

섬유보강 경량골재 콘크리트의 역학적 특성에 관한 실험적 연구

Characterization of the Mechanical Properties of Fiber-Reinforced Lightweight Concrete

이행기* 송수용**
Lee, Haeng Ki Song, Su Yong

ABSTRACT

An experimental study is conducted to characterize the mechanical properties of a fiber-reinforced, lightweight concrete (FRLAC) that is produced without an autoclave process. The FRLAC enhances the strength of lightweight cellular concrete by adding polypropylene fibers. A series of compressive strength tests on cylindrical specimens are carried out to characterize the compressive strength and the modulus of elasticity of the FRLAC. Specifically, various mixing rates of a foam agent are applied in casting of the specimens to investigate the influence of the mixing rate of the foam agent on the performance of the FRLAC and to determine the optimal mixing rate of the foam agent.

1. 서론

골재의 전부나 일부에 경량골재를 사용한 경량골재 콘크리트¹⁾의 시멘트 매트릭스 내에 다량의 미세 기포를 포함시킨 경량골재 기포콘크리트는 단열성과 흡음성이 우수한 장점을 가지고 있다²⁾. 기포콘크리트의 강도발현을 위해 사용되는 공법인 오토클레이브 양생과정은 제작크기에 한계가 있을 뿐만 아니라 제작비용이 많이 드는 단점이 있어 실용화에 방해가 되어왔다.

본 연구에서는 오토클레이브 양생과정 없이 제작되는 섬유보강 경량골재 콘크리트 (Fiber-reinforced, lightweight aggregate concrete, FRLAC) 개발연구³⁾의 초기단계로서, 기포제의 혼입량이 FRLAC의 압축강도에 미치는 영향을 알아보고 최적의 기포제 혼입량을 결정하기 위해 일련의 예비 압축시험을 수행하고자 한다.

시멘트 매트릭스 내에 안정적인 기포 생성을 위해 헥서플루오렌 Thermoflex Inc.가 개발한 기포제를 사용하였으며, 팽창혈압으로 만들어진 경량 잔골재와 굵은 골재를 사용하여 FRLAC의 강도를 높이고자 하였다. 특히, 기포제의 혼입량에 따른 FRLAC의 압축강도 변화를 알아보고자 다양한 기포제 혼입률을 적용한 시편을 제작하여 시험을 수행하였다.

*정회원, 한국과학기술원 건설 및 환경공학과 부교수

**정회원, 한국과학기술원 건설 및 환경공학과 석사과정

2. 시험개요

2.1 시편준비

시험에 사용된 콘크리트는 제1종 보통 포틀랜드 시멘트, 경량 잔골재와 굵은 골재, 혼합된 혼화제, 폴리프로필렌 섬유로 구성되었다. 혼화제는 폴리카본산계 고유동화제와 협력업체인 Thermoflex Inc.가 독자 개발한 기포제를 혼합한 혼화제를 사용하였으며, 사용된 배합은 표 1과 같다. 표에서 보듯이 혼화제는 모두 3종류의 비율로 혼합되었는데, S-1은 가장 많은 비율의 기포제를 포함하고 있고, S-2는 중간비율이며, S-3는 가장 적은 비율의 기포제를 포함하고 있다. 특히, 기포제를 가장 적게 포함하고 있는 S-3 혼화제를 사용한 시편들에 대해서는 배합되는 물의 양을 조절하여 최적의 배합을 찾고자 하였다.

표 1 FRLAC 예비 압축시험 배합비

Specimen no.	Cement (kg/m ³)	Sand (kg/m ³)	Fine agg. (kg/m ³)	Coarse agg. (kg/m ³)	Water (kg/m ³)	Fibers (kg/m ³)	Admixture		
							S-1 (kg/m ³)	S-2 (kg/m ³)	S-3 (kg/m ³)
A1	420	227	190.3	220	153	2.12	0.880	-	-
A2	420	227	190.3	220	153	2.12	-	0.880	-
A3	420	227	190.3	220	153	2.12	-	-	0.880
A4	420	227	190.3	220	144.8	2.12	-	-	0.880
A5	420	227	190.3	220	137.7	2.12	-	-	0.880

예비 압축시험을 위해 150 mm (지름) × 300 mm (높이)의 크기를 가진 원주형 시편을 혼화제의 비율 및 배합수의 양에 따라 5개를 제작하여 시험을 수행하였다. 재료의 배합방법 등의 자세한 내용은 Lee and Song³⁾에 소개되었다.

2.2 시험방법

기포제의 혼입량이 FRLAC의 압축강도에 미치는 영향을 알아보기 위하여 서로 다른 비율의 기포제 및 배합수의 혼입량을 가지는 시편들에 대해 일련의 압축시험⁴⁻⁵⁾을 수행하였다.

압축시험의 시험방법 및 관련장비는 ASTM C 39 규격⁴⁾에 근거하여 사용되었으며, 시편들은 10일간 양생한 후 시험하였다. 시험은 만능시험기 (UTM)를 이용하여 0.005 mm/sec 속도의 변위제어 방식으로 수행하였다. 시험자료는 UCAM-20PC 데이터 로거가 연결된 노트북 컴퓨터를 이용하여 시편이 파괴될 때까지 매 3초마다 자동으로 기록되었다. 그림 1은 UTM에 설치된 압축시험용 시편을 나타내고 있다. 이 시험을 통하여 FRLAC의 기포제 및 배합수 혼입량에 따른 압축강도, 탄성계수, 단위중량을 측정하였다. 압축강도 및 단위중량의 계산은 ASTM C 39 규격⁴⁾에 근거하였고, 탄성계수의 계산은 ASTM C 469 규격⁵⁾에 근거하였다. 시험 방법 및 계산 방법에 대한 자세한 내용은 Lee and Song³⁾에 소개되었다.

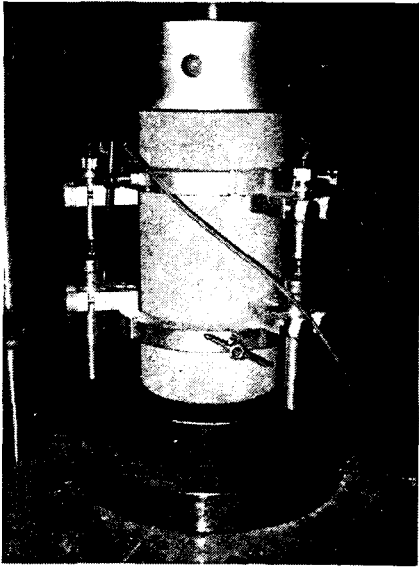


그림 1 UTM에 설치된 압축시험용 시편

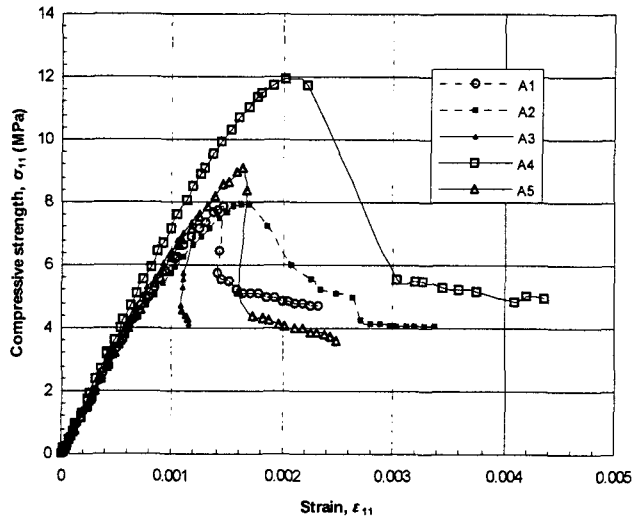


그림 2 FRLAC 예비 압축시험 시편들의 응력-변형률 곡선

3. 시험결과 및 분석

압축시험을 통하여 측정된 FRLAC 시편들의 단위중량, 압축강도, 탄성계수를 표 2에 요약하였다. 표에서 보듯이 시편들의 압축강도는 기포제의 비율 및 배합수의 양에 따라 7.7 MPa에서 11.9 MPa까지의 변화를 보임을 알 수 있다. 시험결과 A4 시편이 가장 높은 압축강도와 탄성계수를 보였으며, A4 시편에 비해 물의 양을 더 줄인 A5 시편의 경우 압축강도가 오히려 감소하였다. FRLAC의 단위중량은 압축강도에 따라 거의 비례하였다. 따라서 FRLAC의 단위중량의 조절을 통해 강도를 조절할 수 있을 것으로 판단된다.

4. 결론

본 논문은 오토클레이브 양생과정 없이 제작할 수 있는 새로운 FRLAC의 최적 배합비를 알아보기 위해 기포제 비율과 배합수의 양을 달리한 여러 종류의 시편들을 제작하여 수행한 예비 압축시험에 대해 서술하였다. 본 실험적 연구를 통하여 얻은 결론은 다음과 같다.

- 1) 여러 배합으로 제작한 시편의 압축시험을 통하여 가장 강도가 높은 기포제의 비율 및 배합수의 양을 결정하였다. A4 시편에 사용된 배합비에서 가장 큰 강도가 발현되었으며, 이 배합비를 앞으로의 본시험에 적용할 예정이다.
- 2) 기포제와 배합수의 양을 조절함으로써 FRLAC의 압축강도를 변화시킬 수 있다.
- 3) 배합에 사용된 모래를 경량 잔골재로 대체함으로써 보다 경량의 FRLAC를 제작할 수 있다.

본 연구를 통하여 FRLAC의 최적 기포제 혼입률과 배합수의 양, 기포제와 혼입률의 양에 따른 압축강도의 변화 등을 알 수 있었다. FRLAC의 성능 향상과 보다 정확한 특성 파악을 위해 섬유, 종류 및 혼입률, 실리카폼, 플라이애시, 양생조건 등이 FRLAC의 역학적 특성에 미치는 영향에 대해 추가적인 연구가 요구된다.

표 2 FRLAC 예비 압축시험 시편들의 단위중량, 압축강도 및 탄성계수

Specimen no.	Density (kg/m ³)	Compressive strength (MPa)	Modulus of elasticity (MPa)
A1	1170	7.9	6851
A2	1140	8.0	6441
A3	1200	7.7	7397
A4	1260	11.9	7536
A5	1170	9.1	6610

감사의 글

본 연구를 위해 기술적 지원 및 기포제를 제공한 미국 Thermoflex Inc.와 실험에 많은 도움을 준 김봉래 연구원과 하성국 연구원의 협력에 깊은 고마움을 전합니다. 이 연구는 한국과학기술원으로부터 지원된 신입교원 정착연구비에 의해 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. Yasar, E., Atis, C. D., Kilic, A., and Gulsen, H., "Strength properties of lightweight concrete made with basaltic pumice and fly ash", *Materials Letters*, Vol.57, No.15, 2003, pp.2267~2270.
2. Al-Khaiat, H., and Haque, M. N., "Effect of initial curing on early strength and physical properties of a lightweight concrete", *Cement and Concrete Research*, Vol.28, No.6, 1998, pp.859~866.
3. Lee, H. K., Song, S. Y., "Properties of a Lightweight aggregate concrete reinforced with polypropylene fibers", *Cement and Concrete Research*, to be submitted.
4. ASTM C 39/C 39M - 04a, "Standard test method for compressive strength of cylindrical concrete specimens", IHS Specs & Standards, American Society for Testing and Materials, 2004.
5. ASTM C 469 - 02, "Standard test method for static modulus of elasticity and Poisson's ratio of concrete in compression", IHS Specs & Standards, American Society for Testing and Materials, 2002.