

제 2장 현장조사 및 시험

2.1 개 요

2.2 외관조사

2.3 콘크리트 내구성조사

제 2장 현장조사 및 시험

2.1 개 요

본 정밀점검에서는 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(2019. 09, 국토교통부/한국시설안전공단)』에 의거 시설물의 주요부재 및 보조부재로 구분하여 평가기준을 정하여 실시하였으며, 현장조사에서 조사된 결함사항 및 현장시험에 의해 측정된 결과값은 부록에 수록하였다.

2.2 외관조사

2.2.1 주요 점검사항

1) 수문 구조물

【표 1.2.1】 수문 구조물의 결함 및 손상 종류

세부시설	결함 및 손상	비 고
수문본체, 관리교	변형	
	균열 (구조 및 건조수축)	
	기초 세굴	
	콘크리트 파손, 박리	
	철근노출, 박락	
	누수, 백태	
	퇴적	
암거, 날개벽, 물받이	상(하)부 슬래브 처짐	
	흙관변형	
	균열 (중단, 횡단, 건조수축)	
	기초 세굴	
	철근노출, 박락	
	콘크리트 파손, 박리	
	신축이음부 불량	
	퇴적	
	단차	
	누수, 백태	
	연결관 돌출	

2) 문비

【표 1.2.2】 문비의 결함 및 손상 종류

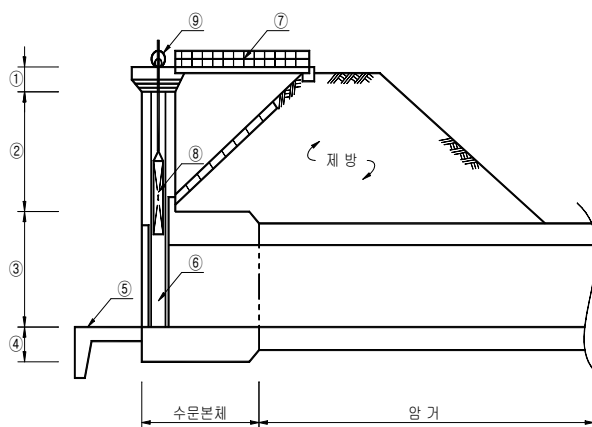
세부시설	결함 및 손상	비 고
문비	문비의 부식손상	
	문비의 변형	
	수밀부 누수	
	마찰부 손상	

3) 기계설비

【표 1.2.3】 기계설비의 결함 및 손상 종류

세부시설	결함 및 손상	비 고
권양기	작동여부	
	와이어로프의 손상	
	랙바의 손상	
	마찰부 손상	

2.2.2 외관조사 방법



번호	부 재 명	번호	부 재 명
①	조작대	⑥	문틀
②	문기둥	⑦	관리교
③	보기둥	⑧	문비
④	기초상판	⑨	권양기
⑤	물받이		

【그림 1.2.1】 수문 부재의 명칭

1) 수문 및 암거

- ① 수문과 암거의 노후화도 조사를 위하여 외관조사로 콘크리트 구조물의 균열, 박리, 층분리, 백태, 누수, 부등침하, 손상 등을 조사한다.
- ② 노출된 콘크리트 및 강재 구조물의 취약부에 대해서는 재료시험에 의거 현장시험을 실시하여, 구조물의 결함과 노후화 상태를 조사한다.

- ③ 수문 날개벽과 저판부의 세굴현상이나 배수문의 작동불량과 같은 중대한 결함이 발견되었을 경우에는 「법」의 규정에 따라 조치한다.

2) 문비

- ① 문비 및 문틀의 주부재 변형여부, 지수고무의 열화여부, 동판의 탈락·변형여부, 도장상태, 볼트·너트의 이완상태를 각 문비별로 조사
- ② 수문의 대표 문비를 선정하여 수평형의 배치간격, 사용부재, 문비의 크기 등 실제치수를 측정

3) 기계설비

(가) 외관조사

- 권양기의 구동부인 커플링부, 베어링부의 조사를 실시하며, 그리스주유 여부도 조사
- 기계설비의 손상상태평가표는 복합부재에 대하여 작성하며, 주로 손상상태를 기록하고 필요한 경우에만 개략도를 포함하여 작성

(나) 작동시험

- 문비의 작동시험은 권양기와 문비, 문틀의 정상적인 작동여부를 판단하는 것으로 각 문비별로 작동과 관련된 구동부의 특별한 소음발생여부, 수문의 개도계의 오차여부, 자동정지 여부, 자동 및 수동작동 가능여부를 기록한다.
- 문비의 작동과 관련하여 권양기 모터의 작동상태, 핸드레버 관리상태 또는 문비 지수판 고무의 부식 및 훼손 등을 파악하고 문틀의 노후화 상태를 기록한다.

2.2.3 수문 구조물의 결함 및 손상에 따른 평가유형

세부시설	결함 및 손상	평가유형	세부시설	결함 및 손상	평가유형
수문본체	변 형	중요 결함	암 거	상(하)부 슬래브 처짐	중요 결함
	구조적 균열			흙관변형	
	기초 세굴			중단균열	
	콘크리트 파손, 박리	국부 결함		기초 세굴	국부 결함
	철근노출, 박락			철근노출, 박락	
	철근노출, 박락			횡단균열	
	중 성 화			콘크리트 파손, 박리	
	염분함량			신축이음 불량	
	건조수축 균열	일반 손상		중 성 화	일반 손상
	누수, 백태			염분함량	
퇴 적	건조수축 균열				
	토 적				
		단 차			
		누수, 백태			
		연결과 독출			

2.3 콘크리트 내구성조사

2.3.1 개 요

콘크리트 내구성 조사는 구조물에 열화손상이 이미 현저하게 진행되었을 경우 열화의 정도 및 그 인과관계를 규명하고 보수·보강 여부의 판정을 하며, 아직 열화손상이 없거나 경미한 구조물은 내구성 조사에 의해서 향후 열화 경향을 예측하고 예방보전을 검토하기 위한 자료를 수집하는 것을 목적으로 한다.

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.

① 반발경도(R)

슈미트 해머로 경화된 콘크리트 표면의 타격시 내부에 중추의 반동량을 반발도(R)로 표시하며, 이 반발도의 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, 3점 이상을 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 1.2.2】 반발경도법에 의한 압축강도 추정도

② 보정반발경도(R_0)

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

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

여기서, ΔR_1 : 타격방향에 따른 보정값

ΔR_2 : 콘크리트의 습윤상태에 따른 보정값

- 타격 방향에 따른 반발경도의 보정(ΔR_1)

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

【표 1.2.5】 반발경도 보정값

반발경도	보 정 값				비 고
	+90°	+45°	-45°	-90°	
10			+2.4	+3.2	상향수직타격 +90° 하향수직타격 -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	
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)

$$F_c = -18.0 + 1.27 \times R_o \quad \text{〈일본재료학회식〉} \quad \text{〈식 1〉}$$

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

－ 고강도 콘크리트(MPa)

$$F_c = \alpha (-214 + 13.3 \times R_o) \quad \text{〈고속철도공단〉} \quad \text{〈식 3〉}$$

$$F_c = 15.2 \times R_o - 112.8 \times \alpha \quad \text{〈과학기술부〉} \quad \text{〈식 4〉}$$

④ 28일 강도의 추정

시일이 경과할수록 콘크리트 구조물은 표면경도가 높아지므로 <식 5>와 같이 재령 28일 강도(F_{28}')로 환산하여 압축강도를 추정한다. 콘크리트의 재령에 따른 압축강도 보정계수 α 는 다음과 같으며, 3000일 이상의 재령에 대해서는 0.63을 적용한다.

$$F_{28}' = \alpha \cdot F_c \quad \text{〈식 5〉}$$

【표 1.2.6】 재령계수 α 값

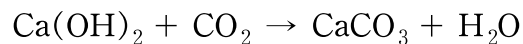
재령(일)	10	20	28	50	100	150	200	300	500	1000	2000	3000
α	1.55	1.12	1.00	0.87	0.78	0.74	0.72	0.70	0.67	0.65	0.64	0.63

나. 콘크리트 품질시험

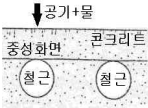
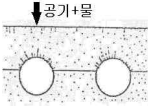
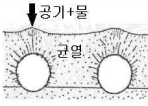
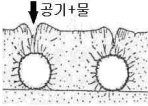
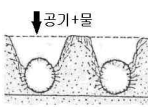
1) 탄산화 깊이 측정

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 콘크리트는 경화 시멘트풀의 수산화 화합물중 약 25%를 차지하는 수산화칼슘($\text{Ca}(\text{OH})_2$)의 영향으로 pH가 12~13인 강알칼리성을 나타내나 탄산가스가 수산화칼슘과 반응하면 탄산칼슘(CaCO_3)으로 환원되면서 표면부터 콘크리트의 pH가 서서히 10 이하로 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 의한 철근콘크리트 성능저하 과정은 다음과 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 1.2.3】 탄산화에 의한 콘크리트 성능저하

② 시험방법

콘크리트의 탄산화 조사원리는 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 깎아낸 면에서 시험하는 방법이 있으며, 금회 과업시에는 코어 공시체 및 드릴을 이용하는 방법을 병행하여 시험을 실시하였다.

③ 평가방법

㉠ 상태평가에 따른 방법

【표 1.2.7】 탄산화 잔여깊이에 따른 철근부식의 가능성

탄산화 잔여깊이	철근부식의 가능성
30mm 이상	•탄산화에 의한 부식발생 우려 없음
10mm 이상 ~ 30mm 미만	•향후 탄산화에 의한 부식발생 가능성 있음
0mm 이상 ~ 10mm 미만	•탄산화에 의한 부식발생 가능성 높음
0mm 미만	•철근부식 발생

㉡ 탄산화속도계수를 이용한 내구수명 평가 방법

탄산화속도는 경과시간 t 의 평방근에 비례하여 진행한다고 하는 $\sqrt{t}$ 법으로 표현된

다. 탄산화깊이 C 는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$C = A\sqrt{t}$$

여기서, C : 탄산화깊이(mm), A : 탄산화속도계수, t : 재령(년)

여기서 구해진 탄산화 속도 계수(A)를 실제 탄산화 깊이와 경과년수를 이용하여 역추적으로 구한 후 탄산화가 철근에 도달하는 시간을 계산하면 콘크리트의 탄산화에 대한 잔존수명이 계산 가능하다.

