

혼합시멘트를 사용한 저발열콘크리트의 매스콘크리트 적용을 위한 기초특성 연구

Study on the Properties of the Low Heat Concrete Applied to the Mass Concrete by the Blended Cements

이진우^{**} 이영환^{*} 김경민^{**} 배연기^{***} 이재삼^{****}
Lee, Jin-Woo Lee, Young-Hwan Kim, Kyung-Min Bae, Yeoun-Ki Lee, Jae-Sam

ABSTRACT

Considering properties of the low-heat concrete mixed with the blended cements, the influences compared blended cements with ordinary portland cement made experiments on.

(1) Blended cements were superior to OPC in the fresh concrete flow that the use of blended cements reduced chemical admixture.

(2) The more the use of additive increase, the more bleeding happens. So it is considered to heights, order, and rate of placement, curing methods and so on.

(3) The use of blended cements increase long term strength after 28 days, but decrease early strength and durability. So it is considered to the curing methods and early frost damage, and endurance limit.

1. 서론

최근 대형구조물의 건설에 따른 콘크리트 부재의 고강도화 및 대형화하고 있음과 동시에 건설현장에서 고품질의 콘크리트 시공을 위한 관심과 노력이 커져가고 있다. 이에 따라 콘크리트의 성능을 향상시킬 목적으로 플라이애시 및 고로슬래그미분말 등 시멘트 대체재료의 사용이 일반화 되어있다. 특히 대형 토목구조물 및 매트기초 등 매시브한 구조물의 콘크리트시공 시 콘크리트의 수화열 저감방안과 온도균열제어에 대한 관심이 높아져가고 있어 콘크리트의 수화열을 저감하기 위한 용이한 방안으로 사용되는 시멘트의 양을 줄이고 혼합시멘트를 사용한 저발열콘크리트의 현장적용이 늘어가고 있다.

이에 본 연구에서는 저발열콘크리트에 혼합시멘트의 사용에 따른 특성을 검토하여 매스콘크리트 구조물에 적용하기 위한 기초자료로써 활용하고자 하였다.

2. 실험방법

2.1 실험계획

- * 정회원, 두산산업개발(주) RC연구개발팀 연구원
- ** 정회원, 두산산업개발(주) RC연구개발팀 주임연구원
- *** 정회원, 두산산업개발(주) RC연구개발팀 선임연구원
- **** 정회원, 두산산업개발(주) RC연구개발팀 팀장

현장 매스콘크리트의 적용을 위해 혼합시멘트를 사용한 저발열콘크리트의 특성에 대한 고찰을 위하여 1종 보통포틀랜드시멘트(OPC)에 비하여 혼합시멘트의 사용이 콘크리트에 미치는 영향에 대한 비교실험을 실시하였다. 본 실험을 위하여 일반적으로 매트기초에 일반적으로 많이 사용하는 규격인 호칭강도 27MPa, 슬럼프 15cm수준으로 설정 하였다. 저발열콘크리트의 배합을 위해

표 1 실험계획 및 인자

요인	슬럼프 (cm)	W/B (%)	결합재 종류	혼화제
인자	15±2.5	43.0	저발열 혼합시멘트(I), OPC(II), FA20%혼합(III), 3성분(FA20%,BS30%)혼합(IV)	고성능 AE 감수제
수준	1	1	4	1

단위수량을 최대한 감소시켜 160kg/m³으로 설계하였으며 이에 따라 화학 혼화제로써 고성능 AE감수제를 사용하였다. 기초적인 콘크리트의 물성시험으로써 굳지 않은 상태의 초기 슬럼프 및 공기량, 콘크리트의 블리딩 량과 혼합시멘트의 사용에 따른 수화열 저감효과 및 이에 따른 콘크리트의 강도발현 특성에 대한 고찰을 실시하였다.

2.2 실험재료 및 배합

본 실험에 사용된 시멘트는 국내 H사의 1종 보통포틀랜드시멘트 및 D사의 저발열 혼합시멘트를 사용하였으며 혼화제로써 태안산 플라이애시(FA)와 광양 제철소에서 발생하는 고로슬래그미분말(BS), 잔골재로써 인천산 세척사를 사용하였고 굵은 골재는 최대크기 25mm의 부순 자갈을 사용하였다. 고성능 감수제로는 국내 H사의 폴리카본산계 고성능 AE감수제(HAD)를 사용하였다.

표 2 시멘트 종류 및 특성

구 분	분말도 (cm ² /g)	강열감량 (%)	압축강도(MPa)		
			3일	7일	28일
OPC	3,362	1.4	22.2	28.5	37.7
혼합시멘트	4,020	1.1	9.3	18.4	37.9

표 3 혼화재 종류 및 특성

구 분	밀 도 (g/cm ³)	분말도 (%)	강열감량 (%)	활성도지수	
				28일	91일
플라이애시	2.20	3,830	3.3	94	122
고로슬래그미분말	2.90	5,035	0.48	118	124

3. 실험결과 및 분석

표 4 배합 및 실험결과

배합 구분	W/B (%)	S/a (%)	HAD (%)	슬럼프 (cm)	공기량 (%)	블리딩		응 결(hr)		압축강도(MPa)		
						종료시점 (hr)	양 (ml/cm ²)	초결	중결	3일	7일	28일
I	43.0	43.0	0.70	17.0	5.6	15.5	0.261	12.5	17.6	7.2	18.3	29.6
II			0.85	16.0	5.5	9.5	0.084	9.3	11.6	13.3	28.2	32.2
III			0.80	17.0	6.0	10.0	0.161	10.1	13.0	22.8	38.4	41.1
IV			0.60	17.0	6.0	11.5	0.188	11.0	15.0	12.5	27.2	37.2

3.1 굳지 않은 콘크리트 특성

(1) 슬럼프 및 공기량

각 배합이 유사한 유동특성을 갖도록 하기위한 감수제의 사용량을 검토한 결과 결합재의 분말도 수준에 따라 OPC, 플라이애시 20%치환, 저발열 혼합시멘트, 3성분 혼합 순으로 감소하는 것으로 나타났으며 모든 배합은 기준치를 만족하였다.

(2) 블리딩 량

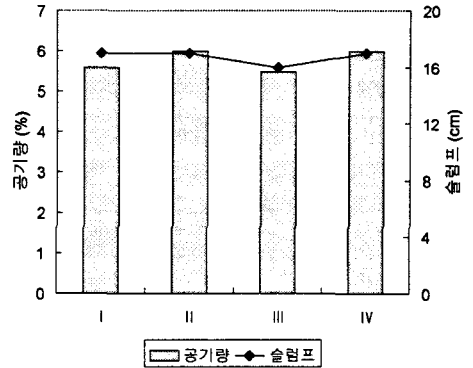
블리딩 발생 속도는 OPC를 제외하고 혼합시멘트를 사용한 3배합 모두 유사하게 나타났으며 블리딩 량은 저발열 혼합시멘트, 3성분 혼합시멘트, 플라이애시 혼합시멘트, OPC 순으로 나타났다. OPC의 경우 초기 슬럼프 값이 다소 작은 영향도 있으나 혼합시멘트에 비하여 블리딩에 가장 유리한 것으로 나타났다. 또한 혼합시멘트의 경우 블리딩 량이 기타 혼합시멘트에 비해 1.5~2배 이상 발생하였다.

(3) 콘크리트 '응결'

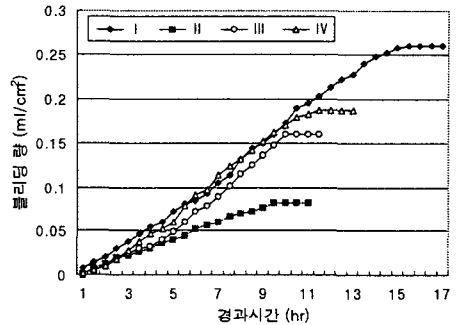
저발열 혼합시멘트의 사용은 콘크리트의 수화열을 감소시켜 온도균열의 제어에 효과적이거나 수화열의 감소는 수화반응 속도의 저하로 인한 강도발현이 저하되는 영향을 미치게 되므로 이에 대한 영향을 평가한 결과 혼합시멘트의 경우 OPC에 비하여 초결은 약 3시간, 종결은 7시간 이상의 차이를 나타내었다. 또한 기타 혼합시멘트에 비해서도 초결은 1~2시간, 종결은 4~6시간의 지연현상이 발생하였다.

(4) 콘크리트 수화열

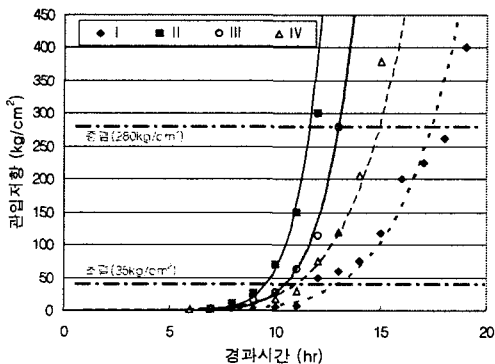
혼합시멘트의 종류에 따른 콘크리트의 수화열을 측정하기 위하여 50×50×50cm의 크기로 거푸집을 제작하고 외기의 영향이 없도록 단열을 실시하여 수화열을 측정함 결과 저발열 혼합시멘트의 경우 약 50시간에 최고온도 19.4℃, 플라이애시 및 3성분 혼합시멘트의 경우 유사한 시간에 최고 29.9℃온도를 나타내, OPC에 비하여 최고온도 도달시점은 약 15시간, 온도는 각각 24.2℃, 13.7℃ 저감하는 것으로 나타났다. 다만 플라이애시와 3성분 혼합시멘트의 경우 유사한 값으로 나타나 고로슬래그미분말의 사용은 콘크리트 수화열의 저감에 큰 영향을 미치지 못하는 것으로 판단되었다.



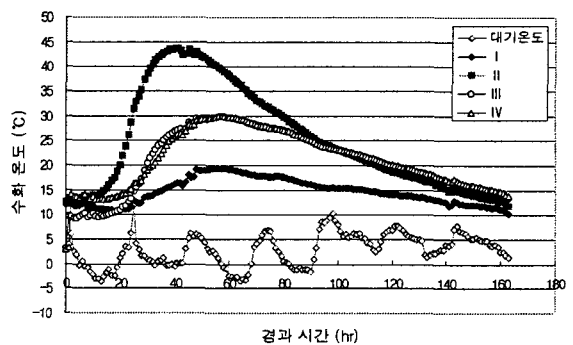
[그림 1] 슬럼프 및 공기량



[그림 2] 콘크리트의 블리딩 량



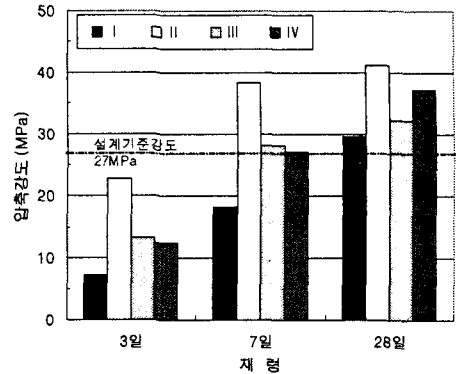
[그림 3] 슬럼프 및 공기량



[그림 4] 콘크리트의 블리딩 량

3.2 압축강도

콘크리트의 대표적인 특성으로 압축강도를 측정한 결과 혼합시멘트의 경우 초기재령인 3일 압축강도는 다른 혼합시멘트에 비해 약 50% 수준의 발현을 나타내었으나 28일 압축강도는 설계기준강도를 만족하는 것으로 나타났다. 다만 28일 압축강도 발현율은 설계기준강도 대비 약 110% 수준으로써 실제 현장적용 시 현장조건, 기후, 기온 등의 영향으로 인한 강도저하의 영향을 고려하여야 할 것이다.



[그림 5] 슬럼프 및 공기량

4. 결론

- (1) 굳지 않은 콘크리트의 유동특성은 슬럼프 값이 동일한 수준에서 감수제의 사용량은 플라이애시 및 고로슬래그미분말 등 혼합시멘트가 OPC보다 적어 유리한 것으로 나타났다. 특히 분말도가 큰 고로슬래그미분말을 사용할 경우 유동성이 크게 증가하는 것을 알 수 있었다.
- (2) 유사한 초기의 유동특성을 나타낸 콘크리트의 블리딩에 대한 검토를 실시한 결과 블리딩 발생속도는 각각의 혼합시멘트 배합은 유사하게 나타났다. 블리딩량은 저발열 혼합시멘트 ($0.26\text{ml}/\text{cm}^2$), 3성분 혼합시멘트 ($0.19\text{ml}/\text{cm}^2$), 플라이애시 혼합시멘트 ($0.16\text{ml}/\text{cm}^2$) 순으로 나타났으며 OPC ($0.08\text{ml}/\text{cm}^2$)에 비하여 약 2~3배 이상의 블리딩이 발생하였다. 따라서 시멘트 대체재의 혼입량이 증가할수록 블리딩의 발생이 커지며 현장적용에 따른 블리딩을 고려하여 1회 타설 높이, 순서 및 방법과 양생에 대한 사전 검토가 충분히 이루어져야 할 것으로 사료된다.
- (3) 또한 콘크리트의 응결시간에 있어서도 혼합시멘트의 대체재 혼입비율에 따라 초결은 1~3시간, 종결은 1.5~6시간 늦어져 콘크리트의 강도발현이 지연되는 것으로 나타나 콘크리트의 초기 양생에 대한 검토가 필요하며 특히 동절기 공사 시 초기동해에 대한 검토가 필요하다.
- (4) 콘크리트의 수화열은 혼합시멘트의 사용이 OPC에 비하여 47~70% 수준으로 나타나 매우 우수한 것으로 나타나 매스콘크리트의 타설 시 온도균열 제어가 용이할 것으로 판단되었다.
- (5) 콘크리트의 압축강도는 재령 28일에서 설계기준강도를 모두 만족하는 것으로 나타났으며 또한 혼합시멘트의 경우 28일 이후 장기강도 증진의 효과를 기대할 수 있으나 초기의 압축강도가 다소 낮아 이에 대한 고려를 하여야 하며 대체재 치환율의 증가에 따른 콘크리트의 내구성상에 대한 검토가 동시에 이루어져야 할 것이다.

참고문헌

1. 다성분계 초유동 콘크리트의 수화열에 관한 실험적 연구, 한국콘크리트학회 봄 학술발표 논문집, 2004. 5, 제 16권 1호 pp.152~155.
2. 건설교통부, "콘크리트 표준시방서", 1996
3. Gray, R. Mass, Woodrow L. Burgess, "Mass Concrete", ACI 207.1R-96, 1999.