

보조기층재로서 폐콘크리트의 안정성에 관한 연구

A Study on the Stability of the Waste Concrete as the Subgrade Materials

김태봉*·박원철**·서상구***·안상로****

T. B. Kim · W. C. Park · S. G. Seo · S. R. Ahn

(1996년 6월 14일 접수, 1996년 9월 20일 채택)

ABSTRACT

The construction waste concrete produce from the demolished concrete structures. These waste concrete materials are useful and valuable for fill and subgrade and are considered to use as the subgrade material of the road. To use the subgrade of the road with the waste concrete, the several experiments involved with compaction test and laboratory C.B.R. etc. are performed.

These experiments are compared with criteria of the road construction manual. It is shown that the quality of the construction waste concrete satisfies that of the subgrade mentioned in the road construction manual.

1. 서 론

최근 도시개발의 가속화에 따른 재개발 사업의 급속한 팽창과 1970년대 초기에 대량으로 건설된 콘크리트 구조물이 20여년이 경과되면서 재개발 또는 철거 대상 물량이 급증하고 있어 폐콘크리트와 같은 건설부산물은 향후 급격히 증가할 것으로 예상되고 있다. 이러한 노후건물의 해체시 발생하는 막대한 양의 건설부산물을 그대로 폐기하는 것

은 국가자원의 낭비일 뿐만 아니라 국토의 오염을 초래하는 요소가 되고 있어 이들을 처리하는 과정에서 폐기물 부지확보의 어려움과 환경오염의 우려로 인해 사회적으로 많은 문제점이 야기되고 있다. 국내의 경우 건설공사에서 발생하는 건설부산물 처리시 지금까지는 주로 매립에 의존하여 왔으나, 날로 심각해지는 처분장의 부족과 각종 규제의 강화로 인해 단순매립은 점차로 불가능해지고 있는 추세이다.

* 충남전문대학 산업안전과

** 코오롱건설기술연구소

*** 충북대학교 공과대학 토목공학과

**** 시설안전기술공단 수리구조진단본부

건설부산물은 재활용률이 높은 반면 현재까지 관련 기술수준이 그다지 높지 않기 때문에 재활용 시 그 부가가치는 매우 높다. 특히, 부산물 중 페콘크리트의 재활용은 수요처가 다양하고 수요량이 커서 이의 재생 및 활용방안에 대한 연구의 필요성은 절실하다.

페콘크리트의 재활용에 관한 외국의 연구는 1980년대부터 본격적으로 수행되기 시작하여, 포틀랜드 시멘트 콘크리트 포장의 재활용에 관한 연구¹⁾를 비롯하여 도로 보조기층용 골재로서의 이용에 관한 연구^{2~7)}와 콘크리트용 굵은골재로서 재생 콘크리트에 관한 연구^{8~10)} 등으로 포괄적으로 진행되어 왔다. 한편 국내에서도 페콘크리트의 처리에 대한 문제점이 야기됨에 따라 1980년대 초반부터 재생골재로서 페콘크리트의 공학적 특성 연구 등 다양한 기초적 연구^{11~14)}가 수행되어 왔으나 도로성토재료의 공학적특성 평가에 관한 연구^{15,16)}는 미진한 실정으로 이에 대한 연구가 요구되어 왔다.

이에 본 연구에서는 콘크리트구조물 해체시 발생하는 부산물 중 페콘크리트의 재활용 분야에 대한 연구로서 비교적 수요가 많고 경제적인 효과를 기대할 수 있는 도로성토재료의 활용 가능성을 검토하였다. 이와 같이 페콘크리트를 도로성토재료 사용하기 위해서는 우선적으로 페콘크리트의 마모감량, 소성지수, 실내 C.B.R., 모래당량 등 물리·역학적인 특성을 검토하고 관련 시방서 기준과의 비교·검토가 선행되어야 한다.

본 실험 연구에서는 천안 교량 해체공사현장과 월곡동 연립주택 해체공사현장에서 건축물 해체 후 발생한 페콘크리트를 대상으로 입경별 혼합비율에 따른 다짐특성을 고찰하고, 기본 재료시험을 수행하여 그 품질특성이 관련 도로공사 시방서의 기준¹⁷⁾에 만족하는지를 구명함으로써 도로구조의 보조기층재로서의 활용 가능성을 분석·평가하였다.

2. 국내 도로보조기층재의 관련 규정

2.1 품질기준

국내 도로의 보조기층재료는 견고하며 내구적인 부순돌, 자갈, 모래, 슬래그 기타 승인 받은 재료 또는 이들의 혼합물로서 점토덩어리, 유기물, 유

해물 등은 지지력 및 내구성에 나쁜 영향을 미치기 때문에 이러한 성분을 함유해서는 안되며, 일반적으로 보조기층재료는 KS 규정의 시험방법에 의거 Table 1과 같은 품질기준에 합격한 것을 사용하도록 규정되어 있다.

Table 1 Design requirements for subbases

Classification	Design requirements	KS code
Abrasion loss	50% max.	KS F 2508
Plastic index	6 max.	KS F 2304
CBR	30% min.	KS F 2320
Sand equivalent value	25% min.	KS F 2340

여기서 막부순돌과 막자갈, 양질의 산자갈, 크러싱된 슬래그 등의 조립골재를 함유한 것은 대부분 수정 CBR 값이 30% 이상으로 나타나지만 응회암질 또는 이암질의 부순돌, 화강암의 풍화토 중에는 시공 직후의 CBR 값이 높게 나타났음에도 불구하고 물을 흡수하여 반복하중을 받으면 점차 세립화하여 강도가 저하하는 경향이 있으므로 주의하여야 한다. 또한 최근 사용되는 세립재료가 기존에 사용되던 청정하천 모래가 고갈되어감에 따라 보다 저급한 세립재료의 사용가능성이 증대되어가고 있기 때문에 이 세립재료에 함유되어 있을 점토분의 함량을 제한하여 과다 함유된 점토분으로 인해 문제가 발생되지 않도록 모래당량시험을 실시하여 이에 대한 25% 이상의 품질규격을 확인하여야 한다.

또한 소성지수(PI)가 6보다 큰 재료는 포장 완성 후에도 물을 흡수하기 쉽고 반복적인 교통하중 때문에 노면의 처짐이 발생하며 포장의 파괴를 유발할 수 있기 때문에 조립분이 많고 수정 CBR이 큰 막부순돌 등에서도 세립분의 PI가 클 때에는 역시 같은 상태로 되기 쉬우므로 교통량이 많은 도로에서는 PI의 규정을 지키는 것이 중요하다.

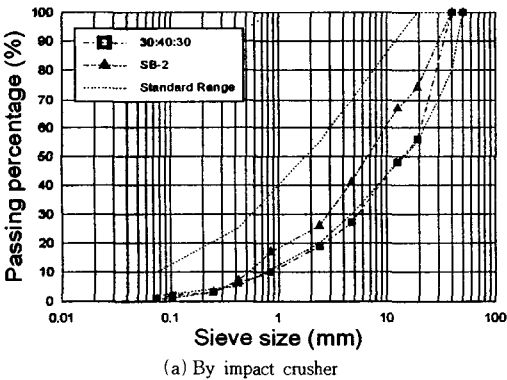
2.2 입도규정

보조기층재료의 입도와 최대입경은 포설방법, 시공두께 등의 시공법과 성토구조와 자연환경 등의 입지조건에 따라 선정하여야 한다. 특히 입경이 큰 보조기층재료는 시공관리가 어려우므로 최대입경은 40mm로 하는 것이 바람직하며 부득이한 경우에는 1층 시공두께의 1/2이하로 100mm까지 허용해도 좋으나 가능하면 입도는 Table 2의 규정 범위 안에서 원활하게 조정하고 최대 입경은 보조

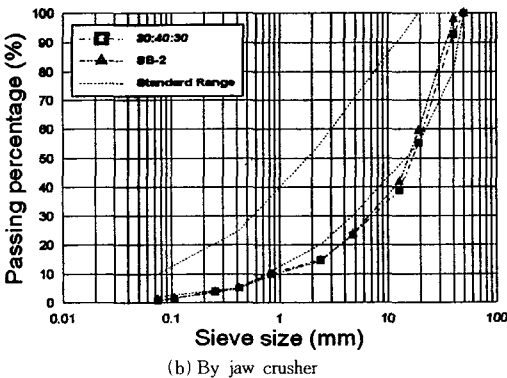
기층의 품질과 시공성에 영향을 미치지 않도록 신중하게 고려하여 선정하여야 한다. 또한 입상(粒狀), 입도조건, 보조기층의 혼합물 입도에 대하여 No.200체 통과량이 많게 되면 물을 함유했을 때 연약화하던지 한냉기에 투수성이 나빠져 동상(凍上)을 일으킬 수 있으므로, 이와 같은 조건아래서는 No.200체 통과량을 다짐 후 안정이 이루어지는 범위안에서 가능한 한 적게 하는 것이 좋다. 또한 입도는 하천 막자갈 등 자연입도분포가 양호한 보조기층의 기준으로서 혼합과 다짐 등 시공의 난이를 생각하여 어느 정도 굵은 골재를 함유한 연속된 입도로 하되 일반적으로 보조기층재료의 다짐 후 입도는 Table 2의 범위내에 있는 재료를 사용하도록 한다.

Table 2 Typical gradations for subbases

Sieve Type	Percentage passing(%)							
	80mm	50mm	40mm	19mm	No. 4	No. 8	No. 40	No. 200
SB-1	100	-	70~100	50~90	30~65	20~55	5~25	2~10
SB-2	-	100	80~100	55~100	30~70	20~55	5~25	2~10



(a) By impact crusher



(b) By jaw crusher

Fig. 1 Gradings of waste concrete

3. 실험 개요

3.1 실험재료

본 연구에서 사용된 재료는 천안현장의 교량 해체 후 임팩트 크러셔(impact crusher)로 파쇄한 폐콘크리트와 성북구 월곡동 현장에서 연립주택 해체 후 조 크러셔(jaw crusher)로 분쇄한 폐콘크리트를 실험재료로 사용하였으며, 폐콘크리트의 분쇄과정은 구조물 해체현장에서 브레이크를 이용하여 500mm 정도의 크기로 거칠게 분쇄한 후 임팩트 크러셔 또는 조 크러셔를 이용하여 80mm 정도 크기로 1차 분쇄한다. 1차 분쇄된 폐콘크리트 분쇄물은 다시 임팩트 크러셔를 이용하여 40mm 이하의 크기를 반복공정을 통해 2차 분쇄한다. 그 후 분쇄물에 섞여있는 철근 등의 금속물은 자석을 이용해서 자동으로 분리할 수 있으며, 40mm 이하의 분쇄물을 체가름하여 몇 가지 입도의 크기로 분류한다. 본 실험에 사용한 분쇄된 폐콘크리트의 입도분포 곡선은 Fig. 1과 같다.

3.2 실험 항목 및 방법

일반적으로 현장에서 폐콘크리트는 입경이 1~6mm, 7~24mm, 25~46mm의 3종류로 생산되는데 이러한 폐콘크리트의 입경별 적정 혼합비율을 도출하기 위하여 천안현장의 교량 해체 후 임팩트 크러셔로 파쇄한 폐콘크리트를 대상으로 입경 혼합비율 변화에 따른 다짐시험을 수행하였다.

이와 같이 도출된 적정 혼합비율과 도로공사 표준시방서에 제시된 SB-2의 입도에 맞도록 혼합하여 마모감량, 연경도, 실내 CBR, 모래당량 등 실내 기본특성 실험을 수행하여 폐콘크리트의 물리·역학적인 특성을 검토하였으며, 관련 시방서 기준과 비교하여 폐콘크리트의 물리적·역학적 특성을 분석하였다.

4. 실험 결과

4.1 입경 혼합비율 변화에 따른 다짐특성

도로 보조기층재의 폐콘크리트 적합성 평가를 위한 선행연구로서 천안 현장의 교량 해체 후 임팩트 크러셔로 파쇄한 폐콘크리트를 대상으로 입경 혼합비율 변화에 따른 다짐시험을 실시하였다. 시

험시료는 체분석 결과에 따라 인위적으로 입경이 1~6mm, 7~24mm 그리고 25~46mm인 시료를 중간입경인 7~24mm를 기준으로 크게 3가지(20%, 40%, 70%)씩 총 9종류로 입경을 변화시켜 D-2 다짐시험을 수행하였으며, 입경 혼합비율 변화에 의한 입도분포 곡선은 Fig. 2와 같다.

또한 Fig. 3은 입경이 1~6mm, 7~24mm 그리고 25~46mm인 시료를 총 9종류로 입경을 변화시켜 수행한 D-2 다짐곡선 결과를 보여준다.

폐콘크리트 입경변화에 따른 다짐시험 결과는 Fig. 3에서 보는 바와 같이 입경이 크게 3가지로 나누어져 있기 때문에 정확한 상대비교는 곤란할 것으로 판단되나 일반적으로 중간입경(7~25mm)을 기준으로 할 때 중간입경의 시료가 많아짐에 따라 최적함수비가 13.3%에서 8.8%로 감소하였으며, 동일 기준입경을 기준으로 굵은 입경의 시료가 증가할 때 최적함수비는 감소하는 것으로 나타났다.

그러나 건조밀도는 일정한 경향을 보이지는 않았으며 중간입경이 20%일 때에는 최대건조밀도의 범위가 1.87~1.92t/m³, 40%일 때에는 1.88~1.99t/m³, 70%일 때에는 1.79~1.83t/m³의 범위로서 중간입경의 범위가 40%에서 가장 우수한 다짐효과가 나타나고 있음을 알 수 있다.

따라서 폐콘크리트의 혼합 비율이 30% : 40% : 30%의 경우가 다짐효과가 비교적 크고, 95% 다짐시 함수비의 범위도 비교적 넓게 분포하여 시공시에도 다른 혼합비율보다 용이할 것으로 판단되며 보조기층재료로서의 활용성이 효과적임을 알 수 있었다. 그러나 다짐시험결과 대체로 최적함수비보다 습윤층에서의 건조밀도가 건조층보다 다소 급하게 감소하는 경향을 보이므로 다짐시공시 함수비 조절에 유의하여야 할 것으로 사료된다.

4.2 폐콘크리트의 입도분포와 연경도

사용된 시료는 천안 시료에서 교량 해체 후 임팩트 크러셔로 파쇄한 폐콘크리트와 성북구 월곡동 현장에서 연립주택 해체후 쇼 크러셔로 각각 분쇄한 폐콘크리트를 실험재료로 사용하였으며, 입경이 1~6mm, 7~24mm, 25~46mm인 시료를 30% : 40% : 30%의 혼합 비율과 도로공사 표준시방서에 제시된 SB-2의 입도에 맞도록 혼합하여 실시하였다.

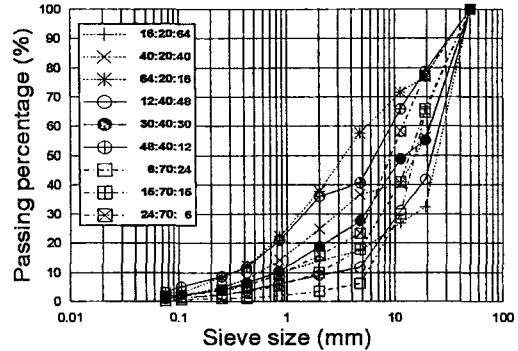


Fig. 2 Grading curve according to mix proportion

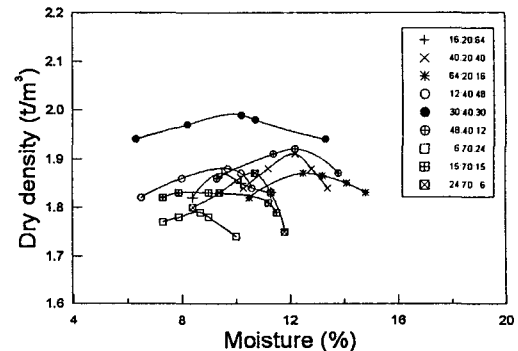


Fig. 3 Moisture-density relationship for waste concrete according to the variation of grain sizes

Table 3 Test results of physical properties for waste concrete

Classification	Properties	Grading			Consistency		Compaction		C. B. R. (%)
		Cu	Cg	D ₁₀ (mm)	LL (%)	PI (%)	γ _d (g/cm ³)	O. M. C (%)	
By impact crusher	Mixing proportion 30 : 40 : 30	27.20	1.60	0.78	-	NP	1.99	10.7	61.0
	SB-2 standard	18.00	1.71	0.55	-	NP	1.96	10.5	43.8
By jaw crusher	Mixing proportion 30 : 40 : 30	24.68	2.89	0.77	-	NP	1.84	15.6	85.0
	SB-2 standard	20.22	2.89	0.89	-	NP	1.76	12.5	60.1

Table 3에서 보듯이 임팩트 크러셔로 생산된 천안 교량해체 폐콘크리트 시료에 대한 입도시험 결과 30% : 40% : 30%의 비율로 혼합한 경우가 도로공사 표준시방서에 제시된 SB-2의 표준에 맞도록 혼합조성된 시료보다 균등계수와 곡률계수와

크게 나타났으며, 유효입경(D_{10})도 다소 크게 나타남을 알 수 있다. 또한 조 크러셔로 생산된 연립주택 해체 폐콘크리트 시료의 입도분포 결과는 30% : 40% : 30%의 비율로 혼합한 경우가 도로공사 표준시방서에 제시된 SB-2의 표준에 맞도록 혼합조성된 시료보다 균등계수와 곡률계수는 크게 나타났으나 유효입경(D_{10})은 다소 작게 나타남을 알 수 있다. 또한 임팩트 크러셔에서 생산된 폐콘크리트와 조 크러셔에서 생산된 폐콘크리트 두가지 시료 모두 엑소성 시험결과 비소성(NP)으로 나타났다.

4.3 폐콘크리트의 다짐특성

Fig. 4는 천안시료(교량)와 월곡동시료(연립주택)에서 생산된 폐콘크리트의 D-2 다짐에 의한 다짐곡선을 보여준다. Fig. 4에서 보듯이 천안시료에서 생산된 폐콘크리트의 경우 도로공사 표준시방서에 제시된 SB-2의 표준에 맞도록 혼합 조성된 시료의 최대건조밀도는 약 $1.99t/m^3$, 30% : 40% : 30%의 비율로 조성된 시료는 약 $1.96t/m^3$ 이며 최적함수비는 각각 10.1%, 10.5% 정도 나타나 건조밀도와 최적함수비는 유사한 값을 보여주고 있음을 알 수 있다. 또한 월곡동시료에서 생산된 폐콘크리트의 경우는 도로공사 표준시방서에 제시된 SB-2의 표준에 맞도록 혼합 조성된 시료의 최대건조밀도는 약 $1.84t/m^3$, 30% : 40% : 30%의 비율로 조성된 시료는 약 $1.76t/m^3$ 로 최적함수비는 각각 15.6%, 12.5% 정도로 나타났다.

다짐시험 결과 천안시료에서 생산된 폐콘크리트의 건조밀도는 일반토사 성토제($1.7\sim 1.8t/m^3$)보다 다소 크게 나타났으며, 월곡동시료에서 생산된 폐콘크리트의 경우는 일반토사 성토제의 범위에는 들어가나 천안시료의 경우보다는 다소 작게 나타남을 알 수 있다. 또한 최적함수비(O.M.C.)는 각각 10.1%, 10.5%와 15.6%, 12.5% 정도로 나타났으며 최적함수비를 경계로 습윤, 건조측의 분포가 완만하게 감소하는 것으로 보아 시공시 함수비의 관리가 용이할 것으로 판단된다.

또한 Fig. 5는 일본의 노반재용 쇄석으로 일반 쇄석과 폐콘크리트의 다짐시험 결과를 보여주는 예로서 시험 결과에서 보듯이 콘크리트의 경우가 일반 쇄석의 경우보다 최대건조밀도 95% 이상이 얻어지는 함수비의 범위가 약 3배 정도 폭넓게 분

포하고 있어 시공시 함수비 관리가 비교적 용이함을 알 수 있다. 이는 본 시험 결과에서도 비슷한 경향으로 나타났으며, 이러한 결과로부터 폐콘크리트는 시공 후 노반의 함수비가 증가하여도 지지력의 감소에 미치는 영향이 작을 것으로 판단되며 신뢰성이 높은 재료로서 활용 가능할 것으로 사료된다.

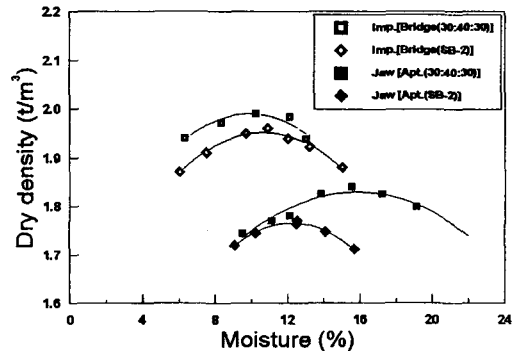


Fig. 4 Moisture-density relationship for waste concrete

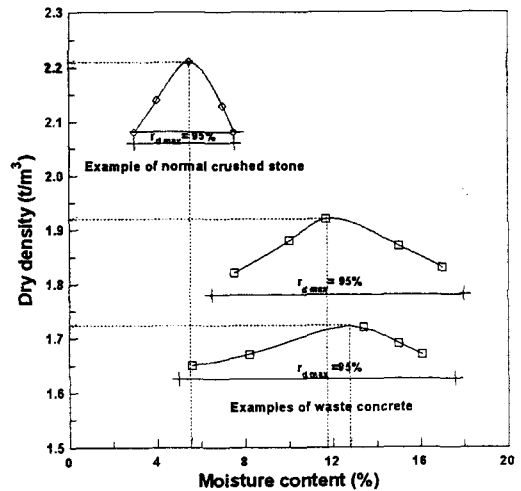
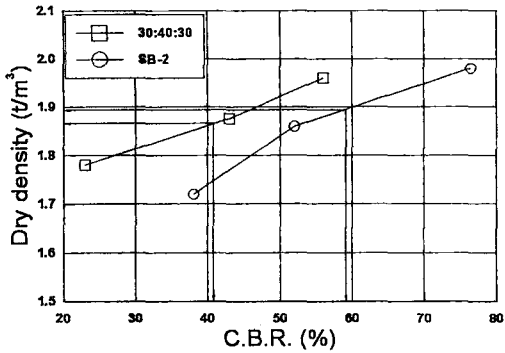


Fig. 5 Test results moisture-density in Japan

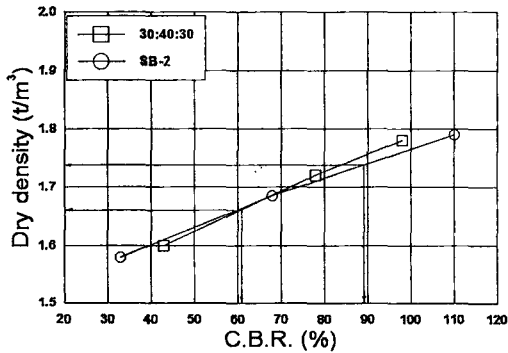
4.4 CBR 특성

보조기층재료로서의 사용가능성을 검토하기 위해 30% : 40% : 30%의 혼합비율과 도로공사 표준시방서에 제시된 SB-2의 입도에 맞도록 혼합한 폐콘크리트 시료의 CBR 시험결과는 Fig. 6과 같다.

Fig. 6의 (a) 및 (b)에서 보는 바와 같이 천안시료에서 생산된 폐콘크리트의 경우 도로공사 표준시방서에 제시된 SB-2의 표준에 맞도록 혼합 조성



(a) By impact crusher



(b) By jaw crusher

Fig. 6 Test results of CBR

된 시료의 수정 CBR은 59%로 나타났으며, 30% : 40% : 30%로 혼합 조성된 폐콘크리트 시료는 40.8%로 나타났다. 또한 월곡동시료에서 생산된 폐콘크리트 경우의 수정 CBR은 각각 89%, 61%로 측정되었다. 수정 CBR은 천안 시료에서 생산된 폐콘크리트의 경우가 다소 작게 나타났는데 이는 폐콘크리트를 임팩트 크러셔로 분쇄하는 경우 석분의 양이 상대적으로 많이 발생하기 때문으로 사료된다. 또한 기존의 도로시방서에 나타난 바와 같이 보조기층재로서의 수정 CBR기준은 30% 이상으로 본 실험에 의한 두가지 시료의 CBR치는 40.8~89%의 범위로서 모두 보조기층재료의 품질기준에 만족한 것으로 나타났다.

한편 두가지 시료 모두 팽창은 거의 발생하지 않았다.

4.5 마모감량 특성

KS F 2508규정에 의거 무작위로 채취한 폐콘크리트에 대해 마모감량을 수행한 결과는 Table 4와

같다. 천안시료에서 생산된 폐콘크리트의 마모감량은 38.51%로 측정되었고, 월곡동시료에서 생산된 폐콘크리트의 마모감량은 45.85%로써 천안시료보다 다소 크게 나타남을 알 수 있었으나 모두 도로공사시방서 기준 50% 이하를 만족하였다.

Table 4 Test results of abrasion loss for waste concrete were crushed impact and jaw crusher

Design requirements	Impact crusher	Jaw crusher
50% max	38.51	45.85

4.6 모래당량 시험

최근 도시개발의 가속화에 따른 재개발 사업의 급속한 팽창으로 기존에 사용되던 청정하천 모래가 고갈되어감에 따라 저급한 세립재료의 사용가능성이 증대되고 있으며, 모래당량 시험은 이러한 저급한 세립재료에 함유되어 있을 과다 점토분으로 인해 문제가 발생되지 않도록 품질규격을 제한한 것으로써 폐콘크리트에 대한 모래당량 시험을 실시한 결과는 Table 5와 같다. 천안시료와 월곡동시료에서 생산된 폐콘크리트를 대상으로 모래당량 시험을 수행한 결과는 각각 90.1%와 87.7%로 비슷하게 나타났으며, 이는 도로공사 시방서 25% 이상의 기준치를 모두 만족하였다.

Table 5 Test results of sand equivalent value for waste concrete were crushed impact and jaw crusher

Design requirements	Impact crusher	Jaw crusher
25% min.	90.1%	87.7%

5. 결 론

폐콘크리트를 도로의 보조기층재로 사용하기 위한 방안으로 이미 생산된 폐콘크리트를 대상으로 적정 혼합비율을 도출하였으며, 도출된 혼합비율과 SB-2의 2가지 혼합방법에 따른 마모감량, 실내 CBR, 모래당량 등 보조기층재로서 활용가능성평가를 위한 기본특성 실험을 실시하여 관련 시방서 기준과 비교함으로써 보조기층재로서의 활용가능성을 검토한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 폐콘크리트의 입경 혼합 비율이 30% : 40% : 30%의 경우가 시공시에 다른 혼합비율보다 다짐이 용이하여 보조기층재료로서의 활용성이 효과적임을 알 수 있었다.

- 2) 균등계수, 곡률계수의 관련 규정을 동시에 만족하여 입도가 양호함을 알 수 있으나, 페콘크리트 분쇄 중 미립자분의 발생 가능성 및 표준 입도 분포를 만족하지 못하는 경우가 발생할 수 있기 때문에 현장에서 사용시 입도 분포를 조정하여 사용하여야 할 것으로 판단된다.
- 3) 다짐시험의 결과 습윤, 건조축의 분포가 완만하게 감소하였으며 함수비 범위가 쇄석에 비해 훨씬 폭이 넓어 현장 시공성은 양호하게 나타났다.
- 4) C.B.R. 시험 결과는 보조기층재의 품질기준에 만족하며, 마모감량 시험결과 모두 도로공사 시방서기준 50%이하로 규정된 값에 만족하는 것으로 나타났다.
- 5) 마모감량시험 결과 모두 기준치에 만족하였고, 건축물의 해체시 발생하는 페콘크리트가 토목 구조물의 해체시 발생하는 페콘크리트보다 벽돌 등의 비구조적 요소가 많이 존재함에 따라 마모감량이 크게 나타났다.
- 6) 모래당량 시험 결과는 도로공사 기준에서 제시하고 있는 25% 이상보다는 월등하게 큰 값을 나타내고 있어 무리는 없다고 판단된다.

본 연구 결과 보조기층재로서의 국내 관련 시방서의 기준들을 만족하는 것으로 나타났지만 이러한 기준들만을 토대로 페콘크리트의 보조기층재로서 적합성 여부를 판단하기에는 어려움이 있으며 각 시험 기준들이 의미를 정확히 이해하고 활용시 각종 문제발생 여부를 판단할 수 있는 실내 및 현장 시험을 계속적으로 수행하여 적용성을 판단하여야 할 것이다.

참 고 문 헌

- 1) Halverson, A.D., "Recycling Portland Cement Concrete Pavement", Minnesota Department of Transportation, Office of Research and Development, 1985.
- 2) Hansen, T.C. and Angelo, J.W., "Crushed Concrete Fines Recycled for Soil Modification", ACI J., No. 83-87, pp. 983~987, 1986.
- 3) Gorle, D. and Saeys, L., "Reuse of Crunched Concrete as a Road Base Material", Proceedings of 2nd Int'l RILEM Symp., Ed. by Kasai, Chapman and Hall, pp. 736~745, 1988.
- 4) Kaga, H., Kasai, Y., Takeda, K. and Kemi, T., "Properties of Recycled Aggregate from Concrete", Proceedings of 2nd Int'l RILEM Symp., Ed. by Kasai, Chapman and Hall, pp. 690~698, 1988.
- 5) Kobayashi, S. and Kawano, H., "Properties and Usage of Recycled Aggregate Concrete", Proceedings of 2nd Int'l RILEM symp., Ed. by Kasai, Chapman and Hall, pp. 547~556, 1988.
- 6) Bauchard, M., "The Use in Roads of Aggregates made from Demolition Materials", Proceedings of 2nd Int'l RILEM Symp., Ed. by Kasai, Chapman and Hall, pp. 709~725, 1988.
- 7) Kawamura, M. and Torii, K., "Reuse of Recycled Concrete Aggregate for Pavement", Proceedings of 2nd Int'l RILEM symp., Ed. by Kasai, Chapman and Hall, pp. 726~735, 1988.
- 8) Kikuchi, M., Yasunaga, A. and Ehara, K., "The Total Evaluation of Recycled Aggregate and Recycled Concrete", Proceedings of 3rd Int'l RILEM Symp., Ed. by Lauritzen, E & FN Spon, London, 1994.
- 9) Simon, B.P. and Hendricks, F., "Guidelines for Demolition with respect to the Reuse of Building Masterials", Proceedings of 3rd Int'l RILEM Symp, Ed. by Lauritzen, E & FN Spon, London, 1994.
- 10) Kasai, Y., "Guidelines and the Present State of the Reuse of Demolished Concrete in Japan", Proceedings of 3rd Int'l RILEM Symp., Ed. by Lauritzen, E & FN Spon, London, 1994.
- 11) 민윤기, "해체재의 재이용방법과 처리에 관한 문제점에 대하여", 한국기술사회지, Vol. 22, No. 3, pp. 21~25, 1989.
- 12) 김광우, 박제선, "페콘크리트의 재활용 : 미국 FHWA 시범 프로젝트(DP #47)의 소개", 대한토목학회지, pp. 42~47, 1992.
- 13) 이문수 외 5인, "철근콘크리트건축물의 해체

- 및 해체재의 재이용에 관한 연구(1)”, 대한건축학회 학술발표논문집, Vol. 12, No. 2, pp. 637~642, 1992.
- 14) 김무한, “건설폐기물의 리사이클시스템 및 재개발 방안에 관한 연구”, 한국폐기물학회, Vol. 11, No. 3, pp. 444~455, 1994.
- 15) (사)한국지반공학회, “성토재로서의 폐콘크리트 활용성 평가학술용역 보고서”, 1994.
- 16) 박원철, “도로성토재로서 폐콘크리트의 재활용에 관한 연구”, 대한토목학회 논문발표집 (1), pp. 560~563, 1995.
- 17) 건설부, “도로공사표준시방서”, 1990.
-