

부순모래의 입자특성이 콘크리트의 품질에 미치는 영향

Influence of Particle Properties of Crushed Sand on the Qualities of Concrete

유승엽* 손유신** 이승훈*** 이건철**** 윤기원***** 한천구*****
 Yoo, Seung-Yeup Sohn, Yu-Shin Lee, Seung-Hoon Lee, Gun-Cheol Yoon, Gi-Won Han, Cheon-Goo

Abstract

This study investigates influence of particle properties of crushed sand on the quality of concrete. The test shows that an increase of fineness modulus(FM) resulted in high slump and air contents, while compressive strength decreased due to decreased adhesion with reduction of surface area. As grain shape become rounder, the slump of concrete increased, due to reduction of internal friction, and increased air contents. The reduction of adhesion by abrasion of surface declined compressive strength during the process of manufacturing crushed sand. Increase of powder contents decreased slump and it also decreased air contents due to the effect of filling air void. In addition, using powder contents increased compressive strength, but could not find any difference of bleeding and tensile strength with particle properties.

키워드 : 부순모래, 조립률, 입형, 미립분량

Keywords : Crushed Sand, Fineness Modulus, Grain Shape, Powder Content

1. 서론

1990년대 이후 국내에서는 천연골재의 부존량 감소와 건설 수요의 증가로 인하여 대도시 주변에서 양질의 천연골재가 고갈되었다. 굵은골재의 경우는 천연골재 외에 양질의 쇄석골재의 생산으로 인하여 수급에 큰 문제가 없으나, 잔골재의 경우는 강모래의 공급이 매우 부족한 상태이고, 육상모래 및 해사와 같은 자연상태에서 얻을 수 있는 잔골재도 품질이 크게 열악할 뿐만 아니라 그 수급도 점차 어려워지고 있는 실정으로 대체골재 자원으로써 부순모래의 사용이 절실히 요구되어지고 있다.

그러나, 이러한 부순모래는 밀도, 흡수율 등 골재 자체의 고유성질을 제외하고는 부순모래 제조과정에서 조립률, 입형판정실적율 및 0.08mm체 통과량(이하 미립분량)의 차이가 크게 나타나는데, 그동안 부순모래의 경우 조립률, 입형판정실적율 및 미립분량이 열악한 상태로 제조되어 콘크리트의 품질을 저하시키는 요인으로 작용하였으나, 최근 부순모래의 제조방법 및 시스템의 변화와 발전에 의해 조립률, 입형판정실적율 및 미립분량을 어느 정도까지 임의로 조절할 수 있게 되었다.

따라서, 본 연구에서는 입자특성을 임의로 조정하여 생산

한 부순모래를 사용하여 조립률, 입형판정실적율 및 미립분량의 입자특성이 콘크리트의 품질에 미치는 영향을 검토함으로써 부순모래를 사용한 콘크리트의 고품질화 방안 및 부순모래의 품질변화에 따른 배합수정의 기초자료를 제시하고자 한다.

2. 실험 계획 및 방법

2.1 실험 계획

본 연구의 실험계획 및 콘크리트의 배합은 표 1 및 표 2와 같다.

배합사항으로 조립률 2.8, 입형판정실적율 55% 및 미립분량 5%로 제조된 부순모래를 사용한 콘크리트를 플레인 배합으로 하였다. W/C는 40% 1수준으로 플레인 배합의 목표 슬럼프는 150±25mm, 목표 공기량은 4.5±1.5%로 하여 배합을 결정된 뒤, 전 배합에 동일하게 적용하였다. 이때 실험요인으로 부순모래의 조립률을 2.8, 3.1, 3.4의 3수준, 입형판정실적율을 53, 54, 55, 56, 57%의 5수준, 미립분량을 3, 4, 5, 6, 7%의 5수준으로 변화시켜 부순모래의 조립률, 입형판정실적율 및 미립분량의 입자특성이 콘크리트의 품질에 미치는 영향을 검토하도록 실험계획 하였다.

* 정희원, 청주대 대학원 석사과정

** 정희원, (주)삼성물산 건설부문 전임연구원

*** 정희원, (주)삼성물산 건설부문 수석연구원

**** 정희원, 청주대 산업과학연구소 전임연구원, 공학박사

***** 정희원, 주성대 건축공학과 부교수, 공학박사

***** 정희원, 청주대 건축공학부 교수, 공학박사

표 1. 실험계획

W/C (%)	배합사항					실험사항	
	목표 슬럼프 (mm)	목표 공기량 (%)	FM	입형 (%)	미립자량 (%)	굳지않은 콘크리트	경화 콘크리트
40	150±2 5	4.5±1. 5	2.8 3.1 3.4	53	3	슬럼프 슬럼프플로우 공기량 블리딩 응결시간	압축강도 (3, 7, 28일) 인장강도 (28일)
				54	4		
				55	5		
				56	6		
				57	7		

표 2. 콘크리트의 배합

W/C (%)	단위수량 (kg/m ³)	S/a (%)	SP/C (%)	질량배합 (kg/m ³)		
				C	S	G
40	175	43	0.9	438	717	961

2.2 사용 재료

본 실험에 사용한 시멘트는 국내산 보통 포틀랜드시멘트를 사용하였으며, 그 물리적 성질은 표 3과 같다. 골재로써 굵은 골재는 경기 화성산 25mm 부순 굵은골재, 잔골재는 국내 S사에서 Impact Crusher를 이용하여 생산한 부순모래를 사용하였으며, 그 물리적 성질은 표 4와 같다. 혼화제로서 고성능 감수제는 국내 D사의 제품을 사용하였으며 그 물리적 성질은 표 5와 같다.

표 3. 시멘트의 물리적 성질

밀도 (g/cm ³)	분말도 (cm ² /g)	안정도 (%)	응결시간(분)		압축강도(MPa)		
			초결	중결	3일	7일	28일
3.11	3,274	0.07	180	260	21.9	30.5	39.4

표 4. 골재의 물리적 성질

구분	조립률	입형판정실적률 (%)	미립분량 (%)	밀도 (g/cm ³)	단위용적질량 (kg/m ³)	
잔골재	2.8	55	53	5	2.6	1363
			54	5	2.6	1396
			55	3	2.6	1431
				4	2.6	1427
				5	2.6	1424
				6	2.6	1426
				7	2.6	1429
			56	5	2.6	1420
			57	5	2.6	1477
			3.1	55	5	2.6
3.4	55	5	2.6	1425		
굵은 골재	7.04	-	0.40	2.63	1532	

표 5. 혼화제의 물리적 성질

구분	주성분	형태	색상	밀도 (g/cm ³)
고성능감수제	나프탈렌계	액상	암갈색	1.189

2.3 실험 방법

본 연구의 실험방법으로 콘크리트의 혼합은 강제식 팬타입 믹서를 사용하여 그림1과 같이 혼합하였다.

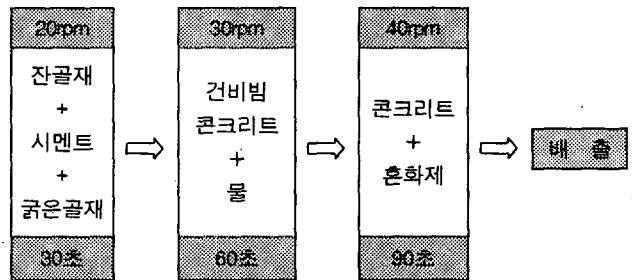


그림 1. 콘크리트 혼합

굳지않은 콘크리트의 특성으로 슬럼프 및 공기량은 KS F 2402 및 KS F 2421 규정에 따라 실시하였다. 블리딩은 KS F 2414 규정에 의거 블리딩수를 측정한 후 블리딩량으로 평가하였으며, 응결시간은 KS F 2436 규정의 프록터 관입저항 시험방법에 의거 측정하였다.

경화콘크리트의 특성으로 압축강도 및 인장강도는 ϕ 10×20cm 공시체를 KS F 2403 규정에 의거 제작하여 계획된 소정 재령에서 KS F 2405 및 KS F 2423. 규정에 의거 측정하였다.

3. 실험 결과 및 분석

3.1 굳지않은 콘크리트의 특성

1) 슬럼프 및 슬럼프플로우

그림 2는 부순모래의 입자특성 변화에 따른 슬럼프 및 슬럼프플로우를 나타낸 것이다.

먼저, 조립률의 영향으로 조립률이 커질수록 슬럼프 및 슬럼프플로우가 증가하는 것으로 나타났는데, 조립률 0.3증가에 따른 슬럼프 증가는 약 2cm정도로 나타났다. 이는 조립률이 커질수록 잔골재의 표면적 감소에 기인하여 동일한 단위수량 일 경우 유동성에 관여하는 잉여수량의 증가에 따른 결과로 분석되어진다. 입형판정실적률의 영향으로 입형판정실적률이 커질수록 슬럼프 및 슬럼프플로우는 증가하는 것으로 나타났다. 이는 입형판정실적률이 커질수록 부순모래가 구상의 입자로 되어 콘크리트의 내부 마찰력 감소에 기인한 결과로 분석되었는데, 입형판정실적률 1%증가에 따른 슬럼프 증가는 약 1cm정도로 나타났다.

또한, 미립분량의 영향으로 미립분량이 증가할수록 슬럼프 및 슬럼프플로우가 감소하는 것으로 나타났는데, 이는 미립분량이 증가할수록 부순모래의 표면적의 증가로 인한 단위수량

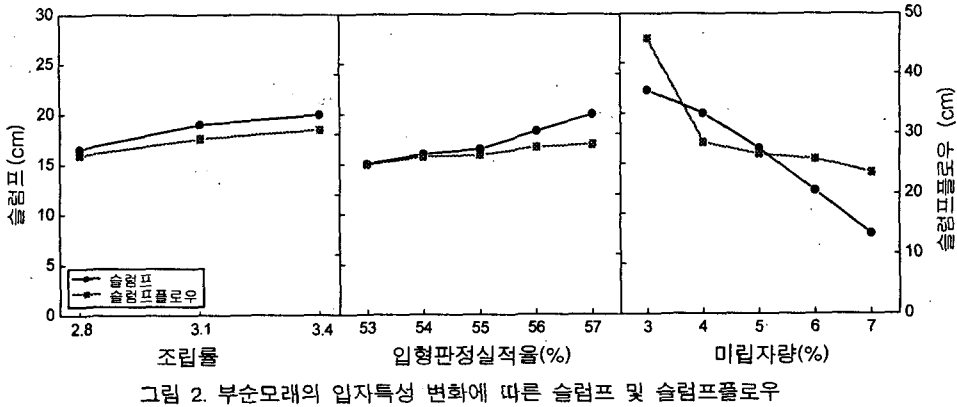


그림 2. 부순모래의 입자특성 변화에 따른 슬럼프 및 슬럼프플로우

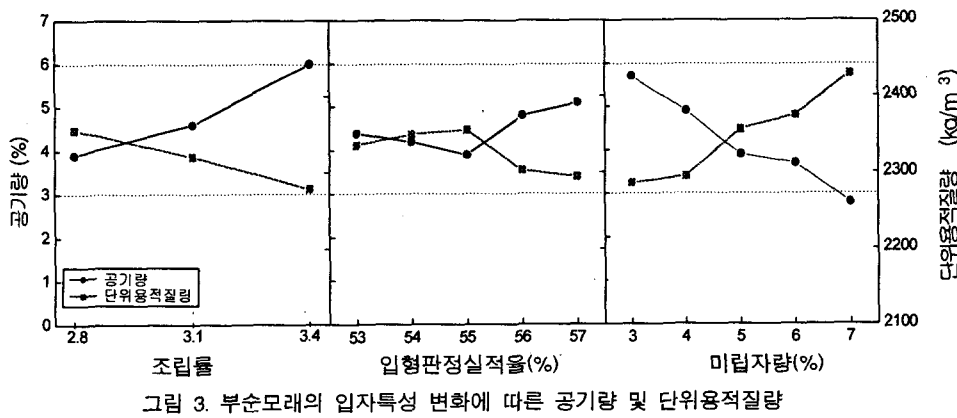


그림 3. 부순모래의 입자특성 변화에 따른 공기량 및 단위용적질량

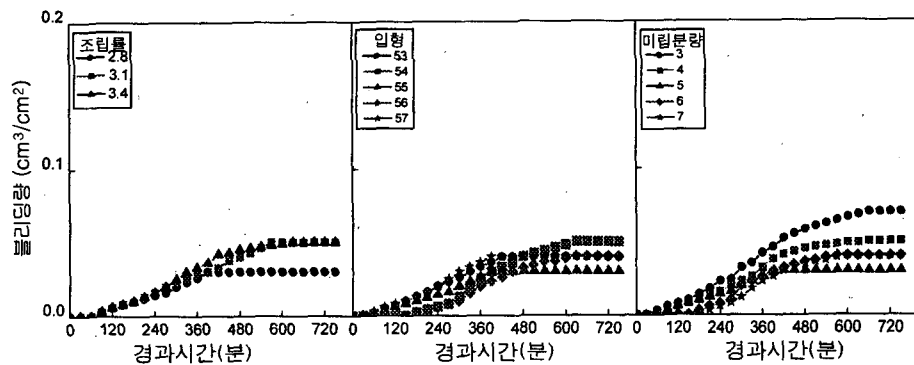


그림 4. 부순모래의 입자특성 변화에 따른 블리딩량

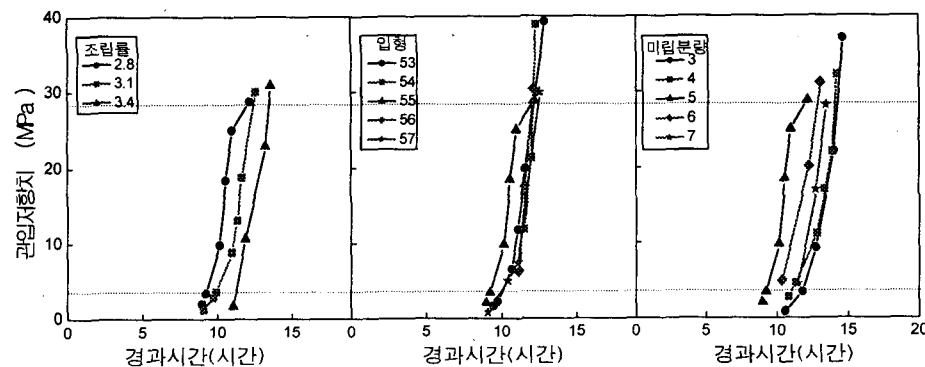


그림 5. 부순모래의 입자특성 변화에 따른 응결시간

의 상대적 감소에 기인한 결과로 분석되었는데, 미립분량 1%증가에 따른 슬럼프 감소는 약 3cm정도로 나타났다.

2) 공기량 및 단위용적질량

그림 3은 부순모래의 입자특성 변화에 따른 공기량 및 단위용적질량을 나타낸 것이다.

먼저, 조립률 및 입형판정실적율이 커질수록 공기량은 증가하는 것으로 나타났고, 미립분량이 증가할수록 미립자에 의한 공극충진 효과로 인하여 공기량은 감소하는 것으로 나타났다지만, 입자특성 변화에 따른 공기량은 미립분량 7%를 제외하고 모두 목표 공기량의 범위를 만족하는 것으로 나타났다.

또한, 단위용적질량은 당연한 결과이겠지만, 입자특성 변화에 따른 공기량의 증감에 반대하는 경향으로 나타났다.

3) 블리딩

그림 4는 부순모래의 입자특성 변화에 따른 블리딩량을 나타낸 것이다.

전반적으로 시간이 경과할수록 블리딩량이 증가하는 것으로 나타났으며 입자특성에 따라 약간의 블리딩량의 차이가 있는 것으로 나타났는데, 블리딩량은 조립률 2.8, 입형판정실적율 55%, 미립자량 5%에서 가장 적게 발생하는 것으로 나타났다.

또한, 조립률 및 입형판정실적율이 커질수록 블리딩량이 증가하는 것으로 나타났고, 미립분량이 증가할수록 블리딩량이 감소하는 것으로 나타났는데, 이는 표면적 증가에 의한 잉여수량의 감소에 기인한 결과로 분석되나, 입자특성 변화에 따른 블리딩량의 차이는 0.05cm³/cm²이하로 큰 차이는 아닌 것으로 사료된다.

4) 응결시간

그림 5는 부순모래의 입자특성 변화에 따른 경과시간별 관입저항치를 나타낸 것이다.

응결시간은 조립률 2.8, 입형판정실적율 55%, 미립자량 5%에서 초결이 9시간, 종결이 12시간으로 가장 빠르게 나타났는데, 이는 블리딩과 유사한 경향으로 블리딩이 많을 경우 콘크리트중의 수분증발이 지연되어 응결이 지연되는 것으로 분석된다.

또한, 입자특성의 영향으로 조립률이 커질수록 응결지연이 나타났고, 입형판정실적률 변화에 따른 응결시간은 거의 유사한 경향으로 나타났으며, 미립분량이 증가할수록 응결시간이 촉진되는 것으로 나타났다.

3.2 경화 콘크리트의 특성

1) 압축강도

그림 6은 부순모래의 입자특성 변화에 따른 압축강도를 나타낸 것이다.

전반적인 경향으로 재령경과에 따른 압축강도의 증진 경향은 유사한 것으로 나타났는데, 28일 압축강도의 경우 입자특성 변화에 따라 5~10MPa의 차이를 나타내고 있다.

또한, 입자특성의 영향으로 조립률이 커질수록 표면적 감소에 따른 부착력저하에 의해 압축강도는 저하되는 것으로 나타났고, 입형이 커질수록 부순모래 제조과정에서의 표면조직 마모에 의한 부착력 저하에 의해 압축강도가 저하되는 것으로 나타났으며, 미립분량이 증가할수록 미립분에 의한 공극 충전 효과에 의해 압축강도가 증가되는 것으로 나타났다.

2) 인장강도

그림 7은 부순모래의 입자특성 변화에 따른 28일 재령에서의 인장강도를 나타낸 것이다.

인장강도는 압축강도와 마찬가지로의 경향으로 조립률 및 입형판정실적률이 클수록 인장강도가 저하되는 것으로 나타났고, 미립분량이 증가할수록 인장강도가 증가하는 것으로 나타났지만, 입자특성에 의한 인장강도는 큰 차이가 아닌 것으로 사료된다.

4. 결론

본 연구는 부순모래의 입자특성이 콘크리트의 품질에 미치는 영향에 대해 검토한 것으로, 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

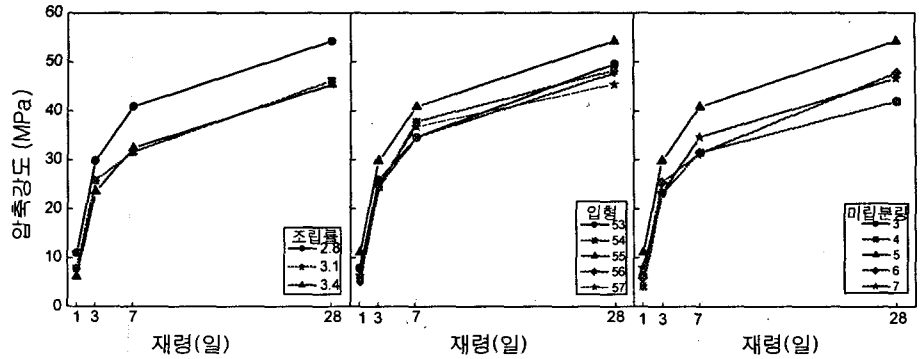


그림 6. 부순모래의 입자특성 변화에 따른 압축강도

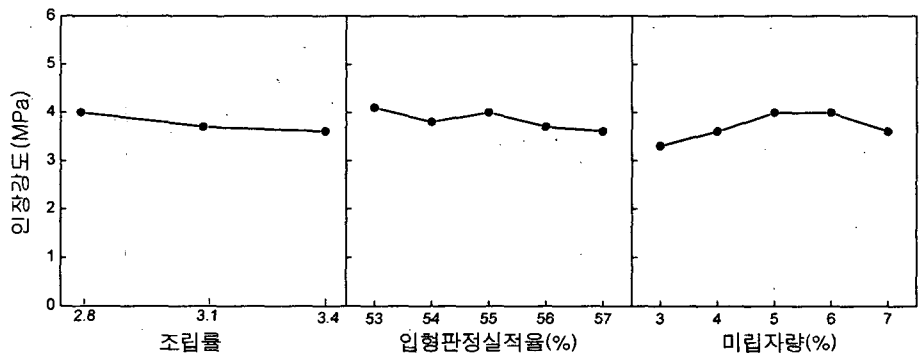


그림 7. 부순모래의 입자특성 변화에 따른 인장강도

- 1) 조립률의 영향으로 조립률 증가에 따른 슬럼프는 약간 증가하였으며, 공기량은 증가하고, 블리딩량은 큰 차이가 없으며, 응결시간은 지연되는 것으로 나타났고, 압축강도는 저하되나, 인장강도는 거의 유사하게 나타났다.
- 2) 입형의 영향으로 입형판정실적률 증가에 따른 슬럼프는 증가하였으며, 공기량도 증가하고, 블리딩량 및 응결시간은 큰 차이가 없는 것으로 나타났으며, 압축강도는 부착력 저하에 의해 저하되나, 인장강도는 거의 유사하게 나타났다.
- 3) 미립분의 영향으로 미립분량 증가에 따른 슬럼프는 감소하였으며, 공기량도 감소하고, 블리딩량은 큰 차이가 없으며, 응결시간은 촉진되는 것으로 나타났고, 압축강도는 미립분의 공극충전 효과에 의해 강도가 증가되는 것으로 나타났으며, 인장강도는 큰차이 없이 유사하게 나타났다.

참고 문헌

1. KS F 2527 콘크리트용 부순 골재, 2002
2. 한국 콘크리트학회, 부순모래 및 부순모래 콘크리트, 1998
3. 윤기원, 이진규, 임종민, 이종태, 김성식, 한천구 : 부순모래의 미립분 함유율이 콘크리트의 특성에 미치는 영향에 관한 연구, 대한건축학회 학술발표 논문집, 제16권 제2호, 1996. 10