

혼화재 치환에 따른 경량기포콘크리트의 기초적 특성

Fundamental Properties of Lightweight Foamed Concrete Depending on Admixture Incorporation

신재경* 유승엽* 정광복** 홍상희*** 김성수**** 한천구****
Shin, Jae-Kyung Yoo, Seung-Yeup Jeong, Kwang-Bok Hong, Sang-Hee Kim, Seong-Soo Han, Cheon-Goo

ABSTRACT

In this paper, admixture factors affecting the properties of lightweight foamed concrete incorporating cement kiln dust(CKD) and fly ash(FA), respectively are discussed. Increase in CKD contents resulted in loss of fluidity and decrease in settlement of concrete noticeably. Moreover, the higher the unit weight is, the smaller the settlement depth is. The use of CKD resulted in slight decrease in compressive strength and tensile strength compared to that with other admixture. However, all mixtures met the requirement of strength prescribed in Korean Industrial Standards.

1. 서론

경량기포콘크리트는 콘크리트용 슬러리에 기포제의 물리적 계면활성작용에 의해 얻어진 기포를 혼합시켜 만든 콘크리트로서, 동일한 체적의 보통 콘크리트보다 가볍기 때문에 단열용 채움재, 토목용 채움재, 충전재 등의 목적으로 주로 사용된다.

그런데, 기존의 경량기포콘크리트는 슬러리용 분체로서 보통 포틀랜드시멘트(OPC)만을 원료로 제조하였으나, 최근에는 품질향상 및 경제성 확보 등을 목적으로 다양한 혼화재의 검토가 요구되고 있다.

그러므로 본 연구에서는 OPC만을 슬러리용 분체로 이용하는 경량기포콘크리트에 시멘트 제조시 부산물로 발생하는 시멘트 킬른더스트(CKD)의 사용량 변화 및 플라이애쉬(FA)를 변수로 하여 혼화재 치환에 따른 경량기포콘크리트의 기초적 특성을 분석하고자 한다.

2. 실험계획 및 방법

2.1 실험계획

본 연구의 실험계획은 표 1과 같다.

먼저, 배합사항으로는 W/B 60%의 1수준에 대하여, OPC만을 사용하는 경우의 목표 플로우 240±10mm, 목표 단위질량 0.4±0.03, 0.6±0.03t/m³를 만족하는 유동화제 및 기포율을 결정하였다. 혼화재 변수는 FA 5%, 극미사(SD) 5% 치환을 기본으로 하는 OPC배합(실무조건)과 여기에 CKD 10,

* 정회원, 청주대 대학원 석사과정

** 정회원, (주)건설과환경 상무이사, 청주대 대학원 석사과정

*** 정회원, (주)원건축사사무소, 공학박사

**** 정회원, 아세아시멘트(주) 연구개발팀 팀장

***** 정회원, 청주대 건축공학부 교수, 공학박사

20%, FA 20%를 치환한 4수준으로 하여 총 8 배치를 실험계획 하였다.

실험사항으로 굳지않은 콘크리트에서는 플로우, 밀도 및 침하깊이를, 경화 콘크리트에서는 압축강도, 인장강도 및 결보기밀도를 측정하는 것으로 하였다. 이때 본 실험에 사용한 콘크리트의 배합사항은 표 2와 같다.

2.2 사용재료

본 실험에 사용한 시멘트는 국내산 보통 포틀랜드시멘트(밀도:3.15 g/cm³, 분말도: 3,265cm²/g)를 사용하였고, 혼화재로서 CKD는 국내산 A사(밀도:2.67g/cm³, 분말도:8200cm²/g), FA는 충남 당진산(밀도:2.19g/cm³, 분말도: 3,735cm²/g)를 사용하였다. 기포제는 식물성 계면활성제 기포제를 사용하였다.

2.3 실험방법

본 연구의 실험방법으로 슬러리의 혼합은 단위수량에 따른 물을 용기에 먼저 넣고 분체재료를 넣으면서 핸드믹서를 이용하여 충분히 혼합하여 슬러리를 제조하는 것으로 하였다. 혼합한 슬러리에 기포발생기에서 발생시킨 기포(밀도 0.027)를 계량하여 용기에 투입한 후 슬러리와 혼합하여 기포슬러리를 제조하였다. 이때 기포가 소멸되지 않도록 유의하면서 약 2분간 믹싱하였다.

플로우 및 밀도, 침하깊이는 KS F 4039의 시험방법에 준하였으며, 압축강도 및 결보기밀도 측정은 KS F 2459, 인장강도는 KS F 2423의 시험방법에 따라 실시하였다.

3. 실험 결과 및 분석

3.1 굳지않은 콘크리트의 특성

그림 1은 단위질량별 혼화재 치환에 따른 플로우치를 나타낸 것이다. 먼저, 단위질량별에는 큰 차이 없이 OPC 배합의 경우 목표 플로우 240±10mm를 만족하였으나, 혼화재를 치환할수록 플로우 값은 작아지는 것으로 나타났다. 특히, CKD의 경우 치환율이 증가할수록 유동성은 크게 감소하는 것으로 나타났는데, 동일

표 1. 실험계획

실험요인		실험수준	
배합사항	W/B(%)	1	· 60
	목표 플로우(mm)	1	· 240±10
	목표 단위질량(t/m ³)	2	· 0.4±0.03 · 0.6±0.03
	혼화재 종류 및 치환율	4	· Plain(OPC) · CKD 10 · CKD 20 · FA 20
실험사항	굳지않은 콘크리트	3	· 플로우 · 밀도 · 침하깊이
	경화 콘크리트	3	· 압축강도(7, 28일) · 인장강도(28일) · 결보기밀도(28일)

표 2. 콘크리트의 배합사항

W/B (%)	유동화제 (%)	기포율 (%)	단위질량 (t/m ³)	혼화재종류 및 치환율 (%)	질량배합 (kg/m ³)			
					C	FA	CKD	S
60	0.05	75	0.4	Plain	242	14	-	14
				CKD 10	213	13	27	13
				CKD 20	186	13	53	13
				FA 20	183	65	-	13
	63	0.6	0.6	Plain	359	20	-	20
				CKD 10	316	20	39	20
				CKD 20	275	20	79	20
				FA 20	271	97	-	19

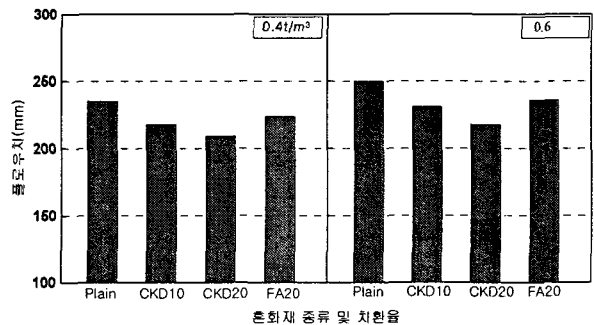


그림 1. 혼화재 치환에 따른 플로우치 비교

치환율인 FA 20에 비해 유동성이 더 크게 감소하였다. 따라서 목표 유동성을 확보하기 위해서는 고성능감수제의 사용량 증가가 필요한 것으로 사료된다.

사진 1은 혼화재 치환에 따른 공시체 타설 후 침하모습을 나타낸 것이고, 그림 2는 단위질량별 혼화재 치환에 따른 침하깊이를 나타낸 것이다. 전반적으로 단위질량이 증가할수록 침하깊이는 작아지는 것으로 나타났다. 혼화재 종류별로는 Plain의 경우 단위질량 0.4t/m³가 8mm, 0.6t/m³이 5mm로 나타났고, FA 20의 경우 단위질량 0.4t/m³에서 9mm, 0.6t/m³에서 5mm로 OPC보다 다소 침하가 크게 나타났다. 반면, CKD 20의 경우 단위질량 0.4t/m³에서 4mm, 0.6t/m³에서 1mm로 Plain 및 FA 20과 비교하여 침하가 크게 감소하는 것을 알 수 있었다. 이는 KS 기준인 '0.4품-15mm 이하', '0.5품-10mm 이하'에 충분히 만족하는 것으로 CKD를 치환하여 사용할 경우 경량기포콘크리트의 가장 큰 품질문제 중 하나인 침하문제를 개선하는데 효과적인 것으로 분석된다.

3.2 경화 콘크리트의 특성

그림 3은 단위질량별 혼화재 치환에 따른 겉보기 밀도를 나타낸 것이다.

전반적으로 혼화재 치환에 상관없이 단위질량 0.4t/m³인 경우는 KS 기준인 '0.4품-0.30이상, 0.40미만'을 0.30에 가깝게 만족하였고, 단위질량 0.6t/m³인 경우는 KS 기준인 '0.5품-0.4이상, 0.5미만'을 만족하는 것으로 나타났다.

그림 4는 단위질량별 혼화재 치환에 따른 압축강도를 나타낸 것이다.

압축강도는 당연한 결과로 단위질량이 높을수록, 재령이 경과할수록 증가하는 것으로 나타났다. 혼화재 종류에 따라서는 OPC, FA 20, CKD 10, CKD 20 순서로 크게 나타났으나, 그 차이는 재령 7일에서는 약 0.1MPa, 재령 28일에서는 약 0.25MPa 정도로, 모든 경우에서 KS 기준범위를 상회하는 것으로 나타났다.

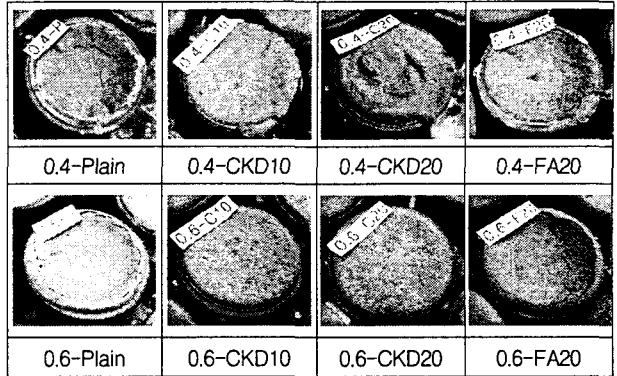


사진 1. 혼화재 치환에 따른 공시체 타설 후 침하모습

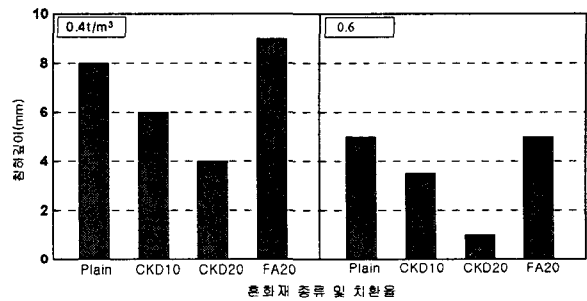


그림 2. 혼화재 치환에 따른 침하깊이 비교

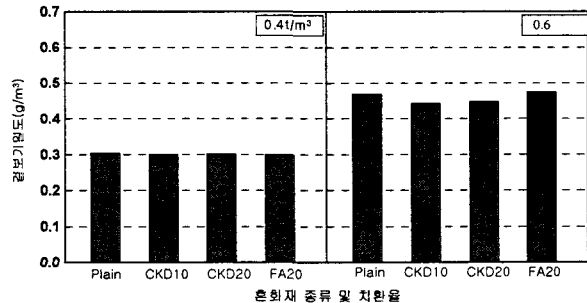


그림 3. 혼화재 치환에 따른 겉보기밀도 비교

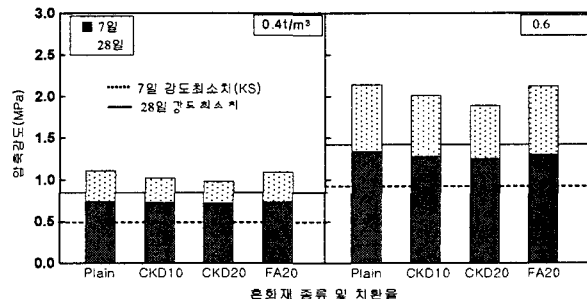


그림 4. 혼화재 치환에 따른 압축강도 비교

그림 5는 재령 28일에서 압축강도와 겉보기 밀도와와의 관계를 나타낸 것이다.

압축강도와 겉보기밀도는 거의 선형적인 관계로 압축강도는 겉보기밀도 값이 클수록 증가하는 것을 알 수 있는데, Plain 및 FA의 경우 침하가 크게 일어나 내부공극이 작아짐에 따라 겉보기밀도가 커지기 때문에 압축강도 또한 증가하는 것을 알 수 있었다. 그러므로 CKD 치환에 따른 압축강도 저하는 침하가 작게 일어나 상대적으로 겉보기 밀도가 작기 때문인 것으로 사료된다.

그림 6은 단위질량별 혼화재 치환에 따른 인장강도를 나타낸 것이다. 인장강도는 압축강도와 유사한 경향으로 나타났다. 이때, 보통 콘크리트의 경우 인장강도는 압축강도의 0.1 정도인 것에 반해 본 실험에서는 0.50~0.60으로 나타나 보통 콘크리트보다 상대적으로 큰 값을 알 수 있었다.

3. 결론

본 연구에서는 경량기포콘크리트의 특성에 미치는 혼화재의 영향으로, CKD 사용에 따른 기초적인 특성을 FA와 비교 검토하였는데, 그 결과를 종합하면 다음과 같다.

(1) 유동성은 혼화재를 치환할수록 플로우 값이 작아지는 것으로 나타났는데, CKD 치환율의 경우 점성 증가로 인하여 더욱 작아지는 것으로 나타나 소정의 유동성을 확보하기 위해서는 고성능감수제의 사용량 증가가 필요한 것으로 분석된다.

(2) 침하깊이는 단위질량이 증가할수록 작아지는 것으로 나타났으며, 혼화재 종류별로는 FA 20의 경우 Plain보다 다소 크게 나타난 반면, CKD 20의 경우 Plain보다 단위질량 0.4t/m³ 및 0.6t/m³에서 4mm 정도 감소하여 CKD를 치환할 경우 경량기포콘크리트의 가장 큰 품질문제인 침하문제를 개선하는데 효과적인 것으로 분석된다.

(3) 경화 콘크리트의 특성으로 압축강도는 혼화재 종류에 따라서 OPC, FA 20, CKD 10, CKD 20 순서로 크게 나타났으나, 그 차이는 크지 않았고, 모두 KS 기준범위를 상회하는 것으로 나타났으며, 인장강도는 압축강도와 유사한 경향이었다. 압축강도에 대한 인장강도비는 전반적으로 보통 콘크리트보다 높은 것으로 나타났다.

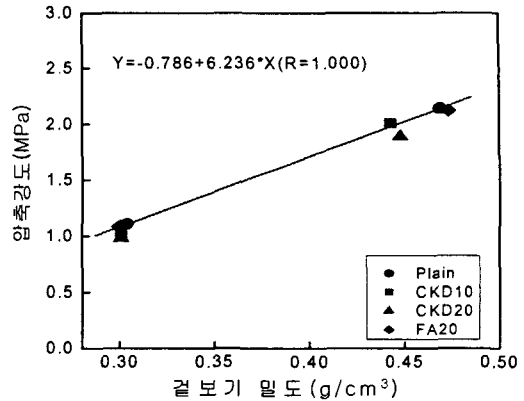


그림 5. 압축강도와 겉보기밀도와의 관계

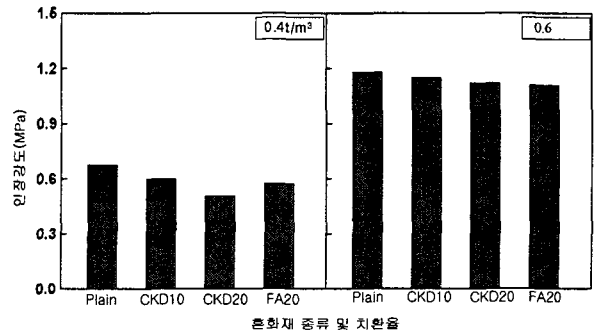


그림 6. 혼화재 치환에 따른 인장강도 비교

참고문헌

1. 田中秀男: 最近のコンクリート用混和劑(發泡劑, 起泡劑), 콘크리트 工學 Vol.26, No 3, pp. 71~75, 1988
2. 박은구, 기포 콘크리트용 기포의 특성에 관한 기초적 연구, 한국콘크리트학회 논문집, VOL. 16, NO. 1, pp.680~683, 2004. 5