제 3 장 현장조사 및 시험

3.1 개요

3.2 외관조사

3.3 내구성조사

제 3 장 현장조사 및 시험

3.1 개 요

본 과업 대상교량인 물곡2교(상, 청평방향)는 국도37호선 상 경기도 가평군 상면 율길리에 위치하고 있으며, 2010년 12월에 준공되어 약 10년 정도의 공용기간이 경과한 상태이며, 주행 2차로 교량이다.

본 교량의 제원은 총연장 150.0m(47.5m+55.0m+47.5m) 총 폭 10.49m인 교량이며, 상부구조는 3경간 연속 Steel Box Girder 형식으로서, 하부구조의 교대는 역T형(2기), 교각은 T형(2기) 구조이고 기초는 교대, 교각은 직접기초로 시공되어 있다.

본 장에서는 현장조사 결과 확인된 결함과 손상 상태에 대하여 교량의 구성 부재별로 사진을 첨부하여 설명하고 발생 원인을 분석하여 보수·보강 및 유지관리 방안을 마련하는 데 참고할 수 있도록 하였으며, 전체 부재에 대한 외관조사망도를 작성하여 향후 교량의 점검 및 유지관리 시 효율적으로 활용할 수 있도록 하였다.

현장조사 및 시험에서는 무엇보다 각 부재의 접근방법이 중요하며, 본 교량에서는 다음과 같은 방법으로 전 부재에 대한 근접조사를 수행하였다.

【표 3.1】 현장조사시 근접조사 방법 및 접근성

경간번호	지점번호	조사방법 및 접근성	조사기간	비고
S1～S3	A1, A2, P1, P2	도보, 교량점검차(굴절차)	2021.04.14.	

상부 도보조사

하부 도보조사

교량점검차(굴절차)를 이용한 근접조사(1)

교량점검차(굴절차)를 이용한 근접조사(2)

【사진 3.1】 근접조사를 위한 장비 사용 전경

3.2 외관조사

3.2.1 바닥판 하면

1) 부재의 개요

- 총 3경간으로 이루어져 있으며, 연장은 L=150.0m 폭 10.49m로 바닥판은 데크플레이트(중앙부), 철근콘크리트(캔틸레버부)로 시공되어있다.
- 바닥판하면에 대한 현장조사는 근접조사 및 차량통제 최소화를 위해 교량점검차(굴절차)를 활용하여 실시하였다.

바닥판 하면 전경#1

바닥판 하면 전경#2

【사진 3.2】바닥판 전경

2) 현장조사 결과

- 바닥판하면 현장조사 결과, 균열(0.3mm미만)이 조사되었으며, 일부구간 보수가 실시되었다.

【표 3.2】바닥판하면 현장조사 결과

구분	균열 0.3㎜미만 (m/개소)	
S1	1.40	2
S2	5.60	7
S3	-	-
합계	7.00	9.00

S1 균열(0.1㎜/0.8m)	S2 바닥판하면 균열(0.1㎜/0.8m)
S1 균열 보수	S2 균열 보수

【사진 3.3】 바닥판 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 바닥판 하면에 대하여 기 점검 결과를 토대로 손상 진전여부를 검토한 결과, 2019년 점검에서 조사된 손상과 유사하게 조사 되었으며, 일부구간 보수로 손상이 감소한 것으로 확인되었다.

구 분	단 위	2019년 점검	금회점검	비 고
균열(0.3㎜미만)	m	14.20	7.00	▼7.20

4) 검토의견

- 바닥판하면의 발생된 폭 0.3㎜미만의 균열은 캔틸레버부에 발생한 손상으로 시공초기 건조수축 및 온도변화에 의해 발생된 것으로 판단되며, 주의관찰 후 표면처리보수를 실시하는 것이 유지관리에 효율적일 것으로 판단된다.

3.2.2 Steel Box Girder

1) 부재의 개요

- 바닥판으로부터 전달되는 상부하중을 지지하고 교량받침으로 하중을 전달하는 역할을 하는 Steel Box Girder는 2열로 시공되었으며, 근접육안조사를 위하여 점검차 및 내부 근접보도점검을 실시하여 외관조사를 실시하였다.

거더 외부 전경

거더 내부 전경

【사진 3.4】 거더 전경

2) 현장조사 결과

① Steel Box Girder 외부

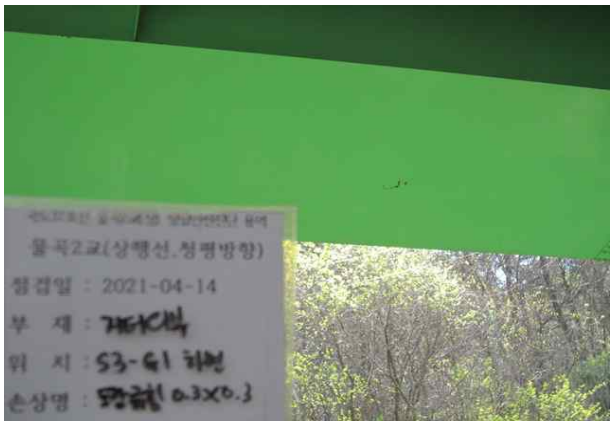
- 거더 외부에 대한 현장조사 결과 안전성에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않았으며, 경미한 도장박리 및 박락, 강재부식이 발생하였다.

【표 3.3】 거더 외부 외관조사 결과

구분		도장박리, 박락, 긁힘 (㎡/개소)		부식 (m/개소)	
거더 외부	S1	0.01	1	1.06	5
	S2	-	-	0.80	4
	S3	0.34	2	0.07	1
	합계	0.35	3.00	1.93	10.00

S1-G1 부식(0.2m×5.0m)

S2-G1 부식(0.1m×1.0m)



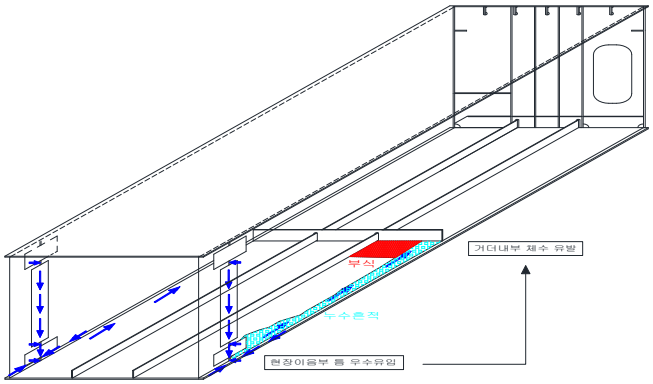
S3-G1 도장긁힘(0.3m×0.3m)

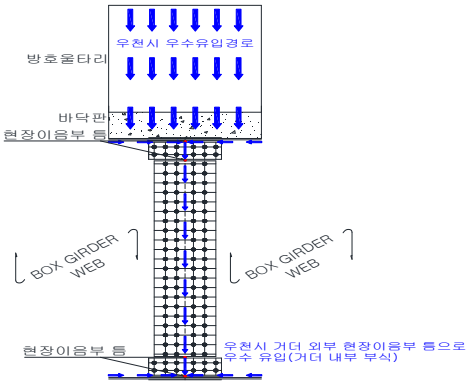
S3-G1 도장박락(0.5m×0.5m)

【사진 3.5】 거더 외부 손상현황

② Steel Box Girder 내부

- 거더 내부에 대한 현장조사 결과 Splice부 실링재 누락으로 인해 우수유입흔적, 이물질퇴적 등의 손상이 발생하였다.
- 강재손상은 접합부의 용접상태와 도장상태는 전반적으로 양호하나 일부 국부적인 도장박락, 부식이 발생한 상태이며, Splice부 볼트풀림이 없는 양호한 상태로 조사되었다.

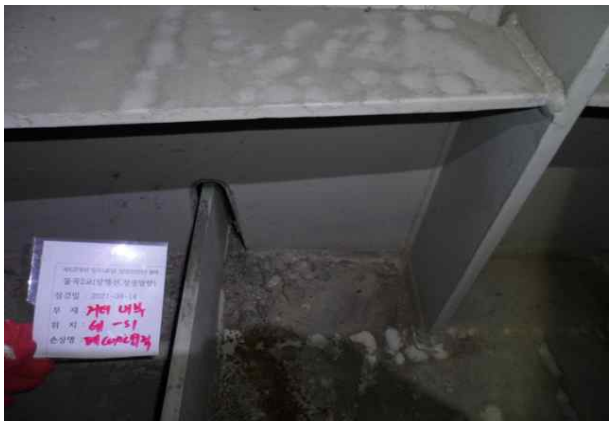




【표 3.4】 거더 내부 외관조사 결과

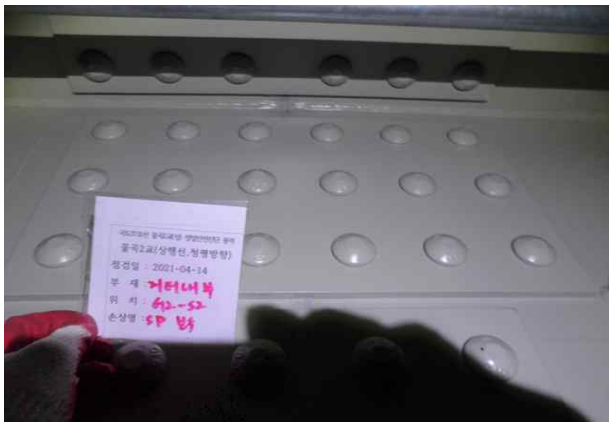
구분		이물질적치 (㎡/개소)		토사퇴적 (m/개소)		부식 (㎡/개소)		도장박리,박락 (㎡/개소)		우수유입 (m/개소)	
거더 내부	S1	0.49	1	47.50	1	0.05	1	-	-	-	-
	S2	0.09	1	55.0	1	-	-	0.12	6	10.00	1
	S3	0.60	1	47.50	1	2.15	2	0.05	1	-	-
	합계	1.18	3.00	150.00	3.00	2.20	3.00	0.17	7.00	10.00	1.00

S1-G1 부식(0.1m×0.5m)



S1-G1 이물질적치

S2-G1 도장박락(0.1m×0.1m)



S2-G2 씰링 보수

【사진 3.6】 거더 내부 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 거더에 대하여 기 점검 결과를 토대로 손상 진전여부를 검토한 결과, 일부 손상의 증가하였고, 씰링에 대해서는 보수를 실시하였다.

구 분		단 위	2019년 점검	금회점검	비 고
거더 외부	도장박리, 박락	㎡	0.20	0.35	▲0.15
	부식	㎡	1.93	1.93	-

구 분		단 위	2019년 점검	금회점검	비 고
거더 내부	이물질적치	㎡	0.49	1.18	▲0.69
	토사퇴적	m	150.00	150.00	-
	부식	㎡	0.15	2.20	▲2.05
	도장박리, 박락	㎡	0.14	0.17	▲0.03
	우수유입	m	10.00	10.00	-
	씰링 미실시	EA	2.00	-	▼2.00

4) 검토의견

- 거더 내부에 발생된 우수유입 및 체수흔적은 현장이음부 틈새에 실런트 주입 이전에 발생된 손상이며 현재 씰링보수가 실시되었다. 우수 유입시 일부 토사도 함께 유입되어 있으므로 청소가 요구된다.
- 거더 외부에 발생된 도장박리·박락 도장 공사전 전처리미흡, 부착력 감소, 공용기간 증가에 따른 도장 노후화, 우수접촉 등에 의한 것으로 판단되며 주의관찰 후 진전시 면처리 후 부분 재도장 보수가 요구된다.

3.2.3 가로보

1) 부재의 개요

- 공용기간 중 주거더의 횡변형 방지와 하중 횡분배 역할을 하는 가로보는 강재로 시공되어 있으며, 조사방법은 거더와 동일한 방법으로 점검차를 통한 근접조사를 실시하였다.

가로보 전경#1

가로보전경#2

【사진 3.7】 거더 내부 손상현황

2) 현장조사 결과

- 가로보에 대한 현장조사 결과 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.

【표 3.5】 가로보 현장조사 결과

구분	상태양호	
S1	-	-
S2	-	-
S3	-	-
합계	0	0

상태양호

상태양호

【사진 3.8】 가로보 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 가로보에 대하여 기 점검 결과를 토대로 손상 진전여부를 검토한 결과, 손상의 진전은 없는 상태로 확인되었다.

구 분	단 위	2019년 점검	금회점검	비 고
상태양호	-	-	-	-

4) 검토의견

- 가로보 외부에 발생된 도장박리는 도장 공사전 전처리미흡, 공용기간 증가에 따른 도장 노후화, 우수접촉 등에 의한 것으로 판단되며 전처리 후 부분 재도장 보수가 요구된다.

3.2.4 교대 및 교각

1) 부재의 개요

- 교대 역T형, 교각 T형으로 시공되어있으며, 기초는 직접기초로 시공되어있다. 교대 및 교각에 대한 외관조사는 도보 및 굴절차를 이용한 근접조사를 실시하였다.

교대 전경(A1)

교각 전경(P1)

【사진 3.9】교대 및 교각 전경

2) 현장조사 결과

- 외관조사 결과 균열(0.3㎜미만), 법면 파손 및 유실 등의 손상이 발생한 것으로 조사되었다.

【표 3.6】교대 및 교각 외관조사 결과

구분	균열 0.3㎜미만 (m/개소)		체수 (㎡/개소)		법면 파손 (㎡/개소)		법면 균열 (m/개소)		법면 유실, 블럭침하 (㎡/개소)	
A1	-	-	2.00	1	-	-	-	-	100.0	1
P1	1.00	1	-	-	-	-	-	-	-	-
P2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
A2	0.90	2	2.25	1	2.75	2	1.00	1	16.00	1
합계	1.90	3.00	4.25	2.00	2.75	2.00	1.00	1.00	116.00	2.00

A1 법면 유실

A2 법면 블록 침하

A2 법면 파손(0.5m×0.5m)

A2 균열(폭 0.3mm미만)

A1 균열 보수

P2 기둥부 망상균열 보수

【사진 3.10】교대 및 교각 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 기 점검 결과를 토대로 손상 진전여부를 검토한 결과, 균열 및 재료분리에 대해 보수를 실시하여 손상이 감소하였고, 교대 법면 손상이 추가 조사되었다.

구 분	단 위	2019년 점검	금회점검	비 고
균열(0.3㎜미만)	m	6.90	1.90	▼5.00
재균열(0.3㎜미만)	m	1.50	-	▼1.50
망상균열	㎡	1.50	-	▼1.50
보수재 들뜸	㎡	3.26	-	▼3.26
재료분리	㎡	1.60	-	▼1.60
체수	㎡	-	4.25	▲4.25
법면 파손	㎡	-	2.75	▲2.75
법면 균열	m	-	1.00	▲1.00
법면유실, 블록침하	㎡	-	116.00	▲116.00

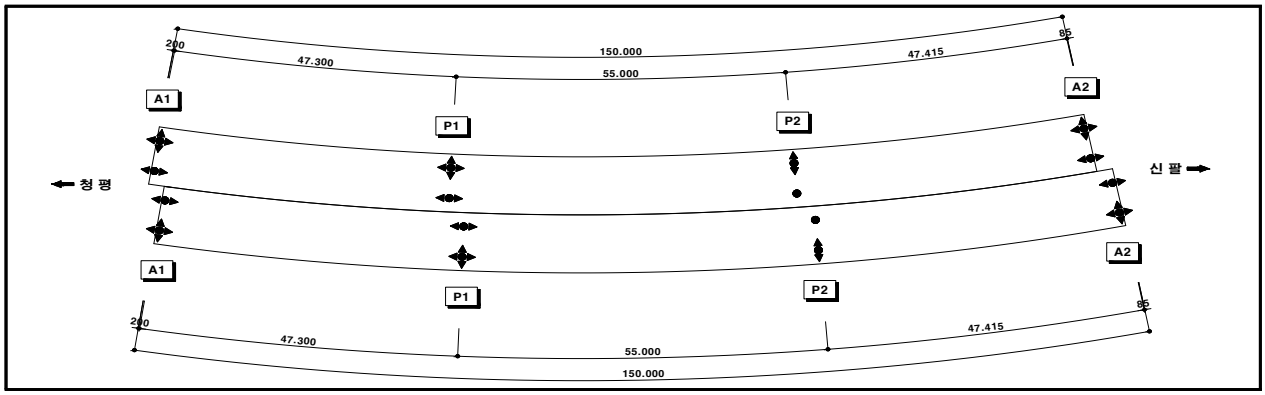
4) 검토의견

- 균열 및 망상균열, 재료분리 등에 대해 전구간 보수를 실시하였고, 보수부는 양호한 상태이다. 금회 조사시 교대 법면 유실 및 침하가 조사되었다.
- 조사된 법면 유실부는 물곡2교 하행선 배수관으로부터 흘러나온 우수에 의한 것으로 판단되며 배수관 하부에 유도배수시설 설치가 필요할 것으로 판단된다.

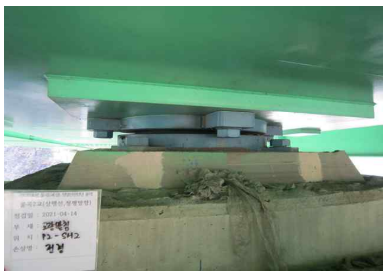
3.2.5 교량받침

1) 부재의 개요

- 받침은 포트받침으로 총 8개가 설치되어 있으며, 받침장치의 순번은 교량기호의 정의에서 정의한 방법에 따라 번호를 부여하여 현장조사를 수행하였다.



【그림 3.1】 교량받침 배치도

		
포트받침(일방향) 전경	포트받침(양방향) 전경	포트받침(고정단) 전경

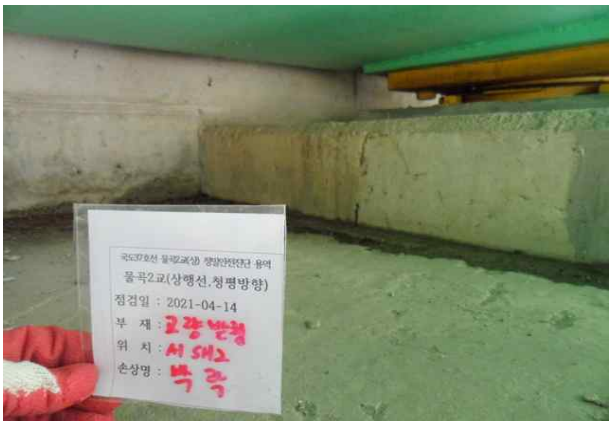
【사진 3.11】 교량받침 전경

2) 현장조사 결과

- 현장조사 결과 기능장애 또는 기능저하를 유발할 손상은 발생하지 않은 상태로, 경미한 받침콘크리트 박락이 조사되었다.

【표 3.7】 교량받침 외관조사 결과

구분	받침콘크리트 박락 (㎡/개소)	
A1	0.02	1
P1	-	-
P2	-	-
A2	-	-
합계	0.02	1.00



A1-SH2 받침콘크리트 박락(0.1m×0.2m)

P1-SH2 받침콘크리트 보수

【사진 3.12】교량받침 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 교량받침에 대하여 기 점검 결과를 토대로 손상 진전여부를 검토한 결과, 받침콘크리트 파손 및 재료분리에 대해 보수를 실시하여, 손상이 감소하였고, 경미한 박락이 신규 조사되었다.

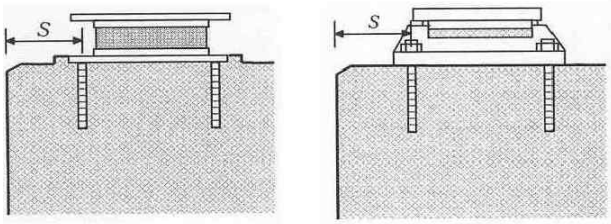
구 분	단 위	2019년 점검	금회점검	비 고
받침콘크리트 파손	㎡	0.16	-	▼0.16
받침콘크리트 재료분리	㎡	0.16	-	▼0.16
받침콘크리트 박락	㎡	-	0.02	▲0.02

4) 검토의견

- 받침콘크리트 보수부는 전반적으로 양호한 상태이며, 금회 조사된 박락은 기존 손상 누락으로 초기 시공시 충격에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 단면보수가 필요하다.

5) 연단거리 검토

- 교대 및 교각의 교좌면은 상부구조로부터 집중하중을 받는 부위이고, 지진시에는 큰 수평력이 작용하는 곳이다. 연단거리가 짧으면 고정단에서는 콘크리트 구체 또는 교량받침이 파손될 수 있고, 가동단에서는 최악의 경우 받침이 벗어나 거더가 낙하할 수도 있다.
- 상부구조의 길이에 따라 ‘도로교설계기준(2009, 국토교통부)’에서는 최소값을 규정하고 있다.



(a) 고무받침 (b) 강재받침

- 거더의 경간길이 100m 이하
  : S(㎜) = 200 + 5L
- 거더의 경간길이 100m 이상
  : S(㎜) = 300 + 4L
  여기서, L은 경간길이(m)

【그림 3.2】 도로교설계기준 연단거리 산출방법

받침장치 연단거리 측정(1)	받침장치 연단거리 측정(2)

【사진 3.13】 교량받침장치 연단거리측정

① 연단거리 산출

- 거더 경간길이(L=47.5m) : 200+5×47.5 = 437.5(㎜) - S1, S3
- 거더 경간길이(L=55.0m) : 200+5×55.0 = 475.0(㎜) - S2

【표 3.8】 연단거리 측정 결과

구 분		계산 연단거리 (㎜)	실측 연단거리(㎜)		검토 결과
			SH1	SH2	
A1		437.5	600	590	O.K
P1	A1측	437.5	880	960	O.K
	A2측	475.0	920	880	O.K
P2	A1측	475.0	890	910	O.K
	A2측	437.5	900	910	O.K
A2		437.5	700	680	O.K

② 연단거리 검토의견

- 연단거리 측정 결과, 전 개소 모두 실측 연단거리가 계산 연단거리를 상회하고 있는 것으로 측정되어 설계기준을 만족하고 있는 것으로 검토되었다.

6) 교량받침 신축거동상태 검토

가동받침은 상부구조의 온도변화, 처짐 콘크리트의 크리프 및 건조수축 등에 의해 생기는 이동량에 대해서 여유를 가져야 한다. 단, 대상교량은 준공 후 약 10년이 경과된 구조물로 콘크리트 건조수축 및 크리프에 대한 고려는 하지 않으며, 공용 중 온도에 의한 가동여유량을 검토하였다.

① 설계기준온도(-20℃ ~ 40℃(한랭지방))에 따른 여유량 검토

교량 받침 가동량 측정(1)

교량 받침 가동량 측정(2)

【사진 3.14】 교량받침 이동량 측정

【표 3.9】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 산정

구 분	온도변화 (ΔT, ℃)		선팽창 계수 (α)	신축거더길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(㎜)		비고
	동절기	하절기			동절기	하절기	
A1	29.0	31.0	0.000012	102.5	35.7	38.1	
P1	29.0	31.0	0.000012	55.0	19.1	20.5	
P2	고정단						
A2	29.0	31.0	0.000012	47.5	16.5	17.7	

1) 조사당시 온도 : 9.0℃(조사일 : 2021년 4월 14일, 평균온도, 양평)
2) 검토온도 : -20℃ ~ 40℃(한랭지방)

【표 3.10】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과

위치		이동량	측정 가동여유량		계산 가동 이동량		허용 이동량 (mm)
			수축	신장	최대수축	최대신장	
A1	SH1	+5	105	95	35.7	38.1	±100
	SH2	+5	105	95			±100
P1	SH1	+5	105	95	19.1	20.5	±100
	SH2	-2	98	102			±100
P2	고정단						
A2	SH1	-15	85	115	16.5	17.7	±100
	SH2	-15	85	115			±100
주) 판정 : 최대 받침 이동량 ≤ 실측 받침 가동여유량 ⇒ O.K							

③ 교량받침 이동량 검토의견

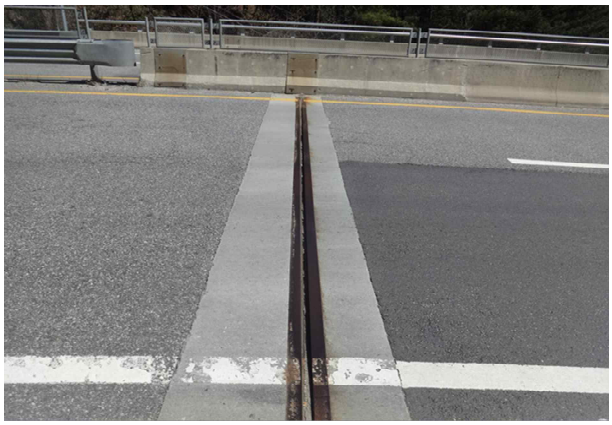
- 계산여유량과 실측여유량의 비교·검토결과 가동여유량이 충분한 것으로 조사되었으며, 교량받침의 이탈 가능성은 없는 상태로 판단된다.

3.2.6 신축이음장치

1) 부재의 개요

- 본 교량의 신축이음장치는 A1(NO.160), A2(NO.100)에 시공되어 있으며, Rail 조인트로 시공된 상태이다. 점검차 조사를 위한 부분 통제시 도보를 통해 근접조사를 실시하였다.

EXP.J1(A1) 전경



EXP.J2(A2) 전경

【사진 3.15】 신축이음장치 전경

2) 현장조사 결과

- 조사 결과 본체 부식 및 토사퇴적, 후타재 균열(0.3㎜미만) 등의 손상이 조사되었다.

【표 3.11】 신축이음장치 외관조사 결과

구분	후타재 균열(0.3㎜미만) (m/개소)		이물질퇴적 (m/개소)		본체 부식 (-/개소)		차수판 볼트 탈락 (-/개소)	
A1 (EXP J1)	11.25	30	10.77	1	-	1	-	1
A2 (EXP J2)	7.50	20	10.77	1	-	1	-	1
합계	18.75	50.00	21.54	2.00	0.00	2.00	0.00	2.00

A1 EXP.J1 본체 부식

A1 EXP.J1 후타재 균열(폭 0.3mm미만)

A2 EXP.J2 본체 부식

A2 EXP.J2 차수판 볼트 탈락

【사진 3.16】 신축이음장치 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 점검에서 신축이음에 대하여 기 점검 결과를 토대로 손상 진전여부를 검토한 결과, 신규 손상 및 손상의 진전은 없는 상태로 확인되었다.

구 분	단 위	2019년 점검	금회점검	비 고
후타재 균열(0.3mm미만)	m	18.75	18.75	-
토사퇴적	m	21.54	21.54	-
본체부식	EA	2.00	2.00	-
차수판 볼트탈락	EA	2.00	2.00	-

4) 검토의견

- 신축이음 본체에서는 차량통행으로 인한 분산먼지 등에 의한 이물질퇴적이 조사되어 청소가 필요하며, 신축부 부식 손상은 현재 신축작용에 문제는 없는 상태로서 주의관찰을 통한 유지관리가 필요하다.
- 후타재에 조사된 폭 0.3㎜미만 균열은 건조수축 및 차량반복하중에 의하여 발생한 것으로 즉각보수보다는 주의관찰 후 진전시 표면보수를 실시하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다.

5) 신축이음 거동상태 검토

신축이음장치 신축량의 계산은 온도변화, 건조수축, 활하중에 의한 지점의 회전을 고려하여 계산하여야 하나 본 교량은 10년 이상 공용중에 있는 교량으로 가장 신축량이 크게 발생되는 온도변화에 의한 거동만을 고려하여 평가하였다.

① 설계기준온도(-20℃ ~ 40℃(한랭지방))에 따른 여유량 검토

<table>
<tr><th>구분</th><th>계산방법</th><th>비고</th></tr>
<tr><td>이론
신축량</td><td>• 온도변화에 의한 이동량
▸ Δlt = ΔT · α · L
여기서, Δlt : 온도변화에 의한 이동량
ΔT : 온도변화 범위(기상청 자료참조)
α(강재): 1.2×10-5, α(콘크리트): 1.0×10-5
L : 신축보의 길이(㎜)</td><td rowspan="2">

 </td></tr>
<tr><td>소요
신축량</td><td>•소요 가동량 산정
조사일 : 2021. 04. 14. 기온 적용: 9.0℃
△T(신장시) : 40.0℃-9.0℃ = 31.0℃
△T(수축시) : -20.0℃-(9.0℃) = 29.0℃
△lt(최소필요유간) : △T×α×L
•형식별 온도변화범위(℃)
<table>
<tr><th colspan="2">교량형식</th><th>보통지방</th><th>한랭지방</th><th>선팽창계수α(/℃)</th></tr>
<tr><td rowspan="2">강교</td><td>상로교</td><td>-10～+40</td><td>-20～+40</td><td>1.2×10-5</td></tr>
<tr><td>하로교,
강바닥판교</td><td>-10～+50</td><td>-20～+40</td><td>1.2×10-5</td></tr>
<tr><td colspan="2">RC, PSC교</td><td>-5～+35</td><td>-15～+35</td><td>1.0×10-5</td></tr>
</table></td></tr>
</table>

【사진 3.17】 신축이음 유간 측정방법

【표 3.12】 신축이음 신축이동량 산정

구 분	온도변화 (ΔT, ℃)		선팽창 계수 (α)	신축거더 길이(L, m)	온도 변화에 의한 이동량(㎜)		비고
	동절기	하절기			동절기	하절기	
A1	29.0	31.0	0.000012	102.5	35.67	38.13	
A2	29.0	31.0	0.000012	47.5	16.53	17.67	

1) 조사당시 온도 : 9.0℃(조사일 : 2021년 4월 14일, 평균온도, 양평)
2) 검토온도 : -20℃ ~ 40℃(한랭지방)

【표 3.13】 신축이음장치 및 바닥판 단부 가동여유량 검토결과

구 분	계산 이동량(㎜)		실측유간(㎜)			허용 이동량(㎜)	검토 결과
	최대 수축시	최대 신장시	S	G1	G2		
A1	35.67	38.13	74.0	190.0	170.0	160.0	O.K
A2	16.53	17.67	43.0	100.0	100.0	100.0	O.K

- S=신축이음, G1=바닥판, G2=거더
- 측정유간 > 최대 신장시 계산 이동량 => 양호
- 측정유간(S) + 최대 수축시 계산 이동량 < 허용 이동량 => 양호

6) 신축거동상태 검토의견

- 신축이음장치에 대한 신축유간 측정결과, 설계온도에 대한 충분한 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

3.2.7 교면포장

1) 부재의 개요

- 바닥판 상면에 위치하여 차량에서 발생하는 진동을 흡수 · 분산시키고, 외부의 불리한 환경조건에 대해서 바닥판을 보호하는 역할을 하는 교면포장은 아스콘 포장으로 되어있다.

교면포장 전경#1	교면포장 전경#2

【사진 3.18】교면포장 전경

2) 현장조사 결과

- 조사결과 2차로~갓길에 재포장이 실시되었고, 기존 손상인 아스콘 망상균열이 조사되었다.

【표 3.14】교면포장 외관조사 결과

구분	아스콘 망상균열 (㎡/개소)	
S1	47.50	1
S2	55.00	1
S3	47.50	1
합계	150.00	3.00

S1 아스콘 망상균열(1.0m×47.5m)	S1~3 2차선~갓길 재포장

【사진 3.19】교면포장 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 교면포장에 대하여 기 점검 결과를 토대로 손상 진전여부를 검토한 결과, 2차선~갓길 재포장 실시로 인해 손상이 감소하였고, 일부 아스콘 균열은 망상균열 형태로 진전되었다.

구 분	단 위	2019년 점검	금회점검	비 고
아스콘 균열	m	119.50	-	▼119.50
아스콘 망상균열	㎡	126.00	150.00	▲24.00
포트홀	㎡	0.43	-	▼0.43

4) 검토의견

- 교면포장에 실시한 2차선~갓길 재포장은 양호한 상태이며, 1차선 아스콘 균열은 망상균열 형태로 진전된 것이 조사되었다. 이는 장기공용에 의한 열화로 아스콘 재포장 등의 보수가 필요하다.

3.2.8 배수시설

1) 부재의 개요

- 교량의 횡단구배 특성에 따라 교량의 갓길에 배수시설 15개소 설치되어 있다.

배수구 전경

배수관 전경

【사진 3.20】 배수시설 전경

2) 현장조사 결과

- 현장조사 결과, 배수구 막힘, 연결부 누수, 배수관 고정불량 및 길이부족 등의 손상이 조사되었다.

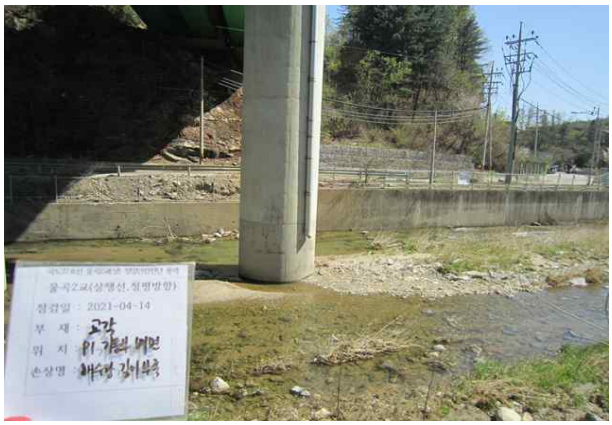
【표 3.15】 배수시설 외관조사 결과

구분	배수구 막힘 (-/개소)		배수관 연결부 누수 (-/개소)		배수관 고정불량 (-/개소)		배수관 길이부족 (-/개소)	
S1	-	5	-	3	-	-	-	2
S2	-	5	-	-	-	1	-	-
S3	-	5	-	-	-	-	-	-
합계	0.00	15.00	0.00	3.00	0.00	1.00	0.00	2.00

S1 배수구 막힘

S1 배수관 연결부 누수

S2 배수관 고정 불량



S1 배수관 길이 부족

【사진 3.21】 배수시설 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 배수시설에 대하여 기 점검 결과를 토대로 손상 진전여부를 검토한 결과, 금회 점검에서 손상의 진전은 없는 상태로 조사되어 물량 또한 증가가 없는 상태로 조사되었다.

구 분	단 위	2019년 점검	금회점검	비 고
배수구 막힘	EA	15.00	15.00	-
배수관 연결부 누수	EA	3.00	3.00	-
배수관 고정불량	EA	1.00	1.00	-
배수관 길이부족	EA	2.00	2.00	-

4) 검토의견

- 배수구 막힘은 전구간에 걸쳐 발생한 손상으로, 공용 중 반복적인 통행차량에 의한 토사퇴적으로 이는 우천시 체수를 유발하여 차량 주행성 및 사용성에 문제가 될수 있으므로 주기적인 배수구 청소가 필요한 상태이다. 배수관 연결부 누수 및 고정불량, 길이부족은 유지관리 차원에서 정비 등의 조치가 필요하다.

3.2.9 방호벽

1) 부재의 개요

- 차량의 차도이탈 방지, 사고시 완충작용 등의 기능을 하는 방호울타리(H=0.78m)는 철근콘크리트 구조로 설치되어있으며, 방호벽 상단에 강재 난간이 설치되어 있다.

방호벽 전경

중앙분리대 전경

【사진 3.22】 방호벽 및 중앙분리대 전경

2) 현장조사 결과

- 조사 결과 기 손상인 박리 및 박락, 난간 긁힘, 변형, 교명판 파손, 반사판 파손이 확인되었고, 일부 균열 및 백태 등의 손상이 신규 조사되었다.

【표 3.16】 방호벽 외관조사 결과

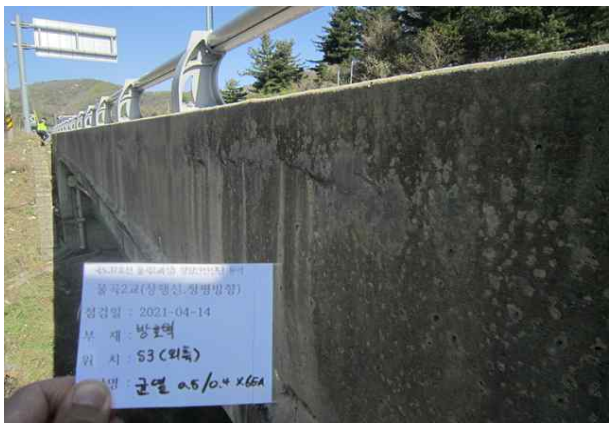
구분	박리 및 박락 (㎡/개소)		들뜸 (㎡/개소)		균열(폭 0.3mm이상) (m/개소)		균열부 백태 (㎡/개소)	
S1	-	-	-	-	-	-	-	-
S2	6.00	1	-	-	-	-	-	-
S3	-	-	2.25	1	62.40	7	0.75	15
합계	6.00	1.00	2.25	1.00	62.40	7.00	0.75	15.00

구분	강재난간 긁힘 (m/개소)		강재난간 변형 (-/개소)		교명판 망실 (-/개소)		반사판 파손 (-/개소)	
S1	-	-	-	-	-	1	-	2
S2	-	-	-	-	-	-	-	2
S3	0.50	1	-	2	-	1	-	-
합계	0.50	1.00	0.00	2.00	0.00	2.00	0.00	4.00

S1 교명판 유실

S2 박리 및 박락

S3 강재 난간 변형



S3 외측 균열 (폭 0..3mm이상)

【사진 3.23】 방호벽 및 중앙분리대 손상현황

S3 외측 들뜸	S3 외측 균열부 백태

【사진 3.23】 방호벽 및 중앙분리대 손상현황(계속)

3) 기 점검 결과 비교

- 방호벽에 대하여 기 점검 결과를 토대로 손상 진전여부를 검토한 결과, 금회 점검에서 신규손상이 추가되어 일부 물량이 증가한 것으로 조사되었다.

구 분	단 위	2019년 점검	금회점검	비 고
박리 및 박락	㎡	6.00	6.00	-
들뜸	㎡	-	2.25	▲2.25
균열(폭 0.3mm이상)	m	-	62.40	▲62.40
균열부 백태	㎡	-	0.75	▲0.75
강재난간 긁힘	m	0.50	0.50	-
강재난간 변형	EA	2.00	2.00	-
교명판 망실	EA	2.00	2.00	-
반사판 파손	EA	4.00	4.00	-

4) 검토의견

- 방호벽은 구조물의 공용기간 증가와 외부 충격, 제설제에 의한 열화 등의 원인으로 손상이 발생한 것으로 판단되며, 단면보수 및 주입보수, 백태보수 등의 보수가 필요하며, 강재난간의 경우 긁힘은 주의관찰 하는 유지관리가 효율적이나 변형은 외부충격으로 발생한 상태로 현재 강재난간의 역할 수행이 어려울 것으로 판단되므로 교체시공이 필요하다. 그 외의 손상에 대해서는 유지관찰을 실시하는 것이 적절할 것으로 판단된다.

3.2.10 부대시설

1) 부재의 개요

- 부대시설로는 점검로가 A1, P1, P2 3개소에 설치되어 있고, 점검사다리는 A1 1개소 설치되어 있다. P1, P2의 경우 하행선을 통해 진입이 가능하다.

점검사다리 전경	점검로 전경

【사진 3.24】 점검로 전경

2) 현장조사 결과

- 조사 결과 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었고, 금회 점검로 안전표지판 설치를 실시하였다.

A1 안전표지판 설치 전	A1 안전표지판 설치 후

【사진 3.25】 부대시설 손상현황

3.2.11 외관조사 총괄표

【표 3.17】 손상내용 총괄표

구분		손상 내용	단위	물량	개소	비고
바닥판 하면		균열(0.3㎜미만)	m	7.00	9	
거더	거더외부	도장박리, 박락, 긁힘	㎡	0.35	3	
		부식	m	1.93	10	
	거더내부	이물질 적치	㎡	1.18	3	
		토사퇴적	m	150.00	3	
		부식	㎡	2.20	3	
		도장박리, 박락	㎡	0.17	7	
		우수유입	m	10.00	1	
교대 및 교각		균열(0.3㎜미만)	m	1.90	3	
		체수	㎡	4.25	2	
		법면 파손	㎡	2.75	2	
		법면 균열	m	1.00	1	
		법면 유실, 블럭침하	㎡	116.00	2	
교량받침		받침콘크리트 박락	㎡	0.02	1	
신축이음		후타재 균열(0.3mm미만)	m	18.75	50	
		이물질퇴적	m	21.54	2	
		본체 부식	EA	-	2	
		차수판 볼트탈락	EA	-	2	
교면포장		아스콘 망상균열	㎡	150.00	3	
배수시설		배수구 막힘	EA	-	15	
		배수관 연결부 누수	EA	-	3	
		배수관 고정불량	EA	-	1	
		배수관 길이부족	EA	-	2	
방호벽		박리 및 박락	㎡	6.00	1	
		들뜸	㎡	2.25	1	
		균열(0.3㎜이상)	m	62.40	7	
		균열부 백태	㎡	0.75	15	
		강재난간 긁힘	m	0.50	1	
		강재난간 변형	EA	-	2	
		교명판 망실	EA	-	2	
		반사판 파손	EA	-	4	

3.2.12 전회차 손상물량 비교

【표 3.18】 전회차 손상물량 비교

위치		손상내용	단위	2019년 물량	금회 물량	증,감 (▲, ▼)	비고
바닥판 하면		균열(0.3㎜미만)	m	14.20	7.00	▼7.20	
거더	거더 외부	도장박리, 박락, 긁힘	㎡	0.20	0.35	▲0.15	
		부식	m	1.93	1.93	-	
	거더 내부	이물질 적치	㎡	0.49	1.18	▲0.69	
		토사퇴적	m	150.00	150.00	-	
		부식	㎡	0.15	2.20	▲2.05	
		도장박리, 박락	㎡	0.14	0.17	▲0.03	
		우수유입	m	10.00	10.00	-	
		씰링 미실시	EA	2.00	-	▼2.00	
교대 및 교각		균열(0.3㎜미만)	m	6.90	1.90	▼5.00	
		재균열(0.3㎜미만)	m	1.50	-	▼1.50	
		망상균열	㎡	1.50	-	▼1.50	
		보수재 들뜸	㎡	3.26	-	▼3.26	
		재료분리	㎡	1.60	-	▼1.60	
		체수	㎡	-	4.25	▲4.25	
		법면 파손	㎡	-	2.75	▲2.75	
		법면 균열	m	-	1.00	▲1.00	
		법면 유실, 블럭침하	㎡	-	116.00	▲116.00	
교량받침		받침콘크리트 파손	㎡	0.16	-	▼0.16	
		받침콘크리트 재료분리	㎡	0.16	-	▼0.16	
		받침콘크리트 박락	㎡	-	0.02	▲0.02	
신축이음		후타재 균열(0.3mm미만)	m	18.75	18.75	-	
		이물질퇴적	m	21.54	21.54	-	
		본체 부식	EA	2.00	2.00	-	
		차수판 볼트탈락	EA	2.00	2.00	-	
교면포장		아스콘 균열	m	119.50	-	▼119.50	
		아스콘 망상균열	㎡	126.00	150.00	▲24.00	
		포트홀	㎡	0.43	-	▼0.43	
배수시설		배수구 막힘	EA	15.00	15.00	-	
		배수관 연결부 누수	EA	3.00	3.00	-	
		배수관 고정불량	EA	1.00	1.00	-	
		배수관 길이부족	EA	2.00	2.00	-	
방호벽		박리 및 박락	㎡	6.00	6.00	-	
		들뜸	㎡	-	2.25	▲2.25	
		균열(0.3㎜이상)	m	-	62.40	▲62.40	
		균열부 백태	㎡	-	0.75	▲0.75	
		강재난간 긁힘	m	0.50	0.50	-	
		강재난간 변형	EA	2.00	2.00	-	
		교명판 망실	EA	2.00	2.00	-	
		반사판 파손	EA	4.00	4.00	-	

3.3 내구성조사

3.3.1 개 요

가. 개 요

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(2019. 09, 국토교통부/한국시설안전공단)』에 근거하여 시험방법, 시험빈도 및 평가방법 등을 실시하였다.

나. 조사 현황 및 위치

1) 조사 현황

본 과업에서 내구성조사를 위해 아래표와 같은 시험을 실시하였으며, 각 부재별 비파괴 시험 현황은 다음과 같다.

【표 3.19】 콘크리트 및 강재 비파괴시험 현황

시험종류 / 부재	기본과업								비고
	반발 경도	초음파 속도시험	탄산화	철근 탐사	염화물 함유량	균열 깊이	도장두께 측정	강재초음 파탐상	
상부	3개소	3개소	2개소	3개소	1개소	1개소	15개소	12개소	
하부	4개소	4개소	4개소	4개소	2개소				
계	7개소	18개소	6개소	7개소	3개소	1개소	15개소	12개소	

2) 비파괴시험 위치 선정사유

상·하부구조는 접근성이 용이하고, 내구성시험의 정확한 결과값을 얻기 위하여 표면의 요철 및 곰보자국 등을 피하거나, 글라인더로 표면정리 후 양호한 곳을 선정하여 내구성 시험을 실시하였다.

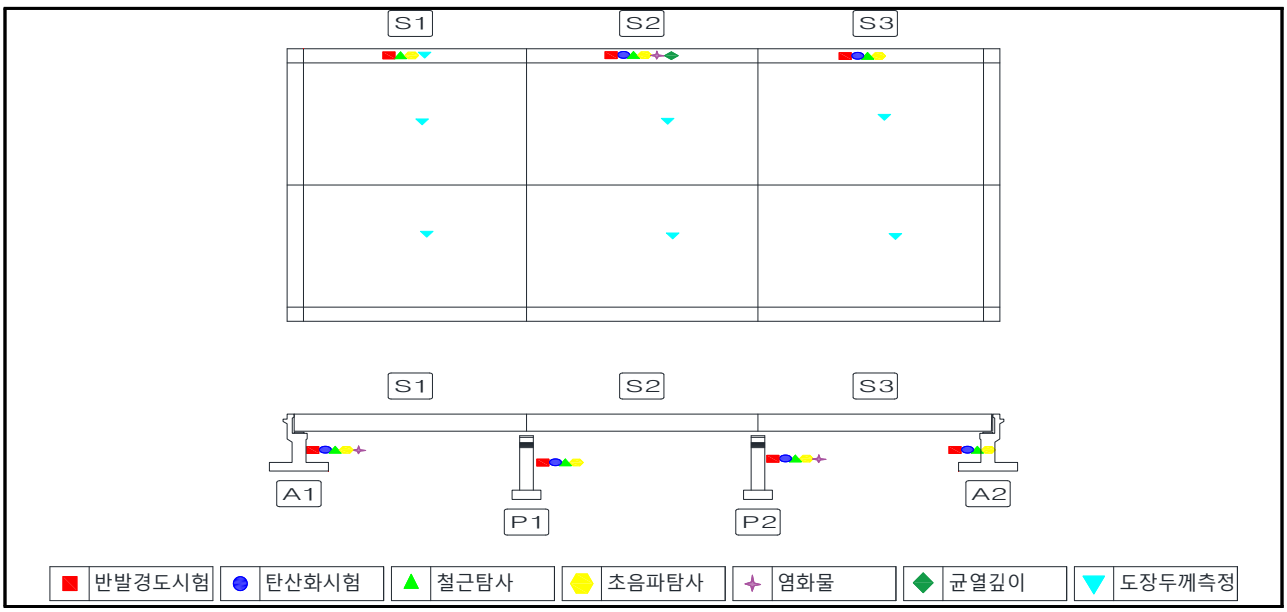
3) 조사 사진

반발경도시험

탄산화 깊이 측정

【사진 3.26】 콘크리트 내구성조사 현황

4) 내구성조사 위치도



【그림 3.3】 내구성조사 위치도

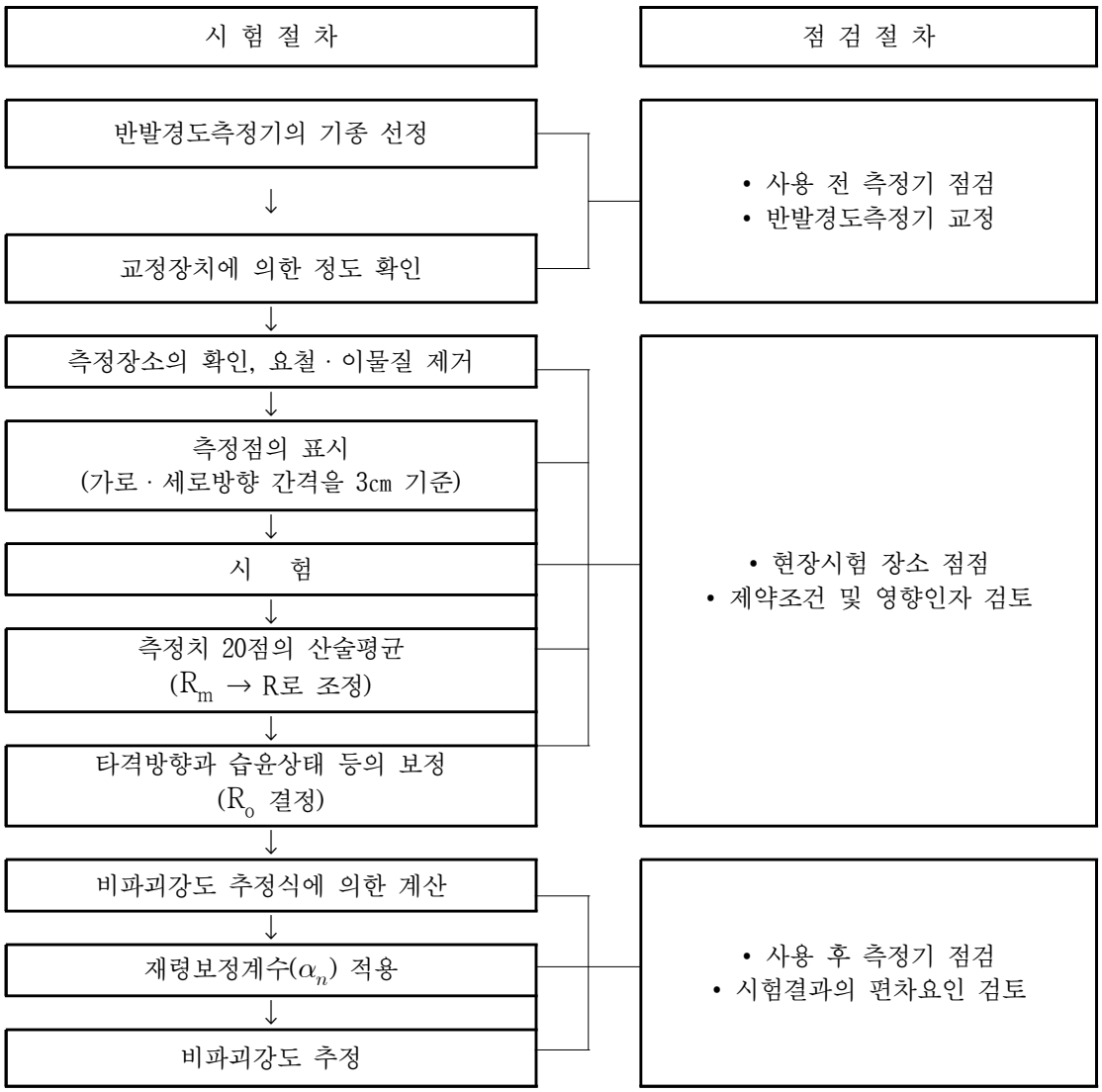
3.3.2 시험내용 및 평가기준

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 타격시, 반발경도(R)와 콘크리트의 압축강도(F_c)와의 사이에 특정 상관관계가 있다는 실험적 경험을 기초로 한다.

① 반발경도시험 및 측정기 점검 등의 절차



【그림 3.4】 반발경도시험 및 측정기 점검 등의 절차

외관조사 결과에 의해 결정된 측정개소에 대해서 타격점 상호간의 간격은 3㎝를 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.

② 보정반발경도(R_o)

【표 3.20】 보정반발경도(R_o)

◈ 보정반발경도 : $R_o = R + \Delta R_1 + \Delta R_2$

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°)의 경우 : (-)값으로 보정

R \ α	보 정 값			
	+90°	+45°	-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 : ΔR_2 = +3으로 보정
  측정위치가 완전히 젖어 있는 경우 : ΔR_2 = +5로 보정

③ 압축강도의 추정

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

【표 3.21】 기존의 비파괴강도 추정 제안식(반발경도시험)

구 분	추 정 식(MPa)	비 고
일본재료학회	$F_c = (-184.0 + 13R_o) \times 0.098$	금회 적용
일본건축학회	$F_c = (7.3R_o + 100) \times 0.098$	금회 적용
과학기술부	$F_c = (-112.8 + 15.2R_o) \times 0.098$	-
시설안전공단 제안식	$F_c = 2.304R_o - 38.80$	-
※ 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(2018. 1, 국토교통부/한국시설안전공단)		

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 α는 아래 【표 3.22】과 같으며, 3,000일 이상의 재령에 대해서는 0.63을 적용한다.

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

【표 3.22】 재령계수 α 값

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

나. 탄산화깊이 측정

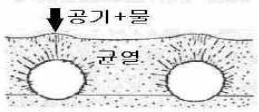
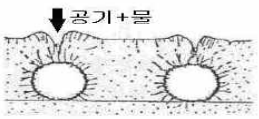
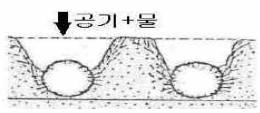
1) 개 요

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

$$\underset{\text{수산화칼슘}}{Ca(OH)_2} + \underset{\text{탄산가스}}{CO_2} \rightarrow \underset{\text{탄산칼슘}}{CaCo_3} + \underset{\text{물}}{H_2O}$$

(pH 12~13) (대기 중에 존재) (pH 8.5~10)

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 1×10^{-6}㎜ 두께의 수산화물($\gamma-Fe_2O_3\cdot nH_2O$) 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.

	STEP 1 • 정상, 재료 및 강도상의 변화는 거의 없음 (약간의 건조수축에 의한 균열)
	STEP 2 • 녹의 발생에 의한 팽창압이 콘크리트 내부에 발생하여 미세한 균열이 발생
	STEP 3 • 철근의 윗면이 팽창함 • 균열이 표면까지 연장되어 공기와 수분의 침입이 격화되어 동해 등의 다른 열화도 유발시키며 녹물이 보임
	STEP 4 • 철근 윗면의 피복이 떨어지고, 철근의 노출이 시작됨 • 철근단면적이 감소함
	STEP 5 • 철근 윗면이 거의 없어지고 철근은 공기 중에 직접 노출됨 • 내구성능은 없음

【그림 3.5】 탄산화에 의한 콘크리트 성능저하

2) 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 3.23】 탄산화 속도에 영향을 미치는 요인

구분	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 ˚C 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

3) 탄산화깊이의 측정

본 과업에서는 일반적으로 현장에서 간편하게 이용되는 페놀프탈레인법(페놀프탈레인은 pH 지시약의 일종으로 1% 알칼리용액)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.

4) 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(㎜)

A : 탄산화 속도계수(㎜/ $\sqrt{년}$)

t : 재령(년)

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

수명예측(년) = (철근피복 / 탄산화 속도계수)2

잔존수명예측(년) = 수명예측년수 - 경과년수

5) 평가기준

탄산화 상태평가 기준은 다음과 같다.

【표 3.24】 탄산화 상태평가 기준

기 준	탄산화 잔여 깊이	철근부식의 가능성
a	• 30㎜이상	• 탄산화에 의한 부식발생 우려 없음
b	• 10㎜이상 ~ 30㎜미만	• 향후 탄산화에 의한 부식발생 가능성 있음
c	• 0㎜이상 ~ 10㎜미만	• 탄산화에 의한 부식발생 가능성 높음
d	• 0㎜미만	• 철근부식 발생
e	-	-

3.3.3 시험결과 및 분석

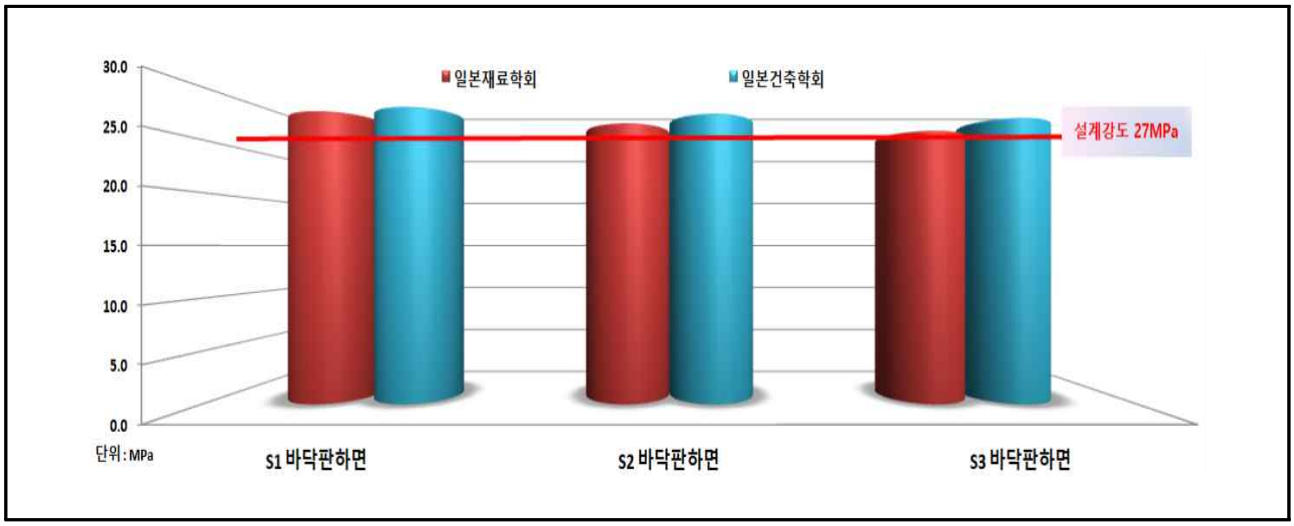
가. 콘크리트 강도시험

콘크리트 비파괴강도시험은 상·하부구조에서 반발경도시험(총 7개소)을 실시하였으며, 검토결과는【표 3.25】, 【표 3.26】와 같다.

① 비파괴강도 시험결과

【표 3.25】상부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과

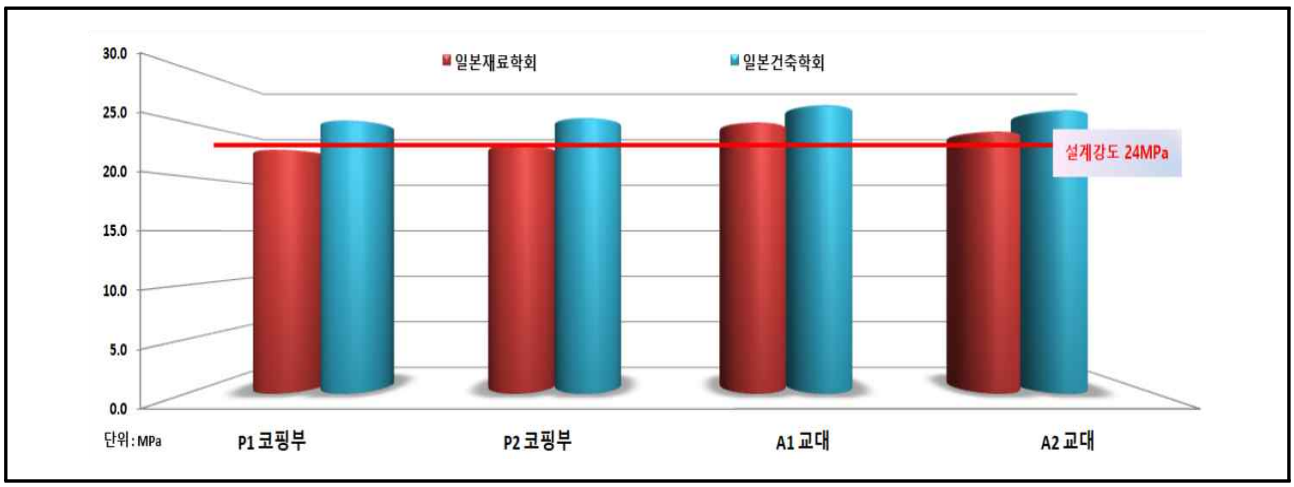
구 분		기준 경도 (Ro)	재령 계수 (α)	재료 학회 (MPa)(A1)	건축 학회 (MPa)(A2)	설계강도 (MPa) (B)	(A/B)*100(%)		비고
							재료학회(A1)	건축학회(A2)	
상부 구조	S1 바닥판	48.9	0.63	27.8	28.2	27.0	103.0	104.4	
	S2 바닥판	47.4	0.63	26.6	27.5		98.5	101.9	
	S3 바닥판	46.5	0.63	25.9	27.2		95.9	100.7	



【그림 3.6】상부구조 압축강도 추정결과

【표 3.26】 하부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과

구 분		기준 경도 (Ro)	재령 계수 (α)	재료 학회 (MPa)(A1)	건축 학회 (MPa)(A2)	설계강도 (MPa) (B)	(A/B)*100(%)		비고
							재료학회(A1)	건축학회(A2)	
하부 구조	A1 교대	45.5	0.63	25.0	26.7	24.0	104.2	111.3	
	A2 교대	44.4	0.63	24.2	26.2		100.8	109.2	
	P1 교각	42.3	0.63	22.5	25.2		93.8	105.0	
	P2 교각	24.8	0.63	22.9	25.5		95.4	106.3	



【그림 3.7】 하부구조 압축강도 추정결과

- 반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조 27.2~28.2MPa, 하부구조 25.2~26.7MPa 로 측정 되었으며, 모두 설계기준 압축강도(상부: 27.0MPa, 하부: 24.0MPa)를 상회하는 것으로 강도 저하가 없는 것으로 판단된다.

【표 3.27】 비파괴강도 시험결과 분석

구 분	부재	평균강도(A)	설계기준강도(B)	A/B×100(%)
상부구조	바닥판 하면	27.2 ~ 28.2	27.0	100.7 ~ 104.4
하부구조	교대 및 교각	25.2 ~ 26.7	24.0	105.0 ~ 111.3

② 기 점검결과와의 비교

【표 3.28】 비파괴강도 기 점검결과와의 비교

구 분		2019년 정밀안전점검	금회 정밀안전진단	설계기준강도
상부구조	바닥판하면	30.2 ~ 32.0	27.2 ~ 28.2	27.0
하부구조	교대 및 교각	26.3 ~ 28.6	25.2 ~ 26.7	24.0
검토의견		■ 기 정밀안전점검(2019년)과 비교 · 분석한 결과, 측정위치에 따른 편차가 일부 존재하나 전반적으로 공용기간 경과에 따른 콘크리트 구조물에 강도저하는 없는 것으로 판단됨		

③ 초음파강도 시험결과

【표 3.29】 초음파강도 시험결과

구 분		전달속도 Vd (km/s)	일본재료학회 측정강도 A1(MPa)	일본건축학회 측정강도 A2(MPa)	설계 기준강도 B(MPa)	재료학회 (A1/B)*100 (%)	건축학회 (A2/B)*100 (%)	비고
상부 구조	S1 바닥판하면	4.116	29.7	26.0	27.0	110.0	96.3	
	S2 바닥판하면	4.154	30.1	26.8		111.5	99.3	
	S3 바닥판하면	4.183	30.3	27.4		112.2	101.5	
하부 구조	A1 교대	3.998	28.5	23.5	24.0	118.8	97.9	
	A2 교대	4.067	29.2	24.9		121.7	103.8	
	P1 교각	3.964	28.2	22.8		117.5	95.0	
	P2 교각	4.007	28.6	23.7		119.2	98.8	

나. 철근탐사 시험

시험은 RC-Radar를 이용하여, 콘크리트 부재 총 7개소(상부구조 3개소, 하부구조 4개소)에서 실시하였다.

① 철근탐사 결과

【표 3.30】 철근탐사 결과

연번	구 분	철근종류	측정 (㎜)		설계 (㎜)		배근상태 (%)
			배근간격	피복두께	배근간격	피복두께	
1	S1	주철근	126	36	125	40	99
		배력근	245	91	250	40	102
2	S2	주철근	120	37	125	40	104
		배력근	240	89	250	40	104
3	S3	주철근	125	44	125	40	100
		배력근	255	86	250	40	98
4	A1	주철근	216	81	200	100	93
		배력근	165	91	150	100	91
5	A2	주철근	220	93	200	100	91
		배력근	134	149	150	100	112
6	P1	주철근	192	82	200	100	104
		배력근	135	112	200	100	148
7	P2	주철근	190	84	200	100	105
		배력근	147	124	200	100	136

▪ 설계도면과 비교시 상부 98%~104%, 하부 91%~148%로 배근간격은 설계 배근간격과 유사한 상태이며, 실측 피복두께와 설계 피복두께도 설계도면과 유사한 상태로 분석되었다.

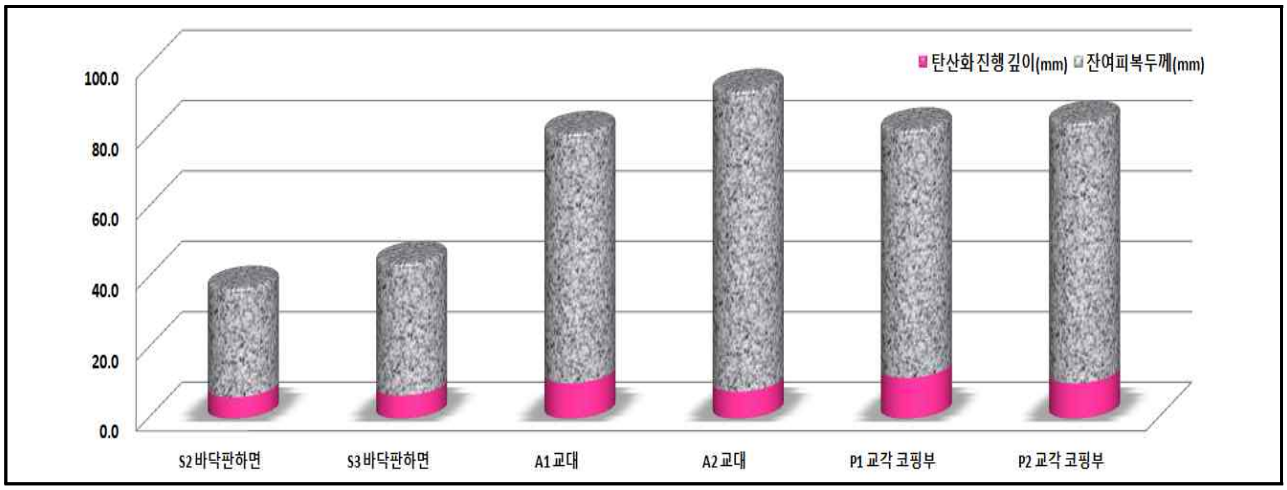
다. 탄산화 깊이 측정

탄산화 깊이 측정은 총 6개소(상부구조 2개소, 하부구조 4개소)에서 실시하였다. 드릴링을 통한 천공 후 지시약을 사용하여 적색으로 변색되는 시점을 탄산화깊이로 정하였으며, 버니어캘리퍼스를 이용하여 그 깊이를 측정하고 철근탐사기를 이용하여 피복두께를 확인하였다.

① 탄산화 깊이 측정결과

【표 3.31】 탄산화 깊이 측정결과 및 평가

구 분		실측 탄산화깊이 (㎜)	실측 피복두께 (㎜)	탄산화 잔여깊이 (㎜)	평가 기준	경과 년수 (년)	탄산화 속도계수 (㎜/√년)	잔존수명 (년)
상부	S2 바닥판하면	6.0	37.0	31.0	a	10	1.897	100년 이상
	S3 바닥판하면	6.5	44.0	37.5	a	10	2.055	100년 이상
하부	A1 교대	10.0	81.0	71.0	a	10	3.162	100년 이상
	A2 교대	7.6	93.0	85.4	a	10	2.403	100년 이상
	P1 교각	11.5	82.0	70.5	a	10	3.637	100년 이상
	P2 교각	10.0	84.0	74.0	a	10	3.162	100년 이상



【그림 3.8】 탄산화 깊이 측정결과

▪ 상부구조 탄산화깊이는 6.0~6.5㎜, 하부구조 탄산화깊이는 7.6~11.5㎜로 측정되었으며, 잔여깊이가 30㎜이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

【표 3.32】 탄산화 시험결과 분석

구 분	탄산화 깊이(㎜)	잔여깊이(㎜)	비고
상부구조	6.0 ~ 6.5	31.0 ~ 37.5	
하부구조	7.6 ~ 11.5	70.5 ~ 85.4	

② 기 점검결과와의 비교

【표 3.33】 탄산화 깊이 기 점검결과와의 비교

구 분	2019년 정밀안전점검			금회 정밀안전진단			비 고
	탄산화깊이 (㎜)	잔여깊이 (㎜)	평가 결과	탄산화깊이 (㎜)	잔여깊이 (㎜)	평가 결과	
상부구조	4.5 ~ 5.0	48.3 ~ 54.4	a	6.0 ~ 6.5	31.0 ~ 37.5	a	
하부구조	8.5	67.0	a	7.6 ~ 11.5	70.5 ~ 85.4	a	
검토의견	▪ 기 정밀안전점검(2019년)과 비교 · 분석한 결과, 측정위치에 따른 편차가 일부 존재하나 전반적으로 공용기간 경과에 따른 내구성저하는 발생하지 않은 것으로 판단됨						

라. 균열깊이 측정

초음파속도를 이용하여 콘크리트의 균열깊이를 평가하였다. 위치는 총 1개소(상부구조)에서 실시하였다.

【표 3.34】 균열깊이 측정결과

구 분		측정 거리 (㎜)	초음파 전달시간		균열 깊이 (㎜)	피복두께 (㎜)	균열 폭 (㎜)	비고
			건전부 To	균열부 Tc				
상부 구조	S2	150	49.8	62.6	11.4	37.0	0.2	

▪ 측정결과, 측정부위의 균열 깊이는 콘크리트 피복두께 이하로 나타나 양호한 상태로 측정되었다.

마. 염화물 함유량 시험

콘크리트에 포함되어 있는 염분 함유량을 측정하여 내구성 저하원인 및 구조물 상태평가의 기초자료로 파악하고자 국가공인 품질시험기관에 의뢰한 결과는 다음과 같다.

【표 3.35】 염화물 함유량 시험결과

구 분			전 염화물 (%)	환산 염화물 함량 (kgf/㎥)	평가결과
상부구조	S2 바닥판하면	0㎜~10㎜	0.0078	0.177	A
		10㎜~20㎜	0.0041	0.093	
		20㎜~30㎜	0.0021	0.048	
하부구조	A1 교대	0㎜~10㎜	0.0035	0.079	A
		10㎜~20㎜	0.0033	0.075	
		20㎜~30㎜	0.0029	0.066	
	P2 교각	0㎜~10㎜	0.0085	0.192	A
		10㎜~20㎜	0.0042	0.095	
		20㎜~30㎜	0.0041	0.093	

▪ 시험결과, 모두 A등급(염화물에 의한 부식이 발생할 우려 없음)으로 분석되었다.

바. 도장두께 측정 시험

도장두께 측정은 도장두께 측정기를 사용하여 일정한 두께를 가진 표준시편에 교정한 후 강재에 기도장된 도장의 두께를 측정하였다.

① 도장두께 측정 결과

【표 3.36】 도장두께 측정 시험 결과

조사경간	측점	위치	측정치(㎛)					허용기준	판정
			평균						
S1	#1	G1 외부 좌측면	264	273	265	283	337	225	OK
			284						
	#2	G2 외부 좌측면	256	265	285	273	281	225	OK
			272						
	#3	G2 외부 우측면	262	268	285	309	310	225	OK
			287						
	#4	G1 내부 좌측면	185	192	178	182	186	175	OK
			185						
	#5	G1 내부 하면	179	182	183	178	177	175	OK
			180						
S2	#1	G1 외부 우측면	273	285	295	290	302	225	OK
			289						
	#2	G1 외부 좌측면	304	267	278	285	272	225	OK
			281						
	#3	G2 외부 우측면	253	258	267	256	270	225	OK
			261						
	#4	G2 내부 좌측면	195	207	185	186	184	175	OK
			191						
	#5	G2 내부 하면	185	179	176	184	189	175	OK
			183						
S3	#1	G1 외부 좌측면	267	259	268	265	262	225	OK
			264						
	#2	G2 외부 우측면	272	285	273	276	271	225	OK
			275						
	#3	G2 외부 하면	292	284	295	289	250	225	OK
			282						
	#4	G1 내부 좌측면	178	181	189	196	188	175	OK
			186						
	#5	G1 내부 하면	176	183	187	185	196	175	OK
			185						

▪ 측정결과, 전개소에서 기준치(시방서 도장기준 거더 외부 225㎛, 내부 175㎛)에 준하는 것으로 조사되어 도장상태가 양호한 것으로 판단된다.

② 기 점검결과와의 비교

【표 3.37】 도장두께 측정 시험 기 점검결과와의 비교

구 분	2019년 정밀안전점검		금회 정밀안전진단		비 고
	측정치(㎛)	평가결과	측정치(㎛)	평가결과	
거더외부	211 ~ 299	OK	261 ~ 289	OK	
거더내부	149 ~ 189	OK	180 ~ 191	OK	
검토의견	▪ 기 정밀안전점검(2019년)과 비교 · 분석한 결과, 측정위치에 따른 편차가 일부 존재하나 전반적으로 공용기간 경과에 따른 내구성저하는 발생하지 않은 것으로 판단됨				

사. 강재비파괴 시험

가청 주파수 이상의 주파수를 갖는 초음파(20000Hz이상)를 시험체 내에 전달하여 초음파 진행경로 상에 존재하는 결함부로부터 반사하는 초음파 신호를 수신하여 탐상기 CRT 스크린상에서 에코파형을 확인함으로써 결함의 존재여부 및 결함정보를 알아내는 검사방법으로, 각 거더별, 경간별 2개소씩 총 12개소를 실시하였다.

【표 3.38】 강재비파괴 시험 결과

번호	위치		수량	판정		등급	결함위치		결함길이	깊이	비고
				합	불		From	From			
1	G1	S1-U01-L	1개소	V		I	NO RECORDABLE NDICATION				
2	G1	S1-U02-R	1개소	V		I	NO RECORDABLE NDICATION				
3	G1	S2-U03-L	1개소	V		I	NO RECORDABLE NDICATION				
4	G1	S2-U04-R	1개소	V		I	NO RECORDABLE NDICATION				
5	G1	S3-U05-L	1개소	V		I	NO RECORDABLE NDICATION				
6	G1	S3-U06-R	1개소	V		I	NO RECORDABLE NDICATION				
7	G2	S1-U01-R	1개소	V		I	NO RECORDABLE NDICATION				
8	G2	S1-U02-R	1개소	V		I	NO RECORDABLE NDICATION				
9	G2	S2-U03-L	1개소	V		I	NO RECORDABLE NDICATION				
10	G2	S2-U04-L	1개소	V		I	NO RECORDABLE NDICATION				
11	G2	S3-U05-L	1개소	V		I	NO RECORDABLE NDICATION				
12	G2	S3-U06-R	1개소	V		I	NO RECORDABLE NDICATION				

▪ 용접부 강재 초음파 탐상시험 결과, 결함 등급은 1등급으로 조사되어 양호한 것으로 판단된다.

아. 금회점검 내구성조사 결과요약

【표 3.39】 금회 점검 내구성조사 결과요약

<table>
<tr><th>구 분</th><th>내구성 조사 결과</th><th>평가의견</th></tr>
<tr><td>콘크리트 압축강도</td><td>
<table>
<tr><th rowspan="3">시험 종류</th><th colspan="4">측정결과 (MPa)</th></tr>
<tr><th colspan="2">상부구조</th><th colspan="2">하부구조</th></tr>
<tr><th>재료학회</th><th>건축학회</th><th>재료학회</th><th>건축학회</th></tr>
<tr><td>반발경도</td><td>25.9~27.8</td><td>27.2~28.2</td><td>22.5~25.0</td><td>25.2~26.7</td></tr>
<tr><td>초음파 강도</td><td>29.7~30.3</td><td>26.0~27.4</td><td>28.2~29.2</td><td>22.8~24.9</td></tr>
<tr><td>설계기준강도</td><td colspan="2">27.0</td><td colspan="2">24.0</td></tr>
</table>
</td><td>· 설계기준강도 상회</td></tr>
<tr><td>철근 탐사</td><td>
<table>
<tr><th colspan="2" rowspan="2">철근종류</th><th colspan="2">측정 (mm)</th><th colspan="2">설계 (mm)</th></tr>
<tr><th>배근</th><th>피복</th><th>배근</th><th>피복</th></tr>
<tr><td rowspan="2">바닥판 하면</td><td>주철근</td><td>120~126</td><td>36~44</td><td>125</td><td>40</td></tr>
<tr><td>배력근</td><td>240~255</td><td>86~91</td><td>250</td><td>40</td></tr>
<tr><td rowspan="2">교 대</td><td>수평근</td><td>216~220</td><td>81~93</td><td>200</td><td>100</td></tr>
<tr><td>수직근</td><td>134~165</td><td>91~149</td><td>150</td><td>100</td></tr>
<tr><td rowspan="2">교 각</td><td>주철근</td><td>190~192</td><td>82~84</td><td>200</td><td>100</td></tr>
<tr><td>배력근</td><td>135~147</td><td>112~124</td><td>200</td><td>100</td></tr>
</table>
</td><td>· 배근간격은 설계간격과 유사
설계간격 대비
상부:98%~104%(평균:101%)
하부:91%~148%(평균:110%)
· 피복두께는 설계피복과 유사
설계피복 대비
82%~228%(평균:127%)</td></tr>
<tr><td>탄산화 시험</td><td>
<table>
<tr><th>부 재</th><th>탄산화깊이 (mm)</th><th>실측피복두께 (mm)</th><th>탄산화 잔여깊이(mm)</th></tr>
<tr><td>상부구조</td><td>6.0~6.5</td><td>37.0~44.0</td><td>31.0~37.5</td></tr>
<tr><td>하부구조</td><td>6.0~11.5</td><td>81.0~93.0</td><td>71.0~85.4</td></tr>
</table>
</td><td>· a등급으로 탄산화에 의한 부식 발생 우려 없음</td></tr>
<tr><td>염화물 함유량 시험</td><td>
<table>
<tr><th>부 재</th><th>측정결과 (kgf/㎥)</th><th>평가기준 (kgf/㎥)</th></tr>
<tr><td>상부구조</td><td>0.048~0.177</td><td rowspan="2">a등급 ≤0.3kg/㎥</td></tr>
<tr><td>하부구조</td><td>0.066~0.192</td></tr>
</table>
</td><td>· a등급 6개소
염화물에 의한 부식이 발생할 우려 없음</td></tr>
<tr><td>균열 깊이</td><td>
<table>
<tr><th>부 재</th><th>균열 깊이 (mm)</th><th>피복두께 (mm)</th><th>균열폭 (mm)</th></tr>
<tr><td>S2 바닥판</td><td>11.4</td><td>37.0</td><td>0.2</td></tr>
</table>
</td><td>· 균열 깊이가 피복두께 이하로 측정되어 양호함</td></tr>
<tr><td>도장 두께 측정</td><td>
<table>
<tr><th>경간</th><th>외부 측정치 평균(μm)</th><th>내부 측정치 평균(μm)</th><th>판정</th></tr>
<tr><td>S1</td><td>281</td><td>183</td><td>OK</td></tr>
<tr><td>S2</td><td>277</td><td>187</td><td>OK</td></tr>
<tr><td>S3</td><td>274</td><td>186</td><td>OK</td></tr>
</table>
</td><td>· 도장 두께가 시방서 도장기준을 상회하는 것으로 조사되어 부식 발생 우려 없음</td></tr>
<tr><td>강재 초음파 탐상</td><td>
<table>
<tr><th>부 재</th><th>검사개소</th><th>등급</th></tr>
<tr><td>거더내부</td><td>12</td><td>I</td></tr>
</table>
</td><td>· 1등급으로 양호함</td></tr>
</table>