

# 재생골재 콘크리트의 성능 예측에 관한 기초적 연구

## A Fundamental Study on the Performance Prediction of Recycled Aggregate Concrete

○ 최 맹 기\*      박 희 곤\*\*      박 선 길\*\*\*      이 재 삼\*\*\*\*      이 영 도\*\*\*\*\*      정 상 진\*\*\*\*\*  
 Choi, Maeng-Ki      Park, Hee-gon      Park, Sun-Gil      Lee, Jae-Sam      Lee, Young-Do      Jung, Sang-Jin

### Abstract

As the importance of recycled materials is being emphasized more in the Korean construction market, the production quality has been improved to a significantly high level. Compared to the high quality, however, there are used very limitedly. Among recycled construction materials, recycled aggregates produced through the retreatment of waste concrete are drawing attention because of lack of natural aggregate and heightened consciousness of resource saving and environmental protection and, as a consequence, they are close to natural aggregates in terms of production technology and quality. Despite the high quality and productivity, however, the utilization of recycled aggregates is very low.

키워드 : 재생골재, 압축강도, 인장강도, 슬럼프 플로우

Keywords : Recycled Aggregate, Compressive Strength, Tensile Strength, Slump Flow

## 1. 서 론

최근의 건설산업에 있어서 국가 자원의 절약 및 환경보전적인 측면에서 재활용 재료에 대한 사회적 관심이 증대되고 있고 이러한 시대적 흐름을 바탕으로 건설재료중의 하나인 천연골재의 부족으로 인하여 폐콘크리트의 재처리 과정에서 파생되는 재생골재가 환경적, 경제적인 측면에서 대두되고 있는 실정이다. 과거에는 재생골재의 사용에 있어서는 극히 제한적이었으나, 환경부는 건설폐기물의 재활용을 촉진하기 위해 토목, 건축 공사에 사용하는 모래, 자갈 등 골재 가운데 일정 비율을 재생골재로 충당하도록 하는 방안을 추진하고 있다. 이에 따른 재생골재를 실구조체에 적용하기 위한 기초적 실험으로 래미콘 타설을 통해 Mock-up을 제작하여 코어공시체를 채취하고 현장대기양생과 표준수중양생의 조건하에서 양생한 공시체와의 강도를 평가하여 성능을 예측할 수 있는 방안을 모색하기 위한 기초적 연구로써 이를 통한 재생콘크리트의 현장적용성 및 실구조체의 성능을 사전에 파악할 수 있도록 하는데 그 목적이 있다.

## 2. 실험 계획 및 방법

### 2.1 Mock-up 실험 계획

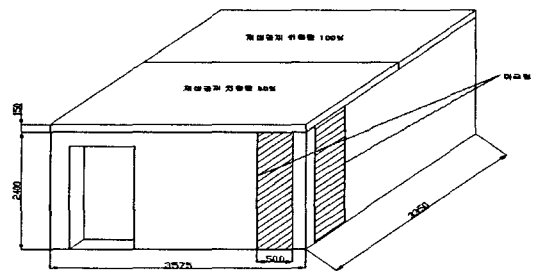


그림 1. Mock-up 제작도

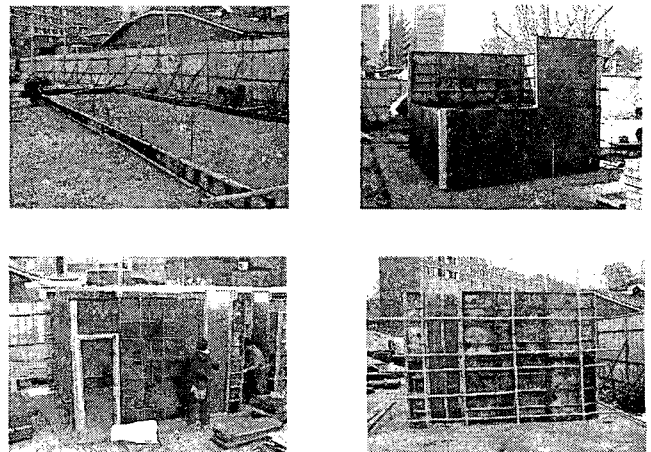


사진 1. Mock-up 거푸집 제작 과정

\* 정회원, 단국대 대학원 석사과정  
 \*\* 정회원, 단국대 대학원 박사수료  
 \*\*\* 정회원, 정일건설 대표이사, 공학박사  
 \*\*\*\* 정회원, 두산산업개발(주) RC 연구개발팀 팀장  
 \*\*\*\*\* 정회원, 경동대 건축공학과 교수  
 \*\*\*\*\* 정회원, 단국대 건축대학 건축공학과 교수

표 1. 실험계획

재생골재치환율(%)	기호	잔골재율(%)	W/C(%)	단위수량(kg/m <sup>3</sup> )	양생방법	코어	실험항목
천연골재100	P	42	50	175	표준수중양생 현장대기양생	상부 중앙부 하부	KS F 2402 KS F 2421 KS F 2405 KS F 2422
재생굵은골재30	RG30						
재생굵은골재50	RG50						
재생굵은골재100	RG100						
재생잔골재30	RS30						
재생잔골재50	RS50						
재생잔골재100	RS100						

2.1 Mock-up 실험계획

Mock-up 실험체 제작을 위하여 서울의 A 오피스텔을 설정하여 마이더스 프로그램을 사용하여 하중이 가장 많이 작용하고 있는 하나의 실을 선정하여 scale 1:1로 Mock-up 2개실을 제작하였다.

철근은 Ø10mm 철근을 사용하여 구조도면의 배근도에 나타난 것과 동일하게 시공하였다.

2개의 실에 각각 재생잔골재와 재생굵은골재를 0, 30, 50, 100% 치환하여 각 벽체마다 타설하였으며, 슬래브의 경우에는 재생잔골재를 30, 100% 치환한 콘크리트를 분리 타설하였다. Mock-up 제작도 및 거푸집 제작 과정을 그림 1과 사진 1에 나타내었다.

2.2 실험계획 및 양생방법

굳지않은 콘크리트 시험은 레미콘 운반시 발생하는 콘크리트의 슬럼프 및 공기량의 로스에 대하여 검토하기 위하여 30분 간격으로 슬럼프, 슬럼프플로우 및 공기량 실험을 실시하였으며, 강도성능 검토를 위하여 배합별 Mock-up의 벽체 core를 상, 중, 하로 구분하여 채취하여 실험을 실시하였다. 이에 대한 비교 자료를 얻고자 표준수중양생과 현장대기양생의 공시체를 제작하여 재생 레미콘의 강도성능을 검토하였다. 이에 따른 실험계획은 표 1과 같다.

2.3 사용재료

본 실험에 사용된 시멘트는 KS L 5201의 규정에 적합한 국내 S사의 보통 포틀랜드 시멘트를 사용하였고, 재생골재콘크리트 제조 시 선행 연구의 배합을 기초로 하여 국내 D사에서 레디믹스트콘크리트를 제조하였다. 국내 B사에서 생산된 재생골재를 사용하여 실험을 실시하였으며, 재생굵은골재는 흡수율 2.81%, 비중 2.52, 재생잔골재는 흡수율 4.53%, 비중 2.44의 1종에 해당하는 재생골재를 사용하였다. 그 물리적 성질은 표 2와 같다.

표 2. 골재의 물리적 성질

	최대치수 (mm)	비중	흡수율 (%)	단위용적중량 (kg/m <sup>3</sup> )
굵은골재	25.0	2.7	0.95	1,567
잔골재	5.0	2.6	1.3	1,623
재생굵은골재	25.0	2.52	2.81	1,446
재생잔골재	5.0	2.44	4.53	1,363

3. 실험결과 및 고찰

3.1 굳지않은 콘크리트시험

슬럼프플로우, 슬럼프 및 공기량 실험결과를 그림 2, 3, 4에 나타내었다. 시간의 경과에 따라 슬럼프 및 슬럼프플로우가 다소 감소하는 경향을 보였다. 재생굵은골재에 비해 재생잔골재를 치환한 콘크리트의 경우 슬럼프플로우의 감소폭이 작은 이유는 레미콘 공장에서 골재를 야적함으로써 함수율이 높은 재생잔골재에 영향을 미친 것으로 판단된다. 공기량은 기준콘크리트(P)에 비해 재생잔골재를 치환한 콘크리트가 다소 낮은 공기량 값을 보이고 있었다. 이는 재생잔골재에 포함되어 있는 다량의 미분으로 인한 것으로 판단된다. 하지만 전체적인 경향성에 있어서는 기준콘크리트와 유사한 경향을 나타내고 있음을 알 수 있었다.

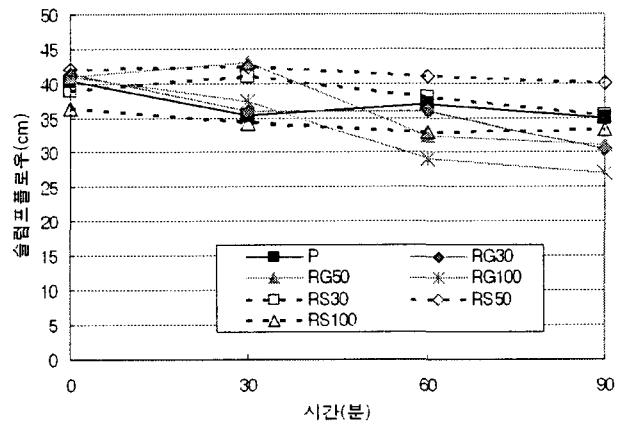


그림 2. 슬럼프플로우

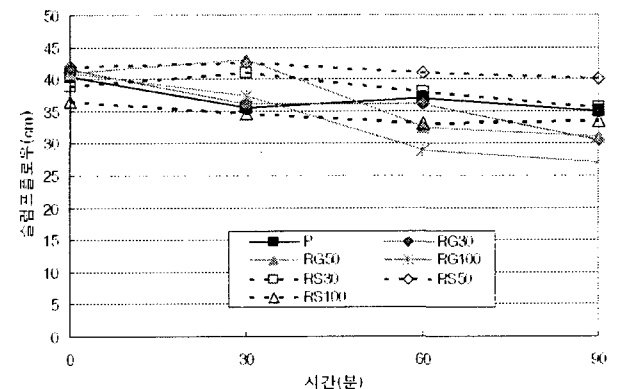


그림 3. 슬럼프

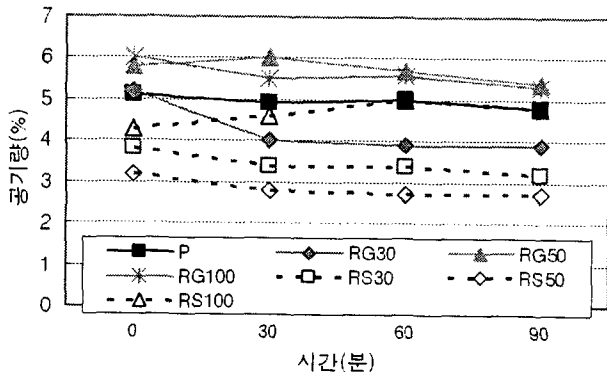


그림 4. 공기량

### 3.2 양생 방법별 압축강도 시험

그림 5와 6은 표준수중양생과 현장대기양생에서의 압축강도 실험결과이다. 양생방법별 압축강도 발현성상에 있어서 28일 압축강도를 기준으로 기준콘크리트(P)와 비교하여 재생굵은골재와 재생잔골재를 치환한 콘크리트는 표준수중양생에서는 각각 0%와 13.5%, 현장대기양생에서는 각각 5.1%와 31.4%의 압축강도의 저하를 나타내고 있었다. 또한 표준수중양생이 현장대기양생에 비하여 26.7%의 압축강도가 높게 나타나고 있었다.

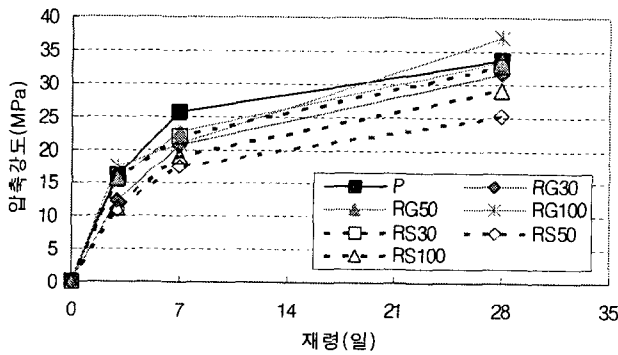


그림 5. 표준수중양생 압축강도

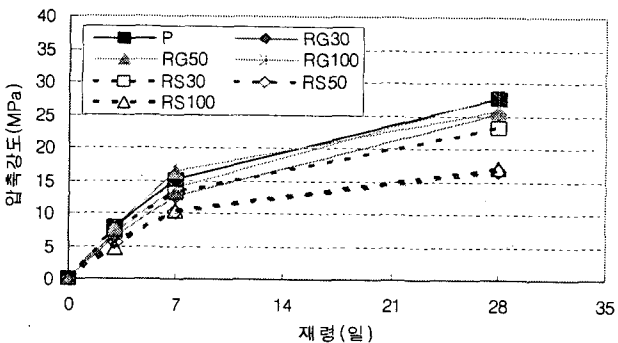


그림 6. 현장대기양생 압축강도

### 3.3 코어 시험체 압축강도 시험

코어 시험체 압축강도 실험결과를 그림 7, 8, 9에 나타내었다. 천연골재를 사용한 콘크리트의 평균 압축강도인 30.8MPa를 기준으로 재생굵은골재와 재생잔골재를 치환한 콘크리트의

압축강도는 28.5MPa와 23.1MPa로 각각 7.3%와 24.9%의 압축강도 저하를 나타내고 있었다. 재생잔골재를 치환한 콘크리트가 재생굵은골재를 치환한 콘크리트에 비해 현저히 낮은 강도 성상을 보이고 있고 재생굵은골재에 비해 치환량에 따른 다소 큰 강도 편차를 보이고 있었다. 그러나 재생잔골재를 비구조체 타설에 있어서는 충분히 사용 가능할 것으로 판단된다. 재생굵은골재의 경우 세심한 골재 관리가 이루어진다면 최대 100%까지도 실구조체에 사용이 가능할 것으로 판단된다. 각 배합의 부위별 코어강도에서는 상단부 25.6MPa, 중앙부 26.7MPa, 하단부 27.3MPa로 하부로 갈수록 다소 증가하는 압축강도 성상을 나타내고 있다. 이는 콘크리트 자중에 의해 하부 콘크리트가 밀실해지기 때문으로 판단된다.

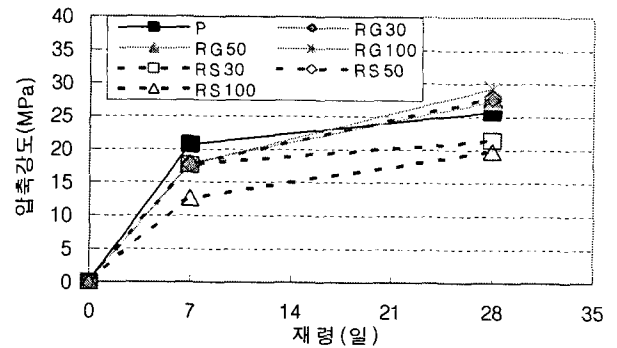


그림 7. 코어 상부 압축강도

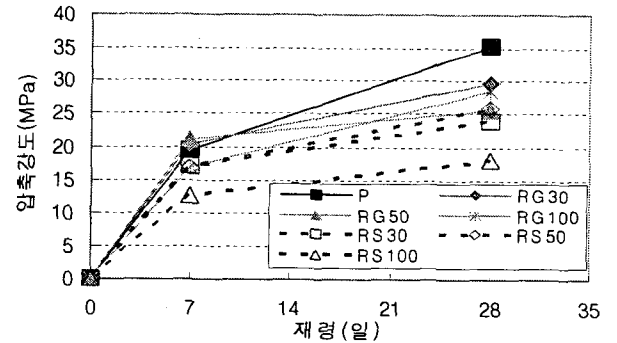


그림 8. 코어 중앙부 압축강도

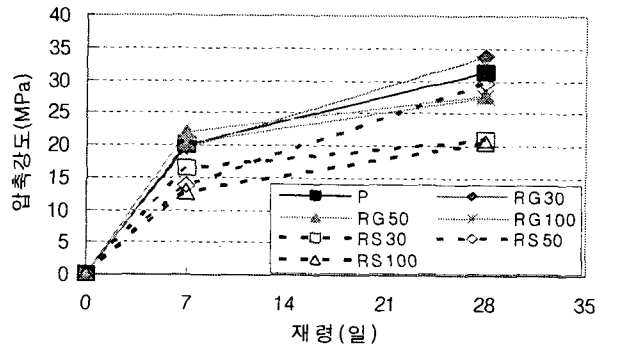


그림 9. 코어 하부 압축강도

### 3.4 코어 시험체와 양생 방법별 시험체의 상관관계

코어 시험체와 현장대기양생에서의 시험체의 압축강도 상관관계를 그림 10에 나타내었다. 코어 시험체와 현장대기양생의 시험체의 분석 결과 사선을 기준으로 상위에 있음을 알 수 있

다. 이는 현장대기조건에서의 시험체 보다 실물 실험을 통한 코어 시험체가 강도 발현에 있어서 우수하다는 것을 알 수 있고 장기강도로 갈수록 그 편차도 다소 증가하는 결과를 보이고 있다.

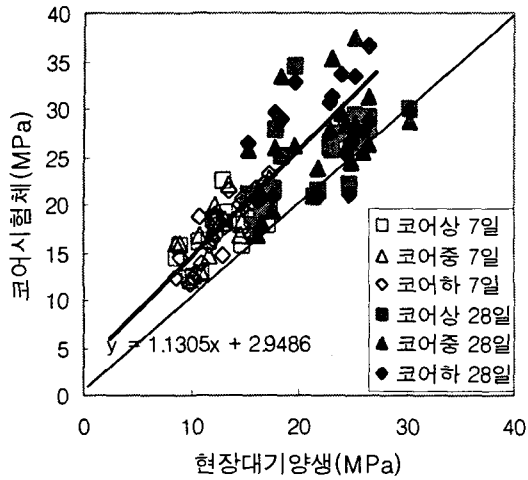


그림 10. 코어 시험체와 현장대기양생 시험체의 상관관계

코어 시험체와 표준수중양생 시험체의 압축강도 관계를 그림 11에 나타내었다. 표준수중양생 시험체와 코어 시험체의 상관관계는 사선을 기준으로 하부에 위치하고 있다. 이는 코어 시험체보다 표준수중양생에서의 시험체가 더 높은 강도값을 나타내고 있음을 알 수 있다. 또한 초기강도 증진보다 장기강도 증진에 있어서 월등함을 나타내고 있다.

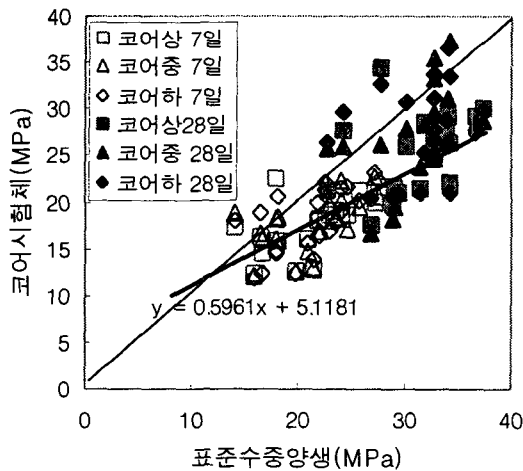


그림 11. 코어 시험체와 표준수중양생 시험체의 상관관계

#### 4. 결 론

1) 슬럼프플로우 및 슬럼프는 천연골재를 사용한 콘크리트와 재생골재를 치환한 콘크리트의 경시에 따른 슬럼프로스 에 있어서 다소 차이를 나타내고 있었으며, 오히려 재생골재를 공장에서 사일로 등을 이용한 골재 관리가 이루어진

다면 슬럼프 및 슬럼프플로우의 경시변화에 대한 차이를 더욱 줄일 수 있을 것으로 판단된다. 공기량에 있어서는 경과시간에 대한 차이가 거의 없는 것으로 나타나 문제가 없는 것으로 사료된다.

- 2) 압축강도 실험결과 재생골재를 치환한 콘크리트에 있어서는 50% 이상으로 사용량을 늘릴 수 있을 것으로 판단되며, 재생골재에 대한 좀 더 세심한 관리를 한다면 최대 100%까지도 실구조체에 사용이 가능할 것으로 판단된다.
- 3) 코어시험체에 있어서는 재생골재를 치환한 콘크리트의 경우 치환량에 따른 강도 편차가 다소 크게 나타났으며, 강도 발현에 있어서도 낮게 나타났다. 재생골재를 사용한 구조체 타설에 있어서는 잔골재량을 줄이는 등의 대책이 마련되어야 할 것으로 판단되나, 비구조체 타설에 있어서는 문제가 없는 것으로 판단된다. 재생골재의 경우에는 최대 50% 이상까지도 실구조체에 사용가능할 것으로 사료된다. 재생골재는 구체 사용에 있어서 문제가 없을 것으로 판단된다.

4) 코어 시험체와 현장대기양생 시험체의 상관관계는  $y = 1.1305x + 2.9486$ , 코어 시험체와 표준수중양생 시험체의  $y = 0.5961x + 5.1181$ 로 나타났으며, 이러한 상관식을 사용하여 실험용 시험체를 통한 현장적용 가능한 재생 콘크리트의 기초적인 예측이 가능할 것으로 판단된다. 추후 현재의 1차식이 아닌 2~3차식을 통해 더욱 정확한 예측을 가능케 해야 할 것이다.

#### 감사의 글

본 논문은 건설교통부가 출연하고 한국건설 교통기술 평가원에서 위탁 시행한 2004년도 건설핵심기술개발사업 '04핵심기술A 02-03'의 지원으로 이루어졌습니다.

#### 참 고 문 헌

1. 정상진 외, 재생콘크리트의 양생 방법별 강도 특성에 관한 실험적 연구, 콘크리트학회, 제 17권 2호(통권 제 33집)
2. 한국 콘크리트학회, "최신 콘크리트 공학", 2005
3. 신성우, " 재생골재를 활용한 고성능 콘크리트의 개발", 콘크리트학회지 제 15권 2호 2003. 3
4. 이세현 외, "Mock-up에 적용한 재생골재콘크리트의 특성연구", 콘크리트학회 2005.5 제17권 1호