

제 7 장 보수보강 및 유지관리방안

7.1 개요

7.2 보수 · 보강 방법

7.3 유지관리방안

제7장 보수보강 및 유지관리방안

7.1 개요

문수터널(부산, 포항)은 부산광역시 기장군 기장읍(고속국도65호선 부산<44.5km>, 포항<44.5km>지점)에 위치하고 있고, 2008년도에 준공되어 약 10년 정도의 공용기간이 경과한 편도 3차로 터널이다.

본 터널의 제원은 총연장 L=1,508m(부산), L=1,599m(포항)이며, 차도폭 B=10.8m, 높이 H=8.2m, 곡선반경 R=1,494.9m의 터널이다. 터널 본선은 NATM으로 시공된 굴착터널로, 갱문형식은 시·종점부 벨마우스식으로 시공되어 있으며, 환기방식은 Jet Fan을 이용한 강제환기 방식이다.

외관조사 결과, 주요손상으로 라이닝 천단부 종방향균열, 횡방향균열, 사방향균열, 보수부재균열, 망상균열, 철근노출, 박락, 보수재박리, 라이닝 벽체 종방향균열, 횡방향균열, 사방향균열, 백태, 파손, 타일탈락, 타일파손, 공동구 및 배수로에서 균열, 보수부재균열, 망상균열, 파손, 철근노출, 박리, 굽힘, 덮개파손, 난간파손, 난간지주탈락, 난간볼트망실, 배수시설에서 집수구 토사퇴적, 그레이팅부식, 포장부에서 포장균열, 망상균열, 파손, 재료분리, 피난연락갱에서 균열, 파손, 기타 조명시설에서 조명커버파손 등이 조사되었다. 또한 터널의 구조 안전성평가 결과, 문수터널(부산, 포항)에서 안전율을 충분히 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

본 장에서는 정밀안전진단 결과에 의한 결함 및 손상에 대한 원인을 검토하고 그 결과를 토대로 교량의 안전성과 건전성을 유지하기 위한 보수·보강방법을 제안하고자 한다. 이러한 보수·보강방법의 기본방향은 장기적으로 설계 내하력을 유지시키고 내구성 저하를 방지하는데 그 목적이 있다. 대상교량의 보수·보강방안에 대한 검토사항은 기존자료의 검토를 통한 보수·보강 이력을 조사하고 진단 결과에 따른 보수·보강 범위를 선정하며, 이에 따라 공법선정, 재료의 선정 등을 검토하여 보수·보강 우선순위에 따른 보수시기를 결정하여야 한다. 다음 표는 시설물의 보수·보강방안 수립에 따른 일반적인 검토사항을 언급하였다.

〈표 7.1〉 시설물의 보수·보강방안 수립에 따른 검토사항

검 토 순 서	내 용
기존 자료 분석	• 기존 점검 및 진단자료 분석, 설계도서 조사
보수·보강 이력검토	• 사용기간 중 시설물의 보수·보강이력 검토
보수·보강의 범위 선정	• 손상규모에 따른 보수여부 결정 • 구조물의 사용 년 한을 고려한 보수·보강 범위 산정
공법의 선정	• 구조물의 기능에 따른 공법선정 • 구조물의 주변 환경 및 형식을 고려하여 공법선정 • 공법의 시공성 및 경제성 고려하여 결정
보수재료의 선정	• 기존의 재료와 물성이 같은 보수재 선택 • 구조물의 종류 및 환경조건 고려 • 구조물의 사용 년 한을 고려한 보수재 선택
보수시기 결정	• 구조적인 안전성, 내구성, 사용성, 결함, 열화의 중요도에 따라 우선순위 부여

7.2 보수·보강 방법

7.2.1 보수·보강 대상

대상구조물에 대한 상태평가, 안전성평가 결과를 토대로 구조물의 안전성 및 사용성을 유지하기 위한 보수·보강 방법을 제안한다. 보수·보강의 기본방향은 단기적으로는 사용성을 확보하여 이용자의 편익상 위해요인을 제거하는 데 초점을 두었으며 장기적으로 구조물이 당초 설계자의 의도대로 안전성을 확보한 상태에서 기능발휘 등에 문제가 없도록 함과 동시에 내구성 저하를 방지하는 예방적 유지관리에 주안점을 두었다. 이러한 점을 목적으로 당해 구조물의 보수·보강 대상, 구체적인 보수방안 및 공법, 유지관리 방안은 다음 절 7.2.2~7.2.5, 7.3절에 기술하였다.

가. 보강의 필요성 평가

당해 구조물은 구조해석에 의한 안전성검토를 반영한 내하력 평가 결과 설계하중에 대한 안전성은 확보하고 있는 것으로 평가되었다. 또한, 내구성과 관련된 심각한 결함은 없는 상태이다. 따라서 현 상태에서 구조적인 보강의 필요성은 없다. 다만, 정밀안전진단 수행 결과, 대상터널은 시공 시 발생된 결함(Defect)과 공용기간 증가 및 주변 환경인자에 의한 재료의 열화 손상(Damage)이 발생하여 있는 것으로 조사되었다.

나. 중대결함의 유무

「시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(2018) 3.1.7절」에서는“중대한 결함”을 다음 표와 같이 명시하고 있다. 이들 결함(손상·열화 포함)들은 단순히 존재여부만으로 중대결함으로 분류하기에는 무리가 있으며 구조물의 안전성과 사용성에 미치는 영향, 발생원인 및 시기, 진행성과 비진행성 등이 고려되어야 한다.

〈표 7.2〉 「시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(2018)」에 의한 “중대한 결함”

구 분	중대한 결함	해당유무
결함의 종류	1. 시설물기초의 세굴	해당없음
	2. 교량교각의 부등침하	해당없음
	3. 교량받침의 파손	해당없음
	4. 터널지반의 부등침하	없음
	5. 항만 계류시설 중 강관 또는 철근콘크리트파일의 파손·부식	해당없음
	6. 댐본체의 균열 및 시공이음의 시공불량 등으로 인한 누수	해당없음
	7. 건축물의 기둥·보 또는 내력벽의 내력손실	해당없음
	8. 하구둑 및 제방의 본체, 수문, 교량의 파손·누수 또는 세굴	해당없음
	9. 폐기물매립시설의 차수시설 파손으로 인한 침출수의 유출	해당없음
	10. 시설물의 철근콘크리트의 염해 또는 중성화(탄산화)에 따른 내력손실	없음
	11. 절토·성토 사면의 균열·이완 등에 따른 옹벽의 균열 또는 파손	없음
	12. 시설물의 구조안전에 영향을 주는 결함으로서 국토해양부령으로 정하는 결함	없음

현장조사 결과 본 구조물은 세부지침에서 명시된 중대한 결함은 없는 것으로 조사되었다. 따라서, 시급한 보수와 함께 결함의 진행유무를 관찰하여 적극적인 보수 또는 개선을 필요로 할 만한 손상은 없는 것으로 판단된다.

7.2.2 보수·보강 우선순위의 선정 및 추진방향

가. 보수·보강 우선순위 선정

나. 진단 시 조사된 공용 중 손상 및 결함에 대해서는 가능한 한 조속한 보수·보강을 실시하는 것이 원칙이나, 경제적이고 효율적인 보수·보강을 위해 손상 및 결함이 구조물의 안전성에 미치는 영향을 고려하여 다음과 같이 우선순위를 부여하였다.

〈표 7.3〉 시설물의 보수·보강방안 수립에 따른 검토사항

구분	순위	내 용
단기	중대 결함	『시설물의 안전관리에 관한 특별법』 제12조(중대한 결함)의 “대통령이 정하는 중대한 결함”에 포함되는 손상 - 철근콘크리트 시설물의 염해 또는 탄산화에 따른 내력손실 등
	1순위	- 주요부재에 발생한 결함 및 손상이 커 상태평가 기준 “d” 이하인 경우 - 철근부식에 의한 내하력 저하가 우려되거나, 부식가능성이 큰 경우
중기 장기	2순위	- 보조부재에 발생한 결함 및 손상이 커 내구성에 영향을 미치는 경우 - 차량 통행에 지장을 줄 수 있는 손상 - 즉각적인 보수는 요구되지 않지만 내구성, 기능성, 사용성 저하방지를 위한 보수가 필요한 경우
	3순위	기능발휘에 지장 없으나, 방치시 규모가 증대될 수 있는 손상 및 사용성 증진을 위해 보수가 필요한 손상
지속관찰		- 지속적인 관찰을 통해 향후 발전 상태에 따라 보수·보강 여부를 판단할 수 있는 정도의 손상 - 콘크리트의 0.3mm미만의 비구조적 미세균열(단, 균열집중구간은 제외) - 경미한 타일균열 - 공동구, 배수로 등에서의 주행에 지장을 주지 않는 균열 등의 손상 - 기타 경미한 손상으로서 내구성 및 사용성에 지장을 주지 않은 경우

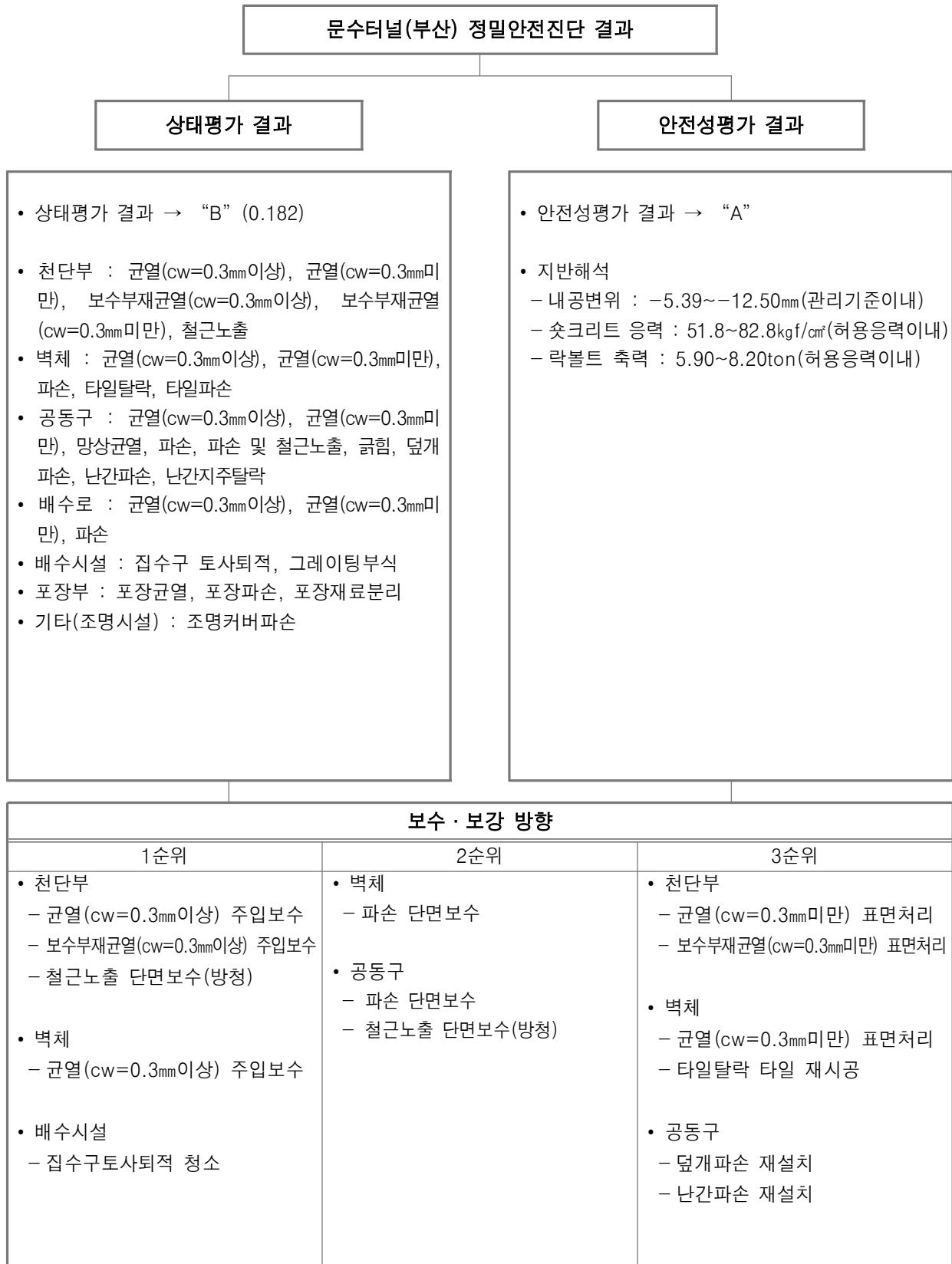
※ 단, 최초진단인 경우 “지속관찰”에 해당하더라도 하자에 해당하면 하자처리절차에 따라 보수토록 조치함.

다. 보수·보강 수준 결정

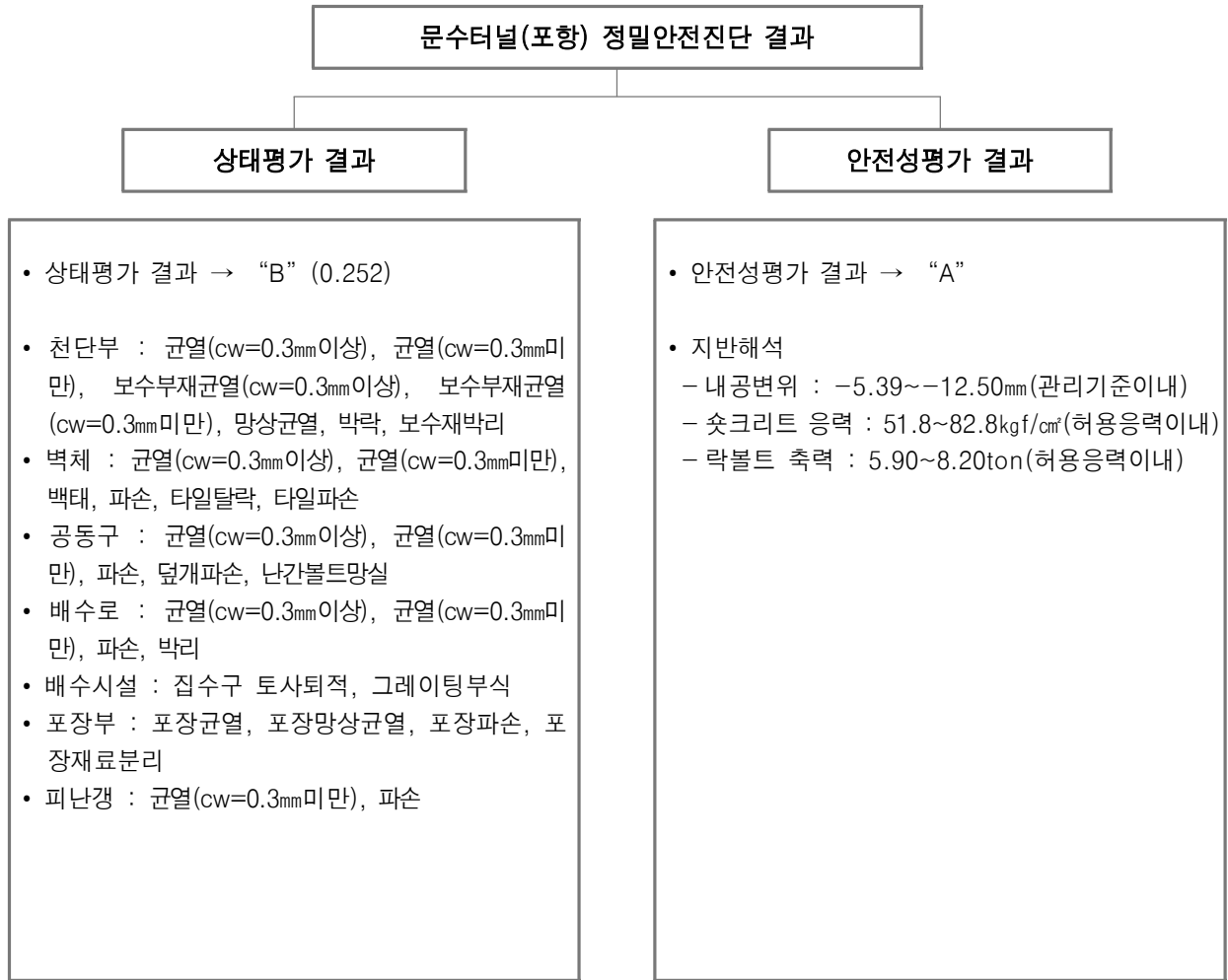
각종 조사 및 시험을 통하여 얻은 결과를 기초자료로 종합적인 평가를 실시한 후 보수·보강의 수준을 결정하게 된다. 손상 및 열화에 대하여 분포면적, 분포유형, 시설물의 안전성, 현 상태의 내구성능, 보수 후의 회복 목표수준 등을 고려하여 보수·보강 여부 및 수준을 아래의 경우 중에서 결정한다.

- ① 현상유지
- ② 실용성 지장이 없는 성능까지 회복
- ③ 초기 수준이상으로 개선
- ④ 개축

라. 보수·보강 추진방향



〈그림 7.1〉 보수·보강 방법 추진방향(부산)



보수 · 보강 방향		
1순위	2순위	3순위
• 천단부 – 균열(cw=0.3mm이상) 주입보수 – 보수부재균열(cw=0.3mm이상) 주입보수 • 벽체 – 균열(cw=0.3mm이상) 주입보수 • 배수시설 – 집수구토사퇴적 청소	• 천단부 – 박락 단면보수 • 벽체 – 파손 단면보수 • 피난연락갱 – 파손 단면보수	• 천단부 – 균열(cw=0.3mm미만) 표면처리 – 보수부재균열(cw=0.3mm미만) 표면처리 • 벽체 – 균열(cw=0.3mm미만) 표면처리 – 타일탈락 타일 재시공 • 공동구 – 파손 단면보수 • 피난연락갱 – 균열(cw=0.3mm미만) 표면처리

〈그림 7.2〉 보수 · 보강 방법 추진방향(포항)

7.2.3 결함내용별 보수·보강방안

가. 보수·보강 일람표(부산)

〈표 7.4〉 보수·보강 일람표(부산)

구 분		결함 및 손상, 열화내용	손상물량	단위	조치방안	우선순위
라이닝	천단부	· 균열 (cw=0.3mm이상)	49.0	m	주입보수	1
		· 균열 (cw=0.3mm미만)	108.4	m	표면처리	3
		· 보수부재균열 (cw=0.3mm이상)	12.0	m	주입보수	1
		· 보수부재균열 (cw=0.3mm미만)	262.8	m	표면처리	3
		· 철근노출	0.25	m²	단면보수(방청)	1
	벽체	· 균열 (cw=0.3mm이상)	6.8	m	주입보수	1
		· 균열 (cw=0.3mm미만)	2.3	m	표면처리	3
		· 파손	0.02	m²	단면보수	2
		· 타일탈락	9	EA	타일 재시공	3
		· 타일파손	1	EA	주의관찰	—
공동구		· 균열 (cw=0.3mm이상)	52.6	m	주의관찰	—
		· 균열 (cw=0.3mm미만)	335.6	m	주의관찰	—
		· 망상균열	1.2	m²	주의관찰	—
		· 파손	3.81	m²	단면보수	2
		· 파손 및 철근노출	0.75	m²	단면보수(방청)	2
		· 굽힘	0.6	m²	주의관찰	—
		· 덮개 파손	114	EA	재설치	3
		· 난간파손	46.0	m	재설치	3
		· 난간지주탈락	1	EA	주의관찰	—
배수로		· 균열 (cw=0.3mm이상)	43.4	m	주의관찰	—
		· 균열 (cw=0.3mm미만)	49.0	m	주의관찰	—
		· 파손	0.5	m²	주의관찰	—
배수시설		· 집수구토사퇴적	49	EA	청소	1
		· 그레이팅부식	16.85	m²	주의관찰	—
포장부		· 포장균열	10.7	m	주의관찰	—
		· 포장파손	0.2	m²	주의관찰	—
		· 포장재료분리	0.6	m²	주의관찰	—
기타		· 조명커버파손	1	EA	주의관찰	—

나. 보수·보강 일람표(포항)

〈표 7.5〉 보수·보강 일람표(포항)

구 분		결합 및 손상, 열화내용	손상물량	단위	조치방안	우선순위
라이닝	천단부	· 균열(cw=0.3mm이상)	56.0	m	주입보수	1
		· 균열(cw=0.3mm미만)	91.6	m	표면처리	3
		· 보수부재균열(cw=0.3mm이상)	33.0	m	주입보수	1
		· 보수부재균열(cw=0.3mm미만)	318.0	m	표면처리	3
		· 망상균열	2.0	m ²	주의관찰	—
		· 박락	0.03	m ²	단면보수	2
		· 보수재박리	0.3	m ²	주의관찰	—
	벽체	· 균열(cw=0.3mm이상)	38.3	m	주입보수	1
		· 균열(cw=0.3mm미만)	1.9	m	표면처리	3
		· 백태	0.75	m ²	주의관찰	—
		· 파손	0.04	m ²	단면보수	2
		· 타일탈락	15	EA	타일 재시공	3
		· 타일 파손	3	EA	주의관찰	—
공동구		· 균열(cw=0.3mm이상)	121.5	m	주의관찰	—
		· 균열(cw=0.3mm미만)	164.0	m	주의관찰	—
		· 보수부재균열(0.3mm미만)	2.3	m	주의관찰	—
		· 파손	0.48	m ²	단면보수	3
		· 덮개 파손	42	EA	주의관찰	—
		· 난간볼트망실	2	EA	주의관찰	—
배수로		· 균열(0.3mm이상)	21.9	m	주의관찰	—
		· 균열(0.3mm미만)	34.2	m	주의관찰	—
		· 파손	0.36	m ²	주의관찰	—
		· 박리	5.0	m ²	주의관찰	—
배수시설		· 집수구토사퇴적	64	EA	청소	1
		· 그레이팅부식	36.3	m ²	주의관찰	—
포장부		· 포장균열	194.7	m	주의관찰	—
		· 포장망상균열	9.0	m ²	주의관찰	—
		· 포장파손	1.49	m ²	주의관찰	—
		· 포장재료분리	2.1	m ²	주의관찰	—
피난갱		· 균열(0.3mm미만)	0.9	m	표면처리	3
		· 파손	0.02	m ²	단면보수	2

7.2.4 보수·보강 방법

가. 균열 주입보수

1) 개요

내구성능 저하방지를 위해 폭 0.3mm 이상의 균열에 대해 콘크리트 균열 부분을 깨끗이 청소하고 지수성이 좋은 수지를 주입하여 균열을 충전하고 더 이상의 균열이 발생하지 않도록 하는 공정에 적용한다.

2) 에폭시 주입제의 요구 성능

- ① 장기간 보관에도 재료의 성질변화가 없어야 한다.
- ② 균열 폭의 크기에 따라 점도의 조정이 용이해야 하고 균열세부까지 주입이 가능해야 한다.
- ③ 균열의 처리방법, 혼합, 주입 등의 조건변화에 대해 품질의 영향이 작아야 한다.
- ④ 사용할 때의 기온변화에 따라 사용가능 시간을 용이하게 조절할 수 있어야 한다.
- ⑤ 주입 후 상온에서 경화될 수 있어야 한다.
- ⑥ 인장강도, 휨강도, 압축강도, 탄성계수 등의 기계적 성질이 좋고 콘크리트와 함께 안정된 재료여야 한다.
- ⑦ 경화시 수축이 작아야 한다.
- ⑧ 콘크리트 속의 알칼리와 수분에 대한 저항성이 좋아야 하며 내후성 및 화학적으로 안정된 재료여야 한다.
- ⑨ 온도·습도의 영향이 적어야 한다.
- ⑩ 경화 후에도 탄성적 성질을 지니고 있어야 한다.

3) 수지계 주입제의 품질기준

- ① 에폭시 수지는 균질해야 하며, 접착에 유해하다고 인정되는 이물질의 혼입이 있어서는 안 된다.
- ② 승인된 제조업자의 제품자료에 별도의 명시가 없는 한 주위의 기온이 5℃ 미만일 경우에는 작업을 할 수 없다.
- ③ 에폭시 수지는 콘크리트 바탕체의 상태(건조 및 습윤) 및 계절별로 당해 환경에 적합하게 제조된 제품을 사용하여야 한다.
- ④ 주입용 에폭시 수지

- 경질형 에폭시 수지

시험항목		시험조건	기준	비고
접착강도(N/mm ²)		표준조건	6.0 이상	KS F4923
경화수축율(%)		표준조건	3 이하	KS F4923
가열 변화	무게변화율(%)	—	5 이하	KS F4923
	부피변화율(%)	—	5 이하	KS F4923
인장강도(N/mm ²)		표준조건	15 이상	KS F3006 1호 시험편에 의한 방법

- 연질형 에폭시 수지

시험항목		시험조건	기준	비고
접착강도(N/mm ²)		표준조건	3.0 이상	KS F4923
경화수축율(%)		표준조건	3 이하	KS F4923
가열 변화	무게변화율(%)	—	5 이하	KS F4923
	부피변화율(%)	—	5 이하	KS F4923
인장강도(N/mm ²)		표준조건	1 이상	KS F3006 2호 시험편에 의한 방법

⑤ 퍼티형 에폭시 수지

주입공법에 의한 에폭시 수지 주입 시 주입재의 누출을 방지하기 위하여 균열부에 바르는 표면실링용 또는 경미한 균열의 표면처리재로서 주입재 제조업자가 지정하는 제품으로 한다.

⑥ 유연성 에폭시 수지

경화후 탄성을 발휘하는 자재로서 커팅 부위에 충전하거나 거동하는 균열에 대한 표면처리용으로 주입재 제조업자가 지정하는 제품으로 한다.

⑦ 균열 충전용 에폭시 수지의 품질기준

항 목	기 준
비중	표준치±0.1
슬럼프(slump)	3mm이내
가열감량	5%이하
인장강도	2.0MPa
신장률	20% 이상
인장부착강도	1.0MPa
파단변형률	10% 이상
방수성	소요값 이상

- ⑧ 균열폭에 알맞은 에폭시 주시 주입재료의 품질과 수지의 소요점성도는 다음과 같으며, 시공 전에 검정시험(mock-up test)에 의해 품질과 시공성능이 확인되어야 한다.

- 에폭시 수지 주입재료의 품질

항 목	기 준(20℃)
비중	1.0~1.4
점성도	10,000cp 이하
인장강도	10MPa 이상
휨강도	15MPa 이상
압축강도	40MPa 이상

- 균열폭에 알맞은 수지의 점성도

형 상		점성도(20℃, cp)	주입 가능한 균열폭
액 상	저점성도	500±200	0.1mm 전후
	고점성도	1,500±500	0.2mm 전후
겔 상태		6,000±1,000	0.5~5mm 전후

4) 시공방법 및 유의사항

- ① 콘크리트 표면의 균열부위를 공기압축기를 이용하여 이물질을 깨끗이 제거한다.
- ② 공기압축기 사용시 압력을 적절히 조절하면서 사용하고 분진 및 먼지 등이 발생되므로 보호안경을 착용하도록 한다.
- ③ 균열부위를 전동커터를 이용하여 V-Cutting하며 커팅 시 분진 및 파편이 발생되므로 보호안경을 착용하고 작업에 임한다.
- ④ 균열부위에 좌대 및 주입기를 20~30cm 간격으로 균열 폭에 맞추어 설치한다.
- ⑤ 균열부위에 틈이 없도록 수성폴리머 몰탈 또는 퍼티로 밀실하게 충전한다.
- ⑥ 기온이 5℃ 이하에서는 작업을 중지해야 한다.
- ⑦ 주입파이프를 통하여 저점도 에폭시 주입재를 주입한다.
- ⑧ 주입재 주입이 완료된 후 12시간이상 경화된 후 주입좌대를 제거한다.
- ⑨ 공사 완료 후 시공도구 및 배합통 등은 바로 세척한다.
- ⑩ 주입용 파이프 설치 시 균열의 교차점은 반드시 설치한다.
- ⑪ 균열의 중심부와 주입용 파이프의 중심부는 완전히 일치시켜 부착한다.

5) 시공흐름도



〈그림 7.3〉 균열 주입보수 시공흐름도

〈표 7.6〉 균열 주입보수 공법 비교

구분	에폭시수지계(일반)	폴리머 시멘트계	그라우트(에폭시수지계)	습식 에폭시수지계	무색 에폭시수지계
공법개요	콘크리트 균열 부위에 유기계 재료인 에폭시를 주입기를 통하여 주입하는 공법	콘크리트 균열 부위에 무기계 재료인 RF슬러리를 주입기를 통하여 주입하는 공법	콘크리트 균열 부위에 초미립자 무기계 슬러리를 주입기를 통하여 주입하는 공법	내부 균열까지 침투성이 큰 저점도 Epoxy 수지를 가압 주입하여 방수성, 내구성을 향상시키는 에폭시 주입공법	1차로 주입기의 압력에 의해 고압으로 주입되고 2차로 에폭시 탱크의 잔류량이 보일의 법칙에 의해 저압으로 주입되므로 세밀한 균열의 보강액 주입이 가능한 공법
개요도					
시공방법	표면처리 → V컷팅 → 주입기설치 → 균열부실링 → 에폭시주입 → 단면복구	표면처리 → V컷팅 → 주입기설치 → 균열부실링 → RF슬러리 주입 → 단면복구	표면처리 → V컷팅 → 주입좌대 고정 → 균열부실링 → 초미립자무기계슬러리주입 → 단면복구	표면처리 → 주입구선정 → 균열부위 쉐링 → 고정판설치 → 에폭시주입 → 표면정리	균열부위 면처리 → 에어건으로 먼지제거 → 균열부실링 → 고정제부착 → 실린더 고정판에 부착 → 슈퍼인젝터를 실린더에 부착후주입 → 고정대 제거후 마감
특징	- 습윤면 시공 가능 - 시공성이 좋다 - 경화속도가 빠르다 - 주입량 점검이 용이하고, 균열 속 깊이까지 주입할 수 있다 - 가장 일반적으로 쓰이는 공법으로 실적이 많다	- 모체와 탄성계수, 열팽창계수가 동일하여 재균열 발생 가능성 적음 - 모체와 일체화 가능 - 기존의 콘크리트 구체와 동일 한 구조거동을 하며, 재탈락의 현상 없음 - 습윤면 시공 불가능 - 저점도이므로 균열폭이 작으면 주입이 되지 않는다	- 무기계 재료로서 기존 콘크리트와 물리적 성질이 유사하여 시공 후 온도·하중변화에 의한 재균열 발생 가능성이 없음 - 습윤면 시공 불가능 - 균열부 콘크리트 방청, 탄산화 및 염해방지 기능이 있음 - 공정이 다소 복잡하여 시공 전문가 필요	- 주입량 점검이 용이하고, 균열 속 깊이까지 주입할 수 있다 - 건식, 습식, 수중 시공이 가능하다 - 균열의 표면뿐만 아니라, 내부균열 깊숙이 주입이 가능하다 - 압력조절에 주의가 요망되며, 압력이 클 경우 균열이 확대되어 버릴 수 있음	- 각각의 시공 부위에 따라 슈퍼 인젝터의 각도를 조절 하면 완벽한 주입가능 - 자체의 압력조절이 가능하여 상황에 따라 적당한 압력으로 주입 가능 - 약품이 역류되지 않아 시공면 이 오염되지 않음 - 시공이 매우 용이하여 시공비가 저렴하다 - 사용 년 수 증가 시 접착력이 떨어질 수 있다
비고	- 시공효과가 확실하고 사용재료가 알칼리성으로 콘크리트의 탄산화를 방지할 수 있어 콘크리트의 내구성 증대에 효과가 우수하고 경제성이 우수한 공법으로 시공함이 타당하다고 사료됨. - 향후 보수공사 실시설계 시 현장여건에 부합되고 시공실적이 많은 공법의 적용이 바람직함.				

나. 단면보수(철근노출부)

1) 개요

본 공법은 콘크리트의 박리, 박락 등에 의하여 철근의 노출 및 부식에 대한 보수공법으로 녹을 제거하고 단면결손부를 회복시키는 공법이다.

2) 시공방법

① 청소 및 녹제거

가) 콘크리트 건전부까지 치핑한다.

나) 발청된 부분을 진동 블라스트 등으로 온전히 제거한다.

다) 기타 이물질을 청소 제거한다.

② 단면복구

가) 건전부 콘크리트에 침투제를 도포한다.

나) 철근에 방청 처리를 한다.

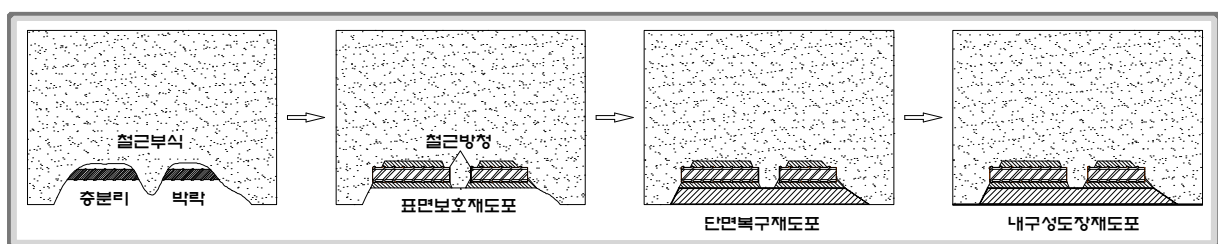
다) 콘크리트 결손부위에 방청 페이스트를 충전한다.

③ 마감처리

가) 주입 파이프 절단

나) 그라인더 등을 이용한 면 정리

3) 개요도



〈그림 7.4〉 단면보수(철근노출부) 공법 개요도

4) 사용재료

녹 전환형 방청제, 수지계 방청제, 몰탈, 시멘트, 팽창제

5) 주의사항

① 신·구 접착에 주의하여 2차 박락을 방지한다.

- ② 불량면을 확실하게 제거한다.
- ③ 침투제 및 방청제의 도포를 충분히 한다.
- ④ 필요시 형틀을 설치한다.

다. 단면보수(철근비노출부)

1) 개요

본 공법은 재료분리, 파손, 공동 등 단면결손부에 대하여 열화된 구체를 강화하기 위해 폴리머 몰탈 또는 무수축 몰탈 등으로 단면을 수복시키는 공법이다.

2) 시공방법

- ① 손상부 표면제거 - 콘크리트 건전부까지 치핑한다.
- ② 고압세척 및 콘크리트 접착제 도포 - 고압세정기 사용하여 이물질제거
- ③ 몰탈충진 - 몰탈로 단면복구
- ④ 표면처리 - 시멘트페이스트 등 도포

3) 개요도



〈그림 7.5〉 단면보수(철근비노출부) 공법 개요도

4) 결손 단면복구용 재료 성질

- ① 장시간 보관에도 재료의 성질 변화가 없을 것
- ② 부착력이 높은 재료

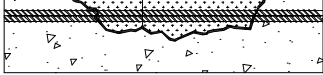
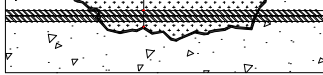
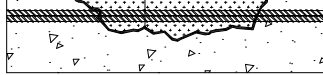
5) 주의사항

- ① 고압세정기의 용량은 50~150 kg/cm²를 사용
- ② 1회 도포시 두께는 10mm 정도로 한다.

6) 콘크리트 충전

단면결손이 큰 공동에 대한 보수시 단면복구 재료는 일반 콘크리트를 단면복구재로 사용하여 충전시킨 후 단면을 복구한다.

〈표 7.7〉 콘크리트의 단면보수 공법 비교

구 분	폴리머 모르타르 보수공법	에폭시 모르타르 보수공법	일반 모르타르 보수공법
검토개요	시공미흡으로 철근피복두께가 부족하여 철근이 노출되었거나 다짐불량에 의하여 재료분리나 공동이 발생한 부위에 적용한다.		
개 요 도			
공법개요	구조물의 열화된 표면을 철거한 후 구체를 강화시키고 폴리머계 보수용 모르타르로 단면을 복구하는 공법.	- 구조물의 열화된 표면을 철거한 후 구체를 강화시키고 에폭시계 보수용 모르타르로 단면을 복구하는 공법. - 에폭시 수지를 골재(규사, 모래, 석분)와 혼합하여 용도에 적합하게 섞은 것을 에폭시 모르타르라고 함.	구조물의 열화된 표면을 철거한 후 일반 모르타르로 단면을 복구하는 공법.
장 점	- 접착성 우수 - 탄성계수와 크리프 등의 재료특성이 콘크리트와 유사함 - 대다수 보수공법이 폴리머 모르타르를 기초로 함	강도와 탄성계수가 우수함	- 공사비 저렴 - 콘크리트 자연색 유지
단 점	- 공사비 다소 고가 - 배합비에 따른 물성치 변화	- 취성적인 재료, 배합비에 따른 물성치 변화 - 저온(5℃이하)에서 사용 불가 - 습윤면 부착성능 다소 불량 - 인체에 유해	- 건조수축의 영향이 크다 - 접착성 다소 불량
비 고	- 단면복구의 재료는 콘크리트와 성질이 유사한 무기질재료로 압축강도, 휨강도, 습윤면의 부착성, 경제성, 시공성 등을 고려하여 우수한 공법으로 선정함이 바람직함 - 국부적인 손상에 대한 단면보수가 대부분을 차지하므로 소규모 시공에 적합한 공법을 채택함이 타당할 것으로 사료됨.		

7.2.5 보수·보강 개략공사비

〈표 7.8〉 보수·보강 개략공사비(부산)

구 분	결함 및 손상·열화내용	보수방안	보수 물량	단위	개략단가 (원)	개략공사비 (원)	우선 순위
천단부	균열(cw=0.3mm이상)	주입보수	73.5	m	80,000	5,880,000	1
	균열(cw=0.3mm미만)	표면처리	40.65	m²	40,000	1,626,000	3
	보수부재 균열(cw=0.3mm이상)	주입보수	18.0	m	80,000	1,440,000	1
	보수부재 균열(cw=0.3mm미만)	표면처리	98.55	m	40,000	3,942,000	3
	철근노출	단면보수(방청)	0.38	m²	250,000	94,000	1
벽체	균열(cw=0.3mm이상)	주입보수	10.2	m	80,000	816,000	1
	균열(cw=0.3mm미만)	표면처리	0.86	m²	40,000	34,000	3
	파손	단면보수	0.03	m²	220,000	7,000	2
	타일탈락	타일 재시공	9	EA	1,500	14,000	3
공동구	파손	단면보수	5.72	m²	220,000	1,257,000	2
	파손 및 철근노출	단면보수(방청)	1.13	m²	250,000	281,000	2
	덮개파손	재설치	60.00	EA	8,000	480,000	3
	난간파손	재설치	46.00	m	50,000	2,300,000	3
배수시설	집수구토사퇴적	청소	49	EA	1식	100,000	1
순공사비						18,271,000	
제 경 비(순공사비의 약 50%)						9,136,000	
순위별 공사비(제경비 포함)					1순위	12,495,000	
					2순위	2,318,000	
					3순위	12,594,000	
총공사비						27,407,000	

※ 보수물량은 확실한 보수효과를 얻기 위하여 손상물량의 50%를 할증하였음.

(정밀안전진단보고서 작성요령, 한국도로공사 2014)

※ 균열(cw=0.3mm미만)의 보수물량은 [길이×0.25(폭)] 으로 수량산출 하였음.(m→m²)

※ 정확한 수량산출이 가능한 공종은 할증 미반영.

※ 개략공사비는 설계 시 공법 및 단가변동에 의해 공사비가 바뀔 수 있음.

※ 개략공사비는 주간작업 기준이며 비계, 교통통제 등의 부대공사비는 제외됨.

〈표 7.9〉 보수·보강 개략공사비(포항)

구 분	결함 및 손상·열화내용	보수방안	보수 물량	단위	개략단가 (원)	개략공사비 (원)	우선 순위
천단부	균열 (cw=0.3mm이상)	주입 보수	84.0	m	80,000	6,720,000	1
	균열 (cw=0.3mm미만)	표면처리	34.35	m²	40,000	1,374,000	3
	보수부재 균열 (cw=0.3mm이상)	주입 보수	49.5	m	80,000	3,960,000	1
	보수부재 균열 (cw=0.3mm미만)	표면처리	119.25	m²	40,000	4,770,000	3
	박락	단면 보수	0.05	m²	220,000	10,000	2
벽체	균열 (cw=0.3mm이상)	주입 보수	57.45	m	80,000	4,596,000	1
	균열 (cw=0.3mm미만)	표면처리	0.71	m²	40,000	29,000	3
	파손	단면 보수	0.06	m²	220,000	13,000	2
	타일탈락	타일 재시공	15	EA	1,500	23,000	3
공동구	파손	단면 보수	0.72	m²	220,000	158,000	3
배수시설	집수구토사퇴적	청소	64	EA	1식	100,000	1
피난연락갱	균열 (cw=0.3mm미만)	표면처리	0.34	m²	40,000	14,000	3
	파손	단면 보수	0.03	m²	220,000	7,000	2
순공사비						21,774,000	
제 경 비(순공사비의 약 50%)						10,887,000	
순위별 공사비(제경비 포함)						1순위	23,064,000
						2순위	45,000
						3순위	9,552,000
총공사비						32,661,000	

※ 보수물량은 확실한 보수효과를 얻기 위하여 손상물량의 50%를 할증하였음.

(정밀안전진단보고서 작성요령, 한국도로공사 2014)

※ 균열 (cw=0.3mm미만)의 보수물량은 [길이×0.25(폭)] 으로 수량산출 하였음.(m→m²)

※ 정확한 수량산출이 가능한 공종은 할증 미반영.

※ 개략공사비는 설계 시 공법 및 단가변동에 의해 공사비가 바뀔 수 있음.

※ 개략공사비는 주간작업 기준이며 비계, 교통통제 등의 부대공사비는 제외됨.

7.3 유지관리 방안

7.3.1 개 요

터널의 유지관리는 시설물의 기능성과 안전성을 유지하기 위하여 일상점검 및 정밀점검을 통하여 구조물의 손상여부를 확인할 수 있고 특히, 초기결함을 찾아서 그 결함정도에 따라 적절한 보수공법의 선정, 보수시기 등을 판단하여 신속한 보수가 실시되어야 한다. 초기에 발견된 결함의 보수시기를 놓치면 나중에는 보수하기 어려울 뿐만 아니라 많은 보수비와 보수기간의 장기화로 통행차량의 불편과 동시에 물류비 증액의 원인이 된다. 따라서 유지관리를 통하여 손상된 부분을 원상복구하며, 경과시간에 따라 시설물의 개량, 보수·보강에 필요한 활동을 하는 것으로 터널의 각 부위별로 발생 가능한 손상에 대하여 주의 깊게 점검하여 그 원인을 미리 해소하는 예방활동에 목표를 두어야 한다.

7.3.2 진단결과에 따른 중점유지관리 사항

가. 중점유지관리 개요

금회 정밀안전진단 결과 문수터널(부산, 포항)의 라이닝에는 종방향균열 및 횡방향균열이 다수 조사되었으며, 보수부재균열 및 망상균열도 발생한 상태이다. 따라서 이들 균열은 손상진전을 방지하고 구조물의 내구성 확보를 위해 관리가 요구된다. 또한 라이닝 철근노출, 보수부 박락, 파손에 대해서는 보수와 더불어 주기적인 점검이 필요할 것으로 판단된다.



〈그림 7.6〉 터널의 유지관리를 위한 점검부위의 구분

나. 터널의 요소별 점검 항목

다음은 터널의 안전성과 기능성, 사용성 및 노후화 정도 등을 파악하여 재해를 사전에 예방하기 위해서 유지관리상 필요한 점검항목을 기술하였다.

〈표 7.10〉 터널의 요소별 점검 항목

요 소	점 검 부 위	점 검 항 목
입 · 출구부 (갱문)	▷ 갱문 상부 ▷ 갱문과 옹벽이음부 ▷ 갱문석재 연결부 ▷ 라이닝 접속부 ▷ 갱구부 내부시설 ▷ 갱문 시공이음부	• 콘크리트 강도조사 : 표면 타격법 • 탄산화시험 • 균열조사 : 위치, 균열폭, 길이, 진행성, 형태 • 누수조사 : 위치, 누수량 • 손상조사 : 위치, 철근노출 · 부식, 박리 · 박락, 층분리, 백태, 동해, 파손, 오염 등에 대한 현황조사 • 갱문조사 : 침하, 이동, 단차여부 • 배수로 조사 : 이물질퇴적, 물고임, 식생여부
	▷ 공통사항	• 콘크리트 강도조사 : 표면 타격법 • 균열조사 : 위치, 균열폭, 길이, 진행성, 형태(종방향, 횡방향, 밀집도 등) • 누수조사 : 위치, 누수량 • 손상조사 : 박리 · 박락, 층분리, 백태, 동해, 파손, 오염 등에 대한 현황조사 • 개착부조사 : 철근노출 · 부식, 탄산화시험 • 동해조사 : 동해, 고드름, 측빙 • 필요시 라이닝 두께조사
라이닝부	▷ 천장부	• 오염, 환기팬상태
	▷ 아치부(어깨부)	• 오염, 조명시설 상태
	▷ 측벽부	• 오염, 타일탈락, 부속시설 상태
	▷ 시공이음	• 압좌, 단차, 파손, 시공불량, 토사유입
라이닝 접속부	▷ 공통사항	• 콘크리트 강도조사, 탄산화시험, 균열, 누수, 백태, 압좌, 파손, 변형, 오염(우각부 요주의)
	▷ 피난연락통로	• 철근노출, 철근부식, 박리 · 박락, 토사유입
	▷ 비상주차대	• 철근노출, 철근부식, 박리 · 박락, 토사유입
바닥부	▷ 공통사항	• 파손, 침수, 결빙, 이물질퇴적
	▷ 배수구	• 통수량, 흐름, 오염
	▷ 배수구덮개	• 균열, 개폐성

〈표 7.10〉 터널의 요소별 점검 항목(계속)

요 소	점 검 부 위		점 검 항 목
기타 시설물	▷ 공통	- 콘크리트	• 강도, 탄산화시험, 전도, 침하, 이동, 균열, 철근노출, 부식, 누수, 배수구 막힘, 백태, 박리·박락, 동해, 결빙, 열화
	▷ 사면	- 절토사면	• 구배, 침식, 낙석의 유무
		- 성토사면	• 보호공의 종류, 구배, 침식
		- 사면배수로	• 이물질퇴적, 파손, 균열, 이음부 토사유입, 부등침하
		- 보호공	• 적용 보호공의 종류, 적정성, 균열, 부식, 파손, 풍화
		- 점검로	• 점검로 구비여부, 부식, 장착, 미끄럼 예방시설 구비, 안전도
		- 펜스	• 펜스높이, 철망규격, 철망손상, 부식, 정착상태
	▷ 외부배수로		• 바닥면 세굴, 오염, 이물질 퇴적, 파손, 균열, 이음부 토사유입
부속시설	▷ 환기설비		• 용량의 적정성, 작동상태, 오염, 부식, 장착상태, 장착부 라이닝 균열
	▷ 조명설비		• 조도, 전구교환, 파손, 오염, 비상등 상태
	▷ 비상설비 (소화전, 소화기, 비상전화)		• 철근노출·부식, 라이닝 균열, 소화전 개폐·부식, 소화기 상태, 비상전화 작동상태
	▷ 감시설비(CCTV)		• 장착상태, 장착부 라이닝 균열, 파손, 작동상태, 오염
	▷ 계측설비(교통량, 가시거리, 풍향·풍속 측정계)		• 장착상태, 장착부 라이닝 균열, 파손, 작동상태, 오염
	▷ 방송설비		• 장착상태, 장착부 라이닝 균열, 파손, 작동상태, 오염
주변환경	▷ 지형(필요시)		• 습곡, 단층, 사면, 토피, 하천의 유무, 침식
	▷ 지질(필요시)		• 주향·경사, 미고결 점성토의 유무, 팽창성 지반, 풍화지대, 원지반의 강도
	▷ 기후·기상		• 한냉, 온난, 지진, 홍수, 폭설
	▷ 근접공사		• 상하하중의 증감여부, 측방 개착공사 유무, 상부 절취공사 유무 근접한 시설물의 유무

다. 부재별 중점유지관리 사항

본 터널에 대한 부재별 유지관리 중점사항은 다음과 같다.

〈표 7.11〉 부재별 유지관리 중점사항

구분	점검내용
라이닝 천단부 및 벽체	• 균열 및 망상균열, 백태, 파손, 잡철근노출 – 주입보수, 표면처리, 단면보수, 단면보수(방청) 후 재손상 및 추가손상 여부 점검 • 보수부 박락 – 단면보수 후 추가손상 및 신규 손상 여부 관찰
타일마감	• 타일 탈락은 타일 재설치 후 신규손상 및 재손상 여부 점검(점검망치 이용) • 타일 파손(균열)은 라이닝 반사균열의 가능성도 염두에 두고 균열 확대여부 관찰
공동구 및 배수로	• 공동구 및 배수로 균열 및 파손 – 균열 및 단면손상 보수후 재손상 여부 확인 및 차량 충격에 의한 파손 유무 점검 • 공동구 덮개의 설치 상태 및 파손 발생 유무 점검(필요시 일괄 교체 검토)
배수시설	• 집수구 내 토사퇴적으로 인한 배수불량 및 오염 유무 • 집수구 스틸그레이팅 설치(개폐) 상태 및 파손 유무 점검
포장부	• 줄눈부 주변 파손 및 콘크리트 포장 패임 – 포장단면 보수 후 재손상 및 추가손상 여부 확인 – 요철, 단차, 포장 파손으로 인한 차량 주행성 저하 여부
피난연락경	• 균열 보수 후 재손상 및 추가손상 여부 확인 • 본선 접속부 누수 및 백태 발생 여부 • 중간 차단문의 개폐 상태 및 이물질퇴적 유무 점검
갱구부 사면 및 옹벽	• 갱구부 사면 배수로의 이물질/낙엽퇴적으로 인한 배수불량 및 오염 유무 • 절토사면의 식생 및 보호공 상태, 토사유실 및 낙석 유무, 점검로 설치 상태 점검 • 갱구부 옹벽 균열 보수 후 재손상 및 추가손상 여부 확인
기타 부속시설	• Jet Fan 작동 상태 및 주변 라이닝 균열, 단면손상 유무 • 각종 전기시설 및 신호시설, 조명시설, 방재설비 작동 상태 점검 • 점검통로 시선유도등 손상 유무 점검

7.3.3 부재 · 항목별 유지관리시 점검요령

터널의 안전성과 기능성, 사용성 및 노후화 정도 등을 파악하여 재해를 사전에 예방하기 위해서 주기적이고 체계적인 정기점검, 정밀점검, 정밀안전진단 등을 통한 유지관리가 무엇보다도 중요하다. 따라서 정밀안전진단 결과를 바탕으로 부재별 결함부위에 대한 원인분석과 사전에 예방적 유지관리차원에서 중점적으로 점검해야 하는 사항을 제시하고 필요한 점검항목 및 점검요령을 기술하였다.

가. 입 · 출구부(갱문)

〈표 7.12〉 입 · 출구부(갱문) 점검요령

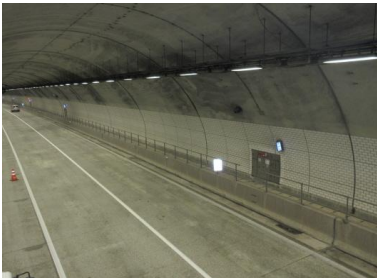
구분	점 검 항 목
점 검 항 목	▷ 균열조사 : 균열폭, 길이, 깊이, 진행성 여부 ▷ 누수조사 : 누수량, 수질, 기온변화 ▷ 손상조사 : 박리 · 박락, 층분리, 백태, 동해, 파손, 오염 등에 대한 현황조사 ▷ 경사도 조사 : 갱문의 기울어짐, 침하, 이동, 단차 여부 ▷ 콘크리트 품질평가 : 초음파속도법, 반발경도법, 일축압축강도 ▷ 갱문상부 배수로 조사 : 토사유입, 오물, 물고임, 식생여부
주 요 부 위	 〈시점 갱문〉  〈중점 갱문〉
점 검 요 령	● 점검방법 – 갱문의 양측부나 상부에서 관찰하되 근접 육안검사가 필요한 경우는 사다리나 고소차 등을 이용하여 실시 – 망치 등의 장비로 타격음을 청취, 갱문의 외관상태를 파악한 후 기술 – 신축이음부 및 옹벽과의 경계부 단차 등 손상에 대해 점검 – 측량장비를 이용하여 갱문의 경사, 침하, 이동 등에 대한 조사 실시 – 상세조사가 필요한 경우 비파괴조사에 의한 상태평가 실시 ● 손상발생 시 조치방법 – 균열 및 단차, 누수 등 각 손상에 대한 외관망도 작성 후 손상 사진촬영 – 진행성 판단을 위한 측정자 설치 – 손상의 진행성이 관측되면 즉시 전문가에 의한 현장자문 의뢰

〈표 7.12〉 입·출구부(갱문) 점검요령(계속)

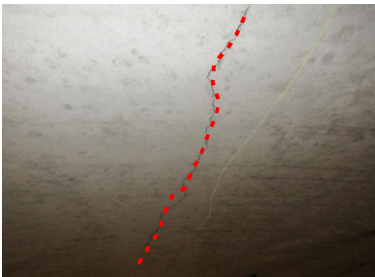
구분	내 용
점검요령	● 점검 시 유의사항 - 도로터널의 경우 통행차량에 대한 안전조치(신호수 배치 등)를 취한 후 조사를 실시하되 2인 1조로 점검 시행 - 접근장비를 이용한 상세조사가 필요한 경우 교통소통 및 안전에 유의
점검도구	• 사진기 • 줄자, 균열자 • 점검용 망치 • 확대경 • 손전등 • 필기도구(소형 보드판, 매직, 분필) • 점검야장 • 필요시 반발경도 및 탄산화 시험기기

나. 터널 라이닝

〈표 7.13〉 터널 라이닝 점검요령

구분	점 검 부 위	점 검 항 목
점검항목	▷ 공통	• 균열조사 : 위치, 균열폭, 길이, 깊이, 진행성 여부, 형태(종방향, 횡방향, 밀집도 등) • 누수조사 : 위치, 누수량, 수질, 온도 • 손상조사 : 두께부족, 박리·박락, 백태, 단차, 압좌, 파손 등에 대한 위치, 규모, 정도 • 동해조사 : 동해, 고드름, 측빙
	▷ 천단부	• 기타 : 오염, 브라킷, 환기팬 등의 장착
	▷ 아치부(어깨부)	• 기타 : 오염, 조명시설의 장착
	▷ 측벽부	• 기타 : 철근부식, 오염, 타일탈락, 각종 케이블의 고정
	▷ 시공이음부	• 손상조사 : 압좌, 단차, 파손, 시공불량 여부 • 기타 : 토사유입 여부
주요부위	 <터널 내부 전경>  <천단부, 어깨부, 측벽부>  <시공이음부>	

〈표 7.13〉 터널 라이닝 점검요령(계속)

구분	내 용			
점검요령	● 점검방법			
	- 좌·우측 배수구나 점검통로를 이용, 도보로 이동하면서 상세조사 실시			
	- 천장부와 어깨부는 손상에 대한 의심이 가는 부분은 사다리나 고소차 등을 이용하여 근접 육안조사 실시			
	- 망치 등의 장비로 타격음을 청취, 라이닝의 외관상태를 파악하고 외관망도에 기술			
	- 신축이음부는 특히 누수가 많은 부위로서 누수조사와 아울러 경계부 단차, 압좌 등의 손상에 대해 점검			
점검요령	- 터널의 기능발휘를 위한 각종 설비 주변 라이닝의 손상여부 확인			
	- 터널 라이닝의 변형이 많이 조사된 위치에서는 내공변위 측정 실시			
	- 동해나 열화가 심한 부위에서는 코어를 채취, 실내시험 실시			
	- 상세조사가 필요한 경우 비파괴 조사에 의한 상태평가 실시			
	● 손상발생 시 조치방법			
점검요령	- 균열 및 단차, 누수 등 각 손상에 대한 외관망도 작성 후 손상 사진촬영			
	- 진행성 판단을 위한 측정자 설치			
	- 손상의 진행성이 관측되면 즉시 전문가에 의한 현장자문 의뢰			
	● 점검 시 유의사항			
	- 도로터널의 경우 통행차량에 대한 안전조치(신호수 배치 등)를 취한 후 조사를 실시하되 2인 1조로 점검 시행			
점검요령	- 접근장비를 이용한 상세조사가 필요한 경우 교통소통 및 안전에 유의			
	주요 손상			
		〈라이닝 균열〉	〈라이닝 철근노출〉	
	원인	● 시공초기 온도 및 건조수축에 의해 균열 발생, 시공시 거푸집 제거 및 이동시 충격, 라이닝 신축		
	중점점검사항	● 간격재 설치미흡 및 콘크리트 타설압에 의한 철근의 편기(철근노출 및 피복두께 부족)		
● 균열				
- 균열부 주위로의 박리·박락 등 추가 손상여부 및 보수 후 재손상 발생여부 점검				
● 시공이음부 철근노출				
- 국부적으로 발생한 상태로 철근의 부식 여부 점검				
중점점검사항	- 피복두께 부족은 재손상이 발생하지 않도록 보수 시 품질관리 철저, 보수 후 추가손상 여부 관찰			
	점검도구	• 사진기	• 손전등	• 필요시 반발경도 및 탄산화 시험기기
		• 줄자, 균열자	• 점검용 망치	• 필기도구(소형 보드판, 매직, 분필)
		• 확대경	• 점검야장	

다. 터널 라이닝 접속시설

〈표 7.14〉 터널 라이닝 접속시설 점검요령

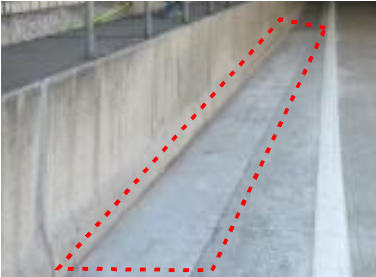
구분	점 검 부 위	점 검 항 목
점 검 항 목	▷ 공통	• 균열, 누수, 백태, 파손, 압좌, 변형, 오염(우각부 요주의)
	▷ 피난연락통로	• 균열, 누수, 백태, 박리·박락, 파손, 토사유실
	▷ 비상주차대	• 균열, 누수, 백태, 박리·박락, 파손, 토사유실
	▷ 환기덕트	• 균열, 박리·박락, 철근노출, 오염, 파손
	▷ 하부공동구	• 누수, 파손, 토사유입, 침수, 오염, 이물질퇴적
	▷ 인버트	• 설치여부, 균열, 변형, 파손, 누수, 토사유입, 침하, 응기
주 요 부 위	 〈피난연락통로〉  〈하부공동구〉	
	점검방법 - 좌·우측 배수구나 점검통로를 이용, 도보로 이동하면서 상세조사 실시 - 천장부와 어깨부는 손상에 대한 의심이 가는 부분은 사다리나 고소차 등을 이용하여 근접 육안조사 실시 - 망치 등의 장비로 타격음을 청취, 라이닝의 외관상태를 파악하고 외관망도에 기술 - 신축이음부는 특히 누수가 많은 부위로서 누수조사와 아울러 경계부 단차, 압좌 등의 손상에 대해 점검 - 터널의 기능발휘를 위한 각종 설비 주변 라이닝의 손상여부 확인 - 터널 라이닝의 변형이 많이 조사된 위치에서는 내공변위 측정 실시 - 동해나 열화가 심한 부위에서는 코어를 채취, 실내시험 실시 - 상세조사가 필요한 경우 비파괴 조사에 의한 상태평가 실시 ● 손상발생 시 조치방법 - 균열 및 단차, 누수 등 각 손상에 대한 외관망도 작성 후 손상 사진촬영 - 진행성 판단을 위한 측정자 설치 - 손상의 진행성이 관측되면 즉시 전문가에 의한 현장자문 의뢰 ● 점검 시 유의사항 - 도로터널의 경우 통행차량에 대한 안전조치(신호수 배치 등)를 취한 후 조사를 실시하되 2인 1조로 점검 시행 - 접근장비를 이용한 상세조사가 필요한 경우 교통소통 및 안전에 유의	

〈표 7.14〉 터널 라이닝 접속시설 점검요령(계속)

구분	내 용	
주요 손상	 〈피난연락통로 균열〉	 〈공동구 파손 및 철근노출〉
원인	● 시공초기 온도 및 건조수축에 의해 균열 발생, 피복부족에 따른 철근노출 발생 ● 동절기 제설재 살포 및 공용 년 수 증가에 의한 손상	
중점 점검 사항	● 피난연락통로 균열 - 균열부 주변으로의 박리·박락 및 누수 여부 점검 - 표면처리 또는 단면보수(방청) 후 재손상 여부 관찰 ● 공동구 상단과 타일마감 하단부 사이 및 벽체 균열과 단면손상(들뜸, 박락, 파손, 철근노출) - 균열 및 단면손상 보수후 재손상 여부 확인 및 차량 충격에 의한 파손 유무 점검 - 시공이음부 주변 또는 Span 중앙에 주로 발생되어 있으므로 확대손상 유무 확인	
점검 도구	• 사진기 • 줄자, 균열자 • 손전등 • 점검용 망치	• 확대경 • 필요시 반발경도 및 탄산화 시험기기 • 필기도구(소형 보드판, 매직, 분필) • 점검야장

라. 터널 바닥부

〈표 7.15〉 터널 바닥부 점검요령

구분	점 검 부 위	점 검 항 목
점검 항목	▷ 공통	• 파손, 침수, 결빙, 이물질퇴적
	▷ 포장	• 균열, 세굴, 웅기, 침하, 도색
	▷ 배수구(맨홀)	• 통수량, 흐름, 오염
	▷ 배수구덮개	• 균열, 개폐성
주요 부위	 〈포장부〉	 〈배수시설〉

〈표 7.15〉 터널 바닥부 점검요령(계속)

구분	내 용	
점검요령	● 점검방법 - 점검은 차량의 통행이 없을 때를 이용하거나 좌·우측 배수구나 점검통로를 이용하여 도보로 이동하면서 조사 실시 - 바닥부에 물기나 결빙이 된 경우는 물기의 출처 및 원인을 확인·기록 - 배수구는 덮개를 연 후에 내부상태를 조사하며, 덮개와 구조체의 파손여부 확인 - 배수시설 내부 토사퇴적 등 배수상태 유무 확인 ● 손상발생 시 조치방법 - 균열 및 침하, 융기 등 각 손상에 대한 외관망도 작성 후 손상 사진촬영 - 바닥부의 누수자국에 대한 누수출처를 확인 후 다른 손상으로의 전이 여부를 파악 ● 점검 시 유의사항 - 도로터널의 경우 통행차량에 대한 안전조치(신호수 배치 등)를 취한 후 조사를 실시하되 2인 1조로 점검 시행 - 좌·우측 배수구나 점검통로를 이용할 경우는 차량진행방향의 반대방향으로 도보 이동하면서 조사 - 접근장비를 이용한 상세조사가 필요한 경우 교통소통 및 안전에 유의	
주요손상	 〈포장부 파손〉	 〈집수구 토사퇴적〉
원인	● 중차량 통행 등 차량의 반복하중과 충격 ● 콘크리트 포장 하부의 국부적인 다짐불량	
중점점검사항	● 포장면 파손 - 가로수축줄눈 및 세로줄눈 주변의 파손여부 점검 - 포장 파손으로 인한 차량 주행안전성 저하 여부 - 포장 주기적인 유지관리를 통한 확대손상 여부 관찰 ● 배수시설 - 배수상태 및 덮개 개폐성 여부 점검	
점검도구	• 사진기 • 줄자 • 점검용 망치 • 손전등	• 균열자 • 드라이버(driver) - 집수구 오물 확인 • 필기도구(소형 보드판, 매직, 분필) • 점검야장

마. 기타시설물

〈표 7.16〉 기타시설물 점검요령

구분	점 검 부 위		점 검 항 목
점검항목	▷ 공통		• 강도, 탄산화시험, 전도, 침하, 이동, 균열, 철근노출, 부식, 누수, 배수구 막힘, 백태, 박리·박락, 동해, 결빙, 열화, 토사유출
	▷ 사면 및 외부배수로	- 절토사면	• 주향, 경사, 지층별 구배, 침식, 낙석의 유무
		- 성토사면	• 보호공의 종류, 구배, 침식
		- 보호공	• 적용보호공의 종류, 적정성, 균열, 부식, 파손, 풍화
		- 점검로	• 점검로 구비여부, 부식, 장착, 미끄럼 예방시설 구비, 안전도
		- 펜스	• 펜스높이, 철망의 규격, 철망손상, 부식, 정착불량
▷ 외부배수로		• 바닥면 세굴, 오염, 이물질퇴적, 파손, 균열, 연결부 토사유입	
▷ 유지관리용사다리		• 부식, 오염, 정착불량, 안전도	
주요부위	〈시점사면〉 	 〈갱구부 외부배수로〉	
	〈종점사면〉 		
점검요령	● 점검방법 - 사면 : 노건이나 점검로를 이용하여 사면의 상태 및 보호공의 유무를 파악, 현장수첩 등에 기재 후 보고서 작성 시 활용 - 배수로 : 터널 주변의 배수로를 따라 이동하면서 이물질의 퇴적, 구조체의 파손, 이음부 손상 등 배수기능의 결함을 조사한 후 기록 - 사면점검로: 접근하여 점검로의 상태, 안전도, 부식여부, 사면에의 정착 등 조사 - 펜스 : 펜스의 철망상태, 기둥의 상태, 부식여부 등 조사 - 사면보호공 : 사용된 보호공의 종류 및 적정성, 철망의 경우에는 파손 및 부식에 대한 조사를, 콘크리트 재료의 경우에는 균열 등을 조사 - 유지관리용사다리 : 사다리의 상태, 부식, 정착, 안전도 등을 조사		
	● 손상발생 시 조치방법 - 손상이 발생한 경우에는 지속적인 관찰과 기록을 통해 손상의 진행성을 파악하고, 손상의 진행성이 확인되었다면 전문가에 의한 조사를 실시 - 손상이 발생한 시설의 경우에는 사진가 함께 보호 후 보수 또는 교체 ● 점검 시 유의사항 - 고소작업을 통한 근접조사가 필요한 경우에는 점검자의 추락에 주의		

〈표 7.16〉 기타시설물 점검요령(계속)

구분	내 용	
주요 손상	 〈외부배수로 양호〉	 〈갱구사면 양호〉
원인	● 상태양호	
중점 점검 사항	● 외부 배수로 토사퇴적 및 단면손상 -공용 년 수 증가 에 따른 토사퇴적, 외부충격에 의한 단면손상 보수후 추가 손상 및 배수상태 확인 ● 녹생토 유실 및 사면 표토 유실 - 강우나 폭설 등에 의한 토사층의 침식, 암반 절리면 및 경계면 주변의 탈락 등 점검 - 해빙기 사면의 낙석 및 보호공의 탈락 여부, 식생상태 점검(필요시 보수 후 추가손상 여부 관찰)	
점검 도구	• 사진기 • 줄자 • 점검용 망치	• 사다리 • 필기도구(소형 보드판, 매직, 분필) • 점검야장

바. 터널 부속시설

〈표 7.17〉 터널 부속시설 점검요령

구분	점 검 부 위	점 검 항 목
점 검 항 목	▷ 환기시설	• 용량 적정성, 작동여부, 오염, 부식, 장착상태, 장착부 라이닝 균열
	▷ 내장재	• 균열, 탈락, 오염, 반사율
	▷ 조명시설	• 조도, 전구교환, 파손, 오염
	▷ 소화전	• 보관함 개폐, 소화기 압력, 부식, 분말유지여부, 노즐 노화, 안전핀 상태
	▷ 전원설비	• 파손, 작동여부, 개폐기 상태, 누수, 오염, 누전
	▷ 브라킷	• 균열, 휨, 부식, 장착상태, 누수, 장착부 라이닝 균열, 박락, 파손
	▷ 각종 케이블	• 피복훼손, 절선, 오염, 거치 불량 여부
	▷ 각종 표지판	• 파손, 위치와 적정성, 작동여부, 오염

〈표 7.17〉 터널 부속시설 점검요령(계속)

구분	내 용	
주요부위	  	
	〈Jet Fan〉 〈조명시설〉 〈방재시설〉	
점검요령	● 점검방법 - 도로로 이동하면서 장착여부 및 오염에 대한 조사를 실시하고, 환기시설, 브라킷, 안내등 등은 상태파악 후 필요하면 점검차량을 이용·접근하여 점검 실시 - 터널의 부속시설물은 차량의 매연에 의한 오염이 심하므로 물세척 실시후 기능발휘 여부 확인 ● 손상발생 시 조치방법 - 작동 또는 장착이 불량한 설비는 파손 및 배선불량, 고장 등을 확인한 후 전문가에 의한 수리 요청 - 오염이 심한 표지판은 물세척을 실시하고 교체가 필요한 설비(전구)는 확인 후 즉시 교체 ● 점검 시 유의사항 - 도로터널의 경우 통행차량에 대한 안전조치(신호수 배치 등)를 취한 후 조사를 실시하되 2인 1조로 점검 시행하고, 전기시설의 접근 시에는 안전장구를 반드시 착용 후 점검 실시 - 좌·우측 배수구나 점검통로를 이용할 경우는 차량진행방향의 반대방향으로 도로 이동하면서 조사	
주요손상	 	
	〈조명시설 조명커버파손〉 〈시선유도등 상태양호〉	
원인	● 공용 년 수 증가에 따른 노후화	
중점점검사항	● 환기시설, 조명시설, 방재시설 등 - 장기공용으로 인한 기타시설의 노후화 확인 - 각종 기타시설의 작동상태 점검	
점검도구	• 사진기 • 점검용 망치 • 손전등 • 드라이버(driver) • 필기도구(소형 보드판, 매직, 분필) • 점검야장	

사. 터널 주변환경(필요시)

〈표 7.18〉 터널 주변환경 점검요령(필요시)

구분	점 검 부 위	점 검 항 목
점 검 항 목	▷ 지 형	• 습곡, 단층, 사면, 토피, 하천의 유무, 세굴
	▷ 지 질	• 미고결 점성토의 유무, 팽창성 지반, 풍화지대, 원지반의 강도
	▷ 근접공사	• 상부하중의 증감여부, 측방 개착공사 유무, 상부 절취공사 유무, 근접한 시설물의 유무
	▷ 기후 · 기상	• 한냉, 온난, 지진, 홍수, 폭설
점 검 요 령	● 점검방법 - 지형 : 터널이 위치한 지역의 지형도를 구해 과거에 지형의 변화가 있었는지 조사 - 지질 : 지질도를 구해 사전정보를 입수한 후 터널주변의 흙과 암석의 특성을 파악하고 클리노미터 등을 활용, 현지에서 노두조사 등을 실시 - 기후 · 기상 : 터널이 위치한 지역의 기후 및 연간 기상조건과 기온, 동결지수 등을 조사하고 한랭한 지역의 경우에는 용출수의 유무를 파악 - 근접공사 : 터널 주변의 공사유무, 인접구조물의 유지상태, 현황, 인접거리 등을 조사한 후 새롭게 발생한 변상이 있는지를 확인	
	● 손상발생 시 조치방법 - 터널 주변 지형의 변화가 발생한 경우에는 상황을 기록한 후 즉시 전문가의 자문 의뢰 - 근접공사로 인해 터널에 손상이 발생한 경우에는 즉시 공사를 중지시키고, 전문가의 자문을 의뢰, 대책을 마련한 후 공사 진행	
	● 점검 시 유의사항 - 산악터널의 지형조사시에는 보행에 간편한 복장과 신발을 착용 - 터널 주변지형이 산악지형인 경우에는 절개지 등에서의 추락에 유의 - 수목이 울창한 지역의 경우에는 해충 등에 의한 피해에 유의 - 강우나 폭설에 의한 피해를 조사해야 할 경우에는 안저장구의 착용과 함께 미끄러짐에 유의하여 조사	
점 검 도 구	• 사진기 • 지형도, 지질도 • 점검용 망치	• 클리노미터 • 필기도구(소형 보드판, 매직, 분필) • 점검야장

[illegible]

〈그림 7.7〉 중점 유지관리사항 및 점검방향(부산)

