

제6장

보수 · 보강 및 유지관리방안

- 6.1 개 요
- 6.2 보수 · 보강방안
- 6.3 보수 · 보강공법
- 6.4 보수방안 및 개략공사비
- 6.5 유지관리방안

제6장 보수·보강 및 유지관리방안

6.1. 개 요

현장 외관조사를 통한 결함, 손상 등에 대해서 보수의 필요성과 내구성 조사 및 상태평가 등을 분석하여 구조물의 내구성능, 내하력, 강성, 역학적 성능 등을 회복 또는 향상 시킬 필요가 있다.

따라서, 보수·보강은 기 발생된 결함 및 손상의 종류 및 정도, 구조물의 중요도, 사용 환경조건 및 경제성 등에 의해서 필요한 보수·보강 방법 및 수준을 결정하여야 한다.

6.1.1. 보수·보강방안 수립에 따른 검토사항

외관조사 결과 및 내구성조사, 상태평가 결과 등을 종합적으로 검토하여 현장조건, 시공성 및 경제성 등을 고려한 보수·보강공법을 선정하여야 한다. 또한, 보수·보강의 수준 및 우선순위는 결함, 손상의 상태에 따라서 구조적 안전성, 내구성 등을 종합적으로 고려하여 결정하여야 한다.

<표 6.1> 보수·보강 방안에 따른 검토사항

검토항목	검토내용
보수·보강 필요성 판단	- 외관조사, 재료시험 및 측정, 상태평가 등 ⇒ 점검 결과 종합 분석 후 보수·보강 여부 판단
보수·보강 공법의 선정	- 구조물의 기능 및 중요도 - 구조물의 형식과 환경조건 - 보수 후의 요구 내용년수 - 공법의 시공성과 경제성
보수·보강의 수준 결정	- 국부적인 보수 또는 전반적 보수여부 결정 - 구조물 수명과 장·단기 대책을 고려한 보수·보강 범위 산정
보수·보강 우선순위 결정	- 결함 및 손상의 정도, 구조물의 중요도 - 구조적 안전성, 내구성

6.1.2. 보수·보강 필요성 판단

보수의 필요성은 발생된 결함 및 손상이 어느 정도까지 허용되는가의 판단에 따라야 하며, 이를 위해 각종 설계기준, 시방서, 지침(시설물의 안전 및 유지관리 세부지침) 등을 참조하였다.

보강의 경우는 부재 안전율을 각종 기준에서 정하는 수치 이상으로 하기 위하여 어느 정도까지 부재단면 등을 증가하여야 하는지를 판단하였다.

6.1.3. 보수·보강 공법 선정 및 수준 결정

가. 보수·보강 공법의 선정

우수한 성능의 보수·보강 공법도 적용구조물의 형식과 환경조건에 따라서 그 성능이 충분히 발휘되지 않는 경우가 있다. 따라서 보수·보강 공법 선정시에는 구조물의 중요도, 형식, 기능, 환경조건 혹은 보수 후의 내용년수 등을 고려하고 공법이 그 성능을 충분하게 발휘할 수 있는지 확인하여야 한다.

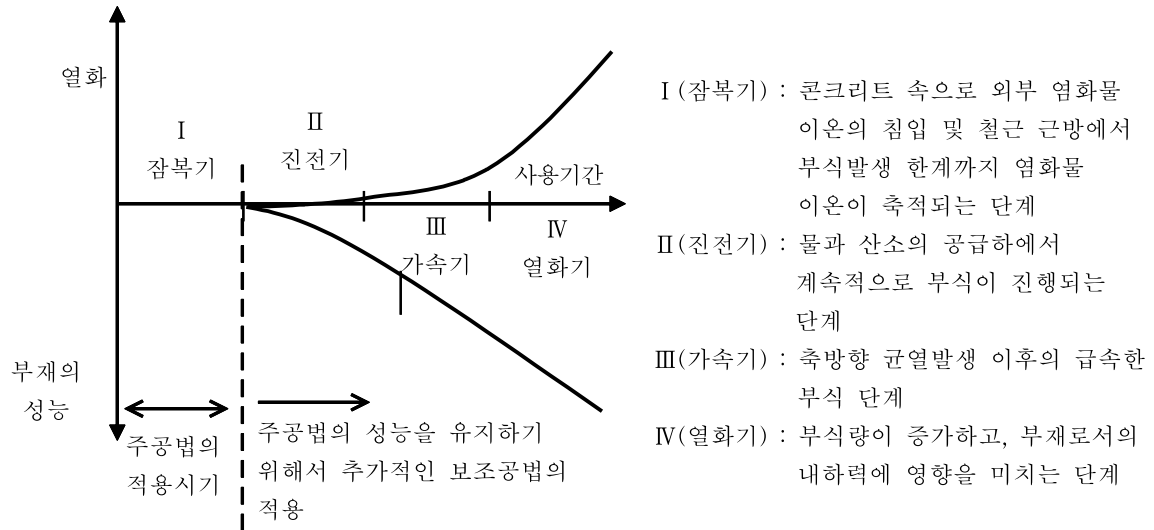
나. 보수·보강의 수준 결정

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 회복목표 수준 등을 고려하여 보수·보강 여부 및 수준을 아래의 경우 중에서 결정한다.

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

다. 보수시기의 결정

다음 그림은 사용기간에 따른 열화의 정도 및 이에 따른 보수공법의 적용가능한 시기에 대한 설명으로, 주공법은 잠복기에 적용하며 진전기에는 주공법의 성능을 유지하기 위해 추가적인 보조공법의 적용이 필요하다.



<그림 6.1> 보수공법의 적용시기

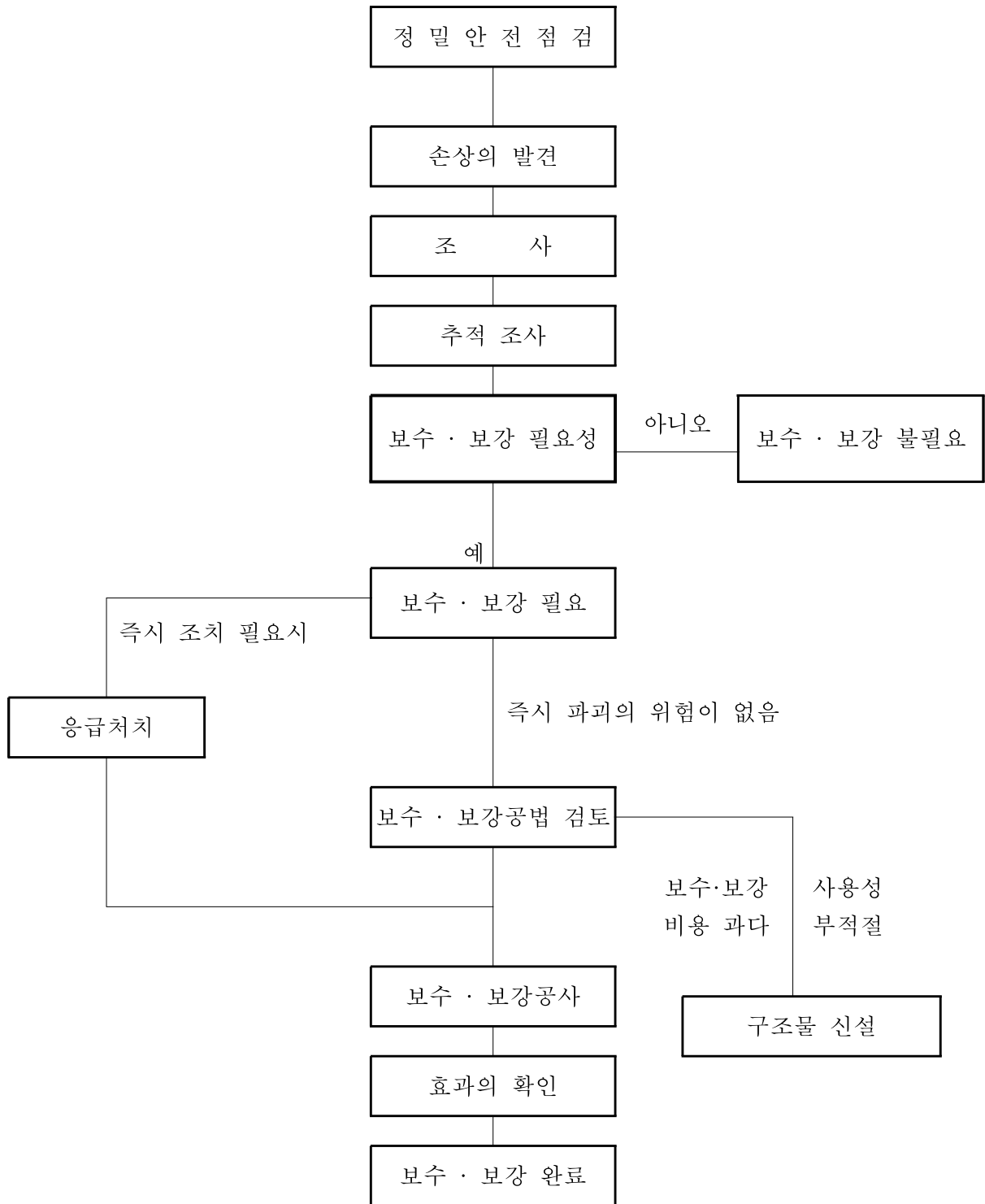
라. 중대결합의 유무

“시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법” 제22조 ①항, 동법 시행령 제18조에서는 “대통령령으로 정하는 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 6.2> 시설물안전법 시행령 제18조에 의한“대통령령으로 정하는 중대한 결함” 유무

구 분		대통령령으로 정하는 중대한 결함	해당유무
터널	시설물의 구조안전	1. 터널지반의 부등침하	없음
		2. 시설물의 철근콘크리트의 염해 또는 탄산화에 따른 내력손실	없음
		3. 절토·성토 사면의 균열·이완 등에 따른 옹벽의 균열 또는 파손	없음
		4. 시설물의 구조안전에 영향을 미치는 것으로 인정되는 결함으로서 국토교통부령으로 정하는 결함 - 주요 구조부위 철근량 부족 - 철근콘크리트 부재의 심한 재료분리 - 철강재 용접부의 불량 용접 - 교대·교각의 균열발생	내력손실 없음
	공중의 안전	1. 시설물의 난간 등 추락방지시설의 파손	없음
		2. 도로터널, 도로터널의 포장 부분이나 신축이음부의 파손	없음

6.1.4. 보수·보강 업무 흐름도



<그림 6.2> 보수·보강의 업무 흐름도

6.1.5. 보수재료의 선정

가. 보수재료의 기본 특성 설정

보수재료의 선정을 위한 기본은 구조물의 종류 및 기능, 보수재료의 종류 및 성능 규격치, 환경조건, 시공조건 및 보수부위의 내용년수 등을 설정한다.

나. 보수재료의 요구 성능 설정

보수재료의 요구 성능은 보호성능, 내구성능, 시공성능 및 기본적인 성능을 고려하여 설정한다. 일반적으로 보수재료에 요구되는 성능으로는 시공성과 내구성능이다. 보수재료는 재료 자체의 특성을 충분하게 발휘할 수 있도록 시공되어야 한다. 즉, 시공환경에서 간단하면서도 균일하게 시공이 되는 것이 중요하다. 내구성능은 보수재료의 원래의 목적이 되는 성능이지만 보수 후의 공용기간 중 소정의 수준을 만족시키는 것을 나타내는 성능으로 재료 자체의 열화에 대한 저항성과 밀접한 관계가 있다. 부착성과 수축성 등은 보수재료가 구조물과 일체화해서 거동하는 것에 기본이 되는 성능이고, 이것이 불충분한 경우에 이들 재료는 그 본래의 목적을 달성할 수 없다.

다. 적용 가능한 보수재료의 선정

구체적인 요구 성능 및 그 요구수준이 결정되면 그것을 만족시키는 재료의 후보를 선정한다. 단, 재료를 새로 설계하는 것이 곤란한 경우에는 시판 재료 중에서 요구 성능을 만족시키는 것으로 생각되는 것을 선택하거나, 혹은 요구 성능을 만족하도록 복수의 시판재료를 조합한 재료시스템을 구축한다. 재료를 조합해서 사용하는 경우에는 고려방법과 조합의 가능성, 문제점 등에 관해서 명확히 해둘 필요가 있다.

라. 보수재료의 성능조사

보수재료가 요구성능을 만족하고 있는가를 적당한 방법을 통해서 조사해야 한다. 이 조사는 설계된 재료의 성능평가 값이 요구성능의 수준 이상인 것을 확인하는 것으로 성능조사의 구체적인 방법은 다음과 같다.

첫 번째 방법으로는 재료의 다양한 특성값을 사용해서 요구 성능을 직접 평가하고 그 결과를 요구수준과 비교하는 것이다.

또 다른 방법으로는 공공기관이 정한 규격시험을 통해 얻어진 재료시험 결과를 공공기관이 설정한 규격치와 비교하는 것이다.

6.1.6. 보수·보강 우선순위

가. 보수·보강 우선순위 선정 기준

본 구조물은 주요부재와 보조부재로 이루어져 있으며, 시설물에서 발생된 각종 결함에 대한 보수·보강 우선순위는 다음과 같이 결정한다.

- 1) 보수보다 보강을, 주부재를 보조부재보다 우선하여 실시한다.
- 2) 시설물 전체에서의 우선순위 결정은 각 부재가 갖는 중요도, 발생한 결함의 심각성 등을 종합 검토하여 결정한다.

또한 단계별 평가에서 시설물에 대한 종합평가는 부재 및 시설물에 발생한 결함 및 손상의 심각성과 부재 및 시설물의 중요도가 반영되어 있으므로, 보수·보강의 우선순위는 평가단계의 역순으로 추적하여 평가결과가 낮고, 중요도가 큰 부재 및 시설물 순서로 우선순위를 결정할 수 있다.

금회 본 구조물에 필요한 보수·보강의 우선순위는 서울시 도로안전실에서 제시한 도시시설물 보수·보강 우선순위 선정기준(2014. 09)을 적용하여 다음과 같이 정하였다.

<표 6.3> 보수·보강 우선순위 선정 기준(서울특별시 도시안전실, 2014. 09)

보수·보강 우선순위	일반 사항	주요 손상
중대결함	- 부재의 손상·열화 상태가 전체 구조물의 안전에 즉각적인 영향을 주거나(FCM) 시민의 안전에 위협을 줄 위험이 있다고 판단되는 경우 ⇒ 즉시 보수설계 착수, 익년도 보수완료	-
1순위	- 부재의 손상도가 심각한 상태(D·E급)로 방치시 전체 구조물의 안전에 영향을 주는 경우 - 위험도(Risk)가 크거나, 주요 노선상 시설물의 주요 손상 ⇒ 익년도 보수설계 착수, 2년 이내 보수완료	-

<표 6.4> 보수·보강 우선순위 선정 기준(서울특별시 도시안전실, 2014. 09)(계속)

보수·보강 우선순위	일반 사항	주요 손상
2순위	- 부재가 손상·열화된 상태로 당장은 위험하지 않지만 중·장기간 방치시 손상·열화가 진전되어 보수·보강 비용의 급증, 안전등급(D·E)으로의 상태 악화가 예상되는 경우 ⇒ 3년 이내 보수설계 착수, 4년 이내 보수완료	- 공동구 측면 파손, 박리 - 공동구 균열 (cw=0.3mm 이상) - 라이닝 균열 (cw=0.3mm 이상) - 라이닝 박리 및 박락 - 포장파손
3순위	- 기능발휘에는 지장이 없으나, 내구성 증진을 위해 연차보수가 필요하거나, 발생한 손상이 경미하나 진행상황 점검이 필요한 경우 ⇒ 연차 보수 및 지속적 관찰	- 라이닝 백태 - 라이닝 균열(cw=0.3mm 미만) - 라이닝 망상균열(cw=0.3mm 미만) - 공동구 균열(cw=0.3mm 미만) - 공동구 덮개파손 - 포장 균열 - 배수로 이격

나. 주요 손상 보수·보강 우선순위

- 1) 중대결함 : 없음
- 2) 1순위 : 없음
- 3) 2순위

<표 6.5> 2순위 손상 내용

부재	손상명	비고
라이닝	- 횡균열(cw=0.3mm 이상), 종균열(cw=0.3mm 이상) - 반원형균열(cw=0.3mm 이상)	하자
	박리 및 박락	하자
공동구	측면 균열(cw=0.3mm 이상)	하자
	파손, 박리	하자
포장부	포장 파손	하자

4) 3순위

<표 6.6> 3순위 손상 내용

부재	손상명	비고
라이닝	• 백태	하자
	• 횡균열(cw=0.3mm미만), 종균열(cw=0.3mm미만) • 사균열(cw=0.3mm미만), 반원형균열(cw=0.3mm미만)	하자
	• 망상균열	하자
공동구	• 측면 균열(cw=0.3mm미만)	하자
	• 공동구 덮개 파손	하자
포장부	• 포장균열	하자
사면(배수계통)	• 배수로 이격	하자

6.2. 보수·보강 방안

본 터널은 2018년 11월 30일에 준공된 시설물로서 금회 정밀안전점검 결과 부재별 손상 내용 및 보수·보강방안, 우선순위는 다음과 같으며, 건설산업기본법 시행령[시행 2021.8.3.]을 기준으로 하자 만료일이 2028년 11월 30일로서 보수·보강 방안 및 하자보수 방안 등으로 구분하여 제시하였다.

<표 6.7> 건설공사의 종류별 하자담보책임기간(제30조관련)

■ 건설산업기본법 시행령[별표 4]<개정 2021. 8. 3.>		
공사별	세부공종별	책임기간
2. 터널	①터널(지하철을 포함한다)의 철근콘크리트 또는 철골 구조부	10년
	②터널 중 ① 외의 공종	5년
비고 : 위 표 중 2 이상의 공종이 복합된 공사의 하자담보책임기간은 하자 책임을 구분할 수 없는 경우를 제외하고는 각각의 세부 공종별 하자 담보책임기간으로 한다.		

6.2.1. 하자보수 방안

<표 6.8> 주요 손상 및 하자보수 방안

부재	손상내용				조치방안	비고
	손상명	단위	물량	개소		
라이닝	횡균열(cw=0.3mm미만)	m	16.8	12	표면처리	
	종균열(cw=0.3mm미만)	m	60.8	12	표면처리	
	사균열(cw=0.3mm미만)	m	4.7	5	표면처리	
	반원형균열(cw=0.3mm미만)	m	10.6	9	표면처리	
	횡균열(cw=0.3mm이상)	m	15.5	5	주입보수	
	종균열(cw=0.3mm이상)	m	5.0	1	주입보수	
	반원형균열(cw=0.3mm이상)	m	4.0	1	주입보수	
	망상균열	m ²	72.85	17	표면처리	
	백태	m ²	0.04	2	표면처리	
	박리 및 박락	m ²	0.5	5	단면보수	
공동구	측면 균열(cw=0.3mm미만)	m	10.5	26	표면처리	
	측면 균열(cw=0.3mm이상)	m	2.6	5	주입보수	
	파손	m ²	0.38	2	단면보수	
	박리	m ²	9.0	1	단면보수	
	공동구 덮개 파손	EA	1.0	1	덮개재설치	
포장	포장 균열	m	4.1	5	주의관찰	
	포장 파손	m ²	0.04	1	단면보수	
사면	배수로 이격	m	0.07	1	주의관찰	

6.3. 보수·보강공법

6.3.1. 균열 보수공법

가. 개 요

금회 조사에서 구조물에 발생한 균열은 콘크리트 재료적 특징인 건조수축 및 외적(환경)인 요인 등에 의해 발생한 것으로, 이를 그대로 방치할 경우 철근부식 등 내구성 저하가 우려되므로 다음과 같은 보수가 필요하다. 본 터널에 조사된 균열은 시공초기 건조수축 및 온도변화에 의해 발생한 상태이며, $cw=0.3\text{mm}$ 이상 균열에 대해서는 주입공법을 적용하여 보수를 실시하는 것이 적절할 것으로 판단된다.

나. 균열보수공법 선정 및 검사

1) 균열 $cw=0.3\text{mm}$ 이상의 경우

<표 6.9> 균열 $cw=0.3\text{mm}$ 이상 균열보수공법 선정 사항

균열 유형			적용공법	보수공법(재료)선정시 유의사항	비 고
비구조적 균열	진행성 (변화)	건식	탄성실링 주입공법	• 신축성을 고려하여 균열 재발 방지	
		습식	탄성실링 그라우팅	• 신축성, 차수성 고려하여 균열, 누수 차단	
	고정	건식	주입공법	-	
		습식	탄성실링 그라우팅	• 차수성을 고려한 보수재료 선택	
구조적 균열			탄성실링 그라우팅	• 해당사항 없음	

주) 누수를 동반한 습식 균열의 경우, 수밀성을 확보할 수 있는 누수보수공법을 적용한다.

2) 균열 $cw=0.3\text{mm}$ 미만의 경우

<표 6.10> 균열 $cw=0.3\text{mm}$ 미만 균열보수공법 선정 사항

균열 유형			적용공법	보수공법(재료)선정시 유의사항	비 고
건식	균열폭	0.3mm 미만	표면처리	-	
습식	균열폭	0.3mm 미만	표면처리	-	

3) 균열보수의 검사

균열보수 검사는 보수 공사 전·중·후로 구분하여 보수 공사가 설계, 시방서 내용대로 적합하게 시공되고 있는지 여부를 단계별로 중점 시공관리 사항을 정하여 검사한다.

가) 작업전의 검사 항목

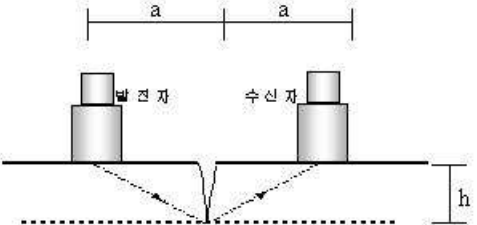
- 표면정리 및 균열 확인

나) 작업중의 검사 항목

- 주입량 체크 : 주입 보수 실시 전에 주입기에 있는 주입재의 양과 보수 완료 후 주입기 제거 전에 주입재의 양을 체크하여 주입 정도를 판단한다.

다) 작업 종료 후의 검사 항목

<표 6.11> 작업 종료 후의 검사 항목

구 분	적 용 방 법
초음파시험	- 초음파법을 이용하여 T_0-T_c법으로 균열공극부의 주입여부를 확인한다. 이 방법은 균열이 보수의 전체적인 품질을 평가하는데 유용하며, 효과적인 시험을 위해서는 보수 직전과 직후에 수행되어야 한다.  - 균열깊이 h는 다음 식으로부터 계산된다. $\text{균열깊이}(H) = \frac{L}{2} \sqrt{\left(\frac{T_c}{T_o}\right)^2 - 1}$
충격음법	충격음법은 균열이 분리되어 있을 때 접착재료의 침투 정도를 결정하기 위해서 사용된다. 충격음법에서 콘크리트 표면은 응력을 만들기 위해 작은 충격기로 기계적인 방법으로 충격을 준다. 응력과동이 불연속적으로 마주칠 때 파동의 일부가 시험 표면에 되돌아 반사한다. 채워지지 않았거나 부분적으로 채워진 균열은 불연속적으로 구성된다.
코어채취	주입 및 부착재료의 침투깊이 및 주입효과 등은 균열의 보수부를 포함하는 코어 시료의 채취에 의해 평가한다. 시료는 다이아몬드 끝날을 사용하는 건식 또는 습식 드릴에 의해 채취하며, 사후 보수 평가의 책임 기술자는 코어 채취 위치나 시편의 수를 결정해야 한다. 고려해야 할 사항으로는 구조물 유형(보, 슬래브, 벽체 등), 구조부재의 크기, 보수의 성격(구조적, 비구조적), 품질의 보증 정도 등이 있다.

다. 시공개요도

1) 주입공법

<표 6.12> 주입공법 시공 개요

구 분	주 입 공 법
개 요	• $cw=0.3\text{mm}$ 이상의 균열부에 수지계 또는 시멘트계의 재료를 주입하여 내구성을 향상시키는 공법
특 징	① 내하력복원의 안전성을 기대할 수 있다. ② 내구성저하 및 누수 방지를 기대할 수 있다. ③ 미관의 유지가 용이하다. ④ 경제적이다.
시공도	
시공순서	① 보수범위 확인 ② 균열부위 청소 ③ 주입용파이프 설치 ④ 균열면 실링 ⑤ 주입 ⑥ 파이프 제거 ⑦ 실제거 ⑧ 모르터 미장마감

2) 탄성실링

진행성균열은 샌드블래스트(sand blast) 또는 고수압 분사기 등으로 균열부를 청소하고 적당한 현정 성형에 의한 유연성이 있는 실런트에 의해 실링을 하는 것이 좋다.

라. 균열 보수의 관리기준

1) 균열 보수재료의 선정기준

균열 보수재료의 선정기준은 현재 각 기관에서 적용되고 있는 기준과 “콘크리트 구조물의 균열, 누수 보수·보강 전문시방서”(1999. 12 시설안전기술공단)를 적용하였다. 일반적으로 균열 보수재료는 수지계 재료(폴리머 모르터, 에폭시수지, 가요성에폭시수지, 탄성실링제, 도막탄성방수재 등), 시멘트계 재료(폴리머시멘트슬러리, 폴리머시멘트페이스트, 폴리머시멘트모르터, 시멘트충전재, 팽창시멘트주입재 등)가 있다.

균열보수공법에는 일반적으로 표면보수, 주입보수, 충전보수, 기타의 공법이 있고, 공법에 따라 사용재료가 상이하게 된다. 균열보수에 사용되는 재료의 종류와 보수공법 사이의 관계는 다음과 같다.

가) 균열 보수재료의 종류와 보수공법

<표 6.13> 균열 보수재료의 종류와 보수공법

구 분	보수재료의 종류	표면보수	주입보수	충전보수
수 지 계 재 료	폴리머 모르터			○
	에폭시 수지		○	○
	가요성에폭시수지		○	○
	탄성실링재	○		○
	도막탄성방수재	○		
시멘트계 재 료	폴리머시멘트슬러리		○	
	폴리머시멘트페이스트	○		
	폴리머시멘트모르터			○
	시멘트충전재	○		
	팽창시멘트주입재		○	

나) 무기계 균열 주입재의 품질기준

<표 6.14> 무기계 균열 주입재의 품질기준

구분 항목		일본 건설성 (콘크리트의 내구성향상기술개발) 한신고속도로공단		JH시험연구소		JCI	시험방법 (JIS,KS)
종류		폴리머 시멘트계	실런트계	초미립자계	폴리머 시멘트계		
적용	적용						
	균열진 행도			진행도 A	진행도 A		
	균열폭			0.2~2.0	0.8~5.0		
유동성(초)						25±5	토목학회표준 (JSCE) F-
경화수축율(%)		0.1 이하		3.0 이하	3.0 이하	0.05이하	JIS K 6911/JIS A 1129 KS M 3015/KS F 2424
부착강 도 (MPa)	건조	{6} 이상		{4} 이상	{4} 이상		JIS A 6024 KS M 3722
	수축	{3} 이상	휨 10mm 이상에서 파괴				
휨강도 (MPa)				{4} 이상	{4} 이상		JIS A 6024 KS M 3015
압축강도 (MPa)						{15} 이상	JIS R 5021 KS M 3015

다) 수지계 균열 주입재의 품질기준

<표 6.15> 수지계 균열 주입재의 품질기준(1)

구 분 항 목			일본 건설성 (콘크리트의 내구성향상 기술개발) 한신 고속도로공단			JH시험 연구소			일본수도 고속도로 공단	일본콘크리 트공학협회 (JCI) 균열지침	콘크리트 터널가설특수 공법 설계 시공유지관리 지침 (건설교통부)	시험방법 (JIS,KS)
			1종	2종	3종	1종	2종	3종				
종 류			1종	2종	3종	1종	2종	3종				
적 용	적용		균열주입			균열주입			균열주입	균열주입	균열주입	
	균열진행		B		A	A	B	C				
	균열폭		0.2~5.0			0.2~5.0					0.1~5.0	
비 중									1.1~1.9	1.0~1.4	1.0~1.4	KS M 3015
늘임율(%)				>50	>100		>50	>100				JIS K 7113 KS M 3015
접착 강도 (MPa)	표준		{6} 이상			{6} 이상						JIS A 6024 KS M 3015
	특 수 조 건	저온										
		습윤				{3} 이상						
		건습										
힘강도 (MPa)									{40} 이상	{15} 이상	{40} 이상	JIS A 6024 KS M 3015
압축강도 (MPa)									{70} 이상	{40} 이상	{60} 이상	JIS A 6911 (JIS A 6024) KS M 3015
인장강도 (MPa)									{20} 이상	{10} 이상	{20} 이상	JIS K 6911 (JIS A 6024) KS M 3015
비고			A:균열진행중 B:균열진행이 없음			균열 (A:진행없음, B:정지하고 있다고 확신할수없음, C:진행중)						

<표 6.16> 수지계 균열 주입재의 품질기준(2)

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

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

<표 6.17> 균열폭에 따른 에폭시 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

<표 6.18> 에폭시 주입수지의 소요점성도

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

라) 표면처리재의 품질기준

<표 6.19> 표면처리재의 품질기준

구 분 항 목		일본도로협회	일본도로공단	수도고속도로공단	시험방법 (JIS,KS)
적용목적		염해	일반, 염해, 경관 등	일반, 경관	
도 막 의 외 관	표준양생후	도막이 균일하고, 흐름, 얼룩, 깨짐, 벗겨짐이 없는 것	도막이 균일하고, 흐름, 얼룩, 깨짐, 벗겨짐이 없는 것	도막이 균일하고, 흐름, 얼룩, 벗겨짐이 없는 것	JIS K 5400 KS M 5000
	온냉반복		10사이클의 시험으로 도막에 부품, 깨짐, 벗겨짐 없는 것	15사이클의 시험으로 도막에 부품, 깨짐, 벗겨짐 없는 것	JIS A 6909
	내알칼리성 포화Ca(OH) ²	30일간 침지, 도막에 부품, 깨짐, 벗겨짐, 연화, 용출이 없는 것	10일간 수중에 반침, 도막에 부품, 깨짐, 벗겨짐 없는 것	30일간 침지, 도막에 부품, 깨짐, 벗겨짐, 연화, 용출이 없는 것	JIS K 5400 JIS A 6909 KS M 5000
차염성 mg/cm ² · 일		A,B : 10-2이하 C : 10-3이하	5.0×10-3 이하	10-3 이하	도로교지침
수증기차단성 mg/cm ² · 일			5.0 이하		JIS Z 0208
탄산화저지			1개월에 1mm 이하	1개월에 1mm 이하	CO ₂ 5%, 30℃, 60% RH
부 착 성	표준양생후 (MPa)	7 이상	10 이상	10 이상	JIS A 6909
	온냉반복 (MPa)		10 이상	10 이상	
	내알칼리성 (MPa)		10 이상	10 이상	
균 열 추 중 성	표준양생후 (상온) mm		0.4 이하		제로스팬, JIS K 5400
	표준양생후 (저온) mm		0.2 이하		
	축진내후성 mm		0.2 이하		

2) 균열 보수의 품질관리

보수에 앞서 공사관리 자격이 있는 공사관리자와 보수재료의 품질을 확인한다.

가) 자격요건 관리

- 주입작업 기간 동안 시방에 적절한 공사관리자 또는 작업반장을 상시 배치한다.
- 시방에 적합한 보수재료 제조사 대리인을 배치하여 주입하는 기술을 보수작업반에게 전수한다.

나) 재료 품질관리

- 보수 재료는 보수시방서가 요구하는 일반요건을 만족시키는 것을 사용한다.
- 제조사로부터 받은 제품에 대한 자료를 상시 비치한다.
- 제품은 취급설명서에 따라 취급, 운반한다.
- 용기가 손상, 개방된 재료는 사용을 금한다.
- 용기에 다음과 같은 표식이 되어 있는가를 확인한 후 시공시 취급상 주의사항을 준수한다.

- 제조사명
- 제조사의 제품명 또는 제품번호
- 제조사의 Lot No
- 배합비
- 주입, 접착에 대한 시방서와의 일치
- 재료의 위험정도와 취급상 주의사항

다) 제출 자료

보수공사 시공 전 다음 자료들을 제출하여 품질보증을 받는다.

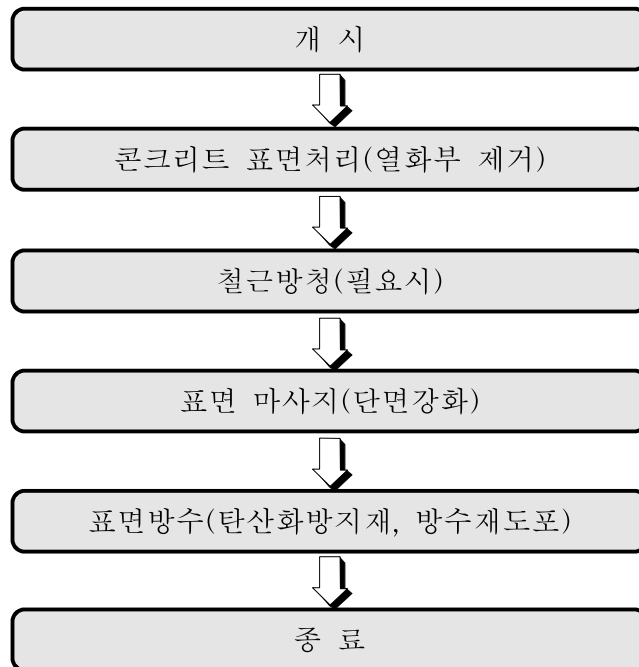
- 자격요건에 관한 증빙서류(시험시공 착수전 제출)
 - : 시공자의 공사관리자, 보수재료 제조사 및 대리인
- 보수재료의 기술자료
 - : 재료의 검정을 위해 재료의 견본과 기술자료 및 사용법을 발주자 대리인에게 제출한다.

라) 보수재료의 선택

보수재료 선택시에는 균열 유형별로 구분하여 부착성, 신축성, 강도 등을 고려하여 선택한다.

다. 시공방법

콘크리트 표면에 발생된 누수오염, 망상균열 등의 표면 손상은 열화부를 제거한 후 탄산화 방지 및 방수재를 도포하여 표면처리에 의한 보수를 시행하며, 열화가 철근표면까지 진행되었거나 철근이 부식되었을 경우 철근이 노출되도록 완전히 치핑한 후 철근방청작업을 시행한 후 탄산화 방지재 및 방수재를 도포한다.



<그림 6.3> 표면보수공법 시공순서도

라. 시공순서

- 1) 기존 콘크리트의 누수흔적, 백태 및 망상균열 부분을 그라인더 등을 이용하여 콘크리트 표면을 처리한다.
- 2) 콘크리트 표면처리 후 고압살수기를 이용하여 표면을 고압세척 한다.
- 3) 물세척(고압세척) 후 건조시킨다.
- 4) 부식철근 및 열화부내 철근에 대한 방청을 실시한다.(필요시)
- 5) 기존 콘크리트의 구체 및 표면강화를 위하여 침투성 표면강화재 및 발청억제재 + 급결시멘트(폴리머모르터)로 표면을 마사지하며 단면을 복원한다.
- 6) 콘크리트 탄산화 방지, 방수를 위해 탄산화 방지 및 방수재를 2회 도포한다.
- 7) 작업장 주위를 깨끗하게 정리한다.

마. 보수공법 비교

<표 6.21> 표면보수 재질에 따른 성능 비교표

구 분	무기계 표면 도포재	EPOXY계 표면코팅	시멘트 페이스트
장점	• 표면 접착력이 강함 • 빠른 시간내 지수효과가 큼 • 경화 후 충격이나 내후성이 강함	• 시공이 간편 • 표면이 완전 건조상태에 있을 경우 보수효과가 큼	• 시공이 간편 • 공사비가 저렴
단점	• 5℃ 이하에서는 작업이 불가함	• 손상면에 습기 등 발생시 보수부 박리 발생	• 보강효과가 다른공법에 비하여 떨어짐 • 보수 후 재발가능성이 큼
시공 방법	• 백태, 누수흔적 부분을 치핑 • 고압 세척 • 코팅재 혼합 및 시공 • 마감 및 양생	• 백태, 누수흔적 부분을 치핑 • 표면을 고압세척 • 에폭시계 표면처리제를 도포 • 마감	• 백태, 누수흔적 부분을 치핑 • 표면을 고압세척 • 건조 후 시멘트 페이스트를 도포 • 마감

6.3.3. 단면보수

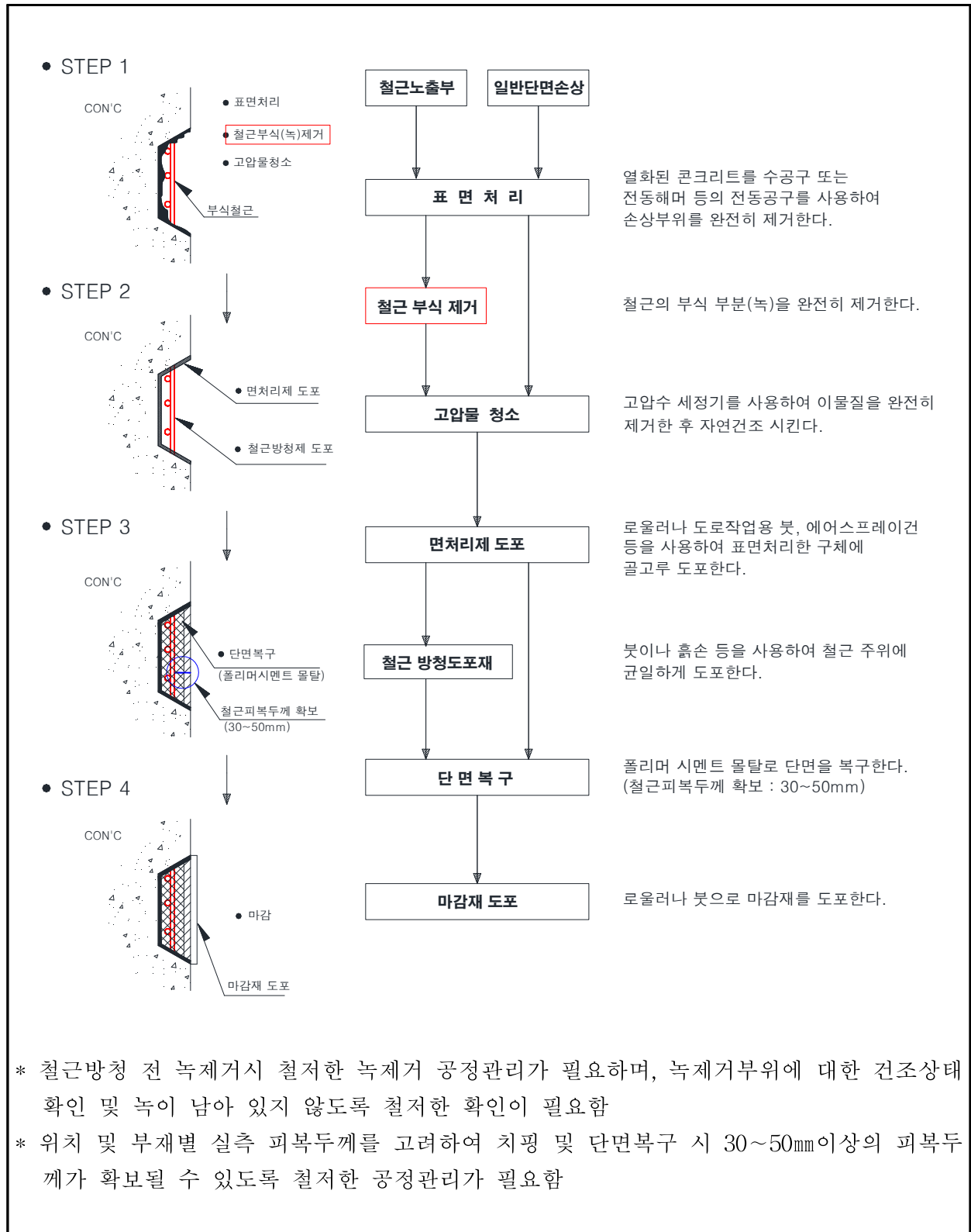
가. 개 요

본 터널에 발생된 단면손상(박리, 박락, 재료분리, 파손, 철근노출 등)은 시공시 다짐부 적절, 외부 충격, 온도변화에 따른 신축작용, 피복두께 확보 부족 등에 의해 발생된 상태로 단면보수가 필요하다.

특히, 철근노출을 동반한 박락 등의 손상은 보수가 용이하지 않으므로 손상부에 대한 확실한 치핑이 필요하며, 철근이 부식된 부분은 녹을 완전히 제거(건조 후 확인 필요)하고 방청을 실시하여 철근의 부식을 방지하여야 한다. 또한 피복두께 부족에 의한 철근노출부는 피복두께가 충분히 확보될 수 있도록 손상깊이에 따라 단면복구를 실시하여 내구성 및 사용성을 확보하여야 한다.

적용 공법은 경제성, 내구성, 유지관리 용이성, 현장여건 등을 고려하여 적절한 공법을 선정하여야 할 것이다.

나. 시공개요도



<그림 6.4> 단면보수공법 시공개요도

6.4. 보수방안 및 개략공사비

6.4.1. 하자보수 방안 개략공사비

<표 6.22> 하자보수 개략공사비

구분	손상 내용	보수방안	단위	손상 물량	보수 물량	단가 (원)	개략 공사비 (원)	비고
라이닝	횡균열(cw=0.3mm미만)	표면처리	m	16.8	4.2	275,000	1,155,000	m→m ²
	종균열(cw=0.3mm미만)	표면처리	m	60.8	15.2	275,000	4,180,000	m→m ²
	사균열(cw=0.3mm미만)	표면처리	m	4.7	1.18	275,000	324,500	m→m ²
	반원형균열 (cw=0.3mm미만)	표면처리	m	10.6	2.65	275,000	728,750	m→m ²
	횡균열(cw=0.3mm이상)	주입보수	m	15.5	20.1	167,000	3,356,700	
	종균열(cw=0.3mm이상)	주입보수	m	5.0	6.50	167,000	1,085,500	
	반원형균열 (cw=0.3mm이상)	주입보수	m	4.0	5.20	167,000	868,400	
	망상균열	표면처리	m ²	72.85	94.71	275,000	26,045,250	
	백태	표면처리	m ²	0.04	0.052	275,000	14,300	
	박리 및 박락	단면보수	m ²	0.5	0.65	760,000	494,000	
공동구	균열(cw=0.3mm미만)	표면처리	m	10.5	2.62	275,000	720,500	m→m ²
	균열(cw=0.3mm이상)	주입보수	m	2.6	3.38	167,000	564,460	
	파손	단면보수	m ²	0.38	0.50	760,000	380,000	
	박리	단면보수	m ²	9.0	11.7	760,000	8,892,000	
	공동구 덮개 파손	덮개재설치	EA	1.0	1.0	70,000	70,000	
포장부	포장 파손	단면보수	m ²	0.04	0.05	413,000	20,650	
개략공사비(원)						48,900,010		

주1) 상기 개략공사비는 재경비가 포함된 금액이며, 실시설계시 공법선정, 단가변동 및 현장여건상 변동될 수 있음

주2) 적용된 공법 및 대가기준은 개략적인 비용을 산출하기 위한 것으로서 실제 보수 시에는 별도의 설계를 통해 공법 및 대가를 산정해야 함

주3) 각 손상물량별로 추가보수 등 여유수량을 감안하여 할증(30%)을 적용하였으며, 명확하게 수량산출이 가능한 손상은 할증 적용을 제외하였음

주4) 2022년 수원국토관리사무소 공종별 유지보수 단가, 2022년 한국도로공사 공종별 유지보수 단가, 2022년 서울시 예산편성 기초 단가 평균 등을 적용하였음.

주5) cw=0.3mm미만 균열(A=0.25m×길이) 적용

6.5. 유지관리 방안

6.5.1. 개 요

시설물의 유지관리란 공용기간 동안 시설물과 그에 따른 부대시설의 목적 및 기능을 보존하고, 이용자의 편익과 안전을 도모하기 위하여 정기적으로 시설물의 상태를 조사하고 발생한 손상에 대해 조치를 취하는 일련의 행위를 의미한다.

본 과업에서는 평택대교의 현 상태를 파악하고 손상 및 결함을 조기에 발견하여 적절한 조치를 취하고, 정밀안전점검 결과를 토대로 구조물에 대한 향후 유지관리방안을 제시하여 구조물의 기능과 안전을 지속적으로 유지할 수 있도록 하고자 한다.

6.5.2. 유지 관리 업무 및 흐름

유지관리를 효율적으로 하기 위해서는 아래의 항목 및 유지관리 흐름도에 따라서 업무를 수행하는 것이 바람직하다.

가. 자료관리

자료관리는 대상구조물이 처해있는 상황을 문서를 통하여 객관적으로 확인할 수 있도록 하기 위한 자료를 관리하는 업무를 말하며 일반적으로 설계도서, 구조물대장, 보수·보강대장, 사고이력 등의 자료를 정리·관리하는 일을 말한다. 자료는 구조물의 점검, 보수·보강 시마다 계속 증가하므로 수정이 편리하도록 작성되어야 하며, 이런 점에서 볼 때 관련내용을 전산화하여 관리하면 효율적이다.

일반적으로 구조물의 유지관리시 필요한 관련자료를 열거하면 다음과 같다.

- 설계도서(시공 및 보수 도면, 구조계산서 등)
- 공사내역서 및 지방서
- 사진 및 시험결과
- 보수·보강이력
- 사고기록, 점검 및 진단이력
- 상태 및 안전성 평가기록

나. 일상관리

일상관리는 구조물의 내구적인 손상을 예방하는 차원에서 수행하는 작업을 말하는 것으로서 청소가 대표적인 경우이다. 또한 소모성 물품의 교환, 부착물의 정비 등 간단한 작업이 여기에 포함된다.

다. 점검 및 진단

점검은 구조물의 현상을 파악하여 이상 및 손상을 조기에 발견함으로서 안전하고 원활한 기능을 확보하고 합리적인 유지관리 자료를 획득하기 위하여 실시한다. 또한 유지관리상 필요한 손상과 이상의 정도를 계속적으로 파악하기 위하여 점검이 필요하다.

점검은 일상점검, 정기안전점검(초기점검 포함) 및 긴급안전점검으로 나누며, 점검결과 이상의 정도가 심하거나 보수·보강에 대한 필요성이 있는 경우에는 상세조사를 실시한다. 또한, 위의 조사를 통하여 유지관리 담당자가 대상구조물에 대한 전문적인 조사가 필요하다고 판단 될 때에는 전문가에 의한 안전진단을 실시한다.

라. 보수 및 보강

점검이나 진단을 통하여 손상을 발견하였을 때는 손상의 원인을 정확히 파악하여 보수·보강 또는 신설이나 교체를 시행하여야 한다. 보수는 손상된 부위를 고쳐서 원래의 기능으로 회복시키는 작업을 의미하며, 보강은 현 상태의 손상방지는 물론 구조적 내하력 및 지지력을 현 상태 이상으로 향상시키는 것을 목적으로 실시하는 작업을 말한다.

6.5.3. 점검주기 및 주요조사항목

본 시설물의 공용기간 중에는 다음의 점검주기마다 주요조사항목에 대한 지속적인 점검을 실시하여 시설물의 안전성과 내구성을 유지하여야 할 것으로 판단된다.

<표 6.23> 점검주기 및 주요조사항목

구 분	점검 주기	주요 조사항목	비 고
정기안전점검	반기 1회	• 박리, 균열, 박락, 사용하중, 누수 등에 관하여 전회 점검시와의 변형, 변위 발달상태 • 전회 진단 및 점검시 주요부재 손상에 대해 주의관찰로 제시된 손상 (균열, 누수, 부식, 볼트 체결불량 등)	
정밀안전점검	A등급 : 3년에 1회 이상 B·C등급 : 2년에 1회 이상 D·E등급 : 1년에 1회 이상	• 설계도서 검토 • 형상검사 (규격, 변위, 변형, 침하 등) • 상태검사 (파열, 손상, 부식, 균열, 누수, 열화 등) • 현장시험·측정 (강도, 철근피복, 철근부식, 탄산화 등)	
긴급안전점검	필요시	• 손상의 정도, 보수의 긴급성, 보수작업의 규모, 주요보조부재의 내하력, 사용제한 여부 등	
정밀안전진단	A등급 : 6년에 1회 이상 B·C등급 : 5년에 1회 이상 D·E등급 : 4년에 1회 이상	• 구조물의 노후화, 손상정도, 초기 및 정기안전점검 상태로부터의 변화 확인 • 구조해석 및 안정성 평가	

6.5.4. 점 검 장 비 운 용

점검에 사용하는 점검장비는 일상적 휴대장비, 접근장비, 비파괴 점검장비로 구분되며, 각 점검장비에 대한 상세한 사용법은 해당 장비의 사용설명서 등 관련문헌을 참조하여 장비특성 및 시험법을 숙지하여야 한다. 점검 단계별 사용장비는 다음과 같다.

가. 정기안전점검

일상적 휴대장비, 간단한 접근장비

나. 정밀안전점검

일상적 휴대장비, 근접 접근장비, 간단한 비파괴 점검장비

다. 긴급안전점검

정밀안전점검과 동일한 수준으로 점검목적에 따라 선별, 시험장비에 의한 현장측정

라. 정밀안전진단

일상적 휴대장비, 근접 접근장비, 비파괴 점검장비, 정·동적 재하시험장비

<표 6.24> 점검장비 종류

구 분			점 검 장 비
휴대장비			• 균열경, 균열자, 손전등, 카메라, 필기도구 (흑판, 분필, 매직펜) 줄자, 교통통제 기구 등
접근장비			• 사다리, 고소점검차
시험 장비	콘크리트 손상탐사장비	콘크리트 강도측정	• 슈미트해머, 교정장비, 초음파탐사기, 코어 채취기
		콘크리트 균열 및 결함탐사	• 초음파탐사기, 균열경
		철근탐지	• RC-Radar
		콘크리트열화도 탐사	• 탄산화시험
		염화물함유량 시험	• 재료시편에 대한 염화물함유량시험
	강제 손상 탐사 장비	표면균열탐지	• 자기입자탐사기, 초음파탐사기
		내부결함탐지	• 초음파탐사기
		용접부 결함	• 초음파탐사기
		피로균열탐사	• 자기입자탐사기, 초음파탐사기
		두께검사	• 초음파탐사기, 방사선 탐사기

6.5.5. 중점 유지관리 사항

효과적인 터널 유지관리는 결함, 손상 및 열화를 초래할 수 있는 요인들을 미리 발견하여 예방적 조치를 취함으로써 손상단계로의 진전을 미연에 방지하고 이미 결함, 손상 및 열화가 발생한 경우에는 초기에 대책을 강구함으로써 대규모의 보수·보강에 까지 이르지 않도록 경제적인 유지관리를 행하여 터널의 공용수명을 연장하는 것이다. 이를 위해서는 관련자료의 보존, 점검 및 진단, 일상적 예방 유지관리 계획수립과 시행결과에 따른 조치대책 수립 등의 일련의 과정이 적절히 수행되어야 한다.

가. 중점유지관리 개요

향후 상하터널(하)의 공용년수 증가시 내구성 및 사용성을 저하시킬 수 있는 손상들에 대해서는 결함의 진전 여부 및 재발생 여부를 주기적으로 관찰할 수 있도록 중점유지관리 항목으로 선정하여 구조물의 유지관리를 실시하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다.

<표 6.25> 점검시 구조부재별 중점 유지관리 항목

구 분	결함내용	유지관리 항목	비 고
터널 라이닝	▪ 균열, 망상균열	▪ 균열 진전 여부 및 보수 상태	- 육안조사 - 기 점검망도와 비교 - 박락부 타격 검사
	▪ 들뜸, 박리, 박락 등	▪ 손상의 진전 및 탈락 위험	
갯문	▪ 균열, 망상균열	▪ 균열 진전 여부 및 보수 상태	- 육안조사 - 기 점검망도와 비교
공동구 및 배수로	▪ 균열, 망상균열	▪ 균열 진전 여부 및 보수 상태	- 육안조사 - 기 점검망도와 비교 - 박락부 타격 검사
	▪ 누수	▪ 추가손상 발생 여부 확인	
	▪ 들뜸, 박리, 박락 등	▪ 손상의 진전 및 탈락 위험	
기타 부속시설	▪ 조명시설	▪ 점등 여부 및 조도상태	- 현황조서를 활용한 지속적인 유지관리
	▪ 소화설비	▪ 소화기 작동 및 설치상태	
	▪ 유도표시등	▪ 표시등 상태	
	▪ 긴급전화	▪ 기능상태 및 표시등 점등 여부	

나. 부재별 중점유지관리 사항

본 터널에 대한 부재별 유지관리 중점사항은 다음과 같다.

<표 6.26> 점검시 구조부재별 중점 유지관리 항목

부재구분	중점점검내용
터널 라이닝	- 터널 라이닝의 균열 신규손상 발생 여부 및 진전여부 균열 폭 0.3mm이상의 진전 여부 등 - 터널 라이닝 및 시공이음부 누수/백태 발생 여부 - 터널 라이닝 시공이음부 주변 박락 및 파손 등의 단면손상 발생 여부 - 보수부의 재손상 발생 여부
갯문	갯문 라이닝의 균열, 망상균열 신규손상 발생 여부 및 진전여부
공동구 및 배수로	- 균열 신규손상 발생여부 및 진전여부 - 공동구 누수 추가손상 발생여부 및 2차손상 진행 여부 - 들뜸, 박리, 박락 등의 단면손상 진전 및 탈락 여부
기타 부속시설	- 터널 내 소화설비 작동상태 및 설치 적정성 판단 - 터널 내 조명시설의 조도 적정성 판단 및 점등불량 여부 - 터널 내 환기시설 주변의 균열, 단면손상 등의 발생 여부 - 피난대비시설의 작동상태 및 위치의 적정성 판단

다. 중점 유지관리 사항

<표 6.27> 각 부재별 점검사항(1)

구분	유지관리 내용	관련사진
라이닝	터널 균열(cw=0.3mm 이상) → 현시점 상태등급“C”등급의 균열에 대해 진전여부 손상비교가 필요할 것으로 판단 됨.	

<표 6.28> 각 부재별 점검사항(2)

구분	유지관리 내용	관련사진
라이닝	• 박리 및 박락 → 박리 및 박락은 진행 여부에 따라 탈락 위험이 있어 주행차량의 사고의 원인이 될 수 있으므로 보수후 주의관찰이 필요	
	• 누수 → SPAN3~4 구간에 누수가 조사됨.(스며있는 경미한 상태) 누수 발생으로 인한 콘크리트 열화여부 및 진행여부 점검이 필요함	
배수시설 (터널내)	• 배수시설 → 금회 조사시 이물질퇴적, 토사퇴적 등의 손상은 조사되지 않았으며, 주기적인 점검이 필요할 것으로 판단됨	
배수계통 (터널주변)	• 산마루 측구 배수로 이격 → 현시점 배수계통에 문제는 없으나 주기적인 점검을 통해 손상진전에 대한 비교점검이 필요함	