

재생골재를 사용한 구조용 콘크리트의 성능평가

Performance Evaluation of Structural Concrete Using Recycled Aggregate

박희곤* 배연기** 이재삼*** 이영도**** 임남기***** 정상진*****
 Park, Hee-Gon Bae, Yeoun-Ki Lee, Jae-Sam Lee, Young-Do Lim, Nam-Ki Jung, Sang-Jin

Abstract

In the past, recycled aggregate was used very limitedly in low value-added areas such as the base layer of roads. However, in response to the shortage of natural aggregate, high consciousness of resource saving and changed idea on environment, the quality of recycled aggregate has been improved considerably, and the percentage of recycled construction waste is increasing every year compared to simple landfill or incineration.

Recently the Act on the Promotion of Construction Waste Recycling was enacted on December 2003 for the efficient use of recycled aggregate, and the Standards for the Quality of Recycled Aggregate for Concrete (Proposal) were announced in order to use and manage recycled aggregate according to quality.

According to the Standards for the Quality of Recycled Aggregate for Concrete (Proposal), it is recommended to substitute recycled coarse aggregate and fine aggregate below 30% each. However, compared to the trend of recycling, the recycling rate of aggregate is still quite low. It is because of low performance of recycled aggregate, users' lack of understanding, etc.

These problems basically come from the decrease of strength of recycled concrete resulting from the use of recycled aggregate, and recycled aggregate is still considered not reliable because there have been not many cases of actual application. If the basic problem of strength decrease is solved and data on recycled aggregate is provided through actual field placing, we may maximize the use of recycled aggregate.

Thus, in order to maximize the use of recycled aggregate that satisfy the recycled aggregate quality standards, the present study made a mock-up similar to real structures, evaluated its performance and examined the field applicability of recycled aggregate concrete.

키워드 : 재생골재, 재생콘크리트, 압축강도, 실물 시험

Keywords : Recycled Aggregate, Recycled Concrete, Compressive strength, Mock-up Test

1. 서 론

1.1 연구 배경 및 목적

최근의 건설 산업에 있어서 재개발·재건축과 같은 사회적 요인과 건물의 노령화 및 기능 저하에 따른 콘크리트 구조물의 철거 및 해체로 인하여 막대한 양의 건설폐기물이 발생되고 있다. 사업장일반 폐기물등과 같은 다른 폐기물은 일정 수준에 머물러 있는 반면 건설폐기물의 양은 해마다 급격하게 증가하고 있고, 2004년에는 약 5천 5백만 톤의 건설폐기물이 발생되었다.¹⁾ 이러한 건설폐기물의 적절한 처리 및 이용을 위한 다각적인 방안이 모색되어야 할 시점에 있다.

건설폐기물 중 가장 많은 비율을 차지하는 폐콘크리트의 경우 과거에는 단순매립에 의한 처리가 대부분이었으나, 매립지가 부족해 지면서 무단 폐기 증가로 인하여 환경오염이 증대되고 있다. 이와 더불어 건설재료 중의 하나인 천연골재가 부족

해지고, 국가 자원의 절약 및 환경보전적인 측면에서 재활용 재료에 대한 사회적 관심이 증대되면서 이러한 시대적 흐름을 배경으로 폐콘크리트의 재처리 과정에서 파생되는 재생골재 활용의 중요성이 환경 및 경제적인 측면에서 대두되고 있다.

과거에는 재생골재의 사용은 극히 제한적이었으며, 그 사용 용도 또한 도로 기층용 등의 저부가가치 용도에 한정되었다. 그러나 천연골재의 부족, 자원 절약의 의식 증대 및 환경에 대한 인식의 변화와 더불어 재생골재의 생산 품질도 상당히 우수한 수준에 이르고 있어서 단순 매립이나 소각에 그치던 건설폐기물을 재활용하는 비율이 매년 높아지고 있다.

또한 환경부는 건설폐기물의 재활용을 촉진하기 위해 토목, 건축 공사에 사용되는 모래, 자갈 등의 골재 가운데 일정 비율을 재생골재로 충당하도록 하는 방안을 추진하고 있어 폐콘크리트를 재활용한 재생골재에 대한 연구가 더욱 활성화 될 것으로 판단된다.

최근 재생골재의 효율적인 활용을 위하여 2003년 12월 건설폐기물 재활용 촉진에 관한 법률을 제정하였으며, 콘크리트용 '순환골재(본 논문에서는 '재생골재'로 명명함) 품질 기준(안)'을 공포하여 재생골재 품질에 따른 용도와 관리를 할 수 있는 기준이 확립되었다.²⁾

순환골재 품질 기준(안)에 명시한 바에 의하면 순환골재

* (주) 렉스콘 연구개발팀 전임연구원

** (주) 렉스콘 연구개발팀 과장

*** (주) 렉스콘 연구개발팀 팀장

**** 경동대학교 건축토목공학부 교수

***** 동명대학교 건축대학 건축공학과 교수

***** 단국대학교 건축대학 건축공학과 교수

재와 잔골재 각각을 30%이하로 치환하여 사용하는 것을 권장하고 있다. 하지만 이러한 재활용 추세에 비하여 상당히 낮은 수준에 그치고 있는데, 이는 재생골재의 성능 저하와 사용자들의 인식 부족 등의 문제점을 들 수 있다.

이러한 문제점들은 기본적으로 재활용 골재의 사용에 따른 재생콘크리트의 강도 저하에 따른 문제점이라 할 수 있으며, 실제로 현장에 적용된 사례가 부족하여 그에 대한 신뢰도가 낮은 실정이다. 이러한 기본적인 강도 저하에 대한 문제점 및 실제 현장 타설에 대한 자료가 뒷받침 된다면 그 활용성을 극대화 될 수 있을 것으로 판단된다.

따라서 본 연구에서는 순환골재 품질 기준을 만족하는 재생골재를 사용하여 활용성을 극대화하기 위하여 실제 구조물과 유사한 Mock-up을 제작하고 이에 대한 성능을 평가하여 재생골재 콘크리트의 현장 적용성 여부를 검토 한다.

1.2 연구 방법 및 범위

본 연구에서는 재생골재 잔골재 및 굵은골재를 각각 0, 30, 50, 100% 치환한 재생골재 콘크리트 배합을 설정하고, B/P에서 생산된 레미콘으로 Mock-up각 벽체마다 한 개의 배합씩 적용하였다. 또한 슬래브에는 재생골재 최대 사용기준으로 설정되어 있는 치환율 30%와 치환율100%를 분리 타설하여 Mock-up을 제작하였다.

Mock-up Test에 있어서 굳지 않은 콘크리트 실험으로는 공기량 및 슬럼프, 침하량, 블리딩, 길이변화 실험을 실시하였으며, 굳은 콘크리트 실험으로는 코어 시험체 압축강도 실험과 표준수중양생, 현장대기 양생 압축강도 시험을 실시하여, 재생골재 콘크리트의 레미콘 생산 및 구조체 타설에 대한 성능검토를 실시 하였다.

2. 실험계획 및 방법

2.1 실험개요

실험 요인 및 수준은 표 1과 같이 물시멘트비 50% 1수준과 잔골재율 42% 1수준으로 하였으며, 재생굵은골재 및 잔골재 치환율을 각각 0, 30, 50, 100%로 총 7개 배합을 실시하였다.

표 1. 실험요인 및 수준

요인	수준	수	
W/C	50%	1	
S/a	42%	1	
재생굵은골재 치환율	1종	0% P	4
		30% RG30	
		50% RG50	
		100% RG100	
재생잔골재 치환율	1종	0% P	3
		30% RS30	
		50% RS50	
		100% RS100	
계	7		

실험항목은 재생골재 콘크리트의 굳지 않은 콘크리트에 있어서 유동특성의 문제점을 파악하기 위하여 공기량, 슬럼프 및 슬럼프 플로우, 블리딩, 침하량 길이변화 실험을 실시하였으며, 경화 콘크리트 실험으로 코어 공시체 압축강도 시험을 실시하였다. 또한 코어 공시체와 압축강도 성상을 비교하기 위하여 표준수중양생 및 현장대기양생용 공시체를 제작하여 그 상관성을 비교하였다.

Mock-up 제작시 각 벽체 마다 즉 각 배합 마다 타설되는 벽체에 레산으로 투명한 벽체를 제작하여 유동성 및 충전성을 검토하였다.

2.2 사용재료

2.2.1 시멘트

본 실험에 사용한 시멘트는 KS L 5201(포틀랜드 시멘트)의 규정에 적합한 국내 S사 보통 포틀랜드 시멘트를 사용하였으며, 그 물리적 성질 및 화학적 성분은 표 2, 3과 같다.

표 2. 시멘트의 물리적 성질

시멘트 종류	비중	응결시간(분)		압축강도(MPa)			분말도 (cm ² /g)
		초결	종결	3일	7일	28일	
보통포틀랜드 시멘트	3.15	240	360	21	31	38.9	3,400

표 3. 시멘트의 화학적 성분

구분	화학적 성분(%)						
보통 포틀랜드 시멘트	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	L.O.I
	21.95	6.59	2.81	60.12	3.32	2.11	2.58

2.2.2 골재

본 실험에 사용된 골재는 광주석산 쇄석(굵은골재), 인천산 혼합사(잔골재)를 사용하였으며, 재생골재는 국내 C사에서 생산되는 재생굵은골재 1종과 재생잔골재 1종을 굵은골재는 25mm, 잔골재는 5mm로 입도조정하여 사용하였다. 골재의 물리적 성질은 표 4와 같다.

표 4. 사용골재의 물리적 성질

골재종류	최대치수 (mm)	밀도	흡수율 (%)	단위용적질량 (kgf/m ³)	
천연골재	굵은골재	25.0	2.61	0.95	1,527
	잔골재	5.0	2.60	0.98	1,590
재생골재	굵은골재 1종	25.0	2.54	2.83	1,446
	잔골재 1종	5.0	2.43	4.95	1,363

2.2.3 혼화제

실험에 사용한 혼화제는 고성능 AE감수제로써 국내 F사에서 생산되는 폴리카르본산 에스테르계 복합체로써 콘크리트 제조시 시공연도를 향상시키며, 단위수량을 감소시키는 성능을 가진 것으로 그 특성은 표 5와 같다.

표 5. 고성능AE감수제의 물리적 성질

유형	주성분	밀도(20℃)	염화물량	색상
액상	폴리카르본산 에스테르계	1.20 ± 0.05	없음	암갈색

2.3 Mock-up 제작 계획

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

철근은 D10을 사용하여 구조도면의 배근도에 나타난 것과 동일하게 시공하였으며, 철근 배근도는 그림 1과 같다.

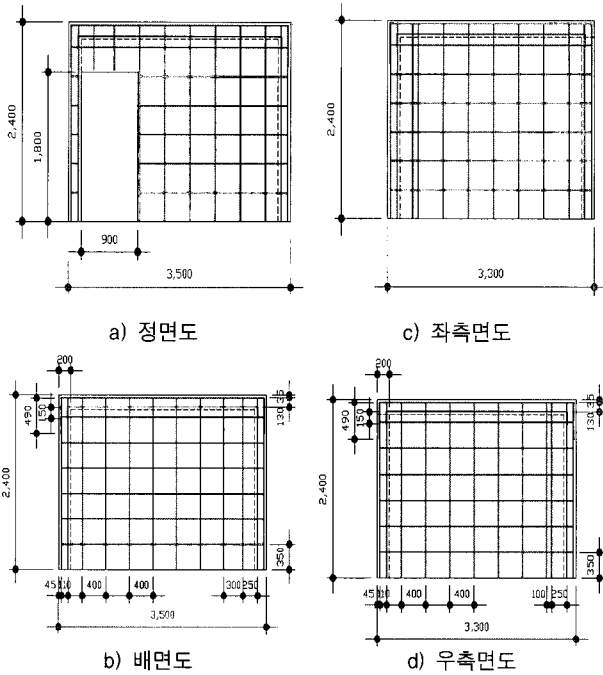
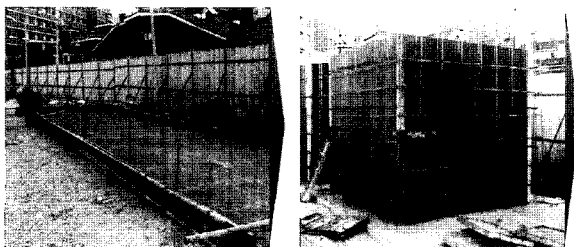


그림 1 철근배근도면

그림 1에 나타낸 Mock-up 철근 배근도면에 따라 D10철근을 수직, 수평 모두 400mm간격으로 배근하였다.

1개의 실에는 재생굼은골재를 0%, 30%, 50%, 100% 치환하여 각 벽체를 구획하여 타설하였으며, 슬래브의 경우에는 30%와 100% 치환한 콘크리트를 분리 타설하였다. 같은 방법으로 다른 1개의 실 전체를 재생잔골재로 치환하여 타설을 하였다. 또한 각 배합 마다 충전성 및 유동성을 검토하기 위하여 각 벽체 마다 렉산을 설치하였다.

Mock-up 제작 과정과 타설 계획을 사진 1 및 표 6과 같다.



버림콘크리트 타설후 먹줄매김 내벽 거푸집 및 철근 설치

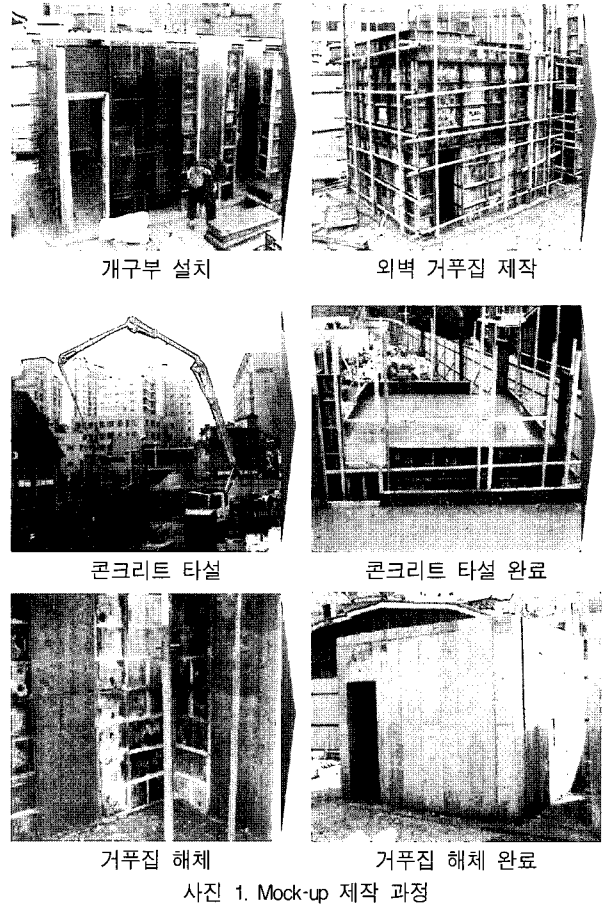


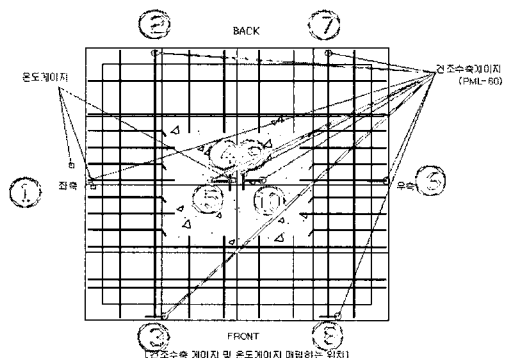
사진 1. Mock-up 제작 과정

표 6. 타설 계획

구분	벽체	슬래브
재생굼은골재	0%, 30%, 50%, 100%	30%, 100%
재생잔골재	0%, 30%, 50%, 100%	30%, 100%

2.4 실험 방법

콘크리트는 D사의 배척플랜트(B/P)에서 생산하여 사용하였다. 공기량 및 슬럼프 시험은 현장 도착 시부터 90분까지 30분 간격으로 경과시간에 따른 물성 변화를 검토하였으며, 블리딩 및 침하량 시험은 시험 종료 시까지 진행하였다. 건조수축 변화를 측정하기 위하여 슬래브에 Strain Gage를 설치하여 길이변화를 측정하였으며, Strain Gage설치 위치를 그림 2에 나타내었다.



* ①~⑩는 건조수축 게이지 설치 위치임
그림 2. 건조수축 및 온도 게이지 매설 위치

코어 시험체의 압축강도는 재령 초기 3일에 앵커 고정이 어려워 채취하지 못하여 7일과 28일에 KS F 2422의 콘크리트에서 절취한 코어 및 보의 강도 시험방법에 의거하여 각 배합별 벽체를 상, 중, 하로 구분하여 코어 채취 후 압축강도 시험을 실시하였다.

코어 공시체와의 상관성 검토를 위하여 표준수중양생 및 현장대기양생 공시체를 제작하여 재령 3, 7, 28일에 압축강도를 측정하였다. 또한 재생골재를 사용한 콘크리트의 현장 적용시 충전성 및 유동성에 대한 성능을 검토하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 공기량 및 슬럼프

공기량 및 슬럼프 시험결과를 그림 3, 4에 나타내었다.

재생골재와 재생굵은골재를 비교해 보면 공기량에 있어서 초기에 재생골재 치환한 시료가 재생굵은골재를 치환한 시료보다 다소 낮게 나타나고 있었으며, 슬럼프에 있어서는 큰 차이를 보이지 않았다. 또한 경과 시간에 따른 변화에 있어서 경과시간 90분에서 공기량은 초기보다 최대 0.4% 감소하였고, 슬럼프에 있어서는 약 5cm 감소된 것으로 나타나고 있었다. 각 시료별 경시변화 경향을 보면 기준시료(P)와 경시변화 경향이 유사하게 나타나고 있어 B/P생산된 재생골재 콘크리트의 현장 적용시 공기량 및 슬럼프에 있어서는 문제가 없을 것으로 사료된다.

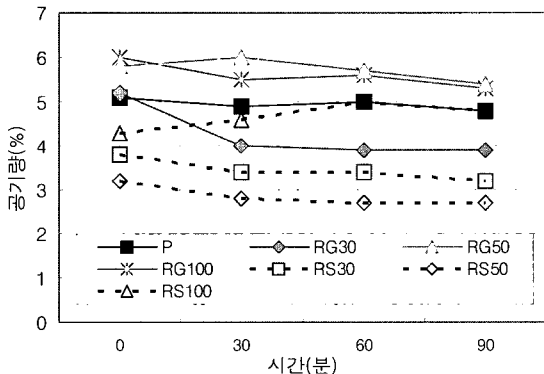


그림 3. 공기량 시험결과

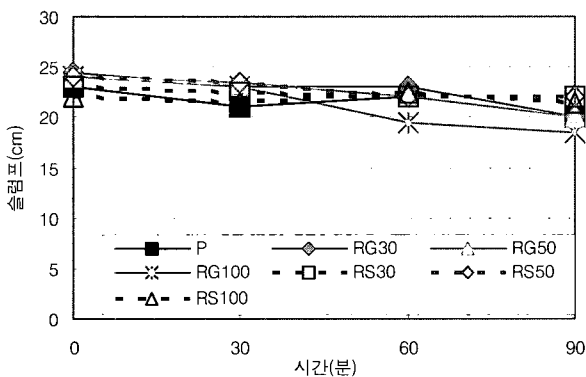


그림 4. 슬럼프 시험결과

3.2 블리딩

블리딩 측정결과는 그림 5와 같다. 기준 콘크리트에서는 450분에 걸쳐 184cm³/cm³의 블리딩이 발생하였다. RG50과 RS100 시험체는 각각 330분과 420분 동안에 94.5cm³/cm³와 101.5cm³/cm³의 블리딩이 발생하여 레디믹스트 기준콘크리트보다 양호한 결과를 나타냈다. RG30에서는 초기에 블리딩이 많이 발생하였으나, 150분을 지나면서 감소하였다. RS50에서는 재료분리 경향이 나타나면서 초기 120분 동안에 블리딩이 급격하게 발생하여 450분에 기준콘크리트의 2배에 달하는 414cm³/cm³의 블리딩이 발생하여 레디믹스트콘크리트 제조 시 재료분리 대책으로 감수제를 사용하거나 단위수량을 낮추는 등의 조치가 필요할 것으로 사료된다.

3.3 침하량

침하량 측정결과는 그림 6과 같다. 블리딩이 많이 발생하는 콘크리트에서 침하량도 크게 나타나 상호간의 연관성이 있음을 알 수 있었다. RS50이 0.657mm로 가장 크게 침하가 생겼다. 재생골재를 치환한 콘크리트에서 재생굵은골재를 치환한 배합보다 침하량이 더 크게 발생하였다. 일반적으로 단위시멘트량이 많아지게 되면 침하가 크게 생기게 되는 경우에서처럼 재생골재에 포함되어 있는 미분말에 의한 영향으로 침하가 크게 일어난 것으로 판단된다.

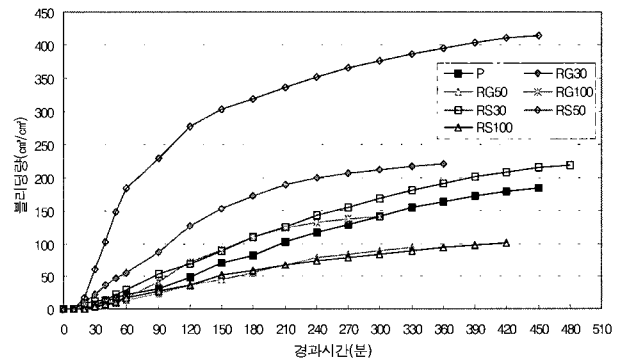


그림 5. 블리딩 시험결과

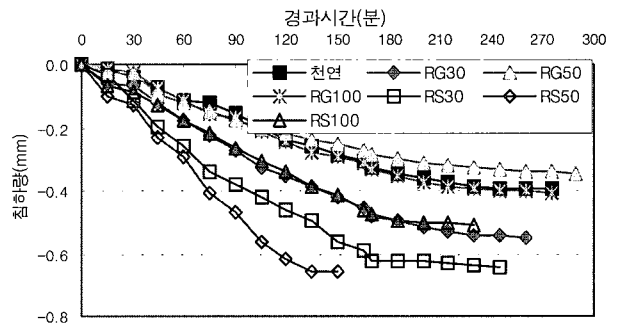


그림 6. 침하량 시험결과

3.4 건조수축

그림 7에 공시체의 건조수축 변화를 나타내었다.

초기재령에서 건조수축이 급격히 변하고 있었으며, 재령 28일 이후에는 대체적으로 안정적인 변화를 보이고 있었다.

재생굵은골재 치환율 50%, 재생잔골재는 치환율 30%까지 건조수축 변화가 기준 시험체 보다 우수하게 나타났다. 이러한 결과로 미루어 보아 재생굵은골재의 경우 50%, 재생잔골재의 경우 30%까지 건조수축에 대한 영향이 없을 것으로 사료된다. 또한 재생골재 치환율이 증가 할수록 건조수축의 변화가 다소 크게 나타나고 있어, 현장 적용시 건조수축에 대한 문제점을 해결하기 위해서는 재생골재 치환율에 대한 배려가 있어야 할 것으로 판단된다.

그림 8은 재생굵은골재를 치환한 실물시험체의 건조수축을 측정할 결과이다. 재령 28일까지는 그 변화가 크게 나타나고 있으며, 그 이후에는 다소 안정적인 변화를 나타내었다. 28일 이후에도 변화의 폭이 다소 크게 나타나고 있는 시험체의 경우 외부 환경요인에 의하여 발생하는 것으로 판단된다.

그림 9는 재생잔골재를 치환한 실물시험체의 건조수축을 측정할 결과이다. 재생굵은골재를 치환한 시험체 보다 그 변화가 상당히 크게 나타나고 있었으며, 변화의 안정성이 없는 것으로 나타났다. 이는 재생잔골재가 환경적인 요인에 대한 영향을 받고 있기 때문으로 사료되며, 이러한 원인은 재생잔골재가 가지고 있는 높은 흡수율로 인한 것으로 판단된다.

전체적인 실물시험체의 건조수축에 대한 성상에 있어서는 재생굵은골재를 치환한 경우에는 그 변화가 대체적으로 안정적인 반면, 재생잔골재를 치환한 경우에는 그 변화가 상당히 큰 것으로 나타났다. 이러한 변화는 실물시험체 자체가 외부 환경 요인의 영향을 받고 있기 때문에 이로 인한 영향이 크게 작용하고 있는 것으로 사료된다.

따라서 재생골재를 치환한 콘크리트를 현장에 사용시 환경적인 영향에 대한 고려를 하지 않으면 안 될 것으로 판단된다.

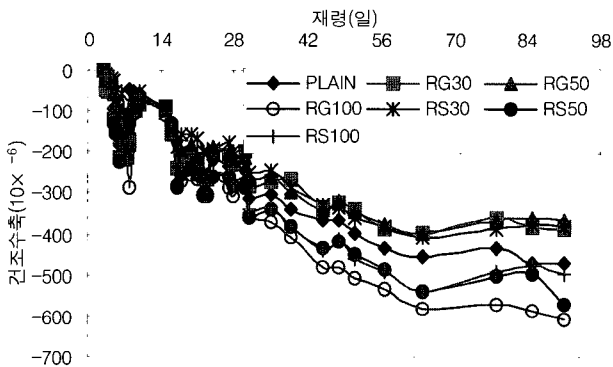


그림 7. 공시체 건조수축 결과

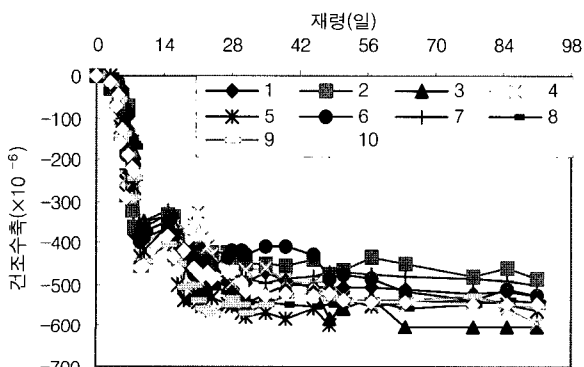


그림 8. 재생굵은골재를 치환한 시험체의 건조수축 결과

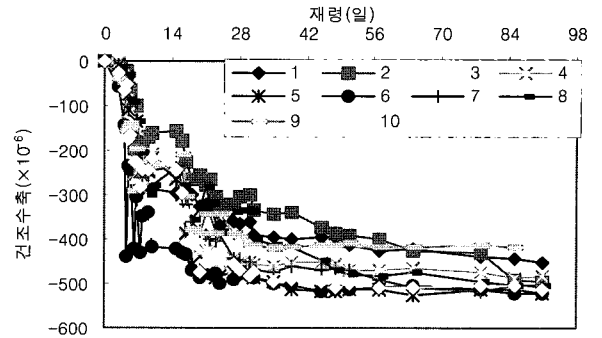


그림 9. 재생잔골재를 치환한 시험체의 건조수축 결과

3.5 관리용 공시체 압축강도

표준수중양생과 현장대기양생한 관리용 공시체의 압축강도 실험결과를 그림 10과 그림 11에 나타내었다.

표준수중양생에서 관리용 공시체의 압축강도는 Plain이 28일 강도를 기준으로 33.59MPa로 나타났다. RG100의 경우 37.03MPa로 Plain보다 높은 강도 발현을 나타냈으며, 재생굵은골재를 치환한 콘크리트의 압축강도는 평균 33.92MPa로 우수한 강도 발현 성상을 보였다. 재생잔골재를 치환한 콘크리트의 경우 RS30만이 Plain과 유사한 결과를 보였으며, RS50과 RS100은 다소 낮게 나타나 기준콘크리트 보다 낮은 평균치를 나타내었으며, 재생굵은골재를 사용한 경우가 재생잔골재를 사용한 경우보다 4.92MPa이 더 높았다.

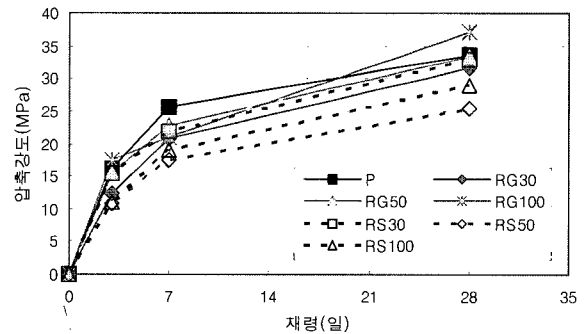


그림 10. 표준수중양생 공시체 압축강도 시험결과

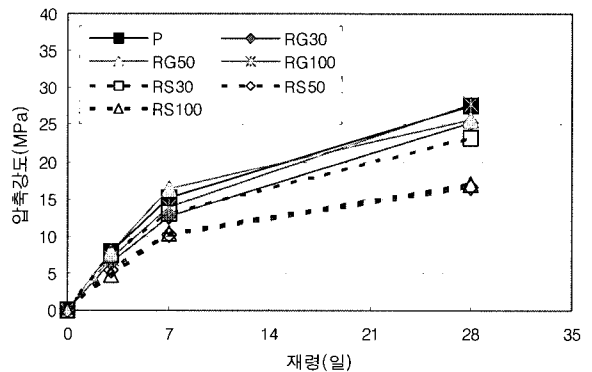


그림 11. 현장대기양생 공시체 압축강도 시험결과

현장대기양생의 경우에서도 표준수중양생의 압축강도 보다 낮은 강도 값을 보이고 있었으며, RS 시리즈에 있어서는 표준

수중양생 시험체 보다 35%가량 낮은 강도 값을 보이고 있어 재생잔골재를 치환한 콘크리트가 외부 환경요인의 영향을 크게 받고 있는 것으로 사료되어 현장 적용시 세심한 배려가 필요할 것으로 판단된다.

3.6 코어 공시체 압축강도

코어 시험체의 상부, 중앙부, 하부의 압축강도 실험결과를 그림 12, 13, 14에 각각 제시하였으며, 코어 채취 및 채취된 시험체를 사진 2와 3에 나타내었다.

코어 상부의 압축강도는 양생방법에 따른 압축강도와 마찬가지로 RG100에서 압축강도가 가장 높았으며, 재생굼은골재를 치환한 콘크리트가 기준콘크리트보다 강도 발현이 높은 것으로 나타났다. RS30과 RS100에서는 압축강도가 낮게 나타나고 있는 반면 RS50의 경우 RG 시리즈의 압축강도와 유사한 경향을 보이고 있었다.

코어 중앙부에서는 Plain이 35.36MPa로 가장 높게 나타났으나 다른 배합의 콘크리트와의 편차가 다소 있었다. 재생굼은골재를 치환한 콘크리트에서 압축강도가 높게 나타났다.

코어 하부의 압축강도는 RG30이 가장 높았으며, 기준콘크리트와 비교하여 RG30이 가장 유사한 경향을 보이고 있으며, 재생잔골재의 경우 다른 치환율에 비해 RS50에서 압축강도가 올라가는 것으로 나타났다.

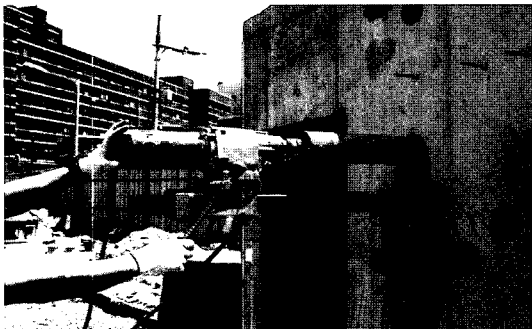


사진 2. 코어 채취 전경



사진 3. 채취 완료된 코어 시험체

코어 공시체의 전체적인 경향에 있어서 천연골재를 사용한 콘크리트의 평균 압축강도인 30.8MPa를 기준으로 재생굼은골재와 재생잔골재를 치환한 콘크리트의 압축강도는 28.5MPa와 23.1MPa로 각각 7.3%와 24.9%의 압축강도 저하를 나타내고 있었다. 재생잔골재를 치환한 콘크리트가 재생굼은골재에 비해 치환량에 따라 다소 큰 편차를 보이고 있었다. 그러나 재생잔

골재를 비구조체에는 충분히 사용 가능할 것으로 판단된다.

재생굼은골재의 경우 세심한 골재 관리가 이루어진다면 최대 100%까지도 실구조체에 사용이 가능할 것으로 판단된다. 각 배합의 부위별 코어 강도에서는 상부 25.6MPa, 중앙부 26.7MPa, 하부 27.3MPa로 하부로 갈수록 다소 증가하고 있지만, 그 편차가 10% 이내로 매우 작기 때문에 강도 편차가 없는 것으로 간주하여도 문제는 없을 것으로 사료된다.

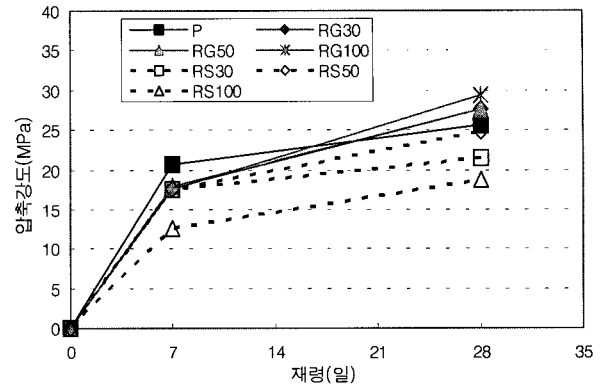


그림 12. 코어 상부 압축강도 시험결과

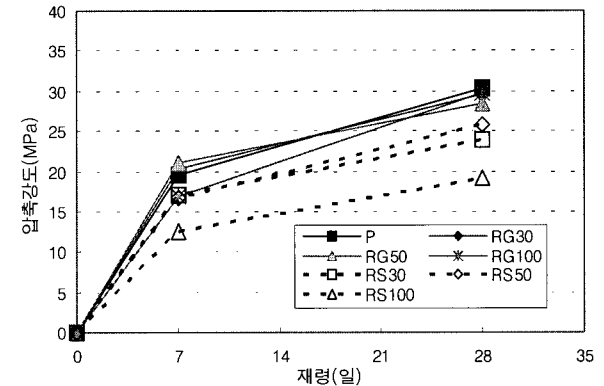


그림 13. 코어 중앙부 압축강도 시험결과

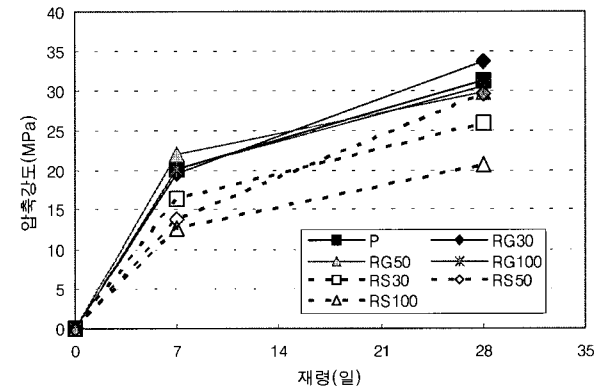


그림 14. 코어 하부 압축강도 시험결과

3.7 코어 공시체 및 관리용 공시체의 상관관계

코어 시험체 및 표준수중양생에서의 시험체의 압축강도 상관관계는 그림 15와 같다.

표준수중양생 시험체와 코어 시험체의 상관관계는 대각선을 기준으로 하부에 위치하고 있다. 이는 코어 시험체보다 표준수중양생에서의 시험체가 더 높은 강도 값을 나타내고 있음을 알

수 있다. 또한 초기강도 보다 장기강도 증진에 있어서 월등함을 나타내고 있다.

코어 시험체 및 현장대기양생에서의 시험체의 압축강도 상관관계는 그림 16과 같다. 코어 시험체와 현장대기양생의 시험체의 분석 결과 대각선을 기준으로 상위에 있음을 알 수 있다. 이는 현장대기조건에서의 시험체 보다 실물 실험을 통한 코어 시험체가 강도 발현에 있어서 우수하다는 것을 알 수 있고, 장기강도로 갈수록 그 편차가 다소 증가하는 결과를 보이고 있다.

따라서 압축강도 추정에 있어서 코어 공시체에 비하여 표준수중양생은 다소 높게 추정되며, 현장대기양생은 다소 낮게 추정되는 것으로 사료된다.

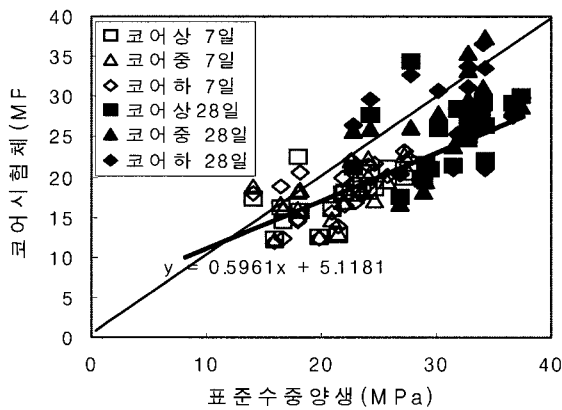


그림 15. 코어 공시체 및 표준수중양생과의 압축강도

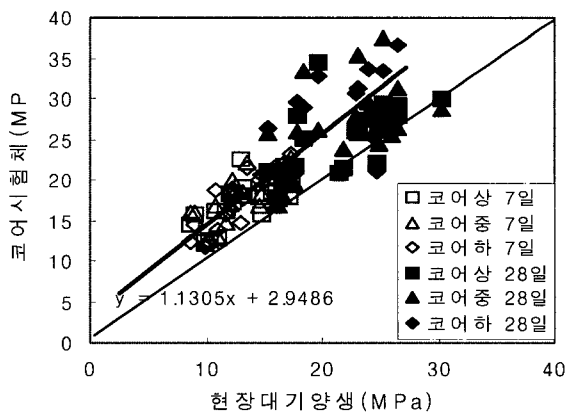


그림 16. 코어 공시체 및 현장대기양생과의 상관관계

3.8 유동성 및 충전성 검토

그림 17과 같이 각 배합별로 유동특성을 평가한 결과 기준 배합인 P와 유사한 경향을 나타내고 있었다. 도달시간 150초에서는 P의 경우 130.53cm를 타나내었으며, RG30은 144.60cm로 동일 시간에 가장 높게 타설되었다. 반면 RS50은 113.50cm로 가장 낮은 타설 높이를 나타내었다.

기준 배합에 비교하여 재생골재를 치환한 배합에 있어서 약 ±14~17cm의 차이를 나타내고 있다. 이러한 결과를 역으로 산정하면 기준 배합 P의 경우 1cm당 도달시간은 1.15초 RG시리즈의 경우 1.03~1.15초, RS시리즈의 경우 1.06~1.32초로 나타나고 있어 그 차이가 10%내외의 차이를 보이고 있어 재생골재를

사용한 콘크리트 구조체 적용시 거푸집 내부에서 발생하는 유동성에 대한 문제점은 없을 것으로 판단되며, RG시리즈의 경우 오히려 기준 콘크리트에 비하여 타설 시간이 다소 단축될 수 있을 것으로 사료된다.

재생골재를 사용한 콘크리트에 있어서 재생골재 자체의 높은 흡수율로 인하여 유동성이 다소 저하 할 것으로 사료되었으나, 오히려 그에 대한 문제점은 발견되지 않았으며, 기준 배합에 비하여 동일시간의 타설 높이와 충전성에 있어서 다소 우수한 경향을 나타내고 있는 배합도 나타나고 있어, 재생골재 콘크리트의 현장 적용시 작업성에 관한 문제점에 대하여 고려치 않아도 될 것으로 사료된다.

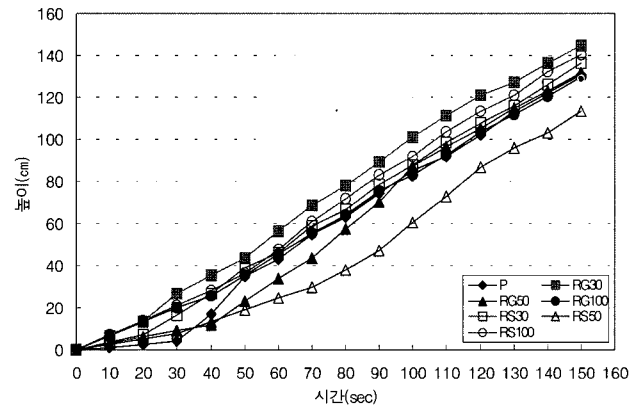


그림 17. 비파괴 강도와 코어 강도와의 관계

4. 결 론

재생골재의 활용을 극대화의 근거를 마련하기 위한 방안으로 재생굵은골재와 재생잔골재를 각각 치환율 0%, 30%, 50%와 최대 100%로 한 재생골재 콘크리트의 성능평가 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- 1) 시간의 경과에 따라 공기량 및 슬럼프에 있어서 90분경과 후 대부분의 시료가 초기 물성에 비하여 다소 감소되어지는 경향을 보이고 있지만, 그 편차가 공기량 0.4% 슬럼프 5cm로써 레미콘 사용시 굳지않은 콘크리트 물성에 있어서 문제가 없을 것으로 사료된다.
- 2) 침하량은 블리딩이 많이 발생하는 콘크리트에서 크게 나타나 상호간의 연관성이 있음을 알 수 있었다. 재생잔골재를 치환한 콘크리트에서 재생굵은골재를 치환한 배합보다 침하량이 더 크게 발생하였다. 이는 재생잔골재에 포함되어 있는 미분말에 의한 영향으로 침하가 크게 일어난 것으로 판단된다.
- 3) 재생콘크리트를 사용한 실물시험체의 건조수축에 있어서는 안정적인 변화가 없는 것으로 나타났으며, 재생굵은골재를 치환한 경우 보다 재생잔골재를 치환한 재생콘크리트가 건조수축에 있어서 더욱 안정적이지 못한 것으로 나타났다. 이는 재생골재의 높은 흡수율로 인하여 안정적인

수화가 발생되지 못하는 것으로 사료된다.

- 4) 압축강도에 있어서 표준수중양생 시험체가 현장대기양생한 시험체 보다 높은 강도 성상을 나타내고 있었으며, 재생골은골재 보다는 재생잔골재의 영향이 크게 나타났다. 따라서 재생잔골재를 사용한 콘크리트에 있어서 현장 외기의 영향이 큰 것으로 사료되어, 현장 적용시 재생잔골재를 사용한 콘크리트에 대한 세심한 배려가 필요할 것으로 판단된다.
- 5) 코어 공시체 압축강도는 재생잔골재를 치환한 콘크리트가 재생골은골재에 비해 치환량에 따라 다소 큰 편차를 보이고 있었다. 그러나 재생잔골재의 비구조체 타설에 있어서는 충분히 사용 가능할 것으로 판단된다. 재생골은골재의 경우 세심한 골재 관리가 이루어진다면 최대 100%까지도 실구조체에 사용이 가능할 것으로 판단된다.
- 6) 양생방법별 공시체와 코어 시험체의 상관성을 분석한 결과 코어 시험체는 표준수중양생한 공시체 보다는 다소 낮고, 현장대기양생 보다는 높은 강도 값을 보이고 있었다. 현장에서 안전한 강도 관리를 위해서는 표준수중양생보다는 현장대기양생이 다소 유리할 것으로 판단된다.
- 7) 재생골재를 사용한 콘크리트의 유동성에 있어서 재생골재를 사용한 콘크리트에 있어서 기준 콘크리트에 비하여 유사하거나 다소 우수하게 나타나 재생골재를 사용한 콘크리트에 있어서 현장 타설시 특별한 고려는 필요하지 않을 것으로 사료된다.

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

참 고 문 헌

1. 김무한 외, 재생골재 콘크리트의 구조체 적용성에 관한 기초적 연구(I), 대한건축학회 논문집, 제9권 제8호, pp. 201-211, 1993. 8
2. 김문섭 외, 재생골재 콘크리트의 역학적 특성(압축강도 특성을 중심으로), 대한건축학회 논문집, 제13권 제9호, pp. 305-312, 1997. 9
3. 김용진, 자원순환형 사회 구축을 위한 정책 추진방향, 한일 국제 세미나 건설폐기물 재활용 정책 및 기술개발 동향, 2006. 6.
4. 이세현, 건폐기물의 재활용 기술과 정책, 건설기술연구원, 건설기술인 협회지, 2002. 5-6월호
5. 정상진 외, 재생골재 콘크리트의 활용화 방안에 관한 실험적 연구 대한건축학회 학술발표대회(창립60주년 기념) 논문집, v.25 n.1, pp 269-272, 2005.10