제 3 장 현장조사 및 시험

3.1 개요

3.2 외관조사

3.3 콘크리트 내구성 조사

제 3 장 현장조사 및 시험

3.1 개 요

본 과업 대상교량인 평창IC1교는 강원도 강릉시 용평면 장평리(영동선 인천기점 181.82㎞ 지점)에 위치하고 있으며, 1999년도에 준공되어 약 20년 정도의 공용기간이 경과한 상태이며, 주행 2차로 교량이다.

본 교량의 제원은 총연장 100.0m(30.0m+40.0m+30.0m) 총 폭 15.6m인 교량이며, 상부구조는 3경간 연속 Steel Box Girder 형식으로서, 하부구조의 교대는 역T형(2기), 교각은 T형(2기) 구조이고 기초는 교대, 교각은 전면기초로 시공되어 있다.

본 과업은 “시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법”(이하 ” 시설물안전법 “이라 한다.) 제11조 및 동법 시행령 제8조에 의한 정밀안전점검(시설물의 물리적·기능적 결함과 손상을 조사·측정하고 원인을 분석하여 신속하고 적절한 보수・보강방법 제시) 및 동법 제40조 및 동법 시행령 제28조에 의한 성능평가(시설물에 내재되어 있는 위험요인이나 시설물 기능 및 성능저하, 상태 등을 신속・정확하게 조사・평가하고, 그에 대한 적절한 성능확보를 취하여 재해 및 재난을 예방하며, 시설물의 안전성능 및 내구성능, 사용성능을 보완・보전케 함으로써 시설물의 효용성을 증진)의 시행을 통한 공공의 안전을 확보하는데 그 목적이 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, 고소차	2019.05.27.~12.27	

교면포장

하부 전경

고소점검차를 이용한 근접조사(1)

고소점검차를 이용한 근접조사(1)

【사진 3.1】 근접조사를 위한 장비 사용 전경

3.2 외관조사 결과

3.2.1 바닥판 하면

1) 부재의 개요

- 평창IC1교는 총 3경간으로 이루어져 있으며, 연장은 L=100.0m 폭 15.6m로 바닥판은 철근콘크리트로 시공되어있다.
- 바닥판하면에 대한 현장조사는 근접조사 및 차량통제 최소화를 위해 고소차를 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, 재료분리, 철근노출, 신축이음 하면 누수 등의 단면손상 또한 국부적으로 발생한 것으로 조사되었다.
- 일부 백태, 콘크리트 박리가 보수되었고, 금회 정밀조사로인한 망상균열, 백태가 신규 조사되었다.

【표 3.2】바닥판하면 현장조사 결과

구분	균열 0.3㎜미만 (m/개소)		균열 0.3㎜이상 (m/개소)		백태 (m/개소)		망상균열 (㎡/개소)		박리, 박락 (㎡/개소)	
S1	8.0	6	-	-	22.98	33	18.75	2	0.28	2
S2	10.20	8	1.50	1	17.73	12	89.83	9	1.66	5
S3	-	-	-	-	-	-	63.95	9	7.3	6
합계	18.20	14.00	1.50	1.00	40.71	45.00	172.53	20.00	9.24	13.00

구분	재료분리 (㎡/개소)		철근노출 (㎡/개소)		배수관 부식 (㎡/개소)		신축이음 하면 누수 (m/개소)		녹오염	
S1	-	-			-	-	31.0	3	-	-
S2	8.0	1	0.12	1	0.27	1	-	-	-	-
S3	-	-	0.24	1	-	-	1.0	1	0.81	1
합계	8.00	1.00	0.36	2.00	0.27	1.00	32.00	4.00	0.81	1.00

S1 콘크리트 박리(0.3m×6.0m)	S2 바닥판하면 균열(0.2㎜/0.5m)
S2 바닥판하면 균열(0.3㎜/1.5m)	S3 망상균열(2.6m×5.0m)
S2 바닥판하면 철근노출(0.4m×0.25m)	S3 바닥판하면 철근노출(0.3m×0.8m)

【사진 3.3】 바닥판 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 바닥판 하면에 대하여 기 점검 결과를 토대로 손상 진전여부를 검토한 결과, 2017년 점검에서 조사된 손상과 유사하게 조사 되었으며, 망상균열, 백태 등의 손상이 공용기간 일부 증가 한 것으로 확인되었다.

구 분	단 위	2017년 점검	금회점검	비 고
균열(0.3㎜미만)	m	18.20	18.20	-
균열(0.3㎜이상)	m	1.5	1.5	-
백태	m	38.98	40.71	▲1.73
망상균열	㎡	183.53	172.53	▲11.00
박리, 박락, 파손	㎡	9.24	9.24	-
재료분리	㎡	8.0	8.0	-
철근노출	㎡	4.61	0.36	▼4.25
배수관부식	㎡	0.27	0.27	-
신축이음 하면누수	m	32.00	32.00	-
녹오염	㎡	0.81	0.81	-

4) 검토의견

- 바닥판하면의 발생된 폭 0.3㎜미만의 균열은 불규칙적인 망상형태의 균열로서 균열은 대부분 거더와 거더 사이 바닥판에 폭 0.2㎜이하 형태로 발생되었으며, 시공초기 건조수축 및 온도변화에 의해 발생된 균열이 교면포장 손상부로 유입된 우수 침투로 인해 바닥판 콘크리트에 백태를 동반한 망상균열로 진행된 것으로 판단되어 전면 표면처리 보수를 실시하는 것이 향후 추가손상 방지 등 유지관리에 효율적일 것으로 판단된다.
- 캔틸레버 하면 백태는 바닥판 외측에 발생되었으며 방호벽과 바닥판 접합부로 침투한 우수가 측면으로 누수가 진행 되면서 발생된 결함으로 손상 발생부에 대한 타격조사 결과 물끊기 홈 주위에 박리·박락이 발생한 것으로 확인되었다. 내구성 증진을 위해 박리·박락에 대한 단면보수 후 백태는 전면 표면보수가 필요하다.

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 점검차를 이용하여 외관조사를 실시하였다

거더 외부 전경	거더 내부 전경

【사진 3.4】거더 전경

2) 현장조사 결과

① Steel Box Girder 외부

- 평창IC1교 거더 외부에 대한 현장조사 결과 안전성에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않았으며, 경미한 도장들뜸, 강재부식이 발생하였다.

S1-G1 강재부식(0.1m×7.0m)

S1-G1 강재부식(0.6m×0.2m)

S1-G1 강재부식(1.0m×0.6m)

S2-G2 강재부식(0.1m×3.0m)

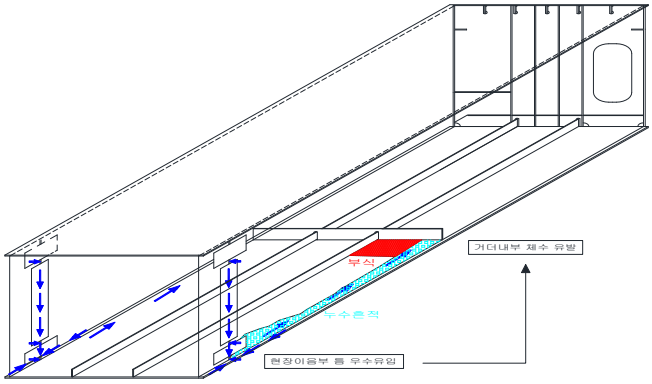
【사진 3.5】 거더 외부 손상현황

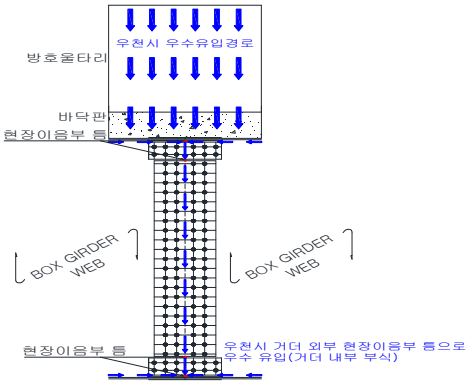
【표 3.3】 거더 외부 외관조사 결과

구분		강재부식 (㎡/개소)		도장들뜸 (㎡/개소)	
거더 외부	S1	1.92	9	-	-
	S2	-	-	0.30	1
	S3	1.08	2	-	-
	합계	3.00	11.0	0.30	1.0

② Steel Box Girder 내부

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





【표 3.4】 거더 내부 외관조사 결과

구분		강재부식,점부식 (㎡/개소)		표면오염/누수 (㎡/개소)		용접불량 (개소/개소)		우수유입 (㎡/개소)		환기구 부식 (㎡/개소)		실링재미처리 (㎡/개소)	
거더 내부	S1	12.48	17	0.02	1	3.00	3	1.00	1	-	-	-	-
	S2	3.72	10	-	-	-	-	-	-	-	-	12.00	12
	S3	30.90	8	0.20	5	-	-	-	-	0.27	3	8.00	8
	합계	47.1	35.0	0.2	6.0	3.0	3.0	1.0	1.0	0.3	3.0	20.0	20.0

S1-G2 강재부식

S1-G1 실링재 미처리

S1-G1 용접불량

S3-G3 강재부식

【사진 3.6】 거더 내부 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 거더에 대하여 기 점검 결과를 토대로 손상 진전여부를 검토한 결과, 일부 강재부식, 표면오염, 도장들뜸이 조사되었고, 일부구간 강재부식은 재도장이 실시 되었다. 기존손상은 기 점검과 비교하여 손상 진전은 없는 상태로 조사되었다.

구 분		단 위	2017년 점검	금회점검	비 고
거더 외부	강재부식	㎡	3.00	3.00	-
	도장들뜸	㎡	-	0.30	▲0.30

구 분		단 위	2017년 점검	금회점검	비 고
거더 내부	강재부식,점부식	㎡	56.86	47.1	▼9.76
	표면오염/누수	㎡	0.06	0.20	▲0.14
	용접불량	EA	3.00	3.00	-
	우수유입	㎡	1.00	1.00	-
	환기구 부식	㎡	0.30	0.30	-
	실링재미처리	㎡	20.0	20.0	-

4) 검토의견

- 거더 내부에 발생된 우수유입 및 체수흔적은 현장이음부 틈새에 실런트 주입 이전에 발생된 손상이며 현재 우수가 유입되고 있고, 장기 방치시 강재에 부식이 진행되어 단면손실이 발생되므로 내구성 확보를 위하여 보수가 필요하다. 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 면처리 후 부분 재도장 보수가 요구된다. 그 외 거더내부에 조사된 손상은 구조물에 영향을 미치는 손상이 아니므로 유지관리하는 것이 바람직하다.

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 강재부식이 국부적으로 조사되었다.

【표 3.5】 가로보 현장조사 결과

구분	강재부식(㎡/개소)	
S1	0.44	3
S2	-	-
S3	-	-
합계	0.44	3

가로보 S1-CB1 강재부식(0.1m×0.1m)

가로보 S1-CB1 강재부식(0.1m×0.1m)

【사진 3.8】 가로보 및 세로보 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	2017년 점검	금회점검	비 고
강재부식	㎡	0.44	0.44	-

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

1) 부재의 개요

- 평창IC1교 교대는 역T형으로 시공되어있으며, 기초는 전면기초로 시공되어있다. 교대에 대한 외관조사는 도보를 이용한 근접조사를 실시하였다.

교대 전경(A1)

교대 전경(A2)

【사진 3.9】교대 전경

2) 현장조사 결과

- 교대 A1, A2에 대한 외관조사 결과 균열(0.3㎜미만), 콘크리트 박락, 백태 등의 손상이 발생한 것으로 조사되었다.

【표 3.6】교대 외관조사 결과

구분	균열 0.3㎜미만 (m/개소)		박리, 박락 (㎡/개소)		백태 (㎡/개소)	
A1	-	-	0.48	1	0.06	1
A2	1.40	2	0.85	4	-	-
합계	1.40	2.00	1.33	5.00	0.06	1.00

A1 상면 박리(1.2m×0.4m)

A2 날개벽 균열(0.1㎜/1.1m)

A2 날개벽 콘크리트 박락(0.4m×0.3m)

A2 날개벽 콘크리트 박락(0.4m×0.3m)

【사진 3.10】교대 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 교대에 대하여 기 점검 결과를 토대로 손상 진전여부를 검토한 결과, 백태, 단면손상, 균열에 대해서 전반적으로 보수가 실시 되었고, 보수 상태는 양호한 것으로 확인되었다.

구 분	단 위	2017년 점검	금회점검	비 고
균열(0.3㎜미만)	m	10.10	1.40	▼8.70
균열(0.3㎜이상)	m	11.80	-	▼11.80
콘크리트 박락	㎡	9.37	1.33	▼8.04
백태	㎡	5.24	0.06	▼5.18
재료분리	㎡	1.09	-	▼1.09

4) 검토의견

- 교대의 구체, 날개벽에서 조사된 균열은 대부분 시공초기 발생한 온도변화 및 건조수축에 의한 소수의 미세균열(0.3㎜미만)로서 표면보수를 통한 내구성 확보가 바람직할 것으로 판단된다.
- 조사된 백태, 박리는 신축이음 외측 단부 우수유출에 의해 발생한 것으로 신축이음양 외측 단부 유도배수시설 설치를 통한 유입원 차단이 필요한 것으로 판단되며, 표면보수 및 단면보수를 실시하여 유지관리 하여야 할 것으로 판단된다.

3.2.5 교각

1) 부재의 개요

- 평창IC1교의 교각은 구주식 형식으로 2기로로 구성되어 있으며, 교각에 대한 외관조사는 도보조사를 통한 근접조사를 실시하였다.

교각 전경#1

교각 전경#2

【사진 3.11】교각 전경

2) 현장조사 결과

- 교각에 대한 현장조사 결과 폭 0.3㎜ 내·외 균열, 박리가 국부적으로 조사되었다.

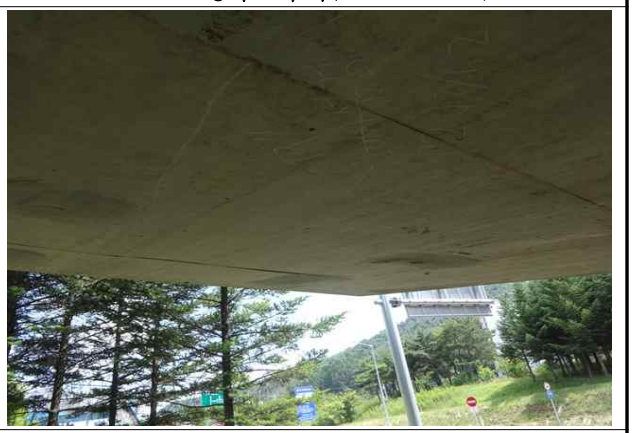
【표 3.7】교각 외관조사 결과

구분	균열 0.3㎜미만 (m/개소)		균열 0.3㎜미만 (m/개소)		박리 (㎡/개소)	
P1	5.70	13	2.90	2	0.12	2
P2	20.80	2	4.00	3	0.20	1
합계	26.50	15.00	6.90	5.00	0.32	3.00

P1 코핑부 균열(0.3㎜/2.4m)

P1 코핑부 박리(0.2m×0.2m)

P2 기둥부 균열(0.2㎜/0.4m)



P2 코핑부 하면 균열(0.2㎜/1.0m)

【사진 3.12】교각 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 교각에 대하여 기 점검 결과를 토대로 손상 진전여부를 검토한 결과, 금회 점검에서 기존 손상 물량은 균열(0.3mm이상)이 1개소 증가하였다.

구 분	단 위	2017년 점검	금회점검	비 고
균열(0.3mm미만)	m	26.50	26.50	-
균열(0.3mm미만)	m	6.40	6.90	▲0.50
박리	㎡	0.32	0.32	-

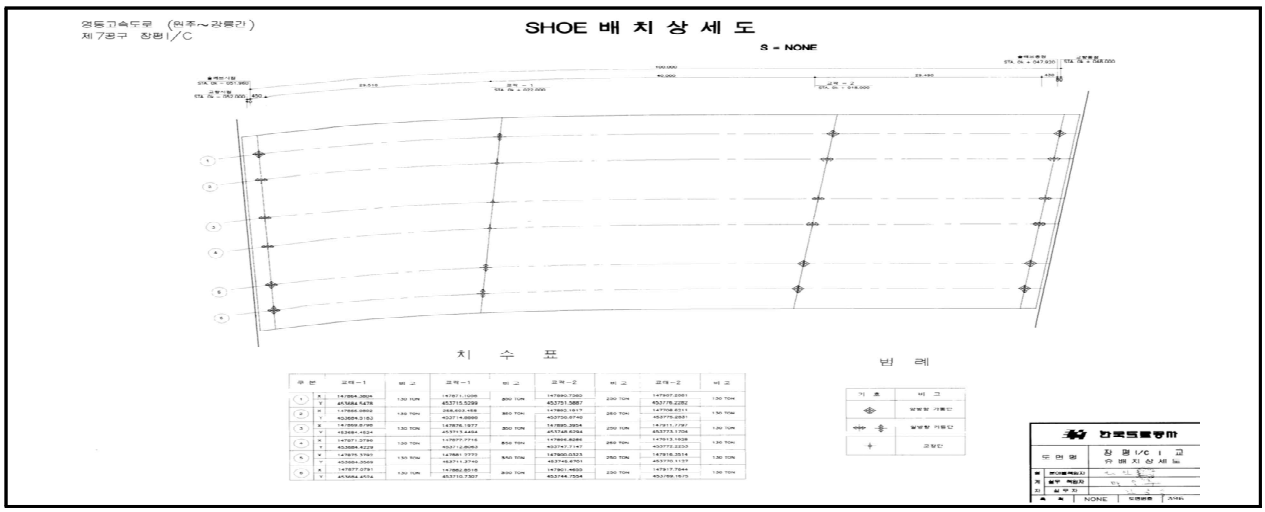
4) 검토의견

- 교각 코핑 및 기둥부에 발생한 폭 0.3㎜내,외 균열은 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기 탈형 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적 소수의 균열로서 표면보수 및 주입보수를 실시하여 내구성을 확보가 바람직할 것으로 판단된다.
- 발생한 박리는 국부적인 손상으로 단면보수 등의 조치가 요구된다.

3.2.6 교량받침

1) 부재의 개요

- 평창IC1교의 받침은 포트받침으로 총 24개가 설치되어 있으며, 받침장치의 순번은 한국도로공사 집중점검세부시행 방법에 따라 번호를 부여하여 현장조사를 수행하였다.



【그림 3.1】 교량받침 배치도

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

【사진 3.13】 교량받침 전경

2) 현장조사 결과

- 현장조사 결과 기능장애 또는 기능저하를 유발할 손상은 발생하지 않은 상태로, 경미한 본체 부식, 볼트 부식이 조사되었으며, 교량받침 콘크리트 및 받침몰탈에 폭 0.3㎜ 미만 균열이 국부적으로 조사되었다.

【표 3.8】 교량받침 외관조사 결과

구분	받침콘크리트 균열 0.3㎜이상 (m/개소)		받침모르타르 박리 (㎡/개소)		받침콘크리트 재료분리 (㎡/개소)		받침장치 부식 (개소개소)		솔플레이트 접착강판부분 들뜸 (m/개소)	
A1	1.00	1	-	-	-	-	6.00	6	-	-
P1	-	-	2.00	1	-	-	6.00	6	-	-
P2	-	-	0.16	2	0.15	1	6.00	6	-	-
A2	0.40	1					3.00	3	0.4	1
합계	1.40	2.00	2.16	3.00	0.15	1.00	21.00	21.00	0.40	1.00

A1-Sh1 받침 콘크리트 균열(0.3㎜/1.0m)	A1-Sh1~6 플레이트 부식

【사진 3.14】 교량받침 손상현황

A2-Sh1~6 플레이트 부식	P2-Sh1 받침콘크리트 재료분리

【사진 3.14】 교량받침 손상현황(계속)

3) 기 점검 결과 비교

- 교량받침에 대하여 기 점검 결과를 토대로 손상 진전여부를 검토한 결과, 금회 점검시 기 점검에서 발생한 손상을 면밀히 조사하였으나, 손상의 진전은 없는 상태로 조사되었고, 받침모르타르 박리, 재료분리가 신규 조사 되었다.

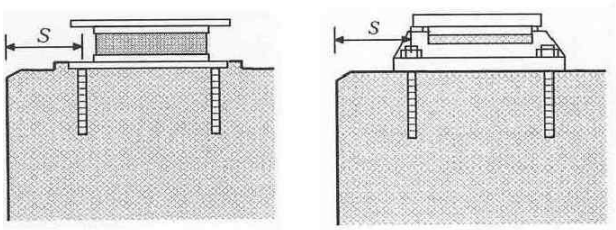
구 분	단 위	2017년 점검	금회점검	비 고
받침콘크리트 균열	m	1.40	1.40	-
받침모르타르 박리	㎡	2.16	2.08	▲0.80
받침콘크리트 재료분리	㎡	-	0.15	▲0.15
받침장치 부식	EA	21.00	21.00	-
솔플레이트 접착강판부분 들뜸	m	0.40	0.40	-

4) 검토의견

- 받침본체 외측에서 조사된 본체 부식은 신축이음 외측 단부 누수 및 외부 우수유입에 의한 2차 손상으로 판단되며, 신축이음으로 유입되는 우수차단(하부 물받이설치, 외측 차수덮개 또는 조인트설치)이 선행되어야 하고, 손상부는 유지관리를 위하여 재도장이 필요하다.
- 받침콘크리트 및 받침몰탈에서 조사된 균열은 국부적으로 발생된 균열로 현 상태에서 별도의 조치보다는 유지관리 후 손상진전 및 추가 손상 발생 시 일괄 보수하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다.

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 3.15】 교량받침장치 연단거리측정

① 연단거리 산출

- 거더 경간길이(L=35.0m) : 200+5×35.0 = 350(㎜)
- 거더 경간길이(L=40.0m) : 200+5×40.0 = 400(㎜)

【표 3.9】 연단거리 측정 결과

구 분		계산 연단거리 (㎜)	실측 연단거리(㎜)				검토 결과
			Sh1	Sh2	Sh3	Sh4	
A1		350	490	480	470	470	510
P1	A1측	400	1290	1280	1260	1260	1260
	A2측	400	1310	1310	1330	1330	1330
P2	A1측	400	1380	1380	1350	1300	1290
	A2측	400	1260	1260	1330	1330	1430
A2		350	410	410	400	410	390

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 20년이 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 3.16】 교량받침 이동량 측정

【표 3.10】 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	-39.8	20.2	0.000012	29.5	14.1	7.2	
P1	고정단						
P2	-39.8	20.2	0.000012	40.0	19.1	9.7	
A2	-39.8	20.2	0.000012	69.5	33.3	16.7	
1) 조사당시 온도 : 19.8℃(조사일 : 2019년 9월 16일, 평균온도, 강릉) 2) 검토온도 : -20℃ ~ 40℃(한랭지방)							

【표 3.11】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과

위치		이동량	측정 가동여유량		계산 가동 이동량		허용변위 (mm)
			수축	신장	최대수축	최대신장	
A1	SH1	0	50.0	50.0	14.1	7.2	±50
	SH2	0	50.0	50.0			±50
	SH3	0	50.0	50.0			±50
	SH4	0	50.0	50.0			±50
	SH5	0	50.0	50.0			±50
	SH6	0	50.0	50.0			±50
P1	고정단						
P2	SH1	0	50.0	50.0	19.1	9.7	±50
	SH2	0	50.0	50.0			±50
	SH3	0	50.0	50.0			±50
	SH4	0	50.0	50.0			±50
	SH5	0	50.0	50.0			±50
	SH6	0	50.0	50.0			±50
A2	SH1	5	55.0	45.0	33.3	16.7	±50
	SH2	5	55.0	45.0			±50
	SH3	5	55.0	45.0			±50
	SH4	5	55.0	45.0			±50
	SH5	10	60.0	40.0			±50
	SH6	10	60.0	40.0			±50
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.

3.2.7 신축이음장치

1) 부재의 개요

- 본 교량의 신축이음장치는 A1, A2에 시공되어 있으며, 모노셀 조인트로 시공된 상태이다. 점검차 조사를 위한 부분 통제시 도보를 통해 근접조사를 실시하였다.

EXP.J1(A1) 전경	EXP.J2(A2) 전경

【사진 3.17】 신축이음장치 전경

2) 현장조사 결과

- 신축이음 현장조사 결과 후타재 균열(0.3㎜미만), 후타재 마모 및 본체부식, 유간 토사퇴적 등이 조사되었다.

【표 3.12】 신축이음장치 외관조사 결과

구분	후타재 균열 0.3㎜미만 (m/개소)		후타재 마모 (㎡/개소)		본체 부식 (㎡/개소)		이물질퇴적 (㎡/개소)		차수판 볼트 탈락 (개소/개소)	
A1 (EXP J1)	6.80	4	0.64	1	0.20	1	0.75	1	2.0	2
A2 (EXP J2)	20.40	32	6.00	1	1.20	2	-	-	-	-
합계	27.20	36.00	6.64	2.00	1.40	3.00	0.75	1.00	2.00	2.00

A1 EXP.J1 후타재 균열(0.2㎜/0.4m)	A1 EXP.J1 후타재마모(0.8m×0.8m)
A2 EXP.J2 후타재 균열(0.2㎜/0.4m)	A2 EXP.J2 후타재마모(0.8m×7.5m)

【사진 3.17】 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	2017년 점검	금회점검	비 고
후타재 균열 (0.3mm미만)	m	27.20	27.20	-
후타재마모	㎡	6.64	6.64	-
본체부식	㎡	1.4	1.4	-
유간 토사퇴적	㎡	0.75	0.75	-
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 표면보수를 통한 유지관리가 필요하고, 후타재 마모는 장기공용에 의한 열화 및 시공 초기 다짐불량으로 현재 도로 주행부가 아닌 것으로 확인된 바, 주의관찰을 요한다.

5) 신축이음 거동상태 검토

신축이음장치 신축량의 계산은 온도변화, 건조수축, 활하중에 의한 지점의 회전을 고려하여 계산하여야 하나 본 교량은 20년 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> </td></tr>
<tr><td>소요
신축량</td><td>•소요 가동량 산정
조사일 : 2019. 09. 16. 기온 적용: 19.8℃(일평균)
△T(신장시) : 40.0℃-19.8℃ = 20.2℃
△T(수축시) : -20.0℃-(19.8℃) = -39.8℃
△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><td>
 </td></tr>
</table>

【사진 3.18】 신축이음 유간 측정방법

【표 3.13】 신축이음 신축이동량 산정

구 분	온도변화 (ΔT, ℃)		선팽창 계수 (α)	신축거더 길이(L, m)	온도 변화에 의한 이동량(㎜)		비고
	동절기	하절기			동절기	하절기	
A1	-39.8	20.2	0.000012	30	-14.3	7.3	
A2	-44.4	15.6	0.000012	70	-37.3	13.1	
1) 조사당시 온도 : 24.4℃(조사일 : 2019년 8월 20일, 평균온도, 강릉) 2) 검토온도 : -20℃ ~ 40℃(한랭지방)							

【표 3.14】 신축이음장치 및 바닥판 단부 가동여유량 검토결과

구 분	계산 이동량(㎜)		점검당시 실측유간(㎜)	허용량(㎜)	신축 여유량(㎜)		검토 결과
	최대 수축시	최대 신장시			최대 수축시	최대 신장시	
A1	-14.3	7.3	20	45	25.0	15.0	O.K
A2	-37.3	13.1	25	80	55.0	25.0	O.K
주) 판정 : 0.0㎜ ≤ 신축 여유량 ≤ 허용량 ⇒ O.K							

6) 신축거동상태 검토의견

- 신축이음장치에 대한 신축유간 측정결과, 측정일 온도는 19.8℃(9월16일)로써 이때 측정유간은 20.0~25.0㎜ 범위로 나타나 설계온도에 대한 충분한 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

3.2.8 교면포장

1) 부재의 개요

- 평창IC1교의 바닥판 상면에 위치하여 차량에서 발생하는 진동을 흡수 · 분산시키고, 외부의 불리한 환경조건에 대해서 바닥판을 보호하는 역할을 하는 교면포장은 L.M.C 포장으로 되어있다.

교면포장 전경#1	교명판 전경#2

【사진 3.19】교면포장 전경

2) 현장조사 결과

- 현장조사 결과 포장은 기 손상인 LMC 포장균열이 조사되었다.

【표 3.15】교면포장 외관조사 결과

구분	LMC 포장균열 (m/개소)	
S1	20.0	6
S2	42.3	20
S3	57.6	18
합계	119.90	44.00

S1 LMC 포장균열(0.2㎜/5.0m)	S2 LMC 포장균열(0.2㎜/3.0m)

【사진 3.20】교면포장 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 교면포장에 대하여 기 점검 결과를 토대로 손상 진전여부를 검토한 결과, 2017년 점검에서 조사된 손상과 유사하게 조사 되었으며, 일부 LMC 포장균열이 신규 조사되었다.

구 분	단 위	2017년 점검	금회점검	비 고
균열(0.3㎜미만)	m	119.90	124.90	▲5.00

4) 검토의견

- 교면포장은 2017년에 전면 재포장한 것으로 확인되었다. 기 손상 및 금회 조사된 LMC 포장균열은 재포장 실시 후 양생 부족으로 인한 건조수축 및 중차량 통행에 의해 발생한 손상으로 판단된다. 손상부의 경우 하자기간이 2019년 12월 28일까지인 것으로 확인되어 발생한 손상의 면적으로 보아 하자기간내 포장 균열 보수를 실시하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

3.2.9 배수시설

1) 부재의 개요

- 평창IC1교는 교량의 횡단구배 특성에 따라 교량의 갓길에 배수시설이 설치되어 있다.

배수관 전경	배수관 전경

【사진 3.21】 배수시설 전경

2) 현장조사 결과

- 배수시설에 대한 현장조사 결과 배수관 부식이 조사되었다.

【표 3.16】 배수시설 외관조사 결과

구분	배수관 부식 (㎡/개소)	
S1	-	-
S2	0.27	1
S3	-	-
합계	0.27	1.00

배수관 부식(S2)	배수구 전경

【사진 3.22】 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	2017년 점검	금회점검	비 고
배수관 부식	㎡	0.27	0.27	-

4) 검토의견

- 배수시설에 발생한 배수관 부식은 장기공용에 의한 열화로 현재 손상이 경미한 상태로 손상의 진전시 배수관 교체 등의 유지관리가 요구된다.

3.2.10 방호벽

1) 부재의 개요

- 차량의 차도이탈 방지, 사고시 완충작용 등의 기능을 하는 방호울타리(H=1.1m)는 철근콘크리트 구조로 설치되어있으며, 낙석방지망은 2경간 하부에 동해고속선이 지나가고 있어 낙하물 방지를 위해 시공되어있다.

방호벽 전경	방호벽 및 낙석방지망 전경

【사진 3.23】 방호벽 및 중앙분리대 전경

2) 현장조사 결과

- 방호벽에 대한 현장조사 결과 금회 기 손상인 콘크리트 박리가 보수되었고, 현재 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

S2 중분대 박리 보수	중분대 박리 보수

【사진 3.24】 방호벽 및 중앙분리대 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	18.20	14	
		균열(0.3㎜이상)	m	1.5	1	
		백태	m	40.71	45	
		망상균열	㎡	172.53	20	
		박리, 박락, 파손	㎡	9.24	13	
		재료분리	㎡	8.0	1	
		철근노출	㎡	0.36	2	
		배수관부식	㎡	0.27	1	
		신축이음 하면누수	m	32.00	4	
		녹오염	㎡	0.81	1	
거더	거더외부	강재부식	㎡	3.00	11	
		도장들뜸	㎡	0.30	1	
	거더내부	강재부식,점부식	㎡	47.1	35	
		표면오염/누수	㎡	0.20	6	
		용접불량	EA	3.00	3	
		우수유입	㎡	1.00	1	
		환기구 부식	㎡	0.30	3	
		실링재미처리	㎡	20.0	20	
가로보		강재부식	㎡	0.44	3	
교대		균열(0.3㎜미만)	m	1.40	2	
		콘크리트 박락	㎡	1.33	5	
		백태	㎡	0.06	1	
교각		균열(0.3mm미만)	m	26.50	15	
		균열(0.3mm이상)	m	6.90	5	
		박리	㎡	0.32	3	
교량받침		받침콘크리트 균열	m	1.40	2	
		받침모르타르 박리	㎡	2.08	3	
		받침콘크리트 재료분리	㎡	0.15	1	
		받침장치 부식	EA	21.00	21	
		솔플레이트 접착강판부분 들뜸	m	0.40	1	
신축이음		후타재 균열(0.3mm미만)	m	27.20	36	
		후타재마모	㎡	6.64	2	
		본체부식	㎡	1.4	3	
		유간 토사퇴적	㎡	0.75	1	
		차수판 볼트탈락	EA	2.00	2	
교면포장		균열(0.3㎜미만)	m	124.90	44	
배수시설		배수관 부식	㎡	0.27	1	

3.2.12 전회차 손상물량 비교

【표 3.18】 전회차 손상물량 비교

위치		손상내용	단위	2017년	금회	증,감 (▲, ▼)	비고
				물량	물량		
바닥판 하면		균열(0.3㎜미만)	m	18.20	18.20	-	
		균열(0.3㎜이상)	m	1.5	1.5	-	
		백태	m	38.98	40.71	▲1.73	
		망상균열	㎡	183.53	172.53	▲11.00	
		박리, 박락, 파손	㎡	9.24	9.24	-	
		재료분리	㎡	8.0	8.0	-	
		철근노출	㎡	4.61	0.36	▲4.25	
		배수관부식	㎡	0.27	0.27	-	
		신축이음 하면누수	m	32.00	32.00	-	
		녹오염	㎡	0.81	0.81	-	
거더	거더 외부	강재부식	㎡	3.00	3.00	-	
		도장들뜸	㎡	-	0.30	▲0.30	
	거더 내부	강재부식,점부식	㎡	56.86	47.1	▼9.76	
		표면오염/누수	㎡	0.06	0.20	▲0.14	
		용접불량	EA	3.00	3.00	-	
		우수유입	㎡	1.00	1.00	-	
		환기구 부식	㎡	0.30	0.30	-	
		실링재미처리	㎡	20.0	20.0	-	
가로보		강재부식	㎡	0.44	0.44	-	
교대		균열(0.3㎜미만)	m	10.10	1.40	▼8.70	
		콘크리트 박락	㎡	9.37	1.33	▼8.04	
		백태	㎡	5.24	0.06	▼5.18	
교각		균열(0.3mm미만)	m	26.50	26.50	-	
		균열(0.3mm이상)	m	6.40	6.90	▲0.50	
		박리	㎡	0.32	0.32	-	
교량받침		받침콘크리트 균열	m	1.40	1.40	-	
		받침모르타르 박리	㎡	2.16	2.08	▲0.80	
		받침콘크리트 재료분리	㎡	-	0.15	▲0.15	
		받침장치 부식	EA	21.00	21.00	-	
		솔플레이트 접착강판부분 들뜸	m	0.40	0.40	-	
신축이음		후타재 균열(0.3mm미만)	m	27.20	27.20	-	
		후타재마모	㎡	6.64	6.64	-	
		본체부식	㎡	1.4	1.4	-	
		유간 토사퇴적	㎡	0.75	0.75	-	
		차수판 볼트탈락	EA	2.00	2.00	-	
교면포장		균열(0.3㎜미만)	m	119.90	124.90	▲5.00	
배수시설		배수관 부식	㎡	0.27	0.27	-	

3.3 콘크리트 내구성 조사

3.3.1 개 요

가. 개 요

콘크리트 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 『안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(2019. 1, 국토교통부/한국시설안전공단)』에 근거하여 시험방법, 시험빈도 및 평가방법 등을 실시하였다.

나. 조사 현황 및 위치

1) 조사 현황

본 과업에서 콘크리트 내구성조사를 위해 콘크리트 강도시험(반발경도시험), 탄산화깊이 측정을 실시하였으며, 각 부재별 콘크리트 비파괴시험 현황은 다음과 같다.

【표 3.19】 콘크리트 및 강재 비파괴시험 현황

항 목	기준수량		수 량(개소)				비 고
	상부구조	하부구조	기준		실시		
			상부	하부	상부	하부	
반발경도 시 험	• 철근콘크리트: 1개소/50m	• 철근콘크리트: 1개소/50m	2	2	3	3	
탄산화 깊이 측정	• 5경간 이내: 2~3개소[1)] • 5경간 이상: 3~6개소[2)]		2	1	2	1	

2) 콘크리트 강도시험 위치 선정사유

상부구조는 외관조사 결과 바닥판은 전경간 노출된 상태로 되어 있으며, 내구성시험의 정확한 결과값을 얻기 위하여 접근성이 용이하고 콘크리트표면의 요철 및 곰보자국 등을 피하여 외관상 양호한 곳을 선정하여 내구성 시험을 실시하였다.

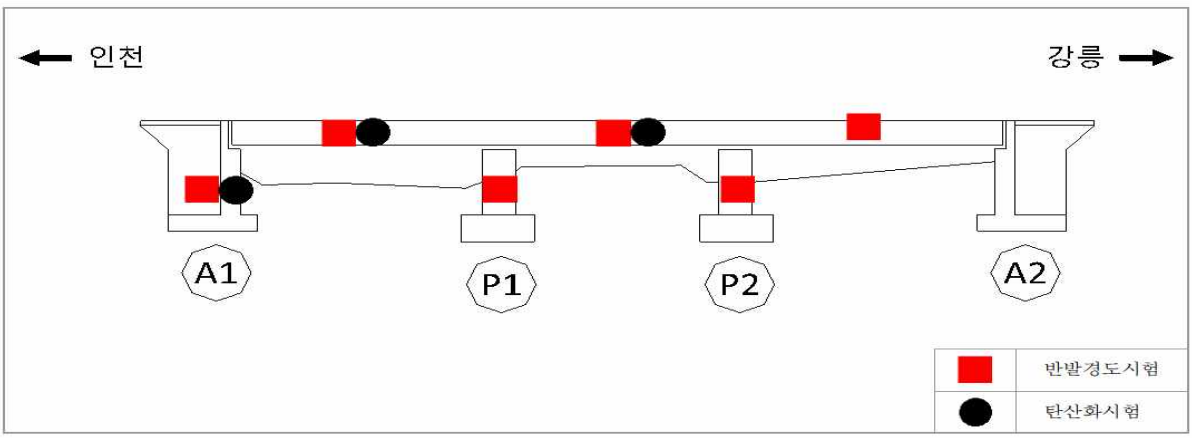
3) 조사 사진

반발경도시험

탄산화 깊이 측정

【사진 3.25】 콘크리트 내구성조사 현황

4) 콘크리트 내구성조사 위치도



【그림 3.3】 콘크리트 내구성조사 위치도

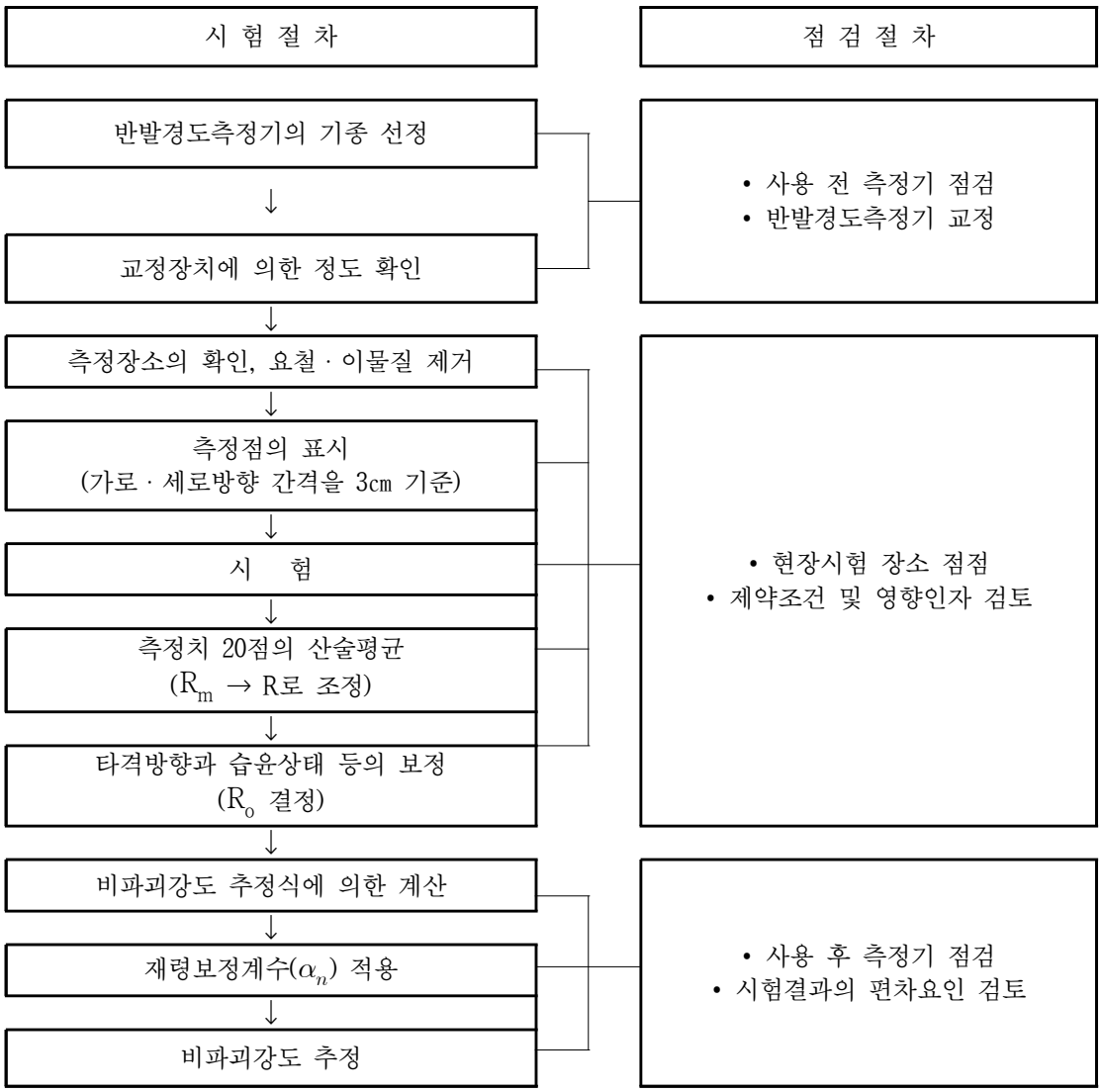
3.3.2 시험내용 및 평가기준

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

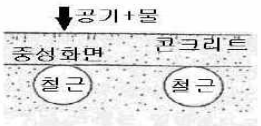
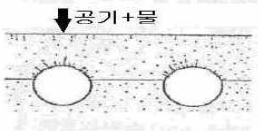
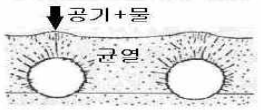
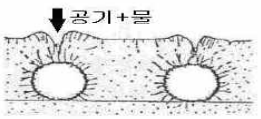
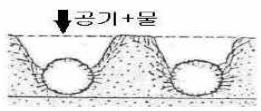
1) 개 요

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

평창IC1교의 콘크리트 비파괴강도시험은 상·하부구조에서 반발경도시험(총 6개소)를 실시하였으며, 검토결과는【표 3.25】, 【표 3.26】와 같다.

① 비파괴강도 시험결과

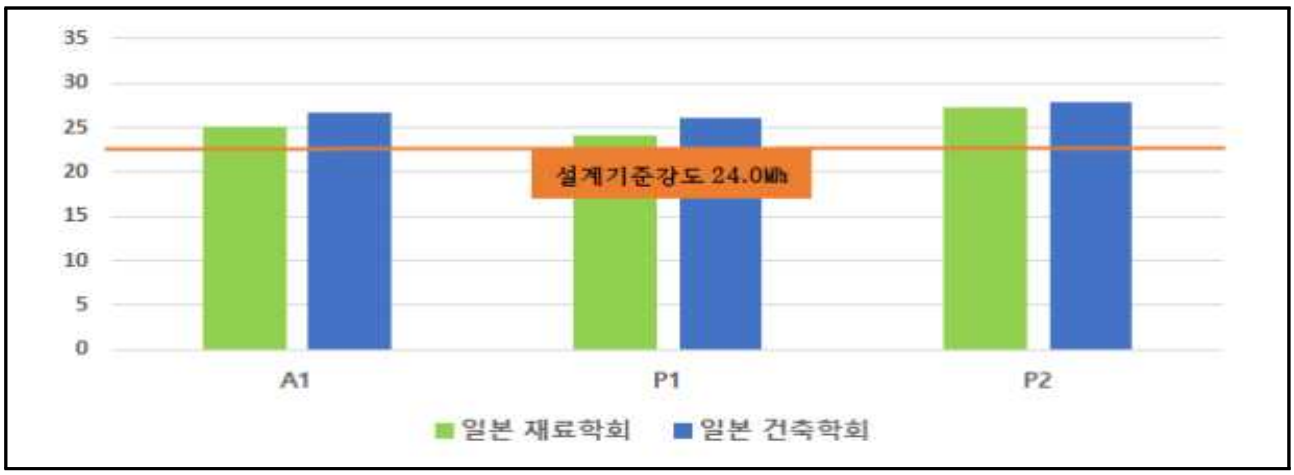
【표 3.25】상부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과

시험위치		반발경도법(MPa)				설계기준강도(MPa)	비고
		반발경도 (R_o)	일본재료학회	일본건축학회	재령보정계수		
상부구조	S1 캔틸레버	47.1	31.7	30.4	0.63	27.0	
	S2 캔틸레버	47.2	35.2	32.3	0.63		
	S3 캔틸레버	47.6	27.2	27.8	0.63		
	평 균	-	31.4	30.2	-		

【그림 3.6】상부구조 평균압축강도 추정결과

【표 3.26】 하부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과

시험위치		반발경도법(MPa)				설계기준 강도 (MPa)	비고
		반발경도 (R_o)	일본재료 학회	일본건축 학회	재령보정 계수		
하부 구조	A1 구체	45.2	25.1	26.7	0.63	24.0	
	P1 기둥	45.4	24.2	26.2	0.63		
	P2 기둥	44.3	27.1	27.8	0.63		
	평 균	-	25.5	26.9	-	24.0	-



【그림 3.7】 하부구조 평균압축강도 추정결과

- 반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조 30.2~31.4MPa, 하부구조 25.5~26.8MPa 로 측정 되었으며, 금회 실시한 평창IC1교는 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	30.2 ~ 31.4	27.0	111.9 ~ 116.3
하부구조	교대 및 교각	25.5 ~ 26.9	24.0	106.3 ~ 111.7

② 기 점검결과와의 비교

【표 3.28】 비파괴강도 기 점검결과와의 비교

구 분		2017년 정밀안전점검	금회 정밀안전점검	설계기준강도
상부구조	바닥판하면	29.9~31.5	30.2 ~ 31.4	27.0
하부구조	교대 및 교각	27.5~27.9	25.5 ~ 26.9	24.0
검토의견		■ 기 정밀안전점검(2017년)과 비교 · 분석한 결과, 측정위치에 따른 편차가 일부 존재하나 전반적으로 공용기간 경과에 따른 콘크리트 구조물에 강도저하는 없는 것으로 판단됨		

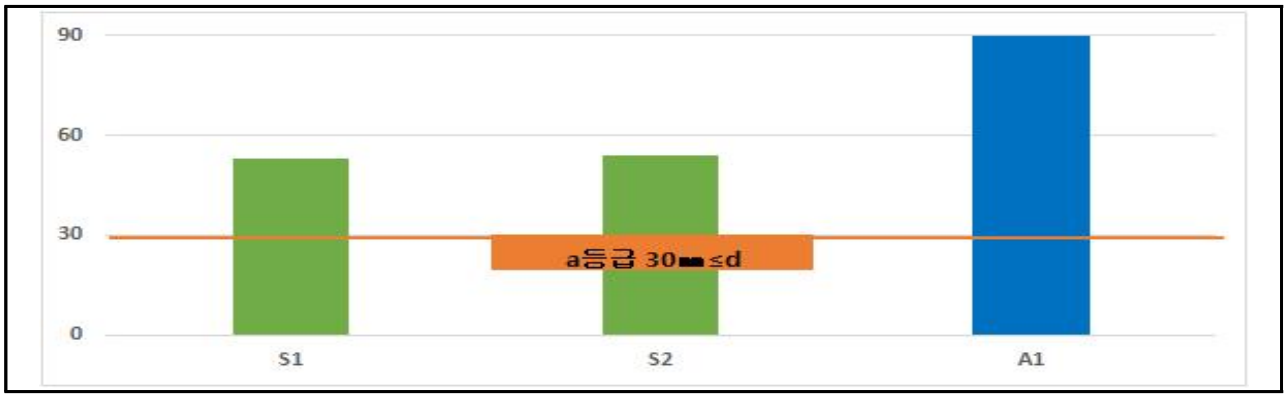
나. 탄산화 깊이 측정

탄산화 깊이 측정은 총 3개소(상부구조 2개소, 하부구조 1개소)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 3.29】 탄산화 깊이 측정결과 및 평가

시험위치		탄산화 깊이 (㎜)	실측 피복두께 (㎜)	탄산화 잔여깊이 (㎜)	평가 결과	탄산화 속도계수 (A)	잔존 수명 (년)	비 고
상부구조	S1 바닥판하면	7.0	60.0	53.00	a	1.53	100년이상	
	S2 바닥판하면	6.0	60.0	54.00	a	1.31		
하부구조	A1 벽체	5.0	100.0	95.00	a	1.09	100년이상	



【그림 3.8】 탄산화 깊이 측정결과

▪ 상부구조 탄산화깊이는 5.0㎜, 하부구조 탄산화깊이는 4.2㎜로 측정되었으며, 잔여깊이가 30㎜이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

【표 3.30】 탄산화 시험결과 분석

구 분	탄산화 깊이(㎜)	잔여깊이(㎜)	비고
상부구조	6.0 ~ 7.0	53.0 ~ 54.0	
하부구조	5.0	95.0	

② 기 점검결과와의 비교

【표 3.31】 탄산화 깊이 기 점검결과와의 비교

구 분	2017년 정밀안전점검			금회 정밀안전점검			비 고
	탄산화깊이 (㎜)	잔여깊이 (㎜)	평가 결과	탄산화깊이 (㎜)	잔여깊이 (㎜)	평가 결과	
상부구조	4.0 ~ 5.0	55.0 ~ 56.0	a	6.0 ~ 7.0	53.0 ~ 54.0	a	
하부구조	4.0 ~ 7.0	93.0 ~ 96.0	a	5.0	95.0	a	
검토의견	■ 기 정밀안전점검(2017년)과 비교 · 분석한 결과, 측정위치에 따른 편차가 일부 존재하나 전반적으로 공용기간 경과에 따른 내구성저하는 발생하지 않은 것으로 판단됨						

다. 금회점검 내구성조사 결과요약

【표 3.32】 금회 점검 내구성조사 결과요약

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴강도 (㎫)	상부구조	바닥판 하면	30.2 ~ 31.4	27.0	■ 설계강도 98% 이상(양호)
	하부구조	교대 및 교각	25.5 ~ 26.8	24.0	
탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		53.0 ~ 54.0	a등급	■ 탄산화 잔여깊이 30㎜이상 ■ 탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		95.0	a등급	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 철근탐사결과 설계도면과 유사한 상태로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

라. 기 정밀안전점검(2017년)결과 비교

【표 3.33】 내구성조사 기 정밀안전점검(2017년)결과 비교

<table>
<tr><th rowspan="2">시 험
명</th><th colspan="2" rowspan="2">시험부위</th><th colspan="4">시험 결과</th><th rowspan="2">비 고</th></tr>
<tr><th colspan="2">2017년
정밀안전점검</th><th colspan="2">금회
정밀점검</th></tr>
<tr><td rowspan="2">비파괴
강도
(㎫)</td><td>상부구조</td><td>바닥판 하면</td><td colspan="2">29.9~31.5</td><td colspan="2">30.2 ~ 31.4</td><td rowspan="2">■ 강도저하 없음</td></tr>
<tr><td>하부구조</td><td>교대 및 교각</td><td colspan="2">27.5~27.9</td><td colspan="2">25.5 ~ 26.8</td></tr>
<tr><td rowspan="2">탄산화
잔여
깊이
(㎜)</td><td colspan="2">상부구조</td><td>55.0 ~ 56.0</td><td>a</td><td>53.0 ~ 54.0</td><td>a</td><td rowspan="2">■ 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성 없음</td></tr>
<tr><td colspan="2">하부구조</td><td>93.0 ~ 96.0</td><td>a</td><td>95.0</td><td>a</td></tr>
<tr><td>종합
평가</td><td colspan="7">• 기 점검결과와 비교 검토한 결과 공용년수 증가에 의한 구조물의 내구성 저하는 발생하지 않은 상태로 평가됨</td></tr>
</table>