

열화상카메라를 활용한 외부온도의 터널내 영향범위 산정방법 연구

A Study on the Decision of Influence Range of External Temperature in the Tunnel Using Thermal Camera

이 유 석¹⁾* 이 태 종²⁾ 박 광 림³⁾ 오 영 석⁴⁾ 차 철 준⁵⁾
Lee, Yu Seok Lee, Tea Jong Park, Gwang Rim Oh, Young Seok Cha, Cheol Jun

Abstract

There are three parts of tunnel which are influenced by outside temperature, entrance, exit and vent. These parts showed different tendency of deterioration(very rapid deterioration speed, wide range of defects, etc) compared with last parts of tunnel. Therefore, it needs to have different points of view when civil engineers analyze the defects on these parts and apply the retrofit or rehabilitation methods for them. However, when we conduct maintenance works, precise inspection and precise safety diagnosis, these defects had been neglected because those were considered as unimportant defects and caused from temporary weather and temperature change.

In this study, two urban tunnels were analyzed to decide the range of tunnel which are influenced by outside temperature using a thermal camera, and to find out the causes of defects on these parts. From the results, the main points of maintenance were presented.

Keywords : Tunnel, Thermal camera, Maintenance, Defect, External temperature

1. 서론

터널은 시공되어지는 공간적 특성상 일정구간은 외부의 온도와 온도변화에 따른 영향을 받게 된다. 최근의 지구 온난화에 따른 이상기온 현상에 의해 산악터널은 물론이고 도심지 터널도 그 영향이 커지고 있으며 이는 동절기와 하절기의 온도차이와 동(同)절기의 온도차가 커짐으로 인해 터널의 일정구간이 외부 온도변화에 대한 직접적인 영향을 받고 있는 것이다.

외부 온도변화에 영향을 받는 구간에서 나타나는 콘크리트의 결함사항이나 열화는 타 구간과는 양상이 다른 공통적인 특징이 있는데, 한 예로 터널의 입출구부와 같이 위치적으로 누수가 빈번한 구간이나 환기구와 같이 지표수나 우수가 유입되는 구간은 철근노출부의 부식이 두드러진다. 이러한 곳은 유지관리시 다른 구간과는 다른 관

점에서 조사가 실시되어야 할 필요가 있는데 그 원인이 계절적인 영향, 온도변화와 같이 한시적인 원인에 기인하고 구조체의 안전성 보다는 사용성에 문제가 되기 때문에 외부 온도의 영향을 받는 구간에 대한 관리는 일반구간과 그다지 차별화 되고 있지 않고 있다.

이에 본 논문에서는 도심지 터널을 대상으로 열화상 카메라를 활용하여 터널 외부 온도와 온도변화가 터널 내부에 영향을 주는 구간을 결정하고 이 구간에서 외부 온도 변화에 의한 영향으로 발생하는 콘크리트 결함 및 열화현상의 특징과 유지관리시 중점관리 요소에 대해 논하고자 한다.

1) 정회원, 한국시설안전공단 대리, 공학석사, 기술사
2) 정회원, 한국시설안전공단 사원, 공학석사
3) 정회원, 한국시설안전공단 과장, 공학석사
4) 정회원, 한국시설안전공단 부장, 공학박사, 기술사
5) 정회원, 한국시설안전공단 팀장, 공학박사, 기술사

* Corresponding author : yslee@kistec.co.kr 010-4028-3579

• 본 논문에 대한 토의를 2010년 10월 31일까지 학회로 보내주시면 2010년 11월호에 토론결과를 게재하겠습니다.

2. 외부온도 및 외부 온도변화 영향에 의한 콘크리트 열화

2.1 열화 매커니즘

일반적으로 외부의 온도변화가 심한 산악터널은 시공시부터 콘크리트 라이닝의 경화과정 중의 시공관리가 소홀하게 되면 갱구부나 환기구와 같은 특정구간이 외부의 온도 또는 외부 온도변화의 영향을 많이 받게 되므로 균열을 비롯한 결함이 발생할 수 있고 도심지 터널도 마찬가지로 계절의 변화, 온도변화로 인한 영향을 많이 받게 되는 특정구간이 생기게 된다. 더구나 재래식 공법으로 시공된 후 공용년수가 오래된 터널의 경우는 콘크리트 라이닝의 품질이 좋지 못하고 구체 방수의 효과가 떨어져 누수가 빈번하게 발생하는데, 특히 외부의 온도변화를 받는 구간은 결로현상으로 인한 철근부식, 망상균열, 반복적인 동결융해 등으로 콘크리트의 박리, 박락이 발생하여 외부 온도의 영향을 받지 않는 구간보다 품질이 좋지 못하게 된다.

실제로 도심지터널을 대상으로 입, 출구부를 조사한 결과 지반조건이 불리한 영향으로 타구간에 비해 시공품질이 상대적으로 떨어지며, 누수가 빈번히 발생하여 외부온도와 온도변화에 의한 결함이 가속화 되는 환경을 가지고 있다.

외부 온도변화의 영향으로 발생하는 결함 및 열화의 종류로는 균열(망상균열), 유입수와 누수부의 결빙 및 해빙으로 인한 동해, 동해로 인한 박리와 박락, 결로와 이로 인한 철근부식, 이끼류의 번식 등을 들 수 있다. 이러한 결함들은 궁극적으로 콘크리트 라이닝이나 구조체에 균열을 유발하게 되고 콘크리트의 박리박락을 유발시켜 외부의 온도변화 영향을 받지 않는 구간에 비해 내구성 저하를 가속화 시키는 요인이 되고 있다.

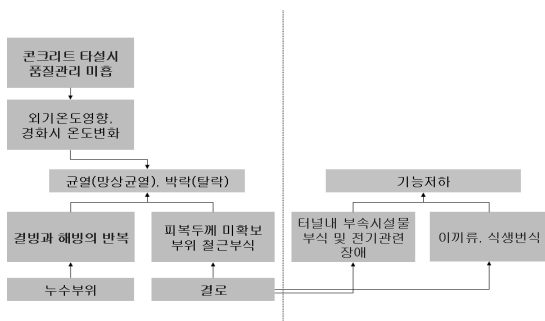


Fig. 1 The Deteriorative Mechanism By External Temperature and External Temperature Changes.

2.2 열화현상

상기 언급한 열화인자와 메커니즘에 따라 콘크리트 라이닝과 구조체에 발생된 열화는 대체로 사용성을 저하시키지만 라이닝이 주 구조체인 재래식공법의 터널과 박스형 터널 구조체의 경우에는 구조적 문제의 원인이 될 수 있다.

Table 1의 (a)와 (b)는 재래식공법으로 시공된 산악터널의 출구부로 지속적인 누수와 동결융해, 표면부의 재료 분리로 인해 콘크리트라이닝이 박리, 박락된 것이다. 재래식공법으로 시공된 터널은 공용기간이 길어지면서 점차 콘크리트라이닝이 지반하중을 지지하는 주부재의 역할이 커지게 되므로 단면손실이 발생할 경우 구조적으로 문제를 야기할 수 있다.

Table 1 The Deterioration and Defects By External Temperature and External Temperature Changes.

	
(a) 산악터널 출구부: 누수부 박리, 박락	(b) 산악터널 출구부: 누수부 박리, 박락
	
(c) 도심지터널 환기구 피트: 망상균열	(d) 도심지터널 출구부: 결로 및 철근부식
	
(e) 도심지 터널 입구부: 이끼류번식	(f) 도심지터널 출구부: 결로
	
(g) 산악터널 출구부: 축빙	(h) 도심지 터널 환기구 주변: 축빙

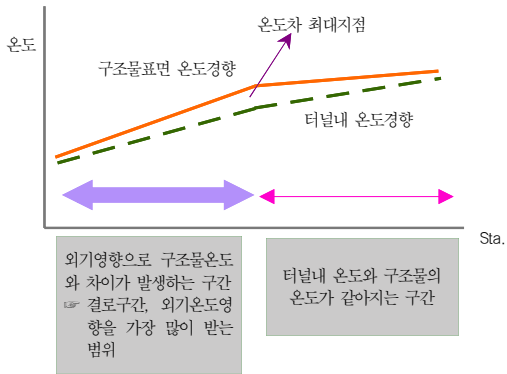


Fig. 2 Decision of Influence Range of External Temperature Using Thermal Camera.(Winter Season)

또한 외부의 온도와 온도변화를 받는 구간은 Table 1의 (d) ~ (f)와 같이 콘크리트라이닝의 표면온도와 터널내 온도차이로 인해 환기가 불량할 경우에 결로가 발생하게 되므로 이러한 구간에서 철근피복두께를 확보하지 못한 개소나 철근이 노출된 부위는 철근부식에 따른 부재 단면력의 저하로 구조적문제를 야기할 수 있다.

따라서 이러한 구간은 타구간과 달리 유지관리시 계절적 시기를 고려한 유지관리가 계획되어야 한다.

3. 외부 온도의 영향범위 산정

3.1 열화상카메라 및 적용방법

절대온도 0°K이상의 온도를 가진 물체는 표면에서 적외선을 방출하며 이러한 방출량은 물체의 온도와 밀접한 관계를 갖고 있는 것으로 알려져 있다. 적외선 열화상카메라는 물체에서 방출되는 적외선의 양을 바탕으로 그 물체의 온도를 측정할 수 있는 장비이다.

본 논문에서는 이러한 열화상카메라를 활용하여 구조물 표면온도와 대기온도 또는 터널내부 온도를 동시에 측정하여 Fig. 2와 같은 방법으로 터널 외부온도가 터널내 어느 정도까지 영향을 주는지 분석하였다. 구조물표면의 온도측정 방법은 특정부위 측정이 필요한 곳을 제외하곤 조명으로 인한 영향을 받지 않는 곳을 선택하였고 지상부에서 약1.6m 높이의 구조물 측벽에 대해 측정하면서 동시에 디지털 온도계를 이용하여 터널내 온도를 측정하였다.

콘크리트재료 특성상 공기보다 열전도도 계수가 높아 온도변화의 폭이 크다. 따라서 동절기의 경우 터널내부 온도와 구조물 표면온도가 같아지기까지 구조물의 표면

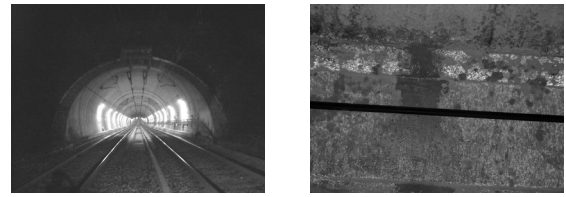


Fig. 3 Tunnel A Mouth(Left) and Condensation(Right)



Fig. 4 Tunnel A Exit(Left), Condensation and Exposed Rebar(Right)

온도가 터널내 온도보다 급격하게 변할 것이고 터널내 온도와 구조물표면 온도차이가 가장 큰 지점이 있을 것이며, 이 지점을 기준으로 터널 내부로 진행 할수록 다시 그 온도차가 작아 질 것이다. 이 차이가 가장 큰 구간까지를 외기온도의 영향을 받는 구간으로 선정할 수 있으며, 이 구간은 터널내 온도와 구조물 표면온도의 차이가 커서 결로 및 기타열화가 심화될 수 있는 조건이 되므로 유지관리시 이 구간과 일반구간과는 차별화된 관리가 필요하게 된다.

이러한 분석방법을 도심지 A, B터널에 적용한 분석결과는 다음과 같다.

3.2 A터널

3.2.1 개요

A터널은 도심지에 위치한 터널로서, 도시철도로 운영되고 있으며, 입구부의 단면형태 및 결합사향은 각각 Fig. 3~5와 같다.

입구부는 갱구부에서 129m지점까지는 NATM으로 시공되었고 그 이후는 2련 박스와 3련 박스로 시공되었다. 단면적은 3련 박스구간부터 갱구부 대비 약 1.5배 정도가 확대되며 그 이후는 정거장으로 이어진다. 입구부에서 정거장까지 거리는 558m이다.

출구부는 2련 박스구조형태로 출구부에서 400m지점까지는 2련 박스로 시공되었고 그 이후는 3련 박스구조로 시공되어 정거장과 이어진다. 출구부에서 정거장까지 연장은 585m이다.

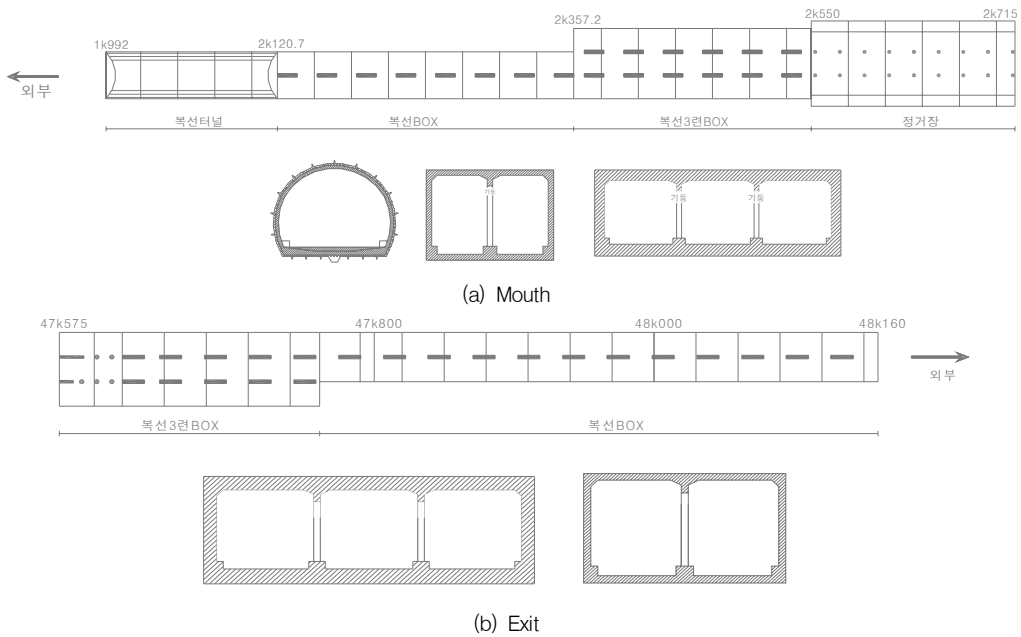


Fig. 5 Section of Tunnel A

3.2.2 결함상태

현장조사결과, 터널입구부에서는 광범위한 철근노출 및 부식, 균열과 누수가 조사되었다. 노출된 철근은 스트립 철근으로써 노출부위는 부식이 진행 중 이었고 외부 온도 영향에 의한 열화로는 결로로 인해 콘크리트라이닝표면에 물방울이 맺혀 있어 철근의 부식을 가속시키고 있으며 또한 일부 부위는 이끼류가 번식하고 있었다. 결로는 대체로 입구부에서 약 300m까지 발생되었다.

터널 출구부 역시 철근노출, 균열 및 누수가 조사되었고 출구부에서 약 490m까지 결로로 인해 측벽부와 슬래브의 콘크리트 표면에 물방울이 맺혀 흘러내리는 정도로 광범위하게 조사되었다. 노출된 철근은 스트립 철근으로 표면은 부식이 진행 중이다.

3.2.3 현장조사

현장조사는 터널라이닝 또는 터널구조물 표면온도와 터널내 온도의 차이가 가장 큰 동절기 중 구조물이 충분히 외부온도에 영향을 받은 새벽시간에 실시하였고 터널 내 조명의 영향이 없고 구조물에 접촉이 않된 부위를 측정하였다.

환기구 구조물은 각층이 명확히 구분되며 또 층마다 출입구에 의해 완전히 구별이 되므로 외기영향범위는 최상층의 풍도가 위치한 구역으로 한정할 수 있으나 본선은 그렇지 못하므로 본선에서 외기온도가 어느 정도까지 영

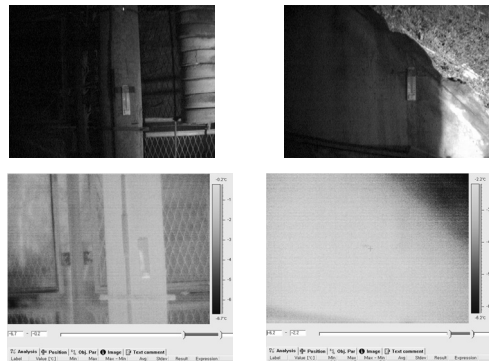


Fig. 6 Results of Thermal Camera (External(Left) and Mouth (Right))

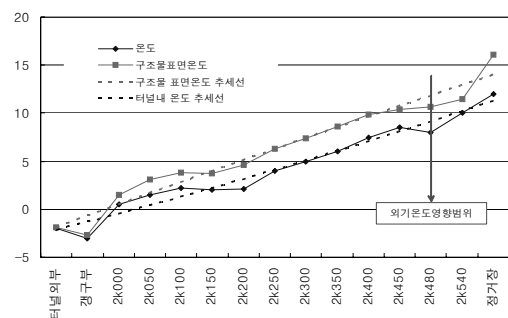


Fig. 7 Temperature Measurements at mouth of Tunnel A

향을 주는 지 그 범위를 산정하기 위해 터널내 온도와 열화상카메라를 이용한 구조물의 표면온도를 측정하여 그 경향을 분석하였다.

Fig. 7에 나타난 바와 같이 온도측정시 외부온도는 -2℃였으며 터널외부나 갱구부는 외부온도와 콘크리트 표면온도가 거의 일치하는 특성을 보이나 터널갱구부에서 공기의 흐름이 빨라져 갱구부 부위는 터널외부보다 오히려 기온 및 콘크리트라이닝 표면온도가 급격히 낮아지면서 터널내부로 진행할수록 내부온도와 라이닝 표면온도가 점차 같은 경향으로 상승하였다.

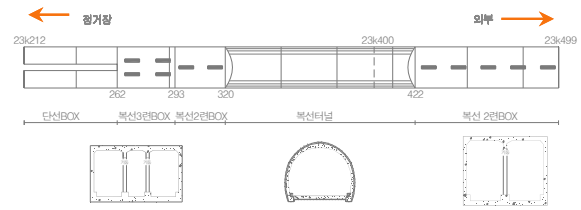


Fig. 8 Section of Tunnel B(Exit)

3.2.4 분석 및 유지관리 제언

해당시설물의 경우 대체로 구조물 표면온도와 터널내부의 온도차이가 크지는 않았지만 Sta. 2k480 지점에서 터널 내부온도와 구조물 표면온도차가 최대를 보이다가 점차 작아지는 것으로 분석되어 외부온도의 영향이 Sta.2k480 이후부터는 작아지는 것으로 분석되었다.

만약 정거장이 갱구부로부터 더 많이 떨어진 위치였다면 구조물의 표면온도는 터널 내부공기의 온도와 같은 경향을 보일 것으로 예상되나 정거장입구의 환기구조로 인한 영향과 정거장내의 난방으로 인해 구조물온도가 내려가고 다시 구조물 표면온도가 높아진 것으로 분석된다.

유지관리시 중점구간으로는 구조물과 내부온도차가 가장 큰 위치인 Sta.2k480(연장 488m)까지가 해당되며 이 구간은 결로 및 탄산화에 의해 철근노출부의 철근부식이 진행되고 있고 피복두께부족 개소의 탄산화진행이 빠를 것으로 예상되므로 보수시 우선 적용하고 일상 점검시 주의 관찰해야 한다.

또한 하절기와 간절기에는 결로발생을 억제하기 위해 환풍기 가동시간을 조정해야 하며 특히 동절기의 갱구부는 외부보다 오히려 온도가 낮고 콘크리트라이닝의 표면온도 또한 매우 낮으므로 물끊기 흡을 설치하여 외부 유입수를 차단하여 콘크리트 동해를 방지해야 한다.



Fig. 9 The Views of Exit of tunnel B and Scaling By Freezing and Thawing

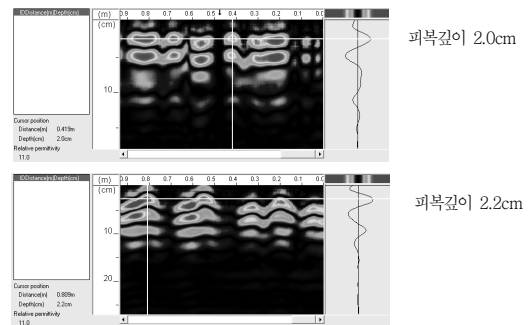


Fig. 10 Cover thickness of Exit of Tunnel B (Left Wall(Up) Right Wall(Down))

3.3 B터널

3.3.1 개요

B터널은 도심지에 위치하는 터널로써, 도시철도로 운영되고 있는 터널이다.

출구부는 갱구부에서 77m까지 복선박스로 시공되었고 그 이후는 NATM과 3량박스, 단선박스, 정거장으로 시공되었다. 단면적은 출구부에서 179m 이후 점차 확대되다가 237m 이후 부터는 단선박스구간으로서, 단면적이 축소된다. 출구부에서부터 정거장까지 거리는 287m이며 출구부의 단면형태는 Fig. 8과 같다.

3.3.2 결함상태

현장조사결과, 국부적으로 철근노출과 균열, 누수, 박리가 조사되었다. 노출된 철근은 기둥부 띠철근과 측벽부 주철근으로 특히 측벽부의 경우는 철근피복깊이가 약 2~3cm정도로 얇고(Fig. 10) 부식이 진행 중이다. 특히 Fig. 9의 경우처럼 출구부 상, 하선 슬래브 일부는 표면 모르타가 손실된 형태의 박리가 광범위하게 조사되었으며 구조물 상부의 지표수가 흐른 흔적과 함께 일부는 박락이 조사되었다.

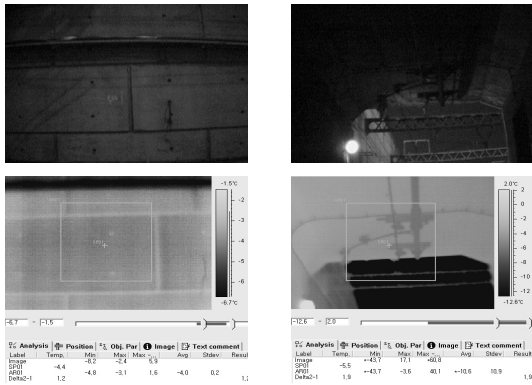


Fig. 11 Results of Thermal Camera(External(Left) and Exit(Right))

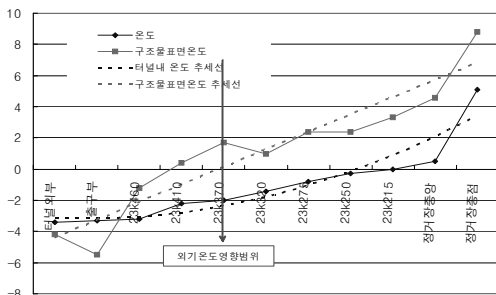


Fig. 12 Temperature Measurements at Exit of Tunnel B (Left Lane)

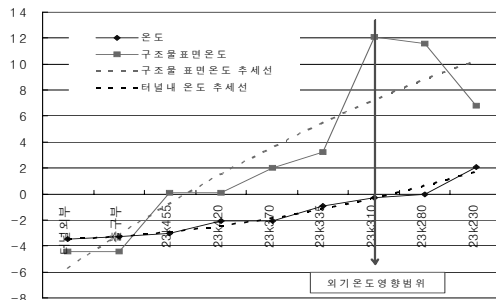


Fig. 13 Temperature Measurements at Exit of Tunnel B (Right Lane)

3.3.3 현장조사

해당터널의 현장조사는 터널구조물의 표면온도와 터널 내 온도의 차이가 가장 큰 동결기 중 구조물이 충분히 외부 온도에 영향을 받은 후인 새벽시간에 실시하였다.

Fig. 12~13과 같이 현장조사시 외부온도는 $-3 \sim -4^{\circ}\text{C}$ 였으며 터널 외부에서는 구조물의 온도가 외부기온보다 낮았고 출구부의 일부 진행된 지점에서부터는 구조물의 온도가 터널 내부온도보다 높아지기 시작하는 것으로 측정되었다. 터널 내부온도와 구조물 표면온도차이가 Sta.23k310과 370지점(출구부에서부터 80~145m)에서 가장 크다가 이후 점차 작아지는 것으로 조사되었다.

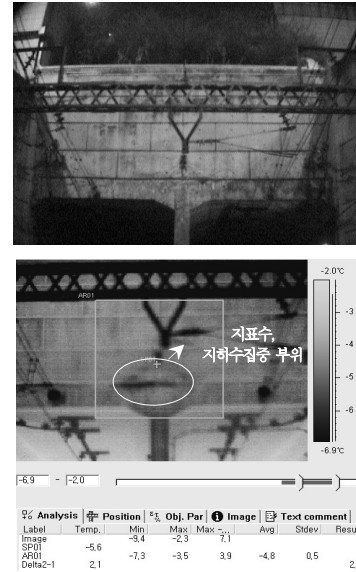


Fig. 14 Results of Thermal Camera at Exit of Tunnel B

3.3.4 분석 및 유지관리 제언

해당터널 역시 터널외부 구조물의 표면온도보다 출구부의 콘크리트 표면온도가 낮게 분석되었는데 이것은 외부의 개방된 단면에서 출구부의 한정된 단면으로 공기가 유입되는 과정에 공기의 흐름이 빨라져 터널 외부보다 콘크리트 표면온도가 급격히 낮아진 것으로 분석된다.

터널내부로 진행 할수록 내부온도와 라이닝 표면온도가 같은 경향으로 상승하다가 상선에서는 Sta.23k370지점에서, 하선에서는 Sta.23k310지점 이후부터는 터널내부 온도와 구조물의 온도차가 작아지기 시작하는 것으로 측정되었다. Fig.13의 하선Sta.23k310지점에서 구조물 표면온도가 급상승한 이유는 복선터널에서 복선박스 및 3련박스로 구조물형식이 변화되기 때문이며 상대적으로 상선에 위치한 환기구의 영향 때문인 것으로 판단된다.

출구부 상, 하선슬래브에 발생된 광범위한 박리의 원인은 터널내 외부 유입수의 동해에 의한 것으로써 출구부 단면 열화상카메라 분석결과로 알 수 있다.

즉, 출구부 단면 열화상분석결과 Fig. 14와 같이 본 구조물 기둥위치 배면의 온도가 타 지점보다 현저히 낮은 분포를 보이는 가운데 지하수가 해당부위에 집중적으로 분포되어 있는 것으로 분석되며 이와 같은 지하수가 강우나 강설시 누수로 발전되어 터널내부로 유입되는 공기의 흐름과 함께 출구부의 일정구간까지 상, 하선 슬래브를 습윤하게 만들고 이후 기온이 낮아지면서 동결되는 과정을 거치게 되고 이러한 상황이 반복됨으로써 나타나는 동결융해에 의한 피해로 분석된다.

유지관리시 중점구간으로는 하선보다 상대적으로 온도 변화가 큰 상선의 데이터로 결정하였으며 출구부에서 Sta.23k370(출구부에서 145m)까지가 해당된다. 이 구간은 철근노출부의 철근부식뿐만 아니라 철근피복두께를 확보하지 못한 개소의 탄산화진행이 빠를 것이 예상되므로 보수시 우선적으로 적용하고 일상 점검시 주의 관찰해야 한다. 특히 출구부 상부에 위치한 식생과 토사로 인해 본 구조물 상부에 지표수나 지하수가 집중되고 있고 출구부의 구조물표면온도가 현저히 낮아 동절기와 해빙기에 구조물의 열화를 가속시키고 있으므로 장기적인 관점에서 구조물 상부에 배면주입을 통한 방수공법을 적용시키는 방안을 강구하되 단기적으로는 출구부 외부에 물끊기 홈이나 유도배수관을 시공해서 유출된 지표수나 지하수의 터널내부 유입을 방지해야 한다.

4. 결론

이상으로부터 터널외부의 온도와 온도변화에 의한 결함과 열화를 논하였고 동절기에 적외선 열화상카메라를 활용하여 터널 외부온도와 온도변화의 영향범위를 산정하였다. 그리고 A터널과 B터널에 대해 터널외부에 인접한 구간의 공통적인 열화상태와 원인, 이 원인의 영향범위를 조사, 분석하였으며, 유지관리시 중점을 두어야 할 사항을 제안하였다.

이를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 터널은 산악터널 및 도심지터널 모두 일정구간 외부 온도와 외부온도의 변화에 영향을 받으며 이러한 구간의 결함이나 열화속도는 환경특성상 타 구간과 차이를 나타내고 있다.
- 2) 외부온도의 영향을 받는 구간의 주된 결함은 콘크리트 박리와 박리가 진행된 박락, 망상균열, 피복두께 미확보부위의 철근부식이며 이외에 결로, 측빙 등을 들 수 있다. 이들 결함사항이 누수와 함께 발생되면 동절기 누수부위의 동결융해로 인해 구조물의 열화를 가속시키는데 이러한 사항은 온도차가 심한 산악터널은 물론 최근의 기온변화로 도심지터널에서도 간과되어선 안될 사항이다. 따라서 보수, 보강공법 선정 및 적용시 온도변화의 영향을 받는 구간은 우선 적용해야 하되, 특히 동절기에는 일상 점검시 중점관리 해야 한다.

- 3) 터널에서 외부온도와 외부온도의 변화에 영향을 받는 구간을 설정하기 위해 열화상카메라를 이용하여 구조물의 표면온도, 터널 내, 외부온도를 동시에 측정하면 일정구간까지 구조물 표면온도와 터널내부 온도차이가 증가하다가 감소하는 경향을 보인다. 온도차이가 증가하는 구간은 외부온도의 영향을 받는 구간이며 감소하는 구간은 외부온도의 영향이 적어져서 구조물의 표면온도와 터널내부 온도가 같아지는 구간으로 볼 수 있다. 이러한 외부온도의 영향범위로 산정한 구간의 결함 및 열화는 결로나 철근부식, 동해등의 영향범위이므로 환경적인 특성상 보수, 보강공법 선정시 우선순위 검토와 유지관리시 우선시 고려되어야 한다.
- 4) 동절기에 열화상카메라를 이용하여 갭문부, 터널 입, 출구부를 조사한 결과 구조물 상부의 지하수 및 배면토사의 포화 및 습윤 여부를 확인하였으며 이러한 사유로 구조물 내부로의 누수를 가속화시키고 동절기 동해로 인한 구조물의 박리, 박락을 야기 시키는 것으로 분석되었다. 이는 터널 입, 출구부의 구조물 온도가 터널 외부 구조물 온도보다 오히려 더 낮기 때문에 그 개연성이 충분한 것으로 판단된다.
- 5) 열화상카메라를 이용하여 A터널과 B터널의 구조물 온도변화를 분석한 결과 터널 외부의 구조물 온도보다 외부와 접한 부위(터널이 시작되는 부분)의 구조물 온도가 더 낮은 것으로 분석되었고 그 이유는 터널로 유입되는 공기의 흐름에 의한 영향으로 판단된다. 이는 터널 내공단면이 작을수록 그 차이는 더욱 커질 것으로 판단되며 이러한 영향으로 터널 외부와 접한 부위의 결함 및 열화는 타구간에 비해 가속되는 것으로 분석된다.
- 6) 도심지 터널뿐만 아니라 산악터널에서도 적외선 열화상카메라를 활용하여 상기와 같은 방법으로 외부 온도와 외부온도변화에 의한 영향범위를 산정하여 우선 관리한다면 보다 효율적인 관리가 될 수 있을 것으로 판단된다.

참고문헌

1. 강부병 외 2인, "적외선 열화상법을 이용한 이상 진단 기술", 한국철도학회지 Vol.12 No.6, 2009, pp.51~56.

2. 김영근 외 2인, “적외선 열화상기법을 이용한 콘크리트 터널 라이닝의 비파괴 시험에 관한 연구”, 한국암반공학회지, Vol.7 No.1, 1997.

3. 김우중 외 2인, “열화상기법을 이용한 구조물 결함에 대한 실험적 연구”, 대한토목학회 정기학술대회, 2007, pp. 3055

4. 성송공 외 3인, “터널 복공의 균열 유발인자에 관한 연구”, 대한토목학회 학술발표회 논문집, 2001.

5. 한국시설안전공단, 5호선 방화~상일동구간 토목시설물 정밀안전진단 및 정밀점검, 2007, pp.Ⅱ-17

6. 한국시설안전공단, 서울지하철 2호선~4호선 지하구조물 정밀안전진단, 2005, pp.Ⅲ-41.

(접수일자 : 2010년 3월 3일)
(심사완료일자 : 2010년 6월 14일)

요 지

터널에서 외기에 접촉되는 부분은 입, 출구부와 환기구가 있으며 이러한 부위의 열화와 그 진행속도는 외기의 영향을 받지 않는 구간과는 다른 차이를 보여준다. 실제로 터널에서 외기에 접촉되는 부분뿐만 아니라 외기의 영향을 받는 구간은 일반적인 구간과는 다른 관점에서 접근해야 할 필요가 있고 보수나 보강공법 적용시에도 우선 고려가 되어야 한다. 그럼에도 불구하고 터널의 유지관리시, 점검 및 정밀안전진단시 외부온도의 영향을 받는 구간의 결함 및 열화는 그 범위가 광범위함에도 불구하고 구조체의 안전성에 미치는 영향이 미소하다는 이유로 소홀히 되고 있는 실정이며 일시적인 계절영향, 온도 변화요인에 의한 것으로 판단하여 특별한 관리가 되지 않고 있는 실정이다.

이에 본 논문은 외부온도, 기온의 터널내 영향범위를 산출하기 위해 2개소의 도심지 터널에 대해서 적외선 열화상카메라를 활용하여 터널내의 외부온도 영향범위를 결정하고 그 영향범위에서 발생하는 콘크리트라이닝 또는 콘크리트 구조체의 결함 및 열화원인을 분석하고 유지관리시 중점을 두고 시행해야 할 사항을 제시하였다.

핵심 용어 : 터널, 열화상카메라, 유지관리, 결함, 외부온도