



การใช้กรวดแทนหินในการผลิตคอนกรีต

พูนศักดิ์ สวรรคตจิตร

บริษัท บี.เค.เค. (1985) จำกัด (มหาชน)

ปัจจุบันได้มีโครงการก่อสร้างขนาดใหญ่เกิดขึ้นมากมาย ทั้งในเขตเมืองหลวง และต่างจังหวัด ได้แก่ อาคารสูงขนาดใหญ่, ทางด่วน, สะพาน ซึ่งการก่อสร้างทั้งหมดนี้จะต้องใช้คอนกรีตเป็นวัสดุก่อสร้างหลัก ในการผลิตคอนกรีตป้อนเข้าโครงการต่างๆ มวลรวมหยาบ (Coarse Aggregates) ที่ใช้คือ หิน ได้แก่ หินปูน (Limestone) ซึ่งมีปริมาณการใช้ต่อวันเป็นจำนวนมาก หินปูนนอกจากจะใช้ในการก่อสร้างแล้วยังใช้ในการผลิตปูนซีเมนต์อีกด้วย ในระยะเวลาประมาณอีกสัก 50 ปี ภูเขาที่เราเคยเห็นอาจเหลือรูปร่างที่แปลกไปจนจำไม่ได้

กรวดเป็นวัสดุอีกชนิดหนึ่งซึ่งใช้เป็นมวลรวมหยาบได้ดี แต่ที่เราไม่ค่อยได้นำมาใช้กันเนื่องจากปริมาณที่มีไม่มากเช่นหิน และแหล่งกำเนิดก็อยู่กระจัดกระจาย ประกอบกับปัจจุบันหินหาได้ง่าย เนื่องจากมีโรงโม่อยู่มากมายตามแหล่งกำเนิดของหิน กรวดมีทั้งกรวดบดซึ่งปะปนอยู่ในบ่อทรายบด และกรวดแม่น้ำ กรวดบดมักไม่ค่อยมีวัสดุอื่นๆ ปะปน พบมากตามบ่อทรายบด แถบอำเภอท่ามะกา และบริเวณเขตติดต่อบริเวณจังหวัดกาญจนบุรี กรวดแม่น้ำเกิดจากการถูกน้ำพัดพาและมาสะสมตัวเป็นแห่งๆ จึงมีพวกเศษหินทรายฝู, หินลูกรัง (Laterite) ฝู และวัสดุ เช่น พวกไม้ฝู, ถ่านปะปนอยู่ พบมากตามลำน้ำในภาคเหนือ และแถบจังหวัดริมลำน้ำโขง โดยความแข็ง (Hardness) เมื่อเทียบเมล็ดต่อเมล็ด กรวดจะมีความแข็งมากกว่าหิน แต่มีความเปราะมากกว่า ในการทดสอบ Abrasion test ASTM C131 Percentage of wear ของหินปูนทั่วไปจะอยู่ในเกณฑ์ร้อยละ 27-32 ส่วนกรวดเท่าที่เคยทดสอบจะอยู่ในเกณฑ์ประมาณร้อยละ 30-38 ทั้งนี้ก็เนื่องจากความเปราะของกรวด

และส่วนที่ปะปน เช่น พวก Chert คือพวกที่มีความถ่วงจำเพาะ (Specific gravity) น้อยกว่า 2.35 มีมากน้อยเพียงใด โดยธรรมชาติของกรวดจะมีส่วนขนาดคละ (Gradation) ที่ไม่แน่นอน การจะนำมาใช้งานต้องนำมาร่อนและจัดส่วนขนาดคละให้ได้ตามขนาดที่กำหนด วิธีที่ดีที่สุดน่าจะทำได้ การนำกรวดมาเข้าเครื่องย่อย (Crusher) เช่นเดียวกับหิน วิธีนี้อาจกำจัดพวก Chert หรือวัสดุอื่นๆ ออกไปได้ กรวดซึ่งคัดขนาดและกำจัดพวกวัสดุปะปนออกไปแล้ว สามารถนำมาผลิตคอนกรีตได้ดี เคยมีผู้นำกรวดไปผลิตคอนกรีตกำลังสูงเกิน 1000 กก./ซม.² มาแล้ว ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับหินปูนทั่วไป ค่ากำลังอัด (Compressive strength) ของคอนกรีตที่สูงเกิน 1000 กก./ซม.² (cube strength) อาจทำให้เมล็ดหินปูน (Limestone) ที่ไม่แกร่งพอแตกหักได้

ส่วนที่เป็นข้อเสียจากธรรมชาติของกรวดคือ มีรูปร่างค่อนข้างกลมผิวเกลี้ยง มีทั้งขนาดที่โตกว่า 1½ นิ้ว และบางส่วนก็แบน แงเหลื่อมต่างๆ ในการจัดตัวเพื่อการถ่ายเทแรง เมื่อนำมาใช้ในการผลิตคอนกรีตต้องอาศัยการยึดเกาะกับมอร์ตาร์ (Mortar) ที่ดี แต่ถ้าเป็นกรวดที่ได้ผ่านการย่อยเช่นเดียวกับหินแล้ว ปัญหานี้คงหมดไป และเราคงได้กรวดมาเป็นมวลรวม (Aggregates) ที่นำไปในงานคอนกรีตเพื่อช่วยทดแทนหินที่กำลังจะค่อยๆ หมดไป ในอดีตที่ผ่านมา กรวดได้ถูกนำมาใช้ในงานก่อสร้างที่สำคัญๆ มาแล้วมากมาย เนื่องจากสมัยนั้นโรงโม่หินยังมีไม่มากเท่าทุกวันนี้ สิ่งก่อสร้างที่สำคัญ เช่น สะพานข้ามแม่น้ำเจ้าพระยาที่จังหวัดนครสวรรค์ คือ สะพานเดชาดิวงค์ สะพานแรกและสะพานวุฒิกุล ข้ามแม่น้ำปิงที่จังหวัดตาก รวมทั้งสะพานต่างๆ ไปของกรมทางหลวงที่สร้างในอดีต ซึ่งก็ยังคงสภาพรับใช้งานได้อยู่จนถึงปัจจุบันนี้

การทดสอบเปรียบเทียบคุณสมบัติของกรวดและหิน

แหล่งที่มา : กรวดจากอำเภอพลอย กาญจนบุรี

หิน : จากโรงโม่สระบุรี

ทราย : จากบ่อทรายบก อำเภอท่ามะกา กาญจนบุรี

TABLE 1 Test for Sieve or Screen Analysis of Fine and Coarse Aggregates (ASTM C 136)

Sieve No.	Opening mm.	Cumulative Percent Finer			
		Gravel	Spec. Required ASTM C 33	Sand	Spec. Required ASTM C 33
3/4"	19.0	99.32	90 - 100		
1/2"	12.5	78.83	-		
3/8"	9.5	61.42	20 - 55		100
No. 4	4.75	24.19	0 - 10	100	95 - 100
No. 8	2.36	8.38	0 - 5	86.09	80 - 100
No. 16	1.18	3.26	-	64.46	50 - 85
No. 30	600 μm	1.48		41.31	25 - 60
No. 50	300 μm	0.77		20.33	10 - 30
No. 100	150 μm	0.45		6.20	2 - 10

Loss Angeles Abrasion Test ASTM C 131 Percentage of wear 35.9% (Gravel)

จากผลการทดสอบจะเห็นได้ว่า Gradation ของกรวด (2.36 มม.) มากเกินเกณฑ์กำหนด ซึ่งแสดงว่ามีส่วนค่อนข้างไปไม่ผ่านมาตรฐาน มวลรวม ขนาด 3/4" ตามข้อกำหนด ในทางละเอียด แต่ค่า Abrasion test เปอร์เซ็นต์ของความ (specification) ASTM C 33 โดยมีส่วนที่ผ่านตะแกรง สึกหกร (Percentage of wear) ได้ค่าไม่เกินเกณฑ์ร้อยละ 50 (Sieve) ตั้งแต่ No. 3/8" หรือ 9.5 มม. จนถึงตะแกรง No.8 ตามข้อกำหนด

Requirements สำหรับ Coarse Aggregates ตาม ASTM C 33

TABLE 2 Grading Requirements for Coarse Aggregates

Size Number	Nominal Size (Sieves with Square Openings)	Amounts Finer than Each Laboratory Sieve (Square Openings), weight percent												
		4 in. (100 mm)	3 1/2 in. (90 mm)	3 in. (75 mm)	2 1/2 in. (63 mm)	2 in. (50 mm)	1 1/2 in. (37.5 mm)	1 in. (25.0 mm)	3/4 in. (19.0 mm)	1/2 in. (12.5 mm)	3/8 in. (9.5 mm)	No. 4 (4.75 mm)	No. 8 (2.36 mm)	No. 16 (1.18 mm)
1	3 1/2 to : 1/2 in. (90 to 37.5 mm)	100	90 to 100	...	25 to 60	...	0 to 15	...	0 to 5	...	...	...	...	...
2	2 1/2 to 1 1/2 in. (63 to 37.5 mm)	...	...	100	90 to 100	35 to 70	0 to 15	...	0 to 5	...	...	...	...	...
357	2 in. to No. 4 (50 to 4.75 mm)	...	...	...	100	95 to 100	...	35 to 70	...	10 to 30	...	0 to 5	...	...
467	1 1/2 in. to No. 4 (37.5 to 4.75 mm)	...	...	...	...	100	95 to 100	...	35 to 70	...	10 to 30	0 to 5	...	...
57	1 in. to No. 4 (25.0 to 4.75 mm)	...	...	...	...	...	100	95 to 100	...	25 to 60	...	0 to 10	0 to 5	...
67	3/4 in. to No. 4 (19.0 to 4.75 mm)	...	...	...	...	...	...	100	90 to 100	...	20 to 55	0 to 10	0 to 5	...
7	1/2 in. to No. 4 (12.5 to 4.75 mm)	...	...	...	...	...	...	...	100	90 to 100	40 to 70	0 to 15	0 to 5	...
8	3/8 in. to No. 8 (9.5 to 2.36 mm)	...	...	...	...	...	...	...	...	100	85 to 100	10 to 30	0 to 10	0 to 5
3	2 to 1 in. (50 to 25.0 mm)	...	...	...	100	90 to 100	35 to 70	0 to 15	...	0 to 5	...	...	...	...
4	1 1/2 to 3/4 in. (37.5 to 19.0 mm)	...	...	...	...	100	90 to 100	20 to 55	0 to 15	...	0 to 5	...	...	...

TABLE 3 Limits for Deleterious Substances in Coarse Aggregate for Concrete

Item	Weight Percent of Total Sample, max
Clay lumps and friable particles	5.0
Soft particles ^a	5.0
Chert as an impurity ^b that will disintegrate in 5 cycles of the soundness test, or 50 cycles of freezing at 0F (-17.8 C) and thawing at 40 F (4.4 C) in water ^c ; or that has a specific gravity, saturated surface-dry, of less than 2.35:	
Severe exposure	1.0
Mild exposure	5.0
Material finer than No. 200 (75-µm) sieve	1.0 ^d
Coal and lignite:	
Where surface appearance of concrete is of importance	0.5
All other concrete	1.0

^a This limitation applies only when softness of individual coarse aggregate particles is critical to performance of the concrete-for example, in heavy duty floors or other exposures where surface hardness is especially important.

^b These limitations apply only to aggregates in which chert appears as an impurity. They are not applicable to gravels that are predominantly chert. Limitations on soundness of such aggregates must be based on service records in the environment in which they are used.

^c Disintegration is considered to be actual splitting or breaking as determined by visual examination.

^d In the case of crushed aggregates, if the material finer than the No. 200 sieve consists of the dust of fracture, essentially free from clay or shale, this percent may be increased to 1.5.

ในการทดสอบเปรียบเทียบคุณสมบัติของกรวดและหิน ได้เน้นทางด้านกรวดนำไปผลิตคอนกรีต และมีจุดประสงค์ใน

TABLE 4 Physical Properties of Coarse Aggregate for Concrete

	Air-Cooled Blast Furnace Slag	Gravel, Crushed Gravel, or Crushed Stone
Soundness, loss in 5 cycles, ^a max, weight percent:		
Sodium sulfate	8	12
Magnesium sulfate	12	18
Compact unit weight, ^b minimum, lb/ft ³	70 ^d	
Abrasion, max loss ^c weight percent		50

^a Soundness loss shall be weighted in accordance with the grading of a sample complying with designated limitations set forth in Section 7.

^b Grading of the sample tested shall conform to the grading to be used in the concrete.

^c Abrasion loss shall be determined on the test size or sizes most nearly corresponding to the grading or gradings to be used in the concrete. When more than one grading is to be used, the limit on abrasion loss shall apply to each.

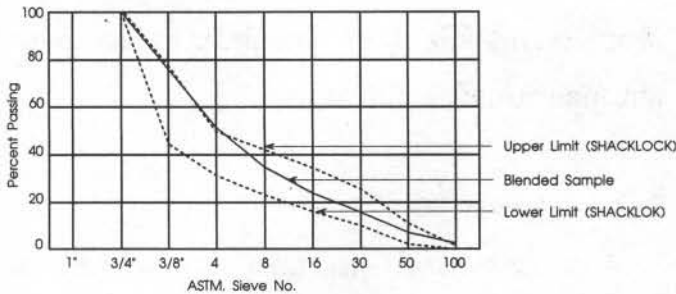
^d 1120 kg/m³.

การดูคุณสมบัติตามธรรมชาติของกรวดโดยไม่ได้นำกรวดไปย่อย การหล่อแท่งคอนกรีตทดสอบเปรียบเทียบได้ใช้ Gradation ของกรวดเป็นหลัก และจัดขนาดของหินให้มีขนาดต่างๆ ตามเปอร์เซ็นต์อัตราส่วนผสมของกรวด และได้ทดลองใช้อัตราส่วนผสมของกรวดต่อทราย 68 : 32 โดยพยายามให้ส่วนขนาดละเอียดของมวลรวมในการทำคอนกรีตได้ใกล้เคียงกับเกณฑ์กำหนดจาก Concrete Constituents and Mix Proportion by BW. SHACKLOCK (1974) Cement and concrete Association, London จากอัตราส่วนดังกล่าวจะได้เปอร์เซ็นต์ดังนี้

TABLE 5 Grading of Blended Materials

Sieve No.	Percent Passing by weight					
	Gravel	Sand	Percent Blended		Grading of Blended	Grading of SHACKLOCK
			Gravel 68%	Sand 32%		
3/4"	99.32		67.54	32.00	99.54	100
1/2"	78.83		53.60	32.00	85.60	-
3/8"	61.42		41.77	32.00	73.77	45 - 75
No. 4	24.19	100	16.45	32.00	48.45	30 - 48
No. 8	8.38	86.09	5.70	27.55	33.25	23 - 42
No. 16	3.26	64.46	2.22	20.63	22.85	16 - 34
No. 30	1.48	41.31	1.01	13.22	14.23	9 - 27
No. 50	0.77	20.33	0.52	6.51	7.03	2 - 12
No. 100	0.45	6.20	0.31	1.98	2.29	0 - 1.5

Gradation Curve of Blended Materials
(68% Gravel, 32% sand)



จากเปอร์เซ็นต์แสดงส่วนขนาดละเอียดของการ Blended กรวด 68% และทราย 32% โดยน้ำหนัก ส่วนขนาดละเอียดที่ได้เพียงใกล้เคียงกับเกณฑ์กำหนดของ SHACKLOCK สำหรับส่วนขนาดละเอียดที่มี Aggregates ใหญ่สุด 3/4" จึงได้นำไปใช้ในการหล่อแท่งทดสอบแรงอัด โดยมีอัตราส่วนผสมคอนกรีต ดังนี้ ส่วนผสมคอนกรีต 1 ม³

ปูนซีเมนต์ type III (เอราวัณ)	420 กก.
ทรายหยาบ (แห้ง)	595 กก.
กรวด หรือหินปูน (แห้ง)	1265 กก.
Water Cement Ratio	0.50, 0.52, 0.54

ในการหล่อแท่งคอนกรีตเพื่อการทดสอบ ได้กระทำตามมาตรฐาน BS 1881 Part 3 Method of Making and curing Test specimens โดยใช้แบบหล่อขนาด 15x15x15 cm. ผลการทดสอบกำลังต้านแรงอัดกระทำตาม BS 1881 Part 4 Testing concrete for strength จากผลการทดสอบได้ผลลัพธ์จากค่าเฉลี่ยดังนี้

Sample No.	W/C	Slump cm.	Average Compressive Strength KSC.	
			1 day	7 days
1 G	0.504	5.0	207.0	364.3
1 R	*	3.5	205.3	363.4
2 G	0.52	6.5	204.4	360.8
2 R	*	6.0	193.4	340.4
3 G	0.546	7.5	199.1	348.4
3 R	*	7.5	179.9	313.6

หมายเหตุ G = Gravel, R = Rock

จากผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่า ทั้งกรวดและหิน ให้ค่ากำลังต้านแรงอัด (Compressive Strength) ใกล้เคียงกัน โดยกรวดจะได้ค่าสูงกว่าหินเล็กน้อยทุกๆ ค่าของการเปลี่ยนแปลง W/C เหตุที่เป็นเช่นนี้ เมื่อได้พิจารณาโดยละเอียด พบว่า ส่วนขนาดละเอียดของกรวดที่ผ่านตะแกรงตั้งแต่ No. 16 คือ ขนาด 1.18 มม. ลงไปจะประกอบไปด้วยเม็ดกรวด ซึ่งแตกตัวเท่าเม็ดทราย มีรูปลักษณะค่อนข้างไปทางกลม มีเหลี่ยมและความแข็งเหมือนกับเม็ดทราย แต่ส่วนขนาดละเอียดตั้งแต่ขนาด 1.18 มม. ลงไป จะประกอบไปด้วยเศษชิ้นส่วนของหิน ซึ่งแตกตัวมาจากส่วนที่เป็นคล้ายเปลือกหิน มีลักษณะเป็นเกล็ดแบน ความแข็งในส่วนที่เป็นเกล็ดแบนสึกกรวดไม่ได้ จึงทำให้ค่ากำลังต้านแรงอัดของกรวดได้สูงกว่าหินเล็กน้อย อย่างไรก็ตาม การทดสอบชุดนี้เป็นการทดสอบเพื่อดูผลจากกรวดในลักษณะธรรมชาติ และมีได้ออกแบบให้เป็นคอนกรีตที่มีกำลังสูง จึงยังไม่มีผลในการแตกหักในส่วนเม็ดของกรวดและหิน จากผลการทดสอบพอจะมองเห็นได้ว่า ถ้าจัดส่วนขนาดละเอียดของกรวดให้ได้ตามเกณฑ์กำหนดตามมาตรฐาน ASTM C 33 โดยนำกรวดไปทำการย่อยเช่นเดียวกับหิน ค่ากำลังต้านแรงอัดที่ได้จะสามารถให้ความมั่นใจได้เช่นเดียวกับคอนกรีตที่ใช้หินเป็นมวลรวม และสามารถพัฒนาขึ้นไปจนถึงการทำคอนกรีตกำลังสูงพิเศษได้

สิ่งที่ควรระวังในการใช้กรวดแทนหินก็คือ ส่วนที่ปะปนมาในธรรมชาติ เช่น เศษของถ่าน ซึ่งเกิดจากไม้ที่ถูกไฟป่าไหม้รวมทั้งเศษไม้ผุ, หินผุ, ลูกรังผุ และวัสดุอื่นๆ สำหรับกรณีนี้

เป็นกรวดแม่น้ำ ส่วนกรวดบกรกก็ควรระวังในส่วนของพวกเขา chert ซึ่งจะมีปะปนอยู่บางแห่งกำเนิด เช่น แถบอำเภอบ่อพลอย จังหวัดกาญจนบุรี แหล่งกำเนิดของกรวดที่มีปริมาณไม่มาก เช่น หิน รวมทั้งคุณภาพที่แตกต่างตามวัสดุก่อกำเนิด (Parent Materials) อาจทำให้เกิดความไม่สะดวกในการกำหนดให้เป็น Aggregates สำหรับงานคอนกรีต กรวดจะมีอยู่ทั่วไปทุกภาคในประเทศไทย ทางภาคใต้จะมีพวกกรวดที่ปะปนอยู่กับมูลดินทรายที่เหลือจากการล้างทำเหมืองแร่ มีขนาดเมล็ดเล็ก ๆ แต่แข็ง เรียกว่ากรวดกะสะ ซึ่งได้นำมาใช้เป็นมวลรวมสำหรับงานคอนกรีตทางภาคใต้ ในอดีตที่ผ่านมาหลายสิบปีแล้วเช่นกัน

กล่าวโดยสรุป กรวดสามารถนำมาใช้เป็นมวลรวมในงานคอนกรีตแทนหินได้ดี เมื่อพิจารณาในด้านการรับกำลังอัด แต่ต้องมีการขจัดสิ่งที่ไม่ต้องการที่ปะปนอยู่โดยธรรมชาติออกไป วิธีที่จะใช้กรวดให้มีประสิทธิภาพล่น่าจะได้แก่ การนำ

กรวดมาย่อยขนาดเช่นเดียวกับหิน ซึ่งผลของการนำกรวดมาใช้แทนหิน จะทำให้เราสามารถยืดอายุการสูญเสียแหล่งทรัพยากรธรรมชาติคือ ภูเขาที่ถูกระเบิดวันแล้ววันเล่าเพื่อนำหินมาพัฒนามานำเมืองลงได้บ้าง

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบคุณ คุณธรรมบุญ อังศุสิงห์ กรรมการผู้จัดการ บริษัท ที.เอ. จำกัด ที่ได้อนุญาตให้ผู้เขียนนำผลการทดสอบบางส่วนที่ผู้เขียนได้ทำขึ้นเมื่อครั้งยังปฏิบัติงาน ณ โรงงานของบริษัท ที.เอ. จำกัด ที่ อ.รามอินทรา และที่โรงงานลาดหลุมแก้ว เป็นข้ออ้างอิง พร้อมทั้งขอขอบคุณ คุณชาติธรรมรักษ์ กรรมการผู้จัดการบริษัท AGGREGATES SUPPLY CO., LTD. ที่ได้ให้ข้อมูลเกี่ยวกับแหล่งกำเนิดของกรวดที่มี chert ปะปนอยู่ มา ณ ที่นี้ด้วย