

# 도로표층 및 기층용 콘크리트로 재생 콘크리트의 특성 연구

## Evaluation of Properties of Recycled Concretes for use in Surface and Base Course Concretes

김광우\*

도영수\*\*

이상범\*\*,

정일권\*\*\*

Kim, Kwang Woo

Doh, Young Soo

Li, Xiang Fan

Jeong, I. K

---

### Abstract

This study was performed to evaluate properties of recycled concretes for roadway pavement. Recycled concretes was manufactured for the target compressive strength of  $280\text{kg/cm}^2$  and  $180\text{kg/cm}^2$  with recycled aggregate ratio of 0%, 20%, 40%, 60%, 80%, respectively. Laboratory experiment was conducted for testing properties of fresh concrete and concrete strength at curing 28days and durability by freezing and thawing treatment. The study result presented a maximum replacement ratio of recycled material.

---

### 1. 서론

최근 도시개발의 가속화에 따라 1970년대 초기에 건설된 콘크리트 구조물이 20여년이 지나면서 재개발 또는 철거 대상이 되고 있어 폐 콘크리트와 같은 건설폐기물은 전국적으로 매년 막대한 량이 발생되고 있다. 이로 인하여 중간처리업이 새로이 등장하였으나 이러한 중간처리장을 통한 폐기물의 처리는 그 비용이 매우 비싸게 되었고, 처리비용의 상승은 불법 매립이나 불법 투기의 원인이 되고 있다. 이와 같은 불법 투기는 각종 환경오염에 원인이 되고 있어 건설폐기물의 재활용은 절실한 문제로 대두되고 있다. 건설폐기물을 재활용하기 위해서는 체계적인 실험 연구를 통한 실용성 평가가 필요한 실정이며 따라서 본 연구와 같은 폐 콘크리트 재료의 재활용 연구가 체계적으로 시행될 경우 고갈되어 가는 자원의 보존은 물론 건설폐기물 재활용을 실용화에 따른 환경보호의 가시적인 효과도 가져올 수 있다.

---

\*정회원 강원대학교 부교수

\*\*정회원 강원대학교 박사과정

\*\*\*정회원 강원대학교 석사과정

본 연구는 재생골재를 도로포장용 콘크리트 재료로 사용하기 위하여 수행하였다. 재생골재 첨가비율(0, 20, 40, 60, 80%)에 따라 목표압축강도 280kg/cm<sup>2</sup> 과 180kg/cm<sup>2</sup> 로 재생 콘크리트를 제조하고, 굳지 않은 콘크리트 성질과 28일 후 콘크리트의 강도에 대한 기초적 시험과 동결 융해에 따른 내구성 시험을 통해 적정 대체 비율을 제시하기 위하여 수행되었다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1. 사용재료

#### 2.1.1. 시멘트 및 혼화재료

재활용 콘크리트의 제조를 위한 시멘트는 국내에서 많이 사용되는 국내 H사의 포틀랜드 시멘트를 사용하였고, 혼화제는 고성능 감수제(마이티150, 비중 1.2)를 시멘트량에 0.5% 사용하였다.

#### 2.1.2. 골재

본 연구에서는 재생골재와 천연골재를 사용하였다. 재생골재는 강원도 춘천시 재생처리장에서 생산한 25mm, 40mm 골재를 사용하였다. 사용된 재생골재는 생산라인에서 수작업과 기계선별을 거치기 때문에 유기물의 함량이 비교적 낮았고, 입도 구분이 좋았다. 재생골재는 KS 규정에 따라 시험을 수행하였다.

천연골재는 강원도 춘천 지역에서 생산되는 골재를 사용하였고, 천연 잔골재는 강원도 춘천 지역의 하상의 자연산 모래를 사용하였다. 굵은골재 및 잔골재에 대한 물리적 성질은 표 1과 같고, 입도를 그림 1에서 보여준다.

## 2.2. 시험방법

### 2.2.1. 배합설계

콘크리트 표준 사양서의 도로표층 포장용 배합 방법에서는 일반 도로용 콘크리트의 28일 목표 휨강도를 45kg/cm<sup>2</sup>로 제시하고 있다. 기층용 배합은 설계기준강도를 18kg/cm<sup>2</sup>으로 제시하고 있고, 또한 재생골재의 품질은 일반 골재에 비하여 불량하며 불순물이 많이 함유되어 이므로 제조되는 재생콘크리트의 강도에 불확실성이 크므로 변동계수(Coefficient of variation)를 비교적 높은 15%로 추정하고 이로부터 증가계수  $\alpha = 1.15$ 를 곱해 배합강도를 설정하였다.

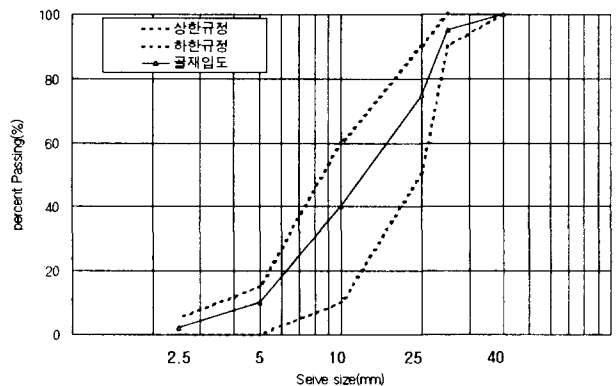


그림 1 재생골재의 입도분포

표 1. 골재의 물리적성질

종 류 구 분	잔골재		천연 굵은골재		재생 굵은골재	
	측정값	품질기준	측정값	품질기준	측정값	품질기준
비중	2.65	2.5이상	2.69	2.5이상	2.53	2.2이상
흡수율(%)	1.09	3.0이하	1.14	3.0이하	5.92	7이하
안정성(%)			7.4	12이하	13.7	
마모율(%)			18.1	20이하	39.4	50이하

그리고 실제 현장에서의 포장공사시 슬럼프 6cm는 매우 작업이 어려운 점을 감안하여 고성능 감수제를 첨가하여 슬럼프 값을  $16 \pm 2\text{cm}$ 로 설정하였다. 물-시멘트 비를 표층용 콘크리트는 41%, 기층용 콘크리트는 52%로 하고 주어진 천연골재와 재생골재를 일정 비율로 배합하여 배합설계를 수행한 결과는 다음과 같다.

표 2. 표층용 재활용 콘크리트의 시방 배합 성과표

W/C	단위량(kg/m <sup>3</sup> )				
	물	시멘트	혼화제	잔골재	굵은골재
0.41	168	410	2.10	706	1032
0.52	159	306	1.53	732	1157

## 2. 시험 방법

본 연구에서는 28일 압축강도, 동결 융해에 따른 동탄성계수, 휨강도, 압축 탄성계수, 인장강도 시험 등을 수행하였다. 휨강도를 제외한 모든 공시체는 원통형 공시체를 사용하였는데 25mm 재생 콘크리트는 10×20cm의 몰드를 사용하였고 40mm 재생 콘크리트는 15×30cm의 몰드를 사용하였다. 휨강도용 공시체는 15×15×52cm(지간 48cm)로 하여 동결 융해 공시체는 두 개씩, 기타는 각각 3개씩 제조하였다.

공시체 제조를 위한 배합은 소정량의 재료를 모두 계량하여 믹서기를 이용하여 콘크리트를 혼합하고 굳지 않은 콘크리트에 대해 슬럼프 시험, 공기량 시험 등을 소정의 KS 방법에 의해 수행하였다. 타설된 공시체는 24시간 후 탈형하여  $23 \pm 2^\circ\text{C}$ 로 유지되는 수조에서 소정의 기간동안 수중 양생하였다.

동결-융해에 대한 저항 시험은 KS F 2456-1993에 따라 한 사이클을 4시간으로 하였으며, 공시체 중심에서의 온도를 4°C에서 -18°C로 떨어뜨리고 다시 4°C로 상승시키는 것을 반복하였다. 각 공시체의 동탄성계수는 초기치의 40% 손실될 때까지 혹은 300사이클 까지 진행하도록 규정되어 있다.

공시체 각각에 대하여 재령 14일에 최초로 (동결-융해 처리 전) 동탄성계수를 측정하고 바로 동결-융해 처리에 들어갔다. 이후 매 24 사이클 동결-융해 처리 후 한 번씩 공시체를 꺼내어 동탄성계수를 측정하고 다시 동결-융해 처리를 하였다. 따라서 공시체별로 동결-융해 처리 회수의 증가에 따른 동탄성계수의 변화를 기록하였다. 또한 매 24 사이클이 끝날 때마다 동탄성계수 측정을 위해 공시체를

꺼내어 그때의 공시체 표면 상태(외관)를 관찰하고 이상 징후가 있다면가 변형이 생긴 것은 사진을 찍고 기록해 두었다. 또한 일단 이상 징후(미세균열 등)가 보인 공시체에 대해서는 매 24 사이클에 1회 이상씩 용해 상태일 때 꺼내어 그 표면 상태를 자세히 관찰하였다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1 굳지 않은 콘크리트의 성질

표층과 기층용으로 재생골재 함량별 콘크리트를 배합표에 따라 혼합하고 각각에 대하여 단위용적증량 및 공기량과 슬럼프를 측정한 결과는 그림 2, 3, 4와 같다.

그림 2에서 알 수 있듯이 재생골재의 함량이 증가함에 따라 단위용적증량은 점차 감소하는 경향을 나타내었다. 공기량과 슬럼프 값은 재생골재 함량별로 비슷한 결과를 나타내었다.

#### 3.2 강도

표층과 기층용으로 재생골재 함량별 콘크리트를 제조하여 28일 강도를 측정한 결과는 그림 5-7과 같다. 표층과 기층용 재생 콘크리트를 비교해보면 재생골재의 함량이 증가함에 따라 모두 강도가 저하하는 경향을 나타내었는데 표층용 재생 콘크리트에서 기층용 재생 콘크리트보다 더 큰 저하추세를 나타내었다. 또한 표층용 콘크리트는 재생골재 함량이 40%에서 설계기준 압축강도에는 도달하지만 휨강도에 약간 미달하였고, 기층용 콘크리트는 재생골재 함량이 80%까지 압축강도를 만족하였다. 따라서 저강도 영역에서는 활용성이 충분하지만 표층용 재생 콘크리트는 활용율을 높이기 위하여서는 혼화제의 첨가가 필요할 것으로 판단되었다.

#### 3.4 동결 용해 저항 특성

##### 3.4.1. 내구성 및 외형의 변화

각 재생골재 첨가별 콘크리트에 대하여 재령 14일에 동결-용해 처리를 시작하여 공시체의 상태를 관찰한 결과 공시체의 상태 변화를 다음과 같이 분류할 수 있었다. 그 첫째는 공시체 표면에 미세균열이 생기고 그것이 굵은 균열로 발전하는 상태, 둘째는 표면이 껌질이 까지듯 벗겨지고 거칠어지는 상태, 셋째는 부분적으로 깊이 패이던가 떨어져 나가는 상태 및 마지막으로 완전히 공시체가 절단되는 상태이다.

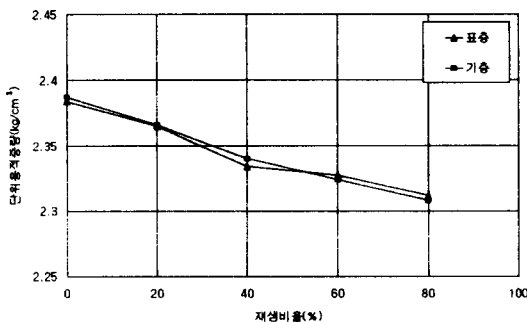


그림 2 재생골재 첨가비율에 따른 단위용적증량

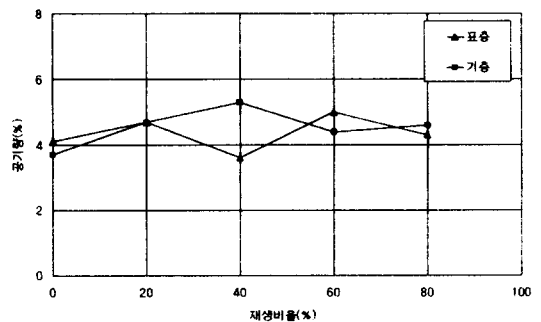


그림 3 재생골재 첨가비율에 따른 공기량

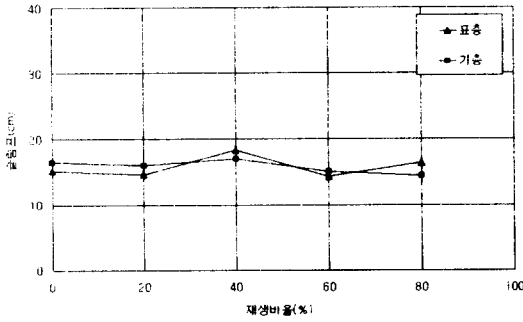


그림 4 재생골재 첨가비율에 따른 슬럼프

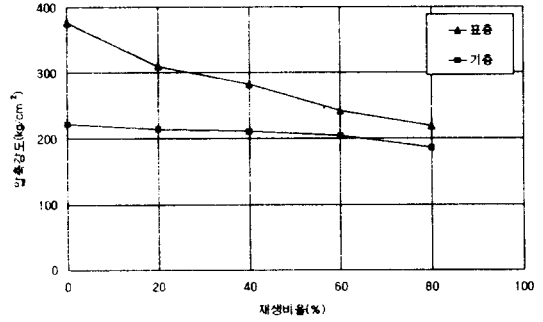


그림 5 재생골재 첨가비율에 따른 압축강도

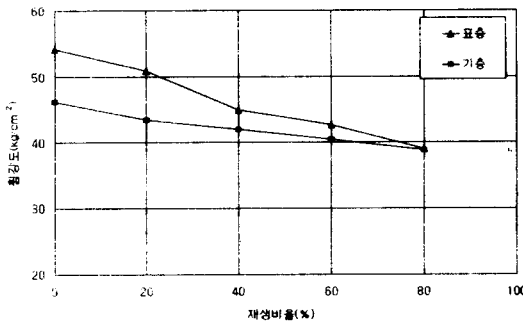


그림 6 재생골재 첨가비율에 따른 휨강도

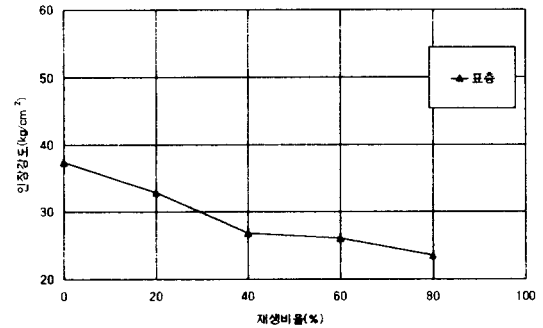


그림 7 재생골재 첨가비율에 따른 인장강도

### 3.4.2. 동탄성계수의 변화

재생 콘크리트를 동결 융해시키면서 일정 사이클마다 동탄성계수를 측정하여 그 변화를 그림 8에서 보여 주고 있다. 그림에서 알 수 있듯이 재생골재 함량이 증가할수록 동탄성계수는 감소하는 추세를 나타내었다. 또한 일반 콘크리트에 비하여 내구성이 낮게 나타났다. 이는 기존의 플라이애쉬를 첨가하였을 때와 비교하여 급격한 저하추세를 보이여 앞으로 이에 대한 연구가 있어야 할 것이다.

### 4. 결론

도로포장용 재료로 재생골재 활용을 위하여 시험을 거쳐 다음과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

1. 재생골재는 천연골재에 비하여 비중, 단위용적중량이

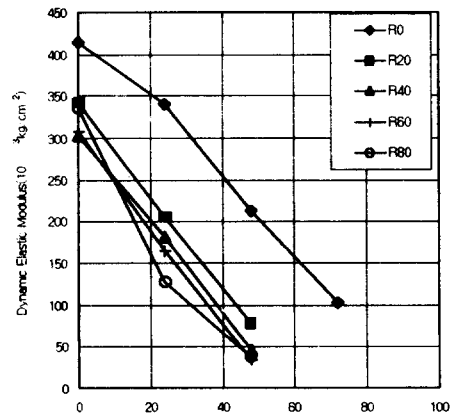


그림 8 재생골재 첨가비율에 따른 동탄성계수

작고 흡수율이 커서 천연골재에 비하여 품질이 낮았으나 일본 건설성 규정의 재생골재의 품질기준에 적합한 것으로 나타났다.

2. 재생골재의 함량이 증가함에 따라 단위용적중량이 감소하는 경향을 나타냈는데 이는 재생골재의 비중이 천연골재에 비하여 낮은 것이 원인이라고 판단된다.
3. 재생골재함량이 증가함에 따라 표층용 콘크리트의 강도 저하는 크게 나타났고, 기층용 콘크리트의 강도저하는 적게 나타나 표층용 콘크리트에서는 적정의 혼화제 첨가가 필요한 것으로 판단된다.
4. 표층용 콘크리트로 활용을 위하여서는 동결융해 저항성 및 내구성을 증가하기 위한 방안이 필요한데 이를 위해 플라이애쉬의 사용을 권장한다.

상기의 결과로부터 내구성이 증진된다면 강도상으로 볼때 표층용 콘크리트는 재생골재 함량이 40%까지 활용이 가능하고 기층용 콘크리트는 80%까지 활용이 가능할 것으로 판단된다.

**감사의 글 :** 본 연구는 한국과학재단 지정 강원대학교 석재복합 신소재제품 연구센터의 지원에 의하여 이루어진 것입니다.

#### 참고문헌

1. 김광우, 류능환, 박용철, 최영규, (1996) "재생 콘크리트를 이용한 소도로시험포장," 한국콘크리트학회 학술발표회 논문집, 제8권 1호.
2. 김광우, 류능환, 최영규, (1996) "소도로 포장재료로서 재생 콘크리트의 역학적 특성," 한국콘크리트학회 논문집, 제38권 4호.
3. 김광우, 이상범, 최영규, 조희원, 정규동, (1996) "재생골재의 함량차이에 따른 재생콘크리트의 강도 특성," 한국콘크리트학회 학술발표회 논문집.
4. 吉乘 享, (1996) "폐콘크리트 덩이로부터 재생골재 생산," 건설폐기물 재활용 심포지엄 논문집.
5. 本多淳裕, 山田 優, (1990) "건설계 폐기물의 처리와 재활용," pp83-129.
6. 이진용, 최환세, 박태욱, 배성용 (1997) "재생콘크리트 강도 및 건조 수축 특성," 한국콘크리트학회 학술발표회 논문집, 제9권 2호.