

제 1편 점검일반

1. 정밀안전점검의 개요
2. 현장조사 및 시험
3. 시설물의 상태평가
4. 종합평가 및 안전등급의 지정
5. 보수·보강 방안

1. 정밀안전점검 개요

1.1. 점검 목적

본 과업은 시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법에 의거하여 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(안전점검 - 진단편, 국토교통부, 국토안전관리원, 2021. 12)』에 따른 정밀안전점검으로서 대상 시설물의 물리적·기능적 결함을 조사하고, 구조적 안전성 및 손상상태를 점검하여 재난을 예방하고 시설물의 효용을 증진시켜 공공의 안전을 확보하는데 그 목적이 있다.

1.2. 점검 범위 및 과업내용

1.2.1 점검 범위

〈표 1.1〉 점검 범위

점검 범위	내 용	비고
자료수집 및 분석	· 준공도면, 구조계산서, 시방서 기존 안전점검·정밀안전진단 실시결과 검토·분석 보수·보강이력 검토·분석 시공·보수도면, 제작 및 작업도면 시설물관리대장	
현장조사 및 시험	· 외관조사 및 외관조사망도 작성 -전면부의 주요결함 : 파손 및 손상, 균열, 유실, 이격 -주변영향인자(배수시설 및 옹벽주변상태) -기초부의 세굴 등 -간단한 측정 : 현황측량, 침하 활동, 계획선형오차(전도/경사) 등	
종합평가 및 안전등급 지정	· 시설물의 종합평가 결과에 대한 소견 · 안전등급 지정	
보수보강방안 및 설계도서 작성	· 보수·보강 및 유지관리방안 제시 · 설계도서(도면, 수량, 내역서) 작성	
유지관리방안	· 유지관리방안 수립	
보고서 작성	· 최종보고서 및 성과품 작성	

1.2.2 정밀안전점검 흐름도



<그림 1-1> 정밀안전점검 흐름도

2. 현장조사 및 시험

2.1. 개 요

본 정밀안전점검에서는 국토교통부(2021.12)에서 제시한 “시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침”에 따라 현장점검을 시행하였으며, 점검 시 확인된 결함 사항 및 현장시험에 의해 측정된 결과 값은 부록에 수록하였다.

2.2. 외관조사

2.2.1. 구조물 점검사항

본 과업에서는 효율적인 외관조사를 실시하기 위하여 구조물의 부재를 다음과 같이 세분화하였으며, 각 해당 부재의 주요 점검항목은 다음과 같다.

가. 콘크리트 옹벽

<표 2.1> 주요 점검항목(콘크리트 옹벽)

구 분	진 단 항 목
콘크리트 옹벽	• 경사지반 : 소단 설치 유무, 하부지반 경사
	• 균열 및 파손 : 발생위치, 발생범위, 형상, 길이, 폭, 진행성여부
	• 유실 : 발생위치, 발생범위, 진행성여부
	• 이격 및 단차 － 최상단의 마감 블록과 하부 본체 블록의 접합성 － 발생위치, 발생범위, 형상, 길이, 폭, 진행성 여부
	• 배부름 : 발생위치, 발생범위, 배부름 정도, 진행성 여부
	• 활동 및 전도 : 위치, 발생범위, 형상, 인접 블록간의 기울기, 진행성
	• 뒤채움재 유실 : 토사유출 유무 조사, 진행성 여부
	• 누수 : 육안관찰 또는 열적외선 촬영
	• 곡선부조사 : 콘크리트옹벽 진행방향, 상하, 전후의 곡선부 기록
	• 침하여부 : 부등침하량 기준(블록식 1/200, 패널식 1/100, 연성벽면 1/50)
	• 배수시설

나. 보강토 옹벽

〈표 2.2〉 주요 점검항목(보강토 옹벽)

구 분	진 단 항 목
보강토 옹벽	• 침하 : 침하의 발생 여부, 침하의 발생 정도
	• 균열 및 파손 : 발생위치, 발생범위, 형상, 길이, 폭, 진행성여부
	• 유실 : 발생위치, 발생범위, 진행성여부
	• 이격 및 단차 - 최상단의 마감 블록과 하부 본체 블록의 접합성 - 블록간의 이격 진행성 - 발생위치, 발생범위, 형상, 길이, 폭, 진행성 여부
	• 배부름 : 발생위치, 발생범위, 배부름 정도, 진행성 여부
	• 활동 및 전도 : 위치, 발생범위, 형상, 인접 블록간의 기울기, 진행성
	• 뒤채움재 유실 : 토사유출 유무 조사, 진행성 여부
	• 기초부 세굴 : 세굴의 발생 여부, 세굴 발생 부위(아스콘, 콘크리트 포장여부)
	• 곡선부조사 : 보강토옹벽 진행방향, 상하, 전후의 곡선부 기록
	• 침하여부 : 부등침하량 기준(블록식 1/200, 패널식 1/100, 연성벽면 1/50)
	• 배수시설

2.3. 내구성조사

2.3.1. 개요

본 과업 구조물의 상태평가 및 안전성평가를 적절히 수행하기 위해서는 정밀안전점검의 목적에 부합하는 내구성 조사 및 시험을 실시하여야 하며, 이를 통해 제3장에서 기술한 외관조사 내용과 함께 구조물의 사용성, 안전성을 검토하고 보수·보강공법 및 유지관리 방안 제시의 기초 자료로 활용할 수 있도록 한다.

내구성 조사 및 시험은 구조물의 특성을 간접적으로 측정하는 방법으로 사용장비 및 측정방법, 적용한계 등을 고려하여 사용법을 충분히 숙지한 자가 검·교정을 필한 장비를 사용하고 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(안전점검, 진단편), 2021. 12, 국토교통부, 국토안전관리원』에 근거하여 시험 및 평가를 실시한다.

<표 2.3> 내구성평가 조사항목(콘크리트옹벽)

내구성조사 항목	조사내용	조사방법	비 고
반발경도시험	· 콘크리트강도에 대한 조사 및 평가	반발경도법	
탄산화 깊이측정	· 탄산화 진행깊이 측정	페놀프탈레인용액	

2.3.2 시험내용 및 평가기준

가. 콘크리트 강도시험

1) 반발경도시험

콘크리트의 표면 경도를 측정하여 이 측정치로부터 콘크리트의 압축강도를 비파괴로 추정하는 검사방법이다. 반발경도를 구하는 방법으로는 슈미트 해머(Schmidt Hammer)법이 가장 널리 사용된다. 슈미트 해머로 경화된 콘크리트 표면을 타격하여 반발도(R)와 콘크리트의 압축강도(F_c)와의 사이에 특정 상관관계가 있다는 실험적 경험을 기초로 한다.

시험기구 : Schmidt Hammer (SCHMIDT2) 사용

① 반발경도(R)

슈미트 해머로 경화된 콘크리트 표면의 타격시 내부에 충추의 반동량을 반발도(R)로 표시하며, 이반발도의 크기에 따라 콘크리트의 압축강도를 추정한다. 외관조사 결과에 의해서 결정된 측정개소에 대해서 표면 평활작업을 하여 타격점 상호간의 간격은 3cm를 표준으로 종으로 5열, 횡으로 4열의 선을 그어 직교되는 20점을 타격하며, 3점이상을 여분으로 두어 측정하여 반발경도 값의 산술 평균값(R_m)을 구한다. 산술평균값 R_m 에 대해 RILEM Recommendation에 따라 각 반발경도의 값이 $R_m \pm 20\%$ 의 범위를 벗어나는 값들은 제외시키고 나머지 값들을 다시 산술평균하여 반발경도 R을 결정한다. 제외된 반발치가 4개 이상일 때는 측정지점의 반발경도값(R)은 버린다. 여기서 측정된 반발치의 값들이 많은 편차를 보이고 있으면 보편적으로 콘크리트의 품질이 불균질하다고 평가될 수 있을 것이다.



<그림 2.1> 반발경도법에 의한 압축강도 추정도

② 보정반발경도(R_0)

보정반발경도(R_0)는 다음식과 같이 측정경도(R)에 보정 값(ΔR_1 , ΔR_2)을 더한 값으로 한다.

$$R_0 = R + \Delta R_1 + \Delta R_2$$

여기서, ΔR_1 : 타격방향에 따른 보정 값

ΔR_2 : 콘크리트의 습윤상태에 따른 보정 값

－ 타격 방향에 따른 반발경도의 보정(ΔR_1)

수평방향의 타격에 의한 측정치가 안정된 값을 나타내지만 타격방향이 다른 경우에는 반발치를 보정해주어야 한다. 하향 타격(-90°)의 경우에는 Schmidt Hammer 내부의 해머 중량에 의해서 실제보다 반동량이 작아지므로 +값으로 수정해 주고, 상향의 타격($+90^\circ$)의 경우에는 반대현상에 의해서 -값으로 수정해 주어야 한다.

<표 2.4> 타격 방향에 따른 반발경도 보정 값

반발도 R	보정치 ΔR				비 고
	+90	+45	-45	-90	
10	-	-	+2.4	+3.2	상향수직타격 +90°
20	-5.4	-3.5	+2.5	+3.4	
30	-4.7	-3.1	+2.3	+3.1	
40	-3.9	-2.6	+2.0	+2.7	
50	-3.1	-2.1	+1.5	+2.2	하향수직타격 -90°
60	-2.3	-1.6	+1.3	+1.7	

- 콘크리트 습윤상태에 따른 보정 (ΔR_2)

콘크리트 표면이 습윤상태에 있으면 기건상태 보다 반발도가 작게 나오게 된다. 따라서, 완전 습윤상태에서는 기건상태를 기준으로 $\Delta R_2 = +5$ 로 보정한다.

③ 압축강도의 추정

- 보통 콘크리트(MPa)

$$F_c = -18.0 + 1.27 \times R_0 \quad \text{〈일본 재료학회식〉} \quad \text{〈식 1〉}$$

$$F_c = (7.3 \times R_0 + 100) \times 0.1 \quad \text{〈일본 건축학회〉} \quad \text{〈식 2〉}$$

④ 28일 강도의 추정

시일이 경과할수록 콘크리트 구조물은 표면경도가 높아지므로 <식 3>와 같이 재령 28일 강도(F_{28}')로 환산하여 압축강도를 추정한다. 콘크리트의 재령에 따른 압축강도 보정계수 a 는 다음과 같으며, 3000일 이상의 재령에 대해서는 0.63을 적용한다.

$$F_{28}' = a \cdot F_c \quad \text{〈식 3〉}$$

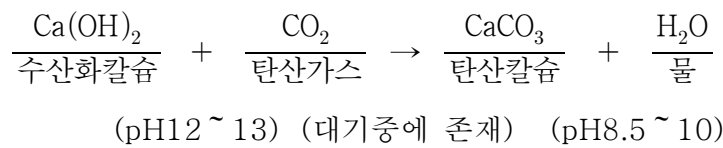
< 표 2.5 > 재령계수 a 값

재령(일)	10	20	28	50	100	150	200	300	500	1,000	2,000	3,000
a	1.55	1.12	1.00	0.87	0.78	0.74	0.72	0.70	0.67	0.65	0.64	0.63

나. 탄산화 깊이 측정

1) 개요

탄산화는 콘크리트 구조물의 열화 문제로 현재 주목받고 있는 현상 중 하나이다. 여기서 탄산화란 굳은 콘크리트와 공기 중의 탄산가스가 반응하면서 알칼리성을 잃게 되는 현상을 일컫는다. 즉 건전한 콘크리트 경화 시멘트풀의 수산화 화합물중 약25%를 차지하는 수산화칼슘($Ca(OH)_2$)의 영향으로 pH가 12~13인 강알칼리성을 나타내나 탄산가스가 수산화칼슘과 반응하면 탄산칼슘($CaCO_3$)으로 환원되면서 표면부터 콘크리트의 pH가 서서히 10이하로 낮아지는 현상이다.



콘크리트는 탄산화에 의해 직접적으로 성능이 저하되는 것은 아니며, 단지 탄산화가 문제가 되는 이유는 탄산화가 피복두께를 넘어서 철근의 표면에 도달하게 되면 철근표면을 감싸고 있던 부동태 피막이 파괴되면서 철근표면에 부식이 시작되기 때문이다. 이와 같이 탄산화에 의해 철근콘크리트 성능저하 과정은 아래와 같다.

	- 정상, 재료 및 강도상의 변화는 거의 없음(약간의 건조수축에 의한 균열)
	- 녹의 발생에 의한 팽창압이 콘크리트 내부에 발생하여 미세한 균열이 발생
	- 철근의 윗면이 팽창, 균열이 표면까지 연장되어 공기와 수분의 침입이 격화되어 동해 등의 다른 열화도 유발시키며 녹물이 보임
	- 철근 윗면의 피복이 떨어지고, 철근의 노출이 시작, 철근단면적이 감소
	- 철근 윗면이 거의 없어지고 철근은 공기 중에 직접 노출, 내구성능은 없음

<그림 2.2> 탄산화에 의한 콘크리트 성능저하

2) 시험방법

콘크리트의 탄산화 조사 원리는 페놀프탈레인 1% 용액이 알칼리성에서는 붉은 색을 띠고, 중성 및 산성에서는 무색을 띠는 화학적 이론에 기초한다. 이를 이용하여 탄산화를 조사하는 방법은 코어 공시체를 이용하는 방법, 드릴을 이용하는 방법, 콘크리트 구조물에서 각아낸 면에서 시험하는 방법이 있으며, 금회 과업시에는 드릴을 이용하는 방법으로 시

험을 실시하였다. 탄산화 깊이는 버니어캘리퍼스를 이용하여 측정하였다.

3) 평가방법

상태평가 기준은 다음과 같다.

<표 2.6> 탄산화 상태평가 기준

기준	탄산화 잔여 깊이	철근부식의 가능성
a	· 30mm이상	· 탄산화에 의한 부식발생 우려 없음
b	· 10mm이상 ~ 30mm미만	· 향후 탄산화에 의한 부식발생 가능성 있음
c	· 0mm이상 ~ 10mm미만	· 경우에 따라서 탄산화에 의한 부식발생 가능성 있음
d	· 0mm미만	· 철근부식 발생
e	—	—

다. 염화물함유량 시험

1) 시험기구

CL - 1000 (Chloride Meter와 13종)

2) 시험원리

염화물의 콘크리트로의 침투를 구분해 보면 일반적으로 두 가지로 크게 구분해 볼 수 있다. 그 하나는 이미 건립된 구조물에 해풍, 해수 및 염화물을 함유한 외부 환경조건에 의해 염화물이 침투 축적되는 경우 및 방동(防凍)대책으로서 염화칼슘(CaCl_2), 염화나트륨(NaCl)을 살포(撒布)하는 경우에 의해 염화물이 침투하는 경우이다. 다음은 콘크리트 제조 시 배합재료로 부터 직접 콘크리트에 침투하는 경우 특히 아직 굳지 않은 프레쉬 상태 일 때 혼입되는 경우인데, 첫째 깨끗이 세척하지 않은 해사(海沙)사용, 둘째 경화 촉진제로서 염화칼슘(CaCl_2)의 사용, 셋째 염화칼슘(CaCl_2)을 주체로 한 조강형 AE제의 사용, 넷째 혼화수로서 해수의 사용 등을 들 수 있다. 이 중 미세정 바다모래에 의한 염분(염화나트륨- CaCl_2 -를 주로 함유한 것)의 혼입에 의한 것이 염해원인의 대부분을 차지하고 있다.

염해에 의한 철근 콘크리트의 내구성 저하를 막기 위해 염화물 이온량의 총량을 잔골재의 절대 건조비중에 대한 염분함유량을 0.04%이하로 제한하고 어쩔 수 없이 염분함유량이 0.04%를 초과하는 잔골재를 사용할 경우 필요한 방청대책을 강구할 것을 규정하고 있다. 본 실험에 사용된 기종인 CL-1000은 이온전극법에 속하며 이온전극법이란, 염소이온(Cl^-)에 대하여 선택성 전극과 기준이 되는 비교전극으로 구성되어 있으며 이온전극은 측정대상의 이온 농도에 따라 비교 전극과의 사이에 전위차를 발생시킨다. 미리 표준액을 이

용하여 염소이온 농도와 전위차와의 관계를 구해서 미지시료에 대한 전위차 측정으로부터 염소이온의 농도를 측정할 수 있다.

<표 2.7> 염분기준

규격	염화물 함유량의 규제	Cl이온중량 (kg/m³)
건축학회	- 건축공사 표준시방서 (KASS) 잔골재에 절대건조 중량에 대하여 잔골재 1급 : 0.02%이하 (NaCl기준) 잔골재 2급 : 0.10%이하 (NaCl기준) 잔골재 3급 : 0.10%이하 (NaCl기준) 단, 잔골재 2, 3급은 담당원의 지시에 따름	0.095 0.49 0.49
토목학회	- 콘크리트 표준시방서 1) 일반RC, 포스트텐션 PC : 해사의 절대건조중량에 대하여 : 0.1%이하 2) 내구성RC, 포스트텐션 PC : 해사의 절대건조중량에 대하여 : 0.04%이하 (NaCl기준)	0.49
한국공업규격 (KS F 4009)	- 콘크리트 중량에 대하여 염소 이온 량의 0.3kg/m³ 이하. 단, 구입자의 승인을 얻은 경우에는 0.6kg/m³이하로 할 수 있다.	0.19 0.30

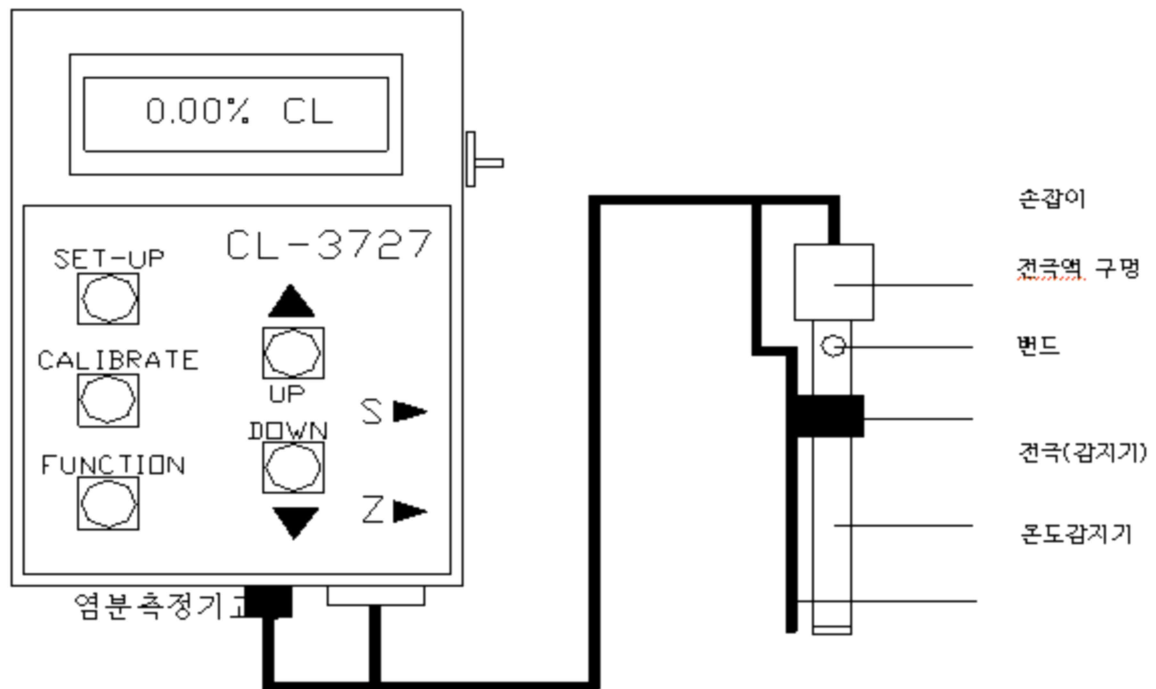
3) 시험방법

경화콘크리트에 있어서 염분의 분석 방법은 전위차 측정법, 흡광도법 이외에 침전적정법으로서 모아(Mohr)법, 볼랄트(Volhard)법, 질산은 적정법, 질산제이수은법, 이온크로마토그래피법과 측정기에 의한 방법 그리고 측정기에 의한 방법 중 이온전극법, 전극전류법, 은염적정법등이 있다. 이중 본 실험에 사용된 기종인 CL-1000은 이온전극법에 의한 방법으로 이온전극법은, 염소이온(CL-)에 대하여 선택성 전극과 기준이 되는 비교전극으로 구성되어 있으며 이온전극은 측정대상의 이온 농도에 따라 비교 전극과의 사이에 전위차를 발생시킨다. 미리 표준액을 이용하여 염소이온 농도와 전위차와의 관계를 구해서 미지시료에 대한 전위차 측정으로부터 염소이온의 농도를 측정할 수 있다. 이 방법에서 황화물은 방해 작용을 한다. 이방법의 정량범위는 5~1000mgCL⁻/ℓ 이고 반복 정밀도는 표준 편차 백분율로 5~20%이다.

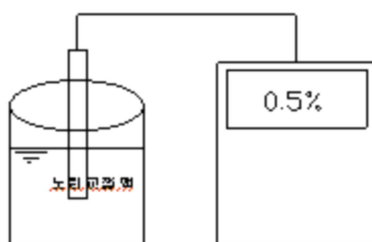
경화콘크리트 중의 염분 함유량은 콘크리트 깊이에 따라 농도가 다르다. 따라서 염화물량

의 분포는 대부분 표면 부근(표면~약2.5cm)에서 높은 값을 보이고 콘크리트 내부에서는 저하되는 경향이 있으므로, 시료 채취방법을 구분하여 콘크리트 표면에서 2cm깊이까지, 2cm에서 10cm까지로 이분화 하여 시험의 정확도에 유의하였다.

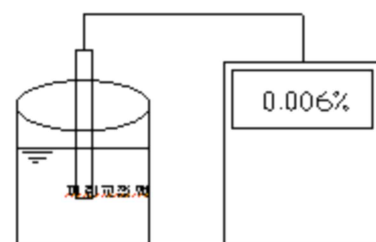
<그림 2.3 > 염분함유량 측정방법

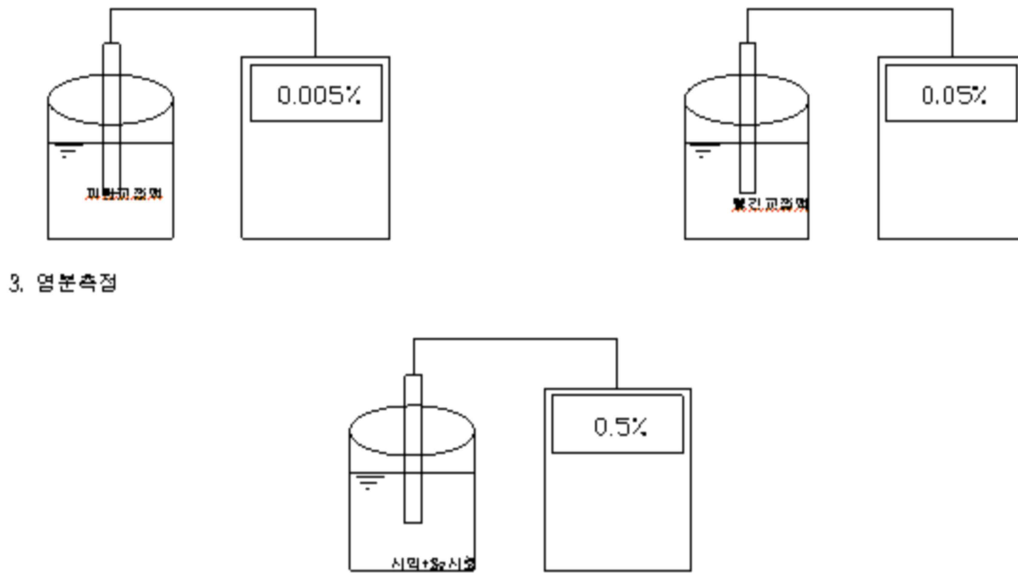


1. 염분측정기에 의한 전극의 일치화 (set up 1)



2. 일정한 염분 농도에 대한 교정 (set up 2)





4) 시험결과 분석

본 염분시험기(CL-1000)의 특성에 따라 시료를 채취하여 시료3g을 측정용 시약(20ml의 약산성 시약)에 넣은 후 일정시간(약 1분간)이 경과되면, 시약에 의해 내부에 포함된 염분이 추출된다. 이때 추출된 염분을 측정기를 사용하여 염소이온 측정치를 읽어서 염분농도로 환산하였다.

시험 결과에 따른 비교 대상은 콘크리트 표준 시방서에서 규정하고 있는 염분함유량의 허용치 0.04%이내를 기준으로 하였다.

염분농도식은

$$\text{염분농도}(\%NaCl) = \text{측정치}(\%CL^-) \times 1.648$$

※ 원자량의 비로 계산하면

$$NaCl / Cl = (23+35.5) / 35.5 = 1.647887$$

$$\therefore NaCl = Cl \times 1.648$$

<표 2.8> 염화물 상태평가 기준

등급	철근위치의 전염화물	철근부식의 가능성
a	· 염화물 $\leq 0.3 \text{ kgf/m}^3$	염화물에 의한 부식이 발생할 우려 없음
b	· $0.3 \text{ kgf/m}^3 < \text{염화물} \leq 1.2 \text{ kgf/m}^3$	염화물이 함유되어 있으나, 부식발생 가능성 낮음
c	· $1.2 \text{ kgf/m}^3 < \text{염화물} \leq 2.5 \text{ kgf/m}^3$	향후 염화물에 의한 부식발생 가능성 높음
d	· 염화물 $\geq 2.5 \text{ kgf/m}^3$	철근부식발생
e	—	—

3. 시설물의 상태평가

3.1 개요

시설물의 상태평가는 재료시험 및 외관조사에 의해 시설물의 각부재로부터 발견된 상태변화(결함, 손상, 열화)를 근거로 하여 「시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침, 2021.12」의 상태 평가 기준(안전점검·진단편)에 따라 실시한다.

3.2 상태평가 기준 및 방법

3.2.1 옹벽 상태평가

가. 상태평가표

상태평가 결과 산정은 부재별 및 항목별로 현장조사·시험한 결과에 해당하는 대푯값을 아래와 같이 산정하여 평가점수를 부여하고, 그 결과를 기준으로 각 항목별 평가를 실시한다.

1) 콘크리트옹벽

평가기준		a	b	c	d	e		
		0≤f<0.15	0.15≤f<0.30	0.30≤f<0.55	0.55≤f<0.75	0.75≤f		
침 하		0	1	2	3	4		
활 동		0	1	2	3	4		
배수공상태		0	3	6	9	12		
계획선형오차 (전도/경사)		0	1	2	3	4		
파손 및 손상 (재료분리)		0	1	2	3	4		
균 열		0	2	4	6	8		
마모/ 침식		0	0	1	1	2		
재료 열화	박리	0	0	1	1	2		
	박락 및 충분리	0	1	2	3	4		
	백태	0	0	1	1	1		
	탄산화	0	1	2	4	4		
	염화물	0	1	2	4	4		
	철근노출	0	1	2	3	4		
세 굴		0	4	8	12	16		
주변 영향 인자	배수시설	배수시설이 양호할 경우 : 0, 배수시설이 없거나 불량할 때 : 1						
	사면조사	사면구배	적절	0	부적절	1		
		낙석흔적	미발생	0	발생	1		
		침출수	무	0	유	1		
철근콘크리트 옹벽 결함지수 (F)			①	Σ 결함점수/76		②	Σ 결함점수/60	
중력식 옹벽 결함지수(F)			①	Σ 결함점수/64		②	Σ 결함점수/48	

- ※ 철근이 포함되지 않은 구조물은 철근노출, 염화물, 탄산화 항목 제외
- ※ 세굴 발생이 가능한 부위가 불투수 처리(아스콘, 콘크리트 포장)가 되었을 경우 ②번 산정식을 사용
- ※ 콘크리트 옹벽의 누수에 대한 평가는 철근콘크리트 옹벽에 한하여 실시하며, 평가단위당 균열 폭 최대점을 기준으로 균열깊이 측정을 실시하여 균열깊이가 콘크리트 피복보다 클 경우에 결함점수를 한 단계 하향 조정한다.
- ※ 주변영향인자 평가항목 중 사면조사는 절토사면 및 사면 보호시설물에 해당하여 실시하며, 해당 시설물이 아닌 경우에는 평가식의 분모를 3점 감산하여 계산한다.
- ※ 수중옹벽의 경우, 평가항목 중 배수공상태 항목은 설계도서를 검토하여 불필요시 결함지수에서 제외하며, 평가식의 분모에서 그 점수만큼 감산하여 계산한다.

2) 보강토 옹벽

평가기준		a		b		c		d		e			
		0≤f<0.15		0.15≤f<0.30		0.30≤f<0.55		0.55≤f<0.75		0.75≤f			
침 하		0		0		1		1		2			
계획선형오차 (전도/경사)		0		0		1		1		2			
활 동		0		1		2		3		4			
전면부 진행성 배부름		0		2		4		6		8			
파손, 손상 및 균열		0		1		2		3		4			
유 실		0		2		4		6		8			
이 격		0		1		2		3		4			
세 굴		0		4		8		12		16			
주변 영향 인자	배수시설	배수시설이 양호할 경우 : 0, 배수시설이 없거나 불량할 때 : 1											
	사면조사	사면구배		적절		0		부적절		1			
		낙석흔적		미발생		0		발생		1			
		침출수		무		0		유		1			
보강토 옹벽 결함지수(F)				①		Σ 결함점수/52				②		Σ 결함점수/36	

- ※ 세굴 발생이 가능한 부위가 불투수 처리(아스콘, 콘크리트 포장)가 되었을 경우 ②번 산정식을 사용
- ※ 전면판에 발생한 균열은 파손으로 처리함.
- ※ 주변영향인자 평가항목 중 사면조사는 절토사면 및 사면 보호시설물에 해당하여 실시하며, 해당 시설물이 아닌 경우에는 평가식의 분모를 3점 감산하여 계산한다.

3) 석축

평가기준		a	b	c	d	e		
		0≤f<0.15	0.15≤f<0.30	0.30≤f<0.55	0.55≤f<0.75	0.75≤f		
침 하		0	1	2	3	4		
계획선형오차 (전도/경사)		0	1	2	3	4		
활 동		0	1	2	3	4		
전면부 진행성 배부름		0	2	4	6	8		
배수공 상태		0	3	6	9	12		
파손, 손상 및 균열		0	1	2	3	4		
유 실		0	2	4	6	8		
이 격		0	1	2	3	4		
채움콘크리트상태		0	1	2	3	4		
암석의 풍화도		0	1	2	2	4		
세 굴		0	4	8	12	16		
주변 영향 인자	배수시설	배수시설이 양호할 경우 : 0, 배수시설이 없거나 불량할 때 : 1						
	사면조사	사면구배	적절	0	부적절	1		
		낙석흔적	미발생	0	발생	1		
		침출수	무	0	유	1		
석축 결함지수(F)			①	Σ 결함점수/76		②	Σ 결함점수/60	

- ※ 세굴 발생이 가능한 부위가 불투수 처리(아스콘, 콘크리트 포장)가 되었을 경우 ②번 산정식을 사용
- ※ 석괴에 발생한 균열은 파손으로 처리함
- ※ 주변영향인자 평가항목 중 사면조사는 절토사면 및 사면 보호시설물에 해당하여 실시하며, 해당 시설물이 아닌 경우에는 평가식의 분모를 3점 감산하여 계산한다.

4) 돌망태 옹벽

평가기준		a	b	c	d	e	
		0≤f<0.15	0.15≤f<0.30	0.30≤f<0.55	0.55≤f<0.75	0.75≤f	
침 하		0	0	1	1	2	
활 동		0	1	2	3	4	
채움재 유실		0	1	2	3	4	
wire mash 파손 및 손상		0	2	4	6	8	
진행성 변형 상태		0	1	2	3	4	
결속철망 상태		0	1	2	3	4	
세 굴		0	4	8	12	16	
주변 영향 인자	배수시설	배수시설이 양호할 경우 : 0, 배수시설이 없거나 불량할 때 : 1					
	사면조사	사면구배	적절	0	부적절	1	
		낙석흔적	미발생	0	발생	1	
		침출수	무	0	유	1	
돌망태 옹벽 결함지수(F)			①	Σ 결함점수/46		②	Σ 결함점수/30

나. 항목별 평가기준

1) 침하(콘크리트, 석축)

평가기준	결합점수	최대 침하량의 범위		조사된 상태
		비진행성	진행성	
a	0	5cm미만	2cm미만	- 침하가 발생되지 않은 상태
b	1	5cm이상 ~8cm미만	2cm이상 ~5cm미만	- 부분적으로 경미한 침하가 발생한 상태이나 근본적인 보수는 필요하지 않은 상태
c	2	8cm이상 ~12cm미만	5cm이상 ~8cm미만	- 침하의 정도가 보통정도이나 지속적인 관찰로 진행성을 감시할 정도의 상태
d	3	12cm이상 ~16cm미만	8cm이상 ~12cm미만	- 침하의 정도가 심각하여 옹벽의 구조적인 안정에 심각한 영향을 미칠수 있는 상태
e	4	16cm이상	12cm이상	- 침하의 정도가 아주 심하고 광범위하게 발생하여 구조적인 안정을 상실할 수 있는 위험한 상태

2) 계획선형오차(전도/경사)

평가기준	결합점수	최대 기울기의 범위		조사된 상태
		비진행성	진행성	
a	0	2%미만	1%미만	- 경사/전도가 발생되지 않은 상태
b	1	2%이상 ~3%미만	1%이상 ~2%미만	- 부분적으로 경미한 경사/전도가 발생한 상태이나 근본적인 보수는 필요하지 않은 상태
c	2	3%이상 ~4%미만	2%이상 ~3%미만	- 경사/전도의 정도가 보통정도이나 지속적인 관찰로 진행성을 감시할 정도의 상태
d	3	4%이상 ~6%미만	3%이상 ~4%미만	- 경사/전도의 정도가 심각하여 옹벽의 구조적인 안정에 심각한 영향을 미칠 수 있는 상태
e	4	6%이상	4%이상	- 경사/전도의 정도가 아주 심하고 광범위하게 발생하여 구조적인 안정을 상실할 수 있는 위험한 상태

※ 계획선형 오차는 준공시와 현시점에서의 변위발생으로 평가한다. 단, 설계도서 및 준공도서가 비치되어 있지 않은 경우에는 최초 측정시기와 현 측정시의 상대적인 값으로 평가한다.

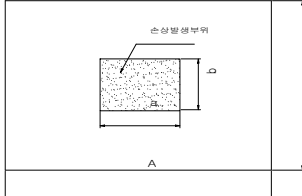
3) 활동

평가기준	결합점수	최대 활동의 범위		조사된 상태
		비진행성	진행성	
a	0	5cm미만	2cm미만	- 활동이 발생되지 않은 상태
b	1	5cm이상 ~8cm미만	2cm이상 ~5cm미만	- 부분적으로 경미한 활동이 발생한 상태이나 근본적인 보수는 필요하지 않은 상태
c	2	8cm이상 ~12cm미만	5cm이상 ~8cm미만	- 활동의 정도가 보통정도이나 지속적인 관찰로 진행성을 감시할 정도의 상태
d	3	12cm이상 ~16cm미만	8cm이상 ~12cm미만	- 활동의 정도가 심각하여 옹벽의 구조적인 안정에 심각한 영향을 미칠수 있는 상태
e	4	16cm이상	12cm이상	- 활동의 정도가 아주 심하고 광범위하게 발생하여 구조적인 안정을 상실할 수 있는 위험한 상태

4) 파손 및 손상, 재료분리

평가기준	결합점수	깊이	면적율 10% 미만	면적율 10% 이상
a	0	없음	a	a
b	1	0mm ~ 5mm	b	c
c	2	5mm ~ 10mm	c	d
d	3	10mm ~ 20mm	d	e
e	4	20mm	e	e

<해설>



$$\frac{\text{손상발생면적}}{\text{점검단위면적}} \times 100 = \frac{\text{손상폭}(a) \times \text{손상높이}(b)}{A \times B} \times 100 = \quad \%$$

5) 기초부 세굴

평가기준	결합점수	조사된 상태
a	0	- 세굴이 전혀 발생하지 않은 상태 : a
b	4	- 세굴이 (지표면에서 현치하부/2) 부분까지 발생한 상태 : b
c	8	- 세굴이 저판의 현치하부까지 발생한 상태 : c
d	12	- 세굴이 (저판의 최대두께/2) 부분까지 발생한 상태 : d
e	16	- 세굴이 기초저면까지 발생한 상태 : e * 세굴 발생이 가능한 부위가 불투수 처리(아스콘, 콘크리트 포장) 되었을 경우에는 본 항목을 고려하지 않는다.

6) 마모/침식의 상태평가 기준

평가기준	결합점수	조사된 상태
a	0	· 침식/마모된 부위가 없는 양호한 상태
b	0	· 침식/마모에 의해 골재가 노출된 상태
c	1	· 상, 하부와 비교해서 단면(철근뿔개)이 감소되기 시작한 상태 (다소 심한상태)
d	1	· 철근뿔개가 탈락되고 철근이 부분적으로 노출되어 부식이 발생한 상태(심한상태)
e	2	· 침식부위의 철근이 완전히 노출되어 구조적인 기능을 상실한 상태(매우 심한상태)

7) 박락 및 층분리

평가기준	결합점수	조사된 상태	면적율 20% 미만	면적율 20% 이상
a	0	없음	a	a
b	1	15mm 미만	b	c
c	2	15mm~20mm 미만	c	d
d	3	20mm~25mm 미만	d	e
e	4	25mm 이상	e	e

※ 박락 및 층분리는 콘크리트 벽체의 박락된 깊이, 직경, 상태 등을 고려하여 판단하도록 한다.

8) 박리

평가기준	결함점수	조사된 상태	면적율 20% 미만	면적율 20% 이상
a	0	없음	a	a
b	0	0.5mm 미만	b	c
c	1	0.5mm~1.0mm 미만	c	d
d	1	1.0mm~25mm 미만	d	e
e	2	25mm 이상이거나 조골재 손실	e	e

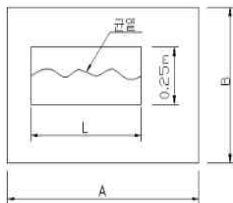
※ 박리는 콘크리트 벽체의 박리된 깊이를 기준으로 평가한다.

9) 균열

평가기준	결함점수	최대균열폭	면적율 20% 미만	면적율 20% 이상 또는 구조적 균열
a	0	0.1mm 미만	a	a
b	2	0.1 ~ 0.2mm	b	c
c	4	0.2 ~ 0.3mm	c	d
d	6	0.3 ~ 0.5mm	d	e
e	8	0.5mm 이상	e	e

<해설>

- 1) 진행성의 유무가 확인되지 않은 경우에 적용하며 진행성이 확인되는 경우 등급을 하향조정하고 정밀 진단을 실시하여 정기적으로 관찰하도록 한다.
- 2) 균열형상은 종균열, 횡균열, 망상균열, 경사균열로 구분하며, 옹벽 상·하부에 걸쳐 연결된 종균열의 경우 등급을 하향조정하고 균열의 원인을 조사하도록 한다.
- 3) 면적율이 20% 이하일 경우에는 결함등급을 기재하고, 면적율이 20%이상일 경우에는 a→a, b→c, d→e, e→e 등급으로 하향 조정한다.
 - 균열의 발생면적은 균열길이당 0.25m의 폭을 차지하는 것으로 한다.



$$\frac{\text{균열발생면적}}{\text{점검단위면적}(span)} \times 100 = \frac{\text{균열길이}(L) \times 0.25}{A \times B} \times 100 = \quad \%$$

- 4) 구조적 균열은 설계 오류로 인한 균열, 외부 하중에 의한 균열, 단면 및 철근량의 부족에 의한 균열 등이 있다.
콘크리트 구조의 구조적 균열은 콘크리트와 철근사이의 응력, 변형률, 미끄러짐(slip), 부착응력 등에 따라 균열형성단계와 균열안정화 단계의 2단계로 형성된다. 구조적 균열발생시 평가점수는 면적율에 관계없이 결함등급을 1단계 하향조정하고, d등급 이상으로 발생하였을 경우에는 안전성평가를 통하여 과하중의 양상과 그 결과의 분석을 실시하도록 한다.
- 5) 누수는 균열을 동반하여 발생하지만 지하수위가 낮거나 건기에는 누수에 대한 관찰이 어렵다.
따라서 누수에 대한 평가항목을 별도로 규정하지 않고 다음의 평가기준에 의하여 누수에 대한 영향을 고려하며, 적용범위는 철근콘크리트 옹벽에 한하여 실시한다.
 - 누수가 육안으로 확인 가능한 경우에는 균열조사를 실시하여 평가등급보다 1단계 하향 조정한다.
 - 누수가 육안으로 확인이 불가능한 경우에는 평가단위에서 조사된 최대 균열폭에 대하여 균열깊이를 실시한 후 균열깊이가 콘크리트 피복보다 클 경우 균열에 대한 결함점수를 1단계 하향 조정한다.

10) 백태

평가기준	결함점수	조사된 상태
a	0	- 없음
b	0	- 국부적으로 발견
c	1	- 여러곳에서 발견
d	1	- 심한상태
e	1	- 매우 심하고 범위가 매우 넓은 상태

11) 탄산화 잔여깊이

평가기준	탄산화 잔여깊이	철근부식의 가능성
a	30mm 이상	탄산화에 의한 부식이 발생할 우려 없음
b	10mm 이상 ~ 30mm 미만	향후 탄산화에 의한 부식이 발생할 가능성 있음
c	0mm 이상 ~ 10mm 미만	경우에 따라서 탄산화에 의한 부식이 발생할 가능성이 있음
d	0mm 미만	철근부식 발생
e	-	-

주) 상태평가 결과가 “d”이고, 철근노출의 상태평가 결과가 “e”이면 중대한 결함으로 본다.

12) 전염화물 이온량

평가기준	철근위치의 전염화물	철근부식의 가능성
a	· 염화물 $\leq 0.3 \text{ kgf/m}^3$	염화물에 의한 부식이 발생할 우려 없음
b	· $0.3 \text{ kgf/m}^3 < \text{염화물} \leq 1.2 \text{ kgf/m}^3$	염화물이 함유되어 있으나, 부식발생 가능성 낮음.
c	· $1.2 \text{ kgf/m}^3 < \text{염화물} \leq 2.5 \text{ kgf/m}^3$	향후 염화물에 의한 부식발생 가능성 높음.
d	· 염화물 $\geq 2.5 \text{ kgf/m}^3$	철근부식발생
e	-	-

주) 상태평가 결과가 “d”이고, 철근노출의 상태평가 결과가 “e”이면 중대한 결함으로 본다.

13) 철근노출

평가기준	결함점수	철근노출 면적율
a	0	0%
b	1	0 ~ 1% 미만
c	2	1 ~ 3% 미만
d	3	3 ~ 5% 미만
e	4	5% 이상

$$\frac{\text{철근노출면적}}{\text{점검단위면적}(span)} \times 100 = \frac{\text{철근노출길이}(L) \times 0.25}{A \times B} \times 100 = \%$$

14) 배수공

평가기준	결합점수	조사된 상태
a	0	- 배수공 내부가 우천 시 마다 맑은 물이 흘러서 깨끗한 상태
b	3	- 배수공 내부가 우천 시 마다 세립토가 섞여서 배수된 흔적이 있는 상태
c	6	- 배수공 내부가 우천 시 마다 조립토가 섞여서 배수된 흔적이 있는 상태
d	9	- 배수공 내부에 전혀 배수된 흔적이 없고 거미줄이나 기타 이물질이 있는 상태
e	12	- 배수공을 전혀 설치하지 않은 경우

15) 침하(보강토, 돌망태)

평가기준	결합점수	최대 침하량의 범위		조사된 상태
		비진행성	진행성	
a	0	5cm미만	3cm미만	○ 침하가 발생되지 않은 상태
b	1	5cm이상 ~ 10cm미만	3cm이상 ~ 8cm미만	○ 부분적으로 경미한 침하가 발생한 상태이나 근본적인 보수는 필요하지 않은 상태
c	1	10cm이상 ~ 20cm미만	8cm이상 ~ 16cm미만	○ 침하의 정도가 보통정도이나 지속적인 관찰로 진행성을 감시할 정도의 상태
d	1	20cm이상 ~ 30cm미만	16cm이상 ~ 25cm미만	
e	2	30cm이상	25cm이상	○ 침하의 정도가 아주 심하고 광범위하게 발생하여 구조적인 안정을 상실할 수 있는 위험한 상태

16) 계획선형오차(보강토, 돌망태)

평가기준	결합점수	최대기울기의 범위		조사된 상태
		비진행성	진행성	
a	0	2%미만	1%미만	○ 경사/전도가 발생되지 않은 상태
b	0	2%이상 ~ 3%미만	1%이상 ~ 2%미만	○ 부분적으로 경미한 경사/전도가 발생한 상태이나 근본적인 보수는 필요하지 않은 상태
c	1	3%이상 ~ 4%미만	2%이상 ~ 3%미만	○ 경사/전도의 정도가 보통정도이나 지속적인 관찰로 진행성을 감시할 정도의 상태
d	1	4%이상 ~ 6%미만	3%이상 ~ 4%미만	
e	2	6%이상	4%이상	○ 경사/전도의 정도가 아주 심하고 광범위하게 발생하여 구조적인 안정을 상실할 수 있는 위험한 상태

17) 진행성 배부름 평가

평가기준	결합점수	조사된 상태
a	0	○ 건전한 비진행성 상태
b	2	○ 경미하게 발생한 비진행성 상태
c	4	○ 경미하게 발생한 진행성 상태
d	6	○ 심하게 발생하여 구조적인 안정에 영향을 줄 정도의 진행성 상태
e	8	○ 매우 심하게 발생하여 경사가 발생하고 구조적인 안정에 크게 영향을 줄 정도의 진행성 상태

18) 파손 및 손상, 균열(석축, 보강토)

평가기준	결합점수	조사된 상태
a	0	○ 부재에 파손이 발생하지 않은 건전한 상태
b	1	○ 파손이 경미하고 추가적인 손상진행의 가능성이 없는 양호한 상태
c	2	○ 파손이 경미하지만, 다른 추가적인 손상진행의 가능성이 있는 보통의 상태
d	3	○ 시설의 주요부에 부분적인 파손이 발생하여 체체의 안전성이 저하되거나, 손상의 진행에 따라 손상규모가 확대될 위험이 있는 심각한 상태
e	4	○ 시설의 주요부에 큰 파손이 발생하여 시설의 기능상실, 안전성 결여 또는 파괴로 이어질 수 있는 위험한 상태

19) 이격(석축, 보강토)

평가기준	결합점수	조사된 상태
a	0	○ 건전한 상태
b	1	○ 평가단위에서 1개소 이하로 발생한 상태
c	2	○ 평가단위에서 3개소 이하로 발생한 상태
d	3	○ 평가단위에서 4개소 이하로 발생한 상태
e	4	○ 평가단위에서 5개소 이상 발생한 상태

20) 유실(석축, 보강토)

평가기준	결합점수	조사된 상태
a	0	○ 건전한 상태
b	2	○ 평가단위에서 1개소 이하로 발생한 상태
c	4	○ 평가단위에서 3개소 이하로 발생한 상태
d	6	○ 평가단위에서 4개소 이하로 발생한 상태
e	8	○ 평가단위에서 5개소 이상 발생한 상태

21) 채움콘크리트상태(석축)

평가기준	결합점수	조사된 상태
a	0	○건전한 상태
b	1	○채움콘크리트에 일부 미세한 균열이 발생한 상태
c	2	○채움콘크리트에 일부 균열이 발생하였으나 그 정도가 심각하지 않다고 판단되는 상태
d	3	○채움콘크리트가 풍화된 상태 (작은 충격 혹은 문지름에 시멘트 모르타가 떨어져 나가는 상태)
e	4	○채움콘크리트가 유실된 상태

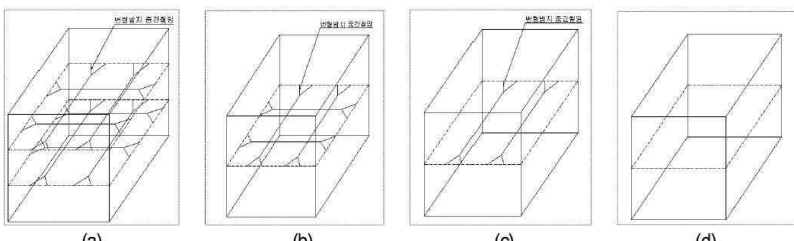
22) 암석의 풍화도(석축)

평가기준	결합점수	풍화단계	조사된 상태
a	0	신선함(F)	○암석의 풍화 흔적을 볼 수 없는 경우
b			
c	2	약한풍화(SW)	○불연속면의 표면과 암석의 변색 상태가 풍화 지수가 된다. 불연속면이 얼룩져 있거나 변색되어 있는 경우
d			
e	4	보통풍화(MW)	○조암광물의 절반 이하가 변질되거나 토양으로 분해된 상태

23) 채움재 유실상태(돌망태)

평가기준	결합점수	조사된 상태
a	0	○건전한 비진행성 상태
b	1	○경미하게 발생한 비진행성 상태
c	2	○다소 크게 발생한 상태
d	3	○평가단위의 1개소에서 심각하게 발생하여 구조적인 안정에 영향을 줄 정도
e	4	○평가단위의 2개소 이상에서 심각하게 발생하여 구조적인 안정에 영향을 줄 정도

24) 철망 결속상태

평가기준	결합점수	조사된 상태
a	0	 (a) (b) (c) (d)
b	1	
c	2	
d	3	
e	4	1) 변형방지 철망이 가로, 세로 각각 3단 이상일 경우 : a 2) 가로, 세로 각각 2단일 경우(그림 a) : b 3) 가로, 세로 각각 1단일 경우(그림 b) : c 4) 가로 또는 세로 단방향으로 1단일 경우(그림 c) : d 5) 변형방지철망이 설치되어 있지 않은 경우(그림 d) : e

25) wire mash의 절단 및 파손

평가기준	결함점수	조사된 상태
a	0	○건전한 비진행성 상태
b	2	○파손이 경미하고 추가적인 손상의 진행 가능성이 없는 상태
c	4	○파손이 경미하지만 추가적인 손상 진행의 가능성이 있는 상태
d	6	○파손이 진행되어 채움재 유실 발생이 진행된 상태
e	8	○철망이 파단되어 채움재 유실과 구조적 안정에 영향을 미칠 정도의 상태

26) 진행성 변형발생(석축)

평가기준	결함점수	조사된 상태
a	0	○건전한 비진행성 상태
b	1	○경미하게 발생한 비진행성 상태
c	2	○경미하게 발생한 진행성 상태
d	3	○심하게 발생하여 구조적인 안정에 영향을 줄 정도의 진행성 상태
e	4	○매우 심하여 경사가 발생하고 구조적인 안정에 크게 영향을 줄 정도의 진행성 상태

다. 상태평가 기준

상태평가 기준	시설물의 상태평가 내용	비 고
A	$0.00 \leq (F) < 0.15$	F = 옹벽 결함지수
B	$0.15 \leq (F) < 0.30$	
C	$0.30 \leq (F) < 0.55$	
D	$0.55 \leq (F) < 0.75$	
E	$0.75 \leq (F)$	

3.2.2 상태평가 결과 산정

옹벽의 상태평가 과정은 평가단위(20m를 원칙, 상황에 따라 책임기술자가 조정)별 결함에 대해 시설물 외관조사 세부기준에 합당하는 결함점수를 부여 후 결함지수를 산정하여 평가단위에서 산정된 결함지수를 산술평균하여 상태평가 등급을 결정하며, 평가과정은 다음 그림과 같다.



<그림 3.1> 보강토옹벽 상태평가 산정 과정

4. 종합평가 및 안전등급의 지정

4.1. 개요

개별시설물의 종합평가 결과 산정은 4단계 평가단계에서 수행하는 평가항목 중 하나로서 안전성평가를 실시하지 않는 경우에는 상태평가 결과를 종합평가 결과로 같음하지만 안전성평가를 실시하는 경우에는 개별시설물을 구성하고 있는 각각의 부재나 구조물의 상태 및 안전성평가 결과로 산출된 개별시설물의 상태평가지수(E_c)와 안전성평가지수(E_s) 중 작은 값을 종합평가지수(E_t)로 적용하여 종합평가지수(E_t)에 따른 종합평가 기준에 의해 개별시설물에 대한 종합평가 결과를 부여한다.

$$\text{종합평가지수}(E_t) = \text{Min}(E_c, E_s)$$

여기서, E_c : 상태평가 지수

E_s : 안전성평가 지수

4.2. 종합평가

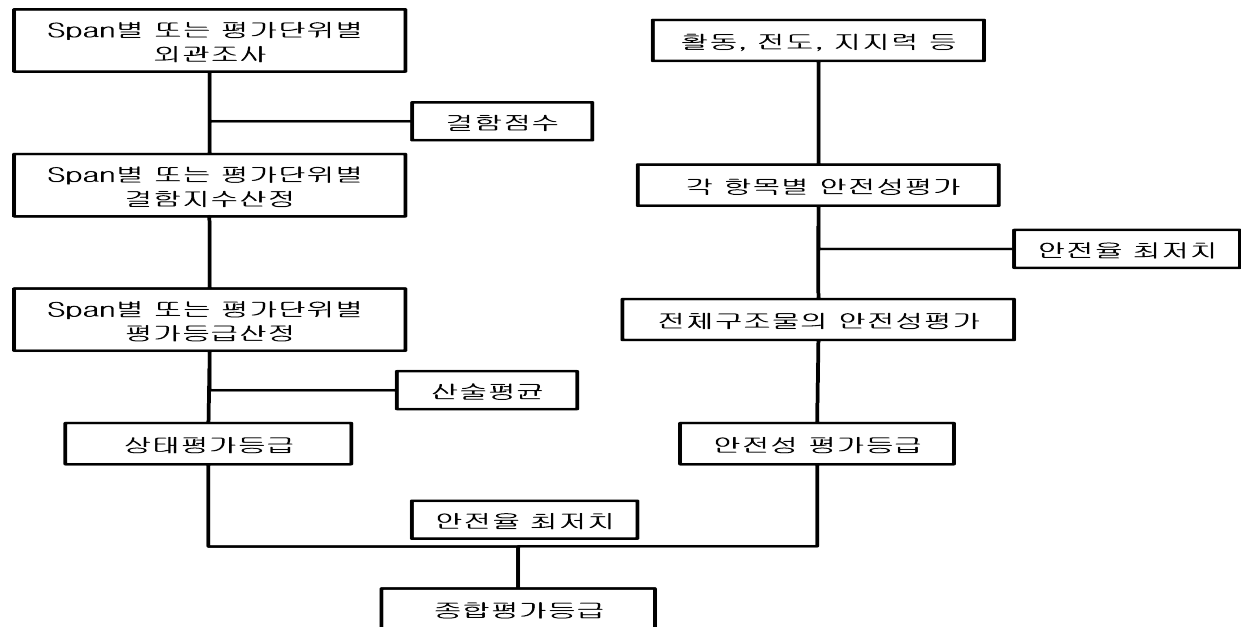
시설물의 상태평가와 안전성평가를 실시한 경우에는 각각의 결과로 부여된 상태평가 결과와 안전성평가 결과를 종합적으로 비교·검토하여 그 시설물에 대한 종합평가를 결정하며, 시설물에 대한 종합평가 기준은 종합평가지수에 따라 결정한다.

4.2.1 종합평가 기준

<표 4.1> 종합평가 기준

종합평가지수(E)	종합평가 기준	비 고
$0.00 \leq (E) < 0.15$	A	
$0.15 \leq (E) < 0.30$	B	
$0.30 \leq (E) < 0.55$	C	
$0.55 \leq (E) < 0.75$	D	
$0.75 \leq (E)$	E	

4.2.2 종합평가등급 산정방법



<그림 4.1> 종합평가 결과 산정 절차

4.3 안전등급의 지정

정밀점검 및 정밀안전진단을 실시하는 경우 상태평가 및 안전성평가 등을 종합적으로 평가하여 「법」 제16조 및 「영」 제12조에 따라서 책임기술자는 당해 시설물에 대한 종합적으로 평가한 결과로부터 안전등급을 지정하여야 한다.

<표4.2> 시설물의 안전등급

안전등급	시설물의 상태 및 안전성
A(우수)	· 문제점이 없는 최상의 상태
B(양호)	· 보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태
C(보통)	· 주요부재에 경미한 결함 또는 보조부재에 광범위한 결함이 발생하였으나 전체적인 시설물의 안전에는 지장이 없으며, 주요부재에 내구성, 기능성 저하방지를 위한 보수가 필요하거나 보조부재에 간단한 보강이 필요한 상태
D(미흡)	· 주요부재에 결함이 발생하여 긴급한 보수·보강이 필요하며 사용제한 여부를 결정하여야 하는 상태
E(불량)	· 주요부재에 발생한 심각한 결함으로 인하여 시설물의 안전에 위험이 있어 즉각 사용을 금지하고 보강 또는 개축을 하여야 하는 상태

5. 보수 · 보강방안

5.1 개 요

현장조사를 통하여 조사된 손상 및 공용 중 발생하는 손상들은 그 원인을 추정하고, 손상정도를 평가하여 그 원인을 규명한 후, 적절한 보수를 실시하여 사용성 및 내구성 저하를 방지하여야 하며, 효율적인 유지관리가 될 수 있도록 하여야 한다.

5.1.1. 보수·보강 방안수립에 따른 검토사항

본 용역 수행 시 조사된 손상에 대하여 보수·보강 방안수립 시 외관조사, 내구성조사, 상태평가 결과 등을 종합적으로 검토하고 시공성, 경제성 등을 고려하여 적합한 재료와 보수·보강 공법을 선정하였으며, 그에 따라 보수·보강의 우선순위 선정은 결함, 손상, 열화의 상태, 구조적 안전성, 사용성 및 내구성 등을 종합적으로 고려하여 결정하였다.

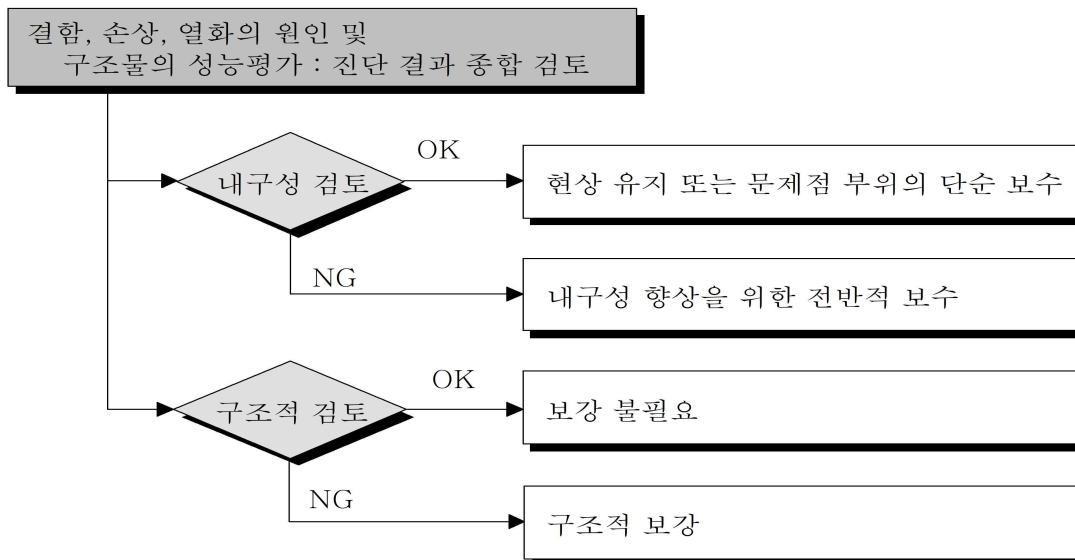
< 표5.1 > 보수 · 보강 방안 수립 시 검토사항

검 토 항 목	검 토 내 용
보수 · 보강 필요성 판단	· 외관조사, 내구성조사, 상태평가 → 진단 결과 종합 분석 후 보수 · 보강 여부 판단
보수 · 보강 공법의 선정	· 구조물의 기능 · 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, 손상, 열화의 중요도 · 구조적 안전성, 사용성, 내구성

5.1.2. 보수·보강 필요성 판단

보수의 필요성은 발생한 손상(균열 등)이 어느 정도까지 허용되는가의 판단에 의하여야하며, 이를 위해 지침 및 각종 기준(표준시방서 등)을 참조한다.

보강의 경우는 부재안전율을 각종 기준에서 정하는 수치이상으로하기 위하여 어느 정도까지 부재단면 등을 증가하여야 하는지를 판단하여야 한다.



<그림 5.1> 보수·보강 범위의 결정

5.1.3. 보수·보강 공법 선정 및 수준 결정

가. 보수·보강 공법의 선정

우수한 성능의 보수·보강 공법도 적용구조물이 형식과 환경조건에 따라서 그 성능이 충분히 발휘되지 않는 경우가 있다. 따라서 보수·보강 공법 선정 시에는 구조물의 중요도, 형식, 기능, 환경조건 혹은 보수 후의 내용년수 등을 고려하여 공법이 그 성능을 충분하게 발휘할 수 있는지 고려하였다.

(1) 철근부식에 대한 보수 공법

철근이 부식되어 있는 부분이 노출되도록 콘크리트를 파취하고, 철근이 부식된 부분의 녹을 제거하여 철근에 방청처리를 한 후, 콘크리트에 프라이머 도포를 행한후에 폴리머시멘트 모르타(PCM)등의 재료로 충전 보수한다.

(2) 누수에 대한 보수 공법

콘크리트의 누수는 구조물의 기능장애와 노후화의 원인이 되므로, 누수방지 및 방수대책의 수립이 필요하다.

(3) 콘크리트 탄산화 부위보수 공법

탄산화가 20~30mm정도 진행된 경우에는 탄산화된 콘크리트를 제거한 후 단면복구용 모르타르로 보수하는 것이 원칙이나, 이러한 경우 공사비용이 과다하기 때문에 현실적으로 불가능하다는 지적이 있다. 따라서 구조체의 경우 중성화를 방지할 수 있는 콘크리트 탄산화 방지용 밀폐형 기밀 도료칠을 한다.

(4) 침하에 대한 보수·보강 공법

1) 고압분사 교반공법

물과 공기를 혼합한 초고압 분류체가 갖고 있는 운동에너지를 이용하여 지반의 조직구성을 파쇄하고, 파괴된 토립자와 경화재를 혼합 교반하여 초대형의 원주상 고결체를 조성하는 공법이다.

2) 압력주입 그라우팅 공법

비유동성(고결체에 가까움)주입재를 지반에 압입하여 균일한 고결체를 형성함과 동시에 주변지반을 압축 강화시키는 공법으로 주입재가 흙의 공극속으로 침투되는 것이 아니라 동공을 메우거나 주입재를 압입하여 지중의 소요 보강부위에 적합하고 다양한 형상의 기초를 시공하는 공법이다.

3) 앵커공법

특수조직으로 구성된 앵커를 지반에 삽입한 후, 모르타르 또는 시멘트 밀크를 압입주입하고 구근을 형성하여 발생하는 지반지압에 의한 인장력으로 구조체의 안정을 도모하는 공법이다.

4) 성토하중 경감공법

배면 에프론트를 소정의 심도까지 굴착하고 콘크리트 슬래브를 설치하거나 중공구조물을 설치함으로써 상부로부터 전달되는 성토하중을 감소시켜 전면 구조물의 안정(전도, 활동, 지지력)을 도모하는 공법이다.

5) 경량재료치환공법

벽체배면의 뒷채움을 고분자 계통의 경량제품인 E.P.S(expand polystyrene form)로 치환하거나 이 이외에도 환경오염의 염려가 없는 한 성토체보다 가볍고 내구성 등의 성토 목적을 충족시킬 수 있다면 다른 유사 재료를 치환함으로써 벽체에 작용하는 토압을 경감시켜 구조물의 안정을 도모하는 공법이다.

(5) 경사 및 전도에 대한 보수·보강공법

전면부의 수동토압의 감소현상이나 배면 주동토압의 증가로 발생하는 손상 형태에 대한 보수·보강기법으로 다음과 같은 공법들을 제안한다.

1) 저항모멘트 감소에 대한 보수·보강

- 전면 기초지반 세굴부위의 보강
- 지반의 고압분사교반공법
- 압력주입그라우팅 공법에 의한 강도증진
- 앵커공법에 의한 저항모멘트 증가

2) 전도모멘트 증가에 대한 보수·보강

- 주동토압계수 감소기법
 - 압력주입그라우팅 공법 : 천공된 구멍을 통하여 지반의 간극에 액상물질을 주입시킴으로서 지반을 경화시키는 공법
 - 고압분사교반공법 : 비트를 회전시킴으로서 지반을 교란시키며 액성시멘트 혼합물을 주입하여 흙과 교반되도록 하여 지반을 개량하는 공법
- 배면 성토하중을 경감시키는 공법

(6) 구조물의 활동에 대한 보수·보강공법

압력주입 그라우팅공법이나 고압분사 교반공법에 의한 지반강화 또는 앵커공법을 적용한다.

(7) 구조물 뒷채움부 침하 및 공동에 대한 보수·보강공법

뒷채움부의 침하형태는 지반의 압밀침하 및 전단파괴를 동반하여 나타나는 광역침하와 뒷채움 흙의 특정부위가 침하하는 국부침하로 나눌 수 있으며, 보강방법으로는 위향의 공법과 유사한 공법들이 적용된다.

(8) 벽체의 파손에 대한 보수·보강공법

일반적으로 결손 단면이 큰 경우에는 프리팩트 콘크리트 공법을 사용하게 되는데 단면구조체에 형틀을 설치하고 보수 부분에 조골채 충전, 주입재 충전, 양생 탈형의 공정으로 이루어진다.

나. 보수·보강의 수준 결정

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

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

다. 보수재료의 선정

1) 보수재료의 기본 특성 설정

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

2) 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 성능이다. 재료 자체의 열화에 대한 저항성과 밀접한 관계가 있다. 부착성과 수축성 등은 보수재료가 구조물과 일체화해서 거동하는 것에 기본이 되는 성능이고, 이것이 불충분한 경우 이들 재료는 그 본래의 목적을 달성할 수 없다.

3) 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 시판 재료를 조합한 재료시스템을 구축해도 좋다. 재료를 조합해서 사용하는 경우에는 고려방법과 조합의 가능성, 문제점 등에 관해서 명확히 해둘 필요가 있다.

4) 보수재료의 성능조사

보수재료가 요구성능을 만족하고 있는가를 적당한 방법을 통해서 조사해야 한다. 이 조사는 설계된 재료의 성능 평가값이 요구 성능의 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.

라. 우선순위 결정

각 시설물은 주요부재와 보조부재로 이루어져 있으며, 이들 시설물에서 발생된 각종 결함에 대하여, 보강을 보수보다, 주요부재를 보조부재보다 우선하여 보수·보강 우선순위를 결정한다.

또한 전체 시설물에서의 우선순위 결정은 각 시설물이 가지는 중요도, 발생한 결함의 심각성 등을 종합검토 후 결정한다.

<표 5.2> 보수·보강 우선순위 선정기준

구 분	순 위	내 용
단 기 대 책	1순위	· 주요부재에 발생된 결함 및 손상이 커 내하력에 영향을 미치는 경우 (철근이 노출되어 철근부식에 의한 내하력 저하 가능성이 있는 손상) · 손상 방치시 2차 손상으로 진전 가능성이 있는 경우 · 시설물의 안전관리에 관한 특별법 시행령 제12조, 시행규칙 13조에서 정한 결함
	2순위	· 즉각적인 보수는 요구되지 않지만 내하력, 기능성 저하 방지를 위한 보수가 필요한 경우 (철근부식 가능성이 있는 손상 또는 기존 보수부 중 손상이 발생되었으나 내부 상태를 관찰할 수 없는 경우) · 기능발휘에는 지장이 없으나, 내구성 증진을 위해 연차보수가 필요한 경우 (방치시 규모가 증대될 수 있는 손상 및 사용성을 위해 보수가 필요한 경우)
장 기 대 책	3순위	· 발생된 손상이 경미하여, 유지관리를 통한 점검이 필요한 경우

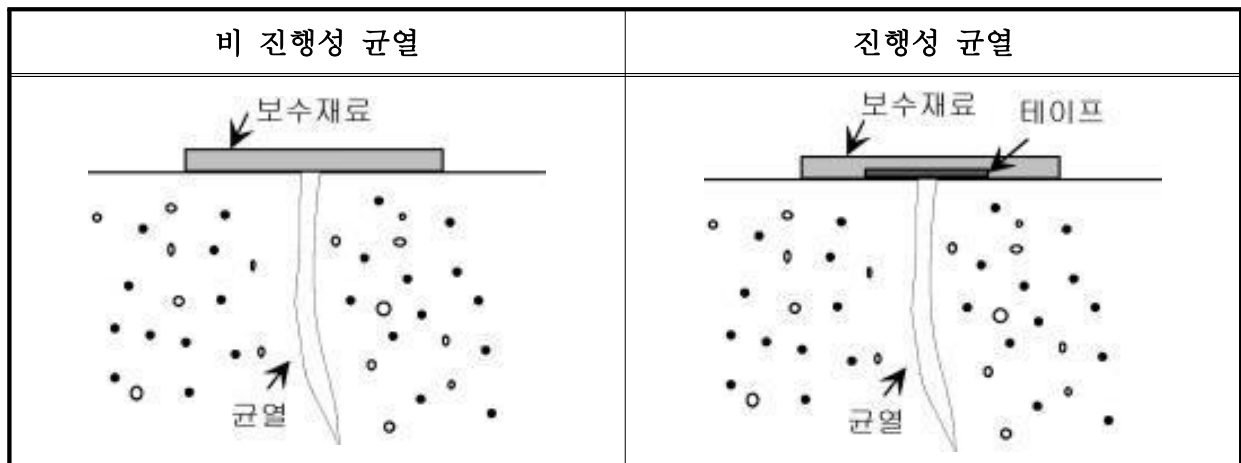
5.2 보수·보강 방안

5.2.1 옹벽 보수·보강공법

가. 표면처리공법

1) 공법개요

콘크리트 표면이 노후 및 열화된 부위에 대해서 그라인더를 이용하여 열화부위를 제거하고 표면보호제를 도포하여 보수하는 방법이며, 표면백태, 폭 0.2mm이하의 미세균열의 발생 부위에 적용한다. 또한, 보수 효과는 콘크리트 표면의 보수에 그치므로 본 공법 적용시 균열 등의 결함발생 여부에 대한 주기적인 관찰이 요구된다.



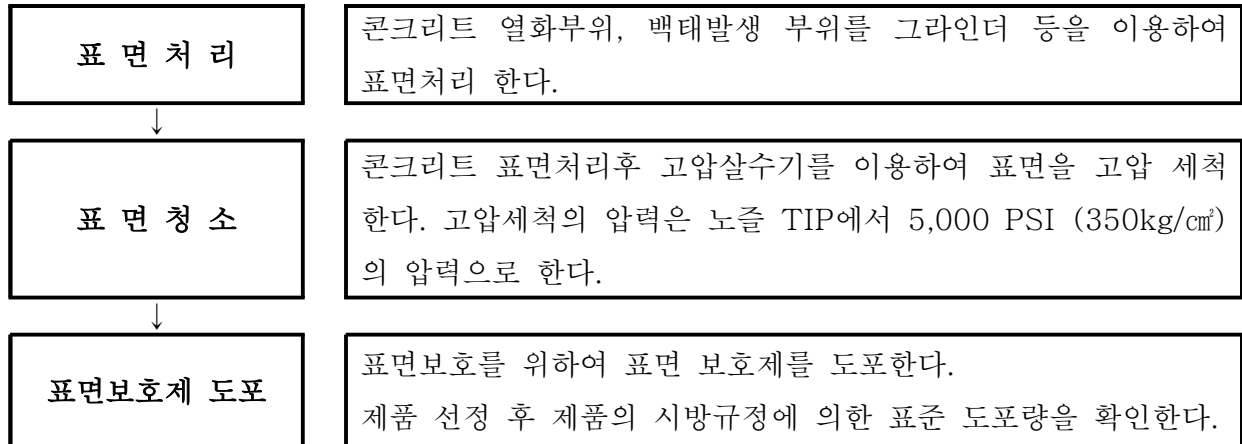
<그림 5.2> 표면처리공법 보수개요도

2) 시공방법 및 유의사항

균열의 성장이 정지된 상태에서는 균열선 및 백태를 따라 폭 50~100mm를 와이어 브러시로 닦아 내거나 심한 경우 치핑을 실시한 후 폴리머 시멘트 페이스트나 모르타르로 균일하게 도포한다.

균열 폭의 변동이 큰 경우에는 경화후의 재질이 단단한 폴리머 시멘트 페이스트나 모르타르로 보수할 경우 보수부위에 다시 균열이 발생하므로 균열면을 와이어 브러시로 완전히 청소한 후 균열선을 중심으로 폭 10~15mm 절연재를 부착하고, 절연재를 중심으로 폭 30~50mm, 두께 2~4mm의 변형성 및 신장성이 큰 실링재를 도포하여 바닥의 변형을 이 테이프사이에서 흡수할 수 있도록 한다.

3) 시공순서도



4) 표면처리 보수재료 비교

<표 5.3> 표면처리 보수재료 비교

구 분	무기계 표면 도포제	EPOXY계 표면코팅	시멘트 페이스트
장점	· 표면 접착력이 강하다. · 빠른 시간내 지수효과가 크다. · 경화 후 충격이나 내후성이 강하다.	· 시공이 간편하다. · 표면이 완전 건조상태에 있을 경우 보수효과가 크다.	· 시공이 간편하다. · 공사비가 저렴하다.
단점	· 5℃이하에서는 작업이 불가하다.	· 손상면에 습기 등 발생시 보수부 박리 발생	· 보강효과가 다른공법에 비하여 떨어진다. · 보수 후 재발가능성이 크다.
시공 방법	① 백태, 백화, 누수흔적 부분을 치핑 ② 고압 세척 ③ 코팅재 혼합 및 시공 ④ 마감 및 양생	① 백태, 백화, 누수흔적 부분을 치핑 ② 표면을 고압세척한다. ③ 에폭시계 표면처리제를 도포한다. ④ 마감한다.	① 백태, 백화, 누수흔적 부분을 치핑 ② 표면을 고압세척한다. ③ 건조 후 시멘트 페이스트를 바른다. ④ 마감한다.

5) 표면처리 공법비교안

<표 5.4> 표면처리 공법비교안

구 분	에코플래시 공법	ECC공법	프리웨팅 공법	리노시스템 공법
개 요 도	1. 표면처리 2. 고압수 세정 3. ERH-HF 필링재 도포 4. ERH-WS 프라이임 도포 5. ERH-WS 코트 도포 	1. 표면처리 2. 고압수 세정 3. ECO-PR 도포 4. ECO-TOP 도포 	1. 표면처리 2. 고압수 세정 3. 방수성 프라이머 도포 4. 마감도장 재코팅 	1. 표면처리 2. RM-SOC 도포 3. HCT-400CL 4. HCT-400CF 코팅제 
공 법 개 요	침투성폴리머와 특수미립시멘트로 구성되며, 열화된 RC구조물의 방식 및 보수하는 공법.	세라믹 성분이 함유된 도료로 유해원소를 차단하여 우수한 내구성능을 부여하는 공법.	이중오거 믹스 샤프트를 이용한 프리웨팅 스프레이 방식의 콘크리트 보수공법	난용성 충전용 모르타(리노물탈)을 이용한 콘크리트 보수 공법.
장 점	· 미세균열 주위 콘크리트 강도증가 내해수, 내약품성, 침식성이 우수. · 중성화 및 염해방지 기능.	· 균열에 대한 저항이 큼. · 부착력 우수.	· 기계화 시공으로 공기단축. · 초기강도 높음. · 표면이중보호/내구년한 증진	· 내화학적, 내충격성 우수. · 시공성, 작업성 우수.
단 점	· 재료의 특성상 전문 기능공 필요.	· 재료 특성상 전면시공 필요. · 시공실적이 적음.	· 소규모 보수는 작업효율성 저하	· 습윤면 부착 어려움. · 시공실적이 적음.

나. 주입보수 공법

1) 개요

균열부에 수지를 주입하면 콘크리트와 일체를 이루어 콘크리트의 방수성을 향상시켜서 내부 철근의 부식방지 및 콘크리트의 열화방지에 효과적이다. 균열보수는 균열 폭 및 균열깊이, 균열의 형태, 구조적 안전성 여부 등을 종합적으로 판단하여 보수 목적에 따라 가장 유리한 보수 대책을 선정하여야 한다. 또한, 균열보수는 균열폭과 균열깊이를 고려하여 이에 적합한 주입속도, 점도 및 양생 속도를 갖는 수지재료를 사용하여야 한다.

2) 주입공법의 종류

균열 주입공법에는 압입식과 흡입식이 있다. 압입식 주입공법에는 수동식, 기계식, 저압·저속식 주입 및 자동주입식 기계주입공법이 있으며, 이 중 저압·저속식 주입은 주입량 파악이 쉽고 균열 구석까지 주입할 수 있는 특징이 있어 유리하다.

〈표 5.5〉 주입공법의 종류

압입식 공법	흡입식 공법
· 수동식 주입 : 인력 · 기계식 주입 : 공기압식, 유압식, 기어식 · 저압·저속식 주입 : 고무, 용수철, 공기 등의 압력 · 자동주입식 기계주입 : 자동주입기	· 균열의 양단에 흡기구와 충전재 주입구를 설치하여, 흡입펌프로 충전재를 흡입주입

3) 압입식 수지 주입공법 적용

이 공법은 균열 위에 주입수지가 들어있는 용기를 설치하여 고무, 용수철, 공기압, 자동식 기계 등으로 수지를 주입하는 방식으로 압입방식은〈표 5.6〉과 같다. 이 공법을 적용함에 있어서는 시공위치, 시공시간에 맞는 작업시간 및 균열폭에 대응한 점도의 재료를 선정하는 것이 중요하고, 균열폭에 알맞은 수지의 점성도는〈표 5.7〉과 같으며, 일반적인 주입 파이프의 간격은 〈표 5.8〉와 같다.

〈표 5.6〉 압입식 수지주입공법

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

<표 5.7> 균열폭에 알맞은 수지의 점도

형 상		점도(20℃, cp)	주입 가능한 균열 폭
액 상	저점도	500±200	0.1mm 전후
	고점도	1,500±500	0.2mm 전후
Gel 상태		6,000±1,000	0.5~5.0mm 전후

<표 5.8> 균열폭에 따른 주입파이프/패커의 간격

균열 폭(mm)	주입파이프/패커 간격(mm)	비 고
0.3이하	50~100	
0.3~0.5	100~200	
0.5~1.0	150~250	
1.0이상	200~300	

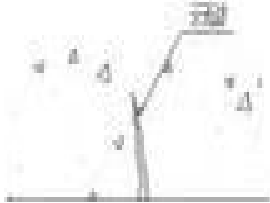
<표 5.9> 에폭시계 수지의 규격

시험항목	시험방법	시험조건	단 위	실링 및 퍼티용 규격치	주입용 규격치
비 중	KS M 3015	20℃ 7일간		1.7±0.2	1.2±0.2
사용가능시간	온도상승법	20℃	분	60이상	30이상
점 도	JIS K 6838	"	CPS	-	5,000이하
압축항복강도	KS M 3015	20℃ 7일간	kgf/mm ²	6.0이상	6.0이상
휨강도	"	"	"	3.5이상	4.0이상
인장강도	"	"	"	2.0이상	2.0이상
압축탄성계수	ASTM D 695	"	"	0.1~0.6	0.1~0.6
인장전단강도	KS M 3722	"		100이상	100이상
충격강도	KS M 3015	"	kgf·mm/mm ²	0.15이상	0.3이상
경 도	ASTM D 2240	"	type D	80이상	80이상
※ “콘크리트교량의 보수·보강관련 신기술 및 표준품셈 공법편람, 건설교통부, 2002.4”					

4) 압입식 수지 주입공법의 특징

수지가 들어 있는 용기를 균열 위에 설치하므로 사람의 손을 필요로 하지 않고, 용기 높이의 저압력에 의해 자동으로 주입되므로 압력에 의한 실링부의 파손도 적어 시공관리가 용이하다. 주입되는 수지의 거동은 동심원상으로 확대되므로 주입압력에 의한 균열이나 들뜸이 발생되지 않는다. 주입압력은 0.04kgf/mm² 이하로 규정되어 있으나, 실제로는 0.01kgf/mm² 전후가 사용된다.

5) 시공방법

시공순서	시공상세	
보수범위 확인		· 바탕처리 : 균열면에 유리석회 및 먼지제거
균열부위 청소		
주입용 파이프 설치		· 주입파이프설치 및 썰링 : 주입파이프 사이의 균열부분에 썰링후 1~2일 양생
균열면 썰링		
주 입		· 수지주입 : 수동식, 유압식, 자동식 주입법 등으로 주입
파이프, 썰링재 제거		
모르터 미장마감		· 주입파이프 철거 및 표면마무리

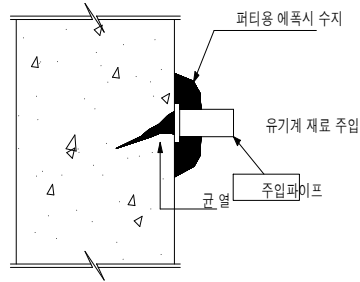
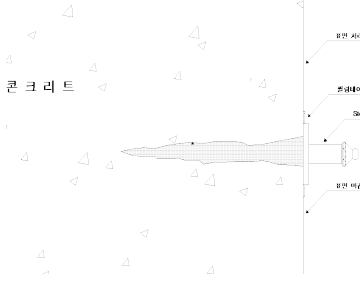
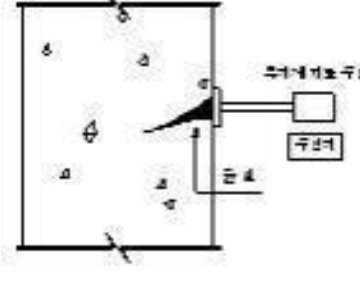
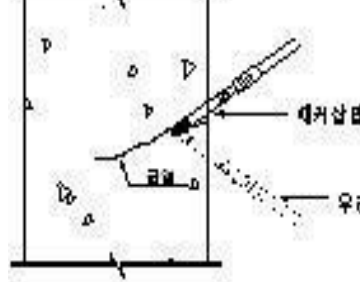
<그림 5.3> 균열 주입보수 시공방법

6) 시공시 주의사항

- ① 대기온도가 10~30℃일 때 시공 가능하며, 우천시는 중지한다.
- ② 에폭시계 수지는 사용에 앞서 현장에서 시공시의 기온에 대응하는 경화시간을 설정하여 균열 주입 효과를 높이도록 한다.
- ③ 사용하는 에폭시계 수지는 적당한 루트마다 시험을 실시하여 품질을 확보한다.
- ④ 썰링 및 표면 마감면은 주입압에 견디도록 충분히 양생한다.
- ⑤ 주입된 에폭시계 수지가 경화한 후에는 주입 파이프를 절단하고 썰링재와 함께 그라인더로 갈아 평탄하게 표면 처리한다.

7) 주입보수공법 비교안

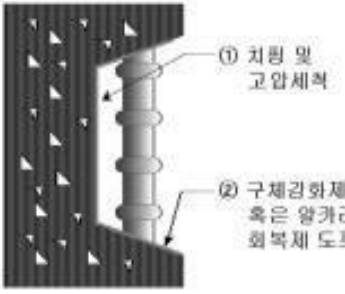
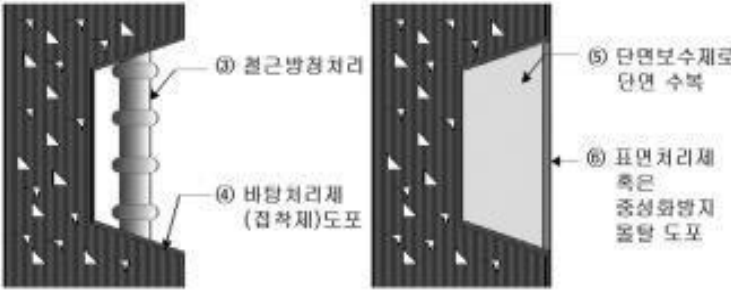
<표 5.10> 주입보수공법 비교안

구 분	페카 에폭시 주입공법	SPI 에폭시 주입공법	슬러리 시멘트 주입공법	우레탄 주입공법
개 요 도				
공 법 개 요	균열부를 썰링한 후에 무기계 재료인 에폭시를 주입기를 통하여 주입하는 공법.	에폭시 수지 주입후 탄성물질로 마감하여 보수하는 것으로 보수 후 균열진행을 막을수 있는 공법.	균열부를 썰링한 후에 무기계 재료인 폴리머 슬러리 시멘트를 주입기를 통하여 주입하는 공법.	균열부에 지그재그 방향으로 패커를 삽입하고 우레탄을 주입하는 공법.
장 점	· 인장, 휨강도가 우수함. · 경화시간이 빠름. · 시공실적 다수.	· 미세균열 보수가능. · 경화시간이 빠름. · 시공이 간단.	· 품질관리 용이. · 균열 재발생 우려없음. · 콘크리트와 동등한 물성치.	· 미세균열 보수가능. · 접착력 우수. · 탄성 및 인장강도 우수.
단 점	· 보수 후, 균열진행 가능.	· 탄성계수, 열팽창계수가 콘크리트와 다름.	· 경화시간이 느려, 공기지연. · 시공전문가 필요.	· 보수 후, 균열진행 가능.
채택안	◎			

다. 단면보수공법

1) 개요

공 법 개 요	· 단면보수공법은 콘크리트 구체에 발생 재료분리, 철근노출, 박리·박락, 표면열화 등의 손상부위를 제거하고, 철근의 부식이 진행된 경우에는 방청처리를 실시한 후 적절한 보수 재료를 통하여 제거된 단면을 원래대로 복구하는 공법
---------	---

보 수 개 념 도	
 ① 치핑 및 고압세척 ② 구체강화제 혹은 알칼리회복제 도포	 ③ 철근방청처리 ④ 방청처리제 (접착제)도포 ⑤ 단면보수재료로 단면 수복 ⑥ 표면처리제 혹은 중성화방지 도포

시공순서	보수전 조사항목
열화부 제거, 치핑 ↓ 구체강화제 도포 (혹은 알칼리회복제 도포) ↓ 철근 녹제거 및 방청처리 ↓ 신구콘크리트 접착제 도포 ↓ 모르터 수복(단면복원) ↓ 미장 및 마감 ↓ 마무리	· 내부 철근의 부식상태 · 콘크리트의 열화 및 중성화 상태 · 균열의 발생/진전상태 · 염화물 함유량
시공사례	
 열화부 치핑	 구체강화제
 철근 녹제거	 철근방청처리
 신구콘크리트접착제	 단면복원/미장

2) 단면보수재료의 선정기준

철근부식이 현저한 열화부위의 보수에서는 통상적으로 녹 제거작업을 하고, 방청처리재를 도포한 후, 단면보수재를 이용하여 단면을 복구한다.

① 단면보수재

㉠ 단면보수재료 시방규정

단면보수재는 시멘트계의 단면보수재 및 수지계 단면보수재로 크게 나누어지고, 일반적으로는, 각각 폴리머시멘트 모르터 및 경량에폭시 모르터가 대표적인 재료로서 상용되고 있으며 그 시방규정은 다음과 같다.

㉡ 폴리머시멘트 모르터

시멘트 모르터 중에 폴리머를 첨가한 것이고, KS F 4916(시멘트혼화용 폴리머 분산제)에 규정되어 있는 시멘트혼화용 폴리머 분산제 및 재유화형 분말수지가 사용되고 있으며, 일회의 복구두께를 크게 하기 위해서 경량화한 모르터도 사용되고 또, 이들 모르터는 그 대부분이 프리믹스되어 사용되고 있다. 폴리머시멘트 모르터의 품질규정은 다음과 같다.

<표 5.11> 폴리머 시멘트 모르터 품질기준

구 분		KS F 4042 (2002) 콘크리트 구조물 보수용 폴리머시멘트모르터	비 고
시멘트 혼화용 폴리머의 고형분(%)		표시값 $\pm 1\%$ 이내	—
압축강도(MPa)		20.0 이상	—
휨강도(MPa)		6.0 이상	—
접착강도(MPa)	표준조건	1.0 이상	—
	온냉반복 후	1.0 이상	—
내알칼리성		압축강도 (20.0MPa) 이상	—
중성화 저항성(mm)		2.0 이하	—
투수량(g)		20.0 이하	—
물 흡수계수(kg/(m ² ·h0.5))		0.5 이하	—
습기투과저항성(Sd)		2m이하	—
염화물이온 침투저항성(coulombs)		1,000 이하	—
길이변화율(%)		± 0.15 이내	—

㉔ 경량에폭시 모르터

에폭시수지의 주재와 경화재를 각각 혼화한 2종류의 모르터 성분을 충분히 섞어서 사용되며, 골재에서는 속이 비어있는 경량골재를 사용해서 경량화하고 있다. 또, 프라이머 도포가 포함되어 있는 경우에는 품질시험 시에도 그 시공요령에 따라서 프라이머도포를 포함하여 평가한다. 경량에폭시 모르터의 품질규정은 다음과 같다.

<표 5.12> 경량에폭시 모르터 품질규정

항 목	기준규격 등	
	일본 NSK규격 NSKS-005 손상보수용 경량에폭시 모르터	· 건설성영선부 「건축개수공사감리지침」
종 류	일반용 : 봄, 여름, 가을 겨울용 : 겨울	일반용 : 봄, 여름, 가을 겨울용 : 겨울
흐트러짐	일반용 : 20℃ 경화까지 흐트러짐 없음 겨울용 : 5℃ 경화까지 흐트러짐 없음	형상에 이상이 없고 흐트러짐이 발생하지 않음
휨강도(MPa)	10.2 이상	10 이상
접착·부착강도 (MPa)	20℃ : 1.2이상 습윤 : 1.2이상 온냉반복 : 1.2이상	파괴는 콘크리트에서 일어나고 1.0이상
압축강도(MPa)	겨울용 : 5℃ 1일 10.2이상 일반용 : 20℃ 1일 10.2이상 공통 : 20℃ 7일 10.2이상	—
투수성(ml)	0.5 이하	—
균열내구성	시험모르터 및 기판에 균열이 생기지 않는 것	—

㉕ 단면보수재료의 역학적 성질

보수단면이 큰 경우와 구조보수를 하는 경우에는 보수부의 콘크리트와 역학적인 성질이 유사한 단면복구재를 선택할 필요가 있다. <표 5.13>에서는 폴리머시멘트모르터 및 콘크리트의 겔보기 염화물이온 확산계수를 나타낸다.

<표 5.13> 폴리머시멘트모르터 및 콘크리트의 겔보기 염화물이온의 확산계수

모르터의 종류	폴리머- 시멘트비(%)	겔보기염화물 이온확산계수 (cm/s)	콘크리트의 종류	폴리머- 시멘트비(%)	겔보기염화물 이온확산계수 (cm/s)
보통시멘트 모르터	0	6.4×10^{-8}	보통시멘트 콘크리트	0	2.2×10^{-8}
SBR혼입 모르터	10	6.4×10^{-8}	SBR혼입 콘크리트	10	1.9×10^{-8}
	20	3.9×10^{-8}		20	9.3×10^{-8}
EVA혼입 모르터	10	4.4×10^{-8}	EVA혼입 콘크리트	10	7.9×10^{-8}
	20	2.4×10^{-8}		20	1.0×10^{-8}
PAE혼입 모르터	10	3.8×10^{-8}	PAE혼입 콘크리트	10	6.2×10^{-8}
	20	4.4×10^{-8}		20	5.8×10^{-8}

② 바탕조정·보호재

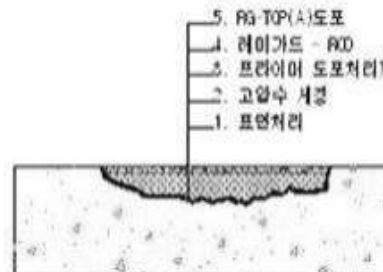
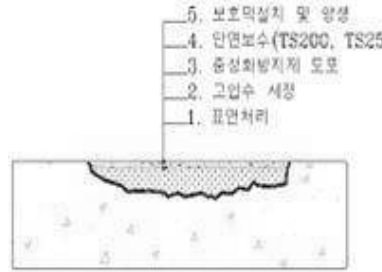
단면복구를 실시한 부위 및 단면복구와 관계없이 보호피복이 필요한 곳에 대해서 바탕조정재, 보호재의 순으로 시공된다.

③ 마감재(피복재)

마감재는 철근콘크리트 구조물로의 내구성 부여, 보호 및 미장을 목적으로 보수공법의 최종 공정에서 사용되는 재료이고, 그 사용목적으로부터 콘크리트용 피복재, 도장재, 라이닝재, 표층개선재 등으로도 불리운다. 마감재로서는 침투성 흡수방지재, 도료, 합성수지 라이닝재, 마감도재 등이 있고, 보수의 목적, 특히 열화요인을 충분히 고려한 후에 선택할 필요가 있다.

3) 단면보수공법 비교안

<표 5.14> 단면보수공법 비교안

구 분	에코플래시 공법	리폼시스템 공법	레미가드 공법	MDF 스프레이 공법
개 요 도				
공 법 개 요	침투성폴리머와 특수미립시멘트로 구성되며, 열화된 RC구조물의 방식 및 보수하는 공법.	구상형 용융슬래그 골재를 이용한 보수용 몰탈, 개량형 연속믹서와 압송펌프를 이용한 단면보수 공법.	아질산계 하이드로탈사이트를 혼입한 단면복구몰탈을 이용한 RC구조물 보수공법.	스프레이 분사장치를 이용한 대단면 보수공법.
장 점	· 미세균열 주위 콘크리트 강도증가 내해수, 내약품성, 침식성이 우수. · 중성화 및 염해방지 기능.	· 내구성, 내화학적성 우수. · 기계화 시공으로 대규모 공사시 공기절감. · 건조수축균열 생성 억제.	· 내구성, 내화학적성 우수. · 기계화 시공으로 대규모 공사시 공기절감.	· 습윤면 시공가능. · 숙련된 기술 필요 없음.
단 점	· 재료의 특성상 전문 기능공 필요.	· 좁은면적 보수시 시공성 저하. · 시공전 장비 설치시간 소요.	· 좁은면적 보수시 시공성 저하. · 시공전 장비 설치시간 소요.	· 하중변화에 의한 재균열. · 습윤면 부착이 어려움.
채택안				

5.3 유지관리 방안

5.3.1 개 요

유지관리란 시설물의 내용년수 내에 그 기능을 보존하고 이용자의 편의나 안전을 도모하기 위한 목적으로 일상정비하고 손상된 부분을 원상태로 보수하여 최초에 정비된 상태로 유지함과 아울러 시간의 경과에 따른 시설의 개량을 행하는 것이다. 따라서, 여기에는 시설물의 갱신이나 개량은 포함되지 않는다. 여기서 유지관리의 기본개념을 정리하면 다음과 같다.

<표 5.17> 유지관리의 기본개념

구 분			내 용
유 지 관 리	점검 · 검사		· 정기점검, 이상시 점검을 주체로 하며 이에 동반되는 관리업무
	평 가		· 점검 결과에 따라 시설의 건전도를 평가하여, 보수의 필요성을 판단하는 것
	유 지 보 수	유지	· 시설물의 물리적 노후도의 진행이나 기능저하를 허용한계 이내로 멈추게 하기 위한 행위
		보수	· 물리적·기능적으로 노후화된 시설물을 부분적으로 수리하여 원래의 기능과 구조로 회복시키는 행위
		보강	· 외력에 의하여 파손된 시설물을 부분적으로 보수하여 원래의 기능과 구조로 회복시키는 행위
갱신·교체		· 물리적·기능적으로 노후화된 시설물이나 이상한 외력에 의하여 파손된 시설물을 전면적으로 수리하여 원래의 기능과 구조물로 회복시키는 행위	
개 량		· 당초 계획했던 기능을 능가하는 기능을 갖출 수 있는 구조로 개량하는 행위	

5.3.2 유지관리 일반

가. 개요

시설물의 유지란 건설된 시설물이 제 기능을 유지하기 위하여 점검을 통하여 사전에 유해요인을 제거하고, 손상된 부분을 원상복구하여 당초 건설된 상태를 유지함과 동시에 경과시간에 따라 요구되는 시설물의 개량과 시설을 추가함으로서 이용자의 편의와 안정을 도모하기 위한 목적으로 시행하는 것이다.

나. 유지관리 업무 및 흐름

유지관리를 효율적으로 하기 위해서 아래의 항목에 대하여 대상 구조물을 관리하는 것으로 요약할 수 있다.

1) 자료관리

자료 관리는 본 구조물에 관련된 설계도서, 구조물대장, 보수보강대장, 사고이력 등의 자료를 정리·관리하는 일을 말한다. 그 목적은 본 구조물이 처해있는 상황을 문서를 통하여 객관적으로 확인할 수 있도록 하기 위해서이다. 자료는 구조물의 점검, 보수·보강시마다 자료가 계속 증가하므로 수정이 편리하도록 작성되어야 하며, 이런 점에서 관련내용의 전산화를 통한 데이터베이스를 구축하여 관리하면 효율적이다.

유지관리 시 필요한 관련 자료를 열거하면 다음과 같다.

- 설계도(시공 및 보수도면, 구조계산서 등) - 공사내역서 및 지방서
- 사진 및 시험결과 - 보수보강이력
- 사고기록, 점검 및 진단이력 - 시설물관리대장
- 상태 및 안전성 평가기록

2) 일상관리

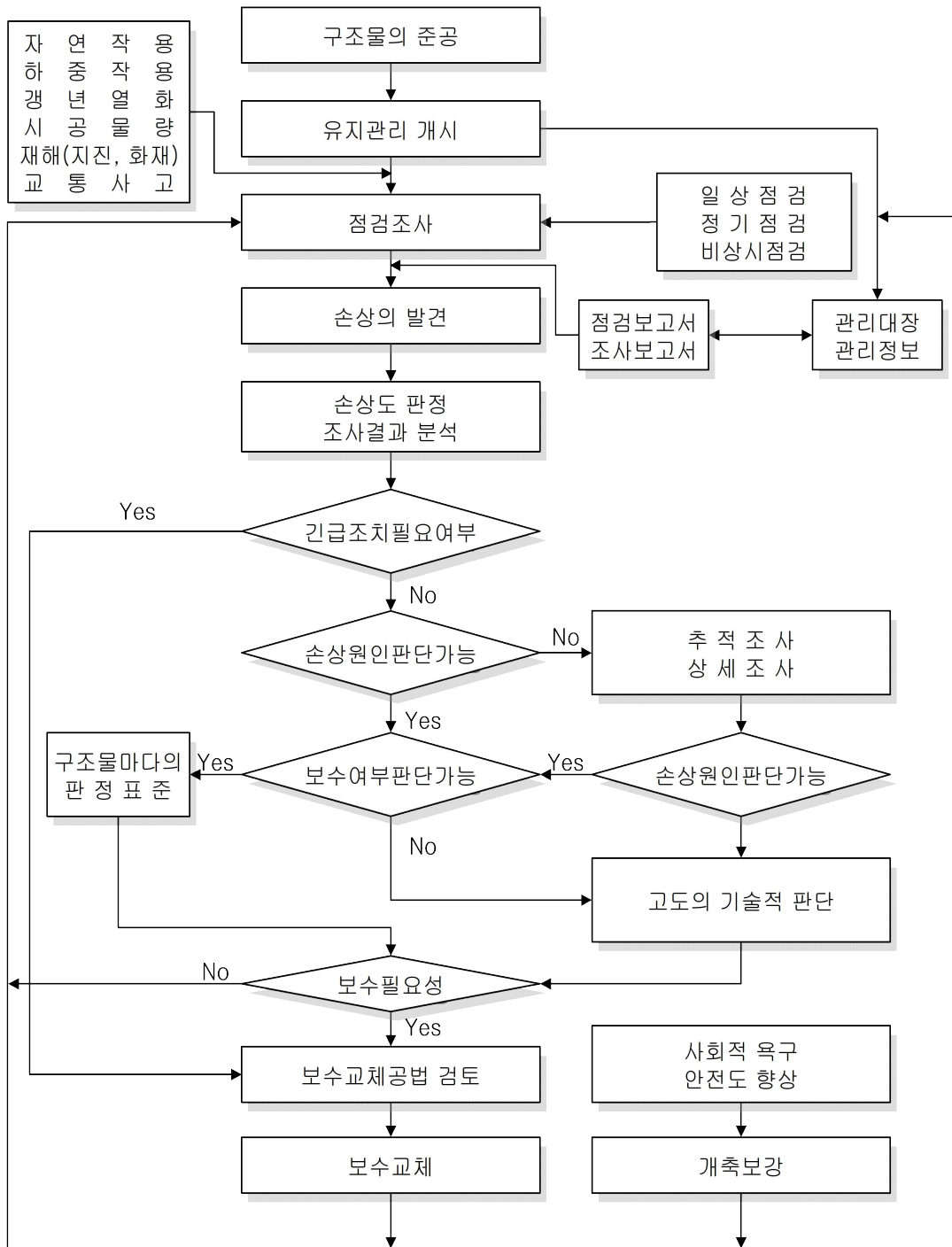
일상관리는 구조물의 내구적인 손상을 예방하는 차원에서 수행하는 작업을 말하는 것으로서 청소가 대표적인 경우이다. 또한 소모성물품의 교환, 부착물의 정비 등 간단한 작업이 여기에 포함된다.

3) 점검 및 진단

점검은 구조물의 현상을 파악하여 이상 및 손상을 조기에 발견함으로써 안전하고 원활한 기능을 확보하고 합리적인 유지관리 자료를 획득하기 위하여 실시한다. 또한 유지관리상 필요한 손상과 이상의 정도를 계속적으로 파악하기 위해서도 점검이 필요하다. 점검은 정기점검, 정밀점검, 긴급점검으로 나누며, 점검의 결과 이상의 정도가 심하거나 보수·보강의 필요성이 있는 경우에는 추적조사나 상세조사를 실시한다. 또한 위의 조사를 통하여 유지관리 담당자가 대상구조물에 대한 전문적인 조사가 필요하다고 판단할 때에는 전문가에 의한 안전진단을 실시한다.

4) 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.



<그림 5.4> 유지관리 흐름도

5.3.3 보수부위 유지관리

가. 예방 유지관리

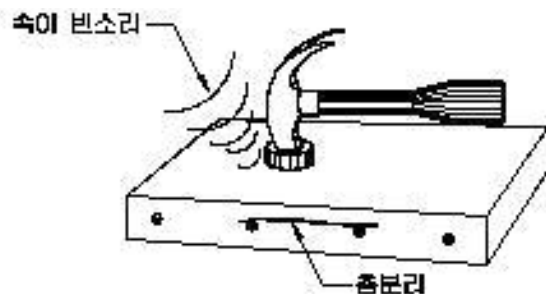
보수 및 보강을 실시할 경우 해당 공법에 대해 명칭, 신기술번호 등을 자세히 기록하고, 공사 시 문제점 등을 기록해 두어 차후 적용공법의 적합성을 검토할 수 있도록 하여야 한다.

나. 점검방법

보수·보강 부위에 대해서는 근접육안조사를 실시하여 망상균열, 누수나 백태 흔적, 녹물 유출이 발견될 경우 점검용 망치를 두드려 나는 소리로서 내부결함의 존재 여부를 추정한다. 이때 박리, 박락의 우려가 있는 부위는 검사 시 두드려서 떨어뜨린 후 위치, 규모, 내용에 대하여 조사망도에 기록, 정리하여 진행성 여부를 파악하고 보수·보강 계획 수립시 참고한다.

다. 점검도구

점검용 망치 : 내부의 공동이나 층분리 여부를 소리로 판단한다. 즉 건전한 부분을 두들기면 “핑” 하는 소리가 나지만 내부결함이 있는 부분은 “퍽” 하는 소리가 난다.



다. 점검도구의 보관

근접조사를 위한 장비(사다리 등), 랜턴, 균열자 등은 구조물의 가까운 위치에 보관함 설치 또는 경비실에 비치하여 점검시 이용할 수 있도록 한다.