제 3 장 현장조사 및 시험

3.1 개요

3.2 외관조사 결과

3.3 콘크리트 내구성 조사

제 3 장 현장조사 및 시험

3.1 개 요

본 과업 대상교량인 속사천4교는 강원도 평창군 용평면 이목정리(영동선 인천기점 187.87㎞ 지점)에 위치하고 있으며, 1999년도에 준공되어 약 20년 정도의 공용기간이 경과한 상태이며, 왕복 4차로(인천방향 편도 2차로, 강릉방향 편도 2차로) 교량이다.

본 교량의 제원은 총연장 150.0m(3@50.0m), 폭 인천방향 10.2m, 강릉방향 10.2m인 교량이며, 상부구조는 3경간 연속 Steel Box Girder 형식으로서, 하부구조의 교대는 역T형(2기), 교각은 T형(인천방향 2기, 강릉방향 2기) 구조이고 기초는 교대 및 교각은 직접기초로 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, 굴절점검차	2019.09.03.～10.14	

교면포장

바닥판하면 전경

굴절차를 이용한 근접조사

굴절차를 이용한 근접조사

【사진 3.1】 근접조사를 위한 장비 사용 전경

3.2 외관조사 결과

3.2.1 인천방향

가. 바닥판 하면

1) 부재의 개요

- 속사천4교는 총 3경간으로 이루어져 있으며, 연장은 L=150.0m 폭 10.2m로 바닥판은 철근콘크리트로 시공되어있다.
- 바닥판하면에 대한 현장조사는 굴절점검차를 이용한 근접조사를 실시하였다.

바닥판 하면 전경#1	바닥판 하면 전경#2

【사진 3.2】 바닥판 전경

2) 현장조사 결과

- 바닥판 하면의 기 손상은 기 점검시 전부 보수된 상태로 확인되었다.
- 금회 바닥판하면 현장조사 결과, 데크플레이트 부식, 보수재 박락, 켄틸레버 박리, 박락이 신규 조사되었다.

【표 3.2】 바닥판하면 현장조사 결과

구분	데크플레이트 부식 (㎡/개소)		켄틸레버 박리, 박락 (㎡/개소)		보수재 박락 (㎡/개소)	
S1	-	-	-	-	-	-
S2	-	-	0.81	2	6.0	1
S3	1.50	3	-	-	-	-
합계	1.50	3.00	0.81	2.00	6.00	1.00

S2 바닥판하면 보수재 박락(6.0m×1.0m)	S2 바닥판하면 박락(0.3m×1.5m)
S2 바닥판하면 박리(0.2m×1.8m)	S3 바닥판하면 데크플레이트 부식(0.1m×2.0m)

【사진 3.3】 바닥판 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 바닥판 하면에 대하여 기 점검 결과 정밀조사로 인한 데크플레이트 부식, 켄틸레버 박리, 박락 보수재 박락이 신규 조사되었다.

구 분	단 위	2017년 정밀안전점검	금회점검	비 고
데크플레이트 부식	㎡	-	1.50	▲1.50
켄틸레버 박리, 박락	㎡	-	0.81	▲0.81
보수재 박락	㎡	-	6.00	▲6.00

4) 검토의견

- 보수재 박락 구간은 보수시 전처리 미흡으로 인한 손상으로 손상의 진전시 전처리 후 재도장 실시 등의 유지관리가 요구된다. 또한 데크플레이트 부식은 장기공용에 의한 열화로 손상의 진전시 재도장 등의 조치가 요구된다.
- 바닥판하면의 박리, 박락은 켄틸레버부에 발생되었으며 외부에서 침투한 누수가 진행되면서 발생된 결함으로 내구성 증진을 위해 박리·박락에 대한 단면보수가 필요하다.

나. Steel Box Girder

1) 부재의 개요

- 바닥판으로부터 전달되는 상부하중을 지지하고 교량받침으로 하중을 전달하는 역할을 하는 Steel Box Girder는 2열로 시공되었으며, 근접육안조사를 위하여 굴절점검차를 이용하여 외관조사를 실시하였다

거더 외부 전경	거더 내부 전경

【사진 3.4】 거더 전경

2) 현장조사 결과

① Steel Box Girder 외부

- 속사천4교 거더 외부에 대한 현장조사 기 손상인 플랜지 변형이 조사되었고, 볼트 부식이 신규조사도 되었다.

S1-G2 SP1 볼트부식(5EA)	S3-G2 플렌지 변형(0.2m)

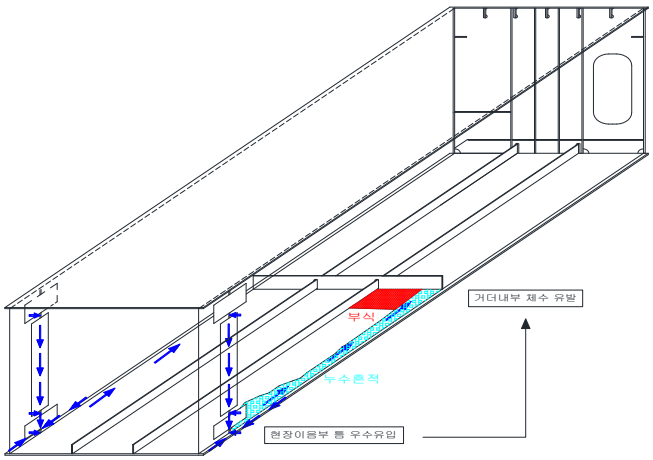
【사진 3.5】 거더 외부 손상현황

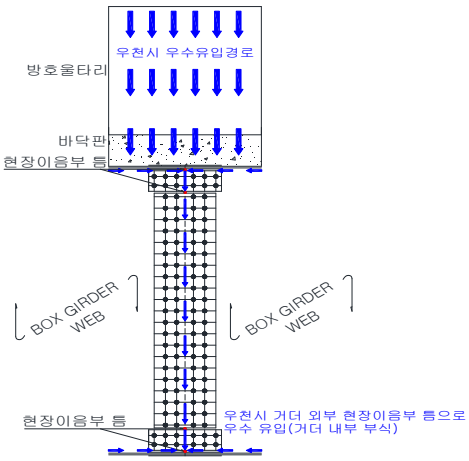
【표 3.3】 거더 외부 외관조사 결과

구분		플렌지 변형 (개소/개소)		볼트부식 (개소/개소)	
거더 외부	S1	2.00	2	-	-
	S2	-	-	-	-
	S3	-	-	5.00	5
	합계	2.00	2.00	5.00	5.00

② Steel Box Girder 내부

- 거더 내부에 대한 현장조사 결과 기 손상인 Splice부 실링재 누락으로 인해 우수유입 흔적, 이물질퇴적, 우수유입 등의 손상이 확인되었다.
- 발생된 강재부식, 점부식, 볼트부식 등의 신규손상이 조사되었다.



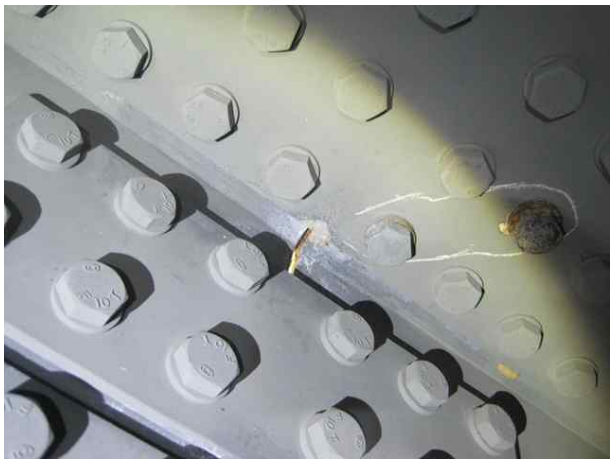


【표 3.4】 거더 내부 외관조사 결과

구분		강재부식, 볼트부식 (㎡/개소)		우수유입 (개소/개소)		실링재 미처리 (개소/개소)		이물질퇴적 (㎡/개소)	
거더 내부	S1	1.59	3	4.00	4	16.00	16	-	-
	S2	4.27	10	4.00	4	16.00	16	-	-
	S3	6.06	7	4.00	4	16.00	16	0.06	1
	합계	11.92	20.00	12.00	12.00	48.00	48.00	0.06	1.00

S1-G2 우수유입흔적(4EA)

S2-G1 강재부식(0.1m×0.6m)



S2-G2 SPLICE 실링재 미처리

S3-G2 이물질퇴적(0.5m×1.2m)

【사진 3.6】 거더 내부 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 거더에 대하여 기 점검 결과를 토대로 손상 진전여부를 검토한 결과, 강재부식, 점부식, 볼트부식 등의 신규 손상이 조사되었다. 거더내부 부식의 경우 이력 추적결과, 기 보고서에 보수로 처리 되었으나, 실제 보수가 실시되지 않은 것으로 확인되었다.

구 분		단 위	2017년 정밀안전점검	금회점검	비 고
거더 외부	플렌지 변형	EA	1	2	▲1.0
	볼트부식	EA	-	5	▲5.0

구 분		단 위	2017년 정밀안전점검	금회점검	비 고
거더 내부	강재부식, 볼트부식	㎡	-	11.92	▲11.92
	우수유입	EA	12.00	12.00	-
	실링재 미처리	EA	48.00	48.00	-
	이물질퇴적	㎡	0.06	0.06	-

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 내부에 발생한 점부식 등의 손상은 현장이음부 틈새 우수유입 등에 의한 것으로 판단되며, 강재부식으로 진행되면 단면손실이 발생할수 있으므로 재도장이 필요한 상태이다.
- 거더 외부에 발생된 플렌지 변형은 시공당시 발생한 것으로 판단되며, 17년 정밀안전점검과의 비교시 진전이 없는 상태로, 주기적인 점검으로 유지관리(주의관찰)하는 것이 바람직하다.

다. 가로보 및 세로보

1) 부재의 개요

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

가로보 및 세로보 전경#1

가로보 및 세로보 전경#2

【사진 3.7】 거더 내부 손상현황

2) 현장조사 결과

- 가로보 및 세로보에 대한 현장조사 기 손상인 플랜지 변형이 조사되었다.

【표 3.5】 가로보 및 세로보 현장조사 결과

구분	플랜지변형(㎡/개소)	
S1	0.30	1
S2	-	-
S3	0.20	1
합계	0.50	2.00

S1-CB8 플랜지 변형

S3-CB8 플랜지 변형

【사진 3.8】 가로보 및 세로보 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 가로보 및 세로보에 대하여 기 점검 결과를 토대로 손상 진전여부를 검토한 결과, 손상의 진전 및 신규는 없는 것으로 조사되었다.

구 분	단 위	2017년 정밀안전점검	금회점검	비 고
플랜지 변형	EA	2	2	-

4) 검토의견

- 가로보 및 세로보에 발생된 플렌지 변형은 시공당시 발생한 것으로 판단되며, 17년 정밀안전점검과의 비교시 진전이 없는 상태로, 주기적인 점검으로 유지관리(주의관찰)하는 것이 바람직하다.

라. 교대

1) 부재의 개요

- 속사천4교 교대는 역T형으로 시공되어있으며, 기초는 직접기초로 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 기 손상인 균열(0.3㎜미만), 균열(0.3㎜이상), 콘크리트 박리, 박락, 표면불량, 백태, 보수재 균열, 박리, 신축이음 하면 누수 등의 손상이 발생한 것으로 조사되었다.

【표 3.6】교대 외관조사 결과

구분	균열 0.3㎜미만 (m/개소)		균열 0.3㎜이상 (m/개소)		박리, 박락 (㎡/개소)		콘크리트 표면불량 (㎡/개소)		백태 (㎡/개소)	
A1	0.70	2	3.00	6	0.83	3	3.6	1	34.72	5
A2	0.45	1	-	-	0.16	1	-	-	2.08	3
합계	1.15	3.00	3.00	6.00	0.99	4.00	3.60	1.00	36.80	8.00

구분	보수재 균열 (m/개소)		보수재 박리 (㎡/개소)		신축이음 하면 누수 (m/개소)		녹오염 (㎡/개소)		누수흔적 (㎡/개소)	
A1	1.3	3	3.75	1	2.0	1	2.08	2	-	-
A2	-	-	1.96	1	1.5	1	-	-	0.75	1
합계	1.30	3.00	5.71	2.00	3.50	2.00	2.08	2.00	0.75	1.00

A1균열(0.3㎜/0.4m)

A1 날개벽 박리(0.4m×1.2m)

A1 흉벽 백태(0.5m×0.4m)

A2 균열(0.2㎜/0.4m)

【사진 3.10】교대 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 교대에 대하여 기 점검 결과를 토대로 손상 진전여부를 검토한 결과, 균열(1.0㎜), 보수재 박리가 일부 보수된 것으로 확인되었고, 손상의 진전 및 신규 손상은 없는 것으로 확인되었다.

구 분	단 위	2017년 정밀안전점검	금회점검	비 고
균열(0.3㎜미만)	m	1.15	1.15	-
균열(0.3㎜이상)	m	5.00	3.00	▼2.00
박리,박락	㎡	0.99	0.99	-
콘크리트 표면불량	㎡	3.60	3.60	-
백태	㎡	36.80	36.80	-
보수재 균열	m	1.30	1.30	-
보수재 박리	㎡	5.96	5.71	▼0.25
신축이음 하면 누수	m	3.50	3.50	-
녹오염	㎡	2.08	2.08	-
누수흔적	㎡	0.75	0.75	-

4) 검토의견

- 교대의 날개벽에서 조사된 균열은 대부분 시공초기 발생한 온도변화 및 건조수축, 공용기간 증가에 의한 소수의 균열로서 표면보수, 주입보수를 통한 내구성 확보가 바람직할 것으로 판단된다.
- 흉벽 및 구체에서 조사된 백태, 표면보수재 열화는 신축이음 외측 단부 우수유출에 의해 발생한 것으로 표면보수 및 단면보수를 실시하여 유지관리 하여야 할 것으로 판단된다.
- 발생한 박리, 박락은 국부적인 손상으로 단면보수 등의 조치가 요구된다.

마. 교각

1) 부재의 개요

- 속사천4교의 교각은 T형 2기로 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 기존 손상인 폭 0.3㎜이하 균열, 콘크리트 박리, 박락, 표면열화, 표면침식, 백태, 철근노출 등의 손상이 조사되었다.

【표 3.7】교각 외관조사 결과

구분	균열 0.3㎜미만 (m/개소)		균열 0.3㎜이상 (m/개소)		보수재 균열 (m/개소)		콘크리트 박리, 박락 (㎡/개소)		표면열화 (표층박리) (㎡/개소)		표면침식 (㎡/개소)		백태 (㎡/개소)		철근노출 (㎡/개소)	
P1	20.08	17	-	-	1.50	1	0.12	6	6.46	2	1.25	1	-	-	-	-
P2	4.60	6	2.00	1	14.50	12	0.18	2	-	-	0.16	1	0.01	1	0.13	1
합계	24.68	23.00	2.00	1.00	16.00	13.00	0.30	8.00	6.46	2.00	1.41	2.00	0.01	1.00	0.13	1.00

P1 코핑부 균열(0.1㎜/1.0m)	P2 기둥부 표면침식(0.4m×0.4m)
P2 코핑부 균열(0.3㎜/2.0m)	P2 철근노출(0.25m×0.5m)

【사진 3.12】교각 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 교각에 대하여 기 점검 결과를 토대로 손상 진전여부를 검토한 결과, 금회 점검시 기 점검에서 발생한 손상을 면밀히 조사하였으나, 손상의 진전은 없는 상태로 조사되었고, 물량변화 또한 없는 상태로 확인되었다.

구 분	단 위	2017년 정밀점검	금회점검	비 고
균열(0.3mm미만)	m	24.68	24.68	-
균열(0.3mm이상)	m	2.00	2.00	-
보수재 균열	m	16.00	16.00	-
콘크리트 박리, 박락	㎡	0.30	0.30	-
표면열화(표층박리)	㎡	6.46	6.46	-
표면침식	㎡	1.41	1.41	-
백태	㎡	0.01	0.01	-
철근노출	㎡	0.13	0.13	-

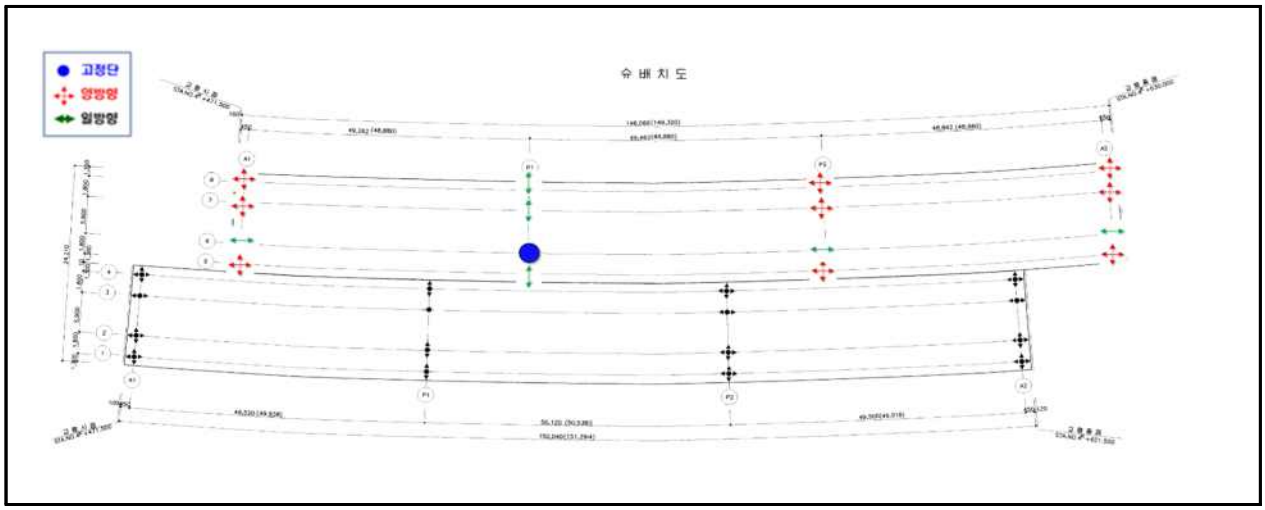
4) 검토의견

- 교각 코핑 및 기둥부에 발생한 균열은 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적 소수의 균열로서 표면보수, 주입보수를 실시하여 내구성을 확보가 바람직할 것으로 판단된다.
- 교각에 하부에 발생한 침식은 하천의 수세에 의한 것으로, 17년 정밀안전점검과 비교시 진전이 미미하고 손상의 정도가 경미하므로, 추후 점검시 진전되면 세굴방지공 등의 조치를 해야 한다.
- 발생한 박리, 박락은 국부적인 손상으로 단면보수 등의 조치가 요구된다.

바. 교량받침

1) 부재의 개요

- 속사천4교의 받침은 포트받침으로 총 16개가 설치되어 있으며, 받침장치의 순번은 한국도로공사 집중점검세부시행 방법에 따라 번호를 부여하여 현장조사를 수행하였다.



【그림 3.1】 교량받침 배치도

포트받침(일방향) 전경	포트받침(양방향) 전경	포트받침(일방,고정) 전경

【사진 3.13】 교량받침 전경

2) 현장조사 결과

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

【표 3.8】 교량받침 외관조사 결과

구분	몰탈균열 0.3㎜미만 (m/개소)		받침콘크리트 균열 0.3㎜미만 (m/개소)		받침몰탈 망상균열 (m/개소)		받침부식 (㎡/개소)		받침콘크리트 파손, 박락 (㎡/개소)		스토퍼부식 (㎡/개소)		받침장치 편기 (개소/개소)	
A1	0.40	4	-	-	0.02	1	0.69	4	0.02	1	0.32	2	-	-
P1	-	-	0.70	4	-	-	0.20	1	-		-	-	1	1
P2	-	-	2.15	9	-	-	0.62	3	0.14	2	-	-	-	-
A2	0.20	2	-	-	0.06	1	-	-	0.01	1	-	-	-	-
합계	0.60	6.00	2.85	13.00	0.08	2.00	1.51	8.00	0.17	4.00	0.32	2.00	1.00	1.00

A1-Sh1 받침콘크리트 들뜸(0.2m×0.5m)

A2-Sh2 받침몰탈 파손(0.5m×1.0m)

P2-Sh2 받침콘크리트 박락(0.2m×1.0m)

P2-Sh3 받침콘크리트 균열(0.1㎜/0.2m)

【사진 3.14】 교량받침 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 교량받침에 대하여 기 점검 결과를 토대로 손상 진전여부를 검토한 결과, 금회 점검시 기 점검에서 발생한 손상을 면밀히 조사하였으나, 손상의 진전 및 신규는 없는 상태로 조사되었다.

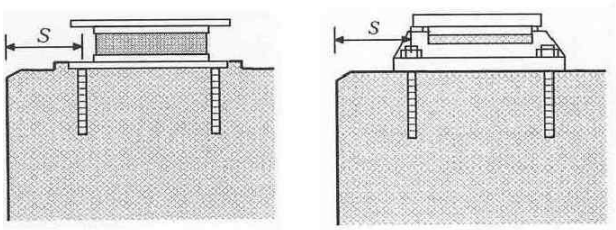
구 분	단 위	2017년 정밀안전점검	금회점검	비 고
몰탈균열 (0.3mm미만)	m	0.60	0.60	-
받침콘크리트균열 (0.3mm미만)	m	2.85	2.85	-
받침몰탈 망상균열	㎡	0.08	0.08	-
받침 부식	㎡	1.51	1.51	-
받침콘크리트 파손, 박락	㎡	0.17	0.17	-
스토퍼 부식	㎡	0.32	0.32	-
받침장치 편기	㎡	1.00	1.00	-

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 폭 0.1~0.2㎜의 미세 균열로 현 상태에서 별도의 조치보다는 유지관리 후 손상진전 및 추가 손상 발생 시 일괄 보수하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다.
- 기 점검시 상부구조물의 수평 거동 징후가 확인되었으며 그로 인해 받침콘크리트 박리/박락, 무수축 모르타르 박리/박락, 균열, 스토퍼 유착, 편기 등의 손상이 다수 발생된 상태로서, 금회 조사된 손상에 대해서는 기능회복을 위한 보수가 요망됨. 향후 정밀안전진단 수행시 정량적인 거동 특성 분석, 교량의 기하학적 형상 분석, 받침콘크리트 철근량 확인, 구조해석을 통한 받침장치의 수직·수평 용량 검토 등을 실시하여 상부구조물의 수평 거동에 대한 명확한 원인을 규명하여 교량의 안전성 확보를 위한 적절한 대책을 강구하여야 함.

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

【사진 3.15】 교량받침장치 연단거리측정

① 연단거리 산출

- 거더 경간길이(L=50.0m) : 200+5×50.0 = 450(㎜)

【표 3.9】 연단거리 측정 결과

구 분		계산 연단거리 (㎜)	실측 연단거리(㎜)				검토 결과
			Sh1	Sh2	Sh3	Sh4	
A1		450	520	520	530	500	O.K
P1	A1측	450	820	800	820	820	O.K
	A2측	450	820	820	820	820	O.K
P2	A1측	450	800	790	830	860	O.K
	A2측	450	860	860	820	820	O.K
A2		450	520	490	560	550	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 18년이 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	-43.4	16.6	0.000012	50.0	26.0	10.0	
P1	고정단						
P2	-43.4	16.6	0.000012	50.0	26.0	10.0	
A2	-43.4	16.6	0.000012	50.0	52.0	20.0	
1) 조사당시 온도 : 23.4℃(조사일 : 2019년 6월 26일, 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	A1 20	70.0	30.0	26.0	10.0	±50
	SH2	A1 20	70.0	30.0			±50
	SH3	A1 20	70.0	30.0			±50
	SH4	A1 20	70.0	30.0			±50
P1	고정단						
P2	SH1	A2 5	55.0	45.0	26.0	10.0	±50
	SH2	A2 5	55.0	45.0			±50
	SH3	A2 5	55.0	45.0			±50
	SH4	A2 5	55.0	45.0			±50
A2	SH1	A2 30	110.0	50.0	52.0	20.0	±80
	SH2	A2 30	110.0	50.0			±80
	SH3	A2 30	110.0	50.0			±80
	SH4	A2 30	110.0	50.0			±80
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.

사. 신축이음장치

1) 부재의 개요

- 본 교량의 신축이음장치는 A1, A2에 시공되어 있으며, RMC #80(A1), Rail Joint(A2)로 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), 유간 토사퇴적, 레일조인트 협착이 조사되었다.

【표 3.12】 신축이음장치 외관조사 결과

구분	후타재 균열 (m/개소)		유간부 이물직퇴적 (㎡/개소)		레일 협착 (m/개소)	
A1 (EXP J1)	19.2	48	0.80	4	-	-
A2 (EXP J2)	13.2	26	0.55	2	12.00	1
합계	32.40	74.00	1.35	6.00	12.00	1.00

A1 EXP.J1 후타재 균열	A2 EXP.J2 레일 협착

【사진 3.18】 신축이음장치 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

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

구 분	단 위	2017년 정밀안전점검	금회점검	비 고
후타재 균열	m	32.40	32.40	-
유간부 이물질퇴적	㎡	1.35	1.35	-
레일 협착	m	12.00	12.00	-

4) 검토의견

- 발생된 후타재 균열은 반복적인 차량통행 및 건조수축에 의한 손상으로 현재 보수보다는 지속적인 관찰 후 진전시 보수가 필요하며, 유간부 이물질퇴적은 차량통행으로 인한 분산먼지, 우수에 의한 손상으로 청소 등의 정비가 요구된다.

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

구분	계산방법	비고
이론 신축량	• 온도변화에 의한 이동량 ▸ ⊿lt = ⊿T · α · L 여기서, ⊿lt : 온도변화에 의한 이동량 ⊿T : 온도변화 범위(기상청 자료참조) α(강재): 1.2×10-5, α(콘크리트): 1.0×10-5 L : 신축보의 길이(㎜)	
소요 신축량	•소요 가동량 산정 조사일 : 2019. 06. 26. 기온 적용: 23.4℃(일평균) △T(신장시) : 40.0℃-23.4℃ = 16.6℃ △T(수축시) : -20.0℃-(23.4℃) = -43.4℃ △lt(최소필요유간) : △T× α ×L •형식별 온도변화범위(℃)	

교량형식		보통지방	한랭지방	선팽창계수 α(/℃)
강교	상로교	-10～+40	-20～+40	1.2×10-5
	하로교, 강바닥판교	-10～+50	-20～+40	1.2×10-5
RC, PSC교		-5～+35	-15～+35	1.0×10-5

【사진 3.19】 신축이음 유간 측정방법

【표 3.13】 신축이음 신축이동량 산정

구 분	온도변화 (⊿T, ℃)		선팽창 계수 (α)	신축거더 길이(L, m)	온도 변화에 의한 이동량(㎜)		비고
	동절기	하절기			동절기	하절기	
A1	-43.4	16.6	0.000012	50.0	26.0	10.0	
A2	-43.4	16.6	0.000012	100.0	52.0	20.0	

1) 조사당시 온도 : 23.4℃(조사일 : 2019년 6월 26일, 평균온도, 강릉)
2) 검토온도 : -20℃ ~ 40℃(한랭지방)

【표 3.14】 신축이음장치 및 바닥판 단부 가동여유량 검토결과

구 분	계산 이동량(㎜)		점검당시 실측유간(㎜) ③	허용량(㎜)	신축 여유량(㎜)		검토 결과
	최대 수축시 ①	최대 신장시 ②			최대 수축시 (①+③)	최대 신장시 (③-②)	
A1	26.0	10.0	32.0	80	58.0	22.0	O.K
A2	52.0	20.0	15.0	100	67	-5.0	N.G

주) 판정 : 0.0㎜ ≤ 신축 여유량 ≤ 허용량 ⇒ O.K

6) 신축거동상태 검토의견

- A1 신축이음장치에 대한 신축유간 측정결과, 측정일 온도는 23.4℃(6월 26일)로써 이때 측정유간은 32.0㎜로 설계온도에 대한 충분한 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.
- A2 신축이음장치에 대한 신축유간 측정결과, 측정일 온도는 23.4℃(6월 26일)로써 이때 측정유간은 15.0㎜로 측정되었고, 최대 신장시 N.G로 확인되었다. 그러나 금회 조사결과 측정기간 내의 온도변화로 인한 교량의 거동에는 문제점이 없었고 오랜 공용기간동안의 실제 거동으로 인한 연관 부재(교대, 받침, 거더)의 변형 및 파손도 나타나지 않았다. 다만, 설계기준의 온도 변화에 따른 교량의 신축거동 분석결과 교대 A2측의 신축이음장치는 교량의 신장시에 이론치 여유량을 확보하지 못하는 것으로 분석되었으나 이를 감안하더라도 당장의 신축이음장치 교체보다는 주기적인 점검을 통해 유지관찰하고 손상의 확대 및 문제점 확인시 교체 방안을 고려하거나 조치하여도 충분할 것으로 판단된다.

아. 교면포장

1) 부재의 개요

- 속사천4교의 바닥판 상면에 위치하여 차량에서 발생하는 진동을 흡수·분산시키고, 외부의 불리한 환경조건에 대해서 바닥판을 보호하는 역할을 하는 교면포장은 L.M.C 포장으로 되어있다.

교면포장 전경	교명판 전경

【사진 3.20】교면포장 전경

2) 현장조사 결과

- 현장조사 결과 포장은 균열, 망상균열, 패임, 체수 등이 없는 양호한 상태로 조사되었다.

포장상태 양호	포장상태 양호

【사진 3.21】교면포장 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 교면포장에 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 정밀안전점검	금회점검	비 고
-	-	-	-	-

4) 검토의견

- 교면포장은 현재까지 손상의 발생이 없는 양호한 상태이다. 교면포장은 차량의 반복하중, 우수, 장기공용에 의해 열화가 발생할 수 있으므로, 지속적인 점검 및 유지관리가 필요하다.

자. 배수시설

1) 부재의 개요

- 속사천4교는 교량의 횡단구배 특성에 따라 교량의 우측에 배수시설이 설치되어 있다.

배수구 전경	배수관 전경

【사진 3.22】 배수시설 전경

2) 현장조사 결과

- 배수시설에 대한 현장조사 결과 그레이팅 망실이 조사되었다.

【표 3.15】 배수시설 외관조사 결과

구분	스틸그레이팅 망실 (개소/개소)	
S1	-	-
S2	-	-
S3	1.00	1
합계	1.00	1.00

S1 배수구 막힘	S2 배수관 부식(1.0m×4.0m)

【사진 3.23】 배수시설 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 배수시설에 대하여 기 점검 결과를 토대로 손상 진전여부를 검토한 결과, 금회 점검에서 그레이팅 망실 1개소가 신규 조사 되었다.

구 분	단 위	2017년 정밀안전점검	금회점검	비 고
그레이팅 망실	EA	-	1.0	▲1.0

4) 검토의견

- 발생한 그레이트 망실은 그레이팅망 설치 등의 유지관리가 요구된다.

차. 방호벽

1) 부재의 개요

- 차량의 차도이탈 방지, 사고시 완충작용 등의 기능을 하는 방호울타리는 철근콘크리트 구조로 설치되어있다.

방호벽 전경

중분대 전경

【사진 3.24】 방호벽 및 중앙분리대 전경

2) 현장조사 결과

- 방호벽에 대한 현장조사 결과, 방호벽 전구간에 균열보수가 실시되어, 현재 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 3.16】 방호벽 및 중앙분리대 외관조사 결과

구분	상태양호
방호벽	-

상태양호	상태양호

【사진 3.25】 방호벽 및 중앙분리대 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 방호벽 및 중앙분리대에 대하여 기 점검 결과를 토대로 손상 진전여부를 검토한 결과, 전구간 보수가 실시되었다.

구 분	단 위	2017년 정밀안전점검	금회점검	비 고
난간균열	m	26.40	-	▼26.40
보수재 균열	m	14.10	-	▼14.10
철근노출	㎡	20.00	-	▼20.00
콘크리트 박리, 박락	㎡	6.40	-	▼6.40

4) 검토의견

- 방호벽은 금회 전구간 손상이 보수되었고, 보수 상태는 양호한 것으로 확인되었다. 현재 방호벽은 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

카. 교량 점검시설

1) 부재의 개요

- 속사천4교의 점검통로는 교량 상면 갓길을 이용하여 출입가능하며, 교각 코핑부에 강재+알루미늄 재질의 점검통로가 전·배면 2면에 설치되어 있다.

점검통로 전경#1	점검통로 전경#2

【사진 3.26】 교량 점검시설 전경

2) 현장조사 결과

- 교각에 설치된 점검통로 조사 시 점검발판, 볼트 체결상태, 점검난간, 사다리 등을 중점적으로 조사하였으며, 점검로 발판부식이 조사되었다.

【표 3.17】 교량 점검시설 외관조사 결과

구분	점검로 발판부식 (㎡/개소)	
P1	0.25	1
P2	-	-
합계	0.25	1.00

점검로 발판 부식	점검로 전경

【사진 3.27】 교량 점검시설 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 교량 점검시설에 대하여 기 점검 결과를 토대로 손상 진전여부를 검토한 결과, 손상의 진전 및 신규가 없는 상태로 확인되었다.

구 분	단 위	2017년 정밀안전점검	금회점검	비 고
점검로 발판 부식	㎡	0.25	0.25	-

4) 검토의견

- 교량 점검시설에 발생한 점검로 발판 부식은 장기공용에 의한 손상으로 점검자의 안전을 위하여 점검로 교체 등의 조치가 요구된다.

3.2.2 강릉방향

가. 바닥판 하면

1) 부재의 개요

- 속사천4교는 총 3경간으로 이루어져 있으며, 연장은 L=150.0m 폭 10.2m로 바닥판은 철근콘크리트로 시공되어있다.
- 바닥판하면에 대한 현장조사는 굴절점검차를 이용한 근접조사를 실시하였다.

바닥판 하면 전경#1	바닥판 하면 전경#2

【사진 3.28】바닥판 전경

2) 현장조사 결과

- 바닥판 하면의 기 손상은 기 점검시 전부 보수된 상태로 확인되었다.
- 금회 바닥판하면 현장조사 결과, 켄틸레버 콘크리트 박리, 데크플레이트 백태가 신규 조사되었다.

【표 3.18】바닥판하면 현장조사 결과

구분	데크플레이트 백태 (㎡/개소)		켄틸레버 박리 (㎡/개소)	
S1	0.3	1	0.14	1
S2	7.5	2	-	-
S3	-	-	-	-
합계	7.80	3.00	0.14	1.00

S1 켄틸레버 콘크리트 박리(0.2m×0.7m)	S1 데크플레이브 백태(1.0m×0.3m)
S2 데크플레이브 백태(0.3m×25.0m)	바닥판 데크 전경

【사진 3.29】 바닥판 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 바닥판 하면에 대하여 기 점검 결과 정밀조사로 인한 데크플레이트 백태, 켄틸레버 박리가 신규 조사되었다.

구 분	단 위	2017년 정밀안전점검	금회점검	비 고
데크플레이트 백태	㎡	-	7.80	▲7.80
켄틸레버 박리	㎡	-	0.14	▲0.14

4) 검토의견

- 데크플레이트에 발생한 부식(백태오염)은 빗물유입 및 습기흡착, 콘크리트 열화에의한 손상은 표면처리 또는 재도장의 유지관리가 요구된다.
- 바닥판하면의 박리는 켄틸레버부에 발생되었으며 외부에서 침투한 누수가 진행 되면서 발생된 결함으로 내구성 증진을 위해 박리에 대한 단면보수가 필요하다.

나. Steel Box Girder

1) 부재의 개요

- 바닥판으로부터 전달되는 상부하중을 지지하고 교량받침으로 하중을 전달하는 역할을 하는 Steel Box Girder는 2열로 시공되었으며, 근접육안조사를 위하여 굴절점검차를 이용하여 외관조사를 실시하였다

거더 외부 전경	거더 내부 전경

【사진 3.30】 거더 전경

2) 현장조사 결과

① Steel Box Girder 외부

- 속사천4교 거더 외부에 대한 현장조사 손상이 없는 양호한 상태로 확인 되었다.

거더외부 상태양호	거더외부 상태양호

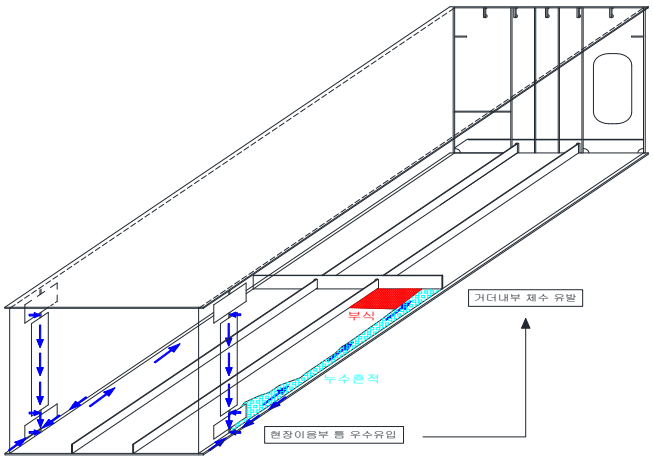
【사진 3.31】 거더 외부 손상현황

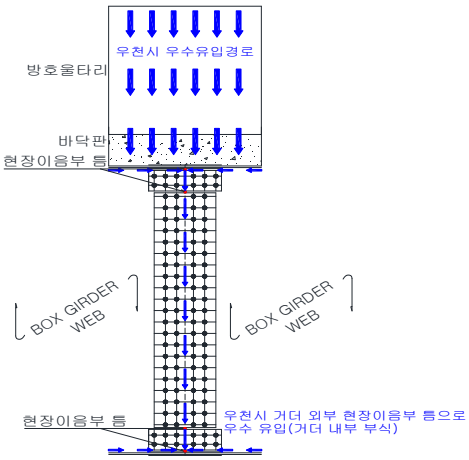
【표 3.19】 거더 외부 외관조사 결과

구분	상태양호	
거더외부	-	-

② Steel Box Girder 내부

- 거더 내부에 대한 현장조사 결과 기 손상인 Splice부 실링재 누락으로 인해 우수유입 흔적, 이물질퇴적, 우수유입 등의 손상이 확인되었다.
- 발생된 강재부식, 점부식, 볼트부식 등의 신규손상이 조사되었다.





【표 3.20】 거더 내부 외관조사 결과

구분		강재부식, 백태오염 (㎡/개소)		우수유입 (개소/개소)		실링재 미처리 (개소/개소)		이물질퇴적 (㎡/개소)	
거더 내부	S1	0.41	1	4.00	4	32.00	32	0.72	1
	S2	5.34	1	6.00	6	32.00	32	-	-
	S3	0.24	5	90.75	5	32.00	32	-	-
	합계	5.99	7.00	100.75	15.00	96.00	96.00	0.72	1.00

S1-G1 강재부식(0.2m×0.2m)	S1-G1 강재부식(0.2m×2.4m)
S3-G1 강재표면 백태오염	S3-G2 실링재 미처리

【사진 3.32】거더 내부 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 거더에 대하여 기 점검 결과를 토대로 손상 진전여부를 검토한 결과, 강재부식, 점부식, 등의 신규 손상이 조사되었다.

구 분		단 위	2017년 정밀안전점검	금회점검	비 고
거더 외부	-	-	-	-	-

구 분		단 위	2017년 정밀안전점검	금회점검	비 고
거더 내부	강재부식, 백태오염	㎡	-	5.99	▲5.99
	우수유입	EA	15.00	15.00	-
	실링재 미처리	EA	96.00	96.00	-
	이물질퇴적	㎡	0.72	0.72	-

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 내부에 발생한 부식 및 점부식, 백태오염 등의 손상은 현장이음부 틈새 우수유입 등에 의한 것으로 판단되며, 강재부식으로 진행되면 단면손실이 발생할수 있으므로 재도장이 필요한 상태이다.

다. 가로보 및 세로보

1) 부재의 개요

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

가로보 및 세로보 전경#1	가로보 및 세로보 전경#2

【사진 3.33】 거더 내부 손상현황

2) 현장조사 결과

- 가로보 및 세로보에 대한 현장조사 기 손상인 플랜지 변형이 조사되었다.

【표 3.21】 가로보 및 세로보 현장조사 결과

구분	플랜지변형 (㎡/개소)	
S1	0.20	1
S2	-	-
S3	-	-
합계	0.20	1.00

S1-CB5~CB6 플랜지 변형

가로보 전경

【사진 3.34】 가로보 및 세로보 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 가로보 및 세로보에 대하여 기 점검 결과를 토대로 손상 진전여부를 검토한 결과, 손상의 진전 및 신규는 없는 것으로 조사되었다.

구 분	단 위	2017년 정밀안전점검	금회점검	비 고
플랜지 변형	EA	1	1	-

4) 검토의견

- 가로보 및 세로보에 발생된 플렌지 변형은 시공당시 발생한 것으로 판단되며, 17년 정밀안전점검과의 비교시 진전이 없는 상태로, 주기적인 점검으로 유지관리(주의관찰)하는 것이 바람직하다.

라. 교대

1) 부재의 개요

- 속사천4교 교대는 역T형으로 시공되어있으며, 기초는 직접기초로 시공되어있다. 교대에 대한 외관조사는 도보를 이용한 근접조사를 실시하였다.

교대 전경(A1)	교대 전경(A2)

【사진 3.35】교대 전경

2) 현장조사 결과

- 교대 A1, A2에 대한 외관조사 결과 기 손상인 균열(0.3㎜미만), 균열(0.3㎜이상), 콘크리트 박리, 박락, 표면불량, 백태, 보수재 균열, 박리, 신축이음 하면 누수 등의 손상이 발생한 것으로 조사되었다.

【표 3.22】교대 외관조사 결과

구분	균열 0.3㎜미만 (m/개소)		균열 0.3㎜이상 (m/개소)		박리, 박락 (㎡/개소)		표면불량, 표면열화 (㎡/개소)		누수흔적 (㎡/개소)		백태 (㎡/개소)	
A1	1.30	2	2.30	3	0.20	2	24.80	3	2.40	1	3.60	1
A2	10.65	11	0.60	2	0.24	1	-	-	-	-	40.0	1
합계	11.95	13.00	2.90	5.00	0.44	3.00	24.80	3.00	2.40	1.00	43.60	2.00

구분	보수재 균열 (m/개소)		층분리 (㎡/개소)		이물질퇴적, 체수 (㎡/개소)		점검계단 파손 (㎡/개소)		교대사면 블록이격 (m/개소)	
A1	-	1	0.09	1	2.76	2	-	-	-	-
A2	0.60	1	-	-	-	-	0.36	1	4.20	2
합계	0.60	2.00	0.09	1.00	2.76	2.00	0.36	1.00	4.20	2.00

A1 누수흔적(1.2m×2.0m)	A1 표면불량(1.0m×2.0m)
A2 박리(0.2m×1.2m)	A2 백태(0.2m×1.0m)

【사진 3.36】교대 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 교대에 대하여 기 점검 결과를 토대로 손상 진전여부를 검토한 결과, 균열(0.30㎜ 이하), 콘크리트 박리, 표면열화가 일부 보수된 것으로 확인되었고, 손상의 진전 및 신규 손상은 없는 것으로 확인되었다.

구 분	단 위	2017년 정밀안전점검	금회점검	비 고
균열(0.3㎜미만)	m	13.95	11.95	▼2.00
균열(0.3㎜이상)	m	4.60	2.90	▼1.70
박리,박락	㎡	0.96	0.44	▼0.52
표면불량, 표면열화	㎡	25.80	24.80	▼1.00
누수흔적	㎡	2.40	2.40	-
백태	㎡	43.60	43.60	-
보수재 균열	m	0.60	0.60	-
층분리	㎡	0.09	0.09	
이물질퇴적, 체수	㎡	2.76	2.76	-
점검계단 파손	㎡	0.36	0.36	-
교대시면 블록이격	m	4.20	4.20	-

4) 검토의견

- 교대의 날개벽에서 조사된 균열은 대부분 시공초기 발생한 온도변화 및 건조수축, 동결융해의 반복, 공용기간 증가에 의한 소수의 균열로서 표면보수, 주입보수를 통한 내구성 확보가 바람직할 것으로 판단된다.
- 흉벽 및 구체에서 조사된 백태, 표면열화는 신축이음 외측 단부 우수유출에 의해 발생한 것으로 표면보수 및 단면보수를 실시하여 유지관리 하여야 할 것으로 판단된다.
- 발생한 박리, 박락은 재료열화 및 수분흡착 열화에 의한 손상으로 단면보수 등의 조치가 요구된다.

마. 교각

1) 부재의 개요

- 속사천4교의 교각은 T형 2기로 구성되어 있으며, 교각에 대한 외관조사는 도보조사를 통한 근접조사를 실시하였다.

교각 전경#1	교각 전경#2

【사진 3.37】 교각 전경

2) 현장조사 결과

- 교각에 대한 현장조사 결과 기존 손상인 폭 0.3㎜미만 균열, 보수재 균열, 박리, 콘크리트 긁힘, 박락, 표면열화, 철근노출, 재료분리 등의 등의 손상이 조사되었다.

【표 3.23】교각 외관조사 결과

구분	균열 0.3㎜미만 (m/개소)		재료분리 (㎡/개소)		보수재 균열 (m/개소)		보수재 박리 (m/개소)		긁힘, 박락 (㎡/개소)		표면열화 (표층박리) (㎡/개소)		철근노출 (㎡/개소)	
P1	30.95	32	0.15	4	-	-	2.12	2	0.02	2	2.40	1	0.03	1
P2	30.30	33	-	-	15.80	7	-	-	0.13	3	0.50	1	-	-
합계	61.25	65.00	0.15	4.00	15.80	7.00	2.12	2.00	0.15	5.00	2.90	2.00	0.03	1.00

P1 코핑부 철근노출(0.25m×0.1m)

P1 코핑부 균열(0.2㎜/1.7m)

P2 기둥부 표면열화(1.0m×0.5m)

P2 코핑부 균열(0.2㎜/2.0m)

【사진 3.38】교각 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 교각에 대하여 기 점검 결과를 토대로 손상 진전여부를 검토한 결과, 금회 점검시 기 점검에서 발생한 손상을 면밀히 조사하였으나, 손상의 진전은 없는 상태로 조사되었고, 물량변화 또한 없는 상태로 확인되었다.

구 분	단 위	2017년 정밀점검	금회점검	비 고
균열(0.3mm미만)	m	61.25	61.25	-
재료분리	㎡	0.15	0.15	-
보수재 균열	m	15.80	15.80	-
보수재 박리	㎡	2.12	2.12	-
긁힘, 박락	㎡	0.15	0.15	-
표면열화(표층박리)	㎡	2.90	2.90	-
철근노출	㎡	0.03	0.03	-

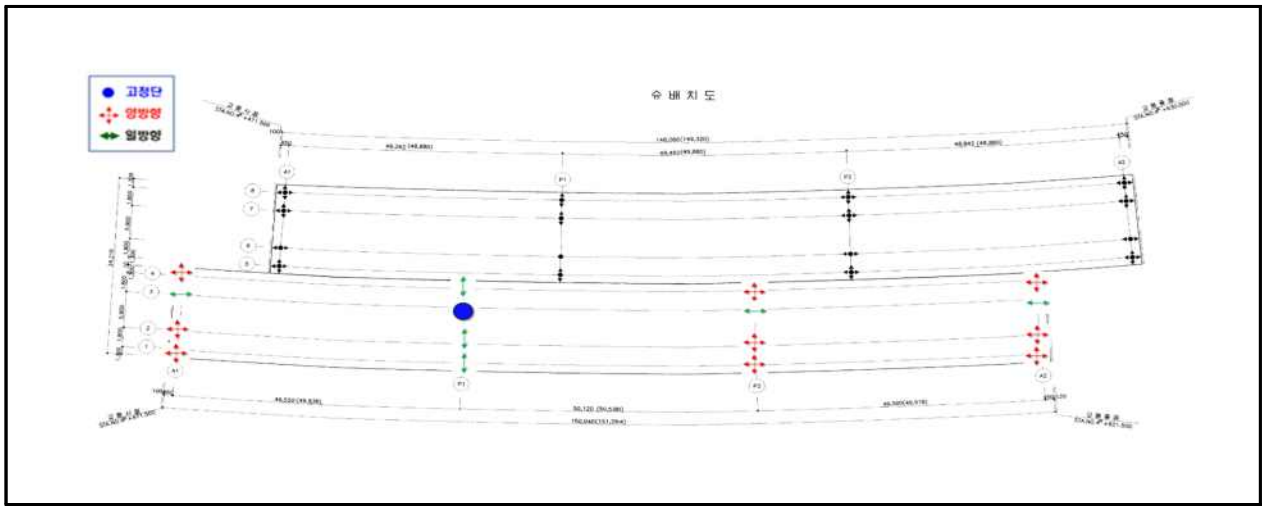
4) 검토의견

- 교각 코핑 및 기둥부에 발생한 균열은 건조수축, 온도변화, 거푸집 조기탈형 등의 복합적인 원인에 의한 비구조적 소수의 미세균열로서 표면보수를 실시하여 내구성을 확보가 바람직할 것으로 판단된다.
- 재료분리, 철근노출은 재료열화 및 시공초기 결함, 피복두께 부족으로 발생하였으며, 발생한 박락은 재료열화 및 수분흡착 열화에 의한 손상으로 단면보수 등의 조치가 요구된다.

바. 교량받침

1) 부재의 개요

- 속사천4교의 받침은 포트받침으로 총 16개가 설치되어 있으며, 받침장치의 순번은 한국도로공사 집중점검세부시행 방법에 따라 번호를 부여하여 현장조사를 수행하였다.



【그림 3.3】 교량받침 배치도

포트받침(일방향) 전경	포트받침(양방향) 전경	포트받침(일방,고정) 전경

【사진 3.39】 교량받침 전경

2) 현장조사 결과

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

【표 3.24】교량받침 외관조사 결과

구분	받침몰탈, 받침콘크리트 균열 0.3㎜미만 (m/개소)		받침몰탈, 받침콘크리트 균열 0.3㎜이상 (m/개소)		받침몰탈 망상균열 (m/개소)		받침, 스토퍼 부식 (㎡/개소)		받침몰탈 , 받침콘크리트 파손, 박락 (㎡/개소)		받침장치 이격 (m/개소)		받침 고정볼트 탈락 (개소/개소)	
A1	0.20	1	-	-	0.06	1	0.84	8	1.18	4	-	-	-	-
P1	0.50	1	0.40	1	-	-	1.20	3	0.24	6	0.50	1	1.00	1
P2	2.10	4	0.50	2	-	-	0.88	5	0.33	5	-	-	-	-
A2	0.30	1	-	-	0.07	1	0.08	1	0.08	1	-	-	-	-
합계	3.10	7.00	0.90	3.00	0.13	2.00	3.00	17.00	1.83	16.00	0.50	1.00	1.00	1.00

A1-Sh2 스토퍼 간섭

A2-Sh1 받침몰탈 망상균열(1.0m×0.7m)

P1-Sh2 받침콘크리트 파손(0.1m×0.25m)

P1-Sh2 받침콘크리트 파손(0.3m×1.0m)

【사진 3.40】교량받침 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 교량받침에 대하여 기 점검 결과를 토대로 손상 진전여부를 검토한 결과, 금회 점검시 기 점검에서 발생한 손상을 면밀히 조사하였으나, 손상의 진전 및 신규는 없는 상태로 조사되었다.

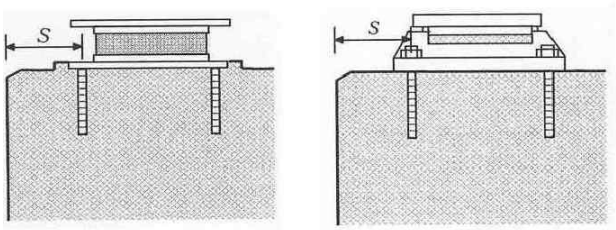
구 분	단 위	2017년 정밀안전점검	금회점검	비 고
받침 몰탈, 받침콘크리트 균열 (0.3mm미만)	m	3.10	3.10	-
받침 몰탈, 받침콘크리트 균열 (0.3mm이상)	m	0.90	0.90	-
받침몰탈 망상균열	㎡	0.13	0.13	-
받침, 스토퍼 부식	㎡	3.00	3.00	-
받침 몰탈, 받침콘크리트 파손, 박락	㎡	1.83	1.83	-
받침장치 이격	m	0.50	0.50	-
받침 고정볼트 탈락	EA	1.00	1.00	-

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 폭 0.1~0.2㎜의 미세 균열로 현 상태에서 별도의 조치보다는 유지관리 후 손상진전 및 추가 손상 발생 시 일괄 보수하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다.
- 기 점검시 상부구조물의 수평 거동 징후가 확인되었으며 그로 인해 받침콘크리트 박리/박락, 무수축 모르타르 박리/박락, 균열, 스토퍼 유착, 편기 등의 손상이 다수 발생된 상태로서, 금회 조사된 손상에 대해서는 기능회복을 위한 보수가 요망됨. 향후 정밀안전진단 수행시 정량적인 거동 특성 분석, 교량의 기하학적 형상 분석, 받침콘크리트 철근량 확인, 구조해석을 통한 받침장치의 수직·수평 용량 검토 등을 실시하여 상부구조물의 수평 거동에 대한 명확한 원인을 규명하여 교량의 안전성 확보를 위한 적절한 대책을 강구하여야 함.

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 3.4】 도로교설계기준 연단거리 산출방법

받침장치 연단거리 측정	받침장치 연단거리 측정

【사진 3.41】 교량받침장치 연단거리측정

① 연단거리 산출

- 거더 경간길이(L=50.0m) : 200+5×50.0 = 450(㎜)

【표 3.25】 연단거리 측정 결과

구 분		계산 연단거리 (㎜)	실측 연단거리(㎜)				검토 결과
			Sh1	Sh2	Sh3	Sh4	
A1		450	520	520	530	500	O.K
P1	A1측	450	820	800	820	820	O.K
	A2측	450	820	820	820	820	O.K
P2	A1측	450	800	790	830	860	O.K
	A2측	450	860	860	820	820	O.K
A2		450	520	490	560	550	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 18년이 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 3.42】 교량받침 이동량 측정

【표 3.26】 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	-43.4	16.6	0.000012	50.0	26.0	10.0	
P1	고정단						
P2	-43.4	16.6	0.000012	50.0	26.0	10.0	
A2	-43.4	16.6	0.000012	50.0	52.0	20.0	
1) 조사당시 온도 : 23.4℃(조사일 : 2019년 6월 26일, 평균온도, 강릉) 2) 검토온도 : -20℃ ~ 40℃(한랭지방)							

【표 3.27】 교량받침 이동량(설계기준 온도) 검토결과

위치		이동량	측정 가동여유량		계산 가동 이동량		허용변위 (mm)
			수축	신장	최대수축	최대신장	
A1	SH1	A1 20	70.0	30.0	26.0	10.0	±50
	SH2	A1 20	70.0	30.0			±50
	SH3	A1 20	70.0	30.0			±50
	SH4	A1 20	70.0	30.0			±50
P1	고정단						
P2	SH1	A2 0	50.0	50.0	26.0	10.0	±50
	SH2	A2 0	50.0	50.0			±50
	SH3	A2 0	50.0	50.0			±50
	SH4	A2 0	50.0	50.0			±50
A2	SH1	A2 30	110.0	50.0	52.0	20.0	±80
	SH2	A2 30	110.0	50.0			±80
	SH3	A2 30	110.0	50.0			±80
	SH4	A2 30	110.0	50.0			±80
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.

사. 신축이음장치

1) 부재의 개요

- 본 교량의 신축이음장치는 A1, A2에 시공되어 있으며, RMC #80(A1), Rail Joint(A2)로 시공된 상태이다. 점검차 조사를 위한 부분 통제시 도보를 통해 근접조사를 실시하였다.

EXP.J1(A1) 전경	EXP.J2(A2) 전경

【사진 3.43】 신축이음장치 전경

2) 현장조사 결과

- 신축이음 현장조사 결과 조인트 부식이 신규 조사되었다.

【표 3.28】 신축이음장치 외관조사 결과

구분	본체 부식 (/㎡개소)	
A1 (EXP J1)	-	-
A2 (EXP J2)	6.0	1
합계	6.00	1.00

A2 EXP.J2 본체 부식	A2 EXP.J2 본체 부식

【사진 3.44】 신축이음장치 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 금회 점검에서 신축이음에 대하여 기 점검 결과를 토대로 손상 진전여부를 검토한 결과, 신축이음 본체 부식이 신규 조사되었다.

구 분	단 위	2017년 정밀안전점검	금회점검	비 고
본체 부식	㎡	-	6.0	▲6.0

4) 검토의견

- 발생된 본체 부식은 장기공용 및 누수로 인한 손상으로 현재 부식 외 유간 협착등의 손상이 없는 바, 주의관찰 후 손상의 진전시 신축이음 교체 등의 유지관리가 요구된다.

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
▸ ⊿lt = ⊿T · α · L
여기서, ⊿lt : 온도변화에 의한 이동량
⊿T : 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. 06. 26. 기온 적용: 23.4℃(일평균)
△T(신장시) : 40.0℃-23.4℃ = 16.6℃
△T(수축시) : -20.0℃-(23.4℃) = -43.4℃
△lt(최소필요유간) : △T× α ×L
•형식별 온도변화범위(℃)
<table>
<tr><th colspan="2">교량형식</th><th>보통지방</th><th>한랭지방</th><th>선팽창계수 α(/℃)</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 3.45】신축이음 유간 측정방법

【표 3.29】신축이음 신축이동량 산정

구 분	온도변화 (⊿T, ℃)		선팽창 계수 (α)	신축거더 길이(L, m)	온도 변화에 의한 이동량(㎜)		비고
	동절기	하절기			동절기	하절기	
A1	-43.4	16.6	0.000012	50.0	26.0	10.0	
A2	-43.4	16.6	0.000012	100.0	52.0	20.0	
1) 조사당시 온도 : 23.4℃(조사일 : 2019년 6월 26일, 평균온도, 강릉) 2) 검토온도 : -20℃ ~ 40℃(한랭지방)							

【표 3.30】신축이음장치 및 바닥판 단부 가동여유량 검토결과

구 분	계산 이동량(㎜)		점검당시 실측유간(㎜) ③	허용량(㎜)	신축 여유량(㎜)		검토 결과
	최대 수축시 ①	최대 신장시 ②			최대 수축시 (①+③)	최대 신장시 (③-②)	
A1	26.0	10.0	40.0	80	66.0	10.0	O.K
A2	52.0	20.0	40.0	100	92.0	20.0	O.K
주) 판정 : 0.0㎜ ≤ 신축 여유량 ≤ 허용량 ⇒ O.K							

6) 신축거동상태 검토의견

- 신축이음장치에 대한 신축유간 측정결과, 측정일 온도는 23.4℃(6월 26일)로써 이때 측정 유간은 32.0㎜로 설계온도에 대한 충분한 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

아. 교면포장

1) 부재의 개요

- 속사천4교의 바닥판 상면에 위치하여 차량에서 발생하는 진동을 흡수·분산시키고, 외부의 불리한 환경조건에 대해서 바닥판을 보호하는 역할을 하는 교면포장은 L.M.C 포장으로 되어있다.

교면포장 전경	교명판 전경

【사진 3.46】교면포장 전경

2) 현장조사 결과

- 현장조사 결과 포장은 균열, 망상균열, 패임, 체수 등이 없는 양호한 상태로 조사되었다.

포장상태 양호	포장상태 양호

【사진 3.47】교면포장 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 교면포장에 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 정밀안전점검	금회점검	비 고
-	-	-	-	-

4) 검토의견

- 교면포장은 현재까지 손상의 발생이 없는 양호한 상태이다. 교면포장은 차량의 반복하중, 우수, 장기공용에 의해 열화가 발생할 수 있으므로, 지속적인 점검 및 유지관리가 필요하다.

자. 배수시설

1) 부재의 개요

- 속사천4교는 교량의 횡단구배 특성에 따라 교량의 우측에 배수시설이 설치되어 있다.

배수구 전경

배수관 전경

【사진 3.48】 배수시설 전경

2) 현장조사 결과

- 배수시설에 대한 현장조사 결과 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 3.31】 배수시설 외관조사 결과

구분	상태양호	
배수시설	-	-

3) 기 점검 결과 비교

- 배수시설에 대하여 기 점검 결과를 토대로 손상 진전여부를 검토한 결과, 신규 손상이 없는 상태로 조사되었다.

구 분	단 위	2017년 정밀안전점검	금회점검	비 고
-	-	-	-	-

4) 검토의견

- 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었고, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

차. 방호벽

1) 부재의 개요

- 차량의 차도이탈 방지, 사고시 완충작용 등의 기능을 하는 방호울타리는 철근콘크리트 구조로 설치되어있다.

방호벽 전경

중분대 전경

【사진 3.49】 방호벽 및 중앙분리대 전경

2) 현장조사 결과

- 방호벽에 대한 현장조사 콘크리트 파손이 조사되었다.

【표 3.32】 방호벽 및 중앙분리대 외관조사 결과

구분	콘크리트 박락, 파손 (㎡/개소)	
S1	-	-
S2	-	-
S3	0.20	2
합계	0.20	2.00

S3 방호벽 파손(0.5m×0.2m×2EA)

방호벽 전경

【사진 3.50】 방호벽 및 중앙분리대 손상현황

3) 기 점검 결과 비교

- 방호벽 및 중앙분리대에 대하여 기 점검 결과를 토대로 손상 진전여부를 검토한 결과, 방호벽 전구간 보수가 실시되었고, 금회 파손이 신규 조사되었다.

구 분	단 위	2017년 정밀안전점검	금회점검	비 고
0.3㎜ 미만 균열	m	0.70	-	-
0.3㎜ 미만 균열	m	12.80	-	-
표면열화	㎡	55.00	-	-
콘크리트 박리, 박락	㎡	8.51	0.20	▼8.31
백태	㎡	0.04	-	-

4) 검토의견

- 발생한 방호벽 파손은 재료열화 및 수분흡착 열화에 의한 손상으로 단면보수 등의 조치가 요구된다.

카. 교량 점검시설

1) 부재의 개요

- 속사천4교의 점검통로는 교량 상면 갓길을 이용하여 출입가능하며, 교각 코핑부에 강재+알루미늄 재질의 점검통로가 전·배면 2면에 설치되어 있다.

점검통로 전경#1	점검통로 전경#2

【사진 3.51】 교량 점검시설 전경

2) 현장조사 결과

- 교각에 설치된 점검통로 조사 시 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

【표 3.33】 교량 점검시설 외관조사 결과

구분	상태양호	
점검시설	-	-

3) 기 점검 결과 비교

- 교량 점검시설에 대하여 기 점검 결과를 토대로 손상 진전여부를 검토한 결과, 손상의 진전 및 신규가 없는 상태로 확인되었다.

구 분	단 위	2017년 정밀안전점검	금회점검	비 고
-	-	-	-	-

4) 검토의견

- 교량 점검시설의 조사 결과, 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었고, 점검로는 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

3.2.12 외관조사 총괄표

가. 인천방향

【표 3.34】 손상내용 총괄표

구분		손상 내용	단위	물량	개소	비고
바닥판 하면		데크플레이트 부식	㎡	1.50	3	
		켄틸레버 박리, 박락	㎡	0.81	2	
		보수재 박락	㎡	6.00	1	
거더	거더외부	플렌지 변형	EA	2.00	2	
		볼트부식	EA	5.00	5	
	거더내부	강재부식, 볼트부식	㎡	11.92	20	
		우수유입	EA	12.00	12	
		실링재 미처리	EA	48.00	48	
		이물질퇴적	㎡	0.06	1	
가로보 및 세로보		플랜지 변형	EA	2.00	2	
교대		균열(0.3㎜미만)	m	1.15	3	
		균열(0.3㎜이상)	m	3.00	6	
		박리,박락	㎡	0.99	4	
		콘크리트 표면불량	㎡	3.60	1	
		백태	㎡	36.80	8	
		보수재 균열	m	1.30	3	
		보수재 박리	㎡	5.71	2	
		신축이음 하면 누수	m	3.50	2	
		녹오염	㎡	2.08	2	
		누수흔적	㎡	0.75	1	
교각		균열(0.3mm미만)	m	24.68	23	
		균열(0.3mm이상)	m	2.00	1	
		보수재 균열	m	16.00	13	
		콘크리트 박리, 박락	㎡	0.30	8	
		표면열화(표층박리)	㎡	6.46	2	
		표면침식	㎡	1.41	2	
		백태	㎡	0.01	1	
		철근노출	㎡	0.13	1	
교량받침		몰탈균열 (0.3mm미만)	m	0.60	6	
		받침콘크리트균열 (0.3mm미만)	m	2.85	13	
		받침몰탈 망상균열	㎡	0.08	2	
		받침 부식	㎡	1.51	8	
		받침콘크리트 파손, 박락	㎡	0.17	4	
		스토퍼 부식	㎡	0.32	2	
		받침장치 편기	㎡	1.00	1	
신축이음		후타재 균열	m	32.40	74	
		유간부 이물질퇴적	㎡	1.35	6	
		레일 협착	m	12.00	1	
배수시설		그레이팅 망실	EA	1.00	1	
교량 점검시설		점검로 발판 부식	㎡	0.25	1	

나. 강릉방향

【표 3.35】 손상내용 총괄표

구분	손상 내용	단위	물량	개소	비고
바닥판 하면	데크플레이트 백태	㎡	7.80	3	
	켄틸레버 박리	㎡	0.14	1	
거더내부	강재부식, 백태오염	㎡	5.99	7	
	우수유입	EA	15.00	15	
	실링재 미처리	EA	96.00	96	
	이물질퇴적	㎡	0.72	7	
가로보 및 세로보	플랜지 변형	EA	1.00	1	
교대	균열(0.3㎜미만)	m	11.95	13	
	균열(0.3㎜이상)	m	2.90	5	
	박리,박락	㎡	0.44	3	
	표면불량, 표면열화	㎡	24.80	3	
	누수흔적	㎡	2.40	1	
	백태	㎡	43.60	2	
	보수재 균열	m	0.60	2	
	층분리	㎡	0.09	1	
	이물질퇴적, 체수	㎡	2.76	2	
	점검계단 파손	㎡	0.36	1	
	교대시면 블록이격	m	4.20	2	
교각	균열(0.3mm미만)	m	61.25	65	
	재료분리	㎡	0.15	4	
	보수재 균열	m	15.80	7	
	보수재 박리	㎡	2.12	2	
	긁힘, 박락	㎡	0.15	5	
	표면열화(표층박리)	㎡	2.90	2	
	철근노출	㎡	0.03	1	
교량받침	받침 몰탈, 받침콘크리트 균열 (0.3mm미만)	m	3.10	7	
	받침 몰탈, 받침콘크리트 균열 (0.3mm이상)	m	0.90	3	
	받침몰탈 망상균열	㎡	0.13	2	
	받침, 스토퍼 부식	㎡	3.00	17	
	받침 몰탈, 받침콘크리트 파손, 박락	㎡	1.83	16	
	받침장치 이격	m	0.50	1	
	받침 고정볼트 탈락	EA	1.00	1	
신축이음	본체 부식	㎡	6.0	1	
방호벽	콘크리트 박리, 박락	㎡	0.20	2	

3.2.13 전회차 손상물량 비교

가. 인천방향

【표 3.36】 전회차 손상물량 비교

위치		손상내용	단위	2017년 물량	금회 물량	증,감 (▲, ▼)	비고
바닥판하면		데크플레이트 부식	㎡	-	1.50	▲1.50	
		켄틸레버 박리, 박락	㎡	-	0.81	▲0.81	
		보수재 박락	㎡	-	6.00	▲6.00	
거더	거더 외부	플렌지 변형	EA	1	2	▲1.0	
		볼트부식	EA	-	5	▲5.0	
	거더 내부	강재부식, 볼트부식	㎡	-	11.92	▲11.92	
		우수유입	EA	12.00	12.00	-	
		실링재 미처리	EA	48.00	48.00	-	
		이물질퇴적	㎡	0.06	0.06	-	
가로보		플랜지 변형	EA	2	2	-	
교대		균열(0.3㎜미만)	m	1.15	1.15	-	
		균열(0.3㎜이상)	m	5.00	3.00	▼2.00	
		박리,박락	㎡	0.99	0.99	-	
		콘크리트 표면불량	㎡	3.60	3.60	-	
		백태	㎡	36.80	36.80	-	
		보수재 균열	m	1.30	1.30	-	
		보수재 박리	㎡	5.96	5.71	▼0.25	
		신축이음 하면 누수	m	3.50	3.50	-	
		녹오염	㎡	2.08	2.08	-	
		누수흔적	㎡	0.75	0.75	-	
교각		균열(0.3mm미만)	m	24.68	24.68	-	
		균열(0.3mm이상)	m	2.00	2.00	-	
		보수재 균열	m	16.00	16.00	-	
		콘크리트 박리, 박락	㎡	0.30	0.30	-	
		표면열화(표층박리)	㎡	6.46	6.46	-	
		표면침식	㎡	1.41	1.41	-	
		백태	㎡	0.01	0.01		
		철근노출	㎡	0.13	0.13	-	
교량받침		몰탈균열 (0.3mm미만)	m	0.60	0.60	-	
		받침콘크리트균열 (0.3mm미만)	m	2.85	2.85	-	
		받침몰탈 망상균열	㎡	0.08	0.08	-	
		받침 부식	㎡	1.51	1.51	-	
		받침콘크리트 파손, 박락	㎡	0.17	0.17	-	
		스토퍼 부식	㎡	0.32	0.32	-	
		받침장치 편기	㎡	1.00	1.00	-	
신축이음		후타재 균열	m	32.40	32.40	-	
		유간부 이물질퇴적	㎡	1.35	1.35	-	
		레일 협착	m	12.00	12.00	-	
배수시설		그레이팅 망실	EA	-	1.0	▲1.0	
방호벽		난간균열	m	26.40	-	▼26.40	
		보수재 균열	m	14.10	-	▼14.10	
		보수재 박리	㎡	20.00	-	▼20.00	
		콘크리트 박리, 박락	㎡	6.40	-	▼6.40	
교량 점검시설		점검로 발판 부식	㎡	0.25	0.25	-	

나. 강릉방향

【표 3.37】 전회차 손상물량 비교

위치		손상내용	단위	2017년 물량	금회 물량	증,감 (▲, ▼)	비고
바닥판하면		데크플레이트 백태	㎡	-	7.80	▲7.80	
		켄틸레버 박리	㎡	-	0.14	▲0.14	
거더	내부	강재부식, 백태오염	㎡	-	5.99	▲5.99	
		우수유입	EA	15.00	15.00	-	
		실링재 미처리	EA	96.00	96.00	-	
		이물질퇴적	㎡	0.72	0.72	-	
가로보		플랜지 변형	EA	1	1	-	
교대		균열(0.3㎜미만)	m	13.95	11.95	▼2.00	
		균열(0.3㎜이상)	m	4.60	2.90	▼1.70	
		박리,박락	㎡	0.96	0.44	▼0.52	
		표면불량, 표면열화	㎡	25.80	24.80	▼1.00	
		누수흔적	㎡	2.40	2.40	-	
		백태	㎡	43.60	43.60	-	
		보수재 균열	m	0.60	0.60	-	
		층분리	㎡	0.09	0.09		
		이물질퇴적, 체수	㎡	2.76	2.76	-	
		점검계단 파손	㎡	0.36	0.36	-	
		교대시면 블록이격	m	4.20	4.20	-	
교각		균열(0.3mm미만)	m	61.25	61.25	-	
		재료분리	㎡	0.15	0.15	-	
		보수재 균열	m	15.80	15.80	-	
		보수재 박리	㎡	2.12	2.12	-	
		긁힘, 박락	㎡	0.15	0.15	-	
		표면열화(표층박리)	㎡	2.90	2.90	-	
		철근노출	㎡	0.03	0.03	-	
교량받침		받침 몰탈, 받침콘크리트 균열 (0.3mm미만)	m	3.10	3.10	-	
		받침 몰탈, 받침콘크리트 균열 (0.3mm이상)	m	0.90	0.90	-	
		받침몰탈 망상균열	㎡	0.13	0.13	-	
		받침, 스토퍼 부식	㎡	3.00	3.00	-	
		받침 몰탈, 받침콘크리트 파손, 박락	㎡	1.83	1.83	-	
		받침장치 이격	m	0.50	0.50	-	
		받침 고정볼트 탈락	EA	1.00	1.00	-	
신축이음		본체 부식	㎡	-	6.0	▲6.0	
방호벽		0.3㎜ 미만 균열	m	0.70	-	▼0.7	
		0.3㎜ 미만 균열	m	12.80	-	▼12.8	
		표면열화	㎡	55.00	-	▼55.0	
		콘크리트 박리, 박락	㎡	8.51	0.20	▼8.31	
		백태	㎡	0.04	-	▼0.04	

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(2018. 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), 철근탐사시험, 탄산화깊이 측정을 실시하였으며, 각 부재별 콘크리트 비파괴시험 현황은 다음과 같다.

【표 3.38】 콘크리트 및 강재 비파괴시험 현황(인천)

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	3	3	3	4	
탄산화 깊이 측정	• 5경간 이내: 2~3개소[1)] • 5경간 이상: 3~6개소[2)]		2	1	3	4	

【표 3.39】 콘크리트 및 강재 비파괴시험 현황(인천)

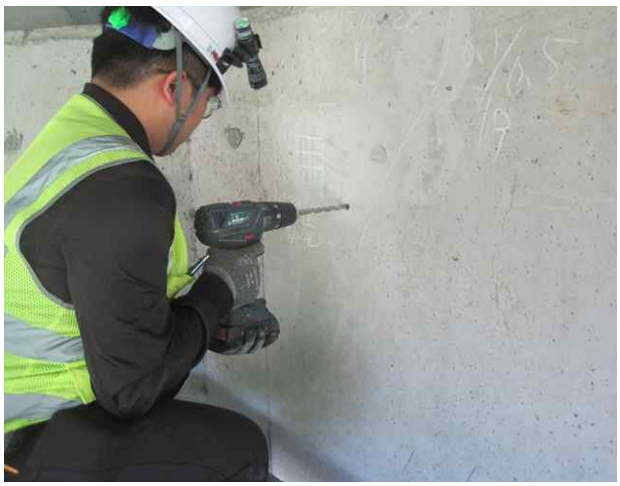
항 목	기준수량		수 량(개소)				비 고
	상부구조	하부구조	기준		실시		
			상부	하부	상부	하부	
반발경도 시 험	• 철근콘크리트: 1개소/50m	• 철근콘크리트: 1개소/50m	3	3	3	4	
탄산화 깊이 측정	• 5경간 이내: 2~3개소[1)] • 5경간 이상: 3~6개소[2)]		2	1	3	4	

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

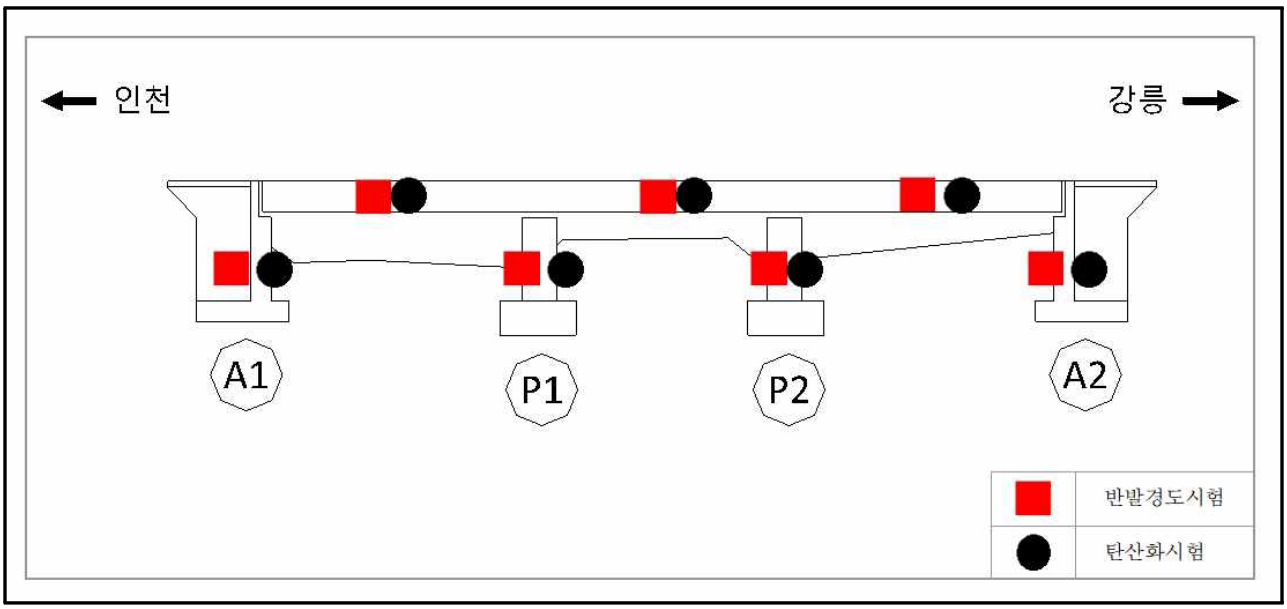
반발경도시험



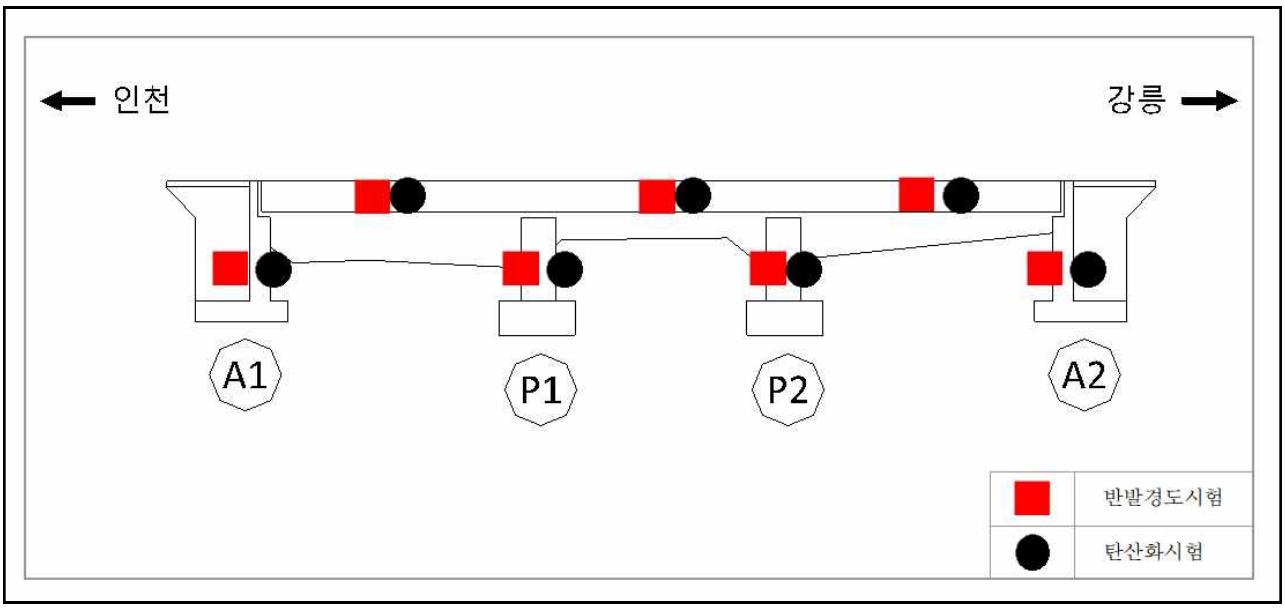
탄산화 깊이 측정

【사진 3.54】 콘크리트 내구성조사 현황

4) 콘크리트 내구성조사 위치도



【그림 3.5】 콘크리트 내구성조사 위치도(인천)



【그림 3.6】 콘크리트 내구성조사 위치도(강릉)

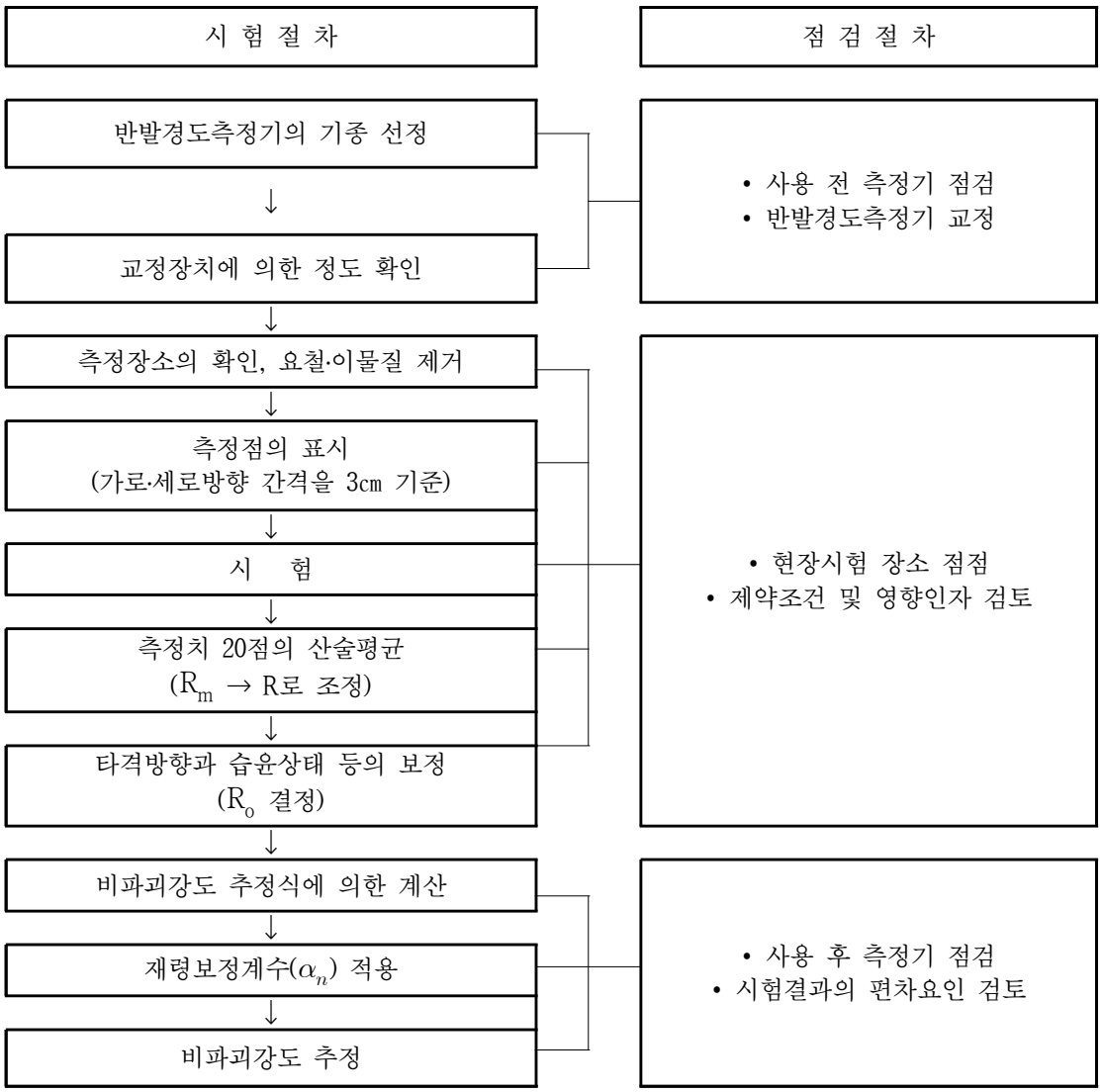
3.3.2 시험내용 및 평가기준

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 3.7】 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 3.40】 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 3.41】 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 3.42】과 같으며, 3,000일 이상의 재령에 대해서는 0.63을 적용한다.

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

【표 3.42】 재령계수 α값

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

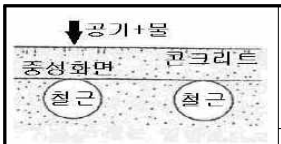
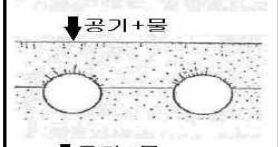
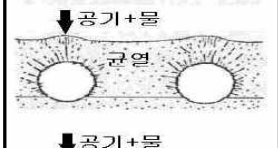
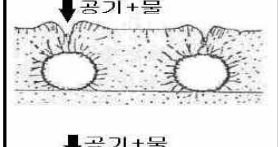
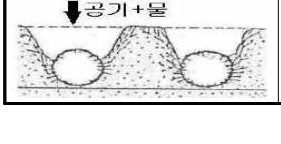
1) 개 요

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 3.8】 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 3.43】 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 3.44】 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. 인천방향

1) 콘크리트 강도시험

속사천4교의 콘크리트 비파괴강도시험은 상·하부구조에서 반발경도시험(총 6개소)를 실시하였으며, 검토결과는【표 3.45】, 【표 3.46】와 같다.

① 비파괴강도 시험결과

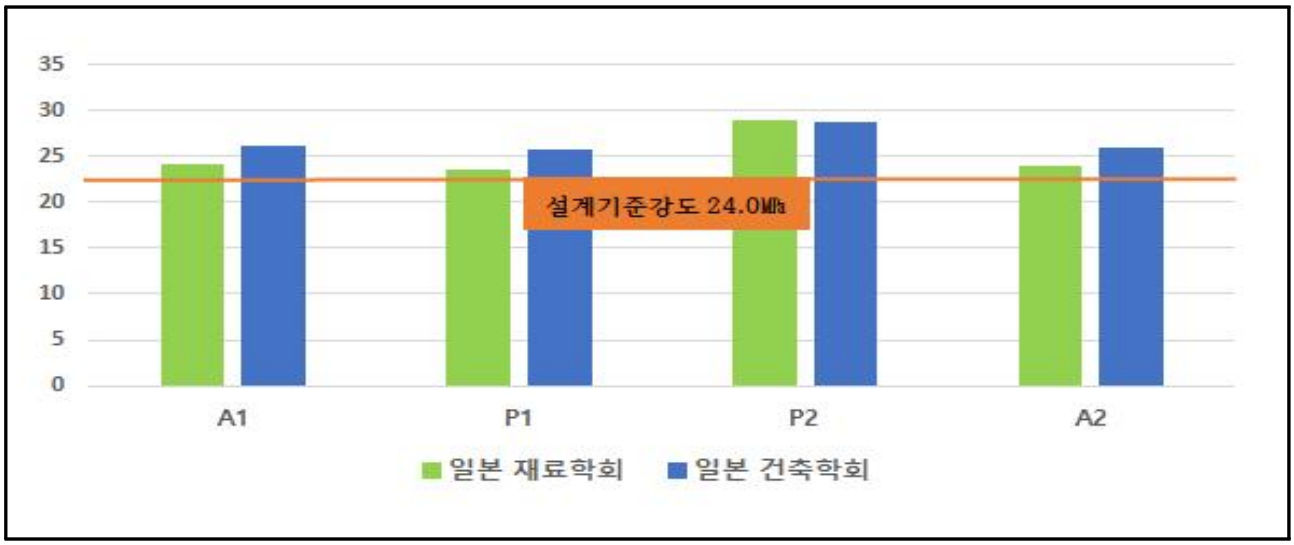
【표 3.45】 상부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과

시험위치		반발경도법(MPa)				설계 기준 강도 (MPa)	비고
		반발 경도 (R_o)	일본 재료 학회	일본 건축 학회	재령보정계수		
상부 구조	S1 캔틸레버	47.9	27.0	27.7	0.63	27.0	
	S2 캔틸레버	47.9	28.2	28.4	0.63		
	S3 캔틸레버	48.8	27.9	28.2	0.63		
	평 균	-	27.7	28.1	-	27.0	

【그림 3.9】 상부구조 평균압축강도 추정결과

【표 3.46】 하부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과

시험위치		반발경도법(MPa)				설계 기준 강도 (MPa)	비고
		반발 경도 (R_o)	일본 재료 학회	일본 건축 학회	재령보정계수		
하부 구조	A1 구체	51.9	24.1	26.1	0.63	24.0	
	P1 기둥	47.9	23.6	25.8	0.63		
	P2 기둥	44.1	29.0	28.8	0.63		
	A2 구체	44.6	24.0	26.0	0.63		
	평 균	-	25.2	26.7	-	24.0	



【그림 3.10】 하부구조 평균압축강도 추정결과

- 반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조 27.7~28.1MPa, 하부구조 25.2~26.7MPa 로 측정 되었으며, 금회 실시한 비파괴강도는 모두 설계기준 압축강도(상부: 27.0MPa, 하부: 24.0MPa)를 상회하는 것으로 강도 저하가 없는 것으로 판단된다.

【표 3.47】 비파괴강도 시험결과 분석

구 분	부재	평균강도(A)	설계기준강도(B)	A/B×100(%)
상부 구조	바닥판 하면	27.7 ~ 28.1	27.0	102.6 ~ 104.1
하부 구조	교대 및 교각	25.2 ~ 26.7	24.0	105.0 ~ 111.3

② 기 점검결과와의 비교

【표 3.48】 비파괴강도 기 점검결과와의 비교

구 분		2017년 정밀안전점검	금회 정밀점검	설계기준강도
상부구조	바닥판하면	27.2~29.4	27.7 ~ 28.1	27.0
하부구조	교대 및 교각	25.0~25.9	25.2 ~ 26.7	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		

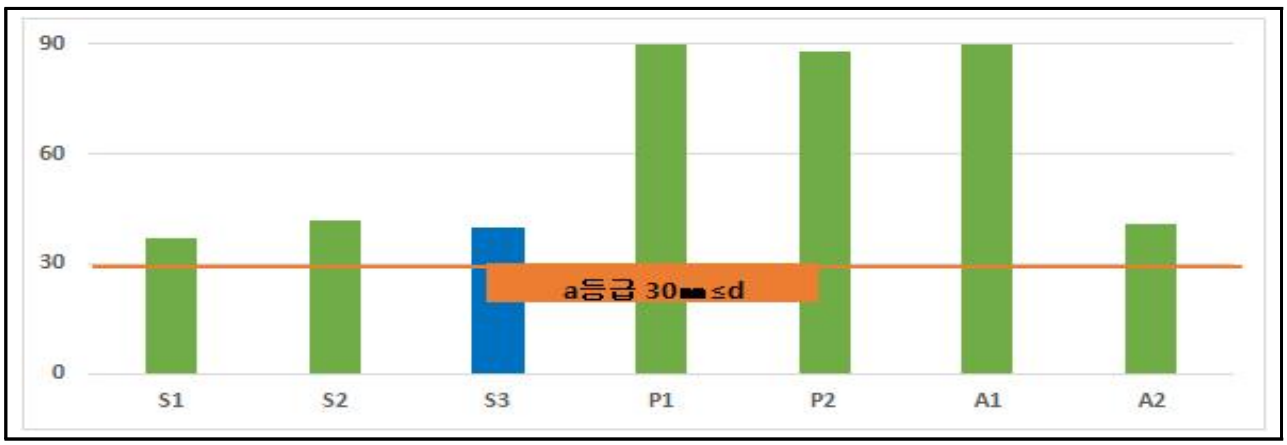
2) 탄산화 깊이 측정

탄산화 깊이 측정은 총 3개소(상부구조 3개소, 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 3.49】 탄산화 깊이 측정결과 및 평가

시험위치		탄산화 깊이 (㎜)	피복두께 (㎜)	탄산화 잔여깊이 (㎜)	평가 결과	탄산화 속도계수 (A)	잔존 수명 (년)	비 고
상부 구조	S1 바닥판하면	13.0	50.0	37.0	a	2.84	100년이상	
	S2 바닥판하면	8.0	50.0	42.0	a	1.75		
	S3 바닥판하면	10.0	50.0	40.0	a	2.18		
하부 구조	P1 기둥부	7.0	100.0	93.0	a	1.53	100년이상	
	P2 기둥부	12.0	100.0	88.0	a	2.62		
	A1 벽체	10.0	100.0	90.0	a	2.18		
	A2 벽체	9.0	50.0	41.0	a	1.96		



【그림 3.11】 탄산화 깊이 측정결과

▪ 상부구조 탄산화깊이는 8.0㎜~13.0㎜, 하부구조 탄산화깊이는 7.0㎜~12.0㎜로 측정되었으며, 잔여깊이가 30㎜이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

【표 3.50】 탄산화 시험결과 분석

구 분	탄산화 깊이(㎜)	잔여깊이(㎜)	비고
상부구조	8.0 ~ 13.0	37.0 ~ 42.0	
하부구조	7.0 ~ 12.0	41.0 ~ 93.0	

② 기 점검결과와의 비교

【표 3.51】 탄산화 깊이 기 점검결과와의 비교

구 분	2017년 정밀안전점검			금회 정밀안전점검			비 고
	탄산화깊이 (㎜)	잔여깊이 (㎜)	평가 결과	탄산화깊이 (㎜)	잔여깊이 (㎜)	평가 결과	
상부구조	8.0 ~ 12.0	38.0 ~ 42.0	a	8.0 ~ 13.0	37.0 ~ 42.0	a	
하부구조	8.0 ~ 13.0	40.0 ~ 92.0	a	7.0 ~ 12.0	41.0 ~ 93.0	a	
검토의견	■ 기 정밀안전점검(2017년)과 비교·분석한 결과, 측정위치에 따른 편차가 일부 존재하나 전반적으로 공용기간 경과에 따른 내구성저하는 발생하지 않은 것으로 판단됨						

3) 금회점검 내구성조사 결과요약

【표 3.52】 금회 점검 내구성조사 결과요약

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (㎫)	상부 구조	바닥판 하면	27.7 ~ 28.1	27.0	■ 설계강도 이상(양호)
	하부 구조	교대 및 교각	25.2 ~ 26.7	24.0	
탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		37.0 ~ 42.0	a등급	■ 탄산화 잔여깊이 30㎜이상 ■ 탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		41.0 ~ 93.0	a등급	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 철근탐사결과 설계도면과 유사한 상태로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

4) 기 정밀점검(2017년)결과 비교

【표 3.53】 내구성조사 기 정밀안전진단(2017년)결과 비교

시 험 명	시험부위		시험 결과				비 고
			2017년 정밀안전점검		금회 정밀점검		
비파괴 강도 (㎫)	상부 구조	바닥판 하면	27.2~29.4		27.7 ~ 28.1		■ 강도저하 없음
	하부 구조	교대 및 교각	25.0~25.9		25.2 ~ 26.7		
탄산화 잔여 깊이 (㎜)	상부구조		38.0 ~ 42.0	a	37.0 ~ 42.0	a	■ 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성 없음
	하부구조		40.0 ~ 92.0	a	41.0 ~ 93.0	a	
종합 평가	• 기 점검결과와 비교 검토한 결과 공용년수 증가에 의한 구조물의 내구성 저하는 발생하지 않은 상태로 평가됨						

나. 강릉방향

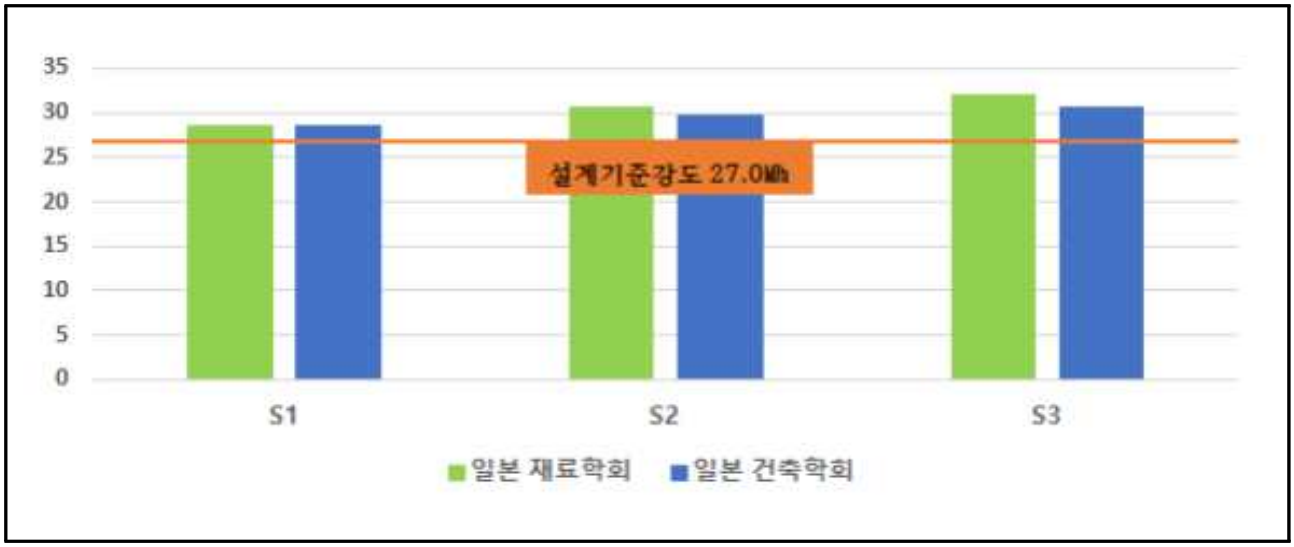
1) 콘크리트 강도시험

속사천4교의 콘크리트 비파괴강도시험은 상·하부구조에서 반발경도시험(총 6개소)를 실시하였으며, 검토결과는【표 3.54】, 【표 3.55】와 같다.

① 비파괴강도 시험결과

【표 3.54】 상부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과

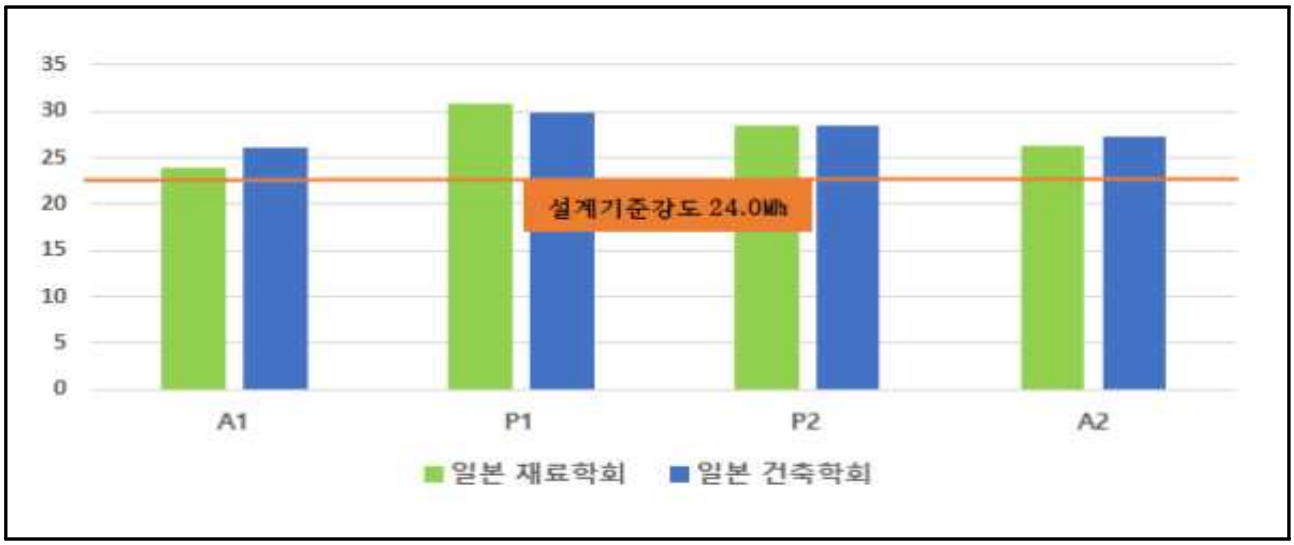
시험위치		반발경도법(MPa)				설계 기준 강도 (MPa)	비고
		반발 경도 (R_o)	일본 재료 학회	일본 건축 학회	재령보정계수		
상부 구조	S1 캔틸레버	49.8	28.6	28.6	0.63	27.0	
	S2 캔틸레버	52.5	30.8	29.8	0.63		
	S3 캔틸레버	54.2	32.1	30.6	0.63		
	평 균	-	30.5	29.7	-	27.0	



【그림 3.12】 상부구조 평균압축강도 추정결과

【표 3.55】 하부구조 콘크리트 비파괴강도 시험결과

시험위치		반발경도법(MPa)				설계 기준 강도 (MPa)	비고
		반발 경도 (R_o)	일본 재료 학회	일본 건축 학회	재령보정계수		
하부 구조	A1 구체	44.1	24.0	26.0	0.63	24.0	
	P1 기둥	52.6	30.9	29.9	0.63		
	P2 기둥	49.6	28.4	28.5	0.63		
	A2 구체	46.8	26.2	27.3	0.63		
	평 균	-	27.4	27.9	-	24.0	



【그림 3.13】 하부구조 평균압축강도 추정결과

- 반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 상부구조 29.7~30.5MPa, 하부구조 27.4~27.9MPa 로 측정 되었으며, 금회 실시한 비파괴강도는 모두 설계기준 압축강도(상부: 27.0MPa, 하부: 24.0MPa)를 상회하는 것으로 강도 저하가 없는 것으로 판단된다.

【표 3.56】 비파괴강도 시험결과 분석

구 분	부재	평균강도(A)	설계기준강도(B)	A/B×100(%)
상부 구조	바닥판 하면	29.7 ~ 30.5	27.0	110.0 ~ 113.0
하부 구조	교대 및 교각	27.4 ~ 27.9	24.0	114.2 ~ 116.3

② 기 점검결과와의 비교

【표 3.57】 비파괴강도 기 점검결과와의 비교

구 분		2017년 정밀안전점검	금회 정밀점검	설계기준강도
상부구조	바닥판하면	28.6~29.2	29.7 ~ 30.5	27.0
하부구조	교대 및 교각	25.7~26.8	27.4 ~ 27.9	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		

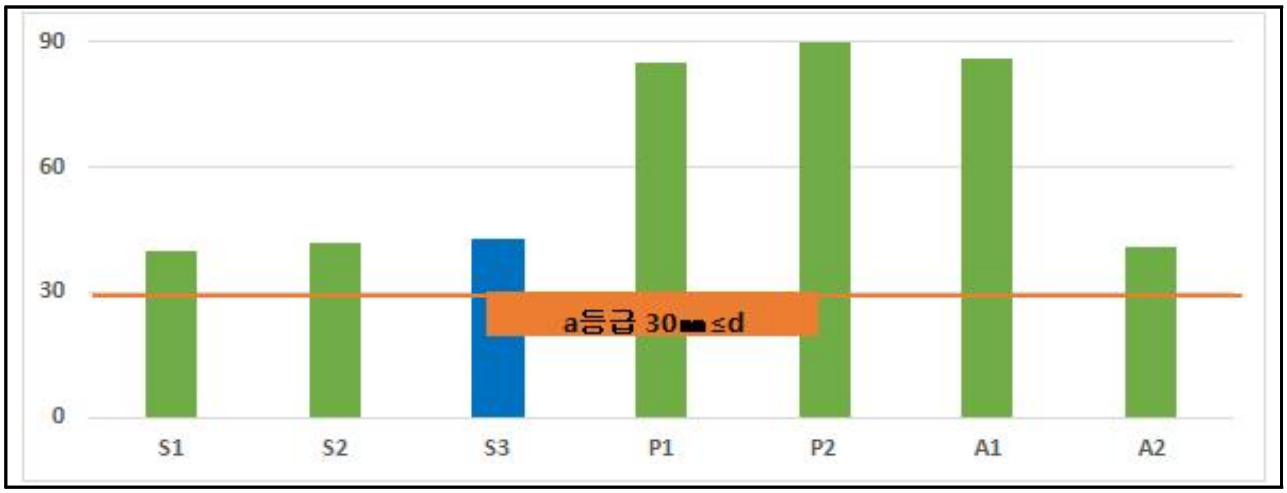
2) 탄산화 깊이 측정

탄산화 깊이 측정은 총 3개소(상부구조 3개소, 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 3.58】 탄산화 깊이 측정결과 및 평가

시험위치		탄산화 깊이 (㎜)	피복두께 (㎜)	탄산화 잔여깊이 (㎜)	평가 결과	탄산화 속도계수 (A)	잔존 수명 (년)	비 고
상부 구조	S1 바닥판하면	10.0	50.0	40.0	a	2.18	100년이상	
	S2 바닥판하면	8.0	50.0	42.0	a	1.75		
	S3 바닥판하면	7.0	50.0	43.0	a	1.53		
하부 구조	P1 코핑부	15.0	100.0	85.0	a	3.27	100년이상	
	P2 코핑부	10.0	100.0	90.0	a	2.18		
	A1 벽체	14.0	100.0	86.0	a	3.06		
	A2 벽체	9.0	50.0	41.0	a	1.96		



【그림 3.14】 탄산화 깊이 측정결과

▪ 상부구조 탄산화깊이는 7.0㎜~10.0㎜, 하부구조 탄산화깊이는 9.0㎜~15.0㎜로 측정되었으며, 잔여깊이가 30㎜이상을 확보하고, 세부지침 지침기준 "a"로 평가 되어 탄산화에 따른 철근의 부식발생 영향은 없는 것으로 판단된다.

【표 3.59】 탄산화 시험결과 분석

구 분	탄산화 깊이(㎜)	잔여깊이(㎜)	비고
상부구조	7.0 ~ 10.0	40.0 ~ 43.0	
하부구조	9.0 ~ 15.0	41.0 ~ 90.0	

② 기 점검결과와의 비교

【표 3.60】 탄산화 깊이 기 점검결과와의 비교

구 분	2017년 정밀안전점검			금회 정밀안전점검			비 고
	탄산화깊이 (㎜)	잔여깊이 (㎜)	평가 결과	탄산화깊이 (㎜)	잔여깊이 (㎜)	평가 결과	
상부구조	8.0 ~ 10.0	40.0 ~ 42.0	a	7.0 ~ 10.0	40.0 ~ 43.0	a	
하부구조	9.0 ~ 12.0	41.0 ~ 89.0	a	9.0 ~ 15.0	41.0 ~ 90.0	a	
검토의견	▪ 기 정밀안전점검(2017년)과 비교·분석한 결과, 측정위치에 따른 편차가 일부 존재하나 전반적으로 공용기간 경과에 따른 내구성저하는 발생하지 않은 것으로 판단됨						

3) 금회점검 내구성조사 결과요약

【표 3.61】 금회 점검 내구성조사 결과요약

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			측정결과	설계기준	
비파괴 강도 (㎫)	상부 구조	바닥판 하면	29.7 ~ 30.5	27.0	■ 설계강도 이상(양호)
	하부 구조	교대 및 교각	27.4 ~ 27.9	24.0	
탄산화 잔여깊이 (㎜)	상부구조		40.0 ~ 43.0	a등급	■ 탄산화 잔여깊이 30㎜이상 ■ 탄산화에 의한 내구성저하 없음
	하부구조		41.0 ~ 90.0	a등급	
종합 평가	• 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 • 철근탐사결과 설계도면과 유사한 상태로 양호한 상태로 평가됨 • 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성은 없는 상태임				

4) 기 정밀점검(2017년)결과 비교

【표 3.62】 내구성조사 기 정밀안전진단(2017년)결과 비교

시 험 명	시험부위		시험 결과				비 고
			2017년 정밀안전점검		금회 정밀점검		
비파괴 강도 (㎫)	상부 구조	바닥판 하면	28.6~29.2		29.7 ~ 30.5		■ 강도저하 없음
	하부 구조	교대 및 교각	25.7~26.8		27.4 ~ 27.9		
탄산화 잔여 깊이 (㎜)	상부구조		38.0 ~ 42.0	a	40.0 ~ 43.0	a	■ 탄산화에 의한 내구성 저하 가능성 없음
	하부구조		40.0 ~ 92.0	a	41.0 ~ 90.0	a	
종합 평가	• 기 점검결과와 비교 검토한 결과 공용년수 증가에 의한 구조물의 내구성 저하는 발생하지 않은 상태로 평가됨						