

부순모래를 사용한 초고강도 콘크리트의 공학적 특성에 관한 연구

A Study on the Engineering Properties of Ultra High-Strength Concrete Utilizing Crushed Sand

이 상 수* 노 형 남** 송 하 영***

Lee, Sang-Soo Rho, Hyoung-Nam Song, Ha-Young

Abstract

Recently, the demand of ultra high-rise building is on the increase in Korea due to the rapidly changing movement in economic growth and the expansion of national infrastructure. At the same time, the tendency toward the amount used of concrete has greatly increased every year. In addition, as the seriousness of quantity demanded of aggregate is gathering strength, the active areas of research proceeds to do actively in every place in order to review the usability of crushed sand as a part of the countermeasures. And, it needs to establish the quality standard and service guide, etc. for the practical use. Accordingly, this study was to establish the ratio of water-binder materials as three levels like 23.5, 27.5, and 31.5%, and the replacement ratio as three levels like 0, 50, and 100% in order to define the engineering properties of ultra high-strength concrete using the crushed sand. This study was to examine it after establishing the combined condition by the substitute of the fine aggregate percentage and admixture. From the result of this research above, it may be summed up as follows.

- 1) The more the replacement ratio of crushed sand and the ratio of water-binder materials increased, the more the fluidity decreased due to the decrease of irregular grain shape of sand and unit combined discretion.
- 2) This study found out that 100% of replacement ratio of crushed sand was almost similar level to the compressive strength of concrete using the natural sand.

키워드 : 부순모래, 초고강도 콘크리트, 유동성, 압축강도특성

Keywords : Crushed sand, Ultra high-strength concrete, Fluidity, Compressive strength properties

1. 서 론

현재 매년 콘크리트 사용량은 대폭 증가하고 있는 추세이며, 골재 수요량 또한 급증하고 있는 실정이다. 그러나 굵은 골재는 이미 강자갈의 부족으로 양질의 부순돌을 오래 전부터 사용하고 있으며, 표 1에 나타난 바와 같이 잔골재는 1992년 까지 강모래에 의존하여 오다가 2002년대 이후 바다모래의 채취 및 사용이 함께 이루어지고 있는 실정이었으나 이것 역시 환경적인 문제로 인해 해상채취의 제한을 받게 되었다. 이러한 모래수급부족의 심각성이 대두되어 대책의 일환으로 부순모래를 콘크리트용으로 사용하기 위한 연구·검토가 콘크리트

관련 학계, 업체, 연구소 등을 중심으로 활발히 진행되고 있으며, 이미 일부 선진국에서는 오래 전부터 부순모래에 대한 제도적 장치 및 규정이 완비되어 있어 실제 건설산업현장에서 콘크리트용 부순모래의 사용이 보편화되어 있다.

표 1. 전국 잔골재 소비비율¹⁾

권역별	2002년				1992년			
	강모래	쇄사	해사	육모래	강모래	쇄사	해사	육모래
전국	32.2	18.3	30.6	18.8	70.7	0.5	18.0	10.8

* 한밭대학교 공과대학 건축공학과, 공박, 조교수, 주저자, 정회원

** 한밭대학교 공과대학 건축공학과, 석사과정, 교신저자 (shgudska@naver.com), 정회원

*** 한밭대학교 공과대학 건축공학과, 공박, 교수, 정회원

그러나, 그림 1과 같이 국내에서는 서울·경상도 지역을 제외한 타지역은 상대적으로 낮은 부순모래의 사용 빈도율을 보이고 있어 부순모래의 보급화 증진을 위한 체계적인 연구가 필요한 실정이다.

따라서, 본 연구에서는 초고강도 콘크리트에 적용하기 위한 혼화재의 종류 및 부순모래의 치환율에 따른 공학적 성상을 검토한 후, 경제성을 만족할 수 있는 최적의 배합을 도출하되, 향후 국내에 부순모래가 적용 가능한 초고강도콘크리트의 개발과 그 실용화를 위한 기초자료로서 활용하는데 그 목적이 있다.

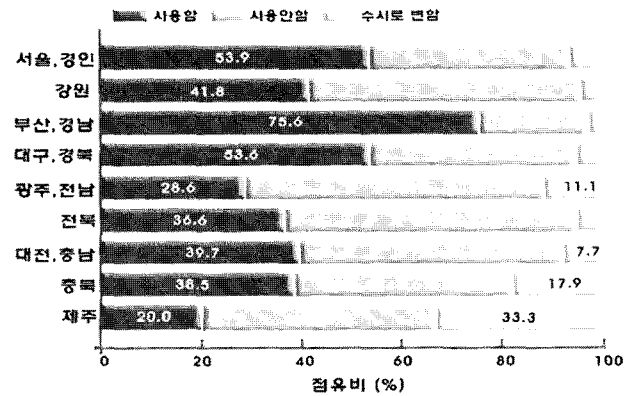
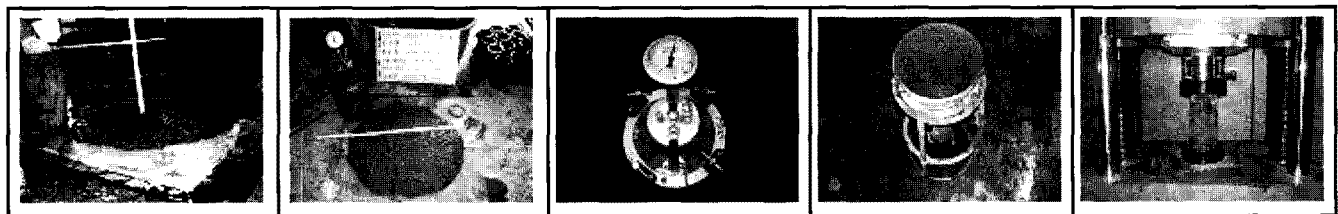


그림 1. 지역별 부순모래 사용현황

표 2. 실험요인 및 수준

항 목		조 건	주) 1) SL(고로슬래그미분말 치환율: 30, 40, 50 %), SF(실리카흙: 10 %) 2) SL(고로슬래그미분말 치환율: 30, 40, 50 %), FA(플라이애쉬: 10%) 3) SL(고로슬래그미분말 치환율: 30, 40, 50 %), FA(플라이애쉬: 5%), SF(실리카 흙: 5%) 4) SL(고로슬래그미분말 치환율: 30, 40, 50 %), FA(플라이애쉬: 10%), SF(실리카 흙: 10%)
물-결합재비 (%)		23.5, 27.5, 31.5	
잔골재율 (%)		44, 45, 46	
부순모래 치환율 (%)		0, 50, 100	
단위수량 (kg/m ³)		160, 165	
혼화재의 조합조건	삼성분계	· SL30(40,50)SF10 ¹⁾ -I · SL30(40,50)FA10 ²⁾ -II	
	사성분계	· SL30(40,50)FA5SF5 ³⁾ -III · SL30(40,50)FA10SF10 ⁴⁾ -IV	



a) 슬럼프 시험 b) 슬럼프플로우 시험 c) 공기량 시험 d) O-lot 유하시험 e) 압축강도 시험

사진 1. 측정 항목

2. 실험계획 및 방법

2.1 실험계획

본 연구의 초고강도 콘크리트의 각종 공학적 특성을 평가하기 위한 실험요인 및 수준은 표 1에 나타난 바와 같이 초고강도 콘크리트의 요구성능에 만족하기 위한 물-결합재비를 23.5, 27.5 및 31.5%로 선정하였고, 소요의 점성과 유동성을 충족시키기 위한 단위수량은 160 및 165kg/m³를 대상으로 평가하도록 하였다.

또한, 초고강도 콘크리트의 특성을 알아보기 위하여 단위시멘트의 대체재로 사용할 혼화재의 경우, 고로슬래그 미분말의 치환율은 물-결합재비가 낮을수록 단위결합재량의 증가에 따른 점성증대를 감안하여 30, 40 및 50%로 높혀 사용하므로써 콘크리트의 시공성 및 작업성을 확보하고자 하였으며, 플라이

애쉬 및 실리카흙의 치환율을 5 및 10%로 변화시켜 배합을 선정하였다.

한편, 부순모래의 치환율에 따른 초고강도 콘크리트의 특성을 알아보기 위하여 0, 50 및 100%의 3수준으로 설정하였으며, 잔골재율은 단위결합재량이 많은 초고강도 콘크리트라 할지라도 골재의 조건에 따라 적정하다고 평가되는 44~46%로 선정하였다.

각각의 배합조건에 따른 초고강도 콘크리트의 각종 공학적 특성을 검토하기 위한 측정항목으로는 사진 1에 나타난 바와 같이 굳지않은 성상에서 소요의 유동성을 분석하기 위해 슬럼프, 슬럼프플로우, 50cm도달시간, O-lot유하시간, 공기량을 측정하였고, 굳은 성상에서는 불규칙한 입형의 부순모래가 천연모래의 대체골재로 사용시 강도특성에 미치는 영향을 분석하기 위해 재령 3, 7, 28 및 56일에 각각 압축강도를 측정하는 것으로 계획하였다.

2.2 사용재료

본 연구의 초고강도 콘크리트의 공학적 특성을 평가하기 위해 사용한 재료의 물리적 성질은 표 3에 나타난 바와 같다.

표 3. 사용재료의 물리적 성질

구분	기초 물리적 성질	비고
시멘트 (1종보통)	· 밀도(g/cm ³):3.15 · 분말도(cm ² /g):3,356 · 강열감량(%):0.6 · 안전성:0.09 · 응결도(h:m):초결-3:10, 종결-4:25	A사
플라이애쉬 (F급)	· 밀도(g/cm ³):2.19 · 분말도(cm ² /g):3,567 · 강열감량(%):3.5 · 플로우비(%):97	S사
고로슬래그 미분말(3종)	· 밀도(g/cm ³):2.90 · 분말도(cm ² /g):4,495 · 강열감량(%):0.09 · 플로우비(%):96	Japan산
실리카흄	· 밀도(g/cm ³):2.10 · 분말도(m ² /g):25 · 강열감량(%):1.3 · 염화이온(%):0.19	Norway산
고성능 AE감수제	· 유형:액상 · 색상:갈색 · 밀도(g/cm ³):1.10 · pH:7.0	(E사)폴리카 르본산계
굵은골재	· 입경(mm):20 · 조립율(F.M.):6.74 · 밀도(g/cm ³):2.60 · 흡수율(%):0.67 · 실적율(%):60.4 · 단위용적질량(kg/ℓ):1.566	양주산 부순자갈
천연모래	· 입경(mm):5 · 조립율(F.M.):2.82 · 밀도(g/cm ³):2.60 · 흡수율(%):0.78 · 단위용적질량(kg/ℓ):1.564	인천산 세척사
부순모래	· 입경(mm):5 · 조립율(F.M.):292 · 밀도(g/cm ³):2.62 · 흡수율(%):1.08 · 실적율(%):54.7 · 단위용적질량(kg/ℓ):1.599	봉재산 부순모래

2.3 콘크리트 배합 및 비빔 방법

본 연구에 사용된 콘크리트의 배합은 표 4에 나타난 바와 같으며, 초고강도 콘크리트의 비빔방법은 일축 스파이럴 믹서(Concrete Single Axial Spiral Mixer)를 사용하여 재료의 균질성을 위하여 그림 2와 같이 선 모르타르방법을 사용하였다. 또한, 비빔시간은 건비빔 30초, 선 모르타르 비빔 60초, 콘크리트 비빔 150초로서 총 240초의 시간이 소요되었으며, 고성능감수제의 사용량은 목표 슬럼프플로우를 확보하기 위한 최소의 양을 사용하였다.

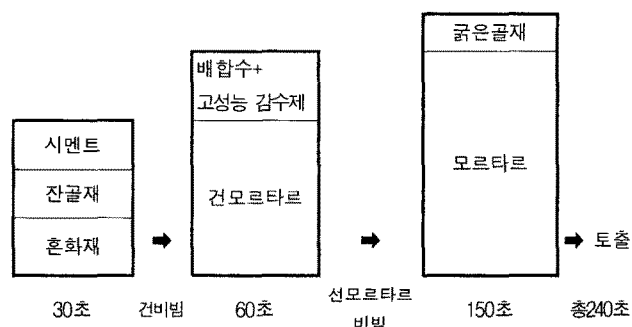


그림 2. 콘크리트의 비빔방법

2.4 실험방법

굳지않은 콘크리트에 대한 슬럼프시험은 KS F 2402, 슬럼프플로우시험은 KCI CT-103, JASS 5T-503 및 JSCE-F 503, 공기량 시험은 KS F 2421, O-lot형 유하시험은 일본 토목학회 콘크리트 기술시리즈 No.15의 시험방법에 준하여 실시하였다. 또한, 압축강도 평가용 공시체는 KS F 2403 『콘크리트 강도시험용 시험체 제작방법』에 준하여 Ø 10×20cm의 원주형 시험체를 제작하였으며, 타설 약 24시간 후 탈형하여 소요의 재령까지 온도 20±3℃의 수중에서 소정의 재령까지 표준양생을 실시한 후, 200Ton용량의 UTM(Universal Testing Machine; 만능재료시험기)을 이용하여 최대하중을 측정 후, 압축강도를 산정하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 굳지않은 콘크리트의 성상

1) 슬럼프플로우와 고성능감수제의 첨가율

본 연구에서 고성능감수제의 첨가율에 따른 슬럼프플로우를 측정 결과, 그림 2와 같이 물-결합재비 23.5%의 경우, 고성능감수제의 첨가율이 0.75~1.30%일 때, 슬럼프플로우는 57.5~78.0cm의 범위를 나타내고 있었으며, 물-결합재비 27.5%의 경우, 고성능감수제의 첨가율이 0.80~1.35%일 때, 슬럼프플로우는 53.5~68.5cm의 범위를 나타내고 있었다. 또한, 물-결합재비 31.5%의 경우, 고성능감수제의 첨가율이 0.70~1.75%일 때, 슬럼프플로우는 44.0~67.5cm의 범위를 나타내고 있어 각 조합조건별 물-결합재비와 혼화제에 따른 점성의 차이로 인해 다소 상이하게 나타나고 있었으며, 부순모래의 치환율이 증가할수록 고성능감수제의 첨가율은 증가하는 것으로 나타났는데, 이는 잔골재의 구형을 저하에 따른 콘크리트의 유동성 저하를 일으켰기 때문으로 사료된다.³⁾ 또한, 단위수량에 따른 고성능감수제의 첨가율은 단위수량이 높은 165kg/m³에서 상대적으로 낮은 첨가율을 나타내고 있었다.

2) O형 유하시간과 50cm도달시간

초고강도 콘크리트의 결보기 점성을 알아보기 위한 유하시간은 그림 3에 나타난 바와 같이 물-결합재비 23.5, 27.5 및 31.5%의 경우 각각 25.6~139.1, 21.0~115.0 및 30.7~160.0초의 범위를 나타내고 있어 물-결합재비가 증가할수록 유하시간이 증대되는 경향을 나타내고 있는데, 이는 단위결합재량의 감소에 따라 O-lot측정기의 토출구에서 특히 골재의 폐색(Arching)현상이 두드러진 것으로 나타났다.

또한, 부순모래의 치환율이 증가함에 따라 유하시간의 지연이 확연하게 나타났으며, 대체적으로 부순모래 치환율 50%일

표 4. 콘크리트의 배합표

W/B (%)	S/a (%)	CS치환율 (%)	조합조건	W (kg/m ³)	Unit weight (kg/m ³)							SP (%)
					C	SL	FA	SF	S1	S2	G	
23.5	44.0	0	I	160	272	341	0	68	656	0	858	1.20
			II		272	341	68	0	658	0	860	0.75
			III		272	341	34	34	657	0	859	1.00
			IV		204	341	68	68	645	0	844	1.15
		50	I		272	341	0	68	328	331	858	1.30
			II		272	341	68	0	329	331	860	1.05
			III		272	341	34	34	329	331	859	1.20
			IV		204	341	68	68	323	325	844	1.30
		100	I		272	341	0	68	0	661	858	1.50
			II		272	341	68	0	0	663	860	1.15
			III		272	341	34	34	0	662	859	1.20
			IV		204	341	68	68	0	660	844	1.50
	45.0	0	I	165	281	351	0	70	642	0	839	1.10
			II		281	351	70	0	644	0	841	0.80
			III		281	351	35	35	643	0	840	1.00
			IV		211	351	70	70	631	0	825	1.10
		50	I		281	351	0	70	321	324	839	1.15
			II		281	351	70	0	322	324	841	0.85
			III		281	351	35	35	322	324	840	0.85
			IV		211	351	70	70	316	318	825	1.05
		100	I		281	351	0	70	0	647	839	1.20
			II		281	351	70	0	0	649	841	0.75
			III		281	351	35	35	0	648	840	0.90
			IV		211	351	70	70	0	636	825	1.10
27.5	45.0	0	I	160	291	233	0	58	713	0	859	1.45
			II		291	233	58	0	715	0	897	0.90
			III		291	233	29	29	714	0	896	1.00
			IV		233	233	58	58	704	0	883	1.30
		50	I		291	233	0	58	357	359	859	1.30
			II		291	233	58	0	357	360	897	0.90
			III		291	233	29	29	357	360	896	1.00
			IV		233	233	58	58	352	355	883	1.30
		100	I		291	233	0	58	0	719	859	1.35
			II		291	233	58	0	0	720	897	0.90
			III		291	233	29	29	0	719	896	1.10
			IV		233	233	58	58	0	709	883	1.35
	46.0	0	I	165	300	240	0	60	700	0	879	1.40
			II		300	240	60	0	702	0	881	1.00
			III		300	240	30	30	701	0	880	1.15
			IV		240	240	60	60	690	0	867	1.30
		50	I		300	240	0	60	350	353	879	1.30
			II		300	240	60	0	351	353	881	0.95
			III		300	240	30	30	350	353	880	0.85
			IV		240	240	60	60	345	348	867	1.10
		100	I		300	240	0	60	0	706	879	1.20
			II		300	240	60	0	0	707	881	0.75
			III		300	240	30	30	0	706	880	0.95
			IV		240	240	60	60	0	696	867	1.15
31.5	46.0	0	I	160	305	152	0	51	761	0	918	1.15
			II		305	152	51	0	762	0	919	0.70
			III		305	152	25	25	762	0	918	0.95
			IV		254	152	51	51	753	0	908	1.20
		50	I		305	152	0	51	381	384	918	1.25
			II		350	152	51	0	381	384	919	0.90
			III		350	152	25	25	381	384	918	1.00
			IV		254	152	51	51	376	379	908	1.30
		100	I		305	152	0	51	0	767	918	1.70
			II		305	152	51	0	0	768	919	1.00
			III		305	152	25	25	0	768	918	1.30
			IV		254	152	51	51	0	759	906	1.75
	46.0	0	I	165	314	157	0	52	749	0	903	0.95
			II		314	157	52	0	750	0	904	0.60
			III		314	157	26	26	749	0	903	0.75
			IV		262	157	52	52	740	0	892	1.00
		50	I		314	157	0	52	374	377	903	1.10
			II		314	157	52	0	375	378	904	0.70
			III		314	157	26	26	375	378	903	0.80
			IV		262	157	52	52	370	373	892	1.05
		100	I		314	157	0	52	0	754	903	1.70
			II		314	157	52	0	0	756	904	1.00
			III		314	157	26	26	0	755	903	1.35
			IV		262	157	52	52	0	746	892	1.00

경우가 천연모래를 사용한 경우와 다소 유사한 유동 성상을 나타내어 부순모래의 불규칙한 입도 및 입형을 개선하기 위한 체계적인 연구 통해 부순모래 치환율 100%일 경우에서도 천연모래를 사용한 콘크리트의 유동성상과 동등한 수준으로 나타나기 위한 대책이 필요할 것으로 판단된다.

한편, 50cm도달시간은 물-결합재비 23.5, 27.5 및 31.5%의 경우, 각각 6.1~16.3, 6.0~12.7 및 4.6~15.0초의 범위를 나타내고 있어 부순모래의 불규칙한 입형 및 표면으로 인한 입자 상호간의 맞물림 현상에 의한 마찰의 증대로 인해 유동성이 저하되기 때문으로 사료되며⁴⁾, 소요의 유동성 확보를 만족하기 위해서는 부순모래의 100%치환보다는 50% 치환율에 천연골재를 혼합사용하는 것이 적정하다고 판단되며 고성능 감수제를 0.5%정도 상향 조정하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

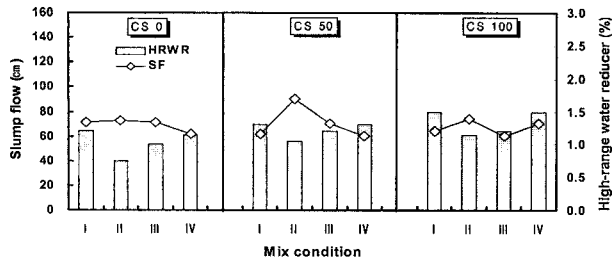
또한, 공기량 시험결과 전반적으로 0.4~2.4%로 나타나 일반적으로 나타나는 공기량(2.0±1.5%)의 범위에 대부분 만족하는 것으로 나타났다.

3) 슬럼프와 슬럼프플로우의 관계

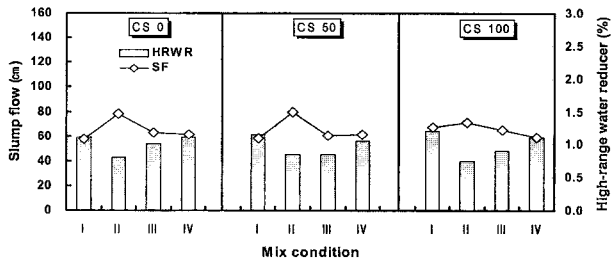
그림 4는 본 연구의 슬럼프와 슬럼프플로우의 실험결과를 도식화한 것으로 본 실험을 통해 도출한 관계식은 0.166×EX P(A×SF)+6.11로 나타났다. 여기서, A는 관계식을 나타낼수 있는 결정계수로서 0.225로 도출되었으며, SF는 슬럼프플로우를 의미한다.

또한, 소요의 유동성 확보를 위한 초고강도 콘크리트 영역에서의 슬럼프플로우(65±5cm)의 범위에서 일본건축학회 「고강도 콘크리트 시공지침(안)」에서 제시한 상관관계와 유사한 경향을 나타내고 있으며, 물-결합재비가 높아질수록 슬럼프가 다소 증가하는 경향을 나타내었다.

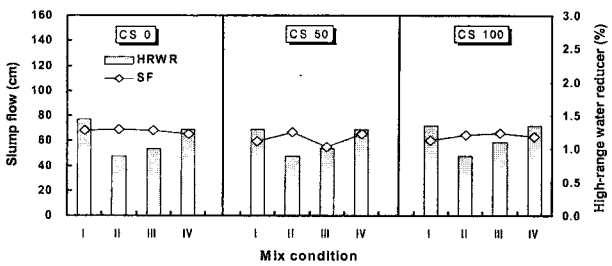
또한, 상관식은 $y = 7.1779 \ln(x) - 4.1281$, 결정계수는 R^2 은 0.6498로 나타났다. 일반적으로 고강도콘크리트는 점성이 높기 때문에 보통강도 콘크리트보다도 큰 슬럼프로 관리하는 것이 많다. 한편, 슬럼프가 21 cm 정도 또는 그 이상인 경우 슬럼프-슬럼프플로우 관계식에서 슬럼프의 곡선은 상향일수록 완만해지므로 슬럼프플로우가 더욱 명확한 유동성 변화를 표현할 수 있으며, 균질않은 콘크리트의 겉보기 점성과 유동성을 분석하기 위해서는 슬럼프보다는 슬럼프플로우를 측정하는 것이 더욱 명확할 것으로 판단된다.



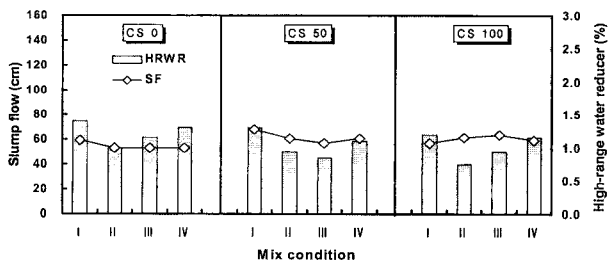
a) 슬럼프플로우 특성(W/B23.5%-W160kg/m³)



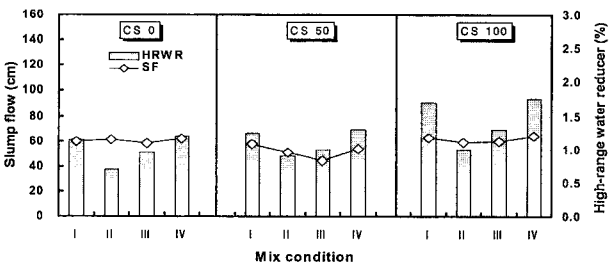
b) 슬럼프플로우 특성(W/B23.5%-W165kg/m³)



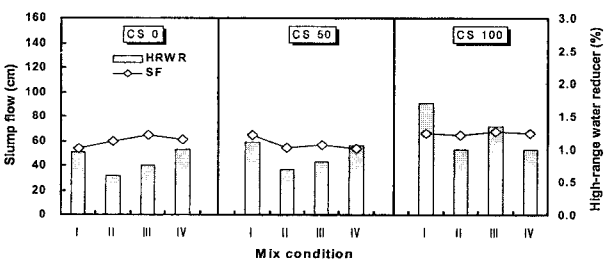
c) 슬럼프플로우 특성(W/B27.5%-W160kg/m³)



d) 슬럼프플로우 특성(W/B27.5%-W165kg/m³)

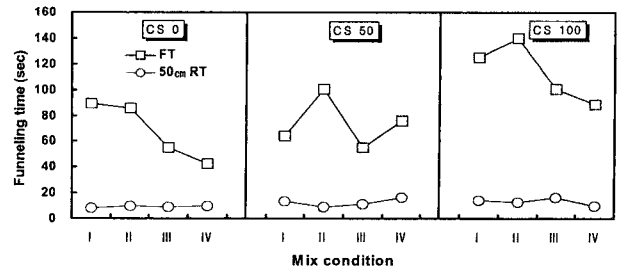


e) 슬럼프플로우 특성(W/B31.5%-W160kg/m³)

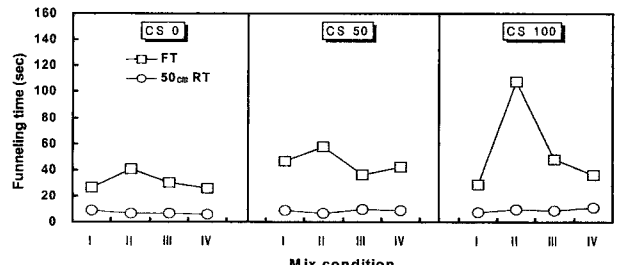


f) 슬럼프플로우 특성(W/B31.5%-W165kg/m³)

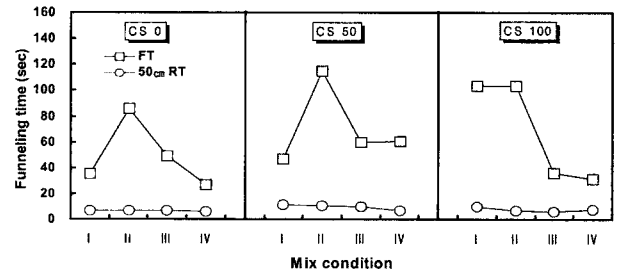
그림 2. 단위수량별 조합조건에 대한 각종 유동특성 시험결과-I



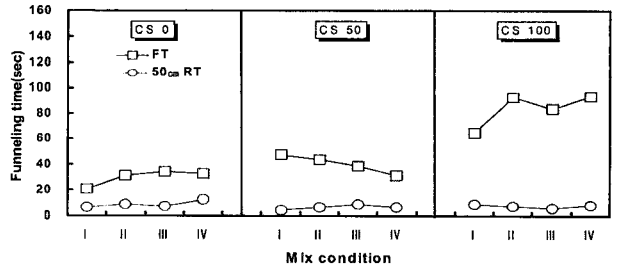
a) O형 유하시간 특성(W/B23.5%-W160kg/m³)



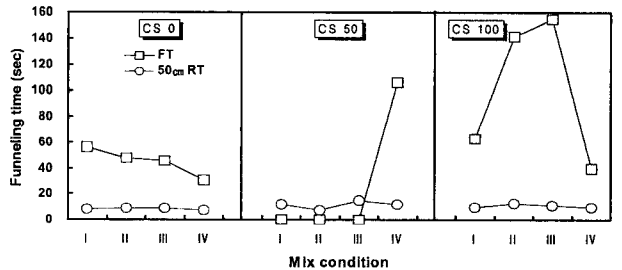
b) O형 유하시간 특성(W/B23.5%-W165kg/m³)



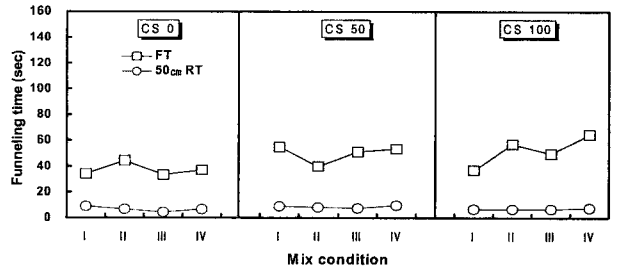
c) O형 유하시간 특성(W/B27.5%-W160kg/m³)



d) O형 유하시간 특성(W/B27.5%-W165kg/m³)



e) O형 유하시간 특성(W/B31.5%-W160kg/m³)



f) O형 유하시간 특성(W/B31.5%-W165kg/m³)

그림 3. 단위수량별 조합조건에 대한 각종 유동특성 시험결과-II

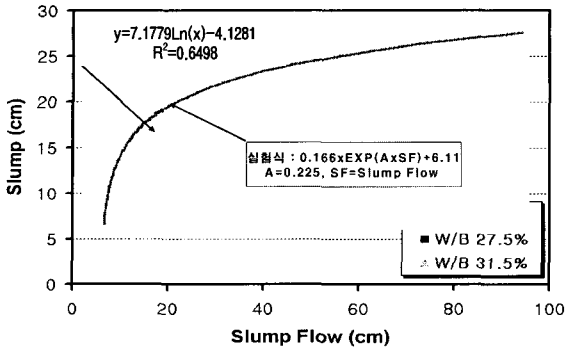
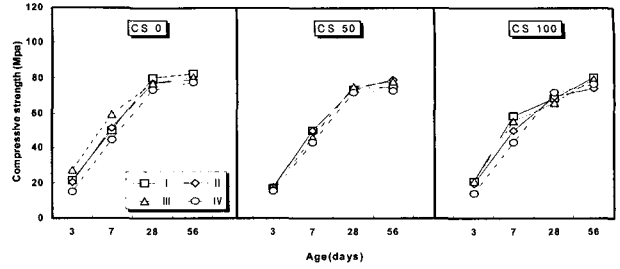


그림 4. 슬럼프와 슬럼프플로우의 관계

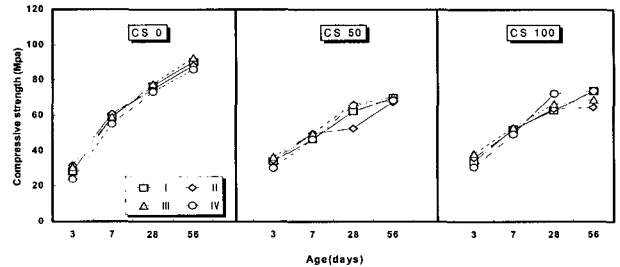
3.2 굳은 콘크리트의 성상

부순모래를 사용한 초고강도 콘크리트의 압축강도 발현성상을 검토한 결과, 그림 5에 나타난 바와 같이 단위수량 160kg/m³의 경우, 물-결합재비 23.5, 27.5 및 31.5%일 때 각각 79.1~84.9, 72.7~82.4 및 70.2~82.0MPa의 범위로 나타났으며, 단위수량 165kg/m³의 경우, 각각 72.3~82.9, 64.8~90.2 및 70.0~80.3MPa의 범위로 나타내고 있어 본 실험에서는 단위수량 160kg/m³의 경우가 보다 우수한 압축강도 발현성상을 나타내고 있었다.

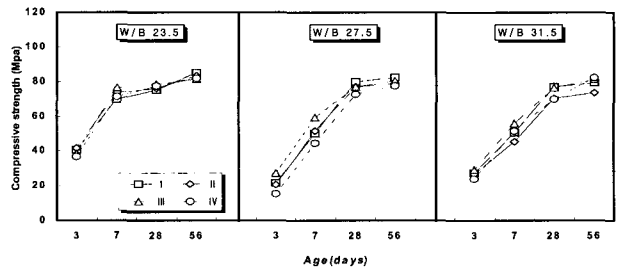
부순모래 치환율별 압축강도 발현성상은 부순모래 치환율 0%의 경우, 물-결합재비 23.5, 27.5 및 31.5%일 때 각각 74.5~84.9, 77.4~92.7 및 73.8~82.0MPa의 범위로 나타나고 있으며, 부순모래 치환율 50%의 경우, 각각 75.4~83.5, 67.5~78.9 및 70.2~80.2MPa로 나타나고 있었다. 또한, 부순모래 치환율 100%의 경우, 각각 72.34~84.0, 64.8~80.2 및 70.0~77.5MPa의 범위로 나타나고 있으며, 재령 28일 및 56일의 압축강도 발현 차이는 1~7MPa정도로 큰 차이를 보이지 않고 있어 부순모래 치환율 100%인 경우에도 압축강도 발현성상이 양호한 것으로 나타나고 있었다.



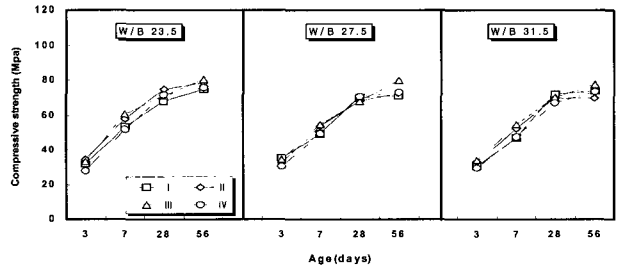
c) 압축강도 특성(W/B27.5%-W160kg/m³)



d) 압축강도 특성(W/B27.5%-W165kg/m³)

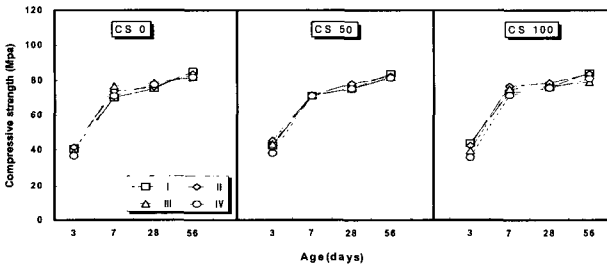


e) 압축강도 특성(W/B31.5%-W160kg/m³)

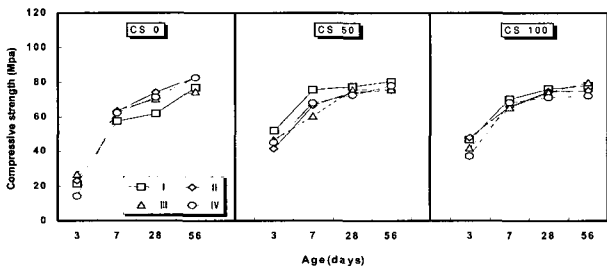


f) 압축강도 특성(W/B31.5%-W165kg/m³)

그림 5. 단위수량별 조합조건에 대한 압축강도특성 시험결과



a) 압축강도 특성(W/B23.5%-W160kg/m³)



b) 압축강도 특성(W/B23.5%-W165kg/m³)

4. 결론

초고강도 콘크리트에 적용시켜 활용 가능성을 알아보기 위해 단위수량 및 물-결합재비별 부순모래와 혼화재의 치환율에 따른 초고강도 콘크리트의 공학적 특성을 분석·검토한 결과, 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- (1) 슬럼프플로우는 혼화재의 조합에 따른 점성의 차이로 인해 물-결합재비 및 혼화재의 조합조건에 따라 고성능 감수제의 사용량이 상이하게 나타났다. 따라서, 초

고강도 콘크리트의 소요 유동성을 확보하기 위해서는 구성재료의 선정 및 배합조건을 사전에 충분한 검토가 필요하다고 여겨진다.

- (2) 초고강도 콘크리트의 유동속도에 따른 결보기 점성을 알아보기 위한 50cm도달시간과 O형 유하시간은 부순모래의 치환율과 물-결합재비가 증가할수록 보다 더 증대되는 것으로 나타나고 있어 잔골재의 불규칙한 입형과 단위결합재량의 감소로 인한 점성의 저하 때문인 것으로 판단된다.
- (3) 부순모래를 사용한 초고강도 콘크리트의 압축강도는 단위수량 160kg/m^3 의 경우가 가장 양호한 압축강도 발현성상을 나타내고 있었으며, 부순모래의 치환율 100%인 경우에도 양호한 압축강도 발현성상을 나타내고 있었으며, 각 배합조건별 부순모래의 치환율이 증가하더라도 재령 28일 및 56일의 압축강도 발현 차이는 1~7MPa정도로 큰 차이를 보이지 않고 있으며, 물-결합재비 23.5%와 단위수량 160kg/m^3 일 경우가 가장 안정적인 강도발현과 천연모래를 사용한 콘크리트의 압축강도와 거의 동등한 압축강도 발현성상을 나타내고 있어 향후 초고강도 콘크리트의 건설산업용 재료로서 부순모래의 활용성이 증대될 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

1. 송하영 외, 부순모래를 사용한 초고강도콘크리트의 유동특성 및 강도특성에 관한 실험적 연구, AIK 추계학술발표 논문집 제26권2호(통권 제51집), 2006.10
2. 오병환 외, 부순모래 및 부순모래 콘크리트, KCI, 1998
3. 이상수 외, 부순모래 대체율에 따른 고강도콘크리트의 유동특성 및 강도특성에 관한 연구, KCI 가을학술발표논문집 제18권2호(통권 제35집)
4. 이상수 외, 초고강도 콘크리트의 특성에 미치는 물-결합재비 및 부순모래 치환율의 영향에 관한 실험적 연구, KCI 봄학술발표 논문집 제19권1호, 2007.5
5. 한천구 외, 국내 콘크리트용 부순모래의 사용실태에 관한 조사연구 AIK, 2005.11
6. W. J. Weiss, W. Yang and S. P. Shah., Factors Influencing Durability and Early-Age Cracking in High-Strength Concrete Structures, 1999.

(접수 2008. 2. 18, 심사 2008. 4. 2, 게재확정 2008. 5. 2)