



การทดสอบสมบัติทางกลศาสตร์ของหินบะซอลต์จังหวัดศรีสะเกษ  
Testing of Mechanical Properties of Basalt from Sisaket Province

ปริญญานิพนธ์

ของ

|         |         |             |
|---------|---------|-------------|
| วนิดา   | สีสังข์ | 55010370031 |
| ลิทธิกร | ศรีไพร  | 55010370032 |

เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร  
วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา  
ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2557  
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

การทดสอบสมบัติทางกลศาสตร์ของหินบะซอลต์จังหวัดศรีสะเกษ  
Testing of Mechanical Properties of Basalt from Sisaket Province

ปริญญานิพนธ์

ของ

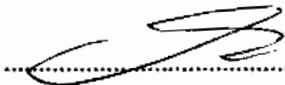
|         |         |             |
|---------|---------|-------------|
| วนิดา   | สีสังข์ | 55010370031 |
| ลัทธิกร | ศรีไพร  | 55010370032 |

เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร  
วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา  
ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2557  
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม



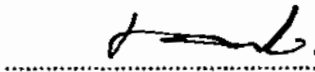
คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์ ได้พิจารณาปริญญานิพนธ์ ฉบับนี้แล้วเห็นสมควรรับเป็น  
ส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา ของ  
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์



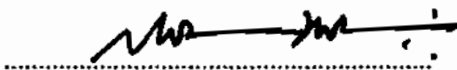
(อาจารย์ ดร. รัตนา หอมวิเชียร)

ประธานกรรมการ



(อาจารย์ ดร. นพปฎล เสงี่ยมศักดิ์)

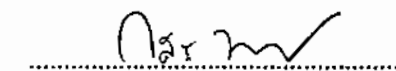
กรรมการ



(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สหลาก หอมวงศ์)

อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์

มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ได้อนุมัติให้รับปริญญานิพนธ์ ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา  
ตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม



(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ เอกสร วงศ์เกษม)

หัวหน้าสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

## กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาานิพนธ์ ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ดีด้วยคำแนะนำและคำปรึกษาจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์-ดร. สหलग หอมวุฒินวงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาานิพนธ์ ซึ่งท่านได้ให้คำแนะนำต่างๆ อันเป็นประโยชน์ต่อการทำปริญญาานิพนธ์ อีกทั้งยังให้การช่วยเหลือในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างการดำเนินงานอีกด้วย ผู้จัดทำขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบคุณ คุณมีศักดิ์ธนา พัวพิทยาธร คุณณัฐพงษ์ ลาตบัตร์ และคุณฐิษัมภา เปศรี ที่ให้ความช่วยเหลือและคำปรึกษา รวมทั้งยังช่วยแนะนำการใช้อุปกรณ์ต่างๆ ในห้องปฏิบัติการวัสดุก่อสร้าง และห้องวิจัยคอนกรีต และขอขอบคุณ กรมทรัพยากรธรณี ที่ให้ข้อมูลในการศึกษาปริญญาานิพนธ์ นี้จนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

สุดท้ายนี้ ผู้ทำปริญญาานิพนธ์ ขอขอบพระคุณบิดามารดา และครอบครัว ที่ทำให้ได้มีโอกาสในการศึกษาหาความรู้ ตลอดจนคอยช่วยเหลือและให้กำลังใจเสมอมาจนถึงปัจจุบัน

วนิดา สีสังข์

สิทธิกร ศรีไพร

|                  |                                                          |
|------------------|----------------------------------------------------------|
| ชื่อเรื่อง       | การศึกษาคุณสมบัติทางกลศาสตร์ของหินบะซอลต์จังหวัดศรีสะเกษ |
| ผู้วิจัย         | นางสาววนิดา สีสังข์<br>นายสิทธิกร ศรีไพร                 |
| อาจารย์ที่ปรึกษา | ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สหलग หอมวุฒิมังค์                 |
| ปริญญา           | วศ.บ. สาขาวิชา วิศวกรรมโยธา                              |
| มหาวิทยาลัย      | มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ปีที่พิมพ์ 2558                     |

### บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์นี้ศึกษาสมบัติทางกลศาสตร์ของหินบะซอลต์ผู้วิจัยเก็บตัวอย่างของหินบะซอลต์ในเขตจังหวัดศรีสะเกษ จำนวนทั้งหมด 25 ตัวอย่าง โดยนำหินบะซอลต์จากแหล่งจังหวัดศรีสะเกษ มาย่อยขนาดและนำไปแยกขนาด ดังนี้ ขนาด 1 นิ้ว, 3/4 นิ้ว, 1/2 นิ้ว และ 3/8 นิ้ว แล้วนำหินที่แยกขนาดไปทำการทดสอบเพื่อที่จะหาสมบัติทางกลศาสตร์ของหินบะซอลต์ได้ผลการทดสอบได้แก่ ค่าการสึกหรอ ค่าของส่วนที่ไม่คงทนโดยใช้สารละลายซัลเฟต ค่าปริมาณการแตกหักเมื่อถูกแรงกด ค่าการดูดซึมน้ำ ค่าความถ่วงจำเพาะ แล้วนำผลการทดสอบไปเปรียบเทียบกับคุณสมบัติทางกลศาสตร์ของหินตามมาตรฐานของฐานกรมทางหลวง และวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของการทดสอบแต่ละคู่ โดยวิธีการวิเคราะห์ถดถอย หาความสัมพันธ์รูปแบบทางสถิติ เพื่อเป็นข้อมูลอ้างอิงสำหรับหินบะซอลต์ในงานก่อสร้างได้

จากการทดสอบพบว่า การทดสอบการสึกหรอมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 18.25 การทดสอบค่าคงทนต่อการสึกกร่อนมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 6.54 ปริมาณการแตกหักเมื่อถูกแรงกดมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 11.70 การทดสอบการดูดซึมน้ำมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 1.35 และความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 2.78 โดยสอดคล้องตามมาตรฐานของกรมทางหลวง ความสัมพันธ์โดยวิธีการวิเคราะห์ถดถอย และยังพบอีกว่า การสึกหรอและปริมาณการแตกหักเมื่อถูกแรงกดและการดูดซึมน้ำและการแตกหักเนื่องจากแรงกดมีความสัมพันธ์มีนัยสำคัญ

|                   |                                                                       |
|-------------------|-----------------------------------------------------------------------|
| <b>TITLE</b>      | Testing of Mechanical Properties of Basalt rock from Sisaket Province |
| <b>AUTHOR</b>     | Miss. Wanida Seesang<br>Mr. Sittikon Sripai                           |
| <b>ADVISOR</b>    | Asst. Prof. Sahalaph Homwuttiwong,Ph.D.                               |
| <b>DEGREE</b>     | <b>B.Eng.</b> (Mechanical Engineering)                                |
| <b>UNIVERSITY</b> | Maharakham University <b>YEAR</b> 2015                                |

### **ABSTRACT**

This research studied the mechanical properties of basalt rock. Twenty seven sample of basalt were collected from Sisaket province. The basalt rock was crushed into 3 sizes i.e., 3/4", 1/2" and 3/8" in nominal diameter. The mechanical properties, namely, Los Angeles abrasion, soundness, aggregate crushing value, water absorption value and specific gravity were investigated. The results were compared to the standard values as indicated by Standard Department of Highway. Regression analysis were conducted to find the relationship between each pair of these properties. It could be concluded that the basalt rock from Sisaket province can be used in some kinds of building construction projects.

It was found that the average values of Los Angeles abrasion, soundness, aggregate crushing value, water absorption value and specific gravity were 18.25%, 6.54%, 11.70%, 1.35% and 2.78, respectively. In addition, Los Angeles abrasion, aggregate crushing value and water absorption value, aggregate crushing value were related significantly.

## สารบัญ

| บทที่                                        | หน้า |
|----------------------------------------------|------|
| 1 บทนำ .....                                 | 1    |
| หลักการและเหตุผล .....                       | 1    |
| วัตถุประสงค์ของการศึกษา .....                | 1    |
| ขอบเขตการศึกษา .....                         | 1    |
| ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ .....              | 2    |
| แผนการดำเนินการศึกษา .....                   | 2    |
| สถานที่ดำเนินการศึกษา .....                  | 2    |
| งบประมาณ .....                               | 2    |
| 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง .....       | 3    |
| หินบะซอลต์ .....                             | 3    |
| การทดสอบคุณสมบัติทางกลศาสตร์ของหิน .....     | 4    |
| การทดสอบหาค่าการสึกหรอ .....                 | 4    |
| การทดสอบหาค่าของส่วนที่ไม่คงทน .....         | 4    |
| การทดสอบหาปริมาณการแตกหักเมื่อถูกแรงกด ..... | 5    |
| การทดสอบการดูดซึมน้ำ .....                   | 5    |
| การทดสอบหาค่าความถ่วงจำเพาะ .....            | 5    |
| งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง .....                  | 7    |
| 3 วิธีดำเนินการศึกษา .....                   | 9    |
| การย่อยและแยกขนานของหิน .....                | 9    |
| การศึกษาคุณสมบัติทางกลศาสตร์ของหิน .....     | 9    |
| การทดสอบหาค่าการสึกหรอ .....                 | 9    |
| วิธีการศึกษา .....                           | 9    |
| เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ .....   | 10   |
| การทดสอบหาค่าของส่วนที่ไม่คงทน .....         | 12   |
| การเตรียมอุปกรณ์ .....                       | 12   |
| วิธีการศึกษา .....                           | 12   |
| เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ .....   | 13   |
| การทดสอบหาปริมาณการแตกหักเมื่อถูกแรงกด ..... | 14   |

## สารบัญ(ต่อ)

| บทที่                                      | หน้า |
|--------------------------------------------|------|
| วิธีการศึกษา .....                         | 14   |
| เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ ..... | 14   |
| การทดสอบการดูดซึมน้ำ .....                 | 16   |
| วิธีการศึกษา .....                         | 16   |
| เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ ..... | 16   |
| การทดสอบความถ่วงจำเพาะ .....               | 18   |
| วิธีการศึกษา .....                         | 18   |
| เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ ..... | 18   |
| 4 ผลการศึกษา .....                         | 23   |
| การศึกษาเงื่อนไขและปัจจัย .....            | 23   |
| 5 สรุปและข้อเสนอแนะ .....                  | 50   |
| สรุปผลการศึกษา .....                       | 50   |
| ข้อเสนอแนะ .....                           | 51   |
| บรรณานุกรม .....                           | 52   |
| ภาคผนวก .....                              | 54   |
| ภาคผนวก ก ตารางการทดสอบ .....              | 55   |
| ภาคผนวก ข ภาพประกอบ .....                  | 66   |
| ประวัติย่อของผู้วิจัย .....                | 72   |



## บัญชีตาราง

| ตาราง                                                     | หน้า |
|-----------------------------------------------------------|------|
| 1 แผนการดำเนินการศึกษา .....                              | 2    |
| 2 สมบัติทางกลศาสตร์ของหินในประเทศไทย .....                | 6    |
| 3 สมบัติทางกลศาสตร์ของหินงานทางที่เหมาะสม .....           | 6    |
| 4 ค่ามาตรฐานของสมบัติทางกลศาสตร์ของหินและงานคอนกรีต ..... | 7    |
| 5 ค่าการทดสอบหาการสึกหรอ .....                            | 23   |
| 6 ค่าการทดสอบหาค่าของส่วนที่ไม่คงทน .....                 | 26   |
| 7 ค่าการทดสอบหาค่าปริมาณการแตกหักเมื่อถูกแรงกด .....      | 29   |
| 8 ค่าการทดสอบหาค่าของการดูดซึมน้ำ .....                   | 32   |
| 9 ค่าการทดสอบหาค่าความถ่วงจำเพาะ .....                    | 35   |

## บัญชีภาพประกอบ

| ภาพประกอบ                                                           | หน้า |
|---------------------------------------------------------------------|------|
| 1 ลักษณะของหินบะซอลต์ .....                                         | 3    |
| 2 แบบหล่อที่ใช้ในการย่อย .....                                      | 9    |
| 3 การย่อยหินในแบบหล่อ .....                                         | 9    |
| 4 เครื่องทดสอบหาความสึกหรอ .....                                    | 10   |
| 5 ลูกเหล็กทรงกลม .....                                              | 10   |
| 6 ชุดตะแกรงแยกขนาดของมวลหยาบ .....                                  | 11   |
| 7 เครื่องชั่งน้ำหนัก .....                                          | 11   |
| 8 สารละลายโซเดียมซัลเฟต .....                                       | 13   |
| 9 ภาตพลาสติกและภาตอลูมิเนียม .....                                  | 13   |
| 10 เตาอบอุณหภูมิ .....                                              | 13   |
| 11 หล่อเหล็กพร้อมแกนเหล็กกดและเหล็กกระทิง .....                     | 14   |
| 12 ภาตอลูมิเนียม .....                                              | 15   |
| 13 เครื่องทดสอบบดเนกประสงค์ (UTM 300) .....                         | 15   |
| 14 ตะแกรงเบอร์ 2.38 มิลลิเมตร .....                                 | 15   |
| 15 เครื่องสั่นกระแทก .....                                          | 16   |
| 16 เครื่องชั่งความละเอียด 0.1 กรัม .....                            | 17   |
| 17 ภาตอลูมิเนียม .....                                              | 17   |
| 18 เครื่องไคเป่าลม .....                                            | 18   |
| 19 เครื่องชั่งความละเอียด 0.1 กรัม .....                            | 19   |
| 20 ขวดทดสอบปริมาตร 500 ลูกบาศก์เซนติเมตร .....                      | 19   |
| 21 เครื่องผสม .....                                                 | 20   |
| 22 เทอร์โมมิเตอร์ .....                                             | 20   |
| 23 ขวดฉีดน้ำ .....                                                  | 21   |
| 24 เตาอบอุณหภูมิ .....                                              | 21   |
| 25 ค่าการสึกหรอของจังหวัดศรีสะเกษ .....                             | 25   |
| 26 ค่าส่วนที่ไม่คงทนของจังหวัดศรีสะเกษ .....                        | 28   |
| 27 ค่าการแตกหักเมื่อถูกแรงกดของจังหวัดศรีสะเกษ .....                | 31   |
| 28 ค่าการดูดซึมน้ำจังหวัดศรีสะเกษ .....                             | 34   |
| 29 ค่าความถ่วงจำเพาะของจังหวัดศรีสะเกษ .....                        | 37   |
| 30 เปรียบเทียบผลทดสอบส่วนที่ไม่คงทนและการดูดซึมน้ำ .....            | 38   |
| 31 เปรียบเทียบผลทดสอบส่วนที่ไม่คงทนและการแตกหักเนื่องจากแรงกด ..... | 39   |

## บัญชีภาพประกอบ(ต่อ)

| ภาพประกอบ                                                        | หน้า |
|------------------------------------------------------------------|------|
| 32 เปรียบเทียบผลการทดสอบหาค่าการสีกหรือและส่วนที่ไม่คงทน .....   | 40   |
| 33 การเปรียบเทียบผลการทดสอบการดูดซึมน้ำและการสีกหรือ .....       | 41   |
| 34 เปรียบเทียบผลทดสอบการสีกหรือและการแตกหักเนื่องจากแรงบด .....  | 42   |
| 35 เปรียบเทียบผลทดสอบการดูดซึมน้ำและการแตกหักเนื่องจากแรง.....   | 43   |
| 36 ความสัมพันธ์ของการสีกหรือและการแตกหักเนื่องจากแรงบด .....     | 44   |
| 37 ความสัมพันธ์ของการดูดซึมน้ำและการแตกหักเนื่องจากแรงบด .....   | 45   |
| 38 ความสัมพันธ์ของการดูดซึมน้ำและการสีกหรือ .....                | 46   |
| 39 ความสัมพันธ์ของส่วนที่ไม่คงทนและการสีกหรือ .....              | 47   |
| 40 ความสัมพันธ์ของส่วนที่ไม่คงทนและการแตกหักเนื่องจากแรงบด ..... | 48   |
| 41 ความสัมพันธ์ของส่วนที่ไม่คงทนและการดูดซึมน้ำ .....            | 49   |

## บทที่ 1

### บทนำ

#### 1.1 หลักการและเหตุผล

ปัจจุบันหินเป็นวัสดุหลักที่ใช้ในโครงการก่อสร้างสิ่งก่อสร้างต่างๆ ทั้งภาครัฐและเอกชน เช่น บ้านเรือน อาคาร คลองน้ำ ถนน เขื่อนเก็บน้ำ หรือแม้แต่ระบบสาธารณูปโภคต่างๆ โดยจะอยู่ในลักษณะวัสดุมวลรวมหินโม่ ที่ใช้เป็นวัสดุรองพื้นถนน ผสมกับแอสฟัลต์ซีเมนต์ เป็นต้น

หินปูนเป็นหินที่ใช้ในการทำปูนซีเมนต์ ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือจัดได้ว่าหินชนิดนี้มีค่อนข้างน้อยเมื่อเทียบกับภาคอื่นๆ และในการก่อสร้างจำเป็นต้องขนย้ายหินปูนจากแหล่งอื่นที่อยู่ระยะไกลทำให้ต้นทุนในการผลิตสูง ดังนั้นจังหวัดศรีสะเกษและจังหวัดอุบลราชธานีเป็นจังหวัดที่มีหินดังกล่าวนี้และห่างไกลจากแหล่งผลิต จึงมีแนวคิดที่จะนำหินบะซอลต์ซึ่งเป็นหินของกลุ่มหินโคราชที่แผ่กระจายครอบคลุมเป็นบริเวณกว้าง ความต้องการที่จะใช้ประโยชน์จากหินก่อสร้าง ซึ่งหินบะซอลต์ในบางบริเวณมีแนวโน้มว่านำมาใช้เป็นส่วนผสมคอนกรีตแทนหินปูนได้ โดยต้องทำการทดสอบคุณสมบัติทางกลศาสตร์เพื่อที่จะนำมาทดแทนหินปูนในการก่อสร้างต่างๆ โดยใช้หินที่มีอยู่ในพื้นที่ของตนได้ ซึ่งถือว่าการประหยัดค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างได้มาก

#### 1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 เพื่อให้ทราบสมบัติทางกลศาสตร์ของหินบะซอลต์จังหวัดศรีสะเกษแหล่งต่างๆ สำหรับใช้ทดแทนหินปูนในงานก่อสร้าง

1.2.2 เพื่อให้ทราบความสัมพันธ์และเปรียบเทียบสมบัติของหินบะซอลต์จังหวัดศรีสะเกษ

1.2.3 เพื่อให้ทราบความสัมพันธ์ของคุณสมบัติในเชิงสถิติ

#### 1.3 ขอบเขตการศึกษา

1.3.1 หินบะซอลต์ที่ใช้ในการศึกษาได้มาจากจังหวัดศรีสะเกษจำนวน 25 ตัวอย่าง

1.3.2 ทำการย่อยหินตัวอย่าง และแยกขนาดของหินตามมาตรฐานของกรมทางหลวง

1.3.3 ทำการทดสอบตัวอย่างหินบะซอลต์ทางกลศาสตร์ตามมาตรฐานของการทดสอบ 5 การทดสอบ ดังนี้ การทดสอบหาค่าการสึกหรอ การทดสอบหาค่าของส่วนที่ไม่คงทน การทดสอบหาปริมาณการแตกหักเมื่อถูกแรงกด การทดสอบการดูดซึมน้ำและการทดสอบหาค่าความถ่วงจำเพาะ

## 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 เพื่อนำผลการทดสอบต่างๆไปเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานของสมบัติทางกลศาสตร์ของหินบะซอลต์ตามมาตรฐาน

1.4.2 เพื่อเป็นสิ่งอ้างอิงว่าหินบะซอลต์สามารถนำไปใช้ในงานก่อสร้างได้

1.4.3 สามารถทราบได้ถึงความสัมพันธ์ของสมบัติในเชิงสถิติ

## 1.5 แผนการดำเนินการศึกษา

ตาราง 1 แผนการดำเนินการศึกษา

| รายการ             | ระยะเวลา |      |      |      |      |          |      |       |       |      |
|--------------------|----------|------|------|------|------|----------|------|-------|-------|------|
|                    | พ.ศ.2557 |      |      |      |      | พ.ศ.2558 |      |       |       |      |
|                    | ส.ค.     | ก.ย. | ต.ค. | พ.ย. | ธ.ค. | ม.ค.     | ก.พ. | มี.ค. | เม.ย. | พ.ค. |
| 1. ค้นหาข้อมูล     | ←→       |      |      |      |      |          |      |       |       |      |
| 2. รวบรวมข้อมูล    |          |      |      |      | ←→   |          |      |       |       |      |
| 3. ศึกษาทดสอบ      |          |      |      |      |      | ←→       |      |       |       |      |
| 4. วิเคราะห์ข้อมูล |          |      |      |      |      |          | ←→   |       |       |      |
| 5. จัดทำรูปเล่ม    |          |      |      |      |      |          |      |       | ←→    | →    |

## 1.6 สถานที่ดำเนินการศึกษา

ห้องปฏิบัติการวัสดุก่อสร้าง คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

## 1.7 งบประมาณ

|                                 |           |
|---------------------------------|-----------|
| 1.7.1 ค่าวัสดุอุปกรณ์ในการทดสอบ | 2000 บาท  |
| 1.7.2 ค่าวัสดุที่ใช้ในการทดสอบ  | 5000 บาท  |
| 1.7.3 ค่าใช้สอยอื่นๆ            | 3000 บาท  |
| รวม                             | 10000 บาท |

## บทที่ 2

### เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 หินบะซอลต์

หิน (rock) แบ่งตามลักษณะการเกิดออกเป็น 3 ประเภท คือ หินอัคนี หินชั้นหรือหินตะกอน และหินแปรหินอัคนี เช่น หินแกรนิต, หินบะซอลต์ หินไรโอไลต์ หินแอนดีไซต์หินพัมมิช หินอบซิเดียน เป็นต้นหินชั้นหรือหินตะกอน เช่น หินกรวดมน หินทราย หินดินดาน หินปูน หินเชิร์ต เป็นต้นหินแปร เช่น หินควอร์ตไซต์,หินแคลก์-ซิลิเกต หินชนวน หินชีสต์ หินไนส์ หินฟิลไลต์ หินอ่อน เป็นต้น

หินบะซอลต์ (Basalt) จัดอยู่ในประเภทของหินอัคนีเป็นหินอัคนีพุ มีเนื้อละเอียด เกิดจากการเย็นตัวของลาวามีสีเข้มเนื่องจากประกอบด้วยแร่ไฟร็อกซีนเป็นส่วนใหญ่ อาจมีแร่โอลิวีนปนมาด้วย เนื่องจากเกิดขึ้นจากแมกมาใต้เปลือกโลก หินบะซอลต์หลายแห่งในประเทศไทยเป็นแหล่งกำเนิดของอัญมณี (พลอยชนิดต่างๆ) เนื่องจากแมกมาดันผลึกแร่ซึ่งอยู่ลึกใต้เปลือกโลก ให้ไหลขึ้นมาเหนือพื้นผิว อาจพบมีเนื้อสองขนาดที่มีผลึกขนาดโตกว่าอยู่ในพื้นเนื้อละเอียด หรือมีเนื้อเป็นโพรงข่าย หรือมีเนื้อเป็นตะกรันภูเขาไฟ เนื้อหินบะซอลต์สดๆจะมีสีดำหรือสีเทา ปรกติหินบะซอลต์จะถูกนำไปใช้เป็นวัสดุก่อสร้างถนน เทพื้นรองหมอนและรางรถไฟ และทำเป็นแผ่นปูพื้นหรือผนัง พบมากในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เช่น จังหวัดอุบลราชธานี จังหวัดนครราชสีมา จังหวัดศรีสะเกษ จังหวัดบุรีรัมย์ จังหวัดสุรินทร์ เป็นต้น ที่มา: (กรมทรัพยากรธรณี: 2557)



ภาพประกอบ 1 ลักษณะของหินบะซอลต์

### 2.1.1 การทดสอบสมบัติทางกลศาสตร์ของหิน

หินชนิดต่างๆ ซึ่งมีต้นกำเนิดตามธรรมชาติจะมีสมบัติทางกายภาพและสมบัติทางเคมีแตกต่างกันไป อันมีผลทำให้สมบัติทางกลศาสตร์ของหินแตกต่างกันแม้แต่หินชนิดเดียวกันแต่มีแหล่งกำเนิดต่างกันอาจมีสมบัติทางกลศาสตร์แตกต่างกันได้ ดังนั้นก่อนที่จะนำเอาหินจากแหล่งต่างๆ ไปใช้ประโยชน์มีความจำเป็นต้องนำเอาตัวอย่างหินจากแหล่งนั้นไปทดสอบสมบัติทางกลศาสตร์ก่อนว่า หินมีสมบัติทางกลศาสตร์ที่เหมาะสมที่จะใช้เป็นหินก่อสร้างสำหรับการใช้งานในด้านต่างๆ หรือไม่

สำหรับการทดสอบสมบัติทางกลศาสตร์ของหินที่เป็นวัสดุมวลรวมหรือหินบด (Aggregates) เป็นการทดสอบสมบัติทางด้านความคงทน (Durability Test) โดยตามข้อกำหนดการควบคุมคุณภาพวัสดุจะมีการกำหนดสมบัติทางด้านความคงทนของวัสดุไว้เพื่อให้แน่ใจว่าวัสดุมวลรวมนั้นจะไม่เกิดการแตกสลายเปลี่ยนแปลงสภาพไปในขณะก่อสร้างหรือตลอดช่วงอายุการใช้งาน โดยการทดสอบสมบัติทางด้านความคงทนของวัสดุมวลรวมหรือหินบดที่สำคัญ มีดังนี้ ที่มา: (กรมทรัพยากรธรณี: 2557)

#### 2.1.1.1 การทดสอบหาค่าการสึกหรอ (Los Angeles Abrasion Value)

การทดสอบหาค่าการสึกหรอของหิน เป็นวิธีการทดสอบกลสมบัติตามมาตรฐานของกรมทางหลวงที่ (ทล.-ท 202/2515) ซึ่งเป็นการทดสอบแบบพื้นฐานที่ใช้กับการทดสอบสมบัติทางกลศาสตร์ของหินก่อสร้างทุกชนิด จัดเป็นการทดสอบทางกลสมบัติ (Mechanical Test) เพื่อหาค่าความสึกหรอของวัสดุมวลรวม โดยทั่วไปแล้ววัสดุมวลรวมควรมีค่าความสึกหรอไม่เกินร้อยละ 30 (กรมทางหลวง)

#### 2.1.1.2 การทดสอบหาค่าของส่วนที่ไม่คงทน (Soundness Value) โดยใช้สารละลาย โซเดียมซัลเฟต ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ )

การทดสอบหาค่าของส่วนที่ไม่คงทนเป็นวิธีการทดสอบกลสมบัติตามมาตรฐานของกรมทางหลวงที่ (ทล.-ท 213/2531) เป็นวิธีการทดสอบเพื่อหาค่าของมวลรวมหินที่มีการสลายตัวหรือการแตกสลาย (Disintegration) หลังการแช่สารละลาย (Sodium sulfate) ผลการทดสอบเป็นข้อมูลที่ช่วยในการพิจารณาถึงความคงทนหรือการคงตัวของมวลรวมเมื่อผ่านกระบวนการผุสลายการทดสอบ โดยทำการแช่ตัวอย่างในสารละลายเป็นเวลาไม่น้อยกว่า 16 ชั่วโมง แต่ไม่เกิน 18 ชั่วโมง นำตัวอย่างออกจากสารละลายแล้วนำไปอบจนมีมวลคงที่ทำการทดสอบซ้ำโดยการแช่ตัวอย่างในสารละลายและอบให้แห้งจนครบ 5 รอบ จากนั้นล้างตัวอย่างด้วยน้ำจนสะอาดนำไปอบและร่อนผ่านตะแกรงบันทึกค่าแล้วนำไปเปรียบเทียบกับมวลก่อนแช่ในสารละลายค่าที่แตกต่างกันคือค่าของส่วนที่ไม่คงทนที่เกิดขึ้นจากการทดสอบ ค่ามาตรฐานที่กำหนดใช้ในการควบคุมคุณภาพของวัสดุคือปริมาณของส่วนที่ไม่คงทน (Soundness) จะต้องไม่เกินร้อยละ 12

### 2.1.1.3 การทดสอบหาปริมาณการแตกหักเมื่อถูกแรงบด (Aggregate Crushing Value)

เป็นวิธีการทดสอบทางกลสมบัติ ตามมาตรฐาน (BS 812: Part 110: 1990) เพื่อหาปริมาณการแตกหักของวัสดุมวลรวมเมื่อถูกแรงบดอัด โดยใช้วัสดุมวลรวมที่มีขนาดผ่านตะแกรง 12.25 มิลลิเมตร และค้างตะแกรงขนาด 9.52 มิลลิเมตรประมาณ 10 กิโลกรัมบรรจุในแบบหล่อเหล็กทรงกระบอกแล้วใช้แรงกดอย่างต่อเนื่องจนถึง 40 ตัน เป็นเวลา 10 นาที ปริมาณร้อยละของวัสดุมวลรวมที่แตกหักและมีขนาดเล็กกว่า 2.40 มิลลิเมตร เมื่อเปรียบเทียบกับมวลวัสดุเริ่มต้นเป็นค่าการแตกหักจากแรงบดโดยปกติแล้วค่าการแตกหักจากแรงบดของหินจะมีค่ามากกว่าค่าการแตกหักตกระเบก

### 2.1.1.4 การทดสอบการดูดซึมน้ำ (Water Absorption Value)

เป็นวิธีการทดสอบตามมาตรฐานของกรมทางหลวงที่ (ทล.-ท 209/2518) เพื่อหาว่าหินมีการดูดซึมน้ำเข้าไปในเนื้อหินเป็นน้ำหนักร้อยละเท่าใดของน้ำหนักหินตอนเริ่มต้น

### 2.1.1.5 การทดสอบหาค่าความถ่วงจำเพาะ (Specific of Gravity)

การทดสอบความถ่วงจำเพาะของหิน เป็นวิธีการทดสอบตามมาตรฐานกรมของทางหลวงที่ (ทล.-ท 101/2515) โดยการนำของมวลรวมที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 200 จำนวน 50 กรัม ไปผสมกับน้ำกลั่นแล้วใส่ขวด Pycnometer จนถึงขีด นำไปชั่งหาน้ำหนักเพื่อเปรียบเทียบที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส แล้วนำตัวอย่างใส่ภาชนะไปอบหาน้ำหนักที่หายไป แล้วนำค่าที่ได้มาหาค่าความถ่วงจำเพาะโดยทั่วไปค่ามาตรฐานของความถ่วงจำเพาะที่กำหนดไว้จะอยู่ระหว่าง 2.63-2.92

## 2.1.2 ความสำคัญของคุณภาพหินก่อสร้าง

จากการที่มีหินก่อสร้างหลายชนิดให้เลือกใช้ ซึ่งมีความแตกต่างกันทั้งในด้านราคา ระยะทางการขนส่ง ความยากง่ายในการซื้อหาและความต่อเนื่องในการทำงานแต่สิ่งที่จะต้องให้ความสำคัญด้วยเช่นกัน คือจะต้องเลือกใช้หินก่อสร้างให้เหมาะสมกับลักษณะงานก่อสร้างโดยคำนึงถึงคุณภาพหรือสมบัติทางกลศาสตร์ของหินชนิดนั้นๆ



ตาราง 2 สมบัติทางกลศาสตร์ของหินในประเทศไทย ที่มา : (วัชชัย ลาสงยางและสุมงคล นาทัน : 2556)

| สมบัติทางกลศาสตร์ของหินในประเทศไทย |                              |                                          |                                          |                                           |                          |                               |
|------------------------------------|------------------------------|------------------------------------------|------------------------------------------|-------------------------------------------|--------------------------|-------------------------------|
| ชนิดหิน                            | การสึกหรอ<br>LAA<br>(ร้อยละ) | การแตกหัก<br>ตกกระแทก<br>AIV<br>(ร้อยละ) | การแตกหัก<br>จากแรงบด<br>ACV<br>(ร้อยละ) | ความต้าน<br>การสิ้นไถล<br>PSV<br>(ร้อยละ) | ความ<br>ถ่วงจำเพาะ<br>SG | การดูดซึ่ม<br>น้ำ<br>(ร้อยละ) |
| หินปูน                             | 22- 33                       | 9.7-14.8                                 | 17.5-26                                  | 36-44                                     | 2.68-2.76                | 0.15-0.55                     |
| หินบะ<br>ซอลต์                     | 15-20                        | 12.1-14.8                                | 11.4-14.6                                | 49.1-51.8                                 | 2.63-2.92                | 0.50-1.90                     |
| หินแกรนิต                          | 21-29                        | 13.5-18.2                                | 19.2-23.8                                | 48-52                                     | 2.60-2.75                | 0.30-1.06                     |
| หินทราย                            | 31-75                        | 15.3-40.2                                | 19.2-37.5                                | 53-65                                     | 2.24-2.64                | 1.21-3.80                     |

ตาราง 3 สมบัติทางกลศาสตร์ของหินงานทางที่เหมาะสม ที่มา : (วัชชัย ลาสงยางและสุมงคล นาทัน : 2556)

| สมบัติทางกลศาสตร์ของหินงานทางที่เหมาะสม |                              |                                          |                                          |                                           |                          |                               |
|-----------------------------------------|------------------------------|------------------------------------------|------------------------------------------|-------------------------------------------|--------------------------|-------------------------------|
| ชนิดหิน                                 | การสึกหรอ<br>LAA<br>(ร้อยละ) | การแตกหัก<br>ตกกระแทก<br>AIV<br>(ร้อยละ) | การแตกหัก<br>จากแรงบด<br>ACV<br>(ร้อยละ) | ความต้าน<br>การสิ้นไถล<br>PSV<br>(ร้อยละ) | ความ<br>ถ่วงจำเพาะ<br>SG | การดูดซึ่ม<br>น้ำ<br>(ร้อยละ) |
| หินปูน                                  | 25-30                        | 7-20                                     | 16.3-27.4                                | 36-45                                     | 2.68-2.77                | 0.15-0.53                     |
| หินบะ<br>ซอลต์                          | 15-25                        | 10-13                                    | 16-17                                    | 47-51                                     | 2.64-2.92                | 0.45-1.60                     |
| หินแกรนิต                               | 20-30                        | 9.5-21                                   | 16.5-25                                  | 50-55                                     | 2.54-3.00                | 0.50-0.80                     |
| หินทราย                                 | -                            | 19                                       | 17                                       | 69                                        | 2.69                     | 0.60                          |

ตาราง 4 ค่ามาตรฐานของสมบัติทางกลศาสตร์ของหินและงานคอนกรีต ที่มา : (ธวัชชัย ลาสงยาง และสุมงคล นาทัน : 2556)

| ค่ามาตรฐานของสมบัติทางกลศาสตร์ของหินและงานคอนกรีต |             |              |                 |            |
|---------------------------------------------------|-------------|--------------|-----------------|------------|
| วิธีการทดสอบ                                      | วัสดุผิวทาง | วัสดุพื้นทาง | วัสดุรองพื้นทาง | งานคอนกรีต |
| การสึกหรอ<br>LAA<br>(ร้อยละ)                      | <35         | 30 – 40      | 35 – 50         | 25 – 30    |
| การแตกหักจาก<br>แรงกด<br>ACV<br>(ร้อยละ)          | <30         | <30          | <35             | <30        |
| ส่วนที่ไม่คงทน<br>Soundness Test<br>(ร้อยละ)      | <12         | <12          | <12             | <12        |
| ความถ่วงจำเพาะ<br>Specific of<br>Gravity          | -           | -            | -               | 2.64-2.92  |

### 2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ธวัชชัย พิมสาร(2531) ศึกษาสมบัติของกรวดในประเทศไทยเพื่อนำมาใช้แทนหินสำหรับพื้นที่ขาดแคลนวัสดุในการก่อสร้างทาง และได้นำมาทำการทดสอบสมบัติทั้งด้านกลสมบัติและกายสมบัติได้ผลการทดสอบคือค่าการแตกหักเมื่อถูกแรงกระแทกมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 14.92 การทดสอบเพื่อหาค่าการแตกหักเมื่อถูกแรงกดมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 26.46 การทดสอบหาค่าความสึกหรอมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 32.82 การทดสอบความคงทนของวัสดุเฉลี่ยร้อยละ 99.07 การทดสอบหาค่าความถ่วงจำเพาะค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.628 และการทดสอบเพื่อหาค่าการดูดซึมน้ำมีค่า เฉลี่ยร้อยละ 1.22

สุรศักดิ์ ราศรี(2552) ศึกษาสมบัติทางวิศวกรรมของหินแหล่งจังหวัดเลยเพื่อใช้สำหรับผสมคอนกรีตกำลังสูง วิธีการศึกษาใช้แหล่งมวลรวมหยาบจากโรงโม่หินสุรัตน์การศิลาและโรงโม่หินศิลาผาทองตั้งอยู่ในเขตจังหวัดเลย สมบัติทางกลความแข็งแรงของหินด้วยแรงกดแกนเดียวที่มีค่ากำลังอัดสูงกว่าร้อยละ 700 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร การทดสอบความคงทนต่อการสึกกร่อนร้อยละ 36.75 การทดสอบสมบัติทางกายภาพมีการดูดซึมน้ำร้อยละ 2.705 การทดสอบทางเคมีค่าปฏิกิริยา อัลคาไล-คาร์บอนเนต เท่ากับ 0.188

ธวัชชัย ลาสงยางและสุมงคล นาทัน(2556) ศึกษาสมบัติทางวิศวกรรมของหินแหล่ง จังหวัดขอนแก่นและจังหวัดอุดรธานีเพื่อนำมาใช้แทนหินปูน ซึ่งจังหวัดขอนแก่นและจังหวัดอุดรธานีมี ระยะทางห่างจากแหล่งผลิต จึงนำแหล่งหินที่มีอยู่ในจังหวัดมาทดสอบสมบัติวิศวกรรมได้ผลการทดสอบ คือ ค่าความสึกหรอเฉลี่ยร้อยละ 20 - 21 ค่าส่วนที่ไม่คงทนเฉลี่ยร้อยละ 25 – 45 ปริมาณการแต้หัก- เมื่อถูกแรงกดเฉลี่ยร้อยละ 27 – 34 ค่าของการดูดซึมน้ำเฉลี่ยร้อยละ 2.27 - 2.48

## บทที่ 3

### การดำเนินการศึกษา

เพื่อให้ดำเนินการศึกษาสมบัติทางกลศาสตร์ของหินบะซอลต์บรรลุตามวัตถุประสงค์ จึงได้กำหนดขั้นตอนการดำเนินการศึกษาดังรายละเอียดดังต่อไปนี้

#### 3.1 การย่อยและแยกขนาดของหิน

ทำการย่อยตัวอย่างหินบะซอลต์จังหวัดศรีสะเกษจำนวน 25 ตัวอย่าง โดยใช้เครื่องทดสอบอเนกประสงค์ (UTM) กดให้หินแตกเป็นชิ้นๆ แล้วนำมาย่อยมือโดยการกระทุ้งในแบบหล่อนำตัวอย่างหินที่ย่อยมาแล้วนั้นมาแยกขนาดของหินตามขนาดมาตรฐานของกรมทางหลวงโดยใช้เครื่องแยกขนาดของหินหินที่ใช้ในการทดสอบจะใช้หินบะซอลต์ขนาดผ่านตะแกรงเบอร์ 1" ค้างเบอร์ 3/4" ผ่านตะแกรงเบอร์ 3/4" ค้างเบอร์ 1/2" ผ่านตะแกรงเบอร์ 1/2" ค้างเบอร์ 3/8"

เมื่อแยกเสร็จแล้วนำตัวอย่างหินมาล้างน้ำแล้วนำไปอบในตู้อบที่ อุณหภูมิ  $110 \pm 5$  องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมงจนตัวอย่างหินมีสภาพที่แห้งสนิท



ภาพประกอบ 2 แบบหล่อที่ใช้ในการย่อย



ภาพประกอบ 3 การย่อยหินในแบบหล่อ

#### 3.2 การศึกษาสมบัติทางกลศาสตร์ของหินบะซอลต์

##### 3.2.1 การทดสอบหาค่าการสึกหรอ Los Angeles Abrasion Value

###### 3.2.1.1 วิธีการศึกษา

1. ชั่งน้ำหนักตัวอย่างหินเป็น  $W_1$  (กิโลกรัม) โดยกำหนดให้ใช้ 2.5 กิโลกรัม และเตรียมลูกเหล็กทรงกลมตามจำนวนที่กำหนดไว้ในมาตรฐาน (จำนวน 12 ลูก)

2. ใส่ตัวอย่างหินและลูกเหล็กเข้าไปในเครื่องทดสอบหาความสึกหรอแล้วปิดฝาถึงให้สนิท

3. หมุนเครื่องทดสอบด้วยความเร็ว 30-33 รอบต่อนาที ให้ได้จำนวนรอบตามที่กำหนดในมาตรฐานกรมทางหลวง (ทล.-ท 202/2515) โดยกำหนดจำนวน 500 รอบ

4. เมื่อหมุนเครื่องทดสอบได้ครบตามจำนวนที่กำหนดแล้ว ให้เอาตัวอย่างหินออกจากเครื่องแล้วนำไปร่อนในตะแกรงเบอร์ 12

5. นำส่วนที่ค้างบนตะแกรง 12 ไปชั่งน้ำหนักเป็น  $W_2$  (กิโลกรัม)

### 3.2.1.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

1. เครื่องทดสอบหาความสึกหรอ (Los Angeles Abrasion) ตามมาตรฐานกรม-  
ทางหลวงชนบท



ภาพประกอบ 4 เครื่องทดสอบหาความสึกหรอ

2. ลูกเหล็กทรงกลม (ABRASIVE CHARGE)  $\varnothing$  46.8 มิลลิเมตร แต่ละลูกมีน้ำหนักประมาณ 390-445 กรัม จำนวน 12 ลูก



ภาพประกอบ 5 ลูกเหล็กทรงกลม

### 3. ชุดตะแกรงที่ใช้แยกขนาดคละของมวลหยาบ



ภาพประกอบ 6 ชุดตะแกรงแยกขนาดของมวลหยาบ

### 4. เครื่องชั่งน้ำหนัก 60 กิโลกรัม



ภาพประกอบ 7 เครื่องชั่งน้ำหนัก

### ร้อยละค่าความสึกหรอ

$$\frac{\text{น้ำหนักที่สูญหายจากความสึกหรอ}}{\text{น้ำหนักก่อนการทดสอบ}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$\frac{w_2 - w_1}{w_1} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (2)$$

น้ำหนักที่สูญหายจากความสึกหรอ

น้ำหนักก่อนทดสอบ – น้ำหนักที่ค้างบนตะแกรง

$W_1 - W_2$

..... (3)

สัญลักษณ์ที่ใช้ในปริญญานิพนธ์

$W_1$  คือ น้ำหนักก่อนทดสอบ

$W_2$  คือ น้ำหนักหลังทดสอบ

### 3.2.2 การทดสอบหาค่าของส่วนที่ไม่คงทน (Soundness Value) โดยใช้โซเดียมซัลเฟต (Sodium Sulfate)

#### 3.2.2.1 การเตรียมอุปกรณ์

1. เตรียมสารละลายโซเดียมซัลเฟตผสมเข้ากับน้ำที่อุณหภูมิ 25–30 องศาเซลเซียส คนให้เข้ากันจะต้องหมั่นคนอยู่เสมอจนกว่าจะใช้งาน เพื่อป้องกันการระเหยและสิ่งสกปรกตกลงไปควรปิดฝาภาชนะที่บรรจุไว้ต้องทำสารละลายให้เย็นลงที่อุณหภูมิ  $21 \pm 1$  องศาเซลเซียส คนอีกครั้งหนึ่งแล้วทิ้งไว้ที่อุณหภูมินี้เป็นเวลาอย่างน้อย 48 ชั่วโมง ก่อนที่จะนำไปใช้ทดสอบหากมีผลึกเกลือให้เห็น ก่อนการใช้แต่ละครั้งต้องทำผลึกเกลือให้แตกแล้วคนให้ทั่วจึงค่อยนำไปใช้
2. เตรียมตัวอย่างหินโดยกำหนดให้ใช้ 0.5 กิโลกรัม

#### 3.2.2.2 วิธีการศึกษา

1. แช่ตัวอย่างหินในสารละลายโซเดียมซัลเฟตเป็นเวลาไม่น้อยกว่า 16 ชั่วโมง แต่ไม่มากกว่า 18 ชั่วโมง สารละลายจะต้องท่วมตัวอย่าง อย่างน้อย 12.5 มิลลิเมตร ( $1/2$ ") ตลอดเวลาที่แช่ตัวอย่างต้องควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ที่อุณหภูมิ  $21 \pm 1$  องศาเซลเซียส
2. หลังจากแช่จนได้กำหนดเวลาแล้วให้นำตัวอย่างหินออกมาใส่ภาชนะเปล่าแล้วปล่อยให้แห้งเป็นเวลา  $15 \pm 5$  นาที เพื่อให้สารละลายที่อาจมีติดค้างอยู่บนตัวอย่างหินไหลออกให้หมดแล้วนำไปเข้าเตาอบที่อุณหภูมิ  $110 \pm 5$  องศาเซลเซียส อยู่ก่อนแล้วอบตัวอย่างที่อุณหภูมินั้นจนตัวอย่างมีมวลคงที่ สำหรับระยะเวลาในการอบต้องอบจนมีมวลคงที่นั้น
3. ทำการทดสอบตามข้อ 1 และข้อ 2 ซ้ำจนครบ 5 รอบ
4. หลังจากทำการทดสอบรอบสุดท้ายเสร็จสิ้นแล้วทิ้งตัวอย่างให้แห้งที่อุณหภูมิห้องแล้วให้ล้างตัวอย่างหินด้วยน้ำสะอาดจนปราศจากสารละลายโซเดียมซัลเฟตเมื่อล้างน้ำเสร็จแล้วให้นำตัวอย่างไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ  $110 \pm 5$  องศาเซลเซียส จนตัวอย่างอยู่ในสภาพแห้ง
5. นำตัวอย่างหินมาร่อนผ่านตะแกรงโดยจะกำหนดให้ผ่านตะแกรงเบอร์ 3/4" ค้างเบอร์ 1/2" แล้วนำตัวอย่างหินไปชั่งน้ำหนัก

### 3.2.2.3 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

#### 1. สารละลายโซเดียมซัลเฟต



ภาพประกอบ 8 สารละลายโซเดียมซัลเฟต

#### 2. ถาดพลาสติกเพื่อไว้ใส่สารละลายโซเดียมซัลเฟตและถาดอลูมิเนียมที่จะใช้แช่

ตัวอย่างหิน



ภาพประกอบ 9 ถาดพลาสติกและถาดอลูมิเนียม

#### 3. เตาอบอุณหภูมิ



ภาพประกอบ 10 เตาอบอุณหภูมิ



น้ำหนักที่สูญเสียจากการทดสอบ

$$\frac{\text{น้ำหนักก่อนทดสอบ} - \text{น้ำหนักที่ค้างบนตะแกรง}}{\text{น้ำหนักก่อนทดสอบ}} \times 100\% \quad (4)$$

ร้อยละส่วนที่ไม่คงทน

$$\frac{\text{น้ำหนักที่สูญหายจากความสึกหรอ}}{\text{น้ำหนักก่อนการทดสอบ}} \times 100\% \quad (5)$$

### 3.2.3 การทดสอบหาปริมาณการแตกหักเมื่อถูกแรงกด (Aggregate Crushing Value)

#### 3.2.3.1 วิธีการศึกษา

1. ชั่งน้ำหนักตัวอย่างหินโดยกำหนดให้ใช้ 10 กิโลกรัม นำตัวอย่างหินใส่แบบหล่อ โดยแบ่งออกเป็น 3 ชั้นของแบบหล่อ แต่ละชั้นใช้เหล็กกระทุ้งชั้นละ 25 ครั้ง
2. ชั่งน้ำหนักหินที่เหลือจากแบบหล่อ
3. เมื่อนำตัวอย่างหินใส่แบบหล่อเสร็จแล้วให้นำแบบหล่อขึ้นไปวางบนเครื่องทดสอบเนกประสงค์ (UTM 300 ตัน) แล้ววางแกนเหล็กกดบนแบบหล่อทำการปล่อยน้ำหนักจากเครื่องทดสอบ
4. ปล่อยน้ำหนักลงใส่ตัวอย่างจนน้ำหนักถึง 40 ตัน เมื่อได้น้ำหนักคงที่แล้วจับเวลา 10 นาที เมื่อครบเวลา 10 นาที แล้วนำแบบหล่อลงมาจากเครื่องทดสอบ
5. นำแบบหล่อมาวางบนเครื่องสั่นกระแทกแล้วเคาะตัวอย่างหินออกจากแบบหล่อ ต้องระวังอย่าให้ตัวอย่างหินเสียหายเมื่อได้ตัวอย่างหินทั้งหมดแล้วให้นำตัวอย่างหินมาร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 2.36 มิลลิเมตร แล้วนำตัวอย่างหินส่วนที่ผ่านตะแกรงไปชั่งน้ำหนัก

#### 3.2.3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

1. แบบหล่อพร้อมแกนเหล็กกดและเหล็กกระทุ้ง



ภาพประกอบ 11 แบบหล่อพร้อมแกนเหล็กกดและเหล็กกระทุ้ง

## 2. ถาดอลูมิเนียม



ภาพประกอบ 12 ถาดอลูมิเนียม

## 3. เครื่องทดสอบแรงกด UTM



ภาพประกอบ 13 เครื่องทดสอบแรงกด (UTM)

## 4. ตะแกรงเบอร์ 2.38 มิลลิเมตร



ภาพประกอบ 14 ตะแกรงเบอร์ 2.38 มิลลิเมตร

## 5. เครื่องสั่นกระแทก



ภาพประกอบ 15 เครื่องสั่นกระแทก

น้ำหนักหินที่ใช้ทดสอบ

10 กิโลกรัม–น้ำหนักหินที่เหลือจากแบบหล่อ ..... (6)

ร้อยละการแตกหัก

$$\frac{\text{น้ำหนักที่ผ่านตะแกรง}}{\text{น้ำหนักหินที่ใช้ทดสอบ}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (7)$$

### 3.2.4 การทดสอบการดูดซึมน้ำ Water Absorption Value

#### 3.2.4.1 วิธีการศึกษา

1. ชั่งน้ำหนักตัวอย่างหินโดยกำหนดให้ใช้ 2 กิโลกรัม แล้วนำเทใส่ถาดจนน้ำท่วมตัวอย่างหินขึ้นมาประมาณ 2 เซนติเมตร แช่น้ำทิ้งไว้เป็นเวลา 24 ชั่วโมง
2. เมื่อครบ 24 ชั่วโมง ให้เทน้ำออกจากถาดจะต้องระมัดระวังอย่าให้ตัวอย่างหินหล่นออกจากถาดแล้วใช้ผ้าซับน้ำออกจากตัวอย่างหินพอมาดๆ
3. ใช้เครื่องไדרเป่าลมเป่าตัวอย่างหินจนอยู่ในสภาวะอิมตัวผิวแห้งแล้วนำตัวอย่างหินไปชั่งน้ำหนัก
4. นำตัวอย่างหินไปอบที่อุณหภูมิ  $110 \pm 5$  องศาเซลเซียส ให้มีสภาพที่แห้งสนิทแล้วนำตัวอย่างหินไปชั่งน้ำหนัก

### 3.2.4.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

#### 1. ตาชั่งที่มีความละเอียด 0.1 กรัม



ภาพประกอบ 16 ตาชั่งความละเอียด 0.1 กรัม

#### 2. ถาดอลูมิเนียม



ภาพประกอบ 17 ถาดอลูมิเนียม

### 3. เครื่องไถ่เป่าผม



ภาพประกอบ 18 เครื่องไถ่เป่าผม

#### ร้อยละการดูดซึมน้ำ

$$\frac{\text{น้ำหนักอิมัฒ์ฝัฒ์แห้ง-น้ำหนักแห้งของหิน}}{\text{น้ำหนักแห้งของหิน}} \times 100\% \dots\dots\dots (7)$$

### 3.2.5 การทดสอบความถ่วงจำเพาะ Specific Gravity

#### 3.2.5.1 วิธีการศึกษา

1. ใช้ตัวอย่างดินแห้ง น้ำหนักประมาณ 50 กรัม ผสมน้ำกลัฒ์ซึ่งขจัดอากาศแล้ว กวนด้วยเครื่องผสม ประมาณ 5 นาที
2. เทส่วนผสมหินกับน้ำขวดทดสอบ และเพิ่มน้ำกลัฒ์ที่ไล่อากาศแล้วจนได้ปริมาตร ประมาณ  $\frac{3}{4}$  ของความจุของขวดทดสอบ
3. ไล่ฟองอากาศจากส่วนผสมหินกับน้ำ โดยการตัมหรือดูดด้วยปั๊มสุญญากาศ ระหว่างการตัมให้ใช้แท่งแก้ว กวนหินเพื่อช่วยไล่ฟองอากาศ หรือถ้าใช้ปั๊มดูดสุญญากาศให้เขย่าและกลัฒ์ขวดไปมาด้วย ทำการไล่ฟองอากาศจนกว่าจะหมด ซึ่งจะสังเกตได้ เมื่อไม่มีฟองอากาศผุดขึ้น และเวลาที่ ใช้จะแตกต่างกันแล้วแต่ชนิดของดิน
4. เติมน้ำกลัฒ์ที่ไล่ฟองอากาศแล้วลงในขวดทดสอบจนถึงขีดบอกปริมาตร
5. ชั่งน้ำหนักขวดน้ำ และ หิน ( $W_{bws}$ ) และวัดอุณหภูมิที่ 25 องศาเซลเซียส
6. เทส่วนผสมหินกับน้ำใส่ถาด ล้างหินจากขวดทดสอบให้หมด พยายามไม่ให้หิน ตกหลัฒ์ นำถาดเข้าเตาอบเพื่อหาน้ำหนักหินแห้ง ( $W_s$ ) ต่อไป

### 3.2.4.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

#### 1. ตาชั่งที่มีความละเอียด 0.01 กรัม



ภาพประกอบ 19 ตาชั่งความละเอียด 0.01 กรัม

#### 2. ขวดทดสอบปริมาตร 500 ลูกบาศก์เซนติเมตร



ภาพประกอบ 20 ขวดทดสอบปริมาตร 500 ลูกบาศก์เซนติเมตร

### 3. เครื่องผสม



ภาพประกอบ 21 เครื่องผสม

### 4. เทอร์โมมิเตอร์



ภาพประกอบ 22 เทอร์โมมิเตอร์

### 5. ขวดฉีดน้ำ



ภาพประกอบ 23 ขวดฉีดน้ำ

### 6. เตาอบที่อุณหภูมิ $110 \pm 5$ องศาเซลเซียส



ภาพประกอบ 24 เตาอบที่อุณหภูมิ  $110 \pm 5$  องศาเซลเซียส

### หาค่าความถ่วงจำเพาะ

$$G_s = \frac{W_s \cdot G_{wt}}{W_{bw} + W_s - W_{bws}} \dots\dots\dots (8)$$

$G_s$  คือ ความถ่วงจำเพาะของเม็ดหิน

$G_{wt}$  คือ ความถ่วงจำเพาะที่อุณหภูมิใดๆ

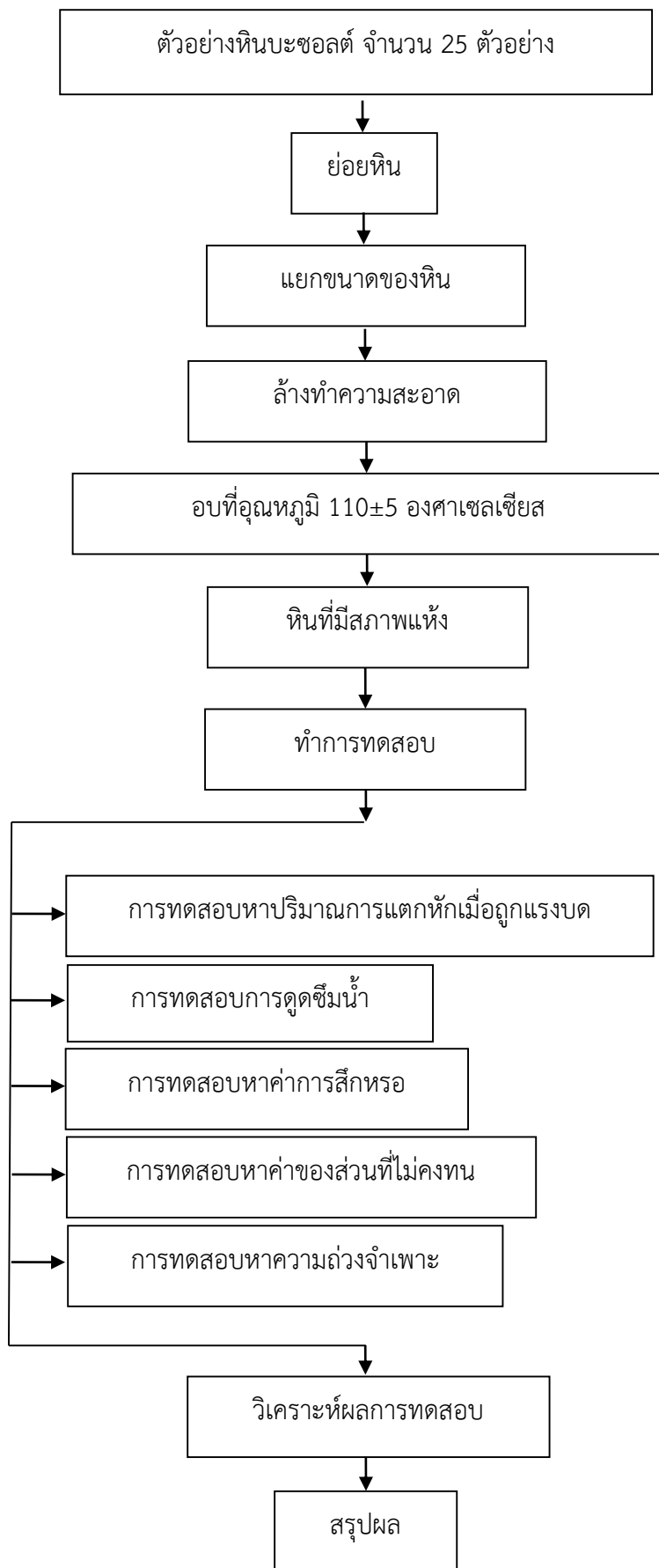
$W_s$  คือ น้ำหนักของเม็ดหิน

$W_{bw}$  คือ น้ำหนักขวดรวมกับน้ำที่มีระดับถึงขีดบอกปริมาตร

$W_{bws}$  คือ น้ำหนักขวดรวมกับน้ำรวมกับหิน



### แผนการดำเนินการวิจัย



## บทที่ 4

### ผลการศึกษา

#### 4.1 ผลการศึกษาเงื่อนไขและปัจจัย

จากการทดสอบคุณสมบัติทางกลศาสตร์ของหินบะซอลต์ ได้แบ่งการทดสอบออกเป็น 5 การทดสอบคือ การทดสอบการสึกหรอ การทดสอบส่วนที่ไม่คงทน การทดสอบหาปริมาณการแตกหักเมื่อถูกแรงกด การทดสอบการดูดซึมน้ำ และการทดสอบความถ่วงจำเพาะ โดยแต่ละการทดสอบดังแสดงไว้ในตาราง

##### 4.1.1 ค่าการทดสอบหาการสึกหรอ

จากการทดสอบหาการสึกหรอของหินบะซอลต์โดยใช้เครื่อง (Los Angeles) ใช้ตัวอย่างหินบะซอลต์ที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 1” ค้างเบอร์ 3/4” โดยใช้น้ำหนัก 2.5 กิโลกรัม เป็นวิธีการทดสอบสมบัติทางกลศาสตร์ตามมาตรฐานของกรมทางหลวงที่ (ทล.-ท 202/2515) ได้ผลการทดสอบแสดงไว้ในตาราง 5 ค่าการทดสอบการสึกหรอดังต่อไปนี้

ตาราง 5 ค่าการทดสอบหาการสึกหรอ

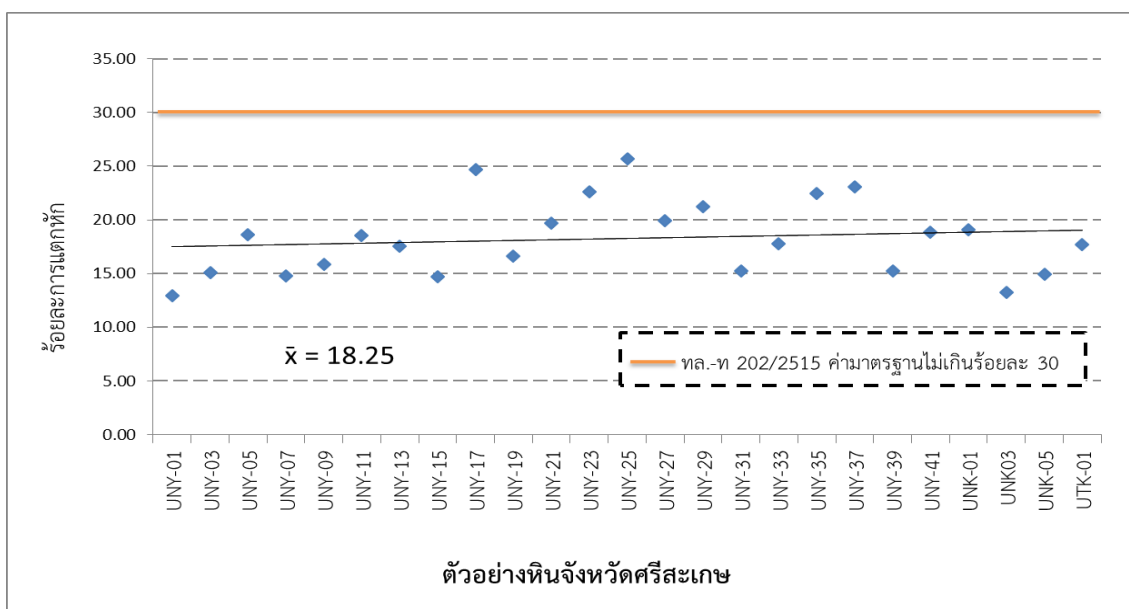
| ค่าการทดสอบหาการสึกหรอ |                                |                                   |                               |          |
|------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|----------|
| รหัสตัวอย่าง           | น้ำหนักก่อน<br>ทดสอบ<br>(กรัม) | น้ำหนักหลังการ<br>ทดสอบ<br>(กรัม) | ร้อยละการ<br>แตกหัก<br>(กรัม) | หมายเหตุ |
| UNY – 01               | 2,500                          | 2,177                             | 12.92                         |          |
| UNY – 03               | 2,500                          | 2,123                             | 15.08                         |          |
| UNY – 05               | 2,500                          | 2,034                             | 18.64                         |          |
| UNY – 07               | 2,500                          | 2,130                             | 14.80                         |          |
| UNY – 09               | 2,500                          | 2,104                             | 15.84                         |          |
| UNY – 11               | 2,500                          | 2,036                             | 18.56                         |          |
| UNY – 13               | 2,500                          | 2,062                             | 17.52                         |          |

ตาราง 5 ค่าการทดสอบหาการสีกหรือ(ต่อ)

| ค่าการทดสอบหาการสีกหรือ |                                |                                   |                               |          |
|-------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|----------|
| รหัสตัวอย่าง            | น้ำหนักก่อน<br>ทดสอบ<br>(กรัม) | น้ำหนักหลังการ<br>ทดสอบ<br>(กรัม) | ร้อยละการ<br>แตกหัก<br>(กรัม) | หมายเหตุ |
| UNY – 15                | 2,500                          | 2,133                             | 14.68                         |          |
| UNY – 17                | 2,500                          | 1,882                             | 24.72                         |          |
| UNY – 19                | 2,500                          | 2,084                             | 16.64                         |          |
| UNY – 21                | 2,500                          | 2,008                             | 19.68                         |          |
| UNY – 23                | 2,500                          | 1,934                             | 22.64                         |          |
| UNY – 25                | 2,500                          | 1,858                             | 25.68                         |          |
| UNY – 27                | 2,500                          | 2,001                             | 19.96                         |          |
| UNY – 29                | 2,500                          | 1,970                             | 21.20                         |          |
| UNY – 31                | 2,500                          | 2,118                             | 15.28                         |          |
| UNY – 33                | 2,500                          | 2,055                             | 17.80                         |          |
| UNY – 35                | 2,500                          | 1,939                             | 22.44                         |          |
| UNY – 37                | 2,500                          | 1,924                             | 23.04                         |          |
| UNY – 39                | 2,500                          | 2,119                             | 15.24                         |          |
| UNY – 41                | 2,500                          | 2,029                             | 18.84                         |          |
| UNK – 01                | 2,500                          | 2,023                             | 19.08                         |          |
| UNK – 03                | 2,500                          | 2,168                             | 13.28                         |          |
| UNK – 05                | 2,500                          | 2,126                             | 14.96                         |          |
| UTK – 01                | 2,500                          | 2,058                             | 17.68                         |          |

จากผลการทดสอบการสีกหรือจะเห็นได้ว่าคุณสมบัติของตัวอย่างหินบะซอลต์อยู่ในมาตรฐาน โดยการนำค่ามาเปรียบเทียบกับคุณสมบัติของหินตามมาตรฐานของกรมทางหลวง พบว่าค่าการสีกหรือของหินบะซอลต์อยู่ตามเกณฑ์มาตรฐานของกรมทางหลวง ซึ่งมีค่าน้อยกว่าร้อยละ 30 ในการเลือกใช้หินควรเลือกใช้หินให้เหมาะสมกับลักษณะของประเภทงานก่อสร้างดังตาราง 3 สมบัติทางกลศาสตร์ของหินงานทางที่เหมาะสม และตาราง 4 ค่ามาตรฐานของสมบัติทางกลศาสตร์ของหินและงานคอนกรีต

#### การทดสอบการสีกหรือ Los Angeles



ภาพประกอบ 25 ค่าการสีกหรือของจังหวัดศรีสะเกษ

จากภาพประกอบ 25 ค่าการสีกหรือของจังหวัดศรีสะเกษ การทดสอบร้อยละการสีกหรือ (Los Angeles) หินบะซอลต์ที่ได้จากแหล่งในเขตจังหวัดศรีสะเกษมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 18.25 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ที่ 3.52 ซึ่งตามมาตรฐานของกรมทางหลวงที่ (ทล.-ท 202/2515) ได้กำหนดค่ามาตรฐานของหินที่นำไปใช้งานได้จะต้องมีค่าน้อยกว่าร้อยละ 30 จะเห็นได้ว่าแหล่งหินจังหวัดศรีสะเกษมีค่าเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานทั้ง 25 ตัวอย่าง มีค่าต่ำสุดอยู่ที่ตัวอย่าง UNY - 01 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 12.92 และมีค่าสูงสุดอยู่ที่ตัวอย่าง UNY - 25 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 25.68 ค่าเฉลี่ยของการสีกหรืออยู่ที่ 18.25

#### 4.1.2 ค่าการทดสอบหาค่าของส่วนที่ไม่คงทน

จากการทดสอบหาค่าของส่วนที่ไม่คงทน (Soundness) ของหินบะซอลต์โดยใช้ตัวอย่างหินบะซอลต์ที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 3/4” ค้างเบอร์ 1/2” โดยใช้น้ำหนัก 500 กรัม เป็นวิธีการทดสอบสมบัติทางกลศาสตร์ตามมาตรฐานของกรมทางหลวงที่ (ทล.-ท 202/2515) ได้ผลการทดสอบดังแสดงไว้ในตาราง 6 ค่าการทดสอบหาค่าของส่วนที่ไม่คงทนดังต่อไปนี้

ตาราง 6 ค่าการทดสอบหาค่าของส่วนที่ไม่คงทน

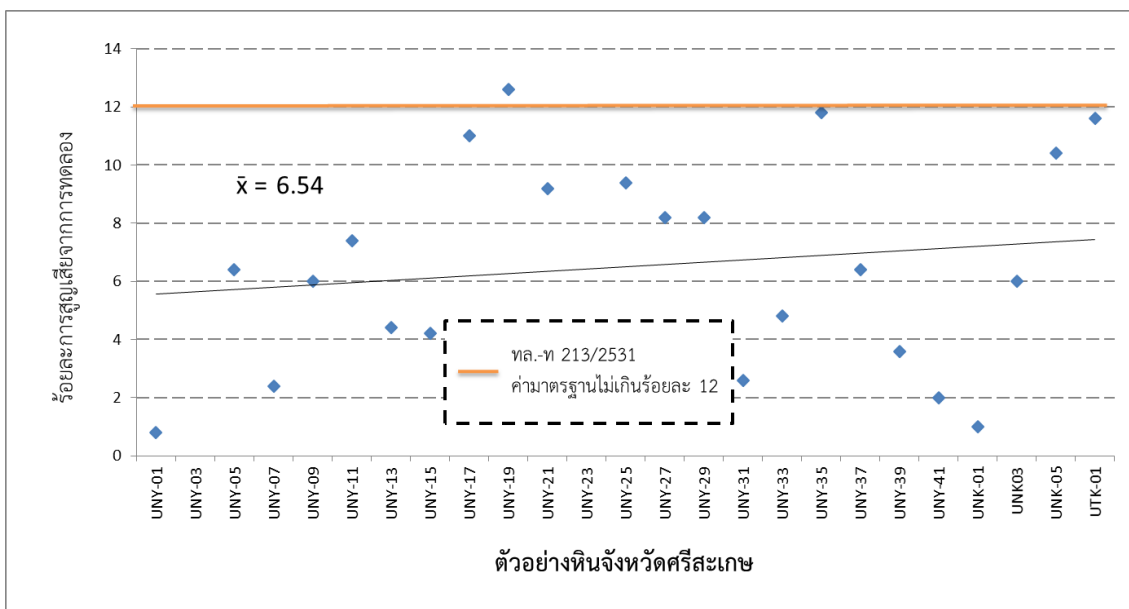
| ค่าการทดสอบหาค่าของส่วนที่ไม่คงทน |                            |                            |                                     |                                |
|-----------------------------------|----------------------------|----------------------------|-------------------------------------|--------------------------------|
| รหัสตัวอย่าง                      | น้ำหนักก่อนการทดสอบ (กรัม) | น้ำหนักหลังการทดสอบ (กรัม) | น้ำหนักที่สูญเสียจากการทดสอบ (กรัม) | ร้อยละของการสูญเสียจากการทดลอง |
| UNY – 01                          | 500                        | 496                        | 4.00                                | 0.80                           |
| UNY – 03                          | 500                        | 405                        | 95.00                               | 19.00                          |
| UNY – 05                          | 500                        | 468                        | 32.00                               | 6.40                           |
| UNY – 07                          | 500                        | 488                        | 12.00                               | 2.40                           |
| UNY – 09                          | 500                        | 470                        | 30.00                               | 6.00                           |
| UNY – 11                          | 500                        | 463                        | 37.00                               | 7.40                           |
| UNY – 13                          | 500                        | 478                        | 22.00                               | 4.40                           |
| UNY – 15                          | 500                        | 479                        | 21.00                               | 4.20                           |
| UNY – 17                          | 500                        | 445                        | 55.00                               | 11.00                          |
| UNY – 19                          | 500                        | 437                        | 63.00                               | 12.60                          |
| UNY – 21                          | 500                        | 454                        | 46.00                               | 9.20                           |
| UNY – 23                          | 500                        | 338                        | 162.00                              | 32.40                          |
| UNY – 25                          | 500                        | 453                        | 47.00                               | 9.40                           |
| UNY – 27                          | 500                        | 459                        | 41.00                               | 8.20                           |

ตาราง 6 ค่าการทดสอบหาค่าของส่วนที่ไม่คงทน(ต่อ)

| ค่าการทดสอบหาค่าของส่วนที่ไม่คงทน |                            |                            |                                     |                                |
|-----------------------------------|----------------------------|----------------------------|-------------------------------------|--------------------------------|
| รหัสตัวอย่าง                      | น้ำหนักก่อนการทดสอบ (กรัม) | น้ำหนักหลังการทดสอบ (กรัม) | น้ำหนักที่สูญเสียจากการทดสอบ (กรัม) | ร้อยละของการสูญเสียจากการทดลอง |
| UNY – 29                          | 500                        | 459                        | 41.00                               | 8.20                           |
| UNY – 31                          | 500                        | 487                        | 13.00                               | 2.60                           |
| UNY – 33                          | 500                        | 476                        | 24.00                               | 4.80                           |
| UNY – 35                          | 500                        | 441                        | 59.00                               | 11.80                          |
| UNY – 37                          | 500                        | 468                        | 32.00                               | 6.40                           |
| UNY – 39                          | 500                        | 482                        | 18.00                               | 3.60                           |
| UNY – 41                          | 500                        | 490                        | 10.00                               | 2.00                           |
| UNK – 01                          | 500                        | 495                        | 5.00                                | 1.00                           |
| UNK – 03                          | 500                        | 470                        | 30.00                               | 6.00                           |
| UNK – 05                          | 500                        | 448                        | 52.00                               | 10.40                          |
| UTK – 01                          | 500                        | 442                        | 58.00                               | 11.60                          |

จากผลการทดสอบของส่วนที่ไม่คงทนได้นำค่ามาเปรียบเทียบกับคุณสมบัติของหินตามมาตรฐานของกรมทางหลวง พบว่าค่าของส่วนที่ไม่คงทนของหินบะซอลต์ผ่านเกณฑ์มาตรฐานซึ่งตามมาตรฐานของกรมทางหลวงที่ (ทล.-ท 202/2515) ได้กำหนดค่ามาตรฐานของหินจะต้องมีค่าน้อยกว่าร้อยละ 12 โดยจำนวนตัวอย่างที่ผ่านคิดเป็นร้อยละ 88 ในการเลือกใช้หิน ควรเลือกให้เหมาะสมกับลักษณะของประเภทงานก่อสร้าง ดังตาราง 4 ค่ามาตรฐานของสมบัติทางกลศาสตร์ของหินและงานคอนกรีต

### การทดสอบส่วนที่ไม่คงทน



ภาพประกอบ 26 ค่าส่วนที่ไม่คงทนของจังหวัดศรีสะเกษ

จากภาพประกอบ 26 ค่าส่วนที่ไม่คงทนของจังหวัดศรีสะเกษ การทดสอบร้อยละส่วนที่ไม่คงทนค่าเฉลี่ยของตัวอย่างหินที่ได้จากแหล่งในเขตจังหวัดศรีสะเกษมีค่าเท่ากับร้อยละ 6.540 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ที่ 3.603 ตามมาตรฐานของกรมทางหลวงที่ (ทล.-ท 202/2515) โดยค่ามาตรฐานของหินที่นำไปใช้งานได้จะต้องมีร้อยละไม่เกิน 12 และได้ทำการตัดข้อมูลการทดสอบมีค่ากระโดดนี้ออกคือ UNY - 03 และ UNY - 23 เพื่อให้การหาค่าทางสถิติมีค่าใกล้เคียงหรือมีค่าความแม่นยำมากขึ้น มันอาจจะเกิดจากกระบวนการทดลองซึ่งมันจะเกิดข้อผิดพลาดบางประการขณะทดสอบก็เป็นได้ จะเห็นได้ว่าแหล่งหินจังหวัดศรีสะเกษมีค่าโดยเฉลี่ยเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐาน และยังมีส่วนที่ไม่เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานจำนวน 3 ตัวอย่างคือ UNY - 03 UNY - 19 และ UNY - 23 มีค่าต่ำสุดอยู่ที่ตัวอย่าง UNY - 01 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.80 และมีค่าสูงสุดอยู่ที่ตัวอย่าง UNY - 23 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 32.40 ค่าเฉลี่ยของการสึกหรออยู่ที่ 8.07 การเลือกใช้งานตามความเหมาะสมดังตารางที่ 4 ค่ามาตรฐานของสมบัติทางกลศาสตร์ของหินและงานคอนกรีตได้ระบุคุณสมบัติทางกลศาสตร์ของหินและงานก่อสร้างไว้

#### 4.1.3 ค่าการทดสอบหาค่าปริมาณการแตกหักเมื่อถูกแรงกด

จากการทดสอบหาค่าปริมาณการแตกหักเมื่อถูกแรงกดของหินบะซอลต์โดยใช้ตัวอย่างหินบะซอลต์ที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 1/2" ค้างเบอร์ 3/8" โดยใช้น้ำหนัก 10 กิโลกรัม เป็นวิธีการทดสอบสมบัติทางกลศาสตร์ของหินตามมาตรฐาน (BS 812 : Part 110 : 1990) ได้ผลการทดสอบดังแสดงไว้ในตาราง 7 ค่าการทดสอบหาค่าปริมาณการแตกหักเมื่อถูกแรงกดดังต่อไปนี้

ตาราง 7 ค่าการทดสอบหาค่าปริมาณการแตกหักเมื่อถูกแรงกด

| ค่าการทดสอบหาค่าปริมาณการแตกหักเมื่อถูกแรงกด |                          |                          |                    |          |
|----------------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------|----------|
| รหัสตัวอย่าง                                 | น้ำหนักที่ใช้ทดสอบ(กรัม) | น้ำหนักค้ำบนตะแกรง(กรัม) | ร้อยละของการแตกหัก | หมายเหตุ |
| UNY – 01                                     | 7,784                    | 7,090                    | 8.90               |          |
| UNY – 03                                     | 7,941                    | 7,168                    | 9.70               |          |
| UNY – 05                                     | 7,498                    | 6,564                    | 12.50              |          |
| UNY – 07                                     | 7,773                    | 7,046                    | 9.40               |          |
| UNY – 09                                     | 7,928                    | 7,048                    | 11.10              |          |
| UNY – 11                                     | 7,926                    | 7,126                    | 10.10              |          |
| UNY – 13                                     | 7,672                    | 6,891                    | 10.20              |          |
| UNY – 15                                     | 7,866                    | 7,030                    | 10.60              |          |
| UNY – 17                                     | 7,377                    | 6,242                    | 15.40              |          |
| UNY – 19                                     | 7,996                    | 7,208                    | 9.90               |          |
| UNY – 21                                     | 7,459                    | 6,461                    | 13.40              |          |
| UNY – 23                                     | 6,714                    | 5,376                    | 19.90              |          |
| UNY – 25                                     | 6,403                    | 5,261                    | 17.80              |          |
| UNY – 27                                     | 7,878                    | 7,009                    | 11.00              |          |
| UNY – 29                                     | 7,672                    | 6,635                    | 13.50              |          |
| UNY – 31                                     | 7,707                    | 6,938                    | 10.00              |          |
| UNY – 33                                     | 7,657                    | 6,660                    | 13.00              |          |
| UNY – 35                                     | 7,383                    | 6,409                    | 13.20              |          |
| UNY – 37                                     | 7,627                    | 6,697                    | 12.20              |          |

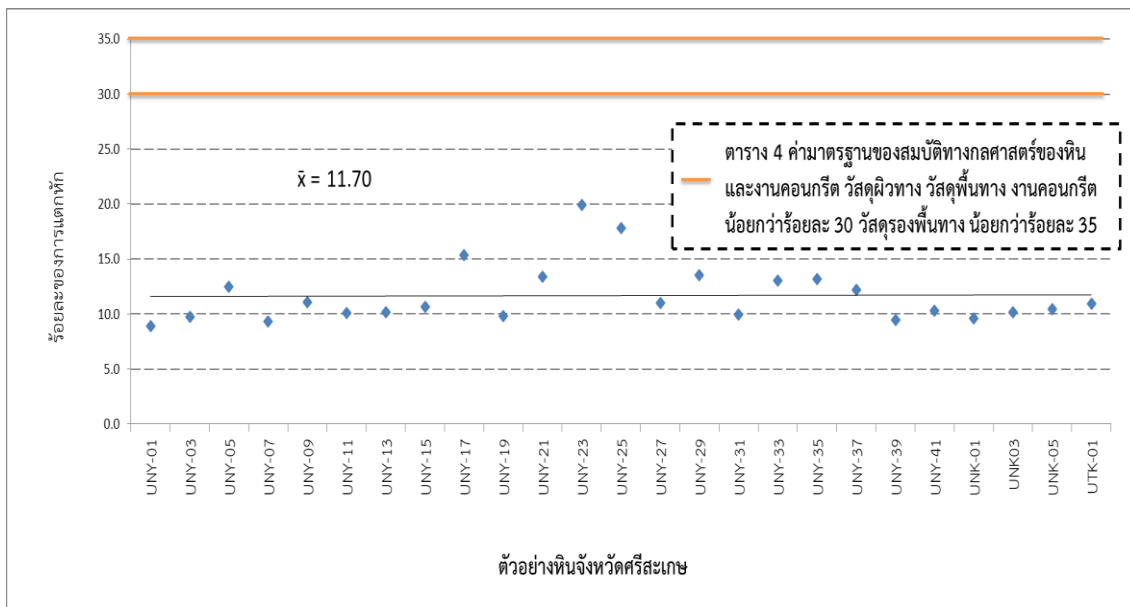


ตาราง 7 ค่าการทดสอบหาค่าปริมาณการแตกหักเมื่อถูกแรงกด(ต่อ)

| ค่าการทดสอบหาค่าปริมาณการแตกหักเมื่อถูกแรงกด |                          |                          |                    |          |
|----------------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------|----------|
| รหัสตัวอย่าง                                 | น้ำหนักที่ใช้ทดสอบ(กรัม) | น้ำหนักค้ำบนตะแกรง(กรัม) | ร้อยละของการแตกหัก | หมายเหตุ |
| UNY – 39                                     | 7,840                    | 7,095                    | 9.50               |          |
| UNY – 41                                     | 7,880                    | 7,067                    | 10.30              |          |
| UNK – 01                                     | 7,885                    | 7,130                    | 9.60               |          |
| UNK – 03                                     | 7,783                    | 6,993                    | 10.20              |          |
| UNK – 05                                     | 7,715                    | 6,908                    | 10.50              |          |
| UTK – 01                                     | 7,539                    | 6,713                    | 11.00              |          |

จากผลการทดสอบปริมาณการแตกหักเมื่อถูกแรงกดได้นำค่ามาเปรียบเทียบกับคุณสมบัติของหินตามมาตรฐานของกรมทางหลวง พบว่าค่าการทดสอบของหินบะซอลต์ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน โดยมีค่าน้อยกว่าร้อยละ 30 ในการเลือกใช้หิน ควรเลือกให้เหมาะสมกับลักษณะของประเภทงานก่อสร้าง ดังตาราง 4 ค่ามาตรฐานของสมบัติทางกลศาสตร์ของหินและงานคอนกรีตที่ระบุไว้

### การทดสอบการแตกหักเมื่อถูกแรงกด



ภาพประกอบ 27 ค่าการแตกหักเมื่อถูกแรงกดของจังหวัดศรีสะเกษ

จากภาพประกอบ 27 ค่าการแตกหักเมื่อถูกแรงกดของจังหวัดศรีสะเกษ การทดสอบร้อยละการแตกหักเมื่อถูกแรงกดค่าเฉลี่ยของตัวอย่างหินบะซอลต์ที่ได้จากแหล่งในเขตจังหวัดศรีสะเกษต้องมีค่าร้อยละ 11.7 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ที่ 2.70 (BS 812 : Part 110 : 1990) ได้กำหนดค่ามาตรฐานของหินบะซอลต์ที่นำไปใช้งานได้จะต้องมีค่าเฉลี่ยไม่เกินร้อยละ 17 มีค่าต่ำสุดอยู่ที่ตัวอย่าง UNY - 01 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 8.90 และมีค่าสูงสุดอยู่ที่ตัวอย่าง UNY - 23 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 19.90 ค่าเฉลี่ยของการสีกหรืออยู่ที่ 11.70 ในการเลือกใช้หิน ควรเลือกให้เหมาะสมกับลักษณะของประเภทงานก่อสร้าง ดังตาราง 4 ค่ามาตรฐานของคุณสมบัติทางกลศาสตร์ของหินและงานคอนกรีต ที่ระบุไว้

#### 4.1.4 ค่าการทดสอบหาค่าของการดูดซึมน้ำ

จากการทดสอบหาค่าของการดูดซึมน้ำของหินบะซอลต์โดยใช้ตัวอย่างหินบะซอลต์ที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 3/4" ค้างเบอร์ 1/2" โดยใช้น้ำหนัก 2 กิโลกรัม เป็นวิธีการทดสอบกลสมบัติตามมาตรฐานของกรมทางหลวงที่ (ทล.-ท 209/2518) ได้ผลการทดสอบดังแสดงไว้ในตาราง 8 ค่าการทดสอบหาค่าของการดูดซึมน้ำดังต่อไปนี้

ตาราง 8 ค่าการทดสอบหาค่าของการดูดซึมน้ำ

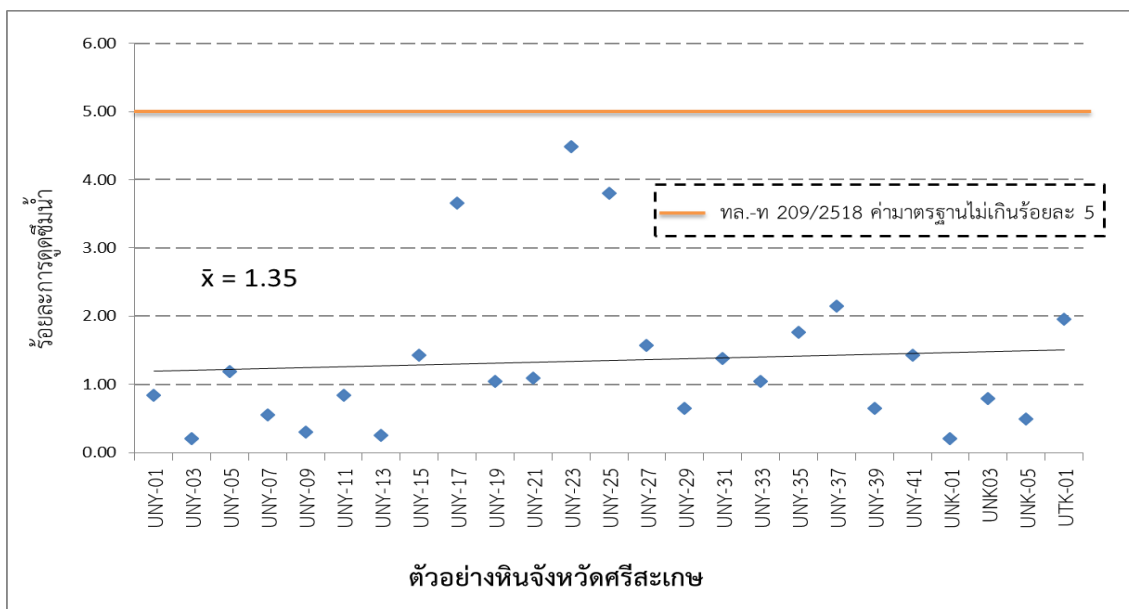
| ค่าทดสอบหาค่าของการดูดซึมน้ำ |                                        |                                                          |                        |          |
|------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------------------------|------------------------|----------|
| รหัสตัวอย่าง                 | น้ำหนักแห้งของ<br>มวลรวมหยาบ<br>(กรัม) | น้ำหนักก้อนตัวผิว<br>แห้งแห้งของมวล<br>รวมหยาบ<br>(กรัม) | ร้อยละ<br>การดูดซึมน้ำ | หมายเหตุ |
| UNY – 01                     | 2,000                                  | 2,017                                                    | 0.84                   |          |
| UNY – 03                     | 2,000                                  | 2,004                                                    | 0.20                   |          |
| UNY – 05                     | 2,000                                  | 2,024                                                    | 1.19                   |          |
| UNY – 07                     | 2,000                                  | 2,011                                                    | 0.55                   |          |
| UNY – 09                     | 2,000                                  | 2,006                                                    | 0.30                   |          |
| UNY – 11                     | 2,000                                  | 2,017                                                    | 0.84                   |          |
| UNY – 13                     | 2,000                                  | 2,005                                                    | 0.25                   |          |
| UNY – 15                     | 2,000                                  | 2,029                                                    | 1.43                   |          |
| UNY – 17                     | 2,000                                  | 2,076                                                    | 3.66                   |          |
| UNY – 19                     | 2,000                                  | 2,021                                                    | 1.04                   |          |
| UNY – 21                     | 2,000                                  | 2,022                                                    | 1.09                   |          |
| UNY – 23                     | 2,000                                  | 2,094                                                    | 4.49                   |          |
| UNY – 25                     | 2,000                                  | 2,079                                                    | 3.80                   |          |
| UNY – 27                     | 2,000                                  | 2,032                                                    | 1.57                   |          |
| UNY – 29                     | 2,000                                  | 2,013                                                    | 0.65                   |          |
| UNY – 31                     | 2,000                                  | 2,028                                                    | 1.38                   |          |
| UNY – 33                     | 2,000                                  | 2,021                                                    | 1.04                   |          |
| UNY – 35                     | 2,000                                  | 2,036                                                    | 1.77                   |          |

ตาราง 8 ค่าการทดสอบหาค่าของการดูดซึมน้ำ(ต่อ)

| ค่าการทดสอบหาค่าของการดูดซึมน้ำ |                                 |                                               |                    |          |
|---------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------------------|--------------------|----------|
| รหัสตัวอย่าง                    | น้ำหนักแห้งของมวลรวมหยาบ (กรัม) | น้ำหนักก้อนตัวผิวแห้งแห้งของมวลรวมหยาบ (กรัม) | ร้อยละการดูดซึมน้ำ | หมายเหตุ |
| UNY – 37                        | 2,000                           | 2,044                                         | 2.15               |          |
| UNY – 39                        | 2,000                           | 2,013                                         | 0.65               |          |
| UNY – 41                        | 2,000                           | 2,029                                         | 1.43               |          |
| UNK – 01                        | 2,000                           | 2,004                                         | 0.20               |          |
| UNK – 03                        | 2,000                           | 2,016                                         | 0.79               |          |
| UNK – 05                        | 2,000                           | 2,010                                         | 0.50               |          |
| UTK – 01                        | 2,000                           | 2,040                                         | 1.96               |          |

จากผลการทดสอบการดูดซึมน้ำได้นำค่ามาเปรียบเทียบกับคุณสมบัติของหินตามมาตรฐานของกรมทางหลวง พบว่าค่าการดูดซึมน้ำของหินบะซอลต์จากแหล่งจังหวัดศรีสะเกษมีค่าน้อยกว่าร้อยละ 5 ซึ่งมีค่าเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐาน โดยจำนวนตัวอย่างที่ผ่านคิดเป็นร้อยละ 100 ในการเลือกใช้หิน ควรเลือกใช้หินให้เหมาะสมกับลักษณะของประเภทงานก่อสร้างดังตาราง 2 สมบัติทางกลศาสตร์ของหินในประเทศไทยและตาราง 3 สมบัติทางกลศาสตร์ของหินงานทางที่เหมาะสมที่ระบุไว้

### การทดสอบการดูดซึมน้ำ



ภาพประกอบ 28 ค่าการดูดซึมน้ำของจังหวัดศรีสะเกษ

จากภาพประกอบ 28 ค่าการดูดซึมน้ำของจังหวัดศรีสะเกษ การทดสอบร้อยละการดูดซึมน้ำ ค่าเฉลี่ยของตัวอย่างหินที่ได้จากแหล่งจังหวัดศรีสะเกษมีค่าตามมาตรฐานกรมทางหลวงที่ (ทล.-ท 209/2518) โดยจะกำหนดค่ามาตรฐานของหินที่นำไปใช้งานจะต้องมีค่าน้อยกว่าร้อยละ 5 เมื่อนำค่าการดูดซึมน้ำมาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน ซึ่งมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 1.35 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ที่ 1.13 ดังนั้นค่าการดูดซึมน้ำมีค่าที่เหมาะสมตามเกณฑ์มาตรฐาน มีค่าต่ำสุดอยู่ที่ตัวอย่าง UNY - 03 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.20 และมีค่าสูงสุดอยู่ที่ตัวอย่าง UNY - 23 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 4.49 ค่าเฉลี่ยของการสีกหรืออยู่ที่ 1.35

#### 4.1.5 ค่าการทดสอบหาค่าความถ่วงจำเพาะ

จากการทดสอบหาค่าความถ่วงจำเพาะของหินบะซอลต์โดยใช้ตัวอย่างฝุ่นหินบะซอลต์ที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 200 โดยใช้หินบะซอลต์จำนวน 50 กรัม เป็นวิธีการทดสอบกลสมบัติตามมาตรฐานกรมทางหลวงที่ (ทล-ล 101/2515) ได้ผลการทดสอบดังแสดงไว้ในตาราง 9 ค่าการทดสอบหาค่าความถ่วงจำเพาะดังต่อไปนี้

ตาราง 9 ค่าการทดสอบหาค่าความถ่วงจำเพาะ

| ค่าการทดสอบหาค่าความถ่วงจำเพาะ |                                     |                                         |                           |                          |                          |                                       |                          |          |
|--------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------------------|--------------------------|----------|
| รหัส<br>ตัวอย่าง               | น้ำหนัก<br>ขวดพลาสติก+น้ำ<br>(กรัม) | น้ำหนัก<br>ขวดพลาสติก+น้ำ+ดิน<br>(กรัม) | กระป๋อง+ดินแห้ง<br>(กรัม) | น้ำหนักกระป๋อง<br>(กรัม) | น้ำหนักดินแห้ง<br>(กรัม) | ค่าตัวแปรปรับแก้<br>เนื่องจากอุณหภูมิ | ความถ่วงจำเพาะ<br>ของหิน | หมายเหตุ |
| UNY - 01                       | 657.60                              | 690.36                                  | 63.67                     | 14.17                    | 49.50                    | 0.99707                               | 2.95                     |          |
| UNY - 03                       | 659.89                              | 691.60                                  | 69.50                     | 20.00                    | 49.50                    | 0.99707                               | 2.77                     |          |
| UNY - 05                       | 657.30                              | 689.20                                  | 69.30                     | 19.8                     | 49.50                    | 0.99707                               | 2.80                     |          |
| UNY - 07                       | 660.30                              | 692.20                                  | 72.57                     | 23.07                    | 49.50                    | 0.99707                               | 2.80                     |          |
| UNY - 09                       | 658.41                              | 690.83                                  | 63.72                     | 14.22                    | 49.50                    | 0.99707                               | 2.89                     |          |
| UNY - 11                       | 657.47                              | 690.13                                  | 65.35                     | 15.85                    | 49.50                    | 0.99707                               | 2.93                     |          |
| UNY - 13                       | 672.46                              | 704.53                                  | 69.83                     | 20.33                    | 49.50                    | 0.99707                               | 2.83                     |          |
| UNY - 15                       | 658.54                              | 690.55                                  | 69.58                     | 20.08                    | 49.50                    | 0.99707                               | 2.82                     |          |
| UNY - 17                       | 657.47                              | 689.06                                  | 62.74                     | 13.24                    | 49.50                    | 0.99707                               | 2.76                     |          |
| UNY - 19                       | 658.80                              | 690.51                                  | 68.43                     | 18.93                    | 49.50                    | 0.99707                               | 2.77                     |          |
| UNY - 21                       | 657.92                              | 689.30                                  | 63.72                     | 14.22                    | 49.50                    | 0.99707                               | 2.72                     |          |
| UNY - 23                       | 658.82                              | 689.73                                  | 68.18                     | 18.68                    | 49.50                    | 0.99707                               | 2.65                     |          |
| UNY - 25                       | 672.39                              | 703.26                                  | 70.11                     | 20.61                    | 49.50                    | 0.99707                               | 2.65                     |          |
| UNY - 27                       | 659.64                              | 691.54                                  | 67.78                     | 18.28                    | 49.50                    | 0.99707                               | 2.80                     |          |
| UNY - 29                       | 658.44                              | 690.02                                  | 70.22                     | 20.72                    | 49.50                    | 0.99707                               | 2.75                     |          |
| UNY - 31                       | 657.36                              | 689.76                                  | 72.31                     | 22.81                    | 49.50                    | 0.99707                               | 2.89                     |          |
| UNY - 33                       | 657.41                              | 688.71                                  | 68.95                     | 19.45                    | 49.50                    | 0.99707                               | 2.71                     |          |

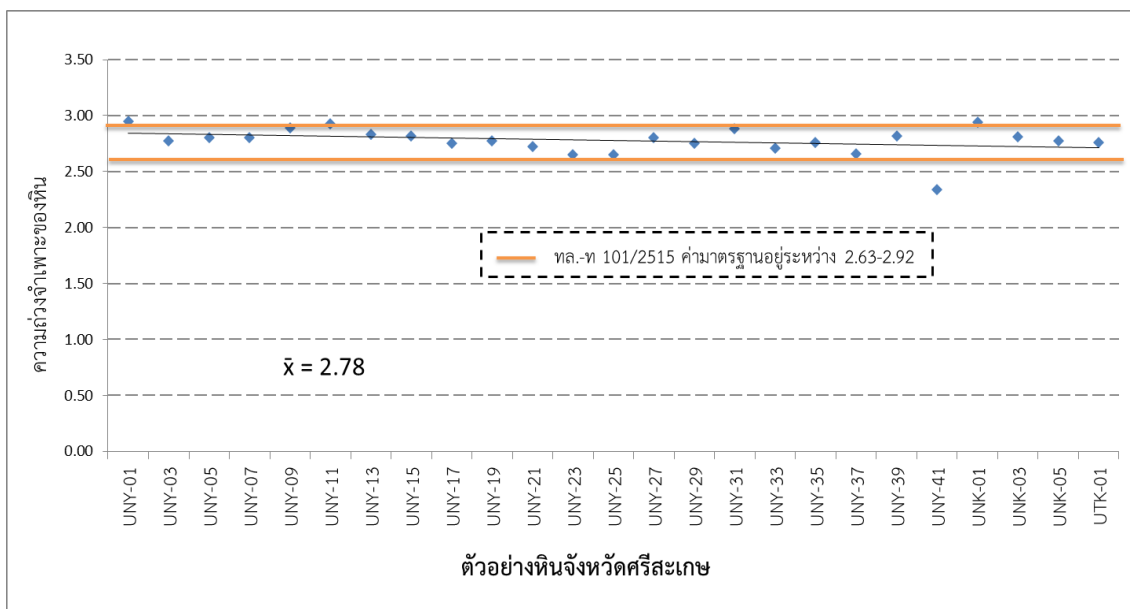
ตาราง 9 ค่าการทดสอบหาค่าความถ่วงจำเพาะ(ต่อ)

| ค่าการทดสอบหาค่าความถ่วงจำเพาะ |                                     |                                         |                           |                          |                          |                                       |                          |          |
|--------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------------------|--------------------------|----------|
| รหัส<br>ตัวอย่าง               | น้ำหนัก<br>ขวดพลาสติก+น้ำ<br>(กรัม) | น้ำหนัก<br>ขวดพลาสติก+น้ำ+ดิน<br>(กรัม) | กระป๋อง+ดินแห้ง<br>(กรัม) | น้ำหนักกระป๋อง<br>(กรัม) | น้ำหนักดินแห้ง<br>(กรัม) | ค่าตัวแปรปรับแก้<br>เนื่องจากอุณหภูมิ | ความถ่วงจำเพาะ<br>ของหิน | หมายเหตุ |
| UNY - 35                       | 657.08                              | 688.68                                  | 70.66                     | 21.16                    | 49.50                    | 0.99707                               | 2.76                     |          |
| UNY - 37                       | 660.11                              | 691.07                                  | 65.01                     | 15.51                    | 49.50                    | 0.99707                               | 2.66                     |          |
| UNY - 39                       | 672.29                              | 704.30                                  | 67.85                     | 18.35                    | 49.50                    | 0.99707                               | 2.82                     |          |
| UNY - 41                       | 658.48                              | 686.90                                  | 68.66                     | 19.16                    | 49.50                    | 0.99707                               | 2.34                     |          |
| UNK - 01                       | 672.19                              | 704.93                                  | 67.32                     | 17.82                    | 49.50                    | 0.99707                               | 2.94                     |          |
| UNK - 03                       | 672.35                              | 704.30                                  | 68.44                     | 18.94                    | 49.50                    | 0.99707                               | 2.81                     |          |
| UNK - 05                       | 657.36                              | 689.05                                  | 67.52                     | 18.02                    | 49.50                    | 0.99707                               | 2.77                     |          |
| UTK - 01                       | 672.42                              | 704.06                                  | 67.44                     | 17.94                    | 49.50                    | 0.99707                               | 2.76                     |          |

หมายเหตุ อุณหภูมิที่ใช้ คือ 25°C ค่า K = 0.9970

จากผลการทดสอบเพื่อหาค่าความถ่วงจำเพาะของหินบะซอลต์จังหวัดศรีสะเกษ พบว่า หินบะซอลต์ที่นำมาใช้ทดสอบมีผลออกมาค่อนข้างดี แต่มีตัวอย่างบางรหัสมีค่าที่ต่างออกไป ได้แก่ ตัวอย่างรหัส UNY - 01 UNY - 11 UNY - 41 และ UNK - 01 ซึ่งในการเลือกใช้ ควรเลือกหินให้เหมาะสมกับลักษณะของประเภทงานก่อสร้าง

### การทดสอบหาค่าความถ่วงจำเพาะ



ภาพประกอบ 29 ค่าความถ่วงจำเพาะของจังหวัดศรีสะเกษ

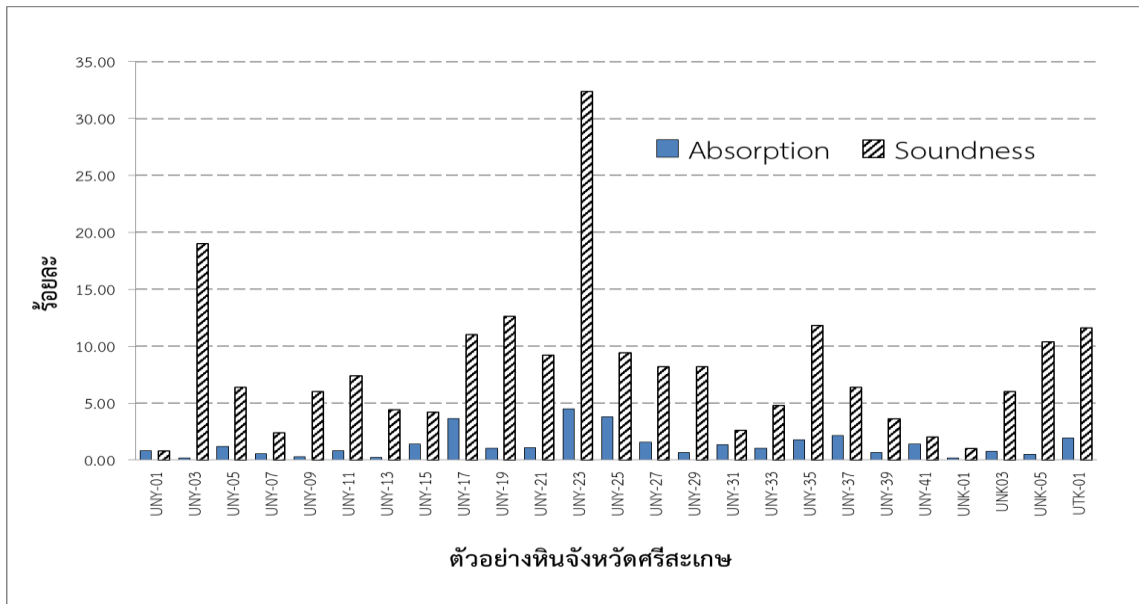
จากภาพประกอบ 29 ค่าความถ่วงจำเพาะของจังหวัดศรีสะเกษ การทดสอบความถ่วงจำเพาะของตัวอย่างหินจากแหล่งจังหวัดศรีสะเกษได้ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 2.78 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ที่ 0.12 ตามมาตรฐานกรมทางหลวงที่ (ทล.ท101/2515) ได้กำหนดค่ามาตรฐานของความถ่วงจำเพาะที่จะนำไปใช้อยู่ที่ 2.63-2.92 ซึ่งแหล่งหินบะซอลต์จังหวัดศรีสะเกษมีค่าเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐาน มีค่าต่ำสุดอยู่ที่ตัวอย่าง UNY - 41 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 2.34 และมีค่าสูงสุดอยู่ที่ตัวอย่าง UNY - 01 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 2.95 ค่าเฉลี่ยของการสีกหรืออยู่ที่ 2.7 ในการเลือกใช้ ควรเลือกใช้หินให้เหมาะสมกับลักษณะของประเภทงานก่อสร้าง



## 4.2 การเปรียบเทียบสมบัติทางกลศาสตร์ของหินบะซอลต์

### 4.2.1 การเปรียบเทียบการทดสอบส่วนที่ไม่คงทนและการดูดซึมน้ำ

การเปรียบเทียบความแตกต่างของผลการทดสอบส่วนที่ไม่คงทนและการดูดซึมน้ำ เพื่อหาร้อยละความแตกต่างของการทดสอบทั้ง 25 ตัวอย่าง ดังแสดงไว้ในภาพประกอบ

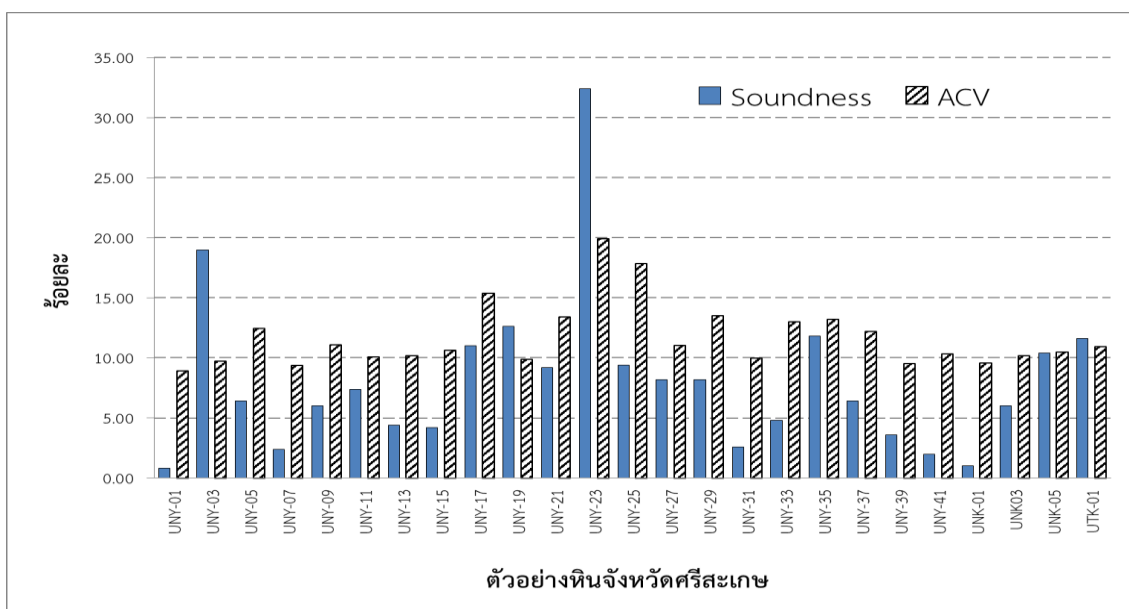


ภาพประกอบ 30 เปรียบเทียบผลทดสอบส่วนที่ไม่คงทนและการดูดซึมน้ำ

จากภาพประกอบ 30 การเปรียบเทียบผลทดสอบส่วนที่ไม่คงทนและการดูดซึมน้ำในภาพประกอบ พบว่าค่าการทดสอบ Soundness มีค่ามากกว่า Absorption โดยค่าผลต่างมากที่สุดของการทดสอบส่วนที่ไม่คงทนและผลทดสอบหาค่าการดูดซึมน้ำคือ ร้อยละ 27.91

#### 4.2.2 การเปรียบเทียบการทดสอบส่วนที่ไม่คงทนและการแตกหักเนื่องจากแรงบด

เป็นการเปรียบเทียบความแตกต่างของผลการทดสอบส่วนที่ไม่คงทนและการแตกหักเนื่องจากแรงบด เพื่อหาร้อยละความแตกต่างของตัวอย่างการทดสอบทั้ง 25 ตัวอย่าง ดังแสดงไว้ในภาพประกอบ

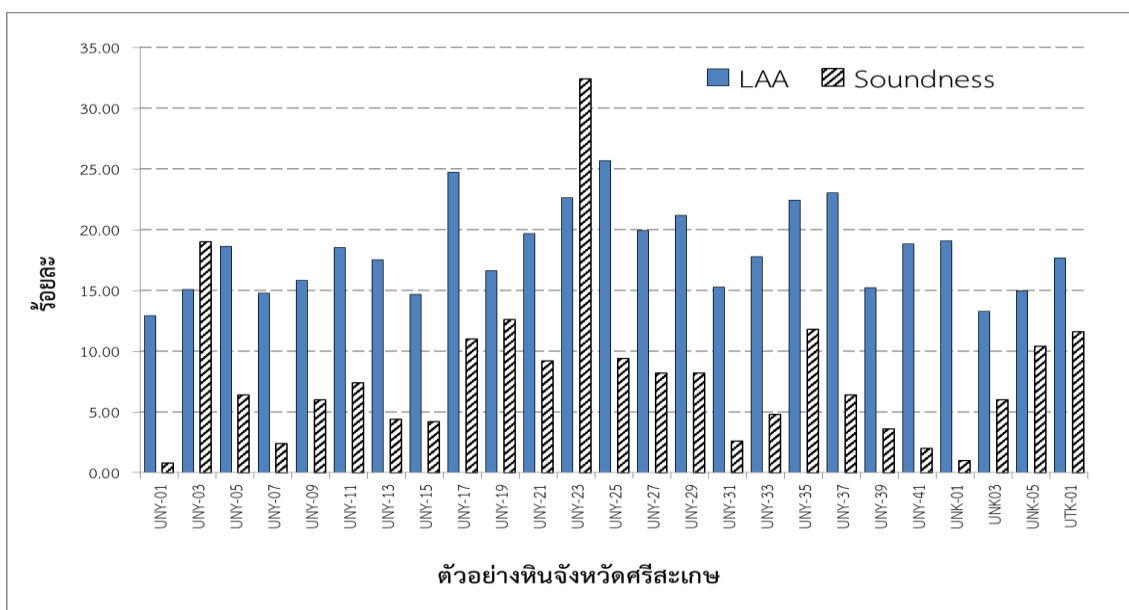


ภาพประกอบ 31 เปรียบเทียบผลทดสอบส่วนที่ไม่คงทนและการแตกหักเนื่องจากแรงบด

จากภาพประกอบ 31 การเปรียบเทียบผลทดสอบส่วนที่ไม่คงทนและการแตกหักเนื่องจากแรงบดในภาพประกอบ พบว่า ACV มีค่ามากกว่า Soundness โดยค่าผลต่างมากที่สุดของการทดสอบการแตกหักเนื่องจากแรงบดและการทดสอบส่วนที่ไม่คงทนคือ ร้อยละ 12.47

### 4.2.3 การเปรียบเทียบการสีกหรือและส่วนที่ไม่คงทน

เป็นการเปรียบเทียบความแตกต่างผลการทดสอบการสีกหรือและส่วนที่ไม่คงทน เพื่อหาร้อย-  
ละการแตกต่างของตัวอย่างการทดสอบทั้ง 25 ตัวอย่าง ดังแสดงไว้ในภาพประกอบ

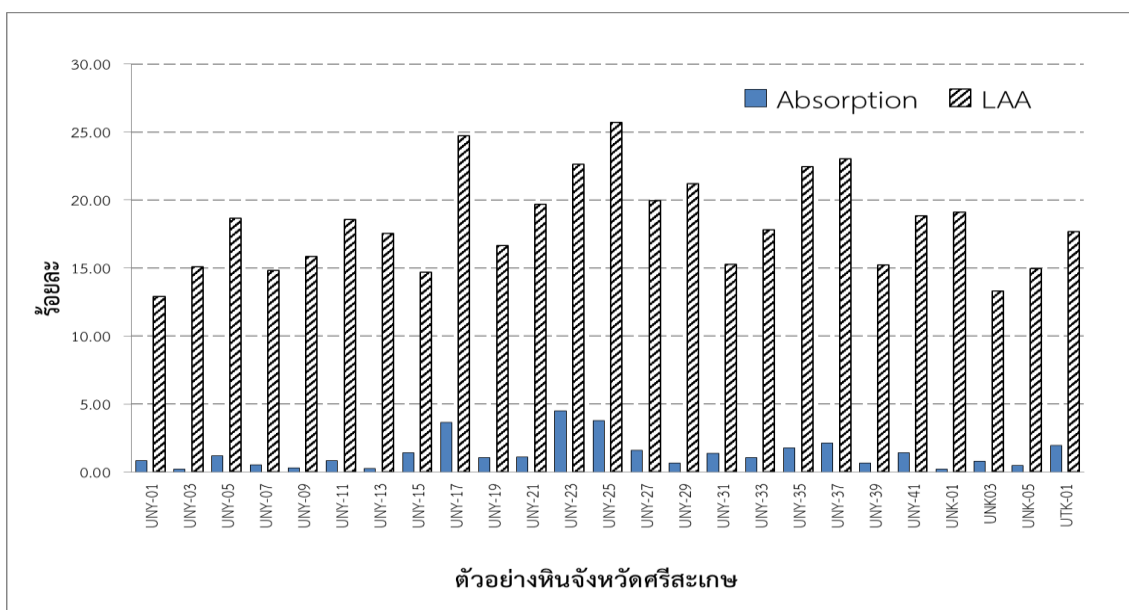


ภาพประกอบ 32 เปรียบเทียบผลการทดสอบหาค่าการสีกหรือและส่วนที่ไม่คงทน

จากภาพประกอบ 32 การเปรียบเทียบผลการทดสอบการสีกหรือและส่วนที่ไม่คงทนใน  
ภาพประกอบ พบว่าการทดสอบ LAA มีค่ามากกว่า Soundness โดยค่าความแตกต่างมากที่สุดของการ  
ทดสอบทดสอบการสูญเสียจากการผลทดสอบส่วนที่ไม่คงทนและการทดสอบเพื่อหาค่าการสีกหรือ คือ  
ร้อยละ 18.08

#### 4.2.4 การเปรียบเทียบการทดสอบการดูดซึมน้ำและการสีกหรอ

เป็นการเปรียบเทียบความแตกต่างผลทดสอบการดูดซึมน้ำและการสีกหรอ เพื่อหาร้อยละการแตกต่างของตัวอย่างการทดสอบทั้ง 25 ตัวอย่าง ดังแสดงไว้ในภาพประกอบ

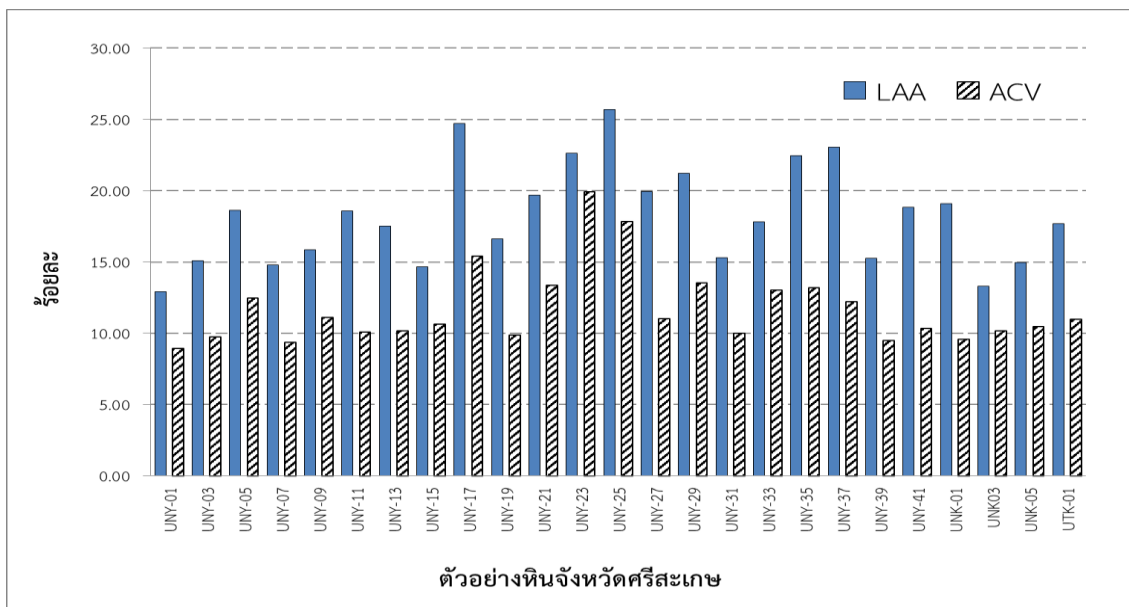


ภาพประกอบ 33 การเปรียบเทียบผลการทดสอบการดูดซึมน้ำและการสีกหรอ

จากภาพประกอบ 33 การเปรียบเทียบผลทดสอบการดูดซึมน้ำและการสีกหรอในภาพประกอบ พบว่าการทดสอบ LAA มีค่ามากกว่า Absorption โดยค่าความแตกต่างมากที่สุดของการทดสอบหาค่าการดูดซึมน้ำและการทดสอบหาค่าการสีกหรอ คือ ร้อยละ 21.81

#### 4.2.5 การเปรียบเทียบการสีกหรือและการแตกหักเนื่องจากแรงกด

เป็นการเปรียบเทียบความแตกต่างของผลทดสอบการสีกหรือและการแตกหักเนื่องจากแรงกด เพื่อหาร้อยละการแตกต่างของตัวอย่างการทดสอบทั้ง 25 ตัวอย่าง ดังแสดงไว้ในภาพประกอบ

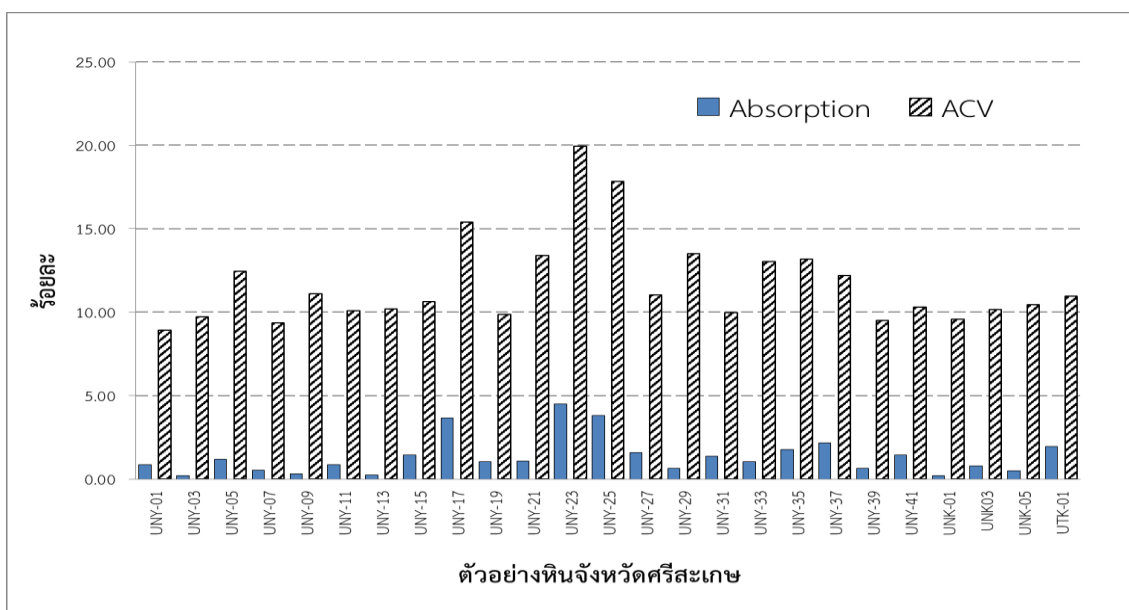


ภาพประกอบ 34 เปรียบเทียบผลทดสอบการสีกหรือและการแตกหักเนื่องจากแรงกด

จากภาพประกอบ 34 การเปรียบเทียบผลทดสอบการสีกหรือและการแตกหักเนื่องจากแรงกดในภาพประกอบ พบว่า การทดสอบ LAA มีค่ามากกว่า ACV โดยค่าความแตกต่างมากที่สุดของการทดสอบหาค่าการสีกหรือและการทดสอบการแตกหักเนื่องจากแรงกด คือ ร้อยละ 10.85

#### 4.2.6 การเปรียบเทียบการดูดซึมน้ำและการแตกหักเนื่องจากแรงกด

เป็นการเปรียบเทียบความแตกต่างของผลทดสอบการดูดซึมน้ำและการแตกหักเนื่องจากแรงกด เพื่อหาร้อยละการแตกต่างของตัวอย่างการทดสอบทั้ง 25 ตัวอย่าง ดังแสดงไว้ในภาพประกอบ

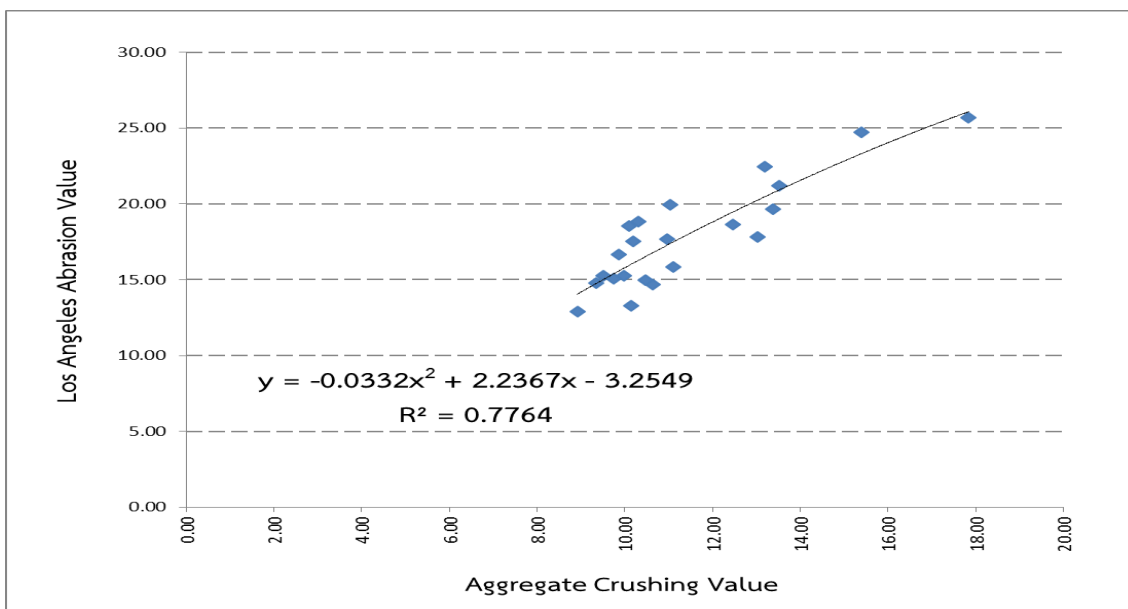


ภาพประกอบ 35 เปรียบเทียบผลทดสอบการดูดซึมน้ำและการแตกหักเนื่องจากแรงกด

จากภาพประกอบ 35 การเปรียบเทียบผลทดสอบการดูดซึมน้ำและการแตกหักเนื่องจากแรงกดในภาพประกอบพบว่าการทดสอบ ACV มีค่ามากกว่า Absorption โดยค่าความแตกต่างมากที่สุดของการทดสอบหาค่าการดูดซึมน้ำและการทดสอบการแตกหักเนื่องจากแรงกดคือ ร้อยละ 15.44

### 4.3 ความสัมพันธ์ของสมบัติทางกลศาสตร์

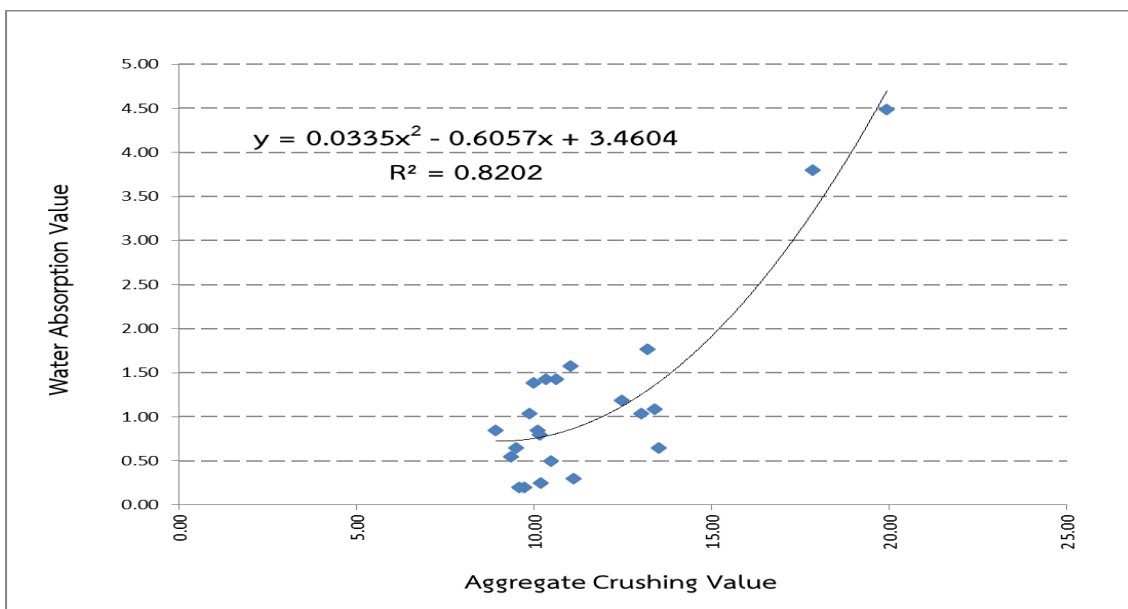
#### 4.3.1 ความสัมพันธ์ของการสึกหรอและการแตกหักเนื่องจากแรงกด



ภาพประกอบ 36 ความสัมพันธ์ของการสึกหรอและการแตกหักเนื่องจากแรงกด

จากภาพประกอบ 36 ความสัมพันธ์ของการสึกหรอและการแตกหักเนื่องจากแรงกด ได้นำผลการทดสอบระหว่างการสึกหรอและการแตกหักเนื่องจากแรงกดเพื่อให้ทราบความสัมพันธ์ของการทดสอบ พบว่า มีความสัมพันธ์โดยค่าการทดสอบของ ACV มีค่าแปรผันตามค่า LAA กล่าวคือเมื่อ LAA มีค่าเพิ่มขึ้น ACV จะมีค่าเพิ่มขึ้นเช่นกัน จึงสามารถดูได้จากค่าสมการถดถอยเท่ากับ 0.7764 เมื่อมีค่าเข้าใกล้ 1.0 จะทำให้สมการ  $y = -0.0332x^2 + 2.2367x - 3.2549$  มีความแม่นยำมากขึ้น

#### 4.3.2 ความสัมพันธ์ของการดูดซึมน้ำและการแตกหักเนื่องจากแรงกด

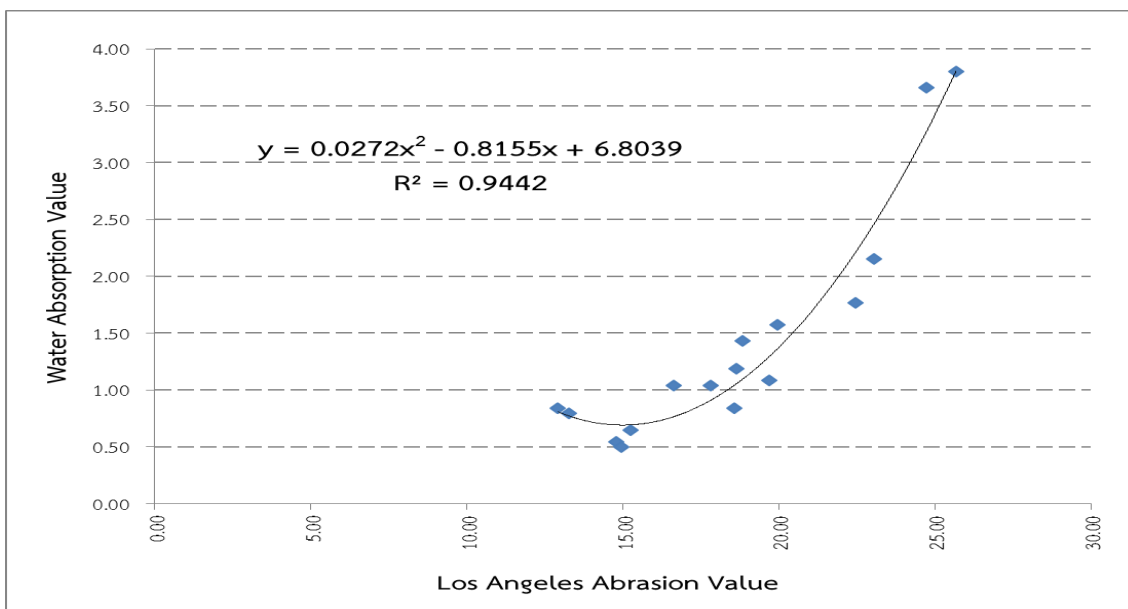


ภาพประกอบ 37 ความสัมพันธ์ของการดูดซึมน้ำและการแตกหักเนื่องจากแรงกด

จากภาพประกอบ 37 ความสัมพันธ์ของการดูดซึมน้ำและการแตกหักเนื่องจากแรงกด ได้นำผลการทดสอบระหว่างการดูดซึมน้ำและการแตกหักเนื่องจากแรงกดเพื่อให้ทราบความสัมพันธ์ของการทดสอบ พบว่า มีความสัมพันธ์โดยค่าการทดสอบของ LAA มีค่าแปรผันตามค่า Absorption กล่าวคือ เมื่อ Absorption มีค่าเพิ่มขึ้น LAA จะมีค่าเพิ่มขึ้นเช่นกัน จึงสามารถดูได้จากค่าสมการถดถอยเท่ากับ 0.8202 เมื่อมีค่าเข้าใกล้ 1.0 จะทำให้สมการ  $y = 0.0335x^2 - 0.6057x + 3.4604$  มีความแม่นยำมากขึ้น



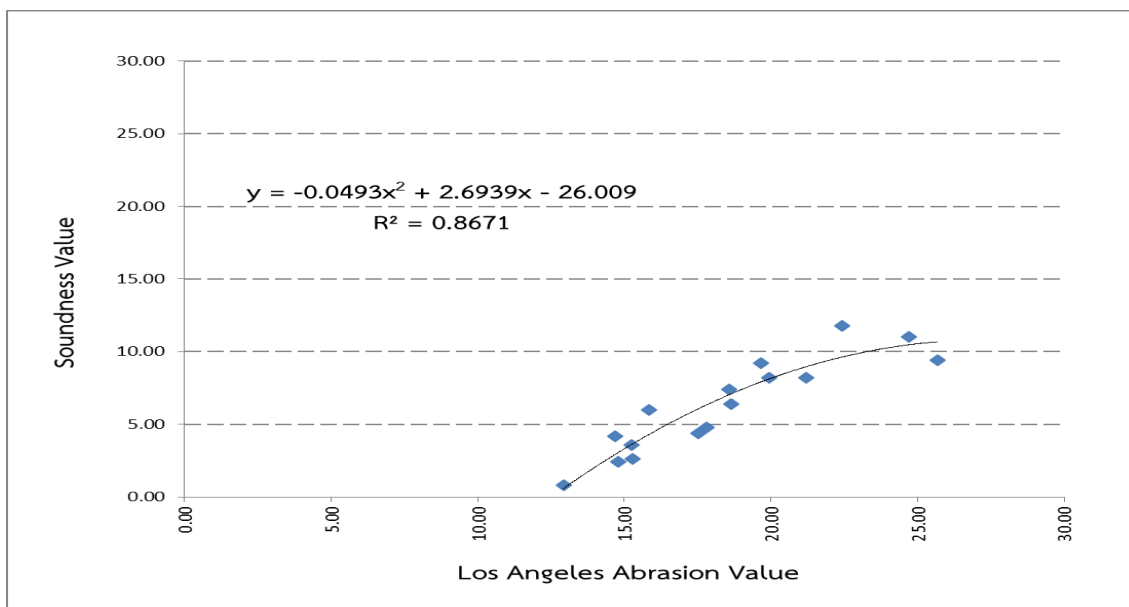
### 4.3.3 ความสัมพันธ์ของการดูดซึมน้ำและการสึกหรอ



ภาพประกอบ 38 ความสัมพันธ์ของการดูดซึมน้ำและการสึกหรอ

จากภาพประกอบ 38 ความสัมพันธ์ของการดูดซึมน้ำและการสึกหรอ ได้นำผลการทดสอบ ระหว่างการดูดซึมน้ำและการสึกหรอเพื่อให้ทราบความสัมพันธ์ของการทดสอบ พบว่า มีความสัมพันธ์ โดยค่าการทดสอบของ Absorption มีการแปรผันตามค่า LAA มีค่าสมการถดถอยเท่ากับ 0.9442 เมื่อ ค่าสมการถดถอยมีค่าเข้าใกล้ 1.0 จะทำให้สมการ  $y = 0.0272x^2 - 0.8155x + 6.8039$  มีความแม่นยำ มากขึ้น

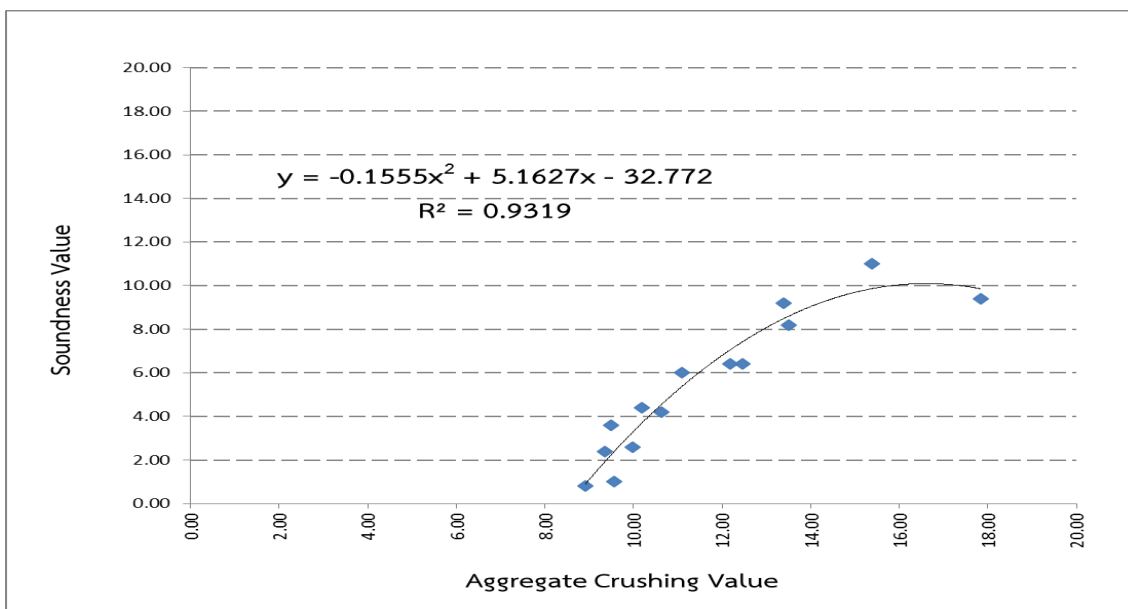
#### 4.3.4 ความสัมพันธ์ของส่วนที่ไม่คงทนและการสึกหรอ



ภาพประกอบ 39 ความสัมพันธ์ของส่วนที่ไม่คงทนและการสึกหรอ

จากภาพประกอบ 39 ความสัมพันธ์ของส่วนที่ไม่คงทนและการสึกหรอ ได้นำผลการทดสอบระหว่างส่วนที่ไม่คงทนและการสึกหรอเพื่อให้ทราบความสัมพันธ์ของการทดสอบ พบว่า Soundness มีการแปรผันตามค่า LAA มีค่าสมการถดถอยเท่ากับ 0.8671 เมื่อค่าสมการถดถอยมีค่าเข้าใกล้ 1.0 จำทำให้สมการ  $y = -0.0493x^2 + 2.6939x - 26.009$  มีความแม่นยำมากขึ้น

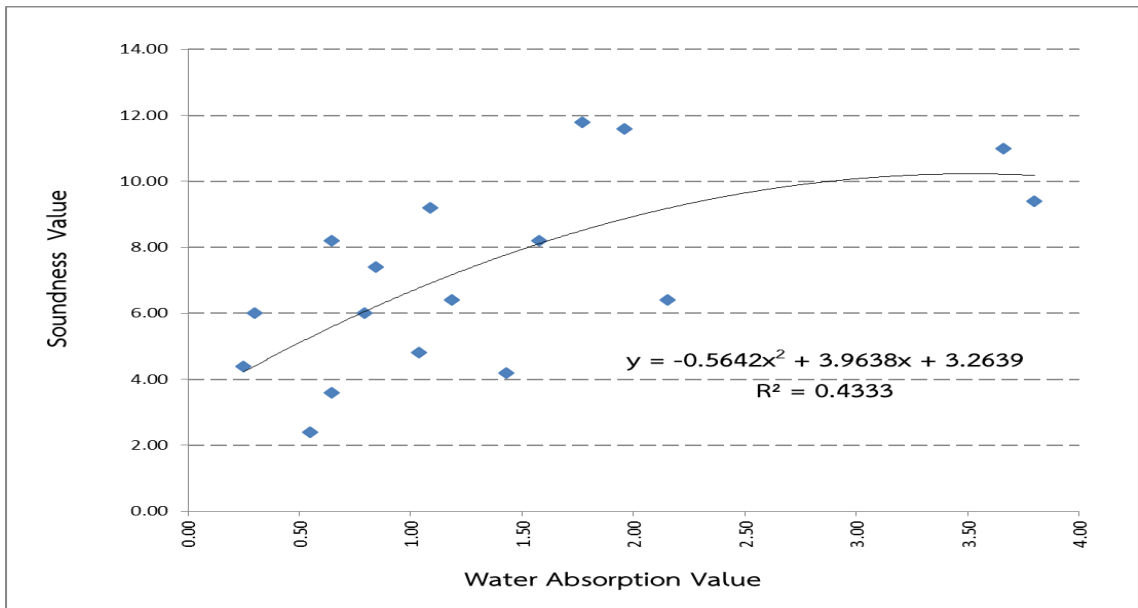
#### 4.3.5 ความสัมพันธ์ของส่วนที่ไม่คงทนและการแตกหักเนื่องจากแรงกด



ภาพประกอบ 40 ความสัมพันธ์ของส่วนที่ไม่คงทนและการแตกหักเนื่องจากแรงกด

จากภาพประกอบ 40 ความสัมพันธ์ของส่วนที่ไม่คงทนและการแตกหักเนื่องจากแรงกด ได้นำผลการทดสอบระหว่างส่วนที่ไม่คงทนและการแตกหักเนื่องจากแรงกดเพื่อให้ทราบความสัมพันธ์ของการทดสอบ พบว่า ค่าการทดสอบ Soundness มีการแปรผันตามค่า ACV มีค่าสมการถดถอยเท่ากับ 0.9319 เมื่อค่าสมการถดถอยมีค่าเข้าใกล้ 1.0 จะทำให้สมการ  $y = -0.1555x^2 + 5.1627x - 32.772$  มีความแม่นยำมากขึ้น

#### 4.3.6 ความสัมพันธ์ของส่วนที่ไม่คงทนและการดูดซึมน้ำ



ภาพประกอบ 41 ความสัมพันธ์ของส่วนที่ไม่คงทนและการดูดซึมน้ำ

จากภาพประกอบ 41 ความสัมพันธ์ของส่วนที่ไม่คงทนและการดูดซึมน้ำ ได้นำผลการทดสอบระหว่างส่วนที่ไม่คงทนและการดูดซึมน้ำเพื่อให้ทราบความสัมพันธ์ของการทดสอบ พบว่า มีค่าสมการถดถอยเท่ากับ 0.4333 ดังนั้นค่าการทดสอบ Soundness ไม่มีการแปรผันตามค่า Absorption จึงไม่มีความสัมพันธ์กันทำให้สมการ  $y = -0.5642x^2 + 3.9638x + 3.2639$  มีความแม่นยำน้อย

## บทที่ 5

### สรุปผลและข้อเสนอแนะ

ในบทนี้จะกล่าวถึงผลสรุปของงานวิจัยในเรื่องการทดสอบคุณสมบัติทางกลศาสตร์ของหินบะซอลต์ทั้ง 5 การทดสอบ รวมถึงข้อเสนอแนะต่างๆ ที่มีประโยชน์สำหรับการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับหัวข้อของงานวิจัยนี้

#### 5.1 สรุปผลการศึกษา

5.1.1 การทดสอบการสึกหรอของหินบะซอลต์จากแหล่งจังหวัดศรีสะเกษ ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน (ทล.-ท 202/2515) โดยจำนวนตัวอย่างที่ผ่านคิดเป็นร้อยละ 100 มีค่าเฉลี่ยร้อยละ 18.25 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ที่ 3.52

5.1.2 การทดสอบส่วนที่ไม่คงทนของหินบะซอลต์จากแหล่งจังหวัดศรีสะเกษ ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน (ทล.-ท 213/2531) โดยจำนวนตัวอย่างที่ผ่านคิดเป็นร้อยละ 88 มีค่าเฉลี่ยร้อยละ 6.540 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ที่ 3.603

5.1.3 การทดสอบหาปริมาณการแตกหักเมื่อถูกแรงกดของหินบะซอลต์จากแหล่งจังหวัดศรีสะเกษ ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน (BS 812: Part 110: 1990) โดยจำนวนตัวอย่างที่ผ่านคิดเป็นร้อยละ 100 มีค่าเฉลี่ยร้อยละ 11.70 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ที่ 2.70

5.1.4 การทดสอบการดูดซึมน้ำของหินบะซอลต์จากแหล่งจังหวัดศรีสะเกษ ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน (ทล.-ท 209/2518) โดยจำนวนตัวอย่างที่ผ่านคิดเป็นร้อยละ 100 มีค่าเฉลี่ยร้อยละ 1.35 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ที่ 1.13

5.1.5 การทดสอบความถ่วงจำเพาะของหินบะซอลต์จากแหล่งจังหวัดศรีสะเกษผ่านเกณฑ์มาตรฐาน (ทล.-ท 101/2515) โดยจำนวนตัวอย่างที่ผ่านคิดเป็นร้อยละ 84 มีค่าเฉลี่ยร้อยละ 2.78 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ที่ 0.12

5.1.6 ตัวอย่างหินบะซอลต์จังหวัดศรีสะเกษ ทั้ง 5 การทดสอบผ่านเกณฑ์มาตรฐานทางหลวงคิดเป็นร้อยละ 72

5.1.7 จากการทดสอบทั้ง 5 การทดสอบตัวอย่างหินบะซอลต์ที่มีคุณสมบัติที่สุุดจำนวน 18 ตัวอย่าง สามารถทดแทนหินปูนในงานก่อสร้างได้หรือนำไปใช้ทดแทนวัสดุผิวทางและงานก่อสร้างบางประเภทได้

5.1.8 ผลการทดสอบระหว่างการทดสอบหาค่าการสึกหรอและการทดสอบการแตกหัก-เนื่องจากแรงกดมีความสัมพันธ์โดยมีค่าสมการถดถอยเท่ากับ 0.7764

5.1.9 ผลการทดสอบระหว่างการทดสอบหาค่าการดูดซึมน้ำและการทดสอบการแตกหัก-เนื่องจากแรงกดมีความสัมพันธ์โดยมีค่าสมการถดถอยเท่ากับ 0.8202

5.1.10 ผลการทดสอบระหว่างการทดสอบหาค่าการดูดซึมน้ำและการทดสอบหาค่าการสึกหรอมีความสัมพันธ์กันโดยมีค่าสมการถดถอยเท่ากับ 0.9442

5.1.11 ผลการทดสอบระหว่างการทดสอบหาค่าส่วนที่ไม่คงทนและการทดสอบหาค่าการสึกหรอมีความสัมพันธ์กันโดยมีค่าสมการถดถอยเท่ากับ 0.8671

5.1.12 ผลการทดสอบระหว่างการทดสอบหาค่าส่วนที่ไม่คงทนและการทดสอบการแตกหักเนื่องจากแรงบดมีความสัมพันธ์กันโดยมีค่าสมการถดถอยเท่ากับ 0.9319

5.1.13 ผลการทดสอบระหว่างการทดสอบหาค่าส่วนที่ไม่คงทนและการทดสอบหาค่าการดูดซึมน้ำไม่มีความสัมพันธ์กันโดยมีค่าสมการถดถอยเท่ากับ 0.4333

## 5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ควรศึกษาการทดสอบคุณสมบัติทางกลศาสตร์ของหินบะซอลต์เพิ่มเติม เพื่อจะได้ให้ข้อมูลพื้นฐานกว้างมากขึ้น

5.2.2 ควรศึกษาแหล่งหินบะซอลต์อื่นๆ เพิ่มเติมเพื่อนำค่ามาเปรียบเทียบกับแหล่งหินบะซอลต์จากจังหวัดศรีสะเกษ

5.2.3 ควรศึกษาการพัฒนาการใช้หินบะซอลต์ ในงานก่อสร้างให้ทันสมัยมากขึ้น

5.2.4 ควรนำตัวอย่างของหินบะซอลต์ไปผสมคอนกรีต เพื่อทำการทดสอบหาลำดับว่าเพียงพอต่อการนำไปใช้ทดแทนหินปูนในงานก่อสร้าง

## บรรณานุกรม

## บรรณานุกรม

กรมทรัพยากรธรณี. หินทรายแป้ง. หินและวัฏจักรของหิน. 5 สิงหาคม 2556.

<[http://www.dmr.go.th/ewtadmin/ewt/dmr\\_web/main.php?filename=rocks](http://www.dmr.go.th/ewtadmin/ewt/dmr_web/main.php?filename=rocks)>

29 สิงหาคม 2556.

กรมทางหลวงชนบท. มาตรฐานวิธีการทดลอง (ทล.-ท.). มาตรฐานวิธีการทดลอง. 7 สิงหาคม 2556.

<[http://www.doh.go.th/content.aspx?c\\_id=5&sc\\_id=18](http://www.doh.go.th/content.aspx?c_id=5&sc_id=18)> 30 สิงหาคม 2556.

กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. การสำรวจและประเมินเพื่อกำหนดขอบเขตแหล่งหิน-  
ก่อสร้าง. พื้นที่จังหวัดขอนแก่น และ จังหวัดอุดรธานี. เอกสารการประชุมระดับ ความ-  
คิดเห็นและเผยแพร่ องค์ความรู้. ขอนแก่น : ประเทศไทย, 26 สิงหาคม 2556.

ธวัชชัย ลาสงยางและสุเมงคล นาทัน. การศึกษาคุณสมบัติทางกลศาสตร์ของหินทรายแป้ง. ปริญญานิพนธ์ วศ.บ. มหาสารคาม : มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, 2557.

ไพศาล สุวรรณรักษ์. การศึกษาคุณสมบัติด้านวิศวกรรมของหินแกรนิตในประเทศไทย. ปริญญานิพนธ์  
วศ.บ. กรุงเทพฯ : มหาลัษเฐียรศาสตร์, 2543.



ภาคผนวก

ภาคผนวก ก  
ตารางผลการทดสอบ

ตาราง 1 ค่าการทดสอบหาการสีกหรือ

| ค่าการทดสอบหาการสีกหรือ |                                |                                   |                               |          |
|-------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|----------|
| รหัสตัวอย่าง            | น้ำหนักก่อน<br>ทดสอบ<br>(กรัม) | น้ำหนักหลังการ<br>ทดสอบ<br>(กรัม) | ร้อยละการ<br>แตกหัก<br>(กรัม) | หมายเหตุ |
| UNY – 01                | 2,500                          | 2,177                             | 12.92                         |          |
| UNY – 03                | 2,500                          | 2,123                             | 15.08                         |          |
| UNY – 05                | 2,500                          | 2,034                             | 18.64                         |          |
| UNY – 07                | 2,500                          | 2,130                             | 14.80                         |          |
| UNY – 09                | 2,500                          | 2,104                             | 15.84                         |          |
| UNY – 11                | 2,500                          | 2,036                             | 18.56                         |          |
| UNY – 13                | 2,500                          | 2,062                             | 17.52                         |          |
| UNY – 15                | 2,500                          | 2,133                             | 14.68                         |          |
| UNY – 17                | 2,500                          | 1,882                             | 24.72                         |          |
| UNY – 19                | 2,500                          | 2,084                             | 16.64                         |          |
| UNY – 21                | 2,500                          | 2,008                             | 19.68                         |          |
| UNY – 23                | 2,500                          | 1,934                             | 22.64                         |          |
| UNY – 25                | 2,500                          | 1,858                             | 25.68                         |          |
| UNY – 27                | 2,500                          | 2,001                             | 19.96                         |          |
| UNY – 29                | 2,500                          | 1,970                             | 21.20                         |          |
| UNY – 31                | 2,500                          | 2,118                             | 15.28                         |          |
| UNY – 33                | 2,500                          | 2,055                             | 17.80                         |          |
| UNY – 35                | 2,500                          | 1,939                             | 22.44                         |          |
| UNY – 37                | 2,500                          | 1,924                             | 23.04                         |          |

ตาราง 1 ค่าการทดสอบหาการสีกหรือ(ต่อ)

| ค่าการทดสอบหาการสีกหรือ |                                |                                   |                               |          |
|-------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|----------|
| รหัสตัวอย่าง            | น้ำหนักก่อน<br>ทดสอบ<br>(กรัม) | น้ำหนักหลังการ<br>ทดสอบ<br>(กรัม) | ร้อยละการ<br>แตกหัก<br>(กรัม) | หมายเหตุ |
| UNY – 39                | 2,500                          | 2,119                             | 15.24                         |          |
| UNY – 41                | 2,500                          | 2,029                             | 18.84                         |          |
| UNK – 01                | 2,500                          | 2,023                             | 19.08                         |          |
| UNK – 03                | 2,500                          | 2,168                             | 13.28                         |          |
| UNK – 05                | 2,500                          | 2,126                             | 14.96                         |          |
| UTK – 01                | 2,500                          | 2,058                             | 17.68                         |          |

ตาราง 2 ค่าการทดสอบหาค่าของส่วนที่ไม่คงทน

| ค่าการทดสอบหาค่าของส่วนที่ไม่คงทน |                            |                            |                                     |                                |
|-----------------------------------|----------------------------|----------------------------|-------------------------------------|--------------------------------|
| รหัสตัวอย่าง                      | น้ำหนักก่อนการทดสอบ (กรัม) | น้ำหนักหลังการทดสอบ (กรัม) | น้ำหนักที่สูญเสียจากการทดสอบ (กรัม) | ร้อยละของการสูญเสียจากการทดลอง |
| UNY – 01                          | 500                        | 496                        | 4.00                                | 0.80                           |
| UNY – 03                          | 500                        | 405                        | 95.00                               | 19.00                          |
| UNY – 05                          | 500                        | 468                        | 32.00                               | 6.40                           |
| UNY – 07                          | 500                        | 488                        | 12.00                               | 2.40                           |
| UNY – 09                          | 500                        | 470                        | 30.00                               | 6.00                           |
| UNY – 11                          | 500                        | 463                        | 37.00                               | 7.40                           |
| UNY – 13                          | 500                        | 478                        | 22.00                               | 4.40                           |
| UNY – 15                          | 500                        | 479                        | 21.00                               | 4.20                           |
| UNY – 17                          | 500                        | 445                        | 55.00                               | 11.00                          |
| UNY – 19                          | 500                        | 437                        | 63.00                               | 12.60                          |
| UNY – 21                          | 500                        | 454                        | 46.00                               | 9.20                           |
| UNY – 23                          | 500                        | 338                        | 162.00                              | 32.40                          |
| UNY – 25                          | 500                        | 453                        | 47.00                               | 9.40                           |
| UNY – 27                          | 500                        | 459                        | 41.00                               | 8.20                           |
| UNY – 29                          | 500                        | 459                        | 41.00                               | 8.20                           |
| UNY – 31                          | 500                        | 487                        | 13.00                               | 2.60                           |
| UNY – 33                          | 500                        | 476                        | 24.00                               | 4.80                           |
| UNY – 35                          | 500                        | 441                        | 59.00                               | 11.80                          |

ตาราง 2 ค่าการทดสอบหาค่าของส่วนที่ไม่คงทน(ต่อ)

| ค่าการทดสอบหาค่าของส่วนที่ไม่คงทน |                               |                               |                                        |                                |
|-----------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|----------------------------------------|--------------------------------|
| รหัสตัวอย่าง                      | น้ำหนักก่อนการทดสอบ<br>(กรัม) | น้ำหนักหลังการทดสอบ<br>(กรัม) | น้ำหนักที่สูญเสียจากการทดสอบ<br>(กรัม) | ร้อยละของการสูญเสียจากการทดลอง |
| UNY – 37                          | 500                           | 468                           | 32.00                                  | 6.40                           |
| UNY – 39                          | 500                           | 482                           | 18.00                                  | 3.60                           |
| UNY – 41                          | 500                           | 490                           | 10.00                                  | 2.00                           |
| UNK – 01                          | 500                           | 495                           | 5.00                                   | 1.00                           |
| UNK – 03                          | 500                           | 470                           | 30.00                                  | 6.00                           |
| UNK – 05                          | 500                           | 448                           | 52.00                                  | 10.40                          |
| UTK – 01                          | 500                           | 442                           | 58.00                                  | 11.60                          |

ตาราง 3 ค่าการทดสอบหาค่าปริมาณการแตกหักเมื่อถูกแรงกด

| ค่าการทดสอบหาค่าปริมาณการแตกหักเมื่อถูกแรงกด |                          |                          |                    |          |
|----------------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------|----------|
| รหัสตัวอย่าง                                 | น้ำหนักที่ใช้ทดสอบ(กรัม) | น้ำหนักค้ำบนตะแกรง(กรัม) | ร้อยละของการแตกหัก | หมายเหตุ |
| UNY – 01                                     | 7,784                    | 7,090                    | 8.90               |          |
| UNY – 03                                     | 7,941                    | 7,168                    | 9.70               |          |
| UNY – 05                                     | 7,498                    | 6,564                    | 12.50              |          |
| UNY – 07                                     | 7,773                    | 7,046                    | 9.40               |          |
| UNY – 09                                     | 7,928                    | 7,048                    | 11.10              |          |
| UNY – 11                                     | 7,926                    | 7,126                    | 10.10              |          |
| UNY – 13                                     | 7,672                    | 6,891                    | 10.20              |          |
| UNY – 15                                     | 7,866                    | 7,030                    | 10.60              |          |
| UNY – 17                                     | 7,377                    | 6,242                    | 15.40              |          |
| UNY – 19                                     | 7,996                    | 7,208                    | 9.90               |          |
| UNY – 21                                     | 7,459                    | 6,461                    | 13.40              |          |
| UNY – 23                                     | 6,714                    | 5,376                    | 19.90              |          |
| UNY – 25                                     | 6,403                    | 5,261                    | 17.80              |          |
| UNY – 27                                     | 7,878                    | 7,009                    | 11.00              |          |
| UNY – 29                                     | 7,672                    | 6,635                    | 13.50              |          |
| UNY – 31                                     | 7,707                    | 6,938                    | 10.00              |          |
| UNY – 33                                     | 7,657                    | 6,660                    | 13.00              |          |
| UNY – 35                                     | 7,383                    | 6,409                    | 13.20              |          |
| UNY – 37                                     | 7,627                    | 6,697                    | 12.20              |          |

ตาราง 3 ค่าการทดสอบหาค่าปริมาณการแตกหักเมื่อถูกแรงกด(ต่อ)

| ค่าการทดสอบหาค่าปริมาณการแตกหักเมื่อถูกแรงกด |                          |                          |                    |          |
|----------------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------|----------|
| รหัสตัวอย่าง                                 | น้ำหนักที่ใช้ทดสอบ(กรัม) | น้ำหนักค้ำบนตะแกรง(กรัม) | ร้อยละของการแตกหัก | หมายเหตุ |
| UNY – 39                                     | 7,840                    | 7,095                    | 9.50               |          |
| UNY – 41                                     | 7,880                    | 7,067                    | 10.30              |          |
| UNK – 01                                     | 7,885                    | 7,130                    | 9.60               |          |
| UNK – 03                                     | 7,783                    | 6,993                    | 10.20              |          |
| UNK – 05                                     | 7,715                    | 6,908                    | 10.50              |          |
| UTK – 01                                     | 7,539                    | 6,713                    | 11.00              |          |



ตาราง 4 ค่าการทดสอบหาค่าของการดูดซึมน้ำ

| ค่าทดสอบหาค่าของการดูดซึมน้ำ |                                 |                                               |                    |          |
|------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------------------|--------------------|----------|
| รหัสตัวอย่าง                 | น้ำหนักแห้งของมวลรวมหยาบ (กรัม) | น้ำหนักก้อนตัวผิวแห้งแห้งของมวลรวมหยาบ (กรัม) | ร้อยละการดูดซึมน้ำ | หมายเหตุ |
| UNY – 01                     | 2,000                           | 2,017                                         | 0.84               |          |
| UNY – 03                     | 2,000                           | 2,004                                         | 0.20               |          |
| UNY – 05                     | 2,000                           | 2,024                                         | 1.19               |          |
| UNY – 07                     | 2,000                           | 2,011                                         | 0.55               |          |
| UNY – 09                     | 2,000                           | 2,006                                         | 0.30               |          |
| UNY – 11                     | 2,000                           | 2,017                                         | 0.84               |          |
| UNY – 13                     | 2,000                           | 2,005                                         | 0.25               |          |
| UNY – 15                     | 2,000                           | 2,029                                         | 1.43               |          |
| UNY – 17                     | 2,000                           | 2,076                                         | 3.66               |          |
| UNY – 19                     | 2,000                           | 2,021                                         | 1.04               |          |
| UNY – 21                     | 2,000                           | 2,022                                         | 1.09               |          |
| UNY – 23                     | 2,000                           | 2,094                                         | 4.49               |          |
| UNY – 25                     | 2,000                           | 2,079                                         | 3.80               |          |
| UNY – 27                     | 2,000                           | 2,032                                         | 1.57               |          |
| UNY – 29                     | 2,000                           | 2,013                                         | 0.65               |          |
| UNY – 31                     | 2,000                           | 2,028                                         | 1.38               |          |
| UNY – 33                     | 2,000                           | 2,021                                         | 1.04               |          |
| UNY – 35                     | 2,000                           | 2,036                                         | 1.77               |          |

ตาราง 4 ค่าการทดสอบหาค่าของการดูดซึมน้ำ(ต่อ)

| ค่าการทดสอบหาค่าของการดูดซึมน้ำ |                                        |                                                          |                    |          |
|---------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------------------------|--------------------|----------|
| รหัสตัวอย่าง                    | น้ำหนักแห้งของ<br>มวลรวมหยาบ<br>(กรัม) | น้ำหนักก้อนตัวผิว<br>แห้งแห้งของมวล<br>รวมหยาบ<br>(กรัม) | ร้อยละการดูดซึมน้ำ | หมายเหตุ |
| UNY – 37                        | 2,000                                  | 2,044                                                    | 2.15               |          |
| UNY – 39                        | 2,000                                  | 2,013                                                    | 0.65               |          |
| UNY – 41                        | 2,000                                  | 2,029                                                    | 1.43               |          |
| UNK – 01                        | 2,000                                  | 2,004                                                    | 0.20               |          |
| UNK – 03                        | 2,000                                  | 2,016                                                    | 0.79               |          |
| UNK – 05                        | 2,000                                  | 2,010                                                    | 0.50               |          |
| UTK – 01                        | 2,000                                  | 2,040                                                    | 1.96               |          |

ตาราง 5 ค่าการทดสอบหาค่าความถ่วงจำเพาะ

| ค่าการทดสอบหาค่าความถ่วงจำเพาะ |                                     |                                         |                           |                          |                          |                                       |                          |          |
|--------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------------------|--------------------------|----------|
| รหัส<br>ตัวอย่าง               | น้ำหนัก<br>ขวดพลาสติก+น้ำ<br>(กรัม) | น้ำหนัก<br>ขวดพลาสติก+น้ำ+ดิน<br>(กรัม) | กระป๋อง+ดินแห้ง<br>(กรัม) | น้ำหนักกระป๋อง<br>(กรัม) | น้ำหนักดินแห้ง<br>(กรัม) | ค่าตัวแปรปรับแก้<br>เนื่องจากอุณหภูมิ | ความถ่วงจำเพาะ<br>ของหิน | หมายเหตุ |
| UNY - 01                       | 657.6                               | 690.36                                  | 63.67                     | 14.17                    | 49.50                    | 0.99707                               | 2.95                     |          |
| UNY - 03                       | 659.89                              | 691.60                                  | 69.50                     | 20.00                    | 49.50                    | 0.99707                               | 2.77                     |          |
| UNY - 05                       | 657.3                               | 689.20                                  | 69.30                     | 19.80                    | 49.50                    | 0.99707                               | 2.80                     |          |
| UNY - 07                       | 660.3                               | 692.20                                  | 72.57                     | 23.07                    | 49.50                    | 0.99707                               | 2.80                     |          |
| UNY - 09                       | 658.41                              | 690.83                                  | 63.72                     | 14.22                    | 49.50                    | 0.99707                               | 2.89                     |          |
| UNY - 11                       | 657.47                              | 690.13                                  | 65.35                     | 15.85                    | 49.50                    | 0.99707                               | 2.93                     |          |
| UNY - 13                       | 672.46                              | 704.53                                  | 69.83                     | 20.33                    | 49.5                     | 0.99707                               | 2.83                     |          |
| UNY - 15                       | 658.54                              | 690.55                                  | 69.58                     | 20.08                    | 49.5                     | 0.99707                               | 2.82                     |          |
| UNY - 17                       | 657.47                              | 689.06                                  | 62.74                     | 13.24                    | 49.50                    | 0.99707                               | 2.76                     |          |
| UNY - 19                       | 658.8                               | 690.51                                  | 68.43                     | 18.93                    | 49.50                    | 0.99707                               | 2.77                     |          |
| UNY - 21                       | 657.92                              | 689.30                                  | 63.72                     | 14.22                    | 49.50                    | 0.99707                               | 2.72                     |          |
| UNY - 23                       | 658.82                              | 689.73                                  | 68.18                     | 18.68                    | 49.50                    | 0.99707                               | 2.65                     |          |
| UNY - 25                       | 672.39                              | 703.26                                  | 70.11                     | 20.61                    | 49.50                    | 0.99707                               | 2.65                     |          |
| UNY - 27                       | 659.64                              | 691.54                                  | 67.78                     | 18.28                    | 49.50                    | 0.99707                               | 2.80                     |          |
| UNY - 29                       | 658.44                              | 690.02                                  | 70.22                     | 20.72                    | 49.50                    | 0.99707                               | 2.75                     |          |
| UNY - 31                       | 657.36                              | 689.76                                  | 72.31                     | 22.81                    | 49.50                    | 0.99707                               | 2.89                     |          |
| UNY - 33                       | 657.41                              | 688.71                                  | 68.95                     | 19.45                    | 49.50                    | 0.99707                               | 2.71                     |          |

ตาราง 5 ค่าการทดสอบหาค่าความถ่วงจำเพาะ(ต่อ)

| ค่าการทดสอบหาค่าความถ่วงจำเพาะ |                                     |                                         |                           |                          |                          |                                       |                          |          |
|--------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------------------|--------------------------|----------|
| รหัส<br>ตัวอย่าง               | น้ำหนัก<br>ขวดพลาสติก+น้ำ<br>(กรัม) | น้ำหนัก<br>ขวดพลาสติก+น้ำ+ดิน<br>(กรัม) | กระป๋อง+ดินแห้ง<br>(กรัม) | น้ำหนักกระป๋อง<br>(กรัม) | น้ำหนักดินแห้ง<br>(กรัม) | ค่าตัวแปรปรับแก้<br>เนื่องจากอุณหภูมิ | ความถ่วงจำเพาะ<br>ของหิน | หมายเหตุ |
| UNY - 35                       | 657.08                              | 688.68                                  | 70.66                     | 21.16                    | 49.50                    | 0.99707                               | 2.76                     |          |
| UNY - 37                       | 660.11                              | 691.07                                  | 65.01                     | 15.51                    | 49.50                    | 0.99707                               | 2.66                     |          |
| UNY - 39                       | 672.29                              | 704.30                                  | 67.85                     | 18.35                    | 49.50                    | 0.99707                               | 2.82                     |          |
| UNY - 41                       | 658.48                              | 686.90                                  | 68.66                     | 19.16                    | 49.50                    | 0.99707                               | 2.34                     |          |
| UNK - 01                       | 672.19                              | 704.93                                  | 67.32                     | 17.82                    | 49.50                    | 0.99707                               | 2.94                     |          |
| UNK - 03                       | 672.35                              | 704.30                                  | 68.44                     | 18.94                    | 49.50                    | 0.99707                               | 2.81                     |          |
| UNK - 05                       | 657.36                              | 689.05                                  | 67.52                     | 18.02                    | 49.50                    | 0.99707                               | 2.77                     |          |
| UTK - 01                       | 672.42                              | 704.06                                  | 67.44                     | 17.94                    | 49.50                    | 0.99707                               | 2.76                     |          |

ภาคผนวก ข  
ภาพประกอบ

### การทดสอบการสึกหรอ



ภาพประกอบ 1 นำหินออกจากเครื่อง



ภาพประกอบ 2 ร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 12

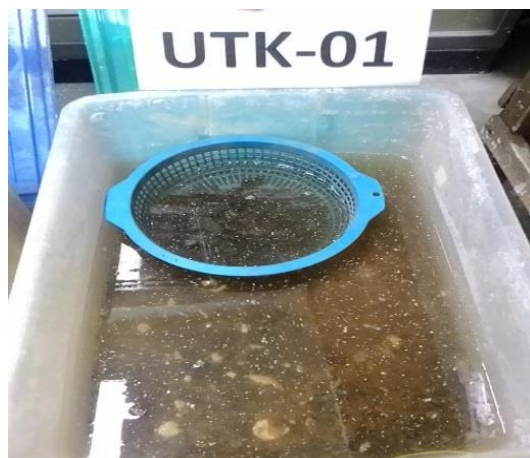


ภาพประกอบ 3 นำหินขึ้นชั่ง

# การทดสอบส่วนที่ไม่คงทน



ภาพประกอบ 4 เตรียมตัวอย่างดิน



ภาพประกอบ 5 แช่ตัวอย่างดิน



ภาพประกอบ 6 นำดินขึ้นจากการแช่



ภาพประกอบ 7 นำดินขึ้นชั่ง

# การทดสอบการแตกหักเมื่อถูกแรงกด



ภาพประกอบ 8 ตะแกรงเบอร์ 2.38 มิลลิเมตร



ภาพประกอบ 9 โมลใส่ดิน



ภาพประกอบ 10 เหล็กกระทุ้ง



ภาพประกอบ 11 กดหินตัวอย่าง



# การทดสอบการดูดซึมน้ำ



ภาพประกอบ 12 ชั่งตัวอย่างดิน



ภาพประกอบ 13 แช่ดินในน้ำ



ภาพประกอบ 14 เช็ดดินให้อยู่สภาพอัมตัวผิวแห้ง



ภาพประกอบ 15 นำดินเข้าเตาอบอุณหภูมิ

การทดสอบความถ่วงจำเพาะ



ภาพประกอบ 16 ขวดรูปชมพู่



ภาพประกอบ 17 เครื่องผสม



ภาพประกอบ 18 ตู้อบ

ประวัติย่อผู้วิจัย

## ประวัติย่อผู้วิจัย

|                     |                                                                                                 |
|---------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ชื่อ                | นางสาววนิดา สีสังข์                                                                             |
| วันเกิด             | วันที่ 16 มกราคม 2535                                                                           |
| สถานที่เกิด         | อำเภอยักษ์ภูมิพิสัย จังหวัดมหาสารคาม                                                            |
| สถานที่อยู่ปัจจุบัน | บ้านเลขที่ 14 หมู่ 7 ตำบลภารแอ่น อำเภอยักษ์ภูมิพิสัย<br>จังหวัดมหาสารคาม รหัสไปรษณีย์ 44110     |
| ประวัติการศึกษา     |                                                                                                 |
| พ.ศ.2550            | มัธยมศึกษา โรงเรียนชุมชนนาสีนวน อำเภอยักษ์ภูมิพิสัย<br>จังหวัดมหาสารคาม                         |
| พ.ศ.2553            | ประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) วิทยาลัยเทคนิคมหาสารคาม<br>อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม              |
| พ.ศ.2555            | ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) วิทยาลัยเทคนิคมหาสารคาม<br>อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม       |
| พ.ศ.2557            | ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วศ.บ) สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา<br>คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม |

## ประวัติย่อของผู้วิจัย

|                     |                                                                                                            |
|---------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ชื่อ                | นายสิทธิกร ศรีไพร                                                                                          |
| วันเกิด             | วันที่ 2 ตุลาคม 2534                                                                                       |
| สถานที่เกิด         | อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม                                                                                |
| สถานที่อยู่ปัจจุบัน | บ้านเลขที่ 13 ซอยมหาชัยดาร์ห์ 1 ถนนมหาชัยดาร์ห์ ตำบลตลาด<br>อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม รหัสไปรษณีย์ 44000 |

## ประวัติการศึกษา

|          |                                                                                              |
|----------|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| พ.ศ.2550 | มัธยมศึกษา โรงเรียนผดุงนารี อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม                                      |
| พ.ศ.2553 | ประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) วิทยาลัยเทคนิคมหาสารคาม<br>อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม           |
| พ.ศ.2555 | ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) วิทยาลัยเทคนิคมหาสารคาม<br>อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม    |
| พ.ศ.2557 | ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (วศ.บ) สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา<br>คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม |