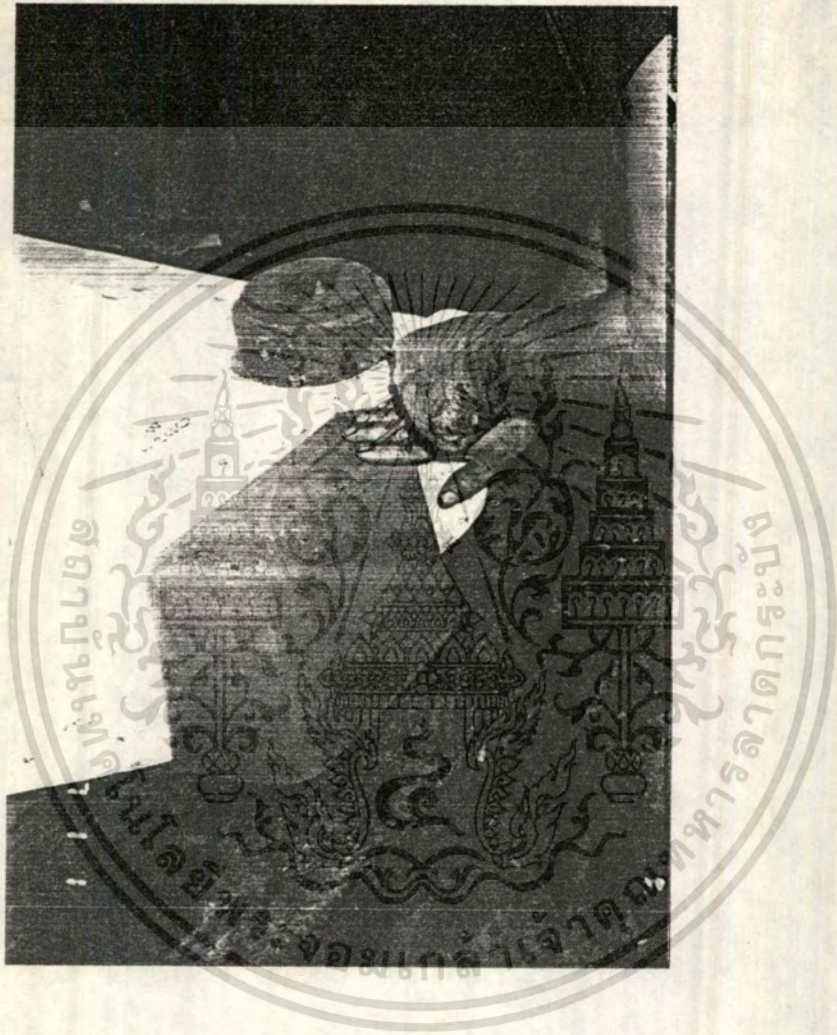


รูปที่ 1.3.1 แสดงการใช้เครื่องผสมแบบลูกกลิ้ง ภายในโรงงาน



รูปที่ 1.3.2 แบบทรายที่ถูกตกแต่งไว้ สำหรับ หล่อ ชิ้นส่วนโครงรถ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



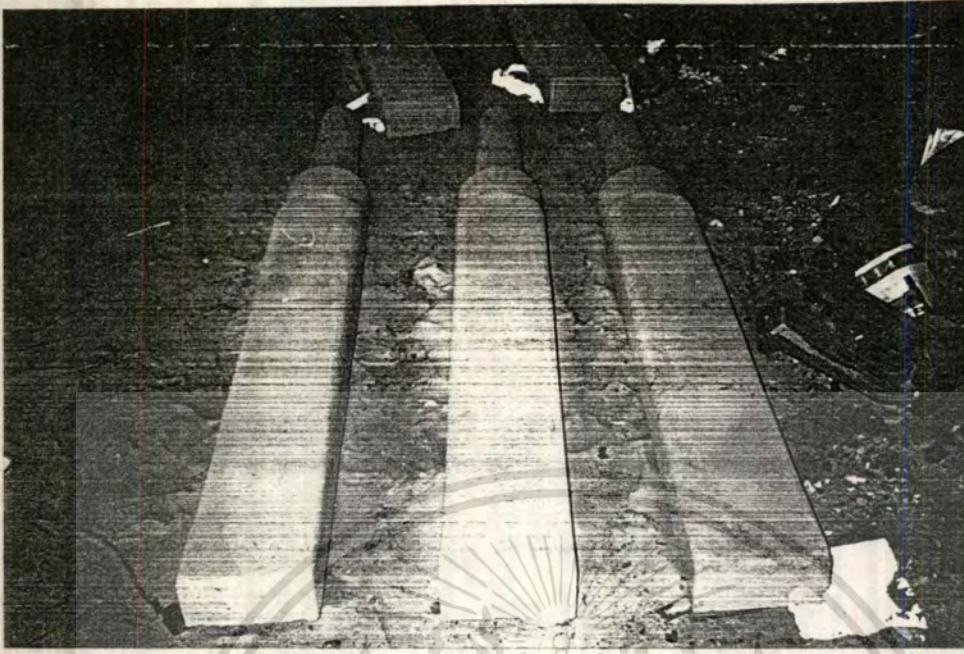
รูปที่ 1.3.3 แสดงการเจาะรูที่แบบก่อนผ่าน แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

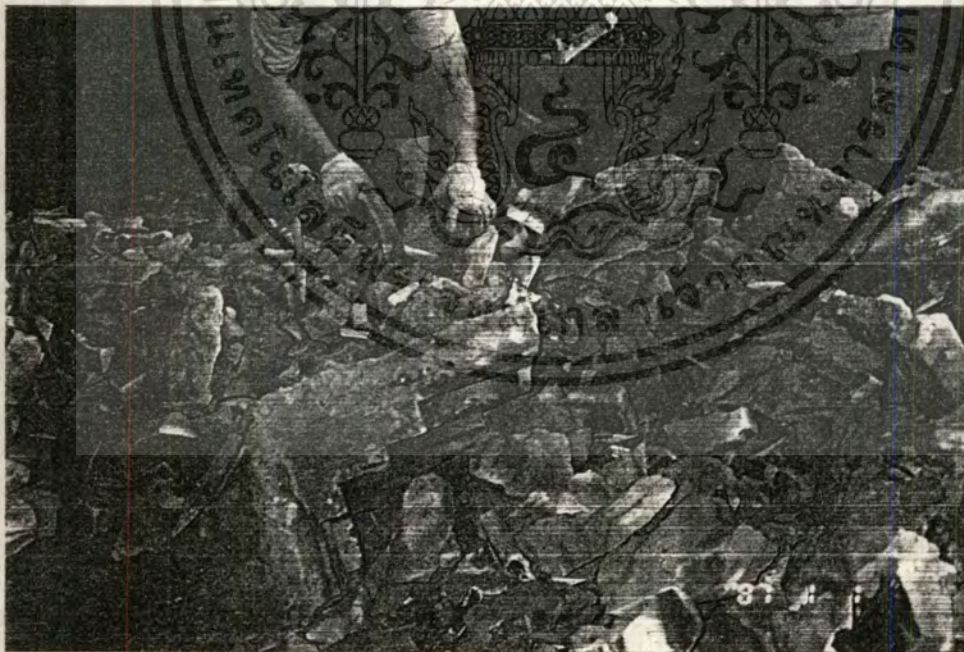


รูปที่ 1.3.4 ขั้นตอนการผ่าน แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์โดยอาศัย  
ท่อยาว เด็ก สอดลงไปในรูที่เจาะแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1.3.5 ตัวอย่างชิ้นส่วนของแบบหล่อทราย



รูปที่ 1.3.6 แบบหล่อทรายภายหลังการใช้งานจะถูกทุบ  
และนำมาบดรวมกันร่อนนำไปทิ้ง

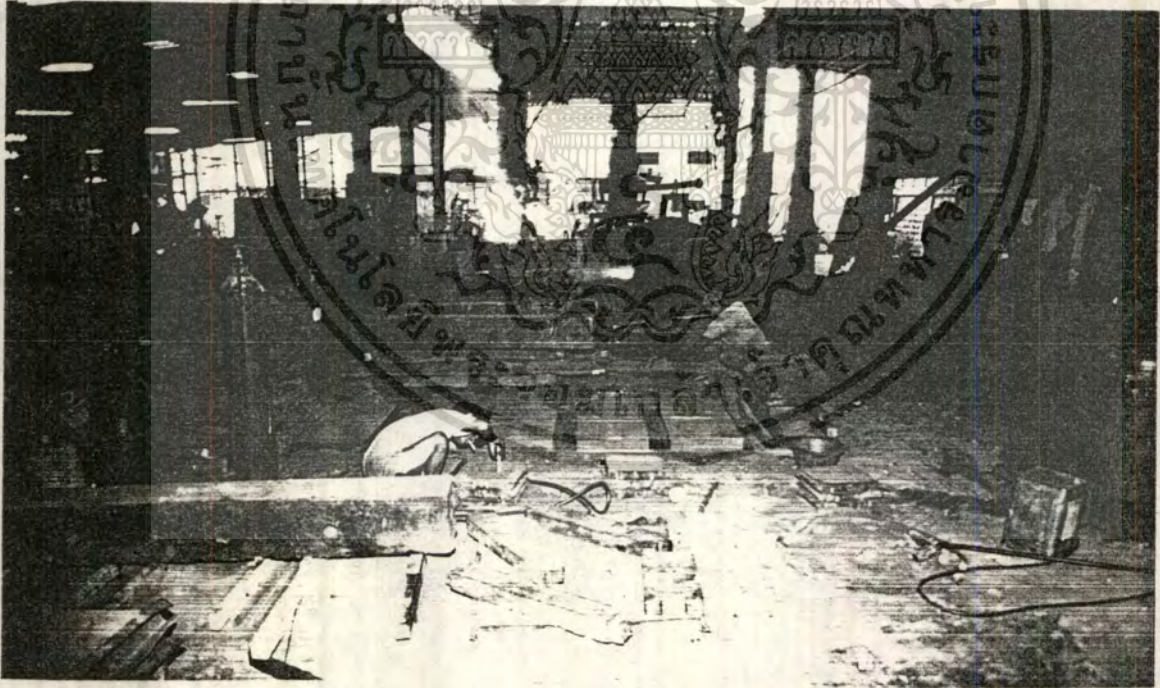
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

037189

## 2. โรงหล่อเลี้ยงฮัวเฮง

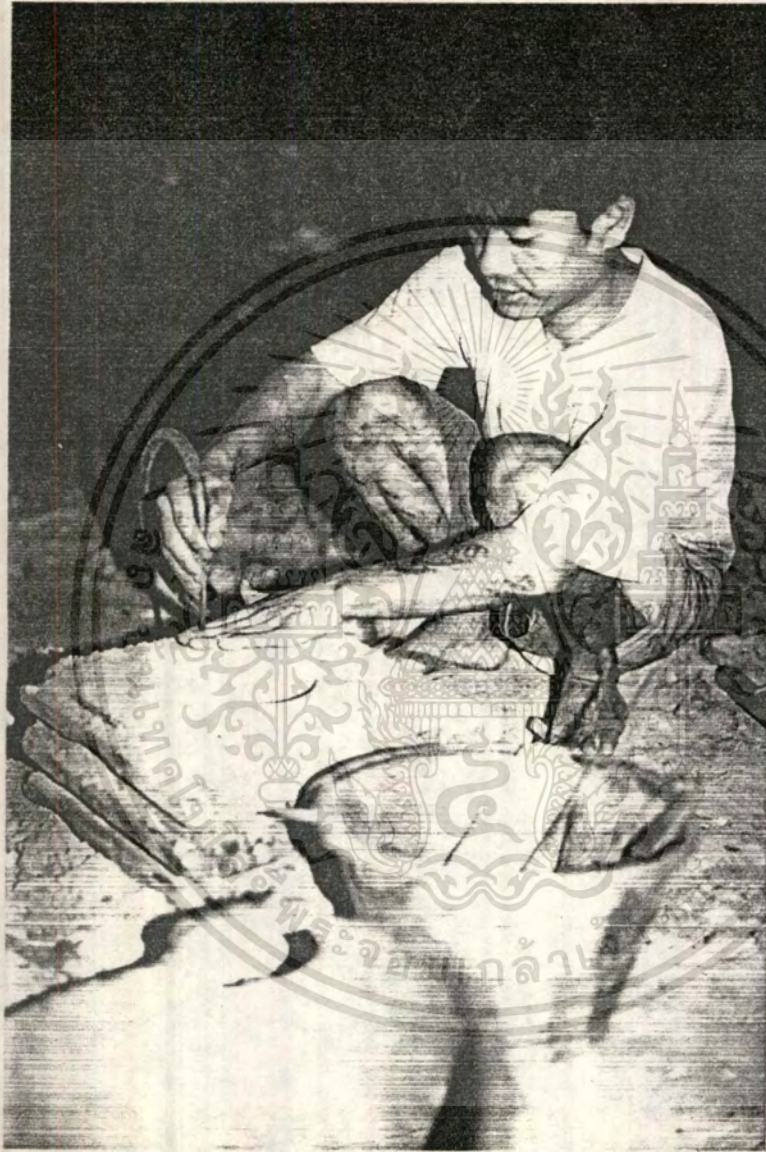


รูปที่ 1.3.7 โรงหล่อเลี้ยงฮัวเฮง



รูปที่ 1.3.8 สถานที่ภายในโรงงาน ถึงแก่สคาร์บอนไดออกไซด์  
จะถูกวางไวตามจุดที่มีการทำแบบหล่อขึ้นโลหะ

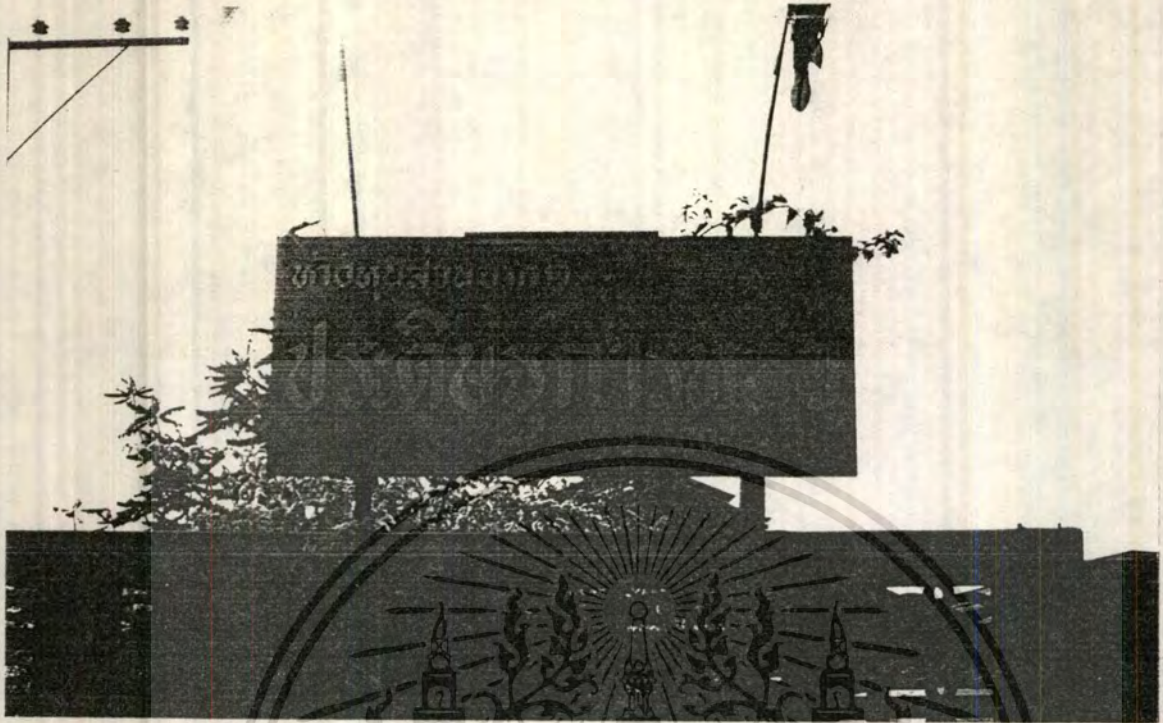
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



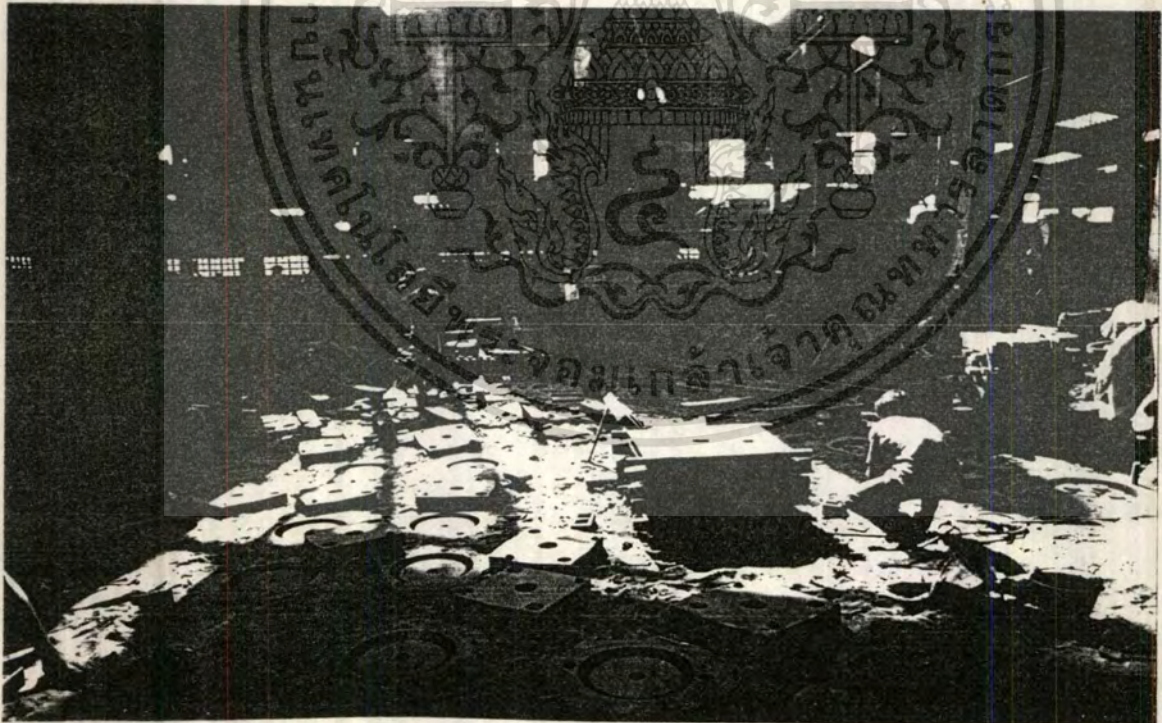
รูปที่ 1.3.9 ขั้นตอนการผ่านแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์( $\text{CO}_2$ )

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3. ประดิษฐ์การหล่อ

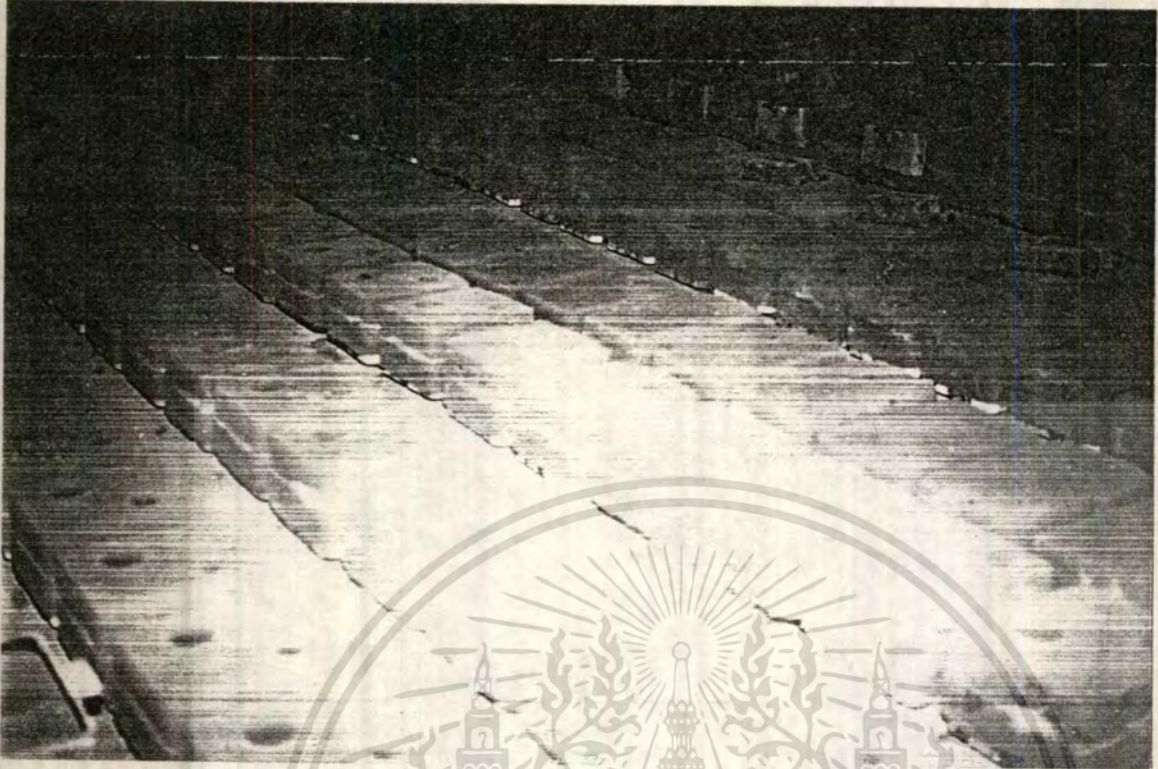


รูปที่ 1.3.10 ห้างหุ้นส่วนจำกัด ประดิษฐ์การหล่อ

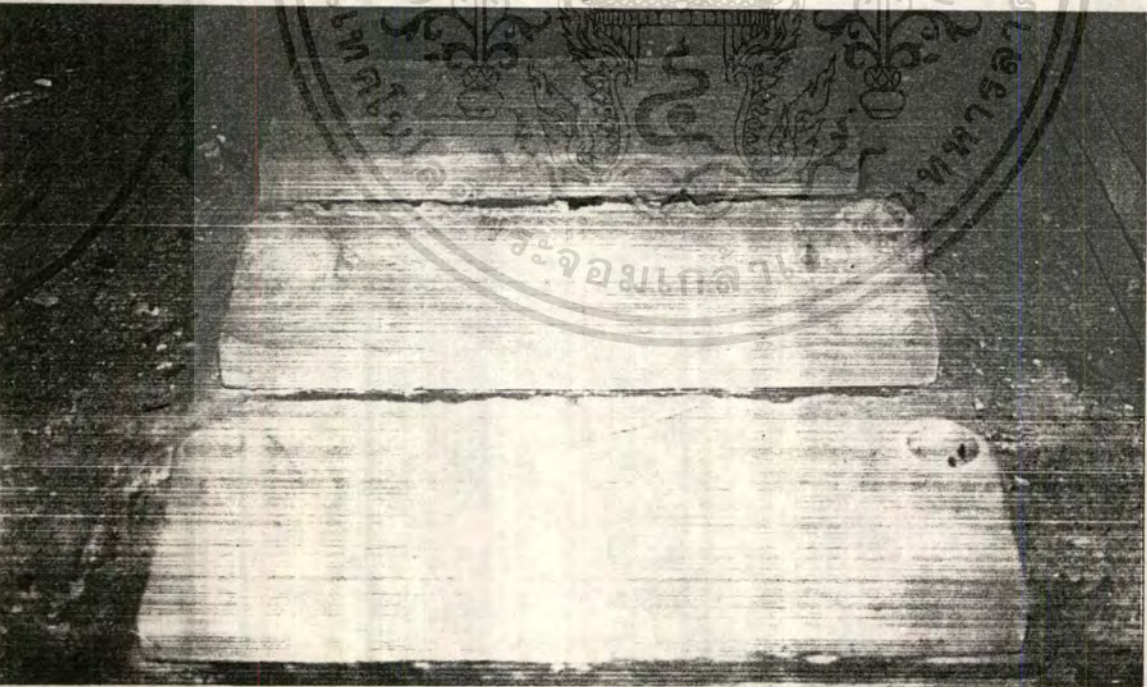


รูปที่ 1.3.11 โรงหล่อที่นี่เป็นโรงหล่อหนึ่งที่ใช้แบบหล่อทรายซีโอทู ในการหล่อชิ้นส่วนรถยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1.3.12 แบบหล่อทรายซีโอทู หลังจากผ่านแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์แล้ว  
พร้อมที่จะ ใช้หล่อเสื้อต่อไป



รูปที่ 1.3.13 ตัวอย่างแบบหล่อทรายซีโอทูในการหล่อชิ้นส่วนของเครื่องแยกร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

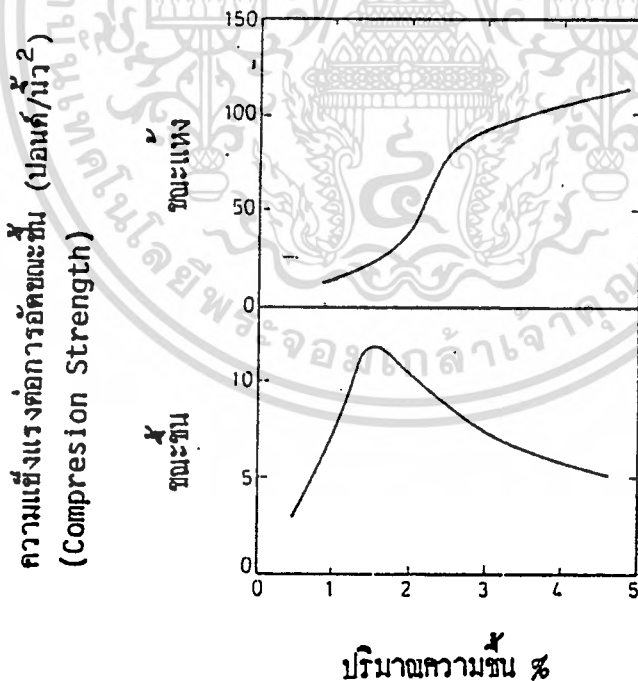


รูปที่ 1.3.14 ชั้นคอนกรีตฝ้าแบบ เพื่อ ไล่ฟองอากาศออก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

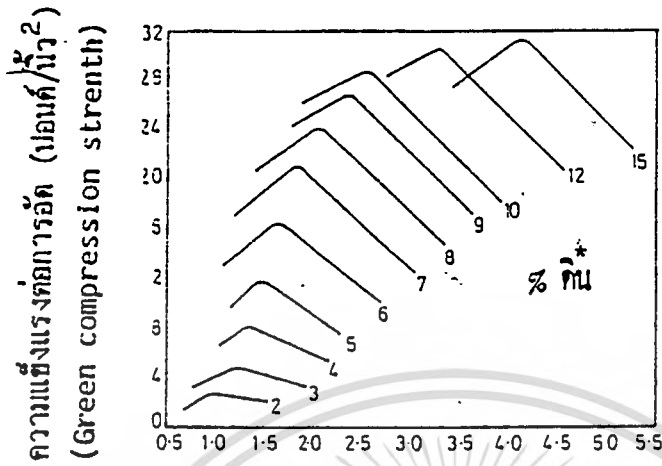
### 1.8) แฟกเตอร์ที่มีอิทธิพลต่อทรายทำแบบหล่อ

ทรายทำแบบหล่อเมื่อใช้ดินเป็นตัวประสานความแข็งแรงจะเพิ่มขึ้นเนื่องจากการเกิด hydration ความแข็งแรงขณะขึ้นของทราย (green strength) จะเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณน้ำที่ใช้ผสมสูงถึงจุด ๆ หนึ่ง หลังจากนั้นเมื่อเติมน้ำลงไปอีกจะทำให้ค่าความแข็งแรงลดลง อย่างไรก็ตามค่าความแข็งแรงขณะแห้ง (dry strength) จะสูงขึ้นไปอีกทั้ง ๆ ที่ปริมาณความชื้นคงเดิม ทั้งนี้อาจจะเป็นเพราะว่าเกิดการกระจายตัวของตัวประสานอิทธิพล ของปริมาณความชื้น คือความแข็งแรงของทรายทำแบบหล่อขณะขึ้นและขณะแห้งแสดงตามรูปที่ 1.4 และ รูปที่ 1.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณดิน และน้ำซึ่งมีอิทธิพลต่อ ความแข็งแรงขณะขึ้นของทรายทำแบบหล่อ และรูปที่ 1.6 แสดงถึงปริมาณของเบนโทไนด์ที่ใช้ผสมในทรายซิลิกา ซึ่งมีผลต่อความแข็งแรงขณะขึ้น

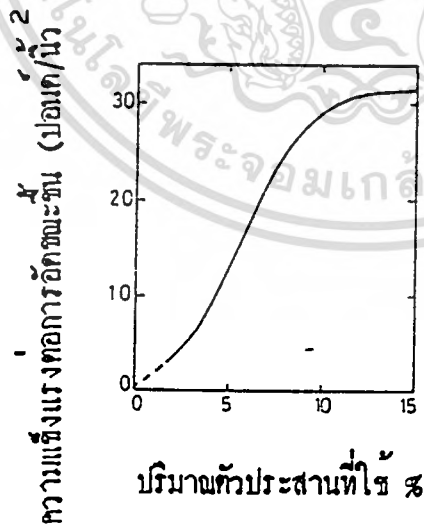


รูปที่ 1.4 แสดงอิทธิพลของปริมาณความชื้นต่อความแข็งแรงของทรายทำแบบหล่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์และแห้ง (สำหรับส่วนผสมทรายซิลิกาและเบนโทไนด์) ระยะเวลาในการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1.5 แสดงอิทธิพลของปริมาณดินและความชื้นต่อความแข็งแรงขณะขึ้นของทรายทำแบบหล่อ

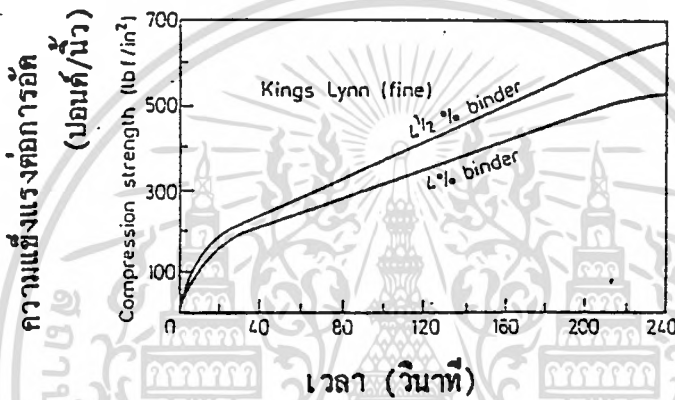


รูปที่ 1.6 แสดงถึงอิทธิพลของปริมาณของตัวประสานที่มีผลต่อความแข็งแรง

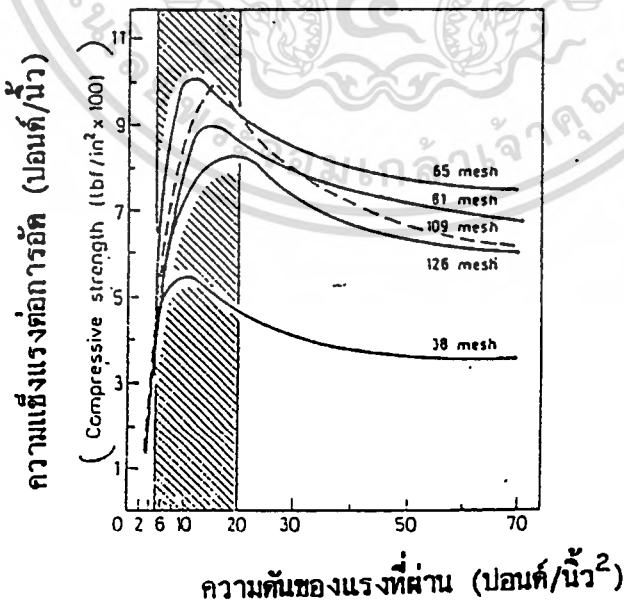
ขณะขึ้นของทรายทำแบบหล่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับทรายหล่อซีอิฐนั้นปฏิกิริยาการแข็งตัวเกิดจากการผ่านแกสคาร์บอนไดออกไซด์ลงไปยังน้ำแล้วทำให้เกิดเป็นสารแขวนลอยของซิลิกาเจล (silica gel) ซึ่งทำให้แข็งและเป็นตัวเชื่อมระหว่างเม็ดทราย ปฏิกิริยาการแข็งตัวจะเกิดเร็วมากในระยะเริ่มต้นซึ่งแสดงได้ตามรูปที่ 1.7 แต่ค่าความแข็งแรงต่อการอัดนั้นจะมีมากที่สุดเมื่อถึงจุดที่ปล่อยแกสเข้าไปจนถึงจุดวิกฤต (Critical amount of gas) ซึ่งเมื่อถึงจุดนี้แล้วถ้ายังผ่านแกสต่อไป ความแข็งแรงนั้นก็จะมีน้อยลง ซึ่งผลต่อการผ่านแกสคาร์บอนไดออกไซด์นั้นแสดงตามรูปที่ 1.8 การผ่านแกสเพื่อให้ความแข็งแรงมากขึ้น การผ่านแกสที่ความดันต่ำและใช้เวลานานจะได้ผลดีกว่ารูปที่ 11.9 เป็นผลของการผ่านแกสคาร์บอนไดออกไซด์ลงไปยังทรายหล่อโดยใช้งานเลยและทิ้งไว้ 24 ชั่วโมงแล้วจึงไปใช้งานพบว่าเมื่อทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง จะมีความแข็งแรงสูงกว่า



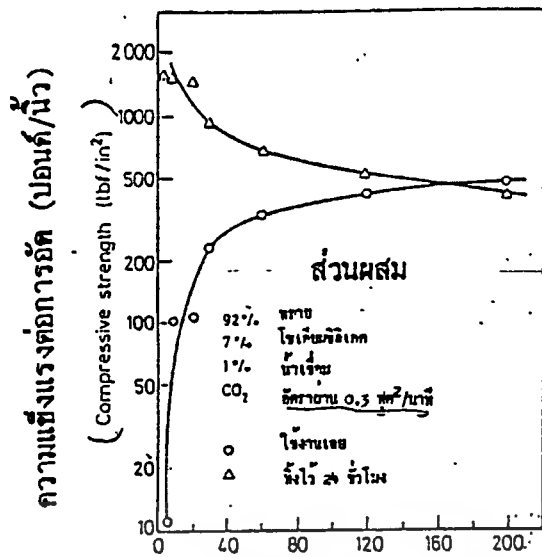
รูปที่ 1.7 ผลการผ่านแกสคาร์บอน ไดออกไซด์ในเวลาต่างๆ กัน ซึ่งมีผลต่อความทนทานต่อความแข็งแรงต่อการอัด



รูปที่ 1.8 ผลกระทบต่อความแข็งแรงต่อการอัดเมื่อผ่านแกสคาร์บอนไดออกไซด์

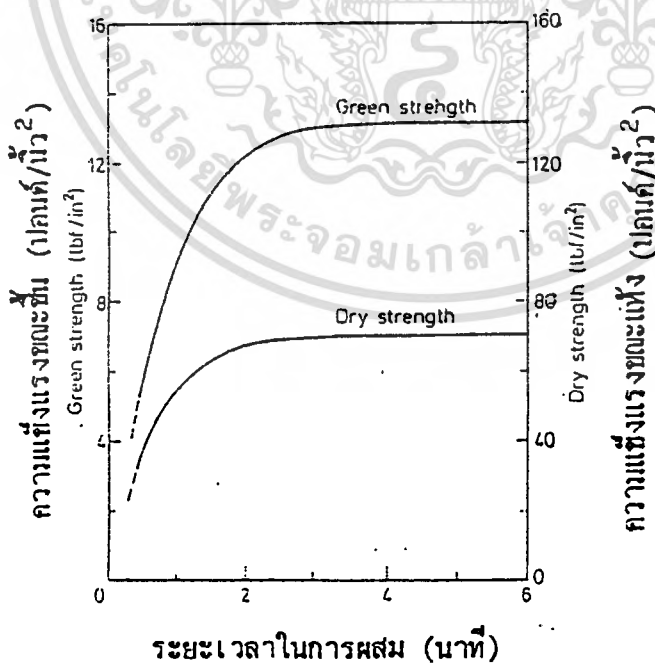
ลงไปในทรายทำแบบหล่อและค่าจะลดลงเมื่อผ่านแกสเลยจุดวิกฤต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1.9 ผลของการผ่านแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งมีผลต่อความแข็งแรงต่อ  
ทรายหลอมที่เพิ่มขึ้นภายหลังการบ่มทิ้งไว้

สำหรับเวลาในการผสมนั้นถ้าใช้เวลาในการผสมนานเกินไปจะทำให้เกิดความร้อนเนื่อง  
จากการเสียดสีของทรายและจะสูญเสียน้ำออกไปบางส่วน ทำให้ความแข็งแรงของทรายทำแบบ  
หล่อลดลงได้ ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาการผสมต่อความแข็งแรงขณะขึ้นและขณะแห้ง  
แสดงตามรูปที่ 1.10



รูปที่ 1.10 ความสัมพันธ์ของเวลาที่ใช้ในการผสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## หมวดที่ 2 ทฤษฎีในการทดสอบ

### 1.7 การทดสอบหาส่วนขนาดละเอียดของทราย(Sieve Analysis of Sand)

**ASTM : C 136-84)**

#### วัตถุประสงค์

เพื่อหาขนาดละเอียดของทราย โดยใช้ตะแกรงมาตรฐานสำหรับหาค่าพิสัยความละเอียด(Fineness modulus)ซึ่งเป็นดัชนีที่เป็นปฏิภาคโดยประมาณกับขนาดเฉลี่ยของอนุภาคทรายที่กำหนดให้ นั่นคือ ทรายยิ่งหยาบค่าพิสัยความละเอียดก็ยิ่งสูงขึ้น

#### วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. ทรายประมาณ 500 กรัม
2. ตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 4,8,16,30,50 และ100
3. เครื่องเขย่าตะแกรงชนิดมอเตอร์สำหรับทราย
4. ตาชั่งวัดได้ละเอียดถึง 0.1 %
5. เตาอบที่สามารถควบคุมอุณหภูมิได้

#### ขั้นตอนการทดลอง

1. เตรียมทรายสำหรับการทดสอบตรวจสอบว่าชื้นหรือไม่ ปกติควรเป็นทรายที่แห้ง หากชื้นเกินไปควรอบเสียก่อน
2. เตรียมชุดตะแกรงด้วยการทำความสะอาด ไม่ให้มีเศษฝุ่นผงค้างอยู่ภายในช่อง ชั่งน้ำหนักตะแกรงทุกขนาดแล้วบันทึกไว้ พร้อมกับจัดเรียงซ้อนตามลำดับพร้อมถาดรองอยู่ด้านล่างสุด
3. ค่อยๆเททรายที่เตรียมพร้อมไว้แล้วลงในชุดตะแกรง ปิดฝาให้สนิทแล้วนำไปเข้าเครื่องเขย่าจับเวลาประมาณ 10 นาที
4. ถึงขณะนี้ทรายที่มีเม็ดขนาดต่างๆจะถูกแยกแยะไปอยู่ในตะแกรงขนาดต่างๆเช่นกัน ให้นำตะแกรงที่มีทรายค้างอยู่นั้นไปชั่งน้ำหนักและจดบันทึกไว้อีกครั้งหนึ่งแล้วคำนวณหาค่าพิสัยความละเอียดต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## หมายเหตุ

ค่าพิกัดความละเอียดหาได้จากผลรวมของอัตราที่ค้างอยู่บนตะแกรงทั้งหมดหารด้วย 100

$$F.M. = \frac{(Comulative\%retained)}{100}$$

ทรายทั่วไปแบ่งเป็นทรายละเอียดมาก ทรายละเอียดและทรายหยาบแต่ละชนิดมีค่าพิกัดความละเอียดแตกต่างกัน ดังนี้

ทรายละเอียดมาก	ค่า F.M. = 0.50-1.50
ทรายละเอียด	ค่า F.M. = 1.50-2.50
ทรายหยาบ	ค่า F.M. = 2.50-3.50



## 1.8. การทดสอบปริมาณอินทรีย์สารที่ปนอยู่ในทรายสำหรับทราย

(Test for Organic Impurities in sand ASTM : C 40-79)

### วัตถุประสงค์

เพื่อทดสอบหาปริมาณสารอินทรีย์ที่ปนอยู่ในทราย ทั้งนี้เนื่องจากอินทรีย์สารวัตถุบางชนิดอาจเป็นเหตุให้ความแข็งแรงลดลงปกติสารอินทรีย์ดังกล่าว จะเกิดในรูปของสารจำพวกพีชที่ผุเน่าแล้วมักจะพบในทรายบดมากกว่าทรายแม่น้ำ

### วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. ทราย
2. ขวดแก้วใส ขนาดประมาณ 350 มล.
3. น้ำยาโซเดียมไฮดรอกไซด์ ชนิดเจือจาง 3 % (โดยน้ำหนัก)
4. เกลีสป็น
5. แถบสีมาตรฐาน หรือสารละลายสีมาตรฐานสำหรับเปรียบเทียบ

### ขั้นตอนการทดลองแบบทดสอบสีมาตรฐาน (Colorimeter Test)

1. นำทรายมาจากแหล่งต่างๆตามความต้องการ ควรมีความชื้นเพียงเล็กน้อยแต่อย่าชื้นมาจนเปียก เพราะจะทำให้ด้วยสำหรับการทดสอบอ่อนกำลังแต่ถ้าทรายแห้งเกินไปพวกสารอินทรีย์อาจสูญหายบ้าง
2. เททรายที่จะทดสอบลงในขวดแก้วใสสูงประมาณ 1/3 ของขวด จากนั้นเติม น้ำยาโซเดียมไฮดรอกไซด์ ชนิดเจือจาง 3 % (โดยน้ำหนัก) ลงไปให้ท่วมทรายและสูงเลยไปประมาณ 1/2 เท่าของความสูงของทราย
3. ตั้งขวดแก้วใสดังกล่าวไว้เฉยๆ เป็นเวลา 24 ชม. จึงบันทึกสีของเหลวไว้เพื่อนำไปเปรียบเทียบกับตัวอย่างที่ให้สีมาตรฐาน หากต้องการความรวดเร็วอาจประมาณผลได้จากการตั้งทิ้งไว้แล้วไม่น้อยกว่า 4 ชั่วโมง

หมายเหตุ ประดิษของเหลวจะมีสีเหลือง ทรายสะอาดของเหลวจะมีสีเหลืองอ่อนมากและยัง

สกปรกก็มีสีแก่เข้มขึ้นตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ขั้นตอนการทดลองแบบวัดตกตะกอน(Sedimentation Test)(ASTM : 33-84)

1. นำทรายมาจากแหล่งต่างๆตามความต้องการ ควรมีความชื้นเพียงเล็กน้อยแต่อย่าชื้นมาจนเปียก เพราะจะทำให้ตัวอย่างสำหรับการทดสอบอ่อนกำลังแต่ถ้าทรายแห้งเกินไปพวกสารอินทรีย์อาจสูญหายบ้างพร้อมเตรียมสารละลายของเกลือ โดยใช้อัตราส่วนน้ำ 0.5 ลิตรต่อเกลือ 1 ช้อนชา
2. เททรายที่จะทดสอบลงในขวดแก้วใสสูงประมาณ 5 ซม.จากนั้นสารละลายของเกลือ ที่เตรียมไว้ลงไปให้ท่วมทรายและสูงเลขไปประมาณ 5 ซม.
3. เขย่าขวดแก้วใสดังกล่าวไปมาอย่างแรงๆ 30 วินาที จากนั้นจึงตั้งขวดแก้วใสดังกล่าวไว้เฉยๆ เป็นเวลา 1-3 ชม. วัสดุจำพวกแร่ที่มีความละเอียดมากๆ ที่เกาะอยู่บริเวณผิวเม็ดทราย เช่น ดิน ฝุ่น ซึ่งละลายหลุดจากเม็ดทรายจะมาตกตะกอนทับถมกันในน้ำเหนือทราย ให้วัดความหนาของตะกอนดังกล่าว หากคิดเป็นอัตราส่วนเทียบกับความหนาทรายที่อยู่ข้างใต้แล้ว เกินกว่า 5% แสดงว่าทรายมีความสกปรกมาก

## 1.9. การทดสอบหาความถ่วงจำเพาะและการดูดซึมของทราย

(Test for Specific Gravity and Absorbtion of Fine Aggrigate)

ASTM : C 128-84

### วัตถุประสงค์

เพื่อหาความถ่วงจำเพาะและการดูดซึมของทรายภายใต้สภาวะอิ่มตัวผิวแห้ง

### วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. ทรายประมาณ 1200-1500 กรัม ที่อยู่ในสภาวะอิ่มตัวผิวแห้ง
2. พิคโนมิเตอร์(Picnometer)ซึ่งประกอบด้วยขวดโหลแห้งสำหรับบรรจุขนาด 1 ควอต ที่มีฝาแก้วปิดในแนวราบสนิทแน่นกับปากขวด
3. เครื่องวัดอุณหภูมิ
4. ตาชั่งวัดได้ละเอียดถึง 0.1 กรัม
5. เตาดอบที่สามารถควบคุมอุณหภูมิได้
6. โถแก้วกันความชื้น

### ขั้นตอนการทดลอง

1. แบ่งทรายที่เตรียมไว้เป็นสองส่วนเท่าๆกัน ชั่งน้ำหนักบันทึกค่าแทนด้วย B
2. นำทรายส่วนหนึ่งเข้าเตาดอบให้แห้งสนิทประมาณ 1 ชั่วโมง แล้วจึงนำมาใส่ในโถกันความชื้น เพื่อทิ้งไว้ให้วัสดุตัวอย่างเย็นลงตามปกติ นำไปชั่งน้ำหนักและบันทึกค่าแทนด้วย A
3. เทน้ำที่ทราบอุณหภูมิลงในขวด พิคโนมิเตอร์(Picnometer) ให้สูงประมาณ 3/4 ของขวดนำทรายส่วน B เติมลงไปเขย่าหรือคนให้ทั่วเพื่อไล่ฟองอากาศออกให้หมด จากนั้นจึงเติมน้ำลงไปให้เต็ม พอดีปากขวดพร้อมกับทำให้ไม่มีฟองอากาศเหลืออยู่เลยเช่นเดียวกันแล้วจึงปิดฝาแก้ว นำไปชั่งและบันทึกค่าแทนด้วย W
4. จากนั้นนำค่าต่างๆมาคำนวณหาตามวัตถุประสงค์ดังต่อไปนี้

$$\text{ความถ่วงจำเพาะ(เมื่อวัสดุแห้งสนิท)} = \frac{A}{W + B - W_C}$$

$$\text{ความถ่วงจำเพาะ(ภายใต้สภาวะอิ่มตัวผิวแห้ง)} = \frac{B}{W + B - W_C}$$

$$\text{อัตราการดูดซึม} = \frac{B - A}{A} \times 100\%$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่

A = น้ำหนักมวลรวมที่ซั่งหลังจากผ่านการอบแห้งสนิท

B = น้ำหนักมวลรวมภายใต้สภาวะอิมตัวผิวแห้ง

W = น้ำหนักขดพิก โนมิเตอร์ที่บรรจุน้ำชนิดเดียวกับที่ใช้ทดสอบเค็มปาก  
ขวด

$W_C$  = น้ำหนักขดพิก โนมิเตอร์ที่บรรจุน้ำและมวลรวม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 1.10. การทดสอบการกำลังรับแรงดึงของซีเมนต์มอร์ต้า

(Test for Tensile Strength of Hydraulic Cement Mortar)

ASTM : C 190-72

### วัตถุประสงค์

เพื่อหาลำกำลังรับแรงดึงของซีเมนต์มอร์ต้า เพื่อเปรียบเทียบกับกำลังรับแรงดึงมาตรฐาน

### วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. ซีเมนต์ ประมาณ 1000 ถึง 1200 กรัม สำหรับการทดสอบ 6 ตัวอย่าง และประมาณ 1500 ถึง 1800 กรัม สำหรับการทดสอบ 9 ตัวอย่าง
2. ทรายมาตรฐานปรกติทรายมาตรฐานควรเป็นทรายจากอิตาลี หรือ เทียบเท่าผ่านตะแกรงเบอร์ 20 และล้างบนตะแกรงเบอร์ 30
3. ตะแกรงเบอร์ 20 และ 30 ตามมาตรฐาน ASTM designation E 11
4. ตาชั่ง
5. Briquet Gang Molds คือ แบบหล่อแท่งตัวอย่างทำด้วยวัสดุที่ซีเมนต์ไม่ยุบเกาะ เช่น ทองเหลืองภายในมีช่องสำหรับบรรจุซีเมนต์มอร์ต้ารูปโค้งรี และ คอดเล็กตรงกลาง
6. กระบอกแก้วตวงน้ำ
7. เกรียงเหล็ก
8. เครื่องผสมมอร์ต้าตามมาตรฐาน ASTM : C 305 -65
9. เครื่องทดสอบกำลังดึง ที่มีความสามารถในการให้แรงดึงต่อตัวอย่างโดยต่อเนื่องในอัตรา  $600 \pm 25$  ปอนด์ต่อนาที (  $40 \pm 25$  กก.ต่อนาที )
10. ฝูงมียาง

### จำนวนตัวอย่างที่ใช้ทดสอบ

6 ตัวอย่างหรือมากกว่า

## ขั้นตอนการทดลอง

1. เตรียมซีเมนต์มอร์ต้ามาตรฐาน จากซีเมนต์ 1 ส่วนและทรายมาตรฐาน 3 ส่วนโดยน้ำหนัก ใช้เปอร์เซ็นต์ของน้ำเปรียบเทียบจากอัตราน้ำที่พอเหมาะกับความชื้นเหลือของวันซีเมนต์จากตารางที่แสดงใช้ข้างล่างนี้

ตารางแสดงความต้องการของเปอร์เซ็นต์น้ำที่ต้องการ

เปอร์เซ็นต์น้ำที่เหมาะสม สำหรับวันซีเมนต์	เปอร์เซ็นต์น้ำที่ต้องการ สำหรับซีเมนต์มอร์ต้าที่มีอัตราส่วน 1:3
15	9.0
16	9.2
17	9.3
18	9.5
19	9.7
20	9.8
21	10.0
22	10.2
23	10.3
24	10.5
25	10.7
26	10.8
27	11.0
28	11.2
29	11.3
30	11.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หรือหากเปอร์เซ็นต์น้ำที่ต้องการสำหรับปูนซีเมนต์ ไม่เป็นไปตามตารางแล้ว หรือ อัตราส่วนของซีเมนต์ต่อทรายเปลี่ยนแปลงไป ก็อาจคำนวณหาได้จากสมการ

$$Y = \frac{2P}{3(n+1)} + K$$

เมื่อ  $Y$  = เปอร์เซ็นต์น้ำที่ต้องการสำหรับซีเมนต์มอร์ต้า

$P$  = เปอร์เซ็นต์น้ำที่เหมาะสมกับความชื้นเหลวปกติของปูนซีเมนต์

$n$  = สัดส่วนของทรายเมื่อเทียบกับซีเมนต์ 1 หน่วย โดยน้ำหนัก (ในที่นี้  $n = 3$ )

$K$  = ค่าคงที่สำหรับทรายมาตรฐานเท่ากับ 6.5

## 2. การผสมซีเมนต์มอร์ต้า อาจผสมได้ 2 วิธี คือ

2.1 ผสมด้วยมือ ให้คลุกเคล้าซีเมนต์และทรายเข้าด้วยกันบนภาชนะหรือ พื้นที่สะอาด ราบเรียบ และไม่ดูดซึมน้ำ เมื่อผสมกันได้ที่แล้วให้เกลี่ยรวมกันเป็นกองและทำแอ่งตรงกลางค่อยๆ รินน้ำด้วยปริมาณที่คำนวณหรือเปรียบเทียบได้ลงตรงกลางแอ่ง ใช้เกรียงเหล็กคักส่วนผสมรอบนอกเข้าไปในแอ่งให้หมดภายใน 30 วินาที และจึงปล่อยให้ส่วนผสมดูดซึมน้ำอีก 30 วินาที แล้งจึงใช้มือที่สวมถุงยางผสมคลุกเคล้าให้เป็นมอร์ต้า ภายในเวลาประมาณ 90 วินาที

## 2.2 ผสมด้วยเครื่องผสมมอร์ต้า มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

- เทน้ำทั้งหมดลงในหม้อผสม
- เทซีเมนต์ตามลงไป แล้วเปิดสวิทช์เดินเครื่องด้วยความเร็วต่ำ ( $140 \pm 5$  rpm) เป็นเวลา 30 วินาที
- เติมทรายที่เตรียมไว้ลงไป ในหม้อผสมช้าๆ โดยที่ยังคงเดินเครื่องด้วยความเร็วเท่าเดิม เททรายให้หมดภายใน 30 วินาที
- หยุดเครื่องและเปลี่ยนความเร็วปานกลาง ( $285 \pm 10$  rpm) เดินเครื่องทิ้งไว้ 1 นาที
- หยุดเครื่องอีก เพื่อพักมอร์ต้าไว้ 90 วินาที โดยที่ภายใน 15 วินาทีแรกให้รีบปาดส่วนที่เลอะข้างๆ หม้อผสมลงให้หมด แล้วปิดฝา
- เมื่อครบเวลาพัก จึงเดินเครื่องต่อด้วยความเร็วปานกลางเท่าเดิมต่อไปอีก 30 วินาที เป็นอันจบกระบวนการผสมมอร์ต้า

### 3. การบรรจุซีเมนต์มอร์ต้าลงในแบบ

3.1 ก่อนบรรจุซีเมนต์มอร์ต้าลงในแบบ ให้ทาเคลือบผิวด้านที่สัมผัสซีเมนต์ด้วยน้ำมันพืชบางๆ เตรียมไว้ก่อนจึงค่อย ๆ อัดซีเมนต์มอร์ต้าลงไปให้เต็มโดยไม่ต้องออกแรงกดใด ๆ เมื่อเต็มแล้วจึงใช้หัวแม่มือกดลงไป โดยออกแรงประมาณ 6-9 กก. จำนวน 12 ครั้งต่อช่องแบบ ซีเมนต์มอร์ต้าจะล้นขอบแบบขึ้นมาเล็กน้อยใช้เกรียงเหล็กปาดแต่งให้เรียบเบา ๆ ด้วย แรงกดไม่เกิน 2 กก.

3.2 นำแผ่นโลหะที่ทาน้ำมันพืชแล้วหรือแผ่นกระจกมาเปิดประกบปากแบบไว้ แล้วพลิกแบบกลับเอาด้านล่างขึ้น และอัดซีเมนต์มอร์ต้าด้วยวิธีการเดียวกับข้อ 3.1

3.3 จากนั้นจึงเอาผ้าชุบน้ำพอมืด ๆ มาปิดคลุม ตั้งทิ้งไว้ 20 - 24 ชม. จึงแกะแบบนำแท่งตัวอย่างไปบ่มในน้ำสะอาดให้ครบอายุตามต้องการ

4. เมื่อต้องการทดสอบตัวอย่างที่อายุครบกำหนดตามต้องการ ให้นำตัวอย่างขึ้นจากน้ำ ผึ่งให้ผิวแห้งแล้วจึงนำตัวอย่างไปเข้าเครื่องทดสอบ นำค่าที่ได้มาเทียบกับค่ามาตรฐาน ที่แสดงไว้ข้างล่างนี้

อายุตัวอย่างทดสอบ	ประเภทซีเมนต์		
	1	2	3
1 วัน ในอากาศชื้น (psi)	-	-	275
1 วัน ในอากาศชื้น 2 วัน ในน้ำ (psi)	150	125	375
1 วัน ในอากาศชื้น 6 วัน ในน้ำ (psi)	275	250	-
1 วัน ในอากาศชื้น 27 วัน ในน้ำ (psi)	350	325	-

5. การนำตัวอย่างเข้าทำการทดสอบตามข้อ 4. ตัวอย่างทดสอบจะต้องมีค่าความคลาดเคลื่อนของอายุที่ยอมรับให้ดังนี้

อายุตัวอย่างทดสอบ	ค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับให้
1 วัน	± 1/2 ชม.
3 วัน	± 1 ชม.
7 วัน	± 3 ชม.
28 วัน	± 12 ชม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. ค่ากำลังรับแรงดึง (Tensile Strength) ของซีเมนต์มอร์ต้า หาได้จากสมการ

$$f_t = \frac{P}{A}$$

โดย

$f_t$  = กำลังรับแรงดึงประลัย มีหน่วยเป็น กก/ตร.ซม. หรือ ปอนด์/ตร.นิ้ว

$P$  = แรงดึง มีหน่วยเป็น กก. หรือ ปอนด์

$A$  = พื้นที่หน้าตัดของแท่งตัวอย่าง วัดที่รอยขาดตั้งฉากกับแรงดึงมีหน่วยเป็นตร.ซม.

หรือ ตร.นิ้ว



### 1.11. การทดสอบกำลังรับแรงอัดของซีเมนต์มอร์ต้า

(Test for Compressive strength of Hydraulic Cement Mortar)

ASTM : C 109 - 80

#### วัตถุประสงค์

เพื่อทดสอบหา

5x5x5 ซม. เปรียบเทียบความแข็งแรงที่เพิ่มขึ้น หรือที่เปลี่ยนแปลงเนื่องจากปริมาณของน้ำผสมและระยะเวลาของการบ่ม

#### วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. ซีเมนต์ (ประมาณ 500 กรัม สำหรับ 6 ตัวอย่าง และ 750กรัม สำหรับ 9 ตัวอย่าง)
2. ทรายมาตรฐานที่คัดขนาดแล้ว
3. ตะแกรง
4. แบบหล่อลูกบาศก์ขนาด 5x5x5 ซม. ทำด้วยวัสดุที่ซีเมนต์ไม่ยึดเกาะ
5. หลอดแก้วกระทุ้ง หรือวัสดุอื่นที่ไม่ดูดซึมน้ำ ไม่สึกหรือเมื่อถูกเสียดสีและไม่เปราะหักง่าย อาทิ แท่งยางแข็ง ไม่มีขนาดหน้าตัดประมาณ 13x25 มม. และมีความยาวประมาณ 120 ถึง 150 มม. หน้าตัดปลายที่ใช้กระทุ้งต้องตั้งฉากกับแกนยาวของแท่ง
6. เครื่องผสมมอร์ต้าตามมาตรฐาน ASTM
7. เครื่องเหล็ก
8. เครื่องทดสอบกำลังอัด อาจเป็นแบบไฮดรอลิกหรือแบบเกลียวหมุนโยกด้วยมือ สามารถอ่านค่าละเอียดถึง  $\pm 0.01$
9. โต๊ะควบคุมการไหลพร้อมแบบกรวย (Flow Table)

#### จำนวนตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบ

3 ตัวอย่างหรือมากกว่า

### ขั้นตอนการทดลอง

1. ตรวจสอบการเรียงขนาดของเม็ดทราย โดยใช้วิธีการร่อนทรายผ่านตะแกรง 4 ขนาด คือ เบอร์ 100 , 50 , 30 และ 16 โดยจะต้องมีเปอร์เซ็นต์ค้างบนตะแกรงประมาณ  $98 \pm 2$  ,  $75 \pm 5$  ,  $2 \pm 2$  และ 0 ตามลำดับ หลังจากนั้นให้นำตัวอย่างมาทำการแบ่งสี่ (quartering) เพื่อให้ได้ตัวอย่างจำนวนตามต้องการ
2. การเตรียมอัตราส่วนของซีเมนต์และทรายมาตรฐานปกติใช้อัตราส่วน 1 : 2.75 และใช้ ปริมาณ w/c ratio = 0.485 เป็นจุดเริ่มต้น
3. ผสมซีเมนต์มอร์ต้าด้วยเครื่องผสมตามหลักการเดียวกันกับวิธีทดสอบที่ผ่านมา
4. เสร็จแล้วนำซีเมนต์มอร์ต้ามาหาค่าการไหล เพื่อหาปริมาณน้ำที่เหมาะสมปฏิบัติ เช่นเดียวกับ การหาค่าความชื้นเหลือของซีเมนต์มอร์ต้า หรือจะหาจากสมการหาเปอร์เซ็นต์น้ำที่เหมาะสม ที่ปรากฏอยู่ในการทดสอบหาค่ารับแรงดึงของซีเมนต์มอร์ต้าก็ได้เช่นกัน
5. เมื่อได้ปริมาณน้ำที่เหมาะสมแล้ว ให้ผสมซีเมนต์มอร์ต้าใหม่ เพื่อบรรจุในแบบหล่อ หลังจากชโลมน้ำมันในช่องแบบจนทั่วแล้วจึงใส่ซีเมนต์มอร์ต้าลงไปประมาณครึ่งหนึ่งของความสูงของแบบหล่อ (1") ระยะเวลาเสร็จสิ้นตรงจุดนี้ ควรใช้เวลาไม่เกิน  $2\frac{1}{2}$  นาทีแล้วใช้แท่งมาตรฐาน กระทุ้งให้ได้ 32 ครั้งภายในเวลา 10 วินาที โดยแบ่งการกระทุ้งเป็น 4 รอบ ดังแสดงในรูป

1	2	3	4
8	7	6	5

รอบที่ 1 และ 3

4	5
3	6
2	7
1	8

รอบที่ 2 และ 4

6. จากนั้นใส่ซีเมนต์มอร์ต้าลงในแบบที่เหลือจนเต็ม และกระทุ้งอีก 32 ครั้งภายใน 10 วินาที โดยแบ่งเป็น 4 รอบเช่นเดียวกัน เสร็จแล้วปาดผิวหน้าให้เรียบ ใช้ผ้าชุบน้ำพอหมาด ๆ คลุม และคั้งทิ้งไว้เฉย ๆ เป็นเวลา 24 ชม. จึงแกะแบบบนนำแท่งตัวอย่างไปบ่มในน้ำที่มีอุณหภูมิประมาณ  $23^{\circ}C$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอญญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. ทดสอบกำลังอัดของตัวอย่างที่อายุ 24 ชม. , 3 วัน , 7 วัน และ 28 วัน ตามลำดับ การนำแท่งตัวอย่างขึ้นจากน้ำ หากนำขึ้นมาก่อนเวลาทดสอบ 24 ชม.ให้คลุมด้วยผ้าหมาดไว้จนถึงเวลาทดสอบ เช็ดผิวตัวอย่างให้แห้ง ปิดเม็ดทรายหรือสะเก็ดที่ติดผิวหน้าออก ข้อควรระวังก็คือ จะต้องให้ผิวหน้า เรียบจริง ๆ หากโค้งหรือไม่สม่ำเสมอเพียงเล็กน้อย ให้ฝนให้เรียบด้วยกระดาษทรายน้ำละเอียด ถ้าโค้งหรือขรุขระมาก (เกินกว่า 0.08 มม.) ให้ทิ้งไปไม่นำมาทดสอบ ก่อนนำตัวอย่างเข้าทดสอบให้วัดขนาดหน้าตัด ความสูง และชั่งน้ำหนักของตัวอย่างแต่ละก้อน และ บันทึกไว้

8. การทดสอบแท่งตัวอย่าง ให้เดินเครื่องทดสอบเพิ่มแรงอัดอย่างสม่ำเสมอกระทั่งแท่งตัวอย่างแตก เวลาที่นับจากการให้แรงอัดเพิ่มในแท่งตัวอย่างจนกระทั่งแตก จะต้องอยู่ภายในช่วงเวลา 20-80 วินาที นำค่ากำลังรับแรงอัดที่ได้มาเทียบกับค่ามาตรฐานที่แสดงไว้ข้างล่างนี้

อายุตัวอย่างทดสอบ	ประเภทซีเมนต์		
	1	2	3
1 วัน ในอากาศชื้น ( $\text{kg/cm}^2$ )	-	-	120
1 วัน ในอากาศชื้น 2 วัน ในน้ำ ( $\text{kg/cm}^2$ )	85	70	210
1 วัน ในอากาศชื้น 6 วัน ในน้ำ ( $\text{kg/cm}^2$ )	150	130	-
1 วัน ในอากาศชื้น 27 วัน ในน้ำ ( $\text{kg/cm}^2$ )	245	245	-

9. การนำตัวอย่างเข้าทำการทดสอบตามข้อ 8. ตัวอย่างทดสอบจะต้องมีค่าความคลาดเคลื่อนของอายุที่ยอมรับให้ดังนี้

อายุตัวอย่างทดสอบ	ค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับให้
1 วัน	$\pm 1/2$ ชม.
3 วัน	$\pm 1$ ชม.
7 วัน	$\pm 3$ ชม.
28 วัน	$\pm 12$ ชม.

10. ค่ากำลังรับแรงอัด (Compressive Strength) ของซีเมนต์มอร์ต้า หาได้จากสมการ โดย

$$f_c = \frac{P}{A}$$

โดยที่

$f_c$  = กำลังรับแรงอัดประลัย มีหน่วยเป็น กก/ตร.ซม. หรือ ปอนด์/ตร.นิ้ว

$P$  = แรงอัด มีหน่วยเป็น กก. หรือ ปอนด์

$A$  = พื้นที่หน้าตัดของแท่งตัวอย่าง ที่มีหน่วยเป็นตร.ซม. หรือ ตร.นิ้ว



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 1.12. การทดสอบกำลังดัดคานคอนกรีต

(โดยการทดสอบแรงกระทำจุดเดียวที่กึ่งกลางคานตัวอย่าง)

(Test for Flexural Strength of concrete)

(Using simple Beam with Center-Point Loading)

ASTM : C293-68

#### วัตถุประสงค์

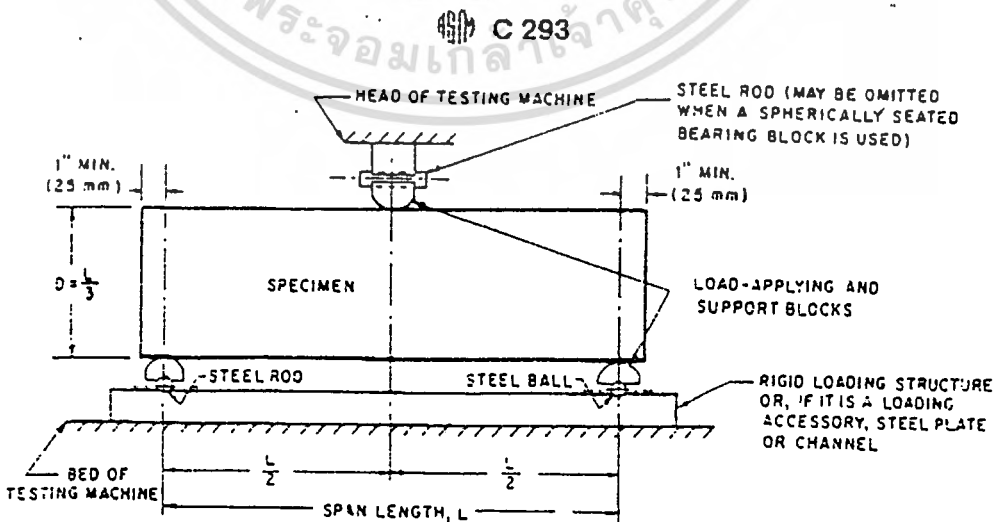
เป็นการทดสอบหาลำดับค้ำของคอนกรีตด้วยคานตัวอย่าง ที่มีหน้าตัดขนาดเล็ก (เล็กกว่า 15×15 ซม.ลงมา)

#### วัสดุและอุปกรณ์การทดลอง

1. วัสดุที่ใช้ในการทดสอบเตรียมเช่นเดียวกับการทดสอบกำลังอัดของคอนกรีต
2. อุปกรณ์ในการทดสอบ

เครื่องทดสอบแรงดัดประกอบด้วยแท่งกคตัวอย่างพร้อมกับค้ำยัน 2 ตัวที่มั่นใจได้ว่าแรงที่ลงทั้งหมดจะกดลงที่ตัวอย่าง โดยไม่มีการเอียงศูนย์ ชุดทดสอบทั้งหมดจะจัดตำแหน่งให้แรงดที่กึ่งกลาง span ระหว่างค้ำยันสองตัวโดยมีความคลาดเคลื่อนได้  $\pm 0.05$  in ( $\pm 1.3$ mm.)

ดังรูป



รูปแสดงการจัดชุดเครื่องมือทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3. แบบหล่อคานขนาด 15×15×60 ซม.

แบบหล่อต้องประกบกันได้สนิทแน่นเมื่อประกบกันแล้วต้องยึดอยู่อย่างแข็งแรงและมั่นคงไม่คูดงคืบ น้ำ แบบหล่อนี้ต้องทำด้วยโลหะผนังข้างของแบบหล่อต้องมีความแข็งแรงพอที่แบบจะไม่ บิดเบี้ยวหรือแบ่งตัว ผิวในต้องใสเรียบตลอดความยาวคานและไม่คูดงคืบน้ำ

### ขั้นตอนการทดลอง

#### 1. การเตรียมแบบหล่อและการเตรียมตัวอย่าง

เช่นเดียวกับการทดสอบกำลังอัดและกำลังดึงของคอนกรีต

#### 2. การทดสอบกำลังดัด

2.1 จัดตัวอย่างคานที่จะทดสอบวางบนจุดที่จะรองรับ พร้อมกับแรงกระทำที่กึ่งกลาง ดังแสดงในรูปและเดินเครื่องทดสอบเพิ่มแรงกระทำอย่างสม่ำเสมอประมาณ 125-175 psi. (0.86-1.21 Mpa)/นาที

2.2 การวัดขนาดหลังจากการทดสอบจะวัดค่าความกว้างและความยาว สามช่วงคือริมสองข้าง และที่กึ่งกลางแล้ว ใช้ค่าเฉลี่ยที่ได้จากการวัด

2.3 กำลังดัดของคานหาได้ในรูปของโมเมนต์แตกร้าจากสมการต่อไปนี้

$$R = \frac{3PL}{2bd^2}$$

โดยที่

P = แรงกระทำที่กึ่งกลางคานกระทำคานหัก

L = ระยะช่วงคานระหว่างที่รองรับ

b = ความกว้างเฉลี่ยของคานที่กึ่งกลาง

d = ความยาวเฉลี่ยของคานที่กึ่งกลาง

## \*1.13 การทดสอบแรงเฉือนของเหล็กเส้นกลม

มอก.49-2528

### วัตถุประสงค์

เพื่อกำหนดค่าต้านทานแรงเฉือนของเหล็กเส้นกลม ในแรงเฉือนระนาบเดียวและแรงเฉือนสองระนาบ

### การทดสอบแรงเฉือนของเหล็กเส้นกลม

Shearing Stress เป็นพฤติกรรมของแรงอย่างหนึ่ง ซึ่งกระทำขนานกับหน้าตัดของวัสดุซึ่งไม่แตกต่างกันไปจากแรงดึงและแรงอัดซึ่งกระทำตั้งฉากกับระนาบของวัสดุ หน่วยแรงเฉือนที่เกิดขึ้นโดยทั่วไปสามารถแยกได้ดังนี้

- 1.แรงเฉือนที่กระทำต่อหน้าตัด โดยตรง โดยถือว่าแรงผ่านจุดศูนย์กลางของหน้าตัด ซึ่งลักษณะของแรงเฉือนที่เกิดขึ้นประเภทนี้ได้แก่ แรงเฉือนที่เกิดขึ้นในหมุดย้ำและสลักเกลียว
- 2.หน่วยแรงเฉือนที่เกิดขึ้นจากแรงที่กระทำตั้งฉากกับแกนสะเทินของ โครงสร้าง เช่น คานลักษณะเช่นนี้จะทำให้เกิดหน่วยแรงเฉือนในแนวนอนตามแกนสะเทินของ โครงสร้างและจะมีหน่วยแรงเฉือนมากที่สุดที่แกนสะเทินและมีค่าเป็น 0 ที่ขอบผิวบนและล่างของหน้าตัดของ โครงสร้าง
- 3.หน่วยแรงเฉือนที่เกิดขึ้น โดยที่แรงไม่ได้กระทำที่แกนสะเทินและจุดศูนย์กลางของหน้าตัด แต่กระทำ เป็นแรงคู่ควบรอบหน้าตัดของ โครงสร้างนั้น ซึ่งหน่วยแรงเฉือนชนิดนี้เป็นผลเนื่องจากแรงบิดที่กระทำต่อหน้าตัดของ โครงสร้างนั่นเอง

### การเตรียมตัวอย่างขึ้นทดสอบ

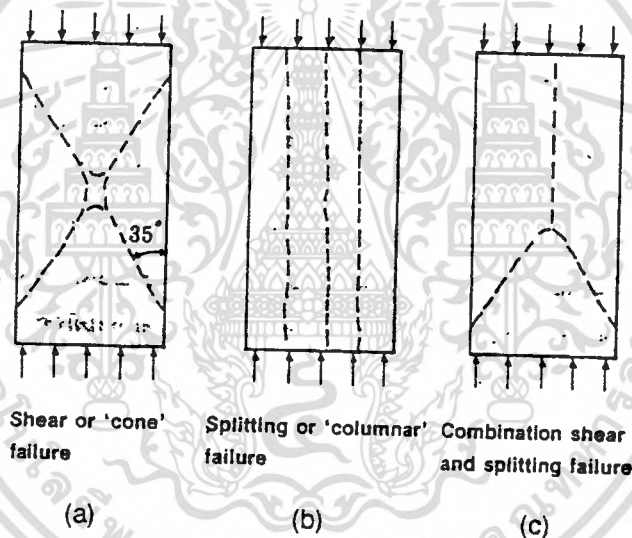
ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของขึ้นทดสอบรวมทั้งความยาวถือระบุไว้ในตาราง

เส้นผ่าศูนย์กลางของวงแหวน สำหรับทดสอบ(มม.)	ความยาวของขึ้นทดสอบ(มม.)
30	135
20	135
15	135

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

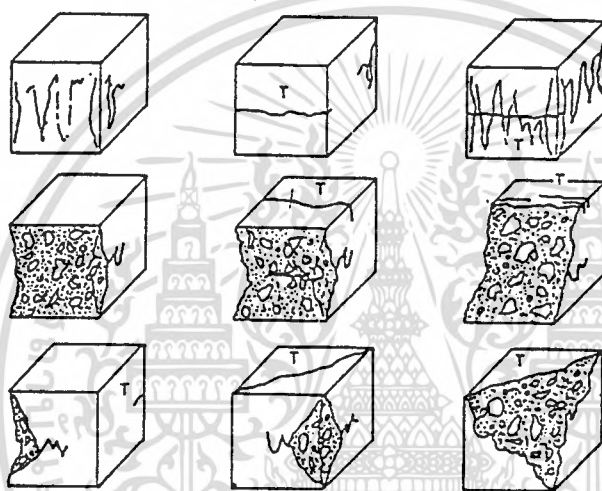
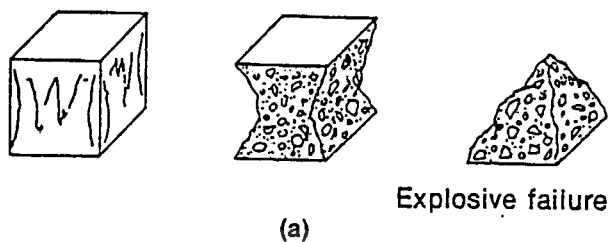
### 1.14. ลักษณะการแตกของก้อนตัวอย่างคอนกรีต

ลักษณะการชำรุดแตกหักของก้อนตัวอย่างคอนกรีตที่รับแรงอัด มักแตกออกเป็นรูปกรวยคู่ (Shear Failure) โดยมีปลายกรวยอยู่ที่กึ่งกลางของทรงกระบอก ดังแสดงในรูปที่ 1.11 (a) โดยเกิดจากการถูกเฉือนในระนาบที่เอียงกับแรงกด อันเนื่องมาจากแรงยึดเหนี่ยวระหว่าง วัสดุผสมและความเสียดทานภายใน ดังนั้นมุมของการแตกหัก จึงมีค่าเท่ากับ  $45^{\circ} - \frac{\phi}{2}$  เมื่อ  $\phi$  เป็นมุมของความเสียดทานภายใน ของคอนกรีตซึ่งมีค่าประมาณ  $20^{\circ}$  ดังนั้นระนาบของความเสียหายของตัวอย่างคอนกรีตจึงเอียงประมาณ  $35^{\circ}$  ลักษณะการแตกของก้อนตัวอย่าง อาจเป็นการแตกแบบแยกออก (Splitting Failure) ดังรูปที่ 1.11 (b) หรืออาจเป็นการรวมของลักษณะการแตกของทั้ง 2 แบบ (Combination Shear and Splitting Failure) ดังรูปที่ 1.11 (c)



รูปที่ 1.11 การแตกของก้อนตัวอย่างรูปทรงกระบอก

ส่วนลักษณะการแตกของก้อนตัวอย่างรูปทรงลูกบาศก์ที่ถูกต้องจะแตกเป็นรูปปิรามิด ดังแสดง  
 ในรูป 1.12



รูปที่ 1.12 (a) ลักษณะการแตกของก้อนตัวอย่างรูปทรงลูกบาศก์ที่ถูกต้อง  
 (b) การแตกที่ไม่ถูกต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## วิธีการทดสอบ

1. วัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของชิ้นทดสอบอย่างน้อย 2 จุด นำมาคำนวณหาพื้นที่หน้าตัดเฉลี่ย
2. ประกอบชุดทดสอบแรงเฉือนดังรูปเข้ากับแท่นวัด
3. ใส่แหวนทดสอบเลือกขนาดที่เหมาะสมกับตัวอย่าง
4. นำตัวอย่างใส่ในแหวนแล้วเพิ่มแรงอย่างต่อเนื่องจนตัวอย่างขาด
5. บันทึกค่าแรงสูงสุดพร้อมทั้งเขียนภาพตัวอย่างหลังการทดสอบ
6. ทำการทดสอบตัวอย่างชิ้นต่อไป โดยทำการทดสอบทั้งแรงเฉือนระนาบเดียวและสอบระนาบ



\* “การทดสอบแบบทำลาย” อุดมวิทย์ กาญจนวงศ์.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ทรายซึ่งไม่มีดินเป็นตัวประสานในธรรมชาติ ทรายประเภทนี้ได้แก่ ทรายซิลิกาซึ่งจำแนกออกได้เป็น

2.1 ทรายแม่น้ำ ทรายชนิดนี้ประกอบด้วย  $\text{SiO}_2$  72-80% ขนาดและรูปร่างไม่สม่ำเสมอมีความทนไฟต่ำ ลักษณะการเกิด เกิดจากการที่หินแกรนิตถูกกัดกร่อนแล้วถูกกระแสพัดพา มาทับถม ซึ่งในระหว่างถูกพัดพาหินจะถูกชะล้างออก จะมีเหลืออยู่ก็น้อยมากทรายชนิดนี้พบอยู่ทั่วไป เมื่อนำมาใช้ในงานหล่อโลหะต้องผสมดินทนไฟลงไป ในปริมาณ 10-15 % แต่ปัญหาที่พบหลังจากนำไปใช้ก็คือ เกิดการเซาะกร่อนของทรายเกิดรูพรุนในชิ้นงานและปริมาณทรายที่หล่นเข้าไปในชิ้นงานเป็นต้น แหล่งทรายนี้มีการนำมาใช้บ้างจากแม่น้ำโขง แม่น้ำชีทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

2.2 ทรายชายหาด ทรายชนิดนี้เกิดจากการสีกร่อนของหินแกรนิต และถูกชะล้างด้วยน้ำไหลลงผ่านแม่น้ำลงสู่ทะเลและมาทับถมบนชายหาด จึงทำให้มีดินปะปนอยู่น้อย ขนาดของเม็ดทรายสม่ำเสมอและมีรูปร่างกลม มีปริมาณ  $\text{SiO}_2$  อยู่ระหว่าง 85-95 % ปัจจุบันนิยมใช้กันมากสำหรับโรงงานหล่อโลหะ ส่วนใหญ่เป็นทรายที่ได้จากจังหวัดระยอง นอกจากนี้ยังมีแหล่งอื่น ๆ ที่จังหวัดสงขลา

2.3 ทรายซิลิกาที่บดแล้ว ทรายชนิดนี้เตรียมขึ้นเพื่อให้ได้ขนาดเม็ดทรายกระจายอยู่ตามที่ต้องการ จะมีอยู่ด้วยกัน 2 ชนิด คือชนิดแรกเกิดจากการบดหินควอตซ์ด้วยเครื่องย่อย (impeller breaker) ซึ่งความบริสุทธิ์ของทรายนี้มี  $\text{SiO}_2$  สูงถึง 96-99 % อีกวิธีหนึ่งเกิดจากการล้างทรายซิลิกาซึ่งทรายพวกนี้จะปะปนอยู่กับดินที่นำมาทำผลิตภัณฑ์เซรามิกส์มีปริมาณของ  $\text{SiO}_2$  อยู่ 94-96 %

### 3. ทรายทนความร้อนสูง

นอกเหนือจากทรายธรรมชาติและทรายซิลิกาที่กล่าวมาแล้วมีทรายที่ใช้กับงานหล่อโลหะซึ่งสามารถทนความร้อนจากน้ำโลหะได้อย่างดี ได้แก่

3.1 ทรายโอลิวิน ทรายนี้ประกอบไปด้วยฟอสเตอร์ไรท์ (forsterite  $2\text{MgO} \cdot \text{SiO}_2$ ) และฟายาไลท์ (fayalite  $2\text{FeO} \cdot \text{SiO}_2$ ) ซึ่งมีการนำความร้อนและความทนไฟสูง ใช้ในการทำแบบหล่อชิ้นงานที่เป็นเหล็กกล้าแมงกานีสสูง ในประเทศยังไม่มีการพบทรายชนิดนี้ส่วนในต่างประเทศพบมากในประเทศนอร์เวย์

3.2 ทรายเซอร์คอน ตามทฤษฎีนั้นประกอบด้วย  $\text{ZrO}_2$  67.2 % และ  $\text{SiO}_2$  32.8 % การนำความร้อนมีค่าเป็น 2 เท่าของทรายซิลิกา มีความทนไฟสูง การขยายตัวเมื่อได้รับความร้อนจะต่ำกว่าทรายซิลิกา 1/3 เท่า และมีคุณสมบัติในการป้องกันการร่วงของทรายเข้าไปในเนื้อโลหะ ดังนั้นจึงนำไปใช้ในการหล่อโลหะหรือหล่อเหล็กกล้าสำหรับชิ้นงานที่มีน้ำหนักมากหรือส่วนที่เป็นมุม ทรายเซอร์คอนจะมีเนื้อละเอียดและมีขนาดอยู่ระหว่าง 65-200 เมช พบตามแหล่งตามธรรมชาติปะปนกับแร่ต่าง ๆ โดยเฉพาะแร่ดีบุกในประเทศมีราคาค่อนข้างแพง จึงทำให้ไม่เป็นที่นิยมใช้กันมากนัก จะใช้ทำเฉพาะผิวแบบหล่อ สำหรับงานหล่อบางชนิดเท่านั้น

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 ทราวยโครไมต์ ตามทฤษฎีทราวยโครไมต์ประกอบด้วย  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  68% ทราวยโครไมต์ปกตินี้จะมีเนื้อละเอียดประมาณ 40-270 เมช แต่อย่างไรก็ตามทราวยโครไมต์ก็มีหลายชนิด มีความละเอียดแตกต่างกัน ปัจจุบันโรงงานหล่อในประเทศจะใช้ทราวยโครไมต์นี้โดยนำเข้าจากประเทศทางอาฟริกาใต้ และออสเตรเลีย

3.4 ทราวยซมอด ทราวยประเภทนี้เกิดจากการเผาหินปูนไฟที่อุณหภูมิ  $1450^{\circ}\text{C}$  และนำมาชดใช้งาน มีคุณสมบัติการขยายตัวเมื่อได้รับความร้อนต่ำ จึงป้องกันการเกิดเสียหายต่าง ๆ ได้ เช่น การเกิดสะเก็ดที่ผิวงานและอื่น ๆ แต่ก็ระวังเพราะมีคุณสมบัติในการดูดความชื้นได้ ตรงกันข้ามการทำแบบหล่อถาวรสามารถทำจากทราวยประเภทนี้ได้โดยใช้กับการหล่อจำนวนหลาย ๆ ครั้งได้

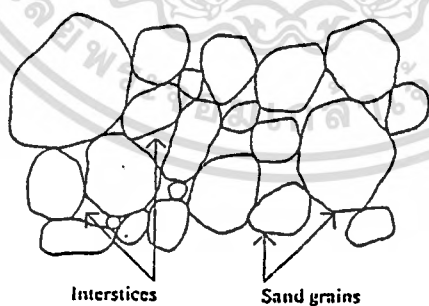
ตารางที่ 2.1 แสดงส่วนประกอบทางเคมีของทราวยซิลิกาจากแหล่งต่าง ๆ

ชนิดของทราวย	$\text{SiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	CaO	MgO	$\text{TiO}_2$	Ig.LOSS
ทราวยแม่น้ำจาก Kiso river ญี่ปุ่น	76.6	13.5	2.19	2.20	0.78		4.10
ทราวยชายหาด							
1. จังหวัดระยอง	97.00	0.62	0.30	0.10	0.76	0.17	1.05
2. จาก Aichire Prefecture ญี่ปุ่น	93.45	4.11	1.08	0.34	0.42		0.57
3. จาก Yamaguchi Prefecture ญี่ปุ่น	95.48	2.29	0.44	0.03	0.20		
ทราวยซิลิกาที่บดแล้ว							
1. บดด้วยเครื่อง impeller	98.25	0.90	0.17	0.15	0.09		0.03
2. บดด้วยเครื่อง Conical mill	95.65	4.470	0.14	0.25	0.09		0.03

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## รูปร่างและขนาดของเม็ดทราย

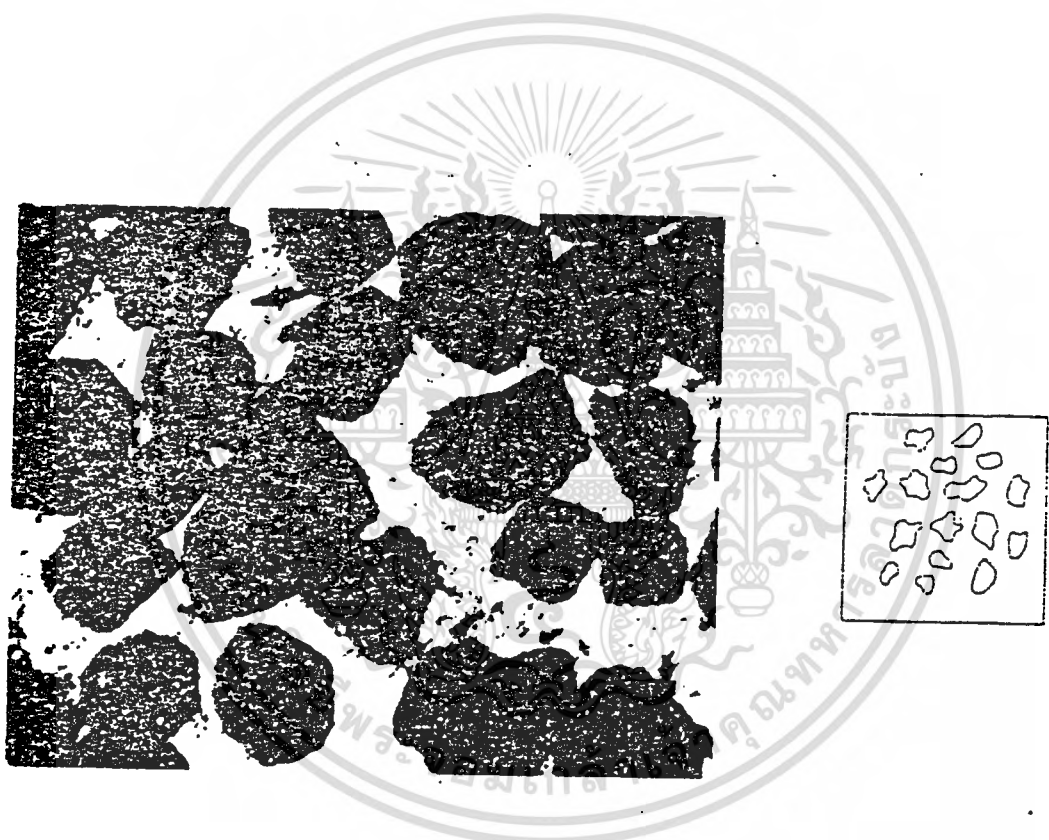
ทรายที่ใช้ทำแบบหล่อที่มีคุณภาพจะต้องเป็นทรายที่พร้อมที่จะทำแบบหล่อได้โดยไม่เกิดปัญหากับชิ้นงานหล่อ ซึ่งจะต้องมีคุณสมบัติเฉพาะหลายประการ ค้ำที่กล่าวมาแล้ว แต่ทรายบางชนิดก็อาจจะขาดคุณสมบัติบางอย่างไปได้ คุณสมบัติเล็ก ๆ ที่จะต้องมี คือ การระบายแก๊สได้ดี (permeability) การมีแรงยึดเหนี่ยว (Cohesiveness) และมีความทนไฟสูง (refractoriness) ทั้งนี้เนื่องจากเมื่อน้ำโลหะลงไปแบบหล่อแล้วจะมีแก๊สและไอน้ำออกจากแบบหล่อและน้ำโลหะ ซึ่งทรายจะต้องยอมให้แก๊สเหล่านี้ผ่านออกไปได้นั่นก็คือ จะต้องมีความพรุนตัว มิฉะนั้นชิ้นงานจะเสียหายเกิดฟองอากาศขึ้นได้ ความแน่น (compactness) และความหนาแน่นของทราย (density) นั้นขึ้นกับขนาดรูปร่างของเม็ดทรายซึ่งอาจมีลักษณะกลม เหลี่ยม หรือค่อนข้างกลม จะมีผลต่อการระบายของแก๊ส ทั้งนี้เนื่องจากจะทำให้เกิดช่องว่างทั้งขนาดเล็กหรือใหญ่อยู่ในโครงสร้าง แสดงตามรูปที่ 2.1 โดยเม็ดทรายที่มีลักษณะกลมจะยอมให้อัตราการไหลตัวของแก๊สผ่านสูงที่สุด ในขณะที่เม็ดทรายที่มีลักษณะเป็นเหลี่ยมหรือค่อนข้างกลมจะมีแรงยึดติดกันแน่นดีกว่า และทำให้มีความแข็งแรงมากที่สุด การนำเอาทรายเม็ดกลมที่มีขนาดใหญ่และสม่ำเสมอมาใช้ทำแบบ จะทำให้การทำงานและแบบนี้มีอัตราลมผ่านที่ดี แต่ถ้านำมาผสมกับตัวประสานที่เป็นดิน



รูปที่ 2.1 แสดงความแน่นของเม็ดทราย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะมีความแข็งแรงน้อยกว่าทรายเหลี่ยม ทรายชนิดนี้จะมีความแข็งแรงเมื่อได้รับความร้อนเพิ่มขึ้นอย่างกระทันหัน แต่จะไปเกิดจุดเสียที่เรียกว่า สแค๊ป ส่วนทรายเหลี่ยมเมื่อนำมาใช้ทำแบบจะกระทุ้งแบบให้แน่นได้ยาก ถ้าเปรียบกับทรายชนิดกลม แต่ความแข็งแรงของแบบหล่อจะสูงกว่าทรายกลมเนื่องจากการยึดตัวดีกว่า ถ้าได้รับความร้อนเพิ่มขึ้นอย่างกระทันหัน ทรายจะขยายตัวและเกิดจุดเสียของสแค๊ปเพราะมันมีระยะห่าง ระหว่างเม็ดทรายด้วยกันเองน้อย โดยทั่วไปแล้วทรายชนิดเม็ดกลมหรือเม็ดมน จะนิยมใช้เป็นทรายหล่อ เพราะจะใช้ตัวประสาน น้อยกว่าชนิดเหลี่ยม รูปที่ 2.2 และ 2.3 แสดงลักษณะของทรายค่อนข้างกลมและกลม



รูปที่ 2.2 แสดงลักษณะของทรายค่อนข้างกลม ขยาย 50 เท่า



รูปที่ 2.3 แสดงลักษณะของทรายกลม ขยาย 50 เท่า

สำหรับขนาดของเม็ดทรายควรมีขนาดปานกลาง และมีการกระจายขนาดในช่องแคบ กล่าวคือ เมื่อนำทรายไปร่อนในเครื่องสั่นร่อนเพื่อหาลักษณะการกระจาย (distribution) ของเม็ดทรายตามมาตรฐาน ASTM จะได้ค่า F.M. ประมาณ 2.5

ในการทำแบบหล่อแต่ละชนิด ทรายที่นำไปใช้จะมีขนาดที่แตกต่างกัน กล่าวคือชิ้นงานที่มีขนาดเล็ก ต้องการความเที่ยงตรงสูงและผิวละเอียดจะใช้ทรายที่มีขนาดเล็ก ซึ่งทรายขนาดนี้การระบายอากาศไม่ดีนัก เพื่อให้การระบายอากาศดีขึ้นแบบหล่อจะต้องมีความหนาไม่มาก ด้วยเหตุผลดังกล่าว จึงนิยมนำทรายขนาดนี้ไปทำแบบหล่อเปลือก (shell Mold) และแบบหล่อคาร์บอนไดออกไซด์ (CO<sub>2</sub> Mold) ซึ่งขนาดของเม็ดทรายที่ใช้จะอยู่ในช่วง 65 mesh ส่วนแบบหล่อทรายขึ้น (Green Sand Mold) เนื่องจากมีความชื้นมากขึ้น ขนาดเม็ดทรายที่นำมาใช้จึงต้องมีขนาดใหญ่ขึ้นเพื่อช่วยให้การระบายอากาศได้ดี

### คุณสมบัติต่างๆของทรายทำแบบหล่อ

คุณสมบัติของทรายทำแบบหล่อได้กล่าวมาแล้วในตอนต้นว่าทรายทำแบบหล่อที่ดีนั้น จะต้อง มีคุณสมบัติในการระบายอากาศที่ดี มีการกระจายตัวของขนาดเม็ดทรายและปริมาณความชื้นที่เหมาะสม มีความแข็งแรงไม่แตกหักง่ายขณะเคลื่อนย้ายเป็นต้น ต่อไปนี้เป็นารอธิบายถึงคุณสมบัติของทรายทำแบบหล่อและหัวข้อที่จะต้องทดสอบ ซึ่งรายละเอียดตามตารางที่ 8 โดยคุณสมบัติของทรายทำแบบหล่อสภาพขึ้น (green state) นั้นจะรวมถึงปริมาณน้ำที่มีอยู่และผสมเข้าไป ส่วนคุณสมบัติในสภาวะที่แห้งนั้น (dry state) เป็นคุณลักษณะที่จะต้องไล่น้ำออกไปจากทราย และในสภาวะที่ทรายได้รับความร้อน (hot state) เพิ่มขึ้นเกิดจากการเทน้ำโลหะเข้าไปในแบบหล่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.8 คุณสมบัติต่างๆของทรายทำแบบหล่อ

คุณสมบัติ	หัวข้อทดสอบ	อธิบาย
คุณสมบัติ ของทราย ในสภาพชื้น (Charactor in green state)	อัตราการผ่านของทราย ขณะขึ้น (Green permeability)	หาได้โดยคำนวณจากการจับเวลาที่ให้อากาศปริมาตร 2000 ซีซี ผ่านลงไปชั้นตัวอย่างทรายขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 50 มม. สูง 50 มม. โดยทำการอัดด้วยความดันคงที่
	ความแข็งแรงต่อการอัด ขณะขึ้น (Green Compression Strength)	ค่าความแข็งแรงต่อการอัดขณะขึ้นของทรายทำแบบหล่อนั้นวัดได้โดยเครื่องทดสอบความเค้นแรงอัด โดยเพิ่มน้ำหนักกลงไปบนชั้นตัวอย่างของทรายที่มีความชื้นจนกระทั่งแตกหัก ทรายที่มีค่าความแข็งแรงต่อการอัดต่ำมากไม่ควรนำทรายนั้นมาใช้ทำแบบหล่อ ค่าที่ได้ควรมากกว่า 0.7 ก.ก./ตร.มม.
	การเปลี่ยนรูปร่างขณะขึ้น (Green Deformation)	การเปลี่ยนแปลงรูปร่างขณะขึ้นของทรายทำแบบหล่อนั้นเป็นค่าที่แสดงถึงการจับยึดแน่นของทราย การทำให้ทรายแตกสลายตัวทำได้ 2 วิธี วิธีหนึ่งโดยทำให้แตกทันทีและอีกวิธีค่อยๆทำให้แตกทำลาย วิธีหลังนี้ใช้พิจารณาถึงการที่ทรายมีค่าการเปลี่ยนแปลงรูปร่างขณะขึ้นสูง ซึ่งทรายที่มีคุณสมบัติเช่นนี้จะทำให้ยากในการนำไปทำแบบหล่อ ค่าของการเปลี่ยนแปลงรูปร่างขณะขึ้นนี้ ขอมให้เปลี่ยนแปลงได้ 2.5-3.0 % เมื่อใช้ทำแบบหล่อยด้วยมือและขอมให้ได้ 1-1.5 % เมื่อใช้เครื่องจักร
	การไหลตัวของทราย (Flowability of sand)	การไหลตัวของทรายเป็นค่าดัชนีที่แสดงคือ ความแน่นตัวของทรายหลังจากการได้รับแรงกระแทก ค่าจำกัดความของการไหลตัวของทรายมีด้วยกันมากมาย ทรายที่มีรูปร่างลักษณะกลม จะทำให้คุณสมบัติการไหลตัวที่ดี ซึ่งทรายที่มีลักษณะนี้เหมาะที่ใช้ทำแบบหล่อยด้วยเครื่อง Jolt squeeze machine และทรายที่มีการไหลตัวที่ดี จะช่วยทำให้แบบหล่อยมีความราบเรียบมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณสมบัติ	หัวข้อทดสอบ	อธิบาย
คุณสมบัติ ของทราย ในสภาพแห้ง (Character in dry state)	อัตราการผ่านของทรายขณะ แห้ง (Dry permeability)	อัตราการผ่านของทรายขณะแห้งวัดได้เช่นเดียวกับอัตราการผ่านของทรายขณะชื้น ซึ่งค่าที่วัดได้นั้นจะสูงกว่า แต่ทรายตัวอย่างที่นำมาทดสอบนั้นจะต้องอบแห้งเสียก่อน
	ความแข็งแรงต่อการอัดขณะ แห้ง (Dry Compression Strength)	การวัดโดยใช้หินตัวอย่างมาตรฐานที่อบแห้งแล้วขนาดสูง 50 มม. และเส้นผ่านศูนย์กลาง 50 มม. การทดสอบทำที่อุณหภูมิเดียวกันกับที่ใช้อบแบบหล่อ การวัดโดยเพิ่มน้ำหนักกดจนกว่าหินตัวอย่างจะแตกหัก การเติมสาร เช่น ดินเหนียว เบนโทไนต์ และพวกแป้งเพื่อให้เกิดความแข็งแรงของทรายนั้นอุณหภูมิที่ใช้อบแบบหล่อเมื่อใช้ดินเหนียวเป็นตัวประสานที่อุณหภูมิ 400 °ซ และเมื่อใช้เบนโทไนต์และแป้งที่อุณหภูมิ 200-230 °ซ .
	ความทนทานต่อแรงดึงขณะ แห้ง (Dry Tensile Strength)	ใช้ทดสอบทรายทำแบบหล่อที่ใช้น้ำมันเป็นตัวประสาน เช่น น้ำมันลินสีด ค่าความแข็งแรงนี้จะเพิ่มขึ้นเมื่อใช้สารพวกแป้งหรือสารที่มีลักษณะเป็นเส้นใยหรือไฟเบอร์เป็นตัวประสาน(fibre sorts binders)
	ความแข็งแรงต่อการอัดเมื่อบ่ม ทิ้งไว้ตามธรรมชาติ (Natural cured compressive strength)	ความแข็งแรงจะเกิดขึ้นเมื่อปล่อยตัวอย่างของทรายบ่มไว้ในบรรยากาศปกติ 4 ชั่วโมง ซึ่งความแข็งแรงนี้มีค่าสูงกว่าทรายขณะชื้น การเติมสารพวกแป้งหรือที่เป็นเส้นใยและโมลาสจะทำให้ค่าสูงขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณสมบัติ	หัวข้อทดสอบ	อธิบาย
ทรายเมื่อได้ รับความร้อน (Character in hot state)	การกระจายตัวของเม็ดทราย (Grain size distribution of sand)	การทดสอบเหมือนการทดสอบทรายทั่วไป โดยร่อนผ่าน ตะแกรงมาตรฐาน โดยทรายที่ใช้ทำแบบหล่อจะต้องนำมา ล้างด้วยน้ำและหลังจากนั้นไล่ความชื้นออกด้วยการอบแห้ง เสียก่อน
	อัตราลมผ่านเมื่อทรายร้อน (Hot permeability)	การทดสอบโดยนำทรายที่ทำแบบหล่อใส่ลงในหลอดที่ทำ ด้วยควอตซ์(Quartz tube) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 28 มม. และกระทุ้งให้มีความสูง 50 มม. ด้วยอัตรากระแทกที่ สม่ำเสมอ จากนั้นก็ต่อเข้าเครื่องหาอัตราลมผ่าน พร้อมให้ ความร้อน การทดสอบด้วยการวัดลมซึ่งมีความจุ 2000 ซีซี ที่ผ่านไปยังหลอดที่ทำด้วยควอตซ์จับเวลาแล้วนำมาคำนวณ
	ความแข็งแรงต่อการอัดขณะ ร้อน (Hot compressive strength)	ตัวอย่างที่ใช้ทดสอบมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 28 มม. สูง 50 มม. ชิ้นตัวอย่างจะถูกเผา ที่อุณหภูมิหลายจุดระหว่าง 500-1400 °ซ และการทดสอบจะดูว่าชิ้นตัวอย่างจะแตกหัก ที่อุณหภูมิใด ค่าความแข็งแรงนี้จะมีค่าสูงเมื่อมีปริมาณดิน เหนียวและน้ำมาก
	การเปลี่ยนแปลงรูปร่างเมื่อร้อน (Hot deformation)	การทดสอบนี้ใช้เวลาเกี่ยวกับการทดสอบหาความแข็งแรง ต่อการอัดขณะร้อน ทรายทำแบบหล่อนี้จะมีการขยายตัว เมื่อได้รับความร้อนที่อุณหภูมิสูงและจะเคลื่อนตัวอย่าง หลีกเลียง ไม่ได้ทำให้มีการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง ดังนั้นจึงจำ เป็นต้องทำให้มีการยึดตัวสูงขึ้น การลดปริมาณน้ำจะมีส่วน ช่วยลดการเปลี่ยนแปลงรูปร่างได้

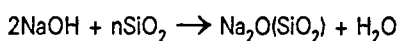
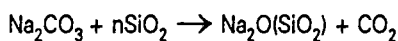
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณสมบัติ	หัวข้อทดสอบ	อธิบาย
<p>ทรายเมื่อได้ รับความร้อน (Character in hot state)</p>	<p>การขยายตัวเมื่อได้รับความร้อน (Hot expansion)</p>	<p>การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของควอตซ์หรือซิลิกา นั้น จะเปลี่ยนแปลงและขยายตัวที่อุณหภูมิ 575<sup>o</sup>ซ ดังนั้นทรายทำแบบหล่อจึงมีการขยายตัวอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ เมื่อเทน้ำโลหะลงไปแบบหล่อ การขยายตัวของแบบหล่ออย่างมากเป็นผลให้ชิ้นงานหล่อเกิดผลเสียเช่นเกิด แสคิป และ buckle การเติมผงซีลี้อยลงไปในทรายทำแบบหล่อเป็นการช่วยลดการขยายตัว การจัดการขยายตัวโดยใช้เกจ(dial gauge) เป็นตัววัด โดยทำขณะให้ความร้อนเช่นเดียวกับการหาค่าความแข็งแรงต่อการอัดขณะร้อน</p>
	<p>ค่าความทนไฟ (Refract oriness)</p>	<p>ความทนไฟของทรายธรรมชาติอยู่ระหว่าง 1250-1600<sup>o</sup>ซ อุณหภูมิที่ใช้สำหรับเทเหล็กจะอยู่ระหว่าง 1280-1450<sup>o</sup>ซ ค่าความทนไฟที่ต่ำเกินไปเป็นสาเหตุทำให้ทรายถูกเผาไหม้ได้</p>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.2. ตัวประสาน (โซเดียมซิลิเกต)

เกิดจากการรวมกันระหว่างทรายและโซดาแอช ที่อุณหภูมิประมาณ 1,300°C โดยมีอัตราส่วนผสมที่จำเป็นที่จะทำให้เกิดคุณสมบัติตามที่ต้องการในการผสม ทั่วไปคือ



ผลิตภัณฑ์นี้เรียกว่า น้ำแก้ว(กาวกระจก) เนื่องจาก เมื่อมันเป็นของแข็งมันก็คือ กระจก แต่ไม่เหมือนกับกระจกหน้าต่างทั่วไปเพราะมันสามารถละลายน้ำได้ กระบวนการที่เกิดจากเตาหลอมขนาดใหญ่ เช่นเดียวกับเตาหลอมที่ใช้หลอมกระจกหน้าต่าง วัตถุดิบถูกลำเลียงเข้าเครื่องเป็นระยะๆ แต่ผลิตภัณฑ์จะออกมาอย่างต่อเนื่องได้ตามต้องการ การผสมกันของ Saltoake และถ่านหิน จะไปแทนที่ส่วนของโซดาแอช

ขณะที่ผลิตภัณฑ์หลอมเหลวออกจากมันก็ถูกน้ำเย็นนำไปแตกเป็นชิ้นเล็กชิ้นน้อย ชิ้นส่วนเล็กๆเหล่านี้ถูกละลายกับไอน้ำอุณหภูมิสูงมากภายในทรงกระบอกเหล็กแคบยาวปลายเปิดจากนั้นของเหลวที่เป็นผลิตภัณฑ์ก็ถูกแยกออกมา โซเดียมซิลิเกตจะขายในรูปของสารละลาย ที่มีค่าความหนืดอยู่ในช่วง 69 cP (มากที่สุด) จนถึง 22 cP (น้อยที่สุด) เหมาะสำหรับงานสี

ส่วนประกอบของสารละลายโซเดียมซิลิเกตที่ใช้ในงานอุตสาหกรรมประเภทต่างๆ ดังแสดงไว้ในตารางที่ 9 ส่วนแบบที่เป็นผงแห้งซึ่งขายตามท้องตลาดแสดงไว้ในตารางที่ 10 ซึ่งราคาของโซเดียมซิลิเกตชนิดของเหลว 10 cen/lb ส่วนชนิดของแข็ง 22 cen/lb

ตารางที่ 2.9 โซเดียมซิลิเกตที่ใช้ในปี 1980

INDUSTRY	Thousands of Tons	Percent
Soaps and detergents	261	29
Catalysts and gels	252	28
Pigments	198	22
Boxboard adhesives	72	8
Paper and ore treatment	48	6
Other		7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.10 ส่วนประกอบของสารละลายโซเดียมซิลิเกตแต่ละชนิด

Weight Ratio	%	%	Solid Content	Specific gravity	Viscosity at 20°C	Density
SiO <sub>2</sub> :Na <sub>2</sub> O	SiO <sub>2</sub>	Na <sub>2</sub> O	(%)	(°Be)	(Centipoises)	(Pound per Gal)
3.22	28.7	8.9	38.0	41.2	290	11.7
3.00	30.9	10.3	41.2	44.6	412	12.0
2.84	31.9	11.2	43.1	47.0	690	12.3
2.58	32.1	12.5	34.6	NA	780	12.6
2.54	26.9	10.6	37.5	42.0	63	11.7
2.40	33.4	13.9	47.0	52.2	1700	13.0
2.00	29.4	14.7	44.1	50.0	335	12.7
1.80	24.1	13.4	37.5	54.6	60	13.4

### การเลือกตัวประสาน

น้ำแก้วที่ใช้ในงานหล่อส่วนมากจะมีน้ำผสมอยู่ประมาณ 50% ส่วนที่เหลือเป็น Na<sub>2</sub>O และ SiO<sub>2</sub>

คุณสมบัติของโซเดียมซิลิเกตที่ใช้ในการทดลอง(บริษัท ช.เคมีไทย จำกัด)

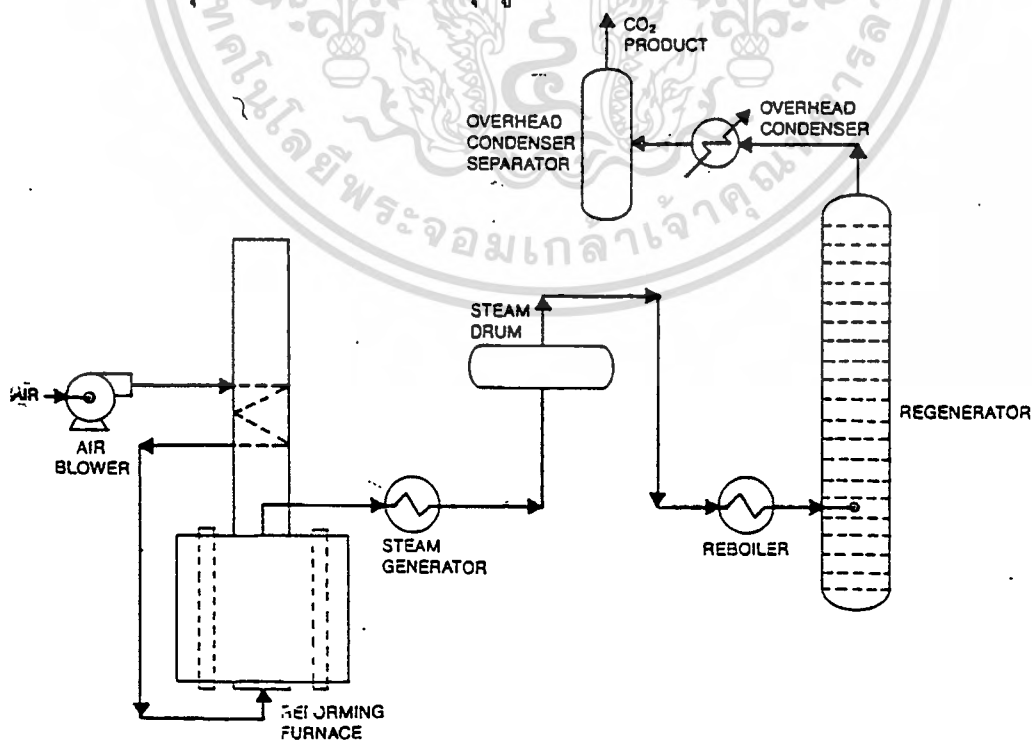
Na <sub>2</sub> O	=	16.30 ± 0.65%
SiO <sub>2</sub>	=	32.80 ± 1.30%
Tao	=	49.10 ± 1.95%
Mole Ratio	=	1 : 2.08 ± 0.08
Specificgravity at 25°C	=	1.6159± 0.0183
or	=	55.0 ± 1.0 Be

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.3. แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์(CO<sub>2</sub>)

คาร์บอนไดออกไซด์โดยทั่วไปจะมีทั้ง คาร์บอนไดออกไซด์แข็งคาร์บอนไดออกไซด์เหลวและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ มีปริมาณในการใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากที่สุด ส่วนคาร์บอนไดออกไซด์แข็งและคาร์บอนไดออกไซด์เหลวนั้นใช้ในอุตสาหกรรม ประเภท อาหารและเครื่องดื่ม ที่มีฟองและเป็นกรดอ่อนๆ คาร์บอนไดออกไซด์ก็ถูกนำไปใช้ผสมอุปกรณ์ดับเพลิง ขึ้นอยู่กับปริมาณก๊าซเฉื่อยต่างๆที่ผสมอยู่ นอกจากนั้นคาร์บอนไดออกไซด์ถูกนำมาใช้แช่แข็งอาหารมีคุณภาพและอาหารชนิดพิเศษนอกจากนั้นคาร์บอนไดออกไซด์ ถูกนำไปใช้สำหรับควบคุมค่า PH ของน้ำในขบวนการบำบัดน้ำ คาร์บอนไดออกไซด์เหลวถูกนำไปใช้ควบคุมปฏิกิริยาเคมี ต่างๆส่วนคาร์บอนไดออกไซด์แข็งปกติจะเรียกว่า น้ำแข็งแห้งนั้น ถูกใช้อย่างมากเพื่อแช่แข็ง ผลิตภัณฑ์ในแต่ละวัน ขณะที่มีการขนส่ง

ปกติคาร์บอนไดออกไซด์ไม่เกิดปฏิกิริยาใดๆและไม่เป็นพิษที่อุณหภูมิและความดันบรรยากาศปกติ มันไม่มีสี และไม่มีกลิ่น คาร์บอนไดออกไซด์จะไม่มีการระเบิด หรือ มีส่วนช่วยในการเผาไหม้การผลิตคาร์บอนไดออกไซด์นั้นมาจากการเกิดปฏิกิริยากันของการเผาถ่านหิน, ถ่านโค้ก และก๊าซธรรมชาติ และเชื้อเพลิงอื่นที่มีคาร์บอนประกอบจากนั้นก็จะเป็นกระบวนการแยกเอาคาร์บอนไดออกไซด์ออกมาซึ่งมีความบริสุทธิ์ถึง 99.9% สำหรับคาร์บอนไดออกไซด์เหลวจะถูกขนย้ายไปในถังอัดความดันสูงทรงกระบอก และบรรจุทุกไปในรถที่มีถังโฟมบรรจุอยู่



รูปที่ 2.4 แผนภูมิการผลิตแก๊ส คาร์บอนไดออกไซด์ โดยวิธี solving absorption method

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอญญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.4. ปฏิกริยาเคมีที่เกิดขึ้นในแบบหล่อทรายซีโอทู(CO<sub>2</sub> SAND)

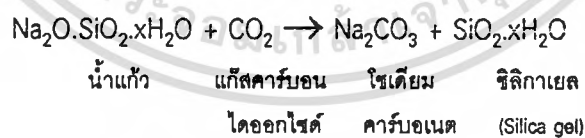
### ขบวนการคาร์บอนไดออกไซด์ (CO<sub>2</sub> PROCESS )

ตัวประสานที่ใช้ในกระบวนการ CO<sub>2</sub> คือน้ำแก้วหรือโซเดียมซิลิเกต( Sodium silicate)ซึ่งเป็นส่วนผสมของโซเดียมออกไซด์(Na<sub>2</sub>O),ซิลิกา(SiO<sub>2</sub>)และน้ำ(H<sub>2</sub>O)มีสูตรเคมี Na<sub>2</sub>O.SiO<sub>2</sub>.xH<sub>2</sub>O โดย x แทนเลขจำนวนโมเลกุลของน้ำ น้ำแก้วจะผ่านกระบวนการ Gelation โดยเมื่อทรายผสมน้ำแก้วสัมผัสกับกรดซิลิกาเจล(Silica gel;SiO<sub>2</sub>.xH<sub>2</sub>O) จะตกผลึกออกมาและยึดเหนี่ยวทรายแต่ละเม็ดไว้ด้วยกัน กรดที่ใช้ทำปฏิกิริยากับน้ำแก้วนั้นเป็นกรดคาร์บอนิก (Carbonic acid) โดยผ่านเข้าไปในรูปของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์(CO<sub>2</sub>)

ทรายหล่อที่ใช้โซเดียมซิลิเกตเป็นตัวประสานนี้เรียกว่า ทรายซิลิเกต ใช้ทำแบบหล่อและได้แบบได้ดีจะทำด้วยมือหรือเครื่องจักรก็ได้พอทำเสร็จผ่านแก๊ส CO<sub>2</sub> เข้าไป แบบอาจจะแข็งตัวได้แต่ใช้เวลานานคุณสมบัติต่ำมากเพราะปกติ น้ำแก้วจะไม่ทำปฏิกิริยากับกรดคาร์บอนิก จะมีคุณสมบัติของตัวประสานอยู่น้อยมาก

น้ำแก้วมีอยู่หลายเกรดโดยกำหนดตามอัตราส่วนของ SiO<sub>2</sub>/Na<sub>2</sub>O จะได้ค่าเป็นตัวเลขออกมาซึ่งเรียกว่าค่าโมดูลัส ดังนั้นจึงต้องเลือกใช้น้ำแก้วที่มีค่าโมดูลัสเหมาะสมตามที่ต้องการ

เมื่อผ่านแก๊ส CO<sub>2</sub> เข้าไปในทรายซิลิเกต ซิลิกาเจลจะเริ่มตกผลึกรอบๆเม็ดทรายดังสมการต่อไปนี้:

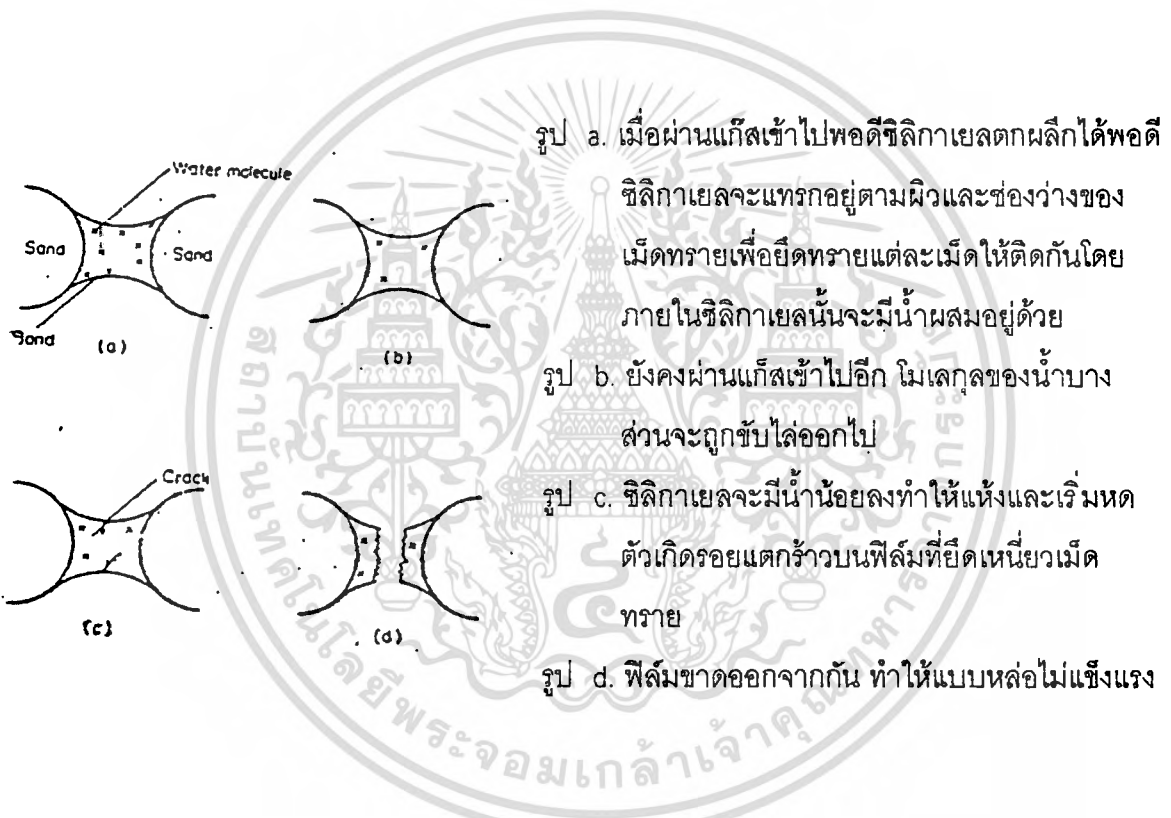


แรงยึดเหนี่ยวขึ้นอยู่กับจำนวนซิลิกาเจลที่ตกผลึกออกมาส่วน Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> นั้นมีคุณสมบัติยึดเหนี่ยวเพียงเล็กน้อย ปกติแล้วน้ำแก้วที่มีโซเดียมอยู่มากเกินไปไม่ควรนำมาใช้งานเพราะทำให้จุดหลอมเหลวของซิลิเกตต่ำแบบทนความร้อนได้น้อยลงและต้องใช้เวลาผ่านแก๊สนาน น้ำแก้วที่มีโซเดียมอยู่มากคือชนิดที่มีค่าโมดูลัสต่ำนั่นเอง

แต่น้ำแก้วที่มีค่าโมดูลัสสูงเกินไป(มีซิลิกาอยู่มาก)ความแข็งแรงจะต่ำเกินไป โรงหล่อแต่ละแห่งจึงมีวิธีการเลือกน้ำแก้วแตกต่างกัน ในอังกฤษนิยมใช้น้ำแก้วที่ค่าโมดูลัส 2.0 ซึ่งอยู่ในเกรดปานกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

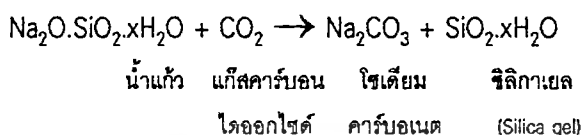
ในขบวนการ  $\text{CO}_2$  PROCESS ต้องควบคุมเวลาผ่านแก๊สให้พอดี ถ้าเวลาผ่านแก๊สน้อยเกินไป ยังเกิดซิลิกาเจลไม่สมบูรณ์ทรายไม่แข็งแรง ถ้าผ่านแก๊สนานเกินไปซิลิกาเจลตกผลึกสมบูรณ์แล้ว แต่ ยังผ่านแก๊สเข้าไปอีกน้ำที่มีปะปนอยู่ในซิลิกาเจลจะถูกขับออกทำให้ซิลิกาเจลแห้ง หดตัวและเกิดรอยแตกร้าวในที่สุดจะไม่สามารถให้แรงยึดเหนี่ยวต่อไปได้อีก ความแข็งแรงของแบบหล่อหรือใส่แบบจะ ลดลง(รูปที่ 2.5)



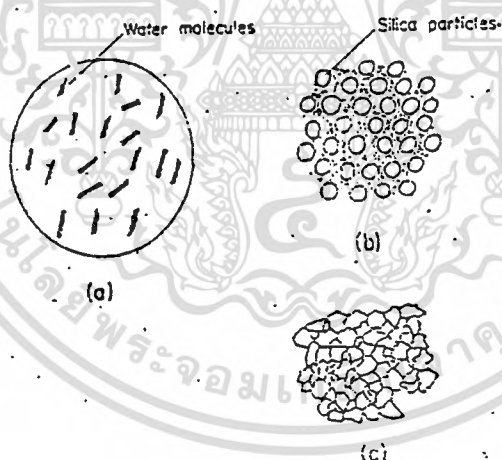
รูปที่ 2.5 การทำลายแรงยึดเหนี่ยวเมื่อผ่าน  $\text{CO}_2$  มากเกินไป

## การยัดเหนียวของทรายซิลิกาเกต

ดังที่เคยกล่าวมาแล้วว่าเมื่อผ่านแก๊ส  $\text{CO}_2$  เข้าไปในแบบหล่อหรือได้แบบที่ทำด้วยทรายซิลิกาเกต จะทำให้ทรายซิลิกาเกตแข็งตัวเนื่องจากแรงยัดเหนียวของซิลิกาเกต ดังสมการ



น้ำแก้วเป็นของผสมระบบเทอร์นารี (Ternary mixture) ประกอบด้วย  $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{SiO}_2$  และ  $\text{H}_2\text{O}$  บางแห่งเรียกน้ำแก้วว่า Sol of hydrated silica น้ำแก้วจะทำปฏิกิริยากับกรด เช่น กรดคาร์บอนิก เกิดเป็น Silicic acid gel ซึ่งเป็นสารกึ่งของแข็งยัดเหนียวได้ซึ่งถ้าแยกน้ำออกสารกึ่งของแข็งดังกล่าวจะกลายเป็นซิลิกาเกต (Silica gel) ดังนั้นเห็นว่าสารละลายไฮเดรทซิลิกาหรือน้ำแก้วก็คือสารละลายของซิลิกาและน้ำ Silica acid gel เป็นผลที่เกิดขึ้นเมื่อแยกน้ำและซิลิกาออกจากกัน



รูปที่ 2.6 ขั้นตอนการยัดเหนียวในขบวนการ  $\text{CO}_2$  - Process

รูปที่ 2.6 แสดงซิลิกาเหลวลักษณะตาข่ายเมื่อขจัดน้ำออกแล้ว รูปที่ 2.6 a ชีตดำเป็นโมเลกุลของน้ำที่กระจัดกระจายอยู่ไม่เป็นระเบียบ เมื่อเติมกรดลงไปอนุภาคซิลิกาจะรวมตัวกันโดยมีน้ำอยู่ล้อมรอบ (รูปที่ 2.6 b) และเมื่อน้ำหายไปจะเกิดช่องว่างขึ้นรอบๆอนุภาคซิลิกา ซิลิกาเกตจะแห้งและยัดเอาอนุภาคซิลิกาเข้าไว้ด้วยกัน

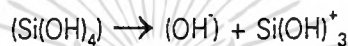
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตามที่กล่าวมาแล้วว่า น้ำแก้วประกอบด้วย Hydrated Silica ซึ่งเมื่อทำปฏิกิริยากับกรดจะได้กรดโมโนซิลิสิก(Si(OH)<sub>4</sub>) หรือซิลิคอนไฮดรอกไซด์ซึ่งสามารถให้ทั้งไฮโดรเจน(H) และไฮดรอกซิลอิออน(OH)

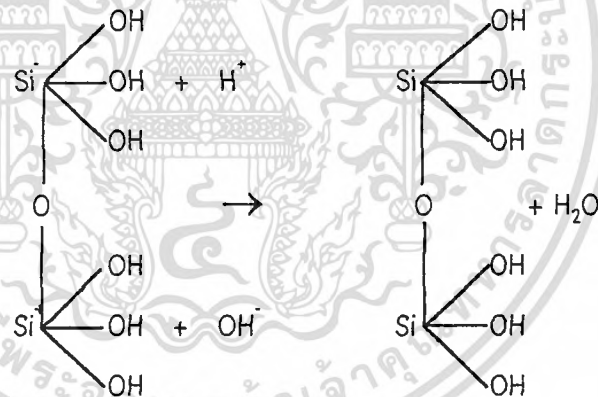
ดังนั้นในสารละลายต่างจะได้



และสารละลายกรดจะได้



แต่ธรรมชาติของกรดโมโนซิลิสิกเมื่อทำปฏิกิริยาแล้วจะได้ทั้งอิออนของ SiO(OH)<sub>3</sub> และ Si(OH)<sub>3</sub><sup>+</sup> และ Silicic acid gel จะตกผลึกดังสมการต่อไปนี้ เมื่ออิออนบวกและลบมาชนกัน



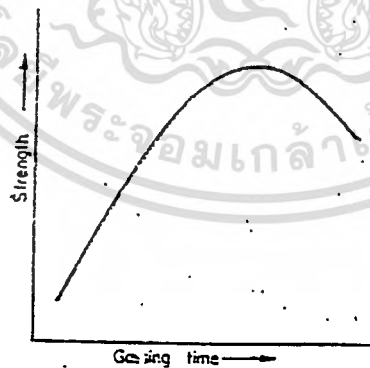
น้ำที่เกิดขึ้นจะควบแน่นเกาะอยู่ตามช่องว่างของSilicic acid gel ซึ่งมีโครงสร้างเป็นใยเล็กๆเมื่อได้รับความร้อนน้ำอิสระนี้จะเหวี่ยงออกไปทำให้โครงสร้างเส้นใยเล็กๆหดตัว การหดตัวจะเกิดขึ้นเรื่อยๆขณะที่น้ำระเหยไปจนกว่าจะมีน้ำเหลืออยู่ 3 โมลต่อซิลิกา 1 โมลการหดตัวจึงจะหยุด หลังจากนั้นการหดตัวจะไม่เกิดขึ้นต่อไปอีกแม้ว่าน้ำจะยังคงระเหยต่อไปอีกก็ตาม ส่วนน้ำระเหยออกไปเรื่อยๆจนกว่าน้ำส่วนเกิน 2 โมลน้ำจะระเหยออกไปหมด

Silicic acid gel ที่มีน้ำควบแน่นอยู่ด้วยนั้นยังคงมีความแข็งแรงต่ำต้องขจัดน้ำนี้ออกจึงจะมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นและจะมีความแข็งแรงสูงสุดเมื่อขจัดน้ำออกซึ่งจะเหลือ Silica gel และมีลักษณะกึ่งของแข็ง การขจัดน้ำออกไม่จำเป็นต้องใช้ความร้อนจากภายนอก แต่อาจใช้วิธีขับดันน้ำให้ออกจากช่องว่างภายในSilica gel และให้ระเหยไปที่อุณหภูมิและความร้อนปกติ ซึ่งเรียกรวีสักกล่าวนี้ว่า "Syneresis" เอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Silica gel เป็นผลที่ได้เมื่อแก๊ส  $\text{CO}_2$  เข้าไปในทรายซิลิเกต จะมีลักษณะเป็นฟิล์มบางๆเคลือบผิวเม็ดทรายเอาไว้และโครงสร้างของฟิล์มบางๆนี้ประกอบด้วยกลุ่มของอนุภาคกรดซิลิสิกซ์ซึ่งมีลักษณะกลม ไม่มีรูพรุนแต่ละอนุภาคมีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 70-85 แองสตรอม ฟิล์มดังกล่าวจะยึดทรายแต่ละเม็ดให้ติดกันเป็นรูปร่าง ฟิล์มบางจะให้ความแข็งแรงดีกว่าฟิล์มหนาเพราะมีผิวสัมผัสมากกว่า ดังนั้นการยึดเหนี่ยวจะมีลักษณะดังนี้

- ผิวหน้าระหว่างเม็ดทรายและตัวประสาน
- ชั้นภายในตัวประสาน
- ตัวประสานและทรายเม็ดอื่น

ถ้าแรงยึดเหนี่ยวในแต่ละช่วงไม่แข็งแรง แรงยึดเหนี่ยวระหว่างเม็ดทรายก็จะไม่แข็งแรงด้วยแบบหล่อทรายขึ้นหรือทรายแห้งที่ใช้ดินเหนียวเป็นตัวประสานจะมีความแข็งแรงขึ้นอยู่กับอัตราส่วนดินเหนียว/น้ำ(Clay/Water)และอุณหภูมิที่ทำให้แห้ง แต่สำหรับขบวนการ  $\text{CO}_2$  - Process ความแข็งแรงจะขึ้นอยู่กับเวลาผ่านแก๊ส(Gassing time)เมื่อจำนวนตัวประสานคงที่ความแข็งแรงของแบบเมื่อผ่านแก๊สเข้าไปจะแปรผันตามเวลาผ่านแก๊สดังรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 ความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งแรงและเวลาผ่านแก๊ส

จะเห็นว่าทรายมีความแข็งแรงสูงขึ้นเมื่อผ่านแก๊สนานขึ้นจนถึงเวลาพอดีถ้าเวลานานกว่านั้นความแข็งแรงจะลดลง เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทรายมีความแข็งแรงสูงสุดก็ต่อเมื่อ

1.  $\text{CO}_2$  ซึ่งมีกรดทำปฏิกิริยากับน้ำแก้ว อีออน  $\text{Na}^+$  บางตัวจะเกิดเป็นโซเดียมคาร์บอเนตทำให้  $\text{SiO}_2$  .ในตัวประสานมีความเข้มข้นขึ้นและมีความหนืดสูงขึ้นด้วยลักษณะที่ Silicic acid gel ตกผลึก และมีความหนืดสูงขึ้นนี้จะบ่งถึงระดับความแข็งแรงของตัวประสาน

2. เมื่อผ่านแก๊สต่อไปอีกจะเกิดการตกผลึกมากขึ้นและความแข็งแรงในการยึดเหนี่ยวสูงขึ้น

3. ขณะเดียวกันเมื่อแก๊สผ่านทรายเข้าไปจะขับไล่  $\text{H}_2\text{O}$  ออกไปทำให้แรงยึดเหนี่ยวระหว่างเม็ดทรายแข็งแรงขึ้น

ถ้าผ่านแก๊สนานเกินไปทำให้ความแข็งแรงลดลง(รูปที่ 2.7) เพราะ  $\text{CO}_2$  จะไปขับไล่ น้ำหรือของเหลวที่แตกตัวอยู่ตามโครงร่างของ gel ออกมากเกินไปทำให้โครงร่างของ gel เกิดการหดตัว แต่ gel ชั้นนอกซึ่งตั้งอยู่กับผิวเม็ดทรายจะต่อต้านการหดตัวนี้เอาไว้ ทำให้โครงร่าง gel เกิดรอยแตกร้าวและขาดออกจากกันในที่สุด(ดังแสดงในรูปที่ 2.6 ที่ผ่านมา)



## บทที่ 3

### การดำเนินการวิจัย

#### 3.1 การทดสอบและวิเคราะห์คุณสมบัติของทราย

จะทำการทดสอบเกี่ยวกับคุณสมบัติของทรายที่นำมาใช้ในการศึกษา ในเรื่องของ

- การทดสอบหาส่วนขนาดละเอียดของทราย (Sieve Analysis of Sand)
- การทดสอบปริมาณอินทรีย์สารที่ปนอยู่ในทราย (Organic Impurities in Sand )
- การทดสอบหาความถ่วงจำเพาะและการดูดซึม(Specific Gravity and Absorbtion of Sand)

มีรายละเอียดในการทดสอบดังต่อไปนี้

## การทดลองที่ 1

### การทดสอบหาส่วนขนาดละเอียดของทราย

(Sieve Analysis of Sand)

ASTM : C 136-84

#### วัตถุประสงค์

เพื่อหาขนาดละเอียดของทรายโดยใช้ตะแกรงมาตรฐานสำหรับหาค่าพิถีความละเอียด (Fineness modulus) ซึ่งเป็นดัชนีที่เป็นปฏิภาค โดยประมาณกับขนาดเฉลี่ยของอนุภาคทรายที่กำหนดให้ นั่นคือ ทราย ยิ่งหยาบค่าพิถีความละเอียดก็ยิ่งสูงขึ้น

#### วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. ทรายประมาณ 500 กรัม
2. ตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 4,8,16,30,50 และ 100
3. เครื่องเขย่าตะแกรงชนิดมอเตอร์สำหรับทราย
4. ตาชั่งวัดได้ละเอียดถึง 0.1 %
5. เคาบที่สามารถควบคุมอุณหภูมิได้

#### ขั้นตอนการทดลอง

1. เตรียมทรายสำหรับการทดสอบตรวจสอบดูว่าชื้นหรือไม่ ปกติควรเป็นทรายที่แห้ง หากชื้นเกินไป ควรอบเสียก่อน
2. เตรียมชุดตะแกรงด้วยการทำความสะอาด ไม่ให้มีเศษฝุ่นผงค้างอยู่ในช่อง ชั่งน้ำหนักตะแกรงทุกขนาดแล้วบันทึกไว้ พร้อมกับจัดเรียงซ้อนตามลำดับพร้อมถาดรองอยู่ล่างสุด
3. คอยๆ เททรายที่เตรียมพร้อมไว้แล้วลงในชุดตะแกรง ปิดฝาให้สนิทแล้วนำไปเข้าเครื่องเขย่าเป็นเวลาประมาณ 10 นาที
4. ถึงขณะนี้ทรายที่มีเม็ดขนาดต่างๆจะถูกแยกแยะไปอยู่ในตะแกรงขนาดต่างๆเช่นกัน ให้นำตะแกรงที่มีทรายค้างอยู่นั้นไปชั่งน้ำหนักและจดบันทึกไว้อีกครั้งหนึ่งแล้วคำนวณหาค่าพิถีความละเอียดต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## หมายเหตุ

ค่าพิถีความละเอียดหาได้จากผลรวมของอัตราที่ค้างอยู่บนตะแกรงทั้งหมดหารด้วย 100

$$F.M. = \frac{(Comulative\%retained)}{100}$$

ทรายทั่วไปแบ่งเป็นทรายละเอียดมาก ทรายละเอียดและทรายหยาบแต่ละชนิดมีค่าพิถีความละเอียดแตกต่างกัน ดังนี้

ทรายละเอียดมาก	ค่า F.M. = 0.50-1.50
ทรายละเอียด	ค่า F.M. = 1.50-2.50
ทรายหยาบ	ค่า F.M. = 2.50-3.50

## ผลการทดลอง

ผลการทดลองจะเป็นไปตามตารางบันทึกผลการทดลองที่ 1 ในภาคผนวก ก.

## การทดลองที่ 2

### การทดสอบปริมาณอินทรีย์สารที่ปนอยู่ในทรายสำหรับทราย CO<sub>2</sub>

(Test for Organic Impurities in sand for CO<sub>2</sub> Sand)

ASTM : C 40-79

#### วัตถุประสงค์

เพื่อทดสอบหาปริมาณสารอินทรีย์ที่ปนอยู่ในทราย สำหรับผสมทราย CO<sub>2</sub> ทั้งนี้เนื่องจากอินทรีย์สารวัตถุบางชนิดอาจเป็นเหตุให้ความแข็งแรงลดลงปกติสารอินทรีย์ดังกล่าว จะเกิดในรูปของสารจำพวกพืชที่ผุเน่าแล้วมักจะพบในทรายบกรมากกว่าทรายแม่น้ำ

#### วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. ทราย
2. ขวดแก้วใส ขนาดประมาณ 350 มล.
3. น้ำยาไฮเดียมไฮดรอกไซด์ ชนิดเจือจาง 3 % (โดยน้ำหนัก)
4. เกลีสปีน
5. แถบสีมาตรฐาน หรือสารละลายสีมาตรฐานสำหรับเปรียบเทียบ

#### ขั้นตอนการทดลองแบบทดสอบสีมาตรฐาน (Colorimeter Test)

1. นำทรายมาจากแหล่งต่างๆตามความต้องการ ควรมีความชื้นเพียงเล็กน้อยแก่อย่างชื้นมาจนเปียก เพราะจะทำให้ตัวยาสำหรับการทดสอบอ่อนกำลังแต่ถ้าทรายแห้งเกินไปพวกสารอินทรีย์อาจสูญหายบ้าง
2. เททรายที่จะทดสอบลงในขวดแก้วใสสูงประมาณ 1/3 ของขวด จากนั้นเติม น้ำยาไฮเดียมไฮดรอกไซด์ ชนิดเจือจาง 3 % (โดยน้ำหนัก) ลงไปให้ท่วมทรายและสูงเลยไปประมาณ 1/2 เท่าของความสูงของทราย
3. ตั้งขวดแก้วใสดังกล่าวไว้เฉยๆ เป็นเวลา 24 ชม. จึงบันทึกสีของเหลวไว้เพื่อนำไปเปรียบเทียบกับตัวอย่างที่ให้สีมาตรฐาน หากต้องการความรวดเร็วอาจประมาณผลได้จากการตั้งทิ้งไว้แล้วไม่น้อยกว่า 4 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอญาตไหนาไปเซประยชนดานการค่าง  
 ใม่ว่ากรณเต่างทงสนน อักทงห้ามมิเทตแปลงเนื่อหา และต้ออ่างอิ่งถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเหตุ ปฏิกิริยาของเหลวจะมีสีเหลือง ทราขะสะอาดของเหลวจะมีสีเหลืองอ่อนมากและยิ่งสกปรกก็จะมีสีแก่เข้มขึ้นตามลำดับ

### ขั้นตอนการทดลองแบบวัดตกตะกอน(Sedimentation Test)(ASTM : 38-84)

1. นำทรายมาจากแหล่งต่างๆตามความต้องการ ควรมีความชื้นเพียงเล็กน้อยอย่าชื้นมาจนเปียก เพราะจะทำให้ด้วยสำหรับการทดสอบอ่อนกำลังแต่ถ้าทรายแห้งเกินไปพวกสารอินทรีย์อาจสูญหายบ้างพร้อมเตรียมสารละลายของเกลือ โดยใช้อัตราส่วนน้ำ 0.5 ลิตรต่อเกลือ 1 ช้อนชา
2. เททรายที่จะทดสอบลงในขวดแก้วใสสูงประมาณ 5 ซม.จากนั้นสารละลายของเกลือ ที่เตรียมไว้ลงไปให้ท่วมทรายและสูงเลขไปประมาณ 5 ซม.
3. เขย่าขวดแก้วใสดังกล่าวไปมาอย่างแรงๆ 30 วินาที จากนั้นจึงตั้งขวดแก้วใสดังกล่าวไว้เฉยๆ เป็นเวลา 1-3 ชม. วัสดุจำพวกแร่ที่มีความละเอียดมากๆ ที่เกาะอยู่บริเวณผิวเม็ดทราย เช่น ดิน ฝุ่น ซึ่งละลายหลุดจากเม็ดทรายจะมากตกตะกอนทับถมกันใต้น้ำเหนือทราย ให้วัดความหนาของตะกอนดังกล่าว หากคิดเป็นอัตราส่วนเทียบกับความหนาทรายที่อยู่ข้างใต้แล้ว เกินกว่า 5% แสดงว่าทรายมีความสกปรกมาก

### ผลการทดลอง

ผลการทดลองจะเป็นไปตามตารางบันทึกผลการทดลองที่ 2 ในภาคผนวก ค.

### การทดลองที่ 3

#### การทดสอบหาความถ่วงจำเพาะและการดูดซึมของทราย

(Test for Specific Gravity and Absorbtion of Fine Aggrigate)

ASTM : C 128-84

#### วัตถุประสงค์

เพื่อหาความถ่วงจำเพาะและการดูดซึมของทรายภายใต้สภาวะอิ่มตัวผิวแห้ง

#### วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. ทรายประมาณ 1200-1500 กรัม ที่อยู่ในสภาวะอิ่มตัวผิวแห้ง
2. พิคโนมิเตอร์(Picnometer)ซึ่งประกอบด้วยขวดโหลแห้งสำหรับบรรจุขนาด 1 ลิตร ที่มีฝาแก้ว ปิดในแนวราบสนิทแน่นกับปากขวด
3. เครื่องวัดอุณหภูมิ
4. ตาชั่งวัด ได้ละเอียดถึง 0.1 กรัม
5. เตาอบที่สามารถควบคุมอุณหภูมิได้
6. โถแก้วกันความชื้น

#### ขั้นตอนการทดลอง

1. แบ่งทรายที่เตรียมไว้เป็นสองส่วนเท่าๆกัน ชั่งน้ำหนักบันทึกค่าแทนด้วย B
2. นำทรายส่วนหนึ่งเข้าเตาอบให้แห้งสนิทประมาณ 1 ชั่วโมง แล้วจึงนำมาใส่โถแก้วกันความชื้น เพื่อทิ้งไว้ ให้วัสดุตัวอย่างเย็นลงตามปกติ นำไปชั่งน้ำหนักและบันทึกค่าแทนด้วย A
3. เทน้ำที่ทราบอุณหภูมิลงในขวด พิคโนมิเตอร์(Picnometer) ให้สูงประมาณ 3/4 ของขวดนำ ทรายส่วน B เติมลงไปเขย่าหรือคนให้ทั่วเพื่อไล่ฟองอากาศออกให้หมด จากนั้นจึงเติมน้ำ ลงไปให้เต็ม พอดีปากขวดพร้อมกับทำให้ไม่มีฟองอากาศเหลืออยู่เลยเช่นเดียวกันแล้วจึง ปิดฝาแก้ว นำไปชั่งและบันทึกค่าแทนด้วย W

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. จากนั้นนำค่าต่างๆมาคำนวณหาตามวัตถุประสงค์ดังต่อไปนี้

$$\text{ความถ่วงจำเพาะ(เมื่อวัสดุแห้งสนิท)} = \frac{\bar{A}}{W + B - W_C}$$

$$\text{ความถ่วงจำเพาะ(ภายใต้สภาวะอิ่มตัวผิวแห้ง)} = \frac{B}{W + B - W_C}$$

$$\text{อัตราการดูดซึม} = \frac{B - A}{A} \times 100\%$$

โดยที่

A = น้ำหนักมวลรวมที่ซึ่งหลังจากผ่านการอบแห้งสนิท

B = น้ำหนักมวลรวมภายใต้สภาวะอิ่มตัวผิวแห้ง

W = น้ำหนักขวดพิคโนมิเตอร์ที่บรรจุน้ำชนิดเดียวกับที่ใช้ทดสอบเต็มปากขวด

W<sub>C</sub> = น้ำหนักขวดพิคโนมิเตอร์ที่บรรจุน้ำและมวลรวม

#### ผลการทดลอง

ผลการทดลองจะเป็นไปตามตารางบันทึกผลการทดลองที่ 3 ในภาคผนวก ก.



## 3.2 การทดสอบความแข็งแรงของทรายซีโอพู(CO<sub>2</sub> SAND)

### การทดลองที่ 4

#### การทดสอบหาค่าดึงรับแรงดึงของทราย CO<sub>2</sub> (Test for Tensile Strength of CO<sub>2</sub> Sand)

อ้างอิง ASTM : C 190-72

#### วัตถุประสงค์

เพื่อหาค่าดึงรับแรงดึงและเปรียบเทียบค่าดึงรับแรงดึงของทราย CO<sub>2</sub> ตามระยะเวลาและสภาวะอุณหภูมิที่กำหนด

#### วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

##### 1. ทรายมาตรฐานที่คัดขนาดแล้ว

ทรายที่ใช้ทำก่อนทดสอบ ต้องเป็นทรายซิลิกาละเอียดแห้งตามธรรมชาติการเรียงขนาดของเม็ด ทรายโดยใช้วิธีการร่อนทรายผ่านตะแกรง 4 ขนาดคือ เบอร์ 100,50,30 และ 16 โดยจะต้องมีเปอร์เซ็นต์ต่างบนตะแกรงประมาณ  $96 \pm 2$ ,  $55 \pm 1$ ,  $0.5 \pm 0.01$  และ 0 ตามลำดับ

##### 2. น้ำแก้วหรือโซเดียมซิลิเกต(Na<sub>2</sub>O·SiO<sub>2</sub>)

Na <sub>2</sub> O	=	16.30 ± 0.65%
SiO <sub>2</sub>	=	32.80 ± 1.30%
Tao	=	49.10 ± 1.95%
Mole Ratio	=	1 : 2.08 ± 0.08
Specificgravity at 25°C	=	1.6159 ± 0.0183
or	=	55.0 ± 1.0 Be

หมายเหตุ น้ำแก้วต้องใส่อยู่ในภาชนะที่ปิดสนิทตลอดเวลาที่ไม่ใช้

##### 3. แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์(CO<sub>2</sub>)

แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์(CO<sub>2</sub>)บรรจุถังพร้อมวาล์วปรับความดันที่มีเกจวัดต่อกับสายยางยาวประมาณ 3 เมตรและที่ปลายสายใช้เป็นท่อเหล็กมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มม.ยาว 5 ซม.ต่อ

ไว้สำหรับผ่านแก๊สให้กับชิ้นงาน  
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ในการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไมออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4. เครื่องชั่งน้ำหนัก

เป็นตาชั่งสามารถชั่งได้ละเอียดถึง 1.0 กรัม

#### 5. Briquet Gang Mold

คือแบบหล่อแท่งตัวอย่างทำด้วยโลหะเป็นรูปโค้งรีและคอคดเล็กน้อยตรงกลาง แบบหล่อต้องประกอบกันได้สนิทแน่นโดยใช้ชิ้นส่วนไม่เกิน 2 ชิ้นมีจำนวน 3 ช่องแบบต่อชิ้นเมื่อประกอบกันแล้วต้องยึดอยู่อย่างแข็งแรงและมั่นคง แบบหล่อนี้ต้องทำด้วยโลหะผนังข้างของแบบหล่อต้องมีความแข็งแรงพอที่แบบจะไม่บิดเบี้ยวหรือเบ่งตัว ผิวในต้องใสเรียบ โดยมีความขรุขระได้ไม่เกิน 0.025 มม. สำหรับแบบหล่อใหม่และ 0.05 มม. สำหรับแบบหล่อที่ใช้อยู่ ความกว้างระหว่างผิวในต้องเท่ากับ  $50 \pm 0.13$  มม. สำหรับแบบหล่อใหม่

#### 6. เครื่องผสมแบบใบพาย

เป็นชนิดขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้า โดยมีอ่างผสมและพายสำหรับกวนพร้อม สามารถปรับความเร็วระหว่าง 40-150 rpm ได้

#### 7. แท่งกระทิง

เป็นเหล็กเส้นกลม  $\phi$  19 มม. (RB 19) ยาว 25 ซม. หน้าตัดเรียบเสมอกัน

#### 8. เกรียง

ทำด้วยแผ่นเหล็กเรียบ เป็นรูปสามเหลี่ยมยาว 100-150 มม.

#### 9. เครื่องทดสอบกำลังดึง

ที่มีความสามารถในการให้แรงดึงต่อตัวอย่างโดยต่อเนื่องในอัตรา  $600 \pm 25$  ปอนด์ต่ออนาที เครื่องทดสอบกำลังดึงวัดค่าได้ละเอียดถึงร้อยละ 10 มีก้ามปูทำด้วยโลหะชุบแข็งผิวหน้าของแป้นบนและแป้นล่างจะต้องชนกันได้สนิทและมีศูนย์กลางตรงกัน

#### 10. แท่งเจาะ

ใช้สำหรับเจาะรูผ่านแก๊สเป็นเส้นเหล็กมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มม. (RB 6) ยาว 20 ซม.

#### 11. ตะแกรงตามมาตรฐาน ASTM C136-92

## ขั้นตอนการเตรียมตัวอย่าง

### 1. การเตรียมทรายที่ใช้ในการทดสอบ

ถ้าทรายเปียกชื้นให้นำทรายมาอบแห้งที่อุณหภูมิ  $100^{\circ}\text{C}$  แล้วทิ้งไว้ให้เย็นหลังจากนั้น ตรวจสอบการเรียงขนาดของเม็ดทรายโดยใช้วิธีการร่อนทรายผ่านตะแกรง 4 ขนาดคือเบอร์ 100, 50, 30 และ 16 โดยจะต้องมีเปอร์เซ็นต์ค้างบนตะแกรงประมาณ  $96 \pm 2$ ,  $55 \pm 1$ ,  $0.5 \pm 0.01$  และ 0 ตามลำดับ

2. ใช้อัตราส่วนในการผสมระหว่างทรายค่อน้ำแก้ว(โซเดียมซิลิเกต) เท่ากับ 10 : 1 โดยน้ำหนัก โดยชั่งทรายหนัก 1000 กรัม และ น้ำแก้วหนัก 100 กรัม(โซเดียมซิลิเกต) สำหรับ 6 ตัวอย่าง

3. การผสมทรายกับน้ำแก้ว(โซเดียมซิลิเกต)นั้นมีขั้นตอนดังนี้

- เททรายทั้งหมดลงในหม้อผสม
- เทน้ำแก้ว(โซเดียมซิลิเกต)ทั้งหมดตามลงไป แล้วเปิดสวิทซ์เดินเครื่องด้วยความเร็วต่ำ(40-60 rpm)เป็นเวลา 1 นาทีหยุดเครื่องแล้วเปลี่ยนเป็นความเร็วปานกลาง(60-100 rpm)เดินเครื่องทิ้งไว้ 1 นาที
- เมื่อครบเวลา ปิดสวิทซ์แล้วนำส่วนผสมใส่ภาชนะที่ปิดมิดชิดเพื่อป้องกันทรายซิลิเกต (ทราย+โซเดียมซิลิเกต)ทำปฏิกิริยากับคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศ
- ล้างหม้อผสมและใบกวนให้สะอาดแล้วเช็ดให้แห้งก่อนทำการผสมในครั้งต่อไป

### 4. การหล่อทรายซิลิเกต

4.1 ค่อยๆใส่ทรายซิลิเกตลงในแบบและแบ่งการกระทุ้งเป็น 2 ชั้นเพื่อให้เม็ดทรายเรียงตัวกันอย่างสม่ำเสมอใช้เหล็กกระทุ้งเป็นเหล็กเส้นกลม  $\phi$  19 มม.(RB 19) ยาว 25 ซม.หน้าตัดเรียบเสมอกัน กระทุ้ง 25 ครั้งต่อช่องแบบต่อชั้นภายในเวลา 1 นาทีโดยยก สูงประมาณ 5 ซม.แล้วปล่อยตกในชั้นที่ 2 ทรายซิลิเกตจะลั่นออกมาเล็กน้อยใช้เกรียงปาดแต่งให้เรียบเบาๆ ด้วยแรงกดไม่เกิน 2 กก.

4.2 ใช้แท่งเจาะขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มม.ยาว 20 ซม.เจาะรูสำหรับผ่านแก๊ส  $\text{CO}_2$  บริเวณกึ่งกลางทั้งสองด้านของช่องแบบ เจาะรูให้มีควมลึก 2 ใน 3 ของความลึกของแบบ ขณะที่เจาะรูแบบตัวอย่าง ใช้เกรียงกดแต่งหน้าแบบตัวอย่างที่พองขึ้นมาให้เรียบด้วยแรงกดไม่เกิน 2 กก.

4.3 ปรับวาล์วควบคุมความดันแก๊ส(Regulator)ที่ถังให้มีค่าความดัน  $0.1-0.15 \text{ Pa}(1-1.5 \text{ kg./cm}^2)$

สอดหัวฉีดเข้าไปในรูเจาะทั้งสองรูพร้อมกันแล้วผ่านแก๊สเป็นเวลา 2 นาทีขณะที่ผ่านแก๊สถ้าสัมผัสที่ผิวของทรายซิลิเกตจะรู้สึกว่ามีผิวของทรายซิลิเกตเริ่มแข็งขึ้นและเกิดความร้อน

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 เมื่อครบกำหนดเวลาแล้วแกะแบบออกนำตัวอย่างไปชั่งน้ำหนักและวัดขนาด ทำการบันทึกค่าที่ได้

ข้อสังเกต - เวลาที่ใช้ทั้งสิ้นเริ่มตั้งแต่ขั้นตอนการผสมจนเจาะรูเสร็จควรวีให้อยู่ระหว่าง 4- 5 นาที  
หมายเหตุ การเก็บรักษาตัวอย่างเพื่อรอเวลาจะต้องเก็บไว้ในที่ที่มีความชื้นน้อยที่สุด

## ขั้นตอนการทดสอบ

แบ่งเป็นการทดสอบตามระยะเวลาและสถานะอุณหภูมิดังนี้

### 1. ที่อุณหภูมิห้อง(35°C)

1.1 เตรียมตัวอย่างสำหรับทดสอบทันที 6 ตัวอย่างแล้วนำตัวอย่างไปเข้าเครื่องทดสอบจดบันทึกค่าที่ได้

1.2 เตรียมตัวอย่างสำหรับทดสอบ 6 ตัวอย่างจำนวน 10 ชุดตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 15,30 นาที 1,6,12 ชั่วโมง และ 1,3,7,15,28 วันตามลำดับ แล้วนำตัวอย่างไปเข้าเครื่องทดสอบ จดบันทึกค่าที่ได้

### 2. ที่อุณหภูมิ 50°C

2.1 เตรียมตัวอย่างสำหรับทดสอบ 6 ตัวอย่างจำนวน 8 ชุดนำไปเข้าเตาอบที่อุณหภูมิ 50 °C เป็นเวลา 15 นาทีแล้วนำตัวอย่างไปเข้าเครื่องทดสอบทันที 1 ชุด อีก 7 ชุดตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1,12 ชั่วโมง และ 1,3,7,15,28 วันตามลำดับ แล้วค่อยนำมาทดสอบตามเวลาดังกล่าว ทำการบันทึกค่าที่ได้

2.2 ทำการทดลองซ้ำตามข้อ 2.1 แต่เพิ่มเวลาในการอบเป็น 30 นาที 1,6,12,24 ชั่วโมงตามลำดับ

3. ดำเนินการทดลองซ้ำเช่นเดียวกับข้อ 2 แต่เพิ่มเป็นที่อุณหภูมิ 100,150,200,250°C ตามลำดับแล้วทำการบันทึกผลที่ได้จากการทดสอบ การทำการทดสอบตัวอย่างควรทำการทดสอบทันทีเมื่อครบเวลาดำหนดโดยมีความคลาดเคลื่อนได้ไม่เกิน 5 นาที

#### 4. ค่ากำลังรับแรงดึง(Tensile Strength) ของทราย CO<sub>2</sub> หาได้จากสมการ

$$f_t = \frac{P}{A}$$

โดย

$f_t$  = กำลังรับแรงดึงประลัย มีหน่วยเป็น กก/ตร.ซม. หรือ ปอนด์/ตร.นิ้ว

$P$  = แรงดึงมีหน่วยเป็น กก.หรือ ปอนด์

$A$  = พื้นที่หน้าตัดของแท่งตัวอย่าง วัดที่รอยขาดซึ่งฉากกับแรงดึง มีหน่วยเป็น ตร.ซม.  
หรือตร.นิ้ว

#### หมายเหตุ

ถ้าค่าแรงดึงแตกต่างกันร้อยละ 10 ของค่าเฉลี่ยของก้อนทดสอบทั้งหมดที่ทำจากตัวอย่างเดียวกัน และเกณฑ์อายุเดียวกัน ถือว่าใช้ไม่ได้

#### ผลการทดลอง

ผลการทดลองจะเป็นไปตามตารางบันทึกผลการทดลองที่ 4 ในภาคผนวก ก.

## การทดลองที่ 5

### การทดสอบหากำลังรับแรงอัดของทราย CO<sub>2</sub>

#### (Test for Compressive Strength of CO<sub>2</sub> Sand)

#### อ้างอิง ASTM : C 109-80

#### วัตถุประสงค์

เพื่อหากำลังรับแรงอัดและเปรียบเทียบกำลังรับแรงอัดของทราย CO<sub>2</sub> โดยหล่อก้อนทดสอบรูปลูกบาศก์ขนาด 5×5×5 ซม.ตามระยะเวลาและสภาวะอุณหภูมิที่กำหนด

#### วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

##### 1. ทรายมาตรฐานที่คัดขนาดแล้ว

ทรายที่ใช้ทำก้อนทดสอบ ต้องเป็นทรายซิลิกาละเอียดแห้งตามธรรมชาติการเรียงขนาดของเม็ด ทรายโดยใช้วิธีการร่อนทรายผ่านตะแกรง 4 ขนาดคือ เบอร์ 100,50,30 และ 16 โดยจะต้องมีเปอร์เซ็นต์ค้างบนตะแกรงประมาณ  $96 \pm 2$ ,  $55 \pm 1$ ,  $0.5 \pm 0.01$  และ 0 ตามลำดับ

##### 2. น้ำแก้วหรือโซเดียมซิลิเกต(Na<sub>2</sub>O•SiO<sub>2</sub>)

Na <sub>2</sub> O	=	16.30 ± 0.65%
SiO <sub>2</sub>	=	32.80 ± 1.30%
Tao	=	49.10 ± 1.95%
Mole Ratio	=	1 : 2.08 ± 0.08
Specificgravity at 25°C	=	1.6159 ± 0.0183
or	=	55.0 ± 1.0 Be

หมายเหตุ น้ำแก้วต้องใส่อยู่ในภาชนะที่ปิดสนิทตลอดเวลาที่ไม่ใช้

##### 3. แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์(CO<sub>2</sub>)

แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์(CO<sub>2</sub>)บรรจุถังพร้อมวาล์วปรับความดันที่มีเกจวัดต่อกับสายยางยาวประมาณ 3 เมตรและที่ปลายสายใช้เป็นท่อเหล็กมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มม.ยาว 5 ซม.ต่อไว้สำหรับผ่านแก๊สให้กับชิ้นงาน

#### 4. เครื่องชั่งน้ำหนัก

เป็นตาชั่งสามารถชั่งได้ละเอียดถึง 1.0 กรัม

#### 5. แบบหล่อลูกบาศก์ขนาด 5×5×5 ซม.

แบบหล่อต้องประกบกันได้สนิทแน่น โดยใช้ชิ้นส่วนไม่เกิน 2 ชิ้นเมื่อประกบกันแล้ว ต้องยึดอยู่อย่างแข็งแรงและมั่นคง แบบหล่อนี้ต้องทำด้วยโลหะผนังข้างของแบบหล่อต้องมีความแข็งแรง พอดีแบบจะไม่บิดเบี้ยวหรือเบ่งตัว ผิวในต้องใสเรียบโดยมีความขรุขระได้ไม่เกิน 0.025 มม. สำหรับแบบหล่อใหม่และ 0.05 มม. สำหรับแบบหล่อที่ใช้อยู่ ความกว้างระหว่างผิวในต้องเท่ากับ  $50 \pm 0.13$  มม. สำหรับแบบหล่อใหม่ และ  $50 \pm 0.50$  มม. สำหรับแบบหล่อที่ใช้อยู่ ความลึกของแต่ละช่องที่ใช้หล่อก่อนทดสอบต้องเท่ากับ  $50 \pm 0.13$  มม. สำหรับแบบหล่อใหม่ และ  $50 \pm 0.25$  มม. สำหรับแบบหล่อที่ใช้อยู่ มุมภายในของแบบหล่อต้องเป็น  $90 \pm 0.5$  องศา

#### 6. เครื่องผสมแบบใบพาย

เป็นชนิดขับด้วยไฟฟ้า โดยมีอ่างผสมและพายสำหรับกวนพร้อม สามารถปรับความเร็วระหว่าง 40-150 rpm ได้

#### 7. แท่งกระทุ้ง

เป็นเหล็กเส้นกลม  $\phi$  19 มม. (RB 19) ยาว 25 ซม. หน้าตัดเรียบเสมอกัน

#### 8. เกรียง

ทำด้วยแผ่นเหล็กเรียบ มีขอบเป็นสามเหลี่ยมยาว 100-150 มม.

#### 9. เครื่องทดสอบกำลังอัด

เครื่องทดสอบกำลังอัดอาจเป็นแบบไฮดรอลิกหรือแบบเกลียวหมุนก็ได้ วัดค่าได้ละเอียดถึงร้อยละ 1 เป็นบ้นทำด้วยโลหะชุบแข็งมีบ่าทรงกลมยึดติดแน่นตรงศูนย์กลางของแท่นบ้น ศูนย์กลางของทรงกลมจะต้องอยู่ในแนวเดียวกับศูนย์กลางของผิวเป็น ผิวหน้าของแท่นบ้นและเป็นล่างจะต้องประกบกันเรียบสนิท จะห่างได้ไม่เกิน 0.013 มม. สำหรับเป็นใหม่จะต้องรักษาไม่ให้คลาดเคลื่อนเกิน 0.025 มม.

#### 10. แท่งเจาะ

ใช้สำหรับเจาะรูผ่านแก๊สเป็นเส้นเหล็กมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มม. ยาว 20 ซม.

#### 11. ตะแกรงตามมาตรฐาน ASTM C136-92

## ขั้นตอนการเตรียมตัวอย่าง

### 1. การเตรียมทรายที่ใช้ในการทดสอบ

ถ้าทรายเปียกชื้นให้นำทรายมาอบแห้งที่อุณหภูมิ  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$  แล้วทิ้งไว้ให้เย็นหลังจากนั้น ตรวจสอบการเรียงขนาดของเม็ดทรายโดยใช้วิธีการร่อนทรายผ่านตะแกรง 4 ขนาดคือเบอร์ 100, 50, 30 และ 16 โดยจะต้องมีเปอร์เซ็นต์ค้ำบนตะแกรงประมาณ  $96 \pm 2$ ,  $55 \pm 1$ ,  $0.5 \pm 0.01$  และ 0 ตามลำดับ

2. ใช้อัตราส่วนในการผสมระหว่างทรายต่อน้ำแก้ว(โซเดียมซิลิเกต) เท่ากับ 10 : 1 โดยน้ำหนัก โดยชั่งทรายหนัก 1500 กรัม และ น้ำแก้วหนัก 150 กรัม(โซเดียมซิลิเกต) สำหรับ 5 ตัวอย่าง

3. การผสมทรายกับน้ำแก้ว(โซเดียมซิลิเกต)นั้นมีขั้นตอนดังนี้

- เททรายทั้งหมดลงในหม้อผสม
- เทน้ำแก้ว(โซเดียมซิลิเกต)ทั้งหมดตามลงไป แล้วเปิดสวิทซ์เดินเครื่องด้วยความเร็วต่ำ(40-60 rpm)เป็นเวลา 1 นาทีหยุดเครื่องแล้วเปลี่ยนเป็นความเร็วปานกลาง(60-100 rpm) เดินเครื่องทิ้งไว้ 1 นาที
- เมื่อครบเวลา ปิดสวิทซ์แล้วนำส่วนผสมใส่ภาชนะที่ปิดมิดชิดเพื่อป้องกันทรายซิลิเกต (ทราย+ โซเดียมซิลิเกต)ทำปฏิกิริยากับคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศ
- ล้างหม้อผสมและใบกวนให้สะอาดแล้วเช็ดให้แห้งก่อนทำการผสมในครั้งต่อไป

### 4. การหล่อทรายซิลิเกต

4.1 แบบหล่อต้องแห้งสนิทและยึดกันแน่น

4.2 การใส่ทรายซิลิเกตลงในแบบหล่อน้อยๆใส่ทรายซิลิเกตลงในแบบและทำการกระทุ้ง โดยแบ่งการกระทุ้งเป็น 3 ชั้นเพื่อเม็ดทรายมีการเรียงตัวอย่างสม่ำเสมอใช้แท่งกระทุ้ง เป็น เหล็กเส้นกลม  $\phi$  19 มม.(RB 19) ยาว 25 ซม.หน้าตัดเรียบเสมอกัน. กระทุ้ง 25 ครั้งต่อช่องแบบต่อชั้นภายในเวลา 1 นาทีโดยยกสูงประมาณ 5 ซม.แล้วปล่อยตกใน การกระทุ้งแต่ละครั้ง ในชั้นที่ 3 ทรายซิลิเกตจะล้นออกมาเล็กน้อยใช้เกรียงปาดแต่งให้ เรียบเบาๆ ด้วยแรงกดไม่เกิน 2 กก.

4.3 ใช้แท่งเจาะขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มม.ยาว 20 ซม.เจาะรูสำหรับผ่านแก๊ส  $\text{CO}_2$

บริเวณกึ่งกลางของแบบ เจาะรูให้มีความลึก 2 ใน 3 ของความลึกของแบบ ขณะที่เจาะรูแบบตัวอย่าง ใช้เกรียงกดแต่งหน้าแบบตัวอย่างที่พองขึ้นมาให้เรียบด้วยแรงกดไม่เกิน

เอกสารนี้เป็นเอกสาร 2 กก.ไม่สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 4.4 ปรับวาล์วควบคุมความดันแก๊ส(Regulator)ที่ถังให้มีค่าความดัน 0.1-0.15 Pa(1-1.5 kg./cm<sup>2</sup>) สอดหัวฉีดเข้าไปในรูเจาะแล้วผ่านแก๊สเป็นเวลา 4 นาทีขณะที่ผ่านแก๊สดำ สัมผัสที่ผิวของทรายซิลิกาจะรู้สึกว่ามีผิวของทรายซิลิกาเริ่มแข็งขึ้นและเกิดความร้อน
- 4.5 เมื่อครบกำหนดเวลาแล้วแกะแบบออกนำตัวอย่าง ไปชั่งน้ำหนักและวัดขนาด ทำการ บันทึกค่าที่ได้

ข้อสังเกต - เวลาที่ใช้ทั้งสิ้นเริ่มตั้งแต่ขั้นตอนการผสมจนเสร็จสิ้นการเจาะรูควรวีให้อยู่ระหว่าง 4-5 นาที

หมายเหตุ การเก็บรักษาตัวอย่างเพื่อรอเวลาจะต้องเก็บไว้ในที่ที่มีความชื้นน้อยที่สุด

### ขั้นตอนการทดสอบ

แบ่งเป็นการทดสอบตามระยะเวลาและสภาวะอุณหภูมิดังนี้

#### 1. ที่อุณหภูมิห้อง(35°C)

- 1.1 เตรียมตัวอย่างสำหรับทดสอบทันที 5 ตัวอย่างแล้วนำตัวอย่างไปเข้าเครื่องทดสอบ จดบันทึกค่าที่ได้
- 1.2 เตรียมตัวอย่างสำหรับทดสอบ 5 ตัวอย่างจำนวน 10 ชุดตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 15,30 นาที, 1,6,12 ชั่วโมง และ 1,3,7,15,28 วันตามลำดับ แล้วนำตัวอย่างไปเข้าเครื่องทดสอบ จดบันทึกค่าที่ได้

#### 2. ที่อุณหภูมิ 50°C

- 2.1 เตรียมตัวอย่างสำหรับทดสอบ 5 ตัวอย่างจำนวน 8 ชุดนำไปเข้าเตาอบที่อุณหภูมิ 50°C เป็นเวลา 15 นาทีแล้วนำตัวอย่างชุดที่ 1 ไปเข้าเครื่องทดสอบ ส่วนอีก 7 ชุดตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1,12 ชม. และ 1,3,7,15,28 วัน ตามลำดับแล้วค่อยนำมาทดสอบเมื่อครบตามเวลาดังกล่าว ทำการบันทึกค่าที่ได้
- 2.2 ทำการทดลองซ้ำตามข้อ 2.1 แต่เพิ่มเวลาในการอบเป็น 30 นาที และ 1,6,12,24 ชั่วโมงตามลำดับ

3. ดำเนินการทดลองซ้ำเช่นเดียวกับข้อ 2 แต่เพิ่มเป็นที่อุณหภูมิ 100,150,200,250°C ตามลำดับ แล้วทำการบันทึกผลที่ได้จากการทดสอบ การทำการทดสอบตัวอย่างควรทำการทดสอบทันทีเมื่อครบเวลาที่กำหนดโดยมีความคลาดเคลื่อนได้ไม่เกิน 5 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ตรวจสอบผิวหน้าของด้านทั้งสองด้านที่จะสัมผัสกับแป้นโดยใช้บรรทัดเหล็กทาบ หากผิวหน้าไม่เรียบให้ฝนก่อนทดสอบบนกระดาษทรายน้ำละเอียดเวลาฝนอย่ากดแรงเกินไป หากก่อนทดสอบขรุขระมาก(ประมาณ 0.08 ซม.)ควรทิ้งคิกว่า จากนั้นใช้แรงกดบนก่อนทดสอบโดยใช้ความระวังให้ก่อนทดสอบอยู่ได้ศูนย์กลางแป้น ค่าที่อ่านได้ควรอยู่ในช่วงเวลา 20-80 วินาที
5. ค่ากำลังรับแรงอัด (Compressive Strength) ของทราย CO<sub>2</sub> หาได้จากสมการ

$$f_c = \frac{P}{A}$$

โดย

$f_c$  = กำลังรับแรงอัดเฉลี่ย มีหน่วยเป็น กก/ตร.ซม. หรือ ปอนด์/ตร.นิ้ว

$P$  = แรงดึงมีหน่วยเป็น กก.หรือ ปอนด์

$A$  = พื้นที่หน้าตัดสุทธิ(Net Area)ของแท่งตัวอย่าง มีหน่วยเป็น ตร.ซม. หรือ ตร.นิ้ว

(Net Area = พื้นที่หน้าตัดของแท่งตัวอย่าง - พื้นที่หน้าตัดของรูที่เจาะ)

หมายเหตุ

ถ้าค่าแรงอัดแตกต่างกันร้อยละ 10 ของค่าเฉลี่ยของก่อนทดสอบทั้งหมดที่ทำจากตัวอย่างเดียวกัน และเกณฑ์อายุเดียวกัน ถือว่าใช้ไม่ได้

ผลการทดลอง

ผลการทดลองจะเป็นไปตามตารางบันทึกผลการทดลองที่ 5 ในภาคผนวก ก.

## การทดลองที่ 6

### การทดสอบกำลังดัดของทราย $\text{CO}_2$

(โดยการทดสอบแรงกระทำจุดเดียวที่กึ่งกลางคานตัวอย่าง)

(Test for Flexural Strength of  $\text{CO}_2$  Sand)

(Using simple Beam with Center-Point Loading)

อ้างอิง ASTM : C293-68

#### วัตถุประสงค์

เป็นการทดสอบหาลำดับกำลังดัดของทราย  $\text{CO}_2$  ด้วยคานตัวอย่าง ที่มีหน้าตัดขนาดเล็ก (15×15 ซม. ลงมา)

#### วัสดุและอุปกรณ์การทดลอง

##### 1. ทรายมาตรฐานที่คัดขนาดแล้ว

ทรายที่ใช้ทำก่อนทดสอบ ต้องเป็นทรายซิลิกาละเอียดแห้งตามธรรมชาติการเรียงขนาดของเม็ด ทรายโดยใช้วิธีการร่อนทรายผ่านตะแกรง 4 ขนาดคือ เบอร์ 100, 50, 30 และ 16 โดยจะต้องมีเปอร์เซ็นต์ค้ำบนตะแกรงประมาณ  $96 \pm 2$ ,  $55 \pm 1$ ,  $0.5 \pm 0.01$  และ 0 ตามลำดับ

##### 2. น้ำแก้วหรือ โซเดียมซิลิเกต ( $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{SiO}_2$ )

$\text{Na}_2\text{O}$	=	$16.30 \pm 0.65\%$
$\text{SiO}_2$	=	$32.80 \pm 1.30\%$
Tao	=	$49.10 \pm 1.95\%$
Mole Ratio	=	$1 : 2.08 \pm 0.08$
Specific gravity at 25°C	=	$1.6159 \pm 0.0183$
or	=	$55.0 \pm 1.0 \text{ Be}$

หมายเหตุ น้ำแก้วต้องใส่อยู่ในภาชนะที่ปิดสนิทตลอดเวลาที่ไม่ใช้

##### 3. แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ( $\text{CO}_2$ )

แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ( $\text{CO}_2$ ) บรรจุถังพร้อมวาล์วปรับความดันที่มีเกจวัดต่อกับสายยาง ยาวประมาณ 3 เมตรและที่ปลายสายใช้เป็นท่อเหล็กมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มม. ยาว 5 ซม. ต่อไว้สำหรับผ่านแก๊สให้กับชิ้นงาน

##### 4. เครื่องชั่งน้ำหนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารลับ เป็นค่าซึ่งสามารถชั่งได้ละเอียดถึง 100 กรัมเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. แบบหล่อคานขนาด 15×15×60 ซม.

แบบหล่อต้องประกอบกันได้สนิทแน่นเมื่อประกอบกันแล้วต้องยึดอยู่อย่างแข็งแรงและมั่นคงไม่คูดซึมน้ำ แบบหล่อนี้ต้องทำด้วยโลหะผนังข้างของแบบหล่อต้องมีความแข็งแรงพอที่แบบจะไม่บิดเบี้ยวหรือเบ่งตัว ผิวในต้องใสเรียบตลอดความยาวคานและไม่คูดซึมน้ำ

6. เครื่องผสมแบบใบกวน 3 ระดับ

เป็นชนิดขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้าขนาดใหญ่ โดยมีอ่างผสมและใบกวนพร้อมมีค่าความเร็วในการหมุนของใบกวนประมาณ 60-100 rpm ดังรูปที่ 3.7.3

7. Rammer

หนัก 10 ปอนด์ มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 นิ้ว ระยะตกกระแทก 18"

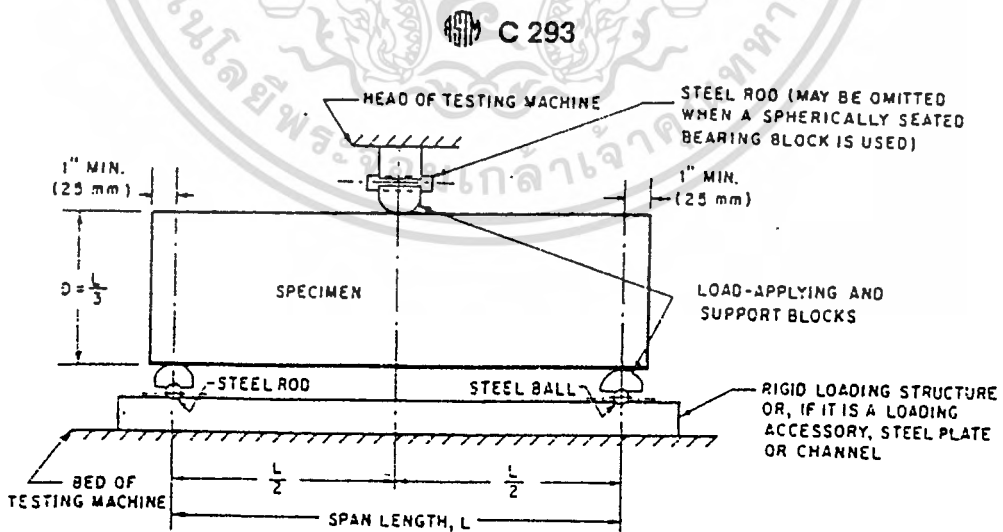
(AASHTO:Modified Proctor)

8. กรวย

ทำด้วยแผ่นเหล็กเรียบ มีขอบเป็นเส้นตรงยาว 100-150 มม.

9. เครื่องทดสอบกำลังอัด

เครื่องทดสอบกำลังอัดอาจเป็นแบบไฮดรอลิกหรือแบบเกลียวหมุนก็ได้ วัดค่าได้ละเอียดถึงร้อยละ 1 ประกอบด้วยแท่งกดตัวอย่างพร้อมทั้งรองรับ 2 ตัวที่มั่นคงได้ว่าแรงที่ลงทั้งหมดจะกดลงที่ตัวอย่างโดยไม่มีการเอียงศูนย์ ชุดทดสอบทั้งหมดจะจัดตำแหน่งให้แรงลงที่กึ่งกลาง span ระหว่างที่รองรับสองตัวโดยมีความคลาดเคลื่อนได้  $\pm 0.05$  in ( $\pm 1.3$  mm.) ดังรูป



รูปแสดงการจัดเครื่องมือทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10. เเท่งเจาะ

ใช้สำหรับเจาะรูผ่านแก๊สเป็นเส้นเหล็กมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มม.(RB 6) ยาว 20 ซม.

11. ตะแกรงตามมาตรฐาน ASTM C136-92

### ขั้นตอนการเตรียมตัวอย่าง

1. การเตรียมทรายที่ใช้ในการทดสอบ

ถ้าทรายเปียกชื้นให้นำทรายมาอบแห้งที่ อุณหภูมิ 100 °C แล้วทิ้งไว้ให้เย็นหลังจากนั้น ตรวจสอบการเรียงขนาดของเม็ดทรายโดยใช้วิธี การร่อนทรายผ่านตะแกรง 4 ขนาดคือเบอร์ 100, 50, 30 และ 16 โดยจะต้องมีเปอร์เซ็นต์ค้ำงบนตะแกรงประมาณ  $96 \pm 2$ ,  $55 \pm 1$ ,  $0.5 \pm 0.01$  และ 0 ตามลำดับ

2. ใช้อัตราส่วนในการผสมระหว่างทรายค่อน้ำแก้ว(โซเดียมซิลิเกต) เท่ากับ 10 : 1 โดยน้ำหนักโดย ซึ่งทรายหนัก 90 กิโลกรัม และ น้ำแก้ว(โซเดียมซิลิเกต) หนัก 9 กิโลกรัมสำหรับ 3 ตัวอย่าง

3. การผสมทรายกับน้ำแก้ว(โซเดียมซิลิเกต)นั้นมีขั้นตอนดังนี้

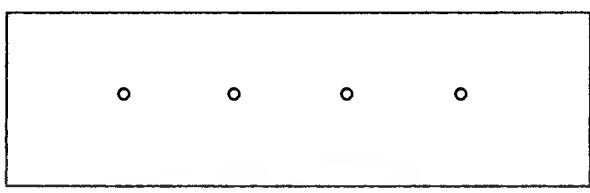
- เททรายเพียงครึ่งหนึ่งลงในเครื่องผสม ก่อนทำการผสมต้องแน่ใจว่าเครื่องผสมนั้นสะอาดและแห้งสนิท
- เปิดสวิทซ์เดินเครื่องด้วยความเร็ว 40-60 rpm ค่อยๆเทน้ำแก้ว(โซเดียมซิลิเกต)ครึ่งหนึ่งตาลงไปภายในเวลา 1 นาทีแล้วเททรายที่เหลือทั้งหมดลงไปจากนั้นค่อยๆเทน้ำแก้ว(โซเดียมซิลิเกต)ที่เหลือทั้งหมดตามลงไปภายในเวลา 1 นาที เดินเครื่องทิ้งไว้ประมาณ 3 นาที จนส่วนผสมเข้ากันได้ดีไม่จับกันเป็นก้อน
- เมื่อครบเวลา ปิดสวิทซ์แล้วนำส่วนผสมใส่ภาชนะที่ปิดมิดชิดเพื่อป้องกันทรายซิลิเกต (ทราย+โซเดียมซิลิเกต)ทำปฏิกิริยากับคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศ
- ล้างเครื่องผสม ให้สะอาดแล้วเช็ดให้แห้งก่อนทำการผสมในครั้งต่อไป

4. การหล่อทรายซิลิเกต

4.1 แบบหล่อต้องแห้งสนิทและยึดกันแน่น

4.2 การเททรายซิลิเกตลงในแบบหล่อค่อยๆเททรายซิลิเกตลงในแบบและทำการกระทุ้ง โดยแบ่งการกระทุ้งเป็น 3 ชั้นเพื่อให้เม็ดทรายเรียงตัวกันอย่างสม่ำเสมอ ใช้ Rmmmer ขนาด 10 ปอนด์ มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 นิ้วกระทุ้ง 50 ครั้งต่อชั้นให้ทั่วทั้งชั้นภายในเวลา 3 นาที ทำจนถึงชั้นที่ 3 ทรายซิลิเกตจะล้นออกมาเล็กน้อยใช้เกรียงปาดแต่งให้เรียบเบาๆ ด้วยแรงกดไม่เกิน 2 กก.

4.3 ใช้แท่งเจาะขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มม.ยาว 20 ซม.เจาะรูสำหรับผ่านแก๊ส CO<sub>2</sub> จำนวน 4 รู บริเวณกึ่งกลางของแบบตามยาวโดยให้มีระยะห่างระหว่างรูเจาะเท่ากับ 5 นิ้วดังรูป เจาะรูให้มีความลึก 2 ใน 3 ของความลึกของแบบ ขณะที่เจาะรูแบบตัวอย่าง ใช้เกรียงกดแท่ง หนาแป้นตัวอย่างที่พองขึ้นมาให้เรียบด้วยแรงกดไม่เกิน 2 กก.



4.4 ปรับวาล์วควบคุมความดันแก๊ส(Regulator)ที่ถังให้มีค่าความดัน 0.1-0.15 Pa(1-1.5 kg./cm<sup>2</sup>) สอดหัวฉีดเข้าไปในรูเจาะแล้วผ่านแก๊สเป็นเวลา 4 นาที ต่อรูเจาะ 1 รู ขณะที่ผ่านแก๊สถ้าสัมผัสที่ผิวของทรายซิลิเกตจะรู้สึกว่ผิวของทรายซิลิเกตเริ่มแข็งขึ้นและเกิดความร้อน

4.5 เมื่อครบกำหนดเวลาแล้วถอดแบบออกนำตัวอย่างไปชั่งน้ำหนักทำการบันทึกค่าที่ได้

ข้อสังเกต - เวลาที่ใช้ทั้งสิ้นเริ่มตั้งแต่ขั้นคอนการผสมจนเสร็จสิ้นการเจาะรูควรรให้อยู่ระหว่าง 14-15.นาที

หมายเหตุ การเก็บรักษาตัวอย่างเพื่อรอเวลาจะต้องเก็บไว้ในที่ที่มีความชื้นน้อยที่สุด

**ขั้นตอนการทดสอบ**

1 จัดตัวอย่างคานที่จะทดสอบวางบนจุดที่จะรองรับ พร้อมกับแรงกระทำที่กึ่งกลางดังแสดงในรูปและเดินเครื่องทดสอบเพิ่มแรงกระทำอย่างสม่ำเสมอประมาณ 125-175 psi.(0.861.21 Mpa)/นาที

2 การวัดขนาดหลังจากการทดสอบจะวัดค่าความกว้างและความยาว สามค่าคือริมสองข้างและที่กึ่งกลางตรงรอยแตกแล้วใช้ค่าเฉลี่ยที่ได้จากการวัด

3 กำลังค้คของคานหาได้ในรูปของโมดูลัสแตกร้าวจากสมการต่อไปนี้

$$R = \frac{3PL}{2bd^2}$$

$$L = \frac{M}{I} = \frac{M \cdot \frac{d}{2}}{\frac{bd^3}{12}}$$

$$= \frac{6M}{bd^2}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น มิอนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ในการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีกา  $\frac{L}{bd^2} = \left(\frac{P}{E} \times \frac{L}{2}\right)$

$$R = \frac{3PL}{2bd^2}$$

โดยที่

R = กำลังรับแรงค้ด(ก.ก./ตร.ซม.)

P = แรงกระทำที่กึ่งกลางระยะช่วงคานกระทั่งคานหัก(ก.ก.)

L = ระยะช่วงคานระหว่างที่รองรับ(ซม.)

b = ความกว้างเฉลี่ยที่หน้าค้ดบริเวณรอยแตก(ซม.)

d = ความหนาเฉลี่ยที่หน้าค้ดบริเวณรอยแตก(ซม.)

หมายเหตุ

R เป็นค่าเดียวกับ Bending stress ( $\sigma$ ) ซึ่ง  $\sigma = \frac{Mc}{I}$

ผลการทดลอง

ผลการทดลองจะเป็นไปตามตารางบันทึกผลการทดลองที่ 6 ในภาคผนวก ค.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## การทดลองที่ 7

### การทดสอบกำลังเฉือนของกานทราย CO<sub>2</sub>

(โดยการทดสอบแบบแรงเฉือนสองทาง)

(Test for Shear Strength of CO<sub>2</sub> Sand)

(Double Shear Test)

### อ้างอิง การทดสอบแรงเฉือนของเหล็กเส้นกลมแบบสองระนาบ

เนื่องจากการเฉือนเป็นการกระทำของแรงสองแรง ซึ่งมีขนาดเท่ากันและขนานกัน โดยกระทำตรงกันข้ามบนระนาบซึ่งมีระยะห่างกันเล็กน้อย แรงเฉือนมักจะเกิดขึ้นพร้อมกับแรงดึงและแรงคดเสมอ การทดสอบหาความต้านทานต่อแรงเฉือนในกาน โดยตรงนี้ไม่สะดวก และ ไม่มีมาตรฐานในทดสอบ

ดังนั้นจึงทำการทดสอบในลักษณะเดียวกับการทดสอบแรงเฉือนของเหล็กเส้นกลมแบบสองระนาบ สามารถทำการทดลองได้ดังนี้

#### วัตถุประสงค์

เป็นการทดสอบหาลังเฉือนของทราย CO<sub>2</sub> ด้วยกานตัวอย่าง ที่มีหน้าตัดขนาดเล็ก (15×15 ซม. ลงมา)

#### วัสดุและอุปกรณ์การทดลอง

##### 1. ทรายมาตรฐานที่คัดขนาดแล้ว

ทรายที่ใช้ทำก่อนทดสอบ ต้องเป็นทรายซิลิกาละเอียดแห้งตามธรรมชาติการเรียงขนาดของเม็ด ทรายโดยใช้วิธีการร่อนทรายผ่านตะแกรง 4 ขนาดคือ เบอร์ 100, 50, 30 และ 16 โดยจะต้องมีเปอร์เซ็นต์ค้ำบนตะแกรงประมาณ  $96 \pm 2$ ,  $55 \pm 1$ ,  $0.5 \pm 0.01$  และ 0 ตามลำดับ

## 2. น้ำแก้วหรือโซเดียมซิลิเกต( $\text{Na}_2\text{O}\cdot\text{SiO}_2$ )

$\text{Na}_2\text{O}$	=	$16.30 \pm 0.65\%$
$\text{SiO}_2$	=	$32.80 \pm 1.30\%$
Tao	=	$49.10 \pm 1.95\%$
Mole Ratio	=	$1 : 2.08 \pm 0.08$
Specificgravity at $25^\circ\text{C}$	=	$1.6159 \pm 0.0183$
or	=	$55.0 \pm 1.0 \text{ Be}$

หมายเหตุ น้ำแก้วต้องใสอยู่ในภาชนะที่ปิดสนิทตลอดเวลาที่ไม่ใช้

## 3. แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์( $\text{CO}_2$ )

แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์( $\text{CO}_2$ )บรรจุถังพร้อมวาล์วปรับความดันที่มีเกจวัดต่อกับสายยาง ยาวประมาณ 3 เมตรและที่ปลายสายใช้เป็นท่อเหล็กมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มม.ยาว 5 ซม.ต่อไว้สำหรับผ่านแก๊สให้กับชิ้นงาน

## 4. เครื่องชั่งน้ำหนัก

เป็นตาชั่งสามารถชั่งได้ละเอียดถึง 100 กรัม

## 5. แบบหล่อคานขนาด $15 \times 15 \times 60$ ซม.

แบบหล่อต้องประกอบกันได้สนิทแน่นเมื่อประกอบกันแล้วต้องยึดอยู่อย่างแข็งแรงและมั่นคงไม่คูดซึมน้ำ แบบหล่อนี้ต้องทำด้วยโลหะผนังข้างของแบบหล่อต้องมีความแข็งแรงพอที่แบบจะไม่บิดเบี้ยวหรือเม่งตัว ผิวในต้องใสเรียบตลอดความยาวคานและไม่คูดซึมน้ำ

## 6. เครื่องผสมแบบใบกวน 3 ระดับ

เป็นชนิดขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้าขนาดใหญ่ โดยมีอ่างผสมและใบกวนพร้อมมีค่าความเร็วในการหมุนของใบกวนประมาณ 60-100 rpm ดังรูปที่ 3.7.3

## 7. Rammer

หนัก 10 ปอนด์ มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 นิ้ว ระยะตกกระแทก 18"

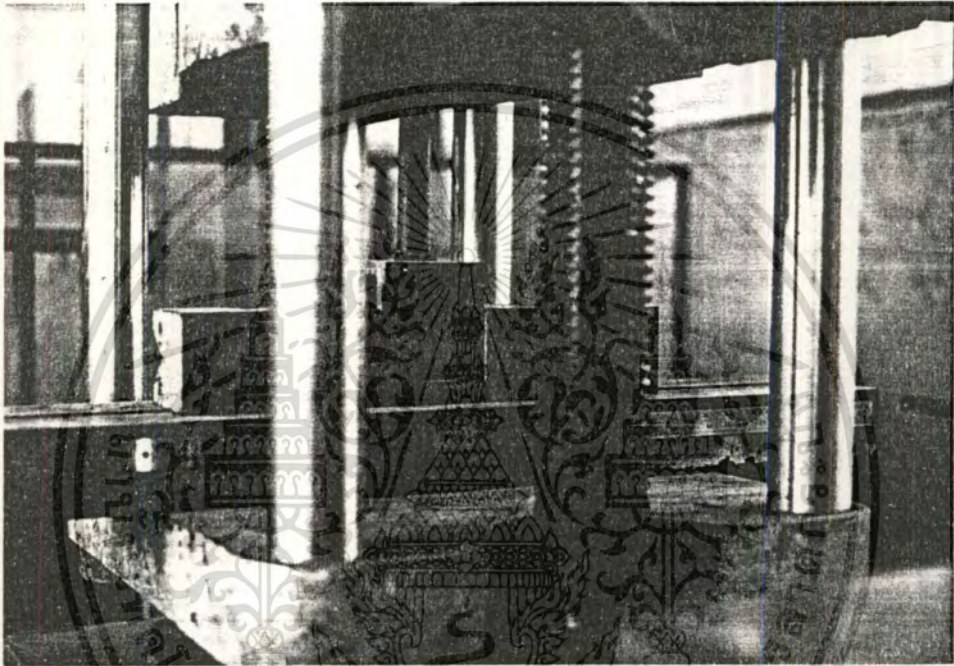
(AASHTO:Modified Proctor)

## 8. เกรียง

ทำด้วยแผ่นเหล็กเรียบ มีขอบเป็นเส้นตรงยาว 100-150 มม.

### 9. เครื่องทดสอบกำลังอัด

เครื่องทดสอบกำลังอัดอาจเป็นแบบไฮดรอลิกหรือแบบเกลียวหมุนก็ได้ วัตถุประสงค์ได้ละเอียดถึงร้อยละ 1 ประกอบด้วยแท่งเหล็กสำหรับกดตัวอย่างหน้าตัดเรียบขนาด  $15 \times 15$  ซม.พร้อมกับแท่นเหล็กรองรับ 2 ตัวขนาด  $15 \times 15 \times 25$  ซม.ที่มั่นใจได้ว่าแรงที่ลงทั้งหมดจะกดลงที่ตัวอย่างโดยไม่มีการเอียงศูนย์ ชุดทดสอบทั้งหมดจะจัดตำแหน่งให้แรงลงที่กึ่งกลางspan ระหว่างที่รองรับสองตัวโดยให้แท่งกดและแท่นรองรับชิดกันดังรูป



รูปแสดงการจัดเครื่องมือทดสอบ

### 10. แท่งเจาะ

ใช้สำหรับเจาะรูผ่านแก๊สเป็นเส้นเหล็กมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มม.(RB 6) ยาว 20 ซม.

### 11. ตะแกรงตามมาตรฐาน ASTM C136-92

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ขั้นตอนการเตรียมตัวอย่าง

### 1. การเตรียมทรายที่ใช้ในการทดสอบ

ถ้าทรายเปียกชื้นให้นำทรายมาอบแห้งที่อุณหภูมิ 100 °C แล้วทิ้งไว้ให้เย็นหลังจากนั้นตรวจสอบการเรียงขนาดของเม็ดทรายโดยใช้วิธีการร่อนทรายผ่านตะแกรง 4 ขนาดคือ เบอร์ 100, 50, 30 และ 16 โดยจะต้องมีเปอร์เซ็นต์ค้างบนตะแกรงประมาณ  $96 \pm 2$ ,  $55 \pm 1$ ,  $0.5 \pm 0.01$  และ 0 ตามลำดับ

2. ใช้อัตราส่วนในการผสมระหว่างทรายต่อน้ำแก้ว(โซเดียมซิลิเกต) เท่ากับ 10 : 1 โดยน้ำหนักโดยซึ่งทรายหนัก 90 กิโลกรัม และ น้ำแก้ว(โซเดียมซิลิเกต) หนัก 9 กิโลกรัมสำหรับ 3 ตัวอย่าง

### 3. การผสมทรายกับน้ำแก้ว (โซเดียมซิลิเกต) นั้นมีขั้นตอนดังนี้

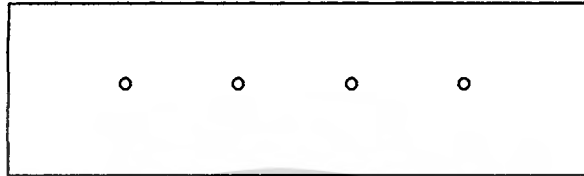
- เททรายเพียงครึ่งหนึ่งลงในเครื่องผสม ก่อนทำการผสมต้องแน่ใจว่าเครื่องผสมนั้นสะอาดและแห้งสนิท
- เปิดสวิทซ์เดินเครื่องด้วยความเร็ว 40-60 rpm ค่อยๆเทน้ำแก้ว(โซเดียมซิลิเกต)ครึ่งหนึ่งตาลงไปภายในเวลา 1 นาทีแล้วเททรายที่เหลือทั้งหมดลงไปจากนั้นค่อยๆเทน้ำแก้ว(โซเดียมซิลิเกต)ที่เหลือทั้งหมดตามลงไปภายในเวลา 1 นาที เดินเครื่องทิ้งไว้ประมาณ 3 นาที จนส่วนผสมเข้ากันได้ดีไม่จับกันเป็นก้อน
- เมื่อครบเวลา ปิดสวิทซ์แล้วนำส่วนผสมใส่ภาชนะที่ปิดมิดชิดเพื่อป้องกันทรายซิลิเกต (ทราย+โซเดียมซิลิเกต)ทำปฏิกิริยากับคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศ
- ล้างเครื่องผสม ให้สะอาดแล้วเช็ดให้แห้งก่อนทำการผสมในครั้งต่อไป

### 4. การหล่อทรายซิลิเกต

#### 4.1 แบบหล่อต้องแห้งสนิทและยึดกันแน่น

4.2 การเททรายซิลิเกตลงในแบบหล่อค่อยๆเททรายซิลิเกตลงในแบบและทำการกระทุ้ง โดยแบ่งการกระทุ้งเป็น 3 ชั้นเพื่อให้เม็ดทรายเรียงตัวกันอย่างสม่ำเสมอ ใช้ Rammer ขนาด 10 ปอนด์ มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 นิ้ว กระทุ้ง 50 ครั้งต่อชั้นให้ทั่วทั้งชั้นภายในเวลา 3 นาที ทำจนถึงชั้นที่ 3 ทรายซิลิเกตจะล้นออกมาเล็กน้อยใช้เกรียงปาดแต่งให้เรียบเบาๆ ด้วยแรงกดไม่เกิน 2 กก.

4.3 ใช้แท่งเจาะขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มม.ยาว 20 ซม.เจาะรูสำหรับผ่านแก๊ส CO<sub>2</sub> จำนวน 4 รู บริเวณกึ่งกลางของแบบตามยาวโดยให้มีระยะห่างระหว่างรูเจาะเท่ากับ 5 นิ้วดังรูป เจาะรูให้มีความลึก 2 ใน 3 ของความลึกของแบบ ขณะที่เจาะรูแบบตัวอย่าง ใช้เกรียงกดแต่งหน้าแบบตัวอย่างที่พองขึ้นมาให้เรียบด้วยแรงกดไม่เกิน 2 กก.



- 4.4 ปรับวาล์วควบคุมความดันแก๊ส(Regulator)ที่ตั้งให้มีค่าความดัน 0.1-0.15 Pa(1-1.5 kg./cm<sup>2</sup>) สอดหัวฉีดเข้าไปในรูเจาะแล้วผ่านแก๊สเป็นเวลา 4 นาที ต่อรูเจาะ 1 รู ขณะที่ผ่านแก๊สถ้าสัมผัสที่ผิวของทรายซิลิกาจะรู้สึกว่ามีผิวของทรายซิลิกาเริ่มแข็งขึ้นและเกิดความร้อน
- 4.5 เมื่อครบกำหนดเวลาแล้วถอดแบบออกนำตัวอย่างไปซึ่งน้ำหนักทำการบันทึกค่าที่ได้
- ข้อสังเกต - เวลาที่ใช้ทั้งสิ้นเริ่มตั้งแต่ขั้นตอนการผสมจนเสร็จสิ้นการเจาะรูควรให้อยู่ระหว่าง 14-15 นาที
- หมายเหตุ การเก็บรักษาตัวอย่างเพื่อรอเวลาจะต้องเก็บไว้ในที่ที่มีความชื้นน้อยที่สุด

### ขั้นตอนการทดสอบ

1 จัดตัวอย่างกานที่จะทดสอบวางบนจุดที่จะรองรับซึ่งเป็นแท่นเหล็กที่วางห่างกันเป็นระยะ 15 ซม.ให้พอดีกับขนาดของแท่นกดดังแสดงในรูป และให้กึ่งกลางของแท่งกดขนาดหน้าตัดตรงกับกึ่งกลางของกานตัวอย่างขนาด 15×15 ซม.ยาว 60 ซม. และแผ่นกดจะต้องแนบสนิทกับกานตัวอย่างคือจะต้องไม่มีช่องว่างเมื่อแผ่นกดชิดกับกานตัวอย่าง จากนั้นเดินเครื่องทดสอบเพิ่มแรงกระทำอย่างสม่ำเสมอประมาณ 125-175 psi.(0.861.21Mpa)/นาที

2 การวัดขนาดหลังจากการทดสอบจะวัดค่าความกว้างและความยาวสามค่าคือริมสองข้างของรอยแตกทางซ้ายและขวาออกมา 1 ซม.และที่กึ่งกลางของรอยแตกใช้ค่าเฉลี่ยที่ได้จากการวัดของรอยแตกทั้งสองข้าง

3 กำลังรับแรงเฉือนของคานหาได้จากสมการต่อไปนี้

$$f_v = \frac{P}{2bd}$$

โดยที่

$f_v$  = กำลังรับแรงเฉือน(ก.ก./ตร.ซ.ม.)

$P$  = แรงกระทำที่กึ่งกลางระยะช่วงคานกระทั่งคานเฉือนออกจากกัน(ก.ก.)

$b$  = ความกว้างเฉลี่ยที่หน้าตัดบริเวณรอยแตก(ซม.)

$d$  = ความหนาเฉลี่ยที่หน้าตัดบริเวณรอยแตก(ซม.)

**ผลการทดลอง**

ผลการทดลองจะเป็นไปตามตารางบันทึกผลการทดลองที่ 7 ในภาคผนวก ค.

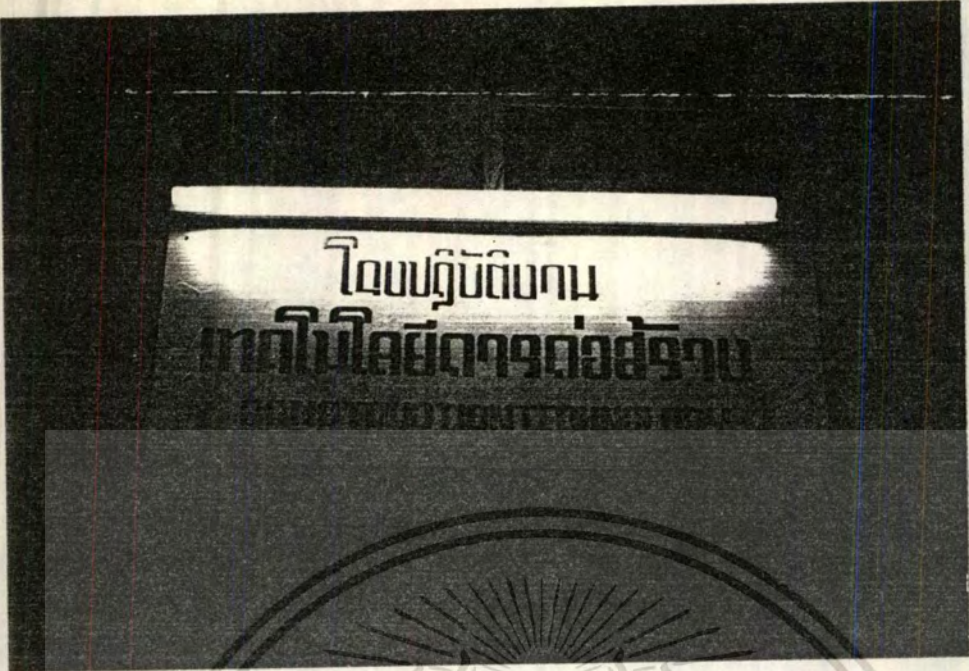




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



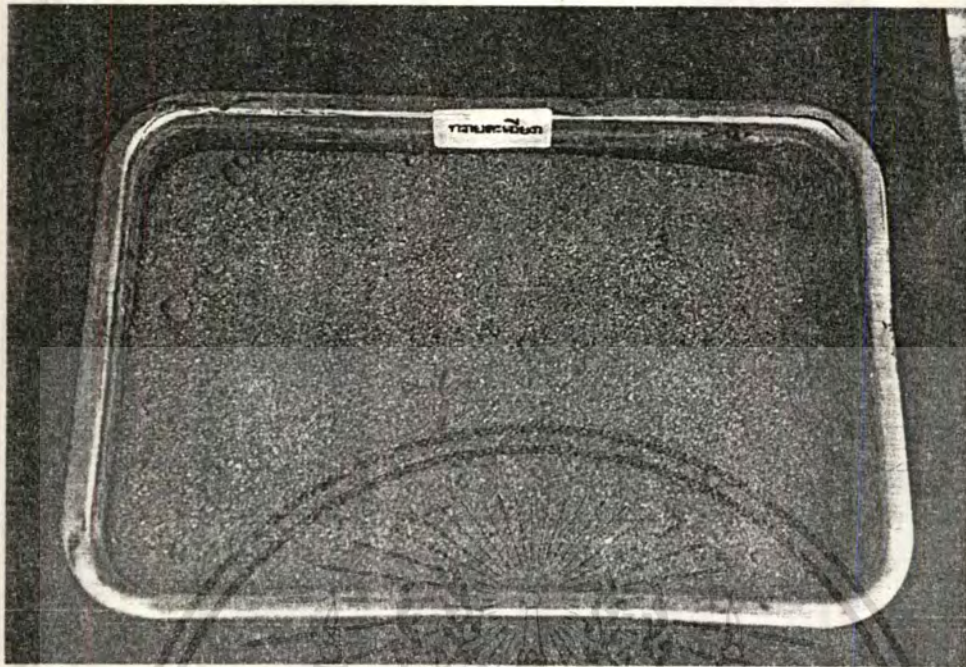
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1.1. สถานที่ปฏิบัติงาน



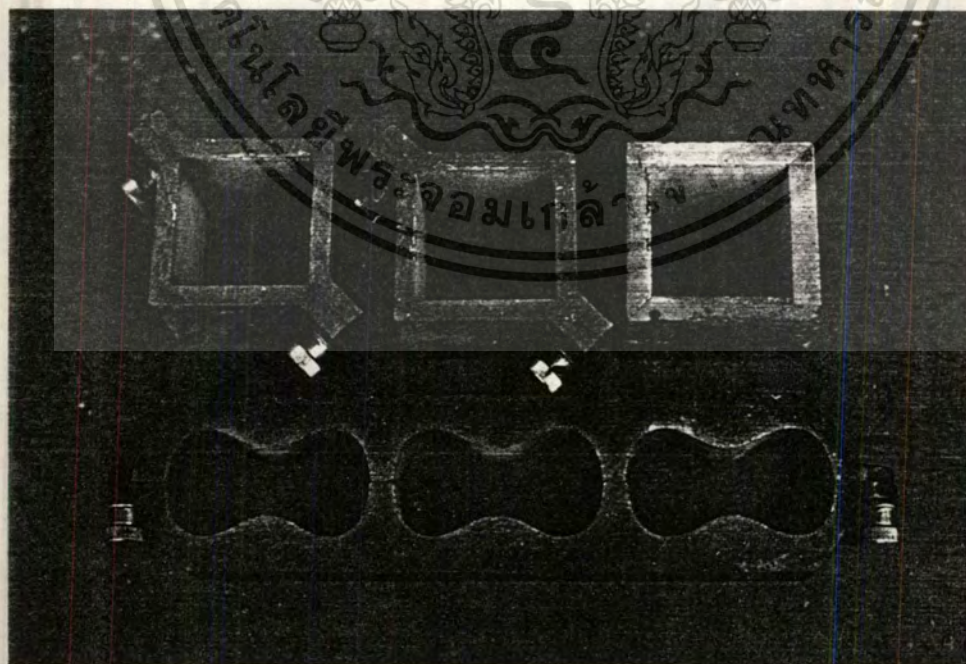
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนรูปที่ 3.1.2. ชุดตะแกรงมาตีรากฐานและเครื่องเขย่าให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



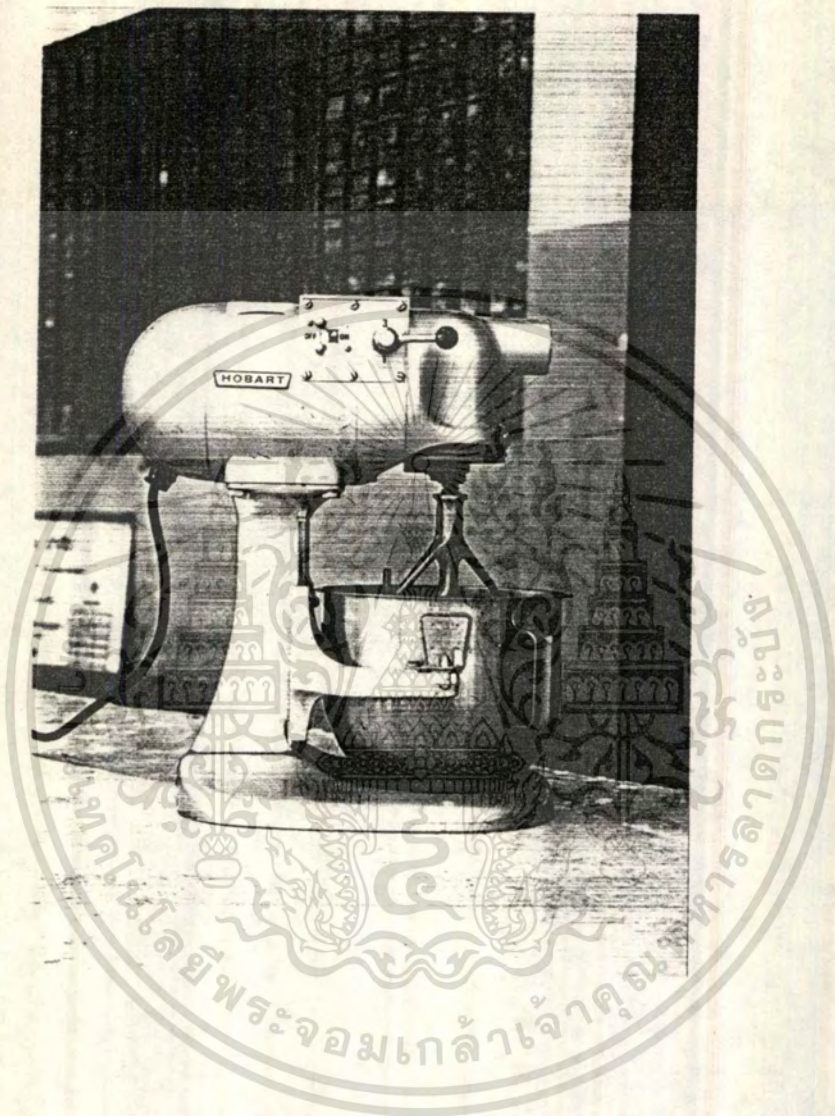
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับบริการเชิงวิชาการเท่านั้นไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1.5. นำแก้ว (โซเดียมซิลิเกต) บรรจุในภาชนะที่ปิดสนิท

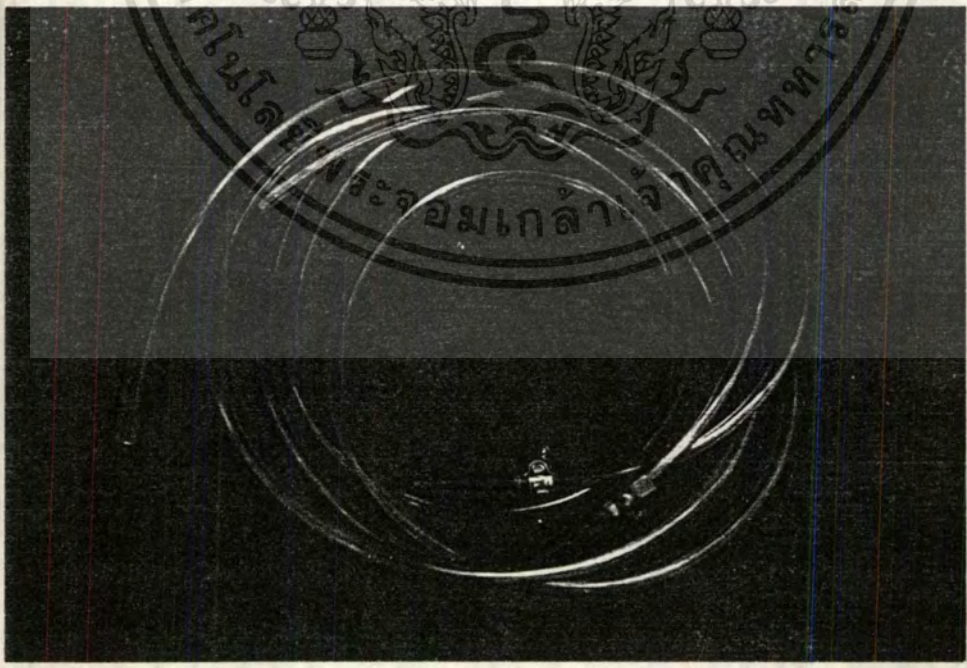
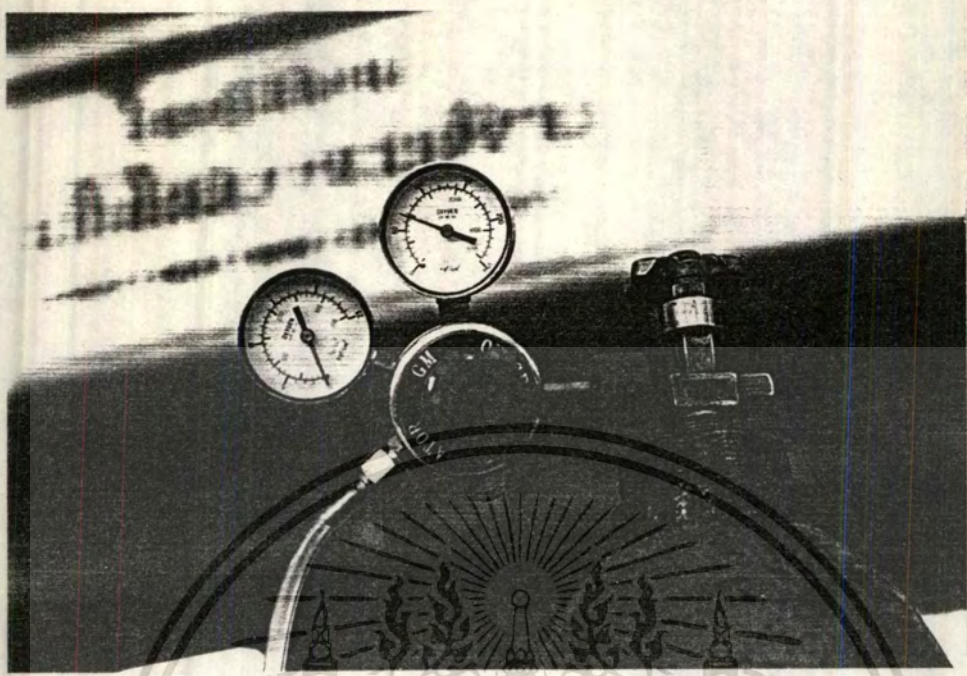


เอกสารนี้เป็นรูปที่ 3.1.6 แบบหล่อตัวอย่างแบบสุ๊กบาศก์ ขนาด 5x5x5 cm และแบบ Briquet ใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

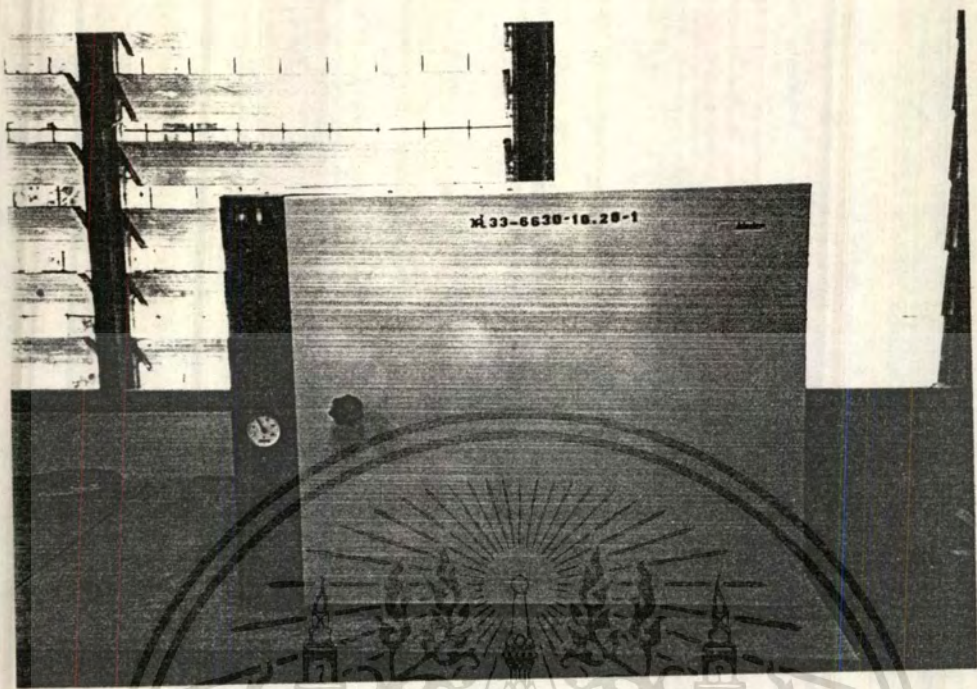


รูปที่ 3.1.7. เครื่องผสมแบบมอเตอร์ไฟฟ้า มีปุ่มปรับระดับความเร็ว 3 ระดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ 3.1.9. สายงานที่ท่อเหล็กที่ใช้ในการทดลองให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

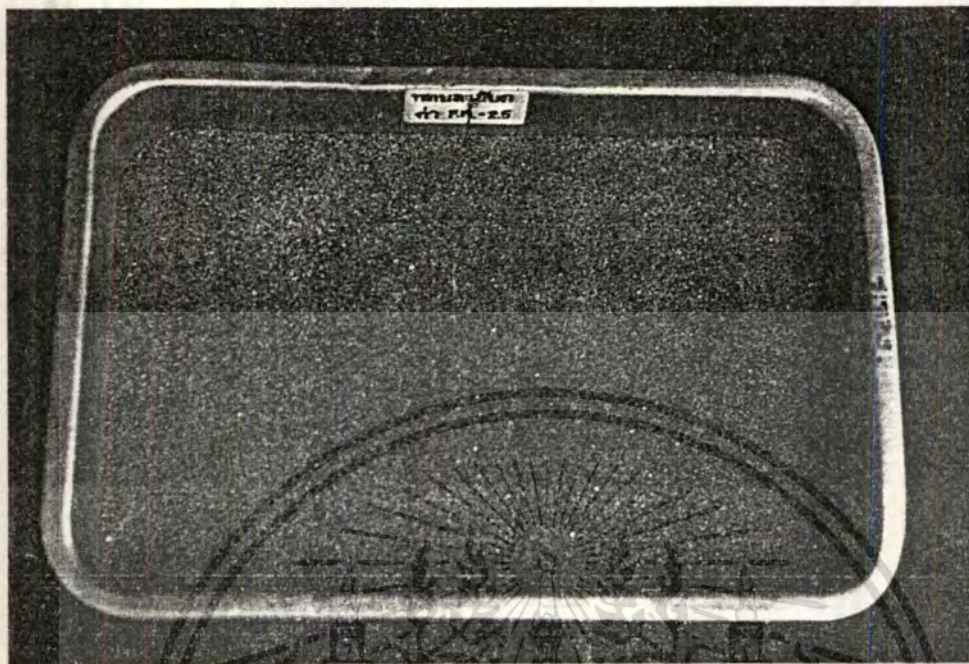


รูปที่ 3.1.10. เตาอบที่ใช้ในการทดลอง

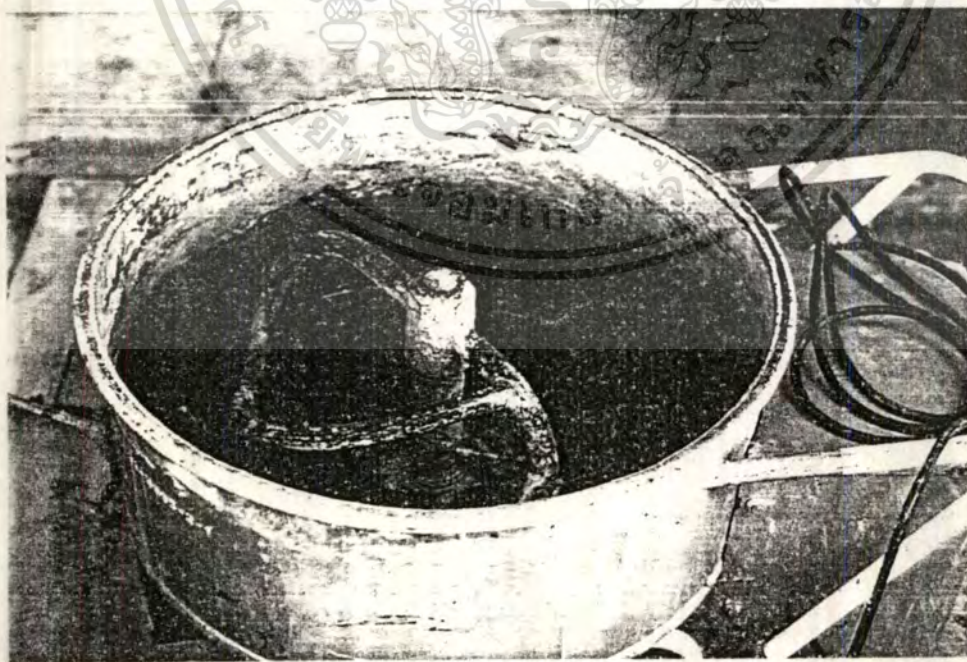


รูปที่ 3.1.11 ลักษณะภายในเตาอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1.12. ทรายละเอียดผ่านการอบและการร่อนเพื่อให้ได้พิกัดความละเอียดประมาณ 2.5



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่งานโปรแกรมคนในทรายเพื่อใช้ศึกษาและระดับชั้นด้วยกำลังไฟฟ้าใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



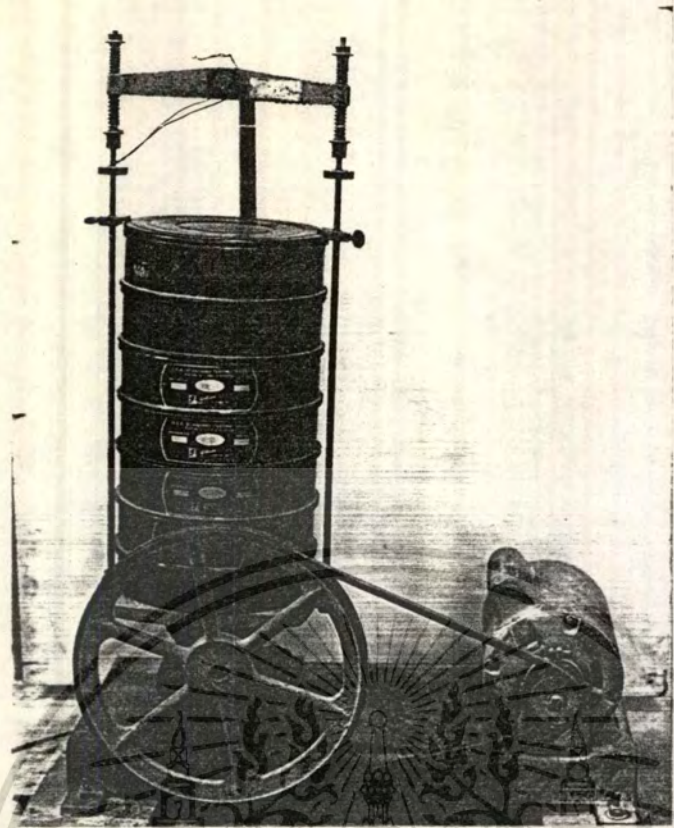
3.2 รูปประกอบการดำเนินการวิจัยเกี่ยวกับคุณสมบัติของทราย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2.1 การทดสอบอินทรีย์สารที่ปนอยู่ในทราย  
(Test of Organic Impurities in Sands)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2.2 เครื่องร้อนทรายใช้ในการหาส่วนขนาดคตะของทราย



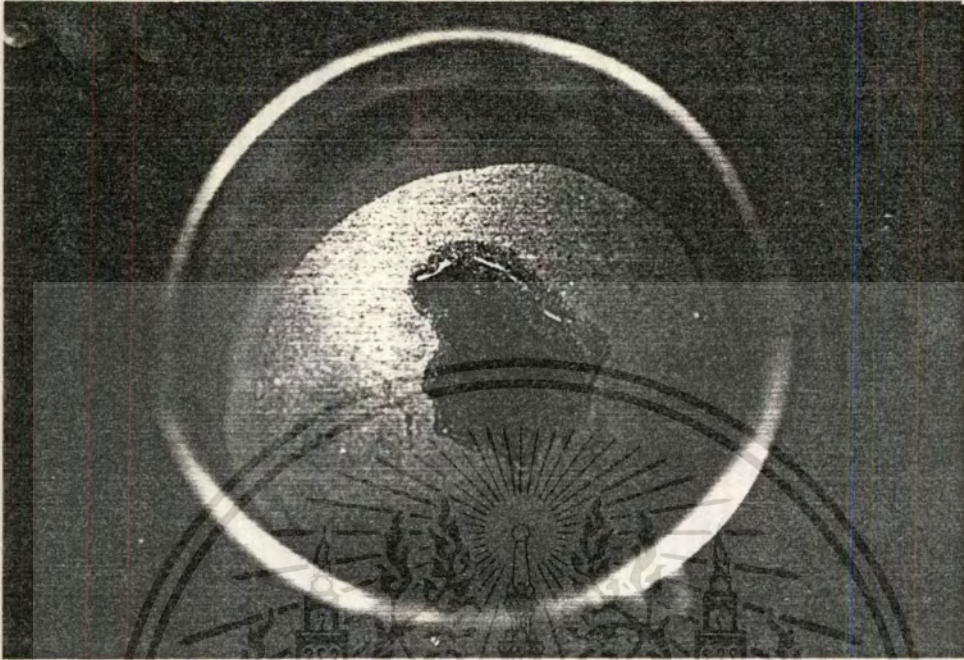
รูปที่ 3.2.3 ลักษณะปริมาณทรายที่ตกค้างบนตะแกรงต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการทดสอบหาส่วนขนาดคตะของทรายให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

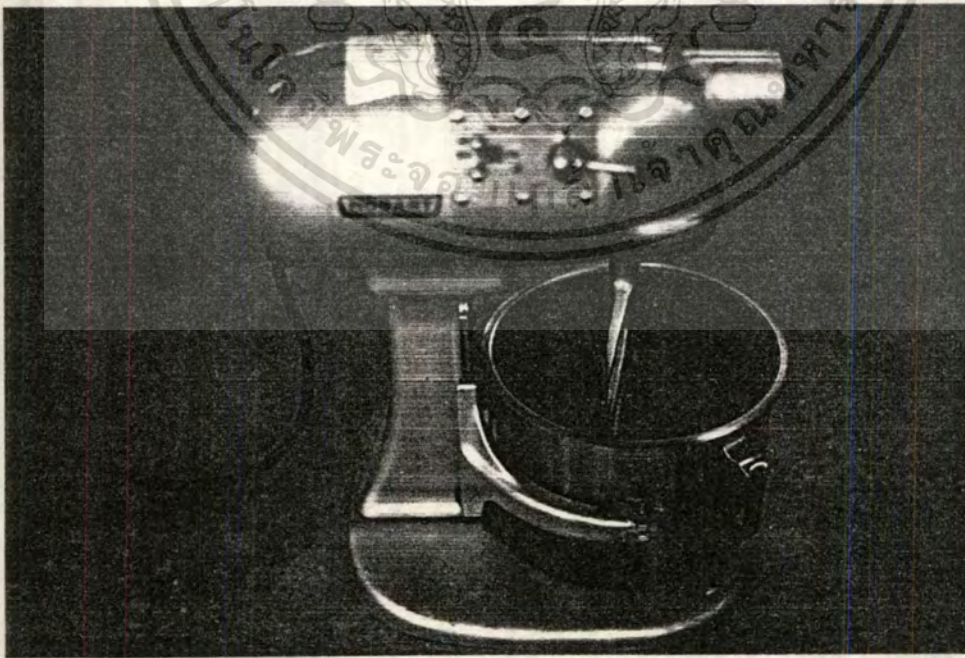


**3.8 รูปประกอบการผสมทรายซิลิเกตเพื่อใช้ในการทดสอบ**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

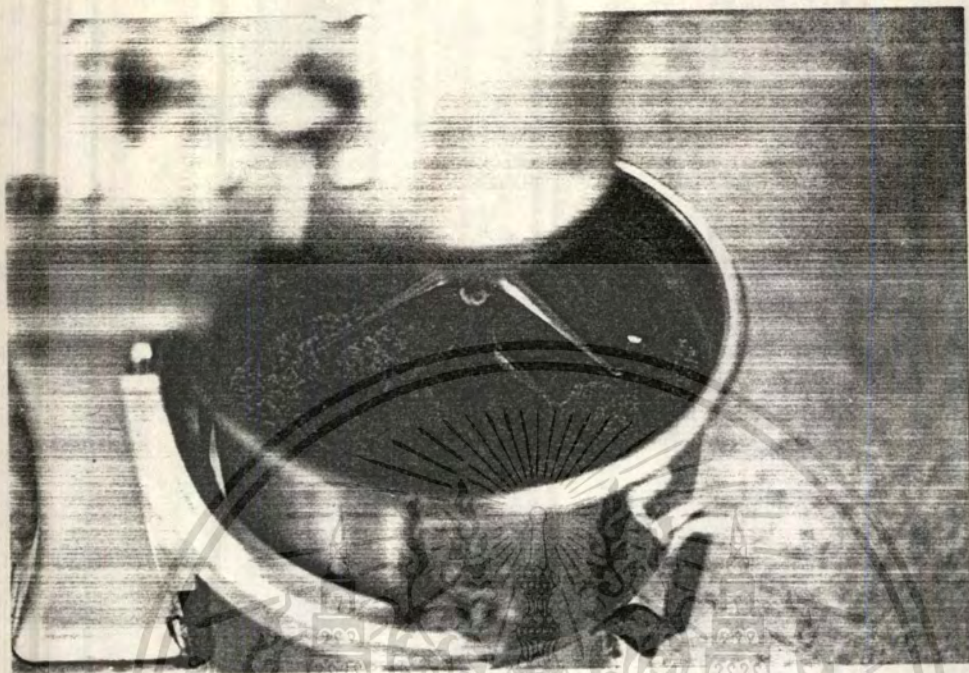


รูปที่ 3.3.1 ทรอยและน้ำแก้วในอัตราส่วน 10:1 โดยนำหนักก่อนเข้าเครื่องผสม



รูปที่ 3.3.2 เครื่องผสมชนิดใบพายที่ใช้ในการผสมทรายกับน้ำแก้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ 3.3.2 สำคัญ เครื่องผสมชนิดใบพายที่ใช้ในการผสมทรายกับน้ำแก้ว ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3.3 รูปขณะทำการผสมในเครื่องผสม



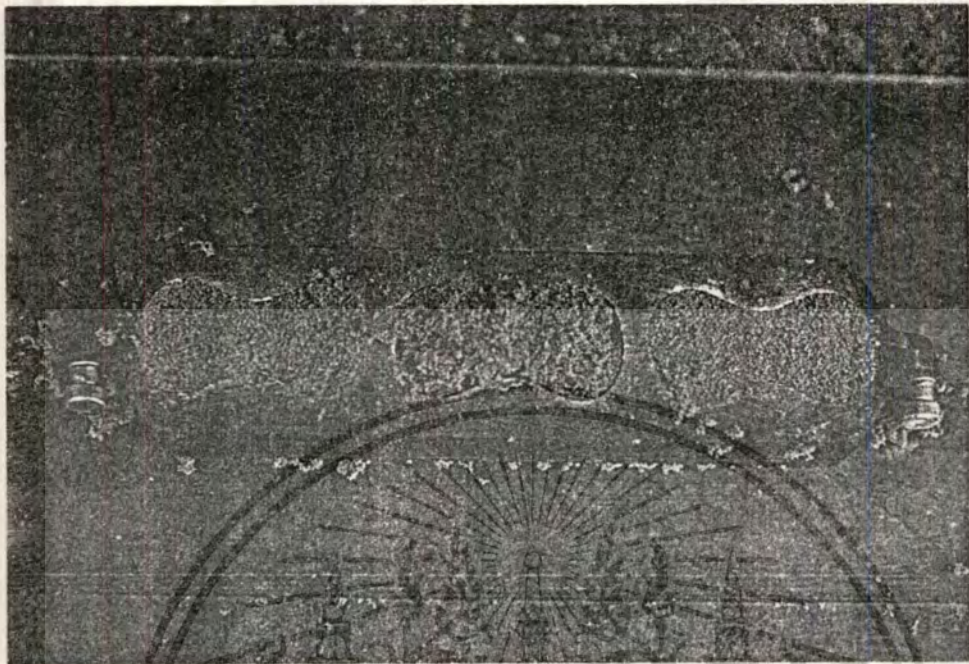
รูปที่ 3.3.4 ทรายที่ผสมเสร็จแล้วหรือทรายซิลิกัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานในวงจำกัดเท่านั้นไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 รูปประกอบการทดสอบกำลังรับแรงดึงของทรายซีโอทู



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

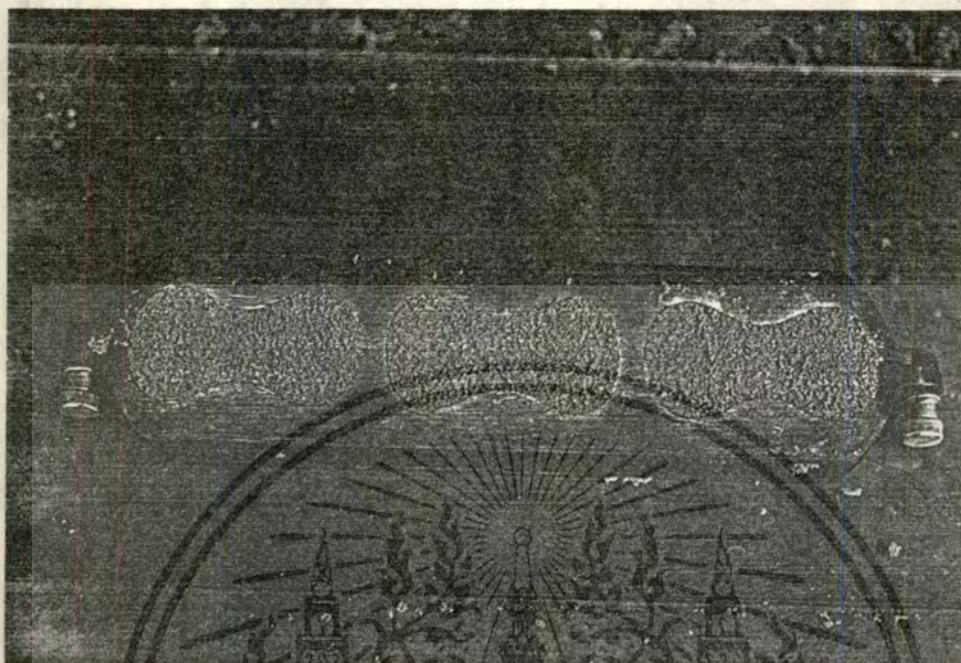


รูปที่ 3.4.1 การใส่ทรายลงในแบบ Briquet



รูปที่ 4.2 การอัดทรายลงในแบบด้วยแท่งเหล็กกระทุ้งขนาดตามที่กำหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการศึกษาวิจัยเท่านั้น ไม่สามารถนำข้อมูลไปใช้ในการค้าขายหรือบริการอื่นใดได้โดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

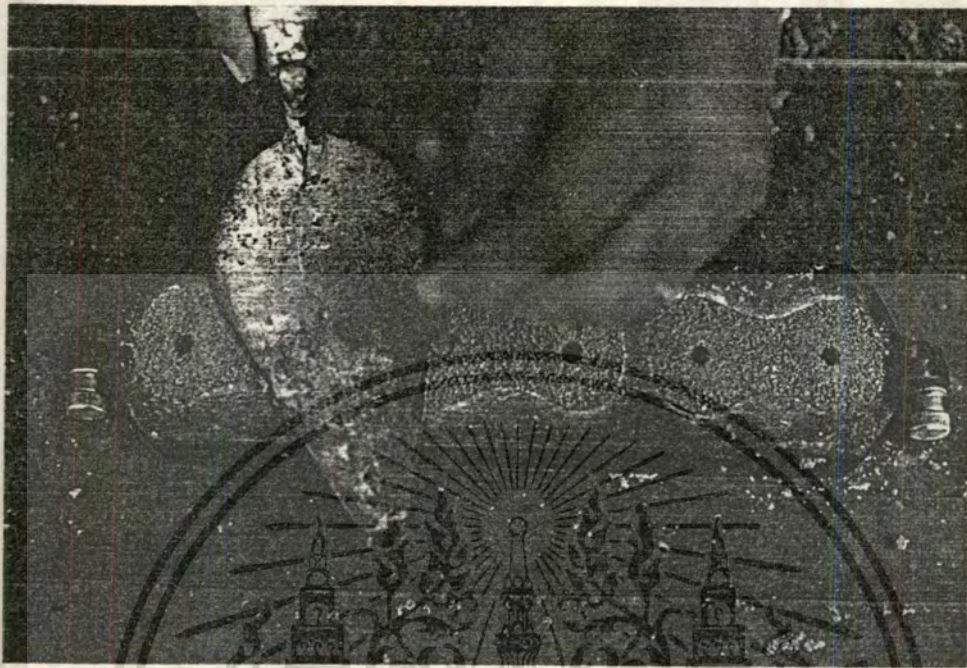


รูปที่ 3.4.3 ทรายที่อัดและปาดเสร็จเรียบร้อยแล้ว

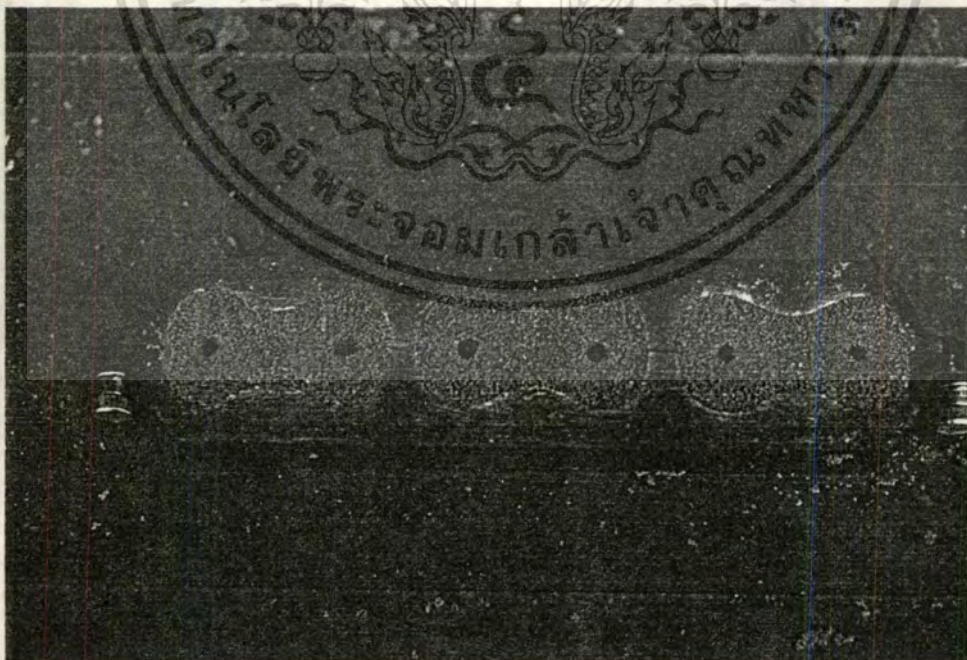


รูปที่ 3.4.4 ทำการเจาะรูด้วยแท่งเหล็ก โดยรูที่เจาะมีความลึก  $\frac{2}{3}$  ของแบบหล่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

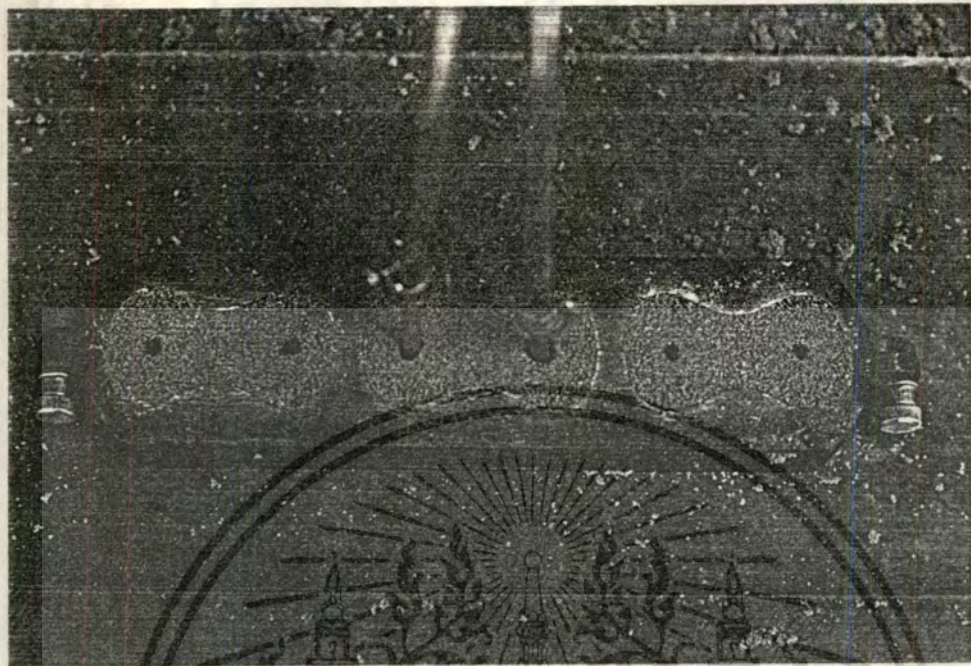


รูปที่ 3.4.5 เมื่อได้ความสึกแล้วก็นำเกียงมากดและแต่งให้ผิวหน้าเรียบ

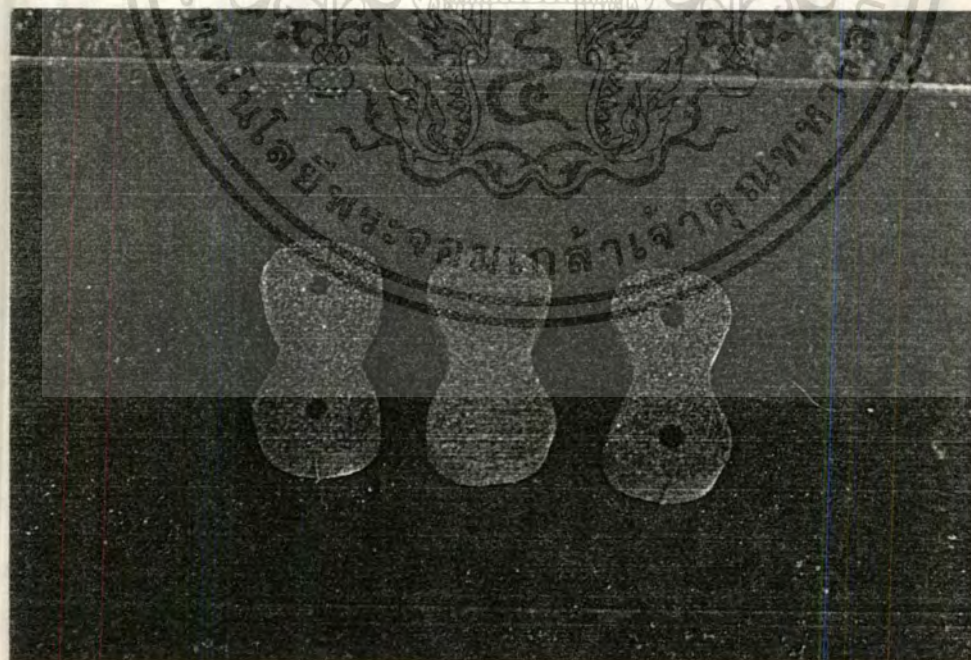


รูปที่ 3.4.6 ลักษณะของ Briquet ที่ทำการเจาะรูเรียบร้อยแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

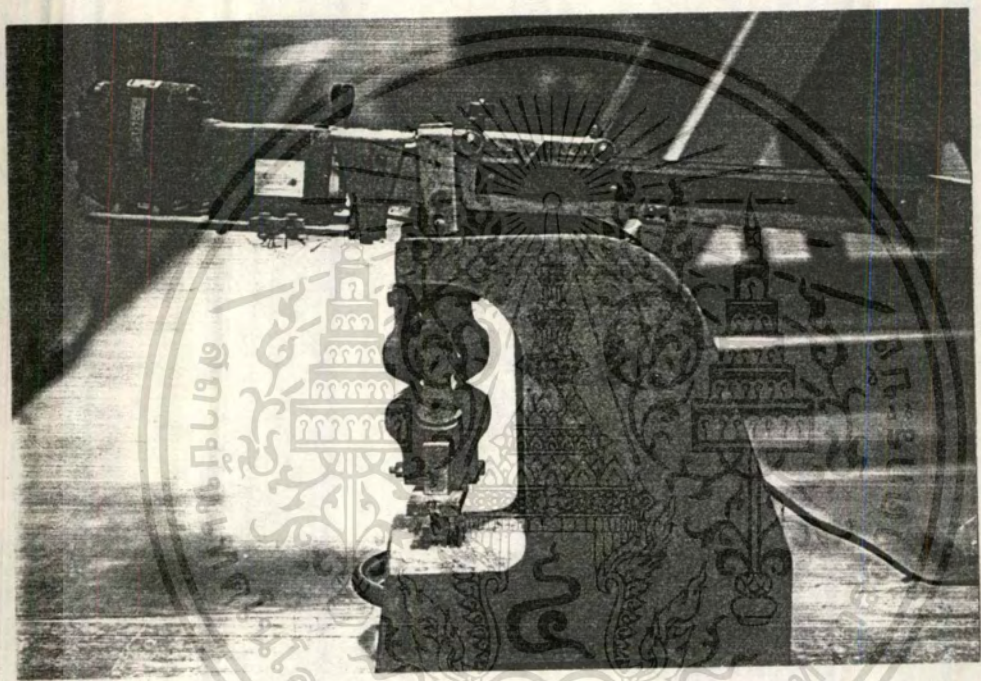


รูปที่ 3.4.7 อัดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์(CO<sub>2</sub>)ลงใน Briquet



รูปที่ 3.4.8 Briquet ที่พร้อมจะทำการทดสอบกำลังรับแรงดึง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



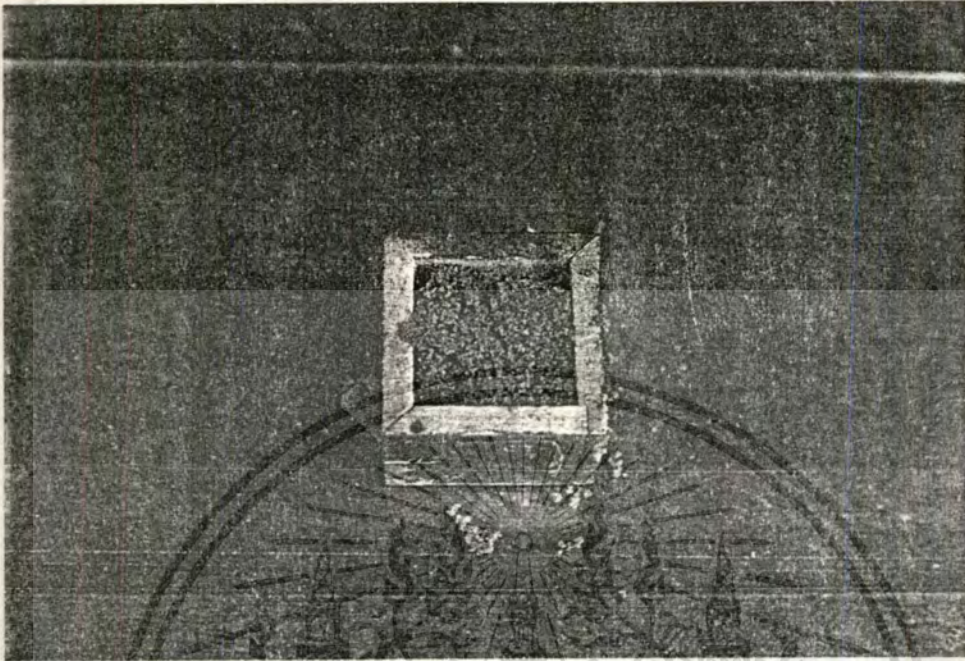
รูปที่ 3.4.9 เครื่องที่ใช้ในการทดสอบกำลังรับแรงดึง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



**3.5 รูปประกอบการทดสอบกำลังรับแรงอัดของทราย ซีโอทู**

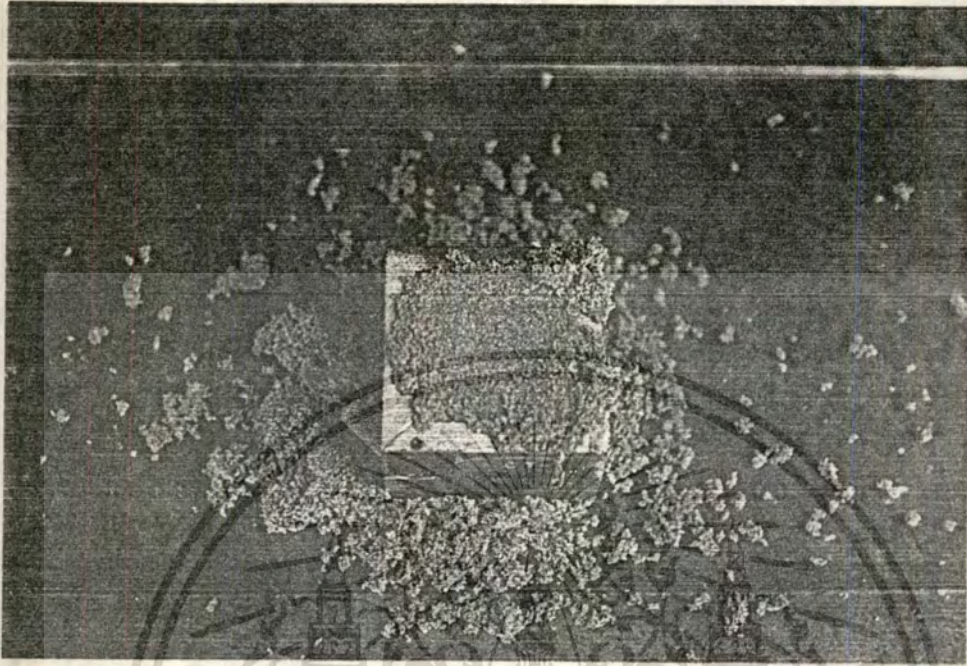
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5.1 การบรรจุทรายลงในแบบหล่อลูกบาศก์ ขนาด 5\*5\*5 cm



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่โรงเรียนใช้ในการจัดทรายลงในแบบด้วยขี้เถ้าเหล็กกระทิงขนาดตามที่กำหนด โดยโรงเรียนดำเนินการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

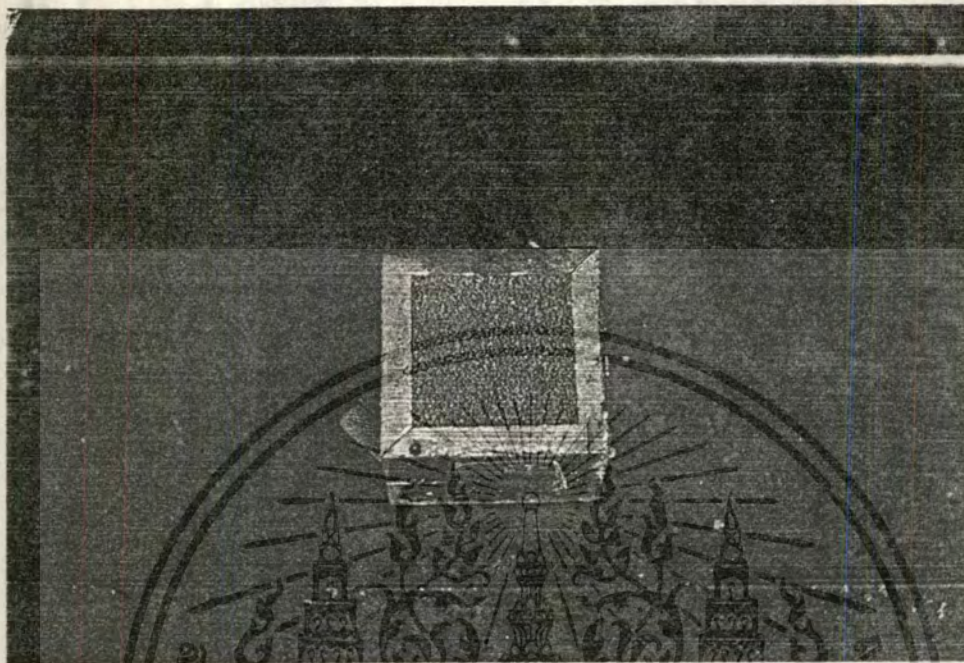


รูปที่ 3.5.3 ทราซที่อัดเสริมในชั้นสุดท้าย

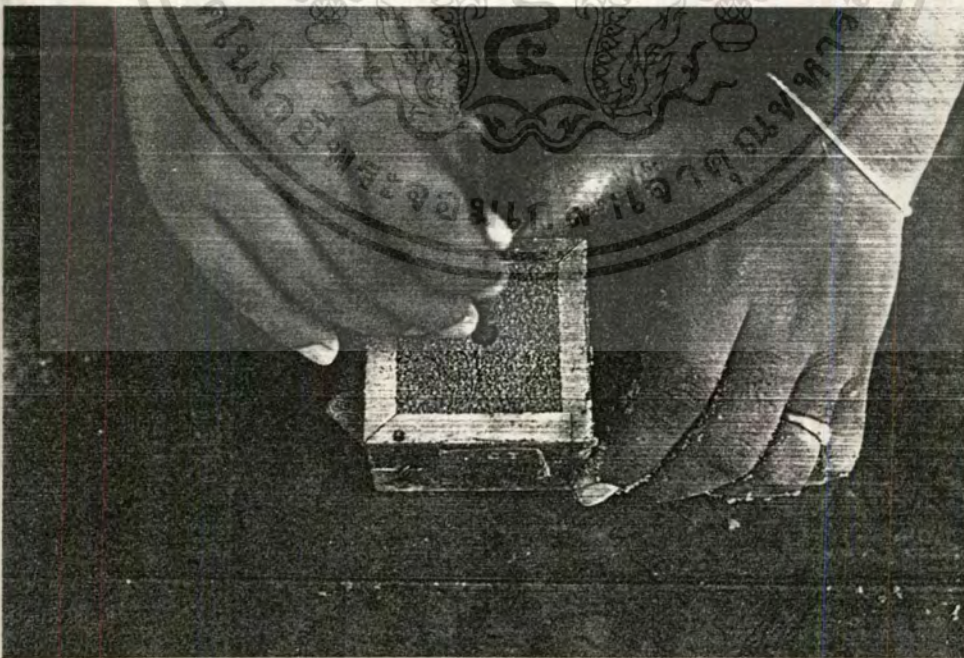


รูปที่ 3.5.4 ทำการปาดผิวหน้าให้เรียบ โดยใช้เกียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

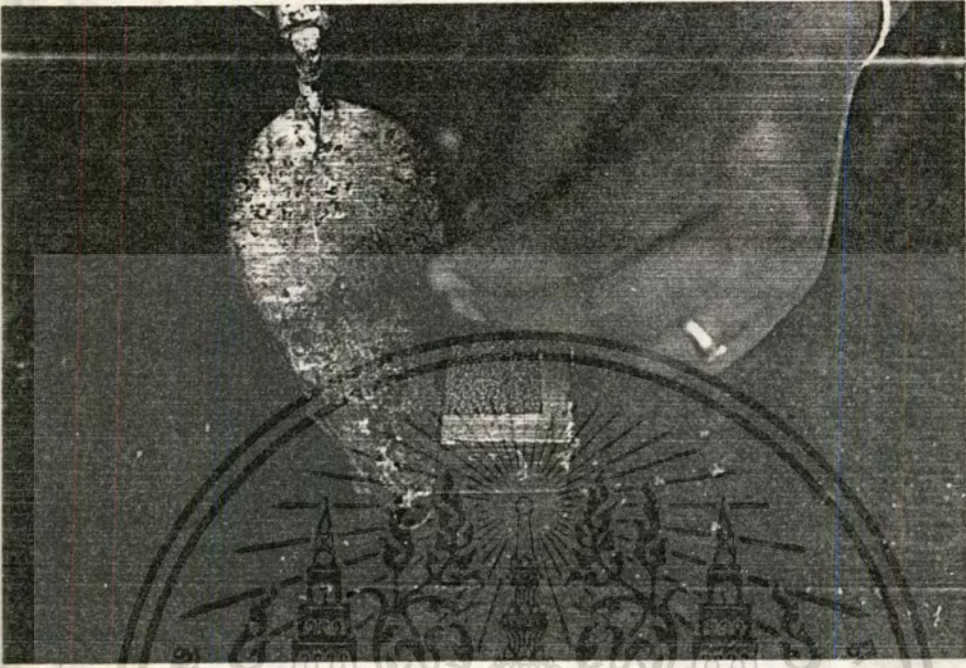


รูปที่ 3.5.5 ลักษณะทรายที่อัดเสร็จเรียบร้อยแล้ว

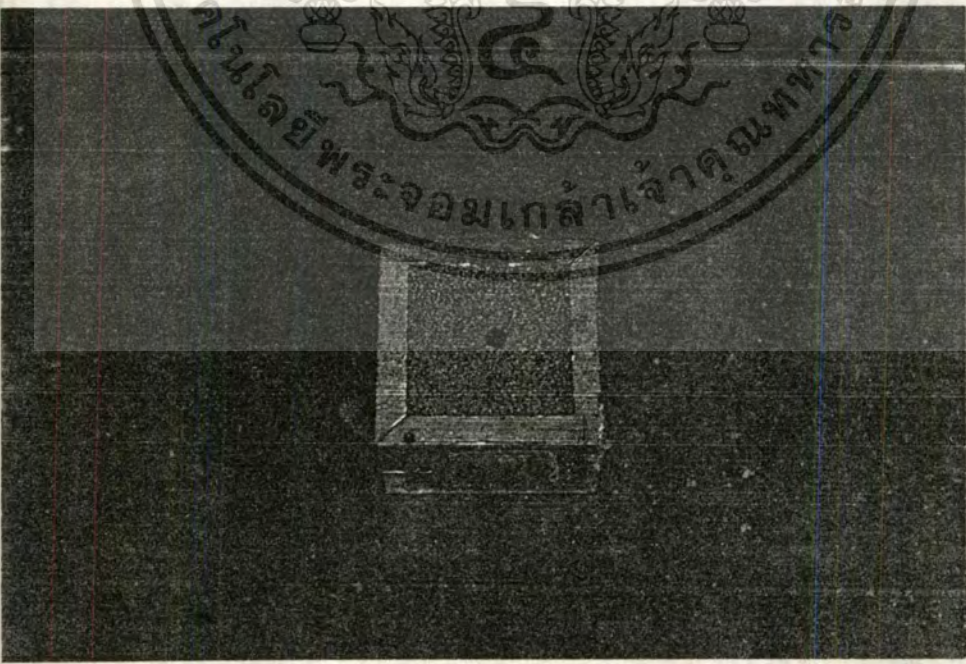


รูปที่ 3.3.6 การใช้เหล็กทำการเจาะรูให้มีความลึก 2/3 ของความสูงของแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

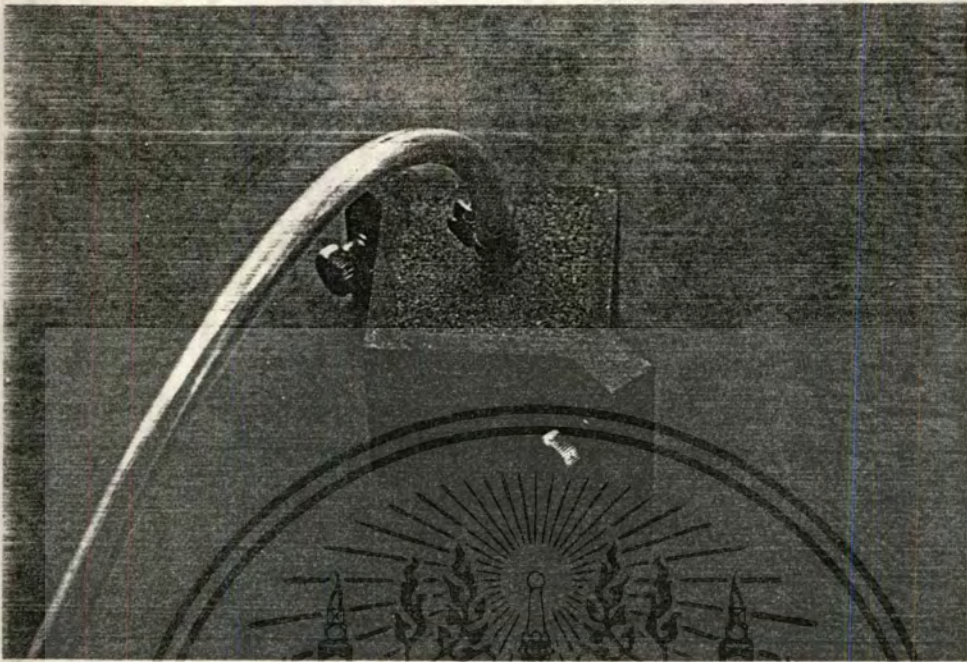


รูปที่ 3.5.7 นำเกรียงมากดภายหลังการเจาะรูแต่งผิวหน้าให้เรียบ

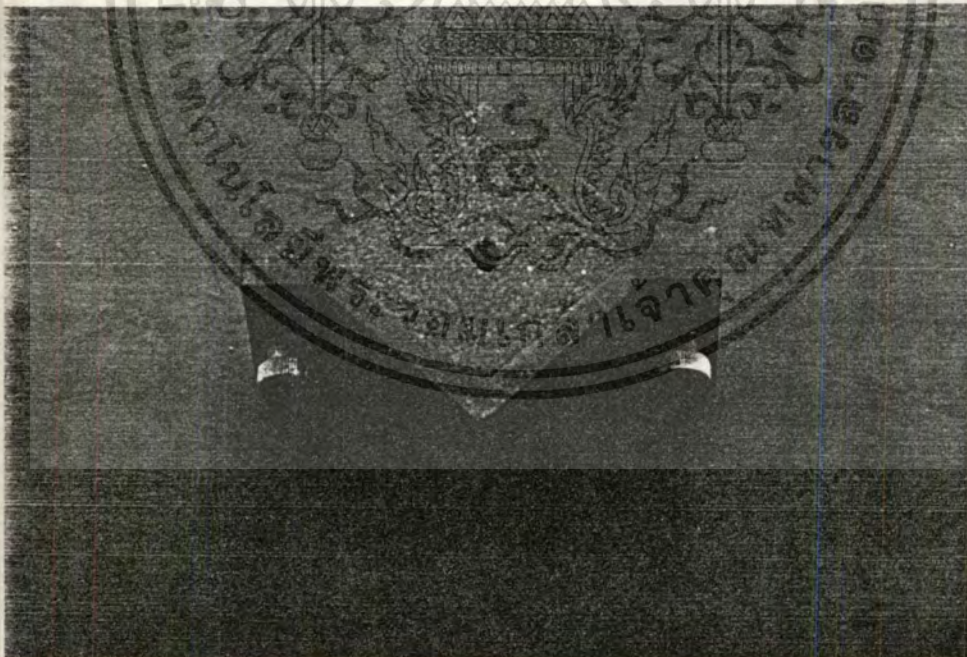


รูปที่ 3.5.8 ตัวอย่างที่ทำการเจาะรูเสร็จเรียบร้อยแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

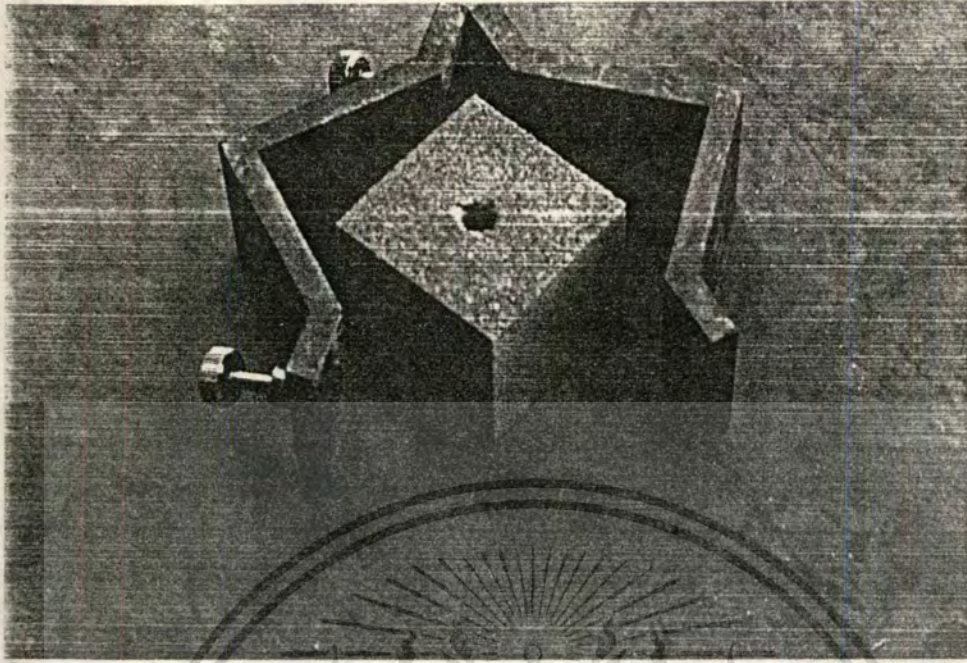


รูปที่ 3.5.9 ทำการอัดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO<sub>2</sub>)  
ลงในรูที่เจาะ โดยใช้แรงดัน 20 psi (0.0014 kg/mm<sup>2</sup>)

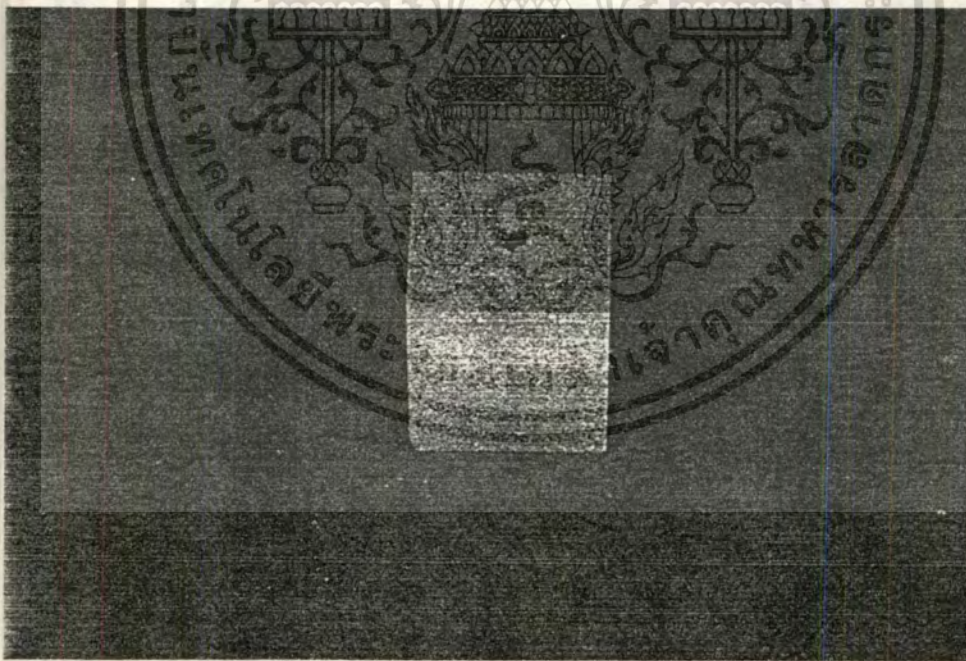


รูปที่ 3.5.10 ตัวอย่างที่ทำการอัดแก๊สเสร็จเรียบร้อยแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

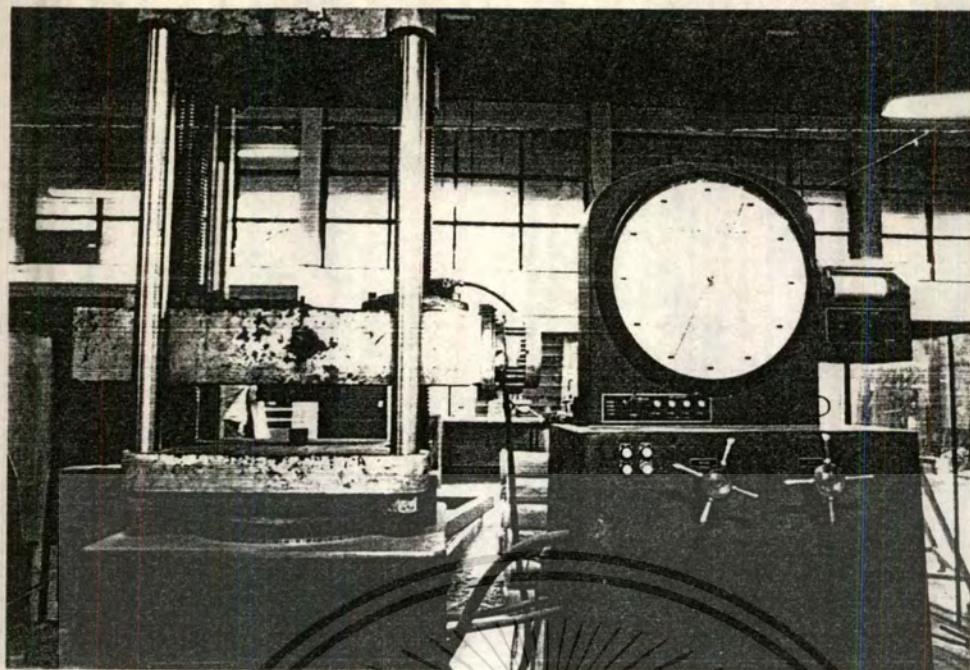


รูปที่ 3.5.11 ทำการถอดแบบหล่อ



รูปที่ 3.5.12 ตัวอย่างที่เสร็จเรียบร้อยพร้อมนำไปทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5.13 เครื่องทดสอบกำลังรับแรงอัดแบบ ไฮดรอลิก



รูปที่ 3.5.14 ลักษณะการวางตัวของบนเครื่องทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



3.6 รูปลักษณะการแตกของตัวอย่างภายหลังการทดสอบ  
กำลังรับแรงดึงและกำลังรับอัดของทรายซีโอทู

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



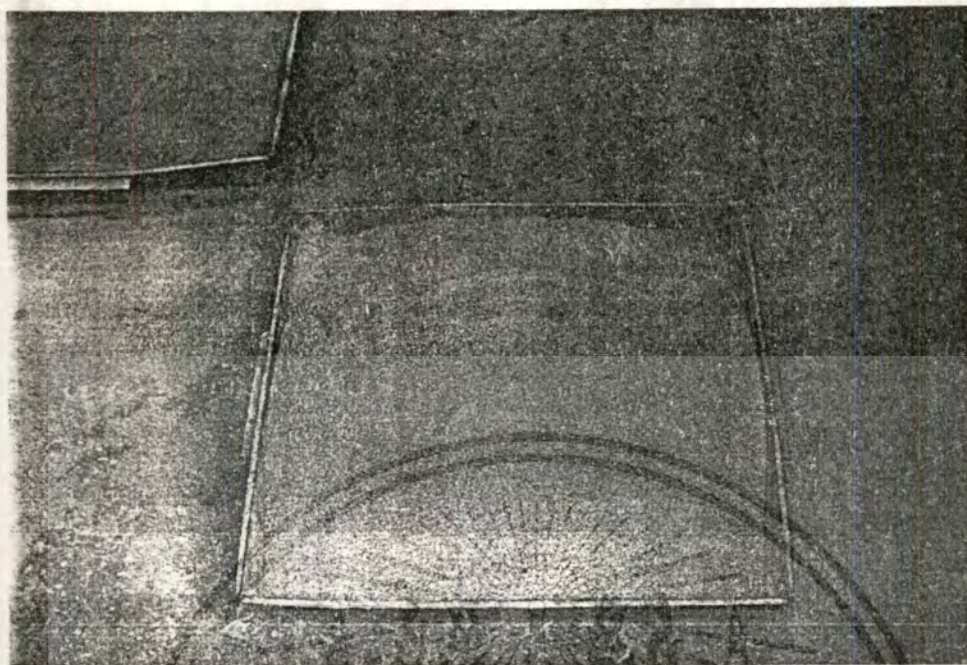
รูปที่ 3.6 รูปลักษณะการแตกของตัวอย่างภายหลังทำการทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

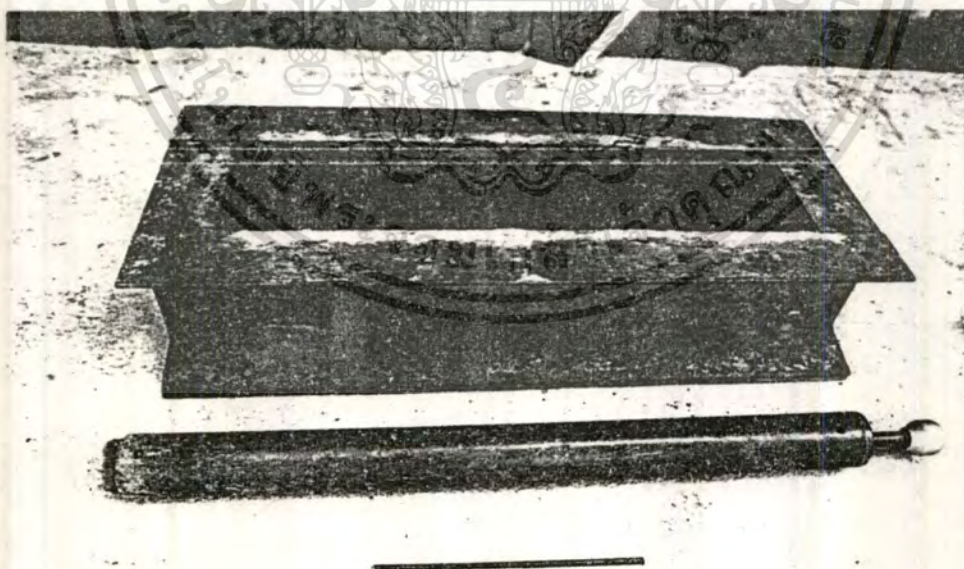
3.7 รูปประกอบการทดสอบกำลังรับแรงดัดของทราयीโอทู



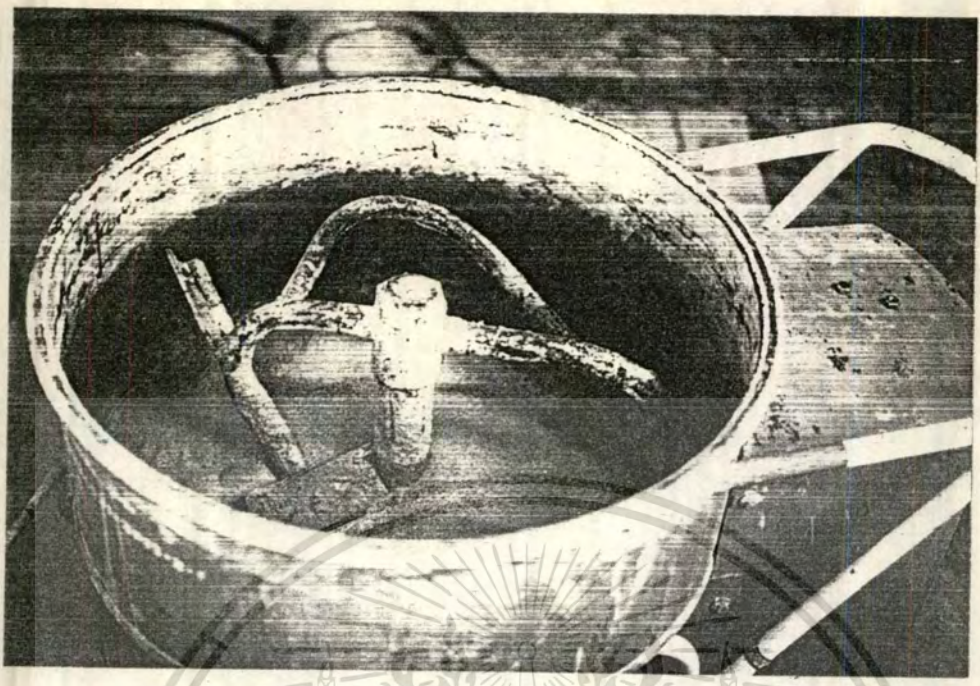
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.7.1 การเตรียมทรายละเอียดสำหรับผสม โดยใช้ทราย 90 กิโลกรัม ต่อ น้ำแก้ว 9 กิโลกรัม สำหรับการผสม ในแต่ละครั้ง (ครั้งละ 3 ตัวอย่าง)



รูปที่ 3.7.2 ชุดเครื่องมือ ประกอบด้วยแบบหล่อแกน ขนาด 15x15x60 cm..Rammer ขนาด 10 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของกรมที่ดิน กรุงเทพมหานคร ใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

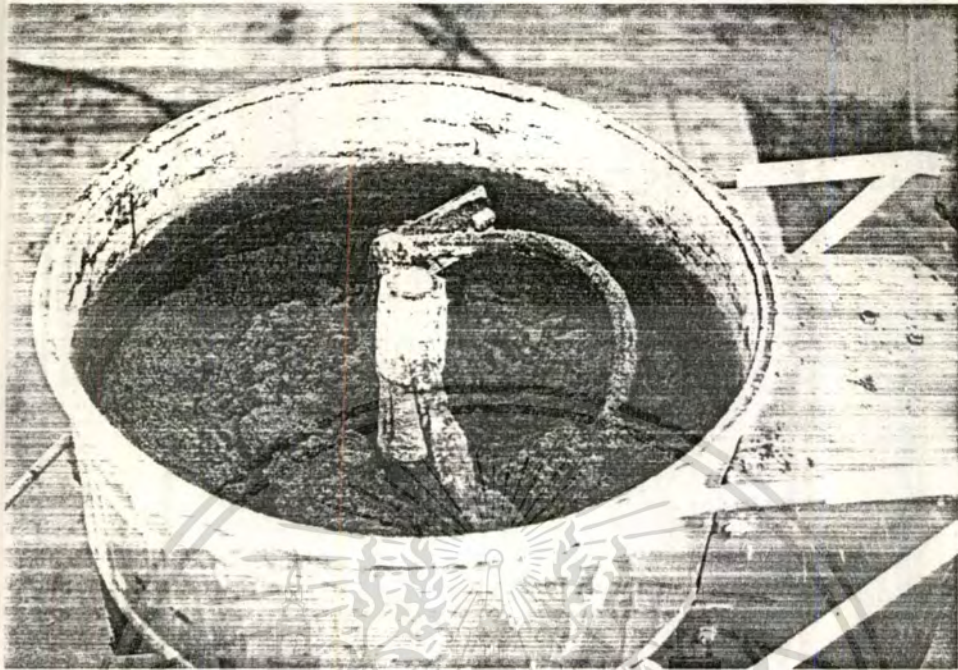


รูปที่ 3.7.3 เททรายลงในเครื่องผสมแบบใบกวน 3 ระดับเพียงครึ่งหนึ่งแล้วกดสวิทช์เดินเครื่องทำงาน



รูปที่ 3.7.4 ค่อยๆเทน้ำแก้วครึ่งหนึ่งผสมกับทรายขณะที่เครื่องทำงานอยู่ภายในเวลา 1 นาที จากนั้นเททรายที่เหลือลงไปแล้วค่อยๆเทน้ำแก้วที่เหลือจนหมดภายในเวลา 1 นาทีเช่นกัน จากนั้นเดินเครื่องทิ้งไว้ประมาณ 3 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.7.5 ลักษณะทรายซิลิกาที่ผสมเข้ากันดีโดยไม่เป็นก้อนจับกัน



รูปที่ 3.7.6 ขั้นตอนการอัดทรายซิลิกาด้วย Rammer ขนาด 10 ปอนด์  $\varnothing$  2 นิ้วเพื่อให้เม็ดทราย  
 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ร่วมกันอย่างสม่ำเสมอโดยแบ่งการอัดเป็น 3 ชั้นเท่าๆกัน  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.7.7 ทรายซิลิเกตที่อัดเสร็จในชั้นสุดท้ายรูปที่

รูปที่ 3.7.8 ปาดทรายซิลิเกตส่วนที่เกินออกด้วยเกรียงขอบตรงยาว 100-150 มม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.7.9 รูปภายหลังจากใช้เกรียงปาดแต่งผิวให้เรียบ

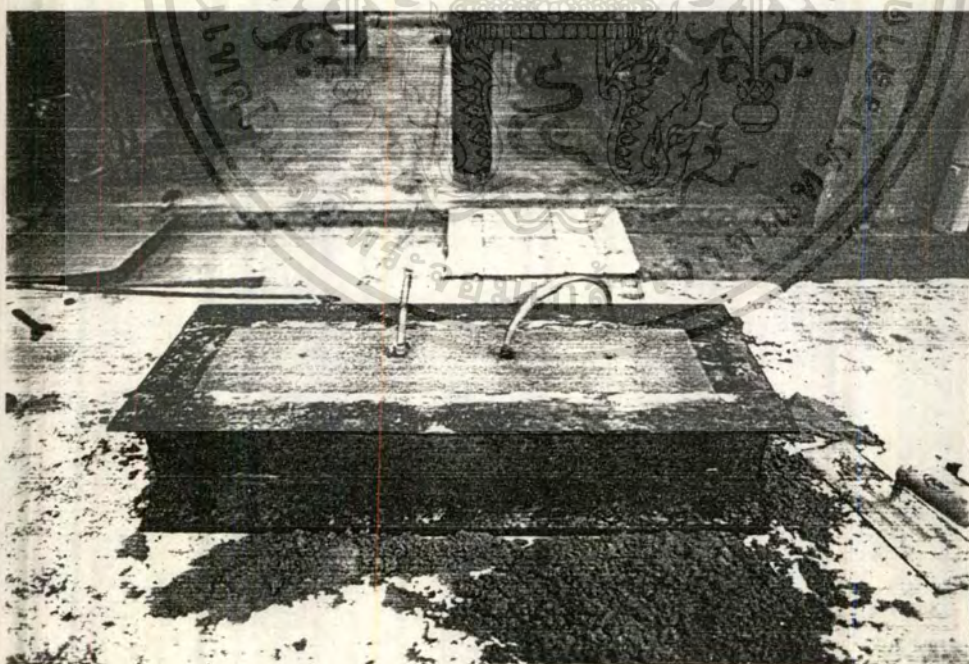


รูปที่ 3.7.10 แสดงการเจาะรูโดยใช้เหล็กกลม  $\varnothing$  6 มม. เจาะรูลึก  $2/3$  ของแบบหล่อ โดยมีระยะห่างกัน 5 นิ้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

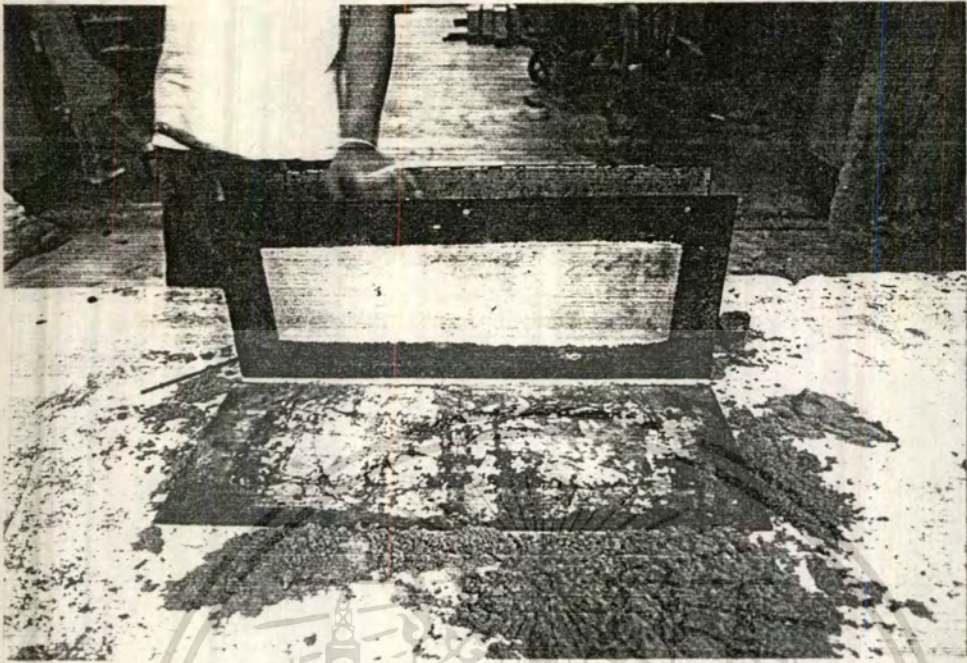


รูปที่ 3.7.11 แสดงรูปที่เจาะแล้วแต่งหน้าให้เรียบ



รูปที่ 3.7.12 ขั้นตอนการผ่านแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ลงในแบบทิ้งไว้ประมาณ 4 นาที ขณะที่ผ่านแก๊สเมื่อเอามือสัมผัสที่ผิวจะรู้สึกว่ตัวอย่างร้อนและเริ่มแข็งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไมออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

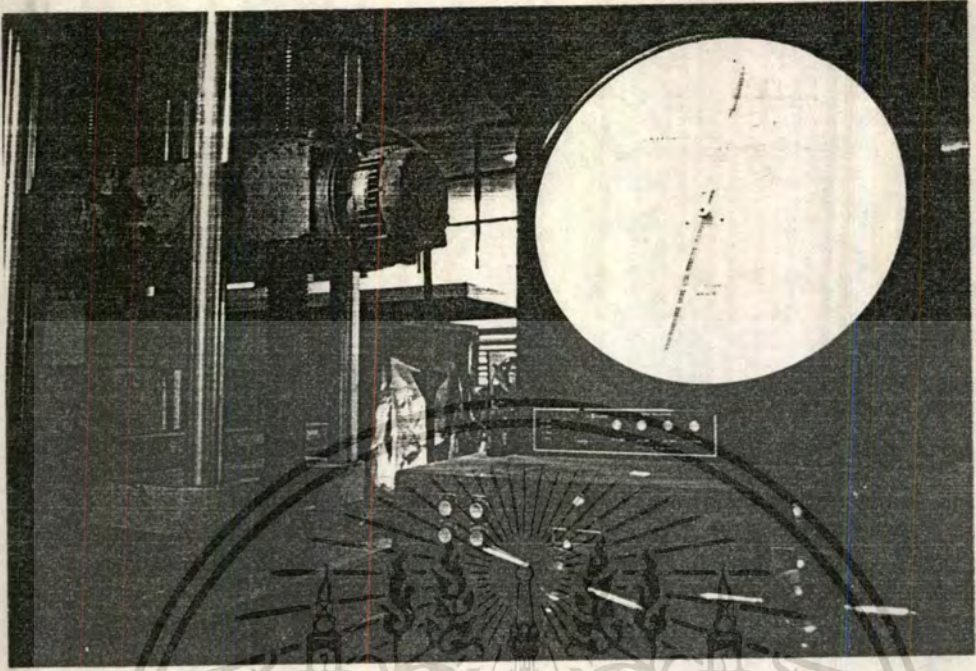


ปีที่ 3.7.13 แสดงการถอดตัวอย่างออกจากแบบ

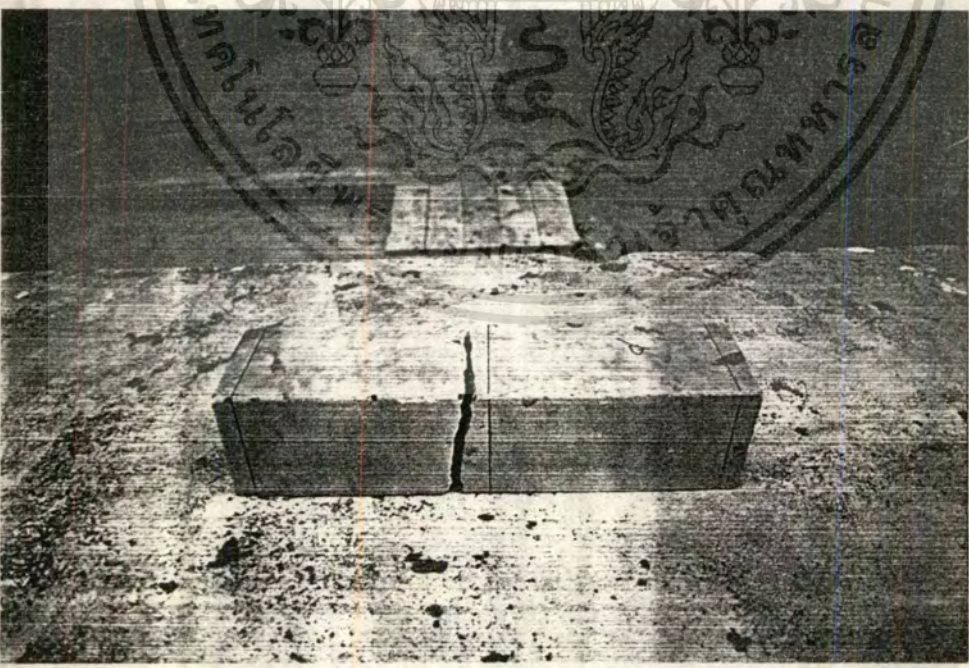


รูปที่ 3.7.14 ลักษณะของตัวอย่างที่เสร็จแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.7.15 แสดงชุดเครื่องมือขณะทำการทดสอบตัวอย่าง



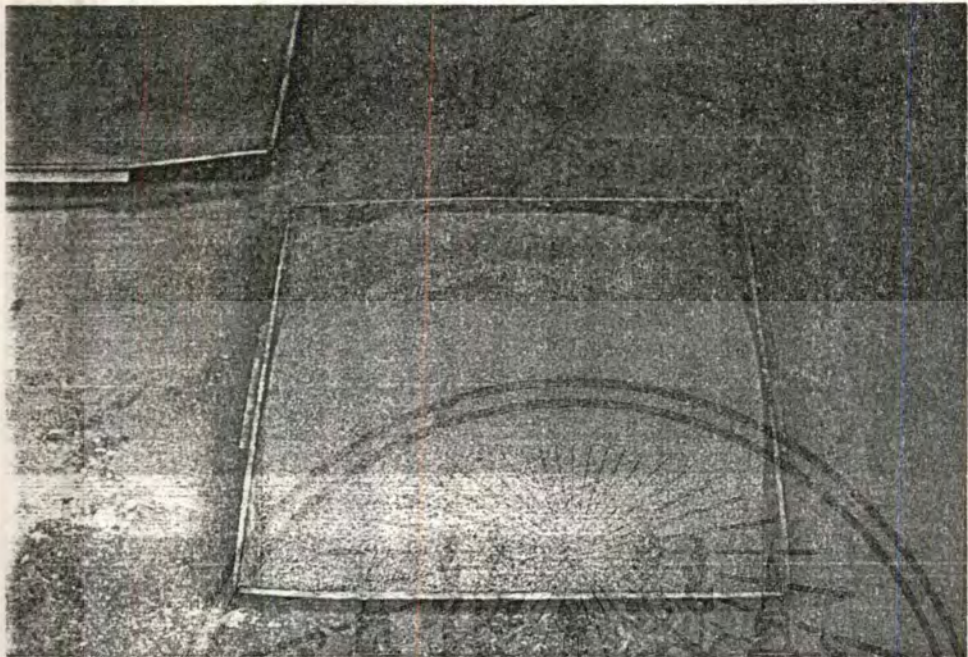
รูปที่ 3.7.16 ลักษณะการแตกร้าวของคานตัวอย่างภายหลังการทดสอบถึงจุดประลัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

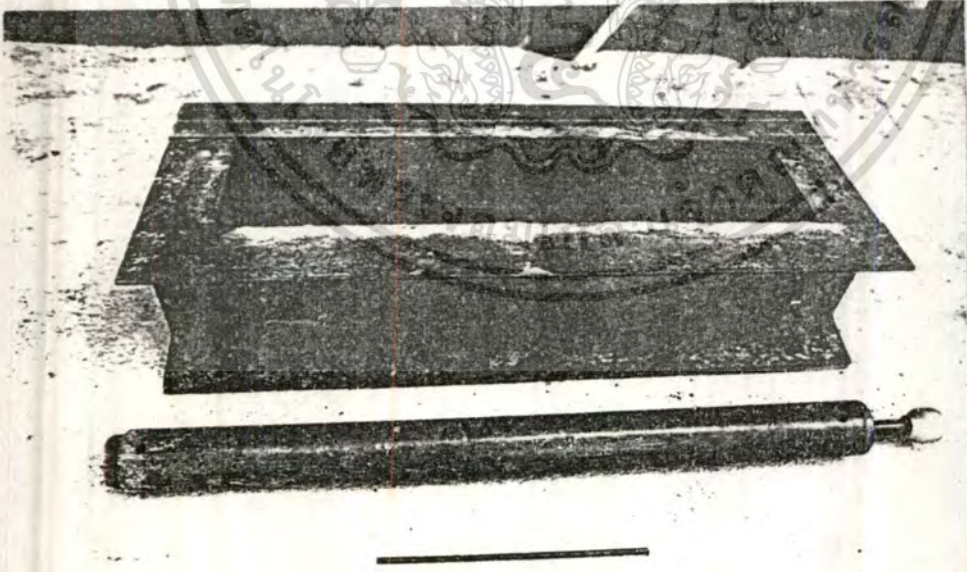


3.8 รูปประกอบการทดสอบกำลังรับแรงเฉือนของทรายซีโอทู

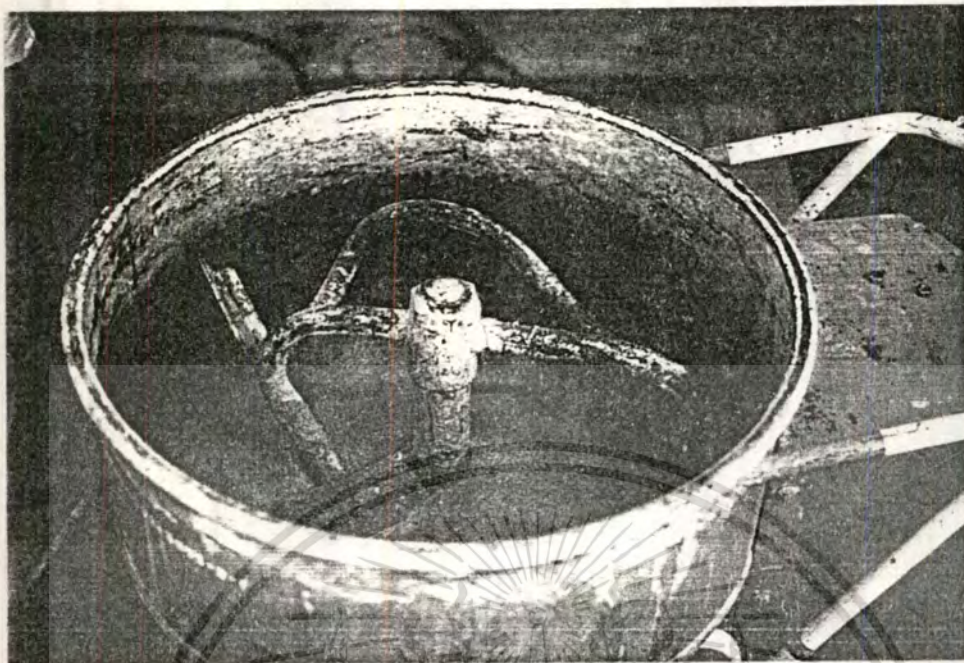
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.8.1 การเตรียมทรายละเอียดสำหรับผสม โดยใช้ทราย 90 กิโลกรัม ต่อ น้ำแก้ว 9 กิโลกรัม สำหรับการผสม ใน แต่ละครั้ง(ครั้งละ 3 ตัวอย่าง)



รูปที่ 3.8.2 ชุดเครื่องมือ ประกอบด้วยแบบหล่อคาน ขนาด 15x15x60 cm..Rammer ขนาด 10  
 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ขอไปจากหน่วยงานที่กรณีสืบค้นข้อมูลไปขอมาเพื่อใช้ในการค้า  
 ไม่ว่ากรรมใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

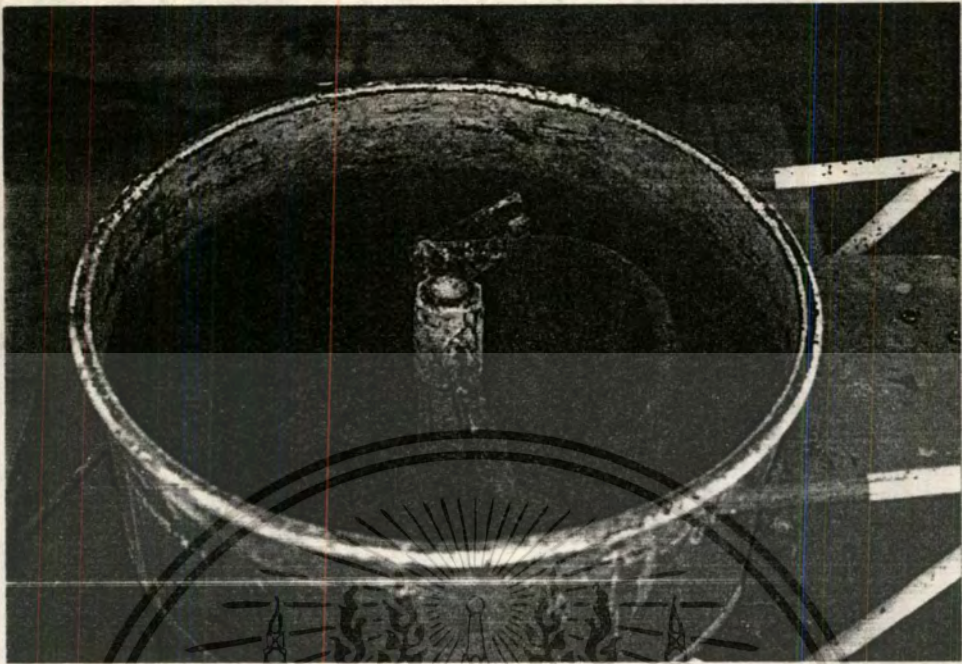


รูปที่ 3.8.3 เททรายลงในเครื่องผสมแบบใบกวน 3 ระดับเพียงครึ่งหนึ่งแล้วกดสวิตช์เดินเครื่องทำงาน

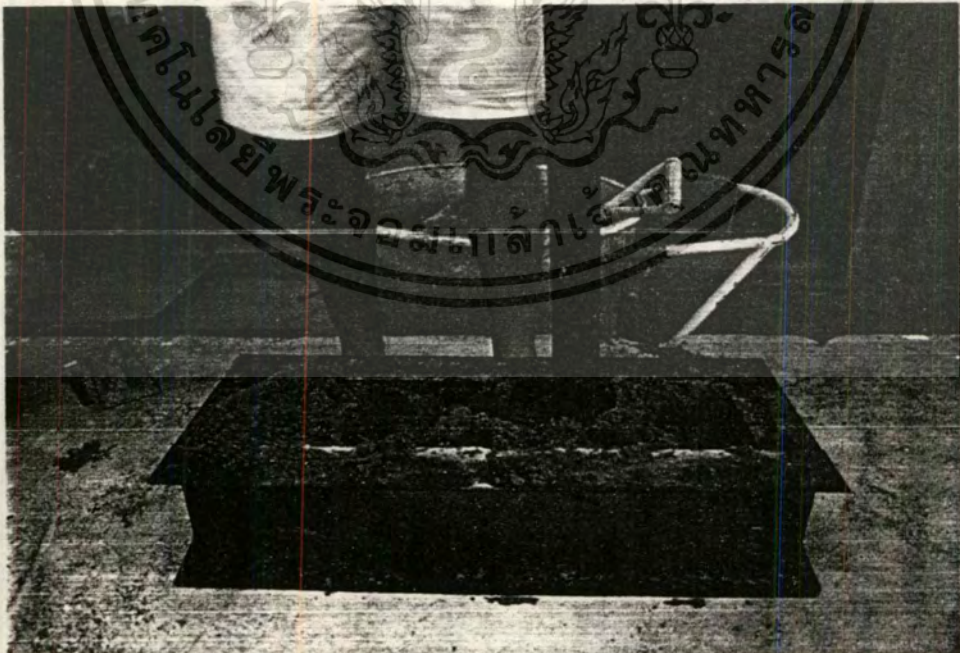


รูปที่ 3.8.4 ค่อยๆเทน้ำแก้วครึ่งหนึ่งผสมกับทรายขณะที่เครื่องทำงานอยู่ภายในเวลา 1 นาที จากนั้นเททรายที่เหลือลงไปแล้วค่อยๆเทน้ำแก้วที่เหลือจนหมดภายในเวลา 1 นาทีเช่นกัน จากนั้น

เดินเครื่องทิ้งไว้ประมาณ 1 นาที เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

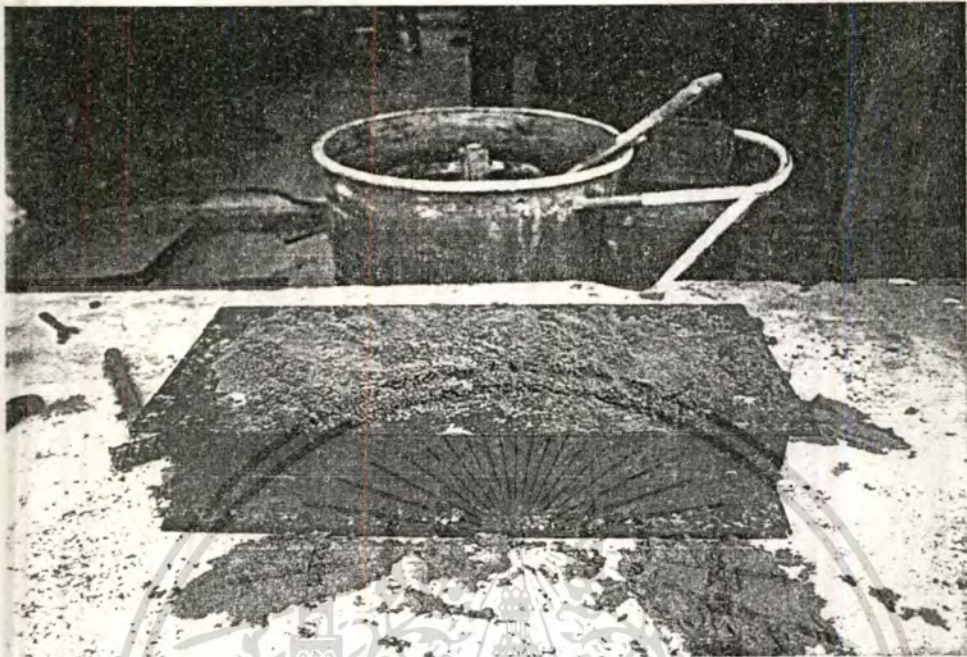


รูปที่ 3.8.5 ลักษณะทรายซิติที่เกิดที่ผสมเข้ากันดีโดยไม่เป็นก้อนจับกัน



รูปที่ 3.8.6 ขั้นตอนการอัดทรายซิติเกิดด้วย Rammer ขนาด 10 ปอนด์  $\varnothing$  2 นิ้วเพื่อให้เม็ดทราย

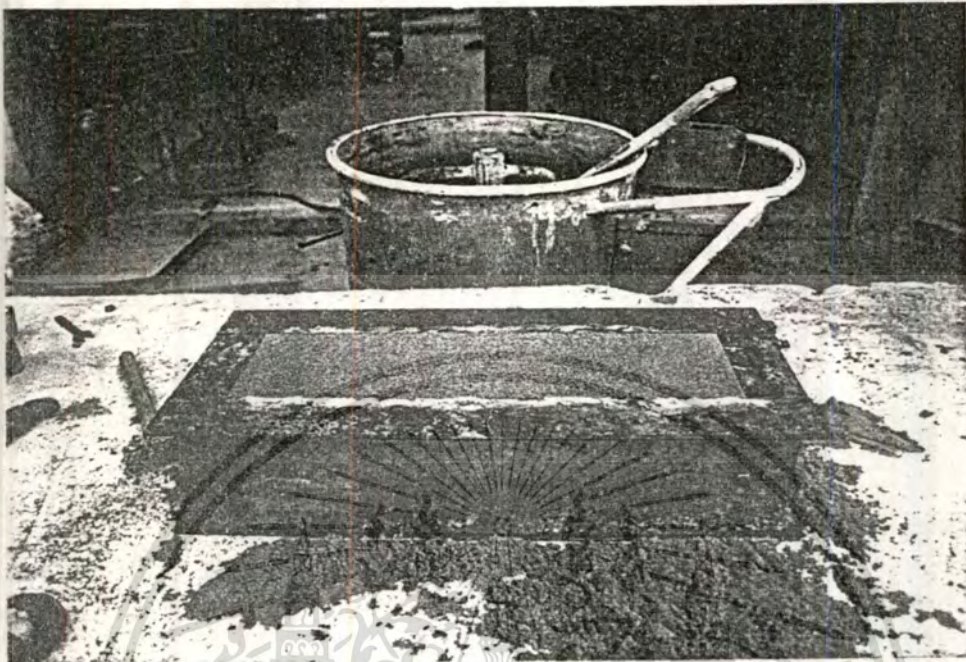
เอกสารนี้เป็นเอกสารเรียงตัวกันอย่างสม่ำเสมอโดยแบ่งการอัดเป็น 3 ชั้นเท่าๆกันให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.8.7 ทรายซิลิกาที่อัดเสร็จในชั้นสุดท้ายรูปที่



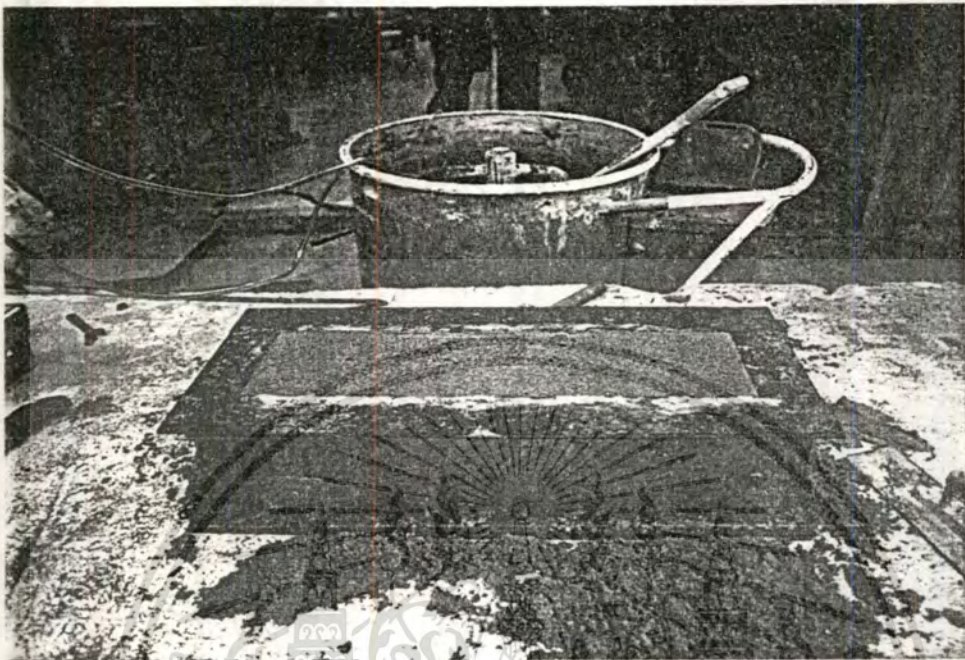
เอกสารนี้เป็นรูปที่ 3.8.8 ภาควิศวกรรมป่าค้ำทรายซิลิกาแล้วส่วนที่เกินอีกด้วยเครื่องขบตรงยาว 100-150 มม.ขึ้นด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



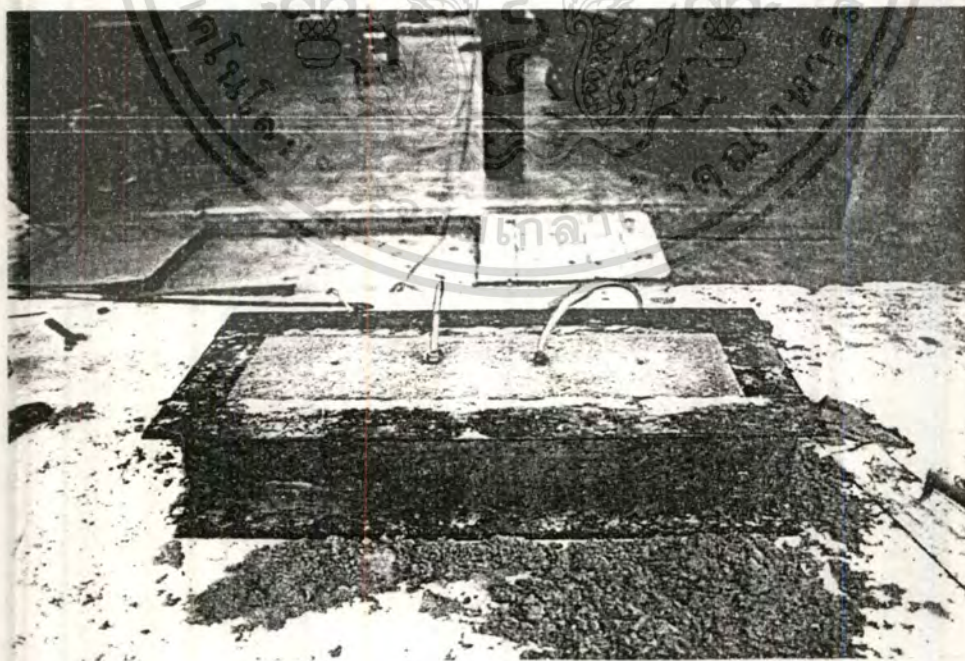
รูปที่ 3.8.9 รูปภายหลังจากใช้เครื่องปาดแต่งผิวให้เรียบ



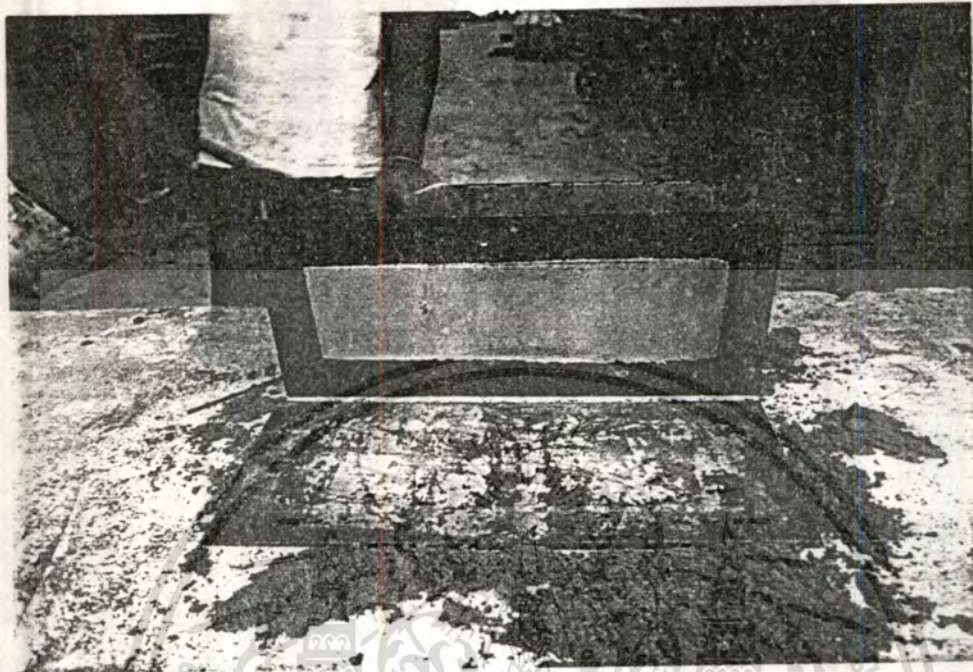
รูปที่ 3.8.10 แสดงการเจาะรูโดยใช้เหล็กกลม  $\varnothing$  6 มม. เจาะรูลึก  $2/3$  ของแบบหล่อ โดยมีระยะห่าง  
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สวนไผ่สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอญญาตไหน้าไปไซประโยชน์ดานการค้ำ  
กัณ 5 นั้ว  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



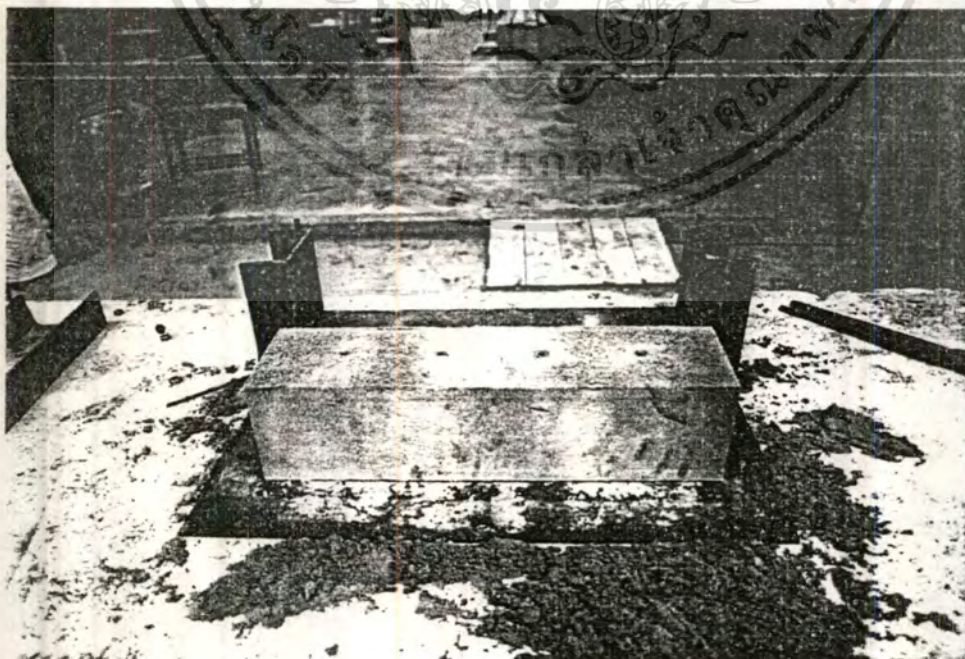
รูปที่ 3.8.11 แสดงรูที่เจาะแล้วแต่ยังไม่เรียง



รูปที่ 3.8.12 ขั้นตอนการผ่านแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ลงในแบบทิ้งไว้ประมาณ 4 นาที ขณะที่ผ่าน  
 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี  
 แก๊สเมื่อเอามือสัมผัสที่ผิวจะรู้สึกว้าวร้อนและเริ่มแข็งขึ้น  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

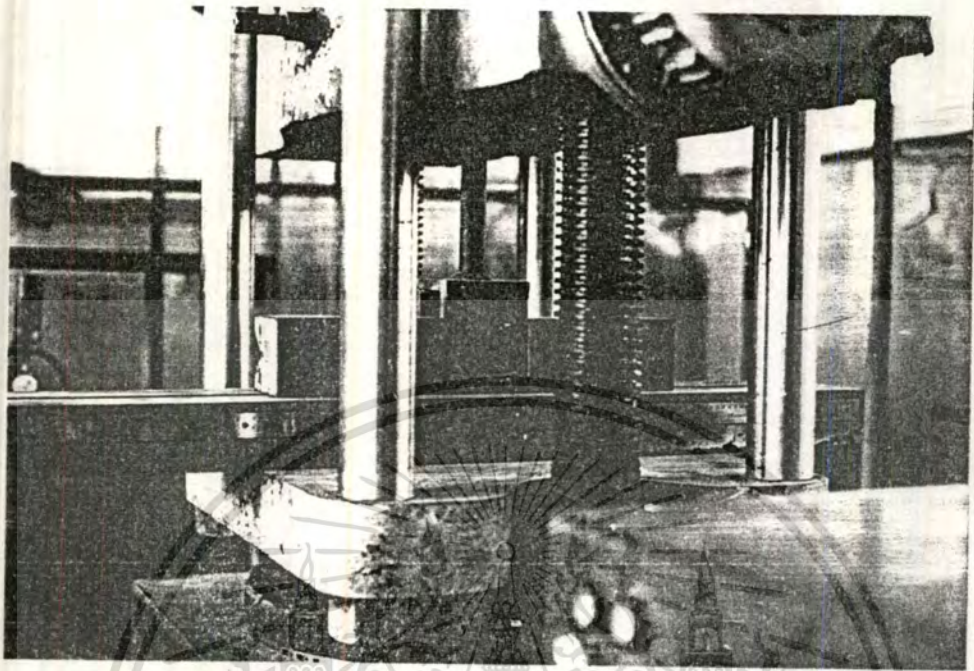


รูปที่ 3.8.13 แสดงการถอดตัวอย่างออกจากแบบ

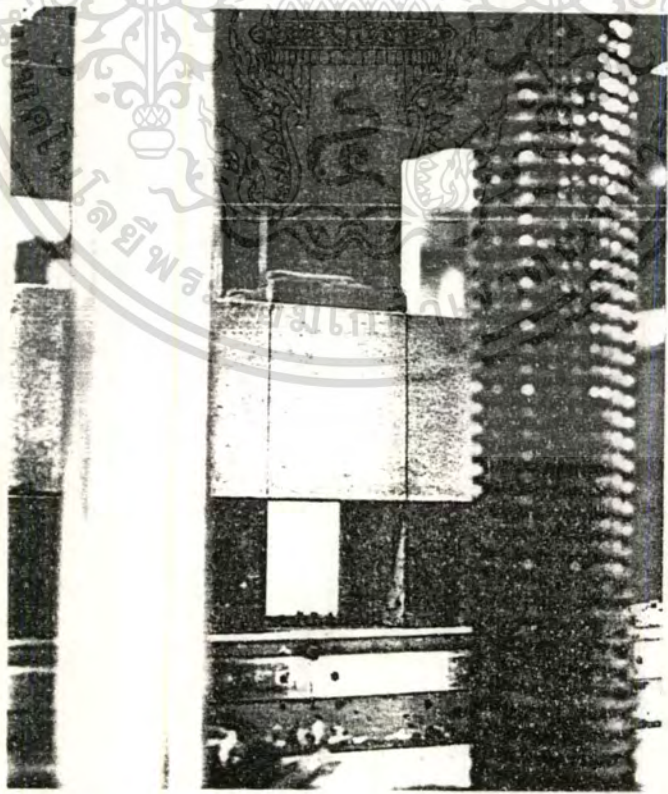


รูปที่ 3.8.14 ลักษณะของตัวอย่างที่เสร็จแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.8.15 การเตรียมเครื่องมือทดสอบแรงเค้นแบบ 2 ระนาบ



เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์ ห้ามเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้  
 รูปที่ 3.8.16 การนำตัวอย่างวางลงแทนทดสอบโดยมีการจับบอกระยะไว้  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 รูปที่ 3.8.17 ลักษณะการแตกของแท่งคานอย่างซึ่งเป็นการแตกเนื่องจากแรงเฉือน  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

### วิเคราะห์ผลการทดลอง

#### 4.1 การวิเคราะห์คุณสมบัติของทรายที่ใช้

- จากผลการทดลอง Sieve Analysis ทรายคัดละเอียดที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 16 ได้ค่า Fineness Modulus เท่ากับ 2.5 จัดว่าทรายที่ใช้ในการทดลองเป็นทรายที่มีความละเอียดปานกลาง
- เมื่อเปรียบเทียบสีของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์จากการทดสอบปริมาณสารอินทรีย์ พบว่ามีสีใกล้เคียงกับสีมาตรฐานแสดงว่าทรายที่นำมาใช้มีปริมาณสารอินทรีย์ปนอยู่น้อย
- ปริมาณตะกอนของทรายตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบมีค่าเท่ากับ 4.28 % ซึ่งค่ามาตรฐานที่กำหนดคือ 5 % ดังนั้นทรายตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองเป็นทรายสะอาด
- จากผลการทดลองทรายแห้งมีค่าความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 2.40 และทรายอิมตัวผิวแห้งมีค่าความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 2.41 ทรายตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบมีเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำคือมีค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำเท่ากับ 0.45%

#### 4.2 การวิเคราะห์กำลังรับแรงอัด

จากผลการทดลองที่ 5 เรื่องการทดสอบหาลำดับรับแรงอัดของทรายซีโอทู(ภาคผนวก ก.) สามารถนำมาสร้างตารางและเขียนกราฟความสัมพันธ์ต่างๆ ได้ดังนี้

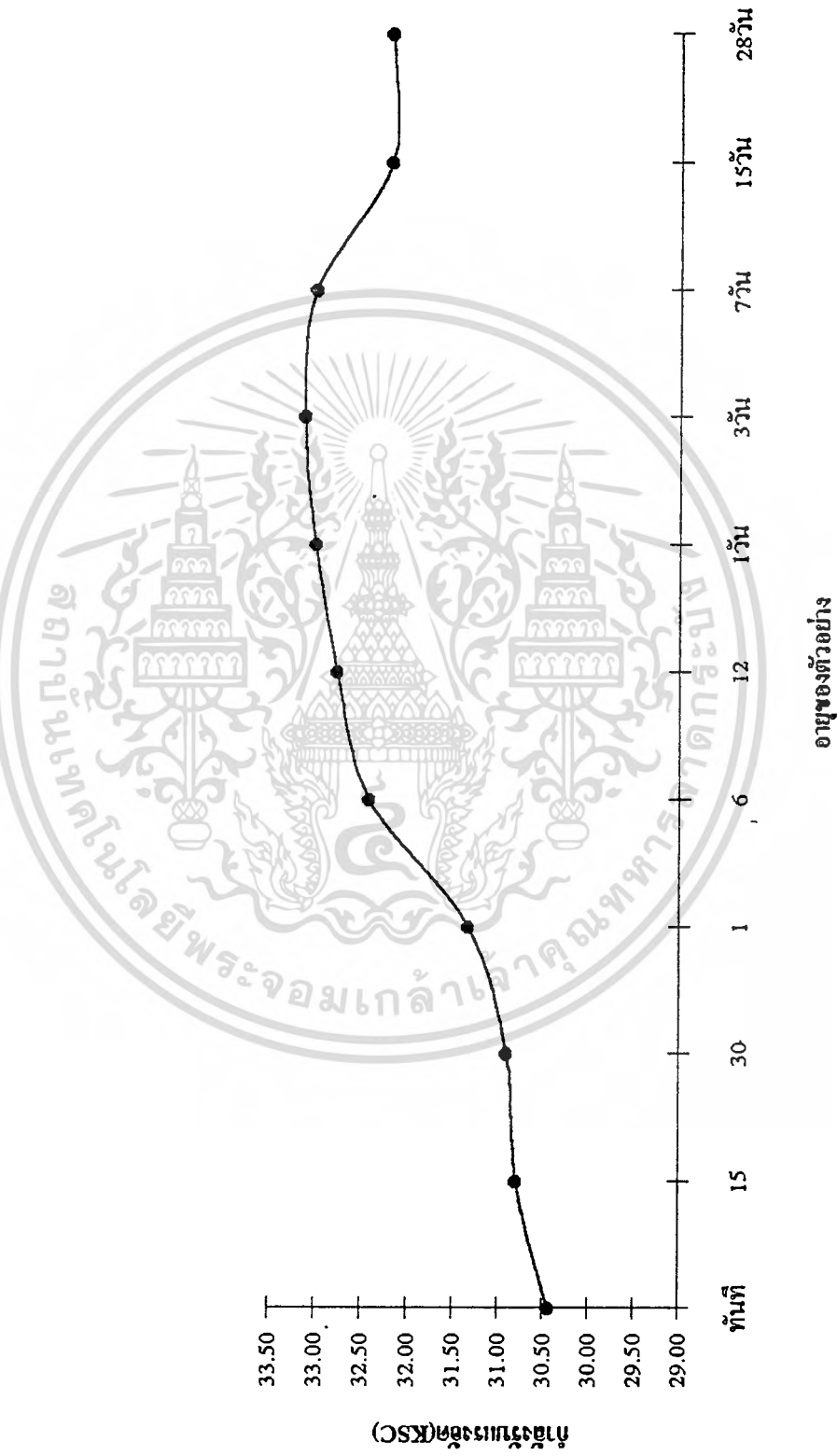
**ตารางที่ 4.1 กำลังรับแรงอัดของตัวอย่าง ณ อุณหภูมิห้อง** ห้อง (35 °C)

อายุของตัวอย่าง	กำลังรับแรงอัด(KSC)
ทันที	30.43
15	30.78
30	30.90
1	31.33
6	32.42
12	32.77
1วัน	33.00
3วัน	33.12
7วัน	33.00
15วัน	32.18
28วัน	32.18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดกับอายุของตัวอย่าง

ณ อุณหภูมิห้อง(ประมาณ 35 องศาเซลเซียส)



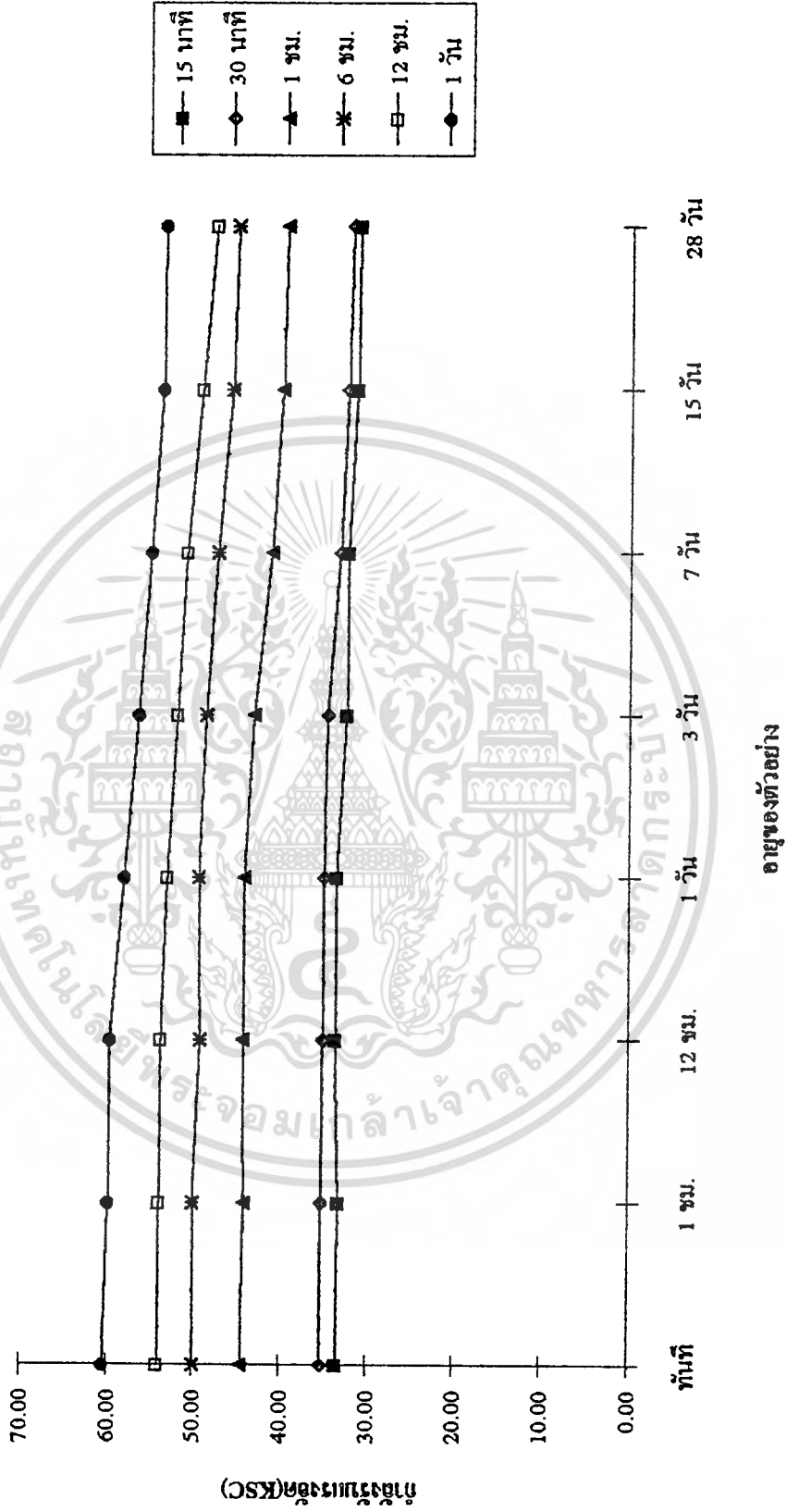
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 กำลังรับแรงอัดของแท่งตัวอย่าง ณ อุณหภูมิ 50 °C

เวลาในการอบ อายุ	15 นาที	30 นาที	1 ชม.	6 ชม.	12 ชม.	1 วัน
ทันที	33.47	35.22	44.43	49.91	54.11	60.40
1 ชม.	33.23	35.22	44.08	49.99	53.99	59.82
12 ชม.	33.70	35.10	44.31	49.21	53.87	59.70
1 วัน	33.58	34.98	44.19	49.44	53.17	58.19
3 วัน	32.53	34.63	43.14	48.63	52.01	56.52
7 วัน	32.42	33.35	41.16	47.46	51.07	55.16
15 วัน	31.48	32.49	40.11	45.83	49.29	53.99
28 วัน	31.25	32.11	39.61	45.28	47.73	53.76

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังแบแรงอัดกับอายุของทรายซีโอทู  
 ที่เวลาในการอบต่างๆกัน ณ อุณหภูมิ 50



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

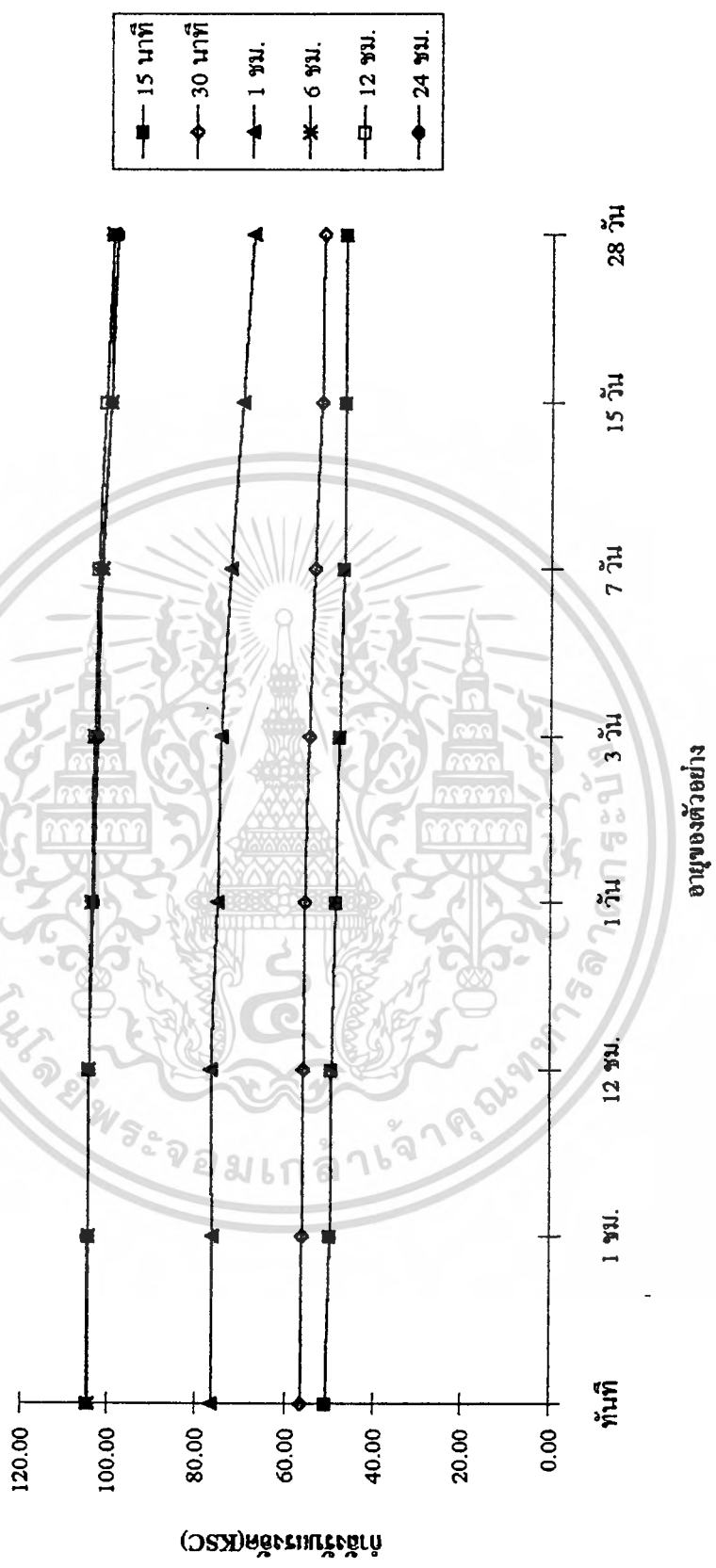
ตารางที่ 4.3 กำลังรับแรงอัดของแท่งตัวอย่าง ณ อุณหภูมิ 100 °C

เวลาในการอบ อายุ	15 นาที	30 นาที	1 ชม.	6 ชม.	12 ชม.	1 วัน
ทันที	50.84	56.55	76.38	104.40	104.60	104.71
1 ชม.	50.14	56.32	76.14	104.48	104.48	104.60
12 ชม.	49.91	56.09	76.49	104.48	104.36	104.36
1 วัน	48.86	55.97	75.21	104.01	103.66	103.55
3 วัน	48.28	54.92	74.40	103.55	103.31	102.61
7 วัน	47.34	53.99	72.41	101.68	102.61	101.84
15 วัน	47.11	52.47	69.96	99.93	100.98	99.93
28 วัน	47.11	52.05	67.63	99.62	99.43	98.38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดกับอายุของทรายซีโอพู

ที่เวลาในการอบต่างกัน ณ อุณหภูมิ 100



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 กำลังรับแรงอัดของแท่งตัวอย่าง ณ อุณหภูมิ

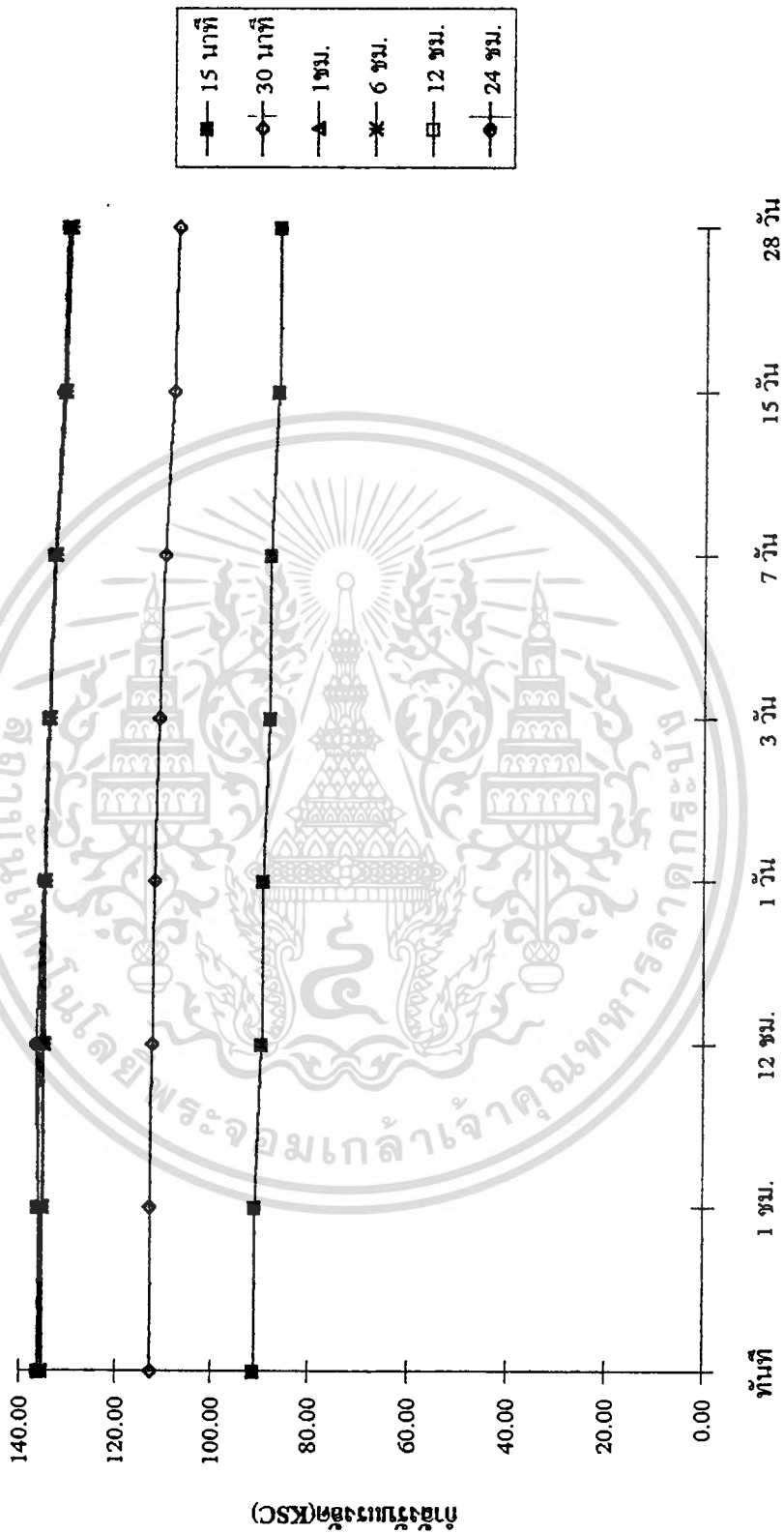
150 °C

เวลาในการอบ อายุ	15 นาที	30 นาที	1 ชม.	6 ชม.	12 ชม.	1 วัน
ทันที	91.07	112.49	135.50	135.50	135.96	136.20
1 ชม.	90.72	112.72	135.50	135.15	136.20	136.08
12 ชม.	89.55	112.45	135.26	134.91	135.77	136.66
1 วัน	89.44	112.06	135.03	134.84	135.03	135.26
3 วัน	88.16	111.13	134.45	133.87	134.33	134.45
7 วัน	88.16	110.08	133.28	132.82	133.40	133.17
15 วัน	86.68	108.44	131.42	130.95	131.30	131.53
28 วัน	86.37	107.67	130.64	129.86	130.52	130.76

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดและอายุของทรายซีโอพู

ที่เวลาในการอบต่างๆกัน ณ อุณหภูมิ 150



อายุของตัวอย่าง

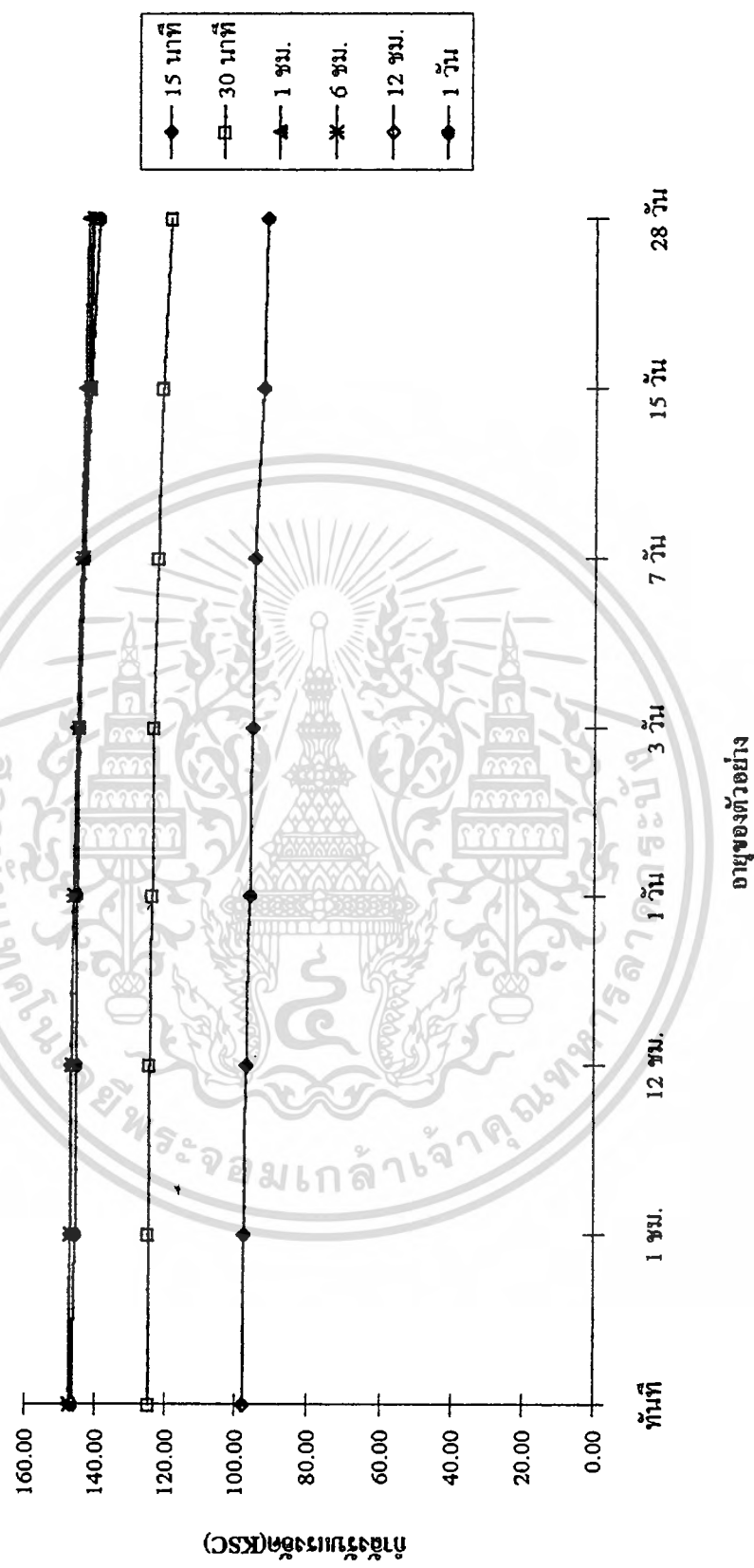
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 กำลังรับแรงอัดของแท่งตัวอย่าง ณ อุณหภูมิ 200 °C

เวลาในการอบ อายุ	15 นาที	30 นาที	1 ชม.	6 ชม.	12 ชม.	1 วัน
ทันที	97.83	124.54	147.62	147.27	147.16	146.46
1 ชม.	97.37	124.89	147.04	147.04	147.04	145.64
12 ชม.	96.82	124.54	146.69	146.81	147.04	145.41
1 วัน	96.08	123.91	146.46	146.11	146.11	145.29
8 วัน	95.38	123.72	145.06	145.06	145.53	144.83
7 วัน	94.80	122.67	144.59	144.24	144.59	143.78
15 วัน	92.78	121.27	143.62	142.14	142.84	141.91
28 วัน	91.93	119.17	142.84	141.37	141.83	139.58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดกับอายุของทรายซีโอพู  
 ที่เวลาในการอบต่างกัน ณ อุณหภูมิ 200



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 กำลังรับแรงอัดของแท่งตัวอย่าง ณ อุณหภูมิ 25°C

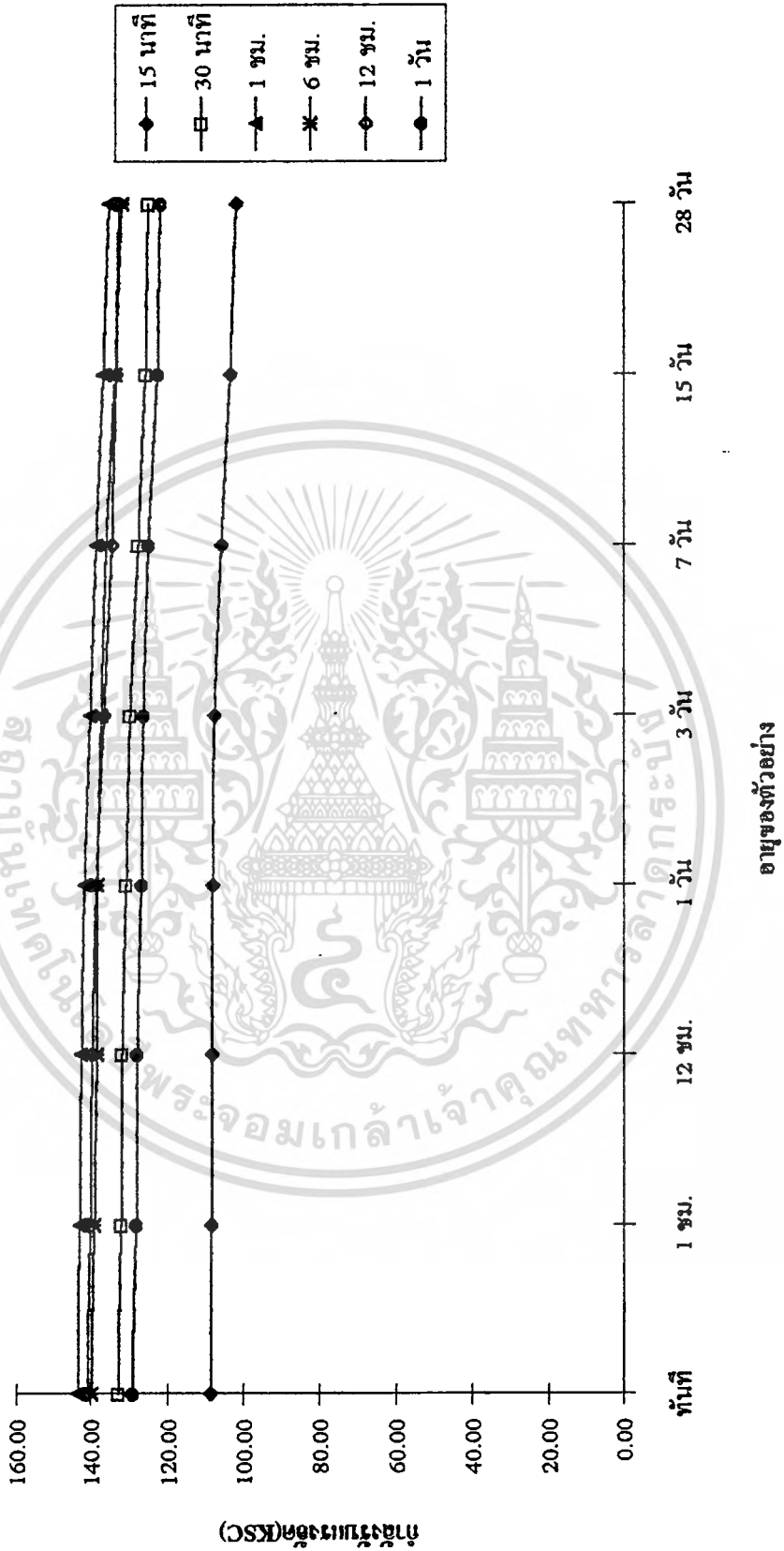
เวลาในการอบ อายุ	15 นาที	30 นาที	1 ชม.	6 ชม.	12 ชม.	1 วัน
ทันที	108.72	132.70	143.54	139.81	140.86	129.20
1 ชม.	108.33	132.00	142.96	139.00	140.16	128.03
12 ชม.	108.21	131.65	142.38	138.30	139.46	127.92
1 วัน	108.09	130.72	141.79	138.30	138.41	126.87
8 วัน	107.51	129.67	140.08	137.13	136.31	126.29
7 วัน	105.76	127.57	138.53	135.96	134.33	124.89
16 วัน	103.31	125.82	136.78	133.63	133.40	122.67
28 วัน	101.76	124.89	135.08	131.63	132.62	121.89

๕

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดกับอายุของทรายซีโอพู

ที่เวลาในการอบต่างๆกัน ณ อุณหภูมิ 250



อายุของตัวอย่าง

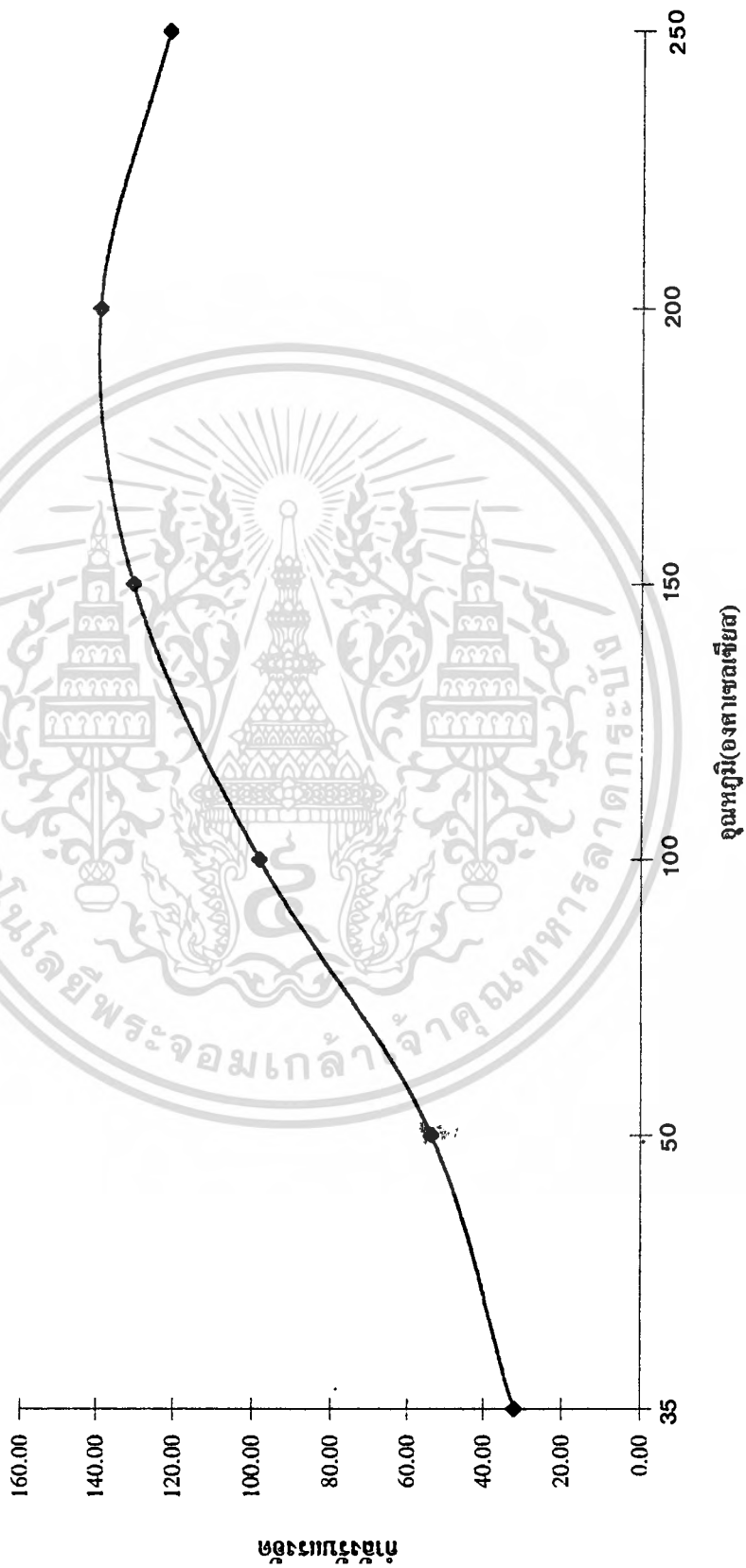
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 4.7 แสดงกำลังรับแรงอัดของทรายซีโอพอร์ซึ่งผ่านการอบที่อุณหภูมิต่างๆ (ซึ่งใช้ตัวอย่างที่อบนาน 1 วันและมีอายุ 28 วัน)**

อุณหภูมิ	กำลังรับแรงอัด(KSC)
ห้อง	32.18
50	53.76
100	98.38
150	130.76
200	139.58
250	121.89

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดของทรายที่ออกกับอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง



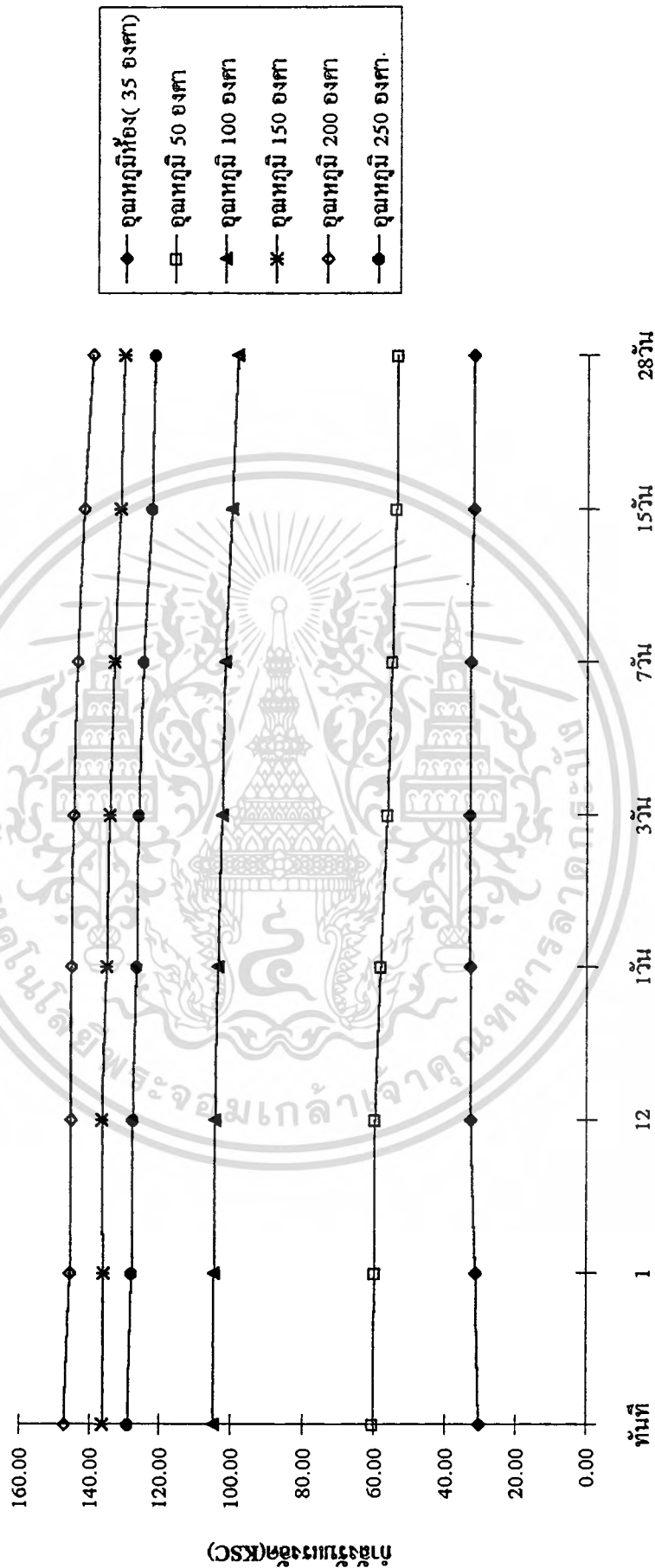
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 4.8 แสดงค่าดัชนีสัมประสิทธิ์ของทรายซีโอไลท์ที่อายุต่างๆกันหลังจากผ่านการอบ  
ที่อุณหภูมิต่างๆเป็นเวลา 1 วัน**

อายุ	อุณหภูมิ	ห้อง	50	100	150	200	250
ทันที							
1		30.43	60.40	104.71	136.20	147.16	129.20
12		31.33	59.82	104.60	136.08	145.64	128.03
1 วัน		32.77	59.70	104.36	136.66	145.41	127.92
3 วัน		33.00	58.19	103.55	135.26	145.29	126.87
7 วัน		33.12	56.52	102.61	134.45	144.83	126.29
15 วัน		33.00	55.16	101.84	133.17	143.78	124.89
28 วัน		32.18	53.99	99.93	131.53	141.91	122.67
		32.18	53.76	98.38	130.76	139.58	121.89

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งแรงกับอายุของทรายซีโอพู  
เนื่องจากการอบเป็นเวลา 1 วัน ณ อุณหภูมิต่างๆกัน



อายุของทรายซีโอพู

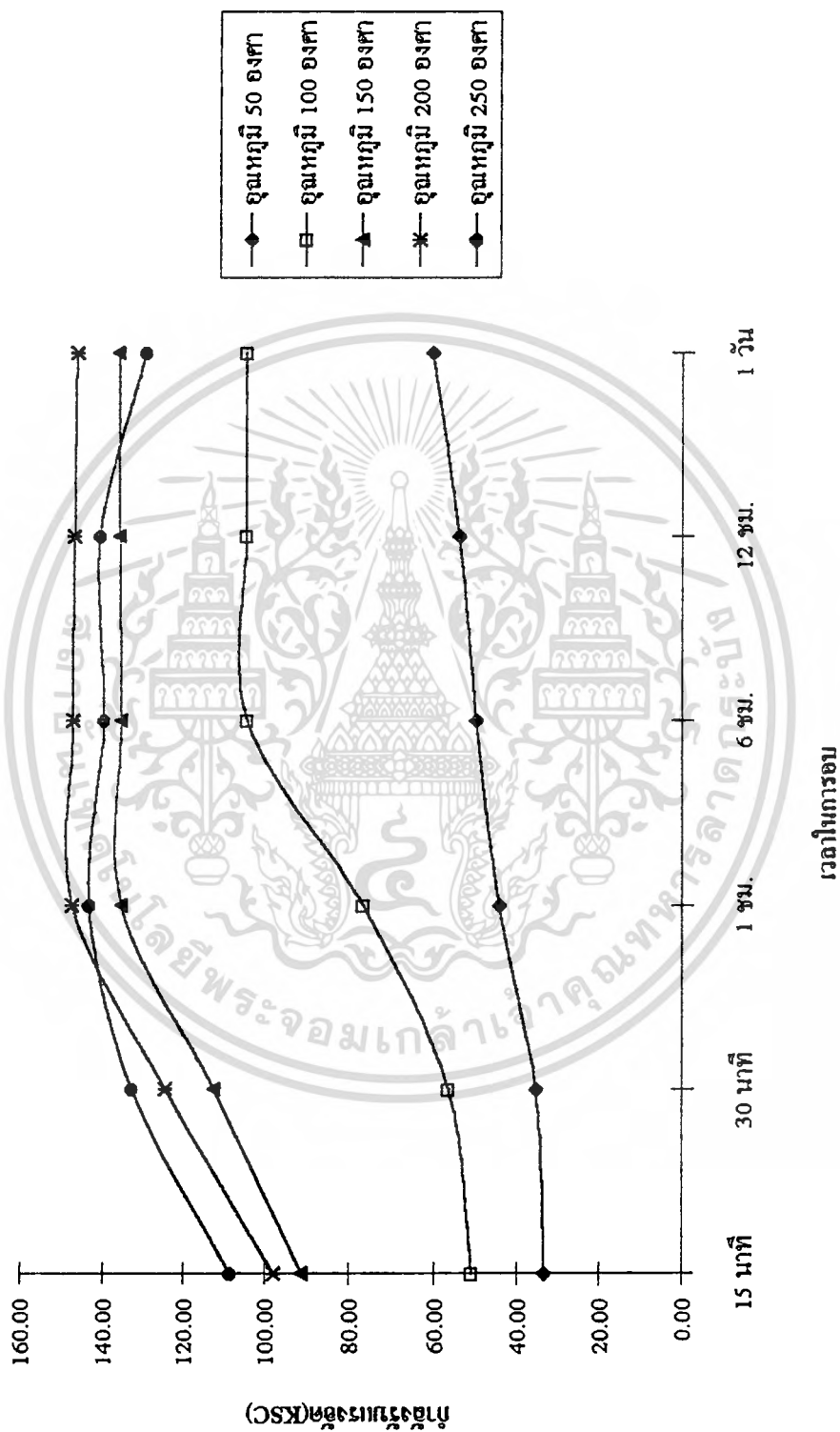
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 4.9 แสดงกำลังรับแรงอัดของทรายซีโอไลท์อุณหภูมิต่างกัน  
(ซึ่งได้จากการทดสอบทันทีหลังการอบ)**

เวลาในการอบ	อุณหภูมิ	50	100	150	200	250
15 นาที		33.47	50.84	91.07	97.83	108.72
30 นาที		35.22	56.55	112.49	124.54	132.70
1 ชม.		44.43	76.38	135.50	147.62	143.54
6 ชม.		49.91	104.40	135.50	147.27	139.81
12 ชม.		54.11	104.60	135.96	147.16	140.86
1 วัน		60.40	104.71	136.20	146.46	129.20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดกับเวลาที่อุณหภูมิต่างๆ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### อิทธิพลของเวลาที่มีผลต่อกำลังรับแรงอัดของทราย ซีโอทูซึ่งยังไม่ผ่านความร้อน

- จากรูปที่ 4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์กำลังรับแรงอัดของทราย ซีโอทูกับเวลาที่ตั้งทิ้งไว้ในอากาศ แสดงให้เห็นว่า กำลังรับแรงอัดของตัวอย่างจะค่อยๆเพิ่มขึ้นและเพิ่มขึ้นสูงสุดเมื่อเวลาผ่านไป 3 วัน ซึ่งมีค่ากำลังรับแรงอัดเท่ากับ 33.12 ksc. ภายหลังจากนั้นกำลังรับแรงอัดของทราย ซีโอทูก็จะเริ่มคงที่และจะลดลงหลังจากผ่านไป 15 วันและมีค่ากำลังรับแรงอัด ณ วันที่ 28 เท่ากับ 32.18 ksc.

### อิทธิพลของเวลาที่มีผลต่อกำลังรับแรงอัดของทราย ซีโอทูหลังจากผ่านความร้อนที่อุณหภูมิต่างๆ

- จากรูปที่ 4.2 - 4.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดกับอายุของทราย ซีโอทูที่เวลาในการอบต่างๆกัน ณ อุณหภูมิ ต่างๆ แสดงให้เห็นว่าเมื่อเวลาผ่านไปภายหลังจากตั้งทิ้งไว้ในอากาศ กำลังรับแรงอัดของตัวอย่างทดสอบจะค่อยๆลดลง

- จากรูปที่ 4.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดกับอายุของทรายซีโอทู เนื่องจากการอบเป็นเวลา 1 วัน ที่อุณหภูมิต่างๆ เมื่อนำมาตั้งทิ้งไว้ในอากาศกำลังรับแรงอัดจะมีค่าคงที่และภายหลังจากตั้งทิ้งไว้ในอากาศ 1 วันกำลังรับแรงอัดของตัวอย่างจะลดลงจน ณ วันที่ 28 ค่ากำลังรับแรงอัดจะลดลงประมาณ 10 % ของวันแรก คือ มีค่าเท่ากับ 53.76,98.3,130.76,139.58,121.89 ksc. ที่อุณหภูมิ 50,100,150,200,250 องศาเซลเซียสตามลำดับ

### อิทธิพลของอุณหภูมิที่มีผลต่อกำลังรับแรงอัดของทราย ซีโอทู

- จากรูปที่ 4.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดของทรายซีโอทูกับอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไปแสดงให้เห็นว่าเมื่อเพิ่มอุณหภูมิสูงขึ้นค่ากำลังรับแรงอัดก็จะเพิ่มขึ้นจนมีค่าสูงสุดเท่ากับ 139.58 ksc. ณ อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียสและลดลงที่อุณหภูมิ 250 องศาเซลเซียส

## อิทธิพลของเวลาในการอบที่มีผลต่อกำลังรับแรงอัดของทราย ซีโอทู

- จากรูปที่ 4.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดกับกับเวลาการอบ ที่อุณหภูมิต่างๆ แสดงให้เห็นว่าเมื่ออบที่อุณหภูมิ 50,100 องศาเซลเซียส ค่ากำลังรับแรงอัดจะเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาผ่านไปจนครบ 1 วัน ส่วนค่ากำลังรับแรงอัดของตัวอย่างที่อบด้วยอุณหภูมิ 150,200,250 องศาเซลเซียส จะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจนถึงเวลา 1 ชั่วโมง และคงที่จนครบ 1 วัน ยกเว้นการอบที่อุณหภูมิ 250 องศาเซลเซียส กำลังรับแรงอัดจะลดลงเมื่อใช้เวลาอบ 1 วัน



### 4.3 การวิเคราะห์กำลังรับแรงดึง

จากผลการทดลองที่ 4 เรื่องการทดสอบหาลำดับรับแรงอัดของทรายซีโอทู(ภาคผนวก ค.) สามารถนำมาสร้างตารางและเขียนกราฟความสัมพันธ์ต่างๆได้ดังนี้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

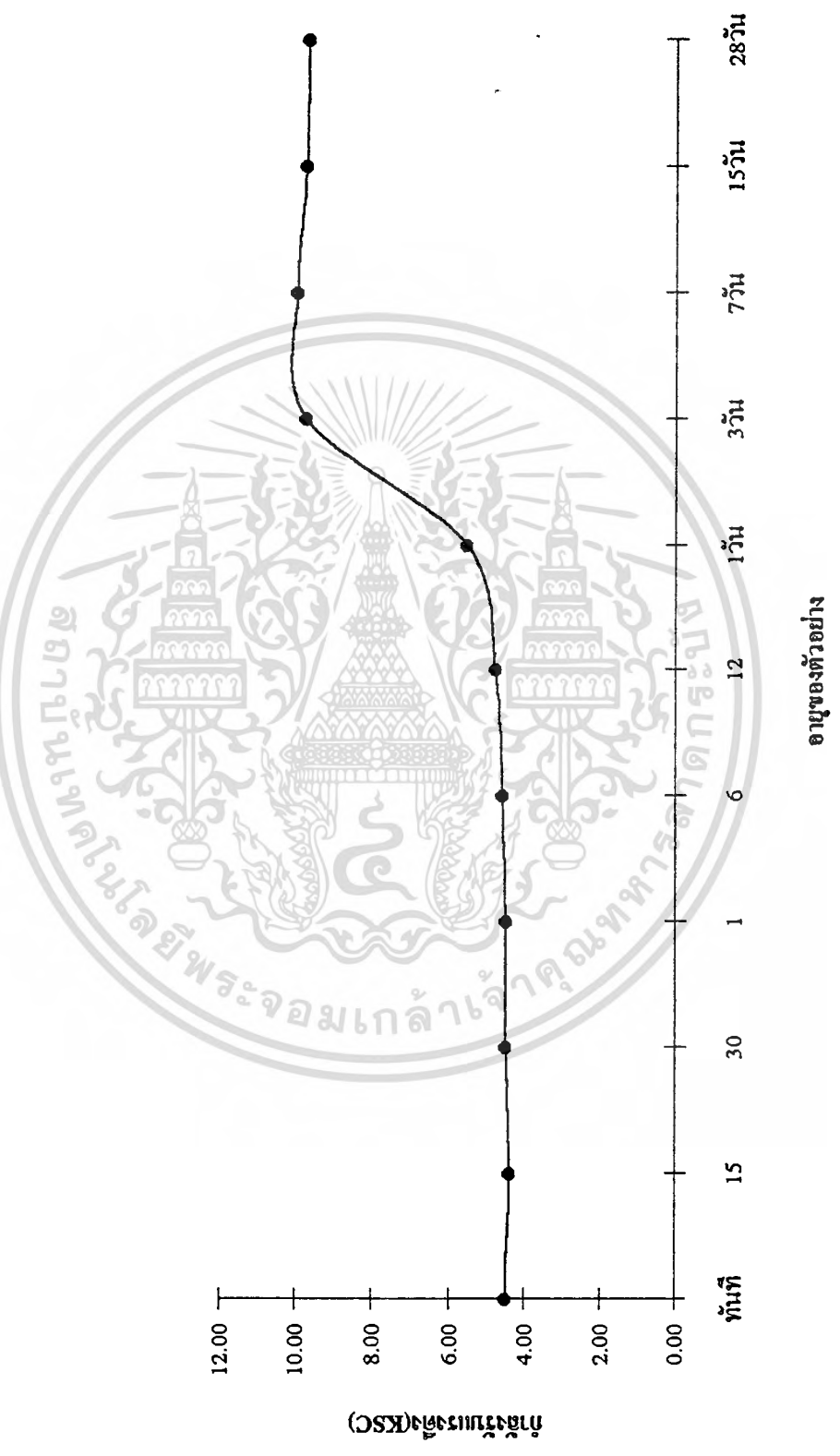
ตารางที่ 4.10 กำลังรับแรงดึงของตัวอย่าง ณ อุณหภูมิห้อง

ห้อง (35 °C)

อายุของตัวอย่าง	กำลังรับแรงดึง(KSC)
ทันที	4.48
15	4.37
30	4.48
1	4.48
6	4.59
12	4.70
1วัน	5.55
3วัน	9.75
7วัน	9.97
15วัน	9.75
28วัน	9.69

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**รูปที่ 4.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงดิ่งกับอายุของตัวอย่าง  
ณ อุณหภูมิห้อง(ประมาณ 35 องศาเซลเซียส)**



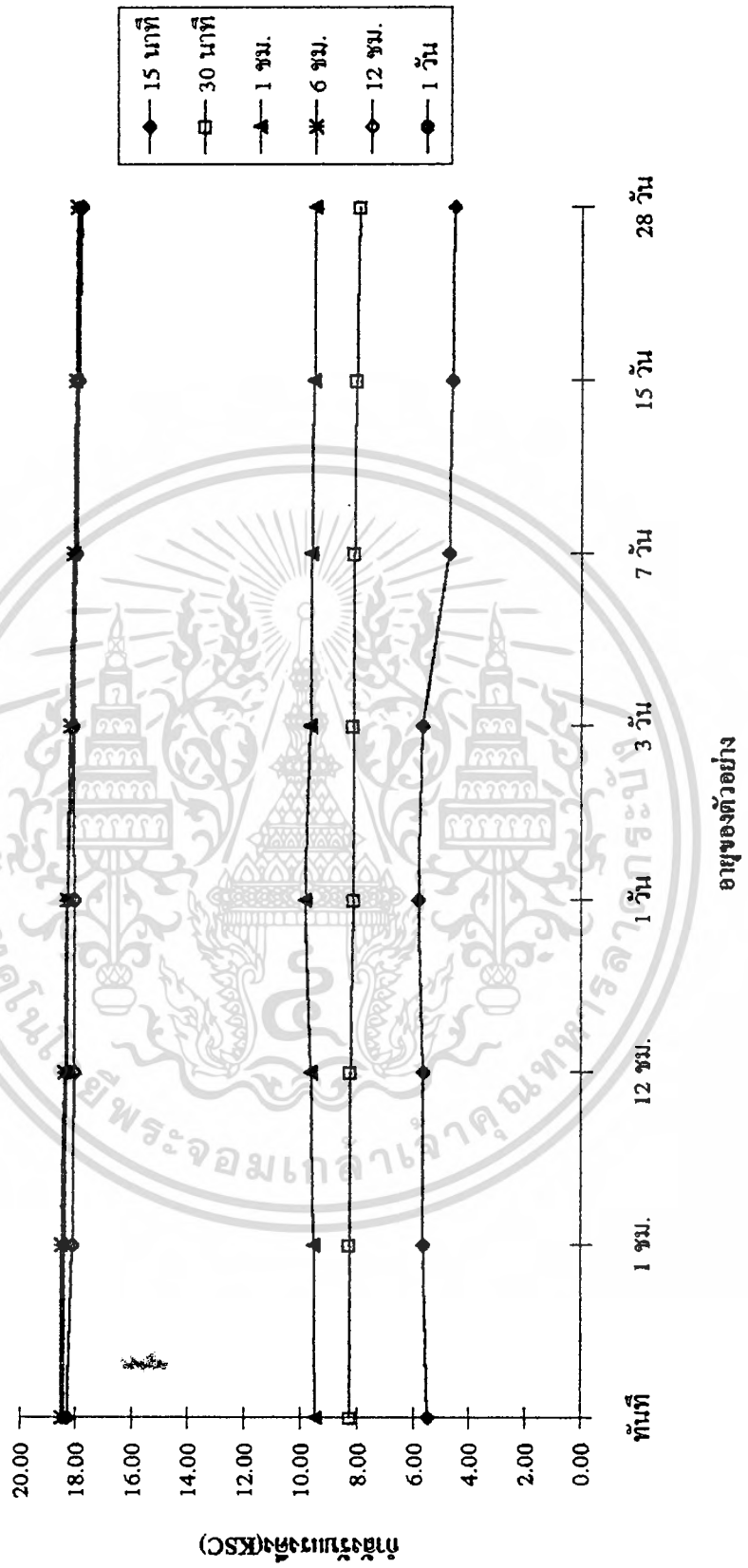
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.11 กำลังรับแรงดึงของแท่งตัวอย่าง ณ อุณหภูมิ  $50^{\circ}\text{C}$

เวลาในการอบ อายุ	15 นาที	30 นาที	1 ชม.	6 ชม.	12 ชม.	1 วัน
ทันที	5.49	8.24	9.46	18.49	18.27	18.38
1 ชม.	5.66	8.29	9.53	18.49	18.10	18.38
12 ชม.	5.66	8.24	9.64	18.38	18.04	18.32
1 วัน	5.83	8.12	9.86	18.32	18.04	18.27
3 วัน	5.72	8.18	9.69	18.21	18.10	18.10
7 วัน	4.76	8.12	9.64	18.10	17.99	18.04
15 วัน	4.65	8.07	9.58	18.04	17.93	17.99
28 วัน	4.59	7.96	9.53	17.99	17.82	17.93

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**รูปที่ 4.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงดึงอายุของทรายซีไอยู**  
**ที่เวลาในการอบต่างกัน ณ อุณหภูมิ 50**



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.12 กำลังรับแรงดึงของแท่งตัวอย่าง ณ อุณหภูมิ

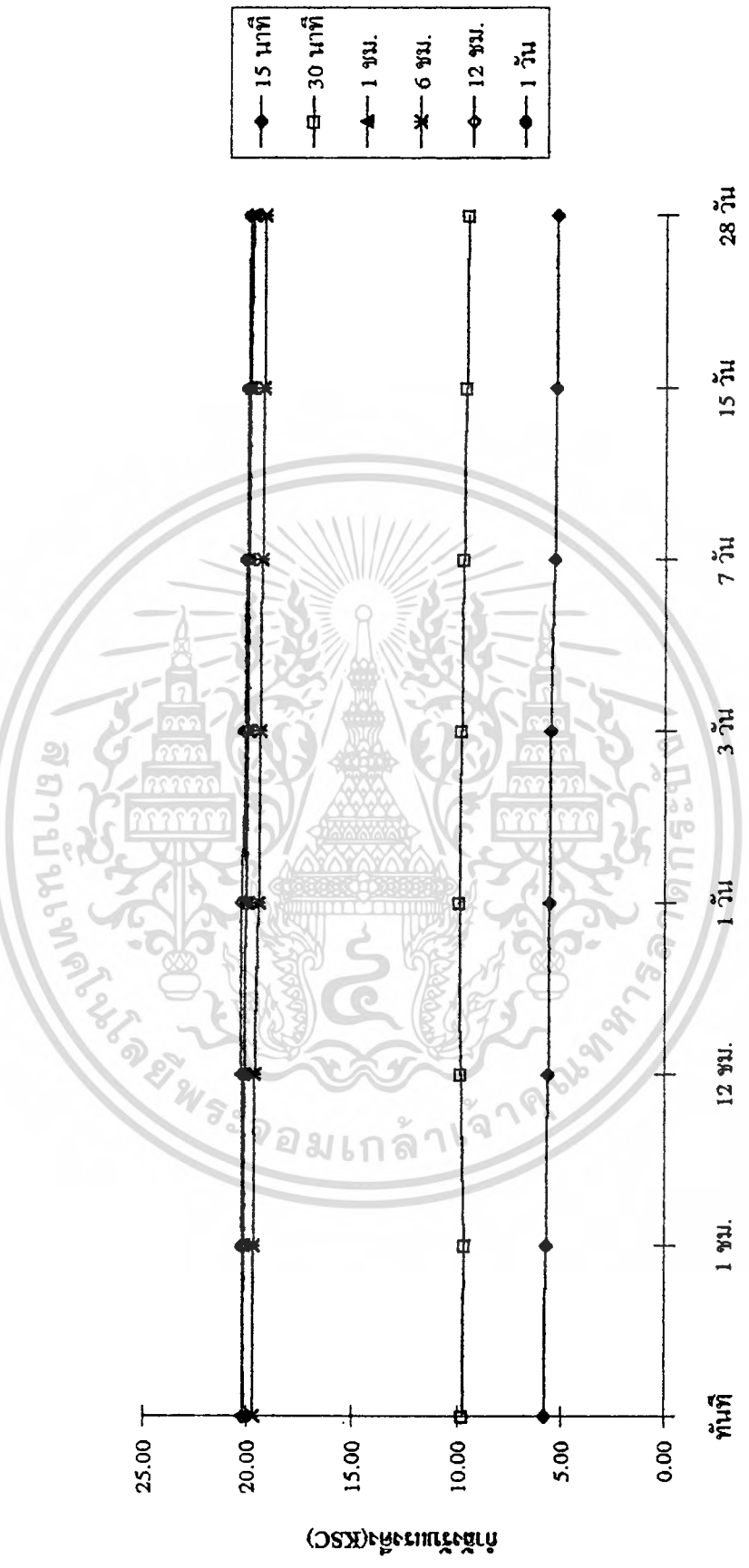
100 °C

เวลาในการอบ อายุ	15 นาที	30 นาที	1 ชม.	6 ชม.	12 ชม.	1 วัน
ทันที	5.83	9.75	20.23	19.67	20.12	20.12
1 ชม.	5.72	9.69	20.12	19.67	20.23	20.23
12 ชม.	5.66	9.86	20.12	19.61	20.28	20.12
1 วัน	5.60	9.97	20.06	19.44	20.28	20.06
3 วัน	5.55	9.86	20.00	19.39	20.06	20.12
7 วัน	5.38	9.75	19.95	19.33	20.00	20.06
15 วัน	5.32	9.69	19.89	19.28	19.95	20.00
28 วัน	5.27	9.58	19.78	19.22	19.89	19.89

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงดึงกับอายุของทรายซีโอเจล

ที่เวลาในการอบต่างๆกัน ณ อุณหภูมิ 100



อายุของตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.13 กำหนดรับแรงดึงของแท่งตัวอย่าง ณ อุณหภูมิ

150° C

เวลาในการอบ อายุ	15 นาที	30 นาที	1 ชม.	6 ชม.	12 ชม.	1 วัน
ทันที	8.97	15.19	24.65	24.26	24.32	24.43
1 ชม.	8.80	15.07	24.71	24.15	24.26	24.43
12 ชม.	8.91	14.90	24.65	24.09	24.26	24.37
1 วัน	8.80	14.85	24.54	24.09	24.15	24.32
3 วัน	8.69	14.74	24.49	24.04	24.09	24.26
7 วัน	8.63	14.62	24.43	23.87	24.04	24.15
15 วัน	8.57	14.34	24.26	23.76	23.98	24.09
28 วัน	8.52	14.29	24.21	23.70	23.87	24.04

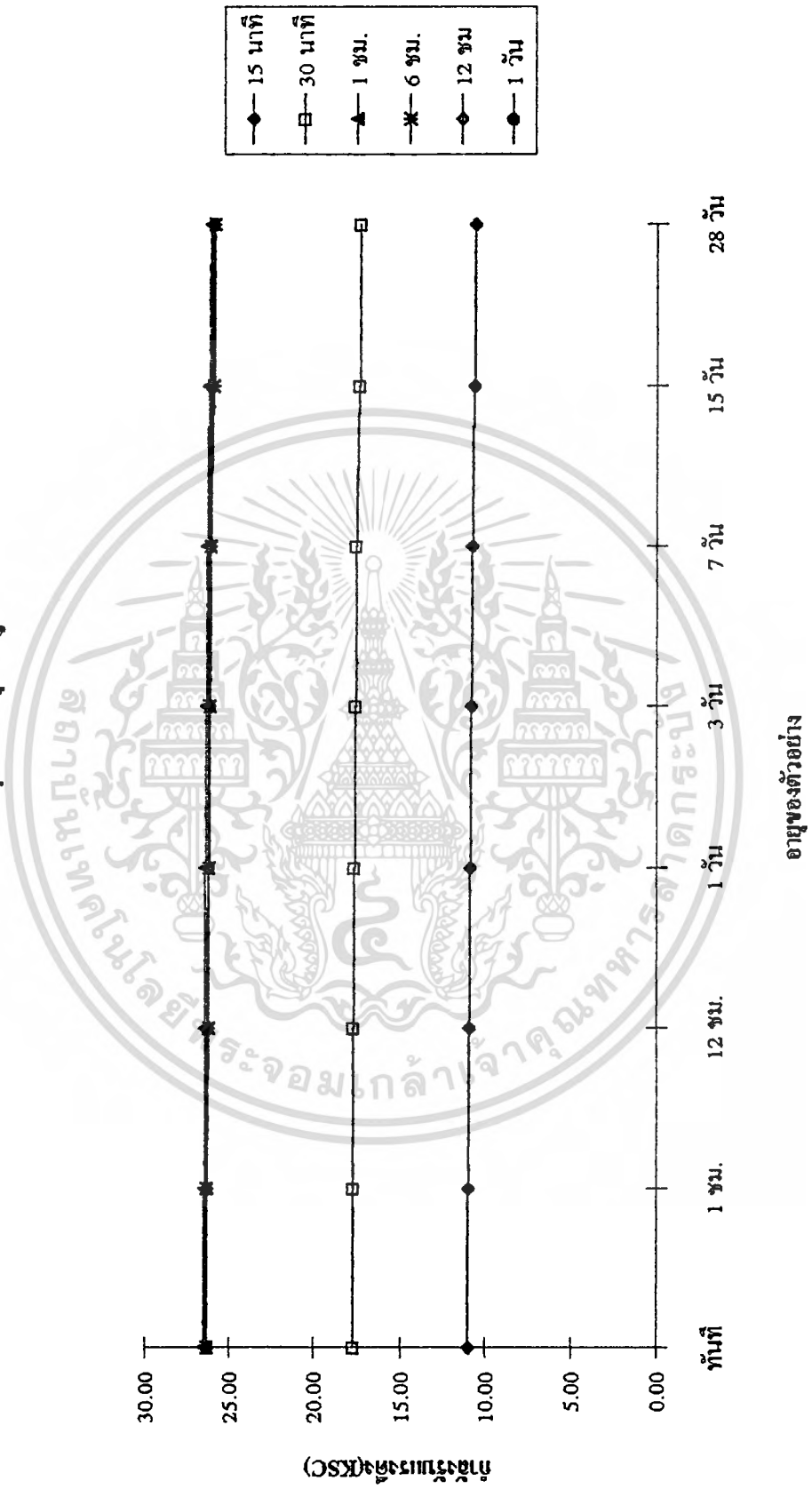
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.14 กำลังรับแรงดึงของแท่งตัวอย่าง ณ อุณหภูมิ  $200^{\circ}\text{C}$

เวลาในการอบ อายุ	15 นาที	30 นาที	1 ชม.	6 ชม.	12 ชม.	1 วัน
ทันที	10.98	17.71	26.45	26.28	26.28	26.28
1 ชม.	10.98	17.71	26.45	26.28	26.28	26.28
12 ชม.	10.93	17.71	26.39	26.17	26.28	26.28
1 วัน	10.87	17.65	26.39	26.17	26.17	26.17
3 วัน	10.81	17.59	26.34	26.11	26.17	26.11
7 วัน	10.76	17.54	26.28	26.06	26.17	26.06
15 วัน	10.65	17.37	26.17	25.89	26.06	26.00
28 วัน	10.59	17.31	26.06	25.83	26.00	25.89

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.14 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงดึงกับอายุของทรายซีโอบู  
 ที่เวลาในการอบต่างกัน ณ อุณหภูมิ 200



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

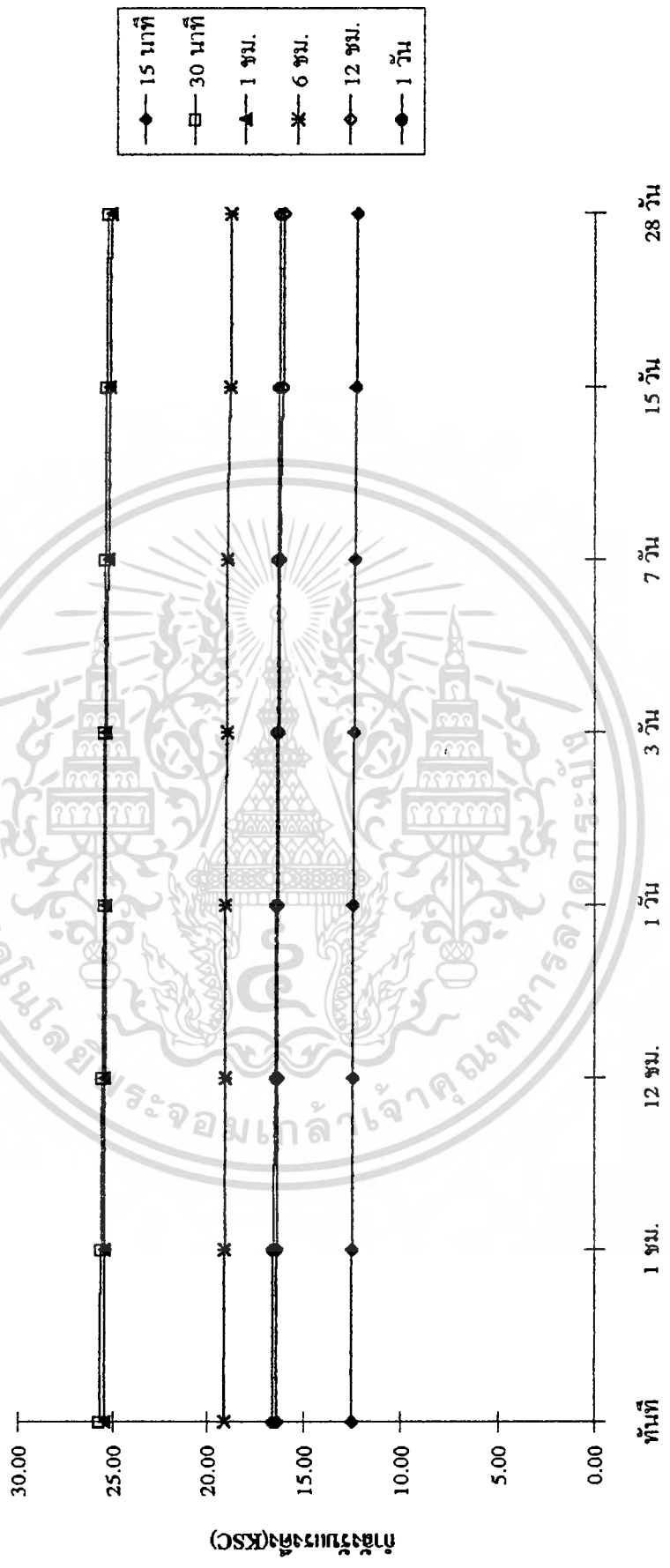
ตารางที่ 4.15 กำลังรับแรงดึงของแท่งตัวอย่าง ณ อุณหภูมิ

25.0 °C

เวลาในการอบ อายุ	15 นาที	30 นาที	1 ชม.	6 ชม.	12 ชม.	1 วัน
ทันที	12.55	25.72	25.44	19.05	16.36	16.53
1 ชม.	12.55	25.66	25.44	19.05	16.36	16.53
12 ชม.	12.50	25.61	25.44	19.00	16.31	16.42
1 วัน	12.50	25.50	25.38	19.00	16.31	16.42
3 วัน	12.44	25.50	25.38	18.94	16.25	16.36
7 วัน	12.38	25.44	25.27	18.94	16.19	16.31
15 วัน	12.33	25.38	25.22	18.77	16.08	16.25
28 วัน	12.27	25.33	25.10	18.72	16.03	16.19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.15 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงดิ่งกับอายุของทรายซีโอเจล  
 ที่เวลาในการอบต่างกัน ณ อุณหภูมิ 250



อายุของตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

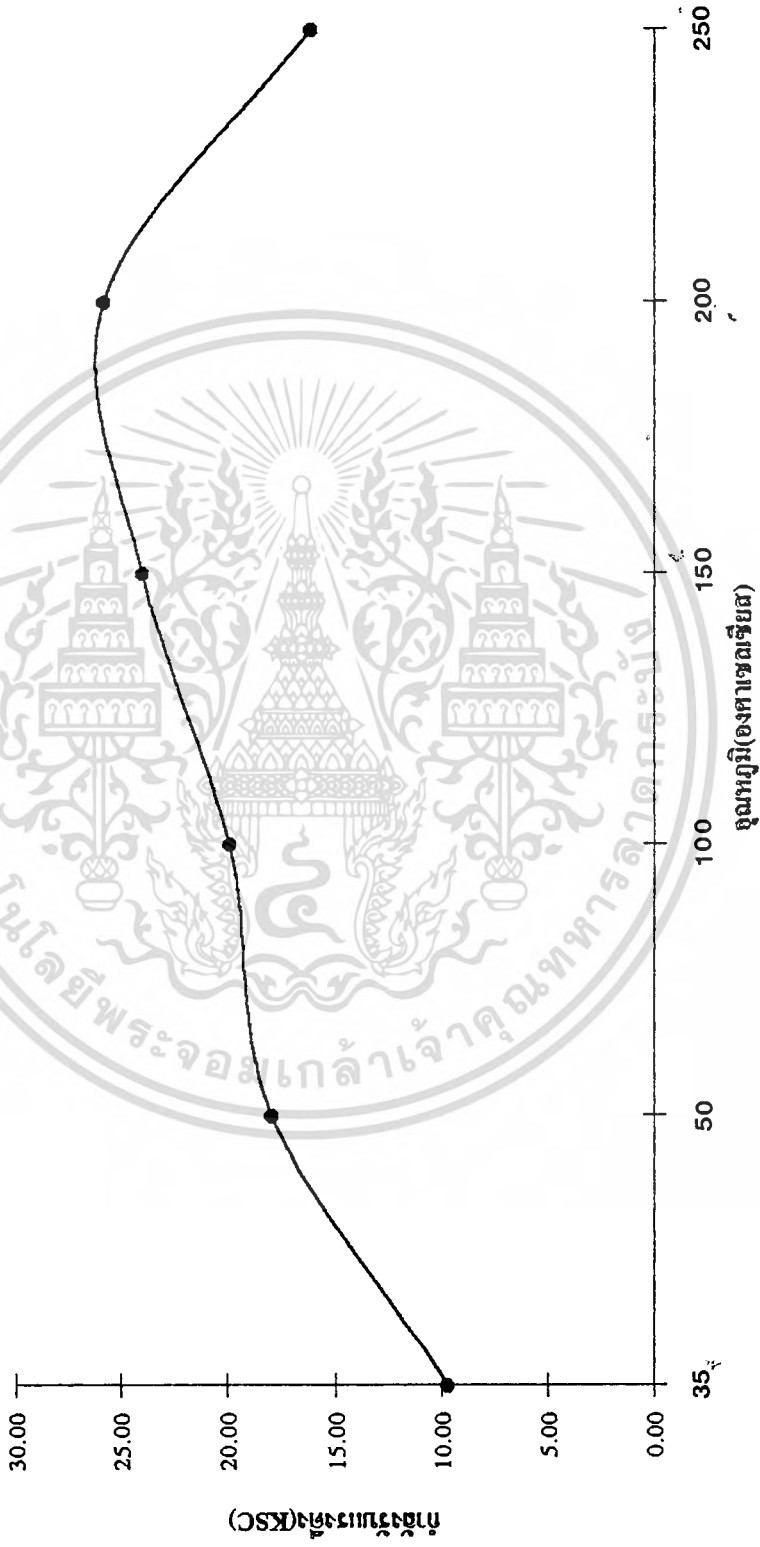
**ตารางที่ 4.16 แสดงกำลังรับแรงดึงของทรายซีโอพูซึ่งผ่านการอบที่อุณหภูมิต่างๆ (ซึ่งใช้ตัวอย่างที่อบนาน 1 วันและมีอายุ 28 วัน)**

อุณหภูมิ	กำลังรับแรงดึง(KSC)
ห้อง	9.60
50	17.93
100	19.89
150	24.04
200	25.89
250	16.19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.16 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงดึงของทรายซีโอพู

กับอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

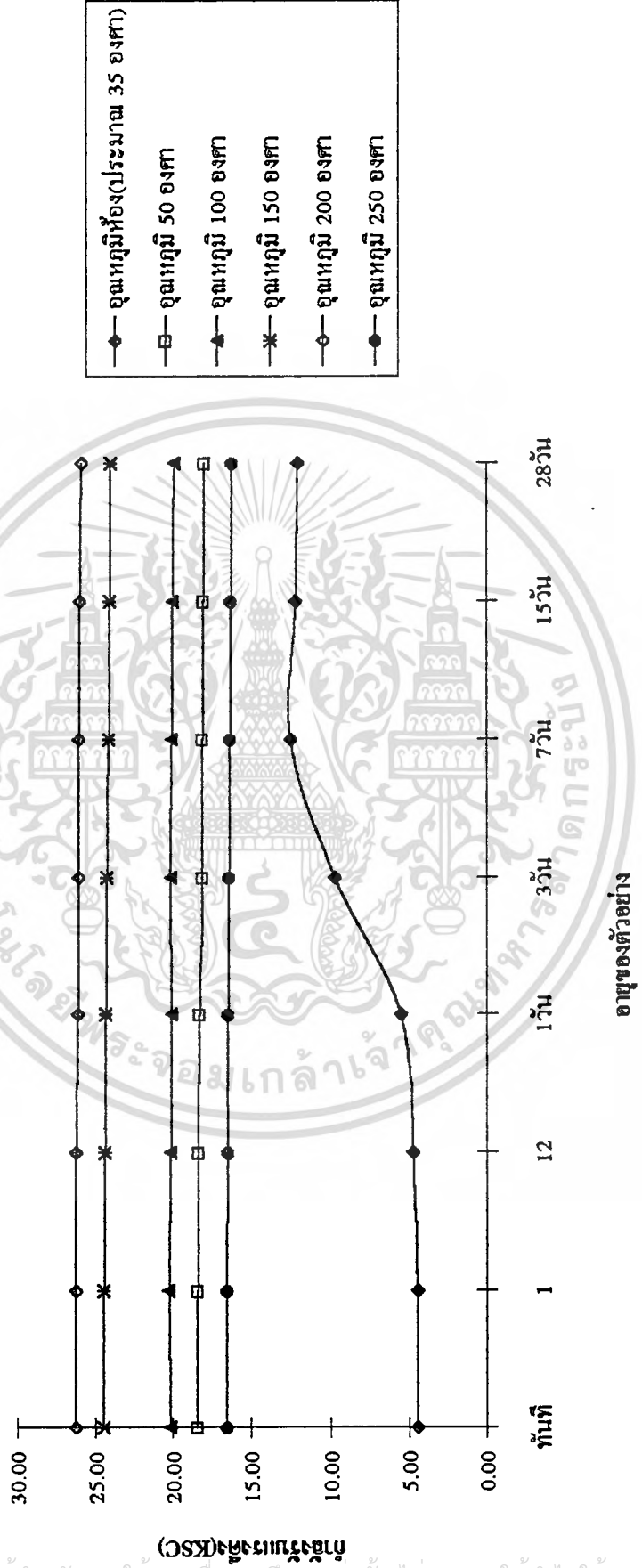
**ตารางที่ 4.17 แสดงกำลังรับแรงดึงของทรายซีโอพูที่มีอายุต่างกันหลังจากผ่านการอบ  
ที่อุณหภูมิต่างๆเป็นเวลา 1 วัน**

อายุ	อุณหภูมิ		ห้อง						
	50	100	150	200	250	200	150	100	50
ทันที	4.48	20.12	24.43	26.28	16.53	26.28	24.43	20.12	18.38
1 วัน	4.48	20.23	24.43	26.28	16.53	26.28	24.43	20.23	18.38
12 วัน	4.76	20.12	24.37	26.28	16.42	26.28	24.37	20.12	18.32
1 วัน	5.55	20.06	24.32	26.17	16.42	26.17	24.32	20.06	18.27
3 วัน	9.75	20.12	24.26	26.11	16.36	26.11	24.26	20.12	18.10
7 วัน	12.55	20.06	24.15	26.06	16.31	26.06	24.15	20.06	18.04
15 วัน	12.22	20.00	24.09	26.00	16.25	26.00	24.09	20.00	17.99
28 วัน	12.10	19.89	24.04	25.89	16.19	25.89	24.04	19.89	17.93

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.17 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงดึงกับอายุของทรายซีโอบูซึ่งผ่านกรอบที่อุณหภูมิต่างๆ

เป็นเวลา 1 วัน



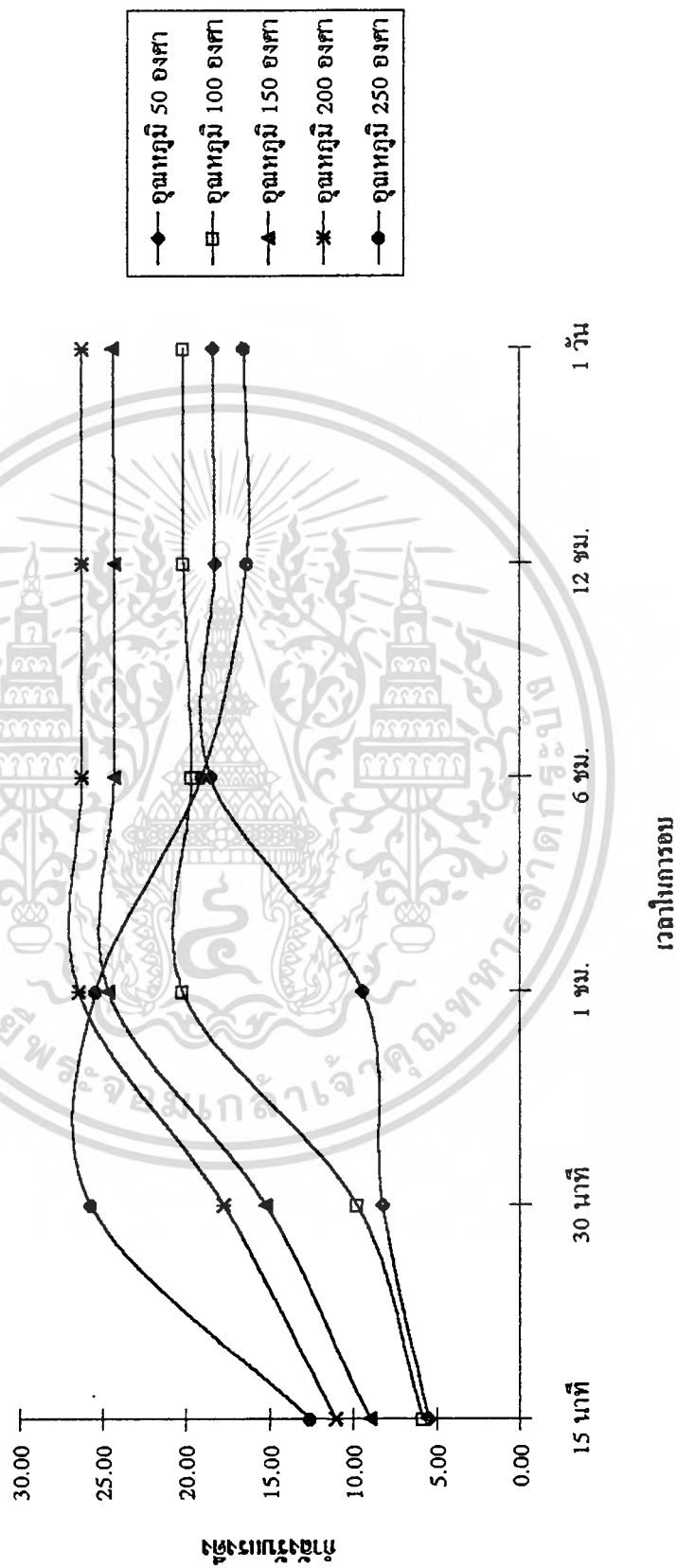
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 4.18 แสดงกำลังรับแรงดึงของทรายซีโอพูที่อุณหภูมิและเวลาในการอบที่แตกต่างกัน  
(ซึ่งได้จากการทดสอบที่ห้องปฏิบัติการ)**

อุณหภูมิ	50	100	150	200	250
เวลาในการอบ					
15 นาที	5.49	5.83	8.97	10.98	12.55
30 นาที	8.24	9.75	15.19	17.71	25.72
1 ชม.	9.46	20.23	24.65	26.45	25.44
6 ชม.	18.49	19.67	24.26	26.28	19.05
12 ชม.	18.27	20.12	24.32	26.28	16.36
1 วัน	18.38	20.12	24.43	26.28	16.53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.18 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงดึงกับเวลาในการอบที่อุณหภูมิต่างๆ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### อิทธิพลของเวลาที่มีผลต่อกำลังรับแรงดึงของทราย ซีโอทูซึ่งยังไม่ผ่านความร้อน

- จากรูปที่ 4.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์กำลังรับแรงดึงของทราย ซีโอทูกับเวลาที่ตั้งทิ้งไว้ในอากาศ แสดงให้เห็นว่า กำลังรับแรงดึงของตัวอย่างจะค่อยๆเพิ่มขึ้นและเพิ่มขึ้นสูงสุดเมื่อเวลาผ่านไป 7 วัน ซึ่งมีค่ากำลังรับแรงดึงเท่ากับ 9.97 ksc. ภายหลังจากนั้นกำลังรับแรงดึงของทราย ซีโอทูก็จะเริ่มลดลงหลังจากผ่านไป 7 วันและมีค่ากำลังรับแรงดึง ณ วันที่ 28 เท่ากับ 9.69 ksc.

### อิทธิพลของเวลาที่มีผลต่อกำลังรับแรงดึงของทราย ซีโอทูหลังจากผ่านความร้อนที่อุณหภูมิต่างๆ

- จากรูปที่ 4.11 - 4.15 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงดึงกับอายุของทราย ซีโอทูที่เวลาในการอบต่างๆกัน ณ อุณหภูมิ ต่างๆ แสดงให้เห็นว่าเมื่อเวลาผ่านไปภายหลังจากตั้งทิ้งไว้ในอากาศ กำลังรับแรงดึงของตัวอย่างทดสอบจะค่อยๆลดลง

- จากรูปที่ 4.17 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงดึงกับอายุของทรายซีโอทู เนื่องจากการอบเป็นเวลา 1 วันที่อุณหภูมิต่างๆ เมื่อนำมาตั้งทิ้งไว้ในอากาศกำลังรับแรงดึงจะมีค่าคงที่และภายหลังจากตั้งทิ้งไว้ในอากาศ 1 วันกำลังรับแรงดึงของตัวอย่างจะลดลงจน ณ วันที่ 28 ค่ากำลังรับแรงดึงจะลดลงประมาณ 2.1 % ของวันแรก ก็มีค่าเท่ากับ 17.93,19.89,24.04,25.89,16.25 ksc. ที่อุณหภูมิ 50,100,150,200,250 องศาเซลเซียสตามลำดับ

### อิทธิพลของอุณหภูมิที่มีผลต่อกำลังรับแรงดึงของทราย ซีโอทู

- จากรูปที่ 4.16 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงดึงของทรายซีโอทูกับอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไปแสดงให้เห็นว่าเมื่อเพิ่มอุณหภูมิสูงขึ้นกำลังรับแรงดึงก็จะเพิ่มขึ้นจนมีค่าสูงสุดเท่ากับ 25.98 ksc. ณ อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียสและลดลงที่อุณหภูมิ 250 องศาเซลเซียส

### เวลาในการอบที่มีอิทธิพลต่อกำลังรับแรงดึง

- จากรูปที่ 4.18 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงดึงกับเวลาการอบ ที่อุณหภูมิต่างๆ แสดงให้เห็นว่าเมื่ออบที่อุณหภูมิ 50,100,150,200,250 องศาเซลเซียส ค่ากำลังรับแรงดึงจะเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาผ่านไปจนถึง 1 ชั่วโมง จากนั้นจะเริ่มคงที่เว้นเพียงการอบที่อุณหภูมิครบ 250 องศาเซลเซียส กำลังรับแรงดึง จะลดลงเมื่อใช้เวลาในการอบเกินกว่า 1 ชั่วโมง

#### 4.4 การวิเคราะห์กำลังรับแรงดัด

จากผลการทดลองที่ 6 เรื่องการทดสอบหาลำดับรับแรงอัดของทรายซีโอพู(ภาคผนวก ค.) สามารถนำมาสร้างตารางและเขียนกราฟความสัมพันธ์ต่างๆ ได้ดังนี้



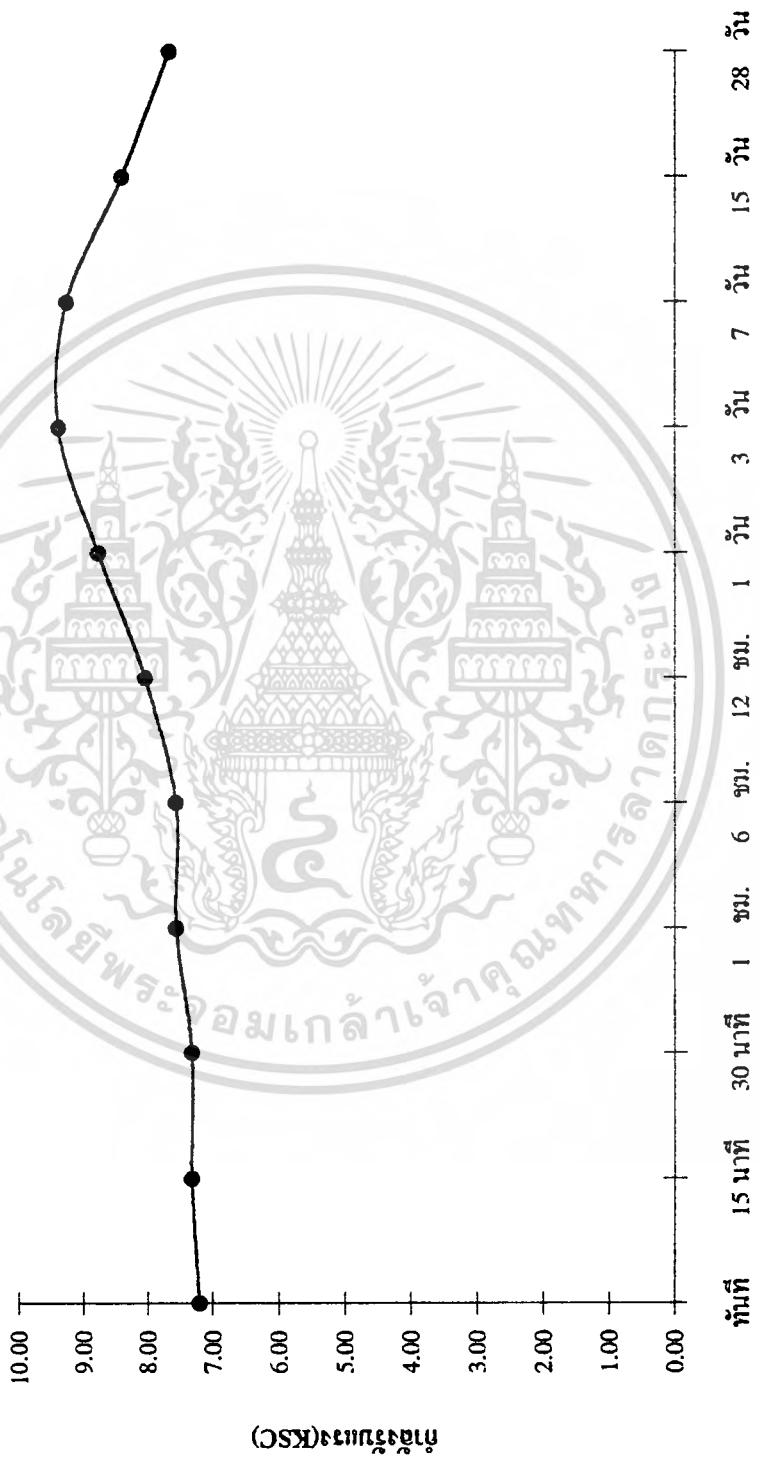
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.19 แสดงค่ากำลังรับแรงดัด ณ อายุต่างๆ

AGE	MODULUS OF RUPTURE (KSC)
ทันที	7.20
15 นาที	7.32
30 นาที	7.32
1 ชม.	7.57
6 ชม.	7.57
12 ชม.	8.05
1 วัน	8.79
3 วัน	9.40
7 วัน	9.28
15 วัน	8.42
28 วัน	7.69

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.19 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงดัดค้ำอายุของทรายมือทุ



อายุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- จากรูปที่ 4.19 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงดัดกับอายุทรายซีโอทูแสดงให้เห็นว่ากำลังรับแรงดัดของทรายซีโอทูจะค่อยเพิ่มขึ้นจนมีค่าสูงสุดที่เมื่อเวลาผ่านไป 3 วัน ซึ่งมีค่ากำลังรับแรงดัดสูงสุดเท่ากับ 9.40 ksc. จากนั้นก็จะเริ่มลดลงเมื่อครบ 28 วัน ค่ากำลังรับแรงดัดจะลดลงเหลือ 7.69 ksc.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.5 การวิเคราะห์กำลังรับแรงเฉือน

จากผลการทดลองที่ 7 เรื่องการทดสอบหาลำดับรับแรงอัดของทรายซีโอทู(ภาคผนวก ก.) สามารถนำมาสร้างตารางและเขียนกราฟความสัมพันธ์ต่างๆ ได้ดังนี้



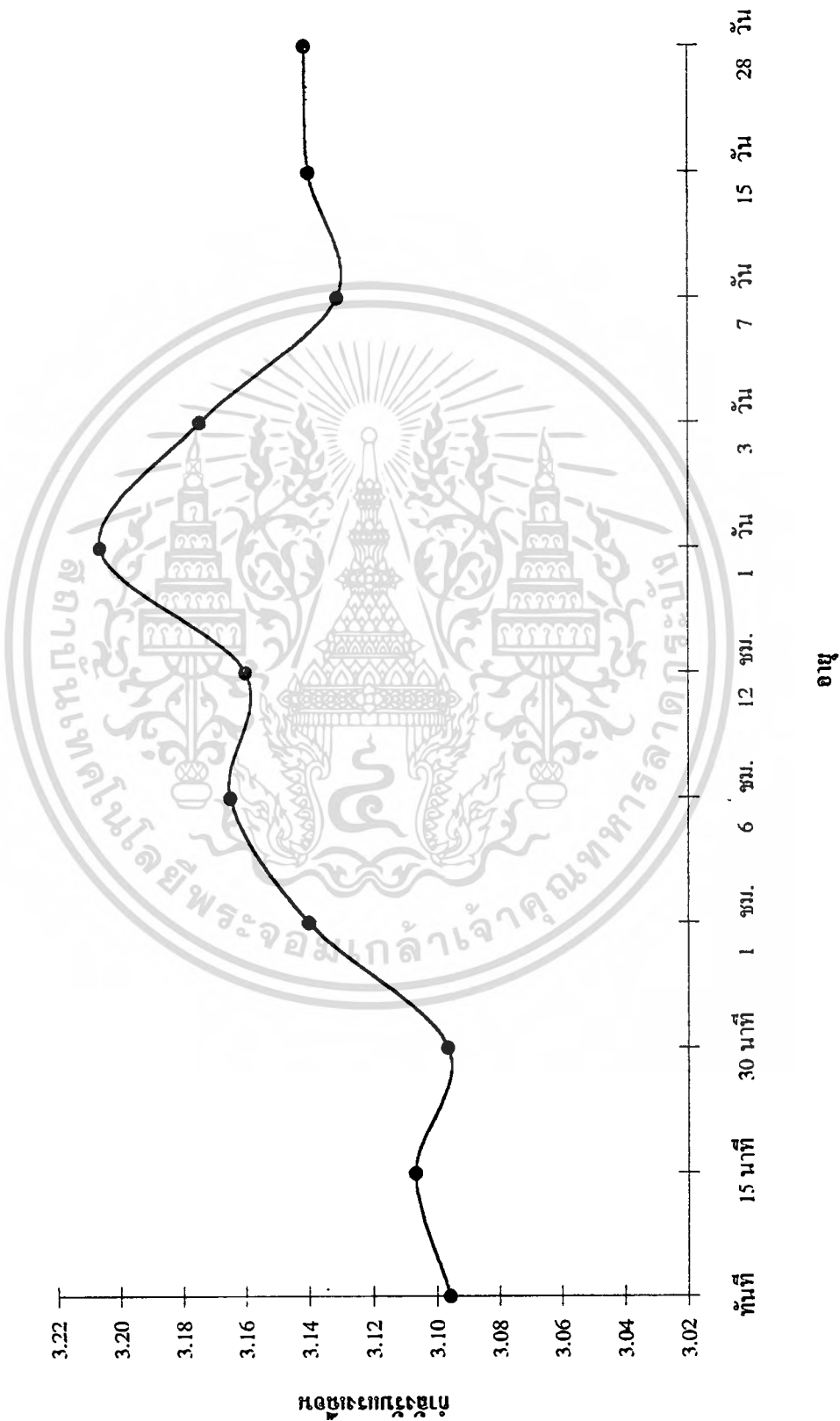
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.20 แสดงค่ากำลังรับแรงเฉือน ณ อายุต่างๆ

AGE	SHEAR (KSC)
ทันที	3.10
15 นาที	3.11
30 นาที	3.10
1 ชม.	3.14
6 ชม.	3.17
12 ชม.	3.16
1 วัน	3.21
3 วัน	3.17
7 วัน	3.13
15 วัน	3.14
28 วัน	3.14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.20 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงเฉือนกับอายุของทรายซีโอพู



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- จากรูปที่ 4.20 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงเฉือนกับอายุทรายซีโอทู แสดงให้เห็นว่ากำลังรับแรงค้ดของทรายซีโอทูจะค่อยเพิ่มขึ้นจนมีค่าสูงสุดที่เมื่อเวลาผ่านไป 1 วัน ซึ่งมีค่ากำลังรับแรงค้ดสูงสุดเท่ากับ 3.21 ksc. จากนั้นก็จะเริ่มลดลงแล้วแนวโน้มคงที่ ซึ่งเมื่อครบ 28 วัน ค่ากำลังรับแรงค้ดจะลดลงเหลือ 3.14 ksc.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

### ขั้นตอนการวิเคราะห์ด้านราคา

#### วิธีการคำนวณหาราคาค่าต้นทุนของการทำแบบทราย CO<sub>2</sub>ที่ใช้ในการทดสอบ

##### ราคาวัสดุ

ทรายละเอียด ราคา	300	บาท/ลบ.ม.
น้ำแก้ว(โซเดียมซิลิเกต) ราคา	5	บาท/กิโลกรัม
แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์(CO <sub>2</sub> )ราคาถังละ	150	บาท

##### การคำนวณหาปริมาณทรายซิลิเกตต่อแก๊ส 1 ถังที่ใช้ในการทดสอบ

แก๊ส 1 ถัง สามารถใช้ผสมทรายซิลิเกต (น้ำแก้ว+ทราย) ได้จำนวน 200 ถังผสม โดยมีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 5.1 แสดงปริมาณทรายซิลิเกตในการทดลองที่ทำได้พอดีเมื่อใช้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 1 ถัง

ลักษณะตัวอย่าง	จำนวนในการผสมที่ได้	รายละเอียดในการผสม 1 ครั้ง
แบบลูกบาศก์	100 ครั้ง	ใช้ทรายซิลิเกต(น้ำแก้ว+ทราย) ปริมาณ 1,650 กิโลกรัม จะได้ตัวอย่าง 10 ตัวอย่าง
แบบ Briquet	100 ครั้ง	ใช้ทรายซิลิเกต(น้ำแก้ว+ทราย) ปริมาณ 1,110 กิโลกรัม จะได้ตัวอย่าง 6 ตัวอย่าง

จะได้ว่าปริมาณทรายซิลิเกตที่ใช้เป็นแบบลูกบาศก์ =  $100 \times 1,650 = 165,000$  กรัม

จะได้ว่าปริมาณทรายซิลิเกตที่ใช้เป็นแบบ Briquet =  $100 \times 1,100 = 110,000$  กรัม

รวมแล้วแก๊ส 1 ถังจะใช้พอดีกับทรายซิลิเกตรวมแล้วทั้งหมด = 275,000 กรัม

โดยในส่วนผสมทรายซิลิเกตทั้งหมดนี้ได้แบ่งเป็นการทำตัวอย่างแบบลูกบาศก์และแบบ Briquet

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถคิดเป็นอัตราส่วนโดยนำหน้าระหว่าง

ปริมาณทรายซิลิเกตที่ใช้ทำตัวอย่างแบบลูกบาศก์ : ปริมาณทรายซิลิเกตที่ใช้ทำตัวอย่างแบบ Briquet  
= 1.5 : 1

ดังนั้นจะทราบว่า

ทรายซิลิเกต	2.5	ส่วนจะใช้หมดพอดีกับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์	1	ถึง
ถ้าทรายซิลิเกต	1.5	ส่วนจะใช้หมดพอดีกับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์	$\frac{1}{2.5} \times 1.5$	= 0.6 ถึง

เนื่องจากทรายซิลิเกต 1.5 ส่วนคือทรายซิลิเกตส่วนที่ใช้ในการทดสอบแบบลูกบาศก์  
ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่า

แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์	0.6	ถึงจะใช้หมดพอดีกับทรายซิลิเกตหนัก	165,000 กรัม	
		โดยเป็นทราย	หนัก	150 กิโลกรัม
		และเป็นน้ำแก้ว	หนัก	15 กิโลกรัม

พิจารณาราคาจากแบบทดสอบแบบลูกบาศก์ขนาด 5×5×5 ซม.

จากการทดสอบแบบลูกบาศก์พบว่าทรายซิลิเกต 165,000 กรัมทำเป็นทรายซีโอทูได้  $100 \times 10 = 1,000$  ก้อน  
ซึ่งต้องใช้วัสดุดังนี้

แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์	0.6	ถึง
ทรายหนัก 150 กิโลกรัม หรือ	$\frac{150}{2,140} = 0.07$	ลบ.ม.
(เมื่อความหนาแน่นของทรายที่ซื้อมาเท่ากับ 2,140 กิโลกรัมต่อลบ.ม.)		
และน้ำแก้วหนัก	15	กิโลกรัม

คิดเป็นราคาได้ดังนี้

แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์	0.6	ถึง	ราคา	$0.6 \times 150 =$	90	บาท
ทราย	0.075	ลบ.ม.	ราคา	$0.07 \times 300 =$	21	บาท
และน้ำแก้วหนัก	15	กิโลกรัม	ราคา	$15 \times 5 =$	75	บาท
รวมทรายซีโอทู 1,000 ก้อน			ราคา	=	186	บาท
ดังนั้นทรายซีโอทูราคาก้อนละ			=	0.186	บาท	

ในทันทีที่ทรายซีโอทู 1 ก้อนมีปริมาตร =  $0.05 \times 0.05 \times 0.05 = 0.000125$  บาท

∴ ราคาโดยประมาณของทรายซีโอทูต่อลูกบาศก์เมตร =  $0.186 \times \frac{1}{0.000125}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ไปใช้ประโยชน์ทางการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การหาปริมาณส่วนผสมที่เสียไปโดยเปล่าประโยชน์ในการผสมแต่ละครั้ง

ปริมาณการผสมต่อครั้ง	=	1,650	กรัม
ปริมาณส่วนผสมที่ได้ใช้	=	1,050	กรัม
ปริมาณที่สูญหายไป	=	600	กรัม
คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ที่เสียไป	=	37%	
ดังนั้นราคาสุทธิของทรายซีโอทู(CO <sub>2</sub> SAND)	= 1,500 x 0.63 =	<u>945</u>	บาท/ลบ.ม.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 6

### สรุป

จากผลการทดสอบสามารถแบ่งการสรุปได้เป็น 2 หัวข้อตามวัตถุประสงค์ดังนี้

#### 6.1 ความแข็งแรงของทรายซีโอทู

ความแข็งแรงของทรายซีโอทูนั้นจากการศึกษาแล้วสามารถสรุปได้เป็นความแข็งแรงที่อายุมาตรฐาน 1 วัน ซึ่งจะประกอบด้วยความแข็งแรงด้านต่างๆ ดังนี้

##### 1.1 กำลังรับแรงดึง

- กำลังรับแรงดึง ณ อุณหภูมิห้อง (ประมาณ 35 °C) = 8 KSC

- กำลังรับแรงดึง ณ อุณหภูมิ 200 °C = 28 KSC

##### 1.2 กำลังรับแรงอัด

- กำลังรับแรงอัด ณ อุณหภูมิห้อง (ประมาณ 35 °C) = 33 KSC

- กำลังรับแรงอัด ณ อุณหภูมิ 200 °C = 145 KSC

KSC

##### 1.3 กำลังรับแรงดัด

- กำลังรับแรงดัด ณ อุณหภูมิห้อง (ประมาณ 35 °C) = 9 KSC

##### 1.4 กำลังรับแรงเฉือน

- กำลังรับแรงเฉือน ณ อุณหภูมิห้อง (ประมาณ 35 °C) = 3.2 KSC

## 6.2 ความเป็นไปได้ในการนำทรายซีโอทูลมาใช้ในงานก่อสร้าง

จากการศึกษาวิจัยนั้นพบว่าทรายซีโอทูลนั้นมีระยะเวลาในการแข็งตัวเร็วมาก คือประมาณ 4-5 นาทีก็สามารถแข็งตัวได้ และสามารถทนอยู่ได้ในอุณหภูมิสูงๆซึ่งยิ่งอุณหภูมิสูงขึ้นความแข็งแรงของทรายซีโอทูลจะมากขึ้นตามไปด้วย รวมทั้งค่าความแข็งแรงในด้านต่างๆอันได้แก่ กำลังรับแรงดึง,กำลังรับแรงอัด,กำลังรับแรงคด,และ กำลังรับแรงเฉือน มีค่ามากพอที่จะนำมาใช้ในการก่อสร้างที่ต้องการความรวดเร็วและต้องการวัสดุที่ทนความร้อนสูง แต่ มีคุณสมบัติที่เป็นปัญหาสำคัญในการเลือกนำทรายซีโอทูลมาใช้ในงานก่อสร้าง คือ “ความทนน้ำ” เนื่องจากตัวประสานของทรายซีโอทูลภายหลังทำปฏิกิริยายังมีคุณสมบัติที่สามารถละลายน้ำได้ ดังนั้นทรายซีโอทูลเมื่อแข็งตัวแล้วถ้าโดนน้ำหรือความชื้นในอากาศเป็นเวลานานๆ ก็จะมีความแข็งแรงที่ลดน้อยลง

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าทรายซีโอทูลเหมาะสมที่จะนำมาใช้ในงานที่ต้องการความเร็วในการก่อสร้าง อายุการใช้งานไม่มาก และจะใช้งานได้ดีในลักษณะที่อุณหภูมิสูง แต่ไม่สามารถใช้ในงานที่มีความเสี่ยงต่อการเปียกน้ำหรือเป็นงานที่มีความชื้นสูงได้

## บทที่ 7

### ข้อเสนอแนะ

#### 7.1. ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับความแข็งแรงของทรายซีโอทู

ในการศึกษาหาข้อมูลของผู้ดำเนินการวิจัยพบว่าตัวแปรที่มีผลต่อความแข็งแรงของทรายซีโอทูนั้นมีหลายอย่างประกอบกันที่สำคัญ คือ ความละเอียดของเม็ดทราย และ ความหนาแน่นของทรายซีโอทู แต่ในการดำเนินการวิจัยได้ความคุมตัวแปรต่างๆ ให้เหมือนกับแบบหล่อทรายซีโอทูที่ใช้อยู่ในโรงงานหล่อโลหะ ดังนั้นจึงไม่ได้ทำการศึกษาในส่วนของอิทธิพลของความละเอียดของเม็ดทรายและความหนาแน่นที่มีผลต่อความแข็งแรงของทรายซีโอทู

แต่จากข้อมูลของผู้ดำเนินการวิจัยได้ศึกษามาทำให้ทราบว่าความละเอียดของเม็ดทรายมีผลที่ทำให้ความแข็งแรงของทรายซีโอทูสูงขึ้นดังรูปที่ 7.1

\*รูปที่ 7.1 ผลกระทบต่อความแข็งแรงต่อการอัดเมื่อผ่านแกสคาร์บอนไดออกไซด์  
ลงไปไนทรายทำแบบหล่อ ซึ่งใช้ทรายที่มีความละเอียดต่างๆ

\* “ทรายทำแบบหล่อโลหะ” สถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมเครื่องจักรกลและโลหะการ , กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม เอกสารนี้เป็นเอกสารที่มอบให้ฟรีแก่การใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูป จะพบว่าทรายที่มีความละเอียดมากจะทำให้ความแข็งแรงของทรายซีโอทุมิค่าสูงขึ้น ซึ่งจะเป็นแนวทางในการศึกษาถึงความละเอียดของทรายที่ทำให้ทรายซีโอทุมิมีความแข็งแรงสูงสุดต่อไปได้

สำหรับในส่วนของความหนาแน่นที่มีอิทธิพลต่อความแข็งแรงของทรายซีโอทุมินั้นจากการทดลองที่ 4-7 จะพบว่าตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบถ้าอยู่ภายใต้สภาวะเดียวกัน ก่อนตัวอย่างที่มีความหนาแน่นมากจะมีความแข็งแรงสูงกว่าก่อนตัวอย่างที่มีความหนาแน่นน้อย ดังนั้นถ้าทำการบดอัดทรายซีโอทุมิที่มีความหนาแน่นมากขึ้นก็อาจจะทำให้ทรายซีโอทุมิมีความแข็งแรงมากขึ้นด้วย ซึ่งในกรณีนี้จำเป็นที่จะต้องมีการศึกษาต่อไป

## 7.2. ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการแก้ปัญหาเรื่องน้ำที่ทำให้ความแข็งแรงของทรายซีโอทุมลดลง

เนื่องจากตัวประสานที่ใช้ทำทรายซีโอทุมิคุณสมบัติที่ละลายน้ำได้ ทำให้มีปัญหาในการนำทรายซีโอทุมมาใช้ในงานก่อสร้างที่มีความชื้นสูงหรือเสี่ยงต่อการเปียกน้ำ เพื่อแก้ปัญหาในเรื่องนี้อาจจะทำการศึกษาหาวิธีการเพื่อป้องกันน้ำหรือความชื้นในอากาศไม่ให้สามารถซึมเข้าไปในทรายซีโอทุมได้ ตัวอย่างเช่น ทำการศึกษาเกี่ยวกับคุณสมบัติของสารกันชื้นหรือวัสดุที่ใช้กันน้ำเพื่อนำมาประยุกต์ใช้กับทรายซีโอทุมซึ่งต้องเลือกใช้วัสดุที่มีคุณสมบัติที่เหมาะสมและไม่ทำให้ความแข็งแรงของทรายซีโอทุมลดน้อยลง นอกจากนี้ยังต้องคำนึงถึงองค์ประกอบในด้านราคาและความสะดวกในการใช้งานอีกด้วย

## 7.3. ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการนำทรายซีโอทุมมาประยุกต์ใช้งาน

จากความแข็งแรงของทรายซีโอทุม , ความเร็วในการแข็งตัว , การทนความร้อนของทรายซีโอทุม , ความสามารถที่จะขึ้นรูปเป็นรูปทรงต่างๆ ได้ง่าย และ ความละเอียดของเนื้อทรายซีโอทุม ถ้าสามารถศึกษาหาวิธีป้องกันน้ำไม่ให้เข้าไปทำลายความแข็งแรงของทรายซีโอทุมได้จะสามารถนำทรายซีโอทุมมาใช้ในงานก่อสร้างได้หลากหลายลักษณะ ได้แก่ ใช้เป็นแบบหล่อโครงสร้างที่มีรูปร่างเป็นเหลี่ยมเป็นมุมยากต่อการขึ้นแบบด้วยไม้ ตัวอย่างเช่น นำมาใช้ในการทำแบบหล่อพื้นแบบรวงผึ้ง(Waffle Slab) หรือ อาจนำมาใช้เป็นกำแพงกันน้ำชั่วคราวในกรณีเร่งด่วนเพื่อป้องกันน้ำท่วม เป็นต้น

ข้อมูลที่ได้จากการทดลองที่ 4-7 อาจจะไปเพื่อพัฒนาหรือควบคุมงานหล่อโลหะให้มีความประหยัดหรือ มีประสิทธิภาพมากขึ้นได้

## ภาคผนวก ก

### การทดสอบ

วัสดุที่ใช้ในงานทุกสาขาจะถูกผลิตออกมาให้มีคุณภาพ ลักษณะเฉพาะ แต่ในบางครั้งวัสดุที่ผลิตอาจมีคุณภาพไม่ถูกต้องตามมาตรฐานที่กำหนด ซึ่งเป็นสาเหตุให้งานออกมาไม่เหมาะสมหรือไม่ดีเท่าที่ควร ดังนั้นหากมีการทดสอบวัสดุที่นำมาใช้งานก็จะเป็นสิ่งหนึ่งที่จะช่วยให้มีความมั่นใจมากขึ้น การทดสอบอาจไม่จำเป็นต้องใช้ทุกชิ้นส่วน โดยทั่วไปมักใช้วิธีสุ่มตัวอย่างมาทดสอบ การทดสอบนี้นอกจากจะช่วยเพิ่มความมั่นใจแล้วยังช่วยให้งานออกมามีคุณภาพดีขึ้น วิศวกรส่วนใหญ่เกือบทุกสาขาจะเลือกวัสดุมาใช้งานจะต้องมีการทดสอบวัสดุนั้นเสียก่อน การทดสอบโดยส่วนใหญ่จึงมักทดสอบเรื่องคุณสมบัติของวัสดุว่าตรงไปตามมาตรฐานหรือไม่

#### หลักสำคัญของการทดสอบ

- เพื่อให้ได้รายละเอียดของวัสดุด้านคุณภาพ
- เพื่อความถูกต้องแม่นยำของวัสดุด้านคุณสมบัติทางกล
- เพื่อพัฒนาวัสดุใหม่ๆ ให้มีมาตรฐาน

#### การจำแนกการทดสอบวัสดุ

การจำแนกการทดสอบวัสดุ ทำได้ 3 วิธี

- ก. Static load test เป็นการทดสอบโดยให้แรงที่กระทำอยู่คงที่ เช่น การทดสอบความแข็ง การทดสอบความเค้น เป็นต้น
- ข. Cyclic load test เป็นการทดสอบโดยให้แรงที่กระทำเป็นจังหวะ เช่น การทดสอบความล้า เป็นต้น
- ค. Dynamic load test เป็นการทดสอบโดยให้แรงที่กระทำสามารถเคลื่อนที่ เช่น การทดสอบการกระแทก เป็นต้น

นอกจากนี้การจำแนกการทดสอบทั้ง 3 วิธี สามารถแยกตามลักษณะของวัสดุที่ใช้ทดสอบ แยกได้ 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ

1. แบบทำลาย(Destructive)คือชิ้นงานที่นำมาทดสอบจะถูกทำให้แตกหักเสียหาย
2. แบบไม่ทำลาย(Nondestructive)คือชิ้นงานไม่เสียหายภายหลังเมื่อถูกทดสอบ

## หน่วยงานมาตรฐาน

ในปัจจุบันหน่วยงานที่ทำหน้าที่รับชอบเรื่องการทดสอบวัสดุให้ได้มาตรฐานเป็นที่ยอมรับกันทั่วโลก สามารถนำไปใช้ได้คือ หน่วยงานมาตรฐานของอเมริกาที่ใช้ชื่อว่า American Society for Testing and Materials ย่อว่า ASTM หน่วยงานดังกล่าวทำหน้าที่กำหนดรายการต่างๆเฉพาะของวัสดุ วิธีการทดสอบที่สามารถนำมาปฏิบัติได้เหมือนกัน พัฒนาปรับปรุงแก้ไข จนได้ประสิทธิภาพใช้งานได้ และนำมาเผยแพร่สู่สาธารณชน หน่วยงานที่มีลักษณะการทำงานคล้ายกับ ASTM ที่รู้จักกันดี เช่น ACI (American Concrete Institute) เป็นต้น สำหรับในประเทศไทยหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับงานทดสอบวัสดุต่างๆ ในงานวิศวกรรม คือ สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ชื่อย่อ มอก. ตั้งขึ้นเมื่อปี พ.ศ. 2511 สังกัดกระทรวงอุตสาหกรรม ส่วนมาตรฐานที่มีใช้ทั่วโลก ดังตารางที่ 1.1

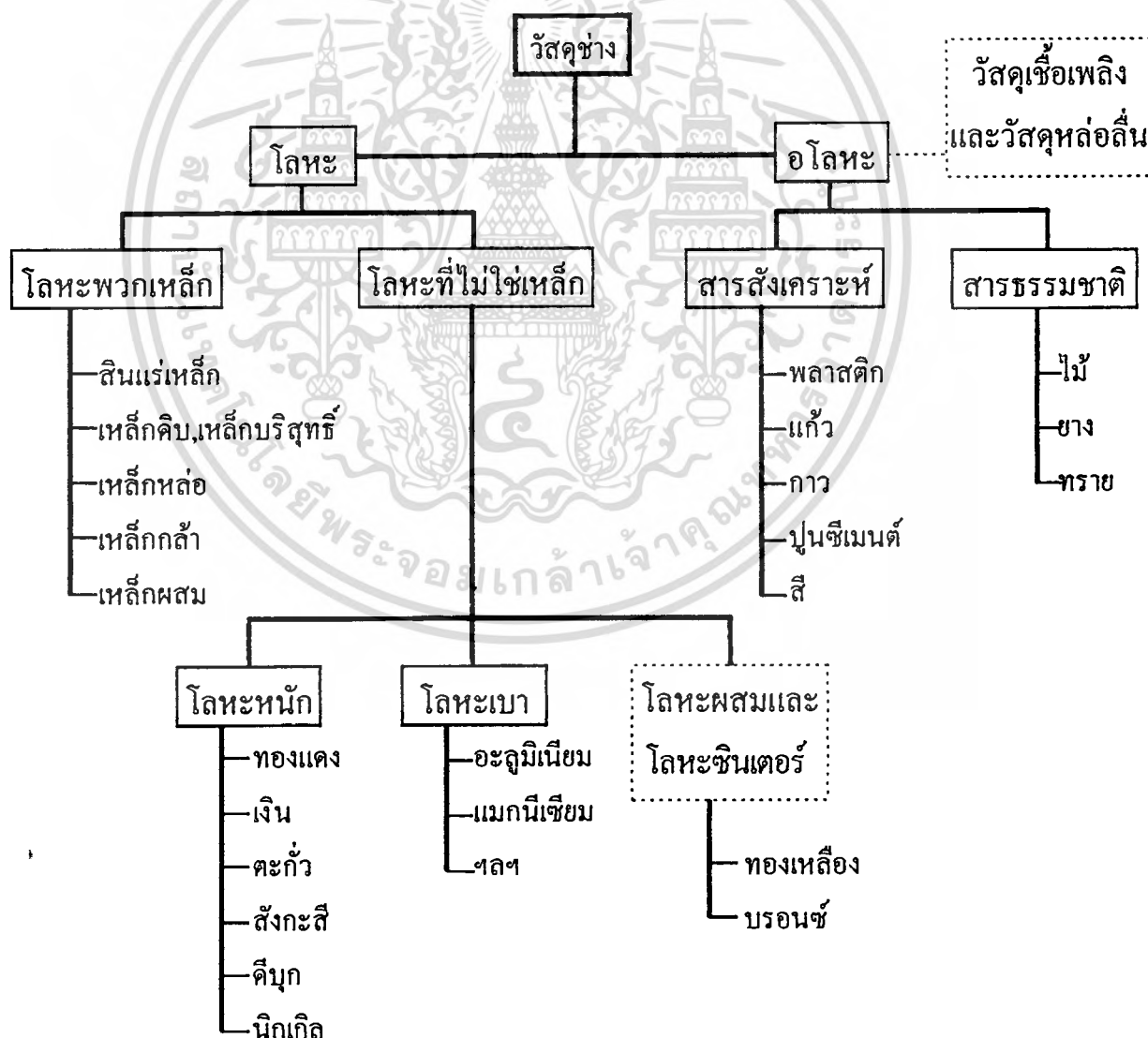
ตารางที่ 1.1 แสดงชื่อมาตรฐานของประเทศต่างๆ

ชื่อระบบ	ชื่อเต็ม	มาตรฐานประเทศ
DIN	Deutsch Industrial Norms	เยอรมัน
ASTM	American Society for Testing and Materials	อเมริกา
AISI	American Iron and Steel Institute	อเมริกา
ASA	American Standards Association	อเมริกา
SAE	Society of Automotive Engineer	อเมริกา
BS	British Standards	อังกฤษ
ISA	International Federation of the National Standardizing Association	ยุโรป
JIS	Japanese Industrial Standards	ญี่ปุ่น

## การแบ่งประเภทวัสดุทดสอบ

ผู้ที่เป็นช่างด้านโยธา ไฟฟ้า หรือเครื่องกลก็ตาม ควรได้รู้จักวัสดุต่างๆ ที่ได้นำมาผลิตสิ่งต่างๆขึ้นเช่น การผลิตรถยนต์ การสร้างอาคาร วัสดุที่นำมาใช้เหล่านี้จะพบว่าเป็นวัสดุในงานอุตสาหกรรมทั้งสิ้น ซึ่งมีคุณสมบัติต่างกัน เช่น ความแข็งแรง ความยืดหยุ่น เป็นต้น ในการเลือกใช้จึงควรมีการศึกษา ถึงชนิด ประเภท และคุณสมบัติ การแบ่งวัสดุ ทดสอบสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ

1. ประเภทโลหะ(Metallic Materials) คือวัสดุที่ได้จากการถลุงแร่ธาตุซึ่งมีอะตอมมาเรียงกันอย่างเป็นระเบียบ เช่น เหล็กหล่อ เหล็กกล้า รวมไปถึงอะลูมิเนียม ทองแดง ตะกั่ว สังกะสี
2. ประเภทโลหะ(Nonmetallic Materials) คือวัสดุจากธรรมชาติหรือจากสังเคราะห์ เช่น ไม้ ยาง พลาสติก ปูนซีเมนต์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ตารางคุณสมบัติของวัสดุ

การที่ช่างจะนำวัสดุไปใช้งานในรูปแบบต่างๆ จะต้องศึกษาคุณสมบัติของวัสดุให้เสียก่อน เพื่อให้ได้วัสดุที่มีความเหมาะสมในรูปแบบนั้นๆ วัสดุที่เป็นโลหะและอโลหะจะมีคุณสมบัติที่จะนำมาพิจารณาคือ

- คุณสมบัติทางเคมี(chemical properties)
- คุณสมบัติทางฟิสิกส์(physical properties)
- คุณสมบัติทางกล(mechanical properties)

ตารางที่ 1.2 คุณสมบัติของวัสดุ

ทางเคมี	ทางฟิสิกส์	ทางกล
1.การกัดกร่อน	1.ความร้อนจำเพาะ	1.ความแข็งแรง
2.ส่วนผสมในโครงสร้าง	2.การทำความร้อน	2.ความแข็ง
	3.ส.ป.สการขยายตัว	3.ความสามารถในการยืดตัว
	4.ความหนาแน่น	4.ความยืดหยุ่น
		5.ความเหนียว

สำหรับการดำเนินการวิจัยเรื่องความแข็งแรงของทราย  $CO_2$  เป็นการศึกษาคุณสมบัติทางด้านความแข็งแรง ซึ่งประกอบด้วย กำลังรับแรงดึง กำลังรับแรงอัด กำลังรับแรงคดและกำลังรับแรงเฉือน โดยการทดสอบเกือบทั้งหมดนั้นได้อ้างอิงตามวิธีการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM ของการทดสอบ คอนกรีตและมอร์ตาร์ ซึ่งเป็นที่ทดสอบแบบทำลาย โดยผู้ดำเนินการวิจัยเห็นว่าส่วนประกอบต่างๆของทราย  $CO_2$  คือมี ทราย+น้ำแก้ว (โซเดียมซิลิเกต)+แก๊สคาร์บอน ไดออกไซด์ นั้นจัดอยู่ในกลุ่มเดียวกันกับคอนกรีตและมอร์ตาร์ซึ่งประกอบด้วย หิน, ทราย, ซีเมนต์, น้ำ ดังนั้นจึงดำเนินการทดสอบตามวิธีดังที่กล่าวมาแล้ว

หมายเหตุ สำหรับการทดสอบหากล้างรับแรงเฉือน ปกติ กระทำได้โดยการบิด แต่ทดสอบรูปทรงกระบอก แต่เนื่องจากเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบนี้ไม่เป็นที่นิยมใช้ทำให้ไม่สามารถดำเนินการทดสอบตามวิธีนี้ได้ ทางผู้ดำเนินการวิจัยจึงได้ขอคำปรึกษาจากผู้เชี่ยวชาญทางโครงสร้างในการทดสอบหาแรงเฉือนโดยอ้างอิงวิธีการทดสอบแบบ Double Shear Test อาศัยหลักการที่ว่า การเฉือนเป็นการกระทำของแรงสองแรง ซึ่งมีขนาดเท่ากันและขนานกัน โดยกระทำตรงกันข้ามบนระนาบซึ่งมีระยะห่างกันเล็กน้อย ดังนั้นการทดสอบนี้ แรงเฉือนจะเกิดขึ้นพร้อมกับแรงดึงและแรงคดเสมอ จึงทำให้ผลการทดลองไม่ถูกต้อง ทำให้ค่าที่ได้เป็นเพียงค่าประมาณที่ใกล้เคียงเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ข

### การวิเคราะห์อัตราส่วนผสมระหว่างทรายกับน้ำแฉะที่ใช้ในโรงงาน

การคำนวณหาอัตราส่วนที่ใช้ในการผสมระหว่างทรายกับน้ำแฉะโดยประมาณ

จากการทดลอง Sieve Analysis ปริมาณทรายที่ค้างบนตะแกรงเบอร์ 100(ขนาด 150  $\mu\text{m}$ ) มากที่สุดนั้นมีถึง 96% จึงถือว่าเป็นขนาดของเม็ดทรายส่วนใหญ่

$$\begin{aligned} \text{เม็ดทรายแต่ละเม็ดมีปริมาตร} &= \frac{4}{3}\pi r^3 \\ &= \frac{4}{3}\pi(75 \times 10^{-4})^3 \\ &= 1.767 \times 10^{-6} \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ความหนาแน่นของทรายที่ใช้ในการทดลอง} &= 2,140 \text{ kg./m}^3 \\ (\text{คำนวณจากค่าความถ่วงจำเพาะของทรายที่ใช้ในการทดลองตามผลการทดลองที่ 3}) \end{aligned}$$

$$\therefore \text{ทราย 1 kg. มีปริมาตร} = \frac{10^6}{2,140} = 467.2897 \text{ cm}^3$$

$$\therefore \text{ทราย 1 kg. ประกอบด้วยเม็ดทรายจำนวน} = 467.2897 / (1.767 \times 10^{-6}) = 264,453,707 \text{ เม็ด}$$

$$\begin{aligned} \text{เม็ดทราย 1 เม็ดมีพื้นที่ผิว} &= 4\pi r^2 \\ &= 4\pi(75 \times 10^{-4})^2 \\ &= 7.068 \times 10^{-4} \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

กำหนดให้ความหนาของน้ำแฉะน้อยกว่าขนาดเม็ดทราย 50 เท่า

$$\text{ความหนาของน้ำแฉะที่เคลือบอยู่} = 150/50 = 3 \text{ } \mu\text{m}$$

$$\begin{aligned} \therefore \text{ทราย 1 kg ใช้ น้ำแฉะ ปริมาณ} &= 7.068 \times 10^{-4} \times 0.0003 \times 264,453,707 \\ &= 56 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

$$\therefore \text{น้ำแฉะ 56 cm}^3 \text{ หนัก} = 56 \times 1.616 = 90.62 \text{ g.}$$

$$\text{เพื่อประมาณ 10\%} = 99 \text{ g. หรือประมาณ 0.1 kg.}$$



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



### ตารางบันทึกผลการทดลองที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

KMITL

## SIEVE ANALYSIS

DRY WEIGHT OF ORIGINAL SAMPLE :

500 g

SIEVE NO.	WT. SIEVE (g)	WT. SIEVE+ SAMPLE (g)	WT. SAMPLE RETAINED (g)	PERCENT RETAINED	CUMULATIVE PERCENT RETAINED	PERCENT FINER OR PASSING
3/8"	620	620	0	0	0	0
No.4	583	583	0	0	0	100
No.8	546	546	0	0	0	100
No.16	440	440	0	0	0	100
No.30	457	458	1	0.2	0.2	99.8
No.50	376	647	271	54.2	54.4	45.5
No.100	363	569	206	41.2	95.6	4.2
PAN	403	424	21	4.2	99.8	0
			499	99.8	250	

ERROR(OBJECTIVE WT.-TOTAL WT.RETAINED)= 1 g. : %ERROR = 0.2

FINENESS MODULUS = TOTAL OF CUMULATIVE PERCENT RETAINED/100 = 2.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



## ตารางบันทึกผลการทดลองที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

KMITL

## ORGANIC IMPURITIES IN SAND

SAMPLE NO.	1.
SAMPLE DESCRIPTION (TYPE, SOURCE ect.)	ทรายละเอียด ซึ่งร้อนผ่านตระแกรงเบอร์ 16 และมีขนาดคละประมาณ 2.5(FINNESS MODULUS 2.5)
TIME AT START OF TEST	14:00 ( 16 กุมภาพันธ์ 2539 )
TIME AT END OF TEST	14:00 ( 17 กุมภาพันธ์ 2539 )
TEST PERIOD	24 ชั่วโมง
COLOUR OF SODIUM HYDROXIDE AS NO. ON STANDARD ORGANIC PLATE.	สีของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์มีสีที่จางมากเกือบใส เมื่อเปรียบเทียบกับสีมาตรฐานแล้ว จะมีสีใกล้เคียงกับสีมาตรฐาน NO. 1

# FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

KMITL

## SEDIMENTATION TEST OF SAND

<b>DETERMINATION NO.</b>	1	2	3	4
<b>MEASURING CYLINDER (1000 C.C.) NO.</b>	1	2	3	4
<b>HEIGHT OF SAND (m.m.)</b>	50	48	50	53
<b>HEIGHT OF CLAY AND SILT (m.m.)</b>	2.3	2	2.2	2.5
<b>PERCENT OF SILT IN SAND (%)</b>	4.40	4.00	4.21	4.50
<b>AVERAGE</b>				<b>4.28</b>

\*-Height of clay and silt = (Height of clay + sand) - Height of sand

-Percent of silt in sand =  $\frac{\text{Height of clay} \times 100}{\text{Height of clay} + \text{sand}}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

## KMITL

## SPECIFIC GRAVITY AND ABSORPTION OF FINE AGGREGATE

DETERMINATION NO.	1	2	3
WT. SAND (SAT.SURF.DRY)(B) , gm	600	600	600
WT. FLASK + SAND (SAT.SURF.DRY) + WATER(Wc) , gm	2045	2043	2046
WT. BOWL , gm	200	200	200
WT. BOWL + DRY SAND , gm	798	797	797
WT.DRYSAND (A) , gm	598	597	597
WT. FLASK + WATER(W) , gm	1692	1695	1693
BULK SPECIFIC GRAVITY , $A/(B+W-Wc)$	2.42	2.37	2.42
BULK SPECIFIC GRAVITY , (SAT.SURF.DRY) , $B/(B+W-Wc)$	2.43	2.38	2.43
APPARENT SPECIFIC GRAVITY , $A/(W+A-Wc)$	2.44	2.40	2.45
PERCENT ABSORPTION (%) , $(B-A) \times 100 / A$	0.33	0.50	0.50

BULK SPECIFIC GRAVITY = 2.40

BULK SPECIFIC GRAVITY (SAT.SURF.DRY) = 2.41

PERCENT ABSORPTION = 0.45 %

1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



#### ตารางบันทึกผลการทดลองที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

KMITL

TENSILE STRENGTH OF SAND CO<sub>2</sub>TEMPERATURE ห้อง (35° C)

SAMPLE NO		CROSS SECTION		WEIGHT (g)		ULTIMATE LOAD		TENSILE STRENGTH		AVERAGE TENSILE	
AGE	NO	cmxcm	inxin	ก่อน	หลัง	kg	lb	KSC	PSI	KSC	PSI
ทดสอบทันที	NO.1	6.76	1	105	105	27.273	60	4.0344	60		
	NO.2	6.76	1	106	106	29.545	65	4.3706	65		
	NO.3	6.76	1	107	107	31.818	70	4.7068	70		
	NO.4	6.76	1	105	105	31.818	70	4.7068	70		
	NO.5	6.76	1	104	104	29.545	65	4.3706	65		
	NO.6	6.76	1	104	104	31.818	70	4.7068	70	4.48	66.67
15 นาที	NO.1	6.76	1	106	106	31.818	70	4.7068	70		
	NO.2	6.76	1	105	105	27.273	60	4.0344	60		
	NO.3	6.76	1	104	104	31.818	70	4.7068	70		
	NO.4	6.76	1	105	105	29.545	65	4.3706	65		
	NO.5	6.76	1	105	105	27.273	60	4.0344	60		
	NO.6	6.76	1	104	104	29.545	65	4.3706	65	4.37	65.00
30 นาที	NO.1	6.76	1	106	106	31.818	70	4.7068	70		
	NO.2	6.76	1	107	107	31.818	70	4.7068	70		
	NO.3	6.76	1	105	105	29.545	65	4.3706	65		
	NO.4	6.76	1	106	106	29.545	65	4.3706	65		
	NO.5	6.76	1	104	104	29.545	65	4.3706	65		
	NO.6	6.76	1	105	105	29.545	65	4.3706	65	4.48	66.67
1 ชม.	NO.1	6.76	1	104	104	29.545	65	4.3706	65		
	NO.2	6.76	1	107	107	31.818	70	4.7068	70		
	NO.3	6.76	1	105	105	29.545	65	4.3706	65		
	NO.4	6.76	1	105	105	31.818	70	4.7068	70		
	NO.5	6.76	1	104	104	27.273	60	4.0344	60		
	NO.6	6.76	1	106	106	31.818	70	4.7068	70	4.48	66.67

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ทำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SAMPLE NO		CROSS SECTION		WEIGHT (g)		ULTIMATE LOAD		TENSILE STRENGTH		AVERAGE TENSILE	
AGE	NO	cmxcm	inxin	ก่อน	หลัง	kg	lb	KSC	PSI	KSC	PSI
6ข.ม.	NO.1	6.76	1	104	103	29.545	65	4.3706	65		
	NO.2	6.76	1	105	104	31.818	70	4.7068	70		
	NO.3	6.76	1	104	104	31.818	70	4.7068	70		
	NO.4	6.76	1	106	106	31.818	70	4.7068	70		
	NO.5	6.76	1	107	106	31.818	70	4.7068	70		
	NO.6	6.76	1	104	104	29.545	65	4.3706	65	4.59	68.33
12ข.ม.	NO.1	6.76	1	105	105	31.818	70	4.7068	70		
	NO.2	6.76	1	104	104	31.818	70	4.7068	70		
	NO.3	6.76	1	106	105	31.818	70	4.7068	70		
	NO.4	6.76	1	106	105	31.818	70	4.7068	70		
	NO.5	6.76	1	106	106	34.091	75	5.043	75		
	NO.6	6.76	1	104	104	31.818	70	4.7068	70	4.76	70.83
1วัน	NO.1	6.76	1	105	104	36.364	80	5.3792	80		
	NO.2	6.76	1	105	105	34.091	75	5.043	75		
	NO.3	6.76	1	104	104	36.364	80	5.3792	80		
	NO.4	6.76	1	107	107	43.182	95	6.3878	95		
	NO.5	6.76	1	106	105	40.909	90	6.0516	90		
	NO.6	6.76	1	104	104	34.091	75	5.043	75	5.55	82.50
3วัน	NO.1	6.76	1	105	104	65.909	145	9.7499	145		
	NO.2	6.76	1	104	103	61.364	135	9.0775	135		
	NO.3	6.76	1	104	103	63.636	140	9.4137	140		
	NO.4	6.76	1	106	105	70.455	155	10.422	155		
	NO.5	6.76	1	107	106	70.455	155	10.422	155		
	NO.6	6.76	1	104	103	63.636	140	9.4137	140	9.75	145.00
7วัน	NO.1	6.76	1	107	106	68.182	150	10.086	150		
	NO.2	6.76	1	106	105	65.909	145	9.7499	145		
	NO.3	6.76	1	106	105	68.182	150	10.086	150		
	NO.4	6.76	1	107	105	68.182	150	10.086	150		
	NO.5	6.76	1	105	104	65.909	145	9.7499	145		
	NO.6	6.76	1	105	105	68.182	150	10.086	150	9.97	148.33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ยกเว้นหากมีเหตุเปลี่ยนแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SAMPLE NO		CROSS SECTION		WEIGHT (g)		ULTIMATE LOAD		TENSILE STRENGTH		AVERAGE TENSILE	
AGE	NO	cmxcm	inxin	ก่อน	หลัง	kg	lb	KSC	PSI	KSC	PSI
15วัน	NO.1	6.76	1	104	102	63.636	140	9.4137	140		
	NO.2	6.76	1	105	104	65.909	145	9.7499	145		
	NO.3	6.76	1	105	105	65.909	145	9.7499	145		
	NO.4	6.76	1	106	105	68.182	150	10.086	150		
	NO.5	6.76	1	105	104	65.909	145	9.7499	145		
	NO.6	6.76	1	104	103	65.909	145	9.7499	145	9.75	145.00
28วัน	NO.1	6.76	1	107	105	65.909	145	9.7499	145		
	NO.2	6.76	1	107	107	68.182	150	10.086	150		
	NO.3	6.76	1	105	104	65.909	145	9.7499	145		
	NO.4	6.76	1	104	102	63.636	140	9.4137	140		
	NO.5	6.76	1	105	103	65.909	145	9.7499	145		
	NO.6	6.76	1	104	103	63.636	140	9.4137	140	9.69	144.17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

KMITL

TENSILE STRENGTH OF SAND CO<sub>2</sub>TEMPERATURE 50 °C

SPECIMEN NO.			CROSS SECTION		WEIGHT (g)		ULTIMATE LOAD		TENSILE STRENGTH		AVERAGE TENSILE	
TIME	AGE	NO	cmxcm	inxin	ก่อน	หลัง	kg	lb	KSC	PSI	KSC	PSI
15 นาที	ทันที	NO.1	6.76	1	105	104	36.364	80	5.3792	80		
		NO.2	6.76	1	105	104	34.091	75	5.043	75		
		NO.3	6.76	1	104	103	34.091	75	5.043	75		
		NO.4	6.76	1	105	104	40.909	90	6.0516	90		
		NO.5	6.76	1	106	105	40.909	90	6.0516	90		
		NO.6	6.76	1	104	103	36.364	80	5.3792	80	5.49	81.67
1 ชม.		NO.1	6.76	1	107	106	40.909	90	6.0516	90		
		NO.2	6.76	1	105	104	38.636	85	5.7154	85		
		NO.3	6.76	1	104	103	36.364	80	5.3792	80		
		NO.4	6.76	1	105	104	36.364	80	5.3792	80		
		NO.5	6.76	1	105	103	38.636	85	5.7154	85		
		NO.6	6.76	1	104	103	38.636	85	5.7154	85	5.66	84.17
12 ชม.		NO.1	6.76	1	107	106	43.182	95	6.3878	95		
		NO.2	6.76	1	106	105	38.636	85	5.7154	85		
		NO.3	6.76	1	106	105	36.364	80	5.3792	80		
		NO.4	6.76	1	107	106	38.636	85	5.7154	85		
		NO.5	6.76	1	105	103	36.364	80	5.3792	80		
		NO.6	6.76	1	105	104	36.364	80	5.3792	80	5.66	84.17
1 วัน		NO.1	6.76	1	104	103	43.182	95	6.3878	95		
		NO.2	6.76	1	106	105	38.636	85	5.7154	85		
		NO.3	6.76	1	107	106	45.455	100	6.724	100		
		NO.4	6.76	1	106	105	34.091	75	5.043	75		
		NO.5	6.76	1	106	105	43.182	95	6.3878	95		
		NO.6	6.76	1	104	103	31.818	70	4.7068	70	5.83	86.67

SPECIMEN			CROSS		WEIGHT		ULTIMATE		TENSILE		AVERAGE	
NO.			SECTION		(g)		LOAD		STRENGTH		TENSILE	
TIME	AGE	NO	cmxcm	inxin	ก่อน	หลัง	kg	lb	KSC	PSI	KSC	PSI
8วัน		NO.1	6.76	1	104	102	34.091	75	5.043	75		
		NO.2	6.76	1	106	104	43.182	95	6.3878	95		
		NO.3	6.76	1	104	102	34.091	75	5.043	75		
		NO.4	6.76	1	105	103	38.636	85	5.7154	85		
		NO.5	6.76	1	105	103	43.182	95	6.3878	95		
		NO.6	6.76	1	104	102	38.636	85	5.7154	85	5.72	85.00
7วัน		NO.1	6.76	1	106	104	31.818	70	4.7068	70		
		NO.2	6.76	1	107	105	27.273	60	4.0344	60		
		NO.3	6.76	1	107	105	43.182	95	6.3878	95		
		NO.4	6.76	1	105	103	29.545	65	4.3706	65		
		NO.5	6.76	1	106	104	34.091	75	5.043	75		
		NO.6	6.76	1	105	103	27.273	60	4.0344	60	4.76	70.83
15วัน		NO.1	6.76	1	105	103	31.818	70	4.7068	70		
		NO.2	6.76	1	104	102	34.091	75	5.043	75		
		NO.3	6.76	1	105	103	27.273	60	4.0344	60		
		NO.4	6.76	1	105	103	29.545	65	4.3706	65		
		NO.5	6.76	1	106	104	27.273	60	4.0344	60		
		NO.6	6.76	1	107	105	38.636	85	5.7154	85	4.65	69.17
28วัน		NO.1	6.76	1	104	103	31.818	70	4.7068	70		
		NO.2	6.76	1	103	102	34.091	75	5.043	75		
		NO.3	6.76	1	105	103	27.273	60	4.0344	60		
		NO.4	6.76	1	106	103	29.545	65	4.3706	65		
		NO.5	6.76	1	104	104	27.273	60	4.0344	60		
		NO.6	6.76	1	107	105	36.364	80	5.3792	80	4.59	68.33
30 นาที	ทันที	NO.1	6.76	1	107	105	59.091	130	8.7413	130		
		NO.2	6.76	1	104	104	56.818	125	8.4051	125		
		NO.3	6.76	1	105	104	52.273	115	7.7327	115		
		NO.4	6.76	1	105	103	56.818	125	8.4051	125		
		NO.5	6.76	1	104	103	52.273	115	7.7327	115		
		NO.6	6.76	1	106	105	56.818	125	8.4051	125	8.24	122.50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ทำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการทำไปใช้

SPECIMEN			CROSS		WEIGHT		ULTIMATE		TENSILE		AVERAGE	
NO.			SECTION		(g)		LOAD		STRENGTH		TENSILE	
TIME	AGE	NO	cmxcm	inxin	ก่อน	หลัง	kg	lb	KSC	PSI	KSC	PSI
1 ชม.		NO.1	6.76	1	106	105	56.818	125	8.4051	125		
		NO.2	6.76	1	106	104	54.545	120	8.0689	120		
		NO.3	6.76	1	105	103	54.545	120	8.0689	120		
		NO.4	6.76	1	107	106	59.091	130	8.7413	130		
		NO.5	6.76	1	104	103	56.818	125	8.4051	125		
		NO.6	6.76	1	105	104	54.545	120	8.0689	120	8.29	123.33
12 ชม.		NO.1	6.76	1	105	103	56.818	125	8.4051	125		
		NO.2	6.76	1	104	102	56.818	125	8.4051	125		
		NO.3	6.76	1	105	103	54.545	120	8.0689	120		
		NO.4	6.76	1	106	104	52.273	115	7.7327	115		
		NO.5	6.76	1	107	106	56.818	125	8.4051	125		
		NO.6	6.76	1	105	104	56.818	125	8.4051	125	8.24	122.50
1 วัน		NO.1	6.76	1	105	104	56.818	125	8.4051	125		
		NO.2	6.76	1	104	103	54.545	120	8.0689	120		
		NO.3	6.76	1	104	103	52.273	115	7.7327	115		
		NO.4	6.76	1	107	105	56.818	125	8.4051	125		
		NO.5	6.76	1	107	105	56.818	125	8.4051	125		
		NO.6	6.76	1	106	105	52.273	115	7.7327	115	8.12	120.83
3 วัน		NO.1	6.76	1	106	105	56.818	125	8.4051	125		
		NO.2	6.76	1	105	104	54.545	120	8.0689	120		
		NO.3	6.76	1	105	104	54.545	120	8.0689	120		
		NO.4	6.76	1	106	104	56.818	125	8.4051	125		
		NO.5	6.76	1	105	103	54.545	120	8.0689	120		
		NO.6	6.76	1	104	102	54.545	120	8.0689	120	8.18	121.67
7 วัน		NO.1	6.76	1	104	103	50	110	7.3964	110		
		NO.2	6.76	1	107	105	56.818	125	8.4051	125		
		NO.3	6.76	1	107	105	59.091	130	8.7413	130		
		NO.4	6.76	1	105	105	50	110	7.3964	110		
		NO.5	6.76	1	106	104	59.091	130	8.7413	130		
		NO.6	6.76	1	106	103	54.545	120	8.0689	120	8.12	120.83

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SPECIMEN			CROSS		WEIGHT		ULTIMATE		TENSILE		AVERAGE	
NO.			SECTION		(g)		LOAD		STRENGTH		TENSILE	
TIME	AGE	NO	cmxcm	inxin	ก่อน	หลัง	kg	lb	KSC	PSI	KSC	PSI
15วัน		NO.1	6.76	1	104	102	50	110	7.3964	110	8.07	120.00
		NO.2	6.76	1	105	103	56.818	125	8.4051	125		
		NO.3	6.76	1	105	103	50	110	7.3964	110		
		NO.4	6.76	1	104	102	56.818	125	8.4051	125		
		NO.5	6.76	1	106	104	54.545	120	8.0689	120		
		NO.6	6.76	1	107	105	59.091	130	8.7413	130		
28วัน		NO.1	6.76	1	104	102	50	110	7.3964	110	7.96	118.33
		NO.2	6.76	1	105	103	56.818	125	8.4051	125		
		NO.3	6.76	1	105	103	47.727	105	7.0602	105		
		NO.4	6.76	1	104	102	54.545	120	8.0689	120		
		NO.5	6.76	1	106	104	54.545	120	8.0689	120		
		NO.6	6.76	1	107	105	59.091	130	8.7413	130		
1 ชม.	ทันที	NO.1	6.76	1	104	103	61.364	135	9.0775	135	9.46	140.67
		NO.2	6.76	1	105	104	65.909	145	9.7499	145		
		NO.3	6.76	1	106	105	63.636	140	9.4137	140		
		NO.4	6.76	1	107	105	68.182	150	10.086	150		
		NO.5	6.76	1	105	103	60.909	134	9.0102	134		
		NO.6	6.76	1	106	105	63.636	140	9.4137	140		
1 ชม.		NO.1	6.76	1	104	1102	63.636	140	9.4137	140	9.53	141.67
		NO.2	6.76	1	105	103	65.909	145	9.7499	145		
		NO.3	6.76	1	105	104	65.909	145	9.7499	145		
		NO.4	6.76	1	104	103	59.091	130	8.7413	130		
		NO.5	6.76	1	106	104	65.909	145	9.7499	145		
		NO.6	6.76	1	107	105	65.909	145	9.7499	145		
12 ชม.		NO.1	6.76	1	105	103	63.636	140	9.4137	140	9.64	143.33
		NO.2	6.76	1	104	102	61.364	135	9.0775	135		
		NO.3	6.76	1	106	104	65.909	145	9.7499	145		
		NO.4	6.76	1	105	103	65.909	145	9.7499	145		
		NO.5	6.76	1	105	103	65.909	145	9.7499	145		
		NO.6	6.76	1	106	104	68.182	150	10.086	150		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า  
 ไม่ว่ากรรมใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเลขของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SPECIMEN NO.			CROSS SECTION		WEIGHT (g)		ULTIMATE LOAD		TENSILE STRENGTH		AVERAGE TENSILE	
TIME	AGE	NO	cmxcm	inxin	ก่อน	หลัง	kg	lb	KSC	PSI	KSC	PSI
1วัน		NO.1	6.76	1	104	102	65.909	145	9.7499	145		
		NO.2	6.76	1	107	105	68.182	150	10.086	150		
		NO.3	6.76	1	104	102	63.636	140	9.4137	140		
		NO.4	6.76	1	105	103	68.182	150	10.086	150		
		NO.5	6.76	1	105	103	68.182	150	10.086	150		
		NO.6	6.76	1	104	102	65.909	145	9.7499	145	9.88	148.67
3วัน		NO.1	6.76	1	106	104	68.182	150	10.086	150		
		NO.2	6.76	1	104	102	61.364	135	9.0775	135		
		NO.3	6.76	1	105	103	65.909	145	9.7499	145		
		NO.4	6.76	1	106	104	65.909	145	9.7499	145		
		NO.5	6.76	1	107	105	68.182	150	10.086	150		
		NO.6	6.76	1	104	102	63.636	140	9.4137	140	9.69	144.17
7วัน		NO.1	6.76	1	104	102	59.091	130	8.7413	130		
		NO.2	6.76	1	105	103	65.909	145	9.7499	145		
		NO.3	6.76	1	105	103	63.636	140	9.4137	140		
		NO.4	6.76	1	106	104	70.455	155	10.422	155		
		NO.5	6.76	1	105	103	68.182	150	10.086	150		
		NO.6	6.76	1	104	101	63.636	140	9.4137	140	9.84	143.33
15วัน		NO.1	6.76	1	107	105	68.182	150	10.086	150		
		NO.2	6.76	1	107	106	70.455	155	10.422	155		
		NO.3	6.76	1	105	104	63.636	140	9.4137	140		
		NO.4	6.76	1	104	102	61.364	135	9.0775	135		
		NO.5	6.76	1	104	101	59.091	130	8.7413	130		
		NO.6	6.76	1	106	104	65.909	145	9.7499	145	9.58	142.50
28วัน		NO.1	6.76	1	107	105	68.182	150	10.086	150		
		NO.2	6.76	1	107	106	70.455	155	10.422	155		
		NO.3	6.76	1	105	104	63.636	140	9.4137	140		
		NO.4	6.76	1	104	102	59.091	130	8.7413	130		
		NO.5	6.76	1	104	101	59.091	130	8.7413	130		
		NO.6	6.76	1	106	104	65.909	145	9.7499	145	9.58	141.67

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ทำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่วากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ยกเว้นให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการทำไปใช้

SPECIMEN NO.			CROSS SECTION		WEIGHT (g)		ULTIMATE LOAD		TENSILE STRENGTH		AVERAGE TENSILE	
TIME	AGE	NO	cmxcm	inxin	ก่อน	หลัง	kg	lb	KSC	PSI	KSC	PSI
6 ชม.	ทันที	NO.1	6.76	1	104	103	122.73	270	18.155	270		
		NO.2	6.76	1	105	103	125	275	18.491	275		
		NO.3	6.76	1	104	102	127.27	280	18.827	280		
		NO.4	6.76	1	106	104	122.73	270	18.155	270		
		NO.5	6.76	1	107	105	125	275	18.491	275		
		NO.6	6.76	1	107	105	127.27	280	18.827	280	18.49	275.00
1 ชม.		NO.1	6.76	1	105	103	127.27	280	18.827	280		
		NO.2	6.76	1	104	102	122.73	270	18.155	270		
		NO.3	6.76	1	105	103	127.27	280	18.827	280		
		NO.4	6.76	1	104	102	120.45	265	17.819	265		
		NO.5	6.76	1	104	103	125	275	18.491	275		
		NO.6	6.76	1	105	102	127.27	280	18.827	280	18.49	275.00
12 ชม.		NO.1	6.76	1	107	106	127.27	280	18.827	280		
		NO.2	6.76	1	104	102	125	275	18.491	275		
		NO.3	6.76	1	104	102	122.73	270	18.155	270		
		NO.4	6.76	1	105	103	122.73	270	18.155	270		
		NO.5	6.76	1	104	102	120.45	265	17.819	265		
		NO.6	6.76	1	105	103	127.27	280	18.827	280	18.38	273.33
1 วัน		NO.1	6.76	1	104	101	127.27	280	18.827	280		
		NO.2	6.76	1	105	103	125	275	18.491	275		
		NO.3	6.76	1	105	103	125	275	18.491	275		
		NO.4	6.76	1	106	104	122.73	270	18.155	270		
		NO.5	6.76	1	105	102	122.73	270	18.155	270		
		NO.6	6.76	1	104	102	120.45	265	17.819	265	18.32	272.50
3 วัน		NO.1	6.76	1	107	105	125	275	18.491	275		
		NO.2	6.76	1	107	105	125	275	18.491	275		
		NO.3	6.76	1	106	10	122.73	270	18.155	270		
		NO.4	6.76	1	105	103	120.45	265	17.819	265		
		NO.5	6.76	1	104	102	122.73	270	18.155	270		
		NO.6	6.76	1	105	103	122.73	270	18.155	270	18.21	270.83

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งหากมีให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SPECIMEN NO.			CROSS SECTION		WEIGHT (g)		ULTIMATE LOAD		TENSILE STRENGTH		AVERAGE TENSILE	
TIME	AGE	NO	cmxcm	inxin	ก่อน	หลัง	kg	lb	KSC	PSI	KSC	PSI
7วัน		NO.1	6.76	1	105	102	122.73	270	18.155	270		
		NO.2	6.76	1	105	103	120.45	265	17.819	265		
		NO.3	6.76	1	104	102	118.18	260	17.483	260		
		NO.4	6.76	1	105	103	120.45	265	17.819	265		
		NO.5	6.76	1	105	103	125	275	18.491	275		
		NO.6	6.76	1	105	103	127.27	280	18.827	280	18.10	269.17
15วัน		NO.1	6.76	1	106	104	127.27	280	18.827	280		
		NO.2	6.76	1	106	102	118.18	260	17.483	260		
		NO.3	6.76	1	106	104	125	275	18.491	275		
		NO.4	6.76	1	107	105	127.27	280	18.827	280		
		NO.5	6.76	1	105	103	118.18	260	17.483	260		
		NO.6	6.76	1	104	101	115.91	255	17.146	255	18.04	268.33
28วัน		NO.1	6.76	1	106	104	127.27	280	18.827	280		
		NO.2	6.76	1	106	102	118.18	260	17.483	260		
		NO.3	6.76	1	106	104	122.73	270	18.155	270		
		NO.4	6.76	1	107	105	127.27	280	18.827	280		
		NO.5	6.76	1	105	103	118.18	260	17.483	260		
		NO.6	6.76	1	104	101	115.91	255	17.146	255	17.99	267.50
12 ชม.	ทันที	NO.1	6.76	1	106	102	125	275	18.491	275		
		NO.2	6.76	1	105	101	122.73	270	18.155	270		
		NO.3	6.76	1	104	102	122.73	270	18.155	270		
		NO.4	6.76	1	105	102	122.73	270	18.155	270		
		NO.5	6.76	1	105	102	125	275	18.491	275		
		NO.6	6.76	1	104	101	122.73	270	18.155	270	18.27	271.67
1 ชม.		NO.1	6.76	1	105	104	125	275	18.491	275		
		NO.2	6.76	1	104	103	118.18	260	17.483	260		
		NO.3	6.76	1	105	104	120.45	265	17.819	265		
		NO.4	6.76	1	107	106	127.27	280	18.827	280		
		NO.5	6.76	1	105	105	120.45	265	17.819	265		
		NO.6	6.76	1	106	105	122.73	270	18.155	270	18.10	269.17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SPECIMEN NO.			CROSS SECTION		WEIGHT (g)		ULTIMATE LOAD		TENSILE STRENGTH		AVERAGE TENSILE	
TIME	AGE	NO	cmxcm	inxin	ก่อน	หลัง	kg	lb	KSC	PSI	KSC	PSI
12 ชม.		NO.1	6.76	1	105	105	122.73	270	18.155	270	18.04	268.33
		NO.2	6.76	1	104	102	120.45	265	17.819	265		
		NO.3	6.76	1	105	103	125	275	18.491	275		
		NO.4	6.76	1	105	104	122.73	270	18.155	270		
		NO.5	6.76	1	104	103	120.45	265	17.819	265		
		NO.6	6.76	1	104	103	120.45	265	17.819	265		
1 วัน		NO.1	6.76	1	106	105	120.45	265	17.819	265	18.04	268.33
		NO.2	6.76	1	104	102	118.18	260	17.483	260		
		NO.3	6.76	1	107	105	127.27	280	18.827	280		
		NO.4	6.76	1	105	103	125	275	18.491	275		
		NO.5	6.76	1	104	101	118.18	260	17.483	260		
		NO.6	6.76	1	105	103	122.73	270	18.155	270		
3 วัน		NO.1	6.76	1	105	103	120.45	265	17.819	265	18.10	269.17
		NO.2	6.76	1	104	101	122.73	270	18.155	270		
		NO.3	6.76	1	106	102	122.73	270	18.155	270		
		NO.4	6.76	1	106	102	122.73	270	18.155	270		
		NO.5	6.76	1	106	101	125	275	18.491	275		
		NO.6	6.76	1	105	103	120.45	265	17.819	265		
7 วัน		NO.1	6.76	1	104	100	118.18	260	17.483	260	17.99	267.50
		NO.2	6.76	1	105	103	118.18	260	17.483	260		
		NO.3	6.76	1	107	104	127.27	280	18.827	280		
		NO.4	6.76	1	106	104	122.73	270	18.155	270		
		NO.5	6.76	1	104	101	122.73	270	18.155	270		
		NO.6	6.76	1	105	103	120.45	265	17.819	265		
15 วัน		NO.1	6.76	1	105	103	118.18	260	17.483	260	17.93	266.67
		NO.2	6.76	1	106	104	127.27	280	18.827	280		
		NO.3	6.76	1	104	102	113.64	250	16.81	250		
		NO.4	6.76	1	107	105	129.55	285	19.164	285		
		NO.5	6.76	1	105	103	125	275	18.491	275		
		NO.6	6.76	1	105	104	113.64	250	16.81	250		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ทำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SPECIMEN NO.			CROSS SECTION		WEIGHT (g)		ULTIMATE LOAD		TENSILE STRENGTH		AVERAGE TENSILE	
TIME	AGE	NO	cmxcm	inxin	ก่อน	หลัง	kg	lb	KSC	PSI	KSC	PSI
28วัน		NO.1	6.76	1	105	103	118.18	260	17.483	260		
		NO.2	6.76	1	106	104	127.27	280	18.827	280		
		NO.3	6.76	1	104	102	113.64	250	16.81	250		
		NO.4	6.76	1	107	105	127.27	280	18.827	280		
		NO.5	6.76	1	105	103	122.73	270	18.155	270		
		NO.6	6.76	1	105	104	113.64	250	16.81	250	17.82	265.00
1วัน	ทันที	NO.1	6.76	1	104	102	122.73	270	18.155	270		
		NO.2	6.76	1	108	105	127.27	280	18.827	280		
		NO.3	6.76	1	107	105	122.73	270	18.155	270		
		NO.4	6.76	1	106	104	125	275	18.491	275		
		NO.5	6.76	1	104	103	122.73	270	18.155	270		
		NO.6	6.76	1	105	103	125	275	18.491	275	18.38	273.33
1ชม.		NO.1	6.76	1	104	102	122.73	270	18.155	270		
		NO.2	6.76	1	105	104	122.73	270	18.155	270		
		NO.3	6.76	1	107	106	127.27	280	18.827	280		
		NO.4	6.76	1	107	105	127.27	280	18.827	280		
		NO.5	6.76	1	105	104	120.45	265	17.819	265		
		NO.6	6.76	1	106	104	125	275	18.491	275	18.38	273.33
12ชม.		NO.1	6.76	1	105	103	127.27	280	18.827	280		
		NO.2	6.76	1	104	102	120.45	265	17.819	265		
		NO.3	6.76	1	105	104	129.55	285	19.164	285		
		NO.4	6.76	1	105	102	122.73	270	18.155	270		
		NO.5	6.76	1	104	102	120.45	265	17.819	265		
		NO.6	6.76	1	104	103	122.73	270	18.155	270	18.32	272.50
1วัน		NO.1	6.76	1	104	102	120.45	265	17.819	265		
		NO.2	6.76	1	107	105	127.27	280	18.827	280		
		NO.3	6.76	1	107	104	127.27	280	18.827	280		
		NO.4	6.76	1	105	103	125	275	18.491	275		
		NO.5	6.76	1	104	101	118.18	260	17.483	260		
		NO.6	6.76	1	106	102	122.73	270	18.155	270	18.27	271.67

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งทางนี้ให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SPECIMEN NO.			CROSS SECTION		WEIGHT (g)		ULTIMATE LOAD		TENSILE STRENGTH		AVERAGE TENSILE	
TIME	AGE	NO	cmxcm	inxin	ก่อน	หลัง	kg	lb	KSC	PSI	KSC	PSI
3วัน		NO.1	6.76	1	104	100	120.45	265	17.819	265		
		NO.2	6.76	1	105	103	122.73	270	18.155	270		
		NO.3	6.76	1	105	104	125	275	18.491	275		
		NO.4	6.76	1	104	102	120.45	265	17.819	265		
		NO.5	6.76	1	106	103	120.45	265	17.819	265		
		NO.6	6.76	1	107	104	125	275	18.491	275	18.10	269.17
7วัน		NO.1	6.76	1	105	103	118.18	260	17.483	260		
		NO.2	6.76	1	106	104	127.27	280	18.827	280		
		NO.3	6.76	1	106	103	122.73	270	18.155	270		
		NO.4	6.76	1	105	104	120.45	265	17.819	265		
		NO.5	6.76	1	104	103	115.91	255	17.146	255		
		NO.6	6.76	1	107	106	127.27	280	18.827	280	18.04	268.33
15วัน		NO.1	6.76	1	105	104	120.45	265	17.819	265		
		NO.2	6.76	1	104	103	118.18	260	17.483	260		
		NO.3	6.76	1	104	102	120.45	265	17.819	265		
		NO.4	6.76	1	105	104	122.73	270	18.155	270		
		NO.5	6.76	1	106	103	122.73	270	18.155	270		
		NO.6	6.76	1	107	105	125	275	18.491	275	17.99	267.50
28วัน		NO.1	6.76	1	105	104	118.18	260	17.483	260		
		NO.2	6.76	1	104	103	118.18	260	17.483	260		
		NO.3	6.76	1	104	102	120.45	265	17.819	265		
		NO.4	6.76	1	105	104	122.73	270	18.155	270		
		NO.5	6.76	1	106	103	122.73	270	18.155	270		
		NO.6	6.76	1	107	105	125	275	18.491	275	17.93	266.67

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

KMITL

TENSILE STRENGTH OF SAND CO<sub>2</sub>TEMPERATURE 100° C

SPECIMEN			CROSS		WEIGHT		ULTIMATE		TENSILE		AVERAGE	
NO.			SECTION		(g)		LOAD		STRENGTH		TENSILE	
TIME	AGE	NO	cmxcm	inxin	ก่อน	หลัง	kg	lb	KSC	PSI	KSC	PSI
15 นาที	ทันที	NO.1	6.76	1	104	103	36.364	80	5.3792	80		
		NO.2	6.76	1	106	105	40.909	90	6.0516	90		
		NO.3	6.76	1	105	104	40.909	90	6.0516	90		
		NO.4	6.76	1	105	104	34.091	75	5.043	75		
		NO.5	6.76	1	107	106	43.182	95	6.3878	95		
		NO.6	6.76	1	106	105	40.909	90	6.0516	90	5.83	86.67
1 ชม.		NO.1	6.76	1	104	103	36.364	80	5.3792	80		
		NO.2	6.76	1	104	103	38.636	85	5.7154	85		
		NO.3	6.76	1	105	104	36.364	80	5.3792	80		
		NO.4	6.76	1	106	105	43.182	95	6.3878	95		
		NO.5	6.76	1	105	104	43.182	95	6.3878	95		
		NO.6	6.76	1	104	103	34.091	75	5.043	75	5.72	85.00
12 ชม.		NO.1	6.76	1	105	104	34.091	75	5.043	75		
		NO.2	6.76	1	104	103	34.091	75	5.043	75		
		NO.3	6.76	1	106	105	38.636	85	5.7154	85		
		NO.4	6.76	1	107	106	43.182	95	6.3878	95		
		NO.5	6.76	1	105	103	36.364	80	5.3792	80		
		NO.6	6.76	1	104	103	43.182	95	6.3878	95	5.66	84.17
1 วัน		NO.1	6.76	1	104	103	36.364	80	5.3792	80		
		NO.2	6.76	1	105	104	36.364	80	5.3792	80		
		NO.3	6.76	1	105	103	34.091	75	5.043	75		
		NO.4	6.76	1	106	105	43.182	95	6.3878	95		
		NO.5	6.76	1	106	105	40.909	90	6.0516	90		
		NO.6	6.76	1	104	102	36.364	80	5.3792	80	5.60	83.33

SPECIMEN			CROSS		WEIGHT		ULTIMATE		TENSILE		AVERAGE	
NO.			SECTION		(g)		LOAD		STRENGTH		TENSILE	
TIME	AGE	NO	cmxcm	inxin	ก่อน	หลัง	kg	lb	KSC	PSI	KSC	PSI
3วัน		NO.1	6.76	1	105	103	43.182	95	6.3878	95		
		NO.2	6.76	1	105	103	34.091	75	5.043	75		
		NO.3	6.76	1	104	102	36.364	80	5.3792	80		
		NO.4	6.76	1	104	103	34.091	75	5.043	75		
		NO.5	6.76	1	105	103	38.636	85	5.7154	85		
		NO.6	6.76	1	104	102	38.636	85	5.7154	85	5.55	82.50
7วัน		NO.1	6.76	1	105	103	43.182	95	6.3878	95		
		NO.2	6.76	1	106	104	36.364	80	5.3792	80		
		NO.3	6.76	1	106	104	34.091	75	5.043	75		
		NO.4	6.76	1	105	103	36.364	80	5.3792	80		
		NO.5	6.76	1	105	103	36.364	80	5.3792	80		
		NO.6	6.76	1	104	102	31.818	70	4.7068	70	5.38	80.00
15วัน		NO.1	6.76	1	104	102	34.091	75	5.043	75		
		NO.2	6.76	1	106	104	36.364	80	5.3792	80		
		NO.3	6.76	1	105	103	36.364	80	5.3792	80		
		NO.4	6.76	1	107	105	38.636	85	5.7154	85		
		NO.5	6.76	1	107	105	38.636	85	5.7154	85		
		NO.6	6.76	1	104	102	31.818	70	4.7068	70	5.32	79.17
28วัน		NO.1	6.76	1	104	102	34.091	75	5.043	75		
		NO.2	6.76	1	106	104	34.091	75	5.043	75		
		NO.3	6.76	1	105	103	36.364	80	5.3792	80		
		NO.4	6.76	1	107	105	38.636	85	5.7154	85		
		NO.5	6.76	1	107	105	38.636	85	5.7154	85		
		NO.6	6.76	1	104	102	31.818	70	4.7068	70	5.27	78.33
30 นาที		NO.1	6.76	1	105	103	65.909	145	9.7499	145		
		NO.2	6.76	1	105	103	65.909	145	9.7499	145		
		NO.3	6.76	1	104	102	63.636	140	9.4137	140		
		NO.4	6.76	1	106	104	65.909	145	9.7499	145		
		NO.5	6.76	1	106	104	68.182	150	10.086	150		
		NO.6	6.76	1	107	105	65.909	145	9.7499	145	9.75	145.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SPECIMEN NO.			CROSS SECTION		WEIGHT (g)		ULTIMATE LOAD		TENSILE STRENGTH		AVERAGE TENSILE	
TIME	AGE	NO	cmxcm	inxin	ก่อน	หลัง	kg	lb	KSC	PSI	KSC	PSI
1ชม.		NO.1	6.76	1	105	103	65.909	145	9.7499	145		
		NO.2	6.76	1	104	102	65.909	145	9.7499	145		
		NO.3	6.76	1	105	103	68.182	150	10.086	150		
		NO.4	6.76	1	104	103	63.636	140	9.4137	140		
		NO.5	6.76	1	104	102	63.636	140	9.4137	140		
		NO.6	6.76	1	105	103	65.909	145	9.7499	145	<b>9.69</b>	<b>144.17</b>
12ชม.		NO.1	6.76	1	105	103	63.636	140	9.4137	140		
		NO.2	6.76	1	104	103	68.182	150	10.086	150		
		NO.3	6.76	1	106	104	68.182	150	10.086	150		
		NO.4	6.76	1	107	105	68.182	150	10.086	150		
		NO.5	6.76	1	105	103	65.909	145	9.7499	145		
		NO.6	6.76	1	104	102	65.909	145	9.7499	145	<b>9.86</b>	<b>146.67</b>
1วัน		NO.1	6.76	1	105	103	70.455	155	10.422	155		
		NO.2	6.76	1	105	103	65.909	145	9.7499	145		
		NO.3	6.76	1	104	102	63.636	140	9.4137	140		
		NO.4	6.76	1	106	104	68.182	150	10.086	150		
		NO.5	6.76	1	106	104	70.455	155	10.422	155		
		NO.6	6.76	1	104	102	65.909	145	9.7499	145	<b>9.97</b>	<b>148.33</b>
3วัน		NO.1	6.76	1	104	102	65.909	145	9.7499	145		
		NO.2	6.76	1	105	103	63.636	140	9.4137	140		
		NO.3	6.76	1	107	105	70.455	155	10.422	155		
		NO.4	6.76	1	107	103	68.182	150	10.086	150		
		NO.5	6.76	1	105	103	65.909	145	9.7499	145		
		NO.6	6.76	1	106	103	65.909	145	9.7499	145	<b>9.86</b>	<b>146.67</b>
7วัน		NO.1	6.76	1	104	103	68.182	150	10.086	150		
		NO.2	6.76	1	105	103	65.909	145	9.7499	145		
		NO.3	6.76	1	107	105	72.727	160	10.758	160		
		NO.4	6.76	1	106	104	70.455	155	10.422	155		
		NO.5	6.76	1	104	103	59.091	130	8.7413	130		
		NO.6	6.76	1	105	103	59.091	130	8.7413	130	<b>9.75</b>	<b>145.00</b>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ทำไปเพื่อประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SPECIMEN			CROSS		WEIGHT		ULTIMATE		TENSILE		AVERAGE	
NO.			SECTION		(g)		LOAD		STRENGTH		TENSILE	
TIME	AGE	NO	cmxcm	inxin	ก่อน	หลัง	kg	lb	KSC	PSI	KSC	PSI
15วัน		NO.1	6.76	1	105	103	65.909	145	9.7499	145		
		NO.2	6.76	1	106	104	72.727	160	10.758	160		
		NO.3	6.76	1	106	104	72.727	160	10.758	160		
		NO.4	6.76	1	104	102	56.818	125	8.4051	125		
		NO.5	6.76	1	105	103	61.364	135	9.0775	135		
		NO.6	6.76	1	105	103	63.636	140	9.4137	140	9.89	144.17
28วัน		NO.1	6.76	1	105	103	63.636	140	9.4137	140		
		NO.2	6.76	1	106	104	72.727	160	10.758	160		
		NO.3	6.76	1	106	104	72.727	160	10.758	160		
		NO.4	6.76	1	104	102	56.818	125	8.4051	125		
		NO.5	6.76	1	105	103	59.091	130	8.7413	130		
		NO.6	6.76	1	105	103	63.636	140	9.4137	140	9.58	142.50
1 ชม.	ทันที	NO.1	6.76	1	104	102	138.64	305	20.508	305		
		NO.2	6.76	1	105	103	143.18	315	21.181	315		
		NO.3	6.76	1	105	103	138.64	305	20.508	305		
		NO.4	6.76	1	104	103	129.55	285	19.164	285		
		NO.5	6.76	1	105	103	136.36	300	20.172	300		
		NO.6	6.76	1	104	102	134.09	295	19.836	295	20.23	300.83
1 ชม.		NO.1	6.76	1	105	103	138.64	305	20.508	305		
		NO.2	6.76	1	105	102	136.36	300	20.172	300		
		NO.3	6.76	1	105	103	134.09	295	19.836	295		
		NO.4	6.76	1	104	102	131.82	290	19.5	290		
		NO.5	6.76	1	104	102	136.36	300	20.172	300		
		NO.6	6.76	1	107	105	138.64	305	20.508	305	20.12	299.17
12 ชม.		NO.1	6.76	1	106	104	138.64	305	20.508	305		
		NO.2	6.76	1	106	104	143.18	315	21.181	315		
		NO.3	6.76	1	105	103	136.36	300	20.172	300		
		NO.4	6.76	1	104	102	129.55	285	19.164	285		
		NO.5	6.76	1	104	102	134.09	295	19.836	295		
		NO.6	6.76	1	105	103	134.09	295	19.836	295	20.12	299.17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่สามารถใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีโทษปรับและต้องอาบัติถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SPECIMEN NO.			CROSS SECTION		WEIGHT (g)		ULTIMATE LOAD		TENSILE STRENGTH		AVERAGE TENSILE	
TIME	AGE	NO	cmxcm	inxin	10	หลัง	kg	lb	KSC	PSI	KSC	PSI
1วัน		NO.1	6.76	1	105	103	134.09	295	19.836	295		
		NO.2	6.76	1	104	102	131.82	290	19.5	290		
		NO.3	6.76	1	105	102	136.36	300	20.172	300		
		NO.4	6.76	1	106	104	138.64	305	20.508	305		
		NO.5	6.76	1	107	105	143.18	315	21.181	315		
		NO.6	6.76	1	105	103	129.55	285	19.164	285	20.08	298.33
3วัน		NO.1	6.76	1	104	102	136.36	300	20.172	300		
		NO.2	6.76	1	105	102	138.64	305	20.508	305		
		NO.3	6.76	1	106	104	136.36	300	20.172	300		
		NO.4	6.76	1	104	102	131.82	290	19.5	290		
		NO.5	6.76	1	106	104	136.36	300	20.172	300		
		NO.6	6.76	1	105	103	131.82	290	19.5	290	20.00	297.50
7วัน		NO.1	6.76	1	104	102	127.27	280	18.827	280		
		NO.2	6.76	1	105	103	134.09	295	19.836	295		
		NO.3	6.76	1	106	104	140.91	310	20.845	310		
		NO.4	6.76	1	107	105	145.45	320	21.517	320		
		NO.5	6.76	1	105	103	136.36	300	20.172	300		
		NO.6	6.76	1	104	102	125	275	18.491	275	19.95	298.87
15วัน		NO.1	6.76	1	105	103	138.64	305	20.508	305		
		NO.2	6.76	1	106	104	143.18	315	21.181	315		
		NO.3	6.76	1	105	103	134.09	295	19.836	295		
		NO.4	6.76	1	104	102	125	275	18.491	275		
		NO.5	6.76	1	105	103	136.36	300	20.172	300		
		NO.6	6.76	1	105	103	129.55	285	19.164	285	19.89	295.83
28วัน		NO.1	6.76	1	105	103	138.64	305	20.508	305		
		NO.2	6.76	1	106	104	140.91	310	20.845	310		
		NO.3	6.76	1	105	103	131.82	290	19.5	290		
		NO.4	6.76	1	104	102	125	275	18.491	275		
		NO.5	6.76	1	105	103	136.36	300	20.172	300		
		NO.6	6.76	1	105	103	129.55	285	19.164	285	19.78	294.17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ทำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีการคัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SPECIMEN NO.			CROSS SECTION		WEIGHT (g)		ULTIMATE LOAD		TENSILE STRENGTH		AVERAGE TENSILE	
TIME	AGE	NO	cmxcm	inxin	ก่อน	หลัง	kg	lb	KSC	PSI	KSC	PSI
6 ชม.	ทันที	NO.1	6.76	1	104	102	131.82	290	19.5	290		
		NO.2	6.76	1	106	105	134.09	295	19.836	295		
		NO.3	6.76	1	106	104	136.36	300	20.172	300		
		NO.4	6.76	1	105	103	131.82	290	19.5	290		
		NO.5	6.76	1	104	102	127.27	280	18.827	280		
		NO.6	6.76	1	107	105	136.36	300	20.172	300	<b>19.67</b>	<b>292.50</b>
1 ชม.		NO.1	6.76	1	104	102	129.55	285	19.164	285		
		NO.2	6.76	1	105	102	134.09	295	19.836	295		
		NO.3	6.76	1	105	103	134.09	295	19.836	295		
		NO.4	6.76	1	106	104	138.64	305	20.508	305		
		NO.5	6.76	1	106	104	131.82	290	19.5	290		
		NO.6	6.76	1	104	103	129.55	285	19.164	285	<b>19.67</b>	<b>292.50</b>
12 ชม.		NO.1	6.76	1	105	103	131.82	290	19.5	290		
		NO.2	6.76	1	105	103	131.82	290	19.5	290		
		NO.3	6.76	1	107	105	136.36	300	20.172	300		
		NO.4	6.76	1	106	104	134.09	295	19.836	295		
		NO.5	6.76	1	104	103	129.55	285	19.164	285		
		NO.6	6.76	1	105	103	131.82	290	19.5	290	<b>19.61</b>	<b>291.67</b>
1 วัน		NO.1	6.76	1	105	104	131.82	290	19.5	290		
		NO.2	6.76	1	104	103	127.27	280	18.827	280		
		NO.3	6.76	1	105	103	131.82	290	19.5	290		
		NO.4	6.76	1	105	103	134.09	295	19.836	295		
		NO.5	6.76	1	106	102	136.36	300	20.172	300		
		NO.6	6.76	1	104	101	127.27	280	18.827	280	<b>19.44</b>	<b>289.17</b>
3 วัน		NO.1	6.76	1	107	105	131.82	290	19.5	290		
		NO.2	6.76	1	104	102	127.27	280	18.827	280		
		NO.3	6.76	1	105	103	129.55	285	19.164	285		
		NO.4	6.76	1	106	104	129.55	285	19.164	285		
		NO.5	6.76	1	107	105	138.64	305	20.508	305		
		NO.6	6.76	1	107	105	129.55	285	19.164	285	<b>19.39</b>	<b>288.33</b>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่ควรเผยแพร่ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ควรกรณีใดๆ ทั้งสิ้น ลึกทั้งหมดให้ตัดแปลงเนื้อหา และต่อเวลา อิงถึงสงวนเอกสารทุกครั้งที่มีกรรทำไปใช้

SPECIMEN NO.			CROSS SECTION		WEIGHT (g)		ULTIMATE LOAD		TENSILE STRENGTH		AVERAGE TENSILE	
TIME	AGE	NO	cmxcm	inxin	ก่อน	หลัง	kg	lb	KSC	PSI	KSC	PSI
	7วัน	NO.1	6.76	1	105	103	131.82	290	19.5	290		
		NO.2	6.76	1	104	102	125	275	18.491	275		
		NO.3	6.76	1	106	104	138.64	305	20.508	305		
		NO.4	6.76	1	104	103	122.73	270	18.155	270		
		NO.5	6.76	1	105	103	138.64	305	20.508	305		
		NO.6	6.76	1	105	103	127.27	280	18.827	280		
	15วัน	NO.1	6.76	1	106	104	131.82	290	19.5	290		
		NO.2	6.76	1	106	104	131.82	290	19.5	290		
		NO.3	6.76	1	105	103	131.82	290	19.5	290		
		NO.4	6.76	1	104	102	122.73	270	18.155	270		
		NO.5	6.76	1	107	105	136.36	300	20.172	300		
		NO.6	6.76	1	105	103	127.27	280	18.827	280		
	28วัน	NO.1	6.76	1	106	104	131.82	290	19.5	290		
		NO.2	6.76	1	106	104	129.55	285	19.164	285		
		NO.3	6.76	1	105	103	131.82	290	19.5	290		
		NO.4	6.76	1	104	102	122.73	270	18.155	270		
		NO.5	6.76	1	107	105	136.36	300	20.172	300		
		NO.6	6.76	1	105	103	127.27	280	18.827	280		
<b>12 ชม.</b>	ทันที	NO.1	6.76	1	104	102	138.64	305	20.508	305		
		NO.2	6.76	1	105	103	134.09	295	19.836	295		
		NO.3	6.76	1	104	103	134.09	295	19.836	295		
		NO.4	6.76	1	105	102	138.64	305	20.508	305		
		NO.5	6.76	1	105	103	134.09	295	19.836	295		
		NO.6	6.76	1	106	104	136.36	300	20.172	300		
<b>1 ชม.</b>		NO.1	6.76	1	104	102	134.09	295	19.836	295		
		NO.2	6.76	1	105	102	134.09	295	19.836	295		
		NO.3	6.76	1	106	103	138.64	305	20.508	305		
		NO.4	6.76	1	107	105	138.64	305	20.508	305		
		NO.5	6.76	1	107	105	140.91	310	20.845	310		
		NO.6	6.76	1	105	103	134.09	295	19.836	295		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่ขอผลัดใหนไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม้วาทกรรมใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามให้คัดแปลงเป็นหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SPECIMEN NO.			CROSS SECTION		WEIGHT (g)		ULTIMATE LOAD		TENSILE STRENGTH		AVERAGE TENSILE	
TIME	AGE	NO	cmxcm	inxin	ก่อน	หลัง	kg	lb	KSC	PSI	KSC	PSI
12 ชม.		NO.1	6.76	1	104	102	136.36	300	20.172	300		
		NO.2	6.76	1	106	104	138.64	305	20.508	305		
		NO.3	6.76	1	105	103	136.36	300	20.172	300		
		NO.4	6.76	1	104	102	136.36	300	20.172	300		
		NO.5	6.76	1	104	102	138.64	305	20.508	305		
		NO.6	6.76	1	105	103	136.36	300	20.172	300	20.28	301.67
1 วัน		NO.1	6.76	1	105	103	138.64	305	20.508	305		
		NO.2	6.76	1	106	104	136.36	300	20.172	300		
		NO.3	6.76	1	107	105	138.64	305	20.508	305		
		NO.4	6.76	1	107	105	138.64	305	20.508	305		
		NO.5	6.76	1	105	103	134.09	295	19.836	295		
		NO.6	6.76	1	106	105	136.36	300	20.172	300	20.28	301.67
3 วัน		NO.1	6.76	1	104	102	134.09	295	19.836	295		
		NO.2	6.76	1	105	103	136.36	300	20.172	300		
		NO.3	6.76	1	104	103	134.09	295	19.836	295		
		NO.4	6.76	1	105	103	136.36	300	20.172	300		
		NO.5	6.76	1	105	103	136.36	300	20.172	300		
		NO.6	6.76	1	106	104	136.36	300	20.172	300	20.06	298.33
7 วัน		NO.1	6.76	1	106	104	136.36	300	20.172	300		
		NO.2	6.76	1	106	104	138.64	305	20.508	305		
		NO.3	6.76	1	104	102	131.82	290	19.5	290		
		NO.4	6.76	1	105	104	134.09	295	19.836	295		
		NO.5	6.76	1	104	102	134.09	295	19.836	295		
		NO.6	6.76	1	106	104	136.36	300	20.172	300	20.00	297.50
15 วัน		NO.1	6.76	1	105	103	136.36	300	20.172	300		
		NO.2	6.76	1	105	103	134.09	295	19.836	295		
		NO.3	6.76	1	104	102	127.27	280	18.827	280		
		NO.4	6.76	1	106	103	138.64	305	20.508	305		
		NO.5	6.76	1	107	105	138.64	305	20.508	305		
		NO.6	6.76	1	104	103	134.09	295	19.836	295	19.95	296.67

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานั้น ไม่อนุญาตให้ทำไปเพื่อประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเลขของเอกสารทุกครั้งที่มีการทำไปใช้

SPECIMEN NO.			CROSS SECTION		WEIGHT (g)		ULTIMATE LOAD		TENSILE STRENGTH		AVERAGE TENSILE	
TIME	AGE	NO	cmxcm	inxin	ก่อน	หลัง	kg	lb	KSC	PSI	KSC	PSI
28วัน		NO.1	6.76	1	105	103	136.36	300	20.172	300		
		NO.2	6.76	1	105	103	131.82	290	19.5	290		
		NO.3	6.76	1	104	102	127.27	280	18.827	280		
		NO.4	6.76	1	106	103	138.64	305	20.508	305		
		NO.5	6.76	1	107	105	138.64	305	20.508	305		
		NO.6	6.76	1	104	103	134.09	295	19.836	295	19.89	295.83
1วัน - ทันที		NO.1	6.76	1	105	103	138.64	305	20.508	305		
		NO.2	6.76	1	105	103	136.36	300	20.172	300		
		NO.3	6.76	1	106	104	136.36	300	20.172	300		
		NO.4	6.76	1	106	104	136.36	300	20.172	300		
		NO.5	6.76	1	104	102	134.09	295	19.836	295		
		NO.6	6.76	1	104	101	134.09	295	19.836	295	20.12	299.17
1ชม.		NO.1	6.76	1	104	102	134.09	295	19.836	295		
		NO.2	6.76	1	107	105	140.91	310	20.845	310		
		NO.3	6.76	1	105	103	138.64	305	20.508	305		
		NO.4	6.76	1	106	103	136.36	300	20.172	300		
		NO.5	6.76	1	104	102	134.09	295	19.836	295		
		NO.6	6.76	1	105	103	136.36	300	20.172	300	20.23	300.83
12ชม.		NO.1	6.76	1	105	103	136.36	300	20.172	300		
		NO.2	6.76	1	104	102	129.55	285	19.164	285		
		NO.3	6.76	1	106	104	138.64	305	20.508	305		
		NO.4	6.76	1	107	105	140.91	310	20.845	310		
		NO.5	6.76	1	104	102	134.09	295	19.836	295		
		NO.6	6.76	1	105	103	136.36	300	20.172	300	20.12	299.17
1วัน		NO.1	6.76	1	105	103	134.09	295	19.836	295		
		NO.2	6.76	1	104	102	136.36	300	20.172	300		
		NO.3	6.76	1	105	103	136.36	300	20.172	300		
		NO.4	6.76	1	107	105	136.36	300	20.172	300		
		NO.5	6.76	1	107	103	136.36	300	20.172	300		
		NO.6	6.76	1	105	103	134.09	295	19.836	295	20.06	298.33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ทำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีกรณีใดๆ

SPECIMEN			CROSS		WEIGHT		ULTIMATE		TENSILE		AVERAGE	
NO.			SECTION		(g)		LOAD		STRENGTH		TENSILE	
TIME	AGE	NO	cmxcm	inxin	ก่อน	หลัง	kg	lb	KSC	PSI	KSC	PSI
3วัน		NO.1	6.76	1	104	103	134.09	295	19.836	295		
		NO.2	6.76	1	105	103	136.36	300	20.172	300		
		NO.3	6.76	1	105	103	138.64	305	20.508	305		
		NO.4	6.76	1	104	102	134.09	295	19.836	295		
		NO.5	6.76	1	106	103	136.36	300	20.172	300		
		NO.6	6.76	1	106	104	136.36	300	20.172	300	<b>20.12</b>	<b>299.17</b>
7วัน		NO.1	6.76	1	105	103	136.36	300	20.172	300		
		NO.2	6.76	1	107	105	140.91	310	20.845	310		
		NO.3	6.76	1	106	104	136.36	300	20.172	300		
		NO.4	6.76	1	105	103	134.09	295	19.836	295		
		NO.5	6.76	1	104	102	129.55	285	19.164	285		
		NO.6	6.76	1	105	103	136.36	300	20.172	300	<b>20.06</b>	<b>298.33</b>
15วัน		NO.1	6.76	1	107	103	138.64	305	20.508	305		
		NO.2	6.76	1	106	104	140.91	310	20.845	310		
		NO.3	6.76	1	105	103	136.36	300	20.172	300		
		NO.4	6.76	1	104	102	134.09	295	19.836	295		
		NO.5	6.76	1	105	103	131.82	290	19.5	290		
		NO.6	6.76	1	105	102	129.55	285	19.164	285	<b>20.00</b>	<b>297.50</b>
28วัน		NO.1	6.76	1	107	103	136.36	300	20.172	300		
		NO.2	6.76	1	106	104	140.91	310	20.845	310		
		NO.3	6.76	1	105	103	136.36	300	20.172	300		
		NO.4	6.76	1	104	102	131.82	290	19.5	290		
		NO.5	6.76	1	105	103	131.82	290	19.5	290		
		NO.6	6.76	1	105	102	129.55	285	19.164	285	<b>19.89</b>	<b>295.83</b>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

KMITL

TENSILE STRENGTH OF SAND CO<sub>2</sub>

TEMPERATURE 150° C

SPECIMEN			CROSS		WEIGHT		ULTIMATE		TENSILE		AVERAGE	
NO.			SECTION		(g)		LOAD		STRENGTH		TENSILE	
TIME	AGE	NO	cmxcm	inxin	ก่อน	หลัง	kg	lb	KSC	PSI	KSC	PSI
15 นาที	ทันที	NO.1	6.76	1	104	103	59.091	130	8.7413	130		
		NO.2	6.76	1	105	104	59.091	130	8.7413	130		
		NO.3	6.76	1	105	104	59.091	130	8.7413	130		
		NO.4	6.76	1	104	103	59.091	130	8.7413	130		
		NO.5	6.76	1	106	104	61.364	135	9.0775	135		
		NO.6	6.76	1	107	103	65.909	145	9.7499	145	8.97	133.33
1 ชม.		NO.1	6.76	1	105	103	56.818	125	8.4051	125		
		NO.2	6.76	1	107	105	61.364	135	9.0775	135		
		NO.3	6.76	1	105	103	61.364	135	9.0775	135		
		NO.4	6.76	1	105	102	59.091	130	8.7413	130		
		NO.5	6.76	1	106	103	59.091	130	8.7413	130		
		NO.6	6.76	1	106	104	59.091	130	8.7413	130	8.80	130.83
12 ชม.		NO.1	6.76	1	104	102	54.545	120	8.0689	120		
		NO.2	6.76	1	105	103	61.364	135	9.0775	135		
		NO.3	6.76	1	106	104	61.364	135	9.0775	135		
		NO.4	6.76	1	107	105	63.636	140	9.4137	140		
		NO.5	6.76	1	105	103	59.091	130	8.7413	130		
		NO.6	6.76	1	104	104	61.364	135	9.0775	135	8.91	132.50
1 วัน		NO.1	6.76	1	104	103	61.364	135	9.0775	135		
		NO.2	6.76	1	105	102	59.091	130	8.7413	130		
		NO.3	6.76	1	106	104	59.091	130	8.7413	130		
		NO.4	6.76	1	107	105	63.636	140	9.4137	140		
		NO.5	6.76	1	104	102	56.818	125	8.4051	125		
		NO.6	6.76	1	105	103	56.818	125	8.4051	125	8.80	130.83

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ทำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเลขของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SPECIMEN NO.			CROSS SECTION		WEIGHT (g)		ULTIMATE LOAD		TENSILE STRENGTH		AVERAGE TENSILE	
TIME	AGE	NO	cmxcm	inxin	ก่อน	หลัง	kg	lb	KSC	PSI	KSC	PSI
3 วัน		NO.1	6.76	1	104	103	56.818	125	8.4051	125		
		NO.2	6.76	1	105	102	56.818	125	8.4051	125		
		NO.3	6.76	1	106	104	59.091	130	8.7413	130		
		NO.4	6.76	1	107	105	61.364	135	9.0775	135		
		NO.5	6.76	1	105	102	59.091	130	8.7413	130		
		NO.6	6.76	1	104	102	59.091	130	8.7413	130	8.69	129.17
7 วัน		NO.1	6.76	1	105	103	59.091	130	8.7413	130		
		NO.2	6.76	1	106	104	61.364	135	9.0775	135		
		NO.3	6.76	1	107	105	61.364	135	9.0775	135		
		NO.4	6.76	1	104	102	54.545	120	8.0689	120		
		NO.5	6.76	1	105	103	59.091	130	8.7413	130		
		NO.6	6.76	1	105	103	54.545	120	8.0689	120	8.63	128.33
15 วัน		NO.1	6.76	1	106	104	59.091	130	8.7413	130		
		NO.2	6.76	1	105	103	59.091	130	8.7413	130		
		NO.3	6.76	1	104	102	56.818	125	8.4051	125		
		NO.4	6.76	1	105	103	59.091	130	8.7413	130		
		NO.5	6.76	1	104	102	52.273	115	7.7327	115		
		NO.6	6.76	1	106	104	61.364	135	9.0775	135	8.57	127.50
28 วัน		NO.1	6.76	1	106	104	59.091	130	8.7413	130		
		NO.2	6.76	1	105	103	59.091	130	8.7413	130		
		NO.3	6.76	1	104	102	54.545	120	8.0689	120		
		NO.4	6.76	1	105	103	59.091	130	8.7413	130		
		NO.5	6.76	1	104	102	52.273	115	7.7327	115		
		NO.6	6.76	1	106	104	61.364	135	9.0775	135	8.52	126.67
30 นาที		NO.1	6.76	1	107	105	104.55	230	15.465	230		
		NO.2	6.76	1	107	105	104.55	230	15.465	230		
		NO.3	6.76	1	105	103	102.27	225	15.129	225		
		NO.4	6.76	1	104	102	100	220	14.793	220		
		NO.5	6.76	1	105	103	102.27	225	15.129	225		
		NO.6	6.76	1	104	102	102.27	225	15.129	225	15.19	225.83

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งยังมี หักดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่ใช้

SPECIMEN NO.			CROSS SECTION		WEIGHT (g)		ULTIMATE LOAD		TENSILE STRENGTH		AVERAGE TENSILE	
TIME	AGE	NO	cmxcm	inxin	ก่อน	หลัง	kg	lb	KSC	PSI	KSC	PSI
1 ชม.		NO.1	6.76	1	105	103	97.727	215	14.457	215		
		NO.2	6.76	1	107	105	106.82	235	15.802	235		
		NO.3	6.76	1	105	103	102.27	225	15.129	225		
		NO.4	6.76	1	106	104	100	220	14.793	220		
		NO.5	6.76	1	104	102	97.727	215	14.457	215		
		NO.6	6.76	1	107	105	106.82	235	15.802	235	15.07	224.17
12 ชม.		NO.1	6.76	1	104	103	95.455	210	14.12	210		
		NO.2	6.76	1	105	103	106.82	235	15.802	235		
		NO.3	6.76	1	106	104	93.182	205	13.784	205		
		NO.4	6.76	1	105	103	104.55	230	15.465	230		
		NO.5	6.76	1	107	105	113.64	250	16.81	250		
		NO.6	6.76	1	105	102	90.909	200	13.448	200	14.90	221.67
1 วัน		NO.1	6.76	1	106	104	97.727	215	14.457	215		
		NO.2	6.76	1	105	103	93.182	205	13.784	205		
		NO.3	6.76	1	105	103	104.55	230	15.465	230		
		NO.4	6.76	1	104	102	104.55	230	15.465	230		
		NO.5	6.76	1	107	105	100	220	14.793	220		
		NO.6	6.76	1	106	104	102.27	225	15.129	225	14.85	220.83
3 วัน		NO.1	6.76	1	107	104	97.727	215	14.457	215		
		NO.2	6.76	1	104	103	104.55	230	15.465	230		
		NO.3	6.76	1	105	103	97.727	215	14.457	215		
		NO.4	6.76	1	106	104	104.55	230	15.465	230		
		NO.5	6.76	1	105	103	90.909	200	13.448	200		
		NO.6	6.76	1	104	102	102.27	225	15.129	225	14.74	219.17
7 วัน		NO.1	6.76	1	106	104	86.364	190	12.776	190		
		NO.2	6.76	1	105	103	100	220	14.793	220		
		NO.3	6.76	1	107	104	90.909	200	13.448	200		
		NO.4	6.76	1	105	103	109.09	240	16.138	240		
		NO.5	6.76	1	104	102	106.82	235	15.802	235		
		NO.6	6.76	1	106	103	100	220	14.793	220	14.62	217.50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า  
 ไม่ว่ากรรมใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารหากมีการนำไปใช้

SPECIMEN			CROSS		WEIGHT		ULTIMATE		TENSILE		AVERAGE	
NO.			SECTION		(g)		LOAD		STRENGTH		TENSILE	
TIME	AGE	NO	cmxcm	inxin	ก่อน	หลัง	kg	lb	KSC	PSI	KSC	PSI
	15วัน	NO.1	6.76	1	106	104	102.27	225	15.129	225	14.34	213.33
		NO.2	6.76	1	104	102	100	220	14.793	220		
		NO.3	6.76	1	104	102	93.182	205	13.784	205		
		NO.4	6.76	1	105	102	95.455	210	14.12	210		
		NO.5	6.76	1	107	105	88.636	195	13.112	195		
		NO.6	6.76	1	107	105	102.27	225	15.129	225		
	28วัน	NO.1	6.76	1	106	104	102.27	225	15.129	225	14.29	212.50
		NO.2	6.76	1	104	102	100	220	14.793	220		
		NO.3	6.76	1	104	102	90.909	200	13.448	200		
		NO.4	6.76	1	105	102	95.455	210	14.12	210		
		NO.5	6.76	1	107	105	88.636	195	13.112	195		
		NO.6	6.76	1	107	105	102.27	225	15.129	225		
1 ชม.	ทันที	NO.1	6.76	1	105	104	165.91	365	24.543	365	24.85	366.67
		NO.2	6.76	1	104	103	159.09	350	23.534	350		
		NO.3	6.76	1	106	104	165.91	365	24.543	365		
		NO.4	6.76	1	104	103	177.27	390	26.224	390		
		NO.5	6.76	1	105	102	172.73	380	25.551	380		
		NO.6	6.76	1	104	103	159.09	350	23.534	350		
	1 ชม.	NO.1	6.76	1	106	104	172.73	380	25.551	380	24.71	367.50
		NO.2	6.76	1	105	102	170.45	375	25.215	375		
		NO.3	6.76	1	105	103	165.91	365	24.543	365		
		NO.4	6.76	1	104	102	163.64	360	24.207	360		
		NO.5	6.76	1	105	103	172.73	380	25.551	380		
		NO.6	6.76	1	106	104	156.82	345	23.198	345		
12 ชม.	NO.1	6.76	1	106	104	159.09	350	23.534	350	24.85	366.67	
	NO.2	6.76	1	104	101	175	385	25.888	385			
	NO.3	6.76	1	105	103	168.18	370	24.879	370			
	NO.4	6.76	1	105	104	163.64	360	24.207	360			
	NO.5	6.76	1	104	103	170.45	375	25.215	375			
	NO.6	6.76	1	105	103	163.64	360	24.207	360			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ไปเผยแพร่โดยไม่ขออนุญาต  
 ไม่ว่าการณีใดๆ ทั้งสิ้น ยกเว้นให้ตัดปลงเป็นทำ และต้องอ้างอิงถึงชื่อของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SPECIMEN NO.			CROSS SECTION		WEIGHT (g)		ULTIMATE LOAD		TENSILE STRENGTH		AVERAGE TENSILE	
TIME	AGE	NO	cmxcm	inxin	ก่อน	หลัง	kg	lb	KSC	PSI	KSC	PSI
1วัน		NO.1	6.76	1	106	104	168.18	370	24.879	370		
		NO.2	6.76	1	106	104	159.09	350	23.534	350		
		NO.3	6.76	1	107	105	165.91	365	24.543	365		
		NO.4	6.76	1	107	105	163.64	360	24.207	360		
		NO.5	6.76	1	105	103	172.73	380	25.551	380		
		NO.6	6.76	1	104	102	165.91	365	24.543	365	24.54	365.00
3วัน		NO.1	6.76	1	105	103	168.18	370	24.879	370		
		NO.2	6.76	1	104	102	175	385	25.888	385		
		NO.3	6.76	1	105	102	165.91	365	24.543	365		
		NO.4	6.76	1	106	104	159.09	350	23.534	350		
		NO.5	6.76	1	106	104	161.36	355	23.87	355		
		NO.6	6.76	1	107	105	163.64	360	24.207	360	24.49	364.17
7วัน		NO.1	6.76	1	104	102	172.73	380	25.551	380		
		NO.2	6.76	1	106	104	170.45	375	25.215	375		
		NO.3	6.76	1	105	103	163.64	360	24.207	360		
		NO.4	6.76	1	105	103	163.64	360	24.207	360		
		NO.5	6.76	1	106	102	163.64	360	24.207	360		
		NO.6	6.76	1	104	102	156.82	345	23.198	345	24.43	363.33
15วัน		NO.1	6.76	1	107	105	156.82	345	23.198	345		
		NO.2	6.76	1	105	103	172.73	380	25.551	380		
		NO.3	6.76	1	104	102	161.36	355	23.87	355		
		NO.4	6.76	1	105	103	159.09	350	23.534	350		
		NO.5	6.76	1	105	103	165.91	365	24.543	365		
		NO.6	6.76	1	104	102	168.18	370	24.879	370	24.26	360.83
28วัน		NO.1	6.76	1	107	105	156.82	345	23.198	345		
		NO.2	6.76	1	105	103	172.73	380	25.551	380		
		NO.3	6.76	1	104	102	161.36	355	23.87	355		
		NO.4	6.76	1	105	103	159.09	350	23.534	350		
		NO.5	6.76	1	105	103	163.64	360	24.207	360		
		NO.6	6.76	1	104	102	168.18	370	24.879	370	24.21	360.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า  
 ไม่วากรณ์ใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SPECIMEN NO.			CROSS SECTION		WEIGHT (g)		ULTIMATE LOAD		TENSILE STRENGTH		AVERAGE TENSILE	
TIME	AGE	NO	cmxcm	inxin	ก่อน	หลัง	kg	lb	KSC	PSI	KSC	PSI
6 ชม.	ทันที	NO.1	6.76	1	104	102	159.09	350	23.534	350		
		NO.2	6.76	1	106	104	172.73	380	25.551	380		
		NO.3	6.76	1	105	102	170.45	375	25.215	375		
		NO.4	6.76	1	104	103	161.36	355	23.87	355		
		NO.5	6.76	1	105	102	165.91	365	24.543	365		
		NO.6	6.76	1	105	103	154.55	340	22.862	340	<b>24.28</b>	<b>380.83</b>
1 ชม.		NO.1	6.76	1	104	102	156.82	345	23.198	345		
		NO.2	6.76	1	104	102	170.45	375	25.215	375		
		NO.3	6.76	1	107	105	161.36	355	23.87	355		
		NO.4	6.76	1	105	103	159.09	350	23.534	350		
		NO.5	6.76	1	104	102	154.55	340	22.862	340		
		NO.6	6.76	1	106	104	177.27	390	26.224	390	<b>24.15</b>	<b>359.17</b>
12 ชม.		NO.1	6.76	1	105	103	170.45	375	25.215	375		
		NO.2	6.76	1	104	102	165.91	365	24.543	365		
		NO.3	6.76	1	106	104	154.55	340	22.862	340		
		NO.4	6.76	1	105	103	168.18	370	24.879	370		
		NO.5	6.76	1	104	102	165.91	365	24.543	365		
		NO.6	6.76	1	104	102	152.27	335	22.526	335	<b>24.09</b>	<b>358.33</b>
1 วัน		NO.1	6.76	1	104	102	163.64	360	24.207	360		
		NO.2	6.76	1	105	102	154.55	340	22.862	340		
		NO.3	6.76	1	106	103	172.73	380	25.551	380		
		NO.4	6.76	1	104	102	172.73	380	25.551	380		
		NO.5	6.76	1	105	103	154.55	340	22.862	340		
		NO.6	6.76	1	104	102	159.09	350	23.534	350	<b>24.09</b>	<b>358.33</b>
3 วัน		NO.1	6.76	1	105	103	163.64	360	24.207	360		
		NO.2	6.76	1	107	105	163.64	360	24.207	360		
		NO.3	6.76	1	105	103	165.91	365	24.543	365		
		NO.4	6.76	1	104	102	147.73	325	21.853	325		
		NO.5	6.76	1	106	104	168.18	370	24.879	370		
		NO.6	6.76	1	104	102	165.91	365	24.543	365	<b>24.04</b>	<b>357.50</b>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานภายในเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามทำให้อัดแปลงเนื้อหา และคงไว้ซึ่งเอกสารทุกฉบับที่อาจมีอยู่

SPECIMEN NO.			CROSS SECTION		WEIGHT (g)		ULTIMATE LOAD		TENSILE STRENGTH		AVERAGE TENSILE	
TIME	AGE	NO	cmxcm	inxin	ก่อน	หลัง	kg	lb	KSC	PSI	KSC	PSI
7วัน		NO.1	6.76	1	105	103	163.64	360	24.207	360		
		NO.2	6.76	1	104	102	168.18	370	24.879	370		
		NO.3	6.76	1	106	104	159.09	350	23.534	350		
		NO.4	6.76	1	105	103	156.82	345	23.198	345		
		NO.5	6.76	1	104	102	154.55	340	22.862	340		
		NO.6	6.76	1	105	104	165.91	365	24.543	365	<b>23.87</b>	<b>355.00</b>
15วัน		NO.1	6.76	1	104	102	165.91	365	24.543	365		
		NO.2	6.76	1	105	103	159.09	350	23.534	350		
		NO.3	6.76	1	104	102	170.45	375	25.215	375		
		NO.4	6.76	1	106	104	159.09	350	23.534	350		
		NO.5	6.76	1	104	103	156.82	345	23.198	345		
		NO.6	6.76	1	105	102	152.27	335	22.526	335	<b>23.76</b>	<b>353.33</b>
28วัน		NO.1	6.76	1	104	102	165.91	365	24.543	365		
		NO.2	6.76	1	105	103	159.09	350	23.534	350		
		NO.3	6.76	1	104	102	168.18	370	24.879	370		
		NO.4	6.76	1	106	104	159.09	350	23.534	350		
		NO.5	6.76	1	104	103	156.82	345	23.198	345		
		NO.6	6.76	1	105	102	152.27	335	22.526	335	<b>23.70</b>	<b>352.50</b>
12 ชม.	ทันที	NO.1	6.76	1	107	105	168.18	370	24.879	370		
		NO.2	6.76	1	104	103	159.09	350	23.534	350		
		NO.3	6.76	1	105	103	163.64	360	24.207	360		
		NO.4	6.76	1	106	104	170.45	375	25.215	375		
		NO.5	6.76	1	105	103	165.91	365	24.543	365		
		NO.6	6.76	1	104	102	159.09	350	23.534	350	<b>24.32</b>	<b>361.67</b>
1 ชม.		NO.1	6.76	1	104	102	165.91	365	24.543	365		
		NO.2	6.76	1	105	103	161.36	355	23.87	355		
		NO.3	6.76	1	104	102	156.82	345	23.198	345		
		NO.4	6.76	1	107	104	172.73	380	25.551	380		
		NO.5	6.76	1	107	105	163.64	360	24.207	360		
		NO.6	6.76	1	105	103	163.64	360	24.207	360	<b>24.26</b>	<b>360.83</b>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้น ไม่เอามาใช้เพื่อประโยชน์ทางการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SPECIMEN NO.			CROSS SECTION		WEIGHT (g)		ULTIMATE LOAD		TENSILE STRENGTH		AVERAGE TENSILE	
TIME	AGE	NO	cmxcm	inxin	ก่อน	หลัง	kg	lb	KSC	PSI	KSC	PSI
12 ชม.		NO.1	6.76	1	106	104	168.18	370	24.879	370		
		NO.2	6.76	1	104	103	159.09	350	23.534	350		
		NO.3	6.76	1	105	103	156.82	345	23.198	345		
		NO.4	6.76	1	105	103	163.64	360	24.207	360		
		NO.5	6.76	1	104	102	172.73	380	25.551	380		
		NO.6	6.76	1	104	103	163.64	360	24.207	360	<b>24.26</b>	<b>360.83</b>
1 วัน		NO.1	6.76	1	105	103	170.45	375	25.215	375		
		NO.2	6.76	1	105	102	161.36	355	23.87	355		
		NO.3	6.76	1	105	103	156.82	345	23.198	345		
		NO.4	6.76	1	104	102	163.64	360	24.207	360		
		NO.5	6.76	1	107	105	172.73	380	25.551	380		
		NO.6	6.76	1	106	104	154.55	340	22.862	340	<b>24.15</b>	<b>359.17</b>
3 วัน		NO.1	6.76	1	104	102	172.73	380	25.551	380		
		NO.2	6.76	1	105	103	168.18	370	24.879	370		
		NO.3	6.76	1	104	102	156.82	345	23.198	345		
		NO.4	6.76	1	104	102	159.09	350	23.534	350		
		NO.5	6.76	1	106	104	150	330	22.189	330		
		NO.6	6.76	1	106	104	170.45	375	25.215	375	<b>24.09</b>	<b>358.33</b>
7 วัน		NO.1	6.76	1	105	103	163.64	360	24.207	360		
		NO.2	6.76	1	104	102	152.27	335	22.526	335		
		NO.3	6.76	1	104	102	168.18	370	24.879	370		
		NO.4	6.76	1	107	105	175	385	25.888	385		
		NO.5	6.76	1	105	103	154.55	340	22.862	340		
		NO.6	6.76	1	104	102	161.36	355	23.87	355	<b>24.04</b>	<b>357.50</b>
15 วัน		NO.1	6.76	1	104	102	152.27	335	22.526	335		
		NO.2	6.76	1	105	103	156.82	345	23.198	345		
		NO.3	6.76	1	105	103	170.45	375	25.215	375		
		NO.4	6.76	1	104	102	163.64	360	24.207	360		
		NO.5	6.76	1	106	104	175	385	25.888	385		
		NO.6	6.76	1	105	103	154.55	340	22.862	340	<b>23.98</b>	<b>356.67</b>

เอกสารนี้เป็นเอกสารของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในอภิญญาฯ ไม่ควรนำข้อมูลไปใช้ประโยชน์ในการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่ข้อมูลนี้ และต้องอ้างอิงถึงชื่อเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SPECIMEN NO.			CROSS SECTION		WEIGHT (g)		ULTIMATE LOAD		TENSILE STRENGTH		AVERAGE TENSILE	
TIME	AGE	NO	cmxcm	inxin	ก่อน	หลัง	kg	lb	KSC	PSI	KSC	PSI
28วัน		NO.1	6.76	1	104	102	152.27	335	22.526	335		
		NO.2	6.76	1	105	103	156.82	345	23.198	345		
		NO.3	6.76	1	105	103	168.18	370	24.879	370		
		NO.4	6.76	1	104	102	163.64	360	24.207	360		
		NO.5	6.76	1	106	104	172.73	380	25.551	380		
		NO.6	6.76	1	105	103	154.55	340	22.862	340	23.87	355.00
1วัน	ทันที	NO.1	6.76	1	104	102	163.64	360	24.207	360		
		NO.2	6.76	1	105	103	172.73	380	25.551	380		
		NO.3	6.76	1	105	103	159.09	350	23.534	350		
		NO.4	6.76	1	104	102	163.64	360	24.207	360		
		NO.5	6.76	1	106	104	161.36	355	23.87	355		
		NO.6	6.76	1	107	105	170.45	375	25.215	375	24.43	363.33
1ชม.		NO.1	6.76	1	105	103	168.18	370	24.879	370		
		NO.2	6.76	1	104	102	161.36	355	23.87	355		
		NO.3	6.76	1	105	103	175	385	25.888	385		
		NO.4	6.76	1	104	102	165.91	365	24.543	365		
		NO.5	6.76	1	105	103	163.64	360	24.207	360		
		NO.6	6.76	1	106	104	156.82	345	23.198	345	24.43	363.33
12ชม.		NO.1	6.76	1	104	102	168.18	370	24.879	370		
		NO.2	6.76	1	105	103	168.18	370	24.879	370		
		NO.3	6.76	1	106	104	170.45	375	25.215	375		
		NO.4	6.76	1	105	103	159.09	350	23.534	350		
		NO.5	6.76	1	104	102	159.09	350	23.534	350		
		NO.6	6.76	1	104	103	163.64	360	24.207	360	24.37	362.50
1วัน		NO.1	6.76	1	105	103	159.09	350	23.534	350		
		NO.2	6.76	1	107	105	168.18	370	24.879	370		
		NO.3	6.76	1	106	104	159.09	350	23.534	350		
		NO.4	6.76	1	107	105	172.73	380	25.551	380		
		NO.5	6.76	1	105	103	163.64	360	24.207	360		
		NO.6	6.76	1	105	103	163.64	360	24.207	360	24.32	361.67

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SPECIMEN			CROSS		WEIGHT		ULTIMATE		TENSILE		AVERAGE	
NO.			SECTION		(g)		LOAD		STRENGTH		TENSILE	
TIME	AGE	NO	cmxcm	inxin	ก่อน	หลัง	kg	lb	KSC	PSI	KSC	PSI
3วัน	NO.1	6.76	1	104	102	163.64	360	24.207	360	24.26	360.83	
	NO.2	6.76	1	105	103	170.45	375	25.215	375			
	NO.3	6.76	1	106	103	172.73	380	25.551	380			
	NO.4	6.76	1	104	102	161.36	355	23.87	355			
	NO.5	6.76	1	105	103	161.36	355	23.87	355			
	NO.6	6.76	1	104	102	154.55	340	22.862	340			
7วัน	NO.1	6.76	1	106	104	163.64	360	24.207	360	24.15	359.17	
	NO.2	6.76	1	106	104	159.09	350	23.534	350			
	NO.3	6.76	1	106	104	172.73	380	25.551	380			
	NO.4	6.76	1	105	103	168.18	370	24.879	370			
	NO.5	6.76	1	104	102	161.36	355	23.87	355			
	NO.6	6.76	1	104	102	154.55	340	22.862	340			
15วัน	NO.1	6.76	1	105	103	163.64	360	24.207	360	24.09	358.33	
	NO.2	6.76	1	104	101	154.55	340	22.862	340			
	NO.3	6.76	1	104	102	161.36	355	23.87	355			
	NO.4	6.76	1	107	105	172.73	380	25.551	380			
	NO.5	6.76	1	107	105	168.18	370	24.879	370			
	NO.6	6.76	1	105	103	156.82	345	23.198	345			
28วัน	NO.1	6.76	1	105	103	163.64	360	24.207	360	24.04	357.50	
	NO.2	6.76	1	104	101	154.55	340	22.862	340			
	NO.3	6.76	1	104	102	159.09	350	23.534	350			
	NO.4	6.76	1	107	105	172.73	380	25.551	380			
	NO.5	6.76	1	107	105	168.18	370	24.879	370			
	NO.6	6.76	1	105	103	156.82	345	23.198	345			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

KMITL

TENSILE STRENGTH OF SAND CO<sub>2</sub>

TEMPERATURE 200° C

SPECIMEN			CROSS		WEIGHT		ULTIMATE		TENSILE		AVERAGE	
NO.			SECTION		(g)		LOAD		STRENGTH		TENSILE	
TIME	AGE	NO	cmxcm	inxin	ก่อน	หลัง	kg	lb	KSC	PSI	KSC	PSI
15 นาที	ทันที	NO.1	6.76	1	104	102	68.182	150	10.086	150		
		NO.2	6.76	1	105	103	75	165	11.095	165		
		NO.3	6.76	1	105	103	72.727	160	10.758	160		
		NO.4	6.76	1	106	104	72.727	160	10.758	160		
		NO.5	6.76	1	107	105	79.545	175	11.767	175		
		NO.6	6.76	1	105	103	77.273	170	11.431	170	10.98	163.33
1 ชม.		NO.1	6.76	1	104	102	77.273	170	11.431	170		
		NO.2	6.76	1	105	103	75	165	11.095	165		
		NO.3	6.76	1	106	104	77.273	170	11.431	170		
		NO.4	6.76	1	105	103	68.182	150	10.086	150		
		NO.5	6.76	1	104	102	68.182	150	10.086	150		
		NO.6	6.76	1	105	103	79.545	175	11.767	175	10.98	163.33
12 ชม.		NO.1	6.76	1	106	104	72.727	160	10.758	160		
		NO.2	6.76	1	105	103	68.182	150	10.086	150		
		NO.3	6.76	1	105	103	75	165	11.095	165		
		NO.4	6.76	1	104	102	77.273	170	11.431	170		
		NO.5	6.76	1	104	102	68.182	150	10.086	150		
		NO.6	6.76	1	107	105	81.818	180	12.103	180	10.93	162.50
1 วัน		NO.1	6.76	1	105	103	63.636	140	9.4137	140		
		NO.2	6.76	1	105	103	75	165	11.095	165		
		NO.3	6.76	1	104	102	68.182	150	10.086	150		
		NO.4	6.76	1	106	104	75	165	11.095	165		
		NO.5	6.76	1	107	105	79.545	175	11.767	175		
		NO.6	6.76	1	107	105	79.545	175	11.767	175	10.87	161.67

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SPECIMEN NO.			CROSS SECTION		WEIGHT (g)		ULTIMATE LOAD		TENSILE STRENGTH		AVERAGE TENSILE	
TIME	AGE	NO	cmxcm	inxin	ก่อน	หลัง	kg	lb	KSC	PSI	KSC	PSI
3 วัน		NO.1	6.76	1	104	102	63.636	140	9.4137	140		
		NO.2	6.76	1	105	103	77.273	170	11.431	170		
		NO.3	6.76	1	105	103	77.273	170	11.431	170		
		NO.4	6.76	1	104	102	68.182	150	10.086	150		
		NO.5	6.76	1	105	103	79.545	175	11.767	175		
		NO.6	6.76	1	105	103	72.727	160	10.758	160	10.81	160.83
7 วัน		NO.1	6.76	1	104	102	72.727	160	10.758	160		
		NO.2	6.76	1	106	103	68.182	150	10.086	150		
		NO.3	6.76	1	107	105	79.545	175	11.767	175		
		NO.4	6.76	1	104	102	63.636	140	9.4137	140		
		NO.5	6.76	1	105	103	75	165	11.095	165		
		NO.6	6.76	1	106	104	77.273	170	11.431	170	10.76	160.00
15 วัน		NO.1	6.76	1	104	102	75	165	11.095	165		
		NO.2	6.76	1	105	103	72.727	160	10.758	160		
		NO.3	6.76	1	104	103	75	165	11.095	165		
		NO.4	6.76	1	105	103	65.909	145	9.7499	145		
		NO.5	6.76	1	106	104	79.545	175	11.767	175		
		NO.6	6.76	1	105	103	63.636	140	9.4137	140	10.85	158.33
28 วัน		NO.1	6.76	1	104	102	75	165	11.095	165		
		NO.2	6.76	1	105	103	72.727	160	10.758	160		
		NO.3	6.76	1	104	103	72.727	160	10.758	160		
		NO.4	6.76	1	105	103	65.909	145	9.7499	145		
		NO.5	6.76	1	106	104	79.545	175	11.767	175		
		NO.6	6.76	1	105	103	63.636	140	9.4137	140	10.59	157.50
30 นาที		NO.1	6.76	1	104	102	120.45	265	17.819	265		
		NO.2	6.76	1	107	103	127.27	280	18.827	280		
		NO.3	6.76	1	105	103	122.73	270	18.155	270		
		NO.4	6.76	1	105	103	122.73	270	18.155	270		
		NO.5	6.76	1	104	102	111.36	245	16.474	245		
		NO.6	6.76	1	105	103	113.64	250	16.81	250	17.71	263.33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในการเรียนการสอนเท่านั้น ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ผู้ที่พบว่ามีข้อผิดพลาด กรุณาแจ้งมาที่กองเอกสารหรือแจ้งมาที่กองช่างโยธา

SPECIMEN			CROSS		WEIGHT		ULTIMATE		TENSILE		AVERAGE	
NO.			SECTION		(g)		LOAD		STRENGTH		TENSILE	
TIME	AGE	NO	cmxcm	inxin	ก่อน	หลัง	kg	lb	KSC	PSI	KSC	PSI
1 ชม.		NO.1	6.76	1	105	103	120.45	265	17.819	265		
		NO.2	6.76	1	104	102	118.18	260	17.483	260		
		NO.3	6.76	1	106	104	125	275	18.491	275		
		NO.4	6.76	1	104	103	113.64	250	16.81	250		
		NO.5	6.76	1	104	102	118.18	260	17.483	260		
		NO.6	6.76	1	105	103	122.73	270	18.155	270	17.71	263.33
12 ชม.		NO.1	6.76	1	104	102	120.45	265	17.819	265		
		NO.2	6.76	1	105	103	118.18	260	17.483	260		
		NO.3	6.76	1	106	104	122.73	270	18.155	270		
		NO.4	6.76	1	104	102	115.91	255	17.146	255		
		NO.5	6.76	1	105	103	118.18	260	17.483	260		
		NO.6	6.76	1	107	105	122.73	270	18.155	270	17.71	263.33
1 วัน		NO.1	6.76	1	105	103	118.18	260	17.483	260		
		NO.2	6.76	1	104	102	113.64	250	16.81	250		
		NO.3	6.76	1	106	104	125	275	18.491	275		
		NO.4	6.76	1	105	103	115.91	255	17.146	255		
		NO.5	6.76	1	104	102	127.27	280	18.827	280		
		NO.6	6.76	1	105	103	115.91	255	17.146	255	17.85	262.50
3 วัน		NO.1	6.76	1	107	104	120.45	265	17.819	265		
		NO.2	6.76	1	106	104	122.73	270	18.155	270		
		NO.3	6.76	1	104	102	111.36	245	16.474	245		
		NO.4	6.76	1	105	103	127.27	280	18.827	280		
		NO.5	6.76	1	107	105	122.73	270	18.155	270		
		NO.6	6.76	1	105	103	109.09	240	16.138	240	17.59	261.67
7 วัน		NO.1	6.76	1	106	104	115.91	255	17.146	255		
		NO.2	6.76	1	107	105	127.27	280	18.827	280		
		NO.3	6.76	1	106	104	115.91	255	17.146	255		
		NO.4	6.76	1	105	103	111.36	245	16.474	245		
		NO.5	6.76	1	104	102	118.18	260	17.483	260		
		NO.6	6.76	1	107	105	122.73	270	18.155	270	17.54	260.83

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้า ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อนึ่งหากมีเหตุเปลี่ยนแปลงเนื้อหา และต้องส่งถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SPECIMEN NO.			CROSS SECTION		WEIGHT (g)		ULTIMATE LOAD		TENSILE STRENGTH		AVERAGE TENSILE	
TIME	AGE	NO	cmxcm	inxin	ก่อน	หลัง	kg	lb	KSC	PSI	KSC	PSI
15วัน		NO.1	6.76	1	105	103	113.64	250	16.81	250		
		NO.2	6.76	1	107	105	125	275	18.491	275		
		NO.3	6.76	1	105	103	118.18	260	17.483	260		
		NO.4	6.76	1	104	102	109.09	240	16.138	240		
		NO.5	6.76	1	107	104	127.27	280	18.827	280		
		NO.6	6.76	1	104	102	111.36	245	16.474	245	17.37	258.33
28วัน		NO.1	6.76	1	105	103	113.64	250	16.81	250		
		NO.2	6.76	1	107	105	122.73	270	18.155	270		
		NO.3	6.76	1	105	103	118.18	260	17.483	260		
		NO.4	6.76	1	104	102	109.09	240	16.138	240		
		NO.5	6.76	1	107	104	127.27	280	18.827	280		
		NO.6	6.76	1	104	102	111.36	245	16.474	245	17.31	257.50
1 ชม.	ทันที	NO.1	6.76	1	104	102	181.82	400	26.896	400		
		NO.2	6.76	1	105	103	172.73	380	25.551	380		
		NO.3	6.76	1	106	104	188.64	415	27.905	415		
		NO.4	6.76	1	107	105	186.36	410	27.569	410		
		NO.5	6.76	1	104	102	172.73	380	25.551	380		
		NO.6	6.76	1	105	103	170.45	375	25.215	375	26.45	393.33
1 ชม.		NO.1	6.76	1	105	103	179.55	395	26.56	395		
		NO.2	6.76	1	105	103	186.36	410	27.569	410		
		NO.3	6.76	1	104	102	170.45	375	25.215	375		
		NO.4	6.76	1	106	104	175	385	25.888	385		
		NO.5	6.76	1	104	102	179.55	395	26.56	395		
		NO.6	6.76	1	105	103	181.82	400	26.896	400	26.45	393.33
12 ชม.		NO.1	6.76	1	106	104	172.73	380	25.551	380		
		NO.2	6.76	1	105	103	181.82	400	26.896	400		
		NO.3	6.76	1	107	105	184.09	405	27.232	405		
		NO.4	6.76	1	107	105	184.09	405	27.232	405		
		NO.5	6.76	1	104	102	168.18	370	24.879	370		
		NO.6	6.76	1	105	103	179.55	395	26.56	395	26.39	392.50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่สามารถนำไปทำประโยชน์ทางการค้า  
 ไม่วากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงแหล่งเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SPECIMEN			CROSS		WEIGHT		ULTIMATE		TENSILE		AVERAGE	
NO.			SECTION		(g)		LOAD		STRENGTH		TENSILE	
TIME	AGE	NO	cmxcm	inxin	ก่อน	หลัง	kg	lb	KSC	PSI	KSC	PSI
1วัน		NO.1	6.76	1	104	102	175	385	25.888	385		
		NO.2	6.76	1	106	104	186.36	410	27.569	410		
		NO.3	6.76	1	105	102	177.27	390	26.224	390		
		NO.4	6.76	1	105	103	181.82	400	26.896	400		
		NO.5	6.76	1	106	104	177.27	390	26.224	390		
		NO.6	6.76	1	106	104	172.73	380	25.551	380	26.39	392.50
3วัน		NO.1	6.76	1	106	104	184.09	405	27.232	405		
		NO.2	6.76	1	105	103	181.82	400	26.896	400		
		NO.3	6.76	1	104	102	179.55	395	26.56	395		
		NO.4	6.76	1	104	103	172.73	380	25.551	380		
		NO.5	6.76	1	105	103	172.73	380	25.551	380		
		NO.6	6.76	1	105	103	177.27	390	26.224	390	26.34	391.67
7วัน		NO.1	6.76	1	104	102	177.27	390	26.224	390		
		NO.2	6.76	1	105	103	172.73	380	25.551	380		
		NO.3	6.76	1	106	104	177.27	390	26.224	390		
		NO.4	6.76	1	104	102	168.18	370	24.879	370		
		NO.5	6.76	1	105	103	186.36	410	27.569	410		
		NO.6	6.76	1	104	102	184.09	405	27.232	405	26.28	390.83
15วัน		NO.1	6.76	1	104	102	181.82	400	26.896	400		
		NO.2	6.76	1	105	103	177.27	390	26.224	390		
		NO.3	6.76	1	106	104	172.73	380	25.551	380		
		NO.4	6.76	1	107	105	181.82	400	26.896	400		
		NO.5	6.76	1	104	102	175	385	25.888	385		
		NO.6	6.76	1	105	103	172.73	380	25.551	380	26.17	389.17
28วัน		NO.1	6.76	1	104	102	181.82	400	26.896	400		
		NO.2	6.76	1	105	103	175	385	25.888	385		
		NO.3	6.76	1	106	104	172.73	380	25.551	380		
		NO.4	6.76	1	107	105	181.82	400	26.896	400		
		NO.5	6.76	1	104	102	172.73	380	25.551	380		
		NO.6	6.76	1	105	103	172.73	380	25.551	380	26.06	387.50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สละส่วนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SPECIMEN NO.			CROSS SECTION		WEIGHT (g)		ULTIMATE LOAD		TENSILE STRENGTH		AVERAGE TENSILE	
TIME	AGE	NO	cmxcm	inxin	ก่อน	หลัง	kg	lb	KSC	PSI	KSC	PSI
6	ทันที	NO.1	6.76	1	104	102	181.82	400	26.896	400		
		NO.2	6.76	1	105	103	177.27	390	26.224	390		
		NO.3	6.76	1	105	103	172.73	380	25.551	380		
		NO.4	6.76	1	105	103	181.82	400	26.896	400		
		NO.5	6.76	1	104	102	170.45	375	25.215	375		
		NO.6	6.76	1	106	104	181.82	400	26.896	400	26.28	390.83
1 ชม.		NO.1	6.76	1	104	102	177.27	390	26.224	390		
		NO.2	6.76	1	107	105	186.36	410	27.569	410		
		NO.3	6.76	1	105	103	177.27	390	26.224	390		
		NO.4	6.76	1	104	102	175	385	25.888	385		
		NO.5	6.76	1	106	104	181.82	400	26.896	400		
		NO.6	6.76	1	105	103	168.18	370	24.879	370	26.28	390.83
12 ชม.		NO.1	6.76	1	104	102	181.82	400	26.896	400		
		NO.2	6.76	1	105	103	181.82	400	26.896	400		
		NO.3	6.76	1	104	102	172.73	380	25.551	380		
		NO.4	6.76	1	104	102	163.64	360	24.207	360		
		NO.5	6.76	1	106	104	179.55	395	26.56	395		
		NO.6	6.76	1	107	105	181.82	400	26.896	400	26.17	389.17
1 วัน		NO.1	6.76	1	104	102	175	385	25.888	385		
		NO.2	6.76	1	105	103	181.82	400	26.896	400		
		NO.3	6.76	1	105	103	177.27	390	26.224	390		
		NO.4	6.76	1	105	103	172.73	380	25.551	380		
		NO.5	6.76	1	104	102	172.73	380	25.551	380		
		NO.6	6.76	1	106	104	181.82	400	26.896	400	26.17	389.17
3 วัน		NO.1	6.76	1	105	103	181.82	400	26.896	400		
		NO.2	6.76	1	104	102	179.55	395	26.56	395		
		NO.3	6.76	1	105	103	175	385	25.888	385		
		NO.4	6.76	1	104	102	170.45	375	25.215	375		
		NO.5	6.76	1	107	105	186.36	410	27.569	410		
		NO.6	6.76	1	104	102	165.91	365	24.543	365	26.11	388.93

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับภายในเท่านั้น ไม่ควรนำออกไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาต  
 ไม่ควรตีพิมพ์ หักสิทธิ์ในสิ่งพิมพ์ และต้องสงวนลิขสิทธิ์ของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SPECIMEN NO.			CROSS SECTION		WEIGHT (g)		ULTIMATE LOAD		TENSILE STRENGTH		AVERAGE TENSILE	
TIME	AGE	NO	cmxcm	inxin	ก่อน	หลัง	kg	lb	KSC	PSI	KSC	PSI
7วัน		NO.1	6.76	1	105	103	181.82	400	26.896	400	26.08	387.50
		NO.2	6.76	1	105	103	163.64	360	24.207	360		
		NO.3	6.76	1	104	102	177.27	390	26.224	390		
		NO.4	6.76	1	104	102	168.18	370	24.879	370		
		NO.5	6.76	1	106	104	181.82	400	26.896	400		
		NO.6	6.76	1	107	105	184.09	405	27.232	405		
15วัน		NO.1	6.76	1	104	102	170.45	375	25.215	375	25.89	385.00
		NO.2	6.76	1	105	103	172.73	380	25.551	380		
		NO.3	6.76	1	106	104	177.27	390	26.224	390		
		NO.4	6.76	1	107	105	181.82	400	26.896	400		
		NO.5	6.76	1	104	102	179.55	395	26.56	395		
		NO.6	6.76	1	105	103	168.18	370	24.879	370		
28วัน		NO.1	6.76	1	104	102	168.18	370	24.879	370	25.83	384.17
		NO.2	6.76	1	105	103	172.73	380	25.551	380		
		NO.3	6.76	1	106	104	177.27	390	26.224	390		
		NO.4	6.76	1	107	105	181.82	400	26.896	400		
		NO.5	6.76	1	104	102	179.55	395	26.56	395		
		NO.6	6.76	1	105	103	168.18	370	24.879	370		
12 ชม.	ทันที	NO.1	6.76	1	104	102	177.27	390	26.224	390	26.28	390.83
		NO.2	6.76	1	105	103	181.82	400	26.896	400		
		NO.3	6.76	1	106	104	172.73	380	25.551	380		
		NO.4	6.76	1	106	104	181.82	400	26.896	400		
		NO.5	6.76	1	104	102	170.45	375	25.215	375		
		NO.6	6.76	1	107	105	181.82	400	26.896	400		
1 ชม.		NO.1	6.76	1	104	102	181.82	400	26.896	400	26.28	390.83
		NO.2	6.76	1	105	103	179.55	395	26.56	395		
		NO.3	6.76	1	106	104	168.18	370	24.879	370		
		NO.4	6.76	1	105	103	177.27	390	26.224	390		
		NO.5	6.76	1	107	105	181.82	400	26.896	400		
		NO.6	6.76	1	105	103	177.27	390	26.224	390		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SPECIMEN			CROSS		WEIGHT		ULTIMATE		TENSILE		AVERAGE	
NO.			SECTION		(g)		LOAD		STRENGTH		TENSILE	
TIME	AGE	NO	cmxcm	inxin	ก่อน	หลัง	kg	lb	KSC	PSI	KSC	PSI
12 ชม.		NO.1	6.76	1	104	102	181.82	400	26.896	400		
		NO.2	6.76	1	105	102	172.73	380	25.551	380		
		NO.3	6.76	1	106	104	181.82	400	26.896	400		
		NO.4	6.76	1	104	102	172.73	380	25.551	380		
		NO.5	6.76	1	105	103	177.27	390	26.224	390		
		NO.6	6.76	1	104	102	179.55	395	26.56	395	26.28	390.83
1 วัน		NO.1	6.76	1	105	103	172.73	380	25.551	380		
		NO.2	6.76	1	105	103	172.73	380	25.551	380		
		NO.3	6.76	1	106	104	179.55	395	26.56	395		
		NO.4	6.76	1	104	102	170.45	375	25.215	375		
		NO.5	6.76	1	107	105	184.09	405	27.232	405		
		NO.6	6.76	1	107	105	181.82	400	26.896	400	26.17	389.17
3 วัน		NO.1	6.76	1	105	103	177.27	390	26.224	390		
		NO.2	6.76	1	104	102	172.73	380	25.551	380		
		NO.3	6.76	1	106	104	181.82	400	26.896	400		
		NO.4	6.76	1	105	103	177.27	390	26.224	390		
		NO.5	6.76	1	104	102	179.55	395	26.56	395		
		NO.6	6.76	1	105	103	172.73	380	25.551	380	26.17	389.17
7 วัน		NO.1	6.76	1	105	103	181.82	400	26.896	400		
		NO.2	6.76	1	104	102	179.55	395	26.56	395		
		NO.3	6.76	1	106	104	177.27	390	26.224	390		
		NO.4	6.76	1	107	105	181.82	400	26.896	400		
		NO.5	6.76	1	104	102	168.18	370	24.879	370		
		NO.6	6.76	1	106	102	172.73	380	25.551	380	26.17	389.17
15 วัน		NO.1	6.76	1	104	102	175	385	25.888	385		
		NO.2	6.76	1	105	103	177.27	390	26.224	390		
		NO.3	6.76	1	106	104	172.73	380	25.551	380		
		NO.4	6.76	1	105	102	172.73	380	25.551	380		
		NO.5	6.76	1	104	102	177.27	390	26.224	390		
		NO.6	6.76	1	107	105	181.82	400	26.896	400	26.06	387.50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ในกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีกานำไปใช้

SPECIMEN			CROSS		WEIGHT		ULTIMATE		TENSILE		AVERAGE	
NO.			SECTION		(g)		LOAD		STRENGTH		TENSILE	
TIME	AGE	NO	cmxcm	inxin	ก่อน	หลัง	kg	lb	KSC	PSI	KSC	PSI
28วัน		NO.1	6.76	1	104	102	175	385	25.888	385		
		NO.2	6.76	1	105	103	177.27	390	26.224	390		
		NO.3	6.76	1	106	104	170.45	375	25.215	375		
		NO.4	6.76	1	105	102	172.73	380	25.551	380		
		NO.5	6.76	1	104	102	177.27	390	26.224	390		
		NO.6	6.76	1	107	105	181.82	400	26.896	400	26.00	386.67
1วัน	ทันที	NO.1	6.76	1	105	103	172.73	380	25.551	380		
		NO.2	6.76	1	104	102	177.27	390	26.224	390		
		NO.3	6.76	1	106	104	186.36	410	27.569	410		
		NO.4	6.76	1	105	103	181.82	400	26.896	400		
		NO.5	6.76	1	105	103	170.45	375	25.215	375		
		NO.6	6.76	1	104	102	177.27	390	26.224	390	26.28	390.83
1ชม.		NO.1	6.76	1	106	104	181.82	400	26.896	400		
		NO.2	6.76	1	104	103	170.45	375	25.215	375		
		NO.3	6.76	1	106	104	186.36	410	27.569	410		
		NO.4	6.76	1	104	102	175	385	25.888	385		
		NO.5	6.76	1	107	105	165.91	365	24.543	365		
		NO.6	6.76	1	106	104	186.36	410	27.569	410	26.28	390.83
12ชม.		NO.1	6.76	1	105	104	175	385	25.888	385		
		NO.2	6.76	1	104	102	177.27	390	26.224	390		
		NO.3	6.76	1	105	103	181.82	400	26.896	400		
		NO.4	6.76	1	107	105	181.82	400	26.896	400		
		NO.5	6.76	1	106	104	163.64	360	24.207	360		
		NO.6	6.76	1	104	102	186.36	410	27.569	410	26.28	390.83
1วัน		NO.1	6.76	1	105	103	177.27	390	26.224	390		
		NO.2	6.76	1	106	104	181.82	400	26.896	400		
		NO.3	6.76	1	104	102	172.73	380	25.551	380		
		NO.4	6.76	1	105	103	172.73	380	25.551	380		
		NO.5	6.76	1	107	105	184.09	405	27.232	405		
		NO.6	6.76	1	105	103	172.73	380	25.551	380	26.17	389.17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่ควรเอาไปใช้ประโยชน์ทางการค้า  
 ไม่ว่ากรรมใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งหากมีเหตุเปลี่ยนแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SPECIMEN NO.			CROSS SECTION		WEIGHT (g)		ULTIMATE LOAD		TENSILE STRENGTH		AVERAGE TENSILE	
TIME	AGE	NO	cmxcm	inxin	ก่อน	หลัง	kg	lb	KSC	PSI	KSC	PSI
3วัน		NO.1	6.76	1	104	102	172.73	380	25.551	380		
		NO.2	6.76	1	105	103	181.82	400	26.896	400		
		NO.3	6.76	1	106	104	170.45	375	25.215	375		
		NO.4	6.76	1	105	102	172.73	380	25.551	380		
		NO.5	6.76	1	104	102	175	385	25.888	385		
		NO.6	6.76	1	107	105	186.36	410	27.569	410	<b>26.11</b>	<b>388.33</b>
7วัน		NO.1	6.76	1	105	103	181.82	400	26.896	400		
		NO.2	6.76	1	104	102	172.73	380	25.551	380		
		NO.3	6.76	1	105	103	175	385	25.888	385		
		NO.4	6.76	1	105	103	163.64	360	24.207	360		
		NO.5	6.76	1	104	102	179.55	395	26.56	395		
		NO.6	6.76	1	106	104	184.09	405	27.232	405	<b>26.06</b>	<b>387.50</b>
15วัน		NO.1	6.76	1	104	102	179.55	395	26.56	395		
		NO.2	6.76	1	105	103	184.09	405	27.232	405		
		NO.3	6.76	1	104	102	181.82	400	26.896	400		
		NO.4	6.76	1	105	103	170.45	375	25.215	375		
		NO.5	6.76	1	104	103	175	385	25.888	385		
		NO.6	6.76	1	106	104	163.64	360	24.207	360	<b>26.00</b>	<b>386.67</b>
28วัน		NO.1	6.76	1	104	102	179.55	395	26.56	395		
		NO.2	6.76	1	105	103	181.82	400	26.896	400		
		NO.3	6.76	1	104	102	181.82	400	26.896	400		
		NO.4	6.76	1	105	103	170.45	375	25.215	375		
		NO.5	6.76	1	104	103	172.73	380	25.551	380		
		NO.6	6.76	1	106	104	163.64	360	24.207	360	<b>25.89</b>	<b>385.00</b>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

KMITL

TENSILE STRENGTH OF SAND CO<sub>2</sub>TEMPERATURE 250° C

SPECIMEN			CROSS		WEIGHT		ULTIMATE		TENSILE		AVERAGE	
NO.			SECTION		(g)		LOAD		STRENGTH		TENSILE	
TIME	AGE	NO	cmxcm	inxin	ก่อน	หลัง	kg	lb	KSC	PSI	KSC	PSI
15 นาที	ทันที	NO.1	6.76	1	105	103	79.545	175	11.767	175		
		NO.2	6.76	1	104	102	84.091	185	12.439	185		
		NO.3	6.76	1	105	103	81.818	180	12.103	180		
		NO.4	6.76	1	106	104	90.909	200	13.448	200		
		NO.5	6.76	1	104	103	81.818	180	12.103	180		
		NO.6	6.76	1	105	103	90.909	200	13.448	200	12.55	186.67
1 ชม.		NO.1	6.76	1	106	104	79.545	175	11.767	175		
		NO.2	6.76	1	107	105	90.909	200	13.448	200		
		NO.3	6.76	1	104	102	81.818	180	12.103	180		
		NO.4	6.76	1	107	104	90.909	200	13.448	200		
		NO.5	6.76	1	105	103	84.091	185	12.439	185		
		NO.6	6.76	1	104	102	81.818	180	12.103	180	12.55	186.67
12 ชม.		NO.1	6.76	1	106	104	90.909	200	13.448	200		
		NO.2	6.76	1	105	103	81.818	180	12.103	180		
		NO.3	6.76	1	105	103	86.364	190	12.776	190		
		NO.4	6.76	1	104	102	79.545	175	11.767	175		
		NO.5	6.76	1	106	104	84.091	185	12.439	185		
		NO.6	6.76	1	106	103	84.091	185	12.439	185	12.50	185.83
1 วัน		NO.1	6.76	1	105	103	84.091	185	12.439	185		
		NO.2	6.76	1	104	102	79.545	175	11.767	175		
		NO.3	6.76	1	105	103	72.727	160	10.758	160		
		NO.4	6.76	1	105	103	88.636	195	13.112	195		
		NO.5	6.76	1	107	105	90.909	200	13.448	200		
		NO.6	6.76	1	104	102	90.909	200	13.448	200	12.50	185.83

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานานาชาติเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น สิทธิทั้งหมดมีให้ด้วยเงื่อนไข และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SPECIMEN			CROSS		WEIGHT		ULTIMATE		TENSILE		AVERAGE	
NO.			SECTION		(g)		LOAD		STRENGTH		TENSILE	
TIME	AGE	NO	cmxcm	inxin	ก่อน	หลัง	kg	lb	KSC	PSI	KSC	PSI
3 วัน		NO.1	6.76	1	107	105	86.364	190	12.776	190		
		NO.2	6.76	1	104	102	84.091	185	12.439	185		
		NO.3	6.76	1	105	103	77.273	170	11.431	170		
		NO.4	6.76	1	106	105	90.909	200	13.448	200		
		NO.5	6.76	1	104	102	77.273	170	11.431	170		
		NO.6	6.76	1	105	103	88.636	195	13.112	195	12.44	185.00
7 วัน		NO.1	6.76	1	106	104	86.364	190	12.776	190		
		NO.2	6.76	1	107	105	90.909	200	13.448	200		
		NO.3	6.76	1	104	102	77.273	170	11.431	170		
		NO.4	6.76	1	105	103	86.364	190	12.776	190		
		NO.5	6.76	1	106	104	81.818	180	12.103	180		
		NO.6	6.76	1	105	103	79.545	175	11.767	175	12.38	184.17
15 วัน		NO.1	6.76	1	104	102	88.636	195	13.112	195		
		NO.2	6.76	1	106	104	81.818	180	12.103	180		
		NO.3	6.76	1	107	105	90.909	200	13.448	200		
		NO.4	6.76	1	105	103	86.364	190	12.776	190		
		NO.5	6.76	1	104	102	72.727	160	10.758	160		
		NO.6	6.76	1	105	103	79.545	175	11.767	175	12.33	183.33
28 วัน		NO.1	6.76	1	104	102	86.364	190	12.776	190		
		NO.2	6.76	1	106	104	81.818	180	12.103	180		
		NO.3	6.76	1	107	105	90.909	200	13.448	200		
		NO.4	6.76	1	105	103	86.364	190	12.776	190		
		NO.5	6.76	1	104	102	72.727	160	10.758	160		
		NO.6	6.76	1	105	103	79.545	175	11.767	175	12.27	182.50
30 นาที	ทันที	NO.1	6.76	1	107	105	181.82	400	26.896	400		
		NO.2	6.76	1	105	103	170.45	375	25.215	375		
		NO.3	6.76	1	106	104	179.55	395	26.56	395		
		NO.4	6.76	1	104	102	168.18	370	24.879	370		
		NO.5	6.76	1	107	105	175	385	25.888	385		
		NO.6	6.76	1	104	102	168.18	370	24.879	370	25.72	382.50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาดูเท่านั้น ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า  
 ไม่สามารถใดๆ ทั้งสิ้น ผู้ที่หารามีให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงที่มาของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SPECIMEN NO.			CROSS SECTION		WEIGHT (g)		ULTIMATE LOAD		TENSILE STRENGTH		AVERAGE TENSILE	
TIME	AGE	NO	cmxcm	inxin	ก่อน	หลัง	kg	lb	KSC	PSI	KSC	PSI
1 ชม.		NO.1	6.76	1	106	104	168.18	370	24.879	370		
		NO.2	6.76	1	107	105	177.27	390	26.224	390		
		NO.3	6.76	1	105	103	177.27	390	26.224	390		
		NO.4	6.76	1	104	103	170.45	375	25.215	375		
		NO.5	6.76	1	106	104	175	385	25.888	385		
		NO.6	6.76	1	104	102	172.73	380	25.551	380		
12 ชม.		NO.1	6.76	1	104	102	179.55	395	26.56	395		
		NO.2	6.76	1	105	103	172.73	380	25.551	380		
		NO.3	6.76	1	107	102	177.27	390	26.224	390		
		NO.4	6.76	1	106	104	170.45	375	25.215	375		
		NO.5	6.76	1	105	103	172.73	380	25.551	380		
		NO.6	6.76	1	104	102	165.91	365	24.543	365		
1 วัน		NO.1	6.76	1	105	104	177.27	390	26.224	390		
		NO.2	6.76	1	105	103	172.73	380	25.551	380		
		NO.3	6.76	1	104	101	163.64	360	24.207	360		
		NO.4	6.76	1	106	104	177.27	390	26.224	390		
		NO.5	6.76	1	105	103	170.45	375	25.215	375		
		NO.6	6.76	1	104	102	172.73	380	25.551	380		
3 วัน		NO.1	6.76	1	107	105	177.27	390	26.224	390		
		NO.2	6.76	1	107	105	177.27	390	26.224	390		
		NO.3	6.76	1	104	102	170.45	375	25.215	375		
		NO.4	6.76	1	105	103	168.18	370	24.879	370		
		NO.5	6.76	1	106	104	168.18	370	24.879	370		
		NO.6	6.76	1	105	103	172.73	380	25.551	380		
7 วัน		NO.1	6.76	1	107	105	177.27	390	26.224	390		
		NO.2	6.76	1	105	102	172.73	380	25.551	380		
		NO.3	6.76	1	107	105	170.45	375	25.215	375		
		NO.4	6.76	1	105	103	168.18	370	24.879	370		
		NO.5	6.76	1	104	102	170.45	375	25.215	375		
		NO.6	6.76	1	106	104	172.73	380	25.551	380		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่ควรนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ควรตีพิมพ์โดยไม่ได้รับอนุญาต และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SPECIMEN NO.			CROSS SECTION		WEIGHT (g)		ULTIMATE LOAD		TENSILE STRENGTH		AVERAGE TENSILE	
TIME	AGE	NO	cmxcm	inxin	ก่อน	หลัง	kg	lb	KSC	PSI	KSC	PSI
15วัน		NO.1	6.76	1	105	103	172.73	380	25.551	380		
		NO.2	6.76	1	105	103	172.73	380	25.551	380		
		NO.3	6.76	1	104	102	170.45	375	25.215	375		
		NO.4	6.76	1	106	104	163.64	360	24.207	360		
		NO.5	6.76	1	104	102	170.45	375	25.215	375		
		NO.6	6.76	1	107	105	179.55	395	26.56	395		
28วัน		NO.1	6.76	1	105	103	172.73	380	25.551	380		
		NO.2	6.76	1	105	103	172.73	380	25.551	380		
		NO.3	6.76	1	104	102	168.18	370	24.879	370		
		NO.4	6.76	1	106	104	163.64	360	24.207	360		
		NO.5	6.76	1	104	102	170.45	375	25.215	375		
		NO.6	6.76	1	107	105	179.55	395	26.56	395		
1 ชม.	ทันที	NO.1	6.76	1	104	102	172.73	380	25.551	380		
		NO.2	6.76	1	105	103	175	385	25.888	385		
		NO.3	6.76	1	106	104	170.45	375	25.215	375		
		NO.4	6.76	1	105	103	163.64	360	24.207	360		
		NO.5	6.76	1	104	102	172.73	380	25.551	380		
		NO.6	6.76	1	107	105	177.27	390	26.224	390		
1 ชม.		NO.1	6.76	1	105	103	172.73	380	25.551	380		
		NO.2	6.76	1	104	102	172.73	380	25.551	380		
		NO.3	6.76	1	105	103	163.64	360	24.207	360		
		NO.4	6.76	1	106	104	175	385	25.888	385		
		NO.5	6.76	1	104	103	172.73	380	25.551	380		
		NO.6	6.76	1	107	105	175	385	25.888	385		
12 ชม.		NO.1	6.76	1	105	103	175	385	25.888	385		
		NO.2	6.76	1	105	103	170.45	375	25.215	375		
		NO.3	6.76	1	104	102	163.64	360	24.207	360		
		NO.4	6.76	1	106	103	172.73	380	25.551	380		
		NO.5	6.76	1	107	104	179.55	395	26.56	395		
		NO.6	6.76	1	105	103	170.45	375	25.215	375		

เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษานานับ ไม่นับว่าได้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า  
 ทรัพย์สินใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ต้นแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SPECIMEN			CROSS		WEIGHT		ULTIMATE		TENSILE		AVERAGE	
NO.			SECTION		(g)		LOAD		STRENGTH		TENSILE	
TIME	AGE	NO	cmxcm	inxin	ก่อน	หลัง	kg	lb	KSC	PSI	KSC	PSI
1วัน		NO.1	6.76	1	104	102	172.73	380	25.551	380		
		NO.2	6.76	1	106	103	175	385	25.888	385		
		NO.3	6.76	1	107	104	172.73	380	25.551	380		
		NO.4	6.76	1	104	102	170.45	375	25.215	375		
		NO.5	6.76	1	105	103	170.45	375	25.215	375		
		NO.6	6.76	1	106	104	168.18	370	24.879	370	25.38	377.50
3วัน		NO.1	6.76	1	104	102	165.91	365	24.543	365		
		NO.2	6.76	1	105	103	175	385	25.888	385		
		NO.3	6.76	1	105	103	170.45	375	25.215	375		
		NO.4	6.76	1	106	104	165.91	365	24.543	365		
		NO.5	6.76	1	104	102	175	385	25.888	385		
		NO.6	6.76	1	107	105	177.27	390	26.224	390	25.38	377.50
7วัน		NO.1	6.76	1	104	102	170.45	375	25.215	375		
		NO.2	6.76	1	105	103	172.73	380	25.551	380		
		NO.3	6.76	1	106	104	175	385	25.888	385		
		NO.4	6.76	1	105	103	172.73	380	25.551	380		
		NO.5	6.76	1	104	102	168.18	370	24.879	370		
		NO.6	6.76	1	104	102	165.91	365	24.543	365	25.27	375.83
15วัน		NO.1	6.76	1	105	103	170.45	375	25.215	375		
		NO.2	6.76	1	105	103	172.73	380	25.551	380		
		NO.3	6.76	1	106	104	172.73	380	25.551	380		
		NO.4	6.76	1	104	103	163.64	360	24.207	360		
		NO.5	6.76	1	107	105	175	385	25.888	385		
		NO.6	6.76	1	105	103	168.18	370	24.879	370	25.22	375.00
28วัน		NO.1	6.76	1	105	103	168.18	370	24.879	370		
		NO.2	6.76	1	105	103	172.73	380	25.551	380		
		NO.3	6.76	1	106	104	172.73	380	25.551	380		
		NO.4	6.76	1	104	103	163.64	360	24.207	360		
		NO.5	6.76	1	107	105	172.73	380	25.551	380		
		NO.6	6.76	1	105	103	168.18	370	24.879	370	25.10	373.33

นี่เป็นเอกสารที่ส่งไว้สำหรับครูโรงเรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่มีการตีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SPECIMEN			CROSS		WEIGHT		ULTIMATE		TENSILE		AVERAGE	
NO.			SECTION		(g)		LOAD		STRENGTH		TENSILE	
TIME	AGE	NO	cmxcm	inxin	ก่อน	หลัง	kg	lb	KSC	PSI	KSC	PSI
6 ชม.	ทันที	NO.1	6.76	1	104	102	131.82	290	19.5	290		
		NO.2	6.76	1	105	103	136.36	300	20.172	300		
		NO.3	6.76	1	106	104	134.09	295	19.836	295		
		NO.4	6.76	1	104	103	122.73	270	18.155	270		
		NO.5	6.76	1	105	103	125	275	18.491	275		
		NO.6	6.76	1	105	103	122.73	270	18.155	270	19.05	283.33
1 ชม.		NO.1	6.76	1	107	105	136.36	300	20.172	300		
		NO.2	6.76	1	104	102	134.09	295	19.836	295		
		NO.3	6.76	1	105	103	120.45	265	17.819	265		
		NO.4	6.76	1	104	102	129.55	285	19.164	285		
		NO.5	6.76	1	106	104	125	275	18.491	275		
		NO.6	6.76	1	106	104	127.27	280	18.827	280	19.05	283.33
12 ชม.		NO.1	6.76	1	107	104	127.27	280	18.827	280		
		NO.2	6.76	1	104	101	129.55	285	19.164	285		
		NO.3	6.76	1	105	104	125	275	18.491	275		
		NO.4	6.76	1	104	102	120.45	265	17.819	265		
		NO.5	6.76	1	107	105	136.36	300	20.172	300		
		NO.6	6.76	1	106	104	131.82	290	19.5	290	19.00	282.50
1 วัน		NO.1	6.76	1	104	102	131.82	290	19.5	290		
		NO.2	6.76	1	105	103	134.09	295	19.836	295		
		NO.3	6.76	1	106	104	131.82	290	19.5	290		
		NO.4	6.76	1	104	102	127.27	280	18.827	280		
		NO.5	6.76	1	105	103	120.45	265	17.819	265		
		NO.6	6.76	1	105	103	125	275	18.491	275	19.00	282.50
3 วัน		NO.1	6.76	1	107	104	131.82	290	19.5	290		
		NO.2	6.76	1	106	103	131.82	290	19.5	290		
		NO.3	6.76	1	105	103	125	275	18.491	275		
		NO.4	6.76	1	107	105	127.27	280	18.827	280		
		NO.5	6.76	1	105	103	129.55	285	19.164	285		
		NO.6	6.76	1	104	102	122.73	270	18.155	270	18.94	281.67

นี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า

โดยไม่ขออนุญาตจากกรมฯ หรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SPECIMEN NO.			CROSS SECTION		WEIGHT (g)		ULTIMATE LOAD		TENSILE STRENGTH		AVERAGE TENSILE	
TIME	AGE	NO	cmxcm	inxin	ก่อน	หลัง	kg	lb	KSC	PSI	KSC	PSI
7วัน		NO.1	6.76	1	106	104	134.09	295	19.836	295	18.94	281.67
		NO.2	6.76	1	105	103	125	275	18.491	275		
		NO.3	6.76	1	105	103	127.27	280	18.827	280		
		NO.4	6.76	1	107	105	129.55	285	19.164	285		
		NO.5	6.76	1	104	102	125	275	18.491	275		
		NO.6	6.76	1	106	104	127.27	280	18.827	280		
15วัน		NO.1	6.76	1	104	102	120.45	265	17.819	265	18.77	279.17
		NO.2	6.76	1	105	103	127.27	280	18.827	280		
		NO.3	6.76	1	106	104	122.73	270	18.155	270		
		NO.4	6.76	1	106	104	127.27	280	18.827	280		
		NO.5	6.76	1	107	105	131.82	290	19.5	290		
		NO.6	6.76	1	105	103	131.82	290	19.5	290		
28วัน		NO.1	6.76	1	104	102	118.18	260	17.483	260	18.72	278.33
		NO.2	6.76	1	105	103	127.27	280	18.827	280		
		NO.3	6.76	1	106	104	122.73	270	18.155	270		
		NO.4	6.76	1	106	104	127.27	280	18.827	280		
		NO.5	6.76	1	107	105	131.82	290	19.5	290		
		NO.6	6.76	1	105	103	131.82	290	19.5	290		
12 ชม.	ทันที	NO.1	6.76	1	106	104	104.55	230	15.465	230	16.36	243.33
		NO.2	6.76	1	105	103	104.55	230	15.465	230		
		NO.3	6.76	1	104	102	115.91	255	17.146	255		
		NO.4	6.76	1	105	103	111.36	245	16.474	245		
		NO.5	6.76	1	106	105	109.09	240	16.138	240		
		NO.6	6.76	1	107	105	118.18	260	17.483	260		
1 ชม.		NO.1	6.76	1	104	103	115.91	255	17.146	255	16.36	243.33
		NO.2	6.76	1	105	103	109.09	240	16.138	240		
		NO.3	6.76	1	104	102	106.82	235	15.802	235		
		NO.4	6.76	1	106	104	113.64	250	16.81	250		
		NO.5	6.76	1	107	105	113.64	250	16.81	250		
		NO.6	6.76	1	105	103	104.55	230	15.465	230		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่สามารถใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีให้คำปรึกษาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SPECIMEN			CROSS SECTION		WEIGHT (g)		ULTIMATE LOAD		TENSILE STRENGTH		AVERAGE TENSILE	
TIME	AGE	NO	cmxcm	inxin	ก่อน	หลัง	kg	lb	KSC	PSI	KSC	PSI
12 ชม.		NO.1	6.76	1	104	102	113.64	250	16.81	250		
		NO.2	6.76	1	105	103	113.64	250	16.81	250		
		NO.3	6.76	1	106	104	104.55	230	15.465	230		
		NO.4	6.76	1	104	103	111.36	245	16.474	245		
		NO.5	6.76	1	105	102	104.55	230	15.465	230		
		NO.6	6.76	1	106	103	113.64	250	16.81	250	16.31	242.50
1 วัน		NO.1	6.76	1	105	103	111.36	245	16.474	245		
		NO.2	6.76	1	105	103	118.18	260	17.483	260		
		NO.3	6.76	1	104	102	104.55	230	15.465	230		
		NO.4	6.76	1	106	104	104.55	230	15.465	230		
		NO.5	6.76	1	106	104	104.55	230	15.465	230		
		NO.6	6.76	1	105	103	118.18	260	17.483	260	16.31	242.50
3 วัน		NO.1	6.76	1	107	104	113.64	250	16.81	250		
		NO.2	6.76	1	107	104	120.45	265	17.819	265		
		NO.3	6.76	1	104	102	104.55	230	15.465	230		
		NO.4	6.76	1	105	103	102.27	225	15.129	225		
		NO.5	6.76	1	105	103	106.82	235	15.802	235		
		NO.6	6.76	1	107	105	111.36	245	16.474	245	16.25	241.67
7 วัน		NO.1	6.76	1	105	103	104.55	230	15.465	230		
		NO.2	6.76	1	106	104	111.36	245	16.474	245		
		NO.3	6.76	1	104	103	115.91	255	17.146	255		
		NO.4	6.76	1	107	105	113.64	250	16.81	250		
		NO.5	6.76	1	105	103	106.82	235	15.802	235		
		NO.6	6.76	1	105	103	104.55	230	15.465	230	16.19	240.83
15 วัน		NO.1	6.76	1	104	102	113.64	250	16.81	250		
		NO.2	6.76	1	105	103	111.36	245	16.474	245		
		NO.3	6.76	1	106	104	118.18	260	17.483	260		
		NO.4	6.76	1	104	102	104.55	230	15.465	230		
		NO.5	6.76	1	105	103	104.55	230	15.465	230		
		NO.6	6.76	1	105	103	100	220	14.793	220	16.08	239.17

ขอสงวนลิขสิทธิ์เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในการเรียนการสอนเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า  
 ไม่มีการตีพิมพ์ หักสิทธิ์ หักค่าลิขสิทธิ์ และค่าตอบแทนอื่น ๆ และสงวนลิขสิทธิ์เอกสารทุกครั้งที่มีการแก้ไข

SPECIMEN			CROSS		WEIGHT		ULTIMATE		TENSILE		AVERAGE	
NO.			SECTION		(g)		LOAD		STRENGTH		TENSILE	
TIME	AGE	NO	cmxcm	inxin	ก่อน	หลัง	kg	lb	KSC	PSI	KSC	PSI
28วัน		NO.1	6.76	1	104	102	113.64	250	16.81	250	16.03	238.33
		NO.2	6.76	1	105	103	109.09	240	16.138	240		
		NO.3	6.76	1	106	104	118.18	260	17.483	260		
		NO.4	6.76	1	104	102	104.55	230	15.465	230		
		NO.5	6.76	1	105	103	104.55	230	15.465	230		
		NO.6	6.76	1	105	103	100	220	14.793	220		
1วัน	ทันที	NO.1	6.76	1	105	103	109.09	240	16.138	240	16.53	245.83
		NO.2	6.76	1	105	103	111.36	245	16.474	245		
		NO.3	6.76	1	104	102	113.64	250	16.81	250		
		NO.4	6.76	1	106	104	111.36	245	16.474	245		
		NO.5	6.76	1	107	105	115.91	255	17.146	255		
		NO.6	6.76	1	104	102	109.09	240	16.138	240		
1ชม.		NO.1	6.76	1	107	105	113.64	250	16.81	250	16.53	245.83
		NO.2	6.76	1	105	103	111.36	245	16.474	245		
		NO.3	6.76	1	106	104	113.64	250	16.81	250		
		NO.4	6.76	1	107	105	113.64	250	16.81	250		
		NO.5	6.76	1	104	102	109.09	240	16.138	240		
		NO.6	6.76	1	105	103	109.09	240	16.138	240		
12ชม.		NO.1	6.76	1	106	104	118.18	260	17.483	260	16.42	244.17
		NO.2	6.76	1	105	103	113.64	250	16.81	250		
		NO.3	6.76	1	106	104	106.82	235	15.802	235		
		NO.4	6.76	1	107	105	109.09	240	16.138	240		
		NO.5	6.76	1	105	103	106.82	235	15.802	235		
		NO.6	6.76	1	104	102	111.36	245	16.474	245		
1วัน		NO.1	6.76	1	105	103	106.82	235	15.802	235	16.42	244.17
		NO.2	6.76	1	105	103	104.55	230	15.465	230		
		NO.3	6.76	1	104	102	111.36	245	16.474	245		
		NO.4	6.76	1	106	104	115.91	255	17.146	255		
		NO.5	6.76	1	104	102	109.09	240	16.138	240		
		NO.6	6.76	1	107	103	118.18	260	17.483	260		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สแกนไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่วากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ต้นแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีกานำไปใช้

SPECIMEN			CROSS		WEIGHT		ULTIMATE		TENSILE		AVERAGE	
NO.			SECTION		(g)		LOAD		STRENGTH		TENSILE	
TIME	AGE	NO	cmxcm	inxin	ก่อน	หลัง	kg	lb	KSC	PSI	KSC	PSI
3วัน		NO.1	6.76	1	105	103	109.09	240	16.138	240		
		NO.2	6.76	1	106	104	104.55	230	15.465	230		
		NO.3	6.76	1	104	103	109.09	240	16.138	240		
		NO.4	6.76	1	105	103	115.91	255	17.146	255		
		NO.5	6.76	1	107	104	115.91	255	17.146	255		
		NO.6	6.76	1	104	102	109.09	240	16.138	240	<b>16.36</b>	<b>243.33</b>
7วัน		NO.1	6.76	1	105	103	109.09	240	16.138	240		
		NO.2	6.76	1	106	104	115.91	255	17.146	255		
		NO.3	6.76	1	105	103	109.09	240	16.138	240		
		NO.4	6.76	1	104	103	113.64	250	16.81	250		
		NO.5	6.76	1	105	103	109.09	240	16.138	240		
		NO.6	6.76	1	105	103	104.55	230	15.465	230	<b>16.31</b>	<b>242.50</b>
15วัน		NO.1	6.76	1	104	102	109.09	240	16.138	240		
		NO.2	6.76	1	105	103	109.09	240	16.138	240		
		NO.3	6.76	1	106	104	111.36	245	16.474	245		
		NO.4	6.76	1	105	103	109.09	240	16.138	240		
		NO.5	6.76	1	104	102	106.82	235	15.802	235		
		NO.6	6.76	1	104	103	113.64	250	16.81	250	<b>16.25</b>	<b>241.67</b>
28วัน		NO.1	6.76	1	104	102	109.09	240	16.138	240		
		NO.2	6.76	1	105	103	109.09	240	16.138	240		
		NO.3	6.76	1	106	104	109.09	240	16.138	240		
		NO.4	6.76	1	105	103	109.09	240	16.138	240		
		NO.5	6.76	1	104	102	106.82	235	15.802	235		
		NO.6	6.76	1	104	103	113.64	250	16.81	250	<b>16.19</b>	<b>240.83</b>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



## ตารางบันทึกผลการทดลองที่ 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

KMITL

COMPRESSIVE STRENGTH OF SAND CO<sub>2</sub>

TEMPERATURE

ห้อง (35° C)

SPECIMEN NO.		AREA SECTION	WEIGHT (g)		Density kg/cm <sup>3</sup>	ULTIMATE LOAD kg	COMPRESSIVE STRENGTH KSC	AVERAGE COMPRESSIVE KSC
AGE	NO	cmxcm	ก่อน	หลัง	kg/cm <sup>3</sup>	kg	KSC	KSC
ทดสอบทันที	NO.1	26.01	216	216	1.64	750	29.15	30.43
	NO.2	26.01	216	216	1.64	765	29.73	
	NO.3	26.01	220	220	1.67	855	33.23	
	NO.4	26.01	216	216	1.64	735	28.57	
	NO.5	26.01	220	220	1.67	810	31.48	
15 นาที	NO.1	26.01	216	216	1.64	765	29.73	30.78
	NO.2	26.01	220	220	1.67	810	31.48	
	NO.3	26.01	216	216	1.64	795	30.90	
	NO.4	26.01	218	218	1.66	780	30.32	
	NO.5	26.01	220	220	1.67	810	31.48	
30 นาที	NO.1	26.01	218	218	1.66	795	30.90	30.90
	NO.2	26.01	220	220	1.67	810	31.48	
	NO.3	26.01	216	216	1.64	825	32.07	
	NO.4	26.01	216	216	1.64	795	30.90	
	NO.5	26.01	216	216	1.64	750	29.15	
1 ชม.	NO.1	26.01	216	216	1.64	795	30.90	31.33
	NO.2	26.01	216	216	1.64	780	30.32	
	NO.3	26.01	219	219	1.66	825	32.07	
	NO.4	26.01	217	217	1.65	780	30.32	
	NO.5	26.01	216	216	1.64	850	33.04	

เอกสารนี้เป็นเอกสารของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ไม่ควรเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตจากทางมหาวิทยาลัย

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SPECIMEN		AREA	WEIGHT		Density	ULTIMATE	COMPRESSIVE	AVERAGE
NO.		SECTION	(g)			LOAD	STRENGTH	COMPRESSIVE
AGE	NO	cmxcm	ก่อน	หลัง	kg/cm <sup>3</sup>	kg	KSC	KSC
6ชม.	NO.1	26.01	220	220	1.67	885	34.40	
	NO.2	26.01	220	220	1.67	870	33.82	
	NO.3	26.01	216	216	1.64	810	31.48	
	NO.4	26.01	216	216	1.64	810	31.48	
	NO.5	26.01	216	216	1.64	795	30.90	
12ชม.	NO.1	26.01	216	216	1.64	810	31.48	
	NO.2	26.01	216	216	1.64	825	32.07	
	NO.3	26.01	220	220	1.67	870	33.82	
	NO.4	26.01	216	216	1.64	870	33.82	
	NO.5	26.01	216	216	1.64	840	32.65	
1วัน	NO.1	26.01	218	218	1.66	840	32.65	
	NO.2	26.01	220	220	1.67	870	33.82	
	NO.3	26.01	216	216	1.64	840	32.65	
	NO.4	26.01	218	218	1.66	855	33.23	
	NO.5	26.01	216	216	1.64	840	32.65	
3วัน	NO.1	26.01	216	216	1.64	855	33.23	
	NO.2	26.01	216	216	1.64	840	32.65	
	NO.3	26.01	220	220	1.67	825	32.07	
	NO.4	26.01	216	216	1.64	870	33.82	
	NO.5	26.01	220	220	1.67	870	33.82	
7วัน	NO.1	26.01	216	216	1.64	870	33.82	
	NO.2	26.01	216	216	1.64	855	33.23	
	NO.3	26.01	223	223	1.69	900	34.98	
	NO.4	26.01	216	216	1.64	810	31.48	
	NO.5	26.01	216	216	1.64	810	31.48	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SPECIMEN NO.		AREA SECTION	WEIGHT (g)		Density	ULTIMATE LOAD	COMPRESSIVE STRENGTH	AVERAGE COMPRESSIVE
AGE	NO	cmxcm	ก่อน	หลัง	kg/cm <sup>3</sup>	kg	KSC	KSC
15วัน	NO.1	26.01	218	218	1.66	825	32.07	32.18
	NO.2	26.01	220	220	1.67	810	31.48	
	NO.3	26.01	216	216	1.64	840	32.65	
	NO.4	26.01	216	216	1.64	810	31.48	
	NO.5	26.01	223	223	1.69	855	33.23	
28วัน	NO.1	26.01	223	223	1.69	840	32.65	32.18
	NO.2	26.01	220	220	1.67	825	32.07	
	NO.3	26.01	216	216	1.64	810	31.48	
	NO.4	26.01	216	216	1.64	825	32.07	
	NO.5	26.01	220	220	1.67	840	32.65	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

## KMITL

### COMPRESSIVE STRENGTH OF SAND CO<sub>2</sub>

TEMPERATURE

50°C

SPECIMEN			AREA	WEIGHT		Density	ULTIMATE	COMPRESSIVE	AVERAGE
NO.			SECTION	(g)			LOAD	STRENGTH	COMPRESSIVE
TIME	AGE	NO	cmxcm	ก่อน	หลัง	kg/cm <sup>3</sup>	kg	KSC	KSC
15 นาที	ทันที	NO.1	26.01	216	216	1.64	810	31.48	33.47
		NO.2	26.01	220	220	1.67	900	34.98	
		NO.3	26.01	216	216	1.64	870	33.82	
		NO.4	26.01	216	216	1.64	855	33.23	
		NO.5	26.01	223	223	1.69	870	33.82	
1 ชม.		NO.1	26.01	218	218	1.66	870	33.82	33.23
		NO.2	26.01	216	216	1.64	870	33.82	
		NO.3	26.01	223	223	1.69	855	33.23	
		NO.4	26.01	220	220	1.67	825	32.07	
		NO.5	26.01	216	216	1.64	855	33.23	
12 ชม.		NO.1	26.01	223	223	1.69	900	34.98	33.70
		NO.2	26.01	220	220	1.67	870	33.82	
		NO.3	26.01	216	216	1.64	810	31.48	
		NO.4	26.01	216	216	1.64	855	33.23	
		NO.5	26.01	220	220	1.67	900	34.98	
1 วัน		NO.1	26.01	216	216	1.64	855	33.23	33.58
		NO.2	26.01	216	216	1.64	870	33.82	
		NO.3	26.01	220	220	1.67	870	33.82	
		NO.4	26.01	216	216	1.64	855	33.23	
		NO.5	26.01	220	220	1.67	870	33.82	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SPECIMEN			AREA	WEIGHT		Density	ULTIMATE	COMPRESSIVE	AVERAGE
NO.			SECTION	(g)			LOAD	STRENGTH	COMPRESSIVE
TIME	AGE	NO	cmxcm	ก่อน	หลัง	kg/cm <sup>3</sup>	kg	KSC	KSC
	3วัน	NO.1	26.01	220	220	1.67	825	32.07	32.53
		NO.2	26.01	220	220	1.67	855	33.23	
		NO.3	26.01	216	216	1.64	825	32.07	
		NO.4	26.01	216	216	1.64	825	32.07	
		NO.5	26.01	216	216	1.64	855	33.23	
	7วัน	NO.1	26.01	216	216	1.64	825	32.07	32.42
		NO.2	26.01	216	216	1.64	810	31.48	
		NO.3	26.01	223	223	1.69	870	33.82	
		NO.4	26.01	216	216	1.64	855	33.23	
		NO.5	26.01	216	216	1.64	810	31.48	
	15วัน	NO.1	26.01	218	218	1.66	825	32.07	31.48
		NO.2	26.01	220	220	1.67	810	31.48	
		NO.3	26.01	216	216	1.64	780	30.32	
		NO.4	26.01	216	216	1.64	825	32.07	
		NO.5	26.01	223	223	1.69	810	31.48	
	28วัน	NO.1	26.01	218	218	1.66	800	31.10	31.25
		NO.2	26.01	220	220	1.67	810	31.48	
		NO.3	26.01	216	216	1.64	780	30.32	
		NO.4	26.01	216	216	1.64	820	31.87	
		NO.5	26.01	223	223	1.69	810	31.48	
30 นาที	ทันที	NO.1	26.01	220	219	1.66	915	35.57	35.22
		NO.2	26.01	218	217	1.65	885	34.40	
		NO.3	26.01	223	222	1.69	945	36.73	
		NO.4	26.01	216	215	1.63	900	34.98	
		NO.5	26.01	216	215	1.63	885	34.40	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SPECIMEN			AREA	WEIGHT		Density	ULTIMATE	COMPRESSIVE	AVERAGE
NO.			SECTION	(g)			LOAD	STRENGTH	COMPRESSIVE
TIME	AGE	NO	cmxcm	ก่อน	หลัง	kg/cm <sup>3</sup>	kg	KSC	KSC
1 ชม.	NO.1	26.01	216	215	1.63	870	33.82	<b>35.22</b>	
	NO.2	26.01	216	215	1.63	855	33.23		
	NO.3	26.01	217	216	1.64	900	34.98		
	NO.4	26.01	222	221	1.68	975	37.90		
	NO.5	26.01	220	219	1.66	930	36.15		
12 ชม.	NO.1	26.01	218	217	1.65	900	34.98	<b>35.10</b>	
	NO.2	26.01	216	215	1.63	870	33.82		
	NO.3	26.01	223	222	1.69	945	36.73		
	NO.4	26.01	220	219	1.66	915	35.57		
	NO.5	26.01	216	215	1.63	885	34.40		
1 วัน	NO.1	26.01	216	215	1.63	885	34.40	<b>34.98</b>	
	NO.2	26.01	220	219	1.66	900	34.98		
	NO.3	26.01	218	217	1.65	915	35.57		
	NO.4	26.01	222	221	1.68	915	35.57		
	NO.5	26.01	216	215	1.63	885	34.40		
3 วัน	NO.1	26.01	216	215	1.63	885	34.40	<b>34.63</b>	
	NO.2	26.01	218	217	1.65	900	34.98		
	NO.3	26.01	216	215	1.63	870	33.82		
	NO.4	26.01	220	219	1.66	930	36.15		
	NO.5	26.01	216	215	1.63	870	33.82		
7 วัน	NO.1	26.01	223	222	1.69	900	34.98	<b>33.35</b>	
	NO.2	26.01	222	221	1.68	870	33.82		
	NO.3	26.01	216	215	1.63	810	31.48		
	NO.4	26.01	216	215	1.63	810	31.48		
	NO.5	26.01	218	217	1.65	900	34.98		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SPECIMEN NO.			AREA SECTION	WEIGHT (g)		Density	ULTIMATE LOAD	COMPRESSIVE STRENGTH	AVERAGE COMPRESSIVE
TIME	AGE	NO	cmxcm	ก่อน	หลัง	kg/cm <sup>3</sup>	kg	KSC	KSC
	15วัน	NO.1	26.01	220	220	1.67	855	33.23	<b>32.49</b>
		NO.2	26.01	216	215	1.63	840	32.65	
		NO.3	26.01	216	215	1.63	820	31.87	
		NO.4	26.01	222	221	1.68	855	33.23	
		NO.5	26.01	218	218	1.66	810	31.48	
	28วัน	NO.1	26.01	220	220	1.67	840	32.65	<b>32.11</b>
		NO.2	26.01	216	215	1.63	840	32.65	
		NO.3	26.01	216	215	1.63	820	31.87	
		NO.4	26.01	222	221	1.68	820	31.87	
		NO.5	26.01	218	218	1.66	810	31.48	
1 ชม.	ทันที	NO.1	26.01	221	220	1.67	1,200	46.64	<b>44.43</b>
		NO.2	26.01	220	219	1.66	1,110	43.14	
		NO.3	26.01	216	215	1.63	1,200	46.64	
		NO.4	26.01	216	215	1.63	1,110	43.14	
		NO.5	26.01	217	216	1.64	1,095	42.56	
1 ชม.		NO.1	26.01	216	215	1.63	1,200	46.64	<b>44.08</b>
		NO.2	26.01	217	216	1.64	1,095	42.56	
		NO.3	26.01	216	215	1.63	1,110	43.14	
		NO.4	26.01	221	220	1.67	1,140	44.31	
		NO.5	26.01	223	222	1.69	1,125	43.73	
12 ชม.		NO.1	26.01	216	215	1.63	1,155	44.89	<b>44.31</b>
		NO.2	26.01	216	215	1.63	1,140	44.31	
		NO.3	26.01	217	216	1.64	1,110	43.14	
		NO.4	26.01	222	221	1.68	1,200	46.64	
		NO.5	26.01	220	219	1.66	1,095	42.56	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SPECIMEN			AREA	WEIGHT		Density	ULTIMATE	COMPRESSIVE	AVERAGE
NO.			SECTION	(g)			LOAD	STRENGTH	COMPRESSIVE
TIME	AGE	NO	cmxcm	ก่อน	หลัง	kg/cm <sup>3</sup>	kg	KSC	KSC
	1วัน	NO.1	26.01	216	215	1.63	1200	46.64	44.19
		NO.2	26.01	220	219	1.66	1,140	44.31	
		NO.3	26.01	218	217	1.65	1,110	43.14	
		NO.4	26.01	222	221	1.68	1,095	42.56	
		NO.5	26.01	216	215	1.63	1,140	44.31	
	3วัน	NO.1	26.01	218	217	1.65	1,110	43.14	43.14
		NO.2	26.01	216	216	1.64	1,095	42.56	
		NO.3	26.01	223	222	1.69	1,140	44.31	
		NO.4	26.01	220	219	1.66	1,095	42.56	
		NO.5	26.01	216	215	1.63	1110	43.14	
	7วัน	NO.1	26.01	220	220	1.67	1,110	43.14	41.16
		NO.2	26.01	216	215	1.63	1020	39.65	
		NO.3	26.01	216	215	1.63	1110	43.14	
		NO.4	26.01	222	222	1.69	1,020	39.65	
		NO.5	26.01	218	218	1.66	1035	40.23	
	15วัน	NO.1	26.01	216	216	1.64	1020	39.65	40.11
		NO.2	26.01	220	220	1.67	1,005	39.06	
		NO.3	26.01	218	218	1.66	1110	43.14	
		NO.4	26.01	222	222	1.69	1,035	40.23	
		NO.5	26.01	216	215	1.63	990	38.48	
	28วัน	NO.1	26.01	216	216	1.64	1020	39.65	39.61
		NO.2	26.01	220	220	1.67	1,005	39.06	
		NO.3	26.01	218	218	1.66	1080	41.98	
		NO.4	26.01	222	222	1.69	1,000	38.87	
		NO.5	26.01	216	215	1.63	990	38.48	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SPECIMEN			AREA	WEIGHT		Density	ULTIMATE	COMPRESSIVE	AVERAGE
NO.			SECTION	(g)			LOAD	STRENGTH	COMPRESSIVE
TIME	AGE	NO	cmxcm	ก่อน	หลัง	kg/cm <sup>3</sup>	kg	KSC	KSC
6 ชม.	ทันที	NO.1	26.01	218	217	1.65	1,200	46.64	49.91
		NO.2	26.01	216	215	1.63	1,230	47.81	
		NO.3	26.01	216	215	1.63	1,215	47.23	
		NO.4	26.01	222	221	1.68	1,380	53.64	
		NO.5	26.01	223	222	1.69	1,395	54.22	
1 ชม.		NO.1	26.01	217	216	1.64	1,260	48.98	49.99
		NO.2	26.01	216	215	1.63	1,230	47.81	
		NO.3	26.01	216	215	1.63	1,245	48.39	
		NO.4	26.01	222	221	1.68	1,395	54.22	
		NO.5	26.01	220	219	1.66	1,300	50.53	
12 ชม.		NO.1	26.01	216	215	1.63	1,200	46.64	49.21
		NO.2	26.01	220	219	1.66	1,350	52.47	
		NO.3	26.01	218	217	1.65	1,200	46.64	
		NO.4	26.01	222	221	1.68	1,365	53.06	
		NO.5	26.01	216	215	1.63	1,215	47.23	
1 วัน		NO.1	26.01	218	217	1.65	1,245	48.39	49.44
		NO.2	26.01	216	216	1.64	1,200	46.64	
		NO.3	26.01	223	222	1.69	1,410	54.81	
		NO.4	26.01	220	219	1.66	1,305	50.72	
		NO.5	26.01	216	215	1.63	1,200	46.64	
3 วัน		NO.1	26.01	223	222	1.69	1,305	50.72	48.63
		NO.2	26.01	222	221	1.68	1,260	48.98	
		NO.3	26.01	216	215	1.63	1,215	47.23	
		NO.4	26.01	216	215	1.63	1,200	46.64	
		NO.5	26.01	218	217	1.65	1,275	49.56	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SPECIMEN NO.			AREA SECTION	WEIGHT (g)		Density	ULTIMATE LOAD	COMPRESSIVE STRENGTH	AVERAGE COMPRESSIVE
TIME	AGE	NO	cmxcm	ก่อน	หลัง	kg/cm <sup>3</sup>	kg	KSC	KSC
	7วัน	NO.1	26.01	220	220	1.67	1,200	46.64	47.46
		NO.2	26.01	218	218	1.66	1,110	43.14	
		NO.3	26.01	223	223	1.69	1,290	50.14	
		NO.4	26.01	216	216	1.64	1,305	50.72	
		NO.5	26.01	216	216	1.64	1,200	46.64	
	15วัน	NO.1	26.01	218	218	1.66	1,110	43.14	45.83
		NO.2	26.01	220	220	1.67	1,320	51.31	
		NO.3	26.01	216	216	1.64	1,125	43.73	
		NO.4	26.01	216	216	1.64	1,200	46.64	
		NO.5	26.01	223	223	1.69	1,140	44.31	
	28วัน	NO.1	26.01	218	218	1.66	1,110	43.14	45.28
		NO.2	26.01	220	220	1.67	1,300	50.53	
		NO.3	26.01	216	216	1.64	1,125	43.73	
		NO.4	26.01	216	216	1.64	1,150	44.70	
		NO.5	26.01	223	223	1.69	1,140	44.31	
12 ชม.	ทันที	NO.1	26.01	216	215	1.63	1,350	52.47	54.11
		NO.2	26.01	220	219	1.66	1,410	54.81	
		NO.3	26.01	218	217	1.65	1,395	54.22	
		NO.4	26.01	222	221	1.68	1,500	58.30	
		NO.5	26.01	216	215	1.63	1,305	50.72	
1 ชม.		NO.1	26.01	216	215	1.63	1,365	53.06	53.99
		NO.2	26.01	216	215	1.63	1,395	54.22	
		NO.3	26.01	220	219	1.66	1,410	54.81	
		NO.4	26.01	216	215	1.63	1,365	53.06	
		NO.5	26.01	220	219	1.66	1,410	54.81	

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์ห้ามทำซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาต หากมีข้อผิดพลาดประการใด

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SPECIMEN			AREA	WEIGHT		Density	ULTIMATE	COMPRESSIVE	AVERAGE
NO.			SECTION	(g)			LOAD	STRENGTH	COMPRESSIVE
TIME	AGE	NO	cmxcm	ก่อน	หลัง	kg/cm <sup>3</sup>	kg	KSC	KSC
	12 ชม.	NO.1	26.01	220	219	1.66	1,500	58.30	53.87
		NO.2	26.01	216	215	1.63	1,305	50.72	
		NO.3	26.01	216	215	1.63	1,350	52.47	
		NO.4	26.01	222	222	1.69	1,440	55.97	
		NO.5	26.01	218	217	1.65	1,335	51.89	
	1 วัน	NO.1	26.01	218	217	1.65	1,395	54.22	53.17
		NO.2	26.01	216	215	1.63	1,305	50.72	
		NO.3	26.01	216	215	1.63	1,320	51.31	
		NO.4	26.01	222	221	1.68	1,410	54.81	
		NO.5	26.01	223	222	1.69	1,410	54.81	
	8 วัน	NO.1	26.01	223	222	1.69	1,425	55.39	52.01
		NO.2	26.01	221	220	1.67	1,410	54.81	
		NO.3	26.01	216	215	1.63	1,185	46.06	
		NO.4	26.01	218	217	1.65	1,365	53.06	
		NO.5	26.01	216	215	1.63	1,305	50.72	
	7 วัน	NO.1	26.01	216	216	1.64	1,290	50.14	51.07
		NO.2	26.01	220	220	1.67	1,335	51.89	
		NO.3	26.01	218	218	1.66	1,320	51.31	
		NO.4	26.01	222	222	1.69	1,410	54.81	
		NO.5	26.01	216	216	1.64	1,215	47.23	
	15 วัน	NO.1	26.01	218	218	1.66	1,375	53.44	49.29
		NO.2	26.01	216	216	1.64	1,260	48.98	
		NO.3	26.01	216	216	1.64	1,200	46.64	
		NO.4	26.01	220	220	1.67	1,290	50.14	
		NO.5	26.01	218	218	1.66	1,215	47.23	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SPECIMEN			AREA	WEIGHT		Density	ULTIMATE	COMPRESSIVE	AVERAGE
NO.			SECTION	(g)			LOAD	STRENGTH	COMPRESSIVE
TIME	AGE	NO	cmxcm	ก่อน	หลัง	kg/cm <sup>3</sup>	kg	KSC	KSC
	28วัน	NO.1	26.01	218	218	1.66	1,275	49.56	47.73
		NO.2	26.01	216	216	1.64	1,260	48.98	
		NO.3	26.01	216	216	1.64	1,200	46.64	
		NO.4	26.01	220	220	1.67	1,190	46.25	
		NO.5	26.01	218	218	1.66	1,215	47.23	
1 วัน	ทันที	NO.1	26.01	220	219	1.66	1,650	64.13	60.40
		NO.2	26.01	222	221	1.68	1,605	62.38	
		NO.3	26.01	218	217	1.65	1,500	58.30	
		NO.4	26.01	216	215	1.63	1,515	58.89	
		NO.5	26.01	216	215	1.63	1,500	58.30	
	1ชม.	NO.1	26.01	216	215	1.63	1,500	58.30	59.82
		NO.2	26.01	218	217	1.65	1,545	60.05	
		NO.3	26.01	218	217	1.65	1,500	58.30	
		NO.4	26.01	223	222	1.69	1,605	62.38	
		NO.5	26.01	222	221	1.68	1,545	60.05	
	12ชม.	NO.1	26.01	218	217	1.65	1,500	58.30	59.70
		NO.2	26.01	217	216	1.64	1,515	58.89	
		NO.3	26.01	221	220	1.67	1,560	60.64	
		NO.4	26.01	220	219	1.66	1,575	61.22	
		NO.5	26.01	216	215	1.63	1,530	59.47	
	1วัน	NO.1	26.01	216	215	1.63	1,455	56.55	58.19
		NO.2	26.01	216	215	1.63	1,500	58.30	
		NO.3	26.01	220	219	1.66	1,485	57.72	
		NO.4	26.01	222	221	1.68	1,545	60.05	
		NO.5	26.01	218	217	1.65	1,500	58.30	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SPECIMEN			AREA SECTION	WEIGHT		Density kg/cm <sup>3</sup>	ULTIMATE LOAD	COMPRESSIVE STRENGTH	AVERAGE COMPRESSIVE
NO.				(g)					
TIME	AGE	NO	cmxcm	ก่อน	หลัง		kg	KSC	KSC
	3 วัน	NO.1	26.01	217	217	1.65	1,455	56.55	56.52
		NO.2	26.01	216	215	1.63	1,410	54.81	
		NO.3	26.01	223	223	1.69	1,500	58.30	
		NO.4	26.01	222	222	1.69	1,515	58.89	
		NO.5	26.01	216	216	1.64	1,390	54.03	
	7 วัน	NO.1	26.01	219	218	1.66	1,350	52.47	55.16
		NO.2	26.01	220	219	1.66	1,455	56.55	
		NO.3	26.01	222	221	1.68	1,500	58.30	
		NO.4	26.01	216	215	1.63	1,305	50.72	
		NO.5	26.01	220	219	1.66	1,485	57.72	
	15 วัน	NO.1	26.01	216	215	1.63	1,350	52.47	53.99
		NO.2	26.01	216	215	1.63	1,395	54.22	
		NO.3	26.01	217	216	1.64	1,380	53.64	
		NO.4	26.01	222	222	16.86	1,470	57.14	
		NO.5	26.01	220	219	1.66	1,350	52.47	
	28 วัน	NO.1	26.01	216	215	1.63	1,350	52.47	53.76
		NO.2	26.01	216	215	1.63	1,385	53.83	
		NO.3	26.01	217	216	1.64	1,380	53.64	
		NO.4	26.01	222	222	16.86	1,450	56.36	
		NO.5	26.01	220	219	1.66	1,350	52.47	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

KMITL

COMPRESSIVE STRENGTH OF SAND CO<sub>2</sub>

TEMPERATURE

100° C

SPECIMEN			AREA	WEIGHT		Density	ULTIMATE	COMPRESSIVE	AVERAGE
NO.			SECTION	(g)			LOAD	STRENGTH	COMPRESSIVE
TIME	AGE	NO	cmxcm	ก่อน	หลัง	kg/cm <sup>3</sup>	kg	KSC	KSC
15 นาที	ทันที	NO.1	26.01	218	217	1.65	1,305	50.72	50.84
		NO.2	26.01	216	215	1.63	1290	50.14	
		NO.3	26.01	216	215	1.63	1290	50.14	
		NO.4	26.01	222	221	1.68	1,335	51.89	
		NO.5	26.01	223	222	1.69	1,320	51.31	
1 ชม.		NO.1	26.01	217	216	1.64	1,290	50.14	50.14
		NO.2	26.01	216	215	1.63	1275	49.56	
		NO.3	26.01	216	215	1.63	1290	50.14	
		NO.4	26.01	222	221	1.68	1,305	50.72	
		NO.5	26.01	220	219	1.66	1,290	50.14	
12 ชม.		NO.1	26.01	216	215	1.63	1,275	49.56	49.91
		NO.2	26.01	220	219	1.66	1290	50.14	
		NO.3	26.01	218	217	1.65	1275	49.56	
		NO.4	26.01	222	221	1.68	1,305	50.72	
		NO.5	26.01	216	215	1.63	1,275	49.56	
1 วัน		NO.1	26.01	220	219	1.66	1,275	49.56	48.86
		NO.2	26.01	218	217	1.65	1275	49.56	
		NO.3	26.01	218	217	1.65	1275	49.56	
		NO.4	26.01	216	215	1.63	1,230	47.81	
		NO.5	26.01	216	215	1.63	1,230	47.81	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับใช้ภายในหน่วยงานเท่านั้น ไม่ควรเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SPECIMEN			AREA	WEIGHT		Density	ULTIMATE	COMPRESSIVE	AVERAGE
NO.			SECTION	(g)			LOAD	STRENGTH	COMPRESSIVE
TIME	AGE	NO	cmxcm	ก่อน	หลัง	kg/cm <sup>3</sup>	kg	KSC	KSC
	3วัน	NO.1	26.01	216	216	1.64	1,215	47.23	48.28
		NO.2	26.01	216	216	1.64	1200	46.64	
		NO.3	26.01	218	218	1.66	1230	47.81	
		NO.4	26.01	220	220	1.67	1,275	49.56	
		NO.5	26.01	222	222	1.69	1,290	50.14	
	7วัน	NO.1	26.01	223	223	1.69	1,230	47.81	47.34
		NO.2	26.01	222	222	1.69	1215	47.23	
		NO.3	26.01	222	222	1.69	1230	47.81	
		NO.4	26.01	218	218	1.66	1,200	46.64	
		NO.5	26.01	217	217	1.65	1,215	47.23	
	15วัน	NO.1	26.01	220	220	1.67	1,215	47.23	47.11
		NO.2	26.01	216	216	1.64	1200	46.64	
		NO.3	26.01	216	216	1.64	1200	46.64	
		NO.4	26.01	223	223	1.69	1,215	47.23	
		NO.5	26.01	219	219	1.66	1,230	47.81	
	28วัน	NO.1	26.01	220	220	1.67	1,215	47.23	47.11
		NO.2	26.01	216	216	1.64	1200	46.64	
		NO.3	26.01	216	216	1.64	1200	46.64	
		NO.4	26.01	223	223	1.69	1,245	48.39	
		NO.5	26.01	219	219	1.66	1,200	46.64	
30 นาที	ทันที	NO.1	26.01	218	216	1.64	1,500	58.30	56.55
		NO.2	26.01	218	216	1.64	1,455	56.55	
		NO.3	26.01	216	214	1.62	1,410	54.81	
		NO.4	26.01	220	218	1.66	1,500	58.30	
		NO.5	26.01	217	215	1.63	1,410	54.81	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SPECIMEN NO.			AREA SECTION	WEIGHT (g)		Density	ULTIMATE LOAD	COMPRESSIVE STRENGTH	AVERAGE COMPRESSIVE
TIME	AGE	NO	cmxcm	ก่อน	หลัง	kg/cm <sup>3</sup>	kg	KSC	KSC
	<b>1 ชม.</b>	NO.1	26.01	221	219	1.66	1,485	57.72	<b>56.32</b>
		NO.2	26.01	220	218	1.66	1,470	57.14	
		NO.3	26.01	217	215	1.63	1,410	54.81	
		NO.4	26.01	216	214	1.62	1,380	53.64	
		NO.5	26.01	223	221	1.63	1,500	58.30	
	<b>1 ชม.</b>	NO.1	26.01	221	219	1.66	1,515	58.89	<b>56.09</b>
		NO.2	26.01	220	218	1.66	1,440	55.97	
		NO.3	26.01	216	214	1.62	1,350	52.47	
		NO.4	26.01	216	214	1.62	1,410	54.81	
		NO.5	26.01	217	215	1.63	1,500	58.30	
	<b>1 วัน</b>	NO.1	26.01	216	214	1.62	1,410	54.81	<b>55.97</b>
		NO.2	26.01	217	215	1.63	1,395	54.22	
		NO.3	26.01	216	214	1.62	1,380	53.64	
		NO.4	26.01	221	219	1.66	1,500	58.30	
		NO.5	26.01	223	221	1.68	1,515	58.89	
	<b>3 วัน</b>	NO.1	26.01	216	215	1.63	1,425	55.39	<b>54.92</b>
		NO.2	26.01	216	215	1.63	1,395	54.22	
		NO.3	26.01	217	216	1.64	1,410	54.81	
		NO.4	26.01	222	221	1.68	1,425	55.39	
		NO.5	26.01	220	219	1.66	1,410	54.81	
	<b>7 วัน</b>	NO.1	26.01	216	215	1.63	1,305	50.72	<b>53.99</b>
		NO.2	26.01	220	219	1.66	1,425	55.39	
		NO.3	26.01	218	217	1.65	1,395	54.22	
		NO.4	26.01	222	221	1.68	1,455	56.55	
		NO.5	26.01	216	215	1.63	1,365	53.06	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SPECIMEN			AREA	WEIGHT		Density	ULTIMATE	COMPRESSIVE	AVERAGE
NO.			SECTION	(g)			LOAD	STRENGTH	COMPRESSIVE
TIME	AGE	NO	cmxcm	ก่อน	หลัง	kg/cm <sup>3</sup>	kg	KSC	KSC
	15วัน	NO.1	26.01	218	217	1.65	1,350	52.47	52.47
		NO.2	26.01	216	215	1.63	1,290	50.14	
		NO.3	26.01	223	222	1.69	1,425	55.39	
		NO.4	26.01	220	219	1.66	1,395	54.22	
		NO.5	26.01	216	215	1.63	1,290	50.14	
	๒8วัน	NO.1	26.01	218	217	1.65	1,300	50.53	52.05
		NO.2	26.01	216	215	1.63	1,290	50.14	
		NO.3	26.01	223	222	1.69	1,420	55.19	
		NO.4	26.01	220	219	1.66	1,395	54.22	
		NO.5	26.01	216	215	1.63	1,290	50.14	
1 ชม.	ทันที	NO.1	26.01	220	218	1.66	1,935	75.21	76.38
		NO.2	26.01	216	214	1.62	1,920	74.63	
		NO.3	26.01	216	214	1.62	1,965	76.38	
		NO.4	26.01	222	220	1.67	2,010	78.13	
		NO.5	26.01	218	216	1.64	1,995	77.54	
1 ชม.		NO.1	26.01	216	214	1.62	1,905	74.05	76.14
		NO.2	26.01	220	218	1.66	1,920	74.63	
		NO.3	26.01	218	216	1.64	1,965	76.38	
		NO.4	26.01	222	220	1.67	2,025	78.71	
		NO.5	26.01	216	214	1.62	1,980	76.96	
12 ชม.		NO.1	26.01	220	218	1.66	2,025	78.71	76.49
		NO.2	26.01	218	216	1.64	1,950	75.79	
		NO.3	26.01	223	221	1.68	1,935	75.21	
		NO.4	26.01	216	214	1.62	2,010	78.13	
		NO.5	26.01	216	214	1.62	1,920	74.63	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SPECIMEN			AREA	WEIGHT		Density	ULTIMATE	COMPRESSIVE	AVERAGE
NO.			SECTION	(g)			LOAD	STRENGTH	COMPRESSIVE
TIME	AGE	NO	cmxcm	ก่อน	หลัง	kg/cm <sup>3</sup>	kg	KSC	KSC
1วัน	NO.1	26.01	218	216	1.64	1,920	74.63	75.21	
	NO.2	26.01	220	218	1.66	2,010	78.13		
	NO.3	26.01	216	214	1.62	1,905	74.05		
	NO.4	26.01	216	214	1.62	1,875	72.88		
	NO.5	26.01	223	221	1.68	1,965	76.38		
3วัน	NO.1	26.01	220	218	1.66	1,890	73.46	74.40	
	NO.2	26.01	221	219	1.66	1,905	74.05		
	NO.3	26.01	218	216	1.64	1,875	72.88		
	NO.4	26.01	218	216	1.64	1,905	74.05		
	NO.5	26.01	220	218	1.66	1,995	77.54		
7วัน	NO.1	26.01	217	216	1.64	1,875	72.88	72.41	
	NO.2	26.01	218	217	1.65	1,770	68.80		
	NO.3	26.01	216	215	1.63	1,800	69.96		
	NO.4	26.01	223	222	1.69	1,920	74.63		
	NO.5	26.01	221	220	1.67	1,950	75.79		
15วัน	NO.1	26.01	216	215	1.63	1,740	67.63	69.96	
	NO.2	26.01	216	215	1.63	1,755	68.22		
	NO.3	26.01	217	216	1.64	1,770	68.80		
	NO.4	26.01	221	220	1.67	1,845	71.71		
	NO.5	26.01	218	217	1.65	1,890	73.46		
28วัน	NO.1	26.01	216	215	1.63	1,740	67.63	67.63	
	NO.2	26.01	216	215	1.63	1,655	64.33		
	NO.3	26.01	217	216	1.64	1,570	61.02		
	NO.4	26.01	221	220	1.67	1,845	71.71		
	NO.5	26.01	218	217	1.65	1,890	73.46		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SPECIMEN			AREA	WEIGHT		Density	ULTIMATE	COMPRESSIVE	AVERAGE
NO.			SECTION	(g)			LOAD	STRENGTH	COMPRESSIVE
TIME	AGE	NO	cmxcm	ก่อน	หลัง	kg/cm <sup>3</sup>	kg	KSC	KSC
6 ชม.	ทันที	NO.1	26.01	221	218	1.66	2700	104.95	104.40
		NO.2	26.01	220	217	1.65	2710	105.34	
		NO.3	26.01	223	220	1.67	2595	100.87	
		NO.4	26.01	218	215	1.63	2715	105.53	
		NO.5	26.01	218	215	1.63	2710	105.34	
1 ชม.		NO.1	26.01	216	213	1.62	2640	102.61	104.48
		NO.2	26.01	216	213	1.62	2610	101.45	
		NO.3	26.01	217	214	1.62	2700	104.95	
		NO.4	26.01	223	220	1.67	2760	107.28	
		NO.5	26.01	216	213	1.62	2730	106.11	
12 ชม.		NO.1	26.01	221	218	1.66	2760	107.28	104.48
		NO.2	26.01	222	219	1.66	2685	104.36	
		NO.3	26.01	220	217	1.65	2730	106.11	
		NO.4	26.01	220	217	1.65	2655	103.20	
		NO.5	26.01	216	213	1.62	2610	101.45	
1 วัน		NO.1	26.01	218	215	1.63	2670	103.78	104.01
		NO.2	26.01	219	216	1.64	2700	104.95	
		NO.3	26.01	218	215	1.63	2715	105.53	
		NO.4	26.01	220	217	1.65	2640	102.61	
		NO.5	26.01	216	213	1.62	2655	103.20	
3 วัน		NO.1	26.01	221	219	1.66	2625	102.03	103.55
		NO.2	26.01	221	219	1.66	2685	104.36	
		NO.3	26.01	216	214	1.62	2670	103.78	
		NO.4	26.01	218	216	1.64	2640	102.61	
		NO.5	26.01	218	216	1.64	2700	104.95	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SPECIMEN			AREA	WEIGHT		Density	ULTIMATE	COMPRESSIVE	AVERAGE
NO.			SECTION	(g)			LOAD	STRENGTH	COMPRESSIVE
TIME	AGE	NO	cmxcm	ก่อน	หลัง	kg/cm <sup>3</sup>	kg	KSC	KSC
	7วัน	NO.1	26.01	219	217	1.65	2595	100.87	101.68
		NO.2	26.01	217	215	1.63	2550	99.12	
		NO.3	26.01	220	218	1.66	2610	101.45	
		NO.4	26.01	218	216	1.64	2655	103.20	
		NO.5	26.01	216	214	1.62	2670	103.78	
	15วัน	NO.1	26.01	222	220	1.67	2580	100.28	99.93
		NO.2	26.01	221	219	1.66	2550	99.12	
		NO.3	26.01	223	221	1.68	2565	99.70	
		NO.4	26.01	216	214	1.62	2520	97.95	
		NO.5	26.01	221	218	1.66	2640	102.61	
	28วัน	NO.1	26.01	222	220	1.67	2550	99.12	99.62
		NO.2	26.01	221	219	1.66	2550	99.12	
		NO.3	26.01	223	221	1.68	2555	99.31	
		NO.4	26.01	216	214	1.62	2520	97.95	
		NO.5	26.01	221	218	1.66	2640	102.61	
12 ชม.	ทันที	NO.1	26.01	218	215	1.63	2760	107.28	104.60
		NO.2	26.01	217	214	1.62	2670	103.78	
		NO.3	26.01	216	213	1.62	2625	102.03	
		NO.4	26.01	216	213	1.62	2715	105.53	
		NO.5	26.01	220	217	1.65	2685	104.36	
1 ชม.		NO.1	26.01	219	216	1.64	2655	103.20	104.48
		NO.2	26.01	220	217	1.65	2670	103.78	
		NO.3	26.01	216	213	1.62	2715	105.53	
		NO.4	26.01	218	215	1.63	2700	104.95	
		NO.5	26.01	219	216	1.64	2700	104.95	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SPECIMEN			AREA	WEIGHT		Density	ULTIMATE	COMPRESSIVE	AVERAGE
NO.			SECTION	(g)			LOAD	STRENGTH	COMPRESSIVE
TIME	AGE	NO	cmxcm	ก่อน	หลัง	kg/cm <sup>3</sup>	kg	KSC	KSC
12 ชม.		NO.1	26.01	217	214	1.62	2685	104.36	104.36
		NO.2	26.01	223	219	1.66	2700	104.95	
		NO.3	26.01	216	213	1.62	2670	103.78	
		NO.4	26.01	219	216	1.64	2730	106.11	
		NO.5	26.01	221	218	1.66	2640	102.61	
1 วัน		NO.1	26.01	222	219	1.66	2655	103.20	103.66
		NO.2	26.01	219	216	1.64	2715	105.53	
		NO.3	26.01	218	215	1.63	2640	102.61	
		NO.4	26.01	223	220	1.67	2655	103.20	
		NO.5	26.01	220	217	1.65	2670	103.78	
3 วัน		NO.1	26.01	221	218	1.66	2610	101.45	103.31
		NO.2	26.01	222	219	1.66	2685	104.36	
		NO.3	26.01	220	218	1.66	2700	104.95	
		NO.4	26.01	223	217	1.65	2625	102.03	
		NO.5	26.01	219	216	1.64	2670	103.78	
7 วัน		NO.1	26.01	216	214	1.62	2625	102.03	102.61
		NO.2	26.01	219	217	1.65	2655	103.20	
		NO.3	26.01	218	216	1.64	2595	100.87	
		NO.4	26.01	216	215	1.63	2685	104.36	
		NO.5	26.01	218	216	1.64	2640	102.61	
15 วัน		NO.1	26.01	220	219	1.66	2580	100.28	100.98
		NO.2	26.01	219	218	1.66	2610	101.45	
		NO.3	26.01	219	218	1.66	2595	100.87	
		NO.4	26.01	217	216	1.64	2505	97.37	
		NO.5	26.01	223	222	1.69	2700	104.95	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SPECIMEN			AREA	WEIGHT		Density	ULTIMATE	COMPRESSIVE	AVERAGE
NO.			SECTION	(g)			LOAD	STRENGTH	COMPRESSIVE
TIME	AGE	NO	cmxcm	ก่อน	หลัง	kg/cm <sup>3</sup>	kg	KSC	KSC
	28วัน	NO.1	26.01	220	219	1.66	2580	100.28	99.43
		NO.2	26.01	219	218	1.66	2510	97.56	
		NO.3	26.01	219	218	1.66	2495	96.98	
		NO.4	26.01	217	216	1.64	2505	97.37	
		NO.5	26.01	223	222	1.69	2700	104.95	
1 วัน	ทันที	NO.1	26.01	220	216	1.64	2745	106.70	104.71
		NO.2	26.01	218	214	1.62	2700	104.95	
		NO.3	26.01	218	214	1.62	2610	101.45	
		NO.4	26.01	217	213	1.62	2745	106.70	
		NO.5	26.01	220	216	1.64	2670	103.78	
	1ชม.	NO.1	26.01	219	215	1.63	2670	103.78	104.60
		NO.2	26.01	218	214	1.62	2700	104.95	
		NO.3	26.01	218	214	1.62	2715	105.53	
		NO.4	26.01	220	216	1.64	2715	105.53	
		NO.5	26.01	222	218	1.66	2655	103.20	
	12ชม.	NO.1	26.01	219	215	1.63	2700	104.95	104.36
		NO.2	26.01	218	214	1.62	2685	104.36	
		NO.3	26.01	217	213	1.62	2730	106.11	
		NO.4	26.01	219	215	1.63	2640	102.61	
		NO.5	26.01	220	216	1.64	2670	103.78	
	1วัน	NO.1	26.01	220	217	1.65	2685	104.36	103.55
		NO.2	26.01	216	213	1.62	2700	104.95	
		NO.3	26.01	219	216	1.64	2625	102.03	
		NO.4	26.01	218	215	1.63	2640	102.61	
		NO.5	26.01	217	214	1.62	2670	103.78	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SPECIMEN			AREA	WEIGHT		Density	ULTIMATE	COMPRESSIVE	AVERAGE
NO.			SECTION	(g)			LOAD	STRENGTH	COMPRESSIVE
TIME	AGE	NO	cmxcm	ก่อน	หลัง	kg/cm <sup>3</sup>	kg	KSC	KSC
	3วัน	NO.1	26.01	222	219	1.66	2685	104.36	
		NO.2	26.01	223	220	1.67	2670	103.78	
		NO.3	26.01	219	216	1.64	2625	102.03	
		NO.4	26.01	219	216	1.64	2610	101.45	
		NO.5	26.01	217	214	1.62	2610	101.45	
	7วัน	NO.1	26.01	223	221	1.68	2640	102.61	
		NO.2	26.01	221	219	1.66	2580	100.28	
		NO.3	26.01	222	220	1.67	2645	102.81	
		NO.4	26.01	219	217	1.65	2610	101.45	
		NO.5	26.01	217	215	1.63	2625	102.03	
	15วัน	NO.1	26.01	222	220	1.67	2595	100.87	
		NO.2	26.01	218	216	1.64	2580	100.28	
		NO.3	26.01	219	217	1.65	2550	99.12	
		NO.4	26.01	219	217	1.65	2535	98.53	
		NO.5	26.01	220	218	1.66	2595	100.87	
	28วัน	NO.1	26.01	222	220	1.67	2595	100.87	
		NO.2	26.01	218	216	1.64	2480	96.40	
		NO.3	26.01	219	217	1.65	2550	99.12	
		NO.4	26.01	219	217	1.65	2435	94.65	
		NO.5	26.01	220	218	1.66	2595	100.87	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

KMITL

COMPRESSIVE STRENGTH OF SAND CO<sub>2</sub>

TEMPERATURE

150° C

SPECIMEN			AREA	WEIGHT		Density	ULTIMATE	COMPRESSIVE	AVERAGE
NO.			SECTION	(g)			LOAD	STRENGTH	COMPRESSIVE
TIME	AGE	NO	cmxcm	ก่อน	หลัง	kg/cm <sup>3</sup>	kg	KSC	KSC
15 นาที	ทันที	NO.1	26.01	218	216	1.64	2325	90.37	91.07
		NO.2	26.01	219	217	1.65	2340	90.95	
		NO.3	26.01	217	215	1.63	2325	90.37	
		NO.4	26.01	223	221	1.68	2370	92.12	
		NO.5	26.01	221	218	1.66	2355	91.54	
1 ชม.		NO.1	26.01	219	217	1.65	2340	90.95	90.72
		NO.2	26.01	219	217	1.65	2355	91.54	
		NO.3	26.01	222	220	1.67	2340	90.95	
		NO.4	26.01	220	218	1.66	2310	89.79	
		NO.5	26.01	223	221	1.68	2325	90.37	
12 ชม.		NO.1	26.01	218	216	1.64	2295	89.20	89.55
		NO.2	26.01	217	215	1.63	2295	89.20	
		NO.3	26.01	219	217	1.65	2325	90.37	
		NO.4	26.01	219	217	1.65	2310	89.79	
		NO.5	26.01	219	217	1.65	2295	89.20	
1 วัน		NO.1	26.01	218	216	1.64	2310	89.79	89.44
		NO.2	26.01	217	215	1.63	2295	89.20	
		NO.3	26.01	217	216	1.64	2310	89.79	
		NO.4	26.01	218	216	1.64	2280	88.62	
		NO.5	26.01	220	218	1.66	2310	89.79	

เอกสารนี้เป็นเอกสารลับของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ห้ามเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SPECIMEN			AREA	WEIGHT		Density	ULTIMATE	COMPRESSIVE	AVERAGE
NO.			SECTION	(g)			LOAD	STRENGTH	COMPRESSIVE
TIME	AGE	NO	cmxcm	ก่อน	หลัง	kg/cm <sup>3</sup>	kg	KSC	KSC
	3วัน	NO.1	26.01	220	218	1.66	2265	88.04	88.16
		NO.2	26.01	223	220	1.67	2295	89.20	
		NO.3	26.01	220	219	1.66	2265	88.04	
		NO.4	26.01	219	217	1.65	2250	87.46	
		NO.5	26.01	219	218	1.66	2265	88.04	
	7วัน	NO.1	26.01	217	215	1.63	2265	88.04	88.16
		NO.2	26.01	218	216	1.64	2280	88.62	
		NO.3	26.01	218	215	1.63	2250	87.46	
		NO.4	26.01	217	214	1.62	2265	88.04	
		NO.5	26.01	219	217	1.65	2280	88.62	
	15วัน	NO.1	26.01	220	218	1.66	2225	86.48	86.68
		NO.2	26.01	219	218	1.66	2265	88.04	
		NO.3	26.01	217	216	1.64	2225	86.48	
		NO.4	26.01	217	215	1.63	2210	85.90	
		NO.5	26.01	217	216	1.64	2225	86.48	
	28วัน	NO.1	26.01	220	218	1.66	2225	86.48	86.37
		NO.2	26.01	219	218	1.66	2240	87.07	
		NO.3	26.01	217	216	1.64	2210	85.90	
		NO.4	26.01	217	215	1.63	2225	86.48	
		NO.5	26.01	217	216	1.64	2210	85.90	
30 นาที	ทันที	NO.1	26.01	218	215	1.63	2925	113.69	112.49
		NO.2	26.01	218	215	1.63	2955	114.86	
		NO.3	26.01	217	215	1.63	2800	108.83	
		NO.4	26.01	216	214	1.62	2850	110.78	
		NO.5	26.01	219	216	1.64	2940	114.28	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่วางไว้สำหรับการใช้เท่านั้นเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SPECIMEN			AREA	WEIGHT		Density	ULTIMATE	COMPRESSIVE	AVERAGE
NO.			SECTION	(g)			LOAD	STRENGTH	COMPRESSIVE
TIME	AGE	NO	cmxcm	ก่อน	หลัง	kg/cm <sup>3</sup>	kg	KSC	KSC
	<b>1 ชม.</b>	NO.1	26.01	216	214	1.62	2925	113.69	<b>112.72</b>
		NO.2	26.01	218	216	1.64	2885	112.14	
		NO.3	26.01	219	218	1.66	2960	115.05	
		NO.4	26.01	217	215	1.63	2850	110.78	
		NO.5	26.01	219	217	1.65	2880	111.94	
	<b>1 1/2 ชม.</b>	NO.1	26.01	223	221	1.68	2910	113.11	<b>112.45</b>
		NO.2	26.01	221	219	1.66	2885	112.14	
		NO.3	26.01	222	220	1.67	2805	109.03	
		NO.4	26.01	220	217	1.65	2955	114.86	
		NO.5	26.01	220	218	1.66	2910	113.11	
	<b>1 วัน</b>	NO.1	26.01	219	217	1.65	2850	110.78	<b>112.06</b>
		NO.2	26.01	218	216	1.64	2880	111.94	
		NO.3	26.01	220	218	1.66	2895	112.53	
		NO.4	26.01	220	218	1.66	2865	111.36	
		NO.5	26.01	223	221	1.68	2925	113.69	
	<b>3 วัน</b>	NO.1	26.01	218	216	1.64	2865	111.36	<b>111.13</b>
		NO.2	26.01	218	216	1.64	2790	108.44	
		NO.3	26.01	217	215	1.63	2895	112.53	
		NO.4	26.01	216	214	1.62	2850	110.78	
		NO.5	26.01	216	214	1.62	2895	112.53	
	<b>7 วัน</b>	NO.1	26.01	219	217	1.65	2880	111.94	<b>110.08</b>
		NO.2	26.01	218	216	1.64	2775	107.86	
		NO.3	26.01	218	216	1.64	2835	110.19	
		NO.4	26.01	219	217	1.65	2790	108.44	
		NO.5	26.01	217	215	1.63	2880	111.94	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SPECIMEN NO.			AREA SECTION	WEIGHT (g)		Density	ULTIMATE LOAD	COMPRESSIVE STRENGTH	AVERAGE COMPRESSIVE
TIME	AGE	NO	cmxcm	ก่อน	หลัง	kg/cm <sup>3</sup>	kg	KSC	KSC
	15วัน	NO.1	26.01	220	219	1.66	2760	107.28	108.44
		NO.2	26.01	222	221	1.68	2880	111.94	
		NO.3	26.01	220	219	1.66	2775	107.86	
		NO.4	26.01	223	222	1.69	2730	106.11	
		NO.5	26.01	222	221	1.68	2805	109.03	
	28วัน	NO.1	26.01	220	219	1.66	2760	107.28	107.67
		NO.2	26.01	222	221	1.68	2780	108.06	
		NO.3	26.01	220	219	1.66	2775	107.86	
		NO.4	26.01	223	222	1.69	2730	106.11	
		NO.5	26.01	222	221	1.68	2805	109.03	
1 ชม.	ทันที	NO.1	26.01	218	214	1.62	3510	136.43	135.50
		NO.2	26.01	217	213	1.62	3465	134.68	
		NO.3	26.01	219	215	1.63	3540	137.60	
		NO.4	26.01	218	214	1.62	3480	135.26	
		NO.5	26.01	218	214	1.62	3435	133.52	
1 ชม.		NO.1	26.01	216	213	1.62	3495	135.85	135.50
		NO.2	26.01	217	214	1.62	3525	137.01	
		NO.3	26.01	218	215	1.63	3465	134.68	
		NO.4	26.01	216	213	1.62	3435	133.52	
		NO.5	26.01	216	214	1.62	3510	136.43	
12 ชม.		NO.1	26.01	218	215	1.63	3480	135.26	135.26
		NO.2	26.01	219	216	1.64	3465	134.68	
		NO.3	26.01	217	214	1.62	3420	132.93	
		NO.4	26.01	217	214	1.62	3510	136.43	
		NO.5	26.01	219	216	1.64	3525	137.01	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SPECIMEN			AREA	WEIGHT		Density	ULTIMATE	COMPRESSIVE	AVERAGE
NO.			SECTION	(g)			LOAD	STRENGTH	COMPRESSIVE
TIME	AGE	NO	cmxcm	ก่อน	หลัง	kg/cm <sup>3</sup>	kg	KSC	KSC
1วัน	NO.1	26.01	220	218	1.66	3510	136.43	<b>135.03</b>	
	NO.2	26.01	221	219	1.66	3495	135.85		
	NO.3	26.01	223	221	1.68	3525	137.01		
	NO.4	26.01	221	219	1.66	3405	132.35		
	NO.5	26.01	220	218	1.66	3435	133.52		
3วัน	NO.1	26.01	219	217	1.65	3420	132.93	<b>134.45</b>	
	NO.2	26.01	216	214	1.62	3480	135.26		
	NO.3	26.01	218	216	1.64	3510	136.43		
	NO.4	26.01	216	214	1.62	3450	134.10		
	NO.5	26.01	218	216	1.64	3435	133.52		
7วัน	NO.1	26.01	216	214	1.62	3465	134.68	<b>133.28</b>	
	NO.2	26.01	218	217	1.65	3405	132.35		
	NO.3	26.01	217	215	1.63	3420	132.93		
	NO.4	26.01	217	215	1.63	3450	134.10		
	NO.5	26.01	216	214	1.62	3405	132.35		
15วัน	NO.1	26.01	218	217	1.65	3360	130.60	<b>131.42</b>	
	NO.2	26.01	219	218	1.66	3345	130.02		
	NO.3	26.01	217	216	1.64	3300	128.27		
	NO.4	26.01	219	218	1.66	3480	135.26		
	NO.5	26.01	218	216	1.64	3420	132.93		
28วัน	NO.1	26.01	218	217	1.65	3360	130.60	<b>130.64</b>	
	NO.2	26.01	219	218	1.66	3345	130.02		
	NO.3	26.01	217	216	1.64	3200	124.38		
	NO.4	26.01	219	218	1.66	3480	135.26		
	NO.5	26.01	218	216	1.64	3420	132.93		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SPECIMEN			AREA	WEIGHT		Density	ULTIMATE	COMPRESSIVE	AVERAGE
NO.			SECTION	(g)			LOAD	STRENGTH	COMPRESSIVE
TIME	AGE	NO	cmxcm	ก่อน	หลัง	kg/cm <sup>3</sup>	kg	KSC	KSC
6	ทันที	NO.1	26.01	220	216	1.64	3450	134.10	
		NO.2	26.01	221	217	1.65	3555	138.18	
		NO.3	26.01	223	219	1.66	3510	136.43	
		NO.4	26.01	222	218	1.66	3495	135.85	
		NO.5	26.01	221	217	1.65	3480	135.26	
								<b>135.96</b>	
1ชม.		NO.1	26.01	221	217	1.65	3525	137.01	
		NO.2	26.01	219	216	1.64	3480	135.26	
		NO.3	26.01	218	215	1.63	3420	132.93	
		NO.4	26.01	217	214	1.62	3450	134.10	
		NO.5	26.01	218	215	1.63	3510	136.43	
								<b>135.15</b>	
12ชม.		NO.1	26.01	219	217	1.65	3540	137.60	
		NO.2	26.01	216	213	1.62	3465	134.68	
		NO.3	26.01	217	215	1.63	3480	135.26	
		NO.4	26.01	216	214	1.62	3435	133.52	
		NO.5	26.01	218	215	1.63	3435	133.52	
								<b>134.91</b>	
1วัน		NO.1	26.01	223	221	1.68	3480	135.26	
		NO.2	26.01	221	219	1.66	3420	132.93	
		NO.3	26.01	222	220	1.67	3525	137.01	
		NO.4	26.01	222	220	1.67	3485	135.46	
		NO.5	26.01	220	219	1.66	3435	133.52	
								<b>134.84</b>	
3วัน		NO.1	26.01	219	217	1.65	3450	134.10	
		NO.2	26.01	217	215	1.63	3495	135.85	
		NO.3	26.01	218	216	1.64	3465	134.68	
		NO.4	26.01	218	216	1.64	3390	131.77	
		NO.5	26.01	219	217	1.65	3420	132.93	
								<b>133.87</b>	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SPECIMEN			AREA	WEIGHT		Density	ULTIMATE	COMPRESSIVE	AVERAGE
NO.			SECTION	(g)			LOAD	STRENGTH	COMPRESSIVE
TIME	AGE	NO	cmxcm	ก่อน	หลัง	kg/cm <sup>3</sup>	kg	KSC	KSC
7วัน		NO.1	26.01	217	215	1.63	3360	130.60	
		NO.2	26.01	216	214	1.62	3405	132.35	
		NO.3	26.01	218	216	1.64	3450	134.10	
		NO.4	26.01	216	214	1.62	3405	132.35	
		NO.5	26.01	218	216	1.64	3465	134.68	
15วัน		NO.1	26.01	220	218	1.66	3405	132.35	
		NO.2	26.01	219	218	1.66	3330	129.43	
		NO.3	26.01	217	215	1.63	3300	128.27	
		NO.4	26.01	218	217	1.65	3420	132.93	
		NO.5	26.01	219	218	1.66	3390	131.77	
28วัน		NO.1	26.01	220	218	1.66	3405	132.35	
		NO.2	26.01	219	218	1.66	3230	125.55	
		NO.3	26.01	217	215	1.63	3300	128.27	
		NO.4	26.01	218	217	1.65	3420	132.93	
		NO.5	26.01	219	218	1.66	3350	130.21	
12 ชม.	ทันที	NO.1	26.01	220	216	1.64	3540	137.60	
		NO.2	26.01	222	218	1.66	3540	137.60	
		NO.3	26.01	222	218	1.66	3525	137.01	
		NO.4	26.01	219	215	1.63	3450	134.10	
		NO.5	26.01	218	214	1.62	3465	134.68	
1 ชม.		NO.1	26.01	218	215	1.63	3510	136.43	
		NO.2	26.01	217	214	1.62	3495	135.85	
		NO.3	26.01	219	217	1.65	3450	134.10	
		NO.4	26.01	220	217	1.65	3510	136.43	
		NO.5	26.01	223	220	1.67	3555	138.18	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SPECIMEN NO.			AREA SECTION	WEIGHT (g)		Density	ULTIMATE LOAD	COMPRESSIVE STRENGTH	AVERAGE COMPRESSIVE
TIME	AGE	NO	cmxcm	ก่อน	หลัง	kg/cm <sup>3</sup>	kg	KSC	KSC
12 ชม.		NO.1	26.01	221	219	1.66	3525	137.01	<b>135.77</b>
		NO.2	26.01	218	216	1.64	3560	138.37	
		NO.3	26.01	219	217	1.65	3435	133.52	
		NO.4	26.01	217	215	1.63	3480	135.26	
		NO.5	26.01	219	217	1.65	3465	134.68	
1 วัน		NO.1	26.01	217	215	1.63	3510	136.43	<b>135.03</b>
		NO.2	26.01	216	214	1.62	3420	132.93	
		NO.3	26.01	219	217	1.65	3510	136.43	
		NO.4	26.01	218	216	1.64	3450	134.10	
		NO.5	26.01	218	216	1.64	3480	135.26	
3 วัน		NO.1	26.01	216	214	1.62	3405	132.35	<b>134.33</b>
		NO.2	26.01	217	215	1.63	3495	135.85	
		NO.3	26.01	219	217	1.65	3510	136.43	
		NO.4	26.01	220	218	1.66	3450	134.10	
		NO.5	26.01	221	219	1.66	3420	132.93	
7 วัน		NO.1	26.01	221	219	1.66	3330	129.43	<b>133.40</b>
		NO.2	26.01	223	221	1.68	3495	135.85	
		NO.3	26.01	220	218	1.66	3480	135.26	
		NO.4	26.01	219	217	1.65	3405	132.35	
		NO.5	26.01	218	216	1.64	3450	134.10	
15 วัน		NO.1	26.01	220	219	1.66	3480	135.26	<b>131.30</b>
		NO.2	26.01	221	220	1.67	3450	134.10	
		NO.3	26.01	219	218	1.66	3300	128.27	
		NO.4	26.01	217	216	1.64	3210	124.77	
		NO.5	26.01	218	217	1.65	3450	134.10	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SPECIMEN NO.			AREA SECTION	WEIGHT (g)		Density	ULTIMATE LOAD	COMPRESSIVE STRENGTH	AVERAGE COMPRESSIVE
TIME	AGE	NO	cmxcm	ก่อน	หลัง	kg/cm <sup>3</sup>	kg	KSC	KSC
	28วัน	NO.1	26.01	220	219	1.66	3480	135.26	<b>130.52</b>
		NO.2	26.01	221	220	1.67	3350	130.21	
		NO.3	26.01	219	218	1.66	3300	128.27	
		NO.4	26.01	217	216	1.64	3210	124.77	
		NO.5	26.01	218	217	1.65	3450	134.10	
1 วัน	ทันที	NO.1	26.01	216	213	1.62	3510	136.43	<b>136.43</b>
		NO.2	26.01	218	217	1.65	3540	137.60	
		NO.3	26.01	217	214	1.62	3510	136.43	
		NO.4	26.01	219	215	1.63	3525	137.01	
		NO.5	26.01	218	214	1.62	3465	134.68	
1 ชม.		NO.1	26.01	217	214	1.62	3510	136.43	<b>136.08</b>
		NO.2	26.01	218	214	1.62	3555	138.18	
		NO.3	26.01	216	213	1.62	3540	137.60	
		NO.4	26.01	217	215	1.63	3420	132.93	
		NO.5	26.01	218	215	1.63	3480	135.26	
1 ชม.		NO.1	26.01	218	215	1.63	3555	138.18	<b>136.66</b>
		NO.2	26.01	219	216	1.64	3495	135.85	
		NO.3	26.01	218	215	1.63	3510	136.43	
		NO.4	26.01	217	214	1.62	3435	133.52	
		NO.5	26.01	219	216	1.64	3585	139.35	
1 วัน		NO.1	26.01	220	218	1.66	3480	135.26	<b>135.26</b>
		NO.2	26.01	221	219	1.66	3525	137.01	
		NO.3	26.01	223	220	1.67	3525	137.01	
		NO.4	26.01	220	218	1.66	3405	132.35	
		NO.5	26.01	221	218	1.66	3465	134.68	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SPECIMEN NO.			AREA SECTION	WEIGHT (g)		Density	ULTIMATE LOAD	COMPRESSIVE STRENGTH	AVERAGE COMPRESSIVE
TIME	AGE	NO	cmxcm	ก่อน	หลัง	kg/cm <sup>3</sup>	kg	KSC	KSC
8วัน		NO.1	26.01	216	214	1.62	3435	133.52	<b>134.45</b>
		NO.2	26.01	218	216	1.64	3450	134.10	
		NO.3	26.01	217	215	1.63	3435	133.52	
		NO.4	26.01	219	217	1.65	3480	135.26	
		NO.5	26.01	218	216	1.64	3495	135.85	
7วัน		NO.1	26.01	216	214	1.62	3405	132.35	<b>133.17</b>
		NO.2	26.01	219	217	1.65	3435	133.52	
		NO.3	26.01	218	216	1.64	3465	134.68	
		NO.4	26.01	217	215	1.63	3450	134.10	
		NO.5	26.01	216	214	1.62	3375	131.18	
15วัน		NO.1	26.01	218	217	1.65	3330	129.43	<b>131.53</b>
		NO.2	26.01	217	216	1.64	3330	129.43	
		NO.3	26.01	218	217	1.65	3450	134.10	
		NO.4	26.01	218	217	1.65	3390	131.77	
		NO.5	26.01	217	216	1.64	3420	132.93	
28วัน		NO.1	26.01	218	217	1.65	3330	129.43	<b>130.76</b>
		NO.2	26.01	217	216	1.64	3330	129.43	
		NO.3	26.01	218	217	1.65	3350	130.21	
		NO.4	26.01	218	217	1.65	3390	131.77	
		NO.5	26.01	217	216	1.64	3420	132.93	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

KMITL

COMPRESSIVE STRENGTH OF SAND CO<sub>2</sub>

TEMPERATURE

200 °C

SPECIMEN			AREA	WEIGHT		Density	ULTIMATE	COMPRESSIVE	AVERAGE
NO.			SECTION	(g)			LOAD	STRENGTH	COMPRESSIVE
TIME	AGE	NO	cmxcm	ก่อน	หลัง	kg/cm <sup>3</sup>	kg	KSC	KSC
15 นาที	ทันที	NO.1	26.01	219	216	1.64	2520	97.95	97.83
		NO.2	26.01	217	214	1.62	2505	97.37	
		NO.3	26.01	220	217	1.65	2520	97.95	
		NO.4	26.01	219	216	1.64	2535	98.53	
		NO.5	26.01	218	215	1.63	2505	97.37	
1 ชม.		NO.1	26.01	220	217	1.65	2505	97.37	97.37
		NO.2	26.01	221	218	1.66	2505	97.37	
		NO.3	26.01	222	219	1.66	2520	97.95	
		NO.4	26.01	222	219	1.66	2505	97.37	
		NO.5	26.01	220	217	1.65	2490	96.78	
12 ชม.		NO.1	26.01	218	216	1.64	2525	98.14	96.82
		NO.2	26.01	217	215	1.63	2505	97.37	
		NO.3	26.01	219	217	1.65	2475	96.20	
		NO.4	26.01	216	214	1.62	2460	95.62	
		NO.5	26.01	218	216	1.64	2490	96.78	
1 วัน		NO.1	26.01	218	216	1.64	2445	95.03	96.08
		NO.2	26.01	217	215	1.63	2505	97.37	
		NO.3	26.01	219	217	1.65	2475	96.20	
		NO.4	26.01	219	217	1.65	2445	95.03	
		NO.5	26.01	218	216	1.64	2490	96.78	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับใช้ภายในเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อขนาดเต็มไปใช้ประโยชน์ในการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SPECIMEN NO.			AREA SECTION	WEIGHT (g)		Density	ULTIMATE LOAD	COMPRESSIVE STRENGTH	AVERAGE COMPRESSIVE
TIME	AGE	NO	cmxcm	ก่อน	หลัง	kg/cm <sup>3</sup>	kg	KSC	KSC
3 วัน		NO.1	26.01	220	218	1.66	2445	95.03	95.88
		NO.2	26.01	221	219	1.66	2475	96.20	
		NO.3	26.01	219	217	1.65	2445	95.03	
		NO.4	26.01	218	216	1.64	2415	93.87	
		NO.5	26.01	219	217	1.65	2490	96.78	
7 วัน		NO.1	26.01	217	215	1.63	2460	95.62	94.80
		NO.2	26.01	216	214	1.62	2490	96.78	
		NO.3	26.01	218	216	1.64	2400	93.29	
		NO.4	26.01	216	214	1.62	2430	94.45	
		NO.5	26.01	216	214	1.62	2415	93.87	
15 วัน		NO.1	26.01	221	220	1.67	2415	93.87	92.78
		NO.2	26.01	222	221	1.68	2460	95.62	
		NO.3	26.01	219	218	1.66	2385	92.70	
		NO.4	26.01	218	217	1.65	2370	92.12	
		NO.5	26.01	217	216	1.64	2305	89.59	
28 วัน		NO.1	26.01	221	220	1.67	2415	93.87	91.93
		NO.2	26.01	222	221	1.68	2400	93.29	
		NO.3	26.01	219	218	1.66	2335	90.76	
		NO.4	26.01	218	217	1.65	2370	92.12	
		NO.5	26.01	217	216	1.64	2305	89.59	
30 วัน ทันที		NO.1	26.01	222	198	1.50	3240	125.94	124.54
		NO.2	26.01	223	220	1.67	3180	123.60	
		NO.3	26.01	221	217	1.65	3210	124.77	
		NO.4	26.01	219	216	1.64	3180	123.60	
		NO.5	26.01	219	216	1.64	3210	124.77	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SPECIMEN			AREA	WEIGHT		Density	ULTIMATE	COMPRESSIVE	AVERAGE
NO.			SECTION	(g)			LOAD	STRENGTH	COMPRESSIVE
TIME	AGE	NO	cmxcm	ก่อน	หลัง	kg/cm <sup>3</sup>	kg	KSC	KSC
1 ชม.		NO.1	26.01	222	198	1.50	3255	126.52	<b>124.89</b>
		NO.2	26.01	223	220	1.67	3225	125.35	
		NO.3	26.01	221	217	1.65	3180	123.60	
		NO.4	26.01	221	217	1.65	3210	124.77	
		NO.5	26.01	219	216	1.64	3195	124.19	
12 ชม.		NO.1	26.01	220	217	1.65	3240	125.94	<b>124.54</b>
		NO.2	26.01	218	215	1.63	3150	122.44	
		NO.3	26.01	218	215	1.63	3180	123.60	
		NO.4	26.01	217	214	1.62	3210	124.77	
		NO.5	26.01	219	216	1.64	3240	125.94	
1 วัน		NO.1	26.01	218	215	1.63	3195	124.19	<b>123.91</b>
		NO.2	26.01	217	214	1.62	3180	123.60	
		NO.3	26.01	219	216	1.64	3210	124.77	
		NO.4	26.01	218	214	1.62	3225	125.35	
		NO.5	26.01	217	214	1.62	3130	121.66	
3 วัน		NO.1	26.01	216	213	1.62	3150	122.44	<b>123.72</b>
		NO.2	26.01	217	214	1.62	3180	123.60	
		NO.3	26.01	216	213	1.62	3150	122.44	
		NO.4	26.01	218	215	1.63	3210	124.77	
		NO.5	26.01	218	215	1.63	3225	125.35	
7 วัน		NO.1	26.01	219	217	1.65	3120	121.27	<b>122.67</b>
		NO.2	26.01	220	218	1.66	3120	121.27	
		NO.3	26.01	221	218	1.66	3150	122.44	
		NO.4	26.01	219	217	1.65	3180	123.60	
		NO.5	26.01	218	216	1.64	3210	124.77	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SPECIMEN			AREA	WEIGHT		Density	ULTIMATE	COMPRESSIVE	AVERAGE
NO.			SECTION	(g)			LOAD	STRENGTH	COMPRESSIVE
TIME	AGE	NO	cmxcm	ก่อน	หลัง	kg/cm <sup>3</sup>	kg	KSC	KSC
	15วัน	NO.1	26.01	219	217	1.65	3180	123.60	<b>121.27</b>
		NO.2	26.01	217	215	1.63	3090	120.11	
		NO.3	26.01	216	214	1.62	3000	116.61	
		NO.4	26.01	218	216	1.64	3150	122.44	
		NO.5	26.01	217	215	1.63	3180	123.60	
	28วัน	NO.1	26.01	219	217	1.65	3180	123.60	<b>119.17</b>
		NO.2	26.01	217	215	1.63	3000	116.61	
		NO.3	26.01	216	214	1.62	3000	116.61	
		NO.4	26.01	218	216	1.64	3150	122.44	
		NO.5	26.01	217	215	1.63	3000	116.61	
1 ชม.	ทันที	NO.1	26.01	221	217	1.65	3840	149.26	<b>147.62</b>
		NO.2	26.01	220	216	1.64	3750	145.76	
		NO.3	26.01	219	214	1.62	3810	148.09	
		NO.4	26.01	218	214	1.62	3780	146.93	
		NO.5	26.01	217	213	1.62	3810	148.09	
1 ชม.		NO.1	26.01	216	212	1.61	3750	145.76	<b>147.04</b>
		NO.2	26.01	218	214	1.62	3855	149.84	
		NO.3	26.01	217	213	1.62	3840	149.26	
		NO.4	26.01	216	212	1.61	3750	145.76	
		NO.5	26.01	216	212	1.61	3720	144.59	
12 ชม.		NO.1	26.01	221	217	1.65	3810	148.09	<b>146.69</b>
		NO.2	26.01	220	216	1.64	3780	146.93	
		NO.3	26.01	219	215	1.63	3825	148.67	
		NO.4	26.01	218	214	1.62	3720	144.59	
		NO.5	26.01	217	213	1.62	3735	145.18	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SPECIMEN			AREA	WEIGHT		Density	ULTIMATE	COMPRESSIVE	AVERAGE
NO.			SECTION	(g)			LOAD	STRENGTH	COMPRESSIVE
TIME	AGE	NO	cmxcm	ก่อน	หลัง	kg/cm <sup>3</sup>	kg	KSC	KSC
1วัน	NO.1	26.01	217	214	1.62	3735	145.18	<b>146.46</b>	
	NO.2	26.01	219	215	1.63	3750	145.76		
	NO.3	26.01	218	125	0.95	3795	147.51		
	NO.4	26.01	217	214	1.62	3750	145.76		
	NO.5	26.01	219	216	1.64	3810	148.09		
3วัน	NO.1	26.01	220	217	1.65	3780	146.93	<b>145.06</b>	
	NO.2	26.01	221	218	1.66	3705	144.01		
	NO.3	26.01	222	219	1.66	3750	145.76		
	NO.4	26.01	219	217	1.65	3705	144.01		
	NO.5	26.01	218	215	1.63	3720	144.59		
7วัน	NO.1	26.01	220	218	1.66	3690	143.43	<b>144.59</b>	
	NO.2	26.01	222	220	1.67	3720	144.59		
	NO.3	26.01	218	216	1.64	3750	145.76		
	NO.4	26.01	219	217	1.65	3690	143.43		
	NO.5	26.01	218	216	1.64	3750	145.76		
15วัน	NO.1	26.01	216	214	1.62	3705	144.01	<b>143.62</b>	
	NO.2	26.01	218	216	1.64	3690	143.43		
	NO.3	26.01	217	215	1.63	3750	145.76		
	NO.4	26.01	217	215	1.63	3705	144.01		
	NO.5	26.01	218	216	1.64	3625	140.90		
28วัน	NO.1	26.01	216	214	1.62	3705	144.01	<b>142.84</b>	
	NO.2	26.01	218	216	1.64	3590	139.54		
	NO.3	26.01	217	215	1.63	3750	145.76		
	NO.4	26.01	217	215	1.63	3705	144.01		
	NO.5	26.01	218	216	1.64	3625	140.90		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SPECIMEN NO.			AREA SECTION	WEIGHT (g)		Density	ULTIMATE LOAD	COMPRESSIVE STRENGTH	AVERAGE COMPRESSIVE
TIME	AGE	NO	cmxcm	ก่อน	หลัง	kg/cm <sup>3</sup>	kg	KSC	KSC
6 ชม.	ทันที	NO.1	26.01	219	212	1.61	3825	148.67	147.27
		NO.2	26.01	218	213	1.62	3750	145.76	
		NO.3	26.01	218	214	1.62	3810	148.09	
		NO.4	26.01	219	215	1.63	3780	146.93	
		NO.5	26.01	217	212	1.61	3780	146.93	
1 ชม.		NO.1	26.01	217	212	1.61	3750	145.76	147.04
		NO.2	26.01	218	213	1.62	3750	145.76	
		NO.3	26.01	216	211	1.60	3810	148.09	
		NO.4	26.01	216	211	1.60	3780	146.93	
		NO.5	26.01	218	213	1.62	3825	148.67	
12 ชม.		NO.1	26.01	220	215	1.63	3810	148.09	146.81
		NO.2	26.01	221	216	1.64	3795	147.51	
		NO.3	26.01	221	126	0.96	3750	145.76	
		NO.4	26.01	219	215	1.63	3810	148.09	
		NO.5	26.01	219	215	1.63	3720	144.59	
1 วัน		NO.1	26.01	218	214	1.62	3735	145.18	146.11
		NO.2	26.01	217	213	1.62	3780	146.93	
		NO.3	26.01	218	213	1.62	3750	145.76	
		NO.4	26.01	218	213	1.62	3720	144.59	
		NO.5	26.01	217	213	1.62	3810	148.09	
3 วัน		NO.1	26.01	216	212	1.61	3690	143.43	145.06
		NO.2	26.01	220	216	1.64	3750	145.76	
		NO.3	26.01	218	214	1.62	3720	144.59	
		NO.4	26.01	219	215	1.63	3720	144.59	
		NO.5	26.01	217	214	1.62	3780	146.93	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SPECIMEN			AREA	WEIGHT		Density	ULTIMATE	COMPRESSIVE	AVERAGE
NO.			SECTION	(g)			LOAD	STRENGTH	COMPRESSIVE
TIME	AGE	NO	cmxcm	ก่อน	หลัง	kg/cm <sup>3</sup>	kg	KSC	KSC
7วัน		NO.1	26.01	217	214	1.62	3675	142.84	144.24
		NO.2	26.01	216	212	1.61	3720	144.59	
		NO.3	26.01	216	213	1.62	3690	143.43	
		NO.4	26.01	218	215	1.63	3720	144.59	
		NO.5	26.01	218	215	1.63	3750	145.76	
15วัน		NO.1	26.01	219	217	1.65	3660	142.26	142.14
		NO.2	26.01	217	215	1.63	3615	140.51	
		NO.3	26.01	218	216	1.64	3690	143.43	
		NO.4	26.01	218	215	1.63	3720	144.59	
		NO.5	26.01	217	214	1.62	3600	139.93	
28วัน		NO.1	26.01	219	217	1.65	3660	142.26	141.37
		NO.2	26.01	217	215	1.63	3615	140.51	
		NO.3	26.01	218	216	1.64	3690	143.43	
		NO.4	26.01	218	215	1.63	3620	140.71	
		NO.5	26.01	217	214	1.62	3600	139.93	
12 ชม.	ทันที	NO.1	26.01	216	210	1.59	3780	146.93	147.16
		NO.2	26.01	218	212	1.61	3840	149.26	
		NO.3	26.01	217	210	1.59	3810	148.09	
		NO.4	26.01	219	212	1.61	3720	144.59	
		NO.5	26.01	220	213	1.62	3780	146.93	
1 ชม.		NO.1	26.01	216	216	1.64	3750	145.76	147.04
		NO.2	26.01	218	211	1.60	3780	146.93	
		NO.3	26.01	219	212	1.61	3750	145.76	
		NO.4	26.01	217	211	1.60	3825	148.67	
		NO.5	26.01	216	210	1.59	3810	148.09	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SPECIMEN			AREA	WEIGHT		Density	ULTIMATE	COMPRESSIVE	AVERAGE
NQ.			SECTION	(g)			LOAD	STRENGTH	COMPRESSIVE
TIME	AGE	NO	cmxcm	ก่อน	หลัง	kg/cm <sup>3</sup>	kg	KSC	KSC
12 ชม.	NO.1	26.01	218	212	1.61	3795	147.51	147.04	
	NO.2	26.01	217	211	1.60	3765	146.34		
	NO.3	26.01	219	214	1.62	3825	148.67		
	NO.4	26.01	218	213	1.62	3750	145.76		
	NO.5	26.01	217	212	1.61	3780	146.93		
1 วัน	NO.1	26.01	218	213	1.62	3705	144.01	146.11	
	NO.2	26.01	220	215	1.63	3780	146.93		
	NO.3	26.01	221	216	1.64	3720	144.59		
	NO.4	26.01	218	213	1.62	3810	148.09		
	NO.5	26.01	217	212	1.61	3780	146.93		
3 วัน	NO.1	26.01	218	124	0.94	3750	145.76	145.53	
	NO.2	26.01	216	212	1.61	3690	143.43		
	NO.3	26.01	217	213	1.62	3735	145.18		
	NO.4	26.01	220	216	1.64	3780	146.93		
	NO.5	26.01	222	218	1.66	3765	146.34		
7 วัน	NO.1	26.01	220	216	1.64	3735	145.18	144.59	
	NO.2	26.01	222	218	1.66	3675	142.84		
	NO.3	26.01	221	217	1.65	3720	144.59		
	NO.4	26.01	219	214	1.62	3750	145.76		
	NO.5	26.01	218	215	1.63	3720	144.59		
15 วัน	NO.1	26.01	219	216	1.64	3705	144.01	142.84	
	NO.2	26.01	218	214	1.62	3630	141.09		
	NO.3	26.01	217	213	1.62	3690	143.43		
	NO.4	26.01	216	213	1.62	3690	143.43		
	NO.5	26.01	219	216	1.64	3660	142.26		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SPECIMEN			AREA	WEIGHT		Density	ULTIMATE	COMPRESSIVE	AVERAGE
NO.			SECTION	(g)			LOAD	STRENGTH	COMPRESSIVE
TIME	AGE	NO	cmxcm	ก่อน	หลัง	kg/cm <sup>3</sup>	kg	KSC	KSC
	28วัน	NO.1	26.01	219	216	1.64	3705	144.01	<b>141.83</b>
		NO.2	26.01	218	214	1.62	3600	139.93	
		NO.3	26.01	217	213	1.62	3690	143.43	
		NO.4	26.01	216	213	1.62	3590	139.54	
		NO.5	26.01	219	216	1.64	3660	142.26	
1 วัน	ทันที	NO.1	26.01	220	212	1.61	3780	146.93	<b>146.46</b>
		NO.2	26.01	218	210	1.59	3810	148.09	
		NO.3	26.01	216	199	1.51	3750	145.76	
		NO.4	26.01	219	211	1.60	3780	146.93	
		NO.5	26.01	218	211	1.60	3720	144.59	
1ชม.		NO.1	26.01	218	211	1.60	3765	146.34	<b>145.64</b>
		NO.2	26.01	217	210	1.59	3720	144.59	
		NO.3	26.01	216	198	1.50	3750	145.76	
		NO.4	26.01	216	198	1.50	3720	144.59	
		NO.5	26.01	216	198	1.50	3780	146.93	
12ชม.		NO.1	26.01	223	215	1.63	3780	146.93	<b>145.41</b>
		NO.2	26.01	221	214	1.62	3705	144.01	
		NO.3	26.01	222	214	1.62	3735	145.18	
		NO.4	26.01	219	212	1.61	3705	144.01	
		NO.5	26.01	219	212	1.61	3780	146.93	
1วัน		NO.1	26.01	221	215	1.63	3720	144.59	<b>145.29</b>
		NO.2	26.01	222	216	1.64	3720	144.59	
		NO.3	26.01	219	213	1.62	3705	144.01	
		NO.4	26.01	218	212	1.61	3765	146.34	
		NO.5	26.01	218	212	1.61	3780	146.93	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SPECIMEN			AREA	WEIGHT		Density	ULTIMATE	COMPRESSIVE	AVERAGE
NO.			SECTION	(g)			LOAD	STRENGTH	COMPRESSIVE
TIME	AGE	NO	cmxcm	ก่อน	หลัง	kg/cm <sup>3</sup>	kg	KSC	KSC
	1วัน	NO.1	26.01	221	215	1.63	3720	144.59	<b>144.83</b>
		NO.2	26.01	222	216	1.64	3720	144.59	
		NO.3	26.01	219	213	1.62	3705	144.01	
		NO.4	26.01	218	212	1.61	3735	145.18	
		NO.5	26.01	218	212	1.61	3750	145.76	
	7วัน	NO.1	26.01	219	215	1.63	3705	144.01	<b>143.78</b>
		NO.2	26.01	218	214	1.62	3720	144.59	
		NO.3	26.01	217	213	1.62	3690	143.43	
		NO.4	26.01	218	214	1.62	3660	142.26	
		NO.5	26.01	219	214	1.62	3720	144.59	
	15วัน	NO.1	26.01	219	215	1.63	3600	139.93	<b>141.91</b>
		NO.2	26.01	220	217	1.65	3630	141.09	
		NO.3	26.01	221	218	1.66	3660	142.26	
		NO.4	26.01	221	218	1.66	3690	143.43	
		NO.5	26.01	222	219	1.66	3675	142.84	
	28วัน	NO.1	26.01	219	215	1.63	3600	139.93	<b>139.58</b>
		NO.2	26.01	220	217	1.65	3530	137.21	
		NO.3	26.01	221	218	1.66	3660	142.26	
		NO.4	26.01	221	218	1.66	3690	143.43	
		NO.5	26.01	222	219	1.66	3475	135.07	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

## KMITL

### COMPRESSIVE STRENGTH OF SAND CO<sub>2</sub>

TEMPERATURE

250° C

SPECIMEN			AREA SECTION	WEIGHT		Density kg/cm <sup>3</sup>	ULTIMATE LOAD kg	COMPRESSIVE STRENGTH KSC	AVERAGE COMPRESSIVE KSC
NO.				(g)					
TIME	AGE	NO	cmxcm	ก่อน	หลัง				
15 นาที	ทันที	NO.1	26.01	219	213	1.62	2805	109.03	108.72
		NO.2	26.01	218	212	1.61	2760	107.28	
		NO.3	26.01	218	212	1.61	2850	110.78	
		NO.4	26.01	217	211	1.60	2805	109.03	
		NO.5	26.01	218	212	1.61	2765	107.47	
1ชม.		NO.1	26.01	217	211	1.60	2760	107.28	108.33
		NO.2	26.01	218	212	1.61	2850	110.78	
		NO.3	26.01	216	210	1.59	2760	107.28	
		NO.4	26.01	219	213	1.62	2760	107.28	
		NO.5	26.01	216	210	1.59	2805	109.03	
12ชม.		NO.1	26.01	216	210	1.59	2835	110.19	108.21
		NO.2	26.01	217	212	1.61	2805	109.03	
		NO.3	26.01	219	213	1.62	2760	107.28	
		NO.4	26.01	218	213	1.62	2790	108.44	
		NO.5	26.01	218	212	1.61	2730	106.11	
1วัน		NO.1	26.01	216	211	1.60	2805	109.03	108.09
		NO.2	26.01	220	215	1.63	2835	110.19	
		NO.3	26.01	221	215	1.63	2775	107.86	
		NO.4	26.01	218	213	1.62	2730	106.11	
		NO.5	26.01	217	212	1.61	2760	107.28	

เอกสารนี้เป็นเอกสารของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ไม่ควรเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SPECIMEN NO.			AREA SECTION	WEIGHT (g)		Density	ULTIMATE LOAD	COMPRESSIVE STRENGTH	AVERAGE COMPRESSIVE
TIME	AGE	NO	cmxcm	ก่อน	หลัง	kg/cm <sup>3</sup>	kg	KSC	KSC
	3วัน	NO.1	26.01	218	213	1.62	2790	108.44	107.51
		NO.2	26.01	216	211	1.60	2760	107.28	
		NO.3	26.01	219	214	1.62	2790	108.44	
		NO.4	26.01	217	212	1.61	2775	107.86	
		NO.5	26.01	219	214	1.62	2715	105.53	
	7วัน	NO.1	26.01	216	212	1.61	2760	107.28	105.76
		NO.2	26.01	218	214	1.62	2700	104.95	
		NO.3	26.01	218	214	1.62	2730	106.11	
		NO.4	26.01	217	212	1.61	2700	104.95	
		NO.5	26.01	220	216	1.64	2715	105.53	
	15วัน	NO.1	26.01	221	217	1.65	2715	105.53	103.31
		NO.2	26.01	221	217	1.65	2655	103.20	
		NO.3	26.01	220	216	1.64	2700	104.95	
		NO.4	26.01	219	215	1.63	2610	101.45	
		NO.5	26.01	218	214	1.62	2610	101.45	
	28วัน	NO.1	26.01	221	217	1.65	2715	105.53	101.76
		NO.2	26.01	221	217	1.65	2555	99.31	
		NO.3	26.01	220	216	1.64	2700	104.95	
		NO.4	26.01	219	215	1.63	2510	97.56	
		NO.5	26.01	218	214	1.62	2610	101.45	
30 นาที	ทันที	NO.1	26.01	216	208	1.58	3420	132.93	132.70
		NO.2	26.01	216	208	1.58	3390	131.77	
		NO.3	26.01	217	210	1.59	3390	131.77	
		NO.4	26.01	220	212	1.61	3450	134.10	
		NO.5	26.01	221	214	1.62	3420	132.93	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SPECIMEN			AREA	WEIGHT		Density	ULTIMATE	COMPRESSIVE	AVERAGE
NO.			SECTION	(g)			LOAD	STRENGTH	COMPRESSIVE
TIME	AGE	NO	cmxcm	ก่อน	หลัง	kg/cm <sup>3</sup>	kg	KSC	KSC
	1ชม.	NO.1	26.01	218	210	1.59	3405	132.35	
		NO.2	26.01	217	210	1.59	3375	131.18	
		NO.3	26.01	218	211	1.60	3390	131.77	
		NO.4	26.01	217	210	1.59	3390	131.77	
		NO.5	26.01	216	198	1.50	3420	132.93	
	12ชม.	NO.1	26.01	219	211	1.60	3375	131.18	
		NO.2	26.01	218	210	1.59	3435	133.52	
		NO.3	26.01	218	210	1.59	3405	132.35	
		NO.4	26.01	217	199	1.51	3330	129.43	
		NO.5	26.01	218	210	1.59	3390	131.77	
	1วัน	NO.1	26.01	216	198	1.50	3330	129.43	
		NO.2	26.01	218	210	1.59	3390	131.77	
		NO.3	26.01	218	210	1.59	3330	129.43	
		NO.4	26.01	217	210	1.59	3360	130.60	
		NO.5	26.01	219	211	1.60	3405	132.35	
	3วัน	NO.1	26.01	220	213	1.62	3420	132.93	
		NO.2	26.01	218	211	1.60	3300	128.27	
		NO.3	26.01	217	210	1.59	3270	127.10	
		NO.4	26.01	218	211	1.60	3300	128.27	
		NO.5	26.01	219	212	1.61	3390	131.77	
	7วัน	NO.1	26.01	218	212	1.61	3330	129.43	
		NO.2	26.01	220	214	1.62	3240	125.94	
		NO.3	26.01	221	215	1.63	3270	127.10	
		NO.4	26.01	221	215	1.63	3300	128.27	
		NO.5	26.01	219	213	1.62	3270	127.10	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SPECIMEN			AREA	WEIGHT		Density	ULTIMATE	COMPRESSIVE	AVERAGE
NO.			SECTION	(g)			LOAD	STRENGTH	COMPRESSIVE
TIME	AGE	NO	cmxcm	ก่อน	หลัง	kg/cm <sup>3</sup>	kg	KSC	KSC
	15วัน	NO.1	26.01	220	215	1.63	3240	125.94	125.82
		NO.2	26.01	221	216	1.64	3225	125.35	
		NO.3	26.01	219	214	1.62	3240	125.94	
		NO.4	26.01	218	213	1.62	3210	124.77	
		NO.5	26.01	220	215	1.63	3270	127.10	
	28วัน	NO.1	26.01	220	215	1.63	3240	125.94	124.89
		NO.2	26.01	221	216	1.64	3125	121.47	
		NO.3	26.01	219	214	1.62	3240	125.94	
		NO.4	26.01	218	213	1.62	3210	124.77	
		NO.5	26.01	220	215	1.63	3250	126.32	
1 ชม.	ทันที	NO.1	26.01	220	212	1.61	3690	143.43	143.54
		NO.2	26.01	219	211	1.60	3720	144.59	
		NO.3	26.01	218	218	1.66	3660	142.26	
		NO.4	26.01	219	211	1.60	3705	144.01	
		NO.5	26.01	217	199	1.51	3690	143.43	
1 ชม.		NO.1	26.01	220	212	1.61	3750	145.76	142.96
		NO.2	26.01	218	210	1.59	3630	141.09	
		NO.3	26.01	219	211	1.60	3600	139.93	
		NO.4	26.01	217	199	1.51	3720	144.59	
		NO.5	26.01	219	211	1.60	3690	143.43	
12 ชม.		NO.1	26.01	220	212	1.61	3630	141.09	142.38
		NO.2	26.01	223	215	1.63	3660	142.26	
		NO.3	26.01	221	216	1.64	3705	144.01	
		NO.4	26.01	219	211	1.60	3690	143.43	
		NO.5	26.01	218	210	1.59	3630	141.09	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SPECIMEN NO.			AREA SECTION	WEIGHT (g)		Density	ULTIMATE LOAD	COMPRESSIVE STRENGTH	AVERAGE COMPRESSIVE
TIME	AGE	NO	cmxcm	ก่อน	หลัง	kg/cm <sup>3</sup>	kg	KSC	KSC
1วัน	NO.1	26.01	219	212	1.61	3675	142.84	<b>141.79</b>	
	NO.2	26.01	218	211	1.60	3600	139.93		
	NO.3	26.01	217	210	1.59	3705	144.01		
	NO.4	26.01	218	211	1.60	3660	142.26		
	NO.5	26.01	218	211	1.60	3600	139.93		
8วัน	NO.1	26.01	216	199	1.51	3645	141.68	<b>140.08</b>	
	NO.2	26.01	216	199	1.51	3660	142.26		
	NO.3	26.01	218	211	1.60	3530	137.21		
	NO.4	26.01	217	210	1.59	3585	139.35		
	NO.5	26.01	218	211	1.60	3600	139.93		
7วัน	NO.1	26.01	220	214	1.62	3630	141.09	<b>138.53</b>	
	NO.2	26.01	218	212	1.61	3510	136.43		
	NO.3	26.01	218	212	1.61	3525	137.01		
	NO.4	26.01	217	211	1.60	3570	138.76		
	NO.5	26.01	219	213	1.62	3585	139.35		
15วัน	NO.1	26.01	216	211	1.60	3405	132.35	<b>136.78</b>	
	NO.2	26.01	217	212	1.61	3480	135.26		
	NO.3	26.01	218	213	1.62	3540	137.60		
	NO.4	26.01	218	213	1.62	3660	142.26		
	NO.5	26.01	219	214	1.62	3510	136.43		
28วัน	NO.1	26.01	216	211	1.60	3405	132.35	<b>135.08</b>	
	NO.2	26.01	217	212	1.61	3480	134.00		
	NO.3	26.01	218	213	1.62	3540	137.60		
	NO.4	26.01	218	213	1.62	3660	135.00		
	NO.5	26.01	219	214	1.62	3510	136.43		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SPECIMEN NO.			AREA SECTION	WEIGHT (g)		Density	ULTIMATE LOAD	COMPRESSIVE STRENGTH	AVERAGE COMPRESSIVE
TIME	AGE	NO	cmxcm	ก่อน	หลัง	kg/cm <sup>3</sup>	kg	KSC	KSC
6 ชม.	ทันที	NO.1	26.01	221	212	1.61	3600	139.93	139.81
		NO.2	26.01	223	216	1.64	3540	137.60	
		NO.3	26.01	222	214	1.62	3630	141.09	
		NO.4	26.01	217	208	1.58	3570	138.76	
		NO.5	26.01	218	209	1.59	3645	141.68	
1 ชม.		NO.1	26.01	218	209	1.59	3615	140.51	139.00
		NO.2	26.01	216	207	1.57	3555	138.18	
		NO.3	26.01	217	206	1.56	3585	139.35	
		NO.4	26.01	216	207	1.57	3570	138.76	
		NO.5	26.01	217	208	1.58	3555	138.18	
12 ชม.		NO.1	26.01	218	210	1.59	3645	141.68	138.30
		NO.2	26.01	219	211	1.60	3585	139.35	
		NO.3	26.01	216	208	1.58	3510	136.43	
		NO.4	26.01	220	212	1.61	3540	137.60	
		NO.5	26.01	219	211	1.60	3510	136.43	
1 วัน		NO.1	26.01	218	211	1.60	3540	137.60	138.30
		NO.2	26.01	216	209	1.59	3600	139.93	
		NO.3	26.01	217	210	1.59	3570	138.76	
		NO.4	26.01	218	211	1.60	3570	138.76	
		NO.5	26.01	216	209	1.59	3510	136.43	
3 วัน		NO.1	26.01	218	213	1.62	3510	136.43	137.13
		NO.2	26.01	217	212	1.61	3555	138.18	
		NO.3	26.01	216	211	1.60	3525	137.01	
		NO.4	26.01	220	215	1.63	3570	138.76	
		NO.5	26.01	219	214	1.62	3480	135.26	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SPECIMEN			AREA	WEIGHT		Density	ULTIMATE	COMPRESSIVE	AVERAGE
NO.			SECTION	(g)			LOAD	STRENGTH	COMPRESSIVE
TIME	AGE	NO	cmxcm	ก่อน	หลัง	kg/cm <sup>3</sup>	kg	KSC	KSC
	7วัน	NO.1	26.01	218	214	1.62	3450	134.10	
		NO.2	26.01	220	216	1.64	3540	137.60	
		NO.3	26.01	221	217	1.65	3450	134.10	
		NO.4	26.01	221	217	1.65	3540	137.60	
		NO.5	26.01	220	216	1.64	3510	136.43	
	15วัน	NO.1	26.01	219	215	1.63	3480	135.26	
		NO.2	26.01	218	214	1.62	3525	137.01	
		NO.3	26.01	217	213	1.62	3390	131.77	
		NO.4	26.01	218	214	1.62	3420	132.93	
		NO.5	26.01	217	213	1.62	3375	131.18	
28วัน	NO.1	26.01	219	215	1.63	3480	135.26		
	NO.2	26.01	218	214	1.62	3525	127.00		
	NO.3	26.01	217	213	1.62	3390	131.77		
	NO.4	26.01	218	214	1.62	3420	132.93		
	NO.5	26.01	217	213	1.62	3375	131.18		
12 ชม.	ทันที	NO.1	26.01	217	208	1.58	3630	141.09	
		NO.2	26.01	216	207	1.57	3660	142.26	
		NO.3	26.01	217	208	1.58	3600	139.93	
		NO.4	26.01	219	210	1.59	3630	141.09	
		NO.5	26.01	218	209	1.59	3600	139.93	
	1ชม.	NO.1	26.01	216	207	1.57	3615	140.51	
		NO.2	26.01	217	208	1.58	3600	139.93	
		NO.3	26.01	217	208	1.58	3615	140.51	
		NO.4	26.01	218	209	1.59	3660	142.26	
		NO.5	26.01	218	209	1.59	3540	137.60	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SPECIMEN			AREA	WEIGHT		Density	ULTIMATE	COMPRESSIVE	AVERAGE
NO.			SECTION	(g)			LOAD	STRENGTH	COMPRESSIVE
TIME	AGE	NO	cmxcm	ก่อน	หลัง	kg/cm <sup>3</sup>	kg	KSC	KSC
	12 ชม.	NO.1	26.01	219	211	1.60	3570	138.76	139.46
		NO.2	26.01	220	212	1.61	3615	140.51	
		NO.3	26.01	220	212	1.61	3585	139.35	
		NO.4	26.01	221	213	1.62	3525	137.01	
		NO.5	26.01	222	214	1.62	3645	141.68	
	1 วัน	NO.1	26.01	219	212	1.61	3540	137.60	138.41
		NO.2	26.01	218	211	1.60	3585	139.35	
		NO.3	26.01	216	209	1.59	3600	139.93	
		NO.4	26.01	218	208	1.58	3585	139.35	
		NO.5	26.01	219	209	1.59	3495	135.85	
	3 วัน	NO.1	26.01	220	211	1.60	3480	135.26	136.31
		NO.2	26.01	217	218	1.66	3510	136.43	
		NO.3	26.01	216	207	1.57	3525	137.01	
		NO.4	26.01	217	208	1.58	3480	135.26	
		NO.5	26.01	219	210	1.59	3540	137.60	
	7 วัน	NO.1	26.01	217	212	1.61	3450	134.10	134.33
		NO.2	26.01	218	213	1.62	3495	135.85	
		NO.3	26.01	216	211	1.60	3420	132.93	
		NO.4	26.01	218	213	1.62	3495	135.85	
		NO.5	26.01	219	214	1.62	3420	132.93	
	15 วัน	NO.1	26.01	220	215	1.63	3405	132.35	133.40
		NO.2	26.01	218	213	1.62	3390	131.77	
		NO.3	26.01	218	213	1.62	3465	134.68	
		NO.4	26.01	219	214	1.62	3480	135.26	
		NO.5	26.01	219	214	1.62	3420	132.93	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SPECIMEN NO.			AREA SECTION	WEIGHT (g)		Density	ULTIMATE LOAD	COMPRESSIVE STRENGTH	AVERAGE COMPRESSIVE
TIME	AGE	NO	cmxcm	ก่อน	หลัง	kg/cm <sup>3</sup>	kg	KSC	KSC
	28วัน	NO.1	26.01	220	215	1.63	3405	132.35	<b>132.62</b>
		NO.2	26.01	218	213	1.62	3390	131.77	
		NO.3	26.01	218	213	1.62	3365	130.79	
		NO.4	26.01	219	214	1.62	3480	135.26	
		NO.5	26.01	219	214	1.62	3420	132.93	
1 วัน	ทันที	NO.1	26.01	220	211	1.60	3330	129.43	<b>129.20</b>
		NO.2	26.01	221	212	1.61	3270	127.10	
		NO.3	26.01	219	210	1.59	3300	128.27	
		NO.4	26.01	218	209	1.59	3330	129.43	
		NO.5	26.01	217	208	1.58	3390	131.77	
1 ชม.		NO.1	26.01	216	207	1.57	3270	127.10	<b>128.08</b>
		NO.2	26.01	218	209	1.59	3300	128.27	
		NO.3	26.01	217	208	1.58	3270	127.10	
		NO.4	26.01	219	210	1.59	3300	128.27	
		NO.5	26.01	220	211	1.60	3330	129.43	
12 ชม.		NO.1	26.01	217	209	1.59	3330	129.43	<b>127.92</b>
		NO.2	26.01	218	210	1.59	3240	125.94	
		NO.3	26.01	219	210	1.59	3315	128.85	
		NO.4	26.01	218	210	1.59	3270	127.10	
		NO.5	26.01	217	208	1.58	3300	128.27	
1 วัน		NO.1	26.01	217	209	1.59	3315	128.85	<b>126.87</b>
		NO.2	26.01	216	208	1.58	3225	125.35	
		NO.3	26.01	217	209	1.59	3255	126.52	
		NO.4	26.01	218	210	1.59	3225	125.35	
		NO.5	26.01	219	211	1.60	3300	128.27	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SPECIMEN			AREA	WEIGHT		Density	ULTIMATE	COMPRESSIVE	AVERAGE
NO.			SECTION	(g)			LOAD	STRENGTH	COMPRESSIVE
TIME	AGE	NO	cmxcm	ก่อน	หลัง	kg/cm <sup>3</sup>	kg	KSC	KSC
	3วัน	NO.1	26.01	220	213	1.62	3300	128.27	<b>126.29</b>
		NO.2	26.01	221	215	1.63	3210	124.77	
		NO.3	26.01	222	216	1.64	3240	125.94	
		NO.4	26.01	220	213	1.62	3210	124.77	
		NO.5	26.01	219	212	1.61	3285	127.68	
	7วัน	NO.1	26.01	218	213	1.62	3180	123.60	<b>124.89</b>
		NO.2	26.01	217	212	1.61	3225	125.35	
		NO.3	26.01	216	211	1.60	3150	122.44	
		NO.4	26.01	217	212	1.61	3270	127.10	
		NO.5	26.01	218	213	1.62	3240	125.94	
	15วัน	NO.1	26.01	218	214	1.62	3210	124.77	<b>122.67</b>
		NO.2	26.01	217	213	1.62	3120	121.27	
		NO.3	26.01	216	212	1.61	3150	122.44	
		NO.4	26.01	219	215	1.63	3120	121.27	
		NO.5	26.01	220	216	1.64	3180	123.60	
	28วัน	NO.1	26.01	218	214	1.62	3210	124.77	<b>121.89</b>
		NO.2	26.01	217	213	1.62	3120	121.27	
		NO.3	26.01	216	212	1.61	3050	118.55	
		NO.4	26.01	219	215	1.63	3120	121.27	
		NO.5	26.01	220	216	1.64	3180	123.60	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



### ตารางบันทึกผลการทดลองที่ 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**CONCRETE TECHNOLOGY LABORATORY**  
**FACULTY OF CIVIL ENGINEERING**  
**KMITL**  
**FLEXURAL STRENGTH**

AGE	WIDTH (cm)	DEPT (cm)	LONG (cm.)	WEIGHT (kg)	ULTIMATE LOAD(kg)	MODULUS OF RUPTURE(KSC)	AVERAGE RUPTURE(KSC)
ทันที	NO.1	15.03	15	55	23.8	300	7.32
	NO.2	15.01	15	55	23.8	285	6.96
	NO.3	15.02	15	55	23.8	300	7.32
15 นาที	NO.1	15.00	15	55	23.8	315	7.70
	NO.2	15.03	15	55	23.8	285	6.95
	NO.3	15.03	15	55	23.8	300	7.32
30 นาที	NO.1	15.03	15	55	23.8	315	7.68
	NO.2	15.02	15	55	23.8	300	7.32
	NO.3	15	15	55	23.8	285	6.97
1 ชม.	NO.1	15.03	15	55	23.8	315	7.68
	NO.2	15.01	15	55	23.8	315	7.69
	NO.3	15.02	15	55	23.8	300	7.32
6 ชม.	NO.1	15	15	55	23.8	315	7.70
	NO.2	15.02	15	55	23.8	300	7.32
	NO.3	15	15	55	23.8	315	7.70
12 ชม.	NO.1	15.03	15	55	23.8	330	8.05
	NO.2	15.03	15	55	23.8	345	8.42
	NO.3	15.03	15	55	23.8	315	7.68
1 วัน	NO.1	15.02	15	55	23.8	345	8.42
	NO.2	15.03	15	55	23.8	375	9.15
	NO.3	15.01	15	55	23.8	360	8.79

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AGE	WIDTH (cm)	DEPT (cm)	LONG (cm.)	WEIGHT (kg)	ULTIMATE LOAD(kg)	MODULUS OF RUPTURE(KSC)	AVERAGE RUPTURE(KSC)
3 วัน	NO.1	15.02	15	55	23.8	390	9.52
	NO.2	15	15	55	23.8	390	9.53
	NO.3	15.02	15	55	23.8	375	9.15
7 วัน	NO.1	15	15	55	23.8	375	9.17
	NO.2	15.03	15	55	23.8	390	9.51
	NO.3	15	15	55	23.8	375	9.17
15 วัน	NO.1	15.02	15	55	23.8	360	8.79
	NO.2	15.03	15	55	23.8	330	8.05
	NO.3	15.01	15	55	23.8	345	8.43
28 วัน	NO.1	15.02	15	55	23.8	315	7.69
	NO.2	15	15	55	23.8	330	8.07
	NO.3	15.02	15	55	23.8	300	7.32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



## ตารางบันทึกผลการทดลองที่ 7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**CONCRETE TECHNOLOGY LABORATORY**  
**FACULTY OF CIVIL ENGINEERING**  
**KMITL**  
**SHEAR STRENGTH**

AGE	WIDTH (cm)	DEPT (cm)	LONG (cm.)	WEIGHT (kg)	ULTIMATE LOAD(kg)	SHEAR (KSC)	AVERAGE SHEAR(KSC)
ทันที	NO.1	15.03	15	60	23.8	1410	3.13
	NO.2	15.01	15	60	23.8	1380	3.06
	NO.3	15.02	15	60	23.8	1395	3.10
15 นาที	NO.1	15.00	15	60	23.8	1395	3.10
	NO.2	15.03	15	60	23.8	1410	3.13
	NO.3	15.03	15	60	23.8	1395	3.09
30 นาที	NO.1	15.03	15	60	23.8	1365	3.03
	NO.2	15.02	15	60	23.8	1425	3.16
	NO.3	15	15	60	23.8	1395	3.10
1 ชม.	NO.1	15.03	15	60	23.8	1410	3.13
	NO.2	15.01	15	60	23.8	1425	3.16
	NO.3	15.02	15	60	23.8	1410	3.13
6 ชม.	NO.1	15	15	60	23.8	1425	3.17
	NO.2	15.02	15	60	23.8	1440	3.20
	NO.3	15	15	60	23.8	1410	3.13
12 ชม.	NO.1	15.03	15	60	23.8	1410	3.13
	NO.2	15.03	15	60	23.8	1425	3.16
	NO.3	15.03	15	60	23.8	1440	3.19
1 วัน	NO.1	15.02	15	60	23.8	1425	3.16
	NO.2	15.03	15	60	23.8	1500	3.33
	NO.3	15.01	15	60	23.8	1410	3.13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AGE	WIDTH (cm)	DEPT (cm)	LONG (cm.)	WEIGHT (kg)	ULTIMATE LOAD(kg)	SHEAR (KSC)	AVERAGE SHEAR(KSC)
3 วัน	NO.1	15.02	15	60	23.8	1455	3.23
	NO.2	15	15	60	23.8	1425	3.17
	NO.3	15.02	15	60	23.8	1410	3.13
<b>3.17</b>							
7 วัน	NO.1	15	15	60	23.8	1410	3.13
	NO.2	15.03	15	60	23.8	1395	3.09
	NO.3	15	15	60	23.8	1425	3.17
<b>3.13</b>							
15 วัน	NO.1	15.02	15	60	23.8	1395	3.10
	NO.2	15.03	15	60	23.8	1425	3.16
	NO.3	15.01	15	60	23.8	1425	3.16
<b>3.14</b>							
28 วัน	NO.1	15.02	15	60	23.8	1410	3.13
	NO.2	15	15	60	23.8	1425	3.17
	NO.3	15.02	15	60	23.8	1410	3.13
<b>3.14</b>							

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## หนังสืออ้างอิง

1. James A. Kent, Phid , “Riegel’s Handbook of industrial Chemistry(Ninth Edition) “ , Van Nostrand Reinhold , New York , 1992.
2. “Standard Specificcattios for transportation Meterial and Method of sampling and Testing”, Part2, adopted by AASHTO, Washington, July 1978
3. “1993 ANNUAL BOOK of ASTM STANDARDS”, section 4 , volume 0.4.01-0.4.02 , ASTM 1916 Racd Street , Philadelphia , PA 19103-1187 USA.
7. ศิริวัฒน์ ไชยชนะ, สุรัตน์ หวังเจริญและสุพจน์ ศิริมด, “การทดสอบคุณสมบัติของคอนกรีต”, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า, 2524
8. หริส สุตะบุตร ดร. และ เคนยิ จียีอิวา ดร. , “หล่อโลหะ” , สำนักพิมพ์ดวงกมล จำกัด , พิมพ์ครั้งที่ 1 , พ.ศ. 2538.
9. ศิริวัฒน์ ไชยชนะ ผศ. , “ปฏิบัติการคอนกรีตเทคโนโลยี” , คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง , พิมพ์ครั้งที่ 1 , พ.ศ. 2535.
- 10.วินิต ช่อวิเชียร ดร. , “คอนกรีตเทคโนโลยี(Concrete Technology)” , พิมพ์ครั้งที่ 7 , พ.ศ. 2529.
- 11.ศิริชัยโพธิตาปนนะ, ชาญเดช พิสิษฐ์ไพบูรณ์, “ทรายทำแบบหล่อโลหะ” , ฝ่ายปฏิบัติการทางเทคนิค 1 , สถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมเครื่องจักรกลและโลหะการ กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม.
- 12.สุทนต์ พัฒนศิริ , บัณฑิต ใจชื่น , “หล่อโลหะ 1” , สำนักพิมพ์ประกอบเมโทร , พิมพ์ครั้งที่ 2 , พ.ศ. 2527.
- 13.เอกสารประกอบการบรรยาย การฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ , “การปรับปรุงเทคโนโลยีและคุณภาพงานหล่อเพื่อพัฒนาอุตสาหกรรมเครื่องจักร , 2-8 ตุลาคม 2534 ณ. โรงแรมรีเจนท์ ถ. ราชดำริ กรุงเทพฯ , สถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมเครื่องจักรกลและโลหะการ.
- 14.สุนทร รุณรงค์ , วิสุทธิ พิชมงคล , วัชรนา ขนิษฐานุตร , วิวัฒน์ ตันดิขจร โกศล , แปลจาก BASIC TECHNOLOGY FOR MANUFACTURING CAST IRONS. MARCH , 1989, “เทคโนโลยีการผลิตเหล็กหล่อเบื้องต้น” , พิมพ์ครั้งที่ 1 , หจก.ภาพพิมพ์ , พ.ศ. 2534.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

15. ชัชวาลย์ เศรษฐบุตร , “คอนกรีต เทคโนโลยี (CONCRETE TECHNOLOGY)” ,  
พิมพ์ครั้งที่ 3 ,ตุลาคม 2537.
16. สิริศักดิ์ ปโยทศิริ , “กำลังวัสดุ (STRENGTH OF MATERIALS)” , พิมพ์ครั้งที่ 4.  
พ.ศ. 2536
17. อุดมวิทย์ กาณจนวงศ์ , “การปฏิบัติงานทดสอบวัสดุ(แบบทำลาย)” , แผนกช่างก่อสร้าง  
สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตนนทบุรี , พิมพ์ครั้งที่ 1 , พ.ศ. 2538



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้