

Mock-up에 적용한 재생골재콘크리트의 특성 연구

A Study on the Properties of Recycled Aggregate Concrete applied to Mock-up

심 증 우*
Shim, Jong-Woo

이 세 현**
Lee, Sea-Hyun

Abstract

In this study, Mock-up was manufactured using recycled aggregate concrete and then analyzed with respect to physical properties. Finally, the applicability of recycled aggregates as constructional aggregates was reviewed by practically putting recycled aggregates concrete into construction. Right after mixing, the slump of recycled-aggregates concrete showed decreased slump as time goes by because the surface mortar of recycled aggregates absorbed the mix water with time passing. The air contents of recycled-aggregates concrete overall increase a little due to the effect of surface mortar of the aggregates. For strengths, the strengths of recycled aggregate concrete tended to decrease from the proportion of 30% to 100%.

1. 서 론

현재 국내 골재 수급 현황은 90년대 초반에 사실상 고갈된 하천골재를 대신하여 쇄석 및 부순골재, 해사 등에 대부분을 의존하고 있는 실정이며, 이 또한 20년 후에는 고갈될 것으로 예상되고 있다. 하지만, 매년 건설폐기물에서 생산되는 재생골재 생산량은 연간 약 1,100만톤으로서 국내에서 소요되는 양의 약 10%에 해당하는 것으로 보고되고 있어 재생골재를 적극적으로 활용할 경우, 국내 천연골재의 사용년수의 연장 또는 환경보존 차원에서 큰 의의가 있는 것으로 사료된다.

그동안 정부 및 학계에서는 재생골재를 활용하기 위해 제도적, 기술적 기준마련을 위한 노력을 기울여 왔으며, 2003년 12월 '건설폐기물재활용촉진에관한법률'의 제정 이후 하위법령 등의 제정, 그리고 2005년 4월부터 시행되고 있는 '순환골재 용도별 품질기준'으로 인해 재생(순환)골재의 활용기반은 어느 정도 마련되었다고 볼 수 있다. 하지만, 현재까지 정책 및 기술적 기준의 마련에도 불구하고 재생(순환)골재에 대한 수요자의 부정적 인식과 국내 시공사례 등의 부재로 인해 콘크리트용 골재로서는 활용되지 못하고 있으므로 본 연구에서는 현행 KS F 2573(콘크리트용 재생골재)에서 규정하는 1종 재생 굵은골재 및 재생 잔골재를 사용하여 제조한 재생골재콘크리트를 Mock-up 제조에 적용하고 굵지않은 콘크리트의 물리적 특성과 굵은 콘크리트의 장기재령의 압축강도에 대한 평가를 수행하였다.

2. 실험계획 및 방법

2.1 실험계획

본 연구는 표 1과 같이 재생골재콘크리트의 장기적인 안정성 검토를 위하여 실제 현장에서 사용되는 레디믹스트콘크리트를 기준으로 천연골재 대신 재생골재만 치환한 8개 배합을 대상으로 Mock-up

* 한국건설기술연구원 연구원, 공학석사

** 한국건설기술연구원 수석연구원, 공학박사

과 실험실용 시험체를 제조하여 각 배합에 대한 물리적 성능을 평가하였다.

표1. 실험계획

실험인자					실험항목	
설계기준강도	슬럼프	공기량	배합유형	배합기호	굳지않은 콘크리트	굳은 콘크리트
24 MPa	15±2.5 cm	4.5±1.5 %	재생골재 0%	Plain	- 경시별 슬럼프 - 공기량	- 압축강도 (재령 7, 28, 90일, 0.5, 1년) - 반발경도 시험 (재령 0.5, 1년)
			재생 굵은골재 30%	C30		
			재생 굵은골재 60%	C60		
			재생 굵은골재 100%	C100		
			재생 잔골재 30%	F30		
			재생 잔골재 60%	F60		
			재생 잔골재 100%	F100		
재생 굵은골재 및 잔골재 30%	CF30					

※ 현재 사용중인 일반 레미콘 배합(재생골재 0%)에서 재생 굵은골재 또는 잔골재만 치환하여 레미콘 제조

2.2 사용재료

(1) 재생골재

본 연구에 사용된 재생골재는 KS F 2573(콘크리트용 재생골재)의 1종 굵은골재 및 잔골재의 품질 기준을 만족하는 것을 사용하였으며 품질시험결과는 표2와 같다.

표2. 재생골재의 품질 및 KS F 2573의 요구품질

	천연 굵은골재	재생 굵은골재	천연 잔골재	재생 잔골재	KS F 2573(콘크리트용 재생골재)				
					굵은골재			잔골재	
					1종	2종	3종	1종	2종
밀도(g/cm ³)	2.64	2.61	2.67	2.45	2.2이상			2.2이상	
흡수율(%)	1.13	1.14	0.9	4.9	3%이하	5%이하	7%이하	5%이하	10%이하
마모감량(%)	24.1	24.6	-	-	40 이하			-	
입자모양판정실적률(%)	60.8	59.0	70.3	58.0	55 이상			53 이상	
0.08mm체 통과량(%)	-	0.2	-	0.4	1.5 이하			5 이하	

(2) 레디믹스트콘크리트

재생골재콘크리트 제조시, 원칙적으로 레미콘사에서 보유하고 있는 배합을 그대로 활용하는 것으로 하되 그 간 수행되었던 관련 연구결과 및 문헌 등을 참고하여 다음과 같이 레디믹스트콘크리트 제조 기준을 제시하고 H 레미콘사에 재생골재콘크리트의 제조를 의뢰하였다. 아울러 본 연구에 사용된 재생골재콘크리트의 시방 배합표는 표3과 같다.

표3. 레디믹스트콘크리트 시방배합표(25-24-15)

강도 (N/mm ²)	W/C (%)	S/A (%)	단위재료량(kg/m ³)										
			W1	W2	C1	C2	C3	S1	S2	G1	G2	AD1	AD2
24	47.2	48.9	166	0	352	0	0	438	438	277	646	2.64	0

※ W: 물, C: 시멘트(밀도:3.15g/cm³), S: 잔골재, G: 굵은골재, AD : 표준형 AE감수제(리그너계)

□ 레디믹스트콘크리트 제조기준

- ① 결합재는 기타 혼화재료 등을 배제하고 1종 보통포틀랜드 시멘트만 사용한다.
- ② 배합수는 상수도수만 사용한다.
- ③ 사용하는 재생골재는 KS F 2573의 1종 골재를 사용한다.
- ④ 기존 레미콘사에서 보유하고 있는 배합을 이용하여 제조한다.

2.3 실험 방법

(1) 실험체 제작

Mock-up을 제작하는 것은 실험실에서 공시체를 제작하는 것과는 달리 실구조물에서 발생할 수 있는 여러 인자가 동일하게 적용된 상태에서 콘크리트의 물리적 특성을 파악하기 위한 것이다. 본 연구에서는 건물을 구성하고 있는 기둥 및 벽, 개구부 등의 형태를 복합적으로 반영한 Mock-up 시험체를 그림1과 같이 디자인하였으며, 그림2는 Mock-up에 재생골재 콘크리트를 타설하는 모습이다.

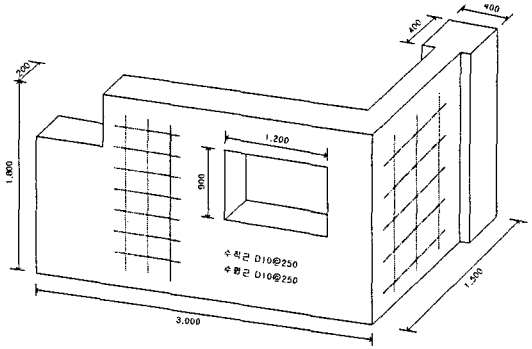
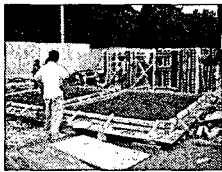


그림 1 Mock-up Design



① 거푸집 제작



② 공기량 측정



③ 슬럼프 측정



④ 콘크리트 타설

그림 2 Mock-up 제작

(2) 실험항목

굳기 전의 재생골재콘크리트는 KS F 2402에 의하여 매 30분마다 슬럼프를 측정하였으며, KS F 2421에 의하여 공기량 시험을 실시하였다. 또한, 굳은 재생골재콘크리트에 대해서는 재령별로 KS F 2405에 의한 압축강도 시험을 실시하였으며, 재령 6개월 및 12개월에서는 슈미트햄머를 이용한 반발경도 시험을 실시하여 일반 시험체의 결과와 비교하였다.

3. 실험결과

표4. 굳지않은 재생골재콘크리트 시험결과

3.1 굳지않은 재생골재콘크리트

재생골재콘크리트의 굳기전의 물리적 특성은 표4와 같다. 재생 굵은 골재를 사용한 콘크리트는 천연골재를 사용하여 제조한 콘크리트보다 평균 0.3% 높은 공기량 수준을 보였으며, 재생 잔골재를 사용한 콘크리트를 사용한 콘크리트는 평균 0.6% 높은 공기량을 보였다.

배합	공기량 (%)	경시별 슬럼프(분, cm)			
		0	30	60	90
Plain	5.2	22.0	19.0	17.5	15.5
C30	5.3	21.0	18.5	17.0	15.0
C60	5.5	20.5	17.0	14.0	12.0
CF30	5.3	18.0	15.5	14.0	12.0
C100	6.0	14.0	12.5	10.0	8.0
F30	5.5	19.0	16.0	12.0	9.0
F60	5.8	18.5	14.0	10.5	8.5
F100	6.2	16.5	12.5	10.0	7.0

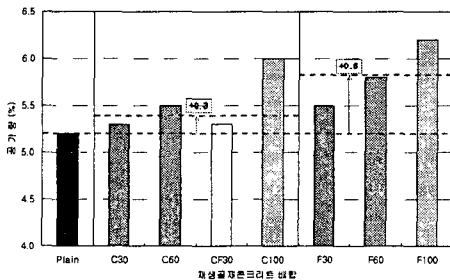


그림 3 재생골재 치환률에 따른 공기량

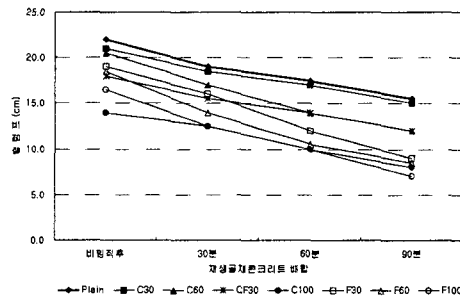


그림 4 재생골재 치환률에 따른 슬럼프

또한, 경시별로 측정된 슬럼프 결과는 그림 4와 같이 재생골재 치환률이 증가함에 따라서 슬럼프 저하도 증가하는 것으로 나타났다. 천연골재만을 사용한 배합의 경시별 슬럼프 감소율은 90분 경과되었을 때 비빔직후 대비 약 30%가 감소한 반면, 재생 굵은골재를 사용한 배합은 치환률 100%에서 약 50%의 슬럼프 감소를, 재생 잔골재 치환률 100%에서는 최대 56%의 슬럼프 감소율을 나타내었다.

3.2 굳은 재생골재콘크리트

굳은 재생골재콘크리트에 대한 측정 결과는 표5와 같으며 재령별 압축강도를 분석한 결과, 전반적으로 재생골재 치환률이 증가함에 따라 압축강도가 저하하는 결과를 보였다. 하지만, 모든 배합에서 설계기준강도인 24N/mm² 이상의 압축강도 발현을 보였으며 특히 재생 굵은골재 30% 치환한 배합에 있어서는 천연골재 콘크리트와 유사한 수준의 압축강도를 나타냈다. 하지만, 재생 잔골재 콘크리트는 재생 굵은골재를 사용한 배합보다 강도 발현수준이 낮은 것으로 나타났다. 이는 반발경도시험에서도 유사한 결과를 보였다.

표5. 굳은 재생골재콘크리트의 시험결과

	압축강도 (MPa)						
	단기			중기			
	7일 실린더	28일 실린더	3개월 실린더	6개월		12개월	
			실린더	슈미트	실린더	슈미트	
Plain	23.0	27.7	33.1	33.8	26.5	33.5	28.3
C30	22.9	27.5	33.2	31.7	25.7	31.8	27.4
C60	21.0	24.0	29.8	30.2	25.2	30.6	25.5
CF30	23.2	24.7	33.0	30.7	24.6	35.0	28.6
CI00	20.6	27.1	32.1	30.3	25.1	34.1	28.2
F30	21.6	25.9	27.7	28.3	24.7	29.0	25.8
F60	18.5	25.5	27.8	27.4	23.3	27.7	24.9
F100	21.1	25.1	26.4	27.0	23.7	27.0	24.6

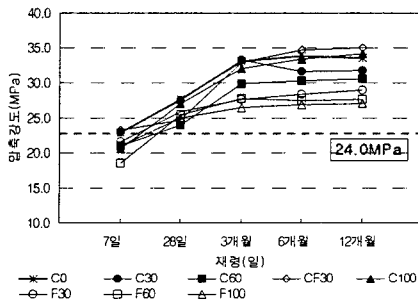


그림5. 재령별 압축강도

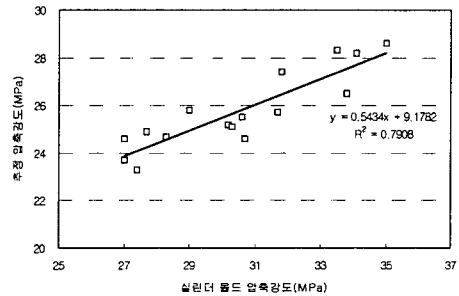


그림6 원형 시험체와 반발경도시험의 상관관계

4. 결론

본 연구는 재생골재콘크리트를 Mock-up 제작에 적용하고 이에 대한 물리적 특성 평가를 통해 재생골재콘크리트의 장기안정성 등을 확인하기 위한 연구로서 다음과 같은 결론을 도출하였다.

1) 재생골재콘크리트는 재생골재 치환률이 증가함에 따라 슬럼프가 다소 저하되므로 현장에서 재생골재를 사용하여 콘크리트를 제조하고자 할 때는 사전에 골재에 대한 프리웨팅을 실시하거나 천연골재에 대한 재생골재의 치환률을 제어하는 등의 대비책 마련이 필요한 것으로 판단된다.

2) 재생골재콘크리트의 압축강도는 재생골재 치환률이 증가함에 따라 전반적으로 감소하는 추이를 보였으나 재령 28일 이후에 모든 배합에서 설계기준강도 24MPa는 만족하는 결과를 보였다. 하지만, 재생 잔골재를 사용한 배합의 경우는 재생 굵은골재를 사용한 배합보다 강도발현 수준이 다소 낮은 것으로 나타나 관리나 사용상에 주의가 필요한 것으로 판단된다.

참고 문헌

1. 건설교통부, 순환골재 품질기준 제정을 위한 공청회, 2004. 11.
2. 이세현, 재생골재콘크리트의 성능개선에 관한 연구, 건국대학교 박사학위논문, 2001.
3. 건설교통부, 구조용 재생골재 및 재생골재콘크리트 구조물의 장기안정성에 관한 연구, 2004. 8.
4. 笠井芳夫, 再生コンクリートの諸物性に關する實驗的研究, セメント・コンクリート論文集 No. 50, 1996. 12.