

# 빈배합 콘크리트 기층용 순환골재의 이물질 품질기준 적정성 연구

## Evaluation of Impurity Content Criteria of Recycled Aggregate for Lean Concrete Base

김 남 호 Kim, Namho

양 성 철 Yang, Seung Cheol

정회원 · 한국기술교육대학교 건축공학부 교수 (E-mail : nhkim@kut.ac.kr)

정회원 · 홍익대학교 건축공학과 교수 (E-mail : scyang@hongik.ac.kr)

### ABSTRACT

A recent shortage in Korean aggregate market leads a social demand to utilize recycled aggregate to more advanced level, such as the use in concrete structures or paving materials for surface and base layers. Government announced a recycled aggregate guideline in 2009 to provide an institutional framework for recycled aggregate in such an up-scaled use. The use of recycled aggregate in such use; however, is very minimal. This paper evaluates the validity of the impurity content criteria of recycled aggregate for lean concrete base through a series of material tests. The analysis results shows that reclaimed asphalt pavement (RAP) in recycled aggregate not only influence a strength lean concrete adversely, but also influence negatively on an absorption and abrasion characteristics of aggregate system significantly that made those two indices lower. Since absorption and abrasion characteristics are very important indices for recycled aggregate quality, RAP in recycled aggregate could significantly mislead the recycled aggregate qualification. This paper provides a suggestion to resolve these problems.

### KEYWORDS

lean concrete, recycled aggregate, reclaimed asphalt pavement, impurity content

### 요지

최근 국내 석산에서의 골재공급이 부족해지면서, 성토재 등의 저급재료로 재활용 되던 폐 콘크리트 순환골재의 용도를 점차 구조용 콘크리트 및 도로 포장재와 같은 고급재료로 재활용하기 위한 노력이 계속되고 있다. 이러한 노력의 일환으로 정부는 2009년 순환골재 품질기준을 제정하였으며, 순환골재가 기존보다 고급재료의 용도로 활용될 수 있는 제도적 기반을 마련하였으나, 현재까지 빈배합 콘크리트 기층용으로서의 순환골재의 활용은 매우 낮은 형편이다. 본 연구는 순환골재 품질기준에 규정되어 있는 빈배합 콘크리트용 순환골재의 이물질과 관련된 품질기준의 적정성을 일련의 실험을 통하여 평가하였다. 연구결과, 빈배합 콘크리트 기층용 순환골재 내의 폐 아스콘 골재는 강도에 악영향을 초래하는 반면, 아스콘의 특성으로 인하여 순환골재의 주요한 품질기준인 비중을 높이고, 흡수율 및 마모율을 오히려 낮추는 결과를 초래하여, 전체적인 순환골재의 품질을 평가하는데 큰 방해요소가 작용하였다. 따라서 이물질 함유량 기준 중, 폐 아스콘 함유량 기준은 개선의 여지가 있는 것으로 조사되어, 그 대안을 제시하였다.

### 핵심용어

빈배합 콘크리트, 순환골재, 폐 아스콘 골재, 이물질 함유량

## 1. 서론

정부 주요과제인 '녹색성장'에 발맞추어 국토부는 2009년 순환골재 품질기준을 제정하여, 순환골재가 기

존보다 고급재료의 용도로 활용될 수 있는 제도적 기반을 마련하였으나, 현재까지 빈배합 콘크리트 기층용으로서의 순환골재의 활용은 시험시공을 제외하면 거의

없는 형편이다(김진철, 2004).

건설구조물의 철거현장에서 폐 아스콘은 어쩔 수 없이 폐 콘크리트 덩어리와 함께 수거되는 자원으로 여겨지고 있다. 그림 1은 국내 도로선형개선 공사구간에서 발생된 건설폐재의 모습을 나타낸 것으로, 폐 콘크리트 자원과 폐 아스팔트 자원이 혼재되어 있는 모습이다. 건설폐재의 발생단계에서부터 철저히 분리수거를 시행하고 있는 서구의 여러 사례에도 불구하고, 국내에서 분리수거는 적극적으로 시도되고 있지 않다.



그림 1. 건설폐재의 발생단계

현행 순환골재 품질기준은 기존의 빈배합 콘크리트 기층용 굵은 골재의 품질기준을 기초로 하여, 순환골재의 생산과정에서 필연적으로 유입되는 이물질을 유기 이물질과 무기 이물질의 두 가지의 종류로 나누고, 각각의 최대 허용함유량을 규정하고 있다. 본 논문은 이에 대한 보완연구로서, 본 연구를 통하여 순환골재 품질기준에 규정되어 있는 빈배합 콘크리트용 순환골재의 이물질과 관련된 품질기준의 적정성을 실험을 통하여 평가하였다.

본 연구는 순환골재속의 다양한 이물질 중 순환골재의 원석이 발생되는 도로복구 등의 현장에서 가장 빈번히 혼합될 수 있는 폐 아스콘 골재를 분석대상으로 하였으며, 그 이물질 함량이 순환골재의 흡수 및 마모 등의 특성에 미치는 영향과 빈배합 콘크리트의 거동에 미치는 영향을 조사하였다. 이를 통하여 현행 빈배합 콘크리트용 순환골재의 품질기준에서 보완되어야 할 점들을 파악하였다.

## 2. 현행 빈배합 콘크리트 기층용 순환골재 품질기준

표 1은 현재 빈배합 콘크리트 기층용 순환골재 품질

기준으로 사용되고 있는 국토해양부 제정 순환골재 품질기준을 고속도로 전문시방서의 빈배합 콘크리트용 일반골재 품질기준과 비교하여 나타낸 것이다. 이 두 기준에서 주요하게 다른 내용을 검토하면 다음과 같다.

표 1. 빈배합 콘크리트 기층용 굵은골재의 품질기준

구 분	시험 방법	국토해양부 순환골재 품질기준	고속도로 전문시방서 일반골재 품질기준
점토덩어리 함유량(%)	KS F 2512	0.25 이하	0.25 이하
연한석편(%)	KS F 2516	5.0 이하	5.0 이하
밀도 2.0g/cm <sup>3</sup> 의 액체에 뜨는 것(%)	KS F 2513	0.5 이하	1.0 이하
흡수율(%)	KS F 2503	7.0 이하 (양질의 폐콘크리트 모암을 파쇄하여 사용할 경우 8%)	3.0 이하
절대 건조 밀도 (g/cm <sup>3</sup> )	KS F 2503	2.2 이상	2.5 이상
마모감량(%)	KS F 2508	40 이하	40 이하
이물질 함유량(%)	KS F 2576	유기이물질: 1 이하 (용적 기준)	0.08mm체 통과량: 1.0 이하
		무기이물질: 5 이하 (질량 기준)	

\* 폐 아스콘의 경우 10%(질량 기준) 이하로 한다.

### 2.1. 흡수율 및 비중

기존의 고속도로공사 전문시방서에 규정되어 있는 빈배합 콘크리트 기층용 굵은골재의 흡수율은 3% 이하로 규정되어 있다. 일반적으로 골재의 흡수율이 높으면 콘크리트 배합 시 수분을 흡수하여 작업성을 저하시키고 그에 따라 배합 및 품질에 악영향을 미치는 요인이 된다. 순환골재는 일반 쇄석골재에 비하여 골재에 붙어있는 시멘트 페이스트 등에 의해 흡수율이 높게 되며, 순환골재의 생산공정에 따라 시멘트 페이스트를 제거함으로써, 흡수율을 크게 낮출 수 있다. 따라서 순환골재의 흡수율은 순환골재의 품질을 평가하는 가장 큰 기준이 된다. 순환골재는 그 생산과정에서 필연적으로 잔유해 있는 시멘트 페이스트 등의 이유로 인하여 일반골재에 비하여 다소 낮은 비중을 갖으며, 이러한 순환골재의 특성을 고려하여 콘크리트용 순환골재의 물성을 규정한 KS F 2573에서는 순환골재의 비중을 2.2 이상으로 규정하고 있다.

## 2.2. 이물질 함유량

순환골재의 이물질 함유량은 일반골재의 품질기준과 매우 상이하다. 일반골재의 경우 0.08mm 이하의 미립 분 함유량을 1.0 이하로 제한시킨 반면, 순환골재는 이 물질을 두 종류로 나누어, 나무 및 플라스틱 등과 같은 유기 이물질, 폐 타일 조각, 벽돌조각, 폐 아스콘 등과 같은 무기 이물질로 나누어 각각의 최대 함유량을 규정하고 있다. 이러한 무기 이물질 기준은 한국형 도로포장 설계법 개발과 포장성능 개선방안 연구의 일환으로 무기 이물질의 총량 제한 대안이 최초로 제시되었으며(건설교통부, 2004), 이후 추가적인 논의를 거쳐 2009년 순환골재 품질기준으로 확정되었다(국토해양부 2009).

본 연구에서는 새로운 빈배합 콘크리트 기층용 굵은 골재의 품질기준(안)에 포함된 이물질 함량에 관한 기준에 관한 규정을 검토하고자 순환골재의 가장 주된 이물질인 폐 아스콘 재료를 조절인자로 해서 빈배합 콘크리트의 거동특성을 평가하여, 보다 세부적인 이물질 함량 기준에 대한 검증을 하고자 한다.

## 3. 사용재료 및 실험계획

### 3.1. 실험 재료

#### 3.1.1. 시멘트, 물, 잔골재

본 실험에 사용된 시멘트는 KS L 5201에 규정된 H 사 제품인 보통 포틀랜드 시멘트를 사용하였으며, 콘크리트용 배합수는 수돗물을 사용하였다. 또한 본 실험에서 사용된 잔골재는 경북 상주군에서 채취한 강모래를 사용하였으며, 이의 물리적 성질은 KS F 2504(잔골재의 비중 및 흡수량 시험방법)에 따라 시험하였고, 그 결과를 표 2에 나타내었으며, KS F 2502(골재의 체가름 시험방법)에 의해 조사된 골재입도는 표준입도범위를 만족하였다.

표 2. 잔골재의 물리적 성질

구 분	비 중	흡수율(%)	조립율	단위용적중량 (kg/m³)
자연사	2.45	1.85	2.316	1.540

#### 3.1.2. 굵은골재

연구에 사용된 굵은골재의 기준재료는 쇄석골재로 충남 아산지역의 채석장에서 생산된 최대치수 25mm 인 화강암질의 골재를 사용하였다. 순환골재는 연구의

목적상 국토해양부 순환골재 품질기준의 경계선상에 있는 골재를 조사하여, 충남 조치원 지역의 순환골재 최대치수 25mm인 순환골재(순환골재-asis)가 선정되어 사용되었다, 또한 실험에 부가적으로 사용된 폐 아스콘 골재는 충남 조치원의 동일 순환골재 생산업체에서 생산된 제품을 사용하였다. 수집된 순환골재는 골재표면에 상당량의 시멘트 페이스트가 부착되어 있었으며, 시멘트 블록과 적벽돌을 함유하는 등, 파쇄이전의 원석의 특징에 따라 여러 종류의 이물질을 갖고 있었다. 표 3은 사용된 순환골재에 포함된 이물질함량이다. 표에 나타난 바와 같이, 본 연구에 사용된 순환골재는 빈배합 콘크리트 기층용 굵은 순환골재의 기준의 경계에 있는 가장 저급한 상태인 것으로 조사되었다.

표 3. 실험에 사용된 순환골재의 이물질 함량

종 류	중량(kg)	함유량(%)	이물질 함량(%)
골재	6.9820	90.99	9.01
나무조각	0.0035	0.05*	
적벽돌	0.3081	4.02	
타일	0.1094	1.43	
아스콘	0.2661	3.47	
플라스틱	0.0039	0.05	
합 계	7.6730	100	-

\* 용적기준 0.15%

순환골재에 포함된 폐 아스콘 골재의 함량에 따른 빈배합 콘크리트의 거동을 조사하기 위하여, 순환골재(순환골재-asis)에 대한 무게비로 10%(순환골재-10), 20%(순환골재-20), 30%(순환골재-30)의 비율로 폐 아스콘 골재가 치환된 골재를 순환골재의 입도와 동일하게 실험실에서 합성하여 실험에 사용하였다. 그림 2는 실험에 사용된 골재의 모습이며, 그림 3은 사용된 골재의 합성입도곡선이다.

그림과 같이, 합성된 골재의 200체를 통과하는 미분의 량이 0.20~0.45% 범위로, 시방규정인 3~12%의 범위를 만족하지는 못하였으나, 골재 씻기 시험을 통하여 200체를 통과하는 미분량을 확인해 본 결과 씻기시험을 하지 않았을 때의 미분량에 비하여 쇄석골재는 약 1.6%, 순환골재 B는 2.25%, 자연모래는 1.22% 정도 증가하는 것을 실험을 통해 확인하였다. 따라서 실험대상 골재들이 합성입도 상으로 약 2.5% 내외의 미립분을 갖는 것으로 분석되어 별도의 미분은 추가하지 않고 실험을 수행하였다.



(a) 쇠석골재



(b) 순환골재-asis



(c) 순환골재-10



(d) 순환골재-20



(e) 순환골재-30

그림 2. 실험에 사용된 골재

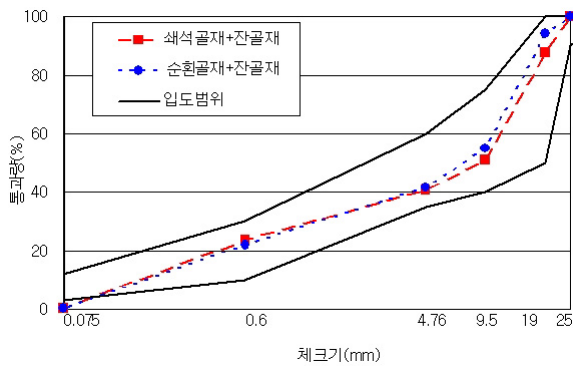


그림 3. 실험에 사용된 골재의 합성입도

### 3.2. 실험 및 분석 계획

이렇게 수집되고 실험실에서 생산된 골재를 대상으로 다음과 같은 항목들이 실험되었다.

- 골재의 기본 물리적 특성: 비중(KS F 2503), 마모율(KS F 2508), 흡수율(KS F 2503) 등
- 빈배합 콘크리트 생산을 위한 E다짐시험을 통한 배합설계<sup>1)</sup>
- 빈배합 콘크리트의 물리적 특성: 압축강도(KS F

1) 고속도로 전문시방서(2011)의 규정을 준수함.

2405), 인장강도(KS F 2423), 휨강도(KS F 2408), 동탄성계수(KS F 2437)

이러한 물리적 성질을 바탕으로 다음과 같은 내용이 분석되었다.

- 폐 아스콘 골재의 함량에 따른 비중, 마모율, 흡수율 등의 순환골재 특성변화
- 폐 아스콘 골재의 함량에 따른 빈배합 콘크리트의 단위 시멘트량 변화
- 폐 아스콘 골재의 함량에 따른 빈배합 콘크리트의 물리적 특성변화

이러한 분석을 기초로 현행 빈배합 콘크리트 기층용 순환골재 품질기준 중, 무기 이물질 함량기준의 효용성이 평가되었다.

## 4. 빈배합 콘크리트 기층용 순환골재의 이물질 품질기준 적정성

### 4.1. 폐 아스콘 골재의 함량에 따른 순환골재의 특성변화

분석대상인 5종의 골재 및 실험에 사용된 폐 아스콘 골재를 대상으로 KS F 2503에 규정된 비중, 흡수율을 조사하였다. 또한 골재의 내마모성을 확인하기 위하여 KS F 2508에 규정된 LA마모시험을 수행하였으며, 그 결과를 정리하여 표 4에 나타내었다. 그림 4에서 그림 6은 이 표를 바탕으로 순환골재내의 폐 아스콘 골재 함량에 따른 변화를 나타낸 그림이다.

표 4. 굵은 골재의 비중, 흡수율 및 마모율

골재종류	폐 아스콘 골재 함량	KS F 2503		KS F 2508
		비중	흡수율	마모율
쇠석골재	0%	2.662	0.70%	29.01%
순환골재-asis	3.47%	2.203	7.18%	41.52%
순환골재-10	10%	2.230	6.59%	40.21%
순환골재-20	20%	2.257	6.00%	39.32%
순환골재-30	30%	2.285	5.40%	36.23%
폐 아스콘 골재	100%	2.501	1.25%	23.70%

본 연구에 사용된 순환골재는 순환골재-asis의 경우 비중이 2.203으로 조사되어 빈배합 콘크리트용 순환골재 비중기준의 하한선인 2.2에 매우 근접한 상대적으로 저급한 품질로 조사되었다. 그림 3에 나타난 바와 같이,

순환골재내의 페 아스콘 골재는 비중이 2.5이어서 페 콘크리트 순환골재에 비하여 상대적으로 이 크기 때문에, 페 아스콘 골재의 치환율이 높아질수록 순환골재의 비중은 오히려 선형적으로 증가되는 것으로 조사되었다. 이는 순환골재의 품질평가에 있어서 오해를 줄 수 있는 방해요인으로 판단된다. 대체로 순환골재 내의 페 아스콘 골재가 10% 증가되면, 순환골재의 비중이 0.03 정도 상승하는 효과를 보였다.

순환골재의 흡수율은 쇄석골재에 비하여 약 8~10배 정도의 큰 차이를 나타내고 있는데, 이는 순환골재를 사용한 빈배합 콘크리트의 배합설계나 시공시의 배합수량 조절이 일반 쇄석골재와는 무척 다른 양상일 것을 예상할 수 있다. 순환골재의 흡수율은 페 아스콘 골재가 3.47% 섞여있는 순환골재-asis 상태에서 순환골재 품질기준 7%를 약간 상회하는 7.18%로 조사되었으나, 페 아스콘 골재의 함량이 증가되면서, 빈배합 콘크리트 순환골재 기준이 오히려 충족되는 현상이 나타났다. 페 아스콘 골재의 치환율이 높아질수록, 순환골재의 흡수율도 선형적으로 감소하여, 대체로 순환골재내의 페 아스콘 골재가 10% 증가함에 따라, 순환골재의 흡수율은 0.6% 정도 감소하였다.

순환골재-asis의 마모율은 41.52%로 KS F 2573에 규정되어 있는 3종 순환골재 마모율 기준의 하한선인 40%에 조금 못 미치는 상대적으로 저급한 품질로 조사되었다. 페 아스콘 골재의 마모율은, 23.70%로 수치상으로 쇄석 골재보다 좋은 마모성능을 보이고 있다. 그러나 이것은 페 아스콘 골재와 결합되어 있는 아스팔트의 영향으로 실험 중 파쇄된 암석조각이 아스팔트에 재 접촉되어 덩어리로 다시 뭉쳐지는 현상 때문인 것으로 보여진다. 이에 따라 그림 6에 나타난 바와 같이 페 아스콘 골재의 치환율이 높아질수록 순환골재의 마모율은 선형적으로 감소하며, 그 비율은 페 아스콘 골재가 10% 증가할 때마다 골재 마모율은 약 2%정도의 비율로 감소하는 것으로 조사되었다.

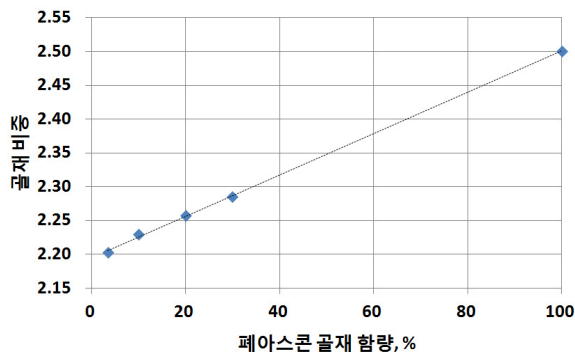


그림 4. 순환골재 골재비중의 변화

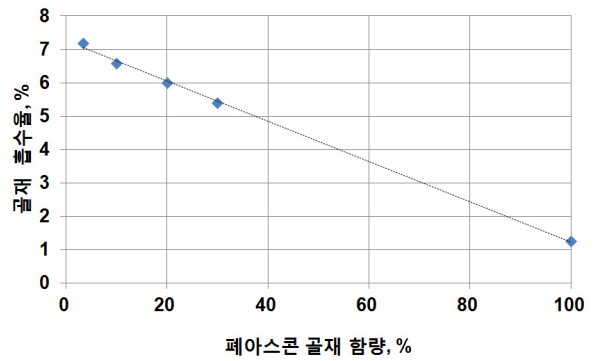


그림 5. 순환골재 흡수율의 변화

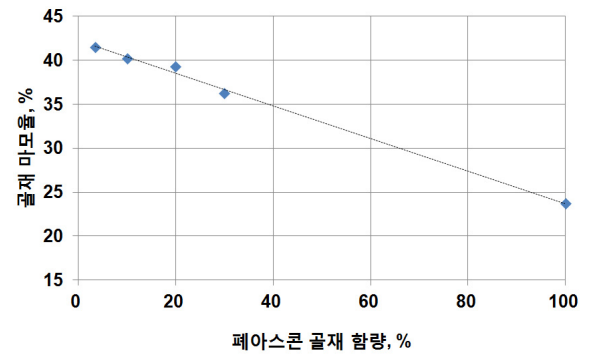


그림 6. 순환골재 마모율의 변화

#### 4.2. 페 아스콘 골재의 함량에 따른 빈배합 콘크리트의 물리적 특성변화

순환골재 내의 페 아스콘 골재의 함량에 따른 빈배합 콘크리트의 물리적 특성을 파악하기 위하여 이들 골재를 사용한 빈배합 콘크리트의 배합설계가 수행되었다. 빈배합 콘크리트의 7일 설계 기준 강도는 설계서에 특별히 명시하지 않는 경우, 7일 압축강도 50kgf/cm<sup>2</sup>를 기준강도로 하여, 이에 할증계수 1.15를 곱한 57.5kgf/cm<sup>2</sup>를 배합강도로 배합설계를 한다. 그림 2의 함성입도를 가진 5종류의 쇄석 및 순환골재를 단위 시멘트량 150kgf/cm<sup>3</sup>, 170kgf/cm<sup>3</sup>, 190kgf/cm<sup>3</sup>일 때의 E 다짐시험을 실시하여, 최적 함수비(OMC)를 도출하였다. 그 후, 빈 배합콘크리트 시편을 제작하여 단위 시멘트량에

표 5. 빈배합 콘크리트 배합설계 결과

골재 종류	단위 시멘트량 (kg/m <sup>3</sup> )	최대 건조밀도 (kg/m <sup>3</sup> )	OMC (%)
쇄석골재	110.85	2232.2	6.33
순환골재-asis	157.23	1973.7	8.90
순환골재-10	164.29	2039.8	8.97
순환골재-20	167.66	2025.6	8.87
순환골재-30	170.74	2032.7	9.02

따른 압축강도를 측정하여, 빈배합 콘크리트의 설계 기준 강도인 재령 7일 57.5kgf/cm<sup>2</sup>를 만족하는 단위 시멘트량을 도출하였으며, 그 결과를 표 5에 나타내었다.

한국도로공사 '공사현장품질관리 실무' (2000.12)에 따르면, 빈배합 콘크리트의 최소 단위 시멘트량으로 150kg/m<sup>3</sup>을 규정하고 있다. 실험대상 골재 중, 쇄석골재의 경우는 배합설계를 통하여 도출된 단위시멘트량이 110.85kg/m<sup>3</sup>으로 이 규정의 적용을 받아야 한다. 그러나 본 연구에서는 폐 아스콘 골재의 함량변화에 따른 빈배합 콘크리트의 물리적 특성변화를 관찰하기 위하여, 이 규정을 무시하고 표 5에 나타난 배합 설계를 통해 도출된 단위 시멘트량 그대로 배합하였다,

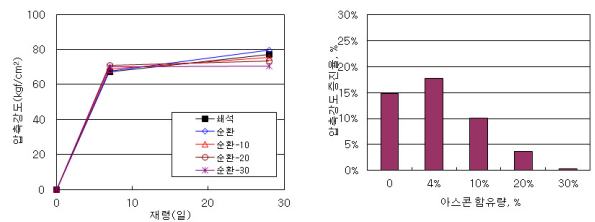
표 6은 시험된 쇄석골재와 3종의 재생골재 빈배합 콘크리트에 대한 시험결과를 나타낸 것이며, 이를 기초로 재령에 따른 압축강도, 인장강도, 휨강도 및 동탄성 계수의 변화를 그림 7의 좌측에 나타내었다. 또한 시험된 골재가 갖는 아스콘 함유량에 대하여, 재령 7일 물성에 대한 재령 28일 물성의 증진율(%)을 그림 7의 우측에 나타내었다.

표 6. 빈배합 콘크리트의 실험결과

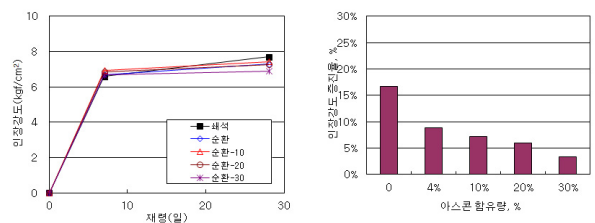
아스콘골재 함량, %	0%	3.47%	10%	20%	30%	
골재 기호	쇄석	순환	순환-10	순환-20	순환-30	
압축강도 KS F 2405 (kgf/cm <sup>2</sup> )	0일	0	0	0	0	
	7일	67.2	67.6	68.7	71.0	70.3
	28일	77.2	79.6	75.7	73.6	70.6
인장강도 KS F 2423 (kgf/cm <sup>2</sup> )	0일	0	0	0	0	
	7일	6.6	6.7	6.9	6.9	6.7
	28일	7.7	7.3	7.4	7.3	6.9
휨강도 KS F 2408 (kgf/cm <sup>2</sup> )	0일	0	0	0	0	
	7일	19.0	19.1	20.3	19.7	20.3
	28일	21.6	20.6	21.5	20.9	20.6
동탄성계수 KS F 2437 (kgf/cm <sup>2</sup> )	0일	0	0	0	0	
	7일	243,265	203,849	207,720	217,964	229,216
	28일	298,808	222,816	227,864	218,399	235,936
밀도 KS F 2403 (g/cm <sup>2</sup> )	0일	0	0	0	0	
	7일	2.365	2.207	2.226	2.248	2.272
	28일	2.387	2.217	2.221	2.247	2.273

이러한 실험결과 폐 아스콘 골재는 그 함량이 증가할 수록, 빈배합 콘크리트의 물성에 좋지 않은 영향을 끼치는 것으로 조사되었다. 그림 7의 (a)인 재령에 따른 압축강도를 살펴보면, 다양한 골재로 제작된 빈배합 콘크리트 시편의 재령 7일 강도는 실험자의 의도대로 설계

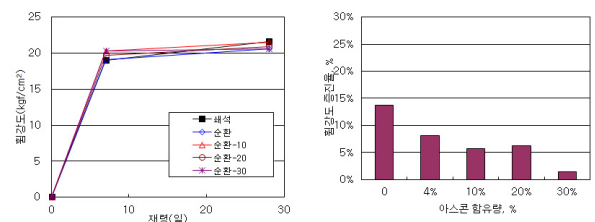
기준강도 57.5kg/cm<sup>2</sup>을 약간 상회하여 비슷하게 출발하지만, 재령 7일에서 재령 28일 사이의 강도발현 비율은 골재에 따라 현저한 차이를 나타내었다. 즉 순환골재 내의 폐 아스콘 골재의 함량이 증가함에 따라 7일 강도와 비교한 강도발현 비율이 현저히 낮아짐을 알 수 있다. 이러한 경향은 그림 7(b)의 인장강도, 그림 7(c)의 휨강도 및 그림 7(d)의 동탄성계수에서도 비슷하게 관찰되었다.



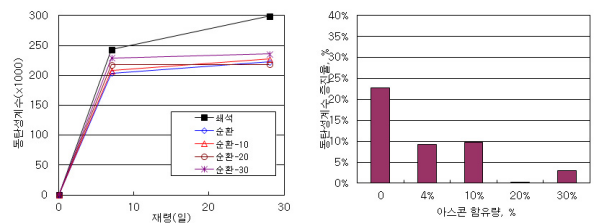
(a) 압축강도



(b) 인장강도



(c) 휨강도



(d) 동탄성계수

그림 7. 폐 아스콘 골재가 포함된 빈배합 콘크리트의 거동

실험에 사용된 빈배합 콘크리트는 표 5에 나타난 바와 같이, 골재마다 사용한 단위 시멘트량에서 차이가 있으므로, 강도 및 기타 물성의 크기를 단순 비교하는 것은 무의미할 것으로 생각된다. 그러나 순환골재 내의 폐 아스콘 골재 비율이 높을수록, 사용된 단위 시멘트량이

현저히 많이 증가 되었음에도 불구하고, 재령 7일에서 28일 사이의 강도를 포함한 측정된 모든 물성의 발현 비율은 현저히 낮아지는 현상이 나타났다. 이는 순환골재 내의 페 아스콘 골재에 대한 총량적 규제가 반드시 필요한 것임을 재확인 시켜주는 결과로 판단된다.

표 5에 나타난 대로, 동일한 7일 압축강도를 발현하기 위해 더 많은 시멘트를 사용해야 한다는 것은 페아스콘 골재가 빈배합 콘크리트의 강도발현에 영향을 주기 때문인 것으로 생각된다. 이러한 이유로 인하여, 페아스콘 골재가 순환골재에 많이 있을수록, 빈배합 콘크리트 공사비 증가의 원인이 될 것으로 보인다.

### 4.3. 빈배합 콘크리트 기층용 순환골재 이물질 품질기준의 문제점 및 개선대안

순환골재에 포함되어 있는 페 아스콘 골재의 함량에 따른 골재의 물리적 특성 및 빈배합 콘크리트 거동을 평가한 연구결과, 빈배합 콘크리트 기층용 순환골재 내의 페 아스콘 골재는 강도를 포함한 콘크리트의 주요 물성에 악영향을 초래하는 반면, 4.1절에서 언급한 바와 같이 아스콘 골재의 특성으로 인하여 순환골재의 주요한 품질기준인 비중, 흡수율 및 마모율을 평가하는데 매우 큰 방해요인으로 작용한다. 따라서 제한된 본 연구의 실험 결과를 바탕으로 볼 때, 페 아스콘 골재의 총량을 적정 수준으로 제한하는 것은 필요할 것으로 생각된다.

현행 빈배합 콘크리트 기층용 순환골재 품질기준에 규정되어 있는 이물질 함유량 기준은 유기 이물질은 용적기준 1% 이하, 무기 이물질은 질량기준 5% 이하, 무기 이물질이 페 아스콘인 경우 질량기준 10% 이하로 구분하고 있다. 따라서 본 연구에 사용된 순환골재는 페 벽돌과 페 타일이 5% 수준으로 있는 상당히 저급한 상태의 순환골재이다. 그러나 현행 순환골재의 이물질 관련 기준은 이러한 건축 폐기물에서 나온 무기 이물질에 페 아스콘 골재까지 10%가 추가로 포함될 수 있는 여지를 허용하고 있어, 실제로 무게비율로 15%에 상당하는 분량의 무기 이물질을 허용하는 셈이다.

앞의 분석에서 언급한 대로, 본 실험에서 사용된 골재의 경우에는 순환골재 내의 페 아스콘 골재가 10% 증가함에 따라 다음과 같은 현상이 발생한다.

- 순환골재 비중 0.03 증가
- 순환골재 흡수율 0.6% 감소
- 순환골재 마모율 2% 감소

현실적으로 빈배합 콘크리트 기층용 재생골재를 활용할 수 있는 곳은 고속도로 건설현장이 대부분이다. 이들 현장에서는 콘크리트 빈배합 기층용 순환골재를 생산하기 위하여, 철거된 고속도로 콘크리트 구조물들을 이동식 파쇄장비를 이용하여 현장에서 파쇄한다. 문제는 이렇게 현장에서 생산된 순환골재는 흡수율 기준 8% 및 마모율 기준 40%를 맞추기가 쉽지 않다는 것이다. 따라서 페 아스콘 골재를 일부러 혼입하여 순환골재의 각종 품질기준을 맞추는 방향으로 위의 경향을 악용할 가능성도 간과될 수 없다.

이러한 효과들은 순환골재의 정확한 등급 판정에 지대한 방해요인으로 작용할 뿐 아니라, 빈배합 콘크리트의 거동에도 지극히 부정적인 영향을 미치게 된다. 표 5에 나타난 바와 같이 페 아스콘 골재에 의해 빈배합 콘크리트의 단위 시멘트량 증가에 따른 비용의 증가를 고려한다면, 건설폐재 발생단계에서 용도에 맞는 분리수거가 총체적으로 더 경제적일 수 있을 것으로 보여진다.

따라서, 제한된 본 연구의 실험결과를 바탕으로 볼 때, 현행 빈배합 콘크리트 기층용 순환골재의 이물질 품질기준은 재고되어야 할 것으로 보인다. 특히 무기 이물질 함량기준인 5%에 페 아스콘을 포함시키지 않고 10%까지 추가적으로 페 아스콘 골재의 혼입을 허용한 현행 순환골재의 품질기준은 추가적인 연구를 통하여 적정 수준으로 재조정 되어야 할 것으로 판단된다.

## 5. 결론

본 연구에서는 순환골재속의 다양한 이물질 중 순환골재의 원석이 발생되는 도로복구 등의 현장에서 가장 빈번히 혼합될 수 있는 페 아스콘 골재를 분석대상으로 하였으며, 그 이물질 함량이 순환골재의 흡수 및 마모 등의 특성에 미치는 영향과 빈배합 콘크리트의 거동에 미치는 영향을 조사하였다. 이를 통하여 현행 빈배합 콘크리트용 순환골재의 품질기준의 적절성을 평가하고 보완되어야 할 점들을 파악하였다. 본 연구로 부터 얻은 결론은 다음과 같다.

1. 순환골재 내의 페 아스콘 골재는 빈배합 콘크리트의 거동에 나쁜 결과를 초래한다.
2. 순환골재 내의 페 아스콘 골재는 순환골재의 품질기준에 중요한 요소인 골재비중, 흡수율 및 마모율에 지대한 영향을 미쳐, 전체적인 순환골재의 품질을 평가하는데 큰 방해요인으로 작용한다.

3. 현행 빈배합 콘크리트 기층용 순환골재의 이물질 품질기준은 적절하지 않으며, 특히 무기 이물질 함량기준인 5%에 페 아스콘을 포함시키지 않고 10%까지 추가적으로 페 아스콘 골재의 혼입을 허용한 현행 순환골재의 품질기준은 추가적인 연구를 통하여 적정 수준으로 재조정 되어야 할 것으로 판단된다.

### 감사의 글

본 논문은 국토해양부와 한국건설교통기술연구원의 국토해양기술 연구개발사업인 “저탄소 녹색공향 포장 시공 및 유지관리 기법개발”의 연구지원으로 중앙대학교 녹색공향포장 연구단 산하에서 수행되었기에 이에 관계자 분들께 감사드립니다.

### 참고 문헌

건설교통부 (2004). 한국형 포장설계법 개발과 포장성능 개선방안 연구, 건설폐자재 재활용 지침 개발, KPRP-B-04

국토해양부 (2009), 순환골재 품질기준, 국토해양부 기술기준과

김진철, 심재원, 조규성 (2004), “현장파쇄 재생골재의 동상 방지층 및 빈배합 콘크리트 기층 시험시공연구”, 한국도로학회논문집, 제6권 제4호 25-33

한국도로공사(2000), 공사현장 품질관리실무

한국도로공사 (2011), 고속도로공사 전문시방서, 한국도로공사

(접수일 : 2012. 5. 14 / 심사일 : 2012. 5. 14 / 심사완료일 : 2012. 5. 31)