

노후 콘크리트 포장 파쇄 후 재활용 골재 신설 적용 사례 검토



홍 승 호 | 정회원 · 한국도로공사 도로교통연구원 책임연구원

1. 개요

우리나라에서 시멘트 콘크리트 포장은 1980년대 88고속도로(1984년)와 중부고속도로(1987년) 건설을 계기로 지속적으로 증가 추세에 있다. 콘크리트 포장 설계 수명은 20년으로 설계하고 있으며, 88고속도로와 중부고속도로의 경우 각각 28년, 25년 공용 중으로 20년 설계 수명을 넘긴 상태이다. 현재 본 고속도로의 대부분 구간은 교통 소통에 문제가 없는 상태로 좋은 공용 상태를 유지하고 있으나, 일부 구간에서는 파손 발생의 심화로 인해 보수·보강이 실시되고 있다. 본고에서는 콘크리트 포장의 설계 수명 20년 이상 된 구간이나 20년 이내 구간에서 불가피하게 보수가 필요한 경우 기존 콘크리트 포장의 재활용 방안에 대하여 검토해 보았다. 우리나라에서 콘크리트 포장의 재활용 방안에 대한 연구 및 검토는 매우 미흡한 실정이며 향후 많은 연구가 필요한 분야라고 판단된다. 우리나라에서는 “건설폐기물의 재활용촉진에 관한 법률”이 제정되어 시행되고 있다. 본 법률안은 “건설 공사 등에서 나온 건설폐기물을 친환경적으로 적절하게 처리하고 재활용을 촉진하여 국가 자원을 효율적으로 이용하며, 국민경제

발전과 공공복리 증진에 이바지함을 목적으로 한다”로 규정되어 있다. 향후 콘크리트 포장의 설계수명 및 공용수명 경과로 인해 대규모적인 보수가 필요한 경우 기존 포장체의 재활용 방안을 국내 법률과 미국 사례를 중심으로 검토해 보았다.

2. “건설폐기물의 재활용 촉진에 관한 법률” 주요 내용

2.1 제9조(연구개발 등의 지원)

① 환경부장관과 국토해양부장관은 건설폐기물의 친환경적인 처리와 재활용을 촉진하기 위하여 다음 각 호의 업무를 수행하는 기술연구개발단을 구성·운영할 수 있다.

1. 다음 각 목의 기술의 연구개발

- 가. 건설폐기물의 친환경적인 처리기술
- 나. 순환골재 및 순환골재 재활용 제품의 생산기술

2. 제1호에 다른 연구개발에 필요한 기술인력, 자금, 시험시설 및 기술정보의 효율적 활용

3. 건설폐기물 재활용 기술의 해외 수출 등의 촉진

- ② 제1항과 제1호에 따른 연구개발에 필요한 비용은 정부 또는 정부 외의 자의 출연금이나 기업의 기술개발비로 충당할 수 있다.

2.2 제13조(건설폐기물의 처리기준 등)

- ① 누구든지 건설폐기물을 배출, 수집·운반, 보관 또는 중간처리를 하려는 자는 대통령령으로 정하는 기준과 방법에 따라야 한다.
- ② 건설폐기물의 처리를 위탁받은 건설폐기물 처리업자는 허용보관량을 초과하여 건설폐기물을 보관하여서는 아니 된다.
- ③ 시·도지사 또는 시장·군수·구청장은 건설폐기물의 제1항 또는 제2항의 기준에 맞지 아니하게 배출, 수집·운반, 보관 또는 중간처리 되면 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 자에게 기간을 정하여 건설폐기물의 배출, 수집·운반, 보관 또는 처리 방법의 변경, 그 밖에 필요한 조치를 명할 수 있다.
 - 1. 건설폐기물의 배출, 수집·운반, 보관 또는 중간처리를 한 자
 - 2. 제16조 제1항 각 호외의 부분단서에 따른 확인을 하지 아니하고 위탁한 자
 - 3. 제31조 제1항에 따라 권리·의무를 승계한 자

2.3 제5장 순환골재의 품질기준 및 사용 촉진

2.4 제35조(순환골재의 품질기준 등)

국토해양부장관은 환경부장관과 협의하여 건설폐기물의 재활용을 촉진하기 위하여 순환골재의 용도별 품질기준 및 설계·시공지침 등에 관하여 필요한 기준을 정하여야 한다.

2.5 제36조(순환골재의 품질인증 등)

- ① 국토해양부장관은 순환골재의 품질을 확보하기 위하여 인증(이하 "품질인증"이라 한다)을 할 수 있다.
- ② 품질인증의 기준, 인증관리방법 및 인증절차 등에

관하여 필요한 사항은 국토해양부령으로 정한다.

- ③ 국토해양부장관은 품질인증된 사항에 대하여 운영실태 조사 등 사후관리를 하여야 하며, 조사 결과 품질인증기준에 맞지 아니하다고 인정할 때에는 시정을 명하는 등 필요한 조치를 할 수 있다.

2.6 제39조(순환골재 등의 사용에 관한 권고 및 시정조치)

환경부장관과 또는 국토해양부장관은 순환골재 등의 무사용 건설공사의 발주자가 제38조에 따른 순환골재 및 순환골재 재활용 제품의 사용의무를 준수하지 아니하는 경우에는 순환골재 및 순환골재 재활용 제품의 사용을 권고하거나 시정조치를 명할 수 있다.

2.7 제59조(건설폐기물 처리업의 재정지원)

- ① 환경부장관 또는 국토해양부장관은 건설폐기물을 친환경적으로 적절하게 처리하여 재활용을 촉진하기 위하여 필요하다고 인정되면 건설폐기물 처리시설을 설치하려는 자에게 비용의 일부를 지원할 수 있다.
- ② 제1항에 따른 재정지원에 필요한 사항은 대통령령으로 정한다.

3. 국내 콘크리트 포장 건설 현황

국내 고속국도의 콘크리트 포장(고속국도 기준)은 2010년 기준 약 10,429km/1차로 건설되어 있다. 공용 년수별 연장은 그림 1에서 보는 것과 같이 10년 이내에 많이 건설되어 있는 것을 알 수 있다. 또한, 설계 수명 20년이 경과된 구간 연장은 약 381km/1차로인 것으로 조사되었다. 고속국도 콘크리트 포장 배합 구성은 그림 2에서 보는 것과 같이 전체 체적의 70%가 골재로서 재활용시 순환골재가 많이 생산될 가능성이 있음을 알 수 있다.

현재 대부분의 노후화된 콘크리트 포장 보수 방법으로 절삭 후 아스팔트 덧씌우기 포장을 실시하고

있으나, 절삭 후 아스팔트 덧씌우기 포장의 조기 파손과 향후 지속적으로 노후화된 콘크리트 포장의 증가가 예상되어 공용 년수를 확보할 수 있는 보수 공법 검토가 필요할 것으로 판단되며 기존 콘크리트 포장 재료의 재활용을 통한 신설 수준의 콘크리트 포장 건설도 검토해 볼 수 있을 것으로 사료된다.

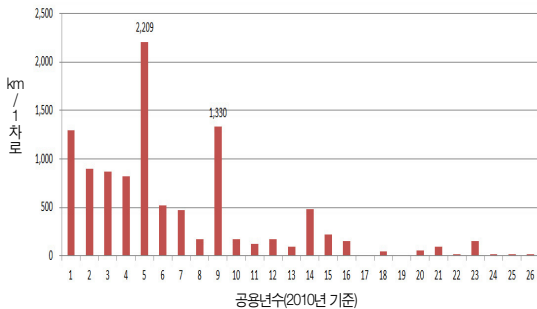


그림 1. 고속국도 콘크리트 포장 공용년수별 건설 현황

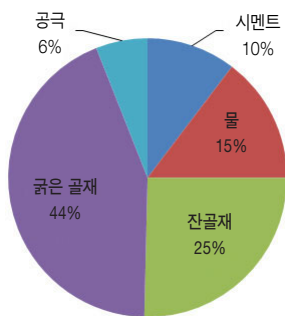


그림 2. 고속국도 콘크리트 포장 배합 재료별 구성률 (체적 기준)

4. 미국 콘크리트 포장 재활용 사례

콘크리트 포장 건설 및 유지관리에 오랜 역사를 갖춘 미국 사례를 통하여 우리나라 노후화된 콘크리트 포장의 재활용 방안을 모색해보고자 한다. 미국 도로연방청 2004년 자료에서 미국의 많은 주정부에서 재활용 골재를 포장 또는 다른 분야에 적용된 사

례가 그림 3과 같음을 보고하였다.

4.1 미국 도로연방청 사례

미국 도로연방청 FHWA Technical Advisory “Use of Recycled Concrete Pavement as Aggregate in Hydraulic-Cement Concrete Pavement” 자료를 검토해 보았다.

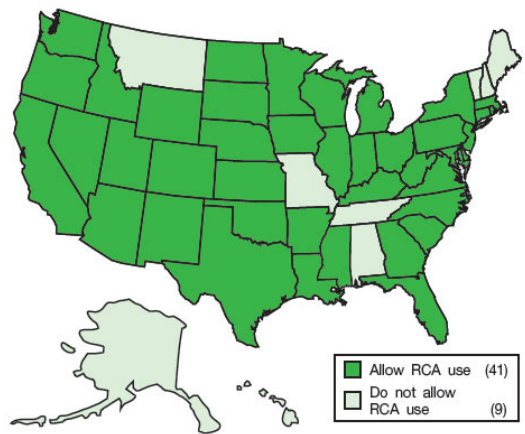


그림 3. 미국재활용골재 포장 및 다른 분야 적용 사례 (FHWA 2004)

4.1.1 콘크리트 포장을 위한 골재와 같은 재활용 콘크리트 배경

기존 콘크리트 포장 처리는 대다수 포장의 채시공 프로젝트에서 종종 직면하는 문제이다. 골재 생산과 같은 재활용 콘크리트는 주정부, 산업계 및 많은 외국 기관에서 일반적인 업무이다. 미국 도로연방청 정책 정관 “Formal Policy on the Use of Recycled Materials”, 2002. 2.7일 자료에 주별 기존 고속도로 시스템 건설에 사용된 재료의 재활용”에서는 경제성이 좋고, 환경적이고 공학적으로 만들도록 하고 있다. 재활용 재료를 반듯이 알맞은 방법으로 사용 되도록 하고 있다. 고속도로 시스템이 공용성, 안전성 또는 환경적인 영향이 없어야 한다. 기존 콘크리트의 제거 및 처리와 관련하여 환경적인 이슈와 가격은 프로젝트 발전 초기에 반듯이 설명되어야 한

다. 기존 포장 처리를 위한 옵션은 다음과 같다.

- 현장에서 제거 및 인접지역에서 처리, 또는 쇄석 기층과 같은 환경적인 처리
- 기존 포장 위에 덧씌우기 시공
- Cracking 및 Sealing 또는 기존 포장의 러벌라 이징 및 상부에 신설 포장 시공
- 쇄석기층, 안정처리기층, 보조기층 또는 길어깨 재료 사용을 위해 생산기 내에서 제거된 포장 처리
- 덧채움재, 쇄석 채움재 또는 낮은 공용성을 기대할 수 있는 아스팔트 또는 콘크리트에 사용하기에 적당한 재활용 골재를 제거된 콘크리트 포장 처리
- 높은 공용성의 콘크리트 또는 아스팔트에 사용하기에 적당한 높은 품질의 재활용 골재를 제거된 콘크리트 포장 처리

4.1.2 기존 콘크리트 포장이 재료관련 파손이 있는 경우 신설 콘크리트 포장에서 재활용할 수 있는가?

- 재료관련 파손이 있는 콘크리트는 파손 원인이 설계 전에 인식되었거나 고유한 억제 측정으로 재료 관련 파손 반복이 없음에 대한 보증이 신설 포장에 채택된다면 사용할 수 있다. 노후된 포장 재활용을 위한 의사결정과정에서 재료공학자들은 현장을 방문하여 손상의 종류 및 범위를 조사해야 한다. 가장 일반적인 재료 관련 파손은 알칼리-골재 반응과 D-균열이다.

4.1.3 재활용 골재의 품질 보증 기준

표 1. 콘크리트 역학적 특성의 재활용 골재 영향

구 분	기대 범위는 초기 골재에 사용한 유사 배합 변화 (ACI 555R)	
	굵은골재 재활용시	굵은골재 및 잔골재 재활용시
압축강도	5~24% 이하	15~24% 이하
강도편차	약간 높음	약간 높음
탄성계수	10~33% 이하	25~40% 이하
크 리 프	30~60% 이상	30~60% 이상

인장강도	10% 이하	10~20% 이하
투 수 성	200~500% 이상	200~500% 이상
열 팽 창 계수	굵은골재 사용에 대해 기대치보다 일부 낮음	굵은골재 사용에 대해 기대치보다 일부 낮음
단위중량	5~10% 낮음	5~10% 낮음

표 2. 신설 콘크리트 특성의 재활용 골재 영향

구 분	기대 범위는 초기 골재에 사용한 유사 배합 변화 (ACI 555R)	
	굵은골재 재활용시	굵은골재 및 잔골재 재활용시
물 요구	높음	매우 높음
건조수축	20~50% 이상	70~100 이상
마무리	매우 어려움	매우 어려움

표 3. 콘크리트 내구 특성의 재활용 골재 영향

구 분	기대 범위는 초기 골재에 사용한 유사 배합 변화 (ACI 555R)	
	굵은골재 재활용시	굵은골재 및 잔골재 재활용시
부식률	빠를 수 있음	빠를 수 있음
동결-융해 내구성	연행 공극에 의존	연행 공극에 의존
중성화	65% 이상	65% 이상
내황산성	배합에 의존	배합에 의존

4.2 미국 워싱턴 교통국 사례

4.2.1 재활용 골재 사용시 고려사항

미국 워싱턴 교통국 사례를 검토해 보았다. 워싱턴 교통국에서 재활용을 고려하게 된 주된 이유는 기존 포장에 양질의 골재가 있기 때문이었다. 워싱턴 포장은 세계에서 가장 높은 품질의 골재를 포함하고 있으며 이 사실은 콘크리트 포장 및 아스팔트 포장의 좋은 공용성을 위해 사유로서 인정되기 때문이다. 미국 연방고속도로 I-5 구간은 시애틀 도심지를 관통하여 포장 교체시 기존 포장에서 골재를 재활용하는 것이 유리한 지역에 위치한 예가 될 수 있다. 재활용은 신설 포장에 대한 골재원으로서 기존 포장의 사용이 고려되는 다양한 이유이다.

- 높은 품질, 골재 원석 공급처 고갈

- 골재 야적장 고갈
- 처리 비용 증가
- 지속성(자원의 보존)
- 프로젝트 비용의 전반적 감소

Snyder(2006, unpublished report)의 연구에서 콘크리트 포장의 강도와 공용성은 콘크리트를 생산하기 위한 골재에 크게 의존하며, 재활용 골재는 표 4와 같이 초기 골재와 크게 다르다고 보고하였다. 재활용 골재를 포함한 신설 콘크리트의 물리적 특성은 표 5와 같다. 재활용 골재가 포함된 경화된 콘크리트의 물리적인 특성은 표 6과 같다. 재활용 골재가 포함된 콘크리트 포장의 역학적 거동은 표 7과 같다. 또한, 작업성, 내구성 및 강도의 적정한 수준을 얻기 위한 재활용 골재 사용 콘크리트 포장에 대한 고려 사항은 표 8과 같다. 재활용 골재를 사용한 콘크리트 포장 설계시 고려사항은 표 9와 같다.

표 4. 재활용 골재 콘크리트 골재의 특성

구분	초기 골재	재활용 골재
형상 및 외형	매우 둥글고 매끈 (자갈) 각형이고 거침 (쇄석 골재)	거친 표면에 각형
흡수율	0.8~3.7%	3.7~8.7%
단위 중량	2.4~2.9	2.1~2.4
마모율	15~30%	20~45%
황산나트륨 저항성	7~21%	18~59%
황산마그네슘 저항성	4~7%	1~9%
염소 성분	0~1.2kg/m ³	0.6~7.1kg/m ³

표 5. 재활용 골재를 포함한 신설 콘크리트 특성

구분	재활용 사용 배합
작업성	<ul style="list-style-type: none"> • 굵은골재와 잔골재 파편이 사용될 때 불량한 작업성과 거침 • 슬럼프의 급격한 손실 • 문제는 천연 잔골재가 조합된 굵은골재 파편을 사용하여 해결
물 요구량	<ul style="list-style-type: none"> • 높은 흡수율 때문에 재활용 골재 배합율이 높다 • 물량 조절은 흡수율 변화 때문에 매우 어렵다
공기량	<ul style="list-style-type: none"> • 재활용 골재 및 기존 모르타르 공극의 높은 다공성 때문에 높고 변화가 많다

표 6. 재활용 골재 포함한 경화 콘크리트 특성

구분	재활용 사용 배합	
압축강도	천연 골재 구성이 감소하기 때문에 일반적으로 약간 낮음	
휨강도	기존 골재의 품질에 의존하며 사용된 잔골재 재활용량에 따라 변화되며 일반적으로 약간 낮음	
탄성계수	재활용 골재 입자의 낮은 탄성계수로 인해 천연 골재보다 20~40% 낮음	
내구성	동결-융해	초기 골재 배합보다 우수
	D-균열	작은 크기로 초기 골재를 분쇄했기 때문에 잠재적으로 감소
	ASR	분쇄로 인해 골재의 표면적이 증가되어 잠재적으로 증가
철근과 접착강도	초기 골재 배합과 동일, 그러나 잔골재로 재활용 된다면 감소	
크리프	높은 시멘트 페이스트 마찰 때문에 높음	
건조수축	높은 시멘트 페이스트 마찰 때문에 높음	

표 7. 재활용 골재 포함한 콘크리트의 역학적인 거동

구분	재활용 골재 사용 콘크리트 포장
슬래브 균열	내부 균열의 초과 발생이 재활용 골재 배합으로 높은 건조수축, 높은 열팽창 및 수축 때문에 줄어 콘크리트 포장에서 보고되었다. 그러나, 문제는 극단적으로 긴 줄은 간격에서 심할 수 있음
하중전달	<p>불량한 하중 전달 성능은 다음과 같은 원인 때문이다.</p> <ul style="list-style-type: none"> - 작은 크기 굵은골재가 골재 입자의 인터록킹 전부를 이완하기 위해 작은 균열 벌어짐만 요구하기 때문 - 천연 골재 입자의 낮은 구성률은 높은 하중 전달 성능을 갖는다 - 재활용 골재 포장의 페이스트 구성의 낮은 마모 저항성은 하중 전달의 급격한 손실이 나타날 수 있음
내구성	만일, 적절한 치리가 D-균열에 민감한 골재, 동결-융해 및 ASR 민감성 처리했다면 문제가 되지 않음

표 8. 재활용 골재 사용시 콘크리트 포장의 고려사항

설계배합 구분	설계 관련	재활용 골재 특성 관련성	해결 방법
작업성	거친 배합은 재활용 잔골재가 배합에 사용될 때 나타남	<ul style="list-style-type: none"> • 재활용 잔골재의 입형 • 재활용 잔골재의 높은 흡수율 	<ul style="list-style-type: none"> • 천연 잔골재의 사용 또는 재활용 골재를 30% 제한 • 부분적으로 시멘트를 교체하는 플라이애시 사용
	콘크리트 타설 동안 작업성 급격한 손실	<ul style="list-style-type: none"> • 재활용 잔골재의 높은 흡수율 	<ul style="list-style-type: none"> • 상동
내구성	골재 재활용 내구성 저하	<ul style="list-style-type: none"> • 골재와 시멘트에 골재 존재 (초기 재료 저하) 	<ul style="list-style-type: none"> • 플라이애시 사용 • 작은 크기 굵은골재 사용 • 물-시멘트율 감소
	D 균열이 있는 기존 포장	-	<ul style="list-style-type: none"> • 최대 크기를 작게 분쇄 • 내구성 증가시키기 위해 배합시 플라이애시 사용
	반응성 골재가 있는 기존 포장	-	<ul style="list-style-type: none"> • 내구성 증가시키기 위해 배합시 플라이애시 사용 • 재활용 골재와 초기 골재 혼합 사용 고려 • 저알칼리 시멘트 사용
강도	재활용 골재 배합의 강도는 일반적 배합보다 낮음	<ul style="list-style-type: none"> • 잔골재 재활용 • 골재와 같은 시멘트 입자 연성 	<ul style="list-style-type: none"> • 잔골재 재활용 제한량 • 감수제 사용 • 시멘트량 증가
	재활용 골재의 세척은 강도를 위해 요구됨	<ul style="list-style-type: none"> • 재활용 골재에서 재료 파손 	<ul style="list-style-type: none"> • 세척과 비세척 처리 사이에서 강도 차이는 결론이 없음

표 9. 재활용 골재 사용시 콘크리트 포장 설계시 고려사항

콘크리트 포장 설계 인자	설계시 고려사항
포장 형식	<p>짧은 줄눈 간격의 줄눈 콘크리트 포장(JCP)이 횡방향 균열 방지와 골재 인터록킹 확실성을 위해 제안된다.</p> <p>JRCP와 CRCP는 다음 사항을 고려할 수 있다.</p> <ul style="list-style-type: none"> • 큰 크기 골재 사용 • 재활용 골재와 초기 골재 혼합 사용 • 보강 철근량 증가
포장 두께	2층 포설을 하더라도 일반적인 설계 두께는 동일 (예, 상부는 고품질의 초기 골재의 마모층, 하부는 재활용 골재)
줄눈 간격	짧은 줄눈 간격은 균열 벌어짐 폭을 줄일 수 있음
하중 전달	다웰바는 횡방향 줄눈에 사용; 균열(보강 철근 포장에 대해)에서 하중 전달은 포장 형식의 단면 목록에서 주요 고려 요인
줄눈재 공간 설계	신설 제안이 건조 수축 증가로 인해 필요할 수 있음
기층 형식	JCP인 경우 일반적인 기층 형식과 유사 보강 철근인 경우 강한 내구성 사용과 침식이 없는 기층 고려
보강 철근	종방향 철근 보강의 증가는 골재의 인터록킹을 유지하고 균열을 견고하게 하기 위해 JRCP 및 CRCP에서 요구된다.
길어깨 형식	일반적인 설계와 동일

표 10. 미국 주 교통국별 재활용 골재 사용 콘크리트 포장 적용 사례(1980년대 초반~1990년대 중반)

주 교통국	노선 번호	시공 년도	형 식	공용성
Colorado	I70/I76, Denver N.	1982	JRCP	
Connecticut	I-84, Waterbury	1979-1980	제어 단면으로 JRCP내에 JRCP	제어 단면과 동일
Illinois	I-57, Effingham	1986-1987	CRCP내에 JRCP	양호
Iowa	E18, Green Country	1985-1993	0.5~6.2 마일 연장에서 JCP 10개 시험구간	양호
	E-18,26, Green Country	1987	JCP	양호
	E-33, Green Country	1988	JCP	양호
	P-14, Green Country	1988	JCP	양호
	E-19, Green Country	1988	JCP	양호
	P-46, Green Country	1988, 1989	JCP	양호
	E-35, Green Country	1993	JCP	양호
Kansas	I-235, Wichita	1985	JCP내에 D 균열 JRCP	양호
	K-7, Johnson Country	1985	JCP내에 D 균열 JRCP	
	I-70, W. of Junction City	1990	JCP내에 D 균열 JRCP	
Michigan	I-94, Battle Creek	1983	JRCP내에 JRCP, I-94 프로젝트 최초 10 단면	
	I-94, Harford	1984		보통
	I-75, Flat Rock	1984	JRCP내에 JRCP	
	I-75, Luna Pier	1985		불량
	I-94, Albion	1985	JRCP내에 JRCP, 잔골재 30% 재활용	
	I-94, Battle Creek	1986	JRCP내에 JRCP	
	I-94, Kalamazoo	1985	JRCP내에 JRCP, 천연 잔골재 100%	불량
	I-94, Paw Paw EB	1986	JRCP내에 JRCP	양호
	I-94, Paw Paw EB	1986	JRCP내에 JRCP	불량
	Lodge Freeway, Detroit	1987	JRCP내에 JRCP	양호
	I-75, Monroe Country	1988	1985년 이후 I-75에 5구간 추가	
	I-94, Paw Paw EB	1988	JRCP내에 JRCP	불량
	I-94, Paw Paw EB	1988	JRCP내에 JRCP	
	I-96, East Country	1988	1986년 이후 I-96에 5 구간 추가	
Minnesota	U.S. 59, Worthington	1980	JCP내에 JCP, 1구간 D 균열 골재 사용, WB는 기준 단면	보통
	T.H.14, Steele Country	1983	D 균열이 있는 JRCP	
	U.S. 52, Goodhue Co.	1984	JRCP	보통
	I-90, Beaver Creek	1984	JRCP D 균열 포장 재활용	보통
	U.S. 52, Olmstead Co.	1985	JRCP	
	I-94, Ottertail Co.	1985	JRCP	
	I-94, T.H. 79 to T.H. 59	1986	JRCP	
	I-94, Fergus Falls	1987-1988	D 균열 포장 재활용	
	I-94, Brandon	1988	JRCP	양호
T.H. 60, Mountain Lake	1988	N. of I-90		

〈표 계속〉

주 교통국	노선 번호	시공 년도	형 식	공용성
North Dakota	I-94, Cleveland	1983	JCP 내에 JCP, 포장은 D 균열 징후 나타남	
	I-29, Hillsboro	1984	JCP내에 CRCP	보통
	I-94, Eckelson	1984	JCP 내에 JCP, 포장은 D 균열 징후 나타남	
Oklahoma	I-40, Oklahoma City	1983	JCP내에 JCP, D 균열, 다웰바 없음	
	I-35, Edmond	1988	에폭시 코팅된 철근으로 CRCP	
Wisconsin	I-94, Menomonie	1983	JCP 내에 JRCP	불량
	I-90 & I-94, Madison	1984	2차선 추가 및 길어깨	
	I-90, Janesville	1984	CRCP 내에 JRCP	
	I-90, Rock Country	1985	CRCP 내에 JRCP	
	I-90/94, Monroe Country	1985	CRCP 내에 JRCP & CRCP	
	I-90, Rock Country	1986	CRCP 내에 JRCP	매우 양호
	I-90, Rock Country	1986	CRCP 내에 JRCP	
	I-90, Rock Country	1987	CRCP 내에 JRCP & CRCP	
	I-94, Jackson Country	1987	CRCP 내에 JRCP	
	I-90, Rock & Dance Co.	1989	JCP 내에 JRCP	
	I-90, Dane Country	1990	JCP 내에 JRCP	
	I-90/94, Sauk & Juneau Co.	1990	JCP 내에 JRCP	
	STH 29, Chippewa Co.	1993	JCP 내에 JRCP	
Wyoming	I-80, Pine Bluffs	1985	ASR 반응 골재가 1구간 사용	양호
	I-80, Green River	1985		양호
	I-25, Evanston Vic.	1986	JCP 내에 JCP	양호
	I-80, Rock Springs Vic.	1986	JCP 내에 JCP	양호
	I-80, Rock Springs Vic.	1987	JCP 내에 JCP	양호
	I-80, Cheyenne Vic.	1987	JCP 내에 JCP	양호
	I-80, MP Pine Bluffs Vic.	1987	JCP 내에 JCP	불량
	I-80, MP Cheyenne Vic.	1988	JCP 내에 JCP	양호
	I-80, Burns Vic.	1989	JCP 내에 JCP	양호
I-80, Cheyenne	1994	다웰 줄눈 JCP 내에 JCP		

표 11. 미국 주 교통국별 재활용 골재 사용 콘크리트 포장 적용 사례(2006~2009)

주 교통국	노선 번호	시공 년도	형 식	공용성
Idaho	I-85, Mountain Home	1990-91	굵은골재만 적용, 배합 거침, 물 요구량 많음	양호
Oregon	I-84, Le Grande	?	CRCP, WB lane	
South Carolina	I-95, Florence	2003-2004	신설 JCP 다웰 적용	양호
Texas	IH-10, Houston	1995	CRCP 내에 CRCP	양호
Wyoming	I-80, Telephone Canyon	1997	WYDOT Bob Rothwell에 의해 추가	양호
	I-80, Laramie Marginal	1997	WYDOT Bob Rothwell에 의해 추가	양호
	I-25, Cheyenne Marginal	1999	WYDOT Bob Rothwell에 의해 추가	양호
	I-25, Cheyenne Marginal	2001	WYDOT Bob Rothwell에 의해 추가	양호

4.2.2 콘크리트 포장 재활용 골재 적용 사례

Snyder에 의해 수집된 1980년대 초반부터 1990년대 중반까지 건설된 미국 주 교통국에 의해 재활용 골재를 사용한 콘크리트 포장에 대한 자료는 표 10과 같다. 워싱턴주 교통국에서 2006년부터 2009에 조사된 자료는 표 11과 같다. 이외 1994년과 2006년 조사된 자료는 참고문헌을 참고하기 바람에 미국의 경우 많은 주 교통국에서 기존 콘크리트포장에서 분리된 재활용 골재를 재시공 프로젝트에 다시 사용하는 사례가 많은 것으로 보고되고 있다.

5. 맺음말

우리나라에서는 그동안 시멘트 콘크리트 포장은 신설로만 건설되었다. 신설 건설시 시멘트 콘크리트 포장에 사용되는 굵은 골재는 대상 노선 내에서 발생되는 원석을 파쇄하여 사용하였다. 그러나, 향후 노후된 시멘트 콘크리트 포장이 대규모적인 재시공이 필요한 경우 골재 수급을 위한 공급원 선정은 매우 어려울 수 있다. 미국의 사례에서 살펴본 바와 같이 노후된 콘크리트 포장의 골재 공급원으로 기존 콘크리트 포장에서 분리된 골재를 사용하여 좋은 공용 상태를 유지하고 있는 많은 프로젝트가 보고되었음을 알 수 있었으며, 우리나라의 경우도 이와 같은 사례를 참고할 필요가 있다고 판단된다. 현재 및 미래 건설분야는 자원의 재활용이 환경적인 문제 및 법률적인 규정으로 인해 필연적일 수 밖에 없는 실정이다. 노후된 콘크리트에 사용된 골재의 재활용은 현재 및 미래에 직면하게 될 환경적인 문제와 법률적인 규정을 해결할 수 있는 자원 재활용의 좋은 사례가 될 수 있을 것으로 판단된다. 그러나, 앞에서 살펴본 바와 같이 재활용 골재는 초기에 사용된 천연골재 및 쇄석골재와 비교하여 품질적인 측면과 시공적인 측면에서 해결해야 할 많은 문제점이 있는

것을 알 수 있었다. 특히, 재활용 골재를 사용한 콘크리트의 품질 및 시공특성은 사용하고자 하는 기존 포장체의 파손 유형, 재활용 골재의 입도, 물리적인 특성 등이 천연골재와 매우 다르므로 다양한 분야의 연구가 필요함을 알 수 있다. 향후 산·학·연을 중심으로 노후된 콘크리트 포장에 재활용 골재를 사용하기 위한 다양한 문제를 해결하려는 많은 연구가 요구된다고 할 수 있다.

참고 문헌

1. FHWA 2004, "Recycled Concrete Aggregate-Federal Highway Administration National Review." Federal Highway Administration, Washington, D.C. [www.fhwa .dot.gov/pavement/recycling/rec.cfm](http://www.fhwa.dot.gov/pavement/recycling/rec.cfm). Last accessed 2/09/2010.
2. King W. Gee, "Use of Recycled Concrete Pavement as Aggregate in Hydraulic-Cement Concrete Pavement", FHWA (Federal Highway Administration), Technical Advisory, T 5040.37, July 3, 2007.
3. Keith W. Anderson, Jeff S. Uhlmeier, Mark Russel, "Use of Recycled Concrete Aggregate in PCCP: Literature Search", WA-RD 726.1, June 2009.
4. Cuttel, G. D., Snyder, M. B., Vandenbossche, J.M., and Wade, M.J. "Performance of Rigid Pavements Containing Recycled Concrete Aggregate". Transportation Research Record 1574. Transportation Research Board, Washington, D.C. 1997.
5. Gress, D.L., Snyder, M.B. and Sturtevant, J. R., "Performance of Rigid Pavements Containing Recycled Concrete Aggregate-2006 Update". Transportation Research Board 86th Annual Meeting. January 2007.