

콘크리트의 제 성질 향상을 위한 혼화재 활용에 대한 연구

A Study on the Utilization of Mineral Admixture to Improve the Properties of Concrete

문한영*
Moon, Han Young

문대중**
Moon, Dae Joong

신화철***
Shin, Hwa Cheol

Abstract

In order to have a better understanding of the favorable effect of ground granulated blast-furnace slag and fly ash, slump loss, temperature rising and compressive strength of concrete were investigated into different conditions.

When slag was mixed with ordinary portland cement as 30 %, slump loss got to some 18 % at 60 min, maximum temperature to some 43°C at 180 min, compressive strength similar to that of ordinary portland concrete at 28 days.

Therefore it was noted that slump loss and maximum temperature rising of concrete were very reduced according to ground granulated blast-furnace slag and fly ash mixed with ordinary portland cement.

1. 서론

최근 콘크리트산업이 진보, 발전함에 따라 콘크리트의 대량 시공이 불가피하며 매시브한 콘크리트 구조물이 축조됨에 따라, 수화열에 의한 온도상승으로 인해 발생하는 온도균열 등이 콘크리트의 품질을 저하시키는 요인이 되고 있다.

한편 대량급속 시공에 따른 굳지않은 콘크리트의 유동성 저하도 개선해야 할 과제로 지적되고 있다. 따라서 콘크리트의 유동성 손실 및 온도상승을 억제하기 위하여 산업부산물로 발생하는 고로슬래그 및 플라이애쉬를 활용하기 위한 연구가 진행되고 있으나, 초기강도 발현이 지연되는 문제점이 있다.

* 정희원, 한양대학교 공과대학 토목공학과 교수

** 정희원, 한양대학교 대학원 토목공학과 박사과정

*** 정희원, 한양대학교 대학원 토목공학과 석사과정

본 연구에서는 조기강도가 작은 문제점을 개선하면서 수화열 및 슬럼프 손실을 최소화하기 위한 방안으로 고로슬래그 미분말과 플라이애쉬의 혼합률을 달리하여 제조한 콘크리트의 믹싱 후 경과시간에 따른 슬럼프 손실 및 온도변화와 아울러 경화한 콘크리트의 강도특성을 검토하여 광물질혼화제의 적정사용량에 대하여 실험을 통하여 고찰하였다.

2. 실험개요

2.1 사용재료

(1) 시멘트 및 광물질혼화제

시멘트는 보통포틀랜드시멘트(이하 OPC로 약함)를 사용하였으며, 혼화제는 국내 제철소에서 부산물로 발생하는 고로슬래그 미분말(이하 GS라 약함)과 화력발전소에서 미분탄을 연소시켰을 때 발생하는 재를 포집하여 정제한 플라이애쉬(이하 FA라 약함)로서 그 화학성분 및 물리적 성질은 표 1과 같다.

표 1 시멘트 및 혼화제의 화학성분 및 물리적 성질

Items Type	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	CaO (%)	MgO (%)	SO ₃ (%)	Ig. loss (%)	Specific gravity	Blaine (cm ² /g)
OPC	21.95	6.59	2.81	60.12	3.32	2.11	2.58	3.15	3,112
GS	32.3	14.8	0.4	44.1	5.5	1.0	1.1	2.80	4,580
FA	68.0	25.0	2.85	2.00	0.90	-	3.47	2.15	3,274

(2) 화학혼화제

혼화제는 리그닌술포산 고축합물이주성분이며 비중 1.245 ± 0.005 인 AE감수제(이하 A로 약함)를 사용하였다.

(3) 골재

잔골재는 비중 2.61, 조립률 2.66인 해사를 세척하여 염분을 제거하여 사용하였으며, 굵은골재는 최대치수 20mm로서 비중 2.65, 조립률 6.85인 한강산 강자갈을 사용하였다.

2.2 실험 방법

(1) 슬럼프 손실시험

굳지않은 콘크리트의 슬럼프 손실을 알아보기 위하여 콘크리트를 제조한후 KS F 2402에 의해 경과시간에 따른 슬럼프값을 측정하였다.

(2) 온도시험

30×30×30cm인 스티로폴 단열용기를 제작하여 콘크리트를 채운 뒤 중심부에 온도센서(thermocouples)를 묻고 경과시간에 따른 콘크리트의 상승온도를 측정하였다.

(3) 강도시험

φ 10×20cm 원주형 공시체를 만들어 KSF 2405에 의하여 압축강도를 측정하였으며, 인장강도 및 탄성계수는 각각 KS F 2423 및 KS F 2438에 의하여 측정하였다.

2.3 콘크리트의 제조 및 배합

용량 50l의 강제식 믹서에 시멘트, 광물질혼화재 및 잔골재를 투입하여 30초 동안 건조상태에서 믹싱한 후, 혼합수와 AE감수제사용량의 1/2을 섞어투입하고 30초 믹싱한 후, 굵은골재와 나머지 AE감수제를 투입하여 1분 30초 동안 혼합하여 콘크리트를 제조하였다. 한편 재령 28일의 목표강도 300kg/cm²을 얻기 위하여 단위시멘트량을 380kg/cm³, 물-결합재비 40%로 정하였으며, 광물질혼화재 혼합률을 2단계 및 3단계로 각각 변화시켰다. 이 때 잔골재율은 42%, 공기량 4±0.5%, 슬럼프값은 18±1.5cm로 정하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 굳지않은 콘크리트의 유동성 손실 저감 대책

주지하는 바와 같이 콘크리트의 공급은 상당량이 레디믹스트콘크리트에 거의 의존하고 있는 실정이므로 교통의 원활한 소통이 이루어져야만 레디믹스트콘크리트의 원활한 공급이 되며 나아가 좋은 품질의 콘크리트를 확보할 수 있다. 그러나 현실적으로 어려운 교통여건 탓으로 레미콘이 적시에 공급되지 못하는 경우 콘크리트의 유동성 손실(Slump loss)이 불가피하며, 굳지않은 콘크리트의 유동성 손실을 최소화하기 위한 대책이 수립되고 있으나 크게 실효를 거두지 못하는 실정이다. 그래서 굳지않은 콘크리트의 유동성 손실을 줄이기 위한 방안으로 고로슬래그 미분말 및 플라이애쉬를 적정량 혼합하여 제조한 콘크리트의 경과시간에 따른 슬럼프값을 측정하여 슬럼프 손실 백분율로 나타낸 것이 그림 1이다.

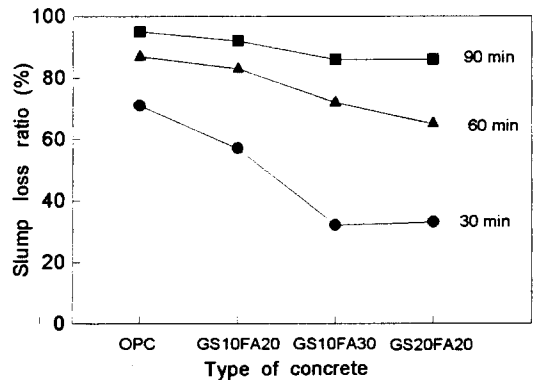


그림 1 굳지 않은 콘크리트의 경과시간에 따른 슬럼프 손실율

그림 1에서 4종류의 굳지않은 콘크리트의 슬럼프 손실율은 경과시간이 경과하는데 따라 크게 떨어지고 있음을 알 수 있으며, 이때 보통콘크리트의 슬럼프손실율은 혼화재를 혼합한 콘크리트와 비교해서 월등히 크게 나타났다. 이상으로 고로슬래그 미분말 및 플라이 애쉬를 각각 20%씩 혼합한 콘크리트가 보통콘크리트보다는 경과시간 30분에서 약 40%, 60분에서 약 25% 정도 슬럼프 손실을 줄이는데 큰 효과가 있음을 알 수 있었다.

3.2 혼화재 혼합 콘크리트의 온도 특성

시멘트의 수화열에 의한 콘크리트의 온도상승을 억제하기 위하여 고로슬래그 미분말과 플라이애쉬를 혼합하여 제조한 9종류콘크리트의 최대온도와 최대온도에 도달할 때까지의 시간을 나타낸 것이 그림 2이다

이 그림에서 광물질혼화재를 혼합하지 않은 보통콘크리트의 최대온도와 최대온도 도달시간이 각각 54℃와 40시간 정도인데 비하여 혼화재를 2종류 혼합한 콘크리트 GS10FA30과 GS20FA20 콘크리트

의 최대온도는 거의같은 36℃ 정도로서 18℃ 정도의 매우 작은 값을 알 수 있다. 한편 최대온도 도달시간은 각각280시간과 230시간 정도로서 보통콘크리트의 40시간보다는 크게 지연되었다. 광물질혼화재 2종류를 적정량 혼합하는데 따라 콘크리트의 최대온도가 저감되고, 최대온도 도달시간이 지연되는 이유는 광물질혼화재로 대체하여 혼합하는 비율만큼 포틀랜드시멘트의양이 줄어들기 때문에 수화초기의 수화열이 큰 C3A와 C3S의 양이 감소되며, 아울러 지연형 AE감수제의 초기수화반응 억제 등의 영향으로 생각된다.

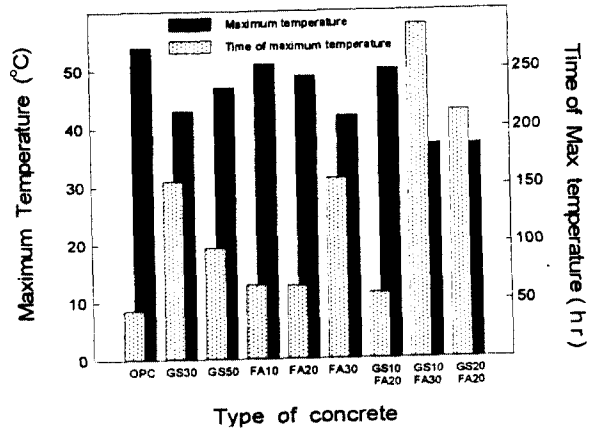


그림 2 혼화재 혼합 콘크리트의 최대온도 및 최대온도 도달시간

3.3 혼화재 혼합 콘크리트의 강도특성

광물질혼화재 혼합 콘크리트의 강도특성을알아보기 위하여 광물질혼화재의 종류와 혼합률 및 재령에 따른 압축강도, 인장강도 및 탄성계수를 측정하여 정리한 것이 표 2이다.

이 표에서 알 수있듯이 광물질혼화재를 혼합하는데따라 재령 28일의 콘크리트의 압축, 인장강도 및 탄성계수가 보통콘크리트보다는 약간 떨어짐을 알 수 있다. 이번에는 고로슬래그 미분말과 플라이애쉬를 3단계로 혼합한 콘크리트의 재령별 압축강도로 정리한 것이 그림 3이다. 이 그림에서 보통콘크리트의재령 28일 압축강도가 300kg/cm²를 넘는데 비해 고로슬래그 미분말 30% 혼합 콘크리트를 제외하고는 표 2에서 알 수있듯이 목표강도를 넘지 못 하는데 문제가 있다. 그러나 GS20FA20콘크리트의 경우, 재령 3일의 압축강도는 보통콘크리트에 비해 월등히 낮았으나, 재령 14일 이후에는 강도발현이 크게 향상되었으므로 강도상의 큰 문제는 없을 것으로 생각된다. 그리고 앞에서 언급한 바와 같이 광물질혼화재 혼합 굳지않은 콘크리트의 슬럼프 손실 저감효과와 콘크리트 상승온도의 억제등을 고려해 볼때 조기강도를 크게 요구하지 않는 구조물용 콘크리트로 적합할 것으로 생각된다.

표 2 콘크리트의 재령에 따른 압축강도, 인장강도 및 탄성계수

Concrete type	Compressive strength (kg/cm ²)				Tensile strength (kg/cm ²)	Elastic modulus (×10 ⁵ , kg/cm ²)
	3 days	7 days	14 days	28 days		
OPC	191	260	298	323	34.2	3.94
GS30	98	181	272	317	30.9	4.39
GS50	4	123	183	234	29.6	3.99
FA10	145	200	239	284	32.9	3.73
FA20	105	200	224	269	32.3	3.66
FA30	88	184	220	243	32.3	3.52
GS10FA20	159	217	299	312	30.3	3.91
GS10FA30	45	101	204	247	28.2	3.87
GS20FA20	89	211	273	295	30.3	3.88

4. 결론

- (1) 보통포틀랜드시멘트만을 사용한 굳지않은 콘크리트의 경과시간에 따른 슬럼프 손실을 줄이기 위한 방안으로 광물질혼화재 두종류를 적절히 혼합함으로써 보통콘크리트와 비교해서 경과시간 60분까지는 슬럼프 손실율을 크게 저감시키는 효과를 얻었다.
- (2) 매스콘크리트의 수화열에 의한온도상승을 억제하기 위한 방안으로 광물질혼화재 두종류를 혼합함으로써 콘크리트의 최고온도를 보통콘크리트와 비교해서 약 18℃ 정도 낮추는 효과를 얻었다. 아울러최고온도에 도달하는 시간도 크게 지연시킬 수 있었다.
- (3) 광물질혼화재를 혼합한 콘크리트의 강도를 보통콘크리트와 비교해 볼 때초기재령에서는 압축강도가 크게 떨어졌으나, 혼화재의 종류와혼합비율에 따라 재령 14일 이후에서는 강도가 크게 향상되므로써 조기강도를 필요로 하지 않는 구조물의 적용에는 유효할 것으로 생각되었다.

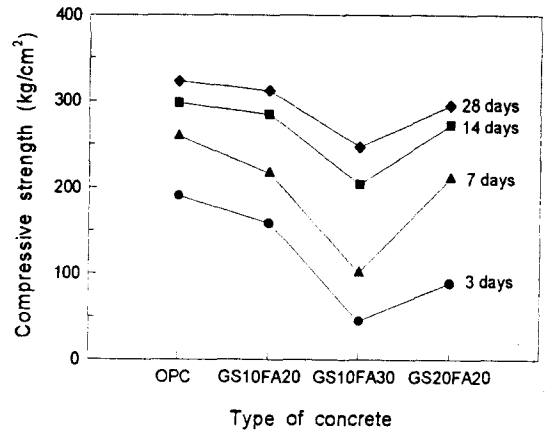


그림 3 혼화재 혼합 콘크리트의 재령별 압축강도

참고 문헌

1. 文翰英, 金基亨, "고성능감수제를 사용한 콘크리트의 유동성 손실을 저감시키기 위한 연구", 대한토목학회 논문집, 제 12권, 제 3호, 1992. 9.
2. 東 邦和 外 3名, "水和發熱制御劑の部分使用による溫度應力制御效果に關する研究" 콘크리트工學年次論文報告集, Vol. 17, No. 1, 1995. 9.
3. V. M. Malhotra, "Fly Ash, Silica Fume, Slag, and Natural Pozzals in Concrete", Proceedings Fourth International Conference, ACI, SP-13, Istanbul, Turkey, 1992
4. H. J. Wierig, "Properties of Fresh Concrete", Cambridge University Press., 1990. 8.
5. C. L. Hwang, and C. Y. Lin, "Strength Development of Blended Blast-Furnace Slag Cement Mortars", Proceedings, Second International Conference, 'Fly Ash, Silica Fume, Slag and Natural Pozzals in concrete', Madrid, Spain, 1986.