

# 근적외선과 열화상 기법을 이용한 콘크리트 내부 공극 검출

## Non-destructive evaluation technology using infrared thermography and near infrared heating for detecting inside-defects of concrete structures

심 준 기\*                  지 광 습\*\*                  이 종 세\*\*\*  
Sim, Jun Gi              Zi, Goangseup              Lee, Jong Seh

---

### ABSTRACT

Near infrared heating as an alternative to the conventional heating techniques for thermography -NDT is tried in this paper. A concrete specimen containing a defect was heated by the near infrared ray and the thermography-NDT technique was applied. Using a dimensionless temperature, the defects were detected. It was found that the near infrared ray could efficiently heat up the concrete specimen compared to others conventional methods like lamps, heat flow, etc.

### 요 약

콘크리트의 내부 공극을 검출로 열화상기법 적용시 일반적으로 쓰이는 열원인 자연광, 할로겐램프, 열풍과 달리 본 논문에서는 근적외선 히터를 이용하였다. 이 기법에 의한 실험 결과를 각 공극 깊이와 공극 크기별로 무차원 상대 온도로 나타내어 콘크리트 내부 공극의 식별 가능 여부를 조사하였다. 본 실험의 결과, 할로겐램프나 원적외선램프 열원에 비하여 대상 물체를 단시간 내에 가열하여 콘크리트 내부 공극 검출 시간이 상대적으로 짧은 것으로 확인되었다.

- 
- \* 정회원 · 고려대학교 건축사회환경공학과 석박사통합과정  
\*\* 정회원 · 고려대학교 건축사회환경공학과 조교수  
\*\*\* 정회원 · 한양대학교 건설환경시스템공학과 교수

## 1. 서론

외부에서 대상 물체에 동일한 열이 가해 졌을 때, 서로 다른 성질의 대상 물체는 상이한 적외선이 방출된다. 이러한 차이로 결함을 검출하는 기법이 열화상 기법이다[2]. 이러한 열화상 기법을 적용하기 위한 가열 방법에는 크게 자연 상태의 열을 이용한 방법과 인위적으로 열을 가하는 방법이 있다[5]. 자연광을 이용한 경우, 인공 열원과 다르게 비교적 깊은 결함을 검출할 수 있는 반면 불규칙한 온도 변화와 주변 환경의 영향을 받아 빠른 검사로는 부적합하다. 그러나 인공 열원을 사용시, 일정한 온도로 대상 물체를 가열하고 열원에 따라 검사 시간이 단축될 수 있다[1]. 이에 최대한 빠른 시간에 깊은 결함까지 검출할 수 있는 열화상 기법이 필요하다. 이러한 열화상 기법을 제시한 선행 연구로는 램프를 이용해서 콘크리트 표면에 열을 가하여 콘크리트 내부 결함을 검출한 연구가 있다[3][4]. 본 실험에서는 기존 선행 연구와 다르게 단시간에 큰 온도상승을 할 수 있는 근적외선을 이용하여 빠른 시간에 콘크리트 내부 공극을 검출하는 열화상 기법을 제안한다.

## 2. 실험 개요

본 실험의 목적은 다양한 크기의 콘크리트 내부 공극을 빠르게 검출하기 위한 열화상 기법을 제시하는 것이다. 이에 표 1과 같은 고감도 열화상 카메라와 0.1초 이내에 약 1900℃까지 온도가 상승 되는 1800W급 근적외선 히터가 열원으로 사용된다.

표 1. 열화상카메라(A40M) 사양

순간 시야 각(mrad)	온도 민감도(℃)	스펙트럼 범위(μm)	이미지 주파수(Hz)
1.3	30에서 0.08	7.5 ~ 13	50 또는 60

### 2.1 시험 공시체의 제작

본 실험에서 사용된 시험 공시체는 그림 1과 같이 지름 2, 4, 6, 8cm에 높이 1cm인 원판형 공극을 콘크리트 표면으로부터 깊이 1, 2, 3cm에 위치하도록 제작되었다. 이 때, 쓰인 콘크리트는 골재 치수 20mm, 물시멘트비 55%, 슬럼프 11cm로 보통 콘크리트를 사용하였다[1].

### 2.2 내부 공극의 측정 방법

시험체로부터 수평거리로 84cm 떨어진 위치에 근적외선 히터와 열화상 카메라를 위치시킨다. 먼저 열원인 근적외선 히터로 대상 시험체를 180초 동안 가열하면서 열화상 카메라로 대상 시험체를 촬영한다. 가열이 끝난 후, 180초 동안 연속하여 대상 물체를 열화상 카메라로 촬영한다. 열화상 실험 결과는 식(1)의 무차원 그래프를 사용한다[1,2].

$$\Delta T = \frac{T_s - T_d}{T_s} \quad (1)$$

$T_d$ 와  $T_s$ 는 각각 결함과 주변 온도를 나타낸다.  $\Delta T$ 는 상대적인 무차원 온도 변화이다.

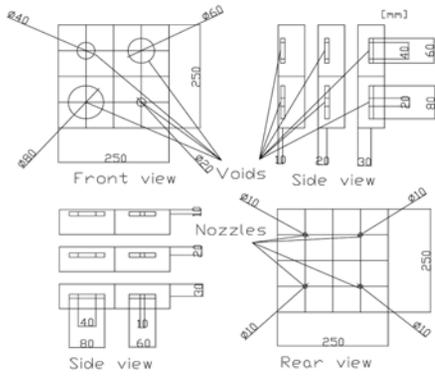


그림 1. 내부 결함 콘크리트 시험체

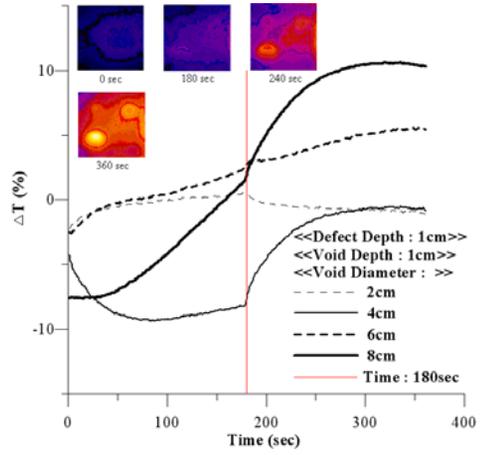


그림 2. 근적외선 무차원 그래프

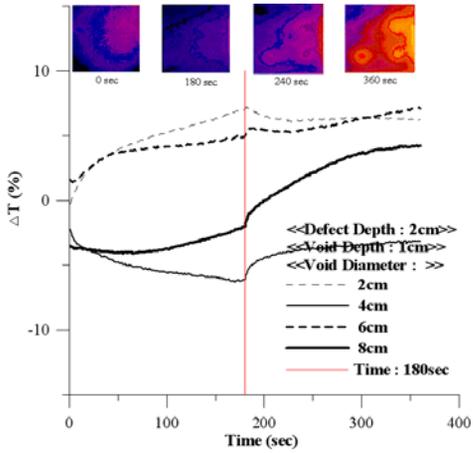


그림 3. 근적외선 무차원 그래프

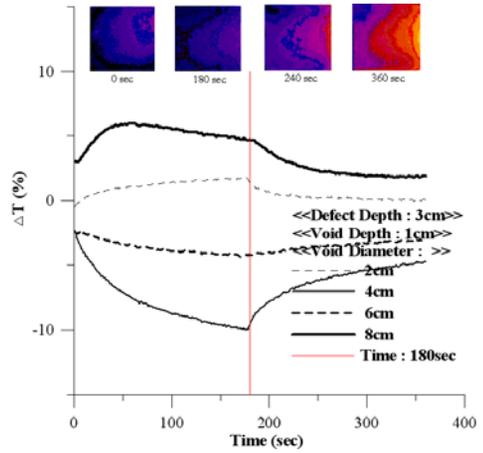


그림 4. 근적외선 무차원 그래프

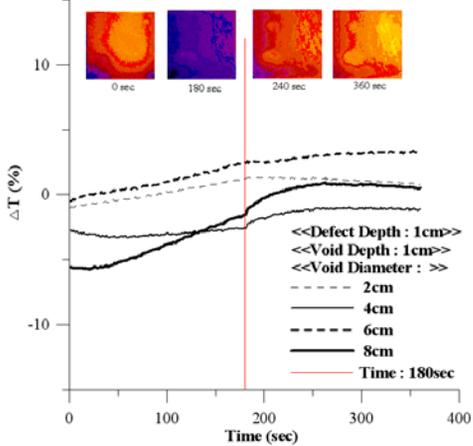


그림 5. 할로겐램프 무차원 그래프

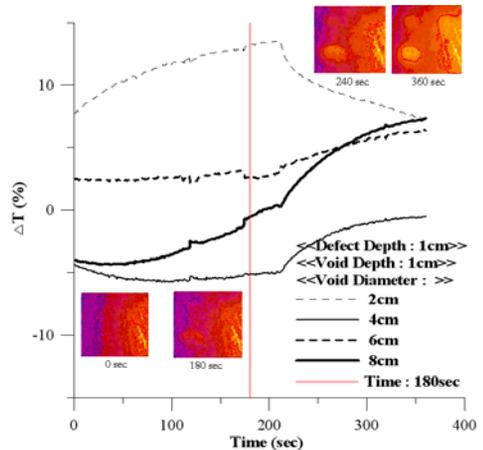


그림 6. 원적외선 무차원 그래프

### 3. 실험 결과 및 토의

공극 깊이 1cm인 콘크리트 시험체의 경우, 공극 지름 4cm까지 결함이 검출되었는데 이는 그림 2의 무차원그래프 상에서 가열이 끝난 10초 후 각 공극 크기별  $\Delta T$ 의 급격한 변화로 나타난 결과이다. 또한 열화상을 통해서도 무차원 그래프와 동일한 양상을 보이는 것을 확인할 수 있다. 이와 같은 방법으로 공극 깊이 2cm인 콘크리트 시험체에서는 공극 지름 6cm까지 결함이 검출된 것을 알 수 있다. 공극 깊이 3cm에서는 결함이 검출되지 않았는데 이는 그림 3의 열화상과 무차원그래프를 통해 확인할 수 있다. 같은 조건하에서의 본 실험을 공극 깊이 1cm인 콘크리트 시험체에 대해서 할로젠램프와 원적외선램프를 열원으로 사용한 실험과 비교하였을 때 근적외선램프가 할로젠램프보다는 민감도가 우수하며 원적외선램프보다는 더 빠른 검출을 보였다. 그림 5에서의  $\Delta T$ 의 완곡한 변화와 그림 6에서의 가열 직후 약 40초 후의 결함 검출 반응은 이를 뒷받침한다. 그러나 모든 대상 물체에 열원으로 근적외선을 사용한 열화상 기법을 적용하는 것은 시기상조인 것으로 판단된다. 근적외선은 복사열을 사용하지 않고 대상물체를 가열하므로 0.1초 이내로 짧은 시간에 고온 약 1900℃까지 상승한다. 이러한 고온은 대상 물체의 손상을 일으킬 수 있다. 따라서 FRP나 플라스틱과 같은 비교적 열에 민감한 물체에 대한 열 손상 검출 연구가 필요하다.

### 감사의 글

이 논문은 2008년도 건설교통부 건설기술혁신사업 “레이더와 열화상 카메라를 이용한 콘크리트 비파괴시스템 개발”(과제번호: 05 첨단융합 B01) 및 05 기반구축 D04-01의 연구비 지원으로 이루어졌습니다.

### 참고문헌

1. 심준기, 지광습. (2007). “콘크리트의 내부 공극 결함 진단을 위한 최적 서모그래피 기법 적용” in 2007년도 대한토목학회 정기 학술대회, 3072-3075, 대구전시컨벤션센터, 2007.10.10 - 2007.10.12.
2. 지광습, “레이더와 열화상 카메라를 이용한 콘크리트 비파괴 검사 시스템 개발”, 교량검사로봇개발사업단 2차년도 연구보고서, 2007.
3. Carosena, M. and Giovanni, M. C. (2004). “Recent advances in the use of infrared thermography”, Measurement science & technology, R27-R58.
4. Kamoi, A. Okamoto, Y. Vavilov, V. (2004). “Study on detection limit of buried defects in concrete structures by using infrared thermography”, Key engineering materials, pp.270-273: 1549-1555, Part 1-3.
5. Meola, C. Carlomagno, G. M. (2006). “Application of infrared thermography to adhesion science”, Journal of adhesion science and technology, pp.589-632.