

재생골재 치환률에 따른 콘크리트의 역학적 특성

Mechanical Properties of Recycled Aggregate Concrete

이 명 규^{*} 윤 건 호^{**}
Lee, Myung-Kue Youn, Gun-Ho

ABSTRACT

In this paper, the properties of concrete used recycled aggregate are analyzed. The specimens are manufactured for the compressive strength of 210kg/cm² with recycled aggregate ratio of 0%, 20%, 40%, 60%, 80%, 100%, respectively. At curing 28days, compressive strength, tensile strength, flexural strength, dry-shrinkage, static modulus of elasticity and poisson's ratio have been tested according to replacement ratio of recycled aggregate.

1. 서론

현대 사회는 경제 성장과 국민 생활의 향상으로 인해 도시의 재개발, 생활 환경 개선 및 건물의 노후화로 인한 건물의 철거량이 급격히 증가하고 있다. 특히, 폐 콘크리트와 같은 건설폐기물은 전국적으로 매년 막대한 량이 발생하고 있지만, 주로 매립에 의존하여 왔다. 이러한 상황에서 폐 콘크리트의 재활용은 환경 오염에 원인이 되고 있는 불법 매립을 방지 할수 있으며, 부족한 골재 자원 절약이라는 면에서 많은 효과가 기대된다.

본 연구에서는 폐 콘크리트를 재활용하기 위한 재생골재의 물리적 특성 실험을 수행하였다. 자연골재와 재생골재의 치환률(0%, 20%, 40%, 60%, 80%, 100%)에 따라 목표압축강도 210kg/cm²로 재생 콘크리트 시편을 제작하고, 28일 후 콘크리트의 압축강도, 인장강도, 휨 강도 및 건조수축에 의한 길이변화실험를 통하여 재생골재 콘크리트의 기본적인 자료를 제시하고자 한다.

2. 실험 재료 및 방법

2.1 재료 특성

2.1.1 시멘트

본 실험에서는 일반적으로 가장 많이 쓰고 있는 국내산 보통 포틀랜드 시멘트(KS L 5201)를

* 정회원, 전주대학교 토목환경공학과 조교수

** 정회원, 전주대학교 토목환경공학과 석사과정

사용하였다.

2.1.2 골재

본 실험에서 사용된 잔골재와 굵은골재에 대한 물리적 성질 실험 결과는 표 1과 같다.

표 1 골재의 물리적 성질

골재 종류	비중	흡수율(%)	조립율(FA)	마모감율(%)
잔골재	2.57	1.83	2.57	
자연 굵은 골재	2.64	0.98	6.51	29
재생 굵은 골재	2.35	6.3	7.29	44

2.2 실험 방법

2.2.1 배합 설계

본 실험에서 치환률에 따른 배합설계를 자연 골재와 재생골재의 물리적 성질(비중, 현장 상태 등)을 고려하여 배합설계를 했으며, 재생골재 콘크리트의 배합 성과표는 표 2와 같다.

표 2 재생골재 콘크리트의 배합 성과표

치환률	배합량 W/C(%)	S/a(%)	단위량(kg/cm ³)					
			물(W)	시멘트(C)	잔골재(S)	굵은골재(G)		
						자연	재생	계
0	47.6	38.8	190.1	399	691.8	1094.5	0	1094.5
20	48.1		191.9		692.6	855.5	213.9	1069.4
40	48.5		193.6		693.4	626.6	417.8	1044.4
60	48.9		195.2		694.2	407.7	611.6	1019.3
80	49.2		196.7		695.0	198.9	795.4	994.3
100	49.6		198.1		695.8	0	969.3	969.3

2.2.2 실험 방법

본 연구에서는 고려한 실험 항목은 28일후의 압축강도, 인장강도, 휨강도, 건조수축으로 인한 길이변화 실험을 실시하였다. 압축강도와 인장강도의 공시체는 $\varnothing 10 \times 20$ cm의 몰드를 각 4개씩, 그리고 휨강도, 건조수축실험의 공시체는 $7.5 \times 7.5 \times 40$ cm의 몰드를 각 3개씩 제작하였다. 모든 공시체는 직접 손으로 배합하였으며 공시체 제작후 진동다짐을 약 1분 정도 실시하였다. 처음 24시간은 습윤 양생을 하였으며 탈영후 $23 \pm 2^\circ\text{C}$ 로 유지되는 수조에서 소정의 기간동안 수중 양생하였다.

압축강도의 하중 속도는 KS L 5105 규정에 따라 2.0 kg/cm^2 재하하였으며, 압축강도 실험과 동시에 압축 탄성계수와 포아송 비를 측정하였다. 탄성계수와 포아송 비의 측정방법은 strain gauge를 이용하였으며 data logger를 통하여 데이터를 수집하였다. strain gauge의 위치는 압축강도 공시체 표면의 상대방향의 2매씩 4매의 게이지를 접착제를 사용하여 접착시켰으며 그 위치는 그림 1과 같다. 또, 이러한 측정된 실험 데이터를 이용하여 응력과 변형률 곡선을 얻어 할선 탄성계수(secant Young's modulus)를 구하였으며 종방향 변형률과 횡방향 변형률을 이용하여 프아송비(Poisson's ratio)를 계산하였다.

인장강도는 KS L 5104 규정에 따라 실험했으며, 휨 강도는 중앙집중 재하 실험을 실시하였다.

건조수축에 의한 길이변화는 Whittemore strain gauge를 이용하여 공시체의 전면과 측면에 디스크를 부착하여 측정하였으며, 3개의 공시체 중 1개는 파라핀으로 sealed하였다.

3. 실험결과 및 분석

3.1 강도

3.1.1 압축강도

재생골재 치환률에 따른 압축강도는 치환률이 증가함에 따라 압축강도는 저하하는 경향을 나타냈으며 모든 배합에서 배합강도 280kg/cm²에 도달하였다. 치환률에 따른 압축강도의 범위가 348.9~286.3kg/cm²로 치환률 0%에서 100%까지 강도 감소율이 약 18%정도로 큰 차이가 나타나지 않았다. 특히, 치환률이 20%와 40%일 경우는 치환률이 0%인 경우와 비슷하였다. 이 결과로부터 치환률 20%와 40%에서는 재생골재를 재활용성이 있다고 판단된다.

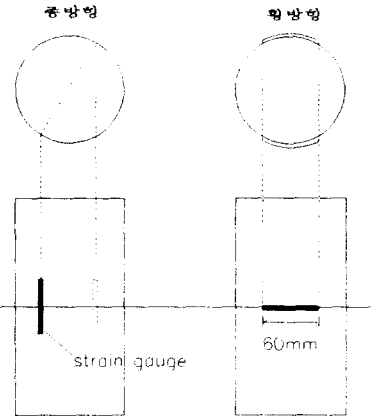


그림 1 strain gauge의 위치

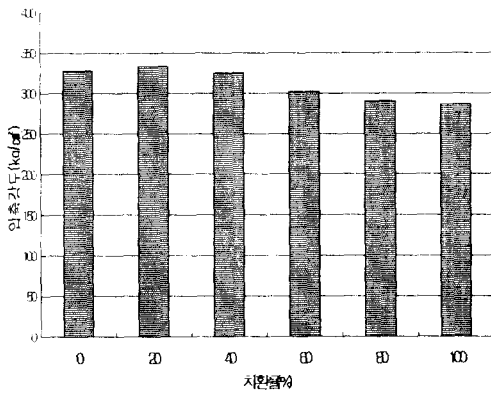


그림 2 재생골재 치환률에 따른 압축강도

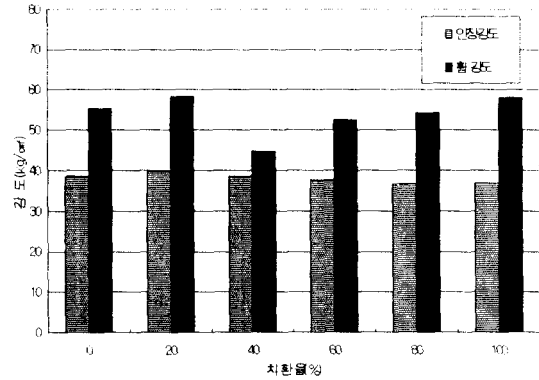


그림 3 재생골재 치환률에 따른 인장·휨강도

3.1.2 인장강도와 휨강도

인장강도는 치환률에 따라 특별한 차이가 없었으며 압축강도결과와 같이 치환률이 20%, 40%인 경우 치환률이 0%인 경우보다 크게 나왔다. 특히, 휨강도는 일정한 경향없이 치환률 20%, 100%인 경우가 가장 크게 나타났으며, 압축강도와 인장강도가 큰 치환률 40%가 가장 낮게 나타났다. 이러한 결과로 보아, 콘크리트의 휨강도는 콘크리트 조직상태와 골재의 표면상태 등과 같은 여러 가지 요인들로 인하여 변동이 클 것으로 판단 된다.

3.2 응력-변형률 곡선과 프아송 비

콘크리트 압축강도 실험시 응력-변형률을 곡선을 보면, 일반적으로 최대 응력 근처에서의 변형률은 0.002~0.003의 범위에 있고, 파괴시의 변형률은 0.003~0.004의 범위에 있다. 본 실험에서 구한 재생골재 치환률에 따른 응력-변형률 곡선은 그림 4와 같다. 실험 결과에서도 최대응력점

에서의 변형률은 0.002정도이며 응력-변형률곡선을 이용하여 할선탄성계수와 프아송 비를 구하였다. 할선탄성계수는 치환률 0%에서 251,157kg/cm² 로 가장 크며, 다른 치환률에서는 거의 동일하게 나왔다. 또한, 프아송 비는 초기응력에는 감소하는 경향에서 보였으며, 최대응력에 접근할수록 증가하였다. 대체적으로, 프아송의 범위는 0.15~0.21(최대 압축강도의 70%)이다.

3.3 건조수축에 의한 길이변화

건조수축은 치환률이 증가할수록 길이변화량은 증가하였으며, 측정은 31일간 실시하였다. sealed한 공시체의 길이변화량은 0.02~0.03mm이며, 최대 길이변화량은 치환률이 100%인 공시체에서 0.09mm정도 측정되었다.

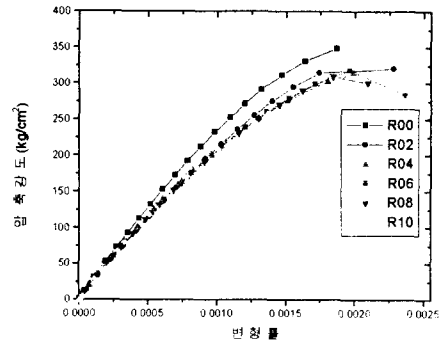


그림 4 재생골재 치환률에 따른 응력-변형률 곡선

4. 결론

재생골재 치환률에 따른 콘크리트의 역학적 특성 실험 결과는 다음과 같다.

1. 재생골재는 자연 굵은골재보다 비중은 낮고 흡수율이 커서 배합설계시 단위수량은 증가하고 단위 굵은골재량은 감소하였다. 이런 결과로, 재생골재의 물리적 특성 실험을 충분히 실시하여 적절한 배합이 요구된다.
2. 재생골재 치환률에 따른 압축강도와 인장강도는 치환률이 증가 할수록 감소하였으나 치환률이 20%, 40%인 경우에 치환률이 100%인 경우와 비슷하다.

위의 결과로부터 강도비교와 건조수축으로 인한 길이변화량 등으로 볼 때 재생골재의 불확실한 물리적 상태를 고려한다면 재생골재 치환률을 20%까지 활용이 가능하다고 판단된다.

감사의 글 : 본 연구는 1998년 한국학술진흥재단의 학제간 연구지원사업의 연구내용중 일부임을 밝히며, 본 연구를 위하여 협조하여 주신 여러분께 깊은 감사를 드립니다.

참고문헌

1. 사단법인 한국콘크리트학회(1997) "최신 콘크리트공학". 사단법인 한국콘크리트학회
2. 박승범(1998) "최신 토목재료실험" 문운당.
3. 박승범(1998) "최신 토목재료학" 문운당.
4. 이진용(1997) "재생콘크리트의 강도발현 및 건조수축 특성 연구" 한국콘크리트 학회지 제9권 6호.
5. 윤경구, 이주형, 홍창우, 박제선 (1998) "폐주물사를 혼입한 콘크리트의 동결-융해 저항성에 관한 실험적 연구" 한국콘크리트학회지 제10권 4호.
6. 구봉근, 이상근, 김창운, 류택은, 박재성(1999) "폐콘크리트를 사용한 재생콘크리트의 공학적 특성에 관한 실험적 연구" 한국콘크리트학회 학술발표회 논문집 제11권 1호.
7. 김광우, 도영수, 이상범, 정일권(1999) "도로표층 및 기층용 콘크리트로 재생콘크리트의 특성 연구" 한국콘크리트학회 논문집 제11권 1호.
8. A M Neville (1981) "Properties of Concrete" Pitman