คอนกรีตบดอัดที่ใช้หินฝุ่นแทนทราย

เฉลิมพล ไชยแก้ว[1], วรัญ วงศ์ประชุม[2]

[1]สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
[2]สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาแนวทางการนำหินฝุ่นที่มีอยู่ในพื้นที่จังหวัดเพชรบุรี และจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ มาใช้ทดแทนทรายในการผสมคอนกรีตแบบบดอัด โดยมีอัตราส่วนของหินฝุ่นแทนที่ทรายร้อยละ 0, 20, 40, 60, 80 และ 100 โดยน้ำหนัก หลังจากนั้นทำการทดสอบคอนกรีตบดอัด (Compaction Test) แบบสูงกว่ามาตรฐาน เพื่อหาค่าปริมาณน้ำที่เหมาะสม สำหรับใช้หล่อตัวอย่างคอนกรีตในการทดสอบกำลังอัด ซึ่งจากผลการทดสอบ พบว่า การผสมคอนกรีตแบบบดอัดจะได้ค่าความหนาแน่นสูงสุด เมื่อแทนที่ด้วยหินฝุ่นในอัตราส่วน S20 : DS80 และได้ค่าปริมาณน้ำที่เหมาะสมต่ำสุด เมื่อนำค่าที่ได้จากการผสมคอนกรีตแบบบดอัดไปหล่อตัวอย่างคอนกรีตสำหรับทดสอบกำลังอัด ผลของกำลังอัดของคอนกรีตที่ผสมทรายล้วนกับคอนกรีตที่ใช้หินฝุ่นแทนที่ในอัตราส่วน S20 : DS80 มีค่ากำลังอัดที่ต่ำกว่าคอนกรีตที่ผสมทรายล้วน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากองค์ประกอบทางเคมีและฟิสิกส์ของหินฝุ่นมีค่าที่ต่ำกว่าทรายธรรมชาติ

คำสำคัญ : หินฝุ่น, คอนกรีตบดอัด, ท่อคอนกรีต

The Compaction of Concrete Using Dust Stone Substitute Sand

Chalermphol Chaikaew[1], Warun Wongprachum[2]

[1] Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Rattanakosin
[2] Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering and Architecture, Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi

ABSTRACT

This research a study on the modify compaction concrete test of specimens with dust stone (Product area in phetchaburi and prachuap khiri khan province) replace in nature sand for at 0% 20% 40% 60% 80% and 100% by mass. The results showed that the maximum density of specimens replace dust stone at 80% by mass and low compressive strength of specimens replace dust stone at 80% when compare specimens nature sand at 100% by mass.

Keywords : Dust stone, Roller compacted concrete, Concrete pipe

บทนำ

ปัญหาหนึ่งในงานผลิตวัสดุก่อสร้าง ท่อคอนกรีตสำเร็จรูปในพื้นที่ จังหวัดเพชรบุรี และจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ เป็นผลมาจากราคาต้นทุนวัตถุดิบบางชนิดมีราคาสูง เนื่องจากมีแหล่งผลิตอยู่ห่างไกลจากโรงงาน ทำให้มีค่าใช้จ่ายในการขนส่งสูงและสูญเสียเวลามากขึ้น ซึ่งการผลิตท่อคอนกรีตในพื้นที่จะใช้วัตถุดิบหลัก คือ ปูนซีเมนต์ ทรายหยาบและหินเกล็ด ซึ่งถือว่าทรายหยาบเป็นมวลรวมละเอียดและหินเกล็ดเป็นมวลรวมหยาบ โดยมีแหล่งผลิตวัตถุดิบในพื้นที่จังหวัดเพชรบุรี และจังหวัดประจวบคีรีขันธ์หลายแหล่ง ทำให้มีราคาต้นทุนที่ปกติและวัตถุดิบไม่ขาดแคลน แต่ปัญหาอยู่ที่แหล่งผลิตทรายคุณภาพในพื้นที่ มีความขาดแคลนประกอบกับมีปริมาณการใช้ทรายสำหรับงานผลิตคอนกรีตผสมเสร็จมากอยู่แล้ว ทำให้ทรายหยาบขาดตลาดไม่เพียงพอต่อความต้องการและมีราคาแพงขึ้น

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการใช้หินฝุ่น ซึ่งเป็นผลพลอยได้จากการผลิตหินเกล็ดในพื้นที่อยู่แล้ว และมีลักษณะทางกายภาพที่คาดว่าจะนำมาทดแทนทรายหยาบเพื่อใช้เป็นส่วนผสมคอนกรีตบดอัดที่เหมาะสมสำหรับผลิตท่อคอนกรีตบดอัดได้ โดยใช้หลักการคอนกรีตบดอัด (Roller Compacted Concrete : RCC) เนื่องจากในการผลิตท่อหรือบ่อพักคอนกรีตเสริมเหล็กส่วนใหญ่ในปัจจุบันนิยมผลิตใช้วิธีการของคอนกรีตแบบ RCC เพราะสามารถถอดแบบหล่อคอนกรีตได้ทันที (C. Chhorn., S. Jae Hong and S. Woo Lee, 2017 : 535-543) ซึ่งวัสดุมวลรวมที่ใช้ในคอนกรีตบดอัดมีหลักในการคัดเลือกวัสดุ เช่นเดียวกับคอนกรีตปกติทั่ว ๆ ไป ซึ่งถ้าใช้วัตถุดิบจากท้องถิ่นใกล้เคียงมาประยุกต์ใช้งาน จะส่งผลดีในด้านต้นทุนการผลิตและการนำหินฝุ่นที่เป็นของเสียมาใช้งานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ อีกทั้งยังเป็นการกระตุ้นให้ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในวงการก่อสร้างได้เล็งเห็นถึงคุณค่าของวัสดุที่มีต้นทุนการผลิตต่ำกว่าในเชิงเศรษฐกิจมาใช้งานให้เกิดประโยชน์ตามศักยภาพและความสามารถของวัสดุนั้นได้

ปรัชญาการออกแบบส่วนผสมของคอนกรีตบดอัดโดยวิธีปฐพี

การออกแบบส่วนผสมโดยวิธีปฐพีนี้นิยมใช้ในงานคอนกรีตบดอัดแบบหยาบ (Lean RCC) โดยอาศัยความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนาแน่นและปริมาณความชื้นที่เหมาะสม (Density and Optimum Moisture Content Relationship) มาเป็นเกณฑ์ในการออกแบบโดยอาศัยสมมติฐานว่า สำหรับคอนกรีตบดอัดใด ๆ ก็ตามที่ถูกกำหนดมาให้แล้วถึงประเภทและปริมาณซีเมนต์ขนาดและสัดส่วนของมวลรวม (ยกเว้นปริมาณน้ำ) ที่ค่าพลังงานบดอัดค่าใด ๆ ในห้องปฏิบัติการเราสามารถหาค่าความชื้นที่เหมาะสมที่ให้ค่าความหนาแน่นแห้งหลังการบดอัดสูงสุดได้ และที่สำคัญค่าดังกล่าวต้องสอดคล้องกับค่าที่ได้ในสนามจริงซึ่งได้จากการบดอัดโดยรถบดถนน การหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าความชื้น และค่าความหนาแน่นแห้งสูงสุดของคอนกรีตบดอัดนั้นสามารถทำได้ง่ายโดยการประยุกต์ใช้วิธีการทดลองทางปฐพีวิทยาที่เรียกว่า Standard Proctor Compaction Test โดยในการทดสอบมาตรฐานนั้นตัวอย่างดินจะถูกนำมาบดอัดโดยใช้น้ำหนัก 2.5 กิโลกรัม ปล่อยให้ตกกระทบจากความสูง 305 มิลลิเมตร ตัวอย่างดินที่นำมาบดอัดนั้นจะถูกแปรผันค่าความชื้นจากน้อยไปมาก ซึ่งผลการทดลองชี้ให้เห็นว่ามีค่าความชื้นที่เหมาะสมเพียงค่าเดียวเท่านั้นที่ให้ค่าความหนาแน่นแห้งสูงสุด ความชื้นที่มากหรือน้อยเกินไปจะทำให้ค่าความหนาแน่นลดต่ำลง (J.L. Larson, 1986 : 22–29)

สำหรับคอนกรีตบดอัดก็เช่นเดียวกัน วัตถุประสงค์หรือเป้าหมายของการทดลองก็เพื่อหาค่าความชื้นที่เหมาะสมที่ให้ค่าความหนาแน่นแห้งของคอนกรีตบดอัดสูงสุดสำหรับค่าพลังงานบดอัดค่าหนึ่ง ๆ โดยในกรณีของคอนกรีตบดอัดการทดลองมาตรฐานจะต้องนำมาปรับให้มีค่าพลังงานบดอัดมากขึ้นโดยการเพิ่มน้ำหนักกระทำและค่าความสูงตกกระทบ เป็น 4.5 กิโลกรัม และ 457 มิลลิเมตร ตามลำดับโดยจะเรียกวิธีนี้ว่า Modified Proctor Compaction Test (ASTM D1557)

วิธีการวิจัย

นำหินฝุ่นจากโรงโม่หินมาใช้เป็นส่วนผสมแทนทรายในคอนกรีต ทำการทดสอบหาปริมาณน้ำที่พอเหมาะเพื่อนำมาผสมกับปูนซีเมนต์ด้วยวิธีการบดอัด (Compaction Test) แบบสูงกว่ามาตรฐาน ตามมาตรฐาน ASTM D 1557 โดยมีรายละเอียดและขั้นตอนดังนี้

4.1 วัสดุที่ใช้ในการออกแบบสัดส่วนผสม

วัสดุที่ใช้จะประกอบไปด้วย ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ (ประเภทที่ 1) 200 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร ทรายหยาบ 1,100 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร หินขนาด 3/8 นิ้ว 1,100 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร และทำการแทนที่ทรายหยาบด้วยหินฝุ่นจากโรงงานโม่หินในพื้นที่จังหวัดเพชรบุรีและจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ในอัตราส่วนร้อยละ 20, 40, 60, 80 และ 100 โดยนำส่วนผสมทั้งหมดมาผสมในปริมาณน้ำเริ่มต้นที่ ร้อยละ 4 และออกแบบกำลังอัดที่ 240 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร (ทรงกระบอก)

ในการวิจัยนี้จะใช้สัญลักษณ์ตัวอย่างคอนกรีตบดอัด เช่น S20 : DS80 โดยสัญลักษณ์ S20 หมายถึง ปริมาณทรายหยาบร้อยละ 20 ของมวลรวมละเอียด และสัญลักษณ์ DS80 หมายถึงการแทนที่ทรายหยาบด้วยหินฝุ่นร้อยละ 80 ของมวลรวมละเอียด

4.2 การทดสอบหาขนาดเม็ดของวัสดุ โดยผ่านตะแกรงแบบล้าง

การหาขนาดเม็ด (Particle Size Distribution) ของมวลรวมทั้งชนิดเม็ดละเอียดและหยาบกระทำโดยให้ผ่านตะแกรงจากขนาดใหญ่จนถึงขนาดเล็กมีขนาดช่องผ่านตะแกรง เบอร์ 200 (0.075 มิลลิเมตร) แล้วเปรียบเทียบมวลของตัวอย่างที่ผ่านหรือค้างตะแกรงขนาดต่าง ๆ กับมวลทั้งหมดของตัวอย่างตามมาตรฐาน ASTM D6913 / D6913M

4.3 การทดสอบ Compaction Test แบบสูงกว่ามาตรฐาน

วิธีนี้เป็นการทดลองโดยวิธี Dynamic Compaction เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างความแน่นของดินกับปริมาณน้ำที่ใช้ในการบดอัด เมื่อทำการบดอัดในแบบ (Mold) ตามขนาดข้างล่างนี้ด้วยค้อนหนัก 4.537 กิโลกรัม (10.0 ปอนด์) ระยะปล่อยค้อนตก 457.2 มิลลิเมตร (18 นิ้ว) ตามมาตรฐาน ASTM D1557

4.4 การทดสอบหาค่ากำลังรับแรงอัด

การทดสอบหาค่ากำลังรับแรงอัดใช้แบบหล่อก้อนตัวอย่างทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร แล้วนำไปกดด้วยเครื่องทดสอบกำลังอัดของคอนกรีต Universal Testing Machine (UTM) ซึ่งจะทดสอบกำลังอัดของคอนกรีตที่อายุ 28 วัน

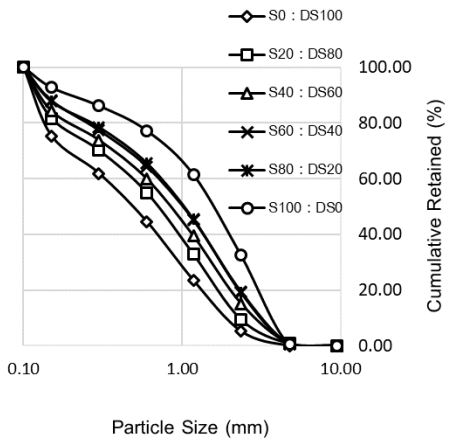
ผลการวิจัย

การทดสอบวัสดุมวลรวมและคอนกรีตบดอัดครั้งนี้ได้ทำการศึกษาวิธีการขั้นตอนการผลิต และการทดสอบคุณสมบัติการนำเอาหินฝุ่นมาทดแทน

ทราย หาค่าปริมาณน้ำที่เหมาะสมโดยได้ทำการทดสอบ Compaction Test แบบสูงกว่ามาตรฐาน ทล.-ท.108/2517 (เทียบเท่า AASHTO T 180) และการทดสอบการรับกำลังอัดคอนกรีตตามมาตรฐาน ASTM C39 / C39M – 18 และนำสัดส่วนผสมที่เหมาะสมที่สุดมาขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ท่อคอนกรีตใช้งานต่อไป

5.1 ผลการทดสอบหาขนาดคละของมวลรวม โดยผ่านตะแกรงแบบล้าง

ผลการทดสอบขนาดคละของตัวอย่างทดสอบที่นำเอาหินฝุ่นมาทดแทนทรายในสัดส่วนต่าง ๆ สามารถนำค่ามาเปรียบเทียบการกระจายตัวของมวลรวมในสัดส่วนต่าง ๆ ดังแสดงในภาพที่ 1 สามารถแสดงค่าเฉลี่ยร้อยละขนาดของมวลรวมที่มีขนาดใหญ่กว่า 1 มิลลิเมตร และขนาดเล็กกว่า 1 มิลลิเมตร พบว่า ค่าการกระจายตัวของวัสดุมวลรวมแต่ละอัตราส่วน ร้อยละสะสมของหินฝุ่นมีค่าใกล้เคียงกับขอบเขตล่างตามมาตรฐาน ASTM C33 / C33M – 18. แต่อย่างไรก็ตามในช่วงมวลรวมที่มีขนาดใหญ่กว่า 1 มิลลิเมตร หินฝุ่นมีร้อยละสะสมต่ำกว่าทรายแม่น้ำ ในขณะที่มวลรวมที่มีขนาดเล็กกว่า 1 มิลลิเมตร หินฝุ่นมีร้อยละสะสมมากกว่า ดังนั้นหินฝุ่นจึงสามารถแทรกตัว (Filling) เข้าระหว่างช่องว่างภายในอนุภาคทรายแม่น้ำได้

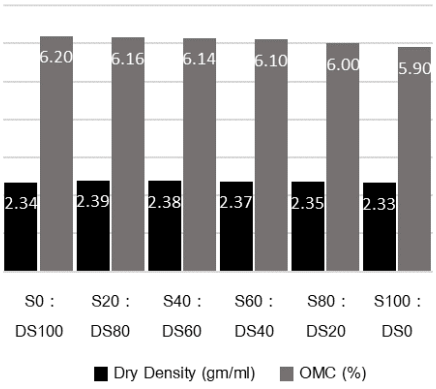


ภาพที่ 1 แผนภูมิการเปรียบเทียบค่าการกระจายตัวของมวลรวมแต่ละอัตราส่วนผสม

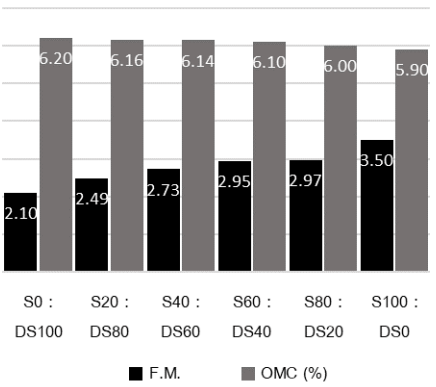
5.2 ผลการทดสอบการบดอัด Compaction Test แบบสูงกว่ามาตรฐาน

การทดสอบ Compaction Test วิธีนี้เป็นการทดลองโดยใช้วิธี Dynamic Compaction เพื่อหาค่าความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของคอนกรีตกับปริมาณน้ำที่ใช้ในการบดอัดตามมาตรฐาน ทล.-ท. 108/2517 (เทียบเท่า AASHTO T 180) โดยแสดงค่าปริมาณน้ำที่เหมาะสมที่ให้ค่าความหนาแน่นสูงสุดในแต่ละตัวอย่างทดสอบ ดังแสดงในภาพที่ 2 พบว่าค่าความหนาแน่นจะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อแทนที่ด้วยหินฝุ่นจนถึงอัตราส่วนแทนที่ร้อยละ 80 จะได้ค่าความหนาแน่นสูงสุดเท่ากับ 2.387 กรัม/มิลลิลิตร ค่าปริมาณน้ำที่เหมาะสมเท่ากับร้อยละ 5.6 และเมื่อแทนที่ด้วยหินฝุ่น ในปริมาณน้ำที่เหมาะสมเท่ากับร้อยละ 5.9 จะทำให้ความหนาแน่นลดลง เนื่องจากหินฝุ่นมีความละเอียดสูงและมีพื้นที่ผิวมากกว่าทราย เมื่อนำมาแทนที่ในปริมาณที่สูงเกินขีดจำกัด ทำให้มีความต้องการปริมาณการดูดซึมน้ำมาก จึงทำให้ได้ค่าความหนาแน่นที่ต่ำลง ซึ่งเป็นผลมาจากความสัมพันธ์ระหว่างค่าโมดูลัสความละเอียดและปริมาณน้ำที่เหมาะสม เมื่อค่าโมดูลัส

ความละเอียดมีค่าต่ำ จะแปรผันให้มีค่าปริมาณน้ำที่เหมาะสมสูงขึ้น ดังแสดงในภาพที่ 3



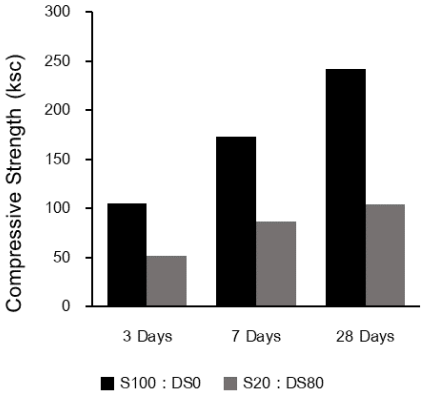
ภาพที่ 2 แผนภูมิความสัมพันธ์ระหว่าง Density และค่า OMC ในแต่ละอัตราส่วนผสม



ภาพที่ 3 แผนภูมิความสัมพันธ์ระหว่างค่า FM และ OMC

5.3 ผลการทดสอบกำลังต้านทานแรงอัดคอนกรีตบดอัด

การทดสอบค่าการรับกำลังอัดของคอนกรีตโดยทำการทดสอบก้อนตัวอย่างของคอนกรีตรูปทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร ที่อายุ 3, 7 และ 28 วัน โดยเลือกตัวอย่างทดสอบใน อัตราส่วนแทนที่หินฝุ่นร้อยละ 80 (S20 : DS80) มาหล่อก้อนตัวอย่างทดสอบกำลังอัด เนื่องจากมีค่าความหนาแน่นสูงสุด โดยใช้ปริมาณน้ำที่ผสมต่ำที่สุด และนำไปเปรียบเทียบกับตัวอย่างทดสอบที่ใช้ทรายล้วน (S100 : DS0)



ภาพที่ 4 แผนภูมิค่ากำลังอัดประลัยกับอายุของคอนกรีตบดอัด

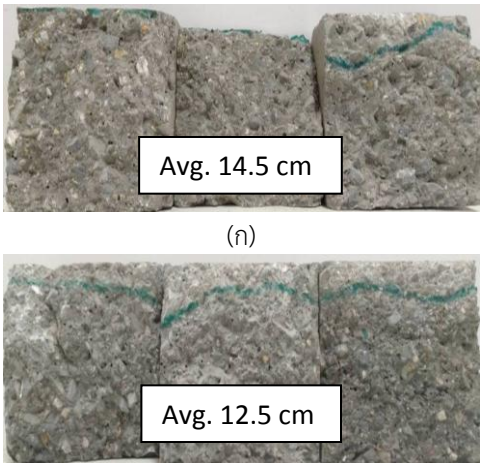
จากภาพที่ 4 เมื่อเปรียบเทียบกำลังอัดของคอนกรีตที่ผสมทรายล้วนกับคอนกรีตที่ใช้หินฝุ่นแทนทรายบางส่วนหรือทั้งหมด จะพบว่ามีค่ากำลังอัดที่ต่ำกว่าคอนกรีตที่ผสมทรายล้วน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากองค์ประกอบทางเคมีและฟิสิกส์ของหินฝุ่นมีค่าที่ต่ำกว่าทรายในธรรมชาติ เช่น ในกรณีของหินฝุ่นจากโรงโม่ของบริษัทโรงโม่ไทยจำกัด เมื่อนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและฟิสิกส์ โดยกองวิเคราะห์และตรวจสอบทรัพยากรธรณี กรมทรัพยากรธรณี (K. Surachai, 2013 : 44-53) พบว่า มีแร่ควอทซ์ (SiO2) เป็นองค์ประกอบหลักประมาณร้อยละ 72.5 ในขณะที่ทรายในธรรมชาติมีแร่ควอทซ์ประมาณร้อยละ 90 นอกจากนี้ หากพิจารณาในเชิงวิชาธรณีวิศวกรรม (Engineering Geology) อาจกล่าวได้ว่าทรายที่นำมาใช้ในการผสมคอนกรีตเป็นวัสดุที่เกิดจากการกัดกร่อนผุพัง (Weathering Process) ของ

หินในธรรมชาติเป็นขบวนการทางธรณีวิทยา แต่หินฝุ่นเป็นทรายที่เกิดจากการกระทำของมนุษย์จากความต้องการหินก่อสร้างจากโรงโม่หิน อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ทรายล้วน จึงมีคุณสมบัติหลายประการที่ส่งผลให้มีกำลังที่ต่ำกว่า และจากผลการวิจัยโดยใช้หินฝุ่น ชนิดหินปูนจากโรงโม่หิน ศิลา เทพตะวัน ตำบลหน้าพระลาน อำเภอเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสระบุรี ซึ่งศึกษาโดย (N. Phaopong and K. Prachoom, 2005) พบว่า การรับกำลังอัดของคอนกรีตมีค่าต่ำกว่า เมื่อใช้หินฝุ่นแกรนิต ตัวอย่างคอนกรีตที่ใช้อัตราส่วนผสม 1 : 2 : 4 โดยน้ำหนัก อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ เท่ากับ 0.45, 0.50 และ 0.55 พบว่าคอนกรีตที่อายุการบ่ม 28 วัน อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.45 โดยใช้หินฝุ่นชนิดหินปูนแทนทราย โดยร่อนผ่านตะแกรง จะมีค่ากำลังอัดเฉลี่ยสูงสุด เมื่อเปรียบเทียบค่ากำลังอัดของคอนกรีตที่ผสมหินฝุ่นชนิดหินปูนกับคอนกรีตปกติ พบว่าค่ากำลังอัดของคอนกรีตที่ผสมหินฝุ่นชนิดหินปูนมีค่าน้อยกว่าค่ากำลังอัดของคอนกรีตปกติประมาณร้อยละ 20

นอกจากนี้การใช้หินฝุ่นชนิดหินปูนแทนทราย จากการวิจัยของ (S. Nippon, 1998 : 1-5) ได้ศึกษาเปรียบเทียบกำลังอัดของคอนกรีตที่ใช้หินฝุ่นชนิดหินปูนเป็นมวลรวมละเอียดกับทรายที่มีค่าโมดูลัสความละเอียดเท่ากัน จากผลการทดสอบกำลังอัดของคอนกรีต พบว่า คอนกรีตที่ใช้ทรายมีค่ากำลังอัดสูงกว่าที่ใช้หินฝุ่นชนิดหินปูนประมาณร้อยละ 10 - 25 ซึ่งจากผลการวิจัยที่กล่าวมาจะเป็นข้อบ่งชี้ที่ให้ผลการทดสอบไปในทิศทางเดียวกัน

5.4 การขึ้นรูปตัวอย่างผลิตภัณฑ์ท่อคอนกรีตเสริมเหล็ก

จากผลการทดลองข้างต้น ตัวอย่างทดสอบในอัตราส่วน S20 : DS80 มีค่ากำลังอัด และค่าความหนาแน่นสูงสุด เมื่อนำมาทดสอบการซึมผ่านของน้ำในสภาวะมีแรงดัน ตามมาตรฐาน DIN 1048 พบว่า ตัวอย่างทดสอบในอัตราส่วนแทนที่หินฝุ่นร้อยละ 80 (S20 : DS80) มีการต้านทานการซึมผ่านของน้ำในสภาวะมีแรงดันได้มากกว่าตัวอย่างตัวอย่างทดสอบที่ใช้ทรายล้วน (S100 : DS0) ดังแสดงในภาพที่ 5 จึงนำมาขึ้นรูปตัวอย่างผลิตภัณฑ์ท่อคอนกรีต ดังแสดงในภาพที่ 6



ภาพที่ 5 แสดงระยะการซึมของน้ำหลังการทดสอบการซึมผ่านของน้ำในสภาวะมีแรงดันที่ตัวอย่างขนาด 15x15x15 เซนติเมตร
(ก) ทรายล้วน (S100 : DS0)
(ข) แทนที่หินฝุ่นร้อยละ 80 (S20 : DS80)

ภาพที่ 6 ผลิตภัณฑ์ท่อคอนกรีตเสริมเหล็กที่ใช้หินฝุ่น ร้อยละ 80 (S20 : DS80)

สรุปและอภิปรายผล

การทดสอบหาขนาดคละของมวลรวม พบว่า ร้อยละสะสมของหินฝุ่นมีค่าใกล้เคียงกับขอบเขตล่างตามมาตรฐาน ASTM C33 แต่อย่างไรก็ตามในช่วงตะแกรงร่อนขนาดใหญ่กว่าเบอร์ 50 หินฝุ่นมีร้อยละสะสมต่ำกว่าทรายแม่น้ำ ในขณะที่ขนาดตะแกรงเล็กกว่า เบอร์ 50 หินฝุ่นมีร้อยละสะสมมากกว่า เนื่องจากหินฝุ่นมีอนุภาคความละเอียดสูงกว่าทราย

การทดสอบการบดอัด Compaction Test แบบสูงกว่ามาตรฐาน พบว่า ค่าความหนาแน่นจะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อแทนที่ด้วยหินฝุ่นจนถึงอัตราส่วนแทนที่ร้อยละ 80 จะได้ค่าความหนาแน่นสูงสุด และค่าปริมาณน้ำที่เหมาะสมต่ำสุด แต่เมื่อแทนที่ด้วยหินฝุ่นล้วน จะทำให้ความหนาแน่นลดลง เนื่องจากหินฝุ่นมีอนุภาคที่มีความละเอียดสูงและมีพื้นที่ผิวมากกว่าทราย เมื่อนำมาแทนที่ในปริมาณที่สูงเกินขีดจำกัด ทำให้มีปริมาณการดูดซึมน้ำมาก

เมื่อเปรียบเทียบกำลังอัดของคอนกรีตที่ผสมทรายตามปกติกับคอนกรีตที่ใช้หินฝุ่นแทนที่ทรายบางส่วนหรือทั้งหมดจะพบว่า มีค่ากำลังอัดที่ต่ำกว่าคอนกรีตที่ผสมทรายล้วน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากองค์ประกอบทางเคมีและฟิสิกส์ของหินฝุ่นมีค่าที่ต่ำกว่าทรายธรรมชาติ ดังนั้นหินฝุ่นที่นำมาใช้แทนที่ทราย ยังไม่สามารถนำไปใช้ในงานก่อสร้าง ที่ต้องการกำลังอัดสูงกว่า 180 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร

ข้อเสนอแนะ

จากการวิจัยในครั้งนี้ทำให้ทราบว่า คอนกรีตที่ผลิตจากอัตราส่วนของหินฝุ่นที่มาแทนที่ทรายมีความเป็นไปได้ที่สามารถนำมาศึกษาและพิจารณาสำหรับการนำมาใช้ผลิตเป็นคอนกรีตบดอัดสำหรับการใช้งานจริง หากมีการควบคุมคุณภาพ วิธีการผลิตขั้นตอนต่าง ๆ ที่ดีและพิจารณาเลือกใช้หินฝุ่นมาทดแทนที่ทรายที่เหมาะสม

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ ที่สนับสนุนทุนวิจัยและเครื่องมือ จนทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จ

References

ASTM C33 / C33M – 18. **Standard Specification for Concrete Aggregates.**

ASTM C39 / C39M – 18. **Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens.**

ASTM D1557 – 07. **Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Modified Effort (56,000 ft-lbf/ft3 (2,700 kN-m/m3)).**

ASTM D6913 / D6913M – 17. **Standard Test Methods for Particle-Size Distribution (Gradation) of Soils Using Sieve Analysis.**

C. Chhorn., S. Jae Hong and S. Woo Lee. (2017). A study on performance of roller-compacted concrete for pavement. **Construction and Building Materials**, 2017 (Vol.153), 535-543.

J.L. Larson, **Roller-Compacted Concrete Pavement Design Practices for Intermodal Freight Terminals at the Port of Tacoma**. In: Presented at Facing the Challenge. The intermodal Terminal of the Future, New Orleans, Louisiana, 1986. 22–29.

K. Surachai. (2013). The Investigation of Compressive Strength of Concrete in Case Study using Granite Dust from Thai Crushing Plant as Replacement for Sand. **Princess of Naradhiwas University Journal**, 2013 (Vol.5), 44-53.

N. Phaopong and K. Prachoom (2005). Substitution of Sand to Mineral Dust in Concrete. **Research Information Repository Journal**, Bangkok. 2005.

S. Nippon. (1998). Compressive Strength of Concrete Composed of Crushed Dust Instead of Sand. **The Journal Engineering khonkaen University**, 1998 (Vol.25), 1-5.