

천연골재 대체골재로서 재생골재를 사용한 건조모르타르 적용에 관한 실험적 연구

김재성* · 배준영 · 강석표 · 김경덕 · 주동철 · 김정환

<한일시멘트 중앙연구소>

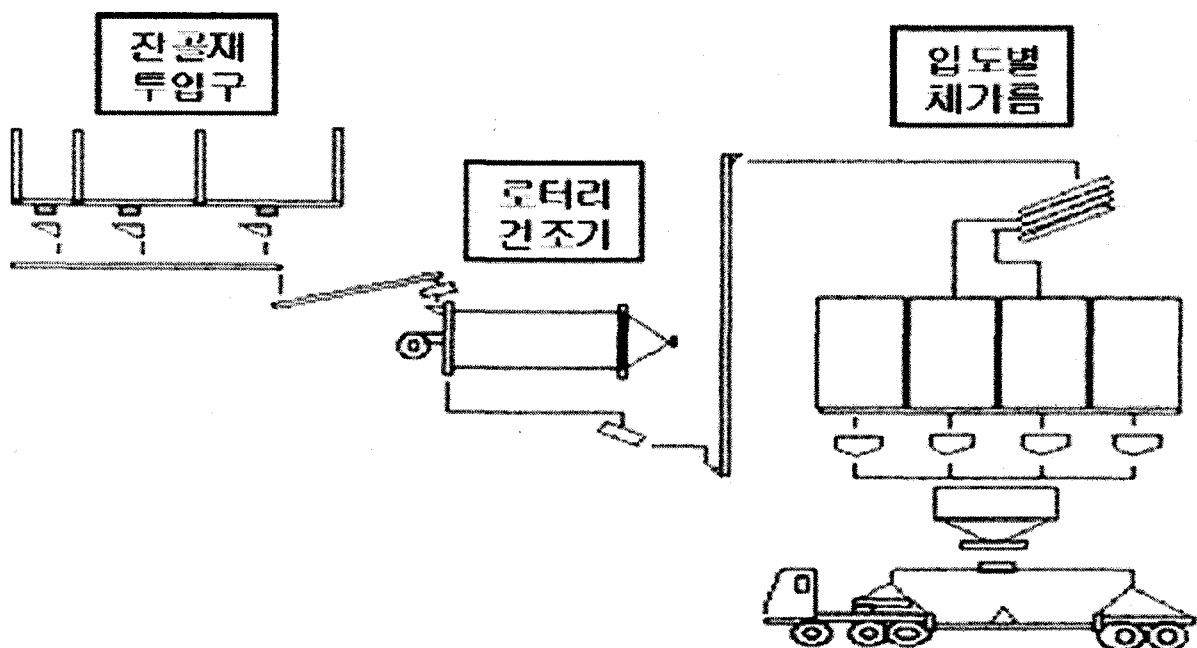
1. 서 론

국내의 천연골재 잔존현황은 채취가능량 44억 m³ 중 허가 채취실적이 14억 m³로 대략 30%의 골재가 이미 채취되었고, 연간 약 2억 m³에 달하고 있는 현재의 골재수요를 감안하면 천연골재 부존자원의 고갈문제는 건설현장 각 분야에서 심각한 현실문제로 다가와 있으며, 이에 대한 해결이 국가건설의 경제적인 당면과제로서 대두되고 있다.

또한, 최근들어 발생량이 급증하고 있는 폐콘크리트는 건설 폐기물 중에서도 약 90%로 대부

분을 차지하고 있으며, 2000년도 기준 약 1,500만톤이었던 폐콘크리트 발생량이 2020년에는 약 1억톤 이상으로 급격히 증가할 것으로 예상되기 때문에 날로 심각해지는 주거환경, 지역환경 및 지구환경파괴에 대한 대책으로서 부가가치가 높고 수요가 많은 폐콘크리트의 재자원화기술 개발 및 실용화 방안이 절실히 요구되고 있다.

그러나 폐콘크리트로부터 생산되는 재생골재는 중간처리업체가 보유하고 있는 생산설비의 규모 및 성능의 한계로 인하여 고품질의 재생골재를 생산하기가 어려운 상태이며, 수요자 측면에서도 재생골재의 사용에 대한 인식이 낮기 때



<그림 1> 건조모르타르 제조공정도

문에 현재 노체·노상 등의 도로용 또는 구조물 뒷채움재 등의 저급한 용도로 주로 이용되고 있다.

하지만 재생골재의 수요처가 성토용 혹은 노체·노상 등의 도로용이나 구조물 뒷채움재 등의 저급한 용도에 머문다면 재생골재의 수요확보에 한계가 존재하게 된다. 특히 재생잔골재의 경우 굵은골재와 비교하여 아직까지 그 활용용도에 있어서 극히 제한적이며 활용빈도 또한 매우 적다.

이에 국내에서도 최근들어 재생골재를 레미콘 및 시멘트2차 제품 제조용 등 고급용도로 활용을 도모하고자 연구개발이 활발히 진행되고 있으나 대부분 재생 굵은 골재에 국한되어 있고 재생잔골재의 경우에 있어서도 콘크리트용에 제한되어져 있는 경우가 많다.

따라서 본 연구는 재생잔골재의 활용용도를 확대하여 건설폐기물의 재활용을 촉진하고자 잔골재를 건조하여 입도별로 분류하여 사용하는 건축용 건조모르타르 중 미장용 및 바닥용 모르타르에 천연골재의 일부를 1종 및 2종 재생잔골재로 대체한 후 기초물성을 검토함으로써 향후 재생잔골재 활성화를 위한 기초자료를 제시하고자 한다.

2. 건축용 건조모르타르

건축용 건조모르타르가 국내 생산된 것은 1990년대 초반으로 실용성 및 편리성 그리고 품질관리 용이성 등 현장배합에 비해 우수하여 현재 소비는 연간 약 300만톤에 이르고 있어 건설 현장에서는 이미 보편화 되어있는 모르타르이다.

<표 2> 잔골재의 물리적성질

	강모래	재생 잔골재	
		1종	2종
비 중	2.55	2.41	2.34
흡수율 (%)	2.7	4.9	7.3
조립율(F.M)	2.64	3.42	3.76
실적율 (%)	62	61	59
씻기손실율(%)	1.2	3.6	16.5
비 고	충남 금강 산	경남 김해 산	충북 청원 산

건조모르타르 제조공정은 <그림 1>에서 보는바와 같이 잔골재가 로터리 건조기를 통과하며 건조하게 되고 건조된 잔골재는 여러 크기의 체를 통과하여 각 입경별로 선별된 후 저장사이로에 저장되고, 제품 종류에 따라 시멘트 및 선별된 건조된 잔골재 등 각종 특성 개선제를 계량 혼합하여 제조되게 된다

3. 실험계획 및 방법

3.1 실험계획

본 연구의 실험계획은 <표 1>에서 보는 바와 같이 건축용 건조모르타르 중 바닥용 및 미장용에 대하여 1종 및 2종 재생잔골재를 강모래에 대하여 0%, 20%, 40% 대체하여 모르타르를 제조한 후 플로우, 공기량, 단위용적중량 및 압축강도 등을 평가함으로써 바닥용 및 미장용별 재생잔골재 품질에 따른 건조모르타르의 적용성을 천연골재를 사용한 건조모르타르와 비교·검토하였다.

<표 1> 실험계획

구분	B:S*	목표 플로우	재생잔골재 종류	재생 잔골재 대체율	평가항목
바닥용	1:2.6	20±1	· 1종 · 2종	· 0% · 20% · 40%	· 플로우 (KS L 5220) · 공기량 (KS L 5220) · 단위용적중량 (KS F 2475) · 압축강도 (KS L 5220)
미장용	1:3.1				

* B : S = 바인더 : 모래

또한, 건조모르타르의 배합은 바인더에 대한 잔골재의 비율을 바닥용의 경우 1:2.6, 미장용의 경우 1:3.1으로 하였다. 비빔수량은 현장시공시 측정된 플로우를 만족하는 범위로 바닥용 및 미장용의 경우 20±1cm로 설정하였으며, 플로우 측정은 KS L 5220의 플로우 시험방법에 준하여 측정하였다. 단, 바닥용은 기계화 시공에 의해 반죽질기가 매우 높아 플로우 테이블의 낙하 횡수를 3회로 설정하여 측정하였다.

3.2 사용재료 및 배합

본 실험에서 사용한 시멘트는 국내 H사 제품의 비중 3.15 1종 보통포틀랜드 시멘트를 사용하였으며, 바닥용 및 미장용 요구성능에 적합하도록 혼화제를 적정 첨가하였다.

재생잔골재의 경우 <표 2>에서 보는 바와 같이 강모래는 흡수율 2.7%, 조립율 2.64, 셋기손실율 1.2%의 충남 금강산을 사용하였다. 재생잔골재는 경남 김해의 S재생골재재산업체에서 생산되고 있는 흡수율 4.9%, 0.08mm체 통과율 3.6%인 KS F 2573 「콘크리트용 재생골재」에서

규정하고 있는 1종 재생잔골재와 충북 청원의 C재생골재재산업체에서 생산되고 있는 흡수율 7.3%, 0.08mm체 통과율 16.5%인 2종 재생잔골재를 사용하여 재생잔골재 품질에 따른 건축용 건조모르타르의 기초물성을 비교·검토하였다.

건축용 건조모르타르의 경우 앞 절에서 설명한바와 같이 제품종류에 따라서 골재의 입경에 따라 체가름하여 사용하기 때문에 바닥용의 입경범위는 0~5.8mm 인 반면 미장용의 경우 0~2.0mm를 사용하였다.

3.3 시험방법

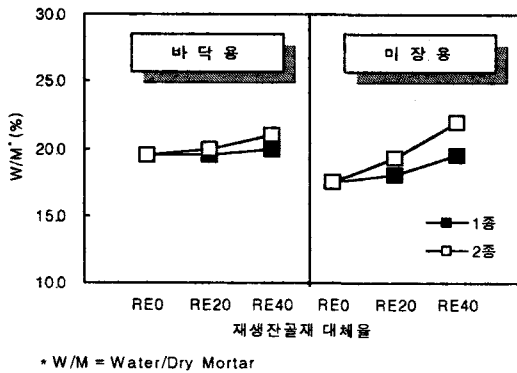
본 연구에서 건조모르타르의 비빔은 용량 3ℓ의 ELE 모르타르 전용믹서를 사용하였고, 혼합방법은 혼합수를 먼저 넣고 건조 모르타르를 15초간 전량 투입한 후 1속에서 45초간 혼합하였다.

또한 압축강도 시험은 각각 KS L 5220 「건조시멘트 모르타르」 규준에 준하여 실시하였으며, 공기량 및 단위용적은 KS F 2475에 준하여 실시하였다.

<표 3> 재생골재 대체율에 따른 건축용 건조모르타르의 물리적 특성

용도	구분	재생골재 대체율(%)	W/M* (%)	플로우 (mm)	공기량 (%)	단위용적중량 (kg/m ³)	압축강도(MPa)			비고
							3일	7일	28일	
바닥용	RE0	0	19.5	202	2	2140	11.5	16.2	22.4	충남 금강 산
	1종RE20	20	19.5	203	2	2150	12.2	17.8	23.2	경남 김해 산
	1종RE40	40	20.0	200	2	2120	10.5	16.2	22.0	
	2종RE20	20	20.0	203	2	2110	10.8	15.6	21.5	충북 청원 산
	2종RE40	40	21.0	206	3	2110	10.6	15.1	20.3	
미장용	RE0	0	17.5	200	11	1975	13.4	16.1	21.9	충남 금강 산
	1종RE20	20	18.0	206	11	1940	13.2	15.1	21.6	경남 김해 산
	1종RE40	40	19.5	208	12	1920	12.6	14.1	17.0	
	2종RE20	20	19.3	202	13	1910	9.3	12.4	15.7	충북 청원 산
	2종RE40	40	22.0	204	14	1838	8.5	12.7	14.0	

* W/M = Water/Dry Mortar



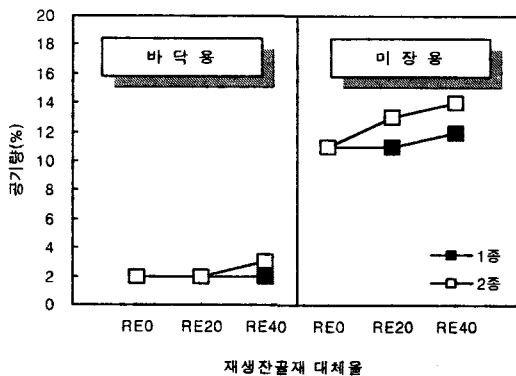
<그림 2> 물/건조모르타르 비(W/M)의 변화

4. 실험결과 및 고찰

재생골재 품질 및 대체율에 따른 바닥용 및 미장용 건조모르타르의 실험결과는 <표 3>에 나타낸 바와 같다.

4.1 단위수량(W/M)

현장시공시 요구되는 목표플로우를 만족하기 위한 수량첨가에 따른 재생잔골재 품질 및 대체율별 물/건조모르타르 비(W/M)의 변화는 <그림 2>에 나타낸 바와 같이 바닥용 건조모르타르에서는 1종 및 2종 재생잔골재를 대체율 40%까지 사용한 경우 강모래를 사용한 건조모르타르와 비교하여 수량의 변화는 큰 차가 없는 것으로 나타났다.



<그림 3> 공기량의 변화

미장용의 경우 재생잔골재 대체율이 증가할수록 목표 플로우를 만족하기 위한 수량의 변화가 바닥용과 비교하여 상대적으로 크게 나타났고, 1종 재생잔골재와 비교하여 2종 재생잔골재 사용 시 대체율40%에서는 수량이 크게 증가하는 것으로 나타났다. 이는 미장용 건조모르타르의 경우 잔골재 입경이 0~2.0mm로서 바닥용 0~5.8mm와 비교하여 상대적으로 작기 때문에 0.8mm체 통과율이 큰 재생잔골재의 영향이 큰 것으로 사료된다.

4.2 공기량

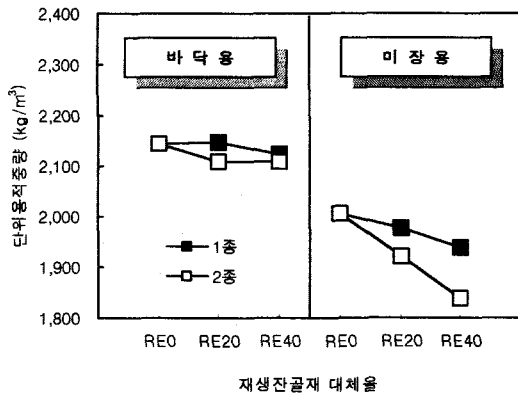
재생잔골재 품질 및 대체율에 따른 공기량의 변화는 <그림 3>에서 나타낸 바와 같이 바닥용 건조모르타르의 경우 재생잔골재 품질 및 대체율에 따른 공기량 변화는 미미한 경향으로 나타났으나, 미장용 건조모르타르의 경우 강모래를 사용한 것과 비교하면 재생잔골재 1종 및 2종 모두 상대적으로 공기량이 크게 나타나고 있다.

바닥용의 경우 현장에서 기계화시공을 위해 높은 플로우를 요구하고 있으며 이로 인해 갇힌 공기포가 발생되지 않아 상대적으로 0.8mm체 통과율이 큰 재생잔골재의 영향이 작은 것으로 보이며, 미장용 건조모르타르의 경우 바닥용과 비교하여 손미장을 위하여 낮은 플로우로 시공하므로 갇힌 공기포가 높게 형성되는 것으로 사료된다.

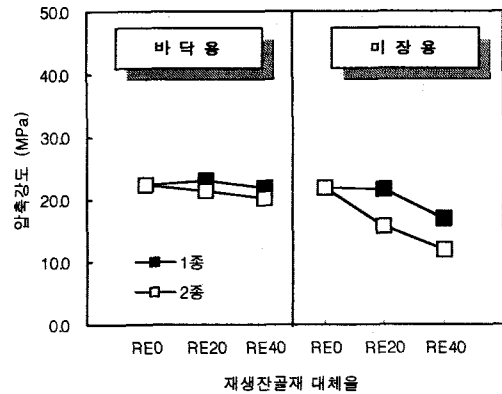
4.3 단위용적중량

재생잔골재 품질 및 대체율에 따른 단위용적중량의 변화는 <그림 4>에서 나타낸 바와 같이 2종 재생잔골재를 사용한 건조모르타르가 1종 재생잔골재를 사용한 것과 비교하여 상대적으로 단위용적중량이 작게 나타나고 있다.

바닥용의 경우 1종 및 2종 재생잔골재 대체율이 증가할수록 강모래를 사용한 건조모르타르와 비교하여 단위용적중량의 유의할 만한 경향은 보이지 않고 있다. 그러나 미장용의 경우 재생잔골재의 대체율이 증가할수록 단위용적중량이 감



<그림 4> 단위용적중량의 변화



<그림 5> 압축강도의 변화

소하는 것으로 나타났으며 특히 2종 재생잔골재를 사용한 건조모르타르에서 크게 감소하는 것으로 나타났는데 이는, 단위용적중량은 공기량과 반비례관계를 갖고 있으며 공기량의 증감에 기인하는 것으로 사료된다.

4.4 압축강도

재생잔골재 품질 및 대체율에 따른 건조모르타르의 28일 압축강도의 변화는 <그림 5>에서 나타낸 바와 같이 바닥용의 경우 재생잔골재 대체율이 40%까지 증가하여도 강모래를 사용한 건조모르타르와 비교하여 28일 압축강도가 유의할만한 경향은 보이지 않고 있으며, 1종 및 2종 재생잔골재 종류에 따라서도 유사하게 나타나고 있다.

미장용의 경우 재생잔골재 대체율이 증가할수록 강모래를 사용한 건조모르타르와 비교하여 28일 압축강도는 감소하는 것으로 나타났으며, 2종 재생잔골재를 사용한 건조모르타르의 28일 압축강도는 1종 재생잔골재를 사용한 것과 비교하여 대체율이 증가할수록 압축강도 저하도 크게 나타나고 있다.

바닥용 건조모르타르의 압축강도가 미장용과 비교하여 상대적으로 재생잔골재 대체율의 증가에 따른 압축강도의 영향이 작게 나타나는 것은 건조모르타르 제조 공정상 용도에 따라 잔골재를 입도별 체가름하여 배합하므로 잔골재 최대입경이 미장용보다 크기 때문에 0.8mm체 통과

율이 높은 재생골재의 미립분이 상대적으로 적게 배합설계되기 때문으로 추정된다.

5. 결론

최근 들어 재생골재의 용도확대방안에 관한 국가·사회적 관심이 높아짐에 따라 현재까지 천연골재와 비교하여 품질저하 및 품질관리상의 문제로 인하여 그 활용용도가 매우 제한적인 재생잔골재를 건축용 건조모르타르에 적용하여 기초물성을 검토한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 강모래를 사용한 건조모르타르와 비교하여 바닥용 건조모르타르는 재생잔골재 1, 2종 모두 대체율 40%까지는 물/건조모르타르비(W/M)가 유사하게 나타나고 있으나 미장용 건조모르타르는 재생잔골재 2종의 경우 대체율이 증가할수록 물/건조모르타르비(W/M)가 크게 나타났다.
- 2) 강모래를 사용한 건조모르타르와 비교하여 재생잔골재를 사용한 바닥용 건조모르타르의 공기량 및 단위용적중량은 재생잔골재의 품질 및 대체율에 따라 큰 차가 없는 것으로 나타났으나, 미장용 건조모르타르의 경우는 재생잔골재 품질이 저하할수록 그리고 대체율이 증가할수록

단위용적중량은 감소하고 공기량은 증가하는 것으로 나타났다.

- 3) 재생잔골재 품질 및 대체율별 압축강도의 변화는 강모래를 사용한 건조모르타르와 비교하여 바닥용은 유사하게 나타나고 있지만 미장용은 재생잔골재 대체율이 증가할수록 압축강도 저하현상을 보였다.

강모래와 비교하여 상대적으로 재생잔골재가 지니는 취약한 품질로 인하여 그 활용용도가 매우 제한적인 재생잔골재의 용도를 확대하기 위한 방안으로서 재생잔골재의 품질 및 대체율별로 건조모르타르 제조공정에 적용하여 실험한 결과 건조모르타르는 균일한 품질을 위하여 제조공정상 잔골재를 입도별로 선별하여 사용하므로 재생잔골재의 입도불균일 등 품질에 따른 영향이 적은 것으로 나타나 재생잔골재 품질 및 대체율에 따라 천연잔골재에 대한 대체잔골재로서 적용 가능성을 확인하였다.

< 참고 문헌 >

1. 김광우 외, 콘크리트 재활용 실태 및 연구 동향, 콘크리트학회지, 제6권 제6호, pp.51~65, 1994. 12
2. 최민수, 골재산업의 중·장기 육성방안 -골재채취법령의 개선 방안을 중심으로-, 2001. 12
3. 양은익 외, 재생잔골재 대체가 콘크리트 성능에 미치는 영향, 한국콘크리트학회 가을 학술발표회 논문집, 제14권 2호, 2002, pp.233~238
4. 麗 隆行 外, 再生細骨材の物理的性質がコンクリート性狀に及ぼす影響について, 日本コンクリート工學年次論文集, 第24卷第1号, 2002. pp.1233~1238
5. 橋智顔外重, 回歸分析等を用いた再生コンクリートの強度特性に關する平價, 日本コンクリート工學年次論文集, 第24卷第1号, 2002. pp.1227~1232
6. 早川光敬外, 再生骨材を用いたコンクリートの強度特性と耐久性, 日本コンクリート工學年次論文集, 第24卷第1号, 2002. pp.1203~1208