

잔골재와 굵은골재를 산업폐기물로 치환한 고강도 콘크리트의 재료적 특성에 관한 연구

Material Properties of High-Strength Concrete Substituted Industrial Waste for Aggregate

전 소 진^{*} 이 우 진^{**} 김 두 식^{***} 서 수 연^{****} 윤 승 조^{****}
Jeon, So-Jin Lee, Woo-Jin Kim, Doo-Sick Seo, Soo-Yeon Yoon, Seung-Joe

ABSTRACT

Previous study on recycled aggregate(RA) has largely been limited to the manufacture of nonstructural-grade concrete due to undesirable physical properties of them such as, high water absorption leading to high water demand of concrete. The restriction seriously limits its market and consequently diminishes the use of RA as a construction material. This paper presents the mechanical properties of recycled concrete substituted by both waste foundry sand(WFS) and recycled coarse aggregate replaced with fine and coarse aggregate concurrently. The result shows that the compressive and tensile strength decrease with the increment of substitution ratio of RA and WFS while bending strength of RA concrete increase.

1. 서 론

콘크리트 구조물은 최근 산업적인 발전과 더불어 현저하게 증가하고 있다. 최근 국내 대도시의 경우 시가지의 재개발과 건물의 노후화 및 사회적인 기능 저하로 인하여 콘크리트 구조물의 철거 및 해체에 따라서 건설 폐기물량이 증가하고 있다. 전체 건설폐기물에서 폐콘크리트가 차지하는 비율은 70~80%에 이르며 연간 3,381만톤 정도인 것으로 보고되고 있으며 그 양은 매년 늘어가고 있다. 또한 폐주물사의 경우에는 연간 135만여톤 이상 발생하게 되며 이를 처리하기 위해서는 경제적, 기술적, 환경적 측면을 고려하여 결정해야 할 것이다. 지금까지 산업폐기물 중 건설폐기물과 폐주물사는 주로 수도권에서 매립지에 매립되어 왔지만, 수도권뿐만 아니라 지방의 기존 매립지도 이미 포화상태에 다달았고, 신규 매립지 선정이 곤란하여 폐기물 처리 방법을 고심하고 있는 것이 현실이다

국외에는 20세기 초반부터 재생골재에 대한 꾸준한 연구개발을 통하여 현재에는 재생골재에 대한 규준안이 마련되어 실제로 활용되고 있다. 국내에서도 최근 이에 대한 연구가 이루어져 왔으며, 콘크리트용으로 사용되는 재생골재의 품질규정 방안으로 1999년도에 "KS F 2573 콘크리트용 재생골재"를 제정하였으며, 2003년 12월 제정된 "건설폐기물 재활용 촉진에 관한 법률"에 따라 최근 순환골재가 새로운 골재원으로 주목받고 있다. 순환골재는 그동안 단순파쇄 등을 통하여 도로용 성토 또는 매립에

* 정회원, 충주대학교 대학원, 석사과정

** 정회원, 충주대학교 산업과학연구소 연구원, 공학박사

*** 정회원, 충주대학교 대학원, 석사과정. (주)파라다이스건설산업 이사

**** 정회원, 충주대학교 교수. 공학박사

대부분 처리가 의존되어 왔으나 보다 가치 있고 실질적인 재활용을 유도하기 위하여 2005년부터 “국가를 당사자로 하는 계약에 관한 법률”의 적용대상 공사로서 일정규모 이상의 공사의 경우 의무적으로 재생골재를 사용하도록 규정하고 있다. 따라서 본 연구를 통하여 폐콘크리트와 폐주물사를 사용한 재생콘크리트의 시공성과 재료적 특성 및 재생골재와 폐주물사의 치환율에 따른 강도를 평가하고자 한다.

2 실험

2.1 실험계획

본 실험에서는 표 1에서 나타낸 바와 같이 재생 굵은골재와 폐주물사의 동시치환율에 따라 배합 설계하였고, 배합계획을 위한 슬럼프 설정은 재생골재 치환율 변화에 따른 유동성을 검토하기 위해 기본배합에 대한 설정 슬럼프 값은 $18\pm 3\text{cm}$, 공기량은 $4.5\pm 1.5\%$ 로 계획하였다. 물시멘트비와 잔골재율은 재생골재의 치환율에 따라 35%, 45%로 계획하였으며, 재생 굵은골재는 치환율에 따라 0%, 20%, 30%, 40%로, 폐주물사는 0%, 10%, 20%, 30%로 각각 치환하여 실험을 실시하였다.

표 1 실험 배합인자 및 수준

항목	재생굵은골재 치환율(%)	폐주물사 치환율(%)	W/C(%)	S/a(%)
배합인자	0%, 20%, 30%, 40%	0%, 10%, 20%, 30%	35	45
수준	4	4	1	1

2.2 사용재료

(1) 시멘트

본 실험에서는 KS L 5201에 규정에 적합한 S사의 보통 포틀랜드 시멘트를 사용한다.

(2) 천연골재

본 실험에서 사용한 천연골재는 쇄석과 남한강산 강모래를 사용하였으며, 물리적 성질은 표 2와 같다.

(3) 재생골재

본 실험에서 사용한 재생골재는 I사 1종 재생굵은골재와 C사의 1종 폐주물사를 사용하였으며, 물리적 성질은 표 2와 같다.

표 2 골재의 물리적 성질

구분		비중	흡수율(%)	마모율(%)	조립율	200mm체 통과량
천연골재	쇄석	2.64	0.68	19.83	6.96	-
	강모래	2.55	2.23	-	3.02	3
재생골재	재생굵은골재	2.60	1.75	18.64	9.2	-
	재생잔골재	2.52	2.21	-	2.43	1.96

(4) 혼화제

본 실험에서는 설정 공기량을 맞추기 위해 쇄석의 특성을 고려하여 AE제를 첨가하여 실험을 실시하였다.

2.3 시험항목

본 실험에서 굳지 않은 재생콘크리트에 대한 시험으로 KS F 2421에 의해 공기량과 슬럼프는 KS F 2402 시험방법에 의해 측정하였다. 굳은 재생콘크리트에 대한 시험으로 KS F 2405에 따라 재령 7일, 28일 압축강도 시험을 실시하였으며, 인장강도는 KS F 2423에 의해 재령 28일 인장강도 시험을 실시하였다. 휨강도는 KS F 2408에 의해 재령 28일 휨 강도 시험을 실시하였고, 그리고 재령 28일 흡수율 시험을 실시하였다.

3. 실험결과 및 분석

3.1 슬럼프 및 공기량

그림 1은 슬럼프 및 공기량의 치환율에 따른 실험 결과를 나타내었다. 본 실험에서 슬럼프는 15~18.5cm의 범위로 폐주물사/재생골재의 치환율의 증가에 따라 대체적으로 감소하는 양상을 나타내었고, 폐주물사/재생골재의 치환율 10/20, 20/30, 30/40%에서는 표준배합에 비해 19%정도의 감소하였다. 폐주물사/재생골재의 치환율에 따른 공기량은 3%의 범위를 나타내고 있다.

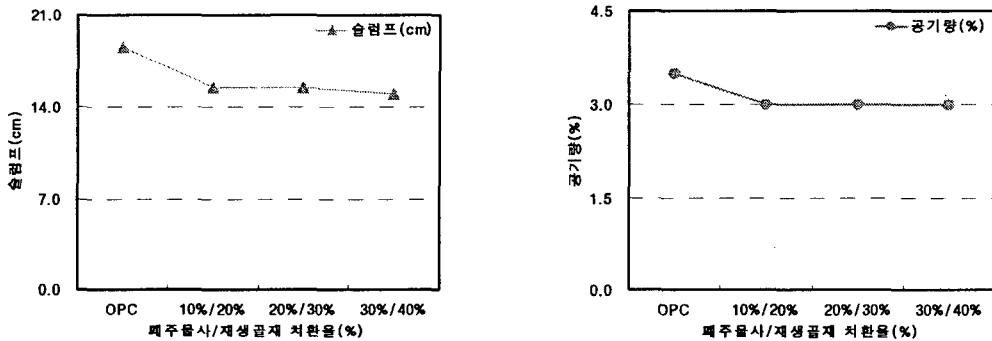


그림 1 재생골재의 치환율에 따른 공기량 및 슬럼프 변화

3.2 압축강도 및 인장강도

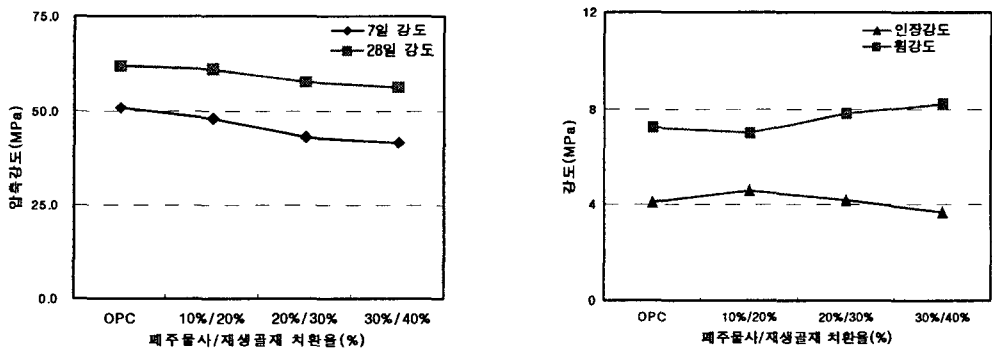


그림 2 재생골재의 치환율에 따른 압축강도, 인장강도, 휨강도

그림 2는 재령 7일, 28일 압축강도 실험 결과는 나타내었고, 폐주물사/재생골재의 치환율 증가에 따라 압축강도는 대체적으로 감소하는 경향을 보였으며 기본 실험체를 포함한 모든 배합에서 압축강도가 40MPa에 도달하였다. 치환율

에 따른 재령 28일 압축강도는 56.2~62.2MPa로 치환율이 0%에서 30/40%까지 강도 감소율이 약 10%정도 차이가 나타났다. 특히, 치환율이 10/20%일 경우는 치환율이 0%인 경우와 비슷하였으며, 이 결과로 치환율이 10/20%에서는 재생골재의 재활용성이 있다고 판단된다.

3.3 인장 강도 및 휨 강도

인장강도는 치환율에 따라 압축강도결과와 같이 치환율이 10/20%인 경우 치환율이 0%인 경우보다 크게 나왔다. 특히 휨강도는 뚜렷한 양상을 보였으나 압축강도와 인장강도가 큰 치환율 30/40%인 경우가 표준배합에 비해 15%크게 나타났다.

3.4 흡수율

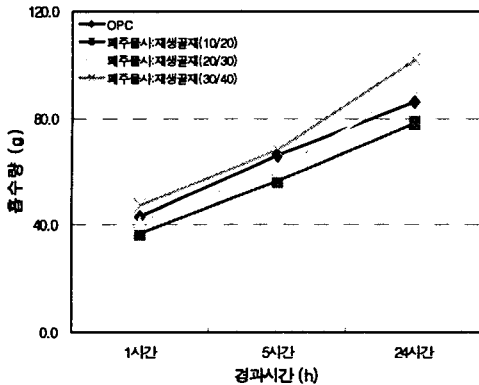


그림 3 재생골재의 치환율에 따른 흡수율 변화

그림 3은 시험체별 재령 28일에서의 흡수율 시험결과를 나타내었다. 폐주물사/재생골재의 치환율에 따른 흡수율 결과를 보면 재생골재와 보통골재를 사용에 따른 결과는 큰 차이를 보이지 않았지만, 24시간 후 흡수율 측정결과 치환율 30/40%에서 0%일 때 보다 약 16% 증가한 것으로 나타났다. 이러한 결과로 폐주물사/재생골재의 치환율이 증가함에 따라 흡수율에 대한 고려는 판단하기 어려우며, 향후 폐주물사/재생골재의 치환율을 증가시킨 추가적인 연구가 계속되어야 할 것으로 판단된다.

4. 결론

폐주물사/재생골재의 치환율에 따른 실험의 결과는 다음과 같다.

- 1) 본 연구에서 슬럼프는 폐주물사/재생골재의 치환율의 증가에 따라 표준배합에 비해 19%감소하는 경향이 나타났으며, 공기량은 치환율 증가에 따라 큰 변화는 보이지 않았다.
- 2) 폐주물사/재생골재의 치환율에 따른 압축강도와 인장강도는 치환율의 증가에 따라 약 10%, 22%정도 강도가 감소하였고, 폐주물사/재생골재의 치환율이 10/20%까지 활용성이 가능하다고 판단된다.
- 3) 휨강도는 콘크리트의 조직상태와 골재의 표면상태 등과 같은 여러 가지 요인들로 변동이 클 것으로 판단되며, 흡수율은 본 연구에서는 큰 차이를 보이지 않았으며 향후 추가적인 연구가 수행되어야 할 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 2004년도 산·학·연 공동기술개발 컨소시엄사업의 일환으로 중소기업청과 충주레미콘(주)의 지원에 의해 연구되었음을 감사드립니다.

참고문헌

1. 서치호, 지식원, 이세현, 박영신, 재생골재를 사용한 콘크리트의 특성에 관한 연구, 대한건축학회 춘계학술발표대회 논문집, 2003.3, pp.239~242
2. 고준길, 폐주물사를 대체 잔골재로 사용한 모르타르의 실험적 연구, 충주대학교 석사학위 청구논문, 2004
3. 김호형, 폐주물사를 콘크리트용 잔골재로 사용하기 위한 실험적 연구, 세명대학교 석사학위 청구논문, 1996