

순환굵은골재와 순환잔골재 치환율에 따른 콘크리트의 물리적 특성에 관한 연구

Concrete physical properties with substitution ratio of recycled Coarse aggregate and recycled fine aggregate

윤 승 조* 서 수 연* 이 우 진** 김 대 영***
Yoon, Seung-Joe Seo, Soo-Yeon Lee, Woo-Jin Kim, Dae-Young

ABSTRACT

The main objective of this study was to evaluate the physical properties of concrete with substitution ratio of recycled fine aggregate and recycled coarse aggregate made of waste concrete. The replacement ratios of recycled coarse and fine aggregate decided 0%, 30%, 40% and 50% respectively to get the deregulate of floor space Index. The test result showed that compression strength of cylinder mold decrease with the substitution ratio increase but its strength of replaced recycled fine aggregate higher than OPC.

1. 서 론

현대사회는 경제성장과 국민생활의 향상으로 인해 도시 재개발, 생활환경개선 및 건물의 노후화로 인해 많은 건설폐기물이 발생하고 있다. 『2003 전국 폐기물 발생 및 처리현황』에 의하면 건설폐기물은 1996년 이래 평균 25.3%의 급격한 증가율을 보이고 있으며, 총폐기물에 대한 점유율 또한 1996년 16.2%에서 2003년 49.3%로 증가하였다. 건설폐기물의 재활용률은 정부에서 재활용 정책을 중점적으로 추진하여 1997년부터 증가하기 시작하여 2003년에 89.0%로 크게 상승하였으나, 재활용 용도는 성토·복토용이 대부분을 차지하고 있으며, 도로 기층용, 콘크리트용 골재 등과 같이 경제적 가치가 높은 용도의 재활용은 연간발생량 6,068(천톤/년)의 약 14%에 머물고 있는 실정이다.

최근에는 외국뿐만 아니라 국내에서도 산업폐기물을 콘크리트나 기타 건설재료로 재활용하는 사례와 기술개발이 추진되고 있다. 국내에서도 콘크리트용으로 사용되는 순환골재의 품질규정 방안으로 1999년도에 “KS F 2573 콘크리트용 재생골재”를 제정하였으며, 건축물에 사용하는 건축폐자재의 사용 비율에 따른 건축기준의 완화 적용에 관한 세부기준을 제정하였고, 2003년 12월 제정된 “건설폐기물 재활용 촉진에 관한 법률”에 따라 최근 순환골재가 새로운 골재원으로 주목받고 있다. 순환골재를 보

* 정회원, 충주대학교 교수, 공학박사
** 정회원, 충주대학교 산업과학연구소 연구원, 공학박사
*** 정회원, 충주대학교 대학원, 석사과정

다 가치 있고 실질적인 재활용을 유도하기 위하여 2005년부터 “국가를 당사자로 하는 계약에 관한 법률”에 의거 일정규모 이상의 공사의 경우 의무적으로 순환골재를 사용하도록 규정하고 있다. 또한 2005년 8월 건설교통부가 제정한 ‘순환골재 품질기준’을 토대로 순환골재를 사용하기 위한 연구가 다수 진행중에 있다. 따라서 본 연구를 통하여 폐콘크리트의 부산물인 순환 굵은골재와 순환 잔골재를 사용한 콘크리트의 재료적 특성 및 순환골재의 치환율에 따른 물리적 성질과 강도를 평가하고자 한다.

2 실험

2.1 실험계획

본 실험에서는 표 1에서 나타난 바와 같이 순환골재 치환율에 따라 배합 설계하였고, 배합계획을 위한 슬럼프 설정은 순환골재 치환율에 따른 유동성을 검토하기 위해 기본배합에 대한 설정 슬럼프 값은 $12 \pm 2.5\text{cm}$, 공기량은 $4.5 \pm 1.5\%$ 로 계획하였다. 물-시멘트비는 현장에서 가장 많이 사용되는 배합으로 계획하였으며, 골재 치환율은 ‘건축폐자재 활용기준’에 의해 건축폐자재 사용에 대한 중량비율을 검토한 결과 30%부터 완화 적용이 가능하므로 0%, 30%, 40%, 50%로 치환하여 실험을 실시하였다.

표 1 실험 배합인자 및 수준

항 목	W/B(%)	S/a(%)	순환 굵은골재 치환율(%)	순환 잔골재 치환율(%)
배합인자	49.8	47.7	0, 30, 40, 50%	0, 30, 40, 50%
수 준	1	1	4	4

표 2 기본실험 배합표(굵은골재)

예상 강도 (MPa)	G max	W/B (%)	S/a (%)	Slump- Flow (cm)	Air (%)	치환 비율 (%)	Unit Weight(kg/m ³)					혼화제(kg/m ³)	
							W	C	FA	S	G ₁	G ₂	AE 감수제
24	25	49.8	47.7	12 ± 2.5	4.5 ± 1.5	0%	162	276	48	840	957	0	2.28(0.7%)
						30%					652	294	
						40%					550	393	
						50%					449	491	

*G₁:천연골재, G₂:순환굵은골재

표 3 기본실험 배합표(잔골재)

예상 강도 (MPa)	G max	W/B (%)	S/a (%)	Slump- Flow (cm)	Air (%)	치환 비율 (%)	Unit Weight(kg/m ³)					혼화제(kg/m ³)	
							W	C	FA	G	S ₁	S ₂	AE 감수제
24	25	49.8	47.7	12 ± 2.5	4.5 ± 1.5	0%	162	276	48	957	840	0	2.28(0.7%)
						30%					588	228	
						40%					504	305	
						50%					420	381	

*S₁:천연잔골재, S₂:순환잔골재

2.2 사용재료

- (1) 시멘트 : KS L 5201에 규정에 적합한 S사의 보통 포틀랜드 시멘트를 사용하였다.
- (2) 천연골재 : 쇄석과 강모래를 사용하였으며, 물리적 성질은 표 5 와 같다.
- (3) 순환골재 : I사 순환굵은골재(13mm) 사용하였으며, 골재 체가름 입도곡선(30%, 40%, 50%)에 모두 만족하였다.

(4) 혼화제 : 나프탈렌 설폰산 포르말린 축합물을 주성분으로 하는 콘크리트용 화학혼화제를 사용하였다. 다음 표 4 에서는 2005년 8월 건설교통부에서 제정한 콘크리트용에 대한 '순환골재 품질기준'에 의한 순환골재의 물리적 성질이다.

표 4 순환골재의 품질기준과의 비교

순환골재 품질기준(건교부고시)		골재종류		
실험명	굵은골재	잔골재	순환굵은골재(13mm)	순환잔골재(5mm이하)
절대건조밀도(g/cm ³)	2.5이상	2.2이상	2.54	2.36
흡수율(%)	3.0이하	5.0이하	2.1	3.17
마모감량(%)	40이하	-	17.4	-
입자모양관정실적율(%)	55이상	53이상	62.15	56.06
0.08mm체 통과량(%)	1.0이하	7.0이하	0.15	3.02
알카리골재반응	무해할것		-	
점토덩어리양(%)	0.2이하	-	0.09	-
안정성(%)	12이하	10	6.60	8.60
이물질함유량 시험(%)	유기이물질	1.0이하(용적)	0.2	0.7
	무기이물질	1.0이하(질량)		

표 5 골재의 물리적성질

구분	천연골재	
	쇄석	강모래
비중(g/cm ³)	2.68	2.58
흡수율(%)	0.71	0.91
마모율(%)	21.00	-
조립율	7.10	2.87
0.08mm체 통과량(%)	0.27	2.82

2.3 시험항목

본 실험에서 굳지 않은 콘크리트에 대한 시험으로 KS F 2421에 의해 공기량과 KS F 2402에 의해 슬럼프를 시험 방법에 의해 측정하였다. 굳은 콘크리트에 대한 시험으로 KS F 2405에 따라 재령 28일 압축강도, 휨강도 시험을 실시 하였다.

3. 실험결과 및 분석

3.1 슬럼프 및 공기량

그림 1은 슬럼프를 순환 굵은골재와 순환 잔골재의 치환율에 따른 슬럼프의 변화를 나타내고 있다. 본 실험에서 그림 1에서와 같이 순환 굵은골재의 치환율에 따라 슬럼프가 최초 14cm에서 19cm까지 증가하는 추세를 보였고 순환잔골재의 경우 30%는 다소 낮아졌으나 30%이후에서는 12cm에서 16cm까지 증가하는 추세를 보이고 있다. 그림 2의 공기량에 대한 검토에서는 골재치환율에 따른 공기량의 변화는 기준에 만족하는 상황에서 증가와 감소 추세를 나타냈다. 순환 굵은골재와 순환 잔골재 모두 KS F 4009의 공기량 기준에 만족하게 나타났다.

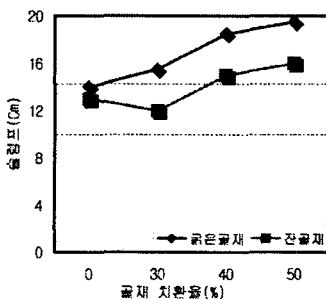


그림 1 순환골재의 치환율에 따른 슬럼프 변화

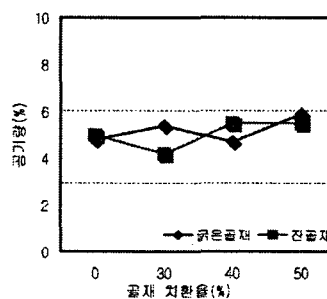


그림 2 순환골재의 치환율에 따른 공기량 변화

3.2 강도

그림 3은 재령 28일 압축강도 실험 결과는 나타내고 있다. 순환굵은골재의 치환율 증가에 따라 압축강도는 대체적으로 감소하는 경향을 보였다. 치환율에 따른 재령 28일 압축강도는 19~23MPa로 치환율 30%에서는 10%의 감소가 나타났고, 40%~50%에서는 기본 배합보다 약 20%정도 감소 하였다. 순환 잔골재는 치환율 증가에 따라 기준강도보다 모두 높게 나타났으나 뚜렷한 경향이 나타나지 않았다. 그림 4는 치환율에 따른 휨강도를 나타내고 있다. 휨강도도 모두 전반적으로 압축강도와 같은 경향을 나타내고 있다.

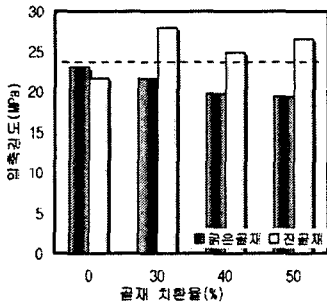


그림 3 골재의 치환율에 따른 압축강도

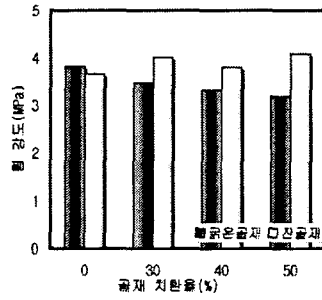


그림 4 골재의 치환율에 따른 휨 강도

4. 결론

순환굵은골재 / 순환잔골재 치환율에 따른 실험의 결과는 다음과 같다.

- 1) 본 연구에서 순환골재 치환율에 따른 슬럼프는 골재 치환율이 높아 질수록 슬럼프치가 증가하는 경향을 보였다.
- 2) 순환골재 치환율에 따른 공기량의 변화는 거의 없는 것으로 나타났다.
- 3) 골재 치환율에 따른 압축강도의 변화에서는 굵은 골재의 경우 치환율이 높아질수록 강도는 저하 되었으나, 잔골재의 경우에는 기준보다 증가 하는 것으로 나타났지만 뚜렷한 경향을 나타내지는 않았다.

감사의 글

본 연구는 산업자원부의 2005년도 지역혁신인력양성사업의 지원에 의해 연구되었음을 감사드립니다.

참고문헌

1. 이도현, 전명훈, 정재동, 조현대, 송지흠, 재생골재의 이물질 함유량 시험방법 개발, 대한건축학회 창립 60주년 발표대회 논문집 : 제 25권 제 1호 pp. 109~112
2. "2005년 순환골재 품질관리", 건설교통부 건설환경과
3. 박중호, 문형재, 김영선, 김영덕, 김재환, 김무한, 재생 잔골재 및 굵은골재를 사용한 재생콘크리트의 공학적 특성에 관한 실험적 연구, 한국콘크리트학회 2004년도 가을 학술발표회 논문집 : Vol.16 No.2
4. 정지용, 짝은구, 김진만, 고품질 재생 골재를 사용한 콘크리트의 특성, 한국콘크리트학회 2004년도 봄 학술발표회 논문집 : Vol.16 No.1
5. 문형재, 송민섭, 김재환, 장중호, 김용로, 김무한, 물시멘트비 및 단위수량에 따른 고품질 재생잔골재를 사용한 재생콘크리트의 공학적 특성에 관한 실험적 연구, 대한건축학회 2004 춘계학술발표대회 논문집 제 .24권 제 1호 pp. 283~286