

# 도로의 동상방지층 및 보조기층재로서 폐콘크리트 잔골재의 재활용 방안

## Recycling Plan for Waste Concrete Fine Aggregate as Materials of Anti-Frost Layer and Sub-Base Layer

이 동 욱<sup>1</sup> Lee, Dong-Wook

윤 중 만<sup>2\*</sup> Yun, Jung-Mann

### ABSTRACT

In this study, a recycling plan for waste concrete fine aggregate as fill material was researched by investigating environmental engineering properties. It is noted that the environmental influence of waste concrete fine aggregate is little since chemical level is satisfied the waste management standard. Waste concrete fine aggregate is not suitable for materials of anti-frost layer and sub-base layer since the particle-size distribution and engineering properties are not partially satisfied the quality standard. However, waste concrete fine aggregate can be recycled as materials of anti-frost layer and sub-base layer if we improve the engineering properties by mixing bigger aggregates than maximum particle size (5 mm) more than 25 percent of total weight.

### 요 지

본 연구에서는 폐콘크리트 잔골재에 대한 환경적 및 공학적 특성을 조사하여 도로의 성토재로서 재활용 하는 방안을 검토하였다. 폐콘크리트 잔골재에 대한 화학적 농도는 폐기물관리법 기준치를 모두 만족하고 있어 환경에 미치는 영향은 적은 것으로 나타났다. 폐콘크리트 잔골재의 입도분포 및 공학적 특성은 도로의 동상방지층 및 보조기층 재료의 품질기준을 부분적으로 만족하지 못하므로 동상방지층 및 보조기층재로 사용할 수 없었다. 그러나 폐콘크리트 잔골재의 최대입경(5mm)보다 큰 굵은 골재를 전체중량의 25%이상 혼합하면 폐콘크리트 잔골재의 입도분포 및 공학적 특성이 개선되어 동상방지층 및 보조기층 재료로 재활용 할 수 있다.

**Keywords :** Waste concrete fine aggregate, Anti-frost layer, Sub-base layer, Engineering properties, Maximum particle size

## 1. 서 론

최근 국내에서는 도심지의 주거환경을 개선하기 위하여 1970~1980년대에 축조되었던 노후화된 주거 및 상가 밀집 지역을 재개발하거나 뉴타운을 건설하는 사업이 활발하게 진행되고 있다. 이러한 개발사업은 노후화된 콘크리트 건물을 해체하게 되어 상당히 많은 양의 폐콘크리트가 발생하게 된다. 과거에는 폐콘크리트가 건설폐기물로 지정되어 대부분 지중에 매립하여 처분하였으나 국내에서

는 1990년대 후반부터 외국의 연구사례를 바탕으로 폐콘크리트에 대한 재활용 방안을 모색하기 시작하였으며, 폐콘크리트에서 분리, 선별된 순환골재를 이용한 재생 콘크리트의 공학적 특성에 대한 연구(남상일, 1995; 김무한, 1998; 김규용 등, 1998; 이진용, 1998)와 도로 공사시 성토재로 재활용 방안 관련 연구가 본격적으로 이루어 졌다(이선주, 2004; 송영석 등, 2005).

특히, 2003년 12월에 우리나라 정부에서는 건설폐기물 재활용촉진법에 관한 법률을 제정하여 시행하고 있으며,

1 정회원, 제주대학교 해양과학대학 토목공학과 조교수 (Member, Assistant Professor, Dept. of Civil Engrg., Jeju National Univ.)

2\* 정회원, 신안산대학교 건설정보시스템과 부교수 (Member, Associate Professor, Dept. of Construction Information System, Shin Ansan Univ., E-mail: jmyun@sau.ac.kr)

공사현장에서는 발생된 폐콘크리트를 대상으로 분리, 선별 처리과정을 거쳐 재생산된 순환골재를 의무적으로 사용하도록 하였다. 이러한 순환골재를 주로 흙구조물의 뒷채움재나 도로 성토재로 재활용되고 있으며(박승범 등, 2007) 최근에는 연약지반의 지반보강 재료로도 적용하고자 하는 방안도 모색되고 있다(유승경 등, 2009; 유승경, 2009).

폐콘크리트는 굵은 골재, 잔골재, 시멘트 성분으로 주로 구성되어 있다. 이 가운데 굵은 골재는 폐콘크리트에서 순환골재로 분리, 선별 처리되어 대부분 건설공사시 건설재료로 재활용 되고 있다. 그러나 순환골재 생산과정에서 약 10%정도 발생되는 폐콘크리트 잔골재는 아직까지 재활용 방안이 마련되어 있지 않아 산업폐기물로 처리되고 있는 실정이다.

따라서, 본 연구에서는 폐콘크리트 성분 가운데 아직까지 재활용 방안이 마련되어 있지 않은 폐콘크리트 잔골재를 도로의 동상방지층이나 보조기층재로 재활용할 수 있는지 여부를 조사하고 재활용 방안을 제시하고자 한다. 이를 위하여 폐콘크리트 재활용 과정에서 발생된 폐콘크리트 잔골재를 토대로 각종 환경적 특성시험 및 공학적 특성시험을 실시하였으며, 이들 시험결과를 토대로 폐콘크리트 잔골재의 환경적 특성 및 공학적 특성을 분석하였다. 그리고 폐콘크리트 잔골재의 공학적 특성과 국내에 적용되고 있는 도로 건설재의 품질기준(건설교통부, 2000)과 비교 분석하여 폐콘크리트 잔골재의 재활용 여부를 조사하고 재활용 방안도 제시하였다.

## 2. 폐콘크리트 잔골재의 특성시험

본 연구에서는 제주도 지역에서 도심지 정비 사업이나 재개발 사업 또는 택지개발 현장에서 발생된 폐콘크리트 대상으로 순환골재로 재활용되는 굵은 골재를 제외하고 폐기처리 되는 최대 입경이 5mm이하의 잔골재를 사용하였다. 이러한 폐콘크리트 잔골재를 도로의 성토재료로서 활용할 수 있는지 여부를 조사하기 위하여 일련의 환경적 및 공학적 특성시험을 실시하였다. 먼저 폐콘크리트 잔골재를 도로 성토재로 재활용하는데 있어 폐기물 및 토양오염기준을 만족하는지 확인하기 위하여 pH, 용출시험, XRF 분석시험 등을 실시하였다. 그리고 도로의 성토재료로서 적합한지 여부를 조사하기 위하여 비중시험, 마모감량시험, 모래당량시험, 입도분석시험, CBR시험 등을 실시하였다.

## 2.1 환경적 특성

### 2.1.1 pH

폐콘크리트 잔골재의 pH를 측정하기 위하여 폐콘크리트 잔골재에 일정한 증류수를 혼합한 현탁액의 pH를 폐콘크리트 잔골재의 pH로 정의 하였다. 본 연구의 pH측정은 유리전극을 이용한 전위차 측정법(KSF 2103)을 적용하였다. pH를 측정한 결과 폐콘크리트 잔골재의 pH는 9.0의 값을 가지므로 알칼리 성분임을 알 수 있다. 이는 폐콘크리트 잔골재의 주성분인 시멘트가 알칼리 성분을 가지고 있기 때문으로 판단된다.

### 2.1.2 화학적 농도

폐콘크리트 잔골재에 대하여 용출시험을 실시하여 화학적 농도(중금속 농도)를 분석하였다. 표 1은 폐콘크리트 잔골재의 화학적 농도를 측정된 결과이다. 표 1에서 보는 바와 같이 폐콘크리트 잔골재의 납(Pb) 농도는 0.27mg/L, 구리(Cu) 농도는 0.273mg/L로 폐기물관리법 기준치인 3.0mg/L 이내로 검출되었다. 비소(As)는 0.042mg/L로 폐기물관리법 기준치인 1.5mg/L를 만족하는 것으로 나타났다. 그 밖의 카드뮴(Cd), 수은(Hg) 및 6가크롬(Cr<sup>+6</sup>), 유기인(P), PCE, 시안(CN)은 검출되지 않았다. 따라서 폐콘크리트 잔골재의 화학적 농도는 폐기물관리법 기준치(환경부, 2000)를 모두 만족하고 있어 환경적 측면에서 폐콘크리트 잔골재를 건설재료로 재활용 할 수 있는 것으로 나타났다.

### 2.1.3 XRF 분석

폐콘크리트 잔골재에 대하여 XRF 분석을 통해 구성성

Table 1. The chemical level analysis result of waste concrete fine aggregate

Contents	Standard Value	Chemical level (mg/L)
Pb	3	0,27
Cu	3	0,273
As	1,5	0,042
Hg	0,005	not-detected
Cd	0,3	not-detected
Cr <sup>+6</sup>	1,5	not-detected
CN	1	not-detected
Aerobic (P)	1	not-detected
PCE	0,1	not-detected
TCE	0,3	not-detected

분을 분석하였다. 그림 1은 XRF 분석 결과를 나타낸 것이다. 그림에 나타난 바와 같이 폐콘크리트 잔골재의 구성을 보면 실리카 성분인  $SiO_2$ 의 함량이 42.76%로 가장 큰 비율을 차지하고 있는 것으로 나타났으며,  $CaO$ 의 함유율은 16.39%로  $Al_2O_3$ 가 11.02%,  $Fe_2O_3$ 가 7.87%의 순으로 나타났다. 그리고 그 외 나머지 성분들의 함유율은 2% 이하로 매우 낮게 나타났다.

## 2.2 폐콘크리트 잔골재의 공학적 특성

### 2.2.1 비중, 입도분포

폐콘크리트 잔골재의 비중은 폐콘크리트 잔골재 입자

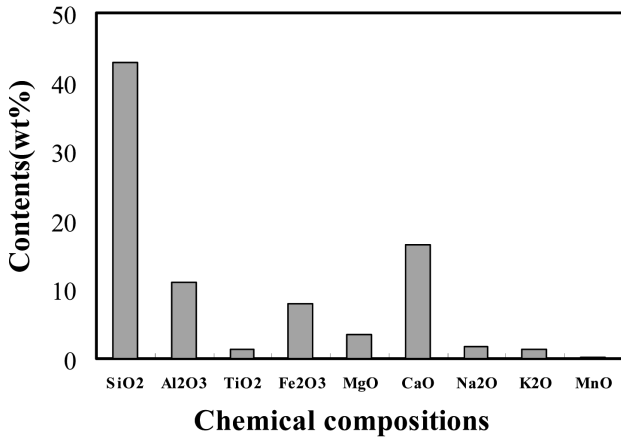


Fig. 1. Chemical composition of waste concrete fine aggregate

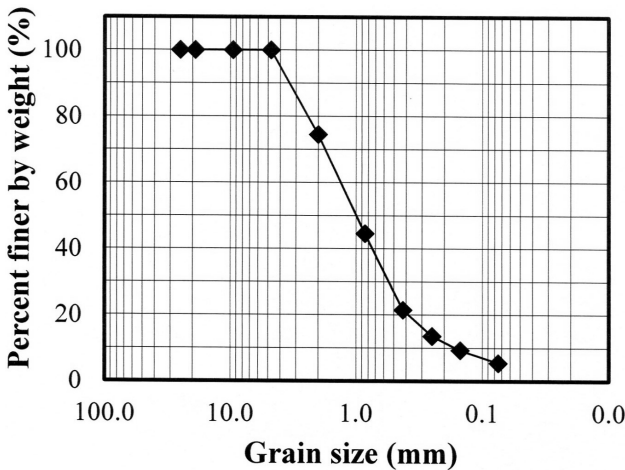


Fig. 2. Particle size distribution of waste concrete fine aggregate

의 중량과 같은 부피의 15°C 증류수의 중량과의 비를 의미한다. 폐콘크리트 잔골재에 대하여 비중시험(KSF 2308)을 실시한 결과 폐콘크리트 잔골재의 비중은 2.84인 것으로 나타났으며, 일반 토사의 비중인 2.65~2.7에 비해 약간 큼을 알 수 있다.

그림 2는 폐콘크리트 잔골재에 대한 입도분포곡선을 나타낸 것이다. 그림에서 폐콘크리트 잔골재는 실트(M)에 해당되는 입경이 4~5%, 모래(S)에 해당되는 입경이 95~96%정도 분포하는 것으로 나타났다. 표 2는 입도분석 결과를 나타낸 것이다. 표 2에서 보는 바와 같이 폐콘크리트 잔골재의 유효입경( $D_{10}$ )은 0.17mm이고, 균등계수( $C_u$ ) 및 곡률계수( $C_g$ )는 각각 7.06 및 1.59로 통일분류법(Unified Soil Classification System)에 의하여 입도분포가 좋은 모래(SW)로 분류된다. 한편, 폐콘크리트 잔골재는 비소성재료로 나타나 보조기층 및 동상방지층 재료에 대한 역성관계 및 소성지수의 품질기준을 만족하고 있다.

### 2.2.2 다짐 및 노상토의 지지력비(CBR)

그림 3은 폐콘크리트 잔골재에 대하여 E 다짐시험을 실시하여 얻은 다짐곡선을 나타낸 것이다. 그림에 나타나 바와 같이 폐콘크리트 잔골재의 최적함수비는 11.6%이며, 최대건조단위중량은 1.97g/cm<sup>3</sup>로 다짐상태가 상당히 양호한 것으로 나타났으며 입도분포가 양호한 모래의 다짐 특성과 매우 유사함을 알 수 있다.

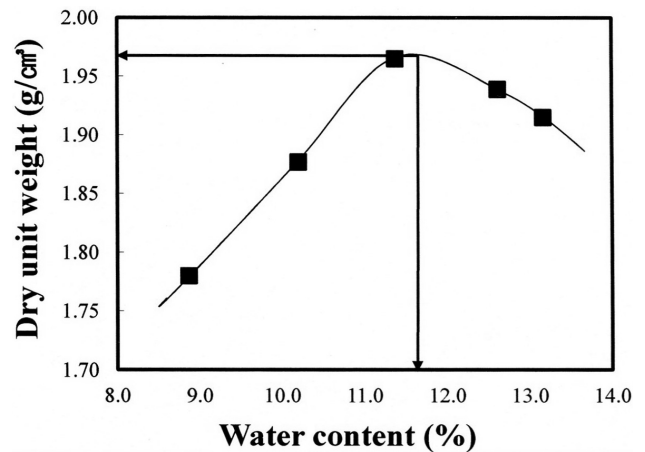


Fig. 3. Compaction curve of waste concrete fine aggregate

Table 2. Characteristics of particle size distribution of waste concrete fine aggregate

Contents	$D_{10}$	$D_{30}$	$D_{60}$	$C_u$	$C_g$	Passing of No.4	Passing of No.200
fine aggregate of concrete waste	0.17	0.57	1.2	7.06	1.59	99.6%	5.5%

폐콘크리트 잔골재의 도로 성토재료로서의 적합성을 판단하기 위하여 노상토 지지력비 시험(CBR시험)을 실시하였다. 그림 4는 폐콘크리트 잔골재에 대한 수정 CBR시험 결과를 나타낸 것이다. 그림에서 보는 바와 같이 폐콘크리트 잔골재의 수정 CBR값은 35로 나타났다. 이러한 수정 CBR값은 동상방지층 재료의 품질기준(CBR>10)은 만족하지만, 보조기층 재료의 품질기준(CBR>50)은 만족하지 못하는 것으로 나타났다.

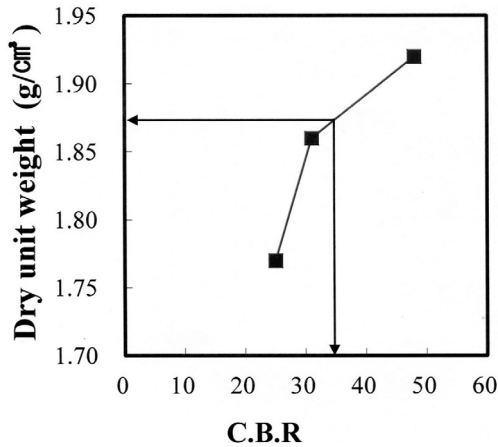


Fig. 4. CBR curve of waste concrete fine aggregate

### 2.2.3 세립토 함유량

폐콘크리트 잔골재내에 0.02mm이하의 입경을 갖는 세립토의 함유량을 조사하였다. 폐콘크리트 잔골재의 0.02mm 이하 세립토 함유량은 2.58%인 것으로 나타났다. 0.02mm 이하 세립토 함유량에 대한 도로의 동상방지층 재료의 품질기준은 3%이하이다. 따라서 폐콘크리트 잔골재는 품질기준을 만족하는 것을 알 수 있다.

### 2.2.4 마모감량

로스앤젤레스 마모시험에 대한 ASTM(American Society for Testing and Materials)의 규정은 골재의 마모손실률이 50%를 초과하지 않으면 콘크리트 제품으로 사용될 수 있

으며, 마모손실률이 40%를 초과하지 않는 경우에는 도로 공사를 목적으로 사용되는 재료로 사용할 수 있는 것으로 되어 있다.

대상현장에서 채취된 폐콘크리트의 마모감량을 조사하기 위하여 로스앤젤레스 마모시험기를 이용하여 마모감량 시험(KSF 2508)을 실시하였다. 그러나 폐콘크리트 잔골재의 입경이 작아 마모감량시험을 실시하는 것이 어려움이 있어 폐콘크리트 잔골재에 대한 정확한 마모감량을 측정하는 것은 불가능하였다.

### 2.2.5 모래당량

모래당량은 No.4(4.75mm)체를 통과한 폐콘크리트 잔골재 중에서 모래와 점토조성, 잔입자 및 먼지의 상대비율을 나타낸 것이다. 폐콘크리트 잔골재에 대하여 모래당량 시험(KSF 2340)을 실시하였다. 실험결과 폐콘크리트 잔골재의 모래당량은 70%인 것으로 나타났다. 모래당량에 대한 도로성토재의 품질기준은 동상방지층의 경우 20%이상, 보조기층의 경우 25%이상이다. 따라서 폐콘크리트 잔골재는 이들 품질기준을 만족하고 있다.

## 3. 동상방지층 및 보조기층 재료로서의 적용성 평가

### 3.1 동상방지층용 재료

본 절에서는 폐콘크리트 잔골재의 입도분포 특성을 토대로 폐콘크리트 잔골재가 도로의 동상방지층의 재료로서 적합성 여부를 판단하고자 한다. 표 3은 폐콘크리트 잔골재의 입도분포를 동상방지층재료의 표준입도와 비교하여 적합성 여부를 검토한 것이다. 표 3에서 보는 바와 같이 폐콘크리트 잔골재의 최대치수, 0.02mm이하 세립토 함유량, No. 200체 통과율은 동상방지층용 재료의 기준치 만족하고 있으나 No. 4체 통과율이 99.6%로 기준치 보다 커서 기준치를 만족하지 못하고 있어 폐콘크리트 잔골재를

Table 3. Comparison with standard value of anti-frost layer materials

Contents	Standard value	Result	Judge
Maximum particle size	less than 100 mm	5 mm	OK
Fine grain contents less than 0,02 mm	less than 3%	2,58%	OK
Percentage passing of No,4	30~70%	99,6%	NG
Percentage passing of No,200	less than 15%	5,5%	OK
Applicability as anti-frost layer materials			No

도로의 동상방지층 재료로 사용할 수 없는 것으로 나타났다. 따라서 폐콘크리트 잔골재를 도로의 동상방지층 재료로 사용하기 위해서는 폐콘크리트 잔골재의 최대입경보다 큰 골재를 혼합하여 폐콘크리트 잔골재의 입도분포를 조정할 필요가 있다.

### 3.2 보조기층용 재료

본 절에서는 폐콘크리트 잔골재의 입도분포 및 공학적 특성을 토대로 폐콘크리트 잔골재가 도로의 보조기층의 재료로서 적합성 여부를 판단하고자 한다. 먼저 보조기층용 재료의 표준입도에 대한 검토를 실시하였다. 이를 위하여 표 4와 같은 보조기층용 재생골재의 표준입도(건설교통부, 1997)를 참고로 하였다. 그림 5는 폐콘크리트 잔골재의 입도분포 곡선과 보조기층용 재생골재의 표준입도를 함께 도시한 것이다. 그림에 나타난 바와 같이 폐콘크리트 잔골재는 2.0mm 이상 골재의 입도분포가 SB-1과 SB-2의 표준입도 분포범위 내에 속하지 않는 것으로 나타나고 있어 보조기층용 재생골재의 입도분포 기준을 만족하지 못하는 것으로 나타났다.

한편, 표 5는 폐콘크리트 잔골재의 보조기층용 재료로서의 공학적 특성을 검토한 결과를 나타낸 것이다. 표에 나타난 바와 같이 폐콘크리트 잔골재의 액성한계, 소성지수, 모래당량은 보조기층 재료로서 만족하지만, 마모감량 및 수정 CBR값은 만족하지 못하고 있으므로 폐콘크리트 잔골재를 보조기층 재생골재로 사용할 수 없는 것으로 나타났다. 따라서 폐콘크리트 잔골재를 보조기층 재료로 사용하기 위해서는 앞에서 언급한 바와 같이 폐콘크리트 잔골재의 최대입경보다 큰 굵은 골재를 추가 혼합하여 폐콘크리트 잔골재의 입도분포 특성 및 공학적인 특성을 개선시켜야 할 것이다.

## 4. 폐콘크리트 잔골재의 도로성토재로서 재활용 방안

앞 절에서 언급된 바와 같이 폐콘크리트 잔골재의 입도

분포나 공학적 특성이 동상방지층이나 보조기층에 대한 적용기준을 부분적으로 만족하지 못하여 도로공사시 동상방지층이나 보조기층의 재료로서 사용하는 것이 불가능한 것으로 판정되었다. 따라서 본 절에서는 폐콘크리트 잔골재를 동상방지층이나 보조기층의 성토재로서 사용할 수 있는 방안을 모색하기 위하여 폐콘크리트 잔골재의 최대입경(5mm)보다 큰 굵은 골재를 폐콘크리트 잔골재 전체 중량의 25%를 추가 혼합하여 폐콘크리트 잔골재의 입도분포를 재조성 하였다. 폐콘크리트 잔골재의 입도 분포 재조성시 사용한 골재는 콘크리트 순환골재가 아니라 제주도에서 콘크리트용 골재로 사용되고 있는 현무암 쇄석을

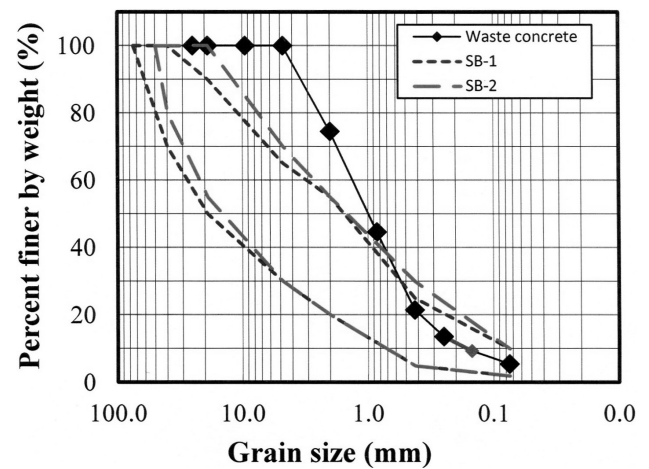


Fig. 5. The comparison of the standard particle size distribution of sub-base layer and the particle size distribution of waste concrete fine aggregate

Table 5. Comparison with standard value of sub-base layer materials

Contents	Standard value	Result	Judge
Liquid limit	less than 25%	0	OK
Abrasion loss contents	less than 50%	-	NG
Plastic index	less than 6%	N,P	OK
Modified CBR	more than 50%	35	NG
Sand equivalent	more than 25%	70	OK
Applicability as sub-base layer materials			NG

Table 4. Standard particle size distribution of sub-base layer materials and particle size distribution of waste concrete fine aggregate

Contents	Particle size	Percent finer by weight (%)							
		75 mm	53 mm	37.5 mm	19 mm	4.75 mm	2.0 mm	0.425 mm	0.075 mm
Standard	SB-1	100	-	70~100	50~90	30~65	20~55	5~25	2~10
	SB-2	-	100	80~100	95~100	30~70	20~55	5~25	2~10
Fine aggregate of concrete waste		-	-	100	100	60	46	18	4.3

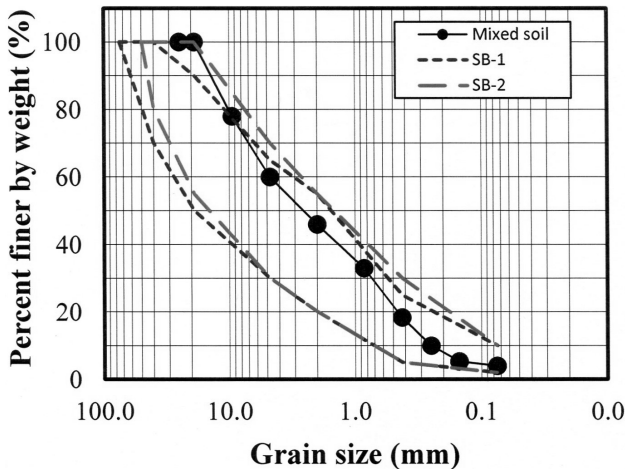


Fig. 6. The comparison of the standard particle size distribution of sub-base layer and the particle size distribution of mixed soil

사용하였다. 혼합토(폐콘크리트 잔골재+쇄석)를 대상으로 동상방지층 및 보조기층의 재료로서 적용성 여부를 판단하기 위하여 입도분포시험, 마모감량시험 및 수정 CBR 시험을 다시 실시하였다.

그림 6은 혼합토의 입도분포곡선과 보조기층용 재료의 표준입도를 함께 도시하여 나타낸 것으로, 혼합토의 입도분포곡선은 SB-2의 상한선과 SB-2의 하한선 사이에 분포하고 있어 보조기층의 표준입도분포를 만족하는 것으로 나타났다. 그리고 No. 4체 통과율이 60%로 동상방지층용 재료의 기준치(30%~70%)내에 분포하는 것으로 나타났다.

한편, 혼합토의 마모감량은 33%로, 마모감량에 대한 도로의 보조기층용 재료의 품질기준(50%이하)을 만족하는 것으로 나타났으며, 모래당량은 70%로, 보조기층재료용 품질기준(25%이상)을 만족하였다. 그림 7은 입도를 조정 한 혼합토의 수정 CBR시험 결과를 나타낸 것이다. 그림에 나타난 바와 같이 혼합토의 수정 CBR값은 58로 나타났으며, 이는 보조기층재료의 품질기준(CBR>50)을 만족하는 것으로 나타났다.

표 6은 혼합토의 입도분포 특성을 동상방지층 재료의 표준입도분포와 비교하여 나타낸 것이다. 표 6에 나타난 바와 같이 폐콘크리트 잔골재의 최대치수, 0.02mm이하 세립토 함유량, No. 4체 통과율, No. 200체 통과율은 동상방지층용 재료의 입도분포기준치 모두 만족하고 있다. 한편, 표 7은 혼합토의 공학적 특성을 보조기층용 재료의 품질기준과 비교하여 나타낸 것이다. 표 7에서 보는 바와 같이 혼합토의 공학적 특성은 모두 보조기층재료의 품질기준인 액성한계, 마모감량, 수정 CBR, 모래당량 및 소성지

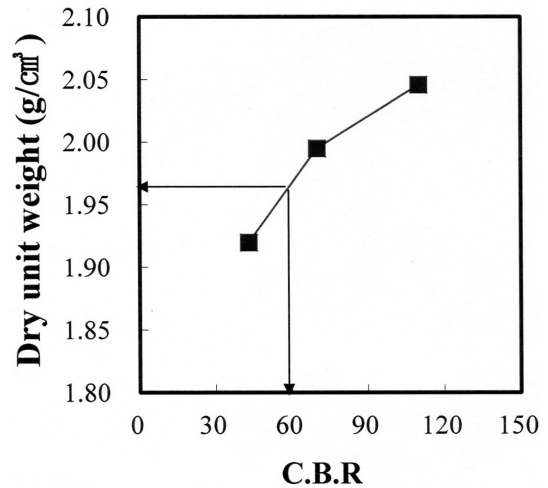


Fig. 7. CBR curve of mixed soil

Table 6. The comparison of standard value of anti-frost layer materials and particle size distribution characteristics of mixed soil

Contents	Standard value	Result	Judge
Maximum particle size	less than 100 mm	5 mm	OK
Fine grain contents less than 0,02 mm	less than 3%	2,58%	OK
Percentage passing of No.4	30~70%	60%	OK
Percentage passing of No.200	less than 15%	4,3%	OK
Applicability as anti-frost layer materials			Yes

Table 7. The comparison of standard value of sub-base layer materials and engineering characteristics of mixed soil

Contents	Standard value	Result	Judge
Liquid limit	less than 25%	0	OK
Abrasion loss contents	less than 50%	33	OK
Plastic index	less than 6%	N,P	OK
Modified CBR	more than 50%	58	OK
Sand equivalent	more than 25%	70	OK
Applicability as sub-base layer materials			Yes

수를 모두 만족하는 것으로 나타났다. 따라서 폐콘크리트 잔골재의 최대입경(5mm)보다 큰 골재를 전체중량의 25% 이상 혼합하면 폐콘크리트 잔골재의 입도분포 및 공학적인 특성을 개선되어 동상방지층 및 보조기층 재료로 재활용 할 수 있는 것으로 나타났다.

## 5. 결론

본 연구에서는 폐콘크리트 잔골재에 대한 환경적 특성 및 공학적 특성시험을 수행하였다. 이를 통하여 폐콘크리트 잔골재를 도로의 성토재로서 적합성 여부를 판단하고

재활용 방안을 모색하였으며, 이들 실험 및 분석결과를 정리하면 다음과 같다.

- (1) 폐기물공정시험법에 의한 용출시험 결과, 폐콘크리트 잔골재의 화학적 농도(중금속 농도)는 폐기물관리법 기준치를 모두 만족하고 있어 환경적 측면에서 폐콘크리트 잔골재를 건설재료로 재활용 할 수 있는 것으로 나타났다.
- (2) 폐콘크리트 잔골재는 양호한 모래와 유사한 공학적 특성을 지니고 있다. 그러나 폐콘크리트 잔골재의 입도분포 및 공학적 특성은 도로의 동상방지층 및 보조기층 재료의 품질기준을 부분적으로 만족하지 못하므로 동상방지층 및 보조기층 재료로 사용할 수 없다.
- (3) 폐콘크리트 잔골재에 입경이 5mm이상인 굵은 골재가 전체중량의 25%이상 혼합된 혼합토는 입도분포 및 공학적 특성이 개선되어 동상방지층 및 보조기층 재료의 품질기준을 모두 만족하는 것으로 나타났다.
- (4) 본 연구결과 혼합토(폐콘크리트 잔골재와 쇄석)의 환경적 특성, 입도분포 및 공학적 특성은 도로의 동상방지층 및 보조기층 재료로서 재활용 할 수 있는 것으로 나타났다. 그러나 폐콘크리트 잔골재는 일반 토사보다 흡수율이 높은 편이므로 향후, 폐콘크리트 잔골재의 동결융해특성이나 투수특성에 대한 연구가 추가적으로 진행되어야 할 것이다.

## 감사의 글

본 연구의 실내시험 수행에 있어서 지에스이엔씨(주)의 김태건 대리가 많은 도움을 주었으며, 이에 감사의 뜻을 표합니다.

## 참고문헌

1. 건설교통부 (1997), *건설폐기물 처리 및 재활용 요령*.
2. 건설교통부 (2000), *도로설계편람 (I), (II)*.
3. 김무한 (1998), “건설폐기물 및 재생골재 콘크리트”, 한국콘크리트학회지, 제10권, 제6호, pp.52-60.
4. 김규용, 이정율, 박유신, 임정수, 김무한 (1998), “폐기콘크리트를 활용한 재생 골재의 각종 물성에 관한 실험적 연구”, 한국폐기물학회지, 제15권, 제3호, pp.203-209.
5. 남상일 (1995), *재생골재 콘크리트의 공학적 특성에 관한 실험적 연구*, 박사학위논문, 충남대학교.
6. 박승범, 김봉균, 이준, 강철호, 이병재 (2007), “폐콘크리트 순환골재를 이용한 포장용 섬유보강 포러스콘크리트의 공학적 특성에 관한 연구”, 한국폐기물학회, Vol.24, No.5, pp.418-427.
7. 송영석, 윤중만 (2005), “폐콘크리트의 도로 건설재료로서 적용성 평가”, 한국지구시스템학회지, Vol.42, No.2, pp.79-87.
8. 이선주 (2004), *도로성토재로서 건설폐기물의 적용성 평가*, 석사학위논문, 연세대학교.
9. 이진용 (1998), “재생콘크리트의 강도발현 특성 및 동결융해 저항성 특성”, 한국콘크리트학회 논문집, 제10권, 제4호, pp.163-169.
10. 유승경 (2009), “순환골재 다공질 콘크리트말뚝에 의한 압밀축진효과에 관한 고찰”, 한국토목섬유학회 논문집, 제8권, 제4호, pp.35-40.
11. 유승경, 김세원, 이철호, 최항석 (2009), “순환골재 다공질 콘크리트말뚝(RAPP)에 의해 보강된 복합지반의 거동특성”, 한국지반공학학회 논문집, 제25권, 제11호, pp.117-130.
12. 환경부 (2000), *폐기물관리법 시행규칙*.

(논문접수일 2012. 8. 24, 심사완료일 2012. 9. 12)