

시멘트의 특성과 사용조건이 콘크리트의 물성에 미치는 영향

Influence of Portland Cement Character and Working Condition on the Physical Properties of Concrete

손명수^{*} 김원기^{**} 강석화^{***} 박동철^{****}
Shon, Myung Soo Kim, Won Ki Kang, Suck Hwa Park, Dong Cheol

ABSTRACT

In this study, the influence of specific surface area of cement, substitution ratio of gypsum anhydrite on the physical properties of concrete were investigated by measurements of slump, air content and compressive strength. The results showed that reducing the specific surface area of cement under 3200 cm²/g and using 20 % of gypsum anhydrite were desirable to prevent the decrease in workability and strength of concrete in summer season.

1. 서론

포틀랜드 시멘트의 화학성분, 분말도, 입도분포 등과 운반시간 및 환경조건에 따라 콘크리트의 물성이 달라진다. 일반적으로 시멘트의 28일 강도가 높을수록 콘크리트의 강도도 높지만, 여름철에 제조하는 레디믹스트 콘크리트에 있어서는 시멘트의 강도가 높더라도 7일-28일 강도 발현율이 낮거나, 28일 강도가 낮은 경우가 나타나고 있다. 또한, 운반시간에 따라 슬럼프 및 공기량의 로스가 발생하여 작업성 및 강도의 저하도 발생하고 있다. 이것은 온도가 높아서 초기재령에서 시멘트의 반응이 지나치게 촉진되는 동시에, 콘크리트의 일정한 반죽질기를 얻는데 필요한 단위수량이 증가하기 때문이다. 따라서, 본 연구에서는 총 석고량에 대한 천연무수석고 치환율 및 시멘트의 분말도에 따른 콘크리트의 유동성 및 강도특성을 분석하여, 하절기 콘크리트에 적합한 시멘트 특성을 파악하고자 하였다.

2. 사용재료 및 실험방법

2.1 시멘트 제조조건

실험에 사용한 시멘트는 표 1과 같이 전체 석고량에 대한 천연무수석고 첨가비 및 시멘트의 분말도에 따라 4가지로 제조하여 사용하였다.

* 정회원, 동양중앙연구소 연구원
** 정회원, 동양중앙연구소 선임연구원
*** 정회원, 동양중앙연구소 책임연구원
**** 정회원, 동양중앙연구소 주임연구원

표 1 시멘트의 물리·화학적 특성

시멘트 종 류	비 중	Blaine(cm ³ /g)	천연무수석고 치환율(%)
A	3.16	3,149	20
B	3.16	3,436	20
C	3.16	3,249	10
D	3.15	3,323	30

2.2 콘크리트 배합 및 실험조건

콘크리트의 배합은 A 시멘트를 기준으로 설정한 25-210-15 배합규격에 따라 상온(20±3℃) 및 고온(40±3℃)의 타설온도로 동일배합 및 동일작업성에 대하여 표 2와 같이 설정하고, 콘크리트의 슬럼프, 공기량 및 압축강도를 측정하였다.

로스 실험을 위해 설정한 콘크리트의 배합 규격은 25-210-18로 공기량 4.5%이상, 슬럼프 18cm이상으로 설정하고자 하였으나, 공기량의 경우에는 AE제를 다량 투입하였음에도 불구하고 고온조건에서 그 양을 증가시키는 것이 곤란하였다. 콘크리트의 슬럼프 및 공기량 변화는 혼합 후 20분 간격으로 60분까지 측정하고, 로스 실험 전·후의 압축강도를 측정하였다.

표 2 콘크리트의 배합표 및 각 배합의 작업성과 압축강도

종 류	물-시멘트 비 (%)	잔골재 율 (%)	단위량(kg/m ³)						슬럼프 (cm)	공기량 (%)	28일 압축강도 (kgf/cm ²)	
			물	시멘트	잔골재	굵은 골재	감수제 (C×%)	AE제 (C×%)			로스전	로스후
상온 A ₀	54.08	48.0	173	320	872	948	0.3	0.005	14.5	4.6	357	-
고온 A ₀	54.08	48.0	184	341	849	923	0.3	0.010	15.3	4.4	332	-
고온 B ₀	54.08	48.0	184	341	849	923	0.3	0.010	13.0	4.5	345	-
고온 C ₀	54.08	48.0	184	341	849	923	0.3	0.010	9.0	4.6	209	-
고온 D ₀	54.08	48.0	184	341	849	923	0.3	0.010	13.3	4.5	333	-
고온 B ₁	54.08	48.0	190	351	838	912	0.3	0.015	15.0	4.3	333	-
고온 C ₁	54.08	48.0	197	364	824	896	0.3	0.015	15.3	4.0	339	-
고온 D ₁	54.08	48.0	187	346	844	917	0.3	0.012	15.0	4.7	332	-
상온 A ₂	54.08	48.0	184	341	849	923	0.3	0.010	18.5	5.7	315	296
고온 A ₂	54.08	48.0	194	359	830	902	0.3	0.020	19.0	4.8	328	323
고온 B ₂	54.08	48.0	204	377	811	881	0.3	0.023	18.0	3.9	381	372
고온 C ₂	54.08	48.0	204	378	810	881	0.3	0.027	19.5	3.2	306	301
고온 D ₂	54.08	48.0	196	365	826	898	0.3	0.020	20.0	4.5	311	277

3. 실험결과 및 분석

3.1 동일배합 및 동일작업성 실험

물-시멘트 비 및 잔골재율이 일정한 조건에서 콘크리트의 온도를 평균적으로 20℃ 상승시켰을 때, 소요 작업성을 유지하기 위해 증가되는 단위시멘트량은 약 20 kg/m³으로 상온보다 7% 증가하였다.

동일배합에서 시멘트의 종류에 따른 슬럼프는 그림 1에서와 같이 A>C=D>B의 순서로 나타나, 콘크리트의 작업성은 천연무수석고의 치환율의 영향보다 분말도에 따른 영향을 많이 받는 것으로 나타났다.

동일작업성에서 압축강도는 그림 2에서와 같이 콘크리트의 온도가 20℃ 상승할 경우에 약 7% 감소하는 것으로 나타났다. 시멘트의 종류에 따른 압축강도의 변화는 나타나지 않아, 고온에서의 콘크리트의 압축강도는 천연무수석고의 치환율이나 분말도에 따른 영향을 크게 받지 않는 것으로 나타났다.

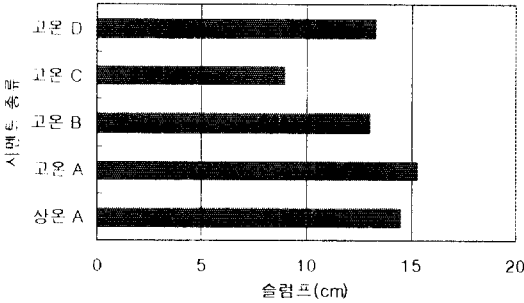


그림 1 동일배합에서의 작업성

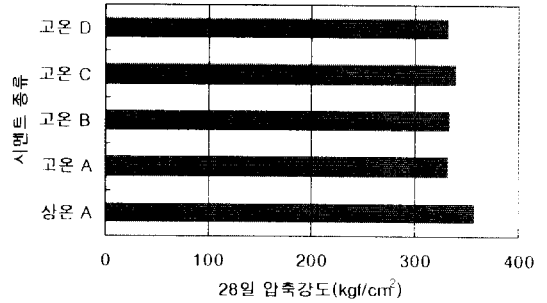


그림 2 동일작업성에서의 압축강도

3.2 슬럼프 및 공기량 로스 실험

그림 3에서와 같이 시멘트의 종류에 따른 슬럼프 로스는 분말도가 가장 높은 B 시멘트의 경우에 가장 크게 나타났으며, 분말도가 유사한 A, C 및 D 시멘트는 상온보다 약간 증가하는 것으로 나타났다. 공기량의 경우에는 초기 작업성을 위해 과량 투입한 AE제의 영향으로 로스 실험 후에는 공기량이 0~3% 정도 증가하였다. 특히, 천연무수석고 첨가비가 10%인 C 시멘트의 경우에는 배합 직후의 공기량이 3.2%에 불과하여 초기 작업성을 확보하는데 어려움이 있는 것으로 나타났다.

로스 실험 전·후의 콘크리트의 압축강도는 모든 조건에서 로스 실험 전의 강도가 실험 후의 강도보다 약간 높은 것으로 나타났다. 초기 재령에서는 혼합시간이 많은 로스 후의 콘크리트의 강도발현율이 높지만, 28일에서는 로스 전에 비하여 증가한 공기량의 영향에 의하여 로스 후의 강도가 상대적으로 낮은 것으로 판단된다.

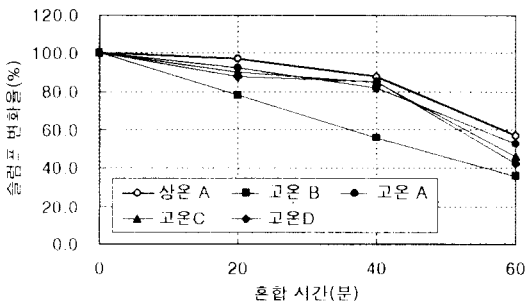


그림 3 로스 실험에서의 슬럼프 변화율

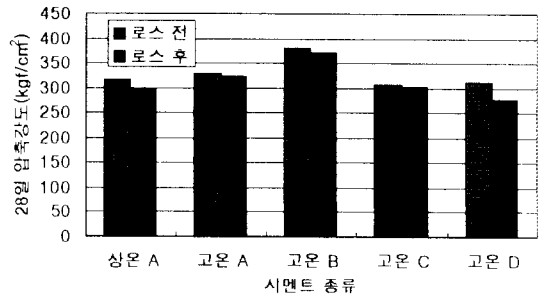


그림 4 로스 전, 후의 압축강도 변화

분말도에 따른 콘크리트의 28일 압축강도 결과를 분석하여 보면 동일 배합 실험의 경우와 마찬가지로 분말도가 가장 높은 B 시멘트의 강도가 가장 높았으나, 로스 실험에 필요한 작업성 확보를 위해 기준이 되는 A 시멘트보다 18 kg/m³ 증가한 단위시멘트량의 영향을 고려하여야 할 것으로 판단된다.

한편, 천연무수석고 첨가비에 따른 압축강도는 C, D 시멘트가 A 시멘트에 비하여 낮은 강도 값을 나타내고 있다. 분말도가 높고 단위시멘트량을 증가시켰음에도 불구하고 강도가 낮게 나타난 원인은 천연무수석고 첨가비의 영향과 AE제 과다첨가에 의해 로스 실험 후 증가한 공기량의 영향으로 판단된다.

4. 결론

하절기 레디믹스트 콘크리트의 품질 저하 방지 대책을 마련하기 위하여 수행한 콘크리트 실험을 통하여 얻은 결론은 다음과 같다.

- 1) 동일배합 조건에서 콘크리트의 작업성은 고분말도 조건보다 저분말도 조건이 양호한 것으로 나타났다.
- 2) 동일 작업성을 확보하기 위해서는 저분말도 조건보다 고분말도 조건이 많은 단위시멘트량을 필요한 것으로 나타났으며, 콘크리트의 압축강도 발현 성능은 고분말도 조건과 저분말도 조건이 동등한 것으로 나타났다.
- 3) 콘크리트의 슬럼프 로스는 저분말도 조건이 고분말도 조건보다 적은 것으로 나타났으며, 천연무수석고 첨가비가 낮을 경우에는 초기 공기량 확보에 어려움이 있는 것으로 나타났다.
- 4) 본 실험의 범위에서 분석한 결과, 하절기 레미콘 조건에서 강도, 작업성 및 슬럼프 로스에 가장 유리한 조건은 분말도는 3,200 cm²/g 이하, 무수석고 첨가비는 20% 이상으로 나타났다.

참고문헌

1. C. Jolicoeur, M. A. Simard, P. C. Aitcin and M. Baalbaki, "Cement- Superplasticizer Compatibility in High-performance Concrete: the Role of Sulfates, Proceedings from the Half-day Open Presentations of the 4th Semiannual Meeting of the Network of Centres of Excellence on High-Performance Concrete, Toronto, 9-27, (1992)
2. K.Theisen, "Relationship between gypsum dehydration and strength development in portland cement"(in Ger.), Zement-Kalk-Gips, No.10, pp.571~577 (1983)
3. H. Dodson and T. D. Hayden, "Another Look at the Portland Cement/Chemical Admixture Incompatibility Problem", Cement, Concrete, and Aggregates, CCAGDP, Vol.11, No.1, pp.52~56 (1989)