การศึกษาการรับกำลังอัดและกำลังดัดของอิฐดินดิบผสมเถ้าลอย

A Study of Compressive and Bending Strengths of Adobe Mixed with Fly Ash

ประชุม คำพุฒ

าควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

E-mail choomy_gtc@hotmail.com

านวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากำลังอัดและกำลังดัดของอิฐดินดิบผสมเถ้าลอย โดยใช้
ำลอยร้อยละ 0, 3, 6, 9, 12 และ 15 โดยน้ำหนักของดิน อัตราส่วนฟางข้าว 1: 0.5 โดยปริมาตร
ละใช้น้ำอัตราส่วน 1: 1 โดยน้ำหนักของดิน นำดินไปอัดลงในแบบหล่อขนาด 10 × 15 × 30 ซม.
งด้วยอากาศ 48 ชั่วโมง และพลิกก้อนอิฐตั้งขึ้นให้ถูกแดดทิ้งไว้เป็นเวลา 14 และ 28 วัน จึง
สอบ พบว่าที่อายุ 28 วัน เมื่อใช้เถ้าลอยผสมร้อยละ 0, 3, 6, 9, 12 และ 15 ได้ค่ากำลังอัดด้าน
บ 1.10, 1.13, 1.19, 1.24, 1.37 และ 1.44 กก./ซม.^{2} ตามลำดับ ค่ากำลังอัดด้านแบนเท่ากับ 0.96,
, 1.08, 1.10 และ 1.05 กก./ซม.^{2} ตามลำดับ ได้ค่าโมดูลัสการแตกร้าวด้านขอบเท่ากับ 0.76, 0.77,
, 0.78 และ 0.92 กก./ซม.^{2} ตามลำดับ ค่าโมดูลัสการแตกร้าวด้านแบนเท่ากับ 0.81, 0.83, 0.86,
และ 0.95 กก./ซม.^{2} ตามลำดับ แสดงว่าสามารถใช้เถ้าลอยมาเป็นส่วนผสมเพื่อเพิ่มการรับกำลัง
ดอิฐดินดิบได้

อิฐดินดิบ, กำลังอัด, เถ้าลอย, โมดูลัสการแตกร้าว

nis study is to investigate the compressive strength and the bending strength of the adobe
fly ash in the mixing proportion is controlled at 0, 3, 6, 9, 12 and 15 by the total weight of
In addition, the ratio of rice hulk is 1: 0.5 by volume of the clay and the water ratio is 1: 1
of the clay. Then making an examination by casting sizing of 10 × 15 × 30 cm. Is dried
irs and then put into the sun-dried environment for 14 days and 48 days. By the testing
28 days and considering on the fly ash mixing proportion, the edge wise compressive
e 1.10, 1.13, 1.19, 1.24, 1.37 and 1.44 ksc, the flat wise compressive strength are 0.96,

0.95, 1.01, 1.08, 1
and 0.92 ksc, th
respectively. This r

Keywords : Adobe.

บทนำ

ปัจจุบันได้
นโยบายหลักของประ
ของภาคอุตสาหกรรม
สิ้นเปลืองพลังงานแ
ประเทศไทยได้มีการ
ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิต
หินประกอบด้วยเถ้าล
ลอยที่ได้จากการเผา
นอกจากนี้ยังมีเถ้าลอย
คาดว่ามีการนำเถ้าลอย
รพล, 2546) การใช้เถ้า
แทนปูนซีเมนต์ตั้งแต่ปี
(Davis et al, 1937) หา
มาก การใช้เถ้าลอยมีข้อ
กัดกร่อนของคอนกรีต
ลดอัตราการซึมของน้ำผ่
อายุเพิ่มขึ้น (ปริญญา และ

อิฐดินดิบ (adobe
ปูนซีเมนต์เป็นส่วนประ
ประสาน (บ้านดิน, 2547
ประหยัดพลังงาน (ดวงนภ
ต่อการเสียหายได้โดยง่าย
สังเคราะห์เพื่อเพิ่มความส

0.95, 1.01, 1.08, 1.10 and 1.05 ksc, the edge wise modulus of rupture are 0.76, 0.77, 0.76, 0.81, 0.78 and 0.92 ksc, the flat wise modulus of rupture are 0.81, 0.83, 0.86, 0.90, 0.92 and 0.95 ksc respectively. This research showed that fly ash could be used mixing in to adobe for increase strengths.

Keywords : Adobe, Compressive Strength, Fly Ash, Modulus of Rupture

บทนำ

ปัจจุบันได้มีการส่งเสริมให้มีการอนุรักษ์พลังงานเป็นอย่างมาก ถึงกับได้กำหนดให้เป็นนโยบายหลักของประเทศ ทั้งนี้เนื่องจากทรัพยากรทางธรรมชาติได้ลดน้อยลงเรื่อยๆ จากการขยายตัวของภาคอุตสาหกรรมและประชากรภายในประเทศ ดังนั้นหากมีหนทางใดที่จะช่วยให้สามารถลดความสิ้นเปลืองพลังงานและทรัพยากรธรรมชาติลงได้ ก็สมควรที่จะนำมาทำการศึกษาพัฒนาอย่างจริงจัง ประเทศไทยได้มีการผลิตกระแสไฟฟ้าที่โรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนที่ อำเภอแม่เมาะ จังหวัดลำปาง ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย โดยใช้ถ่านหินลิกไนต์เป็นเชื้อเพลิง กากที่เหลือจากการเผาถ่านหินประกอบด้วยเถ้าลอยประมาณร้อยละ 80 และเถ้าก้นเตาอีกประมาณร้อยละ 20 และประมาณว่ามีเถ้าลอยที่ได้จากการเผาถ่านหินเฉพาะที่แม่เมาะถึงปีละ 3 ล้านตัน ในปี พ.ศ. 2536 (สมชัย, 2536) นอกจากนี้ยังมีเถ้าลอยจากแหล่งภาคกลางและภาคตะวันออกอีกปีละประมาณ 2.8 แสนตันต่อปี และคาดว่ามีการนำเถ้าลอยจากทุกแหล่งไปใช้ในงานคอนกรีตประมาณปีละ 1.5 ล้านตันในปี พ.ศ. 2546 (สุรพล, 2546) การใช้เถ้าลอยในงานก่อสร้างไม่ใช่เรื่องใหม่ มีรายงานงานเกี่ยวกับการนำเถ้าลอยมาใช้แทนปูนซีเมนต์ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1937 ซึ่งถือได้ว่าเป็นก้าวแรกของการนำเถ้าลอยมาใช้ในงานคอนกรีต (Davis et al, 1937) หลังจากนั้นมาจึงมีงานวิจัยที่เกี่ยวกับการนำเถ้าลอยมาใช้ประโยชน์อีกเป็นจำนวนมาก การใช้เถ้าลอยมีข้อดีหลายประการได้แก่ เพิ่มความสามารถในการเทได้ เพิ่มความด้านทานต่อการกัดกร่อนของคอนกรีต ลดผลกระทบจากการแยกตัว ลดความร้อนที่เกิดขึ้นในคอนกรีต ลดการหดตัว ลดอัตราการซึมของน้ำผ่านคอนกรีต และที่สำคัญคือเพิ่มกำลังอัดและกำลังดึงประลัยของคอนกรีตเมื่ออายุเพิ่มขึ้น (ปริญญา และ ชัย, 2547)

อิฐดินดิบ (adobe) คือวัสดุก่อสร้างชนิดหนึ่งที่ไม่ต้องอาศัยพลังงานในการเผา และไม่ต้องใช้ปูนซีเมนต์เป็นส่วนประกอบหลัก มีเพียงแค่ ดินเหนียว และเส้นใยพืช เช่น แกลบ ฟางข้าว เป็นตัวประสาน (บ้านดิน, 2547) และขณะนี้ได้มีการตื่นตัวเกี่ยวกับการศึกษาบ้านดินภายในประเทศเพื่อการประหยัดพลังงาน (ดวงนภา, 2546 และ วิทยา, 2545) แต่เนื่องจากดินเป็นวัสดุที่มีการอ่อนไหวสูง เสี่ยงต่อการเสียหายได้โดยง่าย จึงได้มีการนำวัสดุชนิดอื่นมาช่วยในการเพิ่มความแข็งแรง เช่น ผสมยางพาราสังเคราะห์เพื่อเพิ่มความสามารถในการป้องกันน้ำ (วรุณ, 2547) งานวิจัยนี้สนใจที่จะนำเถ้าลอยซึ่งเป็น

ากการผลิตไฟฟ้าในข้างต้น มาทำการผสมในอิฐดินดิบสำหรับช่วยให้มีคุณสมบัติการรับ
เกขึ้น เพื่อที่จะได้นำผลการวิจัยไปพัฒนาใช้ประโยชน์ในการก่อสร้างบ้านดินต่อไป ในรูปที่ 1
สร้างบ้านดินในเมืองไทย และรูปที่ 2 เป็นตัวอย่างบ้านดินในประเทศอเมริกา (บ้านดิน, 2547)

รูปที่ 1 การก่อสร้างบ้านดินในประเทศไทย (ที่มา: บ้านดิน. คอม)

รูปที่ 2 บ้านดินในอเมริกา สร้างได้ถึง 2 ชั้น (ภาพจาก: บ้านดิน.คอม)

วิจัย

มวัสดุ

1 ดินเหนียว จากคลอง 15 อ.องครักษ์ จ.นครนายก ต้องไม่มีซากพืชซากสัตว์ปะปน นำมาย่อย

2 เถ้าลอย จากโรงผลิตกระแสไฟฟ้าแม่เมาะ จ.ลำปาง นำไปอบไล่ความชื้น 24 ชั่วโมง และ
แกรงเบอร์ 40 (รูปที่ 3)

3 ฟางข้าว จากศูนย์วิจัยข้าวธัญบุรี จ.ปทุมธานี ต้องนำมาผึ่งแดดให้แห้ง และตัดออกเป็น
มาณ 2-3 ซม. (รูปที่ 4)

4 น้ำ ในที่นี้ใช้น้ำประปา

2. ขั้นตอนการดำ

2.1 นำดิ
ดิน ทิ้งไว้ประมา

2.2 นำฟ

2.3 ทำก
15 โดยน้ำหนักดิ

2.4 นำดิ
หน้าให้เรียบ แล้ว

2.5 ทิ้งอิ
และ 28 วัน

2.6 นำไป

2. ขั้นตอนการดำเนินงานทดสอบ

2.1 นำดินเหนียวมาทำการบดย่อยให้ละเอียด แล้วไปผสมกับน้ำในอัตราส่วน 1: 1 ของน้ำหนักดิน ทิ้งไว้ประมาณ 24 ชั่วโมง ให้ดินอิ่มตัว

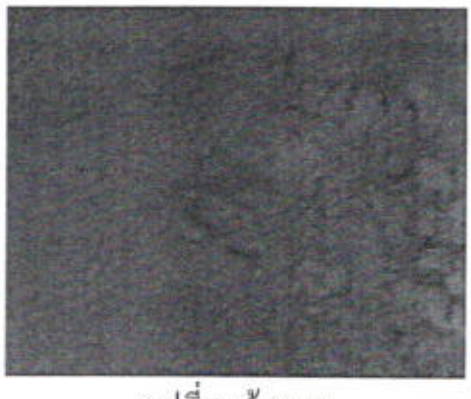
2.2 นำฟางข้าวที่ตัดให้ได้ขนาดแล้วมาผสมกับดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำ ในอัตราส่วน 1: 0.5

2.3 ทำการผสมเถ้าลอยกับดินในข้อ 2.2) ตามอัตราส่วนผสมที่เตรียมไว้ ร้อยละ 3, 6, 9, 12 และ 15 โดยน้ำหนักดิน (รูปที่ 5)

2.4 นำดินที่ผสมเรียบร้อยแล้วไปอัดในแบบหล่อ ขนาด 10 × 15 × 30 ซม. จนเต็ม และปาดหน้าให้เรียบ แล้วนำก้อนอิฐออกจากแบบหล่อ (รูปที่ 6-7)

2.5 ทิ้งอิฐดินดิบผึ่งให้แห้งเป็นเวลา 48 ชั่วโมง แล้วพลิกก้อนอิฐตั้งขึ้นทิ้งไว้อีกเป็นเวลา 14 และ 28 วัน

2.6 นำไปทดสอบร้อยละการหดตัว กำลังรับแรงอัด และกำลังรับแรงดัด ตามมาตรฐาน มอก. (2530)

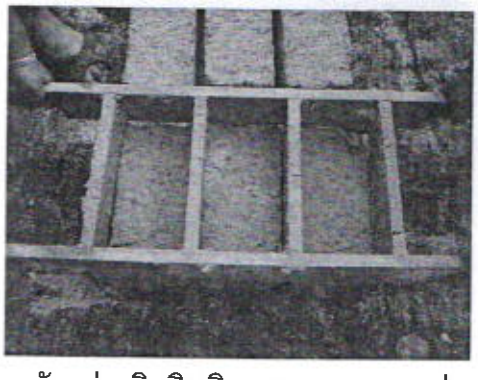


รูปที่ 3 เถ้าลอย

รูปที่ 4 ฟางข้าว

รูปที่ 5 ดินเหนียวหลังจากการกวนผสมเถ้าลอยและฟางข้าวแล้ว

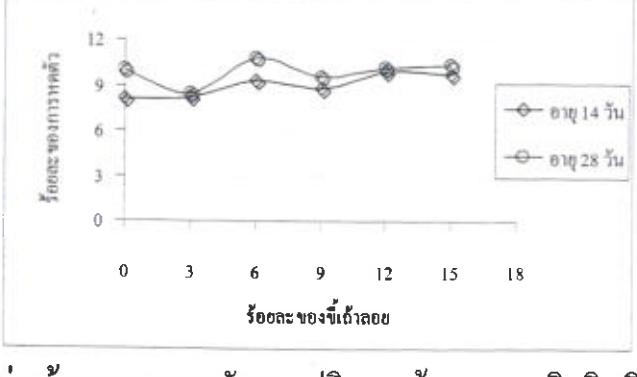
รูปที่ 6 การหล่อก้อนตัวอย่างอิฐดินดิบ



รูปที่ 7 ถอดก้อนตัวอย่างอิฐดินดิบออกจากแบบหล่อแล้วผึ่งให้แห้ง

เองและวิจารณ์

การทดสอบร้อยละการหดตัวของอิฐดินดิบแสดงในรูปที่ 8-9 ค่ากำลังอัดแสดงในรูปที่ 10-
มคูลัสการแตกร้าวแสดงในรูปที่ 12-13



มสัมพันธ์ระหว่างร้อยละการหดตัวและปริมาณเถ้าลอยของอิฐดินดิบที่อายุ 14 และ 28 วัน

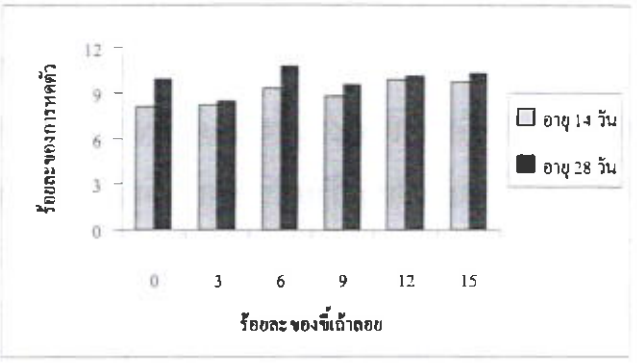
วารสารวิศวกรรมศ

รูปที่ 9 การ

จากรูปที่ 8
อายุ 14 วัน และจะ
ใกล้เคียงกัน แสดง
ตัวน้อยมาก และค่า

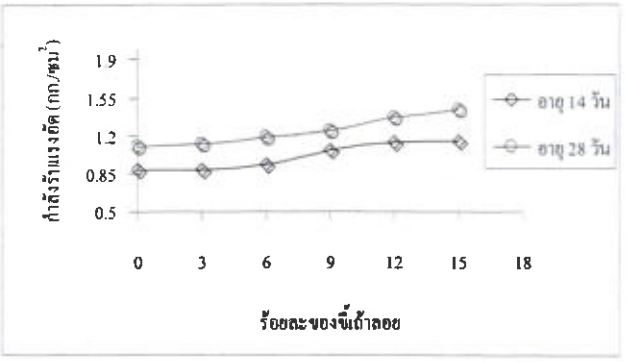
รูปที่ 10 ความสัมพ

รูปที่ 11 ความสัมพั

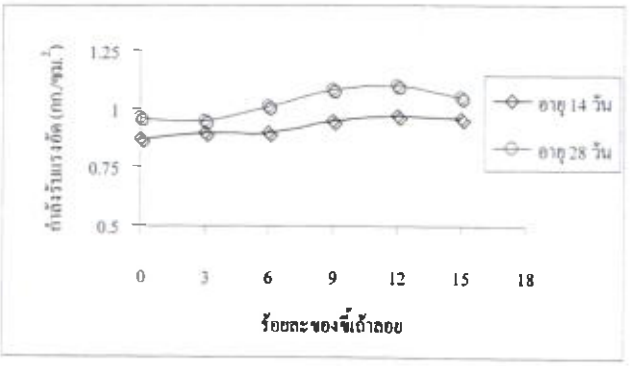


รูปที่ 9 การเปรียบเทียบร้อยละการหดตัวของอิฐดินดิบ เมื่อผสมเถ้าลอยที่อัตราส่วนต่างๆ

จากรูปที่ 8 และ 9 พบว่าอัตราส่วนผสมของเถ้าลอยจะให้ค่าการหดตัวไม่แน่นอนที่อิฐดินดิบอายุ 14 วัน และจะมีค่าการหดตัวเพิ่มมากขึ้นเมื่ออิฐดินดิบมีอายุ 28 วัน โดยค่าการหดตัวที่ได้จะใกล้เคียงกัน แสดงว่าเมื่ออายุของอิฐดินดิบมากขึ้นปริมาณของเถ้าลอยที่ผสมลงไปนั้น มีผลต่อการหดตัวน้อยมาก และค่าการหดตัวของอิฐดินดิบนี้มีค่าประมาณร้อยละ 10

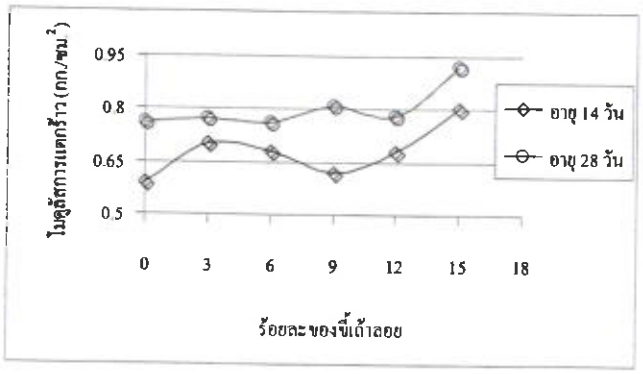


รูปที่ 10 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดและปริมาณเถ้าลอยของอิฐดินดิบ (ทดสอบด้านขอบ)

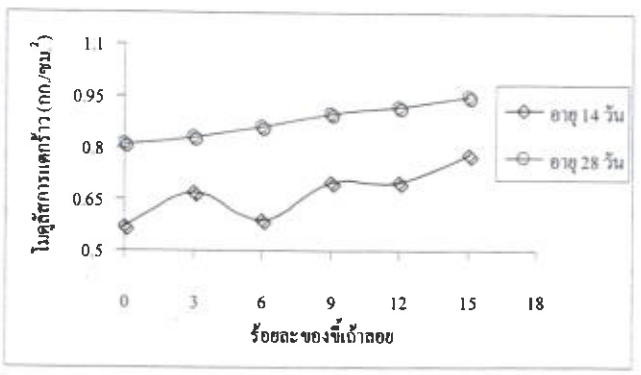


รูปที่ 11 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดและปริมาณเถ้าลอยของอิฐดินดิบ (ทดสอบด้านแบน)

จากรูปที่ 10 และ 11 พบว่าค่ากำลังรับแรงอัดจะสูงขึ้นเมื่อผสมปริมาณเถ้าลอยลงในอิฐดินดิบ เนื่องจากเถ้าลอยเป็นวัสดุปอซโซลานที่มีซิลิก้าและอลูมิน่า เป็นองค์ประกอบหลัก โดยทั่วไป ปอซโซลานจะไม่มีคุณสมบัติในการยึดประสาน แต่ถ้าวัสดุปอซโซลานมีความละเอียดมาก หรือความชื้นที่เพียงพอ จะสามารถทำปฏิกิริยากับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่อุณหภูมิปกติ ทำให้ ะกอบที่มีคุณสมบัติในการยึดประสาน (ปริญญา และ ชัย, 2547) จึงช่วยให้เกิดการยึดประสาน งอิฐดินดิบได้ดีขึ้น และจากการที่เถ้าลอยมีขนาดเล็กมาก เมื่อแทรกตัวเข้าไปในช่องว่างของ ว จะทำให้อิฐดินดิบที่ผสมเถ้าลอย มีความหนาแน่นมากขึ้น ส่งผลให้ค่ากำลังรับแรงอัดเพิ่ม ลยที่กำลังรับแรงอัดจากการทดสอบด้านขอบจะมีค่าสูงกว่าด้านแบนเล็กน้อย และเมื่อพิจารณา ล้วค่ากำลังรับแรงอัดที่ได้มีค่าต่ำมากจนเกือบจะรับกำลังไม่ได้เลย จึงเหมาะสำหรับใช้งานเป็น ไม่รับกำลัง



วามสัมพันธ์ระหว่างโมดูลัสการแตกร้าวและปริมาณเถ้าลอยของอิฐดินดิบ (ทดสอบด้านขอบ)



วามสัมพันธ์ระหว่างโมดูลัสการแตกร้าวและปริมาณเถ้าลอยของอิฐดินดิบ (ทดสอบด้านแบน)

จากรูปที่
โดยมีค่าใกล้เคีย
ดินดิบมากขึ้นก็มี
กำลังอัดที่เพิ่มขึ้น
ลอยร้อยละ 15 ทำ

สรุปผลการวิจัย

สรุปผล

การทดส
โดยน้ำหนักของ
น้ำหนักของดิน ข
ตัวแต่อย่างใด แต่ร
รับกำลังอัดและกำ
งานวิจัยนี้ จึงไม่ส

ข้อเสนอแนะ

1) ในการ
2) ควรห
อื่นๆ ที่มีคุณสมบัติ
3) ควรทด
เป็นต้น เพื่อให้สาม

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุ
การสนับสนุนงบป
ราชมงคลธัญบุรี ที่
การทำงานจนสำเร็จ

เอกสารอ้างอิง

1. สมชัย กกกำแ
ประกอบการสั
การไฟฟ้าฝ่ายผ

จากรูปที่ 12 และ 13 พบว่าตัวอย่างอิฐดินดิบที่ได้ มีความสามารถในการรับกำลังดัดได้น้อยมาก โดยมีค่าใกล้เคียงกันทั้งการทดสอบด้านขอบและด้านแบน และเมื่อเพิ่มปริมาณของเถ้าลอยลงไปในอิฐดินดิบมากขึ้นก็มีแนวโน้มที่จะทำให้อิฐดินดิบรับกำลังดัดได้มากขึ้น ซึ่งก็เป็นสาเหตุเดียวกันกับการรับกำลังอัดที่เพิ่มขึ้นดังได้กล่าวไปแล้วในข้างต้น และจากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการใส่ปริมาณเถ้าลอยร้อยละ 15 ทำให้ได้ค่าการรับกำลังดัดมากที่สุด

สรุปผลการวิจัย

สรุปผล

การทดสอบอิฐดินดิบขนาด 10 × 15 × 30 ซม. โดยผสมเถ้าลอยร้อยละ 0, 3, 6, 9, 12 และ 15 โดยน้ำหนักของดิน อัตราส่วนฟางข้าว 1: 0.5 โดยปริมาตรของดิน และใช้น้ำอัตราส่วน 1: 1 โดยน้ำหนักของดิน พบว่าปริมาณส่วนผสมของเถ้าลอยที่ใส่ลงไปในอิฐดินดิบนั้นไม่มีผลต่ออัตราการหดตัวแต่อย่างใด แต่จะช่วยเพิ่มความสามารถในการรับกำลังได้ ซึ่งปริมาณของเถ้าลอยที่ดีที่สุดสำหรับการรับกำลังอัดและกำลังดัดคือ ร้อยละ 15 และจากค่ากำลังรับแรงอัดและกำลังรับแรงดัดที่น้อยมากในงานวิจัยนี้ จึงไม่สามารถนำอิฐดินดิบผสมเถ้าลอยนี้ไปใช้ก่อผนังที่ต้องการรับแรงได้

ข้อเสนอแนะ

1) ในการวิจัยครั้งต่อไปควรเพิ่มอัตราส่วนเถ้าลอยในปริมาณที่มากขึ้น เพื่อพิจารณาดูแนวโน้มต่อไป

2) ควรหาวิธีการในการเพิ่มกำลังรับแรงอัดและกำลังรับแรงดัดของอิฐดินดิบ โดยอาจใช้วัสดุอื่นๆ ที่มีคุณสมบัติที่เหมาะสมสำหรับการเพิ่มกำลัง ผสมเพิ่มเติมเข้าไปให้มากขึ้น

3) ควรทดสอบคุณสมบัติทางด้านอื่นเพิ่มเติม เช่น การดูดซึมน้ำ ความหนาแน่น หน่วยน้ำหนัก เป็นต้น เพื่อให้สามารถนำมาวิเคราะห์ผลได้ครอบคลุมดียิ่งขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ กลุ่มทุนสนับสนุนการวิจัยเพื่อความอยู่รอดของนักวิจัยอย่างยั่งยืน (กสวร.) ที่ให้การสนับสนุนงบประมาณวิจัยปี พ.ศ. 2548 ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่ช่วยอำนวยความสะดวกในเรื่องของสถานที่ทดสอบ เครื่องมือ และอุปกรณ์ต่างๆ ในการทำงานจนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

1. สมชัย กกกำแหง, "การนำขี้เถ้าลอยลิกไนต์มาใช้ประโยชน์เป็นวัสดุก่อสร้างงานดิน," เอกสารประกอบการสัมมนาเรื่อง ศักยภาพการนำเถ้าลอยลิกไนต์มาใช้ประโยชน์, สำนักงานวิจัยและพัฒนา, การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, หน้า 4-1 - 4-23, พ.ศ. 2536

ล พฤกษานุกูล, "กรรมวิธีการผลิตและชนิดของเถ้าถ่านหินที่มีในประเทศไทย," เอกสาร
าอบการสัมมนาเรื่อง การนำเถ้าถ่านหินในประเทศไทยมาใช้ในงานคอนกรีต, ภาควิชา
เรรมโยธา, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ, หน้า 19-29, พ.ศ. 2546
:, R.E., Carlson, R.W., Kelly, J.W., and Davis, H.E., "Properties of Cements and Concretes
ining Fly Ash," American Concrete Institute Journal, Proceedings Vol.33, No.5, pp.577-612, 1937.
ญา จินดาประเสริฐ และชัย จาตุรพิทักษ์กุล, สมาคมคอนกรีตไทย (ส.ค.ท.), "ปูนซีเมนต์ ปอซ
น และคอนกรีต," พิมพ์ครั้งที่ 1, กรุงเทพฯ, หน้า 293-294, พ.ศ. 2547
ไอบ้านดิน, 2547, ได้จาก URL: http://www.baandin.org เมื่อวันที่ 1 พฤษภาคม พ.ศ. 2549
ภา ศิลปสาย, "บ้านดิน: สถาปัตยกรรมทางเลือกกรณีศึกษา: บ้านศรีฐาน อำเภอป่าติ้ว จังหวัด
ร," วิทยานิพนธ์ปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต, สาขาวิชาสถาปัตยกรรม, ภาควิชา
ตยกรรม, มหาวิทยาลัยศิลปากร, กรุงเทพฯ, พ.ศ. 2546
วัชร ไตรรงค์, "กระบวนการร่วมกันสร้างที่อยู่อาศัยด้วยตนเอง: กรณีศึกษาบ้านดิน บ้านเทพ
ำเภอเทพสถิตย์ จังหวัดชัยกรณีศึกษาบ้านดิน บ้านเทพพนา อำเภอเทพสถิตย์ จังหวัดชัยภูมิ,"
นิพนธ์ปริญญาเคหพัฒนศาสตร์มหาบัณฑิต, สาขาวิชาเคหการ, ภาควิชาเคหการ, คณะ
ตยกรรมศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ, พ.ศ. 2545
เหล่าโกเมนย์, "การเพิ่มความสามารถในการป้องกันน้ำของการก่อสร้างบ้านดิน,"
นิพนธ์ปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต, คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์,
ายาลัยธรรมศาสตร์, กรุงเทพฯ, พ.ศ. 2547
ุานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, "คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก, มอก. 58-2530," สำนักงาน
านผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, พิมพ์เพิ่มเติมครั้งที่ 5, กระทรวงอุตสาหกรรม, กรุงเทพฯ, พ.ศ. 2539
ร ฉัตรวีระ และพิชัย นิมิตยงสกุล, "ผลกระทบของขี้เถ้าแกลบต่อคอนกรีตคุณภาพสูง,"
รประกอบการประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติครั้งที่ 3, วิศวกรรมสถานแห่งประเทศ
พระบรมราชูปถัมภ์, หน้า MAT5-1 ถึง MAT5-9, พ.ศ. 2540
ร ฉัตรวีระ และเชิดพงศ์ วิสารทานนท์, "ศักยภาพในการใช้คอนกรีตผสมเถ้าแกลบไม่บด,"
รประกอบการประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติครั้งที่ 7, วิศวกรรมสถานแห่งประเทศ
พระบรมราชูปถัมภ์, หน้า MAT-63 ถึง MAT-68, พ.ศ. 2544
น์ ดำรงศีล, บุรฉัตร ฉัตรวีระ, และวินัย อวยพรประเสริฐ, "กำลังรับน้ำหนักของคอนกรีต
แกลบ," วิศวกรรมสารฉบับวิจัยและพัฒนา, ปีที่ 11, ฉบับที่ 1, หน้า 11-19, พ.ศ. 2543

สภาพ
Road

ภาค

บทคัดย่อ

บทคว
รังสิต-นครนาย
หนาแน่นและลั
สายนี้มีสถิติการ
ความไม่เหมา
องค์ประกอบด้า
ทาง ทางเชื่อม ท
บริเวณย่านชุมช
เปลี่ยนแปลงขอ
ได้เสนอแนวทาง
อุปกรณ์อำนวยค
ของอุบัติเหตุรวม
สามารถใช้งานได้

คำสำคัญ : อุบัติเห

ABSTRACT: Th
Rangsit-Nakhonn
highway features
accident has beer
drivers and unsuit