

황토결합재를 이용한 매스콘크리트의 수화열과 건조수축 효과

Effect of Hydration Heat and Drying Shrinkage of Mass Concrete Using Hwangtoh Binder

강 성 수* 이 성 로**
Kang , Sung-Soo Lee, Seong-Lo

ABSTRACT

In this paper, the applicability of hwangtoh, as an alternative of cement paste, is investigated for the solution of internal heat and shrinkage caused by the hydration of cement paste. Several small-sized specimens of hwangtoh and ordinary portland concrete(OPC) were compared as to compressive strength, heat of hydration, and shrinkage strain. Moreover, the applicability of mass structure was reviewed through the test of large-size specimens. The 28-day compressive strength of hwangtoh concrete(HBC), ranged 18 to 33 Mpa, can reach that of ordinary portland concrete. Not only the maximum internal temperature of HBC was read about 1/4 of OPC as it is cured, but also its drying shrinkage decreased as lower as 50% of OPC starting from 60 days. Therefore, hwangtoh binder is more favorable than cement one in the view of hydration heat and shrinkage under the construction of mass structures.

요 약

본 연구는 황토결합재로 시멘트를 대체함으로써 시멘트의 수화 반응 등에 의한 콘크리트 내부발열과 건조수축 문제의 해결 가능성을 연구하였다. 소형모형에서 HBC는 28일 압축강도가 18~33MPa으로 보통강도 콘크리트의 강도를 발현할 수 있으면서, OPC에 비해 양생시 내부의 최고온도가 1/4 정도로 낮게 나타나고 건조수축 역시 HBC는 OPC에 비하여 50% 감소하였다. 대형시편에서도 HBC는 낮은 수화열로 인해 내부온도가 OPC에 비해 50% 낮게 나타났으며 건조수축 역시 60일 기점으로 OPC의 50% 정도의 수축률을 나타냈다. 따라서 황토결합재를 이용하여 매스 구조물을 제작하면 시멘트에 비하여 수화열과 건조수축의 문제를 해결하는데 상대적으로 유리할 것으로 사료된다.

*정회원, 목포대학교 건설공학부 토목공학전공 박사과정

**정회원, 목포대학교 건설공학부 토목공학전공 교수

1. 서 론

콘크리트의 수축은 구속조건하에서 인장응력에 유도되어 균열이 발생된다.²⁾ 거대구조물의 시공이 많아짐에 따라 콘크리트의 수화열과 건조수축에 대한 연구가 계속되어지고 있다. 또한 설계와 시공에서 내부발열온도와 그에 따른 건조수축이 어려운 해결점의 하나이다. 이에 황토결합재를 이용한 콘크리트에서 수화열과 건조수축을 중심으로 소형모형과 대형모형에서 수화열과 건조수축의 역학적 특성들을 평가하여 기초적인 자료를 확보하는데 연구의 목적이 있다. 실험은 먼저 사용재료의 특성을 분석하고 그다음으로 시공가능한 적절한 배합을 설계하고 그에 따른 압축강도등 기초적 공학적 특성을 실험 하였다. 다음으로 소형모형을 통하여 수화열과 건조수축을 평가하였으며 다음으로 매스 구조물에 근접한 대형모형을 제작하여 적용실험을 통하여 구체적인결과를 얻고자 하였다.

2. 실험계획 및 방법

2.1 실험계획 및 방법

먼저 선행실험인 황토결합재 콘크리트(HBC)의 적정배합을 찾는 실험은 강도와 워커빌리티를 현장에서 적용 할 수 있는 범위 즉 일반강도 24MPa의 안정된 영역과 슬럼프는 $15\pm 3\text{cm}$ 가 확보되는 사용가능한 영역에서 접근하였고, 그 다음으로 소형모형은 주변부만 50mm 스티로폼으로 단열시킨 상태에서 용량 27ℓ (30×30×30cm)의 거푸집을 제작하였다. 비빔직후에 콘크리트를 타설 한 후, 열전자쌍인 열전대(Thermocouple)를 콘크리트 중앙부에 정착하여 Data Logger TDS-302를 이용하였다. 대형모형은 매스콘크리트 적용실험으로 단면이 커지므로 인화수화열과 건조수축의 변화를 알아보하고자 하였다. 거푸집의 크기를 100 × 100 × 100cm를 제작하였다. 외부에 노출된 폭로상태에서 OPC와 HBC를 각각 건조수축과 수화열 게이지를 상단부와 하단부, 중앙부, 측부의 네 곳에 측정 비교 검토하였다.

2.2 사용재료

본 연구에서는 흙과 무기재료로 이루어진 황토결합재를 국내 C사에서 구입하여 사용하였으며 황토결합재는 황토를 주성분으로 하여 고강도로 이용하기 위해 개발된 분말형태의 재료이며, 국내S사에서 구입한 보통 포틀랜드 시멘트를 사용하였다. 본 연구에서 사용된 잔골재는 목포지역 바다에서 채석된 골재를 사용하였고 굵은 골재는 전남 무안군 청계면에서 채석된 골재를 사용하였으며 유동성과 강도를 향상시키기 위해 국내 A사의 폴리카르본산계 고성능 AE 감수제를 사용하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 슬럼프 및 공기량

실험 결과 단위 수량이 증가 할수록 슬럼프 값이 증가 하는 것으로 나타났다. 또한 실험체에서 단위 분체량의 증가함에 따라 슬럼프 값이 2.7에서 3.2로 증가하는 것으로 보아 단위 분체량이 증가함에 따라 슬럼프 값이 증가하는 것으로 보인다. 이는 단위 분체량의 증가에 따라 물량의 증가와 골재의 감소로 인해 나타나는 것으로 사료된다.

3.2 압축강도

황토결합재를 이용한 콘크리트 W/B, 단위 결합재량의 변화에 따른 압축강도는 양생시간이 증가

함에 따라 압축강도도 증가하는 것으로 나타났다. 단위결합재 300, 400, 500 모두 W/B가 증가함에 따라 강도는 저하되는 것으로 나타났다. 이는 배합에 필요한 수량 이상의 잉여수가 포함된 것으로 사료되며 W/B를 낮출 경우 압축강도가 증진될 것으로 사료된다. 단위결합재량의 증가에 따른 압축강도의 변화는 단위결합재량이 400일 때 91일강도 $35 \cdot 28 \cdot 25\text{Mpa}$ 로 가장 높은 강도를 고루 나타낸 것으로 보아 혼화제 첨가량이 2%의 경우에는 단위결합재량이 400일 때 가장 좋은 배합인 것으로 사료된다.

3.3 소형모형의 수화열과 건조수축분석

소형모형의 수화열은 그림 1에서 보여주듯이 OPC와 HBC의 종류에 따른 수화열 온도이력을 나타낸 것으로 OPC가 HBC보다 높게 나타났다. OPC를 이용한 콘크리트의 경우 최고온도는 47.5°C를 나타냈으며 HBC인 경우는 31.6도를 나타냈다. OPC의 경우보다 HBC는 최고온도가 15.9°C 차이를 보였다. 건조수축은 일정한 온도에서 하중을 받지 않는 콘크리트의 체적감소를 말한다. 수분의 감소가 주요한 원인이며 대부분의 수축은 몇 달 내의 양생기간에 이루어진다. 그림 2에서 보여주듯이 실험결과는 재령1일에서 HBC보다 2배 이상의 건조수축을 OPC가 나타내었다. 재령22일에 HBC는 가장 큰 건조수축을 보이고 45일이 지나면서 다소 수축이 감소하는 경향을 보이고 있다. 이에 HBC의 장기적인 관찰이 필요로 하는 것으로 보여진다. OPC는 재령 60일 까지 건조수축은 증가하는 일반적인 경향을 나타내었다. HBC는 OPC에 비교하여 약 50% 적은 수축량을 보여주고 있다. OPC에 비하여 HBC가 수화 열이 낮아 온도에 의한 팽창도가 낮게 나타난 것으로 보여진다.

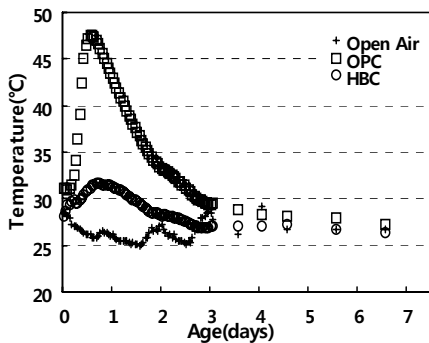


그림 1 Hydration temperature after the setting of OPC, HBC

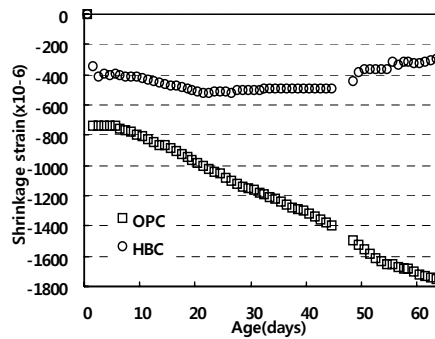


그림 2 Drying shrinkage strain of hydration age of OPC, HBC

3.4 대형모형의 수화열과 건조수축분석

대형모형의 수화열에 대한 그림 3에서 보여주듯이 OPC와 HBC의 온도차는 15°C 이상의 차이를 보여주고 있다. OPC_Middle 은 57°C에 이르는 반면, HBC는 42°C에 이르는 최고온도를 나타내었다. 비슷한 강도 하에서 OPC는 내부온도가 상승하면서 HBC에 비하여 약 135%이상의 높은 온도를 나타내고 있다. OPC의 하면과 중앙부는 7°C에 이르는 온도 차이를 나타내고 있으며 HBC는 3°C에 이르는 약 50%를 나타낸다. 그림 4에서 HBC의 건조수축 변형률은 초기에 경화가 시작되면서 많은 수축율을

나타내고 있으며 HBC_Right가 수화열의 온도가 높았듯이 건조수축 변형을 역시 HBC_Right가 크게 나타내었다. OPC와 HBC의 건조수축 변형률은 초기 급격한 수축율을 보이다가 60일 기점으로 내부차이가 2배 이상을 변형률을 보이고 있다.

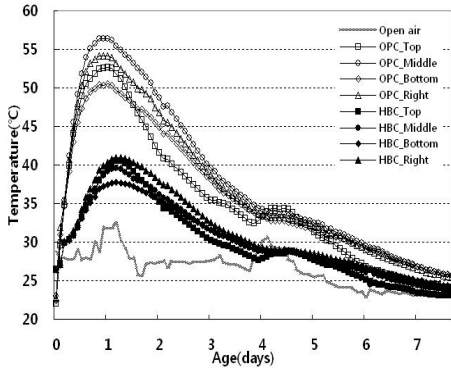


그림 3 Results of OPC & HBC's hydration temperature

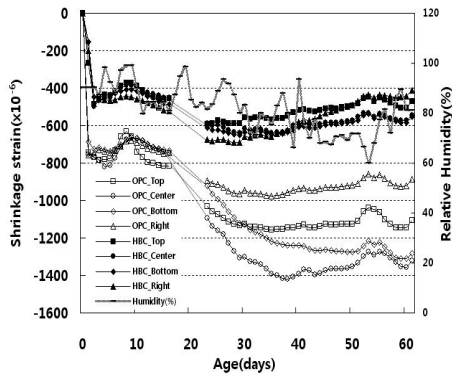


그림 4 Results of OPC & HBC's shrinkage strain

4. 결 론

대형구조물에 어려운 해결점의 하나인 수화열과 건조수축의 해결방안으로 황토결합재를 이용한 수화열저감과 건조수축의 효과를 동일강도 OPC 모형과 비교 분석하였다.

소형모형에서 OPC에 비해 HBC는 최고온도가 4배가 작은 절감효과를 보였으며 건조수축 역시 HBC는 OPC에 비하여 50%적은 수축량을 나타냈다.

대형모형에서 수화열은 HBC는 OPC에 비하여 내부온도차가 50%가 낮은 저감효과를 나타냈으며 건조수축 역시 60일 기점으로 50% 정도의 수축률을 나타냈다.

따라서 황토결합재는 시멘트에 비하여 수화열과 건조수축의 문제를 해결하는데 유리하게 활용될 수 있을 것으로 사료된다.

참고문헌

1. Kawamura, M. J., "Internal stress and microcracks formation caused by drying shrinkage in hardened cement paste", *J. Am. Ceram. Soc.*, 1978, pp.281.
2. Sancier, F., Pigeon, M., "Durability of new-to-old concrete bonding", *Proceedings of the ACI International Conference on Evaluation and Rehabilitation of Concrete Structures and Innovations in Design*, Hong Kong, 1991, pp.689~705.