

การศึกษาคุณสมบัติทางกลศาสตร์ของหินทรายแป้ง
A study of mechanical properties of siltstone

ปริญญานิพนธ์

ของ

ธวัชชัย ลาสงยาง 54010370046

สุมงคล นาทัน 54010370069

เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา

ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2556

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

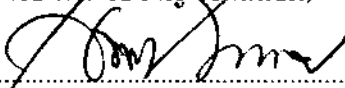


คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์ ได้พิจารณาปริญญานิพนธ์ฉบับนี้แล้วเห็นสมควรรับเป็นส่วน
หนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา
ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์

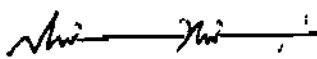

.....
(อาจารย์ ดร. ชัยชาญ โชติณอม)

ประธานกรรมการ


.....

กรรมการ

(อาจารย์นบปณ แก้วหานาม)


.....

อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สหलग หอมวุฒิจงค์)

มหาวิทยาลัยมหาสารคามได้อนุมัติให้รับปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม


.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. บพิธ บุปผโชติ)

หัวหน้าสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

กิตติกรรมประกาศ

เหนือสิ่งอื่นใดของผู้ทำปริญญานิพนธ์ ขอรำลึกถึงพระคุณบิดามารดา รวมถึงอาจารย์ที่ทำให้
ได้มีโอกาสในการศึกษาหาความรู้ อีกทั้งยังแนะนำแนวทางในการทำงานมาจนถึงปัจจุบัน

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ดีด้วยคำแนะนำและคำปรึกษาเกี่ยวกับการศึกษาเรื่อง
การศึกษาคุณสมบัติทางกลศาสตร์ของหินทรายแปง จากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ลพลาภ หอมวุฒิวงศ์
อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ อาจารย์ ดร. ชัยชาญ โชติฉนอม ประธานกรรมการสอบปริญญานิพนธ์
อาจารย์นบปณม แก้วหานาม กรรมการสอบปริญญานิพนธ์ คณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบคุณ นายมีศักดิ์ พัวพิทยาร และนายณัฐพงษ์ ลาตบัตร ที่ให้ความช่วยเหลือ ให้
คำปรึกษา รวมทั้งยังช่วยแนะนำการใช้อุปกรณ์ต่างๆ ในห้องปฏิบัติการวัสดุก่อสร้างและห้องวิจัย
คอนกรีต และขอขอบคุณ กรมทรัพยากรธรณี ที่ให้ข้อมูลในการศึกษาทำปริญญานิพนธ์ จนทำให้
ปริญญานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

ธวัชชัย ลาสงยาง
สมงคล นาทัน

ชื่อเรื่อง	การศึกษาคุณสมบัติทางกลศาสตร์ของหินทรายแป้ง
ผู้วิจัย	นายธวัชชัย ลาสงยาง นายสุมงคล นาหัน
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สหลาภ หอมวุฒินวงศ์
ปริญญา	วศ.บ. สาขา วิศวกรรมโยธา
มหาวิทยาลัย	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ปีที่พิมพ์ 2557

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์นี้ศึกษาคุณสมบัติทางกลศาสตร์ของหินทรายแป้ง ผู้วิจัยเก็บตัวอย่างของหินทรายแป้งในเขตจังหวัดขอนแก่นและจังหวัดอุดรธานี ทั้งหมดจำนวน 100 ตัวอย่าง และนำหินทรายแป้งมาย่อยขนาดแล้วนำไปแยกขนาดตามมาตรฐานของกรมทางหลวงโดยใช้หิน 3 ขนาด ดังนี้ ผ่านตะแกรงขนาด 1 นิ้ว ค้างตะแกรงขนาด 3/4 นิ้ว ผ่านตะแกรงขนาด 3/4 นิ้ว ค้างตะแกรงขนาด 1/2 นิ้ว ผ่านตะแกรงขนาด 1/2 นิ้ว ค้างตะแกรงขนาด 3/8 นิ้ว แล้วนำหินที่แยกขนาดไปทำการทดสอบเพื่อที่จะหาคุณสมบัติทางกลศาสตร์ของหินทรายแป้งได้แก่ ค่าการสึกหรอ ค่าของส่วนที่ไม่คงทน โดยใช้ สารละลายโซเดียมซัลเฟต ค่าปริมาณการแตกหักเมื่อถูกแรงกด ค่าการดูดซึมน้ำ แล้วนำผลการทดสอบไปเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานกรมทางหลวงของคุณสมบัติทางกลศาสตร์ของหิน เพื่อเป็นข้อมูลอ้างอิงสำหรับหินทรายแป้งในงานก่อสร้างบางประเภทได้

TITLE	A study of mechanical properties of siltstone
AUTHOR	Mr. Thawadchai Lasongyang Mr. Sumongkol Natan
ADVISOR	Asst. Prof. Dr. Sahalaph Homwuttiwong
DEGREE	B.Eng. (Mechanical Engineering)
UNIVERSITY	Maharakham University YEAR 2014

ABSTRACT

The aim of this research was to study the mechanical properties of siltstone. One hundred siltstone samples were collected from Khonkaen and Udonthani provinces. The siltstone was crushed into 3 sizes, 3/4", 1/2" and 3/8". The mechanical properties, namely, Los Angeles abrasion, soundness, aggregate crushing value and water absorption were investigated. The results were compared to the standard values from the siltstone table of Department of highway. It could be concluded that the siltstone from Khonkaen and Udonthani provinces can be used in some kinds building construction.

สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ	1
หลักการและเหตุผล	1
วัตถุประสงค์ของการศึกษา	1
ขอบเขตการศึกษา	1
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
แผนการดำเนินการศึกษา	2
สถานที่ดำเนินการศึกษา	2
งบประมาณ	2
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
หินทรายแปง	3
การทดสอบคุณสมบัติทางกลศาสตร์ของหิน	3
การทดสอบหาค่าการสึกหรอ	4
การทดสอบหาค่าของส่วนที่ไม่คงทน	4
การทดสอบหาปริมาณการแตกหักเมื่อถูกแรงกด	4
การทดสอบการดูดซึมน้ำ	5
ความสำคัญของคุณภาพหินก่อสร้าง	5
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	7
3 วิธีดำเนินการศึกษา	8
การศึกษาการย่อยและแยกขนาดของหิน	8
การศึกษาคุณสมบัติทางกลศาสตร์ของหิน	8
การทดสอบหาค่าการสึกหรอ	8
วิธีการศึกษา	8
เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ	9
การทดสอบหาค่าของส่วนที่ไม่คงทน	11
การเตรียมอุปกรณ์	11
วิธีการศึกษา	11
เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ	12
การทดสอบหาปริมาณการแตกหักเมื่อถูกแรงกด	13
วิธีการศึกษา	13

สารบัญ (ต่อ)

บทที่		หน้า
	เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ	13
	การทดสอบการดูดซึมน้ำ	15
	วิธีการศึกษา	15
	เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ	16
4	ผลการศึกษา	19
	การศึกษาเงื่อนไขและปัจจัย	19
5	สรุปผลและข้อเสนอแนะ	41
	สรุปผล	41
	ข้อเสนอแนะ	41
	อ้างอิง	42
	ภาคผนวก	43
	ภาคผนวก ก ตารางผลการทดสอบ	45
	ภาคผนวก ข ภาพประกอบ	62
	ประวัติย่อของผู้วิจัย	67

บัญชีตาราง

ตาราง	หน้า
1 แผนการดำเนินการศึกษา	2
2 คุณสมบัติทางกลศาสตร์ของหินในประเทศไทย	5
3 คุณสมบัติทางกลศาสตร์ของหินงานทางที่เหมาะสม	6
4 ค่ามาตรฐานของคุณสมบัติทางกลศาสตร์ของหินและงานคอนกรีต	6
5 ค่าการทดสอบหาการสึกหรอ	19
6 ค่าการทดสอบหาค่าของส่วนที่ไม่คงทน	25
7 ค่าการทดสอบหาค่าปริมาณการแตกหักเมื่อถูกแรงกด	30
8 ค่าการทดสอบหาค่าของการดูดซึมน้ำ	35

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1 ลักษณะของหินทรายแป้ง	3
2 แบบหล่อที่ใช้ในการย่อย	8
3 การย่อยหินในแบบหล่อ	8
4 เครื่องมือทดสอบหาความสึกหรอ	9
5 ลูกเหล็กทรงกลม	9
6 ชุดตะแกรงแยกขนาดของมวลหยาบ	10
7 เครื่องชั่งน้ำหนัก	10
8 สารละลายโซเดียมซัลเฟต	12
9 ภาตพลาสติกและภาตอลูมิเนียม	12
10 เตาอบอุณหภูมิ	12
11 หล่อเหล็กพร้อมแกนเหล็กกุดและเหล็กกระทิง	13
12 ภาตอลูมิเนียม	14
13 เครื่องทดสอบอเนกประสงค์ (UTM 300)	14
14 ตะแกรงเบอร์ 2.36 มิลลิเมตร	14
15 เครื่องสั่นกระแทก	15
16 ตัวอย่างการชั่งหินทรายแป้ง	16
17 ภาตอลูมิเนียม	16
18 เครื่องไคเป่าผม	16
19 แผนการดำเนินการวิจัย	18
20 ค่าการสึกหรอของจังหวัดขอนแก่น	23
21 ค่าการสึกหรอของจังหวัดอุดรธานี	23
22 ค่าส่วนที่ไม่คงทนของจังหวัดขอนแก่น	29
23 ค่าส่วนที่ไม่คงทนของจังหวัดอุดรธานี	29
24 ค่าการแตกหักเมื่อถูกแรงกดของจังหวัดขอนแก่น	34
25 ค่าการแตกหักเมื่อถูกแรงกดของจังหวัดอุดรธานี	34
26 ค่าการดูดซึมน้ำของจังหวัดขอนแก่น	39
27 ค่าการดูดซึมน้ำของจังหวัดอุดรธานี	39
28 การใส่หินและลูกเหล็ก	62
29 หลังจากการทดสอบ	62
30 การร่อนหินผ่านตะแกรง	62
31 การชั่งน้ำหนัก	62
32 การแช่สารละลายโซเดียม	63

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
33 การแช่ตัวอย่างหิน	63
34 การทิ้งตัวอย่างให้แห้ง	63
35 การชั่งน้ำหนัก	63
36 การล้างสารละลาย	63
37 การเตรียมตัวอย่าง	64
38 การทดสอบ	64
39 การร่อนตัวอย่างหิน	64
40 การชั่งน้ำหนัก	64
41 การแช่หินตัวอย่าง	65
42 การเป่าตัวอย่าง	65
43 การชั่งน้ำหนัก	65



บทที่ 1

บทนำ

1.1 หลักการและเหตุผล

หินก่อสร้างเป็นวัสดุที่มีความสำคัญต่อการพัฒนาประเทศ เนื่องจากเป็นวัสดุที่ใช้ในโครงการก่อสร้างต่างๆ ทั้งภาครัฐและเอกชน เช่น ถนน เชือกักเก็บน้ำ คลองส่งน้ำ อาคาร บ้านเรือน และระบบสาธารณูปโภคพื้นฐานต่างๆ โดยใช้ในลักษณะวัสดุมวลรวมหินไม่ (Rock aggregates) ผสมกับแอสฟัลต์และปูนซีเมนต์ หรือใช้เป็นวัสดุรองพื้นถนน อ่างเก็บน้ำ และแนวสันเขื่อน เป็นต้น

ภาคตะวันออกเฉียงเหนือเป็นภาคที่มีหินก่อสร้างชนิดหินปูนค่อนข้างน้อยเมื่อเทียบกับภาคอื่นๆ ของประเทศ ในงานก่อสร้างจำเป็นต้องขนย้ายหินปูนจากแหล่งผลิตอื่นมาเป็นระยะไกล จึงทำให้ต้นทุนในการก่อสร้างสูงขึ้น สำหรับจังหวัดขอนแก่นและจังหวัดอุดรธานี เป็นจังหวัดที่มีหินปูนน้อย และแหล่งกำเนิดหินดังกล่าวอยู่ห่างไกลจากพื้นที่ที่มีความต้องการใช้ประโยชน์หินก่อสร้าง แต่จังหวัดขอนแก่นและจังหวัดอุดรธานี มีหินทรายแบ่งของกลุ่มหินโคราช เกิดแผ่กระจายครอบคลุมพื้นที่เป็นบริเวณกว้าง ซึ่งหินทรายแบ่งในบางบริเวณมีคุณสมบัติที่จะใช้เป็นหินก่อสร้างได้ โดยจะต้องทำการทดสอบคุณสมบัติทางกลศาสตร์ของหินว่ามีคุณสมบัติตามมาตรฐานหินก่อสร้างหรือไม่ เพื่อนำไปใช้ทดแทนหินปูน ในโครงการก่อสร้างต่างๆ โดยสามารถใช้หินก่อสร้างที่มีแหล่งหินในพื้นที่ของตนได้ ซึ่งจะเป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างได้มาก (กรมทรัพยากรธรณี : 2556)

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

เพื่อให้ทราบคุณสมบัติทางกลศาสตร์ของหินทรายแบ่งจากแหล่งต่างๆ สำหรับใช้ทดแทนหินปูนในงานก่อสร้างบางประเภท

1.3 ขอบเขตการศึกษา

1.3.1 หินทรายแบ่งที่ใช้ในการศึกษาได้มาจากจังหวัดขอนแก่นจำนวน 60 ตัวอย่าง และจังหวัดอุดรธานีจำนวน 40 ตัวอย่าง

1.3.2 ทำการย่อยหินตัวอย่าง และแยกขนาดของหินตามมาตรฐาน ได้แก่ ผ่านตะแกรงเบอร์ 1" ค้างเบอร์ 3/4" ผ่านตะแกรงเบอร์ 3/4" ค้างเบอร์ 1/2" ผ่านตะแกรงเบอร์ 1/2" ค้างเบอร์ 3/8"

1.3.3 ทำการทดสอบตัวอย่างหินทรายแบ่งทางกลศาสตร์ตามมาตรฐานของกรมทางหลวงดังต่อไปนี้

1.3.3.1 การทดสอบหาการสึกกร่อน (Los Angeles Abrasion Value)

1.3.3.2 การทดสอบหาค่าของส่วนที่ไม่คงทน (Soundness Value) โดยใช้โซเดียมซัลเฟต (Na_2SO_4)

1.3.3.3 การทดสอบหาปริมาณการแตกหักเมื่อถูกแรงบด (Aggregate Crushing Value)

1.3.3.4 การทดสอบการดูดซึมน้ำ (Water Absorption Value)

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 เพื่อนำผลการทดสอบต่างๆ ไปเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานของคุณสมบัติทางกลศาสตร์ของหินว่าหินทรายแบ่งผ่านตามมาตรฐานหรือไม่

1.4.2 เพื่อเป็นสิ่งอ้างอิงว่าหินทรายแบ่งสามารถนำไปใช้ในงานก่อสร้างบางประเภทได้

1.5 แผนการดำเนินการศึกษา

ตาราง 1 แผนการดำเนินการศึกษา

รายการ	ระยะเวลา									
	ภาคเรียนที่ 1/2556					ภาคเรียนที่ 2/2556				
	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.
1. ค้นหาข้อมูล	←→									
2. รวบรวมข้อมูล					←→	→				
3. ศึกษาทดสอบ						←→	→			
4. วิเคราะห์ข้อมูล							←→	→		
5. จัดทำรูปเล่ม									←→	→

1.6 สถานที่ดำเนินการศึกษา

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

1.7 งบประมาณ

1.7.1 ค่าวัสดุอุปกรณ์ในการทดสอบ	2,000 บาท
1.7.2 ค่าวัสดุที่ใช้ในการทดสอบ	5,000 บาท
1.7.3 ค่าใช้สอยอื่นๆ	3,000 บาท
รวม	10,000 บาท

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 หินทรายแป้ง

เกิดจากการทับถม และสะสมตัวของตะกอนต่างๆ ได้แก่ เศษหิน แร่ กรวด ทราย ดินที่ผุพัง หรือสีกกร่อนถูกชะละลายมาจากหินเดิม โดยตัวการธรรมชาติ คือ ธารน้ำ ลม พัดพาไปทับถม และแข็งตัวเป็นหินในแอ่งแล้วสะสมตัว พบมากในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เช่น จังหวัดขอนแก่น จังหวัดอุดรธานี จังหวัดหนองบัวลำภู และจังหวัดนครพนม เป็นต้น (กรมทรัพยากรธรณี. หินและวัฏจักรของหิน : Available from : URL//www.dmr.go.th)



ภาพประกอบ 1 ลักษณะของหินทรายแป้ง

2.1.1 การทดสอบคุณสมบัติทางกลศาสตร์ของหิน

หินชนิดต่างๆ ซึ่งมีต้นกำเนิดตามธรรมชาติจะมีคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติทางเคมีแตกต่างกันไป อันมีผลทำให้คุณสมบัติทางกลศาสตร์ของหินแตกต่างกันแม้แต่หินชนิดเดียวกันแต่มีแหล่งกำเนิดต่างกันอาจมีคุณสมบัติทางกลศาสตร์แตกต่างกันได้ ดังนั้นก่อนที่จะนำเอาหินจากแหล่งต่างๆ ไปใช้ประโยชน์มีความจำเป็นต้องนำเอาตัวอย่างหินจากแหล่งนั้นไปทดสอบคุณสมบัติทาง

กลศาสตร์ก่อนว่าหินมีคุณสมบัติทางกลศาสตร์ที่เหมาะสมที่จะใช้เป็นหินก่อสร้างสำหรับการใช้งานในด้านต่างๆหรือไม่

สำหรับการทดสอบคุณสมบัติทางกลศาสตร์ของหินที่เป็นวัสดุมวลรวมหรือหินบด (Aggregates) เป็นการทดสอบคุณสมบัติทางด้านความคงทน (Durability Test) โดยตามข้อกำหนดการควบคุมคุณภาพวัสดุจะมีการกำหนดคุณสมบัติทางด้านความคงทนของวัสดุไว้เพื่อให้แน่ใจว่าวัสดุมวลรวมนั้นจะไม่เกิดการแตกสลายเปลี่ยนสภาพไปในขณะก่อสร้างหรือตลอดช่วงอายุการใช้งาน โดยการทดสอบคุณสมบัติทางด้านความคงทนของวัสดุมวลรวมหรือหินบดที่สำคัญ มีดังนี้ (กรมทรัพยากรธรณี : 2556)

2.1.1.1 การทดสอบค่าการสึกหรอ (Los Angeles Abrasion Value)

การทดสอบค่าการสึกหรอของหิน เป็นวิธีการทดสอบกลสมบัติตามมาตรฐานของกรมทางหลวงที่ (ทล.-ท 202/2515) ซึ่งเป็นการทดสอบแบบพื้นฐานที่ใช้กับการทดสอบคุณสมบัติทางกลศาสตร์ของหินก่อสร้างทุกชนิด จัดเป็นการทดสอบทางกลสมบัติ (Mechanical Test) เพื่อหาค่าความสึกหรอของวัสดุมวลรวม โดยทั่วไปแล้ววัสดุมวลรวมควรมีค่าความสึกหรอไม่เกินร้อยละ 30-45 (กรมทางหลวง)

2.1.1.2 การทดสอบค่าของส่วนที่ไม่คงทน (Soundness Value) โดยใช้สารละลาย โซเดียมซัลเฟต (Na_2SO_4)

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

2.1.1.3 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 ปริมาณร้อยละของวัสดุมวล

รวมที่แตกหักและมีขนาดเล็กกว่า 2.40 มิลลิเมตร เมื่อเปรียบเทียบกับมวลวัสดุเริ่มต้นเป็นค่าการแตกหักจากแรงกดโดยปกติแล้วค่าการแตกหักจากแรงกดของหินจะมีค่ามากกว่าค่าการแตกหักดกกระแทก

2.1.1.4 การทดสอบการดูดซึมน้ำ (Water Absorption Value)

เป็นวิธีการทดสอบตามมาตรฐานของกรมทางหลวงที่ (ทล.-ท 209/2518) เพื่อหาว่าหินมีการดูดซึมน้ำเข้าไปในเนื้อหินเป็นน้ำหนักร้อยละเท่าใดของน้ำหนักหินตอนเริ่มต้น

2.1.2 ความสำคัญของคุณภาพหินก่อสร้าง

จากการที่มีหินก่อสร้างหลายชนิดให้เลือกใช้ ซึ่งมีความแตกต่างกันทั้งในด้านราคา ระยะทางการขนส่ง ความยากง่ายในการซื้อหา และความต่อเนื่องในการทำงานแต่สิ่งที่จะต้องให้ความสำคัญด้วยเช่นกัน คือจะต้องเลือกใช้หินก่อสร้างให้เหมาะสมกับลักษณะงานก่อสร้างโดยคำนึงถึงคุณภาพหรือคุณสมบัติทางกลศาสตร์ของหินชนิดนั้นๆ

ตาราง 2 คุณสมบัติทางกลศาสตร์ของหินในประเทศไทย

คุณสมบัติทางกลศาสตร์ของหินในประเทศไทย						
ชนิดหิน	การสึกหรอ LAA (ร้อยละ)	การแตกหัก ดกกระแทก AIV (ร้อยละ)	การแตกหัก จากแรงกด ACV (ร้อยละ)	ความต้าน การลื่นไถล PSV (ร้อยละ)	ความ ถ่วงจำเพาะ SG (ร้อยละ)	การดูดซึมน้ำ (ร้อยละ)
หินปูน	22- 33	9.7-14.8	17.5-26	36-44	2.68-2.76	0.15-0.55
หินบะ 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
หินแอนดี ไซต์	22	11.0-13.0	12.0-15.0	49.5-51.3	2.64-2.66	0.30-1.06

ตาราง 3 คุณสมบัติทางกลศาสตร์ของหินงานทางที่เหมาะสม

คุณสมบัติทางกลศาสตร์ของหินงานทางที่เหมาะสม						
ชนิดหิน	การสึกหรอ LAA (ร้อยละ)	การแตกหัก ตกกระแทก AIV (ร้อยละ)	การแตกหัก จากแรงบด ACV (ร้อยละ)	ความต้าน การลื่นไถล PSV (ร้อยละ)	ความ ถ่วงจำเพาะ SG (ร้อยละ)	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
หินแอนดี ไซต์	20-25	11-16	15-17	49-51	-	-

ตาราง 4 ค่ามาตรฐานของคุณสมบัติทางกลศาสตร์ของหินและงานคอนกรีต

ค่ามาตรฐานของคุณสมบัติทางกลศาสตร์ของหินและงานคอนกรีต				
วิธีการทดสอบ	วัสดุผิวทาง	วัสดุพื้นทาง	วัสดุรองพื้นทาง	งานคอนกรีต
การสึกหรอ LAA (ร้อยละ)	<35	30 – 40	35 – 50	25 – 30
การแตกหักจาก แรงตกกระแทก AIV (ร้อยละ)	<30	<40	-	-
การแตกหักจาก แรงบด ACV (ร้อยละ)	<30	<30	<35	<30
ส่วนที่ไม่คงทน Soundness Test (ร้อยละ)	<12	<12	<12	<12
ปริมาณแร่ทุติยภูมิ (ร้อยละ)	<25	<25	<30	-

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

(สุรศักดิ์ ราชย์) ศึกษาคุณสมบัติทางวิศวกรรมของหินแหล่งจังหวัดเลยเพื่อใช้สำหรับผสมคอนกรีตกำลังสูง วิธีการศึกษาใช้แหล่งมวลรวมหยาบจากโรงโม่หินสุรรัตนการศิลาและโรงโม่หินศิลาผาทองตั้งอยู่ในเขตจังหวัดเลย คุณสมบัติทางกลความแข็งแรงของหินด้วยแรงกดแกนเดียวที่มีค่ากำลังอัดสูงกว่าร้อยละ 700 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร การทดสอบความคงทนต่อการสึกกร่อนร้อยละ 36.75 การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพมีการดูดซึมน้ำร้อยละ 2.705 การทดสอบทางเคมีค่าปฏิกิริยา อัลคาไล-คาร์บอนेट เท่ากับ 0.188

บทที่ 3

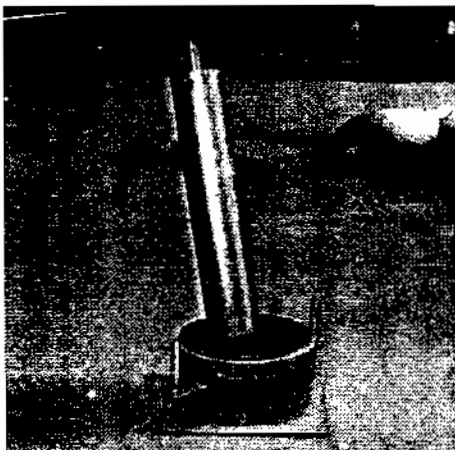
การดำเนินการศึกษา

เพื่อให้ดำเนินการศึกษาคุณสมบัติทางกลศาสตร์ของหินทรายแป้งบรรลุตามวัตถุประสงค์ จึงได้กำหนดขั้นตอนการดำเนินการศึกษาดังรายละเอียดดังต่อไปนี้

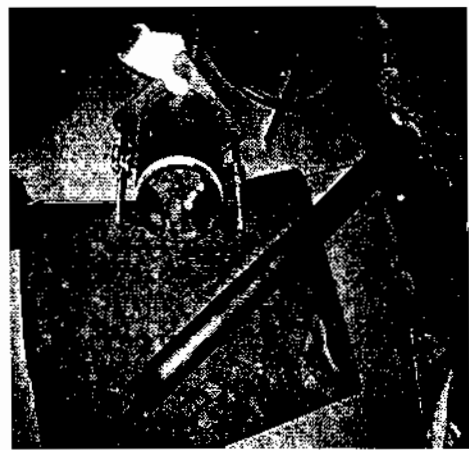
3.1 การศึกษาการย่อยและแยกขนาดของหิน

ทำการย่อยตัวอย่างหินจำนวน 100 ตัวอย่าง โดยใช้เครื่องทดสอบบดเนกประสงค์ (UTM 300 ตัน) กดให้หินแตกเป็นชิ้นๆ แล้วนำมาย่อยมือโดยการกระทุ้งในแบบหล่อน้ำตัวอย่างหินที่ย่อยมาแล้วนั้น มาแยกขนาดของหินตามขนาดมาตรฐานของกรมทางหลวงโดยใช้เครื่องแยกขนาดของหินหินที่ใช้ในการทดสอบจะใช้หินทรายแป้งขนาดผ่านตะแกรงเบอร์ 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

3.2 การศึกษาคุณสมบัติทางกลศาสตร์ของหินทรายแป้ง

3.2.1 การทดสอบค่าการสึกกร่อน (Los Angeles Abrasion Value)

3.2.1.1 วิธีการศึกษา

1) ชั่งน้ำหนักตัวอย่างหินเป็น w_1 (กิโลกรัม) โดยกำหนดให้ใช้ 2.5 กิโลกรัม และเตรียมลูกเหล็กทรงกลมตามจำนวนที่กำหนดไว้ในมาตรฐาน (จำนวน 12 ลูก)

2) ใส่ตัวอย่างหินและลูกเหล็กเข้าไปในเครื่องทดสอบหาความสึกหรอแล้วปิดฝาลงให้สนิท

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

4) เมื่อหมุนเครื่องทดสอบได้ครบตามจำนวนที่กำหนดแล้ว ให้เอาตัวอย่างหินออกจากเครื่องแล้วนำไปร่อนในตะแกรงเบอร์ 12

5) นำส่วนที่ค้างบนตะแกรง 12 ไปชั่งน้ำหนักเป็น W_2 (กิโลกรัม)

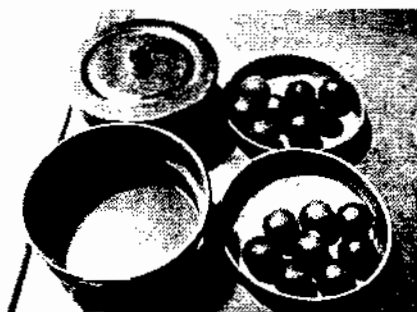
3.2.1.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

1) เครื่องทดสอบหาความสึกหรอ (Los Angeles Abrasion) ตามมาตรฐานกรมทางหลวงชนบท



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

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

$$= \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100 \quad \dots\dots\dots(2)$$

น้ำหนักที่สูญหายจากความสึกหรอ

$$= \text{น้ำหนักก่อนทดสอบ} - \text{น้ำหนักที่ค้างบนตะแกรง}$$

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

สัญลักษณ์ที่ใช้ในปริญญานิพนธ์

W_1 คือ น้ำหนักก่อนทดสอบ

W_2 คือ น้ำหนักหลังทดสอบ

3.2.2 การทดสอบหาค่าของส่วนที่ไม่คงทน (Soundness Value) โดยใช้โซเดียมซัลเฟต (Sodium sulfate)

3.2.2.1 การเตรียมอุปกรณ์

1) เตรียมสารละลายโซเดียมซัลเฟต ผสมเข้ากับน้ำที่อุณหภูมิ 25–30 องศาเซลเซียส คนให้เข้ากันจะต้องหมั่นคนอยู่เสมอจนกว่าจะใช้งาน เพื่อป้องกันการระเหยและสิ่งสกปรกตกลงไปควรปิดฝาภาชนะที่บรรจุไว้ต้องทำสารละลายให้เย็นลงที่อุณหภูมิ 21 ± 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 ($1/2$ ") ตลอดเวลาที่แช่ตัวอย่างต้องควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ ที่อุณหภูมิ 21 ± 1 องศาเซลเซียส

2) หลังจากแช่จนได้กำหนดเวลาแล้ว ให้นำตัวอย่างหินออกมาใส่ภาชนะเปล่า แล้วปล่อยให้แห้งเป็นเวลา 15 ± 5 นาที เพื่อให้สารละลายที่อาจมีติดค้างอยู่บนตัวอย่างหินไหลออกให้หมดแล้วนำไปเข้าเตาอบที่อุณหภูมิ 110 ± 5 องศาเซลเซียส อยู่ก่อนแล้วอบตัวอย่างที่อุณหภูมินั้นจนตัวอย่างมีมวลคงที่ สำหรับระยะเวลาในการอบต้องอบจนมีมวลคงที่นั้น

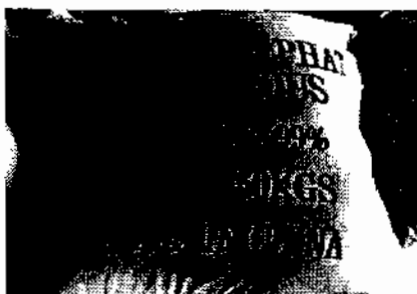
3) ทำการทดสอบตามข้อ 1 และข้อ 2 ซ้ำจนกระทั่งครบ 5 รอบ

4) หลังจากที่ทำทดสอบรอบสุดท้ายเสร็จสิ้นแล้วทิ้งตัวอย่างให้แห้งที่อุณหภูมิห้องแล้วให้ล้างตัวอย่างหินด้วยน้ำสะอาดจนปราศจากสารละลายโซเดียมซัลเฟต เมื่อล้างน้ำเสร็จแล้วให้นำตัวอย่างไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 110 ± 5 องศาเซลเซียส จนตัวอย่างอยู่ในสภาพแห้ง

5) นำตัวอย่างหินมาร้อนผ่านตะแกรงโดยจะกำหนดให้ผ่านตะแกรงเบอร์ $3/4$ " ค้างเบอร์ $1/2$ " แล้วนำตัวอย่างหินไปชั่งน้ำหนัก

3.2.2.3 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

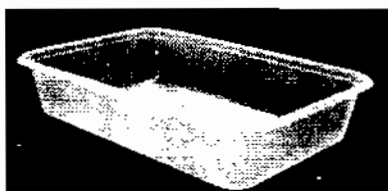
1) สารละลายโซเดียมซัลเฟต



ภาพประกอบ 8 สารละลายโซเดียมซัลเฟต

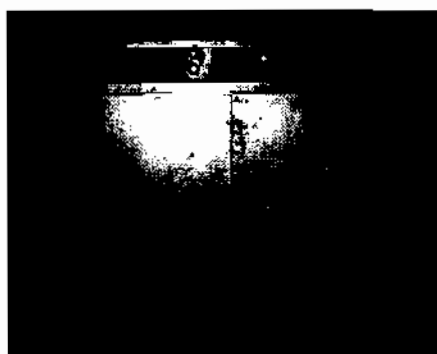
2) ถาดพลาสติกเพื่อไว้ใส่สารละลายโซเดียมซัลเฟตและถาดอลูมิเนียมที่จะใช้

แช่ตัวอย่างหิน



ภาพประกอบ 9 ถาดพลาสติกและถาดอลูมิเนียม

3) เตาอบอุณหภูมิ



ภาพประกอบ 10 เตาอบอุณหภูมิ

น้ำหนักที่สูญเสียจากการทดสอบ

$$= \text{น้ำหนักก่อนการทดสอบ} - \text{น้ำหนักหลังการทดสอบ} \quad \dots\dots\dots(4)$$

ร้อยละส่วนที่ไม่คงทน

$$= \frac{\text{น้ำหนักที่สูญเสียจากการทดสอบ}}{\text{น้ำหนักก่อนการทดสอบ}} \times 100 \quad \dots\dots\dots(5)$$

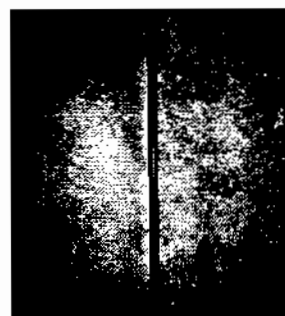
3.2.3 การทดสอบหาปริมาณการแตกหักเมื่อถูกแรงบด (Aggregate Crushing Value)

3.2.3.1 วิธีการศึกษา

- 1) ชั่งน้ำหนักตัวอย่างหินโดยกำหนดให้ใช้ 10 กิโลกรัม นำตัวอย่างหินใส่แบบหล่อโดยแบ่งออกเป็น 3 ชั้นของแบบหล่อ แต่ละชั้นใช้เหล็กกระทุ้งชั้นละ 25 ครั้ง
- 2) ชั่งน้ำหนักหินที่เหลือจากแบบหล่อ
- 3) เมื่อนำตัวอย่างหินใส่แบบหล่อเสร็จแล้วให้นำแบบหล่อขึ้นไปวางบนเครื่องทดสอบเนกประสงค์ (UTM 300 ตัน) แล้ววางแกนเหล็กกดบนแบบหล่อทำการปล่อยน้ำหนักจากเครื่องทดสอบเนกประสงค์ (UTM 300 ตัน)
- 4) ปล่อยน้ำหนักลงใส่ตัวอย่างจนน้ำหนักถึง 40 ตัน เมื่อได้น้ำหนักคงที่แล้วจับเวลา 10 นาที เมื่อครบเวลา 10 นาที แล้วนำแบบหล่อลงมาจากเครื่องทดสอบ
- 5) นำแบบหล่อนำมาวางบนเครื่องสั่นกระแทกแล้วเคาะตัวอย่างหินออกจากแบบหล่อ ต้องระวังอย่าให้ตัวอย่างหินเสียหายเมื่อได้ตัวอย่างหินทั้งหมดแล้วให้นำตัวอย่างหินมาร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 2.36 มิลลิเมตร แล้วนำตัวอย่างหินส่วนที่ผ่านตะแกรงไปชั่งน้ำหนัก

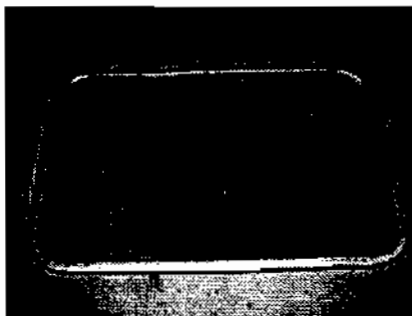
3.2.3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

- 1) แบบหล่อพร้อมแกนเหล็กกดและเหล็กกระทุ้ง



ภาพประกอบ 11 แบบหล่อพร้อมแกนเหล็กกดและเหล็กกระทุ้ง

2) ถาดอลูมิเนียม



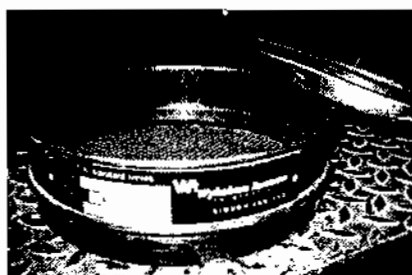
ภาพประกอบ 12 ถาดอลูมิเนียม

3) เครื่องทดสอบแรงกด (UTM 300 ตัน)



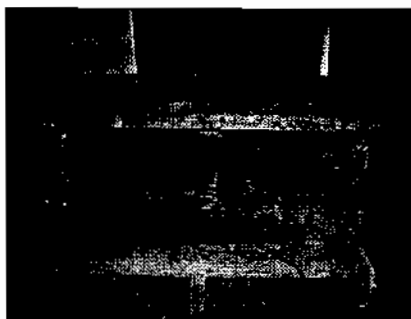
ภาพประกอบ 13 เครื่องทดสอบแรงกด (UTM 300 ตัน)

4) ตะแกรงเบอร์ 2.38 มิลลิเมตร



ภาพประกอบ 14 ตะแกรงเบอร์ 2.38 มิลลิเมตร

5) เครื่องสั่นกระแทก



ภาพประกอบ 15 เครื่องสั่นกระแทก

น้ำหนักหินที่ใช้ทดสอบ

$$= 10 \text{ กิโลกรัม} - \text{น้ำหนักหินที่เหลือจากแบบหล่อ} \dots\dots\dots(6)$$

ร้อยละการแตกหัก

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

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 ให้เทน้ำออกจากถาดจะต้องระมัดระวังอย่าให้ตัวอย่างหินหล่นออกจากถาด แล้วใช้ผ้าซับน้ำออกจากตัวอย่างหินพอหมาดๆ
- 3) ใช้เครื่องใดเป่าลมเป่าตัวอย่างหินจนอยู่ในสภาวะอิมตัวผิวแห้ง แล้วนำตัวอย่างหินไปชั่งน้ำหนัก
- 4) นำตัวอย่างหินไปอบที่อุณหภูมิ 110 ± 5 องศาเซลเซียส ให้มีสภาพที่แห้งสนิท แล้วนำตัวอย่างหินไปชั่งน้ำหนัก

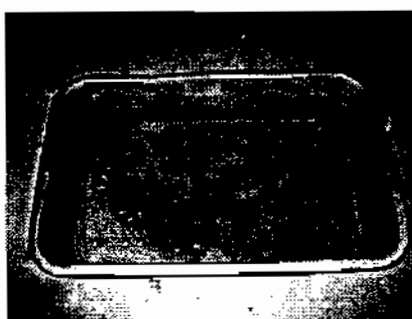
3.2.4.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

1) ตัวอย่างหินทรายแป้งเบอร์ 1/2" ใช้ทั้งหมด 2 กิโลกรัม



ภาพประกอบ 16 ตัวอย่างการชั่งน้ำหนักหิน

2) ถาดอลูมิเนียม



ภาพประกอบ 17 ถาดอลูมิเนียม

3) เครื่องไดเป่าลม

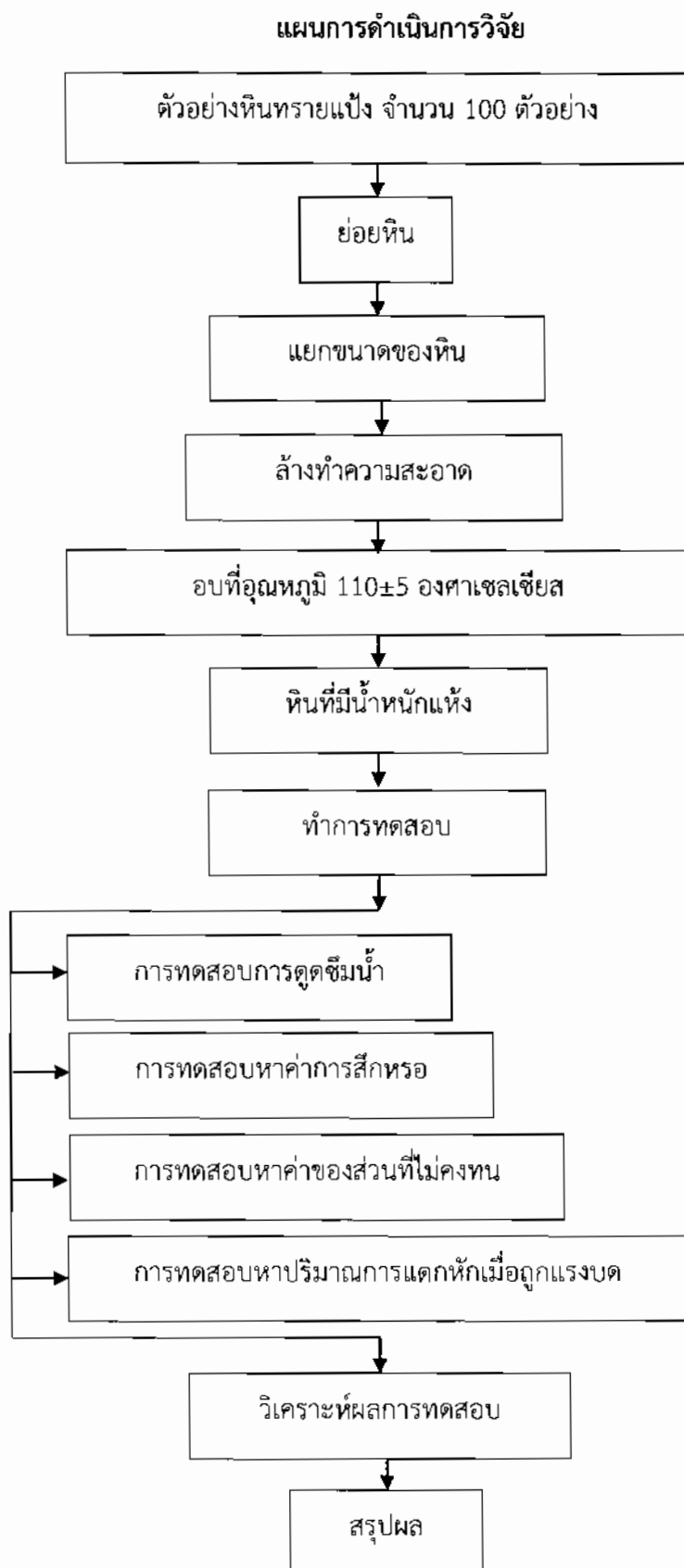


ภาพประกอบ 18 เครื่องไดเป่าลม

ร้อยละการดูดซึมน้ำ

= น้ำหนักอ้อมตัวผิวแห้งแห้ง - น้ำหนักแห้งของหิน

$$\frac{\text{น้ำหนักอ้อมตัวผิวแห้งแห้ง} - \text{น้ำหนักแห้งของหิน}}{\text{น้ำหนักแห้งของหิน}} \times 100 \dots\dots\dots(6)$$



ภาพประกอบ 19 แผนดำเนินการวิจัย

บทที่ 4

ผลการศึกษา

4.1 ผลการศึกษาเงื่อนไขและปัจจัย

จากการทดสอบคุณสมบัติทางกลศาสตร์ของหินทรายแป้ง ได้แบ่งการทดสอบออกเป็น 4 การทดสอบคือ การทดสอบหาการสึกหรอหรือการทดสอบหาค่าของส่วนที่ไม่คงทนการทดสอบหาปริมาณการแตกหักเมื่อถูกแรงกด และการทดสอบการดูดซึมน้ำ โดยแต่ละการทดสอบดังแสดงไว้ในตาราง

4.1.1 ค่าการทดสอบหาการสึกหรอ

จากการทดสอบหาการสึกหรอของหินทรายแป้งโดยใช้เครื่อง (Los Angeles) ใช้ตัวอย่างหินทรายแป้งที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 1” ค้างเบอร์ 3/4” โดยใช้น้ำหนัก 2.5 กิโลกรัม เป็นวิธีการทดสอบกลสมบัติตามมาตรฐานของกรมทางหลวงที่ (ทล.-ท 202/2515) โดยมีวิธีการทดสอบดังหัวข้อที่ 3.2 ได้ผลการทดสอบดังแสดงไว้ในตาราง 5 ดังต่อไปนี้

ตาราง 5 ค่าการทดสอบหาการสึกหรอ

ค่าการทดสอบหาการสึกหรอ				
รหัสตัวอย่าง	น้ำหนักก่อน ทดสอบ (กรัม)	น้ำหนักหลังการ ทดสอบ (กรัม)	ร้อยละการ แตกหัก (กรัม)	หมายเหตุ
KCB - 01	2,501	700	72.0	
KCB - 03	2,503	1,227	51.0	
KCB - 04	2,498	897	64.1	
KCB - 05	2,500	754	69.8	
KCB - 06	2,501	962	61.5	
KCB - 11	2,499	1,476	40.9	
KCB - 15	2,501	879	64.9	

ตาราง 5 ค่าการทดสอบหาการสีกหรือ (ต่อ)

ค่าการทดสอบหาการสีกหรือ				
รหัสตัวอย่าง	น้ำหนักก่อน ทดสอบ (กรัม)	น้ำหนักหลังการ ทดสอบ (กรัม)	ร้อยละการ แตกหัก (กรัม)	หมายเหตุ
KCB - 18	2,499	235	90.6	
KCB - 26	2,498	248	90.1	
KNJ - 02	2,498	2,070	17.1	
KNJ - 03	2,500	462	81.5	
KNJ - 08	2,500	776	69.0	
KNJ - 09	2,501	945	62.2	
KNJ - 10	2,499	634	74.6	
KNJ - 11	2,499	1,739	30.4	
KNJ - 12	2,500	755	69.8	
KNJ - 13	2,498	1,972	21.1	
KNJ - 15	2,497	853	65.8	
KHK - 01	2,499	1,720	31.2	
KHK - 02	2,500	1,235	50.6	
KHK - 03	2,499	1,942	22.3	
KSB - 01	2,499	493	80.3	
KSB - 02	2,497	369	85.2	
KCP - 01	2,499	1,900	24.0	
KNF - 01	2,498	923	63.1	

ตาราง 5 ค่าการทดสอบหาการสีกหรือ (ต่อ)

ค่าการทดสอบหาการสีกหรือ				
รหัสตัวอย่าง	น้ำหนักก่อน ทดสอบ (กรัม)	น้ำหนักหลังการ ทดสอบ (กรัม)	ร้อยละการ แตกหัก (กรัม)	หมายเหตุ
UST - 04	2,497	322	87.1	
UST - 05	2,492	328	86.8	
UST - 06	2,501	280	88.8	
UNB - 02	2,496	2,021	19.0	
UNB - 03	2,498	1,110	55.6	
UNB - 05	2,500	1,088	56.5	
UNS - 01	2,500	975	61.0	
UNS - 02	2,500	1,726	31.0	
UNS - 03	2,500	390	84.4	
UNS - 04	2,500	533	78.7	
UHS - 01	2,500	560	77.6	
UHS - 04	2,500	610	75.6	
UHS - 05	2,500	240	90.4	
USL - 14	2,500	512	79.5	
UTY - 09	2,500	371	85.2	
UKL - 02	2,500	1,039	58.4	
UDP - 11	2,500	343	86.3	

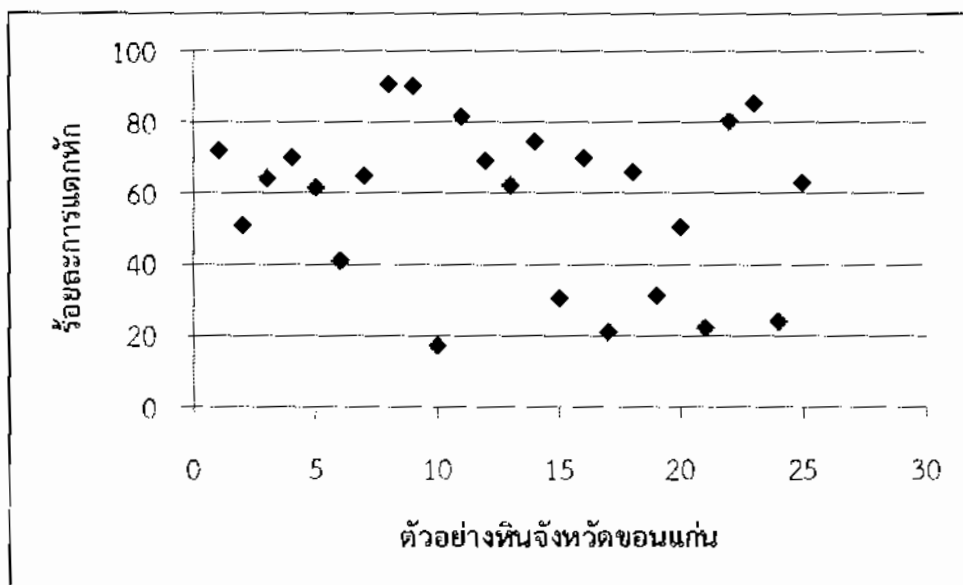
ตาราง 5 ค่าการทดสอบหาการสึกหรอ (ต่อ)

ค่าการทดสอบหาการสึกหรอ				
รหัสตัวอย่าง	น้ำหนักก่อน ทดสอบ (กรัม)	น้ำหนักหลังการ ทดสอบ (กรัม)	ร้อยละการ แตกหัก	หมายเหตุ
UDP - 13	2,500	142	94.3	
UWS - 01	2,500	245	90.2	
UBK - 01	2,500	428	82.9	
UBK - 02	2,500	238	90.5	
UBK - 03	2,500	986	60.6	
UKD - 01	2,500	307	87.7	
UTL - 01	2,500	167	93.3	
UTS - 01	2,500	1,183	52.7	

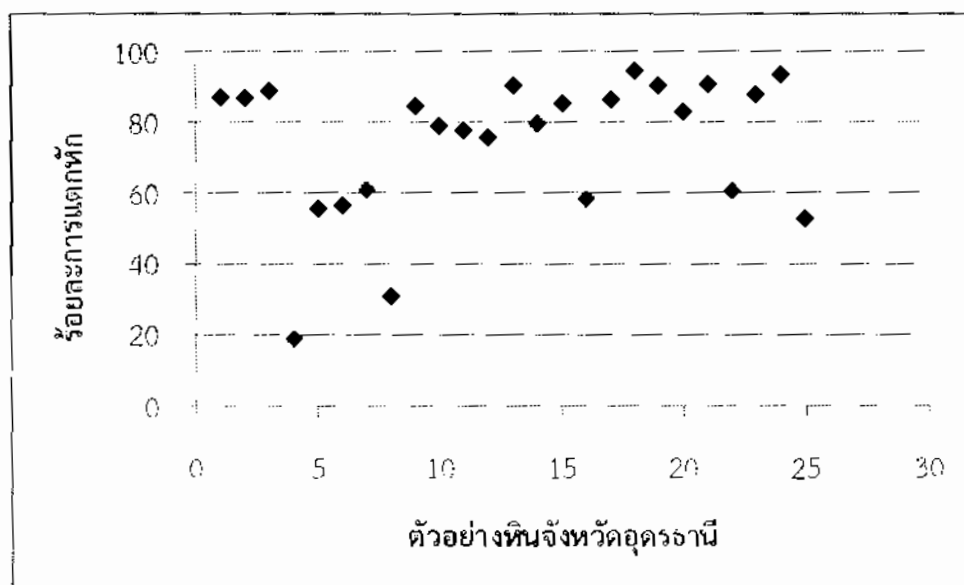
หมายเหตุ รหัสหินทรายแป่งที่ขึ้นชื่อด้วยอักษร K ได้มาจากแหล่งจังหวัดขอนแก่น จำนวน 25 ตัวอย่าง
อักษร U ได้มาจากแหล่งจังหวัดอุดรธานี จำนวน 25 ตัวอย่าง

จากผลการทดสอบการสึกหรอจะเห็นได้คุณสมบัติของตัวอย่างทรายแป่งจากจังหวัดขอนแก่นมีความแข็งแกร่งกว่าจังหวัดอุดรธานี และเมื่อนำค่ามาเปรียบเทียบกับคุณสมบัติของหินตามมาตรฐานของกรมทางหลวง พบว่าค่าการสึกหรอของหินทรายแป่งอยู่ระหว่างเกณฑ์มาตรฐานของกรมทางหลวง ซึ่งมีค่าการสึกหรอ อยู่ระหว่างร้อยละ 37-75 โดยค่าการสึกหรอของหินทรายแป่งจากจังหวัดขอนแก่น มีค่าร้อยละ 17.1 จะค่าดีที่สุดของแหล่งหินทรายแป่งจังหวัดขอนแก่นและอุดรธานี จะสามารถนำไปใช้งานทดแทนหินปูนในงานก่อสร้างได้ ในการเลือกใช้หินทรายแป่ง ควรเลือกใช้หินให้เหมาะสมกับลักษณะของประเภทงานก่อสร้างดังตาราง 3 และตาราง 4

การทดสอบการสีกหรือ Los Angeles



ภาพประกอบ 20 ค่าการสีกหรือของจังหวัดขอนแก่น



ภาพประกอบ 21 ค่าการสีกหรือของจังหวัดอุดรธานี

จากภาพประกอบ การทดสอบร้อยละการสีกหรือ (Los Angeles) ค่าเฉลี่ยของตัวอย่างหินทรายแบ่งที่ได้จากแหล่งในเขตจังหวัดขอนแก่นมีค่าเท่ากับร้อยละ 58 ซึ่งมีค่าแตกต่างกันกับผลการทดสอบตัวอย่างหินที่ได้จากแหล่งจังหวัดอุดรธานี ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 74 ตามมาตรฐานของกรมทางหลวงที่ (ทล.-ท 202/2515) ได้กำหนดค่ามาตรฐานของหินที่นำไปใช้งานได้จะต้องมีร้อยละระหว่าง 37-75 จะเห็นได้ว่าแหล่งหินทั้งสองแหล่งมีค่าระหว่างเกณฑ์มาตรฐานของกรมทางหลวงที่ (ทล.-ท

202/2515) ที่ระบุ และเมื่อนำค่าการสึกหรอของหินทรายแบ่งไปเปรียบเทียบกับค่าคุณสมบัติของหิน และงานคอนกรีตดัง ตาราง 4 ซึ่งจะเห็นได้ว่าค่าการสึกหรอของหินทรายแบ่งมีค่าเฉลี่ยที่น้อยกว่า ร้อย ละ 35 ซึ่งค่าการสึกหรอของหินทรายแบ่งตัวอย่าง KNJ - 02 สามารถนำไปใช้ทดแทนหินปูนในงานวัสดุ ผิวทางหรือวัสดุรองพื้นทาง และงานคอนกรีตได้

4.1.2 ค่าการทดสอบหาค่าของส่วนที่ไม่คงทน

จากการทดสอบหาค่าของส่วนที่ไม่คงทนของหินทรายแป้งโดยใช้ (Soundness) ใช้ตัวอย่างหินทรายแป้งที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 3/4" ค้างเบอร์ 1/2" โดยใช้น้ำหนัก 500 กรัม เป็นวิธีการทดสอบกลสมบัติตามมาตรฐานของกรมทางหลวงที่ (ทล.-ท 202/2515) โดยมีวิธีการทดสอบดังหัวข้อที่ 3.2 ได้ผลการทดสอบดังแสดงไว้ในตาราง 6 ดังต่อไปนี้

ตาราง 6 ค่าการทดสอบหาค่าของส่วนที่ไม่คงทน

ค่าการทดสอบหาค่าของส่วนที่ไม่คงทน				
รหัสตัวอย่าง	น้ำหนักก่อนการทดสอบ (กรัม)	น้ำหนักหลังการทดสอบ (กรัม)	น้ำหนักที่สูญเสียจากการทดสอบ (กรัม)	ร้อยละของการสูญเสียจากการทดลอง
KCB - 01	500	230	270	54.0
KCB - 03	500	455	45	9.0
KCB - 04	500	115	385	77.0
KCB - 05	500	480	20	4.0
KCB - 06	500	170	330	66.0
KCB - 11	500	495	5	1.0
KCB - 15	500	205	295	59.0
KCB - 18	500	145	355	71.0
KCB - 26	500	130	370	74.0
KNJ - 02	500	485	15	3.0
KNJ - 03	500	155	345	69.0

ตาราง 6 ค่าการทดสอบหาค่าของส่วนที่ไม่คงทน (ต่อ)

ค่าการทดสอบหาค่าของส่วนที่ไม่คงทน				
รหัสตัวอย่าง	น้ำหนักก่อนการทดสอบ (กรัม)	น้ำหนักหลังการทดสอบ (กรัม)	น้ำหนักที่สูญเสียจากการทดสอบ (กรัม)	ร้อยละของการสูญเสียจากการทดสอบ
KNJ - 08	500	460	40	8.0
KNJ - 09	500	490	10	2.0
KNJ - 10	500	305	195	39.0
KNJ - 11	500	310	190	38.0
KNJ - 12	500	490	10	2.0
KNJ - 13	500	495	5	1.0
KNJ - 15	500	215	285	57.0
KHK - 01	500	184	316.25	63.3
KHK - 02	500	121	379.25	75.9
KHK - 03	500	273	227	45.4
KSB - 01	500	368	132.5	26.5
KSB - 02	500	331	169.25	33.9
KCP - 01	500	415	85	17.0
KNF - 01	500	352	148.25	29.7

ตาราง 6 ค่าการทดสอบหาค่าของส่วนที่ไม่คงทน (ต่อ)

ค่าการทดสอบหาค่าของส่วนที่ไม่คงทน				
รหัสตัวอย่าง	น้ำหนักก่อนการทดสอบ (กรัม)	น้ำหนักหลังการทดสอบ (กรัม)	น้ำหนักที่สูญเสียจากการทดสอบ (กรัม)	ร้อยละของการสูญเสียจากการทดสอบ
UST - 04	500	150	350	70.0
UST - 05	500	235	265	53.0
UST - 06	500	305	195	39.0
UNB - 02	500	470	30	6.0
UNB - 03	500	190	310	62.0
UNB - 05	500	350	150	30.0
UNS - 01	500	265	235	47.0
UNS - 02	500	350	150	30.0
UNS - 03	500	315	185	37.0
UNS - 04	500	175	325	65.0
UHS - 01	500	255	245	49.0
UHS - 04	500	365	135	27.0
UHS - 05	500	315	185	37.0
USL - 14	500	185	315	63.0
UTY - 09	500	180	320	64.0
UKL - 02	500	120	380	76.0

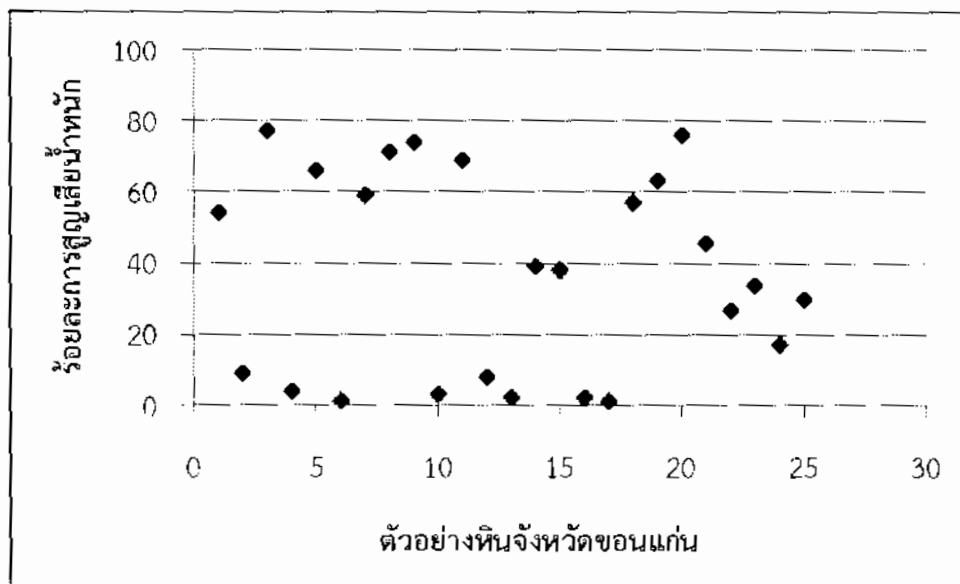
ตาราง 6 ค่าการทดสอบหาค่าของส่วนที่ไม่คงทน (ต่อ)

ค่าการทดสอบหาค่าของส่วนที่ไม่คงทน				
รหัสตัวอย่าง	น้ำหนักก่อนการทดสอบ (กรัม)	น้ำหนักหลังการทดสอบ (กรัม)	น้ำหนักที่สูญเสียจากการทดสอบ (กรัม)	ร้อยละของการสูญเสียจากการทดลอง
UDP - 11	500	135	365	73.0
UDP - 13	500	160	340	68.0
UWS - 01	500	170	330	66.0
UBK - 01	500	95	405	81.0
UBK - 02	500	370	130	26.0
UBK - 03	500	330	170	34.0
UKD - 01	500	275	225	45.0
UTL - 01	500	290	210	42.0
UTS - 01	500	470	30	6.0

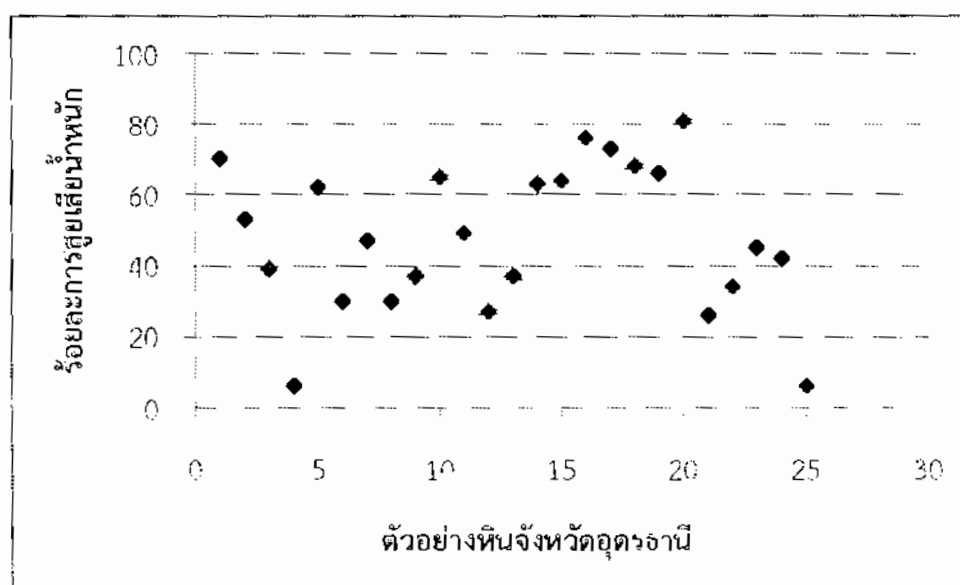
หมายเหตุ รหัสหินทรายแบ่งที่ขึ้นชื่อด้วยอักษร K ได้มาจากแหล่งจังหวัดขอนแก่น จำนวน 25 ตัวอย่าง อักษร U ได้มาจากแหล่งจังหวัดอุดรธานี จำนวน 25 ตัวอย่าง

จากผลการทดสอบของส่วนที่ไม่คงทนจะเห็นได้คุณสมบัติของตัวอย่างทรายแบ่งจากจังหวัดขอนแก่นมีความแข็งแรงกว่าจังหวัดอุดรธานี และเมื่อนำค่ามาเปรียบเทียบกับคุณสมบัติของหินตามมาตรฐานของกรมทางหลวง พบว่าค่าส่วนที่ไม่คงทนของหินทรายแบ่งผ่านเกณฑ์มาตรฐานของกรมทางหลวง ซึ่งมีค่าของส่วนที่ไม่คงทนน้อยกว่าร้อยละ 12 ซึ่งค่าของส่วนที่ไม่คงทนของหินทรายแบ่งของจังหวัดขอนแก่นผ่านเกณฑ์มาตรฐานของกรมทางหลวง จำนวน 8 ตัวอย่าง คือ KNJ - 02 มีค่าร้อยละส่วนไม่คงทนเท่ากับ 3.0 และจังหวัดอุดรธานีผ่านเกณฑ์มาตรฐานกรมทางหลวง จำนวน 2 ตัวอย่าง คือ UTS - 01 มีค่าร้อยละส่วนที่ไม่คงทนเท่ากับ 6.0 ในการเลือกใช้หินทรายแบ่ง ควรเลือกใช้หินให้เหมาะสมกับลักษณะของประเภทงานก่อสร้างดังตาราง 4

การทดสอบส่วนที่ไม่คงทน



ภาพประกอบ 22 ค่าส่วนที่ไม่คงทนของจังหวัดขอนแก่น



ภาพประกอบ 23 ค่าส่วนที่ไม่คงทนของจังหวัดอุดรธานี

จากภาพประกอบ การทดสอบร้อยละส่วนที่ไม่คงทนค่าเฉลี่ยของตัวอย่างหินที่ได้จากแหล่งในเขตจังหวัดขอนแก่นมีค่าเท่ากับร้อยละ 37.0 ซึ่งมีค่าจะแตกต่างกับผลการทดสอบตัวอย่างหินที่ได้จากแหล่งจังหวัดอุดรธานี ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 47.8 ตามมาตรฐานของกรมทางหลวงที่ (ทล.-ท 202/2515) โดยจะกำหนดค่ามาตรฐานของหินที่นำไปใช้งานได้จะต้องมีร้อยละไม่เกิน 12 จะเห็นได้ว่าแหล่งหินทั้งสองแหล่งมีค่าไม่เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานของกรมทางหลวงที่ (ทล.-ท 202/2515) ระบุคุณสมบัติทาง

กลศาสตร์ของหินและงานก่อสร้างดังตารางที่ 4 ซึ่งจะมีส่วนน้อยที่สามารถนำไปใช้ในงาน วัสดุรองรับพื้นทางและงานคอนกรีตได้

4.1.3 ค่าการทดสอบหาค่าปริมาณการแตกหักเมื่อถูกแรงกด

จากการทดสอบหาค่าปริมาณการแตกหักเมื่อถูกแรงกดของหินทรายแบ่งโดยใช้ตัวอย่างหินทรายแบ่งที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 1/2" ค้างเบอร์ 3/8" โดยใช้น้ำหนัก 10 กิโลกรัม เป็นวิธีการทดสอบกลสมบัติตามมาตรฐาน (BS 812 : Part 110 : 1990) โดยมีวิธีการทดสอบดังหัวข้อที่ 3.2 ได้ผลการทดสอบดังแสดงไว้ในตาราง 7 ดังต่อไปนี้

ตาราง 7 ค่าการทดสอบหาค่าปริมาณการแตกหักเมื่อถูกแรงกด

ค่าการทดสอบหาค่าปริมาณการแตกหักเมื่อถูกแรงกด				
รหัสตัวอย่าง	น้ำหนักที่ใช้ทดสอบ (กรัม)	น้ำหนักค้างบน ตะแกรง (กรัม)	ร้อยละของการ แตกหัก	หมายเหตุ
KCB - 01	7,355	2,525	34.3	
KCB - 03	7,860	2,275	28.9	
KCB - 04	7,420	2,115	28.5	
KCB - 05	7,645	1,985	26.0	
KCB - 06	7,460	1,860	24.9	
KCB - 11	7,715	1,445	18.7	
KCB - 15	8,165	2,495	30.6	
KCB - 18	7,535	2,270	30.1	
KCB - 26	7,655	2,390	31.2	
KNJ - 02	7,680	1,655	21.5	

ตาราง 7 ค่าการทดสอบหาค่าปริมาณการแตกหักเมื่อถูกแรงกด (ต่อ)

ค่าการทดสอบหาค่าปริมาณการแตกหักเมื่อถูกแรงกด				
รหัสตัวอย่าง	น้ำหนักที่ใช้ทดสอบ (กรัม)	น้ำหนักค้ำบน ตะแกรง (กรัม)	ร้อยละของการ แตกหัก	หมายเหตุ
KNJ - 03	7,568	2,982	39.4	
KNJ - 08	7,747	2,431	31.4	
KNJ - 09	7,594	2,384	31.4	
KNJ - 10	7,869	2,305	29.3	
KNJ - 11	7,931	2,599	32.8	
KNJ - 12	8,180	2,930	35.8	
KNJ - 13	7,415	2,436	32.9	
KNJ - 15	8,048	2,678	33.3	
KHK - 01	7,931	3,314	41.8	
KHK - 02	7,686	2,413	31.4	
KHK - 03	7,925	2,243	28.3	
KSB - 01	7,415	2,442	32.9	
KSB - 02	7,561	2,105	27.8	
KCP - 01	8,216	2,351	28.6	
KNF - 01	8,191	2,651	32.4	

ตาราง 7 ค่าการทดสอบหาค่าปริมาณการแตกหักเมื่อถูกแรงกด (ต่อ)

ค่าการทดสอบหาค่าปริมาณการแตกหักเมื่อถูกแรงกด				
รหัสตัวอย่าง	น้ำหนักที่ใช้ทดสอบ (กรัม)	น้ำหนักค้ำบน ตะแกรง (กรัม)	ร้อยละของการ แตกหัก	หมายเหตุ
UST - 04	7,386	2,645	35.8	
UST - 05	7,255	3,065	42.2	
UST - 06	8,106	2,872	35.4	
UNB - 02	7,640	1,880	24.6	
UNB - 03	7,944	2,885	36.3	
UNB - 05	7,875	2,140	27.2	
UNS - 01	7,645	2,845	37.2	
UNS - 02	7,655	2,525	33.0	
UNS - 03	7,465	2,550	34.2	
UNS - 04	8,065	2,495	30.9	
UHS - 01	7,820	1,875	24.0	
UHS - 04	7,830	2,870	36.7	
UHS - 05	7,825	3,060	39.1	
USL - 14	8,215	3,155	38.4	
UTY - 09	7,981	2,945	36.9	
UKL - 02	7,805	3,525	45.2	
UDP - 11	7,985	3,135	39.3	

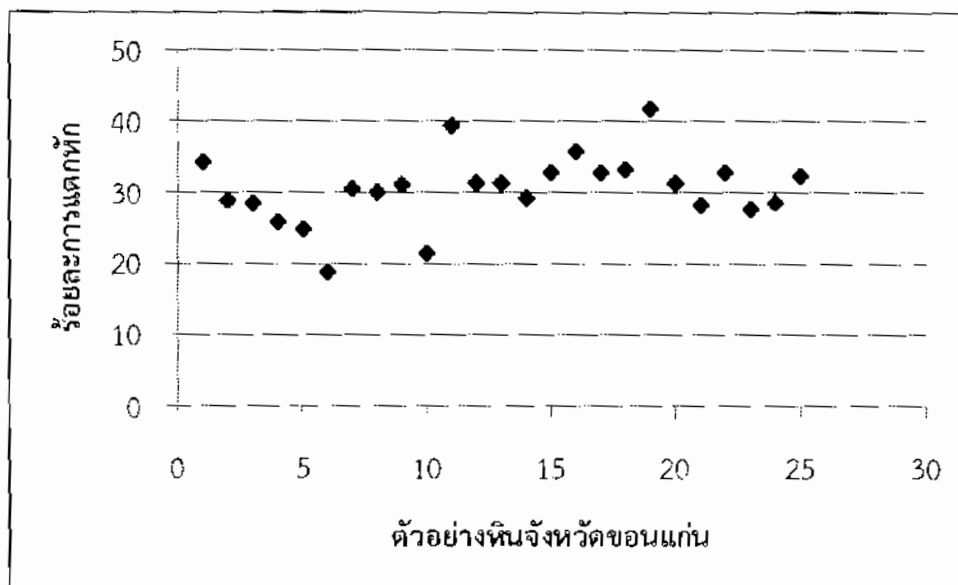
ตาราง 7 ค่าการทดสอบหาค่าปริมาณการแตกหักเมื่อถูกแรงกด (ต่อ)

ค่าการทดสอบหาค่าปริมาณการแตกหักเมื่อถูกแรงกด				
รหัสตัวอย่าง	น้ำหนักที่ใช้ทดสอบ (กรัม)	น้ำหนักค้ำบน ตะแกรง (กรัม)	ร้อยละของการ แตกหัก	หมายเหตุ
UDP - 13	8,045	3,025	37.6	
UWS - 01	7,534	2,821	37.4	
UBK - 01	7,540	3,235	42.9	
UBK - 02	7,625	2,831	37.1	
UBK - 03	7,436	2,935	39.5	
UKD - 01	7,745	1,810	23.4	
UTL - 01	7,548	2,840	37.6	
UTS - 01	7,645	2,515	32.9	

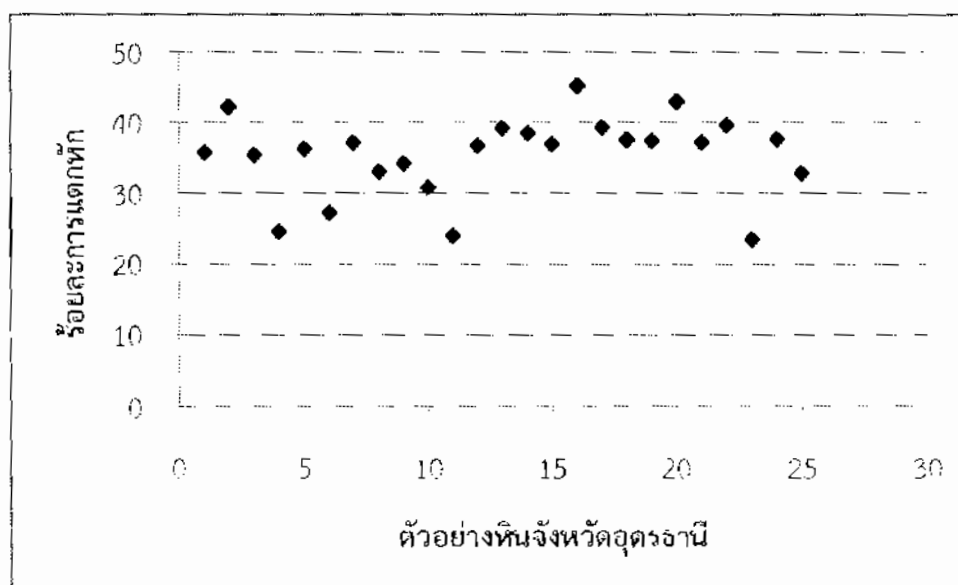
หมายเหตุ รหัสหินทรายแบ่งที่ขึ้นชื่อด้วยอักษร K ได้มาจากแหล่งจังหวัดขอนแก่น จำนวน 25 ตัวอย่าง อักษร U ได้มาจากแหล่งจังหวัดอุดรธานี จำนวน 25 ตัวอย่าง

จากผลการทดสอบปริมาณการแตกหักเมื่อถูกแรงกดจะเห็นได้คุณสมบัติของตัวอย่างทรายแบ่งจากจังหวัดขอนแก่นมีความแข็งแรงกว่าจังหวัดอุดรธานี และเมื่อนำค่ามาเปรียบเทียบกับคุณสมบัติของหินตามมาตรฐานของกรมทางหลวง พบว่าค่าปริมาณการแตกหักเมื่อถูกแรงกดของหินทรายแบ่งผ่านเกณฑ์มาตรฐานของกรมทางหลวง ซึ่งมีค่าปริมาณการแตกหักเมื่อถูกแรงกดน้อยกว่าร้อยละ 30 ซึ่งค่าปริมาณการแตกหักเมื่อถูกแรงกดของหินทรายแบ่งของจังหวัดขอนแก่นผ่านเกณฑ์มาตรฐานของกรมทางหลวงจำนวน 12 ตัวอย่าง และจังหวัดอุดรธานีผ่านเกณฑ์มาตรฐานกรมทางหลวง จำนวน 4 ตัวอย่าง ในการเลือกใช้หินทรายแบ่ง ควรเลือกใช้หินให้เหมาะสมกับลักษณะของประเภทงานก่อสร้างดังตาราง 4 สามารถเลือกใช้ได้ทั้งงานวัสดุผิวทางหรือรองพื้นทางและงานคอนกรีตได้อีกด้วย

การทดสอบการแตกหักเมื่อถูกแรงกด



ภาพประกอบ 24 ค่าการแตกหักเมื่อถูกแรงกดของจังหวัดขอนแก่น



ภาพประกอบ 25 ค่าการแตกหักเมื่อถูกแรงกดของจังหวัดอุดรธานี

จากภาพประกอบ การทดสอบร้อยละการแตกหักเมื่อถูกแรงกดค่าเฉลี่ยของตัวอย่างหินทราย
 แบ่งที่ได้จากแหล่งในเขตจังหวัดขอนแก่นมีค่าเท่าร้อยละ 30 ซึ่งมีค่าที่แตกต่างกับผลการทดสอบ
 ตัวอย่างหินทรายแบ่งที่ได้จากแหล่งจังหวัดอุดรธานี ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 35 ตามมาตรฐาน (BS
 812 : Part 110 : 1990) ได้กำหนดค่ามาตรฐานของหินที่นำไปใช้งานได้จะต้องมีร้อยละ 19.2 -37.5
 เห็นได้ว่าแหล่งหินทั้งสองแหล่งมีค่าเป็นไปตามค่ามาตรฐาน (BS 812 : Part 110 : 1990) ได้กำหนด

และยังสามารถนำไปใช้ทดแทนหินปูนในงานก่อสร้างวัสดุผิวทางหรือวัสดุรองพื้นทาง โดยมีค่าน้อยกว่าค่ามาตรฐานกรมทางหลวงที่ร้อยละ 30 และงานคอนกรีตซึ่งมีค่าน้อยกว่าร้อยละ 35 ดังแสดงในตาราง 4 ค่ามาตรฐานของคุณสมบัติทางกลศาสตร์ของหินและงานคอนกรีต ที่ระบุไว้

4.1.4 ค่าการทดสอบหาค่าของการดูดซึมน้ำ

จากการทดสอบหาค่าของการดูดซึมน้ำของหินทรายแป้งโดยใช้ตัวอย่างหินทรายแป้งที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 3/4" ค้างเบอร์ 1/2" โดยใช้น้ำหนัก 2 กิโลกรัม เป็นวิธีการทดสอบกลลบบัณฑิตตามมาตรฐานของกรมทางหลวงที่ (ทล.-ท 209/2518) โดยมีวิธีการทดสอบดังหัวข้อที่ 3.2 ได้ผลการทดสอบดังแสดงไว้ในตาราง 8 ดังต่อไปนี้

ตาราง 8 ค่าการทดสอบหาค่าของการดูดซึมน้ำ

ค่าทดสอบหาค่าของการดูดซึมน้ำ				
รหัสตัวอย่าง	น้ำหนักแห้งของมวลรวมหยาบ (กรัม)	น้ำหนักกึ่งอิ่มตัวผิวแห้งแห้งของมวลรวมหยาบ (กรัม)	ร้อยละการดูดซึมน้ำ	หมายเหตุ
KCB - 01	2,000	2,040	2.00	
KCB - 03	2,000	2,025	1.25	
KCB - 04	2,000	2,050	2.50	
KCB - 05	2,000	2,035	1.75	
KCB - 06	2,000	2,055	2.75	
KCB - 11	2,000	2,010	0.50	
KCB - 15	2,000	2,065	3.25	
KCB - 18	2,000	2,010	0.50	
KCB - 26	2,000	2,010	0.50	
KNJ - 02	2,000	2,035	1.75	

ตาราง 8 ค่าการทดสอบหาค่าของการดูดซึมน้ำ (ต่อ)

ค่าการทดสอบหาค่าของการดูดซึมน้ำ				
รหัสตัวอย่าง	น้ำหนักแห้งของมวลรวมหยาบ (กรัม)	น้ำหนักอิมตัวผิวแห้งแห้งของมวลรวมหยาบ (กรัม)	ร้อยละการดูดซึมน้ำ	หมายเหตุ
KNJ - 03	2,000	2,030	1.50	
KNJ - 08	2,000	2,035	1.75	
KNJ - 09	2,000	2,010	0.50	
KNJ - 10	2,000	2,025	1.25	
KNJ - 11	2,000	2,025	1.25	
KNJ - 12	2,000	2,010	0.50	
KNJ - 13	2,000	2,010	0.50	
KNJ - 15	2,000	2,035	1.75	
KHK - 01	2,000	2,030	1.50	
KHK - 02	2,000	2,050	2.50	
KHK - 03	2,000	2,020	1.00	
KSB - 01	2,000	2,040	2.00	
KSB - 02	2,000	2,040	2.00	
KCP - 01	2,000	2,010	0.50	
KNF - 01	2,000	2,010	0.50	

ตาราง 8 ค่าการทดสอบหาค่าของการดูดซึมน้ำ (ต่อ)

ค่าการทดสอบหาค่าของการดูดซึมน้ำ				
รหัสตัวอย่าง	น้ำหนักแห้งของมวลรวมหยาบ (กรัม)	น้ำหนักก้อนตัวผิวแห้งแห้งของมวลรวมหยาบ (กรัม)	ร้อยละการดูดซึมน้ำ	หมายเหตุ
UST - 04	2,000	2,025	1.25	
UST - 05	2,000	2,025	1.25	
UST - 06	2,000	2,025	1.25	
UNB - 02	2,000	2,030	1.50	
UNB - 03	2,000	2,080	4.00	
UNB - 05	2,000	2,020	1.00	
UNS - 01	2,000	2,030	1.50	
UNS - 02	2,000	2,040	2.00	
UNS - 03	2,000	2,050	2.50	
UNS - 04	2,000	2,030	1.50	
UHS - 01	2,000	2,015	0.75	
UHS - 04	2,000	2,060	3.00	
UHS - 05	2,000	2,040	2.00	
USL - 14	2,000	2,055	2.75	
UTY - 09	2,000	2,050	2.50	
UKL - 02	2,000	2,045	2.25	
UDP - 11	2,000	2,050	2.50	

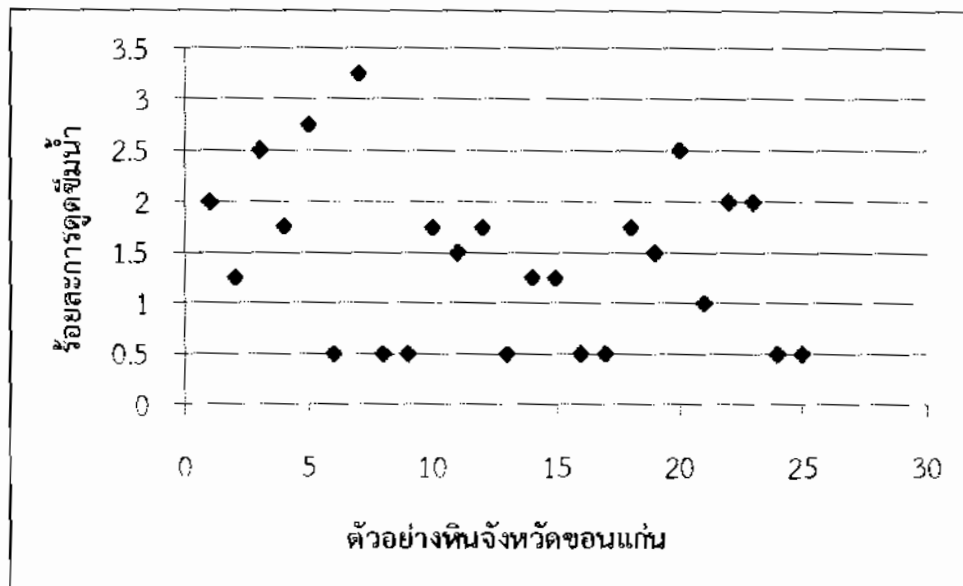
ตาราง 8 ค่าการทดสอบหาค่าของการดูดซึมน้ำ (ต่อ)

ค่าการทดสอบหาค่าของการดูดซึมน้ำ				
รหัสตัวอย่าง	น้ำหนักแห้งของ มวลรวมหยาบ (กรัม)	น้ำหนักอิ่มตัวผิว แห้งแห้งของมวล รวมหยาบ (กรัม)	ร้อยละการดูดซึมน้ำ	หมายเหตุ
UDP - 13	2,000	2,060	3.00	
UWS - 01	2,000	2,015	0.75	
UBK - 01	2,000	2,050	2.50	
UBK - 02	2,000	2,010	0.50	
UBK - 03	2,000	2,020	1.00	
UKD - 01	2,000	2,015	0.75	
UTL - 01	2,000	2,050	2.50	
UTS - 01	2,000	2,055	2.75	

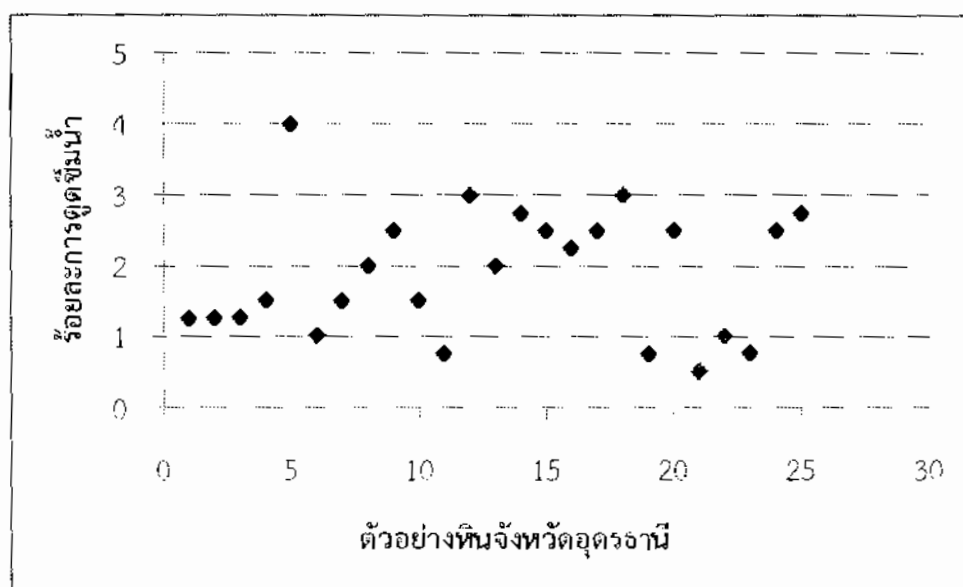
หมายเหตุ รหัสหินทรายแบ่งที่ขึ้นชื่อด้วยอักษร K ได้มาจากแหล่งจังหวัด ขอนแก่น จำนวน 25 ตัวอย่าง อักษร U ได้มาจากแหล่งจังหวัด อุตรธานี จำนวน 25 ตัวอย่าง

จากผลการทดสอบการดูดซึมน้ำจะเห็นได้คุณสมบัติของตัวอย่างทรายแบ่งจากจังหวัดขอนแก่น มีค่าการดูดซึมน้ำน้อยกว่าตัวอย่างหินจากจังหวัดอุตรธานี และเมื่อนำค่ามาเปรียบเทียบกับคุณสมบัติของหินตามมาตรฐานของกรมทางหลวง พบว่าค่าการดูดซึมน้ำของหินทรายแบ่งเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานของกรมทางหลวง ซึ่งมีค่าการดูดซึมน้ำอยู่ระหว่างร้อยละ 1.21-3.8 ซึ่งค่าการดูดน้ำของหินทรายแบ่งของจังหวัดขอนแก่นเป็นไปตามมาตรฐานของกรมทางหลวง จำนวน 25 ตัวอย่าง และหินทรายแบ่งจังหวัดอุตรธานีเป็นไปตามมาตรฐานกรมทางหลวง จำนวน 25 ตัวอย่าง มีค่าเฉลี่ยร้อยละการดูดซึมน้ำทั้งสองแหล่ง เท่ากับ 1.43-1.89 เมื่อเปรียบเทียบกับหินปูนแล้ว หินทรายจะมีคุณสมบัติการดูดซึมน้ำมากกว่าหินปูนค่อนข้างมาก ในการเลือกใช้หินทรายแบ่ง ควรเลือกใช้หินให้เหมาะสมกับลักษณะของประเภทงานก่อสร้างดังตาราง 2 และตาราง 3

การทดสอบการดูดซึมน้ำ



ภาพประกอบ 26 ค่าการดูดซึมน้ำของจังหวัดขอนแก่น



ภาพประกอบ 27 ค่าการดูดซึมน้ำของจังหวัดอุดรธานี

จากภาพประกอบ การทดสอบร้อยละการดูดซึมน้ำค่าเฉลี่ยของตัวอย่างหินที่ได้จากแหล่งในเขต จังหวัดขอนแก่นมีค่าเท่าร้อยละ 1.43 ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกันกับผลการทดสอบตัวอย่างหินที่ได้จากแหล่ง จังหวัดอุดรธานี ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 1.89 ตามมาตรฐานกรมทางหลวงที่ ทล.-ท 209/2518 โดย จะกำหนดค่ามาตรฐานของหินที่นำไปใช้งานได้จะต้องมีค่าระหว่างร้อยละ 1.21-3.8 คือจะเห็นได้ว่า แหล่งหินทั้งสองแหล่งมีค่าเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานของกรมทางหลวงที่ (ทล.-ท 209/2518) ได้

กำหนดไว้ เมื่อนำค่าการดูดซึมน้ำมาเปรียบเทียบกับค่าคุณสมบัติของหินงานทางที่เหมาะสม ซึ่งมีค่าร้อยละ 0.60 ดังนั้นค่าการดูดซึมน้ำของหินทรายแป้งจากจังหวัดขอนแก่นและจังหวัดอุดรธานี มีค่าที่มากกว่าค่าที่เหมาะสม ในการนำไปใช้งานควรเลือกใช้หินทรายแป้งที่มีคุณสมบัติการดูดซึมน้ำน้อยที่สุด คือตัวอย่างหินทรายจากจังหวัดขอนแก่นโดยมีค่าร้อยละการดูดซึมน้ำน้อยที่สุดคือ 0.5 มีจำนวน 8 ตัวอย่างไปใช้งาน

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

ในบทนี้จะกล่าวถึงผลสรุปของงานวิจัยในเรื่องการทดสอบคุณสมบัติทางกลศาสตร์ของหินทรายแปงทั้ง 4 การทดสอบ รวมถึงข้อเสนอแนะต่างๆ ที่มีประโยชน์สำหรับการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับหัวข้อของงานวิจัยนี้

5.1 สรุปผลการศึกษา

5.1.1 การทดสอบการสึกหรอของหินทรายแปงจากแหล่งจังหวัดขอนแก่นและอุดรธานี ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน (ทล.-ท 209/2518) ร้อยละ 10

5.1.2 การทดสอบส่วนที่ไม่คงทนของหินทรายแปงจากแหล่งจังหวัดขอนแก่นและอุดรธานี ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน (ทล.-ท 209/2518) ร้อยละ 10

5.1.3 การทดสอบหาปริมาณการแตกหักเมื่อถูกแรงกดของหินทรายแปงจากแหล่งจังหวัดขอนแก่นและอุดรธานี ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน (ทล.-ท 209/2518) ร้อยละ 30

5.1.4 การทดสอบการดูดซึมน้ำของหินทรายแปงจากแหล่งจังหวัดขอนแก่นและอุดรธานี ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน (ทล.-ท 209/2518) ร้อยละ 50

5.1.5 ตัวอย่างหินทรายแปงจากแหล่งจังหวัดขอนแก่นและจังหวัดอุดรธานี ทั้ง 4 การทดสอบผ่านเกณฑ์มาตรฐาน (ทล.-ท 209/2518) ร้อยละ 25

5.1.6 จากการทดสอบทั้ง 4 การทดสอบสามารถนำหินทรายแปงจากแหล่งจังหวัดขอนแก่นและอุดรธานี ไปใช้เป็นวัสดุผิวทางหรืองานคอนกรีตในงานก่อสร้างบางประเภทได้

5.1.7 ตัวอย่างหินทรายแปงที่มีคุณสมบัติที่ดีที่สุดคือ ตัวอย่าง KNJ – 02 สามารถทดแทนหินปูนในงานก่อสร้างได้

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ควรศึกษาการทดสอบคุณสมบัติทางกลศาสตร์ของหินทรายแปงเพิ่มเติม เพื่อจะได้ให้ข้อมูลพื้นฐานกว้างมากขึ้น

5.2.2 ควรศึกษาแหล่งหินอื่นๆ เพิ่มเติมเพื่อนำค่ามาเปรียบเทียบกับแหล่งหินจากจังหวัดขอนแก่นและจังหวัดอุดรธานี

5.2.3 ควรศึกษาการพัฒนาการใช้หินทรายแปง ในงานก่อสร้างให้ทันสมัยมากขึ้น

5.2.4 หินทรายแปงที่ได้จากจังหวัดขอนแก่น จะมีเนื้อหินละเอียดมีความแข็งแกร่งมากกว่าหินตัวอย่างจากจังหวัดอุดรธานี

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. การสำรวจและประเมินเพื่อกำหนดขอบเขตแหล่งหิน
ก่อสร้าง พื้นที่จังหวัดขอนแก่น และ จังหวัดอุดรธานี. เอกสารการประชุมระดมความ
คิดเห็นและเผยแพร่องค์ความรู้. ขอนแก่น : ประเทศไทย, 26 สิงหาคม 2556.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
ตารางการทดสอบ

ตาราง 5 ค่าการทดสอบหาการสีกหรือ

ค่าการทดสอบหาการสีกหรือ				
รหัสตัวอย่าง	น้ำหนักก่อน ทดสอบ (กรัม)	น้ำหนักหลังการ ทดสอบ (กรัม)	ร้อยละการ แตกหัก (กรัม)	หมายเหตุ
KCB - 01	2,501	700	72.0	
KCB - 03	2,503	1,227	51.0	
KCB - 04	2,498	897	64.1	
KCB - 05	2,500	754	69.8	
KCB - 06	2,501	962	61.5	
KCB - 11	2,499	1,476	40.9	
KCB - 15	2,501	879	64.9	

ตาราง 5 ค่าการทดสอบหาการสีกหรือ (ต่อ)

ค่าการทดสอบหาการสีกหรือ				
รหัสตัวอย่าง	น้ำหนักก่อน ทดสอบ (กรัม)	น้ำหนักหลังการ ทดสอบ (กรัม)	ร้อยละการ แตกหัก (กรัม)	หมายเหตุ
KCB - 18	2,499	235	90.6	
KCB - 26	2,498	248	90.1	
KNJ - 02	2,498	2,070	17.1	
KNJ - 03	2,500	462	81.5	
KNJ - 08	2,500	776	69.0	
KNJ - 09	2,501	945	62.2	
KNJ - 10	2,499	634	74.6	
KNJ - 11	2,499	1,739	30.4	
KNJ - 12	2,500	755	69.8	
KNJ - 13	2,498	1,972	21.1	
KNJ - 15	2,497	853	65.8	
KHK - 01	2,499	1,720	31.2	
KHK - 02	2,500	1,235	50.6	
KHK - 03	2,499	1,942	22.3	
KSB - 01	2,499	493	80.3	
KSB - 02	2,497	369	85.2	
KCP - 01	2,499	1,900	24.0	
KNF - 01	2,498	923	63.1	

ตาราง 5 ค่าการทดสอบหาการสีกหรือ (ต่อ)

ค่าการทดสอบหาการสีกหรือ				
รหัสตัวอย่าง	น้ำหนักก่อน ทดสอบ (กรัม)	น้ำหนักหลังการ ทดสอบ (กรัม)	ร้อยละการ แตกหัก (กรัม)	หมายเหตุ
UST - 04	2,497	322	87.1	
UST - 05	2,492	328	86.8	
UST - 06	2,501	280	88.8	
UNB - 02	2,496	2,021	19.0	
UNB - 03	2,498	1,110	55.6	
UNB - 05	2,500	1,088	56.5	
UNS - 01	2,500	975	61.0	
UNS - 02	2,500	1,726	31.0	
UNS - 03	2,500	390	84.4	
UNS - 04	2,500	533	78.7	
UHS - 01	2,500	560	77.6	
UHS - 04	2,500	610	75.6	
UHS - 05	2,500	240	90.4	
USL - 14	2,500	512	79.5	
UTY - 09	2,500	371	85.2	
UKL - 02	2,500	1,039	58.4	
UDP - 11	2,500	343	86.3	

ตาราง 5 ค่าการทดสอบหาการสีกหรือ (ต่อ)

ค่าการทดสอบหาการสีกหรือ				
รหัสตัวอย่าง	น้ำหนักก่อน ทดสอบ (กรัม)	น้ำหนักหลังการ ทดสอบ (กรัม)	ร้อยละการ แตกหัก	หมายเหตุ
UDP - 13	2,500	142	94.3	
UWS - 01	2,500	245	90.2	
UBK - 01	2,500	428	82.9	
UBK - 02	2,500	238	90.5	
UBK - 03	2,500	986	60.6	
UKD - 01	2,500	307	87.7	
UTL - 01	2,500	167	93.3	
UTS - 01	2,500	1,183	52.7	

ตาราง 6 ค่าการทดสอบหาค่าของส่วนที่ไม่คงทน

ค่าการทดสอบหาค่าของส่วนที่ไม่คงทน				
รหัสตัวอย่าง	น้ำหนักก่อนการทดสอบ (กรัม)	น้ำหนักหลังการทดสอบ (กรัม)	น้ำหนักที่สูญเสียจากการทดสอบ (กรัม)	ร้อยละของการสูญเสียจากการทดสอบ
KCB - 01	500	230	270	54.0
KCB - 03	500	455	45	9.0
KCB - 04	500	115	385	77.0
KCB - 05	500	480	20	4.0
KCB - 06	500	170	330	66.0
KCB - 11	500	495	5	1.0
KCB - 15	500	205	295	59.0
KCB - 18	500	145	355	71.0
KCB - 26	500	130	370	74.0
KNJ - 02	500	485	15	3.0
KNJ - 03	500	155	345	69.0

ตาราง 6 ค่าการทดสอบหาค่าของส่วนที่ไม่คงทน (ต่อ)

ค่าการทดสอบหาค่าของส่วนที่ไม่คงทน				
รหัสตัวอย่าง	น้ำหนักก่อนการทดสอบ (กรัม)	น้ำหนักหลังการทดสอบ (กรัม)	น้ำหนักที่สูญเสียจากการทดสอบ (กรัม)	ร้อยละของการสูญเสียจากการทดลอง
KNJ - 08	500	460	40	8.0
KNJ - 09	500	490	10	2.0
KNJ - 10	500	305	195	39.0
KNJ - 11	500	310	190	38.0
KNJ - 12	500	490	10	2.0
KNJ - 13	500	495	5	1.0
KNJ - 15	500	215	285	57.0
KHK - 01	500	184	316.25	63.3
KHK - 02	500	121	379.25	75.9
KHK - 03	500	273	227	45.4
KSB - 01	500	368	132.5	26.5
KSB - 02	500	331	169.25	33.9
KCP - 01	500	415	85	17.0
KNF - 01	500	352	148.25	29.7

ตาราง 6 ค่าการทดสอบหาค่าของส่วนที่ไม่คงทน (ต่อ)

ค่าการทดสอบหาค่าของส่วนที่ไม่คงทน				
รหัสตัวอย่าง	น้ำหนักก่อนการทดสอบ (กรัม)	น้ำหนักหลังการทดสอบ (กรัม)	น้ำหนักที่สูญเสียจากการทดสอบ (กรัม)	ร้อยละของการสูญเสียจากการทดสอบ
UST - 04	500	150	350	70.0
UST - 05	500	235	265	53.0
UST - 06	500	305	195	39.0
UNB - 02	500	470	30	6.0
UNB - 03	500	190	310	62.0
UNB - 05	500	350	150	30.0
UNS - 01	500	265	235	47.0
UNS - 02	500	350	150	30.0
UNS - 03	500	315	185	37.0
UNS - 04	500	175	325	65.0
UHS - 01	500	255	245	49.0
UHS - 04	500	365	135	27.0
UHS - 05	500	315	185	37.0
USL - 14	500	185	315	63.0
UTY - 09	500	180	320	64.0
UKL - 02	500	120	380	76.0

ตาราง 6 ค่าการทดสอบหาค่าของส่วนที่ไม่คงทน (ต่อ)

ค่าการทดสอบหาค่าของส่วนที่ไม่คงทน				
รหัสตัวอย่าง	น้ำหนักก่อนการทดสอบ (กรัม)	น้ำหนักหลังการทดสอบ (กรัม)	น้ำหนักที่สูญเสียจากการทดสอบ (กรัม)	ร้อยละของการสูญเสียจากการทดสอบ
UDP - 11	500	135	365	73.0
UDP - 13	500	160	340	68.0
UWS - 01	500	170	330	66.0
UBK - 01	500	95	405	81.0
UBK - 02	500	370	130	26.0
UBK - 03	500	330	170	34.0
UKD - 01	500	275	225	45.0
UTL - 01	500	290	210	42.0
UTS - 01	500	470	30	6.0

ตาราง 7 ค่าการทดสอบหาค่าปริมาณการแตกหักเมื่อถูกแรงกด

ค่าการทดสอบหาค่าปริมาณการแตกหักเมื่อถูกแรงกด				
รหัสตัวอย่าง	น้ำหนักที่ใช้ทดสอบ (กรัม)	น้ำหนักค้ำบน ตะแกรง (กรัม)	ร้อยละของการ แตกหัก	หมายเหตุ
KCB - 01	7,355	2,525	34.3	
KCB - 03	7,860	2,275	28.9	
KCB - 04	7,420	2,115	28.5	
KCB - 05	7,645	1,985	26.0	
KCB - 06	7,460	1,860	24.9	
KCB - 11	7,715	1,445	18.7	
KCB - 15	8,165	2,495	30.6	
KCB - 18	7,535	2,270	30.1	
KCB - 26	7,655	2,390	31.2	
KNJ - 02	7,680	1,655	21.5	

ตาราง 7 ค่าการทดสอบหาค่าปริมาณการแตกหักเมื่อถูกแรงกด (ต่อ)

ค่าการทดสอบหาค่าปริมาณการแตกหักเมื่อถูกแรงกด				
รหัสตัวอย่าง	น้ำหนักที่ใช้ทดสอบ (กรัม)	น้ำหนักค้ำบน ตะแกรง (กรัม)	ร้อยละของการ แตกหัก	หมายเหตุ
KNJ - 03	7,568	2,982	39.4	
KNJ - 08	7,747	2,431	31.4	
KNJ - 09	7,594	2,384	31.4	
KNJ - 10	7,869	2,305	29.3	
KNJ - 11	7,931	2,599	32.8	
KNJ - 12	8,180	2,930	35.8	
KNJ - 13	7,415	2,436	32.9	
KNJ - 15	8,048	2,678	33.3	
KHK - 01	7,931	3,314	41.8	
KHK - 02	7,686	2,413	31.4	
KHK - 03	7,925	2,243	28.3	
KSB - 01	7,415	2,442	32.9	
KSB - 02	7,561	2,105	27.8	
KCP - 01	8,216	2,351	28.6	
KNF - 01	8,191	2,651	32.4	

ตาราง 7 ค่าการทดสอบหาค่าปริมาณการแตกหักเมื่อถูกแรงกด (ต่อ)

ค่าการทดสอบหาค่าปริมาณการแตกหักเมื่อถูกแรงกด				
รหัสตัวอย่าง	น้ำหนักที่ใช้ทดสอบ (กรัม)	น้ำหนักค้ำบน ตะแกรง (กรัม)	ร้อยละของการ แตกหัก	หมายเหตุ
UST - 04	7,386	2,645	35.8	
UST - 05	7,255	3,065	42.2	
UST - 06	8,106	2,872	35.4	
UNB - 02	7,640	1,880	24.6	
UNB - 03	7,944	2,885	36.3	
UNB - 05	7,875	2,140	27.2	
UNS - 01	7,645	2,845	37.2	
UNS - 02	7,655	2,525	33.0	
UNS - 03	7,465	2,550	34.2	
UNS - 04	8,065	2,495	30.9	
UHS - 01	7,820	1,875	24.0	
UHS - 04	7,830	2,870	36.7	
UHS - 05	7,825	3,060	39.1	
USL - 14	8,215	3,155	38.4	
UTY - 09	7,981	2,945	36.9	
UKL - 02	7,805	3,525	45.2	
UDP - 11	7,985	3,135	39.3	

ตาราง 7 ค่าการทดสอบหาค่าปริมาณการแตกหักเมื่อถูกแรงกด (ต่อ)

ค่าการทดสอบหาค่าปริมาณการแตกหักเมื่อถูกแรงกด				
รหัสตัวอย่าง	น้ำหนักที่ใช้ทดสอบ (กรัม)	น้ำหนักค้ำบน ตะแกรง (กรัม)	ร้อยละของการ แตกหัก	หมายเหตุ
UDP - 13	8,045	3,025	37.6	
UWS - 01	7,534	2,821	37.4	
UBK - 01	7,540	3,235	42.9	
UBK - 02	7,625	2,831	37.1	
UBK - 03	7,436	2,935	39.5	
UKD - 01	7,745	1,810	23.4	
UTL - 01	7,548	2,840	37.6	
UTS - 01	7,645	2,515	32.9	

ตาราง 8 ค่าการทดสอบหาค่าของการดูดซึมน้ำ

ค่าทดสอบหาค่าของการดูดซึมน้ำ				
รหัสตัวอย่าง	น้ำหนักแห้งของ มวลรวมหยาบ (กรัม)	น้ำหนักกั้มตัวผิว แห้งแห้งของมวล รวมหยาบ (กรัม)	ร้อยละการดูดซึมน้ำ	หมายเหตุ
KCB - 01	2,000	2,040	2.00	
KCB - 03	2,000	2,025	1.25	
KCB - 04	2,000	2,050	2.50	
KCB - 05	2,000	2,035	1.75	
KCB - 06	2,000	2,055	2.75	
KCB - 11	2,000	2,010	0.50	
KCB - 15	2,000	2,065	3.25	
KCB - 18	2,000	2,010	0.50	
KCB - 26	2,000	2,010	0.50	
KNJ - 02	2,000	2,035	1.75	

ตาราง 8 ค่าการทดสอบหาค่าของการดูดซึมน้ำ (ต่อ)

ค่าการทดสอบหาค่าของการดูดซึมน้ำ				
รหัสตัวอย่าง	น้ำหนักแห้งของมวลรวมหยาบ (กรัม)	น้ำหนักก้อนตัวผิวแห้งแห้งของมวลรวมหยาบ (กรัม)	ร้อยละการดูดซึมน้ำ	หมายเหตุ
KNJ - 03	2,000	2,030	1.50	
KNJ - 08	2,000	2,035	1.75	
KNJ - 09	2,000	2,010	0.50	
KNJ - 10	2,000	2,025	1.25	
KNJ - 11	2,000	2,025	1.25	
KNJ - 12	2,000	2,010	0.50	
KNJ - 13	2,000	2,010	0.50	
KNJ - 15	2,000	2,035	1.75	
KHK - 01	2,000	2,030	1.50	
KHK - 02	2,000	2,050	2.50	
KHK - 03	2,000	2,020	1.00	
KSB - 01	2,000	2,040	2.00	
KSB - 02	2,000	2,040	2.00	
KCP - 01	2,000	2,010	0.50	
KNF - 01	2,000	2,010	0.50	

ตาราง 8 ค่าการทดสอบหาค่าของการดูดซึมน้ำ (ต่อ)

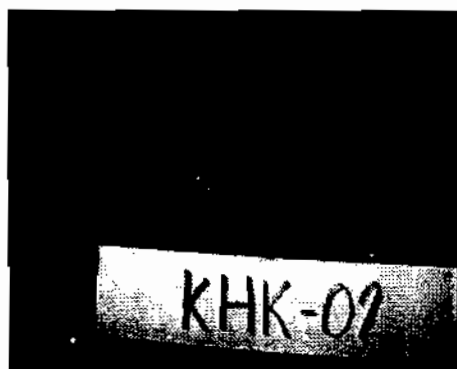
ค่าการทดสอบหาค่าของการดูดซึมน้ำ				
รหัสตัวอย่าง	น้ำหนักแห้งของ มวลรวมหยาบ (กรัม)	น้ำหนักอิมด้ผิว แห้งแห้งของมวล รวมหยาบ (กรัม)	ร้อยละการดูดซึมน้ำ	หมายเหตุ
UST - 04	2,000	2,025	1.25	
UST - 05	2,000	2,025	1.25	
UST - 06	2,000	2,025	1.25	
UNB - 02	2,000	2,030	1.50	
UNB - 03	2,000	2,080	4.00	
UNB - 05	2,000	2,020	1.00	
UNS - 01	2,000	2,030	1.50	
UNS - 02	2,000	2,040	2.00	
UNS - 03	2,000	2,050	2.50	
UNS - 04	2,000	2,030	1.50	
UHS - 01	2,000	2,015	0.75	
UHS - 04	2,000	2,060	3.00	
UHS - 05	2,000	2,040	2.00	
USL - 14	2,000	2,055	2.75	
UTY - 09	2,000	2,050	2.50	
UKL - 02	2,000	2,045	2.25	
UDP - 11	2,000	2,050	2.50	

ตาราง 8 ค่าการทดสอบหาค่าของการดูดซึมน้ำ (ต่อ)

ค่าการทดสอบหาค่าของการดูดซึมน้ำ				
รหัสตัวอย่าง	น้ำหนักแห้งของ มวลรวมหยาบ (กรัม)	น้ำหนักอ้อมตัวผิว แห้งแห้งของมวล รวมหยาบ (กรัม)	ร้อยละการดูดซึม น้ำ	หมายเหตุ
UDP - 13	2,000	2,060	3.00	
UWS - 01	2,000	2,015	0.75	
UBK - 01	2,000	2,050	2.50	
UBK - 02	2,000	2,010	0.50	
UBK - 03	2,000	2,020	1.00	
UKD - 01	2,000	2,015	0.75	
UTL - 01	2,000	2,050	2.50	
UTS - 01	2,000	2,055	2.75	

ภาคผนวก ข
ภาพประกอบ

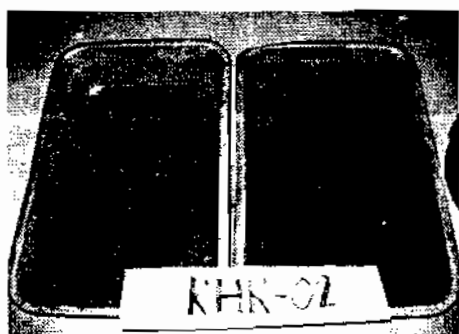
การทดสอบหาค่าการสึกหรอ



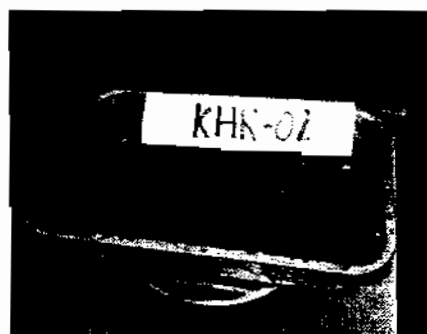
ภาพประกอบ 28 การใส่หินและลูกเหล็ก



ภาพประกอบ 29 หลังจากการทดสอบ

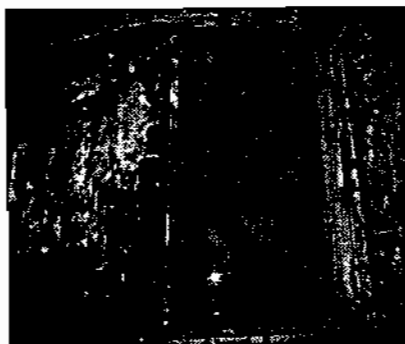


ภาพประกอบ 30 การร่อนหินผ่านตะแกรง

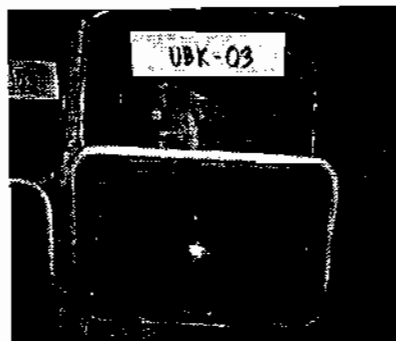


ภาพประกอบ 31 การชั่งน้ำหนัก

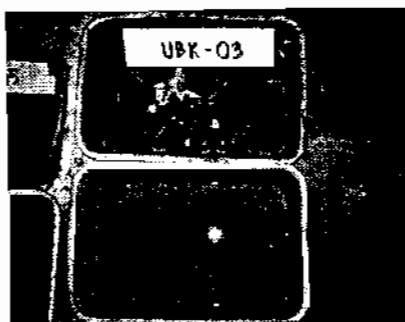
การทดสอบหาค่าส่วนที่ไม่คงทน



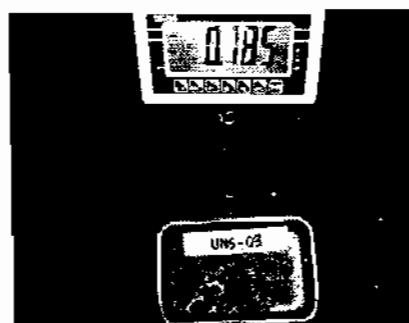
ภาพประกอบ 32 การแช่สารละลายโซเดียม



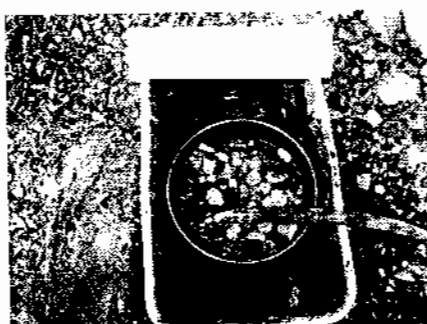
ภาพประกอบ 33 การแช่ตัวอย่างหิน



ภาพประกอบ 34 การทิ้งตัวอย่างให้แห้ง

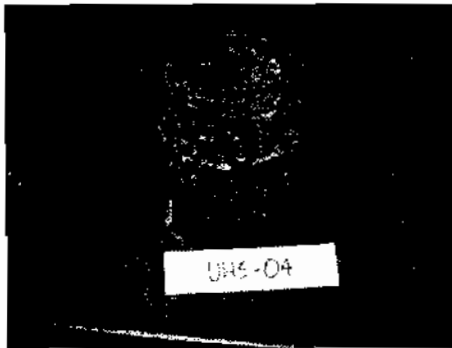


ภาพประกอบ 35 การชั่งน้ำหนัก

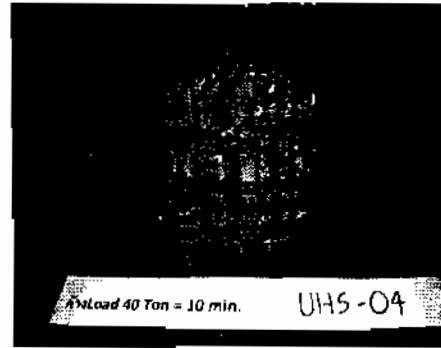


ภาพประกอบ 36 การล้างสารละลาย

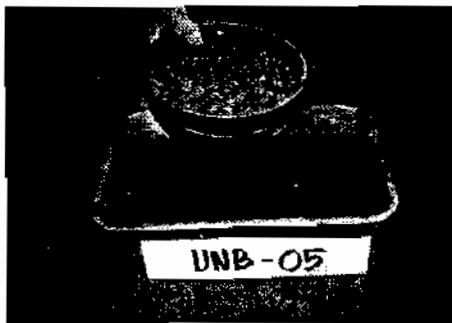
การทดสอบหาค่าการแตกหักเมื่อถูกแรงกด



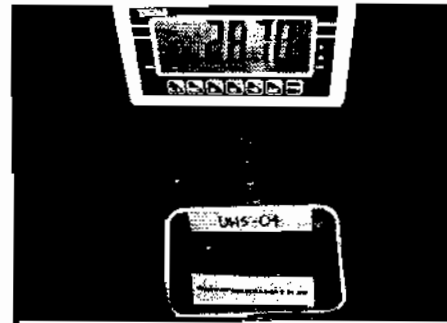
ภาพประกอบ 37 การเตรียมตัวอย่าง



ภาพประกอบ 38 การทดสอบ

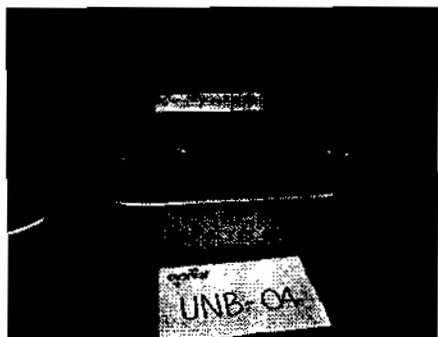


ภาพประกอบ 39 การร่อนตัวอย่างหิน

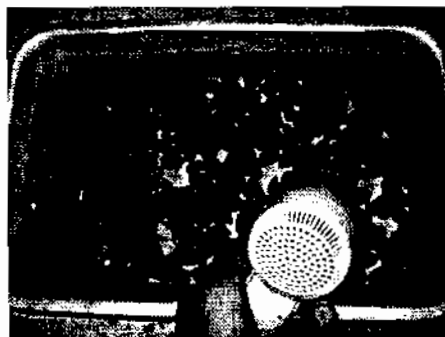


ภาพประกอบ 40 การชั่งน้ำหนัก

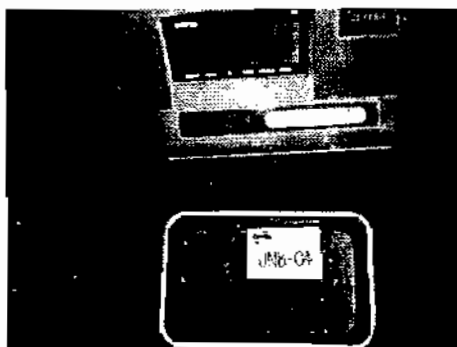
การทดสอบการดูดซึมน้ำ



ภาพประกอบ 41 การแช่หินตัวอย่าง



ภาพประกอบ 42 การเป่าตัวอย่าง



ภาพประกอบ 43 การชั่งน้ำหนัก

ประวัติย่อของผู้วิจัย



ประวัติย่อของผู้วิจัย

ชื่อ นายธวัชชัย ลาสงยาง
 วันเกิด วันที่ 7 กันยายน 2533
 สถานที่เกิด อำเภอรัตนวาปี จังหวัดหนองคาย
 สถานที่อยู่ปัจจุบัน บ้านเลขที่ 22 หมู่ 13 ตำบลโพนแพง อำเภอรัตนวาปี จังหวัดหนองคาย

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2559 มัธยมศึกษา โรงเรียนประชาบดีพิทยาคม อำเภอรัตนวาปี จังหวัดหนองคาย
 พ.ศ. 2551 ประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) วิทยาลัยเทคนิคหนองคาย อำเภอเมือง
 จังหวัดหนองคาย
 พ.ศ. 2553 ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) วิทยาลัยเทคนิคหนองคาย อำเภอเมือง
 จังหวัดหนองคาย
 พ.ศ. 2556 วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วศ.บ.) สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา
 มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

ประวัติย่อของผู้วิจัย

ชื่อ นายสุมงคล นาทัน
 วันเกิด วันที่ 4 พฤษภาคม 2533
 สถานที่เกิด อำเภอดอนจาน จังหวัดกาฬสินธุ์
 สถานที่อยู่ปัจจุบัน บ้านเลขที่ 37 หมู่ 12 ตำบลคงพยุ่ง อำเภอดอนจาน จังหวัดกาฬสินธุ์

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2548 มัธยมศึกษา โรงเรียนอนุกุลนารี อำเภอเมือง จังหวัดกาฬสินธุ์
 พ.ศ. 2551 ประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) วิทยาลัยเทคนิคขอนแก่น อำเภอเมือง
 จังหวัดขอนแก่น
 พ.ศ. 2553 ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
 วิทยาเขตขอนแก่น อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น
 พ.ศ. 2556 วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วศ.บ.) สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา
 มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

