

# 벽체 구조물의 파이프쿨링 공법 적용성 분석

## Application of Pipe-cooling Method in the Concrete Wall Structure

신 경 섭\*      김 세 훈\*\*      차 수 원\*\*\*  
Cha, Soo Won      Kim, Se Hoon      Shin, Kyoung Seop

### ABSTRACT

A number of structures constructed during past decades have suffered from safety and serviceability problems due to deterioration and many engineers have been increasingly concerned about durability of concrete. Pipe-cooling method has been popularly used in the massive concrete to reduce temperature of the structure. Until now, usually this pipe-cooling method was applied only in foundation concrete structures, but it is newly tried to apply in the wall structure. We analyzed thermal stress of wall structure with the general structural analysis program that will be able to express the pipe-cooling element. We studied about the effect of reducing temperature and cracking control in the wall structure which can be applied in a pipe-cooling method with the analytical result which follows in an arrangement of the cooling pipe.

### 요 약

최근 들어 구조물의 노후화에 따른 콘크리트 구조물의 내구성에 대한 관심이 증대되고 있고, 특히 초기재령에서 발생하는 온도응력에 의한 균열은 구조물 전체의 내구성에도 큰 영향을 미친다.

콘크리트구조물의 온도응력에 의한 균열을 제어하는 방법으로는 크게 재료 및 배합상의 방법, 설계상의 방법, 시공상의 방법으로 나눌 수 있다. 이 중에서 시공상의 방법 중 하나로 콘크리트 단면내의 온도 상승량을 감소시킬 수 있는 파이프쿨링 공법에 의한 사후냉각효과에 대해 연구를 진행하고자 한다.

지금까지 파이프쿨링 공법은 주로 기초등의 매스콘크리트에 많이 적용되었지만 새로이 벽체에도 적용하였고, 파이프쿨링 요소를 묘사할 수 있는 범용구조해석 프로그램을 이용하여 파이프쿨링 공법이 적용된 벽체구조물에 대한 온도응력해석을 수행하였다. 벽체 구조물에 쿨링 파이프의 배치에 따른 해석 결과를 바탕으로 파이프쿨링 공법의 벽체구조물에 대한 냉각효과 및 균열제어 효과를 알아보았다.

\*정회원, 울산대학교 대학원

\*\*정회원, 대우건설 공학박사

\*\*\*정회원, 울산대학교 건설환경공학부 교수

## 1. 서론

콘크리트 구조물의 대형화 및 시공방법의 발전에 의한 대량 급속 시공의 증가에 따라 매스콘크리트의 시공이 필연적이다. 이러한 매스콘크리트 구조물에서 수화열에 의한 구조물의 온도 변화와 이에 따른 온도 응력의 발생은 구조물에 균열을 발생시켜 구조물의 내구성과 안정성을 저해하는 요인이 된다. 본 연구에서는 지하 박스구조물의 벽체부분을 대상으로 파이프쿨링 공법을 적용하였고, 파이프 배치에 따른 냉각효과 및 균열 제어효과에 대하여 알아보려고 한다.

## 2. 지하박스 구조물 벽체 해석

지하박스 구조물의 벽체부분 해석모델은 외측벽체의 두께가 133cm, 내측벽체의 두께가 50cm인 2연암거로 좌측의 1/2 모델링을 하였다. 배합으로는 W/B는 35%, 고로슬래그가 42% 함유된 시멘트에 플라이애쉬를 치환한 것이 특징이고 압축강도는 47.7MPa로 가정하였으며 단열온도상승곡선은 그림2와 같다. 파이프쿨링 공법의 효과를 알아보기 위해 파이프쿨링을 적용하지 않은 모델, 그리고 파이프의 배치에 따른 효과를 알아보기 위해 쿨링 파이프의 개수 및 간격에 따른 3가지의 모델에 대하여 해석을 수행하였고 그림3, 4, 5는 각 파이프의 배치를 나타낸 것이다. 파이프쿨링이 공법이 적용된 3가지 모델은 모두 쿨링 기간을 최대온도 발생시간의 2배 이상인 3일로 적용 하였고, 대기온도와 콘크리트 타설 온도, 냉각수의 통수온도는 16℃로 가정하였다.

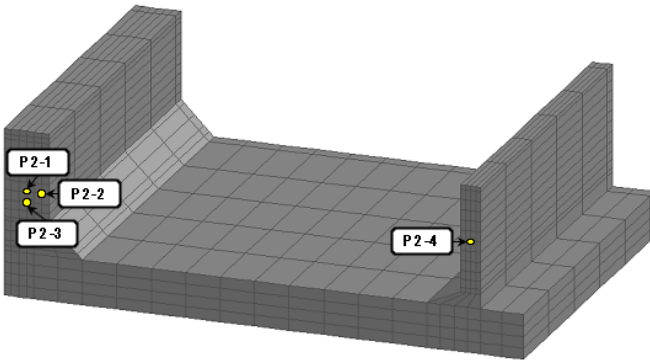


그림 1. 해석 대상 1/2모델링 및 검토 위치

그림 2. 단열온도상승곡선

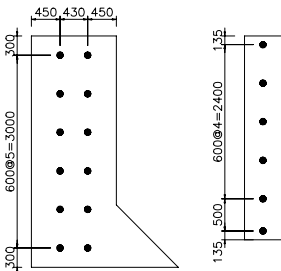


그림 3. 파이프 배치 CASE1

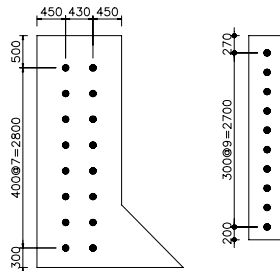


그림 4. 파이프 배치 CASE2

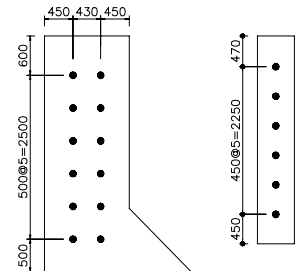


그림 5. 파이프 배치 CASE3

표 1. 해석모델명 및 조건

해석 모델명	해석 조건	파이프 간격	쿨링 적용시간
C0	파이프쿨링 미적용	-	-
C1	파이프배치 CASE1	외측벽체 : 좌우 43cm, 상하 60cm, 내측벽체 : 상하 60cm	72시간
C2	파이프배치 CASE2	외측벽체 : 좌우 43cm, 상하 40cm, 내측벽체 : 상하 30cm	
C3	파이프배치 CASE3	외측벽체 : 좌우 43cm, 상하 50cm, 내측벽체 : 상하 45cm	

### 3. 해석결과

#### 3.1 온도분포

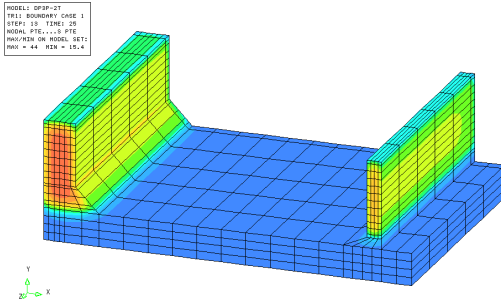


그림 6. C0모델 최대온도분포

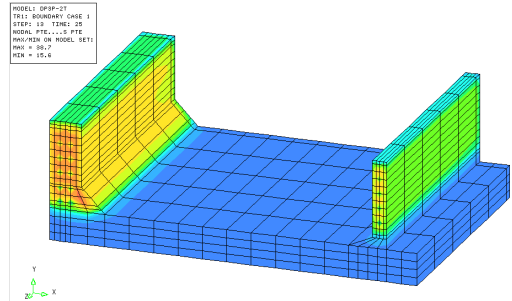


그림 7. C1모델 최대온도분포

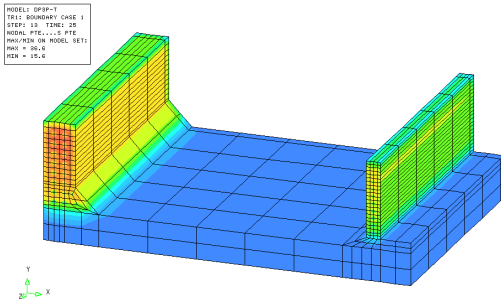


그림 8. C2모델 최대온도분포

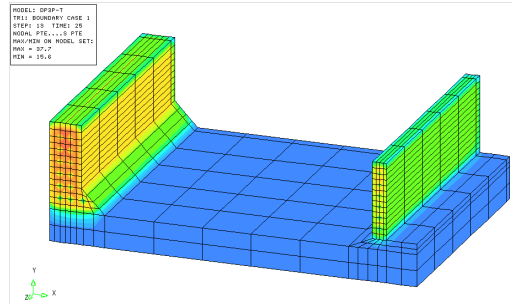


그림 9. C3모델 최대온도분포

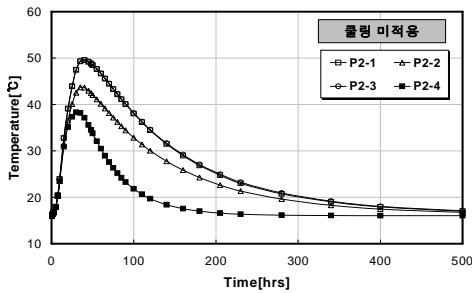


그림 10. C0모델 온도분포

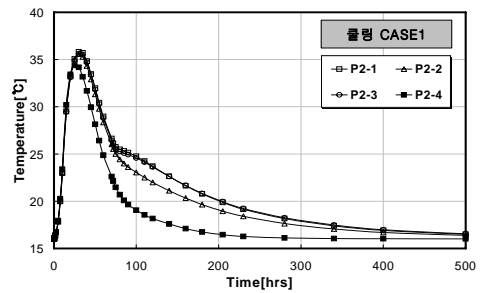


그림 11. C1모델 온도분포

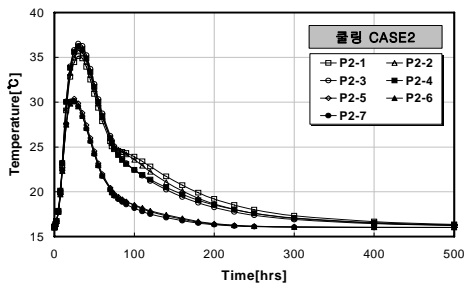


그림 12. C2모델 온도분포

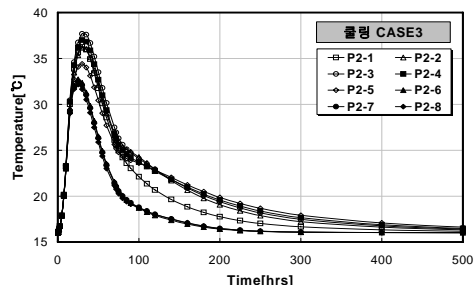


그림 13. C3모델 온도분포

### 3.2 온도균열지수

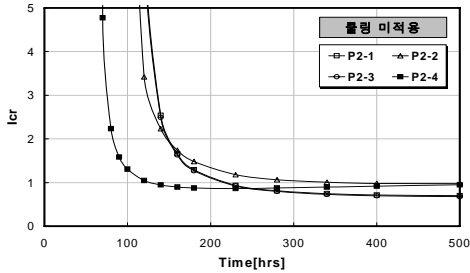


그림 14. C0모델 균열지수

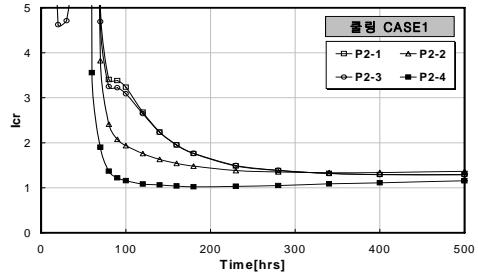


그림 15. C1모델 균열지수

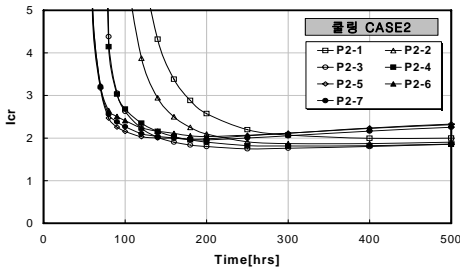


그림 16. C2모델 균열지수

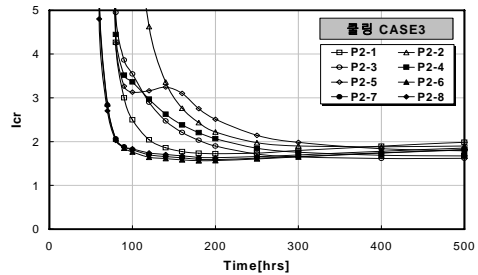


그림 17. C3모델 균열지수

## 4. 결론

본 연구에서는 벽체구조물에 대하여 파이프쿨링 공법에 의한 냉각 및 균열제어 효과에 대하여 알아 보았으며 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 벽체부분의 중심부 최대온도는 벽체두께가 133cm인 경우 타설 후 약 25시간 이후에 발생하였고, 파이프쿨링 미적용시 50℃내외, 파이프쿨링을 3일 적용시 36~38℃ 내외로 나타났다.
- 2) 온도균열지수는 파이프쿨링 미적용시 0.70, CASE1의 경우는 1.02, CASE2는 1.75, CASE3은 1.56으로 나타났다. 그래서 CASE2의 경우 과다 설계된 경향이 있고 CASE3의 경우가 가장 합리적이며, 기초에서 주로 적용하는 70~80cm보다는 좁은 간격으로 파이프를 배치해야 효과적일 것으로 판단된다.
- 3) 냉각수의 통수기간은 최대온도 발생시간의 2배 이상으로 하고, 통수량은 난류를 만드는 유속의 4배 정도로 직경 25.4mm 강관의 경우는 1.0m<sup>3</sup>/hr 정도 되어야 충분한 냉각효과가 나타날 것으로 판단된다. 통수온도가 너무 낮을 경우 파이프 주위의 온도경사가 너무 커져 파이프 길이방향으로 균열을 유발 할 수 있으므로 이를 고려하여 설계에 반영하여야 한다. 또한 파이프의 길이는 180~360m정도가 가장 적절하고 파이프 배치 간격은 온도 응력 해석을 통해 결정하는 것이 가장 합리적이다.
- 4) 파이프쿨링 공법은 주로 기초구조물에 적용되어 왔으나, 지하차도와 발전소 수로의 벽체 등 종방향 길이가 비교적 짧은 구조물에서는 저발열 시멘트를 사용하는 만큼의 온도균열저감효과를 확보하는 대책이 될 수 있을 것으로 판단된다.

### 참고문헌

1. 오병환, 신경준, 차수원, “매스 콘크리트 구조물의 파이프쿨링에 의한 냉각효과에 대한 분석”, 대한토목학회논문집 제22권 제1-A호, 2002
2. DIANA User's Manual, TNO Blding and Construction Research, 2002