

ชื่องานวิจัย: คอนกรีตไร้ทราย

คณะผู้วิจัย: 1.นายญาณกร พูลแก้ว 2.นายธีรภัทร สุทธิโพธิ์ 3.นายณัฐชนน อุทธิยา

ระดับชั้น: ชั้นมัธยมศึกษาปีที่5

อาจารย์ที่ปรึกษา: 1.นางสาวขวัญนภา รัตนเดชา

2.นางสาวจันทนา ภิรมย์

โรงเรียน: แสงทองวิทยา อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา

นักวิทยาศาสตร์ที่ปรึกษา: 1. นายเดชา พูลแก้ว ผู้จัดการโรงงาน CPAC สงขลา

2. อาจารย์จุลินทิพย์ พุทธวงศ์ โรงเรียนแสงทองวิทยา

### บทคัดย่อ

ทรายเป็นปัจจัยสำคัญอีกปัจจัยหนึ่งในการดำรงชีวิตของมนุษย์เนื่องจากมีการนำทรายมาใช้ในการก่อสร้างอาคาร ทำถนนและอุตสาหกรรมต่างๆ เป็นแหล่งที่อยู่อาศัยของสัตว์ต่างๆโดยผลกระทบจากการนำทรายมาใช้ในปริมาณมากในอนาคตก่อให้เกิดผลได้ 2ทางคือ 1. ปริมาณทรายจะลดจำนวนลงจนอาจจะไม่เหลืออยู่และ 2. เกิดมลภาวะทางอากาศจากฝุ่นทรายที่ใช้ในการผสมคอนกรีต ดังนั้นงานวิจัยชิ้นนี้จึงมีการจัดทำคอนกรีตไร้ทรายขึ้นมาเพื่อช่วยลดปัญหาที่จะเกิดขึ้นโดยทางที่มิวิจัยมีการนำหินฝุ่นมาใช้แทนทรายเนื่องจากหินฝุ่นเป็นวัสดุที่เหลือจากการใช้งานในโรงโม่หินจึงเหมาะที่จะเป็นทางเลือกหนึ่งในการช่วยลดของเสีย ซึ่งผลจากการทดสอบประสิทธิภาพของคอนกรีตไร้ทรายนั้นจะแบ่งการทดสอบออกเป็น การทดสอบหาค่าการยุบตัวและการหาค่ากำลังอัดของคอนกรีตโดยใช้ตัวหินฝุ่นแทนทรายในอัตราส่วนมาตรฐานคือ 20kg พบว่ามีค่าอยู่ที่  $4 \pm 0.1 \text{ cm}$  และ  $285.7 \pm 0.1 \text{ ksc}$  ตามลำดับ นอกจากนี้ได้มีการศึกษาผลของปริมาณหินฝุ่นที่มีต่อกำลังอัดของคอนกรีตพบว่าปริมาณหินฝุ่น 5Kg จะให้ค่ากำลังอัดสูงสุดอยู่ที่  $293.4 \pm 0.2 \text{ ksc}$  นอกจากนี้พบว่าปริมาณฝุ่นจากหินฝุ่นนั้นมีค่าน้อยกว่าทราย ดังนั้นคอนกรีตไร้ทรายจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งสำหรับงานก่อสร้างอาคารต่างๆ

คำสำคัญ: มลภาวะทางอากาศ คอนกรีต ทราย หินฝุ่น กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร(ksc)

## บทนำ

### ที่มาและความสำคัญ

ในปัจจุบันนี้งานก่อสร้างได้มีบทบาทอย่างมากในประเทศที่กำลังพัฒนาและได้มีการขยายตัวอย่างกว้างขวาง ซึ่งโครงสร้างต่างๆของอาคารนั้นจำเป็นต้องใช้คอนกรีตเป็นองค์ประกอบที่สำคัญเนื่องจากคอนกรีตเป็นวัสดุที่สามารถออกแบบให้รับน้ำหนักอาคารได้ตามความต้องการรวมไปถึงยังมีความคงทนและมีอายุการใช้งานที่ยาวนาน นอกจากนี้ยังได้มีการคิดค้นนวัตกรรมของคอนกรีตให้มีการใช้งานได้สะดวก มีค่าใช้จ่ายน้อย แต่ยังคงไปซึ่งคุณภาพในด้านการรับกำลังอัดของตัวคอนกรีตไว้ได้คงเดิมหรือเพิ่มขึ้น คอนกรีตคือวัสดุผสมที่นิยมใช้ในงานก่อสร้างประกอบด้วย 3 ส่วนหลักคือ ปูนซีเมนต์ วัสดุผสม(เช่น หิน ทรายหรือกรวด)และน้ำ โดยอาจจะมีสารเคมีเติมเพิ่มเข้าไปสำหรับคุณสมบัติด้านอื่นเมื่อผสมเสร็จคอนกรีตจะแข็งตัวอย่างช้าๆซึ่งน้ำและซีเมนต์จะทำปฏิกิริยาทางเคมีกันในลักษณะที่เรียกว่าการไฮเดรชันโดยซีเมนต์จะเริ่มจับตัวกับวัสดุอื่นและแข็งตัวซึ่งในสถานะนี้จะนิยมเรียกกันว่า คอนกรีต ความแข็งแรงของคอนกรีตจะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆหลังจากที่ผสมและยังแข็งแรงขึ้นหลังจากการแข็งตัวโดยทั่วไปแล้วหลังการแข็งตัวเป็นเวลา 28 วันความแข็งแรงของคอนกรีตจะเริ่มคงที่(ปกป้อง รัตนชู, 2551) จากข้อมูลของคอนกรีตนั้นอาจกล่าวได้ว่าการได้มาของคอนกรีตจำเป็นต้องนำวัสดุจากธรรมชาติมาแปรรูป เช่น ปูนซีเมนต์ได้จากหินปูนส่วนมวลหยาบและละเอียดได้จากการระเบิดภูเขาแล้วนำหินมาย่อยหรือทรายได้จากแม่น้ำเป็นต้นซึ่งจากกระบวนการที่กล่าวมาถือได้ว่าเป็นการทำลายสิ่งแวดล้อม โดยทั่วไปแล้วทรายคือหินแข็งที่แตกแยกออกมาจากก้อนหินใหญ่โดยทรายจะแตกตัวออกมาได้เองตามธรรมชาติ ทรายมีขนาดระหว่าง 1/12 นิ้วถึง 1/400 นิ้ว ถ้ามีขนาดเล็กกว่านี้จะมีสภาพเป็นฝุ่นทรายเมื่อผสมกับน้ำจะมีลักษณะคล้ายโคลน ทรายที่มีขนาดเล็กมากไม่นิยมนำมาเป็นวัสดุผสมคอนกรีต เนื่องจากว่าเมื่อเกิดการหดตัวขึ้นอาจทำให้คอนกรีตเป็นรอยแตกร้าวได้ง่าย ลักษณะที่เกิดของทรายแบ่งเป็น 2ชนิดได้แก่ทรายบกและทรายแม่น้ำ โดยทรายบกเกิดจากหินทรายที่แตกชำรุดออกมาเป็นเม็ดทรายตามสภาพภูมิอากาศสิ่งแวดล้อมและจะฝังจมอยู่ในพื้นดินเป็นแห่งๆ ทรายชนิดนี้จะมีดิน ซากพืชและซากสัตว์ปะปนอยู่ด้วยดังนั้นในการใช้งานจึงต้องนำทรายมาล้างแยกดินซากพืชและซากสัตว์ออกให้สะอาด ทรายจากทะเลทรายก็จัดเป็นทรายบกด้วย ส่วนทรายแม่น้ำมีอยู่ทั่วไปในที่ราบลุ่มของแม่น้ำ ทรายชนิดนี้เกิดจากปรากฏการณ์ตามธรรมชาติโดยกระแสน้ำได้พัดพาทรายจากที่ต่าง ๆ มาตกตะกอนรวมกันระหว่างที่พักพามานั้นน้ำจะทำความสะอาดผองโคลนและเศษวัตถุต่างๆจะตกลงระหว่างทางดังนั้นทรายแม่น้ำจึงมีความสะอาดพอที่จะนำมาใช้ในการผสมคอนกรีต โดยทรายที่ใช้เป็นวัสดุหลักในงานก่อสร้างจะถูกแบ่งเป็น 3 ชนิดคือ 1. ทรายละเอียด เป็นทรายที่มีเม็ดละเอียดหรือเม็ดเล็กกว่าทรายหยาบเหมาะสำหรับนำมาผสมกับปูนพื้นฉาบผนังหรือจะนำมาผสมปูนเพื่อก่ออิฐก็ได้(แต่ไม่ค่อยนิยมนำมาผสมปูนก่ออิฐ เนื่องจากเม็ดทรายจะเล็กละเอียดเมื่อก่อผนังบ้านสูงขึ้นไปก็มีโอกาสจะยุบหรือล้าลงมาได้ในขณะก่ออิฐ) 2. ทรายหยาบเป็นทรายที่มีเม็ดใหญ่ มีเหลี่ยมคมและแข็งแรงดีมากเหมาะสำหรับงานคอนกรีตที่ต้องการความแข็งแรงมากๆเอาไว้มัสมกับปูนเหมาะสำหรับนำมาใช้ผสมคอนกรีตเพื่อหล่อโครงสร้างต่างๆในงานสร้างบ้าน เช่น หล่อเสา คาน พื้น ฯลฯ หรือใช้ผสมปูนเพื่อก่ออิฐก็ได้ 3. ทรายถม

หรือทรายซีเมนต์เป็นทรายที่ใช้สำหรับงานปรับพื้นที่ก่อนเทพื้น ถนนที่หรือใส่ถุงกันน้ำท่วม แต่ที่นิยมใช้กันมากที่สุดคือการใช้เพื่อถนนต่าง ๆ อย่างถนนใหญ่ๆ ของกรุงเทพฯ ซึ่งคอนกรีตโดยทั่วไปนั้นจะมีกำลังอัดได้หลายกลุ่มขึ้นกับการนำไปใช้งาน โดยทั่วไปแล้วคอนกรีตที่นิยมนำมาใช้งานกับอาคารที่พักอาศัยนั้นจะมีกำลังอัดอยู่ที่ 280 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร โดยคอนกรีตประเภทนี้สามารถรับแรงกดทับในแนวดิ่งได้ 280 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร เหมาะสำหรับการใช้งานในอาคารขนาดกลางและงานถนนที่ใหญ่ขึ้นตามขนาดของการใช้งาน เช่น อาคารพาณิชย์ 2-4 ชั้น โรงแรม อาคารสำนักงาน 2-4 ชั้น อาคารเรียน 4-6 ชั้น อาคารที่พักอาศัย อาคารพาณิชย์ 2-4 ชั้น และถนนเทศบาล อบต. อบจ. (รัฐพล สมณาและชัย จาตุรพิทักษ์กุล, 2554) และจากที่โครงการสิ่งแวดล้อมแห่งสหประชาชาติ (UNEP) ซึ่งมีสำนักงานอยู่ในเคนยาได้ออกรายงานฉบับใหม่พร้อมคำแนะนำเพื่อหลีกเลี่ยงวิกฤตขาดแคลนทรายโดยมีการกล่าวว่า “ทรายกำลังจะหมดโลก” และหากทรายหมดโลกจะส่งผลกระทบต่อทั้งระบบนิเวศและกระบวนการอุตสาหกรรมต่างๆ เป็นจำนวนมาก ดังนั้นทางทีมผู้วิจัยจึงได้มีแนวคิดในการหาวัสดุอย่างอื่นมาทดแทนการใช้ทรายซึ่งได้มีการนำหินฝุ่นมาผสมในคอนกรีตทำให้เกิดเป็นคอนกรีตไร้ทรายเกิดขึ้น โดยทั่วไปแล้วหินฝุ่นเป็นวัตถุที่เกิดจากอุตสาหกรรมการม่หินซึ่งไม่ได้มีการนำมาถูกใช้ให้คุ้มค่ามากนักและผู้ประกอบการโรงม่หินโดยส่วนใหญ่คิดว่าเป็นเศษวัสดุที่หลงเหลือจากการผลิตและเป็นภาระที่ต้องนำไปทิ้งหรือกำจัดซึ่งโดยส่วนใหญ่แล้วหินฝุ่นจะถูกนำไปเป็นส่วนผสมของหินคลุกสำหรับรองพื้นทางในงานถนนลาดยางหรือเป็นวัสดุผสมในงานคอนกรีตบล็อก จากงานวิจัยที่พบมาก่อนหน้าได้มีการใช้เคลือบปูนและกากคอนกรีตที่เหลือมาผสมในคอนกรีตเพื่อเพิ่มความแข็งแรงและเพิ่มมูลค่าเศษวัสดุที่เหลือใช้ดังกล่าวให้มีความมากขึ้น (ประจักษ์ เข็มบุปผา, 2548) ต่อมา (สุรัชย์ โกเมนธรรมโสภณ, 2555) ทำการศึกษากำลังอัดของกรีตที่ใช้ฝุ่นแกรนิตเป็นส่วนผสมแทนทราย กรณีศึกษาหินฝุ่นแกรนิตจากโรงม่หินของบริษัทโรงม่ไทยจำกัดสรุปได้ว่างานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากำลังอัดของคอนกรีตที่ใช้ฝุ่นแกรนิตเป็นส่วนผสมแทนทรายที่อัตราส่วนร้อยละ 20, 40, 60, 80 และ 100 (แทนทรายทั้งหมด) โดยน้ำหนัก การผสมคอนกรีตใช้อัตราส่วน 1:2:4 (ปูนซีเมนต์:ทราย:หิน) โดยน้ำหนักที่อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ เท่ากับ 0.55 หินฝุ่นแกรนิตมีค่าความถ่วงจำเพาะ 2.62 ร้อยละของการดูดซึม 0.4 ทรายที่นำมาผสมมีคุณลักษณะตามมาตรฐาน ASTM C33 ค่าการยุบตัวของคอนกรีต (Slump test) เฉลี่ย 8.8 เซนติเมตร แบ่งตัวอย่างคอนกรีตที่ใช้ในการทดสอบการรับกำลังอัดเป็นแบ่งคอนกรีตทรงกระบอกตามมาตรฐาน ASTM C192 เส้นผ่านศูนย์กลาง 15 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร บ่มคอนกรีตโดยใช้วิธีแช่น้ำตลอดอายุคอนกรีตที่อายุการบ่ม 7, 14, 21 และ 28 วัน ทั้งนี้ปรากฏว่าการรับกำลังอัดของคอนกรีตเมื่อมีอายุการบ่ม 28 วันของแต่ละอัตราส่วนผสมที่ใช้ฝุ่นแกรนิตแทนทรายมีค่าแตกต่างกันอยู่ในช่วง 249-267 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร โดยเมื่อเปรียบเทียบกับคอนกรีตที่ผสมเฉพาะทรายเท่านั้นในอัตราส่วนที่เท่ากันพบว่าให้ค่ากำลังอัด 275 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตรจะเห็นว่ามีความใกล้เคียงกัน ดังนั้นจึงแสดงให้เห็นได้ว่าคอนกรีตที่ใช้หินฝุ่นแกรนิตแทนทรายบางส่วนนั้นสามารถนำไปใช้ในงานโครงสร้างบางประเภทได้ เช่น งานโครงสร้างและผิวถนนตามที่กำหนดใน ASTM C150 ที่ระบุค่ากำลังอัดไว้ไม่น้อยกว่า 210 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตรที่อายุการบ่ม 28 วัน นอกจากนั้น (Somnua และคณะ, 2555) ได้ศึกษาผลของการ

ใช้เก้าชานอ้อยบดละเอียดต่อสมบัติเชิงกลและสมบัติความคงทนของคอนกรีตที่ใช้มวลรวมหยาบจากเศษคอนกรีตโดยแทนที่เก้าชานอ้อยบดละเอียดในปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ด้วยอัตราส่วนร้อยละ 20, 35 และ 50 โดยน้ำหนักวัสดุประสานและได้ทดสอบกำลังอัด ค่ามอดุลัสยืดหยุ่น การซึมผ่านน้ำและความลึกของการแทรกซึมคลอไรด์ ผลการศึกษาพบว่ามอดุลัสยืดหยุ่นของคอนกรีตที่ใช้มวลรวมจากเศษคอนกรีตทั้งที่ผสมเก้าชานอ้อยและไม่ผสมมีค่าต่ำกว่ามีค่าต่ำกว่าคอนกรีตที่ใช้มวลรวมจากธรรมชาติประมาณร้อยละ 19 นอกจากนี้พบว่าการแทนที่เก้าชานอ้อยบดละเอียดในปริมาณที่มากขึ้นทำให้มีการซึมผ่านน้ำและความลึกของการแทรกซึมคลอไรด์ในคอนกรีตลดลงตลอดจนการใช้งานเก้าชานอ้อยบดละเอียดผสมในคอนกรีตร้อยละ 20 โดยน้ำหนักวัสดุประสานสามารถใช้ในการปรับปรุงคุณสมบัติของคอนกรีตที่ใช้มวลรวมจากเศษคอนกรีตได้ดีเนื่องจากให้ผลดีทั้งสมบัติเชิงกลและสมบัติด้านความคงทน ด้วยเหตุนี้ทางผู้วิจัยจึงเล็งเห็นว่าหากมีการนำหินฝุ่นมาใช้แทนทรายในการทำคอนกรีตจะสามารถช่วยลดปัญหาภาวะทรายที่ใกล้จะหมดไปจากโลกอีกทั้งยังเป็นการนำเอาวัสดุที่เหลือทิ้งมาใช้ให้เกิดประโยชน์มากขึ้นรวมถึงช่วยลดปัญหาฝุ่นทรายที่เกิดจากการใช้งานคอนกรีตโดยทั่วไปเนื่องจากในการผสมคอนกรีตที่มีทรายหากมีการใช้ปริมาณน้ำผสมมากเกินไปส่งผลให้เกิดฝุ่นมากขึ้นเมื่อคอนกรีตเกิดการแห้งตัว

วัตถุประสงค์ของการวิจัย 1. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพความแข็งแรงของคอนกรีตที่มีการใช้หินฝุ่นแทนทราย 2. เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของคอนกรีตที่มีการใช้หินฝุ่นกับคอนกรีตมาตรฐานทั่วไป ตามหลัก ASTM C136-95 3. เพื่อศึกษาปริมาณหินฝุ่นที่เหมาะสมในการทำคอนกรีต 4. เพื่อศึกษาเปรียบเทียบปริมาณฝุ่นที่เกิดจากการใช้คอนกรีตมาตรฐานทั่วไปและจากการใช้หินฝุ่น

#### คำถามวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยมีคำถามการวิจัย 3 ข้อดังนี้

1. หากทรายหมดโลกไปจะเกิดผลกระทบอะไรขึ้นบ้างกับสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม
2. ในการทำคอนกรีตไร้ทรายโดยใช้หินฝุ่นแทนทรายนั้นจะสามารถนำคอนกรีตนั้นมาใช้งานกับงานโครงสร้างได้ดีเทียบเท่ากับการใช้ทรายหรือไม่
3. ปริมาณฝุ่นที่เกิดจากการใช้หินฝุ่นในการทำคอนกรีตสามารถลดลงได้จริงหรือไม่

#### สมมติฐานงานวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยตั้งสมมติฐานไว้ดังนี้

1. คอนกรีตไร้ทรายที่ใช้อัตราส่วนเดียวกันกับคอนกรีตมาตรฐานทั่วไปให้ค่ากำลังอัดและการทดสอบค่าการยุบตัว (slump test) ที่มีประสิทธิภาพใกล้เคียงกันและสามารถนำมาใช้ในงานโครงสร้างบางประเภทได้
2. ปริมาณฝุ่นหินที่ใช้ในวัสดุการทำคอนกรีตหากมีปริมาณการใช้ที่น้อยแต่ให้ค่ากำลังอัดที่สูงจะช่วยให้ลดต้นทุนในการผลิตคอนกรีตได้
3. คอนกรีตไร้ทรายมีโอกาสนำมาช่วยลดปริมาณฝุ่นที่เกิดจากการใช้คอนกรีตทั่วไปได้ในระดับหนึ่ง

### วัสดุอุปกรณ์และวิธีดำเนินการวิจัย

จุดศึกษาการวิจัยในครั้งนี้จะทำการทดลองที่บริษัท CPAC สงขลา โดยจะกล่าวถึงกระบวนการทดลองเป็น 2กลุ่มคือ 1. กลุ่มของวัสดุอุปกรณ์และ 2. กลุ่มของวิธีการดำเนินงาน

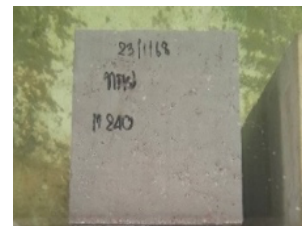
#### วัสดุอุปกรณ์

1. ปูนซีเมนต์ SCG 2. น้ำยาเสริมคอนกรีต 3. น้ำ 4. ทราย 5. หินฝุ่น 6. กรวย ขนาด กรวยสูง 30 ซม. กรวยบนยาว 10 ซม. กรวยล่างยาว 20 ซม. 7. เหล็กกระทุ้ง 8. ถาด กว้าง 30 ซม. ยาว 40 ซม. 9. ที่ตักปูน-เกรียงเหล็ก 10. ตลับเมตร 11. ตาชั่ง (3 ตำแหน่ง) 12. รถเข็น 13. แม่พิมพ์ ขนาด 15\*15 ซม. 14. เครื่องวัดกำลังอัด ยี่ห้อ ELE / England รุ่น EL78-1310/01 15. อุปกรณ์นิรภัย มีหมวกนิรภัยและถุงมือ

#### วิธีดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนการดำเนินการของการทำคอนกรีตไร้ทรายจะเริ่มจากการศึกษาองค์ประกอบต่างๆของคอนกรีตมาตรฐานที่มีการใช้ทรายเป็นส่วนผสมจากนั้นจึงทำการศึกษาปริมาณหินฝุ่นที่เหมาะสมต่อการขึ้นรูปคอนกรีตและนำคอนกรีตที่ได้จากการทดลองมาศึกษาหาประสิทธิภาพในด้านของกำลังอัด ค่าการยุบตัว (slump test) และค่าความชื้นที่เกิดจากหินฝุ่นและทรายโดยจะมีการอธิบายการดำเนินแต่ละขั้นตอนดังนี้

1. การขึ้นรูปคอนกรีตมาตรฐานทั่วไปเป็นลักษณะของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 โดยมีอัตราส่วนของ น้ำ:ทราย:หิน:ปูนซีเมนต์:น้ำยาเสริมคอนกรีตเป็น 4l:20kg:30kg:10kg:70 ตามลำดับ โดยเมื่อทำการผสมส่วนต่างๆเข้าด้วยกันแล้วจะมีการกวนส่วนผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องกวนเป็นเวลา 20 นาทีจากนั้นเทใส่แม่พิมพ์ซึ่งจะทำการศึกษาสภาวะละ3ชั่วโมงและตั้งทิ้งไว้ให้คอนกรีตเกิดการแข็งตัว ซึ่งจะตั้งทิ้งไว้ 7 วันแล้วจึงนำออกจากแม่พิมพ์และไปทดสอบกำลังอัดด้วยเครื่องวัดกำลังอัด ELE/England รุ่น EL 78-1310/01



ภาพที่ 1แสดงคอนกรีตที่ส่วนผสมมาตรฐาน

2. การศึกษาปริมาณที่เหมาะสมของหินฝุ่นที่มีต่อกำลังอัดของคอนกรีต ปริมาณของหินฝุ่นที่มีผลต่อการขึ้นรูปของคอนกรีตนั้นจะส่งผลต่อค่ากำลังอัดซึ่งหากการทดลองพบว่าหินฝุ่นปริมาณน้อยสามารถทำให้คอนกรีตมีกำลังอัดที่ใกล้เคียงกับทรายได้จะส่งผลให้ต้นทุนในการผลิตคอนกรีตนั้นมีปริมาณลดลงอีกทั้งยังเป็นการช่วยเพิ่มมูลค่าของเสียจากโรงโม่หินได้อีกวิธีหนึ่ง ซึ่งในการทดลองขั้นตอนนี้จะมีการนำหินฝุ่นมาจำนวนที่แตกต่างกันคือ 5,10,15,20 และ 25kg ทำการผสมกับ หิน ปูนซีเมนต์ น้ำและน้ำยาเสริมคอนกรีตในอัตราส่วนต่างๆดังต่อไปนี้

ตารางที่ 1แสดงปริมาณหินฝุ่นที่ทำการทดลองในปริมาณต่างๆ

| หินฝุ่น(kg) | หิน(kg) | น้ำ (l) | ปูนซีเมนต์(kg) | น้ำยาเสริมคอนกรีต<br>(ml) |
|-------------|---------|---------|----------------|---------------------------|
| 5           | 8       | 1.5     | 3              | 20                        |
| 10          | 8       | 1.5     | 3              | 20                        |
| 15          | 8       | 1.5     | 3              | 20                        |
| 20          | 30      | 4       | 10             | 70                        |
| 25          | 30      | 4       | 10             | 70                        |

โดยเมื่อทำการผสมส่วนต่างๆเข้าด้วยกันแล้วจะมีการกวนส่วนผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องกวนเป็นเวลา 20 นาที จากนั้นเทใส่แม่พิมพ์ซึ่งจะทำการศึกษาสภาวะละ 3 ชั่วโมงและตั้งทิ้งไว้ให้คอนกรีตเกิดการแข็งตัวซึ่งจะตั้งทิ้งไว้ 7 วัน แล้วจึงนำออกจากแม่พิมพ์และไปทดสอบกำลังอัดด้วยเครื่องวัดกำลังอัด ELE/England รุ่น EL 78-1310/01



ภาพที่ 2แสดงคอนกรีตที่มีปริมาณส่วนผสมของหินฝุ่นต่างๆ

### 3. การศึกษาค่าการยุบตัวของคอนกรีต(slump test)

การทดสอบค่าการยุบตัวของคอนกรีต ใช้เพื่อทดสอบหาค่าความชื้นเหลวของคอนกรีตในสภาพเหลวโดยใช้วิธีการทดสอบหาค่าการยุบตัว เพื่อตรวจสอบความสามารถเทได้ของคอนกรีต (Workability) ค่าการยุบตัวไม่ได้เป็นค่าที่วัดความสามารถเทได้ของคอนกรีตโดยตรง แต่เป็นการวัดความชื้นเหลวของคอนกรีต (Consistency) หรือลักษณะการไหลตัวของคอนกรีต (Flow Characteristic) การทดสอบทำโดยตักคอนกรีตใส่ลงในโคนที่มีลักษณะเป็นกรวยยอดตัดให้ได้ 3 ชั้น โดยให้แต่ละชั้นมีปริมาตรเท่ากัน และต้องตาดำด้วยเหล็กด้ามที่ละชั้นแล้วจึงค่อยๆ ยกโคนขึ้นอย่างช้าๆ คอนกรีตจะยุบตัวลงด้วยน้ำหนักของตัวเอง ความสูงที่ยุบตัวลงของคอนกรีตที่วัดได้ถือว่าเป็นค่าการยุบตัวของคอนกรีตใช้เวลาในการทดสอบประมาณ 2.30 นาที โดยแบ่งชุดการทดลองเป็น

3.1 คอนกรีตที่ไม่มีทรายหรือหินฝุ่นเป็นองค์ประกอบ ทำการทดลองโดยผสมน้ำ: หิน: ปูนซีเมนต์: น้ำยาเสริมคอนกรีตเป็น 4l:30kg:10kg:70ml และตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 2.30 นาที โดยทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง แล้วจึงนำมาวัดค่าการยุบตัวด้วยตลับเมตร



ภาพที่ 3 แสดงคอนกรีตที่ไม่มีทรายหรือหินฝุ่นเป็นส่วนผสม



ภาพที่ 4 แสดง Slump คอนกรีตที่มีทรายหรือหินฝุ่นผสม

3.2 คอนกรีตที่มีทรายเป็นองค์ประกอบ(คอนกรีตมาตรฐาน) ทำการทดลองโดยผสมน้ำ:ทราย: หิน: ปูนซีเมนต์: น้ำยาเสริมคอนกรีตเป็น 4l:20kg:30kg:10kg:70ml และตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา2.30นาท โดยทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง แล้วจึงนำมาวัดค่าการยุบตัวด้วยตลับเมตร



ภาพที่ 5 แสดง slump คอนกรีตทั่วไป(ใช้ทราย)

3.3 คอนกรีตที่มีหินฝุ่นเป็นองค์ประกอบ ทำการทดลองโดยผสมน้ำ:หินฝุ่น: หิน: ปูนซีเมนต์: น้ำยาเสริมคอนกรีตในอัตราส่วนผสมของหินฝุ่นที่มีปริมาณแตกต่างกัน และตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา2.30นาท โดยทำการทดลองซ้ำสภาวะละ 3 ครั้งโดยมีอัตราส่วนเหมือนตารางที่1 แล้วจึงนำมาวัดค่าการยุบตัวด้วยตลับเมตร



ภาพที่ 6 แสดง slumpคอนกรีตจากหินฝุ่นปริมาณ 5kg 10kg 15kg 20kg และ 25kg โดยเรียงจากซ้ายไปขวา

4. การศึกษาเปรียบเทียบความชุ่มที่มีโอกาสจะก่อให้เกิดฝุ่นในอากาศของการทำคอนกรีตโดยใช้ทรายและหินฝุ่นในปริมาณที่เท่ากัน

คอนกรีตที่อยู่ในระหว่างการก่อสร้าง การเจาะหรือการทุบทำลายล้วนก่อให้เกิดฝุ่นควันซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อมลภาวะทางอากาศดังนั้นทางที่วิจัยจึงได้ออกแบบการทดลองเพื่อเปรียบเทียบปริมาณฝุ่นควันที่เกิดขึ้นจากหินฝุ่นและทรายที่นำมาใช้ในการผสมคอนกรีตเพื่อเป็นแนวทางในการเลือกใช้วัสดุทดแทนทรัพยากรทรายที่กำลังจะหมดไป โดยการทดลองนั้นจะมีการนำทรายและหินฝุ่นจำนวน300 กรัมมาใส่ในกระบอกตวงแล้วมีการใส่น้ำลงไปจำนวน 500มิลลิลิตร จากนั้นทำการเขย่าประมาณ 1นาทและวางทิ้งไว้30นาทที่จะสังเกตเห็นการตกตะกอนของฝุ่นและความชุ่มของน้ำที่เกิดขึ้น

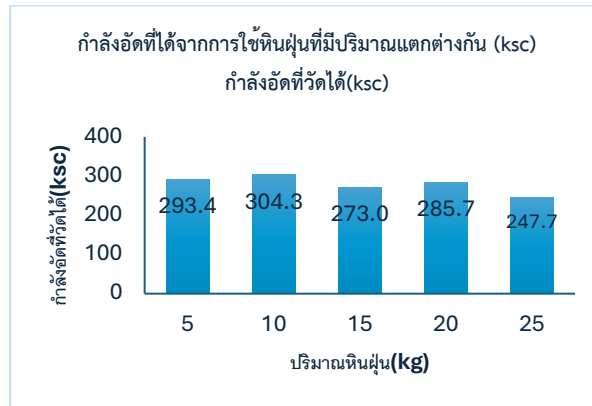


ภาพที่ 7 แสดงความชุ่มที่มีโอกาสจะก่อให้เกิดฝุ่นในอากาศระหว่างหินฝุ่นและทรายเรียงจากซ้ายไปขวา

### ผลการวิจัย

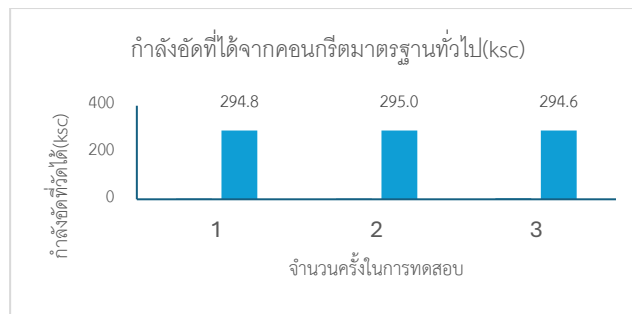
สำหรับคอนกรีตไร้ทรายที่ได้จัดทำขึ้นนั้นจะมีการนำเสนอประสิทธิภาพของตัวคอนกรีตในส่วนของคุณสมบัติที่เหมาะสมต่อการทำคอนกรีต กำลังอัด ค่าการยุบตัวและความชื้นที่เกิดขึ้นจากการใช้หินปูนและทราย โดยจะแสดงผลการทดลองดังตารางและกราฟต่อไปนี้

#### 1. ผลการทดสอบกำลังอัดของการศึกษาปริมาณหินปูนที่เหมาะสมต่อการขึ้นรูปคอนกรีต



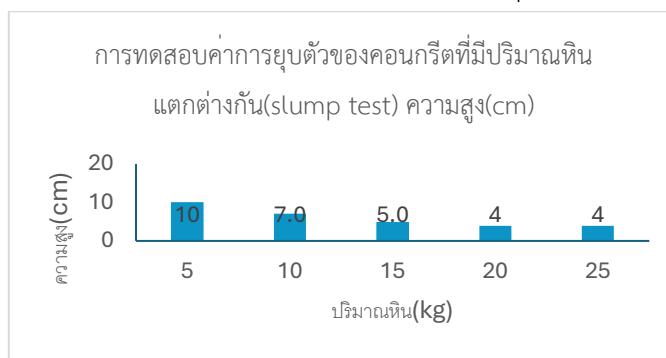
โดยปริมาณหินปูนในคอนกรีตที่มีค่าดีที่สุดเรียงจากมากไปน้อย คือ 10kg 5kg 20kg 15kg และ 25kg

#### 2. ผลการทดสอบกำลังอัดของคอนกรีตมาตรฐานทั่วไป



โดยได้ค่าประมาณอยู่ที่ 294.8 ksc ซึ่งค่อนข้างสูงจึงสรุปได้ว่าคอนกรีตทั่วไปสามารถใช้งานได้ดี

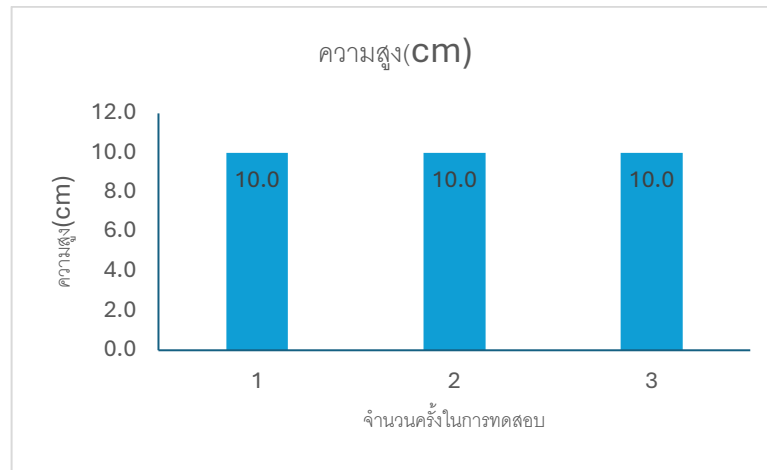
#### 3. ผลการทดสอบค่ากำลังslump testของคอนกรีตที่มีปริมาณหินปูนต่างกัน



ค่าของ Slump ที่ได้ถ้าค่ายิ่งสูงแสดงว่าคอนกรีตนั้นเหลวมากดังนั้นแสดงว่าค่ายิ่งน้อยยิ่งดี

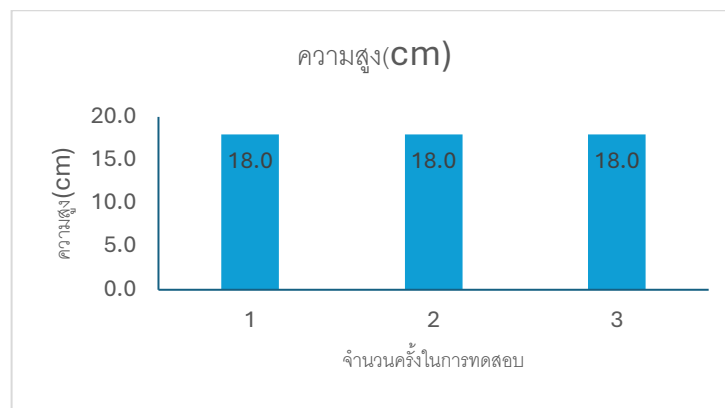
ผล Slump ของปริมาณหินปูนที่ต่างกันที่ได้เรียงจากดีไปไม่ดี คือ 20kg และ 25kg 15kg 10kg และ 5kg

4. ผลการทดสอบค่ากำลังslump testของคอนกรีตมาตรฐาน



โดยค่าที่ได้ประมาณ 10 ซม. ซึ่งค่าที่ได้จะอยู่กลางๆจึงสรุปได้ว่าคอนกรีตมาตรฐานนั้นสามารถใช้งานได้แต่ใช้ได้ไม่ดีมาก

5. ผลการทดสอบค่ากำลังslump testของคอนกรีตที่ไม่มีทรายและหินฝุ่น



ค่าที่ได้อยู่ที่ 18 cm ซึ่งสูงมากจึงสรุปได้ว่าคอนกรีตที่ไม่มีทรายและหินฝุ่นเหลวจึงไม่สามารถใช้งานได้  
สรุปผลและอภิปรายผลการวิจัย

จากการศึกษาเรื่องคอนกรีตไร้ทราย มีจุดมุ่งหมายของการศึกษาค้นคว้าเพื่อศึกษาการนำหินฝุ่นที่จะใช้แทนทรายโดยมีการนำคอนกรีตมาทดสอบประสิทธิภาพกำลังอัดและค่ายุบตัวของคอนกรีตระหว่างทรายและหินฝุ่นโดยผลของการศึกษาปริมาณของหินฝุ่นที่ให้กำลังอัดของคอนกรีตสูงสุดอยู่ที่ 10kg โดยให้ค่ากำลังอัดอยู่ที่ 304.3 ksc และผลการทดสอบค่า slump test พบว่าคอนกรีตที่มีหินฝุ่นจำนวน 20 และ 25 kg จะให้ค่าการทดสอบค่ายุบตัวอยู่ที่ 4 cm ซึ่งพบว่าเป็นค่าที่ดีเพราะว่ายิ่งค่าน้อยก็แสดงว่าคอนกรีตที่ได้นั้นไม่เหลว นอกจากนี้ความชื้นของการใช้หินฝุ่นและทรายพบว่าการใช้หินฝุ่นนั้นจะให้ค่าความชื้นและฝุ่นที่น้อยกว่าการใช้ทรายและเมื่อมีการทดสอบค่ากำลังอัดของคอนกรีตมาตรฐานและคอนกรีตไร้ทรายโดยใช้ปริมาณหินฝุ่นและ

ทรายจำนวนเท่ากันพบว่าให้กำลังอัดที่ไม่แตกต่างกัน ดังนั้นการใช้คอนกรีตไร้ทรายจึงเป็นทางเลือกหนึ่งในการที่จะช่วยอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมจำพวกทรายและช่วยลดมลภาวะทางอากาศได้อีกทางหนึ่งซึ่งจะสอดคล้องกับโครงการคอนกรีตผสมเปลือกหอยนางรมบดละเอียดที่มีผลการศึกษาว่าการใช้เปลือกหอยนางรมเสริมหรือแทนที่ทรายในการผสมคอนกรีตโดยนำเปลือกหอยนางรมมาผสมในอัตราส่วนร้อยละ 50,75, และ 100 หล่อเป็นตัวอย่างคอนกรีตทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 50 มิลลิเมตร และสูง 100 มิลลิเมตร จากนั้นนำตัวอย่างมาบ่มในน้ำ 28 วัน โดยนำตัวอย่างคอนกรีตมาทดสอบหาค่ากำลังอัดที่อายุการบ่ม 7 วัน 14 วัน และ 28 วัน โดยค่ากำลังอัดที่ได้จากการทดสอบของเปลือกหอยแทนทรายในการผสมคอนกรีตร้อยละ 0,50 และ 75 มีค่ากำลังอัดที่สูงกว่ากำลังอัดที่ออกแบบไว้

ปัญหาและข้อเสนอแนะของโครงการคอนกรีตไร้ทรายคือ หากใช้หินฝุ่นแทนทรายกำลังอัดที่ได้อาจจะน้อยกว่าทรายเล็กน้อยและหากเราใช้หินฝุ่นมากมายจนเกินความจำเป็นก็อาจจะทำให้หินฝุ่นขาดแคลนได้

#### กิตติกรรมประกาศ

สิ่งประดิษฐ์ชิ้นนี้สำเร็จลุล่วงได้เป็นอย่างดีโดยอาศัยความช่วยเหลือจากบุคคลและหน่วยงานต่างๆ ดังต่อไปนี้

ขอขอบคุณนายเดชา พูลแก้ว ผู้จัดการโรงงาน CPAC สงขลา ให้การให้คำปรึกษาการออกแบบสิ่งประดิษฐ์และอำนวยความสะดวกในการใช้สถานที่สำหรับทดสอบระบบของเครื่องมือ

ขอขอบคุณอาจารย์ขวัญภา รัตนเดชา อาจารย์ที่ปรึกษาหลักในการให้คำปรึกษาและดูแลในส่วนต่างๆตลอดการทำการสิ่งประดิษฐ์

ขอขอบคุณอาจารย์จันทนา ภิรมย์ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วมในการให้ความช่วยเหลือทางด้านการประสานงานด้านต่างๆ

ขอขอบคุณอาจารย์จุลินทิพย์ พุทรวงศ์ ที่ให้คำแนะนำในด้านการทำวิจัย

ขอขอบคุณคุณครูโปรแกรมเตรียมวิศวะและโรงเรียนแสงทองวิทยา หาดใหญ่ จังหวัดสงขลาในการให้ความสนับสนุนด้านการอำนวยความสะดวกในการจัดเตรียมเอกสารต่างๆ

ขอขอบคุณพ่อและแม่ สำหรับการให้กำลังใจและความช่วยเหลือในด้านต่างๆเป็นอย่างดีเสมอมา

คณะผู้จัดทำ

### บรรณานุกรม

จิรวัดน์. วิมุติสุขวิริยา,2564. การศึกษาคุณสมบัติคอนกรีตที่ผลิตจากหินฝุ่นหินปูนและหินฝุ่นบะซอลต์ที่ผสมและไม่ผสมเถ้าชีวมวล. คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์.

ธีระ เทพพรหม,2552. การศึกษากำลังอัดคอนกรีตโดยใช้หินฝุ่นเป็นส่วนผสมแทนทรายหยาบกรณีศึกษา หินชนฝุ่นโรงโม่หิน นราธิวาสโรงโม่หิน. วิทยาลัยเทคนิคนราธิวาส มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์.

นภัส บุญติและคณะ,2564. ปัจจัยที่มีผลต่อฝุ่นละอองจากกิจกรรมก่อสร้างวิธีการแบบจำลองสมการโครงสร้าง. ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่.

ภานุพงศ์ นิกรมุนินทร์,2559. ศึกษาหาประสิทธิภาพความแข็งแรงของคอนกรีตผสมเปลือกหอยนางรมบดละเอียด. สาขาเทคโนโลยีการก่อสร้างสถาบันอาชีวศึกษาภาคตะวันออกเฉียงเหนือ วิทยาลัยเทคนิคจันทบุรี.

ยศกิต เรืองทวีป,2552. การศึกษาปริมาณของฝุ่นละอองขนาดเล็กจากโรงโม่หินที่มีต่อสุขภาพของเด็กนักเรียน. สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยศิลปากร.

วิเชียร ชาลี,2561. ความคงทนของคอนกรีตที่ใช้มวลรวมจากเศษคอนกรีตผสมเถ้าถ่านหินภายใต้สิ่งแวดล้อมทะเลเป็นเวลา 5 ปี. ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา.

ศิริอุมา เจาะจิตติและคณะ,2018. การประเมินความเสี่ยงในการรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตร ระหว่างชุมชนที่อยู่ใกล้และไกลโรงโม่หิน จังหวัดนครศรีธรรมราช. สำนักงานวิชาสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ ตำบลไทยบุรี อำเภอท่าศาลา จังหวัดนครศรีธรรมราช.

อรรถพล เลิศศรีมงคล,2545. การศึกษาผลกระทบของฝุ่นทรายที่มีต่อคุณสมบัติคอนกรีต. สัมมนาโครงการวิศวกร ครั้งที่1 “เทคโนโลยีเพื่อพัฒนาการผลิตและการตลาด อย่างยั่งยืน” โครงการหลักสูตรคอนกรีตเทคโนโลยีแบบบูรณาการ บริษัทผลิตภัณฑ์และวัสดุก่อสร้าง จำกัด.