

재생골재 콘크리트의 특성에 대한 골재 함수상태의 영향에 관한 실험적 연구

An Experimental Study on the Influence of Moisture State of Aggregates on the Properties of the Recycled Aggregate Concrete

양근혁* 이재삼** 강경인*** 정상진**** 정헌수*****
Yang, Keun-Hyeok Lee, Jae-Sam Kang, Kyung-In Jung, Sang-Jin Chung, Heon-Soo

ABSTRACT

The objective of this experimental study is to grasp an influence of moisture state of aggregate on the characteristics of the recycled aggregate concrete. The moisture states of the aggregates were controlled at prewetted, oven-dried and saturated surface-dried states prior to use. To maintain the designed mix proportioning unchanged, the amounts of water and aggregates used in mixing were adjusted according to the actual moisture contents of the aggregates. Test results showed that the saturated surface-dried state aggregate concretes exhibited the highest compressive strength.

1. 서론

일반적으로 재생골재 콘크리트는 재생골재의 높은 흡수율로 인해 공기량과 슬럼프 증감의 폭이 크고 불규칙하여 품질관리가 힘들기 때문에 프리웨팅(Pre-wetting)에 의한 습윤상태의 재생골재를 사용하는 것이 일반적 인식이며 시공지침으로 제시되고 있다. 하지만 프리웨팅한 재생골재가 반드시 콘크리트의 슬럼프, 압축강도 및 건조수축 등의 품질관리에 유리한가에 대해서는 명확한 근거자료가 없다. 뿐만 아니라 Poon, Oliveria 등의 연구자들은 재생골재의 프리웨팅은 콘크리트의 역학적 특성에 좋지 않은 영향을 미치기 때문에 프리웨팅 과정이 필요하지 않음을 제시하였다.

이와 같이 재생 조골재의 프리웨팅에 대해서는 부정적인 연구결과도 제시되고 있으므로 국내에서 생산되는 재생골재를 이용한 콘크리트의 적절한 배합설계 및 품질확보를 위해서는 골재의 함수상태가 콘크리트의 특성에 미치는 영향이 우선 명확히 평가되어야만 할 것이다. 본 연구에서는 재생골재 콘크리트의 품질관리를 위해 배합 시 골재의 함수상태를 결정하기 위한 기초자료 제시가 주요 목적이다.

2. 실험

2.1 배합 계획

주요 변수는 골재의 함수상태와 재생 조골재의 치환율이다. 변수의 조합에 따른 시험체 일람 및 배합특성을 표 1에 나타내었다. 골재는 함수율이 0%인 절건상태(OD), 표면건조내부포화상태(AD) 및 프

* 목포대학교 건설공학부 건축공학전공 조교수

** 두산산업개발(주) RC 연구개발팀 팀장

*** 고려대학교 건축공학과 교수

**** 단국대학교 건축대학 건축공학과 교수

***** 중앙대학교 건축공학과 교수

표 1. 시험체 일람 및 배합표

Specimen	Moisture state	R_{RC} (%)	W/C		S/A	Unit weight(kgf/m ³)					SP (%)	
			Desig- ned	Adju- sted		W		C	S	G		RG
						Desig- ned	Adju- sted					
ODNG	OD in natural gravel only	0		0.6								
ADN	AD in all aggregate	0		0.5							969	0
WDNG	WD in natural gravel only	0		0.45								
ODE50	OD in 50% recycled gravel only	50		0.56								
AD50	AD in all grave	50	0.5	0.5	0.42	175	175	349	715	485	469	0.47
WD50	WD in 50% recycled gravel only	50		0.46								
OD100	OD in 100% recycled gravel only	100		0.63								
AD100	AD in all gravel	100		0.5						0	938	
WD100	WD in 100% recycled gravel only	100		0.42								

리웨팅하여 표면이 습윤상태로 된(WD)로 구분하였다. 재생 조골재 치환율(R_{RC})은 0%, 50% 및 100%로 하였다.

설계 압축강도 및 슬럼프는 대기 중에서 건조된 표면건조 내부포화상태인 천연골재를 사용하였을 때를 기준으로 각각 30MPa과 180mm로 하였다. 설계 압축강도에 따른 물-시멘트 비(W/C)는 50%로 하였다. 단위수량과 세골재율은 콘크리트 배합설계에 대한 시방서를 참고로 각각 175kgf/m³과 42%로 하였다. 단위수량 175kgf/m³은 표면건조내부포화(AD) 상태를 기준으로 하였기 때문에 절건상태 또는 프리웨팅한 골재를 사용한 경우 각 단위수량을 보정하였다. 보정방법은 골재의 습윤상태에 따라 함수율을 측정하고 표면건조내부포화상태 대비 함수량의 증·감과 함께 재생골재 치환율을 적용하였다. 보정하여 실제로 적용된 단위수량을 표 1에 나타내었다.

배합직후의 목표 공기량은 4.0±0.5%로 하였다. 목표슬럼프와 목표공기량을 만족시키기 위하여 고성능 감수제와 AE제를 사용하였으며, 이들 첨가량은 표면건조내부포화상태인 천연골재를 사용하였을 때를 기준으로 모든 시험체에 동일하게 적용하였다.

표 2. 골재의 물리적 특성

2.2 골재의 물리적 특성

천연 조·세 골재는 레미콘 배합에서 이용되고 있는 전남 무안산을 이용하였다. 재생 조골재는 경기 C사에서 생산되고 있는 것으로서 유리, 아스팔트 등의 제거 및 최대직

Type		Maximum diameter (mm)	Specific gravity	Water absorption (%)	Unit weight (kgf/m ³)	Fineness modulus (%)
Natural	gravel	25	2.48	1.93	1,642	6.52
	sand	5	2.53	1.62	1,455	2.79
Recycled	gravel	25	2.4	6.24	1,645	6.89

경과 일정한 입도분포를 위해 체가름하였다. 표 2에는 흡수율, 비중 및 조립률 등의 물리적 특성에 대한 실험결과를 나타내었다. 재생 조골재는 KS 기준에서 제시하는 등급분류상 3등급에 해당되었다.

3. 실험결과 및 분석

3.1 유동성

그림 1에는 골재의 함수상태와 초기 슬럼프의 관계를 나타내었다. 배합 시 골재의 함수율 측정을 통하여 단위수량을 조정하였음에도 불구하고 절건상태(OD)와 습윤상태(WD)보다는 표면건조내부포화상태(AD)의 골재를 사용하였을 때 초기 슬럼프가 가장 좋았다. 또한 재생골재 치환율이 증가할수록

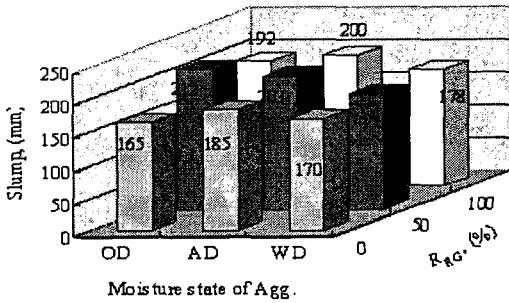


그림 1. 골재 함수상태와 초기 슬럼프의 관계

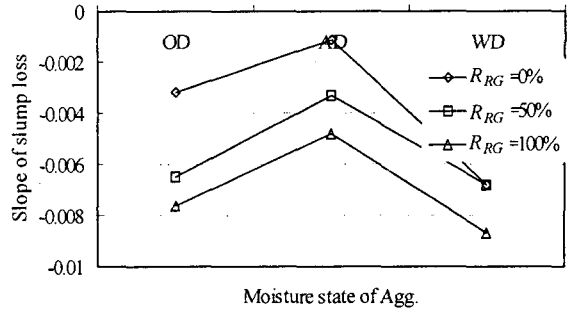


그림 2. 골재 함수상태와 슬럼프 손실 기울기의 관계

초기 슬럼프는 증가하는 경향을 보이는데 이는 파쇄과정에서 골재의 입형이 구형에 가깝게 되기 때문이라 판단된다.

그림 2에는 골재의 함수상태와 슬럼프 손실의 기울기 관계를 나타내었다. 슬럼프 손실 기울기는 비빔 후 30분, 60분, 90분에서의 슬럼프를 초기 슬럼프로 무차원하여 구한 슬럼프 감소 기울기이다. 슬럼프 손실은 WD 골재의 콘크리트에서 가장 컸으며 AD 골재의 콘크리트에서 가장 우수하였다. 또한 재생 골재 치환율이 증가할수록 경과시간에 따른 슬럼프 손실이 컸다.

3.2 블리딩 및 건조수축

그림 3에는 골재 함수상태와 블리딩 양의 관계를 나타내었다. 블리딩 양은 KS 기준에 따라 비빔 후 4시간까지 매 10분단위로 측정하였다. 블리딩은 비빔 후 60분부터 급격히 증가하는 경향을 보였다. 총 블리딩 양은 AD 골재의 콘크리트에서 가장 작게 나타났으며 WD 골재의 콘크리트에서는 골재의 함수상태를 고려하여 단위수량을 줄였음에도 불구하고 블리딩 양이 높게 나타났다.

그림 4에는 시간경과에 따른 건조수축 변형률을 나타내었다. 일반적으로 재생골재 콘크리트에서 건조수축 변형률이 컸다. 골재의 함수상태에 따라서는 OD, WD, AD 골재의 콘크리트 순으로 낮게 나타났다. 건조수축 변형률은 블리딩 양과 밀접한 관계가 있었다. 그림 3의 블리딩 양이 작은 시험체일수록 건조수축 변형률은 낮았다.

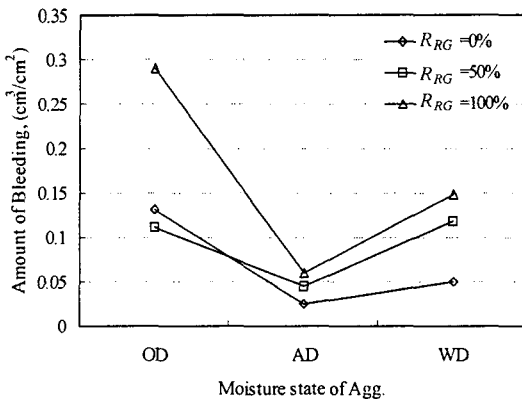


그림 3. 골재 함수상태와 블리딩 양의 관계

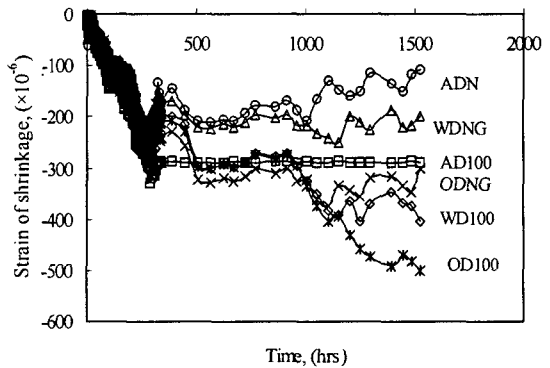


그림 4. 시간과 건조수축 변형률의 관계

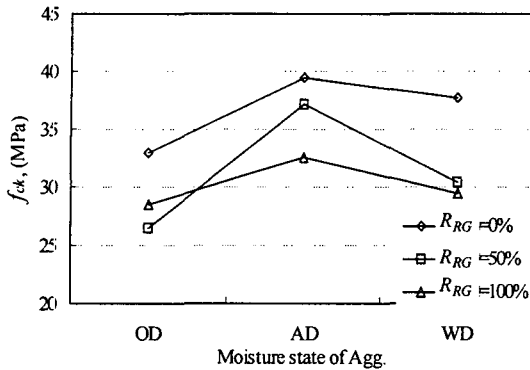


그림 5. 골재 함수상태와 압축강도의 관계

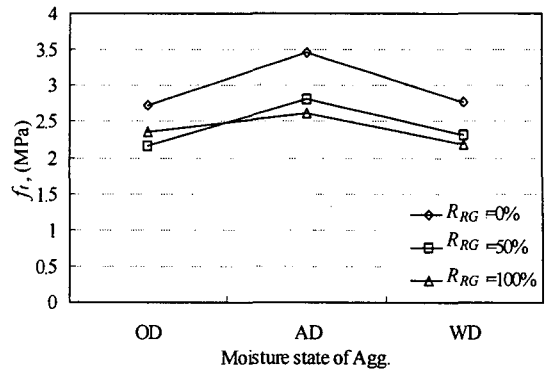


그림 6. 골재 함수상태와 활렬 인장강도의 관계

3.3 압축강도 및 활렬인장강도

그림 5에는 골재 함수상태와 28일 압축강도의 관계를, 그림 6에는 골재 함수상태와 28일 활렬 인장강도의 관계를 각각 나타내었다. 압축강도 및 활렬 인장강도는 AD 골재의 콘크리트에서 가장 높았으며 재생골재 치환율이 증가할수록 감소하였다. 이는 OD 또는 WD 골재의 콘크리트에서는 초기 블리딩 양 및 건조수축의 증가 때문인데, 재생골재 100% 치환된 콘크리트의 재령에 따른 강도발현을 나타낸 그림 7에서와 같이 초기 재령에서부터 강도차이가 명백하게 나타나고 있다.

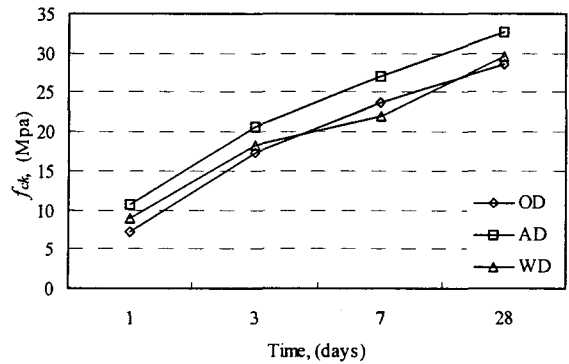


그림 7. 골재 함수상태와 압축강도 발현의 관계

4. 결론

- 1) 굳지 않은 재생골재 콘크리트의 초기슬럼프, 슬럼프 손실저감, 블리딩 및 초기 건조수축 변형율은 표면건조내부포화 상태 골재의 콘크리트에서 가장 우수하게 나타났다.
- 2) 초기재령에서의 압축강도 및 28일 압축강도도 표면건조내부포화 상태 골재의 콘크리트에서 가장 우수하게 나타남으로서 배합 시 재생골재의 프리웨팅은 불필요하다고 판단된다.

감사의 글

이 연구는 2004년도 건설핵심기술연구개발사업의 지원에 의해 수행되었음.

참고문헌

1. Poori, C. S., Shui, Z. H., Lam, L., Fok, H., and Kou, S. C., "Influence of moisture states of natural and recycled aggregates on the slump and compressive strength of concrete," *Cement and Concrete Research*, V. 34, 2004, pp. 31-36
2. de Oliveira M. B., and Vaquez, E., "The influence of retained moisture in aggregates from recycling on the properties of new hardened concrete," *Waste Management*, V. 16, 1996, pp. 113-117