

시설물 정밀점검용역
(연호고가교)

제3장

현장조사 및 시험

- 3.1 개요
- 3.2 현장조사 결과(범물방향)
- 3.3 현장조사 결과(안심방향)
- 3.4 외관조사 총괄표
- 3.5 시험 및 측정

제3장 현장조사 및 시험

3.1 개 요

본 시설물에 대한 현장조사 및 시험은 본 용역 착수 후 현지답사를 통해 구조특성을 파악하고, 점검방향은 과업수행계획서와 사전검토보고서를 작성하여 세부수행 계획을 수립하였다.

본 과업의 대상교량인 연호고가교는 대구광역시 수성구 연호 사거리를 횡단 하는 교량으로 총 8경간의 연장 L=410.0m이며, 형식은 Steel Box Girder교로 시공되어 공용 중에 있다.



고소차점검차를 이용한 점검



점검사다리를 이용한 점검



☞ 현장 외관조사

외관조사는 사전에 중점점검사항 및 접근방법, 외관조사망도 등을 충분히 숙지한 후 손상 내용 확인 및 보수부 확인, 새로운 결함 발생 여부에 중점을 두고 조사하였다. 특히, 교량의 안전성에 영향을 미치는 구조적인 결함의 유무와 하부 손상에 대해 중점적으로 확인하였다.

점검대상 시설물의 정밀조사를 위해 고소차 등의 접근장비를 이용한 근접조사를 원칙으로 시행하였으며, Crack 스케일을 사용하여 균열폭을 측정하고, 점검 망치를 이용한 타격조사를 실시하여 공동, 보수부 박리, 층분리 발생여부를 확인하였다.

☞ 현장 재료시험

현장 재료시험 및 실내시험은 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(국토교통부 2018)』 및 발주기관에서 제공된 설계서에 의거하여 수행하였으며, 교량의 상태평가 및 보수·보강방안을 제시하는데 필요한 기초자료로 사용하였다.

구분	세부지침 기준		비고
	상부구조	하부구조	
반발경도시험	◦ 50m마다	◦ 50m마다	
탄산화 깊이 측정	◦ 5경간 이내 : 2~3개소 ^{주1)} ◦ 5경간 이상 : 3~6개소 ^{주2)}		

주1) 교량 상부구조에서 최소 1개소 이상 실시

주2) 교량 상부구조에서 최소 2개소 이상 실시

3.1.1 현장조사 수행현황

가. 현장조사 일자 및 내용

<표 3.1.1> 현장조사 일자 및 내용

조사일자	조사내용	조사방법	비고
현장답사	외관조사 계획수립	도보조사	
2019.05.07. ~ 05.11	외관조사 및 내구성 조사	도보조사	
2018.05.15. ~ 05.16	외관조사 및 내구성 조사	점검사다리, 고소점검차	

나. 현장조사 방법

외관조사시 발견된 손상이나 결함은 구조물 외관 및 외관조사망도에 위치, 크기, 종류, 형태, 보수부 상태 등을 체크하여 상세히 기록하였으며, 주요 결함 및 손상에 대해서는 현장에서 진행여부를 판단할 수 있도록 시·종점 및 폭을 분필을 이용하여 표시하여 보수·보강 및 점검 등 유지관리에 활용토록 하였다.



구 분	과업수행 내용	비고
현장조사 방법	· 포장부 : 도보 조사(싸인보드가 배치) · 바닥판, 교대, 교각, 받침장치 : 고소점검차 + 사다리	
장비	교량점검차, 사다리, 비파괴 장비 등	

3.1.2 주요 조사항목

가. 부재별 조사방법 및 손상종류

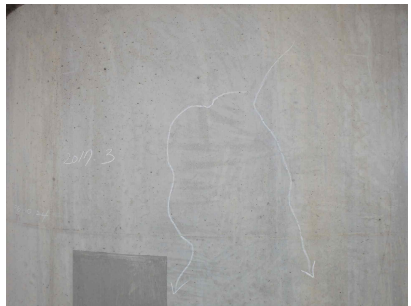
<표 3.1.2> 부재별 조사방법 및 손상종류

구분	점검부위	손상종류	비고
강 바닥판, 강 거더	공통	· 도장 손상 및 부식 · 현장이음부 볼트손상, 누수 · 신축이음 하면, 배수구 주변, 난간하면 누수, 부식 · 이상음발생	
	피로강도등급 낮은 용접상세부(D, E급)	· 피로균열	
	받침부	· 복부판 부식 및 국부좌굴 · 거더와 받침연결부 부식 · 게르버교의 경우 핀 연결부 부식 · 지점보강재 하단 용접부 균열 · 박스내부 출입구 방치 · 박스내부 바닥 물고임 및 부식	
	중앙부	· 부식 · 플랜지 변형 및 처짐 · 맞대기 용접부, 덮개판 덧댐부 끝부분 균열	
교대	공통	· 교대 기울음 및 전도 · 균열, 박리, 박락, 층분리, 철근노출, 백태(유리석회)	
	두부(Coping)	· 두부 물고임 · 받침부 균열 및 파손 · 두부와 흙벽 경계부 균열 · 거더와 흙벽 신축유간 부족	
	벽체	· 수직균열 및 침하 · 구체와 날개벽 분리 · 구체부 배수구 막힘 · 수면접촉부 침식	
	날개벽(옹벽 포함)	· 날개벽 이동, 전도 · 석축이 있는 경우 사면붕괴	
교각	공통	· 교각 기울음 및 전도 · 균열, 박리, 박락, 층분리, 철근노출, 백태(유리석회)	
	두부(Coping)	· 두부 물고임 · 받침부 하부 균열 및 파손	
	구체	· 시공이음부 균열 · 이동 또는 기울음 · 수면접촉부 침식	

<표 3.1.2> 부재별 조사방법 및 손상종류(계속)

구분	점검부위		손상종류	비고
받침장치	본체	공통	· 가동받침의 신축유간 부족 · 가동받침 전·후방의 가동장애 요소 · 받침과 거더의 밀착상태 · 수직보강재와 받침 편기상태 · 받침 물고임 및 부식	
		탄성 받침	· 부풀음 및 갈라짐 · 고무판의 과도한 변형	
	받침 콘크리트		· 앵커볼트 파손, 절단 · 콘크리트 파손, 하부공동 및 침하 · 교각두부 균열	
신축이음	본체	공통	· 충격음, 본체유동 및 파손, 누수 · 유간부족 및 유간과다, 유간 오물퇴적	
		고무재	· 고무판 마모, 강판노출 및 부식	
		강재	· 강재 연결부 이완 및 파손	
	후타재		· 단차(본체, 교면포장, 접속슬래브) · 균열 및 파손	
교면포장	공통	아스팔트	· 균열, 함몰, 단차 및 요철, 블리딩, 마모	
		콘크리트	· 균열, 마모, 박리, 파손	
	신축이음 전후 구조물 경계부		· 단차, 파손	
	곡선부, 중차량 통행차로		· 마모, 바퀴자국	
	배수구 주변		· 물고임	
배수시설	배수구(유입구) - 뚜껑(그레이팅)		· 뚜껑파손 및 주변파손, 누락, 오물퇴적, 막힘 · 배수구의 설치높이가 높음 · 배수구 설치위치 불량, 배수구 설치간격 넓음	
	배수관		· 관의 연결부 어긋남, 파손 · 이물질에 의한 막힘, 지지철물의 이완 및 파손 · 배수관 길이 부족(짧음) · 유출구 위치 부적절(도로구간)	
난간 및 연석	강재, 알루미늄		· 강재의 경우 도장 손상 및 부식 · 난간과 상판연결부의 결함, 파손 · 전체적인 처짐 및 선형불량	
	철근 콘크리트		· 균열, 박리, 파손 · 철근노출 및 부식 · 전체적인 처짐 및 선형불량	

나. 기 진단결과 주요 손상에 따른 조사방향

구분	주요 손상에 따른 조사방향	기 진단 현황사진
교면 포장	· 균열, 단차 함몰 발생 유무 ▶ 손상부 차량 주행성 영향 확인(보수 필요시 발주처 즉시보고) · 소성변형, 포트홀 등 발생유무	 [아스콘 망상균열]
바닥판, 강 거더	· 바닥판하면 균열 및 백태 진전여부 확인 · 현장이음부 볼트손상, 누수 발생유무 · 신축이음 하면, 배수구 주변, 난간하면 누수, 부식 · 이상음 발생 유무	 [바닥판 상태]
하부 구조	· 균열 및 균열보수 후 균열진전 및 추가 손상발생 유무 · 교각 기둥부 침식 및 세굴 등의 발생유무	 [교각 균열]
받침 장치	· 본체 파손 및 부식 발생 유무 · 교량의 신축에 따른 제 기능 확보 여부	 [Plate 부식]
발주처 확인사항	-	

3.2 현장조사 결과(범물방향)

3.2.1 교면포장

연호고가교 범물방향의 총 폭은 14.45m이며, 3차선으로 구성되어 있고, 아스콘 포장으로 시공되어 있다.



가. 손상현황

- 외관조사 결과, 2018년 11월 재포장이 실시되었으며, 현재 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.



<표 3.2.1> 교면포장 손상물량표

구분	손상내용	단위	물량	개소
교면포장	본선구간, 램프구간 상태양호	-	-	-

나. 원인 및 대책

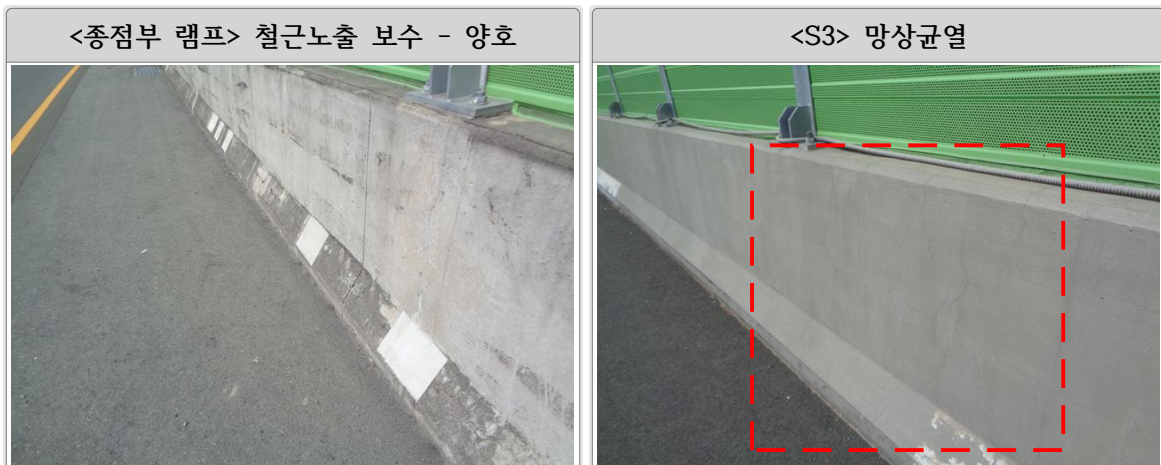
- 범물방향의 교면포장은 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었으며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.

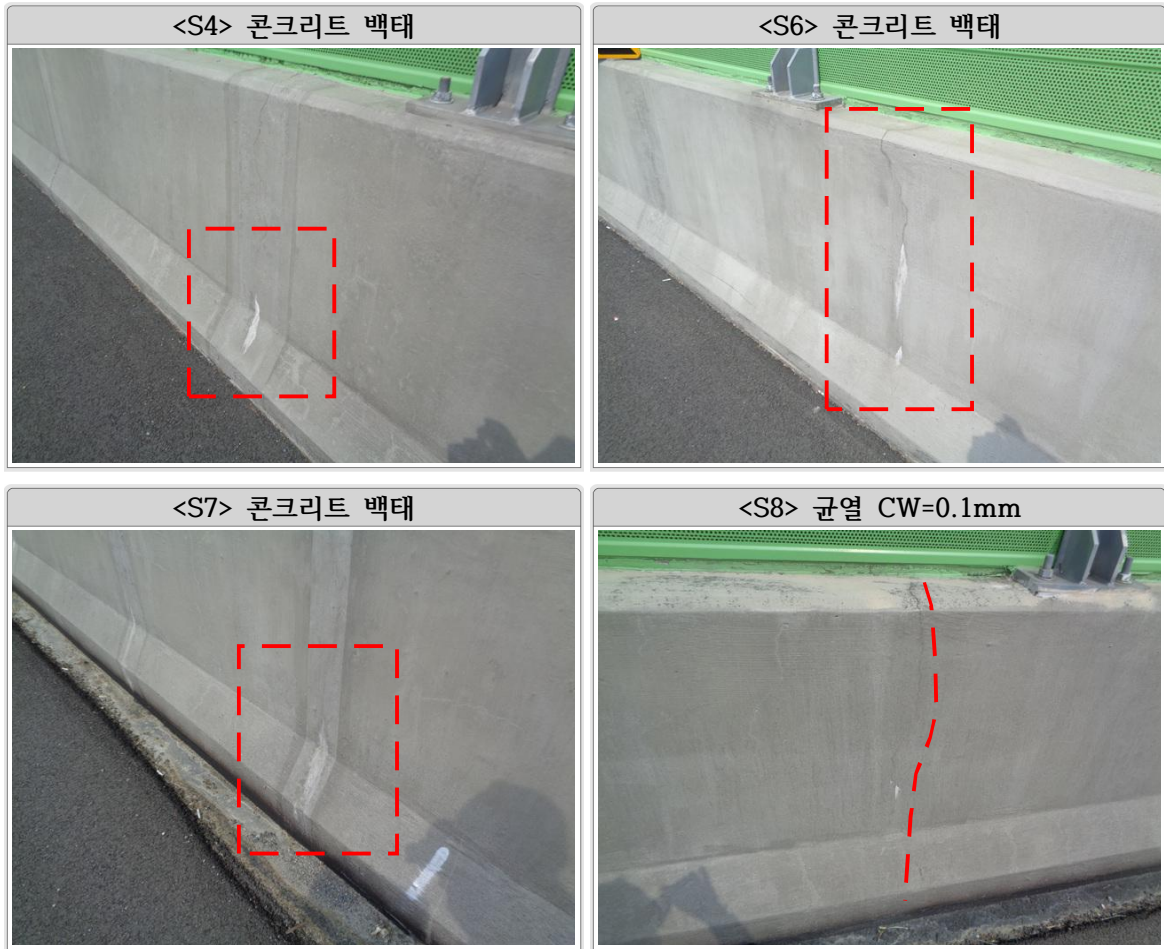
3.2.2 방호벽 및 중앙분리대



가. 손상현황

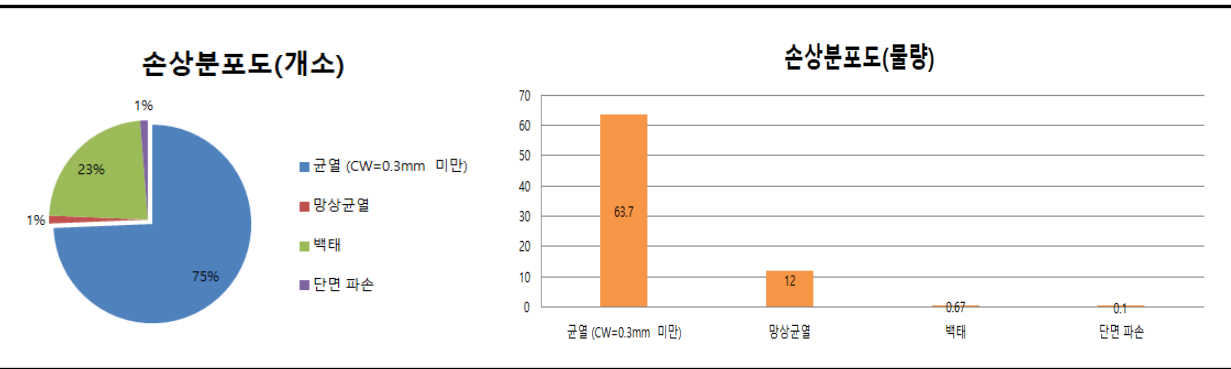
- 방호벽 및 중앙분리대의 외관조사 결과, 본선구간에 기 손상인 백태, 균열 $CW=0.3mm$ 미만, 망상균열, 백태, 파손 등의 손상이 조사되었다.
- 시·종점 램프구간은 기 손상인 $CW=0.3mm$ 내·외 균열, 망상균열, 백태, 파손, 철근노출 등의 손상이 조사되었다.
- 금회 조사된 손상과 기 진단과 비교 검토 결과, 램프구간에 기 손상인 철근노출이 일부 보수가 실시되었으며 보수는 양호한 상태로 확인되었다.



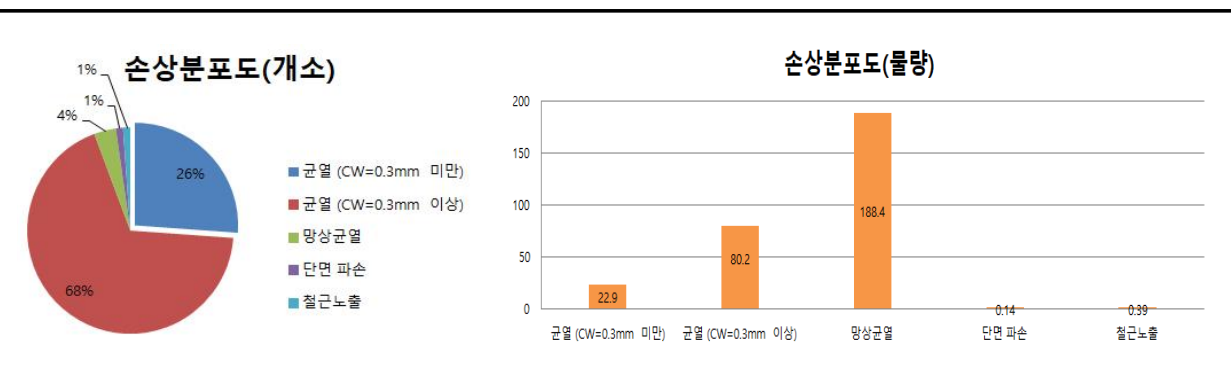


<표 3.2.2> 방호벽 및 중분대 손상물량표

구분	손상내용	단위	물량	개소	비고
방호벽 및 중분대 (본선구간)	균열 (CW=0.3mm 미만)	m	63.7	58	
	망상균열	m ²	12.0	1	
	백태	m ²	0.67	18	
	단면 파손	m ²	0.1	1	
방호벽 및 중분대 (램프구간)	균열 (CW=0.3mm 미만)	m	22.9	23	
	균열 (CW=0.3mm 이상)	m	80.2	60	
	망상균열	m ²	188.4	3	
	단면 파손	m ²	0.14	1	
	철근노출	m ²	0.39	1	



<그림 3.2.1> 방호벽(본선구간) 손상분포도



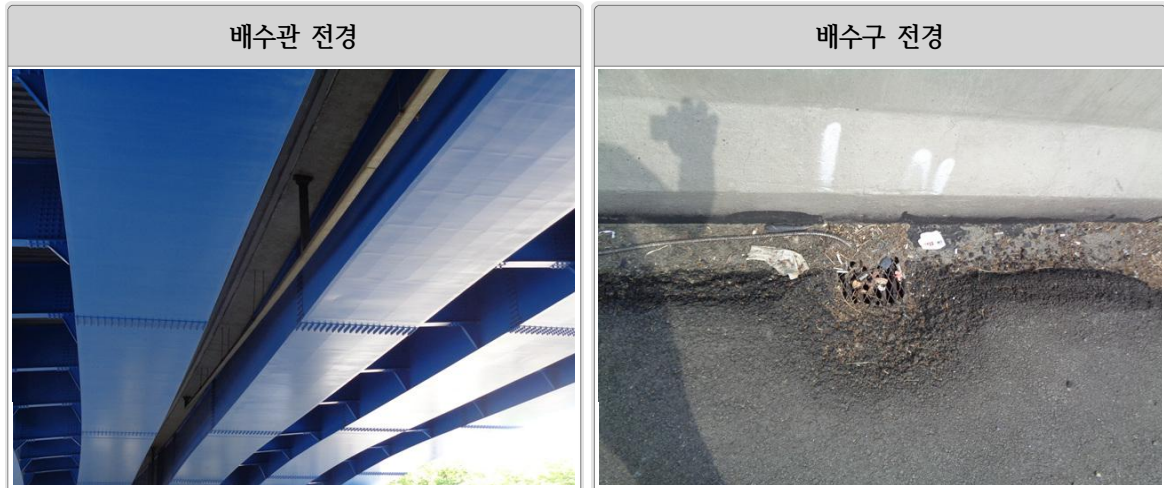
<그림 3.2.2> 방호벽(램프구간) 손상분포도

나. 원인 및 대책

- 방호벽 및 중분대의 외관조사 결과, 발생한 균열 및 망상균열, 백태는 대부분 시공초기 건조수축에 의해 발생한 균열부를 통해 우수가 유입되면서 진전된 손상이다.
- 기 발생한 손상은 교량의 안전성 및 차량의 주행 안전성에 별다른 영향을 미치지 않는 손상이므로, 손상의 진전시 부재의 내구성 유지 및 손상진전 방지를 위한 균열보수 및 단면보수 등을 실시하는 것이 바람직하다.

3.2.3 배수시설

본 교량의 배수시설은 교량 상면에 총 25개소가 방호벽 측에 설치되어 있으며, 상면 배수구를 통해 하부구조로 유도되는 형식으로 설치되어 있다.



가. 손상현황

- 배수시설 현장조사결과, 손상이 없는 전반적으로 양호한 상태로 조사되었다.

<표 3.2.3> 배수시설 손상물량표

구분	손상내용	단위	물량	개소	비고
배수시설	배수시설 상태양호	-	-	-	

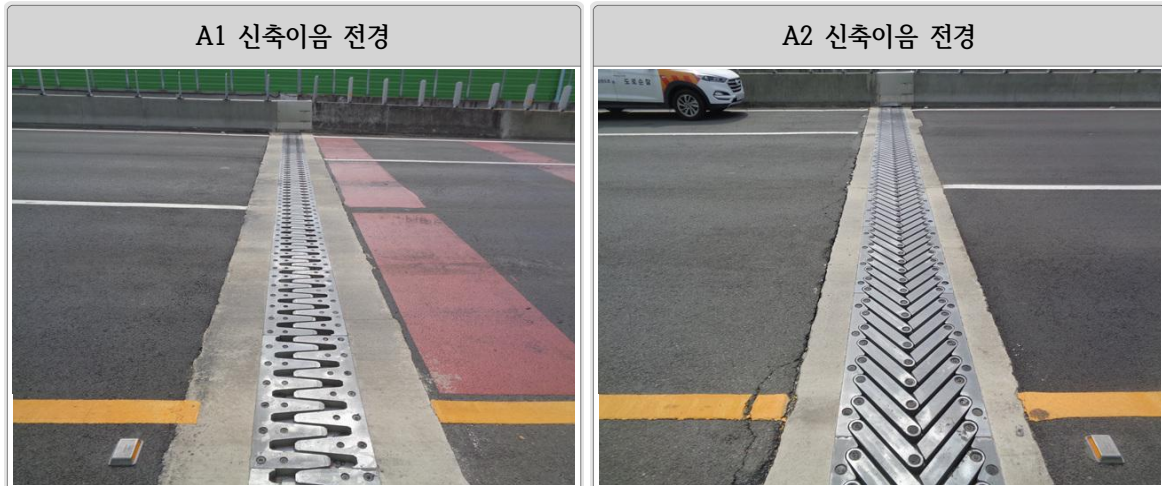


나. 원인 및 대책

- 배수시설은 전반적으로 양호한 상태로 확인되었고, 주기적인 점검 및 청소를 실시하여 원활한 배수기능 확보 등 유지관리가 필요할 것으로 사료된다.

3.2.4 신축이음

연호고가교 범물방향의 신축이음은 A1 핑거조인트, A2 저소음 굴절형 조인트가 설치되어있는 것으로 확인되었다.



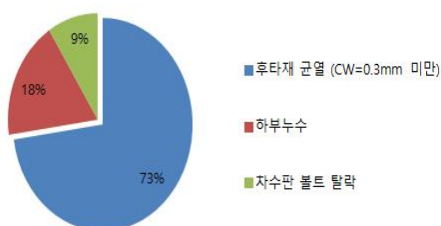
가. 손상현황

- 신축이음 본체는 본체유동 및 파손, 충격음 등은 조사되지 않았고, 기 손상인 차수판 앵커탈락, 하부 누수흔적이 조사되었다.
- 금회 정밀조사시 후타재 균열 등이 조사되었다.

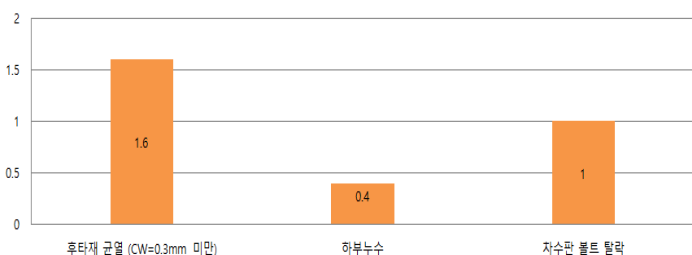
<표 3.2.4> 신축이음 손상물량표

구분	손상내용	단위	물량	개소	비고
신축이음	후타재 균열 (CW=0.3mm 미만)	m	1.6	8	
	하부 누수흔적	m	0.4	2	
	차수판 볼트 탈락	ea	1.0	1	

손상분포도(개소)



손상분포도(물량)



<그림 3.2.3> 신축이음부 손상분포도



나. 원인 및 대책

- 외관조사 결과, 기 손상인 차수판 앵커탈락이 확인되었고, 신규 손상인 후타재 균열이 확인되었다.
- 후타재 균열은 건조수축 및 온도변화에 의한 폭 0.3mm 미만의 미세균열로 지속적인 주의관찰을 통한 유지관리가 필요하며, 하부 누수흔적은 현재 경미한 상태로 지속적인 관찰 후 손상의 진전시 신축이음 교체 등의 유지관리가 요구된다.

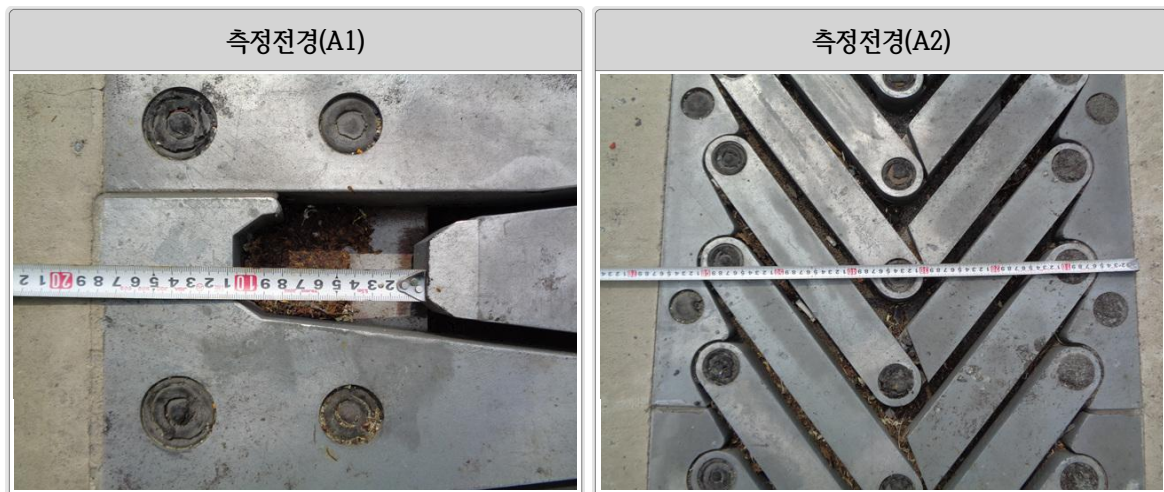
다. 신축이음 신축거동상태 검토

- 본 교량의 신축거동상태를 확인하기 위해 22.7°C(5월15일) 신축이음장치에 대한 유간을 측정하였고, 이론 변동량과의 비교를 통해 신축거동상태를 검토하였다. 또한, 측정된 유간으로부터 최대 온도 상승시 신장량과 최저 온도 하강시 수축량을 계산하여 유간확보 여부를 검토하였다.

1) 신축이음 유간 측정결과

<표 3.2.5> 신축이음 유간 측정결과

측정위치	측 정 값(mm)	비 고
	2019. 05. 15	
EXP.J1(A1)	107.0	레일조인트(No.240)
EXP.J1(A2)	110.0	레일조인트(No.240)



2) 검토결과

연호고가교 범물방향의 유간거리 측정결과, 유간거리 측정결과, 최대 신장시 여유량을 확보한 것으로 측정되었고, 지속적인 관찰을 통한 유지관리가 필요 할 것으로 사료된다.

<표 3.2.6> 신축이음장치 가동상태 검토결과

구 분	온도변화 (ΔT , $^{\circ}C$)		선팅창 계수 (α)	신축거더길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(mm)	
	동절기	하절기			동절기 (최대수축시)	하절기 (최대신장시)
EXP.J1(A1)	32.7	17.3	1.2×10^{-5}	210.0	82.4	43.6
EXP.J1(A2)	32.7	17.3	1.2×10^{-5}	200.0	78.5	41.5

1) 조사당시 온도 : $22.7^{\circ}C$ (조사일 : 2019년 5월 15일, 평균온도)

2) 검토온도 : $-10^{\circ}C \sim 40^{\circ}C$ (보통지방)

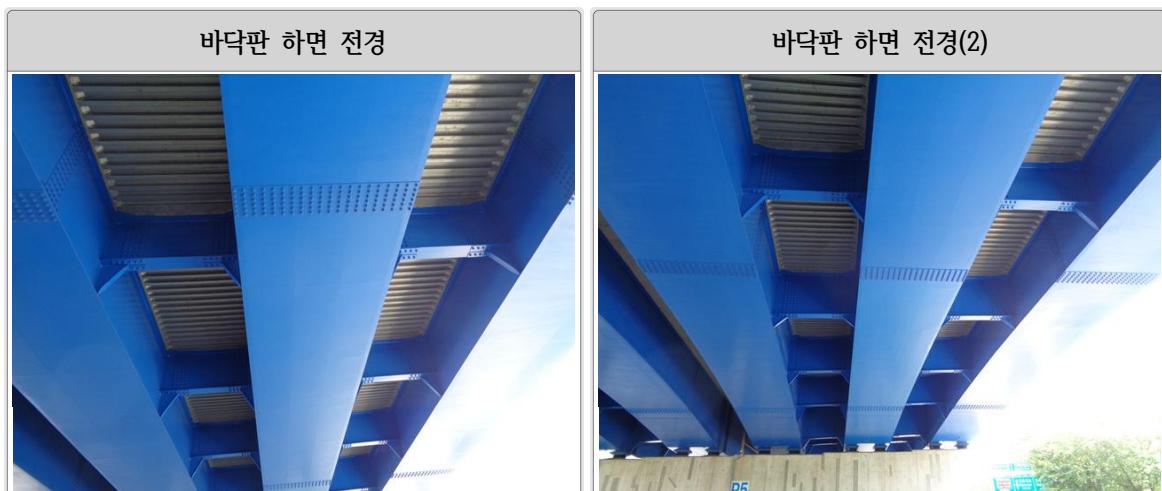
※ P4를 고정단으로 산정

<표 3.2.7> 신축이음장치 가동여유량 검토결과

구 분	온도 변화에 의한 이동량(mm)		점검당시 실측유간 (mm) ③	허용량 (mm) ④	신축 여유량(mm)		검토 결과
	최대 수축시 ①	최대 신장시 ②			최대 수축시 ④-(①+③)	최대 신장시 ③-②	
EXP.J1(A1)	82.4	43.6	107.0	240.0	50.5	63.5	O.K
EXP.J2(A2)	78.5	41.5	110.0	240.0	51.5	68.5	O.K

3.2.5 바닥판하면

바닥판하면은 거더와 거더사이에 Deck Plate로 설치되어 있으며, 캔틸레버 구간은 콘크리트로 시공되어져 있다. 콘크리트 바닥판하면의 상세조사를 위해 고소작업차를 이용하여 근접조사를 실시하였다.



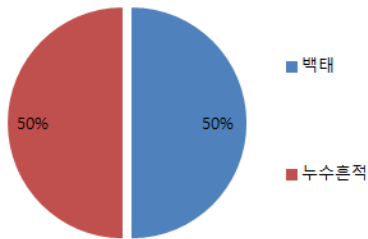
가. 손상현황

- 바닥판하면에 구조적 손상은 확인되지 않았으며, 정밀조사시 백태와 기 손상인 누수흔적 등의 손상이 조사되었고, 전반적으로 양호한 상태로 확인되었다.

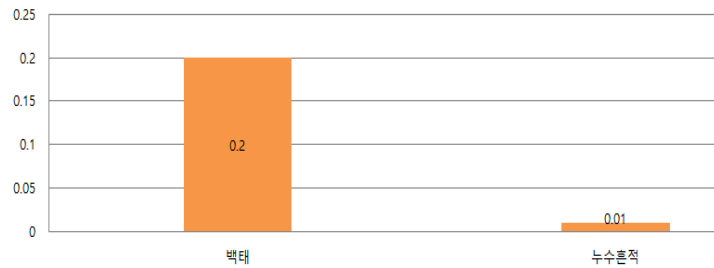
<표 3.2.8> 바닥판하면 손상물량표

구분	손상내용	단위	물량	개소	비고
바닥판	백태	m ²	0.20	1	
	누수흔적	m ²	0.01	1	

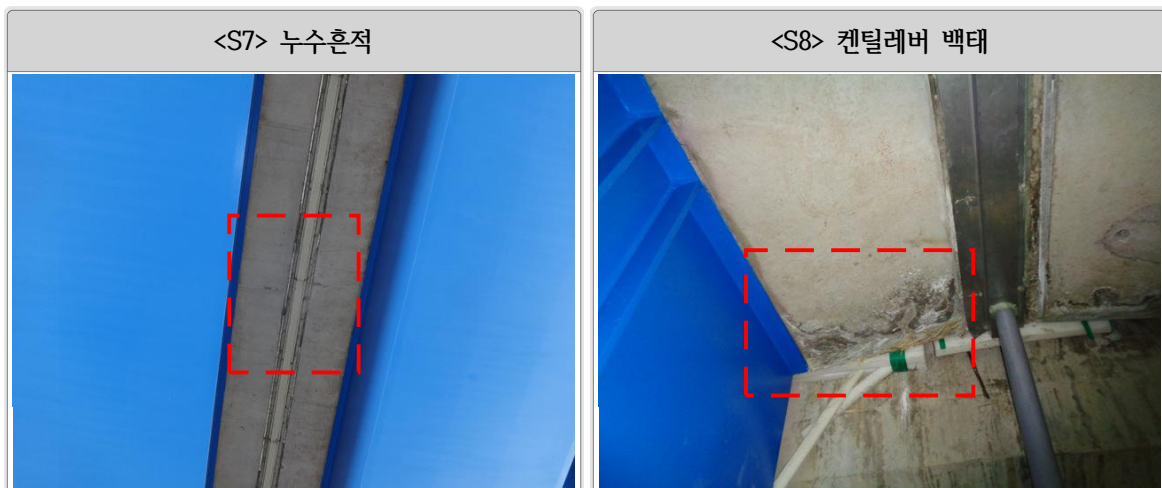
손상분포도(개소)



손상분포도(물량)



<그림 3.2.4> 바닥판하면 손상분포도

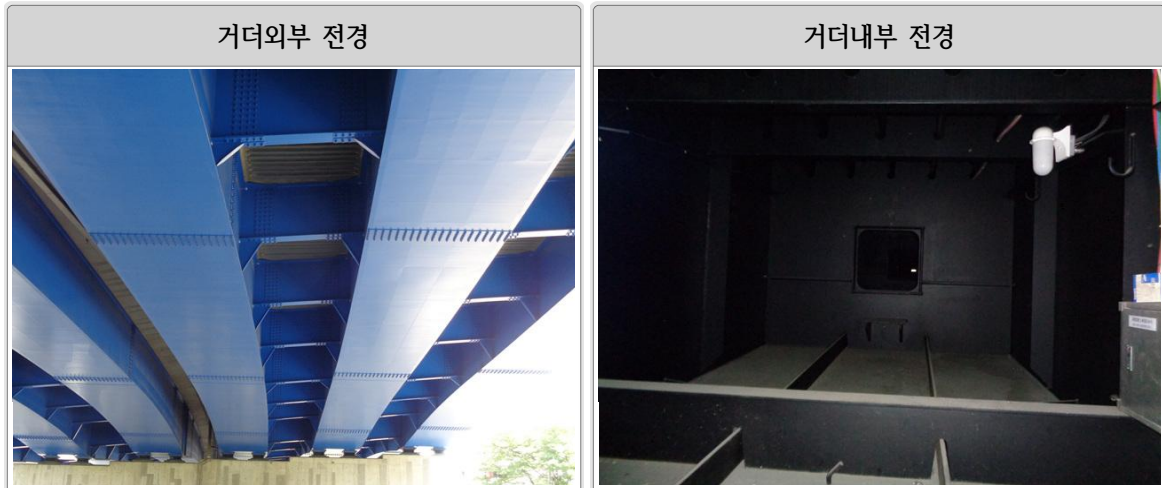


나. 원인 및 대책

- 바닥판하면의 외관조사 결과, 구조적인 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었고, 공용 기간 증가 및 우수유입에 의한 백태 및 누수흔적이 조사되었다. 누수부는 현재 경미한 상태로 지속적인 관찰이 필요하며, 백태는 손상의 진전시 구조물의 내구성 확보 차원의 표면처리 등의 조치가 필요하다.
- 손상부는 주기적인 점검 및 지속적인 관찰을 통한 유지관리가 필요할 것으로 사료된다.

3.2.6 거더 (Steel Box)

연호고가교의 거더 구성은 범물방향 3개의 거더로 구성되어 있으며, 2016년도 전구간 도장보수가 실시된 것으로 확인되었다.



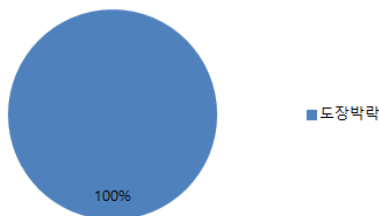
가. 손상현황

- 거더 외·내부에 구조적 손상은 확인되지 않았으며, 공용기간 중 발생하는 국부적인 도장박락 이외에는 특별한 손상은 없는 양호한 상태로 확인되었다.

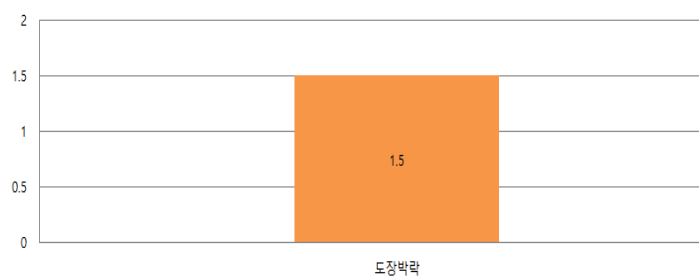
<표 3.2.9> 거더 손상물량표

구분	손상내용	단위	물량	개소	비고
거더 외부	도장박락	m ²	1.5	3	
거더내부	거더내부 상태양호	-	-	-	

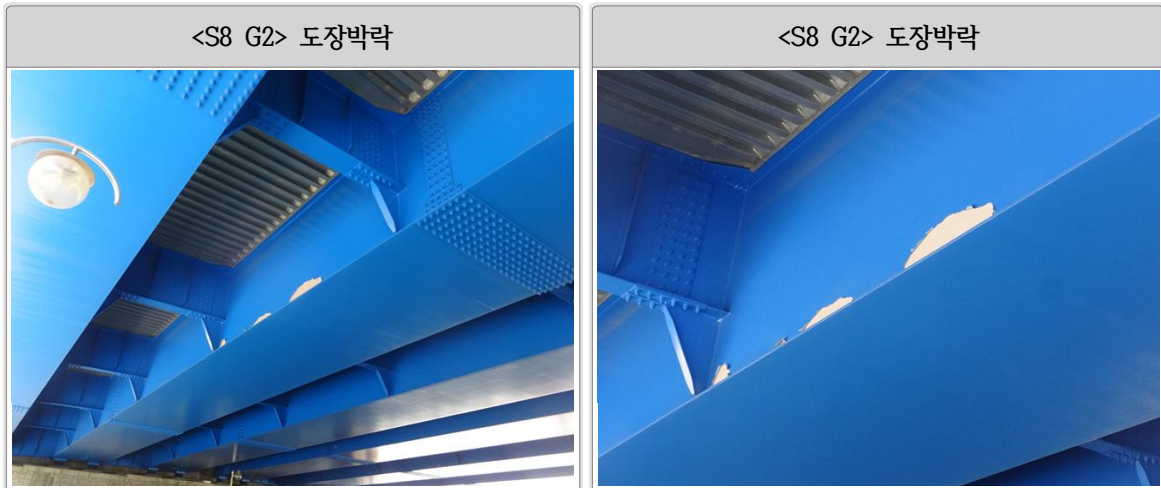
손상분포도(개소)



손상분포도(물량)



<그림 3.2.5> 거더외부 손상분포도



나. 원인 및 대책

- 거더 내·외부의 외관조사 결과, 구조적 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다. 다만 거더외부에 공용기간 증가에 따른 도장박락이 조사되었으며, 손상부에 대해서는 부재의 내구성 확보를 위한 재도장 및 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 필요할 것으로 사료된다.

3.2.7 받침장치

연호고가교 범물방향의 받침장치는 면진받침으로 총 54기가 설치되어 있다.

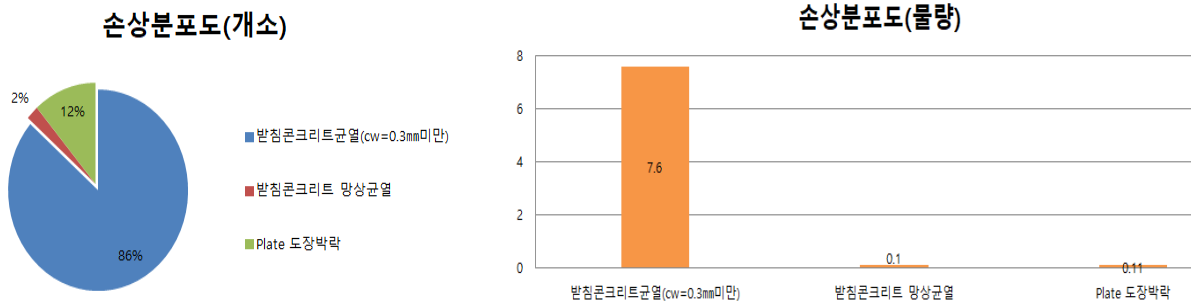


가. 손상현황

- 교량받침의 외관조사 결과, 금회 정밀조사시 받침콘크리트 균열 및 망상균열, Plate 도장박락이 신규 조사되었다.

<표 3.2.10> 교량받침 손상물량표

구분	손상내용	단위	물량	개소	비고
교량받침	받침콘크리트균열(cw=0.3mm미만)	m	7.6	38	
	받침콘크리트 망상균열	m ²	0.1	1	
	Plate 도장박락	m ²	0.11	5	



<그림 3.2.6> 교량받침 손상분포도



<P2-SH3> 받침콘크리트 균열



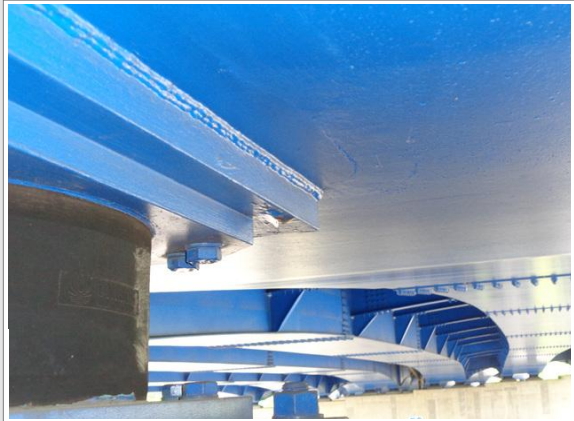
<P3-SH1> 받침콘크리트 균열



<P4-SH3> Plate 도장박락



<P4-SH4> Plate 도장박락



<P4-SH6> 받침콘크리트 망상균열



<P7-SH1> 받침콘크리트 망상균열



나. 원인 및 대책

- 교량받침의 주요손상은 받침콘크리트 균열 및 망상균열, Plate 도장박락이 조사되었고, 손상부는 장기공용에 의한 열화 및 건조수축에 의한 손상으로 추정되며, 손상부는 현재 경미한 상태로 주기적인 점검을 통한 손상의 진전여부 확인 등의 유지관리가 필요할 것으로 판단된다.

다. 연단거리 검토

- 교량 받침면은 받침장치를 통해서 상부구조로부터 하중 등의 집중하중을 받는 곳이고 또한 지진시에는 큰 수평력이 작용하는 곳이다. 따라서 받침장치 앵커볼트에서 정부(槓部)연단까지의 거리가 작으면, 고정단에서는 전단면에서 받침면이 파손되는 경우가 있고, 또한 가동단에서는 받침이 벗어나 거더가 낙교 할 수도 있다. 따라서 본 과업에서는 도로교 설계기준에 준하여 실제 연단거리와 설계 연단거리를 비교.검토하였다.

- 거더의 경간길이 100m이하 : 연단거리(S) = $200 + 5 \times L$

- 거더의 경간길이 100m이상 : 연단거리(S) = $300 + 4 \times L$

여기서, L : 지간길이 (m)

- S1~S3, S5~8 : L = 50.0m $\rightarrow S = 200 + 5 \times 50.0 = 400\text{mm}$

- S5 : L = 60.0m $\rightarrow S = 200 + 5 \times 60.0 = 500\text{mm}$

<표 3.2.11> 받침장치 연단거리 측정결과

구분	연단거리(mm)						최소연단거리 (mm)	비고
	SH1	SH2	SH3	SH4	SH5	SH6		
A1	750	745	730	740	750	760	450	O.K
P1	880	870	870	875	895	900	450	O.K
	885	890	890	890	880	900	450	O.K
P2	900	890	890	890	905	900	450	O.K
	875	875	875	870	870	870	450	O.K
P3	890	895	895	895	890	890	450	O.K
	870	870	870	870	870	865	500	O.K
P4	895	895	895	895	895	895	500	O.K
	870	870	870	875	875	875	450	O.K
P5	890	890	895	895	900	900	450	O.K
	870	870	870	870	875	865	450	O.K
P6	895	895	895	895	895	895	450	O.K
	870	870	870	870	870	875	450	O.K
P7	885	885	885	890	900	905	450	O.K
	870	870	870	870	870	865	450	O.K
A2	695	695	700	700	700	690	450	O.K

라. 받침장치 가동 여유량 검토

- 설계시 받침의 이동량은 온도변화, 활하중, 크리프, 건조수축, 부가여유량 및 설치여유량 등을 고려하여 산정하나, 금회 조사에서는 교량의 공용년수가 17년 이상 경과되었으므로 크리프 및 건조수축 의한 변화는 거의 종결된 것으로 간주하여 온도변화에 의한 이동량을 검토하였다. 받침장치 가동여유량에 대한 검토는『도로교설계기준』에 따라 측정일 온도에서 설계검토 최저, 최고온도까지 수축 및 신장거동에 대한 받침장치의 부가여유량을 검토하였다.

<표 3.2.12> 받침장치의 이동량 산정시 온도변화 및 선팽창 계수

교량의 종류	온도변화		선팽창계수
	보통지방	한랭 지방	
PSC교, RC교	- 5℃ ~ + 35℃	- 15℃ ~ + 35℃	1.0×10^{-5}
강교(상로교)	- 10℃ ~ + 40℃	- 20℃ ~ + 40℃	1.2×10^{-5}
강교(하로교 및 강바닥판교)	- 10℃ ~ + 50℃	- 20℃ ~ + 40℃	1.2×10^{-5}

- 조사시 온도 : 2019년 05월 15일 가동량 측정시 외기온도 $\Rightarrow 22.7^{\circ}\text{C}$
- 검토 온도 : $-10^{\circ}\text{C} \sim +40^{\circ}\text{C}$ (강교일 경우)

◎ 받침장치 여유량 산정

- 온도에 의한 이동량 : $\Delta \ell t = \alpha \times \Delta T \times \ell$
- 선팽창계수(강교) : $\alpha = 1.2 \times 10^{-5}$
- 온도범위 : $\Delta T = 22.7^{\circ}\text{C} - (-10^{\circ}\text{C}) = 32.7^{\circ}\text{C}$ (최대 수축시, 동절기)
 $40.0^{\circ}\text{C} - 22.7^{\circ}\text{C} = 17.3^{\circ}\text{C}$ (최대 신장시, 하절기)
- 적용 경간 길이 (ℓ)

<표 3.2.13> 받침장치의 이동량 산정 조사결과

위 치	온도변화(℃)		선팽창 계수	신축거더 길이(m)	온도에의한 이동량(mm)		비고
	동절기	하절기			동절기	하절기	
A1	32.7	17.3	1.2×10^{-5}	210	82.4	43.6	
P1	32.7	17.3	1.2×10^{-5}	160	62.8	33.2	
P2	32.7	17.3	1.2×10^{-5}	110	43.2	22.8	
P3	32.7	17.3	1.2×10^{-5}	60	23.5	12.5	
P4	고 정 단						
P5	32.7	17.3	1.2×10^{-5}	50	19.6	10.4	
P6	32.7	17.3	1.2×10^{-5}	100	39.2	20.8	
P6	32.7	17.3	1.2×10^{-5}	150	58.9	31.1	
A2	32.7	17.3	1.2×10^{-5}	200	78.5	41.5	

위 치	구 분	실측받침 가동여유량(mm)		온도변화에 의한 이동량		판 정
		신장	수축	신장	수축	
A1	SH1	165	235	82.4	43.6	O.K
	SH2	165	235	82.4	43.6	O.K
	SH3	165	235	82.4	43.6	O.K
	SH4	165	235	82.4	43.6	O.K
	SH5	165	235	82.4	43.6	O.K
	SH6	165	235	82.4	43.6	O.K
P1	SH1	155	175	62.8	33.2	O.K
	SH2	155	175	62.8	33.2	O.K
	SH3	155	175	62.8	33.2	O.K
	SH4	155	175	62.8	33.2	O.K
	SH5	155	175	62.8	33.2	O.K
	SH6	155	175	62.8	33.2	O.K
P2	SH1	165	165	43.2	22.8	O.K
	SH2	165	165	43.2	22.8	O.K
	SH3	165	165	43.2	22.8	O.K
	SH4	165	165	43.2	22.8	O.K
	SH5	165	165	43.2	22.8	O.K
	SH6	165	165	43.2	22.8	O.K
P3	SH1	145	185	23.5	12.5	O.K
	SH2	145	185	23.5	12.5	O.K
	SH3	145	185	23.5	12.5	O.K
	SH4	145	185	23.5	12.5	O.K
	SH5	145	185	23.5	12.5	O.K
	SH6	145	185	23.5	12.5	O.K
P4	SH1	고정단	-	-	-	-
P5	SH1	165	165	19.6	10.4	O.K
	SH2	165	165	19.6	10.4	O.K
	SH3	165	165	19.6	10.4	O.K
	SH4	165	165	19.6	10.4	O.K
	SH5	165	165	19.6	10.4	O.K
	SH6	165	165	19.6	10.4	O.K

위 치	구 분	실측받침 가동여유량(mm)		온도변화에 의한 이동량		판 정
		신장	수축	신장	수축	
P6	SH1	145	185	39.2	20.8	O.K
	SH2	145	185	39.2	20.8	O.K
	SH3	145	185	39.2	20.8	O.K
	SH4	145	185	39.2	20.8	O.K
	SH5	145	185	39.2	20.8	O.K
	SH6	145	185	39.2	20.8	O.K
P7	SH1	165	165	58.9	31.1	O.K
	SH2	165	165	58.9	31.1	O.K
	SH3	165	165	58.9	31.1	O.K
	SH4	165	165	58.9	31.1	O.K
	SH5	165	165	58.9	31.1	O.K
	SH6	165	165	58.9	31.1	O.K
A2	SH1	165	235	78.5	41.5	O.K
	SH2	165	165	78.5	41.5	O.K
	SH3	165	165	78.5	41.5	O.K
	SH4	165	165	78.5	41.5	O.K
	SH5	165	165	78.5	41.5	O.K
	SH6	165	165	78.5	41.5	O.K

단, 최대 받침 이동량 = $\Delta \ell_t + \Delta \ell_r$

교대 받침 허용이동량 : 200mm (고무두께 287mm의 70%)

교각 받침 허용이동량 : 165mm (고무두께 236mm의 70%)

- 받침장치의 이동량 검토결과, 모든 받침에서 여유량을 확보하고 있는 것으로 검토되었으며, 주기적인 점검 및 지속적인 관찰을 통한 유지관리가 필요할 것으로 사료된다.

3.2.8 교대 및 교각

연호고가교의 하부구조는 일체형으로 되어있으며, 교대 기초 형식은 강관말뚝기초와 구체는 역T형 구조이며, 교각기초는 말뚝기초+직접기초이며, 다주식 라멘형으로 시공되어있다.

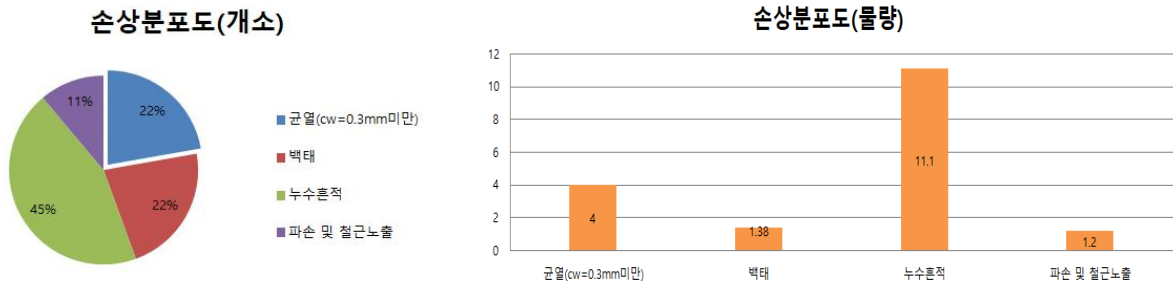


가. 손상현황

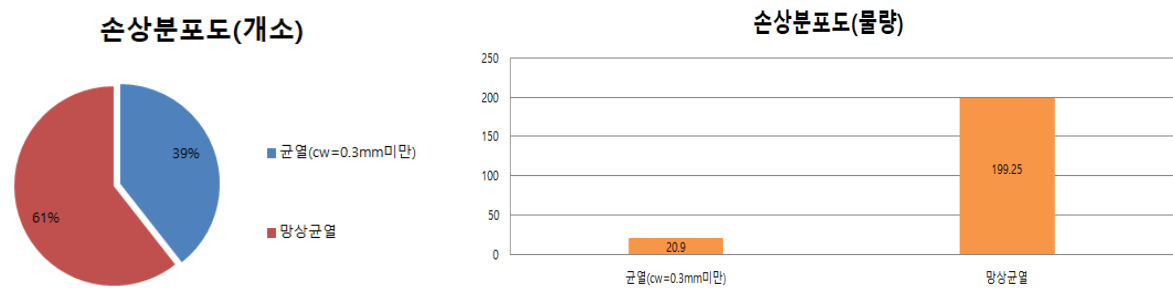
- 교대 조사결과, 기 손상인 균열($cw=0.3\text{mm}$ 미만), 파손 및 철근노출, 누수흔적 및 백태가 조사되었고, 금회 정밀점검시 백태가 신규로 조사되었다.
- 교각 조사결과, 기 손상인 균열($cw=0.3\text{mm}$ 미만) 및 망상균열이 조사되었고, 금회 정밀점검시 균열($cw=0.3\text{mm}$ 미만) 및 망상균열이 추가 조사되었다.

<표 3.2.14> 교대 및 교각 손상물량표

구분	손상내용	단위	물량	개소	비고
교대	균열($cw=0.3\text{mm}$ 미만)	m	4.0	2	
	백태	m^2	1.38	2	
	누수흔적	m^2	11.1	4	
	파손 및 철근노출	m^2	1.2	1	
교각	균열($cw=0.3\text{mm}$ 미만)	m	20.9	13	
	망상균열	m^2	199.25	20	



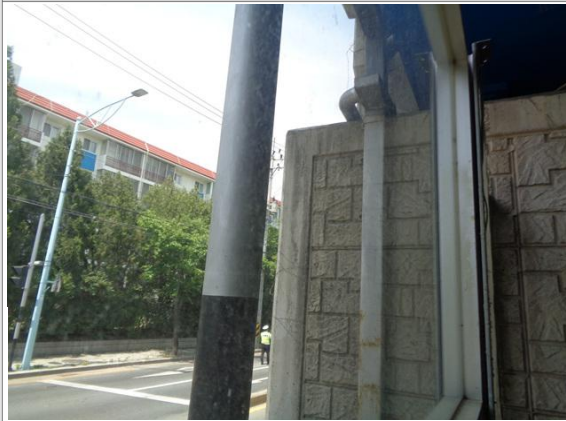
<그림 3.2.7> 교대 손상분포도



<그림 3.2.8> 교각 손상분포도



<A1> 누수흔적



<A2> 백테



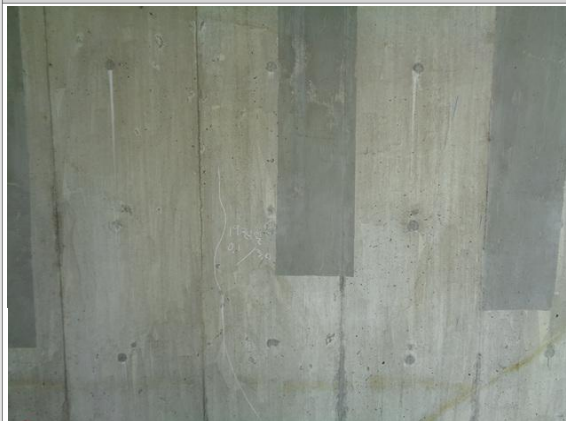
<A2> 백테



<P2> 기둥부 균열(cw=0.3mm미만)



<P4> 코핑부 망상균열



<P5> 기둥부 망상균열



<P6> 코핑부 망상균열



<P7> 기둥부 망상균열



나. 원인 및 대책

- 교대에 발생한 균열 및 망상균열은 건조수축에 의한 비 구조적인 손상으로 표면처리 등의 조치가 필요하며, 발생한 파손 및 철근노출은 시공시 발생한 손상으로 단면보수가 필요하다.
- 누수흔적 구간은 신축이음 하부누수에 의해 발생한 것으로 추정되어, 현재 경미한 상태로 지속적인 관찰 후 진전시 장기적으로 신축이음 교체 등의 조치가 요구된다.
- 교각에 발생한 균열 및 망상균열은 건조수축에 의한 비 구조적인 손상으로 표면처리 등의 조치가 필요하다.

3.3 현장조사 결과(안심방향)

3.3.1 교면포장

연호고가교 안심방향의 총 폭은 14.45m이며, 3차선으로 구성되어 있고, 아스콘 포장으로 시공되어 있다.



가. 손상현황

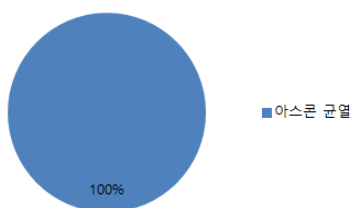
- 외관조사 결과, 2018년 11월 재포장이 실시되었으며, 현재 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.
- 램프구간 갓길측에 기 손상인 아스콘 균열이 조사되었다.



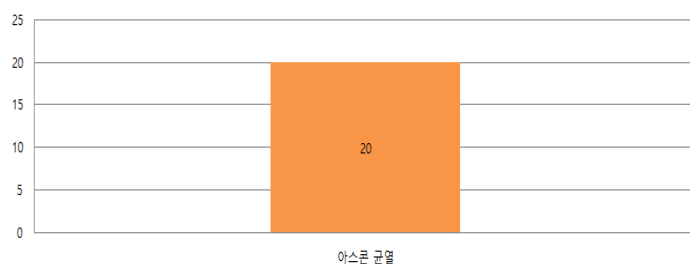
<표 3.3.1> 교면포장 손상물량표

구분	손상내용	단위	물량	개소
교면포장(램프구간)	아스콘 균열	m	20.0	4
교면포장(본선구간)	상태 양호	-	-	-

손상분포도(개소)



손상분포도(물량)



<그림 3.3.1> 교면포장 손상분포도

나. 원인 및 대책

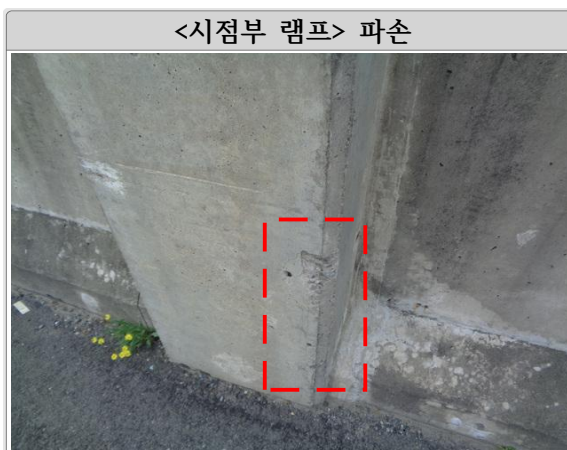
- 안심방향 교면포장은 손상이 없는 양호한 상태로 확인되었으며, 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 요구된다.
- 램프구간에 발생한 아스콘 균열은 기 손상으로 주의관찰 후 진전시 아스콘 실링 등의 조치가 요구된다.

3.3.2 방호벽 및 중앙분리대



가. 손상현황

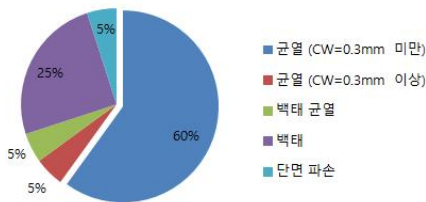
- 방호벽 및 중앙분리대의 외관조사 결과, 본선구간에 기 손상인 CW=0.3mm내·외 균열, 백태, 파손 등의 손상이 조사되었다.
- 시·종점 램프구간은 기 손상인 CW=0.3mm내·외 균열, 재료분리, 파손, 철근노출, 실란트 파손, 단차 등의 손상이 조사되었다.
- 금회 조사된 손상과 기 진단과 비교 검토 결과 램프구간에 기 손상인 파손이 일부 보수 실시되었으며 보수부는 양호한 상태로 확인되었다.



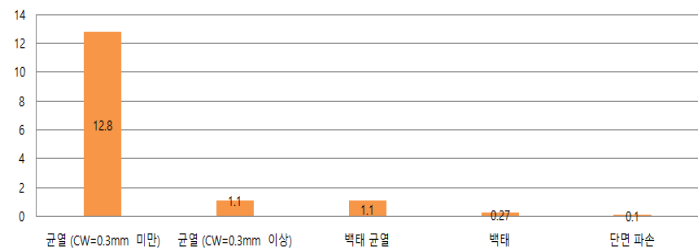
<표 3.3.2> 난간 및 방호벽 손상물량표

구분	손상내용	단위	물량	개소	비고
방호벽 및 중분대 (본선구간)	균열 (CW=0.3mm 미만)	m	12.8	12	
	균열 (CW=0.3mm 이상)	m	1.1	1	
	백태 균열	m	1.1	1	
	백태	m ²	0.27	5	
	단면 파손	m ²	0.1	1	
방호벽 및 중분대 (램프구간)	균열 (CW=0.3mm 미만)	m	22.2	10	
	균열 (CW=0.3mm 이상)	m	127.5	103	
	파손	m ²	0.14	3	
	철근노출	m ²	0.06	2	
	재료분리	m ²	25.6	3	
	실란트 파손	m	1.4	1	
	단차	ea	1.0	1	

손상분포도(개소)

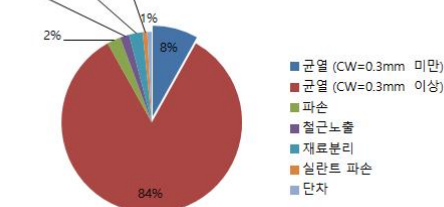


손상분포도(물량)

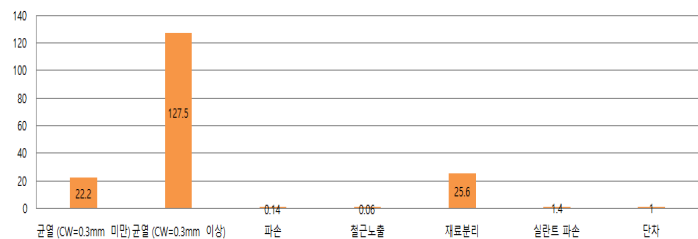


<그림 3.3.2> 방호벽(본선구간) 손상분포도

손상분포도(개소)



손상분포도(물량)



<그림 3.3.3> 방호벽(램프구간) 손상분포도

나. 원인 및 대책

- 방호벽 및 중앙분리대의 외관조사 결과, 발생한 균열 및 백태는 대부분 시공초기 건조 수축에 의해 발생한 균열부를 통해 우수가 유입되면서 진전된 손상이다.
- 기 발생한 손상은 교량의 안전성 및 차량의 주행 안전성에 별다른 영향을 미치지 않는 손상이므로, 손상의 진전시 부재의 내구성 유지 및 손상진전 방지를 위한 균열보수 및 단면보수 등을 실시하는 것이 바람직하다.

3.3.3 배수시설

본 교량의 배수시설은 교량 상면에 총 25개소가 방호벽 측에 설치되어 있으며, 상면 배수구를 통해 하부구조로 유도되는 형식으로 설치되어 있다.



가. 손상현황

- 배수시설 현장조사결과, 전반적으로 양호한 상태로 조사되었다.

<표 3.3.3> 배수시설 손상물량표

구분	손상내용	단위	물량	개소	비고
배수시설	배수시설 상태양호	-	-	-	



나. 원인 및 대책

- 배수시설은 전반적으로 양호한 상태로 확인되었고, 주기적인 점검 및 청소를 실시하여 원활한 배수기능 확보 등 유지관리가 필요할 것으로 사료된다.

3.3.4 신축이음

연호고가교 안심방향의 신축이음은 A1 핑거조인트, A2 저소음 굴절형 조인트가 설치되어있는 것으로 확인되었다.



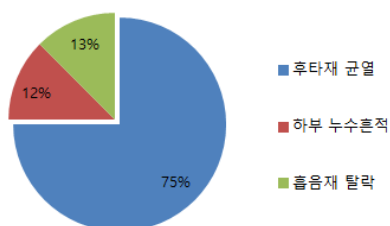
가. 손상현황

- 신축이음 본체는 본체유동 및 파손, 충격음 등은 조사되지 않았고, 기 손상인 하부 누수 흔적, 흡음재 탈락이 확인되었다.
- 금회 정밀점검시 후타재 균열이 조사되었다.

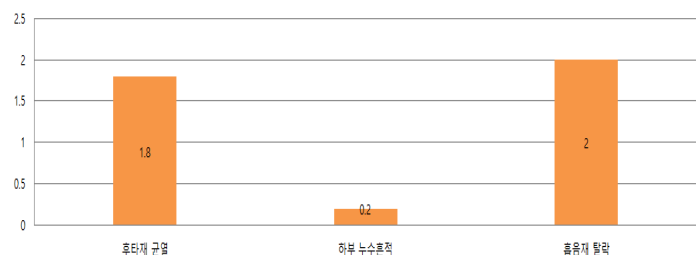
<표 3.3.4> 신축이음 손상물량표

구분	손상내용	단위	물량	개소
신축이음	후타재 균열	m	1.8	6
	하부 누수흔적	m	0.2	1
	흡음재 탈락	m	2.0	1

손상분포도(개소)



손상분포도(물량)



<그림 3.3.4> 신축이음부 손상분포도



나. 원인 및 대책

- 기 손상인 하부 누수흔적, 흡음재 탈락은 현재 경미한 상태로 주의관찰이 필요하며, 누수흔적 구간은 현재 누수가 진행되지 않으므로, 주기적인 점검을 통한 손상 확인 후 진전시 신축이음 교체 등의 장기적인 유지관리가 필요하다.
- 후타재 균열은 건조수축 및 온도변화에 의한 폭 0.3mm 미만의 미세균열로 지속적인 주의관찰을 통한 유지관리가 필요하다.

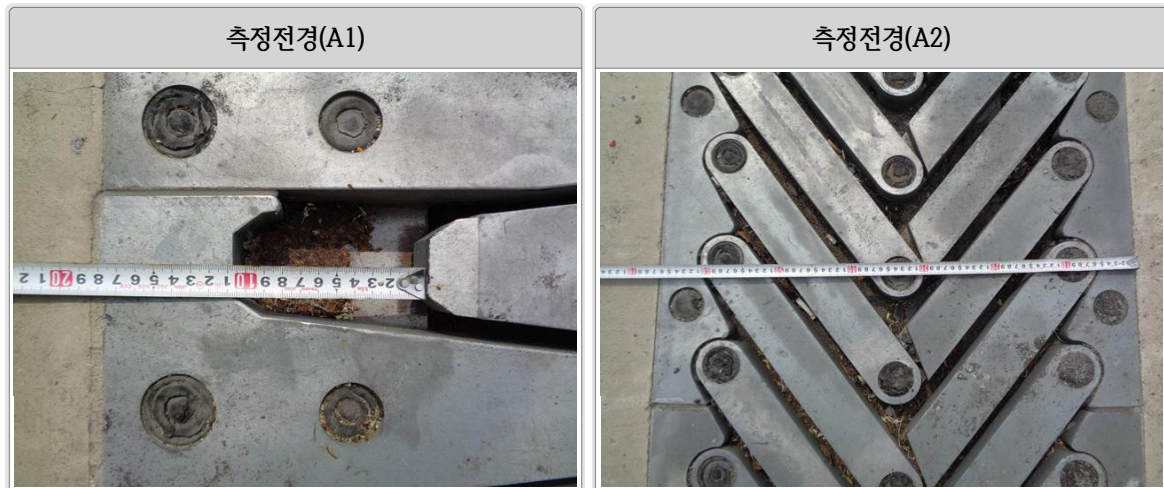
다. 신축이음 신축거동상태 검토

- 본 교량의 신축거동상태를 확인하기 위해 22.7°C(5월15일) 신축이음장치에 대한 유간을 측정하였고, 이론 변동량과의 비교를 통해 신축거동상태를 검토하였다. 또한, 측정된 유간으로부터 최대 온도 상승시 신장량과 최저 온도 하강시 수축량을 계산하여 유간확보 여부를 검토하였다.

1) 신축이음 유간 측정결과

<표 3.3.5> 신축이음 유간 측정결과

측정위치	측 정 값(mm)	비 고
	2019. 05. 15	
EXP.J1(A1)	107.0	레일조인트(No.240)
EXP.J1(A2)	110.0	레일조인트(No.240)



2) 검토결과

연호고가교 안심방향의 유간거리 측정결과, 유간거리 측정결과, 최대 신장시 여유량을 확보한 것으로 측정되었고, 지속적인 관찰을 통한 유지관리가 필요 할 것으로 사료된다.

<표 3.3.6> 신축이음장치 가동상태 검토결과

구 분	온도변화 (ΔT , $^{\circ}C$)		선팅창 계수 (α)	신축거리길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(mm)	
	동절기	하절기			동절기 (최대수축시)	하절기 (최대신장시)
EXP.J1(A1)	32.7	17.3	1.2×10^{-5}	210.0	82.4	43.6
EXP.J1(A2)	32.7	17.3	1.2×10^{-5}	200.0	78.5	41.5

1) 조사당시 온도 : $22.7^{\circ}C$ (조사일 : 2019년 5월 15일, 평균온도)

2) 검토온도 : $-10^{\circ}C \sim 40^{\circ}C$ (보통지방)

※ P4를 고정단으로 산정

<표 3.3.7> 신축이음장치 가동여유량 검토결과

구 분	온도 변화에 의한 이동량(mm)		점검당시 실측유간 (mm) ③	허용량 (mm) ④	신축 여유량(mm)		검토 결과
	최대 수축시 ①	최대 신장시 ②			최대 수축시 ④-(①+③) ④-①	최대 신장시 ③-② ③-②	
EXP.J1(A1)	82.4	43.6	95.0	240.0	62.6	51.4	O.K
EXP.J2(A2)	78.5	41.5	120.0	240.0	41.5	41.5	O.K

3.3.5 바닥판하면

바닥판하면은 거더와 거더사이에 Deck Plate로 설치되어 있으며, 캔틸레버 구간은 콘크리트로 시공되어져 있다. 콘크리트 바닥판하면의 상세조사를 위해 고소작업차를 이용하여 근접조사를 실시하였다..



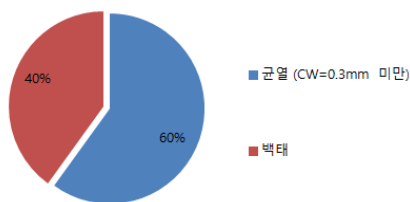
가. 손상현황

- 바닥판하면에 구조적 손상은 확인되지 않았으며, 정밀조사시 백태, 0.3mm미만 균열이 신규 조사되다.

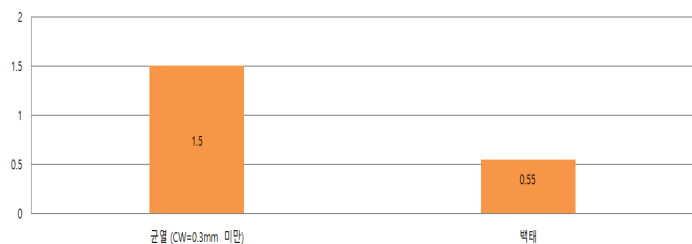
<표 3.3.8> 바닥판하면 손상물량표

구분	손상내용	단위	물량	개소	비고
바닥판	균열 (CW=0.3mm 미만)	m	1.5	3	
	백태	m ²	0.55	2	

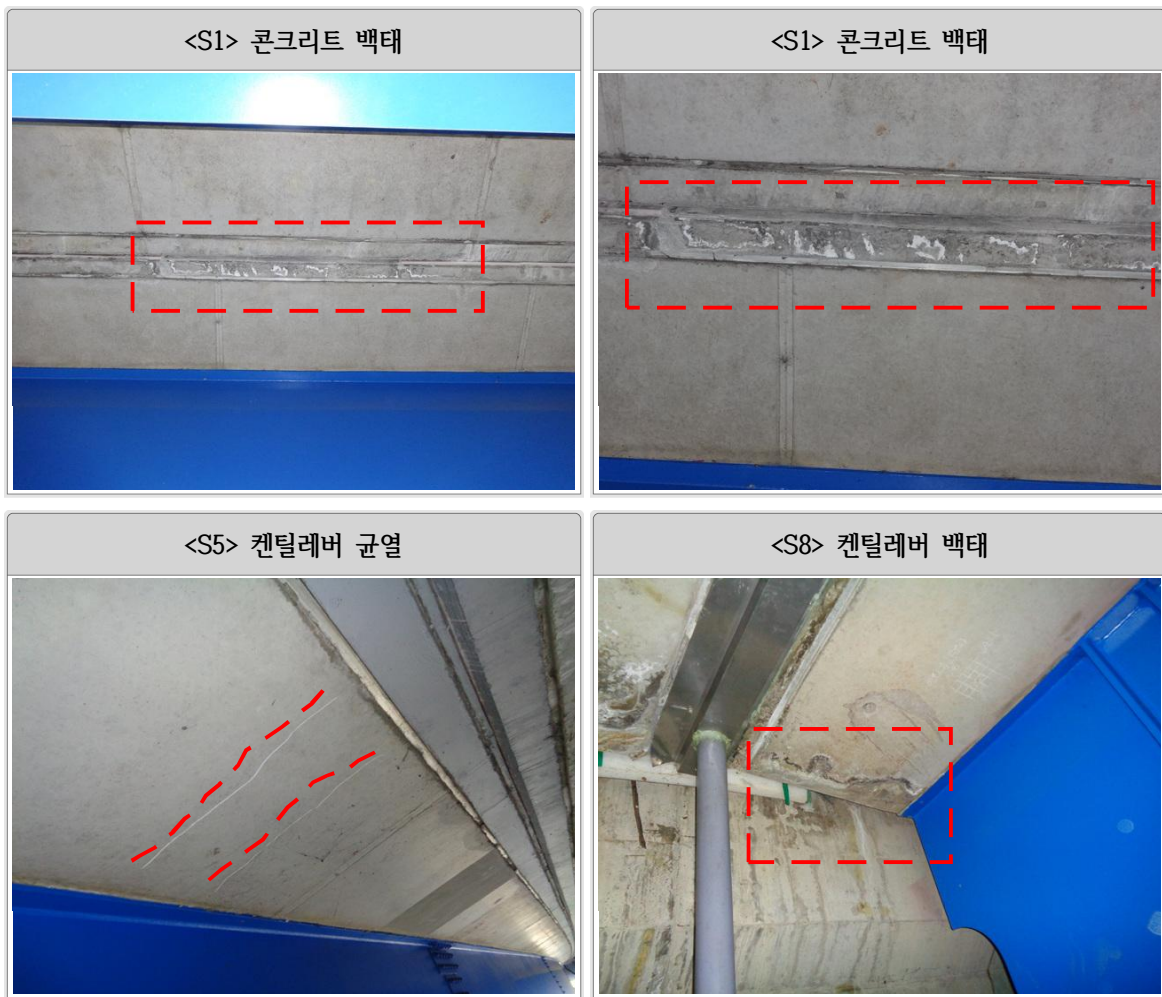
손상분포도(개소)



손상분포도(물량)



<그림 3.3.5> 바닥판하면 손상분포도

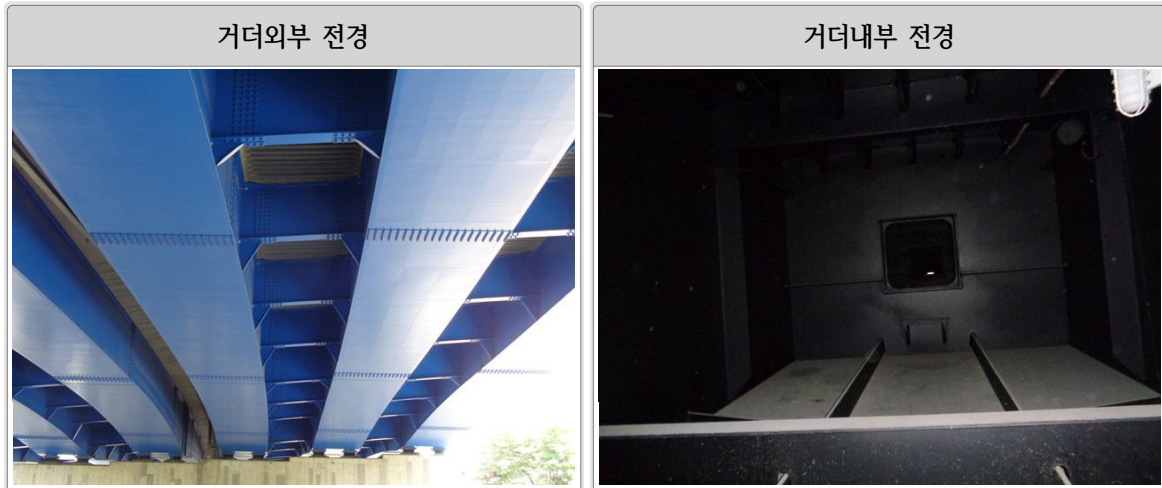


나. 원인 및 대책

- 바닥판하면의 외관조사 결과, 구조적인 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었고, 공용 기간 증가 및 우수유입에 의한 백태 및 건조수축에 의한 균열이 조사되었다. 균열 및 백태는 구조물의 내구성 확보차원의 표면처리 등의 조치가 필요하다.
- 손상부는 주기적인 점검 및 지속적인 관찰을 통한 유지관리가 필요할 것으로 사료된다.

3.3.6 거더 (Steel Box)

연호고가교의 거더 구성은 안심방향 3개의 거더로 구성되어 있으며, 2016년도 전구간 도장보수가 실시된 것으로 확인되었다.



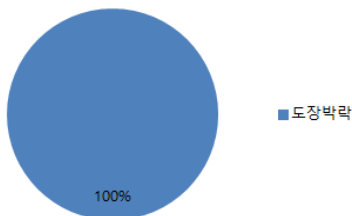
가. 손상현황

- 거더 외·내부에 구조적 손상은 확인되지 않았으며, 공용기간 중 발생하는 국부적인 도장박락 이외에는 특별한 손상은 없는 양호한 상태로 확인되었다.

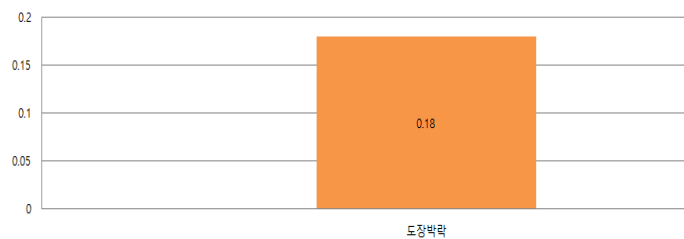
<표 3.3.9> 거더 손상물량표

구분	손상내용	단위	물량	개소	비고
거더 외부	도장박락	m ²	0.18	4	
거더 내부	거더내부 상태양호	-	-	-	

손상분포도(개소)



손상분포도(물량)



<그림 3.3.6> 거더외부 손상분포도

<S8 G1> 도장박락



<S8 G2> 도장박락



나. 원인 및 대책

- 거더 내·외부의 외관조사 결과, 구조적인 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다. 다만 거더 외부에 공용기간 증가에 따른 도장박락이 조사되었으며, 손상부에 대해서는 부재의 내구성 확보를 위한 재도장 및 주기적인 점검을 통한 손상의 발생여부 확인 등의 유지관리가 필요할 것으로 사료된다.

3.3.7 받침장치

연호고가교 안심방향의 받침장치는 면진받침으로 총 54기가 설치되어 있다.

받침장치 전경(고정단)



받침장치 전경(가동단)



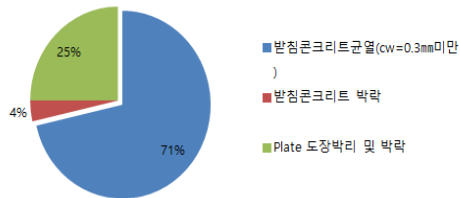
가. 손상현황

- 교량받침의 외관조사 결과, 금회 정밀조사시 받침콘크리트 균열 및 망상균열, Plate 도장박리 및 장박락이 신규 조사되었다.

<표 3.3.10> 교량받침 손상물량표

구분	손상내용	단위	물량	개소	비고
교량받침	받침콘크리트균열(cw=0.3mm미만)	m	4.0	20	
	받침콘크리트 박락	m ²	0.01	1	
	Plate 도장박리 및 박락	EA	0.23	7	

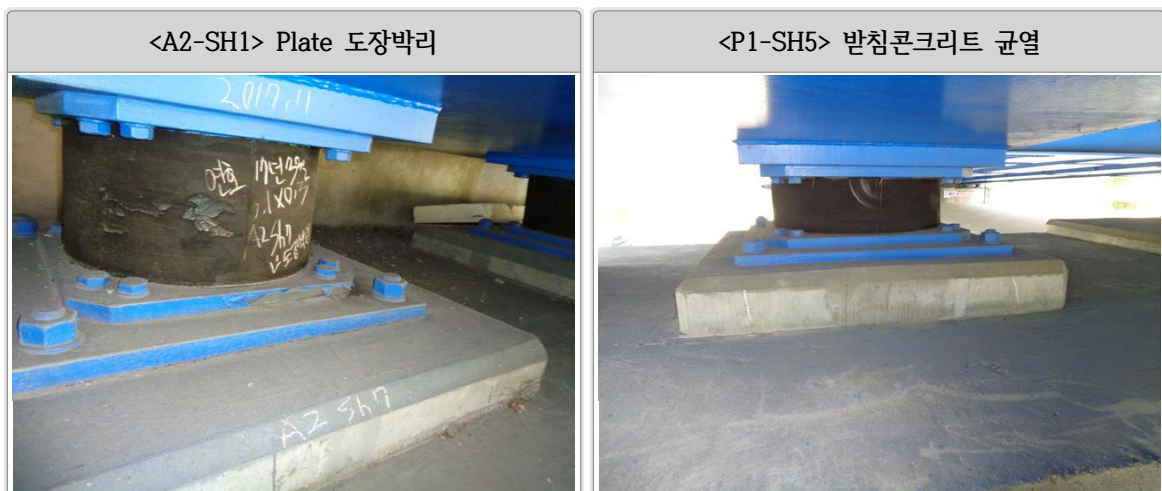
손상분포도(개소)



손상분포도(물량)



<그림 3.3.7> 교량받침 손상분포도



<P2-SH1> Plate 도장박락



<P2-SH2> 받침콘크리트 박락



<P3-SH1> 받침콘크리트 균열



<P4-SH4> 받침콘크리트 균열



<P5-SH4> Plate 도장박락



<P6-SH5> Plate 도장박락



나. 원인 및 대책

- 교량받침의 주요손상은 받침콘크리트 균열 및 박락, Plate 도장 박리 및 박락이 조사되었고, 손상부는 장기공용에 의한 열화 및 건조수축에 의한 손상으로 추정되며, 손상부는 현재 경미한 상태로 주기적인 점검 및 진전시 표면처리, 재도장 등의 유지관리가 필요할 것으로 판단된다.

다. 연단거리 검토

- 교량 받침면은 받침장치를 통해서 상부구조로부터 하중 등의 집중하중을 받는 곳이고 또한 지진시에는 큰 수평력이 작용하는 곳이다. 따라서 받침장치 앵커볼트에서 정부(槓部)연단까지의 거리가 작으면, 고정단에서는 전단면에서 받침면이 파손되는 경우가 있고, 또한 가동단에서는 받침이 벗어나 거더가 낙교 할 수도 있다. 따라서 본 과업에서는 도로교 설계기준에 준하여 실제 연단거리와 설계 연단거리를 비교.검토하였다.

- 거더의 경간길이 100m이하 : 연단거리(S) = 200 + 5 × L

- 거더의 경간길이 100m이상 : 연단거리(S) = 300 + 4 × L

여기서, L : 지간길이 (m)

- S1~S3, S5~8 : L = 50.0m → S = 200 + 5 × 50.0 = 400mm

- S5 : L = 60.0m → S = 200 + 5 × 60.0 = 500mm

<표 3.3.11> 받침장치 연단거리 측정결과

구분	연단거리(cm)						최소연단거리 (mm)	비고
	SH1	SH2	SH3	SH4	SH5	SH6		
A1	750	745	730	740	750	760	450	O.K
P1	880	870	870	875	895	900	450	O.K
	885	890	890	890	880	900	450	O.K
P2	900	890	890	890	905	900	450	O.K
	875	875	875	870	870	870	450	O.K
P3	890	895	895	895	890	890	450	O.K
	870	870	870	870	870	865	500	O.K
P4	895	895	895	895	895	895	500	O.K
	870	870	870	875	875	875	450	O.K
P5	890	890	895	895	900	900	450	O.K
	870	870	870	870	875	865	450	O.K
P6	895	895	895	895	895	895	450	O.K
	870	870	870	870	870	875	450	O.K
P7	885	885	885	890	900	905	450	O.K
	870	870	870	870	870	865	450	O.K
A2	695	695	700	700	700	690	450	O.K

라. 받침장치 가동 여유량 검토

- 설계시 받침의 이동량은 온도변화, 활하중, 크리프, 건조수축, 부가여유량 및 설치여유량 등을 고려하여 산정하나, 금회 조사에서는 교량의 공용년수가 17년 이상 경과되었으므로 크리프 및 건조수축 의한 변화는 거의 종결된 것으로 간주하여 온도변화에 의한 이동량을 검토하였다. 받침장치 가동여유량에 대한 검토는『도로교설계기준』에 따라 측정일 온도에서 설계검토 최저, 최고온도까지 수축 및 신장거동에 대한 받침장치의 부가여유량을 검토하였다.

<표 3.3.12> 받침장치의 이동량 산정시 온도변화 및 선폭창 계수

교량의 종류	온도변화		선폭창계수
	보통지방	한랭 지방	
PSC교, RC교	- 5℃ ~ + 35℃	- 15℃ ~ + 35℃	1.0×10^{-5}
강교(상로교)	- 10℃ ~ + 40℃	- 20℃ ~ + 40℃	1.2×10^{-5}
강교(하로교 및 강바닥판교)	- 10℃ ~ + 50℃	- 20℃ ~ + 40℃	1.2×10^{-5}

- 조사시 온도 : 2019년 05월 15일 가동량 측정시 외기온도 $\Rightarrow 22.7^{\circ}\text{C}$
- 검토 온도 : $-10^{\circ}\text{C} \sim +40^{\circ}\text{C}$ (강교일 경우)

◎ 받침장치 여유량 산정

- 온도에 의한 이동량 : $\Delta \ell t = \alpha \times \Delta T \times \ell$
- 선폭창계수(강교) : $\alpha = 1.2 \times 10^{-5}$
- 온도범위 : $\Delta T = 22.7^{\circ}\text{C} - (-10^{\circ}\text{C}) = 32.7^{\circ}\text{C}$ (최대 수축시, 동절기)
 $40.0^{\circ}\text{C} - 22.7^{\circ}\text{C} = 17.3^{\circ}\text{C}$ (최대 신장시, 하절기)
- 적용 경간 길이 (ℓ)

<표 3.3.13> 받침장치의 이동량 산정 조사결과

위 치	온도변화(℃)		선폭창 계수	신축거더 길이(m)	온도에의한 이동량(mm)		비고
	동절기	하절기			동절기	하절기	
A1	32.7	17.3	1.2×10^{-5}	210	82.4	43.6	
P1	32.7	17.3	1.2×10^{-5}	160	62.8	33.2	
P2	32.7	17.3	1.2×10^{-5}	110	43.2	22.8	
P3	32.7	17.3	1.2×10^{-5}	60	23.5	12.5	
P4	고 정 단						
P5	32.7	17.3	1.2×10^{-5}	50	19.6	10.4	
P6	32.7	17.3	1.2×10^{-5}	100	39.2	20.8	
P6	32.7	17.3	1.2×10^{-5}	150	58.9	31.1	
A2	32.7	17.3	1.2×10^{-5}	200	78.5	41.5	

위 치	구 분	실측받침 가동여유량(mm)		온도변화에 의한 이동량		판 정
		신장	수축	신장	수축	
A1	SH1	165	235	82.4	43.6	O.K
	SH2	165	235	82.4	43.6	O.K
	SH3	165	235	82.4	43.6	O.K
	SH4	165	235	82.4	43.6	O.K
	SH5	165	235	82.4	43.6	O.K
	SH6	165	235	82.4	43.6	O.K
P1	SH1	155	175	62.8	33.2	O.K
	SH2	155	175	62.8	33.2	O.K
	SH3	155	175	62.8	33.2	O.K
	SH4	155	175	62.8	33.2	O.K
	SH5	155	175	62.8	33.2	O.K
	SH6	155	175	62.8	33.2	O.K
P2	SH1	165	165	43.2	22.8	O.K
	SH2	165	165	43.2	22.8	O.K
	SH3	165	165	43.2	22.8	O.K
	SH4	165	165	43.2	22.8	O.K
	SH5	165	165	43.2	22.8	O.K
	SH6	165	165	43.2	22.8	O.K
P3	SH1	150	180	23.5	12.5	O.K
	SH2	150	180	23.5	12.5	O.K
	SH3	150	180	23.5	12.5	O.K
	SH4	150	180	23.5	12.5	O.K
	SH5	150	180	23.5	12.5	O.K
	SH6	150	180	23.5	12.5	O.K
P4	SH1	고정단	-	-	-	-
P5	SH1	155	175	19.6	10.4	O.K
	SH2	155	175	19.6	10.4	O.K
	SH3	155	175	19.6	10.4	O.K
	SH4	155	175	19.6	10.4	O.K
	SH5	155	175	19.6	10.4	O.K
	SH6	155	175	19.6	10.4	O.K

<표 3.3.13> 받침장치의 이동량 산정시 온도변화 및 선팽창 계수(계속)

위 치	구 분	실측받침 가동여유량(mm)		온도변화에 의한 이동량		판 정
		신장	수축	신장	수축	
P6	SH1	165	165	39.2	20.8	O.K
	SH2	165	165	39.2	20.8	O.K
	SH3	165	165	39.2	20.8	O.K
	SH4	165	165	39.2	20.8	O.K
	SH5	165	165	39.2	20.8	O.K
	SH6	165	165	39.2	20.8	O.K
P7	SH1	165	165	58.9	31.1	O.K
	SH2	165	165	58.9	31.1	O.K
	SH3	165	165	58.9	31.1	O.K
	SH4	165	165	58.9	31.1	O.K
	SH5	165	165	58.9	31.1	O.K
	SH6	165	165	58.9	31.1	O.K
A2	SH1	165	235	78.5	41.5	O.K
	SH2	165	165	78.5	41.5	O.K
	SH3	165	165	78.5	41.5	O.K
	SH4	165	165	78.5	41.5	O.K
	SH5	165	165	78.5	41.5	O.K
	SH6	165	165	78.5	41.5	O.K

단, 최대 받침 이동량 = $\Delta \ell t + \Delta \ell r$

교대 받침 허용이동량 : 200mm (고무두께 287mm의 70%)

교각 받침 허용이동량 : 165mm (고무두께 236mm의 70%)

- 받침장치의 이동량 검토결과, 모든 받침에서 여유량을 확보하고 있는 것으로 검토되었으며, 주기적인 점검 및 지속적인 관찰을 통한 유지관리가 필요할 것으로 사료된다.

3.3.8 교대 및 교각

연호고가교의 하부구조는 일체형으로 시공되었으며, 하부구조의 외관조사 결과는 “범물방향”편에 수록하였다.



3.4 외관조사 총괄표

3.4.1 손상현황표(범물방향)

<표 3.4.1> 외관조사 손상현황 총괄표(범물방향)

구분	손상 내용	단위	물량	개소	비고
방호벽 및 중분대 (본선구간)	균열 (CW=0.3mm 미만)	m	63.7	58	
	망상균열	m ²	12.0	1	
	백태	m ²	0.67	18	
	단면 파손	m ²	0.1	1	
방호벽 및 중분대 (램프구간)	균열 (CW=0.3mm 미만)	m	22.9	23	
	균열 (CW=0.3mm 이상)	m	80.2	60	
	망상균열	m ²	188.4	3	
	단면 파손	m ²	0.14	1	
	철근노출	m ²	0.39	1	
신축이음	후타재 균열 (CW=0.3mm 미만)	m	1.6	8	
	하부 누수흔적	m	0.4	2	
	차수판 볼트 탈락	ea	1.0	1	
바닥판	백태	m ²	0.20	1	
	누수흔적	m ²	0.01	1	
거더 외부	도장박락	m ²	1.5	3	
교량받침	받침콘크리트균열(cw=0.3mm미만)	m	7.6	38	
	받침콘크리트 망상균열	m ²	0.1	1	
	Plate 도장박락	m ²	0.11	5	
교대	균열(cw=0.3mm미만)	m	4.0	2	
	백태	m ²	1.38	2	
	누수흔적	m ²	11.1	4	
	파손 및 철근노출	m ²	1.2	1	
교각	균열(cw=0.3mm미만)	m	20.9	13	
	망상균열	m ²	199.25	20	

3.4.2 이전 점검과의 비교(범물방향)

가. 손상물량 비교표

<표 3.4.2> 이전 점검과의 손상물량 비교표(범물방향)

구분	손상내용	단위	2017년 진단		금회		증,감 (○,△)	비고
			물량	개소	물량	개소		
교면포장	아스콘 망상균열	m ²	175.0	7	-	-	175.0 ○	감소(보수)
	아스콘 패임	m ²	0.04	1	-	-	0.04 ○	감소(보수)
	미끄럼방지막 파손	m ²	0.58	11	-	-	0.58 ○	감소(보수)
방호벽	균열 0.3mm 미만	m	96.2	74	86.6	81	9.6 ○	감소(보수)
	균열 0.3mm 이상	m	35.1	27	80.2	60	△ 45.1	증개(신규)
	균열부 백태	m ²	0.39	1	-	-	0.39 ○	감소(보수)
	긱힘	m ²	20.0	2	-	-	20.0 ○	감소(보수)
	단차	m ²	0.06	1	-	-	0.06 ○	감소(보수)
	망상균열	m ²	1.5	1	200.4	4	△ 198.9	증개(신규)
	백태	m ²	0.01	1	0.67	18	△ 0.66	증개(신규)
	재균열	m	1.3	1	-	-	1.3 ○	감소(보수)
	이격	m	1.3	1	-	-	1.3 ○	감소(보수)
	철근노출	m ²	0.04	4	0.39	1	0.01 ○	감소(보수)
	교명판유실	EA	1.0	1	-	-	1.0 ○	감소(보수)
	단면 파손	m ²	-	-	0.24	2	△ 0.24	증개(신규)
배수시설	배수구 길이부족	EA	6.0	6	-	-	1.0 ○	감소(변경)
신축이음	후타재균열	m	2.1	7	1.6	8	0.5 ○	감소(보수)
	하부 누수흔적	m	-	-	0.4	2	△ 0.4	증개(신규)
	차수판 볼트 탈락	ea	-	-	1.0	1	△ 1.0	증개(신규)
거더	내부	pin홀	ea	4	-	-	4.0 ○	감소(보수)
		결로	ea	1	-	-	1.0 ○	감소(보수)
		결로흔적	m ²	2.7	-	-	2.7 ○	감소(보수)
		누수흔적	m ²	6.6	-	-	6.6 ○	감소(보수)
		도장들뜸	m ²	1.33	-	-	1.33 ○	감소(보수)
		부식	m ²	2.07	-	-	2.07 ○	감소(보수)
		실링처리미흡	ea	31.0	-	-	31.0 ○	감소(보수)
		전기박스덮개탈락	ea	1.0	-	-	1.0 ○	감소(보수)
		점검등불량	ea	7.0	-	-	7.0 ○	감소(보수)
		조명등고정불량	ea	1.0	-	-	1.0 ○	감소(보수)
	외부	도장박리, 박락	ea	2.0	1.5	3	0.5 ○	감소(보수)
		부식	m ²	0.1	-	-	0.1 ○	감소(보수)

<표 3.4.2> 이전 점검과의 손상물량 비교표(범물방향) -계속-

구분	손상내용	단위	2017년 진단		금회		증,감 (0.0)	비고
			물량	개소	물량	개소		
바닥판	누수흔적, 백태	m ²	0.1	1	0.21	2	0.2	증개(신규)
	유도배수관주변누수	ea	1.0	1	-	-	1.0 0	감소(보수)
	피복부족	m ²	37.6	4	-	-	37.6 0	감소(보수)
교량받침	균열 0.3mm 미만	m	1.8	9	7.6	38	0.5.8	증개(신규)
	받침콘크리트 망상균열	m ²	-	-	0.1	1	0.1	증개(신규)
	Plate 도장박락	m ²	-	-	0.11	5	0.11	증개(신규)
교대	균열 0.3mm 미만	m	16.7	9	4.0	2	12.7 0	감소(보수)
	백태	m ²	-	-	1.38	2	1.38	증개(신규)
	누수흔적	m ²	-	-	11.1	4	11.1	증개(신규)
	파손 및 철근노출	m ²	-	-	1.2	1	1.2	증개(신규)
교각	균열 0.3mm 미만	m	15.5	10	20.9	13	0.5.4	증개(신규)
	망상균열	m ²	57.35	14	199.25	20	141.9	증개(신규)
	백태	m ²	3.0	1	-	-	3.0 0	감소(보수)
	재료분리	m ²	1.5	1	-	-	1.5 0	감소(보수)
	침식	m ²	0.48	6	-	-	0.48 0	감소(보수)

나. 결과분석

<표 3.4.3> 정밀점검에 따른 기 진단과의 결과분석(범물방향)

구분	내 용																																																			
주요 손상 증감 비교표	주요손상 증감 비교표(물량) <table border="1"> <thead> <tr> <th></th><th>교면포장 아스콘 방상균열</th><th>교면포장 아스콘 패임</th><th>교면포장 미끄럼 방지막 파손</th><th>방호벽 균열 0.3mm 미만</th><th>방호벽 균열 0.3mm 이상</th><th>방호벽 균열부 벽태</th><th>방호벽 관형</th><th>방호벽 단차</th><th>방호벽 망상균열</th><th>방호벽 벽태</th><th>방호벽 재균열</th><th>방호벽 이격</th><th>방호벽 절근노출</th><th>방호벽 교명판 유실</th><th>방호벽 단면 파손</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>17년 정밀안전진단</td><td>175</td><td>0.04</td><td>0.58</td><td>96.2</td><td>35.1</td><td>0.39</td><td>20</td><td>0.06</td><td>1.5</td><td>0.01</td><td>1.3</td><td>1.3</td><td>0.04</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr> <td>19년 정밀점검</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>86.6</td><td>80.2</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>200.4</td><td>0.67</td><td>0</td><td>0</td><td>0.39</td><td>0</td><td>0.24</td></tr> </tbody> </table>		교면포장 아스콘 방상균열	교면포장 아스콘 패임	교면포장 미끄럼 방지막 파손	방호벽 균열 0.3mm 미만	방호벽 균열 0.3mm 이상	방호벽 균열부 벽태	방호벽 관형	방호벽 단차	방호벽 망상균열	방호벽 벽태	방호벽 재균열	방호벽 이격	방호벽 절근노출	방호벽 교명판 유실	방호벽 단면 파손	17년 정밀안전진단	175	0.04	0.58	96.2	35.1	0.39	20	0.06	1.5	0.01	1.3	1.3	0.04	1	0	19년 정밀점검	0	0	0	86.6	80.2	0	0	0	200.4	0.67	0	0	0.39	0	0.24			
	교면포장 아스콘 방상균열	교면포장 아스콘 패임	교면포장 미끄럼 방지막 파손	방호벽 균열 0.3mm 미만	방호벽 균열 0.3mm 이상	방호벽 균열부 벽태	방호벽 관형	방호벽 단차	방호벽 망상균열	방호벽 벽태	방호벽 재균열	방호벽 이격	방호벽 절근노출	방호벽 교명판 유실	방호벽 단면 파손																																					
17년 정밀안전진단	175	0.04	0.58	96.2	35.1	0.39	20	0.06	1.5	0.01	1.3	1.3	0.04	1	0																																					
19년 정밀점검	0	0	0	86.6	80.2	0	0	0	200.4	0.67	0	0	0.39	0	0.24																																					
주요손상 증감 비교표(물량) <table border="1"> <thead> <tr> <th></th><th>배수구 갈이부족</th><th>신축이음 후타재균열</th><th>신축이음 하부 누수흔적</th><th>자수관 볼트 말라</th><th>거더내부 pin홀</th><th>거더내부 결로</th><th>거더내부 결로흔적</th><th>거더내부 누수흔적</th><th>거더내부 도장들뜸</th><th>거더내부 부식</th><th>거더내부 신탄처리 미흡</th><th>거더내부 전기박스 열개탈락</th><th>거더내부 점검통분량</th><th>거더내부 조형통고정물량</th><th>거더내부 도장벽리, 벽락</th><th>거더내부 부식</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>17년 정밀안전진단</td><td>6</td><td>2.1</td><td>0</td><td>0</td><td>4</td><td>1</td><td>2.7</td><td>6.6</td><td>1.33</td><td>2.07</td><td>31</td><td>1</td><td>7</td><td>1</td><td>2</td><td>0.1</td></tr> <tr> <td>19년 정밀점검</td><td>0</td><td>1.6</td><td>0.4</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1.5</td><td>0</td></tr> </tbody> </table>		배수구 갈이부족	신축이음 후타재균열	신축이음 하부 누수흔적	자수관 볼트 말라	거더내부 pin홀	거더내부 결로	거더내부 결로흔적	거더내부 누수흔적	거더내부 도장들뜸	거더내부 부식	거더내부 신탄처리 미흡	거더내부 전기박스 열개탈락	거더내부 점검통분량	거더내부 조형통고정물량	거더내부 도장벽리, 벽락	거더내부 부식	17년 정밀안전진단	6	2.1	0	0	4	1	2.7	6.6	1.33	2.07	31	1	7	1	2	0.1	19년 정밀점검	0	1.6	0.4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.5	0	
	배수구 갈이부족	신축이음 후타재균열	신축이음 하부 누수흔적	자수관 볼트 말라	거더내부 pin홀	거더내부 결로	거더내부 결로흔적	거더내부 누수흔적	거더내부 도장들뜸	거더내부 부식	거더내부 신탄처리 미흡	거더내부 전기박스 열개탈락	거더내부 점검통분량	거더내부 조형통고정물량	거더내부 도장벽리, 벽락	거더내부 부식																																				
17년 정밀안전진단	6	2.1	0	0	4	1	2.7	6.6	1.33	2.07	31	1	7	1	2	0.1																																				
19년 정밀점검	0	1.6	0.4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.5	0																																				
주요손상 증감 비교표(물량) <table border="1"> <thead> <tr> <th></th><th>배덕단 누수흔적 벽태</th><th>배덕단 유도배수관 주변누수</th><th>배덕단 피복부족</th><th>교량받침 균열 0.3mm 미만</th><th>받침콘크리트 망상균열</th><th>교량받침 Plate 도장박락</th><th>교대 균열 0.3mm 미만</th><th>교대 벽태</th><th>교대 누수흔적</th><th>교대 파손 및 절근노출</th><th>교각 균열 0.3mm 미만</th><th>교각 망상균열</th><th>교각 벽태</th><th>교각 재로분리</th><th>교각 침식</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>17년 정밀안전진단</td><td>0.1</td><td>1</td><td>37.6</td><td>1.8</td><td>0</td><td>0</td><td>16.7</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>15.5</td><td>57.35</td><td>3</td><td>1.5</td><td>0.48</td></tr> <tr> <td>19년 정밀점검</td><td>1</td><td>1</td><td>4</td><td>9</td><td>0</td><td>0</td><td>9</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>10</td><td>14</td><td>1</td><td>1</td><td>6</td></tr> </tbody> </table>		배덕단 누수흔적 벽태	배덕단 유도배수관 주변누수	배덕단 피복부족	교량받침 균열 0.3mm 미만	받침콘크리트 망상균열	교량받침 Plate 도장박락	교대 균열 0.3mm 미만	교대 벽태	교대 누수흔적	교대 파손 및 절근노출	교각 균열 0.3mm 미만	교각 망상균열	교각 벽태	교각 재로분리	교각 침식	17년 정밀안전진단	0.1	1	37.6	1.8	0	0	16.7	0	0	0	15.5	57.35	3	1.5	0.48	19년 정밀점검	1	1	4	9	0	0	9	0	0	0	10	14	1	1	6				
	배덕단 누수흔적 벽태	배덕단 유도배수관 주변누수	배덕단 피복부족	교량받침 균열 0.3mm 미만	받침콘크리트 망상균열	교량받침 Plate 도장박락	교대 균열 0.3mm 미만	교대 벽태	교대 누수흔적	교대 파손 및 절근노출	교각 균열 0.3mm 미만	교각 망상균열	교각 벽태	교각 재로분리	교각 침식																																					
17년 정밀안전진단	0.1	1	37.6	1.8	0	0	16.7	0	0	0	15.5	57.35	3	1.5	0.48																																					
19년 정밀점검	1	1	4	9	0	0	9	0	0	0	10	14	1	1	6																																					
결과분석	• 기 진단 대비 재포장 및 신축이음 교체, 표면처리, 단면보수 등 보수 및 교체로 인해 손상이 감소하였고, 구조적인 손상은 발생되지 않았으며, 장기공용에 의한 열화 및 정밀조사 인한 비구조적인 손상이 일부 추가 조사됨.																																																			

3.4.3 손상현황표(안심방향)

<표 3.4.5> 외관조사 손상현황 총괄표(안심방향)

구분	손상 내용	단위	물량	개소	비고
교면포장 (램프구간)	아스콘 균열	m	20.0	4	
방호벽 및 중분대 (본선구간)	균열 (CW=0.3mm 미만)	m	12.8	12	
	균열 (CW=0.3mm 이상)	m	1.1	1	
	백태 균열	m	1.1	1	
	백태	m ²	0.27	5	
	단면 파손	m ²	0.1	1	
방호벽 및 중분대 (램프구간)	균열 (CW=0.3mm 미만)	m	22.2	10	
	균열 (CW=0.3mm 이상)	m	127.5	103	
	파손	m ²	0.14	3	
	철근노출	m ²	0.06	2	
	재료분리	m ²	25.6	3	
	실란트 파손	m	1.4	1	
	단차	ea	1.0	1	
신축이음	후타재 균열	m	1.8	6	
	하부 누수흔적	m	0.2	1	
	흡음재 탈락	m	2.0	1	
바닥판	균열 (CW=0.3mm 미만)	m	1.5	3	
	백태	m ²	0.55	2	
거더 외부	도장박락	m ²	0.18	4	
교량받침	받침콘크리트균열(cw=0.3mm미만)	m	4.0	20	
	받침콘크리트 박락	m ²	0.01	1	
	Plate 도장박리 및 박락	EA	0.23	7	

3.4.4 이전 점검과의 비교(안심방향)

가. 손상물량 비교표

<표 3.4.6> 이전 점검과의 손상물량 비교표(안심방향)

구분	손상내용	단위	2017년 진단		금회		증,감 (○,●)	비고
			물량	개소	물량	개소		
교면포장	포장망상균열	m ²	90.5	12	-	-	90.5 ●	감소(보수)
	포장망상유실	m ²	9.0	2	-	-	9.0 ●	감소(보수)
	포장패임	m ²	0.22	5	-	-	0.22 ●	감소(보수)
	유도등망실	ea	7.0	7	-	-	7.0 ●	감소(보수)
	아스콘 균열	m	-	-	20.0	4	● 20.0	증가(신규)
방호벽	균열 0.3mm 미만	m	84.5	65	35.0	22	● 49.5	감소(보수)
	균열 0.3mm 이상	m	52	40	128.6	104	● 76.6	증가(신규)
	균열부 백태	m	1.04	4	1.1	1	● 0.06	증감 (보수/신규)
	백태	m ²	0.6	23	0.27	5	0.33 ●	감소(보수)
	부수부재균열	m ²	10.4	8	-	-	10.4 ●	감소(보수)
	설명판유실	ea	2.0	2	-	-	2.0 ●	감소(보수)
	단면 파손	m ²	-	-	0.15	4	● 0.15	증가(신규)
	철근노출	m ²	-	-	0.06	2	● 0.06	증가(신규)
	재료분리	m ²	-	-	25.6	3	● 25.6	증가(신규)
	실란트 파손	m	-	-	1.4	1	● 1.4	증가(신규)
	단차	ea	-	-	1.0	1	● 1.0	증가(신규)
	본체 이물질퇴적	m	2.0	1	-	-	2.0 ●	감소(보수)
신축이음	후타재균열	m	1.8	6	1.8	6	-	변동없음
	하부 누수흔적	m	-	-	0.2	1	● 0.2	증가(신규)
	흡음재 탈락	m	-	-	2.0	1	● 2.0	증가(신규)

<표 3.4.6> 이전 점검과의 손상물량 비교표(안심방향) -계속-

구분		손상내용	단위	2017년 진단		금회		증,감 (○,●)	비고
				물량	개소	물량	개소		
바닥판		백태	m ²	10	1	0.55	2	9.45 ●	감소(보수)
		균열 0.3mm 미만	m	-	-	1.5	3	● 1.5	증가(신규)
교량받침		도장박리,박락	m ²	0.03	1	4.0	20	● 3.97	증가(신규)
		균열 0.3mm 미만	m	1.8	9	0.23	7	1.57 ●	감소(보수)
		받침콘크리트 박락	m ²	-	-	0.01	1	● 0.01	증가(신규)
거더	내부	누수흔적	m ²	16.65	29	-	-	16.65 ●	감소(보수)
		실링처리미흡	ea	33.0	33	-	-	33.0 ●	감소(보수)
		점검등불량	ea	1.0	1	-	-	1.0 ●	감소(보수)
	외부	도장들뜸	m ²	0.3	1	-	-	0.3 ●	감소(보수)
		도장박락	m ²	0.37	3	0.18	4	0.19 ●	감소(보수)
		도장박리,박락	m ²	0.24	1	-	-	0.24 ●	감소(보수)
		부식	m ²	0.94	5	-	-	0.94 ●	감소(보수)

나. 결과분석

<표 3.4.7> 정밀점검에 따른 기 진단과의 결과분석(안심방향)

구분	내 용	비고																									
주요 손상 증감 비교표	주요손상 증감 비교표(물량) <table><tr><td>■ 17년 정밀안전진단</td><td>90.5</td><td>9</td><td>0.22</td><td>7</td><td>0</td><td>84.5</td><td>52</td><td>1.04</td><td>0.6</td><td>10.4</td></tr><tr><td>■ 19년 정밀점검</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>20</td><td>35</td><td>128.6</td><td>1.1</td><td>0.27</td><td>0</td></tr></table>	■ 17년 정밀안전진단	90.5	9	0.22	7	0	84.5	52	1.04	0.6	10.4	■ 19년 정밀점검	0	0	0	0	20	35	128.6	1.1	0.27	0				
	■ 17년 정밀안전진단	90.5	9	0.22	7	0	84.5	52	1.04	0.6	10.4																
	■ 19년 정밀점검	0	0	0	0	20	35	128.6	1.1	0.27	0																
주요손상 증감 비교표(물량) <table><tr><td>■ 17년 정밀안전진단</td><td>10.4</td><td>2</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>2</td><td>1.8</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>■ 19년 정밀점검</td><td>0</td><td>0</td><td>0.15</td><td>0.06</td><td>25.6</td><td>1.4</td><td>1</td><td>0</td><td>1.8</td><td>0.2</td><td>2</td></tr></table>	■ 17년 정밀안전진단	10.4	2	0	0	0	0	0	2	1.8	0	0	■ 19년 정밀점검	0	0	0.15	0.06	25.6	1.4	1	0	1.8	0.2	2			
■ 17년 정밀안전진단	10.4	2	0	0	0	0	0	2	1.8	0	0																
■ 19년 정밀점검	0	0	0.15	0.06	25.6	1.4	1	0	1.8	0.2	2																
주요손상 증감 비교표(물량) <table><tr><td>■ 17년 정밀안전진단</td><td>10</td><td>0</td><td>0.03</td><td>1.8</td><td>0</td><td>16.65</td><td>33</td><td>1</td><td>0.3</td><td>0.37</td><td>0.24</td><td>0.94</td></tr><tr><td>■ 19년 정밀점검</td><td>0.55</td><td>1.5</td><td>4</td><td>0.23</td><td>0.01</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0.18</td><td>0</td><td>0</td></tr></table>	■ 17년 정밀안전진단	10	0	0.03	1.8	0	16.65	33	1	0.3	0.37	0.24	0.94	■ 19년 정밀점검	0.55	1.5	4	0.23	0.01	0	0	0	0	0.18	0	0	
■ 17년 정밀안전진단	10	0	0.03	1.8	0	16.65	33	1	0.3	0.37	0.24	0.94															
■ 19년 정밀점검	0.55	1.5	4	0.23	0.01	0	0	0	0	0.18	0	0															
결과분석	기 진단 대비 재포장 및 신축이음 교체, 표면처리, 단면보수 등 보수 및 교체로 인해 손상이 감소하였고, 구조적인 손상은 발생되지 않았으며, 장기공용에 의한 열화 및 정밀조사 인한 비구조적인 손상이 일부 추가 조사됨.																										

3.5 시험 및 측정

3.5.1 개요

교량 구조물의 내구성 저하의 대표적인 현상은 콘크리트 탄산화, 철근부식, 균열, 강도저하, 표면 노후화, 부재의 큰 변형, 동결융해, 누수 등의 현상으로 분류된다. 철근의 부식과 콘크리트의 균열은 독립된 원인에 의해 나타나는 것이 아니고, 그 밖의 열화 현상을 일으키는 원인과도 복합적으로 관계되고 있다.

재료시험은 구조물에 열화손상이 이미 현저하게 진행되었을 경우 열화의 정도 및 그 원인 관계를 조사하고 보수·보강의 판정을 하며, 아직 열화손상이 없거나 경미한 구조물의 재료 시험에 의해서 향후 열화 경향을 예측 및 예방하고 예방보전을 검토하기 위한 자료를 수집하는 것을 목적으로 한다.

재료시험의 범위는 다음과 같다.

- 재료시험을 대상으로 하는 구조물은 콘크리트 구조물에 한한다.
- 재료시험은 구조체를 중심으로 수행한다.
- 재료시험은 조사 시점의 열화상태 뿐만 아니라 구조물의 이력, 주요환경, 열화원인을 조사하여 향후 열화손상 진행정도를 예측하고, 내용년수와 관련하여 종합적인 안전진단을 수행한다.
- 본 구조물의 재료시험 내용은 안전성평가를 위한 내구성 저하 유무를 확인하기 위한 조사 및 시험을 실시하였다.
- 향후 유지관리시 금회 재료시험 위치에서의 결과치를 활용하여 비교·분석할 수 있도록 재료시험 위치도를 수록하였다.

본 장에서는 콘크리트의 재료시험을 실시하여 외관조사 내용과 함께 구조물의 내구성과 사용성을 검토하고 상태평가, 보수·보강공법 및 유지관리 방안을 제시하기 위한 기초 자료로 활용할 수 있도록 하였으며, 재료시험의 주요 시험내용은 <표 3.5.1>~<표 3.5.3>에 정리하였다.

가. 재료시험 측정일자 및 조사위치

<표 3.5.1> 재료시험 측정일자 및 조사위치

구 분	일 자	조 사 위 치	사용장비
재료시험 및 측정	2019.05.10	하부구조 내구성 조사	도보조사
	2019.05.15	상부구조 내구성 조사	고소점검차

나. 재료시험 내용

<표 3.5.2> 재료시험 내용

구 분	조사 및 시험내용
1. 콘크리트 강도조사	• 비파괴 시험 장비와 코어채취를 이용하여 콘크리트 강도조사 • 슈미트 해머 사용 직전에 실내에서 테스트엔빌에 의해 교정한 후 반발경도 측정(테스트해머의 반발경도 R은 80 ± 2 범위에 측정됨)
2. 탄산화깊이측정	• 탄산화시험기를 이용하여 콘크리트 구조물의 탄산화 깊이를 측정 • 탄산화 속도계수를 산정

<표 3.5.3> 재료시험 기준 및 실시수량 (총연장 : 410.0m)

구분	세부지침 기준		기준수량	실시수량	비고
	상부구조	하부구조			
반발경도	◦ 50m마다	◦ 50m마다	상부 : 9개소 하부 : 9개소	상부 : 18개소 하부 : 9개소	
탄산화깊이	◦ 5경간 이내 : 2~3개소 ^{주1)} ◦ 5경간 이상 : 3~6개소 ^{주2)}		6개소	상부 : 6개소 하부 : 3개소	

주1) 교량 상부구조에서 최소 1개소 이상 실시

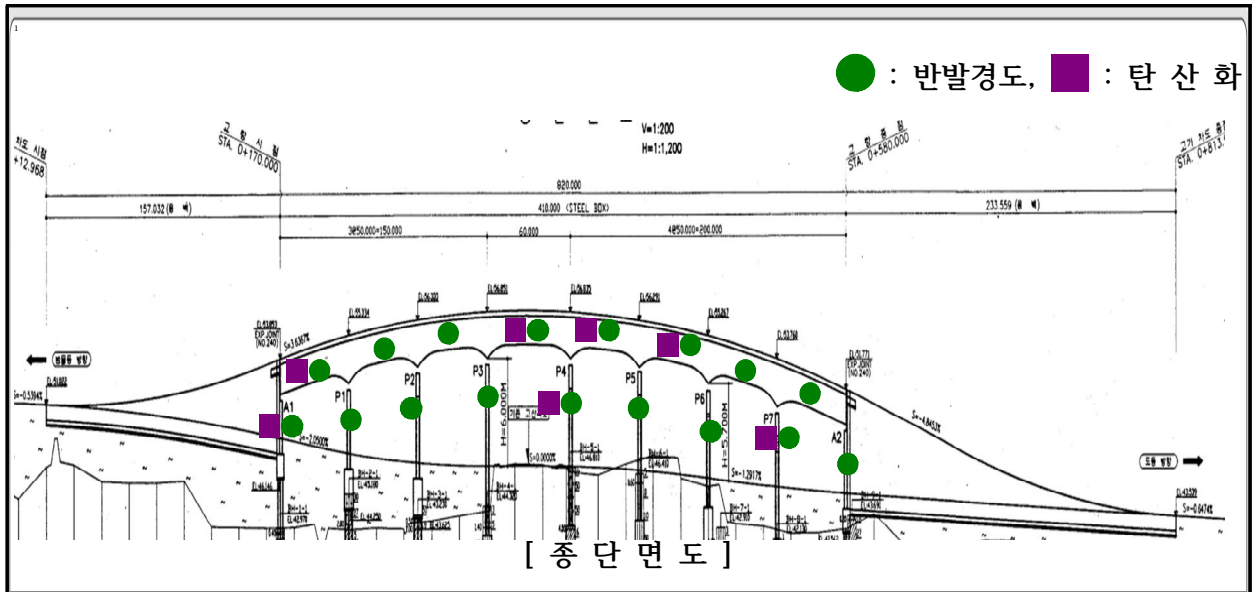
주2) 교량 상부구조에서 최소 2개소 이상 실시



반발경도



탄산화깊이



<그림 3.5.1> 콘크리트 재료시험 위치도

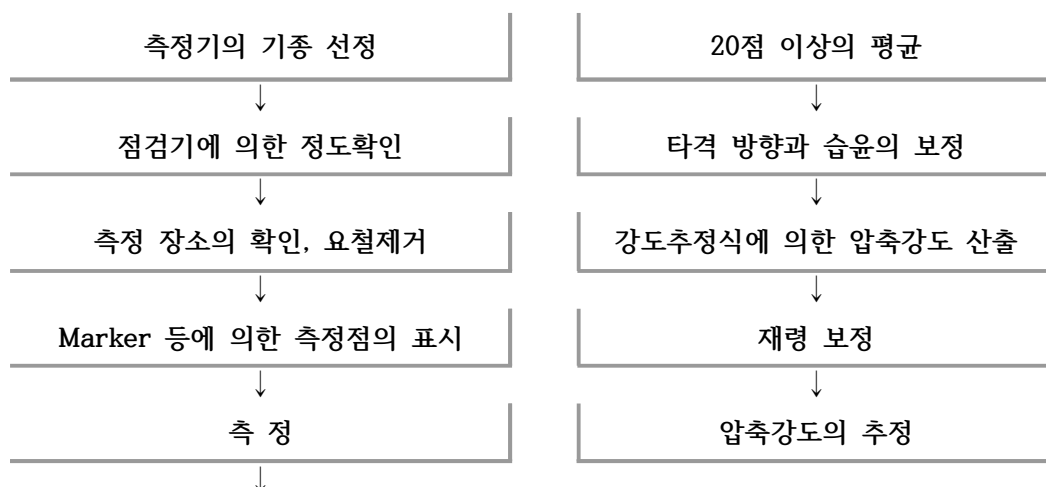
3.5.2 콘크리트 재료시험

가. 콘크리트 강도시험

1) 반발경도법

가) 개 요

콘크리트 표면의 반발경도를 측정하여 이 측정치로부터 콘크리트의 압축강도를 추정하는 검사방법이다. 반발경도를 구하는 방법으로는 슈미트 해머(Schmidt Hammer)법이 가장 널리 사용되는데, 슈미트 해머는 경화된 콘크리트 표면을 타격시, 반발도(R)와 콘크리트의 압축강도(f_c')와의 사이에 특정 상관관계가 있다는 실험적 경험을 기초로 한다.



<그림 3.5.2> 반발경도법에 의한 압축강도 추정 흐름도

나) 반발경도(R)

측정개소에 대해서 타격점 상호간의 간격 3cm를 표준으로 종, 횡으로 선을 그어 직교되는 20점을 타격하여 반발경도 값의 산술 평균값을 구한다. 산술평균값에 대해 각 반발경도의 값이 $\pm 20\%$ 의 범위를 벗어나는 값들은 제외시키고 나머지 값들을 다시 산술평균하여 반발경도 R을 결정한다.

다) 보정반발경도(Ro)

보정반발경도 Ro은 다음과 같이 측정경도 R에 보정 값을 더한 값으로 한다.

$$\circ R_o = R + \Delta R_1 + \Delta R_2 + \Delta R_3 \quad \text{식 (3.4.1)}$$

여기서, ΔR_1 : 타격방향에 따른 보정값

ΔR_2 : 압축응력에 따른 보정값

ΔR_3 : 콘크리트의 습윤상태에 따른 보정값

(1) 타격방향에 따른 보정값

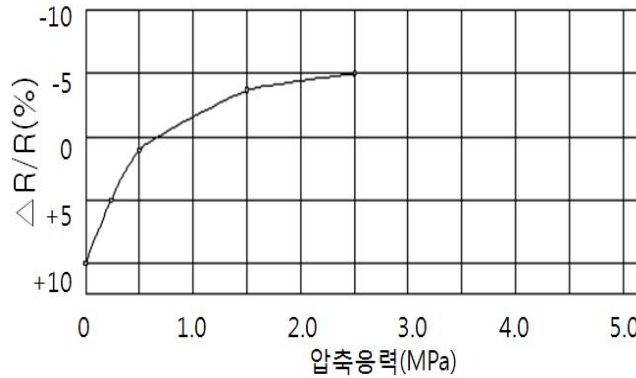
수평방향의 타격에 의한 측정치가 안정된 값을 나타내지만 타격방향이 다른 경우에는 반발치를 보정해 주어야 한다. 하향타격(-90°)의 경우에는 슈미트해머 내부의 해머중량에 의해서 실제보다 반동량이 작아지므로 (+)값으로 수정해 주고, 상향의 타격($+90^\circ$)의 경우에는 반대현상에 의해서 (-)값으로 수정해 주어야 한다. 타격방향에 따른 보정계수는 다음과 같다.

<표 3.5.4> 타격방향에 따른 보정계수

반발경도	보정값				비고
	$+90^\circ$	$+45^\circ$	-45°	-90°	
10			+2.4	+3.2	상향수직타격 $+90^\circ$ 하향수직타격 -90°
20	-5.4	-3.5	+2.5	+3.4	
30	-4.7	-3.1	+2.3	+3.1	
40	-3.4	-2.6	+2.0	+2.7	
50	-3.1	-2.1	+1.5	+2.2	
60	-2.3	-1.6	+1.3	+1.7	

(2) 압축응력에 따른 반발경도의 보정

타격방향과 직각방향으로 압축응력을 받는 부재는 압축응력이 커짐에 따라 반발경도에 의한 압축강도가 실제보다 커진다는 사실이 시험결과 입증되었다. 그 크기는 대략 압축응력이 0.1MPa인 경우 $\Delta R_2 = -0.015R$, 0.25MPa인 경우 $\Delta R_2 = -0.05R$ 이다.



<그림 3.5.3> 압축응력에 따른 반발경도의 보정곡선

(3) 콘크리트 습윤상태에 따른 보정

콘크리트 표면이 습윤상태에 있으면 건조상태 보다 반발도가 작게 나오게 된다. 따라서, 습하고 타격의 흔적이 있는 경우를 기준으로 $\Delta R_3 = +3$, 완전 습윤상태에서는 건조상태를 기준으로 $\Delta R_3 = +5$ 를 적용한다.

라) 압축강도의 추정

보정반발경도 R_0 로부터 압축강도(F_c)의 상관관계를 도출한 다음 식을 사용하였다. 적용된 제안식들은 다음과 같다.

(가) 보통콘크리트($f_{ck}=40\text{MPa}$ 미만)

- 일본재료학회 (보통콘크리트)

$$F_c = -18.0 + 1.27R_0 \text{ (MPa)} \quad \text{식 (3.4.2)}$$

- 일본건축학회 (보통콘크리트)

$$F_c = (7.3R_0 + 100) \times 0.1 \text{ (MPa)} \quad \text{식 (3.4.3)}$$

(나) 고강도콘크리트($f_{ck}=40\text{MPa}$ 이상)

- 과학기술부(고강도콘크리트)

$$F_c = (15.2R_0 - 112.8) \times 0.1 \text{ (MPa)} \quad \text{식 (3.4.4)}$$

여기서, 과학기술부의 $R_0 = R \times \alpha$

$$(\alpha = 6.36 / t + 0.7) \quad t : 28\text{일보다 큰 재령일수}$$

마) 28일 강도의 추정

수년이 경과한 콘크리트 구조물은 표면경도가 높기 때문에 식(3.4.5)과 같이 재령계수를 곱하여 압축강도를 추정한다. 콘크리트의 재령에 따른 압축강도 보정계수 α 는 <표 3.5.5>과 같으며, 3,000일 이상의 재령에 대해서는 0.63을 적용한다.

$$\circ F_n = \alpha \cdot F_c \quad \text{식 (3.4.5)}$$

여기서, α 는 재령계수

<표 3.5.5> 재령계수 α 의 값

재령일	7	15	28	30	60	100	300	500	1000	3000
α	1.67	1.32	1.00	0.99	0.86	0.78	0.70	0.67	0.65	0.63

2) 반발경도시험 보고서

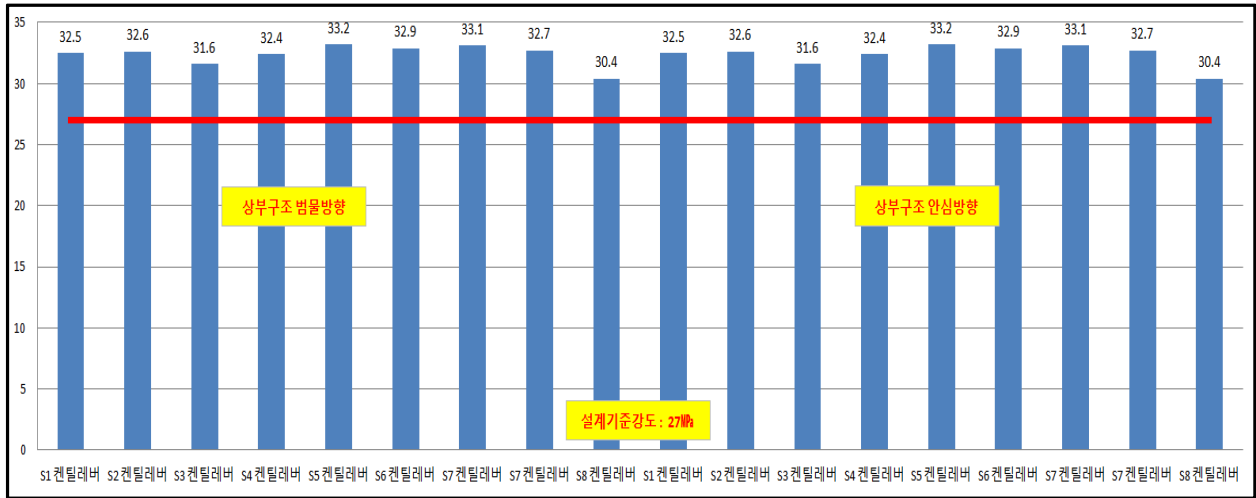
구 분	내 용
시험 일자, 시간	- 2019년 05월 10일, 09:00~17:00 - 2019년 05월 15일, 09:00~17:00
구조물에서 시험 영역의 위치	- 상·하부구조 교대 및 교각, 바닥판하면
시험 대상 구조물 또는 표본에 대한 설명	- 각 시험개소별 Data Sheet에 표기
콘크리트의 설계 조건	- 상부 : $f_{ck}=27.0\text{MPa}$ - 하부 : $f_{ck}=24.0\text{MPa}$
시험 위치의 표면 상태	- 건전부 : 콘크리트의 표면상태는 균열/박리/화재 피해가 거의 없는 건전한 상태를 유지하고 있음 - 비건전부 : 콘크리트의 표면상태는 균열/누수/재료분리/박리/박락 등의 표면불량 상태임
시험시의 온도 및 콘크리트의 재령	- $20.2^{\circ}\text{C} \sim 22.7^{\circ}\text{C}$, 3,000일 이상
타격방향	- 바닥판하면 90° - 하부구조 0°
콘크리트 내부 함수 상태	-콘크리트 표면은 표면건조상태이나 그라인딩을 통해 표면부를 제거하고 시험하였음
반발경도측정기 종류	-Proceq NR-Type

3) 비파괴 강도시험 결과

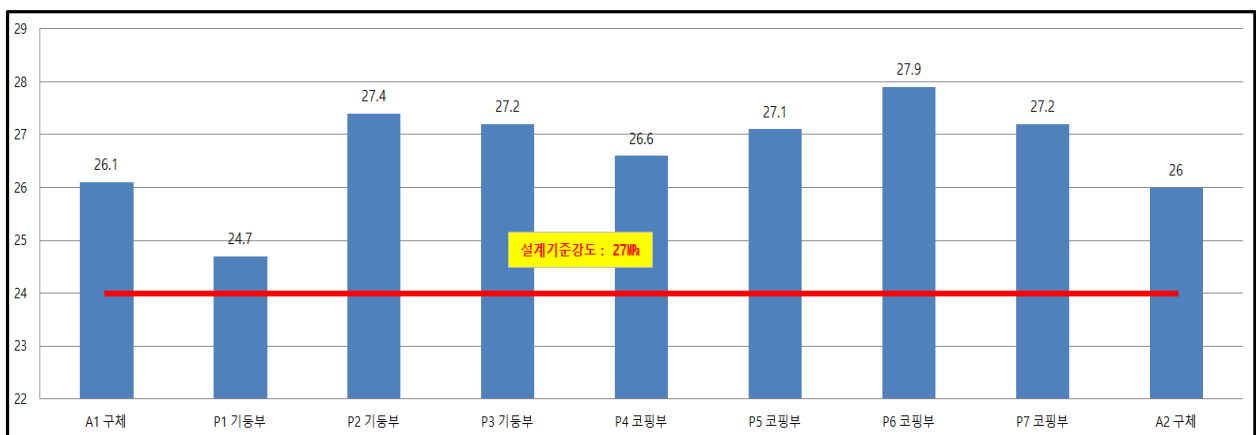
<표 3.5.6> 비파괴 강도시험 결과

시험위치			반발 경도 (R0)	반발경도(MPa)		평균강도 (MPa)	설계강도 (MPa)	비고
				일본 재료학회	일본 건축학회			
상부 구조	범물 방향	S1 켄틸레버	55.97	33.6	31.4	32.5	27.0	120.4 %
		S2 켄틸레버	56.19	33.7	31.5	32.6		120.7 %
		S3 켄틸레버	54.57	32.4	30.8	31.6		117.0 %
		S4 켄틸레버	55.76	33.4	31.3	32.4		120.0 %
		S5 켄틸레버	57.05	34.4	31.9	33.2		123.0 %
		S6 켄틸레버	56.62	34.1	31.7	32.9		121.9 %
		S7 켄틸레버	56.84	34.3	31.8	33.1		122.6 %
		S7 켄틸레버 (비건전부)	56.30	33.8	31.5	32.7		121.1 %
	안심 방향	S8 켄틸레버	52.62	30.9	29.9	30.4		112.6 %
		S1 켄틸레버	55.22	33.0	31.1	32.1		118.9 %
		S2 켄틸레버	54.14	32.1	30.6	31.4		116.3 %
		S3 켄틸레버	55.43	33.1	31.2	32.2		119.3 %
		S4 켄틸레버	54.35	32.3	30.7	31.5		116.7 %
		S5 켄틸레버	54.35	32.3	30.7	31.5		116.7 %
		S6 켄틸레버	53.27	31.4	30.2	30.8		114.1 %
		S6 켄틸레버 (비건전부)	54.46	32.4	30.7	31.6		117.0 %
		S7 켄틸레버	54.14	32.1	30.6	31.4		116.3 %
		S8 켄틸레버	55.65	33.3	31.3	32.3		119.6 %
하부 구조		A1 구체	45.80	25.4	26.8	26.1	24.0	108.8 %
		P1 기둥부	43.60	23.6	25.8	24.7		102.9 %
		P2 기둥부	47.80	27.0	27.7	27.4		114.2 %
		P3 기둥부	47.60	26.8	27.6	27.2		113.3 %
		P4 코핑부	46.50	26.0	27.1	26.6		110.8 %
		P5 코핑부	47.30	26.6	27.5	27.1		112.9 %
		P6 코핑부	48.70	27.7	28.1	27.9		116.2 %
		P7 코핑부	47.50	26.8	27.6	27.2		113.3 %
		A2 구체	45.50	25.2	26.7	26.0		108.3 %

4) 비파괴 강도시험 결과 분석



<그림 3.5.4> 상부구조 비파괴 시험결과



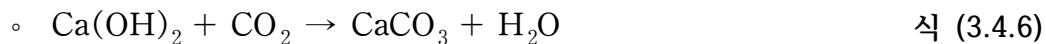
<그림 3.5.5> 하부구조 비파괴 시험결과

비파괴 강도시험 결과, 범물방향 상부구조의 압축강도 30.4~33.2MPa, 안심방향 상부구조의 압축강도 30.8~32.3MPa 하부구조의 압축강도 26.0~27.9MPa로 측정되었으며, 상부구조 설계기준강도 27.0MPa, 하부구조 설계기준 강도 24.0 MPa로 결과값은 설계기준강도 이상으로 측정되었다.

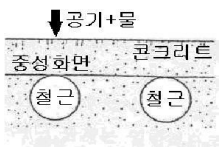
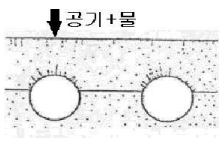
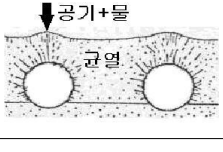
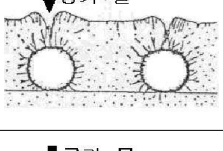
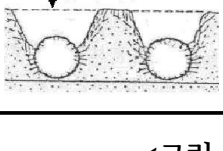
나. 탄산화 깊이 측정

1) 개요

탄산화는 굳은 콘크리트와 공기 중의 탄산가스가 반응하면서 알칼리성을 잃게 되는 현상을 일컫는다. 즉 건전한 콘크리트는 경화 시멘트풀의 수산화 화합물 중 약 25%를 차지하는 수산화칼슘($\text{Ca}(\text{OH})_2$)의 영향으로 pH가 12~13인 강알칼리성을 나타내나 탄산가스가 수산화칼슘과 반응하면 탄산칼슘(CaCO_3)으로 환원되면서 표면부터 콘크리트의 pH가 서서히 10 이하로 낮아지는 현상이다.



콘크리트는 탄산화에 의해 직접적으로 성능이 저하되는 것은 아니며, 단지 탄산화가 문제가 되는 이유는 탄산화가 피복두께를 넘어서 철근의 표면에 도달하게 되면 철근표면을 감싸고 있던 부동태 피막이 파괴되면서 철근표면에 부식이 시작되기 때문이다. 탄산화에 의한 철근부식 메커니즘은 다음과 같다.

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 팽창한다. 균열이 표면까지 연장되어 공기와 수분의 침입이 격화되어 동해 등의 다른 열화도 유발시키며 녹물이 보임
STEP 4		철근 윗면의 피복이 부수어져 떨어지고, 철근의 노출이 시작 철근단면적이 감소
STEP 5		철근 윗면이 거의 없어지고 철근은 공기 중에 직접 노출 내구성능은 없음

<그림 3.5.6> 탄산화에 의한 철근부식 메커니즘

2) 탄산화 깊이 산정방법

대기 중의 탄산가스에 의한 콘크리트 표면으로부터 탄산화 진행을 경과시간의 함수로서 표현한 것이 탄산화 속도식이다. 탄산화가 정상상태에서 탄산가스의 콘크리트내부 확산에 따라 생긴다고 가정하면, 탄산화깊이(C)는 경과시간(t)의 평방근에 비례한다고 하는 식이 도출된다. 이것은 통상, $\sqrt{t}$ 법으로 불리며, 가장 일반적으로 사용되고 있다.

$$C = A\sqrt{t} \quad \text{식 (3.4.7)}$$

위 식에서 계수 A는 탄산화속도 계수라고 하며, A의 수치가 큰 만큼 탄산화 속도가 크게 된다. 계수 A는 콘크리트의 재료적 요인 및 환경조건에 의해 정해지는 복잡한 함수이다. 지금까지 제안되고 있는 실용적인 제안식을 요약하면 다음과 같다.

<표 3.5.7> 탄산화 속도식 비교

구분	탄산화 속도식	비고
하마다식 (浜田式)	$t = \frac{0.3(1.15 + 3x)/(x - 0.25)^2}{R} C^2$	x : 물-시멘트 비 R : 탄산화비율(시멘트, 골재, 활성제의 종류에 따른 계수)
키시타나식 (岸谷式)	$t = \frac{0.3(1.15 + 3x)}{R^2(x - 0.25)^2} C^2 \quad (x \geq 0.6)$ $t = \frac{(7.2)}{R^2(4.6x - 1.76)^2} C^2 \quad (x \leq 0.6)$	x : 물-시멘트 비 R : 탄산화비율(시멘트, 골재, 활성제의 종류에 따른 계수)
시로야마식 (白山式)	$t = \alpha\beta\gamma\delta\epsilon \frac{5000}{(x - 38)^2} C^2$	x : 물-시멘트 비 $\alpha\beta\gamma\delta\epsilon$: 골재, 혼화제, 시멘트, 시공정도, 마감재, 실내외 등에 따른 계수
요다식 (依田式)	$t = \alpha\beta\gamma \frac{262}{(100x - 18)^2} \times C^2 \quad (\text{실내})$ $t = \alpha\beta\gamma \frac{155}{(100x - 36)^2} \times C^2 \quad (\text{실외})$	x : 물-시멘트 비 α : 콘크리트 품질계수 β : 탄산화지연 효과 계수 γ : 환경조건(일반의 경우 1.0)

3) 경과년수에 따른 수명평가

탄산화에 의한 수명평가는 경과년수와 탄산화깊이와의 관계를 통해 탄산화속도 계수를 역추적하여 탄산화가 철근에 도달하는 시간을 수명으로 계산하였다. 앞서 언급한 식 $C = A\sqrt{t}$ 에서 준공 후 현재까지의 경과년수 t 는 설계도로부터 구할 수 있고 탄산화깊이 C 는 현장조사를 통하여 얻을 수 있으므로 탄산화속도 계수 A 를 계산할 수 있다. 이에 따라 다음 식을 통하여 현재로부터 탄산화가 철근에 도달하는데 걸리는 시간을 추정할 수 있다.

$$t_d = \frac{D_c^2}{A^2} - t_0 \quad \text{식 (3.4.8)}$$

여기서, t_d 는 현재로부터 탄산화가 철근에 도달하는데 걸리는 시간, D_c 는 현장조사로부터 얻어진 철근까지의 피복두께(mm), A 는 탄산화시험으로부터 계산된 계수, t_0 는 현재의 구조물 경과시간이다.

4) 탄산화 진행상태에 따른 상태평가 기준

탄산화 진행 상태는 피복두께의 절대값이 클수록 탄산화 잔여 절대값이 커지므로 피복 두께가 클수록 일반적으로 철근부식까지의 탄산화 도달시간에 대한 여유가 크다. 피복 두께와 탄산화 측정 깊이를 고려한 철근 콘크리트 구조물에서의 탄산화 진행 상태에 대한 평가 기준은 다음과 같다.

<표 3.5.8> 탄산화 상태평가 기준

기준	탄산화 잔여 깊이	철근부식의 가능성
a	30mm 이상	탄산화에 의한 부식 발생우려 없음
b	10mm이상~30mm미만	향후 탄산화에 의한 부식발생 가능성 있음
c	0mm이상~10mm미만	탄산화에 의한 부식발생 가능성 높음
d	0mm미만	철근부식 발생
e	-	-

5) 탄산화시험 보고서

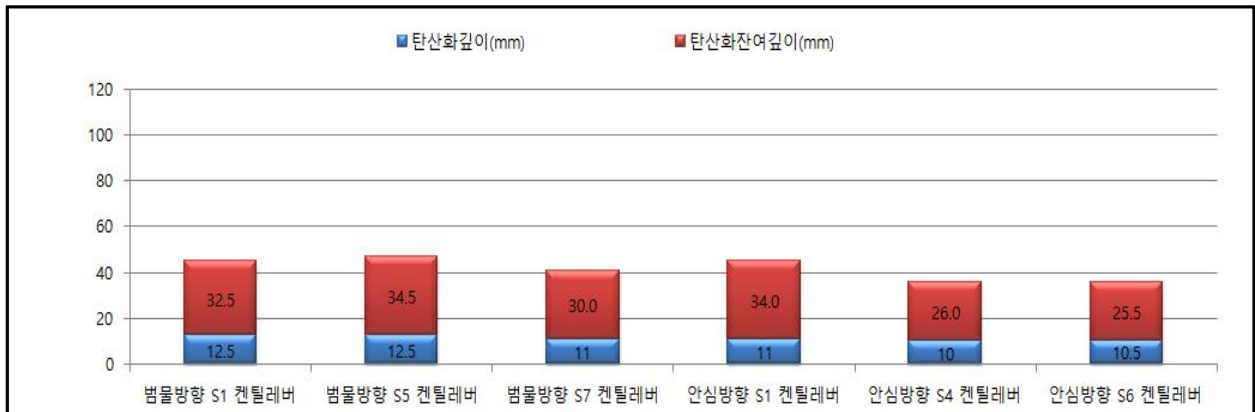
구 분	내 용
시험 일자, 시간	- 2019년 05월 10일, 09:00~17:00 - 2019년 05월 15일, 09:00~17:00
구조물에서 시험 영역의 위치	- 상·하부구조 교대 및 교각, 바닥판하면
시험 대상 구조물 또는 표본에 대한 설명	- 각 시험개소별 Data Sheet에 표기
시험면 종류	- 콘크리트 드릴링
시약	- 페놀프탈레인 용액
시험시의 온도	- 20.2℃ ~ 22.7℃
측정기구	- 버니어캘리퍼스
탄산화깊이측정 시험값	- 측정, 시험, 계측 성과표 참조

6) 탄산화 시험 결과

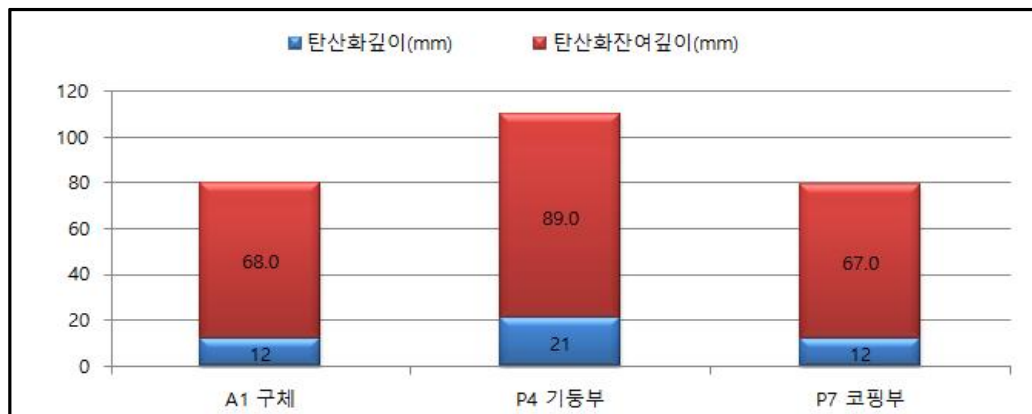
<표 3.5.9> 탄산화 시험 결과

시험위치			탄산화깊이 (mm)	실측피복 (mm)	잔여깊이 (mm)	탄산화 속도계수(A)	잔존수명 예측(년)	상태 등급	비고
상부 구조	범물 방향	S1 켄틸레버	12.5	45.0	32.5	3.03	100년이상	a	
		S5 켄틸레버	12.5	47.0	34.5	3.03	100년이상	a	
		S7 켄틸레버	11.0	41.0	30.0	2.67	100년이상	a	
	안심 방향	S1 켄틸레버	11.0	45.0	34.0	2.67	100년이상	a	
		S4 켄틸레버	10.0	36.0	26.0	2.43	100년이상	b	
		S6 켄틸레버	10.5	36.0	25.5	2.55	100년이상	b	
하부 구조	A1 구체		12.0	80.0	68.0	2.91	100년이상	a	
	P4 기둥부		21.0	110.0	89.0	5.09	100년이상	a	
	P7 코핑부		12.0	79.0	67.0	2.91	100년이상	a	

7) 탄산화 시험 결과 분석



<그림 3.5.7> 상부구조 탄산화 깊이 측정결과



<그림 3.5.8> 하부구조 탄산화 깊이 측정결과

금회 점검시 피복 두께는 철근탐사기를 사용하여 실측 피복두께를 측정하였고, 결과값은 부록에 첨부하였다. 탄산화 깊이에 대한 평가는 철근으로부터 탄산화의 남은 깊이를 지표로 하여 탄산화에 의한 강재부식 가능성을 나타낸 것으로 상부구조의 탄산화깊이는 범물방향 11.0~12.5mm, 안심방향 10.1~11.0mm로 측정되었으며, 잔여깊이가 20mm이상, 하부구조의 탄산화 깊이는 12.0~21.0mm로 잔여깊이가 10mm~30mm미만으로 향후 탄산화에 의한 부식발생 가능성 있는 세부지침 기준 "b"등급으로 평가되었다.

3.5.3 내구성 평가 결과

가. 콘크리트 품질조사 및 시험 결과

1) 반발경도 강도

- 반발경도에 의한 비파괴 강도시험 결과, 상부구조 압축강도 30.4~33.2MPa, 하부구조 압축강도 26.0~27.9MPa로 측정되어, 연호고가교의 콘크리트압축강도는 양호한 것으로 판단된다.

2) 탄산화시험

- 탄산화깊이는 상부구조 10.0~12.5mm로 측정되었으며, 잔여깊이가 10mm~30mm미만으로 향후 탄산화에 의한 부식발생 가능성 있는 세부지침 기준 "b"등급으로 평가되었다.

나. 전회차(2017년) 시험결과와의 비교 분석

1) 전회차 시험결과 비교

시험항목		2017년 정밀안전진단	2019년 정밀점검
반발경도법	범물 방향	·상부구조 : 26.6~30.1(MPa) ·하부구조 : 24.4~28.(MPa)	·상부구조 : 30.4~33.2(MPa) ·하부구조 : 26.0~27.9(MPa)
	안심 방향		·상부구조 : 30.8~32.3(MPa)
탄산화 깊이	범물 방향	·측정 범위 : 8.5~14.8mm ·잔여깊이 : 20.0~30.0mm	·측정 범위 : 11.0~21.0mm ·잔여깊이 : 30.0~89.0mm
	안심 방향		·측정 범위 : 10.0~11.0mm ·잔여깊이 : 25.5~34.0mm

2) 전회차 시험결과와의 비교 분석

- 전회차 정밀안전진단과 비교해본 콘크리트 압축강도시험 결과, 측정위치에 따른 편차가 존재하나 설계기준강도 비교시 내구성에는 문제가 없을 것으로 사료된다.
- 탄산화 시험의 전회차 비교결과, 측정위치에 따른 측정값의 차이는 있으나 전반적으로 탄산화에 의한 철근부식의 영향은 미미한 것으로 판단된다.

