경량기포 콘크리트용 개량분체의 Mock-up 실험평가

Mock-up Test of Improved Concrete Binders for Lightweight Foamed concrete

최 성 용* 정 광 복** 김 기 철*** 김 성 수**** 한 민 철***** 한 천 구******
Choi, Sung-Yong Jeong, Kwang-Bok Kim, Gi-Cheol Kim, Seong-Soo Han, Min-Cheol Han, Cheon-Goo

ABSTRACT

Lightweight foamed concretes are mainly used in apartment building construction for building room floor insulation, sound proof and height difference adjustment, etc. However, existing lightweight foamed concretes have problems like volume reduction by foam removal and excessive crack occurrence, etc, and for compensation, they developed improved concrete binders for lightweight foamed concrete with special characteristics by adding admixture materials used in concrete manufacturing. Therefore, this study reviewed the possibility of its practical use by analyzing all the engineering characteristics after producing imitation member proposed as actual binders and piling lightweight foamed concrete as improved lightweight foamed concrete binder through prior study, the results are as follows. Plain in which various pulverulent materials are mixed showed about 230mm of flow value, satisfying the target flow value, and at 100mm member, about 4mm of settlement occurred, showing a settlement depth reduction effect double the OPC. On strength, OPC showed highest value, but the three levels all showed strengths above the specified value of KS standard 0.5 grade. From the analysis of drying shrinkage member crack, plain, about 0.1mm, was shown very excellent against drying shrinkage crack.

요 약

경량기포 콘크리트는 건축물 방바닥의 단열, 차음 및 높이차 조정 등의 목적으로 아파트 건설공사 등에 주로 이용되고 있다. 그러나 기존의 경량기포 콘크리트는 소포에 의한 체적감소, 과다한 균열 발생 등의 문제점을 가지고 있는데 이를 보완하기 위해 콘크리트 제조에 사용되는 혼화재들을 첨가하여 특수한 특성을 가지는 경량기포 콘크리트용 개량분체가 개발되었다. 그러나 아직도 기포율 저감 및 균열방생 등과 같은 문제점이 제기되고 있어 이를 보완하기 위한 연구가 필요한 실정이다. 따라서, 본 연구에서는 선행연구를 통한 개발된 경량기포 콘크리트의 실무적용 가능성에 대하여 분석하고자 실구체로 상정한 모의부재를 제작 후 경량기포 콘크리트를 타설하여 이들의 제반 공학적 특성을 분석함으로써 실용화 가능성을 검토하였는데, 그결과는 다음과 같다. 각종 재료가 혼입된 개량분체인 플레인은 약 230mm의 플로우치를 보여 목표 플로우치를 만족하였고, 100mm부재에서 약 4mm의 침하가 일어나 OPC에 비하여 약 2배의 침하깊이 감소효과를 나타냈다. 강도면에서는 OPC가 가장 높은 강도로 나타났으나, 세 수준 모두 KS기준 0.5품의 규정치를 상회하는 강도이었다. 건조수축 균열에 대한 부재균열 분석으로써 플레인은 약 0.1mm정도로 건조수축 균열에 매우 우수한 것으로 나타났다.

* 정회원, 청주대 대학원 석사과정
** 정회원, (주)건설과환경 상무이사, 청주대 대학원 박사과정
*** 정회원, (주)원건축사사무소 기술개발팀 팀장, 공학박사
**** 정회원, 아세아시멘트(주) 연구개발팀 팀장, 정회원
***** 정회원, 청주대 건축공학부 전임강사, 공학박사
****** 정회원, 청주대 건축공학부 교수, 공학박사

1. 서론

본 연구팀에서는 선행연구[2)]를 통하여 침하방지용 경량기포 콘크리트의 결합재를 개량·개발한바있다. 본 연구에서는 이를 실무에 적용가능한지 여부에 대하여 분석하고자 실구체로 상정한 모의부재를 제작한 후 경량기포 콘크리트를 타설하여 이들의 제반 공학적 특성을 분석함으로써 실용화의 가능성을 검토하고자 한다.

2. 실험계획 및 방법

2.1 실험계획

본 연구의 실험계획 및 배합사항은 각 표 1, 2와 같다.

먼저 배합사항으로 W/B는 60%의 1수준에 대하여, 보통 포틀랜드 시멘트(이하 OPC)만을 사용하는 경우의 목표 단위용적질량을 0.6±0.03t/m^3, 목포 플로우는 현장조건을 고려하여 작업성이 뛰어난 230±10mm를 만족하도록 배합설계한 다음, 선행연구에서 이루어진 각종 결합재 조합인 개량분체(OPC + 시멘트킬른더스트(이하CKD) + PS증점제 + 미세립사(이하FG)+ 유동화제(이하NSP))를 Plain으로 계획하고, 타사의 경량기포 콘크리트 결합재(HC)를 포함하여 총 3배치를 실험계획하였다.

표 1 Mock-Up 실험

실 험 요 인		실 험 수 준	
배합사항	W/B(%)	1	· 60
	단위용적질량 (t/m^3)	1	· 0.6
	목표 플로우(mm)	1	· 230±10
	결합재 구성	3	· OPC · Plain{OPC73%+CKD18%+FG 9%+PS+NSP} · HC
실험사항	굳지않은 콘크리트	2	· 플로우 · 침하깊이 측정
	경화 콘크리트	5	· 압축강도(7, 28, 91일) · 겉보기밀도(28일) · 열전도율 · 코어 압축강도(28, 29일) · 초기균열발생 육안 조사(크랙게이지, 사진)

표 2. 콘크리트의 배합사항

W/B (%)	단위용적질량 (t/m^3)	결합재 변화	기포율 (%)	용적배합 (ℓ/m^3)				질량배합 (kg/m^3)	
				C	W	CKD	FG	PS	NSP
60	0.6	OPC	66.9	112	212	0	0	0	0
		Plain	66.3	83	216	24.5	13.1	0.064	0.18

실험사항으로 굳지않은 콘크리트에서는 플로우, 침하깊이를 측정하고, 경화 콘크리트에서는 압축강도, 코어 압축강도, 겉보기밀도, 열전도율 및 초기균열발생 육안 조사를 측정하는 것으로 하였다.

2.2 사용재료

본 실험에 사용한 시멘트는 국내A사산 OPC 시멘트(밀도:3.15 g/cm^3, 분말도:3,302cm^2/g)를 사용하였고, CKD는 국내A시멘트사산(밀도:2.67g/cm^3, 분말도:8200cm^2/g)을 사용하였다. 혼화제로서 증점제(형태:분말상, 점도:2800mPa·s)는 미국산을 사용하였고 FG는 국내A사산(밀도:2.51 g/cm^3, 분말도:3,800cm^2/g), NSP는 나프탈렌계 분말형, 기포제(형태:액상, 밀도:1.04g/cm^3)는 식물성 계면활성제를 사용하였다.

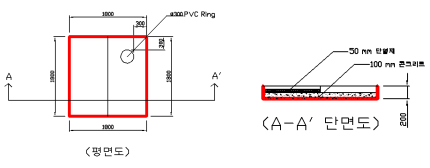

그림 1. 모의부재 평면도 및 A-A'단면도

사진 1. 모의부재 제작

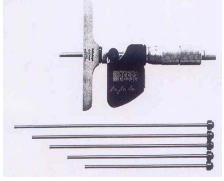

그림 2. 침하 측정기

사진 2. 표면 마감 후 침하깊이 측정

2.3 실험방법

플로우는 KS F 4039, 침하깊이는 모의부재에서의 측정방법에 대한 기준이 없기 때문에 임의의 측정판을 그림 2와 같이 제작하여 디지털 마이크로미터를 이용해 사진 2와 같이 측정하였으며, 압축강도 및 겉보기밀도 측정은 KS F 2459, 열전도율은 KS L 9016의 시험방법에 따라 실시하였고, 모의부재의 제작 및 측정은 그림1 및 사진 1과 같이 실시하였다.

3. 실험 결과 및 분석

3.1 굳지않은 콘크리트의 특성

그림 3은 결합재 종류 변화에 따른 플로우치를 나타낸 그래프이다. 먼저, OPC의 경우 약 260mm, HC의 경우 약 240mm의 플로우치를 나타냈으며, 플레인 배합의 경우 각종 혼화재료의 첨가로 인해 다소 낮은 플로우치를 보였지만 목표 유동성을 만족하였다.

그림 4는 결합재 종류 변화에 따른 침하깊이를 나타낸 그래프로써, 침하깊이는 OPC의 경우 100mm 부재에서 약 8mm, 50mm 부재의 경우 약 5mm정도의 침하를 나타냈다. 플레인의 경우는 100mm 부재에서 5mm, 50mm부재에서 4mm 이하의 침하를 나타내 플레인의 침하깊이 감소 효과가 큰 것으로 확인되었다. HC 결합재의 경우는 100mm 부재에서 약 9mm 이상의 침하를 나타냄으로써 침하깊이 감소의 효과는 없는 것으로 나타났다.

3.2 경화 콘크리트의 특성

그림 6은 결합재 종류 변화에 따른 압축강도를 나타낸 그래프이다. OPC는 강도에서 가장 우수한 성능을 발휘하는 것으로 나타났으며, 플레인과 HC 결합재 두 수준 모두 7일 강도에서 약 0.95MPa정도의 압축강도를 나타냈고, 세 수준 모두 KS기준 0.5품의 규정치를 상회하는 강도를 나타냈다.

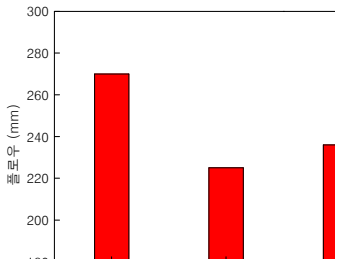

그림 3. 결합재 종류 변화에 따른 플로우치

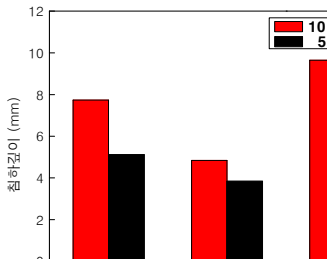

그림 4. 결합재 종류 변화에 따른 침하깊이

그림 7은 결합재 종류 변화에 따른 코어 압축강도를 나타낸 그래프로써, 코어 압축강도는 28일 91일 압축강도에 비해 약간 낮은 강도로 나타났지만, 거의 유사한 경향을 나타냈다.

그림 8은 결합재 종류 변화에 따른 겉보기 밀도를 나타낸 그래프로써, OPC의 경우 겉보기 밀도가 약 0.45g/cm^{3}로 가

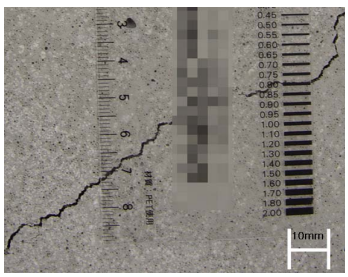

사진 3. 7일 경과후 OPC의 부재 균열사진

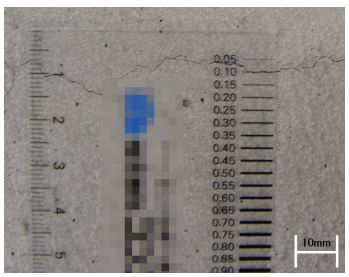

사진 4. 7일 경과후 플레인의 부재 균열사진

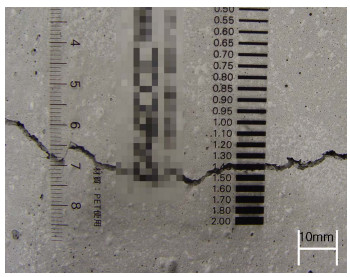

사진 5. 7일 경과후 HC의 부재 균열사진

장 높은 밀도를 보였으며, 플레인이 0.42g/cm^{3}로 가장 낮은 밀도를 나타냈는데, 이는 결국 플레인 결합재의 높은 체적안정성에 기인한 것으로써 플레인 결합재의 소포작용이 적어 기포함유율이 타 결합재보다 높아 가장 낮은 밀도를 나타낸 것으로 사료된다. 압축강도 또한 기포의 소포작용으로 기포량이 가장 적은 OPC가 가장 높은 강도를 나타낸 것으로 사료된다.

그림 9는 결합재 종류 변화에 따른 열전도율을 나타낸 그래프이다. 모든 수준에서 KS 기준인 '0.5품-0.160W/(m·k)이하'를 만족하는 것으로 나타났다.

사진 3~5는 모의부재의 건조수축 균열을 나타낸 사진으로써, OPC는 평균 0.7mm의 균열폭을 나타냈으며, HC의 경우 평균 1.4mm의 균열폭을 나타낸 반면, 플레인의 경우 평균 0.1mm의 균열폭을 나타내 건조수축 균열에 대한 저항성이 높은 것으로 나타났다.

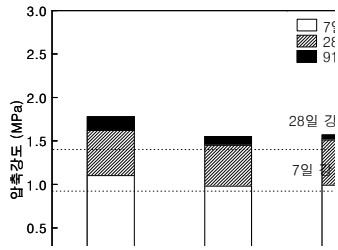

그림 6. 결합재 종류 변화에 따른 압축강도

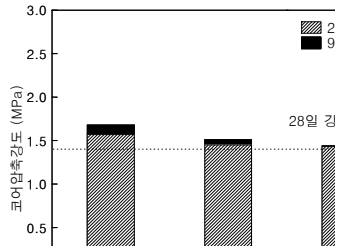

그림 7. 결합재 종류 변화에 따른 코어압축강도

3. 결 론

본 연구에서는 경량기포 콘크리트용 개량분체의 우수성을 Mock-up 시험 결과로 분석하였는데, 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 각종 재료가 혼입된 개량분체인 플레인은 약 230mm의 플로우치를 보여 목표 플로우치를 만족하였고, 100mm부재에서 약 4mm의 침하가 일어나 OPC에 비하여 약 2배의 침하깊이 감소효과를 나타냈다.

2) 강도면에서는 OPC가 가장 높은 강도로 나타났으나, 세 수준 모두 KS기준 0.5품의 규정치를 상회하는 강도이었다. 코어 압축강도 또한 일반 공시체 강도와 유사한 경향을 나타냈다.

3) 건조수축 균열에 대한 부재균열 분석으로써 OPC 및 HC의 경우 약 0.7~1.4mm정도의 균열폭을 나타낸 반면, 플레인은 약 0.1mm정도로 건조수축 균열에 매우 우수한 것으로 나타났다.

이상을 종합하면, 본 연구를 통해 개발된 개량분체를 사용할 경우 각 KS '0.5품' 기준을 모두 만족하였으며, 침하깊이 감소 및 균열억제 효과가 탁월 한 것으로 나타남으로써, 실무에서의 활용 가능성은 높을 것으로 사료되어진다.

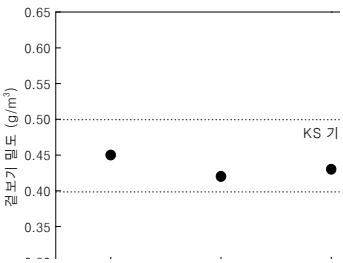

그림 8. 결합재 종류 변화에 따른 겉보기 밀도

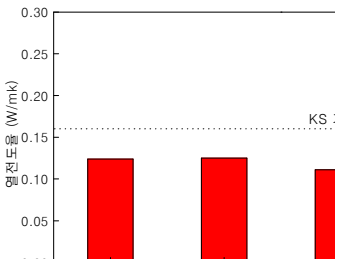

그림 9. 결합재 종류 변화에 따른 열 전도율

감사의 글

본 연구는 (주)원건축사사무소와 (주)원건설의 연구비 지원에 의해 이루어 졌음에 위 기관에 감사한다.

참고문헌

1. KS F 4039 ; 현장 타설용 기포콘크리트, 1999
2. 최성용, 신현섭, 정광복, 김성수, 한민철, 한천구; 유동화제 혼입율 변화에 따른 경량기포 콘크리트의 특성분석, 한국콘크리트학회 학술발표회 논문집 , Vol.19 No.1, 2007, 5
3. 한국콘크리트학회 ; 콘크리트 혼화재료, 2001