

제 3 장

현장조사 및 시험

3.1 개요

3.2 외관조사

3.3 내구성조사

제3장 현장조사 및 시험

3.1 개요

내진성능평가에서 현장조사는 사전에 준공도서, 외관조사 망도 등을 충분히 숙지한 후 공용기간 중 하중변화 및 준공도서와의 일치를 확인하여 평가 반영 여부에 중점을 두고 조사하였다.

현장조사는 시설물에 관한 기초자료를 측정할 뿐만 아니라 시간 경과에 따른 구조물의 상태변화(결함, 손상, 열화 등) 및 진행성 손상의 변화여부, 재료물성치의 변동, 내구성능의 변화를 추적하기 위하여 수행하며 크게 외관조사와 재료시험으로 구분된다. 구조물의 결함 및 손상은 내적, 외적으로 구분되어지나 대부분의 열화현상들이 외적으로 표출되므로 외관조사는 구조물의 상태파악을 위하여 대단히 중요한 진단요소이다.

본 과업에서는 현장조사 시 고소차, 교량점검차, 사다리 등 각종 장비를 이용하여 최대한 근접한 상태에서 외관조사를 실시하였다. 외관조사의 방법 및 평가기준은 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(2023. 12 국토교통부, 국토안전관리원)』에 의거 실시하였다.

내진성능평가에서 내구성시험은 구조물에 열화손상이 이미 현저하게 진행되었을 경우 이를 반영하여 평가에 적용하고, 준공도서와의 일치여부를 확인하여 평가에 반영할 수 있도록 자료를 수집하는 것을 목적으로 한다.

재료시험은 시설물이 위치하는 현장에서 구조물에 손상을 입히지 않고 강도 및 품질상태, 재료특성 등을 측정하는 것으로 구조물의 특성을 간접적으로 측정하는 시험방법으로서 내구성시험으로도 표현되며 일반적으로 비파괴시험이 이용된다.

비파괴시험(Non-Destructive Test)이라 함은 재료나 구조물 등의 검사 시 시험대상물의 손상없이 조사대상물의 성질, 상태 또는 내부구조를 알아보기 위한 조사기법 전체를 일컫는다. 현재 개발되어 콘크리트에 적용되는 비파괴 시험법은 적용목적에 따라 크게 두 가지 유형으로 분류할 수 있다. 첫 번째 범주는 콘크리트의 강도추정을 목적으로 하는 비파괴시험방법이며, 또 다른 범주로는 콘크리트 강도 이외의 물성 또는 상태를 조사하기 위한 목적을 가진 비파괴시험방법을 들 수 있다.

본 과업에서 향남IC교 내진성능평가의 경우 현장조사 및 시험의 경우 「2023년 국토82호 선 향남IC교 등 3개소 정밀안전점검 용역」 보고서를 활용하였으며, 그에 대한 내용은 아래에 정리하였다.

3.2 외관조사

3.2.1 외관조사 개요

일반적으로 설계단계에서 예측할 수 없는 외력의 작용이나 천재지변에 의한 손상 등을 제외하고는 시공미흡에 의한 초기결함, 일시적인 물리적 힘에 의한 손상, 공용 년 수의 증가에 따른 노후화, 경년열화 등은 외관조사를 통해 대부분 판별할 수 있다. 여기에, 설계오류에 의한 구조적 결함이나 작용하중의 변동, 사용 환경의 변화에 따라 나타날 수 있는 현상들은 구조안전성 검토과정을 필요로 하게 된다. 외관상 불완전한 상태를 나타내는 용어를 총칭하는 결함, 손상, 열화는 다음과 같은 의미를 가진다.

- 결함 : 설계, 시공상의 오류로 인해 발생하는 초기적인 불완전(ex, 초기균열, 콜드조인트, 재료분리, 철근피복부족 등)
- 손상 : 외부의 물리적인 힘의 작용 등에 의해 일시적으로 단시간에 발생하는 것을 나타내며, 시간의 경과에 따라 진행하지 않음.(ex, 국부적인 파손, 탈락, 부재변형 등)
- 열화 : 구조물의 재료적 성질 또는 물리, 화학, 기후적 혹은 환경적인 요인에 의해서 주로 시공 이후에 장기적으로 내구성능을 저하시키는 현상으로써 시간의 경과에 따라 진행하므로 경년열화라고도 표현함.(ex, 백태, 탄산화에 의한 철근부식, 강재부식 등)

〈표 3.1〉 외관조사 중점항목

구 분	외관조사 중점항목
결 함	◇ 설계 · 시공상의 오류로 인한 구조적 균열, 변형 유무 ◇ 시공미흡(철근배근, 콘크리트 타설, 다짐, 양생, 거푸집 탈형 불량)으로 인한 균열, 재료분리, 철근피복부족, 콜드조인트의 형성, 용접부 균열 및 불량, 현장이음 볼트체결 불량 등 ◇ 기하학적 형상불량(단면제원 부족) 등 ◇ 기계적 장치(반침, 신축이음)의 설치 오류
손 상	◇ 물리적인 충격에 의한 파손, 탈락 등 단면결손 ◇ 반복된 차량 하중에 의한 강재 피로균열, 좌굴, 진동에 의한 볼트 풀림 등 ◇ 근접공사의 영향 ◇ 지진력 발생 등의 일시적이고 과도한 힘에 의한 변형, 파손 ◇ 유수의 작용에 의한 구체의 전도, 기울어짐 등
열 화	◇ 탄산화의 진전에 의한 철근부식(철근콘크리트) ◇ 공용 년 수의 증가에 따른 노후화에 의한 경년열화(백태 발생, 강재부식, 기초의 침식 등) ◇ 동결융해, 누수 · 오염 · 변색, 등 환경적인 영향에 의한 열화 등 ◇ 기계적 장치의 열화, 누수 · 오염 · 변색, 가동불량, 강재의 부식, 도장박리 ◇ 결함, 손상과 연계된 외관상 불완전한 상태 일체

3.2.2 시설물별 외관조사항목

가. 교량

1) 바닥판상면

〈표 3.2〉 바닥판상면 조사항목

점 검 부 위	손 상 종 류
▷ 선로	- 배수로(공동구)균열 및 파손 - 앵커부 열화 및 파손
▷ 방음벽 및 난간	- 방음벽 내부 상태 - 방음벽 및 난간의 설치 상태

2) 바닥판하면

〈표 3.3〉 바닥판하면 조사항목

점 검 부 위	손 상 종 류
▷ 공통	- 균열, 박리, 박락, 층분리, 철근노출 - 재료분리(공동, 공극) - 누수 및 백태(유리석회)
▷ 거더교	종방향균열, 망상균열
▷ 바닥판, 라멘상부	- 받침부(단부) - 부스러짐 - 사인장균열
	- 중앙부 휨균열

3) 거더

(가) 강 거더

〈표 3.4〉 강 거더 조사항목

점 검 부 위	손 상 종 류
▷ 공통	- 도장 손상 및 부식 - 스플라이스 볼트 탈락, 누수
▷ 피로강도등급 낮은 용접상세부(D, E급)	피로균열
▷ 받침부	- 복부판 부식 및 국부좌굴 - 거더와 받침연결부 부식 - 지점보강재 하단 용접부 균열 - 박스내부 출입구 개폐 - 박스내부 바닥 물고임 및 부식
▷ 중앙부	- 맞대기 용접부 균열 - 플랜지 변형 및 처짐 - 다이아프램 연결부 균열
▷ 2차 부재	- 브레이싱, 가로보 및 세로보 변형 - 거셋판 용접부 끝부분 균열 - 가로보와 세로보 교차부 균열
▷ 보수부위	용접부 및 용접부 주변 균열

(나) 프리스트레스 콘크리트 거더(PSC 및 PF빔)

〈표 3.5〉 프리스트레스 콘크리트 조사항목

점 검 부 위	손 상 종 류
▷ 공통	• 박리, 박락(파손), 철근노출, 백태
▷ 받침부	• 신축이음 하면 및 배수구 주변 누수, 백태 • 부스러짐 • 복부 사인장균열
▷ 중앙부	• 휨균열, 종방향 균열, 거더처짐 • 쉬스관 노출 및 파손, 내부공동 • 보수부위 구조물과 분리, 물고임
▷ 가로보	• 파손, 철근노출, 재료분리 • 경사균열(거더의 상대처짐)
▷ 강선 정착부	• 정착부 균열 및 파손

4) 교대 및 교각, 기초

(가) 교대

〈표 3.6〉 교대 조사항목

점 검 부 위	손 상 종 류
▷ 공통	• 교대의 기울음 및 전도 • 균열, 박리, 박락, 층분리, 철근노출, 백태(유리석회)
▷ 두부(Coping)	• 두부 물고임 • 받침부 균열 및 파손 • 두부와 홍벽 경계부 균열 • 거더와 홍벽 신축유간 부족
▷ 구체	• 수직균열 및 침하 • 구체와 날개벽 분리 • 구체부 배수구 막힘 • 수면접촉부 침식
▷ 날개벽(옹벽 포함)	• 날개벽 이동, 전도 • 석축이 있는 경우 사면붕괴

(나) 교각

〈표 3.7〉 교각 조사항목

점 검 부 위	손 상 종 류
▷ 공통	• 균열, 박리, 박락, 층분리, 철근노출, 백태(유리석회)
▷ 두부(Coping)	• 두부 물고임 • 받침부 하부 균열 및 파손
▷ 구체	• 시공이음부 균열 • 수면접촉부 침식 • 이동 또는 기울음

(다) 기초

〈표 3.8〉 기초 조사항목

점 검 부 위	손 상 종 류
▷ 공통	• 박리, 박락, 철근노출, 백태 • 세굴, 이동, 침하
▷ 직접기초	• 수직방향 균열
▷ 말뚝기초	• 말뚝 노출 및 침식
▷ 케이슨기초	• 우물통 편기 • 충돌파손

5) 교량받침

〈표 3.9〉 교량받침 조사항목

점 검 부 위	손 상 종 류
▷ 공통	- 가동받침의 신축유간 부족 - 가동받침 전·후방의 가동장애 요소 - 받침과 거더의 밀착상태 - 수직보강재와 받침 편기상태 - 받침 물고임 및 부식
	- 가동면 부식 - 부속물 파손(부상방지장치 및 이동제한장치)
	- 고무재 부풀음 및 갈라짐 - 고무판의 과도한 변형
▷ 받침콘크리트	- 앵커볼트 파손, 절단 - 콘크리트 파손, 하부 공동 및 침하 - 교각 두부 균열

6) 신축이음

〈표 3.10〉 신축이음 조사항목

점 검 부 위		손 상 종 류
▷ 공통	- 공통	- 충격음, 본체유동 및 파손, 누수 - 유간 부족 및 유간 과다
	- 고무재	고무판 마모, 강판 노출 및 부식

7) 배수시설

〈표 3.11〉 배수시설 조사항목

점 검 부 위		손 상 종 류
▷ 배수구		- 덮개파손, 누락 - 오물퇴적, 막힘 - 배수구 설치높이가 높음 - 배수구 설치위치 불량 - 배수구 설치간격 넓음
▷ 배수관		- 관의 연결부 어긋남, 파손 - 이물질에 의한 막힘 - 지지철물의 이완 및 파손 - 배수관 길이 부족(짧음)

3.3 내구성조사

3.3.1 내구성조사 개요

내구성조사는 구조물에 열화손상이 이미 현저하게 진행되었을 경우 열화의 정도 및 그 원인 관계를 조사하고 보수·보강 여부를 판정하며, 아직 열화손상이 없거나 경미한 구조물은 내구성조사에 의해서 향후 열화 경향을 예측하고 예방보전을 검토하기 위한 자료를 수집하는 것을 목적으로 한다.

본 과업의 내구성조사는 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(2023. 12, 국토교통부/국토안전관리원)』에 근거하여 시험방법 및 평가방법 등을 실시하였다.

3.3.2 콘크리트 강도조사

가. 개요

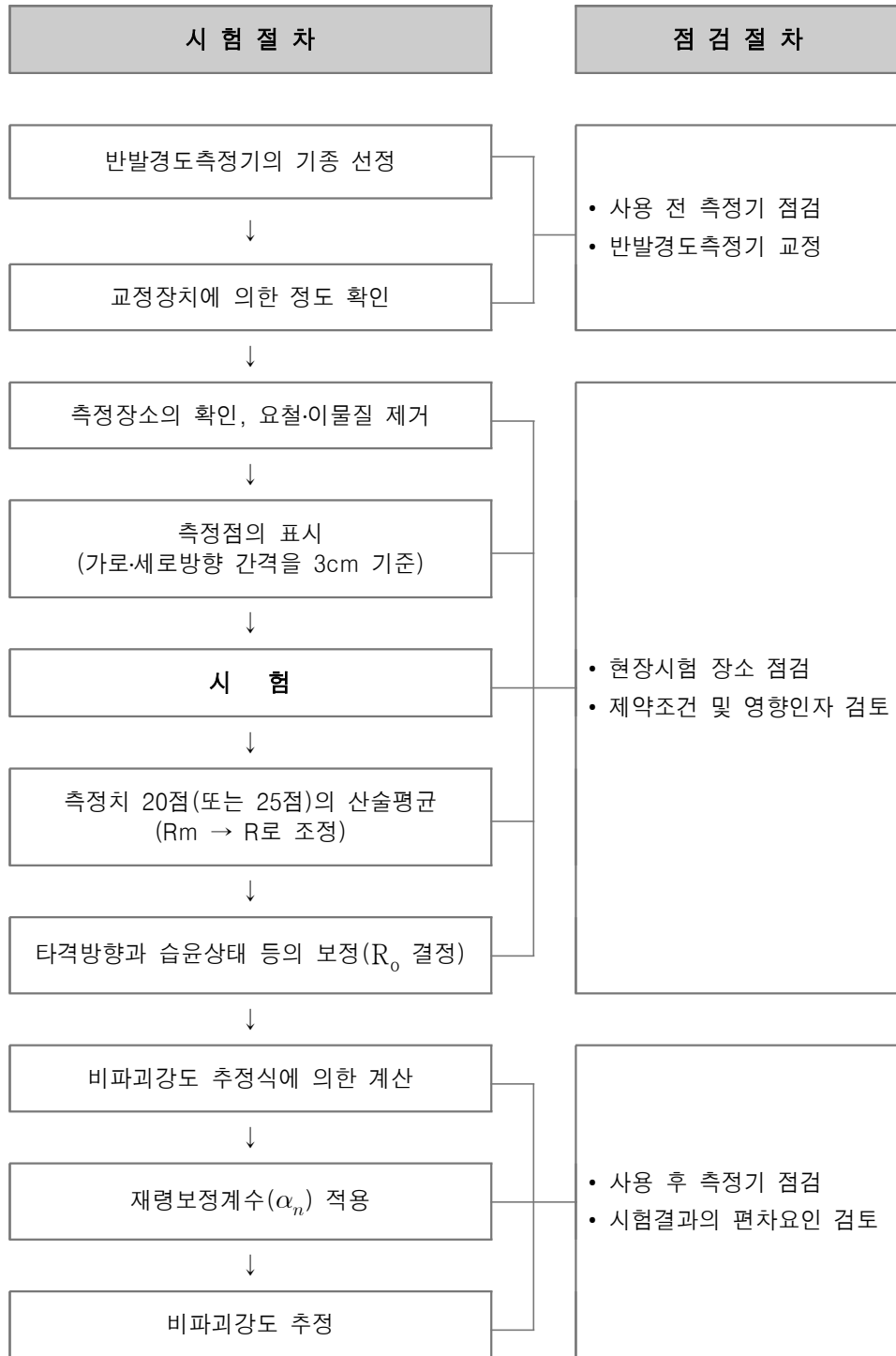
콘크리트의 표면 경도를 측정하여, 이 측정치로부터 콘크리트의 압축강도를 비파괴로 추정하는 검사방법이다. 반발경도를 구하는 방법으로는 슈미트 해머(Schmidt Hammer)법이 가장 널리 사용된다. 슈미트 해머로 경화된 콘크리트 표면을 타격 시, 반발경도(R)와 콘크리트의 압축강도(F_c)와의 사이에 특정 상관관계가 있다는 실험적 경험을 기초로 한다.

나. 콘크리트 강도시험

1) 반발경도시험 및 측정기 점검 등의 절차

외관조사 결과에 의해 결정된 측정개소에 대해서 타격점 상호간의 간격은 3cm를 표준으로 종으로 5열, 횡으로 4열의 선을 그어 직교되는 20점을 타격하여 반발경도 값의 산술평균값(R_m)을 구한다. 산술평균값(R_m)에 대해서는 릴렘(RILEM) 규정에 따라 각 반발경도의 값이 $R_m \pm 20\%$ 의 범위를 벗어나는 값들은 제외시키고 나머지 값들을 다시 산술평균하여 반발경도 R을 결정한다.

슈미트 해머는 측정횟수가 증가하거나 시일이 오래 지나면 스프링의 장력이나 중추의 마찰 등으로 기계적인 오차를 일으키게 된다. 따라서 사용할 테스트 해머장비를 캘리브레이션 할 필요가 있으며, 이를 위하여 해머를 타격하였을 때 일정경도가 재현되는 시편이 요구되며 이를 테스트 엔빌이라 한다. 테스트 엔빌은 지름 150mm 정도의 타격 면을 갖는 금형의 원주체로 제작회사에서 제공하는 교정 값을 정확히 인지하고 활용하여야 한다. 측정기의 테스트 엔빌에 의한 교정은 현장에서 사용하기 전에 실시하는 것이 바람직하다.



〈그림 3.1〉 반발경도시험 및 측정기 점검 등의 절차

2) 보정반발경도(R_0)〈표 3.12〉 보정반발경도(R_0)

◆ 보정반발경도 : $R_0 = R + \Delta R_1 + \Delta R_2$

여기서, R : 반발경도

ΔR_1 : 타격방향에 따른 보정값

ΔR_2 : 콘크리트의 습윤상태에 따른 보정값

㉠ 타격방향에 따른 보정값(ΔR_1)

- 수평방향의 타격에 의한 측정치가 안정된 값을 나타내지만 타격방향이 다른 경우에는 반발치를 보정해 주어야 함
- ⇒ 하향 타격(-90°)의 경우 : (+)값으로 보정
- 상향 타격($+90^\circ$)의 경우 : (-)값으로 보정

R	α 보 정 값			
	$+90^\circ$	$+45^\circ$	-45°	-90°
10	-	-	+2.4	+3.2
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	-2.2	-1.6	+1.3	+1.7

㉡ 콘크리트의 습윤상태에 따른 보정값(ΔR_2)

- 콘크리트는 함수율이 증가함에 따라 반발경도가 저하됨
- ⇒ 측정위치가 습하고 타격의 흔적이 보이는 경우 : $\Delta R_2 = +3$ 으로 보정
- 측정위치가 완전히 젖어 있는 경우 : $\Delta R_2 = +5$ 로 보정

3) 압축강도의 추정

보정반발경도(R_0)로부터 압축강도(F_c)의 상관관계를 도출한 제안식들은 다음과 같으며, 제안식의 적용은 시험방법 및 조건에 맞는 제안식을 선정하는 것이 중요하다.

〈표 3.13〉 기존의 비파괴강도 추정 제안식(반발경도시험)

구 분	추 정 식(MPa)	비 고
일본재료학회	$F_c = -18.0 + 1.27R_0$	금회 적용(식①)
일본건축학회	$F_c = (7.3R_0 + 100) \times 0.098$	금회 적용(식②)
고속철도 제안식 ($f_{ck}=40\text{MPa}$ 이상)	$F_c = (1.72R_0 - 21.4) \times 0.98$	금회 적용(식③)
과학기술부 ($f_{ck}=40\text{MPa}$ 이상)	$F_c = (15.2R_0 - 112.8) \times 0.098$	금회 적용(식④)

※ 시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침[안전점검·진단 편](2019. 1, 국토교통부/국토안전관리원)

4) 28일 강도의 추정

시일이 경과할수록 콘크리트 구조물은 표면경도가 높아지므로 아래 식과 같이 재령 28일 강도(F_{28}')로 환산하여 압축강도를 추정한다. 콘크리트의 재령에 따른 압축강도 보정계수 α 는 아래 표와 같으며, 재령계수는 0.63~0.64를 적용한다.(재령일 2000~3000일)

$$F_{28}' = \alpha \cdot F_c$$

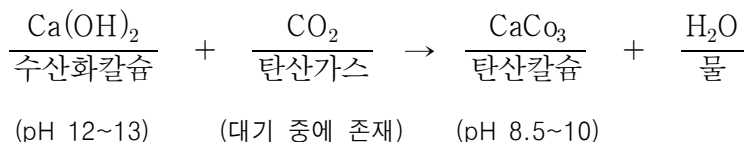
〈표 3.14〉 재령계수 α 값

재령(일)	4일	5일	6일	7일	8일	9일	10일	11일	12일	13일	14일	15일
α	1.90	1.84	1.78	1.72	1.67	1.61	1.55	1.49	1.45	1.40	1.36	1.32
재령(일)	16일	17일	18일	19일	20일	21일	22일	23일	24일	25일	26일	27일
α	1.28	1.25	1.22	1.18	1.15	1.12	1.10	1.08	1.06	1.04	1.02	1.01
재령(일)	28일	29일	30일	32일	34일	36일	38일	40일	42일	44일	46일	48일
α	1.00	0.99	0.99	0.98	0.96	0.95	0.94	0.93	0.92	0.91	0.90	0.89
재령(일)	50일	52일	54일	56일	58일	60일	62일	64일	66일	68일	70일	72일
α	0.87	0.87	0.87	0.87	0.86	0.86	0.85	0.85	0.85	0.84	0.84	0.84
재령(일)	74일	76일	78일	80일	82일	84일	86일	88일	90일	100일	125일	137일
α	0.83	0.83	0.82	0.82	0.82	0.81	0.81	0.80	0.80	0.78	0.76	0.75
재령(일)	150일	175일	200일	250일	300일	350일	400일	500일	750일	1000일	2000일	3000일
α	0.74	0.73	0.72	0.71	0.70	0.69	0.68	0.67	0.66	0.65	0.64	0.63

3.3.3 탄산화 깊이 측정

가. 개 요

탄산화란 콘크리트의 탄산화(Carbonation) 과정에서 나타나는 현상으로 탄산화에 의해서 문제가 발생하는 것은 콘크리트 자체에서 생기는 것이 아니고, 콘크리트 중의 철근에 녹이 발생함으로써 문제를 일으키는 것이다.



탄산화가 일어나는 메카니즘을 보면 시멘트의 수화반응에서 생성되는 수산화칼슘(Ca(OH)_2)은 pH 12~13정도의 강알칼리성을 나타내지만 대기 중에 포함되어 있는 약산성의

탄산가스(약 0.03%)와 접촉하면 탄산칼슘과 물로 변화하고 탄산칼슘으로 변화한 부분의 pH가 8.5~10 정도로 낮아지게 된다. 따라서, 콘크리트의 탄산화는 일반환경 하에서도 확실하게 진행되기 때문에 매입된 철근의 부식에 따른 문제가 가장 기본적이며 중요하다. 콘크리트 내부의 pH가 11이상에서 철근은 표면에 $1 \times 10^{-6} \text{mm}$ 두께의 수산화물($\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) 부동태막을 형성하므로 산소 침입을 막아 철근의 부식을 방지하지만 탄산화에 의하여 pH가 11보다 낮아지면 부동태막이 파괴되면서 철근에 녹이 발생하게 된다. 이러한 녹은 원래 부피의 약 2.5배에서 최대 7배까지 팽창하고 녹의 팽창압력에 의해 콘크리트 내부에는 균열이 발생하게 되며 철근의 부착강도 저하, 피복 콘크리트의 탈락, 철근 단면적의 감소 등 구조물의 내구성 저하를 초래하게 된다. 이러한 원인으로 녹의 진행과 함께 콘크리트 구조물의 내구성면에서 탄산화를 파악하는 것이 중요하다.

	• 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 3.2〉 탄산화에 의한 철근부식 메카니즘

나. 탄산화 속도에 영향을 미치는 요인

탄산화 속도에 영향을 미치는 요인으로는 환경조건(대기 중의 탄산가스 농도, 온도, 습도, 마감재 등)을 주원인으로 하는 외적요인 및 콘크리트 자체의 성능·품질(함수율, 강도, 시멘트의 종류, 배합조건, 시공조건 등)을 주원인으로 하는 내적요인에 의해 복합적인 영향을 받는 것으로 알려져 있다. 대표적인 원인을 정리하면 다음과 같다.

〈표 3.15〉 탄산화 속도에 영향을 미치는 요인

구 분	영향인자	탄산화 속도
내적 요인	시멘트의 종류	- 수화반응이 느릴수록 탄산화 속도가 빠름 - 조강 포틀랜드시멘트 < 보통 포틀랜드시멘트 < 중용열 포틀랜드시멘트
	골재의 종류	투기성이 큰 골재일수록 탄산화 속도가 빠름
	계면활성제 종류	동일 물-시멘트비, 동일 슬럼프라면 탄산화 속도와 무관함
	압축강도	압축강도가 낮을수록 탄산화 속도가 빠름
	물-시멘트비	물-시멘트비가 증가하면 탄산화 속도가 빠름
	시공 정밀도	다짐이 불충분할수록 탄산화 속도가 빠름
	콘크리트 결함부	균열부위, 이음부, 손상부위 등에서 탄산화 속도가 빠름
외적 요인	온도	- 온도 상승시 탄산화 속도가 빠름 20~50℃ 사이에서는 영향이 크지 않음
	이산화탄소 농도	- 농도가 클수록 탄산화 속도가 빠름 - 탄산가스 농도 3~10% 사이에서 상승비율이 큼
	습도	상대습도 50~70% 에서 탄산화 속도가 최대
	실내, 실외	실내의 탄산화 속도가 빠름

다. 탄산화 깊이의 측정

본 과업에서는 일반적으로 현장에서 간편하게 이용되는 페놀프탈레인법(페놀프탈레인 용액은 pH 지시약의 일종으로 1% 알칼리성용액)을 이용하여 콘크리트의 탄산화 진행 정도를 측정한다.

콘크리트 파단면에 1% 페놀프탈레인 용액을 도포한 후 색의 변화를 관찰하는 방법으로 강알칼리성일수록 짙은 보라색을 띠며 pH 9이하에서는 무색을 나타낸다. 탄산화 진행 깊이의 측정은 콘크리트 표면에서 발색점까지의 깊이를 버니어캘리퍼스 등으로 측정한다.

라. 탄산화를 고려한 잔존수명 예측

탄산화 속도는 경과시간(t)의 평방근에 비례하여 진행한다고 하는 $\sqrt{t}$ 법으로 표현된다. 탄산화(C)는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

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

여기서, C : 탄산화깊이(mm)

A : 탄산화 속도계수(mm/ $\sqrt{\text{년}}$)

t : 재령(년)

여기서 구해진 탄산화 속도계수(A)를 실제 탄산화깊이와 경과 년 수를 이용하여 역추적으로 구한 후 탄산화가 철근에 도달하는 시간을 계산하면 콘크리트의 탄산화에 의한 잔존수명을 예측할 수 있다.

$$\text{수명예측(년)} = (\text{철근피복} / \text{탄산화 속도계수})^2$$

$$\text{잔존수명예측(년)} = \text{수명 예측 년 수} - \text{경과 년 수}$$

마. 평가기준

탄산화 상태평가 기준은 다음과 같다.

〈표 3.16〉 탄산화 상태평가 기준

기 준	탄산화 잔여 깊이	철근부식의 가능성
a	• 30mm이상	• 탄산화에 의한 부식발생 우려 없음
b	• 10mm이상 ~ 30mm미만	• 향후 탄산화에 의한 부식발생 가능성 있음
c	• 0mm이상 ~ 10mm미만	• 탄산화에 의한 부식발생 가능성 높음
d	• 0mm미만	• 철근부식 발생
e	—	—