

적외선 탐사기를 이용한 외벽열화 진단시스템의 평가기법 향상에 관한 연구

A Study on the Improvement of Evaluation Method of Diagnosis-System for
Exterior-Wall Deterioration by Infrared Thermography

김무한* 권영진** 강석표***
Kim, Moo-Han Kwon, Young-Jin Kang, Suk-Puo

Abstract

It is difficult to estimate for deterioration of exterior wall by infrared thermography, because of amount of infrared-ray radiation effected by environmental factors such as temperature properties of materials, the outside air and the amount of solar radiation.

Therefore we measured the distribution of temperature by times in the same reinforced-concrete structure in order to reduce problems, occasioned by environmental factors, then we analyzed physical influence factors of the infrared thermography. It is the aim of this study to suggest basic data with regard to method of estimation-system for deterioration of exterior wall in reinforced-concrete structures.

Key words : infrared thermography, deterioration of exterior wall, reinforced concrete structures, diagnosis system, evaluation method

1. 서 론

건축 구조물의 경시에 따른 외벽마감재 탈락, 급수관의 적수, 누수 등 구조물의 성능저하에 대한 대책이 사회적 관심사로 부각됨에 따라 이러한 열화상황을 조기에 파악하여 사전에 보수방법을 입안하는 보수대책과 열화상황을 조사하는 기술의 연구 개발이 요구⁽¹⁾되고 있다.

이러한 열화탐사 기술의 일환으로 적외선에 의한 온도분포를 통해 구조물 외벽의 열화현상을 진단하는 적외선 탐사법이 최근 관심을 모으고 있다.

국내의 경우 적외선 열화상 측정장비는 80년대 도입되기 시작되면서 설비진단과 에너지 진단분야에 활용되어 오고 있으며^{(2),(3),(4)}, 구조물 안전진단 분야로의 활용은 아직 미비한 상태이지만, 향

* 정희원, 충남대학교 건축공학과 교수, 공학박사

** 정희원, 쌍용엔지니어링 리프리트 팀장, 공학박사

*** 정희원, 충남대학교 건축공학과 대학원

● 본 논문에 대한 토의를 1999년 9월 30일까지 학회로 보내 주시면 1999년 10월호에 토론결과를 게재하겠습니다.

후 콘크리트 구조물 등의 열화진단 뿐만아니라 개수설계, 적산·건적에 큰 역할을 담당할 것으로 판단된다. 그러나, 구조체 및 노후화 부분에서의 적외선 방출량은 재료의 열적 특성 및 외기온, 일사량, 주변환경 등 여러요인에 의해서 변화하기 때문에 적외선 탐사를 통한 측정결과를 판단하는데 문제점으로 제기되고 있다.

이에 외적 영향요인을 고려하여 대상구조물의 시간대별 측정결과를 차감함으로써 건전부와 결함부의 온도차를 증폭시켜 진단에 정밀도를 높이는 기술이 제안되고 있다.

따라서 본 논문에서는 적외선 탐사기법에 관한 기존의 이론적인 것을 정리하고, 콘크리트 구조물 외벽 온도분포를 여러 시간대별로 측정한 후 적외선탐사의 물리적 영향요인을 검토하였다. 또한 시간대별 측정결과와 차감화상을 통해 외벽열화 정도를 평가함으로써 향후 적외선 탐사기를 사용한 외벽열화 평가 시스템의 신뢰성 구축을 위한 기초자료를 제시하고자 한다.

2. 적외선 탐사법의 특징 및 적용범위

2.1 적외선 탐사법의 특징

절대온도 0℃이상의 온도를 갖는 물체는 그 표면으로부터 적외선을 방출하고 있다. 그리고 그 방출량은 물체의 온도와 엄밀한 관계를 갖고있는 것이 알려져 있고, 물체로부터 방출되는 적외선량을 측정함으로써 그 물체의 온도를 알 수 있다. Fig 1에서 보는바와 같이 콘크리트 표면근처에 공동이 존재하거나 건물 외벽의 타일과 모르터에 박리가 존재하면 건전부와 해당 결함부에서는 1 일기온변화에 따른 온도상승 또는 하강 형태가 다르고, 특정시간대를 빼고서는 건전부 외표면과 결함부 외표면에는 온도차가 생긴다. 이 온도차이를 화상처리함으로써 결함부 발견이 가능한 것이다. 그러나 박리부와 건전부 사이에 충분한 온도차를 나타내기 위한 일사 및 외기온의 변화가 없으면 탐사는 불가능하다. 또한 인접건물 및 벽면

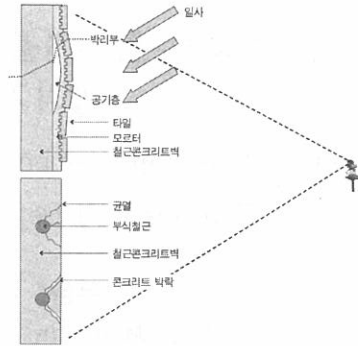


Fig. 1 적외선 탐사법의 원리

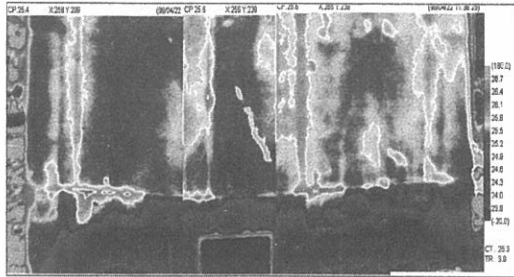
의 요철, 이물질 등에 의해 일사가 벽면에 균등하지 않을 경우 그 부분에 관해서는 진단의 정도가 저하하는 등 벽면의 상태에 따라 적용이 안되며, 또한 진단벽면과 촬영위치 사이에 수목 등의 차폐물이 있으면 그 부분은 진단 할 수 없는 등 타진법에 비하여 제약이 많다.

Table 1은 일반적인 타진법과 비교한 적외선 탐사법의 특징을 나타낸 것이다.

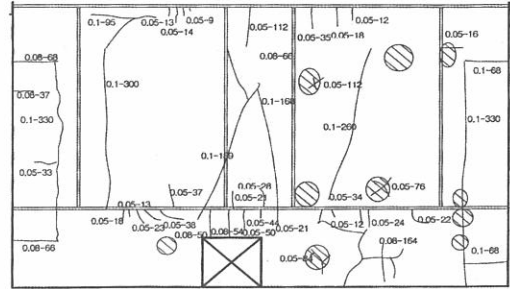
적외선탐사법의 최대 특징은 벽면에 대하여 간접적으로 큰 면적을 진단할 수 있으며 진단결과를 열화상으로 직접 가시화한 형태로 얻는 것도 다른 진단법에서는 찾아볼 수 없는 큰 장점이다. 또한 비접촉이므로 타진법과 같이 가설비계 및 곤도라를 필요로 하지 않고 비교적 단시간에 큰 면적을 측정할 수 있으므로 현장작업 또한 적은 인원으로 가능하다.

Table 1. 타진법과 적외선 탐사법의 비교

	적외선 탐사법	타진법
작업비계	불필요	필요
기 후	맑은날씨	제약없음
진단시각	방위에 따라 최적시간이 상이	제약없음
소용인원	1~2인/일	수인×수일
정밀도	기후, 마감재 사용기종 및 진단자의 능력에 좌우됨	경험에 의해 판별가능



적외선 탐사



타진법

Fig 2. 적외선 탐사법과 타진법에 의한 측정결과

Fig 2는 대전지역 철거대상 아파트 외벽을 대상으로 동일한 부위에서 타진법에 의한 외벽 열화도와 적외선 탐사에 의한 열화상을 비교한 것으로써 거의 유사한 진단결과를 나타내고 있다.

적외선 탐사에 의한 열화상 결과에 있어서는 온도분포가 25~26℃로서 정상부위(녹색)와 문제부위의 온도차이가 약 1℃를 나타내고 있다. 열화상에서 수직으로 균열을 따라 흰색영역내 주황색부분으로 나타나 있는 부분이 들뜸현상이 나타나고 있는 부분으로 판단된다. 이것은 타진법에 의하여 측정된 균열부위 및 들뜸부위와 거의 유사하게 나타나고 있음을 알 수 있다. 그러나 지하층부위는 외기와 접한 부위와 지하실 내부 온도차이로 인한 열량 차이로 타진법과 열화상 결과는 상이하게 나타나고 있다.

2.2 적외선 탐사법의 적용

1) 적용 건축물

적외선 탐사법을 적용할 수 있는 건축물로서는 RC조, SRC조의 건물에 있어서 타일마감, 모르타마감에 적용할 수 있다.

2) 건축물의 조건

건축물의 규모는 적외선 카메라의 검지정도, 촬영거리, 양각등에 따르지만 중고층빌딩(15층정도)의 높이 45m도까지 측정할 수 있다. 촬영거리는 적외선 카메라의 측정시야각과 화상분해능력에 따라 다르지만 표준적으로는 15~20m가 이상적이다.

건물 형태에 따라서는 특별한 제한은 없지만 적외선 카메라와 건축물과의 각도한계는 45°이며, 또한 수평방향의 진각의 한도는 30°이기 때문에 한도를 넘는다고 예상되는 경우 적외선 카메라의 위치를 수평이동, 상하이동이 필요하다. 또한 각각의 촬영을 행할 경우 촬영점과 대상물 측정과의 연결거리를 촬영거리고 한다.

3) 기상조건

기상은 맑은 날이 좋지만 흐린날에서도 일사량 150kcal/m²·h가 얻어진다면 촬영가능하다. 바람이 강한 날에는 화상이 흔들려 오진을 하기 쉽기 때문에 피하는 것이 좋다. 비가 오거나 비가온 후에도 벽면이 젖어있는 경우에는 촬영을 피하는 것이 좋다.

4) 최적 촬영조건

본 탐사기를 촬영하는데 적합한 시간대는 박리부와 건진부의 온도차가 최대에 가까운 시간대이므로 박리부쪽이 고온이 될 경우는 날씨가 좋을 때에는 각 벽면이 받는 일사량이 거의 최대치로 될 때이나 동쪽면의 경우에는 약간 늦고 서쪽면은 약간 빠르게 된다.

한편 박리부쪽이 저온으로 될 경우는 일몰후 약 2~3시간 사이이며 변화는 거의 없다. 북쪽면 또한 인접 건물 등으로 인하여 일사가 방해를 받는 경우에는 박리부가 고온으로 나타나는 하루중의 최고 기온시와 저온으로 나타나는 야간이 최적 시간대가 되므로 진단 대상 건물과 촬영벽면의 방위에 따라 미리 촬영 시간대를 생각해 내어

촬영하는 것이 좋다.

실제로 열화상을 촬영한 영상이 어느 정도의 기상조건하에서 촬영된 것인가를 명확히 한 후에 진단하는 것이 요망된다.

일반적으로 여름철보다는 겨울철이 대기의 투과율이 높고 높은 일사량을 얻을 수 있다.

3. 대상 구조물 및 적외선 탐사 개요

3.1 대상 구조물의 개요

기존 철근콘크리트조 아파트의 적외선 탐사법을 통한 외벽의 열화평가 대상 아파트는 철거중인 대전시 서구 가장동에 위치한 ○○아파트로서 아파트 개요 및 건축물 이력은 Table 2에서 보는 바와 같다.

Table 2. 조사대상 아파트의 개요

방식	구조 형식	호수	층수	준공 년월일	누수 시기	도장 시기
계단식	조립식 RC조	1380	5	1980.3-6	1984	88.9-10

3.2 적외선 탐사 개요

본 측정은 1998년 4월 21일~22일 동안 이틀에 걸쳐 실시하였다. 또한 외기의 영향을 고려하여

동일건물을 대상으로 적외선 탐사를 5회 측정하였으며 본 측정에 사용된 적외선 탐사기는 Photo 1에서 보는 바와 같다.



Photo 1. 적외선 탐사기

4. 측정 및 분석

본 연구에서는 구조체 및 열화부분의 적외선 방출량은 외기온 및 일사량, 주변환경 등 여러요인에 의해서 변화하기 때문에 여러 시간대별로 측정하여 분석의 정밀도를 향상시켰으며 Photo 2는 측정 대상구조물의 실화상 모습이다.

17시 21분에 촬영한 Photo 3의 온도분포는 24°C~27.7°C정도로 약 3.7°C의 온도차를 보이고

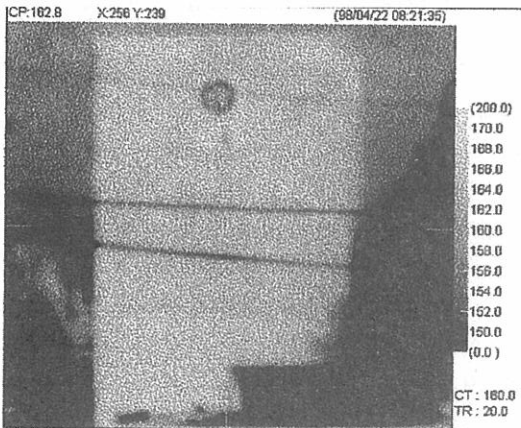


Photo 2. 대상 구조물

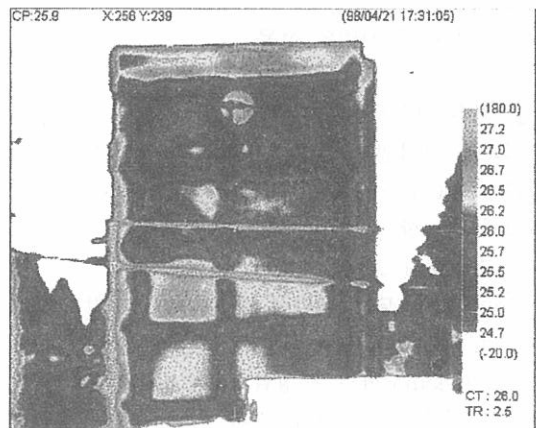


Photo 3. 시간대별 적외선 측정(4월 21일 17:21)

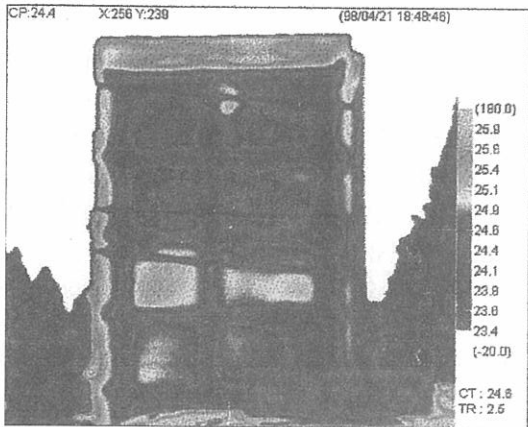


Photo 4. 시간대별 적외선 측정(4월 21일 18:48)



Photo 5. 시간대별 적외선 측정(4월 22일 08:14)

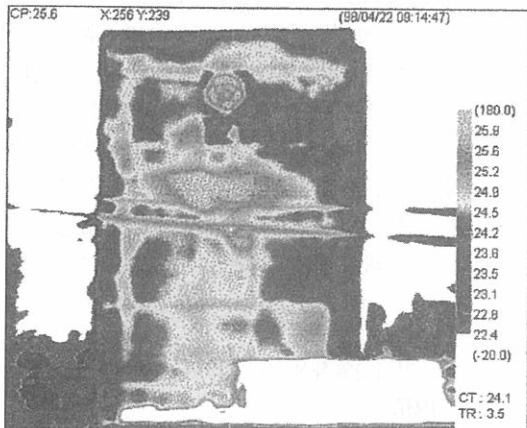


Photo 6. 시간대별 적외선 측정(4월 22일 09:14)

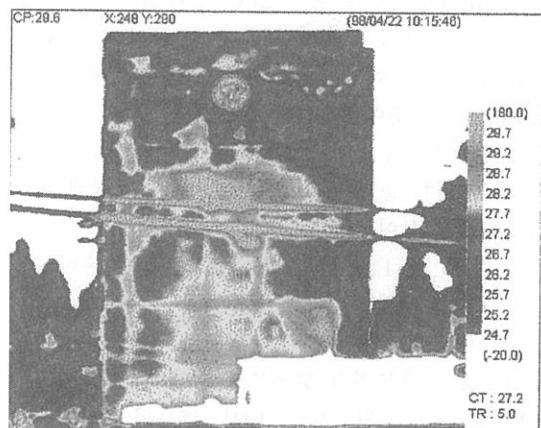


Photo 7. 시간대별 적외선 측정(4월 22일 10:15)

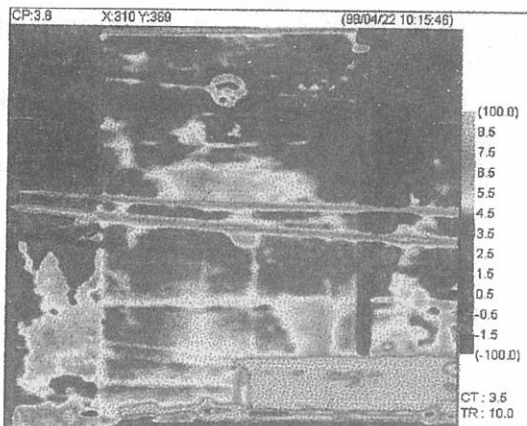


Photo 8. 차감화상

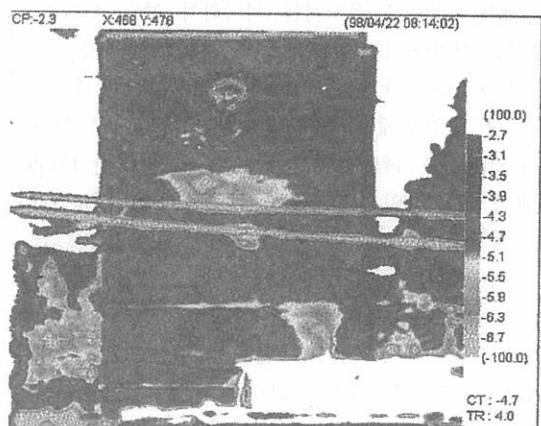


Photo 9. 차감화상

있어 상대적 고온부위 즉, 들뜸부로 판단할 수 있는 부위는 옥상의 파라펫 부분(붉은색)과 3층 좌측 외벽부분이라고 판단된다.

18시 48분에 촬영한 Photo 4는 Photo 3을 촬영한 후 1시간 20분 경과하여 촬영한 것으로 온도분포는 23.4℃~26℃정도로 전체적으로 Photo 3보다 약 1℃ 정도 낮아졌으며 Photo 3과 마찬가지로 옥상 파라펫 부분과 3층 좌·우측에서 상대적으로 고온부를 나타내고 있다. 그러나 Photo 3 및 Photo 4에 동일하게 나타나고 있는 좌측 가장자리 부분의 고온현상은 태양광의 반사에 의한 영향으로 판단된다. Photo 5~Photo 7은 Photo 3 및 Photo 4를 촬영한 다음날 각각 오전 8시, 9시, 10시대에 촬영한 것이다.

Photo 5의 온도분포는 21℃~25℃로 약 4℃의 온도차이 분포를 보이고 있으며, 전날의 화상과는 다른 양상을 보이고 있다. Photo 5의 붉은색 부분 및 노란색 부분이 상대적 고온부(들뜸부)로 3층과 4층 중앙부에서 심한 고온현상이 나타나고 있다고 판단되며, 층과 층의 경계부, 베란다 경계부에서도 고온현상이 보인다.

Photo 6 및 Photo 7은 Photo 4보다 기온이 상승함에 따라 온도분포가 상승했고, 고온부의 위치는 Photo 5와 동일하지만 범위가 확대되었으며, 또한 2층 우측부위가 고온부로 추가되었다.

Photo 8은 4월 22일 10시 15분의 촬영분인 Photo 7에서 4월 22일 8시 14분 촬영분인 Photo 5를 차감한 화상으로 온도차를 파악하여 여러 노이즈를 제거한 것이다. 1층과 2층 경계부 및 2층과 3층 경계부에서 온도차가 높게 나타나고 있으며 2층 우측부 및 4층 중앙부에서 높은 온도차가 나타나고 있다.

Photo 9는 4월 22일 10시 15분에 촬영한 Photo 6에서 4월 21일 18시 48분에 촬영분인 Photo 4를 차감함으로써 오전과 오후의 노이즈를 제거하여 보았다. 그 결과 Photo 8과 동일하게 1층과 2층의 경계부, 2층과 3층의 경계부, 2층 우측부, 4층 중앙부에서 높은 온도차를 보인것으로서 Photo 8 및 Photo 9의 화상은 모두 오전 9시 및 10시에 촬영한 화상과 동일한 유형이 나타났다.

5. 결 론

구조물 외벽의 열화도를 평가하기 위하여 적외선 탐사법을 적용한 본 연구에서 적외선 탐사시 작용하는 각종 영향요인을 고려하여 시간대별 측정을 하였다. 또한 측정결과와 정밀도를 높이기 위하여 시간대별 측정결과에 대한 차감화상을 적용한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 오전과 오후(5시, 6시)에 촬영한 화상의 온도분포 및 온도차가 서로 상이하였고, 각 시대의 촬영 상황은 위치 및 환경상 대상구조물에 직접 일사가 되지 않았기 때문에 정 확한 문제부위 판단에 어려움이 있었다.

2) 여러 노이즈를 제거하기 위한 차감처리 결과 1, 2층 경계부, 2, 3층 경계부, 2층 우측부 및 4층 중앙부에서 들뜸현상이 나타났으며, 차감화상과 오전 9, 10시 화상이 동일부위를 나타내고 있다.

3) 야간에는 문제부위(들뜸부)가 정상부보다 온도 하강속도가 커서 들뜸부위 온도가 낮으며, 일사를 받게되면 반대로 들뜸부에 존재하는 공기층의 온도로 인해 들뜸부위 온도가 높게 나타났다.

참 고 문 헌

1. 락노열, 적외선열화상 진단시스템(I)(II), 건설기술/쌍용, 1997.
2. 금강종합건설, 건축물의 단열설계 및 시공시스템 개발연구, 1997. 4
3. 대우건설, 적외선 열화상장치를 이용한 건물에너지 진단시스템에 관한 연구, 1994. 12
4. 西川 忠, 赤外線法による外壁剝離診断技術の基礎, 建築設備維持保全推進協會, 1994. 11
5. 적외선 탐사기술, 제 3회 안전기술세미나 자료집, 쌍용양회 보수사업팀, 1995, 10
6. 日本コンクリート工學協會, サーモグラフィー法に関するコンファシンス논문집, 1992
7. 권영진 외, 적외선 탐사기를 사용한 구조물 노후화 평가시스템의 구축, 한국구조물진단학회, 1997
8. 김무한 외, 적외선 탐사에 의한 타일박리 부위 모니터링에 관한 사례분석, 한국구조물진단학회, 1998y

(접수일자 : 1999. 3. 12)