

부순모래의 微粒粉 含有量 및 粒形이 콘크리트의 特性에 미치는 影響에 관한 研究

A Study on the Influence of the Properties of Concrete
on Powder Content and Shape of Crushed Sand

李鎮圭* 尹起源** 林鐘旻***
Lee, Jin Kyn Yoon, Gi Won Lim, Jong Min

李鐘泰**** 金成植***** 韓千求*****
Lee, Jong Tae Kim, Sung Sik Han, Cheon Goo

Abstract

The objective of this study is to present the reference data about the influence of concrete properties using crushed sand, according to the change of powder content and grain shape. From the test results, We obtained that as powder content is increased, sand aggregate ratio, water content and S.P/C are increased in mixing design of concrete. The more powder content is, the less slump and air content loss are decreased in fresh state, but the higher compressive strength and drying shrinkage are increased in hardened concrete state. As grain shape become round, water content is decreased in mixing design of concrete. And also, loss of slump and air content in fresh state, compressive strength in hardened state are increased.

1. 서 론

國內의 레미콘 업계에서는 최근 양호한 천연 잔골재 자원이 점차 고갈되어 감에 따라 부순모래 使用

- * 정회원, 청주대학교 대학원 석사과정
- ** 정회원, 청주대학교 대학원 박사과정
- *** 공영토건주식회사, 기술개발실 연구원
- **** 공영토건주식회사, 기술개발실 책임연구원
- ***** 공영토건주식회사, 기술개발실 수석연구원
- ***** 정회원, 청주대학교 교수, 공학박사

등 새로운 對應策이 要求되고 있다.

그런데, 이와 같은 부순모래 콘크리트의 경우는 부순모래의 微粒粉 含有率 및 粒形 등 골재의 粒子 特性 변화가 콘크리트의 品質에 매우 중요한 影響을 미치는 것으로 알려지고 있다.

그러므로 本 研究에서는 고강도 및 일반강도 범위에서 부순모래의 微粒粉 含有量 및 粒形變化에 따른 부순모래 콘크리트의 배합특성, 굳지않은 상태 및 경화상태의 특성 등의 基礎的 物性を 考察·分析 하므로써, 궁극적으로 부순모래의 실무응용에 한 參考資料로 제시하고자 한다.

2. 實驗計劃 및 方法

2.1 實驗計劃

本 研究의 實驗計劃은 표 1과 같다.

표 1 實驗計劃

잔골재	배 합 사 항					실 험 사 항	
	W/C (%)	미립분함유율 (%)	입형판정실적율 (%)	목표슬럼프 (cm)	목표공기량 (%)	굳지않은 상태	경화상태
부순 모래	30	3, 5, 7, 10	54	18±1	4~6	- 슬럼프 (0, 30, 60, 90, 120분) - 공기량 (0, 60분)	- 압축강도(28일)
	40						- 인장강도(28일)
	50	3	52, 53, 54				- 휨강도(28일)

2.2 使用材料

本 實驗에 사용한 시멘트는 국내 동양시멘트(주)의 1종 보통 포틀랜드 시멘트를 사용하며, 그 물리적 성질은 표 2와 같다. 混和劑는 국내산 Y사의 高性能減水劑 및 AE劑를 사용하는데, 그 물리적 성질

표 2 시멘트의 물리적 성질

비중	분말도 (cm ² /g)	안정도 (%)	응결시간(분)		압축강도(kg/cm ²)		
			초결	종결	3일	7일	28일
3.14	3,149	0.35	206	343	213	298	380

표 3 혼화제의 물리적 성질

구분	주 성분	형태	색 상	비중 (20℃)	표준 사용량
고성능 감수제	나프탈렌계	액체	담갈색	1.25	시멘트 사용량의 1% 전후
AE제	synthetic tensides	액체	무 색	1.02 ± 0.02	시멘트 사용량의 0.02~0.04%

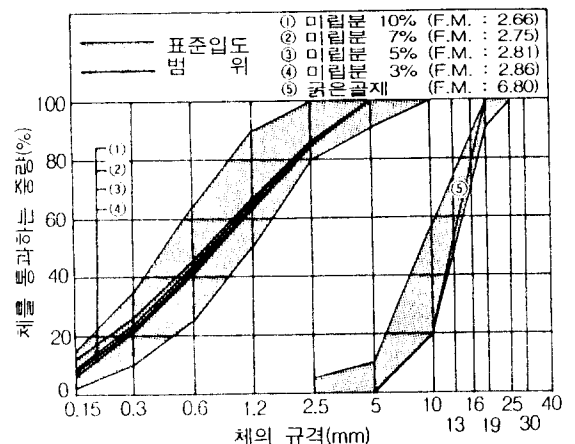


그림 1 골재의 입도곡선

표 4 골재의 물리적 성질

골재종류	비중	조립율 (F.M)	공극율 (%)	흡수율 (%)	단위용적중량 (kg/m ³)	입형판정 실적율 (%)	No.200체 통과율 (%)
부순모래	2.56	2.86	36.1	1.42	1,636	54.7	3.00
부순돌	2.70	6.80	43.0	0.65	1,534	59.0	-

은 표 3과 같다. 골재로써 잔골재는 충북 괴산군 우진산업산 부순모래를 사용하며, 굵은골재는 충북 옥산면산 20mm 화강암 부순돌을 사용하는데, 골재의 물리적 성질 및 입도곡선은 표 4 및 그림 1과 같다.

2.3 實驗方法

콘크리트의 혼합은 강제식 팬믹서를 사용하여 그림 2의 혼합 順序에 따라 실시한다.

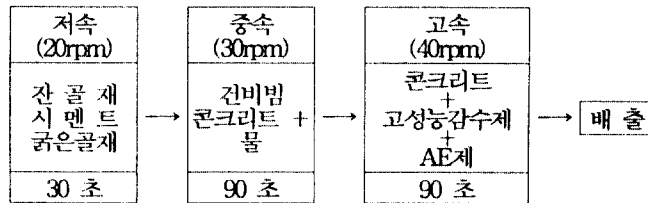


그림 2 콘크리트의 혼합

실험방법으로는 먼저, 공시체 제작으로 壓縮, 引張 및 휨強度 측정용 공시체는 KS F 2403의 방법에 따라 제작하며, 길이변화 측정용 공시체는 7.5×7.5×40cm 몰드의 양끝에 길이 측정용 게이지를 설치하여 제작한다. 굳지않은 상태의 실험으로 슬럼프 및 空氣量 시험은 KS F 2402 및 2421의 방법으로 실시한다. 경화 콘크리트 상태의 실험으로 壓縮, 引張 및 휨強度 시험은 KS F 2405, 2423 및 2407의 표준적인 방법에 의거 실시하고, 길이변화 시험은 KS F 2424 규정의 다이알 게이지 방법으로 실시한다.

3. 實驗結果 및 分析

3.1 配合特性

實驗計劃에 따른 배합설계자료는 표 5와 같다.

배합특성에 대한 分析으로 그림 3은 微粒粉 含有量 및 粒形判定 實積率 변화에 따른 W/C별 배합특성으로 잔골재율, 단위수량, 고성능감수제 첨가율 및 AE제량을 꺾은선 그래프로 나타낸 것이다.

먼저, 잔골재율은 W/C가 클수록 높게 나타났는데, 微粒粉 含有率에 따른 잔골재율은 微粒粉이 증가함에 따라 점성이 증대되어 잔골재율을 낮추어야 하는 것으로 나타났으며, 粒形은 粒形判定 實積率 52~54%의 범위에서 粒形變化에 따른 잔골재율은 유사한 것으로 나타났다.

동일한 반죽질기를 발휘하기 위한 단위수량은 微粒粉 含有率이 增加하거나, 粒形判定 實積率이 작아짐에 따라 增加하는 것으로 나타났고, W/C별로는 W/C 30, 50, 40의 순으로 나타났다.

표 5 배합 계획표

골재 종류	W/C (%)	미립분 함유율 (%)	입형판정 실적율 (%)	단위수량 (kg/m ³)	S/A (%)	SP/C (%)	AE/C (%)	용적배합 (ℓ/m ³)			중량배합 (kg/m ³)		
								C	S	G	C	S	G
부순 모래	30	3	54	179	39.0	1.25	0.035	190	227	354	597	581	956
		5		180	38.5	1.25	0.035	191	223	356	600	571	961
		7		182	37.5	1.25	0.035	193	216	359	607	553	969
		10		185	36.0	1.30	0.035	196	205	364	617	525	983
	40	3		174	47.0	1.07	0.014	139	299	338	435	765	913
		5		175	46.0	1.07	0.014	139	293	343	438	750	926
		7		176	45.5	1.07	0.014	140	288	346	440	737	934
		10		180	44.0	1.07	0.016	143	276	351	450	707	948
	50	3		178	52.0	1.05	0.012	113	343	316	356	878	835
		5		180	51.0	1.05	0.012	115	334	321	360	855	867
		7		180	50.0	1.05	0.012	115	328	327	360	840	883
		10		183	49.0	1.05	0.013	117	319	331	366	817	894
	30	3	52	183	39.0	1.30	0.035	194	223	350	610	571	945
			53	181	39.0	1.27	0.035	192	225	352	603	576	950
			54	179	39.0	1.25	0.035	190	227	354	597	581	959
			52	184	47.0	1.10	0.014	146	291	329	460	745	888
	40		53	178	47.0	1.07	0.014	142	296	334	445	758	902
			54	174	47.0	1.07	0.014	139	229	338	435	765	913
			52	184	52.0	1.05	0.012	117	337	312	368	863	842
			53	179	52.0	1.05	0.012	114	342	315	358	876	851
50	54		178	52.0	1.05	0.012	113	343	316	356	878	835	

이는 微粒粉 含有率 變化의 경우 微粒粉이 增加함에 따라 表面적의 증가로 요구수량이 많아지고, 粒形判定 實積率 變化의 경우는 粒形判定 實積率이 작아짐에 따라 각이져 있는 영향으로 콘크리트 중의 내부 마찰저항이 增大되어 유동성이 감소하므로 동일 유동성을 발휘하기 위해서는 단위수량을 증가시켜야 하는 것으로 분석되었다.

목표슬럼프를 발휘하기 위한 고성능 감수제 사용량은 微粒粉 含有率이 增加할수록, 粒形이 불량해질수록 약간 增加시켜야 하는 것으로 나타났다. 특히 W/C 30%에서 微粒粉이 7%인 경우에서 10%로 增加될 때, 粒形判定 實積率이 53%에서 52%로 작아질 때 SP제 첨가율을 약 0.05%정도 증가시켜야 하는 것으로 나타나, 현 KS규격의 微粒粉 含有率 7%이하 및 粒形判定 實積率 53%이상의 부순모래 품질규정의 설정 기준과 연관이 큼을 확인할 수 있었다.

微粒粉 含有率 및 粒形判定 實積率 변화에 따른 AE제 첨가율은 본 실험 범위에서 큰 차이가 없는 것으로 나타났으나, 단, 『3.2 균지않은 狀態

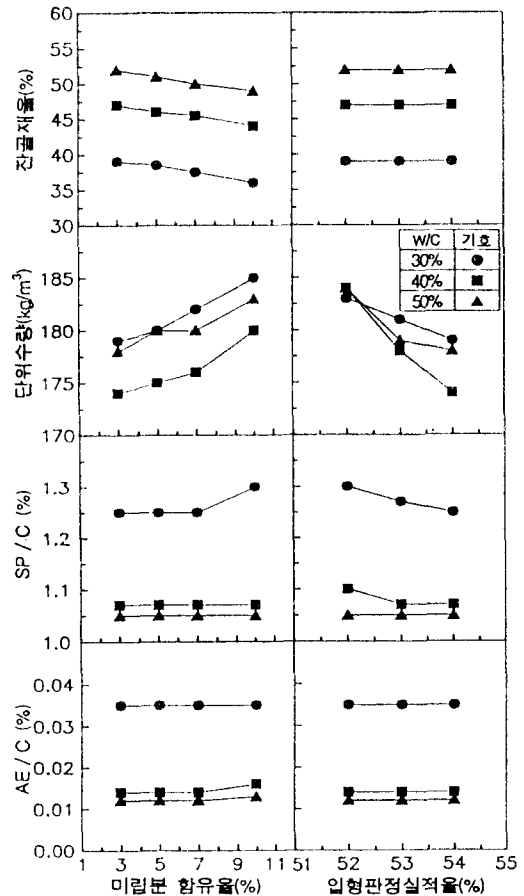


그림 3 미립분 함유율 및 입형판정실적율 변화에 따른 잔골재율, 단위수량, SP제량 및 AE제량

의 特性』의 공기량 결과를 볼 때, 微粒粉 含有率이 增加함에 따라 微粒粉에 의해 미세공극이 채워져 공기량이 減少하게 되므로 동일 공기량을 발휘하기 위해서는 AE/C를 높여 주어야 할 것으로 사료된다.

3.2 굳지않은 狀態의 特性

그림 4는 시간경과에 따른 微粒粉 含有率 및 粒形判定 實積率별 슬럼프치를 꺾은선 그래프로 나타낸 것이다.

전반적인 경향으로 시간이 경과함에 따라 微粒粉 含有率 변화 및 粒形判定 實積率 변화 모두 감소하는 것으로 나타났는데, 특히, 60분 경과 이전에 크게 감소하고 그 이후에는 완만히 감소하는 것으로 나타났다.

微粒粉 含有率 변화에 따른 슬럼프는 W/C가 클수록 슬럼프 저하는 약간 작게 나타났고, 微粒粉 含有率 별로는 微粒粉 含有率이 큰 것이 슬럼프 저하가 약간 작게 나타났다.

粒形判定 實積率 변화에 따른 슬럼프는 W/C가 클수록 슬럼프 저하가 급격하고, 粒形判定 實積率이 작을수록 슬럼프 로스가 작게 나타났는데, 이는 거친 粒形의 콘크리트를 목표슬럼프가 발휘되도록 하기 위해 초기 단위수량 및 고성능 감수제의 첨가율을 높인 것에 기인한 결과로 사료된다.

그림 5는 微粒粉 含有率 및 粒形判定 實積率별 경과시간에 따른 공기량을 꺾은선 그래프로 나타낸 것이다.

전반적인 경향으로 공기량은 비빔직후에 비하여 60분 경과후 크게 감소한 것으로 나타났는데, 그 차이는 微粒粉 含有率 변화의 경우 0.6~2.9% 감소하였고, 粒形判定 實積率 변화의 경우는 1.4~2.9% 감소한 것으로 나타났다. 또한, 60분 경과후 공기량 감소는 微粒粉 含有率이 증가할수록 작게 나타났고, 粒形判定 實積率이 작을수록 공기량 감소는 작은 것으로 나타났다. 특히, W/C 40%인 경우는

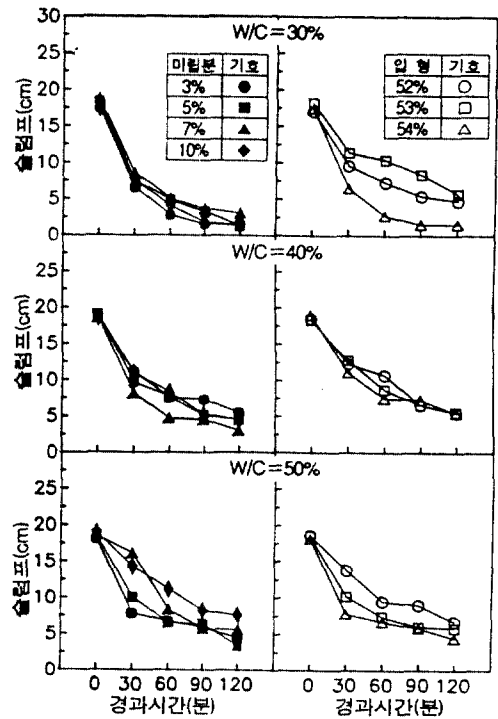


그림 4 미립분 함유율 및 입형관정실적율 변화별 경과시간에 따른 슬럼프

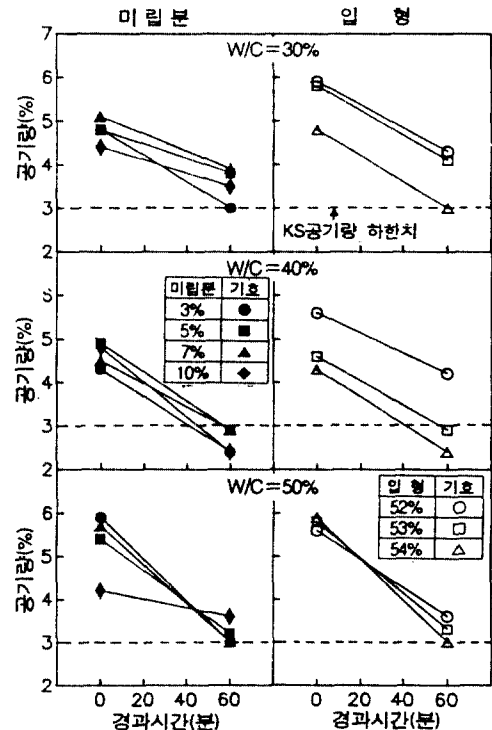


그림 5 미립분 함유율 및 입형관정실적율 변화별 경과시간에 따른 공기량

비빔직후 4%이상이었던 공기량이 60분 경과 후 대부분이 KS의 공기량 하한치인 3% 이하로 감소한 것으로 나타나 시간경과에 따른 공기량 감소가 적은 AF제를 선택하여 사용하는 것이 요구되었다.

3.3 硬化狀態의 特性

그림 6은 微粒粉 含有率 및 粒形判定 實積率 변화에 따른 W/C별 壓軸, 引張 및 靱強度를 꺾은선 그래프로 나타낸 것이다.

전반적인 경향으로 微粒粉 含有率이 增加함에 따라 壓縮強度는 약간 增加하는 것으로 나타났으며, 微粒粉 含有率에 따른 引張 및 靱強도와 粒形影響에 따른 제강도는 약간의 증가나 감소가 있지만 거의 유사한 것으로 나타났다.

이 때, 壓縮強度의 경우, 微粒粉 含有率이 1% 增加함에 따라 壓縮強度가 약 1.6~1.9% 정도 增進된 것으로 나타났는데, 이는 微粒粉이 콘크리트 중의 내부 공극에 충전됨에 따라 壓縮強度가 증진된 것으로 분석된다.

그림 7은 재령경과에 따른 微粒粉 含有率 및 粒形判定 實積率별 건조수축 경향을 꺾은선 그래프로 나타낸 것이다.

전반적인 경향으로 건조수축 양상은 28일까지는 급격히 감소하다가 그 이후에는 완만히 감소하는 것으로 나타났다. 물시멘트비 별로는 거의 유사하게 나타났고, 微粒粉 含有率에 따른 건조수축은 微粒粉 含有率이 많을수록 크게 나타났는데, 이는 微粒粉 및 單位水量 등의 影響에 기인한 결과로 분석된다. 粒形判定 實積率 변화에 따른 건조수축은 오차 요인일 뿐 일정한 경향이 없는 것으로 분석된다.

4. 結 論

부순모래를 콘크리트용 잔골재로 활용할 경우 부순모래의 微粒粉 含有率 및 粒形判定 實

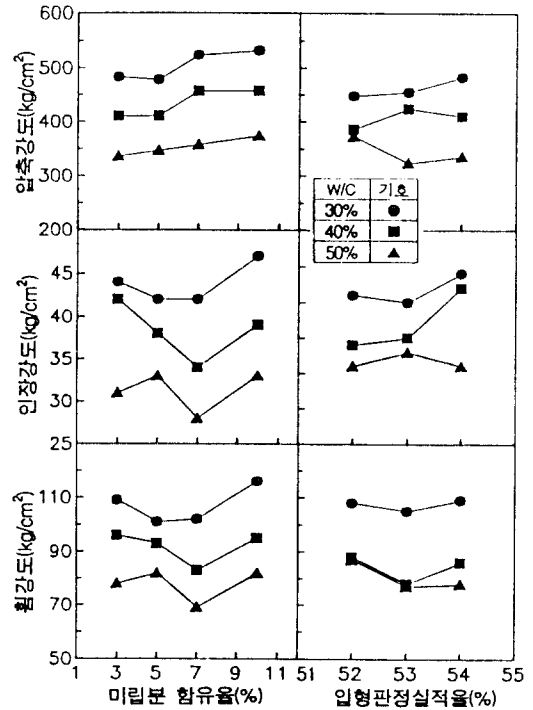


그림 6 미립분 함유율 및 입형판정실적율변화에 따른 압축, 인장 및 휨강도

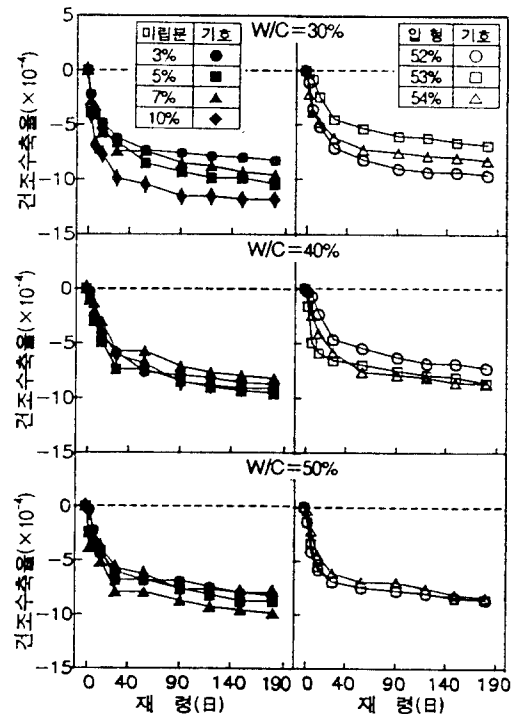


그림 7 미립분 함유율 및 입형판정실적율별 재령에 따른 건조수축율

積率 변화에 따른 부순모래 콘크리트의 配合特性, 굳지않은 狀態 및 硬化狀態의 特性을 분석한 결과를 요약하면 다음과 같다.

- (1) 配合特性으로 부순모래의 微粒粉 含有量이 증가하면 부순모래 콘크리트의 배합사항은 잔골재율은 감소시켜야 하고, 단위수량 및 고성능 감수제 사용량은 증가시켜야 하며, AE제 사용량은 유사한 것으로 나타났다. 또한, 부순모래의 粒形 변화로 粒形判定 實積率이 증가하면 잔골재율은 유사하고, 단위수량은 감소시켜야 하며, 고성능 감수제 및 AE제 사용량은 유사한 것으로 나타났다.
- (2) 굳지않은 상태에서 微粒粉 및 粒形 변화에 따른 슬럼프 저하 경향은 微粒粉 含有率이 많을수록 작게 나타났고, 粒形判定 實積率이 높을수록 크게 나타났고, 공기량 감소는 微粒粉 含有率이 많을수록, 粒形判定 實積率이 낮을수록 작게 나타났다.
- (3) 強度特性으로 微粒粉 含有率 증가에 따른 壓縮強度는 微粒粉의 공극충진으로 微粒粉 1% 증가에 따라 1.6~1.9%정도 증가되었고, 引張 및 휨強度는 유사하게 나타났으며, 粒形 변화에 따른 壓縮, 引張 및 휨強度는 유사하게 나타났다.
- (4) 미립분 및 입형 변화에 따른 건조수축은 미립분의 함유율이 증가할수록 크게 나타났으며, 입형 판정 실적을 변화에는 큰 변화가 없게 나타났다.

본 연구는 1996년도 공영토건(주)의 위탁연구로 청주대학교에서 연구되었다.

● 참고 문헌 ●

1. 崔榮和：碎石콘크리트의 性狀에 관한 實驗的 研究, 忠南大學校 大學院 工學博士 學位論文, 1988.
2. 大韓住宅公社：부순모래 實用化方案에 관한研究(Ⅰ), 大韓住宅公社, 研究 '93-11, 1993.
3. 日本建築學會：コンクリートの調査設計指針・同解説, 1994.
4. 李成馥, 池南龍, 吳昌熙：잔골재로서 碎石粉을 使用한 시멘트 모르타의 壓縮強度 및 乾燥收縮 特性에 관한 研究, 大韓建築學會論文集, 第10卷 第10號, 通卷 第72號, pp. 285~292, 1994.
5. 韓千求：부순모래 콘크리트의 개발에 관한 연구, 통상산업부, 연구 보고서, 1995.
6. 李鎭圭, 閔庚錫, 崔靑閣, 尹起源, 潘好鎔, 韓千求：부순모래 콘크리트의 配合設計에 관한 研究, 한국콘크리트학회 가을학술발표 논문집, 제7권1호, 1995.
7. 李鎭圭, 金基喆, 尹起源, 潘好鎔, 韓千求：부순모래를 利用한 高強度 콘크리트의 性狀에 관한 研究(1~2報), 大韓建築學會 學術發表 論文集, 第16卷 第2號, 1996.