

# 재생골재 사용에 따른 빈 배합 콘크리트 기층 재료용 골재의 품질 기준의 적정성

## An Evaluation of Current Road Specification Criteria for Lean Concrete Aggregate in Order to Use Reclaimed Concrete Material

김남호\* · 서기원\*\* · 이욱재\*\*\* · 김학연\*\*\*\*

Kim, Nam Ho · Seo, Ki Won · Lee, Wook Jae · Kim, Hag Youn

### 1. 서론

최근 들어 국내 석산에서의 골재공급이 원활하지 않는 등, 우려하던 국내 건설자원의 고갈현상이 심화되어 감에 따라, 성토재 등의 저급재료로 재활용 되던 폐 콘크리트 재생골재의 용도를 점차 콘크리트용 골재와 같은 고급재료로 재활용하기 위한 노력이 계속되고 있다. 재생골재가 구조용 콘크리트 골재로 재활용되기 위해서는 아직 극복해야 할 기술적 과제들이 많이 남아 있기 때문에, 최근에는 재생골재를 대량으로 재활용 할 수 있는 도로 기층용 빈 배합 콘크리트로 재활용 하기 위한 방안이 주목을 받고 있다. 폐 콘크리트 재생골재가 이러한 고급 건설재료의 용도로 재활용 되기 위해서는 폐 콘크리트 재생골재의 생산기술, 재생골재를 위해 배려된 시공기술 및 건설폐기물 재활용을 촉진하기 위한 사회적 제도 등이 동시에 발전되어야 할 것이다. 따라서 본 연구는 재생골재가 빈 배합 콘크리트로 활용되기 위한 관련 시방기준의 적정성에 대한 연구로, 여러 품질의 재생골재(2종 및 3종 재생굵은골재)에 대한 빈 배합 콘크리트(Lean Concrete) 기층재료의 품질 기준의 적정성 파악하기 위하여, 먼저 국내의 시방서 상에 규정되어 있는 빈 배합 콘크리트 규정상의 문제점을 살펴보고, 여러 품질의 재생골재를 통한 실내실험이 수행되어, 궁극적으로 재생골재를 빈 배합 콘크리트 기층재료로 활용하기 위한 시방기준 대안을 살펴보고자 한다.

### 2. 시방 기준

빈배합 콘크리트 기층 시공을 위한 굵은골재의 품질기준은 도로공사 표준시방서 및 고속도로공사 전문시방서에 표 1과 같이 규정되어 있고, 한국산업규격(KS F 2573-1999)에서 규정하는 콘크리트용 재생골재의 품질기준은 표 2와 같다.

표 1. 빈배합 콘크리트 기층용 굵은 골재의 품질기준

구분	시험방법	기준
점토덩어리 함유량(%)	KS F 2512	0.25 이하
연한석편(%)	KS F 2516	5.0 이하
골재 씻기시험 손실율(No.200 체 통과량)(%) <sup>**</sup>	KS F 2511	1.0 이하
비중 2.0의 액체에 뜨는 것(%)	KS F 2513	0.5 이하
흡수량(%)	KS F 2503	3 이하
비중	KS F 2503	2.45 이상
마모감량(%)	KS F 2508	40 이하
안정성시험(%)	KS F 2507	12 이하

※ 세척의 경우 씻기 시험에서 손실분이 세척분인 경우에는 최대치를 1.5%로 해도 좋다.

\* 정희원 · 한국기술교육대학교 건축공학과 부교수 · 공학박사 · 041-560-1332 (E-mail:nhkim@kut.ac.kr)

\*\* 한국기술교육대학교 건축공학과 석사과정 · 공학사 · 019-472-4210(E-mail:seo-archen@kut.ac.kr)

\*\*\* 한국기술교육대학교 건축공학과 석사과정 · 공학사 · 016-366-0527(E-mail:freesoul@daum.net)

\*\*\*\* 한국기술교육대학교 건축공학과 석사과정 · 공학사 · 011-9735-3951(E-mail:hagyou@empal.com)



표 2. 콘크리트용 재생골재-한국산업규격(KS F 2573-1999)의 품질기준

항 목	재생굵은골재			재생잔골재	
	1종	2종	3종	1종	2종
흡수율 (%)	3 이하	5 이하	7 이하	5 이하	10 이하
비중	2.2 이상			2.2 이상	
마모감량 (%)	40 이하			-	
입자모양 관정실적률(%)	55 이상			5.3 이상	

### 3. 실험 재료 및 방법

#### 3.1 실험 재료

본 연구는 다양한 경로로 생산되고 있는 재생골재(2종 및 그 이하 품질의 골재)에 대한 빈 배합 콘크리트 기층 적용 적정성 파악하기 위하여, 100mm이하의 재생골재가 생산되는 수도권 지역의 재생골재 생산업체를 대상으로 최대치수 25mm인 재생골재 3종 A, B, C를 선정하였으며, 기준 재료인 쇄석골재는 천안지역의 채석장에서 파쇄한 최대치수 25mm의 화강암질의 골재를 사용하였다.

#### 3.2 실험 방법

##### 3.2.1 입도, 비중, 흡수율, 이물질 함유량 및 골재 씻기시험 손실율

골재의 입도는 KS F 2502에 따라 실험대상인 재생골재 및 쇄석골재에 대하여 체가름 시험을 실시하였다. 비중은 콘크리트의 단위중량 결정, 골재의 일반적 품질, 시공물량의 결정 등을 위해 필요한 물성이며, 골재의 흡수율은 재생골재의 등급 산정이나 배합설계 계산의 사용수량을 조절하는데 필수적인 요소이다. 실험방법은 KS F 2503에 규정된 굵은 골재의 비중 및 흡수량 시험방법에 따라 수행하였고, 재생골재의 이물질 함유량을 조사하기 위하여 KS F 2576에 규정되어 있는 방법에 의거하여 재생골재의 이물질 함유량을 조사하였다. KS F 2511에 규정되어 있는 방법에 의거하여 골재 씻기시험 손실율을 조사하였다.

##### 3.2.2 마모율, 단위용적중량 및 재생골재 등급

재생골재의 마모저항을 확인하기 위하여 KS F 2508에 규정된 LA마모시험을 수행하였다. 재생골재의 단위용적중량은 KS F 2505에 따라, 재생골재 등급은 KS F 2573에 의해 수행되었다.

### 4. 실험 결과 및 분석

수집된 모든 재생골재의 골재표면에는 상당량의 시멘트 페이스트가 부착되어 있었으며, 비슷한 입도를 갖고 있었으나, 파쇄 이전의 원석의 특징에 따라 각기 다른 종류의 이물질을 갖고 있었다. 육안조사에 의한 각 재생골재별 특징을 살펴보면, 재생골재 A는 다른 골재들에 비하여 미세분과 적벽돌 조각이 많았으며, 재생골재 B는 비교적 쇄석 이외의 이물질 함유량이 적은 상태였으며, 재생골재 C는 다른 골재들에 비하여 페 아스콘 조각이 월등히 많고 노끈이나 페비닐 등 기타 이물질이 많은 특징을 갖고 있었다. 재생골재 사용에 따른 빈 배합 콘크리트 기층 재료용 골재의 품질 기준의 적정성을 고찰하기 위한 다양한 굵은 골재의 물리적 실험의 결과는 표 3과 표 4와 같다.

표 3. 굵은골재의 물리적 특성

종류	KS F 2503				KS F 2508	KS F 2505	KS F 2573
	비중	표준 비중	겉보기 비중	흡수율 (%)	마모율 (%)	단위용적중량 (kg/m³)	재생골재 등급
쇄석골재	2.69	2.70	2.73	0.55	25.3%	1953.25	-
재생골재 A	2.23	2.41	2.60	5.40	33.5%	1382.38	3종 재생굵은골재
재생골재 B	2.38	2.47	2.62	3.80	38.1%	1371.67	2종 재생굵은골재
재생골재 C	2.26	2.38	2.56	5.12	30.4%	1448.48	3종 재생굵은골재



표 4. 재생 골재의 이물질 함유량

종류		KS F 2576					합계
		골재	페아스콘	적벽돌	타일	이물질*	
재생골재 A	질량(g)	15131.8	167.7	109.3	55.1	5.9	338.0
	질량비(%)	97.8	1.1%	0.7%	0.4%	0.0%	2.2%
	부피(ml)	6470.0	77.0	58.0	36.0	3.0	174.0
	부피비(%)	97.4	1.2%	0.9%	0.5%	0.0%	2.6%
재생골재 B	질량(g)	13216.5	41.3	9.5	-	1.4	52.2
	질량비(%)	99.6%	0.3%	0.1%	-	0.0%	0.4%
	부피(ml)	5289.4	18.0	6.0	-	6.0	30.0
	부피비(%)	99.4%	0.3%	0.1%	-	0.1%	0.6%
재생골재 C	질량(g)	7614.8	3812.2	96	-	7.4	3915.6
	질량비(%)	66.0%	33.1%	0.8%	-	0.1%	34.0%
	부피(ml)	3558.2	1559.8	52.0	-	20.0	1631.8
	부피비(%)	68.6%	30.1%	1.0%	-	0.4%	31.4%

\* 이 표에서 이물질이라 함은 철사, 천조각, 나무조각, 종이 등을 의미함

재생골재는 그 생산과정에서 필연적으로 잔유해 있는 시멘트 페이스트 등의 이유로 인하여 일반골재에 비하여 다소 낮은 비중을 갖으며, 이러한 재생골재의 특성을 고려하여 콘크리트용 재생골재의 물성을 규정한 KS F 2573에서는 재생골재의 비중을 2.2이상으로 규정(표 2)하고 있다. 반면 빈배합 콘크리트 기층용 골재의 품질기준은 일반 골재를 기준으로 하여 비중을 2.45이상으로 규정(표 1)하고 있기 때문에 재생골재가 빈배합 콘크리트 기층 재료로서 활용되지 못하는 구조적 문제점을 갖고 있다.

표 2에서 재생골재의 흡수율은 1종(흡수율 3%이하), 2종(흡수율 5%이하), 3종(흡수율 7%이하)으로 분류하고 있다. 현재 국내에서 100mm이하로 파쇄 되는 대부분의 재생골재가 흡수율 3% 이상의 2종 재생골재 또는 그 이하 품질인 점을 감안한다면, 재생골재가 빈배합 콘크리트 기층 재료로서 활용되기 위해서는 개정되어야 할 부분인 것으로 판단된다.

골재씻기 시험 손실율(200번 체 통과량)이 현재 기준으로는 1.0%이하, 그리고 쇄석골재의 경우에는 1.5%로 규정이 되어 있는데, 이 기준 또한 쇄석골재에 비하여 미립분이 많은 재생골재에는 그대로 적용시키기 어려운 기준으로 보여진다. 실제 본 연구를 통하여 수행된 골재의 씻기 시험결과 본 연구에 사용된 쇄석골재의 미립분은 1.81%, 재생골재 B의 미립분은 2.67%인 것으로 조사되어 재생골재는 물론 본 연구에 사용된 쇄석골재조차 이 미립분 규정을 통과하지 못하는 것으로 나타났음에도 불구하고, 빈 배합 콘크리트의 물성조사 실험에서 이 두 재료 모두 빈 배합 콘크리트용 골재로서 우수한 재료인 것이 밝혀졌다. 현재의 빈 배합 콘크리트 기층용 입도규정에 규정되어 있는 미립분의 범위는 3~12%이므로, 정확한 입도조절을 위해서는 쇄석골재나 재생골재의 경우도 대부분 미립분을 추가해야 하는 것이 현실이다. 따라서 씻기시험을 통하여 골재에 포함된 정확한 미분의 양을 측정하여 합성입도 조절시에 활용한다면, 현 규정상의 골재씻기 시험 손실율 규정은 없어도 무방할 것으로 판단된다.

현재 KS F 2573에 규정되어 있는 재생골재의 품질등급(표 2)에는 특별히 재생골재내의 이물질에 대한 규정이 없고, '폐기물 관리법 시행규칙'상에 재생골재의 이물질 함유량이 전체용적의 1% 이하로 규정되어 있는데, 이 규칙상에 이물질에 대한 정의가 뚜렷하지 않아, 종이, 나무, 및 플라스틱류 등은 이물질로 취급되지 않, 실제 재생골재를 생산하는데 있어서 가장 주요한 이물질인 페아스콘, 적벽돌, 페타일 등이 이물질에 포함되는 지의 여부가 불분명한 상태로 되어있다.

표 5. 재생골재 내의 이물질에 대한 물리적 특성

이물질 종류	비중			흡수율
	비중	표준비중	겉보기 비중	
페 아스콘	2.37	2.40	2.45	1.34%
적벽돌	2.12	2.27	2.47	6.66%
타일 조각	2.37	2.38	2.40	0.48%



표 4와 표 5에 나타난 바와 같이 본 연구를 통한 실험에 사용된 골재 중, 페아스콘 및 적벽돌이 이물질의 정의에 포함되느냐의 여부에 따라 재생골재 A와 재생골재 C의 당락이 좌우될 수 있음에도 불구하고 재생골재 A를 사용한 경우의 빈 배합 콘크리트의 물성은 비교적 우수한 거동을, 재생골재 C는 매우 불량한 거동을 보인 점을 상기한다면, 이 문제의 심각성을 가늠할 수 있다. 이러한 재생골재내의 페아스콘, 적벽돌, 페타일과 같은 이 물질은 콘크리트의 거동과 골재의 흡수율 및 비중에 큰 영향을 미칠 수 있는 것으로 판단된다.

## 5. 결론

재생골재 사용에 따른 빈 배합 콘크리트 기층 재료용 골재의 품질기준의 적정성을 위한 실험 결과 및 분석을 바탕으로 표 6과 표 7과 같이 새로운 품질기준을 제안하고자 한다.

표 6. 새로운 빈 배합 콘크리트 기층용 굵은 골재의 품질기준 (안)

구분	시험방법	기존기준	개정기준(안)
점토덩어리 함유량(%)	KS F 2512	0.25 이하	좌동
연한석편(%)	KS F 2516	5.0 이하	좌동
골재씻기시험손실율(No.200 체통과량)(%)*	KS F 2511	1.0 이하	폐지
비중 2.0의 액체에 뜨는 것(%)	KS F 2513	0.5 이하	좌동
흡수량(%)	KS F 2503	3 이하	5 이하
비중	KS F 2503	2.45 이상	2.20 이상
마모감량(%)	KS F 2508	40 이하	좌동
안정성시험(%)	KS F 2507	12 이하	좌동

※ 쇄석의 경우 씻기 시험에서 손실분이 쇄석분인 경우에는 최대치를 1.5%로 해도 좋다.

표 7. 빈 배합 콘크리트 기층재료로 사용하기 위한 재생골재의 이물질 함량 기준 (안)

구분	시험방법	기존기준	개정기준(안)
종이, 나무, 플라스틱 등의 이질재료	KS F 2576	없음	1%이하 (용적비)
페아스콘, 적벽돌, 페타일 등	KS F 2576	없음	5%이하 (용적비)

## 감사의 글

본 연구는 건설교통부에서 지원한 '한국형 포장설계법 개발과 포장성능 개선방안 연구'의 연구수행결과입니다.

## 참고문헌

1. 건설교통부, 도로공사 표준시방서, 1990.5
2. 한국도로협회, 도로포장설계·시공지침, 1991.11
3. 한국도로공사, 건설공사 품질시험편람, 1994.1
4. 한국도로공사, 공사현장 품질관리실무, 2000.12
5. 한국도로공사, 고속도로공사 전문시방서(토목편), 2001.2