

# การศึกษาปัจจัยส่วนผสมและราคาของคอนกรีตผสมเสร็จในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

## THE STUDY EFFECT OF CONCRETE INGREDIENT ON QUALITY AND COST OF RMC IN THE NORTH EASTERN OF THAILAND

วีรพล นามบุญเรือง (Weerapol Namboonruang)<sup>1</sup>

วรกร ไม้เรียง (Warakorn Mairaing)<sup>2</sup>

<sup>1</sup>นักศึกษานิเทศศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ < w.namboonruang@acc.co.th >

<sup>2</sup>รองศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ < fengwkm@ku.ac.th >

**บทคัดย่อ :** การนำหินบะซอลต์ และ กรวดแบนจากแม่น้ำ ซึ่งเป็นวัสดุในท้องถิ่นมาใช้ประโยชน์เป็นวัสดุมวลหยาบในงานคอนกรีตทั่วไป นอกจากจะได้คอนกรีตที่มีคุณภาพตรงตามคุณสมบัติวัสดุในท้องถิ่นและมาตรฐาน แล้ว ยังเป็นการลดมูลค่าของคอนกรีตอันเนื่องมาจากการขนส่งวัสดุจากแหล่งหินปูนที่ระยะทางไกล เพื่อมาใช้กับงานคอนกรีตในพื้นที่ อีกทั้งยังสามารถให้ท้องถิ่นมีแนวทางในการเลือกใช้วัสดุมวลหยาบสำหรับงานคอนกรีตทั่วไปในลักษณะของแผนที่ฯ ได้อย่างเหมาะสม และเกิดประสิทธิภาพสูงสุด ในการศึกษาครั้งนี้ จะใช้วัสดุที่มีในท้องถิ่นคือ หินบะซอลต์ในจังหวัดบุรีรัมย์ และ กรวดแบน จาก อำเภอท่าอุเทน จังหวัดนครพนม และ หินปูนจาก ตำบลพุกวาง จังหวัดสระบุรี (เป็นตัวเปรียบเทียบ) โดยศึกษาคุณสมบัติกายภาพของมวลรวม คุณสมบัติของคอนกรีตสด และคุณสมบัติคอนกรีตแข็งตัว ปัจจัยตัวแปรหลักที่ศึกษาที่สำคัญประกอบด้วย ปริมาณปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 300 กก./ลบ.ม อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสานที่ 0.55 และ ที่เถ้าลอยร้อยละ 0 , 15 , 25 และ 40 โดยน้ำหนัก

ผลการศึกษาพบว่าทั้งหินบะซอลต์และกรวดแบนต่างมีคุณสมบัติตรงตามมาตรฐาน สามารถใช้ในงานคอนกรีตได้ กำลังคอนกรีตที่ผสมด้วยหินบะซอลต์ที่อายุ 28 , 60 และ 90 วัน การแทนที่ด้วยเถ้าลอยร้อยละ 0 , 15 , 25 และ 40 จะมีแนวโน้มของค่ากำลังอัดคอนกรีตที่สูงกว่าคอนกรีตผสมด้วย กรวดแบน และ หินปูน ในปริมาณและอัตราส่วนผสมเดียวกัน และสามารถใช้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์แสดงราคาคอนกรีตที่รวมการขนส่งวัสดุทั้งหมดแต่ละพื้นที่มาแสดงเป็นแผนที่ความเหมาะสมของแหล่งวัสดุมวลหยาบ จากตัวอย่างสถิติซึ่งเป็นโครงการก่อสร้างถนนคอนกรีต เดิมใช้หินปูนจากแหล่ง อำเภอนาวัง เป็นวัสดุมวลหยาบ เมื่อพิจารณาจากแผนที่ดังกล่าวทำให้ทราบว่าสามารถใช้กรวดจากแหล่ง อำเภอเมืองหนองคาย มาเป็นวัสดุมวลหยาบในงานคอนกรีตแทนหินปูน ซึ่งจะทำให้มูลค่าของงานคอนกรีตลดลงร้อยละ 15 เป็นต้น

**ABSTRACT :** Basalt and flat shape alluvial gravel are the local materials in Northeastern of Thailand that can be used as coarse aggregate complied to Standards. This paper presents the potential study of local materials replacing for limestone can be reduce the cost of concrete in this study. The basalt from Burirum province are selected to compare with limestone from Saraburi province and flat sharp alluvial gravel from Nakhonphanom province. The tests use of physic properties of these materials for producing both fresh and harden concrete. The control mixs proportion use 300 kg/m<sup>3</sup> of Portland cement type I with water by binder ratio of 0.55 and fly ash of 0, 15, 25 and 40 % by weight are tested.

The concrete with basalt aggregate at curing time of 28 , 60 and 90 days with early percent of additional fly ash show the tend to have higher strength than those using flat shape alluvial gravel and limestone. By using GIS , location of concrete aggregate in North Eastern which each the illustration shows that the existing cost of construction work using limestone from Nawang district is 15 % reduced when the flat shape alluvial gravel from Nongkhai was selected following the gathered information from GIS.

**KEYWORDS :** Flat shape alluvial gravel , Basalt , GIS , RMC.

## 1. คำนำ

เมื่อปริมาณการก่อสร้างมีค่อนข้างสูง ดังนั้นความต้องการใช้วัสดุเพื่อตอบสนองงานดังกล่าวก็สูงขึ้นเช่นกัน รวมทั้งคอนกรีตซึ่งเป็นวัสดุก่อสร้างหลักชนิดหนึ่ง

การศึกษานี้มีจุดมุ่งหมายที่จะทดสอบและวิเคราะห์วัสดุสำหรับงานคอนกรีต ที่มีในท้องถิ่น ซึ่งมีคุณสมบัติเหมาะสมในการนำไปใช้ในงานคอนกรีตทั่วไป โดยจะมุ่งเน้นวัสดุในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบนที่ใช้กรวดแบนเป็นวัสดุมวลหยาบในส่วนผสมคอนกรีต ซึ่งมีเขตพื้นที่ติดกับแถบแม่น้ำโขง และ พื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่างที่ใช้หินบะซอลต์เป็นวัสดุมวลหยาบในส่วนผสมของคอนกรีต ขณะที่พื้นที่ดังกล่าวเมื่อพิจารณาสภาพภูมิศาสตร์ทางธรณีวิทยาจะพบว่าแหล่งของหินปูนน้อยมาก เมื่อต้องนำไปใช้ในงานคอนกรีตจำเป็นต้องขนส่งและนำมาจากแหล่งอื่น จึงทำให้ราคาคอนกรีตในพื้นที่มีแนวโน้มที่สูงขึ้นตามไปด้วย ดังนั้นหากวัสดุท้องถิ่นดังกล่าวมีคุณสมบัติ และ ความเหมาะสม และมีปริมาณที่มากในท้องถิ่นก็สามารถนำมาใช้ประโยชน์เพื่อเป็นวัสดุมวลหยาบในงานคอนกรีตได้อย่างมีประสิทธิภาพ ได้คอนกรีตที่มีคุณสมบัติเหมาะสมกับการใช้งานเพื่อทดแทนกับการใช้หินปูนเป็นวัสดุมวลหยาบ ซึ่งจะต้องมีการขนส่งมาจากแหล่ง

## 2. วัตถุประสงค์

2.1. เพื่อศึกษา คุณสมบัติทางกายภาพของวัสดุมวลหยาบที่ใช้เป็นส่วนผสมของคอนกรีต ซึ่งได้แก่ หินบะซอลต์ และกรวดแบน โดยเปรียบเทียบกับหินปูนซึ่งใช้เป็นวัสดุผสมหยาบในงานคอนกรีตทั่วไป

2.2. เพื่อศึกษากำลังอัดของคอนกรีตผสมเถ้าลอย ที่ใช้หินบะซอลต์ และ กรวดแบน เป็นวัสดุมวลหยาบ โดยเปรียบเทียบกับคอนกรีตผสมเถ้าลอยที่ใช้หินปูนเป็นวัสดุมวลหยาบที่ปริมาณการแทนที่เถ้าลอยและอายุคอนกรีตที่ต่างกัน

2.3. เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบราคาของคอนกรีตที่ใช้ หินบะซอลต์ หินปูน และกรวดแบน เป็นวัสดุมวลหยาบ จากแหล่งวัสดุต่างๆในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

2.4. สร้างระบบสารสนเทศสำหรับวัสดุมวลหยาบจากแหล่งต่างๆ เพื่อสามารถเลือกใช้ได้ตามเหมาะสมสำหรับงานคอนกรีตในภาคตะวันออกเฉียงเหนือให้มีประสิทธิภาพและประหยัด

## 3. การทดสอบ

3.1 วัสดุมวลหยาบ หินบะซอลต์ จากแหล่ง อำเภอเมือง จังหวัดบุรีรัมย์ กรวดแบน จากแหล่ง อำเภอท่าอุเทน จังหวัดนครพนม และ หินปูนจาก ตำบลพุกวาง อำเภอพระพุทธบาท จังหวัด สระบุรี

3.2 วัสดุเชื่อมประสาน ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 จากโรงงานผลิตปูนซีเมนต์เอเชีย จำกัด (มหาชน) ตำบลพุกวาง อำเภอพระพุทธบาท จังหวัดสระบุรี และวัสดุปอชโซลาน (Fly Ash) จากแหล่งแม่เมาะ ลำปาง

3.3 วัสดุมวลละเอียดจากพื้นที่ อำเภอสตึก จังหวัดบุรีรัมย์ (ใช้เป็นวัสดุมวลละเอียดของคอนกรีตที่ผสมด้วยหินบะซอลต์) , ทรายแม่น้ำโขงจากแหล่ง อำเภอ ท่าอุเทน จังหวัดนครพนม (ใช้เป็นวัสดุมวลละเอียดของคอนกรีตที่ผสมด้วยกรวดแบน)และ ทรายแม่น้ำ จากอำเภอป่าโมก จังหวัดอ่างทอง (ใช้เป็นวัสดุมวลละเอียดของคอนกรีตที่ผสมด้วยหินปูน )

3.4 ทำการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของวัสดุมวลหยาบ (หินบะซอลต์ กรวดแบน หินปูน) และ กำลังอัดของคอนกรีต

3.5 กำหนดอัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสาน (W/b) = 0.55 ปริมาณปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่1 300 กก/ลบ.ม ทุกการผสมมวลหยาบแต่ละชนิดและปริมาณวัสดุปอชโซลาน (Fly Ash) ผันแปรปริมาณการแทนที่ร้อยละ 15 25 และ 40

3.6 พิจารณาด้านกำลังอัดของคอนกรีตที่อายุ 28 60 และ 90 วัน ทุกอัตราส่วนผสมของวัสดุมวลหยาบในแต่ละชนิด

3.7 ราคาวัสดุ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่1 วัสดุมวลละเอียด และ วัสดุมวลหยาบ (หินปูน กรวดแบน และ หินบะซอลต์)

3.8 เปรียบเทียบราคาของคอนกรีตในปัจจุบัน (พ.ศ 2549) และ กำหนดโซนพื้นที่การใช้วัสดุมวลหยาบแต่ละชนิดให้เหมาะสมกับงานคอนกรีตในแต่ละพื้นที่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือในระบบสารสนเทศ

## 4. ผลทดสอบ

### 4.1 ผลการทดสอบเถ้าลอย

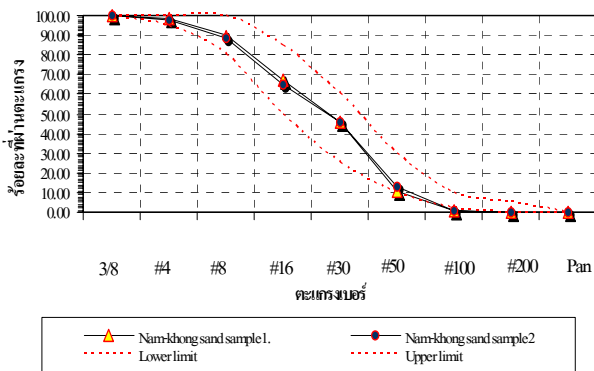
ตามมาตรฐาน ASTM C618 กำหนดค่าดัชนีกำลังของเถ้าถ่านหิน Class C , F จะต้องมิต่ำกว่าร้อยละ 75 ของมอร์ต้ามาตรฐานที่อายุ 7 หรือ 28 วัน ซึ่งผลการทดสอบดังกล่าวอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด แต่อย่างไรก็ตามเถ้าถ่านหิน ทั้ง Class C , F ต่างมีศักยภาพเพียงพอที่จะนำไปใช้ในงานคอนกรีต ดังแสดงผลการทดสอบใน ตารางที่ 1.

**ตารางที่ 1.** ผลทดสอบคุณสมบัติของถ้ำลอยจาก อ.แม่เมาะ จ. ลำปาง

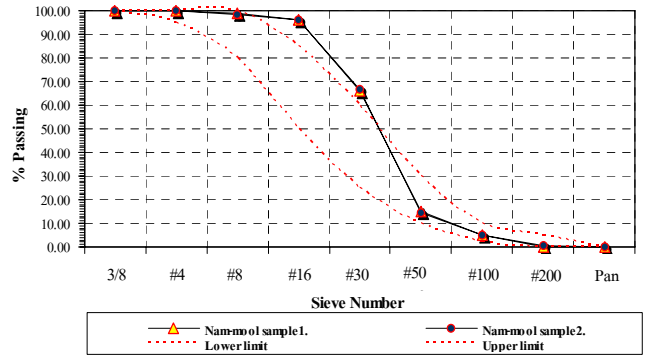
No.	DESCRIPTION	SAMPLE	Standard
1	Fineness : Blaine Air Permeability Test , cm <sup>2</sup> /gm	2586.83	Class C or Class F
2	Soundness : Autoclave Expansion , %	0.09	Strength Activity index
3	Strength Activity Index with Portland Cement at 7 days , %	<b>80.53</b>	(7or 28 days)
4	Water Requirement , %	95.04	not Less than 75%
5	Bulk density , kg/m <sup>3</sup>	1236.95	
6	Specific gravity	2.39	

**4.2 ผลทดสอบคุณสมบัติมวลละเอียด**

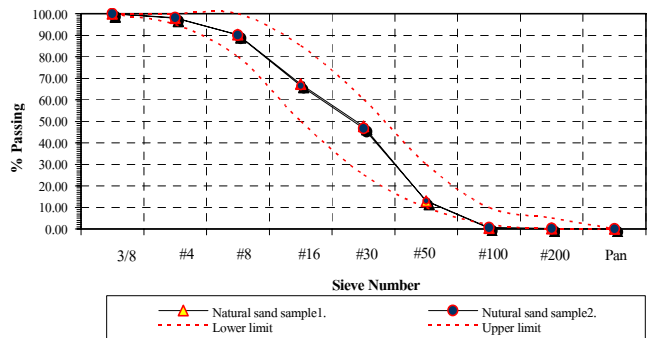
ทดสอบหาคุณสมบัติ ทั้ง 3 แห่ง ตามมาตรฐาน ATSM พบว่า วัสดุมวลละเอียดจากแหล่งทรายแม่น้ำโขงมีค่าความถ่วงจำเพาะ 2.64 ค่าการดูดซึมน้ำเท่ากับร้อยละ 0.86 ในขณะที่มวลละเอียดจากแหล่งทรายแม่น้ำธรรมชาติ อำเภอป่าโมก มีค่าความถ่วงจำเพาะ 2.65 ค่าการดูดซึมน้ำเท่ากับร้อยละ 0.61 และมวลละเอียดจากแหล่งทรายแม่น้ำมูลมีค่าความถ่วงจำเพาะ 2.64 ค่าการดูดซึมน้ำเท่ากับร้อยละ 0.64 ตามลำดับ แหล่งทรายแม่น้ำโขง และแหล่งทรายแม่น้ำธรรมชาติอำเภอป่าโมก มีการกระจายตัวดี ค่าโมดูลัสความละเอียด 2.88 และ 2.84 ตามลำดับ วัสดุมวลละเอียดจากแม่น้ำมูลจากแหล่งอำเภอสตึก จังหวัดบุรีรัมย์ ที่มีค่าโมดูลัสความละเอียดเท่ากับ 2.19 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าทั้ง 2 แห่ง ว่าความละเอียดสูงกว่าทรายอีก 2 แห่ง ปกติงานคอนกรีตทั่วไปค่าโมดูลัสความละเอียด อยู่ระหว่าง 2.20 – 3.20 [บมจ.ชลประทานซีเมนต์, 2538] อย่างไรก็ตามคุณสมบัติดังกล่าวก็เพียงพอสำหรับการใช้งานสำหรับงานคอนกรีตทั่วไปดังแสดงใน (รูปที่ 1 ก-ค) สำหรับการทดสอบหาปริมาณสารอินทรีย์ของวัสดุมวลละเอียดทั้ง 3 แห่ง ปรากฏว่าผลที่ทดสอบได้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน



ก.) ทรายแม่น้ำโขง อ. ท่าอุเทน จ. นครพนม



ข.) ทรายแม่น้ำมูล อ. สตึก จ. บุรีรัมย์



ค.) ทรายแม่น้ำ อ. ป่าโมก จ. อ่างทอง

**รูปที่ 1.** ผลทดสอบการกระจายตัวของวัสดุมวลละเอียดทั้ง 3 แห่ง

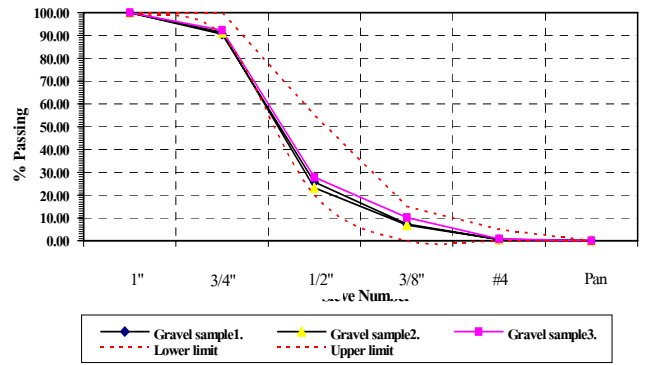
**4.3 ผลการทดสอบคุณสมบัติของวัสดุมวลหยาบ**

ผลทดสอบคุณสมบัติของมวลหยาบทั้ง 3 ชนิด จาก 3 แห่งคือ หินบะซอลต์จากแหล่งเขากระโดง อำเภอเมือง จังหวัดบุรีรัมย์ มีค่าการดูดซึมน้ำที่ 1.04 % , ค่าความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 2.81 , ค่าปริมาณช่องว่างของมวลรวม (void) 39.94 % , การทดสอบ Soundness เท่ากับ 0.36 % , การทดสอบ Los Angeles Abrasion 16.55 % ค่าหน่วยน้ำหนักของมวลรวม 1,680 กิโลกรัม ต่อลูกบาศก์เมตร ค่าดัชนีความยาว (E.I) 22.71 % และค่าดัชนีความแบน (F.I) 30.16 % ซึ่งโดยปกติค่า E.I และ F.I ที่มาตรฐาน ASTM ยอมให้ได้ไม่เกิน ร้อยละ 35 และ 40 ตามลำดับ ขณะที่หินปูนจากแหล่งตำบลพูกวาง อำเภอพระพุทธรบาท จังหวัดสระบุรี มีค่าการดูดซึมน้ำที่ 0.86% , ค่าความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 2.62 , ค่าปริมาณช่องว่างของมวลรวม (void) 37.51 % , การทดสอบ Soundness เท่ากับ 0.42 % , การทดสอบ Los Angeles Abrasion 25.95 % ค่าหน่วยน้ำหนักของมวลรวม 1,631.88 กิโลกรัม ต่อ ลูกบาศก์เมตร

ค่าดัชนีความยาว (E.I) ร้อยละ 24.47 และ ค่าดัชนีความแบน (F.I) ร้อยละ 33.86

กรวดที่มาจากแหล่งอำเภอท่าอุเทน จังหวัดนครพนม มีค่าการดูดซึมร้อยละ 0.79 ค่าความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 2.64 ค่าปริมาณช่องว่างของมวลรวม (void) ร้อยละ 33.29 การทดสอบ Soundness ร้อยละ 0.20 การทดสอบ Los Angeles Abrasion ร้อยละ 21.85 ค่าหน่วยน้ำหนักของมวลรวม 1,754.35 กิโลกรัม ต่อ ลูกบาศก์เมตร ค่าดัชนีความยาว (E.I) 27.92 % และ ค่าดัชนีความแบน (F.I) ร้อยละ 33.86

การกระจายตัวของวัสดุมวลหายบทั้ง 3 แหล่ง อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ASTM ที่ใช้สำหรับงานคอนกรีตทั่วไป ดังแสดงใน (รูปที่ 2 ก-ค)



ค). กรวดแม่น้ำโขง

รูปที่ 2. ผลทดสอบกระจายของวัสดุมวลหายบทั้ง 3 ชนิด

#### 4.4 ผลการทดสอบคุณสมบัติของคอนกรีต

4.4.1 คุณสมบัติของคอนกรีตที่ผสมด้วยวัสดุมวลหายบทั้ง 3 ชนิด ในสภาพสดพบว่า

ก. คุณสมบัติค่าการยุบตัวของคอนกรีตทั้งไม่ถูกแทนที่และถูกแทนที่ด้วยเถ้าลอยที่มีกรวดผสมอยู่ จะให้ค่าการยุบตัวที่มากกว่าคอนกรีตที่ผสมด้วยหินบะชอลต์และหินปูน เนื่องจากพื้นที่ผิวของกรวดที่มีผิวเรียบและไม่มีเหลี่ยมคมจึงมีแรงเสียดทานที่ผิวน้อยกว่า หินปูน และ หินบะชอลต์ ซึ่งทำให้คอนกรีตที่ผสมด้วยกรวดมีค่าการยุบตัวมากกว่าและการสูญเสียการยุบตัวที่น้อยกว่าคอนกรีตที่ผสมด้วยหินปูนและหินบะชอลต์ที่อัตราส่วนผสมเดียวกัน

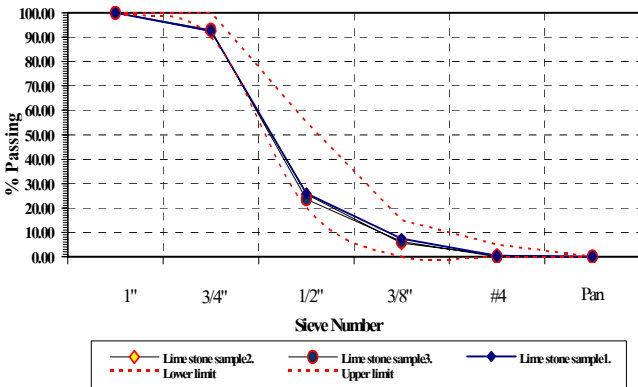
ข. ปริมาณอากาศในคอนกรีตที่ผสมด้วยวัสดุมวลหายบทั้ง 3 ชนิด ทั้งที่ถูกแทนที่และไม่ถูกด้วยแทนที่ด้วยเถ้าลอย มีแนวโน้มที่สูงขึ้นตามปริมาณการแทนที่ของเถ้าลอย

ค. คอนกรีตที่ผสมด้วยหินบะชอลต์จะมีหน่วยน้ำหนักมากกว่าคอนกรีตที่ผสมด้วยหินปูนและกรวดเบน ทั้งสภาพสดและสภาพที่แข็งตัว

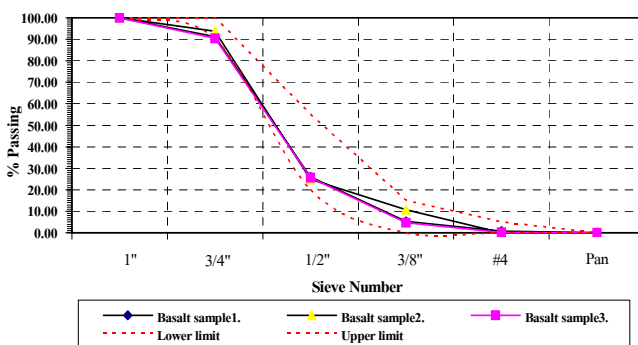
#### 4.4.2 คอนกรีตสภาพที่แข็งตัว

ก. คอนกรีตที่ผสมด้วยหินบะชอลต์เป็นวัสดุมวลหายบจะให้ค่ากำลังอัดที่สูงกว่าคอนกรีตที่ผสมด้วยกรวดเบนและหินปูน ทั้งคอนกรีตที่ถูกแทนที่และไม่ถูกแทนที่ด้วยเถ้าลอยที่อัตราส่วนผสมเดียวกัน

ข. เมื่อพิจารณากำลังอัดของคอนกรีตที่มีการแทนที่ด้วยเถ้าลอยที่ร้อยละ 15, 25 และ 40 พบว่าปริมาณร้อยละการแทนที่ของเถ้าลอยที่เหมาะสมกับคอนกรีตคือร้อยละ 25



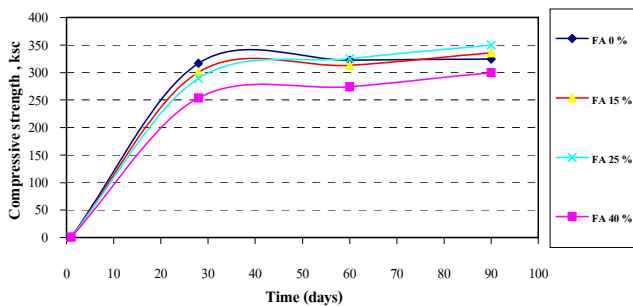
ก). หินปูน



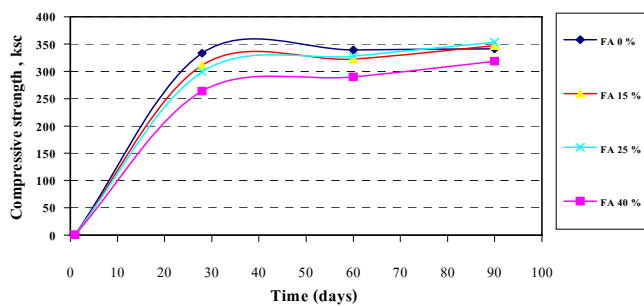
ข). หินบะชอลต์

ค. คอนกรีตที่ใช้เถ้าลอยแทนที่จะมีแนวโน้มการพัฒนากำลังที่ต่ำกว่าคอนกรีตที่ไม่มีแทนที่ด้วยเถ้าลอย ตามอายุการบ่มคอนกรีตดังแสดงใน (รูปที่ 3. ก-ค)

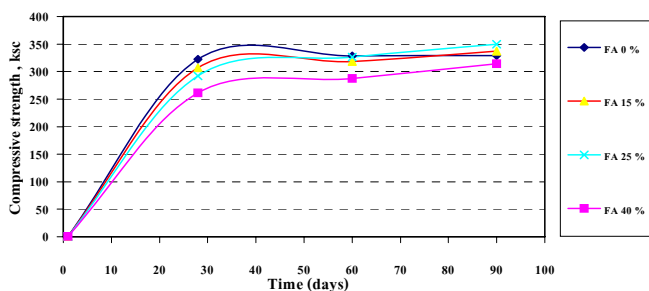
โดยรวมแล้วจะพบว่าคุณสมบัติของวัสดุมวลหยาบจาก 3 แหล่งที่กล่าวมา เมื่อทำการวิเคราะห์ทั้งที่เป็นสภาพของคอนกรีตสดและสภาพคอนกรีตแข็งตัว ต่างมีศักยภาพเพียงพอที่จะใช้เป็นวัสดุมวลหยาบในงานคอนกรีตของท้องถิ่นทั้งมีและไม่มีแทนที่ปริมาณของเถ้าลอย



ก). การพัฒนากำลังอัดคอนกรีตผสม หินปูน



ข). การพัฒนากำลังอัดคอนกรีตผสมหินบะชอลด์



ค). การพัฒนากำลังอัดคอนกรีตผสมกรวดแม่น้ำโขง

รูปที่ 3. การพัฒนากำลังอัดคอนกรีตผสมวัสดุมวลหยาบทั้ง 3 ชนิด ที่ถูกแทนที่ด้วยเถ้าลอยร้อยละ 0 , 15 , 25 และ 40 ที่อายุ 28 , 60 และ 90 วัน

## 5. การจัดทำระบบสารสนเทศการใช้วัสดุมวลหยาบสำหรับงานวิศวกรรมโครงสร้างพื้นฐานในท้องถิ่น

มีกระบวนการและปัจจัยดังนี้

5.1 หาแหล่งวัตถุดิบ (วัสดุมวลหยาบ) ที่ใช้เป็นแหล่งตัวแทนของแหล่งอื่นๆ เพื่อวิเคราะห์หาคุณสมบัติของวัสดุตามมาตรฐาน ASTM เพื่อใช้ในงานคอนกรีตทั่วไป โดยที่แหล่ง (มวลหยาบ) ที่ใช้ในการวิจัย ทดสอบ มาจากแหล่งดังต่อไปนี้

5.1.1 แหล่งหินบะชอลด์มี 2 แหล่งในพื้นที่อีสานตอนล่าง คือ ในเขตจังหวัดบุรีรัมย์ (BS2) และจังหวัดสุรินทร์ (BS1)

5.1.2 แหล่งหินปูน 5 แหล่ง คือ แหล่งกิ่งอำเภอเอราวัณ (LM1) แหล่งอำเภอนาวัง (LM2) แหล่งอำเภอภูพาน (LM3) แหล่งอำเภอคอนสาร (LM4) และแหล่งอำเภอสี่คิ้ว (LM5)

5.1.3 แหล่งกรวดมี 13 แหล่ง คือ แหล่งอำเภอโขงเจียม (GV1) แหล่งอำเภอเมืองมุกดาหาร (GV2) แหล่งอำเภอท่าอุเทน (GV3) แหล่งอำเภอบ้านแพง (GV4) แหล่งอำเภอนุ่งคล้า (GV5) แหล่งอำเภอบึงกาฬ (GV6) แหล่งอำเภอปากคาด (GV7) แหล่งกิ่งอำเภอรัตนวาปี (GV8) แหล่งอำเภอโพธิ์ชัย (GV9) แหล่งอำเภอเมืองหนองคาย (GV10) แหล่งอำเภอท่าบ่อ (GV11) แหล่งอำเภอศรีเชียงใหม่ (GV12) และแหล่งอำเภอสังคม (GV13)

5.2 ทดสอบคุณสมบัติของวัสดุมวลหยาบของแหล่งที่เป็นตัวแทน ตามมาตรฐาน ASTM ที่กำหนดให้วัสดุมีคุณสมบัติที่เหมาะสมสำหรับใช้ในงานคอนกรีต

5.3 ปัจจัยที่สาม ทำการทดสอบคุณสมบัติของวัสดุมวลละเอียดตามมาตรฐาน ASTM

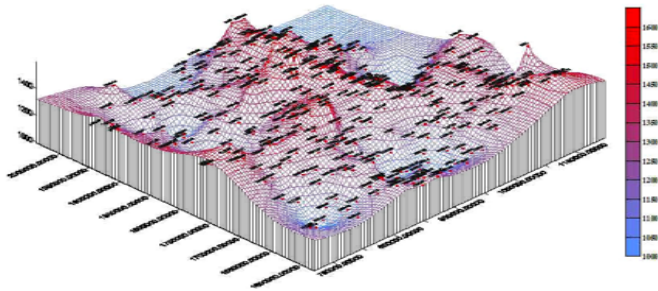
5.4 ทำการออกแบบส่วนผสมตามมาตรฐานวิธีประยุกต์ของวสท. ทั้งแทนที่และไม่แทนที่ปริมาณของเถ้าลอย โดยพิจารณา กำลังอัดที่ 28 , 60 และ 90 วัน

5.5 ประเมินระยะทางจากแหล่งวัสดุที่ขนส่งใกล้ที่สุดและทำการคำนวณราคาของคอนกรีตในแต่ละพื้นที่ ทำการกำหนดโซนพื้นที่ด้วยสัญลักษณ์ของแหล่งวัสดุ

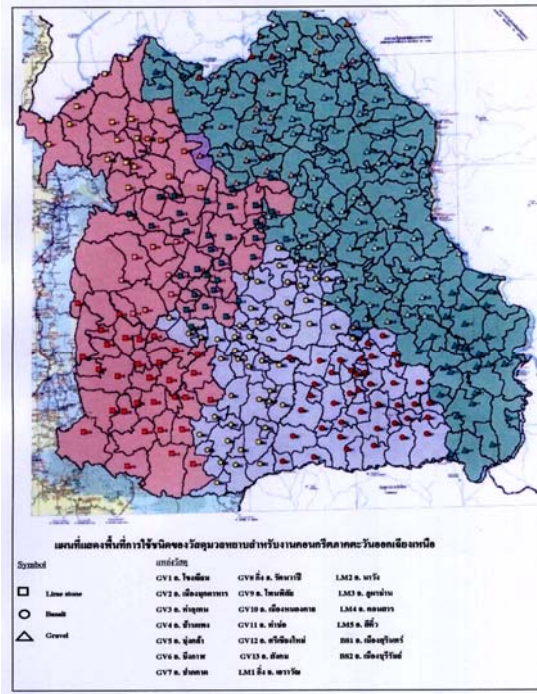
5.6 นำราคาคอนกรีตที่คำนวณได้ในปัจจัยที่ห้าทำการ Plot ในรูปของเส้นค่าระดับความชันของราคา (Cost contour line) ดัง (รูปที่ 4.)

5.7 กำหนดโซนพื้นที่การใช้วัสดุมวลหยาบที่ทำให้ราคาคอนกรีตหรือราคาของงานโครงสร้างพื้นฐานในพื้นที่นั้นๆ ให้คุ้มค่าที่สุด โดยจะใช้สัญลักษณ์ตัวเลขและอักษรบ่งบอกถึง

ชนิด แหล่ง ของวัสดุที่ใกล้ที่สุดในพื้นที่ทุกอำเภอใน ตะวันออกเฉียงเหนือดังแสดงใน (รูปที่ 5.)



รูปที่ 4. ค่าระดับความชันของราคาคอนกรีตของภาค ตะวันออกเฉียงเหนือ



รูปที่ 5. แผนที่แสดงพื้นที่การใช้ ชนิด – แหล่ง ของวัสดุมวล หยาบสำหรับงานคอนกรีตใน ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

## 6. สรุปผล

ผลวิจัยพบว่าวัสดุมวลหยาบที่นำมาทำการทดสอบทั้ง 3 ชนิด 3 แหล่ง ต่างก็มีคุณสมบัติทางกายภาพและศักยภาพ เพียงพอ ที่จะนำไปใช้เป็นวัสดุมวลหยาบสำหรับเป็นคอนกรีต อีกทั้งยังช่วยให้ท้องถิ่นมีทางเลือกสำหรับการใช้วัสดุและ แหล่งที่เหมาะสม ทั้งนี้โดยอาศัยระบบสารสนเทศ อันจะ ส่งผลให้ประหยัดค่าใช้จ่ายของงานก่อสร้างงาน โครงสร้าง พื้นฐานในพื้นที่นั้นๆ

## เอกสารอ้างอิง

- [1] บมจ. ชลประทานซีเมนต์. 2538. ปูนซีเมนต์กับการใช้งาน. พิมพ์ครั้งที่ 1., กทม
- [2] วีรพล นามบุญเรือง. 2548. คอนกรีตเทคโนโลยีงาน โครงสร้างพื้นฐาน. พิมพ์ครั้งที่ 1 บมจ. ปูนซีเมนต์เอเชีย , กรุงเทพฯ

## ประวัติ



ชื่อนายวีรพล นามบุญเรือง

- ปริญญาตรีทางด้านวิศวกรรมโยธา สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล
- ปริญญาโท ทางด้านวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ปัจจุบัน กำลังศึกษาต่อระดับปริญญาเอกวิศวกรรมโยธา (โครงสร้าง) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



รองศาสตราจารย์ ดร. วรากร ไม้เรียง

- รองศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์