

# 부순모래의 조립률 및 치환률에 따른 콘크리트의 기초 특성

## Fundamental Characteristics of Concrete According to Fineness Modulus and Replacement Ratio of Crushed Sand

윤용호<sup>1</sup> · 최종오<sup>2</sup> · 이동규<sup>3</sup> · 정용욱<sup>4\*</sup>

Yong-Ho Yun<sup>1</sup> · Jong-Oh Choi<sup>2</sup> · Dong-Gyu Lee<sup>3</sup> · Yong-Wook Jung<sup>4\*</sup>

(Received September 18, 2015 / Revised September 24, 2015 / Accepted September 25, 2015)

The paper evaluates the effect of the physical property, fineness modulus (FM) and replacement ratio of crushed sand on the characteristics of concrete. This is intended to use crushed sand from Daegu-Kyungbuk region as the fine aggregate of concrete. The experimental result indicates that the replacement ratio of crushed sand needs to be less than 50% to satisfy the mixed gradation of both natural and crushed sand when their FMs are 2.0 and 3.2, respectively. The slump of concrete with crushed sand increased as the replacement ratio of crushed sand increased, while the workability of concrete with the replacement ratio of more than 75% was significantly reduced. The air content and bleeding rate of concrete was reduced as the replacement ratio increased. Furthermore, due to the enhancement of the concrete adhesive regardless of the FM of crushed sand, compressive strength of concrete tended to improve as the replacement ratio increased.

**키워드** : 부순모래, 물성, 조립률, 입형

**Keywords** : Crushed sand, Physical properties, Fineness modulus, Particle shape

### 1. 서론

콘크리트는 시멘트와 골재로 구성된 복합재료로 구성 재료의 70% 이상이 골재가 차지하고 있다. 따라서 콘크리트에서 골재는 경화전후 콘크리트의 특성에 매우 큰 영향을 미친다. 그럼에도 불구하고 양질의 골재가 풍부했던 관계로 콘크리트의 특성에 미치는 골재의 영향에 대해서는 거의 간과하다시피 하였다. 그러나 콘크리트용 골재 중 굵은골재를 전량 부순자갈을 사용하면서 골재의 품질에 대해서 관심을 가지기 시작하였으며, 특히 최근 천연잔골재 자원의 고갈과 잔골재의 품질악화로 대체 잔골재로서 부순모래의 사용이 증가되면서 이에 대한 연구가 증가하고 있는 추세이다 (Kim et al. 1999; Han & Kang 2015).

현재 콘크리트용 골재 중 굵은골재는 전량 부순자갈을 사용하

고 있으며, 잔골재는 천연모래와 일부 혼합하여 사용하고 있는 실정이다. 그러나 국내의 잔골재 부족 현상은 이미 심각한 상황에 직면해 있으며, 향후의 안정적인 잔골재 수급 전망도 불투명한 상태이다(Kim 1997). 특히 대구 인근지역 천연잔골재의 품질은 낙동강 하류지역에서 채취되고 있어 조립률이 낮고 입도분포가 불량하여 콘크리트의 품질에 악영향을 미치고 있다. 천연 잔골재의 조립률이 낮고 입도 분포가 불량한 잔골재를 콘크리트에 사용할 경우 단위수량 및 단위 시멘트량 증가의 원인이 되고 있다. 이로 인한 콘크리트의 건조수축량 증가는 콘크리트의 균열증가와 내구성 저하를 일으켜 콘크리트 구조물 하자발생의 주요 원인이 되기도 한다(Koh et al. 2007; Koh et al. 2006).

이와 같이 최근 강모래는 품질문제뿐만 아니라 현실적으로 양질의 천연모래를 안정적으로 입수하기는 불가능한 상황이다. 또한

\* Corresponding author E-mail: [jyw@kmu.ac.kr](mailto:jyw@kmu.ac.kr)

<sup>1</sup>(주)태양레미콘 상무 (Taeyang Remicon co., Ltd, Daegu, 711-820, Korea)

<sup>2</sup>계명대학교 토목공학과 박사과정 (Department of Civil Engineering, Keimyung University, Daegu, 704-701, Korea)

<sup>3</sup>충청대학교 공학기술연구원 선임연구원 (CRIET, Chungcheong University, Cheongju, 704-701, Korea)

<sup>4</sup>계명대학교 첨단건설재료실험센터 조교수 (COMTEC, Keimyung University, Daegu, 704-701, Korea)

바닷모래의 콘크리트용 잔골재로의 사용은 환경문제와 염분함유에 따른 철근 부식 문제로 염분 세척에 소요되는 시설투자 등 사용 상 많은 어려움이 따르고 있다(Youn & Bae 1993). 따라서 부존자원이 풍부하고, 잔골재의 품질을 일정하게 유지할 수 있는 부순모래의 사용은 증가할 수밖에 없다. 반면, 생산되는 부순모래는 산지별 입형, 조립률, 입도 분포 및 미립분의 함량 등이 서로 달라 이들 물성들이 콘크리트의 워커빌리티, 강도, 내구성 등에 미치는 영향에 대한 검증이 필요하다(Baek et al. 2005).

따라서 본 연구에서는 대경권 지역에서 생산되는 7개사의 부순모래를 수집하여 기본 물성 측정 및 부순모래 입형의 정량화 방법을 제시하였으며, 이 중 조립률이 상이한 3종류의 부순모래를 사용하여 조립률과 치환률 변화가 콘크리트의 특성에 미치는 영향을 검토함으로써 부순모래를 콘크리트용 잔골재로 활용하기 위한 실무응용의 자료를 제시하고자 한다.

## 2. 사용재료

실험에 사용한 시멘트는 분말도 3,304cm<sup>2</sup>/g, 밀도 3.15g/cm<sup>3</sup>인 H사의 보통포틀랜드 시멘트로 물리·화학적 특성은 Table 1과 같다.

Table 1. Chemical composition and physical properties of cement

Fineness (cm <sup>2</sup> /g)	Density (g/cm <sup>3</sup> )	Ig.loss (%)	Chemical composition (wt,%)				
			SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO
3,304	3.15	0.9	22.86	5.54	3.38	64.09	2.68

Table 2. Physical properties of aggregate

Classification	Fineness modulus	Density (g/cm <sup>3</sup> )	Absorption ratio (%)	Unit volume weight (kg/m <sup>3</sup> )	Amount of finer than 0.08 mm sieve (%)	Ratio of absolute volume (%)	Solid volume percentage for shape determination (%)	Organic impurities	Soundness (%)	
KS Standard value	2.3~3.1	2.5 or more	Not more than 3%	-	Not more than 7%	-	53% or more	Standard color comparison	Not more than 10%	
Natural sand (NS)	2.21	2.59	1.09	1,608	1.7	62.1	59.5	Tenderness	3.7	
Crushed sand	CS-A	3.23	2.64	1.30	1,730	3.3	65.5	56.4	Tenderness	3.7
	CS-B	3.52	2.64	1.33	1,691	4.1	64.0	54.5	Tenderness	3.6
	CS-C	3.71	2.59	1.31	1,610	3.1	62.2	57.2	Tenderness	3.9
	CS-D	3.64	2.62	1.43	1,659	4.4	63.3	52.3	Tenderness	3.7
	CS-E	3.62	2.65	1.32	1,692	3.7	63.8	55.0	Tenderness	3.4
	CS-F	3.55	2.64	1.35	1,688	3.2	63.9	58.0	Tenderness	3.6
	CS-G	3.26	2.57	1.32	1,620	4.5	63.0	57.8	Tenderness	3.8
Average	3.50	2.62	1.34	1,670	3.76	63.7	55.9	-	3.7	

굵은골재는 밀도 2.63g/cm<sup>3</sup>, 조립률 6.78인 경북 성주산 부순자갈을 사용하였으며, 잔골재는 대구인근의 낙동강에서 생산되는 조립률 2.21의 천연 잔골재와 대경권에서 생산되는 부순모래 중 7개 생산업체에서 채취한 부순모래를 사용하였다. 부순모래의 품질평가를 위하여 KS F 2527 「콘크리트용 부순 골재」에 규정되어 있는 조립률, 밀도, 흡수율, 단위용적중량, 0.08mm체 통과량, 실적률, 입자모양판정실적률, 유기불순물, 안정성 등의 물성시험을 실시하였다. Table 2에 부순모래의 각 항목별 시험결과를 KS 기준 값과 비교하여 나타내었다.

또한, 생산업체별 7종의 부순모래에 대해서는 구형율, 세장율, 방형율, 편평율 등을 측정하여 골재의 형상을 판정하였다(Jung et al. 2005; Lee & Han 1997).

## 3. 실험계획 및 방법

### 3.1 실험계획

본 연구는 부순모래의 조립률과 치환률이 콘크리트의 특성에 미치는 영향을 검토한 것으로 Table 2의 부순모래 물성시험값을 바탕으로 조립률이 약 3.2, 3.5 및 3.7인 CS-A, CS-B 및 CS-C 3종류의 부순모래를 천연잔골재(NS)에 0%, 25%, 50%, 75%, 100% 치환하여 부순모래의 조립률과 치환률이 콘크리트의 특성에 미치는 영향을 평가하였다.

Table 3은 실험계획을 나타낸 것으로 콘크리트 배합은 물-시멘트비(W/C) 50%, 잔골재율(S/a) 48%로 하여 부순모래 조립률과 치환률에 따른 굳지 않은 콘크리트의 특성으로 슬럼프, 공기량,

Table 3. Experimental plan

Mixing conditions				Testing item
$G_{max}$ (mm)	W/C (%)	S/a (%)	Replacement ratio of CS (NS×%)	
25	50	48	0	- Fresh concrete
			25	· Slump
			50	· Air content
			75	· Bleeding
			100	- Hardened concrete · Compressive strength

블리딩을 측정하였으며, 경화 콘크리트의 특성으로는 재령 28일 압축강도를 측정하였다.

콘크리트 배합은 60 L 강제식 믹서를 사용하여 시멘트, 잔골재와 함께 60초간 건비빔을 한 다음 1차수를 투입하고 90초간 믹싱을 한 후 2차수와 혼화제 및 굵은 골재를 투입하여 150초간 믹싱하여 배출하였다.

### 3.2 실험방법

#### 3.2.1 부순모래의 물리적 특성

실험에 사용된 천연모래와 부순모래 7종에 대한 입도, 밀도, 흡수율, 실적률, 안정성 등의 물리적 특성은 한국산업규격(KS)에 규정된 각 시험방법에 준하여 실시하였다.

#### 3.2.2 부순모래의 형상

부순모래의 입형은 각 부순모래 입자를 채취하여 1개의 골재 형상에 대해서 Table 4와 같이 제일 긴 쪽의 직경 a, 측면의 높이인 제일 짧은 직경 c와 a에 직교하는 중간경 b를 측정하였다. 각각 측정된 a, b, c에 대하여 구형율, 세장율, 방형율, 편평율을 구하여 형상계수를 표시하였다.

Table 4. Shape of crushed sand

Shape factor	Calculated equation	Remark
Spherical rate	$\varphi = \sqrt[3]{bc/a^2}$	a: Major axis b: Medium axis c: Minor axis
Slenderness rate	$e = a/c$	
Cubical rate	$s = a/b$	
Flattening rate	$f = ab/c$	

#### 3.2.3 슬럼프

굳지 않은 콘크리트의 슬럼프 시험은 워커빌리티(Workability)에 영향을 미치는 반죽질기를 측정하는 것으로 KS F 2402 「콘크리트의 슬럼프 시험 방법」에 준하여 실시하였다.

#### 3.2.4 공기량

본 연구에서 공기량은 천연 잔골재 사용을 기준으로  $4.5 \pm 1.5\%$ 로 하였으며, 굳지 않은 콘크리트의 공기량 측정은 KS F 2421 「압력법에 의한 굳지 않은 콘크리트의 공기량 시험방법」에 준하여 실시하였다.

#### 3.2.5 블리딩

굳지 않은 콘크리트의 블리딩 시험은 KS F 2414 「콘크리트의 블리딩 시험 방법」에 준하여 블리딩이 정지할 때까지 매 30분 간격으로 측정하였으며, 빨아낸 물은 메스실린더로 옮긴 후 고인물의 누계를 1 mL까지 기록하여 다음 식을 이용하여 블리딩률을 계산하였다.

$$B_r = \frac{B}{W_s} (\%) \tag{1}$$

여기에서,  $B_r$ : 블리딩률(%),  $B$ : 최종까지 누계한 블리딩에 따른 물의 질량,  $W_s$ : 시료 중의 물의 질량(kg)

#### 3.2.6 압축강도

콘크리트의 압축강도는  $\phi 100 \times 200$ mm 공시체를 제작하여 재령 28일 강도를 측정하였다. 강도 측정은 첨단건설재료시험센터의 KREONET망으로 연결된 Shimadzu사의 5MN 압축시험기를 사용하였으며, 콘크리트 압축강도 측정은 KS F 2405 「콘크리트의 압축강도 시험」에 준하여  $0.6 \pm 0.4$ MPa(=N/mm<sup>2</sup>)의 재하속도로 측정하였다.

### 4. 실험결과 및 고찰

#### 4.1 부순모래의 물리적 특성

KS F 2527 「콘크리트용 부순 골재」에 준하여 대경관에서 생산되는 7개 생산업체의 부순모래의 품질평가 결과, 밀도, 흡수율, 0.08mm체 통과량, 입형판정실적률, 유기불순물 및 안정성은 모두 KS 규정값을 만족하는 것으로 나타났다. 그러나 조립률은 3.23~3.71로 생산업체별 차이가 있었으며, 평균조립률 3.50으로 잔골재 조립률 기준값 2.3~3.1보다 높은 값을 나타내었다. 이것은 일반적으로 부순모래는 천연잔골재와 혼합하여 사용하고 있고, 대경권 지역특성상 낙동강 하류지역에 위치하고 있어 비교적 천연잔골재의 조립률이 2.0정도의 세사가 많으므로 혼합사용시 조립률 기준

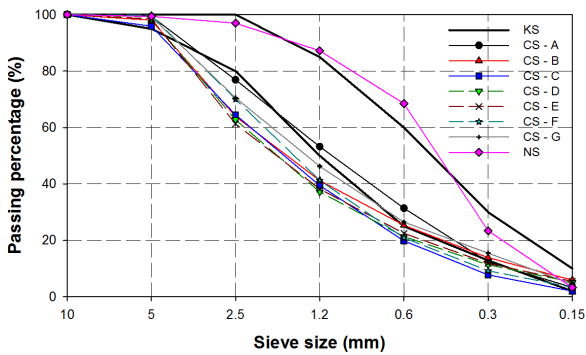
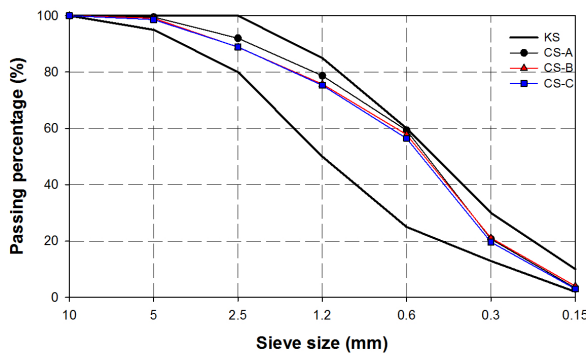
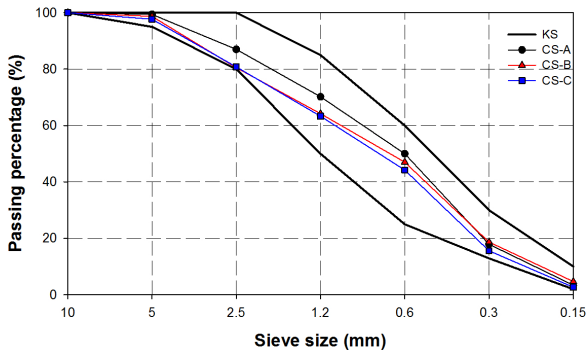


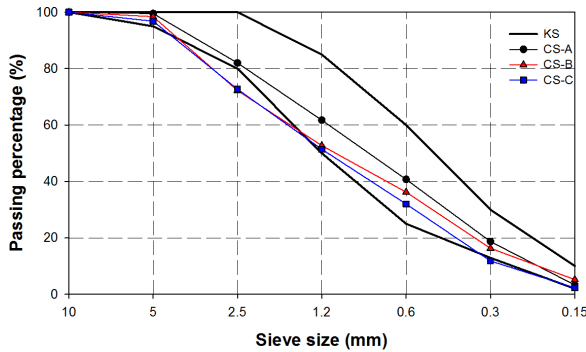
Fig. 1. Grading curve of the aggregate



(a) 25% crushed sand mixing



(b) 50% crushed sand mixing



(c) 75% crushed sand mixing

Fig. 2. Grading curve of the mixing aggregate

값을 만족시키기 위한 것으로 판단된다(Park et al, 2007).

Fig. 1은 조립률 2.21인 천연잔골재(NS)와 평균조립률 3.50인 부순모래 7종의 입도분포를 나타낸 것으로 천연잔골재는 2.21로서 KS 규정치 보다 작아 입도 범위를 벗어나고 있고, 부순모래는 조립률의 평균이 3.50으로서 KS 규정치 보다 크게 되어 입도 범위를 벗어나고 있는 것으로 나타났다.

천연잔골재(NS)에 부순모래 CS-A, CS-B 및 CS-C를 25%, 50%, 75%로 각각 치환 후 입도분포 측정결과를 Fig. 2 나타내었다.

Fig. 2에서 천연잔골재와 부순모래의 합성입도분포는 부순모래 치환률 25%와 50%에서는 KS 규정입도 범위를 만족하고 있으나, 부순모래 치환률 75%에서는 조립률 3.2인 CS-A를 제외하고 모두 규정 입도분포를 벗어나고 있다. 따라서 잔골재로 부순모래 혼합 사용시에는 천연잔골재의 조립률을 고려한 부순모래 및 치환률을 선정할 필요가 있다. 또한 향후 천연잔골재를 대체하여 전량 부순모래를 사용할 경우에는 입도분포를 고려한 부순모래 생산이 필요하다.

#### 4.2 부순모래의 입형

KS F 2527 「콘크리트용 부순 골재」에는 부순골재의 형상으로 입자모양판정실적률의 기준값으로 부순 굵은골재 55% 이상, 부순 잔골재 53% 이상으로 규정하고 있다. 본 연구에 사용된 부순모래 7종 중 입자모양판정실적률은 CS-D 52.3%를 제외하고는 기준값을 모두 만족하고 있다. 그러나 부순모래는 원석을 파쇄하여 생산하고 있어 입형이 모난 것이 많으며(Kim et al, 2005), 이를 정량화하기 위하여 본 연구에서는 각 부순모래의 구형율, 세장율, 방형율, 편평율을 구하였으며, 그 결과를 Table 5에 나타내었다.

Table 5에서 CS-B와 CS-D의 구형율은 각각 0.71과 0.67로 원반상으로 분류되었으나, 나머지는 모두 구형율 0.72이상으로 구상으로 분류되었다. 원반상으로 분류된 부순모래의 입자모양판정실적률은 CS-B 54.5%, CS-D 52.3%로 비교적 입자모양판정실적률

Table 5. Shape of crushed sand

Classification	Spherical rate	Slenderness rate	Cubical rate	Flattening rate	c/b	Shape
CS-A	0.72	1.92	1.41	11.14	0.73	Circular
CS-B	0.71	2.09	1.32	13.13	0.63	Disk
CS-C	0.76	1.72	1.31	10.09	0.76	Circular
CS-D	0.67	2.39	1.39	15.54	0.58	Disk
CS-E	0.81	1.57	1.17	9.17	0.75	Circular
CS-F	0.76	1.82	1.24	10.89	0.68	Circular
CS-G	0.78	1.67	1.25	10.02	0.75	Circular

이 낮은 것을 알 수 있다. 따라서 부순모래의 입형계수가 높고 구형에 가까울수록 입자모양판정실적률이 높아 상관성이 있는 것을 알 수 있다. 그러나 CS-B의 경우 입자모양판정실적률은 KS 기준값 53%이상을 만족하고 있지만, 정량화한 골재의 형상에서는 원반상으로 분류되고 있어 부순모래 사용시 입자모양판정실적률이 기준값보다 높은 것을 사용하는 것이 콘크리트의 유동성 개선 등에 유리할 것으로 판단된다.

### 4.3 부순모래를 사용한 콘크리트의 특성

본 연구는 부순모래의 조립률과 치환률이 콘크리트의 특성에 미치는 영향을 검토한 것으로 부순모래 물성시험 값을 바탕으로 조립률이 약 3.2, 3.5 및 3.7인 CS-A, CS-B 및 CS-C 3종류의 부순모래를 천연잔골재(NS)에 0%, 25%, 50%, 75%, 100% 치환한 콘크리트의 슬럼프, 공기량, 블리딩 및 압축강도 등을 측정함으로써 부순모래의 조립률과 치환률이 콘크리트의 특성에 미치는 영향을 평가하였다.

Table 6에 천연잔골재(NS)와 조립률이 상이한 부순모래 3종에 대한 치환률별 굳지 않은 콘크리트 및 압축강도 특성을 나타내었다.

#### 4.3.1 슬럼프

Table 5를 바탕으로 부순모래 치환률에 따른 슬럼프 특성을 Fig. 3에 나타내었다.

Table 6. Properties of concrete according to crushed sand replacement ratio

Classification	Replacement ratio of CS (NS×%)	Fresh concrete			Compressive strength 28days (MPa)
		Slump (mm)	Air (%)	Slump shape	
NS	0	155	4.4	Good	32.0
CS-A	25	180	4.2	Good	36.7
	50	180	2.9	Good	38.1
	75	200	2.7	Breakdown	39.6
	100	200	2.5	Breakdown	38.3
CS-B	25	170	4.0	Good	36.4
	50	175	3.0	Good	37.7
	75	195	2.9	Breakdown	39.4
	100	165	2.6	Breakdown	38.9
CS-C	25	175	4.3	Good	36.5
	50	180	3.9	Good	37.8
	75	200	2.4	Breakdown	39.5
	100	185	2.2	Breakdown	39.1

Fig. 3에서 부순모래를 치환하지 않고 천연잔골재(NS)만을 사용한 경우 슬럼프는 155mm로 나타났으며, 부순모래의 조립률에 관계없이 부순모래 치환률이 증가할수록 슬럼프도 증가하는 경향을 나타내었다. 그러나 슬럼프 형상은 부순모래 치환률 50%까지는 양호하게 나타났으나, 부순모래 치환률 75% 이상에서는 Fig. 4와 같이 슬럼프 형상이 붕괴되어 슬럼프 시험으로서 값은 큰 의미가 없는 것으로 판단된다. 이러한 원인은 조립률이 평균 3.5로 큰 부순모래를 조립률이 2.2로 작은 천연 잔골재와 다량 혼합할 경우 평균 조립률이 증가되어 워커빌리티가 불량함에 기인된 것으로 판단된다. 특히 CS-D의 경우는 부순모래 치환률 50%에서도 부순모래의 입형 불량에 기인된 슬럼프 형상이 붕괴되는 재료분리현상이 나타났다. 따라서 부순모래를 혼합하여 잔골재로 이용시에도 적절한 입도 분포와 입형이 확보되어야 잔골재 전체의 입도 및 입형이 개선되어 목표로 하는 콘크리트의 유동성을 확보할 수 있을 것으로 판단된다.

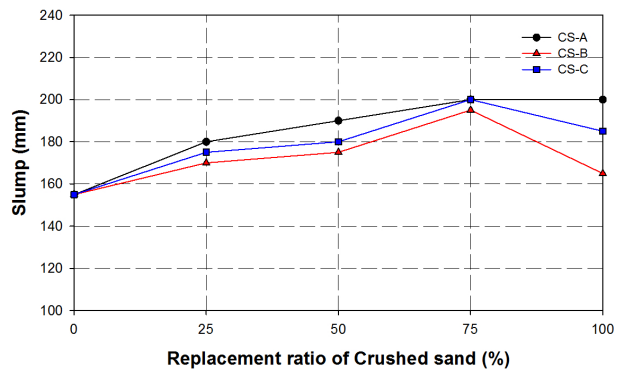


Fig. 3. Slump of concrete according to crushed sand replacement ratio



Fig. 4. Slump shape

### 4.3.2 공기량

Fig. 5는 부순모래의 종류 및 치환률에 따른 공기량 변화를 나타낸 것으로 부순모래 치환률이 증가할수록 공기량은 감소하는 것으로 나타났다. 이와 같은 공기량 감소는 부순모래에 포함된 미립분에 의하여 콘크리트 내부의 공극이 채워짐에 따른 것으로 판단된다.

### 4.3.3 블리딩

Fig. 6에 부순모래 종류별 치환률 50%와 100%에 대한 블리딩

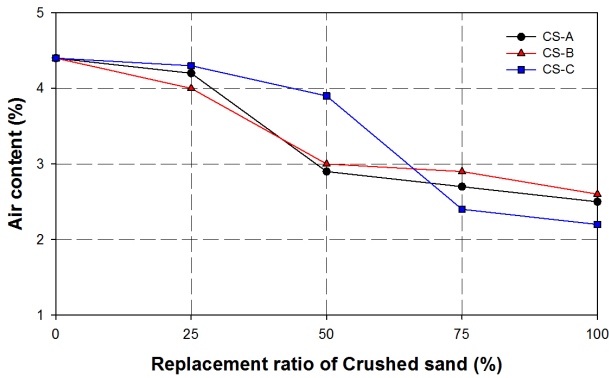
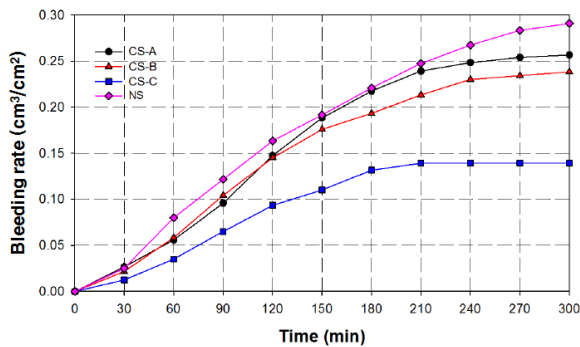
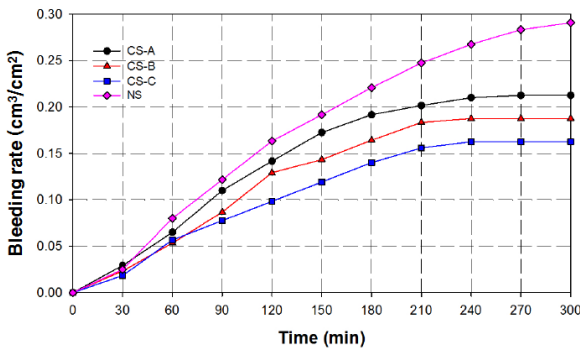


Fig. 5. Air content according to crushed sand replacement ratio



(a) Bleeding rate(CS 50%)



(b) Bleeding rate(CS 100%)

Fig. 6. Bleeding rate according to crushed sand replacement ratio

를 나타내었다. Fig. 6에서 부순모래의 조립률이 클수록, 부순모래 치환률이 증가할수록 블리딩률이 감소하는 경향을 나타내었다. 이와 같은 현상 또한 부순모래에 포함된 잔입자량이 많아짐에 따라 수분의 흡착속도가 빨라지고, 입형이 거침에 따라 골재입자 하부에 수막이 형성됨으로서 콘크리트 표면에 떠오르는 블리딩량이 상대적으로 감소하였기 때문인 것으로 판단된다.

일반적으로 블리딩량이 적을수록 콘크리트의 재료분리나 건조수축 등의 물성에는 좋은 영향을 미치나, 너무 적으면 오히려 응결시간이 빨라짐에 따라 다짐 및 표면 마감 처리 등의 작업에 영향을 주어 상대습도가 낮고 바람이 부는 경우는 소성균열 발생 가능성이 높다(Yoo et al, 2005). 따라서 유동성 및 작업성을 확보하고 소성균열을 예방하기 위해서는 잔입자의 함유량 변화에 따른 적정 배합설계가 필요하다.

### 4.3.4 압축강도

Fig. 7에 부순모래 종류별 치환률에 따른 콘크리트의 재령 28일 압축강도 특성을 나타내었다.

Fig. 7에서 부순모래의 조립률에 관계없이 치환률이 증가할수록 콘크리트의 압축강도는 증가하는 경향을 나타내고 있다. 이러한 원인은 부순모래 입형의 영향으로 입형이 나뭉수록 유동성은 떨어지나, 시멘트 페이스트와 골재간의 부착력 증가에 따른 영향으로 판단된다(Kim & Lee 1995).

## 5. 결론

본 연구는 대경권 지역에서 생산되는 부순모래를 콘크리트용 잔골재로 활용하기 위하여 물리적 특성과 조립률 및 치환률이 콘크리트의 특성에 미치는 영향을 검토한 것으로 연구의 결론은 다

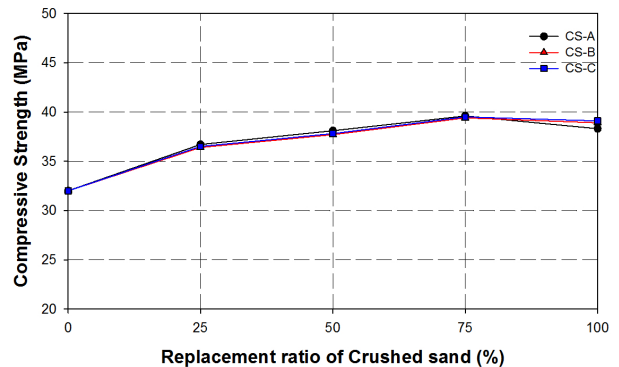


Fig. 7. Compressive strength according to crushed sand replacement ratio

음과 같다.

1. 천연잔골재의 조립률이 2.0 정도이고, 부순모래 조립률이 3.2 이상인 경우 합성입도는 부순모래 치환률 50%까지는 KS 규정 입도 범위를 만족하였으나, 치환률 75%이상에서는 규정 입도 분포를 벗어나, 잔골재로 부순모래를 혼합 사용시에는 천연잔골재의 조립률을 고려한 부순모래 및 치환률 선정이 필요하다.
2. 부순모래의 형상 정량화를 위한 입형계수는 입자모양판정실적률과의 상관성이 있으며, 부순모래 사용시 콘크리트의 유동성 등을 위해서는 입자모양판정실적률이 기준 값보다 높은 것을 사용하는 것이 좋을 것으로 판단된다.
3. 부순모래를 사용한 콘크리트의 슬럼프는 부순모래의 조립률에 관계없이 부순모래 치환률이 증가할수록 슬럼프도 증가하는 경향을 나타내었다. 그러나 슬럼프 형상은 부순모래 치환률 50%까지는 양호하게 나타났으나, 부순모래 치환률 75%이상에서는 슬럼프 형상 붕괴 등이 나타나, 부순모래 사용량을 증가시키기 위해서는 조립률을 감소시켜야 할 것으로 판단된다.
4. 부순모래를 사용한 콘크리트의 공기량은 부순모래에 포함된 미립분의 영향으로 부순모래 치환률이 증가할수록 감소하는 것으로 나타났다.
5. 부순모래를 사용한 콘크리트의 블리딩은 부순모래의 조립률이 크고, 치환률이 증가할수록 부순모래의 수분흡착속도의 증가와 부순모래 하부 수막 형성으로 콘크리트 표면에 떠오르는 블리딩률은 감소하는 것으로 나타났다.
6. 부순모래를 사용한 콘크리트의 압축강도는 부순모래 조립률에 관계없이 시멘트페이스트와 골재간의 부착력 증진에 기인하여 치환률이 증가할수록 증가하는 경향을 나타내었다.

## References

Baek, C.W., Park, C.B., Kim, J.S., Ruy, D.H. (2005). Properties of Quality & Mortar Application of Crushed Sand According to the Producing Type, *Journal of Korea Concrete Institute*, **2005(11)**, 443-446 [in Korean].

Han, M.C., Kang, B.H. (2015). Effect of the Replacement of Recycled Coarse Aggregates Under 13mm on Engineering Properties of the Concrete, *Journal of the Korean Recycled Construction Resources Institute*, **3(1)**, 43-49 [in Korean].

Jung, Y.W., Lee, S.H., Yun, Y.H. (2005). The Influence of

Fineness Modulus of Fine Aggregate and Grain Shape of Coarse Aggregate on the Properties of High Flowing Concrete, *Journal of Korea Concrete Institute*, **17(5)**, 785-792 [in Korean].

Kim, B.H. (1997). Production and Quality of Crushed Stone and Manufactured Sand for Concrete, *Journal of Korea Concrete Institute*, **9(2)**, 4-12 [in Korean].

Kim, J.I., Choi, Y.W., Park, J.H. (1999). An Experimental Study on the Properties of Concrete with Replacement Ratio of Crushed Sand, *The Journal of Science and Technology*, **5(5)**, 239-249 [in Korean].

Kim, J.K., Lee, C.S. (1995). A Study on the Fracture Characteristics of Crushed Sand Concrete and River Sand Concrete, *Journal of Korea Concrete Institute*, **7(4)**, 129-136 [in Korean].

Kim, K.H., Yoo, S.Y., Jin, S.H., Yoon, G.W., Han, C.G. (2005). The Quality Properties of Crushed Sand Concrete with Solid Volume Percentage for Grain Shape, *The Regional Association of Architectural Institute of Korea*, **1(1)**, 631-634 [in Korean].

Koh, K.T., Ryu, G.S., Lee, J.H. (2006). Effect of the Grain Shape of Crushed Sand on Concrete Qualities, *Journal of Korean Society of Civil Engineers*, **26(1)**, 229-236 [in Korean].

Koh, K.T., Ryu, G.S., Park, J.J., Lee, J.H. (2007). Effect of the Fine Particles of Crushed Sand on Concrete Qualities, *Journal of Korean Society of Civil Engineers*, **27(1)**, 99-105 [in Korean].

Lee, S.H., Han, H.S. (1997). A Study on the Influence of the Mobility Properties of Mortar on Surface Shape of Crushed Sand, *Bulletin of the Institute for Industrial Science*, **20**, 443-449 [in Korean].

Park, C.B., Lee, M.H., Ryu, D.H. (2007). Influence of Qualities of Crushed Sand on Properties of Concrete Using Mixed Fine Aggregate, *Journal of the Architectural Institute of Korea Structure & Construction*, **23(8)**, 115-122 [in Korean].

Yoo, S.Y., Jeong, G.W., Joo, E.H., Yoon, G.W., Han, C.G. (2005). A Study on Physical and Particle Properties of Crushed Sand in Korea, *The Regional Association of Architectural Institute of Korea*, **1(1)**, 501-504 [in Korean].

Youn, S.D., Bae, S.H. (1993). Characteristics of Mortar and Concrete Using Pit Sand and Sea Sand, *Journal of Korea Concrete Institute*, **5(3)**, 107-115 [in Korean].

#### 부순모래의 조립률 및 치환률에 따른 콘크리트의 기초 특성

본 연구는 대경권 지역에서 생산되는 부순모래를 콘크리트용 잔골재로 활용하기 위하여 물리적 특성 및 부순모래의 조립률과 치환률이 콘크리트의 특성에 미치는 영향을 검토하였다. 실험결과 천연사의 조립률이 2.0정도이고, 부순모래 조립률이 3.2이상 인 경우 천연사와 부순모래의 합성입도를 만족시키기 위한 부순모래의 치환률은 50% 이하가 적당한 것으로 나타났다. 부순모래를 사용한 콘크리트는 부순모래의 치환률이 증가할수록 슬럼프는 증가하는 것으로 나타났으나, 부순모래의 치환률 75% 이상에서는 현저한 워커빌리티 저하현상을 나타내었다. 또한 부순모래를 사용한 콘크리트의 공기량 및 블리딩은 부순모래 치환률이 증가할수록 감소하였으며, 콘크리트 압축강도는 부순모래 조립률에 관계없이 시멘트페이스트와 골재간의 부착력 증진에 기인하여 치환률이 증가할수록 증가하는 경향을 나타내었다.