



การศึกษาสมบัติทางกลศาสตร์ของหินบะซอลต์จังหวัดอุบลราชธานี

Test of Mechanical Properties of Basalt rock

in Ubon Ratchathani Province

ปริญญานิพนธ์

ของ

อนุวัตร	ไชยะ	55010370019
ยุทธพล	บุญหล้า	55010370029

เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา

ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2557

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

การศึกษาสมบัติทางกลศาสตร์ของหินบะซอลต์จังหวัดอุบลราชธานี

Test of Mechanical Properties of Basalt rock

in Ubon Ratchathani Province

ปริญญานิพนธ์

ของ

อนุวัตร	ไชยะ	55010370019
ยุทธพล	บุญหล้า	55010370029

เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา

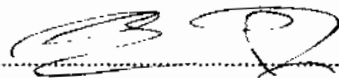
ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2557

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม



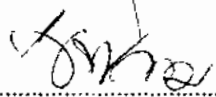
คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์ ได้พิจารณาปริญญานิพนธ์ ฉบับนี้แล้วเห็นสมควรรับเป็น
ส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา ของ
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์



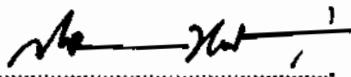
(อาจารย์ ดร. ชัยชาญ โชติฉนอม)

ประธานกรรมการ



(อาจารย์นบปณ แก้วหานาม)

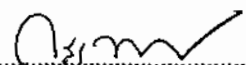
กรรมการ



(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สทลภ หอมวุฒิวงศ์)

อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์

มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ได้อนุมัติให้รับปริญญานิพนธ์ ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม



(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ เกสร วงศ์เกษม)

หัวหน้าสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ดีด้วยคำแนะนำและคำปรึกษา จากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สหलग หอมวุฒิมังค์ อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ ซึ่งท่านได้ให้คำแนะนำต่างๆ อันเป็นประโยชน์ต่อการทำปริญญานิพนธ์ อีกทั้งยังให้การช่วยเหลือในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างการดำเนินงานอีกด้วย

ขอขอบคุณ คุณมีศักดิ์ธนา พัวพิทยธร คุณณัฐพงษ์ ลาตบัตร์ และคุณฐิษัมภา เปศรี ที่ให้ความช่วยเหลือและคำปรึกษา รวมทั้งยังช่วยแนะนำการใช้อุปกรณ์ต่างๆ ในห้องปฏิบัติการวัสดุก่อสร้าง และห้องวิจัยคอนกรีต และขอขอบคุณ กรมทรัพยากรธรณี ที่ให้ข้อมูลในการศึกษาปริญญานิพนธ์ นี้จนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

สุดท้ายนี้ ผู้ทำปริญญานิพนธ์ ขอขอบพระคุณบิดามารดา และครอบครัว ที่ทำให้ได้มีโอกาสในการศึกษาหาความรู้ ตลอดจนคอยช่วยเหลือและให้กำลังใจเสมอมาจนถึงปัจจุบัน

อนุวัตร ไชยะ
ยุทธพล บุญหล้า

ชื่อเรื่อง	การศึกษาสมบัติทางกลศาสตร์ของหินบะซอลต์จังหวัดอุบลราชธานี
ผู้วิจัย	นายอนุวัตร ไชยะ นายยุทธพล บุญหล้า
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สหลภ หอมวุฒินวงศ์
ปริญญา	วศ.บ. สาขาวิชา วิศวกรรมโยธา
มหาวิทยาลัย	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ปีที่พิมพ์ 2558

บทคัดย่อ

ปฏิญานิพนธ์นี้ศึกษาสมบัติทางกลศาสตร์ของหินบะซอลต์ ผู้วิจัยเก็บตัวอย่างของหินบะซอลต์ในเขตจังหวัดอุบลราชธานี จำนวนทั้งหมด 27 ตัวอย่าง โดยนำหินบะซอลต์จากแหล่งจังหวัดอุบลราชธานีมาย่อยขนาดและนำไปแยกขนาด ดังนี้ ขนาด 1 นิ้ว, 3/4 นิ้ว, 1/2 นิ้ว และ 3/8 นิ้ว แล้วนำหินที่แยกขนาดไปทำการทดสอบเพื่อที่จะหาสมบัติทางกลศาสตร์ของหินบะซอลต์ได้ผลการทดสอบได้แก่ ค่าการสึกหรอ ค่าของส่วนที่ไม่คงทนโดยใช้สารละลายซัลเฟต ค่าปริมาณการแตกหักเมื่อถูกแรงกด ค่าการดูดซึมน้ำ ค่าความถ่วงจำเพาะ แล้วนำผลการทดสอบไปเปรียบเทียบกับคุณสมบัติทางกลศาสตร์ของหินตามมาตรฐานของกรมทางหลวง และวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของการทดสอบแต่ละคู่ โดยวิธี การวิเคราะห์ถดถอย หาความสัมพันธ์รูปแบบทางสถิติ เพื่อเป็นข้อมูลอ้างอิงสำหรับหินบะซอลต์ในงานก่อสร้างได้

จากการทดสอบพบว่า การทดสอบการสึกหรอมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 27.23 การทดสอบค่าคงทนต่อการสึกกร่อนมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 16.85 ปริมาณการแตกหักเมื่อถูกแรงกดมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 16.80 การทดสอบการดูดซึมน้ำมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 2.17 และค่าความถ่วงจำเพาะเฉลี่ยเท่ากับ 2.80 โดยสอดคล้องตามมาตรฐานของกรมทางหลวง ความสัมพันธ์โดยวิธี การวิเคราะห์ถดถอย และยังพบอีกว่า ค่าการสึกหรอ ค่าของส่วนที่ไม่คงทนโดยใช้สารละลายซัลเฟต และค่าปริมาณการแตกหักเมื่อถูกแรงกด มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญ

TITLE	Test of Mechanical Properties of Basalt rock in Ubon Ratchathani Province
AUTHOR	Mr. Anuwat Chaiya Mr. Yutthaphon Boonla
ADVISOR	Asst. Prof. Sahalaph Homwuttiwong, ph.D.
DEGREE	B.Eng. (Mechanical Engineering)
UNIVERSITY	Maharakham University YEAR 2015

ABSTRACT

This research studied the mechanical properties of basalt rock. Twenty seven samples of basalt rock were collected from Ubon Ratchathani 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 of 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 Ubon Ratchathani 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 27.23%, 16.85%, 16.80%, 2.17% and 2.80, respectively. In addition, Los Angeles abrasion, aggregate crushing value and soundness 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
หินปะซอลต์	3
การทดสอบสมบัติทางกลศาสตร์ของหิน.....	3
การทดสอบหาค่าการสึกหรอ	4
การทดสอบหาค่าของส่วนที่ไม่คงทน	4
การทดสอบหาปริมาณการแตกหักเมื่อถูกแรงกด	4
การทดสอบการดูดซึมน้ำ	5
การทดสอบหาค่าความถ่วงจำเพาะ	5
ความสำคัญของคุณภาพหินก่อสร้าง	5
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	7
3 วิธีดำเนินการศึกษา	9
การศึกษาการย่อยและแยกขนาดของหิน.....	9
การศึกษาสมบัติทางกลศาสตร์ของหินปะซอลต์	10
การทดสอบหาค่าการสึกหรอ	10
วิธีการศึกษา	10
เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ	10

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
การทดสอบหาค่าของส่วนที่ไม่คงทนโดยใช้โซเดียมซัลเฟต	12
การเตรียมอุปกรณ์	12
วิธีการศึกษา	12
การทดสอบหาปริมาณการแตกหักเมื่อถูกแรงกด	14
วิธีการศึกษา	14
เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ	15
การทดสอบการดูดซึมน้ำ	16
วิธีการศึกษา	16
เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ	17
การทดสอบความถ่วงจำเพาะ	18
วิธีการศึกษา	18
เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ	18
4 ผลการศึกษา	22
การศึกษาเงื่อนไขและปัจจัย	22
5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	47
สรุปผล	47
ข้อเสนอแนะ	48
บรรณานุกรม	49
ภาคผนวก	51
ภาคผนวก ก ตารางผลการทดสอบ	52
ภาคผนวก ข ภาพประกอบ	63
ประวัติย่อของผู้วิจัย	69

บทที่ 1

บทนำ

หลักการและเหตุผล

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

หินปูนเป็นหินที่ใช้ในการทำปูนซีเมนต์ ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือจัดได้ว่าหินชนิดนี้มีค่อนข้างน้อยเมื่อเทียบกับภาคอื่นๆ และในการก่อสร้างจำเป็นต้องขนย้ายหินปูนจากแหล่งอื่นที่อยู่ระยะไกล ทำให้ต้นทุนในการผลิตสูง ดังนั้นจังหวัดศรีสะเกษ และจังหวัดอุบลราชธานีเป็นจังหวัดที่มีหินดังกล่าวน้อย และห่างไกลจากแหล่งผลิต จึงมีแนวคิดที่จะนำหินบะชอลต์ซึ่งเป็นหินของกลุ่มหินโคราชที่แผ่กระจายครอบคลุมเป็นบริเวณกว้าง ความต้องการที่จะใช้ประโยชน์จากหินก่อสร้าง ซึ่งหินบะชอลต์ในบางบริเวณมีแนวโน้มว่านำมาใช้เป็นส่วนผสมคอนกรีตแทนหินปูนได้ โดยต้องทำการทดสอบคุณสมบัติทางกลศาสตร์เพื่อที่จะนำมาทดแทนหินปูนในการก่อสร้างต่างๆ โดยใช้หินที่มีอยู่ในพื้นที่ของตนได้ ซึ่งถือว่าเป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างได้มาก

วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. เพื่อให้ทราบสมบัติทางกลศาสตร์ของหินบะชอลต์จังหวัดอุบลราชธานีแหล่งต่างๆ สำหรับใช้ทดแทนหินปูนในงานก่อสร้างบางประเภท
2. เพื่อให้ทราบความสัมพันธ์และเปรียบเทียบสมบัติของหินบะชอลต์จังหวัดอุบลราชธานี

ขอบเขตการศึกษา

1. หินบะชอลต์ที่ใช้ในการศึกษาได้มาจากจังหวัดอุบลราชธานีจำนวน 27 ตัวอย่าง
2. ทำการย่อยหินตัวอย่าง และแยกขนาดของหินตามมาตรฐานของกรมทางหลวง
3. ทำการทดสอบตัวอย่างหินบะชอลต์ทางกลศาสตร์ตามมาตรฐาน

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1. เพื่อนำผลการทดสอบต่างๆ ไปเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานของสมบัติทางกลศาสตร์ของหินว่าหินบะซอลต์ผ่านตามาตรฐานหรือไม่
- 2. เพื่อเป็นสิ่งอ้างอิงว่าหินบะซอลต์สามารถนำไปใช้ในงานก่อสร้างบางประเภทได้
- 3. สามารถทราบได้ถึงความสัมพันธ์ของสมบัติหินบะซอลต์จังหวัดอุบลราชธานี

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									←→	

สถานที่ดำเนินการศึกษา

ห้องปฏิบัติการวัสดุก่อสร้าง คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

งบประมาณ

- | | |
|------------------------------|------------|
| 1. ค่าวัสดุอุปกรณ์ในการทดสอบ | 2,000 บาท |
| 2. ค่าวัสดุที่ใช้ในการทดสอบ | 5,000 บาท |
| 3. ค่าใช้สอยอื่นๆ | 3,000 บาท |
| รวม | 10,000 บาท |

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

หินบะซอลต์

หินบะซอลต์ เป็นหินอัคนีที่พบได้โดยทั่วไป มักพบมีสีเทาถึงสีดำ มีเนื้อละเอียดเนื่องจากเกิดจากการเย็นตัวของลาวาอย่างรวดเร็วบนพื้นผิวโลก อาจพบมีเนื้อสองขนาดที่มีผลึกขนาดโตกว่าอยู่ในพื้นเนื้อละเอียด หรือมีเนื้อเป็นโพรงข่าย หรือมีเนื้อเป็นตะกรันภูเขาไฟ เนื้อหินบะซอลต์สดๆจะมีสีดำหรือสีเทา ปกติหินบะซอลต์จะถูกนำไปใช้เป็นวัสดุก่อสร้างถนน เทพื้นรองหมอนและรางรถไฟ และทำเป็นแผ่นปูพื้นหรือผนัง และยังใช้เป็นส่วนผสมที่สำคัญในการผลิตแอสฟัลต์ พบมากในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เช่น จังหวัดอุบลราชธานี จังหวัดนครราชสีมา จังหวัดศรีสะเกษ จังหวัดบุรีรัมย์ จังหวัดสุรินทร์ เป็นต้น (กรมทรัพยากรธรณี: 2557)



ภาพประกอบ 1 ลักษณะของหินบะซอลต์

2.1 การทดสอบสมบัติทางกลศาสตร์ของหิน

หินชนิดต่างๆ ซึ่งมีต้นกำเนิดตามธรรมชาติจะมีสมบัติทางกายภาพและสมบัติทางเคมีแตกต่างกันไป อันมีผลทำให้สมบัติทางกลศาสตร์ของหินแตกต่างกันแม้แต่หินชนิดเดียวกันแต่มีแหล่งกำเนิดต่างกันอาจมีสมบัติทางกลศาสตร์แตกต่างกันได้ ดังนั้นก่อนที่จะนำเอาหินจากแหล่งต่างๆ ไปใช้ประโยชน์มีความจำเป็นต้องนำเอาตัวอย่างหินจากแหล่งนั้นไปทดสอบสมบัติทางกลศาสตร์ก่อนว่า หินมีสมบัติทางกลศาสตร์ที่เหมาะสมที่จะใช้เป็นหินก่อสร้างสำหรับการใช้งานในด้านต่างๆหรือไม่ สำหรับการทดสอบสมบัติทางกลศาสตร์ของหินที่เป็นวัสดุมวลรวมหรือหินบด (Aggregates) เป็นการทดสอบสมบัติทางด้านความคงทน (Durability Test) โดยตามข้อกำหนดการควบคุมคุณภาพวัสดุจะมี

การกำหนดสมบัติทางด้านความคงทนของวัสดุไว้เพื่อให้แน่ใจว่าวัสดุมวลรวมนั้นจะไม่เกิดการแตกสลายเปลี่ยนสภาพไปในขณะก่อสร้างหรือตลอดช่วงอายุการใช้งาน โดยการทดสอบสมบัติทางด้านความคงทนของวัสดุมวลรวมหรือหินบดที่สำคัญ มีดังนี้ (กรมทรัพยากรธรณี: 2557)

2.1.1 การทดสอบหาค่าการสึกหรอ (Los Angeles Abrasion Value)

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

2.1.2 การทดสอบหาค่าของส่วนที่ไม่คงทน (Soundness Value) โดยใช้

สารละลายโซเดียมซัลเฟต (Na_2SO_4)

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

2.1.3 การทดสอบหาปริมาณการแตกหักเมื่อถูกแรงบด (Aggregate Crushing Value)

เป็นวิธีการทดสอบทางกลสมบัติ ตามมาตรฐาน (BS 812: Part 110: 1990) เพื่อหาปริมาณการแตกหักของวัสดุมวลรวมเมื่อถูกแรงบดอัด โดยใช้วัสดุมวลรวมที่มีขนาดผ่านตะแกรง 12.25 มิลลิเมตร และค้างตะแกรงขนาด 9.52 มิลลิเมตร ประมาณ 10 กิโลกรัม บรรจุในแบบหล่อเหล็กทรงกระบอกแล้วใช้แรงกดอย่างต่อเนื่องจนถึง 40 ตัน เป็นเวลา 10 นาที ปริมาณร้อยละของวัสดุมวลรวมที่แตกหักและมีขนาดเล็กกว่า 2.40 มิลลิเมตร เมื่อเปรียบเทียบกับมวลวัสดุเริ่มต้นเป็นค่าการแตกหักจากแรงบดโดยปกติแล้วค่าการแตกหักจากแรงบดของหินจะมีค่ามากกว่าค่าการแตกหักตกกระแทก

2.1.4 การทดสอบการดูดซึมน้ำ (Water Absorption Value)

เป็นวิธีการทดสอบตามมาตรฐานของกรมทางหลวงที่ (ทล.-ท 209/2518) เพื่อหาว่าหินมีการดูดซึมน้ำเข้าไปในเนื้อหินเป็นน้ำหนักร้อยละเท่าใดของน้ำหนักหินตอนเริ่มต้น โดยมาตรฐานของกรมทางหลวงกำหนดค่าการดูดซึมต้องไม่เกินร้อยละ 5

2.1.5 การทดสอบหาค่าความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity)

การทดสอบความถ่วงจำเพาะของหิน เป็นวิธีการทดสอบตามมาตรฐานของกรมทางหลวงที่ (ทล.-ท 101/2515) โดยการนำของมวลรวมที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 200 จำนวน 50 กรัม ไปผสมกับน้ำกลั่นแล้วใส่ขวด Pycnometer จนถึงขีด นำไปชั่งหาน้ำหนักเพื่อเปรียบเทียบที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส แล้วนำตัวอย่างใส่ภาชนะไปอบหาน้ำหนักที่หายไป แล้วนำค่าที่ได้มาหาค่าความถ่วงจำเพาะ โดยทั่วไปความถ่วงจำเพาะมี 3 ลักษณะ ได้แก่ ความถ่วงจำเพาะทั้งหมด (Bulk Specific Gravity) ความถ่วงจำเพาะสมบูรณ์ (Absolute or True Specific Gravity) และความถ่วงจำเพาะปรากฏ (Apparent Specific Gravity) ซึ่งในการทดสอบจะเป็นการหาความถ่วงจำเพาะสมบูรณ์เพื่อที่จะหาเนื้อแท้ของหินบะซอลต์ ค่ามาตรฐานของความถ่วงจำเพาะที่กำหนดไว้จะอยู่ระหว่าง 2.63-2.92

2.2 ความสำคัญของคุณภาพหินก่อสร้าง

จากการที่มีหินก่อสร้างหลายชนิดให้เลือกใช้ ซึ่งมีความแตกต่างกันทั้งในด้านราคา ระยะทางการขนส่งความยากง่ายในการซื้อหาและความต่อเนื่องในการทำงานแต่สิ่งที่จะต้องให้ความสำคัญด้วยเช่นกัน คือจะต้องเลือกใช้หินก่อสร้างให้เหมาะสมกับลักษณะงานก่อสร้างโดยคำนึงถึงคุณภาพหรือสมบัติทางกลศาสตร์ของหินชนิดนั้นๆ

ตาราง 2 สมบัติทางกลศาสตร์ของหินในประเทศไทย

สมบัติทางกลศาสตร์ของหินในประเทศไทย						
ชนิดหิน	การสึกหรอ LAA (ร้อยละ)	การแตกหัก ตกกระแทก AIV (ร้อยละ)	การแตกหัก จากแรงบด ACV (ร้อยละ)	ความต้าน การลื่นไถล PSV (ร้อยละ)	ความ ถ่วงจำเพาะ SG	การดูดซึมน้ำ (ร้อยละ)
หินปูน	22- 33	9.7-14.8	17.5-26	36-44	2.68-2.76	0.15-0.55
หินบะซอลต์	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

สมบัติทางกลศาสตร์ของหินงานทางที่เหมาะสม						
ชนิดหิน	การสึกหรอ LAA (ร้อยละ)	การแตกหัก ตกกระแทก AIV (ร้อยละ)	การแตกหัก จากแรงบด ACV (ร้อยละ)	ความต้าน การลื่นไถล PSV (ร้อยละ)	ความ ถ่วงจำเพาะ SG	การดูดซึมน้ำ (ร้อยละ)
หินปูน	25-30	7-20	16.3-27.4	36-45	2.68-2.77	0.15-0.53
หินบะ 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

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

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ธวัชชัย พิมสาร (2531) ศึกษาสมบัติของกรวดในประเทศไทยเพื่อนำมาใช้แทนหินสำหรับพื้นที่ขาดแคลนวัสดุในการก่อสร้างทาง และได้นำมาทำการทดสอบสมบัติทั้งด้านกลสมบัติและกายสมบัติได้ผลการทดสอบคือการทดสอบเพื่อหาค่าการแตกหักเมื่อถูกแรงกระแทกมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 14.92 การทดสอบเพื่อหาค่าการแตกหักเมื่อถูกแรงกดมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 26.46 การทดสอบหาค่าความสึกหรอมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 32.82 การทดสอบความคงทนของวัสดุเฉลี่ยร้อยละ 99.07 การทดสอบหาค่าความถ่วงจำเพาะค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.628 และการทดสอบเพื่อหาค่าการดูดซึมน้ำมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 1.22

สุรศักดิ์ ราศี (2552) ศึกษาสมบัติทางวิศวกรรมของหินแหล่งจังหวัดเลยเพื่อใช้สำหรับผสมคอนกรีตกำลังสูง วิธีการศึกษาใช้แหล่งมวลรวมหยาบจากโรงโม่หินสุรรัตนการศิลาและโรงโม่หินศิลาผาทองตั้งอยู่ในเขตจังหวัดเลย สมบัติทางกลความแข็งแรงของหินด้วยแรงกดแกนเดียวที่มีค่ากำลังอัดสูงกว่า 700 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร การทดสอบความคงทนต่อการสึกกร่อนร้อยละ 36.75 การทดสอบสมบัติทางกายภาพมีการดูดซึมน้ำร้อยละ 2.705 การทดสอบทางเคมีค่าปฏิกิริยา อัลคาไล-คาร์บอนेट เท่ากับ 0.188

ธวัชชัย ลาสงยาง และสุมงคล นาทัน (2556) ศึกษาสมบัติทางวิศวกรรมของหินแหล่ง จังหวัดขอนแก่นและจังหวัดอุดรธานีเพื่อนำมาใช้แทนหินปูน ซึ่งจังหวัดขอนแก่นและจังหวัดอุดรธานีมี ระยะทางห่างจากแหล่งผลิต จึงนำแหล่งหินที่มีอยู่ในจังหวัดนำทดสอบสมบัติวิศวกรรมได้ผลการทดสอบ คือ การทดสอบเพื่อหาค่าความสึกหรอเฉลี่ยร้อยละ 20 - 21 การทดสอบเพื่อหาค่าส่วนที่ไม่คงทนเฉลี่ย ร้อยละ 25 - 45 การทดสอบเพื่อหา ปริมาณการแตกหักเมื่อถูกแรงกดเฉลี่ยร้อยละ 27 - 34 การทดสอบ เพื่อหาค่าของการดูดซึมน้ำเฉลี่ยร้อยละ 2.27 - 2.48

บทที่ 3

การดำเนินการศึกษา

เพื่อให้ดำเนินการศึกษาสมบัติทางกลศาสตร์ของหินบะซอลต์บรรลุตามวัตถุประสงค์ จึงได้กำหนดขั้นตอนการดำเนินการศึกษาดังรายละเอียดดังต่อไปนี้

การศึกษาการย่อยและแยกขนาดของหินบะซอลต์

ทำการย่อยตัวอย่างหินบะซอลต์จังหวัดอุบลราชธานีจำนวน 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 ± 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จนตัวอย่างหินมีสภาพที่แห้งสนิท



ภาพประกอบ 2 แบบหล่อที่ใช้ในการย่อย



ภาพประกอบ 3 การย่อยหินในแบบหล่อ

การศึกษาสมบัติทางกลศาสตร์ของหินบะซอลต์

3.1 การทดสอบหาค่าการสึกหรอ Los Angeles Abrasion Value

3.1.1 วิธีการศึกษา

1. ชั่งน้ำหนักตัวอย่างหินเป็น W_1 (กิโลกรัม) โดยกำหนดให้ใช้ 2.5 กิโลกรัม และเตรียมลูกเหล็กทรงกลมตามจำนวนที่กำหนดไว้ในมาตรฐาน (จำนวน 12 ลูก)
2. ใส่ตัวอย่างหินและลูกเหล็กเข้าไปในเครื่องทดสอบหาความสึกหรอแล้วปิดฝา-
ถึงให้สนิท
3. หมุนเครื่องทดสอบด้วยความเร็ว 30-33 รอบต่อนาที ให้ได้จำนวนรอบตามที่
กำหนดในมาตรฐานกรมทางหลวง (ทล.-ท 202/2515) โดยกำหนดจำนวน 500 รอบ
4. เมื่อหมุนเครื่องทดสอบได้ครบตามจำนวนที่กำหนดแล้ว ให้เอาตัวอย่างหิน
ออกจากเครื่องแล้วนำไปร่อนในตะแกรงเบอร์ 12
5. นำส่วนที่ค้างบนตะแกรง 12 ไปชั่งน้ำหนักเป็น W_2 (กิโลกรัม)

3.1.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

1. เครื่องทดสอบหาความสึกหรอ (Los Angeles Abrasion) ตามมาตรฐานกรม
ทางหลวงชนบท



ภาพประกอบ 4 เครื่องทดสอบหาความสึกหรอ

2. ลูกเหล็กทรงกลม (ABRASIVE CHARGE) Ø 46.8 มิลลิเมตร แต่ละลูกมี น้ำหนักประมาณ 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

$$W_1 - W_2 \quad \dots\dots\dots (3)$$

สัญลักษณ์ที่ใช้ในปริญญานิพนธ์

W_1 คือ น้ำหนักก่อนทดสอบ

W_2 คือ น้ำหนักหลังทดสอบ

3.2 การทดสอบหาค่าของส่วนที่ไม่คงทนโดยใช้โซเดียมซัลเฟต

3.2.1 การเตรียมอุปกรณ์

1. เตรียมสารละลายโซเดียมซัลเฟต ผสมเข้ากับน้ำที่อุณหภูมิ 25–30 องศาเซลเซียส คนให้เข้ากันจะต้องหมั่นคนอยู่เสมอจนกว่าจะใช้งาน เพื่อป้องกันการระเหยและสิ่งสกปรกตกลงไปควรปิดฝาภาชนะที่บรรจุไว้ต้องทำสารละลายให้เย็นลงที่อุณหภูมิ 21 ± 1 องศาเซลเซียส คนอีกครั้งหนึ่งแล้วทิ้งไว้ที่อุณหภูมินี้เป็นเวลาอย่างน้อย 48 ชั่วโมง ก่อนที่จะนำไปใช้ทดสอบหากมีผลึกเกลือให้เห็น ก่อนการใช้แต่ละครั้งต้องทำผลึกเกลือให้แตกแล้วคนให้ทั่วจึงค่อยนำไปใช้

2. เตรียมตัวอย่างหินโดยกำหนดให้ใช้ 0.5 กิโลกรัม

3.2.2 วิธีการศึกษา

1. แช่ตัวอย่างหินในสารละลายโซเดียมซัลเฟตเป็นเวลาไม่น้อยกว่า 16 ชั่วโมง แต่ไม่มากกว่า 18 ชั่วโมง สารละลายจะต้องท่วมตัวอย่าง อย่างน้อย 12.5 มิลลิเมตร ($1/2$ ") ตลอดเวลาที่แช่ตัวอย่างต้องควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ ที่อุณหภูมิ 21 ± 1 องศาเซลเซียส

2. หลังจากแช่จนได้กำหนดเวลาแล้ว ให้นำตัวอย่างหินออกมาใส่ภาชนะเปล่า แล้วปล่อยให้แห้งเป็นเวลา 15 ± 5 นาที เพื่อให้สารละลายที่อาจมีติดค้างอยู่บนตัวอย่างหินไหลออกให้

หมดแล้วนำไปเข้าเตาอบที่อุณหภูมิ 110 ± 5 องศาเซลเซียส อยู่ก่อนแล้วอบตัวอย่างที่อุณหภูมินั้นจนตัวอย่างมีมวลคงที่ สำหรับระยะเวลาในการอบต้องอบจนมีมวลคงที่นั้น

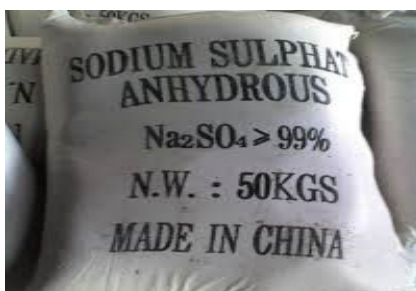
3. ทำการทดสอบตามข้อ 1 และข้อ 2 ซ้ำจนกระทั่งครบ 5 รอบ

4. หลังจากที่ทำ การทดสอบรอบสุดท้ายเสร็จสิ้นแล้วทิ้งตัวอย่างให้แห้งที่อุณหภูมิห้องแล้วให้ล้างตัวอย่างห็นด้วยน้ำสะอาดจนปราศจากสารละลายโซเดียมซัลเฟต เมื่อล้างน้ำเสร็จแล้วให้นำตัวอย่างไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 110 ± 5 องศาเซลเซียส จนตัวอย่างอยู่ในสภาพแห้ง

5. นำตัวอย่างห็นมาร้อนผ่านตะแกรงโดยจะกำหนดให้ผ่านตะแกรงเบอร์ 3/4” ค้างเบอร์ 1/2” แล้วนำตัวอย่างห็นไปชั่งน้ำหนัก

3.2.3 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

1. สารละลายโซเดียมซัลเฟต



ภาพประกอบ 8 สารละลายโซเดียมซัลเฟต

2. ถาดพลาสติกเพื่อไว้ใส่สารละลายโซเดียมซัลเฟตและถาดอลูมิเนียมที่จะใช้แช่ตัวอย่างห็น



ภาพประกอบ 9 ถาดพลาสติกและถาดอลูมิเนียม

3. เตาอบอุณหภูมิ



ภาพประกอบ 10 เตาอบอุณหภูมิ

น้ำหนักที่สูญเสียจากการทดสอบ

น้ำหนักก่อนทดสอบ – น้ำหนักที่ค้างบนตะแกรง (4)

ร้อยละส่วนที่ไม่คงทน

$$\frac{\text{น้ำหนักที่สูญเสียจากความสึกหรอ}}{\text{น้ำหนักก่อนการทดสอบ}} \times 100 \dots\dots\dots (5)$$

3.3 การทดสอบหาปริมาณการแตกหักเมื่อถูกแรงกด Aggregate Crushing Value

3.3.1 วิธีการศึกษา

1. ชั่งน้ำหนักตัวอย่างหินโดยกำหนดให้ใช้ 10 กิโลกรัม นำตัวอย่างหินใส่แบบหล่อโดยแบ่งออกเป็น 3 ชั้นของแบบหล่อ แต่ละชั้นใช้เหล็กกระทุ้งชั้นละ 25 ครั้ง
2. ชั่งน้ำหนักหินที่เหลือจากแบบหล่อ
3. เมื่อนำตัวอย่างหินใส่แบบหล่อเสร็จแล้วให้นำแบบหล่อขึ้นไปวางบนเครื่องทดสอบอเนกประสงค์ (UTM) แล้ววางแกนเหล็กกดบนแบบหล่อทำการปล่อยน้ำหนักจากเครื่องทดสอบ
4. ปล่อยน้ำหนักลงใส่ตัวอย่างจนน้ำหนักถึง 40 ตัน เมื่อได้น้ำหนักคงที่แล้วจับเวลา 10 นาที เมื่อครบเวลา 10 นาที แล้วนำแบบหล่อลงมาจากเครื่องทดสอบ
5. นำแบบหล่อนำมาวางบนเครื่องสั่นกระแทกแล้วเคาะตัวอย่างหินออกจากแบบหล่อ ต้องระวังอย่าให้ตัวอย่างหินเสียหายเมื่อได้ตัวอย่างหินทั้งหมดแล้วให้นำตัวอย่างหินมาร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 2.36 มิลลิเมตร แล้วนำตัวอย่างหินส่วนที่ผ่านตะแกรงไปชั่งน้ำหนัก

3.3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

1. แบบหล่อพร้อมแกนเหล็กกวดและเหล็กกระทุ้ง



ภาพประกอบ 11 แบบหล่อพร้อมแกนเหล็กกวดและเหล็กกระทุ้ง

2. เครื่องทดสอบแรงกด UTM



ภาพประกอบ 12 เครื่องทดสอบแรงกด (UTM)

3. ตะแกรงเบอร์ 2.38 มิลลิเมตร



ภาพประกอบ 13 ตะแกรงเบอร์ 2.38 มิลลิเมตร

5. เครื่องสั่นกระแทก



ภาพประกอบ 14 เครื่องสั่นกระแทก

น้ำหนักหินที่ใช้ทดสอบ

10 กิโลกรัม – น้ำหนักหินที่เหลือจากแบบหล่อ (6)

ร้อยละการแตกหัก

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

3.4 การทดสอบการดูดซึมน้ำ Water Absorption Value

3.4.1 วิธีการศึกษา

1. ชั่งน้ำหนักตัวอย่างหินโดยกำหนดให้ใช้ 2 กิโลกรัม แล้วนำเทใส่ถาดจนน้ำท่วมตัวอย่างหินขึ้นมาประมาณ 2 เซนติเมตร แช่น้ำทิ้งไว้เป็นเวลา 24 ชั่วโมง
2. เมื่อครบ 24 ชั่วโมง ให้เทน้ำออกจากถาดจะต้องระมัดระวังอย่าให้ตัวอย่างหินหล่นออกจากถาด แล้วใช้ผ้าซับน้ำออกจากตัวอย่างหินพอมาดๆ
3. ใช้เครื่องใดเป่าลมเป่าตัวอย่างหินจนอยู่ในสภาวะอิมตัวผิวแห้ง แล้วนำตัวอย่างหินไปชั่งน้ำหนัก
4. นำตัวอย่างหินไปอบที่อุณหภูมิ 110 ± 5 องศาเซลเซียส ให้มีสภาพที่แห้งสนิท แล้วนำตัวอย่างหินไปชั่งน้ำหนัก

3.4.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

1. ตาชั่งที่มีความละเอียด 0.1 กรัม



ภาพประกอบ 15 ตาชั่งความละเอียด 0.1 กรัม

2. ถาดอลูมิเนียม



ภาพประกอบ 16 ถาดอลูมิเนียม

3. เครื่องเป่าผม



ภาพประกอบ 17 เครื่องเป่าผม

ร้อยละการดูดซึมน้ำ

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

3.5 การทดสอบความถ่วงจำเพาะ Specific Gravity

3.5.1 วิธีการศึกษา

1. ใช้ตัวอย่างดินแห้ง น้ำหนักประมาณ 50 กรัม ผสมน้ำกลั่นซึ่งจัดอากาศแล้ว กวนด้วยเครื่องผสม ประมาณ 5 นาที
2. เทส่วนผสมดินกับน้ำขวดทดสอบ และเติมน้ำกลั่นที่ไล่อากาศแล้วจนได้ ปริมาตรประมาณ $\frac{3}{4}$ ของความจุของขวดทดสอบ
3. ไล่ฟองอากาศจากส่วนผสมดินกับน้ำ โดยการต้มหรือดูดด้วยปั๊มสุญญากาศ ระหว่างการต้มให้ใช้แท่งแก้ว กวนดินเพื่อช่วยไล่ฟองอากาศ หรือถ้าใช้ปั๊มดูดสุญญากาศให้เขย่าและกลิ้ง ขวดไปมาด้วย ทำการไล่ฟองอากาศจนกว่าจะหมด ซึ่งจะสังเกตได้ เมื่อไม่มีฟองอากาศผุดขึ้น และเวลาที่ ใช้จะแตกต่างกันแล้วแต่ชนิดของดิน
4. เติมน้ำกลั่นที่ไล่ฟองอากาศแล้วลงในขวดทดสอบจนถึงขีดบอกปริมาตร
5. ชั่งน้ำหนักขวดน้ำ และ หิน (W_{bws}) และวัดอุณหภูมิ ที่ 25 องศาเซลเซียส
6. เทส่วนผสมดินกับน้ำใส่ภาต ถ่างหินจากขวดทดสอบให้หมด พยายามไม่ให้ หินตกหล่น นำภาตเข้าเตาอบเพื่อหาน้ำหนักหินแห้ง (W_s) ต่อไป

3.5.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

1. ตาชั่งที่มีความละเอียด 0.01 กรัม



ภาพประกอบ 18 ตาชั่งความละเอียด 0.01 กรัม

2. ขวดทดสอบปริมาตร 500 ลูกบาศก์เซนติเมตร



ภาพประกอบ 19 ขวดทดสอบปริมาตร 500 ลูกบาศก์เซนติเมตร

3. เครื่องผสม



ภาพประกอบ 20 เครื่องผสม

4. เทอร์โมมิเตอร์



ภาพประกอบ 21 เทอร์โมมิเตอร์

5. ขวดฉีดน้ำ



ภาพประกอบ 22 ขวดฉีดน้ำ

6. เตาอบที่อุณหภูมิ 110±5 องศาเซลเซียส



ภาพประกอบ 23 เตาอบที่อุณหภูมิ 110±5 องศาเซลเซียส

หาค่าความถ่วงจำเพาะ

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

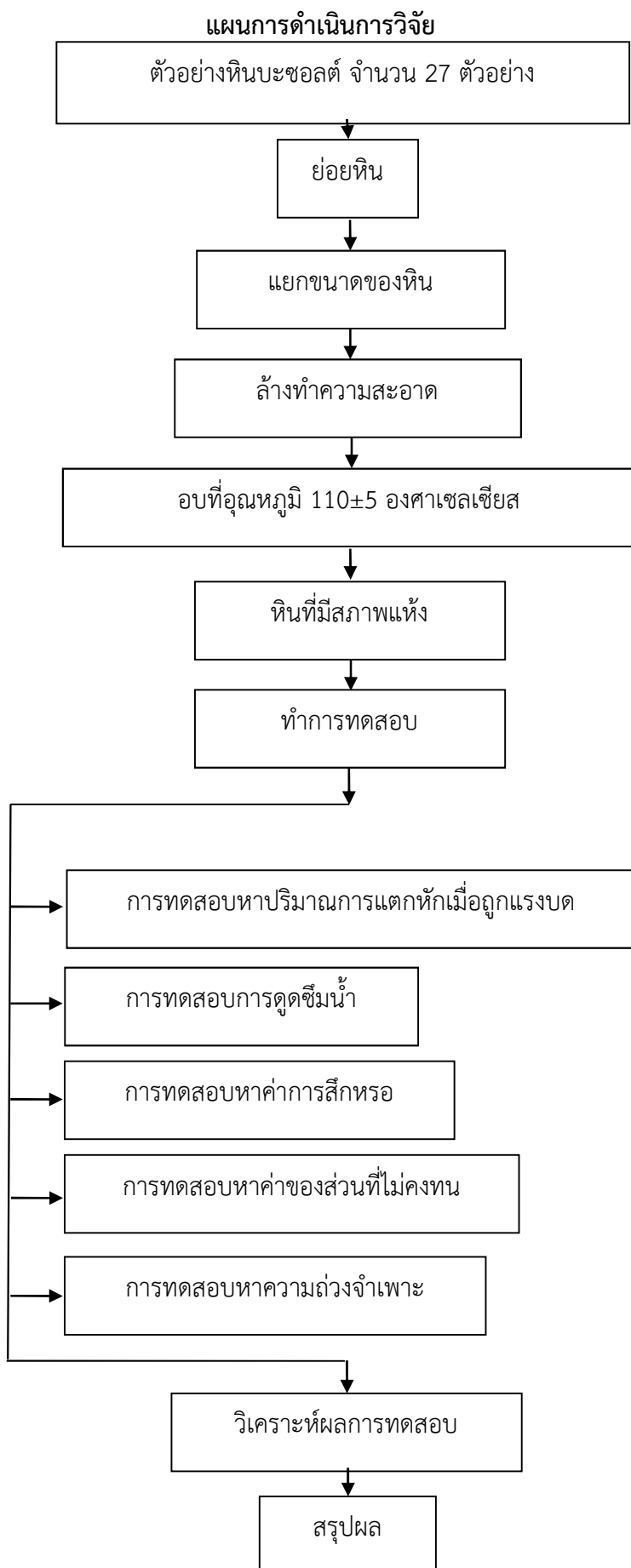
G_s คือ ความถ่วงจำเพาะของเม็ดหิน

G_{wt} คือ ความถ่วงจำเพาะที่อุณหภูมิใดๆ

W_s คือ น้ำหนักของเม็ดหิน

W_{bw} คือ น้ำหนักขวดรวมกับน้ำที่มีระดับถึงขีดบอกปริมาตร

W_{bws} คือ น้ำหนักขวดรวมกับน้ำรวมกับหิน



บทที่ 4

ผลการศึกษา

ผลการศึกษาเงื่อนไขและปัจจัย

จากการทดสอบสมบัติทางกลศาสตร์ของหินบะซอลต์ ได้แบ่งการทดสอบออกเป็น 5 การทดสอบคือ การทดสอบหาการสึกหรอ การทดสอบหาค่าของส่วนที่ไม่คงทน การทดสอบหาปริมาณการแตกหักเมื่อถูกแรงบด และการทดสอบการดูดซึมน้ำ และการทดสอบหาค่าความถ่วงจำเพาะ โดยแต่ละการทดสอบดังแสดงไว้ในตาราง

4.1 ค่าการทดสอบหาการสึกหรอ (Los Angeles Abrasion Value)

จากการทดสอบหาการสึกหรอของหินบะซอลต์โดยใช้เครื่อง Los Angeles Abrasion ใช้ตัวอย่างหินทรายแบ่งที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 1” ค้างเบอร์ 3/4” โดยใช้น้ำหนัก 2.5 กิโลกรัม เป็นวิธีการทดสอบสมบัติทางกลศาสตร์ตามมาตรฐานของกรมทางหลวงที่ (ทล.-ท 202/2515) ได้ผลการทดสอบดังแสดงไว้ในตาราง 5

ตาราง 5 ค่าการทดสอบหาการสึกหรอ

การทดสอบหาการสึกหรอ				
รหัสตัวอย่าง	น้ำหนักก่อนทดสอบ (กรัม)	น้ำหนักหลังทดสอบ (กรัม)	ร้อยละการแตกหัก	หมายเหตุ
SPN-01	2,500	1,732	30.72	
SPN-03	2,500	1,834	26.64	
SPN-05	2,500	1,711	31.56	
SPN-07	2,500	1,518	39.28	
SPN-09	2,500	1,899	24.04	
SPN-11	2,500	1,848	26.08	
SPN-13	2,500	1,492	40.32	

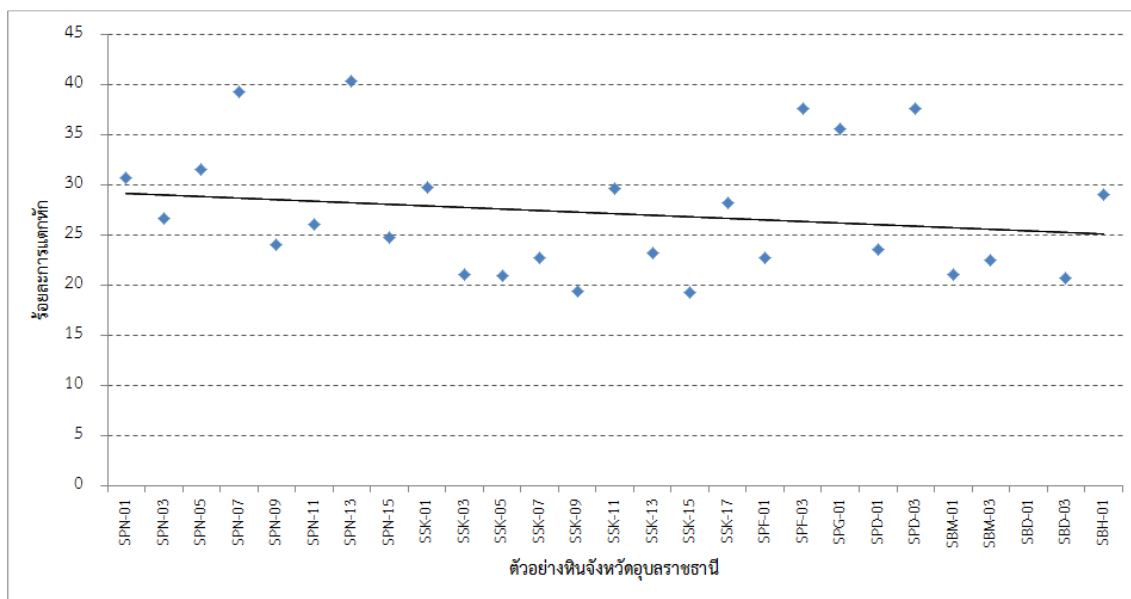
ตาราง 5 ค่าการทดสอบหาการสีกหรือ (ต่อ)

การทดสอบหาการสีกหรือ				
รหัสตัวอย่าง	น้ำหนักก่อนทดสอบ (กรัม)	น้ำหนักหลังทดสอบ (กรัม)	ร้อยละการแตกหัก	หมายเหตุ
SPN-15	2,500	1,881	24.76	
SSK-01	2,500	1,756	29.76	
SSK-03	2,500	1,974	21.04	
SSK-05	2,500	1,975	21.00	
SSK-07	2,500	1,933	22.68	
SSK-09	2,500	2,016	19.36	
SSK-11	2,500	1,760	29.60	
SSK-13	2,500	1,919	23.24	
SSK-15	2,500	2,017	19.32	
SSK-17	2,500	1,794	28.24	
SPF-01	2,500	1,933	22.68	
SPF-03	2,500	1,560	37.60	
SPG-01	2,500	1,610	35.60	
SPD-01	2,500	1,912	23.52	
SPD-03	2,500	1,560	37.60	
SBM-01	2,500	1,974	21.04	
SBM-03	2,500	1,937	22.52	
SBD-01	2,500	1,084	56.64	
SBD-03	2,500	1,982	20.72	
SBH-01	2,500	1,775	29.00	

หมายเหตุ รหัสหินบะซอลต์ที่ขึ้นชื่อด้วยอักษร S ได้มาจากแหล่งจังหวัดอุบลราชธานี

จำนวน 27 ตัวอย่าง

จากการทดสอบการสึกหรอของตัวอย่างหินบะซอลต์จากแหล่งหินจังหวัดอุบลราชธานีพบว่า มีผลการทดสอบต่ำสุดที่ตัวอย่างรหัส SSK-15 มีการแตกหักร้อยละ 19.32 และค่ามากที่สุดที่ตัวอย่างรหัส SPN-13 มีค่าการแตกหักร้อยละ 40.32



ภาพประกอบ 24 ค่าการสึกหรอของจังหวัดอุบลราชธานี

จากภาพประกอบ 24 การทดสอบร้อยละการสึกหรอ ค่าเฉลี่ยของตัวอย่างหินบะซอลต์ที่ได้จากแหล่งหินในจังหวัดอุบลราชธานีมีค่าร้อยละ 27.23 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ที่ 6.50 ซึ่งตามมาตรฐานของกรมทางหลวงที่ (ทล.-ท 202/2515) กำหนดมาตรฐานของหินที่นำไปใช้งานได้จะต้องมีค่าไม่เกินร้อยละ 30 จะเห็นว่าตัวอย่างหินจังหวัดอุบลราชธานีส่วนใหญ่มีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กรมทางหลวงระบุจำนวน 21 ตัวอย่าง และไม่ผ่านมาตรฐานกรมทางหลวงจำนวน 6 ตัวอย่าง

4.2 ค่าการทดสอบหาค่าของส่วนที่ไม่คงทน (Soundness Value)

จากการทดสอบหาค่าของส่วนที่ไม่คงทนของหินบะซอลต์โดยใช้สารละลายโซเดียมซัลเฟต (Na_2SO_4) ใช้ตัวอย่างหินบะซอลต์ที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 3/4" ค้างเบอร์ 1/2" โดยใช้น้ำหนัก 500 กรัม เป็นวิธีการทดสอบสมบัติทางกลศาสตร์ตามมาตรฐานของกรมทางหลวงที่(ทล.-ท 202/2515) ได้ผลการทดสอบดังแสดงไว้ในตาราง 6

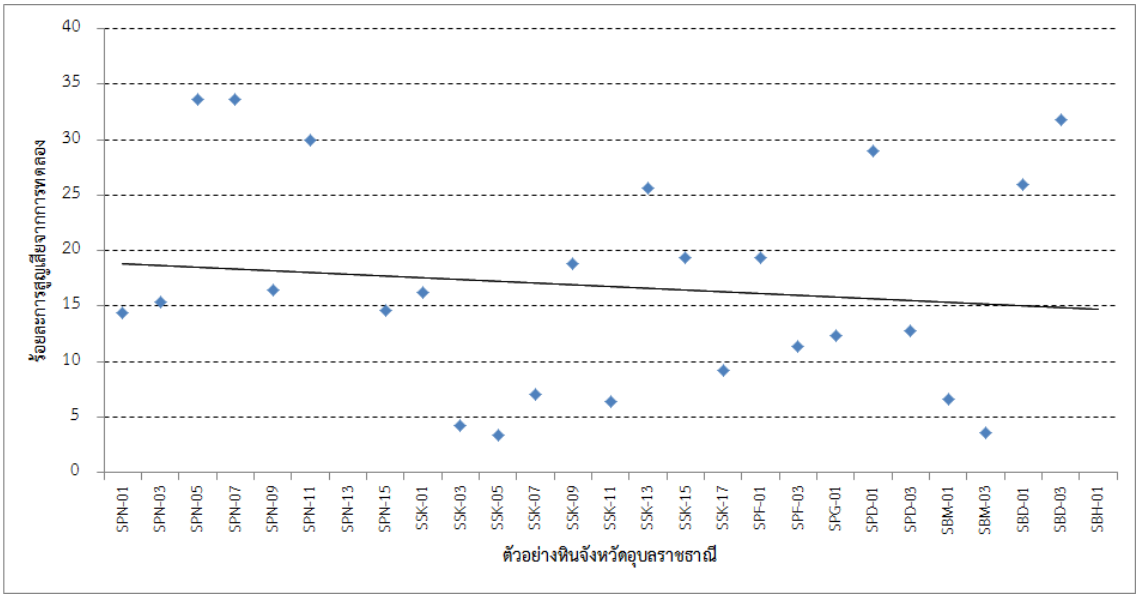
ตาราง 6 ค่าการทดสอบหาค่าของส่วนที่ไม่คงทน

ค่าการทดสอบหาค่าของส่วนที่ไม่คงทน				
รหัส ตัวอย่าง	น้ำหนักก่อนทดสอบ (กรัม)	น้ำหนักหลังทดสอบ (กรัม)	น้ำหนักที่สูญเสียจาก การทดสอบ (กรัม)	ร้อยละการสูญเสียจาก การทดลอง
SPN-01	500	437	63	12.60
SPN-03	500	423	77	15.40
SPN-05	500	332	168	33.60
SPN-07	500	332	168	33.60
SPN-09	500	418	82	16.40
SPN-11	500	350	150	30.00
SPN-13	500	206	294	58.80
SPN-15	500	427	73	14.60
SSK-01	500	419	81	16.20
SSK-03	500	479	21	4.20
SSK-05	500	483	17	3.40
SSK-07	500	465	35	7.00
SSK-09	500	406	94	18.80
SSK-11	500	468	32	6.40
SSK-13	500	372	128	25.60
SSK-15	500	403	97	19.40
SSK-17	500	454	46	9.20
SPF-01	500	403	97	19.40
SPF-03	500	355	145	29.00
SPG-01	500	438	62	12.40
SPD-01	500	355	145	29.00

ตาราง 6 ค่าการทดสอบหาค่าของส่วนที่ไม่คงทน (ต่อ)

ค่าการทดสอบหาค่าของส่วนที่ไม่คงทน				
รหัส ตัวอย่าง	น้ำหนักก่อนทดสอบ (กรัม)	น้ำหนักหลังทดสอบ (กรัม)	น้ำหนักที่สูญเสียจาก การทดสอบ (กรัม)	ร้อยละการสูญเสียจาก การทดลอง
SPD-03	500	436	64	12.80
SBM-01	500	467	33	6.60
SBM-03	500	482	18	3.60
SBD-01	500	370	130	26.00
SBD-03	500	341	159	31.80
SBH-01	500	240	260	52.00

จากผลการทดสอบการหาค่าของส่วนที่ไม่คงทน จะเห็นว่าส่วนที่ไม่คงทนของหินบะซอลต์ถูกกัดกร่อนมากเกินไป ตัวอย่างหินบะซอลต์ส่วนใหญ่ไม่ทนต่อการกัดกร่อนจากสารละลายโซเดียมซิลเฟต แต่มีบางตัวอย่างที่คาดว่าอยู่ในเกณฑ์ที่มาตรฐานกำหนด คือ ไม่เกินร้อยละ 12 ได้แก่ ตัวอย่างรหัส SSK-03 SSK-05 SSK-07 SSK-11 SSK-17 SBM-01 และ SBM-03



ภาพประกอบ 25 ค่าส่วนที่ไม่คงทนของจังหวัดอุดรธานี

จากภาพประกอบ 25 การทดสอบร้อยละของส่วนที่ไม่คงทนของตัวอย่างหินที่ได้จากแหล่งจังหวัดอุบลราชธานีมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 16.85 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานคือ 9.68 ตามมาตรฐานของกรมทางหลวงที่ (ทล.-ท 202/2515) กำหนดค่ามาตรฐานของหินที่นำไปใช้งานได้จะต้องไม่เกินร้อยละ 12 โดยตัวอย่างที่ไม่ผ่านมาตรฐานจำนวน 20 ตัวอย่าง และผ่านมาตรฐานจำนวน 7 ตัวอย่าง สมบัติทางกลศาสตร์ของหินและงานก่อสร้าง ซึ่งจะมีส่วนน้อยที่สามารถนำไปใช้ในงานวิศวกรรมพื้นทาง และงานคอนกรีตได้

4.3 ค่าการทดสอบหาค่าปริมาณการแตกหักเมื่อถูกแรงบด (Aggregate Crushing Value)

จากการทดสอบหาปริมาณการแตกหักเมื่อถูกแรงบดของหินบะซอลต์จังหวัดอุบลราชธานีโดยใช้หินบะซอลต์ที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 1/2" ค้างตะแกรงเบอร์ 3/8" โดยใช้หินจำนวน 10 กิโลกรัม เป็นวิธีทดสอบสมบัติทางกลศาสตร์ตามมาตรฐาน (BS 812 : Part 110 : 1990) ได้ผลการทดสอบดังแสดงไว้ในตาราง 7

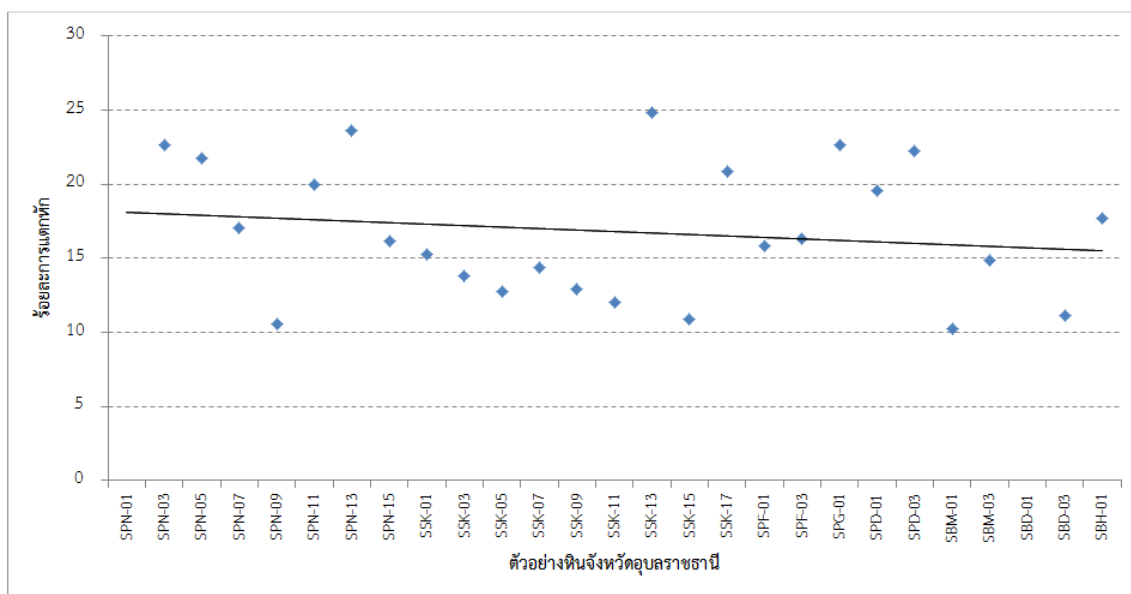
ตาราง 7 ค่าการทดสอบหาปริมาณการแตกหักเมื่อถูกแรงบด

ค่าการทดสอบหาปริมาณการแตกหักเมื่อถูกแรงบด				
รหัส ตัวอย่าง	น้ำหนักที่ใช้ทดสอบ (กรัม)	น้ำหนักค้างบน ตะแกรง(กรัม)	ร้อยละของการ แตกหัก	หมายเหตุ
SPN-01	7,910	7,793	1.48	
SPN-03	6,964	5,388	22.63	
SPN-05	6,910	5,408	21.74	
SPN-07	7,318	6,073	17.01	
SPN-09	9,727	8,702	10.54	
SPN-11	6,758	5,411	19.93	
SPN-13	7,003	5,347	23.65	
SPN-15	7,547	6,326	16.18	
SSK-17	7,297	5,774	20.87	
SSK-01	7,458	6,318	15.29	

ตาราง 7 ค่าการทดสอบหาปริมาณการแตกหักเมื่อถูกแรงกด (ต่อ)

ค่าการทดสอบหาปริมาณการแตกหักเมื่อถูกแรงกด				
รหัส ตัวอย่าง	น้ำหนักที่ใช้ทดสอบ (กรัม)	น้ำหนักค้ำบน ตะแกรง(กรัม)	ร้อยละของการ แตกหัก	หมายเหตุ
SSK-03	7,146	6,157	13.84	
SSK-07	7,450	6,377	14.40	
SSK-09	7,689	6,697	12.90	
SSK-11	9,729	8,557	12.05	
SSK-13	6,655	5,005	24.79	
SSK-15	8,841	7,877	10.90	
SSK-17	7,297	5,774	20.87	
SPF-01	7,927	6,670	15.86	
SPF-03	7,835	6,559	16.29	
SFG-01	6,990	5,407	22.65	
SPD-01	7,380	5,936	19.57	
SPD-03	7,487	5,823	22.23	
SBM-01	7,850	7,046	10.24	
SBM-03	7,387	6,290	14.85	
SBD-01	6,398	4,108	35.79	
SBD-03	8,656	7,694	11.11	
SBH-01	7,764	6,389	17.71	

จากการทดสอบหาปริมาณการแตกหักเมื่อถูกแรงกด ค่าการทดสอบหินบะซอลต์จากแหล่งหินจังหวัดอุบลราชธานีมีค่าความทนทานต่อแรงกดต่ำสุดคือตัวอย่างรหัส SBM-01 มีการแตกหักร้อยละ 10.24 และค่าสูงสุดคือตัวอย่างรหัส SSK-13 มีการแตกหักร้อยละ 24.79 ดังนั้นผลการทดสอบคาดว่า จะสามารถผ่านเกณฑ์มาตรฐานของ British Standard และนำไปใช้ในงานตามสมบัติต่างๆที่กำหนดดังตาราง 2 ตาราง 3 และตาราง 4



ภาพประกอบ 26 ค่าการทดสอบการแตกหักเมื่อถูกแรงกดจังหวัดอุบลราชธานี

จากภาพประกอบ 26 การทดสอบร้อยละการแตกหักเมื่อถูกแรงกดของหินบะซอลต์จังหวัดอุบลราชธานีมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ร้อยละ 16.80 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานคือ 4.53 ตามมาตรฐานการทดสอบ (BS 812 :Part 110 :1990) กำหนดให้การแตกหักไม่เกินร้อยละ 17 เห็นได้ว่าแหล่งหินบะซอลต์จังหวัดอุบลราชธานีเป็นไปอยู่ในเกณฑ์ที่มาตรฐานกำหนด และจากตารางมาตรฐานสมบัติทางกลศาสตร์ของหินและงานคอนกรีตกำหนดให้มีค่าการแตกหักไม่เกินร้อยละ 35 โดยตัวอย่างที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานมีจำนวน 26 และไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานจำนวน 1 ตัวอย่าง ดังนั้นหินบะซอลต์จากแหล่งจังหวัดอุบลราชธานีจึงสามารถใช้ในการงานวัสดุผิวทาง งานรองพื้นทาง และงานคอนกรีตได้ดี

4.4 การทดสอบหาค่าการดูดซึมน้ำ (Water Absorption Value)

จากการทดสอบหาค่าการดูดซึมน้ำของหินบะซอลต์จังหวัดอุบลราชธานีได้ใช้ตัวอย่างหินบะซอลต์ที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 3/4 นิ้ว ค้างตะแกรงเบอร์ 1/2 นิ้ว โดยใช้ตัวอย่างหินบะซอลต์จำนวน 2 กิโลกรัม เป็นวิธีการทดสอบตามมาตรฐานกรมทางหลวงที่ (ทล.-ท 209/2518) ได้ผลการทดสอบดังแสดงไว้ในตาราง 8

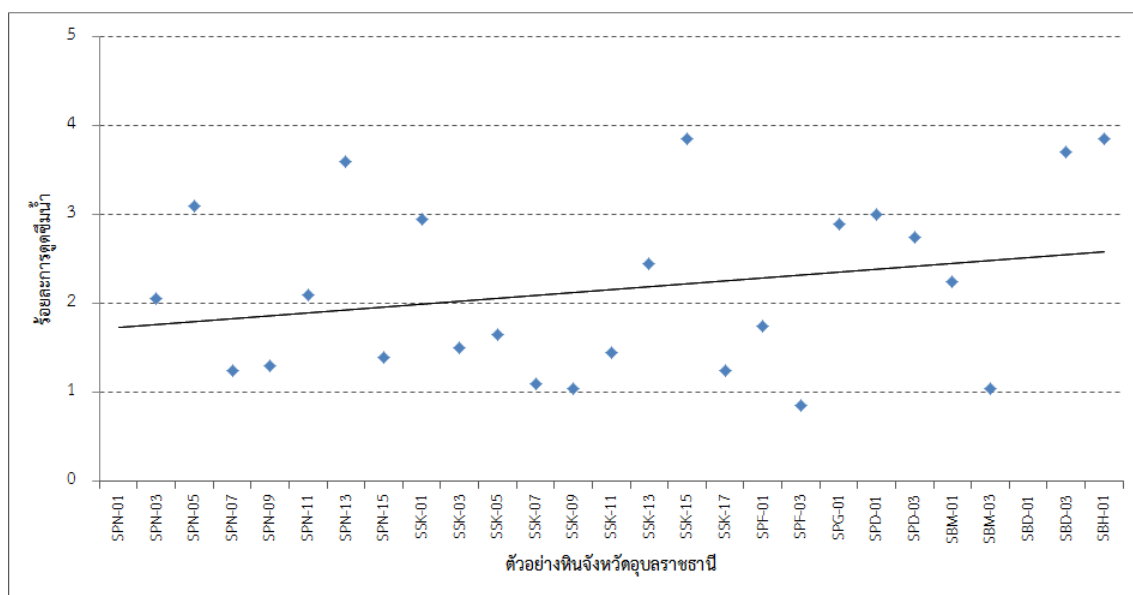
ตาราง 8 ค่าการทดสอบการดูดซึมน้ำ

ค่าการทดสอบการดูดซึมน้ำ				
รหัส ตัวอย่าง	น้ำหนักของมวลรวม หยาบ(กรัม)	น้ำหนักก๊อิมตัวผิวแห้ง ของมวลรวมหยาบ (กรัม)	ร้อยละการดูดซึมน้ำ	หมายเหตุ
SPN-01	2,000	2,002	0.10	
SPN-03	2,000	2,041	2.01	
SPN-05	2,000	2,062	3.01	
SPN-07	2,000	2,025	1.23	
SPN-09	2,000	2,026	1.28	
SPN-11	2,000	2,042	2.06	
SPN-13	2,000	2,072	3.47	
SPN-15	2,000	2,028	1.38	
SSK-01	2,000	2,059	2.87	
SSK-03	2,000	2,030	1.48	
SSK-05	2,000	2,033	1.62	
SSK-07	2,000	2,022	1.09	
SSK-09	2,000	2,021	1.04	
SSK-11	2,000	2,029	1.43	
SSK-13	2,000	2,049	2.39	
SSK-15	2,000	2,077	3.71	
SSK-17	2,000	2,025	1.23	
SPF-01	2,000	2,035	1.72	
SPF-03	2,000	2,017	0.84	
SPG-01	2,000	2,058	2.82	
SPD-01	2,000	2,060	2.91	
SPD-03	2,000	2,055	2.68	
SBM-01	2,000	2,045	2.20	

ตาราง 8 ค่าการทดสอบการดูดซึมน้ำ (ต่อ)

ค่าการทดสอบการดูดซึมน้ำ				
รหัสตัวอย่าง	น้ำหนักของมวลรวมหยาบ(กรัม)	น้ำหนักก๊อิมตัวผิวแห้งของมวลรวมหยาบ(กรัม)	ร้อยละการดูดซึมน้ำ	หมายเหตุ
SBM-03	2,000	2,021	1.04	
SBD-01	2,000	2,115	5.44	
SBD-03	2,000	2,074	3.57	
SBH-01	2,000	2,077	3.71	

จากการทดสอบการดูดซึมน้ำของหินบะซอลต์จังหวัดอุบลราชธานีพบว่าการดูดซึมน้ำค่อนข้างมาก โดยมีค่าการดูดซึมน้ำต่ำสุดคือ ตัวอย่างรหัส SPF-03 มีการดูดซึมน้ำร้อยละ 0.85 และค่าการดูดซึมน้ำมากที่สุดคือ ตัวอย่างรหัส SBH-01 มีการดูดซึมน้ำร้อยละ 3.85 หากต้องการนำไปใช้ควรเลือกหินบะซอลต์ที่เหมาะสมจากตารางค่าการดูดซึมน้ำตาราง 3 และตาราง 4



ภาพประกอบ 27 ค่าการดูดซึมน้ำของหินบะซอลต์จังหวัดอุบลราชธานี

จากภาพประกอบ 27 การทดสอบการดูดซึมน้ำของหินบะซอลต์จังหวัดอุบลราชธานีมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 2.17 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานคือ 0.98 ตามมาตรฐานกรมทางหลวงที่ (ทล.-ท 209/2518) ได้กำหนดค่าที่ใช้ได้ต้องน้อยกว่าร้อยละ 5 จะเห็นว่าค่าเฉลี่ยการดูดซึมน้ำของหินบะซอลต์ที่ใช้ในการทดสอบอยู่ในเกณฑ์ที่กรมทางหลวงกำหนด โดยมีตัวอย่างที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานกรมทางหลวงจำนวน 27 ตัวอย่าง สำหรับการนำไปใช้สามารถใช้หินบะซอลต์จากแหล่งหินจังหวัดอุบลราชธานีเป็นวัสดุผสมคอนกรีตได้

4.5 การทดสอบหาค่าความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity)

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

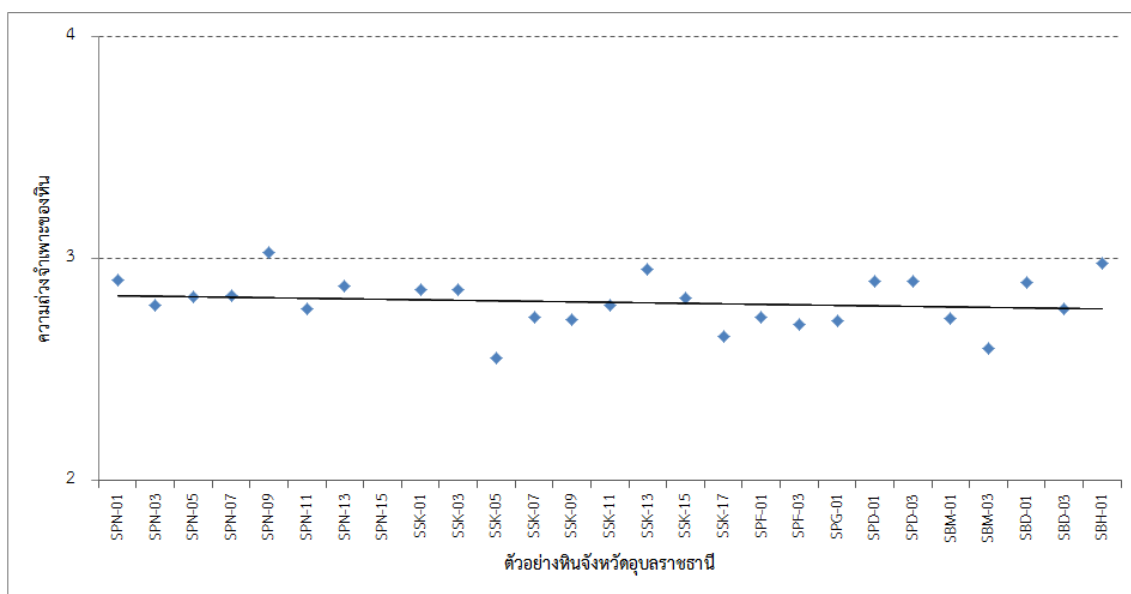
ตาราง 9 ค่าการทดสอบความถ่วงจำเพาะ

ค่าการทดสอบความถ่วงจำเพาะ								
รหัสตัวอย่าง	น้ำหนักขวดพลาสติก+น้ำ	น้ำหนักขวดพลาสติก+น้ำ+ฝุ่นหิน	กระป๋อง+ฝุ่นหินแห้ง	น้ำหนักกระป๋อง	น้ำหนักฝุ่นหินแห้ง(เฉลี่ย)	ค่าตัวแปรปรับแก้เนื่องจากอุณหภูมิ	ความถ่วงจำเพาะของฝุ่นหิน	หมายเหตุ
SPN-01	656.25	688.82	63.67	13.67	49.60	0.9970	2.90	
SPN-03	672.02	703.89	69.50	19.50	49.60	0.9970	2.79	
SPN-05	658.51	690.61	69.30	19.30	49.60	0.9970	2.83	
SPN-07	659.55	691.70	72.57	22.57	49.60	0.9970	2.83	
SPN-09	656.85	690.11	63.72	13.72	49.60	0.9970	3.03	
SPN-11	658.70	690.48	65.35	15.35	49.60	0.9970	2.78	
SPN-13	659.47	691.87	69.83	19.83	49.60	0.9970	2.87	
SPN-15	656.88	683.66	69.58	19.58	49.60	0.9970	2.17	
SSK-01	656.64	688.95	62.74	12.74	49.60	0.9970	2.86	

ตาราง 9 ค่าการทดสอบความถ่วงจำเพาะ (ต่อ)

ค่าการทดสอบความถ่วงจำเพาะ								
รหัสตัวอย่าง	น้ำหนักขวดพลาสติก+น้ำ	น้ำหนักขวดพลาสติก+น้ำ+ฝุ่นหิน	กระป๋อง+ฝุ่นหินแห้ง	น้ำหนักกระป๋อง	น้ำหนักฝุ่นหินแห้ง(เฉลี่ย)	ค่าตัวแปรปรับแก้เนื่องจากอุณหภูมิ	ความถ่วงจำเพาะของฝุ่นหิน	หมายเหตุ
SSK-03	671.90	704.21	68.43	18.43	49.60	0.9970	2.86	
SSK-05	658.25	688.46	63.72	13.72	49.60	0.9970	2.55	
SSK-07	657.22	688.75	68.18	18.18	49.60	0.9970	2.74	
SSK-09	659.77	691.24	70.11	20.11	49.60	0.9970	2.73	
SSK-11	656.65	688.51	67.78	17.78	49.60	0.9970	2.79	
SSK-13	657.61	690.45	70.22	20.22	49.60	0.9970	2.95	
SSK-15	658.58	690.67	72.31	22.31	49.60	0.9970	2.82	
SSK-17	658.28	689.20	68.95	18.95	49.60	0.9970	2.65	
SPF-01	672.02	703.53	70.66	20.66	49.60	0.9970	2.73	
SPF-03	657.00	688.32	65.01	15.01	49.60	0.9970	2.71	
SPG-01	657.22	688.65	67.85	17.85	49.60	0.9970	2.72	
SPD-01	657.93	690.46	68.66	18.66	49.60	0.9970	2.90	
SPD-03	658.42	690.96	67.32	17.32	49.60	0.9970	2.90	
SBM-01	657.25	688.75	68.44	18.44	49.60	0.9970	2.73	
SBM-03	657.93	688.46	67.52	17.52	49.60	0.9970	2.59	
SBD-01	659.79	692.29	67.44	17.44	49.60	0.9970	2.89	
SBD-03	672.04	703.80	68.67	18.67	49.60	0.9970	2.77	
SBH-01	657.12	690.12	70.35	20.35	49.60	0.9970	2.98	

จากผลการทดสอบเพื่อหาค่าความถ่วงจำเพาะของหินบะซอลต์จังหวัดอุบลราชธานี พบว่า หินบะซอลต์ที่นำมาใช้ทดสอบมีผลออกมาค่อนข้างดี แต่มีตัวอย่างบางรหัสมีค่าที่ต่างออกไป ได้แก่ ตัวอย่างหินบะซอลต์รหัส SPN-09 SPN-15 SSK-05 SBM-03 และSBH-01 ซึ่งในการเลือกใช้ หินบะซอลต์ ควรเลือกหินให้เหมาะสมกับลักษณะของประเภทงานก่อสร้าง



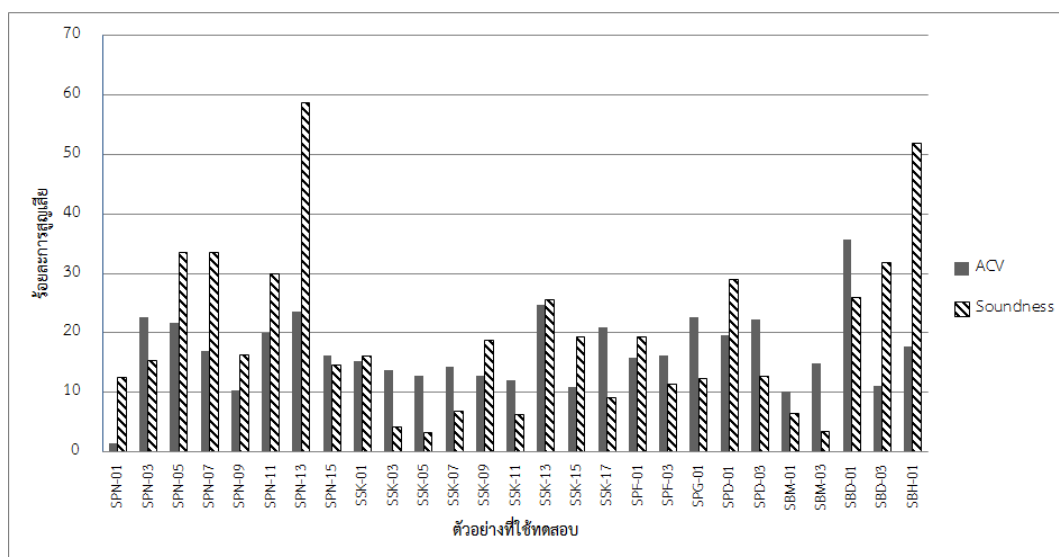
ภาพประกอบ 28 การทดสอบค่าความถ่วงจำเพาะ

จากภาพประกอบ 28 การทดสอบความถ่วงจำเพาะของตัวอย่างหินจากแหล่งจังหวัดอุบลราชธานีได้ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 2.80 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานคือ 0.11 ตามมาตรฐานกรมทางหลวง (ทล.ท 101/2515) ได้กำหนดค่ามาตรฐานของความถ่วงจำเพาะที่จะนำไปใช้อยู่ที่ 2.63-2.92 จะเห็นว่าแหล่งหินบะซอลต์จังหวัดอุบลราชธานีมีค่าเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานของกรมทางหลวงกำหนด ดังนั้นค่าความถ่วงจำเพาะของหินบะซอลต์จากการทดลองจึงจัดว่ามีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสม

4.6 การเปรียบเทียบสมบัติทางกลศาสตร์ของหินบะซอลต์

4.6.1 การเปรียบเทียบการทดสอบหาปริมาณการแตกหักเนื่องจากแรงบดและการทดสอบหาค่าส่วนที่ไม่คงทน

เป็นการเปรียบเทียบจากผลการทดสอบหาปริมาณการแตกหักเนื่องจากแรงบดและการทดสอบหาค่าส่วนที่ไม่คงทนว่ามีความแตกต่างกันมากน้อยเพียงใด และหาร้อยละความแตกต่างของการทดสอบทั้ง 27 ตัวอย่าง ผลที่ได้แสดงในภาพประกอบ 29

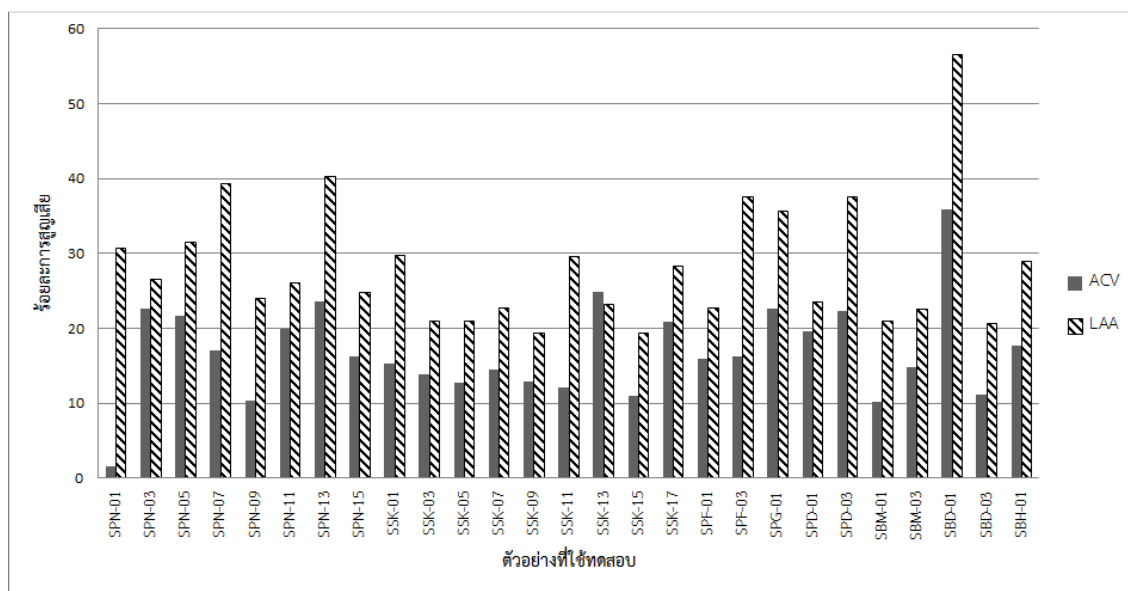


ภาพประกอบ 29 เปรียบเทียบการทดสอบปริมาณการแตกหักเนื่องจากแรงบดและการทดสอบหาค่าส่วนที่ไม่คงทน

จากการเปรียบเทียบผลการทดสอบการหาปริมาณการแตกหักเนื่องจากแรงบดและการทดสอบหาค่าส่วนที่ไม่คงทนในภาพประกอบ 29 พบว่า การทดสอบหาค่าส่วนที่ไม่คงทนมีค่ามากกว่าการทดสอบการหาปริมาณการแตกหักเนื่องจากแรงบด โดยตัวอย่างที่มีค่าผลต่างมากที่สุดของการทดสอบการหาปริมาณการแตกหักเนื่องจากแรงบดและการทดสอบหาค่าส่วนที่ไม่คงทนคือ SPN-13 มีผลต่างร้อยละ 35.15

4.6.2 การเปรียบเทียบการทดสอบหาปริมาณการแตกหักเนื่องจากแรงบดและการทดสอบเพื่อหาค่าการสึกหรอ

เป็นการเปรียบเทียบความแตกต่างของผลการทดสอบการสูญเสียจากการทดสอบหาปริมาณการแตกหักเนื่องจากแรงบดและการทดสอบเพื่อหาค่าการสึกหรอ และหาร้อยละความแตกต่างของการทดสอบทั้ง 27 ตัวอย่าง ผลที่ได้แสดงในภาพประกอบ 30

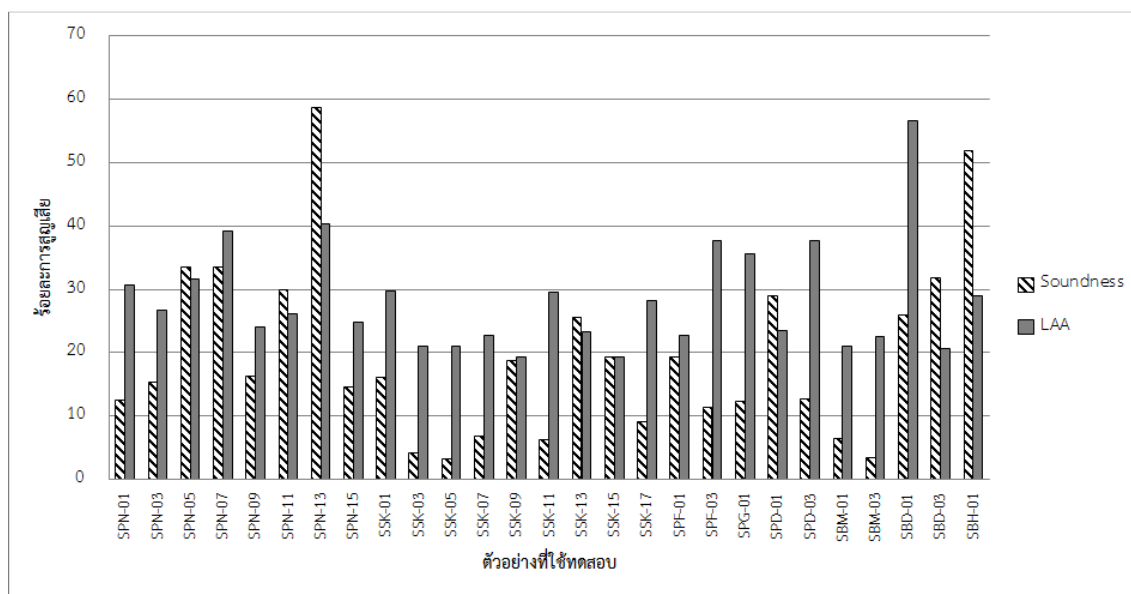


ภาพประกอบ 30 เปรียบเทียบการทดสอบหาปริมาณการแตกหักเนื่องจากแรงบิดและ
การทดสอบเพื่อหาค่าการสีกหรือ

จากการเปรียบเทียบผลการทดสอบการสูญเสียจากการทดสอบการแตกหักเนื่องจากแรงบิดและการทดสอบเพื่อหาค่าการสีกหรือในภาพประกอบ 30 พบว่า การทดสอบเพื่อหาค่าการสีกหรือมีค่ามากกว่าการทดสอบหาปริมาณการแตกหักเนื่องจากแรงบิด โดยตัวอย่างที่มีค่าความแตกต่างมากที่สุดของการทดสอบหาปริมาณการแตกหักเนื่องจากแรงบิดและการทดสอบเพื่อหาค่าการสีกหรือคือ SPN-01 มีผลต่างร้อยละ 29.24

4.6.3 การเปรียบเทียบการทดสอบหาค่าส่วนที่ไม่คงทนและการทดสอบเพื่อหาค่าการสีกหรือ

เป็นการเปรียบเทียบผลการทดสอบที่สูญเสียจากการทดสอบหาค่าส่วนที่ไม่คงทนและการทดสอบเพื่อหาค่าการสีกหรือว่ามีค่าแตกต่างกันเล็กน้อยเพียงใด และหาร้อยละความแตกต่างของตัวอย่างทั้งหมด ผลที่ได้แสดงในภาพประกอบ 31

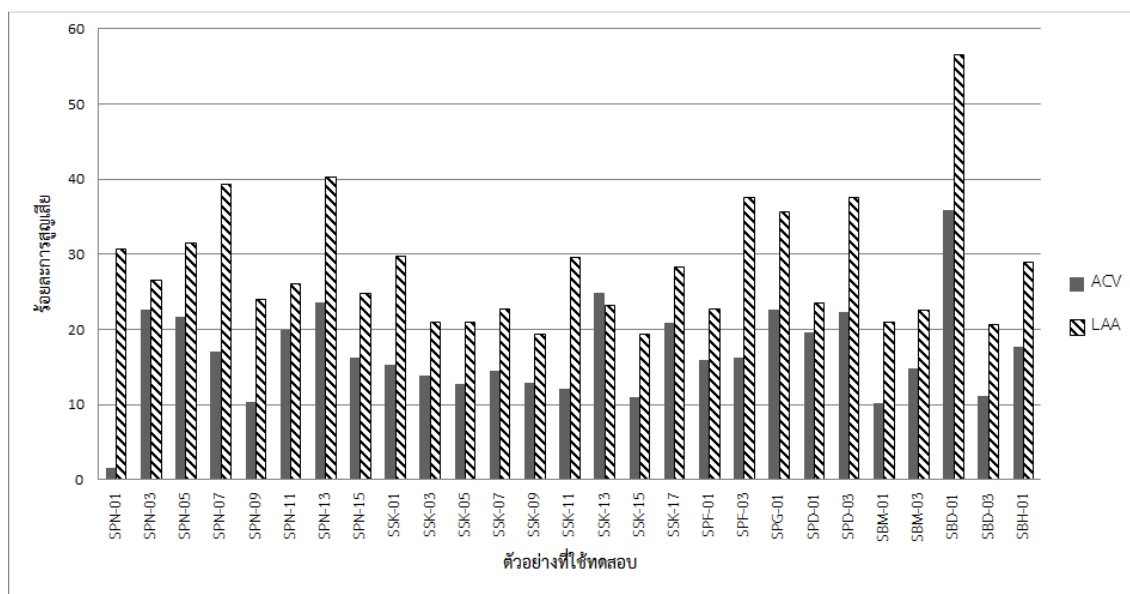


ภาพประกอบ 31 เปรียบเทียบการทดสอบหาค่าส่วนที่ไม่คงทนและการทดสอบเพื่อหาค่าการสึกหรอ

จากการเปรียบเทียบการทดสอบหาค่าส่วนที่ไม่คงทนและการทดสอบเพื่อหาค่าการสึกหรอในภาพประกอบ 31 พบว่า การทดสอบเพื่อหาค่าการสึกหรอมีค่ามากกว่า การทดสอบหาค่าส่วนที่ไม่คงทน โดยตัวอย่างที่มีค่าความแตกต่างมากที่สุดของการทดสอบหาค่าส่วนที่ไม่คงทนและการทดสอบเพื่อหาค่าการสึกหรอคือ SBD-01 มีผลต่างร้อยละ 30.64

4.6.4 การเปรียบเทียบการทดสอบเพื่อหาค่าการสึกหรอและการดูดซึมน้ำ

เป็นการเปรียบเทียบผลการทดสอบการสูญเสียจากการสึกหรอและการดูดซึมน้ำว่ามีความเกี่ยวข้องกันอย่างไร ซึ่งการเปรียบเทียบการทดสอบจะแสดงในตาราง 32

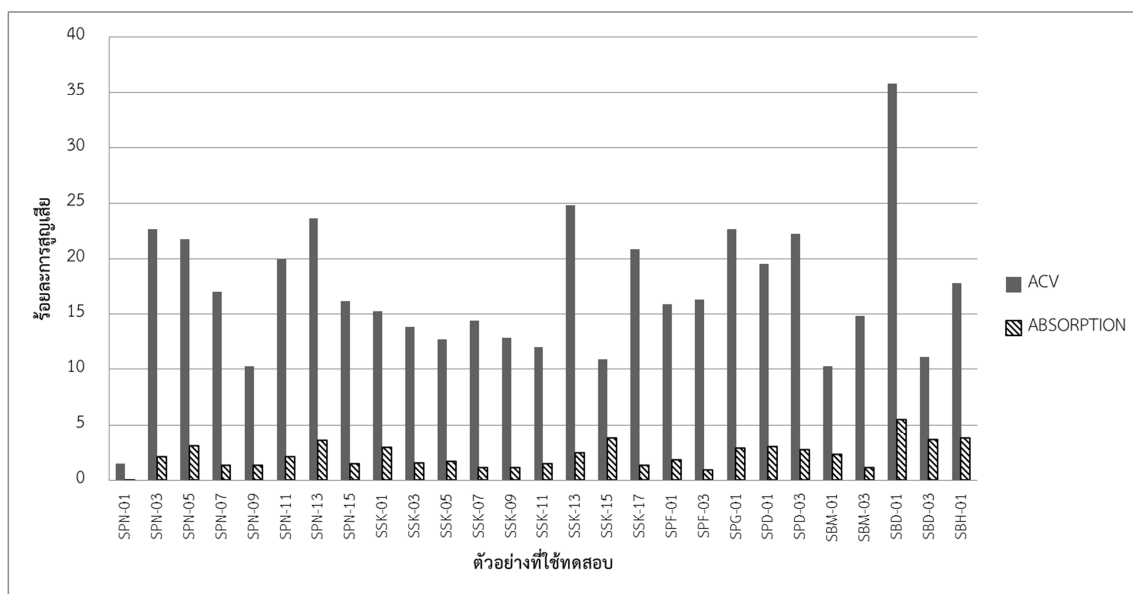


ภาพประกอบ 32 เปรียบเทียบผลทดสอบเพื่อหาค่าการสีกหรือและการดูดซึมน้ำ

จากการเปรียบเทียบผลการทดสอบผลทดสอบเพื่อหาค่าการสีกหรือและการดูดซึมน้ำในภาพประกอบ 32 ค่ามากที่สุดของการทดสอบเพื่อหาค่าการสีกหรือคือ ร้อยละ 56.64 และค่ามากที่สุดของการดูดซึมน้ำคือ ร้อยละ 5.44 ดังนั้นจากผลการทดสอบพบว่า เมื่อตัวอย่างมีการดูดซึมน้ำมากการสีกหรือก็จะมากขึ้นด้วย

4.6.5 การเปรียบเทียบการทดสอบปริมาณการแตกหักเนื่องจากแรงบดและการดูดซึมน้ำ

เป็นการเปรียบเทียบผลการสูญเสียจากการทดสอบปริมาณการแตกหักเนื่องจากแรงบดและการดูดซึมน้ำของหินบะซอลต์แหล่งจังหวัดอุบลราชธานีจำนวน 27 ตัวอย่าง โดยหาความเกี่ยวข้องกันของทั้งสองการทดสอบ ซึ่งผลการทดสอบได้แสดงไว้ในภาพประกอบ 33 ดังต่อไปนี้

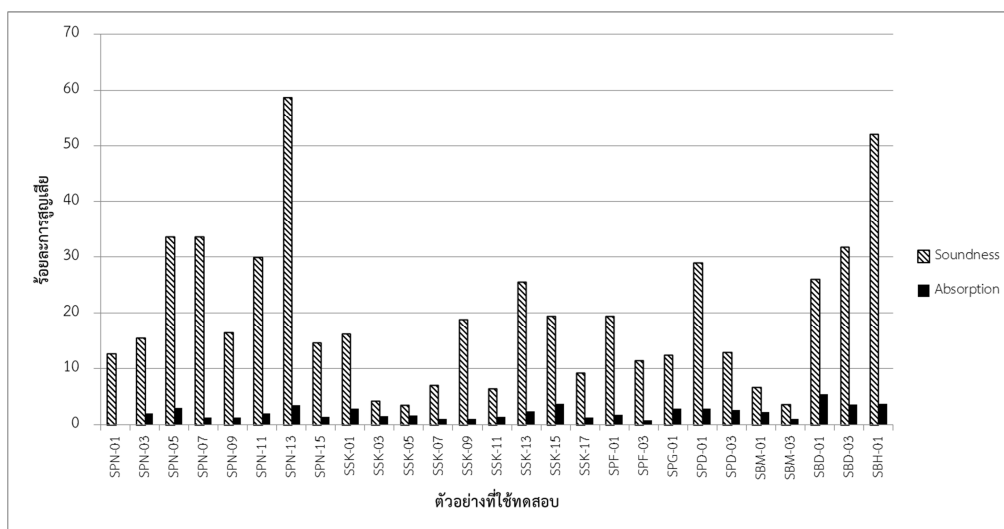


ภาพประกอบ 33 เปรียบเทียบผลทดสอบการแตกหักเนื่องจากแรงบดและการดูดซึมน้ำ

จากการเปรียบเทียบผลการทดสอบปริมาณการแตกหักเนื่องจากแรงบดและการดูดซึมน้ำในภาพประกอบ 33 ค่ามากที่สุดของการทดสอบปริมาณการแตกหักเนื่องจากแรงบดคือ ร้อยละ 35.79 และค่ามากที่สุดของการดูดซึมน้ำคือ ร้อยละ 5.44 ดังนั้นจากผลการทดสอบพบว่า การทดสอบปริมาณการแตกหักเนื่องจากแรงบดมีการสูญเสียมากกว่าการทดสอบการดูดซึมน้ำมาก แต่เมื่อตัวอย่างมีการดูดซึมน้ำมากการสึกหรอก็จะมากขึ้นด้วย

4.6.5 การเปรียบเทียบการทดสอบหาค่าส่วนที่ไม่คงทนและการดูดซึมน้ำ

เป็นการเปรียบเทียบผลการสูญเสียจากการทดสอบหาค่าส่วนที่ไม่คงทนและการดูดซึมน้ำของหินบะซอลต์แหล่งจังหวัดอุบลราชธานีจำนวน โดยหาความเกี่ยวข้องกันของทั้งสองการทดสอบ ซึ่งผลการทดสอบได้แสดงไว้ในภาพประกอบ 34 ดังต่อไปนี้



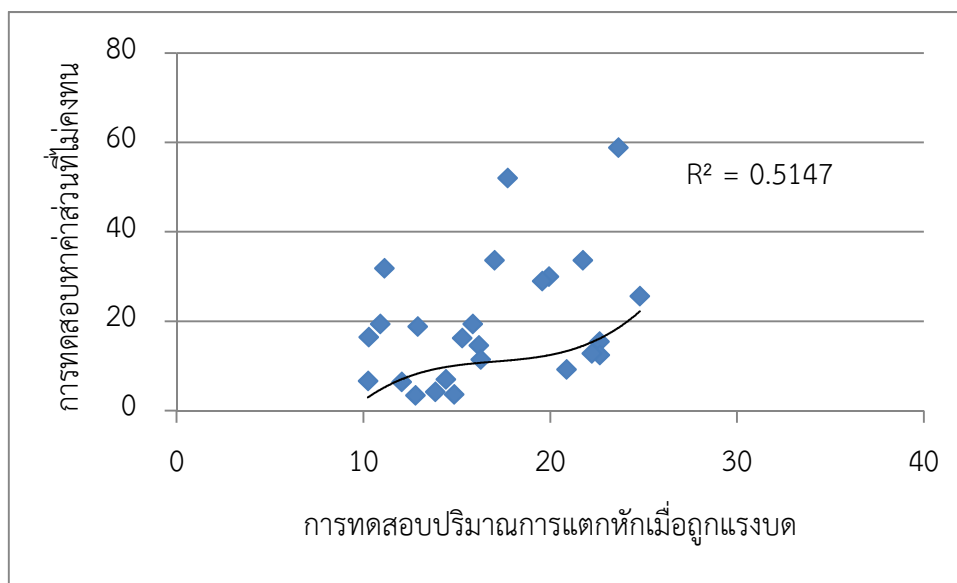
ภาพประกอบ 34 เปรียบเทียบผลทดสอบหาค่าส่วนที่ไม่คงทนและการดูดซึมน้ำ

จากการเปรียบเทียบผลการทดสอบผลทดสอบหาค่าส่วนที่ไม่คงทนและการดูดซึมน้ำในภาพประกอบ 34 ค่ามากที่สุดของการทดสอบหาค่าส่วนที่ไม่คงทนคือ ร้อยละ 58.80 และค่ามากที่สุดของการดูดซึมน้ำคือ ร้อยละ 5.44 ดังนั้นจากผลการทดสอบพบว่า การทดสอบหาค่าส่วนที่ไม่คงทนมีการสูญเสียมากกว่าการทดสอบการดูดซึมน้ำมาก

4.7 ความสัมพันธ์ของสมบัติทางกลศาสตร์

4.7.1 ความสัมพันธ์ของการทดสอบเพื่อหาส่วนที่ไม่คงทนกับการทดสอบการแตกหักเมื่อถูกแรงกด

จากการทดสอบกลสมบัติของหินบะซอลต์จากแหล่งจังหวัดอุบลราชธานีจำนวน 27 ตัวอย่าง พบว่าการทดสอบเพื่อหาส่วนที่ไม่คงทนมีความสัมพันธ์กับการทดสอบการแตกหักเนื่องจากแรงกดดังแสดงในภาพประกอบ 35

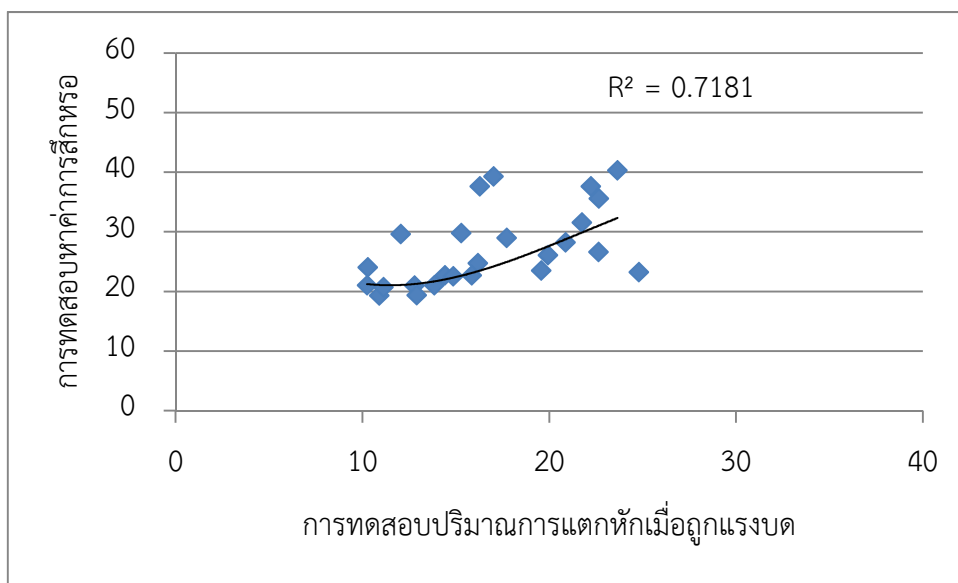


ภาพประกอบ 35 ความสัมพันธ์ของสมบัติทางกลศาสตร์ระหว่างการทดสอบส่วนไม่คงทน และการทดสอบการแตกหักเมื่อถูกแรงกด

จากการหาความสัมพันธ์ระหว่างการทดสอบเพื่อหาค่าส่วนที่ไม่คงทนกับการทดสอบการแตกหักเนื่องจากแรงกดดังแสดงในภาพประกอบ 35 พบว่า R^2 มีค่าเท่ากับ 0.5147 ดังนั้นความสัมพันธ์เชิงเส้นของการทดสอบเพื่อหาค่าส่วนที่ไม่คงทนกับการทดสอบการแตกหักเนื่องจากแรงกดมีค่าค่อนข้างดี

4.7.2 ความสัมพันธ์ของการทดสอบหาค่าการสึกหรอกับการทดสอบปริมาณการแตกหักเมื่อถูกแรงกด

จากการทดสอบกลสมบัติของหินบะซอลต์จากแหล่งจังหวัดอุบลราชธานี พบว่าการทดสอบหาค่าการสึกหรอกับการทดสอบปริมาณการแตกหักเมื่อถูกแรงกดมีความสัมพันธ์ดังแสดงในภาพประกอบ 36

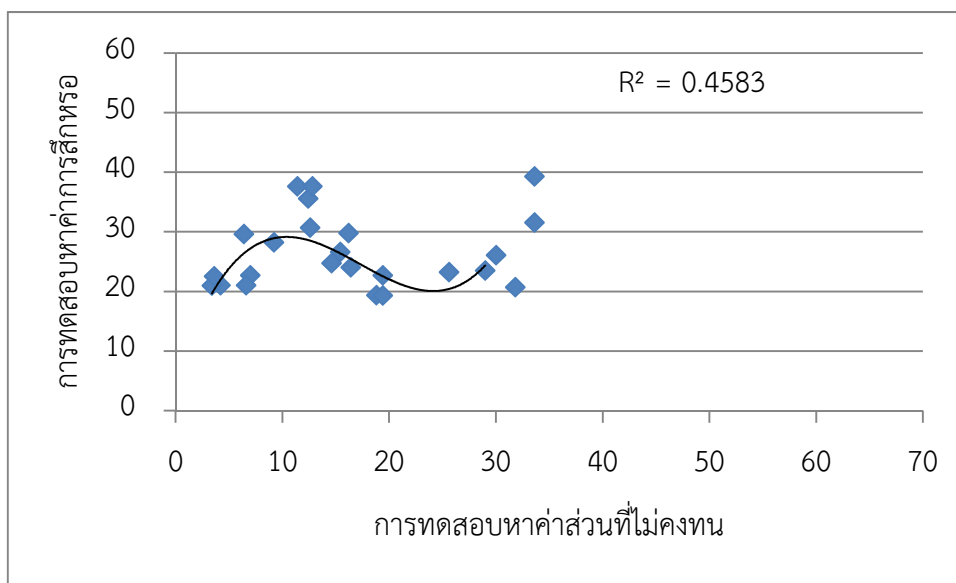


ภาพประกอบ 36 ความสัมพันธ์ของสมบัติทางกลศาสตร์ระหว่างการทดสอบการสึกหรอ และการทดสอบการแตกหักเมื่อถูกแรงบิด

จากการหาความสัมพันธ์ระหว่างการทดสอบการสึกหรอกับการทดสอบปริมาณการแตกหัก เนื่องจากแรงบิดดังแสดงในภาพประกอบ 36 พบว่า R^2 มีค่าเท่ากับ 0.7181 ดังนั้นความสัมพันธ์เชิงเส้นของการทดสอบหาค่าการสึกหรอกับการทดสอบปริมาณการแตกหักเนื่องจากแรงบิดมีค่าดี

4.7.3 ความสัมพันธ์ของการทดสอบหาค่าการสึกหรอและการทดสอบหาค่าส่วนที่ไม่คงทน

จากการทดสอบกลสมบัติของหินบะซอลต์จากแหล่งจังหวัดอุบลราชธานี พบว่า การทดสอบหาค่าการสึกหรอกับการทดสอบหาค่าส่วนที่ไม่คงทนมีความสัมพันธ์ดังแสดงในภาพประกอบ 37

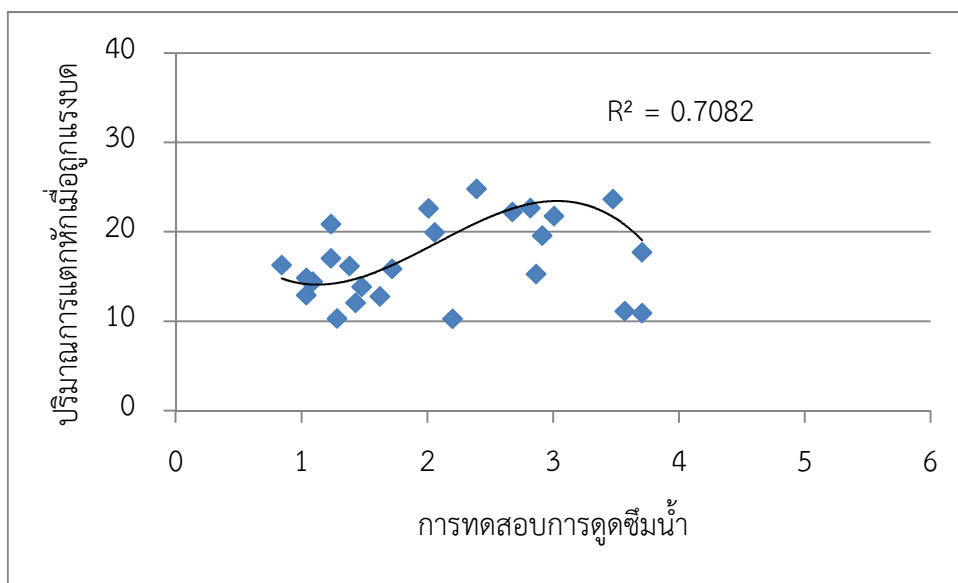


ภาพประกอบ 37 ความสัมพันธ์ของสมบัติทางกลศาสตร์ระหว่างการทดสอบค่าการสึกหรอกับการทดสอบค่าส่วนที่ไม่คงทน

จากภาพประกอบ 37 พบว่าความสัมพันธ์ระหว่างการทดสอบค่าการสึกหรอกับการทดสอบค่าส่วนที่ไม่คงทนมีค่า R^2 มีค่าเท่ากับ 0.4583 ดังนั้นความสัมพันธ์เชิงเส้นของการทดสอบค่าการสึกหรอกับการทดสอบค่าส่วนที่ไม่คงทนมีความสัมพันธ์ค่อนข้างดี

4.7.4 ความสัมพันธ์ของการทดสอบการดูดซึมน้ำและการทดสอบการแตกหักเมื่อถูกแรงกด

จากการทดสอบกลสมบัติของหินบะซอลต์จากแหล่งจังหวัดอุบลราชธานีจำนวน 27 ตัวอย่าง พบว่าการทดสอบการดูดซึมน้ำมีความสัมพันธ์กับการทดสอบปริมาณการแตกหักเนื่องจากแรงกดดังแสดงในภาพประกอบ 38

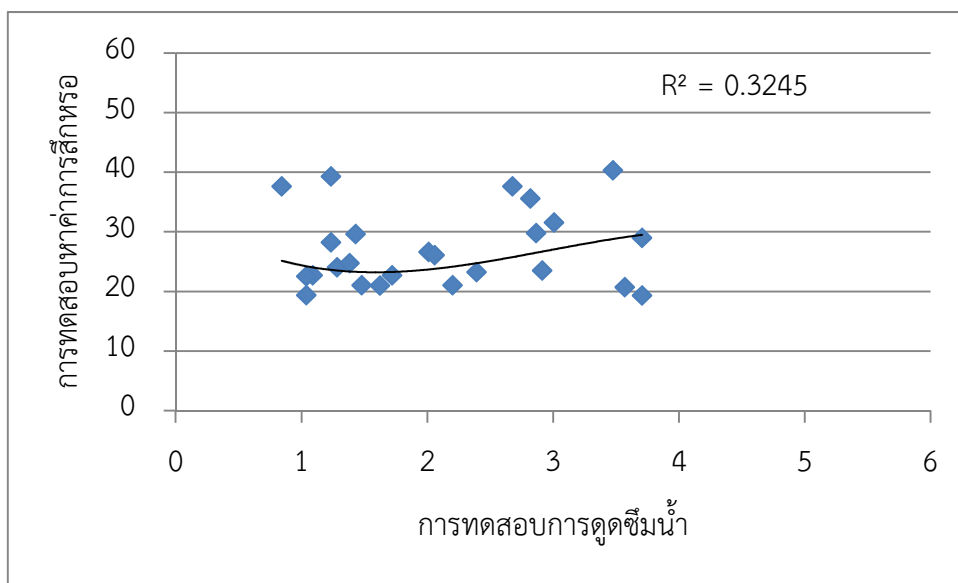


ภาพประกอบ 38 ความสัมพันธ์ของสมบัติทางกลศาสตร์ระหว่างการทดสอบการดูดซึมน้ำ และการทดสอบปริมาณการแตกหักเมื่อถูกแรงกด

จากการหาความสัมพันธ์ระหว่างการทดสอบการดูดซึมน้ำกับการทดสอบปริมาณการแตกหัก เนื่องจากแรงกดดังแสดงในภาพประกอบ 38 พบว่า R^2 มีค่าเท่ากับ 0.7082 ดังนั้นความสัมพันธ์เชิงเส้นของการทดสอบการดูดซึมน้ำกับการทดสอบปริมาณการแตกหักเนื่องจากแรงกดมีความสัมพันธ์ดี

4.7.5 ความสัมพันธ์ของการทดสอบการดูดซึมน้ำและการทดสอบหาค่าการสึกหรอ

จากการทดสอบกลสมบัติของหินบะซอลต์จากแหล่งจังหวัดอุบลราชธานี พบว่า การทดสอบการดูดซึมน้ำมีความสัมพันธ์กับการทดสอบหาค่าการสึกหรอดังแสดงในภาพประกอบ 39

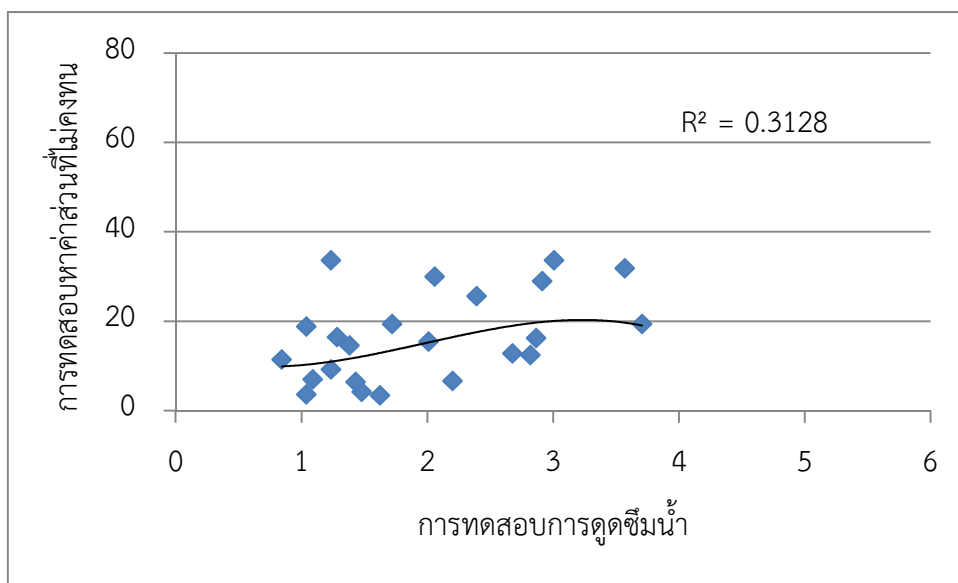


ภาพประกอบ 39 ความสัมพันธ์ของสมบัติทางกลศาสตร์ระหว่างการทดสอบหาค่าการสึกหรอ และการทดสอบการดูดซึมน้ำ

จากการหาความสัมพันธ์ระหว่างการทดสอบการดูดซึมน้ำกับการทดสอบหาค่าการสึกหรอ ดังแสดงในภาพประกอบ 39 พบว่า R^2 มีค่าเท่ากับ 0.3245 ดังนั้นความสัมพันธ์เชิงเส้นของการทดสอบการดูดซึมน้ำกับการทดสอบหาค่าการสึกหรอมีความสัมพันธ์กันค่อนข้างดี

4.7.6 ความสัมพันธ์ของการทดสอบการดูดซึมน้ำและการทดสอบหาค่าส่วนที่ไม่คงทน

จากการทดสอบกลสมบัติของหินบะซอลต์จากแหล่งจังหวัดอุบลราชธานี พบว่าการทดสอบการดูดซึมน้ำมีความสัมพันธ์กับการทดสอบหาค่าส่วนที่ไม่คงทนดังแสดงในภาพประกอบ 40



ภาพประกอบ 40 ความสัมพันธ์ของสมบัติทางกลศาสตร์ระหว่างการทดสอบหาค่าส่วนที่ไม่คงทน และการทดสอบการดูดซึมน้ำ

จากการหาความสัมพันธ์ระหว่างการทดสอบการดูดซึมน้ำกับการทดสอบหาค่าส่วนที่ไม่คงทนดังแสดงในภาพประกอบ 40 พบว่า R^2 มีค่าเท่ากับ 0.3128 ดังนั้นความสัมพันธ์เชิงเส้นของการทดสอบการดูดซึมน้ำกับการทดสอบหาค่าส่วนที่ไม่คงทนมีความสัมพันธ์ค่อนข้างดี

เมื่อทำการวิเคราะห์สมบัติทางกลศาสตร์ต่างๆ ของหินบะซอลต์สามารถจำแนกค่า R^2 ได้ ดังนี้

$R^2 < 0.25$	แสดงว่ามีความสัมพันธ์กันน้อย
$R^2 = 0.25 - 0.55$	แสดงว่ามีความสัมพันธ์พอใช้
$R^2 = 0.55 - 0.80$	แสดงว่ามีความสัมพันธ์ดี
$R^2 = 0.80 - 1.00$	แสดงว่ามีความสัมพันธ์ดีมาก

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

ในบทนี้จะกล่าวถึงผลสรุปของงานวิจัยในเรื่องการทดสอบคุณสมบัติทางกลศาสตร์ของหินบะซอลต์ทั้ง 5 การทดสอบ รวมถึงข้อเสนอแนะต่างๆ ที่มีประโยชน์สำหรับการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับหัวข้อของงานวิจัยนี้

5.1 สรุปผลการศึกษา

5.1.1 การทดสอบสมบัติทางกลศาสตร์ของหินบะซอลต์จังหวัดอุบลราชธานี มีผลการทดสอบดังต่อไปนี้

การทดสอบหาค่าการสึกหรอของหินบะซอลต์จากแหล่งจังหวัดอุบลราชธานีผ่านเกณฑ์มาตรฐาน (ทล.-ท 202/2515) ร้อยละ 70 ค่ามาตรฐานเบี่ยงเบน เท่ากับ 6.5

การทดสอบหาค่าของส่วนที่ไม่คงทนของหินบะซอลต์จากแหล่งจังหวัดอุบลราชธานีผ่านเกณฑ์มาตรฐาน (ทล.-ท 213/2531) ร้อยละ 30 ค่ามาตรฐานเบี่ยงเบน เท่ากับ 9.68

การทดสอบหาปริมาณการแตกหักเมื่อถูกแรงกดของหินบะซอลต์จากแหล่งจังหวัดอุบลราชธานีผ่านเกณฑ์มาตรฐาน (BS 812: Part 110: 1990) ร้อยละ 96 ค่ามาตรฐานเบี่ยงเบน เท่ากับ 4.53

การทดสอบการดูดซึมน้ำของหินบะซอลต์จากแหล่งจังหวัดอุบลราชธานีผ่านเกณฑ์มาตรฐาน (ทล.-ท 209/2518) ร้อยละ 96 ค่ามาตรฐานเบี่ยงเบน เท่ากับ 0.98

การทดสอบหาค่าความถ่วงจำเพาะของหินบะซอลต์จากแหล่งจังหวัดอุบลราชธานีผ่านเกณฑ์มาตรฐาน (ทล.-ท 101/2515) ร้อยละ 78 ค่ามาตรฐานเบี่ยงเบน เท่ากับ 0.11

ตัวอย่างหินบะซอลต์จากแหล่งจังหวัดอุบลราชธานีทั้ง 5 การทดสอบผ่านเกณฑ์มาตรฐานของกรมทางหลวง และมาตรฐานBritish Standard ทั้งหมดเป็นร้อยละ 74

5.1.2 การทดสอบสมบัติทางกลศาสตร์แต่ละการทดสอบมีความสัมพันธ์กันดังต่อไปนี้

ความสัมพันธ์เชิงเส้นของการทดสอบเพื่อหาค่าส่วนที่ไม่คงทนกับการทดสอบการแตกหักเนื่องจากแรงกดมีค่าค่อนข้างดี

ความสัมพันธ์เชิงเส้นของการทดสอบหาค่าการสึกหรอกับการทดสอบปริมาณการแตกหักเนื่องจากแรงกดมีค่าดี

ความสัมพันธ์เชิงเส้นของการทดสอบหาค่าการสึกหรอกับการทดสอบหาค่าส่วนที่ไม่คงทนมีความสัมพันธ์ค่อนข้างดี

ความสัมพันธ์เชิงเส้นของการทดสอบการดูซึมกับการทดสอบปริมาณการแตกหัก
เนื่องจากแรงบดมีความสัมพันธ์ดี

ความสัมพันธ์เชิงเส้นของการทดสอบการดูซึมกับการทดสอบหาค่าการสึกหรอมี
ความสัมพันธ์กันค่อนข้างดี

ความสัมพันธ์เชิงเส้นของการทดสอบการดูซึมกับการทดสอบหาค่าส่วนที่ไม่คงทนมี
ความสัมพันธ์ค่อนข้างดี

5.1.3 จากการทดสอบสมบัติทางกลศาสตร์ทั้ง 5 การทดสอบสามารถนำหินบะชอลต์จาก
แหล่งจังหวัดอุบลราชธานีไปใช้เป็นวัสดุผิวทางหรืองานคอนกรีตในงานก่อสร้างได้

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ควรศึกษาการทดสอบคุณสมบัติทางกลศาสตร์ของหินบะชอลต์เพิ่มเติม เพื่อให้ได้ข้อมูล
พื้นฐานกว้างมากขึ้น

5.2.2 ควรศึกษาแหล่งหินบะชอลต์จากแหล่งอื่นๆเพื่อจะได้รู้ว่าหินบะชอลต์จากแหล่งใดมี
คุณสมบัติที่ดี

5.2.3 ควรศึกษาแหล่งหินบะชอลต์เพื่อใช้ในการทดแทนงานอื่นๆด้วย เช่น ใช้ในงานคอนกรีต
งานถนน ฯลฯ

5.2.4 ควรศึกษาหินประเภทอื่นที่นอกเหนือจากหินบะชอลต์เพื่อใช้เปรียบเทียบคุณสมบัติ
และการนำไปใช้ประโยชน์ให้มากยิ่งขึ้น

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

กรมทรัพยากรธรณี. หินทรายแป้ง. หินและวัฏจักรของหิน. 5 สิงหาคม 2556.

<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> 30 สิงหาคม 2556.

กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. การสำรวจและประเมินเพื่อกำหนดขอบเขตแหล่งหินก่อสร้าง.

พื้นที่จังหวัดขอนแก่น และ จังหวัดอุดรธานี. เอกสารการประชุมระดมความคิดเห็นและเผยแพร่
องค์ความรู้. ขอนแก่น : ประเทศไทย, 26 สิงหาคม 2556.

ธวัชชัย ลาสงยางและสุมงคล นาทัน. การศึกษาคุณสมบัติทางกลศาสตร์ของหินทรายแป้ง.

ปริญญาานิพนธ์ วศ.บ. มหาสารคาม : มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, 2557.

ไพศาล สุวรรณรักษ์. การศึกษาคุณสมบัติด้านวิศวกรรมของหินแกรนิตในประเทศไทย. ปริญญาานิพนธ์

วศ.บ. กรุงเทพฯ : มหาลัษเษตรศาสตร์, 2543.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
ภาพประกอบ

ตาราง 5 ค่าการทดสอบหาการสึกหรอ

การทดสอบหาการสึกหรอ				
รหัสตัวอย่าง	น้ำหนักก่อนทดสอบ (กรัม)	น้ำหนักหลังทดสอบ (กรัม)	ร้อยละการแตกหัก	หมายเหตุ
SPN-01	2,500	1,732	30.72	
SPN-03	2,500	1,834	26.64	
SPN-05	2,500	1,711	31.56	
SPN-07	2,500	1,518	39.28	
SPN-09	2,500	1,899	24.04	
SPN-11	2,500	1,848	26.08	
SPN-13	2,500	1,492	40.32	

ตาราง 5 ค่าการทดสอบหาการสึกหรอ (ต่อ)

การทดสอบหาการสึกหรอ				
รหัสตัวอย่าง	น้ำหนักก่อนทดสอบ (กรัม)	น้ำหนักหลังทดสอบ (กรัม)	ร้อยละการแตกหัก	หมายเหตุ
SPN-15	2,500	1,881	24.76	
SSK-01	2,500	1,756	29.76	
SSK-03	2,500	1,974	21.04	
SSK-05	2,500	1,975	21.00	
SSK-07	2,500	1,933	22.68	
SSK-09	2,500	2,016	19.36	
SSK-11	2,500	1,760	29.60	
SSK-13	2,500	1,919	23.24	
SSK-15	2,500	2,017	19.32	
SSK-17	2,500	1,794	28.24	
SPF-01	2,500	1,933	22.68	
SPF-03	2,500	1,560	37.60	
SPG-01	2,500	1,610	35.60	
SPD-01	2,500	1,912	23.52	
SPD-03	2,500	1,560	37.60	
SBM-01	2,500	1,974	21.04	
SBM-03	2,500	1,937	22.52	
SBD-01	2,500	1,084	56.64	
SBD-03	2,500	1,982	20.72	
SBH-01	2,500	1,775	29.00	

ตาราง 6 ค่าการทดสอบหาค่าของส่วนที่ไม่คงทน

ค่าการทดสอบหาค่าของส่วนที่ไม่คงทน				
รหัส ตัวอย่าง	น้ำหนักก่อนทดสอบ (กรัม)	น้ำหนักหลังทดสอบ (กรัม)	น้ำหนักที่สูญเสียจาก การทดสอบ (กรัม)	ร้อยละการสูญเสียจาก การทดลอง
SPN-01	500	437	63	12.60
SPN-03	500	423	77	15.40
SPN-05	500	332	168	33.60
SPN-07	500	332	168	33.60
SPN-09	500	418	82	16.40
SPN-11	500	350	150	30.00
SPN-13	500	206	294	58.80
SPN-15	500	427	73	14.60
SSK-01	500	419	81	16.20
SSK-03	500	479	21	4.20
SSK-05	500	483	17	3.40
SSK-07	500	465	35	7.00
SSK-09	500	406	94	18.80
SSK-11	500	468	32	6.40
SSK-13	500	372	128	25.60
SSK-15	500	403	97	19.40
SSK-17	500	454	46	9.20
SPF-01	500	403	97	19.40
SPF-03	500	355	145	29.00
SPG-01	500	438	62	12.40
SPD-01	500	355	145	29.00

ตาราง 6 ค่าการทดสอบหาค่าของส่วนที่ไม่คงทน (ต่อ)

ค่าการทดสอบหาค่าของส่วนที่ไม่คงทน

รหัส ตัวอย่าง	น้ำหนักก่อนทดสอบ (กรัม)	น้ำหนักหลังทดสอบ (กรัม)	น้ำหนักที่สูญเสียจาก การทดสอบ (กรัม)	ร้อยละการสูญเสียจาก การทดลอง
SPD-03	500	436	64	12.80
SBM-01	500	467	33	6.60
SBM-03	500	482	18	3.60
SBD-01	500	370	130	26.00
SBD-03	500	341	159	31.80
SBH-01	500	240	260	52.00

ตาราง 7 ค่าการทดสอบหาปริมาณการแตกหักเมื่อถูกแรงกด

ค่าการทดสอบหาปริมาณการแตกหักเมื่อถูกแรงกด				
รหัส ตัวอย่าง	น้ำหนักที่ใช้ทดสอบ (กรัม)	น้ำหนักค้ำบน ตะแกรง(กรัม)	ร้อยละของการ แตกหัก	หมายเหตุ
SPN-01	7,910	7,793	1.48	
SPN-03	6,964	5,388	22.63	
SPN-05	6,910	5,408	21.74	
SPN-07	7,318	6,073	17.01	
SPN-09	9,727	8,702	10.54	
SPN-11	6,758	5,411	19.93	
SPN-13	7,003	5,347	23.65	
SPN-15	7,547	6,326	16.18	
SSK-17	7,297	5,774	20.87	
SSK-01	7,458	6,318	15.29	

ตาราง 7 ค่าการทดสอบหาปริมาณการแตกหักเมื่อถูกแรงกด (ต่อ)

ค่าการทดสอบหาปริมาณการแตกหักเมื่อถูกแรงกด				
รหัส ตัวอย่าง	น้ำหนักที่ใช้ทดสอบ (กรัม)	น้ำหนักค้ำบน ตะแกรง(กรัม)	ร้อยละของการ แตกหัก	หมายเหตุ
SSK-03	7,146	6,157	13.84	
SSK-07	7,450	6,377	14.40	
SSK-09	7,689	6,697	12.90	
SSK-11	9,729	8,557	12.05	
SSK-13	6,655	5,005	24.79	
SSK-15	8,841	7,877	10.90	
SSK-17	7,297	5,774	20.87	
SPF-01	7,927	6,670	15.86	
SPF-03	7,835	6,559	16.29	
SFG-01	6,990	5,407	22.65	
SPD-01	7,380	5,936	19.57	
SPD-03	7,487	5,823	22.23	
SBM-01	7,850	7,046	10.24	
SBM-03	7,387	6,290	14.85	
SBD-01	6,398	4,108	35.79	
SBD-03	8,656	7,694	11.11	
SBH-01	7,764	6,389	17.71	

ตาราง 8 ค่าการทดสอบการดูดซึมน้ำ

ค่าการทดสอบการดูดซึมน้ำ				
รหัส ตัวอย่าง	น้ำหนักของมวลรวม หยาบ(กรัม)	น้ำหนักก้อนตัวผิวแห้ง ของมวลรวมหยาบ (กรัม)	ร้อยละการดูดซึมน้ำ	หมายเหตุ
SPN-01	2,000	2,002	0.10	
SPN-03	2,000	2,041	2.01	
SPN-05	2,000	2,062	3.01	
SPN-07	2,000	2,025	1.23	
SPN-09	2,000	2,026	1.28	
SPN-11	2,000	2,042	2.06	
SPN-13	2,000	2,072	3.47	
SPN-15	2,000	2,028	1.38	
SSK-01	2,000	2,059	2.87	
SSK-03	2,000	2,030	1.48	
SSK-05	2,000	2,033	1.62	
SSK-07	2,000	2,022	1.09	
SSK-09	2,000	2,021	1.04	
SSK-11	2,000	2,029	1.43	
SSK-13	2,000	2,049	2.39	
SSK-15	2,000	2,077	3.71	
SSK-17	2,000	2,025	1.23	
SPF-01	2,000	2,035	1.72	
SPF-03	2,000	2,017	0.84	
SPG-01	2,000	2,058	2.82	
SPD-01	2,000	2,060	2.91	
SPD-03	2,000	2,055	2.68	
SBM-01	2,000	2,045	2.20	

ตาราง 8 ค่าการทดสอบการดูดซึมน้ำ (ต่อ)

ค่าการทดสอบการดูดซึมน้ำ				
รหัส ตัวอย่าง	น้ำหนักของมวลรวม หยาบ(กรัม)	น้ำหนักก้อนตัวผิวแห้ง ของมวลรวมหยาบ (กรัม)	ร้อยละการดูดซึมน้ำ	หมายเหตุ
SBM-03	2,000	2,021	1.04	
SBD-01	2,000	2,115	5.44	
SBD-03	2,000	2,074	3.57	
SBH-01	2,000	2,077	3.71	

ตาราง 9 ค่าการทดสอบความถ่วงจำเพาะ

ค่าการทดสอบความถ่วงจำเพาะ								
รหัสตัวอย่าง	น้ำหนักขวดพลาสติก+น้ำ	น้ำหนักขวดพลาสติก+ น้ำ+ฝุ่นหิน	กระป๋อง+ฝุ่นหินแห้ง	น้ำหนักกระป๋อง	น้ำหนักฝุ่นหินแห้ง(เฉลี่ย)	ค่าตัวแปรปรับแก้เนื่องจาก อุณหภูมิ	ความถ่วงจำเพาะของฝุ่นหิน	หมายเหตุ
SPN-01	656.25	688.82	63.67	13.67	49.60	0.9970	2.90	
SPN-03	672.02	703.89	69.50	19.50	49.60	0.9970	2.79	
SPN-05	658.51	690.61	69.30	19.30	49.60	0.9970	2.83	
SPN-07	659.55	691.70	72.57	22.57	49.60	0.9970	2.83	
SPN-09	656.85	690.11	63.72	13.72	49.60	0.9970	3.03	
SPN-11	658.70	690.48	65.35	15.35	49.60	0.9970	2.78	
SPN-13	659.47	691.87	69.83	19.83	49.60	0.9970	2.87	
SPN-15	656.88	683.66	69.58	19.58	49.60	0.9970	2.17	
SSK-01	656.64	688.95	62.74	12.74	49.60	0.9970	2.86	

ตาราง 9 ค่าการทดสอบความถ่วงจำเพาะ (ต่อ)

ค่าการทดสอบความถ่วงจำเพาะ								
รหัสตัวอย่าง	น้ำหนักขวดพลาสติก+น้ำ	น้ำหนักขวดพลาสติก+น้ำ+ฝุ่นหิน	กระป๋อง+ฝุ่นหินแห้ง	น้ำหนักกระป๋อง	น้ำหนักฝุ่นหินแห้ง(เฉลี่ย)	ค่าตัวแปรปรับแก้เนื่องจากอุณหภูมิ	ความถ่วงจำเพาะของฝุ่นหิน	หมายเหตุ
SSK-03	671.90	704.21	68.43	18.43	49.60	0.9970	2.86	
SSK-05	658.25	688.46	63.72	13.72	49.60	0.9970	2.55	
SSK-07	657.22	688.75	68.18	18.18	49.60	0.9970	2.74	
SSK-09	659.77	691.24	70.11	20.11	49.60	0.9970	2.73	
SSK-11	656.65	688.51	67.78	17.78	49.60	0.9970	2.79	
SSK-13	657.61	690.45	70.22	20.22	49.60	0.9970	2.95	
SSK-15	658.58	690.67	72.31	22.31	49.60	0.9970	2.82	
SSK-17	658.28	689.20	68.95	18.95	49.60	0.9970	2.65	
SPF-01	672.02	703.53	70.66	20.66	49.60	0.9970	2.73	
SPF-03	657.00	688.32	65.01	15.01	49.60	0.9970	2.71	
SPG-01	657.22	688.65	67.85	17.85	49.60	0.9970	2.72	
SPD-01	657.93	690.46	68.66	18.66	49.60	0.9970	2.90	
SPD-03	658.42	690.96	67.32	17.32	49.60	0.9970	2.90	
SBM-01	657.25	688.75	68.44	18.44	49.60	0.9970	2.73	
SBM-03	657.93	688.46	67.52	17.52	49.60	0.9970	2.59	
SBD-01	659.79	692.29	67.44	17.44	49.60	0.9970	2.89	
SBD-03	672.04	703.80	68.67	18.67	49.60	0.9970	2.77	
SBH-01	657.12	690.12	70.35	20.35	49.60	0.9970	2.98	

ภาคผนวก ข
ภาพประกอบ

การทดสอบหาค่าส่วนที่ไม่คงทน



ภาพประกอบ 37 เตรียมตัวอย่างหิน



ภาพประกอบ 38 แฉ่ตัวอย่างหิน



ภาพประกอบ 39 นำหินขึ้นจากการแฉ่



ภาพประกอบ 40 นำหินขึ้นซึ่ง

การทดสอบเพื่อหาค่าการสึกหรอ



ภาพประกอบ 41 นำหินออกจากเครื่อง



ภาพประกอบ 42 ร่อนานตะแกรงเบอร์12



ภาพประกอบ 43 นำหินขึ้นชั่ง

การทดสอบหาค่าการแตกหักเมื่อถูกแรงกด



ภาพประกอบ 44 โมลใส่หิน



ภาพประกอบ 45 ตะแกรง



ภาพประกอบ 46 เหล็กกระทุ้ง



ภาพประกอบ 47 กดหินตัวอย่าง

การทดสอบการดูดซึมน้ำ



ภาพประกอบ 48 ซั่งตัวอย่างหิน



ภาพประกอบ 49 แช่หินในน้ำ

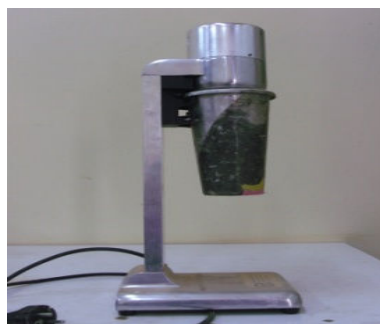


ภาพประกอบ 50 เช็ดหินให้อยู่สภาพอิมตัวผิวแห้ง

การทดสอบความถ่วงจำเพาะ



ภาพประกอบ 51 ขวดรูปชมพู่



ภาพประกอบ 52 เครื่องสม



ภาพประกอบ 53 ตู้

ประวัติย่อผู้วิจัย

ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ	นายอนุวัตร ไชยะ
วันเกิด	5 มกราคม 2535
สถานที่เกิด	อำเภอเชียงยืน จังหวัดมหาสารคาม
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	บ้านเลขที่ 24 ถนนเทศบาลอาษา 6 ตำบลตลาด อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม รหัสไปรษณีย์ 44000

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2550	มัธยมศึกษา โรงเรียนผดุงนารี อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม
พ.ศ. 2553	ประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) วิทยาลัยเทคนิคมหาสารคาม อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม
พ.ศ. 2555	ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) วิทยาลัยเทคนิคมหาสารคาม อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม
พ.ศ. 2557	ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วศ.บ.) สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสารคาม

ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ นายยุทธพล บุญหล้า
 วันเกิด 22 พฤษภาคม 2534
 สถานที่เกิด อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม
 สถานที่อยู่ปัจจุบัน บ้านเลขที่ 144 หมู่ 12 ตำบลนาสีนวน อำเภอกันทรวิชัย
 จังหวัดมหาสารคาม รหัสไปรษณีย์ 44150

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2550 มัธยมศึกษา โรงเรียนบ้านหนองอุ่ม อำเภอเมือง อำเภอกันทรวิชัย
 จังหวัดมหาสารคาม
 พ.ศ. 2553 ประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) วิทยาลัยเทคนิคมหาสารคาม อำเภอเมือง
 จังหวัดมหาสารคาม
 พ.ศ. 2555 ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) วิทยาลัยเทคนิคมหาสารคาม
 อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม
 พ.ศ. 2557 ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วศ.บ.) สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา
 คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสารคาม