

현장파쇄 재생골재 활용 빈배합 콘크리트

Lean Concrete Using the Site-crushed Recycled Aggregates

심재원* 김진철* 강혜진** 조규성***
Shim, Jae-Won Kim, Jin-cheol Kang, Hye-Jin Jo, Gyu-Seung

ABSTRACT

To select the proper material for lean concrete, the recycled aggregates produced by 3 crushers, such as jaw, impact and mill-treated, were investigated for the gradation and the compaction, and strength of concrete made of them.

The experiments for all the recycled aggregates used, showed that the cylinders made of them had 7-day compressive strengths over 50kgf/cm^2 , the provision of qualification, and the OMCs are in the range 5.7% to 6.8%. Also, the unit cement contents for the impact-crushed are 158kg/cm^2 .

1. 서론

건설산업은 다른 산업에 비해 많은 양의 폐기물이 발생되며, 높지 않은 기술수준으로 쉽게 재활용할 수 있는 특징이 있으나 재활용과정에 있어 중량이 크고 발생시기가 특정기간에 집중되는 특성을 지니고 있어 처리와 재활용과정의 어려움에서 발생하는 환경유해성은 크다.

건설폐기물의 발생현황은 2001년도 건설폐기물은 1일 약 10만톤이 발생되며, 폐콘크리트가 약 61%를 차지하고 있으나 그동안의 경제성장 및 최근의 건설수요를 감안할 때 발생량은 더욱 증가할 것으로 전망된다. 건설폐기물의 재활용률은 2001년에 약 86%로서 매우 높지만 대부분 성토 및 매립용 등과 같은 저급재료에 약 90% 이상 사용되고 있어 도로기층용, 콘크리트용 골재 등과 같은 고부가가치 용도에서 재활용 실적은 매우 저조한 실정이다.

이와같이 고부가가치 용도로서 재활용 실적이 저조한 것은 건설폐기물의 발생, 해체, 운반, 재활용의 각 단계에서 분리선별되지 않으며, 재활용 제품의 품질에 대한 의구심, 관련 시방지침의 부재도 큰 문제점으로 지적되고 있다.

* 정회원, 한국도로공사 도로교통기술원 책임연구원
** 정회원, 한국도로공사 도로교통기술원 연구원
*** 정회원, 한국도로공사 도로교통기술원 과장

그러나 고속도로 건설공사중 발생하는 폐콘크리트는 상태가 양호하여 도로포장재료로 재사용하기에 손색이 없으며, 선택층, 빈배합콘크리트 기층 등과 같은 용도에 대해서는 품질기준이 일반 콘크리트용에 비하여 낮고 직접적으로 하중을 분담하지 않으므로 폐콘크리트의 재활용 용도로서 적합하다.

따라서, 본 연구에서는 건설폐기물의 효율적인 재활용 방안의 일환으로 고속도로 건설 및 유지관리 과정에서 발생하는 폐콘크리트를 도로포장용 재료로 재활용함으로써 용도를 확대하고 위탁처리비용의 절감과 환경친화적 고속도로 건설에 일조하기 위하여 재생골재를 사용하는 빈배합 콘크리트의 실내시험을 통한 적정 배합을 도출하고자 하였다.

2. 실험개요

2.1 사용재료

시멘트는 보통포틀랜드시멘트를 사용하였으며, 골재종류가 미치는 영향을 고찰하기 위하여 최대치수 25mm인 천연 쇄석골재, Jaw, Impact 파쇄기로 현장파쇄된 2종류 재생골재 및 재활용 업체에서 생산한 재생골재에 대하여 표 1과 같이 동일입도로 제조하여 빈배합 콘크리트의 강도특성을 고찰하였다. 또한 Impact로 현장파쇄된 최대치수 40mm 재생골재에 대하여 단위시멘트량이 빈배합 콘크리트의 강도에 미치는 영향을 고찰하였으며, 이때 잔골재는 비중 2.6인 일반 세척사를 사용하였다.

표 1 빈배합 콘크리트용 골재의 입도

호칭치수(mm)	통과백분율(%)	
	시방입도	사용입도
40	100	100
25	90~100	95.4
20	50~100	77.2
10	40~75	61.7
5	35~60	42.7
0.6	10~30	23.3
0.08	3~12	5.5

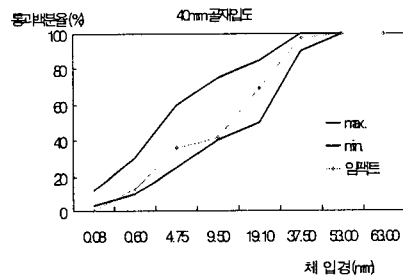


그림.1 빈배합용 재생골재 입도분포곡선

2.2 실험 방법

2.2.1 빈배합 콘크리트의 다짐

빈배합 콘크리트의 제조방법은 일반콘크리트와 유사한 습식법과 흙의 다짐시험을 이용한 건식법이 있으나, 우리나라에서는 도로포장 공기단축을 위하여 대부분 건식법을 채택하고 있다. 건식법에 의한 빈배합 콘크리트의 제조방법은 절건상태의 골재 및 시멘트를 혼합하고 재료의 함수율을 변화시키면서

KS F 2312에 규정된 D-2다짐(램머중량 4.5kg, 낙하높이 45cm, 다짐회수 92회)방법으로 2층 92회 다짐 후, 3층은 Jack을 이용하여 마감하여 $\phi 15 \times 30\text{cm}$ 공시체를 제작하였다. 빈배합콘크리트는 재령 1일에 탈형하여 습윤포로 6일동안 양생하고, 1일 수침 양생한 후 압축강도시험을 실시하였다.

2.2.2 빈배합 콘크리트 배합

○ Series I : 최대치수 25mm, 4종류의 골재에 대하여 표 2의 고속도로 건설공사용 빈배합 콘크리트 시방배합을 기준으로 공시체를 제조하였다. 이때, 골재입도에 대한 영향인자를 없애기 위하여 4종류 골재는 동일 입도를 사용하였다.

표 2 적정 파쇄기를 결정하기 위해 사용된 빈배합콘크리트의 시방배합

시멘트량 (kg/m ³)	단위수량 (kg/m ³)	단위골재량(kg/m ³)				
		25mm	19mm	10mm	No. 4	모래
158	127	98.2	388.4	330.8	405.5	911.3

○ Series II : Series I의 실험결과로부터 Impact 파쇄기로 현장파쇄하여 제조된 최대치수 40mm 재생 골재를 활용하여 굵은 골재와 잔골재를 69:31로 조정하여 표 3과 같이 단위시멘트량 150, 170 및 190 kg/m³인 빈배합 콘크리트를 제조하였다.

표 3 빈배합 콘크리트의 적정 시멘트량 결정실험에 사용된 배합비

단위시멘트량(kg/m ³)	재생골재(kg/m ³)	잔골재(kg/m ³)
150	1603	922
170	1592	916
190	1582	910

3. 결과 및 고찰

3.1 골재종류의 영향

골재종류별 비중 및 흡수율 측정결과와 4종류 골재를 사용한 빈배합 콘크리트의 최적함수비, 습윤밀

도, 건조밀도, 재령 7일 압축강도 측정결과를 정리한 것이 표 4이다. 비중 및 흡수율 측정결과를 골재 종류별로 비교하면, 천연골재의 비중 및 흡수율은 각각 2.69 및 1.0%인 반면, 재생골재의 비중 및 흡수율은 각각 2.41~2.43 및 5.30~6.33 정도로서, 재생골재에 부착된 모르타르에 의하여 비중이 낮아지고 흡수율이 증가함을 알 수 있다.

본 연구에서 채택한 건식법에 의한 빈배합콘크리트 제조방법은 골재입도에 따라서 영향을 받기 때문에 4종류 골재에 대하여 동일 입도로 빈배합콘크리트 공시체를 제조하였다. 천연골재를 사용한 빈배합 콘크리트의 최적함수비는 표 4에서와 같이 6.5% 정도를 나타내었으나 재생골재를 사용한 경우 골재종류에 따라 7.5~9.1% 정도를 나타내었다. 이와 같이 재생골재를 사용한 빈배합 콘크리트의 최적함수비가 증가하는 것은 전술한 바와 같이 재생골재에 부착된 모르타르 때문으로 판단된다.

또한 동일 입도로 제조된 빈배합콘크리트의 재령 7일 압축강도 측정결과는 동일 배합에서 천연골재의 경우 148kgf/cm²을 나타내었고, Jaw 및 impact로 제조된 재생골재를 사용한 빈배합콘크리트의 경우 각각 132 및 122kgf/cm² 로서 재생골재를 사용함에 따라 압축강도가 약간 감소하였으나 시방규정인 50kgf/cm² 이상을 발현하므로 실제 사용에는 전혀 문제가 없음을 알 수 있었다.

그러나 Jaw에 의해 생산된 재생골재의 경우 파쇄방법의 특성상 시방입도로 제조하기가 곤란한 문제점이 있기 때문에 현장생산여건을 감안하여 실제 현장 적용에는 impact 파쇄 골재를 사용하는 것이 바람직하다고 판단된다.

표 4 골재 종류에 따른 빈배합콘크리트의 다짐시험결과

골재의 종류	비중	흡수율 (%)	빈배합 콘크리트			
			OMC(%)	습윤밀도 (ton/m ³)	건조밀도 (ton/m ³)	7일 압축강도 (kgf/cm ²)
Jaw	2.44	5.55	9.1	2.35	2.15	132
Impact	2.41	6.33	8.7	2.29	2.10	122
재활용업체	2.43	5.30	7.5	2.32	2.18	-
천연골재	2.69	1.00	6.5	2.42	2.27	148

3.2 단위 시멘트량의 영향

현장적용을 감안하여 impact로 제조한 40mm인 재생골재를 선택하였고, 이것과 잔골재의 혼합비율을 46:54로 하였다. 이 재료를 이용한 빈배합콘크리트의 단위 시멘트량에 따른 다짐특성을 정리한 것이 그림 2~4이다. 그림에서 단위 시멘트량 변화에 따라 최적함수비와 건조밀도가 각각 5.7~6.8%와 2.16~2.19 정도로 나타나 큰 차이를 보이지 않았지만, 단위 시멘트량이 임의의 값을 넘어서는 함수비

가 다소 저하하는 경향을 발견하였다. 이것은 분말도가 높은 시멘트의 영향으로 적은 함수비에서도 높은 다짐효과를 발현한 것으로 판단된다.

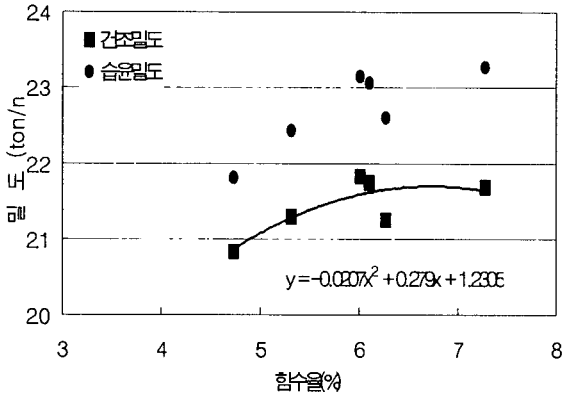


그림 2 빈배합 콘크리트 다짐시험 (C=150, OMC 6.7%)

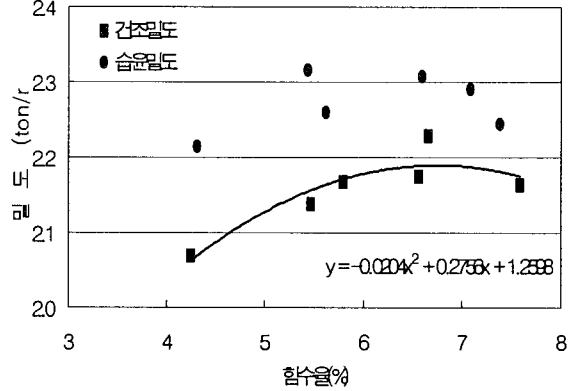


그림 3 빈배합 콘크리트 다짐시험 (C=170, OMC 6.8%)

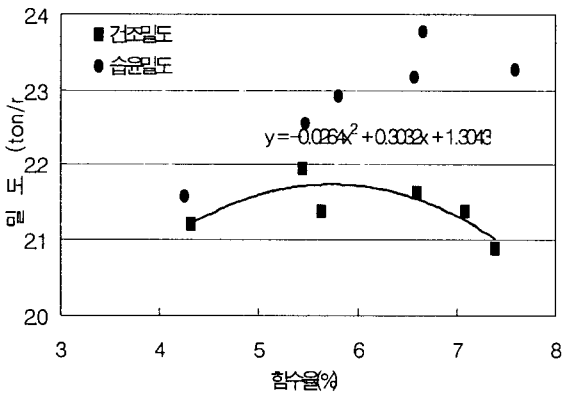


그림 4 빈배합 콘크리트 다짐시험 (C=190, OMC 5.7%)

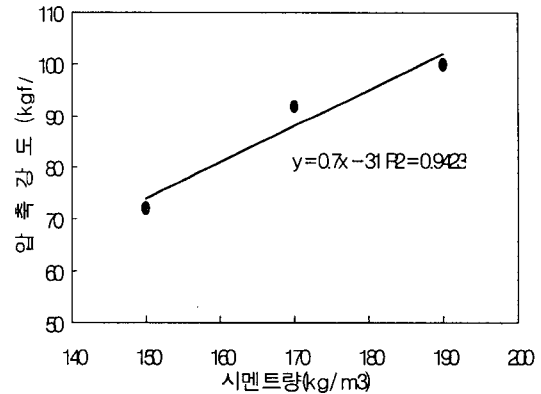


그림 5 단위시멘트량에 따른 압축강도 측정결과

그림 5는 단위시멘트량에 따른 빈배합콘크리트의 압축강도의 추이를 정리한 것으로 단위시멘트량의 증가에 따라 압축강도도 증가하는 경향을 보이나, 골재종류에 따른 결과와 비교할 때, 입도에 따른 영향이 오히려 큰 것으로 판단된다. 그러나, 본 연구에서 대상으로 한 단위시멘트량에 대한 압축강도의 측정결과는 70kgf/cm^2 이상으로 시방규정을 만족하고 있으며, 도로공사의 빈배합콘크리트의 관리규정인 75kgf/cm^2 이상을 얻기 위한 적정 단위시멘트량은 158kg/m^3 로, 천연골재를 사용한 도로공사 표준배합과 유사한 결과를 얻을 수 있었다.

4. 결 론

본 연구에서는 여러 가지 시공조건 하에서 빈배합 콘크리트의 성능을 비교 평가하였으며, 이상의 실험결과로부터 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 천연골재를 포함한 4종류의 재생골재를 동일 입도로 제조하여 빈배합콘크리트의 재령 7일 압축 강도 측정결과를 비교한 결과, 동일배합에서 천연골재와 비교하여 재생골재를 사용할 경우 약 10%의 강도감소를 나타내지만 시방규정이 50kgf/cm^2 이상으로 규정하므로 사용에는 문제가 없음을 알 수 있었다.
- (2) Impact로 제조된 최대치수 40mm 재생골재를 사용하여 빈배합 콘크리트의 단위시멘트량에 따른 다짐특성을 고찰한 결과, 최적함수비는 5.7~6.8% 정도이며, 현장적용 배합강도인 75kgf/cm^2 이상을 발현하기 위한 적정 단위시멘트량은 158kg/m^3 으로서 천연골재를 사용한 도로공사의 표준 배합과 유사한 값을 얻을 수 있었다.

참고문헌

1. Buck, A. D.(1973)., "Recycled Concrete. Highway Research Record 430" p.1~8.
2. Hansen, T. C., Narud, H.(1983). "Strength of Recycled Concrete made Crushed Concrete Aggregate" Concrete International p.79~83.
3. User Guidelines for Waste and By-Products in Pavement Construction. Publication No. FHWA-RD-97-148. FHWA. 1998.
4. Yrjanson, W. A.(1989). Recycling of Portland Cement Concrete Pavements. NCHRP Symposium
5. 이진용(1998), 폐콘크리트의 재활용 기술, 대한토목학회지, 제46권, 제12호, p.11~16.
6. 이진용(2000), 노후된 시멘트 콘크리트 포장재료의 재활용, 한국도로포장공학회, 제2권, 4호 ,p.13~19.
7. 최민수(1998), 건설폐기물의 처리현황 및 재활용 정책 방안, 대한토목학회지, 제46권, 제12호, p.5~10.
8. 한국건설기술연구원(2000), 건설폐기물 재활용 및 처리기술 개발, p.24~27.
9. 한국도로공사. "고속도로공사 전문시방서".