

OCHP를 이용한 매스콘크리트 수화열 분산효과에 관한 실험적 연구

An Experimental Study on the Dispersion Effect of Hydration Heat in the Mass Concrete Using OCHP

김명식* 백동일** 김강민*** 염치선**** 배원만*****
Kim, Myung Sik Baek, Dong Il Kim, Kang Min Yum, Chi Sun Bae, Won Mahn

ABSTRACT

In process of the mass concrete structure, the heat of hydration may cause serious thermal cracking. In order to eliminate hydration heat of mass concrete, this paper results of hydration heat control of mass concrete using the Oscillating Capillary tube Heat Pipe(OCHP).

There were the several molds which shows a difference as compared with each other. One was not equipped with OCHP. Other were laid with OCHP, and the other were laid in 100cm, and exposed out 50cm. All of them were cooled with natural air convection. The OCHP was composed of copper pipe(outer diameter : 4mm, inner diameter : 2.8mm) and heat type was non-looped type. The working fluid was R-22 and its charging ratio was 40% by volume. The core of the concrete temperature was approximately 53°C without OCHP. But the concrete temperature with OCHP was reduced its difference in temperature with the outdoor temperature to 12~15°C. Finally we saw the index figure of the thermal crack of the structures were varied from 0.6 to 1.6

1. 서론

콘크리트 구조물의 대형화 및 시공방법의 진보 발전함에 따라 대량의 시멘트를 사용한 급속 시공이 증가하게 되었다. 대량의 시멘트 사용으로 인해 수화열이 발생하고, 이 수화열에 의한 온도응력이 구조물에 균열을 일으키거나 혹은 구조물 설계에서 무시할 수 없는 영향을 주는 경우가 빈번히 일어나고 있다. 수화열에 의한 온도균열의 문제는 콘크리트 댐 또는 부재치수가 특별히 큰 콘크리트 구조물에만 일어나는 특유한 것으로 생각하여 왔지만, 사용재료, 시공조건에 따라서는 비교적 치수가 작은 구조물에서도 유해한 균열이 생기는 사례가 적지 않다.

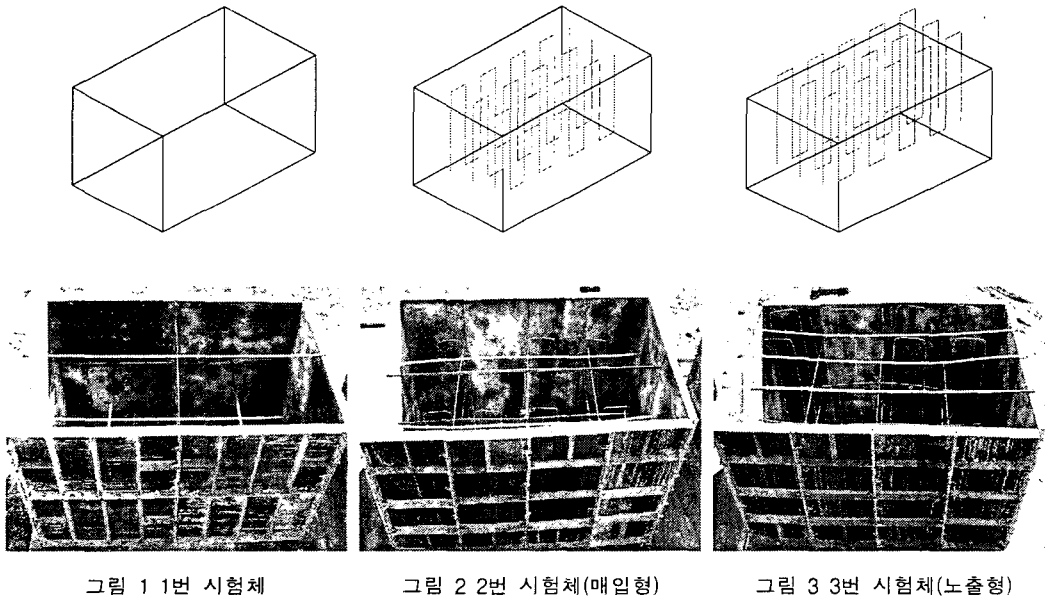
따라서 본 연구에서는 매스콘크리트의 수화열을 제어하기 위하여 진동세관형 히트파이프(OCHP)를 이용하여 OCHP에 의한 매스콘크리트 수화열의 발산효과 및 분산효과를 비교하여 수화열의 저감여부를 관찰, 측정하고 그에 따른 균열지수를 산출하여 OCHP의 매스콘크리트 균열제어성능 및 내구성 향상을 평가하고자 한다.

* 정회원, 부경대학교 건설공학부 교수
** 정회원, 부경대학교 토목공학과 박사수료
*** 정회원, 부경대학교 토목공학과 석사과정
**** 정회원, 보성종합건설(주) 이사
***** 정회원, 보성종합건설(주) 기술개발팀장

2. 실험개요 및 방법

2.1. 실험개요

본 연구에 사용된 시험체는 그림 1, 그림 2 및 그림 3에 나타내었다. 그림 1은 일반타설 콘크리트 시험체(1번 시험체)로 제작하였고, 그림 2는 수화열 분산효과를 파악하기 위하여 OCHP를 매입한 형태 시험체(2번 시험체)를 제작하였으며, 그림 3은 수화열 발산효과를 파악하기 위한 OCHP가 콘크리트 외부로 노출된 형태로 시험체(3번 시험체)를 제작하여 실험을 수행하였다. 각각의 수화열 계측은 수화열계측기(Conreg 1008, CMT International AB) 단자에 T-type 센서(열전대)를 연결하여 모뎀 통신을 통해 시험체의 중심부와 표면부의 온도를 PC로 실시간 온도변화추이 데이터를 전송하여 수화열을 측정하였다. 시험체의 크기는 각각 높이 1.2m, 폭 1.2m 및 길이 2.4m로 동일하게 제작하였다. OCHP는 외경 4mm, 내경 2.8mm인 동관을 사용하였으며, 작동유체(냉매)는 작동 온도범위를 고려하여 R-22를 내체적비의 40%로 충전하여 사용하였다. OCHP의 피치간격은 20cm로 제작하였고, 2번 시험체에는 OCHP의 수직길이를 100cm로 하여 시험체에 매설하는 방법으로 설치하였으며, 3번 시험체에는 OCHP의 수직길이를 150cm로 하여 100cm는 시험체내에 매설하였고, 나머지 50cm는 구조물 외부에 노출시켜 설치(1:0.5)하였다.



2.2 실험방법

본 연구는 시험체내 수화열 감소와 수화열의 분산 및 발산효과에 의한 매스콘크리트의 수화열 제어를 목표로 설정하여 실험을 수행하였다. 수화열의 저감 여부 및 OCHP를 이용한 수화열 제어 효과를 파악하고, 온도균열지수를 분석하고자 시험체의 중심부(콘크리트 중심부)와 표면부(콘크리트 표면에서 10cm 아래 부분)에 열전대를 설치하여, 매 1분 간격으로 타설후 137시간 동안 수화열 온도를 측정하였다. 실험에 사용된 콘크리트의 강도는 27.0MPa이고, 배합사항은 표 1과 같다.

표 1 콘크리트 배합사항

항목	G _{max} (mm)	Slump (mm)	Air (%)	W/C (%)	S/a (%)	단위재료량(kg/m ³)					
						W	C	S1	S2	G1	AD
시방배합	25	150	4.5±1.5	45.7	48.5	175	383	515	343	939	2.68
현장배합	25	150	4.5±1.5	45.7	48.5	153	383	528	352	939	2.68

3. 실험결과 및 고찰

3.1 수화열 제어 성능

히트파이프를 이용한 매스콘크리트의 수화열 감소와 분산 및 발산효과를 분석해 본 결과, 그림 4 ~ 그림 7과 같다. OCHP를 매입한 2번 및 3번 시험체의 중심부 온도는 일반 타설 콘크리트 시험체에 비하여 약 12~15℃ 정도의 저감효과를 발휘하는 것으로 나타났으며, 콘크리트 내·외부 온도차의 원인이 되는 표면부의 급격한 저하를 방지하는 것으로 나타났다. 이는 콘크리트에 매입된 OCHP가 중심부의 온도를 콘크리트 측면부, 표면부 및 바닥부로 열을 분산시켜 중심부의 수화열은 저감시키면서 표면부의 급격한 온도저하를 방지하여 온도차에 의한 균열을 방지해 주는 것으로 판단된다. 또한 OCHP를 전체 매입한 2번 시험체와 일부 매입한 3번 시험체의 수화열 제어정도를 살펴보면, OCHP의 노출부가 외기의 낮은 기온에 영향으로 수화열을 대기중으로 발산시킨 3번 시험체가 중심부의 수화열을 약 2~3℃ 정도 저감시켜주었으며, OCHP가 모두 매입된 2번 시험체 역시 콘크리트 내부의 수화열을 분산 효과는 뛰어난 것으로 나타났다. 그리고 OCHP를 설치한 시험체를 수화열 변화추이를 살펴보면, 일반 타설된 시험체에 비하여 경화시간 및 최고온도 도달시간을 단축시키는 것으로 나타나 저발열시멘트콘크리트 등의 사용으로 인한 경화시간 증가 등의 문제점을 해결하여 거푸집 해체시기 단축 등의 공기 단축에도 좋은 효과를 발휘할 것으로 판단된다.

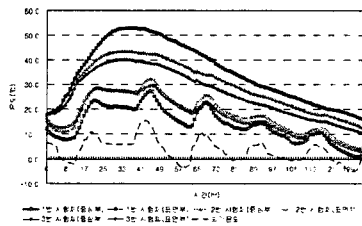


그림 4 각 시험체별의 수화열 변화추이

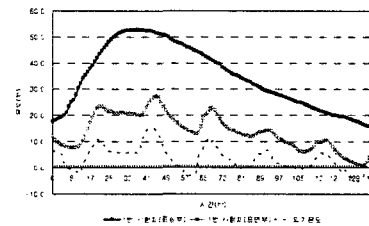


그림 5 1번 시험체 중심부 및 표면부 온도

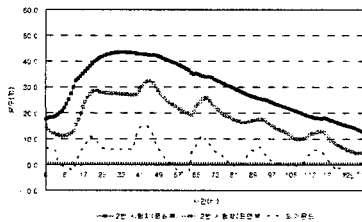


그림 6 2번 시험체 중심부 및 표면부 온도

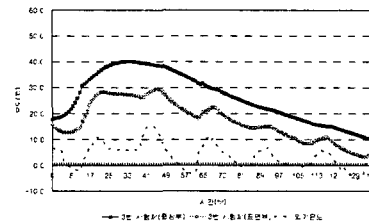


그림 7 3번 시험체 중심부 및 표면부 온도

3.2 수화열 제어에 대한 성능 평가

매스콘크리트에서 균열발생의 방지 또는 균열발생 위치나 균열폭의 제어가 필요한 구조물에 대해서는 실제의 사용재료, 시공방법, 환경조건 등을 고려하여 온도변화, 온도응력의 계산을 실시하여 이것으로부터 온도균열지수를 구해 균열발생의 가능성을 평가하고 있다. 본 연구에서는 수화열 온도측정을 통한 간이적인 방법을 바탕으로 온도균열지수를 산정하여 수화열 저감효과 및 OCHP의 성능을 평가하였다.

일반콘크리트로 타설한 1번 시험체의 온도균열지수는 0.6으로 유해한 균열발생의 가능성이 80% 이상인 반면, OCHP를 이용한 2번 및 3번 시험체의 온도균열지수는 각각 1.5 및 1.6으로 균열발생확률이 거의 없는 것으로 나타나 매스콘크리트의 수화열 저감 및 제어에 성능이 우수한 것으로 나타났다.

4. 결론

OCHP를 이용한 매스콘크리트의 수화열 감소와 분산 및 발산효과를 분석해 본 결과, 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

(1) OCHP를 매입한 2번 및 3번 시험체의 중심부 온도는 일반 타설 콘크리트 시험체에 비하여 약 12~15℃ 정도의 저감효과를 발휘하는 것으로 나타났으며, 콘크리트 내·외부 온도차의 원인이 되는 표면부의 급격한 저하를 방지하는 것으로 나타났다. 이는 콘크리트에 매입된 OCHP가 중심부의 온도를 콘크리트 측면부, 표면부 및 바닥부로 열을 분산시켜 중심부의 수화열은 저감시키면서 표면부의 급격한 온도저하를 방지하여 온도차에 의한 균열을 방지해 주는 것으로 판단된다.

(2) OCHP를 전체 매입한 2번 시험체와 일부 매입한 3번 시험체의 수화열 제어정도를 살펴보면, OCHP의 노출부가 외기의 낮은 기온에 영향으로 수화열을 대기중으로 발산시킨 3번 시험체가 중심부의 수화열을 약 2~3℃ 정도 저감시켜주었으며, OCHP가 모두 매설된 2번 시험체 역시 콘크리트 내부의 수화열을 분산 효과는 뛰어난 것으로 나타났다.

(3) OCHP를 설치한 시험체를 수화열 변화추이를 살펴보면, 일반타설된 시험체에 비하여 경화시간 및 최고온도 도달시간을 단축시키는 것으로 나타나 저발열시멘트 콘크리트 등의 사용으로 인한 경화시간의 증가 등의 문제점을 해결하여 거푸집 해체시기 단축 등의 공기단축에도 좋은 효과를 발휘할 것으로 판단된다.

(4) 일반콘크리트로 타설한 1번 시험체의 온도균열지수는 0.6으로 유해한 균열발생의 가능성이 80% 이상인 반면, OCHP를 이용한 2번 및 3번 시험체의 온도균열지수는 각각 1.5 및 1.6으로 균열발생확률이 거의 없는 것으로 나타나 매스콘크리트의 수화열 저감 및 제어에 성능이 우수한 것으로 나타났다.

참고문헌

1. 김진근, “매스콘크리트의 수화열 및 온도응력에 대한 영향 요인”, 한국콘크리트학회지 제9권 3호, 1997. 6.
2. 임용빈, “저온 폐열회수용 히트파이프 열교환기의 열전달 특성에 관한 연구”, 부경대학교 대학원, 2003. 2.
3. 한국콘크리트학회, “콘크리트 표준시방서”, 사단법인 한국콘크리트학회, 2004. 2.
4. Neville, A. M., “Properties of Concrete, 4rd Ed.”, Wiley, 1997.