

This file has been cleaned of potential threats.

If you confirm that the file is coming from a trusted source, you can send the following SHA-256 hash value to your admin for the original file.

cd17e96d6cb0e88fb9ad27f202596d3780741887681e322df99a3ef071220f51

To view the reconstructed contents, please SCROLL DOWN to next page.

คอนกรีตบดอัดที่ใช้หินฝุ่นแทนทราย เฉลิมพล ไชยแก้ว¹, วรัญ วงศ์ประชุม²

¹สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

²สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา 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 Chaikaew¹, Warun Wongprachum²

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 ทำให้มีค่าใช้จ่ายในการขนส่งสูง และสูญเสียเวลาเพิ่มขึ้น ซึ่งการผลิตท่อคอนกรีตในพื้นที่จะใช้วัตถุดิบหลัก คือ ปูนซีเมนต์ ทรายหยาบ และหินเกล็ด ซึ่งถือว่าทรายหยาบเป็นมวลรวมละเอียดและหินเกล็ดเป็นมวลรวมหยาบ โดยมีแหล่งผลิตวัตถุดิบในพื้นที่จังหวัดเพชรบุรี และจังหวัดประจวบคีรีขันธ์หลายแหล่ง ทำให้มีราคาต้นทุนที่ปกติและวัตถุดิบไม่ขาดแคลน แต่ปัญหาอยู่ที่แหล่งผลิตทรายคุณภาพในพื้นที่ มีความขาดแคลนประกอบกับมีปริมาณการใช้ทรายสำหรับงานผลิตคอนกรีตผสมเสร็จมากอยู่แล้ว ทำให้ทรายหยาบขาดตลาดไม่เพียงพอต่อความต้องการ และมีราคาแพงขึ้น

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการใช้หินฝุ่น ซึ่งเป็นผลพลอยได้จากการผลิตหินเกล็ดในพื้นที่อยู่แล้ว และมีลักษณะทางกายภาพที่คาดว่าจะนำมาทดแทนทรายหยาบเพื่อใช้เป็นส่วนผสมคอนกรีตบดอัดที่เหมาะสมสำหรับผลิตท่อคอนกรีตบดอัดได้ โดยใช้หลักการคอนกรีตบดอัด (Roller Compacted Concrete : RCC) เนื่องจากการผลิตท่อหรือบ่อพักคอนกรีตเสริมเหล็กส่วนใหญ่ในปัจจุบันนิยมผลิตใช้วิธีการของคอนกรีตแบบ RCC เพราะสามารถถอดแบบหล่อคอนกรีตได้ทันที (C. Chhorn., S. Jae Hong and S. Woo Lee, 2017 : 535-543) ซึ่งวัสดุมวลรวมที่ใช้ในคอนกรีตบดอัดมีหลักในการคัดเลือกวัสดุ เช่นเดียวกับคอนกรีตปกติทั่วไป ซึ่งถ้าใช้วัตถุดิบจากท้องถิ่นใกล้เคียงมาประยุกต์ใช้งาน จะส่งผลในด้านต้นทุนการผลิตและการนำหินฝุ่นที่เป็นของเสียมาใช้งานได้

อย่างเต็มประสิทธิภาพ อีกทั้งยังเป็นการกระตุ้นให้ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในวงการก่อสร้างได้เล็งเห็นถึงคุณค่าของวัสดุที่มีต้นทุนการผลิตต่ำกว่าในเชิงเศรษฐิกิจมาใช้งานให้เกิดประโยชน์ตามศักยภาพและความสามารถของวัสดุนั้นได้

ปรัชญาการออกแบบส่วนผสมของคอนกรีตบดอัดโดยวิธีปฐพี

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

สำหรับคอนกรีตบดอัดก็เช่นเดียวกัน วัตถุประสงค์หรือเป้าหมายของการทดลองก็เพื่อหาค่าความชื้นที่เหมาะสมที่ให้ค่าความหนาแน่นแห้งของคอนกรีตบดอัดสูงสุดสำหรับค่าพลังงานบดอัดค่าหนึ่ง ๆ โดยในกรณีของคอนกรีตบดอัด การทดลองมาตรฐานจะต้องนำมาปรับให้มีค่าพลังงานบดอัดมากขึ้นโดยการเพิ่มน้ำหนักกระทำและค่าความสูงตกกระทบ 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 ปูนซีเมนต์พอร์ตแลนด์ (ประเภทที่ 1) 200 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร ทรายหยาบ 1,100 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร หินขนาด 3/8 นิ้ว 1,100 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร และทำการแทนที่ทรายหยาบด้วยหินฝุ่นจากโรงงานโม่หินในพื้นที่จังหวัดเพชรบุรี และจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ 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 หมายถึง

การแทนที่ทรายหยาบด้วยหินฝุ่นร้อยละ 80 ของมวลรวมละเอียด

4.2 การทดสอบหาขนาดเม็ดของวัสดุ โดยผ่านตะแกรงแบบล่าง

การหาขนาดเม็ด (Particle Size Distribution) ของมวลรวมทั้งชนิดเม็ดละเอียดและหยาบกระทำโดยให้ผ่านตะแกรงจากขนาดใหญ่จนถึงขนาดเล็กมีขนาดช่องผ่านตะแกรงเบอร์ 200 (0.075 มิลลิเมตร) แล้วเปรียบเทียบกับมวลของตัวอย่างที่ผ่านหรือค้างตะแกรงขนาดต่าง 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

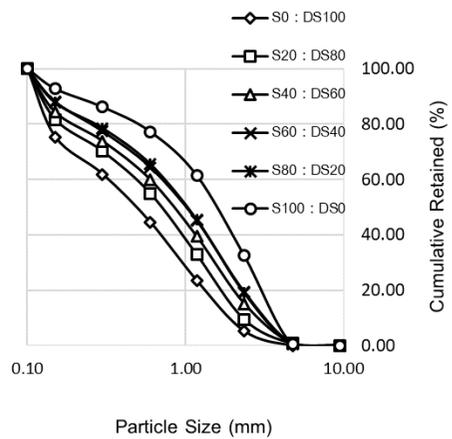
ผลการวิจัย

การทดสอบวัสดุมวลรวมและคอนกรีตบดอัดครั้งนี้ได้ทำการศึกษาวิธีการขั้นตอนการผลิต และการทดสอบคุณสมบัติการนำเอาหินฝุ่นมาทดแทน

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

5.1 ผลการทดสอบหาขนาดคละของมวลรวม โดยผ่านตะแกรงแบบล่าง

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

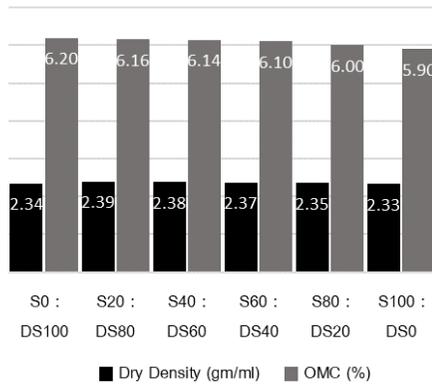


ภาพที่ 1 แผนภูมิการเปรียบเทียบค่าการกระจายตัวของมวลรวมแต่ละอัตราส่วนผสม

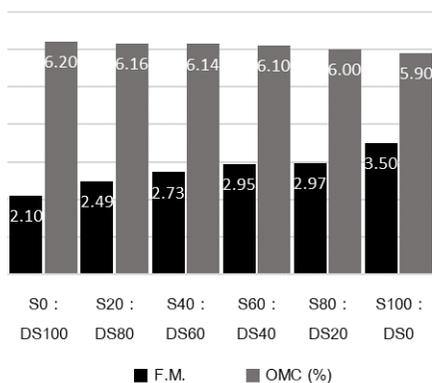
5.2 ผลการทดสอบการบดอัด Compaction Test แบบสูงกว่ามาตรฐาน

การทดสอบ Compaction Test วิธีนี้เป็น การทดลองโดยใช้วิธี 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

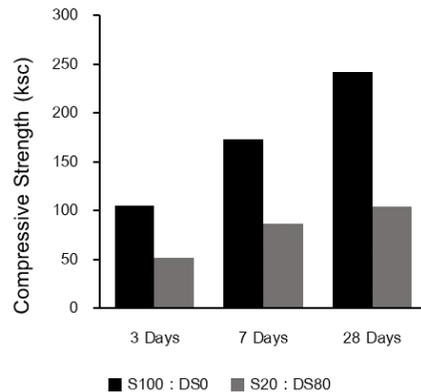


ภาพที่ 3 แผนภูมิความสัมพันธ์ระหว่างค่า FM และ OMC

5.3 ผลการทดสอบกำลังต้านทานแรงอัดคอนกรีตบดอัด

การทดสอบค่าการรับกำลังอัดของคอนกรีต โดยทำการทดสอบก้อนตัวอย่างของคอนกรีตรูปทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร ที่อายุ 3, 7 และ 28 วัน โดยเลือกตัวอย่างทดสอบใน อัตราส่วนแทนที่หินปูน

ร้อยละ 80 (S20 : DS80) มาหล่อก่อนตัวอย่างทดสอบกำลังอัด เนื่องจากมีค่าความหนาแน่นสูงสุด โดยใช้ปริมาณน้ำที่ผสมต่ำที่สุด และนำไปเปรียบเทียบกับตัวอย่างทดสอบที่ใช้ทรายล้วน (S100 : DS0)



ภาพที่ 4 แผนภูมิกำลังอัดประลัยกับอายุของคอนกรีตบดอัด

จากภาพที่ 4 เมื่อเปรียบเทียบกำลังอัดของคอนกรีตที่ผสมทรายล้วนกับคอนกรีตที่ใช้หินปูนแทนทรายบางส่วนหรือทั้งหมด จะพบว่ามีค่ากำลังอัดที่ต่ำกว่าคอนกรีตที่ผสมทรายล้วน ทั้งนี้ อาจเนื่องมาจากองค์ประกอบทางเคมีและฟิสิกส์ของหินปูนมีค่าที่ต่ำกว่าทรายในธรรมชาติ เช่น ในกรณีของหินปูนจากโรงโม่ของบริษัทโรงโม่ไทย จำกัด เมื่อนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและฟิสิกส์ โดยกองวิเคราะห์และตรวจสอบทรัพยากรธรณี กรมทรัพยากรธรณี (K. Surachai, 2013 : 44-53) พบว่า มีแร่ควอตซ์ (SiO₂) เป็นองค์ประกอบหลักประมาณร้อยละ 72.5 ในขณะที่ทรายในธรรมชาติมีแร่ควอตซ์ประมาณร้อยละ 90 นอกจากนี้ หากพิจารณาในเชิงวิศวกรรม (Engineering Geology) อาจกล่าวได้ว่าทรายที่นำมาใช้ในการผสมคอนกรีตเป็นวัสดุที่เกิดจากการกัดกร่อนผุพัง (Weathering Process) ของ

หินในธรรมชาติเป็นขบวนการทางธรณีวิทยา แต่หินฝุ่นเป็นทรายที่เกิดจากการกระทำของมนุษย์จากความต้องการหินก่อสร้างจากโรงโม่หิน อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ทรายล้วนจึงมีคุณสมบัติหลายประการที่ส่งผลให้มีกำลังที่ต่ำกว่า 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 เมื่อเปรียบเทียบกับค่ากำลังอัดของคอนกรีตที่ผสมหินฝุ่นชนิดหินปูนกับคอนกรีตปกติ พบว่าค่ากำลังอัดของคอนกรีตที่ผสมหินฝุ่นชนิดหินปูนมีค่าน้อยกว่าค่ากำลังอัดของคอนกรีตปกติ ประมาณร้อยละ 20

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

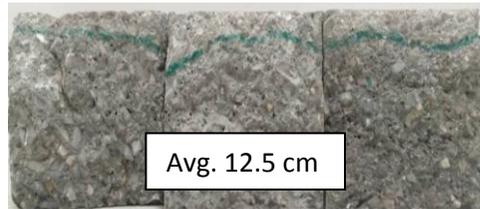
5.4 การขึ้นรูปตัวอย่างผลิตภัณฑ์ท่อคอนกรีตเสริมเหล็ก

จากผลการทดลองข้างต้น ตัวอย่างทดสอบในอัตราส่วน S20 : DS80 มีค่ากำลังอัด และความหนาแน่นสูงสุด เมื่อนำมาทดสอบการซึม

ผ่านของน้ำในสภาวะมีแรงดัน ตามมาตรฐาน DIN 1048 พบว่า ตัวอย่างทดสอบในอัตราส่วนแทนที่หินฝุ่นร้อยละ 80 (S20 : DS80) มีการต้านทานการซึมผ่านของน้ำในสภาวะมีแรงดันได้มากกว่า ตัวอย่างตัวอย่างทดสอบที่ใช้ทรายล้วน (S100 : DS0) ดังแสดงในภาพที่ 5 จึงนำมาขึ้นรูปตัวอย่างผลิตภัณฑ์ท่อคอนกรีต ดังแสดงในภาพที่ 6



(ก)



(ข)

ภาพที่ 5 แสดงระยะการซึมของน้ำหลังการทดสอบการซึมผ่านของน้ำในสภาวะมีแรงดันที่ตัวอย่างขนาด 15x15x15 เซนติเมตร

(ก) ทรายล้วน (S100 : DS0)

(ข) แทนที่หินฝุ่นร้อยละ 80 (S20 : DS80)



ภาพที่ 6 ผลิตภัณฑ์ท่อคอนกรีตเสริมเหล็กที่ใช้หินฝุ่น ร้อยละ 80 (S20 : DS80)

สรุปและอภิปรายผล

การทดสอบหาขนาดคละของมวลรวมพบว่า 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 ทั้งนี้ อาจเนื่องมาจากองค์ประกอบทางเคมีและฟิสิกส์ของหินฝุ่นมีค่าที่ต่ำกว่าทรายธรรมชาติ ดังนั้น หินฝุ่นที่นำมาใช้แทนที่ทราย ยังไม่สามารถนำไปใช้ในงานก่อสร้าง ที่ต้องการกำลังอัดสูงกว่า 180 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร

ข้อเสนอแนะ

จากการวิจัยในครั้งนี้ทำให้ทราบว่า คอนกรีตที่ผลิตจากอัตราส่วนของหินฝุ่นที่มาแทนที่ทราย มีความเป็นไปได้ที่สามารถนำมาศึกษาและพิจารณาสำหรับการนำมาใช้ผลิตเป็นคอนกรีตบดอัดสำหรับการใช้งานจริง หากมีการควบคุม

คุณภาพ 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.