

연직파이프쿨링 공법에 의한 사장교 주탑 매스 콘크리트 온도균열 제어

Thermal Cracking Control in Cable-stayed Bridge Pylon Mass concrete by Vertical Pipe Cooling Method

서태석 Tae Seok, Seo 최훈재 Hoon Jae, Choi 김삼수 Sam Soo, Kim 이근주 Kewn Chu, Lee 조윤구 Yun Gu, Cho
 현대건설 연구개발본부 현대건설 연구개발본부 현대건설 연구개발본부 현대건설 연구개발본부 현대건설 연구개발본부
 과장 사원 사원 대리 부장

1. 머리말

현대건설 연구개발본부는 합벽, 옹벽, 교량 주탑과 같이 수직으로 긴 매스콘크리트 구조물에 수화열로 인해 발생하는 온도균열을 제어할 수 있는 연직파이프쿨링 공법을 개발해 현장 적용에 성공하였다. 본 기사에서는 당사의 화양-적금 2공구 도로건설공사 화양대교 현장에 적용된 사례를 소개하고자 한다.

2. 연직파이프쿨링 공법 특징 및 개요

연직파이프쿨링 공법의 특징은 파이프를 수직 방향으로 설치하고 냉각수를 주입해서 콘크리트의 온도균열을 줄이는 공법으로 구조물의 형상에 맞춰 파이프를 수직 방향으로 설치하므로 현장 적용성이 뛰어나며 적극적인 온도균열제어가 가능하다는 장점이 있다. 연직파이프쿨링 공법의 개발로 파이프 설치상의 문제를 극복하여 기초구조물에만 적용되었던 파이프쿨링 공법을 수직으로 긴 매스콘크리트 구조물에도 적용할 수 있게 되었다.

본 공법은 U자형으로 스테인리스 파이프를 구부린 후, 대상 구조물에 연직 방향으로 파이프를 설치하고, 각 파이프는 유연한 재료(고무호스, XL 파이프 등)로 연결하여 냉각수 주입으로 콘크리트의 수화열을 줄이는 공법이다(그림 1).

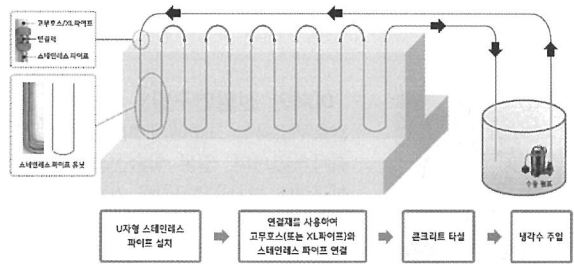


그림 1. 연직파이프쿨링 공법 개요

표 1. 공사 개요

공사명	화양-적금 2공구 도로건설공사
위치	전라남도 여수시 화양면 장수리~화정면 조발리
발주처	익산지방국토관리청
설계	유신코퍼레이션
시공사	현대건설
공사기간	2011. 12. 14. ~ 2019. 11. 01.(96개월)
형식	3경간 콘크리트 사장교



그림 2. 화양대교

3. 공법 적용 사례

3.1 공사 개요

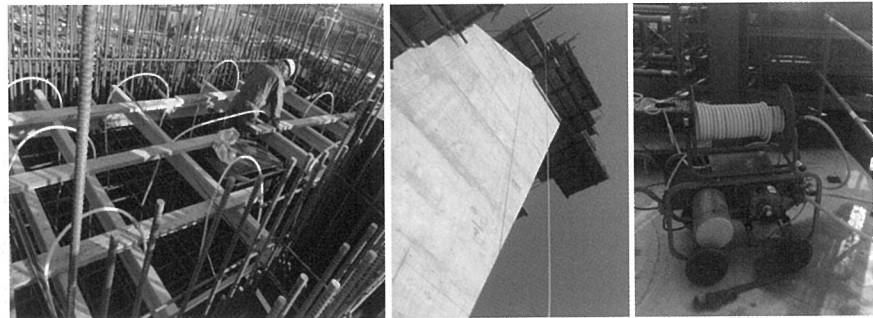
화양-적금 2공구 도로건설공사 화양대교 현장에 대한 공사 개요는 <표 1>과 같다.

3.2 적용 대상

화양대교 주탑 12~13로트는 매스콘크리트 구간으로서 수화열을 고려하여 애초 2m씩 타설하는 것으로 계획되어 있었지만, 공기단축을 목적으로 타설 높이가 2m에서 4m로 변경되었다(그림 3). 하지만 이 경우 수화열에 의한 온도균열 발생이 우려되기 때문에 온도균열 발생을 최소화하기 위한 대책으로 연직파이프쿨링 공법을 적용하였다. 수화열 해석 전용 프로그램인 DIANA를 이용하여 파이프 설치 간격과 냉각수 주입 시기를 결정하였다.

3.3 파이프 설치, 냉각수 주입 및 온도계측

<그림 4>에 파이프 설치 및 냉각수 주입 상황을 나타내었다. 지름 20mm의 스테인리스 주름관을 이용하여 9,700mm 길이로 절단한 후 U자형으로 구부려서 구조물에 700mm 간격으로 설치하였고, 각각의 주름관 상단은 냉각수 흐름을 위하여 XL 파이프로 연결하였다. 냉각수로



(a) 파이프 설치 (b) 냉각수 주입 상황 (c) 고압펌프

그림 4. 파이프 설치 및 냉각수 주입

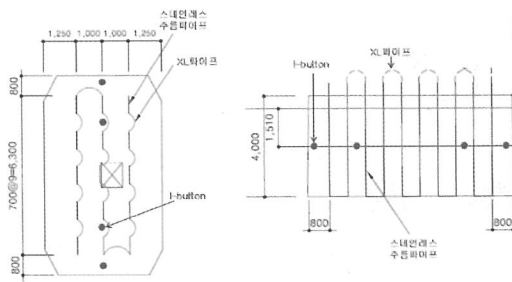


그림 5. I-button 설치

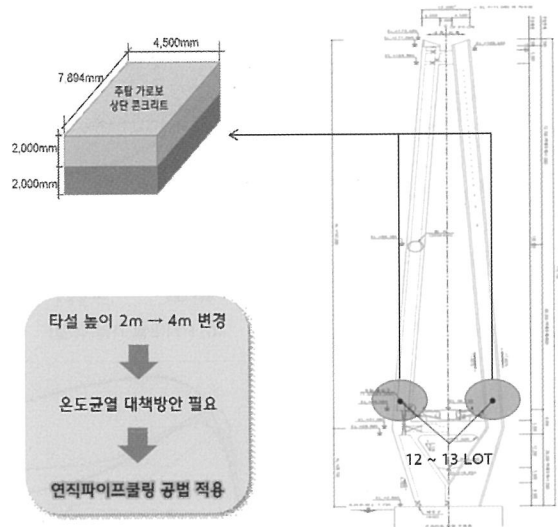


그림 3. 적용 대상 주탑 콘크리트

바닷물을 활용하였으며 고압 펌프로 주입하였다. 또한, 콘크리트 수화열을 계측하기 위하여 콘크리트 표면과 중심부 부근에 2개씩 I-button을 설치하였다(그림 5).

3.4 적용 결과

2016년 3월 7일부터 28일까지 총 22일 동안 4개의 구

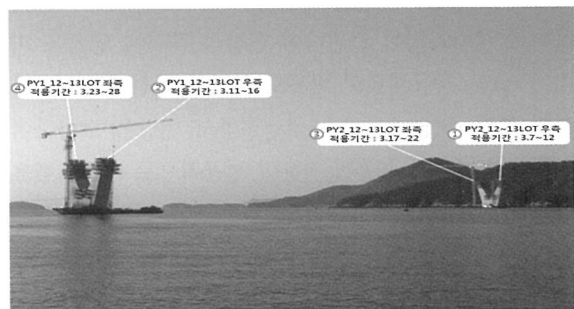


그림 6. 연직파이프쿨링 공법 적용 기간

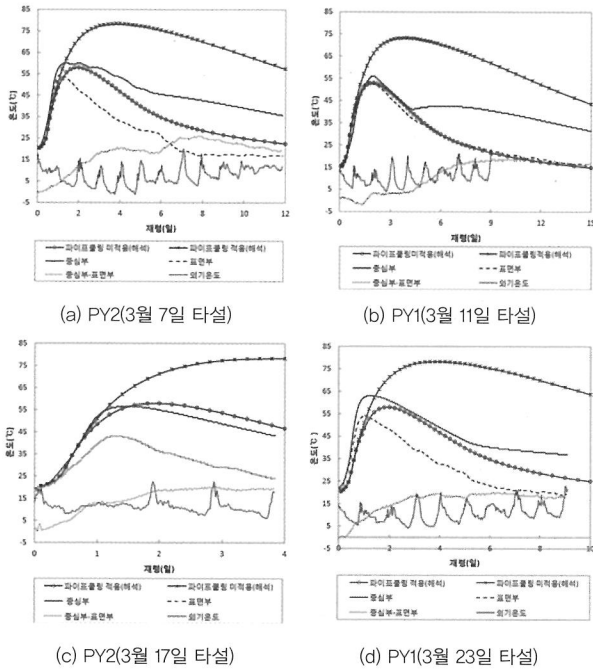


그림 7. 온도계측 결과

간에 연직파이프쿨링 공법 적용을 성공적으로 완료하였으며<그림 6>, 온도계측 결과를 <그림 7>에 나타내었다.

해당 구조물의 수화열 최고온도 해석 값과 온도계측 값을 비교한 결과, 본 공법 적용으로 수화열 최고 온도를 20℃ 정도 낮출 수 있으며, 콘크리트 중심부와 표면부의 온도 차도 20℃ 수준으로 제어되었다. 본 공법 적용 완료 후 균열조사를 한 결과, 균열 폭이 0.1mm 미만의 표면 균열만 발견되었다.

4. 맺음말

본 공법은 국내 토목, 건축 공사의 합벽, 옹벽, 교량 주탑과 같이 수직으로 긴 매스콘크리트 구조물에 적용 시 콘크리트 온도균열을 제어하는 데 효과적이다. 또한, 파이프 설치과정이 간편하여 현장의 공정에 영향을 미치지 않고, 사용재료의 비용도 저렴한 장점이 있다. 당사의 화양-적금 2공구 도로건설공사 현장을 포함하여 현재까지 총 6건의 공법 적용이 성공적으로 이루어졌으며, 추후 다양한 구조물에 활용될 것으로 전망된다. □

담당 편집위원 : 이성태(인하공업전문대학) yist@inha.ac.kr



서태석 과장은 일본 오사카 대학에서 콘크리트 수축균열 예측 및 제어에 관한 연구로 박사학위를 취득하고, 2012년부터 현대건설 연구개발본부에서 재직하고 있다. 주 관심 연구분야는 건조수축균열 제어 및 매스콘크리트 수화열 제어이며, 현재 건축품질시험기술사로서 다수의 국내외 건설 프로젝트 업무를 담당하고 있다. 우리학회 학회지편집위원회 위원으로 활동하고 있으며, 콘크리트 분야 사내강사로서도 활동하고 있다.

tsseo@hdec.co.kr



최훈제 사원은 고려대학교 건설사회 환경공학과에서 석사학위를 취득하고, 2015년부터 현대건설 연구개발본부에서 재직하고 있다. 주 관심분야는 콘크리트 수축균열 제어와 내구성이고, 현재 다수의 국내외 건설 프로젝트에 참여하고 있으며, 우리 학회 보수보강위원회 위원으로 활동하고 있다.

chj612@hdec.co.kr



김삼수 사원은 한양대학교 건설환경 공학과에서 석사학위를 취득하고, 2014년부터 현대건설 연구개발본부에 재직하고 있다. 주 관심분야는 콘크리트 수화열 제어 및 내구성이고, 현재 다수의 국내외 건설 프로젝트에 대한 기술지원을 수행하고 있다.

kim3soo@hdec.co.kr



이근주 대리는 연세대학교 사회환경 시스템공학부에서 석박사통합과정에 재학 중이며, 2009년 한국건설생활환경시험연구원에 입사하여 근무하였고, 2012년부터 현대건설 연구개발본부에서 재직하고 있다. 콘크리트 재료분야 특히 슬래그 실용화, 경량콘크리트, 펌프압송 분야를 연구하고 있고, 현재 국내외 건설 프로젝트에 참여하고 있으며, 우리 학회 고성능 콘크리트위원회 위원으로 활동하고 있다.

kc.lee@hdec.co.kr



조윤구 부장은 서울대학교 토목공학과에서 박사학위를 취득하고 1998년부터 현대건설 연구개발본부에서 재직하고 있다. 주 관심 연구분야는 콘크리트 재료, 특히 슬래그 활성화 분야와 내구성 분야이고, 현재 다수의 국내외 건설 프로젝트의 콘크리트 재료분야 총괄업무를 담당하고 있으며, 우리 학회 매스콘크리트위원회 위원으로 참여하고 있다.

yungu.cho@hdec.co.kr