

황토와 고로슬래그를 첨가한 콘크리트의 건조수축 및 크리프 특성에 관한 연구

A Study of Properties of Drying Shrinkage and Creep of Concrete Incorporating Hwangtoh and Blast Furnace Slag

강 홍 기* 양 근 혁** 이 영 호*** 황 혜 주**** 정 헌 수*****

Kang, Hong Ki Yang, Keun Hyeok Lee, Young Ho Hwang, Hey Zoo Chung, Heon Soo

ABSTRACT

The objective of this experimental study was to understand inelastic strain of concrete incorporating hwangtoh or combination of hwangtoh and slag. Main variables were replacement level of admixtures, hwangtoh and slag. We studied the properties of concrete such as heat of hydration, drying shrinkage and creep according to the replacement level of hwangtoh and slag. Test results showed that the heat of hydration of concrete decrease with increasing hwangtoh and slag replacement. Also drying shrinkage and creep of concrete increase with increasing hwangtoh replacement.

1. 서론

최근 건설기술의 눈부신 발전과 함께 콘크리트의 품질이나 제반특성을 개선시키기 위한 다양한 혼화재료가 보급되고 있다. 특히 콘크리트 혼화재용 황토는 일반 황토를 소성하여 활성화시킨 다음 미분쇄한 것으로 시멘트중의 alite의 반응속도를 증가시켜 초기강도를 증가시키고 또한 수산화칼슘과의 포졸란 반응으로 증장기 강도 및 내구성을 증가시킨다.

고로 슬래그는 수화반응에 의한 온도상승을 억제하고 워커빌리티를 향상시키며 장기강도 증진 시키며 공극구조가 치밀해져 수밀성 향상 및 각종 유해물질의 침투에 대한 저항성이 증가한다. 또한 고로슬래그는 산업부산물로서 가격이 저렴할 뿐만 아니라 자원 재활용 측면도 가지고 있으며 메타카올린은 실리카 함과는 달리 국내에 풍부하게 매장되어 있고 국내에서 가공 제조가 가능하기 때문에 비용적인 측면에서도 장점을 가지고 있다.

본 연구의 목적은 콘크리트 혼화재료로서 황토 및 황토와 고로슬래그 치환율에 따른 콘크리트의 비탄성 변형 특성과 수화열 특성을 평가이다.

* 정희원, 중앙대학교 건축공학과 석사과정

** 정희원, 목포대학교 건축조경토목공학부 전임강사

*** 정희원, 동원대학 건축과 조교수

**** 정희원, 목포대학교 건축조경토목공학부 조교수

***** 정희원, 중앙대학교 건축학과 교수

2. 실험계획 및 방법

2.1 사용재료

시멘트는 비중 3.15, 분말도 $3,379\text{cm}^2/\text{g}$ 의 H사의 1종 시멘트를 사용하였다. 잔골재는 인천 해사를 사용하였고, 굵은골재는 서울근교 U업체의 최대치수 25mm 쇠석골재를 사용하였다. 나프탈렌계 고성능 감수제(SP)를 사용하였고, 황토(HT)는 비중이 2.72이고 천연황토를 850°C 로 하소시켜 활성화 한 것이다. 고로슬래그는 광양 산의 분말도 $4,379\text{cm}^2/\text{g}$ 인 비중이 2.91이다. 황토의 물성은 아래 표 1과 같다.

표 1 메타카올린 물성치

구분	분말도(cm^2/g)	SiO ₂ (%)	AL ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	CaO(%)
hwangtoh	3300	40	32.9	7.9	0.39

2.2 시험계획

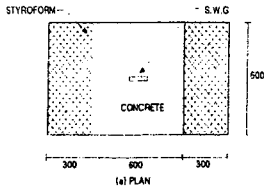
배합사항으로 물결합재비(W/B)는 55%, 잔골재율(S/A)는 45%로 고정하고, 목표 슬럼프는 $20\pm 3\text{cm}$ 를 만족하게 하였다, 적정 배합비를 얻기 위한 예비 실험결과로부터 얻은 최적의 황토 첨가율과 고로슬래그와 황토 3성분계 혼합비율로부터 황토는 0%, 10%, 20%, 30%, 황토와 고로슬래그의 3성분계 혼합비율은 12.5%와 25%, 18%와 36%로 첨가율을 주요 변수로 실험을 실시하였다. OPC, M10-S00, M20S00, M30S00는 각각 황토첨가량 0%, 10%, 20%, 30%이고, M12.5-S25, M18-S36은 각각 황토 12.5%와 고로슬래그 25%, 황토 18%와 고로슬래그 36%를 첨가한 시험체다.

표 2 콘크리트 배합표

specimen	W/B (%)	s/a (%)	황토 치환율 (%)	슬래그 치환율 (%)	단위용적중량 (kg/cm^3)						
					W	C	HT	B	S	G	SP
OPC	55	45	0	0	185	336	-	-	793	969	3.23
M10-S00			10	0	185	303	33	-	789	964	3.23
M20-S00			20	0	185	269	67	-	786	960	3.23
M30-S00			30	0	185	235	101	-	783	957	3.23
M15.5-S25			12.5	25	185	210	42	84	784	959	3.23
M18-S36			18	36	185	153	61	122	780	954	3.23

2.3 실험방법

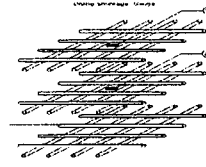
본 연구의 실험 방법으로 먼저, 콘크리트 혼합은 강제식 팬 믹서를 사용하였다. 평균 양생온도가 10°C 로 저온양생 하였다. 건조수축 측정은 PML-60-2L 매립하여 KS F 2424에 의거하여 실행하였고, 타설 후 24시간경과한 후 탈형 하였다. 일반적 매스콘크리트 시험방법으로 $60\times 60\times 50\text{cm}$ 시험체를 제작하여 PML-60-2L 매립하여 35일간 건조수축을 측정하였다. 수화열은 온도게이지를 사용하여 상부, 중앙부, 하부 3곳에서 35일간 측정하였다. 크리프는 KS F 2454에 의거하여 $\phi 15\times 30\text{cm}$ 표준 공시체를



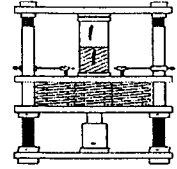
(a) 건조수축 실험체



(b) 온도계 위치

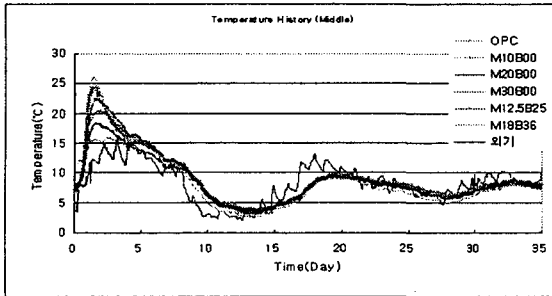


(c) 매립계 위치

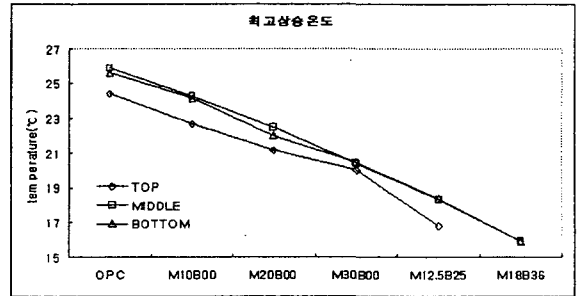


(d) 크리프 측정장치

그림 1. 실험체 및 측정 장치



(a) 재령별 건조수축



(b) 시험체별 최고상승 온도

그림 2. 각 시험체별 수화열 특성

제작 후 PML-60-2L 매립하고 용력/변형비를 0.3으로 하여 재령 35일부터 60일간 측정하였다. 시험중 초기설정하중의 2%이상 변동 있을 때는 하중을 조정하였다. 실험체 단면과 계이지위치는 그림 1.에 나타내었다.

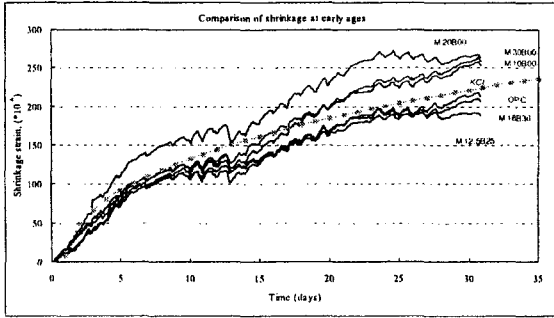
3. 실험결과 및 분석

3.1 수화열 특성

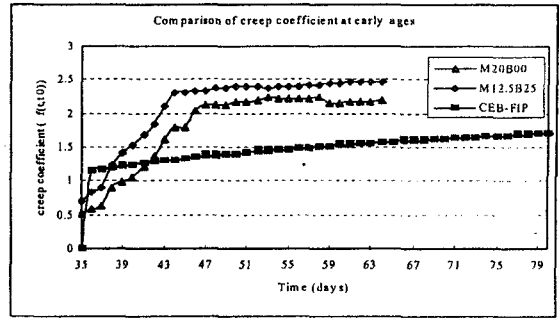
그림 2에 (a)는 중앙부에서의 수화열 특성을 나타내었다. (b)는 시험체별 최고상승 온도를 나타냈다. 매스콘크리트의 중앙부에서의 최고 상승온도는 OPC는 25.9℃, M10S00는 24.3℃, M20S00는 22.5℃, M30S00는 20.4℃, M12.5S25는 18.4℃, M18S36는 15.9℃로, OPC에 대하여 각각 6.2%, 13.1%, 20.8%, 28.9%, 38.6%의 수화열이 감소하였다. 따라서 콘크리트 혼화재로서 황토 및 황토와 고로슬래그 3성분 콘크리트의 수화열 저감효과가 있는 것으로 나타났다. 고강도콘크리트의 높은 시멘트 사용량으로 인한 높은 수화열 문제를 해결하는 방법으로 적극적인 검토가 필요하다고 사려된다. 그러나 타설 후 최고온도 상승시간은 거의 일정한 것으로 나타나 플라이애쉬와 같은 온도상승 지연효과는 없는 것으로 나타났다.

3.2 건조수축

그림 3에 (a)는 $\phi 15 \times 30cm$ 표준 공시체의 건조수축 특성을 나타냈다. OPC의 경우 KCI기준과 일치하고 있으며, 황토 첨가량이 10%, 20%, 30% 일때 OPC에 대하여 건조수축은 각각 17.9%, 22.9%,



(a) 표준공시체 건조수축



(b) 크리프 측정결과

그림 3. 건조수축 및 크리프

20.6%가 증가 하였다. 황토와 고로슬래그 첨가량이 12.5%와 25%, 18%와 36%일때 OPC에 대하여 건조수축은 각각 11.9%, 3.6%가 감소하였다.

3.3 크리프특성

그림 3에 (b)는 M20B00과 M12.5B25 두 시험체의 초기 크리프계수를 나타냈다. 두 시험체 모두 KCI가 제시하는 크리프계수 보다 대략 2배정도 높은 값을 나타냈다. 황토를 20% 첨가한 M20B00이 황토 12.5%와 고로슬래그 25%를 첨가한 M12.5B25 보다 초기 크리프계수가 낮게 나타났다.

4. 결론

- (1) OPC에 대하여 황토의 치환율이 10%, 20%, 30%로 증가함에 따라 각각 6.2%, 13.1%, 20.8%의 수화열이 감소하였고, 황토와 고로슬래그의 치환율이 12.5%와 25%, 18%와 36% 일때 각각 28.9%, 38.6%의 수화열 감소가 나타났다.
- (2) 황토의 치환율이 10%, 20%, 30%로 증가함에 따라 건조수축은 OPC에 비하여 각각 17.9%, 22.9%, 20.6% 증가하는 것으로 나타났다. 그러나 황토와 고로슬래그의 치환율이 12.5%와 25%, 18%와 36% 일때 건조수축이 OPC에 비하여 11.9%, 3.6%감소하는 경향을 나타냈다.
- (3) 황토를 20% 첨가한 시험체와 황토 12.5%, 고로슬래그 25%를 첨가한 시험체의 크리프계수는 KCI가 제시하고 있는 기준보다 대략 2배정도 높게 나타났다.

감사의글

본 연구는 월드건설(주)의 지원으로 수행된 실험결과와 일부이며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. 한국콘크리트학회, 콘크리트 구조설계기준, 2003
2. Zongjin Li, Zhu Ding, Property improvement of Portland cement by incorporating with metakaolin and slag, concrete and cement research, 2003.
3. J. J. Brooks, M. A. Megat Johari, Effect of metakaolin on creep and shrinkage of concrete, cement and concrete composite 2001.