# การศึกษาการนำวัสดุเหลือทิ้งจากงานก่อสร้างมาทดแทนมวลรวมหยาบในการผสมคอนกรีต

# A Study of Utilizing Construction Waste as Coarse Aggregates in Mixing Concrete

*บันฑิต ทองคำ*

*แผนกวิชาช่างก่อสร้าง*
*วิทยาลัยเทคนิคน่าน*
*Bandit_thongkham@hotmail.com*

## บทคัดย่อ

*การวิจัยครั้งนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาอัตราส่วนผสมและประสิทธิภาพของคอนกรีตจากส่วนผสมที่ใช้วัสดุเหลือทิ้ง เป็นมวลหยาบในการผสมคอนกรีตให้มีกำลังอัดตามที่ได้ออกแบบไว้ และเพื่อศึกษาต้นทุนการผลิตคอนกรีตจากส่วนผสมของวัสดุเหลือทิ้งในเขตพื้นที่จังหวัดน่าน โดยนำเศษวัสดุเหลือทิ้ง นำมาบดย่อยให้มีขนาดเล็กลงเพื่อเป็นวัตถุดิบทดแทนโดยใช้แรงงานคน วัสดุผสมส่วนใหญ่จะค้างอยู่บนตะแกรงร่อนมาตรฐานเบอร์ 4 หล่อก้อนตัวอย่างคอนกรีตทรงลูกบาศก์ ที่กำลังอัด 210,240 และ 280 กก./ตร.ซม. ตามลำดับ ค่าการยุบตัว 5,10 ซม. อายุ 3,7,14 และ 28 วัน อย่างละ 48 ตัวอย่าง รวม 144 ตัวอย่าง นำตัวอย่างไปทดสอบหากำลังการรับแรงอัด ในเวลาที่กำหนดตามลำดับ ผลปรากฏว่าคุณสมบัติทางกลของวัสดุเหลือทิ้ง ค่ากำลังอัดของคอนกรีต 210 กก./ตร.ซม. ค่าการยุบตัว 5,10 ซม. ที่อายุ 28 วัน ค่ากำลังอัดเฉลี่ย 274,223 กก./ตร.ซม. ค่ากำลังอัดของคอนกรีต 240 กก./ตร.ซม. ค่าการยุบตัว 5,10 ซม. ที่อายุ 28 วัน ค่ากำลังอัด 348,303 กก./ตร.ซม. ค่ากำลังอัดของคอนกรีต 280 กก./ตร.ซม. ค่าการยุบตัว 5,10 ที่อายุ 28 วัน ค่ากำลังอัด 330,313 กก./ตร.ซม.ซึ่งมีค่าคุณสมบัติทางกลได้ตามเกณฑ์มาตรฐานของผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมมวลรวมหยาบในการผสมคอนกรีต ตามที่กำหนดไว้ 210,240 และ 280 กก./ตร.ซม. ตามลำดับ และเปรียบเทียบต้นทุนในการผลิตคอนกรีตระหว่างวัสดุเหลือทิ้ง และหินโม่เป็นวัสดุในการก่อสร้าง ค่ากำลังอัด 210,240 และ 280 กก./ตร.ซม. ตามลำดับ ราคาในการผลิตคอนกรีตจากส่วนผสมที่ใช้วัสดุเหลือทิ้ง ถูกกว่าร้อยละ 12.95,12.25 และ11.49 ตามลำดับ*

**คำสำคัญ:** วัสดุเหลือทิ้ง การรับแรงอัด การพัฒนาของคอนกรีต ต้นทุนในการผลิตคอนกรีต

## Abstract

*The purpose of this research is to study the mixture proportion the workability of concrete mixed with waste materials and also to study the making cost of such concrete using the waste materials in Nan areas. The waste materials were manually crushing to be smaller sizes and used those remained on the seive no 4. The total of 144 samples of the standard cubes were cost for the designed strength of 210 ksc , 240 ksc and 280 ksc. and each of these strength ware cost for 5 cm and 10 cm slump value and tested at age of 3,7,14 and 28 days. For the concrete with*

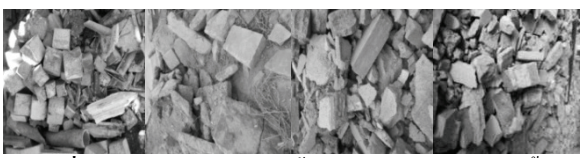
*design strength of 210 ksc and with slump value of 5 cm and 10 cm tested at age of 28 days testing results.were 274 ksc and 223 ksc respectively similarly for the concrete with the design strength of 240 ksc and 280 ksc, the testing results were 348,303 and 330,313 ksc respectively which were higher there the design strength compressive the making cost of concrete with designed strength of 210 ksc ,240 ksc and 280 ksc, it showed that cost is lower that of conventional concrete for about 12.95 % , 12,24% and 11,49% respectively.*

**Keyword**: Waste, durability of compressive strength, improvement of concrete, cost of making

## 1. บทนำ

ในการศึกษาวัสดุเหลือทิ้งหรือเศษวัสดุเหลือที่ใช้แล้ว (Recycled) มาแทนมวลรวมหยาบใช้ผสมคอนกรีตในงานก่อสร้าง เป็นวัสดุทดแทน ผู้ประกอบการได้นำเศษปูนไปถมพื้นที่ลุ่ม ยิ่งมีระยะเวลาเพิ่มขึ้นก็จะทำให้เศษวัสดุมีจำนวนมากตาม ทำให้เกิดมลพิษทางอากาศ คือ ฝุ่นละอองและยากต่อการจำกัด ไม่มีมูลค่าและไม่เกิดประโยชน์เท่าที่ควร ดั้งนั้นการหาแนวทางในการเพิ่มมูลค่าจากเศษปูนที่เหลือจากการผลิตจึงเป็นการสร้างประโยชน์สูงสุดทั้งในด้านการลดปริมาณของเสียและลดปัญหาการใช้ทรัพยากรอย่างสิ้นเปลือง

ซึ่งคอนกรีตจะนำไปใช้ในงานก่อสร้างโครงสร้างที่ต้องการความแข็งแรง หรือโครงสร้างที่รับน้ำหนักมาก ๆ เช่น คาน เสา ของอาคาร และถนน งานหล่อคอนกรีตสำเร็จ จากปัญหาเหล่านี้ เนื่องจากงานก่อสร้างได้มีการขยายตัวอย่างรวดเร็ว เพราะพื้นที่จังหวัดน่านติดชายแดน สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว เนื่องจากเปิดด่านค้าขายที่ชายแดนและความต้องการใช้คอนกรีตเป็นจำนวนมาก ซึ่งทำให้การใช้วัสดุผสมมวลรวมหยาบคือ หินโม่ เป็นวัสดุผสมที่ขาดแคลน เนื่องจากทรัพยากรจากธรรมชาติมีจำนวนจำกัด ไม่เพียงพอกับความต้องการ แต่ในจังหวัดน่านนั้น มีเศษวัสดุที่เหลือใช้แล้ว (Recycled) จากงานก่อสร้างหรืออาคารที่ทุบรื้อทำอาคารใหม่ ดังภาพที่ 1



**ภาพที่ 1** แสดงเศษวัสดุเหลือทิ้ง เศษคอนกรีต เศษกระเบื้อง ศษอิฐบล็อก และเศษอิฐมอญ

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงมีความสนใจ ศึกษาความเป็นไปได้ในการนำเอาวัสดุเหลือทิ้ง มาเป็นวัสดุทดแทนวัสดุผสมเป็นมวลหยาบสำหรับผสมคอนกรีต ผู้วิจัยคาดว่าการวิจัยครั้งนี้ สามารถพัฒนาความรู้ ความเข้าใจ และทักษะเกี่ยวกับการทำให้คอนกรีตได้กำลังอัดตามที่ต้องการ และสามารถนำความรู้มาประยุกต์ใช้ในการปฏิบัติงานจริง สร้างความชำนาญและประสบการณ์ด้านช่างให้กับผู้วิจัย นักเรียน นักศึกษา สาขาวิชาการก่อสร้าง ก่อให้เกิดผลดีต่อผู้เรียน ครูผู้สอน สถานศึกษาและวงการก่อสร้าง

งานวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาอัตราส่วนผสมและประสิทธิภาพของคอนกรีตจากส่วนผสมที่ใช้วัสดุเหลือทิ้ง เป็นมวลหยาบในการผสมคอนกรีตให้มีกำลังอัดตามที่ได้ออกแบบไว้ เพื่อศึกษาต้นทุนการผลิตคอนกรีตจากส่วนผสมของวัสดุเหลือทิ้งเป็นมวลรวมหยาบในการผสมคอนกรีตที่มีกำลังอัดตามที่ได้ออกแบบไว้ ตามมาตรฐาน BS 1881:Part 3

## 2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

### 2.1 องค์ประกอบของคอนกรีต

ประกอบด้วยปูนซีเมนต์ หิน ทราย น้ำ และน้ำยาผสมคอนกรีต โดยเมื่อนำส่วนผสมต่าง ๆ เหล่านี้มาผสมกัน จะมีชื่อเรียกเฉพาะดังนี้ ปูนซีเมนต์ผสมกับน้ำ และน้ำยาผสมคอนกรีตเรียกว่าซีเมนต์เพสต์ (Cement paste) คือส่วนผสมของปูนซีเมนต์ล้วนๆ กับน้ำซึ่งจะเกิดปฏิกิริยาทางเคมีระหว่างกันทำให้มีคุณสมบัติเป็นวุ้น และจับตัวเป็นแผ่นกับวัสดุผสมได้ ซีเมนต์เพสต์ผสมกับทราย เรียกว่า มอร์ต้า (Mortar) มอร์ต้าผสมกับ หินหรือกรวด เรียกว่า คอนกรีต (Concrete) การผลิตคอนกรีต ซึ่งจะช่วยพัฒนาความก้าวหน้าในงานคอนกรีต ช่วยลดเวลาการก่อสร้าง เร่งเวลาใน การใช้งาน และลดขนาดของ

โครงสร้าง ขึ้นอยู่กับการเลือกสรรชนิด และความเหมาะสม ตลอดจนการควบคุมดูแลเป็นพิเศษของวัตถุดิบที่นำมาใช้ คือ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ มวลรวม คือ กรวด ทราย และน้ำ นอกจากนี้ใช้สารผสมเพิ่มคุณภาพสูง และเพิ่มสารลดน้ำพิเศษ

### 2.2 วัสดุผสม (มวลรวม)

วัสดุผสมละเอียด (ทราย) หมายถึงเม็ดแร่ เล็ก ๆ ซึ่งมีเส้นผ่าศูนย์กลางตั้งแต่ **1/16** ถึง **2** มิลลิเมตรเท่านั้นถ้าเล็กกว่านี้ลงไปเรียกว่าตม (Sit) ถ้าโตกว่าขนาดดังกล่าวที่เรียกว่า กรวด **(Gravel)** ชนิดของทรายที่นิยมใช้ในงานก่อสร้างคือทรายหยาบเป็นทรายเม็ดใหญ่ มีเหลี่ยม แง่ มุมแข็งแรง ใช้เป็นส่วนผสมของคอนกรีตที่รับด้านกำลังมาก เช่น รากฐาน โครงสร้างอาคาร วัสดุผสมหยาบ (หิน) หมายถึง วัสดุผสมที่ส่วนใหญ่จะค้างอยู่บนตะแกรงร่อนมาตรฐานเบอร์ **4** และอาจมีบางส่วนที่ละเอียดกว่าผสมอยู่บ้างแต่จะต้องไม่เกินปริมาณที่กำหนด วัสดุผสมชนิดนี้ได้แก่หินย่อย หรือกรวด **(Gravel)** เหมาะต่อการทำคอนกรีตมากที่สุด จะต้องคม แกร่งแข็ง มีรูปร่างเป็นลูกบาศก์ มีผิวขรุขระ ยึดหดตัวต่ำ และทนทานต่อการสึกหรอได้ดี

### 2.3 น้ำที่ใช้ผสมคอนกรีต

จะต้องเป็นน้ำที่สะอาดปราศจากฝุ่น และสารอินทรีย์อื่น ๆ ปะปนอยู่ เพราะสิ่งเหล่านี้จะมีผลทำให้คอนกรีตแข็งตัวช้า ดังนั้นการเลือกใช้น้ำที่มีคุณภาพดี ก็จะช่วยให้ได้คอนกรีตที่มีคุณภาพดีด้วย

### 2.4 การขายอยู่ในรูปของการขายส่งและขายปลีก

ราคาของหินโม่ตามท้องตลาดที่ทำการซื้อ – ขายในพื้นที่จังหวัดน่านมีราคาดังตารางดังนี้

**ตารางที่ 1** ราคาของหินโม่ตามราคาท้องตลาดในพื้นที่จังหวัดน่าน

| วัสดุ | ขนาด (นิ้ว) | ราคาต่อ ลบ.ม (บาท) | ค่าขนส่งสินค้า | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | ระยะทางไม่เกิน 5 กม. (บาท) | ระยะทางเกิน 5 กม. | |
| | | | | ทางราบ (บาท/กม.) | ทางขึ้นเขา (บาท/กม.) |
| หินโม่ | ¾-1 | 439 | 170 | 13 | 18 |

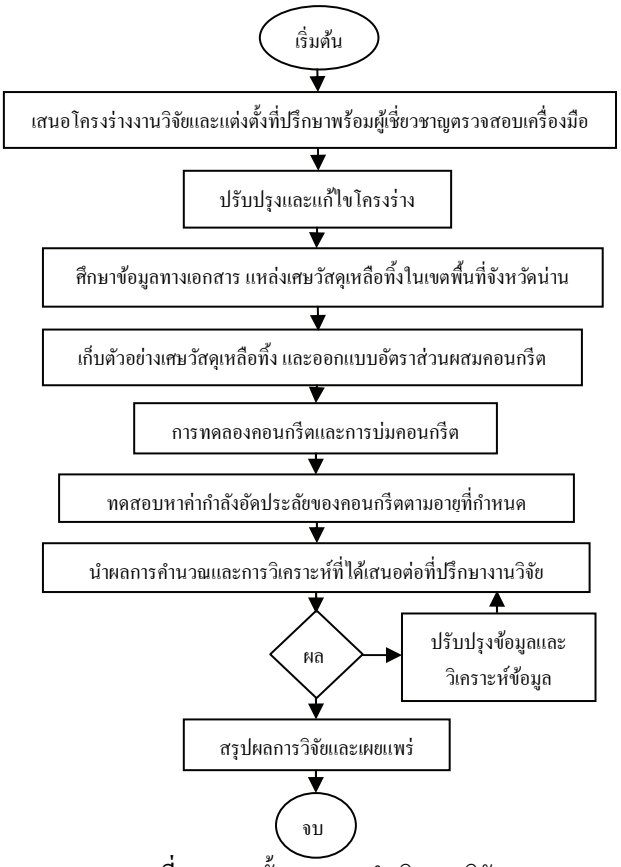
**ตารางที่ 2** ราคาค่าบดย่อย และค่าขนส่ง เศษวัสดุเหลือทิ้ง ในพื้นที่จังหวัดน่าน (การวิจัยในครั้งนี้ใช้แรงงานคนในการบดย่อยในระยะเวลา 1 วัน ต่อ 1.2 ลบ.ม.โดยจ้างค่าแรงงานวันละ 300 บาท)

| วัสดุ | ขนาด (นิ้ว) | ราคาต่อ ลบ.ม (บาท) | ค่าขนส่งสินค้า | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | ระยะทางไม่เกิน 5 กม. (บาท) | ระยะทางเกิน 5 กม. | |
| | | | | ทางราบ (บาท/กม.) | ทางขึ้นเขา (บาท/กม.) |
| (Recycled) | เบอร์ 4-1” | 250 | 170 | 13 | 18 |

## 3. วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง โดยมีขั้นตอนดังนี้ คือ ศึกษาอัตราส่วนผสม ประสิทธิภาพของคอนกรีตจากส่วนผสมที่ใช้วัสดุเหลือทิ้งเป็นมวลหยาบในการผสมคอนกรีตให้มีกำลังอัดตามที่ได้ออกแบบไว้ ตามมาตรฐาน BS 1881:Part 3และเพื่อศึกษาต้นทุนการผลิตคอนกรีตจากส่วนผสมของวัสดุเหลือทิ้ง จากนั้นเตรียมก้อนตัวอย่างคอนกรีต เพื่อนำไปบ่มตามอายุ 3,7,14 และ 28 วัน ทดสอบหาค่ากำลังอัดของคอนกรีต โดยนำผลการทดสอบมาเปรียบเทียบเพื่อวิเคราะห์และสรุปผล

### 3.1 ขั้นตอนการวิจัย




**ภาพที่ 2** แสดงขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

### 3.2 การเก็บตัวอย่างและจำนวนตัวอย่างทดสอบ

การเก็บตัวอย่างคอนกรีตตามกำลังอัดตามเกณฑ์มาตรฐานที่ได้ออกแบบไว้ จากคอนกรีตที่ผสมจากเศษวัสดุที่เหลือใช้แล้ว ขนาดโตสุดไม่เกิน 1 นิ้ว อย่างละ 48 ตัวอย่าง รวม 144 ตัวอย่าง ดังแสดงในตารางที่ 3

**ตารางที่ 3** ตารางการเก็บตัวอย่างคอนกรีต

| กำลังอัดตามเกณฑ์มาตรฐาน (ksc) | จำนวนตัวอย่างที่อายุการทดสอบ | | | | รวม (ตัวอย่าง) |
|---|---|---|---|---|---|
| | 3 วัน | 7 วัน | 14 วัน | 28 วัน | |
| 1. 210 | 12 | 12 | 12 | 12 | 48 |
| 2. 240 | 12 | 12 | 12 | 12 | 48 |
| 3. 280 | 12 | 12 | 12 | 12 | 48 |

### 3.3 การศึกษาต้นทุนในการผลิต

การเปรียบเทียบต้นทุนระหว่างวัสดุเหลือทิ้ง และหินโม่เป็นวัสดุในการก่อสร้าง จากสำนักงานปลัดกระทรวงพาณิชย์ของจังหวัดน่าน เดือนเมษายน ปี 2557 ที่อัตราส่วนผสมคอนกรีต ดังแสดงตารางที่ 4

**ตารางที่ 4** การเปรียบเทียบต้นทุนการผลิต / เดือนเมษายน 2557

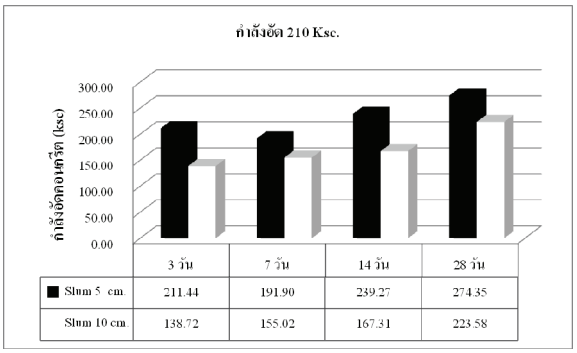
| การเปรียบเทียบต้นทุนการผลิต / เดือนเมษายน 2557 | | | |
|---|---|---|---|
| กำลังอัด (ksc) ต่อ 1 ลบ.ม | วัสดุ | น้ำหนัก (กก.) | กิโลกรม / บาท |
| 1. 210 ksc | -ปูนซีเมนต์ | 280 | 3.271 |
| | -ทราย | 707 | 0.369 |
| | -หิน | 1,156 | 0.439 |
| 2. 240 ksc | -ปูนซีเมนต์ | 315 | 3.271 |
| | -ทราย | 655 | 0.369 |
| | -หิน | 1,156 | 0.439 |
| 3. 280 ksc | -ปูนซีเมนต์ | 319 | 3.271 |
| | -ทราย | 739 | 0.369 |
| | -หิน | 1,088 | 0.439 |
| 4. ค่าใช้จ่ายในการบดย่อยวัสดุเหลือทิ้ง กิโลกรัมละ 0.25 บาท | | | |

## 4. ผลการวิจัย

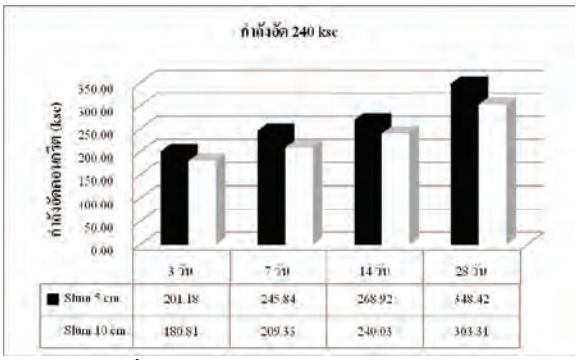
การวิจัยครั้งนี้ได้แบ่งผลการวิจัยเป็น 3 ส่วน ดังนี้

### 4.1 ผลการทดสอบกำลังอัดคอนกรีตทรงลูกบาศก์

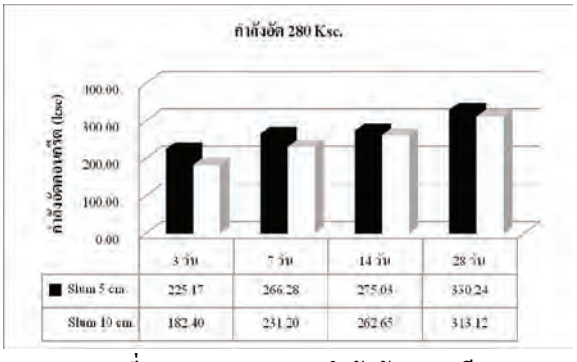
ผลการทดสอบกำลังอัดคอนกรีตทรงลูกบาศก์โดยใช้วัสดุเหลือทิ้ง จำนวน 4 ชนิด คือ เศษคอนกรีต เศษกระเบื้องเศษอิฐบล็อก และเศษอิฐมอญ ที่มีอายุ 3 วัน, 7 วัน, 14 วัน และ 28 วัน




**ภาพที่ 3** ผลการทดสอบกำลังอัดคอนกรีต ตามเกณฑ์มาตรฐาน 210 Ksc



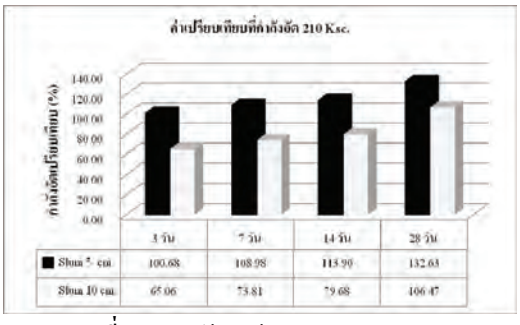

**ภาพที่ 4** ผลการทดสอบกำลังอัดคอนกรีต ตามเกณฑ์มาตรฐาน 240 Ksc



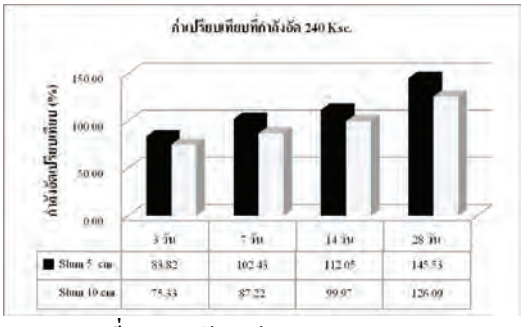

**ภาพที่ 5** ผลการทดสอบกำลังอัดคอนกรีต ตามเกณฑ์มาตรฐาน 280 Ksc

### 4.2 การเปรียบเทียบค่าการพัฒนากำลังอัดที่ได้

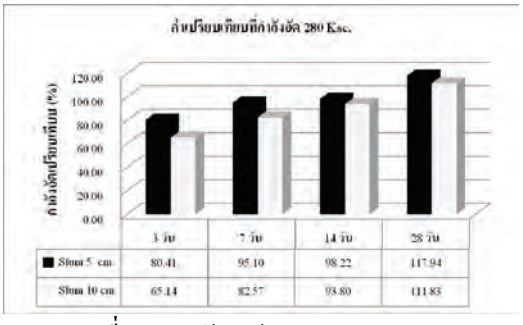
การเปรียบเทียบค่าการพัฒนากำลังอัดที่ได้ออกแบบอัตราส่วนผสม ตามมาตรฐาน BS 1881:Part 3




**ภาพที่ 6** การเปรียบเทียบการพัฒนากำลังอัดตามเกณฑ์มาตรฐาน 210 Ksc




**ภาพที่ 7** การเปรียบเทียบการพัฒนากำลังอัดตามเกณฑ์มาตรฐาน 240 Ksc




**ภาพที่ 8** การเปรียบเทียบการพัฒนากำลังอัดตามเกณฑ์มาตรฐาน 280 ksc

### 4.3 การเปรียบเทียบต้นทุนระหว่างวัสดุเหลือทิ้ง และหินโม่เป็นวัสดุในการก่อสร้าง ดังแสดงในตาราง

**ตารางที่ 5** ตารางเปรียบเทียบวัสดุที่กำลังอัด 210 ksc

| ลำดับที่ | วัสดุที่ใช้การเปรียบเทียบ | | | | ส่วนต่างของราคา (บาท) |
|---|---|---|---|---|---|
| | หินโม่ | | (Recycled) | | |
| | วัสดุ | ราคา (บาท) | วัสดุ | ราคา(บาท) | |
| 1 | ปูนซีเมนต์ | 916 | ปูนซีเมนต์ | 916 | 0 |
| 2 | ทราย | 260 | ทราย | 260 | 0 |
| 3 | หินโม่ | 507 | (Recycled) | 289 | 218 |
| รวม | | 1,683 | รวม | 1,465 | 218 |
| คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ | | 100 % | คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ | 87.05 % | 12.95 % |

**ตารางที่ 6** ตารางเปรียบเทียบวัสดุที่กำลังอัด 240 ksc

| ลำดับที่ | วัสดุที่ใช้การเปรียบเทียบ | | | | ส่วนต่างของราคา (บาท) |
|---|---|---|---|---|---|
| | หินโม่ | | (Recycled) | | |
| | วัสดุ | ราคา (บาท) | วัสดุ | ราคา(บาท) | |
| 1 | ปูนซีเมนต์ | 1030 | ปูนซีเมนต์ | 1030 | 0 |
| 2 | ทราย | 242 | ทราย | 242 | 0 |
| 3 | หินโม่ | 507 | (Recycled) | 289 | 218 |
| รวม | | 1,779 | รวม | 1,561 | 218 |
| คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ | | 100 % | คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ | 87.75 % | 12.25 % |

**ตารางที่ 7** ตารางเปรียบเทียบวัสดุที่กำลังอัด 280 ksc

| ลำดับที่ | วัสดุที่ใช้การเปรียบเทียบ | | | | ส่วนต่างของราคา (บาท) |
|---|---|---|---|---|---|
| | หินโม่ | | (Recycled) | | |
| | วัสดุ | ราคา (บาท) | วัสดุ | ราคา(บาท) | |
| 1 | ปูนซีเมนต์ | 1043 | ปูนซีเมนต์ | 1043 | 0 |
| 2 | ทราย | 272 | ทราย | 272 | 0 |
| 3 | หินโม่ | 478 | (Recycled) | 272 | 206 |
| รวม | | 1,793 | รวม | 1,587 | 206 |
| คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ | | 100 % | คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ | 88.51% | 11.49 % |

### 5. สรุปผล

ในการวิจัยคุณสมบัติทางด้านวิศวกรรม โดยใช้วัสดุเหลือทิ้งหรือเศษวัสดุที่ใช้แล้ว (Recycled) จำนวน 4 ชนิด คือ เศษคอนกรีต เศษกระเบื้อง เศษอิฐบล็อก และเศษอิฐมอญ ในเขตพื้นที่จังหวัดน่าน โดยนำเศษวัสดุเหลือทิ้ง นำมาบดย่อยให้มีขนาดเล็กลงเพื่อเป็นวัตถุดิบทดแทนโดยใช้แรงงานคน ที่ใช้งานวิจัยในครั้งนี้ ผลการทดสอบพบว่าคุณสมบัติทางกลได้ตามเกณฑ์มาตรฐานของผลิตภัณฑ์ อุตสาหกรรมมวลรวมหยาบผสมคอนกรีตตามที่ได้ออกแบบไว้ ตามมาตรฐาน BS 1881:Part 3 และเปรียบเทียบต้นทุนในการผลิตคอนกรีต ระหว่างวัสดุเหลือทิ้ง และหินโม่เป็นวัสดุในการก่อสร้าง ค่ากำลังอัด 210,240 และ 280 กก./ตร.ซม. ตามลำดับ ราคาในการผลิตคอนกรีตจากส่วนผสมที่ใช้วัสดุเหลือทิ้ง ถูกกว่าร้อยละ 12.95,12.25 และ 11.49 ตามลำดับ ซึ่งทำให้รู้ว่าวัสดุเหลือทิ้งมีประโยชน์สามารถนำกลับมาใช้งานได้ และมีคุณภาพที่สามารถนำเป็นวัสดุผสมมวลรวมหยาบ เป็นแนวทางการเพิ่มมูลค่าของวัสดุเหลือทิ้งหรือเศษวัสดุที่ใช้แล้ว ที่เหมาะสมอีกวิธีหนึ่งในการ

แก้ปัญหาการกำจัดเศษกากคอนกรีต ช่วยลดโลกร้อนในการใช้ทรัพยากรอย่างสิ้นเปลือง เนื่องจากทรัพยากร จากธรรมชาติมีจำนวนจำกัด การเลือกวัสดุเหลือทิ้งแล้วเป็นมวลรวมหยาบ ใช้สำหรับงานก่อสร้าง และให้เหมาะสมกับสภาพท้องถิ่น

## 6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ ผอ.ราเชนทร์ กาบคำ ผู้อำนวยการวิทยาลัยเทคนิคน่าน ที่ช่วยสนับสนุนวัสดุวิจัย CPAC ศูนย์น่าน และแผนกวิชาช่างก่อสร้าง วิทยาลัยเทคนิคน่าน อำเภอเมือง จังหวัดน่าน ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการทดสอบตัวอย่างคอนกรีต นอกจากนี้ ยังมีบุคคลอื่นอีกหลายท่านที่ไม่สามารถกล่าวนาม ได้ทั้งหมดที่มีส่วนช่วยเหลือให้การสนับสนุน ให้คำปรึกษาจนงานวิจัยสำเร็จลุล่วงและกำลังใจ ในการวิจัยครั้งนี้ ณ โอกาสนี้

## 7. เอกสารอ้างอิง

[1] ชัชวาลย์ เศรษฐบุตร. **คอนกรีตเทคโนโลยี.** กรุงเทพมหานคร : พิมพ์ครั้งที่ 5. 2540.

[2] บริษัท ผลิตภัณฑ์และวัตถุก่อสร้าง จำกัด. **คอนกรีตเทคโนโลยี.** กรุงเทพมหานคร : พิมพ์ครั้งที่ 12. 2546.

[3] วินิต ช่ออวิเชียร. **คอนกรีตเทคโนโลยี.**กรุงเทพมหานคร : สัมพันธ์พาณิชย์, 2544.

[4] อุดมวิทย์ กาญจนวรงค์. **ปฏิบัติงานทดสอบคอนกรีตเทคโนโลยี.** พิมพ์ครั้งที่ 1. ปทุมธานี : สกายบุ๊กส์จำกัด, 2537.

[5] บุญเลิศ น้อยสระ และประเสริฐ ธงไชย. **คอนกรีตเทคโนโลยี.** พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์เอมพันธ์, 2540.

[6] อุดมวิทย์ กาญจนวรงค์. **ปฏิบัติงานทดสอบคอนกรีตเทคโนโลยี.** พิมพ์ครั้งที่ 1. ปทุมธานี : สกายบุ๊กส์ จำกัด, 2537.

[7] SCG Cement Co., Ltd. **Concrete Repair and Maintenance** พิมพ์ครั้งที่ 1: เมษายน 2551