

고품질 순환잔골재를 사용한 PHC파일의 적용 가능성 연구

A Study on the application of the fine recycled concrete aggregate in the PHC piles

심종성* 박철우** 박성재*** 김태광**** 마창남*****
Sim, Jongsung Park, Cheolwoo Park, Sungjae Kim, Taegwang Ma, Changnam

ABSTRACT

Along with recent improvement of recycling technique, the quality of the recycled concrete aggregate have become very competitive to the natural concrete aggregate. Therefore, a practical use of the recycled concrete aggregate may be possible for structural members. Majority studies about the recycled concrete aggregate was emphasized a limitation of fundamental study concerned with a strength characteristics and durability of the recycled aggregate concrete. Therefore, for the extension of application of recycled concrete aggregate, this investigation verifies the strength characteristics and structural performances of PHC piles used with coarse and fine recycled concrete aggregate.

1. 서론

최근 순환골재의 생산 및 처리 기술이 발달함에 따라 건설교통부에서 제정한 순환골재품질기준을 만족하는 순환굵은골재 및 순환잔골재의 생산이 가능해짐으로서 순환골재의 현장 적용에 대한 발판이 되고 있다. 또한 건설폐기물을 건설공사에서 활용 할 수 있도록 '순환골재의 품질인증 및 관리에 관한 규칙' 제정을 위하여 건설교통부에서는 2007년 1월부터 순환골재의 품질인증제도가 시행될 것을 예고하였다. 한편, 천연골재 사용으로 인해 약 30~40년 후에는 골재의 수급 문제가 심각하게 대두될 것으로 예상되고 있으며, 이에 적극적인 대응으로 순환골재의 사용이 강조되고 있다. 최근 순환골재의 생산과 기술의 발달로 일반골재와 유사한 품질을 갖게 되면서 2003년에 비하여 2006년 현재 가격이 2배 이상이 오르는 등, 순환골재 사용에 대한 부정적인 인식과 함께 그 사용에 제약이 따르고 있는 실정이다. 그러나 천연잔골재의 고갈과 원활한 잔골재 수급을 위하여서는 순환잔골재의 사용이 반드시 확대 될 것으로 판단된다.

본 연구에서는 고품질의 순환잔골재를 대표적인 프리캐스트 공장 제품인 PHC파일에 적용을 통하여 순환잔골재의 사용처 확대방안 마련하고자 하였으며, 더불어 나아가 건설시장에서의 잔골재 수급안정화를 도모하고자 한다.

* 정회원, 한양대학교 토목공학과 교수

** 정회원, 강원대학교 토목공학과 전임강사

*** 정회원, 한양대학교 토목공학과 박사수료

**** 정회원, 한양대학교 토목공학과 석사과정

***** 정회원, 한양대학교 토목공학과 석사과정

2. 실험방법

2.1 사용재료

본 실험에 사용한 순환잔골재는 I사에서 고도처리방식에 의해 생산되는 순환골재로서 물성실험결과 표 1과 같이 순환골재품질의 1종 품질에 해당하는 순환골재를 사용하였다.

표 1 골재의 재료 물성

종별 \ 항목	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

2.2 배합계획

본 연구에서는 대표적인 원심력콘크리트 제품인 PHC파일에 순환골재의 적용가능성을 고찰하고자 하였다. 고강도 PHC파일 제품의 사용을 위한 설계기준강도는 80MPa이며, 이러한 원심력콘크리트의 재령 1일 강도가 74MPa인것을 고려하여, 본 연구에서의 목표설계강도는 74MPa로 설정하였다. 실험변수는 일반굵은골재 및 일반잔골재와 순환굵은골재 및 순환잔골재의 혼입이다. 순환골재의 혼입에 따른 배합은 다음과 같다[표 2].

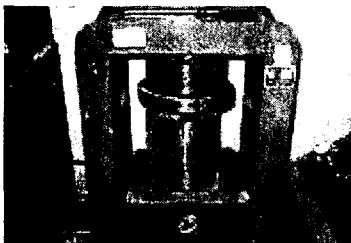
표 2 순환골재의 혼입률에 따른 배합

구분	순환골재혼입률(%)		잔골재율(%)	물시멘트비(%)	굵은골재 (Kg)		잔골재 (Kg)		물 (Kg)	시멘트 (Kg)	혼화제 (Kg)	감수제 (Kg)
	굵은골재	잔골재			천연	순환	천연	순환				
NN	-	-	40	25	1128	-	752	-	145	514	51	10.74
NR	-	100			1128	-	-	700				
RN	100	-			-	1124	752	-				
RR	100	100			-	1124	-	700				

비 고 : N-천연골재, R-순환골재, 앞문자 : 굵은골재, 뒷문자 : 잔골재

2.3 원심력콘크리트의 압축강도 시험

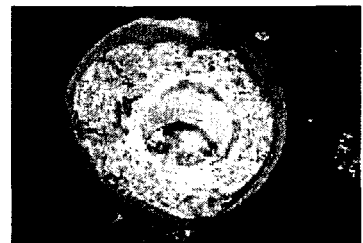
순환골재를 사용한 원심력콘크리트 시험체의 압축강도를 측정하기 위해 증기 양생 후 탈형하여 100kN 용량의 U.T.M. (Universal Testion Machine)을 사용하였다. 그림 1-(a), (b), (c)는 원심력콘크리트의 압축강도 시험 전경과 압축강도 시험 전후를 보여주고 있다.



(a) 압축강도 시험기



(b) 제작된 시험체



(c) 시험체의 파괴형상

그림 1 원심력콘크리트 시험체

2.4 PHC파일의 구조시험

압축강도 시험결과로부터 순환잔골재의 PHC파일에 적용가능성을 검토하기 위하여 압축강도 시험에서의 NR시험체의 배합을 사용한 순환잔골재를 사용한 PHC파일 총 9본을 만들어 한국표준산업규격 KS F 4306[프리텐션 방식 원심력 고강도 콘크리트 말뚝]에서 규정하고 있는 휨강도[2본], 이음부 휨강도 [4본], 축력 휨강도[1본], 전단강도[2본]에 대한 구조적 성능을 검증하고자 하였다. 그림 2는 PHC파일의 구조적성능검증을 위한 시험방법을 나타내었다.

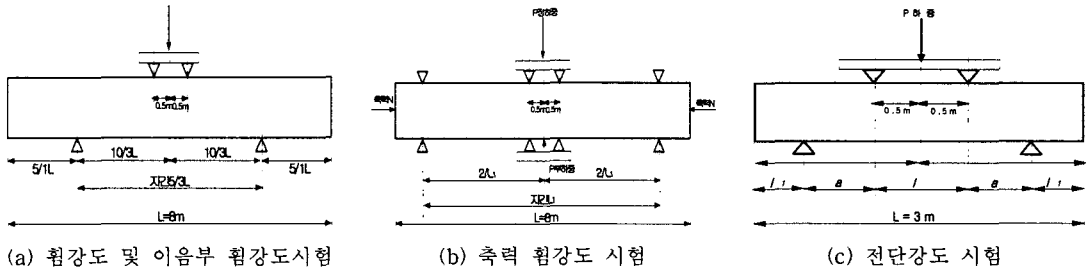


그림 2 PHC파일의 시험 방법

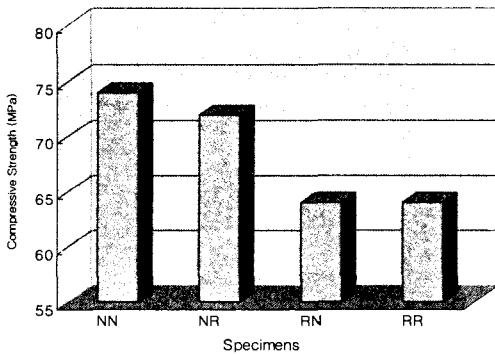


그림 3 원심력콘크리트의 강도 변화

표 3 구조성능 검증을 위한 실험변수

시험	구분	의경 (m)	길이 (m)	본
휨강도 시험	FS-1	0.4	8	2EA
	FS-2			
축력 휨강도 시험	NFS		8	1EA
이음부 휨강도 시험	CFS-1		5	4EA
	CFS-2			
전단강도 시험	SS-1		3	2EA
	SS-2			

3. 실험결과 및 고찰

3.1 원심력콘크리트의 압축강도

그림 3에서와 같이 순환굵은골재 및 순환잔골재의 혼입에 따른 원심력콘크리트의 압축강도 변화를 보여주고 있다. NN 시험체(일반굵은골재-100%, 일반잔골재-100%)는 74MPa의 압축강도를 나타내었으며, RN 시험체(순환굵은골재-100%, 일반잔골재-100%)의 압축강도는 64MPa로서 NN 시험체의 86% 강도수준을 나타내었다. NR 시험체(일반굵은골재-100%, 순환잔골재-100%)는 NN 시험체의 97%의 강도수준인 72MPa로 다른 시험체들과 비교 하였을때 NN 시험체와 유사한 강도가 발현된 것으로 나타났으며, RR 시험체의 압축강도는 64MPa(84%)의 강도수준을 나타내었다. NR 시험체 이외의 RN, RR 시험체의 압축강도는 각각 65.8MPa(89%), 64MPa(86%)의 강도수준을 나타내었다. NN과 NR, NN과 RN 시험체를 비교하면 각각 2MPa, 8.2MPa의 강도저하를 보이고 있다. 일반굵은골재를 순환굵은골재로 대체한 경우가 일반잔골재를 순환잔골재로 대체 사용한것 보다 큰 강도저하현상을 보이고 있다.

3.2 PHC파일의 구조시험

휨강도 시험, 이음부 휨강도 시험, 축력 휨강도 시험은 시험체 모두 휨 파괴 양상을 나타내었고, 모든 시험체의 초기 균열은 중앙단부에서 발생하여 하중 및 모멘트의 증가로 성장하여 시험체가 파괴되었다. 또한 전단강도 시험에서도 시험체 모두 전단파괴양상을 나타내었고, 초기 균열은 지점부와 가력점을 가로지르는 균열의 발생과 전단응력이 성장하여 시험체가 파괴되었다. 표3은 구조성능시험에 대한 실험변수를 보여주고 있으며, 표 4에서는 순환잔골재를 사용한 PHC파일에 대한 구조 성능 실험결과를 나타내고 있다.

표 4 구조 성능 실험결과

	KS 기준		구분	실험		(%)	
	휨모멘트	파괴 휨모멘트		휨모멘트	파괴 휨모멘트	휨모멘트	파괴 휨모멘트
휨강도 시험 (kN·m)	54.0	81.4	FS-1	58.89	97.55	109	119
			FS-2	54.71	93.18	101	114
축력 휨강도 시험 (kN·m)	182.5	259.0	NFS	197.0	287.0	108	111
이음부 휨강도 시험 (kN·m)	54.0	81.4	CFS-1	61.47	92.45	113	114
			CFS-2	59.72	98.05	110	121
전단강도 시험 (kN)	148.1		SS-1	183.6		123	
			SS-2	178.9		120	

4. 결론

본 연구에서는 골재자원의 수급과 확보가 불안정한 시점에서 최근 고품질의 순환골재가 만들어지고 있으며 순환잔골재를 사용한 콘크리트제품의 사용처 확대 가능성을 고찰하였다.

1. 일반굵은골재 100%와 순환잔골재를 100% 혼입한 시험체(NR)의 경우의 탈형 1일 강도는 72MPa로서 일반굵은골재 및 일반잔골재를 사용한 시험체(NN)의 기준강도(74MPa)의 97%로 근사한 강도를 발현하였고 시험체(RN)고 시험체(RR)비교하였을때, 굵은골재를 순환굵은골재로 대체한 경우 강도 저하현상을 볼 수 있었고 순환잔골재의 혼입에 따른 강도변화는 미미한 것으로 나타났다. 따라서 적절한 배합설계를 실시한다면 프리텐션 방식의 고강도 PHC 파일(사용강도: 80MPa)으로의 적용도 충분히 가능할 것으로 판단된다.
2. PHC파일의 구조시험 결과 휨강도, 이음부 휨강도, 축력 휨강도, 전단강도 모두 KS F 4306에서 규정한 각각의 시험값을 초과하여 구조적 성능을 검증하였다. 따라서 순환잔골재를 사용한 PHC 파일 제품생산이 가능할 것으로 판단된다.

본 연구에서 사용된 순환골재는 골재의 역학적 성질 및 품질이 동등한 고품질의 골재가 사용되었으며, 고품질의 순환골재를 사용한 경우에 대해서만 본 연구결과의 활용이 가능할 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 한국환경기술진흥원에서 주관하는 차세대 환경핵심기술개발사업이 지원으로 수행된 연구이며, 저자들은 한국환경기술진흥원의 후원에 감사의 뜻을 전합니다.

참고문헌

1. 한국레미콘공업협회 (2004), “골재수급 불안정의 해소방안” pp.1~43.
2. 심종성, 박철우, 박성재, 김현중, 김태광, 이만석 “순환골재의 사용성 확대를 위한 연구; 원심력콘크리트로의 적용” 한국건설순환자원학회지, 제2권, 1호, 2006. 6. pp.99~108.
3. 김용재 (2005), “순환골재콘크리트의 철근부착특성에 관한 연구” 한양대학교 석사학위논문, pp.41~42.