

부순모래를 사용한 고강도콘크리트의 유동성 및 강도특성에 관한 연구

The Study on Fluidity and Strength Properties of High Strength Concrete Utilizing Crushed Sand

신홍철* 박상준** 안남식*** 이의학**** 강훈*****
Shin, Hong Chol Park, Sang Joon Ahn, Nam Shik Lee, Eui Hak Kang, Hoon

ABSTRACT

This paper is to investigate the effect of W/B, blend ratio of crushed sand with sea sand on fluidity and strength properties of high strength concrete utilizing crushed sand. W/B set up 0.25, 0.30, 0.35 and the blend ratio of crushed sand with sea sand set up 0:100, 30:70, 50:50, 70:30, 100:0

The results of this study are summarized as the follows ;

- 1) The increase of the blend rate of crushed sand, affected on the enhancement of flow, the increase of dosage of SP and water content, but the decrease S/a
- 2) Compressive strength is increased when crushed sand 30~70% was replaced with sea sand.
- 3) The optimal replacement percentage of crushed sand is 50% with sea sand.

1. 서 론

최근 환경문제에 의해 바닷모래의 채취불허에 의해 발생된 골재 파동과 같이 천연 잔골재의 공급부족에 따라 부순모래의 사용량이 점차 증가되고 있다. 한편 국내의 부순모래에 관한 연구결과는 강모래의 고갈이 사회적으로 이슈가 된 1990년대 중반부터 연구기관 및 학교에서 활발히 이루어졌지만, 압축강도 24~30MPa 수준의 일반강도 범위에서 물결합재비, 부순모래 치환율, 부순모래 특성에 따른 연구가 많이 수행되었지만, 현재 구조물의 대형화 및 고층화에 따라 요구되는 고성능콘크리트의 강도수준인 40~70MPa에 대한 연구는 거의 전무한 실정이다. 따라서, 본 연구에서는 W/B, 부순모래 혼합비율, 플라이애시 치환율에 따른 부순모래를 사용한 40~70MPa수준의 고강도콘크리트의 유동성 및 강도특성을 검토하였다.

2. 실험계획 및 방법

2.1 실험계획

본 연구의 실험계획을 표 1에 나타내었다. 물결합재비는 0.25, 0.30, 0.35의 3수준, 부순모래(CS)와 바닷모래(SS)의 혼합비율은 0:100, 30:70, 50:50, 70:30, 100:0의 5수준, 플라이애시를 시멘트 중량 대체율 0, 10, 20%의 3수준으로 설정하여 고강도콘크리트의 유동성 및 강도특성을 검토하고자 하였다. 측정항목은, 슬럼프플로우, 압축강도 및 인장강도이며, 콘크리트의 배합은 표 2에 나타난 것과 같이 부순모래와 플라이애시가 0%인 배합을 기준으로, 굳지않은 콘크리트의 요구성능을 만족하도록 잔골재율 및 단위수량을 조절하였다. 또한, 목표 슬럼프-플로우 및 공기량을 만족시키기 위하여 소정

* 정회원, 대우건설 기술연구소 전임연구원

** 정회원, 대우건설 기술연구소 선임연구원

*** 정회원, 홍익대학교 건축공학부 조교수

**** 정회원, 현대시멘트 기술연구소 차장

***** 정회원, 하이믹스산업 이사

의 고성능감수제 및 AE제를 첨가하였다.

2.2 사용한 부순모래 및 바닷모래

본 실험에 사용한 잔골재의 물리적 성질을 표 3에 나타내었다. 부순모래의 조립율은 3.98로써 매우 크게 나타나 표준입도곡선을 벗어났다. 하지만 부순모래 혼합비율이 50%를 상회하는 경우에는 표준입도곡선내에 존재하는 양호한 잔골재를 얻을 수 있었다. 또한, 그림 1에서 보는 바와 같이 부순모래의 입형이 거칠어 형상계수(1식)는 바닷모래 보다 높고, 단위용적중량 및 입형판정실적률은 낮게 나타났다.

$$\text{요철계수} = 4\pi \text{ 단면적} / \text{둘레길이}^2$$

$$\text{장단도} = \text{최대길이} / \text{폭}$$

$$\text{형상계수} = (\text{장단도} + 1/\text{요철계수}) / 2 \text{ (1식)}$$

3. 실험결과 및 고찰

3.1 굳지 않은 콘크리트의 유동성

그림 2와 그림 3은 목표 슬럼프 플로우를 확보하기 위한 고성능감수제 첨가율과 단위수량 및 S/a의 변화를 나타낸 것이다.

전체적으로 목표 슬럼프-플로우 60±10cm 및 55±5cm를 만족하고 있다. 목표 슬럼프-플로우를 얻기 위한 고성능감수제 첨가율 및 단위수량은 W/B가 작아질수록 증가하는 경향을 보이고 있다. 또한, 부순모래 혼합비율의 경우에서도 전체적으로 부순모래 혼합비율이 높아질수록 고성능감수제 첨가율 또는 단위수량이 증가하는 경향을 보이고 있다. 특히, W/B 0.25에서는 높은 고성능감수제 첨가율에 의한 응결지연 발생 및 단위수량이 190kg/m³까지 상승하는 것으로 나타났다.

또한, 배합요인의 변화에 따른 잔골재율은 W/B 0.30의 경우에는 부순모래의 혼합비율이 증가할수록 감소하는 경향을 보이고 있지만, W/B 0.25의 경우는 단위수량이 크게 증가되어 부순모래 혼입비율 50%이상에서는 재료분리 저항성이 낮아져 역으로 잔골재율이 높아진 것으로 판단된다. 또한, 플라이애시의 치환율에 따른 잔골재율은 전체적으로 치환율 0%에서 20%로 증가함에 따라 잔골재율은 약 3% 감소하는 것으로 나타났다. 이와 같은 결과로부터 부순모래를 사용하여 고강도콘크리트를 제조할 시에는 부순모래의 입

표 1. 실험계획

W/B	목표 슬럼프 플로우 (cm)	목표 공기량 (%)	부순모래 혼입비율 (CS:SS) (%)	Fly ash (%)	측정항목
0.25	60±10	4.5±1.5	0 : 100 30 : 70 50 : 50 70 : 30 100 : 0	0 10 20	<ul style="list-style-type: none"> 슬럼프 플로우(cm) 공기량 (%) 압축강도 (3, 7, 28일) 인장강도 (3, 7, 28일)
0.30					
0.35					

표2. 콘크리트 기준 배합 (FA 0%)

W/B	부순모래 혼합비율 (CS:SS)	S/a (%)	단위중량(kg/m ³)					공기량 (%)
			물	시멘트	잔골재		굵은 골재	
					CS	SS		
0.25	0:100	39.0	155	620	0	612	960	3.5
	30:70	38.0	160	640	176	411	958	4.9
	50:50	39.0	170	680	290	290	906	4.0
	70:30	42.0	180	720	421	180	827	4.3
	100:0	42.0	190	760	579	0	793	4.0
0.30	0:100	42.0	155	517	0	694	963	6.0
	30:70	40.0	155	517	199	465	996	5.5
	50:50	39.0	160	533	319	319	996	3.3
	70:30	38.5	167	557	432	185	981	2.4
	100:0	38.0	175	583	594	0	963	4.6
0.35	0:100	37.0	155	443	634	634	1084	4.1
	30:70	37.0	155	443	446	446	1084	5.4
	50:50	35.0	155	443	302	302	1119	4.0
	70:30	37.0	160	457	189	189	1069	5.0
	100:0	37.0	167	477	0	0	1047	4.3

비중: 시멘트 3.15, FA 2.2, SS 2.59, CS 2.59 G 2.61

표 3. 잔골재의 물리적 성질

혼합비율 (CS : SS)	0:100	30:70	50:50	70:30	100:0
조립율	3.98	3.50	3.23	3.08	2.80
단위용적중량 (kg/l)	1.39	1.42	1.44	1.46	1.51
입형판정실적률 (%)	52.7	54.1	55.0	56.1	58.1
형상계수	1.37	-	-	-	1.23

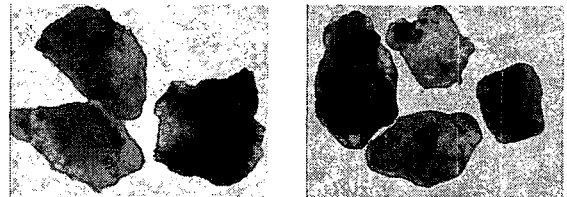


그림 1. 부순모래(좌측)와 해사(우측)-100배사진

따라 잔골재율은 약 3% 감소하는 것으로 나타났다. 이와 같은 결과로부터 부순모래를 사용하여 고강도콘크리트를 제조할 시에는 부순모래의 입

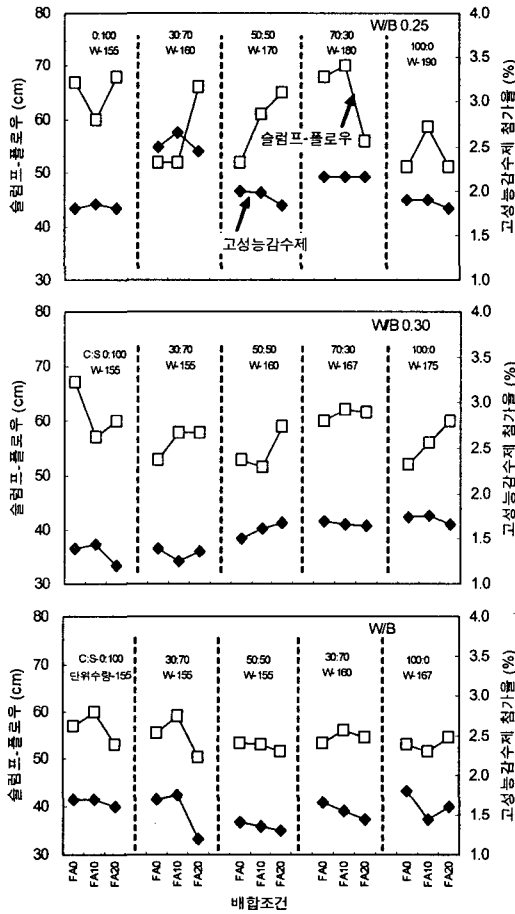


그림 2. 유동성과 부순모래 혼합비율 및 플라이애쉬 치환율

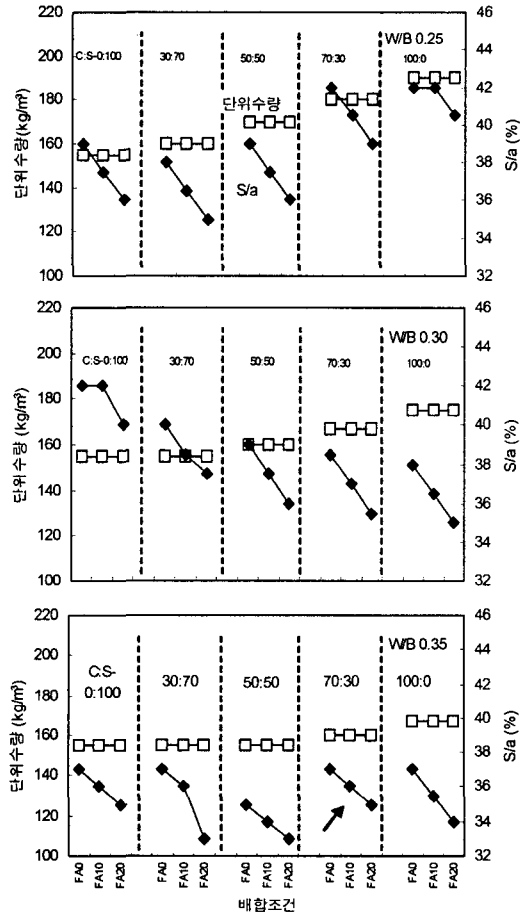


그림 3. 배합조건별 단위수량과 잔골재율의 변화

형 및 입도가 바닷모래에 비해 열악하여 고성능감수제의 과다첨가 및 단위수량의 증가가 예상되므로 부순모래의 입형 및 입도가 우수한 골재를 선정하는 것이 중요할 것으로 사료된다.

3.2 경화콘크리트의 강도특성

1) 압축강도

W/B, 부순모래 혼합비율 및 플라이애쉬 치환율에 따른 경화콘크리트 재령 3일, 7일, 28일에서의 압축강도를 그림 4에 나타내었다.

W/B에 따른 압축강도 발현 성상은, W/B가 낮아질수록 높은 강도발현 수준을 보이며, 평균적으로 압축강도는 5MPa정도씩 상승하는 것으로 나타났다. 또한, 부순모래 혼합비율에 따른 강도발현 특성은 W/B에 따라 다소 상이한 결과를 나타내고 있다. W/B 0.25에서는 부순모래 혼합비율이 높아질수록 28일 압축강도도 증가하는 경향을 보이고 있지만, W/B 0.30과 0.35에서는 혼합비율 50% 및 30%까지는 증가하지만 이후에는 다소 감소하는 것으로 나타났다. 이는 부순모래를 혼입 사용함으로써 콘크리트를 구성하는 골재 상호간의 맞물림작용과 잔입자의 혼입에 의해서 콘크리트의 공극을 충전하여 조적을 치밀화시키지만, 배합수준에 따라 과도한 사용은 그 효과를 저감시키기 때문인 것으로 판단된다.

더불어 플라이애시 치환율의 영향은 초기 7일까지의 재령에서는 치환율이 높아질수록 압축강도는 낮게 나타났지만, 재령 28일에서는 상대적으로 치환율 10%가 다소 높은 수준을 보이고 있는데 이는 수화속도에 기인하는 것으로 판단된다.

2) 압축강도와 인장강도

압축강도와 인장강도와의 관계를 그림 5에 나타내었다. 압축강도가 40~70MPa의 고강도 콘크리트 영역의 인장강도는 3.0~5.5MPa 정도를 보이고 있으며, 압축강도에 대한 인장강도는 1/11~1/16 정도로서 일반콘크리트 보다 낮게 나타났다. 또한, 부순모래 혼합비율에 따른 뚜렷한 경향은 보이고 있지 않지만, 바닷모래만을 사용한 경우보다 부순모래를 혼합사용한 콘크리트가 다소 압축강도에 대한 인장강도가 낮게 나타났는데 이는 부순모래의 맞물림 작용에 의한 것으로 판단된다.

4. 결론

부순모래를 사용한 고강도콘크리트의 유동성 및 강도특성을 검토한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 부순모래 혼합비율이 높아질수록 목표 슬럼프 플로우를 만족시키기 위한 고성능감수제 첨가율 및 단위수량은 증가하고, 단위수량이 유사한 경우 S/a는 감소하였다.
- (2) 부순모래의 맞물림 작용에 의해 압축강도는 부순모래 혼합비율 30~70%에서 높게 나타났으며, 압축강도에 대한 인장강도는 부순모래를 혼입한 경우가 바닷모래 단독사용 보다 낮게 나타났다.
- (3) 플라이애시 치환율 10%에서 유동성 및 강도 특성이 우수한 것으로 나타났다.
- (4) 유동성 및 강도특성을 검토한 결과 부순모래를 사용하여 고강도콘크리트 제조시 부순모래의 입형 및 입도가 매우 크게 영향을 미치며, 부순모래 혼합비율은 50%정도가 가장 우수한 것으로 판단된다.

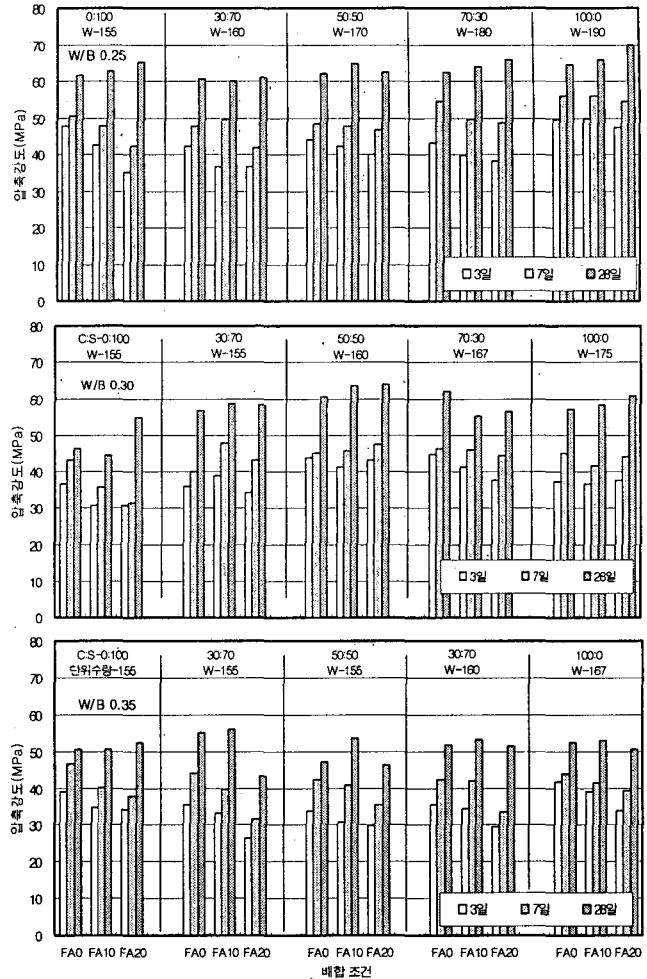


그림 4. 부순모래 혼합비율 및 플라이애시 치환율에 따른 압축강도

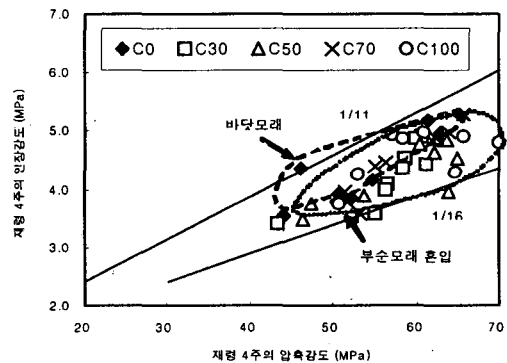


그림 5. 압축강도와 인장강도