

# 경량골재 종류 변화에 따른 경량콘크리트의 특성 연구

## Study on Characteristics of Lightweight Aggregate Concrete as Types of Lightweight Aggregate

박 대 오\*

사 순 현\*\*

지 석 원\*\*\*

최 수 경\*\*\*\*

유 택 동\*\*\*\*\*

서 치 호\*\*\*\*\*

Park, Dae-Oh

Sa, Soon-Heon

Ji, Suk-Won

Choi, Soo-Kyung

Yoo, Taek-Dong

Seo, Chee-Ho

### Abstract

As construction industry is requiring competitive power and technique in national construction market with rapid fluctuation of construction environment and development, requirements upgrading performance in construction materials are increasing. But, national lightweight aggregate and lightweight concrete's inappropriateness when produced are also increasing. And there are not international standard of aggregates in using these construction materials because standards and characteristics of aggregate in each countries are different.

Therefore, in this study, lightweight aggregate acquired due to wide range of use is tested and mixed for concrete to gain practicality and set the authorized manual in international. Also, basic data will be proposed to set a standard for concrete by analyzing lightweight aggregate characteristics. When lightweight aggregate absorptivity is high, concrete shows low strength and when it's density is low, concrete shows low weight of unit volume. Furthermore, compressive strength of lightweight aggregate is steep in first and longtime material age is tendency to cause low strength increasing rate.

키 워 드 : 경량 골재, 경량 콘크리트,

Keywords : A light weight aggregate. light weight concrete.

## 1. 서론

건설환경의 급격한 변화와 건설시장의 개발에 따른 국내 건설분야의 경쟁력 및 기술력 강화의 필요성에 따라 건축재료의 성능향상에 대한 요구 또한 증가추세에 있다. 복잡하고 다양한 콘크리트의 요구성능 가운데 단위용적질량을 감소시킨 경량골재콘크리트의 개발과 실용에 대한 필요성이 크게 대두되고 있으며, 특히 고강도화에 주력하여 경량골재콘크리트의 압축강도 증진과 역학적 설질의 향상을 확인함으로써 구조용재료로서 그 사용 가능성이 입증되고 있다.

그에 따라 설계 및 시공관련 업체와 연구기관을 중심으로 경량골재콘크리트와 관련된 시공사례 및 기술개발 실적의 발표가 해마다 큰 폭으로 증가하고 있다. 그러나 규격과 지칭 골재의 수급 모두 국내의 실정을 반영하였다기 보다는 외국의 규격이나 지칭에 대한 의존도가 높아 국내의 경량골재 및 경량골재콘크리트 제조시에 적절히 적용하지 못하는 사례가 많은 것으로 나타났다. 또한 각 나라마다 골재의 규격 및 성질이 모두 다르기 때문에 골재에 대한 기준이 없이 사용이 되고 있는 실

정이다

이에 본 연구에서는 경량골재콘크리트의 실용성 확보와 국내의 경량골재에 대한 대표적인 매뉴얼을 작성하기 위해 국내·외에서 활발히 사용되고 있는 경량골재를 수급, 골재에 대한 물성실험 및 콘크리트를 배합하였다. 또한 경량골재 콘크리트의 특성을 분석해 경량골재 콘크리트에 대한 기준을 정립을 위한 기초적 자료를 제시 하고자 한다..

## 2. 실험계획 및 방법

### 2.1 실험 계획

본 연구는 경량골재콘크리트의 경량골재의 종류에 따른 특성 및 시공성을 검토하기 위해 4종류의 각기 다른 경량골재를 이용하여 경량골재 콘크리트를 배합하여 경량골재콘크리트의 특성에 대하여 고찰하였다. 표 1은 경량골재의 종류 및 골재의 특징을 타낸 것이다.

본 연구의 경량골재콘크리트 배합은 표 1과 같다.

### 2.2 사용재료

본 연구에 사용된 경량골재는 4가지 종류의 각기 다른 경량골재를 사용하였으며, 그 모양과 형상은 다음 표 2와 같다.

\* 건국대학교 건축공학과 석사과정, 정회원

\*\* 건국대학교 건축공학과 박사과정, 정회원

\*\*\* 한국구조물성능평가원 부장, 정회원

\*\*\*\* 한서대학교 건축공학과 교수, 정회원

\*\*\*\*\* 건국대학교 건축공학과 겸임교수, 정회원

\*\*\*\*\* 건국대학교 건축공학과 교수, 정회원

표 1. 실험 배합 설계

구분	W/B (%)	W (kg/m <sup>3</sup> )	S/a (%)	SP/C (%)	Air (%)	절대용적 배합(l/m <sup>3</sup> )				중량배합(kg/m <sup>3</sup> )			
						C	FA	S	G	C	FA	S	G
A형 골재	50	165	43	1.2	5±1.5	94	10	293	388	297	33	746	717
B형 골재													427
C형 골재													407
D형 골재													543

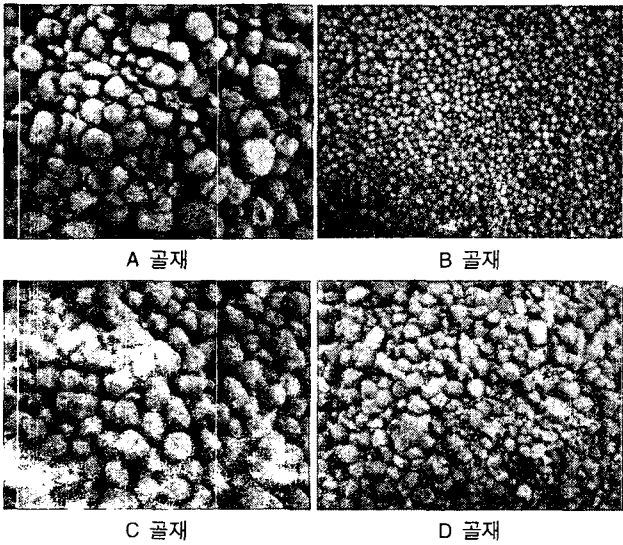


그림 1 경량골재의 모양과 형상

실험 사용된 골재는 국내외 생산중인 골재로 각각의 형상 및 주원료가 다른 경량골재를 선택하였다.

KS L 5201, 5045, 및 KS F 2503, 2504, 2050 등의 규정에 적합한 재료를 사용하였으며, 이 중 혼화제로 사용한 플라이애쉬의 특징은 다음 표 2과 같다. 또한 혼화제로는 경량골재의 다공질성으로 기인하여 높은 공기량을 나타내기 때문에 AE제가 빠진 PC계 고성능 감수제로 예비 실험을 통하여 경량골재콘크리트에 가장 적합한 혼화제를 결정하여 사용하였다. 시멘트의 물리적 성질은 다음 표 3과 같다.

표 2. 플라이애쉬의 특성

화학성분(%)			물리적 성질			
습분	강열감량	SiO <sub>2</sub>	밀도	분말도 (cm <sup>2</sup> /g)	단위수량비 (%)	압축강도비 (%)
0.2	2.7	58.6	2.25	3,770	100	88.4

표 3. 시멘트의 물리적 성질

밀도 (g/cm <sup>3</sup> )	분말도 (cm <sup>2</sup> /g)	응결		안정도 (%)	압축강도(N/mm <sup>2</sup> )		
		초결 (분)	종결 (분)		3일	7일	28일
3.15	3,400	230	390	0.1	22.54	29.40	40.18

2.3 실험방법

본 실험의 콘크리트는 일축 스크류믹서를 이용하여 혼합하

였고 사용재료는 먼저 시멘트, 잔골재를 믹서에서 투입하고 진비빔을 실시한후 혼합수와 감수제를 투입하고 경량골재를 마지막으로 투입하여 혼합비빔을 실시하여 제조하였다.

2.3.1 굳지않은 콘크리트의 시험

굳지않은 콘크리트에 대해서 KS F 2401의 규정에 따라 시료를 채취하여 공기 함유량 측정 시험과 슬럼프, 슬럼프 플로우 측정 시험을 실시하였다. 공기 함유량 측정 시험은 KS F 2421에 의하여 워싱턴형 에어미터로 실시하였으며, 슬럼프, 슬럼프 플로우 시험은 KS F 2402의 규정에 따른 시험기와 평면이 평활한 100 × 100cm의 아크릴판을 제작하여 실시하였다.

2.3.2 굳은 콘크리트의 시험

굳은 콘크리트에 대해서는 압축강도 시험을 실시하였다. 굳은 콘크리트의 압축강도 시험은 KS F 2403의 규정에 의하여 압축강도 시험용 공시체를 제작, 표준 양생 후, KS F 2405의 규정에 따라 7일, 14일 압축강도 시험을 실시하였다.

3. 실험결과 및 분석

3.1 경량골재의 특성

표 4는 경량골재별 물성을 나타낸 것이다.

표 4. 경량골재의 물리 및 입자 특성

구분	A 골재	B 골재	C 골재	D 골재
밀도(g/cm <sup>3</sup> )	1.85	1.00	1.10	1.40
흡수율(%)	16.4	23.69	13.9	7.7
골재최대치수	15mm	8mm	25mm	20mm
조립율(%)	6.59	5.24	7.46	5.98
실적율(%)	59.2	48.3	56.7	54.3
단위용적질량 (kg/m <sup>3</sup> )	1006	483	595	760
0.08mm 체 통과량	0.2	0.1	0.4	0
주원료	팽창점토	팽창철암+ 팽창점토	팽창철암	팽창철암
비고	둥글고 매끄러움	둥글고 거침	타원형이며 거침	비선형적이며 약간거침

물리적 성질에 있어서 밀도 및 단위용적 질량은 A골재 → D골재 → B골재 → C골재의 순으로 높게 나타났으며, 흡수율은

B골재 → A골재 → C골재 → D골재 순으로 나타났다. 이는 골재의 밀도와 흡수율과는 밀접한 관계가 없고 그림 5와 같이 공극 구조에 따라 흡수율이 변하는 것으로 판단된다. 경량골재의 공극구조는 크게 개방형과 폐쇄형으로 나눌수 있는데, A, B 골재의 경우 개방형 공극구조를 가지고 있으며, C, D 골재의 경우 폐쇄형(독립기공형)을 갖는 것을 알 수 있다. B형골재의 경우 다른골재 보다 실적율이 낮은 이유는 골재의입자크기가 4~8mm에 크게 분포하기 때문인 것으로 나타났다. 조립율은 실적율과는 역순으로 나타났다.

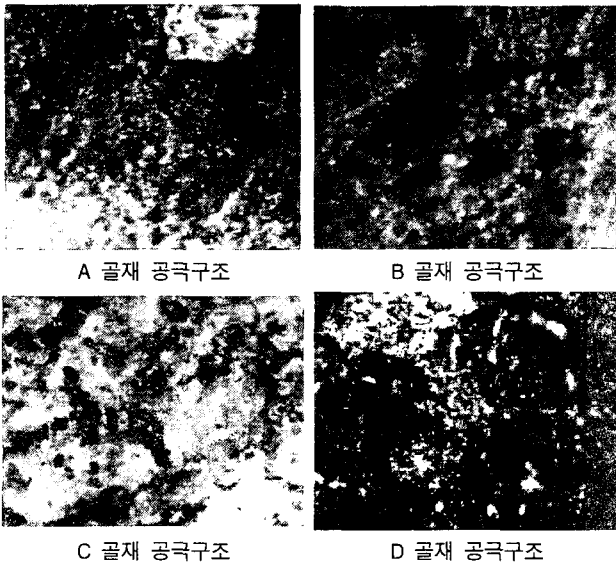


그림 5. 경량골재 공극 구조

### 3.2 굳지않은 콘크리트의 특성

#### 3.2.1 슬럼프

그림 6은 경량골재에 따른 슬럼프를 나타낸 것이다. 슬럼프는 C골재 → D골재 → A골재 → B골재의 순으로 높은 것으로 나타났다. B 골재의 슬럼프는 30mm로 가장 낮은 값을 보였는데 이는 골재 표면이 거칠고 입자가 작기 때문에 표면적이 늘어 콘크리트내의 배합수를 골재의 표면에서 대부분 흡수하였기 때문으로 판단된다. C골재의 경우 B골재와 반대로 입자가 크기 때문에 표면적이 적어 상대적으로 배합내의 수분을 적게 흡수하였기 때문으로 판단된다. 위의 결과는 경량골재는 단기적인 흡수와 장기적인 흡수를 모두 가지기 때문으로 24시간 침수 이후에도 수분의 흡수를 하기 때문이다. 그로인해 콘크리트 배합중에도 경량골재는 배합내의 수분을 흡수하여 위와 같은 결과가 나타난 것으로 판단된다.

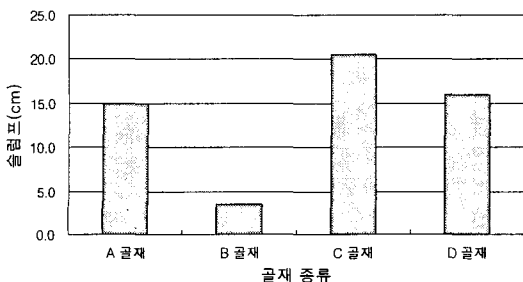


그림 6. 경량골재 종류에 따른 슬럼프

#### 3.2.2 공기량 및 단위용적 질량

경량골재의 종류에 따른 공기량 및 단위용적 질량은 다음 그림 7과 같다. 먼저 단위용적 질량의 경우, B골재 → C골재 → D골재 → A골재의 순으로 낮게 나타났다. 이는 경량골재의 밀도와 밀접한 영향이 있는 것으로 밀도가 낮은 B 골재 부터 밀도가 가장 높은 A골재 순으로 나타났다. 공기량은 단위용적 질량과 반대의 경향을 나타내었다. B 골재를 사용한 경량콘크리트는 9%에 가까운 공기량을 나타내었는데, 표면이 거칠고 골재 내부 공극이 크기 때문에 공기량이 크게 나타나는 것으로 사료된다.

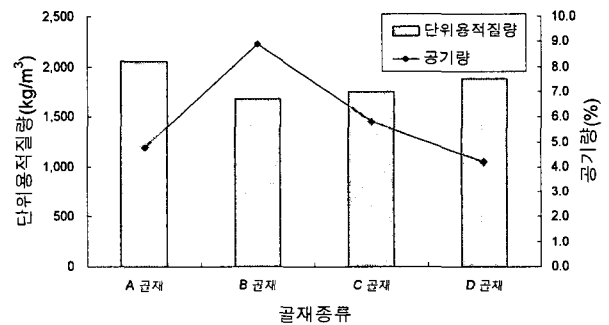


그림 7. 경량골재 종류에 따른 공기량 및 단위용적질량

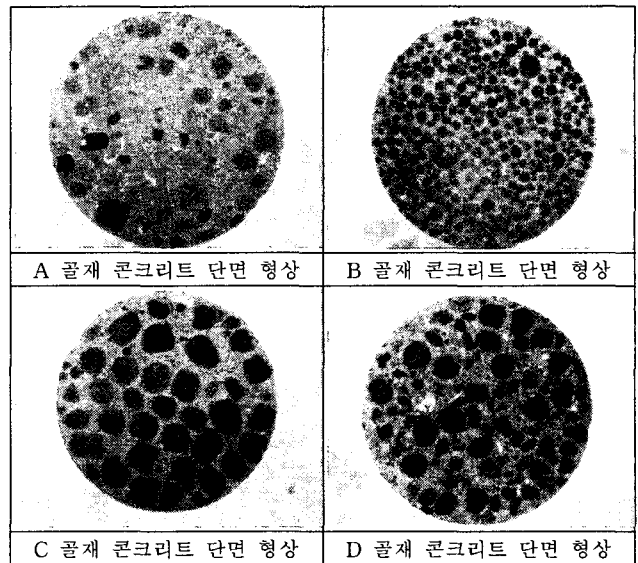


그림 8. 경량골재 콘크리트의 단면 형상

그림 8은 경량골재콘크리트의 단면형상이다. 단면 형상에서 볼 수 있듯이 B 골재를 사용한 경량골재콘크리트는 콘크리트의 대부분을 경량골재가 채우고 있어 단위용적 질량이 낮은 것을 알 수 있다.

### 3.3 굳은 콘크리트의 특성

#### 3.3.1 압축강도

경량골재 종류에 따른 압축강도는 그림 9와 같다. 압축강도의 증가는 모든 골재가 비슷한 기울기를 보였다. 초기 재령에 급격한 강도증가율을 보인 후 재령 7일 이후에는 완만한 증가율을 보이고 있다. 강도는 D골재 → C골재 → A골

재 → B골재의 순으로 낮아지는데 이는 골재의 흡수율과 같은 순서로 경량골재의 흡수율이 콘크리트의 압축강도에 큰 영향을 미치는 것을 알 수 있다.

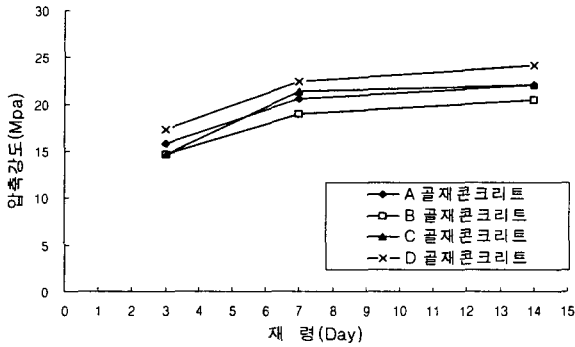


그림 9. 경량골재 콘크리트의 압축강도

#### 4. 결론

본 연구는 경량골재의 종류에 따른 콘크리트의 특성에 관한 기초 연구도 실험 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 경량골재는 공극구조에 따라 그 흡수율이 달라지며 그 공극 구조는 개방형과 폐쇄형(독립 기공형)으로 나눌 수 있다. B골재의 경우 골재의 흡수율이 높은 이유는 공극의 크기가 다른 골재에 비해 크기 때문에 수분 흡수량이 높은 것으로 판단되며, 또한 흡수율이 높은 골재로 만든 콘크리트일수록 압축강도가 낮은 것은 공극이 많은 부분을 차지하기 때문으로 판단된다.
- 2) 경량골재는 단기적인 흡수와 장기적인 흡수현상 모두를 가지고 있는데 이는 골재의 공극 구조에 기인한 것으로 개방형 골재의 경우 단기적인 흡수현상이, 폐쇄형일수록 장기적인 흡수현상이 나타난다. 또한 이러한 흡수 현상으로 인해 콘크리트 제조 및 시공성에 나쁜 영향을 미칠 수 있고, 콘크리트 양생 시 수분이동으로 인해 콘크리트의 강도에 영향을 미칠 수 있다.
- 3) 골재의 종류별 단위용적 질량은 B골재 → C골재 → D골재 → A골재의 순으로 낮게 나타났으며, 이는 골재의 밀도와 밀접한 영향이 있는 것으로 판단되며 공기량은 이와 반대의 경향을 나타냈다.
- 4) 경량골재 콘크리트의 압축강도 발현은 초기에 급격한 증가율을 보이며 재령이 길어질수록 강도 증가율은 낮아지는 경향이 있는 것으로 나타났다.

본 연구는 건설교통부 2006년도 건설핵심기술연구개발사업 '고성능·다기능 콘크리트의 개발 및 활용기술'의 지원으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

#### 참고 문헌

1. 서치호 외, 하수슬러지를 이용한 에코인공경량골재콘크리트의 레드믹스콘크리트의 적용연구-한국콘크리트학회 봄 학술 발표회 논문집 2005
2. 양근혁 외, 골재의 흡수상태가 재생골재 콘크리트의 특성에 미치는 영향-대한건축학회 논문집(구조계) 2005,10
3. 이문환 외, 인공경량골재의 흡수상태에 따른 콘크리트 강도효과에 관한 연구-대한건축학회 추계학술발표대회 논문집(구조계) 1993,10
4. Owens, P.L and Newman, J.B Increasing the environmental acceptability of new energy from waste plants by intergration with cost effective concrete aggregate manufacture. IWA Scientific & Technical Review, Institute of Wastes Management, Nov 21-26