

잔골재 종류가 콘크리트 물성에 미치는 영향

Influence of the Type of Fine Aggregate on Concrete Properties

박정준* 류금성* 김기훈** 이건철*** 고경택**** 한천구*****

Park, Jung Jun Ryu, Gum Sung Kim, ki hoon Lee, Gun Chul Koh, Kyung Taek Han, Chun Goo

ABSTRACT

This study examined the effects of comparatively widely used fine aggregates in the domestic construction fields on the quality of concrete through the analysis of the effects of such fine aggregates on the physical properties of fresh concrete and strength of hardened concrete. Results revealed that crushed sand degrades the fluidity and air entraining of concrete compared to natural aggregates like sea sand and river sand. Especially, the use of crushed sand exhibiting low grain shape and grade was seen to have larger adverse effect on the physical properties of concrete.

1. 서론

최근 잔골재 부족 현상은 이미 심각한 상황에 직면하였으며 향후의 수급전망도 불투명하다. 특히, 강모래의 경우, 1990년대 들면서 부존량 감소와 건설수요 증가로 양질의 모래가 고갈되어 품질이 점차 악화되고 있다. 한편, 강모래의 대체골재로 사용해오던 바닷모래도 환경보호의식 강화 및 민원증대로 수급자체가 어려워지고 있는 실정이다. 따라서 잔골재의 대체를 바닷모래에만 지나치게 의존하는 공급원 편중을 조정하여 바닷모래를 대체할 수 있는 골재원 발굴이 시급하다. 이에 최근 암석을 부수어 제조된 부순모래를 사용하는 경우가 늘고 있으며, 현재 전체 잔골재 사용량의 약 20%에 이르고 향후에도 부순모래 사용량은 계속 증가할 것으로 판단된다¹⁾. 이처럼 국내에는 다양한 잔골재가 콘크리트를 제조하는 경우에 사용되고 있으나, 이들 잔골재가 콘크리트에 미치는 영향에 대해 체계적으로 검토한 연구가 거의 없다. 따라서 본 연구에서는 최근 국내 건설현장에서 사용되고 있는 잔골재가 콘크리트의 품질에 미치는 영향을 검토할 목적으로 잔골재 종류가 콘크리트의 물성에 미치는 영향을 분석하였다.

2. 실험개요

2.1 실험계획

잔골재 종류가 콘크리트의 물성에 미치는 영향을 분석하기 위하여 Table 1에 실험계획을 나타내었다. 먼저 물-시멘트비(W/C)를 45%로 고정하고 KS 2527 규격을 만족한 부순모래(P)를 사용하여 콘크리트를 목표 슬럼프 150±20 mm, 목표 공기량 4.5±1%를 만족하도록 배합설계 한다. 이후 잔골재만을 바닷모래(S), 강모래(R), 강모래 미사(Rs), 입도가 큰 부순모래(FM), 입형이 불량한 부순모래(GS), FM와 Rs가 혼합하여 P 수준의 입도로 만든 혼합사(FR), GS와S를 혼합하여 P의 수준으로 입형을 조절 한 혼합사(GR)를 대체하였다. 이렇게 7수준으로 변화시킨 잔골재에 대해 굳지 않은 콘크리트에 미치는 영향과 강도, 내구성 평가를 하였으며 실험에 따른 KS규격에 준하여 공시체 제작 및 측정을 하였다. 실험에 사용된 배합표는 Table 2와 같다.

* 정회원, 한국건설기술연구원 구조연구부 연구원
** 정회원, 청주대학교 건축공학과 대학원 석사과정
*** 정회원, 청주대학교 산업과학연구소 선임연구원
**** 정회원, 한국건설기술연구원 구조연구부 선임연구원
***** 정회원, 청주대학교 건축공학과 교수

Table 1 Properties of aggregate

Items		content
Mixture	Type of Fine aggregate	Ordinary crushed sand (P), River sand(R), River sand with fined particle(Rs), Sea sand(S), Crushed sand with bad grain shape(GS), Crushed sand with large grading distribution(FM), FM+Rs(FR), Gs+S(GR)
Experimental	Fresh concrete	Slump, Air content, setting time, bleeding
	Hardened concrete	Compressive strength, Splitting tensile strength, Drying shrinkage, Resistance to freezing-thawing.

Table 2 Mixture proportions of concrete

W/C (%)	S/a (%)	Type of fine aggregate	Unit content(kg/m ³)				WRA (C×wt.%)
			W	C	S	G	
45	43	P	175	389	726	999	0.55
		R			720		
		Rs			720		
		S			728		
		FM			731		
		GS			740		
		FR			726		
		GR			731		

Table 3 Properties of aggregate

Type of aggregate	Density (g/cm ³)	F.M	Water absorption (%)	Unit volume weight (kg/m ³)	Amount passing sieve 0.08mm (%)	
Fine	P	2.57	2.66	1.50	1,774	3.60
	R	2.55	2.67	1.98	1,654	2.02
	Rs	2.55	2.42	1.98	1,654	2.02
	S	2.58	2.66	2.04	1,614	1.15
	FM	2.62	2.83	0.69	1,759	2.22
	GS	2.59	3.11	1.52	1,691	3.24
	Coarse	2.67	6.75	0.69	1,563	0.1

2.2 사용재료

(1) 시멘트

본 실험에 사용한 시멘트는 분말도 3256cm²/g, 비중 3.15의 보통 포틀랜드 시멘트(OPC)를 사용하였다.

(2) 골재

강모래는 충북 청원산, 바닷모래는 인천중구 항동산, 부순모래는 충북 청원산, 경기 양주산, 전남 나주산 등을 사용하였다. 굵은 골재는 충북 청원 옥산산 25mm 부순돌을 사용하였으며 이들의 물리적 성질은 Table 3과 같다.

(3) 혼화제

고성능 감수제는 국내산 나프탈렌계, AE제는 빈줄계를 사용하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 굳지 않은 콘크리트의 특성

Fig. 1은 잔골재 종류가 슬럼프에 미치는 영향을 나타낸 것으로 KS규격을 만족하는 부순모래(P)를 사용한 콘크리트는 모두 목표슬럼프인 150±20 mm를 만족하였다. P를 사용한 콘크리트는 천연모래인 바닷모래(S)와 강모래(R)를 사용한 콘크리트에 비해 입형차이에 의해 유동성이 다소 저하되었다. 그러나 미립분이 많은 강모래(Rs)를 사용한 콘크리트는 일반 강모래와 부순모래에 비해 유동성이 저하되고 있는데 이는 모래에 부착되어 있는 미립분이 감수제 등을 흡착하여 그 성능이 발휘되지 못한 것으로 사료된다. 이는 KS규격을 만족하는 부순모래는 품

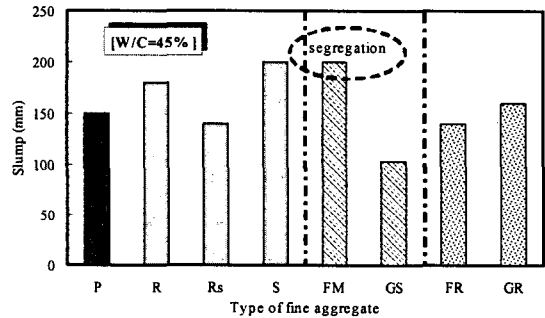


Fig. 1 Slump of concrete with type of fine aggregate

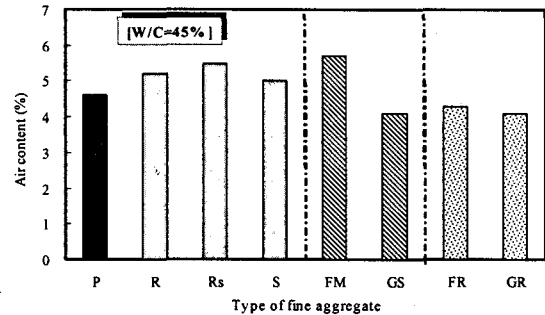


Fig. 2 Air content of concrete with type of fine aggregate

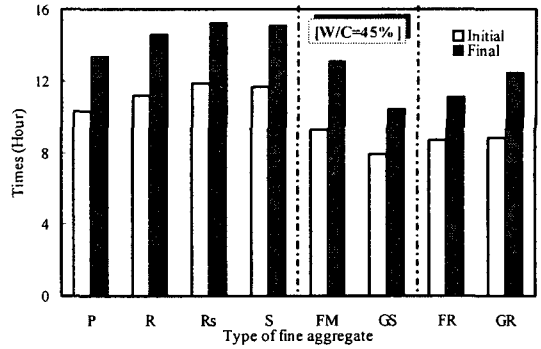
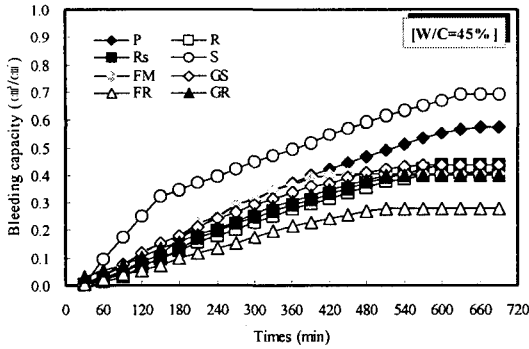


Fig. 3 Bleeding capacity of concrete with type of fine aggregate Fig. 4 Setting times of concrete with type of fine aggregate

질이 저하된 천연모래 보다 유동성 측면에서 오히려 유리할 수 있음을 의미한다.

Fig. 2는 잔골재 종류가 콘크리트의 공기 연행성에 미치는 영향에 대한 결과이다. FM와 Rs를 혼합하여 P와 비슷한 입도로 만든 혼합사(FR)를 사용한 경우는 P를 사용한 콘크리트와 유사한 공기 연행성을 나타냈다. S와 GS를 혼합하여 P의 수준으로 입형을 조절한 혼합사(GR)를 사용한 경우, P를 사용한 콘크리트에 비해 공기 연행성이 저하되는 경향이 있다. 이에 현장에서는 입형이 불량한 부순모래와 입형이 양호한 천연모래를 혼합 사용하는 경우, 소요의 공기량을 만족시키기 위해서는 AE의 혼입량 증가 등의 공기량 확보를 위한 대책이 필요할 것으로 사료된다.

Fig. 3은 잔골재 종류가 콘크리트의 블리딩 특성에 미치는 영향을 나타낸 것이다. 바닷모래(S)를 사용한 콘크리트는 P,R에 비해 블리딩이 많이 발생하는 것으로 나타났는데 이는 제염 등을 이유로 세척하는 과정에서 미립분이 제거되었기 때문으로 사료된다. FM와 Rs를 혼합한 (FR)를 사용한 콘크리트의 경우는 P를 사용한 콘크리트에 비해 블리딩이 크게 감소하는 것으로 나타나 부순모래와 강모래 등 혼합하여 사용함으로써 블리딩을 감소시켜 콘크리트의 품질을 향상시킬 수 있을 것으로 사료된다.

Fig. 4는 잔골재 종류가 콘크리트의 응결 특성에 미치는 영향에 대해 분석한 결과이다. 표준적인 부순모래(P)를 사용한 콘크리트의 응결은 강모래(R)를 사용한 콘크리트 및 미립분이 많은 강모래(Rs)를 사용한 콘크리트, 바닷모래(S)를 사용한 콘크리트에 비해 다소 빨리 진행되는 것으로 나타났다. 이처럼 입형이 양호한 천연골재가 응결이 지연되는 것은 입형이 거칠수록 블리딩수의 이동에 대한 저항이 커져 골재하부에 수분이 잔류하여 블리딩이 감소함에 따라 응결시간이 단축된 것으로 판단된다.

3.2 콘크리트의 강도 특성

Table 4는 잔골재 종류에 따른 재령 28일에서의 콘크리트의 압축 및 인장강도를 나타낸 것이다. P를 사용한 콘크리트의 압축강도는 R 또는 S를 사용한 콘크리트와 거의 비슷한 것으로 나타났다. 그리고 미립분이 많은 강모래 즉 조립률이 낮은 강모래(Rs)를 사용한 콘크리트는 P를 사용한 콘크리트에 비해 강도가 저하되었는데 이는 미립분이 많은 강모래를 사용함으로써 유동성이 저하되어 콘크리트가 균질하게 분산되지 못한 결과로 판단된다. 그러므로 KS규격을 만족하는 부순모래의 경우 품질 저하된 천연모래보다 유동성 및 강도 측면에서 오히려 유리함을 알 수 있다. 한편, 잔골재의 종류가 인장강도에 미치는 영향은 거의 없는 것으로 나타났다.

Table 4 Experimental results of concrete Strength

Type of fine aggregate	Compressive strength(MPa)	splitting tensile strength (MPa)
P	23.12	3.48
R	22.92	3.42
Rs	22.88	2.89
S	23.49	3.23
FM	23.17	3.61
GS	22.15	3.46
FR	23.10	2.98
GR	23.50	3.19

3.2 콘크리트의 내구 특성

Fig. 5는 잔골재 종류가 건조수축에 미치는 영향을 나타낸 것이다. 부순모래(P)를 사용한 콘크리트가 강모래(R) 또는 바닷모래(S)보다 건조수축이 크게 발생하며 입도·입형이 불량한 부순모래(FM, GS)를 사용한 경우와 부순모래의 입도·입형이 불량한 경우가 건조수축이 크게 발생하였다. 입도가 큰 부순모래(FM)와 입도가 작은 강모래(Rs)를 혼합하여 P와 비슷한 입도로 만든 혼합사(FR)를 사용한 경우 입도가 불량한 콘크리트보다 건조수축이 저감되고, P를 사용한 경우 거의 동일한 건조수축 변형률을 나타내고 있다. S와 GS를 혼합하여 P의 수준으로 입형을 조절한 혼합사(GR)를 사용한 경우 도 GS를 사용한 콘크리트에 비해 건조수축이 저감되었다.

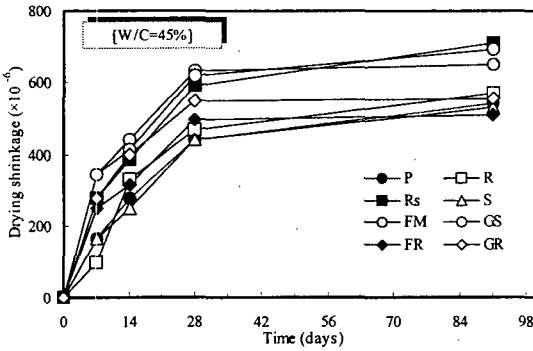


Fig. 5 Drying shrinkage with type of fine aggregate

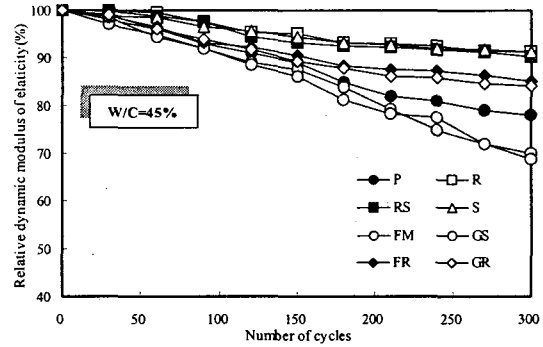


Fig. 6 Resistance to freezing-thawing with type of fine aggregate

Fig. 6는 잔골재 종류가 동결융해 저항성에 대한 결과로 부순모래를 사용한 콘크리트의 동결융해 저항성은 천연잔골재를 사용한 콘크리트에 비해 현저히 저하되는 것으로 나타났다. 입도가 작은 강모래를 혼합하여 표준적인 부순모래(P)와 비슷한 입도로 만든 혼합사(FR)와 바닷모래와 입형이 불량한 골재를 혼합하여 표준적인 부순모래의 수준으로 입형을 조절한 혼합사(GR)를 사용한 콘크리트의 동결융해 저항성은 입도가 큰 부순모래(FM) 또는 입형이 불량한 부순모래(GS)에 비해 동결융해 저항성이 향상되며, 또한 표준적인 부순모래보다도 동결융해 저항성 향상되는 것으로 나타났다.

4. 결론

- 1) 부순모래는 바닷모래 및 강모래와 같은 천연골재에 비해 콘크리트의 유동성과 공기 연행성이 저하시키거나 블리딩과 건조수축을 증가시키고 내구성이 저하된다. 특히 입도·입형이 불량한 부순모래를 사용한 경우에는 더욱 콘크리트의 물성이 저하되는 것으로 나타났다. 또한 입도·입형이 불량한 부순모래를 천연골재와 혼합하여 입도와 입형을 적절히 조절함으로써 콘크리트의 건조수축이 저감되고, 내구성과 수밀성이 향상되는 것으로 나타났다.

감사의 글

본 연구는 2003년도 건설기반구조사업으로 수행되었으며 이에 깊은 감사의 뜻을 전합니다.

참고 문헌

1. 한국건설기술연구원, 한국콘크리트학회, “대체골재를 사용한 콘크리트의 고품질화 기술 개발”, 건설교통부, 한국건설교통기술평가원, 2004. 8.