

열풍기 이용 콘크리트 보온양생 성능 개선 방안 분석

A Study on the Improvement of Thermal Curing Performance of Concrete Using Hot Air Blower

최지수¹ · 김상엽² · 송진희³ · 조홍범⁴ · 이규남^{5*}

Choi, Ji-Su¹ · Kim, Sang-Yeop² · Song, Jin-Hee³ · Cho, Hong-Beom⁴ · Rhee, Kyu-Nam^{5*}

Abstract

In winter, low outdoor temperature can cause reduction of concrete strength. Therefore, thermal protection is required when curing concrete in winter to maintain a certain level or higher surface temperature. Accordingly, in domestic construction sites, a curing method in which surrounds casting areas by tents and operates hot air blowers are widely applied. However, local low-temperature areas may occur due to airtightness of the curing tents. If additional heat is supplied to prevent occurrence of local low-temperature areas, energy consumption increases. Therefore in this study, a plan for improvement method of concrete curing was considered and the performance was evaluated through numerical analysis. A plan to improve the airtightness of the wall opening was applied, but the analysis showed that if only a part of the curing area is shielded, the temperature of the unshielded area decreases, making it inappropriate to improve curing performance.

키 워 드 : 콘크리트 양생, 동절기, 열풍기, 전산유체역학

Keywords : concrete curing, winter, hot air blower, CFD

1. 서 론

1.1 연구의 목적

콘크리트의 양생 시 지나치게 낮은 온도는 강도발현에 영향을 줄 수 있으므로 동절기 양생 시 양생 영역의 온도를 일정 이상으로 유지해야 한다. 현재 국내 건설현장에서는 일반적으로 타설층(이하 양생층)을 포함한 3개층을 천막으로 둘러 싸는 양생 가옥을 구축하고 양생 가옥의 손실 열량만큼의 열량을 공급하는 방법으로 양생하고 있다. 이 때, 양생가옥의 기밀도는 건물의 유형과 현장 상황에 따라 다르며, 천막 이음매를 통한 외부 기류 유입으로 건물 개구부 부근에서 저온 영역이 형성될 수 있다. 즉, 양생가옥의 손실 열량만큼 열량을 공급하더라도 국부적인 열 정체로 인해 양생 취약부위가 발생할 수 있게 된다. 현재 적정 양생 판별은 양생 공간 대표 측정점에서의 온도가 기준온도를 만족하는 경우 양생이 적절히 이뤄진 것으로 간주하나, 이는 열 정체로 인한 양생 취약부위를 파악할 수 없으며, 또한 건설 현장 특성상 모든 표면에서의 기준온도 확보 여부 판별은 현실적으로 어렵다. 만약 국부적 냉각을 방지하기 위해 열량을 추가 공급할 경우 급열 설비에 소요되는 에너지 소비량이 급증하게 된다. 따라서, 본 연구에서는 적정 양생 지침을 제시하기 위한 연구로서 수치 해석을 통해 양생 성능 개선을 위한 양생 대안을 수립하고 그 성능을 검토하였으며, 급열 보양 시 건물 내 열환경을 분석하였다.

2. 수치 해석 내용

2.1 수식 작성 조건

본 연구는 CFD 해석 프로그램(Star-CCM+)을 이용하여 경기도 광명시와 서울특별시에서 건설 중인 공동주택을 유형과 크기에 따라 벽식 공동주택 59㎡, 84㎡, 114㎡ 3개, 기동식 공동주택 84㎡ 2개로 총 5개 건물 유형에 대한 해석 모델을 제작하였다. 이 때, 해석 모델의 경계조건은 선행 연구에서 검증된 해석 모델의 경계조건에 따라 건물의 열 획득 및 열 손실이 발생하는 영역과 열교환 방식에 따라 설정하였으며, 양생가옥 벽면에서의 전열 손실, 양생가옥 기류 유입 및 유출, 열풍기 송풍면에서 토출되는

1) 부경대학교 대학원 건축·소방공학부, 박사과정

2) 부경대학교 대학원 건축·소방공학부, 석사과정

3) ㈜롯데건설 기술연구원 책임, 공학박사

4) ㈜롯데건설 기술연구원 수석, 공학박사

5) 부경대학교 건축공학과 부교수, 공학박사, 교신저자(knrhee@pknu.ac.kr)

열풍을 반영하였다. 양생가옥 벽면을 통한 기류 유입 및 유출은 양생가옥의 수직 벽면에서 균일한 유량이 출입하는 것으로 설정하였다. 이 때, 양생가옥 수직 벽면 중 건물 아래층의 바닥슬래브부터 양생층의 천장슬래브까지의 영역을 건물 영역, 양생층 천장슬래브부터 양생가옥 천장면까지의 영역을 양생가옥 영역으로 분류하였다. 양생가옥 남, 동쪽 수직 벽 2면에서 기류 유입, 북, 서쪽 수직 벽 2면에서 기류가 유출되는 것으로 설정하였다. 양생가옥 수직 벽에서 양생가옥 영역, 건물 영역을 제외한 부분은 기류 유동이 없는 벽으로 외부 조건에 따라 전열 교환이 발생하도록 설정하였다. 이 때, 양생가옥 벽면을 통한 기류 유동량은 각 영역 체적 기준 환기횟수(이하 ACH)에 따라 산정되었으며, 양생가옥 영역은 23 ACH, 건물 영역은 6 ACH가 적용되었다. 유입되는 외기 온도는 -5°C 로 설정하였다. 열풍기를 통해 공급되는 열량은 $30,000\text{kcal/h}$ 로 설정하였다.

일반적으로 시공 현장에서 양생층 실내 대표 지점에서의 온도가 기준온도를 만족하는 경우 양생이 적절히 이뤄진 것으로 간주하므로, 본 연구에서는 타설 영역 중 기준온도를 만족하는 비율이 높을수록 양생 성능이 우수한 것으로 판단하였다. 따라서, 양생 성능의 개선 대안은 양생 공간의 양생 취약부위를 해소하도록 수립하였다. 선행 연구에서 양생 가옥 내 열 손실은 이음매를 통한 기류 유입이 지배적 영향을 미치는 것으로 나타났으므로, 본 연구에서는 양생층 내부로 유입되는 기류 유량을 감소시키기 위해 벽면의 단계적 기밀성을 개선에 따른 3가지 대안을 수립하였다. 대안 0은 대안 적용에 따른 결과 비교를 위한 대조군이고, 대안 1은 양생층 외벽 개구부 면적 90%를 천막으로 차폐하여 기밀성을 개선한 경우이며, 대안 2는 대안 1에서 코어 측 바닥 개구부 면적을 50% 감소시킨 경우이다. 이 때, 양생 성능의 평가는 높이별 수평면과 전체 표면에서의 기준온도 불만족 비율로 평가하였다. 수평면의 경우 양생층 바닥슬래브로부터 높이 0.05m, 1.00m, 천장슬래브로부터 높이 0.05m 총 3개 위치에 대해 기준온도 10°C 불만족 비율을 측정하였으며, 표면의 경우 양생층 바닥슬래브 면적을 제외한 모든 표면에 대해 기준온도 10°C 불만족 비율을 측정하였다.

2.2 수치 해석 결과

해석 결과, 두 건물 유형에서 대안에 상관없이 가열된 공기가 상승하여 상부에 정체되면서 온도 성층화가 나타났다. 이에 수치적으로는 온도 차가 있지만, 수평적으로는 높이가 같아 대체로 유사한 온도분포가 형성되었다. 벽면 개구부 기밀성을 개선(대안 1)할 경우 코어 측을 제외한 대부분의 실내 공간은 효과적으로 온도가 상승하였으나, 실내 공간 내에서도 성층화로 인해 상부로 열이 정체되고 하부에 상대적으로 낮은 온도가 형성되었다. 또한, 실내 및 코어 측 바닥개구부에서 국부적 양생 취약부위가 형성되었다. 이에 코어 측 바닥개구부 기밀성을 개선할 경우(대안 3) 코어 측 온도가 소폭 상승하나 양생 취약부위를 해소하지는 않았다. 각 대안의 단계적 기밀성 개선에 따라 수평면 기준온도 불만족 비율은 점진적으로 감소하였으나 건물 표면에서의 기준온도 불만족 비율은 오히려 증가하는 경향이 나타났는데, 이는 건물 내부에만 열이 정체되면서 양생층 외벽 표면에 노출되는 열이 감소하였고, 건물 내부 표면의 불만족 비율 감소에 비해 외부 표면의 불만족 비율의 증가폭이 더 커 전체 표면에서의 불만족 비율이 증가한 것으로 사료된다.

3. 결 론

본 연구에서는 수치 해석을 통해 양생 성능 개선 대안 적용 시 건물의 열 환경을 분석하였다. 건물 기밀성 개선을 위해 벽면 개구부를 차폐하는 대안을 적용하였으며, 대안 적용에 따른 양생 성능은 1m 높이 수평면과 전체 표면에서의 기준온도 불만족 비율로 평가하였다. 분석 결과, 기밀성 개선에 따라 건물 내부에 열이 정체되면서 내부 체적의 온도는 상승하나 상대적으로 건물 외부의 열 정체가 감소하여 오히려 전체 표면의 불만족 비율이 증가하였다. 수평면에서의 불만족 비율 평가는 양생 성능을 명확히 반영하기 어려운 것으로 나타났다. 본 연구는 제한된 형상 및 경계조건, 평가 방법에 대해 수행되었으므로, 차후 건물 유형, 경계 조건, 벽 면적 대비 개구부 비율 등 다양한 변수를 반영한 해석을 수행할 예정이다.

감사의 글

이 연구는 2020년도 (주)롯데건설의 연구비 지원에 의한 결과의 일부임.

참고 문헌

1. 강호영, 한승구, 김영선, 남정수. 러시아 하바로브스크 계룡건설산업(주) 리슈빌 신축공사 현장 - 동절기 극한 환경에서의 콘크리트 타설 사례, 한국콘크리트학회지, 21호, pp.62~66, 2009