



잔골재 종류가 콘크리트의 물성에 미치는 영향

고경택^{1)*} · 류금성¹⁾ · 윤기원²⁾ · 한천구³⁾ · 이장화¹⁾

¹⁾한국건설기술연구원, ²⁾주성대학교 건축공학과, ³⁾청주대학교 건축공학과

Influence of the Type of Fine Aggregate on Concrete Properties

Kyung-Taek Koh^{1)*}, Gum-Sung Ryu¹⁾, Gi-Won Yoon²⁾, Cheon-Goo Han³⁾, and Jang-Hwa Lee¹⁾

¹⁾Korea Institute of Construction Technology, Goyang 411-712, Korea

²⁾Dept. of Architectural Engineering, Jusung University, Chongwoon 363-794, Korea

³⁾Dept. of Architectural Engineering, Chongju University, Chongju 360-764, Korea

ABSTRACT Recently, interest grew on the quality of aggregates following the diminution of primary resources from river as to grow construction demand and the low grade of nature sand like sea sand. Following, need is to diversify the supply sources of fine aggregates which are excessively relying on sea sand and urgency is to find as soon as possible aggregate resources that can substitute sea sand. On the other hand, various fine aggregates are utilized to produce concrete in the domestic construction fields. However, few studies have been systematically investigated on the effects of such fine aggregates on concrete properties. Therefore, 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 degraded the fluidity and air entraining of concrete compared to natural aggregates like sea sand and river sand. Especially, the use of crushed sand exhibiting bad grain shape and grade was larger adverse effect on the physical properties of concrete. The type of fine aggregates appeared to have negligible influence on the strength for W/C of 55%, 45% while crushed sand decreased the strength for W/C of 35% compared to natural aggregates. It analyzed that the combination of crushed sand exhibiting bad grain shape and grade with natural aggregates improved the characteristics of fresh concrete and had negligible influence on the strength.

Keywords crushed sand, river sand, sea sand, combined sand, fresh concrete

1. 서 론

최근 들어 잔골재 부족 현상은 이미 심각한 상황에 직면해 있으며, 향후의 수급전망도 불투명하다¹⁾. 강모래의 경우, 1990년대 들면서 부존량의 감소와 건설수요의 증가로 양질의 모래가 고갈되어 품질도 점차 악화되고 있다. 또한 강모래의 대체골재로 사용해오던 바닷모래도 환경보호 의식의 강화 및 민원의 증대로 수급자체도 점차 어려워지고 있으며, 특히 최근에는 바닷모래의 채취금지로 인하여 모래의 파동으로 건설공사의 중단사태에 이르게 하는 일이 발생한 적도 있었다. 따라서 잔골재를 바닷모래에만 지나치게 의존하고 있는 공급원의 편중을 다양화할 필요가 있으며, 바닷모래를 대체할 수 있는 골재원을 하루빨리 발굴할 필요가 있다. 한편 최근 암석을 깨어 제조한 부순모래의 사용량이 꾸준히 증가되어 전체 잔골재

사용량의 약 20%에 가깝고, 향후에도 부순모래의 사용량은 계속 증가할 것으로 판단된다²⁾. 이처럼 국내에는 다양한 잔골재가 콘크리트 제조에 사용되고 있으나, 이런 잔골재가 콘크리트에 미치는 영향에 대해 체계적으로 검토한 연구가 거의 없다^{5,8,9)}.

따라서 본 연구에서는 최근 국내 건설현장에서 사용되고 있는 잔골재가 콘크리트의 품질에 미치는 영향을 검토할 목적으로 잔골재 종류가 굳지 않은 콘크리트의 물성 및 경화된 콘크리트의 강도에 미치는 영향을 분석하였다.

2. 실험 개요

2.1 실험 계획

잔골재 종류가 콘크리트의 물성에 미치는 영향을 분석하기 위한 실험계획은 Table 1과 같다. 먼저 물-시멘트비(W/C) 35%, 45%, 55%의 3수준에 대하여 KS F 2527 규격을 만족하는 부순모래(P)를 사용한 콘크리트를 목표 슬

*Corresponding author E-mail : ktgo@kict.re.kr
Received September 5, 2005, Accepted March 30, 2006
©2006 by Korea Concrete Institute

Table 1 Design of experiments

Items		Factors	
Mixture	W/C (%)	3	35, 45, 55
	Slump (mm)	1	150 ± 20
	Air content (%)	1	4.5 ± 1.0
	Type of fine aggregate	7	P, R, Rs, S, GS, FM, FR, GR
Experimental	Fresh concrete	6	Slump, Slump flow, Air content, Unit weight, Setting time, Bleeding
	Hardened concrete	2	Compressive strength, Splitting tensile strength

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	
35	42	P	174	497	673	965	0.65
		R			667		
		Rs			667		
		S			675		
		FM			678		
		GS			686		
		FR			673		
		GR			678		
45	43	P	175	389	726	999	0.55
		R			720		
		Rs			720		
		S			728		
		FM			731		
		GS			740		
		FR			726		
		GR			731		
55	45	P	178	324	778	990	0.406
		R			774		
		Rs			774		
		S			783		
		FM			786		
		GS			795		
		FR			780		
		GR			786		

Table 4 Properties of aggregate

Type of aggregate	Density (g/cm ³)	F. M	Water absorption (%)	Unit volume weight (kg/m ³)	Amount passing sieve 0.08 mm (%)	Solid volume percentage for shape determination (%)	
Fine	P	2.57	2.66	1.50	1,774	3.60	53.4
	R	2.55	2.67	1.98	1,654	2.02	57.0
	Rs	2.55	2.42	1.98	1,654	2.02	-
	S	2.58	2.66	2.04	1,614	1.15	60.5
	FM	2.62	2.83	0.69	1,759	2.22	53.9
	GS	2.59	3.11	1.52	1,691	3.24	52.0
Coarse	2.67	6.75	0.69	1,5631	0.1	-	

럼프 150±20 mm, 목표 공기량 4.5±1%를 만족하도록 배합설계한 후 잔골재만을 바닷모래(S), 강모래(R), 강모래 미사(Rs), 조립률이 2.83으로 입도가 큰 부순모래(FM), 입형판정 실적률이 52%으로 입형이 불량한 부순모래(GS), FM과 Rs가 혼합하여 P 수준의 입도로 만든 혼합모래(FR), GS와 S를 혼합하여 P의 수준으로 입형을 조절한 혼합모래(GR)로 분류한 7수준으로 변화시켜 동일한 배합을 적용하는 것으로 하여 총 24배치에 대하여 실험을 실시하였다. 본 실험에 사용한 콘크리트의 배합사항은 Table 2와 같다.

2.2 사용 재료

본 실험에 사용한 시멘트는 보통 포틀랜드 시멘트(OPC)이며, 이들의 물리·화학적 성질은 Table 3과 같다. 또한 실험에 사용한 골재의 물리적 성질은 Table 4와 같고, 강모래는 충북 청원산을 사용하였고, 바닷모래는 인천중구 향동산을 사용하였으며, 부순모래는 충북 청원산, 경기 양주산, 전남 나주산 등을 사용하였다. 굵은골재는 충북 청원 옥산산 25 mm 부순돌을 사용하였다. 그리고 혼화제로는 국내산 나프탈렌계 고성능 감수제와 빈졸계 AE제를 사용하였다.

2.3 실험 방법

2.3.1 굳지 않은 콘크리트의 성질

슬럼프 시험은 KS F 2402 규정에 의거 실시하였고, 슬럼프 플로우는 슬럼프 측정이 끝난 후 최대직경과 이에 직교하는 직경의 평균값으로 하였다. 공기량 및 단위용적 질량은 KS F 2421 및 2409의 규정에 따라 실시하였고, 응결시간은 KS F 2436, 블리딩은 KS F 2414에 의거 실시하였다.

Table 3 Properties of cement

Item	Surface area (cm ² /g)	Density (g/cm ³)	Ig. loss (%)	Chemical composition (%)			
				SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO
OPC	3,265	3.15	1.40	21.01	6.40	3.12	61.3

2.3.2 강도시험

압축강도와 인장강도용 공시체는 KS F 2403에 따라 $\phi 100 \times 200$ mm 원주 몰드를 이용하여 제작하였으며, $23 \pm 2^\circ\text{C}$ 의 수조에서 계획된 재령동안 수중양생을 실시하여 압축강도는 KS F 2405, 인장강도는 KS F 2423의 규정에 따라 실시하였다. 강도의 값은 콘크리트 공시체 3개의 평균값이다.

3. 실험 결과 및 고찰

3.1 굳지 않은 콘크리트의 특성

잔골재 종류에 따른 굳지 않은 콘크리트의 실험 결과는 Table 5와 같다.

3.1.1 유동성

Fig. 1은 잔골재 종류가 슬럼프에 미치는 영향에 대해 W/C별로 분석한 결과이다. KS F 2527 기준을 만족하는 부순모래(P)를 사용한 콘크리트는 W/C에 상관없이 모두 목표슬럼프인 150 ± 20 mm를 만족하는 것으로 나타났다. 각 W/C별 잔골재의 변화에 따른 유동성은 모두 유사한

Table 5 Experimental results of fresh concrete

W/C	Type of fine aggregate	Slump (mm)	Slump flow (mm)	Air content (%)	Unit weight (kg/m^3)
35	P	155	252	4.6	2,326
	R	150	235	5.2	2,318
	Rs	145	249	5.5	2,310
	S	175	268	5.2	2,314
	FM	170	290	6.1	2,289
	GS	90	225	3.2	2,389
	FR	160	235	4.9	2,320
	GR	127	246	3.7	2,357
45	P	150	250	4.6	2,312
	R	180	263	5.5	2,292
	Rs	140	230	5.5	2,288
	S	103	210	4.1	2,349
	FM	200	320	5.0	2,317
	GS	200	335	5.7	2,215
	FR	140	260	4.3	2,310
	GR	160	225	4.1	2,350
55	P	145	223	4.8	2,310
	R	150	253	5.5	2,298
	Rs	125	230	5.5	2,269
	S	190	298	4.8	2,333
	FM	160	305	5.6	2,304
	GS	138	210	5.7	2,318
	FR	165	243	5.5	2,301
	GR	185	255	4.6	2,327

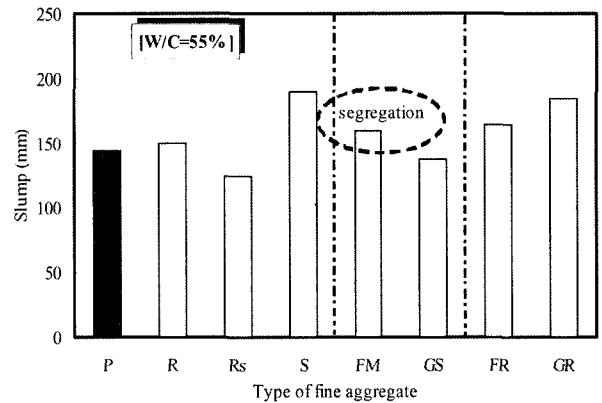
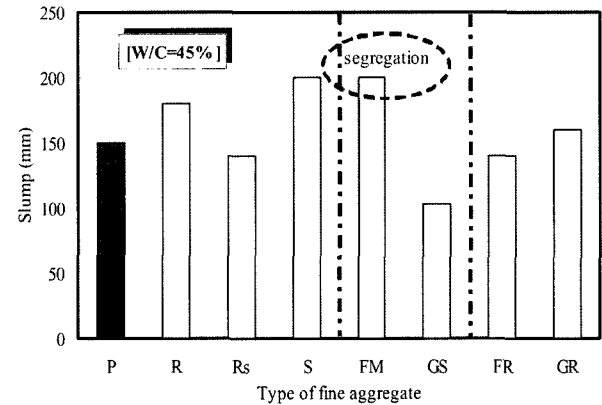
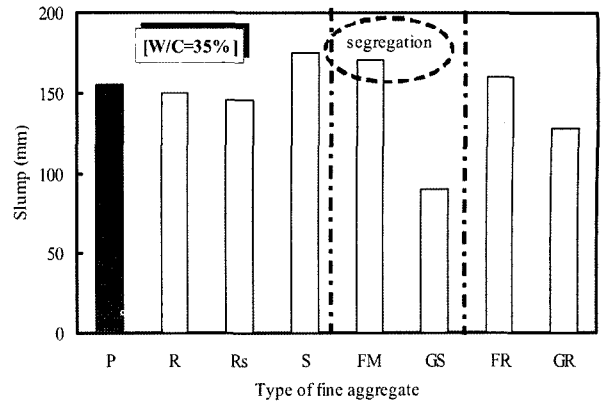


Fig. 1 Slump of concrete with type of fine aggregate

경향으로 나타났으며, P는 천연모래인 바닷모래(S)와 강모래(R)를 사용한 콘크리트에 비해 유동성이 다소 저하되는 것으로 나타났는데, 이는 천연잔골재와 부순모래의 입형 차이 때문인 것으로 사료된다. 그러나 미립분이 많은 강모래 즉 조립률이 낮은 강모래(Rs)를 사용한 콘크리트는 일반 강모래에 비해 유동성이 저하될 뿐만 아니라 부순모래에 비해서도 유동성이 저하되고 있는데, 이는 모래에 부착되어 있는 미립분이 감수제 등을 흡착하여 그 성능이 발휘되지 못했기 때문으로 분석된다^{4,6,10}. 이와 같은 결과는 현재 강모래의 품질이 악화되고 있는 현실을 고려한다면, 부순모래라도 KS F 2527 규격을 만족하는 경우에는 품질이 악화된 천연모래를 사용하는 것보다 유동성 측면에서 오히려 유리할 수 있음을 의미하는 것이다.

조립률이 2.83으로 입도가 큰 부순모래(FM)를 사용한

콘크리트는 W/C에 상관없이 모두 슬럼프와 슬럼프 플로우가 크게 나타나고 있으나, 이것은 재료분리에 의한 전단슬럼프가 발생하였기 때문이다. 그리고 입형판정 실적률이 52%으로 KS F 2527의 규격에 미달하는 입형이 불량한 부순모래(GS)를 사용한 콘크리트는 슬럼프와 플로우 모두 P와 비교하여 현저히 저하하는 것으로 나타났고, W/C가 작을수록 더욱 크게 저하하는 것으로 나타났다.

FM과 Rs를 혼합하여 P와 비슷한 입도로 만든 혼합모래(FR)를 사용한 콘크리트의 경우는 P를 사용한 콘크리트와 유사한 유동성을 가지는 것으로 나타나, 입도를 개량하기 위해 반대입도를 가진 모래를 혼합하여 사용하면 콘크리트의 유동성을 개선시킬 가능성이 있는 것으로 분석되었다. 그리고 S와 GS를 혼합하여 P의 수준으로 입형을 조절한 혼합모래(GR)를 사용한 콘크리트의 경우, W/C 45%와 55%에서 유동성이 증가하는 경향이 나타났으나, W/C 35%에서는 저하하는 것으로 나타났다.

3.1.2 공기 연행성

Fig. 2는 잔골재 종류가 콘크리트의 공기 연행성에 미치는 영향에 대해 W/C별로 분석한 결과이다. KS규격을 만족하는 부순모래를 사용한 콘크리트(P)는 W/C에 상관없이 모두 목표 공기량인 $4.5 \pm 1.0\%$ 만족하는 것으로 나타났다. P는 천연모래인 바닷모래(S)와 강모래(R)를 사용한 콘크리트에 비해 공기연행성이 다소 저하되는 것으로 나타났는데, 이는 부순모래의 입형·입도 불량으로 불베어링 효과가 저하되었기 때문으로 분석된다. 기존 연구⁷⁾에서도 부순모래 콘크리트는 강모래 콘크리트에 비교하여 동일한 공기량을 연행하기 위해서는 AE제 사용량을 1.7~1.9배 정도 증가시켜야 하는 것으로 보고되고 있다.

조립률이 2.83으로 입도가 큰 부순모래(FM)를 사용한 콘크리트는 P를 사용한 콘크리트에 비해 다소 공기량이 증가되는 것으로 나타났는데, 이것은 조립률이 큰 관계로 달린 공기량이 증가하기 때문으로 판단된다. 그리고 입형판정 실적률이 52%인 부순모래(GS)를 사용함으로써 일반 강도범위인 W/C 45%, 55%에서 P를 사용한 경우의 공기량과 큰 차이가 없었으나, 고강도 범위인 W/C 35%에서 공기 연행성이 현저하게 저하되는 것으로 나타났다. 이와 같은 결과는 최근 콘크리트가 고강도화되는 현실을 고려하다면, 입형이 불량한 부순모래를 사용할 경우, 콘크리트의 공기 연행성이 저하되어 동결융해 저항성 등에서 문제가 발생할 가능성이 있을 것으로 분석된다.

FM과 Rs를 혼합하여 P와 비슷한 입도로 만든 혼합모래(FR)를 사용한 콘크리트의 경우는 P를 사용한 콘크리트와 유사한 공기 연행성을 가지는 것으로 나타났다. 그리고 S와 GS를 혼합하여 P의 수준으로 입형을 조절한 혼합모래(GR)를 사용한 콘크리트의 경우, P를 사용한 콘크리트에 비해 공기 연행성이 저하되는 경향이 있으며, W/C가 작을수록 즉 고강도화 될수록 더욱 공기 연행성이 저하되는 것으로 나타났다. 따라서 실무에서 입형이 불량한 부순모래와 입형이 양호한 천연모래를 혼합 사용하는

경우, 목표하는 공기량을 만족시키기 위해서는 AE제 사용량을 증가시켜 공기량 확보를 위한 대책이 필요할 것으로 사료된다.

3.1.3 블리딩 특성

Fig. 3은 잔골재 종류가 콘크리트의 블리딩 특성에 미치는 영향에 대해 W/C별로 분석한 결과이다. 당연한 결과로 W/C가 높을수록 블리딩은 증가하였고, W/C 35%에서 잔골재 종류에 따른 블리딩의 차이는 거의 없는 것으로 나타났다. 표준적인 부순모래(P)를 사용한 콘크리트의 블리딩량은 강모래(R)를 사용한 콘크리트와 거의 같거나 약간 증가하는 것으로 나타났다. 그리고 미립분이 많은 강모래(Rs)와 비교하여 P를 사용하는 경우가 약간 블리딩

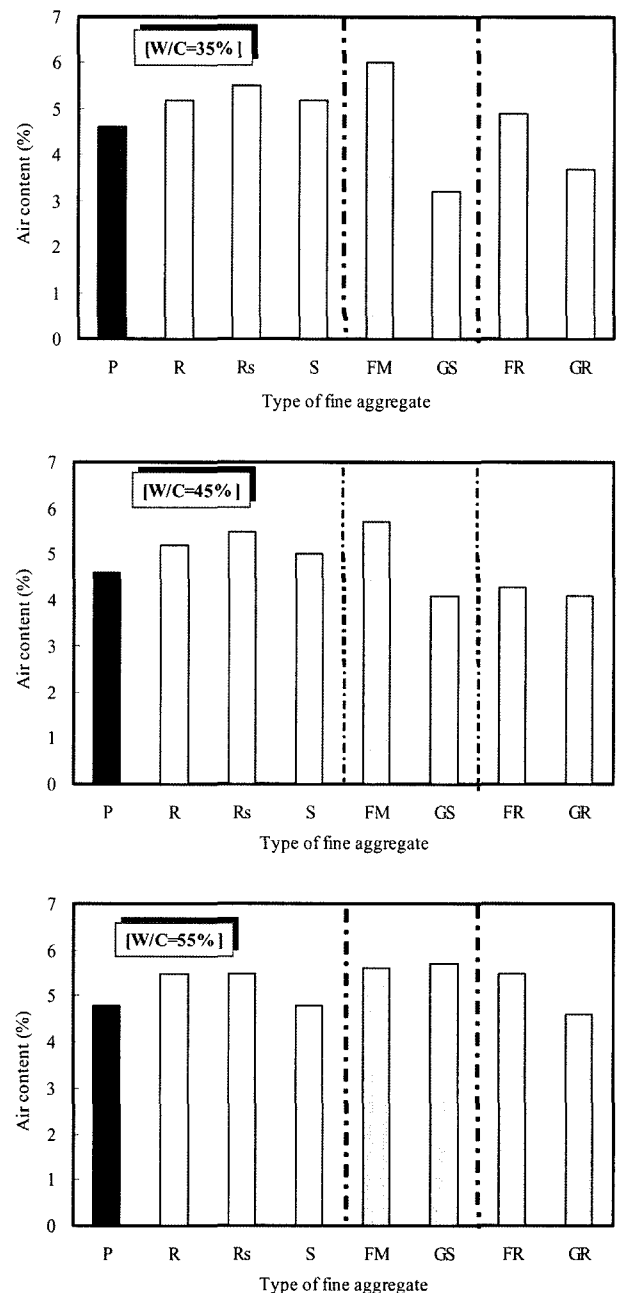


Fig. 2 Air content of concrete with type of fine aggregate

량이 증가하였는데 이것은 미립분이 많은 강모래가 충전 효과 등에 의해 블리딩수가 저감되었기 때문으로 분석된다^{10,11)}. 또한 바닷모래(S)를 사용한 콘크리트는 P 및 R에 비해 블리딩이 많이 발생하는 것으로 나타났는데, 이는 세척과정에서 미립분이 제거되기 때문인 것으로 사료된다. 바닷모래는 제염 등을 이유로 세척을 하는데, 이 때 미립분이 제거되어 블리딩이 많이 발생하여 구조물에 수축 등의 하자가 발생할 수 있으므로 주의를 할 필요가 있는 것으로 사료된다.

조립률이 2.83으로 입도가 큰 부순모래(FM)를 사용한 콘크리트는 초기에 블리딩이 급격히 발생하여 소성 수축 균열과 같은 초기 균열이 발생할 우려가 있는 것으로 나타났으나, 시간이 경과함에 따라 블리딩이 점차 감소하

는 것으로 나타났다. 그리고 입형판정 실적률이 52%로 입형이 불량한 부순모래(GS)를 사용한 콘크리트는 W/C가 낮은 부배합에서는 시멘트의 입형충전 효과에 의해 블리딩 발생이 저하되었지만, W/C가 증가할수록 시멘트량이 감소함에 따라 블리딩량이 증가하는 것으로 나타났다⁵⁾.

FM과 Rs를 혼합하여 P와 비슷한 입도로 만든 혼합모래(FR)를 사용한 콘크리트의 경우는 P를 사용한 콘크리트에 비해 블리딩이 크게 감소하는 것으로 나타나, 부순모래와 강모래를 혼합하여 사용함으로써 콘크리트의 품질을 향상시킬 가능성이 높은 것으로 분석되었다. S와 GS를 혼합하여 P의 수준으로 입형을 조절한 혼합모래(GR)를 사용한 콘크리트의 경우, P는 물론 R를 사용한 콘크

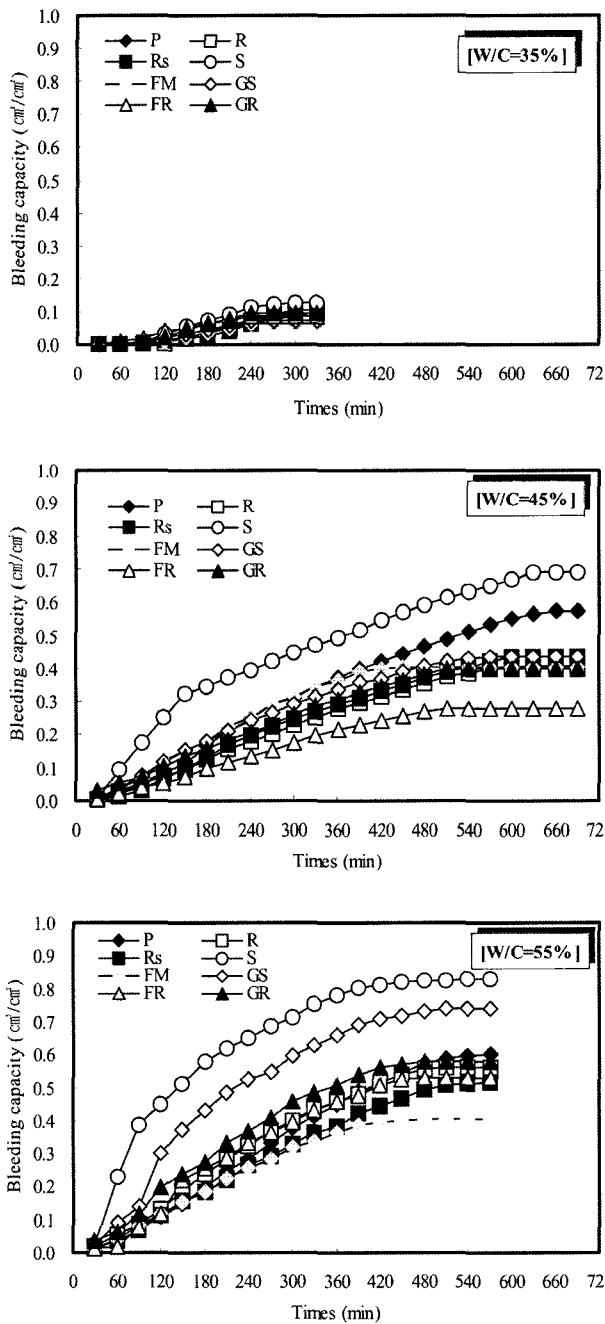


Fig. 3 Bleeding capacity of concrete with type of fine aggregate

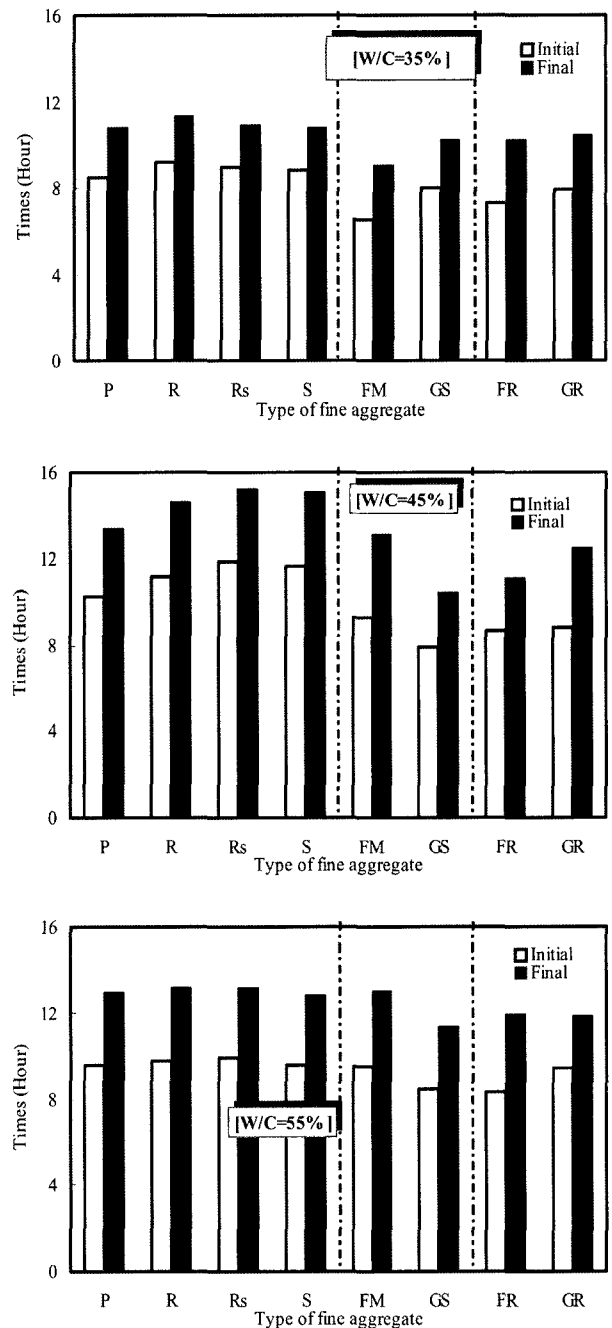


Fig. 4 Setting times of concrete with type of fine aggregate

리트와 비교하여 비슷한 블리딩 특성을 가지거나 오히려 W/C에 따라 향상되는 것으로 나타났다.

3.1.4 응결 특성

Fig. 4는 잔골재 종류가 콘크리트의 응결 특성에 미치는 영향에 대해 W/C별로 분석한 결과이다. KS F 2527 규격을 만족하는 표준적인 부순모래(P)를 사용한 콘크리트의 응결은 강모래(R)를 사용한 콘크리트 및 미립분이 많은 강모래(Rs)를 사용한 콘크리트, 바닥모래(S)를 사용한 콘크리트와 비교하여 약간 빨리 진행되는 것으로 나타났으며, 특히 W/C가 낮을수록 응결은 더욱 빨리 진행되는 것으로 나타났다. 이처럼 입형이 양호한 천연골재가 응결이 지연되는 것은 입형이 거칠수록 블리딩수의 이동에 대한 저항이 커져 골재하부에 수분이 잔류하게 되어 블리딩이 감소함에 따라 응결시간이 단축된 것으로 판단된다.

조립률이 2.83으로 입도가 큰 부순모래(FM)를 사용한 콘크리트는 P를 사용한 콘크리트에 비해 응결이 빨리 진행되며, 특히 W/C가 낮을수록 응결이 더욱 빨리 진행되는 것으로 분석되었다. 입형판정 실적률이 52%로 입형이 불량한 부순모래(GS)를 사용한 콘크리트도 P를 사용한 콘크리트에 비해 응결이 빨리 진행되나, W/C가 높을수록 응결이 빨리 진행되는 것으로 분석되었다.

FM과 Rs를 혼합한 혼합모래(FR)를 사용한 콘크리트는 낮은 W/C의 범위인 고강도 콘크리트에서 P를 사용한 콘크리트와 거의 유사하게 응결이 진행되고 있으며, W/C가 증가할수록 응결이 빨리 진행되는 것으로 나타났다. S와 GS를 혼합하여 P의 수준으로 입형을 조절한 혼합모래(GR)를 사용한 콘크리트의 경우, GS를 사용한 콘크리트에 비해 응결이 다소 지연되는 것으로 나타났으며, P를 사용한 콘크리트와 비교하여 약간 응결이 빨리 진행되는 것으로 나타났다.

3.2 강도 특성

3.2.1 압축강도

Fig. 5는 부순모래와 천연골재를 사용한 콘크리트의 압축강도에 대해 W/C별로 비교한 결과이다. 당연한 결과로, W/C가 작을수록 압축강도는 큰 것으로 나타났으며, 잔골재 종류가 압축강도에 미치는 영향은 W/C에 따라 약간 다른 것으로 나타났다. 고강도 범위인 W/C 35%에서 P를 사용한 콘크리트가 R 및 S를 사용한 콘크리트에 비해 강도가 저하되는 것으로 나타났으며, 특히 S에 비해 재령이 증가함에 따라 강도가 크게 저하되는 것으로 나타났다. 이것은 부순모래의 입형이 편편하고 길쭉하므로 고강도 범위에서 부순모래가 시멘트페이스트보다 빨리 파괴되기 때문으로 사료된다⁷⁾. 보통강도 범위인 W/C 45%, W/C 55%에서 P를 사용한 콘크리트의 압축강도는 R 또는 S를 사용한 콘크리트와 거의 비슷한 것으로 나타났다. 그리고 미립분이 많은 강모래 즉 조립률이 낮은 강모래(Rs)를 사

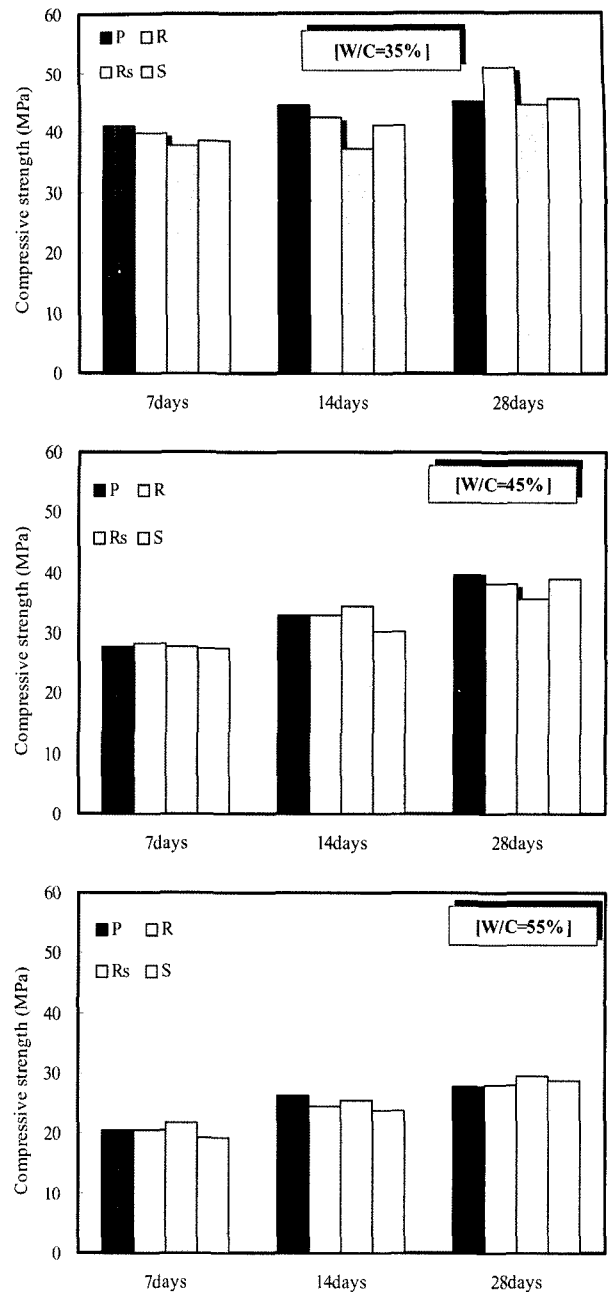


Fig. 5 Comparison of compressive strength of natural sand and crushed sand

용한 콘크리트는 P를 사용한 콘크리트에 비해 강도가 저하되는 것으로 나타났는데, 이는 미립분이 많은 강모래를 사용함으로써 유동성이 저하되어 콘크리트가 균질하게 분산되지 못하여 콘크리트의 조직에 문제가 발생한 것으로 판단된다. 이와 같은 결과는 현재 강모래의 품질이 악화되고 있는 현실을 고려한다면, 부순모래라도 관련 규격인 KS F 2527 기준을 만족하는 경우에는 품질이 악화된 천연모래를 사용하는 것보다 유동성 및 강도 측면에서 오히려 유리할 수 있음을 의미하는 것이다.

Fig. 6은 부순모래의 품질이 콘크리트의 압축강도에 미치는 영향을 분석한 결과이다. 조립률이 2.83으로 입도가 큰 부순모래(FM)를 사용한 콘크리트의 압축강도는 초기 재령에서 다소 저하되나, 재령이 증가함에 따라 P와 큰

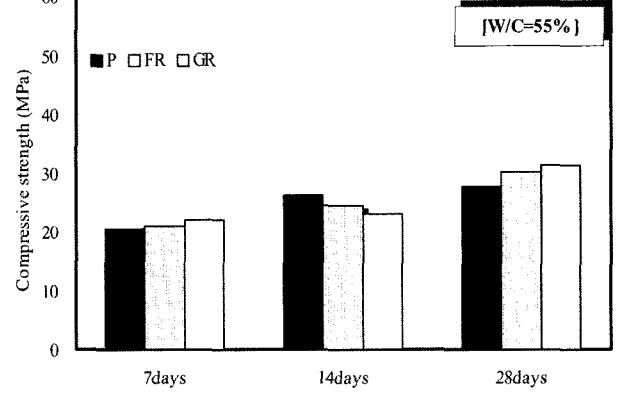
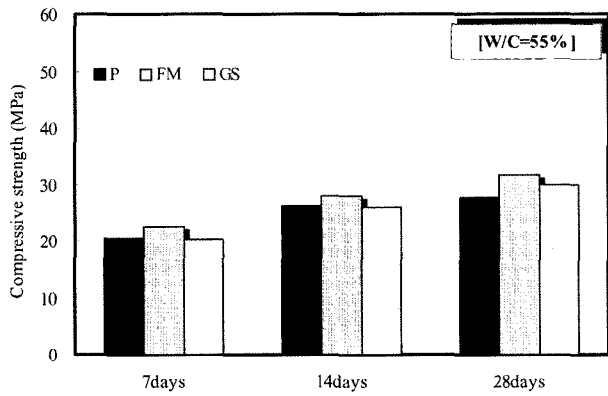
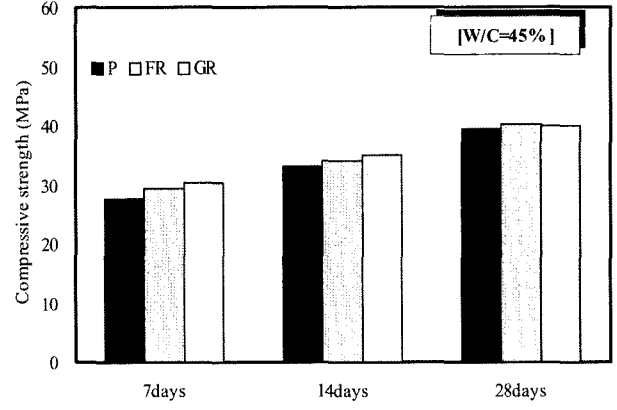
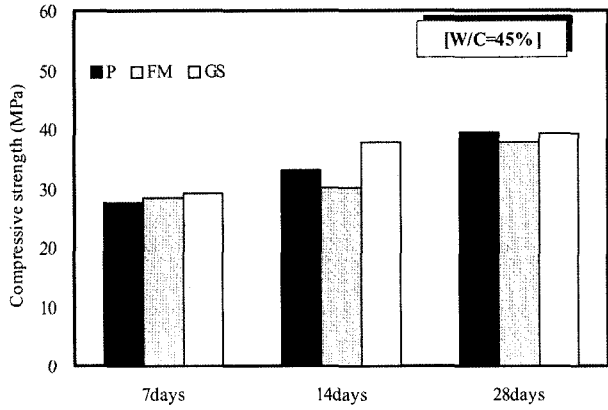
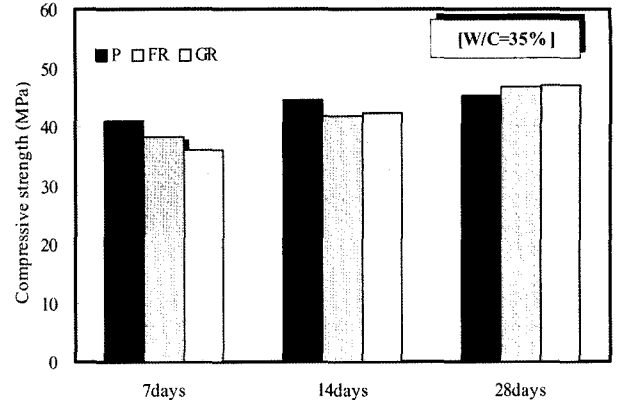
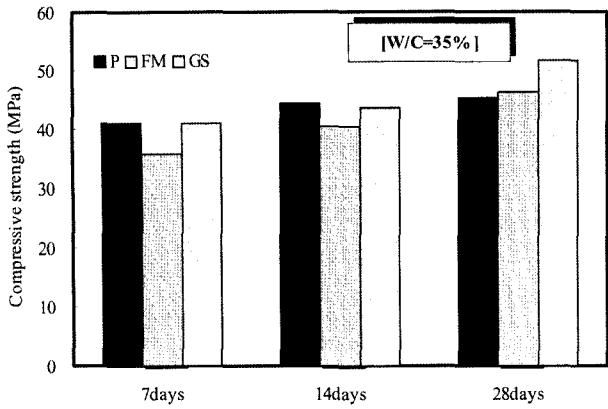


Fig. 6 Compressive strength with quality of crushed sand

Fig. 7 Influence of combined sand on compressive strength

차이가 없는 것으로 나타났다. 그리고 입형판정 실적률이 52%으로 입형이 불량한 부순모래(GS)를 사용한 콘크리트는 P를 사용한 콘크리트의 강도와 거의 차이가 없는 것으로 나타나, 동일한 배합조건에서 부순모래의 입형이 압축강도에 미치는 영향은 거의 없는 것으로 분석된다.

Fig. 7은 부순모래와 천연모래를 혼합한 혼합모래가 콘크리트의 압축강도에 미치는 영향을 분석한 결과이다. FM과 Rs를 혼합하여 P와 비슷한 입도로 만든 혼합모래(FR)를 사용한 콘크리트의 압축강도는 W/C에 관계없이 P를 사용한 콘크리트와 거의 차이가 없는 것으로 나타났다. 또한 S와 GS를 혼합하여 P의 수준으로 입형을 조절한 혼합모래(GR)를 사용한 콘크리트의 경우에도 P와 큰 차이가 없는 것으로 나타났다.

3.2.2 인장강도

Fig. 8은 잔골재 종류별 인장강도 시험 결과이다. 잔골재 종류가 인장강도에 미치는 영향은 압축강도의 결과와 큰 차이가 없는 것으로 분석되었다. KS F 2527 기준을 만족하는 부순모래(P)와 천연골재를 인장강도에 대해 비교한 결과, 일반강도 콘크리트의 배합(W/C 45, 55%)에서 잔골재의 종류가 인장강도에 미치는 영향은 거의 없는 것으로 나타났으나, 고강도 콘크리트의 배합(W/C 35%)에서 P를 사용한 콘크리트가 천연골재를 사용한 콘크리트에 비해 인장강도가 크게 저하되는 것으로 분석되었다. 조립률이 2.83으로 입도가 큰 부순모래(FM)는 P와 비교하여 다소 증가하는 경향을 하고 있으나, 그 차이는 시험오차 수준에 불과한 것이다. 또한 입형에 따른 영향도 거의 없는

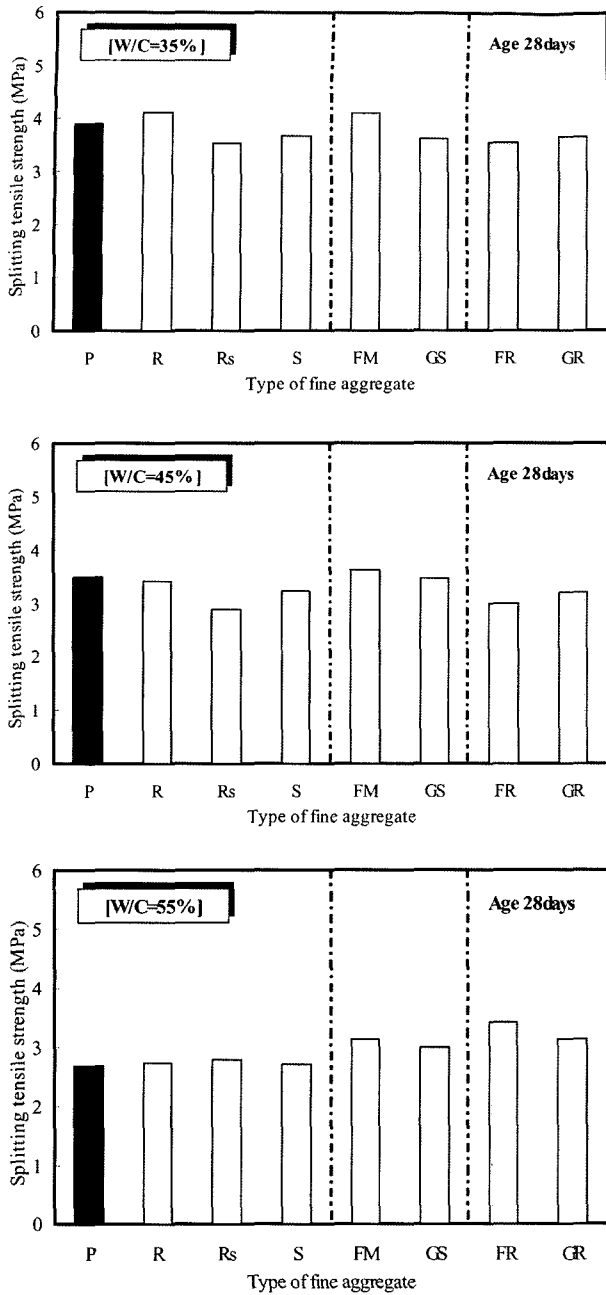


Fig. 8 Splitting tensile strength with type of fine aggregate

것으로 나타났다. 그리고 입도·입형이 불량한 부순모래를 개선시킬 목적으로 천연모래와 혼합한 경우(FR, GR)에도 P를 사용한 경우와 거의 차이가 없는 나타났다.

4. 결 론

본 연구에서는 최근 국내 건설현장에서 사용되고 있는 잔골재가 콘크리트의 품질에 미치는 영향을 검토할 목적으로 잔골재 종류가 굳지 않은 콘크리트의 물성 및 경화된 콘크리트의 강도에 미치는 영향을 분석하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) KS F 2527 규격을 만족하는 부순모래는 강모래 및

바닷모래와 같은 천연골재에 비해 유동성이 저하되며, 특히 입도·입형이 불량한 부순모래를 사용할 경우, 콘크리트의 슬럼프 등 유동성을 더욱 저하시킨다. 그러나 입도·입형이 불량한 부순모래를 개선시킬 목적으로 천연모래와 혼합하여 사용하는 경우, 콘크리트의 유동성을 증가시키는 것으로 나타났다.

- 2) 부순모래는 천연골재에 비해 공기 연행성이 다소 저하되며, 고강도 범위의 콘크리트에서 입형이 불량한 부순모래를 사용할 경우, 콘크리트의 공기 연행성이 크게 저하되며, 천연골재와 혼합하여 사용하더라도 공기 연행성은 별로 개선되지 않는 것으로 나타나, 목표하는 공기량을 만족시키기 위해서는 AE제의 혼입량 증가 등 공기량 확보를 위한 대책이 필요할 것으로 사료된다.
- 3) 부순모래는 강모래에 비해 블리딩이 약간 증가되며, 바닷모래에 비해 블리딩량이 저감되고, 입도가 큰 부순모래는 소성 수축균열의 원인이 되는 초기의 블리딩이 급격히 발생하고, 입형이 불량한 부순모래는 보통강도를 가진 W/C의 범위에서 전체적으로 블리딩이 증가하는 것으로 나타났다. 그리고 입도·입형이 불량한 부순모래를 개선시킬 목적으로 천연모래와 혼합하여 사용하는 경우, 콘크리트의 블리딩을 감소시키는 것으로 나타나 이런 혼합모래 사용은 부순모래 또는 천연골재의 품질을 개선시킬 가능성이 있는 것으로 분석되었다.
- 4) 일반강도 콘크리트의 배합에서 잔골재의 종류가 강도에 미치는 영향은 거의 없는 것으로 나타났으나, 고강도 콘크리트의 배합에서 부순모래를 사용한 콘크리트가 천연골재를 사용한 콘크리트에 비해 강도가 저하되는 것으로 분석되었다. 또한 동일한 배합 조건에서 부순모래의 입도·입형이 압축강도에 미치는 영향은 작은 것으로 분석되었다.

참고문헌

1. 건설교통부, 골재수급기본계획(2004~2008), 한국레미콘공업협회지, 제77호, 2003. 10.
2. 최민수, 지역별 골재 소비 구조 분석 및 수급 안정 방안, 한국건설산업연구원, 2003. 4. pp.3~20.
3. 한국건설기술연구원, 한국콘크리트학회, 대체골재를 사용한 콘크리트의 고품질화 기술 개발, 건설교통부, 한국건설교통기술평가원, 2004. 8.
4. 한국콘크리트학회, 부순모래 및 부순모래 콘크리트, 기문당, 1998.
5. 이성복, 잔입자함유량 및 잔골재 입형 변화에 따른 부순모래 콘크리트의 특성에 관한 연구, 한양대학교 대학원 박사학위논문, 1997. 6.
6. 대한주택공사, 삼표산업, 콘크리트용 부순모래의 실용화 방안 연구, 1996. 12.
7. 윤기원, 부순모래 콘크리트의 특성에 미치는 영향요인 및 활용에 관한 연구, 청주대학교 대학원 박사학위논문, 1996. 12.

8. 윤용호, 정용욱, 이승한, “부순모래를 사용한 콘크리트의 물성에 관한 연구”, 한국콘크리트학회 학술발표논문집, 제15권 2호, 2003. 11, pp.106~111.
9. 박종호, 나철성, 조봉석, 최세진, 이성현, 김무한, “부순모래를 대량 활용한 모르타르의 성능향상에 관한 실험적 연구”, 한국콘크리트학회 학술발표논문집, 제17권 1호, 2005. 5, pp.121~124.
10. 竹村和夫, 阿部康俱, “碎沙を用いて微粉末を添加したコンクリートの強度と空気特性”, セメント年報 No.38, 1984. pp.158~161.
11. 重倉佑光, 高橋和雄, 永野龍博, “細骨材の粒形および石粉がコンクリートの諸性状におよぼす影響”, セメント年報 No.42, 1988. pp.84~87.

요약 최근 하천골재의 부존량 감소와 건설수요의 증가로 양질의 모래가 고갈되었고, 바닷모래와 같이 자연상태에서 얻을 수 있는 골재도 그 품질이 저급화되면서 골재의 품질에 대한 관심을 갖게 되었다. 따라서 잔골재를 바닷모래에만 지나치게 의존하고 있는 공급원의 편중을 다양화할 필요가 있으며, 바닷모래를 대체할 수 있는 골재원을 하루빨리 발굴할 필요가 있다. 한편 국내 건설현장에는 다양한 잔골재가 콘크리트에 사용되고 있으나, 이런 잔골재가 콘크리트에 미치는 영향에 대해 체계적으로 검토한 연구가 거의 없다. 따라서 본 연구에서는 최근 국내 건설현장에서 비교적 많이 사용되고 있는 잔골재가 콘크리트의 품질에 미치는 영향을 검토할 목적으로 잔골재 종류가 굳지 않은 콘크리트의 물성 및 경화된 콘크리트의 강도에 미치는 영향을 분석하였다. 그 결과, 부순모래는 바닷모래 및 강모래와 같은 천연골재에 비해 콘크리트의 유동성과 공기 연행성을 저하시키거나 블리딩을 증가시키고, 특히 입도·입형이 불량한 부순모래를 사용한 경우에는 더욱 콘크리트의 물성이 저하되는 것으로 나타났다. 그리고 W/C 55%, 45%에서 잔골재 종류가 강도에 미치는 영향은 거의 없으나, W/C 35%에서 부순모래는 천연골재에 비해 강도를 저하시키는 것으로 나타났다. 또한 입도·입형이 불량한 부순모래를 천연골재와 혼합하여 사용하는 경우에는 굳지 않은 콘크리트의 특성을 향상시키며, 강도에도 나쁜 영향을 미치지 않는 것으로 분석되었다.

핵심용어 부순모래, 강모래, 바닷모래, 혼합모래, 굳지 않은 콘크리트