

순환골재 및 Fiber를 사용한 원심력 콘크리트의 염소이온 및 탄산화 저항성에 대한 시험적 고찰

An Experimental Study on Chlorine-ion and Carbonation Resistance of the Spun-Concrete Used Recycled Aggregate and Fiber

심종성* 박철우** 박성재*** 김현중**** 김태광****

Sim, Jong Sung Park, Cheol Woo Park, Sung Jae Kim, Hyun Jung Kim, Tae Gwang

ABSTRACT

Until now, the quantity to recycle wasted concrete as the great supplementary value was very little. But considering a insufficiency of the present state of aggregates, the recycling of wasted aggregates is indispensable. Recycled aggregate is useful resources for concrete, but its application to structural member is not frequently. In this an experimental study here in, this study is to reinforcement orientation containing fiber of the spun-concrete using recycled aggregate, evaluation of designed chlorine-ion and carbonation resistance. The result of study chlorine-ion resistance by using replacement ratios (0.00%, 0.01%, 0.03%, 0.05%, 0.08%) of fiber which it more increase. Carbonated thickness of the spun-concrete used fiber and the normal spun-concrete was similar or it appeared with the tendency which it diminishes.

1. 서론

1980년대 말부터 우리나라 건설산업은 도시 재개발 사업 및 사회기반시설 확충으로 발생하는 건설폐기물이 최근까지도 지속적으로 증가하고 있으며, 폐콘크리트에 대한 재활용 부분에 있어 그 활용가치를 극대화 하기위한 노력 또한 계속되고 있다. 노력의 산물로서 폐콘크리트로 부터 양질의 순환골재를 생산할 수 있는 기술력과 사회적 기반이 조성되고 있으나, 순환골재콘크리트를 현장 및 실제 구조부재에 적용하기 위한 적극적인 연구는 미흡한 실정이다. 또한 이러한 순환골재콘크리트를 구조부재로 사용하기 위한 대부분의 연구들은 골재의 종류와 골재 혼입 치환량에 대한 변수들에 국한되어 있다. 이러한 연구들에 의하면 순환골재콘크리트는 동일 배합시에 보통콘크리트와 유사한 강도가 발현되고, 50MPa 이상의 고강도 영역까지 강도발현이 되고 있는 것으로 알려져 있다¹⁾. 본 연구와 관련하여 선행된 연구²⁾를 바탕으로 순환골재를 사용한 원심력콘크리트의 섬유를 혼입한 강도 특성과 기본적인 내구성 실험을 위한 염소이온 침투저항성 및 탄산화 저항성 시험을 통하여 원심력콘크리트의 역학적·내구적 특성을 고찰함으로써 순환골재의 활용을 위한 자료와 가능성을 제시하고자 한다.

2. 실험개요

2.1 재료

*정회원, 한양대학교 토목환경공학과 교수

**정회원, 한양대학교 토목환경공학과 BK 연구교수

***정회원, 한양대학교 토목환경공학과 대학원 박사과정

****정회원, 한양대학교 토목환경공학과 대학원 석사과정

본 실험에 사용된 일반굵은골재는 경기도 포천산 쇄석이고, 일반잔골재는 강모래와 해사가 동일비율로 혼합되어 있는 것을 사용하였다. 순환골재는 일산소재의 I사에서 생산된 골재를 사용하였다. 순환굵은골재는 일반굵은골재와 조립률, 비중, 흡수율에서 동등한 품질이었다. 순환잔골재의 비중 및 조립율은 일반잔골재와 유사한 경향을 나타냈으나, 흡수율의 경우는 순환잔골재가 4.55로써 일반잔골재 보다 높은 것으로 나타났다. 그러나 1종 잔골재의 흡수율 허용범위선 5%이내를 만족하고 있어 순환잔골재와 순환굵은골재 모두 KS F 2573³⁾(콘크리트용 재생골재)의 기준에 의한 1종 순환골재를 사용하였다 [표1, 표2].

표 1. 골재의 재료 물성

	순환굵은골재	순환잔골재	일반굵은골재	일반잔골재
흡수율(%)	1.82	4.55	1.84	1.16
비중	2.61	2.43	2.62	2.61
조립율	7.81	3.99	7.81	3.62

표 2. 콘크리트용 순환골재 (KS F 2573)

흡수율(%)	순환굵은골재			순환잔골재	
	1종 3이하	2종 5이하	3종 7이하	1종 5이하	2종 10이하
비중	2.2이상			2.2이상	

2.2. 배합

배합은 표3과 같이 기존연구²⁾에서 목표강도를 확보한 배합설계를 사용하였으며, 섬유 혼입은 0.00%, 0.01%, 0.03%, 0.05%, 0.08% 변수로 하였다.

표 3. 배 합 표

시험 체명	잔골재율 (%)	물시멘트비	굵은골재 (Kg)		잔골재 (Kg)		물 (Kg)	시멘트 (Kg)	혼화재 (Kg)	감수재 (Kg)
			일반	순환	일반	순환				
NR	40	25	3	0	0	740	145	514	51	10

2.3 공시체 규격 및 콘크리트 타설

원심력콘크리트 시험체는 표 4와 같이 제작을 하였으며, 시험체 성형시 회전시간은 저속, 중속, 고속 순으로 총 10분동안 실시하였다. 원심력 콘크리트 성형시 필요한 회전속도와 시간은 KS F 2454⁴⁾ (원심력으로 다져진 콘크리트의 압축강도 시험 방법)규정에 준하여 실시하였다 [표4, 표5]

표 4. 공시체 규격

굵은 골재의 구분	바깥지름 (cm)	높이 (cm)	두께 (cm)
20mm이하	20	30	4

표 5. 원심력과 회전 시간표

	지름 (mm)	저속		중속		고속	
		원심력 (f)	시간 (분)	원심력 (f)	시간 (분)	원심력 (f)	시간 (분)
공시체 제작	원심력관	9	2	10	3	40	5
KS 규정	400 ~ 1000	3 ~ 10	8 ~ 1	6 ~ 20	5 ~ 1	25 ~ 40	15 ~ 5

2.4 콘크리트 양생

원심력콘크리트의 양생은 제작시의 환경조건을 고려하여, 초기 양생 온도는 40℃로 설정하였으며, 지속시간은 1시간으로 하였다. 온도상승률과 온도하강율은 각 20℃/hr, 최대양생온도 80℃, 지속시간은 4시간으로 총 9시간동안 양생을 하였으며 ACI 308-92⁵⁾를 참고하여 양생하였다.

2.5 섬유를 혼입한 콘크리트의 압축강도 시험

섬유와 순환골재를 사용하여 원심력콘크리트의 1일 강도 측정을 하였고, 10ton 용량의 U.T.M을 사용하여 측정하였다.

2.6 내구성 실험

순환골재 및 섬유를 혼입한 원심력콘크리트의 기본적인 내구성능을 검증하기 위하여 염소이온 침투 저항성과 탄산화 저항성에 대한 시험을 실시하였다. 내구성 시험을 위한 시험시편은 시험체의 특성과 염소이온 침투 및 탄산화의 침투경로를 고려하여 제작된 원심력콘크리트 몰드에서 Ø10cm의 코어 샘플을 채취하여 두께 4.5±0.5cm 공시체를 제작하였으며 KS F 2711⁶⁾(전기 전도도에 의한 콘크리트의 염소이온 침투저항성 시험 방법)에 준하여 60V의 직류전원을 6시간 통과시켜 매 30분마다 통과전하량을 측정하였다. 또한 탄산화 저항성은 시험체 표면을 건조 시킨 후 탄산화 촉진시험기에 넣어 탄산가스(CO₂) 5%, 습도60%, 25℃의 상온 조건에서 폭로한후 페놀프탈레인 1% 용액을 분무하여 탄산화 깊이를 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 특수 제작한 셀룰로오스 섬유를 혼합한 원심력 콘크리트의 압축강도

섬유의 혼입에 따른 압축강도의 경향은 섬유 혼입률이 증가할수록 비교적 일정하게 감소하였으며, 강도증진 효과가 기대되었던 적정 혼입량인 0.08%에서는 오히려 목표설계 강도인 74MPa 보다 7%정도 감소하였다. 섬유의 혼입이 골재와 시멘트 페이스트와의 부착력을 저하시키게 기인한 것으로 판단된다.

표 6. 특수제작한 셀룰로오스섬유를 혼입한 원심력 콘크리트의 강도

혼입률	무혼입0.00%	혼입 0.01%	혼입 0.03%	혼입 0.05%	혼입 0.08%
평균강도	74MPa	71MPa	70MPa	70MPa	69MPa

3.2 전기 전도도에 의한 염소이온 침투저항성 시험결과

천연골재(NN), 순환잔골재(NR), 순환잔골재와 섬유 혼입률 0.01%(NRC-1)를 사용한 경우의 염소이온 침투저항 값은 한국산업규격(KS F 2711)에 의거하여 매우 낮음으로 나타났으나, 순환잔골재와 섬유 혼입률 0.03%(NRC-3), 0.05%(NRC-5)시험체는 NN, NR, NRC-1 시험체 보다 통과 전하량이 크게 나타났다. 이처럼 통과전하량이 큰 차이를 나타내는 것은 혼입률 0.03%(NRC-3) 및 0.05%(NRC-5) 시험체의 내공상태가 불량한 것에 기인한 것으로 판단되어 염소이온 침투시험 종료후 압축시험기로 판단 결과 시멘트 페이스트와 순환잔골재가 뭉쳐 있는 것을 확인 할 수 있었으며, 이런 현상이 통과전하량을 크게 나타낸 것으로 사료된다.

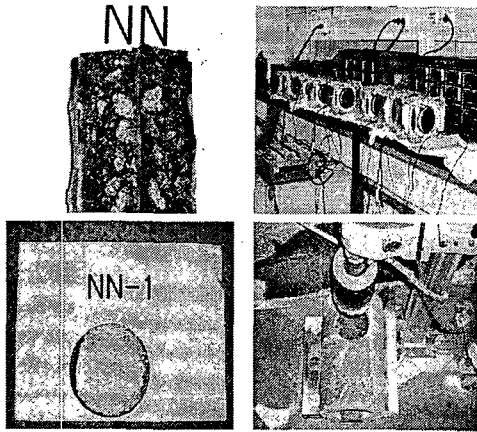


그림 2. 염소이온침투 저항성시험 및 탄산화 저항성시험

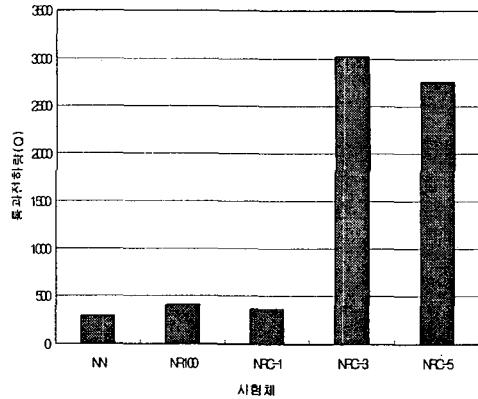


그림 3. 셀룰로오스섬유 혼입에 따른 통과전하량

3.3 촉진 중성화 시험결과

순환골재 콘크리트의 탄산화 저항성 시험에서는 순환골재를 사용한 콘크리트가 일반골재를 사용한 콘크리트와 동일하거나 약간 적은 탄산화 깊이가 나타났다. 이는 쇄석보다 비교적 둥근 입형을 가지고 있어 입형 개선효과로 인한 실적률의 증가와 원심력으로 인한 콘크리트 내부를 밀실하게 만들어 탄산가스의 침투가 적었던 것으로 판단된다.

4. 결론

본 연구에서는 일반골재와 순환골재를 사용한 원심력 콘크리트에 섬유 혼입에 따른 강도 및 내구성에 대하여 고찰 하였으며, 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 섬유 혼입한 원심력콘크리트의 경우 혼입률이 증가함에 따라 강도는 목표설계 강도보다 7%저 하지만 적절한 배합설계를 실시하면 목표강도 확보는 가능할 것으로 예상된다.
- 2) 섬유 혼입률이 증가함에 따라 염소이온 침투 저항성이 증가하지만 그 값은 내구적 성능저하에 영향력이 미흡하여 순환골재를 사용한 원심력콘크리트의 적용이 가능하다고 판단된다.
- 3) 탄산화 저항성 측정결과 일반골재콘크리트와 유사한 결과를 보였다. 따라서 순환골재를 사용한 원심력콘크리트의 탄산화로 인한 내구적 성능저하 영향은 미비하다고 사료된다.

참고문헌

1. 신성우, "재생골재콘크리트의 역학적 특성", 2005년도 봄학술 발표회
2. 심중성, 문도영, 박성재, 김용재 "재생골재의 고부가가치화에 대한 연구", 한국콘크리트학회 논문집 Vol 15, No. 1, 2003, pp. 41~46.
3. KS F 2573, 「콘크리트용 재생골재」, 한국표준협회, 2001.
4. KS F 2454, 「원심력으로 다져진 콘크리트의 압축강도 시험 방법」, 한국표준협회, 2001.
5. ACI Committee 308 "Standard Practice for Curing Concrete 308", ACI 308-92", ACI Standard 92.
6. KS F 2711, 「전하량에 따른 염소이온 침투성 시험 방법」, 한국표준협회, 2001.