

การศึกษาคุณสมบัติของหินฝุ่นเพื่อใช้เป็นมวลรวมละเอียด

Properties of Quarry Dust for Use as Fine Aggregate

ประชุม คำพุด

Prachoom Khamput

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ธัญบุรี

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ ถ.รังสิต-นครนายก ต.คลองหก อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110

โทร. 0-2549-3417 โทรสาร 0-2549-3412

E-mail choomy_gtc@hotmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษาคุณสมบัติของหินฝุ่นตามมาตรฐาน ASTM ได้ค่าโมดูลัสความละเอียดเท่ากับ 3.682 ค่าความถ่วงจำเพาะปรากฏเท่ากับ 2.71 ค่าการดูดซึมเท่ากับ 0.47% ทดสอบหาสารอินทรีย์มีค่าความสะอาดเท่ากับ เบอร์ 5 ค่าหน่วยน้ำหนักเท่ากับ 1,695 กก./ลบ.ม. การพองตัวเท่ากับ 33.333% ปริมาณดินและฝุ่นผงเท่ากับ 4.34% ความทนทานต่อการสึกกร่อนโดยซัลเฟตมีค่าเปอร์เซ็นต์การสูญเสียเท่ากับ 5.134% จากข้อมูลดังกล่าว เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานของมวลรวมละเอียดแล้วมีความใกล้เคียงกันมาก สามารถใช้แทนทรายในงานคอนกรีตได้

Abstract

To investigate the properties of quarry dust by using ASTM standards. The following results were obtained: fineness modulus = 3.682, specific gravity = 2.71, absorption = 0.47%, organic impurities of mineral dust = number 5 (compared with organic plate), unit weight = 1,695 kg/m³, bulking of quarry dust = 33.333%, clay and silt = 4.34%, soundness of quarry dust by use of sodium sulfate = 5.134%. The obtained information is compared with that of river sand and it was found that the quarry dust can be used to replace sand in making concrete.

1. บทนำ

ประเทศไทย ยังเป็นประเทศที่กำลังพัฒนา จึงมีความต้องการใช้คอนกรีตเพื่อการก่อสร้างในปริมาณที่มาก ขึ้นอยู่อย่างต่อเนื่อง โดยที่ส่วนประกอบของคอนกรีต คือ

ปูนซีเมนต์ มวลรวมละเอียด (ทราย) มวลรวมหยาบ (หิน) และน้ำ [1] ซึ่งมวลรวมดังกล่าวที่นำมาใช้เป็นส่วนผสม ถือได้ว่าเป็นวัสดุสิ้นเปลือง ย่อมต้องมีจำนวนลดลงและมีราคาสูงขึ้นตามกาลเวลา จึงมีนักวิจัยทางด้านวัสดุทดแทนจำนวนไม่น้อยได้ทำการศึกษาว่าวัสดุเหลือใช้ต่างๆ ที่นำมาผสมคอนกรีตเพื่อลดปริมาณของวัสดุผสม ทั้งวัสดุที่ทดแทนปูนซีเมนต์บางส่วน เช่น ถ้ำลอย ถ้ำเกลบ ถ้ำขี้เลื่อยไม้ [2-3] หรือวัสดุที่ทดแทนมวลรวมหยาบ เช่น ตะกรันเตา หลอมเหล็ก [4] เป็นต้น

หินฝุ่น เป็นวัสดุอีกชนิดหนึ่งที่น่าสนใจและสมควรที่จะนำมาทดสอบ เนื่องจากหินฝุ่นเป็นวัสดุที่มีการนำมาใช้ประโยชน์น้อยมาก หินฝุ่นนั้นเกิดจากการย่อยหินปูนในโรงโม่หิน แม้ที่มีขนาดเล็กกว่า 4.75 มม. จะถูกคัดออกไปกองไว้ เมื่อเปรียบเทียบกับคุณสมบัติด้วยตาเปล่าระหว่างหินฝุ่นและทรายอย่างคร่าวๆ แล้ว พบว่าหินฝุ่นและทรายมีขนาดใกล้เคียงกัน แต่ที่น่าสนใจคือ หินฝุ่นมีราคาถูกกว่าทรายถึงแปดเท่า เพราะฉะนั้นหินฝุ่นจึงเป็นวัสดุที่เหมาะสมที่จะนำมาทำการทดสอบโดยใช้มาตรฐานเดียวกันกับทรายหรือมวลรวมละเอียดชนิดอื่น เพื่อทราบถึงคุณสมบัติทางกายภาพต่างๆ ว่ามีความใกล้เคียงกับทรายหรือไม่ ซึ่งหากผลที่ได้ ไม่มีความแตกต่างกับทรายมากนัก ก็สมควรนำมาทดลองใช้ผสมคอนกรีต เพื่อเปรียบเทียบค่ากำลังรับแรงอัดกับคอนกรีตปกติต่อไป

2. วิธีการวิจัย

2.1 การเก็บตัวอย่าง

เก็บตัวอย่างหินฝุ่นจาก โรงโม่หิน บริเวณจังหวัดสระบุรี โดยทำการเก็บตัวอย่างจากกอง ที่ตำแหน่งต่างๆ กัน จากส่วนบน ส่วนกลาง และส่วนล่าง ตามแนวรัศมีของ

กองทุกทิศทางใส่กระสอบจำนวน 30 กระสอบ นำมาผสมเข้าด้วยกัน โดยวิธีการแบ่งสี่ [1] แล้วกองเก็บตัวอย่างที่ได้ให้มิดชิด ป้องกันฝนและเศษใบไม้เพื่อเตรียมทำการทดสอบ



รูปที่ 1 การเก็บตัวอย่างหินฝุ่น

2.2 การทดสอบ

นำตัวอย่างหินฝุ่นที่ได้จัดเก็บไว้มาทำการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพด้านต่างๆ ตามมาตรฐาน ASTM ดังต่อไปนี้ [6]

1) การทดสอบหาขนาดคละ (Gradation) ของมวลรวมละเอียดด้วยตะแกรงร่อน (Sieve) ตามมาตรฐาน ASTM C 136 เพื่อหาขนาดคละของมวลรวม ค่าโมดูลัสความละเอียด และขนาดใหญ่ที่สุดของหินฝุ่น เพื่อนำไปเป็นข้อมูลในการออกแบบส่วนผสมคอนกรีตให้เหมาะสม

2) การทดสอบหาความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity) ตามมาตรฐาน ASTM C 127 และการดูดซึม (Absorption) ตามมาตรฐาน ASTM C 128 เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในการหาปริมาณส่วนผสมของหินฝุ่นในคอนกรีต และใช้สำหรับแก้ปริมาตรของ หินฝุ่นและน้ำเมื่อความชื้นเปลี่ยนแปลงไป

3) การทดสอบหาปริมาณสารอินทรีย์ (Organic Impurities) ตามมาตรฐาน ASTM C 40 เพื่อตรวจสอบเบื้องต้นว่าหินฝุ่นที่นำมาผสมคอนกรีตมีปริมาณสารอินทรีย์มากเกินไปจนกำหนดหรือไม่ ทั้งนี้เพราะสารอินทรีย์มีผลต่อการก่อตัวและกำลังอัดของคอนกรีต

4) การทดสอบหาหน่วยน้ำหนัก (Unit Weight) ตามมาตรฐาน ASTM C 29 ใช้สำหรับการเปลี่ยนค่าน้ำหนักเป็นค่าปริมาตรหรือค่าปริมาตรเป็นค่าน้ำหนัก เมื่อใช้วิธีการออกแบบส่วนผสมโดยปริมาตร

5) การทดสอบการพองตัว (Bulking) ตามมาตรฐาน ASTM C 29 เนื่องจากการพองตัวของหินฝุ่นมีผลให้การหาส่วนผสมคอนกรีตด้วยการตวงปริมาตรมีโอกาสผิดพลาด

6) การทดสอบหาปริมาณดินและฝุ่นผง (Clay and Silt) โดยวิธีตกตะกอน ตามมาตรฐาน ASTM C 117 เนื่องจากถ้าหินฝุ่นมีดินและฝุ่นผงมากเกินไปจนเกินข้อกำหนด จะทำให้กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตลดลง

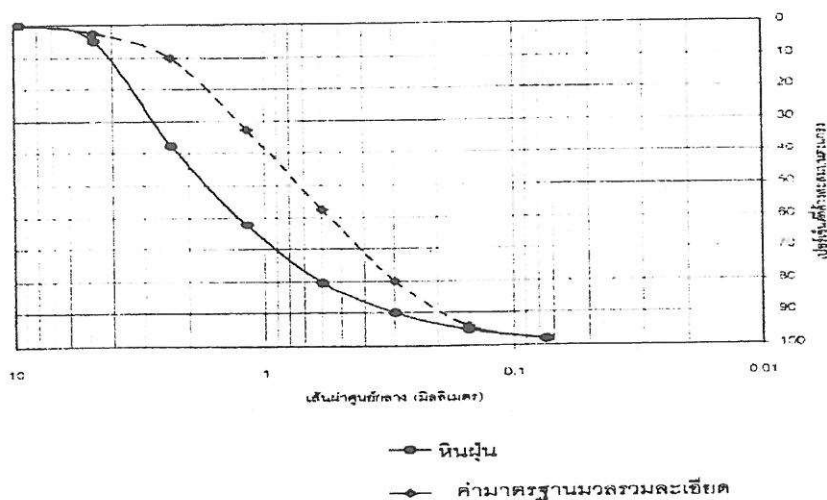
7) การทดสอบความคงทน (Soundness) ต่อการสึกกร่อนโดยซัลเฟต ตามมาตรฐาน ASTM C 88 เพื่อหาความต้านทานการสลายตัวของหินฝุ่นในสารละลายซัลเฟตเนื่องจากซัลเฟตจะก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงปริมาตรของมวลรวมอย่างมาก

3. ผลการทดสอบ

จากการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของหินฝุ่นตามมาตรฐานของมวลรวมละเอียดได้ผลการทดสอบดังนี้

1) ผลการทดสอบหาขนาดคละของมวลรวมละเอียดด้วยตะแกรงร่อน

จาก Sieve Analysis ได้กราฟเปรียบเทียบขนาดคละระหว่างค่ามาตรฐานของมวลรวมละเอียดและหินฝุ่นพบว่าที่จุดเริ่มต้นเส้นขนาดคละมาตรฐาน และเส้นค่าเฉลี่ยขนาดคละของ หินฝุ่นมีค่าเท่ากัน และห่างกันมากขึ้น จนจุดสุดท้ายมีค่าใกล้เคียงกัน แสดงว่าที่จุดเริ่มต้นขนาดคละมาตรฐานและขนาดคละของหินฝุ่นมีส่วนที่ค้ำตะแกรงเท่ากัน และเริ่มห่างกันขึ้นเรื่อยๆ เนื่องจากหินฝุ่นมีขนาดใหญ่กว่าขนาดคละมาตรฐาน ทำให้มีส่วนที่ค้ำตะแกรงมากกว่า ส่วนในจุดสุดท้ายมีเปอร์เซ็นต์ค่าใกล้เคียงกัน เพราะทั้งทรายและหินฝุ่น มีประมาณฝุ่นใกล้เคียงกัน



หินปูน มีค่า $C_u = 22$ และ ค่า $C_c = 3.68$

รูปที่ 2 กราฟการเปรียบเทียบขนาดคละมาตรฐานของมวลรวมละเอียด และขนาดคละของหินปูน

2) ผลการทดสอบหาความถ่วงจำเพาะ และการดูดซึม

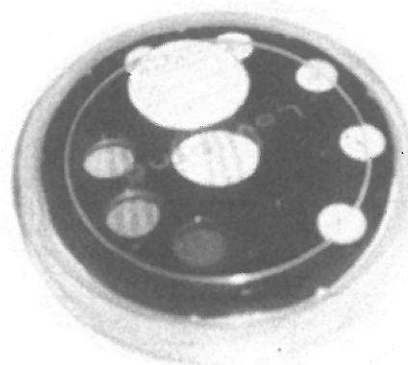
ตารางที่ 1 การทดสอบหาความถ่วงจำเพาะ และการดูดซึมของหินปูน

รายการ	ค่าเฉลี่ยการทดสอบ
ปริมาตรของขวดตวง, มิลลิลิตร	500
น้ำหนักของขวดตวง, กรัม	160.13
น้ำหนักของมวลรวมอิมัลชันแห้ง (W), กรัม	500
น้ำหนักน้ำ 500 ml + มวลรวม + ขวดตวง (c), กรัม	969.22
น้ำหนักน้ำ 500 ml + ขวดตวง (b), กรัม	657.67
น้ำหนักของมวลรวมอิมัลชันแห้งด้วยเตาอบ (a), กรัม	497.58
ความถ่วงจำเพาะทั้งหมดในสภาวะแห้งด้วยเตาอบ	2.64
ความถ่วงจำเพาะทั้งหมดในสภาวะอิมัลชันแห้ง	2.65
ความถ่วงจำเพาะปรากฏ	<u>2.67</u>
เปอร์เซ็นต์การดูดซึม, เปอร์เซนต์	<u>0.47</u>

3) ผลการทดสอบหาปริมาณสารอินทรีย์



รูปที่ 3 สีของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 3% หลังการทดสอบ



รูปที่ 4 แถบสีมาตรฐานแบบ Gardner Colour Standard

จากการทดสอบเปรียบเทียบสีของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 3% ส่วนที่อยู่เหนือตัวอย่างหินปูนกับ

แถบสีมาตรฐานปรากฏว่าให้สีน้อยกว่าสีมาตรฐาน ถือว่า
หินปูนนี้สามารถนำไปใช้ได้

4) ผลการทดสอบหาหน่วยน้ำหนัก

ตารางที่ 2 การทดสอบหาค่าหน่วยน้ำหนักของหินปูน

รายการ		ค่าเฉลี่ยการทดสอบ
น้ำหนักกระบอกตวง,	กก.	3.908
น้ำหนักกระบอกตวง + น้ำ,	กก.	6.844
อุณหภูมิของน้ำ,	°C	28.000
น้ำหนักของน้ำ,	กก.	2.936
ปริมาตรของกระบอกตวง,	ลิตร	2.923
น้ำหนักของกระบอกตวง+หินปูน,	กก.	8.867
น้ำหนักของหินปูน,	กก.	4.959
หน่วยน้ำหนักของหินปูน,	กก./ม. ³	1.695

5) ผลการทดสอบการพองตัว

ตารางที่ 3 การทดสอบการพองตัวของหินปูน

ปริมาณความชื้น (%)	น.น.หินปูนขึ้น		น.น.น้ำ,	ปริมาตรหินปูน	เปอร์เซ็นต์
	%กำหนด	ค่าจริง		ขึ้น, มม.	การพอง
1	0.870	665.1	3.9	350	16.667
2	1.584	668.3	7.1	370	23.333
3	2.342	671.7	10.5	380	26.667
4	3.101	675.1	13.9	400	33.333
5	3.703	677.8	16.6	380	26.667
6	4.082	679.5	18.3	370	23.333
7	4.774	682.6	21.4	350	16.667

จากตารางที่ 3 ที่ปริมาณความชื้นเท่ากับ 3.101
ของน้ำหนักหินปูนแห้ง ทำให้เกิดการพองตัวสูงสุดเท่ากับ
33.333 %

6) ผลการทดสอบหาปริมาณดินและฝุ่นโดยการ ตกตะกอน

ตารางที่ 4 การทดสอบหาปริมาณดินและฝุ่นผงโดยวิธีตกตะกอน

รายการ		การทดสอบ		
		1	2	3
ความสูงของหินปูน+ ดินและฝุ่นผง,	C.C.	43.0	42.7	43.4
ความสูงของหินปูน,	C.C.	41.0	41.0	41.5
ความสูงของดินและฝุ่นผง,	C.C.	2.0	1.7	1.9
เปอร์เซ็นต์ดินและฝุ่นผงในหินปูน,	%	4.65	3.98	4.38
เฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ดินและฝุ่นผงในหินปูน,	%	4.34		

7) ผลการทดสอบความคงทนต่อการสึกกร่อน โดยซัลเฟต

หลังจากการแช่ตัวอย่างในสารละลายแมกนีเซียม
ซัลเฟต (MgSO₄) แล้วนำไปปร่อนหาน้ำหนักค้าง โดยทำการ
ทดสอบสองครั้ง ได้เปอร์เซ็นต์ครั้งแรกเท่ากับ 4.920 และ
ครั้งที่สองเท่ากับ 5.384 ได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.134 %

4. สรุปและข้อเสนอแนะ

4.1 สรุปผล

ผลการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของหินปูน
จากโรงโม่หินบริเวณจังหวัดสระบุรี นำมาเปรียบเทียบกับ
คุณสมบัติทางกายภาพของมวลรวมละเอียด ได้ผลสรุปดัง
ตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 5 การเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพระหว่างมวลรวม
ละเอียดกับหินปูน

คุณสมบัติ	มวลรวมละเอียด (ทราย)	หินปูน
โมดูลัสความละเอียด	2.30 - 3.20	3.682
ความถ่วงจำเพาะปรากฏ	2.50 - 2.80	2.71
สารอินทรีย์	เบอร์ 5-11	เบอร์ 5
การดูดซึม, %	0.70	0.47
ค่าหน่วยน้ำหนัก, กก./ม. ³	1,520 - 1,840	1,695
ความชื้น, %	4 - 8	3 - 4
การพองตัว, %	น้อยกว่า 40	33.333
ปริมาณดินและฝุ่นผง, %	น้อยกว่า 5	4.34
เปอร์เซ็นต์การสูญเสีย, %	น้อยกว่า 18	5.134

จากคุณสมบัติที่ได้ทั้งค่าความถ่วงจำเพาะปรากฏ
ค่าการดูดซึม ค่าหน่วยน้ำหนัก ปริมาณสารอินทรีย์ ค่าการ
พองตัว ปริมาณดินและฝุ่นผง และเปอร์เซ็นต์การสูญเสีย
จากการกัดกร่อนโดยซัลเฟตนั้นเมื่อเปรียบเทียบกับทราย
แม่น้ำแล้วพบว่าใกล้เคียงกันมาก ดังนั้นหินปูน
สามารถนำไปใช้เป็นส่วนผสมของคอนกรีตได้

แต่เมื่อดูจากค่าโมดูลัสความละเอียดแล้วพบว่า
หินปูน มีขนาดเม็ดโตกว่าทราย จึงควรมีการปรับปรุง
ส่วนผสมโดยใช้ทรายหรือมวลรวมละเอียดอื่นที่มีขนาด
เม็ดเล็กกว่า ผสมลงไปแทนที่บางส่วน และต้องทำการออก
แบบส่วนผสมโดยปรับแก้ในเรื่องความชื้นของมวลรวม

และควบคุมปริมาณความชื้นขณะทำการผสมคอนกรีตให้อยู่ภายในเกณฑ์มาตรฐาน

4.2 ข้อเสนอแนะ

- 1) ควรนำหินฝุ่นไปใช้ผสมคอนกรีตและเปรียบเทียบผลที่ได้กับทรายหรือมวลรวมละเอียดชนิดอื่น
- 2) การปรับปรุงคุณภาพอาจผสมหินฝุ่นกับทรายในปริมาณที่เหมาะสม เพื่อให้คุณสมบัติใกล้เคียงกับทรายมากขึ้น
- 3) อาจใช้สารผสมเพิ่ม เช่น สารกักกระจายฟองอากาศ สารลดน้ำและเร่งเวลาการก่อตัว ในงานคอนกรีตที่ใช้หินฝุ่นเป็นส่วนผสม

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ที่ให้การสนับสนุนงบประมาณวิจัยปี พ.ศ. 2548 ขอขอบคุณนายพิทักษ์ เนืองอ่อง, นายมรรครินทร์ จันโทภาส, นายวัฒนา มณีโชติ และ นายสุพจน์ เขียวหลี่ ที่ช่วยในการดำเนินงานทดสอบ ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่ช่วยอำนวยความสะดวกในเรื่องของสถานที่ทดสอบ เครื่องมือ และอุปกรณ์ต่างๆ ในการทำงานจนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- [1] ชัชวาลย์ เศรษฐบุตร์ “คอนกรีตเทคโนโลยี” พิมพ์ครั้งที่ 5, กรุงเทพฯ, 2540, 166 หน้า
- [2] ชัย จาตุรพิทักษ์กุล, จักรพันธ์ วงษ์พา และสุรพันธ์ สุคันธปรีย์ “การพัฒนาเถ้าแกลบ-เปลือกไม้เพื่อใช้ในการคอนกรีต” เอกสารประกอบการประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 8, ขอนแก่น, 2545, หน้า MAT-163 – MAT-172
- [3] จรูญ เจริญเนตรกุล “การศึกษากำลังอัดของมอร์ตาร์ที่ผสมด้วยเถ้าขี้เลื่อยไม้ยางพารา” เอกสารประกอบการประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 9, เพชรบุรี, 2547, หน้า MAT-19 – MAT-24

- [4] เสกสรรค์ ชูทับทิม และมนัส เสงี่ยมสุข “การศึกษาการใช้ตะกรันเตาหลอมเหล็กเป็นมวลรวมหยาบ” เอกสารประกอบการประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 9, เพชรบุรี, 2547, หน้า MAT-161 – MAT-166
- [5] ประชุม คำพูน “ปฏิบัติการทดสอบวัสดุ” แผนกเอกสารพิมพ์สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล, พิมพ์ครั้งที่ 1, ปทุมธานี, 2546, 104 หน้า
- [6] Annual Book of ASTM Standards Volume 04.02, 1996