

재생골재를 사용한 콘크리트의 수밀성과 기포조직에 관한 연구

A Study on Permeability and Air-void System of Recycled Aggregate Concrete

신 윤 섭*** 민 창 식* 최 세 규**
Shin, Yoon Seop Min, Chang Sik Choi, Se Kyu

ABSTRACT

In many countries a considerable amount of demolition wastes is generated and wastes concrete constitutes a significant proportion of the construction waste. Therefore, the necessity for the use of recycled aggregate in concrete arise and the reuse of a waste concrete may solve the problems of environmental pollution and shortage of natural aggregate. The purpose of the present study is to investigate the effects of the recycled aggregate on the compressive strength, the permeability and the air-void system.

1. 서 론

최근 토목·건축 구조물들에 대한 재개발이 본격적으로 이루어짐에 따라 건설폐기물의 양이 급격히 증가하고 있다. 건설폐기물의 대부분은 폐콘크리트가 차지하는데 이 중 국내에서 재활용되는 폐콘크리트의 양은 전체의 30%에 불과하다. 나머지 70%의 폐콘크리트는 매립되거나 불법 투기되어 경제적으로는 물론 환경 적인 문제까지 일으키고 있다.

우리나라는 천연 하천골재가 거의 고갈되어 대부분의 골재는 산림의 파괴로 얻어지는 석산골재를 사용하고 있다. 골재의 채취는 자연훼손이라는 심각한 문제를 안고 있으며, 석산골재 또한 언젠가는 고갈되어질 것이므로 이러한 문제를 해결하기 위하여 폐콘크리트를 재활용하기 위한 기초자료 적립이 필요하다.

* 정회원, 동국대학교 토목공학과 교수
** 정회원, 동국대학교 토목공학과 박사수료
*** 정회원, 동국대학교 토목공학과 석사과정

본 연구에서는 폐콘크리트로 만든 재생골재를 사용하여 혼화제를 첨가한 재생골재콘크리트가 천연골재를 사용한 콘크리트와 같이 시공성과 수밀성이 향상되는지를 관찰하였고, 간격계수측정시험을 하여 공극의 분포와 투수의 원인을 확인하였다.

2. 실험개요

2.1 실험계획

본 연구에서는 콘크리트의 구성재료 중 천연 굵은골재 대신 재생골재를 대체하여 사용할 때 소요의 배합강도 및 시공성과 수밀성을 발현할 수 있는 치환율을 알아보기 위해 재생골재를 일반골재에 대하여 30%, 50%, 70%, 100%로 나누어 치환하였다. 토목구조물의 일반적인 배합강도 240kgf/cm^2 를 발현하기 위하여 물-시멘트비는 47.8%로 선정하였으며 재생골재의 치환을 별로 각각 공기연행제(AE제)를 첨가한 경우와 첨가하지 않은 경우로 나누어 실험을 수행하였다. 실험변수 및 조건은 <표 1>에 나타내었다.

표 1 실험 변수 및 실험조건

실험변수	실험조건
W/C(%)	47.8
재생골재 치환율(%)	0, 30, 50, 70, 100
AE제(%)	0, 0.03

2.2 사용재료

시멘트는 H사의 보통 포틀랜드시멘트를 사용하였고, 일반골재는 강모래와 강자갈을 사용하였으며 재생골재는 경기도 일산의 I기업에서 생산되는 골재를 사용하였다. 혼화제는 표준형 감수제와 공기연행제를 사용하였다. 사용된 골재와 혼화제의 물리적인 성질은 <표 2>와 <표 3>에 나타내었다.

표 2 각종 골재의 물리적인 성질

	굵은골재최대치수(mm)	비중	흡수율(%)	F.M.
잔골재	-	2.59	1.30	2.0
굵은골재	25	2.61	0.94	7.25
재생골재	25	2.41	5.24	7.12

표 3 혼화제의 물리적인 성질

명칭	주요성분	비중
LIGACE-AE5(AE제)	고급지방산	1.05 ± 0.05
LIGACE-A(감수제)	Ligno Sulfonate Base 유도체	1.15 ± 0.05

2.3 실험 방법

2.3.1 압축강도 측정시험

실험은 각 변수에 대하여 제령 7일, 14일, 28일의 압축강도를 각각 3개씩 KS F 2421에 의해 측정하였다.

2.3.2 투수계수 측정시험

일본 MARUI사의 삼연식 투수계수측정시험기 규격에 맞추어 높이가 30cm이고, 지름이 15cm이며 중심에 구멍을 뚫은 중공원주형의 공시체를 제작하여 공시체의 바깥 원주면에서부터 수압을 가한 후 일정 시간마다 중심공으로부터의 유출량을 측정하여 그 양이 일정해 질 때의 수량을 이용하여 투수계수를 구하였다.

2.3.3 간격계수 측정시험

ASTM C 457-82a에서 제시한 공극구조의 측정방법 중에 현미경을 이용한 굵은 콘크리트의 기포 조직 및 공기량 측정방법을 사용하여 간격계수를 측정하였다.

3. 콘크리트 배합설계

시험비빔을 통한 시적배합을 수행한 후 콘크리트의 배합설계를 하였으며 그 결과는 <표 4>에 나타내었다. 배합설계 시 AE제를 첨가한 경우는 15~16cm, 첨가하지 않은 경우는 17~18cm로 슬럼프의 목표값을 설정한 후 감수제를 사용하여 조절하였다

4 콘크리트 배합설계표

공시체 분류	슬럼프 (cm)	물시멘트비 (%)	잔골재율 (%)	단위중량 (kgf/m ³)					혼화제	
				물	시멘트	잔골재	재생골재	일반골재	감수제 (g/m ³)	AE제 (g/m ³)
N0	16	47.8	36	190	397	616	0	1126	0	0
N30**	15						338	788	593	
N50	15						563	563	1757	
N70	15						788	338	3090	
N100	16						1126	0	5000	
A0	18	47.8	36	184	386	592	0	1082	0	55
A30	18						325	757	500	
A50	18						541	541	833	
A70	18						757	325	1333	
A100	18						1082	0	2000	

** N 30 → N : AE제 첨가하지 않음(NON-AE). A : AE제 첨가(AE), 30 : 재생골재 치환율

4. 실험 결과 및 분석

4.1 재생골재 치환율에 따른 압축강도

재생골재를 사용한 콘크리트를 평균수온이 23 °C 인 수중에서 양생한 후 재령 7일, 14일, 28일에서의 압축강도를 측정하여 <그림 1>과 <그림 2>에 나타내었다.

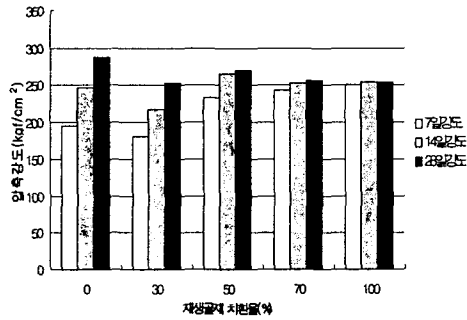


그림 1 재생골재의 치환율에 따른 압축강도(NON-AE)

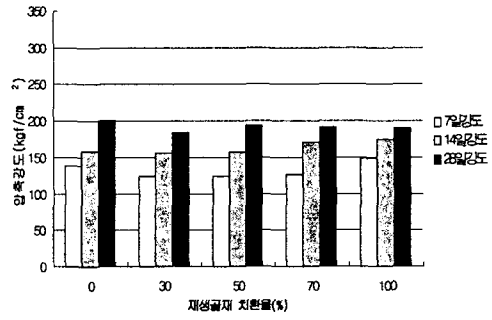


그림 2 재생골재의 치환율에 따른 압축강도(AE)

<그림 1>와 <그림 2>에서 AE제를 첨가하지 않은 경우와 AE제를 첨가한 경우의 재령 28일에서의 압축강도를 각각 비교해 보면 재생골재를 사용한 콘크리트가 재생골재를 사용하지 않은 콘크리트에 대하여 88~93% 와 91~98% 정도의 압축강도를 보이고 있다. 재생골재를 사용한 콘크리트에서의 강도감소는 기존에 제시된 연구결과(박재성, 1999)등에서 나타나 있다.

4.2 재생골재 치환율에 따른 투수계수

재생골재의 치환율 별로 20kgf/cm²와 25kgf/cm²의 수압을 따로 가하여 투수계수를 측정한 결과를 <그림 3>와 <그림 4>에 나타내었다. 그림에서 AE제를 첨가한 경우와 첨가하지 않은 두 가지 경우 모두 일반골재에 대한 재생골재의 치환율이 30%인 배합에서부터 투수계수가 급격히 증가함을 알 수 있다. 또한 AE제를 첨가하지 않은 콘크리트보다 AE제를 첨가한 콘크리트의 투수계수가 더 작은 경향을 보이고 있다.

4.3 재생골재 치환율에 따른 간격계수

<그림 5>과 <그림 6>는 각각의 압력에 따른 투수계수와 간격계수와의 관계를 나타내었다. 두 압력에서 투수계수가 증가함에 따라 간격계수는 감소하는 경향을 보인다. AE제를 첨가한 콘크리트를 기준으로 수압이 20kgf/cm² 일 때 투수계수가 '0'인 부분의 간격계수는 280 μ m~327 μ m의 범위에 분포하고

있다. 이 범위는 물이 투수 되지 않는 기포의 간격계수 범위라고 관찰되어지므로 재생골재를 사용한 콘크리트의 수밀성을 평가 할 때 비교적 단시간에 측정할 수 있는 간격계수의 측정만으로 수밀성을 판단할 수 있는 지표로 사용하면 유용할 것으로 판단된다.

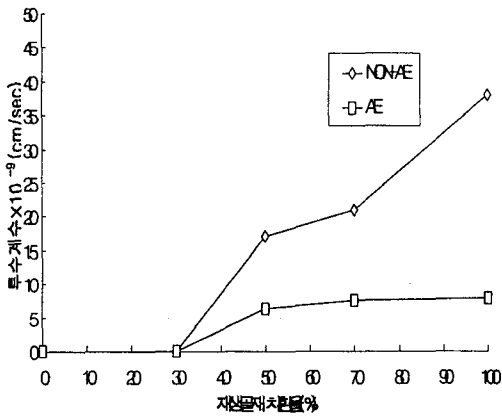


그림 3 수압이 20kgf/cm²일 때 재생골재 치환율에 따른 투수계수

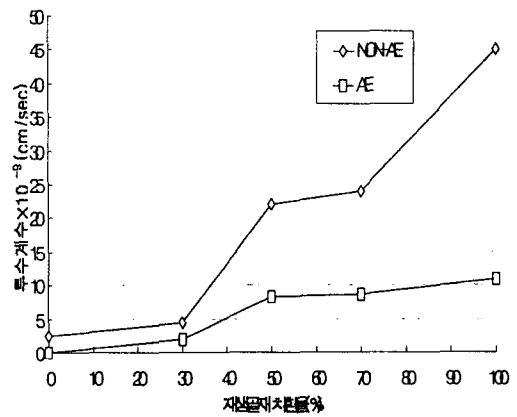


그림 4 수압이 25kgf/cm²일 때 재생골재 치환율에 따른 투수계수

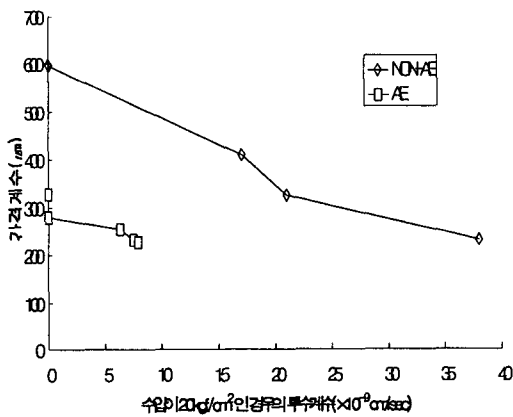


그림 5 수압이 20kgf/cm²일 때 투수계수와 간격계수와의 관계

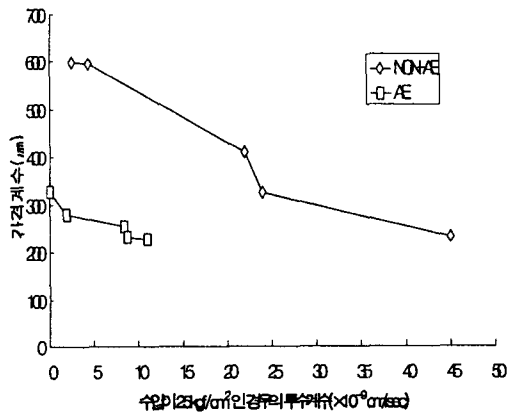


그림 6 수압이 25kgf/cm²일 때 투수계수와 간격계수와의 관계

5. 결론

1. AE제를 첨가하지 않은 경우에 재생골재를 사용한 콘크리트는 재생골재를 사용하지 않은 콘크리트에 비하여 최저 88%에서 최고 93%까지 압축강도가 발현하였으므로 재생골재를 사용하는데 있어서 본 연구에서 목표로 한 배합강도 240kgf/cm^2 에 대하여 압축강도는 큰 영향을 주지 않는 것으로 판단된다. 다만 AE제를 사용할 경우는 AE제를 사용하지 않은 콘크리트에 비하여 최대 30%정도의 강도감소를 보이므로 압축강도 표준편차를 충분히 높게 하여 배합설계를 해야 할 것으로 판단된다.
2. 재생골재의 치환율이 증가할수록 투수계수가 증가하였다. AE제를 첨가한 콘크리트는 AE제를 첨가하지 않은 콘크리트보다 투수계수가 작게 측정되었으므로 일반골재에서와 같이 AE제의 첨가는 수밀성의 개선효과가 있다. 또한 재생골재의 치환율이 30%를 초과하면 투수계수가 급격히 증가하므로 수밀성을 요하는 구조물에 재생골재를 사용할 경우에는 일반골재에 대하여 30%를 초과하여 사용하지 않는 것이 유리한 것으로 판단된다.
3. AE제를 첨가한 경우에 간격계수의 범위가 $280\mu\text{m}\sim 327\mu\text{m}$ 의 범위에서 높은 수밀성을 보이므로, 장시간이 소요되는 투수계수측정시험을 실시하지 않고 간격계수의 측정만으로 수밀성을 판단할 수 있는 지표로 사용하면 유용할 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

1. 국립기술품질원(1998), 폐콘크리트를 이용한 재생골재의 표준화 및 품질평가 시스템 개발연구.
2. 박재성(1999), 폐콘크리트를 사용한 재생골재 콘크리트의 공학적 특성, 석사학위논문, 충북대학교.
3. 임정호(1997), "플라이애쉬를 사용한 콘크리트의 동결융해 저항성 및 기포조직에 관한 연구", 박사학위 논문, 명지대학교
4. ASTM C 33-93(1995), Standard Specification for Concrete Aggregates, Annual Book of ASTM.