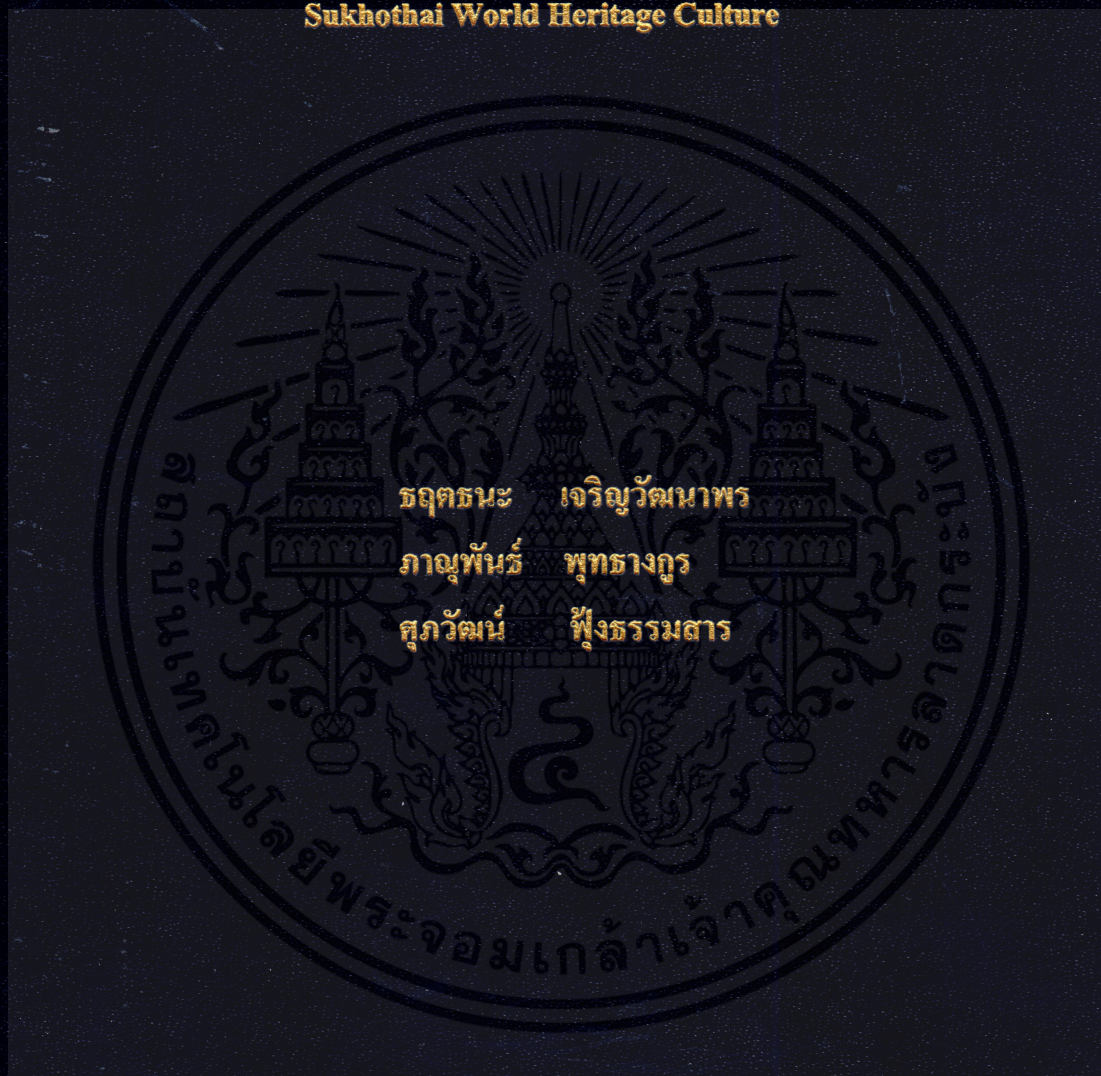


การศึกษาคุณสมบัติด้านการดูดซึมน้ำและความคงทนของหินก่อสร้างของ
วัดเชตุพนอุทยานประวัติศาสตร์สุโขทัย

Study on Water Absorption and Durability of Building Stones of Chetuphon temple,
Sukhothai World Heritage Culture



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาคามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา

คณะวิศวกรรมศาสตร์

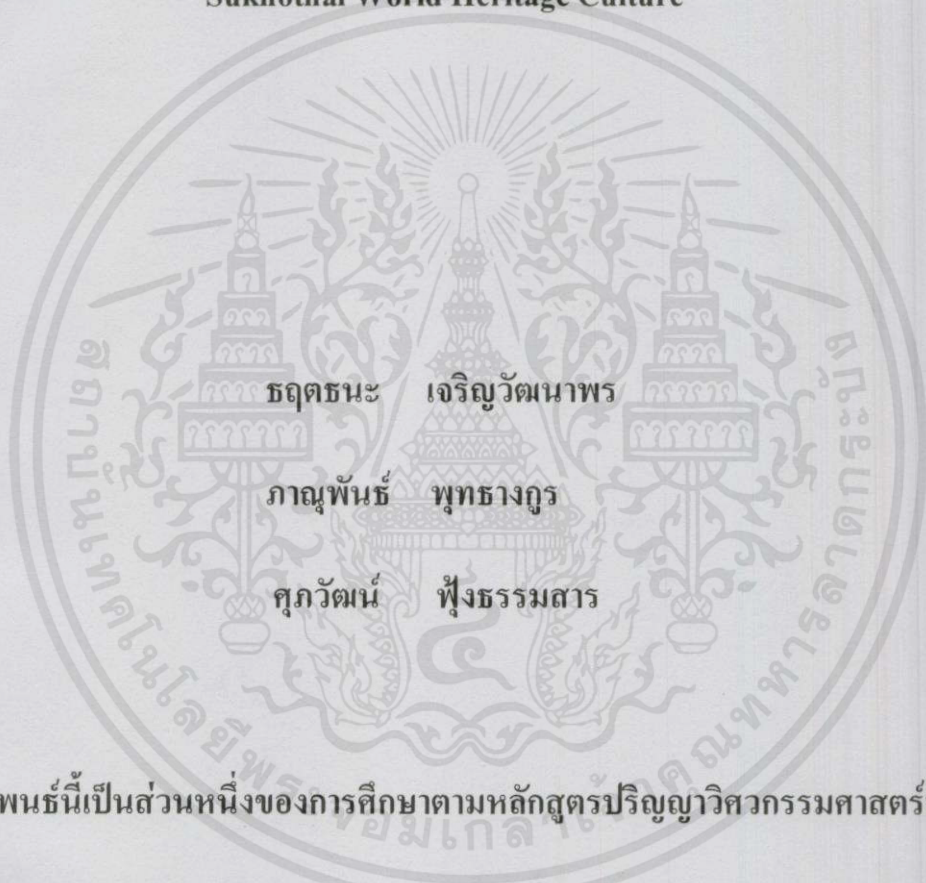
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2557

การศึกษาคุณสมบัติด้านการดูดซึมน้ำและความคงทนของหินก่อสร้างของ
วัดเชตุพนอุทยานประวัติศาสตร์สุโขทัย

Study on Water Absorption and Durability of Building Stones of Chetuphon temple,

Sukhothai World Heritage Culture



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ภายในเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ปีการศึกษา 2557
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาโทปีการศึกษา 2557

สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา

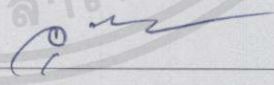
คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การศึกษาคุณสมบัติด้านการดูดซึมน้ำและความคงทนของหินก่อสร้างของวัดเชตุพนอุทยาน
ประวัติศาสตร์สุโขทัย


**Study on water absorption and durability of building stones of Chetuphon temple,
Sukhothai World Heritage Culture**

ผู้จัดทำ

1. นายชุตชนะ เจริญวัฒนาพร รหัสนักศึกษา 54010603
2. นายภาณุพันธ์ พุทธธางกูร รหัสนักศึกษา 54010990
3. นายศุภวัฒน์ ฟูงธรรมสาร รหัสนักศึกษา 54011296


อาจารย์ ที่ปรึกษา

(อ.อุเบ สิริแก้ว)


อาจารย์ ที่ปรึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และตั้งชื่อสิ่งพิมพ์ซ้ำ (ผศ. สมเกียรติ ขวัญพุกภัย) ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาคุณสมบัติด้านการดูดซึมน้ำและความคงทนของหินก่อสร้าง ของวัดเชตุพนอุทยานประวัติศาสตร์สุโขทัย

นายรฤตธนะ เจริญวัฒนาพร 54010603

นายภาณุพันธ์ พุทธถาวร 54010990

นายศุภวัฒน์ ทุ่งธรรมสาร 54011296

อ.อุษะ ศิริแก้ว อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ.สมเกียรติ ขวัญพุกภัย อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

บทคัดย่อ

การศึกษาคุณสมบัติด้านการดูดซึมน้ำและความคงทนของหินก่อสร้างซึ่งประกอบไปด้วยหินชนวนและศิลาแลงของวัด “พระเชตุพน” อุทยานประวัติศาสตร์สุโขทัย มีวัตถุประสงค์เพื่อเป็นฐานข้อมูลด้านวิศวกรรมของหินก่อสร้าง ทำการศึกษาโดยอ้างอิงตามมาตรฐานของ ASTM และ ISRM การทดสอบค่าความเค็มของสารละลายจากหินก่อสร้าง ใช้ Salinity Meter AZ8371 มีหน่วยเป็น ppt. ผลการศึกษาพบว่า ค่าเฉลี่ยความเค็มปรากฏที่ได้จากเครื่องมือวัดแสดงปริมาณเกลือในฤดูฝนของหินชนวนและศิลาแลงประมาณ 0.016 ppt. และ 0.01 ppt., ค่าเฉลี่ยความเค็มฤดูแล้งของหินชนวนและศิลาแลงเท่ากับ 0.055 ppt. และ 0.03 ppt., ค่าดูดซึมน้ำเฉลี่ยของหินชนวนและศิลาแลงอยู่ที่ 3.77% และ 8.48%, ค่ากำลังรับแรงอัดแบบจุดของหินชนวนและศิลาแลงเท่ากับ 48 MPA และ 29 MPA, ค่าสึกหรอของวัสดุเม็ดหยาบของหินชนวนและศิลาแลงเท่ากับ 81.47% และ 60.11 %, ค่าความคงทนของมวลรวมของหินชนวนและศิลาแลงเท่ากับ 2.57% และ 11.14% ความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติด้านวิศวกรรมของหินก่อสร้างได้อธิบายแล้วอย่างละเอียดในเล่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Study on Water Absorption and Durability of the Building Stones of Chetuphon Temple, Sukhothai World Heritage Culture

Mr. Thithana Jarernwatthanaporn 54010603

Mr. Panupan Putthangkul 54010990

Mr. Supawat Funghammasarn 54011296

Miss. Uba Sirikaew Advisor

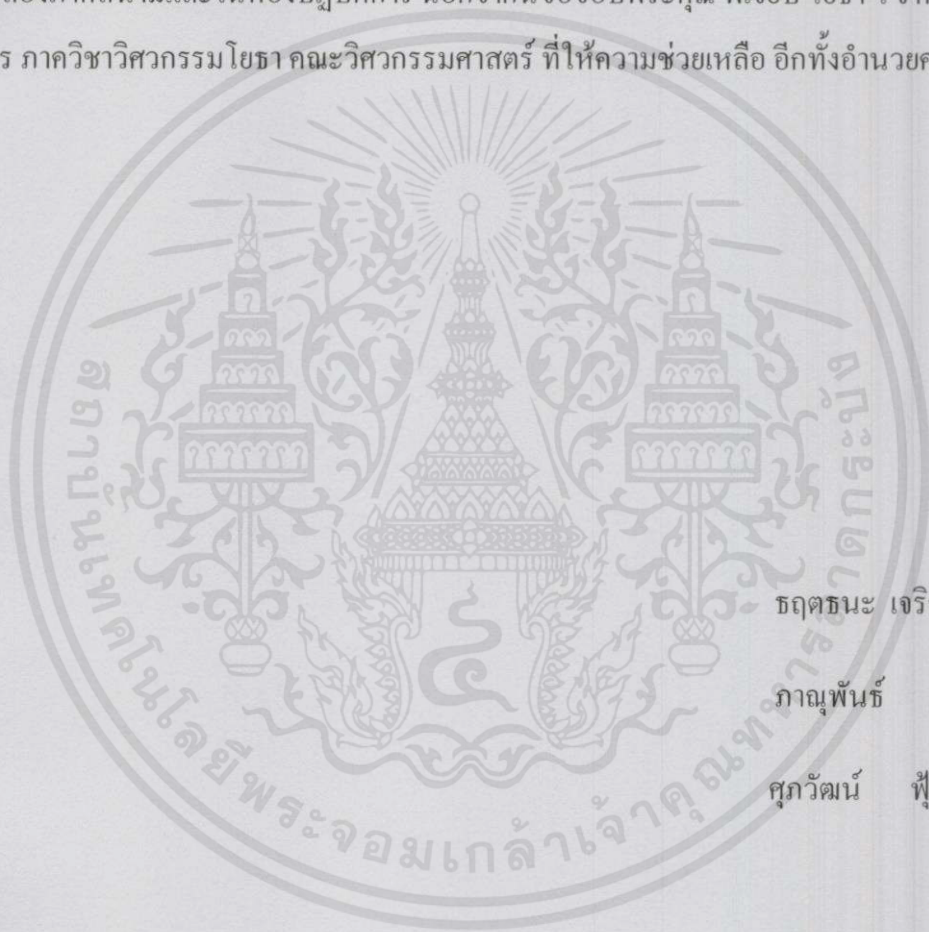
Assis.Prof. Somkiat Khwanpruk Co-Advisor

Abstract

The Purpose of the study on water absorption and durability of the building stones; silicified slate and laterite of the Chetuphon Temple of Sukhothai World Heritage Culture aims to determine and develop their engineering properties and the data base of those properties. The study methods are field testing and investigation, laboratory test and data analysis, the rock testing methods were based on ASTM and ISRM. Salinity of rock solution was determined by AZ8371 Salinity Meter. Result of the study showed that the water absorption of silicified slate and laterite were 3.77% and 8.48%. The contents of the dissolved salt in the saline solution derived from silicified slate and laterite were about 0.016 ppt and 0.01 ppt in the rainy season, and those values of 0.055 ppt and 0.03 ppt in dry season. Rain washed the salinity out of the building stones. The uniaxial compressive strength values of silicified shale and laterite were 48 MPa and 29 MPa. The values of an abrasion loss of silicified slate and laterite were 81.47% and 60.11%. The values of loss due to soundness test of silicified slate and laterite were 2.7% and 11.14%. The relationships of the building stones' engineering properties were described in detail.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้จะสำเร็จลุล่วงไม่ได้ถ้าหากไม่ได้รับความกรุณาและช่วยเหลือจาก อาจารย์ อุบะ ศิริแก้ว อาจารย์ที่ปรึกษา ซึ่งท่านได้ให้คำแนะนำตลอดจนแนะแนวทางเพื่อให้ดำเนินการทั้งออกสำรวจเก็บตัวอย่าง การทำการทดลองภาคสนามและในห้องปฏิบัติการ นอกจากนี้ขอขอบพระคุณ พี่เจี๊ยบ โยธา เจ้าหน้าที่ ห้องปฏิบัติการ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ ที่ให้ความช่วยเหลือ อีกทั้งอำนวยความสะดวกต่างๆ



ธฤตธนะ เจริญวัฒนาพร

ภาณุพันธ์ พุทธางกูร

ศุภวัฒน์ ฟุ้งธรรมสาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

| | หน้า |
|--------------------------------|------|
| บทคัดย่อภาษาไทย | I |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ | II |
| กิตติกรรมประกาศ | III |
| สารบัญ | IV |
| สารบัญตาราง | VI |
| สารบัญภาพ | VII |
| บทที่ 1 บทนำ | 1 |
| 1.1 กล่าวนำ | 1 |
| 1.2 ที่มาของปัญหา | 2 |
| 1.3 วัตถุประสงค์ | 2 |
| 1.4 ขอบเขตการศึกษา | 2 |
| 1.5 วิธีการศึกษา | 3 |
| บทที่ 2 วรรณกรรมปริทัศน์ | 4 |
| 2.1 หินก่อสร้างของวัดพระเชตุพน | 4 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

| | หน้า |
|---|------|
| 2.2 คุณสมบัติทางวิศวกรรมของหินชนวน | 5 |
| 2.3 คุณสมบัติทางวิศวกรรมของหินศิลาแลง | 7 |
| 2.4 หลักการและมาตรฐานการทดสอบต่างๆ | 9 |
| 2.5 การศึกษางานวิจัยอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง | 13 |
| บทที่ 3 ขั้นตอนวิธีการดำเนินงาน | 16 |
| 3.1 ขั้นตอนการทำงาน | 16 |
| 3.2 วิธีการดำเนินงาน | 17 |
| 3.3 เครื่องที่ใช้ในการทดสอบ | 22 |
| บทที่ 4 ผลการศึกษา | 26 |
| 4.1 ผลการทดสอบ | 26 |
| 4.2 สรุปข้อมูลผลการทดสอบ | 34 |
| บทที่ 5 วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง | 35 |
| 5.1 การวิเคราะห์และสรุปข้อมูลผลการทดลอง | 35 |
| ภาคผนวก ก ตารางที่เกี่ยวข้อง | 45 |
| ภาคผนวก ข มาตรฐานและการทดลองต่างๆ | 47 |
| บรรณานุกรม | 60 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

| ตาราง | หน้า |
|--|------|
| 3.1 แสดงขั้นตอนการทำงาน | 16 |
| 3.2 แผนผังการดำเนินการทดสอบ | 21 |
| 4.1 ตารางแสดงผลการศึกษาค่าความเค็มของศิลาแลง | 26 |
| 4.2 ตารางแสดงผลการศึกษาค่าความเค็มของหินชนวน | 27 |
| 4.3 แสดงผลการศึกษากำลังรับแรงอัดแบบจุดของศิลาแลง | 27 |
| 4.4 แสดงผลการศึกษากำลังรับแรงอัดแบบจุดของหินชนวน | 28 |
| 4.5 ตารางแสดงผลค่าการดูดซึมน้ำของศิลาแลง | 28 |
| 4.6 ตารางแสดงผลค่าการดูดซึมน้ำของหินชนวน | 29 |
| 4.7 ตารางแสดงผลการศึกษาค่าความสึกหรอของวัสดุเม็ดหยาบ ศิลาแลง | 30 |
| 4.8 ตารางแสดงผลการศึกษาค่าความสึกหรอของวัสดุเม็ดหยาบ หินชนวน | 31 |
| 4.9 ตารางแสดงผลการศึกษาค่าความคงทนของมวลรวม ศิลาแลง | 32 |
| 4.10 ตารางแสดงผลการศึกษาค่าความคงทนของมวลรวม หินชนวน | 33 |
| 4.11 ตารางสรุปข้อมูลผลการทดสอบ | 34 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

| รูป | หน้า |
|--|------|
| 1.1 ภาพแสดงผังบริเวณวัดพระเชตุพน จ.สุโขทัย | 1 |
| 2.1 บริเวณวัดพระเชตุพน จ.สุโขทัย ศิลปะสุโขทัยตอนปลาย | 5 |
| 2.2 ภาพหินชนวนบริเวณวัดพระเชตุพน | 6 |
| 2.3 ภาพขยายหินชนวน | 6 |
| 2.4 ศิลาลงมีลักษณะคล้ายกับหิน สีส้มหรือน้ำตาลเข้ม มีรูพรุน | 7 |
| 2.5 หน้าปกผลงานวิจัยโบราณสถานเมือง Petra | 13 |
| 2.6 ภาพแสดงผลึกเกลือขยาย | 14 |
| 3.1 ภาพแสดงตำแหน่งทดสอบค่าความเค็มของหินศิลาลงในวัดเชตุพน | 18 |
| 3.2 ภาพแสดงตำแหน่งทดสอบค่าความเค็มของหินชนวนในวัดเชตุพน | 18 |
| 3.3 ภาพแสดงตำแหน่งทดสอบกำลังรับแรงอัดของหินชนวน | 19 |
| 3.4 ภาพแสดงตำแหน่งทดสอบกำลังรับแรงอัดของหินศิลาลง | 19 |
| 3.5 Salinity meter AZ 8371 | 22 |
| 3.6 Schimidt hammer | 23 |
| 3.7 เครื่องมือทดสอบความสึกหรอ | 24 |
| 3.8 ลูกเหล็กที่ใช้ในการทดสอบหาค่าความสึกหรอ | 24 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญญภาพ (ต่อ)

| รูป | หน้า |
|--|------|
| 5.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเค็มกับค่าความสามารถในการดูดซึมน้ำ | 35 |
| 5.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเค็มกับค่าความคงทน | 36 |
| 5.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเค็มกับค่าความลึกหรือ | 37 |
| 5.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเค็มกับค่าความสามารถในการรับแรงอัด | 38 |
| 5.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความสามารถในการดูดซึมน้ำกับค่า ความสามารถในการรับแรงอัด | 39 |
| 5.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความสามารถในการดูดซึมน้ำกับค่าความคงทน | 40 |
| 5.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความสามารถในการดูดซึมน้ำกับค่าความลึกหรือ | 41 |
| 5.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความลึกหรือกับค่าความคงทน | 42 |
| 5.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความลึกหรือกับค่าความสามารถในการรับแรงอัด | 43 |
| 5.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความคงทนกับค่าความสามารถในการรับแรงอัด | 44 |

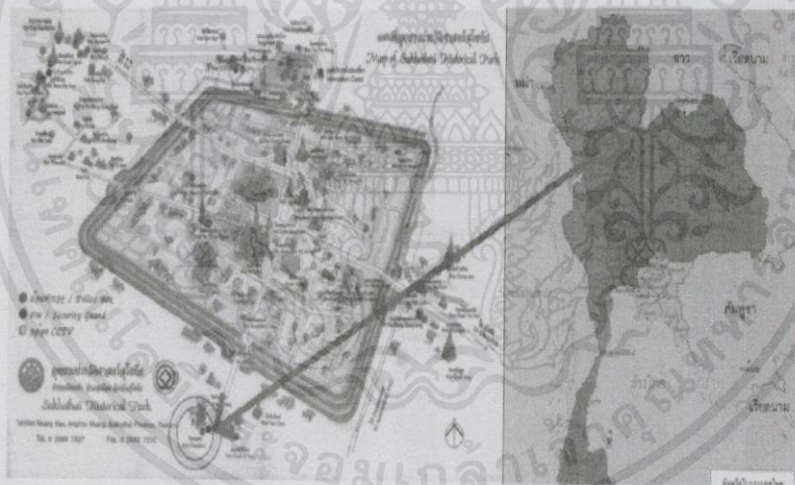
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1. กล่าวนำ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นการศึกษาเกี่ยวกับคุณสมบัติของหินชนวนและหินศิลาแลงซึ่งเป็นวัสดุก่อสร้างสำคัญของวัดเชตุพน ซึ่งมีตำแหน่งที่ตั้งดังรูปที่ 2.1. ทำให้รู้ว่าคนในอดีตมีความรู้และนิยมใช้หินชนวนและหินศิลาแลงในการก่อสร้างวัดวาอารามต่างๆซึ่งทำให้เรามีความสนใจที่จะศึกษาคุณสมบัติของหินทั้ง 2 ชนิดนี้เพื่อเป็นการหาคำตอบของภูมิปัญญาของคนในอดีตต่อไป



รูปที่ 1.1. "ภาพแสดงผังบริเวณวัดพระเชตุพน จ.สุโขทัย"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2.ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา ในอดีตโบราณสถานต่าง ๆ นั้นถูกก่อสร้างด้วยหินเป็นส่วน ใหญ่ พอเวลาผ่านไปหลายสิบหลายร้อยปีย่อมเห็นสิ่งที่เปลี่ยนแปลงไป ได้แก่ รอยร้าวต่างๆที่ปรากฏ เห็นได้ชัด ซึ่งรอยร้าวเหล่านี้เกิดจากหลายสาเหตุ เช่น เกิดจากลม น้ำ หรืออาจเกิดจากความเค็มจาก เหนือจากผู้สัมผัส ซึ่งลมกับน้ำเป็นปัจจัยที่เลี่ยงได้ยาก แต่ปัญหาที่เกิดจากการสัมผัสเลี่ยงได้ง่ายกว่า ซึ่ง ถ้าเราช่วยกันลดการสัมผัสกับ โบราณสถานก็จะช่วยให้โบราณสถานอยู่กับเราและลูกหลานเรานานขึ้น วัสดุก่อสร้างหินใน”วัดพระเชตุพน” อุทยานประวัติศาสตร์สุโขทัย มี 2 ชนิด ได้แก่ สีลาแลงและ หินชนวน ซึ่งสภาพเนื้อหินมีการผุพัง และนักท่องเที่ยวชอบสัมผัส ลูบคลำ กำแพง เสาและ สิ่งก่อสร้าง อื่น ๆ หากไม่ดูแลรักษาจะไม่เหลือโบราณสถานให้ลูกหลาน

1.3.วัตถุประสงค์

- 1) ศึกษาเกี่ยวกับคุณสมบัติการทนการกัดกร่อน โดยเคมีและการดูดซึมน้ำของหิน
- 2) ตรวจวัดค่าความเค็มของสารละลายที่ได้จากวัสดุก่อสร้างในวัดพระเชตุพน และตัวอย่างหิน

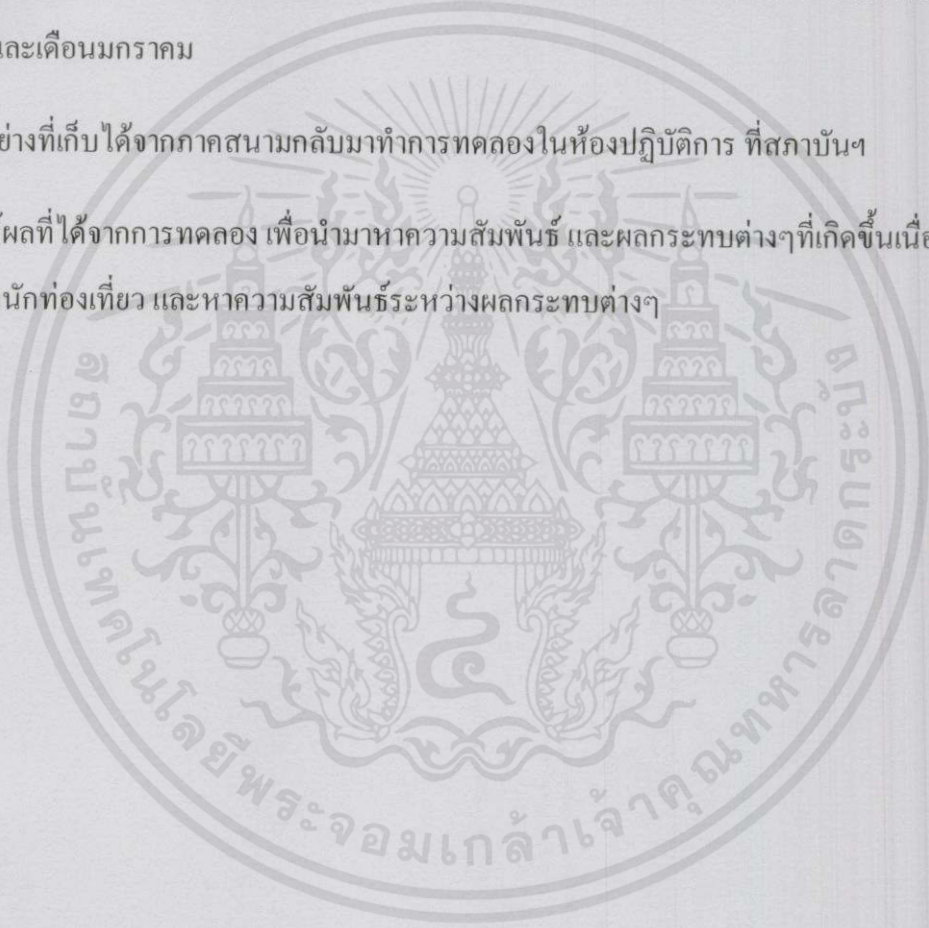
1.4.ขอบเขตของการศึกษา

ศึกษาเฉพาะหินก่อสร้าง 2 ชนิดคือ หินชนวนและสีลาแลง ซึ่งมีในพื้นที่ศึกษา ศึกษาเฉพาะคุณสมบัติ ทางกายภาพและคุณสมบัติทางกลของหินตามมาตรฐาน ASTMxxxxxxxxxxxxxxxxx(เครื่องมือวัดค่า ความเค็มเป็นชนิด Salinity Meter AZ8371 มีค่าความแม่นยำ มากกว่าหรือน้อยกว่า 0.2 PPTเป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5. วิธีการศึกษา

- ศึกษาและทบทวนข้อมูลคุณสมบัติของหินศิลาแลงและหินชนวนซึ่งเป็นวัสดุในการก่อสร้าง”วัดพระเชตุพน”
- ศึกษางานวิจัยและทฤษฎี ตลอดจนวิธีและมาตรฐานการทดลองต่างๆที่จะใช้ในการทดลองในวิทยานิพนธ์นี้
- ออกภาคสนามเพื่อทำการเก็บตัวอย่างและทำการทดสอบภาคสนาม โดยแบ่งเป็น 2 ครั้ง คือเดือนตุลาคม และเดือนมกราคม
- นำตัวอย่างที่เก็บได้จากภาคสนามกลับมาทำการทดลองในห้องปฏิบัติการ ที่สถาบันฯ
- วิเคราะห์ผลที่ได้จากการทดลอง เพื่อนำมาหาความสัมพันธ์ และผลกระทบต่างๆที่เกิดขึ้นเนื่องจากเหตุของนักท่องเที่ยว และหาความสัมพันธ์ระหว่างผลกระทบต่างๆ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

วรรณกรรมปริทัศน์

2.1. วัดพระเชตุพน

เป็นวัดโบราณสร้างสมัยสุโขทัยสร้างด้วยศิลาแลงและหินชนวนที่ทำเพดาน ตัวมณฑปและกำแพงแก้ว ล้อมรอบมณฑปตั้งอยู่ที่ตำบลเมืองเก่า อำเภอเมือง จังหวัดสุโขทัย นอกกำแพงเมืองทางทิศใต้ของ อุทยานประวัติศาสตร์สุโขทัย ห่างจากเขตคูเมืองชั้นในประมาณ 2 กม. จากจารึกวัดศรีศักดิ์ที่กล่าวถึง วัดเชตุพน ความว่าเมื่อครั้งสร้างวัดศรีศักดิ์เสร็จสิ้นทางวัดได้นิมนต์พระจากวัดเชตุพนมาร่วมฉลองการ สร้างวัด นอกจากนี้ยังพบหลักศิลาจารึกที่วัดเชตุพนซึ่งเป็นจารึกในปี พ.ศ.2057 กล่าวว่าเจ้าธรรมรังสี ได้สร้างพระพุทธรูปเพื่อประดิษฐานภายในวัดวัดเชตุพน เป็นวัดโบราณขนาดใหญ่ ตั้งอยู่นอกอุทยาน ประวัติศาสตร์สุโขทัย รอบวัดมี อุทกสีมา (คูน้ำ) ล้อมรอบเพื่อแสดง เขตพุทธาวาส ซึ่งเป็นแบบแผน ของวัดในอาณาจักรสุโขทัยศาสนสถานสำคัญที่ปรากฏอยู่ประกอบด้วย มณฑปจัตุรมุข ทรงสี่เหลี่ยม แต่ละด้านประดิษฐานด้วย พระพุทธรูปสี่อิริยาบถ ซึ่งประกอบด้วย อิริยาบถยืน เดิน (ลีลา) นั่ง นอน (ไสยาสน์) ส่วนแกนกลางมณฑปนี้ใช้รองรับ โครงสร้างของหลังคา โดยมณฑปนี้ยังมีอยู่ที่วัดอื่นๆ อีก เช่น วัดพระพายหลวง และวัดพระสี่อิริยาบถด้านหลังมณฑปจัตุรมุขมี เจดีย์ทรงวิมาน ยอดมุมไม้ยี่สิบ มี เสาก่อซ้อนกันเป็นหลังคา ที่ผนังมีลายเขียนเส้นสีดำลวดลายพรรณพฤกษา ล้อมรอบด้วย กำแพงแก้ว ซึ่งเป็นลูกกรงสร้างจากหินชนวน เป็นแท่งขนาดใหญ่และหนา มีการสกัดทำเป็นรูเดียวเพื่อรับซึ่งลูกกรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1. “บริเวณวัดพระเชตุพน จ.สุโขทัย ศิลปะสุโขทัยตอนปลาย”

2.2. คุณสมบัติทางวิศวกรรมของหินชนวน

หินชนวน (Slate) เป็นหินแปร แปรสภาพมาจากหินดินดาน เนื้อแน่นละเอียดมาก ผิดเรียบเป็นมัน สีเข้ม กะเทาะออกเป็นแผ่นบางตามรอยแยกได้ ใช้งานหลังคา ปูพื้นทางเดิน ทำแผ่นกันความร้อนประกอบด้วย แร่คลอไรต์และแร่ไมก้าเนื่องจากการขาดแคลนซิลิกาและคาร์บอนในองค์ประกอบของหินชนวนจึงทำให้หินชนวนสามารถทนต่อการกัดกร่อน แต่ปัญหายังคงเกิดได้ถ้าเป็นหินชนวนที่มีรูพรุนมาก มีอายุการใช้งานนาน ไม่ติดไฟเป็นชนวนและเป็นวัสดุธรรมชาติที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

2.2.1 คุณสมบัติของหินชนวน

- ทนต่อการกัดกร่อน
- ทนทานมีความแข็งแรง
- ไม่ติดไฟและเป็นชนวนกันไฟ
- เป็นวัสดุที่ไม่มีพิษหรือส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ กรุณาแจ้งเจ้าหน้าที่ผู้ดูแลสงวนเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- มีคุณสมบัติดูดซับความชื้นได้น้อย



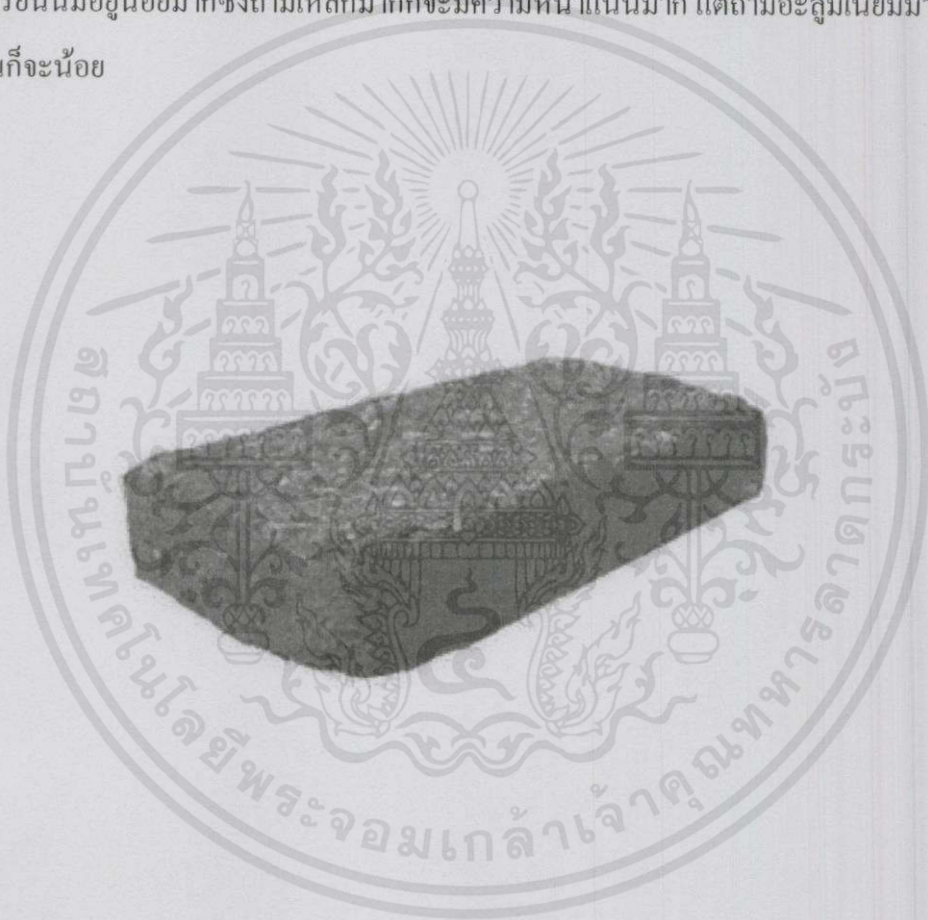
รูปที่ 2.2. “ภาพหินชนวนบริเวณวัดพระเชตุพน”



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับครูใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 รูปที่ 2.3. “ภาพขยายหินชนวน”
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.คุณสมบัติทางวิศวกรรมของศิลาแลง

ศิลาแลง หรือ แม่รัง (Laterite) เป็นวัสดุธรรมชาติอย่างหนึ่งที่เกิดขึ้นบริเวณมรสุมเขตร้อน มีความสำคัญในการก่อสร้างในอดีต เนื่องจากมีความอ่อนนุ่มและมีความแข็งพอสมควร ไม่พองตัวเมื่อโดนน้ำ จึงอาจนำมาใช้สร้างสะพานและเป็นแหล่งกักเก็บน้ำได้ด้วยศิลาแลงครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 15 เปอร์เซ็นต์ของพื้นผิวโลก เกิดจากกระบวนการผุพังมายาวนาน ส่วนประกอบสำคัญทางเคมี คือ ออกไซด์ของเหล็ก หรืออะลูมิเนียม โดยอาจมีแร่ควอตซ์และแคลไซต์ปนอยู่ด้วย ส่วนธาตุที่เป็นค่า ซิลิกเกตและสารอินทรีย์นั้นมีอยู่น้อยมากซึ่งถ้ามีเหล็กมากก็จะมีค่าน้ำหนักมาก แต่ถ้ามีอะลูมิเนียมมากค่าน้ำหนักก็น้อย



รูปที่ 2.4. “ศิลาแลงมีลักษณะคล้ายกับหิน สีส้มหรือน้ำตาลเข้ม มีรูพรุน”

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประเภทของศิลาแลงจะแบ่งออกได้เป็น

-แบบที่เชื่อมยึดตัวแน่น เป็นแผ่นต่อเนื่องเป็นพืด เรียกว่า “ศิลาแลง” หรือ “แม่รัง” นิยมตัดเป็นแท่งคล้ายอิฐ นำไปสร้างสิ่งก่อสร้างกำแพง ปูทางเดินและอื่นๆ

-แบบที่เกาะตัวกันหลวมๆ ลักษณะร่วน เรียกว่า “ลูกรัง” นิยมใช้อัดพื้นถนน เพราะเมื่อมีการบดอัด และได้รับความชื้นจากน้ำแล้ว จะจับตัวแน่นดีกว่าดิน หรือทรายธรรมดา

การนำศิลาแลงมาใช้ นั้น เป็นกระบวนการที่ไม่ยุ่งยากนัก เมื่อเปิดหน้าดินลงไปถึงศิลาแลง จะพบเนื้อดินที่ไม่แข็งนัก ใช้ขวานหรือเหล็กสกัด หรือชะแลง เซาะร่องจัดออกมาเป็นแท่งสี่เหลี่ยมขนาดใหญ่ได้ แต่เมื่อยกขึ้นมาแล้วต้องรีบตัดแต่งให้เข้ารูปตามต้องการโดยเร็ว เพราะหากทิ้งไว้เป็นเวลานาน มันจะแข็งตัวกว่าเดิมมาก เมื่อแต่งรูปเสร็จแล้ว วางทิ้งไว้ประมาณ 1 เดือน ก็จะแข็งมาก สามารถนำไปก่อสร้างได้เหมือนอิฐ ศิลาแลงนี้ซึ่งสามารถพบได้ในโบราณสถานสมัยสุโขทัยเป็นส่วนใหญ่ แต่ก็พบได้ในโบราณสถานแห่งอื่นๆ เช่น เชียงแสน เชียงใหม่ กำแพงเพชร เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4. หลักการและมาตรฐานการทดสอบต่างๆ

2.4.1. การทดสอบความเค็ม (Salinity Test)

การทดสอบหาค่าความเค็ม (Salinity test) เป็นการวัดค่าความเค็มที่ผิวของหิน โดยทำการทดสอบในฤดูฝนและฤดูแล้งแล้วนำมาเปรียบเทียบกัน เพื่อทดสอบว่าฝนมีผลต่อการชะล้างความเค็มที่ผิวหินหรือไม่

วิธีการทดลอง

- ใช้ Salinity meter จุ่มวัดค่าความเค็มของน้ำ
- ใช้สำลึบน้ำแข็งที่ผิวหินและบิบลงภาชนะ จากนั้นใช้ Salinity meter จุ่มวัด

2.4.2. การทดสอบกำลังรับแรงอัดวิธี (Schmidt Hammer Test)

การทดสอบกำลังอัดของวัสดุด้วยวิธี Rebound Hammer Test (Schmidt Hammer Test) เป็นการทดสอบ เพื่อประเมินค่ากำลังอัดของคอนกรีตในโครงสร้างแบบไม่ทำลาย Non-Destructive Test) ตามมาตรฐาน ASTM C805 โดยประเมินค่ากำลังอัดประลัย หรือค่า F_c' ของวัสดุ โดยอาศัยหลักการวัดค่าดัชนีสะท้อนกลับ (Rebound Number) ที่เกิดจากการกดแกนทดสอบ (Plunger) และกระบอกทดสอบ (Housing) ให้ตั้งฉากกับผิวคอนกรีต แรงกระแทกจากสปริงภายในจะทำให้แกนทดสอบเกิดการสะท้อนกลับมีค่าดัชนีตั้งแต่ 10 ถึง 100 ขึ้นอยู่กับความสามารถในการดูดซับพลังงานของผิววัสดุ ผิววัสดุที่มีความแข็งมากกว่า จะมีค่าดัชนีสะท้อนกลับสูงกว่า

วิธีการทดลอง

- กดแกนทดสอบกับพื้นหรือผนังเพื่อคลายล็อกให้แกนทดสอบยืดออกพร้อมที่จะใช้งาน
- กดแกนทดสอบตรงจุดที่จะทำการทดสอบในแนวตั้งฉากจนกระทั่งเกิดการสะท้อนกลับ

(Rebound) กดปุ่มล็อกแล้วอ่านค่าพร้อมจดบันทึกค่าดัชนีสะท้อนกลับ (Rebound Number)

- ทำการทดลองซ้ำเป็นจำนวน 30 จุด เพื่อหาค่าเฉลี่ยผลการทดลอง

2.4.3. การทดสอบเพื่อหาความสึกหรอของวัสดุมวลรวม (Los Angeles abrasion value)

การทดสอบความต้านทานการสึกกร่อนของหิน โดยเครื่องทดสอบลอสแอนเจลิสทำได้จาก การวัดค่าความสึกกร่อนที่เกิดขึ้นกับมวลรวม จากการกระแทกและการเสียดสีกับลูกเหล็กกลม ซึ่งมีขนาดตามที่กำหนดและมีจำนวนขึ้นอยู่กับขนาดคละของตัวอย่างทดสอบ ในขณะที่ถึงหมุนรอบตัวเองจะมีแผ่นเหล็กที่ตั้งฉากกับผนังของถัง จะพาตัวอย่างทดสอบและลูกเหล็กกลมอยู่สูงขึ้นไปจะตกลงมากระแทกกับผนังด้านตรงข้ามในถังเหล็ก กระบวนการนี้จะทำซ้ำกันไปเรื่อยๆ จนครบจำนวนรอบที่กำหนดจากนั้นจะคองนำตัวอย่างทดสอบออกจากถังแล้วนำมาแยกขนาดด้วยตะแกรงเพื่อหาเปอร์เซ็นต์การสึกกร่อน

การทดลองนี้เป็นประเภทการทดสอบทางกลสมบัติ (Mechanical Tests) เพื่อหาค่าความสึกหรอของวัสดุมวลรวม การทดลองนำตัวอย่างมวลรวมและลูกเหล็กทรงกลมขนาดมาตรฐานเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 46.8 มม. มีมวลประมาณ 390-445 กรัม ใส่ลงในเครื่อง Los Angeles ซึ่งมีลักษณะเป็น โลหะรูปทรงทรงกระบอกหมุนในแกนราบด้วยความเร็ว 30-35 รอบต่ออนาที โดยจะหมุนให้ได้ 500 หรือ 1000 รอบขึ้นอยู่กับขนาดวัสดุ

วิธีการทดลอง

- ทำการเตรียมตัวอย่างหินทั้ง 2 ชนิด คละขนาดตามมาตรฐาน ASTM C 131-69 และ C 535-69 ชั้น E ซึ่งจะใช้ลูกน้ำหนัก 12 ลูก น้ำหนักมวลรวม 5000 กรัม บวกลบ 25 กรัม
- ใส่ตัวอย่างลงในเครื่อง Los Angeles หมุนด้วยความเร็วรอบ 35 รอบต่ออนาที เป็นเวลา 33 นาที
- นำตัวอย่างออกจากเครื่องมาล้างผ่าน ตะแกรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.4. การทดสอบการดูดซับน้ำของวัสดุ (Absorption Test)

โครงสร้างภายในก้อนของวัสดุประกอบด้วยเนื้อของแข็งและรูพรุนภายในบางส่วนที่ติดต่อกับผิว นอกคั้งนั้นมวลของวัสดุจึงสามารถดูดความชื้น นอกจากนี้ น้ำบางส่วนยังสามารถเกาะบริเวณผิวของมวลวัสดุ ดังนั้นวัสดุที่เก็บอยู่ในสภาพธรรมชาติจึงมีความชื้นต่างกันไป สภาพความชื้นนี้มีผลต่อการใช้วัสดุในการก่อสร้างโดยวัสดุแต่ละประเภทจะมี ค่าความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity) และค่าการดูดซึม ซึ่งจะมีผลต่อความสามารถรับกำลังของวัสดุ

วิธีการทดลอง

- เตรียมตัวอย่างหินแต่ละชนิด ตามมาตรฐาน ASTM C 127 ซึ่งเป็นมาตรฐานของมวลหยาบ
- อบตัวอย่างที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชม.
- ชั่งน้ำหนักให้ได้ตามกำหนด และนำไปแช่ในน้ำที่อุณหภูมิห้องอีก 24 ชม. อีกรอบและ ชั่งน้ำหนักครั้งสุดท้าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.5. การทดสอบความทนต่อการกัดกร่อน (Soundness Test)

วัสดุมวลรวมที่จะนำมาใช้ก่อสร้างทางนั้นจะต้องมีความคงทนต่อการกระทำจากสารเคมี (Chemical-Destroy) ซึ่งทำให้วัสดุเปลี่ยนลักษณะไปเป็นสารประกอบอย่างอื่นซึ่งเรียกว่าการสลายตัว (Decomposition) การสลายตัวของวัสดุจะเกิดมากเมื่อมีความชื้นสูง อุณหภูมิสูง และอยู่ใต้พื้นดิน ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องทดสอบ Soundness เพื่อใช้หาความคงทนของวัสดุต่อการกัดกร่อน

วิธีการทดลอง

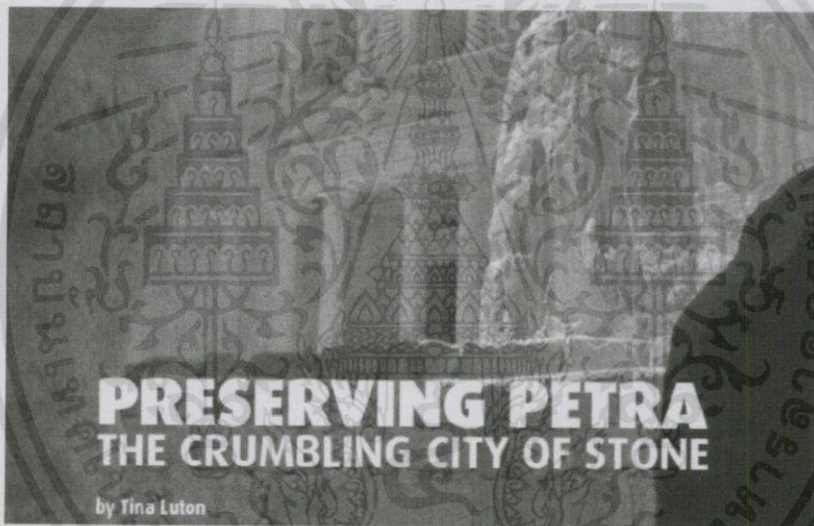
- เตรียมตัวอย่างตามมาตรฐาน ASTM C 88
- จากนั้นทำการเตรียมสารละลาย แมกนีเซียมซัลเฟต ที่อิ่มตัวพอดี
- แช่ตัวอย่างในสารละลาย ที่อุณหภูมิ 21 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 ชม. จากนั้นนำตัวอย่างมาอบ ที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชม.
- ทำการทดลองแบบเดิมเป็นจำนวน 5 ครั้ง
- เมื่อแช่ตัวอย่างรอบสุดท้ายเสร็จ ทำการล้างทำความสะอาดสารละลายออก จากนั้นนำเข้าตู้อบ อีก 6 ชม.
- ขั้นตอนสุดท้ายทำการร่อนตัวอย่างที่ได้ ผ่านตะแกรงตามมาตรฐานกำหนด และชั่งน้ำหนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5. การศึกษางานวิจัยอื่นๆที่เกี่ยวข้อง

2.5.1. การศึกษาการผุพังของหินจากเหมืองักท่องเที่ยวของเมือง Petra

จากการศึกษาพบว่า เมืองPetraซึ่งเป็นเมืองท่องเที่ยวที่สำคัญในประเทศJordan มีนักท่องเที่ยวมาเที่ยวเป็นจำนวนมากต่อปีจึงเป็นสาเหตุให้เกิดการสำรวจและบันทึกขึ้นพบว่านักท่องเที่ยวมักจะลืบล้างมือหรือทำขี้รดกำแพงซึ่งจะทำให้สถานที่เสียหายได้นอกจากนี้การใช้มือลูบหรือใช้มือทำขี้รดกำแพงนั้นยังเกิดผลเสียจากเหงื่อจากมือซึ่งจะทำให้เกิดเป็นรอยหรือรอยคราบติดไว้เพิ่มอีก

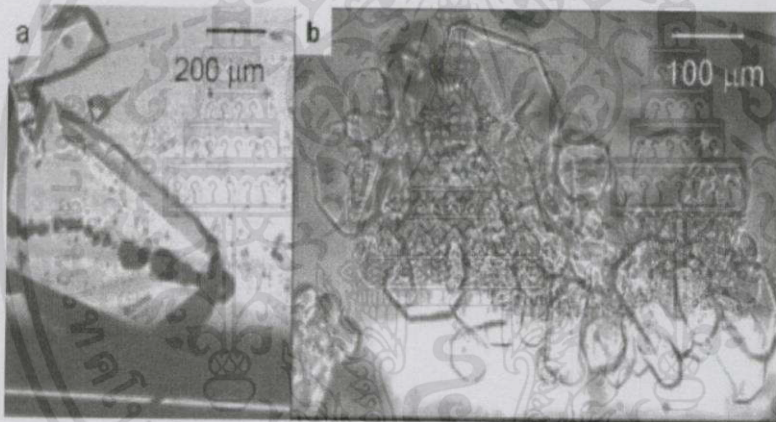


รูปที่ 2.5. “หน้าปกผลงานวิจัยโบราณสถานเมือง Petra”

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.2. การวิจัยการตกผลึกของเกลือโดย Noushine Shahidzadeh Bonn, François Bertrand และ Daniel Bonn

นักวิจัยดังกล่าวได้ตรวจสอบเกลือตกผลึกในหินทรายที่มีรูพรุนทำให้ทราบถึงอัตราการผุของหิน และการป้องกันการกร่อนของหินก่อสร้างโดยใช้โซเดียมซัลเฟตน้ำที่ขังในช่องว่างหินหรือหินเปียกด้วยน้ำส่งผลให้เกลือเกิดการเติบโตอย่างรวดเร็วในรูปแบบไฮเดรตของซัลเฟตผลึกเกลือส่งผลให้ช่องว่างหินขยายและแตกในที่สุด รูปถ่ายของเกลือในกล้องไมโครสโคปิกแสดงในรูปที่ 2.6.



รูปที่ 2.6. “a เป็นผลึกเกลือในช่องว่าง b เป็นผลึกเกลือขยาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.3. การศึกษาผลกระทบ ของการตกผลึกของเกลือบนหินที่นำมาสร้าง โบราณสถานกอง ย้าของVeysel Zedef

การศึกษานี้ได้มีการทดสอบตัวอย่างถึง 16 ตัวอย่าง ซึ่งในแต่ละตัวอย่างจะมี"แร่
ธาตุ"ที่เป็นส่วนประกอบผสมและแตกต่างกันไปและได้มีการเก็บตัวอย่างมาจาก
3 สถานที่ ดั่งนั้นผลที่ได้ออกมาดังตารางจึงมีความสัมพันธ์กันระหว่าง คุณสมบัติ
ต่างๆของหิน กับแร่ธาตุในตัวหินและสถานที่แหล่งกำเนิด

2.5.4. การศึกษาคุณสมบัติทางกลและทางกายภาพของหินชนวนโดยนาย Alamและคณะ จากมหาลัย เมมโมเลียน ประเทศแคนาดา

การศึกษาของนาย Alamและเพื่อนนั้นเป็นการศึกษาเปรียบเทียบคุณสมบัติของ
หินชนวนที่ได้จากบริเวณ Britannia Coveกับ คุณสมบัติของหินชนวนจาก
สถานที่อื่นๆที่เคยตีพิมพ์กันมา คุณสมบัติที่มาเปรียบเทียบประกอบไปด้วย
โมดูลัสยืดหยุ่น อัตราส่วนปัว-ซอง แรงอัดสูงสุด และแรงดึงสูงสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน

3.1 ขั้นตอนการทำงาน

1. ศึกษาและหาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปรัชญานิพนธ์
2. ลงปฏิบัติภาคสนามและเก็บตัวอย่างหิน
3. ปฏิบัติในห้องปฏิบัติการ
4. รวบรวมและเรียบเรียงข้อมูลทำรูปเล่ม

ตาราง 3.1. “แสดงขั้นตอนการทำงาน”

| กิจกรรม | ก.ย. | ต.ค. | พ.ย. | ธ.ค. | ม.ค. | ก.พ. | มี.ค. | เม.ย. |
|--|------|------|------|------|------|------|-------|-------|
| 1. ศึกษางานวิจัย | x | x | x | x | x | | | |
| 2. วางปฏิบัติภาคสนามและเก็บตัวอย่างหิน | | x | | | x | x | | |
| 3. เตรียมแลป อุปกรณ์และการทดสอบ | | x | x | | | x | x | |
| 4. เขียนรายงานและตรวจสอบความถูกต้อง | | x | x | x | | | x | x |
| 5. นำเสนอและรายงานงานวิจัย | x | | | x | | | | x |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2. วิธีการดำเนินงาน

ในการดำเนินงานต้องมีการวางแผนงานและแบ่งหน้าที่กันให้อย่างลงตัวเพื่อที่จะได้ทำงานอย่างราบรื่นและมีประสิทธิภาพ โดยมีวิธีการดำเนินงานดังต่อไปนี้

-ศึกษาหาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปริญญานิพนธ์จากอินเทอร์เน็ตและห้องสมุดอาทิเช่น คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของหินชนวนและศิลาแลง มาตรฐานและวิธีทำการทดลองต่างๆ ข้อมูลวัดพระเชตุพน ข้อมูลปริมาณฝนย้อนหลัง30ปีของจังหวัดสุโขทัย แหล่งหินธรรมชาติ และทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง จากนั้นเริ่มจัดตารางการดำเนินงานโดยการทำงานเป็น 3 ส่วนหลัก คือ งานภาคสนาม งานห้องปฏิบัติการ และการทำรูปเล่ม

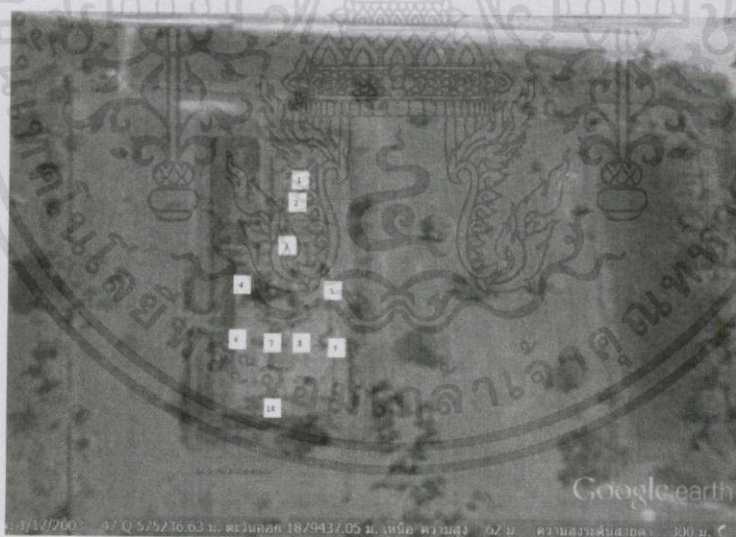
-ในช่วงแรกเริ่มศึกษาวิทยานิพนธ์เบื้องต้นก่อน โดยได้ศึกษาเกี่ยวกับส่วนประกอบ หัวข้อหลัก และการเรียงลำดับวิทยานิพนธ์ ซึ่งศึกษาได้จากวิทยานิพนธ์ของรุ่นพี่และจากอินเทอร์เน็ต

-ออกเก็บข้อมูลภาคสนามที่วัดเชตุพน จังหวัดสุโขทัย เพื่อไปเก็บค่าความเค็มและความสามารถในการรับแรงอัด(Schmid's hammer) ซึ่งในขั้นตอนการเก็บค่าความเค็มนั้นได้ทดลองกับตัวอย่างหินชนิดละ 10 ตำแหน่ง โดยจะเน้นทำการทดลองตรงบริเวณที่มีรอยแตกของหินเนื่องจากบริเวณรอยแตกจะมีค่าความเค็มมากที่สุด ซึ่งตัวอย่างที่ทำการทดสอบส่วนมากจะเป็นบริเวณรอยแตกพื้น รอยแตกบนเสา และรอยแตกบนผนังกำแพงและระหว่างทำการทดสอบนั้นได้ใส่ถุงมือเพื่อป้องกันความเค็มจากมือของผู้ทำการทดลอง ส่วนการทดสอบรับแรงอัดของหิน(schimidt's hammer) ทำ0ตามมาตรฐาน ASTM C805 นั้นมีการทดสอบ 2 แนว คือแนวตั้งฉากกับแนวขนานกับพื้นโลก โดยเลือกตำแหน่งที่ผิวหินเรียบหรือตำแหน่งที่มีการเปลี่ยนแปลงของระดับผิววัดดูน้อยที่สุด โดยจุดที่ทำการทดสอบส่วนมากนั้นจะเป็นบริเวณพื้นทางเข้า ผนังกำแพง กองหินรอบวัด และเสาหิน โดยแบ่งการเก็บข้อมูลเป็น 2 ครั้ง โดยในครั้งแรกออกเก็บข้อมูลในช่วง ค.ค. ซึ่งเป็นตัวแทนของฤดูฝนและอีกครั้งในช่วง ธ.ค. ซึ่งเป็นตัวแทนของฤดูแล้ง โดยในการออกภาคสนามทั้ง 2 ครั้งทางทีมงานได้ออกไปเก็บตัวอย่างหินชนวนจากวัดเขาย้อย จังหวัดสุโขทัย ซึ่งได้เลือกหินที่มีขนาดแตกต่างกันไปเพื่อนำกับไปทดสอบคุณสมบัติต่างๆในห้องปฏิบัติการอีก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป3.1. “แสดงตำแหน่งทดสอบค่าความเค็มของศิลาแลง ณ วัดเชตุพน”



รูป3.2. “แสดงตำแหน่งทดสอบค่าความเค็มของหินชนวน ณ วัดเชตุพน”

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป3.3. “แสดงตำแหน่งทดสอบกำลังรับแรงอัด(Schimidt Hammers)ของหินชนวน”



รูป3.4. “แสดงตัวอย่างทดสอบกำลังรับแรงอัด(Schimidt Hammers)ของหินศิลาแลง”

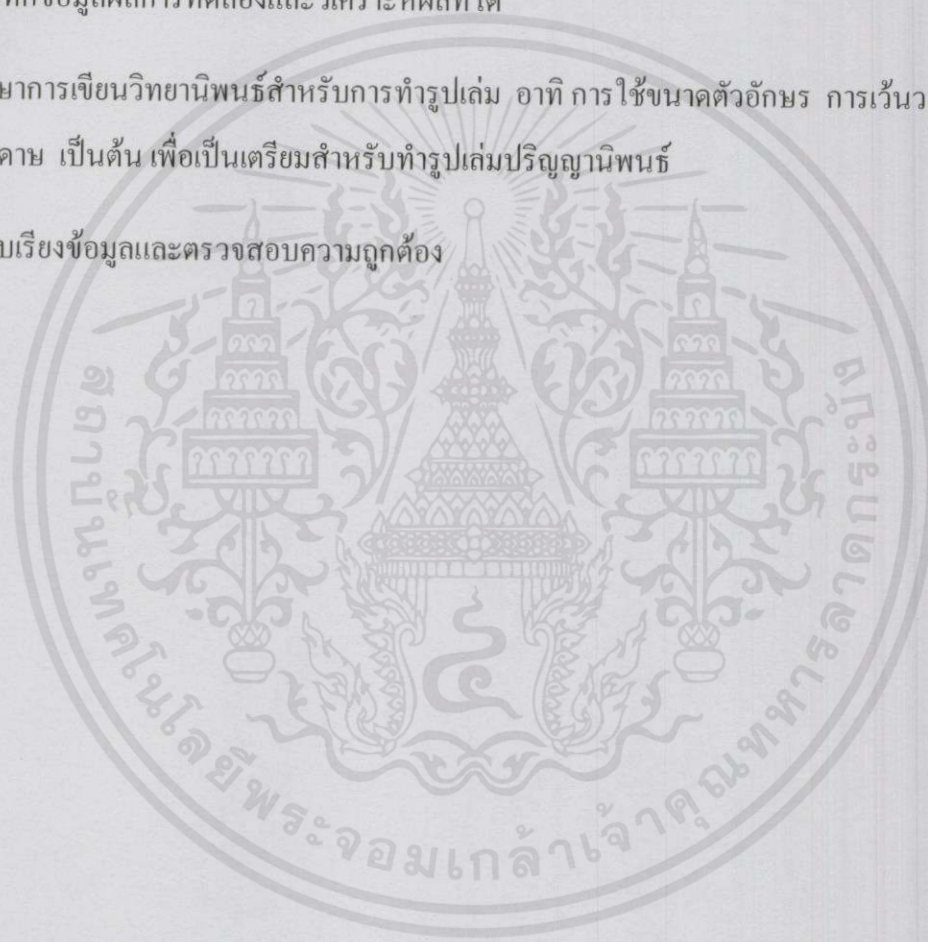
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-การทดสอบคุณสมบัติหินในห้องปฏิบัติการซึ่งนำหินชนวนจากวัดเข้าย่อยและหินศิลาแดงจากโรงงานหินในจังหวัดสุโขทัยมาใช้ทดสอบ โดยคุณสมบัติที่จะศึกษาได้แก่ ค่าความดูดซึมน้ำของหิน(absorption) ตามมาตรฐานASTM C 127, การทดสอบค่าคงทนของมวลรวม (soundness) ตามมาตรฐาน ASTM C 88, การทดสอบหาความสึกหรอของวัสดุเม็ดหยาบ (Los angeles abrasion) ตามมาตรฐานASTM C 131-69 Grade E ซึ่งในขั้นตอนการเตรียมวัสดุและขั้นตอนการทดลองแบบคร่าวๆได้ระบุไว้ในบทที่ 2 และแบบละเอียดได้อยู่ภาคผนวก

-บันทึกข้อมูลผลการทดลองและวิเคราะห์ผลที่ได้

-ศึกษาการเขียนวิทยานิพนธ์สำหรับการทำรูปเล่ม อาทิ การใช้ขนาดตัวอักษร การเว้นวรรค การเว้นขอบกระดาษ เป็นต้น เพื่อเป็นเตรียมสำหรับทำรูปเล่มปริญญาบัตร

-เรียบเรียงข้อมูลและตรวจสอบความถูกต้อง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 3.2 “แผนผังการดำเนินการทดสอบ”

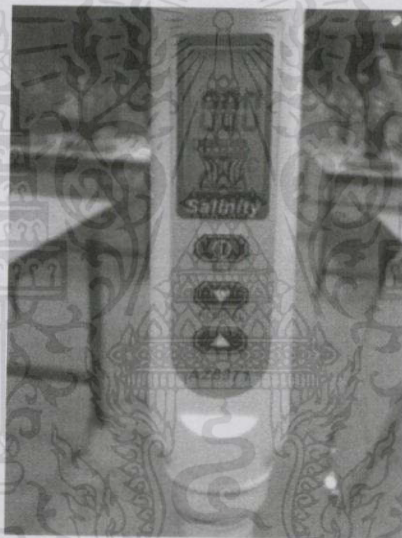
| รายการทดสอบ | หินชนวน | | | ศิลาแลง | | |
|--|----------------|-----------------------------|-------------------|----------------|-----------------------------|-------------------|
| | จำนวน ทดสอบ | วิธีการ ทดสอบ | หน่วย ทดสอบ | จำนวน ทดสอบ | วิธีการ ทดสอบ | หน่วย ทดสอบ |
| ภาคสนาม | | | | | | |
| 1.การทดสอบวัดค่าความเค็มในฤดูฝน | 10 | Salinity Meter AZ8371 | ppt. | 10 | Salinity Meter AZ8371 | ppt. |
| 2.การทดสอบวัดค่าความเค็มในฤดูฝน | 10 | Salinity Meter AZ8371 | ppt. | 10 | Salinity Meter AZ8371 | ppt. |
| 3.การทดสอบวัดค่ากำลังรับแรงอัดในแนวตั้งฉากกับพื้นโลก | 60 | ASTM C 805 | N/mm ² | 15 | ASTM C 805 | N/mm ² |
| 4.การทดสอบวัดค่ากำลังรับแรงอัดในแนวตั้งฉากกับพื้นโลก | 60 | ASTM C 805 | N/mm ² | 15 | ASTM C 805 | N/mm ² |
| ห้องปฏิบัติการ | | | | | | |
| 1.การทดสอบวัดค่าการดูดซึมน้ำ | 8 | ASTM C 127 | %ดูดซึมน้ำ | 8 | ASTM C 127 | %ดูดซึมน้ำ |
| 2.การทดสอบวัดค่าการสึกหรอของวัสดุมวลเม็ดหยาบ | 3 | ASTM C 131-69 | %สึกหรอ | 3 | ASTM C 131-69 | %สึกหรอ |
| 3.การทดสอบวัดค่าความคงทน | 3 | ASTM C 88 | %การสูญเสีย | 3 | ASTM C 88 | %การสูญเสีย |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3. เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ

3.3.1. การทดสอบวัดค่าความเค็ม

1. Salinity meter Az 8371
2. กระจกบอกระดับน้ำ 20 ml
3. สำลี
4. น้ำเปล่า

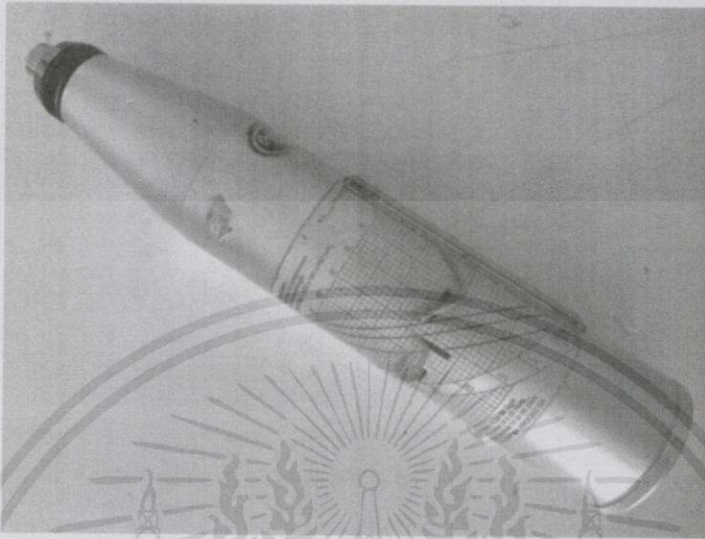


รูป 3.5. “Salinity meter Az8371”

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2. การทดสอบวัดค่ากำลังรับแรงอัด

1. Schmidt's hammer



รูป 3.6. "Schmidt's hammer"

3.3.3. การทดสอบวัดค่าการดูดซึมน้ำ

1. เครื่องชั่งน้ำหนัก
2. ตะแกรงร่อนมาตรฐานขนาด 1 นิ้ว, 0.75 นิ้ว, 0.5 นิ้ว, 0.375 นิ้ว
3. ตู้อบหิน

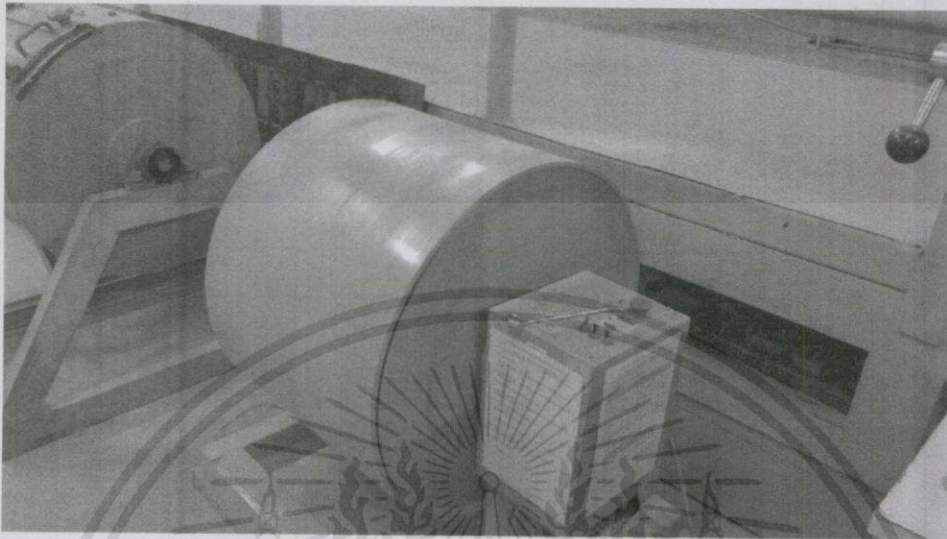
3.3.4. การทดสอบวัดค่าความสึกหรอของวัสดุมวลหาย

1. เครื่องมือทดสอบความผุกร่อน
2. ตะแกรงร่อนมาตรฐานขนาด 2.5 นิ้ว, 2 นิ้ว, 1.5 นิ้ว
3. ลูกเหล็กเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 46.8 มม. จำนวน 12 ลูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุเปลี่ยนแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. เครื่องชั่งน้ำหนัก
5. ตู้อบหิน



รูป3.7. “เครื่องมือทดสอบความสึกหรอ”



รูป3.8. “ลูกเหล็กที่ใช้ในการทดสอบหาค่าความสึกหรอ”

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.5. การทดสอบวัดค่าความคงทน

1. สารละลายแมกนีเซียมซัลเฟต
2. ตะแกรงร่อนมาตรฐานขนาด 2.5นิ้ว, 2นิ้ว, 1.5นิ้ว, 1นิ้ว, 0.75นิ้ว, 0.5นิ้ว, 0.375นิ้ว, 4.75มม.
3. ชามสำหรับแช่หินในสารละลาย
4. ตู้อบหิน
5. เครื่องชั่งน้ำหนัก



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการศึกษา

4.1. ผลการทดสอบ

ตารางที่ 4.1 ตารางแสดงผลการศึกษาค่าความเค็มของสีลาแลง (Salinity test)

| ตัวอย่าง | ฤดูฝน | ฤดูแล้ง |
|----------|-----------------|-----------------|
| | Δ (ppt.) | Δ (ppt.) |
| 1 | 0.01 | 0.00 |
| 2 | 0.01 | 0.04 |
| 3 | 0.01 | 0.02 |
| 4 | 0.01 | 0.04 |
| 5 | 0.01 | 0.02 |
| 6 | 0.01 | 0.04 |
| 7 | 0.01 | 0.04 |
| 8 | 0.01 | 0.06 |
| 9 | 0.01 | 0.00 |
| 10 | 0.01 | 0.04 |
| เฉลี่ย | 0.01 | 0.03 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ตารางแสดงผลการศึกษาค่าความเค็มของหินชนวน (Salinity test)

| ตัวอย่าง | ฤดูฝน | ฤดูแล้ง |
|----------|-----------------|-----------------|
| | Δ (ppt.) | Δ (ppt.) |
| 1 | 0.01 | 0.05 |
| 2 | 0.01 | 0.05 |
| 3 | 0.02 | 0.05 |
| 4 | 0.02 | 0.05 |
| 5 | 0.01 | 0.02 |
| 6 | 0.02 | 0.06 |
| 7 | 0.02 | 0.05 |
| 8 | 0.01 | 0.05 |
| 9 | 0.02 | 0.06 |
| 10 | 0.02 | 0.11 |
| เฉลี่ย | 0.016 | 0.055 |

ตาราง 4.3 แสดงผลการศึกษากำลังรับแรงอัดแบบจุดของศิลาแดง (Schmidt's hammer)

| ตัวอย่าง | กำลังรับแรงอัดแบบจุด (N/mm ²) |
|----------|---|
| 1-30 | 29 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 4.4 แสดงผลการศึกษากำลังรับแรงอัดของหินชนวน (Schmidt's hammer)

| ตัวอย่าง | กำลังรับแรงอัดแบบจุด (N/mm ²) |
|----------|---|
| 1-30 | 46 |
| 31-60 | 47 |
| 61-90 | 51 |
| เฉลี่ย | 48 |

ตาราง 4.5 แสดงผลการศึกษาค่าการดูดซึมน้ำของศิลาแลง (Absorption)

| ชนิดหิน | น้ำหนักหินอิมตัวผิวแห้ง(กรัม) | น้ำหนักหินสภาพแห้ง(กรัม) | เปอร์เซ็นต์การดูดซึม |
|------------------|-------------------------------|--------------------------|----------------------|
| ศิลาแลง1 | 101.17 | 92.65 | 9.20 |
| ศิลาแลง2 | 115.7 | 106.98 | 8.15 |
| ศิลาแลง3 | 129.07 | 119.29 | 8.20 |
| ศิลาแลง4 | 122.44 | 112.98 | 8.37 |
| ศิลาแลง5 | 98.25 | 90.6 | 8.44 |
| ศิลาแลง6 | 117.95 | 109.12 | 8.09 |
| ศิลาแลง7 | 109.08 | 100.53 | 8.50 |
| ศิลาแลง8 | 114.17 | 104.88 | 8.86 |
| ค่าเฉลี่ย | | | 8.48 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่จําหน่ายใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีกรนำไปใช้

ตาราง 4.6 แสดงผลการศึกษาค่าการดูดซึมน้ำของหินชนวน (Absorption)

| ชนิดหิน | น้ำหนักหินอิมตัวผิวแห้ง(กรัม) | น้ำหนักหินสภาพแห้ง(กรัม) | เปอร์เซ็นต์การดูดซึม |
|------------------|-------------------------------|--------------------------|----------------------|
| ชนวน1 | 117.26 | 112.56 | 4.18 |
| ชนวน2 | 98.52 | 94.43 | 4.33 |
| ชนวน3 | 164.33 | 158.39 | 3.75 |
| ชนวน4 | 134.46 | 130.66 | 2.91 |
| ชนวน5 | 141.07 | 135.72 | 3.94 |
| ชนวน6 | 141.32 | 136.17 | 3.38 |
| ชนวน7 | 147.81 | 142.39 | 3.81 |
| ชนวน8 | 185.93 | 179.01 | 3.87 |
| ค่าเฉลี่ย | | | <u>3.77</u> |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 4.7 แสดงผลการศึกษาค่าความสึกหรอของวัสดุเม็ดหยาบของศิลาแดง (Los angeles abrasion)

| ครั้งที่ทดสอบ | ขนาดตะแกรง(มม) | | น้ำหนักของตัวอย่าง(กก) | | ค่าความสึกกร่อน (เปอร์เซ็นต์) |
|---------------|----------------|------|------------------------|-------|----------------------------------|
| | ผ่าน | ค้าง | ก่อน | หลัง | |
| ศิลาแดง1 | 75.0 | 63.0 | 2.514 | | |
| | 63.0 | 50.8 | 2.548 | | |
| | 50.8 | 37.5 | 5.004 | | |
| รวม | | | 10.066 | 3.752 | 62.73 |
| ศิลาแดง2 | 75.0 | 63.0 | 2.503 | | |
| | 63.0 | 50.8 | 2.530 | | |
| | 50.8 | 37.5 | 4.986 | | |
| รวม | | | 10.019 | 4.537 | 54.72 |
| ศิลาแดง3 | 75.0 | 63.0 | 2.486 | | |
| | 63.0 | 50.8 | 2.495 | | |
| | 50.8 | 37.5 | 5.015 | | |
| รวม | | | 9.996 | 3.711 | 62.88 |
| เฉลี่ย | | | | | 60.11 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 4.8 แสดงผลการศึกษาค่าความสึกหรอของวัสดุเม็ดหยาบของหินชนวน (Los angeles abrasion)

| ครั้งที่ทดสอบ | ขนาดตะแกรง(มม) | | น้ำหนักของตัวอย่าง(กก) | | ค่าความสึกกร่อน (เปอร์เซ็นต์) |
|---------------|----------------|------|------------------------|-------|----------------------------------|
| | ผ่าน | ค้าง | ก่อน | หลัง | |
| ชนวน1 | 75.0 | 63.0 | 2.483 | | |
| | 63.0 | 50.8 | 2.483 | | |
| | 50.8 | 37.5 | 5.000 | | |
| รวม | | | 9.966 | 2.135 | 78.58 |
| ชนวน2 | 75.0 | 63.0 | 2.509 | | |
| | 63.0 | 50.8 | 2.530 | | |
| | 50.8 | 37.5 | 4.993 | | |
| รวม | | | 10.032 | 1.722 | 82.83 |
| ชนวน3 | 75.0 | 63.0 | 2.523 | | |
| | 63.0 | 50.8 | 2.482 | | |
| | 50.8 | 37.5 | 5.015 | | |
| รวม | | | 10.02 | 1.673 | 83.3 |
| เฉลี่ย | | | | | 81.47 |

ตารางแสดงค่าความสึกหรอของหินชนวน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 4.9 แสดงผลการศึกษาค่าความคงทนของมวลรวมของศิลาแลง (Soundness)

| ครั้งที่ทดสอบ | ขนาดตะแกรง(นิ้ว) | น้ำหนักตัวอย่าง ก่อนแช่(กรัม) | น้ำหนักตัวอย่าง หลังแช่(กรัม) | เปอร์เซ็นต์การ สูญเสียน้ำ |
|---------------|------------------|----------------------------------|----------------------------------|------------------------------|
| ศิลาแลง1 | 2 | 3045.15 | 2598.45 | |
| | 1.5 | 2053.45 | 1765.46 | |
| | 1 | 1023.34 | 875.26 | |
| | 0.750 | 495.43 | 460.81 | |
| | 0.500 | 675.12 | 610.34 | |
| | 0.375 | 330.52 | 294.34 | |
| | เบอร์4 | 299.23 | 269.78 | |
| | รวม | | 7922.24 | 6874.44 |
| ศิลาแลง2 | 2 | 2875.67 | 2499.43 | |
| | 1.5 | 2015.45 | 1820.34 | |
| | 1 | 1005.78 | 825.56 | |
| | 0.750 | 520.45 | 483.98 | |
| | 0.500 | 672.50 | 621.56 | |
| | 0.375 | 327.13 | 301.46 | |
| | เบอร์4 | 301.33 | 284.78 | |
| | รวม | | 7718.31 | 6837.11 |
| ศิลาแลง3 | 2 | 3106.92 | 2854.83 | |
| | 1.5 | 2034.28 | 1797.08 | |
| | 1 | 1010.48 | 937.45 | |
| | 0.750 | 512.38 | 457.28 | |
| | 0.500 | 668.45 | 635.98 | |
| | 0.375 | 330.39 | 300.62 | |
| | เบอร์4 | 296.64 | 277.45 | |
| | รวม | | 7959.54 | 7260.69 |
| เฉลี่ย | | | | 11.14 |

ตาราง 4.10 แสดงผลการศึกษาค่าความคงทนของมวลรวมของหินชนวน (Soundness)

| ครั้งที่ทดสอบ | ขนาดตะแกรง(นิ้ว) | น้ำหนักตัวอย่าง ก่อนแช่ | น้ำหนักตัวอย่าง หลังแช่ | เปอร์เซ็นต์การ สูญเสีย |
|---------------|------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------|
| ชนวน1 | 2 | 3058.17 | 2955.78 | |
| | 1.5 | 2009.49 | 1924.56 | |
| | 1 | 1005.85 | 995.45 | |
| | 0.750 | 506.92 | 492.45 | |
| | 0.500 | 666.98 | 648.34 | |
| | 0.375 | 333.49 | 310.22 | |
| | เบอร์4 | 301.78 | 293.41 | |
| | รวม | | 7882.68 | 7620.21 |
| ชนวน2 | 2 | 3102.54 | 3022.48 | |
| | 1.5 | 2130.45 | 2085.78 | |
| | 1 | 1026.78 | 988.56 | |
| | 0.750 | 482.45 | 462.73 | |
| | 0.500 | 675.08 | 663.09 | |
| | 0.375 | 333.1 | 315.86 | |
| | เบอร์4 | 295.67 | 284.78 | |
| | รวม | | 8046.07 | 7823.28 |
| ชนวน3 | 2 | 2823.56 | 2789.32 | |
| | 1.5 | 2050.27 | 1997.56 | |
| | 1 | 986.04 | 980.17 | |
| | 0.750 | 478.6 | 463.91 | |
| | 0.500 | 672.41 | 668.34 | |
| | 0.375 | 332.63 | 326.8 | |
| | เบอร์4 | 301.37 | 295.7 | |
| | รวม | | 7644.88 | 7521.8 |
| เฉลี่ย | | | | 2.57 |

4.2 สรุปข้อมูลผลการทดสอบ

ตาราง 4.11 สรุปข้อมูลผลการทดสอบ

| คุณสมบัติ | หिनชนวน(ค่าน้อยสุด-มากที่สุด, ค่าเฉลี่ย,จำนวนตัวอย่าง) | หินศิลาแลง(ค่าน้อยสุด-มากที่สุด, ค่าเฉลี่ย,จำนวนตัวอย่าง) |
|--|---|--|
| คุณสมบัติทางกายภาพ | | |
| 1.ค่าการดูดซึมน้ำ(%) | 2.91-4.33 , 3.77 , 8 | 8.09-9.20 , 8.48 , 8 |
| 2.ค่าความเต็ม | | |
| 2.1.ค่าความเต็มในฤดูฝน | 0.01-0.02 , 0.016 , 10 | 0.01 , 0.01 , 10 |
| 2.2.ค่าความเต็มในฤดูร้อน | 0.02-0.11 , 0.055 , 10 | 0-0.06 , 0.03 , 10 |
| คุณสมบัติเชิงกล | | |
| 1.ค่ากำลังรับแรงอัด | | |
| 1.3.ค่าrebound number(ขนานพื้นโลก) | 35-54 , 43 , 90 | 26-46 , 32 , 30 |
| 1.4.ค่ากำลังรับแรงอัด(ขนานกับพื้นโลก ,N/mm ²) | 34-70, 48 , 90 | 19-54 , 29 , 30 |
| 2. ค่าสึกหรอของวัสดุเม็ดหยาบ(%) | - , 81.47 , 1 | - 60.11, 1 |
| คุณสมบัติเชิงเคมี | | |
| 1. ค่าความคงทนของมวลรวม(%) | 2.57 , 2.57 , 1 | 11.14 , 11.14 , 1 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น 'ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง

5.1. การวิเคราะห์และสรุปข้อมูล

5.1.1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเค็มกับค่าความสามารถในการดูดซึมน้ำของหินชนวนและศิลาแลง ในฤดูฝนและฤดูแล้ง

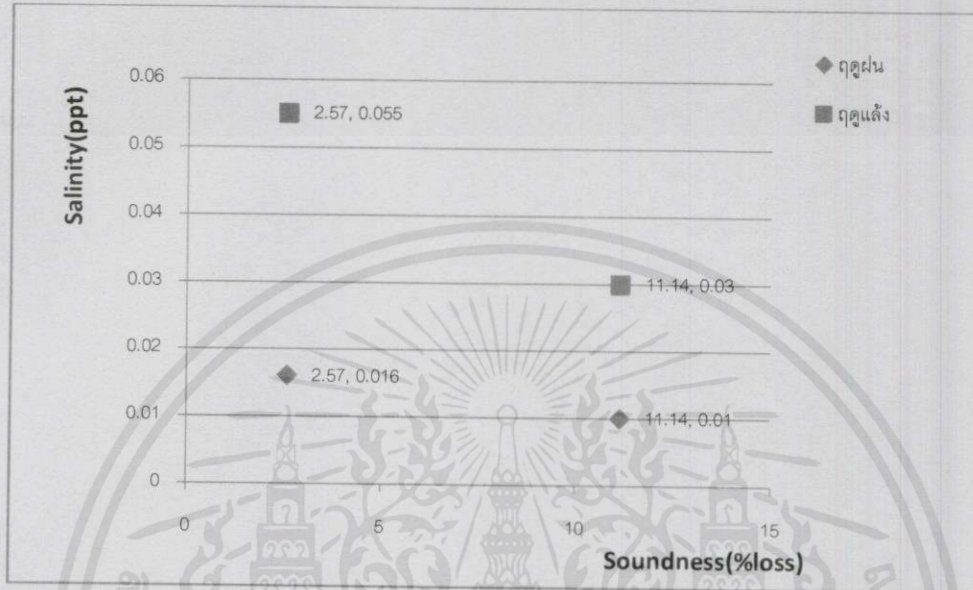


หินชนวน

ศิลาแลง

จากกราฟแสดงให้เห็นถึงค่าความเค็มฤดูร้อน ฤดูฝน และค่าการดูดซึมน้ำของหิน โดยหินชนวนมีค่าเท่ากับ 0.055 ppt 0.016 ppt 3.77% ตามลำดับ ส่วนหินศิลาแลงได้ค่าเท่ากับ 0.03 ppt 0.01 ppt 8.48% ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าฤดูการมีผลต่อค่าความเค็ม โดยฤดูฝนจะมีค่าความเค็มที่น้อยกว่าซึ่งหินชนวนจะมีค่าความเค็มที่มากกว่าทั้ง 2 ฤดู และหินศิลาแลงมีเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำที่มากกว่าหินชนวนแต่มีค่าความเค็มทั้ง 2 ฤดูที่น้อยกว่าหินชนวน

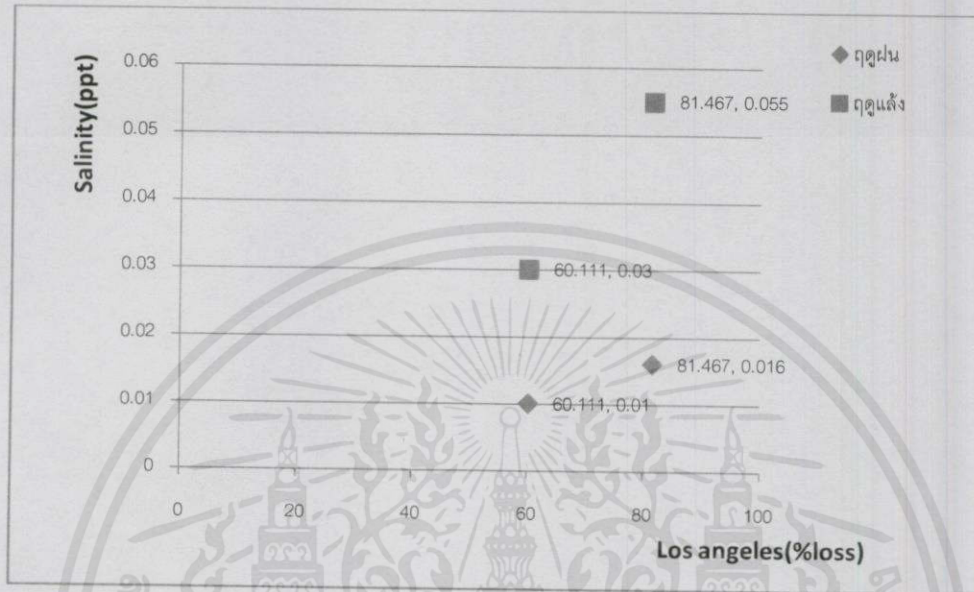
5.1.2 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเค็มกับค่าความคงทนของหินชนวนและศิลาแลง ในฤดูฝนและฤดูแล้ง



จากกราฟแสดงให้เห็นถึงค่าความเค็มฤดูร้อน ฤดูฝน และค่าความคงทนของหิน โดยหินชนวนมีค่าเท่ากับ 0.055ppt 0.016ppt 2.57% ตามลำดับ ส่วนหินศิลาแลงได้ค่าเท่ากับ 0.03ppt 0.01ppt 11.14% ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าฤดูการมีผลต่อค่าความเค็ม โดยฤดูฝนจะมีค่าความเค็มที่น้อยกว่าซึ่งหินชนวนจะมีค่าความเค็มที่มากกว่าทั้ง 2 ฤดู และแสดงให้เห็นว่าหินศิลาแลงมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียมวลรวมที่มากกว่าหินชนวน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

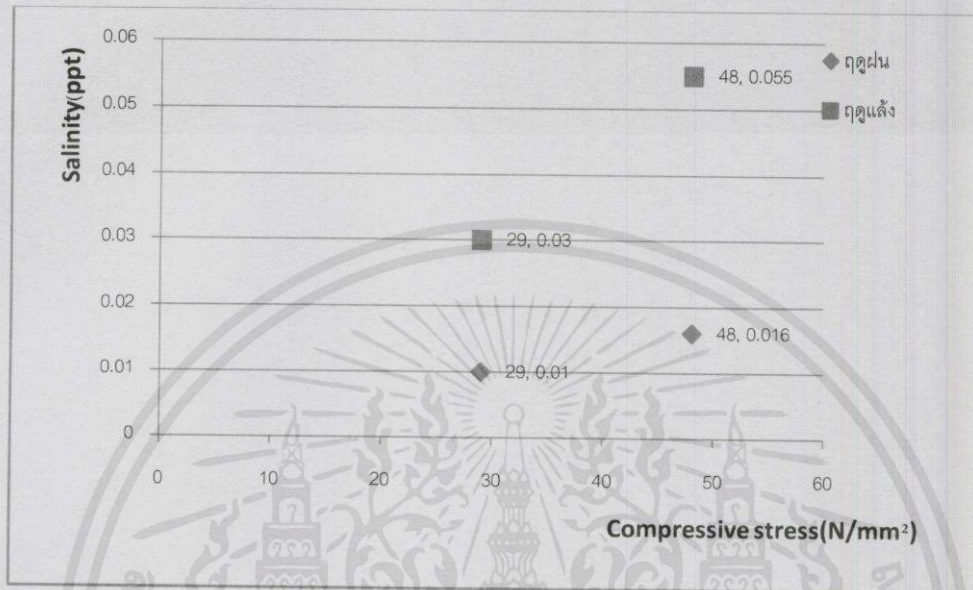
5.1.3 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเค็มกับค่าความลึกหรือของหินชนวนและศิลาแลง ในฤดูฝนและฤดูแล้ง



จากกราฟแสดงให้เห็นถึงค่าความเค็มฤดูร้อน ฤดูฝน และค่าความลึกหรือของมวลรวมหยาบ โดยหินชนวนมีค่าเท่ากับ 0.055ppt 0.016ppt 81.467% ตามลำดับ ส่วนหินศิลาแลงได้ค่าเท่ากับ 0.03ppt 0.01ppt 60.111%ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าฤดูการมีผลต่อค่าความเค็มโดยฤดูฝนจะมีค่าความเค็มที่น้อยกว่าซึ่งหินชนวนจะมีค่าความเค็มที่มากกว่าทั้ง 2 ฤดูและหินชนวนมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียมวลรวมที่มากกว่าศิลาแลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

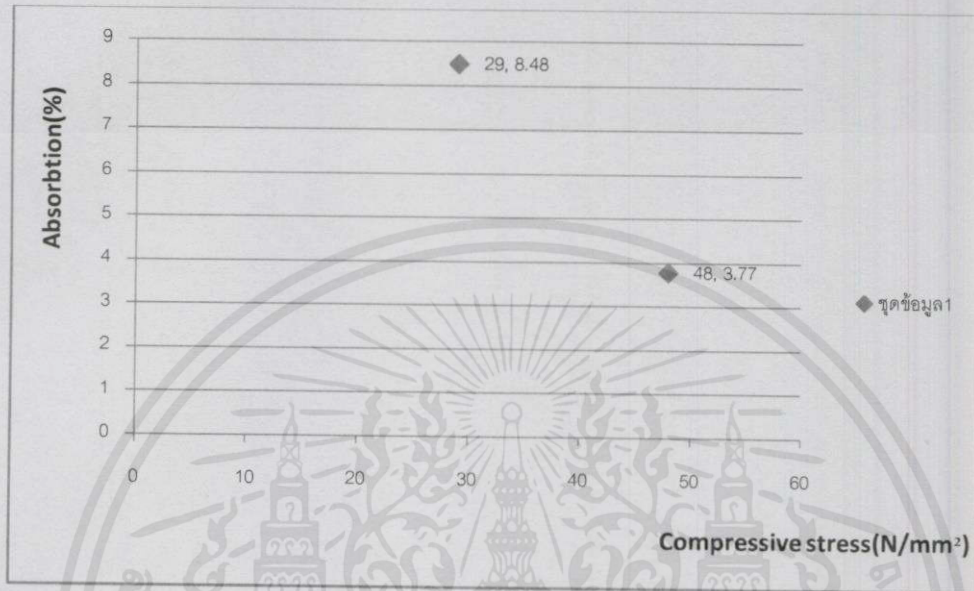
5.1.4 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเค็มกับค่าความสามารถในการรับแรงอัดของหินชนวน และศิลาแลง ในฤดูฝนและฤดูแล้ง



จากกราฟแสดงให้เห็นถึงค่าความเค็มฤดูร้อน ฤดูฝน และค่ากำลังรับแรงอัดเฉลี่ยโดยหินชนวนมีค่าเท่ากับ 0.055ppt 0.016ppt 48N/mm² ตามลำดับ ส่วนหินศิลาแลงได้ค่าเท่ากับ 0.03ppt 0.01ppt 29N/mm² ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าฤดูการมีผลต่อค่าความเค็ม โดยฤดูฝนจะมีค่าความเค็มที่น้อยกว่าซึ่งหินชนวนจะมีค่าความเค็มที่มากกว่าทั้ง 2 ฤดูและหินชนวนสามารถรับแรงอัดได้มากกว่าหินศิลาแลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

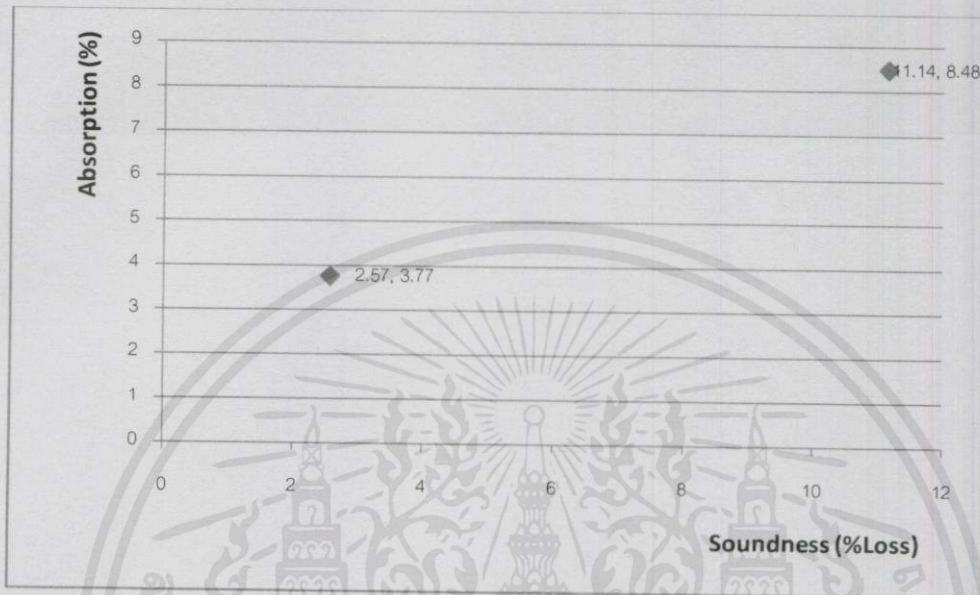
5.1.5 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความสามารถการดูดซึมน้ำและความสามารถในการรับแรงอัด
ของหินชนวนและศิลาแลง



จากกราฟแสดงถึงค่ากำลังรับแรงอัดและค่าการดูดซึมน้ำของหิน โดยหินชนวนมีค่าเท่ากับ 48N/mm² และ 3.77% ตามลำดับ และหินศิลาแลงมีค่าเท่ากับ 29N/mm² และ 8.48% ตามลำดับ โดยหินชนวนสามารถรับแรงอัดได้มากกว่าแต่หินศิลาแลงสามารถดูดซึมน้ำได้มากกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

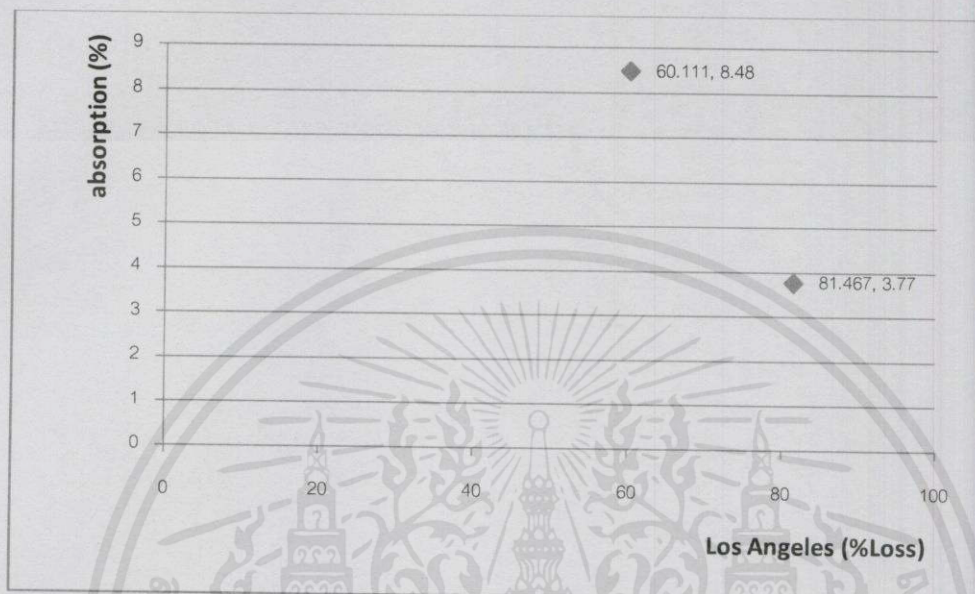
5.1.6 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความสามารถการดูดซึมน้ำและค่าความคงทนของหินชนวน
และศิลาแลง



จากกราฟ ศิลาแลงมีค่า การดูดซึมน้ำ 8.48 % และค่าความคงทน 11.14 % หินชนวนมีค่า การดูดซึมน้ำ 3.77 % และมีค่าความคงทน 2.57 % ดังนั้นศิลาแลงมีค่าการดูดซึมน้ำมากกว่าหินชนวน และสูญเสียจากค่าความคงทนได้ง่ายกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.7 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความสามารถในการดูดซึมน้ำและค่าความสึกหรอของหินชนวนและศิลาแลง



จากกราฟ ศิลาแลงมีค่าการดูดซึมน้ำ 8.48 % และค่าความสึกหรอ 60.111 % หินชนวนมีค่าการดูดซึมน้ำ 3.77 % และมีค่าความสึกหรอ 81.467 % จะเห็นว่าศิลาแลงมีค่าการดูดซึมน้ำมากกว่าหินชนวน และค่าความสึกหรอน้อยกว่าหินชนวน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

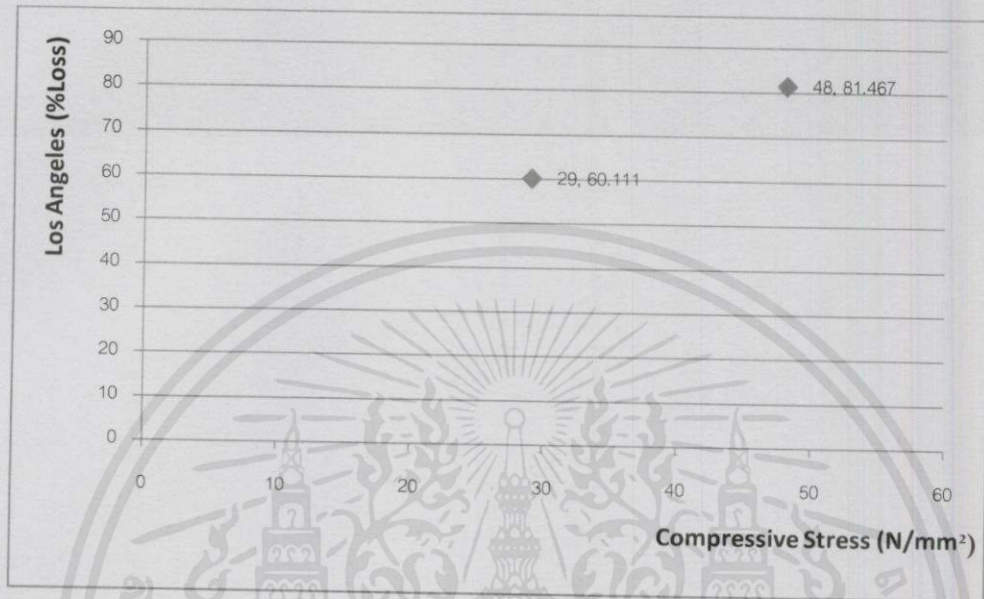
5.1.8 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความสึกหรอและค่าความคงทนของหินชนวนและศิลาแลง



จากกราฟเห็นศิลาแลงมีค่าความคงทน 11.14 % และค่าความสึกหรอ 60.111 % หินชนวนมีค่าความคงทน 2.57 % และค่าความสึกหรอ 81.467 % ดังนั้นศิลาแลงจะสูญเสียจากความคงทนมากกว่าหินชนวน แต่หินชนวนจะสูญเสียจากการสึกหรอมากกว่าศิลาแลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

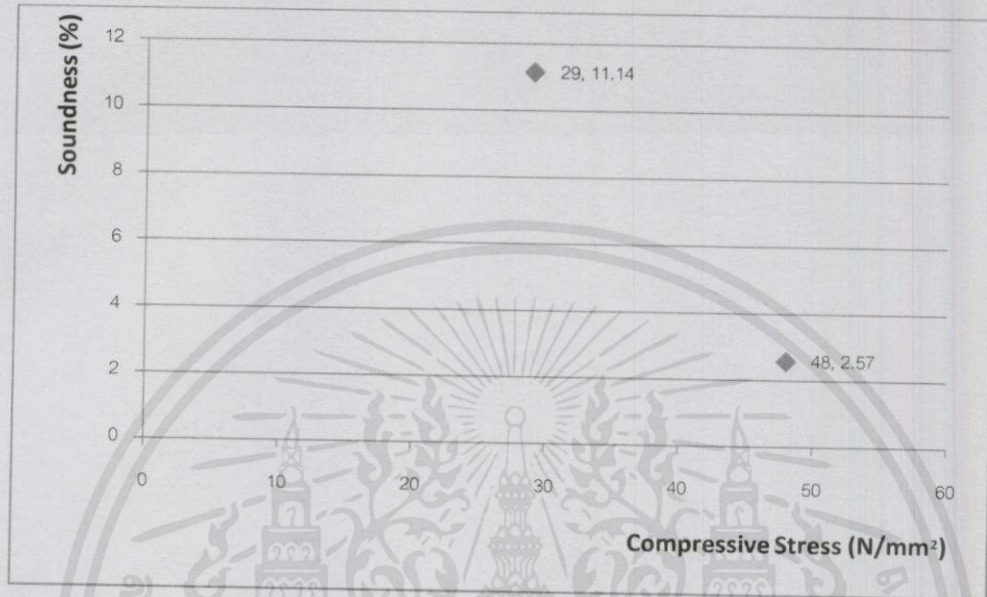
5.1.9. กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความสึกหรอและค่าความสามารถในการรับแรงอัดของ หินชนวนและศิลาแลง



จากกราฟศิลาแลงมีค่ากำลังรับแรงอัด 29 N/mm² และมีค่าการสูญเสียเนื่องจากการสึกหรอ 60.111 % และหินชนวนมีค่ากำลังรับแรงอัด 48 N/mm² และมีค่าการสูญเสียเนื่องจากการสึกหรอ 81.467 % ดังนั้น หินชนวนมีค่ากำลังรับแรงอัดสูงกว่าและมีค่าการสูญเสียจากการสึกหรอมากกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น "ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้"

5.1.10. กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความคงทนและความสามารถในการรับแรงอัดของหินชนวน และศิลาแลง



จากกราฟศิลาแลงมีค่ากำลังรับแรงอัด 29 N/mm² และค่าความสูญเสียจากความคงทน 11.14 % และหินชนวนมีค่ากำลังรับแรงอัด 48 N/mm² และค่าความสูญเสียจากความคงทน 2.57% ดังนั้นหินชนวนมีความแข็งแรงมากกว่าศิลาแลง และหินชนวนยังมีความความสูญเสียจากความคงทนน้อยกว่าศิลาแลงอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

ตารางต่างๆที่เกี่ยวข้อง

ตารางที่ ผ.ก.1.แสดงตัวอย่างหิน ชนิด แร่ธาตุในหิน ความหนาแน่น ความสามารถในการดูดซับน้ำ และ แหล่งกำเนิด การศึกษาโบราณสถานประเทศคองย่าของ VeyselZedef

Table 1
Rock type of the samples and their some petrographic and physical properties

| Sample | Rock type | Minerals | Texture | Density (gr/cm ³) | Water absorption (%) | Origin |
|--------|-----------|---------------|------------|-------------------------------|----------------------|-----------|
| AD-1 | Dacite | An, Q, Au | Porfiritic | 2.04 | 11.37 | Karakaya |
| AD-2 | Andesite | Ano, An, S, Q | Porfiritic | 2.16 | 3.14 | Sille |
| AD-3 | Dacite | An, Q, A | Porfiritic | 2.11 | 9.38 | Karakaya |
| AD-4 | Dacite | An, Q | Porfiritic | 2.36 | 5.76 | Karakaya |
| AD-5 | Dacite | An, A, Q | Porfiritic | 2.29 | 6.17 | Karakaya |
| AD-6 | Andesite | Sa, A, Q | Porfiritic | 2.20 | 2.34 | Sille |
| AD-7 | Dacite | An, Au, S, Q | Porfiritic | 2.09 | 10.18 | Karakaya |
| AD-8 | Andesite | A, S, Q | Porfiritic | 2.16 | 12.19 | Sille |
| WAD-1 | Dacite | S, I | n.a. | 1.23 | 12.67 | Karakaya |
| WAD-2 | Dacite | Sa, Au, I | n.a. | 1.55 | 15.19 | Karakaya |
| WAD-3 | Andesite | A, Au, Z | n.a. | 1.45 | 13.89 | Sille |
| WAD-4 | Andesite | Sa, Au, I | n.a. | 1.30 | 12.51 | Sille |
| WAD-5 | Dacite | An, A, I | n.a. | 1.33 | 8.66 | Karakaya |
| T-1 | Tuff | A, Q, T | Perlitic | 1.34 | 19.73 | Kiziloren |
| T-2 | Tuff | A, An, Q, T | Perlitic | 1.26 | 18.34 | Kiziloren |
| T-3 | Tuff | A, Q, T | Perlitic | 1.32 | 19.23 | Kiziloren |

Note: An, Anortite; Q, Quartz; Au, Augite; Ano, Anortoclase; S, Sanidine; A, Albite; Sa, Sodic anortite; I, Ilite; Z, Zinwaldite; T, Tosudite; n.a., not available.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ก.2. แสดงร้อยละส่วนประกอบแร่ธาตุของหินแต่ละชนิด ที่สถานะเดิม และ สถานะถูกกัดกร่อน
แล้ว งานวิจัยของ VeyselZedef

Table 2

Whole rock major element compositions (in weight %) of fresh and weathered samples

| | SiO ₂ | FeO* | Al ₂ O ₃ | CaO | MgO | K ₂ O | Na ₂ O | LOI (%) |
|--------------------------|------------------|------|--------------------------------|------|------|------------------|-------------------|---------|
| <i>Fresh samples</i> | | | | | | | | |
| AD-1 | 62.62 | 4.21 | 15.91 | 5.00 | 2.35 | 4.47 | 3.28 | 0.76 |
| AD-2 | 64.10 | 4.11 | 16.08 | 5.05 | 2.43 | 3.75 | 4.21 | 0.65 |
| AD-3 | 64.20 | 4.19 | 16.09 | 4.94 | 2.27 | 4.15 | 3.76 | 0.68 |
| AD-4 | 66.44 | 4.47 | 15.13 | 4.74 | 3.35 | 3.99 | 2.99 | 0.64 |
| AD-5 | 61.96 | 4.73 | 16.15 | 5.51 | 2.72 | 4.09 | 3.09 | 0.16 |
| T-1 | 68.76 | 1.81 | 14.39 | 2.50 | 0.20 | 3.95 | 4.18 | 5.14 |
| T-2 | 66.21 | 1.55 | 14.81 | 3.90 | 1.10 | 4.65 | 3.82 | 4.75 |
| <i>Weathered samples</i> | | | | | | | | |
| WAD-1 | 63.90 | 4.56 | 16.47 | 3.19 | 0.35 | 3.48 | 2.06 | 4.20 |
| WAD-2 | 66.98 | 4.25 | 16.20 | 3.72 | 0.82 | 3.48 | 2.86 | 1.65 |
| WAD-3 | 64.93 | 4.95 | 17.40 | 2.86 | 0.40 | 3.59 | 1.84 | 3.90 |
| WAD-4 | 65.22 | 4.73 | 16.77 | 3.18 | 0.67 | 3.60 | 2.25 | 2.62 |
| WAD-5 | 62.09 | 4.16 | 16.38 | 3.45 | 0.55 | 3.50 | 2.18 | 3.18 |

ตารางที่ ผ.ก.3. แสดงผลของตัวอย่างหินที่ผ่านการทำDWL Test และสถานที่นำหินไปใช้ประโยชน์ ของ
VeyselZedef

Table 3

Dry weight loss (%) data from the total immersion test

| Sample | DWL(Dry weight loss), % | Place of using as stones |
|--------|-------------------------|--|
| AD-1 | 18.03 | Present-day building stones and covering |
| AD-2 | 8.70 | Some historical mosques |
| AD-3 | 24.29 | Present-day building stones and covering |
| AD-4 | 3.49 | Used in Hittite monuments |
| AD-5 | 2.06 | Used in Hittite monuments |
| AD-6 | 28.65 | Present-day building stones and covering |
| AD-7 | 25.48 | Present-day building stones and covering |
| AD-8 | 35.77 | Present-day building stones and covering |
| T-1 | Completely destroyed | Caravansary |
| T-2 | Completely destroyed | Caravansary |
| T-3 | Completely destroyed | Caravansary |

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

มาตรฐานและการทดลองต่างๆ

การทดสอบความเค็ม (Salinity Test)

ความเค็มของน้ำเกิดจากเกลือต่างๆ ที่ละลายอยู่ในน้ำ คำจำกัดความของความเค็ม คือ ปริมาณเป็นกรัมของเกลืออนินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำในน้ำทะเล 1 กิโลกรัม เมื่ออนุมูลคาร์บอเนตทั้งหมดถูกเปลี่ยนเป็นออกไซด์ อนุมูลโบรไมด์ และ ไอโอไดด์ทั้งหมดถูกแทนที่ด้วยอนุมูลคลอไรด์ และสารอินทรีย์ทั้งหมดถูกออกซิไดซ์ (มนูวดี, ๒๕๓๒) การวัดความเค็มด้วยวิธีนี้กระทำได้ด้วยการระเหยน้ำทะเลให้แห้ง แล้วชั่งน้ำหนักเกลือที่เหลือ ต่อมาพบว่า ค่าความเค็มของน้ำมีความสัมพันธ์กับองค์ประกอบหลักของน้ำทะเล ซึ่ง William Dittmar ได้เสนอให้ใช้ปริมาณคลอไรด์หรือโบรไมด์ ค่า chlorinity เป็นปริมาณฮาโลเจนอื่นทั้งหมดในหน่วยเป็นกรัมในน้ำทะเล 1 กิโลกรัม เมื่อธาตุในหมู่ฮาโลเจนทั้งหมดถูกแทนที่ด้วยคลอไรด์ ความสัมพันธ์ระหว่างความเค็มและคลอไรด์เป็นดังนี้

$$S (\%) = 0.03 + 1.805Cl (\%)$$

ความเค็มที่ได้จากการวัดด้วยวิธีดังกล่าวมีหน่วยเป็นส่วนในพันส่วน (part per thousand, ppt) หรือใช้สัญลักษณ์ ‰ สมการนี้มีผู้ใช้ติดต่อกันมาประมาณ ๖๕ ปี แต่จากสมการข้างต้นพบว่าเมื่อค่า chlorinity เป็นศูนย์ ความเค็มจะมีค่าเท่ากับ ๐.๐๓ ซึ่งชี้ให้เห็นว่ามีปัญหาในการวัดจากห้องปฏิบัติการ เนื่องจากสมการดังกล่าวได้จากน้ำตัวอย่างเพียง ๘ ตัวอย่าง ต่อมาในปี ๑๙๖๕ คณะกรรมการร่วมทางสมุทรศาสตร์ของยูเนสโก (UNESCO) จึงได้ตัดสินใจเปลี่ยนสมการความสัมพันธ์ระหว่างความเค็มและคลอไรด์ใหม่ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับค่า $S (\%) = 1.80655Cl (\%)$ นั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่อมาได้มีการทบทวนคำนิยามของความเค็มอีกครั้งเมื่อได้มีการพัฒนาเทคนิคการหาความเค็มจากการวัดค่าความนำไฟฟ้า อุณหภูมิ และความดัน โดย The Practical Salinity Scale of ๑๙๗๘ เรียกความเค็มใหม่ว่า practical salinity ซึ่งหมายถึง อัตราส่วนของค่าความนำไฟฟ้าของน้ำทะเลต่อค่าความนำไฟฟ้าของความเข้มข้นมาตรฐานของสารละลายโปแตสเซียมคลอไรด์

น้ำตามแหล่งน้ำต่างๆ จะมีค่าความเค็มต่างๆ กันไป น้ำในมหาสมุทรมีความเค็มค่อนข้างคงที่เฉลี่ย ๓๕ psu ส่วนความเค็มของน้ำบริเวณชายฝั่งมีค่าต่ำกว่าและผันแปรสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณเอสตูรี (estuary) ความเค็มของน้ำบริเวณเอสตูรีขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำจืดจากแม่น้ำและปริมาณน้ำทะเล ดังนั้นความเค็มของน้ำบริเวณเอสตูรีจึงผันแปรทั้งเวลาและระยะห่างจากทะเลประเภทของน้ำตามระดับความเค็มดังนี้ น้ำจืด (freshwater) มีความเค็มอยู่ในช่วง ๐.๐-๐.๒๑ psu น้ำกร่อย (brackishwater) มีความเค็มอยู่ในช่วง ๐.๒๑-๓๐ psu และน้ำทะเล (seawater) มีความเค็มมากกว่า ๓๐ psu ความเค็มมีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำมาก ความเค็มของน้ำจะมีผลต่อการควบคุมปริมาณน้ำภายในร่างกาย ซึ่งเป็นผลมาจากความแตกต่างของแรงดันออสโมติกภายในตัวสัตว์น้ำกับน้ำภายนอก สัตว์ทะเลมีความเข้มข้นของอออนต่างๆ ในร่างกายต่ำกว่าน้ำทะเล น้ำภายในตัวจึงซึมออกนอกร่างกายได้ง่าย ในทางตรงข้ามสัตว์น้ำจืดมีความเข้มข้นของอออนต่างๆ ในร่างกายสูงกว่าน้ำภายนอกตัว น้ำภายนอกจึงสามารถแทรกซึมสู่ร่างกายได้ง่าย ส่วนสัตว์น้ำที่อาศัยตามแหล่งน้ำกร่อยซึ่งอาศัยอยู่ในเขตที่มีการเปลี่ยนแปลงความเค็มมาก จัดเป็นสัตว์น้ำที่ทนต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็มได้ในช่วงกว้าง (euryhaline) ซึ่งสามารถนำมาเลี้ยงในน้ำที่มีความเค็มผันแปรในช่วงกว้างได้ อย่างไรก็ตามสัตว์น้ำในวัยต่างกันอาจต้องการความเค็มแตกต่างกัน และสัตว์น้ำแต่ละชนิดและระยะต่างกันทนต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็มอย่างฉับพลันได้ต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ข.1 อีออนหลักและอีออนรองในน้ำทะเลที่ความเค็ม 35 ส่วนในพัน

| อีออน | สัญลักษณ์ไอเคมี | ความเข้มข้น(ppt) | หมายเหตุ |
|-----------------------------|--------------------------------|------------------|-----------|
| คลอไรด์ | Cl ⁻ | ๑๙.๓ | อีออนหลัก |
| โซเดียม | Na ⁺ | ๑๐.๖ | " |
| ซัลเฟต | SO ₄ ^{๒-} | ๒.๗ | " |
| แมกนีเซียม | Mg ^{๒+} | ๑.๓ | " |
| แคลเซียม | Ca ^{๒+} | ๐.๔ | " |
| โพแทสเซียม | K ⁺ | ๐.๔ | " |
| ไบคาร์บอเนต | HCO ₃ ⁻ | ๐.๑ | " |
| โบรไมด์ | Br ⁻ | ๐.๐๖๖ | อีออนรอง |
| บอเรต | H ₂ BO ₃ | ๐.๐๒๗ | " |
| สตรอนเทียม | Sr ^{๒+} | ๐.๐๑๓ | " |
| ฟลูออไรด์ | F ⁻ | ๐.๐๐๑ | " |
| ซิลิกา | FSi(OH) _๔ | ๐.๐๐๑ | " |
| ธาตุที่เกิดตามธรรมชาติอื่นๆ | | | |

การทดสอบกำลังรับแรงอัดวิธี (Schmidt Hammer Test)

การทดสอบกำลังอัดของคอนกรีตด้วยวิธี Rebound Hammer Test (Schmidt Hammer Test) เป็นกทดสอบ เพื่อประเมินค่ากำลังอัดของคอนกรีตในโครงสร้างแบบไม่ทำลาย (NON-DESTRUCTIVE TEST) ตามมาตรฐาน ASTM C805 โดยประเมินค่ากำลังอัดประลัย หรือค่า F_c' ของคอนกรีต โดยอาศัยหลักการวัดค่าดัชนีสะท้อนกลับ (Rebound Number) ที่เกิดจากการกดแกนทดสอบ (Plunger) และกระบอกทดสอบ (Housing) ให้ตั้งฉากกับผิวคอนกรีต แรงกระแทกจากสปริงภายในจะทำให้แกนทดสอบเกิดการสะท้อนกลับมีค่า ดัชนีตั้งแต่ 10 ถึง 100 ขึ้นอยู่กับความสามารถในการดูดซับพลังงานของผิวคอนกรีต ผิวคอนกรีตที่มีความแข็งแรงมากกว่า จะมีค่าดัชนีสะท้อนกลับสูงกว่าการทดสอบหากำลังรับน้ำหนักของโครงสร้างโดยวิธีการไม่ทำลาย (NON-DESTRUCTIVE TEST) ส่วนใหญ่เป็นการทดสอบ โดยอาศัยการตีความจากผลการวัดค่าต่างๆ ที่มีความสัมพันธ์กับคุณสมบัติต่างๆ ของโครงสร้างหรือองค์ประกอบของโครงสร้าง หรือมีความเกี่ยวข้องกับกลไกของการเสื่อมสภาพแบบต่างๆ ซึ่งการทดสอบแบบไม่ทำลายนั้น อาศัยการตีความทางอ้อมเป็นส่วนใหญ่ หลักสำคัญของการทดสอบแบบไม่ทำลายคือการเก็บข้อมูลที่เพียงพอต่อการประเมินสภาพของโครงสร้างโดยที่ไม่ก่อให้เกิดความเสียหายกับโครงสร้างในระดับที่มากเกินไป

อย่างไรก็ตามการทดสอบโดยวิธีการไม่ทำลาย เป็นวิธีการทดสอบประเมินผลทางอ้อม ดังนั้นความแม่นยำในการวัดค่าคุณสมบัติต่างๆ ของคอนกรีตจึงน้อยกว่าการทดสอบในห้องปฏิบัติการเครื่องมือที่ใช้คือ Rebound Hammer ซึ่งใช้หลักการกระแทก และกระดอนกลับ (Rebound) ของสปริงหรือมวลยึดหยุ่น กำลังที่กระดอนกลับ (Rebound) จะแปรผันกับค่าความแข็งแรงของผิวที่ทดสอบ

- 1) ตรวจสอบสภาพผิวตัวอย่างทดสอบ ขัดผิวที่ต้องการทดสอบให้เรียบ ถ้าผิวโค้งนูน หรือ ผิวเว้าจะมีผลต่อการRebound ของ Rebound Hammer เนื่องจากผิวที่โค้งนูนจะทำให้ค่าที่อ่านได้ต่ำกว่าค่าความเป็นจริง ส่วนผิวที่เว้าจะทำให้ค่าที่อ่านได้สูงกว่าค่าความเป็นจริง
- 2) จัดแบ่งพื้นที่ตัวอย่างทดสอบให้มีตำแหน่งการยิง 12ตำแหน่ง และแต่ละตำแหน่งห่างกันอย่างน้อย 2.5 cm
- 3) ทำการกด Rebound Hammer ในทิศทางที่ตั้งฉากกับผิวตัวอย่าง พร้อมบันทึกค่า Rebound Number และทิศทางการกด ซึ่งมีด้วยกัน 3 ทิศทาง ได้แก่ กดในแนวนอน, แนวตั้งแบบยิงขึ้น หรือแนวตั้งแบบยิงลง เนื่องจากแต่ละทิศทางจะใช้กราฟในการปรับค่า Rebound Number เป็นค่า Strength of Concrete ที่แตกต่างกัน
- 4) นำค่า Rebound Number ทั้งหมด มาหาค่าเฉลี่ย แล้วดูว่าค่าRebound Number ที่ตำแหน่งใดมีค่าสูงกว่าหรือต่ำกว่าค่าเฉลี่ยเกิน 7 หน่วย ให้ทำการทดสอบตำแหน่งนั้นใหม่ ถ้าทดสอบแล้วยังไม่ได้ ให้ตัดค่าที่ตำแหน่งนั้นทิ้ง แล้วหาค่าเฉลี่ยใหม่ นำค่าเฉลี่ยที่ได้มาหาค่า Strength of Concrete จากกราฟที่ใช้ในการปรับค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดสอบการดูดซับน้ำของวัสดุ (Absorption Test)

โครงสร้างภายในก้อนของวัสดุประกอบด้วยเนื้อของแข็งและรูพรุนภายในบางส่วนที่ติดต่อกับผิวนอก ดังนั้นมวลของวัสดุจึงสามารถดูดความชื้น นอกจากนี้ น้ำบางส่วนยังสามารถเกาะบริเวณผิวของมวลวัสดุ ดังนั้นวัสดุที่เก็บอยู่ในสภาพธรรมชาติจึงมีความชื้นต่างกันไป สภาพความชื้นนี้มีผลต่อการใช้วัสดุในการก่อสร้างทาง เช่น การบดอัดในงานก่อสร้างทาง และอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ในส่วนผสมคอนกรีต

มวลรวมหยาบ (Coarse Aggregate)

- นำวัสดุที่เตรียมไว้ไปแช่ลงในน้ำเป็นเวลาประมาณ 15+4 ชั่วโมง
- นำวัสดุขึ้นจากน้ำวางบนผ้าซับน้ำแล้วคลึง เช็ดวัสดุด้วยผ้าซับน้ำ จนกระทั่งชั้นบางๆ ของน้ำที่เคลือบวัสดุออกหมด แล้วนำวัสดุไปชั่งตามขั้นตอนต่างๆ ที่กำหนด
- คำนวณหาความถ่วงจำเพาะและการดูดซึมน้ำ

มวลรวมละเอียด (Fine Aggregate)

- นำตัวอย่างที่เตรียมไว้ใส่ลงใน Pycnometer แล้วเติมน้ำลงไปตามปริมาณที่กำหนดแล้วชั่งหามวลทั้งหมด
- นำตัวอย่างวัสดุออกจาก Pycnometer นำไปอบแห้งตามขั้นตอน แล้วชั่งหามวล
- ทำการหามวลของ Pycnometer ที่มีน้ำจนถึงขีดบอกปริมาตร ชั่งหามวล
- คำนวณหาความถ่วงจำเพาะและการดูดซึมน้ำ

วิธีการทดสอบ

มวลรวมหยาบ

การทดสอบหาความถ่วงจำเพาะและการดูดซึมน้ำของวัสดุ ปฏิบัติตามมาตรฐานวิธีการทดสอบที่เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ทล.-ท.207/2517 ใช้กับวัสดุมวลรวม เช่น กูกรัง หินคลุก และหินผสมคอนกรีต ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. สร้างน้ำหนักทรายตัวอย่างที่อยู่ในสภาพอิ่มตัวผิวแห้งประมาณ 500 กรัม บันทึกค่าทราย

2. เททรายลงในขวดทดลองใช้น้ำฉีดล้างทรายที่ภาชนะลงไปเติมน้ำประมาณ 90% ของปริมาตรหลอดทดลอง
3. ไล่อากาศออกให้หมดโดยการหมุนและเขย่า
4. ใช้น้ำฉีดทรายที่คอขวดด้วยนิ้วแล้วเติมน้ำจนถึงระดับที่ทำเครื่องหมายไว้ นำไปชั่ง
5. เททรายออกจากขวดใส่ภาชนะเข้าตู้อบ อบให้แห้งจนน้ำหนักคงที่ ที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส ถึงไว้ที่อุณหภูมิห้องประมาณ 1 - 1.30 ชม. นำทรายไปชั่ง
6. เติมน้ำใส่ขวดเปล่าจนถึงระดับที่ทำเครื่องหมายไว้ ชั่งน้ำหนัก

มวลรวมละเอียด

การทดสอบหาความถ่วงจำเพาะและการดูดซึมน้ำของวัสดุ ปฏิบัติตามมาตรฐานวิธีการทดสอบที่ ทล.-ท.209/2518 ใช้กับวัสดุทรายผสมคอนกรีตและหินฝุ่นผสมแอสฟัลต์คอนกรีต

1. เทน้ำทิ้งผ่านตะแกรงเบอร์ 16 หรือเล็กกว่า เช็ดน้ำที่เคลือบผิวตัวอย่างด้วยผ้าให้แห้งจนอยู่ในสภาพอิมตัวแห้ง นำมาชั่งน้ำหนัก
2. ชั่งน้ำหนักตะกร้าในน้ำ และชั่งน้ำหนักตัวอย่างรวมตะกร้าในน้ำ โดยรักษาอุณหภูมิ 23 องศาเซลเซียส ผลต่างของน้ำหนักทั้งสองคือ น้ำหนักตัวอย่างในสภาพอิมตัว
3. อบหินจนน้ำหนักคงที่ ณ อุณหภูมิ ประมาณ 110 องศาเซลเซียส ปล่อยให้เย็นลงจนมีอุณหภูมิ ประมาณ 50 องศาเซลเซียส แล้วนำหินมาชั่งน้ำหนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงสร้างภายในก้อนของวัสดุประกอบด้วยเนื้อของแข็งและรูพรุนภายในบางส่วนที่ติดต่อกับผิวนอก ดังนั้นมวลของวัสดุจึงสามารถดูความชื้น นอกจากนี้ น้ำบางส่วนยังสามารถเกาะบริเวณผิวของมวลวัสดุ ดังนั้นวัสดุที่เก็บอยู่ในสภาพธรรมชาติจึงมีความชื้นต่างกันไป สภาพความชื้นนี้มีผลต่อการใช้วัสดุในการก่อสร้างทาง เช่น การบดอัดในงานก่อสร้างทาง และอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ในส่วนผสมคอนกรีต

มวลรวมหยาบ (Coarse Aggregate)

-นำวัสดุที่เตรียมไว้ไปแช่ลงในน้ำเป็นเวลาประมาณ 15+4 ชั่วโมง

-นำวัสดุขึ้นจากน้ำวางบนผ้าซับน้ำแล้วถึง เช็ดวัสดุด้วยผ้าซับน้ำ จนกระทั่งชั้นบางๆ ของน้ำที่เคลือบวัสดุออกหมด แล้วนำวัสดุไปชั่งตามขั้นตอนต่างๆ ที่กำหนด

-คำนวณหาความถ่วงจำเพาะและการดูดซึมน้ำ

มวลรวมละเอียด (Fine Aggregate)

-นำตัวอย่างที่เตรียมไว้ใส่ลงใน Pycnometer แล้วเติมน้ำลงไปตามปริมาณที่กำหนดแล้วชั่งหามวลทั้งหมด

-นำตัวอย่างวัสดุออกจาก Pycnometer นำไปอบแห้งตามขั้นตอน แล้วชั่งหามวล

-ทำการหามวลของ Pycnometer ที่มีน้ำหนักถึงขีดบอกปริมาตร ชั่งหามวล

-คำนวณหาความถ่วงจำเพาะและการดูดซึมน้ำ

วิธีการทดสอบ

มวลรวมหยาบ

การทดสอบหาความถ่วงจำเพาะและการดูดซึมน้ำของวัสดุ ปฏิบัติตามมาตรฐานวิธีการทดสอบที่ ทล.-ท.207/2517 ใช้กับวัสดุมวลรวม เช่น ลูกกรัง หินคลุก และหินผสมคอนกรีต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มวบรวมละเอียด

การทดสอบหาความถ่วงจำเพาะและการดูดซึมน้ำของวัสดุ ปฏิบัติตามมาตรฐานวิธีการทดสอบที่
ทล.-ท.209/2518 ใช้กับวัสดุทรายผสมคอนกรีตและหินฝุ่นผสมแอสฟัลต์คอนกรีต

ตารางที่ ผ.ข.2 ข้อกำหนดในการใช้ลูกเหล็กในระดับต่าง

| ชั้น | ลูกเหล็กทรงกลม (ลูก) | น้ำหนักรวม (กรัม) |
|------|----------------------|-------------------|
| A | 12 | 5000±25 |
| B | 11 | 4584±25 |
| C | 8 | 3330±25 |
| D | 6 | 2500±25 |
| E | 12 | 5000±25 |
| F | 12 | 5000±25 |
| G | 12 | 5000±25 |

ตารางที่ ผ.ข.3 มาตรฐานของน้ำหนักหินที่ใช้ในการทดลองในระดับต่างๆ

| ขนาดตะแกรง (มม.) | | น้ำหนัก (กรัม) และ ชั้นของตัวอย่าง | | | | | | | |
|--------------------|----------|------------------------------------|----------|----------|----------|------------|-----------|-----------|--|
| ผ่าน | ค้าง | A | B | C | D | E | F | G | |
| 75.0 | 63.0 | | | | | 2,500±50 | | | |
| 63.0 | 50.8 | | | | | 2,500±50 | | | |
| 50.8 | 37.5 | | | | | 5,000±50 | 5,000±50 | | |
| 37.5 | 25.0 | 1,250±25 | | | | | 5,000±25 | | |
| 25.0 | 19. | 1,250±25 | | | | | | 5,000±25 | |
| 19.0 | 12.5 | 1,250±10 | 2,500±10 | | | | | 5,000±25 | |
| 12.5 | 9.5 | 1,250±10 | 2,500±10 | | | | | | |
| 9.5 | 6.3 | | | 2,500±10 | | | | | |
| 6.3 | 4.75(#4) | | | 2,500±10 | | | | | |
| 4.75(#4) | 2.36(#8) | | | | 5,000±10 | | | | |
| น้ำหนักตัวอย่างรวม | | 5,000±10 | 5,000±10 | 5,000±10 | 5,000±10 | 10,000±100 | 10,000±75 | 10,000±50 | |
| จำนวนรอบ | | 500 | | | | | 1000 | | |

วิธีการทดสอบ

เตรียมตัวอย่างและลูกเหล็กให้ได้ตามระดับที่จะทำการทดสอบ นำหินและลูกเหล็กใส่ลงในเครื่องทดสอบหาความสึกหรือซึ่งหมุนด้วยความเร็ว 30 – 33 รอบต่อนาที ให้ได้ครบตามจำนวนรอบแล้วเอาตัวอย่างออกจากเครื่อง เทตัวอย่างลงบนตะแกรงเบอร์ 12 ล้างตัวอย่างด้วยน้ำส่วนที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 12 ให้ทิ้งไป นำส่วนที่ค้างตะแกรงเบอร์ 12 มาอบที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียสจนน้ำหนักคงที่จึงชั่งหาน้ำหนักที่เหลือ

วิธีการคำนวณ

$$\text{ความสึกหรือเป็นร้อยละ} = \frac{(W_1 - W_2) \times 100}{W_1}$$

เมื่อ W_1 = น้ำหนักตัวอย่างทั้งหมดที่ใช้ในการทดสอบ

W_2 = น้ำหนักตัวอย่างที่ค้างตะแกรงเบอร์ 12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดสอบความทนต่อการกัดกร่อน (Soundness Test , ASTM C 88)

โดยทั่วไปวัสดุต่าง ๆ แม้จะถูกทิ้งไว้ตามธรรมชาติ ก็ย่อมมีการบวมสลาย สึกกร่อน เป็นธรรมดา ดังนั้น วัสดุที่จะนำมาใช้ในงานคอนกรีตก็เช่นเดียวกัน ย่อมหลีกเลี่ยงสภาพดังกล่าวไม่ได้ การทดสอบ Soundness ตามมาตรฐาน ASTM C 88 ก็เป็นวิธีทดสอบอย่างหนึ่งโดยนำตัวอย่างหินไปละลายในสารละลายโซเดียมซัลเฟตหรือแมกนีเซียมซัลเฟต ทดสอบวัสดุในสภาพแห้งและเปียกสลับกันไปเพื่อจะได้ทราบว่า การสึกกร่อนของวัสดุ นั้น ๆ มีค่ามากน้อยเพียงใดผ่านเกณฑ์ที่เป็นที่ยอมรับเพื่อจะนำไปใช้งานหรือไม่

การเตรียมสารละลาย

- 1.เตรียมสารละลายแมกนีเซียมซัลเฟตให้มีปริมาตรอย่างน้อย 5 เท่าของปริมาณตัวอย่างหินที่นำมาใช้ในการทดสอบ
- 2.เพิ่มสารละลายเกลือแมกนีเซียมซัลเฟตลงไปให้เพียงพอ คนจนแน่ใจว่าสารละลายนั้นอิ่มตัว สังเกตได้จากการตกผลึกของเกลือส่วนเกิน

การเตรียมหินตัวอย่าง

- 1.นำหินตัวอย่างมาร่อน นำส่วนที่ค้างตะแกรงเบอร์ 4 ไปล้างน้ำและนำไปอบที่อุณหภูมิ 110 ± 5 องศาเซลเซียส จากนั้นนำมาแยกขนาดและชั่งน้ำหนักให้ได้ตามที่กำหนดไว้ ดังตารางที่ ผ.ข.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ข.4 ข้อกำหนดของวัสดุประเภทมวลรวมหายาบ

| กลุ่ม | ผ่าน | ค้ำง | ปริมาณที่ใช้ แต่ละเบอร์(กรัม) | ปริมาณที่ใช้รวม (กรัม) |
|-------|------|------|---------------------------------|--------------------------|
| A | 2 ½" | 2" | 3000 ± 300 | 5000 ± 300 |
| | 2" | 1 ½" | 2000 ± 200 | |
| B | 1 ½" | 1" | 1000 ± 50 | 1500 ± 50 |
| | 1" | ¾" | 500 ± 30 | |
| C | ¾" | ½" | 670 ± 10 | 1000 ± 10 |
| | ½" | 3/8" | 330 ± 5 | |
| D | 3/8" | No.4 | 300 ± 5 | 300 ± 5 |

*หมายเหตุ ถ้าไม่สามารถหาวัสดุที่ใช้แต่ละเบอร์ได้ให้ใช้ปริมาณวัสดุที่ใช้รวมเป็นสำคัญ

ขั้นตอนการดำเนินงาน

- 1.แช่ตัวอย่างที่เตรียมไว้ในสารละลายแมกนีเซียมซัลเฟตโดยให้สารละลายท่วมตัวอย่างอย่างน้อย ½ นิ้ว ทิ้งไว้ 16 ชั่วโมงแต่ไม่เกิน 18 ชั่วโมงปิดภาชนะให้มิดชิดและควบคุมอุณหภูมิของสารละลายไว้ที่ 21 ± 1 องศาเซลเซียส
- 2.นำตัวอย่างขึ้นจากสารละลายเมื่อแช่ครบกำหนด ปลดปล่อยสารละลายให้ไหลออกจากหินตัวอย่าง แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 110 ± 5 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักคงที่และทิ้งตัวอย่างให้เย็นจากนั้นนำกลับไปแช่ในสารละลายเดิมอีก
- 3.ทำซ้ำกระบวนการแช่สารละลาย และ นำมาอบแห้งสลับกันเช่นนี้ 5 รอบ
- 4.นำตัวอย่างหินมาล้างน้ำให้สะอาดและนำไปอบที่อุณหภูมิ 110 ± 5 องศาเซลเซียส
- 5.นำไปร่อนผ่านตะแกรงตามตารางที่ ผ.ข.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ข.5 ขนาดของตะแกรงที่ใช้ร่อนขนาดต่างๆ

| ขนาดหิน (นิ้ว) | ตะแกรงขนาด (นิ้ว) |
|------------------|---------------------|
| 2½ - 1½ | 1¼ |
| 1½ - ¾ | 5/8 |
| ¾ - 3/8 | 5/16 |
| 3/8 - #4 | #5 |

การคำนวณ

$$\text{เปอร์เซ็นต์การสูญเสีย} = \frac{\text{น้ำหนักรวมก่อนแช่} - \text{น้ำหนักรวมหลังแช่ครบครั้ง}}{\text{น้ำหนักรวมของตัวอย่างก่อนแช่}} * 100$$

ตารางที่ ผ.ข.4 ตัวอย่างตารางการทำ Soundness Test

| ชนิดหิน | ขนาดตะแกรง(นิ้ว) | น้ำหนักตัวอย่าง ก่อนแช่(กรัม) | น้ำหนักตัวอย่าง หลังแช่(กรัม) | เปอร์เซ็นต์การ สูญเสีย |
|---------|------------------|----------------------------------|----------------------------------|---------------------------|
| หินA | 2 | 3045.15 | 2598.45 | |
| | 1.5 | 2053.45 | 1765.46 | |
| | 1 | 1023.34 | 875.26 | |
| | 0.750 | 495.43 | 460.81 | |
| | 0.500 | 675.12 | 610.34 | |
| | 0.375 | 330.52 | 294.34 | |
| | เบอร์4 | 299.23 | 269.78 | |
| | รวม | | 7922.24 | 6874.44 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม (ต่อ)

มาตรฐาน American Society of Testing Materials ASTM C 128: Standard Test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity), and Absorption of Fine Aggregate

วิธีการทดลองการทดสอบความทนต่อการกัดกร่อน (Soundness Test). สำนักวิเคราะห์วิจัยและพัฒนาทาง กรมทางหลวง

NoushineShahidzadeh Bonn.Damage due to salt crystallization in porousmedia.Universiteit van Amsterdam.

Veyselzedef.Effect of salt crystallization on stones of historical buildings and monuments, Konya, Central Turkey

M.R. Alam.Mechanical and physical properties of slate from Britannia Cove, Newfoundland.Department of Civil Engineering, Chittagong University of Engineering and Technology (CUET), Chittagong 4349, Bangladesh.

<http://www.nrcresearchpress.com/doi/abs/10.1139/L08-042#.VTJ2LCGqqko>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้