

# 순환골재를 사용한 원심력 콘크리트의 강도특성 연구

## Study on the Strength Characteristics of Spun-Concrete Used Recycled Aggregate

심종성\*      박철우\*\*      박성재\*\*\*      김용재\*\*\*\*      김길중\*\*\*\*  
Sim, Jongsung   Park, Choelwoo   Park, Sungjae   Kim, Yongjae   Kim, Kiljung

### ABSTRACT

Due to the demolition of old structures, primarily buildings, an amount of discharged construction wastes are increased. From the construction wastes, recycled aggregate can be used as a useful resource for concrete. However, its application to structural member is very limited. In this experimental study, the compressive strength of spun-concrete using recycled aggregate was investigated. Coarse aggregate was replaced with 100% of the recycled coarse aggregate, and recycled fine aggregate was replaced with various amount. According to the test results, the specimen of spun-concrete showed uniform compressive strength regardless the amount of replaced recycled fine aggregate.

#### 1. 서론

우리나라는 경제적인 급성장과 더불어 많은 콘크리트 구조물이 건설되었으며, 구조물의 수명 한계와 삶의 질 개선에 대한 욕구로 인하여 재건축 및 재개발이 확대되고 있다. 이에 필연적으로, 건설폐기물의 발생이 초래되고 있으며, 천연골재의 사용에 따른 사회적·환경적 제약으로 인하여 골재의 공급 및 생산에 대한 어려움이 가중되고 있다. 강자갈이나 강모래는 이미 그 부존량의 한계를 나타내고 있고, 바다모래, 부순돌, 부순모래 등이 사용되어지고 있으나, 이러한 골재자원도 제도적인 제한과 부존량의 한계를 나타내고 있다. 또한 이러한 골재 수급의 불안정성과 더불어 천연골재의 가격상승 또한 커다란 문제로 나타나고 있다. 이러한 실정에서 순환골재 사용의 중요성과 필요성은 강조되고 있다.

현재 순환골재는 기술의 발달로 콘크리트용 일반골재와 물리적으로 유사한 순환골재가 생산되면서 새로운 골재원으로서의 순환골재의 가치는 높아지고 있다. 그러나, 현재의 순환골재에 대한 연구는 강도, 내구성에 관련된 기초적인 연구에만 치중되고 있다. 따라서 순환골재의 고부가가치화를 위해서는 기초적인 연구를 바탕으로 순환골재콘크리트를 구조부재로서 사용하는 것과 프리캐스트 공장 제품으로의 상용화를 위한 연구가 수행되어야 한다.

원심다짐방법은 원심력콘크리트를 만드는 방법으로 콘크리트를 고속으로 회전시켜 얻은 강한 원심력으로 콘크리트 중의 기포와 잉여수분을 추출하여 내구성, 수밀성 및 고강도의 치밀한 조직을 만들 수 있는 방법이다.

따라서 본 연구에서는 순환골재의 적극적인 적용과 활용을 통한 고부가가치 자원화를 실현시키기 위하여 기수행된 순환골재의 기초연구를 바탕으로 원심력 콘크리트 제품의 개발에 적용하기 위하여 순환골재의 혼입율에 따른 원심력 콘크리트의 강도 특성을 고찰하고자 한다.

\*정회원, 한양대학교 토목환경공학과 교수

\*\*정회원, 한양대학교 토목환경공학과 BK 연구교수

\*\*\*정회원, 한양대학교 토목환경공학과 대학원 박사과정

\*\*\*\*정회원, 한양대학교 토목환경공학과 대학원 석사과정

## 2. 실험

본 연구에서는 순환굵은골재와 순환잔골재의 혼입량이 원심력다짐 콘크리트의 강도특성에 미치는 영향을 분석하기 위하여 다음과 같이 공시체를 제작하여 강도를 측정을 하였다.

### 2.1. 배합

굵은골재는 일반굵은골재, 순환굵은골재를 사용하고, 배합은 미혼입율 (N)과 순환잔골재의 혼입율 (R)을 0%, 30%, 60%로 나누어 4가지로 구분하여 공시체를 제작하였다 [표1]. 배합강도는 PHC과일의 경우 80MPa를 고려하여 82MPa로 설계하였다. 또한 강도증진을 위한 고강도 발현 혼화제를 사용하였다.

표 1. 배 합 표

	순환잔골재 혼입률 (%)	굵은골재 (Kg)		잔골재 (Kg)		물 (Kg)	시멘트 (Kg)	혼화제 (Kg)
		일반	순환	일반	순환			
N	0	1128	0	752	0	145	514	51
R0	0	0	1124	752	0	145	514	51
R30	30	0	1124	527	210	145	514	51
R60	60	0	1124	301	420	145	514	51

### 2.2 재료

일반굵은골재는 경기도 포천산 쇠석, 순환골재는 I사에서 생산된 골재로서, 굵은골재 최대치수는 19mm이다. 순환굵은골재와 순환잔골재는 KS F 2573 (콘크리트용 순환골재)의 기준에 의한 1종 순환골재임을 확인하였다 [표2, 표3].

표 2. 실험사용재료

	순환굵은골재	순환잔골재	일반굵은골재	일반잔골재
흡수율(%)	1.82	4.55	0.84	1.16
비중	2.61	2.43	2.62	2.61
조립율	7.81	3.99	7.81	3.62

표 3. 콘크리트용 순환골재 (KS F 2573)

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

### 2.3 공시체 규격 및 콘크리트 타설

공시체 규격과 공시체 제작 시 필요한 회전속도와 시간은 KS F 2454 규정에 맞추어 제작하였다 [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

양생은 여름철이고, 원심력콘크리트 생산공장 내부의 온도가 콘크리트의 증기양생으로 인하여 외기 온도보다 높기 때문에 초기의 양생 온도는 40℃로 설정하였으며, 지속시간은 1시간으로 하였다. 증기양생은 온도상승률 20℃/hr, 온도하강률 20℃/hr, 최대양생온도 80℃ 지속시간은 4시간 등 기타 실험조건은 그림1과 같이 ACI를 참고하여 실험하였다.

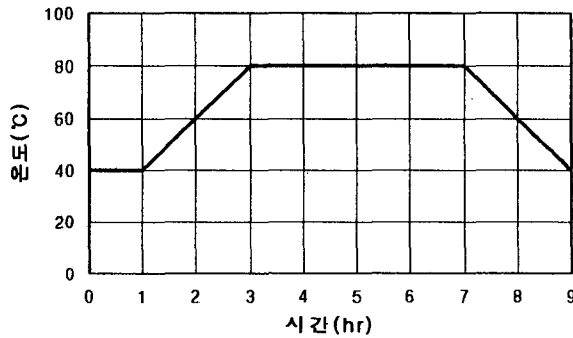


그림 1. 원심력콘크리트의 양생 온도 구배 (전양생, 증기양생)

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1 순환잔골재의 혼입율에 따른 원심력콘크리트의 압축강도 고찰

순환굵은골재 100%에 대한 일반잔골재와 순환잔골재 혼입율(0, 30, 60%)에 따른 순환골재콘크리트의 압축강도를 측정하여 비교한 결과 일반골재만을 사용한 경우와 약 10MPa 정도 강도차가 나타나는 것을 확인할 수 있었다. 이러한 결과는 순환굵은골재의 입도불량에 기인한다고 사료된다. 또한, 일반골재만을 사용한 경우 내공상태가 양호한 반면, 순환굵은골재를 사용한 경우 순환굵은골재 최대치수 19mm이외의 순환골재 생산과정에서 혼입되어진 것으로 사료되는 최대치수 25mm이상 크기의 순환굵은골재에 의해 내공상태가 불량하게 나타났다.

일반적으로 순환골재콘크리트는 일반잔골재를 사용한 콘크리트와 비교 하였을때, 순환잔골재의 혼입율 30%이내 까지는 유사한 강도가 발현되거나 그 이상 발현되는 경향이 있다. 하지만, 30%이상에서 부터는 강도 저하가 급격히 떨어지는 것으로 알려져 있다.

이에 반하여 원심다짐을 통한 원심력콘크리트의 경우는 순환잔골재의 혼입율이 60%이내까지 유사한 강도가 발현되었다. 이것은 원심다짐방법을 사용한 경우 여유수분의 제거와 회전, 진동다짐에 따라 내부가 밀실해지고, 공기량이 감소되어 순환잔골재의 혼입율 증가에 따른 강도 저하현상이 완만하게 나타난 것으로 사료되어진다.

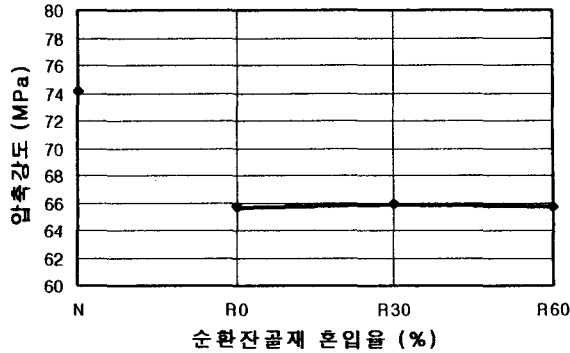


그림 2. 순환잔골재 혼입율에 따른 압축강도 변화 (재령1일)

#### 4. 결론

본 연구에서는 1종 순환굵은골재 (100%)를 사용하여 순환잔골재와 일반잔골재의 혼입율을 변수로 원심력콘크리트의 강도에 대하여 고찰하였으며, 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 일반적인 콘크리트의 1일 평균강도 증가율이 1.5MPa 정도 증가되는 것을 고려할 경우 원심력 콘크리트제품(PHC 파일)의 요구강도인 80MPa에 충분히 도달할 것으로 보인다. 따라서, 원심력콘크리트제품인 PHC파일에 적용이 가능할 것으로 예상된다.
- 2) 순환골재의 단점인 강도저하 문제는 원심다짐방법에 의하여 보완이 가능할 것으로 예상되므로 PHC파일 이외의 다른 원심다짐방법을 사용하여 제작되는 원심력콘크리트제품에 순환굵은골재 및 순환잔골재의 사용이 가능할 것으로 생각된다.
- 3) 순환골재를 사용한 원심력콘크리트제품의 경우 내구성이 극히 요구되어지는 환경에 적용되지 않는다면 60%이내의 사용도 충분히 가능할 것으로 사료된다.

#### 감사의 글

본 연구는 한국환경기술진흥원에서 주관하는 “2004 차세대 환경 핵심기술개발사업, 폐콘크리트의 고부가가치 자원화 기술개발에 관한 연구”의 일환으로 수행되었으며, 저자들은 한국환경기술진흥원의 후원에 감사의 뜻을 전합니다. 또한, 실험을 지원해준 삼부건설공업(주)에도 감사의 뜻을 전합니다.

#### 참고문헌

1. 이세현, “재생골재콘크리트의 성능개선에 관한 연구”, 건국대학교 박사학위 논문, 2000.
2. 이희철, “프리캐스트 구조체를 위한 플라이애시 혼입 재생골재콘크리트의 성능평가”. 한양대학교 석사학위 논문, 2004
3. 심종성, 문도영, 박성재, 김용재 “재생골재의 고부가가치화에 대한 연구”, 한국콘크리트학회 논문집 Vol 15, No. 1, 2003, pp. 41~46.
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. 이성로, 강성수, 유성원 “PHC 파일의 압축강도와 재료분리층에 대한 실험연구” 한국콘크리트학회 논문집, Vol 13, No. 1, 2001, pp. 16~22.