

# 잔골재 종류변화가 시멘트 모르타의 기초적 특성에 미치는 영향

## Influence of Fine Aggregate Kinds on Fundamental Properties of Cement Mortar

김성환\*   裴長春\*   송승현\*\*   차천수\*\*\*   한민철\*\*\*\*   한천구\*\*\*\*\*

Kim, Seong-Hwan   Pei, Chang-Chun   Song, Seung-Heon   Cha, Cheon-Soo   Han, Min-Cheol   Han, Cheon-Goo

### Abstract

This study investigated influence of fine aggregate types on fundamental properties of cement mortar. Test showed that concrete using lime stone crushed fine aggregate(L) exhibited the most favorable fluidity due to grain shape and particle distribution, and next was blending aggregate mixing L and G, blending aggregate mixing L and N, granite crushed fine aggregate(G), natural fine aggregate(N) in an order. Concrete using N had the highest air content and L was the smallest value because of the effective filling performance by continuous particle distribution. Compressive, tensile and flexural strength of all concrete using L had the highest value due to the smallest value of air content. It is also found that concrete using L resulted in decrease of drying shrinkage length change ratio.

키워드 : 석회암 부순잔골재, 천연잔골재, 화강암 부순잔골재, 입형

Keywords : Crushed lime stone fine aggregate, Natural sand, Crushed granite fine aggregate, Grain shape

## 1. 서론

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

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

그러므로 본 연구에서는 잔골재의 품질특성이 매우 다른 것을 선정하여 잔골재 종류변화가 시멘트 모르타의 기초적 특성에 미치는 영향에 대하여 분석하므로써, 차후 실무의 유사한 조건에서의 품질관리에 한 참고자료로 제시 하고자 한다.

## 2. 실험계획 및 방법

### 2.1 실험계획

본 연구의 실험계획은 표 1과 같다. 즉, 모르타 배합비 1:1, 1:3 및 1:5의 3수준에 대하여 비교적 양호한 품질의 석회암부순

잔골재를 사용하는 모르타를 기준배합으로, 잔골재의 종류를 석회암부순잔골재(L), 천연잔골재(N), 화강암부순잔골재(G), 석회암부순잔골재+천연잔골재(LN), 석회암부순잔골재+화강암부순잔골재(LG)의 5수준으로 변화시켜 총 15배치로 실험계획 하였다. 이때, 기본배합은 목표 플로우 180±20mm를 만족하도록 배합설계 한 다음 실험 변수별 동일한 배합변수로 적용하였다.

실험사항으로는 굳지않은 모르타에서 플로우, 공기량, 단위용적질량 및 응결시간과 경화 모르타에서 압축강도, 휨강도, 인장강도 및 건조수축 길이변화율을 측정하는 것으로 하였다. 배합사항은 표 2와 같다.

표 1. 실험계획

배합사항	실험요인	실험수준	
	모르타 배합비	3	1:1, 1:3, 1:5
목표 플로우(mm)	1	180±20	
잔골재 종류	5	L, N, G, LN, LG*	
실험사항	굳지않은 모르타	4	·플로우 ·공기량 ·단위용적질량 ·응결시간
	경화 모르타	4	·압축강도(1, 3, 7, 28일) ·휨강도(1, 3, 7, 28일) ·인장강도(28일) ·건조수축 길이변화율

\* L :석회암 잔골재, N :천연 잔골재, G :화강암 잔골재

LN :석회암 잔골재+천연 잔골재, LG :석회암 잔골재+화강암 잔골재

\* 청주대학교 건축공학과 석사과정, 정회원

\*\* 청주대학교 건축공학과 박사과정, 정회원

\*\*\* GS건설 건설사업부 본부장, 정회원

\*\*\*\* 청주대학교 건축공학과 전임강사, 정회원

\*\*\*\*\* 청주대학교 건축공학과 교수, 정회원

표 2. 모르터의 배합사항

배합비	W/C (%)	잔골재 종류	용적배합 (ℓ/m³)				
			W	C	S		
					L	N	G
1:1	30	L	290	310	390	0	0
		N	290	310	0	390	0
		G	290	310	0	0	390
		LN	290	310	195	195	0
		LG	290	310	195	0	195
1:3	49	L	250	162	578	0	0
		N	250	162	0	578	0
		G	250	162	0	0	578
		LN	250	162	289	289	0
		LG	250	162	289	0	289
1:5	75	L	243	102	645	0	0
		N	243	102	0	645	0
		G	243	102	0	0	641
		LN	243	102	323	323	0
		LG	243	102	323	0	323

2.2 사용재료

본 연구의 사용재료로써 시멘트는 국내산 A사의 보통 포틀랜드시멘트를 사용하였고, 그 물리적 성질은 표 3과 같다. 잔골재로써 석회암 부순모래는 충북 제천산, 강모래는 충남 조치원산, 화강암 부순모래는 충북 청원산을 사용하였는데, 그 물리적 성질 및 입도분포는 표 4 및 그림 1과 같다.

표 3. 시멘트의 물리적 성질

밀도 (g/cm³)	분말도 (cm²/g)	안정도 (%)	응결시간(분)		압축강도(MPa)		
			초결	종결	3일	7일	28일
3.15	3.324	0.09	180	225	23	30	39

표 4. 잔골재의 물리적 성질

구분	밀도 (g/cm³)	조립률	흡수율 (%)	0.08mm체 통과량 (%)	입형모양 판정 실적률
L	2.68	3.03	0.70	4.7	59.6
N	2.68	2.60	0.60	3.9	56.0
G	3.10	3.10	0.75	4.5	53.0

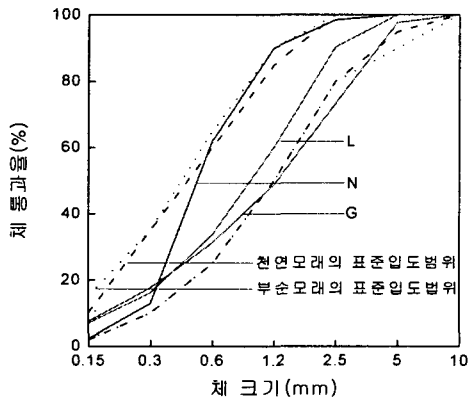


그림 1. 잔골재의 입도분포곡선

2.3 실험방법

본 연구의 실험방법으로 모르터의 혼합은 20±3℃의 실험실에서 KS L 5109에 의한 수경성 시멘트반죽 및 모르터의 기계

적 혼합방법에 의거 실시하였다.

굳지않은 모르터의 실험으로 플로우는 KS L 5105, 공기량과 단위용적질량은 KS F 2421, 응결시간은 KS F 2436에 의거하여 측정하였고, 경화 모르터의 실험으로 압축강도는 KS L 5015, 휨강도는 ASTM C 348, 인장강도는 KS L 5104, 길이변화는 KS F 2424의 시험방법에 의거 실시하였다.

3. 실험결과 및 분석

3.1 굳지않은 모르터의 특성

3.1.1 유동성

그림 2는 모르터 배합비별 잔골재의 종류에 따른 유동성을 나타낸 것이다.

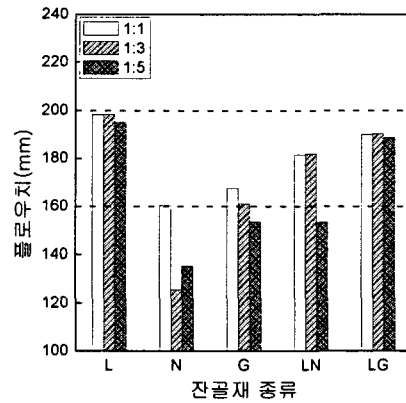


그림 2. 잔골재 종류별 플로우치

먼저, 석회암 부순잔골재(L)를 사용한 기본배합 모르터는 배합설계에 의하여 배합비 별로 모두 목표 플로우를 만족하는 것으로 나타났고, 천연골재(N)의 경우는 커다란 유동성 저하를 나타냈으며, 화강암 부순잔골재(G)와 석회암 잔골재의 혼합사(LN, LG)는 N에 비하여 유동성이 증가하는 경향을 보였다. 이는 석회암 골재의 양호한 입형 및 연속입도분포에 의해 유동성이 증가한 것으로 판단된다. 이러한 경향은 배합비 1:3과 1:5의 영역에서 더욱 현저하게 나타났다.

3.1.2 공기량 및 단위용적질량

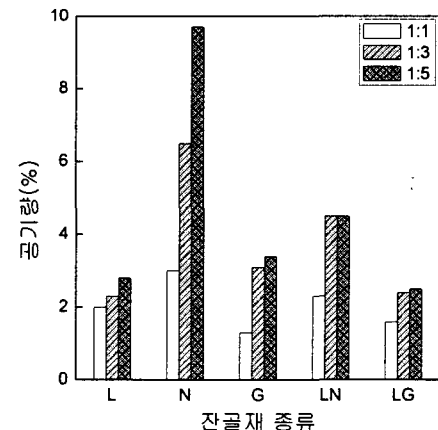


그림 3. 잔골재 종류별 공기량

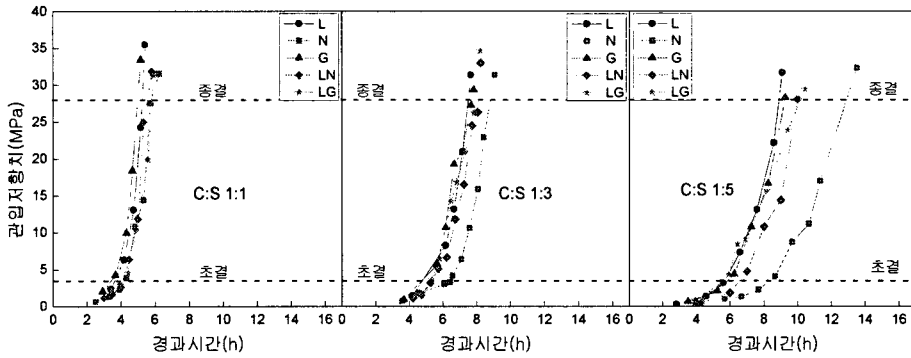


그림 5. 경과시간에 따른 관입저항치

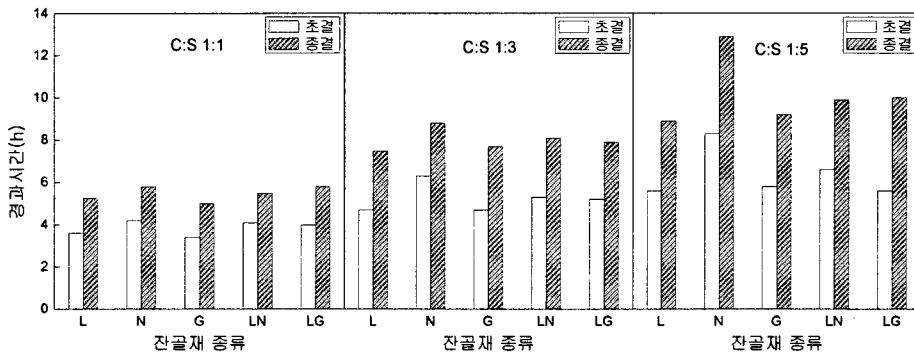


그림 6. 잔골재 종류에 따른 응결시간

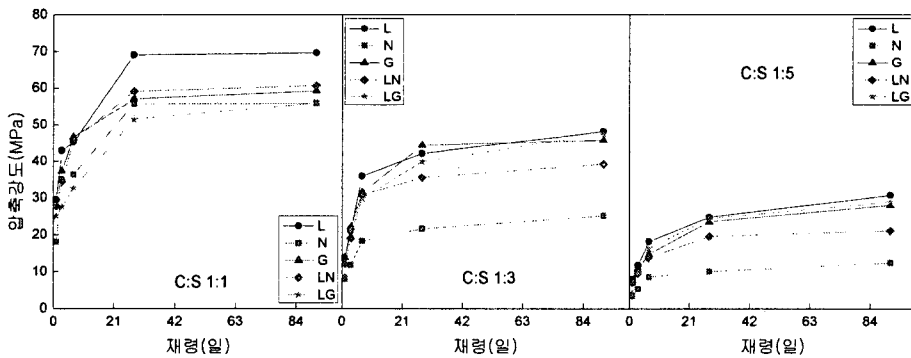


그림 7. 재령경과에 따른 압축강도

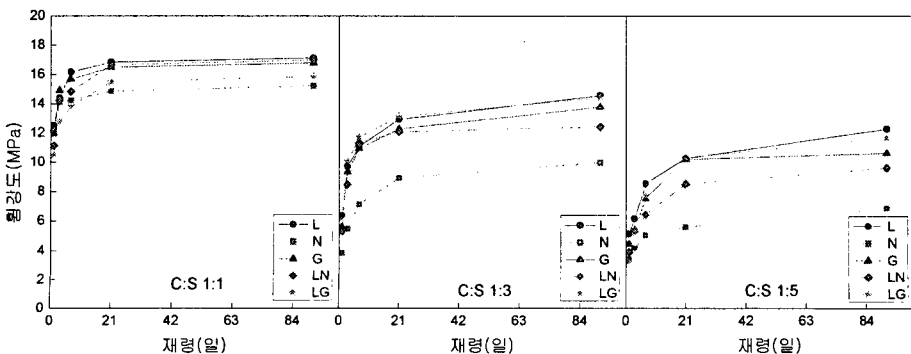


그림 8. 재령경과에 따른 휨강도

그림 3과 4는 모르타 배합비별 잔골재 종류에 따른 공기량과 단위용적질량을 나타낸 것이다.

공기량의 경우 L과 LG가 낮게 나타났고, N이 가장 높은 공기량을 나타내었다. 이는 L의 연속입도분포에 의한 공극충진효과에 의한 것으로 사료되며, L의 높은 유동특성과도 관련이 있을 것으로 분석된다. 또한, N의 경우 여타의 경우보다 높은 공기량을 갖는 것을 확인할 수 있었는데 이는 N이 균일 입자성 입도분포로서 상대적으로 공극이 많아져서 발생한 결과로 사료된다. 한편, 단위용적 질량은 공기량의 감소와 반대경향으로 증가하게 나타났다.

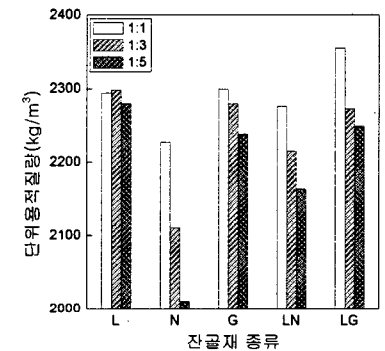


그림 4. 잔골재 종류별 단위용적질량

### 3.1.3 응결시간

그림 5와 6은 모르타 배합비와 잔골재 종류별 시간경과에 따른 굳지 않은 모르타의 관입저항치로서, 모르타 배합비별 골재종류에 따른 초결 및 종결시간을 나타낸 것이다.

골재종류에 따른 응결특성으로 L을 사용한 경우 배합비에 관계없이 응결이 가장 빠르게 나타났는데, 이는 석회암 잔골재에 포함되어있는 CaCO<sub>3</sub>의 성분이 응결을 촉진시킨 것으로 판단된다. 그 다음으로 G, LG, LN, N의 순으로 빠르게 나타났다.

## 3.2 경화 모르타의 특성

### 3.2.1 압축강도

그림 7은 재령경과에 따른 압축강도를 나타낸 것이다.

당연한 결과이겠지만 배합비별로 배합비가 부배합으로 될수록 강도는 증가하는 것으로 나타났고, 배합비에 관계없이 대부분 재령에서 L이 가장

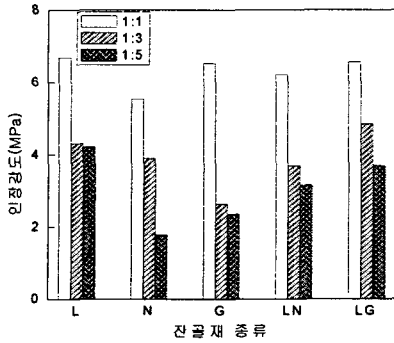


그림 9. 잔골재 종류에 따른 인장강도

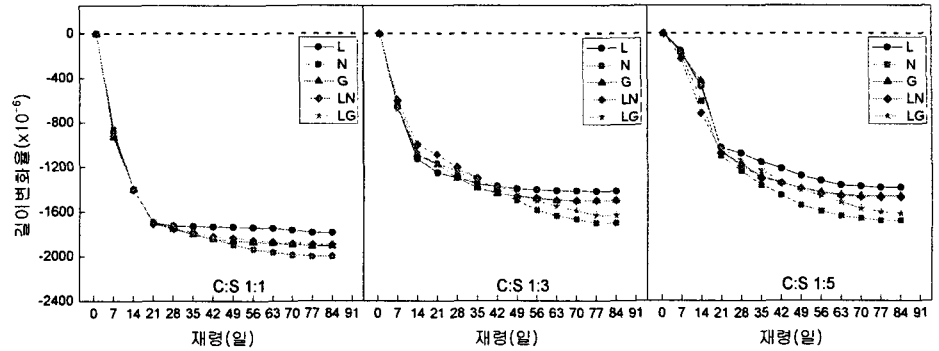


그림 10. 재령경과에 따른 길이변화율

높은 강도특성을 나타내고 있고, 다음으로 LG, G, LN, N의 순으로 나타났다. 이러한 경향은 L 및 G가 가지고 있는 순수한 재료의 강도 특성보다는 굳지않은 모르터의 L과 G의 다소 낮은 공기량에 의해 최밀 충전된 내부공극의 밀실성에 기인한 것으로 사료되며, L의 사용에 따른 강도향상을 기대할 수 있을 것으로 사료된다.

### 3.2.2 휨강도 및 인장강도

그림 8과 9는 재령경과에 따른 휨강도와 잔골재 종류에 따른 인장강도를 나타낸 것이다. 휨강도 및 인장강도는 압축강도의 증가 또는 그 경향과 유사한 경향으로 다소의 증감은 있으나 큰 차이는 아닌 것으로 분석된다.

### 3.2.3 건조수축 길이변화

그림 10은 재령경과에 따른 건조수축 길이변화율을 나타낸 것이다.

먼저, 건조수축 길이변화율은 초기 재령일수록 급격히 수축하였고, 재령이 경과함에 따라 보다 완만한 경향을 나타내었다. 또한, 배합비에 따른 건조수축 길이변화율은 배합비 1:1이 1:3이나 1:5보다 크게 나타났는데, 이는 배합비 1:1의 경우 부배합으로 건조수축과 아울러 자기수축도 크고, 또한 건조가능한 자유수량이 큰 것에 기인된 것으로 분석된다.

골재 종류별로는 배합비에 관계없이 L의 경우가 가장 작게 나타났는데, 이는 L을 사용한 경우 압축강도가 향상되어 그에 따른 탄성의 증가에 기인한 것으로 분석된다. 반면에, N의 경우는 낮은 강도에 기인하여 길이변화율이 가장 크게 나타났다.

## 4. 결 론

본 연구는 잔골재 종류변화가 시멘트 모르터의 기초적 특성에 미치는 영향에 대하여 검토하였는데, 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 골재의 종류별 유동성은 L을 사용한 모르터가 가장 양호한 것으로 나타났고, 다음으로 LG, LN, G, N 순으로 나타났다. 공기량은 모든 영역에서 N이 가장 높은 값을 나타냈고, L을 사용한 모르터의 공기량이 가장 작은 값을 나타

냈는데, 이는 연속입도에 의한 최밀 충전효과에 기인된 것으로 판단된다.

- 2) 응결특성은 L을 사용한 경우가 배합비에 관계없이 가장 빠른 초결과 종결을 나타냈는데, 이는 석회암 잔골재에 포함되어있는 CaCO<sub>3</sub>의 성분이 응결을 촉진시킨 것으로 판단된다.

- 3) 경화 모르터의 강도특성으로 L을 사용한 모르터가 압축강도, 휨강도 및 인장강도가 가장 높게 나타났고, N이 가장 낮게 나타났다.

- 4) 건조수축 길이변화율은 L의 경우가 여타보다 낮은 수축을 갖는 것으로 나타났는데, 이는 강도향상에 기인된 것으로 사료된다.

이상을 종합하면, 석회암 부순잔골재(L)는 천연골재나 화강암 부순잔골재 보다 제반 품질이 양호하여 '친환경 자원 재활용 재료'로 전혀 손색이 없는 것을 확인할 수 있었다.

## 참 고 문 헌

1. 건설교통부; 골재수급기본계획(2004~2008), 한국레미콘공업협회 제7호, 2003. 10.
2. KS F 2526 콘크리트용 골재, 2002
3. KS F 2527 콘크리트용 부순 골재, 2002
4. 대한주택공사, "콘크리트용 부순모래의 실용화방안연구", 1996.
5. 한국콘크리트학회, "부순모래 및 부순모래 콘크리트", 기문당, 1998
6. 한천구, 이장화, 고정택, 윤기원, 김기훈, "국내 부순모래의 물리적 성질과 입자 특성에 관한 연구", 한국콘크리트학회 학술발표논문집, 제16권 1호, 2004. 5, PP.352~355.
7. 한천구, 윤기원, 이용성, 윤 섭, 김기훈, "부순모래의 입형 및 미립분 함유량 개선을 위한 기술 검토", 한국건설시공 학회 학술발표논문집, 제4권 1호, 2004. 5, pp.71~74.
8. 한천구, 윤기원, 이진철, 이승훈, 손유신, 유승엽, 부순잔골재를 사용한 콘크리트의 품질 특성에 관한 연구, 콘크리트학회 학술발표대회 논문집, 제 17권 2호, pp.455~458, 2005. 11.