적외선열화상 진단시스템(Ⅱ)

(Infra-Red Thermography Diagnosis System)

곽 노 열 / 연구개발부 대리

연 재 순 서

Ⅰ. 적외선열화상진단시스템
1. 적외선온도 측정
2. 적외선열화상 측정장비
3. 적외선열화 측정장비의 진단범위
4. 맺음말

Ⅱ. 적외선열화상진단시스템
1. 외장진단의 적용성 모색
2. 적외선열화상진단시스템(IRDS)
3. IRDS 운용방안
4. 맺음말

본고에서는 적외선열화상진단시스템 개요[1]에 대한 소개 에 이어 적외선열화상측정장치가 어떻게 정량적으로 활용될 수 있는가에 대한 구체적인 내용을 기술한다. 먼저 적외선열화상진단의 적용범위가 외장진단의 일부분이므로 외장진단에 대해 소개한 후 건축물의 외장부위를 중심으로 한 적외선열화상진단시스템의 단계별 작업내용을 제시한다.

1. 외장진단의 적용성 모색

1) 진단의 개념

진단(Diagnosis)[2]이란 구조물의 결함이나 기능을 판단하는 행위로 정의할 수 있다. 대상물이 건물이나 설비기기든 대부분 육안점검과 정밀점검 등의 방법으로 구조물의 성능저하 및 기기운전상태, 구성장치의 기능저하 결함을 조사하여 그 건전도를 평가하고 있으며, 적외선열화상진단시스템도 이상의 진단의 일반적인 방법론으로 실시한다.

2) 외장진단의 당위성

건물이 지속적으로 사용되도록 품질을 유지하기 위해서는 노후화된 부분을 수선할 필요가 있고, 이것이 건물을 장기간 보존할 수 있는 조건이 되기도 한다. 건물을 건전한 상태로 유지시키기 위해서는 건물에 대한 조사진단을 통해 노후화된 부분을 손질하는 것이 중요하다.

이 조사진단을 통해 건물의 열화를 사전에 방지할 수 있는 방안을 수립할 수 있다. 최근 각 시설물에 대해 의무적으로 수행하고 있는 구조물 안전진단과 병행하여 노후화된 구조물의 사용성과 내구성을 합리적으로 재생하기 위한 외장진단의 필요성이 증대하고 있고, 장차 국내건설시장에서 대규모 시장이 형성되리라 예상되는 리폼사업의 기반기술 축적을 위해서라도 외장진단에 대한 체계적인 방안 구축이 절실하다.

1) 적외선열화상진단시스템(Ⅰ), 건설기술/쌍용 제10호, 1997. 9
2) 콘크리트구조물의 안전진단기법과 보수보강공법기술실무 세미나, 기업기술교육시스템, 1995. 2

3) 외장진단의 적용범위

건물에서의 진단의 종류는 목적에 따라 다음 4가지로 구분된다.

- 건물의 내력을 알기 위한 구조진단
- 건물 마감재의 열화를 알기 위한 외장진단
- 건물 설비의 열화를 알기 위한 설비진단
- 건물의 기능조사를 위한 기능진단

이 가운데 외장진단은 건물의 열화를 알기 위한 진단으로 구체조사, 지반조사, 외벽마감조사, 지붕방수조사, 내부마감조사의 5가지로 구분된다.

외장진단의 적용범위는 외벽마감, 지붕방수, 내부마감조사로 구분되며 세부내용은 (표 1)과 같다 .

적외선열화상진단은 외장진단의 한 종류이므로 외장진단의 개념과 적외선열화상진단과 외장진단과의 관계를 파악함으로써 적외선열화상진단을 보다 효과적으로 수행할 수 있다.

(표 1) 건물에서의 외장진단 적용범위 [3]

구 분	대 상	내 용	진단방법
외부마감조사	철근콘크리트구체	균열 측정	육안, 계측
		철근녹 발생	육안
		결손, 파손	육안
	미장몰탈, 타일	균열 측정	육안, 계측
		박리, 탈락 측정	타진 IRDS
		결손, 파손	육안
		부착력 시험	계측
	도장면	균열, 탈락	육안
		부착력 측정	계측
	창틀, 문	표면부식, 녹 발생	육안
		개폐 가동 여부	가동
	실링재	균열, 탈락, 경화 조사	육안, 침
		인장시험	계측
지붕방수조사	일 반	균열, 파손, 탈락	육안
	아스팔트방수	침입도시험 삼염화에탄가용분시험	계측
	시이트방수	인장시험	계측
		인발시험	
내부마감조사	일 반	균열, 파손, 탈락, 얼룩, 부식 조사	육안
	마감부분(몰탈,플라스터)	부착시험	계측

2. 적외선열화상진단시스템(IRDS)

적외선열화상진단시스템(Infra-Red Thermography Diagnosis System : IRDS)이란 적외선열화상측정장치를 통해 대상물의 표면으로부터 방출되는 전자파를 검출함으로 구조물의 외피부 박리 및 단열결함, 기계 및 전기 설비기기의 열손실 부위를 조사하여 구조물을 건전상태로 유지하기 위한 시스템이다. 앞서 기술한 대로 IRDS를 통해 건물외피 및 설비배관, 전기배선부 열손실 부위의 열성능을 평가하고, 건물외벽, 토목 법면, 교량 등 콘크리트 구조물에 대한 박리 및 박락결함 등의 비접촉, 구조물 거푸집 내 콘크리트 타설시 밀실시공 확인 등 고품질시공을 유도하는데 활용될 수 있음이 보고되고 있다.

3. IRDS 운용방안

1) 진단순서

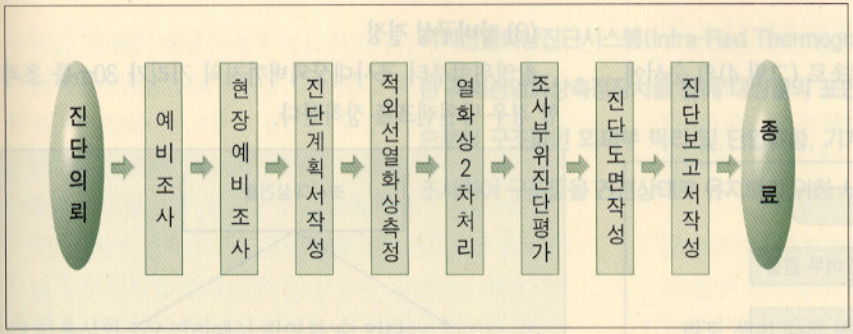
적외선열화상진단시스템(IRDS)은 (그림 1)과 같이 수행되며, 본고에서는 외장진단의 한 종류인 외벽박리 진단을 중심으로 기술한다

2) 진단원리

(1) 구조물 외장진단

건물외벽의 표면온도는 벽체를 구성하는 재료의 비열 및 열전도율 등의 물리적성질, 표면상태 및 형상에 따라 변화한다. 일반적으로 벽체 표면에서는 결함부와 건전부 사이에 일정한 물리적 법칙에 따라 온도차가 발생하며 이는 적외선열화상의 차이로 나타난다. 외벽에서 결함부와 건전부사이에 온도차가 발생하기 위해서는 외벽온도를 변화시켜야 하며, 인공적으로 온도변동을 발생시키기는 곤란하므로 태양 및 외기온의 변화에 의존할 수 밖에 없다. 이를 위해 온도변동을 발생시키기 양호한 측정시기를 기후, 시각, 방위 등을 고려하여 검토한다. 외벽 표면이 태양복사열에 의해 가열되면 건전부는 (그림 2)와 같이 표면에

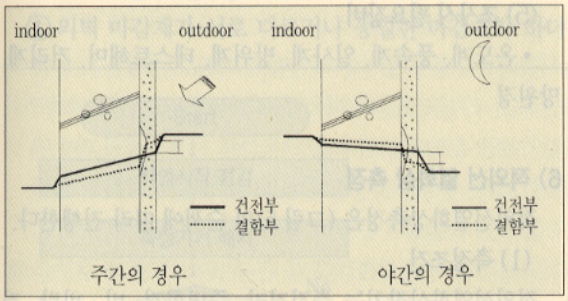
3) 건물의 조사진단과 보수개수설계, 森光作, 1989. 12



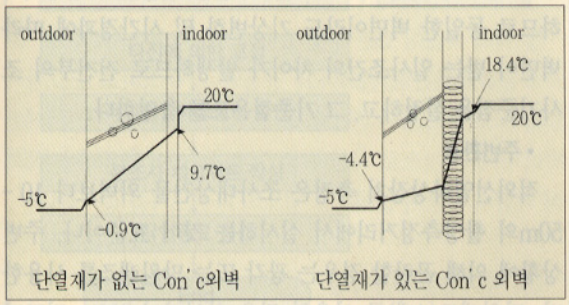
(그림 1) 적외선열화상진단시스템 업무 순서도

서 구체내부로 열이동이 원활하나, 내부에 공극이 발생한 결함부에서는 공기층에 의해 열전달이 방해되어 건전부와 다른 온도차가 발생하여 외부 표면온도가 고온이 된다. 벽체의 측정부분이 고르게 가열된 외벽이라는 조건에서는 이와 같이 정상부위와 결함부위의 온도차를 해석함으로써 외장진단 조사가 가능하다

(2) 외벽 단열결함 진단



(그림 2) 구조물 외장진단 원리 - 주간과 야간의 온도분포 변화



(그림 3) 외벽 단열결함진단 - 단열재 유무에 따른 온도분포 변화

단열이 우수한 부위의 표면온도는 실내측에서는 실온과, 실외측에서는 외부온도와 동일하게 나타난다. 이러한 사실로부터 (그림 3)과 같이 표면온도분포를 측정하여 부분적으로 표면온도가 다른 부위가 발생하게 되면 이 부분의 내부구조가 주위와 다른 것으로, 단열재가 탈락되었거나 적정 시공이 이루어지지 않음을 알 수 있어 표면온도 측정을 통해 단열결함진단이 가능하다.

3) 예비조사

(1) 자료수집

IRDS의 적용여부 및 진단계획서 작성을 위해 다음자료를 입수한다.

- 설계도면, 인근배치도, 기보수 유무 및 확인도면, 유지관리 기록

(2) Audit 실시

도면입수와 함께 조사의뢰자 또는 건물관리자를 대상으로 Audit를 실시해 다음 자료를 입수한다.

- 조사의뢰 목적, 기존에 발생한 장애 및 피해상황, 유지관리계획, 적외선열화상진단에 도움이 되는 정보, 보수계획

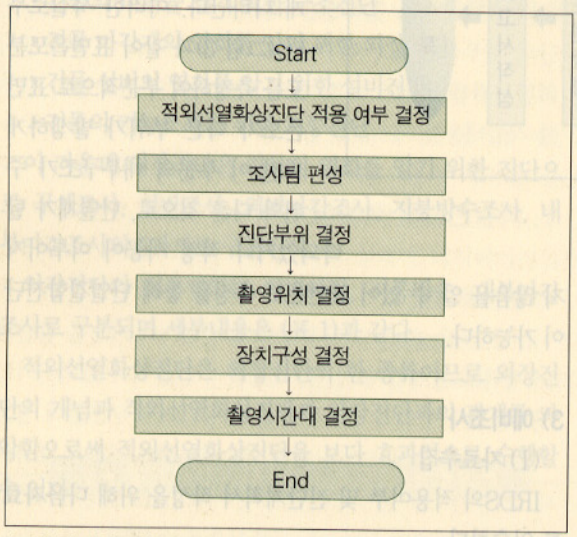
4) 현장 예비조사

현장예비조사는 예비조사시 입수한 자료를 기초로 현장에서 외관에 대한 육안조사를 실시한다. 일반사항이외 적외선열화상진단과 관련하여 다음을 조사한 후 평면도에 주변상황 및 촬영위치를 표시한다.

- 일사량 및 측정위치, 측정시간 설정(휴일, 야간 측정여부), 직사에 의한 반사상황, 주변바람 발생, 측정에 부적합한 형상, 인접부지 사용가능 여부, 타진법 적용여부, 신축줄눈 위치, 벽면오염 및 색채 차이 확인

5) 진단계획

예비조사 및 현장 예비조사를 기초로 (그림 4)의 순서에 따라 진단계획을 작성한다.

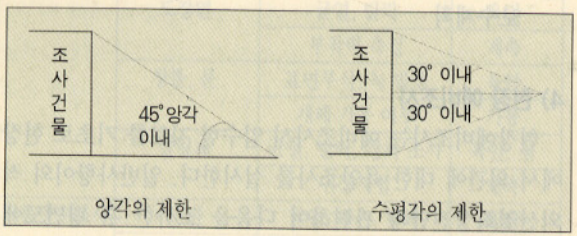


(그림 4) 진단 계획 순서도

(1) 진단부위 결정

조사대상에 대해 진단할 수 있는 부위와 없는 부위를 현장 예비조사를 기초로 결정하며, 촬영시 적외선열화상 외벽진단이 곤란하다고 판단되는 부분은 제외부분으로 기록한다. 진단시 주의를 요하는 건물 부위는 다음과 같다.

- 차양부위, 凹凸부위, 홈통 및 일사음영부위, 창틀부위
- 최적 촬영조건인 앙각 45°, 수평각 30° 이내 부위

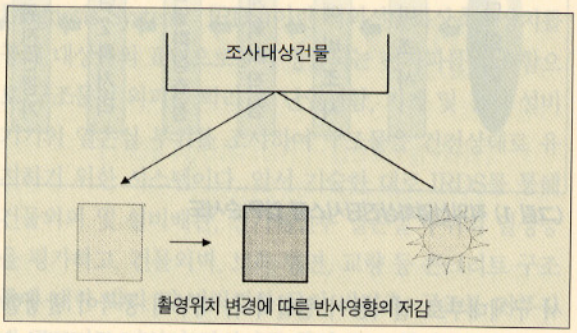


(2) 촬영위치 결정

전주 및 수목 등의 영향이 있거나 촬영위치가 부적절하면 조사가 원활히 진행되지 않으며, 특히 반사의 영향을 심하게 받으므로 현장 예비조사시 촬영위치를 적절히 고려한다.

(3) 장비구성 결정

촬영위치부터 조사대상외벽까지의 거리가 30m를 초과할 경우 망원렌즈를 장착한다.



(4) 촬영시간대 결정

① 촬영일시 결정 : 주간기상예보 등의 정보를 기초로 촬영일시를 결정한다

② 촬영시간대 결정 : 일사영향 고려(마감두께를 고려하여 최적시간대 결정)

(5) 조사시 필요장비

- 온도계, 풍속계, 일사계, 방위계, 테스트해머, 거리계, 망원경

6) 적외선 열화상 측정

적외선열화상측정은 (그림 5)의 순서에 따라 진행한다.

(1) 측정조건

적외선열화상장치는 측정거리, 주변환경, 비 · 바람, 건물형상 및 현지의 환경조건, 측정일 조건을 고려한다. 기후에 좌우되기 쉽고, 벽체가 큰 경우는 분할해 촬영해야 하므로 동일한 벽면이라도 기상변화 및 시간경과에 따라 벽면이 받는 일사조건의 차이가 발생하므로 건전부의 조사기준점을 설정하고, 그 기준점온도를 측정한다.

- 주변환경

적외선열화상장치 측정은 조사대상건물 외벽보다 10 - 50m의 촬영측정거리에서 실시하는 것이 표준이나, 주변상황에 의해 곤란할 경우는 광각 또는 망원렌즈를 사용한다. 망원렌즈(4배)를 사용할 경우 촬영거리 200m 정도까지 촬영이 가능하고, 광각렌즈(2배)를 사용할 경우 표준거

적외선열화상진단시스템(Infra-Red Thermography Diagnosis System : IRDS)이란 적외선열화상측정장치를 통해 대상물의 표면으로부터 방출되는 전자파를 검출함으로써 구조물의 외피부 박리 및 단열결함, 기계 및 전기 설비기기의 열손실 부위를 조사하여 구조물을 건전상태로 유지하기 위한 시스템이다.

리 사용시의 1/2 거리에서 촬영할 수 있다.

조사대상건물 외벽마감재가 타일이고, 주변건물에서 방사하는 적외선을 반사하거나, 주변건물이 타일, 유리 등으로 일사가 반사하기 쉬운 마감재일 경우, 시각에 따라서 반사광의 영향이 커지므로 차분처리기술을 이용해 노이즈를 제거하는 등의 방법을 채택하는 것이 바람직하다. 지상부분에 수목 등의 장애물이 있는 경우 사면측정, 분할측정 등의 수법을 사용하든가 타진법을 병용한다. 특히 일사에 따라 음영이 있는 부분은 타진으로 보충한다.

(2) 조사기준점 설정방법

① 외벽 마감재가 서로 다르거나 동일한 마감재라 하더라도 색이 다른 면마다 설정한다.

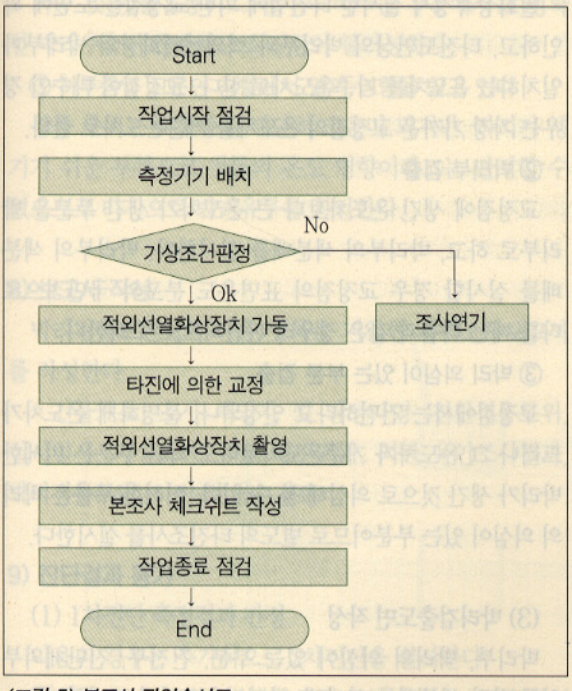
② 일사부분 및 음영부분마다 설정한다.

③ 벽면 방위별 및 부위가 다를 경우 벽, 보, 기둥, 파라펫, 차양, 창마다 설정한다.

④ 건물내부 공조가 실시되는 경우는 공조부위와 비공조부위를 구분하여 설정한다.

⑤ 태양복사에 의한 축열량이 다른 수평 투영부에 접하는 부위 및 경사벽은 부위, 벽면마다 각각 설정한다.

⑥ 계절 및 입지조건, 바람 등 기상조건에 의해 건전부와 박리부와 표면온도가 다르리라 예상되는 벽면, 부위마다 설정한다.



(그림 5) 본조사 작업순서도

(3) 측정시 고려할 사항

① 몰탈두께 영향 : 마감몰탈이 얇을수록 일사와 외기온의 변동에 민감하게 응답한다.

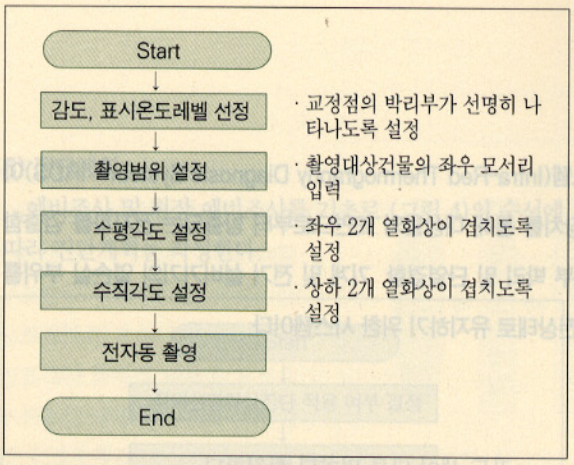
② 박리면적 영향 : 박리면적이 큰 부분이 검지하기 쉽다.

③ 가시상(可視像)과의 병용 : 벽면이 더러워지면 열화상으로는 박리부와 구분할 수 없는 온도차 부분이 나타나, 박리부 판정에 지장을 주기 때문에 열화상과 동일시각의 사진과 병용하여 화상처리시에 더러움으로 인한 영향을 제거할 수 있다. 또, 벽면에 환기구, 전등, 홈통 등이 부착된 것을 식별하거나, 동일형태의 벽면이 연속되어 있을 때의 촬영위치 확인에도 가시상을 병용한다.

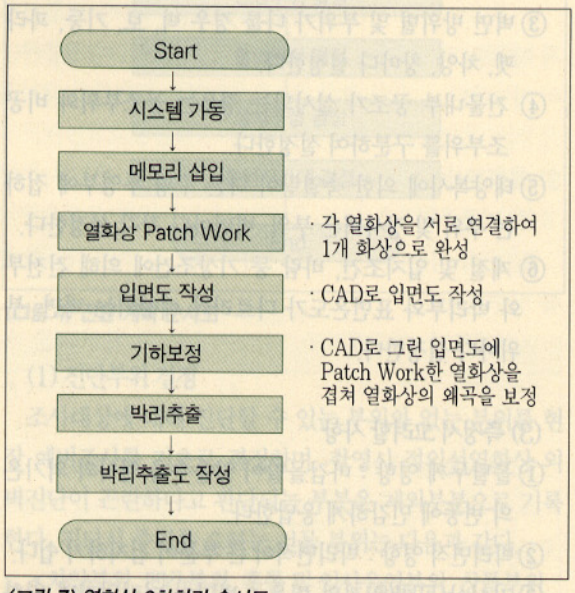
④ 벽면색 : 하얀색 벽면은 짙은색 벽면에 비해 박리부의 온도차가 생기기 어렵다.

⑤ 일사가 미치지 않는 면 검출 : 외기온 일교차는 10 ℃ 이상이 필요하다.

⑥ 최적측정시간대 : 일사량 증가와 외기온 상승 시간대가 일치하는 경우 일사량의 Peak 2시간전이 적당하



(그림 6) 촬영작업 순서도



(그림 7) 열화상 2차처리 순서도

다. 외기온 상승이 일사량 증가보다 빨리 시작되는 경우 일사량이 가장 큰 피크시가 최적이고, 일사가 비추지 않는 면에서는 외기온의 최고시간과 최저시간이 최적이다.

⑦ 촬영대상 적합성 : 극단적인 곡면 및 요철면, 유리면 형상의 타일 및 펄 타일과 같이 반사율이 특히 높은 타일은 적외선열화상진단으로 적당치 않다.

(4) 타진에 의한 교정

촬영개시전 타진법으로 교정을 실시한다. 교정점은 외벽마다 설치하고, 적어도 1층과 파라펫입상부 2개소 이상으로 실시하고, 30cm^2 정도의 범위를 교정점으로 한다. 또 동일 외벽면에서 구조가 다른 부분이 있는 경우는 그 부분마다 교정점을 설치한다. 교정점의 타진정도는 적외선진단법의 박리검지정도에 영향을 미치므로 적어도 2가지 종류 이상의 타진장비를 이용해 주의깊게 타진한다. 교정점 타진후 교정점의 열화상을 촬영하고, 타진결과와 열화상 결과가 일치하는가를 확인한다.

(5) 촬영작업순서

적외선열화상장치 촬영시 작업순서도는 (그림 6)과 같다.

7) 열화상 2차처리

(1) 열화상 2차처리 순서도

현장 예비조사 및 적외선 열화상측정으로 수집된 데이타를 기초로 열화상처리를 실시해 박리부를 추출한다. 열화상 2차처리 작업순서도는 (그림 7)과 같다.

(2) 박리부 검출

박리부 검출방법은 다음과 같다.

① 기준온도차 설정

열화상측정시 실시한 타진법에 의한 교정점을 도면에 확인하고, 타진도면상의 박리부와 적외선열화상의 박리부가 일치하는 온도차를 기준온도차로 한다. 교정점이 다수인 경우는 가장 가까운 교정점의 온도차를 기준온도차로 한다.

② 박리부 검출

교정점에 생긴 온도차보다 큰 온도차가 생긴 부분을 박리부로 하고, 박리부의 색분배를 실시한다. 박리부의 색분배를 실시할 경우 교정점의 표면온도 분포와 극단적으로 다를 때는 다음과 같은 경우라 판단되므로 주의한다.

③ 박리 의심이 있는 부분 검출

교정점에서는 건전하다고 인정되나, 분명하게 온도차가 드러나 그 온도차가 기준온도차보다도 작은 부분은 미세한 박리가 생긴 것으로 의심해 볼 수 있다. 이러한 부분은 박리의 의심이 있는 부분이므로 별도의 타진조사를 실시한다.

(3) 박리검출도면 작성

박리부, 박리의 의심이 있는 부분, 건전부, 진단제외부위를 각각 색분배를 실시해, 박리검출도면에 표시한다.

(4) 박리면적 산정

조사대상면마다 조사면적, 박리면적 및 박리율을 계산한다.

박리율 = 박리면적/조사면적 × 100 (%)

(5) 적외선 열화상 진단 요청사례

다음은 정밀한 적외선열화상진단이 요청되는 대표적인 현상 및 진단사례이다.

① 실내에서 냉난방 등 실내열원의 영향을 받고 있다

냉난방의 영향은 열화상에서 구형상으로 나타나고, 방의 경계에서 선명한 윤곽으로 나타나므로 간단히 인식할 수 있다. 동일한 부분에 교정점이 있는 경우는 그 교정점에서 기준온도차를 설정한다. 그것이 없는 경우는 야간 또는 휴일의 냉난방 정지시 다시 촬영을 하거나 불가능한 경우는 진단제외부분으로 보고한다. 특히 난방을 하고 있는 타일붙임벽면에 대해서는 벽면에 일사가 비추고 있는 때와 비추고 있지 않는 때의 2가지 경우의 시각간에 열화상을 차분처리하여 진단정도를 향상시킨다

② 기둥 및 빗물홈통의 그림자가 비추고 있다

기둥 및 빗물홈통의 그림자가 비추는 부분에서는 정확한 박리추출이 곤란하므로 진단이 불가능하다

③ 하루종일 고온인 창틀에서 열의 영향을 받고 있다

창틀 주위는 하루종일 대단히 고온이 되지만, 박리가 생기기 쉬운 부분으로 창틀의 온도 영향이라고는 단정할 수 없으므로 타진으로 박리유무를 확인한다.

8) 보고서 작성

박리검출도면이외 다음 항목을 기입한 외벽조사보고서를 작성한다.

· 건물개요, 조사 책임자 및 담당자명, 진단적용부위, 실시일시, 기상조건, 부분 타진결과, 외관 육안조사결과, 박리검출도면, 사진 및 참고자료

9) 진단결과 평가

(1) 1차진단 측정결과 판정

다음의 경우는 추가적으로 2차진단을 실시한다.

① 직경 30cm 이상 발생한 타일 또는 몰탈의 박리부분이 1개라도 존재하는 경우

② 부풀음이 1개라도 존재하는 경우

③ 박리면적이 전체면적 10% 이상 또는 박리 크기가 직경 50cm 이상 발생한 부위가 1개소라도 존재하는 경우

(2) 2차진단 측정결과의 판정

2차진단 측정결과 발견된 부풀음 및 박리 범위가 직경 50 cm 이상 발생했거나 직경 30cm 이상 발생한 부위가 2개이상 존재하는 경우는 위험도가 크다고 보고 전면적인 보수 작업을 실시한다.

맺음말

구조물을 지속적으로 사용하고 품질을 유지하기 위해서는 노후화된 부분을 수선할 필요가 있고, 이것이 건물을 장기간 보존할 수 있는 조건이 되기도 한다. 건물을 건전한 상태로 유지시키기 위해서는 건물에 대한 조사진단을 통해 노후화된 부분을 손질하는 것이 중요하다. 최근의 구조물 안전진단과 병행하여 노후화된 구조물의 사용성과 내구성을 합리적으로 재생하기 위한 외장진단의 필요성이 증대하고 있으며, 적외선열화상진단은 외장진단의 일부분으로 활용된다.

이상과 같이 적외선열화상장비가 체계적인 진단장비로서 활용될 수 있도록 정량적 진단방안을 제시하였다. 추후 적용대상을 증대하고 Database를 확장하여 보다 정밀한 비파괴검사용 조사진단 및 고품질시공을 유도하는 장비로 활용되리라 예상된다.

참고문헌

1. (株)コンステック, 赤外線診斷法の實務と最新技術, 1994.11
2. 西川 忠, 赤外線法による外壁剝離診斷技術の基礎, 建築設備維持保全推進協, 1994.11
3. タイル外壁及びモルタル塗リ外壁定期的診斷マニュアル, 建築設備維持保全推進協會, 1994.
4. 赤外線裝置法TVS外壁調査士テキスト, TVS建物診斷研究會, 1991, 5
5. 森 光作, 建物の調査診斷と補修改修設計, REFORM, 1989.12