

ผลของความหยาบ-ละเอียดของทราย ต่อกำลังรับแรงอัดของคอนกรีต

ผศ.นิพนธ์ สุวรรณสุขโรจน์

อ.เฉลิมชัย พาวัดกนา

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

นายศิริ มุขสมบัติ

นางนฤมล เหลืองวิฑิตกุล

วิศวกร

บริษัท ผลิตภัณฑ์และวัตถุดิบก่อสร้าง จำกัด

บทคัดย่อ

สถาบันคอนกรีตอเมริกัน (American Concrete Institute-ACI) ได้ยอมให้ทรายมีค่าโมดูลัสความละเอียดแตกต่างจากที่ออกแบบไว้ ± 0.1 ถ้าแตกต่างมากกว่านี้ต้องออกแบบส่วนผสมใหม่

การวิจัยนี้ได้ใช้ทรายจาก จ.ขอนแก่น ซึ่งมีความละเอียด และทรายจาก จ. นครราชสีมา ซึ่งมีความหยาบ มาผสมกันให้ได้ค่าโมดูลัสความละเอียด 1.7, 1.9, 2.0, 2.2 และ 2.4 โดยออกแบบส่วนผสมให้คอนกรีตมีกำลังรับแรงอัดเท่ากับ 18 N/mm^2 และ 28 N/mm^2 และใช้กรวดแทนหิน ซึ่งกรวดที่ใช้นำมาจาก จ.อุดรธานี และ จ.อุบลราชธานี ปรากฏว่าคอนกรีตมีกำลังรับแรงอัดเกินกว่าที่ออกแบบและคอนกรีตที่ทรายมีค่าโมดูลัสความละเอียดแตกต่างจากที่กำหนด (2.0) สูงสุดเพียง 3.9 N/mm^2 คิดเป็นร้อยละ 10.13 ทั้งๆ ที่ใช้ส่วนผสมเดิม

Effect of Fineness Modulus of Sand on Compressive Strength of Concrete

Asst. Prof. N. Suwansukroad

C. Pawattana

Department of Civil Engineering

Faculty of Engineering Khon Kaen University

Khon Kaen Thailand 40002

K. Mooksombat

N. Leungvithitkool

Engineer

The Concrete Products and Aggregates Co., Ltd

Abstract

American Concrete Institute allows sand which has fineness modulus different from mixed design ± 0.1 , if its more, the engineer would make new concrete mixed design.

This research used sand from Khon Kaen which is mixed with sand from Nakornrachasima is more coarse. Mixed sand had fineness modulus 1.7, 1.9, 2.0, 2.2 and 2.4. Concrete mixed designed for compressive strength 18 N/mm² and 28 N/mm² and used gravel from Ubolratchanee and Udonthaneer instead of stone. The result showed more compressive strength than designed. The concretes which has different fineness modulus from 2.0 have compressive strength, in maximum, 3.9 N/mm² or 10.13% even though mixed design are same.

บทนำ

ทรายที่ใช้ผสมคอนกรีตสำหรับโรงงานผลิตคอนกรีตผสมเสร็จ มักจะมาจากแหล่งใดแหล่งหนึ่ง ซึ่งก่อนใช้จะทดสอบคุณสมบัติต่างๆ ของทราย เพื่อใช้ในการออกแบบส่วนผสมคอนกรีต แต่ทรายอาจจะมีค่าโมดูลัสความละเอียดแตกต่างกันได้ เมื่อดูทรายที่ระดับต่างกัน และในทางปฏิบัติมักจะไม่ได้ทดสอบค่าโมดูลัสความละเอียดของทรายทุกครั้งที่มีทรายจากแหล่งนั้นมาส่ง เพราะจะทดสอบครั้งแรกครั้งเดียวดังกล่าวแล้ว ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องทราบค่าโมดูลัสความละเอียดของทราย ถ้าเปลี่ยนไปจะมีผลต่อกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตอย่างไร

กรรมวิธีในการวิจัย

การปรับค่าความละเอียดของทราย

เพื่อให้ใกล้เคียงกับการปฏิบัติงานการปรับค่าความละเอียดของทราย จึงใช้วิธีนำทรายหยาบและละเอียดมาผสมกัน ตามอัตราส่วนที่คำนวณไว้แล้วจะทำให้ได้ค่าโมดูลัสความละเอียดที่ต้องการ ผสมทรายตามสัดส่วนที่คำนวณไว้ แล้วทดสอบทรายผสม ซึ่งได้ค่าโมดูลัสความละเอียดใกล้เคียงที่ต้องการ ทรายหยาบใช้จากแหล่ง จ.นครราชสีมา (โคราช) ส่วนทรายละเอียดใช้จากแหล่ง จ.ขอนแก่น ซึ่งมีค่าโมดูลัสความละเอียดดังนี้

ทรายขอนแก่น				ทรายโคราช				
#	นน.ก้าง	%ก้าง	%ก้าง สะสม	#	นน.ก้าง	%ก้าง	%ก้าง สะสม	ASTM
4	3	0.6	0.6	4	29	6.04	6.04	0-5
8	5	1.0	1.6	8	55	11.5	17.50	0-20
16	9	1.8	3.4	16	79	16.5	33.96	15-50
30	85	17.0	20.4	30	127	26.5	60.42	40-75
50	319	63.8	84.2	50	130	27.1	87.50	70-90
100	68	13.6	97.8	100	46	9.6	97.08	90-98
200	8	1.6		200	0	0.0		
Pan	3	0.6		Pan	14	2.9		
รวม	500	100.0	208.0	รวม	480	100.0	302.49	
		F.M.=	2.08			F.M.=	3.03	

ค่าโมดูลัสความละเอียด 1.7 ได้จากการนำทรายขอนแก่น 60% ผสมกับทรายขอนแก่น เฉพาะที่ผ่านตะแกรง #50 อีก 40%

KK 60%(PASS #4) + KK 40%(PASS #50)				
#	นน.ค้ำ	%ค้ำ	%ค้ำ สะสม	ASTM
4	0.0	0.0	0.0	0-5
8	2.5	0.5	0.5	0-20
16	4.0	0.8	1.3	15-50
30	24.4	4.9	6.2	40-75
50	304.5	60.9	67.1	70-90
100	144.5	28.9	96.0	90-98
Pan	20.0	4.0		
รวม	500.0	100.0	171.1	
F.M.=			1.7	

ค่าโมดูลัสความละเอียด 1.8 ได้จากการนำทรายขอนแก่น 50% ผสมกับทรายโคราช 50%

KK 50% + KR 50%				
#	นน.ค้ำ	%ค้ำ	%ค้ำ สะสม	ASTM
4	1.75	0.3	0.27	0-5
8	2.0	0.3	0.58	0-20
16	3.25	0.5	1.08	15-50
30	42.5	6.5	7.62	40-75
50	484.0	74.5	82.08	70-90
100	104.5	16.1	98.15	90-98
Pan	12.0	1.8		
รวม	650.0	100.0	189.77	
F.M.=			1.9	

ค่าโมดูลัสความละเอียด 2.2 ได้จากการนำทรายขอนแก่น 10 ส่วน ผสมกับทรายโคราช 2 ส่วน

KK 10 + KR 2				
#	นพ.ต้ง	%ต้ง	%ต้ง	ASTM
			สะสม	
4	14.5	2.4	2.42	0-5
8	11.0	1.8	4.25	0-20
16	21.0	3.5	7.75	15-50
30	100.0	16.7	24.42	40-75
50	363.0	60.5	84.92	70-90
100	82.5	13.8	98.67	90-98
Pan	8.0	1.3		
รวม	600.0	100.0	222.42	
		F.M.=	2.2	

ค่าโมดูลัสความละเอียด 2.4 ได้จากการนำทรายขอนแก่น 10 ส่วน ผสมกับทรายโคราช 5 ส่วน

KK 10 + KR 5				
#	นพ.ต้ง	%ต้ง	%ต้ง	ASTM
			สะสม	
4	17.0	2.8	2.83	0-5
8	21.0	3.5	6.33	0-20
16	26.0	4.3	10.67	15-50
30	148.0	24.7	35.33	40-75
50	305.0	50.8	86.17	70-90
100	74.0	12.3	98.50	90-98
Pan	9.0	1.5		
รวม	600.0	100.0	239.83	
		F.M.=	2.4	

ค่าโมดูลัสความละเอียดของทราย 1 ค่า จะทดสอบกำลังอัดของคอนกรีตที่อายุ 3 วัน 7 วัน และ 28 วัน อย่างละ 3 ตัวอย่าง (ตัวอย่างทรงลูกบาศก์มาตรฐาน ขนาด 15x15x15 ซม.) รวม 9 ตัวอย่าง มีค่า F.M. 5 ค่า กำลังอัด 2 ค่า เหล็กกรวด 2 เหล่ง รวม 180 ตัวอย่าง

ออกแบบส่วนผสมคอนกรีต ตามวิธีของบริษัทผลิตภัณฑ์และวัตถุก่อสร้าง โดยใช้ค่า F.M. ทราย 2.0 ได้ส่วนผสมดังนี้

1. กำลังรับแรงอัด 18 N/mm² ใช้ปูนซีเมนต์ 260 กิโลกรัม ทราย 590 กิโลกรัม กรวด (ทั้งอุบลและอุดรใช้เท่ากัน) 1360 กิโลกรัม น้ำ 190 ลิตร นํ้ายา Pozzoloth 250 XRA 520 ลิตร สำหรับคอนกรีต 1 ม³
2. กำลังรับแรงอัด 28 N/mm² ใช้ปูนซีเมนต์ 345 กิโลกรัม ทราย 565 กิโลกรัม กรวด (ทั้งอุบลและอุดรใช้เท่ากัน) 1310 กิโลกรัม น้ำ 190 ลิตร นํ้ายา Pozzoloth 250 XRA 690 ลิตร สำหรับคอนกรีต 1 ม³

ผลการทดสอบ

กำลังรับแรงอัดของคอนกรีต เมื่อค่าโมดูลัสความละเอียด (F.M.) ของทรายเปลี่ยนไป โดยใช้ส่วนผสมเดิม มีดังนี้

Gravel from Ubolrachatanee : Strength 18 N/mm²

Mix#	A1	A2	A3	A4	A5
F.M.	1.70	1.90	2.00	2.20	2.40
#1 (3 Days)	14.62	14.72	14.23	16.98	15.21
% (F.M.=2.0)	102.75	103.44	100.00	119.30	106.89
#2 (7 Days)	19.92	18.25	20.00	23.45	19.83
% (F.M.=2.0)	98.61	91.27	100.00	117.25	99.16
#3 (28 Days)	23.65	24.53	21.88	30.72	26.00
% (F.M.=2.0)	108.09	112.11	100.00	140.38	118.85

Gravel from Ubolrachatanee : Strength 28 N/mm²

Mix#	A1	A2	A3	A4	A5
F.M.	1.70	1.90	2.00	2.20	2.40
#1 (3 Days)	24.14	24.44	26.30	25.32	25.32
% (F.M.=2.0)	91.79	92.91	100.00	96.27	96.27
#2 (7 Days)	28.06	30.52	30.81	30.62	28.56
% (F.M.=2.0)	91.06	99.05	100.00	99.36	92.68
#3 (28 Days)	35.40	35.70	38.50	38.40	34.60
% (F.M.=2.0)	91.95	92.73	100.00	99.74	89.87

Gravel from Udonntanee : Strength 18 N/mm²

Mix#	A1	A2	A3	A4	A5
F.M.	1.70	1.90	2.00	2.20	2.40
#1 (3 Days)	15.70	15.90	15.31	15.31	14.42
% (F.M.=2.0)	102.55	103.85	100.00	100.00	94.19
#2 (7 Days)	22.77	20.51	20.51	20.61	20.31
% (F.M.=2.0)	111.02	100.00	100.00	100.49	99.02
#3 (28 Days)	29.24	28.85	26.92	25.12	26.70
% (F.M.=2.0)	108.62	107.17	100.00	93.31	99.18

Gravel from Udonntanee : Strength 28 N/mm²

Mix#	A1	A2	A3	A4	A5
F.M.	1.70	1.90	2.00	2.20	2.40
#1 (3 Days)	29.24	26.60	30.03	31.20	30.91
% (F.M.=2.0)	97.33	88.56	100.00	103.92	102.93
#2 (7 Days)	34.05	32.68	35.33	37.88	36.60
% (F.M.=2.0)	96.39	92.50	100.00	107.22	103.59
#3 (28 Days)	44.55	43.37	44.46	43.28	47.69
% (F.M.=2.0)	100.21	97.56	100.00	108.60	107.28

สรุปและข้อเสนอแนะ

จากผลการทดสอบงานวิจัยนี้ สรุปได้ว่า ถึงค่าโมดูลัสความละเอียดของทรายจะเปลี่ยนไป แต่กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตยังอยู่ในเกณฑ์ที่นำไปใช้งานได้ ซึ่งอาจจะเป็นเพราะการออกแบบส่วนผสมคอนกรีต หลักการออกแบบยังทำให้คอนกรีตรับกำลังอัดได้เกินที่ต้องการไว้อย่างเพียงพอก็ได้

การวิจัยนี้ ใช้ทรายผสมตามสัดส่วนที่คำนวณไว้โดยให้สะดวกในการปฏิบัติ ซึ่งการจะร่อนทรายทั้งหมดที่จะใช้ แยกขนาดต่างๆ ไว้ แล้วผสมใหม่ตามที่คำนวณ ทรายที่ผสมจะมีค่าโมดูลัสความละเอียดตรงตามที่ต้องการเหมือนกันหมดทั้งกอง ถึงวิธีนี้จะไม่สะดวกและไม่ตรงกับการปฏิบัติ แต่จะทำให้เห็นแนวโน้มของผลการทดสอบได้ดียิ่งขึ้น อีกประการหนึ่งถ้าใช้ตัวอย่างจำนวนมากกว่า 3 ตัวอย่าง ต่อ 1 อายุ เช่น 10 หรือ 100 ก็จะทำให้ผลการทดสอบชัดเจนมากขึ้น แต่ทำไม่ได้เพราะมีปัญหาด้านงบประมาณและเวลา

คำขอบคุณ

คณะผู้วิจัย ขอขอบพระคุณ บริษัท ผลิตภัณฑ์และวัตถุก่อสร้าง จำกัด (CPAC) ที่ได้สนับสนุนด้านงบประมาณ กำลังคน เครื่องมือทดสอบ สำหรับงานวิจัยนี้ ไว้ ณ ที่นี้

เอกสารอ้างอิง

1. ชยาทิพย์ วัฒนวิทย์กิจ, "วัสดุก่อสร้าง", คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น, 2529
2. ชัชวาลย์ เศรษฐบุตร, "คอนกรีตเทคโนโลยี", บริษัท ผลิตภัณฑ์และวัตถุก่อสร้าง จำกัด, กรุงเทพมหานคร, 2536
3. นิพนธ์ สุวรรณสุขโรจน์, "คอนกรีตวิทยา", คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น, 2537
4. ปริญญา จินดาประเสริฐ, "ปูนซีเมนต์และคอนกรีต", คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น, 2529
5. วินิต ช่อวิเชียร, "คอนกรีตเทคโนโลยี", คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพมหานคร, 2529