

도심지터널기술위원회

Annual Technical Report

1. 도로터널의 정기점검에 관한 참고자료
-도로터널 변상·이상 사례집-

2023

터널 지하 공간 학회
도심지터널 기술위원회

Annual Technical Report(Part 1)

도로터널의 정기점검에 관한 참고자료
-도로터널 변상·이상 사례집-

2023

터널 지하공간학회
도심지터널기술위원회

■ 목 차 ■

(Part 1)

| | |
|------------------------------|----|
| 1. 서론..... | 1 |
| 1.1 목적..... | 1 |
| 1.2 변상·이상의 발생 개소·부위의 구분..... | 1 |
| 1.3 변상 및 이상의 종류..... | 3 |
| 1.4 대책분류 판정..... | 4 |
| 2. 터널변상 사례..... | 7 |
| 2.1 개요..... | 7 |
| 2.2 압착, 균열..... | 7 |
| 2.3 박리·박락..... | 14 |
| 2.4 변형, 이동, 침하..... | 28 |
| 2.5 강재 부식..... | 30 |
| 2.6 유효두께의 부족 또는 감소..... | 32 |
| 2.7 누수 등에 의한 변상..... | 38 |

(Part 2)

| | |
|-------------------------------|--|
| 3. 터널 부속물 등의 정착상태 이상사례..... | |
| 3.1 개요..... | |
| 3.2 부속물 본체..... | |
| 3.3 정착 부재..... | |
| 3.4 볼트·너트, 앵커류..... | |
| 4. 터널 보수·보강재의 변상사례..... | |
| 4.1 개요..... | |
| 4.2 보수·보강재의 변상경향 분석..... | |
| 4.3 라이닝의 박락 제거 후 처리공의 변상..... | |
| 4.4 라이닝의 일체성 회복공의 변상..... | |
| 4.5 지보재에 의한 지지공의 변상..... | |
| 4.6 라이닝 내면 보강공의 변상..... | |
| 4.7 누수공의 변상..... | |
| 4.8 라이닝 배면 공동충진공의 변상..... | |
| 4.9 지반지지공의 변상..... | |

※ 「3. 터널 부속물 등의 정착상태 이상사례」 이하는 차회 Part 2에서 다룰 예정.

■ 표 목 차 ■

| | |
|-----------------------------------------------------|----|
| <표 1.2.1> 터널본체의 변상발생개소·부위의 구분 | 2 |
| <표 1.2.2> 부속물 등의 이상발생개소·부위의 구분 | 2 |
| <표 1.2.3> 터널보수·보강대책의 분류와 보수·보강재의 종류 | 2 |
| <표 1.3.1> 변상종류 | 3 |
| <표 1.3.2> 이상종류 | 3 |
| <표 1.4.1> 터널본체의 대책분류 | 4 |
| <표 1.4.2> 변상종류 및 변상분류와의 관계 | 4 |
| <표 1.4.3> 부속물 등의 정착상태에 대한 이상판정분류 | 5 |
| <표 1.4.4> 부속물 등의 정착상태 이용판정분류 일람표 | 6 |
| <표 2.2.1> 압착, 균열에 대한 대책 | 8 |
| <표 2.2.2> 점검 시(균열의 진행유무가 확인되지 않는 경우)의 대책분류 기준(개착공법) | 9 |
| <표 2.2.3> 조사결과 균열진행이 확인된 경우의 대책분류 기준(개착공법) | 9 |
| <표 2.3.1> 박리·박락에 대한 대책 | 14 |
| <표 2.3.2> 박리·박락 등에 대한 대책분류 기준 | 15 |
| <표 2.4.1> 변형, 이동, 침하에 대한 대책 | 28 |
| <표 2.4.2> 변형속도에 대한 대책분류 기준 | 28 |
| <표 2.5.1> 강재부식에 대한 대책 | 30 |
| <표 2.6.1> 유효두께 부족 또는 감소에 대한 대책 | 32 |
| <표 2.6.2> 돌발성 붕괴 우려에 대한 대책 | 32 |
| <표 2.6.3> 두께부족 또는 감소에 대한 대책분류 기준(개착공법의 경우) | 33 |
| <표 2.6.4> 돌발성 붕괴 우려에 대한 대책분류 기준 사례 | 34 |
| <표 2.7.1> 누수 등에 의한 변상 대책 | 38 |
| <표 2.7.2> 누수 등에 의한 변상 대책 사례 | 39 |

■ 그림 목 차 ■

| | |
|-------------------------------------------|---|
| [그림 2.1.1] 개착공법의 표준 구조도(라이닝 타설방법 : 역타) | 7 |
| [그림 2.1.2] 산악터널공법의 표준 구조도(라이닝 타설방법 : 전단면) | 7 |

1. 서 론

1.1 목적

도로터널의 정기점검은 시설의 유지관리에 필요한 정보를 취득하는 가장 기본적인 행위이며, 국토교통성이 관리하는 터널상태의 파악, 평가는 「도로터널 정기점검요령」¹⁾ (이하 「점검요령」이라 함)에 기초하여 실시된다.

점검요령에서는 건전도를 진단할 때의 참고할 수 있도록 전형적 변상 및 이상 사례를 제시한다.

한편, 변상 및 이상의 종류나 정도가 다양하기 때문에, 상황에 따라서는 평가에 편차가 생길 가능성이 있다. 따라서, 본 자료에서는 변상 및 이상 정도를 판정하는 점검자에 대한 평가의 객관성을 높이기 위해, 변상 및 이상의 종류마다 변상정도의 대책분류 등에 따른 변상·이상 사례 사진을 제시한다. 또한 터널 보수·보강재의 경우 점검요령에서는 터널본체로 분류되지만, 최근 정기점검에 따른 조치로서 보수 등의 사례가 증가하고 있기 때문에, 향후 점검 시 보수·보강재의 변상이 주요 사항이 될 것으로 예상된다. 때문에 본 자료에서는 보수·보강재를 터널본체에서 분리하여 사례사진 제시 및 변상경향을 분석한다.

덧붙여 본 자료에 제시된 사례는, 점검요령에 기반하여 행해진 1차년도(2014년~2018년)의 국가관할 터널점검데이터를 기반으로 하였으나, 4장의 터널 보수·보강재의 변상사례는 2차년도(2018년~2019년) 일부 데이터도 포함하여 정리한다.

또한, 부속자료로서 최근의 변상사례의 개요, 요인 및 점검 시 유의점을 제시한다.

1.2 변상·이상의 발생 개소·부위의 구분

본 자료에서는 점검요령을 참고하여 터널본체의 변상발생부위를 표 1.2.1, 부속물 등의 이상발생부위를 표 1.2.2, 터널 보수·보강재의 종류를 표 1.2.3과 같이 구분한다.

표 1.2.1 터널본체의 변상발생개소·부위의 구분

| 발생개소 | 발생부위 |
|---------|----------|
| 라이닝 | 아치부 |
| | 측벽부 |
| | 시공이음부 |
| | 수평줄눈부 |
| 갱문 | 면벽부(면벽형) |
| | 돌출부(돌출형) |
| 내장판 | 내장타일 |
| | 내장판벨 |
| 노건 및 노면 | 노건 |
| | 노면 |
| 배수시설 | 측구 등 |

표 1.2.2 부속물 등의 이상발생개소·부위의 구분

| 발생개소 | 발생부위 |
|-------|------------|
| 부속물 등 | 부속물 본체 |
| | 정착부재 |
| | 볼트·너트, 앵커류 |

표 1.2.3 터널보수·보강대책의 분류와 보수·보강재의 종류

| 보수·보강대책 | 보수·보강재 |
|---------------|--------------------|
| 박락 제거 후 처리공 | 단면복구재 |
| 라이닝의 일체성 회복공 | 균열주입재 |
| 지보재에 의한 지지공 | 와이어메시·네트 |
| | 보강패널 ^{※1} |
| | 강지보 |
| 라이닝 내면 보강공 | 채움재 |
| 누수공 | 선상누수대책 재료 |
| | 면상누수대책 재료 |
| 라이닝 배면의 공동충진공 | 배면주입재 |
| 지반지지공 | 록볼트 |

※1 내면보강재는 서류상 보강패널과 구별할 수 없으므로 보강패널에 포함.

1.3 변상 및 이상의 종류

본 자료에서는 점검요령의 변상종류(6종, 표 1.3.1), 이상종류(6종), 표 1.3.2) 별로 터널본체의 변상사례 및 부속물 등의 이상사례를 정리한다. 또한, 이 자료는 2014년~2018년에 걸친 정기점검결과를 정리(일부 제외)한 것이나, 향후 정기점검 시 참고할 수 있도록 터널본체의 변상종류 ⑤에 대해 점검요령(2014년 6월)의 「유효두께 부족 또는 감소」가 아닌 점검요령(2019년 3월)의 「두께 부족 또는 감소, 배면공동」으로 표기한다.

또한 부속물 등의 이상종류 중 「③ 균열」은 해당사례가 없기 때문에 본 자료에서는 취급하지 않는다.

표 1.3.1 변상종류

| 변상종류(6종) |
|--------------|
| ①압착, 균열 |
| ②박리·박락 |
| ③변형, 이동, 침하 |
| ④강재 부식 |
| ⑤두께 부족 또는 감소 |
| ⑥누수 등에 의한 변상 |

표 1.3.2 이상종류

| 이상종류(6종) |
|----------|
| ①파단 |
| ②폴립, 탈락 |
| ③균열* |
| ④부식 |
| ⑤변형, 결손 |
| ⑥유격 |

* 「③균열」은 이상사례 없음

1.4 대책분류 판정

본 자료에서는 점검요령의 대책분류에 의해 판정된 변상 및 이상 사례를 수집·정리한다. 터널본체의 대책분류는 표 1.4.1, 변상종류 및 변상분류와의 관계를 표 1.4.2 에 기술한다.

또한 표 1.4.3에는 부속물에 대한 이상판정분류, 표 1.4.4에는 부속물 등의 정착상태 이상판정분류 일람표를 제시한다.

표 1.4.1 터널본체의 대책분류¹⁾

| 구분 | | 정의 |
|-----|-----------------|-----------------------------------------------------------------|
| I | | 이용자에게 영향을 미칠 가능성이 없기 때문에 조치할 필요가 없는 상태 |
| II | II _b | 향후 이용자에게 영향을 미칠 수 있으므로 감시가 필요한 상태 |
| | II _a | 향후 이용자에게 영향을 미칠 수 있으므로 중점감시를 행하고, 예방보전의 관점에서 계획적인 대책을 필요로 하는 상태 |
| III | | 조만간 이용자에게 영향을 미칠 가능성이 높기 때문에 조기에 조치를 강구할 필요가 있는 상태 |
| IV | | 이용자에게 영향을 미칠 가능성이 높기 때문에 긴급한 조치를 강구할 필요가 있는 상태 |

※1 판정 구분 IV에서 「긴급」이라함은 조기에 조치를 강구할 필요가 있는 상태에서 교통개방이 불가능한 상태까지를 말함

표 1.4.2 변상종류 및 변상분류와의 관계¹⁾

| 변상종류 | 변상분류 | | |
|--------------|------|------|----|
| | 외력 | 재질열화 | 누수 |
| ①압착, 균열 | ○ | ○ | |
| ②박리·박락 | ○ | ○ | |
| ③변형, 이동, 침하 | ○ | | |
| ④강재 부식 | | ○ | |
| ⑤두께 부족 또는 감소 | | ○ | |
| ⑥누수 등에 의한 변상 | | | ○ |

보충 1) 변상종류는 변상현상을 말하며, 변상분류는 기본적으로 변상요인을 구분한다. 따라서, 여기서의 변상분류는 필요한 대책분류와는 다르므로 주의할 필요가 있다. 예를들어 재질열화에 의한 두께 부족이나 감소가 발생한 경우에도 필요에 따라 외력에 대한 대책이 필요하다.

- 보충 2) 변상분류란 변상현상의 요인을 3가지로 구분(외력, 재질 열화, 누수)한 것이다.
- 외력은 터널외부에서 작용하는 힘이며, 느슨한 이완토압, 편토압, 산사태에 의한 발생토압, 팽창성 토압, 수압, 동상압 등을 통칭한다.
 - 재질열화는 사용재료의 품질과 성능이 저하되는 것으로서 콘크리트 중성화, 알칼리골재반응, 강재의 부식, 동해, 염해, 온도수축, 건조수축 등을 통칭하며, 시공에 기인한 결함도 포함된다.
 - 누수란 라이닝 배면 지반 등으로부터 물이 터널 갱내로 유입되는 것이며, 라이닝이나 노면의 이음부, 균열 개소 등의 유입을 통칭한다. 또한, 누수 등에 의한 변상은 동절기의 고드름이나 측벽결빙이 발생하는 경우도 포함된다.

표 1.4.3 부속물 등의 정착상태에 대한 이상판정분류²⁾

| 이상판정 분류 | 이상판정내용 | 부속물 등의 정착상태 |
|------------|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| × | 부속물 등의 정착 상태에 이상이 있는 경우 | <ul style="list-style-type: none"> ·이용자의 피해 가능성이 있는 경우 ·볼트 풀림을 다시 조이는 응급조치가 강구되었음에도 불구하고 이후 이용자의 피해 가능성이 높아 재고정, 교환, 철거나 설비전체를 갱신하는 등의 대책이 조기에 필요한 경우 |
| ○ | 부속물 등의 정착 상태에 이상이 없거나 있어도 경미한 경우 | <ul style="list-style-type: none"> ·이상없이 특별한 문제가 없는 경우 ·경미한 변상으로 진행성이나 이용자 피해의 가능성은 없고, 특히 문제가 없기 때문에 대책이 필요없는 경우 ·볼트 풀림을 다시 조이는 응급조치가 강구되었기 때문에, 이용자의 피해 가능성이 없고 특별한 문제가 없기 때문에 대책이 필요없는 경우 ·이상위치에 대책이 적용되어 그 효과가 확인된 경우 |

표 1.4.4 부속물 등의 정착상태 이용관정분류 일람표¹⁾

| 이상종류 | 이상관정분류 | 부속물 본체 | 정착부재 | 볼트·너트·앵커류 |
|--------|------------------------------------|-----------|------|-----------|
| 파단 | 파단이 인정되어 낙하할 우려가 있는 경우 | | ● | ● |
| 풀림, 탈락 | 풀림이나 탈락이 있어 낙하할 우려가 있는 경우 | | | ● |
| 균열 | 균열이 확인되어 낙하할 우려가 있는 경우 | ● | ● | ● |
| 부식 | 부식이 현저하고 손상이 진행될 우려가 있는 경우 | ● | ● | ● |
| 변형, 결손 | 변형이나 결손이 현저하고 손상이 진행될 우려가 있는 경우 | ● | ● | |
| 유격 | 유격이 있고 변형이나 결함이 현저하여 낙하할 우려가 있는 경우 | ● | ● | |

● : 해당개소

<유의점>

- 정기 점검 시에는, 현지에서 전회외 정기점검 시 점검결과를 휴대하고 전회외 정기점검의 이상과 비교하면서 이상의 진행성을 파악할 필요가 있다.
- 또한, 부속물 본체를 구성하는 각 부분에 대해서도 낙하에 의한 이용자 영향이 우려되는 이상이 확인되는 경우에는 이상이 있다고 판정·기록하고 적절한 조치를 강구한다.
- 볼트 풀림을 다시 조이는 응급조치가 강구되어 이용자 피해 가능성이 없어진 경우에도 재체결 기록을 남기는 것이 바람직하다.
- 등기구 정착부재에 다수의 이상이 확인되어 부속물 자체의 부식이나 기능저하도 진행하고 있는 경우 등은 설비전체를 갱신하는 등의 방법을 포함하여 개별적 대응을 검토함이 바람직하다.
- 부식 진행 등에 의해 가까운 장래에 파단될 우려가 있는 경우에 대해서는 「×」로 한다.
- 정착부재 등에 이종의 금속 접촉으로 부식이 발생하는 경우는 국소적으로 부식이 진행되어 탈락원인이 될 우려가 있음에 유의한다.
- 앵커볼트 부근에 발생한 라이닝 콘크리트의 균열이 탈락의 원인이 될 우려가 있음에 유의한다.

2. 터널본체의 변상사례

2.1 개요

본 장에서는 터널본체의 사례를 개착공법과 산악터널공법(소위 NATM)의 2가지로 구분한다. 개착공법터널의 표준 구조도는 그림 2.1.1, 산악터널공법의 표준 구조도는 그림 2.1.2와 같다.

이하에 터널본체의 변상종류별로 변상사례 사진을 제시한다.

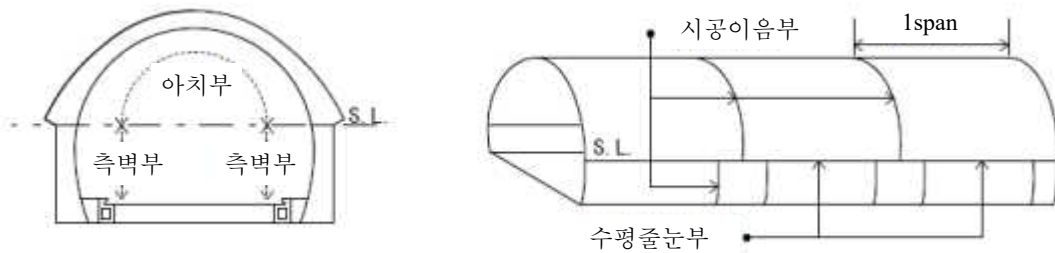
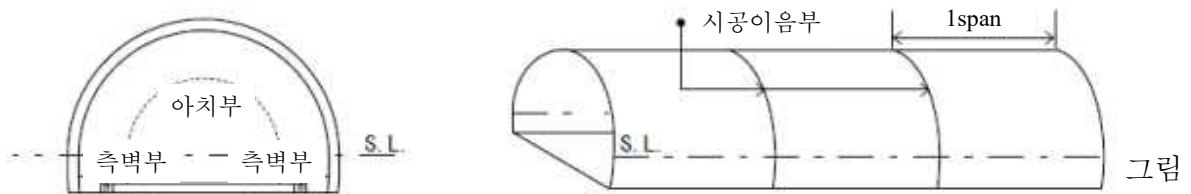


그림 2.1.1 개착공법의 표준 구조도(라이닝 타설방법 : 역타)²⁾



2.1.2 산악터널공법의 표준 구조도(라이닝 타설방법 : 전단면)²⁾

2.2 압착, 균열

점검요령의 압착, 균열에 대한 대책과 기준은 표 2.2.1과 같다. 또한 개착공법에서 균열의 진행유무가 확인되지 않는 경우 균열규모(폭이나 길이) 등에 착안한 대책을 기준하여 표 2.2.2에 기술한다. 개착공법에서 과거의 정기점검기록과의 비교나 조사결과로부터 균열진행이 확인된 경우 균열규모(폭이나 길이) 등에 착안한 대책을 기준하여 표 2.2.3에 기술한다.

다만 표 2.2.2 및 2.2.3은 개착공법에서 대책의 기준의 한 사례에 불과하므로 점검요령에서는 기계적으로 적용하지 말고 현장상황에 따라 판정하는 것이 바람직하다. 또한 불규칙적 균열 등이 확인되는 개소는 집중적인 이완토압이 작용할 우려가 있어 두께부족 또는 감소가 수반되는 경우 돌발성 붕괴로 이어질 우려가 있으므로 상기와 같은 변상이 확인된 개소에

대해서는 필요에 따라 전회정기점검결과와의 비교나 실시된 조사결과 등을 확인한 후 판정하는 것이 요망된다¹⁾.

표 2.2.1 압착, 균열에 대한 대책¹⁾

| | | |
|-----|-----------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| I | | 균열이 발생하지 않거나 발생하여도 경미하여 조치할 필요가 없는 상태 |
| II | II _b | 균열이 있고 그 진행이 확인되지 않으나 향후 구조물 기능이 저하될 가능성이 있으므로 감시가 필요한 상태 |
| | II _a | 균열이 있고 그 진행이 확인되어 향후 구조물 기능이 저하될 가능성이 있으므로 중점감시를 행하고, 예방보전의 관점에서 계획적인 대책을 필요로 하는 상태 |
| III | | 균열이 밀집되거나 전단 균열 등이 있고 구조물 기능이 저하되기 때문에 조기에 조치를 강구할 필요가 있는 상태 |
| IV | | 균열이 크게 밀집되거나 전단 균열 등이 있고 구조물 기능이 현저히 저하되거나 압착이 있어 긴급한 조치를 강구할 필요가 있는 상태 |

【대책분류 기준¹⁾】

균열발생 원인으로 외력 이외 재질열화가 있으나 외력에 의한 경우에는 압착(단면내에 압축에 의한 축력과 회전모멘트의 영향이 현저하게 나타나며, 터널 내측이 압축에 의해 붕괴될 것 같은 상태로서 손상 등을 동반하는 상태)의 발생 또는 균열이 진행된 경우 구조물의 기능저하로 이어지기 때문에 외력이 균열의 원인으로 판단되는 경우에는 일반적으로 II_b 이상으로 판정한다. 단, 재질열화가 원인이라 하더라도 박리·박락 등이 발생하는 경우도 있으므로 유의한다.

산악터널공법에서 라이닝이 기타 지보구조부재와 함께 터널의 안정성을 확보하는 지보구조의 일부라 하더라도 원칙적으로 지반으로부터의 외력을 예상하여 구조설계되는 것은 아니다. 때문에 해당 라이닝 span에 외력에 의한 것이라고 판단되는 균열이 확인된 경우에는 필요한 조사를 실시하여 변상의 원인과 진행 정도 등을 파악한 후 판정하는 것이 바람직하나 적어도 전회 정기점검결과 등과 비교하여 외력에 기인한 균열 진행성이 확인되는 경우에는 III 또는 IV로 판정하는 것이 좋다. 외력에 기인한 균열의 진행성이 확인되지 않은 경우에도 II_a로서 중점적 감시가 요망되나 균열의 정도가 경미하고 원인이 외력 또는 재질열화인지 판별하기 어려운 상황이라면 II_b로 판정할 수 있다.

표 2.2.2 점검 시(균열의 진행유무가 확인되지 않는 경우)의 대책분류 기준(개착공법)¹⁾

| 대상 개소 | 부위 구분 | 외력에 의한 균열 | | | | | | 대책 분류 |
|----------|----------|-------------------|-----------|-----------|--------------------|-----------|----------|---------------------------------------------------------|
| | | 폭 ^{보충1)} | | | 길이 ^{보충2)} | | | |
| | | 5mm 이상 | 3~5m m | 3mm 미만 | 10m 이상 | 5~10 m | 5m 미만 | |
| 라이닝 | 단면내 | | | ○ | ○ | ○ | ○ | I, II _b , II _a ^{보충3)} |
| | | | ○ | | | | ○ | II _b , II _a |
| | | | ○ | | | ○ | | III |
| | | | ○ | | ○ | | | III |
| | | ○ | | | | | ○ | II _b , II _a , III ^{보충4)} |
| | | ○ | | | | ○ | | III |
| | | ○ | | | ○ | | | IV |

보충 1) 연속된 균열 내에서 폭이 변화하는 경우는 최대 폭을 해당균열폭으로 한다.

보충 2) 라이닝 span에 걸쳐 연속된 균열은 라이닝 span에 걸쳐 측정된 길이를 해당균열길기로 한다.(라이닝 span 단위의 균열길기로 평가하지 않음)

보충 3) 3mm미만인 균열폭에 대한 판정 사례는 다음과 같다.

I, II_b : 균열이 경미하고 외력 또는 재질열화인지 판단하기 어려운 경우



II_a : 지반조건이나 주변의 균열발생상황 등으로 외력의 작용 가능성이 있는 경우



또는 지반조건이나 주변의 균열발생상황 등으로 외력의 작용 가능성을 명확히 확인할 수 있는 경우 그 영향을 고려하여 판정할 수 있다.


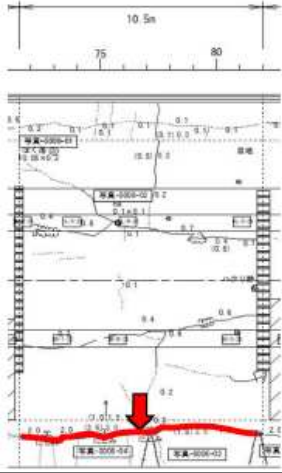
보충 4) 균열폭이 5mm이상이고 균열길이가 5m미만인 경우의 판정은 균열발생위치나 발생원인을 고려하여 판정한다.



표 2.2.3 조사결과 균열진행이 확인된 경우의 대책분류 기준(개착공법)¹⁾


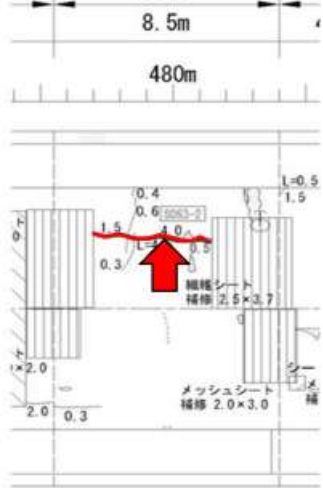
| 대상 개소 | 부위 구분 | 외력에 의한 균열 | | | | 대책 분류 |
|----------|----------|-----------|-------|------|------|-----------------------|
| | | 폭 | | 길이 | | |
| | | 3mm이상 | 3mm미만 | 5m이상 | 5m미만 | |
| 라이닝 | 단면내 | | ○ | ○ | ○ | II _a , III |
| | | ○ | | | ○ | III |
| | | ○ | | ○ | | IV |



| | | | | | | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|------|-----|------------------------------------------------------------------------------------|-------|------|---|
| 터널본체의 변상사례 | | 변상종류 | | ①압착, 균열 | | 1/4 | |
| 변상개소 | 라이닝 | 부위 | 아치부 | 공법 | 개착공법 | 대책분류 | Ⅲ |
| 사진번호 | 2.2.1 | | | | 변상전개도 | | |
|  | | | |  | | | |
| 설 명 | | | | | | | |
| <p>라이닝 아치부에 발생한 균열 사례 변상규모는 최대 폭 4.0mm×길이 10.0m로서 횡단방향으로 반단면을 초과하는 큰 균열 발생 누수를 동반한 span 전체에 걸쳐 종단방향의 균열과 교차함. 지반조건이나 시공기록 등으로 외력작용 가능성이 있는 터널임.</p> | | | | | | | |


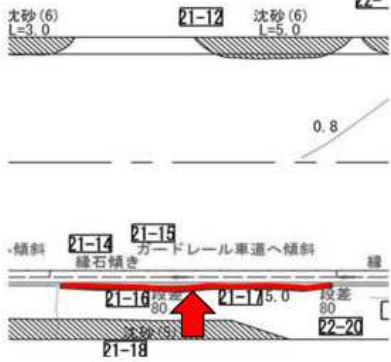
| | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-----|--|---------------------------------------------------------------------------------------|-------|-----|--|----|--|------|--|------|--|---|--|
| 변상개소 | | 라이닝 | | 부위 | | 아치부 | | 공법 | | 개착공법 | | 대책분류 | | Ⅲ | |
| 사진번호 | 2.2.2 | | | | 변상전개도 | | | | | | | | | | |
|  | | | |  | | | | | | | | | | | |
| 설 명 | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>라이닝 아치부에 발생한 균열 사례 변상규모는 최대 폭 4.0mm×길이 7.7m로서 span 전체 걸쳐 종단방향의 균열 발생 주위의 박락 외에 균열 중앙부의 단차나 파편이 확인되며, 변상이 상당히 진행됨.</p> | | | | | | | | | | | | | | | |

| | | | | | | | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|----|------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------|------|---|
| 터널본체의 변상사례 | | | 변상종류 | ①압착, 균열 | 2/4 | | |
| 변상개소 | 라이닝 | 부위 | 측벽부 | 공법 | 개착공법 | 대책분류 | Ⅲ |
| 사진번호 | 2.2.3 | | | | 변상전개도 | | |
|  | | | |  | | | |
| 설 명 | | | | | | | |
| <p>라이닝 측벽부에 발생한 균열 사례 변상규모는 최대 폭 3.0mm×길이 10.5m로서 span 전체에 걸쳐 종단방향의 균열발생 균열을 통한 누수의 동반, 석회유리도 확인되며, 변상이 상당히 진행됨.</p> | | | | | | | |

| | | | | | | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|----|-----|---------------------------------------------------------------------------------------|-------|------|----------------|
| 변상개소 | 라이닝 | 부위 | 아치부 | 공법 | 개착공법 | 대책분류 | Ⅱ _a |
| 사진번호 | 2.2.4 | | | | 변상전개도 | | |
|  | | | |  | | | |
| 설 명 | | | | | | | |
| <p>라이닝 아치부에 발생한 균열 사례 변상규모는 최대 폭 3.0mm×길이 0.7m정도이나, 눈으로 확인할 수 있는 것 뿐만 아니라 도수관이나 섬유시트 밑에도 균열이 있을 가능성이 높음. 균열주변에 박락이나 변색이 확인되며, 이미 플레이트가 설치되어 있으므로 향후 변상의 진행에 주의할 필요가 있음.</p> | | | | | | | |

| 터널본체의 변상사례 | | 변상종류 | ①압착, 균열 | | 3/4 | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|------|---------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------|------|----------------|
| 변상개소 | 라이닝 | 부위 | 아치부 | 공법 | 개착공법 | 대책분류 | Ⅱ _b |
| 사진번호 | 2.2.5 | | | | 변상전개도 | | |
|  | | | |  | | | |
| 설 명 | | | | | | | |
| <p>라이닝 아치부에 발생한 균열 사례 변상규모는 최대 폭 4.0mm×길이 4.5m로서 종단방향의 균열발생 진행성은 보이지 않으나 주위 라이닝의 상태가 좋지 않으므로 향후 변상의 진행에 주의할 필요 있음.</p> | | | | | | | |

| 변상개소 | 라이닝 | 부위 | 아치부 | 공법 | 개착공법 | 대책분류 | Ⅱ _b |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|----|-----|---------------------------------------------------------------------------------------|-------|------|----------------|
| 사진번호 | 2.2.6 | | | | 변상전개도 | | |
|  | | | |  | | | |
| 설 명 | | | | | | | |
| <p>라이닝 아치부에 발생한 균열 사례 변상규모는 최대 폭 0.9mm×길이 8.8m정도로써 종단방향의 균열 발생 외력작용 가능성도 있으나 한번의 점검만으로 판단하기는 곤란하며, 향후 변상의 진행에 주의할 필요가 있음.</p> | | | | | | | |

| | | | | | | | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|------|----------------|------------------------------------------------------------------------------------|------|-------|----------------|
| 터널본체의 변상사례 | | 변상종류 | | ①압착, 균열 | | 4/4 | |
| 변상개소 | 노건 및 노면 | 부위 | 보도·검사원 통로 등 | 공법 | 개착공법 | 대책분류 | Ⅱ _b |
| 사진번호 | 2.2.7 | | | | | 변상전개도 | |
|  | | | |  | | | |
| 설 명 | | | | | | | |
| <p>보도·검사원 통로 등에 발생한 균열 사례 변상규모는 최대 폭 5.0mm×길이 9.0m로서 종단방향의 균열발생 부근 연석에 단차나 경사가 발생하였고 가드레일도 차도측으로 경사짐. 외력작용 가능성도 있으나 한번의 점검만으로 판단하기는 곤란하며, 향후 변상의 진행에 주의할 필요가 있음.</p> | | | | | | | |

2.3 박리·박락

점검요령의 박리·박락에 대한 대책분류는 표 2.3.1, 대책분류의 기준은 표 2.3.2와 같다. 또한 박리·박락 판정은 타음검사 시 타격을 통해 제거한 후 실시하고 콘크리트 라이닝의 박리·박락에 대해서는 낙하우려가 있는 경우 아치부에 비해 측벽부에서는 낙하에 의한 이용자 피해우려가 적다는 점을 감안하여 판정한다.

표 2.3.1 박리·박락에 대한 대책¹⁾

| | | |
|-----|-----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| I | | 균열 등에 의한 박리·박락의 징후가 없을 것, 또는 타격에 의해 제거 할 수 있기 때문에 낙하 가능성이 없어 조치할 필요가 없는 상태 |
| II | II _b | 균열 등에 의해 콘크리트 라이닝 등의 박리·박락의 징후가 있고 향후 낙하 가능성이 있으므로 감시가 필요한 상태 |
| | II _a | 균열 등에 의해 콘크리트 라이닝 등의 박리·박락 징후가 있고 향후 낙하 가능성이 있으므로 중점감시를 행하고, 예방보전의 관점에서 계획적인 대책을 필요로 하는 상태 |
| III | | 균열 등에 의해 콘크리트 라이닝 등의 박리·박락이 보이며, 낙하 가능성이 있으므로 조기에 조치를 강구할 필요가 있는 상태 |
| IV | | 균열 등에 의해 콘크리트 라이닝 등의 박리·박락이 현저하여 조기에 낙하할 가능성이 있으므로 긴급한 조치를 강구할 필요가 있는 상태 |

【대책분류 기준¹⁾】

박리·박락부의 낙하 위험성은 균열 등의 상황이나 타음이상의 유무로 판단한다. 또한 판정 시 외력에 의한 균열 등으로 발생한 박리·박락에 대해서는 변상분류의 외력으로, 마찬가지로 재질열화에 의한 균열 등으로 발생한 박리·박락에 대해서는 변상분류의 재질열화로 판정한다.

표 2.3.2 박리·박락 등에 대한 대책분류 기준¹⁾

| 대상 개소 | 부위 구분 | 균열 등의 상황 ^{보충1)} | 타음이상 ^{보충4)} | |
|----------|----------|----------------------------------------|----------------------|-------------------------------------|
| | | | 유 | 무 |
| 라이닝 | 단면내 | 균열 등은 있으나 진행되어도 폐합우려가 없음. | Ⅱ _b | |
| | | 균열 등은 폐합되지 않았으나 균열진행에 의한 폐합이 염려됨. | Ⅲ | Ⅱ _b |
| | | 균열 등이 폐합되어 블록화 ^{보충2)} 됨. | Ⅳ | Ⅱ _b , Ⅱ _a , Ⅲ |
| | | 누수방지 몰탈이나 보수재가 재질열화 ^{보충3)} 됨. | Ⅲ,Ⅳ | Ⅱ _b , Ⅱ _a , Ⅲ |
| | | 콘크리트 라이닝이나 골재가 분리되거나 표면에 드러나는 등 재질열화됨. | Ⅲ,Ⅳ | Ⅱ _b , Ⅱ _a , Ⅲ |

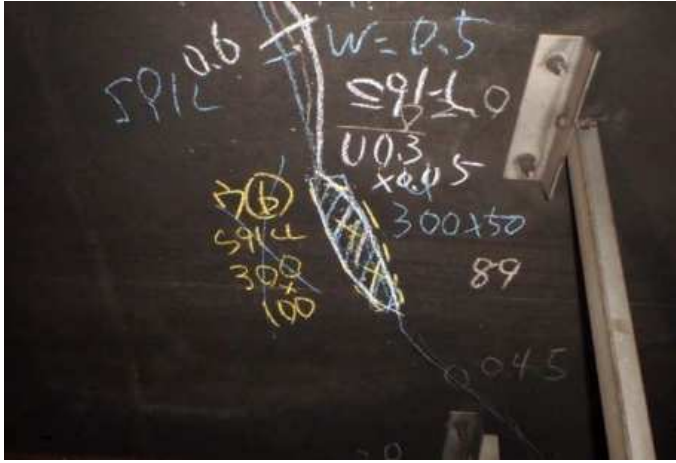

보충 1) 균열 등이 외력에 의한 경우는 변상분류의 외력으로, 재질열화에 의한 경우는 변상분류의 재질열화로 판정한다.



보충 2) 블록화라는 것은 균열 등이 단독 또는 균열과 이음, 콜드조인트 등에서 폐합되어 라이닝이 분리된 상태를 말함.



보충 3) 보수재 등의 박리·박락에 대해서는 터널본체에 발생한 박락에 비해 그 두께가 얇은 경우가 많기 때문에 발생위치 등을 고려하여 판정할 수 있다.



보충 4) 타음이상이 확인되지 않는 경우 일반적으로는 대책분류 Ⅱ_b로 판정할 수 있으나, 하기와 같은 경우는 대책분류 Ⅱ_a 또는 Ⅲ 등으로 검토할 수 있다.

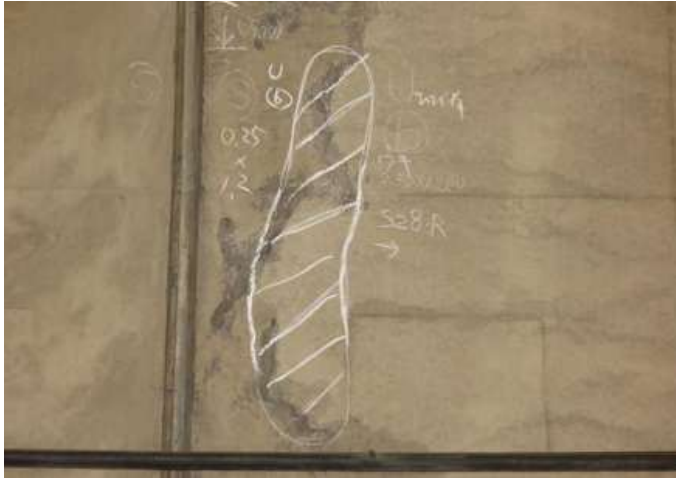

- 블록화된 면적이 큰 경우
- 균열 발생상황에 따라 낙하 위험성이 있다고 판단되는 경우
- 블록화가 진행된 경우
- 열화원인이 명확한 경우나 한랭지 등 환경조건이 열악한 경우


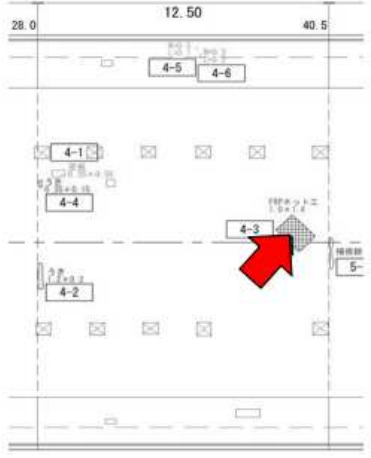
| | | | | | | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|------|-----|------------------------------------------------------------------------------------|------|-------|---|
| 터널본체의 변상사례 | | 변상종류 | | ②박리·박락 | | 1/13 | |
| 변상개소 | 라이닝 | 부위 | 아치부 | 공법 | 개착공법 | 대책분류 | Ⅲ |
| 사진번호 | 2.3.1 | | | | | 변상전개도 | |
|  | | | |  | | | |
| 설 명 | | | | | | | |
| <p>라이닝 아치부에 발생한 박리·박락 사례 변상규모는 0.3m×0.05m로서 균열에 따른 박락 발생 블록화에 의한 낙하가 우려됨.</p> | | | | | | | |

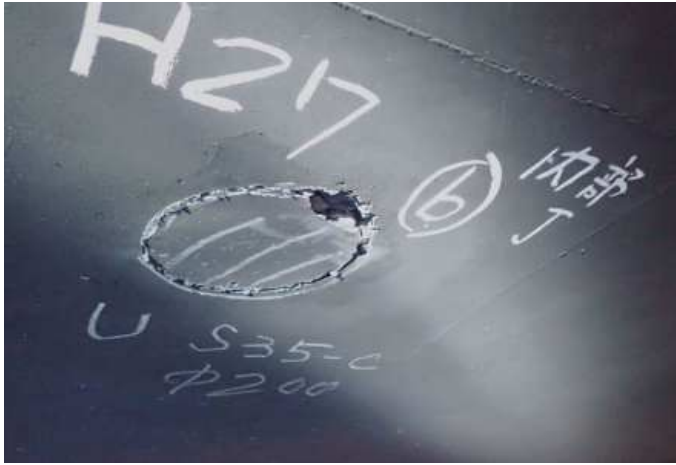

| | | | | | | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|------|-----|--------------------------------------------------------------------------------------|------|-------|---|
| 변상개소 | | 변상종류 | | ②박리·박락 | | 1/13 | |
| 변상개소 | 라이닝 | 부위 | 아치부 | 공법 | 개착공법 | 대책분류 | Ⅲ |
| 사진번호 | 2.3.2 | | | | | 변상전개도 | |
|  | | | |  | | | |
| 설 명 | | | | | | | |
| <p>라이닝 아치부에 발생한 박리·박락 사례 변상규모는 0.2m×0.9m로서 도수공에 따른 박락 발생과 균열 수반 블록화에 의한 낙하가 우려됨.</p> | | | | | | | |



| 터널본체의 변상사례 | | 변상종류 | | ②박리·박락 | | 2/13 | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|------|-----|------------------------------------------------------------------------------------|-------|------|---|
| 변상개소 | 라이닝 | 부위 | 아치부 | 공법 | 개착공법 | 대책분류 | Ⅲ |
| 사진번호 | 2.3.3 | | | | 변상전개도 | | |
|  | | | |  | | | |
| 설 명 | | | | | | | |
| <p>라이닝 아치부에 발생한 박리·박락 사례 변상규모는 0.15m×0.25m로서 라이닝 타설구 주변에 골재가 드러남. 타음이상이 있고 타격에 의한 골재의 탈락도 보이는 변상이 상당히 진행되고 있으며, 낙하가 우려됨.</p> | | | | | | | |



| 변상개소 | 라이닝 | 부위 | 아치부 | 공법 | 산악터널 공법 | 대책분류 | Ⅲ |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|----|-----|--------------------------------------------------------------------------------------|------------|------|---|
| 사진번호 | 2.3.4 | | | | 변상전개도 | | |
|  | | | |  | | | |
| 설 명 | | | | | | | |
| <p>라이닝 아치부에 발생한 박리·박락 사례 변상규모는 0.25m×0.8m로서 균열에 따른 박락 발생 타격으로 일부는 제거하였으나 타음이상개소가 완전히 제거되지 않은 상태임. 균열을 수반하며, 블록화에 의한 낙하가 우려됨.</p> | | | | | | | |


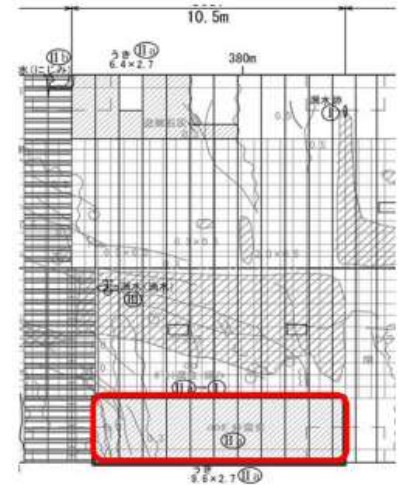
| 터널본체의 변상사례 | | 변상종류 | | ②박리·박락 | | 3/13 | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|------|-----|------------------------------------------------------------------------------------|------------|------|---|
| 변상개소 | 라이닝 | 부위 | 아치부 | 공법 | 산악터널 공법 | 대책분류 | Ⅲ |
| 사진번호 | 2.3.5 | | | | 변상전개도 | | |
|  | | | |  | | | |
| 설 명 | | | | | | | |
| <p>라이닝 아치부에 발생한 박리·박락 사례 변상규모는 0.25m×1.20m로서 균열에 따른 박락 발생 타음이상이 있고 라이닝 내부에 골재의 드러남이나 균열이 존재할 가능성이 있으며, 블록화에 의한 낙하가 우려됨.</p> | | | | | | | |


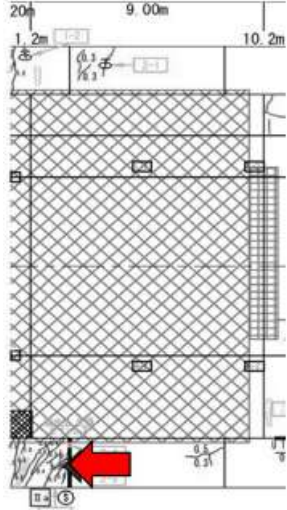
| 변상개소 | 라이닝 | 부위 | 아치부 | 공법 | 산악터널 공법 | 대책분류 | Ⅲ |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|----|-----|--------------------------------------------------------------------------------------|------------|------|---|
| 사진번호 | 2.3.6 | | | | 변상전개도 | | |
|  | | | |  | | | |
| 설 명 | | | | | | | |
| <p>라이닝 아치부에 발생한 박리·박락 사례 변상규모는 1.0m×1.1m로서 표면변색이나 타음이상으로 라이닝 내부에 이물질 혼입 가능성이 있으며, 낙하가 우려됨. ※점검 시 대응조치로서 FRP네트(1.0m×1.4m)를 설치</p> | | | | | | | |


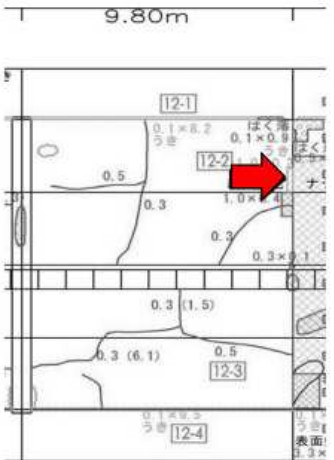
| 터널본체의 변상사례 | | 변상종류 | | ②박리·박락 | | 4/13 | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|------|-----|------------------------------------------------------------------------------------|------------|-------|---|
| 변상개소 | 라이닝 | 부위 | 아치부 | 공법 | 산악터널 공법 | 대책분류 | Ⅲ |
| 사진번호 | 2.3.7 | | | | | 변상전개도 | |
|  | | | |  | | | |
| 설 명 | | | | | | | |
| <p>라이닝 아치부에 발생한 박리·박락 사례 변상규모는 0.20m×0.20m로서 라이닝 타설구 주변에 골재가 드러남. 골재의 탈락도 보이며, 블록화에 의한 낙하가 우려됨.</p> | | | | | | | |



| 변상개소 | 라이닝 | 부위 | 시공이음부 | 공법 | 개착공법 | 대책분류 | Ⅲ |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|----|-------|--------------------------------------------------------------------------------------|------|-------|---|
| 사진번호 | 2.3.8 | | | | | 변상전개도 | |
|  | | | |  | | | |
| 설 명 | | | | | | | |
| <p>라이닝 시공이음부에 발생한 박리·박락 사례 변상규모는 0.1m×0.6m로서 균열을 수반한 박락 발생 블록화에 의한 낙하가 우려됨.</p> | | | | | | | |

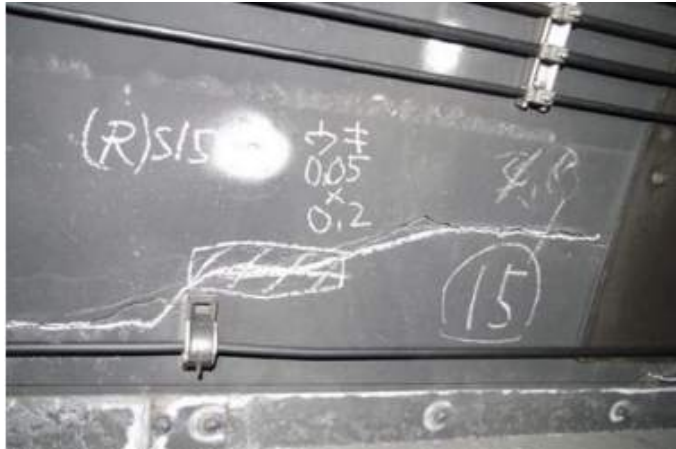
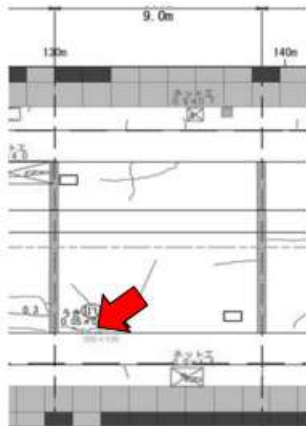
| | | | | | | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|----|-------|------------------------------------------------------------------------------------|------------|------|---|
| 터널본체의 변상사례 | | | 변상종류 | ②박리·박락 | 5/13 | | |
| 변상개소 | 라이닝 | 부위 | 시공이음부 | 공법 | 산악터널 공법 | 대책분류 | Ⅲ |
| 사진번호 | 2.3.9 | | | | 변상전개도 | | |
|  | | | |  | | | |
| 설 명 | | | | | | | |
| <p>라이닝 시공이음부에 발생한 박리·박락 사례 변상규모는 9.6m×2.7m로서 광범위한 라이닝 표면열화가 확인됨. 명확한 타음이상은 확인되지 않으나 해머로 쉽게 깨지는 상태로서 향후 재질열화의 진행에 의한 낙하 가능성 있음.</p> | | | | | | | |

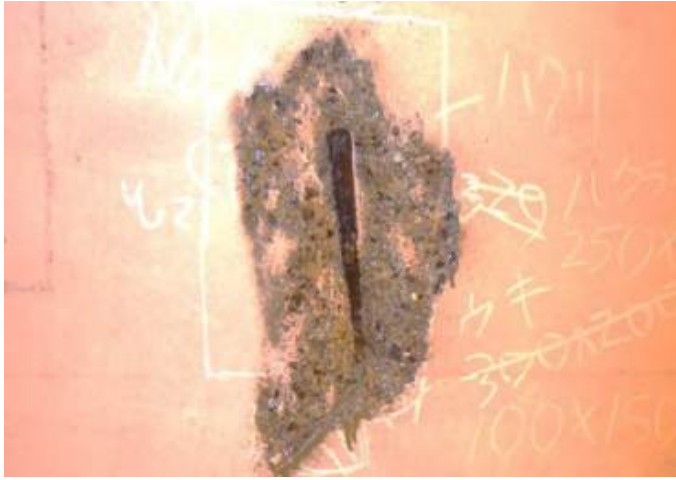

| | | | | | | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|----|-----|--------------------------------------------------------------------------------------|-------|------|----------------|
| 변상개소 | 라이닝 | 부위 | 측벽부 | 공법 | 개착공법 | 대책분류 | Ⅱ _a |
| 사진번호 | 2.3.10 | | | | 변상전개도 | | |
|  | | | |  | | | |
| 설 명 | | | | | | | |
| <p>라이닝 측벽부에 발생한 박리·박락 사례 변상규모는 9.6m×2.7m로서 광범위한 라이닝 표면열화가 확인됨. 명확한 타음이상은 확인되지 않으나 해머로 쉽게 깨지는 상태로서 향후 재질열화의 진행에 의한 낙하 가능성 있음.</p> | | | | | | | |



| | | | | | | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|----|------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------|------|----------------|
| 터널본체의 변상사례 | | | 변상종류 | ②박리·박락 | 6/13 | | |
| 변상개소 | 라이닝 | 부위 | 측벽부 | 공법 | 개착공법 | 대책분류 | Ⅱ _a |
| 사진번호 | 2.3.11 | | | | 변상전개도 | | |
|  | | | |  | | | |
| 설 명 | | | | | | | |
| <p>라이닝 측벽부에 발생한 박리·박락 사례 변상규모는 1.5m×2.1m로서 균열이 밀집된 범위에 박락 발생 블록화되지는 않았으나 측벽부에 타음이상이 있으며, 타격에 의한 박락은 없음. 향후 재질열화의 진행에 의한 낙하 가능성 있음.</p> | | | | | | | |

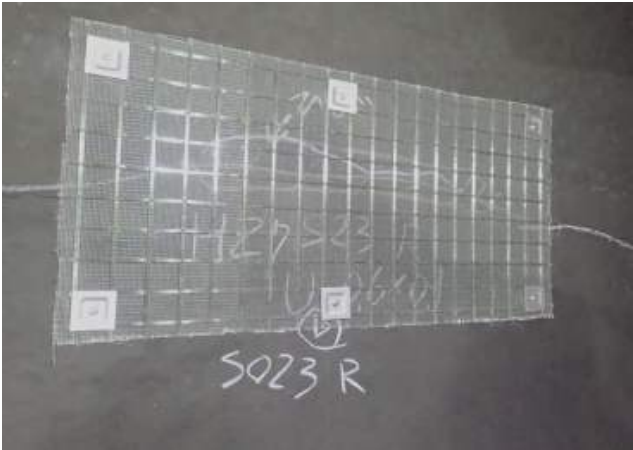

| | | | | | | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|----|-------|---------------------------------------------------------------------------------------|-------|------|----------------|
| 변상개소 | 라이닝 | 부위 | 시공이음부 | 공법 | 개착공법 | 대책분류 | Ⅱ _a |
| 사진번호 | 2.3.12 | | | | 변상전개도 | | |
|  | | | |  | | | |
| 설 명 | | | | | | | |
| <p>라이닝 시공이음부에 발생한 박리·박락 사례 변상규모는 1.0m×0.2m로서 수평줄눈부에 걸쳐 박락 발생 균열을 수반하나 블록화되지는 않았으며, 타격에 의한 박락은 없으나 시설 대책으로 미루어 인접 라이닝상태도 나쁠 것으로 추정되므로 향후 재질열화의 진행에 의한 낙하 가능성 있음.</p> | | | | | | | |


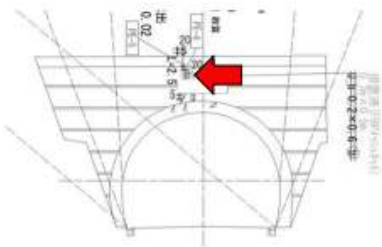
| | | | | | | | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|----|-------|-------------------------------------------------------------------------------------|------|-------|----------------|
| 터널본체의 변상사례 | | | 변상종류 | ②박리·박락 | | 7/13 | |
| 변상개소 | 라이닝 | 부위 | 수평줄눈부 | 공법 | 개착공법 | 대책분류 | Ⅱ _a |
| 사진번호 | 2.3.13 | | | | | 변상전개도 | |
|  | | | |  | | | |
| 설 명 | | | | | | | |
| <p>라이닝 수평줄눈부에 발생한 박리·박락 사례 변상규모는 0.1m×2.2m로서 이음부 몰탈 박락 발생 측벽부지만 이음재 열화의 징후가 있어 향후 재질열화의 진행에 의한 낙하 가능성 있음.</p> | | | | | | | |


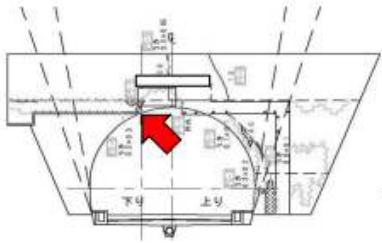
| | | | | | | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|----|-----|---------------------------------------------------------------------------------------|------|-------|----------------|
| 변상개소 | 라이닝 | 부위 | 아치부 | 공법 | 개착공법 | 대책분류 | Ⅱ _b |
| 사진번호 | 2.3.14 | | | | | 변상전개도 | |
|  | | | |  | | | |
| 설 명 | | | | | | | |
| <p>라이닝 아치부에 발생한 박리·박락 사례 변상규모는 0.2m×0.05m로서 균열에 따른 박락 발생 타음이상이 있으나 측벽부로서 타격에 의한 박락은 없음. 향후 재질열화의 진행에 주의할 필요가 있음.</p> | | | | | | | |

| 터널본체의 변상사례 | | | 변상종류 | ②박리·박락 | 8/13 | | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|----|------|------------------------------------------------------------------------------------|------------|------|----------------|
| 변상개소 | 라이닝 | 부위 | 아치부 | 공법 | 산악터널 공법 | 대책분류 | Ⅱ _b |
| 사진번호 | 2.3.15 | | | | 변상전개도 | | |
|  | | | |  | | | |
| 설 명 | | | | | | | |
| <p>라이닝 아치부에 발생한 박리·박락 사례 변상규모는 0.15m×0.2m로서 박락 발생 타격으로 불안정한 부분을 제거하였으나 철근노출이 확인되었기 때문에 열화방지 코팅제로 응급처리 실시 재질열화의 진행에 주의할 필요가 있음.</p> | | | | | | | |

| | | | | | | | | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|--|-----|--------------------------------------------------------------------------------------|-------|----|------------|------|----------------|
| 변상개소 | | | 라이닝 | 부위 | 아치부 | 공법 | 산악터널 공법 | 대책분류 | Ⅱ _b |
| 사진번호 | 2.3.16 | | | | 변상전개도 | | | | |
|  | | | |  | | | | | |
| 설 명 | | | | | | | | | |
| <p>라이닝 아치부에 발생한 박리·박락 사례 변상규모는 0.4m×0.05m로서 라이닝 표면에 골재가 드러나는 등 노출이 있음. 향후 재질열화의 진행에 주의할 필요가 있음.</p> | | | | | | | | | |

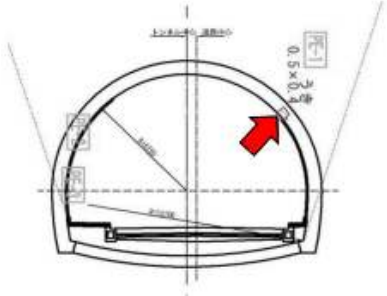
| | | | | | | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|----|------|-------------------------------------------------------------------------------------|------------|-------|----------------|
| 터널본체의 변상사례 | | | 변상종류 | ②박리·박락 | | 9/13 | |
| 변상개소 | 라이닝 | 부위 | 아치부 | 공법 | 산악터널 공법 | 대책분류 | Ⅱ _b |
| 사진번호 | 2.3.17 | | | | | 변상전개도 | |
|  | | | |  | | | |
| 설 명 | | | | | | | |
| <p>라이닝 아치부에 발생한 박리·박락 사례 변상규모는 0.10m×0.60m로서 균열에 따른 박락 발생 FRP메시네트로 조치완료 향후 재질열화의 진행에 주의할 필요가 있음.</p> | | | | | | | |

| | | | | | | | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|----|------|--------------------------------------------------------------------------------------|------|-------|---|
| 터널본체의 변상사례 | | | 변상종류 | ②박리·박락 | | 10/13 | |
| 변상개소 | 갱문 | 부위 | 면벽부 | 공법 | 개착공법 | 대책분류 | Ⅳ |
| 사진번호 | 2.3.18 | | | | | 변상전개도 | |
|  | | | |  | | | |
| 설 명 | | | | | | | |
| <p>갱문 면벽부에 발생한 박리·박락 사례 변상규모는 0.2m×0.6m로서 명관 횡균열에 따른 박락 발생 균열이 폐합되어 블록화되었으며, 타음이상도 있음. 균열폭도 크기 때문에 조기낙에 가능성이 매우 높음.</p> | | | | | | | |

| 변상개소 | 갱문 | 부위 | 면벽부 | 공법 | 개착공법 | 대책분류 | II _a |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|----|-----|----|-------|------|-----------------|
| 사진번호 | 2.3.19 | | | | 변상전개도 | | |
|   | | | | | | | |
| 설 명 | | | | | | | |
| <p>갱문 면벽부에 발생한 박리·박락 사례 변상규모는 0.3m×0.3m로서 변색부위에 박락 발생 균열을 수반하며, 향후 재질열화의 진행에 의한 낙하 가능성 있음.</p> | | | | | | | |


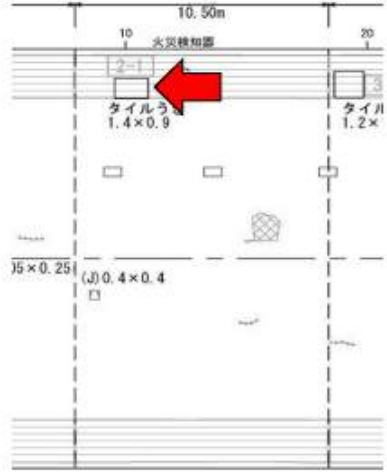
| | | | |
|------------|------|--------|-------|
| 터널본체의 변상사례 | 변상종류 | ②박리·박락 | 11/13 |
|------------|------|--------|-------|

| 변상개소 | 갱문 | 부위 | 면벽부 | 공법 | 개착공법 | 대책분류 | II _a |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|----|-----|----|-------|------|-----------------|
| 사진번호 | 2.3.20 | | | | 변상전개도 | | |
|   | | | | | | | |
| 설 명 | | | | | | | |
| <p>갱문 면벽부에 발생한 박리·박락 사례 변상규모는 2.6m×1.1m의 범위로서 면벽에 골재가 드러남. 골재가 노출되어 타격에 의한 박락은 없으나, 향후 재질열화의 진행에 의한 낙하 가능성 있음.</p> | | | | | | | |

| 변상개소 | 갱문 | 부위 | 돌출부 | 공법 | 개착공법 | 대책분류 | II _a |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|----|-----|----|-------|------|-----------------|
| 사진번호 | 2.3.21 | | | | 변상전개도 | | |
|   | | | | | | | |
| 설 명 | | | | | | | |
| <p>갱문 돌출부에 발생한 박리·박락 사례 변상규모는 0.5m×0.4m로서 돌출부 단부에 박락 발생 균열을 수반하며, 향후 재질열화의 진행에 의한 낙하 가능성 있음.</p> | | | | | | | |

| | | | |
|------------|------|--------|-------|
| 터널본체의 변상사례 | 변상종류 | ②박리·박락 | 12/13 |
|------------|------|--------|-------|

| 변상개소 | 갱문 | 부위 | 면벽부 | 공법 | 개착공법 | 대책분류 | II _b |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|----|-----|----|-------|------|-----------------|
| 사진번호 | 2.3.22 | | | | 변상전개도 | | |
|   | | | | | | | |
| 설 명 | | | | | | | |
| <p>갱문 면벽부에 발생한 박리·박락 사례 변상규모는 0.05m×0.35m 및 0.15m×0.2m의 범위로서 골재가 드러남. 경미한 골재 노출로서 타격에 의한 골재의 박락은 없으나, 향후 재질열화의 진행에 주의할 필요가 있음.</p> | | | | | | | |

| | | | | | | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|------|------|------------------------------------------------------------------------------------|------------|-------|----------------|
| 터널본체의 변상사례 | | 변상종류 | | ②박리·박락 | | 13/13 | |
| 변상개소 | 내장판 | 부위 | 내장타일 | 공법 | 산악터널 공법 | 대책분류 | Ⅱ _b |
| 사진번호 | 2.3.23 | | | | 변상전개도 | | |
|  | | | |  | | | |
| 설 명 | | | | | | | |
| <p>측벽부 내장타일에 발생한 박리·박락 사례 변상규모는 1.4m×0.9m의 범위로서 타일에 박락 발생 타일의 접착기능 저하로 낙하 가능성이 있으므로 향후 재질열화의 진행에 주의할 필요가 있음.</p> | | | | | | | |

2.4 변형, 이동, 침하

점검요령의 변형, 이동, 침하에 대한 대책분류는 표 2.4.1, 변형속도에 대한 대책분류의 기준은 표 2.4.2와 같다.

표 2.4.1 변형, 이동, 침하에 대한 대책¹⁾

| | | |
|-----|------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| I | 변형, 이동, 침하 등이 발생하지 않거나 경미하여 조치할 필요가 없는 상태 | |
| II | II _b | 변형, 이동, 침하 등의 진행이 정지하였으나 감시가 필요한 상태 |
| | II _a | 변형, 이동, 침하 등의 진행이 완만하여 중점감시를 행하고, 예방보전의 관점에서 계획적인 대책을 필요로 하는 상태 |
| III | 변형, 이동, 침하 등이 진행 중이고 구조물의 기능저하가 예상되므로 조기에 조치를 강구할 필요가 있는 상태 | |
| IV | 변형, 이동, 침하 등의 진행이 현저하고 구조물의 기능저하가 현저히 저하되어 긴급한 조치를 강구할 필요가 있는 상태 | |

【대책분류 기준¹⁾】

터널의 변형, 이동, 침하에 대해서는 변형속도가 기준이 된다. 변형속도에 대한 대책분류(II_b~IV) 기준은 표 2.4.2와 같다.

단, 변형속도만으로는 구조체의 잔존 내력을 판단하기 곤란하므로 변형속도가 비교적 완만한 경우 확실적인 평가가 어려워 변상발생상황이나 발생규모, 주변 지형·지질조건 등을 감안하여 종합적으로 판단할 필요가 있음에 유의한다.

표 2.4.2 변형속도에 대한 대책분류 기준¹⁾

| 대상 개소 | 부위 구분 | 변형속도 | | | | 대책분류 |
|----------|----------|----------------------|-------------------|-------------------------|---------------------|-----------------------------------|
| | | 10mm/년 이상 [현저] | 3~10mm/년 [진행성] | 1~3mm/년 [진행성 ~완만] | 1mm/년 미만 [완만] | |
| 라이닝 | 단면내 | | | | ○ | II _b , II _a |
| | | | | ○ | | II _a |
| | | | ○ | ○ | | III |
| | | ○ | | | | IV |

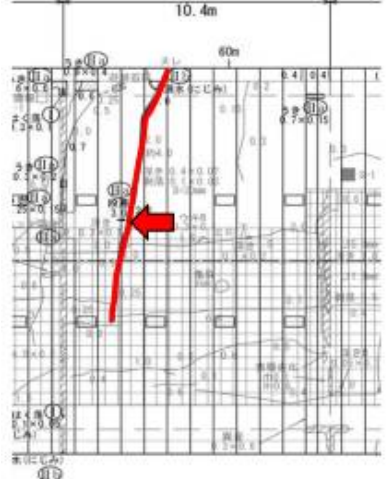
보충 1) 변형속도 1~3mm인 경우의 판정 사례는 다음과 같다.


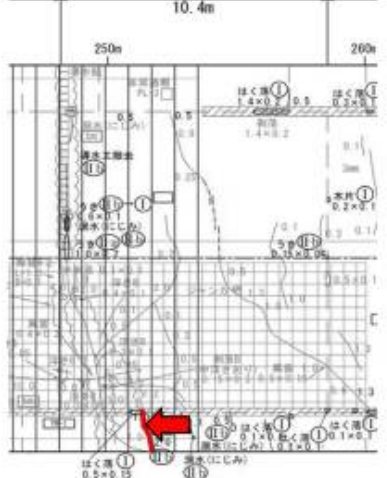
II_a : 향후 구조물 기능저하로 이어질 가능성이 낮은 경우

- 변형량 자체가 작은 경우
- 변형의 외적요인이 명확하지 않거나 변형의 진행이 수렴하는 경우 등

III : 향후 구조물 기능저하로 이어질 가능성이 높은 경우

- 변형량 자체가 큰 경우
- 지하하중의 작용이 예상되는 경우(변형방향이 비탈면 방향과 일치하는 등)

| | | | | | | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|------|-----|------------------------------------------------------------------------------------|------|-------|----------------|
| 터널본체의 변상사례 | | 변상종류 | | ③변형, 이동, 침하 | | 1/1 | |
| 변상개소 | 라이닝 | 부위 | 아치부 | 공법 | 개착공법 | 대책분류 | Ⅱ _a |
| 사진번호 | 2.4.1 | | | | | 변상전개도 | |
|  | | | |  | | | |
| 설 명 | | | | | | | |
| <p>라이닝 아치부에 발생한 변형, 이동, 침하 사례 변상규모는 단차 3.0mm, 개구폭 2.2mm, 변형속도는 불명 전회점검 시 변상이 없었기 때문에 진행성이 의심되는 상태 외력대책 설치상황으로 볼 때 외력성의 변상일 가능성이 높음.</p> | | | | | | | |

| | | | | | | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|----|-----|--------------------------------------------------------------------------------------|------|-------|----------------|
| 변상개소 | 라이닝 | 부위 | 측벽부 | 공법 | 개착공법 | 대책분류 | Ⅱ _b |
| 사진번호 | 2.4.2 | | | | | 변상전개도 | |
|  | | | |  | | | |
| 설 명 | | | | | | | |
| <p>라이닝 측벽부에 발생한 변형, 이동, 침하 사례 변상규모는 단차 2.0mm, 개구폭 1.0mm, 변형속도는 불명 전회점검 시 변상이 없었기 때문에 진행성이 의심되는 상태 향후 변형속도에 주의할 필요가 있음.</p> | | | | | | | |

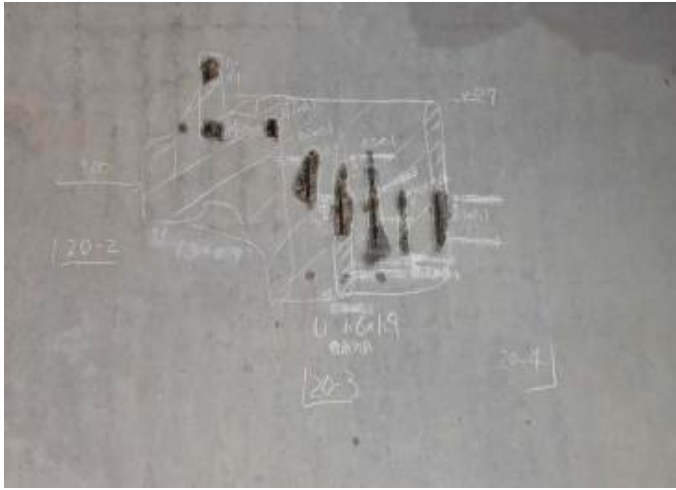
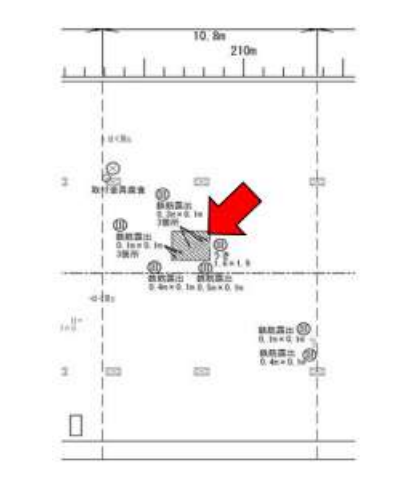
2.5 강재부식


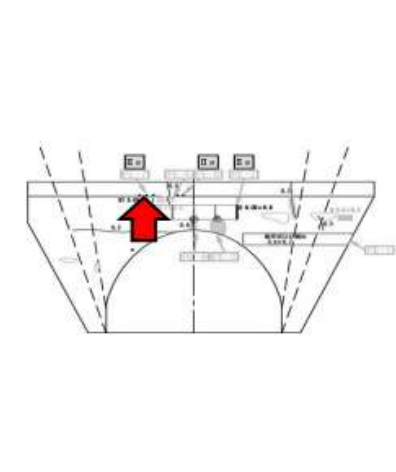
점검요령의 강재부식에 대한 대책분류의 기준은 표 2.5.1과 같다.

표 2.5.1 강재부식에 대한 대책¹⁾

| | | |
|-----|-----------------|--------------------------------------------------------------------|
| I | | 강재부식이 발생하지 않거나 경미하여 조치할 필요가 없는 상태 |
| II | II _b | 표면 또는 작은 면적의 부식이 있으므로 감시가 필요한 상태 |
| | II _a | 국부적 또는 전반적인 부식이 보이므로 중점감시를 행하고, 예방보전의 관점에서 계획적인 대책을 필요로 하는 상태 |
| III | | 부식에 의한 강재 단면결손이 보이며, 구조용 강재로서 기능이 손실되었기 때문에 조기에 조치를 강구할 필요가 있는 상태 |
| IV | | 부식에 의한 강재 단면결손이 보이며, 구조용 강재로서 기능손실이 현저하기 때문에 긴급한 조치를 강구할 필요가 있는 상태 |

보충) 철근 콘크리트 구조의 철근노출 감소 포함

| 터널본체의 변상사례 | | 변상종류 | | ④강재부식 | | 1/1 | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|------|-----|------------------------------------------------------------------------------------|------------|------|---|
| 변상개소 | 라이닝 | 부위 | 아치부 | 공법 | 산악터널 공법 | 대책분류 | Ⅲ |
| 사진번호 | 2.5.1 | | | | 변상전개도 | | |
|  | | | |  | | | |
| 설 명 | | | | | | | |
| <p>라이닝 아치부에 발생한 강재부식 사례 변상규모는 1.6m×1.9m의 범위로서 내부철근 부식 발생 철근부식의 진행으로 구조용 강재의 기능저하가 우려되며, 광범위한 철근덮개 부족이 예상되므로 철근부식 진행에 의한 라이닝 표면 박락도 우려됨.</p> | | | | | | | |

| 변상개소 | 갱문 | 부위 | 면벽부 | 공법 | 개착공법 | 대책분류 | Ⅱ _a |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|----|-----|--------------------------------------------------------------------------------------|-------|------|----------------|
| 사진번호 | 2.5.2 | | | | 변상전개도 | | |
|  | | | |  | | | |
| 설 명 | | | | | | | |
| <p>갱문 면벽부에 발생한 강재부식 사례 변상규모는 0.05m×0.1m로서 내부철근 부식 발생 철근에는 단면결손은 보이지 않으나 전면적 부식 발생 또는 철근부식 진행에 의한 갱문표면 콘크리트의 박락도 우려됨.</p> | | | | | | | |

2.6 유효두께 부족 또는 감소

점검요령의 유효두께 부족 또는 감소에 대한 대책분류의 기준은 표 2.6.1과 같으며, 두께부족과 배면공동 양측이 확인되는 경우에는 돌발성 붕괴의 우려가 있으므로 표 2.6.2, 특히 개착식 터널에서는 표 2.6.3 및 2.6.4를 참고하여 판정한다.

표 2.6.1 유효두께 부족 또는 감소에 대한 대책¹⁾

| | | |
|-----|-----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| I | | 재질열화 등이 보이지 않거나 열화가 있더라도 두께부족 또는 감소가 없기 때문에 조치할 필요가 없는 상태 |
| II | II _b | 재질열화가 보이며 단면강도에 대한 영향이 거의 없으나 감시가 필요한 상태 |
| | II _a | 재질열화 등에 의해 유효두께가 부족 또는 감소하여 구조물 기능이 손실될 가능성이 있으므로 중점감시를 행하고, 예방보전의 관점에서 계획적인 대책을 필요로 하는 상태 |
| III | | 재질열화 등에 의해 유효두께가 부족 또는 감소하여 구조물 기능이 손실되었으므로 조기에 조치를 강구할 필요가 있는 상태 |
| IV | | 재질열화 등에 의해 유효두께 부족 또는 감소, 구조물 기능손실이 현저하여 긴급한 조치를 강구할 필요가 있는 상태 |

표 2.6.2 돌발성 붕괴 우려에 대한 대책¹⁾

| | | |
|-----|-----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| I | | 라이닝 배면공동이 작거나 없는 상태로서 두께가 확보되어 조치할 필요가 없는 상태 |
| II | II _b | 주) |
| | II _a | 아치부 또는 측면의 라이닝 배면에 공동이 존재하고 향후 용수에 의한 지반열화 등 배면공동이 확대되어 구조물 기능이 손실될 가능성이 있으므로 예방보전의 관점에서 계획적인 대책을 필요로 하는 상태 |
| III | | 아치부 라이닝 배면에 공동이 존재하고 배면 지반의 낙하에 의한 구조물 기능이 손실될 가능성이 높아 조기에 조치를 강구할 필요가 있는 상태 |
| IV | | 아치부 라이닝 배면에 공동이 존재하고 유효두께가 적으며 배면 지반의 낙하에 의한 구조물 기능 손실 가능성이 현저히 높아 긴급한 조치를 강구할 필요가 있는 상태 |

주) 돌발성 붕괴 우려에 대해서는 II_b로 구분하지 않음.

【대책분류 기준 사례(두께부족 또는 감소)¹⁾】

두께부족 또는 감소는 주로 콘크리트 라이닝 재질열화의 진행을 동반하는 경우 또는 콘크리트 라이닝 시공 시 거푸집 내 콘크리트가 충분히 충전되지 않아 두께가 설계보다 부족한 경우 발생할 수 있다.

이러한 현상은 특히 개착공법으로 시공된 터널에서 유의해야 할 사항이다.

콘크리트 라이닝 표면에 불규칙한 균열이 보이는 경우나 타음검사 시 이상음이 확인되는

경우 또는 규모가 큰 골재의 노출이 보이는 경우 등은 재질열화나 동해에 의한 두께부족 또는 감소로 예상되는 라이닝 스펀이나 개소를 대상으로 필요에 따라 정기점검 시 보링이나 비파괴 검사 등으로 두께조사나 콘크리트 라이닝 강도에 관한 계획적 조사가 요망된다.

표 2.6.3 두께부족 또는 감소에 대한 대책분류 기준(개착공법의 경우)¹⁾

| 개소 | 주요 원인 | 유효두께/설계두께 | | | 대책분류 |
|-------|-------------------------------|-----------|---------|-------|--------------------|
| | | 1/2미만 | 1/2~2/3 | 2/3이상 | |
| 아치·측벽 | 열화 동해 알칼리 골재반응 시공 부적합 등 | | | ○ | Ⅱ _b |
| | | | ○ | | Ⅱ _a , Ⅲ |
| | | ○ | | | Ⅲ, Ⅳ |

보충) 유효두께/설계두께가 1/2미만은 대책분류 Ⅲ, 1/2~2/3은 Ⅱ_a를 기본으로하지만 두께부족에 기인한 균열이나 변형발생이 확인된 경우 대책분류를 각각 Ⅳ, Ⅲ으로 한단계 올려 판정할 수 있으며, 유효두께는 콘크리트 설계기준강도 이상인 부분과 설계기준강도가 불명확한 경우 15N/mm² 이상인 부분으로 구분한다.

【대책분류 기준 사례(돌발성 붕괴 우려)¹⁾】

두께부족 및 배면공동이 확인된 터널에서는 돌발성 붕괴 우려가 있다. 돌발성 붕괴는 발견된 변상이 적은 상태에서 라이닝이 갑작스럽게 붕괴되는 것을 말한다. 과거 사례를 살펴보면 특히 개착식 터널에서 아치부 배면공동이 깊이 30cm 정도 이상이고 유효두께가 30cm 이하로서 배면지반 압괴가 붕괴하여 돌발성 붕괴로 이어진 사례가 있다. 돌발성 붕괴는 배면공동의 위치와 규모 및 두께부족을 기준으로 삼는다. 돌발성 붕괴에 대한 대책분류 기준은 표 2.6.4와 같고 근접확인이나 타음검사 뿐만으로는 파악이 곤란한 경우가 많으므로 예방보전의 관점에서 비파괴 검사 등으로 라이닝 두께나 배면공동을 파악하는 것이 바람직하며, 획일적 평가가 어려워 변상발생상태나 발생규모, 주변 지형·지질조건 등을 감안하여 종합적으로 판단할 필요가 있음에 유의한다.

표 2.6.4 돌발성 붕괴 우려에 대한 대책분류 기준 사례^{보충 1)}

| 배면공동 깊이 라이닝 두께(유효두께) | 대 ^{보충2)} (30cm이상) | 소 (30cm미만) |
|-------------------------|------------------------------------|----------------------|
| | 소(30cm미만) | Ⅲ, Ⅳ ^{보충3)} |
| 대(30cm이상) | Ⅱ _a , Ⅲ ^{보충4)} | |


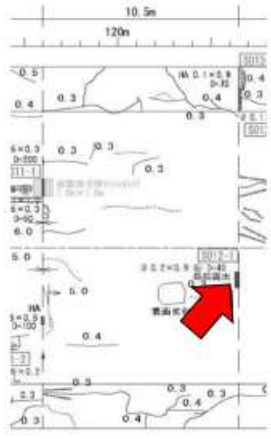
보충 1) 본 표는 개착공법에 의한 도로터널(2차선)을 기준으로 함.



보충 2) 판정 시 배면공동 및 두께부족개소의 평면적 너비도 고려

보충 3) 지반이나 라이닝 상태가 비교적 양호한 경우 Ⅲ으로 판정할 수 있다.

보충 4) 배면공동이 측면인 경우 또는 지반이나 라이닝 상태가 비교적 양호한 경우 Ⅱ_a로 판정할 수 있다.

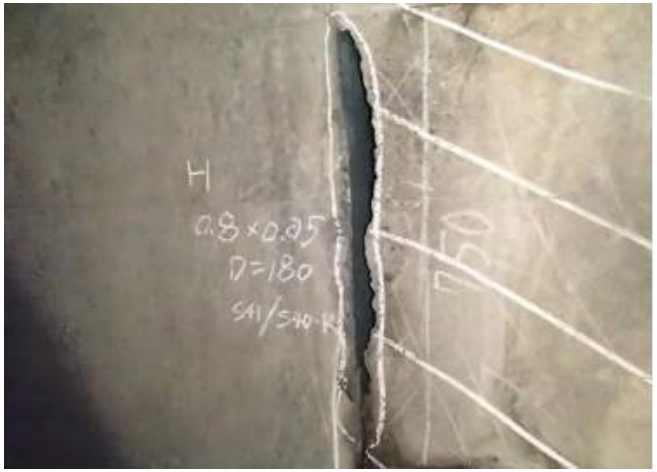
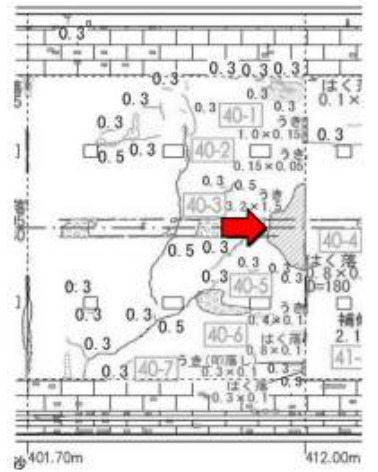
보충 5) 배면공동의 깊이가 30cm미만인 경우 라이닝 상태, 배면토사 등의 퇴적, 누수상태를 고려하여 판정한다.

| | | | | | | | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|------|-----|-------------------------------------------------------------------------------------|------------|------|---|
| 터널본체의 변상사례 | | 변상종류 | | ⑤두께부족 또는 감소 배면공동 | | 1/3 | |
| 변상개소 | 라이닝 | 부위 | 아치부 | 공법 | 산악터널 공법 | 대책분류 | Ⅲ |
| 사진번호 | 2.6.1 | | | | 변상전개도 | | |
|  | | | |  | | | |
| 설 명 | | | | | | | |
| <p>라이닝 아치부에 발생한 유효두께 부족 또는 감소 사례 변상규모는 0.2m×0.9m로서 배면공동 깊이가 0.4m로 큼. 산악터널공법이므로 일반적으로 라이닝에 외력이 작용하지 않는 구조이나 두께부족 및 강재부식도 보이므로 구조물 기능저하가 우려됨.</p> | | | | | | | |

| | | | | | | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|----|-----|---------------------------------------------------------------------------------------|-------|------|----------------|
| 변상개소 | 라이닝 | 부위 | 아치부 | 공법 | 개착공법 | 대책분류 | Ⅱ _a |
| 사진번호 | 2.6.2 | | | | 변상전개도 | | |
|  | | | |  | | | |
| 설 명 | | | | | | | |
| <p>라이닝 아치부에 발생한 유효두께 부족 또는 감소 사례 변상규모는 0.4m×0.1m로서 타격에 의한 탈락으로 표면으로부터 깊이 0.2m의 패임 발생 라이닝 설계두께 2/3이하로서 유효두께가 부족하여 구조물 기능이 손실될 가능성이 있음.</p> | | | | | | | |

| | | | |
|------------|------|---------------------|-----|
| 터널본체의 변상사례 | 변상종류 | ⑤두께부족 또는 감소 배면공동 | 2/3 |
|------------|------|---------------------|-----|

| 변상개소 | 라이닝 | 부위 | 아치부 | 공법 | 개착공법 | 대책분류 | Ⅱ _a |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|----|-----|------------------------------------------------------------------------------------|------|-------|----------------|
| 사진번호 | 2.6.3 | | | | | 변상전개도 | |
|  | | | |  | | | |
| 설 명 | | | | | | | |
| <p>라이닝 아치부에 발생한 유효두께 부족 또는 감소 사례 변상규모는 0.5m×0.3m로서 박락에 의해 표면으로부터 깊이 0.2m의 패임 발생 라이닝 설계두께 2/3이하로서 유효두께가 부족하여 구조물 기능이 손실될 가능성이 있음.</p> | | | | | | | |

| 변상개소 | 라이닝 | 부위 | 아치부 | 공법 | 개착공법 | 대책분류 | Ⅱ _a |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|----|-----|--------------------------------------------------------------------------------------|------|-------|----------------|
| 사진번호 | 2.6.4 | | | | | 변상전개도 | |
|  | | | |  | | | |
| 설 명 | | | | | | | |
| <p>라이닝 아치부에 발생한 유효두께 부족 또는 감소 사례 변상규모는 0.8m×0.05m로서 박락에 의해 표면으로부터 깊이 0.18m의 패임 발생 라이닝 설계두께 2/3이하로서 유효두께가 부족하여 구조물 기능이 손실될 가능성이 있음.</p> | | | | | | | |

| | | | |
|------------|------|---------------------|-----|
| 터널본체의 변상사례 | 변상종류 | ⑤두께부족 또는 감소 배면공동 | 3/3 |
|------------|------|---------------------|-----|

| 변상개소 | 라이닝 | 부위 | 아치부 | 공법 | 개착공법 | 대책분류 | Ⅱ _b |
|------|-------|----|-----|----|------|-------|----------------|
| 사진번호 | 2.6.5 | | | | | 변상전개도 | |



설 명

라이닝 아치부에 발생한 유효두께 부족 또는 감소 사례
 변상규모는 0.15m×0.5m로서 타격에 의해 표면으로부터 깊이 150mm의 패임 발생
 유효두께가 감소된 상태이므로 주의 필요

| 변상개소 | 라이닝 | 부위 | 아치부 | 공법 | 산악터널 공법 | 대책분류 | Ⅱ _b |
|------|-------|----|-----|----|------------|-------|----------------|
| 사진번호 | 2.6.6 | | | | | 변상전개도 | |



설 명

라이닝 아치부에 발생한 유효두께 부족 또는 감소 사례
 변상규모는 배면공동 깊이 0.05m로서 라이닝 배면에 공동 발생
 유효두께가 감소된 상태이므로 주의 필요

2.7 누수에 의한 변상

점검요령의 누수 등에 의한 변상대책분류는 표 2.7.1, 대책분류 기준은 표 2.7.2와 같다.

누수범위의 확대나 누수량의 증가는 배면지반의 이완이나 강수량 증가와 관련이 있으며, 특히 전자의 경우는 지반이완의 증가에 따른 유입촉진 및 지반 침식 등의 케이스가 있으므로 돌발성 붕괴방지를 목적으로 검토 및 판정한다.

표 2.7.1 누수 등에 의한 변상 대책¹⁾


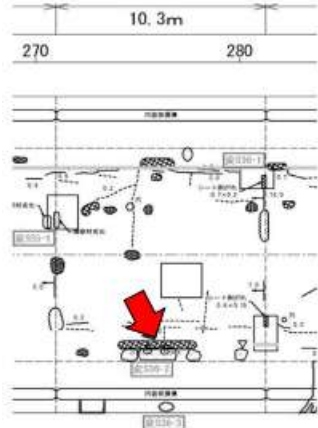
| | | |
|-----|-----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| I | | 누수가 보이지 않거나 있어도 이용자 안전에 영향이 없기 때문에 조치할 필요가 없는 상태 |
| II | II _b | 콘크리트 균열 등에서 누수가 있으며, 이용자 안전에 거의 영향이 없으나 감시가 필요한 상태 |
| | II _a | 콘크리트 균열 등에서 물방울이 맺히며 향후 이용자 안전에 영향을 미칠 가능성이 있거나 배수불량으로 포장면에 물이 고일 가능성이 있으므로 중점감시를 행하고, 예방보전의 관점에서 계획적인 대책을 필요로 하는 상태 |
| III | | 콘크리트 균열 등에서 누수로 인해 물이 떨어지거나 배수불량으로 포장면에 물이 고여 이용자 안전에 영향을 미칠 가능성이 있으므로 조기에 조치를 강구할 필요가 있는 상태 |
| IV | | 콘크리트 균열 등에서 누수로 인한 분출이 있거나 누수를 동반한 토사유출로 포장이 함몰되거나 침하될 가능성이 있고, 한랭지의 누수 등으로 고드름이나 측벽결빙 등이 발생하여 이용자 안전에 영향을 미치므로 긴급한 조치를 강구할 필요가 있는 상태 |

표 2.7.2 누수 등에 의한 변상 대책 사례¹⁾



| 개소 | 주요현상 | 누수정도 | | | | 이용자에 미치는 영향 | | 대책분류 ^{보충2)} |
|----|------|------|-----|----|-------------|-------------|-------------------|----------------------|
| | | 분출 | 떨어짐 | 땀힘 | 침출 (배어남) | 유 | 무 ^{보충1)} | |
| 아치 | 누수 | | | | ○ | | ○ | Ⅱ _b |
| | | | | ○ | | ○ | | Ⅱ _a |
| | | | ○ | | | ○ | | Ⅲ |
| | | ○ | | | | ○ | | Ⅳ |
| | 고드름 | | | | | | ○ | Ⅱ _b |
| | | | | | | ○ | | Ⅲ, Ⅳ |
| 측벽 | 누수 | | | | | | ○ | Ⅱ _b |
| | | | | ○ | | ○ | | Ⅱ _a |
| | | | ○ | | | ○ | | Ⅱ _a |
| | | ○ | | | | ○ | | Ⅲ |
| | 측벽결빙 | | | | | | ○ | Ⅱ _b |
| | | | | | | ○ | | Ⅲ, Ⅳ |
| 노면 | 토사유출 | | | | | | ○ | Ⅱ _b |
| | | | | | | ○ | | Ⅲ, Ⅳ |
| | 물고임 | | | | | | ○ | Ⅱ _b |
| | | | | | | ○ | | Ⅲ, Ⅳ |
| | 동결 | | | | | | ○ | Ⅱ _b |
| | | | | | | ○ | | Ⅲ, Ⅳ |



보충 1) 「무」는 안전성에 거의 영향이 없음을 의미함(안전성에 영향이 없는 경우의 대책분류는 일반적으로 I로 함.)

보충 2) 토사유입 등에 의한 배수기능 저하가 현저한 경우, 노면·노건의 물고임에 따른 차량주행장애가 발생하는 경우, 노상노반 지지력 저하가 현저한 경우, 포장열화, 노면결빙, 고드름, 측면결빙에 의해 도로이용자에 미치는 영향이 큰 경우는 대책분류를 한단계 올려 판정할 수 있으며, 판정 시에는 강우이력이나 규모 및 부위에 따른 영향을 고려하여 판정함이 바람직하다.


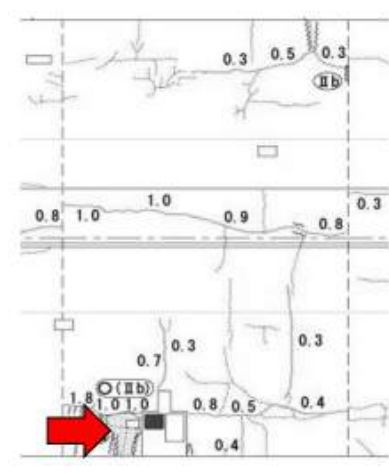
| | | | | | | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|----|------|-------------------------------------------------------------------------------------|------|-------|---|
| 터널본체의 변상사례 | | | 변상종류 | ⑥누수 등에 의한 변상 | | 1/7 | |
| 변상개소 | 라이닝 | 부위 | 아치부 | 공법 | 개착공법 | 대책분류 | Ⅲ |
| 사진번호 | 2.7.1 | | | | | 변상전개도 | |
|  | | | |  | | | |
| 설 명 | | | | | | | |
| <p>라이닝 아치부에 발생한 누수 등에 의한 변상 사례 누수정도가 「떨어짐」으로 내장판 상부의 누수 및 노면 물고임으로 이용자 안전에 영향을 미칠 가능성 있으며, 내장판 변상에 영향을 미칠 우려도 있음.</p> | | | | | | | |


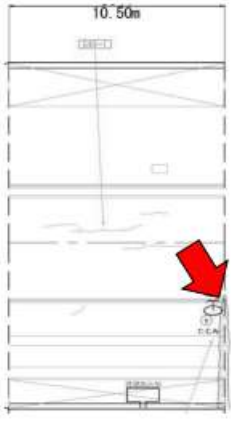
| | | | | | | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|-------|----|-----|---------------------------------------------------------------------------------------|------|-------|---|
| 변상개소 | 라이닝 | 부위 | 측벽부 | 공법 | 개착공법 | 대책분류 | Ⅲ |
| 사진번호 | 2.7.2 | | | | | 변상전개도 | |
|  | | | |  | | | |
| 설 명 | | | | | | | |
| <p>라이닝 측벽부에 발생한 누수 등에 의한 변상 사례 누수정도가 「분출」로서 측벽각부에서 분출된 물이 노면에 고임.</p> | | | | | | | |

| 터널본체의 변상사례 | | 변상종류 | | ⑥누수 등에 의한 변상 | | 2/7 | |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-------|------|-----|------------------------------------------------------------------------------------|-------|------|---|
| 변상개소 | 라이닝 | 부위 | 측벽부 | 공법 | 개착공법 | 대책분류 | Ⅲ |
| 사진번호 | 2.7.3 | | | | 변상전개도 | | |
|  | | | |  | | | |
| 설 명 | | | | | | | |
| 라이닝 측벽부에 발생한 누수 등에 의한 변상 사례 측벽누수가 고드름, 측벽결빙을 형성하여 이용자 안전에 영향을 미칠 가능성 있음. | | | | | | | |


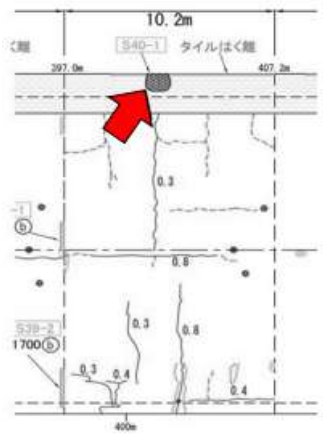
| 변상개소 | 라이닝 | 부위 | 아치부 | 공법 | 개착공법 | 대책분류 | Ⅱ _a |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|----|-----|---------------------------------------------------------------------------------------|-------|------|----------------|
| 사진번호 | 2.7.4 | | | | 변상전개도 | | |
|  | | | |  | | | |
| 설 명 | | | | | | | |
| 라이닝 아치부에 발생한 누수 등에 의한 변상 사례 균열에 따른 누수로 소규모 고드름 발생(사진은 제거 후) 누수량 증가로 고드름이나 측벽결빙이 대규모로 발생하여 향후 이용자 안전에 영향을 미칠 가능성 있음. | | | | | | | |



| | | | | | | | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|----|------|------------------------------------------------------------------------------------|------|-------|-----------------|
| 터널본체의 변상사례 | | | 변상종류 | ㉔누수 등에 의한 변상 | | 3/7 | |
| 변상개소 | 라이닝 | 부위 | 아치부 | 공법 | 개착공법 | 대책분류 | II _a |
| 사진번호 | 2.7.5 | | | | | 변상전개도 | |
|  | | | |  | | | |
| 설 명 | | | | | | | |
| <p>라이닝 아치부에 발생한 누수 등에 의한 변상 사례 누수는 「물방울이 맺힘」 정도로서 천정부 누수로 노면에 물고임 발생 유리석회(고드름 형태)도 형성됨. 누수량이 증가하면 향후 이용자 안전에 영향을 미칠 가능성 있음.</p> | | | | | | | |

| | | | | | | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|----|-----|--------------------------------------------------------------------------------------|------------|-------|-----------------|
| 변상개소 | 라이닝 | 부위 | 측벽부 | 공법 | 산악터널 공법 | 대책분류 | II _a |
| 사진번호 | 2.7.6 | | | | | 변상전개도 | |
|  | | | |  | | | |
| 설 명 | | | | | | | |
| <p>라이닝 측벽부에 발생한 누수 등에 의한 변상 사례 누수는 「떨어짐」 정도로서 균열로 인한 누수 발생 검사원 통로의 물고임·토사퇴적도 보이며, 인접한 부속시설에 대한 영향이 우려됨. 향후 이용자 안전에 영향을 미칠 가능성 있음.</p> | | | | | | | |


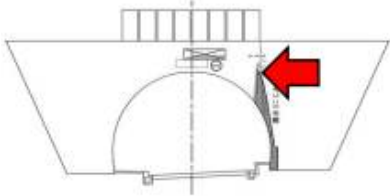
| 터널본체의 변상사례 | | 변상종류 | | ⑥누수 등에 의한 변상 | | 4/7 | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|------|-------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------|------|-----------------|
| 변상개소 | 라이닝 | 부위 | 시공이음부 | 공법 | 산악터널 공법 | 대책분류 | II _a |
| 사진번호 | 2.7.7 | | | | 변상전개도 | | |
|  | | | |  | | | |
| 설 명 | | | | | | | |
| <p>라이닝 시공이음부에 발생한 누수 등에 의한 변상 사례 누수는 「물방울이 맺힘」 정도로서 시공이음 측벽부의 누수로 검사원 통로 물고임 발생 향후 이용자 안전에 영향을 미칠 가능성 있음.</p> | | | | | | | |

| 변상개소 | 라이닝 | 부위 | 수평줄눈부 | 공법 | 개착공법 | 대책분류 | II _a |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|----|-------|---------------------------------------------------------------------------------------|-------|------|-----------------|
| 사진번호 | 2.7.8 | | | | 변상전개도 | | |
|  | | | |  | | | |
| 설 명 | | | | | | | |
| <p>라이닝 수평줄눈부에 발생한 누수 등에 의한 변상 사례 누수는 「물방울이 맺힘」 정도로서 0.5 l/분이며, 노면에 물고임 발생 내장판에 대한 영향이나 누수량 증가로 인한 노면 물고임으로 진전될 우려가 있음. 향후 이용자 안전에 영향을 미칠 가능성 있음.</p> | | | | | | | |



| 터널본체의 변상사례 | | 변상종류 | | ⑥누수 등에 의한 변상 | | 5/7 | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|------|-----|-------------------------------------------------------------------------------------|------------|-------|----------------|
| 변상개소 | 라이닝 | 부위 | 측벽부 | 공법 | 산악터널 공법 | 대책분류 | Ⅱ _b |
| 사진번호 | 2.7.9 | | | | | 변상전개도 | |
|  | | | |  | | | |
| 설 명 | | | | | | | |
| <p>라이닝 측벽부에 발생한 누수 등에 의한 변상 사례 누수는 「침출(배어남)」 정도로서 타일배면에서 누수 발생 주변 타일의 박락도 확인되며, 접착제 등의 열화도 우려됨. 이후 변상의 진전에 유의할 필요가 있음.</p> | | | | | | | |

| 변상개소 | 라이닝 | 부위 | 시공이음부 | 공법 | 개착공법 | 대책분류 | Ⅱ _b |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|----|-------|---------------------------------------------------------------------------------------|------|-------|----------------|
| 사진번호 | 2.7.10 | | | | | 변상전개도 | |
|  | | | |  | | | |
| 설 명 | | | | | | | |
| <p>시공이음부에 발생한 누수 등에 의한 변상 사례 누수는 「침출(배어남)」 정도로서 시공이음부의 누수로 검사원 통로에 물고임 발생 이후 변상의 진전에 유의할 필요가 있음.</p> | | | | | | | |

| 터널본체의 변상사례 | | 변상종류 | | ⑥누수 등에 의한 변상 | | 6/7 | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|------|-------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------|------|----------------|
| 변상개소 | 라이닝 | 부위 | 수평줄눈부 | 공법 | 개착공법 | 대책분류 | Ⅱ _b |
| 사진번호 | 2.7.11 | | | | 변상전개도 | | |
|  | | | |  | | | |
| 설 명 | | | | | | | |
| <p>라이닝 수평줄눈부에 발생한 누수 등에 의한 변상 사례 누수는 「침출(배어남)」 정도로서 수평줄눈부의 누수로 노면에 물고임 발생 이후 변상의 진전에 유의할 필요가 있음.</p> | | | | | | | |

| 변상개소 | 갱문 | 부위 | 면벽부 | 공법 | 개착공법 | 대책분류 | Ⅱ _b |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|----|-----|--------------------------------------------------------------------------------------|-------|------|----------------|
| 사진번호 | 2.7.12 | | | | 변상전개도 | | |
|  | | | |  | | | |
| 설 명 | | | | | | | |
| <p>갱문 면벽부에 발생한 누수 등에 의한 변상 사례 누수는 「침출(배어남)」 정도로서 6.4m×1.4m의 범위에서 누수흔적이 확인됨. 이후 변상의 진전에 유의할 필요가 있음.</p> | | | | | | | |

| 터널본체의 변상사례 | | | 변상종류 | ⑥누수 등에 의한 변상 | 7/7 | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|----|------|-------------------------------------------------------------------------------------|------|-------|---|
| 변상개소 | 노건 및 노면 | 부위 | 노면 | 공법 | 개착공법 | 대책분류 | Ⅲ |
| 사진번호 | 2.7.13 | | | | | 변상전개도 | |
|  | | | |  | | | |
| 설 명 | | | | | | | |
| <p>노면에 발생한 누수 등에 의한 변상 사례 변상규모는 12.0m×2.0m로서 노건에 발생한 물고임이 배수불량으로 인해 차도에까지 진전되어 이용자 안전에 영향을 미칠 가능성이 있는 상태</p> | | | | | | | |

| 변상개소 | 노건 및 노면 | 부위 | 보도·검사원 통로 | 공법 | 개착공법 | 대책분류 | Ⅱ _a |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|----|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------|------|-------|----------------|
| 사진번호 | 2.7.14 | | | | | 변상전개도 | |
|  | | | |  | | | |
| 설 명 | | | | | | | |
| <p>노건(보도·검사원 통로 등)에 발생한 누수 등에 의한 변상 사례 변상규모는 3.3m×1.6m로서 검사원 통로에서 노건으로 물고임 발생 이후 물고임이 진전되면 향후 이용자 안전에 영향을 미칠 가능성 있음.</p> | | | | | | | |

참고문헌

1. 국토교통성 도로국 국도·기술과 : 도로터널 정기점검요령, 2019년 3월
2. 공익 사단법인 일본도로협회: 도로터널 유지관리편람 **【본체편】** , 2020년 8월
3. 국토교통성 도로국 국도·기술과 : 터널 정기점검 시 부속물 상태 파악의 유의점(참고자료), 2020년 6월
4. 국립연구개발법인 토목연구소 : 토목연구소 자료 제3877호 도로터널 변상대책 매뉴얼(안), 2003년 2월