

발포유리소재를 잔골재로 부분 치환한 경량콘크리트의 특성

Properties of Light-weight Concrete containing Foamed Glass as a part of Fine Aggregate

이진우* 박희곤** 배연기*** 이재삼**** 이근행***** 문성환*****
Lee, Jin-Woo Park, Hee-Gon Bae, Yeoun-Ki Lee, Jae-Sam Lee, Keun-Haeng Moon, Sung-Whan

Abstract

In these days, properties of concrete has been demanded to be high performance because concrete structure was bigger and higher. So studies on high strength concrete and lightweight concrete has been frequently done. But lightweight concrete has been used to limited non-structural elements in th country. Lightweight aggregate mixed with lightweight concrete was only coarse aggregate in case of the structural lightweight concrete. In the country studies on the lightweight concrete was poor and unvaried. Also it is difficult to be practical use of lightweight concrete was that it has been expensive.

It was study on the using fine lightweight aggregate with lightweight concrete to crushed by-products and wastes to get to make foamed glass with recycled glass. So it was tested by fine aggregate standard and mixed with

키 워 드 : 폐유리, 폐유리 미분말, 경량골재, 경량콘크리트
Keywords : recycled glass, recycled powdered glass, lightweight aggregate, lightweight concrete

1. 서 론

최근 국내에서는 콘크리트 건축물이 점점 초고층화 대형화 되어 가면서 고성능의 콘크리트에 대한 요구도가 높아져 가고 있다. 따라서 고강도 콘크리트에 대한 연구 및 경량 콘크리트에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.

그러나 현재 국내의 경량콘크리트의 경우 주로 비구조용에 국한되어 사용되어지고 있는 실정이며 구조용 경량콘크리트의 경우도 굵은 골재만을 경량골재로 사용하는 경량콘크리트에 대한 시도가 있을 뿐 다양한 용도별 콘크리트에 대한 연구는 미흡한 실정이다.

경량콘크리트의 경우 아직 국내에서 실용화에 어려움이 있는 가장 큰 이유는 경제성이 낮은 원인을 들 수 있다. 따라서 다양한 경량골재의 제조도 어려울 뿐만 아니라 이를 통한 콘크리트의 개발에 대한 연구도 어려운 실정이다.

또한 최근 콘크리트용 골재의 부족화가 심화되고 있으며 환

경문제로 인하여 골재의 채취의 제한에 따른 어려움이 증가하고 있다.

한편, 산업발전에 따른 폐기물의 발생이 점차 증가하고 있으며, 주요 폐기물의 하나인 폐유리의 재활용이 미비한 실정이다. 폐유리는 발생 원인에 따라 크게 폐유리병과 건설폐유리로 구분할 수 있으며, 폐유리병의 경우 수거를 통해 재활용이 가능하나 수거과정에서 혼색이 될 경우 뚜렷한 처리방안이 없어 매립처리하고 있는 실정이고 건설폐유리의 경우 별도의 분리수거없이 대부분 매립되고 있다. 선진국의 경우 이러한 폐유리의 다양한 재자원화에 대한 연구를 통해 콘크리트의 혼화재료, 골재로써의 활용방안 및 경량골재와 2차제품 등의 제조방안을 통한 자원활용을 위한 노력을 실시하고 있다. 그러나 국내의 경우 이러한 연구에 대한 노력이 미흡한 현실이며 현재 실용화 단계에 이룬 사례를 찾아보기 힘든 실정이다.

따라서 본 연구에서는 폐유리의 콘크리트 재료로써 자원화 하기 위하여 경량골재의 제조 및 이의 활용방안에 대한 검토를 실시하고자 폐유리를 발포한 경량골재를 콘크리트용 잔골재로써 활용성을 검토하기 위하여 기초적인 발포유리 잔골재의 성능을 검토하고 이를 경량콘크리트에 적용하여 굳지 않은 경량콘크리트의 물성 및 굳은 경량콘크리트의 물성을 검토하여 경량콘크리트의 다양한 활용성을 확보하고 경량콘크리트의 활성화를 위한 기초자료를 제공하고자 하였다.

* (주)텍스콘 연구개발팀, 전임연구원, 정회원
** (주)텍스콘 연구개발팀, 전임연구원, 공학박사, 정회원
*** (주)텍스콘 연구개발팀, 과장, 정회원
**** (주)텍스콘 연구개발팀, 팀장, 정회원
***** 두산 테크팩 기술개발본부 개발팀, 차장, 정회원
***** 두산 테크팩 기술개발본부 개발팀, 팀장, 정회원

2. 실험개요

2.1 실험계획

기존의 인공경량골재를 굵은 골재로만 사용한 구조용 경량 콘크리트의 잔골재로서 발포유리 소재를 천연 잔골재 대체재로 치환한 경량콘크리트의 특성을 검토하기 위하여 물시멘트비는 55% 수준으로 하였으며 슬럼프는 210mm를 기준으로 하였다.

본 연구를 위해서 먼저 발포유리 소재의 특성을 검토하였으며 발포유리 소재의 천연 잔골재 치환율을 0%에서 40%까지 5단계로 구분하여 치환율에 따른 굳지 않은 콘크리트의 특성으로 슬럼프의 변화와 단위용적질량을 측정하였으며 경화 후 특성으로 압축강도, 쪼갬 인장강도 및 탄성계수 등에 대한 고찰을 실시하였다.

표 1. 실험방법 및 요인

항목 및 요인	변수	실험수준	
배합사항	W/C(%)	1	55.0
	단위수량(kg)	1	170
	목표 슬럼프(mm)	1	210±25
	발포유리소재 치환율(%)	5	0, 10, 20, 30, 40

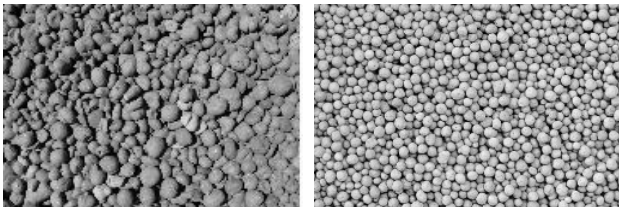


그림 1. 경량골재와 발포유리 잔골재

표 2. 잔골재와 굵은 골재의 물리적 성질

구분	밀도 (g/cm ³)	흡수율 (%)	단위질량 (kg/m ³)	조립률
경량골재	1.85	26.5	1,060	6.8
천연잔골재	2.59	0.94	1,536	2.84
발포유리	0.60	12.9	375	5.6

2.2 사용재료 및 배합

2.2.1 구조용 인공경량골재

본 실험에 사용한 구조용 인공경량골재는 점토를 약 1,200℃에서 소성하여 제조한 것으로 표 2에 나타난 바와 같이 최대골재 크기는 15mm이며 표건밀도가 1.85g/cm³인 구조용 인공 경량골재를 사용하였다.

2.2.2 발포유리 잔골재

발포유리 잔골재는 그림 2와 같이 폐유리를 파쇄하여 미분말화한 폐유리 미분말을 성형판을 통해 작은 알갱이 형태로 성형한 후 약 800℃의 온도로 소성을 통해 경량골재화 하였으며 그 특성은 표 1에 나타난 바와 같다.

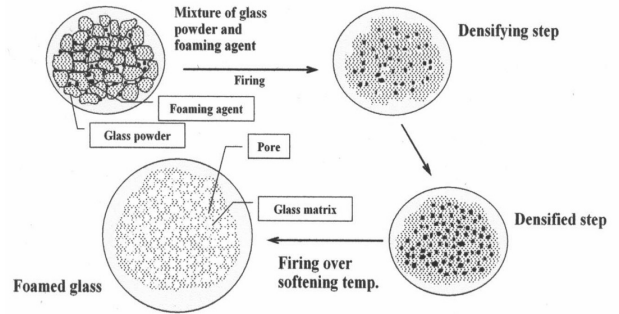


그림 2. 발포유리 경량잔골재의 제조



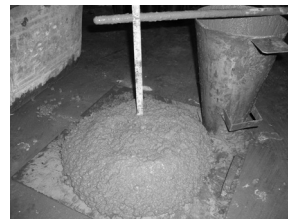
I : 치환율 0%

II : 치환율 10%



III 치환율 20%

IV 치환율 30%



V 치환율 40%

그림 3. 발포유리소재를 치환한 경량콘크리트의 슬럼프 시험

3. 실험결과 및 고찰

3.1 굳지 않은 콘크리트의 특성

3.1.1 슬럼프

발포유리 경량 잔골재의 흡수율이 약 13%로 높아 콘크리트

표 3. 실험 결과

구분	치환율 (%)	슬럼프 (mm)	압축강도(MPa)			쪼갠장(MPa)		탄성계수 (MPa)		단위질량(t/m ³)	
			3일	7일	28일	7일	28일	7일	28일	경화전	기건
I	0	220	12.3	16.6	21.6	1.84	2.18	10,841	9,750	1.90	1.84
II	10	225	12.3	17.6	21.2	2.05	2.07	7,362	9,169	1.80	1.78
III	20	210	14.0	16.7	22.3	1.88	1.99	6,586	9,273	1.76	1.73
IV	30	215	14.0	17.7	21.5	1.75	1.99	8,139	8,957	1.74	1.71
V	40	220	13.3	17.6	20.2	1.76	2.17	6,731	9,517	1.73	1.68

의 잔골재로 사용시 발포유리 잔골재의 함수상태에 따른 물성 변화가 크게 작용할 수 있을 것으로 판단되었으나, 잔골재의 부분치환에 따른 슬럼프의 영향은 크지 않은 것으로 나타났다.

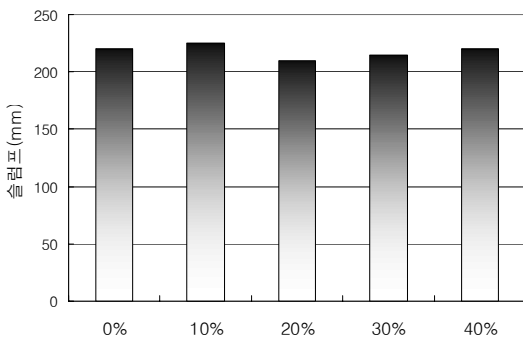


그림 4. 슬럼프 측정결과

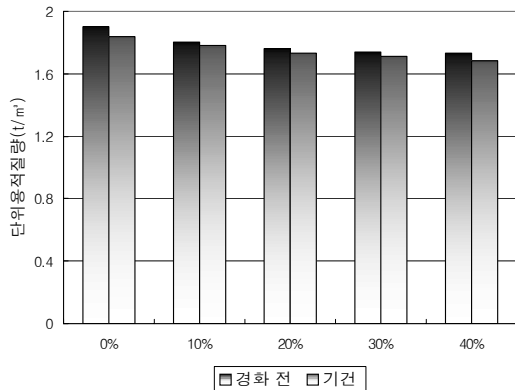


그림 5. 경화 전후 콘크리트의 단위용적질량

또한 발포유리 경량잔골재의 경우 사용 재료 중 밀도가 낮아 천연 잔골재만을 사용한 경우에 비해 굵은골재와의 밀도 차이를 줄여 굳지 않은 콘크리트에서 굵은 경량골재가 표면위로 떠오르는 현상이 저하하는 것으로 관찰 되었다.

3.1.2 단위용적질량

발포유리 경량잔골재의 밀도는 약 0.6t/m³으로써 천연잔골재의 1/4 수준인 초경량골재로써 콘크리트의 단위용적질량의 감소에 효과적인 것으로 나타났다. 표 3과 그림 5에 나타난 바와 같이 약 10%의 발포유리 경량잔골재의 치환에 따라 단위

질량은 약2.5%씩 감소하는 경향은 나타내었다.

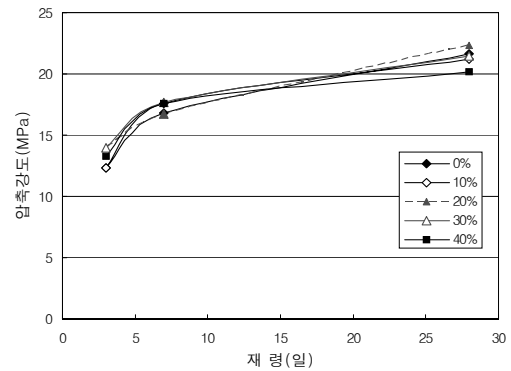


그림 6. 압축강도 시험결과

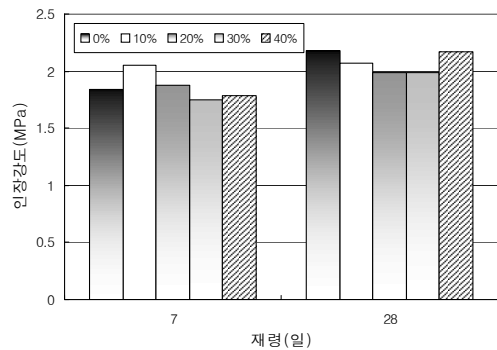


그림 7. 쪼갠인장강도 시험결과

3.2 굵은 콘크리트의 특성

3.2.1 압축강도 및 쪼갠 인장강도

발포유리 소재의 잔골재 치환율에 따른 경량콘크리트의 압축강도 및 인장강도는 표 3과 그림 6, 7에 나타난 바와 같이 30% 치환시 플레인에 비하여 오히려 높은 강도값을 나타내었으며 나머지 경우도 플레인에 비하여 다소 낮은 강도값을 나타내었으나 그 차이는 크지 않았으며, 발포유리 소재의 치환에 따른 강도변화는 발생하지 않는 것으로 판단되었다.

3.2.2 탄성계수

발포유리 소재를 잔골재로 치환한 경량콘크리트의 탄성계수

를 KS F 2438 "콘크리트 원주 공시체의 정탄성 계수 및

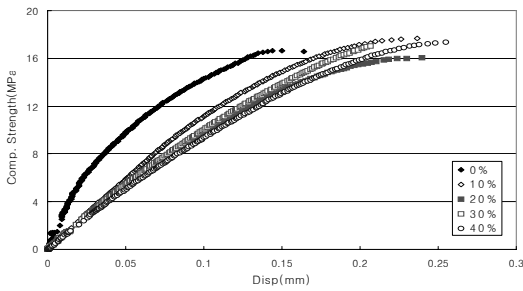


그림 8. 탄성계수 (7일)

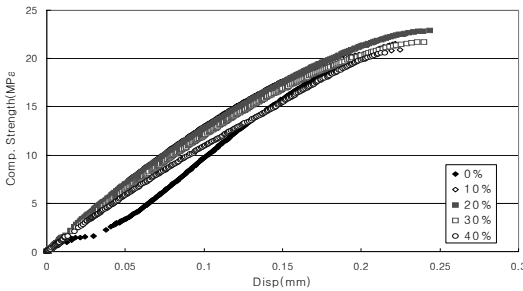


그림 9. 탄성계수 (28일)

포아송비 시험 방법"에 의하여 측정된 결과 표 3과 그림 8, 9에 나타내었다.

표 3과 그림 8, 9에 나타낸 바와 같이 측정결과 잔골재의 치환에 따라 탄성계수의 변화도 크게 발생하지 않는 것으로 나타났으며 특히 28일 탄성계수의 경우 치환율에 상관없이 모두 유사한 값을 나타낸 것을 알 수 있었다. 따라서 경량골재의 잔골재의 사용은 콘크리트의 역학적 특성에 큰 영향이 없는 것으로 판단되었다.

3.2.3 기건단위용적질량

발포유리 소재의 잔골재 치환율에 따른 경량콘크리트의 단위용적질량을 경화전 프레쉬 상태와 경화 후 기건상태에서 측정하였다. 그 결과 10%치환에 따라 프레쉬 상태의 단위용적질량 감소가 약 2.5% 정도 발생하였다. 따라서 경량잔골재의 부분치환에 따라 경량콘크리트의 적정 단위용적질량의 조정이 가능한 것으로 나타났다.

4. 결 론

경량콘크리트의 잔골재로써 발포유리 소재의 적용성 검토를 실시한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- (1) 폐유리를 소성하여 얻은 발포유리 잔골재의 밀도는 $0.6t/m^3$ 로서 천연잔골재($2.6t/m^3$)의 1/4 수준으로 경량콘

크리트의 잔골재로 활용함에 따라 콘크리트를 보다 경량화 할 수 있을 것으로 판단되었으며, 조립률 또한 다소 높으나 잔골재로써 부분적으로 사용하기에 어려움이 없을 것으로 사료된다.

- (2) 이러한 발포유리 소재를 경량콘크리트의 잔골재로 부분치환하여 특성을 고찰한 결과 굳지 않은 콘크리트에서 콘크리트의 유동성을 나타내는 슬럼프의 값은 크게 영향을 미치지 않는 것으로 나타났으며 오히려 낮은 밀도의 잔골재를 사용함에 따라 경량 굵은 골재의 재료분리를 억제하는 효과가 나타나는 것으로 판단되었다.
- (3) 경화한 경량콘크리트의 특성으로 압축강도는 발포유리 소재를 40%까지 치환한 경우에는 플레인에 비하여 차이를 나타내지 않아 비구조용 잔골재의 부분치환은 보통강도의 경량콘크리트에 큰 영향이 없는 것으로 판단되었다. 다만 고강도 경량콘크리트에 대한 별도의 물시멘트비와 강도와의 관계에 대한 검토가 필요할 것이다.
- (4) 굳지 않은 콘크리트의 단위용적질량은 발포유리 소재를 10% 치환함에 따라 약 2.5%씩 감소하는 것으로 나타났으며 특히 경화 후에도 경화전과 동일한 경량화 효과를 나타내었다.
- (5) 발포유리 소재의 잔골재 부분치환에 따른 탄성계수의 변화는 크지 않은 것으로 나타나 경량콘크리트중 경량잔골재를 부분 치환한 2종 경량콘크리트의 물리·역학적 특성에 대한 변화는 크지 않은 것으로 나타났다.

감사의 글

이 연구를 위해 도움을 주신 두산 테크팩 지원에 감사드립니다.

참 고 문 헌

1. 경량콘크리트 연구위원회 발표자료집, 한국콘크리트학회, 2005
2. 산업자원부, 폐유리를 이용한 재자원화 기술개발 및 활성화 방안 연구, 2000
3. 정상진 외 5인, 폐유리 분말을 이용한 콘크리트 2차 제품 개발을 위한 실험적 연구, 대한건축학회 논문집 제 21권 2호, pp.407-401, 2001
4. 파쇄한 ALC를 잔골재로 사용한 경량콘크리트의 특성에 대한 연구, 대한건축학회, 2008