

제 3 장 내구성조사

3.1 시험개요

3.2 콘크리트 내구성조사

제 3 장 내구성 조사

3.1 내구성조사 시험개요

교량의 콘크리트 내구성조사는 교량에 손상을 주지 않고 콘크리트의 시공상태, 물성 및 열화정도를 조사하는 방법으로 콘크리트의 비파괴강도, 탄산화 등의 현장시험을 비파괴시험 장비들을 이용하여 조사하는 방법이다.

구조물은 하중을 안전하게 지지하고 그 기능을 원활히 발휘하여야 하며, 역학적으로 충분한 강도와 강성을 갖는 것이 필요하고, 구조의 각 부분이 균형 잡힌 안전도를 가지며, 내구성을 갖는 것이 요구된다.

내구성 조사의 적용범위는 다음과 같다.

- 내구성 조사를 대상으로 하는 구조물은 콘크리트 구조물에 한한다.
- 내구성 조사는 구조체를 중심으로 수행한다.
- 내구성 조사는 조사 시점의 열화상태 뿐만 아니라 구조물의 이력, 주변환경, 열화 원인을 조사하여 향후 열화손상 진행정도를 예측하고, 내용년수와 관련하여 종합적인 안전진단을 수행한다.

3.1.1 비파괴시험

가. 반발경도시험

이 검사법은 콘크리트의 표면 경도를 측정하여, 이 측정치로부터 콘크리트의 압축강도를 비파괴로 추정하는 검사방법이다.

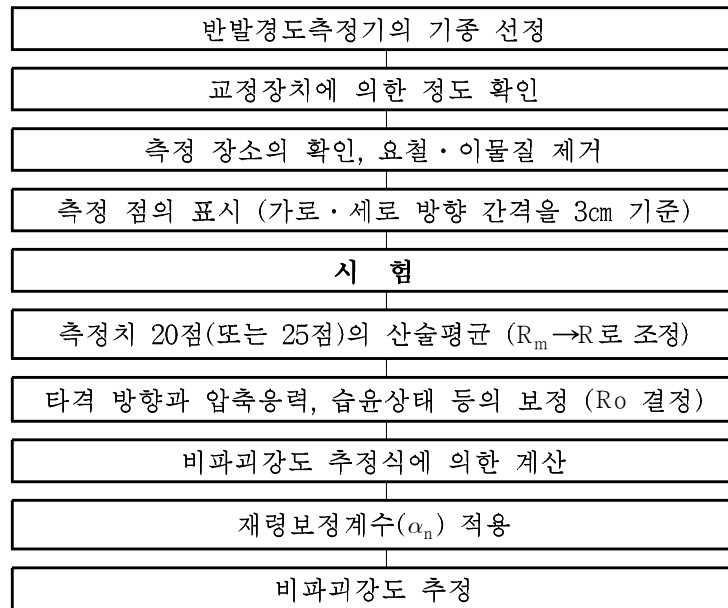
반발경도를 구하는 방법으로는 슈미트 해머(Schmidt Hammer)법이 가장 널리 사용된다. 슈미트 해머로 경화된 콘크리트 표면을 타격시, 반발도(R)와 콘크리트의 압축강도(F_c')와의 사이에 특정 상관관계가 있다는 실험적 경험을 기초로 한다.

1) 반발경도(R)

슈미트 해머로 경화된 콘크리트 표면을 타격시 내부에 내장된 중추의 반동량을 반발도(R)로 표시하며, 이 반발도의 크기에 따라 콘크리트의 압축강도를 추정한다.

외관조사 결과에 의해서 선정된 측정개소에 대해서 타격점 상호간의 간격은 3cm를 표준으로 종으로 5열, 횡으로 4열의 선을 그어 직교되는 20점을 타격하여 반발경도 값의 산술 평균값(R_m)을 구한다.

산술평균값 R_m 에 대해서 RILEM Recommendation에 따라 각 반발경도의 값이 $R_m \pm 20$ 의 범위를 벗어나는 값들은 제외시키고 나머지 값들을 다시 산술평균하여 반발경도 R 을 결정한다. 여기서, 측정된 반발치의 값들이 많은 편차를 보이고 있으면 보편적으로 콘크리트의 품질이 불균질 하다고 평가될 수 있을 것이다.



<그림 3.1.1> 반발경도시험의 절차

2) 보정반발경도(R_0)

보정반발경도 R_0 은 식(3.1)과 같이 측정경도 R 에 보정값 ΔR_1 , ΔR_2 , ΔR_3 을 더한 값으로 한다.

$$R_0 = R + \Delta R_1 + \Delta R_2 + \Delta R_3 \dots\dots\dots (3.1)$$

여기서, ΔR_1 : 타격방향에 따른 보정값

ΔR_2 : 압축부재의 사하중 응력에 따른 보정값

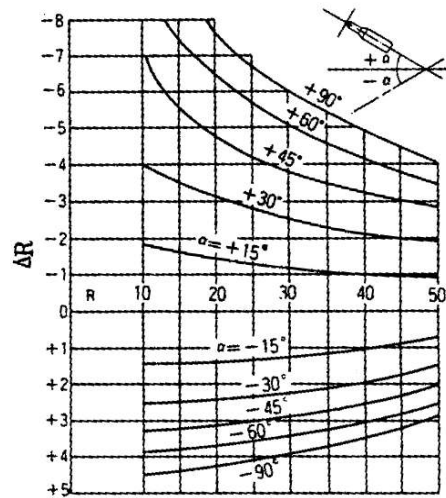
ΔR_3 : 콘크리트의 습윤상태에 따른 보정값

① 타격 방향에 따른 반발경도의 보정

수평방향의 타격에 의한 측정치가 안정된 값을 나타내지만 타격 방향이 다른 경우에는 반발치를 보정해 주어야 한다.

하향 타격(-90°)의 경우에는 Schmidt Hammer 내부의 해머 중량에 의해서 실제로 다 반동량이 적어지므로 +값으로 수정해 주고, 상향의 타격($+90^\circ$)의 경우에는 반대

현상에 의해서 -값으로 수정해 주어야 한다.



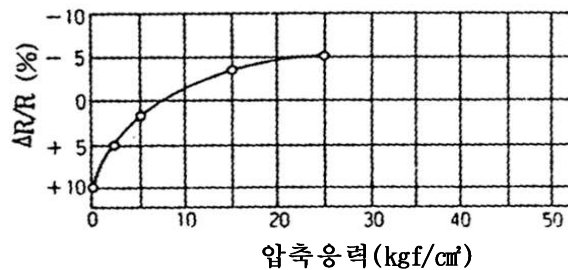
<그림 3.1.2> 타격 방향에 따른 반발경도 보정치 곡선

<표 3.1.1> 반발경도 보정값

반발경도	보정값				비고
	+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	

② 압축응력에 따른 반발경도의 보정

타격 방향과 직각방향으로 압축응력을 받는 부재는 압축응력이 커짐에 따라 반발경도에 의한 압축강도가 실제보다 커진다는 사실이 시험 결과 입증되었다.



<그림 3.1.3> 압축응력에 따른 반발경도의 보정곡선

③ 콘크리트 습윤상태에 따른 보정

콘크리트 표면이 습윤상태에 있으면 기건상태 보다 반발도가 적게 나오게 된다. 따라서, 완전 습윤상태에서는 기건상태를 기준으로 $\Delta R_3 = +5$ 로 보정한다.

3) 압축강도의 추정

보정반발경도 R_o 로부터 압축강도(F_c)의 상관관계를 도출한 여러가지 제안식들은 다음과 같으며, 본 코어 공시체 강도와 가장 상관관계가 높은 식을 사용하여 압축강도를 추정한다.

- 일본재료학회 (보통콘크리트)

$$F_c = -18.0 + 1.27R_o \text{ (Mpa)} \dots\dots\dots (3.2)$$

- 일본건축학회 CNDT 소위원회 공동제안식

$$F_c = (7.3R_o + 100) \times 0.098 \text{ (Mpa)} \dots\dots\dots (3.3)$$

4) 28일 강도의 추정

수년이 경과한 콘크리트 구조물은 표면경도가 높기 때문에 식(3.4)와 같이 환산한 압축강도로 수정하여 콘크리트의 압축강도를 추정하며, 콘크리트의 재령에 따른 보정계수 a 는 <표 3.1.2>와 같으며, 3000일 이상의 재령에 대해서는 0.63을 적용한다.

$$F_{28}' = a \cdot F_c \dots\dots\dots (3.4)$$

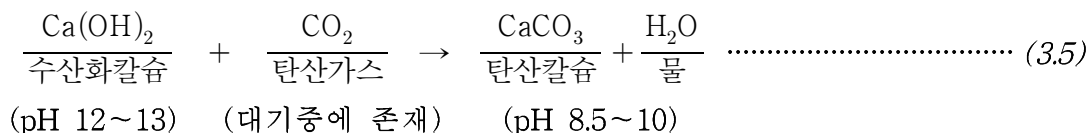
<표 3.1.2> 재령계수 a 의 값

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

나. 탄산화 조사

1) 개요

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 식(3.5)에서 시멘트의 수화 반응에서 생성되는 수산화칼슘 $[\text{Ca(OH)}_2]$ 은 pH 12~13정도의 강 알칼리성을 나타내지만 대기중에 포함되어 있는 약산성의 탄산가스(약 0.03%)와 접촉하면 탄산칼슘과 물로 변화하고 탄산칼슘으로 변화한 부분의 pH 8.5~10 정도로 낮아지게 된다. 따라서, 콘크리트의 탄산화는 일반 환경 하에서도 확실하게 진행되기 때문에 매입된 철근의 부식에 따른 문제가

가장 기본적이며 중요하다.

콘크리트 내부의 pH 11 이상에서 철근은 표면에 1×10^{-6} mm 두께의 수산화물 (γ - $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) 부동태막을 형성하므로 산소 침입을 막아 철근의 부식을 방지하지만 탄산화에 의하여 pH 11 보다 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 표면에 균열, 박리, 박락 등을 초래하기 때문에 콘크리트 구조물의 내구성면에서 탄산화를 파악하는 것이 중요하다.

2) 탄산화깊이의 측정

본 과업에서는 일반적으로 현장에서 간편하게 이용되는 페놀프탈레인법 (페놀프탈레인은 pH 지시약의 일종으로 1% 알칼리용액)을 이용하여 콘크리트의 탄산화 진행 정도를 측정한다. 콘크리트 구조물에서의 탄산화 시험은 구조체에서 채취한 코어 또는 구조체 안전(내하력 등)에 영향을 미치지 않는 부위를 선정 일부분을 파손하여 노출된 대상 측정면에 가능한 빨리 분무하여 탄산화 깊이를 측정하며, pH 8.2~10.0 이상의 알칼리측에서 홍색으로 발색하며 중성측에서는 무색으로 나타나게 되는데, 탄산화 진행 깊이의 측정은 콘크리트 표면에서 발색점까지의 깊이를 깊이계, 버어니어캘리퍼스 등으로 측정한다.

3) 평가

경화콘크리트의 탄산화평가는 시멘트의 종류, 콘크리트의 품질, 환경조건에 따라 다르지만 일반적으로 철근 피복두께 수치와 함께 <표 3.1.3>에 의한 기준(안전점검 및 정밀안전진단 세부지침 2009. 3)으로 나타낸다.

<표 3.1.3> 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	0mm 이상 ~ 10mm미만	탄산화에 의한 부식발생 가능성 높음.
d	0mm미만	철근부식 발생
e	-	-

3.2 콘크리트 내구성 조사

3.2.1 시험현황

본 과업에서는 대상 구조물의 구조부재에 대한 재료의 품질상태와 강도 등을 파악하기 위하여 각종 시험을 수행하였다.

콘크리트 비파괴강도를 추정하기 위하여 반발경도시험을 수행하였다.

각 항목별 시험위치 및 측정개소는 외관조사를 실시한 후에 구조부재와 외관상태를 고려하여 선정하였으며, 교량의 부재별 콘크리트 비파괴시험 현황은 <표 3.2.1>과 같다.

<표 3.2.1> 부재별 콘크리트 비파괴시험 현황

[단위:개소]

부 재 \ 시험종류	반발경도 시험	탄산화 시험
상 부 구 조	37	37
하 부 구 조	37	37
계	74	74



a. Con'c 반발경도 측정



b. 탄산화 깊이 측정

<사진 3.2.1> 콘크리트 비파괴시험 현황

3.2.2 시험결과 분석

가. 비파괴시험에 의한 비파괴강도 결과

콘크리트 표면이 양호한 부위를 선정하고, 슈미트 해머를 사용하여 반발경도를 측정하였다. 측정결과는 타격방향, 재령 등에 의한 보정을 한 후 비파괴강도 추정에 이용하였다. 다음 <표 3.2.2>의 결과는 제안된 추정 압축강도 식들에 의해 도출하였다.

<표 3.2.2> 비파괴강도 결과

[단위 : MPa]

시험위치	반발도 (R)	타격 방향 (°)	기준 반발도 (R ₀)	재령 보정 (α)	추정강도			설계강도
					식 3.2	식 3.3	평균	
S ₁ G ₁ ~G ₂ /CB ₂ ~CB ₃ 바닥판하면(양평방향)	53.2	90	50.4	0.64	29.4	29.3	29.4	27.0
S ₂ G ₁ ~G ₂ /CB ₅ ~CB ₆ 바닥판하면(원주방향)	53.3	90	50.5	0.64	29.5	29.4	29.5	27.0
S ₃ 우측 캔틸레버 바닥판하면(양평방향)	56.5	90	53.9	0.64	32.3	31.0	31.6	27.0
S ₄ G ₁ ~G ₂ /CB ₆ ~CB ₇ 바닥판하면(원주방향)	53.1	90	50.2	0.64	29.3	29.3	29.3	27.0
S ₅ G ₁ ~G ₂ /CB ₄ ~CB ₅ 바닥판하면(양평방향)	53.1	90	50.2	0.64	29.3	29.3	29.3	27.0
S ₆ G ₁ ~G ₂ /CB ₁ ~CB ₂ 바닥판하면(원주방향)	52.2	90	49.2	0.64	28.5	28.8	28.6	27.0
S ₆ G ₁ ~G ₂ /CB ₄ ~CB ₅ 바닥판하면(양평방향)	51.2	90	48.1	0.64	27.6	28.3	27.9	27.0
S ₇ 우측 캔틸레버 바닥판하면(원주방향)	52.1	90	49.1	0.64	28.4	28.8	28.6	27.0
S ₈ 좌측 캔틸레버 바닥판하면(양평방향)	52.1	90	49.1	0.64	28.4	28.8	28.6	27.0
S ₈ G ₁ ~G ₂ /CB ₅ ~CB ₆ 바닥판하면(원주방향)	52.6	90	49.7	0.64	28.9	29.0	29.0	27.0
S ₉ 우측 캔틸레버 바닥판하면(양평방향)	51.9	90	48.9	0.64	28.2	28.7	28.4	27.0
S ₁₀ G ₁ ~G ₂ /CB ₂ ~CB ₃ 바닥판하면(원주방향)	52.2	90	49.2	0.64	28.5	28.8	28.6	27.0
S ₁₁ G ₁ ~G ₂ /CB ₅ ~CB ₆ 바닥판하면(양평방향)	52.1	90	49.2	0.64	28.5	28.8	28.6	27.0
S ₁₂ 우측 캔틸레버 바닥판하면(원주방향)	52.6	90	49.7	0.64	28.9	29.0	29.0	27.0
S ₁₂ 좌측 캔틸레버 바닥판하면(양평방향)	51.8	90	48.8	0.64	28.1	28.6	28.4	27.0
S ₁₃ G ₁ ~G ₂ /CB ₆ ~CB ₇ 바닥판하면(원주방향)	51.9	90	48.9	0.64	28.2	28.7	28.4	27.0
S ₁₄ G ₁ ~G ₂ /CB ₃ ~CB ₂ 바닥판하면(양평방향)	52.3	90	49.4	0.64	28.6	28.9	28.8	27.0
S ₁₅ G ₁ ~G ₂ /CB ₅ ~CB ₆ 바닥판하면(원주방향)	52.6	90	49.7	0.64	28.9	29.0	29.0	27.0
S ₁₆ 우측 캔틸레버 바닥판하면(양평방향)	52.8	90	49.9	0.64	29.0	29.1	29.1	27.0
S ₁₆ 우측 캔틸레버 바닥판하면(원주방향)	51.2	90	48.1	0.64	27.6	28.3	27.9	27.0
S ₁₇ 좌측 캔틸레버 바닥판하면(양평방향)	52.7	90	49.8	0.64	29.0	29.1	29.0	27.0
S ₁₇ 우측 캔틸레버 바닥판하면(원주방향)	51.5	90	48.5	0.64	27.9	28.5	28.2	27.0

<표 3.2.2> 비파괴강도 결과(계속)

[단위 : MPa]

시험위치	반발도 (R)	타격 방향 (°)	기준 반발도 (R ₀)	재령 보정 (α)	추정강도			설계강도
					식 3.2	식 3.3	평균	
S ₁₈ G ₁ ~G ₂ /CB ₂ ~CB ₃ 바닥판하면(양평방향)	52.0	90	49.0	0.64	28.3	28.7	28.5	27.0
S ₁₉ G ₁ ~G ₂ /CB ₃ ~CB ₄ 바닥판하면(원주방향)	52.1	90	49.2	0.64	28.5	28.8	28.6	27.0
S ₂₀ 우측 캔틸레버 바닥판하면(양평방향)	52.2	90	49.2	0.64	28.5	28.8	28.6	27.0
S ₂₁ 우측 캔틸레버 바닥판하면(원주방향)	51.7	90	48.7	0.64	28.1	28.6	28.3	27.0
S ₂₂ G ₁ ~G ₂ /CB ₅ ~CB ₆ 바닥판하면(양평방향)	52.4	90	49.5	0.64	28.7	28.9	28.8	27.0
S ₂₃ 우측 캔틸레버 바닥판하면(원주방향)	53.0	90	50.1	0.64	29.2	29.2	29.2	27.0
S ₂₄ G ₁ ~G ₂ /CB ₁ ~CB ₂ 바닥판하면(양평방향)	51.2	90	48.2	0.64	27.7	28.3	28.0	27.0
S ₂₅ 우측 캔틸레버 바닥판하면(원주방향)	51.2	90	48.2	0.64	27.7	28.3	28.0	27.0
S ₂₆ G ₁ ~G ₂ /CB ₆ ~CB ₇ 바닥판하면(양평방향)	51.6	90	48.6	0.64	28.0	28.5	28.3	27.0
S ₂₇ G ₁ ~G ₂ /CB ₃ ~CB ₄ 바닥판하면(원주방향)	50.7	90	47.7	0.64	27.3	28.1	27.7	27.0
S ₂₈ 우측 캔틸레버 바닥판하면(양평방향)	51.8	90	48.8	0.64	28.1	28.6	28.4	27.0
S ₂₉ G ₁ ~G ₂ /CB ₇ ~CB ₈ 바닥판하면(원주방향)	52.3	90	49.3	0.64	28.6	28.8	28.7	27.0
S ₃₀ 우측 캔틸레버 바닥판하면(양평방향)	51.1	90	48.1	0.64	27.6	28.3	27.9	27.0
S ₃₁ 우측 캔틸레버 바닥판하면(원주방향)	52.2	90	49.2	0.64	28.5	28.8	28.6	27.0
S ₃₂ 우측 캔틸레버 바닥판하면(양평방향)	52.0	90	49.1	0.64	28.4	28.8	28.6	27.0
A1 홍벽 양평방향	47.1	0	47.1	0.64	26.8	27.8	27.3	24.0
P1 기둥 원주방향	47.7	0	47.7	0.64	27.3	28.1	27.7	24.0
P2 기둥 양평방향	47.8	0	47.8	0.64	27.3	28.2	27.7	24.0
P3 기둥 양평방향	47.1	0	47.1	0.64	26.8	27.8	27.3	24.0
P4 코핑부 원주방향	47.1	0	47.1	0.64	26.8	27.8	27.3	24.0
P5 기둥 양평방향	47.2	0	47.2	0.64	26.8	27.9	27.4	24.0
P6 기둥 원주방향	46.9	0	46.9	0.64	26.6	27.7	27.2	24.0

<표 3.2.2> 비파괴강도 결과(계속)

[단위 : MPa]

시험위치	반발도 (R)	타격 방향 (°)	기준 반발도 (R ₀)	재령 보정 (α)	추정강도			설계강도
					식 3.2	식 3.3	평균	
P7 기둥 양평방향	47.3	0	47.3	0.64	26.9	27.9	27.4	24.0
P8 기둥 원주방향	46.9	0	46.9	0.64	26.6	27.7	27.2	24.0
P9 기둥 양평방향	47.3	0	47.3	0.64	26.9	27.9	27.4	24.0
P10 기둥 원주방향	47.3	0	47.3	0.64	26.9	27.9	27.4	24.0
P11 기둥 양평방향	47.3	0	47.3	0.64	26.9	27.9	27.4	24.0
P12 기둥 원주방향	46.3	0	46.3	0.64	26.1	27.5	26.8	24.0
P13 기둥 양평방향	48.1	0	48.1	0.64	27.6	28.3	27.9	24.0
P13 기둥 원주방향	47.3	0	47.3	0.64	26.9	27.9	27.4	24.0
P14 기둥 양평방향	46.6	0	46.6	0.64	26.4	27.6	27.0	24.0
P15 기둥 원주방향	46.9	0	46.9	0.64	26.6	27.7	27.2	24.0
P16 코핑부 양평방향	46.8	0	46.8	0.64	26.5	27.7	27.1	24.0
P17 코핑부 원주방향	48.4	0	48.4	0.64	27.8	28.4	28.1	24.0
P18 코핑부 양평방향	47.7	0	47.7	0.64	27.3	28.1	27.7	24.0
P19 코핑부 원주방향	47.3	0	47.3	0.64	26.9	27.9	27.4	24.0
P20 코핑부 양평방향	47.0	0	47.0	0.64	26.7	27.8	27.2	24.0
P21 코핑부 양평방향	47.4	0	47.4	0.64	27.0	28.0	27.5	24.0
P21 코핑부 원주방향	47.2	0	47.2	0.64	26.8	27.9	27.4	24.0
P22 코핑부 원주방향	45.5	0	45.5	0.64	25.5	27.1	26.3	24.0
P23 코핑부 양평방향	47.4	0	47.4	0.64	27.0	28.0	27.5	24.0
P24 코핑부 원주방향	48.4	0	48.4	0.64	27.8	28.4	28.1	24.0
P25 코핑부 양평방향	47.4	0	47.4	0.64	27.0	28.0	27.5	24.0
P26 코핑부 원주방향	47.2	0	47.2	0.64	26.8	27.9	27.4	24.0

<표 3.2.2> 비파괴강도 결과(계속)**[단위 : MPa]**

시험위치	반발도 (R)	타격 방향 (°)	기준 반발도 (R ₀)	재령 보정 (α)	추정강도			설계강도
					식 3.2	식 3.3	평균	
P27 코핑부 양평방향	47.8	0	47.8	0.64	27.3	28.2	27.7	24.0
P28 코핑부 원주방향	47.0	0	47.0	0.64	26.7	27.8	27.2	24.0
P29 코핑부 양평방향	46.3	0	46.3	0.64	26.1	27.5	26.8	24.0
P30 코핑부 양평방향	46.4	0	46.4	0.64	26.2	27.5	26.9	24.0
P30 코핑부 원주방향	46.8	0	46.8	0.64	26.5	27.7	27.1	24.0
P31 코핑부 원주방향	47.3	0	47.3	0.64	26.9	27.9	27.4	24.0
P31 코핑부 양평방향	45.2	0	45.2	0.64	25.2	27.0	26.1	24.0
A2 홍벽 양평방향	46.9	0	46.9	0.64	26.6	27.7	27.2	24.0

<표 3.2.3> 각 시험방법에 의한 비파괴 추정강도**[단위 : MPa]**

구 분	비파괴강도(A)	설계기준강도(B)	(A/B)×100(%)
상부구조	27.7 ~ 31.6	27.0	101 ~ 107
하부구조	26.1 ~ 28.1	24.0	108 ~ 117

상부 및 하부구조 추정강도를 분석한 결과 상·하부구조 모두 설계기준강도와 비교할 때 전반적으로 기준강도를 만족하는 것으로 나타났다.

나. 탄산화 시험 결과

본 구조물에서는 측정위치에 타정공구 및 드릴을 이용하여 국부적으로 파손시킨 면에 페놀프탈레인 용액을 지시약을 살포하여 색의 변화로 콘크리트의 탄산화 진행 깊이 정도를 측정하였으며, 그 결과를 정리하면 다음과 같다.

<표 3.2.4> 탄산화 측정 결과

[단위:mm]

시험위치	탄산화 깊이	피복두께	탄산화잔여깊이	결과	비 고
S ₁ G ₁ ~G ₂ /CB ₂ ~CB ₃ 바닥판하면(양평방향)	4.6	40	35.4	a	
S ₂ G ₁ ~G ₂ /CB ₅ ~CB ₆ 바닥판하면(원주방향)	3.7	40	36.3	a	
S ₃ 우측 캔틸레버 바닥판하면(양평방향)	3.1	40	36.9	a	
S ₄ G ₁ ~G ₂ /CB ₆ ~CB ₇ 바닥판하면(원주방향)	3.2	40	36.8	a	
S ₅ G ₁ ~G ₂ /CB ₄ ~CB ₅ 바닥판하면(양평방향)	3.6	40	36.4	a	
S ₆ G ₁ ~G ₂ /CB ₁ ~CB ₂ 바닥판하면(원주방향)	5.8	40	34.2	a	
S ₆ G ₁ ~G ₂ /CB ₄ ~CB ₅ 바닥판하면(양평방향)	4.4	40	35.6	a	
S ₇ 우측 캔틸레버 바닥판하면(원주방향)	5.6	40	34.4	a	
S ₈ 좌측 캔틸레버 바닥판하면(양평방향)	3.5	40	36.5	a	
S ₈ G ₁ ~G ₂ /CB ₅ ~CB ₆ 바닥판하면(원주방향)	2.2	40	37.8	a	
S ₉ 우측 캔틸레버 바닥판하면(양평방향)	3.1	40	36.9	a	
S ₁₀ G ₁ ~G ₂ /CB ₂ ~CB ₃ 바닥판하면(원주방향)	3.6	40	36.4	a	
S ₁₁ G ₁ ~G ₂ /CB ₅ ~CB ₆ 바닥판하면(양평방향)	2.4	40	37.6	a	
S ₁₂ 우측 캔틸레버 바닥판하면(원주방향)	5.7	40	34.3	a	
S ₁₂ 좌측 캔틸레버 바닥판하면(양평방향)	3.5	40	36.5	a	
S ₁₃ G ₁ ~G ₂ /CB ₆ ~CB ₇ 바닥판하면(원주방향)	2.1	40	37.9	a	
S ₁₄ G ₁ ~G ₂ /CB ₃ ~CB ₂ 바닥판하면(양평방향)	5.2	40	34.8	a	

<표 3.2.4> 탄산화 측정 결과(계속)

[단위:mm]

시험위치	탄산화 깊이	피복두께	탄산화잔여깊이	결과	비 고
S ₁₅ G ₁ ~G ₂ /CB ₅ ~CB ₆ 바닥판하면(원주방향)	4.4	40	35.6	a	
S ₁₆ 우측 캔틸레버 바닥판하면(양평방향)	2.6	40	37.4	a	
S ₁₆ 우측 캔틸레버 바닥판하면(원주방향)	5.5	40	34.5	a	
S ₁₇ 좌측 캔틸레버 바닥판하면(양평방향)	4.8	40	35.2	a	
S ₁₇ 우측 캔틸레버 바닥판하면(원주방향)	2.2	40	37.8	a	
S ₁₈ G ₁ ~G ₂ /CB ₂ ~CB ₃ 바닥판하면(양평방향)	3.1	40	36.9	a	
S ₁₉ G ₁ ~G ₂ /CB ₃ ~CB ₄ 바닥판하면(원주방향)	4.2	40	35.8	a	
S ₂₀ 우측 캔틸레버 바닥판하면(양평방향)	5.8	40	34.2	a	
S ₂₁ 우측 캔틸레버 바닥판하면(원주방향)	4.6	40	35.4	a	
S ₂₂ G ₁ ~G ₂ /CB ₅ ~CB ₆ 바닥판하면(양평방향)	4.6	40	35.4	a	
S ₂₃ 우측 캔틸레버 바닥판하면(원주방향)	3.8	40	36.2	a	
S ₂₄ G ₁ ~G ₂ /CB ₁ ~CB ₂ 바닥판하면(양평방향)	3.7	40	36.3	a	
S ₂₅ 우측 캔틸레버 바닥판하면(원주방향)	4.8	40	35.2	a	
S ₂₆ G ₁ ~G ₂ /CB ₆ ~CB ₇ 바닥판하면(양평방향)	2.6	40	37.4	a	
S ₂₇ G ₁ ~G ₂ /CB ₃ ~CB ₄ 바닥판하면(원주방향)	5.3	40	34.7	a	
S ₂₈ 우측 캔틸레버 바닥판하면(양평방향)	3.8	40	36.2	a	
S ₂₉ G ₁ ~G ₂ /CB ₇ ~CB ₈ 바닥판하면(원주방향)	3.3	40	36.7	a	
S ₃₀ 우측 캔틸레버 바닥판하면(양평방향)	2.4	40	37.6	a	
S ₃₁ 우측 캔틸레버 바닥판하면(원주방향)	4.4	40	35.6	a	
S ₃₂ 우측 캔틸레버 바닥판하면(양평방향)	3.8	40	36.2	a	

<표 3.2.4> 탄산화 측정 결과(계속)

[단위:mm]

시험위치	탄산화 깊이	피복두께	탄산화잔여깊이	결과	비 고
A1 홍벽 양평방향	3.1	50	46.9	a	
P1 기둥 원주방향	4.2	100	95.8	a	
P2 기둥 양평방향	2.3	100	97.7	a	
P3 기둥 양평방향	3.4	100	96.6	a	
P4 코핑부 원주방향	2.6	100	97.4	a	
P5 기둥 양평방향	3.6	100	96.4	a	
P6 기둥 원주방향	5.4	100	94.6	a	
P7 기둥 양평방향	4.2	100	95.8	a	
P8 기둥 원주방향	4.6	100	95.4	a	
P9 기둥 양평방향	3.4	100	96.6	a	
P10 기둥 원주방향	3.5	100	96.5	a	
P11 기둥 양평방향	3.1	100	96.9	a	
P12 기둥 원주방향	5.8	100	94.2	a	
P13 기둥 양평방향	5.5	100	94.5	a	
P13 기둥 원주방향	2.3	100	97.7	a	
P14 기둥 양평방향	3.2	100	96.8	a	
P15 기둥 원주방향	4.7	100	95.3	a	
P16 코핑부 양평방향	4.4	100	95.6	a	
P17 코핑부 원주방향	3.8	100	96.2	a	
P18 코핑부 양평방향	4.8	100	95.2	a	

<표 3.2.4> 탄산화 측정 결과(계속)

[단위:mm]

시험위치	탄산화 깊이	피복두께	탄산화잔여깊이	결과	비 고
P19 코핑부 원주방향	4.4	100	95.6	a	
P20 코핑부 양평방향	5.5	100	94.5	a	
P21 코핑부 양평방향	3.3	100	96.7	a	
P21 코핑부 원주방향	5.1	100	94.9	a	
P22 코핑부 원주방향	5.2	100	94.8	a	
P23 코핑부 양평방향	2.4	100	97.6	a	
P24 코핑부 원주방향	2.3	100	97.7	a	
P25 코핑부 양평방향	5.1	100	94.9	a	
P26 코핑부 원주방향	2.4	100	97.6	a	
P27 코핑부 양평방향	3.6	100	96.4	a	
P28 코핑부 원주방향	5.2	100	94.8	a	
P29 코핑부 양평방향	2.5	100	97.5	a	
P30 코핑부 양평방향	3.5	100	96.5	a	
P30 코핑부 원주방향	5.5	100	94.5	a	
P31 코핑부 원주방향	5.8	100	94.2	a	
P31 코핑부 양평방향	2.8	100	97.2	a	
A2 흉벽 양평방향	4.4	50	45.6	a	

주) 1. 본 탄산화시험은 실제 피복두께를 적용하기 위해 기점검시에 철근탐사 data를 활용하였으며, 철근탐사 data 중 최소피복두께를 적용하였음.

본 과업 대상 시설물의 콘크리트 부재에 대하여 탄산화 시험을 수행한 결과 측정 심도는 상부구조 2.1mm~5.8mm, 하부구조 2.3mm~5.8mm로 조사되었으며 탄산화 잔여깊이는 “안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(2010. 12)” 건전성 평가기준에 의거하여 대부분의 부재는 탄산화 잔여깊이가 30mm이상으로 『 a 』로 평가되어 탄산화로 인한 철근 부식의 가능성은 적을 것으로 판단된다.