

제 7장 보수·보강 및 유지관리방안

7.1 개요

7.2 보수·보강 방안

7.3 유지관리방안

제 7장 보수·보강 및 유지관리방안

7.1 개 요

구조물의 잔존수명을 증가시키고 추가적인 손상을 방지하기 위해서는 외관조사 결과에서 나타난 손상에 대해 설계, 시공, 유지관리의 측면으로 구분하여 구조요소별로 적절한 보수를 실시하여야 하고, 구조내력이 부족할 경우 구조검토, 내하력평가 결과를 토대로 원상회복 및 성능향상을 위한 보강을 시행하여야 한다. 그러나 보수·보강의 여부의 결정은 경제성, 효율성, 구조성능의 회복 정도에 따른 안전성, 노선의 중요도 등을 고려하여 신중히 결정하여야 한다.

일반적으로 구조물에 발생하는 결함 및 손상은 설계, 시공, 유지관리의 원인으로 대별할 수 있다. 즉, 보수·보강방법, 재료 등을 선정함에 있어 손상원인을 정확하게 판단하여 가장 최적의 방안을 적용하는 것이 무엇보다도 중요하며, 보수·보강 대책의 효과, 시공성, 안전성, 경제성 등의 검토가 요구된다. 또한, 각 시설물은 주요부재와 보조부재로 이루어져 있으며, 이들 시설물에서 발생한 각종 결함에 대하여 보강을 보수보다, 주요부재를 보조부재보다 우선하여 보수·보강 순위를 결정하여야 한다. 이는 동일한 결함에 대해서도 구성부재의 중요도, 구조물에 미치는 영향정도에 따라 보수시기를 달리할 수 있다는 것을 의미한다. 아래의 표는 대상구조물에 적용한 보수·보강의 우선순위를 나타낸다.

【표 7.1.1】 보수·보강 우선순위 결정 기준

구분	순위	내 용
단기	1순위	• 『시설물의 안전관리에 관한 특별법』 제12조(중대한 결함)의 “대통령이 정하는 중대한 결함”에 포함되는 손상 - 철근콘크리트 시설물의 염해 또는 탄산화에 따른 내력손실 등 • 주요부재에 발생한 결함 및 손상이 커 상태평가 기준 “d” 이하인 경우 • 철근부식에 의한 내하력 저하가 우려되거나, 부식가능성이 큰 경우
	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
중장기	3순위	• 기능발휘에는 지장이 없으나, 방치시 규모가 증대될 수 있는 손상 및 사용성 증진을 위해 보수가 필요한 손상
	지속관찰	• 1~3순위를 제외한 손상으로서 지속적인 관찰을 통해 향후 발전상태에 따라 보수·보강 여부를 판단할 수 있는 정도의 손상 - 콘크리트의 0.2mm이하의 비구조적 미세균열(단, 균열집중구간은 제외) - 기타 경미한 손상으로서 내구성 및 사용성에 지장을 주지 않은 경우

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

7.2 보수·보강 방안

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 장기적으로 구조물의 현재 내하력을 유지시키고, 내구성 저하를 방지하는데 목적이 있다.

7.2.2 보강의 필요성 평가

대상구조물은 구조해석에 의한 안전성검토 결과 충분한 안전성을 확보하고 있는 것으로 검토 되었다. 또한, 「시설물의 안전관리에 관한 특별법-시행령」 제12조(중대한 결함)의 “ 대통령령이 정하는 중대한 결함”에 포함되는 손상은 없는 상태이다. 따라서, 현 상태에서 보강의 필요성은 없다.

7.2.3 보수·보강 방법

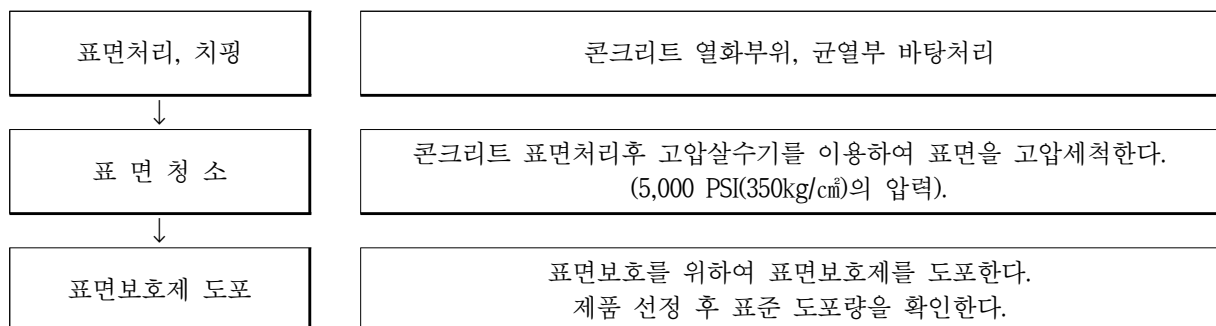
가. 표면처리공법

1) 개요

시설물의 내구성 확보를 위해 폭 0.3mm미만 균열 및 균열백태에 대하여 실시하는 보수 방안으로 공법의 상세 내용은 다음과 같다.

2) 공법상세

콘크리트 표면을 그라인더를 이용하여 열화부위를 제거하고 표면보호제를 도포하여 보수 하는 방법이다.



3) 보수재료의 선정

구 분	방수성 향상	내구성 향상	균열 제어	내하성 향상
도막탄성방수재	◎	○	×	×
침투성방수재	○	△	×	×
폴리머시멘트모르타르	○	△	×	×
시멘트필라	○	△	×	×
탄소섬유시트	◎	◎	◎	◎
아라미드, 섬유시트	◎	○	◎	◎
유리섬유시트	◎	○	△	△
◎ : 우수, ○ : 양호, △ : 가, × : 불가				

나. 균열주입(폭 0.3mm 이상 균열에 적용)

1) 개요

구조물에 0.3mm 이상의 균열이 발생한 경우 균열부분을 깨끗이 청소하고 지수성이 좋은 수지를 주입하여 균열을 충전하여 외기의 침투를 차단하여 철근콘크리트 부재의 내구성을 확보하는 방안이다.

2) 에폭시 주입제의 요구성능

- 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.

3) 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.

4) 보수재료

① 보수재료의 선정기준

압축강도 24MPa인 콘크리트의 이론적인 인장강도는 약 $3.1\text{MPa}(=0.63\sqrt{24})$, 콘크리트 구조설계기준)이므로 주입재의 인장강도 및 접착강도가 콘크리트의 인장강도 이상의 재료를 사용

② 추천 보수재료 : 초저점도 경질 에폭시계(유기계)

항 목	기준치	항 목		기준치	시험방법
배합비	주제 : 경화제 (3:1 이상)	접착 강도	표준조건	6.0N/mm ² 이상	KS F 4923
			습윤시	3.0N/mm ² 이상	
외관색상	혼합시 투명	인장강도		15.0N/mm ² 이상	
점도(mPs · s)	130~260±50	경화수축율		3% 이하	
가시시간	상온 60분±10	인장파단시 신장율		10% 이하	
지속경화시	상온 14시간±5	완전 경화시간		24~36시간	-
- 경질에폭시 중에서 점도가 100~1000mPs · s인 에폭시를 저점도 에폭시라 함 - 초저점도 조건에서도 상기의 접착강도 및 인장강도를 만족하여야 함					

5) 시공흐름도



따라서, 저압 저속의 주입공법이 중요하며, 저압·저속의 주입공법은 주입량 파악이 쉬우며 균열 구석까지 주입할 수 있는 특징이 있다. 이 공법은 균열위에 주입수지가 들어 있는 용기를 설치하여 고무, 용수철, 공기압 등으로 서서히 수지를 주입하는 방식으로 압입하는 방식은 다음과 같다.

압입방식	용기의 형태
압축용기에서의 압축공기로 주입	플라스틱제의 실린더
압력탱크내의 압축된 압력으로 주입	플라스틱제의 압력탱크
고무시트의 복원력으로 주입	플라스틱제 틀에 고무시트를 고정
고무풍선압으로 주입	고무풍선
고무밴드의 복원력으로 주입	플라스틱제 실린더와 피스톤
캡슐내의 용수철로 주입	플라스틱제 캡슐 탱크

이 공법을 적용함에 있어서는 시공위치, 시공시기에 맞는 작업시간 및 균열폭에 대응한 점도의 재료를 선정하는 것이 중요하고, 균열폭에 알맞은 수지의 점성도 및 주입파이프의 간격은 다음과 같다.

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

균열폭	주입파이프 간격
0.3이하	50~100
0.3~0.5	100~200
0.5~1.0	150~250
1.0이상	200~300

이 공법은 다음과 같은 특징이 있다. 수지가 들어있는 용기를 균열위에 설치하므로 사람의 손을 필요로 하지 않고, 용기높이의 저압력에 의해 자동으로 주입 되므로 압력에 의한 실링부의 파손도 작아 시공관리가 용이하다. 그리고 주입되는 수지의 거동은 동심원상으로 확대되므로 주입압력에 의한 균열이나 들뜸이 발생되지 않는다. 주입압력은 4kg/cm² 이하로 규정되어 있으나 실제로는 사용할 수 있어, 습윤환경에서 사용 가능하다. 반면, 주입기에 여분의 주입재료가 남아 재료의 손실이 큰 단점이 있다.

다. 단면보수공법(철근비노출부)

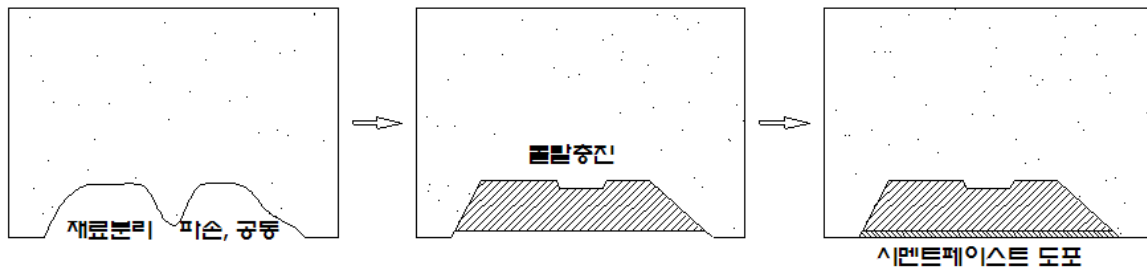
1) 개요

이 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 몰탈충전 - 몰탈로 단면복구
- ④ 표면처리 - 시멘트페이스트 등 도포

3) 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

- ① 단면결손이 큰 공동에 대한 보수시 단면복구 재료는 일반 콘크리트를 단면복구재로 사용하여 충전시킨 후 단면을 복구한다.

7) 단면복구시 보수두께 기준

구 분	단면보수 두께 기준
비 철근노출	- 단면복구공법의 설계두께는 중성화상태, 철근의 노출 및 부식 상태, 원콘크리트의 상태에 따라 시공현장에서 결정해야 함 - 일반적인 재료분리, 침식, 파손의 경우 - 철근 노출이 발생되지 않은 부분의 단면복구에 대해서는 대부분 설계두께로 30mm를 적용하고 있음 - 콘크리트 표면에 경미한 곰보, 열화발생시 평균 10mm 정도를 제안함 (결함 및 열화깊이가 깊은 경우 깊이는 증가될 수 있음)

8) 단면보수 후 재 탈락 방지 방안

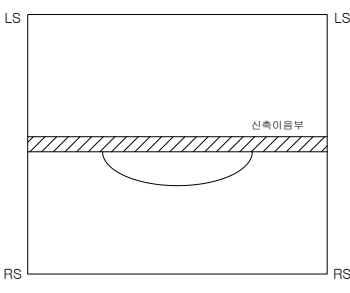
- ① 모르타가 경화된 후(7일 이후) 타검봉을 두들겨 소리로 부착면의 들뜸 유무를 검사한다. 들뜸이 있다고 판단되면 코어로 확인하여 보완 등의 조치를 취해야 한다.
- ② 철근노출부 단면보수시 굵은 골재 최대치수 이상으로 철근을 노출하고 단면보수를 수행하여야 재 탈락이 감소한다.
- ③ 단면보수시 현장조사시 결함 두께를 고려하며 시공시 주의사항 및 시공순서에 따라 보수를 실시한다.

라. 단면정리(반원형균열(박락우려) 탈락예상부 처리방안)

1) 개요

신축이음부 반원형 균열은 터널 라이닝 시공시 밀실과 연속성을 위해 강제거푸집을 설치 후 라이닝을 타설하는 경우 라이닝 유압에 의해 밀착된 거푸집의 하중 분포의 불균형 또는 충격에 의하여 거푸집의 하중 분포의 불균형 또는 충격에 의하여 반원형의 형태로 균열이 발생 되거나 신축이음부 온도신축구속에 의한 것으로 탈락이 우려되는 콘크리트 중 차량통과시 충돌이 예상되므로 탈락 예측 블록은 제거하는 것이 바람직 한 것으로 판단된다.

2) 보수방법 및 시공순서

con'c끼기 후 표면정리	시공순서
	사전조사 ↓ 시공계획 수립 ↓ 단면 결정 ↓ 손상부 단면정리(털어내기) - 손상현황 및 범위결정 - 제작도 작성 - 필요한 제원결정 - 이물질 제거 및 박락우려부 제거

7.3 유지관리 방안

7.3.1 개요

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 부위별 점검요령

가. 개착구간

구분	점검항목		점검장비
일반 사항	중방향균열	- 위치, 길이, 균열폭, 방향 및 연속성 - 지하수의 유출 여부 - 필요시 철근탐사(간격, 피복두께) 실시	- 카고크레인 - 카메라 - 필기도구 - 줄자 - 망치 - 써치랜턴
	횡방향균열	- 위치, 길이, 균열폭 및 간격 - 균열의 연속성, 단차 발생 여부	
	사방향균열	- 위치, 길이, 균열폭, 방향 및 연속성	
	망상균열	- 위치, 배면 누수 및 백태 손상의 추가 발생 여부	
	누수 및 백태	- 누수 위치 및 규모, 2차 손상	
	단면결함	- 발생 규모, 깊이 조사 - 부식 철근의 상태 및 종류 조사(인장·압축철근 및 배력철근) - 박리 박락, 층분리, 백태, 동해, 파손, 오염 등에 대한 현황조사 - 배수 및 소제구 상태 - 각종 표지판 부착상태	
○ 중점점검 사항		- 천장부 및 벽체 중방향 균열 - 발생된 균열의 진행성 여부 조사 - 시공이음부 주변 누수, 백태 - 결함 보수개소의 효과 조사	

나. NATM구간

1) 갯문

구분	갯문 점검항목		점검장비
일반 사항	균 열	- 위치, 균열폭, 길이, 깊이, 진행성 여부	- 카고크레인 - 카메라 - 필기도구 - 줄자 - 망치 - 써치랜턴
	누 수	- 위치, 누수량, 수질, 기온변화	
	손 상	- 박리·박락, 층분리, 백태, 동해, 파손, 오염 등에 대한 조사	
	경사도	- 부등침하, 갯문의 기울어짐, 침하, 이동, 단차여부	
	갯구부상부	- 토사유입, 물고임, 식생, 비탈면 유실, 옹벽 및 숏크리트 상태 - 배수로 처짐 및 균열 여부	
○ 중점점검 사항		- 천장부 및 벽체 종방향 균열 - 발생된 균열의 진행성 여부 조사 - 시공이음부 주변 누수, 백태 - 결함 보수개소의 효과 조사	

2) 라이닝

구분	라이닝 점검항목		점검장비
일반 사항	균 열	- 위치, 균열폭, 길이, 깊이, 진행성 여부, 형태	- 카고크레인 - 카메라 - 필기도구 - 줄자 - 망치 - 써치랜턴
	누 수	- 위치, 누수량, 기온변화	
	변 상	- 박리·박락, 백태, 두께부족, 단차, 압좌 파손 등에 대한 위치	
	동 해	- 동해, 고드름, 측빙	
측 벽 부		- 오염, 각종 케이블 고정상태, 재료분리	
시공이음부		- 단차, 파손, 압좌, 시공불량 여부, 토사유입 여부	
○ 중점점검 사항		- 천장부 및 벽체 종방향 균열 - 발생된 균열의 진행성 여부 조사 - 시공이음부 주변 누수, 백태 - 결함 보수개소의 효과 조사	

3) 라이닝 접속시설

구분	라이닝 접속시설 점검항목	점검장비
일반사항	- 균열, 누수, 백태, 파손, 압좌, 변형, 오염	- 카메라 - 필기도구 - 줄자 - 망치 - 써치랜턴
피난연결통로, 집수정	- 철근노출·부식, 균열, 누수, 백태, 박리·박락 파손, 토사유입	
하부 배수구	- 누수, 파손, 토사유입, 침수, 오염, 이물질 퇴적, 소제구 및 뚜껑	
바닥 라이닝	- 균열, 변형, 파손, 누수, 토사유입, 침하, 융기	
○ 중점점검 사항	- 균열, 철근노출, 누수 및 백태 - 바닥 라이닝의 부등침하	