

잔골재의 종류가 콘크리트의 기초적 특성에 미치는 영향

Influence of Kind of Fine Aggregate on Fundamental Properties of Concrete

허영선* 한창평** 한민철**** 권오현*** 최영화**** 한천구****

Heo, Young Sun Han Chang Pyung Han Min Cheol Kwon Oh Hyun Choi Young Wha Han, Cheon Goo

ABSTRACT

This study investigated influence of kind of fine aggregate on fundamental properties of concrete. For the properties of fluidity with various type of fine aggregate, lime stone crushed fine aggregate(Ls) exhibited favorable result, due to grain shape and particle distribution, and next was granite crushed fine aggregate(Gs), natural fine aggregate(Ns). Ns had the highest value of air content while Ls had the lowest, due to the effective filling performance by continuous particle distribution. Ls, Ns, Gs in an order had higher bleeding capacity and faster setting time. However, compressive and tensile strength value exhibited similar tendency, regardless of aggregate type.

1. 서론

최근의 건설공사에서 3D업종으로 대표되는 콘크리트 시공은 유동성, 강도 등 품질측면에서 고성능화를 요구받고 있다.

그런데, 콘크리트의 유동성, 강도 등 기초적 특성에 영향을 미치는 요인으로는 원재료, 배합 및 환경조건 등 무수히 많은 사항을 들 수 있다. 특히, 최근의 경우는 이와 같은 많은 요인 중 잔골재의 고갈현상과 관련하여 잔골재의 종류변화에 따른 품질요인이 콘크리트의 기초적 특성에 미치는 중요한 영향인자로 작용하는 경향이 많아졌다.

그러므로 본 연구에서는 잔골재의 품질특성이 매우 다른 몇 종의 골재를 선정하여 잔골재의 종류가 콘크리트의 기초적 특성에 미치는 영향에 대하여 분석하되, 차후 실무의 유사한 조건에서의 품질관리에 한 참고자료로 제시 하고자 한다.

2. 실험계획 및 방법

2.1. 실험계획

*정회원, 청주대학교 대학원 석사과정

**정회원, 한성종합기술단 연구소장, 청주대학교 대학원 박사과정

***정회원, 영남 이공대학교 건축공학과 교수, 공학박사

****정회원, 대구대학교 건축공학과 교수, 공학박사

*****정회원, 청주대학교 건축공학부 교수, 공학박사

본 연구의 실험계획은 표 1과 같다. 즉, 실험요인으로 W/B는 각각 25, 35, 45, 55% 등 총 4수준에 대하여 비교적 양호한 품질의 석회암 잔골재를 사용하는 콘크리트를 기준으로 W/B 25%와 35%의 고강도 영역에서는 목표 슬럼프 플로우를 고유동 범위인 600±100mm로 배합설계하였고, W/C 45%와 55%의 일반강도 영역에서는 목표 슬럼프를 150±20mm를 만족하도록 배합설계 하여, 천연 잔골재(Ns), 화강암 부순 잔골재(Gs) 및 석회암 부순 잔골재(Ls)를 사용하는 콘크리트에도 동일하게 적용하였다. 이때 굳지않은 콘크리트 및 경화 콘크리트의 실험사항은 표 1과 같고 배합사항은 표 2와 같다.

표 1. 실험 계획

실험요인		실험수준	실험사항	
			굳지않은 콘크리트	경화 콘크리트
배합사항	W/B (%)	25, 35 45, 55	<ul style="list-style-type: none"> · 슬럼프 · 슬럼프플로우 · 공기량 · 블리딩 · 응결시간 	<ul style="list-style-type: none"> · 압축강도 · 인장강도
	목표 슬럼프 (mm)	150±20* 600±100**		
	목표 공기량 (%)	4.5±1.5* 3.0±1.0**		
	골재 종류	<ul style="list-style-type: none"> · Ls(석회암 부순잔골재) · Ns(천연 잔골재) · Gs(화강암 부순잔골재) 		

* W/C 45, 55%에 적용함

** W/B 25, 35%에 적용함

표 2. 콘크리트의 배합사항

W/B (%)	단위수량 (kg/m ³)	S/a (%)	SP/c (%)	AE제	단위질량 (kg/m ³)				
					C	FA	SF	S	G
25	170	47	1.94	0.015	476	136	68	566	697
35	170	46	1.08	0.02	437	48	-	701	899
45	175	46	-	0.005	388	-	-	755	928
55	175	46	-	0.005	318	-	-	797	942

2.2. 사용재료

본 연구의 사용재료로서, 시멘트는 국내산 A사의 보통 포틀랜드시멘트(밀도: 3.15 g/cm³, 분말도:3324cm²/g)를 사용하였다. 잔골재의 경우는 골재 종류별로, 석회암 부순모래(밀도:2.68g/cm³, 조립률:3.03, 입자모양판정실적률:59.6%)는 충북 제천산, 강모래(밀도:2.68g/cm³, 조립률: 2.6, 입자모형판정실적률:56%)는 충남 조치원산, 화강암 부순모래(밀도: 3.1 g/cm³, 조립률:3.1, 입자모양판정실적률:53%)는 충북 청원산을 사용하였는데 잔골재의 입도곡선은 그림 1과 같다. 굵은 골재는 충북 청원산 25mm 부순골재(밀도:2.95g/cm³, 조립률:7.4)를 사용하였다. 혼화제의 경우 SP제는 국내산 D사의 폴리칼본산계, AE제는 국내산 D사의 표준형을 사용하였고, 혼화제의 경우 플라이애쉬는 국내산 S사, 실리카폼은 체코산 제품을 각각 사용하였다.

2.3. 실험방법

본 연구의 실험방법으로 콘크리트의 혼합은 강제식 팬타입 믹서를 사용하여 혼합하였다. 굳지않은 콘크리트의 실험으로 슬럼프는 KS F 2402, 슬럼프플로우는 KS F 2594, 공기량은 KS F 2421, 블리딩은 KS F 2414, 응결시간은 KS

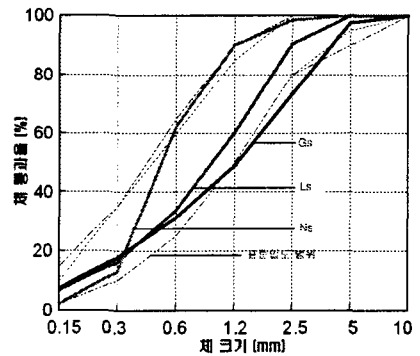


그림 1. 골재의 입도곡선

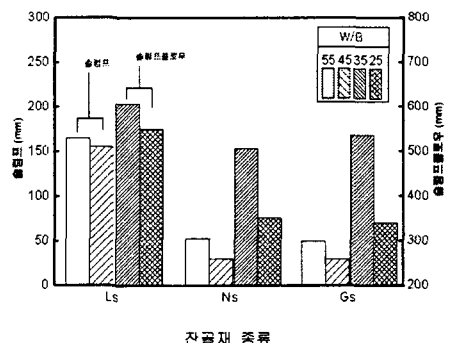


그림 2. 잔골재의 종류에 따른 슬럼프플로우치 비교

F 2436에 의거하여 실시하였다. 경화 콘크리트의 실험으로 재령경과에 따른 압축강도는 KS F 2405, 인장강도는 KS F 2423의 조검 인장강도 시험방법에 의거 실시하는 것으로 하였다.

3. 실험결과 및 분석

3.1. 굳지않은 콘크리트의 특성

그림 2는 물시멘트비별 잔골재의 종류에 따른 굳지않은 콘크리트의 슬럼프 및 슬럼프플로우치를 나타낸 것이다.

먼저 석회석 부순잔골재(Ls)를 사용한 플레인 콘크리트의 경우는 모든 W/B에서 목표치를 만족하는 것으로 나타났으나, 천연골재(Ns) 및 화강암 부순잔골재(Gs)의 경우는 커다란 유동성 저하를 보였다. 이러한 경향은 W/C 55%와 45%의 일반강도 영역에서 더욱 현저하게 나타났는데, 이는 고유동 범위와 일반 범위에서의 유동 특성이 실험기기와 실험방법의 특수성에 의해 영향 받는 것으로 분석되는데, 잔골재 자체의 영향에 의한 워커빌리티의 변동을 규명하기 위해서는 점도계 등을 이용하여, 항복치 및 소성점도에 관한 레올로지 분석을 실시할 필요가 있을 것으로 사료된다.

그림 3은 W/B별 잔골재의 종류에 따른 굳지않은 콘크리트의 공기량을 나타낸 것이다.

Ls를 사용한 플레인 콘크리트의 경우 일반강도 및 고강도 영역에서 각각 $4.5 \pm 1.5\%$ 및 $3.0 \pm 1.0\%$ 의 목표한 공기량 범위를 모두 만족하는 것으로 나타났다. W/B 변화에 따른 영향으로는 모든 영역에서 Ls의 경우가 가장 작은 공기량을 보였고, GS, Ns 순이었다. 특히, 이중 Ls의 공기량이 작은 것은 Ls 연속입도분포에 의한 공극충전 효과와 입형관정실적률 등의 차이에 의한 것으로 사료되며, Ls의 높은 유동특성과도 관련이 있을 것으로 분석된다.

그림 4는 W/B별 굳지않은 콘크리트의 블리딩량 및 블리딩 총량을 경과시간과 골재의 종류에 따라 나타낸 것이다.

W/B별로는 55%의 경우 골재 종류에 관계없이 시간에 따라 가장 높은 블리딩량과 블리딩 총량을 나타냈고, 다음으로 45, 35, 25% 순으로 나타났다. 특히, 35%와 25%인 고강도 고유동 범위에서는 모든 골재에서 블리딩이 거의 관찰되지 않았다. 골재 종류의 영향으로는 슬럼프치가 가장 큰 Ls가 모든 영역에서 가장 많은 블리딩량과 블리딩 총량을 기록했고, 다음으로 Ns, Gs 순으로 나타났다.

그림 5는 물시멘트비와 골재종류별 시간경과에 따른 굳지않은 콘크리트의 관입저항치와 물시멘트비별 골재 종류에 따른 초결 및 종결시간을 나타낸 것이다.

먼저 물시멘트비에 따른 응결특성으로 W/C 25%와 35%의 초결과 종결 시간은 W/B 45% 및 55%와

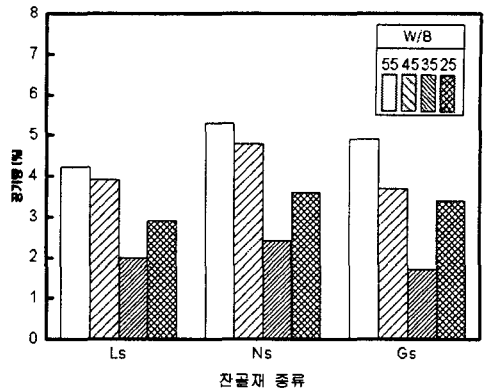
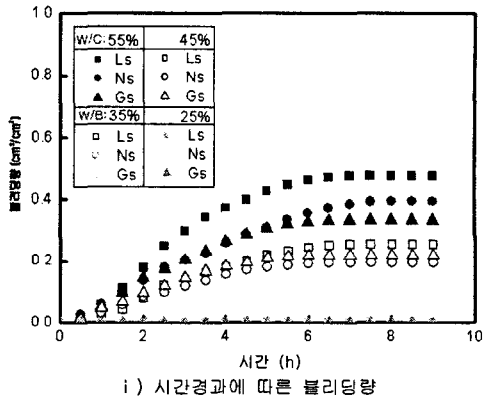
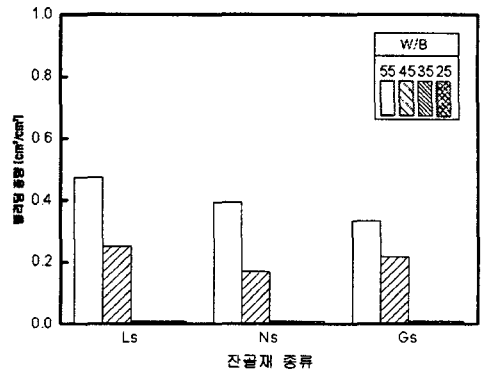


그림 3. 잔골재 종류에 따른 공기량 비교



i) 시간경과에 따른 블리딩량



ii) 잔골재 종류에 따른 최종 블리딩량 비교

그림 4. 잔골재 종류에 따른 블리딩 특성

비교하여 골재 변화에 따라 최소 3시간, 최대 7시간 이상 지연되는 것으로 나타났는데, 이는 낮은 W/B에서 유동성 확보를 위해 SP제 사용량이 증가하여 응결이 상당부분 지연되어 나타난 결과로 분석된다. 골재종류에 따른 응결특성으로는 Ls의 경우 모든 W/B에서 응결진행이 다소 큰 것을 확인할 수 있으나 기타 Ns 및 Gs와 비교하여 0.5~1.5시간 범위로 큰 차이는 없는 것으로 분석된다.

3.2. 경화 콘크리트의 특성

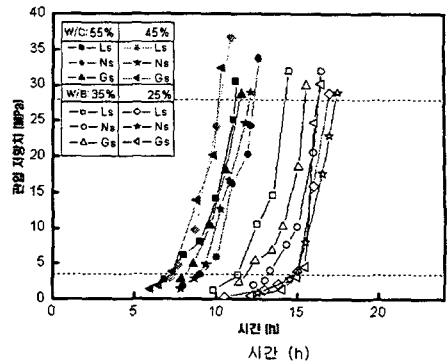
그림 7은 W/B 및 골재종류별 재령경과에 따른 압축강도를 나타낸 것이고, 그림 6은 28일 조깅 인장강도 실험결과를 나타낸 것이다.

먼저 압축강도 특성으로 W/B에 관계없이 대부분 재령에서 Ls가 가장 높은 강도특성을 나타내고 있으나 주목할 만한 차이는 아닌 것으로 판단되며, 다음으로 Gs, Ns순으로 높게 나타났다. 이러한 경향은 Ls 및 Gs 골재가 가지고 있는 순수한 재료의 물리적 특성보다는 굳지않은 콘크리트의 Ls와 Gs의 다소 낮은 공기량에 의해 최밀 충전된 내부공극의 밀실성에 기인한 것으로 사료되며, 골재 종류에 따른 콘크리트의 강도 증대나 저하는 없을 것으로 판단된다. 또한, 인장강도 특성의 경우는 압축강도 특성과 유사한 경향으로 골재 종류에 따라 커다란 강도차를 나타내지 않았다.

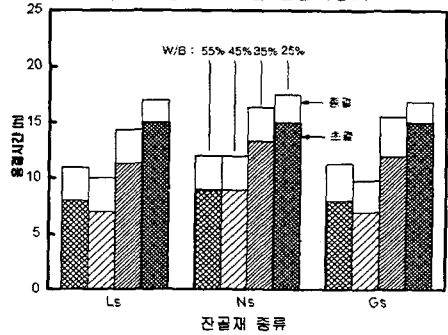
4. 결론

본 연구는 잔골재의 종류가 콘크리트의 기초적 특성에 미치는 영향에 대하여 검토하였는데, 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 골재의 종류별 유동성을 검토한 결과 Ls를 사용한 콘크리트가 가장 양호한 것으로 나타났고, 다음으로 Gs, Ns 순이었다. 공기량은 모든 영역에서 Ns가 가장 높은 값을 나타냈고, Ls를 사용한 콘크리트의 공기량이 가장 작은 값을 나타냈는데, 이는 연속입도에 의한 최밀 충전효과에 기인된 것으로 판단된다.
- 2) 골재의 종류별 블리딩량은 Ls가 가장 많게 나타났으며, 다음으로 N, Gs 순으로 나타났고, 응결특성으로는 Ls가 가장 빠른 초결과 종결을 기록했으나 Ns 및 Gs와 비교하여 대략 1.5시간 이내의 범위로 차이는 크지 않은 것을 알 수 있었다.
- 3) 경화 콘크리트의 압축 및 인장강도 특성으로 전반적으로 골재 종류에 의한 영향은 크지 않은 것으로 분석된다.



i) 시간경과에 따른 관입저항치



ii) 잔골재 종류에 따른 응결시간 비교
그림 5. 잔골재 종류에 따른 응결특성

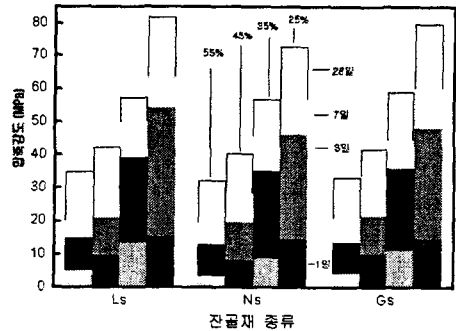


그림 6. 재령별 잔골재 종류에 따른 압축강도

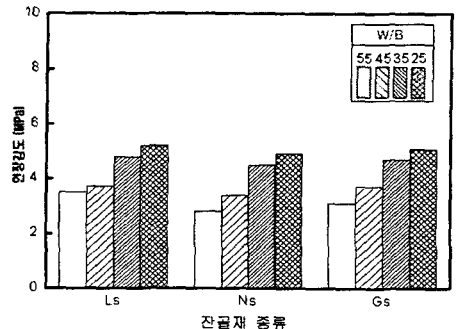


그림 7. 잔골재 종류에 따른 28일 인장강도