
คุณสมบัติทางวิศวกรรมของหินแหล่งจังหวัดเลยเพื่อใช้สำหรับผสมคอนกรีตกำลังสูง
ENGINEERING PROPERTIES OF ROCK QUARRY LOEI PROVINCE
FOR HIGH STRENGTH CONCRETE

ดร.สุรศักดิ์ ธานี*

บทคัดย่อ

ปัจจุบันหินในจังหวัดเลยได้มีการ โม่ บด ข่อยหิน เพื่อนำไปใช้เป็นวัสดุผสมในงานต่างๆ เช่น งานถนน งานสะพาน งานโครงสร้างอาคาร และงานโครงสร้างอื่นๆ โดยใช้คอนกรีต กำลังอัดไม่สูง (ต่ำกว่า 350 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร) แต่แนวโน้มในอนาคตงานก่อสร้างจะมี การใช้คอนกรีต อัดแรง และงานก่อสร้างขนาดใหญ่ที่ต้องใช้คอนกรีตกำลังสูงกว่า 350 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร จึงต้องมีการศึกษาความเหมาะสมต่อการนำหินมาใช้เป็นมวลรวมหยาบในการผสมคอนกรีตด้วย เหตุผลดังกล่าว ผู้ศึกษา จึงมีความสนใจที่จะศึกษาคุณสมบัติทางด้านวิศวกรรมของหินแหล่งจังหวัดเลย เพื่อใช้สำหรับผสมคอนกรีตกำลังสูงวิธีการศึกษาใช้แหล่งมวลรวมหยาบจากหิน โรงโม่สุรศักดิ์การศิลาและหินโรงโม่ศิลาผาทองซึ่งเป็นแหล่งผลิตใหญ่ของจังหวัดเลย จากการตรวจทางธรณีวิทยากับองค์ประกอบแผนที่ธรณีวิทยาพบว่า แหล่งมวลรวมหยาบจัดอยู่ในหมวดหิน โคนกรวด (Khok kruat formation) ในชุดหิน โคราช (Khorat group) เมื่อนำมวลรวมหยาบไปทดสอบคุณสมบัติ พบว่ามวลรวมที่เกี่ยวข้อง ได้ผล ดังนี้

1. คุณสมบัติทางกล มีค่า ความแข็งแรงของหินด้วยแรงกดแกนเดียวที่มีค่ากำลังอัด สูงกว่า 700 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และความคงทนต่อการสึกกร่อนร้อยละ 36.80

2. คุณสมบัติทางกายภาพ มีค่าการดูดซึมน้ำเท่ากับ 2.70 หน่วยน้ำหนักในสภาพแห้งเท่ากับ 1.59 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร สภาพอิมตัว และผิวแห้งเท่ากับ 1.60 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร และค่าความคงตัวร้อยละ 11.03

3. คุณสมบัติทางเคมี มีค่า ปฏิกริยาอัลคาไล – คาร์บอนेट เท่ากับ 0.19 ผลการทดสอบคุณสมบัติของมวลรวมหยาบ พบว่า หินตัวอย่างมีคุณสมบัติที่สามารถนำไปผลิตคอนกรีตกำลังสูงได้

*อาจารย์ประจำวิทยาลัยเทคนิคเลย

และเมื่อพิจารณาผลการทดสอบจากส่วนผสมคอนกรีต 3 อัตราส่วน จำนวนตัวอย่างทั้งหมด 162 ตัวอย่าง นำไปบ่มในน้ำและห้องปฏิบัติการ ทดสอบตัวอย่างที่อายุ 7 วัน อายุ 14 วัน และอายุ 28 วัน ได้ส่วนผสมคอนกรีตที่ดีที่สุด คือคอนกรีตสดมีค่าการยุบตัว 6.90 เซนติเมตร ที่อัตราส่วนโดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์ : ทราย : หิน เท่ากับ 1 : 1.94 : 2.57 อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.46

ผลการทดสอบตัวอย่างที่อายุ 28 วัน มีค่ากำลังอัด 460 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร โมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีตเท่ากับ 340,517 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร กำลังต้านทานแรงดึงแยกของคอนกรีตกับเหล็กเสริมเท่ากับ 39 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และกำลังยึดเหนี่ยวของคอนกรีตกับเหล็กเสริมเท่ากับ 26 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ผลการทดสอบหินทั้งสองแหล่งสามารถนำไปผลิตคอนกรีตที่ให้กำลังอัด ได้ 460 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานที่ผู้ศึกษาได้กำหนด จึงสรุปได้ว่า หินจากแหล่งที่นำมาศึกษาเหมาะสมที่จะนำมาใช้เป็นวัสดุผสม (มวลรวมหยาบ) ในงานคอนกรีตที่ต้องการกำลังสูงกว่า 350 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ได้

ABSTRACT

Nowadays stones in Loei have been milled , ground and mashed to be used as the mixtures in various works, such as , road works , bridge works , structural building works ,and other structural work, by using concrete with compression strength of 350 ksc. In future, the tendency of construction works will need to use concrete with high compression strength. The large scale of construction work that has to use high strength concrete will need to study the appropriate way of using stones as the aggregates in mixing concrete. Therefore the researcher is interested to study the engineering properties of stones in Loei province used for mixing the high strength concrete.

The method of this research is to use the aggregates of stones from the Suratkansila Mill and Silaphathong Mill which are known as the vast source of stone production in Loei province. When checked by the geological method, it is found that the aggregate source is in the category of Khok Kruat Formation in Korat Stone Group . Moreover the engineering properties of the aggregates were tested, and the results are as followings :

1. The mechanical property shows the unconfined compression strength of the stones is more than 700 ksc, and the abrasion is 36.80 % .

2. The physical property shows the water abrasion is 2.70. The dry unit weight is and saturated unit weight with dry surface is 1.59 grams per a cubic centimeter, 1.60 grams per a cubic centimeter and the durability is 11.03 % .

3. The chemistry property shows the reaction of alkaline to carbonate as 0.19.

The result of the aggregates test indicates that the sampled stones was suitable for high strength concrete. When considered the result of the test of 3 ratio concrete mixtures of 162 samples, curing in water and tested in the laboratory at the age of 7, 14 and 28 days, and get the best concrete mixture as the result. The result is that the slump of fresh concrete is 6.90 cm. with water cement ratio is by weight of 0.45.

After curing period of 28 days, the specimens were tested and the results are as followings; the compression strength is 460 ksc. , the elastic modulus is 340,517 ksc. pullout stress 39 ksc. , and the bonding stress is 26. The test of the stones from two mills indicates that they can be used as material for high strength concrete of 460 ksc. which in accordance with the hypothesis that the research has set up before studying. It can be summarized that stones from sources mentioned in this research are suitable to use as the mixture in concrete work which needs the high compression stress the more than 350 ksc.

ความเป็นมาและความสำคัญของการศึกษา

ประเทศไทยเป็นแหล่งหินและทรายที่อุดมสมบูรณ์ กระจายอยู่ทั่วทุกภาคของประเทศที่สำคัญได้แก่ จังหวัดระยอง กาญจนบุรี นครสวรรค์ สุโขทัย นครราชสีมา บุรีรัมย์ ขอนแก่น เลย สุราษฎร์ธานี นครศรีธรรมราช และยะลา

ในปัจจุบันความต้องการใช้คอนกรีตมีเพิ่มมากขึ้น ไม่ว่าจะเป็นในงาน โครงสร้าง งานถนน หรือผลิตภัณฑ์คอนกรีตในรูปแบบต่างๆ ดังนั้นความต้องการวัสดุผสมที่ใช้เป็นส่วนผสมของคอนกรีตจึงมีมากตามไปด้วย โดยปกติในคอนกรีต 1 ลูกบาศก์เมตร จะมีมวลรวมอยู่ประมาณ ร้อยละ 70 - 80 ของปริมาตรทั้งหมด ส่วนที่เหลือจะเป็นซีเมนต์เพสต์ (Cement paste) อากาศ และสารผสมเพิ่ม

จากสัดส่วนของวัสดุผสมของคอนกรีตดังกล่าว จะเห็นว่ามีความต้องการในการใช้มวลรวมสูงมากมวลรวมที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันนี้แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

1) มวลรวมหยาบ (Coarse Aggregate) ได้แก่ กรวด หรือหินย่อย

2) มวลรวมละเอียด (Fine Aggregate) ได้แก่ ทราย

ทรายและกรวดแม่น้ำ และมีบางพื้นที่ที่พบบ่อทรายบกและมักจะมีกรวดบดปะปนอยู่ด้วย เช่น แถบอำเภอท่ามะกา และบริเวณเขตติดต่อรอบๆ จังหวัดกาญจนบุรี ส่วนหินย่อยจะได้จากการระเบิดภูเขา หรือระเบิดแหล่งหินใต้ดินแล้วนำมาบด ย่อยหิน ให้ได้ขนาดเล็กลงเหมาะสมสำหรับผสมทำคอนกรีต

สำหรับโรงโม่ บด ย่อยหินในประเทศไทยที่มีการสำรวจ และรวบรวมข้อมูลถึงเดือน ธันวาคม 2546 มี โรงโม่หิน จำนวนทั้งสิ้น 247 โรงโม่ โดยแบ่งเป็นโรงโม่บด ย่อยหิน – หินปูน (Limestone) จำนวน 232 โรงโม่ หินบะซอลต์ (Basalt) จำนวน 22 โรงโม่หินแกรนิต (Granite) จำนวน 13 โรงโม่หินทราย (Sandstone) จำนวน 3 โรงโม่หินไรโอไลต์ (Hyalites) จำนวน 1 โรงโม่ และหินกรวด (Gravel) จำนวน 1 โรงโม่ และโรงโม่ บด ย่อยหิน เหล่านี้สามารถแยกออกตามภาคต่างๆ เป็น 4 ภาค ดังนี้ ภาคเหนือมีโรงโม่หินปูน จำนวน 59 ภาคกลางและภาคตะวันออกมีโรงโม่ หินปูน จำนวน 91 (ปริญา จินดาประเสริฐ, 2530 : 25)

สำหรับแหล่งหินที่ใช้เป็นมวลรวมหยาบในเขตจังหวัดเลย มีโรงโม่หิน จำนวน 9 แบ่งเป็น โรงโม่หินปูน จำนวน 7 และโรงโม่หินทราย จำนวน 2 พื้นที่ในสถานที่ใกล้เคียง เช่น จังหวัด ขอนแก่น มีโรงโม่หิน จำนวน 6 เป็นโรงโม่หินปูน จำนวน 4 และโรงโม่หินทราย จำนวน 2 (ไพโรจน์ ยอดสง่า, 2542 : 75)

ในปัจจุบันจังหวัดเลยและจังหวัดใกล้เคียง ได้มีการโม่ บด ย่อยหิน (Rock) มาผสมคอนกรีตเป็นจำนวนมาก เช่น โรงโม่หินโรงสุรัตน์การศิลา มีกำลังผลิตหินปูน ประมาณ 3,000 – 5,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน และโรงโม่หินศิลาพาทอง ประมาณ 1,500 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน หินทั้งสองโรงโม่นี้ถูกนำมาใช้ในงานทางด้านวิศวกรรม เช่น งานทาง งานระบบประปา งานสะพาน งานโครงสร้างอาคาร และงานก่อสร้างอื่นๆ จึงควรที่จะได้มีการพิจารณาศึกษาถึงความเหมาะสมต่อการนำหินไปใช้เป็นมวลรวมในส่วนผสมคอนกรีตด้วยเหตุผลทางด้านวิศวกรรม ในงานก่อสร้างโดยทั่วไปแล้วจะเลือกใช้มวลรวมที่มีอยู่ในแหล่งที่อยู่ใกล้สถานที่ก่อสร้างมากที่สุด เพื่อความประหยัดและความสะดวกในการขนส่ง แต่ทั้งนี้มวลรวมดังกล่าวจะต้องมี คุณสมบัติต่างๆ ที่เหมาะสมในการทำหน้าที่เป็นวัสดุผสมในคอนกรีตและปริมาณที่เพียงพอ

คุณสมบัติกับหินปูนกับคอนกรีตมีค่าใกล้เคียงกัน โดยทั่วไปหินจะมีกำลังอัดสูงกว่ากำลังอัดของคอนกรีต (คอนกรีตที่ใช้โดยทั่วไปมีกำลังอัดประมาณ 150 – 400 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร)

ในปัจจุบันหินปูนในจังหวัดเลยนำมาผสมคอนกรีตในงานก่อสร้างทั่วไปโดยใช้ กำลังอัดไม่สูง (ต่ำกว่า 350 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร) แต่ยังไม่เคยมีการใช้แหล่งหินในเขตจังหวัดเลย ทำคอนกรีตกำลังสูง เช่น งานคอนกรีตอัดแรงมาก่อน

จึงทำให้ผู้ศึกษามีความสนใจ ที่จะศึกษาถึงความเหมาะสมของคุณสมบัติทางวิศวกรรมของแหล่งหินจังหวัดเลย เพื่อนำไปใช้สำหรับผสมคอนกรีตกำลังสูง

วัตถุประสงค์

ศึกษาถึงความเหมาะสมต่อการใช้หินเป็นมวลรวมหยาบผสมคอนกรีตที่มีกำลังรับแรงอัดที่สูงกว่าหรือเท่ากับ 350 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร โดยพิจารณา ดังต่อไปนี้

1. คุณสมบัติของคอนกรีต
2. อัตราส่วนผสมแห้งและสด
3. กำลังอัดที่ทดสอบได้

ขอบเขตและข้อจำกัดของการศึกษา

ได้กำหนดและข้อจำกัดของการศึกษา ดังต่อไปนี้

1. ปูนซีเมนต์ที่ใช้เป็นปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 (Portland Cement Type 1)
2. หิน (Rock) ที่ใช้ในการศึกษา นำมาจากแหล่งผลิตโรงโม่หินสุรัตน์การศิลา อำเภอวังสะพุง และโรงโม่หินศิลาผาทอง อำเภอภูกระดึง จังหวัดเลย
3. ทราซหยาบที่ใช้เป็นทราซธรรมชาติมาจากแม่น้ำโขง อำเภอเชียงคาน จังหวัดเลย
4. หินที่ใช้เป็นมวลรวมหยาบ โดยใช้ขนาดใหญ่ที่สุดของมวลรวมเท่ากับ 3 / 4 นิ้ว
5. ไม่ใส่สารผสมเพิ่ม
6. ควบคุมให้คอนกรีตสดมีความสามารถเทได้เท่ากัน ด้วยการตรวจสอบค่ายุบตัวของคอนกรีต
7. กำลังอัดประลัยของแท่งคอนกรีตรูปทรงกระบอกมากกว่า 350 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และทำการทดสอบกำลังของคอนกรีตที่แข็งตัวแล้วที่อายุ 7, 14 และ 28 วัน

8. การทดสอบใช้มาตรฐานของ ASTM, มาตรฐานโยธาธิการ และมาตรฐานของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ทราบถึงความเป็นไปได้ในการนำหินจากแหล่งที่ระบุมาใช้เป็นมวลรวมหยาบผสมคอนกรีตให้ได้กำลังสูงกว่าหรือเท่ากับ 350 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร
2. ได้ทราบถึงความเหมาะสม และระดับความสามารถในการนำหินจากแหล่งที่ระบุมาใช้ใน

การผสมคอนกรีต

ตารางที่ 1 แสดงรายละเอียดโรงบด ย่อยหิน จังหวัดเลย

ที่	ชื่อและที่ตั้ง	เจ้าของหรือผู้จัดการ	กำลังผลิต (ลบ.ม/วัน)
1	โรงโม่หินสุรัตน์การศิลา ตอนวังสะพุง - นากลาง กิโลเมตร 6 + 600 ซ้ายทาง 7.8 กิโลเมตร อำเภอวังสะพุง จังหวัด เลย	นายอนุเทพ ทิมสุวรรณ	3,000-5,000
2	โรงโม่หินศิลาผาทอง กม.128 +970 ขวาทาง 2.4 กิโลเมตร ตำบลผานกเค้า อำเภอภูกระดึง จังหวัดเลย	นายสุวิทย์ พิพัฒน์วิไลกุล	1,500

การดำเนินการและการทดสอบ

จากการศึกษาถึงความเป็นไปได้ และความเหมาะสมในการนำหินมาใช้เป็นส่วนผสมของคอนกรีต โดยทำการศึกษาในสถานะของมวลรวมหยาบ ทั้งก่อน และหลังการนำมาผสมทำเป็นคอนกรีต ได้ดำเนินการศึกษาและทดสอบ ดังนี้

1. วิธีการดำเนินการ

ตามวัตถุประสงค์ดังกล่าว การดำเนินการจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ การทดสอบและการประเมินผล สำหรับการทดสอบยังแบ่งย่อยได้อีก 2 ลักษณะ คือ การทดสอบมวลรวมและการทดสอบคอนกรีต ในส่วนของการประเมินผลจะนำผลการทดสอบที่ได้วัดเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานของ ASTM

สำหรับหินจากแหล่งโรงโม่หินสุรัตน์การศิลาและแหล่งโรงโม่หินศิลาผาทอง จังหวัดเลย ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับธรณีวิทยาของหิน เพื่อใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงในการศึกษาความเหมาะสมของมวลรวมจากแหล่งหินอื่นๆ ต่อไป

2. การทดสอบ

2.1 การทดสอบมวลรวม มวลรวมที่ใช้ในงานศึกษาแยกออกเป็น 2 ชนิด คือ มวลรวมละเอียดและมวลรวมหยาบการทดสอบมวลรวมจะแยกตามชนิดและคุณสมบัติที่ต้องการประเมินผล ดังนี้

2.1.1 การทดสอบมวลรวมหยาบ โดยใช้หินจากโรงโม่ละ 1 ตัวอย่าง

ก) การทดสอบคุณสมบัติทางกล

- 1) ทดสอบความแข็งแรงของหินด้วยแรงกดแกนเดียว (ASTM D3148-72) ได้ค่า เท่ากับ 820 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร
- 2) ทดสอบความต้านทานการสึกกร่อน (ASTM C131-89) ได้ค่า เท่ากับ 36.80 เปอร์เซ็นต์

ข) การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ

- 1) ทดสอบความถ่วงจำเพาะและค่าการดูดซึม (ASTM C127-93) ได้ค่า เท่ากับ 2.70
- 2) ทดสอบหน่วยน้ำหนักสภาพอิ่มตัวแต่ผิวแห้ง (ASTM C29) ได้ค่า เท่ากับ 1.60 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

- 3) ทดสอบความคงตัว (ASTM C88-90) ได้ค่า เท่ากับ 11.03 เปอร์เซ็นต์

ค) การทดสอบคุณสมบัติทางเคมี

- ทดสอบปฏิกิริยาอัลคาไล (ASTM C1260) ได้ค่า เท่ากับ 0.19 เปอร์เซ็นต์

2.1.2 การทดสอบคอนกรีตสด การทดสอบคอนกรีตสดจะใช้เพื่อตรวจสอบและควบคุมความสามารถเทได้ (Workability) ของคอนกรีต โดยวัดความขึ้นเหลว (Consistency) จากค่าการยุบตัวของคอนกรีต (Slump test)

ในการศึกษาครั้งนี้จะควบคุมความสามารถเทได้ของคอนกรีตให้มีความสามารถเทได้เท่าๆ กัน โดยกำหนดให้มีค่ายุบตัวจากการทดสอบ (Slump) อยู่ระหว่าง 6 – 8 ซม.

2.2.2 การทดสอบคอนกรีตที่แข็งตัวแล้ว

จะทดสอบและประเมินผลเฉพาะคุณสมบัติด้านกำลังของคอนกรีตเท่านั้น โดยจะทดสอบและประเมินผลตัวอย่างที่มีกำลังด้านแรงอัดประลัยออกแบบ 350 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ที่อายุ 7 วัน 14 วัน และ 28 วัน แบ่งตัวอย่างคอนกรีตบ่มแช่น้ำและบ่มขึ้นในห้องทดลอง จำนวนตัวอย่างที่ทดสอบชุดละ 6 ตัวอย่าง รวมทั้งสิ้นอัตราส่วนผสมละ 54 ตัวอย่าง

- 1) ทดสอบกำลังด้านแรงอัด และโมดูลัสยืดหยุ่น (ASTM C39, C469)
- 2) ทดสอบกำลังด้านแรงดึงแยก (ASTM C496)
- 3) ทดสอบกำลังยึดเหนี่ยวกับเหล็กเสริม (ASTM C234)

3. การหาอัตราส่วนผสมและทดสอบกำลังด้านทานแรงอัดประลัย

ในการวิจัยได้ทดลองหาอัตราส่วนผสม จำนวน 3 อัตราส่วน ทำการผสมวัดค่าความขึ้นเหลวแล้ว หล่อแท่งตัวอย่างรูปทรงกระบอก ขนาด \varnothing 15 x 30 เซนติเมตร เมื่อบ่มได้ตามอายุ จึงทดสอบตามข้อ 2.2.2

3.1 อัตราส่วนผสม ที่ 1

- ปูนซีเมนต์ เท่ากับ 402 กิโลกรัม
- ทราย เท่ากับ 768 กิโลกรัม
- หิน เท่ากับ 1,040 กิโลกรัม
- น้ำ เท่ากับ 190 กิโลกรัม

ทดสอบการยุบตัวของคอนกรีตสด ได้ค่าเฉลี่ย 9.25 เซนติเมตร

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบคอนกรีตแข็งตัวแล้ว ตามอัตราส่วนที่ 1

อายุ	กำลังอัดประลัย (kg/m ²)	กำลังดึงแยก (kg/m ²)	กำลังยึดเหนี่ยว (kg/m ²)
7	275	24	14
14	293	28	16
28	305	31	19

3.2 อัตราส่วนผสม ที่ 2

- ปูนซีเมนต์ เท่ากับ 401 กิโลกรัม
- ทราช เท่ากับ 765 กิโลกรัม
- หิน เท่ากับ 1,052 กิโลกรัม
- น้ำ เท่ากับ 182 กิโลกรัม

ทดสอบการยุบตัวของคอนกรีตสด ได้ค่าเฉลี่ย ประมาณ 9.00 เซนติเมตร

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบคอนกรีตแข็งตัวแล้ว ตามอัตราส่วนที่ 2

อายุ	กำลังอัดประลัย (kg/m ²)	กำลังดึงแยก (kg/m ²)	กำลังยึดเหนี่ยว (kg/m ²)
7	289	29	15
14	315	32	18
28	338	34	22

3.3 อัตราส่วนผสมที่ 3

- ปูนซีเมนต์ เท่ากับ 402 กิโลกรัม
- ทราช เท่ากับ 780 กิโลกรัม
- หิน เท่ากับ 1,033 กิโลกรัม
- น้ำ เท่ากับ 185 กิโลกรัม

เมื่อนำไปทดสอบหาค่าการยุบตัวของคอนกรีตสด ได้ค่าเฉลี่ย 6.9 เซนติเมตร

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบคอนกรีตแข็งตัวแล้ว ได้ค่าเฉลี่ย ตามอัตราส่วนที่ 3

อายุ	กำลังอัดประลัย (kg/m ²)	กำลังดึงแยก (kg/m ²)	กำลังยึดเหนี่ยว (kg/m ²)
7	336	31	19
14	401	36	21
28	460	39	26

สรุปผลการทดสอบและข้อเสนอแนะ

จากการนำหิน จากหิน โรงไม้สุรัตน์การศึลา ตั้งอยู่ทางหลวงหมายเลข 210 ตอนวังสะพุง-นากลาง กม. 6 + 400 ซ้ายทาง 7.80 กิโลเมตร อำเภอวังสะพุง แหล่งหินใต้ดิน และหินโรงไม้ศึลาผาทอง ตั้งอยู่ทางหลวงหมายเลข 201 ตอนชุมแพ – วังสะพุง ตำบลผานกเค้า กิโลเมตร 128 + 970 ซ้ายทาง 2.40 กิโลเมตร แหล่งหินภูผาทอง โดยใช้ขนาดใหญ่สุดของมวลรวมเท่ากับ 3/4 นิ้ว เป็น แหล่งหินในจังหวัดเลย มาทำการศึกษาถึงความเหมาะสมในการใช้เป็นวัสดุผสมคอนกรีต ผลการ ศึกษาสามารถสรุปประเด็นต่างๆ ที่สำคัญได้ ดังนี้

1. ผลการทดสอบคุณสมบัติของหิน

1.1 จากการทดสอบทางธรณีวิทยาประกอบกับแผนที่ธรณีวิทยา สรุปว่า หินจากโรงไม้สุรัตน์การศึลา และหินโรงไม้ศึลาผาทอง เป็นหินปูน ซึ่งอยู่ในยุคครีเทเชียสของมหายุคมีโซโซอิก โดยลักษณะเนื้อหินเป็นตะกอนและตกผลึก

1.2 การทดสอบกำลังต้านทานรับแรงอัดทางด้านวิศวกรรมของแหล่งหินจังหวัดเลย รายละเอียด ดังนี้

ผลการทดสอบความแข็งแรงของหินปูนด้วยแรงกดแกนเดียว มีกำลังแรงกดเฉลี่ย 820 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตรผลการทดสอบค่าโมดูลัสยืดหยุ่น มีค่าโมดูลัสยืดหยุ่นสูงกว่า ค่ามาตรฐาน ASTM D3148-72 (โมดูลัสยืดหยุ่นหิน เฉลี่ย 530,000 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร)

ผลการทดสอบความคงตัว พบว่า หินโรงไม้สุรัตน์การศึลา เมื่อวัดเป็นเปอร์เซ็นต์การสูญเสียของน้ำหนัก หินจะมีการสูญเสีย ประมาณร้อยละ 11.02 ขณะที่หินโรงไม้ศึลาผาทอง มีการสูญเสียประมาณร้อยละ 11.05 ซึ่งหินทั้งสองโรงไม้ มีค่าความคงทนต่ำกว่าค่าที่ยอมรับได้ตามมาตรฐาน ร้อยละ 12

ผลการทดสอบการดูดซึมของหินมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 2.70 ซึ่งถือว่าเป็นค่าที่สูง มีโอกาสที่จะสร้างความเสียหายให้กับคอนกรีตได้ เช่น ตั้งแต่เริ่มผสมคอนกรีต ถ้าหากนำมาผสมโดยไม่ทำให้อิมตัวเสียก่อนหินจะคูดน้ำจากซีเมนต์เพสต์รอบ ๆ เม็ดหินทำให้เกิดปฏิกิริยาไฮเดรชันตรงบริเวณนั้นไม่สมบูรณ์ และการเปลี่ยนแปลงปริมาตรมาก ความชื้นน้ำสูงจะทำให้การเข้าทำปฏิกิริยาจากสารเคมีภายนอกทำได้ง่าย และเร็วขึ้น เป็นสาเหตุให้กำลังและความคงทนของคอนกรีตลดลง มีการแตกร้าวได้ง่าย

ผลการทดสอบปฏิกิริยาอัลคาไลน์ หินโรงโม่สุรัตน์การศิลา และหินโรงโม่ศิลาผาทองพบว่า หินทั้งสองโรงโม่ มีแร่ประกอบหินที่ไม่ทำปฏิกิริยาเคมีกับอัลคาไลน์ในปูนซีเมนต์ไม่สูงเกินกว่าค่าที่ยอมรับ (ไม่อยู่ในระดับที่จะทำให้เกิดความเสียหายได้) จึงไม่เป็นสาเหตุให้เกิดการขยายตัวและแตกร้าวของคอนกรีต

ผลการทดสอบความต้านทานต่อการสึกกร่อน พบว่า หินทั้งสองโรงโม่ มีค่าความต้านทานต่อการสึกกร่อนต่ำกว่ามาตรฐาน ASTM C 131 – 89

ผลการทดสอบกล่าวข้างต้น สรุปได้ว่าหินตัวอย่างที่นำมาใช้ในการวิจัยมีคุณสมบัติของมวลรวมที่สามารถใช้ผสมเพื่อทำเป็นคอนกรีตกำลังสูงได้

2. ผลการทดสอบคอนกรีต

กำลังต้านทานแรงอัดของคอนกรีตที่แข็งตัวแล้ว พบว่า อัตราส่วนผสมที่ 3 คือ ปูน:ทราย:หินเท่ากับ 1 : 1.94 : 2.57 โดยน้ำหนัก ใช้อัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ 0.46 ค่าการยุบตัวของคอนกรีตประมาณ 7 เซนติเมตร ที่อายุ 28 วัน มีกำลังต้านทานแรงอัดเฉลี่ย 460 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ซึ่งสูงกว่า 350 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร แสดงว่าหินจากโรงโม่ทั้ง 2 แหล่ง สามารถผลิตคอนกรีตกำลังสูงได้

ผลการทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงแยกของคอนกรีตร้อยละ 10 ของกำลังแรงอัด และกำลังยึดเหนี่ยวของคอนกรีตกับเหล็กเสริมเท่ากับ 26 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ซึ่งสอดคล้องกับค่ามาตรฐาน 25 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

3. ข้อเสนอแนะ

3.1 ข้อเสนอแนะจากการศึกษา

ก่อนการวิจัยครั้งนี้ได้ศึกษาทดลองผสมคอนกรีตโดยไม่ได้ใช้สารผสมเพิ่ม ใช้อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ระหว่าง 0.45-0.47 ซึ่งถ้าใช้ค่าน้อยกว่านี้คอนกรีตก็จะมีกำลังสูงยิ่งขึ้น และถ้ามีใช้สารผสมเพิ่มด้วยจะทำให้สามารถพัฒนาไปสู่การผลิตคอนกรีตอัดแรงในเชิงอุตสาหกรรมได้

3.2 ข้อเสนอแนะในงานศึกษาครั้งต่อไป

3.2.1 ควรมีการศึกษาถึงการนำหิน ในเขตจังหวัดเลย จังหวัดขอนแก่น จังหวัดเพชรบูรณ์ และจังหวัดพิษณุโลก มาใช้ในงานคอนกรีตกำลังสูง

3.2.2 ควรมีการศึกษาถึงการนำหินทราย มาใช้งานคอนกรีตที่รับกำลังต่ำ เช่น ทางเท้าคอนกรีตบล็อก และอิฐปูพื้น เป็นต้น เพราะหินทรายมีราคาที่ถูกมากเมื่อเทียบกับหินปูน

3.2.3 ควรมีการศึกษาถึงการนำหินทรายและหินปูน มาเปรียบเทียบเพื่อหาค่ากำลังอัดที่เหมาะสมในการผสมคอนกรีตกำลังสูงในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

เอกสารอ้างอิง

- นันทวัฒน์ ณ. นคร.(2528). การล้าของคอนกรีตผสมผสมด้วยมวลรวมหยาบตามประเภทแหล่งหินใน
ประเทศไทย. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมโยธา
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,
- ปริญญา จินดาประเสริฐ.(2530).ปูนซีเมนต์และคอนกรีต. พิมพ์ครั้งที่ 2. ภาควิชาวิศวกรรมโยธา
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.,
- ไพโรจน์ ยอดสง่า. (2542). การศึกษาการนำหินทรายมาใช้ในการผสมคอนกรีต. วิทยานิพนธ์ปริญญา
วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโครงสร้าง บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยขอนแก่น.,
- Kin. Franklin A., and Maurice, Dusseault B.(1989). **Rock Engineering**. Singapore: Megraw-Hill.,