

CKD 치환율 및 증점안정화제 혼입율 변화에 따른 경량기포 콘크리트의 품질특성

Quality Properties of Lightweight Foamed Concrete with Variances in Incorporating Ratio of CKD and Adding Ratio of Stability Agent

신현섭* 유승엽* 정광복** 배장춘*** 김성수**** 한천구*****
Shin, Hyun-Sub Yoo, Seung-Yeup Jeong, wang-Bok Pei, Chang-Chun Kim, Seong-Soo Han, Cheon-Goo

Abstract

This study investigates the properties of light weight foamed concrete designed with various incorporating ratios of CKD and adding ratios of PS. Test showed that increase of CKD and PS decreased fluidity of fresh concrete, which need more addition of superplasticizer to secure proper fluidity. As for the sinking depth of specimens, using more CKD or PS decreased the value, due to the improvement of viscosity by micro particles of CKD and reduction of air loss by PS. Those methods are very effective to solve the sinking problem of light weight foamed concrete, which has been highly concerned. For the hardened concrete, compressive strength of specimens exhibited that using around 10% of CKD or 0.02% of PS increased the strength value, but decreased when incorporated or added more amounts of that, due to reduction of the sinking depth, caused by filling effect of the micro particle and improvement of the viscosity.

키워드 : 시멘트 킬른더스트, 증점안정화제, 경량기포 콘크리트
Keywords : Cement Kiln Dust, Stability Agent, Lightweight Foamed Concrete

1. 서론

경량기포 콘크리트는 무수히 많은 기포공극을 슬러리 내부에 함유하여 경화된 콘크리트로서, 경량이며 단열성이 우수하여 온돌단열재, 연약지반의 채움재 및 충전재 등의 용도로 널리 사용되고 있다.

그러나, 최근에 경량기포 콘크리트의 사용량이 증가하고 있음에도 불구하고 재료, 시공방법, 제조 및 타설장비 등 기반 기술이 발달되지 않음에 따라 기포의 소포로 인한 체적감소가 발생함으로써 단열성능 및 경제성이 저하하여 경량기포 콘크리트 시공 시 하자의 주된 요인으로 부각되고 있는 실정이다.

한편, 국내외적으로 자원의 고갈과 환경오염에 대한 관심이 집중되면서 산업부산물이나 폐기물을 건축재료로 재활용하는 방안이 다각도로 검토되고 있는데, 그 중 시멘트 킬른더스트(이하 CKD)는 시멘트 제조공정에서 석회석을 분쇄한 후 클링커 소성중에 발생하는 비산분진을 백필터로 집진한 미세한 입자로 시멘트의 주원료와 동일한 탄산칼슘(CaCO_3)으로 이루어져 시멘트 수화물에 피해가 없고, 블리딩 저감, 응결 촉진, 수

화열 저감 및 저온에서의 초기강도 발현 등 콘크리트 제반 공학적 특성의 향상효과를 가지는 것으로 알려져 있다.

또한, 경량기포 콘크리트는 주로 내부 기포공극의 용적이 그 특성에 주된 영향을 미치므로, 점성증가 효과가 있는 것으로 알려진 증점안정화제(이하 PS) 사용시 콘크리트 매트릭스내의 네트워크를 연결함으로써, 경량기포 콘크리트의 품질향상에 기여할 것으로 판단된다.

따라서, 본 연구는 자원의 재활용, 원가절감과 더불어 경량기포 콘크리트의 소포로 인한 침하 및 재료분리 등의 문제점을 개선하기 위하여 CKD 치환율 및 PS 혼입율 변화에 따른 경량기포 콘크리트의 특성을 분석함으로써 경량기포 콘크리트의 품질향상에 기여하고자 한다.

2. 실험 계획 및 방법

2.1 실험 계획

본 연구의 실험계획 및 콘크리트의 배합은 표 1 및 표 2와 같다.

먼저, 배합사항으로 W/B는 60%의 1수준에 대하여, OPC만을 사용한 경우를 Plain 배합으로 정하고, 목표 단위질량을 $0.6 \pm 0.03 \text{t/m}^3$, 목표 플로우는 현장조건을 고려하여 작업성이 뛰어난 $240 \pm 10 \text{mm}$ 를 만족하도록 배합설계한 후, CKD 치환율을 5,

* 정회원, 청주대 대학원 석사과정
** 정회원, (주)건설과 환경 상무이사, 청주대 대학원 석사과정
*** 정회원, 청주대 대학원 박사과정
**** 정회원, 아세아시멘트(주) 연구개발팀 팀장
***** 정회원, 청주대 건축공학부 교수, 공학박사

10, 15, 20, 25 및 30%의 6수준, PS 혼입율을 0.01, 0.02, 0.03, 0.04 및 0.05%의 5수준으로 변화시켜 총 31배치를 실험계획 하였다.

실험사항으로 굳지않은 콘크리트에서는 플로우, 단위용적질량 및 침하깊이를, 경화 콘크리트에서는 압축강도 및 겉보기밀도를 측정하는 것으로 하였다.

표 1. 실험계획

실험요인		실험수준	
배합사항	W/B(%)	1	· 60
	목표 플로우(mm)	1	· 240±10
	목표단위질량(t/m ³)	1	· 0.6±0.03
	CKD 치환율(%)	· Plain(OPC)	
		6	· 5 · 10 · 15 · 20 · 25 · 30
PS 혼입율(%)	5	· 0.01 · 0.02 · 0.03 · 0.04 · 0.05	
실험사항	굳지않은 콘크리트	3	· 플로우 · 단위용적질량 · 침하깊이
	경화 콘크리트	2	· 압축강도(7, 28일) · 겉보기밀도(28일)

표 2. 콘크리트의 배합

W/B (%)	단위 질량 (t/m ³)	CKD 치환율 (%)	PS 혼입율 (%)	용적배합 (l/m ³)			질량배합 (kg/m ³)					
				C	W	CKD	C	W	CKD	PS		
60	0.6	Plain	Plain	111.7	211.6	0	352.0	211.2	0	0		
				5	0.01	106.2	211.6	6.6	334.4	211.3	17.6	1.07
					0.02							2.14
					0.03							3.20
					0.04							4.27
					0.05							5.34
				10	0.01	100.6	211.6	13.2	316.8	211.3	35.2	1.07
					0.02							2.14
					0.03							3.20
					0.04							4.27
					0.05							5.34
				15	0.01	95.0	211.7	19.8	299.3	211.3	52.8	1.07
					0.02							2.14
					0.03							3.20
					0.04							4.27
					0.05							5.34
				20	0.01	89.4	211.7	26.4	281.7	211.3	70.4	1.07
					0.02							2.14
					0.03							3.20
					0.04							4.27
					0.05							5.34
				25	0.01	83.8	211.7	33.0	264.1	211.3	88	1.07
					0.02							2.14
					0.03							3.20
					0.04							4.27
					0.05							5.34
				30	0.01	78.3	211.7	39.6	246.5	211.3	105.7	1.07
					0.02							2.14
					0.03							3.20
					0.04							4.27
0.05	5.34											

표 3. 시멘트의 물리적 성질

밀도 (g/cm ³)	분말도 (cm ² /g)	안정도 (%)	응결시간(분)		압축강도(MPa)		
			초결	중결	3일	7일	28일
3.15	3,302	0.08	208	351	20.4	29.4	38.7

표 4. CKD의 물리적 성질 및 화학성분

밀도 (g/cm ³)	분말도 (cm ² /g)	화학 성분(%)							
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	K ₂ O	Na ₂ O
2.67	8,200	9.65	3.70	1.54	43.6	1.40	0.77	0.35	0.06

표 5. 기포제 및 PS의 물리적 성질

구분	주성분	형태	색상	밀도 (g/cm ³)	점도 (mpa-s)
기포제	식물성 계면활성제	액상	미백색	1.04	-
PS	Polysaccharide	분말상	미색	-	2800

2.2 사용 재료

본 실험에 사용한 시멘트는 국내산 보통 포틀랜드 시멘트를 사용하였으며, 그 물리적 성질은 표 3과 같고, CKD는 국내산 A사의 제품을 사용하였는데, 그 물리적 성질 및 화학성분은 표 4와 같다.

혼화제로써 기포제는 식물성 계면활성제를 사용하였고, PS는 미국산을 사용하였는데, 각각의 물리적 성질은 표 5와 같다.

2.3 경량기포 콘크리트 제조 및 실험 방법

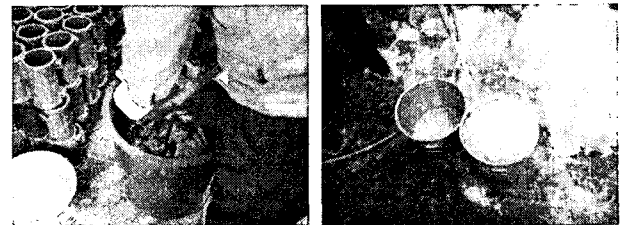


사진 1. 실험 방법

본 연구에 사용된 경량기포 콘크리트의 제조는 사진 1과 같다. 즉, 슬러리는 단위수량에 따른 물을 용기에 먼저 넣고 분체 재료를 넣으면서 핸드믹서를 이용하여 충분히 혼합하여 제조 후, 기포발생기에서 발생시킨 기포를 계량하여 용기에 투입, 혼합하여 기포콘크리트를 제조하였다. 이때 기포가 소멸되지 않도록 유의하면서 약 2분간 믹싱 하였다.

실험방법으로 플로우, 단위용적질량 및 침하깊이는 KS F 4039의 시험방법에 의거하여 실시하였으며, 압축강도 및 겉보

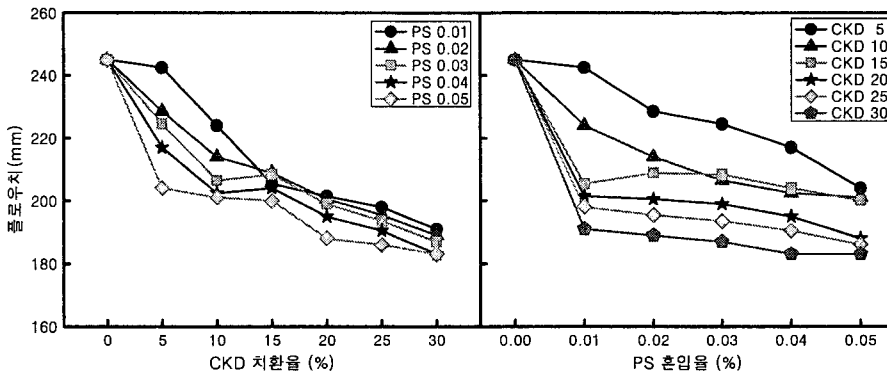


그림 1. CKD 치환율 및 PS 혼입률 변화에 따른 플로우치

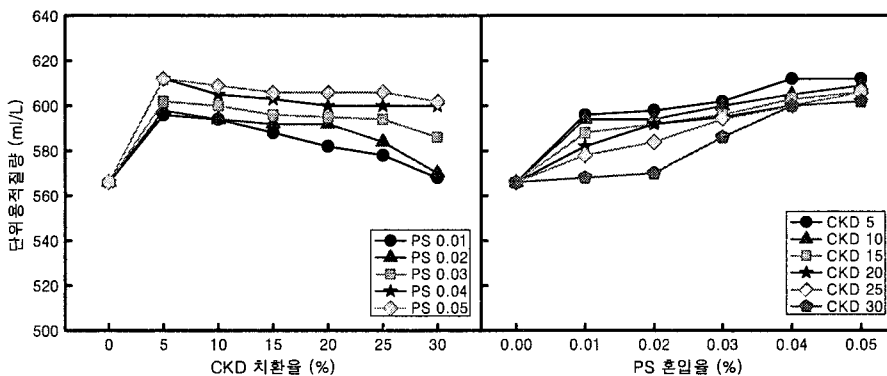


그림 2. CKD 치환율 및 PS 혼입률 변화에 따른 단위용적질량

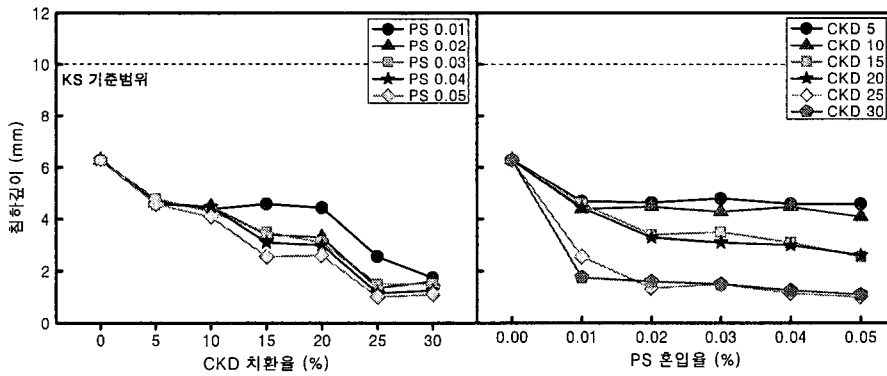


그림 3. CKD 치환율 및 PS 혼입률 변화에 따른 침하깊이

기밀도 측정은 KS F 2459, 인장강도는 KS F 2423의 시험방법에 따라 실시하였다.

3. 실험 결과 및 분석

3.1 굳지않은 콘크리트의 특성

3.1.1 플로우

그림 1은 CKD 치환율 및 PS 혼입률 변화에 따른 플로우치를 나타낸 것이다.

먼저, CKD 치환율이 증가할수록 플로우치는 감소하는 것으로 나타났는데, 이는 분체의 분말도 증가로 흡수표면적이 증가하여 유동성에 미치는 단위수량의 상대적 감소와 미립분 증가

에 따른 점성증진의 복합 작용에 기인한 결과로 사료된다. 또한, PS 치환율이 증가할수록 플로우치는 감소하는 것으로 나타났는데, 이는 PS가 용해되면서 점성이 증진한 결과로 분석되어, CKD 및 PS 사용 시 동일 유동성을 확보하기 위해서는 고성능 감수제의 사용이 필요할 것으로 판단된다.

3.1.2 단위용적질량

그림 3은 CKD 치환율 및 PS 혼입률 변화에 따른 단위용적질량을 나타낸 것이다.

전반적인 경향으로 단위용적질량은 CKD 치환율이 증가할수록 5% 치환에서는 증가하다 그 이후는 감소하였고, PS 혼입률이 증가할수록 증가하는 것으로 나타났다.

3.1.3 침하깊이

그림 4는 CKD 치환율 및 PS 혼입률 변화에 따른 침하깊이를 나타낸 것이다.

먼저, CKD 치환율이 증가할수록 침하깊이는 크게 감소하는 것으로 나타났는데, 이는 미립분 증가에 따른 점성의 증진으로 기포의 소실이 적고, 응결시간이 촉진되었기 때문으로 사료된다. 또한, PS 치환율이 증가할수록 침하깊이는 감소하는 것으로 나타났는데, 이는 PS가 슬러리내에 혼입되면서 경량기포 콘크리트 내부의 기포표면에 막을 형성하므로써 소포작용을 완화시키기 때문으로 분석되며, 모든 경우에 KS기준인 '0.5푼-10mm 이하'보다 2배가 넘는 침하깊이 감소를 보이는 것으로 나타나 경량기포 콘크리트의 가장 큰 품질문제인 침하현상을 개선하는데 큰 효과가

있을 것으로 사료된다.

3.2 경화 콘크리트의 특성

3.2.1 압축강도

그림 4는 CKD 치환율 및 PS 혼입률 변화에 따른 압축강도를 나타낸 것이다.

전반적으로 압축강도는 CKD 치환율 증가에 따른 미립분의 공극충진효과 및 PS 혼입률 증가와 함께 점성증진에 따른 침하깊이의 감소 등 복합작용에 기인하여 CKD 10%전후, PS 0.02% 전후까지는 증가하다 그 이후에는 감소하는 것으로 나타났다. 일부 실험결과에서 KS 규격의 7일 및 28일 압축강도치에 약간 미달하는 것도 존재하지만 전반적으로는 만족하는 결과이었다.

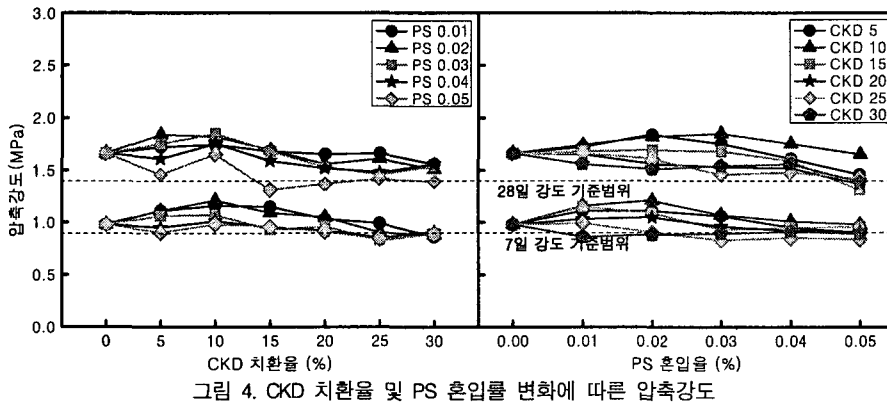


그림 4. CKD 치환율 및 PS 혼입율을 변화에 따른 압축강도

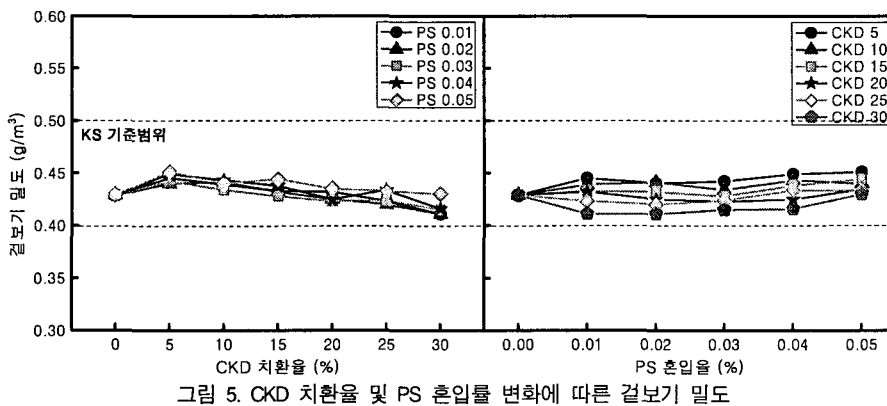


그림 5. CKD 치환율 및 PS 혼입율을 변화에 따른 겉보기 밀도

3.2.2 겉보기 밀도

그림 5는 CKD 치환율 및 PS 혼입율 변화에 따른 겉보기 밀도를 나타낸 것으로 CKD 치환율이 증가할수록 5%까지는 증가하다가 그 이후에서는 감소하는 것으로 나타났고, PS 혼입율 변화에 따라서는 큰 차이가 없는 것으로 나타났는데, 모든 경우에서 KS 기준 '0.5품-0.4이상, 0.5미만' 을 만족하였다.

4. 결론

본 연구는 CKD 치환율 및 PS 혼입율 변화에 따른 경량기포 콘크리트의 특성을 분석한 것으로, 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 굳지않은 콘크리트의 특성으로 플로우치는 CKD 치환율 및 PS 혼입율 증가할수록 감소하는 것으로 나타나, 동일 유동성을 확보하기 위해서는 고성능 감수제의 사용이 필요할 것으로 판단된다.
- 2) 단위용적질량은 CKD 치환율이 증가할수록 5%까지는 증가하나 그 이후는 감소하였고, PS 혼입률이 증가할수록 증가하는 것으로 나타났다.
- 3) 침하깊이는 CKD 치환율 및 PS 혼입률이 증가할수록 미립분 및 점성성분에 따른 점성의 증진으로 감소하는 것으로 나타났는데, 모든 경우에 KS기준인 '0.5품-10mm 이하'보

다 2배가 넘는 침하깊이 감소를 보이는 것으로 나타나 경량기포 콘크리트의 가장 큰 품질문제인 침하문제를 개선하는데 효과가 있을 것으로 사료된다.

- 4) 압축강도는 CKD 치환율 증가에 따른 미립분의 공극충전효과 및 PS 혼입율 증가와 함께 점성증진에 따른 침하깊이의 감소에 기인하여 CKD 10%전후, PS 0.02%전후까지는 증가하다가 감소하는 것으로 나타났다.
- 5) 겉보기 밀도는 CKD 치환율이 증가할수록 5%까지는 증가하다가 그 이후에서는 감소하는 것으로 나타났고, PS 혼입율 변화에 따라서는 큰 차이가 없는 것으로 나타났는데, 모든 경우에서 KS 기준 '0.5품-0.4이상, 0.5미만' 을 만족하였다.

참고 문헌

1. KS F 4039 ; 현장 타설용 기포콘크리트, 1999.
2. 건설교통부 ; 경량기포 콘크리트 재료개발연구, 1996.
3. 신재경, 유승엽, 정광복, 홍상희, 김성수, 한천구 ; 혼화제 치환에 따른 경량기포 콘크리트의 기초적 특성, 한국콘크리트학회 논문집, Vol 18, No 2, 2006.5, pp.521~524
4. 박은구 ; 기포 콘크리트용 기포의 특성에 관한 기초적 연구, 한국콘크리트학회 논문집, Vol 16, No 1, pp.680~683, 2004. 5
5. 김기정, 황인성, 차천수, 김성수, 한천구 ; 킬른더스트를 사용한 콘크리트의 공학적 특성에 관한 연구, 한국콘크리트학회 2003년도 봄 학술발표회 논문집, Vol 15, No 1, pp.267~270