

플라이애쉬 혼입율에 따른 순환골재콘크리트의 염소이온 및 중성화 저항성에 관한 시험적 고찰

An Experimental Study on Chlorine-ion and Carbonation Resistance of the Concrete Using Recycled Aggregate Mixed Fly Ash

심종성* 박철우** 박성재*** 김길중****

Sim, Jong Sung Park, Choel Woo Park, Sung Jae Kim, Kil Jung

ABSTRACT

Due to the tendency of increase in demolished-concrete produced by alteration and deterioration of concrete structures, recycling of those demolished-concrete is necessary to solve the exhaustion of natural aggregate, in order to save resources and protect environment. In this an experimental study herein, the Chlorine-ion and Carbonation resistance of the recycled aggregate concrete was investigated. Coarse aggregate was replaced with 100% of the recycled aggregate and cement and fine recycled aggregate was replaced with various amount. It was shown that the concrete can obtain resistance of chlorine-ion, when fly ash replaced with up to 30% of cement.

1. 서론

국내 건설산업의 급속한 발전에 따라 골재의 소비량은 급증하였으며, 이에 따른 골재의 부존량 감소와 한계를 나타내고 있다. 더욱이 골재채취에 대한 사회적·환경적 인식이 고조됨에 따라 원활한 골재의 공급 및 생산에 대한 어려움이 가중되고 있다. 이러한 실정에서 순환골재 사용의 중요성과 필요성은 강조되고 있으며, 더욱이 생산 및 처리 기술의 발달로 콘크리트용 일반골재와 물리적으로 유사한 순환골재가 생산되면서 새로운 골재원으로서의 순환골재의 가치는 높아지고 있다. 최근 콘크리트 구조물은 고강도, 고성능 콘크리트의 개발과 함께 고내구성 분야에도 많은 관심이 기울어지고 있다. 콘크리트의 내구성 증진은 구조물의 유지관리에 있어서 매우 중요한 것으로 건설 초기에 충분한 내구성 대책을 간구함으로써 장기적인 성능저하를 미연에 감소시키고 구조물의 사용수명을 연장하는 토대가 된다. 순환골재는 높은 흡수율과 마모율 등으로 강도감소와 함께 내구성에 있어서 취약함을 나타내고 있으며 오랜 내구연환을 필요로 하는 콘크리트 구조물에 적용하기 위해서는 순환골재 콘크리트의 내구적 특성에 대한 연구가 선결되어야 한다.

따라서 본 연구에서는 순환골재의 적극적인 적용과 활용을 통한 고부가가치 자원화를 실현시키기 위하여 기수행된 연구를 바탕으로 프리캐스트 제품의 개발에 적용하기 위하여 순환골재의 혼입율과 fly-ash 대체율에 따른 염소이온 투과시험과 중성화 저항성에 대한 순환골재 콘크리트의 내구적 특성을 고찰하고자 한다.

* 정회원, 한양대학교 토목환경공학과 교수

** 정회원, 한양대학교 토목환경공학과 BK21 연구교수

*** 정회원, 한양대학교 토목환경공학과 대학원 박사과정

**** 정회원, 한양대학교 토목환경공학과 대학원 석사과정

2. 실험

본 연구에서는 1종 순환굵은골재 100%를 사용하여 순환잔골재와 플라이애쉬의 시멘트 대체율을 변수로 배합 비율을 12가지로 구분하여 공시체를 제작하였다[표1].

염소이온 침투저항성 실험은 $\Phi 10 \times 20 \text{cm}$ 의 공시체를 제작하여 재령 21일에 PVC관에 실험체를 넣고 Epoxy로 부착한 후 두께 5cm로 절단하여 확산셀을 구성하고, 재령 21일 및 56일에 침투깊이를 측정하였다.

중성화 저항성 실험은 재령 21일에 실험체 표면을 건조시킨 콘크리트를 중성화 촉진시험기에서의 촉진시험 후에 페놀프탈레인 1%용액을 분무하여 중성화부분의 깊이를 측정하였다.

표 1. 배 합 표

순환잔골재(R) 혼입률(%)	플라이애쉬(F) 대체율(%)	굵은골재(g)	잔골재(g)		물(g)	시멘트(g)	플라이애쉬(g)
			일반	재생			
0	0	925.46	659.10	0	172.58	493.09	0
	15	910.45	648.40	0	172.58	419.13	73.96
	30	895.43	937.71	0	172.58	345.09	147.93
30	0	925.46	446.23	191.24	172.58	493.09	0
	15	910.45	438.99	188.14	172.58	419.13	73.96
	30	895.43	431.75	185.04	172.58	345.09	147.93
60	0	925.46	246.34	369.50	172.58	493.09	0
	15	910.45	242.34	363.51	172.58	419.13	73.96
	30	895.43	238.34	357.52	172.58	345.09	147.93
100	0	925.46	0	587.01	172.58	493.09	0
	15	910.45	0	577.49	172.58	419.13	73.96
	30	895.43	0	567.96	172.58	345.09	147.93

2.1 재료

사용한 재료는 표2와 같이 순환굵은골재는 비중 2.55, 흡수율 1.68%, 조립율 7.86로써 KS F 2573(콘크리트용 순환골재)의 기준[표3]에 의한 1종 순환굵은골재임을 확인하였으나, 순환잔골재는 비중 2.28, 흡수율 6.45%, 조립율 3.22로써 흡수율이 다소 높은 2종 순환잔골재로 구분되었다. 화학혼화제는 폴리 카르본산계의 고성능 AE제를 사용하였다.

표 2. 실험사용재료

	순환굵은골재	순환잔골재	천연잔골재	시멘트	플라이애쉬
흡수율	1.68	6.45	1.01	-	-
비중	2.55	2.28	2.56	3.15	2.20
조립율	7.86	3.22	2.9	-	-
분말도(cm^2/g)	-	-	-	3,200	3,725

표 3. 콘크리트용 순환골재 (KS F 2573)

흡수율(%)	콘크리트용 순환골재				
	1종	2종	3종	1종	2종
	3이하	5이하	7이하	5이하	10이하
비중	2.2이상			2.2이상	

2.2 콘크리트 배합 및 양생

콘크리트 배합설계시 플라이애쉬는 시멘트의 중량비로 치환하여 사용하였으며, 순환잔골재의 혼입율과 플라이애쉬의 시멘트 대체율이 높아질수록 사용 잔골재의 비중감소와 기건양생에 따른 감도감소효과를 고려하여 설계강도를 400kgf/cm²로 설정하여 배합하였다[표1]. 또한, 일정수준의 강도확보와 워커빌리티를 위하여 고성능 AE감수제를 사용하였다.

양생은 대부분의 프리캐스트 생산업체와 동일하게 증기양생을 실시하였으며, 증기양생 후 7일간 수중양생, 그 후 기건양생을 실시하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 플라이애쉬 혼입율에 따른 염소이온 침투 저항성 고찰

플라이애쉬 혼입 순환골재콘크리트의 염소이온 투과시험 경과 시간별 통과 전류량 결과는 21일과 56일을 비교해볼 때 매우 큰 통과전류량의 감소가 나타났다. 이러한 결과는 시간이 경과함에 따라 콘크리트내부가 밀실 해짐에 따라 염소이온 투과에 대한 저항성이 커지기 때문이다. 순환잔골재의 혼입율에 의해서는 큰 차이가 나타나지 않지만, 플라이애쉬의 대체율이 증가함에 따라 매우 큰 차이를 나타내었다[그림1, 그림2].

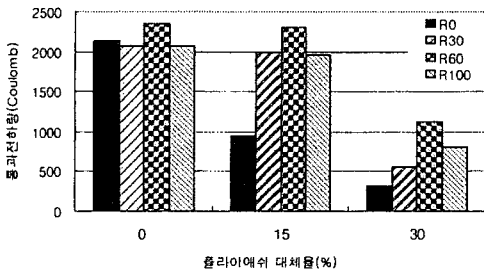


그림2 플라이애쉬 대체율에 따른 통과전하량(21일)

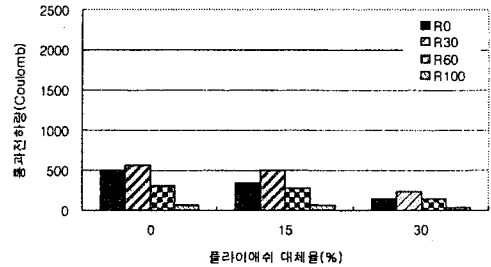


그림2 플라이애쉬 대체율에 따른 통과전하량(56일)

3.2 플라이애쉬 혼입율에 따른 중성화 저항성 고찰

플라이애쉬를 혼입한 순환골재콘크리트의 축진 중성화 깊이를 보면 순환잔골재의 혼입율이 변화함에 따라 다소 양상의 변화가 나타나지만, 이것은 순환골재의 품질에 의한 차이, 즉 재생처리 이전의 원골재의 탄산화 정도와 재생 처리시 완전히 제거되지 않은 부착 모르타르의 영향에 의한 것으로 볼 수 있다. 또한 증기양생으로 인해 콘크리트 내부에 미세한 균열이 발생하여 부착모르타르에 의한 영향이 극대화 되어 나타나는 현상이라 생각된다. 그러나 플라이애쉬의 혼입율에 의한 중성화 깊이가 큰 차이가 나타났다[그림3, 그림4].

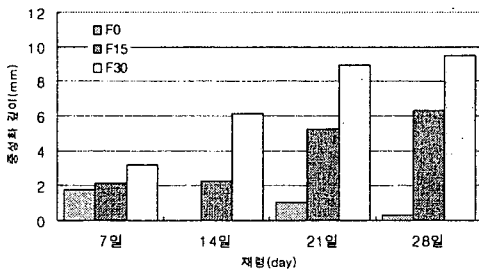


그림3 플라이애쉬 대체율에 따른 중성화깊이(R0)

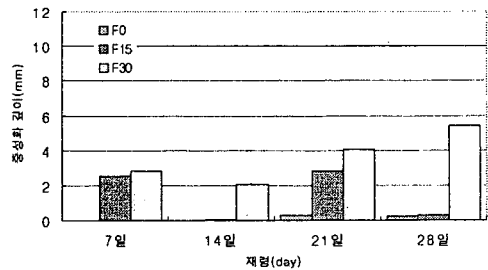


그림 4 플라이애쉬 대체율에 따른 중성화깊이(R100)

4. 결론

본 연구에서는 1종 순환골은골재 100%를 사용과 순환잔골재와 플라이애쉬의 시멘트 대체율을 변수로 염소이온 및 중성화 저항성에 대하여 고찰하였으며, 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 염소이온 투과시험결과 재령이 21일에서의 침투깊이에 비여 56일에서의 침투깊이는 아주 확연히 감소하여 재령에 따라 확연히 감소함을 알 수 있다. 또한 순환잔골재의 혼입비율이 커질수록 염소이온 투과에 대한 저항성이 다소 감소하나, 플라이애쉬의 대체율이 커질수록 저항성이 증대되는 것으로 나타났다. 이는 순환잔골재에 의한 차이도 고찰되었으나, 염소이온 침투에 대한 저항성은 플라이애쉬의 대체율이 지배적인 것으로 판단된다. 플라이애쉬의 30% 사용의 경우 매우 높은 염소이온 침투 저항성능을 나타내고 있어 플라이애쉬의 사용에 따라 확연한 침투저항성능이 증가됨을 알 수 있다. 따라서 염화물에 의해 부식될 우려가 있는 순환잔골재사용으로 인한 염화물 침투에 대한 저항성 감소방지 대책방안으로 구조물에서 플라이애쉬를 혼입한 콘크리트를 사용하는 것이 유리할 것으로 판단된다.
- 2) 플라이애쉬의 혼입량에 의한 중성화 깊이를 보면, 0%와 15%를 비교할 때 상대적으로 30%에서 중성화깊이가 큰 것을 알 수 있다. 그러나 일본 토목학회와 플라이애쉬 콘크리트의 중성화에 관한 실험 연구결과를 살펴보면 중성화 깊이는 플라이애쉬 혼입율이 증대됨에 따라 증가하지만 재령이 경과 하더라도 초기 재령2년 사이에서 발생하고 그 후 재령 10년을 경과하더라도 약간 크게 될 뿐 큰 차이가 없는 것으로 알려져 있다. 또한, 국내의 중성화에 관한 연구에 따르면 보통 포틀랜드 시멘트의 28일 촉진 중성화 시험에 의한 중성화 깊이가 보통 6~9mm정도임을 감안할 때 본 연구에서의 플라이애쉬의 사용이 중성화에 큰 문제라 할 수 없다. 따라서 콘크리트의 초기재령에서의 강도발현, 충분한 양생과 물-결합재비 등을 고려한다면 중성화를 효과적으로 제어하고 장기재령에서의 중성화에 대한 저항성을 증가시킬 수 있을 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 한국환경기술진흥원에서 주관하는 “2003 차세대 환경 핵심기술개발사업, 폐콘크리트의 고부가가치 자원화 기술개발에 관한 연구”의 일환으로 수행되었으며, 저자들은 한국환경기술진흥원의 후원에 감사의 뜻을 전합니다. 또한 1종 순환골재와 플라이애쉬를 지원해준 (주)인선ENT와 (주)삼표에도 감사의 뜻을 전합니다.

참고문헌

1. 구봉근, 류택은, 이재범, 양승규, “플라이애쉬를 혼합한 재생골재 콘크리트의 강도 및 동결융해 특성”, 한국콘크리트학회 가을학술발표회 논문집, 1999
3. 문대중, “플라이애쉬 혼합 콘크리트의 현장적용을 위한 기초적 성질에 대한 연구”, 한양대학교 박사학위 논문, 1998
4. 심중성, 박성재, 이희철, 김용재, “재생콘크리트의 프리캐스트화를 위한 실험적 연구”, 한국콘크리트학회 봄학술발표회 논문집, 2003
5. 이세현, “재생골재콘크리트의 성능개선에 관한 연구”, 건국대학교 박사학위 논문, 2000
6. 김무한, 김규용, 박선규, 이정율, “재생골재 콘크리트의 화학안정성에 관한 실험적 연구”, 콘크리트학회 논문집, 제11권, 1999, pp.13~20
7. 신재인, 류택은, 양승규, 구봉근, “플라이애쉬를 혼합한 재생골재 콘크리트의 내구성”, 콘크리트학회 논문집 제13권, 2001, pp.23~29
8. 이명규, 정상화, 윤건호, “재생콘크리트의 내구성에 관한 실험연구”, 대한토목학회논문집, 제23권, 2003, pp. 85~93