

제 3장 현장조사 및 시험

3.1 개요

3.2 외관조사(발안IC방향)

3.3 외관조사(향남방향)

3.4 콘크리트 내구성조사

3.5 강재 내구성조사

3.6 현장조사 및 시험 결과요약

제 3장 현장조사 및 시험

3.1 개 요

시설물의 안전 및 유지관리실시 세부지침-교량편(2019. 09, 국토교통부, 국토안전관리원)」의 실시요령에 따라 시설물에 내재되어 있는 위험요인이나 시설물 기능 및 성능저하, 상태 등을 신속·정확하게 검사·평가하는데 주안점을 두고 외관조사를 실시하였다.

본 시설물에 대한 외관조사는 대상 교량의 물리적, 기능적 결함을 발견하고 안전성을 판단함을 목적으로 교량부재 전체에 대하여 가능한 근접한 상태에서 육안조사를 실시함을 원칙(교량 굴절차, 고소점검차 등을 이용한 육안조사)으로 하였다. 금회 정밀안전진단 시 사전 현장답사를 통해 주변여건을 파악하여 현장접근에 필요한 접근방법 및 장비동원과 그에 따른 일정계획을 수립하고, 기초자료의 수집 및 분석을 통한 주요 손상을 파악하는 등의 사전검토를 통하여 주요 손상들을 확인하였다.

3.1.1 시설물 개요

- (1) 본 과업 대상 교량인 상신육교는 발안IC방향, 향남방향으로 분리되어 2011년 3월(1등교, DB-24) 최초 준공되어진 시설물로서, 교량의 위치는 “경기도 화성시 향남면 하길리”에 위치하며, 발안IC방향의 총연장은 515.0m(40+35+60+55+2@50+35+2@50+2@45), 향남방향의 총연장은 490.0m(35+45+35+2@60+55+4@50)로 구성되어 있다.
- (2) 상신육교의 총 폭은 발안IC방향 14.2~17.449m(3~4차로), 향남방향 13.68~22.027m(3~4차로)이며, 상부구조 형식은 Steel Box Girder로 구성되어 있고, 설계하중은 DB-24(1등교)이다. 하부구조는 역T형 교대(2기)가 양방향에 설치되어 있고, 교각은 T형 형식으로 발안IC방향(10기), 향남방향(9기)가 적용되어 있으며, 기초는 교대에서 강관파일기초, 교각에서 직접기초 및 강관파일기초가 적용되어 공용중에 있다.
- (3) 본 외관조사는 대상 교량의 물리적, 기능적 결함을 발견하고, 내구성 및 안전성 평가를 위해 사다리등의 장비를 사용하여 교량전체 부재에 대하여 가능한 근접한 상태에서 조사를 실시하였고, 외관조사는 상·하부 구조 및 부속시설물로 구분하여 구조물의 현 상태를 조사하였으며, “시설물의 안전 및 유지관리실시 세부지침(국토교통부, 국토안전관리원, 2019. 09)”의 평가기준에 근거하여 구조물에 발생한 손상정도에 따라 등급 a~e의 5단계

로 구분하여 판정하였다.

- (4) 공용중인 시설물에 있어서 콘크리트 구조물의 표면에 발생된 결함, 손상, 열화현상 등은 준공 후 장기간의 시간이 지난 후에 조사되므로 손상 및 변상원인이 콘크리트의 재료적 성질, 시공상 결함, 사용환경조건, 구조 외력 등에 관련된 경우인지를 파악하기가 어려움이 있으나, 구체 내면에서 육안으로 확인할 수 있는 결함, 손상 및 열화현상(균열, 누수, 박리, 박락)은 건설당시 관련자료와 시공상태, 공용중인 환경상태 등을 고려하고 결함 및 손상의 형태, 규모 등을 분석하면 응력의 분포상태에 따른 변상원인의 추정과 진행성 여부 확인이 가능하다. 따라서 과업 대상시설물에 대한 외관조사는 구조물의 안전성, 내구성 및 사용성 저하 요인을 정확하게 판단하기 위하여 기존 점검 이력 및 시공자료 검토의 선행 후 조사 방향을 결정하였다.
- (5) 외관조사 시 정밀한 조사를 실시하기 위하여 교량굴절차, 고소작업차, 점검통로 등의 점검 장비를 이용한 근접조사를 원칙으로 시행하였으며, 점검망치를 이용한 청음조사를 통해 콘크리트 박리 및 층분리, 공동 발생여부를 조사하였고, 확인된 손상은 이력관리를 통한 기초적인 유지관리가 이루어질 수 있도록 외관조사망도를 작성하였다.

3.1.2 현장조사 기간

본 과업대상 교량인 상신육교(발안IC, 향남)의 정밀안전진단 수행시 현장조사는 상부구조, 하부구조 중심으로 수행하였으며 주요 현장조사 기간은 다음 【표 3.1.1】 과 같다.

【표 3.1.1】 현장조사 기간

구분	기간	조사 구간	주요 조사 내용	점검 장비	비고
1차 조사	2021. 07. 13 ~ 2021. 07. 15	▶ 하부구조 현장조사 ▶ 유간 변화량 측정 (신축이음, 교량받침)	▶ 강 박스내부 ▶ 가동 상태 확인	▶ 교량점검로 ▶ 도보	-
2차 조사	2021. 07. 19 ~ 2021. 07. 22	▶ 교면 포장부조사 ▶ 하부구조 현장조사 ▶ 비파괴시험	▶ 교면포장 균열, 패임, 파손 ▶ 배수구 막힘(우기시) ▶ 신축이음누수(우기시) ▶ 교각 균열 및 박리, 박락 ▶ 강재 주형 녹, 부식	▶ 교량점검로 ▶ 고소작업차 ▶ 교량점검차 ▶ 교통통제	-

3.1.3 부재 제원 확인

상신육교(발안IC, 향남)의 부재 제원 확인을 위해 각각의 부재별로 실측 조사를 실시하고 이를 준공도와 비교·검토하여 주요 부재의 규격을 확인하였다.

【표 3.1.2】 부재제원 확인

	구 분		부재제원		실측결과		비 고
			발안IC	향남	발안IC	향남	
상 신 육 교	상부 구조	Steel Box	B=2.80m	B=2.80m	B=2.80m	B=2.80m	
		Girder (S1)	H=2.30m	H=2.30m	H=2.30m	H=2.30m	
	하부 구조	교 대 (A1, A2)	B=14.775m(A1)	B=13.625m(A1)	B=14.775m(A1)	B=13.625m(A1)	
			B=14.775m(A2)	B=13.625m(A2)	B=14.775m(A2)	B=13.625m(A2)	
		교 각 (P1)	B=4.50m(기둥)	B=4.50m(기둥)	B=4.50m(기둥)	B=4.50m(기둥)	
	받침 장치	간격(P1)	9.35m	8.725m	9.35m	8.725m	
받침 콘크리트		1,350×1,225	1,300×1,200	1,350×1,225	1,300×1,200		
측정 결과	▪ 부재제원의 실측결과, 전반적으로 준공도상의 제원과 일치하는 것으로 검토됨.						

■ 상신육교(발안IC, 향남) 정밀안전진단 현장조사 현황



교면포장부 교통통제 후 현장조사



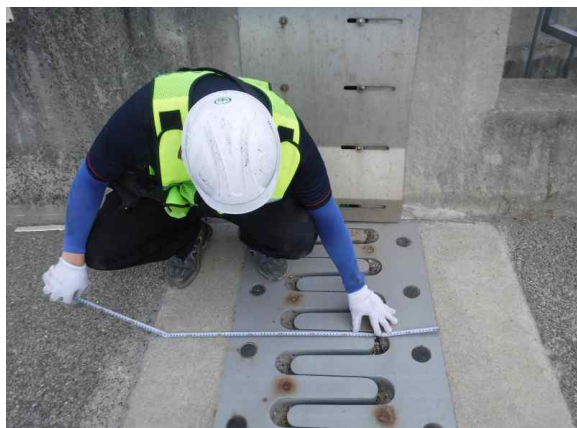
도보를 이용한 현장조사



교통통제 후 교량점검차 이용한 현장조사



고소 점검차 이용한 현장조사



신축이음장치 유간측정



구조부재 규격조사

3.1.4 현장조사 주요 점검 항목

가. 주요 점검 항목

교량 구조물의 주요 점검항목은 다음과 같다.

【표 3.1.3】 주요 점검항목

점 검 부 위		점 검 항 목
공통사항		▶ 박리, 박락, 층분리, 철근노출(피복두께 부족), 파손 ▶ 백태(유리석회), 오염 ▶ 재료분리
거더교	강재	▶ 용접부 균열, 변형 등 ▶ 부재 변형, 좌굴, 처짐, 볼트이완 및 누락, 도장박리 및 부식발생 여부 등
바닥판하면, 캔틸레버부	단부	▶ 부스러짐 ▶ 사인장균열
	중앙부	▶ 휨균열
점검요령		▶ 점검방법 - 도보접근이 불가능한 구간은 점검장비를 이용 근접 점검 - 슬래브의 중앙부 횡방향 균열은 구조적 균열의 형태로써 균열폭, 진전사항 등을 파악하기 위하여 균열 시·종점을 표시하여 정기적으로 진전여부 관찰 - 부모멘트가 발생하는 연속 받침부는 상부에서 하부로, 정모멘트가 발생하는 중앙부 구간은 하부에서 상부 순서로 점검을 진행 - 균열로부터 녹물 유출 여부 조사(철근 부식) - 망상균열, 층분리, 누수나 백태흔적이 발견될 경우 점검용 망치를 두드려 나는 소리로서 내부결함의 존재여부를 추정, 내부에 결함 존재시 외관상 건전한 부위에서도 편칭 전단파괴의 우려가 있음 - 우기시 바닥판 및 신축이음, 강박스 내부, 배수시설에 대한 중점조사 실시 ▶ 점검시 유의사항 - 균열은 발생위치, 균열폭, 진전길이, 반복성(공통성) 등을 종합적으로 고려하여 발생 원인 규명, 보수·보강 등 조치방법을 수립할 수 있도록 주변여건 조사 - 큰 균열이라도 상당히 오래전에 발생하여 안정된 것이 있는 반면에 미세균열 일지라도 운하중의 반복재하에 의해 점차 커지는 균열이 있으므로 균열조사시 미세한 균열에도 주의 - 누수 및 백태가 발견된 부위는 콘크리트 바닥판 상태불량, 방수층의 파손이 원인 일 수 있으므로 상부조사를 통한 원인분석 필요 - 환경적 요인에 의하여 열화가 심한 부분은 부식 환경을 확인하기 위하여 탄산화 시험 실시
점검도구		필기도구(소형보드판, 매직, 분필), 외관망도, 줄자(5m), 균열자, 점검망치, 손전등, 카메라, 발전기, 사다리, 고소점검차, 조명장치, 안전벨트, 개인안전보호구 등

나. 주요 손상 분류

교량 구조부위에서 조사된 결함 및 손상내용과 손상원인을 기술하였으며 『시설물의 안전 및 유지관리실시 세부지침(2019.09)』을 참조하여 각 구조 부위별로 발생 될 수 있는 결함 및 손상 항목을 기술하였다.

【표 3.1.4】 상부 구조 조사 항목

구분		외관조사항목	
상 부 구 조	바닥판	균열	각 거더 중앙부 종방향 (횡)균열, 받침부 측면 경사(전단)균열,
		박리, 박락, 철근노출, 파손	피복두께 부족, 철근부식
		백태, 오염	누수·백태, 철근노출
	배수 시설	파손, 배수관 길이	연결 고정부 탈락으로 흔들림, 배수관 파손, 부식, 길이부족으로 거더 오염
		누수, 물고임(체수)	배수관 내부 막힘
		오염	배수구(관) 오물퇴적
		위치불량	도로상 및 구조물 상부에 위치
	난간 및 연석	부식, 파손	표면 부식, 외부 충격에 의한 파손, 레일 탈락
	바닥판	균열	각 거더 중앙부 종방향 (횡)균열, 받침부 측면 경사(전단)균열,
		박리, 박락, 철근노출, 파손	피복두께 부족, 철근부식
		백태, 오염	누수·백태, 철근노출
	신축이음	누수, 오염	배수시설 누락, 방수재 파손
		유간(거동상태)	유간 폐쇄, 간섭, 유간 과다
		파손, 탈락	충격음, 본체 흔들림, 앵커 탈락
	거더 및 가로보	균열	측면 경사 균열, 횡방향 균열
		박리, 박락, 파손, 거푸집미제거	가로보 주변
		철근, 강재, 부식	부식, 변형, 균열

【표 3.1.5】 하부 구조 조사 항목

구분		외관조사항목	
교대	기초	지반	세굴, 융기, 침하, 이동
		호안공	침하, 이동, 유실 몰탈 균열, 줄눈 상태 균열, 침식, 공동, 재료 노후화 상태
		본체	기초 노출, 침식, 침하, 이동
	교대 상부		균열, 박락, 철근노출 및 부식, 백태, 변색, 표면열화, 누수, 물고임, 수평, 수직이동
	날개벽	석축	모르타르 이음부 균열, 치장줄눈 상태 침식, 공동, 배부름, 재료 노후화
		콘크리트	균열, 박락, 철근노출 및 부식, 백태, 변색, 표면열화, 재료분리, 누수, 물고임, 이동
	구체		균열, 박락, 철근노출 및 부식, 백태, 변색, 표면열화, 재료분리, 누수, 물고임, 이동
	홍벽과 보의 끝부분		균열, 박락 및 유간 간섭 유무
	배수관 및 배수구		기능성 유무, 이물질 유입 여부
교각	코핑		코핑상부 균열, 철근노출 및 부식, 백태 및 표면열화, 재료분리, 누수, 물고임, 수평이동, 경사 및 침하 흔적, 오물축적여부
	구체		균열, 박락, 재료분리철근노출 및 부식, 침식, 마모, 누수, 이동
	기초	지반	세굴 융기 침하 보조 사석의 안정성 및 재질 상태
		본체	노출, 침식, 침하, 이동, 경사
교량 받침	받침본체		마찰면, 및 구동면의 부식 및 이물질 부착 여부 부상 방지장치 상태(사이드 블록) 받침부의 균열, 파쇄, 강재 부식 볼트 및 너트 체결 상태 받침 활동 여유량, 받침 방향 밀림 및 변형 상태
	접합부		받침몰탈 균열 및 박락 앵커볼트 변형, 파손, 절단, 너트의 이완 받침면과 부재 접합부의 이격 여부 받침 부근 토사되적으로 기능 장애 여부
	점검로		고정철물 부착상태

3.1.5 중대한 결함의 기준 및 발생여부

가. 중대한 결함의 기준

시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법 제22조 제1항에서 "대통령령으로 정하는 중대한 결함"은 구조물의 안전에 직접 영향을 미치는 중대한 사항들에 대한 것으로, 이러한 중대 결함들은 시행령 제18조와 시행규칙 제19조에 명시되어 있으며 그 내용은 다음과 같고, 시설물의 전반적인 상태 및 환경 여건에 따라 책임기술자가 조정할 수 있다.

1) 교량 교각의 부등침하

- 기초의 부등침하로 인한 구체 기울음이 발생하여 상태등급 "d" 이하로 판정되는 경우

2) 교량 교좌장치(받침장치)의 파손

- 강재 받침 신축거동 장애, 본체 파손, 받침 들뜸(1/2이상), 받침 탈락 또는 침하 발생 가능성이 있어 상태등급 "d" 이하로 판정되는 경우

3) 시설물의 철근콘크리트의 염해 또는 탄산화에 따른 내력손실

- 콘크리트 탄산화 잔여 깊이 또는 콘크리트 전염화물 이온량 등에 대한 상태평가 기준이 "d" 판정으로 철근노출에 대한 상태평가 기준이 "e"를 포함하는 경우

나. 중대한 결함의 발생여부

금회 실시한 정밀안전진단 결과 대상시설물의 중대한 결함은 확인되지 않았다.

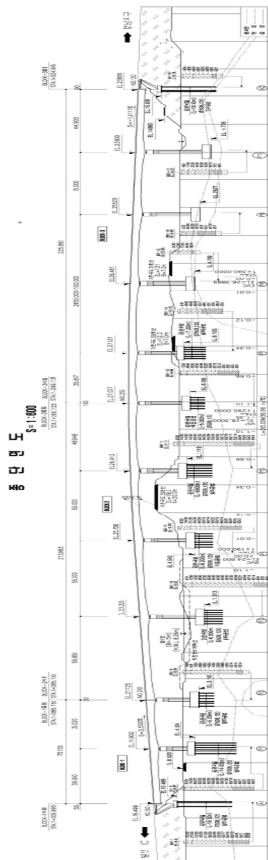
3.2 외관조사(발안IC방향)

3.2.1 본선

본 과업 대상 교량인 상신육교(발안IC방향, 본선)는 2011년 3월 준공된 시설물로서 교량의 위치는 “경기도 화성시 향남면 하길리”에 위치하며, 교량의 형식은 Steel Box Girder교로 구성되어 있다.

상신육교(발안IC방향, 본선)는 연장 $L = 515.0\text{m}(40+35+60+55+2@50+35+2@50+2@45)$, 11경간으로, 교폭은 $B=14.2\sim 17.449\text{m}$ (3~4차로)의 강상형(Steel Box Girder)으로 시공되어 있으며, 하부구조는 역T형 교대(2기)와 T형 교각(10기)로 구성되어 있다.

【표 3.2.1】 상신육교(발안IC방향, 본선) 현황

시 설 물 명			발안IC방향, 본선	비 고	
상 신 육 교	교 폭		B = 14.2~17.449m (3~4차로)		
	교 장		L = 515.0m		
	구조 형식	상부	11경간		Steel Box Girder
		하 부	교각		T형(10기)
			교대		역T형(2기)
	교량받침		EQS 면진받침(23기) 디스크받침(10기)		
	신축이음		Finger Joint(4개소)		
	설계하중		DB-24		
	준공년도		2011. 03.		
	설 계 사		(주)경동기술공사		
	시 공 사		울트라건설(주)		

가. 상부구조

1) 바닥판 하면

(1) 외관조사 현황

상신육교(발안IC방향, 본선) 바닥판 하면은 콘크리트(T=300mm)로 시공되어 있으며, 바닥판 하면에 대한 현장조사는 근접조사를 위하여 교량점검차 및 고소점검차와 도보를 통해 수행되었다.

(가) 바닥판 하면의 구조형태는 설계⇒시공⇒유지관리(전차 점검이력 확인)시 특별한 변동사항 없이 동일한 형태를 나타내고 있으며, 보강에 따른 응력개선 조치 사항은 확인되지 않았다.

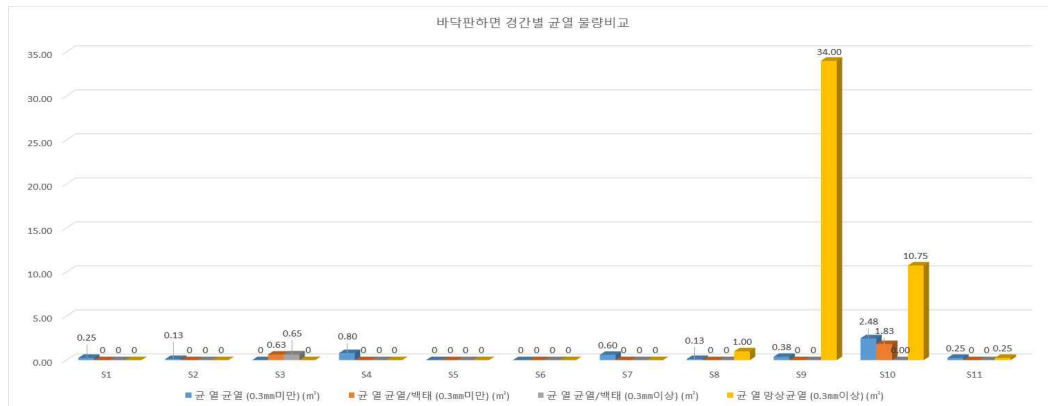
(나) 바닥판 하면에 대한 현장조사결과 0.3mm미만 균열(보수부 재손상 포함), 0.3mm 이상 균열, 백태, 망상균열, 박락/철근노출 등의 손상이 확인되었으며, 2018년 정밀안전점검부터 금회 진단에 이르기까지 손상의 이력 사항을 분석한 결과 과거부터 조사되어온 손상이 대부분으로, 손상의 뚜렷한 증가추세 및 진전여부는 확인되지 않았다.

		
바닥판 상태 (2018년 정밀안전점검)	바닥판 상태 (2020년 정밀안전점검)	바닥판 상태 (2021년 정밀안전진단)

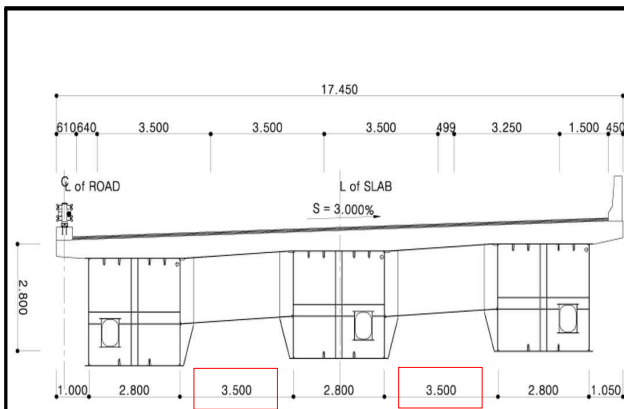
(2) 주요 손상 현황 검토

(가) 바닥판 하면 균열/망상균열

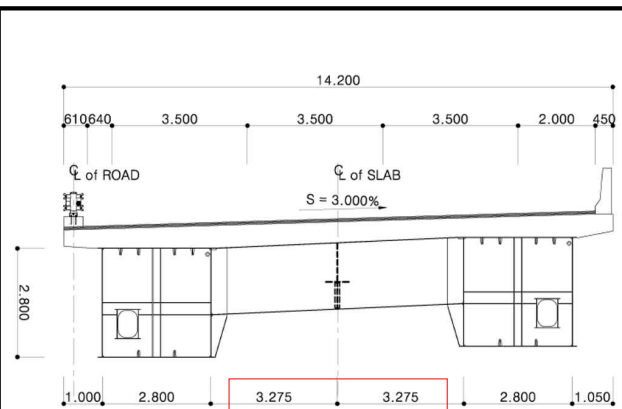
바닥판 하면에서 조사된 망상균열은 종점부 2BOX구간에서 다수 발생하였으며, 이는 경간장이 비교적 짧아 진동의 크기가 크고, 바닥판 하면의 콘크리트 노출 폭도 타구간에 비해 커 처짐의 영향에 의해 종점부 2BOX구간에 다수 발생한 것으로 판단된다.



바닥판 하면 - SPAN별 균열/망상균열 분포도



◦ BLOCK2(S3~6) - 3BOX구간



◦ BLOCK3(S7~11) - 2BOX구간



현황	◦ S8 바닥판 하면 - 균열
원인	◦ 건조수축+교통하중(진동 등)
대책	◦ 표면보수



현황	◦ S10 바닥판 하면 - 망상균열
원인	◦ 건조수축+교통하중(진동 등)
대책	◦ 표면보수

또한, 금회 진단에서 확인된 균열은 대부분 기존 점검과 동일한 규모를 나타내고 있어, 비진행적인 형태를 보이고 있고, 이러한 균열의 특성을 살펴볼 때 발생한 균열은 하중요인에 따른 구조적인 균열이기 보다는 시공초기(콘크리트 타설시 온도관리 불량, 양생불량 등) 또는 공용 중(재료적인 특성에 따른 건조수축과 그에 따른 구속요인, 반복적인 미세한 진동 등)발생한 비구조적인 균열 손상으로 판단되는 만큼 시급한 보수조치 보다는 주기적인 관리/관찰과 함께 장기적인 보수를 계획함이 바람직하겠다.

(나) 바닥판 하면 백태

바닥판 하면에서 국부적으로 백태를 동반한 균열이 확인되었다. 백태의 발생위치는 대부분 캔틸레버구간으로 교면포장부 배수구 이물질퇴적에 의한 배수기능 저하에 따른 체수가 교면방수 불량구간으로 우수유입 되어 발생한 손상으로 판단된다. 기 정밀안전점검에서도 동일한 손상이 조사되었으나, 손상의 진행정도는 경미한 상태이다.

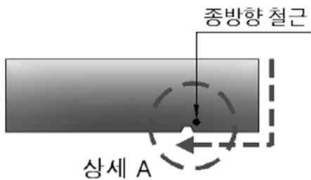
			
현 황	◦ S3 바닥판 하면 - 균열부 백태	현 황	◦ S6 바닥판 하면 - 균열부 백태
원 인	◦ 습윤환경	원 인	◦ 교면방수 불량+우수유입
대 책	◦ 표면처리	대 책	◦ 표면처리, 교면방수처리

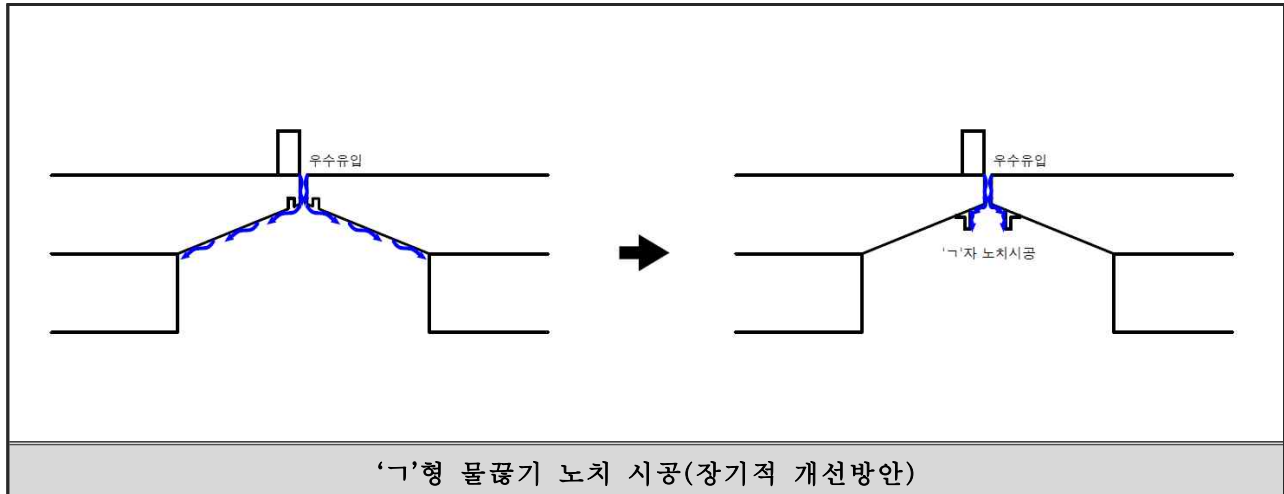
(다) 바닥판 하면 단면결함

바닥판 하면 S9구간에 단면결함(박락/철근노출)이 확인되었다. 이는 상/하행선이 접촉되는 중앙분리대 측 캔틸레버 단부에서 발생하였으며, 조사된 손상은 기 실시한 정밀안전점검과 비교하여 진행은 경미한 상태로 확인되었으나, 지속적인 우수의 유입에 의한 손상의 진행에 우려가 되므로 보수시 우선순위로 보수함이 바람직하다.

조사된 손상은 바닥판 콘크리트와 중앙분리대의 이음부 누수 및 상/하행선 이격부를 통한 우수의 직접적인 침투조건에 의해 바닥판 콘크리트의 미세한 결함 부위를 매개로, 내측 철근

부식과 함께 발생하는 팽창압에 의해 콘크리트의 단면손상이 발생하는 메카니즘을 나타내고 있으며, 이는 장기적으로 손상의 확대와 함께 철근 부식을 가속화 할 수 있는 조건임을 감안할 때 중앙분리대 이음부 종방향 커버설치에 따른 우수침투조건에 근본적인 개선과 함께 콘크리트의 내구성 확보를 위하여 단면손상 부위에 대해서는 우선적으로 철근방청을 병행한 단면복구 보수조치를 실시함이 바람직하겠다.

			
현 황	◦ S9 바닥판 하면 - 박락/철근노출(2020년)	현 황	◦ S9 바닥판 하면 - 박락/철근노출(2021년)
원 인	◦ 외부우수 유입 + 내측 철근부식	원 인	◦ 외부우수 유입 + 내측 철근부식
대 책	◦ 누수지수대책 + 단면복구	대 책	◦ 누수지수대책 + 단면복구
 상세 A  상세 A 캔틸레버하면 우수유입 → 철근부식(강재부식)유발			
캔틸레버 하부 단면손상 발생			



(3) 손상물량

【표 3.2.2】바닥판하면 외관조사 총괄 결과표

손상내용	단위	2018년 점검		2020년 점검		2021년 진단		비고
		물량	개소	물량	개소	물량	개소	
균열(0.3mm 미만)	m	1.00	1.00	3.90	6.00	20.00	22.00	-
균열/백태(0.3mm 미만)	m	1.50	4.00	2.60	6.00	9.80	13.00	-
균열/백태(0.3mm 이상)	m	2.60	4.00	2.60	4.00	2.60	4.00	-
망상균열	m ²	0.25	1.00	15.25	2.00	46.00	9.00	-
테크부식	m ²	0.05	1.00	0.23	3.00	0.25	4.00	-
누수흔적	m ²	0.00	0.00	0.00	0.00	12.00	1.00	-
박리, 박락	m ²	0.00	0.00	0.00	0.00	0.12	3.00	-
철근노출	m ²	0.00	0.00	0.45	1.00	0.45	1.00	-
조인트누수	m	0.00	0.00	2.50	3.00	2.50	3.00	-



바닥판 하면	균 열							
	균열 (0.3mm미만)		균열/백태 (0.3mm미만)		균열/백태 (0.3mm이상)		망상균열	
	물량	개소	물량	개소	물량	개소	물량	개소
	(m)	(EA)	(m)	(EA)	(m)	(EA)	(m²)	(EA)
S1	1	2	-	-	-	-	-	-
S2	0.5	1	-	-	-	-	-	-
S3	-	-	2.5	3	2.6	4	-	-
S4	3.2	4	-	-	-	-	-	-
S5	-	-	-	-	-	-	-	-
S6	-	-	-	-	-	-	-	-
S7	2.4	3	-	-	-	-	-	-
S8	0.5	1	-	-	-	-	1	1
S9	1.5	1	-	-	-	-	34	3
S10	9.9	9	7.3	10	-	-	10.75	4
S11	1	1	-	-	-	-	0.25	1
합계	20	22	9.8	13	2.6	4	46	9

바닥판 하면	열화 및 손상									
	누수흔적		박리		박락/철근노출		조인트누수		테크부식	
	물량	개소	물량	개소	물량	개소	물량	개소	물량	개소
	(m²)	(EA)	(m²)	(EA)	(m²)	(EA)	(m)	(EA)	(m²)	(EA)
S1	-	-	-	-	-	-	1.5	2	-	-
S2	12	1	-	-	-	-	-	-	-	-
S3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S5	-	-	-	-	-	-	-	-	0.25	4
S6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S9	-	-	-	-	0.45	1	-	-	-	-
S10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S11	-	-	0.12	3	-	-	1	1	-	-
합계	12	1	0.12	3	0.45	1	2.5	3	0.25	4

(4) 검토 의견

금회 점검은 최초로 실시하는 정밀안전진단으로 2020년 실시된 정밀안전점검부터 금회 정밀안전진단까지 발생한 손상에 대하여 정량적인 물량 비교를 실시한 결과 폭 0.3mm미만 균열, 망상균열의 경우 2018년 정밀안전점검 이후 손상물량이 다소 증가되어진 것을 확인할 수 있었다. 균열의 진행성이 뚜렷하지 않음을 고려할 때 하중 요인에 따른 물량증가보다는 정밀육안조사를 통해 누락되어진 손상이 추가 확인되어 손상물량이 점차 누적되어진 결과로 판단된다.

손상의 이력사항과 금회 실시한 육안조사결과를 종합적으로 고려할 때 상신육교 발안IC방향의 바닥판에 발생한 손상에 대해서는 시급한 보수조치는 필요치 않겠으나 내구성 확보를 위하여 장기적 유지관리계획에 따른 보수가 필요하다.

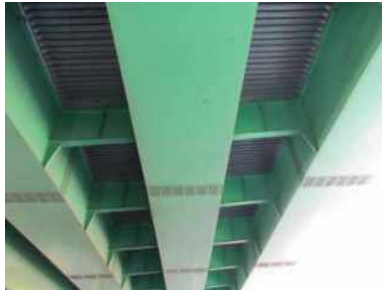
2) 강 거더(STB)

(1) 외관조사 현황

상신육교(발안IC방향, 본선) 강 거더(STB)는 BLOCK1 2.3m×2.8m, BLOCK2,3 2.8m×2.8m의 규모이며, 현장조사는 교량점검차 및 고소점검차와 도보를 이용한 근접조사가 실시되었다.

(가) 강 거더의 구조형태는 설계⇒시공⇒유지관리(전차 점검이력 확인)시 특별한 변동사항 없이 동일한 형태를 나타내고 있으며, 보강에 따른 응력개선 조치 사항은 확인되지 않았다.

(나) 강 거더에 대한 현장조사결과 주요 구조부재에서는 특이한 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었으며, 대부분 거더 내부에서의 부식, 이물질 퇴적, 변형, SP 실링재 미시공, 체수흔적과 거더 외부에서의 굽힘 등의 비구조적 손상이 확인되었으며, 2018년 정밀안전진단부터 금회 진단까지 손상의 이력 사항을 분석한 결과 상세조사에 의한 손상물량이 증가하였으나, 상기 언급한 바와 같은 비구조적 손상으로 시급한 보수를 요하는 손상은 아닌 것으로 판단된다.

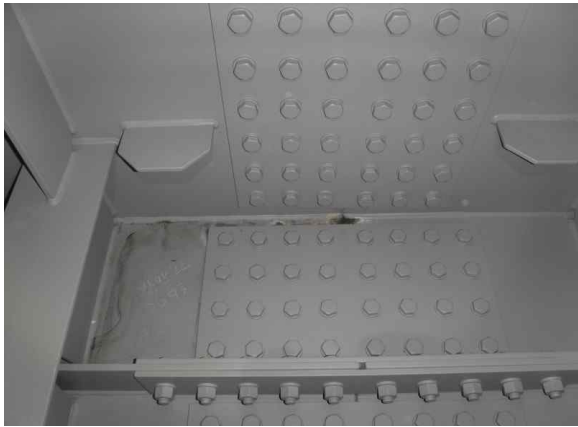
		
강 거더 상태 (2018년 정밀안전점검)	강 거더 상태 (2020년 정밀안전점검)	강 거더 상태 (2021년 정밀안전진단)

(2) 주요 손상 현황 검토

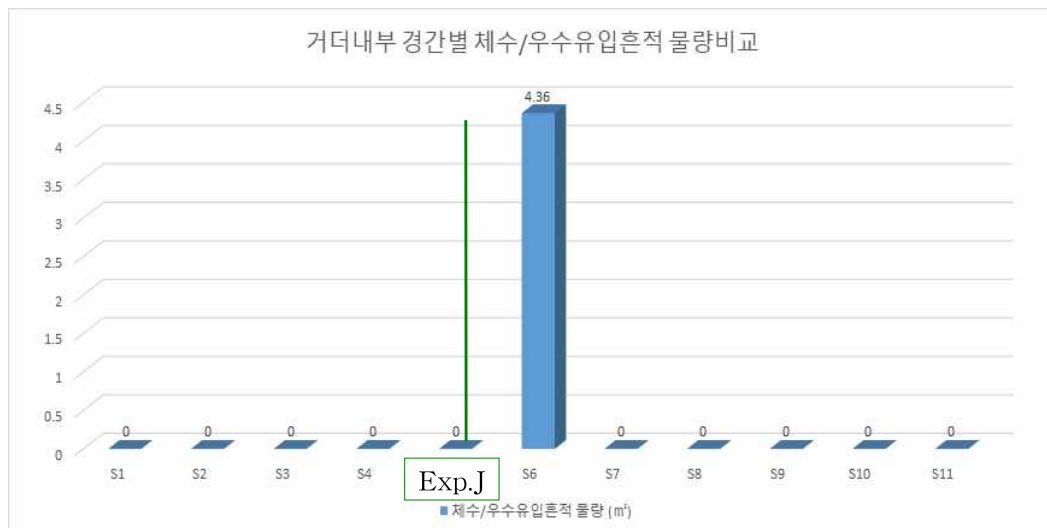
(가) 거더내부

① 거더내부 체수 및 체수흔적

거더내부에서 조사된 체수 및 체수흔적은 S.T.B 출입구 개방(P6) 및 현장이음부(Splice) 충전 불량에 따른 우수의 유입이 가장 큰 원인으로, 강구조의 건전성 확보를 위해 우선적으로 우수유입 방지를 위한 S.T.B 출입구 개방관리가 필요하다.

			
현 황	◦ S6-G2 체수흔적	현 황	◦ S6-G3 Splice구간 점부식
원 인	◦ 우수유입	원 인	◦ Splice 충전불량에 따른 우수 유입
대 책	◦ 출입문 개폐관리	대 책	◦ 녹 제거 후 채도장 + Splice 충전

거더내부	체수/우수유입흔적	
	물량	개소
	(m ²)	(EA)
S1	0	0
S2	0	0
S3	0	0
S4	0	0
S5	0	0
S6	4.36	2
S7	0	0
S8	0	0
S9	0	0
S10	0	0
S11	0	1
합계	4.36	4



거더 내부 - Splice 충전 불량 및 출입구 개방에 의한 체수흔적 분포도

② 거더내부 용접결함 및 기타손상

거더내부에서의 용접결함으로는 Pit손상이 국부적으로 조사되었으며, 전회 점검과 비교하여 손상이 다소 증가되었다.

손상의 증가 요인으로는 정밀육안조사 결과 기존 점검에서 누락되어진 손상을 추가함에 따른 것으로, 발생한 손상은 대부분 경미한 상태이고 결함 주변 역시 특별한 징후는 관찰되지 않은 점을 고려할 때 당장의 보수조치보다는 주의관찰정도의 유지관리가 요구된다.

			
현 황	◦ S1-G1 용접부 Pit	현 황	◦ S3-G1 용접부 Pit
원 인	◦ 시공결함	원 인	◦ 시공결함
대 책	◦ 주의관찰	대 책	◦ 주의관찰

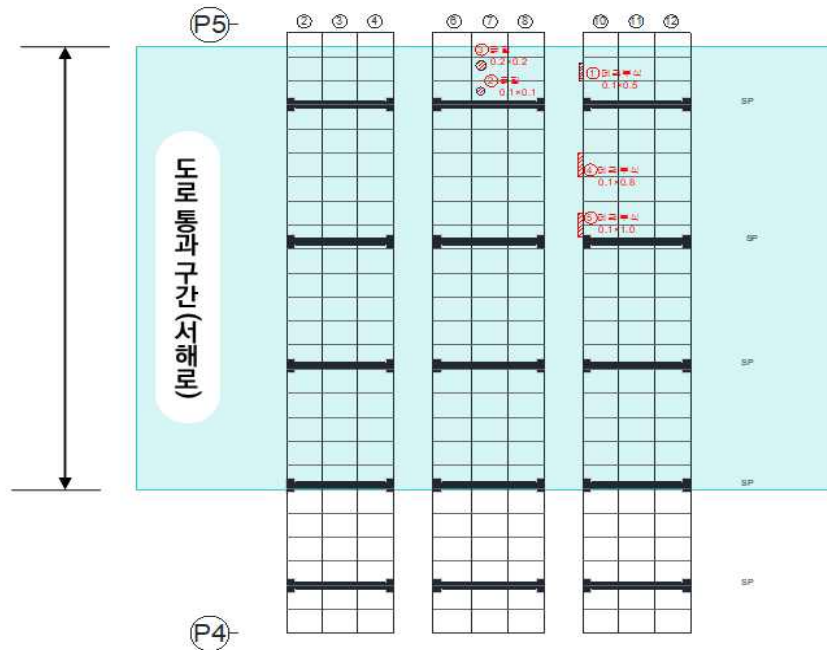
(나) 거더외부

거더외부에서 조사된 굽힘 손상의 경우는 기 점검과 동일한 손상으로 손상의 발생위치가 도로 상부임을 고려할 때 중차량에 의한 손상으로 판단되며, 굽힘 외 강재의 변형, 균열 등은 조사되지 않아 경미한 충격에 의한 굽힘으로 판단된다.



현 황	◦ S1-G2 굽힘
원 인	◦ 중차량 통행시 높이초과에 의한 굽힘
대 책	◦ 재도장

현 황	◦ S5-G2 굽힘
원 인	◦ 중차량 통행시 높이초과에 의한 굽힘
대 책	◦ 재도장

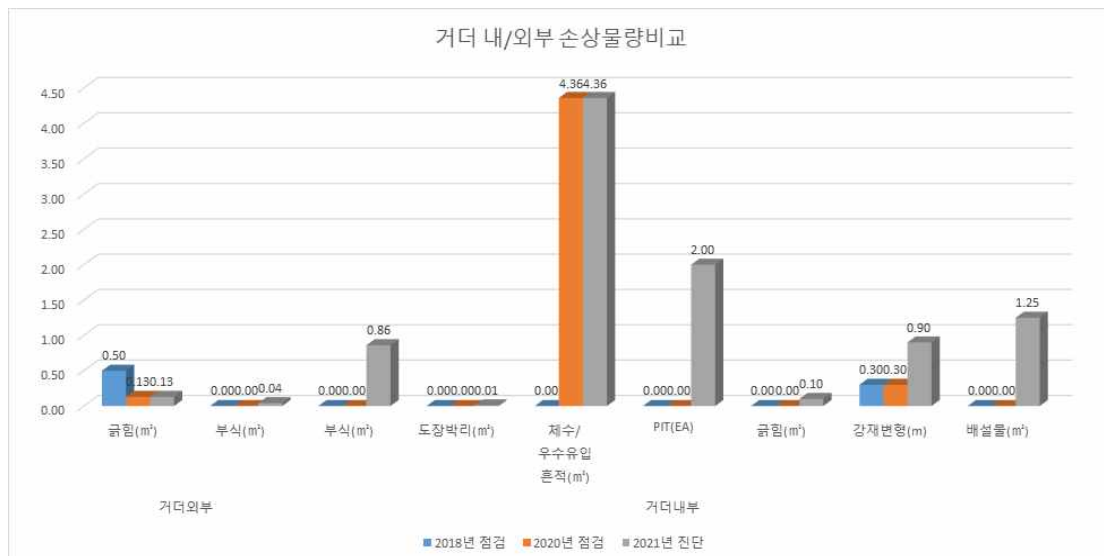


거더 외부 - 굽힘 손상 분포 개요도(S5)

(3) 손상물량

【표 3.2.3】 강 거더 외관조사 총괄 결과표

손상내용		단위	2018년 점검		2020년 점검		2021년 진단		비고
			물량	개소	물량	개소	물량	개소	
거더외부	굽힘	m ²	0.50	2.00	0.13	3.00	0.13	3.00	-
	부식	m ²	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	4.00	-
거더내부	부식	m ²	0.00	0.00	0.00	0.00	0.86	6.00	-
	도장박리	m ²	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	1.00	-
	채수/채수흔적	m ²	0.00	0.00	4.36	2.00	4.36	2.00	-
	PIT	EA	0.00	0.00	0.00	0.00	2.00	2.00	-
	굽힘	m ²	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	1.00	-
	강재변형	m	0.30	1.00	0.30	1.00	0.90	5.00	-
	배설물	m ²	0.00	0.00	0.00	0.00	1.25	2.00	-



거더외부	표면열화			
	부식		긁힘	
	물량	개소	물량	개소
	(㎡)	(EA)	(㎡)	(EA)
S1	0.04	4	0.08	1
S2	-	-	-	-
S3	-	-	-	-
S4	-	-	-	-
S5	-	-	0.05	2
S6	-	-	-	-
S7	-	-	-	-
S8	-	-	-	-
S9	-	-	-	-
S10	-	-	-	-
S11	-	-	-	-
합계	0.04	4	0.13	3

거더 내부	모재, 연결부 손상 및 용접결함				표면열화						배설물/ 체수흔적	
	PIT		강재변형		부식		긁힘		도장박리			
	물량	개소	물량	개소	물량	개소	물량	개소	물량	개소	물량	개소
	(EA)	(EA)	(m)	(EA)	(㎡)	(EA)	(㎡)	(EA)	(㎡)	(EA)	(㎡)	(EA)
S1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1
S2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S3	1	1	-	-	0.7	3	0.1	1	-	-	-	-
S4	-	-	-	-	0.01	1	-	-	-	-	-	-
S5	-	-	0.3	1	-	-	-	-	0.01	1	-	-
S6	-	-	-	-	0.15	2	-	-	-	-	4.36	2
S7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S8	-	-	0.1	1	-	-	-	-	-	-	-	-
S9	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S10	-	-	0.4	2	-	-	-	-	-	-	-	-
S11	-	-	0.1	1	-	-	-	-	-	-	0.25	1
합계	2	2	0.9	5	0.86	6	0.1	1	0.01	1	5.61	4

(4) 검토 의견

2018년 기 정밀안전점검부터 금회 진단까지 발생한 손상에 대하여 정량적인 물량 비교를 실시한 결과 강 거더 체수/체수흔적 및 부식 손상이 다소 증가되어진 것을 확인할 수 있었다. 손상물량의 증대 원인은 S.T.B 출입구(격벽)이 개방 및 현장이음부(Splice) 실링재 미시공에 따른 우수의 유입에 의한 손상으로 부식부 채도장의 보수조치와 함께 출입구 개폐관리, 현장이음부 실링재미시공 구간 실링재 처리가 같이 이루어져야 보수효과를 극대화 할 수 있을 것이다.

3) 가로보 및 세로보

(1) 외관조사 현황

상신육교(발안IC방향, 본선) 가로보 및 세로보에 대한 현장조사는 교량점검차 및 고소점검차를 이용한 근접조사가 실시되었다.

(가) 가로보 및 세로부의 구조형태는 설계⇒시공⇒유지관리(전차 점검이력 확인)시 특별한 변동사항 없이 동일한 형태를 나타내고 있으며, 보강에 따른 응력개선 조치 사항은 확인되지 않았다.

(나) 가로보 및 세로보에 대한 현장조사결과 특이손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

		
가로보 및 세로보 상태 (2018년 정밀안전점검)	가로보 및 세로보 상태 (2020년 정밀안전점검)	가로보 및 세로보 상태 (2021년 정밀안전진단)

【표 3.2.4】 가로보 및 세로보 외관조사 총괄 결과표

손상내용	단위	2018년 점검		2020년 점검		2021년 진단		비고
		물량	개소	물량	개소	물량	개소	
손상없음	-	-	-	-	-	-	-	-

(2) 검토 의견

2018년 정밀안전점검부터 금회 정밀안전진단까지 손상 이력 확인결과 특이손상은 조사되지 않아 양호한 상태로 판단된다.

나. 하부구조

1) 교대

(1) 외관조사 현황

상신육교(발안IC방향, 본선) 교대는 역T형 2기가 시공되어 있으며, 현장조사는 도보를 이용한 근접조사가 실시되었다.

(가) 교대의 구조형태는 설계⇒시공⇒유지관리(전차 점검이력 확인)시 특별한 변동 사항 없이 동일한 형태를 나타내고 있으며, 보강에 따른 응력개선 조치 사항은 확인되지 않았다.

(나) 교대에 대한 현장조사결과 0.3mm미만 균열(보수부 재균열 포함), 누수흔적, 표면 열화 등의 손상이 확인되었으며 2018년 정밀안전점검부터 금회 진단까지 손상의 이력 사항을 분석한 결과 과거부터 조사되어온 손상이 대부분으로, 손상의 뚜렷한 증가추세 및 진전여부는 확인되지 않았으며, 손상 적출년도 확인 결과, 2018년 정밀안전점검 이후 실시한 보수부에 대해서 일부 재손상이 확인되었다.

		
교대(A1) 상태 (2018년 정밀안전점검)	교대(A1) 상태 (2020년 정밀안전점검)	교대(A1) 상태 (2021년 정밀안전진단)

(2) 주요 손상 현황 검토

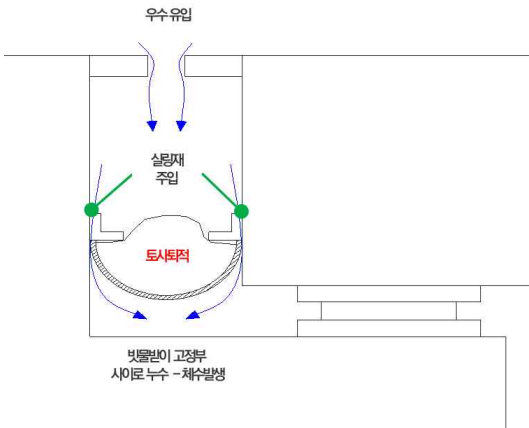
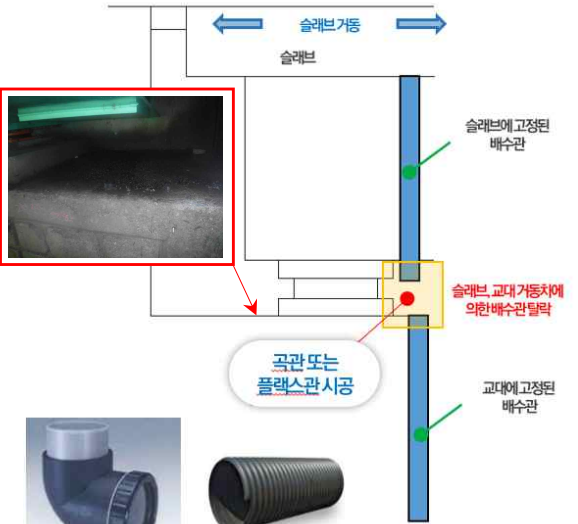
(가) 균열

교대에서 주로 조사된 손상으로 0.3mm미만 균열이 대부분이며, 이는 균열의 위치, 형태 등을 종합적으로 고려할 때 콘크리트의 경화과정 및 건조수축의 요인에 따른 비구조적 손상으로 판단된다.

(나) 누수흔적

교대1 전반적으로 누수흔적, 체수가 확인되었다. 조사된 손상은 신축이음부 유간 토사퇴적에 의한 누수발생에 따른 하부구조물에 우수유입 및 서로 상이한 구조체(교대, 슬래브)에 고정되어 있는 배수관의 연결구간의 유간부족으로 인한 배수관 탈락에 기인한 손상으로 장

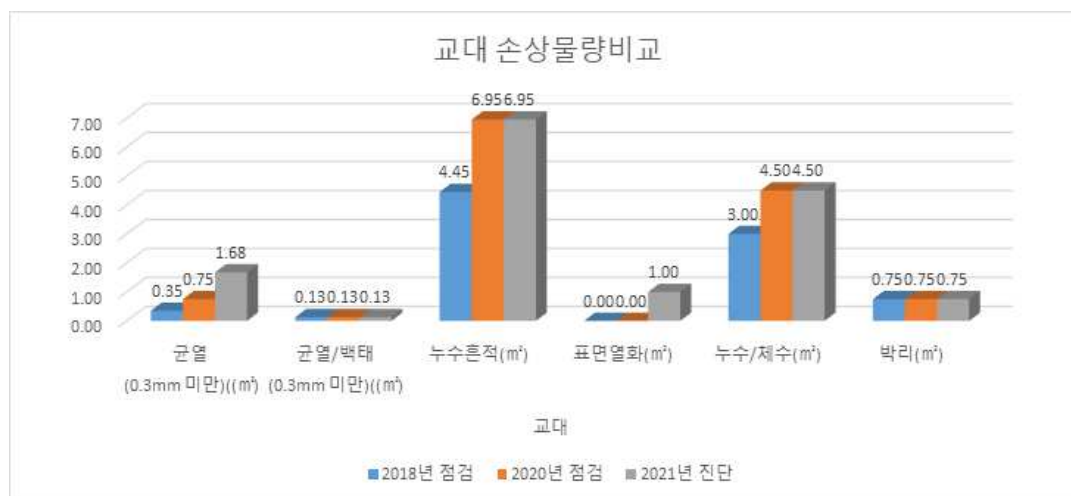
기방치 시 콘크리트의 표면열화 등의 손상을 유발할 수 있으므로 보수계획 수립시 신축이음부 누수에 대한 보수(토사퇴적 청소관리)를 우선적으로 실시함이 바람직 할 것이다. 교대2에서도 동일한 손상이 확인되었으며, 교대2의 경우 배수관 유실에 의해 교면포장부 우수가 유입되고 있는 상태로 배수관 재설치 등의 조치가 바람직하다.

	
현 황 ◦ A1 흉벽 누수흔적	현 황 ◦ A2 표면열화
원 인 ◦ 신축이음부 누수	원 인 ◦ 배수관 길이부족
대 책 ◦ 표면처리	대 책 ◦ 재시공
 ※ 개선방안(실링재 주입, 현장여건 고려 필요)	
교대 - 신축이음 누수/ 배수관 유실, 탈락에 의한 누수흔적	

(3) 손상물량

【표 3.2.5】 교대 외관조사 총괄 결과표

손상내용	단위	2018년 점검		2020년 점검		2021년 진단		비고
		물량	개소	물량	개소	물량	개소	
균열(0.3mm 미만)	m	1.40	2.00	3.00	4.00	6.70	10.00	-
균열/백태(0.3mm 미만)	m	0.50	1.00	0.50	1.00	0.50	1.00	-
누수흔적	m ²	4.45	4.00	6.95	5.00	6.95	5.00	-
표면열화	m ²	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	-
누수/체수	m ²	3.00	2.00	4.50	3.00	4.50	3.00	-
박리	m ²	0.75	1.00	0.75	1.00	0.75	1.00	-
식생(관목)	m ²	5.00	1.00	5.00	1.00	5.00	1.00	-



교대	균열, 변위				열화 및 손상					
	균열 (0.3mm 미만)		균열/백태 (0.3mm 미만)		누수/체수/ 누수흔적		표면열화		박리	
	물량	개소	물량	개소	물량	개소	물량	개소	물량	개소
	(m)	(EA)	(m)	(EA)	(m ²)	(EA)	(m ²)	(EA)	(m ²)	(EA)
A1	4.1	6	0.5	1	9.2	7	1	1	-	-
A2	2.6	4	-	-	2.25	1	-	-	0.75	1
합계	6.7	10	0.5	1	11.45	8	1	1	0.75	1

(4) 검토 의견

2018년 정밀안전점검부터 금회 진단까지 발생한 손상에 대하여 정량적인 물량 비교를 실시한 결과 폭 0.3mm미만의 균열의 경우 2018년 정밀안전점검이후 손상물량이 점차 증가되어진 것을 확인할 수 있었다. 특정 위치에 손상이 집중되기보다는 교대 전반에 걸쳐 확인되었고, 기존에 조사된 균열 역시 뚜렷한 진행성을 보이지 않은 점을 고려할 때 하중 요인에 따른 물량증가보다는 정밀육안조사를 통해 누락되어진 손상이 추가 확인되어 손상 물량이 점차 누적되어진 결과로 판단된다. 또한, 누수흔적의 손상의 증가는 신축이음부의 누수 및 교대 배수관 탈락에 의한 손상으로 장기방치 시 표면열화 등 단면손상을 유발할 수 있는 바, 유지관리계획 수립후 배수시설 정비가 우선적으로 이루어져야 할 것이다.

2) 교각

(1) 외관조사 현황

상신육교(발안IC방향, 본선) 교각은 T형 형식으로 10기가 시공되어 있으며, 교각에 대한 현장조사는 교량점검차 및 고소점검차와 도보를 이용한 근접조사가 실시되었다.

(가) 교각의 구조형태는 설계⇒시공⇒유지관리(전차 점검이력 확인)시 특별한 변동 사항 없이 동일한 형태를 나타내고 있으며, 보강에 따른 응력개선 조치 사항은 확인되지 않았다.

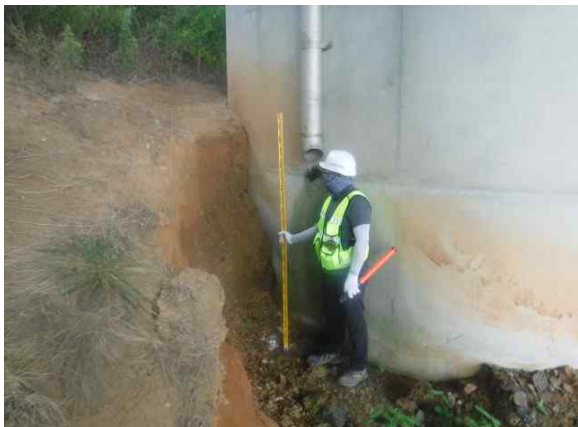
(나) 교각에 대한 현장조사결과 0.3mm미만/이상 균열, 망상균열, 박리, 성토부 유실, 파손 등의 손상이 확인되었으며, 2018년 정밀안전점검부터 금회 진단까지 손상의 이력 사항을 분석한 결과 과거부터 조사되어온 손상이 대부분으로, 손상의 뚜렷한 증가추세 및 진전여부는 확인되지 않았으나, 금회 정밀육안조사 결과 신규 손상이 국부적으로 추가 조사되었다.

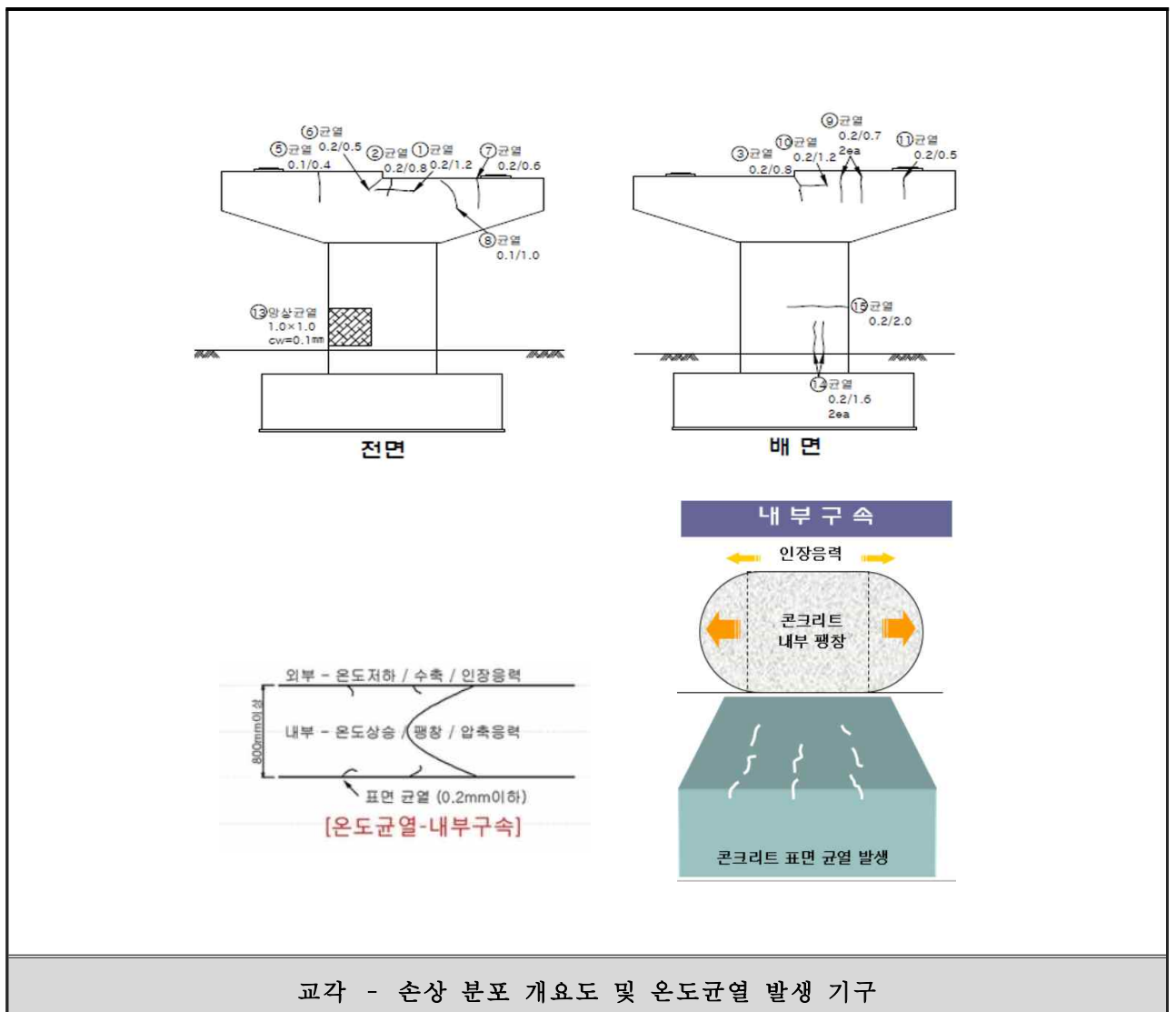
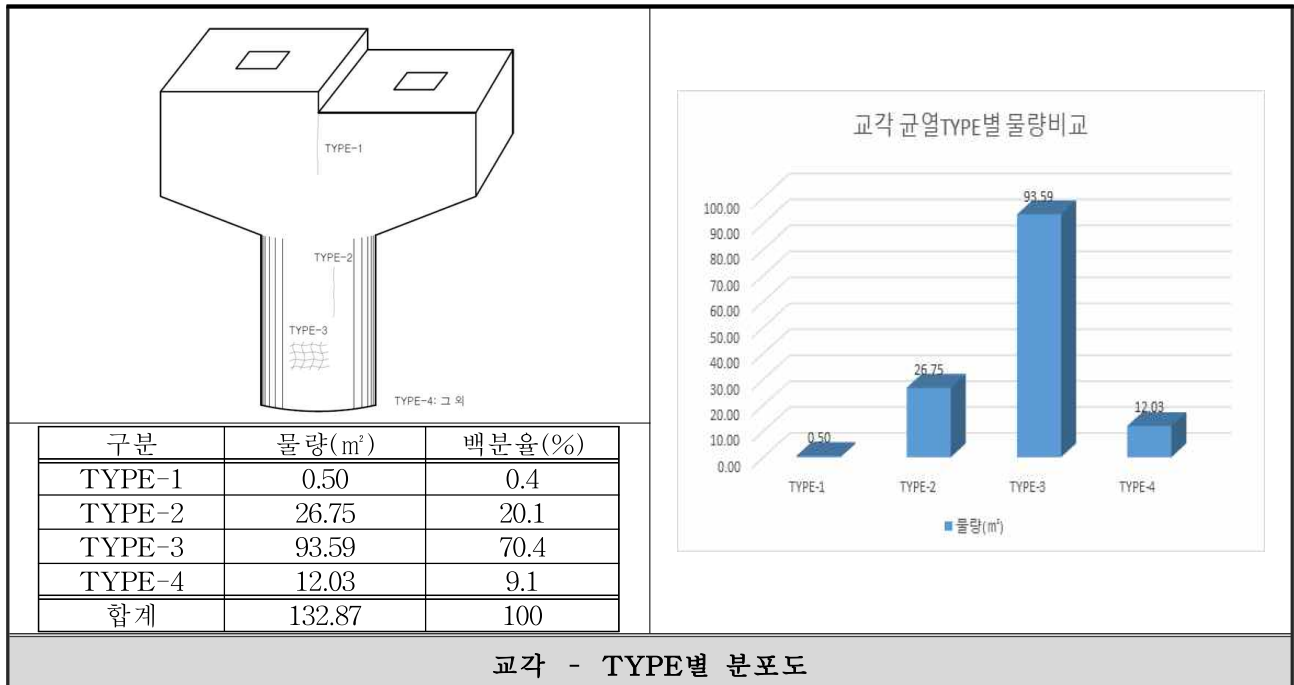
		
교각 상태 (2018년 정밀안전점검)	교각 상태 (2020년 정밀안전점검)	교각 상태 (2021년 정밀안전진단)

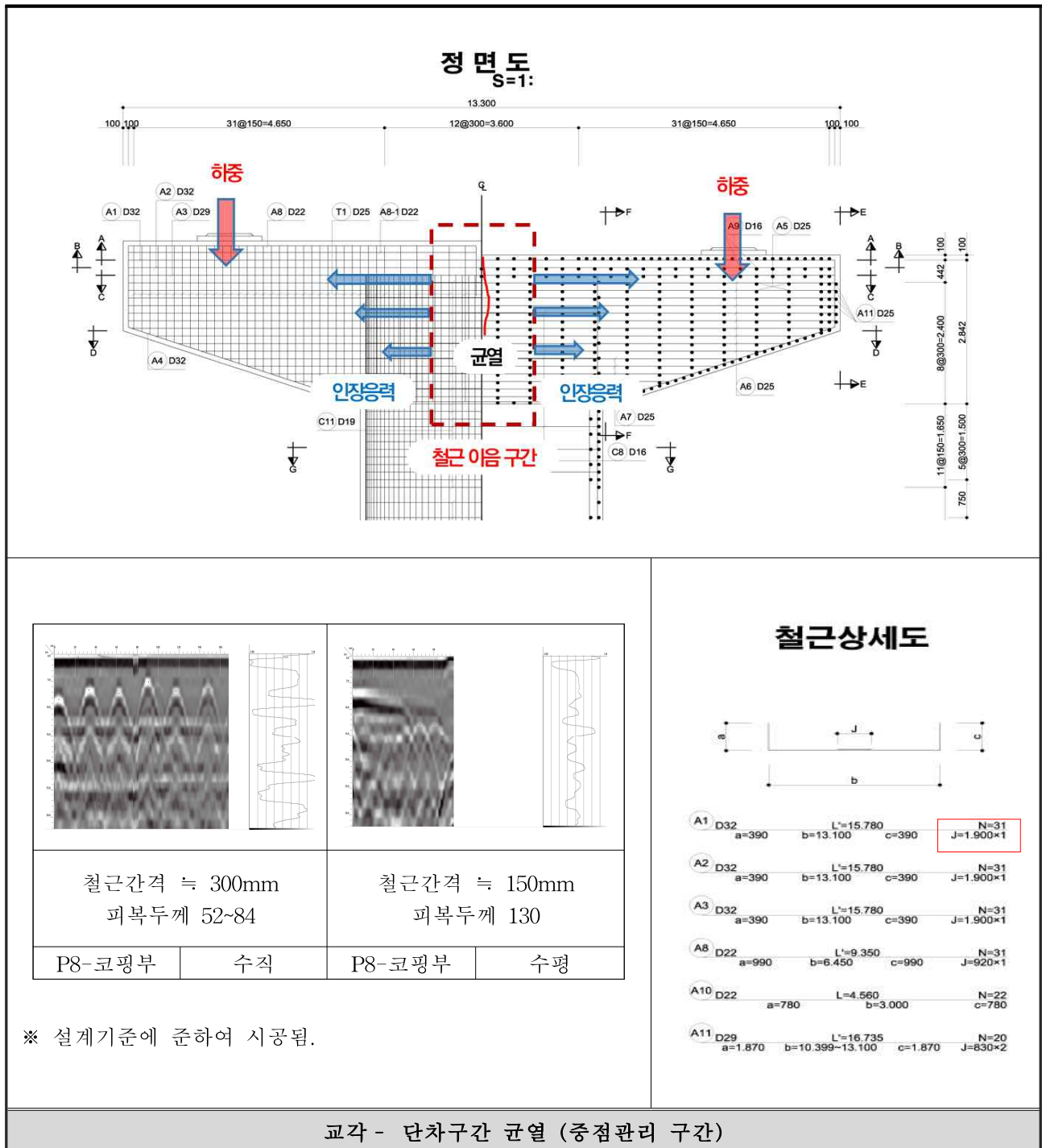
(2) 주요 손상 현황 검토

균열의 형상에 따라 TYPE별로 구분하여 비교·분석을 실시하였다. 교각에서 주로 조사된 손상은 교각 전반에 걸쳐 발생한 망상균열(TYPE-3)이 대부분이며, 수직균열(TYPE-2)과, 교각단면변화부 균열(TYPE-1) 확인되었다. 망상균열(TYPE-3)은 표면의 수축에 의해 시공 초기 발생한 손상으로 판단되며, 대부분 0.1mm이하의 폭을 보이고 있다. 망상균열을 제외한 조사된 균열의 양상은 대부분 수직 균열(TYPE-2)로 교각 전반에 걸쳐 국부적으로 발생된 것으로 조사되었다. 수직 균열은 상태 등을 고려하여 볼 때 구조적 원인에 따른 영향 보다는 ①콘크리트의 재료적인 특성에 따른 원인(건조수축, 시멘트 수화열에 따른 온도 응력, 골재 및 시멘트 특성)과 ②환경 조건 변화에 따른 원인(온도와 습도의 외기변화, 동결융해, 콘크리트의 내부 온도 변화), ③시공방법, 조건에 따른 원인(부적절한 양생, 거푸집 조기 해체, 콘크리트 타설시 다짐 미 실시 등)의 재료, 시공, 환경적으로 작용하여 발생된 것으로 판단된다. 단, 교각 단면 변화부(단차 모서리부, TYPE-1)에 발생한 손상은 철근이음구간에 발생한 손상으로 철근 배근조사 및 외관조사 분석결과 시공이음 길이 부족에 의한 손상은 아닌 것으로 판단되며, 이 균열은 코핑부 상단의 균열을 동반하여, 상단균열은 물힘 구간으로 우수 및 습기 침투가 우려되므로 균열 진행에 대한 주기적인 관리와 동시에 보수계획 수립 시 주입보수를 실시함이 적정할 것으로 판단된다.

성토부 유실의 경우 배수관 길이부족에 의해 우수가 유입되면서 토사 유실 및 유로가 형성된 상태로 기 점검에서도 배수관 길이부족에 의한 되메우기 유실로 기술하고 있으며, 손상의 진행유무 확인결과 진행상태는 경미한 상태로 확인되었다.

			
현 황	◦ P5 기둥부 균열	현 황	◦ P7 성토부 유실
원 인	◦ 건조수축, 응력집중	원 인	◦ 배수관 길이부족
대 책	◦ 표면보수	대 책	◦ 배수관 추가시공

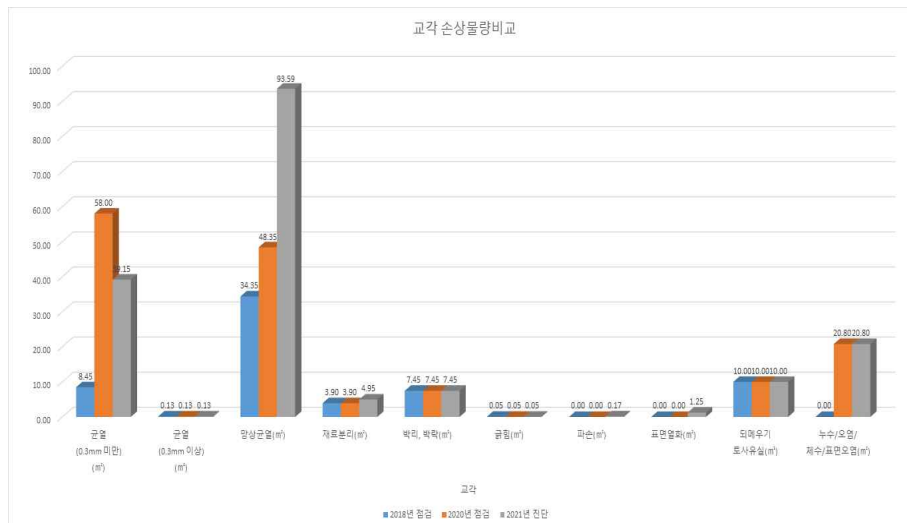




(3) 손상물량

【표 3.2.6】교각 외관조사 총괄 결과표

손상내용	단위	2018년 점검		2020년 점검		2021년 진단		비고
		물량	개소	물량	개소	물량	개소	
균열(0.3mm 미만)	m	33.80	32.00	46.40	40.00	156.60	126.00	-
균열(0.3mm 이상)	m	0.50	1.00	0.50	1.00	0.50	1.00	-
망상균열	m ²	34.35	9.00	48.35	11.00	93.59	30.00	-
재료분리	m ²	3.90	2.00	3.90	2.00	4.95	3.00	-
박리, 박락	m ²	7.45	5.00	7.45	5.00	7.45	5.00	-
긁힘	m ²	0.05	1.00	0.05	1.00	0.05	1.00	-
파손	m ²	0.00	0.00	0.00	0.00	0.17	3.00	-
표면열화	m ²	0.00	0.00	0.00	0.00	1.25	2.00	-
퇴메우기토사유실	m ²	10.00	1.00	10.00	1.00	10.00	1.00	-
누수/오염/채수/표면오염	m ²	0.00	0.00	20.80	4.00	20.80	4.00	-



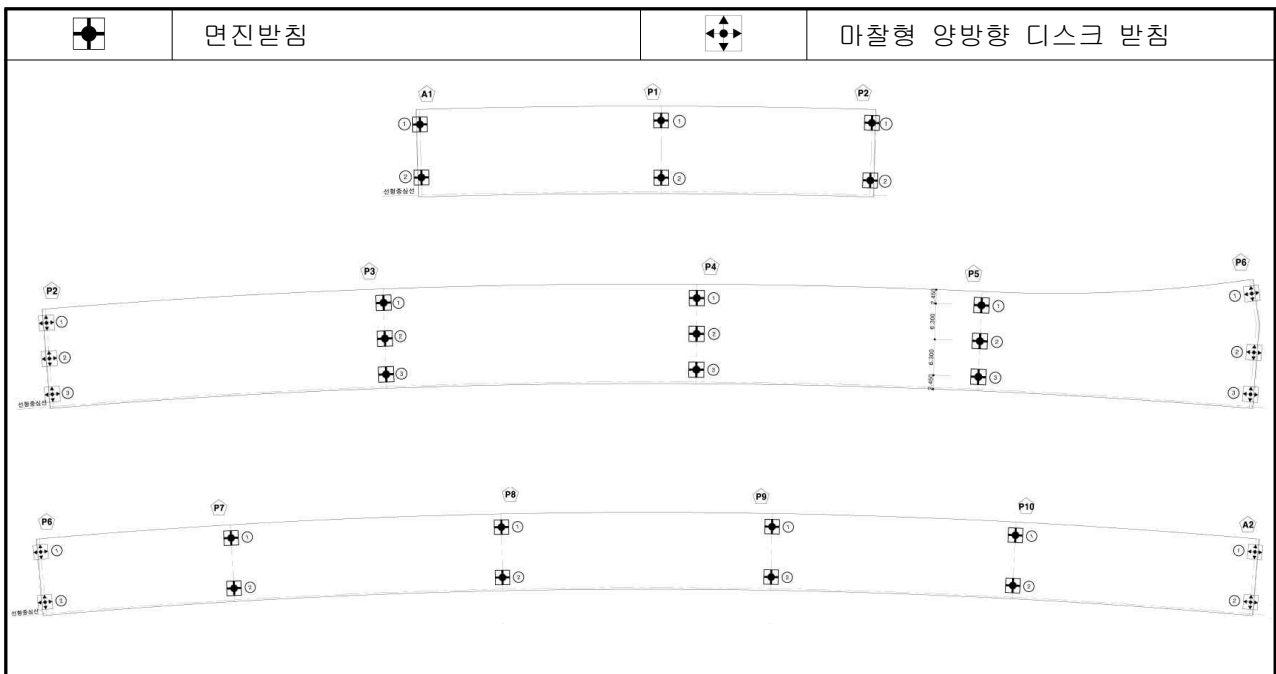
교각	균열, 변위						열화 및 손상							
	균열 (0.3mm미만)		균열 (0.3mm이상)		망상균열 (0.1~0.3mm)		재료분리, 표면열화		박리,박락		긁힘,파손		누수,누수 오염,채수, 표면오염	
	물량 (m)	개소 (EA)	물량 (m)	개소 (EA)	물량 (m ²)	개소 (EA)	물량 (m ²)	개소 (EA)	물량 (m ²)	개소 (EA)	물량 (m ²)	개소 (EA)	물량 (m ²)	개소 (EA)
P1	12.4	14	-	-	24.1	3	-	-	-	-	-	-	-	-
P2	2	2	-	-	3	2	-	-	5.01	3	-	-	19	3
P3	24.7	16	0.5	1	0.6	1	-	-	2.44	2	0.05	1	-	-
P4	10	9	-	-	3.25	2	-	-	-	-	-	-	-	-
P5	16.7	14	-	-	11	4	-	-	-	-	-	-	-	-
P6	6	5	-	-	12.75	4	0.5	1	-	-	-	-	-	-
P7	16.9	19	-	-	15	4	0.75	1	-	-	-	-	1.8	1
P8	14.2	15	-	-	6.64	2	-	-	-	-	0.04	1	-	-
P9	27.1	12	-	-	7	4	4.95	3	-	-	0.13	2	-	-
P10	26.6	20	-	-	10.25	4	-	-	-	-	-	-	-	-
합계	156.6	126	0.5	1	93.59	30	6.2	5	7.45	5	0.22	4	20.8	4

(4) 검토 의견

2018년 정밀안전점검부터 금회 진단까지 발생한 손상에 대하여 정량적인 물량 비교를 실시한 결과 폭 0.3mm미만의 균열의 경우 2018년 정밀안전점검 이후 손상물량이 다소 증가되어진 것을 확인할 수 있었다. 이는 앞서 분석한 결과대로 특정 위치에 손상이 집중되기보다는 교각 전반에 걸쳐 확인되었고, 기존에 조사된 균열 역시 뚜렷한 진행성을 보이지 않은 점을 고려할 때 하중 요인에 따른 물량증가보다는 정밀육안조사를 통해 누락되어진 손상이 추가 확인된 것으로 판단된다. 또한, 2018년 이전 확인된 P7하부 성토부 유실의 경우 손상의 규모가 최초확인 된 이후 증대되지 않은 것으로 확인되었으나, 배수관 하부 유로 등의 형성되어 집중우기 시 손상의 증가를 우려하지 않을 수 없으므로 되메우기 및 배수로 정비의 조치가 필요하다.

3) 교량받침

상신육교(발안IC방향, 본선)의 교량받침은 EQS 면진받침, 마찰형 양방향 디스크 받침으로 시공되었으며, EQS 면진받침 23개소, 마찰형 디스크 양방향 받침 10개소로 총 33개소가 아래 그림과 같이 배치되어 있다.



<그림 3.2.1> 상신육교(발안IC방향, 본선) 교량받침 배치도

【표 3.2.7】 교량 받침 시공 현황

위치	받침 위치		규격(tonf)	가동방향	비고
A1	G2	Sh1	300	양방향	-
	G1	Sh2	300	양방향	-
P1	G2	Sh1	900	양방향	-
	G1	Sh2	900	양방향	-
P2	G2	Sh1	300	양방향	-
	G1	Sh2	300	양방향	-
	G3	Sh1'	400	양방향	-
	G2	Sh2'	400	양방향	-
	G1	Sh3'	400	양방향	-
P3	G3	Sh1	1100	양방향	-
	G2	Sh2	1100	양방향	-
	G1	sh3	1100	양방향	-
P4	G3	Sh1	750	양방향	-
	G2	Sh2	750	양방향	-
	G1	Sh3	750	양방향	-
P5	G3	Sh1	900	양방향	-
	G2	Sh2	900	양방향	-
	G1	Sh3	900	양방향	-
P6	G3	Sh1	400	양방향	-
	G2	Sh2	400	양방향	-
	G1	Sh3	400	양방향	-
	G2	Sh1'	300	양방향	-
	G1	Sh2'	300	양방향	-
P7	G2	Sh1	750	양방향	-
	G1	Sh2	750	양방향	-
P8	G2	Sh1	950	양방향	-
	G1	Sh2	950	양방향	-
P9	G2	Sh1	950	양방향	-
	G1	Sh2	950	양방향	-
P10	G2	Sh1	950	양방향	-
	G1	Sh2	950	양방향	-
A2	G2	Sh1	400	양방향	-
	G1	Sh2	400	양방향	-

				
A1-Sh1, 양방향	A1-Sh2, 양방향	P1-Sh1, 양방향	P1-Sh2, 양방향	P2-Sh1, 양방향
				
P2-Sh2, 양방향	P2-Sh1', 양방향	P2-Sh2', 양방향	P2-Sh3', 양방향	P3-Sh1, 양방향
				
P3-Sh2, 양방향	P3-Sh3, 양방향	P4-Sh1, 양방향	P4-Sh2, 양방향	P4-Sh3, 양방향
				
P5-Sh1, 양방향	P5-Sh2, 양방향	P5-Sh3, 양방향	P6(RP1)-Sh1, 양방향	P6-Sh2, 양방향
				
P6-Sh3, 양방향	P6-Sh1', 양방향	P6-Sh2', 양방향	P7-Sh1, 양방향	P7-Sh2, 양방향
				
P8-Sh1, 양방향	P8-Sh2, 양방향	P9-Sh1, 양방향	P9-Sh2, 양방향	P10-Sh1, 양방향
				
P10-Sh2, 양방향	A2-Sh1, 양방향	A2-Sh2, 양방향		

<그림 3.2.2> 상신육교(발안IC방향, 본선) 교량받침 현황

(1) 외관조사 현황

상신육교(발안IC방향, 본선) 받침장치에 대한 현장조사는 점검통로 및 교량점검차를 이용하여 근접조사가 실시되었다.

(가) 받침장치의 구조형태 및 용량은 설계⇒시공⇒유지관리(전차 점검이력 확인)시 특별한 변동사항 없이 동일한 형태를 나타내고 있으며, 보강에 따른 응력개선 조치 사항은 확인되지 않았다.

(나) 받침장치에 대한 현장조사결과 받침몰탈 균열, 받침플레이트 부식 등의 손상이 확인되었으며, 2018년 정밀안전점검부터 금회 진단까지 손상의 이력 사항을 분석한 결과 받침몰탈 균열은 비슷한 수준으로 확인되었으나, 받침플레이트 부식의 경우 우수유입에 의한 점부식이 경미하게 진행된 상태이다.

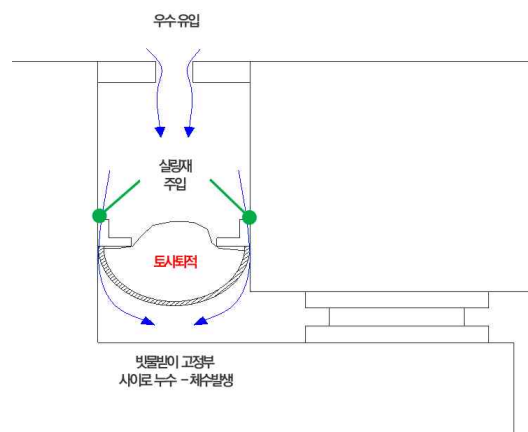
		
받침장치 상태 (2018년 정밀안전점검)	받침장치 상태 (2020년 정밀안전점검)	받침장치 상태 (2021년 정밀안전진단)

(2) 주요 손상 현황 검토

받침장치에서 조사된 부식 손상은 어느 한곳에 집중되어 발생한 손상이 아니라 전반적으로 받침플레이트에 점부식이 발생한 점을 고려하여 강우의 비산 영향에 따른 것으로 판단되나, 교대 신축이음부 하부에 위치한 받침장치의 경우 신축이음 누수에 의한 체수, 누수흔적에 의해 발생한 손상으로 판단된다. 부식 손상에 대해서는 점검일 현재 시급한 보수를 요하는 손상은 아니나 유지관리계획 수립시 재도장의 보수조치가 바람직하다. 또한, 부식 발생의 원인에 대한 보수(신축이음부 누수-청소관리)도 동시에 실시하여 보수효과를 극대화 하여야 할 것이다.



현황	◦ P2-Sh1 받침장치 부식	현황	◦ A2-Sh1 받침장치 부식
원인	◦ 장기공용 + 외부 우수유입	원인	◦ 외부 우수유입+신축이음부 누수
대책	◦ 재도장	대책	◦ 재도장, 토사퇴적 정비, 실링재 주입



※ 개선방안(실링재 주입, 현장여건 고려 필요)

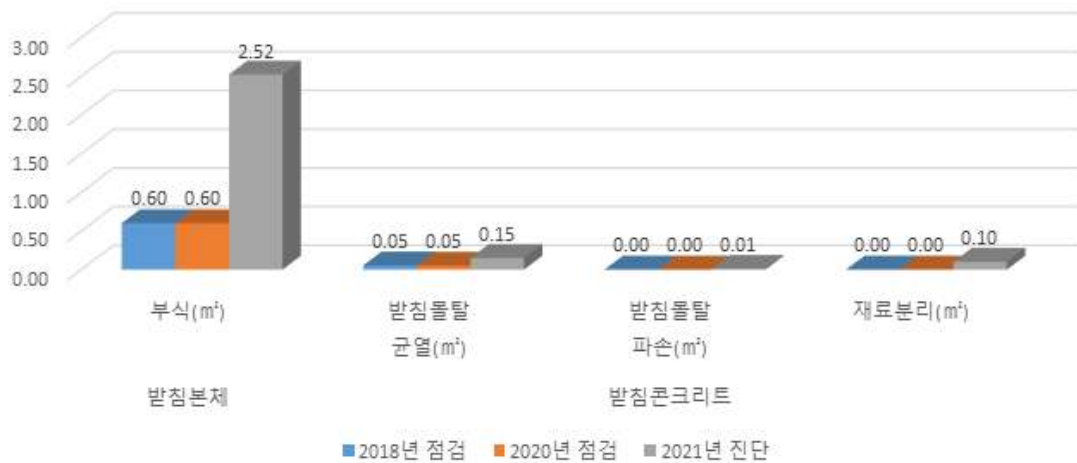
경간별 부식비교표 및 신축이음부 구간 보수 개요도(개선방안)

(3) 손상물량

【표 3.2.8】 받침장치 외관조사 총괄 결과표

손상내용		단위	2018년 점검		2020년 점검		2021년 진단		비고
			물량	개소	물량	개소	물량	개소	
받침본체	부식	m ²	0.60	5.00	0.60	5.00	2.52	24.00	-
받침콘크리트	받침물탈균열	m	0.20	2.00	0.20	2.00	0.60	6.00	-
	받침물탈파손	m ²	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	1.00	-
	재료분리	m ²	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	1.00	-

받침장치 손상물량비교



받침장치	받침본체		받침 콘크리트					
	부식		받침물탈균열		받침물탈파손		받침콘크리트 재료분리	
	물량	개소	물량	개소	물량	개소	물량	개소
	(m ²)	(EA)	(m)	(EA)	(m ²)	(EA)	(m ²)	(EA)
A1	0.12	2	-	-	-	-	-	-
P1	0.12	2	-	-	-	-	-	-
P2	0.48	4	-	-	-	-	-	-
P3	0.48	4	-	-	-	-	-	-
P4	0.36	3	0.2	2	-	-	-	-
P5	0.12	1	-	-	-	-	-	-
P6	0.24	2	-	-	-	-	0.1	1
P7	0.12	1	-	-	-	-	-	-
P8	0.24	2	0.2	2	-	-	-	-
P9	0.12	1	0.1	1	0.01	1	-	-
P10	-	-	0.1	1	-	-	-	-
A2	0.12	2	-	-	-	-	-	-
합 계	2.52	24	0.6	6	0.01	1	0.1	1

(4) 검토 의견

2018년 정밀안전점검부터 금회 진단까지 발생한 손상에 대하여 정량적인 물량 비교를 실시한 결과 공용연수 증대에 따른 플레이트 부식이 다수 증가되었다. 교대의 받침장치의 경우 상부 신축이음장치 누수에 기인한 손상으로 근본적인 해결을 위해 신축이음부 누수구간 유도배수 조치가 바람직할 것으로 판단된다.

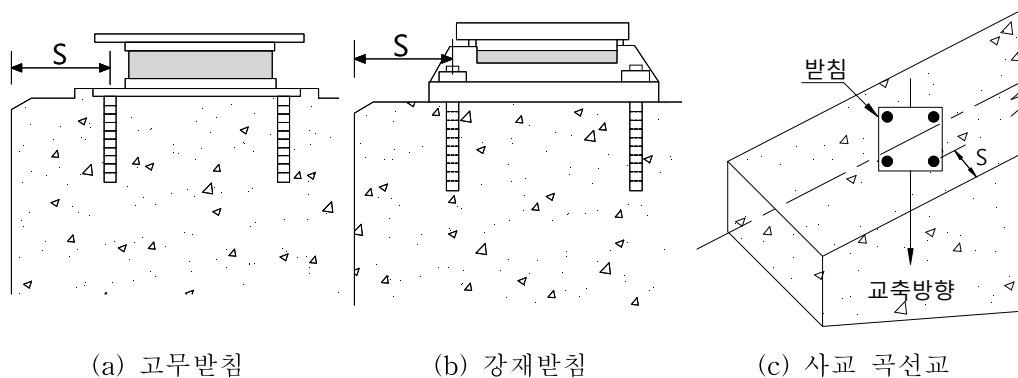
(5) 연단거리 검토 결과

교각 및 교대 상부의 교좌면은 상부구조로부터 집중하중을 받는 부위로 연단거리가 부족하면 고정단에서는 교각 및 교대의 전면에서 콘크리트가 파손되거나 가동단에서는 받침이 벗어나 심한 경우 거더가 낙하할 수도 있다. 교량의 교축방향의 연단 거리는 다음 값(S) 이상이어야 한다. 교량의 받침부 연단거리 측정은 다음과 같이 측정한다.

대상교량의 측정 연단거리는 다음과 같다.

-
- | | | |
|------------------------------------|-----|-------------------------|
| ① 거더의 경간길이 100m 이하 : $S(m)=200+5L$ | --- | 도로교설계기준(2010) Page 5-14 |
| ② 거더의 경간길이 100m 이상 : $S(m)=300+4L$ | --- | 5.4.2 받침연단거리 |
-

상신육교(발안IC방향, 본선)의 최대 경간 길이는 60m이므로 식 ①을 적용함.



【표 3.2.9】연단거리 측정 결과-상신육교(발안IC방향, 본선)

구 분		경간길이 (m)	계산 연단거리 (mm)	실측 연단거리(mm)						검토 결과
				Sh1	Sh2	Sh3	Sh1'	Sh2'	Sh3'	
A1	배면	40	400	660	650	-	-	-	-	O.K
P1	정면	40	400	1300	1300	-	-	-	-	O.K
	배면	35	375	1270	1280	-	-	-	-	O.K
P2	정면	35	375	700	800	-	800	800	800	O.K
	배면	60	500	820	800	-	800	800	800	O.K
P3	정면	60	500	1400	1300	1200	-	-	-	O.K
	배면	55	475	1200	1300	1400	-	-	-	O.K
P4	정면	55	475	1300	1300	1300	-	-	-	O.K
	배면	50	450	1300	1300	1300	-	-	-	O.K
P5	정면	50	450	1300	1300	1300	-	-	-	O.K
	배면	50	450	1250	1250	1270	-	-	-	O.K
P6	정면	50	450	800	800	800	800	800	-	O.K
	배면	35	375	800	800	800	800	800	-	O.K
P7	정면	35	375	1300	1300	-	-	-	-	O.K
	배면	50	450	1250	1250	-	-	-	-	O.K
P8	정면	50	450	1300	1300	-	-	-	-	O.K
	배면	50	450	1300	1300	-	-	-	-	O.K
P9	정면	50	450	1250	1250	-	-	-	-	O.K
	배면	45	425	1300	1300	-	-	-	-	O.K
P10	정면	45	425	1200	1200	-	-	-	-	O.K
	배면	45	425	1350	1320	-	-	-	-	O.K
A2	정면	45	425	600	600	-	-	-	-	O.K

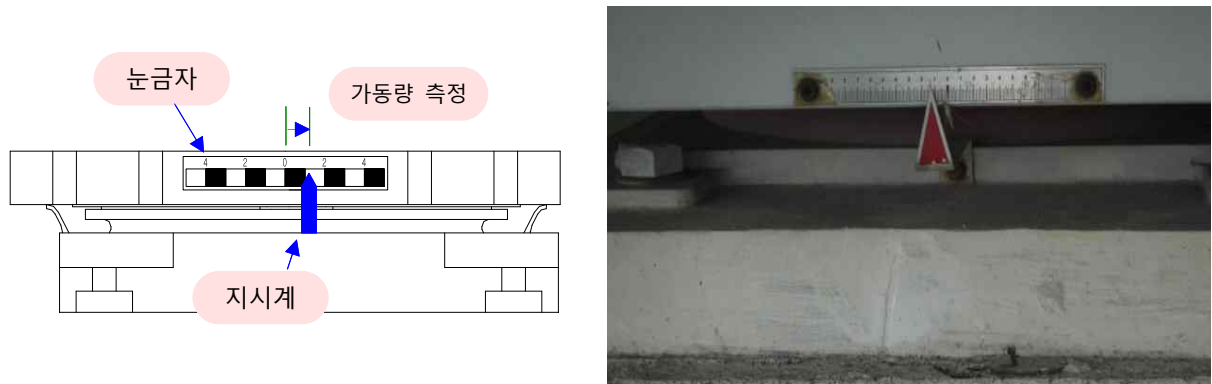
상신육교(발안IC방향, 본선)에 대한 연단거리 측정 결과 전 개소에서 도로교 설계기준인 최소연단거리 375mm~500mm 이상 확보하고 있는 것으로 측정되었다. 따라서 상신육교(발안IC

방향, 본선) 교량받침 연단거리 부족에 의한 결함 및 전단파괴 등의 우려는 없는 것으로 검토되었다.

(6) 교량받침 신축거동 상태 검토

면진받침/디스크받침으로 시공된 상신육교(발안IC방향, 본선) 교량받침에 대해 가동여유량 부족으로 인한 교량받침의 기능저하를 방지하기 위해 가동여유량을 실측하여 검토하였다.

가동받침 가동량 산정시 고려되는 항목은 활하중에 의한 보의 처짐, 온도변화, 건조수축, 크리프 등을 고려하여야 한다. 그러나 대상 교량은 준공후 10년이 경과하였기 때문에 건조수축 및 크리프에 의한 변형은 완료된 것으로 판단하여 온도변화 및 활하중에 의한 처짐만을 검토하는 것으로 하였다.



<그림 3.2.3> 교량받침 가동량 측정방법

(가) 검토조건

【표 3.2.10】 온도변화 범위 및 선팽창계수

교량형식	온도범위		선팽창계수(α)
	보통지방	한랭한 지방	
PC교, RC교	-5℃ ~ 35℃	-15℃ ~ 35℃	1.0×10 ⁻⁵
강교(상로교)	-10℃ ~ 40℃	-20℃ ~ 40℃	1.2×10 ⁻⁵
강교(하로교 및 강바닥 판교)	-10℃ ~ 50℃	-20℃ ~ 40℃	1.2×10 ⁻⁵

【표 3.2.11】 교량받침 이동량 산정시 지역 구분

구 분	내 용	비 고
보통지방	대전, 구미, 대구, 강릉, 논산, 전주, 광주, 순천, 진주, 마산, 창령, 고령, 동서울, 부산	도로공사 연구보고서 (1993년)
한랭지방	인천, 수원, 천안, 영동, 이천, 원주, 대관령, 정안, 진천	

(나) 온도변화에 의한 교량받침 이동량 산정

- ① 설계시 받침의 이동량은 온도변화, 활하중, 크리프 및 건조수축 그리고 부가여유량 및 설치여유량을 고려하여 산정한다. 여기서 부가여유량 및 설치여유량은 시공을 위해 고려되는 것이므로 시공이 완료된 현 시점에서 여유량 검토시 이는 고려하지 않는다.
- ② 이동여유량은 향후 각 받침장치에 예상되는 거더의 최대 이동량과 측정일 기준으로 받침장치가 부담할 수 있는 이동량을 비교하여 평가한다.

- 온도변화 : $\Delta \ell_t = \Delta T \alpha L$ $\alpha = 1.2 \times 10^{-5}$

③ 활하중에 의한 거더의 처짐에 의한 이동량

- 지점의 회전변위에 의한 신축량은 연속보의 중간지점에서는 그 영향이 적으므로 무시하였으며, 하절기 신장시(+)와 동절기(-)에 반영함. (신축장 100m 이상 적용)
- 거더회전 : $\Delta \ell_r = 2/3 \times h \times \theta = 2/3 \times 2,600 \times 1/150(\text{강교}) = 11.6\text{mm}$

【표 3.2.12】 상부구조 이동량 산출기준(도로설계편람)

구분	도로교설계기준	도로설계요령	한국도로공사 설계지침
기본 이동량	온도신축+건조수축+ 크리프+빔의 회전	온도신축+건조수축 +크리프	· 신축장 100m 미만 : 도로설계요령과 동일 · 신축장 100m 이상 : 도로교설계기준과 동일

【표 3.2.13】 상신육교(발안IC방향, 본선) 교량받침 이동량 산정(측정시 온도 기준)

구 분		온도변화 (ΔT , °C)		선팅창 계수 (α)	지간장 길이 (L,m)	온도변화에 의한 이동량(mm)		활하중에 의한 거더의 처짐에 의한 이동량 (mm)	활하중을 고려한 받침 이동량(mm)	
		동절기	하절기			동절기	하절기		최대수축 이동량	최대신장 이동량
A1	Sh1	47.0	13.0	1.2×10^{-5}	37.5	21.2	5.9	11.56	32.7	17.4
	Sh2	47.0	13.0	1.2×10^{-5}	37.5	21.2	5.9	11.56	32.7	17.4
P1	Sh1	47.0	13.0	1.2×10^{-5}	1.9	1.1	0.3	11.56	12.6	11.9
	Sh2	47.0	13.0	1.2×10^{-5}	1.9	1.1	0.3	11.56	12.6	11.9
P2	Sh1	47.0	13.0	1.2×10^{-5}	37.5	21.2	5.9	11.56	32.7	17.4
	Sh2	47.0	13.0	1.2×10^{-5}	37.5	21.2	5.9	11.56	32.7	17.4
	Sh1'	47.0	13.0	1.2×10^{-5}	107.0	60.3	16.7	13.78	74.1	30.5
	Sh2'	47.0	13.0	1.2×10^{-5}	107.0	60.3	16.7	13.78	74.1	30.5
	Sh3'	47.0	13.0	1.2×10^{-5}	107.0	60.3	16.7	13.78	74.1	30.5
P3	Sh1	47.0	13.0	1.2×10^{-5}	47.7	26.9	7.4	13.78	40.7	21.2
	Sh2	47.0	13.0	1.2×10^{-5}	47.7	26.9	7.4	13.78	40.7	21.2
	Sh3	47.0	13.0	1.2×10^{-5}	47.7	26.9	7.4	13.78	40.7	21.2
P4	Sh1	47.0	13.0	1.2×10^{-5}	7.3	4.1	1.1	13.78	17.9	14.9
	Sh2	47.0	13.0	1.2×10^{-5}	7.3	4.1	1.1	13.78	17.9	14.9
	Sh3	47.0	13.0	1.2×10^{-5}	7.3	4.1	1.1	13.78	17.9	14.9
P5	Sh1	47.0	13.0	1.2×10^{-5}	57.3	32.3	8.9	13.78	46.1	22.7
	Sh2	47.0	13.0	1.2×10^{-5}	57.3	32.3	8.9	13.78	46.1	22.7
	Sh3	47.0	13.0	1.2×10^{-5}	57.3	32.3	8.9	13.78	46.1	22.7
P6	Sh1	47.0	13.0	1.2×10^{-5}	107.0	60.3	16.7	13.78	74.1	30.5
	Sh2	47.0	13.0	1.2×10^{-5}	107.0	60.3	16.7	13.78	74.1	30.5
	Sh3	47.0	13.0	1.2×10^{-5}	107.0	60.3	16.7	13.78	74.1	30.5
	Sh1'	47.0	13.0	1.2×10^{-5}	113.0	63.7	17.6	13.78	77.5	31.4
	Sh2'	47.0	13.0	1.2×10^{-5}	113.0	63.7	17.6	13.78	77.5	31.4
P7	Sh1	47.0	13.0	1.2×10^{-5}	77.7	43.8	12.1	13.78	57.6	25.9
	Sh2	47.0	13.0	1.2×10^{-5}	77.7	43.8	12.1	13.78	57.6	25.9
P8	Sh1	47.0	13.0	1.2×10^{-5}	27.7	15.6	4.3	13.78	29.4	18.1
	Sh2	47.0	13.0	1.2×10^{-5}	27.7	15.6	4.3	13.78	29.4	18.1
P9	Sh1	47.0	13.0	1.2×10^{-5}	22.3	12.6	3.5	13.78	26.4	17.3
	Sh2	47.0	13.0	1.2×10^{-5}	22.3	12.6	3.5	13.78	26.4	17.3
P10	Sh1	47.0	13.0	1.2×10^{-5}	67.3	38.0	10.5	13.78	51.7	24.3
	Sh2	47.0	13.0	1.2×10^{-5}	67.3	38.0	10.5	13.78	51.7	24.3
A2	Sh1	47.0	13.0	1.2×10^{-5}	113.0	63.7	17.6	13.78	77.5	31.4
	Sh2	47.0	13.0	1.2×10^{-5}	113.0	63.7	17.6	13.78	77.5	31.4

1) 조사당시 온도 : 27.0°C(조사일 : 2021년 7월 15일)
 2) 검토온도 : -20°C~+40°C(한랭지방)
 3) 활하중에 의한 거더의 처짐에 의한 이동량은 연속보의 중간지점과 신축장 100m 미만 구간에서는 고려하지 않음.

금회 교량받침 측정은 눈금을 이용하여 측정하였으며, 가동 실측 여유량 측정결과와 계산 가동량을 비교한 결과는 다음과 같다.

【표 3.2.14】 상신육교(발안IC방향, 본선) 교량받침 가동여유량 검토 결과

구분		점검 당시 실측이동량(mm)		활하중을 고려한 받침 이동량(mm)		실측 가동여유량(mm)		받침이동 허용량 (mm)	검토 결과
		방향	이동량	최대수축 이동량	최대신장 이동량	수축 여유량	신장 여유량		
A1	Sh1	A1	0	32.7	17.4	44.3	59.6	154	O.K
	Sh2	A1	10	32.7	17.4	34.3	69.6	154	O.K
P1	Sh1	A2	25	12.6	11.9	46.4	97.1	168	O.K
	Sh2	A2	26	12.6	11.9	45.4	98.1	168	O.K
P2	Sh1	A2	28	32.7	17.4	16.3	87.6	154	O.K
	Sh2	A2	25	32.7	17.4	19.3	84.6	154	O.K
	Sh1'	A1	40	74.1	30.5	35.9	159.5	300	O.K
	Sh2'	A1	25	74.1	30.5	50.9	144.5	300	O.K
	Sh3'	A1	30	74.1	30.5	45.9	149.5	300	O.K
P3	Sh1	A1	3	40.7	21.2	69.7	95.2	227	O.K
	Sh2	A1	0	40.7	21.2	72.7	92.2	227	O.K
P4	Sh1	A1	0	40.7	21.2	72.7	92.2	227	O.K
	Sh2	A2	2	17.9	14.9	72.5	79.5	185	O.K
	Sh3	A2	1	17.9	14.9	73.5	78.5	185	O.K
P5	Sh1	A2	2	17.9	14.9	72.5	79.5	185	O.K
	Sh2	A2	12	46.1	22.7	25.9	73.3	168	O.K
	Sh3	A2	12	46.1	22.7	25.9	73.3	168	O.K
P6	Sh1	A2	10	46.1	22.7	27.9	71.3	168	O.K
	Sh2	A2	15	74.1	30.5	60.9	134.5	300	O.K
	sh3	A2	40	74.1	30.5	35.9	159.5	300	O.K
	Sh1'	A2	10	74.1	30.5	65.9	129.5	300	O.K
	Sh2'	A1	40	77.5	31.4	32.5	158.6	300	O.K
P7	Sh1	A1	37	77.5	31.4	35.5	155.6	300	O.K
	Sh2	A1	5	57.6	25.9	29.8	71.5	185	O.K
P8	Sh1	A1	5	57.6	25.9	29.8	71.5	185	O.K
	Sh2	A1	5	29.4	18.1	58.0	79.3	185	O.K
P9	Sh1	A1	6	29.4	18.1	57.0	80.3	185	O.K
	Sh2	A1	0	26.4	17.3	66.0	75.1	185	O.K
P10	Sh1	A1	0	26.4	17.3	66.0	75.1	185	O.K
	Sh2	A2	8	51.7	24.3	32.7	76.1	185	O.K
A2	Sh1	A2	20	51.7	24.3	20.7	88.1	185	O.K
	Sh2	A2	13	77.5	31.4	59.5	131.6	300	O.K

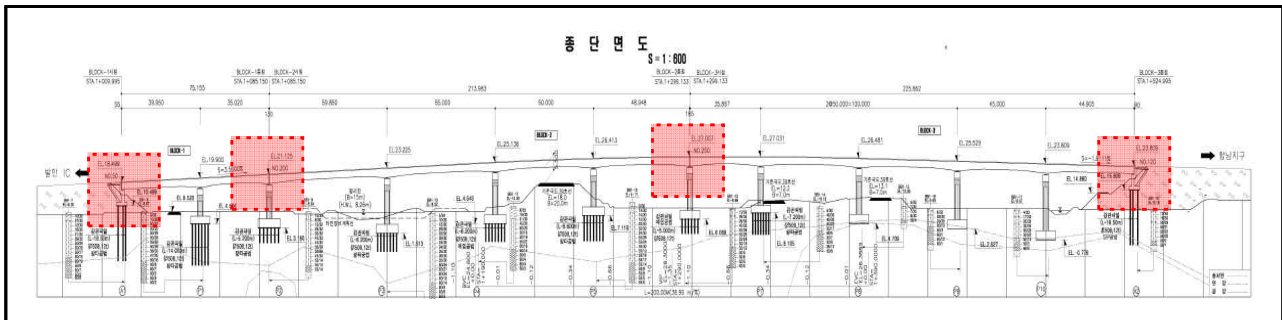
주) 판정 : 최대 받침 이동량 ≤ 실측 받침 가동여유량 ⇒ O.K

(7) 교량받침 가동량 검토결과

교량 받침 가동량의 실측값과 계산값을 비교/검토한 결과, 지간장 길이에 따라 가동량이 증가하여야 하나 일부구간(P1,Sh2)에서는 비교적 짧은 지간장 길이에 가동량이 크게 측정되 주의관찰이 필요하다. 그러나 교량받침의 특이손상은 없으며, 대체로 계산이동량이 받침장치의 허용변위 이내로 검토되었다.

다. 신축이음

상신육교(발안IC방향, 본선)의 신축이음은 A1, P2, P6, A2에 팽거조인트로 설치되어 있으며, 신축이음 배치 현황은 다음과 같다.



<그림 3.2.4> 상신육교(발안IC방향, 본선) 신축이음 배치도



<그림 3.2.5> 상신육교(발안IC방향, 본선) 신축이음 설치현황

1) 외관조사 현황

상신육교(발안IC방향, 본선) 신축이음에 대한 현장조사는 도보를 이용한 근접조사가 실시되었다.

- (1) 신축이음장치의 구조형태는 설계⇒시공⇒유지관리(전차 점검이력 확인)시 특별한 변동사항 없이 동일한 형태를 나타내고 있는 것으로 조사되었다.
- (2) 신축이음장치에 대한 현장조사결과 신축이음장치 0.3mm미만 후타재 균열, 유간 토사 퇴적 및 식생이 확인되었으며, 이는 2018년 이전에 확인된 손상으로 점검일 현재 진행은 경미한 상태이다.

		
신축이음장치(A1) 상태 (2018년 정밀안전점검)	신축이음장치(A1) 상태 (2020년 정밀안전점검)	신축이음장치(A1) 상태 (2021년 정밀안전진단)

2) 주요 손상 현황 검토

신축이음장치에서 조사된 균열은 건조수축과 공용기간 중 차량통행 하중에 따른 것으로, 발생한 균열은 대부분 국부적이며 균열 폭이 0.3mm 미만으로 표면처리보수를 통한 건전성을 확보하여야 한다. 또한, 신축이음장치 전구간에 유간 토사퇴적 및 식생이 확인되었으며, 이는 신축이음장치의 기능상실 및 누수의 원인이 되므로 주기적인 청소관리를 통해 신축이음장치의 기능확보가 필요하다.

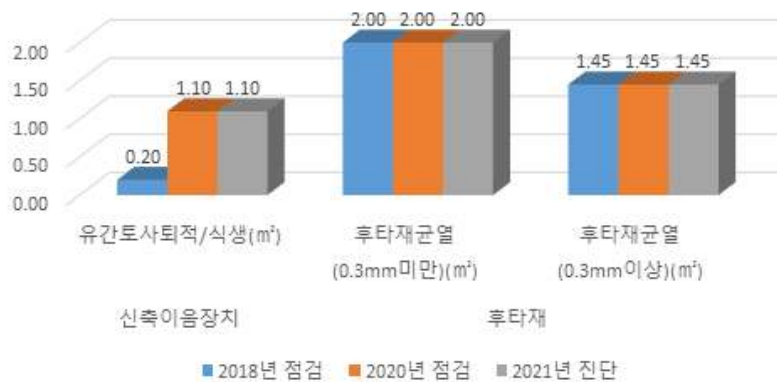
	
현 황 ◦ S1 신축이음장치 토사퇴적 및 식생	현 황 ◦ S6 신축이음장치 후타재 균열
원 인 ◦ 공용중	원 인 ◦ 통행하중 및 건조수축
대 책 ◦ 청소관리	대 책 ◦ 표면처리보수

3) 손상물량

【표 3.2.15】 신축이음장치 외관조사 총괄 결과표

손상내용		단위	2018년 점검		2020년 점검		2021년 진단		비고
			물량	개소	물량	개소	물량	개소	
본체	유간토사퇴적/식생	m ²	0.20	1.00	1.10	4.00	1.10	4.00	-
후타재	후타재균열 (0.3mm미만)	m	8.00	33.00	8.00	33.00	8.00	33.00	-
	후타재균열 (0.3mm이상)	m	5.80	24.00	5.80	24.00	5.80	24.00	-

신축이음장치 손상물량비교



신축 이음장치	본체		후타재			
	유간 이물질퇴적		균열(0.3mm 미만)		균열(0.3mm 이상)	
	물량	개소	물량	개소	물량	개소
	(m ²)	(EA)	(m)	(EA)	(m)	(EA)
A1	0.2	1	3.8	16	-	-
P2	0.2	1	-	-	2.8	14
P6	0.2	1	1.6	8	3	10
A2	0.5	1	2.6	9	-	-
합 계	1.1	4	8	33	5.8	24

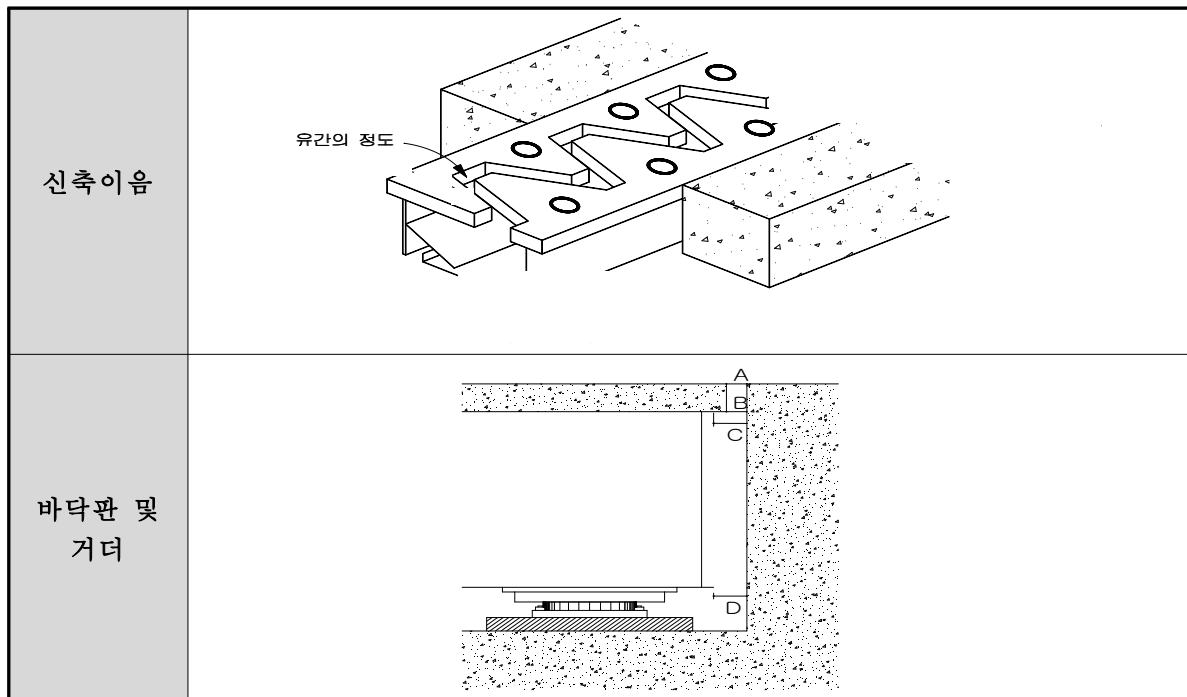
4) 검토 의견

신축이음장치에 발생한 손상에 대하여 이력 사항을 확인한 결과 후타재 균열은 손상의 규모 확대 및 진행은 경미한 상태로 확인되었으나, 신축 유간토사퇴적/식생이 기 점검과 비교하여 증대하였다. 상부구조물 거동의 수렴을 위한 신축이음장치의 기능확보와 하부 우수의 유입 방지를 위하여 유간 토사퇴적/식생의 정비가 필요하다.

5) 신축거동상태 평가

(1) 유간 측정 방법

유간측정은 방호벽 끝단에서 1.0m 내측부(차도)의 신축이음 강재와 강재의 간격을 <그림 3.2.6>과 같이 측정한다.



<그림 3.2.6> 신축이음 유간측정 방법

(가) 조사당시 온도 : 30.0℃ (2021. 7. 21)

(나) 검토온도 : -20℃ ~ 40℃ (한랭지방)

(다) 신축량 산정

- 온도변화에 의한 신축량

$$\Delta \ell_t = \Delta T \cdot \alpha \cdot L$$

여기서, ΔT : 온도변화량(℃), α (선팽창계수) : 1.2×10^{-5} , L : 신축거더 길이(m)

- 활하중에 의한 거더의 처짐으로 발생하는 신축량(신축장 100m 이상 적용)

$$\Delta L_t = \sum (h_i \times \theta_i) = (2,600\text{mm} \times 2/3 \times 1/150) = 11.6\text{mm}$$

여기서, h_i : 거더의 중립으로부터 받침의 회전중심까지의 거리(거더높이의 2/3)

θ_i : 받침상부의 거더의 회전각(강교 : 1/150)

(2) 신축이음 유간 측정

신축이음 (A1)			
	a. 신축이음	b. 바닥판 하면	c. 거더
신축이음 (P2)			
	a. 신축이음	b. 바닥판 하면	c. 거더
신축이음 (P6)			
	a. 신축이음	b. 바닥판 하면	c. 거더
신축이음 (A2)			
	a. 신축이음	b. 바닥판 하면	c. 거더

<그림 3.2.7> 신축이음 유간 측정방법

(3) 신축이음 유간 측정 결과

【표 3.2.16】 상신육교(발안IC방향, 본선) 신축이음 유간 측정결과

측정위치	측정시기	측 정 값(mm)				비 고
		신축이음	바닥판	Steel Box Girder		
				거더상부	거더하부	
EXP.J1 (A1)	2020. 07	45	65	125	128	-
EXP.J2 (P2)	2020. 07	45	80	150	160	-
EXP.J3 (P6)	2020. 07	65	90	120	130	-
EXP.J4 (A2)	2020. 07	30	50	80	80	-

【표 3.2.17】 상신육교(발안IC방향, 본선) 신축이음 신축이동량 산정

구분	측정 시기	측정 시 온도 (℃)	온도변화 (ΔT , ℃)		선팅창 계수 (α)	지간장 길이 (m)	온도변화에 의한 이동량(mm)		활하중에 의한 거더의 처짐에 의한 이동량 (mm)	계산최대 신축량(mm)	
			동절 기	하절 기			동절 기	하절 기		최대 수축량	최대 신장량
EXP.J 1 (A1)	2020.07	30.0	50.0	10.0	1.2×10^{-5}	37.5	22.5	4.5	11.56	34.1	16.1
EXP.J 2 (P2)	2020.07	30.0	50.0	13.0	1.2×10^{-5}	144.5	86.7	17.3	13.78	100.5	31.1
EXP.J 3 (P6)	2020.07	30.0	50.0	13.0	1.2×10^{-5}	220.0	132.0	26.4	13.78	145.8	40.2
EXP.J 4 (A2)	2020.07	30.0	50.0	13.0	1.2×10^{-5}	113.0	67.8	13.6	13.78	81.6	27.3
1) 조사당시 온도 : 1차 - 30.0℃(조사일 : 2021년 7월 21일, 측정시온도)											
2) 검토온도 : -20℃~+40℃(한랭지방)											

【표 3.2.18】 상신육교(발안IC방향, 본선) 신축이음 가동여유량 검토결과

구 분		최대신축 이동량(㎜)		점검 당시 실측 유간(㎜) ③	허용량(㎜) ④	신축 여유량 (㎜)		검토 결과
		최대 수축시 ①	최대 신장시 ②			최대 수축시 ④-(①+ ③)	최대 신장시 ③-②	
EXP.J1 (A1)	신축이음	34.1	16.1	45	100	20.9	28.9	O.K
	바닥판			65	-	-	48.9	O.K
	거더 상부			125	-	-	108.9	O.K
	거더 하부			128	-	-	111.9	O.K
EXP.J2 (P2)	신축이음	100.5	31.1	45	240	94.5	13.9	O.K
	바닥판			80	-	-	48.9	O.K
	거더 상부			150	-	-	118.9	O.K
	거더 하부			160	-	-	128.9	O.K
EXP.J3 (P6)	신축이음	145.8	40.2	65	300	89.2	24.8	O.K
	바닥판			90	-	-	49.8	O.K
	거더 상부			120	-	-	79.8	O.K
	거더 하부			130	-	-	89.8	O.K
EXP.J4 (A2)	신축이음	81.6	27.3	30	160	48.4	2.7	O.K
	바닥판			50	-	-	22.7	O.K
	거더 상부			80	-	-	52.7	O.K
	거더 하부			80	-	-	52.7	O.K
※ 신축여유량(팽창)=측정유간-계산신축량(팽창), 신축여유량(수축)=허용신장량-측정유간-계산신축량(수축) ※ 신축여유량 >0인 경우 양호(0㎜ ≤ 신축여유량 ≤ 허용량 ⇒ O.K)								

(4) 검토 의견

금회 실시한 진단결과 신축이음장치에 대하여 신축여유량을 검토하였으며, 검토결과 모든 측정개소에서 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

라. 교면포장

1) 외관조사 현황

상신육교(발안IC방향, 본선) 교면포장은 아스콘 포장(T=80mm)로 시공되어 있으며, 교면포장에 대한 현장조사는 도보를 이용한 근접조사가 실시되었다.

(1) 교면포장의 구조형태는 설계⇒시공⇒유지관리(전차 점검이력 확인)시 특별한 변동사항 없이 동일한 형태를 나타내고 있으며, 2021년 3월 일부구간 재포장을 실시한 것으로 확인되었고, 보강에 따른 응력개선 조치 사항은 확인되지 않았다.

(2) 교면포장에 대한 현장조사결과 포장마모, 파손, 포트홀, 패임, 식생 등의 손상이 확인되었으며, 2014년 정밀안전점검부터 금회 진단까지 손상의 이력 사항을 분석한 결과 일부 구간 재포장 보수를 실시하였으나, 보수가 미실시된 구간은 공용기간 증대와 더불어 손상은 점차 증대되는 경향을 보이고 있는 것으로 조사되었다.

		
교면포장 상태 (2018년 정밀안전점검)	교면포장 상태 (2020년 정밀안전점검)	교면포장 상태 (2021년 정밀안전진단)

2) 주요 손상 현황 검토

교면포장에서 확인된 아스팔트 마모는 전구간에서 차선의 교축방향 형태로 확인되었으며, 시공미흡 및 공용년수 증대에 따른 반복적인 교통하중 및 진동 등의 영향으로 아스콘 포장이 노후화되어 가는 과정에서 발생한 것으로 판단된다. 패임 및 파손은 재료적으로 아스팔트 함유량의 부족, 아스팔트의 과도한 가열, 혼합불량, 시공적으로는 다짐도 부족, 공용 중에는 침투수에 의한 동상현상 등의 원인으로 발생하며, 이러한 요인들이 복합적으로 작용할 때 더욱 쉽게 발생하게 된다. 포장부 손상은 주로 차바퀴가 지나가는 차륜부위와 신축이음 접합부에서 발생하였으며, 바닥판 하면에서 발생한 균열/백태의 위치와는 연관성이 적은 것으로 분석되었다. 아스팔트 마모는 장기적으로 우수의 침투에 따른 2차적인 손상(포트홀, 방수층 손상, 바닥콘크리트 열화)의 주요 원인으로 작용될 수 있는 조건임에 따라 보수를 계획함이 바람직하겠다.

시·종점부 신축이음부 접합부에 발생한 단차는 아스콘 압축 및 소성변형으로 1cm 내외

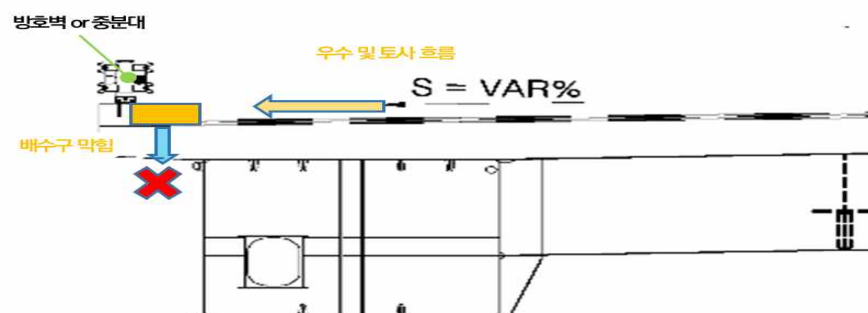
단차가 발생한 상태로 점검일 현재 충격음이 발생하고 있어 차량통행에 영향을 미칠 우려가 있으므로 보수계획 수립 시 우선보수함이 바람직하다.

토사퇴적의 경우 배수구막힘에 의한 체수에 기인한 손상으로 관리주체에서는 주기적인 정비(청소관리)를 통한 배수기능 확보를 하여야 한다.

보수가 미 실시된 구간을 포함하여 “시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(교량편)”을 근거로 교면포장에 대한 상태평가를 실시한 결과, 포장불량율은 대체로 10%이상으로 검토되었으며, 이는 상태평가 기준(d)에 따른 정의로 볼 때 “전반적인 재포장이 필요한 상태”를 나타내고 있다. 따라서, 현재의 외관 상태 및 교면포장 불량에 따른 잠재적인 문제(교면방수 손상 → Slab열화 → 박리/바락 + 부재력 저하)와 더불어 PCI 지수에 따른 아스콘 교면포장의 생애주기(7년)를 종합적으로 고려할 때 부분적인 소파 보수보다는 계획된 예산의 범위에서 순차적인 재포장이 필요하겠다.



현 황	◦ S4 교면포장 마모	현 황	◦ S11 교면포장 토사퇴적
원 인	◦ 장기공용 및 교통하중	원 인	◦ 배수구 막힘
대 책	◦ 재포장	대 책	◦ 주기적 정비



포장부 토사퇴적 개요도

구분	총면적(①,m²)	손상면적(②,m²)	보수완료구간 면적(③,m²)	보수필요구간 면적(m²,①-③)	마모율(% ,②/①)
S1	524.0	217.29	140	384.0	41%
S2	458.5	150.5	245	213.5	33%
S3	984.0	0	420	564.0	0%
S4	902.0	175.3	192.5	709.5	19%
S5	820.0	0	175	645.0	0%
S6	803.6	350	171.5	632.1	44%
S7	482.4	175.04	47.6	434.8	36%
S8	655.0	350.55	175	480.0	54%
S9	655.0	350	175	480.0	53%
S10	589.5	350	157.5	432.0	59%
S11	589.5	41.6	157.5	432.0	7%

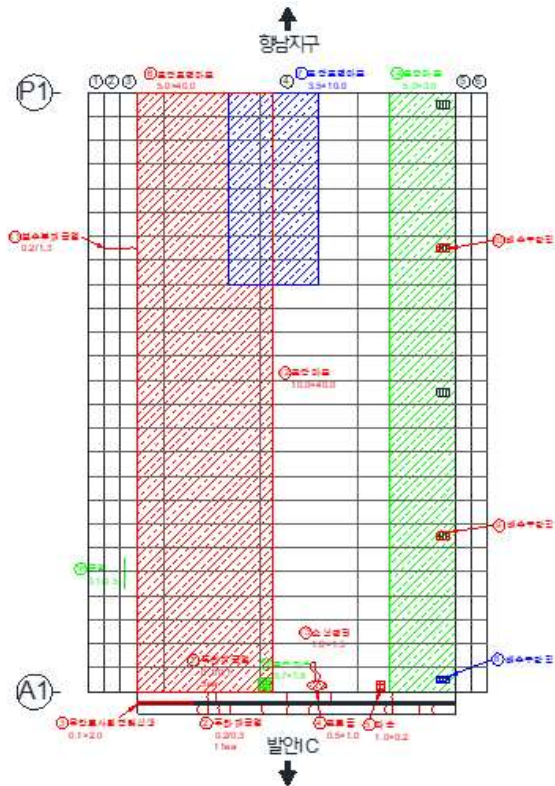
※ 상태평가 기준

기준	포장불량	
a	○ 미세균열	○ 없음
b	○ 포장불량을 2%미만	○ 포장손상이 미미하여 주행에 영향 없음
c	○ 포장불량을 2%이상~10%미만	○ 포장손상으로 인하여 차량의 통행에 영향 있음
d	○ 포장불량을 10%이상	○ 전반적인 재포장이 필요한 상태
e	-	-

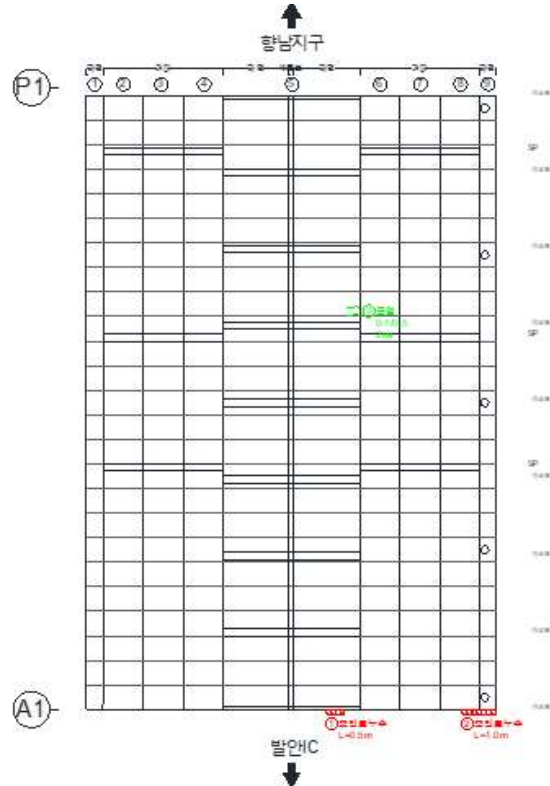
교면포장 손상 면적율



현황	◦ S1 교면포장 파손	현황	◦ S4 교면포장 마모
원인	◦ 장기공용 및 교통하중	원인	◦ 장기공용 및 교통하중
대책	◦ 아스팔트 소파보수	대책	◦ 아스팔트 재포장



<S1교면포장 외관망도>



<S1바닥하면 외관망도>

*교면포장부 전반적인 마모가 확인되었으나 바닥하면의 경우 양호한 상태임.

교면포장 균열과 바닥판 하면 균열과의 연관성 분석

3) 손상물량

【표 3.2.19】 교면포장 외관조사 총괄 결과표

손상내용	단위	2018년 점검		2020년 점검		2021년 진단		비고
		물량	개소	물량	개소	물량	개소	
포장마모	m ²	1117.00	8.00	2700.00	16.00	2150.50	15.00	-
포장패임	m ²	0.06	1.00	0.79	4.00	1.45	9.00	-
포장파손	m ²	0.74	3.00	0.74	3.00	4.00	5.00	-
포트홀	m ²	0.75	2.00	0.79	3.00	0.50	1.00	-
소성변형/보수부변형	m ²	0.00	0.00	2.25	2.00	0.00	0.00	-
보수부균열	m	0.00	0.00	1.30	1.00	1.30	1.00	-
단차	m	0.00	0.00	0.00	0.00	10.00	1.00	-
보수불량	m ²	0.50	1.00	0.50	1.00	0.00	0.00	-
식생	m ²	74.50	14.00	74.50	14.00	74.50	14.00	-

교면포장 손상물량비교

손상내용	2018년 점검	2020년 점검	2021년 진단
포장마모	1117.00	2700.00	2150.50
포장패임	0.06	0.79	1.45
포장파손	0.74	0.74	4.00
포트홀	0.75	0.79	0.50
소성변형/보수부변형	0.00	2.25	0.00
보수부균열	0.00	1.30	1.30
단차	0.00	0.00	10.00
보수불량	0.50	0.50	0.00

교면 포장	포장불량							
	포장마모		포장균열, 단차		포장패임, 포트홀		포장파손	
	물량 (m ²)	개소 (EA)	물량 (m)	개소 (EA)	물량 (m ²)	개소 (EA)	물량 (m ²)	개소 (EA)
S1	215	2	1.3	1	0.5	1	1.46	2
S2	150.5	3	-	-	-	-	-	-
S3	-	-	-	-	-	-	-	-
S4	175	1	-	-	0.3	1	-	-
S5	-	-	-	-	-	-	-	-
S6	350	1	-	-	-	-	-	-
S7	175	1	-	-	-	-	0.04	1
S8	350	2	-	-	0.55	7	-	-
S9	350	2	-	-	-	-	-	-
S10	350	2	-	-	-	-	-	-
S11	35	1	10	1	0.6	1	2.5	2
합계	2150.5	15	11.3	2	1.95	10	4	5

4) 검토 의견

2018년 정밀안전점검부터 금회 진단까지 발생한 손상에 대하여 정량적인 물량 비교를 실시한 결과 포장부 마모손상의 정도가 점차 증가되는 추세로 확인되었다. 앞서 분석한 대로 포장마모와 콘크리트 바닥판 균열과의 연관성은 다소 미미한 상태이나 포장마모의 상태 및 규모가 진행되고 있으며, 포장손상율이 10%이상, 준공 이후 부분재포장(2021.03)을 제외한 보수이력 전무 등을 종합적으로 고려할 때 부분적인 소파 보수보다는 계획된 예산의 범위에서 순차적인 재포장이 바람직하다.

마. 기타부재

1) 배수시설

(1) 외관조사 현황

상신육교(발안IC방향, 본선) 배수시설에 대한 현장조사는 교량점검차 및 고소점검차와 도보를 이용한 근접조사가 실시되었다.

(가) 상신육교 발안IC방향의 배수체계는 교량상판의 갓길방호벽 측에 집수구를 설치하고 이를 종배수관과 연결하여 배수하는 점(點)배수 시스템이 적용되었으며, 배수구는 $\varnothing 150\text{mm}$ 육교용 PIPE으로 전체 약 678m의 규모이다.

(나) 배수시설에 대한 현장조사결과 교면포장부에 위치한 배수구의 이물질 퇴적, 교대 배수관 유실 등의 손상이 조사되었다.

(2) 주요 손상 현황 검토

교면포장에서 조사된 배수시설 배수구 막힘은 2018년 정밀안전점검과 동일한 손상으로 점검일 현재 배수기능 저하에 영향은 경미하나 관리주체에서는 일상적인 유지관리를 통해 배수기능 확보를 실시함이 바람직하다.

A2 배수관 유실의 경우 교면포장부 우수가 A2 코핑부에 체수를 유발하여 장기방치 시 표면열화 등의 2차손상을 유발할 수 있는 바, 배수관을 재설치하여 배수기능을 확보함이 바람직 할 것이다.

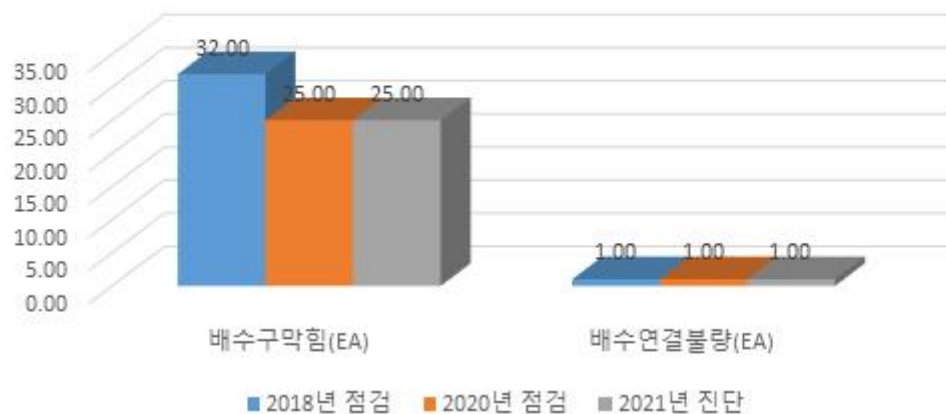
			
현황	◦ A2 배수관 유실	현황	◦ S4 배수구 막힘
원인	◦ 시공미흡	원인	◦ 장기공용
대책	◦ 재시공	대책	◦ 청소관리

(3) 손상물량

【표 3.2.20】 배수시설 외관조사 총괄 결과표

손상내용	단위	2018년 점검		2020년 점검		2021년 진단		비고
		물량	개소	물량	개소	물량	개소	
배수구막힘	EA	32.00	32.00	25.00	25.00	25.00	25.00	-
배수관연결불량	EA	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-
배수관길이부족	m	0.00	0.00	1.50	1.00	1.50	1.00	-
부식(배수공)	m ²	0.00	0.00	0.00	0.00	15.00	1.00	-

배수시설 손상물량비교



<주요손상 물량비교 그래프>

배수 시설	배수시설							
	배수구 막힘		배수관 연결불량		배수관 길이부족		부식(배수공)	
	손상 물량	총물량	손상 물량	총물량	손상 물량	총물량	손상 물량	총물량
	(EA)	(EA)	(EA)	(EA)	(m)	(EA)	(m ²)	(EA)
S1	2	2	-	-	-	-	-	-
S2	-	-	-	-	-	-	15	1
S3	1	1	-	-	-	-	-	-
S4	2	2	-	-	-	-	-	-
S5	-	-	-	-	-	-	-	-
S6	-	-	-	-	-	-	-	-
S7	1	1	-	-	-	-	-	-
S8	-	-	-	-	-	-	-	-
S9	8	8	-	-	-	-	-	-
S10	4	4	-	-	-	-	-	-
S11	7	7	1	1	1.5	1	-	-
합 계	25	25	1	1	1.5	1	15	1

(4) 검토 의견

상신육교 발안IC방향에 설치된 배수시설에서 조사된 손상으로는 바닥판 상면의 이물질퇴적 및 유도배수관 탈락이 있으며, 이는 기 점검과 동일한 손상으로 확인되었으며, 이 손상으로 인해 구조체 표면열화, 누수흔적 등의 손상을 유발하고 있어 배수관 탈락구간에 대해서 배수관 정비(재시공)가 필요하다.

2) 방호벽 및 중앙분리대

(1) 외관조사 현황

상신육교(발안IC방향, 본선) 방호벽 및 중앙분리대에 대한 현장조사는 교량굴절차 및 고소 점검차와 도보를 이용한 근접조사가 실시되었다.

(가) 방호벽 및 중앙분리대는 자동차의 차도이탈 방지, 사고시 완충작용 등의 기능을 하는 철근콘크리트 구조로 신축이음부에는 덮개판이 설치되어 있다.

(나) 방호벽에 대한 현장조사결과 균열(재균열 포함), 백태, 표면박리, 파손, 굽힘 등의 손상이 확인되었으며, 2018년 정밀안전진단부터 금회 진단까지 손상의 이력 사항을 분석한 결과 손상은 점차 증가되는 추세로 확인되었다.

(2) 주요 손상 현황 검토

방호벽 및 중앙분리대에서 조사된 균열손상은 콘크리트의 재료적 특성 및 교통통행에 따른 진동에 기인한 비구조적 손상으로 점검일 현재 방호벽의 기능저하에 영향은 경미한 것으로 판단된다. 간판 철골부재 부식의 경우 철골부재의 단면결손까지 진행되지 않았으나, 장기방치 시 하부 도로로 간판이 낙하의 우려가 있으므로 주기적인 관리가 필요하다.



현황	◦ S4 방호벽 균열	현황	◦ S5 방호벽 간판 철골 부식
원인	◦ 건조수축, 진동	원인	◦ 장기공용
대책	◦ 표면처리	대책	◦ 재도장

(3) 손상물량

【표 3.2.21】 방호벽 및 중앙분리대 외관조사 총괄 결과표

손상내용		단위	2018년 점검		2020년 점검		2021년 진단		비고
			물량	개소	물량	개소	물량	개소	
방호벽 /중분대	균열 (0.3mm 미만)	m	116.00	123.00	123.20	128.00	126.30	122.00	-
	균열/백태 (0.3mm 미만)	m	16.00	9.00	16.00	9.00	23.40	12.00	-
	균열/백태(A)	m ²	0.70	4.00	0.70	4.00	0.70	4.00	-
	표면박리	m ²	5.00	2.00	5.00	2.00	5.00	2.00	-
	긁힘	m ²	0.02	1.00	0.02	1.00	0.02	1.00	-
	보수불량	m ²	0.15	1.00	0.15	1.00	0.15	1.00	-
	가드판넬변형	m	5.00	3.00	5.00	3.00	5.00	3.00	-

방호벽/중분대 손상물량비교

방호벽/중분대

■ 2018년 점검 ■ 2020년 점검 ■ 2021년 진단

방호벽/ 중분대	콘크리트											
	균열 (0.3mm미만)		균열/백태 (0.3mm미만)		균열/백태(A)		표면박리		긁힘		보수불량	
	물량 (m)	개소 (EA)	물량 (m²)	개소 (EA)	물량 (m²)	개소 (EA)	물량 (m²)	개소 (EA)	물량 (m²)	개소 (EA)	물량 (m²)	개소 (EA)
S1	0.5	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S2	6.7	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S3	6.9	14	-	-	0.1	1	-	-	-	-	-	-
S4	13.6	23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S5	1.5	2	0.3	1	-	-	3	1	-	-	-	-
S6	2.7	3	10	1	-	-	2	1	0.02	1	-	-
S7	9	4	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-
S8	8	16	-	-	0.1	1	-	-	-	-	0.15	1
S9	20.1	18	2.8	3	0.3	1	-	-	-	-	-	-
S10	50	17	3.3	4	0.2	1	-	-	-	-	-	-
S11	7.3	12	6	2	-	-	-	-	-	-	-	-
합 계	126.3	122	23.4	12	0.7	4	5	2	0.02	1	0.15	1

(4) 검토 의견

2018년 정밀안전점검부터 금회 진단까지 발생한 손상에 대하여 정량적인 물량 비교를 실시한 결과 0.3mm 균열 손상의 감소는 일부 보수손상이 아닌 백태가 동반되어 물량의 재산정한 결과로 판단되며, 그 외 손상의 경우 손상의 진행은 경미한 상태로 확인되었다.

3) 점검로

(1) 외관조사 현황

상신육교(발안IC방향, 본선)에 설치된 점검로는 교량시설의 유지관리에 이용토록 강재시설로 설치되어 있으며, 점검로에 대한 현장조사는 도보를 이용한 근접조사가 실시되었다.

(2) 주요 손상 현황 검토

점검일 현재 점검로의 고정을 위한 앵커볼트는 특별한 손상 없이 교각 코핑 부위에 매입되어 있으며, 점검로의 바닥판 및 난간 등의 부재 역시 변형, 부식 등의 손상 없이 양호한 외관 상태를 나타내고 있었다. 그러나 점검로의 경우 공용기간 동안 빈번한 이용이 예상되는바 적정하중 이상의 과하중 작업에 대한 관리가 지속적으로 필요하겠다. 또한 P2 점검로 출입문이 파손된 상태로 일반인의 출입을 통제하여 안전사고를 미연에 방지하기 위하여 출입문 재시공이 바람직하다.



현황	◦ 점검로	현황	◦ P2 점검로 출입문
원인	◦ 특이손상 없음	원인	◦ 파손
대책	◦ 지속적인 점검관리	대책	◦ 교체시공

바. 기점검 결과와 비교·분석

본 과업대상 시설물인 상신육교(발안IC방향, 본선)는 2011년에 준공되어 10년째 공용 중에 있으며, 금회 제1차 정밀안전진단을 실시하고, 현장조사 결과를 토대로 외관조사망도를 작성하였다. 상신육교(발안IC방향, 본선)의 기 손상은 최근 수행한 2020년 정밀안전점검을 바탕으로 작성하였고, 손상의 이력관리를 통한 증감 원인은 다음과 같다.

【표 3.2.22】 기 손상 이력과 금회 정밀안전진단과의 비교 결과 및 손상증감 원인 분석

구 분	정밀안전점검(2020년) 발생손상	정밀안전진단(2021년) 발생손상	증가원인	비 고
바닥판	▪ 균열 ▪ 철근노출 ▪ 망상균열 ▪ 데크부식 ▪ 조인트누수	▪ 균열 ▪ 철근노출 ▪ 망상균열 ▪ 데크부식 ▪ 조인트누수 ▪ 박리, 박락 ▪ 누수흔적	▪ 조사용 접근장비 운용 ▪ 정밀 상세조사 ▪ 우수침투	-
Steel Box Girder	▪ 누수흔적 ▪ 부식 ▪ 굽힘 ▪ 강재변형	▪ 누수흔적 ▪ 부식 ▪ 굽힘 ▪ 강재변형 ▪ PIT ▪ 도장박리	▪ 조사용 접근장비 운용 ▪ 정밀 상세조사 ▪ 렌턴 등으로 이용한 정밀조사 ▪ 외부충격 요인 ▪ 우수침투	-
강가로보 및 세로보	▪ -	▪ -	▪ 손상의 증가 없음	-
교대	▪ 균열 ▪ 백태 ▪ 누수흔적 ▪ 누수/채수 ▪ 박리 ▪ 식생(관목)	▪ 균열 ▪ 백태 ▪ 누수흔적 ▪ 누수/채수 ▪ 박리 ▪ 식생(관목) ▪ 표면열화	▪ 공용년수 증가에 따른 증대 ▪ 정밀 상세조사 ▪ 신축이음부 우수 유입	-
교각	▪ 균열 ▪ 망상균열 ▪ 재료분리 ▪ 박리, 박락 ▪ 굽힘 ▪ 되메우기 토사유실 ▪ 채수, 표면오염	▪ 균열 ▪ 망상균열 ▪ 재료분리 ▪ 박리, 박락 ▪ 굽힘 ▪ 되메우기 토사유실 ▪ 채수, 표면오염 ▪ 표면열화 ▪ 굽힘	▪ 조사용 접근장비 운용 ▪ 공용년수 증가에 따른 증대 ▪ 정밀 상세조사 ▪ 신축이음부 우수 유입	-

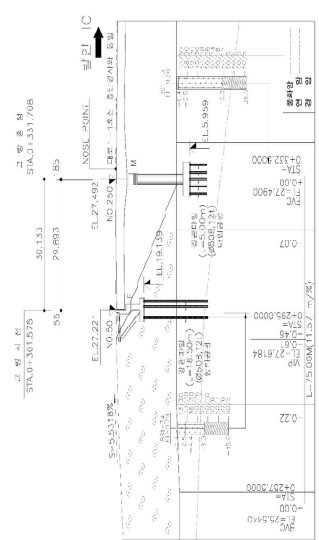
구 분	정밀안전점검(2020년) 발생손상	정밀안전진단(2021년) 발생손상	증가원인	비 고
교량받침	- 부식 - 받침균열	- 부식 - 받침균열 - 재료분리	- 공용년수 증가에 따른 증대 - 정밀 상세조사 - 우수침투	-
신축이음	- 균열(0.3mm이상) - 균열(0.3mm미만) - 이물질 퇴적	- 균열(0.3mm이상) - 균열(0.3mm미만) - 이물질 퇴적	손상의 증가 없음	-
교면포장	- 마모 - 패임 - 파손 - 포트홀 - 소성변형 - 균열 - 보수불량 - 식생	- 마모 - 패임 - 파손 - 포트홀 - 단차 - 균열 - 식생	- 공용년수 증가에 따른 노후화 - 정밀 상세조사 2021.03 일부 재포장	-
배수시설	- 이물질 퇴적 - 유도배수관 탈락	- 이물질 퇴적 - 유도배수관 탈락	손상의 증가 없음	-
난간/방호벽 점검로	- 균열 - 백태 - 표면박리	- 균열 - 백태 - 표면박리 - 출입구 파손	- 조사용 접근장비 운용 - 공용년수 증가에 따른 열화 - 정밀 상세조사 - 외부충격	-

3.2.2 RAMP교

본 과업 대상 교량인 상신육교 (발안IC방향, 램프)는 2011년 3월 준공된 시설물로서 교량의 위치는 “경기도 화성시 향남면 하길리”에 위치하며, 교량의 형식은 Steel Box Girder교로 구성되어 있다.

상신육교 (발안IC방향, 램프)는 연장 L = 30.0m, 1경간으로, 교폭은 B=7.15m(1차로)의 강상형(Steel Box Girder)으로 시공되어 있으며, 하부구조는 역T형 교대(1기)와 T형 교각(1기)로 구성되어 있다.

【표 3.2.23】 상신육교 (발안IC방향, 램프) 현황

시 설 물 명				발안IC방향, 램프	비 고	
상 신 육 교 램 프 교	교 폭			B = 7.15m (1차로)		
	교 장			L = 30.0m		
	구조 형식	상부		11경간		Steel Box Girder
		하 부	교각			T형(1기)
			교대			역T형(1기)
	교량받침			디스크받침(4기)		
	신축이음			Finger Joint(2개소)		
	설계하중			DB-24		
	준공년도			2011. 03.		
	설 계 사			(주)경동기술공사		
시 공 사			울트라건설(주)			

가. 상부구조

1) 바닥판 하면

(1) 외관조사 현황

상신육교 (발안IC방향, 램프) 바닥판 하면은 콘크리트(T=300mm)로 시공되어 있으며, 바닥판 하면에 대한 현장조사는 근접조사를 위하여 교량점검차 및 도보를 통해 수행되었다.

(가) 바닥판 하면의 구조형태는 설계⇒시공⇒유지관리(전차 점검이력 확인)시 특별한 변동사항 없이 동일한 형태를 나타내고 있으며, 보강에 따른 응력개선 조치 사항은 확인되지 않았다.

(나) 바닥판 하면에 대한 현장조사결과 0.3mm미만 균열이 조사되었으며, 2018년 정밀안전점검부터 금회 진단에 이르기까지 손상의 이력 사항을 분석한 결과 상세 외관조사에 의한 신규손상으로 판단된다.

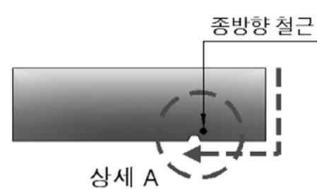
		
바닥판 상태 (2018년 정밀안전점검)	바닥판 상태 (2020년 정밀안전점검)	바닥판 상태 (2021년 정밀안전진단)

(2) 주요 손상 현황 검토

(가) 바닥판 하면 균열/망상균열

바닥판 하면에서 조사된 균열은 0.3mm미만 균열로 켄틸러버구간에 발생하였다. 누수흔적을 동반하고 있으며, 이는 상부 방호벽에서 유입된 우수로 장기방치 시 철근부식 등의 2차손상이 우려되는 바, 유지관리계획 수립 후 보수함이 바람직하다.

			
현 황	◦ S1 바닥판 하면 전경	현 황	◦ S1 바닥판 하면 - 균열 (0.2mm×0.3m)
원 인	-	원 인	◦ 건조수축
대 책	-	대 책	◦ 표면보수

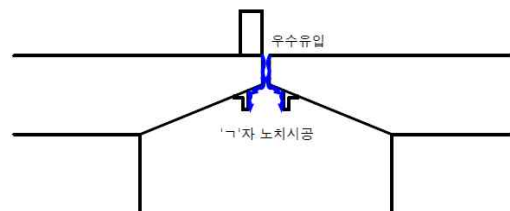
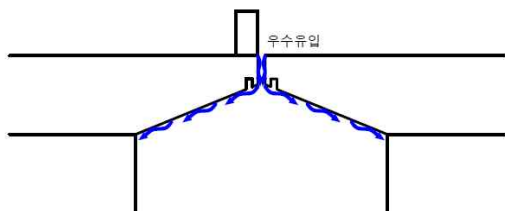


캔틸레버하면 우수유입



철근부식(강재부식)유발

바닥판 하면 - S1 균열(0.3mm미만) 발생 구간 2차손상 우려



‘ㄱ’형 물끊기 노치 시공(장기적 개선방안)

(3) 손상물량

【표 3.2.24】 바닥판하면 외관조사 총괄 결과표

손상내용	단위	2018년 정밀		2020년 정밀		2021년 진단		비고
		물량	개소	물량	개소	물량	개소	
균열(0.3mm 미만)	m	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	-

바닥판하면 손상물량비교

■ 2018년 점검 ■ 2020년 점검 ■ 2021년 진단

바닥 판 하 면	균 열						열화 및 손상							
	균열 (0.3mm미만)		균열 (0.3mm이상)		망상균열 (0.1~0.3mm)		누수, 누수흔적		백태		박리/박락/ 파손		철근노출	
	물량 (m)	개소 (EA)	물량 (m)	개소 (EA)	물량 (m²)	개소 (EA)	물량 (m²)	개소 (EA)	물량 (m²)	개소 (EA)	물량 (m²)	개소 (EA)	물량 (m²)	개소 (EA)
S1	1.0	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
합계	1.0	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

(4) 검토 의견

금회 점검은 최초로 실시하는 정밀안전진단으로 2018년 실시된 정밀안전점검부터 금회 정밀안전진단까지 발생한 손상에 대하여 정량적인 물량 비교를 실시한 결과 폭 0.3mm미만 균열이 1개소 증가되었으며, 이는 상세외관조사에 의한 손상물량 증가로 조사된 손상은 비구조적 손상으로 판단되는 바, 장기적 유지관리계획 수립 후 보수함이 바람직하다.

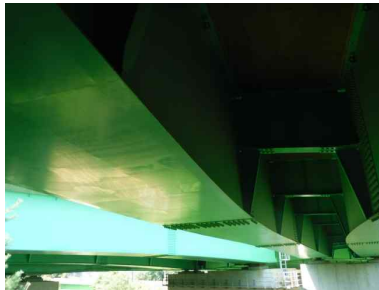
2) 강 거더(STB)

(1) 외관조사 현황

상신육교 (발안IC방향, 램프) 강 거더(STB)는 2.3m×2.8m의 규모이며, 대한 현장조사는 도보를 이용한 근접조사가 실시되었다.

(가) 강 거더의 구조형태는 설계⇒시공⇒유지관리(전차 점검이력 확인)시 특별한 변동사항 없이 동일한 형태를 나타내고 있으며, 보강에 따른 응력개선 조치 사항은 확인되지 않았다.

(나) 강 거더에 대한 현장조사결과 주요 구조부재에서는 부식, 변형, 균열 등 특이한 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.

		
강 거더 상태 (2018년 정밀안전점검)	강 거더 상태 (2020년 정밀안전점검)	강 거더 상태 (2021년 정밀안전진단)

(2) 검토 의견

2018년 정밀안전진단부터 최근 진단까지 발생한 손상은 없는 양호한 상태로 확인되었으며, 관리주체에서는 특이손상 발생여부에 대한 주기적인 관리, 관찰이 바람직하다.

3) 가로보

(1) 외관조사 현황

상신육교 (발안IC방향, 램프) 가로보에 대한 현장조사는 교량점검차 및 고소점검차를 이용한 근접조사가 실시되었다.

(가) 가로보 및 세로부의 구조형태는 설계⇒시공⇒유지관리(전차 점검이력 확인)시 특별한 변동사항 없이 동일한 형태를 나타내고 있으며, 보강에 따른 응력개선 조치 사항은 확인되지 않았다.

(나) 가로보에 대한 현장조사결과 특이손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

		
가로보 상태 (2018년 정밀안전점검)	가로보 상태 (2020년 정밀안전점검)	가로보 상태 (2021년 정밀안전진단)

(2) 검토 의견

2018년 정밀안전점검부터 금회 정밀안전진단까지 손상 이력 확인결과 특이손상은 조사되지 않아 양호한 상태로 판단된다.

나. 하부구조

1) 교대

(1) 외관조사 현황

상신육교 (발안IC방향, 램프) 교대는 역T형 1기가 시공되어 있으며, 교대에 대한 현장조사는 도보를 이용한 근접조사가 실시되었다.

(가) 교대의 구조형태는 설계⇒시공⇒유지관리(전차 점검이력 확인)시 특별한 변동 사항 없이 동일한 형태를 나타내고 있으며, 보강에 따른 응력개선 조치 사항은 확인되지 않았다.

(나) 교대에 대한 현장조사결과 침하균열, 박리, 백태, 누수흔적, 잡철물 노출 등의 손상이 확인되었으며, 2018년 정밀안전점검부터 금회 진단까지 손상의 이력 사항을 분석한 결과 과거부터 조사되어온 손상이 대부분이며, 신규손상은 상세외관조사에 의한 손상물량 증가로 시공당시의 결함으로 판단된다.

		
교대(A1) 상태 (2018년 정밀안전점검)	교대(A1) 상태 (2020년 정밀안전점검)	교대(A1) 상태 (2021년 정밀안전진단)

(2) 주요 손상 현황 검토

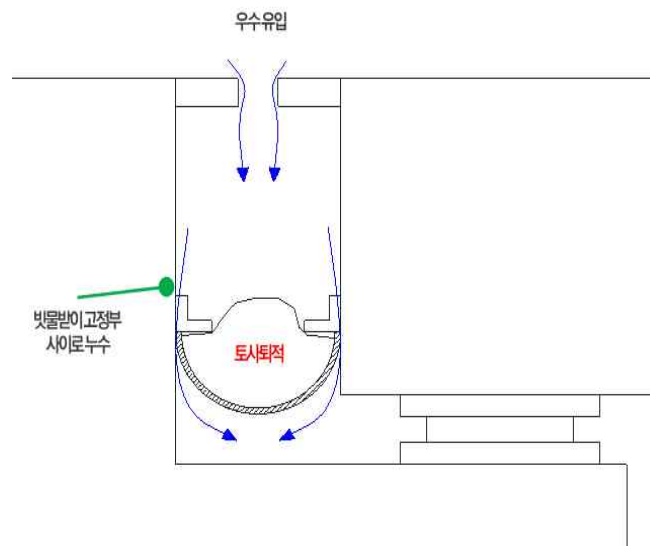
(가) 박리/침하균열 손상의 진행

표면박리 및 침하균열 손상의 진행은 신축이음부 누수에 기인하여 기 손상인 표면박리 및 침하균열의 경미하게 진행된 것으로 판단된다. 장기방치 시 내구성 저하에 영향을 미칠 우려가 있으므로 단면복구 등의 조치가 바람직하며, 신축이음부 누수에 대한 보수(청소관리)를 같이 병행하여 실시하여야 할 것이다.



현 황 ◦ A1 박리
원 인 ◦ 신축이음부 누수
대 책 ◦ 단면복구

현 황 ◦ A1 코핑부 침하균열
원 인 ◦ 블리딩, 신축이음부 누수
대 책 ◦ 단면복구



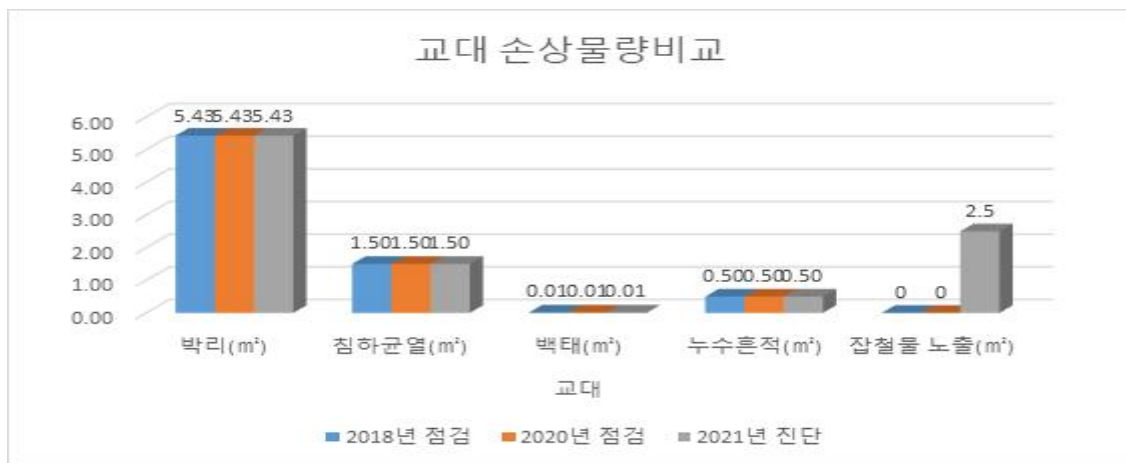
※ 개선방안(실링재 주입, 현장여건 고려 필요.)

교대 - 신축이음 누수에 의한 교대 손상진행 / 보수 개요도(개선방안)

(3) 손상물량

【표 3.2.25】 교대 외관조사 총괄 결과표

손상내용	단위	2018년 점검		2020년 점검		2021년 진단		비고
		물량	개소	물량	개소	물량	개소	
박리	m ²	5.43	3.00	5.43	3.00	5.43	3.00	-
침하균열	m ²	1.50	1.00	1.50	1.00	1.50	1.00	-
백태	m ²	0.01	1.00	0.01	1.00	0.01	1.00	-
누수흔적	m ²	0.50	1.00	0.50	1.00	0.50	1.00	-
잡철물 노출	m ²	0.00	0.00	0.00	0.00	2.50	1.00	-



(4) 검토 의견

2018년 정밀안전점검부터 발생한 손상에 대하여 정량적인 물량 비교를 실시한 결과 손상의 물량증가는 없는 상태이다. 그러나 신축이음부 하부 누수 및 외부 우수의 유입에 의해 코핑부 구간 침하균열부에 열화가 진행된 상태로 구조체의 내구성 확보를 위해 단면복구의 실시가 바람직하며, 동시에 신축이음부 누수구간 유도배수 처리가 필요하다.

2) 교각

(1) 외관조사 현황

상신육교(발안IC방향, 램프) 교각에 대한 현장조사는 교량점검차 및 도보를 이용한 근접조사가 실시되었다.

(가) 교각의 구조형태는 설계⇒시공⇒유지관리(전차 점검이력 확인)시 특별한 변동사항 없이 동일한 형태를 나타내고 있으며, 보강에 따른 응력개선 조치 사항은 확인되지 않았다.

(나) 교각에 대한 현장조사결과 0.3mm미만 균열, 파손/잡철물 노출 등의 손상등의 손상이 확인되었으며, 2018년 정밀안전점검부터 금회 진단까지 손상의 이력 사항을 분석한 결과 경미한 손상의 증가가 확인되었으나 이는 상세조사에 의한 손상물량의 증가로 구조적 손상은 아닌 것으로 판단된다.

교각 상태 (2018년 정밀안전점검)	교각 상태 (2020년 정밀안전점검)	교각 상태 (2021년 정밀안전진단)

(2) 주요 손상 현황 검토

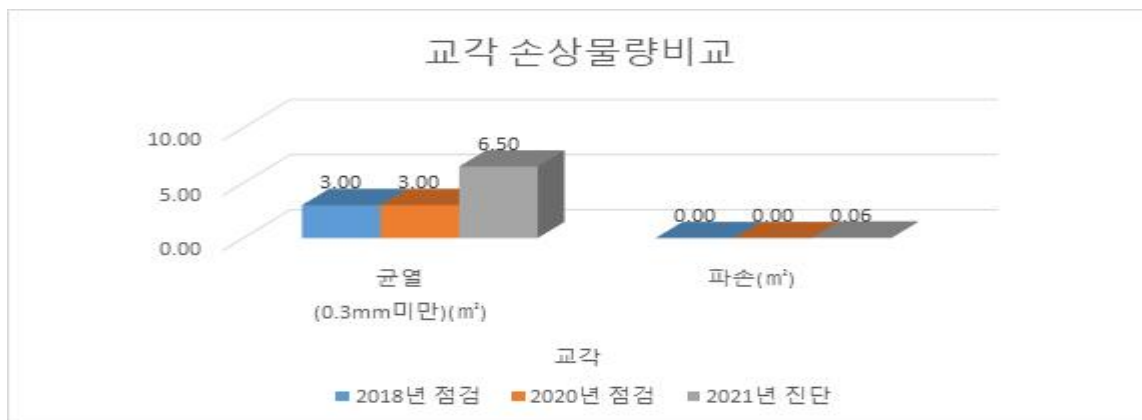
교각에서 주로 조사된 손상으로 0.3mm 미만 균열, 파손/잡철물 노출이 확인되었다. 조사된 철선노출은 시공당시 거푸집 고정용 폼타이 부분에 대하여 양생 후 표면처리 불량에 따라 외기 환경조건에 의해 부식/팽창되어 표면에 노출된 것으로, 현 시점에서 구조적인 문제는 없을 것으로 판단되어지나, 장기적으로 표면 건전성 불량이 예상되는바 표면보수를 통한 건전성 회복이 필요하겠다.

			
현 황	◦ P1 기둥부 균열	현 황	◦ P1 코핑부 잡철물 노출
원 인	◦ 건조수축	원 인	◦ 시공미흡
대 책	◦ 표면보수	대 책	◦ 단면복구

(3) 손상물량

【표 3.2.26】 교각 외관조사 총괄 결과표

손상내용	단위	2018년 점검		2020년 점검		2021년 진단		비고
		물량	개소	물량	개소	물량	개소	
균열 (0.3mm미만)	m	3.00	3.00	3.00	3.00	6.50	6.00	-
파손/잡철물 노출	m ²	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	6.00	-

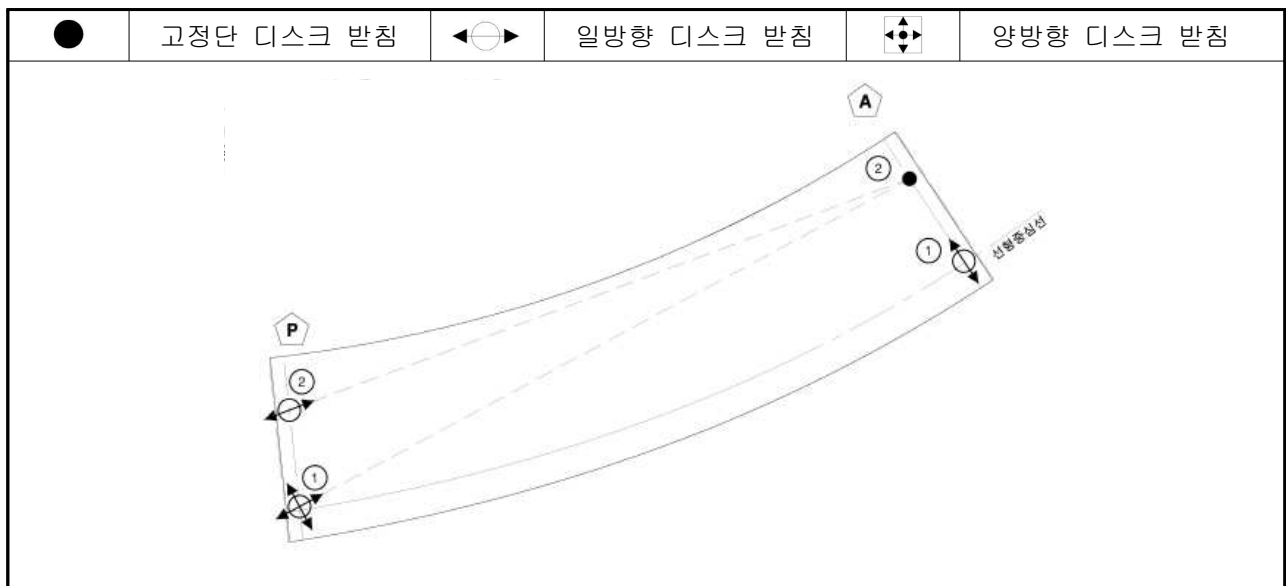


(4) 검토 의견

2018년 정밀안전점검까지 발생한 손상에 대하여 정량적인 물량 비교를 실시한 결과 폭 0.3mm미만의 균열이 다소 증가되었으며, 잡철물 노출이 신규로 확인되었다. 균열은 기 손상의 진행이 경미한 점과 잡철물 노출은 시공 당시 발생한 손상임을 고려할때 상세외관조사에 의한 손상물량의 증가로 판단되며, 시급한 보수를 요하는 손상은 아니나 구조체의 건정성 확보를 위해 장기적 유지관리계획에 따른 적정보수가 필요하다.

3) 교량받침

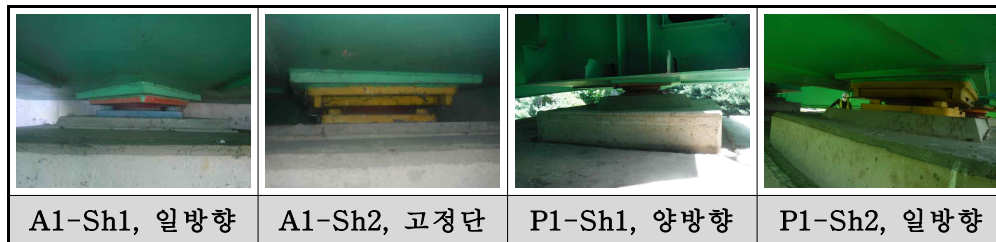
상신육교 (발안IC방향, 램프)의 교량받침은 디스크 받침으로 시공되었으며, 고정단 디스크 받침 1개소, 일방향 디스크 받침 2개소, 양방향 디스크 받침1개소로 총 4개소가 아래 그림과 같이 배치되어 있다.



<그림 3.2.8> 상신육교 (발안IC방향, 램프) 교량받침 배치도

【표 3.2.27】 교량 받침 시공 현황

위치	받침 위치		규격(tonf)	가동방향	비고
A1	G1	Sh1	250	일방향(교축직각)	-
	G2	Sh2	200	고정단	-
P1	G1	Sh1	250	양방향	-
	G2	Sh2	200	일방향(교축)	-



<그림 3.2.9> 상신육교 (발안IC방향, 램프)교량받침 현황

(1) 외관조사 현황

상신육교 (발안IC방향, 램프) 받침장치에 대한 현장조사는 점검통로 및 교량점검차를 이용하여 근접조사가 실시되었다.

(가) 받침장치의 구조형태 및 용량은 설계⇒시공⇒유지관리(전차 점검이력 확인)시 특별한 변동사항 없이 동일한 형태를 나타내고 있으며, 보강에 따른 응력개선 조치 사항은 확인되지 않았다.

(나) 받침장치에 대한 현장조사결과 받침물탈 균열이 확인되었으며, 2018년 정밀안전점검부터 금회 진단까지 손상의 이력 사항을 분석한 결과 받침물탈 균열이 상세외관조사에 의해 추가 조사되었다.



(2) 주요 손상 현황 검토

받침물탈 균열이 신규조사 되었으며, 이는 콘크리트의 건조수축에 의해 발생한 손상으로 기 점검 후 발생한 손상이 아닌 누락된 손상으로 점검일 현재 시급한 보수를 요하는 손상은 아닌 것으로 판단된다.

			
현황	◦ A1-Sh1 받침장치 전경	현황	◦ A2-Sh2 받침물탈 균열
원인	-	원인	◦ 건조수축
대책	-	대책	◦ 표면처리

(3) 손상물량

【표 3.2.28】 받침장치 외관조사 총괄 결과표

손상내용		단위	2018년 점검		2020년 점검		2021년 진단		비고
			물량	개소	물량	개소	물량	개소	
받침본체	부식	m ²	0.00	0.00	0.00	0.00	0.12	1.00	-
받침 콘크리트	받침물탈균열	m	0.00	0.00	0.00	0.00	0.60	6.00	-

받침장치 손상물량비교

부식(m²) 받침물탈균열(m²)

받침본체 받침 콘크리트

■ 2018년 점검 ■ 2020년 점검 ■ 2021년 진단

(4) 검토 의견

2018년 정밀안전점검부터 금회 진단까지 발생한 손상에 대하여 정량적인 물량 비교를 실시한 결과 부식 및 물탈균열 손상이 증가되었다. 부식은 공용연수 증대에 따른 점부식의 발생으로 단기적으로는 주의관찰 후 손상의 진행시 재도장의 보수가 바람직 할 것으로 판단된다.

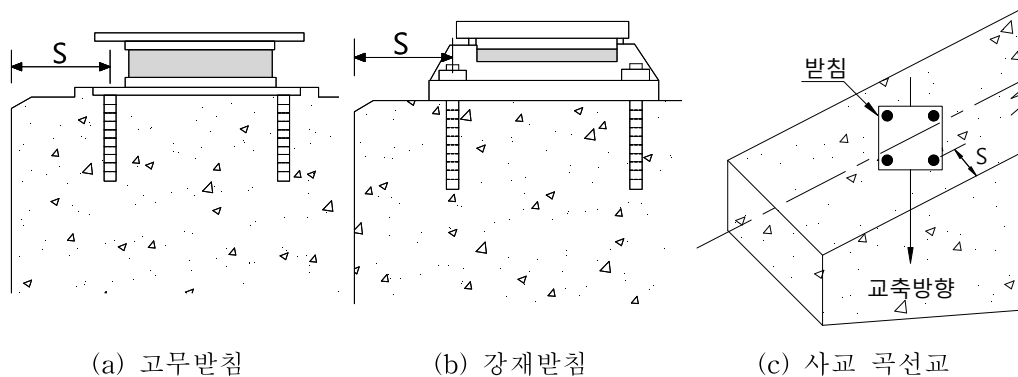
(5) 연단거리 검토 결과

교각 및 교대 상부의 교좌면은 상부구조로부터 집중하중을 받는 부위로 연단거리가 부족하면 고정단에서는 교각 및 교대의 전면에서 콘크리트가 파손되거나 가동단에서는 받침이 벗어나 심한 경우 거더가 낙하할 수도 있다. 교량의 교축방향의 연단 거리는 다음 값(S) 이상이어야 한다. 교량의 받침부 연단거리 측정은 다음과 같이 측정한다.

대상교량의 측정 연단거리는 다음과 같다.

-
- | | | |
|------------------------------------|-----|-------------------------|
| ① 거더의 경간길이 100m 이하 : $S(m)=200+5L$ | --- | 도로교설계기준(2010) Page 5-14 |
| ② 거더의 경간길이 100m 이상 : $S(m)=300+4L$ | --- | 5.4.2 받침연단거리 |
-

상신육교 (발안IC방향, 램프)의 최대 경간 길이는 30m이므로 식 ①을 적용함.



【표 3.2.29】 연단거리 측정 결과-상신육교 램프교(발안IC)

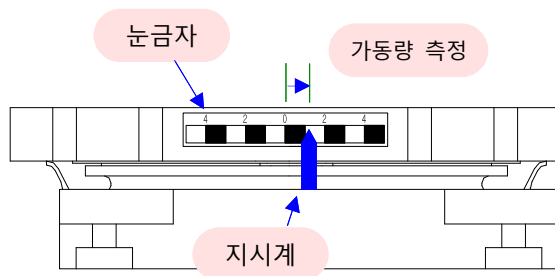
구 분		경간길이 (m)	계산 연단거리 (mm)	실측 연단거리(mm)						검토 결과
				Sh1	Sh2	Sh3	Sh1'	Sh2'	Sh3'	
A1	배면	30	350	620	600	-	-	-	-	O.K
P1	정면	30	350	450	520	-	-	-	-	O.K

상신육교 (발안IC방향, 램프)에 대한 연단거리 측정 결과 전 개소에서 도로교 설계기준인 최소연단거리 350mm 이상 확보하고 있는 것으로 측정되었다. 따라서 상신육교 램프교(발안IC) 교량받침 연단거리 부족에 의한 결함 및 전단파괴 등의 우려는 없는 것으로 검토되었다.

(6) 교량받침 신축거동 상태 검토

디스크받침으로 시공된 상신육교 (발안IC방향, 램프) 교량받침에 대해 가동여유량 부족으로 인한 교량받침의 기능저하를 방지하기 위해 가동여유량을 실측하여 검토하였다.

가동받침 가동량 산정시 고려되는 항목은 활하중에 의한 보의 처짐, 온도변화, 건조수축, 크리프 등을 고려하여야 한다. 그러나 대상 교량은 준공후 10년이 경과하였기 때문에 건조수축 및 크리프에 의한 변형은 완료된 것으로 판단하여 온도변화 및 활하중에 의한 처짐만을 검토하는 것으로 하였다.



<그림 3.2.10> 교량받침 가동량 측정방법

(가) 검토조건

【표 3.2.30】 온도변화 범위 및 선팡창계수

교량형식	온도범위		선팡창계수(α)
	보통지방	한랭한 지방	
PC교, RC교	-5℃ ~ 35℃	-15℃ ~ 35℃	1.0×10 ⁻⁵
강교(상로교)	-10℃ ~ 40℃	-20℃ ~ 40℃	1.2×10 ⁻⁵
강교(하로교 및 강바닥 판교)	-10℃ ~ 50℃	-20℃ ~ 40℃	1.2×10 ⁻⁵

【표 3.2.31】 교량받침 이동량 산정시 지역 구분

구 분	내 용	비 고
보통지방	대전, 구미, 대구, 강릉, 논산, 전주, 광주, 순천, 진주, 마산, 창령, 고령, 동서울, 부산	도로공사 연구보고서 (1993년)
한랭지방	인천, 수원, 천안, 영동, 이천, 원주, 대관령, 정안, 진천	

(나) 온도변화에 의한 교량받침 이동량 산정

- ① 설계시 받침의 이동량은 온도변화, 활하중, 크리프 및 건조수축 그리고 부가여유량 및 설치여유량을 고려하여 산정한다. 여기서 부가여유량 및 설치여유량은 시공을 위해 고려되는 것이므로 시공이 완료된 현 시점에서 여유량 검토시 이는 고려하지 않는다.

- ② 이동여유량은 향후 각 받침장치에 예상되는 거더의 최대 이동량과 측정일 기준으로 받침장치가 부담할 수 있는 이동량을 비교하여 평가한다.

$$\text{온도변화 : } \Delta \ell_t = \Delta T \alpha L \quad \alpha = 1.2 \times 10^{-5}$$

- ③ 활하중에 의한 거더의 처짐에 의한 이동량

- 지점의 회전변위에 의한 신축량은 연속보의 중간지점에서는 그 영향이 적으므로 무시하였으며, 하절기 신장시(+)와 동절기(-)에 반영함. (신축장 100m 이상 적용)

$$\text{거더회전 : } \Delta \ell_r = 2/3 \times h \times \theta = 2/3 \times 2,600 \times 1/150(\text{강교}) = 11.6\text{mm}$$

【표 3.2.32】 상부구조 이동량 산출기준(도로설계편람)

구분	도로교설계기준	도로설계요령	한국도로공사 설계지침
기본 이동량	온도신축+건조수축+ 크리프+빔의 회전	온도신축+건조수축 +크리프	· 신축장 100m 미만 : 도로설계요령과 동일 · 신축장 100m 이상 : 도로교설계기준과 동일

【표 3.2.33】 상신육교 (발안IC방향, 램프) 교량받침 이동량 산정(측정시 온도 기준)

구 분		온도변화 (ΔT , °C)		선팅창 계수 (α)	지간장 길이 (L,m)	온도변화에 의한 이동량(mm)		활하중에 의한 거더의 처짐에 의한 이동량 (mm)	활하중을 고려한 받침 이동량(mm)	
		동절기	하절기			동절기	하절기		최대수축 이동량	최대신장 이동량
A1	Sh1	47.0	13.0	1.2×10^{-5}	14.4	8.1	2.2	11.56	19.7	13.8
	Sh2	47.0	13.0	1.2×10^{-5}	14.4	8.1	2.2	11.56	19.7	13.8
P1	Sh1	47.0	13.0	1.2×10^{-5}	14.4	8.1	2.2	11.56	19.7	13.8
	Sh2	47.0	13.0	1.2×10^{-5}	14.4	8.1	2.2	11.56	19.7	13.8

1) 조사당시 온도 : 27.0°C(조사일 : 2021년 7월 15일)
 2) 검토온도 : -20°C~+40°C(한랭지방)
 3) 활하중에 의한 거더의 처짐에 의한 이동량은 연속보의 중간지점과 신축장 100m 미만 구간에서는 고려하지 않음.

금회 교량받침 측정은 눈금을 이용하여 측정하였으며, 가동 실측 여유량 측정결과와 계산 가동량을 비교한 결과는 다음과 같다.

【표 3.2.34】 상신육교 (발안IC방향, 램프) 교량받침 가동여유량 검토 결과

구분		점검 당시 실측이동량(mm)		활하중을 고려한 받침 이동량(mm)		실측 가동여유량(mm)		받침이동 허용량 (mm)	검토 결과
		방향	이동량	최대수축 이동량	최대신장 이동량	수축 여유량	신장 여유량		
A1	Sh1	A1	8	19.7	13.8	49.3	71.2	154	O.K
	Sh2	A1	5	19.7	13.8	52.3	68.2	154	O.K
P1	Sh1	A2	37	19.7	13.8	93.3	173.2	300	O.K
	Sh2	A2	40	19.7	13.8	90.3	176.2	300	O.K

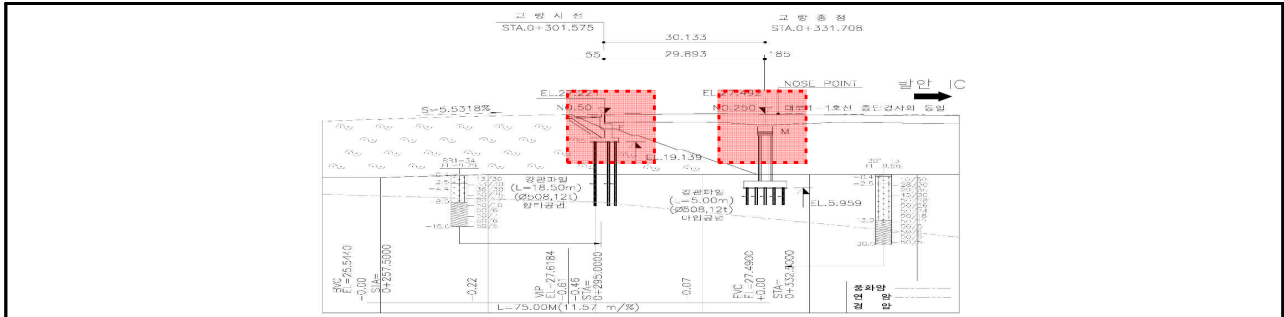
주) 판정 : 최대 받침 이동량 $\leq$ 실측 받침 가동여유량 $\Rightarrow$ O.K

(7) 교량받침 가동량 검토결과

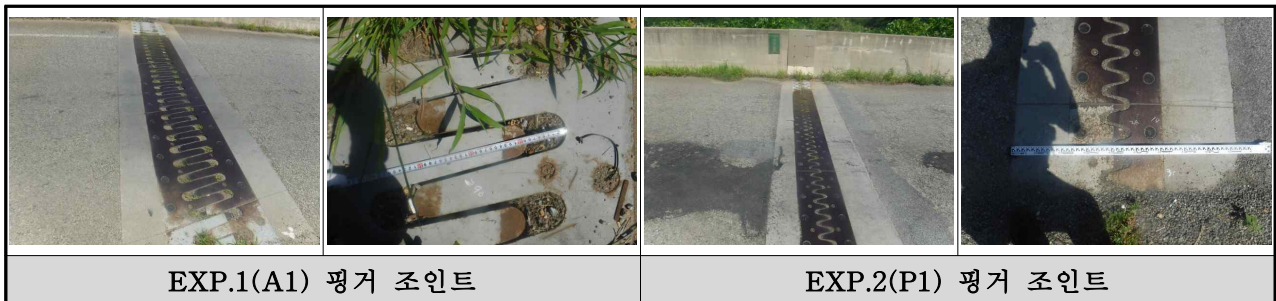
교량 받침 가동량의 실측값과 계산값을 비교/검토한 결과, P1 교량받침의 이동량이 비교적 크나 교량받침의 특이손상은 없으며, 대체로 계산이동량이 받침장치의 허용변위 이내로 검토되었다.

다. 신축이음

상신육교 (발안IC방향, 램프)의 신축이음은 A1, P1에 핑거조인트로 설치되어 있으며, 신축이음 배치 현황은 다음과 같다.



<그림 3.2.11> 상신육교 (발안IC방향, 램프) 신축이음 배치도



<그림 3.2.12> 상신육교 램프교(발안IC방향) 신축이음 설치현황

1) 외관조사 현황

상신육교 (발안IC방향, 램프) 신축이음에 대한 현장조사는 도보를 이용한 근접조사가 실시되었다.

- (1) 신축이음장치의 구조형태는 설계⇒시공⇒유지관리(전차 점검이력 확인)시 특별한 변동사항 없이 동일한 형태를 나타내고 있는 것으로 조사되었다.
- (2) 신축이음장치에 대한 현장조사결과 신축이음장치 0.3mm미만 후타재 균열, 유간 토사 퇴적 및 식생이 확인되었으며, 이는 기점검과 동일한 손상으로 진행은 경미한 상태이다.



신축이음장치(A1) 상태
(2018년 정밀안전점검)

신축이음장치(A1) 상태
(2020년 정밀안전점검)

신축이음장치(A1) 상태
(2021년 정밀안전진단)

2) 주요 손상 현황 검토

신축이음장치에서 조사된 균열은 건조수축과 공용기간 중 차량통행 하중에 따른 0.3mm미만 균열이 다수 확인되었으며, 이는 표면처리를 통한 보수가 바람직하다. 신축이음장치 전구 유간 토사퇴적 및 식생의 경우 기 점검과 동일한 손상으로 신축이음부의 기능확보 및 누수에 의한 하부 손상유발 방지를 위하여 청소관리가 필요하다.

			
현황	◦ A1 신축이음장치 토사퇴적 및 식생	현황	◦ P1 신축이음장치 토사퇴적 및 식생
원인	◦ 공용중	원인	◦ 공용중
대책	◦ 청소관리	대책	◦ 청소관리

3) 손상물량

【표 3.2.35】 신축이음장치 외관조사 총괄 결과표

손상내용		단위	2018년 점검		2020년 점검		2021년 진단		비고
			물량	개소	물량	개소	물량	개소	
본체	유간토사퇴적/식생	m ²	0.14	1.00	0.28	2.00	0.28	2.00	-
후타재	후타재균열 (0.3mm미만)	m	4.00	15.00	4.00	15.00	4.00	15.00	-
	후타재균열 (0.3mm이상)	m	0.30	1.00	0.30	1.00	0.30	1.00	-



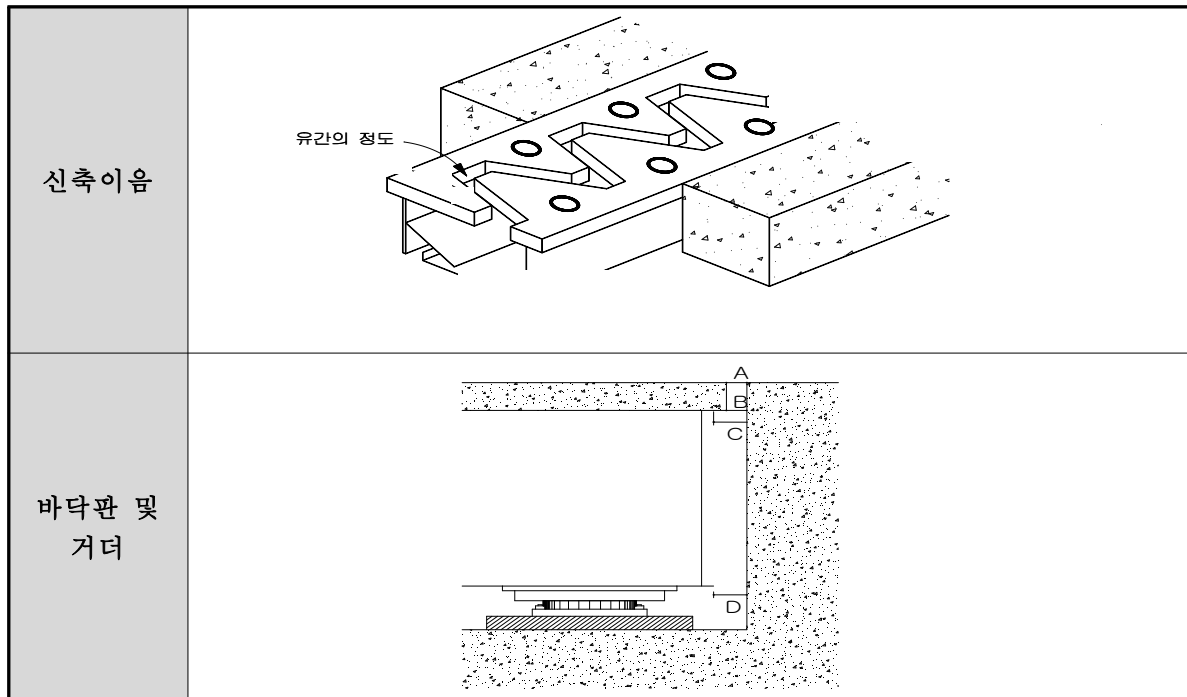
4) 검토 의견

신축이음장치에 발생한 손상에 대하여 이력 사항을 확인한 결과 손상 물량의 증대는 없는 것으로 확인되었으나, 유간토사퇴적의 경우 신축이음의 기능확보를 위하여 주기적인 정비관리(청소관리)가 필요하다.

5) 신축거동상태 평가

(1) 유간 측정 방법

유간측정은 방호벽 끝단에서 1.0m 내측부(차도)의 신축이음 강재와 강재의 간격을 <그림 3.2.13>과 같이 측정한다.



<그림 3.2.13> 신축이음 유간측정 방법

(가) 조사당시 온도 : 30.0℃ (2021. 7. 21)

(나) 검토온도 : -20℃ ~ 40℃ (한랭지방)

(다) 신축량 산정

- 온도변화에 의한 신축량

$$\Delta \ell_t = \Delta T \cdot \alpha \cdot L$$

여기서, ΔT : 온도변화량(℃), α (선팽창계수) : 1.2×10^{-5} , L : 신축거더 길이(m)

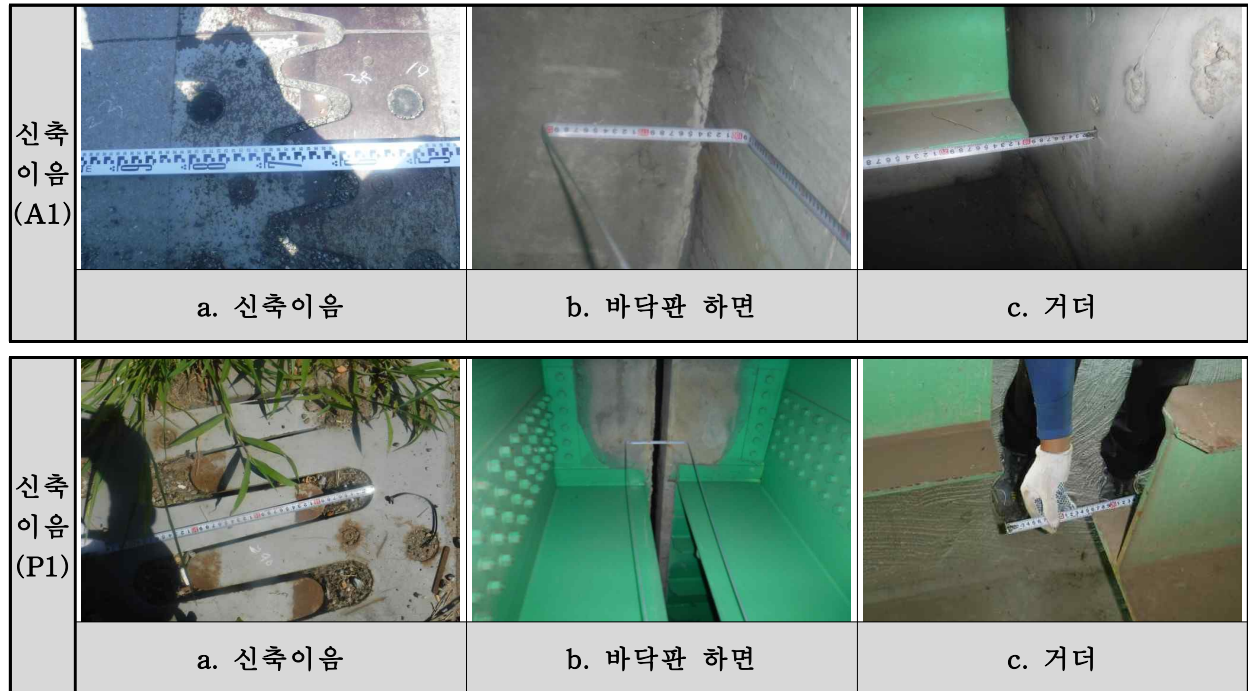
- 활하중에 의한 거더의 처짐으로 발생하는 신축량(신축장 100m 이상 적용)

$$\Delta L_t = \sum (h_i \times \theta_i) = (2,600\text{mm} \times 2/3 \times 1/150) = 11.6\text{mm}$$

여기서, h_i : 거더의 중립으로부터 받침의 회전중심까지의 거리(거더높이의 2/3)

θ_i : 받침상부의 거더의 회전각(강교 : 1/150)

(2) 신축이음 유간 측정



<그림 3.2.14> 신축이음 유간 측정방법

(3) 신축이음 유간 측정 결과

【표 3.2.36】 상신육교 (발안IC방향, 램프) 신축이음 유간 측정결과

측정위치	측정시기	측 정 값(mm)				비고
		신축이음	바닥판	Steel Box Girder		
				거더상부	거더하부	
EXP.J1 (A1)	2020. 07	30	45	98	100	-
EXP.J2 (P1)	2020. 07	85	180	200	200	-

【표 3.2.37】 상신육교 (발안IC방향, 램프) 신축이음 신축이동량 산정

구분	측정시기	측정시 온도(℃)	온도변화 (ΔT , ℃)		선팅창 계수 (α)	지간 장 길이 (m)	온도변화에 의한 이동량(mm)		활하중에 의한 거더의 처짐에 의한 이동량 (mm)	계산최대 신축량(mm)	
			동절기	하절기			동절기	하절기		최대 수축량	최대 신장량
EXP.J1 (A1)	2020.07	30.0	50.0	10.0	1.2×10^{-5}	14.4	8.6	1.7	13.78	22.4	15.5
EXP.J2 (P1)	2020.07	30.0	50.0	13.0	1.2×10^{-5}	14.4	8.6	1.7	13.78	22.4	15.5
1) 조사당시 온도 : 1차 - 30.0℃(조사일 : 2021년 7월 21일, 측정시온도) 2) 검토온도 : -20℃~+40℃(한랭지방)											

【표 3.2.38】 상신육교 (발안IC방향, 램프) 신축이음 가동여유량 검토결과

구 분		최대신축 이동량(mm)		점검 당시 실측 유간(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)	신축이음	22.4	15.5	30	100	47.6	14.5	O.K
	바닥판			45	-	-	29.5	O.K
	거더 상부			98	-	-	82.5	O.K
	거더 하부			100	-	-	84.5	O.K
EXP.J2 (P1)	신축이음	22.4	15.5	85	290	182.6	69.5	O.K
	바닥판			180	-	-	164.5	O.K
	거더 상부			200	-	-	184.5	O.K
	거더 하부			200	-	-	184.5	O.K
※ 신축여유량(팽창)=측정유간-계산신축량(팽창), 신축여유량(수축)=허용신장량-측정유간-계산신축량(수축) ※ 신축여유량 >0인 경우 양호(0mm ≤ 신축여유량 ≤ 허용량 ⇒ O.K)								

(4) 검토 의견

금회 실시한 진단결과 신축이음장치에 대하여 신축여유량을 검토하였으며, 검토결과 모든 측정개소에서 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

라. 교면포장

1) 외관조사 현황

상신육교 (발안IC방향, 램프)) 교면포장은 아스콘 포장(T=80mm)로 시공되어 있으며, 교면포장에 대한 현장조사는 도보를 이용한 근접조사가 실시되었다.

(1) 교면포장의 구조형태는 설계⇒시공⇒유지관리(전차 점검이력 확인)시 특별한 변동사항 없이 동일한 형태를 나타내고 있으며, 보강에 따른 응력개선 조치 사항은 확인되지 않았다.

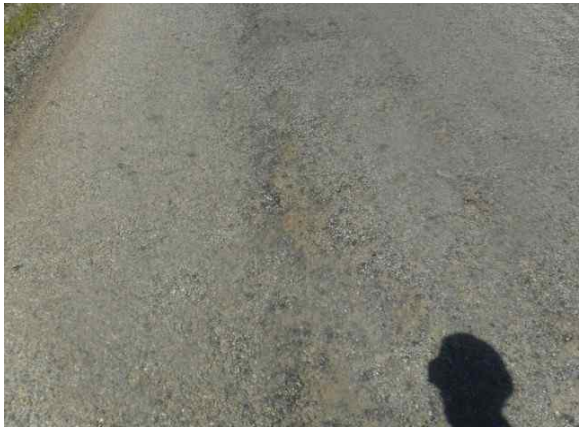
(2) 교면포장에 대한 현장조사결과 포장마모, 패임, 토사퇴적 등의 손상이 확인되었으며, 2018년 정밀안전점검부터 금회 진단까지 손상의 이력 사항을 분석한 결과 공용기간 증대 및 차량통행에 따른 표면마모 손상의 규모가 커지고 있는 것으로 확인되었다.

		
교면포장 상태 (2018년 정밀안전점검)	교면포장 상태 (2020년 정밀안전점검)	교면포장 상태 (2021년 정밀안전진단)

2) 주요 손상 현황 검토

교면포장에서 확인된 아스팔트 마모는 전구간에서 차선의 교축방향 형태로 확인되었으며, 시공미흡 및 공용년수 증대에 따른 반복적인 교통하중 및 진동 등의 영향으로 아스콘 포장이 노후화되어 가는 과정에서 발생된 것으로 판단된다. 토사의 퇴적의 경우 바닥판 이격부로 우수가 유입되며 퇴적된 손상으로 판단되며, 교면포장 배수시설의 정비가 필요하다.

또한, 교면포장의 포장손상율은 90%이상으로 전반적인 표면마모가 진행되어 있으며, 준공 이후 재포장 이력이 없는 바, 전반적인 재포장이 필요하다.

			
현 황	◦ S1 교면포장 마모	현 황	◦ S1 교면포장 마모
원 인	◦ 장기공용 및 교통하중	원 인	◦ 장기공용 및 교통하중
대 책	◦ 재포장	대 책	◦ 재포장

구분	총면적(①,m²)	손상면적(②,m²)	보수완료구간 면적(③,m²)	보수필요구간 면적(m²,①-③)	마모율(% ,②/①)
S1	189	170.7	0	189.0	90%

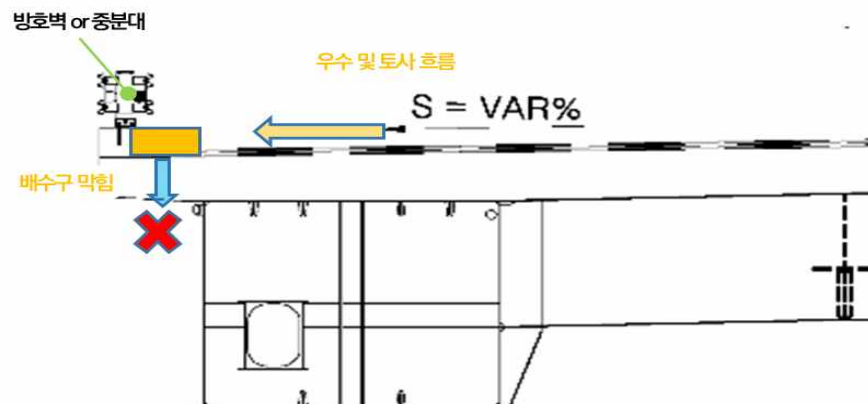
※ 상태평가 기준

기준	포장불량	
a	◦ 미세균열	◦ 없음
b	◦ 포장불량을 2%미만	◦ 포장손상이 미미하여 주행에 영향 없음
c	◦ 포장불량을 2%이상~10%미만	◦ 포장손상으로 인하여 차량의 통행에 영향 있음
d	◦ 포장불량을 10%이상	◦ 전반적인 재포장이 필요한 상태
e	-	-

교면포장 손상 면적율



현 황	◦ S1 교면포장 토사퇴적	현 황	◦ S1 교면포장 토사퇴적
원 인	◦ 우수처리 미흡	원 인	◦ 우수처리 미흡
대 책	◦ 교면포장 배수구 정비	대 책	◦ 교면포장 배수구 정비



포장부 토사퇴적 개요도

3) 손상물량

【표 3.2.39】 교면포장 외관조사 총괄 결과표

손상내용	단위	2018년 점검		2020년 점검		2021년 진단		비고
		물량	개소	물량	개소	물량	개소	
포장마모	m ²	140.00	1.00	140.00	1.00	168.00	3.00	-
포장패임	m ²	0.00	0.00	0.58	3.00	0.58	3.00	-
단차	m	7.00	1.00	7.00	1.00	7.00	1.00	-
토사퇴적/식생	m ²	45.00	2.00	45.00	2.00	45.00	2.00	-

교면포장 손상물량비교

손상내용	단위	2018년 점검	2020년 점검	2021년 진단
포장마모	m ²	140.00	140.00	168.00
포장패임	m ²	0.00	0.58	0.58
단차	m	1.75	1.75	1.75
토사퇴적/식생	m ²	45.00	45.00	45.00

4) 검토 의견

교면포장에서 확인된 아스팔트 마모는 전구간에서 차선의 교축방향 형태로 확인되었으며, 시공미흡 및 공용년수 증대에 따른 반복적인 교통하중 및 진동 등의 영향으로 아스콘 포장 이 노후화되어 가는 과정에서 발생한 것으로 판단된다. 보수가 미 실시된 구간을 포함하여 “시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(교량편)”을 근거로 교면포장에 대한 상태평가를 실시한 결과, 포장불량율은 90%이상으로 전구간에 대해 손상이 발생한 것으로 확인되어, 현재의 외관 상태, 교면포장 불량에 따른 잠재적인 문제(교면방수 손상 → Slab열화 → 박리/바락 + 부재력 저하), PCI 지수에 따른 아스콘 교면포장의 생애주기(7년)를 종합적으로 고려할 때 부분적인 소파 보수보다는 계획된 예산의 범위에서 순차적인 재포장이 필요하겠다.

마. 기타부재

1) 배수시설

(1) 외관조사 현황

상신육교 (발안IC방향, 램프) 배수시설에 대한 현장조사는 교량점검차와 도보를 이용한 근접조사가 실시되었다.

(가) 상신육교 (발안IC방향, 램프)의 배수체계는 교량상판의 갓길방호벽 측에 집수구를 설치하고 이를 중배수관과 연결하여 배수하는 점(點)배수 시스템이 적용되었으며, 배수구는 $\varnothing 150\text{mm}$ 육교용 PIPE으로 시공되어 있다.

(나) 배수시설에 대한 현장조사결과 교면포장부에 위치한 배수구의 이물질 퇴적의 손상이 조사되었다.

(2) 주요 손상 현황 검토

교면포장에서 조사된 배수시설 배수구 막힘은 2018년 정밀안전점검과 동일한 손상으로 점검일 현재 배수기능 저하에 영향은 경미하나 교면포장부 토사 퇴적의 영향을 미치는 바, 주기적인 청소관리가 필요하다.



현황	◦ S1 배수구 막힘
원인	◦ 장기공용
대책	◦ 주기적 청소관리

(3) 손상물량

【표 3.2.40】 배수시설 외관조사 총괄 결과표

손상내용	단위	2018년 점검	2020년 점검	2021년 진단	비고
		개소	개소	개소	
배수구막힘	EA	2.00	2.00	2.00	

배수시설 손상물량비교

배수구막힘(EA)

■ 2018년 점검 ■ 2020년 점검 ■ 2021년 진단

(4) 검토 의견

상신육교 (발안IC방향, 램프)에 설치된 배수시설에서 조사된 손상으로는 배수구막힘(이물질 퇴적)이 있으며, 손상에 대한 이력사항을 확인한 결과, 기 손상과 동일한 손상으로 배수기능 저하 시 콘크리트 구조체 내구성에 영향을 미칠 우려가 있으므로 주기적인 청소관리를 통해 배수 기능 확보를 주기적으로 확인하여야 한다.

2) 방호벽 및 중앙분리대

(1) 외관조사 현황

상신육교 (발안IC방향, 램프) 방호벽에 대한 현장조사는 교량굴절차 및 도보를 이용한 근접 조사가 실시되었다.

(가) 방호벽은 자동차의 차도이탈 방지, 사고시 완충작용 등의 기능을 하는 철근콘크리트 구조이다.

(나) 방호벽에 대한 현장조사결과 균열, 파손, 굽힘 등의 손상이 확인되었으며, 2018년 정밀안전진단부터 금회 진단까지 손상의 이력 사항을 분석한 결과 손상의 규모와 물량의 증대는 경미한 상태이다.

(2) 주요 손상 현황 검토

방호벽에 조사된 손상은 콘크리트의 건조수축 및 양상과정 중 진동영향에 기인한 비구조적 손상으로 판단되며, 파손 및 굽힘은 차량통행에 따른 외부충격에 의한 손상으로 손상의 규모가 작아 방호벽 기능유지에 영향은 경미한 상태이다.



현황	◦ S1 방호벽 균열	현황	◦ S1 방호벽 균열
원인	◦ 건조수축, 진동	원인	◦ 건조수축, 진동
대책	◦ 표면처리	대책	◦ 표면처리

(3) 손상물량

【표 3.2.41】 방호벽 외관조사 총괄 결과표

손상내용		단위	2018년 점검		2020년 점검		2021년 진단		비고
			물량	개소	물량	개소	물량	개소	
방호벽	균열 (0.3mm 미만)	m	0.00	0.00	1.50	1.00	1.50	1.00	-
	균열/백태 (0.3mm 미만)	m	17.60	16.00	17.60	16.00	17.60	16.00	-
	긁힘	m ²	0.04	2.00	0.04	2.00	0.04	2.00	-
	파손	m ²	0.05	2.00	0.05	2.00	0.05	2.00	-



(4) 검토 의견

2018년 정밀안전점검부터 금회 진단까지 발생한 손상에 대하여 정량적인 물량 비교를 실시한 결과 손상물량의 증가는 없는 것으로 확인되었다. 또한 점검일 현재 방호벽 기능에 문제는 없는 상태로 판단되어, 추후 장기적 유지관리계획에 따른 보수를 실시함이 바람직하다.

3) 점검로

(1) 외관조사 현황

상신육교 (발안IC방향, 램프)에 설치된 점검로는 교량시설의 유지관리에 이용토록 강제 시설로 설치되어 있으며, 점검로에 대한 현장조사는 도보를 이용한 근접조사가 실시되었다.

(2) 주요 손상 현황 검토

점검일 현재 점검로는 P1에 해당하며 외관조사 결과, 변형, 부식, 탈락 등의 손상 없이 양호한 외관 상태를 나타내고 있었다. 그러나 점검로의 경우 공용기간 동안 빈번한 이용이 예상되는 바 적정하중 이상의 과하중 작업에 대한 관리가 지속적으로 필요하겠다.



현 황	◦ 점검로
원 인	◦ 특이손상 없음
대 책	◦ 지속적인 점검관리

바. 기점검 결과와 비교·분석

본 과업대상 시설물인 상신육교 (발안IC방향, 램프)는 2011년에 준공되어 10년째 공용 중에 있으며, 금회 제1차 정밀안전진단을 실시하고, 현장조사 결과를 토대로 외관조사망도를 작성하였다. 상신육교 (발안IC방향, 램프)의 기 손상은 최근 수행한 2020년 정밀안전점검을 바탕으로 작성하였고, 손상의 이력관리를 통한 증감 원인은 다음과 같다.

【표 3.2.42】 기 손상 이력과 금회 정밀안전진단과의 비교 결과 및 손상증감 원인 분석

구 분	정밀안전점검(2020년) 발생손상	정밀안전진단(2021년) 발생손상	증가원인	비 고
바닥판	▪ -	▪ 균열(0.3mm미만)	▪ 조사용 접근장비 운용 ▪ 정밀 상세조사 ▪ 렌턴 등으로 이용한 정밀조사	-
Steel Box Girder	▪ -	▪ -	▪ 손상의 증가 없음	-
강가로보 및 세로보	▪ -	▪ -	▪ 손상의 증가 없음	-
교대	▪ 박리 ▪ 침하균열 ▪ 백태 ▪ 누수흔적	▪ 박리 ▪ 침하균열 ▪ 백태 ▪ 누수흔적 ▪ 잡철물 노출	▪ 조사용 접근장비 운용 ▪ 공용년수 증가에 따른 열화 ▪ 정밀 상세조사	-
교각	▪ 균열	▪ 균열(0.3mm미만) ▪ 잡철물노출	▪ 조사용 접근장비 운용 ▪ 공용년수 증가에 따른 열화 ▪ 정밀 상세조사	-
교량받침	▪ -	▪ 받침균열 ▪ 부식	▪ 공용년수 증가에 따른 열화 ▪ 정밀 상세조사 ▪ 우수침투	-
신축이음	▪ 균열(0.3mm이상) ▪ 균열(0.3mm미만) ▪ 이물질 퇴적	▪ 균열(0.3mm이상) ▪ 균열(0.3mm미만) ▪ 이물질 퇴적	▪ 손상의 증가 없음	-

구 분	정밀안전점검(2020년) 발생손상	정밀안전진단(2021년) 발생손상	증가원인	비 고
교면포장	- 포장마모 - 포장패임 - 단차 - 토사퇴적/식생	- 포장마모 - 포장패임 - 단차 - 토사퇴적/식생	- 공용년수 증가에 따른 노후화 - 정밀 상세조사	-
배수시설	배수구 막힘	배수구 막힘	손상의 증가 없음	-
난간/방호벽 점검로	- 균열(0.3mm이상) - 균열(0.3mm미만) - 긁힘 - 파손	- 균열(0.3mm이상) - 균열(0.3mm미만) - 긁힘 - 파손	손상의 증가 없음	-

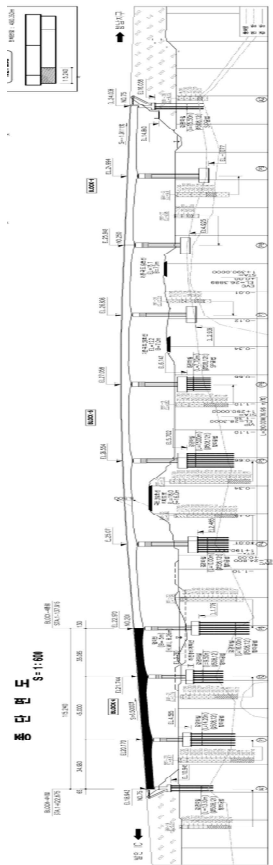
3.3 외관조사(향남방향)

3.3.1 본선

본 과업 대상 교량인 상신육교(향남방향, 본선)는 2011년 3월 준공된 시설물로서 교량의 위치는 “경기도 화성시 향남면 하길리”에 위치하며, 교량의 형식은 Steel Box Girder교로 구성되어 있다.

상신육교(향남방향, 본선)는 연장 $L = 490.0\text{m}(40+35+60+55+2@50+35+2@50+2@45)$, 10경간으로, 교폭은 $B=13.68\sim 22.027\text{m}$ (3~4차로)의 강상형(Steel Box Girder)으로 시공되어 있으며, 하부구조는 역T형 교대(2기)와 T형 교각(9기)로 구성되어 있다.

【표 3.3.1】 상신육교(향남방향, 본선) 현황

시 설 물 명			향남방향, 본선	비 고	
상 신 육 교	교 폭		B = 13.68~22.027m (3~4차로)		
	교 장		L = 490.0m		
	구조 형식	상부	11경간		Steel Box Girder
		하 부	교각		T형(9기)
			교대		역T형(2기)
	교량받침		EQS 면진받침(22기) 디스크받침(10기)		
	신축이음		Finger Joint(4개소)		
	설계하중		DB-24		
	준공년도		2011. 03.		
	설 계 사		(주)경동기술공사		
시 공 사		울트라건설(주)			

가. 상부구조

1) 바닥판 하면

(1) 외관조사 현황

상신육교(향남방향, 본선) 바닥판 하면은 콘크리트(T=300mm)로 시공되어 있으며, 바닥판 하면에 대한 현장조사는 근접조사를 위하여 교량점검차 및 고소점검차와 도보를 통해 수행되었다.

(가) 바닥판 하면의 구조형태는 설계⇒시공⇒유지관리(전차 점검이력 확인)시 특별한 변동사항 없이 동일한 형태를 나타내고 있으며, 일부 보수를 실시한 것으로 확인되었고, 보강에 따른 응력개선 조치 사항은 확인되지 않았다.

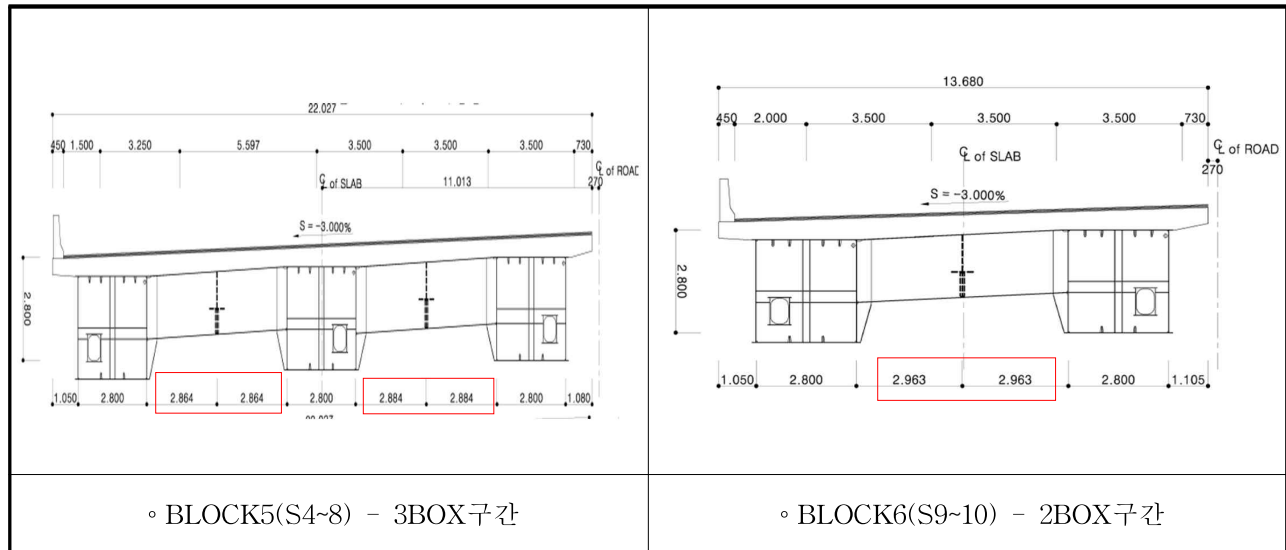
(나) 바닥판 하면에 대한 현장조사결과 0.3mm미만 균열(보수부 재손상 포함), 0.3mm 이상 균열, 백태, 망상균열, 테크부식 등의 손상이 확인되었으며, 2018년 정밀안전 점검부터 금회 진단에 이르기까지 손상의 이력 사항을 분석한 결과 과거부터 조사되어온 손상이 대부분으로, 손상의 뚜렷한 증가추세 및 진전여부는 확인되지 않았다.

		
바닥판 상태 (2018년 정밀안전점검)	바닥판 상태 (2020년 정밀안전점검)	바닥판 상태 (2021년 정밀안전진단)

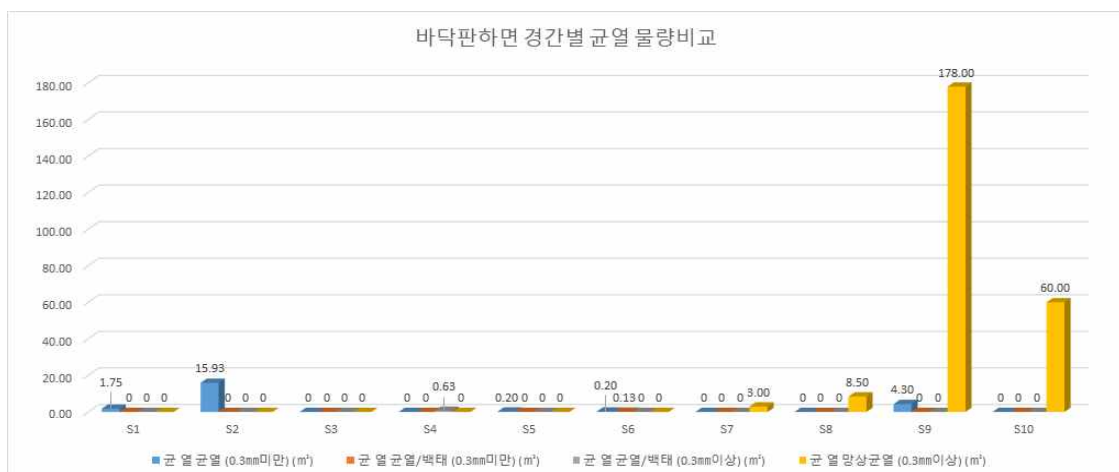
(2) 주요 손상 현황 검토

(가) 바닥판 하면 균열/망상균열

바닥판 하면에서 조사된 망상균열은 발안IC방향과 유사한 경향인 종점부 2BOX구간 (BLOCK6)에서 다수 발생하였으며, 원인 또한 같은 경간장이 비교적 짧아 진동의 크기가 크고, 바닥판 하면의 콘크리트 노출 폭도 3BOX(BLOCK5)구간에 비해 비교적 커 처짐의 영향에 의해 종점부 2BOX구간에 다수 발생한 것으로 판단된다.



현 황 ◦ S9 바닥판 하면 - 재균열	현 황 ◦ S9 바닥판 하면 - 망상균열
원 인 ◦ 건조수축+교통하중(진동 등)	원 인 ◦ 건조수축+교통하중(진동 등)
대 책 ◦ 표면보수	대 책 ◦ 표면보수



바닥판 하면 - SPAN별 균열/망상균열 분포도

(나) 바닥판 하면 누수흔적

바닥판 하면 캔틸레버구간에서 누수흔적이 일부 확인되었으며, 이는 바닥판 이격구간으로 우수가 유입된 흔적으로 장기 방치 시 캔틸레버구간 단면결함 등의 손상을 유발 할 수 있는 바 추후 ‘ㄱ’형 물끊기를 설치하여 바닥하면과 스틸박스 상부로 우수유입이 되지 않도록 개선하여야 할 것이다.



현 황 ◦ S2 바닥판 하면 - 누수흔적

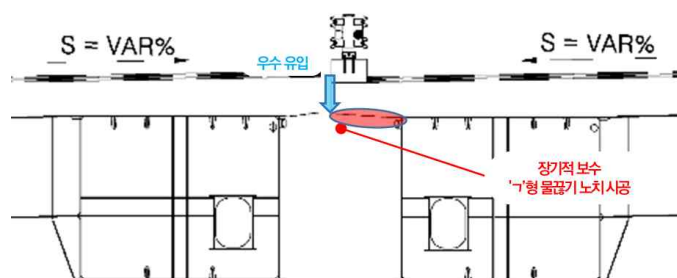
원 인 ◦ 우수유입

대 책 ◦ 표면처리, 물끊기 노치 시공

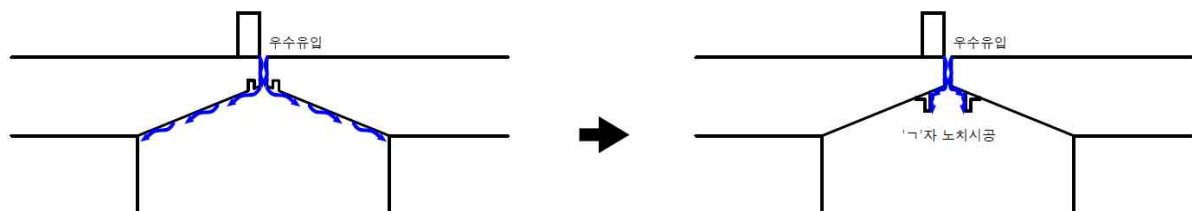
현 황 ◦ S5 바닥판 하면 - 누수흔적

원 인 ◦ 우수유입

대 책 ◦ 표면처리, 물끊기 노치 시공



바닥판 하면 - 누수흔적 개요도



‘ㄱ’형 물끊기 노치 시공(장기적 개선방안)

(3) 손상물량

【표 3.3.2】 바닥판하면 외관조사 총괄 결과표

손상내용	단위	2018년 점검		2020년 점검		2021년 진단		비고
		물량	개소	물량	개소	물량	개소	
균열(0.3mm 미만)	m	0.00	0.00	72.70	35.00	89.50	57.00	-
균열/백태(0.3mm 미만)	m	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	1.00	-
균열/백태(0.3mm 이상)	m	2.50	2.00	2.50	2.00	2.50	2.00	-
망상균열	m ²	56.00	7.00	236.00	19.00	249.50	26.00	-
누수흔적	m ²	0.00	0.00	0.00	0.00	17.38	6.00	-
신축이음누수	m	0.00	0.00	1.00	1.00	2.00	2.00	-



바닥판 하면	균 열								열화 및 손상			
	균열 (0.3mm 미만)		균열/백태 (0.3mm 미만)		균열/백태 (0.3mm 이상)		망상균열		누수흔적		신축이음부 누수	
	물량	개소	물량	개소	물량	개소	물량	개소	물량	개소	물량	개소
	(m)	(EA)	(m)	(EA)	(m)	(EA)	(m²)	(EA)	(m²)	(EA)	(m)	(EA)
S1	7	7	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2
S2	63.7	24	-	-	-	-	-	-	16	1	-	-
S3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S4	-	-	-	-	2.5	2	-	-	-	-	-	-
S5	0.8	1	-	-	-	-	-	-	0.2	1	-	-
S6	0.8	1	0.5	1	-	-	-	-	0.8	1	-	-
S7	-	-	-	-	-	-	3	2	-	-	-	-
S8	-	-	-	-	-	-	8.5	4	0.08	2	-	-
S9	17.2	24	-	-	-	-	178	16	0.3	1	-	-
S10	-	-	-	-	-	-	60	4	-	-	-	-
합계	89.5	57	0.5	1	2.5	2	249.5	26	17.38	6	2	2

(4) 검토 의견

금회 점검은 최초로 실시하는 정밀안전진단으로 2018년 실시된 정밀안전점검부터 금회 정밀안전진단까지 발생한 손상에 대하여 정량적인 물량 비교를 실시한 결과 폭 0.3mm미만 균열 망상균열의 손상이 종점부 구간에서 증대되었다. 이는 상기 언급한 바와 같은 원인에 의한 손상으로 기 균열의 폭 등 규모가 증가하지 않았음을 고려하였을 때 상세조사에 의한 손상 물량의 증가로 판단된다. 추가 조사된 누수흔적의 경우 시급한 보수를 요하는 손상은 아니나 장기방치 시 켄틸레버단면과 S.T.B 상부 강재의 손상을 유발할 수 있는 바, ‘ㄱ’형 물끊기 노치 등을 설치하여 유지관리함이 바람직하다.

2) 강 거더(STB)

(1) 외관조사 현황

강 거더(STB)는 BLOCK4 2.3m×2.8m, BLOCK5,6 2.8m×2.8m의 규모이며, 현장조사는 교량 점검차 및 고소점검차와 도보를 이용한 근접조사가 실시되었다.

(가) 강 거더의 구조형태는 설계⇒시공⇒유지관리(전차 점검이력 확인)시 특별한 변동사항 없이 동일한 형태를 나타내고 있으며, 보강에 따른 응력개선 조치 사항은 확인되지 않았다.

(나) 강 거더에 대한 현장조사결과 주요 구조부재에서는 특이한 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었으며, 대부분 거더 내부에서의 부식, 체수, SP 실링재 미시공 변형, 체수흔적과 거더 외부에서의 굽힘 등의 비구조적 손상이 확인되었으며, 2018년 정밀안전진단부터 금회 진단까지 손상의 이력 사항을 분석한 결과 상세조사에 의한 손상물량이 증가하였으나, 상기 언급한 바와 같은 비구조적 손상으로 시급한 보수를 요하는 손상은 아닌 것으로 판단된다.

		
강 거더 상태 (2018년 정밀안전점검)	강 거더 상태 (2020년 정밀안전점검)	강 거더 상태 (2021년 정밀안전진단)

(2) 주요 손상 현황 검토

(가) 거더내부

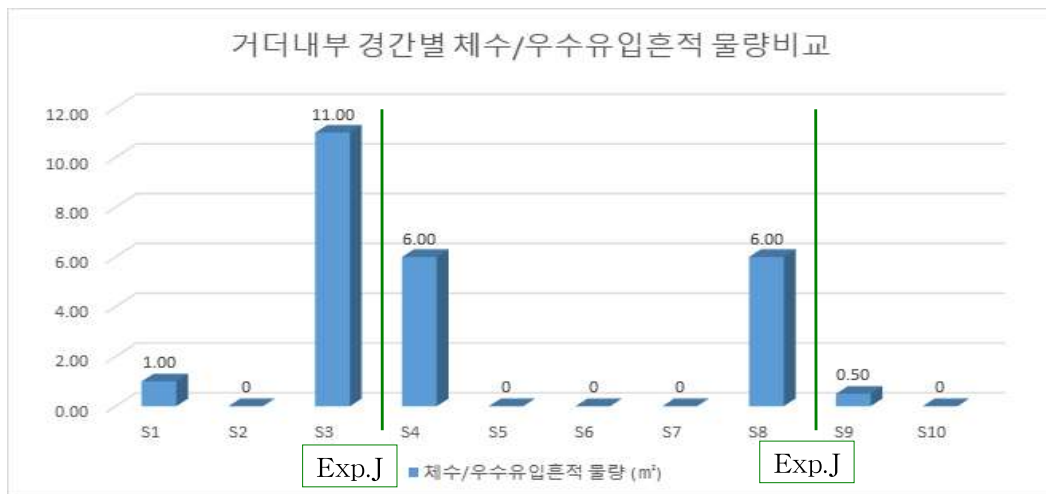
① 거더내부 체수 및 체수흔적

거더내부에서 조사된 체수 및 체수흔적은 S.T.B 출입구(격벽)이 개방 및 현장이음부(Splice) 충전 불량에 따른 우수의 유입이 가장 큰 원인으로, 강구조의 건전성 확보를 위해 우선적으로 우수유입 방지를 위한 S.T.B 출입구입 개폐관리와 현장이음부 실링재 미시공구간의 실링재 충진이 필요하다.



현 황	◦ S3-G1 내부 체수 및 체수흔적	현 황	◦ S4-G1 내부 체수 및 체수흔적
원 인	◦ 거더 출입문 개폐관리 미흡	원 인	◦ 거더 출입문 개폐관리 미흡
대 책	◦ 재폐관리 철저	대 책	◦ 재폐관리 철저

거더내부	체수/체수흔적	
	물량(m ³)	개소(EA)
S1	1.00	1
S2	0	0
S3	11.00	2
S4	6.00	1
S5	0	0
S6	0	0
S7	0	0
S8	6.00	1
S9	0.50	1
S10	0	0
합계	24.50	6



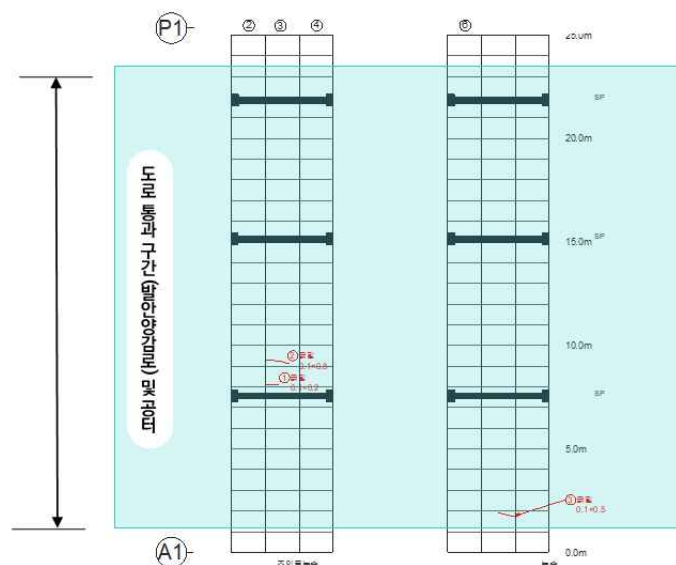
거더 내부 - Splice 충전 불량 및 출입구 개방에 의한 체수흔적 분포도

(나) 거더외부

거더외부에서 조사된 굽힘 손상의 경우는 기 점검과 동일한 손상으로 손상의 발생위치가 도로 상부임을 고려할 때 중차량에 의한 손상으로 판단되며, 굽힘 외 강재의 변형, 균열 등은 조사되지 않아 경미한 충격에 의한 굽힘으로 판단된다.



현 황	◦ S1-G1 굽힘
원 인	◦ 중차량 통행시 높이초과에 의한 굽힘
대 책	◦ 재도장



거더 외부 - 굽힘 손상 분포 개요도(S1)

(3) 손상물량

【표 3.3.3】 강 거더 외관조사 총괄 결과표

손상내용		단위	2018년 점검		2020년 점검		2021년 진단		비고
			물량	개소	물량	개소	물량	개소	
거더 외부	굽힘	m²	0.00	0.00	0.24	4.00	0.24	4.00	-
거더 내부	SP실링제미시공	m	0.00	0.00	3.60	36.00	10.60	106.00	-
	채수/ 우수유입흔적	m²	0.00	0.00	23.00	4.00	24.50	6.00	-

거더 내/외부 손상물량비교

구분	구입	2018년 점검	2020년 점검	2021년 진단
거더외부	굽힘(m²)	0.00	0.24	0.24
거더내부	SP실링제미시공(m²)	0.00	0.90	2.65
	채수/우수유입흔적(m²)	0.00	23.00	24.50

거더외부	표면열화	
	굽힘	
	물량(m²)	개소(EA)
S1	0.15	3
S2	0.09	1
S3	-	-
S4	-	-
S5	-	-
S6	-	-
S7	-	-
S8	-	-
S9	-	-
S10	-	-
합계	0.24	4

거더내부	모재, 연결부 손상 및 용접결함		채수/채수흔적	
	SP실링제미시공			
	물량(m)	개소(EA)	물량(m²)	개소(EA)
S1	1.2	12	1	1
S2	1.2	12	-	-
S3	1.2	12	11	2
S4	-	-	6	1
S5	1.2	12	-	-
S6	1.2	12	-	-
S7	2	20	-	-
S8	0.8	8	6	1
S9	-	-	0.5	1
S10	1.8	18	-	-
합계	10.6	106	24.5	6

(4) 검토 의견

2018년 기 정밀안전점검부터 금회 진단까지 발생한 손상에 대하여 정량적인 물량 비교를 실시한 결과 강 거더 체수/체수흔적 다소 증가되어진 것을 확인할 수 있었다. 손상물량의 증대 원인은 상기 그래프(체수흔적 분포도)를 보면 알수 있듯이 S.T.B 출입구(격벽)이 개방 및 현장이음부(Splice) 실링재 미시공에 따른 우수의 유입에 의한 손상으로 장기 방치시 부식을 유발할 수 있는바 출입구 개폐관리 및 현장이음부 실링재미시공 구간 실링재 처리가 같이 이루어져야 보수효과를 극대화 할 수 있을 것이다.

3) 가로보 및 세로보

(1) 외관조사 현황

상신육교(향남방향, 본선) 가로보 및 세로보에 대한 현장조사는 교량점검차 및 고소점검차를 이용한 근접조사가 실시되었다.

(가) 가로보 및 세로부의 구조형태는 설계⇒시공⇒유지관리(전차 점검이력 확인)시 특별한 변동사항 없이 동일한 형태를 나타내고 있으며, 보강에 따른 응력개선 조치 사항은 확인되지 않았다.

(나) 가로보 및 세로보에 대한 현장조사결과 특이손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

		
가로보 및 세로보 상태 (2018년 정밀안전점검)	가로보 및 세로보 상태 (2020년 정밀안전점검)	가로보 및 세로보 상태 (2021년 정밀안전진단)

【표 3.3.4】 가로보 및 세로보 외관조사 총괄 결과표

손상내용	단위	2018년 점검		2020년 점검		2021년 진단		비고
		물량	개소	물량	개소	물량	개소	
손상없음	-	-	-	-	-	-	-	-

(2) 검토 의견

2018년 정밀안전점검부터 금회 정밀안전진단까지 손상 이력 확인결과 특이손상은 조사되지 않아 양호한 상태로 판단된다.

나. 하부구조

1) 교대

(1) 외관조사 현황

상신육교(향남방향, 본선) 교대는 역T형 2기가 시공되어 있으며, 현장조사는 도보를 이용한 근접조사가 실시되었다.

(가) 교대의 구조형태는 설계⇒시공⇒유지관리(전차 점검이력 확인)시 특별한 변동 사항 없이 동일한 형태를 나타내고 있으며, 보강에 따른 응력개선 조치 사항은 확인되지 않았다.

(나) 교대에 대한 현장조사결과 0.3mm미만/이상 균열, 누수흔적, 들뜸, 체수, 배수관 연결불량, 실린트 이격 등의 손상이 확인되었으며, 2018년 정밀안전점검부터 금회 진단까지 손상의 이력 사항을 분석한 결과 교대 측면 시공이음부 이후까지 조사 범위를 확대함에 따라 일부 손상이 증가하였다.

		
교대(A1) 상태 (2018년 정밀안전점검)	교대(A1) 상태 (2020년 정밀안전점검)	교대(A1) 상태 (2021년 정밀안전진단)

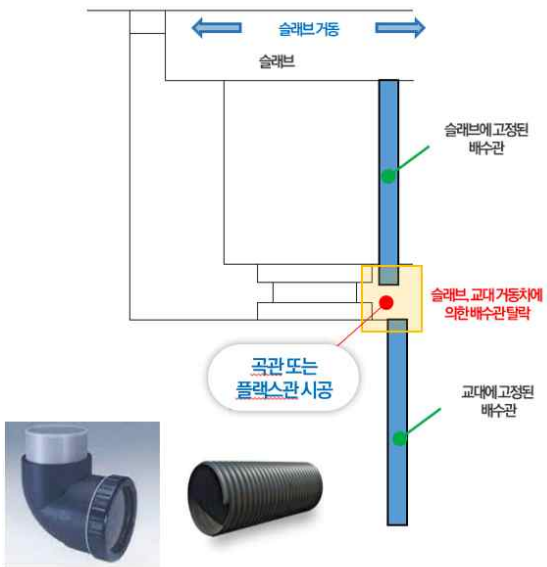
(2) 주요 손상 현황 검토

(가) 균열

교대에서 주로 조사된 손상으로 0.3mm미만 균열이 대부분이며, 이는 수직균열로 온도응력, 건조수축에 기인한 손상으로 판단된다.

(나) 배수관 연결불량

교대1, 교대2 구간에서 배수관 탈락이 확인되었다. 서로 상이한 구조체(교대, 슬래브)에 고정되어 있는 배수관의 관 연결구간의 유간부족으로 인하여 탈락한 상태로 곡관 또는 플렉스 관 등을 통해 배수관 탈락구간 재이음의 조치가 바람직하다.

	
현 황 ◦ A1 배수관 탈락	현 황 ◦ A2 배수관 유실
원 인 ◦ 시공미흡	원 인 ◦ 시공미흡
대 책 ◦ 재설치	대 책 ◦ 재시공
	
교대 - 배수관 탈락	

(다) 교대 접합부

교대1과 발안IC방향 상부구 접합부의 경우 서로다른 구조체의 거동에 따른 접합부 구조물의 파손 등의 손상에 주의하여야 한다. 점검일 현재 웅벽의 돌출이 10mm 정도 확인되었으나, 진행은 경미한 상태이며, 웅벽의 전도, 교량받침의 균열, 변형 등 특이손상은 확인되지 않았으며, 우수유입의 흔적이 조사되어 신축여유량은 있는 것으로 판단된다(신축량 계산 여름철 : 1.1mm 측정일 온도 30℃),

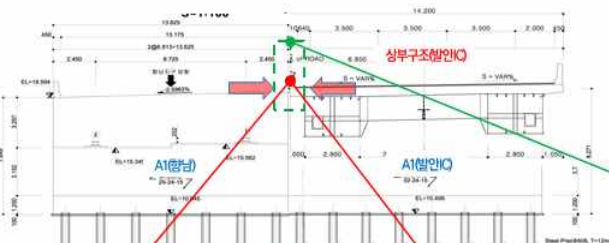


현황	◦ A1 구간 슬래브, 구체 접합부
원인	◦ 시공미흡
대책	◦ 주의관찰

현황	◦ A1 구간 슬래브, 구체 접합부
원인	◦ 시공미흡
대책	◦ 주의관찰

☑️ 향남방향 교대1과 발안IC상부구조 접합부

- 서로 다른 구조체의 거동에 따른 **접합부 손상 유발 주의관찰**
- 점검일 현재 웅벽의 전도, 교량받침의 균열, 변형 등 특이손상은 확인되지 않음.
- 우수유입의 흔적으로 미루어 신축여유량은 있는 것으로 판단됨.
- 신축량 계산(여름철-1.1mm 측정일 온도 30°C))



【접합부 주의관찰】



【접합부 주의관찰】



【접합구간 전경】



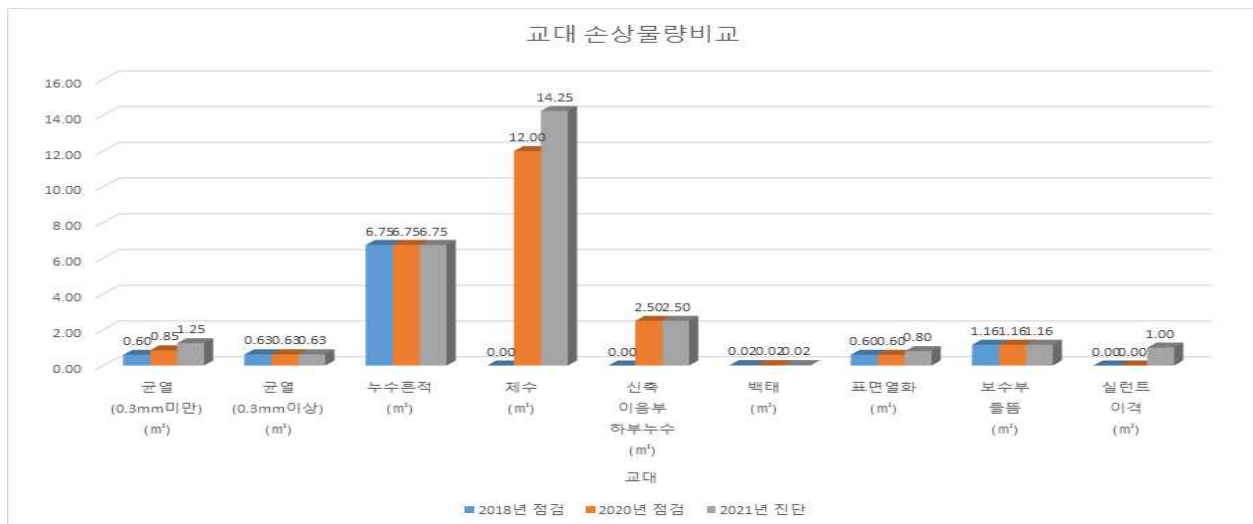
【위치도】

교대 - 접합부 주의관찰

(3) 손상물량

【표 3.3.5】 교대 외관조사 총괄 결과표

손상내용	단위	2018년 점검		2020년 점검		2021년 진단		비고
		물량	개소	물량	개소	물량	개소	
균열(0.3mm 미만)	m	2.40	3.00	3.40	5.00	5.00	7.00	-
균열(0.3mm 이상)	m	2.50	1.00	2.50	1.00	2.50	1.00	-
누수흔적	m ²	27.00	5.00	27.00	5.00	27.00	5.00	-
체수	m ²	0.00	0.00	12.00	2.00	14.25	3.00	-
신축이음부하부 누수	m ²	0.00	0.00	2.50	2.00	2.50	2.00	-
백태	m ²	0.02	1.00	0.02	1.00	0.02	1.00	-
표면열화	m ²	0.60	1.00	0.60	1.00	0.80	2.00	-
보수부 들뜸	m ²	1.16	2.00	1.16	2.00	1.16	2.00	-
실런트이격	m	0.00	0.00	0.00	0.00	4.00	1.00	-
돌출	EA	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	-



교대	균열, 변위				열화 및 손상							
	균열		균열		누수흔적		보수부들뜸		표면열화		백태	
	(0.3mm미만)		(0.3mm이상)									
	물량	개소	물량	개소	물량	개소	물량	개소	물량	개소	물량	개소
	(m)	(EA)	(m)	(EA)	(m²)	(EA)	(m²)	(EA)	(m²)	(EA)	(m²)	(EA)
A1	4	5	-	-	5	2	1.16	2	0.8	2	-	-
A2	1	2	2.5	1	22	3	-	-	-	-	0.02	1
합계	5	7	2.5	1	27	5	1.16	2	0.8	2	0.02	1

(4) 검토 의견

2018년 정밀안전점검부터 금회 진단까지 발생한 손상에 대하여 정량적인 물량 비교를 실시한 결과 폭 0.3mm미만의 균열과 콘크리트 표면 손상물량이 다소 증가되어진 것을 확인할 수 있었다. 균열은 상세조사에 의한 물량의 증가로 판단되며, 콘크리트 표면 손상(열화, 누수흔적 등)의 손상은 배수관 탈락에 의한 손상물량의 증가로 콘크리트 표면의 경우 단면복구, 표면처리 등의 보수를 실시하여야 할 것이며, 손상의 발생 원인인 배수시설의 정비(재시공)의 보수가 동시에 이루어져야 할 것이다.

2) 교각

(1) 외관조사 현황

상신육교(향남방향, 본선) 교각은 T형 형식으로 9기가 시공되어 있으며, 교각에 대한 현장조사는 교량점검차 및 고소점검차와 도보를 이용한 근접조사가 실시되었다.

(가) 교각의 구조형태는 설계⇒시공⇒유지관리(전차 점검이력 확인)시 특별한 변동사항 없이 동일한 형태를 나타내고 있으며, 보강에 따른 응력개선 조치 사항은 확인되지 않았다.

(나) 교각에 대한 현장조사결과 0.3mm미만 균열, 망상균열, 철근노출, 캐비온 매트리스 이격 등의 손상이 확인되었으며, 2018년 정밀안전점검부터 금회 진단까지 손상의 이력 사항을 분석한 결과 과거부터 조사되어온 손상이 대부분으로, 손상의 뚜렷한 증가추세 및 진전여부는 확인되지 않았으나, 금회 정밀육안조사 결과 신규 손상이 국부적으로 추가 조사되었다.

		
교각 상태 (2018년 정밀안전점검)	교각 상태 (2020년 정밀안전점검)	교각 상태 (2021년 정밀안전진단)

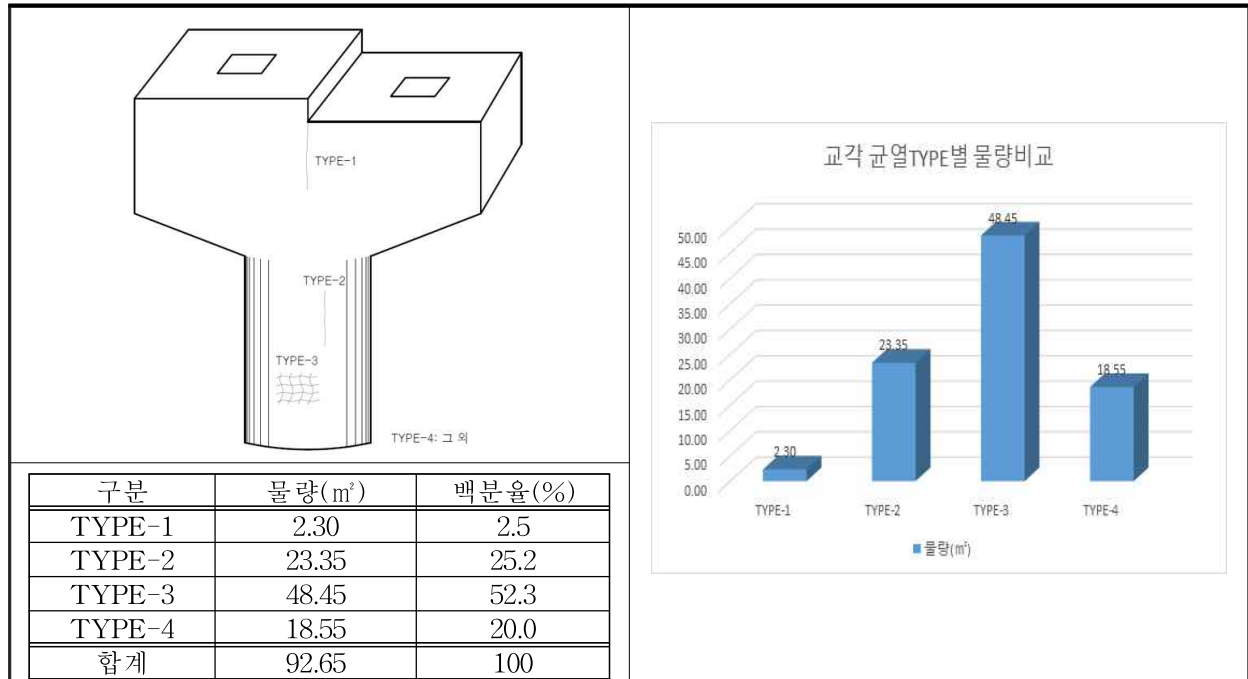
(2) 주요 손상 현황 검토

균열의 형상에 따라 TYPE별로 구분하여 비교·분석을 실시하였다. 교각에서 주로 조사된 손상으로 교각 전반에 걸쳐 0.3mm 미만 균열, 망상균열이 대부분이며, 철근노출, 캐비온 매트리스 이격이 확인되었다. 교각 균열은 균열의 형상에 따라 TYPE별로 구분하여 비교·분석을 실시하였으며, 교각에서 주로 조사된 손상으로 망상균열(TYPE-3)이 대부분이며, 수직균열(TYPE-2)과, 교각단면변화부 균열(TYPE-1) 확인되었다. 기 손상과 유사한 상태로 건조수축, 온도응력 등 재료적, 환경적 요인에 기인한 비구조적 손상으로 판단된다. 단, 교각단면 변화부(단차 모서리부, TYPE-1)에 발생한 손상은 철근이음구간에 발생한 손상으로 철근배근조사 및 외관조사 분석결과 시공이음 길이 부족에 의한 손상은 아닌 것으로 판단되며, 이 균열은 코핑부 상단의 균열을 동반하여, 상단균열은 물흡 구간으로 우수 및 습기 침투가 우려되므로 균열 진행에 대한 주기적인 관리와 동시에 보수계획 수립 시 주입보수를 실시함이 적정할 것으로 판단된다.

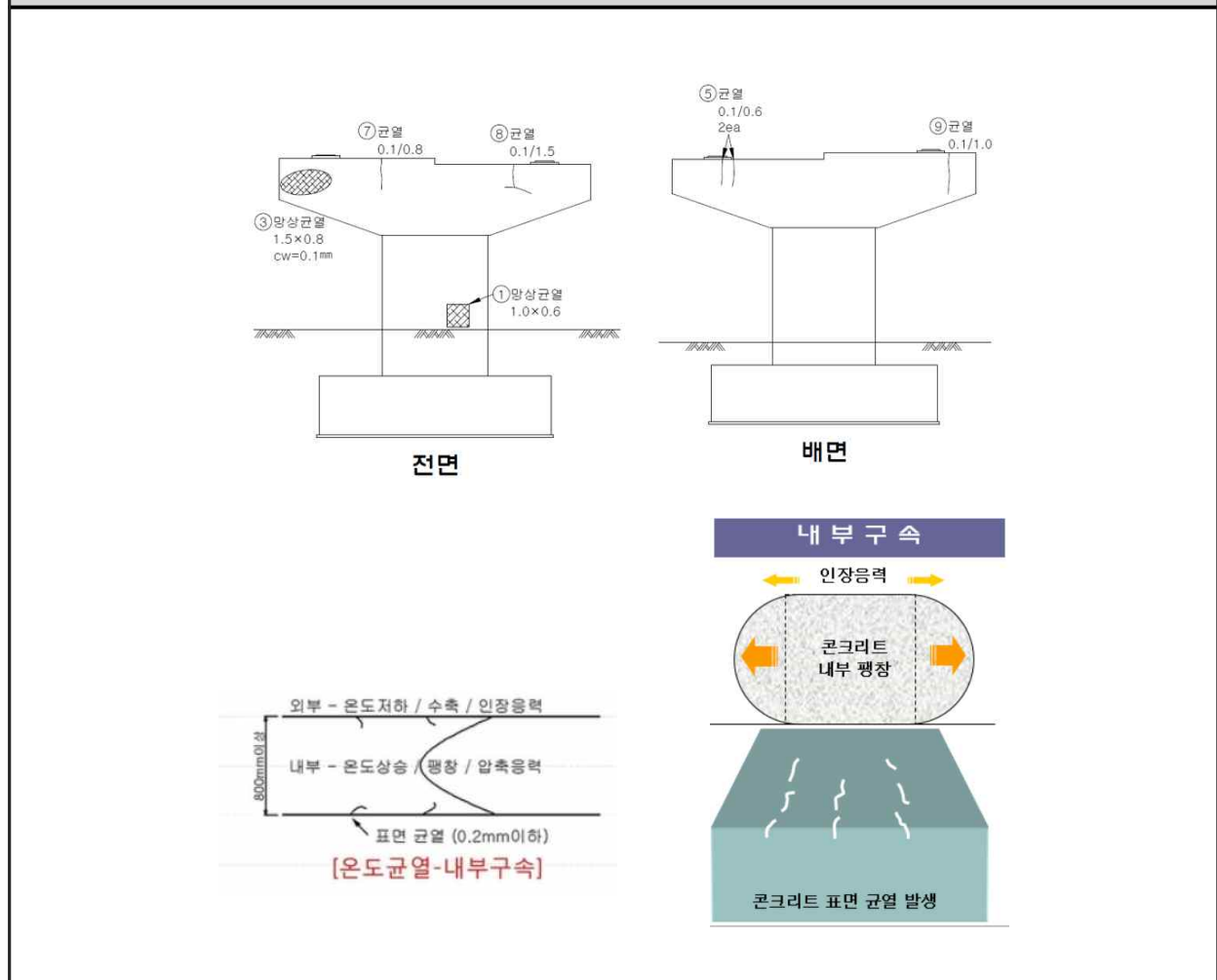
철근노출의 경우 시공당시 피복부족에 의한 손상으로 점검일 현재 철근부식 진행되지 않았으나 장기방치 시 철근 부피팽창에 의한 손상을 유발할 수 있는 바, 치핑 후 단면복구의 조치가 바람직하다.

P3 캐비온 매트리스 이격의 경우 매트리스 자중에 의한 안정화 단계에서 발생한 이격으로 점검일 현재 이격부 기초세굴 등의 손상은 조사되지 않았다.

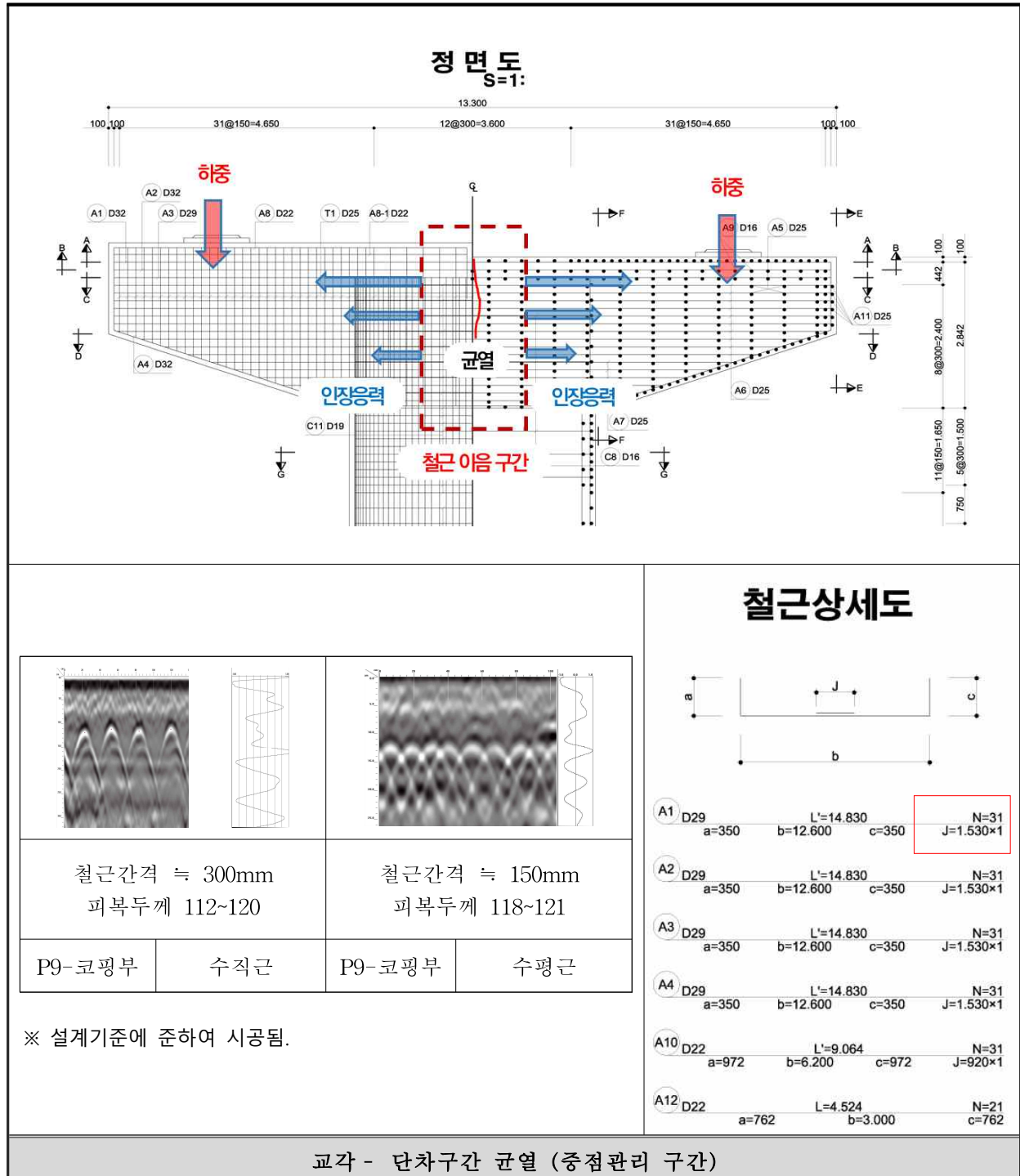
			
현 황	◦ P3 기둥부 망상균열	현 황	◦ P6 기둥부 균열
원 인	◦ Mass 콘크리트 수화균열	원 인	◦ 건조수축, 응력집중
대 책	◦ 표면보수	대 책	◦ 표면보수



교각 - TYPE별 분포도



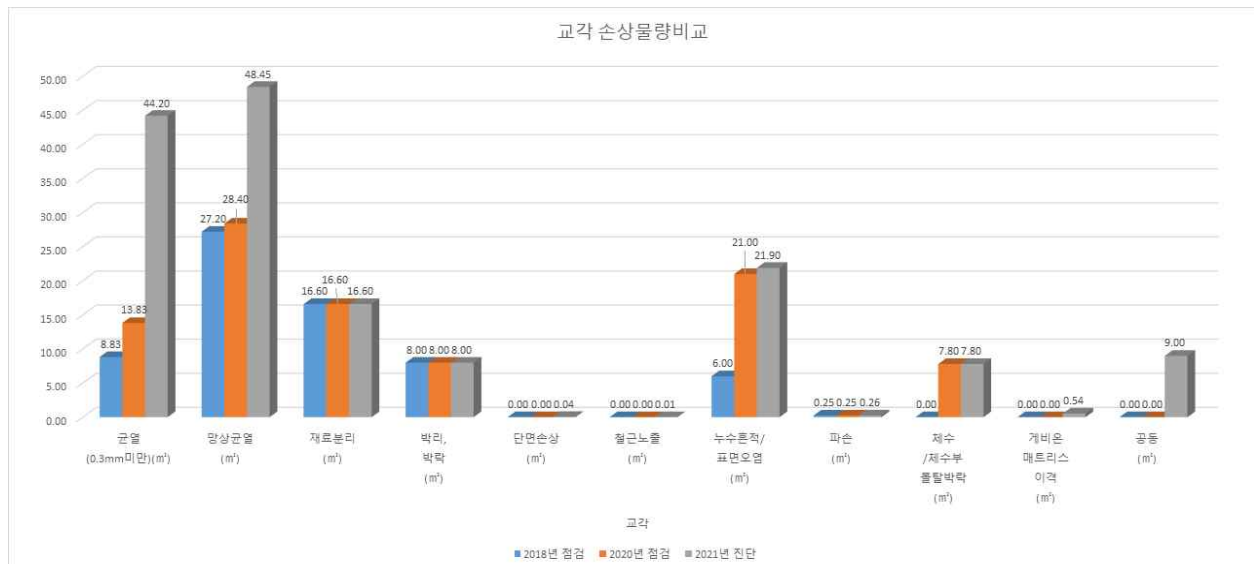
교각 - 손상 분포 개요도 및 온도균열 발생 기구



(3) 손상물량

【표 3.3.6】교각 외관조사 총괄 결과표

손상내용	단위	2018년 점검		2020년 점검		2021년 진단		비고
		물량	개소	물량	개소	물량	개소	
균열(0.3mm 미만)	m	35.30	31.00	55.30	41.00	176.80	108.00	-
망상균열	m ²	27.20	5.00	28.40	6.00	48.45	13.00	-
재료분리	m ²	16.60	1.00	16.60	1.00	16.60	1.00	-
박리, 박락	m ²	8.00	2.00	8.00	2.00	8.00	2.00	-
단면손상	m ²	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	4.00	-
철근노출	m ²	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	1.00	-
누수흔적/표면오염	m ²	6.00	2.00	21.00	4.00	21.90	5.00	-
파손	m ²	0.25	1.00	0.25	1.00	0.26	2.00	-
체수/체수부몰탈박락	m ²	0.00	0.00	7.80	2.00	7.80	2.00	-
게비온매트리스 이격	m ²	0.00	0.00	0.00	0.00	0.54	1.00	-
공동	m ²	0.00	0.00	0.00	0.00	9.00	1.00	-



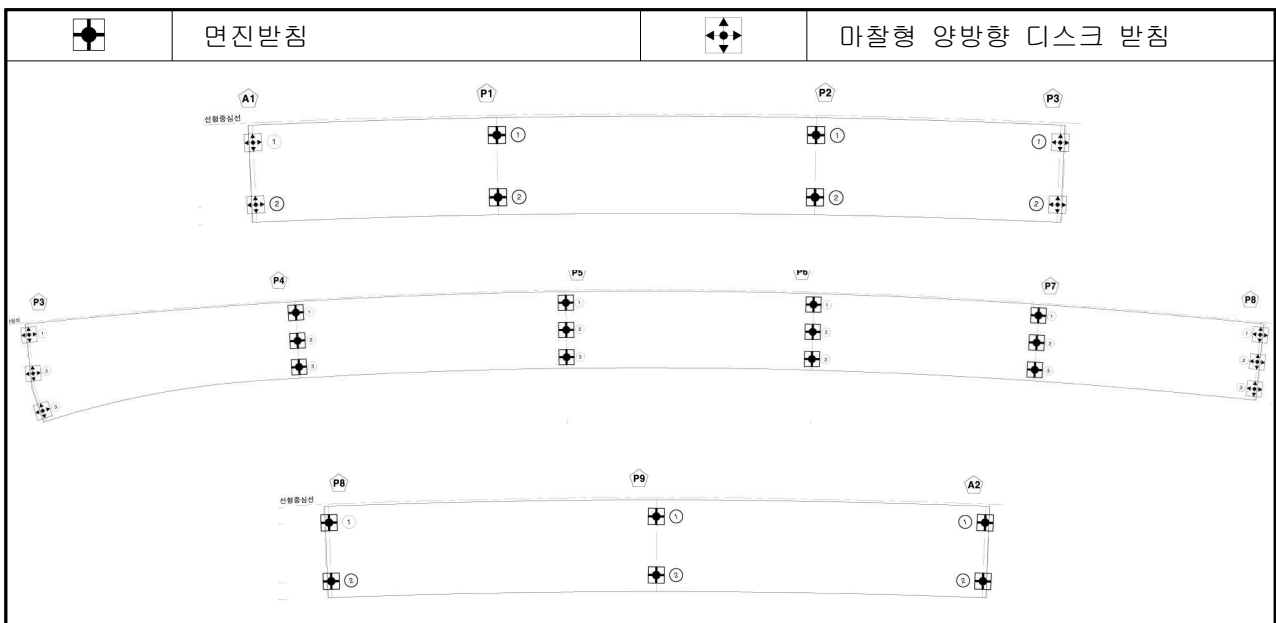
교각	균열, 변위				열화 및 손상							
	균열		망상균열		재료분리, 단면손상		박리,파손		철근노출		누수흔적,표 면오염,체수	
	(0.3mm미만)		(0.1~0.3mm)									
	물량	개소	물량	개소								
	(m)	(EA)	(㎡)	(EA)	(㎡)	(EA)	(㎡)	(EA)	(㎡)	(EA)	(㎡)	(EA)
P1	7.1	9	2	1	-	-	0.25	1	-	-	-	-
P2	11.6	13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P3	8.8	9	2.85	3	-	-	-	-	-	-	20.7	4
P4	5.7	5	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-
P5	6.5	9	-	-	-	-	-	-	0.01	1	-	-
P6	20.3	17	-	-	16.6	1	-	-	-	-	-	-
P7	22.4	14	33.6	6	0.04	4	-	-	-	-	-	-
P8	55.5	15	6	1	-	-	8	2	-	-	9	3
P9	38.9	17	3	1	-	-	0.01	1	-	-	-	-
합계	176.8	108	48.45	13	16.64	5	8.26	4	0.01	1	29.7	7

(4) 검토 의견

2018년 정밀안전점검부터 금회 진단까지 발생한 손상에 대하여 정량적인 물량 비교를 실시한 결과 폭 0.3mm미만의 균열의 경우 2018년 정밀안전점검 이후 손상물량이 다소 증가되어진 것을 확인할 수 있었다. 이는 앞서 분석한 결과대로 특정 위치에 손상이 집중되기보다는 교각 전반에 걸쳐 확인되었고, 기존에 조사된 균열 역시 뚜렷한 진행성을 보이지 않은 점을 고려할 때 하중 요인에 따른 물량증가보다는 정밀육안조사를 통해 누락되어진 손상이 추가 확인된 것으로 판단된다. P3 개비온 매트리스 이격의 경우 매트리스 자중에 의한 안정화 단계에서 발생한 이격으로 판단되며, 집중 강우 시 기초 세굴 등의 손상이 우려되는 바, 되메움 등의 조치가 바람직 할 것이다.

3) 교량받침

상신육교(향남방향, 본선)의 교량받침은 EQS 면진받침, 마찰형 양방향 디스크 받침으로 시공되었으며, EQS 면진받침 22개소, 마찰형 디스크 양방향 받침 10개소로 총 32개소가 아래 그림과 같이 배치되어 있다.



<그림 3.3.1> 상신육교(향남방향, 본선) 교량받침 배치도

【표 3.3.7】 교량 받침 시공 현황

위치	받침 위치		규격(tonf)	가동방향	비고
A1	G1	Sh1	300	양방향	-
	G2	Sh2	300	양방향	-
P1	G1	Sh1	850	양방향	-
	G2	Sh2	850	양방향	-
P2	G1	Sh1	850	양방향	-
	G1	Sh2	850	양방향	-
P3	G1	Sh1	300	양방향	-
	G2	Sh2	300	양방향	-
	G1	Sh1'	400	양방향	-
	G2	Sh2'	400	양방향	-
	G3	sh3'	400	양방향	-
P4	G1	Sh1	1100	양방향	-
	G2	Sh2	1100	양방향	-
	G3	Sh3	1100	양방향	-
P5	G1	Sh1	800	양방향	-
	G2	Sh2	800	양방향	-
	G3	Sh3	800	양방향	-
P6	G1	Sh1	800	양방향	-
	G2	Sh2	800	양방향	-
	G3	Sh3	800	양방향	-
P7	G1	Sh1	800	양방향	-
	G2	Sh2	800	양방향	-
	G3	Sh3	800	양방향	-
P8	G1	Sh1	300	양방향	-
	G2	Sh2	300	양방향	-
	G3	Sh3	300	양방향	-
	G1	Sh1'	350	양방향	-
	G2	Sh2'	350	양방향	-
P9	G1	Sh1	1100	양방향	-
	G2	Sh2	1100	양방향	-
A2	G1	Sh1	350	양방향	-
	G2	Sh2	350	양방향	-

				
A1-Sh1, 양방향	A1-Sh2, 양방향	P1-Sh1, 양방향	P1-Sh2, 양방향	P2-Sh1, 양방향
				
P2-Sh2, 양방향	P3-Sh1, 양방향	P3-Sh2, 양방향	P3-Sh1', 양방향	P3-Sh2', 양방향
				
P3-Sh3', 양방향	P4-Sh1, 양방향	P4-Sh2, 양방향	P4-Sh3, 양방향	P5-Sh1, 양방향
				
P5-Sh2, 양방향	P5-Sh3, 양방향	P6-Sh1, 양방향	P6-Sh2, 양방향	P6-Sh3, 양방향
				
P7-Sh1, 양방향	P7-Sh2, 양방향	P7-Sh3, 양방향	P8-Sh1, 양방향	P8-Sh2, 양방향
				
P8-Sh3, 양방향	P8-Sh1', 양방향	P8-Sh2', 양방향	P9-Sh1, 양방향	P9-Sh2, 양방향
				
A2-Sh1, 양방향	A2-Sh2, 양방향			

<그림 3.3.2> 상신육교(향남방향, 본선) 교량받침 현황

(1) 외관조사 현황

상신육교(향남방향, 본선) 받침장치에 대한 현장조사는 점검통로 및 교량점검차를 이용하여 근접조사가 실시되었다.

(가) 받침장치의 구조형태 및 용량은 설계⇒시공⇒유지관리(전차 점검이력 확인)시 특별한 변동사항 없이 동일한 형태를 나타내고 있으며, 보강에 따른 용력개선 조치 사항은 확인되지 않았다.

(나) 받침장치에 대한 현장조사결과 받침몰탈 균열, 받침플레이트 부식 등의 손상이 확인되었으며, 2018년 정밀안전점검부터 금회 진단까지 손상의 이력 사항을 분석한 결과 받침몰탈 균열은 비슷한 수준으로 확인되었으나, 받침플레이트 부식의 경우 우수의 비산에 따른 손상의 증가가 확인되었다.

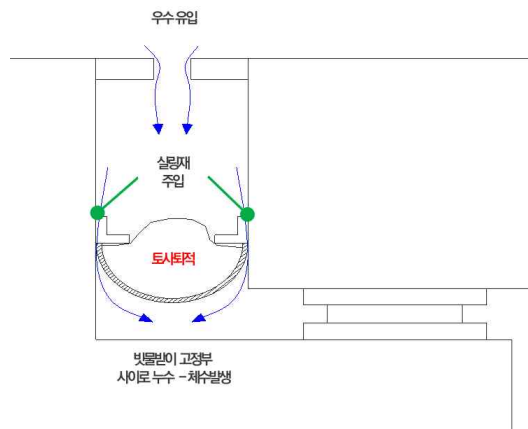
		
받침장치 상태 (2018년 정밀안전점검)	받침장치 상태 (2020년 정밀안전점검)	받침장치 상태 (2021년 정밀안전진단)

(2) 주요 손상 현황 검토

받침장치에서 조사된 부식 손상은 전반적으로 발생한 상태로 강우의 비산에 기인한 손상으로 판단된다. 특히 교대 신축이음구간의 받침장치의 경우 상부의 우수 유입에 의해 비교적 손상의 진행 정도가 빠른 것으로 판단되어 부식의 재도장 처리와 신축이음 누수에 대한 보수조치계획을 같이 수립하여야 보수효과를 극대화 할 수 있을 것으로 판단된다.



현 황	◦ A1-Sh1 받침장치 부식	현 황	◦ P8-Sh1 받침장치 부식
원 인	◦ 외부 우수유입+신축이음부 누수	원 인	◦ 외부 우수유입
대 책	◦ 재도장, 신축이음 유도배수	대 책	◦ 재도장



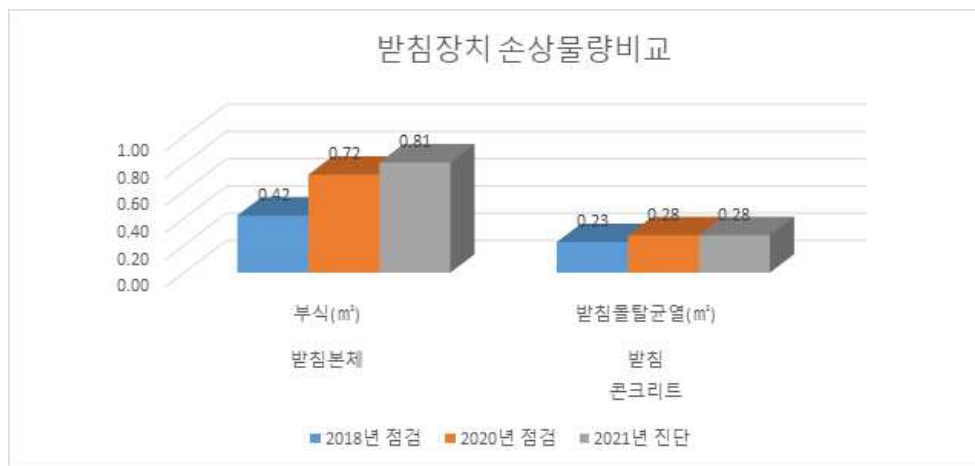
※ 개선방안(실링재 주입, 현장여건 고려 필요)

교대 신축이음부 누수에 의한 신축이음부 보수 개요(개선방안)

(3) 손상물량

【표 3.3.8】 받침장치 외관조사 총괄 결과표

손상내용		단위	2018년 점검		2020년 점검		2021년 진단		비고
			물량	개소	물량	개소	물량	개소	
받침 본체	부식	m ²	0.42	6.00	0.72	11.00	0.81	20.00	-
받침 콘크리트	받침물탈균열	m	0.90	3.00	1.10	5.00	1.10	5.00	-



받침장치	받침본체		받침 콘크리트	
	받침부식		받침물탈균열	
	물량	개소	물량	개소
	(m ²)	(EA)	(m)	(EA)
A1	0.12	2	-	-
P1	-	-	0.9	3
P2	-	-	-	-
P3	0.24	4	-	-
P4	0.12	2	-	-
P5	0.03	3	-	-
P6	0.03	3	0.1	1
P7	0.03	3	0.1	1
P8	0.24	3	-	-
P9	-	-	-	-
A2	-	-	-	-
합계	0.81	20	1.1	5

(4) 검토 의견

2018년 정밀안전점검부터 금회 진단까지 발생한 손상에 대하여 정량적인 물량 비교를 실시한 결과 부식이 다수 증가되었으며, 이는 주로 신축이음장치 하부 받침장치(A1, P3, P8)의 부식의 증가에 의한 결과로 판단된다. 부식의 정도는 경미하여 시급한 보수를 요하는 손상은 아니며, 점검일 현재 받침장치의 기능 이상을 유발시킬 수 있는 손상은 없는 상태이다.

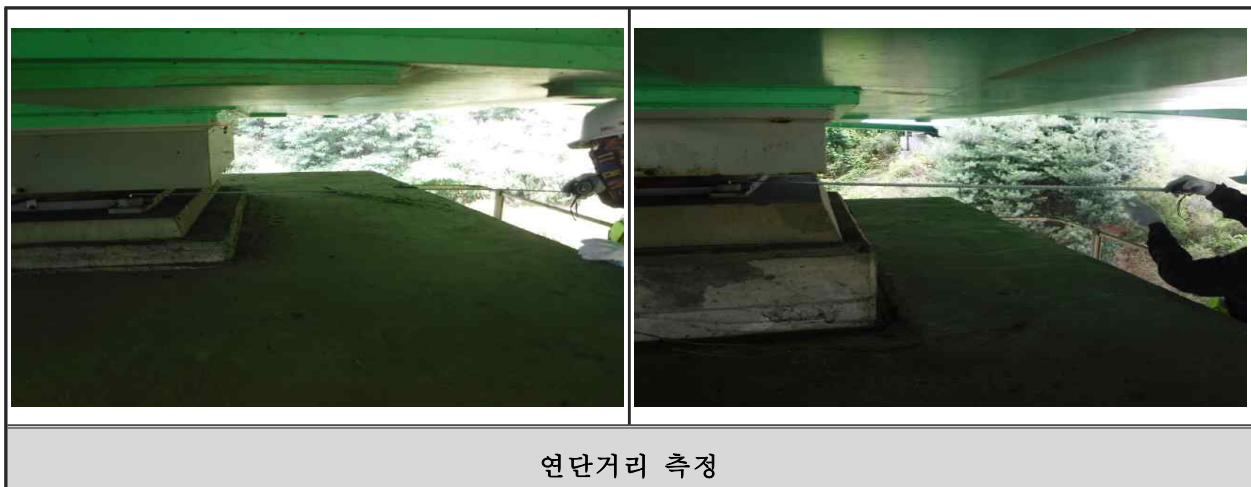
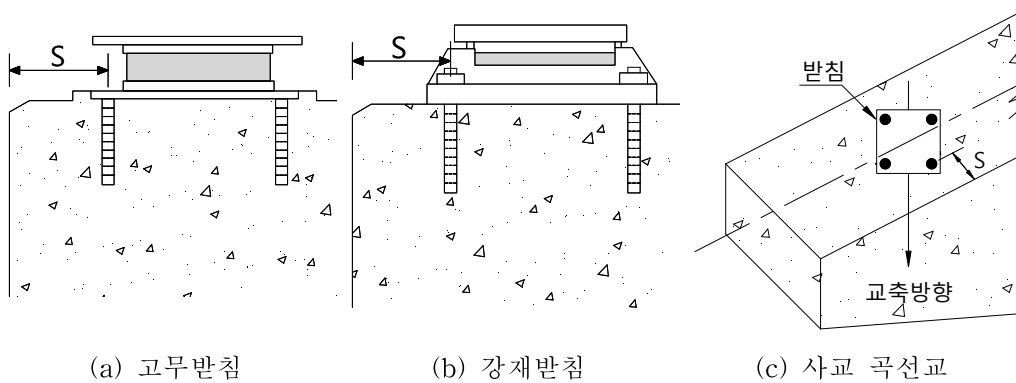
(5) 연단거리 검토 결과

교각 및 교대 상부의 교좌면은 상부구조로부터 집중하중을 받는 부위로 연단거리가 부족하면 고정단에서는 교각 및 교대의 전면에서 콘크리트가 파손되거나 가동단에서는 받침이 벗어나 심한 경우 거더가 낙하할 수도 있다. 교량의 교축방향의 연단 거리는 다음 값(S) 이상이어야 한다. 교량의 받침부 연단거리 측정은 다음과 같이 측정한다.

대상교량의 측정 연단거리는 다음과 같다.

-
- ① 거더의 경간길이 100m 이하 : $S(m)=200+5L$ --- 도로교설계기준(2010) Page 5-14
 ② 거더의 경간길이 100m 이상 : $S(m)=300+4L$ --- 5.4.2 받침연단거리
-

상신육교(향남방향, 본선)의 최대 경간 길이는 60m이므로 식 ①을 적용함.



【표 3.3.9】연단거리 측정 결과-상신육교(향남방향, 본선)

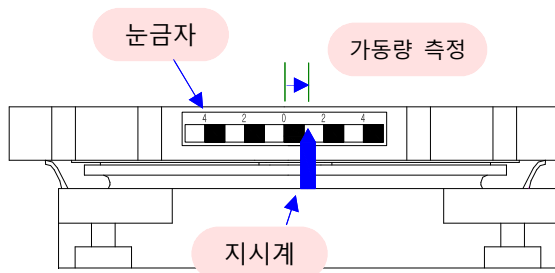
구 분		경간길이 (m)	계산 연단거리 (mm)	실측 연단거리(mm)						검토 결과
				Sh1	Sh2	Sh3	Sh1'	Sh2'	Sh3'	
A1	배면	35	375	700	700	-	-	-	-	O.K
P1	정면	35	375	1300	1300	-	-	-	-	O.K
	배면	45	425	1300	1300	-	-	-	-	O.K
P2	정면	45	425	1300	1300	-	-	-	-	O.K
	배면	35	375	1300	1300	-	-	-	-	O.K
P3	정면	35	375	830	830	-	830	830	830	O.K
	배면	60	500	830	830	-	830	830	830	O.K
P4	정면	60	500	1300	1300	1210	-	-	-	O.K
	배면	60	500	1300	1300	1210	-	-	-	O.K
P5	정면	60	500	1300	1300	1300	-	-	-	O.K
	배면	55	475	1300	1300	1300	-	-	-	O.K
P6	정면	55	475	1300	1300	1300	-	-	-	O.K
	배면	50	450	1300	1300	1300	-	-	-	O.K
P7	정면	50	450	1350	1350	1350	-	-	-	O.K
	배면	50	450	1350	1350	1350	-	-	-	O.K
P8	정면	50	450	800	800	800	800	800	-	O.K
	배면	50	450	750	750	750	750	750	-	O.K
P9	정면	50	450	1300	1300	-	-	-	-	O.K
	배면	50	450	1300	1300	-	-	-	-	O.K
A2	정면	50	450	1200	1200	-	-	-	-	O.K

상신육교(향남방향, 본선)에 대한 연단거리 측정 결과 전 개소에서 도로교 설계기준인 최소 연단거리 375mm~500mm 이상 확보하고 있는 것으로 측정되었다. 따라서 상신육교(발안IC) 교량 받침 연단거리 부족에 의한 결함 및 전단파괴 등의 우려는 없는 것으로 검토되었다.

(6) 교량받침 신축거동 상태 검토

면진받침/디스크받침으로 시공된 상신육교(향남방향, 본선) 교량받침에 대해 가동여유량 부족으로 인한 교량받침의 기능저하를 방지하기 위해 가동여유량을 실측하여 검토하였다.

가동받침 가동량 산정시 고려되는 항목은 활하중에 의한 보의 처짐, 온도변화, 건조수축, 크리프 등을 고려하여야 한다. 그러나 대상 교량은 준공후 10년이 경과하였기 때문에 건조수축 및 크리프에 의한 변형은 완료된 것으로 판단하여 온도변화 및 활하중에 의한 처짐만을 검토하는 것으로 하였다.



<그림 3.3.3> 교량받침 가동량 측정방법

(가) 검토조건

【표 3.3.10】 온도변화 범위 및 선팡창계수

교량형식	온도범위		선팡창계수(α)
	보통지방	한랭한 지방	
PC교, RC교	-5℃ ~ 35℃	-15℃ ~ 35℃	1.0×10 ⁻⁵
강교(상로교)	-10℃ ~ 40℃	-20℃ ~ 40℃	1.2×10 ⁻⁵
강교(하로교 및 강바닥 판교)	-10℃ ~ 50℃	-20℃ ~ 40℃	1.2×10 ⁻⁵

【표 3.3.11】 교량받침 이동량 산정시 지역 구분

구 분	내 용	비 고
보통지방	대전, 구미, 대구, 강릉, 논산, 전주, 광주, 순천, 진주, 마산, 창령, 고령, 동서울, 부산	도로공사 연구보고서 (1993년)
한랭지방	인천, 수원, 천안, 영동, 이천, 원주, 대관령, 정안, 진천	

(나) 온도변화에 의한 교량받침 이동량 산정

① 설계시 받침의 이동량은 온도변화, 활하중, 크리프 및 건조수축 그리고 부가여유량 및 설치여유량을 고려하여 산정한다. 여기서 부가여유량 및 설치여유량은 시공을 위해 고려되는 것이므로 시공이 완료된 현 시점에서 여유량 검토시 이는 고려하지 않는다.

② 이동여유량은 향후 각 받침장치에 예상되는 거더의 최대 이동량과 측정일 기준으로 받침장치가 부담할 수 있는 이동량을 비교하여 평가한다.

- 온도변화 : $\Delta \ell_t = \Delta T \alpha L$ $\alpha = 1.2 \times 10^{-5}$

③ 활하중에 의한 거더의 처짐에 의한 이동량

- 지점의 회전변위에 의한 신축량은 연속보의 중간지점에서는 그 영향이 적으므로 무시하였으며, 하절기 신장시(+)와 동절기(-)에 반영함. (신축장 100m 이상 적용)

- 거더회전 : $\Delta \ell_r = 2/3 \times h \times \theta = 2/3 \times 2,600 \times 1/150(\text{강교}) = 11.6\text{mm}$

【표 3.3.12】 상부구조 이동량 산출기준(도로설계편람)

구분	도로교설계기준	도로설계요령	한국도로공사 설계지침
기본 이동량	온도신축+건조수축+ 크리프+빔의 회전	온도신축+건조수축 +크리프	· 신축장 100m 미만 : 도로설계요령과 동일 · 신축장 100m 이상 : 도로교설계기준과 동일

【표 3.3.13】 상신육교(향남방향, 본선) 교량받침 이동량 산정(측정시 온도 기준)

구 분		온도변화 (ΔT , °C)		선팽창 계수 (α)	지간장 길이 (L,m)	온도변화에 의한 이동량(mm)		활하중에 의한 거더의 처짐에 의한 이동량 (mm)	활하중을 고려한 받침 이동량(mm)	
		동절기	하절기			동절기	하절기		최대수축 이동량	최대신장 이동량
A1	Sh1	47.0	13.0	1.2×10^{-5}	57.6	32.5	9.0	11.56	44.0	20.5
	Sh2	47.0	13.0	1.2×10^{-5}	57.6	32.5	9.0	11.56	44.0	20.5
P1	Sh1	47.0	13.0	1.2×10^{-5}	23.2	13.1	3.6	11.56	24.6	15.2
	Sh2	47.0	13.0	1.2×10^{-5}	23.2	13.1	3.6	11.56	24.6	15.2
P2	Sh1	47.0	13.0	1.2×10^{-5}	21.8	12.3	3.4	11.56	23.9	15.0
	Sh2	47.0	13.0	1.2×10^{-5}	21.8	12.3	3.4	11.56	23.9	15.0
P3	Sh1	47.0	13.0	1.2×10^{-5}	57.6	32.5	9.0	11.56	44.0	20.5
	Sh2	47.0	13.0	1.2×10^{-5}	57.6	32.5	9.0	11.56	44.0	20.5
	Sh1'	47.0	13.0	1.2×10^{-5}	137.7	77.6	21.5	13.78	91.4	35.3
	Sh2'	47.0	13.0	1.2×10^{-5}	137.7	77.6	21.5	13.78	91.4	35.3
	Sh3'	47.0	13.0	1.2×10^{-5}	137.7	77.6	21.5	13.78	91.4	35.3
P4	Sh1	47.0	13.0	1.2×10^{-5}	78.2	44.1	12.2	13.78	57.9	26.0
	Sh2	47.0	13.0	1.2×10^{-5}	78.2	44.1	12.2	13.78	57.9	26.0
	Sh3	47.0	13.0	1.2×10^{-5}	78.2	44.1	12.2	13.78	57.9	26.0
P5	Sh1	47.0	13.0	1.2×10^{-5}	18.2	10.3	2.8	13.78	24.0	16.6
	Sh2	47.0	13.0	1.2×10^{-5}	18.2	10.3	2.8	13.78	24.0	16.6
	Sh3	47.0	13.0	1.2×10^{-5}	18.2	10.3	2.8	13.78	24.0	16.6
P6	Sh1	47.0	13.0	1.2×10^{-5}	36.8	20.8	5.7	13.78	34.5	19.5
	Sh2	47.0	13.0	1.2×10^{-5}	36.8	20.8	5.7	13.78	34.5	19.5
	Sh3	47.0	13.0	1.2×10^{-5}	36.8	20.8	5.7	13.78	34.5	19.5
P7	Sh1	47.0	13.0	1.2×10^{-5}	86.8	49.0	13.5	13.78	62.7	27.3
	Sh2	47.0	13.0	1.2×10^{-5}	86.8	49.0	13.5	13.78	62.7	27.3
	Sh3	47.0	13.0	1.2×10^{-5}	86.8	49.0	13.5	13.78	62.7	27.3
P8	Sh1	47.0	13.0	1.2×10^{-5}	137.7	77.6	21.5	13.78	91.4	35.3
	Sh2	47.0	13.0	1.2×10^{-5}	137.7	77.6	21.5	13.78	91.4	35.3
	Sh3	47.0	13.0	1.2×10^{-5}	137.7	77.6	21.5	13.78	91.4	35.3
	Sh1'	47.0	13.0	1.2×10^{-5}	49.9	28.2	7.8	13.78	41.9	21.6
	Sh2'	47.0	13.0	1.2×10^{-5}	49.9	28.2	7.8	13.78	41.9	21.6
P9	Sh1	47.0	13.0	1.2×10^{-5}	0.8	0.5	0.1	13.78	14.2	13.9
	Sh2	47.0	13.0	1.2×10^{-5}	0.8	0.5	0.1	13.78	14.2	13.9
A2	Sh1	47.0	13.0	1.2×10^{-5}	49.4	27.9	7.7	13.78	41.6	21.5
	Sh2	47.0	13.0	1.2×10^{-5}	49.4	27.9	7.7	13.78	41.6	21.5
1) 조사당시 온도 : 27.0°C(조사일 : 2021년 7월 15일) 2) 검토온도 : -20°C~+40°C(한랭지방) 3) 활하중에 의한 거더의 처짐에 의한 이동량은 연속보의 중간지점과 신축장 100m 미만 구간에서는 고려하지 않음.										

금회 교량받침 측정은 눈금을 이용하여 측정하였으며, 가동 실측 여유량 측정결과와 계산

가동량을 비교한 결과는 다음과 같다.

【표 3.3.14】 상신육교(향남방향, 본선) 교량받침 가동여유량 검토 결과

구분		점검 당시 실측이동량(㎜)		활하중을 고려한 받침 이동량(㎜)		실측 가동여유량(㎜)		받침이동 허용량 (㎜)	검토 결과
		방향	이동량	최대수축 이동량	최대신장 이동량	수축 여유량	신장 여유량		
A1	Sh1	A1	-23	44.0	20.5	15.0	84.5	164	O.K
	Sh2	A1	-23	44.0	20.5	15.0	84.5	164	O.K
P1	Sh1	A1	0	24.6	15.2	59.4	68.8	168	O.K
	Sh2	A1	-4	24.6	15.2	55.4	72.8	168	O.K
P2	Sh1	A2	12	23.9	15.0	48.1	81.0	168	O.K
	Sh2	A2	12	23.9	15.0	48.1	81.0	168	O.K
P3	Sh1	A2	10	44.0	20.5	96.0	139.5	300	O.K
	Sh2	A2	20	44.0	20.5	86.0	149.5	300	O.K
	Sh1'	A1	-40	91.4	35.3	18.6	154.7	300	O.K
	Sh2'	A1	-43	91.4	35.3	15.6	157.7	300	O.K
	Sh3'	A1	-43	91.4	35.3	15.6	157.7	300	O.K
P4	Sh1	A1	-8	57.9	26.0	37.0	84.9	206	O.K
	Sh2	A1	-8	57.9	26.0	37.0	84.9	206	O.K
	Sh3	A1	-5	57.9	26.0	40.0	81.9	206	O.K
P5	Sh1	A1	-5	24.0	16.6	73.9	91.3	206	O.K
	Sh2	A1	-7	24.0	16.6	71.9	93.3	206	O.K
	Sh3	A1	-12	24.0	16.6	66.9	98.3	206	O.K
P6	Sh1	A2	10	34.5	19.5	58.4	93.4	206	O.K
	Sh2	A2	13	34.5	19.5	55.4	96.4	206	O.K
	Sh3	A2	15	34.5	19.5	53.4	98.4	206	O.K
P7	Sh1	A2	9	62.7	27.3	31.2	84.6	206	O.K
	Sh2	A2	15	62.7	27.3	25.2	90.6	206	O.K
	Sh3	A2	13	62.7	27.3	27.2	88.6	206	O.K
P8	Sh1	A2	56	91.4	35.3	2.6	170.7	300	O.K
	Sh2	A2	57	91.4	35.3	1.6	171.7	300	O.K
	Sh3	A2	58	91.4	35.3	0.6	172.7	300	O.K
	Sh1'	A1	-30	41.9	21.6	10.1	90.4	164	O.K
	Sh2'	A1	-30	41.9	21.6	10.1	90.4	164	O.K
P9	Sh1	A1	-20	14.2	13.9	68.7	109.0	206	O.K
	Sh2	A1	-20	14.2	13.9	68.7	109.0	206	O.K
A2	Sh1	A2	23	41.6	21.5	17.4	83.5	164	O.K
	Sh2	A2	30	41.6	21.5	10.4	90.5	164	O.K

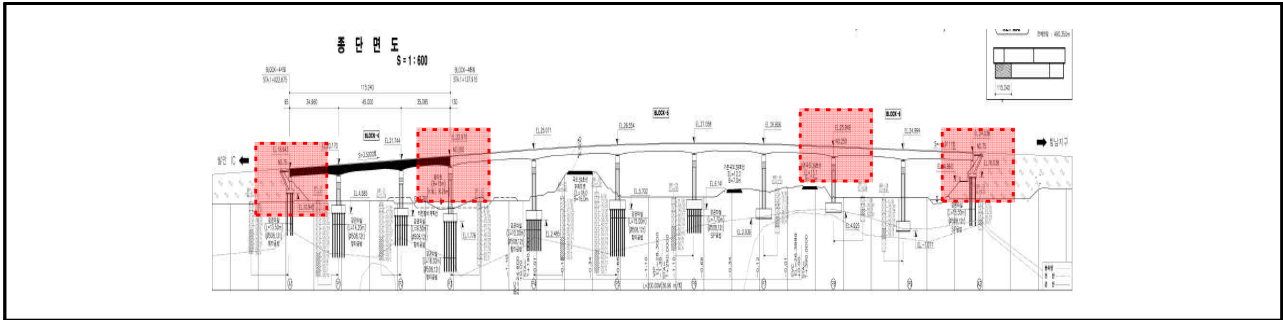
주) 판정 : 최대 받침 이동량 ≤ 실측 받침 가동여유량 ⇒ O.K

(7) 교량받침 가동량 검토결과

교량 받침 가동량의 실측값과 계산값을 비교/검토한 결과, 일부구간 교량받침의 이동량이 비교적 크나 교량받침의 특이손상은 없으며, 대체로 계산이동량이 받침장치의 허용변위 이내로 검토되었다.

다. 신축이음

상신육교(향남방향, 본선)의 신축이음은 A1, P3, P8, A2에 핑거조인트로 설치되어 있으며, 신축이음 배치 현황은 다음과 같다.



<그림 3.3.4> 상신육교(향남방향, 본선) 신축이음 배치도



<그림 3.3.5> 상신육교(향남방향, 본선) 신축이음 설치현황

1) 외관조사 현황

상신육교(향남방향, 본선) 신축이음에 대한 현장조사는 도보를 이용한 근접조사가 실시되었다.

- (1) 신축이음장치의 구조형태는 설계⇒시공⇒유지관리(전차 점검이력 확인)시 특별한 변동사항 없이 동일한 형태를 나타내고 있는 것으로 조사되었다.
- (2) 신축이음장치에 대한 현장조사결과 신축이음장치 0.3mm미만 후타재 균열, 후타재 파손, 유간 토사퇴적 및 식생이 확인되었으며, 이는 기 점검과 동일한 손상으로 진행은 경미한 상태이다.

		
신축이음장치(A1) 상태 (2018년 정밀안전점검)	신축이음장치(A1) 상태 (2020년 정밀안전점검)	신축이음장치(A1) 상태 (2021년 정밀안전진단)

2) 주요 손상 현황 검토

신축이음장치에서 조사된 균열은 건조수축 및 차량통행에 기인한 손상으로 표면처리를 통한 보수처리가 바람직하다. 후타재 파손은 콘크리트 포장과 단차에 발생 구간에 차량통행에 의해 발생한 손상으로 주행에 영향을 미칠 우려가 있으므로 단면복구의 보수가 바람직하겠다. 발안IC방향과 동일하게 신축이음장치 전구간에 유간 토사퇴적 및 식생이 확인되었으며, 이는 신축이음장치의 기능상실 및 누수의 원인이 되므로 주기적인 청소관리를 통해 신축이음장치의 기능확보가 필요하다.

	
현 황 ◦ S1 신축이음장치 토사퇴적 및 식생	현 황 ◦ S1 신축이음장치 단차
원 인 ◦ 공용중	원 인 ◦ 이질재료, 차량통행
대 책 ◦ 청소관리	대 책 ◦ 소파보수

3) 손상물량

【표 3.3.15】 신축이음장치 외관조사 총괄 결과표

손상내용		단위	2018년 점검		2020년 점검		2021년 진단		비고
			물량	개소	물량	개소	물량	개소	
본체	부식	m ²	-	-	-	-	0.40	1.00	-
	유간토사퇴적/식생	m ²	-	-	-	-	5.30	4.00	-
후타재	후타재균열 (0.3mm미만)	m	4.80	18.00	4.80	18.00	4.80	18.00	-
	후타재균열 (0.3mm이상)	m	14.40	50.00	14.40	50.00	14.40	50.00	-
	후타재파손	m ²	0.63	4.00	0.63	4.00	0.63	4.00	-



신축 이음 장치	본체				후타재					
	부식		유간 이물질퇴적		균열 (0.3mm 미만)		균열 (0.3mm 이상)		파손	
	물량	개소	물량	개소	물량	개소	물량	개소	물량	개소
	(m ²)	(EA)	(m ²)	(EA)	(m)	(EA)	(m)	(EA)	(m ²)	(EA)
A1	-	-	1.9	2	4.8	18	-	-	0.48	2
P3	-	-	1	1	-	-	3.6	14	-	-
P8	-	-	-	-	-	-	3.3	11	0.05	1
A2	0.4	1	2.4	1	-	-	7.5	25	0.1	1
합 계	0.4	1	5.3	4	4.8	18	14.4	50	0.63	4

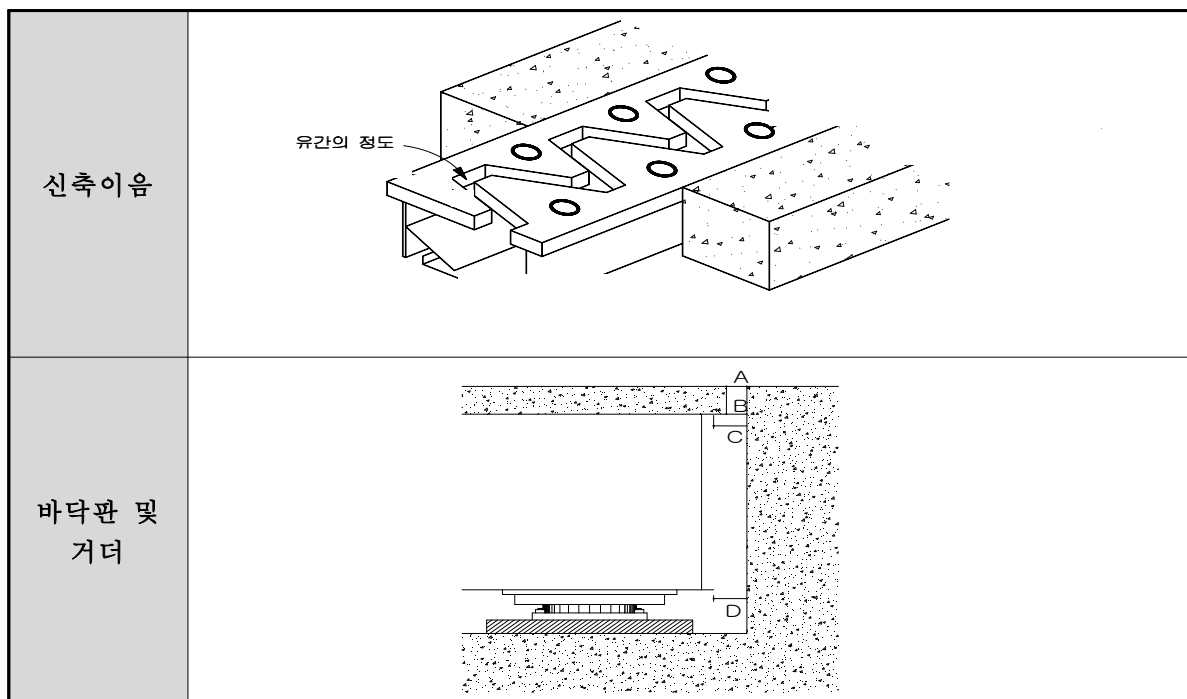
4) 검토 의견

신축이음장치에 발생한 손상에 대하여 이력 사항을 확인한 결과 후타재의 손상은 기 점검과 동일한 경향을 보이고 있으나, 신축이음장치 기능확보에 영향을 미치는 유간토사퇴적, 부식 등의 손상이 공요연수 증가에 따른 원인에 의해 증대되었다. 점검일 현재 신축이음장치 기능확보의 영향은 경미하나 장기방치 시 기능유지가 어려울 수 있으므로 유간토사퇴적 구간은 주기적인 정비관리(청소관리)가 필요하다.

5) 신축거동상태 평가

(1) 유간 측정 방법

유간측정은 방호벽 끝단에서 1.0m 내측부(차도)의 신축이음 강재와 강재의 간격을 <그림 3.2.6>과 같이 측정한다.



<그림 3.3.6> 신축이음 유간측정 방법

(가) 조사당시 온도 : 30.0℃ (2021. 7. 21)

(나) 검토온도 : -20℃ ~ 40℃ (한랭지방)

(다) 신축량 산정

- 온도변화에 의한 신축량

$$\Delta \ell_t = \Delta T \cdot \alpha \cdot L$$

여기서, ΔT : 온도변화량(℃), α (선팽창계수) : 1.2×10^{-5} , L : 신축거더 길이(m)

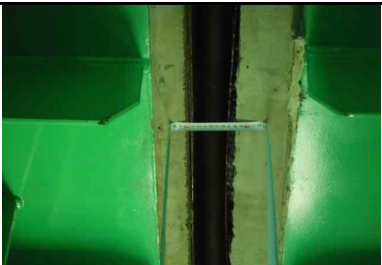
- 활하중에 의한 거더의 처짐으로 발생하는 신축량(신축장 100m 이상 적용)

$$\Delta L_t = \sum (h_i \times \theta_i) = (2,600\text{mm} \times 2/3 \times 1/150) = 11.6\text{mm}$$

여기서, h_i : 거더의 중립으로부터 받침의 회전중심까지의 거리(거더높이의 2/3)

θ_i : 받침상부의 거더의 회전각(강교 : 1/150)

(2) 신축이음 유간 측정

신축이음 (A1)			
	a. 신축이음	b. 바닥판 하면	c. 거더
신축이음 (P3)			
	a. 신축이음	b. 바닥판 하면	c. 거더
신축이음 (P8)			
	a. 신축이음	b. 바닥판 하면	c. 거더
신축이음 (A2)			
	a. 신축이음	b. 바닥판 하면	c. 거더

<그림 3.3.7> 신축이음 유간 측정방법

(3) 신축이음 유간 측정 결과

【표 3.3.16】 상신육교(향남방향, 본선) 신축이음 유간 측정결과

측정위치	측정시기	측 정 값(mm)				비 고
		신축이음	바닥판	Steel Box Girder		
				거더상부	거더하부	
EXP.J1 (A1)	2020. 07	23	60	130	123	-
EXP.J2 (P3)	2020. 07	65	85	180	165	-
EXP.J3 (P8)	2020. 07	52	80	200	200	-
EXP.J4 (A2)	2020. 07	35	60	130	132	-

【표 3.3.17】 상신육교(향남방향, 본선) 신축이음 신축이동량 산정

구분	측정시기	측정 시 온도 (℃)	온도변화 (ΔT , ℃)		선팅창 계수 (α)	지간장 길이 (m)	온도변화에 의한 이동량(mm)		활하중에 의한 거더의 처짐에 의한 이동량 (mm)	계산최대 신축량(mm)	
			동절 기	하절 기			동절 기	하절 기		최대 수축량	최대 신장량
EXP.J 1 (A1)	2020.07	30.0	50.0	10.0	1.2×10^{-5}	57.6	34.5	6.9	11.56	46.1	18.5
EXP.J 2 (P3)	2020.07	30.0	50.0	13.0	1.2×10^{-5}	195.2	117.1	23.4	13.78	130.9	37.2
EXP.J 3 (P8)	2020.07	30.0	50.0	13.0	1.2×10^{-5}	187.6	112.5	22.5	13.78	126.3	36.3
EXP.J 4 (A2)	2020.07	30.0	50.0	13.0	1.2×10^{-5}	49.9	30.0	6.0	13.78	43.7	19.8
1) 조사당시 온도 : 1차 - 30.0℃(조사일 : 2021년 7월 21일, 측정시온도)											
2) 검토온도 : -20℃~+40℃(한랭지방)											

【표 3.3.18】 상신육교(향남방향, 본선) 신축이음 가동여유량 검토결과

구 분		최대신축 이동량(mm)		점검 당시 실측 유간(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)	신축이음	46.1	18.5	23	120	50.9	4.5	O.K
	바닥판			60	-	-	41.5	O.K
	거더 상부			130	-	-	111.5	O.K
	거더 하부			123	-	-	104.5	O.K
EXP.J2 (P3)	신축이음	130.9	37.2	65	250	54.1	27.8	O.K
	바닥판			85	-	-	47.8	O.K
	거더 상부			180	-	-	142.8	O.K
	거더 하부			165	-	-	127.8	O.K
EXP.J3 (P8)	신축이음	126.3	36.3	52	300	121.7	15.7	O.K
	바닥판			80	-	-	43.7	O.K
	거더 상부			200	-	-	163.7	O.K
	거더 하부			200	-	-	163.7	O.K
EXP.J4 (A2)	신축이음	43.7	19.8	35	120	41.3	15.2	O.K
	바닥판			60	-	-	40.2	O.K
	거더 상부			130	-	-	110.2	O.K
	거더 하부			132	-	-	112.2	O.K
※ 신축여유량(팽창)=측정유간-계산신축량(팽창), 신축여유량(수축)=허용신장량-측정유간-계산신축량(수축) ※ 신축여유량 >0인 경우 양호(0mm ≤ 신축여유량 ≤ 허용량 ⇒ O.K)								

(4) 검토 의견

금회 실시한 진단결과 신축이음장치에 대하여 신축여유량을 검토하였으며, 검토결과 모든 측정개소에서 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.

라. 교면포장

1) 외관조사 현황

상신육교(향남방향, 본선) 교면포장은 아스콘 포장(T=80mm)로 시공되어 있으며, 교면포장에 대한 현장조사는 도보를 이용한 근접조사가 실시되었다.

(1) 교면포장의 구조형태는 설계⇒시공⇒유지관리(전차 점검이력 확인)시 특별한 변동사항 없이 동일한 형태를 나타내고 있으며, 보강에 따른 응력개선 조치 사항은 확인되지 않았다.

(2) 교면포장에 대한 현장조사결과 포장마모, 파손, 패임, 식생 등의 손상이 확인되었으며, 2014년 정밀안전점검부터 금회 진단까지 손상의 이력 사항을 분석한 결과 콘크리트 마모 손상이 공용기간 증대와 더불어 손상은 점차 증대되는 경향을 보이고 있는 것으로 조사되었다.



2) 주요 손상 현황 검토

교면포장에서 확인된 아스팔트 마모는 전구간에서 차선의 교측방향 형태로 확인되었으며, 준공 후 재포장의 이력은 없는 것으로 확인되어 공용년수 증대에 따른 반복적인 교통하중 및 진동 등의 영향에 기인한 것으로 판단된다. 포장부 손상은 주로 차바퀴가 지나가는 차륜 부위와 신축이음 접합부에서 발생하였으며, 바닥판 하면에서 발생한 균열/백태의 위치와는 연관성이 적어 편칭파괴 등의 위험요소는 없는 상태로 판단된다. 시설물 안전법 세부지침 교량편 실시요령에 따라 교면포장 상태평가 기준에 의한 포장불량을 검토 결과 아래와 같으며, 포장손상율 10% 이상의 손상에 대해서는 전반적인 재포장이 필요한 상태로 평가하고 있으며, 준공이후 전면 재포장 이력이 없는 바, 전반적인 재포장이 필요하다. 시·중점부 신축이음 부 접합부에 발생한 단차는 아스콘 압축 및 소성변형으로 1cm 내외 단차가 발생한 상태로 점검일 현재 충격음이 발생하고 있어 차량통행에 영향을 미칠 우려가 있으므로 보수계획 수립 시 우선보수함이 바람직하다



현 황 ◦ 교면포장 전경

원 인 -

대 책 -

현 황 ◦ S1 교면포장 마모

원 인 ◦ 장기공용 및 교통하중

대 책 ◦ 재포장

구분	총면적(①,m²)	손상면적(②,m²)	보수완료구간 면적(③,m²)	보수필요구간 면적(m²,①-③)	마모율(% ,②/①)
S1	462.0	367.5	0	462.0	80%
S2	594.0	472.5	0	594.0	80%
S3	462.0	367.5	0	462.0	80%
S4	1296.0	840	0	1296.0	65%
S5	1296.0	840	0	1296.0	65%
S6	1188.0	770	0	1188.0	65%
S7	1080.0	700	0	1080.0	65%
S8	1080.0	700	0	1080.0	65%
S9	660.0	525	0	660.0	80%
S10	660.0	525	0	660.0	80%

※ 상태평가 기준

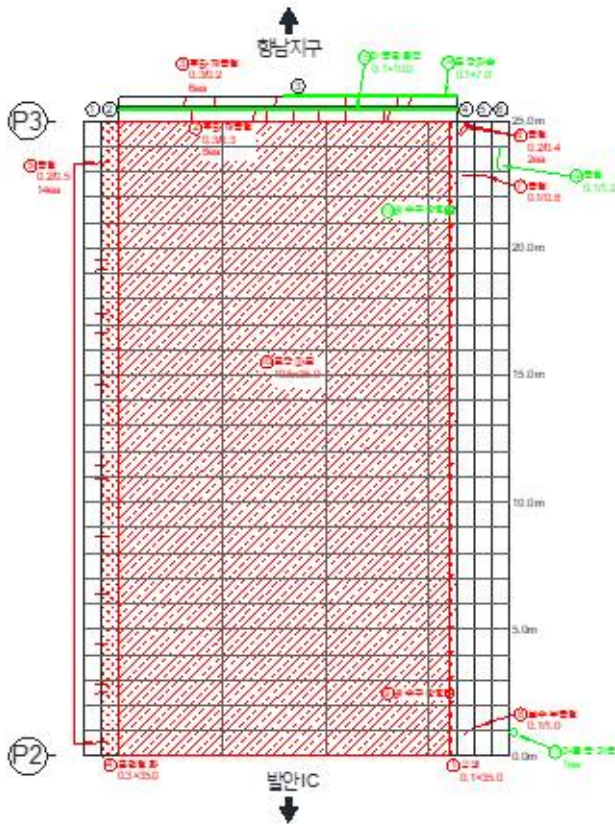
기준	포장불량	
a	◦ 미세균열	◦ 없음
b	◦ 포장불량을 2%미만	◦ 포장손상이 미미하여 주행에 영향 없음
c	◦ 포장불량을 2%이상~10%미만	◦ 포장손상으로 인하여 차량의 통행에 영향 있음
d	◦ 포장불량을 10%이상	◦ 전반적인 재포장이 필요한 상태
e	-	-

교면포장 손상 면적율

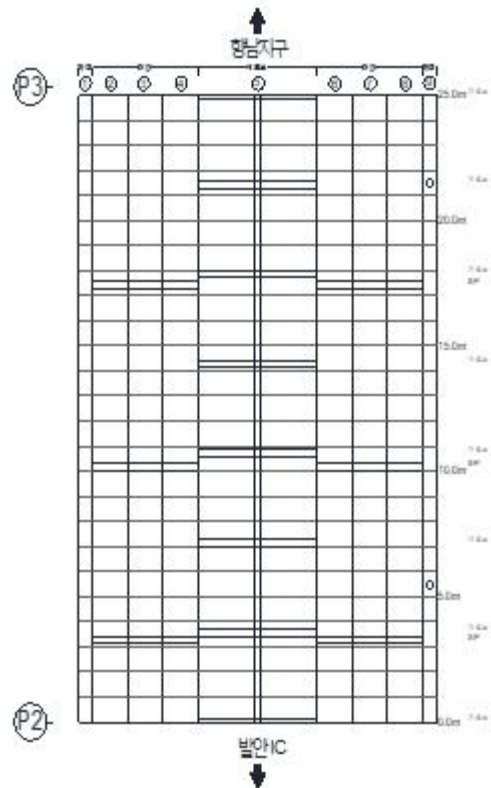


현 황 ◦ S2 교면포장 마모
원 인 ◦ 장기공용 및 교통하중
대 책 ◦ 아스팔트 재포장

현 황 ◦ S4 교면포장 마모
원 인 ◦ 장기공용 및 교통하중
대 책 ◦ 재포장



<S3교면포장 외관망도>



<S3바닥하면 외관망도>

*교면포장부 전반적인 마모가 확인되었으나 바닥하면의 경우 양호한 상태임.

교면포장 균열과 바닥판 하면 균열과의 연관성 분석

3) 손상물량

【표 3.3.19】 교면포장 외관조사 총괄 결과표

손상내용	단위	2018년 점검		2020년 점검		2021년 진단		비고
		물량	개소	물량	개소	물량	개소	
포장마모	m ²	9.90	4.00	6159.40	14.00	6160.90	15.00	-
포장패임	m ²	0.40	3.00	0.40	3.00	0.40	3.00	-
포장파손	m ²	0.00	0.00	6.91	3.00	6.91	3.00	-
소성변형	m ²	0.00	0.00	0.00	0.00	0.09	1.00	-
체수	ea	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-
단차	m	0.00	0.00	0.00	0.00	18.00	3.00	-
식생	m ²	112.50	9.00	112.50	9.00	112.50	9.00	-
이물질퇴적	m ²	7.00	1.00	7.00	1.00	7.00	1.00	-

교면포장 손상물량비교

손상내용	2018년 점검	2020년 점검	2021년 진단
포장마모	9.90	6159.40	6160.90
포장패임	0.40	0.40	0.40
포장파손	0.00	6.91	6.91
소성변형	0.00	0.00	0.09
체수	0.00	1.00	1.00
단차	0.00	0.00	18.00
식생	112.50	112.50	112.50
이물질퇴적	7.00	7.00	7.00

교면 포장	포장불량							
	포장마모		포장균열, 단차		포장패임		포장파손	
	물량	개소	물량	개소	물량	개소	물량	개소
	(m ²)	(EA)	(m)	(EA)	(m ²)	(EA)	(m ²)	(EA)
S1	369	2	3	1	-	-	-	-
S2	472.5	1	-	-	-	-	-	-
S3	367.5	1	7	1	-	-	-	-
S4	848	2	-	-	0.3	1	-	-
S5	840.4	3	-	-	-	-	-	-
S6	812	1	-	-	-	-	-	-
S7	700	1	-	-	-	-	-	-
S8	700	1	-	-	-	-	4.66	2
S9	526.5	2	-	-	-	-	-	-
S10	525	1	8	1	0.19	3	2.25	1
합계	6160.9	15	18	3	0.49	4	6.91	3

4) 검토 의견

2014년 최초실시된 정밀안전진단부터 최근 자체수행된 2018년 정밀안전점검까지 발생한 손상에 대하여 정량적인 물량 비교를 실시한 결과 포장부 마모손상의 정도가 증가하고 있는 상황으로 마모에 의한 포장파손, 소성변형, 단차에 의해 운전에 영향을 미쳐 민원의 소지가 우려되며, 손상면적이 포장손상을 10% 이상, 준공 후 재포장 보수이력이 없는 것을 고려하여 부분적인 소파 보수보다는 계획된 예산의 범위에서 순차적인 재포장이 바람직하다.

마. 기타부재

1) 배수시설

(1) 외관조사 현황

상신육교(향남방향, 본선) 배수시설에 대한 현장조사는 교량점검차 및 고소점검차와 도보를 이용한 근접조사가 실시되었다.

(가) 상신육교 향남방향의 배수체계는 교량상판의 갓길방호벽 측에 집수구를 설치하고 이를 중배수관과 연결하여 배수하는 점(點)배수 시스템이 적용되었으며, 배수구는 $\varnothing 150\text{mm}$ 육교용 PIPE으로 전체 약 583m의 규모이다.

(나) 배수시설에 대한 현장조사결과 교면포장부에 위치한 배수구의 이물질 퇴적, 교대 배수관 유실 등의 손상이 조사되었다.

(2) 주요 손상 현황 검토

교면포장에서 조사된 배수시설 배수구 막힘은 2018년 정밀안전점검과 동일한 손상으로 점검일 현재 배수기능 저하에 영향은 경미하나 관리주체에서는 일상적인 유지관리를 통해 배수기능 확보를 실시함이 바람직하다.

배수관 탈락의 경우 교대 외관조사 현황에서 언급한 바와 같이 교대 표면열화 등의 손상을 유발하고 손상의 진행을 가속화 시키므로 배수관 재시공 등의 조치가 바람직하다.

			
현황	◦ S1 배수구 막힘	현황	◦ A1 배수관 탈락
원인	◦ 장기공용	원인	◦ 시공미흡
대책	◦ 청소관리	대책	◦ 재시공

(3) 손상물량

【표 3.3.20】 배수시설 외관조사 총괄 결과표

손상내용	단위	2018년 점검	2020년 점검	2021년 진단	비고
		개소	개소	개소	
배수구막힘	EA	16.00	16.00	19.00	-
배수관 탈락	EA	1.00	1.00	1.00	-

배수시설 손상물량비교

배수구막힘(EA) 배수관탈락(EA)

■ 2018년 점검 ■ 2020년 점검 ■ 2021년 진단

배수시설	배수시설			
	배수구 막힘		배수관 탈락	
	손상물량	총물량	손상물량	총물량
	(EA)	(EA)	(EA)	(EA)
S1	2	2	1	1
S2	2	2	-	-
S3	2	2	-	-
S4	3	3	-	-
S5	5	5	-	-
S6	-	-	-	-
S7	2	2	-	-
S8	1	1	-	-
S9	1	1	-	-
S10	1	1	-	-
합 계	19	19	1	1

(4) 검토 의견

상신육교 향남방향에 설치된 배수시설에서 조사된 손상으로는 발안IC방향과 비슷한 경향의 바닥판 상면의 이물질퇴적 및 유도배수관 탈락이 있으며, 이는 기 점검과 동일한 손상으로 확인되었으며, 이 손상으로 인해 구조체 표면열화, 누수흔적 등의 손상을 유발하고 있어 배수관 탈락구간에 대해서 배수관 정비(재시공)가 필요하다.

2) 방호벽 및 중앙분리대

(1) 외관조사 현황

상신육교(향남방향, 본선) 방호벽 및 중앙분리대에 대한 현장조사는 교량굴절차 및 고소점검차와 도보를 이용한 근접조사가 실시되었다.

(가) 방호벽 및 중앙분리대는 자동차의 차도이탈 방지, 사고시 완충작용 등의 기능을 하는 철근콘크리트 구조로 신축이음부에는 덮개판이 설치되어 있다.

(나) 방호벽에 대한 현장조사결과 균열(재균열 포함), 백태, 표면열화, 망상균열, 파손, 간판 녹물발생 등의 손상이 확인되었으며, 2018년 정밀안전진단부터 금회 진단까지 손상의 이력 사항을 분석한 결과 손상은 점차 증가되는 추세로 확인되었다.

(2) 주요 손상 현황 검토

중앙분리대에서 조사된 표면열화는 콘크리트 표면이 우수에 노출되어 발생하는 손상으로 방호벽 전반에 걸쳐 발생하였으나 그 규모의 진행은 경미한 상태이다. 방호벽 간판 철골부재 부식의 경우 철골부재의 단면결손까지 진행되지 않았으나, 장기방치 시 하부 도로로 간판이 낙하의 우려가 있으므로 주기적인 관리가 필요하다. 또한 철골부재와 간판접합부 핀 탈락으로 점검일 현재 고정이 불량한 상태(1개소)로 접합부 고정이 필요하다.

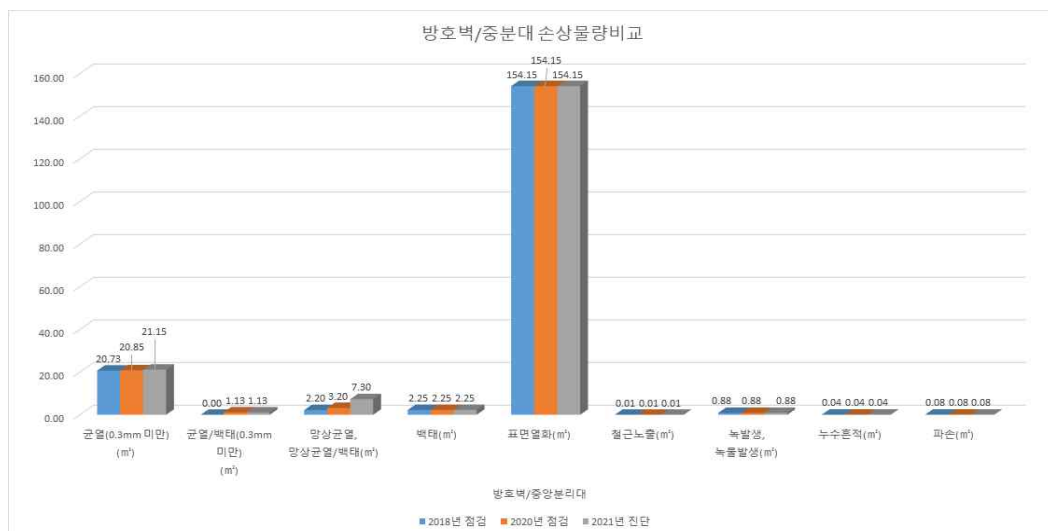


현황	◦ S8 중분대 균열/표면열화	현황	◦ S5 방호벽 간판 접합부 탈락
원인	◦ 건조수축, 우수유입	원인	◦ 시공미흡
대책	◦ 표면처리	대책	◦ 재고정

(3) 손상물량

【표 3.3.21】 방호벽 및 중앙분리대 외관조사 총괄 결과표

손상내용		단위	2018년 점검		2020년 점검		2021년 진단		비고
			물량	개소	물량	개소	물량	개소	
방호벽 /중분대	균열 (0.3mm 미만)	m ²	20.73	154.00	20.85	155.00	21.15	156.00	-
	균열/백태 (0.3mm 미만)	m ²	0.00	0.00	1.13	3.00	1.13	3.00	-
	망상균열, 망상균열/백태	m ²	2.20	3.00	3.20	4.00	7.30	6.00	-
	백태	m ²	2.25	10.00	2.25	10.00	2.25	10.00	-
	표면열화	m ²	154.15	11.00	154.15	11.00	154.15	11.00	-
	철근노출	m	0.01	1.00	0.01	1.00	0.01	1.00	-
	녹발생, 녹물발생	m ²	0.88	11.00	0.88	11.00	0.88	11.00	-
	누수흔적	m ²	0.04	1.00	0.04	1.00	0.04	1.00	-
	파손	m ²	0.08	1.00	0.08	1.00	0.08	1.00	-



방호 벽/ 중분 대	콘크리트													
	균열 (0.3mm미만)		균열/백태 (0.3mm미만)		망상균열, 망상균열/ 백태		백태		표면열화		철근노출, 파손		누수흔적, 녹물흔적	
	물량	개소	물량	개소	물량	개소	물량	개소	물량	개소	물량	개소	물량	개소
	(m)	(EA)	(m)	(EA)	(m ²)	(EA)	(m ²)	(EA)	(m ²)	(EA)	(m ²)	(EA)	(m ²)	(EA)
S1	8.50	15	-	-	-	-	0.10	2	10.50	1	-	-	-	-
S2	7.20	13	-	-	-	-	-	-	13.50	1	-	-	-	-
S3	10.80	19	-	-	-	-	-	-	10.50	1	-	-	-	-
S4	6.70	13	-	-	1.00	1	0.03	3	18.00	1	0.01	1	-	-
S5	10.00	18	-	-	-	-	0.01	1	18.00	1	-	-	0.88	11
S6	11.50	23	1.00	1	-	-	0.03	1	16.50	1	-	-	-	-
S7	8.40	14	-	-	0.20	1	0.04	1	15.00	1	-	-	-	-
S8	6.50	13	-	-	2.00	2	-	-	22.15	2	0.08	1	-	-
S9	7.00	12	-	-	4.10	2	2.04	2	15.00	1	-	-	0.04	1
S10	8.00	16	3.50	2	-	-	-	-	15.00	1	-	-	-	-
합 계	84.60	156	4.50	3	7.30	6	2.25	10	154.2	11	0.09	2	0.92	12

(4) 검토 의견

2018년 정밀안전점검까지 발생한 손상에 대하여 정량적인 물량 비교를 실시한 결과, 균열의 손상이 경미한 증가 형태를 보이고 있으며, 외부 환경에 노출로 우수에 의한 보수부 재손상이 일부 확인되었다. 간판 설치구간의 경우 장기방치시 단면결손 및 고정볼량에 의한 간판의 하부 낙하가 우려되므로 이상유무에 대한 주기적인 관리, 관찰이 필요하다.

3) 점검로 및 기타시설

(1) 외관조사 현황

상신육교(향남방향, 본선)에 설치된 점검로는 교량시설의 유지관리에 이용토록 강제시설로 설치되어 있으며, 점검로에 대한 현장조사는 도보를 이용한 근접조사가 실시되었다.

(2) 주요 손상 현황 검토

점검일 현재 점검로의 고정을 위한 앵커볼트는 특별한 손상 없이 교각 코핑 부위에 매입되어 있으며, 점검로의 바닥판 및 난간 등의 부재 역시 변형, 부식 등의 손상 없이 양호한 외관 상태를 나타내고 있었다. 그러나 점검로의 경우 공용기간 동안 빈번한 이용이 예상되는바 적정하중 이상의 과하중 작업에 대한 관리가 지속적으로 필요하겠다. 그러나 P8 점검로 출입문이 파손된 상태로 일반인의 출입을 통제하여 안전사고를 미연에 방지하기 위하여 출입문 재시공이 바람직하다.



현 황	◦ 점검로	현 황	◦ P8 점검로 출입문
원 인	◦ 특이손상 없음	원 인	◦ 파손
대 책	◦ 지속적인 점검관리	대 책	◦ 교체시공

또한, S3구간 가로등의 기울임이 확인되었다. 이는 나사선의 여장길이 부족 및 볼트풀림에 의해 기울어진 상태로 강풍 또는 장기방치 시 가로등의 넘어질 우려가 있으므로 재조임의 조치가 필요하다.



현 황	◦ S3 가로등	현 황	◦ S3 가로등
원 인	◦ 나사선부족, 볼트풀림	원 인	◦ 나사선부족, 볼트풀림
대 책	◦ 볼트 재조임	대 책	◦ 볼트 재조임

바. 기 점검 결과와 비교·분석

본 과업대상 시설물인 상신육교(향남방향, 본선)는 2011년에 준공되어 10년째 공용 중에 있으며, 금회 제1차 정밀안전진단을 실시하고, 현장조사 결과를 토대로 외관조사망도를 작성하였다. 상신육교(향남방향, 본선)의 기 손상은 2020년 정밀안전점검을 바탕으로 작성하였고, 손상의 이력관리를 통한 증감 원인은 다음과 같다.

【표 3.3.22】 기 손상 이력과 금회 정밀안전진단과의 비교 결과 및 손상증감 원인 분석

구 분	정밀안전점검(2020년) 발생손상	정밀안전진단(2021년) 발생손상	증가원인	비 고
바닥판	▪ 균열 ▪ 균열/백태 ▪ 망상균열 ▪ 신축이음누수	▪ 균열 ▪ 균열/백태 ▪ 망상균열 ▪ 신축이음누수 ▪ 누수흔적	▪ 조사용 접근장비 운용 ▪ 정밀 상세조사 ▪ 우수침투	-
Steel Box Girder	▪ 굽힘 ▪ SP실링재미시공 ▪ 체수/체수흔적	▪ 굽힘 ▪ SP실링재미시공 ▪ 체수/체수흔적	▪ 조사용 접근장비 운용 ▪ 정밀 상세조사 ▪ 렌턴 등으로 이용한 정밀조사 ▪ 외부충격 요인 ▪ 우수침투	-
강가로보 및 세로보	▪ -	▪ -	▪ 손상의 증가 없음	-
교대	▪ 균열 ▪ 누수흔적 ▪ 체수 ▪ 신축이음하부 누수 ▪ 백태 ▪ 표면열화 ▪ 보수부 들뜸	▪ 균열 ▪ 누수흔적 ▪ 체수 ▪ 신축이음하부 누수 ▪ 백태 ▪ 표면열화 ▪ 보수부 들뜸 ▪ 실린트 이격 ▪ 돌출	▪ 공용년수 증가에 따른 열화 ▪ 정밀 상세조사 ▪ 우수침투 ▪ 교대 옹벽구간 추가조사	-

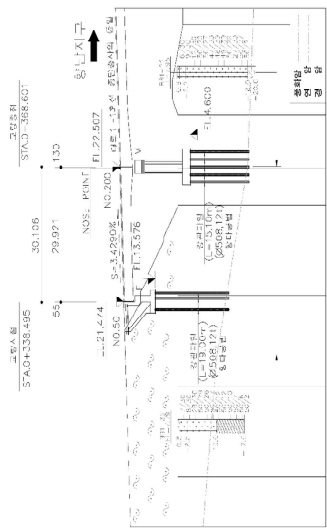
구 분	정밀안전점검(2020년) 발생손상	정밀안전진단(2021년) 발생손상	증가원인	비 고
교각	▪ 균열 ▪ 망상균열 ▪ 재료분리 ▪ 박리/박락 ▪ 단면손상 ▪ 철근노출 ▪ 누수흔적 ▪ 파손 ▪ 몰탈박락	▪ 균열 ▪ 망상균열 ▪ 재료분리 ▪ 박리/박락 ▪ 단면손상 ▪ 철근노출 ▪ 누수흔적 ▪ 파손 ▪ 몰탈박락 ▪ 게비온 매트리스 이격 ▪ 공동	▪ 조사용 접근장비 운용 ▪ 공용년수 증가에 따른 열화 ▪ 정밀 상세조사	-
교량받침	▪ 받침균열 ▪ 부식	▪ 받침균열 ▪ 부식	▪ 공용년수 증가에 따른 열화 ▪ 정밀 상세조사 ▪ 우수침투	-
신축이음	▪ 후타재 균열 ▪ 후타재 파손	▪ 부식 ▪ 이물질퇴적 ▪ 후타재 균열 ▪ 후타재 파손	▪ 공용년수 증가에 따른 손상 ▪ 정밀 상세조사	-
교면포장	▪ 포장마모 ▪ 포장패임 ▪ 포장파손 ▪ 체수 ▪ 식생 ▪ 이물질퇴적	▪ 포장마모 ▪ 포장패임 ▪ 포장파손 ▪ 소성변형 ▪ 체수 ▪ 단차 ▪ 식생 ▪ 이물질퇴적	▪ 공용년수 증가에 따른 노후화 ▪ 정밀 상세조사	-
배수시설	▪ 이물질 퇴적 ▪ 유도배수관 탈락	▪ 이물질 퇴적 ▪ 유도배수관 탈락	▪ 손상의 증가 없음	-
난간/방호벽 점검로	▪ 균열 ▪ 백태 ▪ 망상균열 ▪ 백태 ▪ 표면열화 ▪ 철근노출 ▪ 녹발생 ▪ 누수흔적 ▪ 파손	▪ 균열 ▪ 백태 ▪ 망상균열 ▪ 백태 ▪ 표면열화 ▪ 철근노출 ▪ 녹발생 ▪ 누수흔적 ▪ 파손	▪ 공용년수 증가에 따른 열화 ▪ 정밀 상세조사 ▪ 우수침투	-

3.3.2 RAMP교

본 과업 대상 교량인 상신육교(향남방향, 램프)는 2011년 3월 준공된 시설물로서 교량의 위치는 “경기도 화성시 향남면 하길리”에 위치하며, 교량의 형식은 Steel Box Girder교로 구성되어 있다.

상신육교(향남방향, 램프)는 연장 $L = 30.0\text{m}$, 1경간으로, 교폭은 $B=7.15\text{m}$ (1차로)의 강상형(Steel Box Girder)으로 시공되어 있으며, 하부구조는 역T형 교대(1기)와 T형 교각(1기)로 구성되어 있다.

【표 3.3.23】 상신육교(향남방향, 램프) 현황

시 설 물 명				향남방향, 램프	비 고	
상 신 육 교 램 프 교	교 폭			B = 7.15m (1차로)		
	교 장			L = 30.0m		
	구조 형식	상부		11경간		Steel Box Girder
		하 부	교각			T형(1기)
			교대			역T형(1기)
	교량받침			디스크받침(4기)		
	신축이음			Finger Joint(2개소)		
	설계하중			DB-24		
	준공년도			2011. 03.		
	설 계 사			(주)경동기술공사		
시 공 사			울트라건설(주)			

가. 상부구조

1) 바닥판 하면

(1) 외관조사 현황

상신육교(향남방향, 램프) 바닥판 하면은 콘크리트(T=300mm)로 시공되어 있으며, 바닥판 하면에 대한 현장조사는 근접조사를 위하여 교량점검차 및 도보를 통해 수행되었다.

(가) 바닥판 하면의 구조형태는 설계⇒시공⇒유지관리(전차 점검이력 확인)시 특별한 변동사항 없이 동일한 형태를 나타내고 있으며, 보강에 따른 응력개선 조치 사항은 확인되지 않았다.

(나) 바닥판 하면에 대한 현장조사결과 기 점검시 특이 손상은 확인되지 않았으며, 금회 조사결과 누수흔적 1개소가 추가 확인되었다.

		
바닥판 상태 (2018년 정밀안전점검)	바닥판 상태 (2020년 정밀안전점검)	바닥판 상태 (2021년 정밀안전진단)

(2) 주요 손상 현황 검토

바닥판 하면에서 조사된 누수흔적은 방호벽 틈새로 우수가 유입되어 캔틸레버 구간을 통해 S.T.B 상부 강재 접합부에 누수흔적이 발생한 상태로 점검일 현재 누수의 진행은 없는 상태로 확인되어 표면처리 등의 보수가 바람직하다.

			
현 황	◦ S1 바닥판 하면 전경	현 황	◦ S1 바닥판 하면 - 누수흔적
원 인	-	원 인	◦ 우수유입
대 책	-	대 책	◦ 표면보수

(3) 손상물량

【표 3.3.24】 바닥판하면 외관조사 총괄 결과표

손상내용	단위	2018년 점검		2020년 점검		2021년 진단		비고
		물량	개소	물량	개소	물량	개소	
누수흔적	m ²	0.00	0.00	0.00	0.00	0.16	1.00	-

바닥판하면 손상물량비교

누수흔적(m²)

■ 2018년 점검 ■ 2020년 점검 ■ 2021년 진단

(4) 검토 의견

금회 점검은 최초로 실시하는 정밀안전진단으로 2018년 실시된 정밀안전점검부터 금회 정밀안전진단까지 발생한 손상에 대하여 정량적인 물량 비교를 실시한 결과 누수흔적이 1개소 증가되었으며, 이는 상세외관조사에 의한 손상물량 증가로 판단된다.

2) 강 거더(STB)

(1) 외관조사 현황

상신육교 램프교(향남) 강 거더(STB)에 대한 현장조사는 도보를 이용한 근접조사가 실시되었다.

(가) 강 거더의 구조형태는 설계⇒시공⇒유지관리(전차 점검이력 확인)시 특별한 변동사항 없이 동일한 형태를 나타내고 있으며, 보강에 따른 응력개선 조치 사항은 확인되지 않았다.

(나) 강 거더에 대한 현장조사결과 강재변형, 균열 등이 없는 양호한 상태이며, 굽힘 1개소의 손상이 확인되었다.

		
강 거더 상태 (2018년 정밀안전점검)	강 거더 상태 (2020년 정밀안전점검)	강 거더 상태 (2021년 정밀안전진단)

(2) 검토 의견

기 진단 시 굽힘의 손상이 1개소 확인되었으며, 시공 또는 공용 중 외부충격에 의해 발생한 손상으로 그에 따른 변형 등은 확인되지 않아 재도장의 보수가 바람직하다.

			
현황	◦ 강거더 상태	현황	◦ S1 강 거더 굽힘
원인	-	원인	◦ 외부충격
대책	-	대책	◦ 재도장

3) 가로보

(1) 외관조사 현황

상신육교(향남방향, 램프) 가로보에 대한 현장조사는 교량점검차 및 고소점검차를 이용한 근접조사가 실시되었다.

(가) 가로보 및 세로부의 구조형태는 설계⇒시공⇒유지관리(전차 점검이력 확인)시 특별한 변동사항 없이 동일한 형태를 나타내고 있으며, 보강에 따른 응력개선 조치 사항은 확인되지 않았다.

(나) 가로보에 대한 현장조사결과 특이손상이 없는 양호한 상태로 확인되었다.

		
가로보 상태 (2018년 정밀안전점검)	가로보 상태 (2020년 정밀안전점검)	가로보 상태 (2021년 정밀안전진단)

(2) 검토 의견

2018년 정밀안전점검부터 금회 정밀안전진단까지 손상 이력 확인결과 특이손상은 조사되지 않아 양호한 상태로 판단된다.

나. 하부구조

1) 교대

(1) 외관조사 현황

상신육교(향남방향, 램프) 교대는 역T형 1기가 시공되어 있으며, 교대에 대한 현장조사는 도보를 이용한 근접조사가 실시되었다.

(가) 교대의 구조형태는 설계⇒시공⇒유지관리(전차 점검이력 확인)시 특별한 변동 사항 없이 동일한 형태를 나타내고 있으며, 보강에 따른 응력개선 조치 사항은 확인되지 않았다.

(나) 교대에 대한 현장조사결과 균열, 망상균열, 체수흔적, 잡철물 미제거 등의 손상이 확인되었으며, 2018년 정밀안전점검부터 금회 진단까지 손상의 이력 사항을 분석한 결과 과거부터 조사되어온 손상이 대부분이며, 신규손상은 신축이음하부 누수에 의한 체수흔적과, 잡철물 미제거 1개소가 확인되었다.

		
교대(A1) 상태 (2018년 정밀안전점검)	교대(A1) 상태 (2020년 정밀안전점검)	교대(A1) 상태 (2021년 정밀안전진단)

(2) 주요 손상 현황 검토

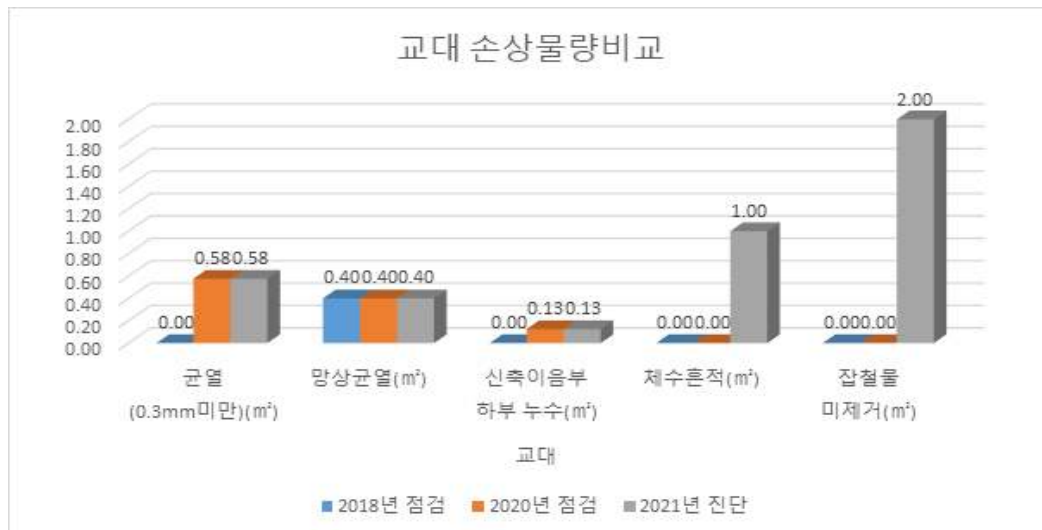
균열 및 망상균열은 건조수축에 기인한 기 점검과 동일한 손상으로 진행은 경미한 상태로 시급한 보수를 요하지 않으나 내구성 확보 차원의 장기적 유지관리계획에 따른 표면처리가 바람직 할 것이다. 신규로 확인된 체수흔적의 경우 코핑부 단부에 발생한 손상으로 외부의 우수유입과 상부 신축이음부 누수에 의해 발생한 손상으로 우선적으로 신축이음부의 유간토사퇴적 청소관리 등의 보수가 바람직할 것이다

			
현 황	◦ A1 신축이음부 토사퇴적	현 황	◦ A1 신축이음 하부 누수흔적
원 인	◦ 장기공용	원 인	◦ 신축이음부 누수
대 책	◦ 청소관리	대 책	◦ 표면처리
교대 - 신축이음 누수에 의한 교대 손상진행 / 보수 개요도(개선방안)			

(3) 손상물량

【표 3.3.25】 교대 외관조사 총괄 결과표

손상내용	단위	2018년 점검		2020년 점검		2021년 진단		비고
		물량	개소	물량	개소	물량	개소	
균열 (0.3mm미만)	m	0.00	0.00	2.30	4.00	2.30	4.00	-
망상균열	m ²	0.40	1.00	0.40	1.00	0.40	1.00	-
신축이음부하부 누수	m	0.00	0.00	0.50	1.00	0.50	1.00	-
체수흔적	m ²	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	-
잡철물미제거	m ²	0.00	0.00	0.00	0.00	2.00	1.00	-



(4) 검토 의견

2018년 정밀안전점검부터 발생한 손상에 대하여 정량적인 물량 비교를 실시한 결과 체수흔적과 잡철물 미제거 손상이 증가하였다. 체수흔적은 상부 신축이음부 누수에 의해 추가된 손상으로 판단되며, 잡철물 미제거는 시공당시의 결함으로 상세조사에 의한 손상물량의 증대로 판단된다. 잡철물 미제거의 위치가 흉벽임을 감안하면 신축이음부 누수의 영향으로 부식, 표면열화를 유발할 수 있는 바, 잡철물 미제거 구간 단면복구 및 신축이음부 유도배수의 조치가 필요하다.

2) 교각

(1) 외관조사 현황

상신육교(향남방향, 램프) 교각에 대한 현장조사는 교량점검차 및 도보를 이용한 근접조사가 실시되었다.

(가) 교각의 구조형태는 설계⇒시공⇒유지관리(전차 점검이력 확인)시 특별한 변동 사항 없이 동일한 형태를 나타내고 있으며, 보강에 따른 응력개선 조치 사항은 확인되지 않았다.

(나) 교각에 대한 현장조사결과 0.3mm미만 균열, 망상균열, 표면오염 등의 손상등의 손상이 확인되었으며, 2018년 정밀안전점검부터 금회 진단까지 손상의 이력 사항을 분석한 결과 경미한 손상의 증가가 확인되었으나 이는 상세조사에 의한 손상물량의 증가로 구조적 손상은 아닌 것으로 판단된다.

		
교각 상태 (2018년 정밀안전점검)	교각 상태 (2020년 정밀안전점검)	교각 상태 (2021년 정밀안전진단)

(2) 주요 손상 현황 검토

교각에서 주로 조사된 손상으로 0.3mm 미만 균열, 망상균열이 확인되었다. 이는 콘크리트의 재료적, 환경적 요인에 기인한 비구조적 손상으로 기 손상과 비교하여 진행은 경미한 상태이며, 상세외관조사에 의해 손상물량이 증대된 것으로 판단된다.

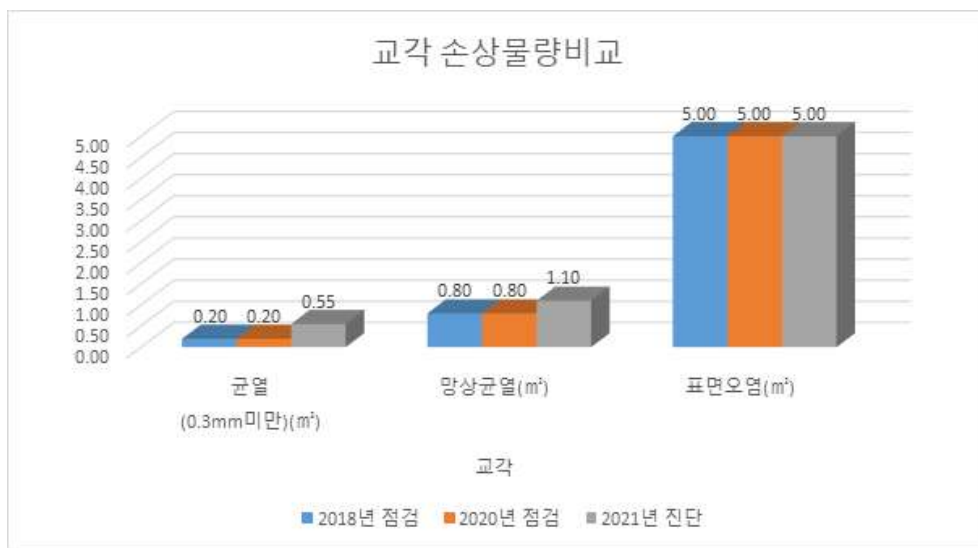


현 황	◦ P1 기둥부 균열	현 황	◦ P1 기둥부 균열
원 인	◦ 건조수축	원 인	◦ 건조수축
대 책	◦ 표면보수	대 책	◦ 표면보수

(3) 손상물량

【표 3.3.26】 교각 외관조사 총괄 결과표

손상내용	단위	2018년 점검		2020년 점검		2021년 진단		비고
		물량	개소	물량	개소	물량	개소	
균열 (0.3mm미만)	m	0.80	1.00	0.80	1.00	2.20	3.00	-
망상균열	m ²	0.80	1.00	0.80	1.00	1.10	2.00	-
표면오염	m ²	5.00	2.00	5.00	2.00	5.00	2.00	-

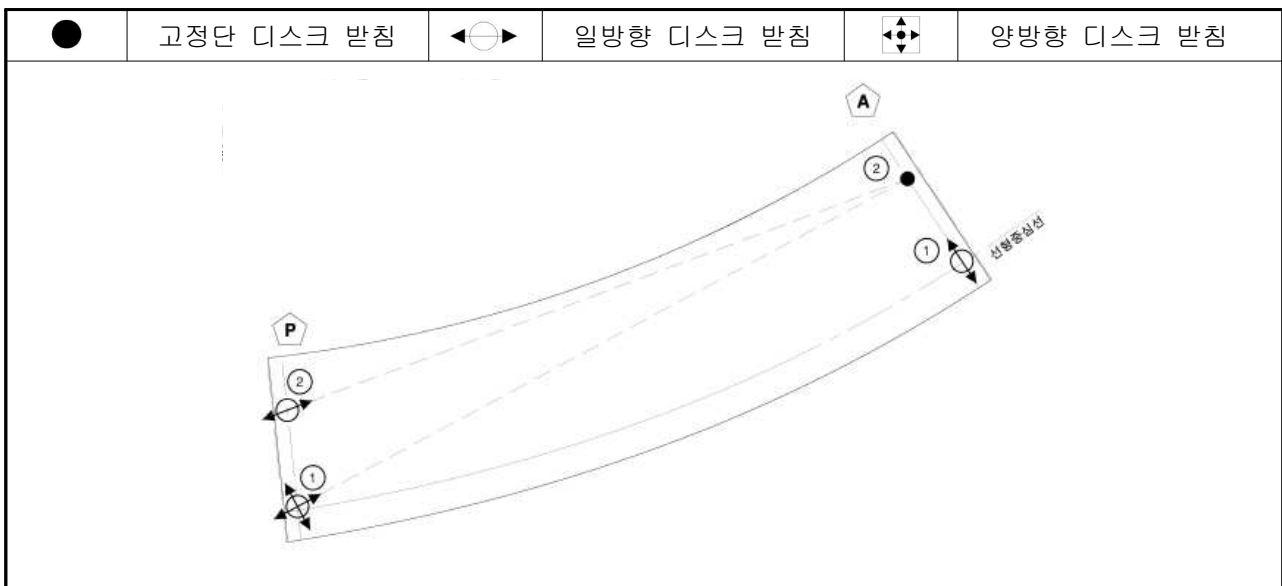


(4) 검토 의견

2018년 정밀안전점검부터 금회 진단까지 발생한 손상에 대하여 정량적인 물량 비교를 실시한 결과 폭 0.3mm미만의 균열 및 망상균열의 손상물량이 증대되었다. 기존에 조사된 균열의 진행성을 보이지 않은 점, 균열 폭 등을 고려할 때 하중 요인에 따른 물량증가보다는 정밀육교 안조사를 통해 누락되어진 손상이 추가 확인된 것으로 판단되며, 시급한 보수를 요하는 손상은 아니나 콘크리트 내구성확보를 위한 장기적 유지관리계획에 따른 적정보수가 바람직하다.

3) 교량받침

상신육교(향남방향, 램프)의 교량받침은 디스크 받침으로 시공되었으며, 고정단 디스크 받침 1개소, 일방향 디스크 받침 2개소, 양방향 디스크 받침1개소로 총 4개소가 아래 그림과 같이 배치되어 있다.



<그림 3.3.8> 상신육교(향남방향, 램프) 교량받침 배치도

【표 3.3.27】 교량 받침 시공 현황

위치	받침 위치		규격(tonf)	가동방향	비고
A1	G1	Sh1	250	일방향(교축직각)	-
	G2	Sh2	200	고정단	-
P1	G1	Sh1	250	양방향	-
	G2	Sh2	200	일방향(교축)	-



<그림 3.3.9> 상신육교(향남방향, 램프) 교량받침 현황

(1) 외관조사 현황

상신육교(향남방향, 램프) 받침장치에 대한 현장조사는 점검통로 및 교량점검차를 이용하여 근접조사가 실시되었다.

(가) 받침장치의 구조형태 및 용량은 설계⇒시공⇒유지관리(전차 점검이력 확인)시 특별한 변동사항 없이 동일한 형태를 나타내고 있으며, 보강에 따른 응력개선 조치 사항은 확인되지 않았다.

(나) 받침장치에 대한 현장조사결과 받침물탈 균열이 확인되었으며, 2018년 정밀안전점검부터 금회 진단까지 손상의 이력 사항을 분석한 결과 특이손상은 확인되지 않았다.



(2) 주요 손상 현황 검토

상세외관조사 결과, 특히 손상은 확인되지 않았으나, 상부 신축이음부 누수에 의한 주변 체수혼적 등이 확인된 바, 부식이 우려되므로 주기적인 관리, 관찰이 필요하다.

【표 3.3.28】 받침장치 외관조사 총괄 결과표

손상내용	단위	2018년 점검		2020년 점검		2021년 진단		비고
		물량	개소	물량	개소	물량	개소	
특이손상 없음	-	-	-	-	-	-	-	-

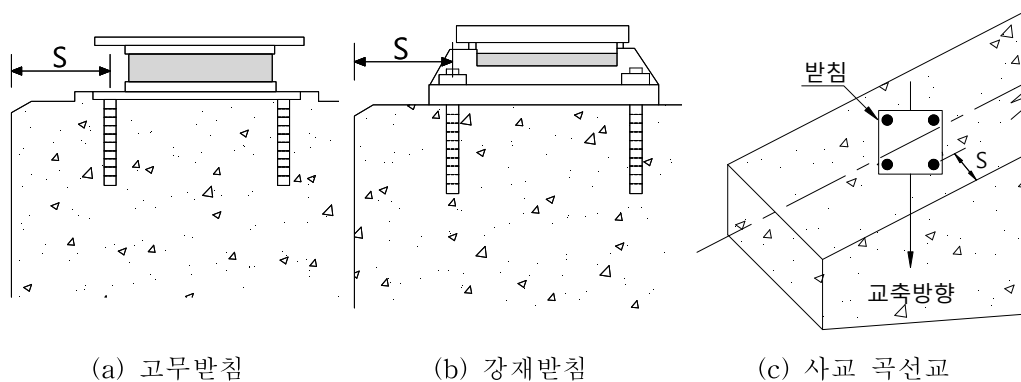
(3) 연단거리 검토 결과

교각 및 교대 상부의 교좌면은 상부구조로부터 집중하중을 받는 부위로 연단거리가 부족하면 고정단에서는 교각 및 교대의 전면에서 콘크리트가 파손되거나 가동단에서는 받침이 벗어나 심한 경우 거더가 낙하할 수도 있다. 교량의 교축방향의 연단 거리는 다음 값(S) 이상이어야 한다. 교량의 받침부 연단거리 측정은 다음과 같이 측정한다.

대상교량의 측정 연단거리는 다음과 같다.

-
- ① 거더의 경간길이 100m 이하 : $S(m)=200+5L$ --- 도로교설계기준(2010) Page 5-14
 ② 거더의 경간길이 100m 이상 : $S(m)=300+4L$ --- 5.4.2 받침연단거리
-

상신육교(향남방향, 램프)의 최대 경간 길이는 30m이므로 식 ①을 적용함.





연단거리 측정

【표 3.3.29】 연단거리 측정 결과-상신육교(향남방향, 램프)

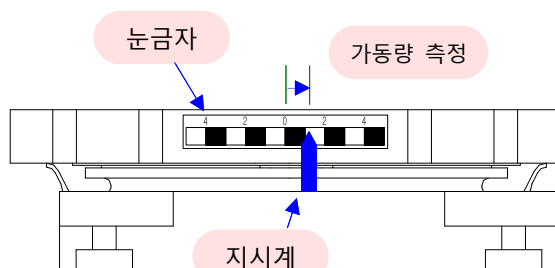
구 분		경간길이 (m)	계산 연단거리 (mm)	실측 연단거리(mm)						검토 결과
				Sh1	Sh2	Sh3	Sh1'	Sh2'	Sh3'	
A1	배면	30	350	620	600	-	-	-	-	O.K
P1	정면	30	350	450	520	-	-	-	-	O.K

상신육교(향남방향, 램프)에 대한 연단거리 측정 결과 전 개소에서 도로교 설계기준인 최소 연단거리 350mm 이상 확보하고 있는 것으로 측정되었다. 따라서 상신육교 램프교(발안IC) 교량 받침 연단거리 부족에 의한 결함 및 전단파괴 등의 우려는 없는 것으로 검토되었다.

(6) 교량받침 신축거동 상태 검토

디스크받침으로 시공된 상신육교(향남방향, 램프) 교량받침에 대해 가동여유량 부족으로 인한 교량받침의 기능저하를 방지하기 위해 가동여유량을 실측하여 검토하였다.

가동받침 가동량 산정시 고려되는 항목은 활하중에 의한 보의 처짐, 온도변화, 건조수축, 크리프 등을 고려하여야 한다. 그러나 대상 교량은 준공후 10년이 경과하였기 때문에 건조수축 및 크리프에 의한 변형은 완료된 것으로 판단하여 온도변화 및 활하중에 의한 처짐만을 검토하는 것으로 하였다.



<그림 3.3.10> 교량받침 가동량 측정방법

(가) 검토조건

【표 3.3.30】 온도변화 범위 및 선팡창계수

교량형식	온도범위		선팡창계수(α)
	보통지방	한랭한 지방	
PC교, RC교	-5℃ ~ 35℃	-15℃ ~ 35℃	1.0×10 ⁻⁵
강교(상로교)	-10℃ ~ 40℃	-20℃ ~ 40℃	1.2×10 ⁻⁵
강교(하로교 및 강바닥 판교)	-10℃ ~ 50℃	-20℃ ~ 40℃	1.2×10 ⁻⁵

【표 3.3.31】 교량받침 이동량 산정시 지역 구분

구 분	내 용	비 고
보통지방	대전, 구미, 대구, 강릉, 논산, 전주, 광주, 순천, 진주, 마산, 창령, 고령, 동서울, 부산	도로공사 연구보고서 (1993년)
한랭지방	인천, 수원, 천안, 영동, 이천, 원주, 대관령, 정안, 진천	

(나) 온도변화에 의한 교량받침 이동량 산정

- ① 설계시 받침의 이동량은 온도변화, 활하중, 크리프 및 건조수축 그리고 부가여유량 및 설치여유량을 고려하여 산정한다. 여기서 부가여유량 및 설치여유량은 시공을 위해 고려되는 것이므로 시공이 완료된 현 시점에서 여유량 검토시 이는 고려하지 않는다.

- ② 이동여유량은 향후 각 받침장치에 예상되는 거더의 최대 이동량과 측정일 기준으로 받침장치가 부담할 수 있는 이동량을 비교하여 평가한다.

$$\text{온도변화 : } \Delta \ell_t = \Delta T \alpha L \quad \alpha = 1.2 \times 10^{-5}$$

- ③ 활하중에 의한 거더의 처짐에 의한 이동량

- 지점의 회전변위에 의한 신축량은 연속보의 중간지점에서는 그 영향이 적으므로 무시하였으며, 하절기 신장시(+)와 동절기(-)에 반영함. (신축장 100m 이상 적용)

$$\text{거더회전 : } \Delta \ell_r = 2/3 \times h \times \theta = 2/3 \times 2,600 \times 1/150(\text{강교}) = 11.6\text{mm}$$

【표 3.3.32】 상부구조 이동량 산출기준(도로설계편람)

구분	도로교설계기준	도로설계요령	한국도로공사 설계지침
기본 이동량	온도신축+건조수축+ 크리프+빔의 회전	온도신축+건조수축 +크리프	· 신축장 100m 미만 : 도로설계요령과 동일 · 신축장 100m 이상 : 도로교설계기준과 동일

【표 3.3.33】 상신육교(향남방향, 램프) 교량받침 이동량 산정(측정시 온도 기준)

구 분		온도변화 (ΔT , °C)		선팅창 계수 (α)	지간장 길이 (L,m)	온도변화에 의한 이동량(mm)		활하중에 의한 거더의 처짐에 의한 이동량 (mm)	활하중을 고려한 받침 이동량(mm)	
		동절기	하절기			동절기	하절기		최대수축 이동량	최대신장 이동량
A1	Sh1	47.0	13.0	1.2×10^{-5}	14.4	8.1	2.2	11.56	19.7	13.8
	Sh2	고정단								
P1	Sh1	47.0	13.0	1.2×10^{-5}	14.4	8.1	2.2	11.56	19.7	13.8
	Sh2	47.0	13.0	1.2×10^{-5}	14.4	8.1	2.2	11.56	19.7	13.8
1) 조사당시 온도 : 27.0°C(조사일 : 2021년 7월 15일) 2) 검토온도 : -20°C~+40°C(한랭지방) 3) 활하중에 의한 거더의 처짐에 의한 이동량은 연속보의 중간지점과 신축장 100m 미만 구간에서는 고려하지 않음.										

금회 교량받침 측정은 눈금을 이용하여 측정하였으며, 가동 실측 여유량 측정결과와 계산 가동량을 비교한 결과는 다음과 같다.

【표 3.3.34】 상신육교(향남방향, 램프) 교량받침 가동여유량 검토 결과

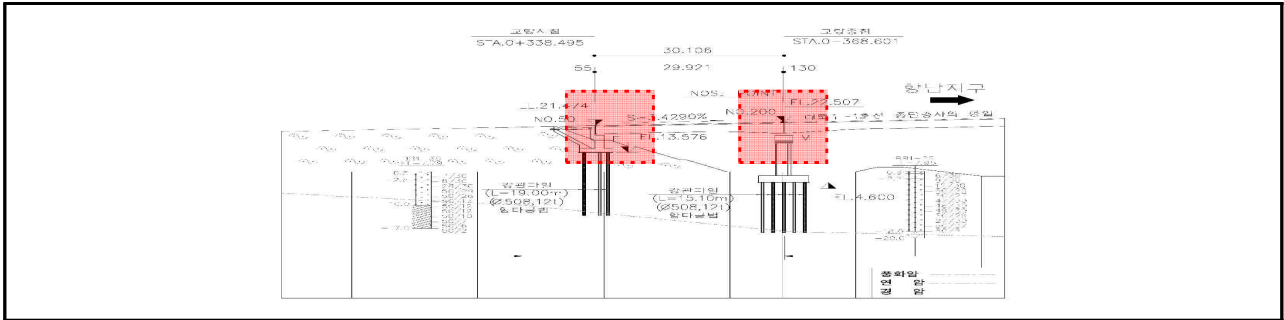
구분		점검 당시 실측이동량(mm)		활하중을 고려한 받침 이동량(mm)		실측 가동여유량(mm)		받침이동 허용량 (mm)	검토 결과
		방향	이동량	최대수축 이동량	최대신장 이동량	수축 여유량	신장 여유량		
A1	Sh1	A1	12	20.5	14.4	50.3	80.2	162	O.K
	Sh2	고정단							
P1	Sh1	A2	12	20.5	14.4	118.3	148.2	300	O.K
	Sh2	A2	18	20.5	14.4	112.3	154.2	300	O.K
주) 판정 : 최대 받침 이동량 $\leq$ 실측 받침 가동여유량 $\Rightarrow$ O.K									

(7) 교량받침 가동량 검토결과

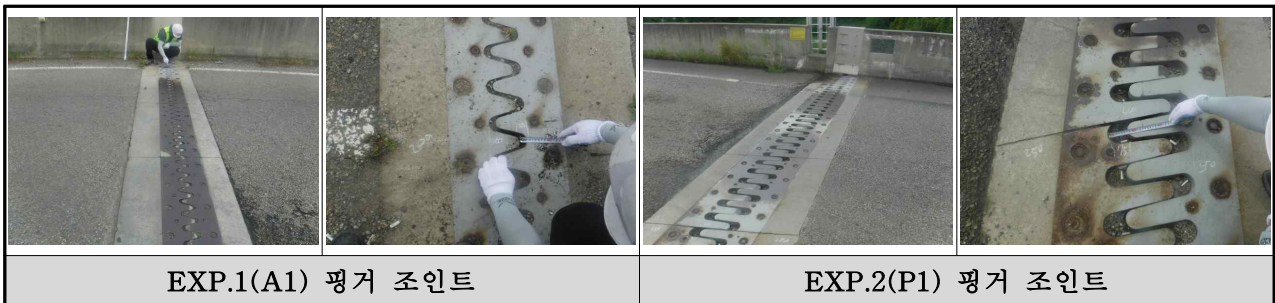
교량 받침 가동량의 실측값과 계산값을 비교/검토한 결과, 대체로 계산이동량이 받침장치의 허용변위 이내로 검토되었다.

다. 신축이음

상신육교(향남방향, 램프)의 신축이음은 A1, P1에 팽거조인트로 설치되어 있으며, 신축이음 배치 현황은 다음과 같다.



<그림 3.3.11> 상신육교(향남방향, 램프) 신축이음 배치도



<그림 3.3.12> 상신육교(향남방향, 램프) 신축이음 설치현황

1) 외관조사 현황

상신육교(향남방향, 램프) 신축이음에 대한 현장조사는 도보를 이용한 근접조사가 실시되었다.

- (1) 신축이음장치의 구조형태는 설계⇒시공⇒유지관리(전차 점검이력 확인)시 특별한 변동사항 없이 동일한 형태를 나타내고 있는 것으로 조사되었다.
- (2) 신축이음장치에 대한 현장조사결과 신축이음장치 0.3mm미만 후타재 균열, 유간 토사퇴적 및 식생이 확인되었으며, 이는 기 점검과 동일한 손상으로 진행은 경미한 상태이다.



2) 주요 손상 현황 검토

신축이음장치에서 조사된 균열은 건조수축과 공용기간 중 차량통행 하중에 따른 0.3mm미만 균열이 다수 확인되었으며, 이는 표면처리를 통한 보수가 바람직하다. 신축이음장치 전구 유간 토사퇴적 및 식생의 경우 기 점검과 동일한 손상으로 신축이음부의 기능확보 및 누수에 의한 하부 손상유발 방지를 위하여 청소관리가 필요하다.

			
현황	◦ A1 신축이음장치 토사퇴적 및 식생	현황	◦ P1 신축이음장치 토사퇴적 및 식생
원인	◦ 공용중	원인	◦ 공용중
대책	◦ 청소관리	대책	◦ 청소관리

3) 손상물량

【표 3.3.35】 신축이음장치 외관조사 총괄 결과표

손상내용		단위	2018년 점검		2020년 점검		2021년 진단		비고
			물량	개소	물량	개소	물량	개소	
본체	유간토사퇴적/식생	m ²	0.00	0.00	0.00	0.00	2.00	2.00	-
후타재	후타재균열 (0.3mm미만)	m	3.10	13.00	3.10	13.00	3.10	13.00	-

신축이음장치 손상물량비교

신축이음장치

■ 2018년 점검 ■ 2020년 점검 ■ 2021년 진단

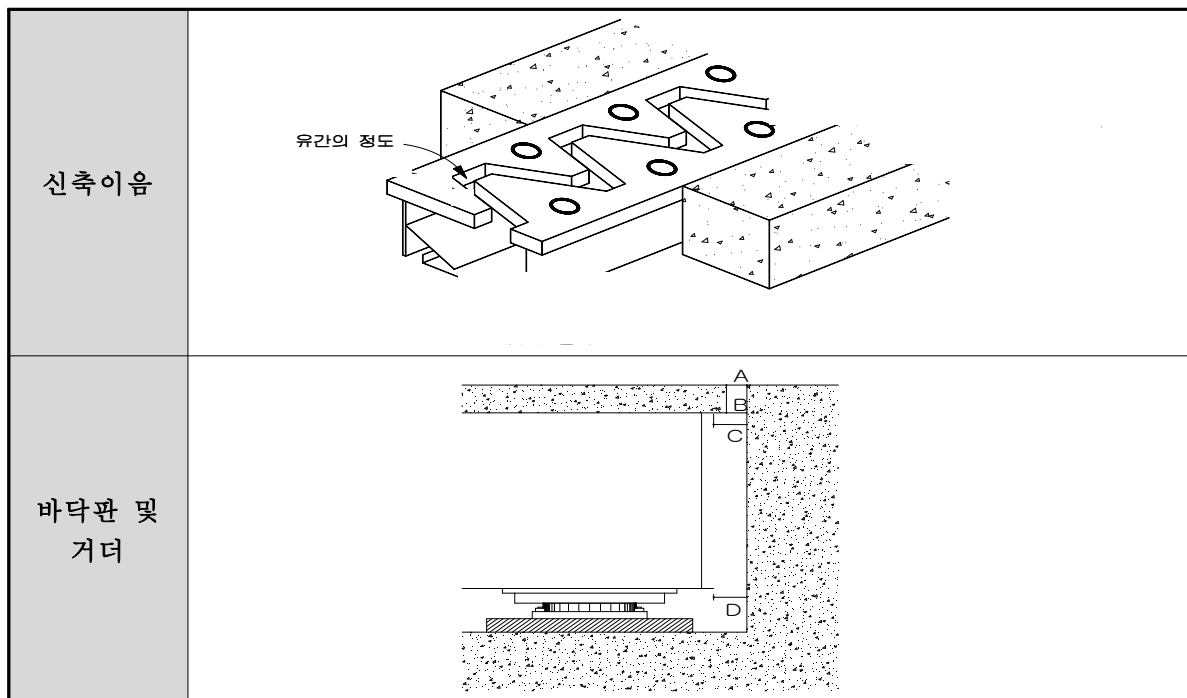
4) 검토 의견

신축이음장치에 발생한 손상에 대하여 이력 사항을 확인한 결과 손상 물량의 증대는 없는 것으로 확인되었으나, 유간토사퇴적의 경우 신축이음의 기능확보를 위하여 주기적인 정비관리(청소관리)가 필요하다.

5) 신축거동상태 평가

(1) 유간 측정 방법

유간측정은 방호벽 끝단에서 1.0m 내측부(차도)의 신축이음 강재와 강재의 간격을 <그림 3.2.13>과 같이 측정한다.



<그림 3.2.13> 신축이음 유간측정 방법

(가) 조사당시 온도 : 30.0℃(2021. 7. 21)

(나) 검토온도 : -20℃ ~ 40℃ (한랭지방)

(다) 신축량 산정

- 온도변화에 의한 신축량

$$\Delta \ell_t = \Delta T \cdot \alpha \cdot L$$

여기서, ΔT : 온도변화량(℃), α (선팽창계수) : 1.2×10^{-5} , L : 신축거더 길이(m)

- 활하중에 의한 거더의 처짐으로 발생하는 신축량(신축장 100m 이상 적용)

$$\Delta L_t = \sum (h_i \times \theta_i) = (2,600\text{mm} \times 2/3 \times 1/150) = 11.6\text{mm}$$

여기서, h_i : 거더의 중립으로부터 받침의 회전중심까지의 거리(거더높이의 2/3)

θ_i : 받침상부의 거더의 회전각(강교 : 1/150)

(2) 신축이음 유간 측정



<그림 3.3.14> 신축이음 유간 측정방법

(3) 신축이음 유간 측정 결과

【표 3.3.36】 상신육교(향남방향, 램프) 신축이음 유간 측정결과

측정위치	측정시기	측 정 값(mm)				비고
		신축이음	바닥판	Steel Box Girder		
				거더상부	거더하부	
EXP.J1 (A1)	2020. 07	20	40	125	125	-
EXP.J2 (P1)	2020. 07	75	95	125	123	-

【표 3.3.37】 상신육교(향남방향, 램프) 신축이음 신축이동량 산정

구분	측정시기	측정시 온도(℃)	온도변화 (ΔT , ℃)		선팅창 계수 (α)	지간장 길이 (m)	온도변화에 의한 이동량(mm)		활하중에 의한 거더의 처짐에 의한 이동량 (mm)	계산최대 신축량(mm)	
			동절기	하절기			동절기	하절기		최대 수축량	최대 신장량
EXP.J1 (A1)	2020.07	30.0	50.0	10.0	1.2×10^{-5}	14.4	8.6	1.7	11.56	20.2	13.3
EXP.J2 (P1)	2020.07	30.0	50.0	13.0	1.2×10^{-5}	14.4	8.6	1.7	11.56	20.2	13.3

1) 조사당시 온도 : 1차 - 30.0℃(조사일 : 2021년 7월 21일, 측정시온도)
2) 검토온도 : -20℃~+40℃(한랭지방)

【표 3.3.38】 상신육교(향남방향, 램프) 신축이음 가동여유량 검토결과

구 분		최대신축 이동량(mm)		점검 당시 실측 유간(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)	신축이음	20.2	13.3	20	100	59.8	6.7	O.K
	바닥판			40	-	-	26.7	O.K
	거더 상부			125	-	-	111.7	O.K
	거더 하부			125	-	-	111.7	O.K
EXP.J2 (P1)	신축이음	20.2	13.3	75	250	154.8	61.7	O.K
	바닥판			95	-	-	81.7	O.K
	거더 상부			125	-	-	111.7	O.K
	거더 하부			123	-	-	109.7	O.K

※ 신축여유량(팽창)=측정유간-계산신축량(팽창),
신축여유량(수축)=허용신장량-측정유간-계산신축량(수축)
※ 신축여유량 >0인 경우 양호(0mm ≤ 신축여유량 ≤ 허용량 ⇒ O.K)

(4) 검토 의견

금회 실시한 진단결과 신축이음장치에 대하여 신축여유량을 검토하였으며, 검토결과 모든 측정개소에서 여유량을 확보하고 있는 것으로 평가되었다. 그러나 본선험류구간의 신축이음장치가 본선방향으로 협착되어있어 온도변화에 따라 주의관찰이 필요하다.



현 황	◦ P1 신축이음부	현 황	◦ P1 신축이음부
원 인	◦ 램프 곡선구간 교통하중에 의한 협착	원 인	◦ 램프 곡선구간 교통하중에 의한 협착
대 책	◦ 주의관찰	대 책	◦ 주의관찰

라. 교면포장

1) 외관조사 현황

상신육교(향남방향, 램프) 교면포장은 아스콘 포장(T=80mm)로 시공되어 있으며, 교면포장에 대한 현장조사는 도보를 이용한 근접조사가 실시되었다.

- (1) 교면포장의 구조형태는 설계⇒시공⇒유지관리(전차 점검이력 확인)시 특별한 변동사항 없이 동일한 형태를 나타내고 있으며, 보강에 따른 응력개선 조치 사항은 확인되지 않았다.
- (2) 교면포장에 대한 현장조사결과 포장마모, 토사퇴적 등의 손상이 확인되었으며, 2018년 정밀안전점검부터 금회 진단까지 손상의 이력 사항을 분석한 결과 공용기간 증대 및 차량통행에 따른 표면마모 손상의 규모가 커지고 있는 것으로 확인되었다.

교면포장 상태 (2018년 정밀안전점검)	교면포장 상태 (2020년 정밀안전점검)	교면포장 상태 (2021년 정밀안전진단)

2) 주요 손상 현황 검토

교면포장에서 확인된 아스팔트 마모는 상기 향남방향의 언급과 동일한 공용연수 증대 및 반복적인 교통하중에 기인한 손상으로 기 점검과 비교하여 경미한 진행이 확인되었으며, 포장 손상율은 90%이상으로 전반적인 표면마모가 진행되어 있으며, 준공이후 재포장 이력이 없는 바, 전반적인 재포장이 필요하다.

토사의 퇴적의 경우 방호벽과 아스콘 포장의 이격부로 우수가 유입되며 퇴적된 손상으로 판단되며, 교면포장부 배수기능 확보를 위한 주기적인 정비관리가 필요하다.



현 황 ◦ S1 교면포장 마모

원 인 ◦ 장기공용 및 교통하중

대 책 ◦ 재포장

구분	총면적(①,m²)	손상면적(②,m²)	보수완료구간 면적(③,m²)	보수필요구간 면적(m²,①-③)	마모율(% ,②/①)
S1	189.0	90.6	0	189.0	48%

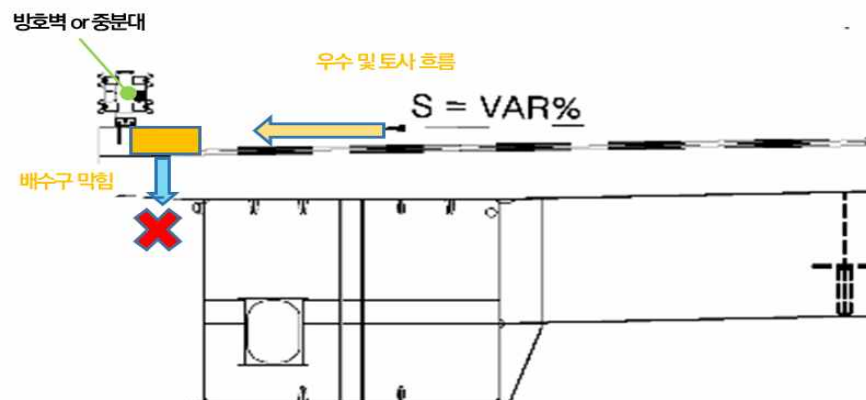
※ 상태평가 기준

기준	포장불량	
a	◦ 미세균열	◦ 없음
b	◦ 포장불량을 2%미만	◦ 포장손상이 미미하여 주행에 영향 없음
c	◦ 포장불량을 2%이상~10%미만	◦ 포장손상으로 인하여 차량의 통행에 영향 있음
d	◦ 포장불량을 10%이상	◦ 전반적인 재포장이 필요한 상태
e	-	-

교면포장 손상 면적율



현 황	◦ S1 교면포장 토사퇴적
원 인	◦ 우수처리 미흡
대 책	◦ 교면포장 배수구 정비



포장부 토사퇴적 개요도

3) 손상물량

【표 3.3.39】 교면포장 외관조사 총괄 결과표

손상내용	단위	2018년 점검		2020년 점검		2021년 진단		비고
		물량	개소	물량	개소	물량	개소	
포장마모	m ²	0.00	0.00	90.00	1.00	90.60	2.00	-
식생	m ²	6.00	1.00	6.00	1.00	6.00	1.00	-

교면포장 손상물량비교

손상내용	2018년 점검	2020년 점검	2021년 진단
포장마모(m ²)	0.00	90.00	90.60
식생(m ²)	6.00	6.00	6.00

4) 검토 의견

교면포장에서 확인된 아스팔트 마모는 전구간에서 차선의 교축방향 형태로 확인되었으며, 시공미흡 및 공용년수 증대에 따른 반복적인 교통하중 및 진동 등의 영향으로 아스콘 포장 이 노후화되어 가는 과정에서 발생한 것으로 판단된다. 보수가 미 실시된 구간을 포함하여 “시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(교량편)”을 근거로 교면포장에 대한 상태평가를 실시한 결과, 포장불량율은 90%이상으로 전구간에 대해 손상이 발생한 것으로 확인되어, 현재의 외관 상태, 교면포장 불량에 따른 잠재적인 문제(교면방수 손상 → Slab열화 → 박리/바락 + 부재력 저하), PCI 지수에 따른 아스콘 교면포장의 생애주기(7년)를 종합적으로 고려할 때 부분적인 소파 보수보다는 계획된 예산의 범위에서 순차적인 재포장이 필요하겠다.

마. 기타부재

1) 배수시설

(1) 외관조사 현황

상신육교(향남방향, 램프) 배수시설에 대한 현장조사는 교량점검차와 도보를 이용한 근접조사가 실시되었다.

(가) 상신육교(향남방향, 램프)의 배수체계는 교량상판의 갓길방호벽 측에 집수구를 설치하고 이를 중배수관과 연결하여 배수하는 점(點)배수 시스템이 적용되었으며, 배수구는 $\varnothing 150\text{mm}$ 육교용 PIPE으로 시공되어 있다.

(나) 배수시설에 대한 현장조사결과 교면포장부에 위치한 배수구의 이물질 퇴적의 손상이 조사되었다.

(2) 주요 손상 현황 검토

교면포장에서 조사된 배수시설 배수구 막힘은 2018년 정밀안전점검과 동일한 손상으로 점검일 현재 배수기능 저하에 영향은 경미하나 교면포장부 토사 퇴적의 영향을 미치는 바, 주기적인 청소관리가 필요하다.

(3) 손상물량

【표 3.3.40】 배수시설 외관조사 총괄 결과표

손상내용	단위	2018년 점검	2020년 점검	2021년 진단	비고
		개소	개소	개소	
배수구막힘	EA	1.00	1.00	1.00	

(4) 검토 의견

공용연수 증대에 따른 배수구 이물질 퇴적에 의한 막힘이 조사되었다. 이는 교면포장부 체수 및 단부에 토사퇴적을 유발할 수 있으므로 주기적인 배수구 정비를 통해 기능확보를 유지하여야 할 것이다.

2) 방호벽 및 중앙분리대

(1) 외관조사 현황

상신육교(향남방향, 램프) 방호벽에 대한 현장조사는 교량굴절차 및 도보를 이용한 근접조사가 실시되었다.

(가) 방호벽은 자동차의 차도이탈 방지, 사고시 완충작용 등의 기능을 하는 철근콘크리트 구조이다.

(나) 방호벽에 대한 현장조사결과 균열/백태, 파손, 보호커버 볼트탈락 등의 손상이 확인되었으며, 2018년 정밀안전진단부터 금회 진단까지 손상의 이력 사항을 분석한 결과 손상진행은 경미한 상태이다.

(2) 주요 손상 현황 검토

방호벽에 조사된 균열/백태는 콘크리트의 건조수축 및 양상과정 중 진동영향에 기인한 균열부로 습윤한 환경(외부 우수유입 등)에 의해 백태가 발생한 상태로 시급한 보수를 요하는 손상은 아닌 것으로 판단되며, 방호벽 기능유지에 영향은 경미한 상태이다.

(3) 손상물량

【표 3.3.41】 방호벽 외관조사 총괄 결과표

손상내용		단위	2018년 점검		2020년 점검		2021년 진단		비고
			물량	개소	물량	개소	물량	개소	
방호벽	백태	m ²	0.08	1.00	0.08	1.00	0.08	1.00	-
	파손	m ²	0.02	1.00	0.02	1.00	0.02	1.00	-
	철근노출	m ²	0.03	3.00	0.03	3.00	0.03	3.00	-
	볼트탈락	EA	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	-



(4) 검토 의견

2018년 정밀안전점검부터 금회 진단까지 발생한 손상에 대하여 정량적인 물량 비교를 실시한 결과 손상물량의 증가는 없는 것으로 확인되었다. 또한 점검일 현재 방호벽 기능에 문제는 없는 상태로 판단되어, 추후 장기적 유지관리계획에 따른 보수를 실시함이 바람직하다.

3) 점검로

(1) 외관조사 현황

상신육교(향남방향, 램프)에 설치된 점검로는 교량시설의 유지관리에 이용토록 강제시설로 설치되어 있으며, 점검로에 대한 현장조사는 도보를 이용한 근접조사가 실시되었다.

(2) 주요 손상 현황 검토

점검일 현재 점검로는 P1에 해당하며 외관조사 결과, 변형, 부식, 탈락 등의 손상 없이 양호한 외관 상태를 나타내고 있었다. 그러나 점검로의 경우 공용기간 동안 빈번한 이용이 예상되는 바 적정하중 이상의 과하중 작업에 대한 관리가 지속적으로 필요하겠다. 그러나 P2 점검로 출입문이 파손된 상태로 일반인의 출입을 통제하여 안전사고를 미연에 방지하기 위하여 출입문 재시공이 바람직하다.



현황	◦ 점검로	현황	◦ 사다리
원인	◦ 특이손상 없음	원인	◦ 특이손상 없음
대책	◦ 지속적인 점검관리	대책	◦ 지속적인 점검관리

바. 기점검 결과와 비교·분석

본 과업대상 시설물인 상신육교(향남방향, 램프)는 2011년에 준공되어 10년째 공용 중에 있으며, 금회 제1차 정밀안전진단을 실시하고, 현장조사 결과를 토대로 외관조사망도를 작성하였다. 상신육교(향남방향, 램프)의 기 손상은 최근 2020년 수행한 정밀안전점검을 바탕으로 작성하였고, 손상의 이력관리를 통한 증감 원인은 다음과 같다.

【표 3.3.42】 기 손상 이력과 금회 정밀안전진단과의 비교 결과 및 손상증감 원인 분석

구 분	정밀안전점검(2020년) 발생손상	정밀안전진단(2021년) 발생손상	증가원인	비 고
바닥판	▪ -	▪ 누수흔적	▪ 조사용 접근장비 운용 ▪ 정밀 상세조사 ▪ 우수침투	-
Steel Box Girder	▪ -	▪ -	▪ 손상의 증가 없음	-
강가로보 및 세로보	▪ -	▪ -	▪ 손상의 증가 없음	-
교대	▪ 균열 ▪ 망상균열 ▪ 신축이음부 하부 누수	▪ 균열 ▪ 망상균열 ▪ 신축이음부 하부 누수 ▪ 체수흔적 ▪ 잠철물 미제거	▪ 공용년수 증가에 따른 열화 ▪ 정밀 상세조사 ▪ 신축이음부 우수침투	-
교각	▪ 균열 ▪ 망상균열 ▪ 표면오염	▪ 균열 ▪ 망상균열 ▪ 표면오염	▪ 조사용 접근장비 운용 ▪ 공용년수 증가에 따른 열화 ▪ 정밀 상세조사	-
교량받침	▪ -	▪ -	▪ 손상의 증가 없음 (교대 체수에 의한 부식 주의 관찰)	-
신축이음	▪ 이물질퇴적 ▪ 후타재 균열	▪ 이물질퇴적 ▪ 후타재 균열	▪ 손상의 증가 없음	-
교면포장	▪ 마모 ▪ 토사퇴적	▪ 마모 ▪ 토사퇴적	▪ 공용년수 증가에 따른 노후화	-
배수시설	▪ 이물질 퇴적	▪ 이물질 퇴적	▪ 손상의 증가 없음	-
난간/방호벽 점검로	▪ 백태 ▪ 파손 ▪ 철근노출 ▪ 볼트탈락	▪ 백태 ▪ 파손 ▪ 철근노출 ▪ 볼트탈락	▪ 손상의 증가 없음	-

3.4 콘크리트 내구성조사

3.4.1 개요

구조물은 공용기간이 증가함에 따라 주변 환경과 사용여건의 영향으로 강도, 내구성, 사용성 등이 저하되고 이에 따라 균열, 누수, 백태, 표면 노후화, 부재변형, 동해, 철근부식, 강재의 변형 및 균열, 강재부식 등이 발생한다.

본 과업에서는 “시설물의 안전 및 유지관리실시 세부지침 【교량편】 (2019.09, 국토교통부)”에 근거하여 시험항목 및 조사수량을 결정하였으며, 현장조사 결과를 기초로 각종 검사기구 및 시험 장비를 사용한 콘크리트 내구성조사를 실시하여 구조물의 구성 재료인 콘크리트의 역학적·화학적 특성을 분석하고 대상 구조물의 내구성과 구조 안전성 분석의 기초자료로 활용할 수 있도록 하였다.

3.4.2 시험내용 및 평가기준

1) 시험 측정일자 및 조사자

【표 3.4.1】 현장시험 측정일자 및 조사자

구 분	일 자	조사자	비 고
비파괴 시험	2021.7.14 ~ 2021.7.22	최웅진 외 25명	도보, 사다리, 고소점검차, 교량굴절차 등 사용

2) 조사항목 및 조사수량

시설물에 대한 상태 평가 및 안전성 평가를 적절히 수행하기 위하여 정밀안전진단 목적에 부합하는 현장 재료시험과 실내시험(공인기관외뢰)을 실시하였으며 항목 및 수량은 “시설물의 안전 및 유지관리실시 세부지침” 2019.09 「교량」 편과 「과업내용서」에 준하여 다음과 같은 재료시험을 실시하였다. 따라서 금회 정밀안전진단 시 비파괴시험 위치를 외관조사망도에 표기하여 향후 유지관리 기본 자료로 활용하도록 작성하였다.

【표 3.4.2】 현장시험 항목

구 분	조 사 내 용
반발경도시험	▪ 반발경도시험을 통하여 구조물의 압축강도를 비파괴로 추정하여 결과 도출
초음파 전달속도시험	▪ 콘크리트 초음파 전달속도 시험은 콘크리트의 구성 성분, 다짐 정도, 숙성도 등을 파악하여 콘크리트의 품질 평가 및 분석
철근탐사시험	▪ 철근탐사시험은 철근의 간격 및 피복두께를 측정하여 설계도면에 부합유무 분석함.
탄산화 깊이 측정	▪ 콘크리트 내에 매입된 철근을 부식시킬 수 있는 탄산화의 영향을 파악하기 위하여 페놀프탈레인용액의 분무에 의한 탄산화 깊이를 측정함
염화물함유량 시험	▪ 주변환경(해안) 및 시공시 해사 사용에 따른 염화물함유량 검토
균열깊이 조사	▪ 균열 관통여부 및 철근까지 도달하는지 여부 조사

【표 3.4.3】 정밀안전진단시 재료시험 기준 수량(세부지침 편)

종 류	교량 세부지침 기준		비 고
	상부구조	하부구조	
반발경도시험	○ 철근콘크리트: 2개소/50m ○ 강합성교: 1개소/50m	○ 1개소/연장50m ○ 교대,교각 개소수(경간장 50m 이상)	-
초음파 전달속도시험	○ 철근콘크리트: 2개소/50m ○ 강합성교: 1개소/50m	○ 1개소/연장50m ○ 교대,교각 개소수(경간장 50m 이상)	
철근탐사시험	○ 철근콘크리트: 2개소/50m ○ 강합성교: 1개소/50m	○ 1개소/연장50m ○ 교대,교각 개소수(경간장 50m 이상)	
탄산화깊이측정	○ 5경간 이내: 4-6개소(상부구조에서 최소 2개소 이상) ○ 5경간 이상: 6-9개소(상부구조에서 최소 3개소 이상)		-
염화물함유량 시험	○ 3개소 이상(상부구조에서 최소 1개소 이상)		-
균열깊이조사	○ 부재의 중요도를 고려 책임기술자의 판단에 따라 수량 결정		c/w=0.3mm 이상 균열

【표 3.4.4】 상신육교(발안IC방향, 본선) 비파괴시험 실시 수량

구 분	세부지침 기준			금회 수량	비고
	상부구조	하부구조	산출 수량		
반발경도 시험	- 철근콘크리트 : 2개소/50m - 강합성교 : 1개소/50m	1개소/연장50m - 교대,교각 개소수 (경간장 50m 이상)	상부:9 하부:9	상부:9 이상 하부:9 이상	산출근거 : 아래 참고
초음파 전달속도 시험	- 철근콘크리트 : 2개소/50m - 강합성교 : 1개소/50m	1개소/연장50m - 교대,교각 개소수 (경간장 50m 이상)	상부:9 하부:9	상부:9 이상 하부:9 이상	산출근거 : 아래 참고
철근탐사 시험	- 철근콘크리트 : 2개소/50m - 강합성교 : 1개소/50m	1개소/연장50m - 교대,교각 개소수 (경간장 50m 이상)	상부:9 하부:9	상부:9 이상 하부:9 이상	산출근거 : 아래 참고
탄산화 깊이 측정	5경간 이내 : 4~6개소 5경간 이상 : 6~9개소		6~9	9 이상	-
염화물 함유량 시험	3개소 이상		3	3 이상	-
균열깊이 조사	부재의 중요도를 고려 책임기술자의 판단에 따라 수량 결정		4개소		Cw = 0.3mm 이상 균열 포함

【표 3.4.5】 상신육교(발안IC방향, 본선) 비파괴시험 수량산출근거

구분	수량산출근거	조사기준수량 (연장별 조정비 산정)	금회 산출수량
상부구조	본선 강합성교 구간 연장 515.0m - 515/50≒11개소 - (11 × 0.8) ≒ 9개소	9개소	9개소 이상
하부구조	경간장 50m 이하로 - 515/50≒11개소 - (11 × 0.8) ≒ 9개소	9개소	9개소 이상
합계		상부 : 9개소 이상 하부 : 9개소 이상	

【표 3.4.6】 상신육교(발안IC방향, 램프) 비파괴시험 실시 수량

구 분	세부지침 기준			금회 수량	비고
	상부구조	하부구조	산출 수량		
반발경도 시험	○ 철근콘크리트 : 2개소/50m ○ 강합성교 : 1개소/50m	○ 1개소/연장50m ○ 교대,교각 개소수 (경간장 50m 이상)	상부:1 하부:1	상부:1 이상 하부:1 이상	산출근거 : 아래 참고
초음파 전달속도 시험	○ 철근콘크리트 : 2개소/50m ○ 강합성교 : 1개소/50m	○ 1개소/연장50m ○ 교대,교각 개소수 (경간장 50m 이상)	상부:1 하부:1	상부:1 이상 하부:1 이상	산출근거 : 아래 참고
철근탐사 시험	○ 철근콘크리트 : 2개소/50m ○ 강합성교 : 1개소/50m	○ 1개소/연장50m ○ 교대,교각 개소수 (경간장 50m 이상)	상부:1 하부:1	상부:1 이상 하부:1 이상	산출근거 : 아래 참고
탄산화 깊이 측정	○ 5경간 이내 : 4~6개소1) ○ 5경간 이상 : 6~9개소2)		4	4 이상	-
염화물 함유량 시험	○ 3개소 이상3)		3	3 이상	-
균열깊이 조사	○ 부재의 중요도를 고려 책임기술자의 판단에 따라 수량 결정		2개소		-

【표 3.4.7】 상신육교(발안IC방향, 램프) 비파괴시험 수량산출근거

구분	수량산출근거	조사기준수량 (연장별 조정비 산정)	금회 산출수량
상부구조	램프 강합성교 구간 연장 30m - 30/50≒1개소 - (1 × 1.0) ≒ 1개소	1개소	1개소 이상
하부구조	경간장 50m 이하 강합성교 구간 연장 30m - 30/50≒1개소 - (1 × 1.0) ≒ 1개소	1개소	1개소 이상
합계		상부 : 1개소 이상 하부 : 1개소 이상	

【표 3.4.8】 상신육교(향남방향, 본선) 비파괴시험 실시 수량

구 분	세부지침 기준			금회 수량	비고
	상부구조	하부구조	산출 수량		
반발경도 시험	○ 철근콘크리트 : 2개소/50m ○ 강합성교 : 1개소/50m	○ 1개소/연장50m ○ 교대, 교각 개소수 (경간장 50m 이상)	상부:8 하부:8	상부:8 이상 하부:8 이상	산출근거 : 아래 참고
초음파 전달속도 시험	○ 철근콘크리트 : 2개소/50m ○ 강합성교 : 1개소/50m	○ 1개소/연장50m ○ 교대, 교각 개소수 (경간장 50m 이상)	상부:8 하부:8	상부:8 이상 하부:8 이상	산출근거 : 아래 참고
철근탐사 시험	○ 철근콘크리트 : 2개소/50m ○ 강합성교 : 1개소/50m	○ 1개소/연장50m ○ 교대, 교각 개소수 (경간장 50m 이상)	상부:8 하부:8	상부:8 이상 하부:8 이상	산출근거 : 아래 참고
탄산화 깊이 측정	○ 5경간 이내 : 4~6개소 ○ 5경간 이상 : 6~9개소		6~9	9 이상	-
염화물 함유량 시험	○ 3개소 이상		3	3 이상	-
균열깊이 조사	○ 부재의 중요도를 고려 책임기술자의 판단에 따라 수량 결정		4개소		Cw = 0.3mm 이상 균열 포함

【표 3.4.9】 상신육교(향남방향, 본선) 비파괴시험 수량산출근거

구분	수량산출근거	조사기준수량 (연장별 조정비 산정)	금회 산출수량
상부구조	본선 강합성교 구간 연장 490.0m - 490/50 ≒ 10개소 - (10 × 0.8) ≒ 8개소	8개소	8개소 이상
하부구조	경간장 50m 이하로 - 490/50 ≒ 10개소 - (10 × 0.8) ≒ 8개소	8개소	8개소 이상
합계		상부 : 8개소 이상 하부 : 8개소 이상	

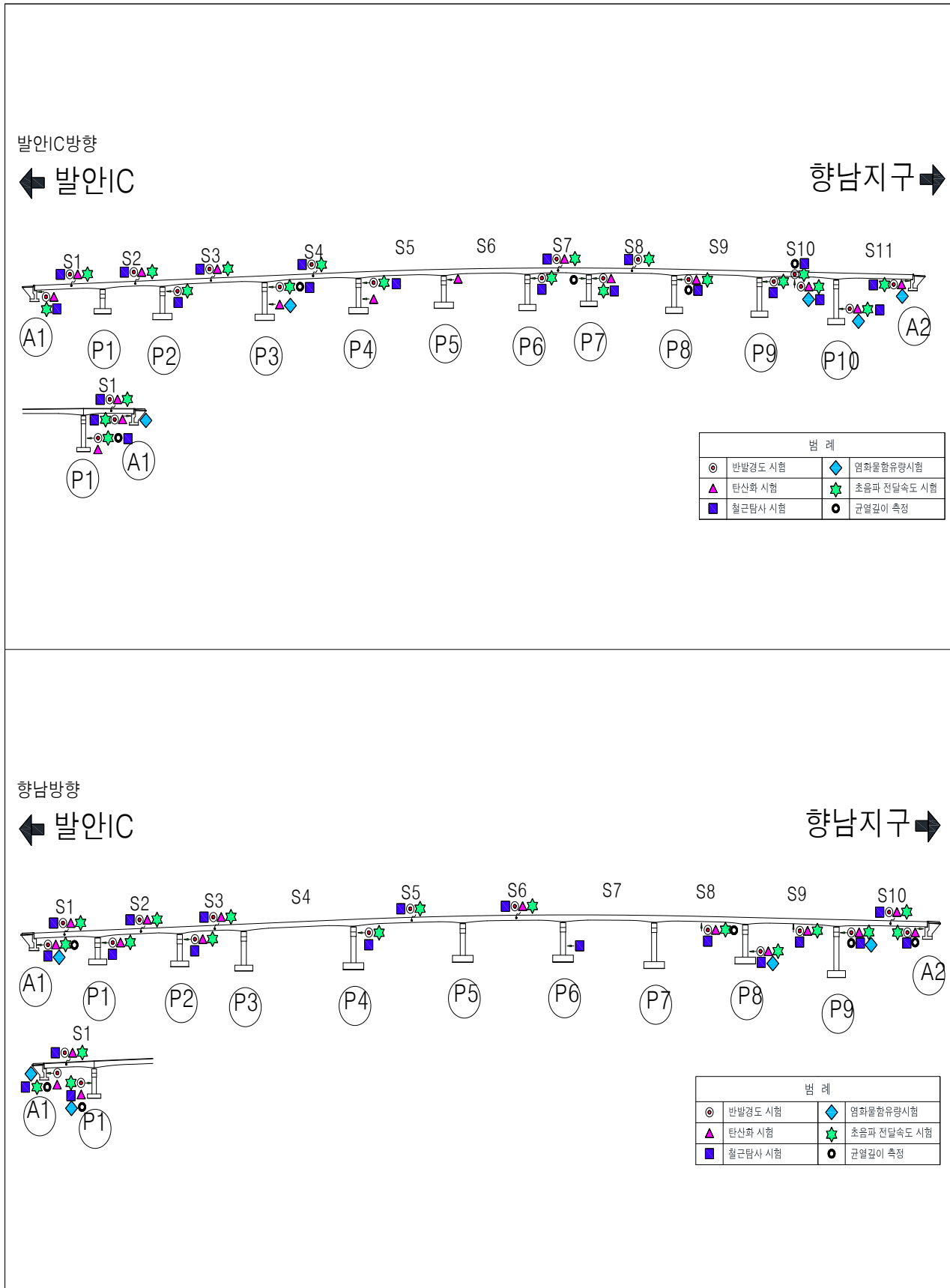
【표 3.4.10】 상신육교(향남방향, 램프) 비파괴시험 실시 수량

구 분	세부지침 기준			금회 수량	비고
	상부구조	하부구조	산출 수량		
반발경도 시험	○ 철근콘크리트 : 2개소/50m ○ 강합성교 : 1개소/50m	○ 1개소/연장50m ○ 교대, 교각 개소수 (경간장 50m 이상)	상부:1 하부:1	상부:1 이상 하부:1 이상	산출근거 : 아래 참고
초음파 전달속도 시험	○ 철근콘크리트 : 2개소/50m ○ 강합성교 : 1개소/50m	○ 1개소/연장50m ○ 교대, 교각 개소수 (경간장 50m 이상)	상부:1 하부:1	상부:1 이상 하부:1 이상	산출근거 : 아래 참고
철근탐사 시험	○ 철근콘크리트 : 2개소/50m ○ 강합성교 : 1개소/50m	○ 1개소/연장50m ○ 교대, 교각 개소수 (경간장 50m 이상)	상부:1 하부:1	상부:1 이상 하부:1 이상	산출근거 : 아래 참고
탄산화 깊이 측정	○ 5경간 이내 : 4~6개소1) ○ 5경간 이상 : 6~9개소2)		4	4 이상	-
염화물 함유량 시험	○ 3개소 이상3)		3	3 이상	-
균열깊이 조사	○ 부재의 중요도를 고려 책임기술자의 판단에 따라 수량 결정		2개소		-

【표 3.4.11】 상신육교(향남방향, 램프) 비파괴시험 수량산출근거

구분	수량산출근거	조사기준수량 (연장별 조정비 산정)	금회 산출수량
상부구조	램프 강합성교 구간 연장 30m - 30/50≒1개소 - (1 × 1.0) ≒ 1개소	1개소	1개소 이상
하부구조	경간장 50m 이하 강합성교 구간 연장 30m - 30/50≒1개소 - (1 × 1.0) ≒ 1개소	1개소	1개소 이상
합계		상부 : 1개소 이상 하부 : 1개소 이상	

3) 비파괴 위치도



4) 비파괴 시험 전경



시험부위 표면 정리



콘크리트 강도조사(반발경도법)



콘크리트 강도조사(초음파법)



철근배근 및 피복조사



탄산화 시험을 위한 드릴링



탄산화 시험

3.4.3 시험결과 및 분석

가. 상신육교(발안IC방향, 본선)

1) 반발경도시험

반발경도 측정은 콘크리트 표면의 요철, 부착물, 분말 등을 그라인딩으로 제거하고 실시하였으며 표면에 곰보, 공극, 노출된 자갈 등이 있는 부위들은 측정위치에서 제외했다. 또한, 반발경도 값은 각 측정부재에 따라 타격방향, 재령 등에 의한 보정을 한 후 바닥판과 하부구조의 경우 일본재료학회와 일본건축학회(CNDT 소위원회)의 강도 계산식을 사용하여 압축강도를 산정하였으며, 본 과업에서의 반발경도법 시험은 20개소(상부 9개소, 하부11개소)를 실시하였다.

(1) 반발경도법 시험결과

【표 3.4.12】 반발경도법에 의한 콘크리트 강도 추정 - 상신육교(발안IC방향, 본선) 상부구조

시험 위치			반발 경도 (R_o)	반발경도법(MPa)			설계 기준 강도 (B) (MPa)	강도율 (A/B×100) (%)
				일 본 재료학회 (MPa)	일 본 건축학회 (MPa)	평균 추정 강도(A) (MPa)		
상부 구조	1	S1-켄틸레버	55.0	29.5	29.2	29.3	27.0	108.5
	2	S2-켄틸레버	54.0	28.7	28.7	28.7		106.3
	3	S3-켄틸레버	55.0	29.5	29.2	29.3		108.5
	4	S4-켄틸레버	55.0	29.5	29.2	29.3		108.5
	5	S7-켄틸레버	57.0	31.1	30.1	30.6		113.3
	6	S7-켄틸레버(불량부)	57.0	31.1	30.1	30.6		113.3
	7	S8-켄틸레버	56.0	30.3	29.6	29.9		110.7
	8	S10-켄틸레버	57.0	31.1	30.1	30.6		113.3
	9	S10-바닥판	55.0	29.5	29.2	29.3		108.5
평균				30.0	29.5	29.8	27.0	110.2
최대(max)				31.1	30.1	30.6		-
최소(min)				28.7	28.7	28.7		-
표준편차				0.8	0.5	0.7		-
변동계수				2.6	1.6	2.1		-

【표 3.4.13】 반발경도법에 의한 콘크리트 강도 추정 - 상신육교(발안IC방향, 본선) 하부구조

시험 위치			반발 경도 (R_o)	반발경도법(MPa)		평균 추정 강도 (A) (MPa)	설계 기준 강도 (B) (MPa)	강도율 (A/B×100) (%)
				일 본 재료학회 (MPa)	일 본 건축학회 (MPa)			
하부 구조	1	A1-홍벽	47.0	26.3	27.4	26.8	24.0	111.7
	2	P2-코핑부	47.0	26.3	27.4	26.8		111.7
	3	P3-코핑부	52.0	30.3	29.6	29.9		124.6
	4	P3(불량부)-코핑부	49.0	27.9	28.3	28.1		117.1
	5	P4-코핑부	46.0	25.5	26.9	26.2		109.2
	6	P6-코핑부	50.0	28.7	28.7	28.7		119.6
	7	P7-코핑부	46.0	25.5	26.9	26.2		109.2
	8	P8-코핑부	51.0	29.5	29.2	29.3		122.1
	9	P9-코핑부	47.0	26.3	27.4	26.8		111.7
	10	P10-기둥부	44.0	23.9	26.0	24.9		103.8
	11	A2-홍벽	46.0	25.5	26.9	26.2		109.2
평균				26.9	27.7	27.3		113.7
최대(max)				30.3	29.6	30.0		-
최소(min)				23.9	26.0	25.0		-
표준편차				1.9	1.1	1.5		-
변동계수				7.0	3.9	5.5		-

【표 3.4.14】 반발경도법에 의한 콘크리트 강도 추정 결과 - 상신육교(발안IC방향, 본선)

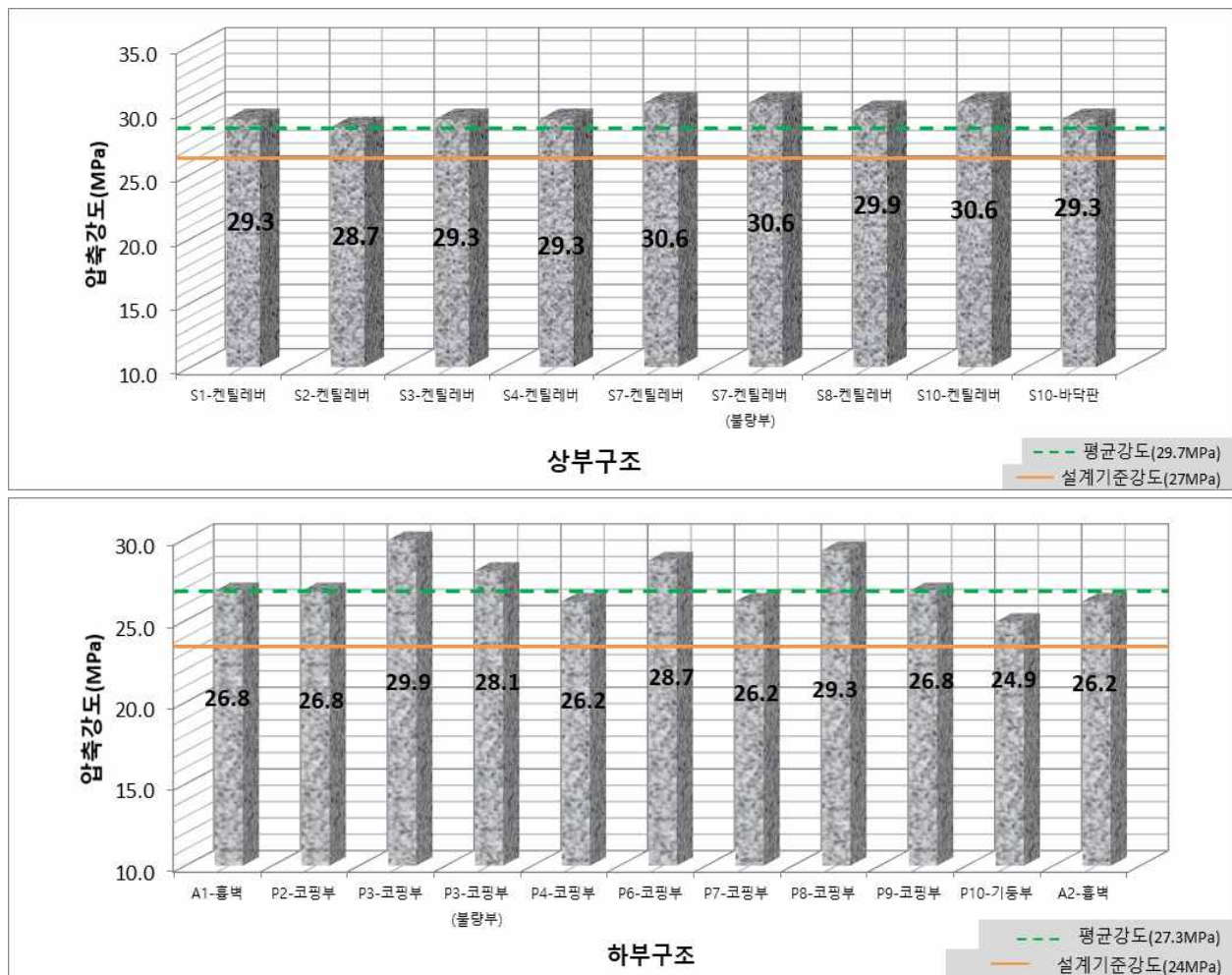
구 분	부 재	반발 경도 (R_o)	반발경도법(MPa)		평균 추정 강도 (MPa)	설계 기준 강도 (MPa)	비 고
			일 본 재료학회 (MPa)	일 본 건축학회 (MPa)			
상신육교 (발안IC, 본선)	상부구조	54.0~57.0	28.7~31.1	28.7~30.1	28.7~30.6	27.0	-
	하부구조	44.0~52.0	23.9~30.3	26.0~29.6	24.9~29.9	24.0	-

【표 3.4.15】 반발경도법에 의한 건전·비건전부 비파괴강도 비교 - 상신육교(발안IC방향, 본선)

구 분	부 재	건전부 평균 (MPa)	비건전부 (MPa)	설계기준강도 (MPa)	비 고
상신육교 (발안IC, 본선)	상부구조	29.6	30.6	27.0	-
	하부구조	27.2	28.1	24.0	



<그림 3.4.1> 상신육교(발안IC방향, 본선) 반발경도시험



<그림 3.4.2> 반발경도법에 의한 측정된 추정 압축강도와 설계기준 압축강도의 비교

(2) 반발경도법 시험결과 분석

반발경도법을 사용하여 압축강도를 추정한 결과, 상부구조는 28.7 ~ 31.1MPa(일본재료학회)과 28.7 ~ 30.1MPa(일본건축학회)로 조사되었고, 하부구조(교대, 교각)는 23.9 ~ 30.3MPa(일본재료학회)과 26.0 ~ 29.6MPa(일본건축학회)로 조사되었다. 일부구간에서 콘크리트 강도가 약소한 경향을 나타내고 있으나 이는 측정오차 또는 콘크리트 표면의 경미한 밀도차에 의한 측정값으로 설계기준강도(27.0MPa/24.0MPa)의 85%를 상회하며, 구조체의 추정강도 평균값은 설계기준강도 이상을 확보하고 있어 현 시점에서 시설물의 내구성에 의한 문제는 없을 것으로 판단된다.(콘크리트구조 기준 2.3.3 콘크리트의 평가와 사용승인 항목 참고 : 85% 이상을 만족한 경우 적절한 것으로 평가)

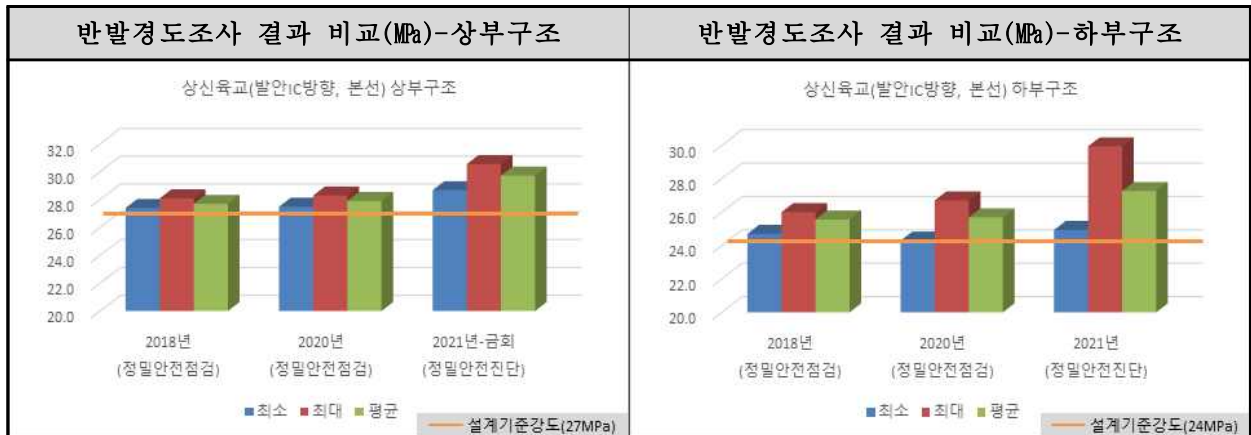
또한, 콘크리트의 건전부와 비건전부를 구분하여 강도조사를 실시한 결과, 모두 설계기준강도 이상을 상회하고 있는 수준임에 따라 강도에 따른 내구성 문제는 없을 것으로 판단된다.

(3) 기 진단결과와의 비교 분석

전차 시험자료(‘18년 정밀안전점검 보고서’),(‘20년 정밀안전점검 보고서’)와 금회 진단과의 반발경도법에 의한 압축강도 값을 비교/분석한 결과 『표 3.4.16』, 『그림 3.4.3』와 같이 측정오차를 감안 할 때 상부구조와 하부구조에서 급격한 강도저하를 나타내는 이상 경향은 확인되지 않아 현시점에서 강도저하에 따른 내구성 문제는 없을 것으로 판단된다.

【표 3.4.16】 반발경도조사 기 진단결과와의 비교-상신육교(발안IC방향, 본선)

시험 위치	구분	측정결과		
		최소(MPa)	최대(MPa)	평균(MPa)
상부 구조	2018년(정밀안전점검)	27.4	28.1	27.7
	2020년(정밀안전점검)	27.5	28.3	27.9
	2021년(정밀안전진단)	28.7	31.1	29.7
하부 구조	2018년(정밀안전점검)	24.7	26.0	25.6
	2020년(정밀안전점검)	24.3	26.7	25.7
	2021년(정밀안전진단)	23.9	30.3	27.3



<그림 3.4.3> 기 점검과 금회 진단 압축결과 비교 - 상신육교(발안IC방향, 본선)

(4) 반발경도 시험보고

구 분	내 용
시험장소	상신육교(발안IC방향, 본선)
날짜	2021. 07. 14 ~ 07. 22
시간	09:00 ~ 18:00
기온	기온: 28.1℃ ~ 36.6℃
습도	32.6% ~ 70.5%
시험대상 구조물에 대한 설명이나 탐사시의 현장조건	STB 역T형 교대, T형 교각
시험위치	바닥판, 교대, 교각
콘크리트의 설계 조건	fck=27.0MPa(STB) fck=24.0MPa(교대, 교각)
시험 위치의 표면 상태	양호
콘크리트의 재령	재령:3000일 이상
콘크리트 내부 함수 상태	기건 상태
반발경도측정기의 종류	Schmidt hammer
반발경도측정기의 타격 방향	90°(바닥판) 0°(교대·교각)
시험 대상 구조물 또는 표본에 대한 설명	각 시험개소별 Data Sheet에 표기
책임기술자 의견	일부구간에서 콘크리트 강도가 약소한 경향을 나타내고 있으나 설계기준강도(27.0MPa/24.0MPa)의 85%를 상회하는 수준으로 현 시 점에서 시설물의 내구성에 의한 문제는 없을 것으로 판단된다. (콘크리트구조 기준 2.3.3 콘크리트의 평가와 사용승인 항목 참 고 : 85% 이상을 만족한 경우 적절한 것으로 평가)

2) 초음파 전달속도 시험

초음파 전달속도 시험은 반발경도시험을 수행한 동일부위를 선정하여 그라인딩을 실시하고 그리스 도포를 한 후, 발신자와 수신자의 측정거리를 10cm간격으로 증가시키면서 표면법에 의한 초음파 전달속도를 측정하였다. 「시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(2019.09)-초음파 전달속도의 관계」를 통해 보정계수를 적용하여 직접법 속도로 환산하였으며, 본 과업에서의 초음파 전달속도 시험은 20개소(상부 9개소, 하부11개소)를 실시하였다.

(1) 초음파 전달속도 시험결과

【표 3.4.17】 초음파법에 의한 콘크리트 강도 추정 - 상신육교(발안IC방향, 본선) 상부구조

시험 위치			초음파 속도 (Vd) (km/sec)	초음파법(MPa)		평균 추정 강도 (A) (MPa)	설계 기준 강도 (B) (MPa)	강도율 (A/B×100) (%)
				일 본 재료학회 (MPa)	일 본 건축학회 (MPa)			
상부 구조	1	S1-켄틸레버	4.174	30.3	27.2	28.7	27.0	106.4
	2	S2-켄틸레버	4.225	30.8	28.3	29.5		109.3
	3	S3-켄틸레버	4.268	31.2	29.2	30.2		111.8
	4	S4-켄틸레버	4.225	30.8	28.3	29.5		109.3
	5	S7-켄틸레버	4.207	30.6	27.9	29.2		108.3
	6	S7(불량부)-켄틸레버	4.256	31.1	28.9	30.0		111.1
	7	S8-켄틸레버	4.255	31.1	28.9	30.0		111.0
	8	S10-켄틸레버	4.243	30.9	28.6	29.8		110.3
	9	S10-바닥판	4.258	31.1	29.0	30.0		111.2
평균				30.9	28.5	29.7		109.9
최대(max)				31.2	29.2	30.2		-
최소(min)				30.3	27.2	28.7		-
표준편차				0.2	0.6	0.4		-
변동계수				0.6	2.1	1.4		-

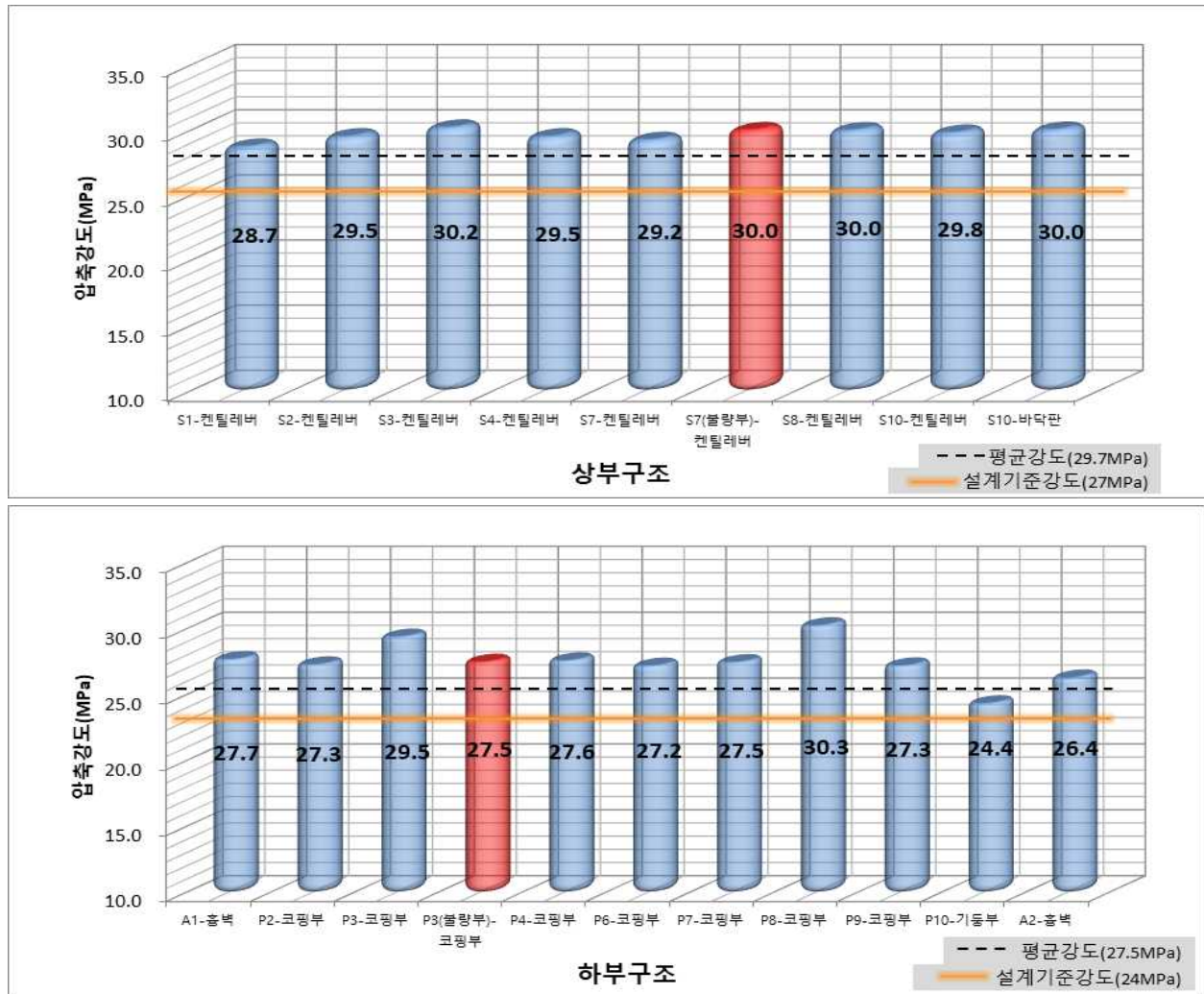
【표 3.4.18】 초음파법에 의한 콘크리트 강도 추정-상신육교(발안IC방향, 본선) 하부구조

시험 위치			초음파 속도 (Vd) (km/sec)	초음파법(MPa)		평균 추정 강도 (A) (MPa)	설계 기준 강도 (B) (MPa)	강도율 (A/B×100) (%)
				일 본 재료학회 (MPa)	일 본 건축학회 (MPa)			
하부 구조	1	A1-홍벽	4.111	29.6	25.9	27.7	24.0	115.6
	2	P2-코핑부	4.086	29.4	25.3	27.3		113.9
	3	P3-코핑부	4.221	30.7	28.2	29.5		122.7
	4	P3(불량부)-코핑부	4.098	29.5	25.6	27.5		114.8
	5	P4-코핑부	4.104	29.6	25.7	27.6		115.2
	6	P6-코핑부	4.079	29.3	25.2	27.2		113.5
	7	P7-코핑부	4.096	29.5	25.5	27.5		114.6
	8	P8-코핑부	4.277	31.3	29.3	30.3		126.3
	9	P9-코핑부	4.080	29.3	25.2	27.3		113.6
	10	P10-기둥부	3.896	27.5	21.3	24.4		101.6
	11	A2-홍벽	4.022	28.7	24.0	26.4		109.8
평균				29.5	25.6	27.5		114.7
최대(max)				31.3	29.3	30.3		-
최소(min)				27.5	21.3	24.4		-
표준편차				0.9	2.0	1.5		-
변동계수				3.0	7.8	5.4		-

주) 보정계수는 「시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(2019.09)-초음파 전달속도의 관계」로 산정



<그림 3.4.4> 상신육교(발안IC방향, 본선) 초음파시험 전경



<그림 3.4.5> 초음파 전달속도 시험에 의한 측정된 추정 압축강도와 설계기준 압축강도의 비교

(2) 초음파 전달속도 시험결과 분석

초음파 전달속도시험에 의한 콘크리트 품질평가 결과 초음파 속도 범위는 상부구조 4.174~4.268km/s, 하부구조 3.896 ~ 4.277km/s로 분석되었고, 이를 통한 초음파법에 따른 압축강도를 추정한 결과, 상부구조는 30.3 ~ 31.2MPa(일본재료학회)과 27.2 ~ 29.2MPa(일본건축학회)로 조사되었고, 하부구조(설계기준강도 24MPa)는 27.5 ~ 31.3MPa(일본재료학회)과 21.3 ~ 29.3MPa(일본건축학회)로 조사되었다. 일부구간에서 콘크리트 강도가 약소한 경향을 나타내고 있으나 이는 측정오차 또는 콘크리트 표면의 경미한 밀도차에 의한 측정값으로 설계기준강도(27.0MPa/24.0MPa)의 85%를 상회하며, 구조체의 추정강도 평균값은 설계기준강도 이상을 확보하고 있어 현 시점에서 시설물의 내구성에 의한 문제는 없을 것으로 판단된다.(콘크리트구조 기준 2.3.3 콘크리트의 평가와 사용승인 항목 참고 : 85% 이상을 만족한 경우 적정한 것으로 평가)

(3) 기 진단결과와의 비교 분석

금회 실시한 “2021년 하반기 상신육교 정밀안전진단 용역”의 경우, 1회차 정밀안전진단이 며, 기 정밀안전점검시에도 별도 이력이 없어 비교 분석은 불가능하다. 따라서 향후에 점검 시 동일 시험에 대한 분석을 통해 비교/분석이 요구된다.

(4) 초음파 전달속도 시험 보고서

구 분	내 용
시험장소	상신육교(발안IC방향, 본선)
날짜	2021. 07. 14 ~ 07. 22
시간	09:00 ~ 18:00
기온	기온: 28.1℃ ~ 36.6℃
습도	32.6% ~ 70.5%
시험대상 구조물에 대한 설명이나 탐사시의 현장조건	STB 역T형 교대, T형 교각
시험위치	바닥판, 교대, 교각
콘크리트의 설계 조건	fck=27.0MPa(STB) fck=24.0MPa(교대, 교각)
초음파전달 경로와 탐촉자 위치에 대한 스케치	양호
콘크리트의 재령	재령:3000일 이상
콘크리트 내부의 함수 상태	기건 상태
장치의 종류	PUNDIT
투과거리, 시험방법 및 결과의 정확도	표면법
시험 대상 구조물 또는 표본에 대한 설명	각 시험개소별 Data sheet에 표기 (종방향, 횡방향 / 수직방향, 수평방향)
철근 간섭으로 보정된 초음파전달 속도값	-
책임기술자 의견	본 교량의 초음파전달 속도에 의한 콘크리트 강도조사 결과, 현 시점에서 시설물의 내구성에 의한 문제는 없을 것으로 판단됨.

3) 탄산화 깊이 측정

구조물의 탄산화 진행 정도는 지시약을 분무하면 알칼리성 콘크리트의 탄산화가 진행된 면에서는 색의 변화가 나타나지 않고 그 변화가 없는 정도를 곧 탄산화 진행 깊이로 판단하게 되며 드릴링을 실시하여 탄산화깊이를 측정하였다. 본 과업에서의 탄산화 깊이 측정은 상부 5개소 하부 8개소 총 13개소에서 수행하였다.

(1) 탄산화 깊이 측정결과

【표 3.4.19】 탄산화 깊이 측정결과 및 평가 - 상신육교(발안IC방향, 본선)

시험 위치		탄산화 깊이 (mm)	최소피복 두께(mm)	탄산화속도 계수(A)	잔존수명 예측(년)	잔여깊이 (mm)	평가 결과	비 고
상부 구조	S1-켄틸레버	12.80	55.0	3.97	100년이상	42.2	a	-
	S2-켄틸레버	9.50	50.0	2.95	100년이상	40.5	a	-
	S3-켄틸레버	12.00	58.0	3.72	100년이상	46.0	a	-
	S7-켄틸레버	13.00	60.0	4.03	100년이상	47.0	a	-
	S10-바닥판	11.83	50.0	3.67	100년이상	38.2	a	-
하부 구조	A1-홍벽	4.30	78.0	1.33	100년이상	73.7	a	-
	A2-홍벽	13.00	75.0	4.03	100년이상	62.0	a	-
	P7-코핑부	10.60	84.0	3.29	100년이상	73.4	a	-
	P8-코핑부	8.30	66.0	2.57	100년이상	57.7	a	-
	P10-기둥부	20.60	99.0	6.39	100년이상	78.4	a	-
	P3-기둥	2.30	90.0	0.71	100년이상	87.7	a	-
	P4-기둥	3.11	96.0	0.96	100년이상	92.9	a	-
	P5-코핑부	7.12	82.0	2.21	100년이상	74.9	a	-

주) 상신육교 재령 : 10.4년으로 산정

주) 탄산화 속도계수(A) = 탄산화깊이 / $\sqrt{\text{재령(년)}}$

주) 수명예측(년) = (철근피복 / 탄산화속도계수)²

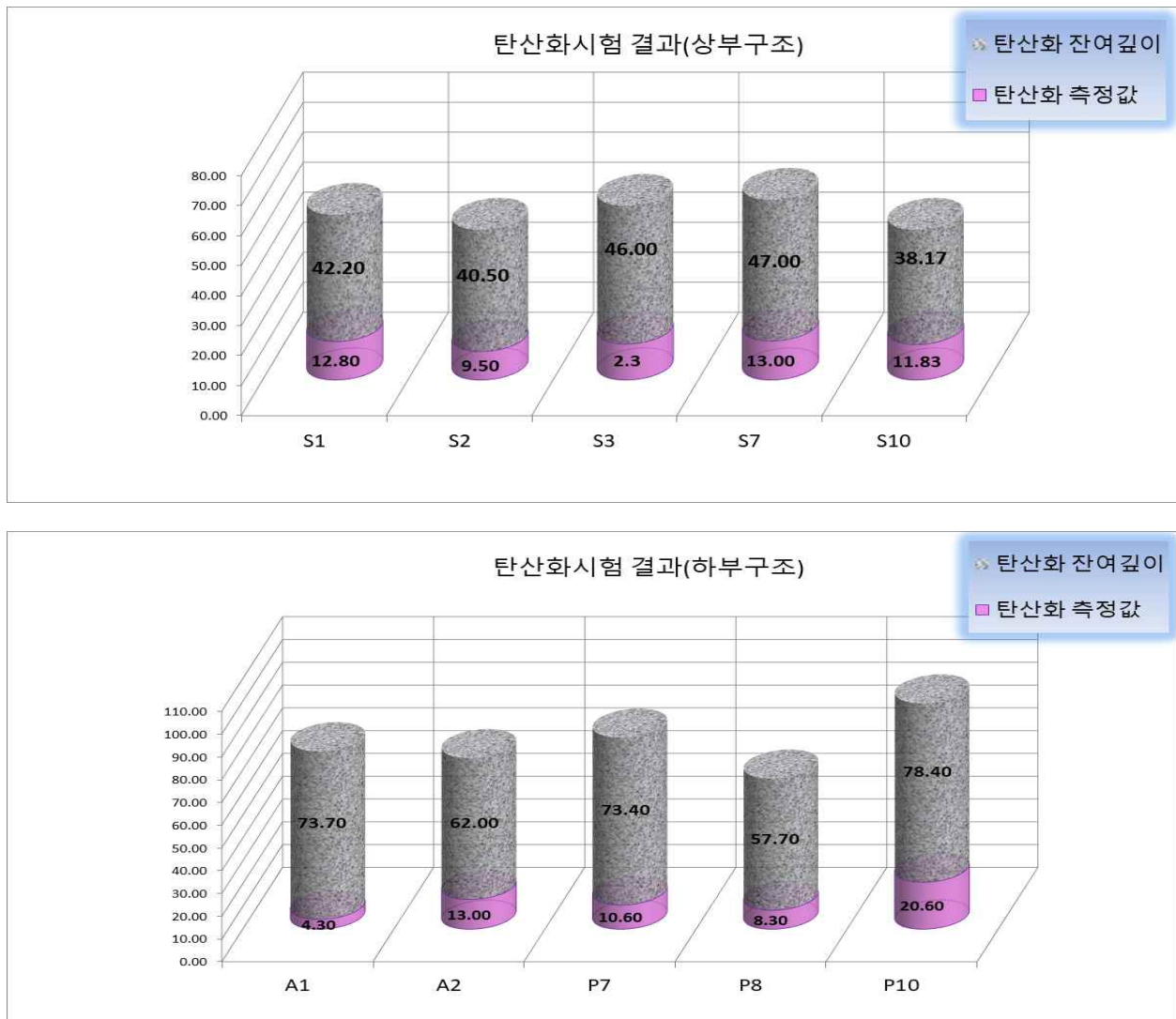
주) 잔여년수 = 수명예측년수 - 구조물 경과년수

주) 콘크리트 및 강재 비파괴시험 매뉴얼(국토안전관리원)참조

주) 시설물의 안전 및 유지관리실시 세부지침 (국토교통부, 국토안전관리원, 2019.09)참조



<그림 3.4.6> 상신육교(발안IC방향, 본선) 탄산화시험 전경



<그림 3.4.7> 탄산화 깊이 측정결과(탄산화 잔여깊이)-상신육교(발안IC방향, 본선)

(2) 탄산화 깊이 측정결과 분석

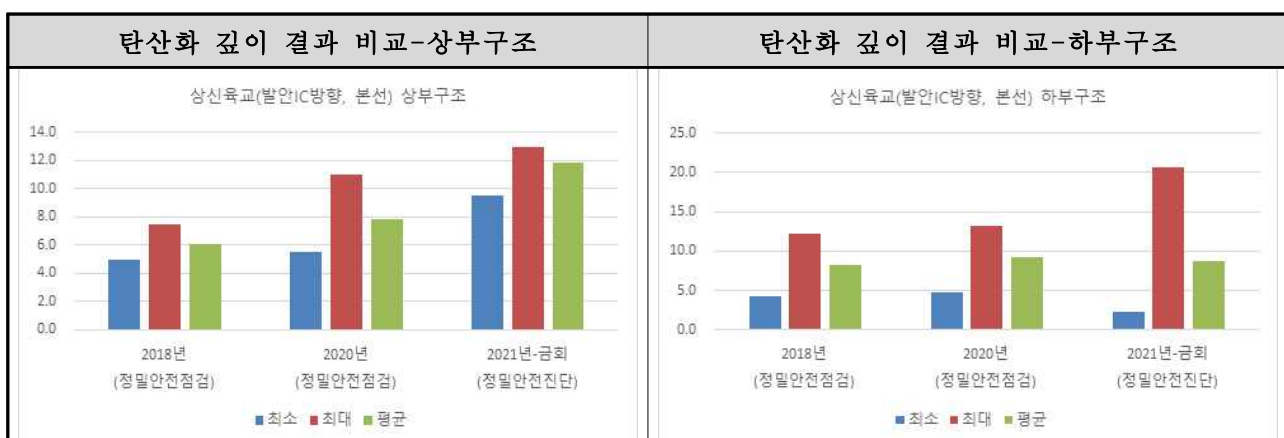
탄산화 깊이 측정결과, 탄산화 잔여깊이가 상부구조에서 38.2 ~ 47.0mm, 하부구조에서 57.7 ~ 92.9mm이며, 탄산화 속도계수는 상부구조 2.95 ~ 4.03, 하부구조 0.71 ~ 6.39로 현재와 같은 추세로 볼 때 탄산화에 따른 콘크리트의 잔존수명은 100년 이상을 확보하고 있으므로 공용 기간 동안 탄산화에 의한 철근 부식 발생 가능성은 없을 것으로 분석된다.

(3) 기 진단결과와의 비교

전차 시험자료(‘18년 정밀안전점검 보고서’),(‘20년 정밀안전점검보고서’)와 금회 진단결과에 따른 탄산화 깊이에 대하여 진전 여부를 비교/분석한 결과 전반적으로 탄산화 진행에 의한 철근부식의 영향이 적은 것으로(잔여 깊이 30mm이상) 평가되었으며, 『표 3.4.20』, 『그림 3.4.8』와 같이 측정 위치 오차를 감안할 때 탄산화의 급격한 진전 경향은 없는 것으로 판단된다. 그러나 본 시설물은 향후 예도 장기공용이 예상되는바 환경조건의 변동에 따른 탄산화 진전이 뚜렷해질 수 있으므로 차후 안전점검 시 주기적인 확인이 필요하겠다.

【표 3.4.20】 탄산화 깊이 기 진단결과와의 비교-상신육교(발안IC방향, 본선)

시험 위치	구분	측정결과		
		최소(mm)	최대(mm)	평균(mm)
상부 구조	2018년(정밀안전점검)	5.0	7.5	6.0
	2020년(정밀안전점검)	5.5	11.0	7.8
	2021년(정밀안전진단)	9.5	13.0	11.8
하부 구조	2018년(정밀안전점검)	4.2	12.2	8.3
	2020년(정밀안전점검)	4.7	13.2	9.3
	2021년(정밀안전진단)	2.3	20.6	8.7



<그림 3.4.8> 기 점검과 금회 진단 탄산화 깊이 비교 - 상신육교(발안IC방향, 본선)

(4) 탄산화 시험 보고서

구 분		내 용	
구조물의 명칭		상신육교(발안IC방향, 본선)	
구조물의 경과 연수		10.4 년	
드릴링을 행한 연월일		2021. 07. 14 ~ 07. 22	
드릴링을 행한 연월일		STB 역T형 교대, T형 교각	
사용 골재의 종류		확인되지 않음	
측정면의 종류		상부구조(바닥판)	하부구조(교대,교각)
탄산화 깊이 (mm)	측정값	9.5 ~ 13.0	2.3 ~ 20.6
	평균값	11.8	8.7
	최대값	13.0	20.6
연한 적자색으로 변색된 부분의 유무		무	무
시약		페놀프탈레인 1%용액	
측정기구		버니어 캘리퍼스	
시약 분무로부터 탄산화 깊이까지의 시간		직 후	
책임기술자 의견		피복두께에 따른 탄산화 속도계수와 잔존수명을 예측한 결과, 상태등급 a등급으로 전반적인 잔존수명은 100년 이상으로 양호한 상태임.	

4) 염화물함유량 시험

구조물에 염화물이 침투하게 되면 철근주위의 산소차단 역할을 하는 부동태막이 파손되고, 강재표면이 활성화되면 철근의 부식이 일어날 수 있으므로 철근콘크리트 구조물의 염해에 대한 평가는 매우 중요하다.

금회 진단에서는 콘크리트 라이닝에 드릴링 분말 측정은 상부 1개소 하부 3개소(표면부~철근부) 총 4개소에 대하여 시료를 채취하여 염화물함유량 시험을 실시하였다.

(1) 염화물함유량 시험결과

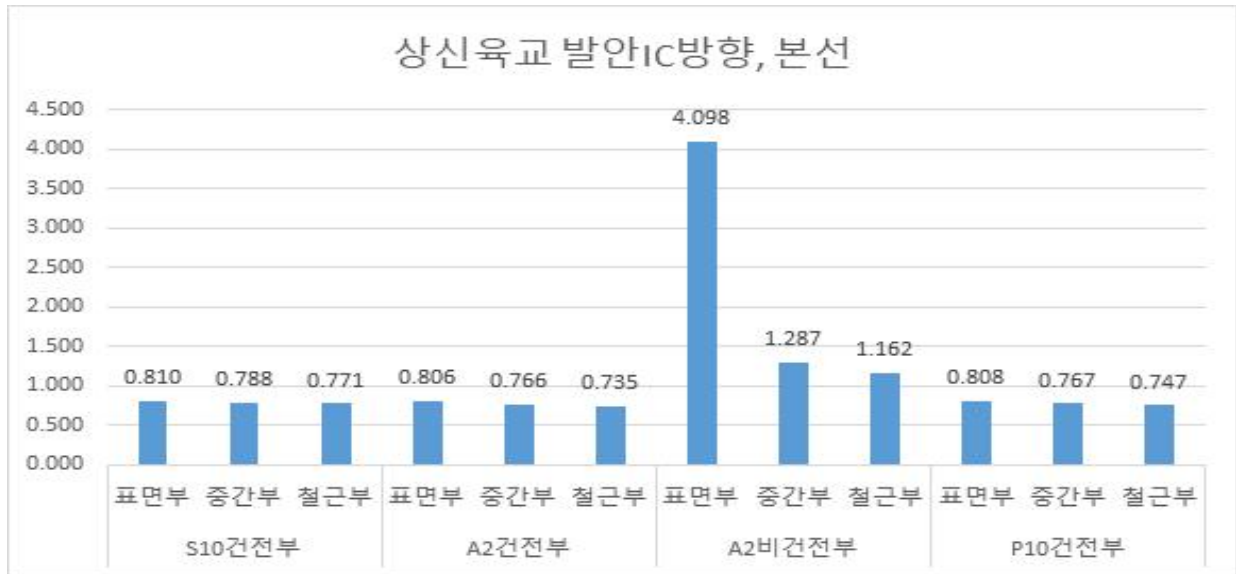
【표 3.4.21】 염화물 함유량 시험결과 - 상신육교(발안IC방향, 본선)

시험 위치			염화물 함유량 (kg/m ³)	등급	비고
			2021년	2021년	
상부구조	S10 - 건전부	표면부	0.810	b	-
		중간부	0.788	b	-
		철근부	0.771	b	-
하부구조	A2 - 건전부	표면부	0.806	b	-
		중간부	0.766	b	-
		철근부	0.735	b	-
	A2 - 비건전부	표면부	4.098	d	-
		중간부	1.287	c	-
		철근부	1.162	b	-
	P10 - 건전부	표면부	0.808	b	-
		중간부	0.767	b	-
		철근부	0.747	b	-

주) 환산염화물 산출시 콘크리트의 단위중량은 2,263kg/m³ 적용: KS F 27143 : 17



<그림 3.4.9> 상신육교(발안IC방향, 본선) 염화물 시료 채취 전경



<그림 3.4.10> 염화물 함유량 시험결과 - 상신육교(발안IC방향, 본선)

(2) 염화물함유량 시험결과 분석

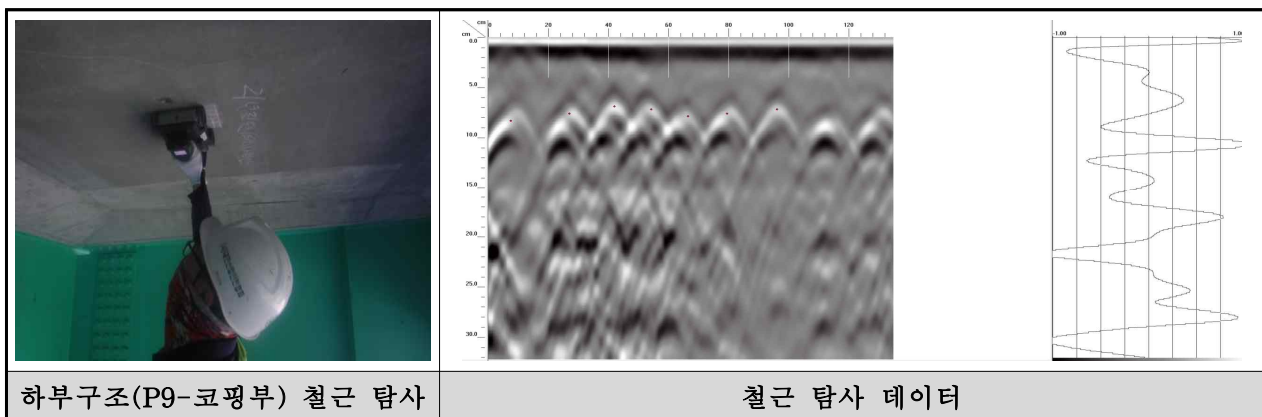
분말을 통한 염화물함유량을 확인한 결과 표면에서 염화물함유량이 가장 높고, 이후 철근 부위까지 점차 감소하는 추세로 확인되었다. 또한, 염화물함유량은 건전부 0.735 ~ 0.806kg/m³, 비건전부 1.162 ~ 4.098kg/m³로 나타나 표면열화 및 누수에 따른 비건전부위에서 염화물함유량이 건전부 보다 높게 조사되었으며, 표면부에 염화물이 집중되는 형태이며, 현시점에서 염화물함유량에 따른 철근 부식 영향은 적을 것으로 판단되어지나 공용기간 동안 각종 환경요인 및 유지관리적 요인에 따라 염화물함유량이 변동될 것으로 판단되므로 장기적 유지관리계획에 따른 탄산화방지 페인트 도장이 바람직하며, 향후 진단에서도 동일 시험을 통한 비교분석이 필요하겠다.

(3) 염화물 함유량 시험 보고서

구 분	상부구조	하부구조		
시험개소	S1-건전부	A2-건전부	A2-비건전부	P10-건전부
시료 채취 일자	2021. 07. 19 ~ 07. 22			
염화물 함유량	0.771~ 0.810kg/m ³	0.735~ 0.806kg/m ³	1.162~ 4.098kg/m ³	0.808~ 0.747kg/m ³
채취 시료	분말	분말	분말	분말
채취 깊이	표면부 중간부 철근부	표면부 중간부 철근부	표면부 중간부 철근부	표면부 중간부 철근부
시험·검사방법	KS F 27143 : 17			
책임기술자 의견	상부구조 및 하부구조에 대하여 철근 피복을 고려하여 각 각 깊이별로 시료를 채취하여 국가공인기관에 의뢰하여 염화물 시험을 실시하였으며 시험결과, 염화물에 의한 부식이 발생할 우려는 없는 것으로 검토됨.			

5) 철근탐사시험

철근의 피복두께가 부족할 경우에는 콘크리트의 탄산화 등에 따른 열화손상에 대한 저항성이 저하되어 내구성이 감소할 가능성이 있으며, 피복두께가 지나치게 큰 경우에는 강도감소 등을 수반할 우려가 있다. 또한 철근의 배근 간격이 설계도서와 다를 경우 구조물의 안전성에 직접적인 영향을 미치므로 내하력 저하의 원인이 된다. 철근탐사는 Structure Scan Mini 및 Proceq GPR Live를 이용하여 수행하였으며, 현장에서 조사된 철근의 배근간격과 피복두께 탐사결과는 부재별 시공상태의 평가, 구조해석을 위한 단면특성 파악 및 내구수명 도출에 적용하였다. 본 과업에서의 철근탐사시험은 18개소(상부 8개소, 하부10개소)를 실시하였다.



<그림 3.4.11> 철근탐사 현황-상신육교(발안IC방향, 본선)

(1) 철근탐사 시험결과

【표 3.4.22】 철근탐사 결과 - 상신육교(발안IC방향, 본선) 상부구조

위치		철근종류	측정결과(mm)		설계값(mm)	
			피복두께	배근간격	피복두께	배근간격
상부 구조	S1 - 켄틸레버	주철근	54~56	132~159	50	148
		배력철근	73~74	78~129	50	100
	S2 - 켄틸레버	주철근	49~50	147~175	50	148
		배력철근	66~75	202~206	50	200
	S3 - 켄틸레버	주철근	55~64	142~151	50	148
		배력철근	88~96	101~110	50	100
	S4 - 켄틸레버	주철근	55~64	140~150	50	148
		배력철근	88~97	102~110	50	100
	S7 - 켄틸레버	주철근	58~66	135~154	50	148
		배력철근	83~95	227~240	50	200
	S8 - 켄틸레버	주철근	47~49	159~257	50	200
		배력철근	64~74	136~162	50	148

위치		철근종류	측정결과(mm)		설계값(mm)	
			피복두께	배근간격	피복두께	배근간격
상부 구조	S10 - 바닥판(하면)	주철근	49~50	133~172	50	148
		배력철근	41~67	183~228	50	200
	S10 - 캔틸레버	주철근	60~65	145~168	50	200
		배력철근	83~94	110~140	50	148

【표 3.4.23】 철근탐사 결과-상신육교(발안IC방향, 본선) 하부구조

위치		철근종류	측정결과(mm)		설계값(mm)	
			피복두께	배근간격	피복두께	배근간격
하부 구조	A1-홍벽	수직철근	56~63	107~138	80	150
		수평철근	75~83	276~316	80	300
	P2-코핑부	수직철근	82~92	244~322	100	300
		수평철근	95~97	119~159	100	150
	P3-코핑부	수직철근	119~168	102~116	100	150
		수평철근	105~109	239	100	300
	P4-코핑부	수직철근	82~108	130~176	100	150
		수평철근	132~140	245~294	100	300
	P6-코핑부	수직철근	94~110	263~321	100	300
		수평철근	124~144	440	100	300
	P7-코핑부	수직철근	119~125	105~171	100	150
		수평철근	81~88	290~294	100	300
	P8-코핑부	수직철근	52~84	268~292	100	300
		수평철근	130	142	100	150
	P9-코핑부	수직철근	124~132	96~153	100	150
		수평철근	68~84	124~191	100	150
	P10-기둥부	수직철근	92~104	96~141	100	150
		수평철근	76~84	138~153	100	150
	A2-홍벽	수직철근	68~77	255~272	80	300
		수평철근	84~93	116~197	80	150

(2) 철근탐사 시험결과 분석

Structure Scan Mini(철근탐사기) 및 Proceq GPR Live를 사용하여 철근의 배근간격과 피복을 확인하였으며, 조사결과 철근의 배근간격은 설계도서와 비교할 때 전반적으로 설계치와 부합되어 단위m당 철근량을 확보하고 있는 것으로 분석되므로 구조물의 기능유지에는 문제가 없을 것으로 판단된다. 또한, 철근피복두께와 설계피복두께를 비교 검토한 결과 시공오차 및 금회 측정오차를 감안할 때 현시점에서 피복부족으로 인한 구조적 문제와 내구성 저하 영향은 없을 것으로 판단된다.

(3) 철근탐사 시험보고서

구 분	내 용
시험장소	상신육교(발안IC방향, 본선)
날짜	2021. 07. 14 ~ 07. 22
시간	09:00 ~ 18:00
기온	기온: 28.1℃ ~ 36.6℃
습도	32.6% ~ 70.5%
시험대상 구조물에 대한 설명이나 탐사시의 현장조건	STB 역T형 교대, T형 교각
시험위치	바닥판, 교대, 교각
시험한계(잡음의 원인, 장애물 등)	양호
시험 대상 면에서의 안테나 횡단 위치, 작동방향 및 방위	각 시험개소별 Data sheet에 표기 (종방향, 횡방향 / 수직방향, 수평방향)
정밀도	양호
시험한 철근의 배근상태에 대한 그림	부록 참조
참고문헌	콘크리트 강재 비파괴시험 평가 검증방안연구 (한국산업인력관리공단)
책임기술자 의견	철근 배근상태는 전반적으로 설계치와 부합되어 단위m당 철근량을 확보하고 있는 것으로 분석됨, 시험위치에서 피복부족으로 인한 손상은 없는 것으로 분석되므로 구조물의 기능유지에는 문제가 없을 것으로 판단됨.

6) 균열깊이 조사

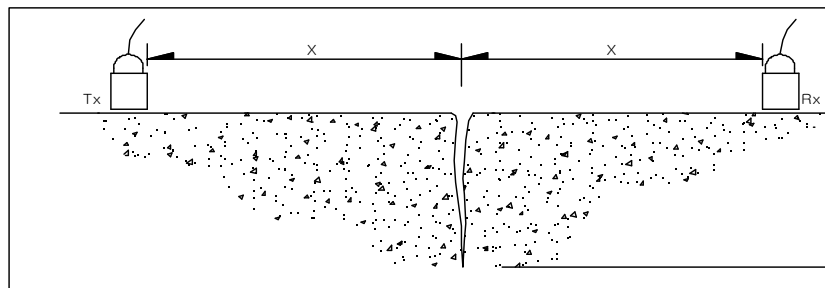
콘크리트 구조물의 균열깊이를 조사하는 방법에는 균열부위를 떼어내어 확인하는 방법, Core Boring을 실시하는 방법, 초음파 전파속도를 이용하는 방법 등이 있으며, 본 과업에서는 비파괴 시험장비인 Pundit로 초음파 전파속도를 이용하여 조사하였다.

균열깊이 측정방법 중 BS법과 Tc-To법, T법, 위상변화를 이용하는 방법이 있으며, 다음과 같다.

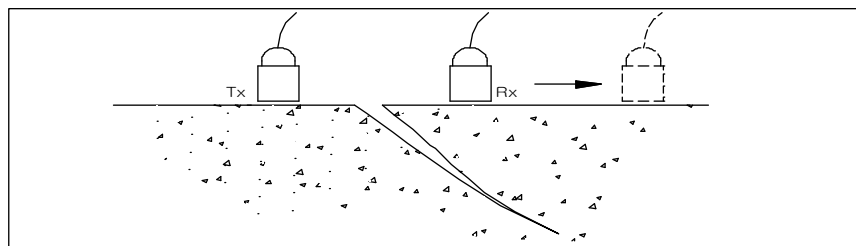
가. BS(British Standard)법

발진자와 수신자의 위치를 달리하는 두 개의 배치방법으로 균열주위를 우회하는 전달시간을 측정함으로써 콘크리트 표면에 발생한 균열의 내부깊이를 추정할 수 있다. 발진자와 수신자는 균열을 중심으로 등거리 x 만큼 떨어져서 배치된다. 두 개의 x 값을 선택하여 각각 전달시간을 측정한다. 일반적으로 사용되는 x 값은 150mm와 300mm이다.

※ 표면과 직각방향의 균열



※ 경사진 방향으로 발생한 균열



표면균열의 깊이 C 는 측정된 전달시간을 이용하여 다음과 같이 구할 수 있다.

$$C = \frac{150 \sqrt{4(t_1)^2 - (t_2)^2}}{(t_2)^2 - (t_1)^2}$$

여기서, C = 표면균열의 깊이(mm)

t_1 = x 가 150mm일 때의 전달시간(μs)

t_2 = x 가 300mm일 때의 전달시간(μs)

위에 식은 균열이 표면과 직각방향으로 발생하였고, 균열주위의 콘크리트가 비교적 균질하다는 가정 하에 유도된 식이다.

균열이 표면과 직각방향으로 발생하였는지, 혹은 경사진 방향으로 발생하였는지를 확인하는 방법은 다음과 같다. 발진자와 수신자를 균열 가까이에 배치한 다음, 수신자의 위치를 균열주위에서 점점 멀리하면서 전달시간을 측정한다. 전달시간이 감소하는 경우가 발생되면 균열은 경사진 방향으로 발생된 것이다.

나. T_c - T_o 법

발진자와 수신자를 균열의 개구부 중심으로 등간격 $L/2$ 로 배치했을 때 균열주위를 우회하는 초음파의 전달시간 T_c 와 균열이 없는 부분에서의 발진자와 수신자의 거리 L 에서의 전달시간 T_o 로부터 다음과 같은 식을 이용하여 표면 균열의 깊이를 추정한다.

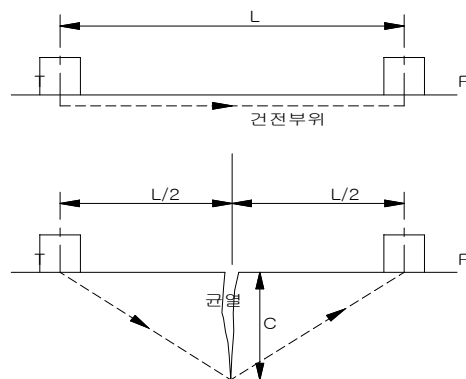
$$\text{균열깊이}(C) = \frac{L}{2} \sqrt{\left(\frac{T_c}{T_o}\right)^2 - 1}$$

여기서, C = 표면균열의 깊이(mm)

L = 발진자와 수신자 사이의 거리(mm)

T_c = 균열주위의 전달시간(μs)

T_o = 균열이 없는 부위의 전달시간(μs)



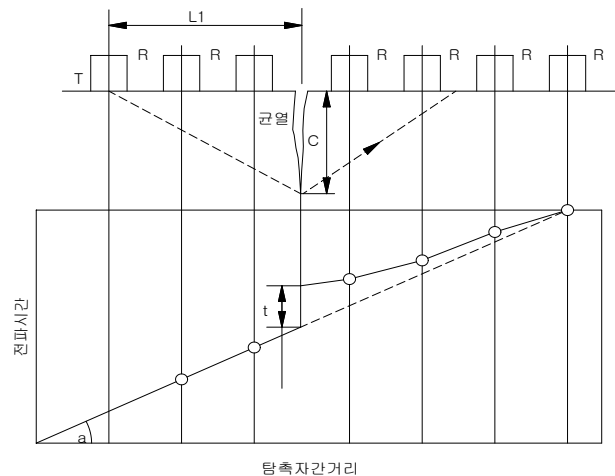
다. T법

발진자를 고정하고, 수신자를 일정 간격으로 이동시킬 때 전달거리와 전달시간을 그래프로 나타내고, 이 관계로부터 균열위치에서의 불연속 시간 t 를 그래프 상에서 구한다. 다음의 공식을 이용하여 표면 균열의 깊이를 추정할 수 있다.

$$C = \frac{t \cos \alpha (t \cos \alpha + 2L_1)}{2(t \cos \alpha + L_1)}$$

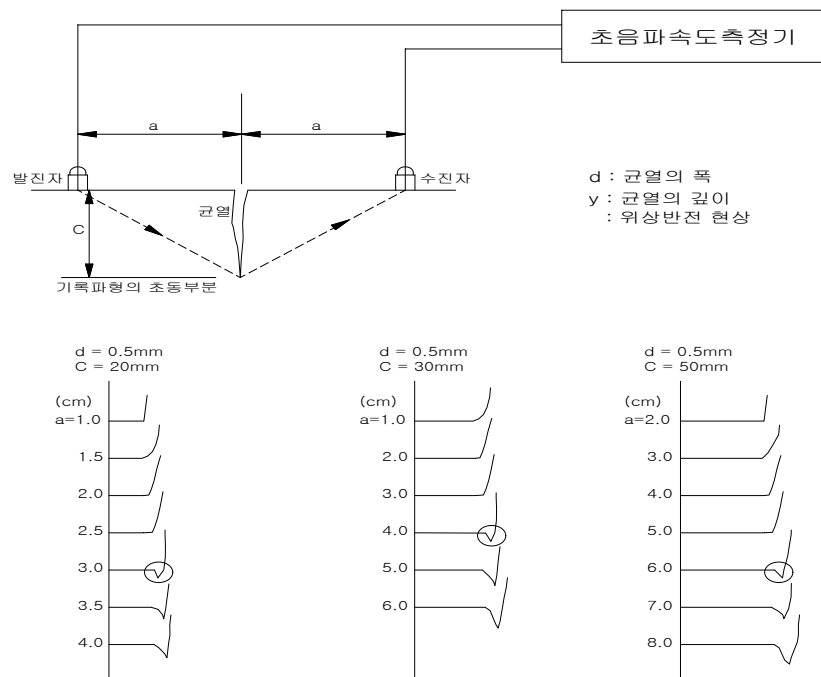
여기서, C = 표면균열의 깊이(mm)

t = 불연속 시간(sec)



라. 위상변화를 이용하는 방법

측정방법은 $T_c - T_o$ 법과 동일하며, 균열의 개구부를 중심으로 발진자와 수신자 사이의 거리를 변화시킨다. 거리 a 가 표면균열의 깊이 C 보다 짧은 거리에 있으면 수신자에 감지된 초음파의 초기기록 파형이 상향으로 올라가며, a 가 표면균열의 깊이 C 를 넘게 되면 초기 기록 파형이 하향을 나타낸다. 따라서 초기 기록 파형의 위상이 변화하는 경계 a 를 구하면, 그 때의 a 를 균열의 깊이 C 로 추정할 수 있다.



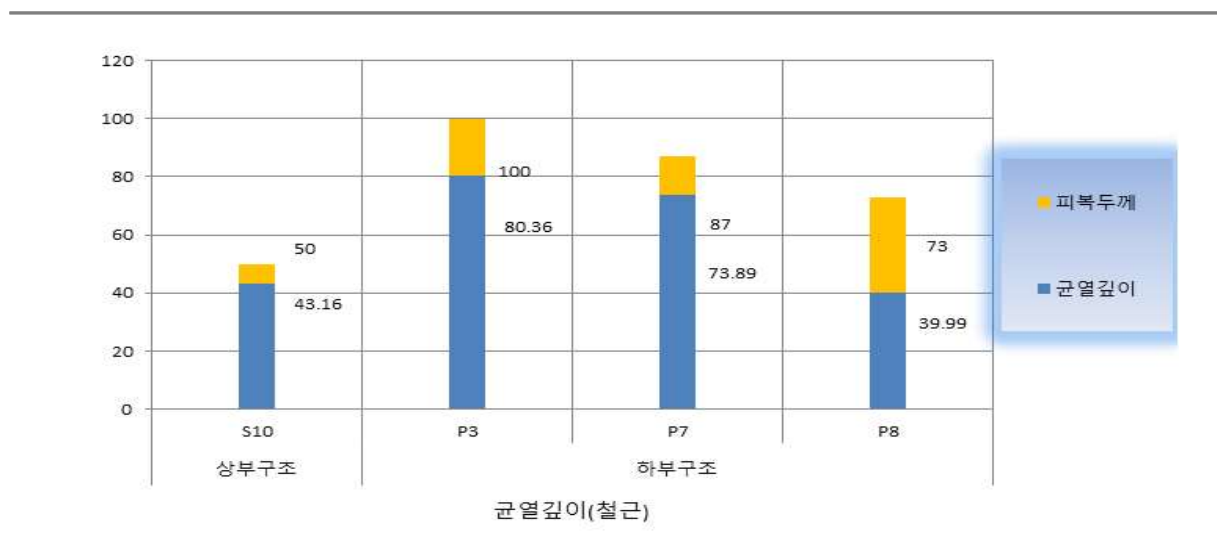
(1) 균열깊이 조사결과

【표 3.4.24】 균열깊이 조사결과 - 상신육교(발안IC방향, 본선)

위치		초음파전달시간 ($\times 10^{-6}$ sec)		손상종류	손상 물량	전달 거리	균열 깊이	피복 두께	잔여 깊이
철근구간		건전부 (To)	비건전 부(Tc)		폭 / 길이	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
상부 구조	S10	24.3	32.1	형	0.2 / 0.6	100	43.16	50	6.84
	P3	22.4	42.4	형	0.3 / 0.5	100	80.36	100	19.64
하부 구조	P7	32.0	57.1	형	0.2 / 2.0	100	73.89	87	13.11
	P8	24.6	31.5	형	0.2 / 1.0	100	39.99	73	33.01



<그림 3.4.12> 상신육교(발안IC방향, 본선) 균열깊이 조사 전경



<그림 3.4.13> 균열깊이 조사 현황 - 상신육교(발안IC방향, 본선)

(2) 균열깊이 측정결과 분석

$T_c - T_o$ 법을 사용하여 건전부의 전달시간을 측정한 후, 균열부에서 대칭으로 전달시간을 측정하여 균열의 깊이를 계산하였다. 금회 점검 시 균열 손상 중 균열 심도를 조사할 필요성이 있는 부위 4개소를 선정하여 균열깊이를 측정하였다.

금회 조사결과 철근구간의 균열깊이는 39.99~80.36mm(평균 59.35mm)로 조사되었다. 현재 균열깊이는 관통하지 않은 상태로 조사되었으나 장기간 방치 시 손상 진행의 가능성이 있으므로 0.3mm미만의 균열은 표면처리보수를 실시하고, 0.3mm이상의 균열은 주입보수를 실시하여 균열의 진행을 차단하는 것이 바람직하다.

(3) 기 진단결과와의 비교 분석

금회 실시한 “2021년 하반기 상신육교 정밀안전진단 용역”의 경우, 1회차 정밀안전진단이
며, 기 정밀안전점검시에도 별도 이력이 없어 비교 분석은 불가능하다. 따라서 향후에 점검
시 동일 시험에 대한 분석을 통해 비교/분석이 요구된다.

나. 상신육교(발안IC방향, 램프)

1) 반발경도시험

반발경도 측정은 콘크리트 표면의 요철, 부착물, 분말 등을 그라인딩으로 제거하고 실시하였으며 표면에 곰보, 공극, 노출된 자갈 등이 있는 부위들은 측정위치에서 제외했다. 또한, 반발경도 값은 각 측정부재에 따라 타격방향, 재령 등에 의한 보정을 한 후 바닥판과 하부구조의 경우 일본재료학회와 일본건축학회(CNDT 소위원회)의 강도 계산식을 사용하여 압축강도를 산정하였으며, 본 과업에서의 반발경도법 시험은 4개소(상부 1개소, 하부3개소)를 실시하였다.

(1) 반발경도법 시험결과

【표 3.4.25】 반발경도법에 의한 콘크리트 강도 추정 - 상신육교(발안IC방향, 램프) 상부구조

시험 위치			반발 경도 (R_o)	반발경도법(MPa)			설계 기준 강도 (B) (MPa)	강도율 (A/B×100) (%)
				일 본 재료학회 (MPa)	일 본 건축학회 (MPa)	평균 추정 강도(A) (MPa)		
상부 구조	1	S1-켄틸레버	53.0	27.9	28.3	28.1	27	104.1

【표 3.4.26】 반발경도법에 의한 콘크리트 강도 추정 - 상신육교(발안IC방향, 램프) 하부구조

시험 위치			반발 경도 (R_o)	반발경도법(MPa)		평균 추정 강도 (A) (MPa)	설계 기준 강도 (B) (MPa)	강도율 (A/B×100) (%)
				일 본 재료학회 (MPa)	일 본 건축학회 (MPa)			
하부 구조	1	A1-홍벽	49.0	27.9	28.3	28.1	24	117.1
	2	A1-홍벽(불량부)	45.0	24.7	26.5	25.6		106.7
	3	P1-기둥부	48.0	27.1	27.8	27.4		114.2
평균				26.6	27.5	27.1		112.7
최대(max)				27.9	28.3	28.1		-
최소(min)				24.7	26.5	25.6		-
표준편차				1.6	0.9	1.3		-
변동계수				6.0	3.2	4.6		-

【표 3.4.27】 반발경도법에 의한 콘크리트 강도 추정 결과 - 상신육교(발안IC방향, 램프)

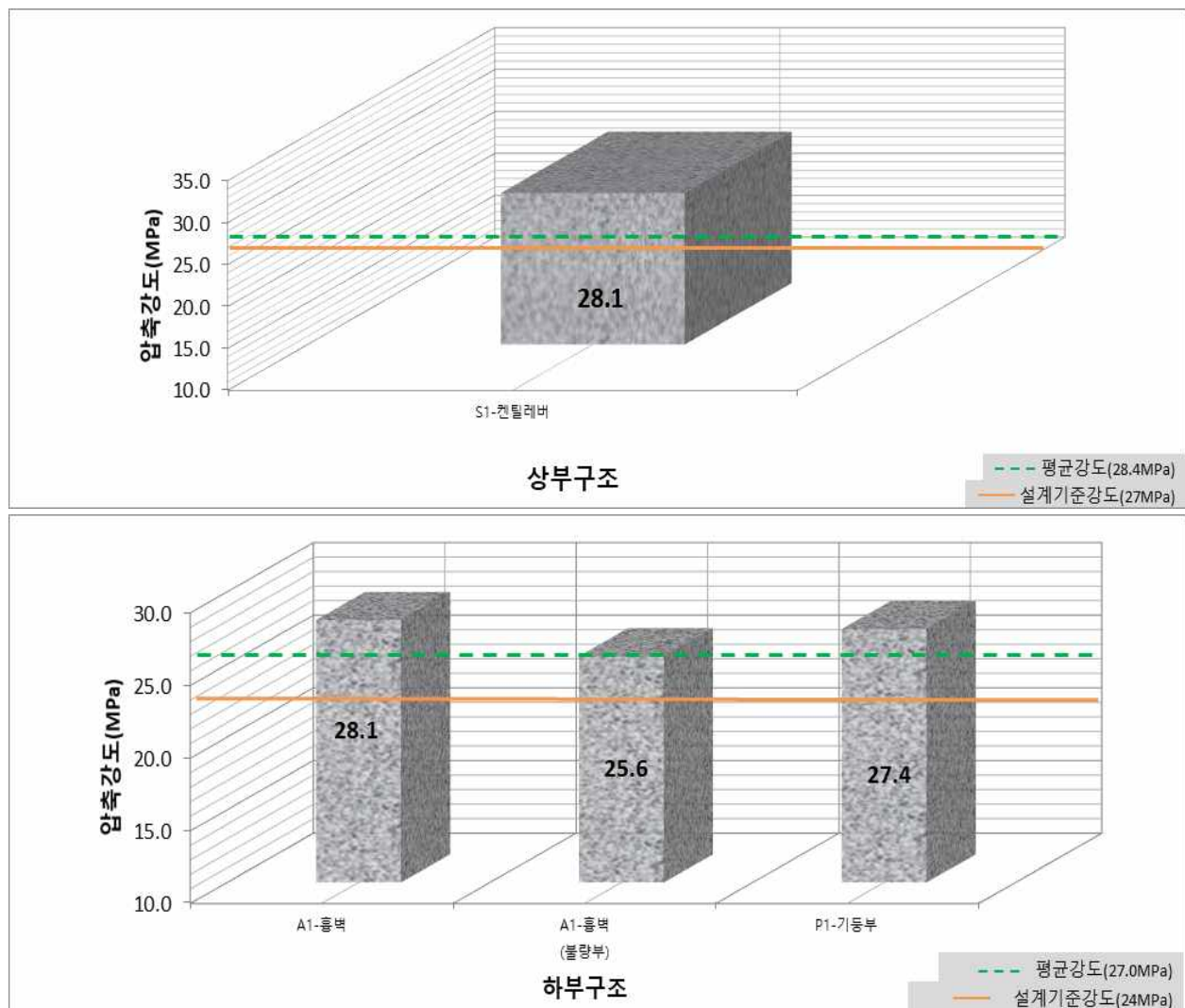
구 분	부 재	반발 경도 (R_o)	반발경도법(MPa)		평균 추정 강도 (MPa)	설계 기준 강도 (MPa)	비 고
			일 본 재료학회 (MPa)	일 본 건축학회 (MPa)			
상신육교 (발안IC, 램프)	상부구조	53.0	27.9	28.3	28.1	27	-
	하부구조	45.0~49.0	24.7~27.9	26.5~28.3	25.6~28.1	24	-

【표 3.4.28】 반발경도법에 의한 건전-비건전부 비파괴강도 비교 - 상신육교(발안IC방향, 램프)

구 분	부 재	건전부 평균 (MPa)	비건전부 (MPa)	설계기준강도 (MPa)	비 고
상신육교 (발안IC, 램프)	하부구조	27.8	25.6	24.0	-



<그림 3.4.14> 상신육교(발안IC방향, 램프) 반발경도시험



<그림 3.4.15> 반발경도법에 의한 측정된 추정 압축강도와 설계기준 압축강도의 비교

(2) 반발경도법 시험결과 분석

반발경도법을 사용하여 압축강도를 추정한 결과, 상부구조는 27.9MPa(일본재료학회)과 28.3MPa(일본건축학회)로 조사되어 설계기준강도(27MPa)를 상회하는 수준으로 조사되었으며, 하부구조(교대, 교각)는 24.7 ~ 27.9MPa(일본재료학회)과 26.5 ~ 28.3MPa(일본건축학회)로 측정되어 설계기준강도(24MPa)를 만족하고 있는 것으로 분석되었다.

또한, 콘크리트의 건전부와 비건전부를 구분하여 강도조사를 실시한 결과 건전부에 비하여 비건전부에서 강도가 비교적 작게 측정되었으나, 모두 설계기준 강도 이상을 상회하고 있는 수준임에 따라 강도에 따른 내구성 문제는 없을 것으로 판단된다.

(3) 기 진단결과와의 비교 분석

전차 시험자료(‘20년 정밀안전점검 보고서’)와 금회 진단과의 반발경도법에 의한 압축강도 값을 비교/분석한 결과 『표 3.4.29』와 같이 측정오차를 감안 할 때 상부구조와 하부구조에서 급격한 강도 저하를 나타내는 이상 경향은 확인되지 않았으며, 상/하부구조 모두 설계기준을 만족하고 있는 것으로 분석되어 현시점에서 강도저하에 따른 내구성 문제는 없을 것으로 판단 된다.

【표 3.4.29】 반발경도조사 기 진단결과와의 비교 - 상신육교(발안IC방향, 램프)

구분	측정결과(MPa) - 평균값	
	2020년(정밀안전점검)	2021년(정밀안전진단)
상부구조	27.6	28.1
하부구조	25.3	27.0

(4) 반발경도 시험보고

구 분	내 용
시험장소	상신육교(발안IC방향, 램프)
날짜	2021. 07. 14 ~ 07. 22
시간	09:00 ~ 18:00
기온	기온: 28.1℃ ~ 36.6℃
습도	32.6% ~ 70.5%
시험대상 구조물에 대한 설명이나 탐사시의 현장조건	STB 역T형 교대, T형 교각
시험위치	바닥판, 교대, 교각
콘크리트의 설계 조건	fck=27.0MPa(STB) fck=24.0MPa(교대, 교각)
시험 위치의 표면 상태	양호
콘크리트의 재령	재령:3000일 이상
콘크리트 내부 함수 상태	기건 상태
반발경도측정기의 종류	Schmidt hammer
반발경도측정기의 타격 방향	90°(바닥판) 0°(교대, 교각)
시험 대상 구조물 또는 표본에 대한 설명	각 시험개소별 Data Sheet에 표기
책임기술자 의견	반발경도법에 의한 비파괴 압축강도시험 결과, 상부구조 · 하부 구조에서 설계기준강도의 100%이상으로 분석되어 양호한 것으 로 판단됨.

2) 초음파 전달속도 시험

초음파 전달속도 시험은 반발경도시험을 수행한 동일부위를 선정하여 그라인딩을 실시하고 그리스 도포를 한 후, 발신자와 수신자의 측정거리를 10cm간격으로 증가시키면서 표면법에 의한 초음파 전달속도를 측정하였다. 「시설물의 안전 및 유지관리실시 세부지침(2019.09)-초음파 전달속도의 관계」를 통해 보정계수를 적용하여 직접법 속도로 환산하였고, 본 과업에서의 반발경도법 시험은 4개소(상부 1개소, 하부3개소)를 실시하였다.

(1) 초음파 전달속도 시험결과

【표 3.4.30】 초음파법에 의한 콘크리트 강도 추정 - 상신육교(발안IC방향, 램프) 상부구조

시험 위치			초음파 속도 (Vd) (km/sec)	초음파법(MPa)		평균 추정 강도 (A) (MPa)	설계 기준 강도 (B) (MPa)	강도율 (A/B×100) (%)
				일 본 재료학회 (MPa)	일 본 건축학회 (MPa)			
상부 구조	1	S1-켄틸레버	4.150	27.9	28.3	28.1	27.0	104.1

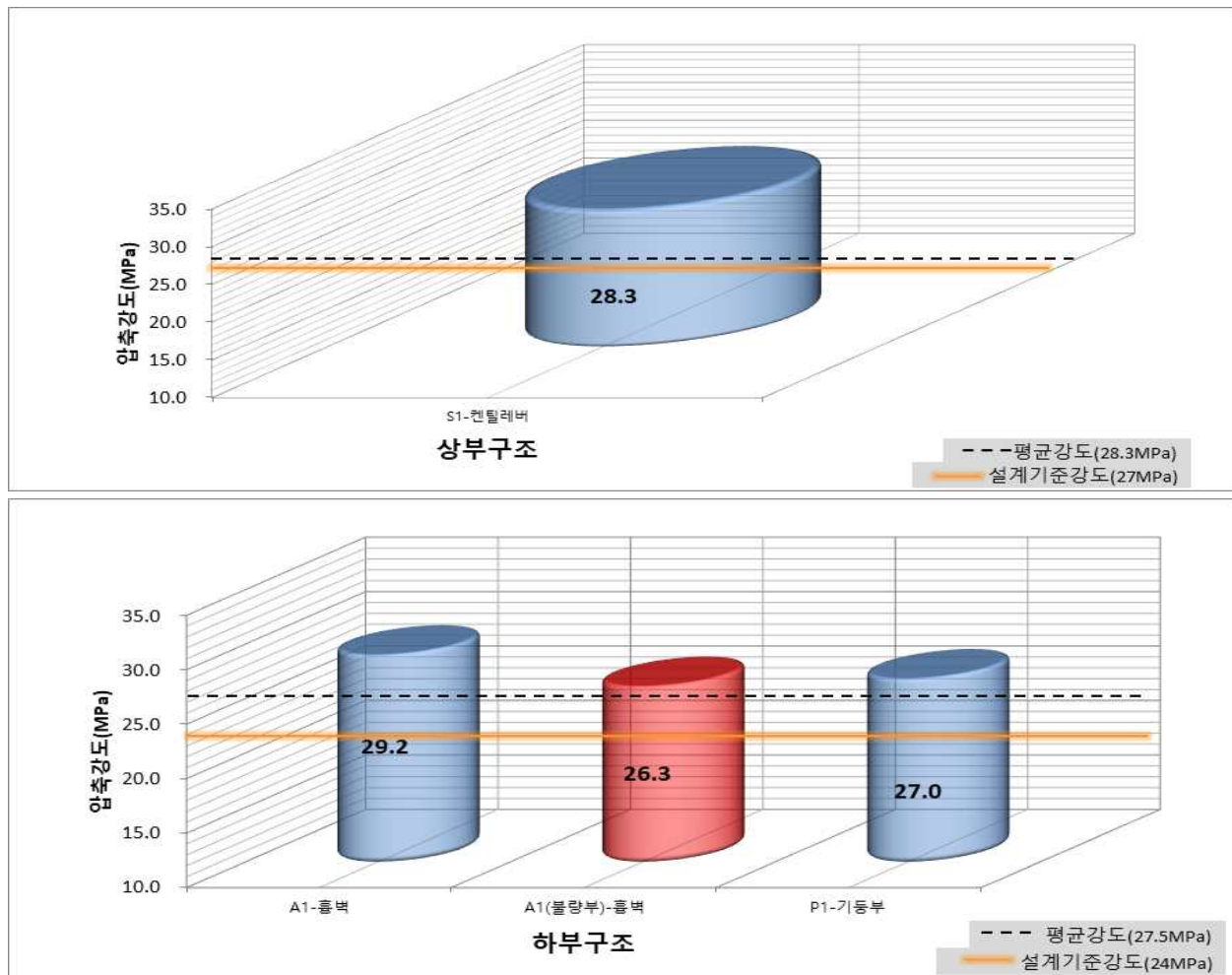
【표 3.4.31】 초음파법에 의한 콘크리트 강도 추정-상신육교(발안IC방향, 램프) 하부구조

시험 위치			초음파 속도 (Vd) (km/sec)	초음파법(MPa)		평균 추정 강도 (A) (MPa)	설계 기준 강도 (B) (MPa)	강도율 (A/B×100) (%)
				일 본 재료학회 (MPa)	일 본 건축학회 (MPa)			
하부 구조	1	A1-홍벽	4.203	30.5	27.8	29.2	24.0	121.6
	2	A1-홍벽(불량부)	4.017	28.7	23.9	26.3		109.5
	3	P1-기둥부	4.062	29.1	24.8	27.0		112.5
평균				29.5	25.5	27.5		114.5
최대(max)				30.5	27.8	29.2		-
최소(min)				28.7	23.9	26.3		-
표준편차				0.9	2.0	1.5		-
변동계수				3.0	7.8	5.4		-

주) 보정계수는 「시설물의 안전 및 유지관리실시 세부지침(2019.09)-초음파 전달속도의 관계」로 산정



<그림 3.4.16> 상신육교(발안IC방향, 램프) 초음파시험 전경



<그림 3.4.17> 초음파 전달속도 시험에 의한 측정된 추정 압축강도와 설계기준 압축강도의 비교

(2) 초음파 전달속도 시험결과 분석

초음파 전달속도시험에 의한 콘크리트 품질평가 결과 초음파 속도 범위는 상부구조 4.150km/s, 하부구조 4.017 ~ 4.203km/s로 분석되었고, 이를 통한 초음파법에 따른 압축강도를 추정한 결과, 상부구조는 27.9MPa(일본재료학회)과 28.3MPa(일본건축학회), 하부구조는 28.7 ~ 30.5MPa(일본재료학회)과 23.9 ~ 27.8MPa(일본건축학회)로 조사되었다. 일부구간에서 콘크리트 강도가 약소한 경향을 나타내고 있으나 이는 측정오차 또는 콘크리트 표면의 경미한 밀도차에 의한 측정값으로 설계기준강도(27.0MPa/24.0MPa)의 85%를 상회하며, 구조체의 추정강도 평균값은 설계기준강도 이상을 확보하고 있어 현 시점에서 시설물의 내구성에 의한 문제는 없을 것으로 판단된다.(콘크리트구조 기준 2.3.3 콘크리트의 평가와 사용승인 항목 참고 : 85% 이상을 만족한 경우 적정한 것으로 평가)

(3) 기 진단결과와의 비교 분석

금회 실시한 “2021년 하반기 상신육교 정밀안전진단 용역”의 경우, 1회차 정밀안전진단이며, 기 정밀안전점검시에도 별도 이력이 없어 비교 분석은 불가능하다. 따라서 향후에 점검시 동일 시험에 대한 분석을 통해 비교/분석이 요구된다.

(4) 초음파 전달속도 시험 보고서

구 분	내 용
시험장소	상신육교(발안IC방향, 램프)
날짜	2021. 07. 14 ~ 07. 22
시간	09:00 ~ 18:00
기온	기온: 28.1℃ ~ 36.6℃
습도	32.6% ~ 70.5%
시험대상 구조물에 대한 설명이나 탐사시의 현장조건	STB 역T형 교대, T형 교각
시험위치	바닥판, 교대, 교각
콘크리트의 설계 조건	fck=27.0MPa(STB) fck=24.0MPa(교대, 교각)
초음파전달 경로와 탐촉자 위치에 대한 스케치	양호
콘크리트의 재령	재령:3000일 이상
콘크리트 내부의 함수 상태	기건 상태
장치의 종류	PUNDIT
투과거리, 시험방법 및 결과의 정확도	표면법
시험 대상 구조물 또는 표본에 대한 설명	각 시험개소별 Data sheet에 표기 (종방향, 횡방향 / 수직방향, 수평방향)
철근 간섭으로 보정된 초음파전달 속도값	-
책임기술자 의견	본 교량의 초음파전달 속도에 의한 콘크리트 강도조사 결과, 현 시점에서 시설물의 내구성에 의한 문제는 없을 것으로 판단됨.

3) 탄산화 깊이 측정

구조물의 탄산화 진행 정도는 지시약을 분무하면 알칼리성 콘크리트의 탄산화가 진행된 면에서는 색의 변화가 나타나지 않고 그 변화가 없는 정도를 곧 탄산화 진행 깊이로 판단하게 되며 드릴링을 실시하여 탄산화깊이를 측정하였다. 본 과업에서의 탄산화 깊이 측정은 상부 1개소 하부 3개소 총 4개소에서 수행하였다.

(1) 탄산화 깊이 측정결과

【표 3.4.32】 탄산화 깊이 측정결과 및 평가 - 상신육교(발안IC방향, 램프)

시험 위치		탄산화 깊이 (mm)	최소피복 두께(mm)	탄산화속도 계수(A)	잔존수명 예측(년)	잔여깊이 (mm)	평가 결과	비 고
상부 구조	S1-켄틸레버	8.40	50.00	2.60	100년이상	41.60	a	-
하부 구조	A1-홍벽	13.50	80.00	4.19	100년이상	66.50	a	-
	P1-기둥부	12.90	100.00	4.00	100년이상	87.10	a	-
	P1-기둥부	11.00	100.00	3.41	100년이상	89.00	a	-

주) 상신육교 재령 : 10.4년으로 산정

주) 탄산화 속도계수(A) = 탄산화깊이 / $\sqrt{\text{재령(년)}}$

주) 수명예측(년) = (철근피복 / 탄산화속도계수)²

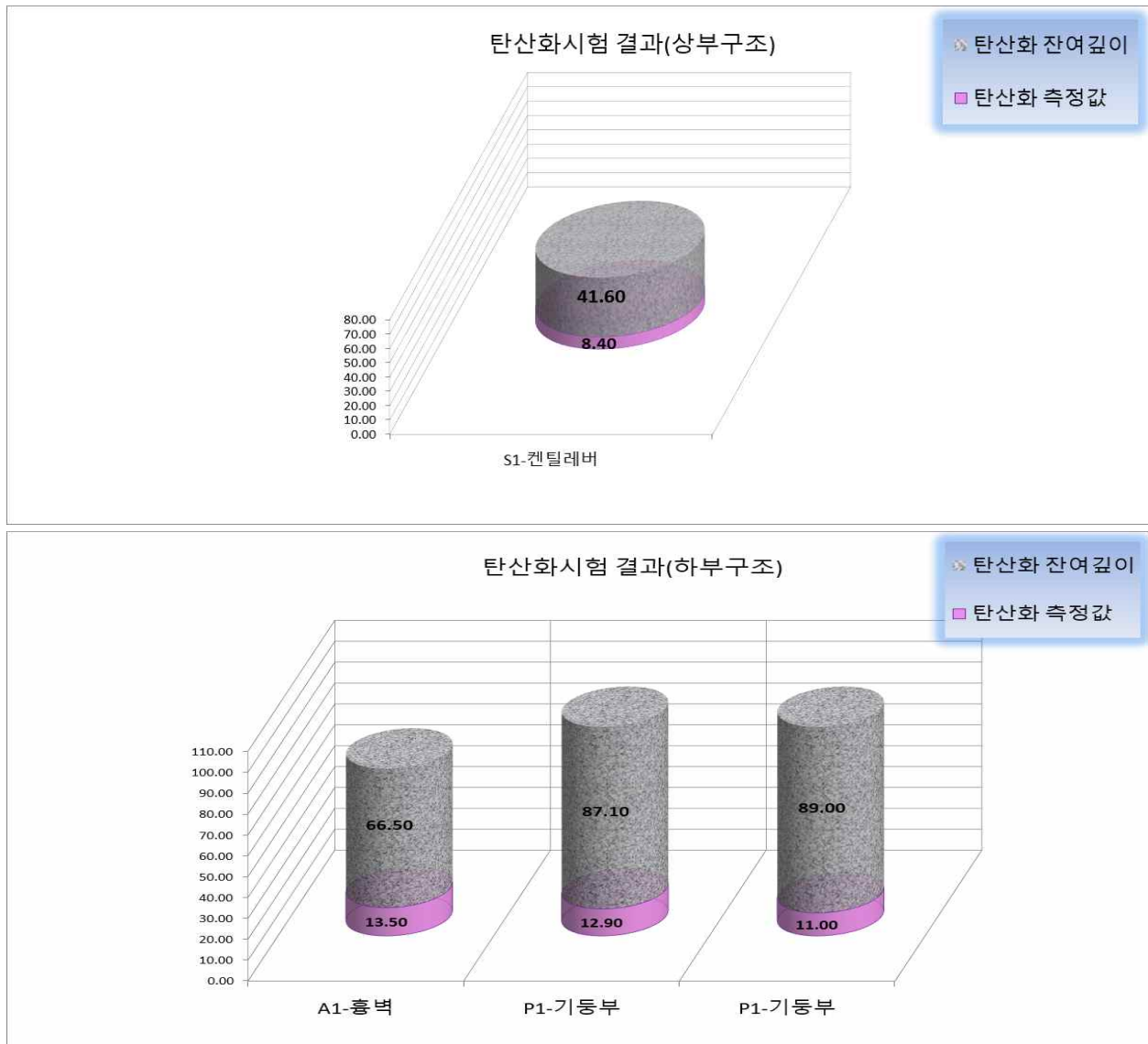
주) 잔여년수 = 수명예측년수 - 구조물 경과년수

주) 콘크리트 및 강재 비파괴시험 매뉴얼(국토안전관리원)참조

주) 시설물의 안전 및 유지관리실시 세부지침 (국토교통부, 국토안전관리원, 2019.09)참조



<그림 3.4.18> 상신육교(발안IC방향, 램프) 탄산화시험 전경



<그림 3.4.19> 탄산화 깊이 측정결과(탄산화 잔여깊이)-상신육교(발안IC방향, 램프)

(2) 탄산화 깊이 측정결과 분석

탄산화 깊이 측정결과, 탄산화 잔여깊이가 상부구조에서 41.60mm, 하부구조에서 66.50 ~ 89.00mm이며, 탄산화 속도계수는 상부구조 2.60, 하부구조 3.41 ~ 4.19로 현재와 같은 추세로 볼 때 탄산화에 따른 콘크리트의 잔존수명은 100년 이상을 확보하고 있으므로 공용기간 동안 탄산화에 의한 철근 부식 발생 가능성은 없을 것으로 분석된다.

(3) 기 진단결과와의 비교

전차 시험자료(‘18년 정밀안전점검 보고서’),(‘20년 정밀안전점검보고서’)와 금회 진단결과에 따른 탄산화 깊이에 대하여 진전 여부를 비교/분석한 결과 전반적으로 탄산화 진행에 의한 철근부식의 영향이 적은 것으로(잔여 깊이 30mm이상) 평가되었으며, 『표 3.4.33』와 같이 측정 위치 오차를 감안할 때 탄산화의 급격한 진전 경향은 없는 것으로 판단된다. 그러나 본 시설물은 향후 예도 장기공용이 예상되는바 환경조건의 변동에 따른 탄산화 진전이 뚜렷해질 수 있으므로 차후 안전점검 시 주기적인 확인이 필요하겠다.

【표 3.4.33】 탄산화 깊이 기 진단결과와의 비교-상신육교(발안IC방향, 램프)

구분	측정결과(mm)	
	2020년(정밀안전점검)	2021년(정밀안전진단)
상부구조	7.30	8.40
하부구조	8.80	12.47

(4) 탄산화 시험 보고서

구 분		내 용	
구조물의 명칭		상신육교(발안IC방향, 램프)	
구조물의 경과 연수		10.4 년	
드릴링을 행한 연월일		2021. 07. 14 ~ 07. 22	
드릴링을 행한 연월일		STB 역T형 교대, T형 교각	
사용 골재의 종류		확인되지 않음	
측정면의 종류		상부구조(바닥판)	하부구조(교대,교각)
탄산화 깊이 (mm)	측정값	9.5 ~ 13.0	2.3 ~ 20.6
	평균값	11.8	8.7
	최대값	13.0	20.6
연한 적자색으로 변색된 부분의 유무		무	무
시약		페놀프탈레인 1%용액	
측정기구		버니어 캘리퍼스	
시약 분무로부터 탄산화 깊이까지의 시간		직 후	
책임기술자 의견		피복두께에 따른 탄산화 속도계수와 잔존수명을 예측한 결과, 상태등급 a등급으로 전반적인 잔존수명은 100년 이상으로 양호한 상태임.	

4) 염화물함유량 시험

구조물에 염화물이 침투하게 되면 철근주위의 산소차단 역할을 하는 부동태막이 파손되고, 강재표면이 활성화되면 철근의 부식이 일어날 수 있으므로 철근콘크리트 구조물의 염해에 대한 평가는 매우 중요하다.

금회 진단에서는 콘크리트 라이닝에 드릴링 분말 측정은 상부 1개소 하부 2개소(표면부~철근부) 총 3개소에 대하여 시료를 채취하여 염화물함유량 시험을 실시하였다.

(1) 염화물함유량 시험결과

【표 3.4.34】 염화물 함유량 시험결과 - 상신육교(발안IC방향, 램프)

시험 위치			염화물 함유량 (kg/m ³)	등급	비고
			2021년	2021년	
상부구조	S1 - 건전부	표면부	4.200	d	-
		중간부	1.131	b	-
		철근부	1.027	b	-
하부구조	A1 - 건전부	표면부	0.705	b	-
		중간부	0.690	b	-
		철근부	0.659	b	-
	A1 - 비건전부	표면부	2.245	c	-
		중간부	1.058	b	-
		철근부	0.718	b	-

주) 환산염화물 산출시 콘크리트의 단위중량은 2,263kg/m³ 적용: KS F 27143 : 17



<그림 3.4.20> 상신육교(발안IC방향, 램프) 염화물 시료 채취 전경



<그림 3.4.21> 염화물 함유량 시험결과-상신육교(발안IC방향, 램프)

(2) 염화물함유량 시험결과 분석

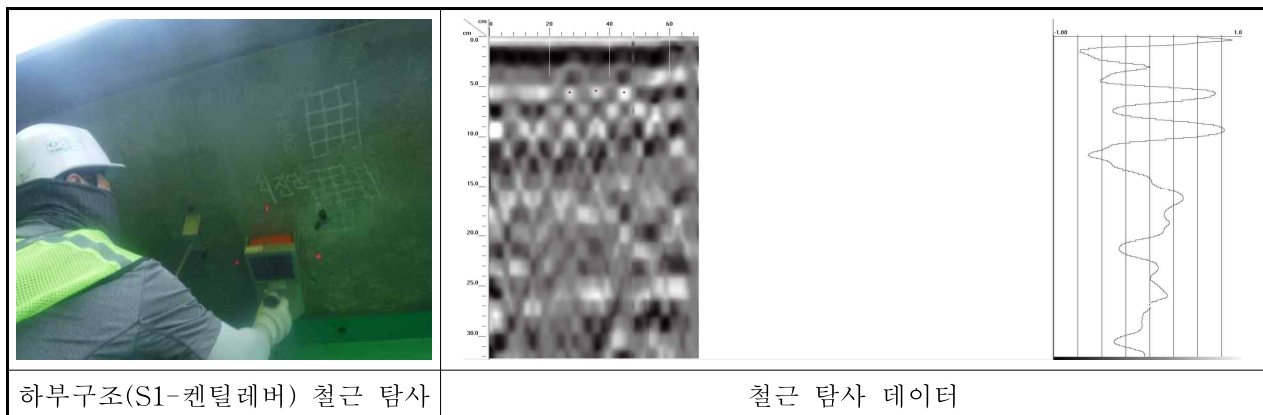
분말을 통한 염화물함유량을 확인한 결과 표면에서 염화물함유량이 가장 높고, 이후 철근 부위까지 점차 감소하는 추세로 확인되었다. 또한, 염화물함유량은 건전부 $0.659 \sim 4.200\text{kg/m}^3$, 비건전부 $0.718 \sim 2.245\text{kg/m}^3$ 로 낮다. 비건전부의 표면 염화물함유량은 부식발생 가능성이 낮게 평가되나, 건전부에서 부식의 발생 가능성이 높게 평가되었다. 이는 비건전부의 손상정도가 경미하며, 신축이음 하부 누수 및 체수가 교대 전반적으로 나타나 건전부의 염화물함유량의 높게 평가된 것으로 판단된다. 현시점에서 염화물함유량에 따른 철근 부식 발생은 확인되지 않았으나 공용기간 동안 각종 환경요인 및 유지관리적 요인에 따라 염화물함유량이 변동될 것으로 판단되므로 장기적 유지관리계획에 따른 탄산화방지 페인트 도장이 바람직하며, 향후 진단에서도 동일 시험을 통한 비교분석이 필요하겠다.

(3) 염화물 함유량 시험 보고서

구 분	상부구조	하부구조	
시험개소	S1-건전부	A1-건전부	A1-비건전부
시료 채취 일자	2021. 07. 19 ~ 07. 22		
염화물 함유량	1.027~ 4.200kg/m ³	0.659~ 0.705kg/m ³	0.718~ 2.245kg/m ³
채취 시료	분말	분말	분말
채취 깊이	표면부 중간부 철근부	표면부 중간부 철근부	표면부 중간부 철근부
시험·검사방법	KS F 27143 : 17		
책임기술자 의견	상부구조 및 하부구조에 대하여 철근 피복을 고려하여 각 각 깊이별로 시료를 채취하여 국가공인기관에 의뢰하여 염화물 시험을 실시하였으며 시험결과, 염화물에 의한 부식이 발생할 우려는 없는 것으로 검토됨.		

5) 철근탐사시험

철근의 피복두께가 부족할 경우에는 콘크리트의 탄산화 등에 따른 열화손상에 대한 저항성이 저하되어 내구성이 감소할 가능성이 있으며, 피복두께가 지나치게 큰 경우에는 강도감소 등을 수반할 우려가 있다. 또한 철근의 배근 간격이 설계도서와 다를 경우 구조물의 안전성에 직접적인 영향을 미치므로 내하력 저하의 원인이 된다. 철근탐사는 Structure Scan Mini 및 Proceq GPR Live를 이용하여 수행하였으며, 현장에서 조사된 철근의 배근간격과 피복두께 탐사결과는 부재별 시공상태의 평가, 구조해석을 위한 단면특성 파악 및 내구수명 도출에 적용하였다. 본 과업에서의 철근탐사시험은 반발경도법 및 초음파 전달속도 시험을 실시한 동일 위치에서 상부 1개소 하부 2개소 총 3개소에서 수행하였다.



<그림 3.4.22> 철근탐사 현황 - 상신육교(발안IC방향, 램프)

(1) 철근탐사 시험결과

【표 3.4.35】 철근탐사 결과 - 상신육교(발안IC방향, 램프) 상부구조

위치		철근종류	측정결과(mm)		설계값(mm)	
			피복두께	배근간격	피복두께	배근간격
상부 구조	S1 - 켄틸레버	주철근	47~49	94~101	40	150
		배력철근	54~55	89~92	40	100

【표 3.4.36】 철근탐사 결과 - 상신육교(발안IC방향, 램프) 하부구조

위치		철근종류	측정결과(mm)		설계값(mm)	
			피복두께	배근간격	피복두께	배근간격
하부 구조	A1-홍벽	수직철근	78~83	107~143	80	150
		수평철근	109~118	148~156	100	150
	P1-기동부	수직철근	99~112	107~206	100	125
		수평철근	85~96	291~321	100	300

(2) 철근탐사 시험결과 분석

Structure Scan Mini(철근탐사기) 및 Proceq GPR Live를 사용하여 철근의 배근간격과 피복을 확인하였으며, 조사결과 철근의 배근간격은 설계도서와 비교할 때 전반적으로 설계치와 부합되어 단위m당 철근량을 확보하고 있는 것으로 분석되므로 구조물의 기능유지에는 문제가 없을 것으로 판단된다. 또한, 철근피복두께와 설계피복두께를 비교 검토한 결과 시공오차 및 금회 측정오차를 감안할 때 현시점에서 피복부족으로 인한 구조적 문제와 내구성 저하 영향은 없을 것으로 판단된다.

(3) 철근탐사 시험보고서

구 분	내 용
시험장소	상신육교(발안IC방향, 램프)
날짜	2021. 07. 14 ~ 07. 22
시간	09:00 ~ 18:00
기온	기온: 28.1℃ ~ 36.6℃
습도	32.6% ~ 70.5%
시험대상 구조물에 대한 설명이나 탐사시의 현장조건	STB 역T형 교대, T형 교각
시험위치	바닥판, 교대, 교각
시험한계(잡음의 원인, 장애물 등)	양호
시험 대상 면에서의 안테나 횡단 위치, 작동방향 및 방위	각 시험개소별 Data sheet에 표기 (종방향, 횡방향 / 수직방향, 수평방향)
정밀도	양호
시험한 철근의 배근상태에 대한 그림	부록 참조
참고문헌	콘크리트 강재 비파괴시험 평가 검증방안연구 (한국산업인력관리공단)
책임기술자 의견	철근 배근상태는 전반적으로 설계치와 부합되어 단위m당 철근량을 확보하고 있는 것으로 분석됨, 시험위치에서 피복부족으로 인한 손상은 없는 것으로 분석되므로 구조물의 기능유지에는 문제가 없을 것으로 판단됨.

6) 균열깊이 조사

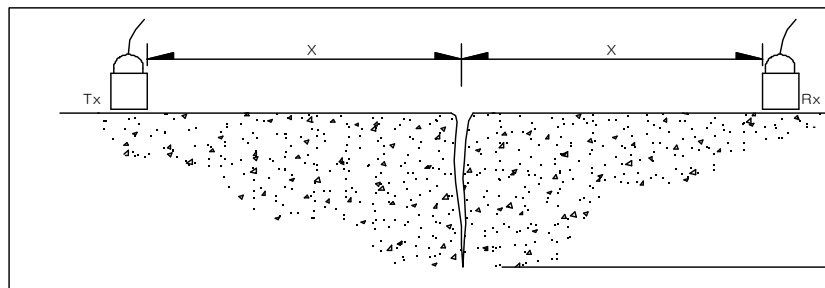
콘크리트 구조물의 균열깊이를 조사하는 방법에는 균열부위를 떼어내어 확인하는 방법, Core Boring을 실시하는 방법, 초음파 전파속도를 이용하는 방법 등이 있으며, 본 과업에서는 비파괴 시험장비인 Pundit로 초음파 전파속도를 이용하여 조사하였다.

균열깊이 측정방법 중 BS법과 Tc-To법, T법, 위상변화를 이용하는 방법이 있으며, 다음과 같다.

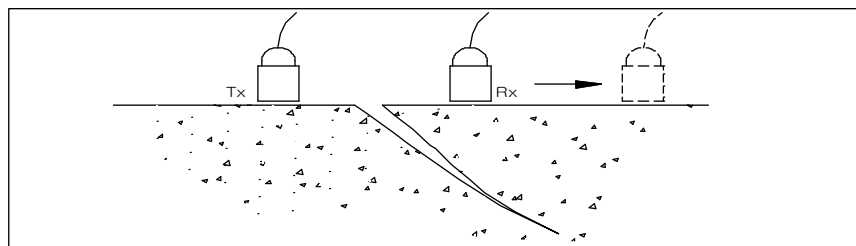
가. BS(British Standard)법

발진자와 수신자의 위치를 달리하는 두 개의 배치방법으로 균열주위를 우회하는 전달시간을 측정함으로써 콘크리트 표면에 발생한 균열의 내부깊이를 추정할 수 있다. 발진자와 수신자는 균열을 중심으로 등거리 x 만큼 떨어져서 배치된다. 두 개의 x 값을 선택하여 각각 전달시간을 측정한다. 일반적으로 사용되는 x 값은 150mm와 300mm이다.

※ 표면과 직각방향의 균열



※ 경사진 방향으로 발생한 균열



표면균열의 깊이 C 는 측정된 전달시간을 이용하여 다음과 같이 구할 수 있다.

$$C = \frac{150 \sqrt{4(t_1)^2 - (t_2)^2}}{(t_2)^2 - (t_1)^2}$$

여기서, C = 표면균열의 깊이(mm)

t_1 = x 가 150mm일 때의 전달시간(μs)

t_2 = x 가 300mm일 때의 전달시간(μs)

위에 식은 균열이 표면과 직각방향으로 발생하였고, 균열주위의 콘크리트가 비교적 균질하다는 가정 하에 유도된 식이다.

균열이 표면과 직각방향으로 발생하였는지, 혹은 경사진 방향으로 발생하였는지를 확인하는 방법은 다음과 같다. 발진자와 수신자를 균열 가까이에 배치한 다음, 수신자의 위치를 균열주위에서 점점 멀리하면서 전달시간을 측정한다. 전달시간이 감소하는 경우가 발생되면 균열은 경사진 방향으로 발생된 것이다.

나. T_c - T_o 법

발진자와 수신자를 균열의 개구부 중심으로 등간격 $L/2$ 로 배치했을 때 균열주위를 우회하는 초음파의 전달시간 T_c 와 균열이 없는 부분에서의 발진자와 수신자의 거리 L 에서의 전달시간 T_o 로부터 다음과 같은 식을 이용하여 표면 균열의 깊이를 추정한다.

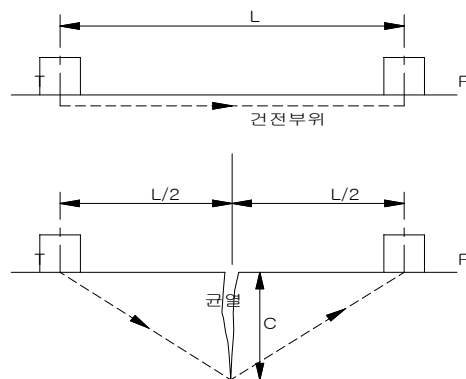
$$\text{균열깊이}(C) = \frac{L}{2} \sqrt{\left(\frac{T_c}{T_o}\right)^2 - 1}$$

여기서, C = 표면균열의 깊이(mm)

L = 발진자와 수신자 사이의 거리(mm)

T_c = 균열주위의 전달시간(μs)

T_o = 균열이 없는 부위의 전달시간(μs)



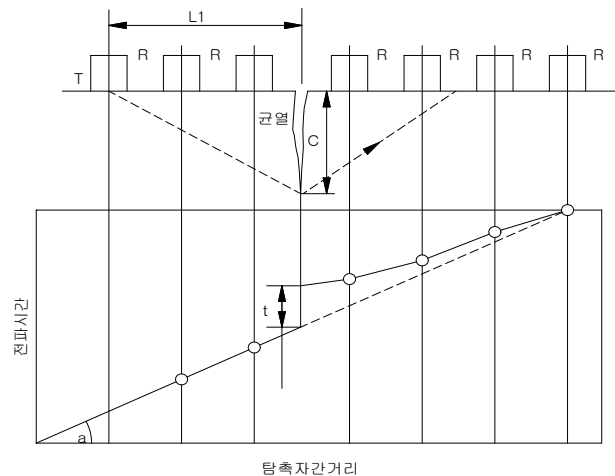
다. T법

발진자를 고정하고, 수신자를 일정 간격으로 이동시킬 때 전달거리와 전달시간을 그래프로 나타내고, 이 관계로부터 균열위치에서의 불연속 시간 t 를 그래프 상에서 구한다. 다음의 공식을 이용하여 표면 균열의 깊이를 추정할 수 있다.

$$C = \frac{t \cos \alpha (t \cos \alpha + 2L_1)}{2(t \cos \alpha + L_1)}$$

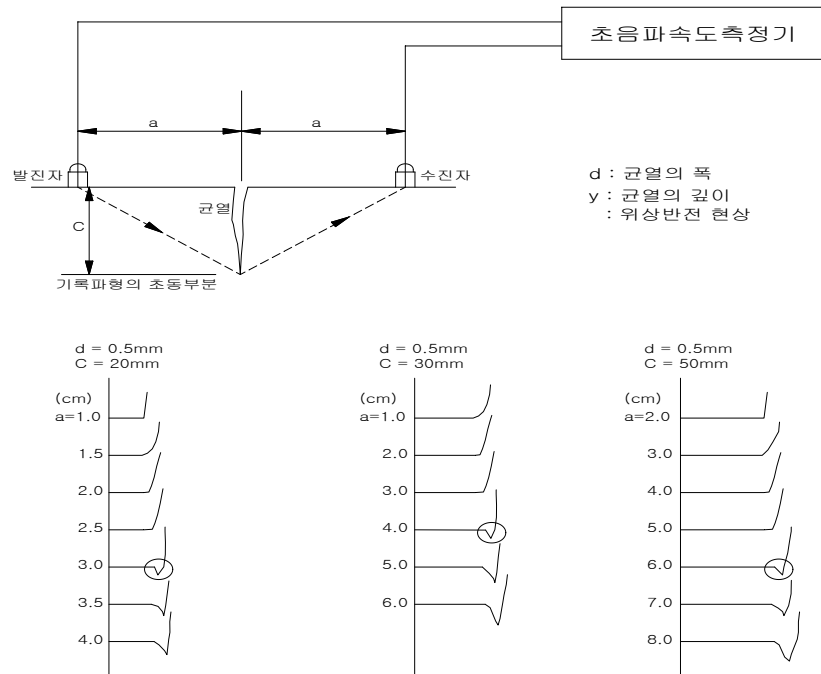
여기서, C = 표면균열의 깊이(mm)

t = 불연속 시간(sec)



라. 위상변화를 이용하는 방법

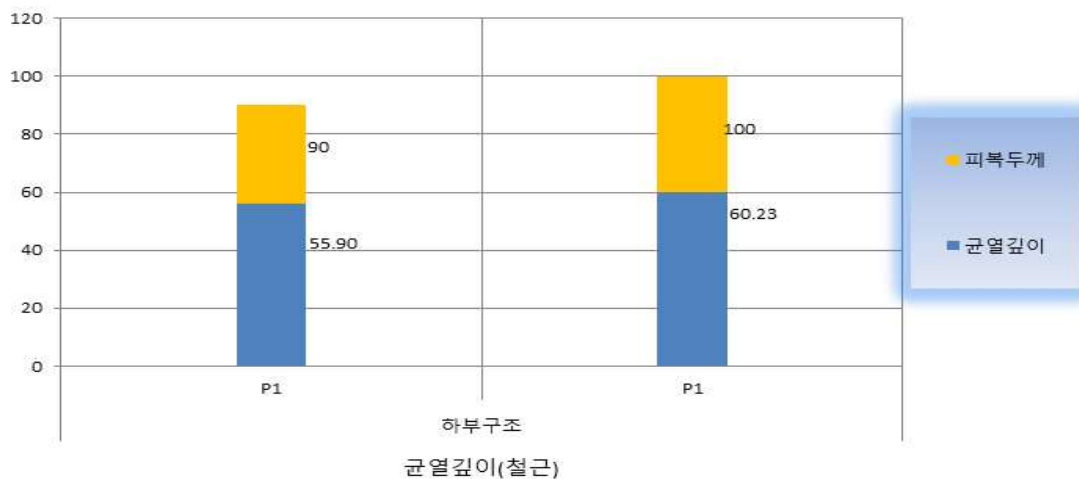
측정방법은 $T_c - T_0$ 법과 동일하며, 균열의 개구부를 중심으로 발진자와 수신자 사이의 거리를 변화시킨다. 거리 a 가 표면균열의 깊이 C 보다 짧은 거리에 있으면 수신자에 감지된 초음파의 초기기록 파형이 상향으로 올라가며, a 가 표면균열의 깊이 C 를 넘게 되면 초기 기록 파형이 하향을 나타낸다. 따라서 초기 기록 파형의 위상이 변화하는 경계 a 를 구하면, 그 때의 a 를 균열의 깊이 C 로 추정할 수 있다.



(1) 균열깊이 조사결과

【표 3.4.37】 균열깊이 조사결과 - 상신육교(발안IC방향, 램프)

위치		초음파전달시간 ($\times 10^{-6}$ sec)		손상종류	손상 물량	전달 거리	균열 깊이	피복 두께	잔여 깊이
철근구간		건전부 (To)	비건전 부(Tc)		폭 / 길이	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
하부 구조	P1	25.6	38.4	경사	0.2 / 1.0	100	55.90	90	34.10
	P1	26.7	41.8	횡	0.1 / 1.0	100	60.23	100	39.77



<그림 3.4.23> 균열깊이 조사결과 - 상신육교(발안IC방향, 램프)

(2) 균열깊이 측정결과 분석

$T_c - T_o$ 법을 사용하여 건전부의 전달시간을 측정한 후, 균열부에서 대칭으로 전달시간을 측정하여 균열의 깊이를 계산하였다. 금회 점검 시 균열 손상 중 균열 심도를 조사할 필요성이 있는 부위 2개소를 선정하여 균열깊이를 측정하였다.

금회 조사결과 철근구간의 균열깊이는 55.90~60.23mm(평균 58.07mm)로 조사되었다. 현재 균열깊이는 관통하지 않은 상태로 조사되었으나 장기간 방치 시 손상 진행의 가능성이 있으므로 0.3mm미만의 균열은 표면처리보수를 실시하여 균열의 진행을 차단하는 것이 바람직하다.

(3) 기 진단결과와의 비교 분석

금회 실시한 “2021년 하반기 상신육교 정밀안전진단 용역”의 경우, 1회차 정밀안전진단이며, 기 정밀안전점검시에도 별도 이력이 없어 비교 분석은 불가능하다. 따라서 향후에 점검 시 동일 시험에 대한 분석을 통해 비교/분석이 요구된다.

다. 상신육교(향남방향, 본선)

1) 반발경도시험

반발경도 측정은 콘크리트 표면의 요철, 부착물, 분말 등을 그라인딩으로 제거하고 실시하였으며 표면에 곰보, 공극, 노출된 자갈 등이 있는 부위들은 측정위치에서 제외했다. 또한, 반발경도 값은 각 측정부재에 따라 타격방향, 재령 등에 의한 보정을 한 후 바닥판과 하부구조의 경우 일본재료학회와 일본건축학회(CNDT 소위원회)의 강도 계산식을 사용하여 압축강도를 산정하였으며, 본 과업에서의 반발경도법 시험은 16개소(상부 8개소, 하부8개소)를 실시하였다.

(1) 반발경도법 시험결과

【표 3.4.38】 반발경도법에 의한 콘크리트 강도 추정 - 상신육교(향남방향, 본선) 상부구조

시험 위치			반발 경도 (R_o)	반발경도법(MPa)			설계 기준 강도 (B) (MPa)	강도율 (A/B×100) (%)
				일 본 재료학회 (MPa)	일 본 건축학회 (MPa)	평균 추정 강도(A) (MPa)		
상부 구조	1	S1-켄틸레버	52.0	27.1	27.8	27.4	27.0	101.5
	2	S2-켄틸레버	54.0	28.7	28.7	28.7		106.3
	3	S3-켄틸레버	56.0	30.3	29.6	29.9		110.7
	4	S5-켄틸레버	53.0	27.9	28.3	28.1		104.1
	5	S6-켄틸레버	52.0	27.1	27.8	27.4		101.5
	6	S8-바닥판	55.0	29.5	29.2	29.3		108.5
	7	S9-바닥판	53.0	24.9	28.3	28.1		104.1
	8	S10-켄틸레버	53.0	27.9	28.3	28.1		104.1
평균				27.9	28.5	28.2	27.0	104.5
최대(max)				30.3	29.6	30.0		-
최소(min)				24.9	27.8	26.4		-
표준편차				1.6	0.6	1.1		-
변동계수				5.7	2.1	3.9		-

【표 3.4.39】 반발경도법에 의한 콘크리트 강도 추정 - 상신육교(향남방향, 본선) 하부구조

시험 위치			반발 경도 (R_o)	반발경도법(MPa)			설계 기준 강도 (B) (MPa)	강도율 (A/B×100) (%)
				일 본 재료학회 (MPa)	일 본 건축학회 (MPa)	평균 추정 강도(A) (MPa)		
하부 구조	1	A1-홍벽	48.0	27.1	27.8	27.4	24.0	114.2
	2	A1-홍벽(불량부)	47.0	26.3	27.4	26.8		111.7
	3	P1-코핑부	45.0	24.7	26.5	25.6		106.7
	4	P2-코핑부	44.0	23.9	26.0	24.9		103.8
	5	P4-코핑부	51.0	29.5	29.2	29.3		122.1
	6	P8-기둥부	48.0	27.1	27.8	27.4		114.2
	7	P9-코핑부	50.0	28.7	28.7	28.7		119.6
	8	A2-홍벽	47.0	26.3	27.4	26.8		111.7
평균				26.7	27.6	27.2	24.0	113.1
최대(max)				29.5	29.2	29.4		-
최소(min)				23.9	26.0	25.0		-
표준편차				1.8	1.0	1.4		-
변동계수				6.7	3.6	5.2		-

【표 3.4.40】 반발경도법에 의한 콘크리트 강도 추정 결과 - 상신육교(향남방향, 본선)

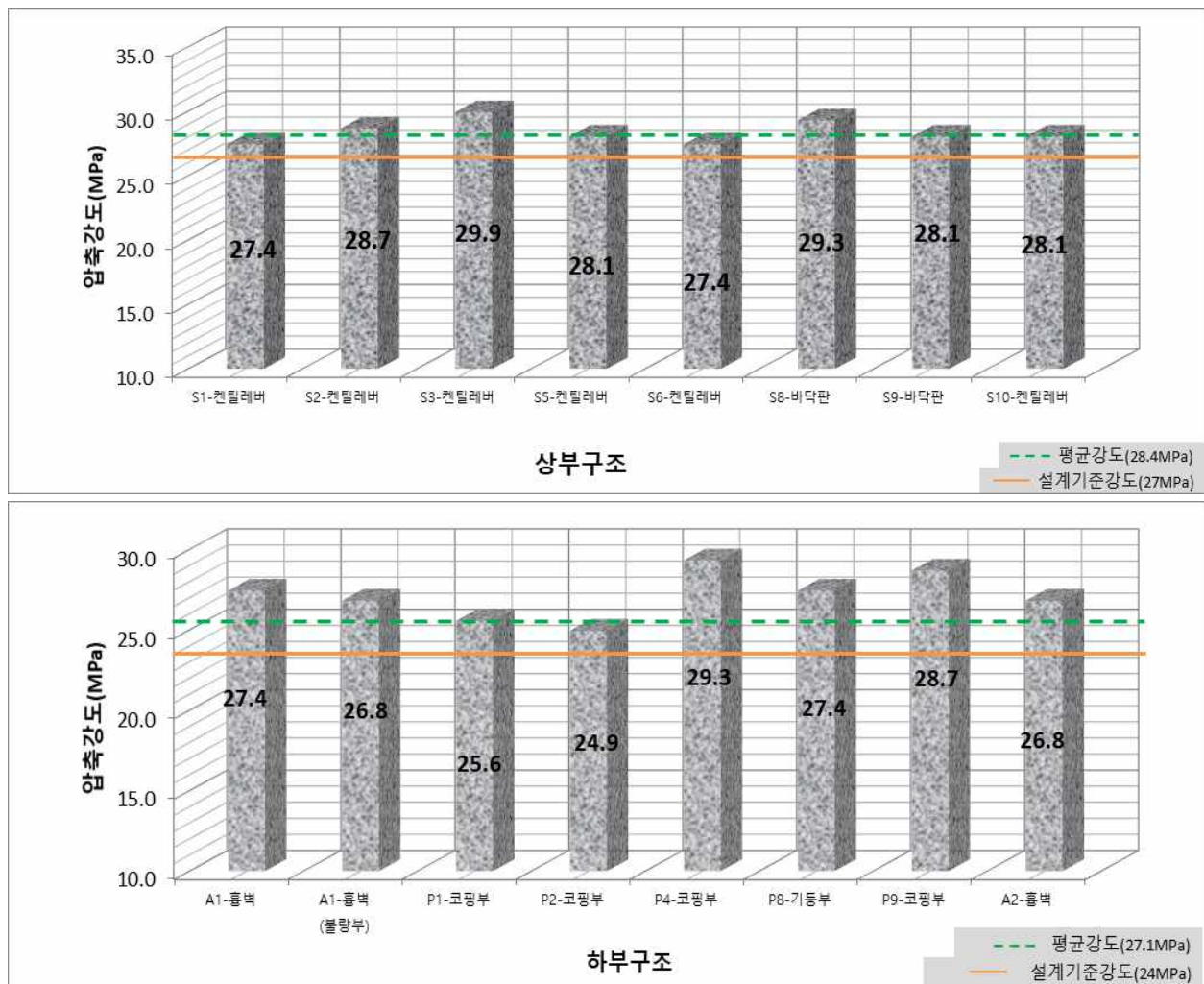
구 분	부 재	반발 경도 (R_o)	반발경도법(MPa)		평균 추정 강도 (MPa)	설계 기준 강도 (MPa)	비 고
			일 본 재료학회 (MPa)	일 본 건축학회 (MPa)			
상신육교 (향남방향, 본선)	상부구조	52.0~56.0	24.9~30.3	27.8~29.6	27.4~29.9	27.0	-
	하부구조	44.0~51.0	23.9~29.5	26.0~29.2	24.9~29.3	24.0	-

【표 3.4.41】 반발경도법에 의한 건전·비건전부 비파괴강도 비교 - 상신육교(향남방향, 본선)

구 분	부 재	건전부 평균 (MPa)	비건전부 (MPa)	설계기준강도 (MPa)	비 고
상신육교 (향남방향, 본선)	하부구조	27.2	26.8	24.0	-



<그림 3.4.24> 상신육교(향남방향, 본선) 반발경도시험



<그림 3.4.25> 반발경도법에 의한 측정된 추정 압축강도와 설계기준 압축강도의 비교

(2) 반발경도법 시험결과 분석

반발경도법을 사용하여 압축강도를 추정한 결과, 상부구조는 24.9 ~ 30.3MPa(일본재료학회)과 27.8 ~ 29.6MPa(일본건축학회)로 조사되었고, 하부구조(교대, 교각)는 23.9 ~ 29.5MPa(일본재료학회)과 26.0 ~ 29.2MPa(일본건축학회)로 조사되었다. 일부구간에서 콘크리트 강도가 약소한 경향을 나타내고 있으나 이는 측정오차 또는 콘크리트 표면의 경미한 밀도차에 의한 측정값으로 설계기준강도(27.0MPa/24.0MPa)의 85%를 상회하며, 구조체의 추정강도 평균값은 설계기준강도 이상을 확보하고 있어 현 시점에서 시설물의 내구성에 의한 문제는 없을 것으로 판단된다.(콘크리트구조 기준 2.3.3 콘크리트의 평가와 사용승인 항목 참고 : 85% 이상을 만족한 경우 적정한 것으로 평가)

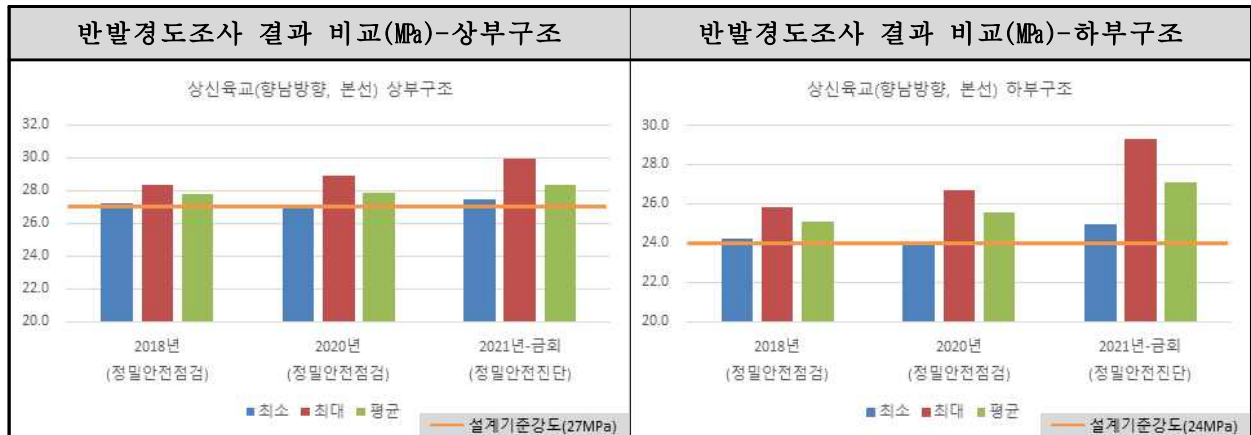
또한, 콘크리트의 건전부와 비건전부를 구분하여 강도조사를 실시한 결과 건전부에 비하여 비건전부에서 강도가 작게 측정되었으나, 모두 설계기준 강도 이상을 상회하고 있는 수준임에 따라 강도에 따른 내구성 문제는 없을 것으로 판단된다.

(3) 기 진단결과와의 비교 분석

전차 시험자료(‘18년 정밀안전점검 보고서’),(‘20년 정밀안전점검 보고서’)와 금회 진단과의 반발경도법에 의한 압축강도 값을 비교/분석한 결과 『표 3.4.42』 『그림 3.4.26』와 같이 측정오차를 감안 할 때 상부구조와 하부구조에서 급격한 강도저하를 나타내는 이상 경향은 확인되지 않아 현시점에서 강도저하에 따른 내구성 문제는 없을 것으로 판단된다.

【표 3.4.42】 반발경도조사 기 진단결과와의 비교-상신육교(향남방향, 본선)

시험 위치	구분	측정결과		
		최소(MPa)	최대(MPa)	평균(MPa)
상부 구조	2018년(정밀안전점검)	27.2	28.3	27.8
	2020년(정밀안전점검)	27.0	28.9	27.9
	2021년(정밀안전진단)	24.9	30.3	28.4
하부 구조	2018년(정밀안전점검)	24.2	25.8	25.1
	2020년(정밀안전점검)	24.1	26.7	25.6
	2021년(정밀안전진단)	23.9	29.5	27.1



<그림 3.4.26> 기 점검과 금회 진단 압축결과 비교 - 상신육교(향남방향, 본선)

(4) 반발경도 시험보고

구 분	내 용
시험장소	상신육교(향남방향, 본선)
날짜	2021. 07. 14 ~ 07. 22
시간	09:00 ~ 18:00
기온	기온: 28.1℃ ~ 36.6℃
습도	32.6% ~ 70.5%
시험대상 구조물에 대한 설명이나 탐사시의 현장조건	STB 역T형 교대, T형 교각
시험위치	바닥판, 교대, 교각
콘크리트의 설계 조건	fck=27.0MPa(STB) fck=24.0MPa(교대, 교각)
시험 위치의 표면 상태	양호
콘크리트의 재령	재령:3000일 이상
콘크리트 내부 함수 상태	기건 상태
반발경도측정기의 종류	Schmidt hammer
반발경도측정기의 타격 방향	90°(바닥판) 0°(교대·교각)
시험 대상 구조물 또는 표본에 대한 설명	각 시험개소별 Data Sheet에 표기
책임기술자 의견	일부구간에서 콘크리트 강도가 약소한 경향을 나타내고 있으나 설계기준강도(27.0MPa/24.0MPa)의 85%를 상회하는 수준으로 현 시 점에서 시설물의 내구성에 의한 문제는 없을 것으로 판단된다. (콘크리트구조 기준 2.3.3 콘크리트의 평가와 사용승인 항목 참 고 : 85% 이상을 만족한 경우 적절한 것으로 평가)

2) 초음파 전달속도 시험

초음파 전달속도 시험은 반발경도시험을 수행한 동일부위를 선정하여 그라인딩을 실시하고 그리스 도포를 한 후, 발신자와 수신자의 측정거리를 10cm간격으로 증가시키면서 표면법에 의한 초음파 전달속도를 측정하였으며, 「시설물의 안전 및 유지관리실시 세부지침(2019.09)-초음파 전달속도의 관계」를 통해 보정계수를 적용하여 직접법 속도로 환산하였다. 본 과업에서의 초음파 전달속도 시험은 16개소(상부 8개소, 하부 8개소)를 실시하였다.

(1) 초음파 전달속도 시험결과

【표 3.4.43】 초음파법에 의한 콘크리트 강도 추정 - 상신육교(향남방향, 본선) 상부구조

시험 위치			초음파 속도 (Vd) (km/sec)	초음파법(MPa)		평균 추정 강도 (A) (MPa)	설계 기준 강도 (B) (MPa)	강도율 (A/B×100) (%)
				일 본 재료학회 (MPa)	일 본 건축학회 (MPa)			
상부 구조	1	S1-켄틸레버	4.101	29.5	25.7	27.6	27.0	102.2
	2	S2-켄틸레버	4.197	30.5	27.7	29.1		107.7
	3	S3-켄틸레버	4.265	31.2	29.1	30.1		111.6
	4	S5-켄틸레버	4.167	30.2	27.0	28.6		106.0
	5	S6-켄틸레버	4.113	29.6	25.9	27.8		102.9
	6	S8-바닥판	4.241	30.9	28.6	29.8		110.2
	7	S9-바닥판	4.160	30.1	26.9	28.5		105.6
	8	S10-켄틸레버	4.162	30.1	26.9	28.5		105.7
평균				30.3	27.2	28.8		106.5
최대(max)				31.2	29.1	30.1		-
최소(min)				29.5	25.7	27.6		-
표준편차				0.5	1.1	0.8		-
변동계수				1.6	4.0	2.8		-

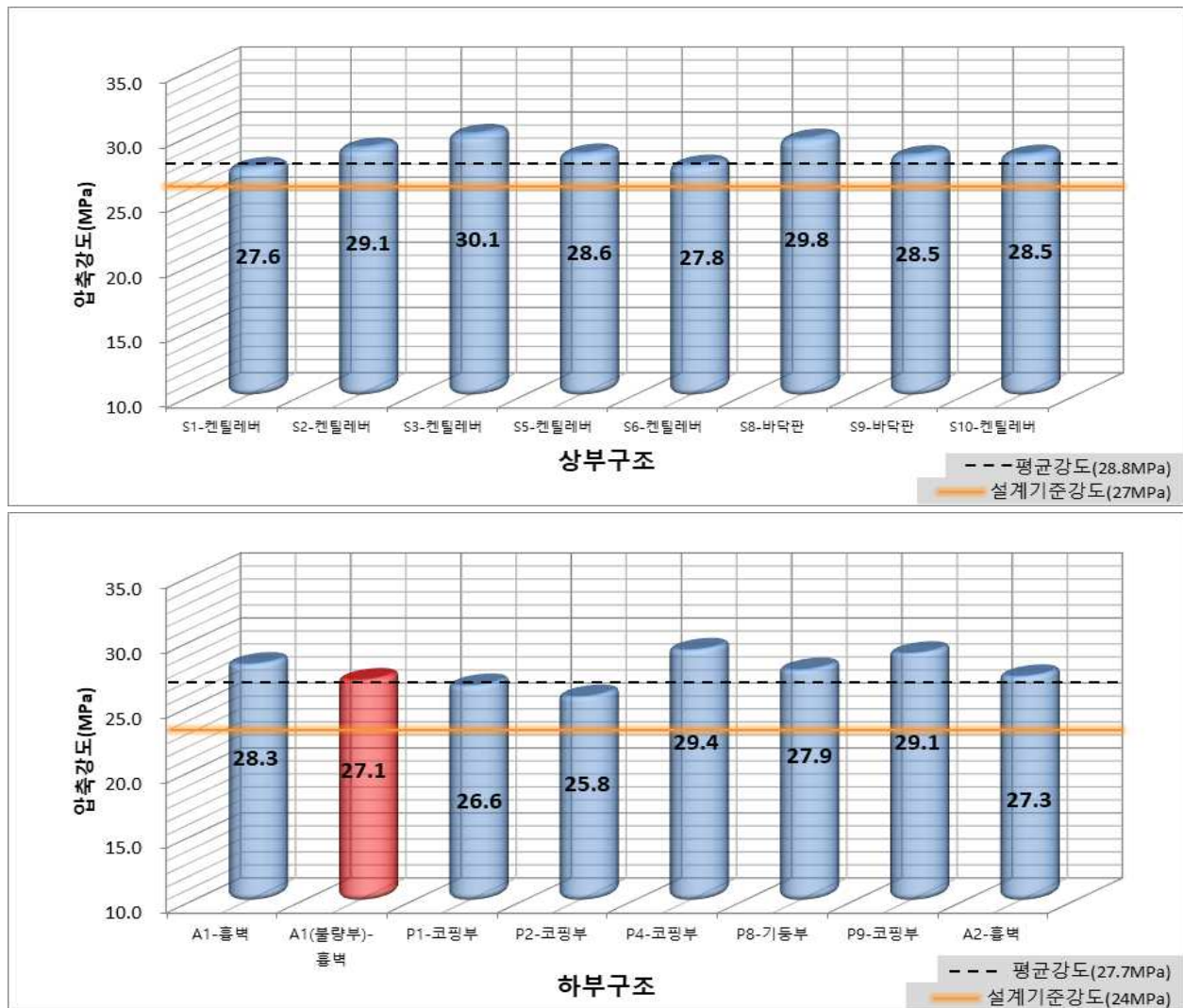
【표 3.4.44】 초음파법에 의한 콘크리트 강도 추정-상신육교(향남방향, 본선) 하부구조

시험 위치			초음파 속도 (Vd) (km/sec)	초음파법(MPa)		평균 추정 강도 (A) (MPa)	설계 기준 강도 (B) (MPa)	강도율 (A/B×100) (%)
				일 본 재료학회 (MPa)	일 본 건축학회 (MPa)			
하부 구조	1	A1-홍벽	4.146	30.0	26.6	28.3	24.0	117.9
	2	A1-홍벽(불량부)	4.068	29.2	24.9	27.1		112.8
	3	P1-코핑부	4.040	28.9	24.4	26.6		111.0
	4	P2-코핑부	3.986	28.4	23.2	25.8		107.5
	5	P4-코핑부	4.217	30.7	28.1	29.4		122.4
	6	P8-기둥부	4.119	29.7	26.0	27.9		116.1
	7	P9-코핑부	4.200	30.5	27.7	29.1		121.4
	8	A2-홍벽	4.086	29.4	25.3	27.3		113.9
평균				29.6	25.8	27.7		115.4
최대(max)				30.7	28.1	29.4		-
최소(min)				28.4	23.2	25.8		-
표준편차				0.7	1.6	1.2		-
변동계수				2.3	6.2	4.3		-

주) 보정계수는 「시설물의 안전 및 유지관리실시 세부지침(2019.09)-초음파 전달속도의 관계」로 산정



<그림 3.4.27> 상신육교(향남방향, 본선) 초음파시험 전경



<그림 3.4.28> 초음파 전달속도 시험에 의한 측정된 추정 압축강도와 설계기준 압축강도의 비교

(2) 초음파 전달속도 시험결과 분석

초음파 전달속도시험에 의한 콘크리트 품질평가 결과 초음파 속도 범위는 상부구조 4.101 ~ 4.265km/s, 하부구조 3.986 ~ 4.217km/s로 분석되었고, 이를 통한 초음파법에 따른 압축강도를 추정한 결과, 상부구조는 29.5 ~ 31.2MPa(일본재료학회)과 25.7 ~ 29.1MPa(일본건축학회)로 조사되었고, 하부구조(설계기준강도 24MPa)는 28.4 ~ 30.7MPa(일본재료학회)과 23.2 ~ 28.1MPa(일본건축학회)로 조사되었다. 일부구간에서 콘크리트 강도가 약소한 경향을 나타내고 있으나 이는 측정오차 또는 콘크리트 표면의 경미한 밀도차에 의한 측정값으로 설계기준강도(27.0MPa/24.0MPa)의 85%를 상회하며, 구조체의 추정강도 평균값은 설계기준강도 이상을 확보하고 있어 현 시점에서 시설물의 내구성에 의한 문제는 없을 것으로 판단된다.(콘크리트구조기준 2.3.3 콘크리트의 평가와 사용승인 항목 참고 : 85% 이상을 만족한 경우 적정한 것으로 평가)

(3) 기 진단결과와의 비교 분석

금회 실시한 “2021년 하반기 상신육교 정밀안전진단 용역”의 경우, 1회차 정밀안전진단이 며, 기 정밀안전점검시에도 별도 이력이 없어 비교 분석은 불가능하다. 따라서 향후에 점검 시 동일 시험에 대한 분석을 통해 비교/분석이 요구된다.

(4) 초음파 전달속도 시험 보고서

구 분	내 용
시험장소	상신육교(향남방향, 본선)
날짜	2021. 07. 14 ~ 07. 22
시간	09:00 ~ 18:00
기온	기온: 28.1℃ ~ 36.6℃
습도	32.6% ~ 70.5%
시험대상 구조물에 대한 설명이나 탐사시의 현장조건	STB 역T형 교대, T형 교각
시험위치	바닥판, 교대, 교각
콘크리트의 설계 조건	fck=27.0MPa(STB) fck=24.0MPa(교대, 교각)
초음파전달 경로와 탐촉자 위치에 대한 스케치	양호
콘크리트의 재령	재령:3000일 이상
콘크리트 내부의 함수 상태	기건 상태
장치의 종류	PUNDIT
투과거리, 시험방법 및 결과의 정확도	표면법
시험 대상 구조물 또는 표본에 대한 설명	각 시험개소별 Data sheet에 표기 (종방향, 횡방향 / 수직방향, 수평방향)
철근 간섭으로 보정된 초음파전달 속도값	-
책임기술자 의견	본 교량의 초음파전달 속도에 의한 콘크리트 강도조사 결과, 현 시점에서 시설물의 내구성에 의한 문제는 없을 것으로 판단됨.

3) 탄산화 깊이 측정

구조물의 탄산화 진행 정도는 지시약을 분무하면 알칼리성 콘크리트의 탄산화가 진행된 면에서는 색의 변화가 나타나지 않고 그 변화가 없는 정도를 곧 탄산화 진행 깊이로 판단하게 되며 드릴링을 실시하여 탄산화깊이를 측정하였다. 본 과업에서의 탄산화 깊이 측정은 상부 7개소 하부 6개소 총 13개소에서 수행하였다.

(1) 탄산화 깊이 측정결과

【표 3.4.45】 탄산화 깊이 측정결과 및 평가 - 상신육교(향남방향, 본선)

시험 위치		탄산화 깊이 (mm)	최소피복 두께(mm)	탄산화속도 계수(A)	잔존수명 예측(년)	잔여깊이 (mm)	평가 결과	비 고
상부 구조	S1-켄틸레버	8.90	52.0	2.76	100년이상	43.1	a	-
	S2-켄틸레버	12.10	54.0	3.75	100년이상	41.9	a	-
	S3-켄틸레버	13.40	54.0	4.16	100년이상	40.6	a	-
	S6-켄틸레버	9.70	52.0	3.01	100년이상	42.3	a	-
	S8-바닥판	14.50	58.0	4.50	100년이상	43.5	a	-
	S9-바닥판	11.80	53.0	3.66	100년이상	41.2	a	-
	S10-켄틸레버	12.30	60.0	3.81	100년이상	47.7	a	-
하부 구조	A1-홍벽	11.40	60.0	3.53	100년이상	48.6	a	-
	P1-코핑부	14.30	100.0	4.43	100년이상	85.7	a	-
	P2-코핑부	16.60	100.0	5.15	100년이상	83.4	a	-
	P8-기둥부	12.40	100.0	3.85	100년이상	87.6	a	-
	P9-코핑부	14.50	100.0	4.50	100년이상	85.5	a	-
	A2-홍벽	14.20	75.0	4.40	100년이상	60.8	a	-

주) 상신육교 재령 : 10.4년으로 산정

주) 탄산화 속도계수(A) = 탄산화깊이 / $\sqrt{\text{재령(년)}}$

주) 수명예측(년) = (철근피복 / 탄산화속도계수)²

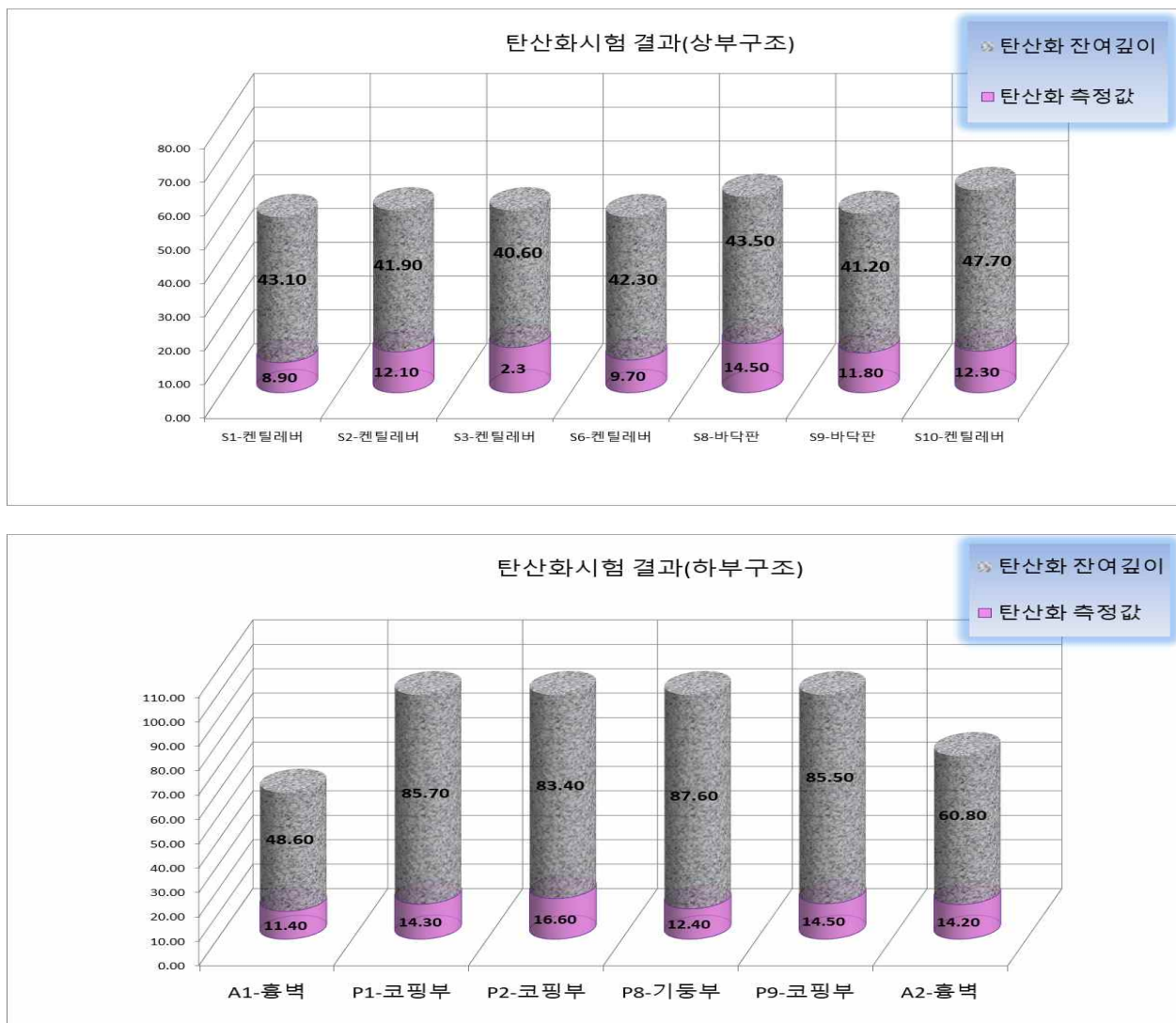
주) 잔여년수 = 수명예측년수 - 구조물 경과년수

주) 콘크리트 및 강재 비파괴시험 매뉴얼(국토안전관리원)참조

주) 시설물의 안전 및 유지관리실시 세부지침 (국토교통부, 국토안전관리원, 2019.09)참조



<그림 3.4.29> 상신육교(향남방향, 본선) 탄산화시험 전경



<그림 3.4.30> 탄산화 깊이 측정결과(탄산화 잔여깊이)-상신육교(향남방향, 본선)

(2) 탄산화 깊이 측정결과 분석

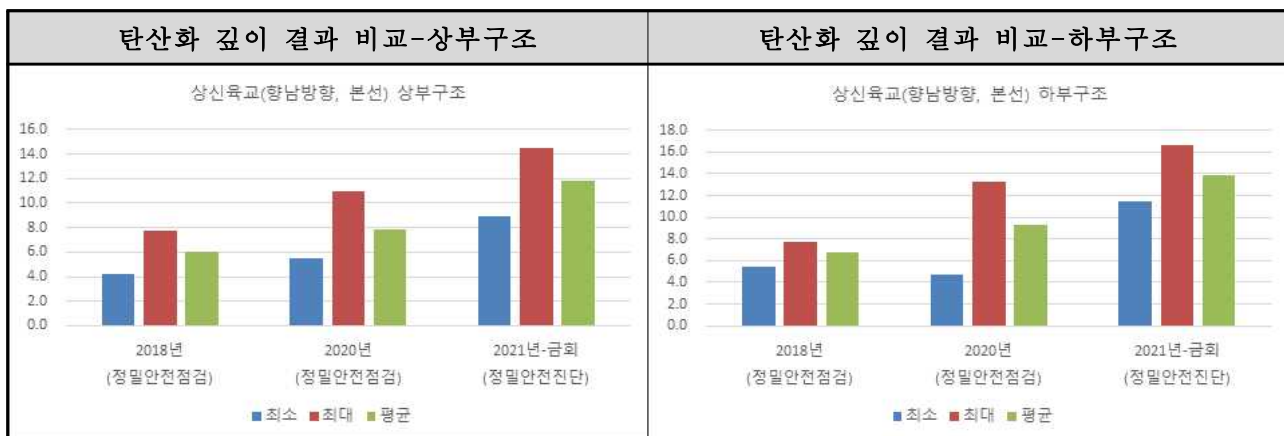
탄산화 깊이 측정결과, 탄산화 잔여깊이가 상부구조에서 40.6 ~ 47.7mm, 하부구조에서 48.6 ~ 87.6mm이며, 탄산화 속도계수는 상부구조 2.76 ~ 4.50, 하부구조 3.53 ~ 5.15로 현재와 같은 추세로 볼 때 탄산화에 따른 콘크리트의 잔존수명은 100년 이상을 확보하고 있으므로 공용 기간 동안 탄산화에 의한 철근 부식 발생 가능성은 없을 것으로 분석된다.

(3) 기 진단결과와의 비교

전차 시험자료(‘18년 정밀안전점검 보고서’),(‘20년 정밀안전점검보고서’)와 금회 진단결과에 따른 탄산화 깊이에 대하여 진전 여부를 비교/분석한 결과 전반적으로 탄산화 진행에 의한 철근부식의 영향이 적은 것으로(잔여 깊이 30mm이상) 평가되었으며, 『표 3.4.46』, 『그림 3.4.31』와 같이 측정 위치 오차를 감안할 때 탄산화의 급격한 진전 경향은 없는 것으로 판단된다. 그러나 본 시설물은 향후 예도 장기공용이 예상되는바 환경조건의 변동에 따른 탄산화 진전이 뚜렷해질 수 있으므로 차후 안전점검 시 주기적인 확인이 필요하겠다.

【표 3.4.46】 탄산화 깊이 기 진단결과와의 비교-상신육교(향남방향, 본선)

시험 위치	구분	측정결과		
		최소(mm)	최대(mm)	평균(mm)
상부 구조	2018년(정밀안전점검)	4.2	77	66.1
	2020년(정밀안전점검)	5.5	11.0	7.8
	2021년(정밀안전진단)	8.9	14.5	11.8
하부 구조	2018년(정밀안전점검)	5.4	7.7	6.8
	2020년(정밀안전점검)	4.7	13.2	9.3
	2021년(정밀안전진단)	11.4	16.6	13.9



<그림 3.4.31> 기 점검과 금회 진단 탄산화 깊이 비교 - 상신육교(향남방향, 본선)

(4) 탄산화 시험 보고서

구 분		내 용	
구조물의 명칭		상신육교(향남방향, 본선)	
구조물의 경과 연수		10.4 년	
드릴링을 행한 연월일		2021. 07. 14 ~ 07. 22	
드릴링을 행한 연월일		STB 역T형 교대, T형 교각	
사용 골재의 종류		확인되지 않음	
측정면의 종류		상부구조(바닥판)	하부구조(교대,교각)
탄산화 깊이 (mm)	측정값	8.9 ~ 14.5	11.4 ~ 16.6
	평균값	11.8	13.9
	최대값	14.5	16.6
연한 적자색으로 변색된 부분의 유무		무	무
시약		페놀프탈레인 1%용액	
측정기구		버니어 캘리퍼스	
시약 분무로부터 탄산화 깊이까지의 시간		직 후	
책임기술자 의견		피복두께에 따른 탄산화 속도계수와 잔존수명을 예측한 결과, 상태등급 a등급으로 전반적인 잔존수명은 100년 이상으로 양호한 상태임.	

4) 염화물함유량 시험

구조물에 염화물이 침투하게 되면 철근주위의 산소차단 역할을 하는 부동태막이 파손되고, 강재표면이 활성화되면 철근의 부식이 일어날 수 있으므로 철근콘크리트 구조물의 염해에 대한 평가는 매우 중요하다.

금회 진단에서는 콘크리트 라이닝에 드릴링 분말 측정은 상부 1개소 하부 4개소(표면부~철근부) 총 5개소에 대하여 시료를 채취하여 염화물함유량 시험을 실시하였다.

(1) 염화물함유량 시험결과

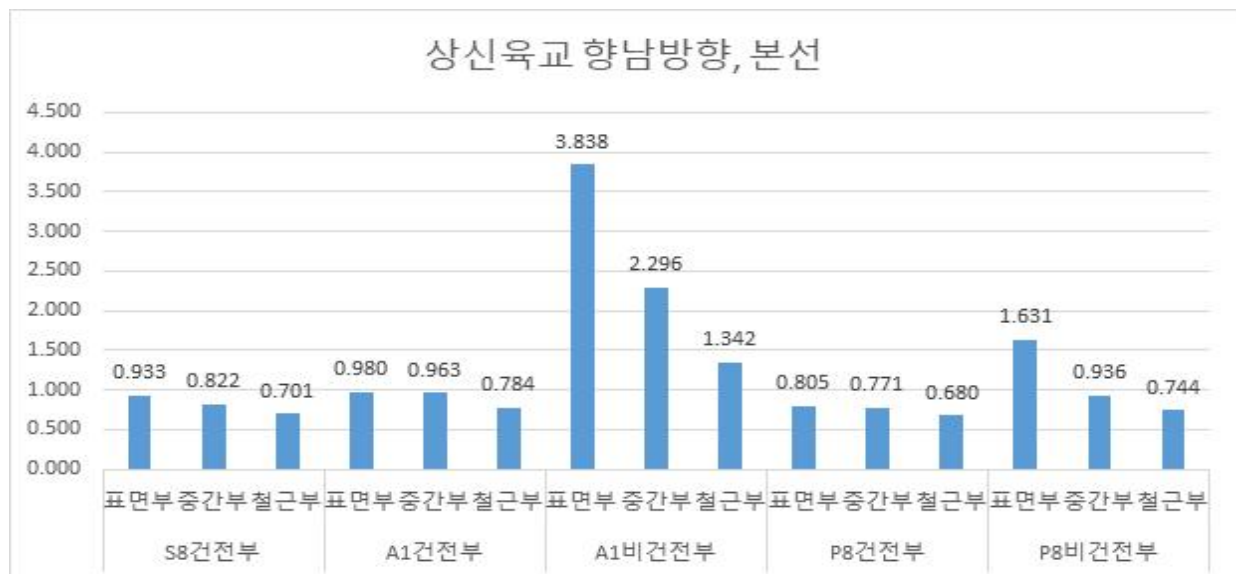
【표 3.4.47】 염화물 함유량 시험결과 - 상신육교(향남방향, 본선)

시험 위치			염화물 함유량 (kg/m ³)	등급	비고
			2021년	2021년	
상부구조	S8 - 건전부	표면부	0.933	b	-
		중간부	0.822	b	-
		철근부	0.701	b	-
하부구조	A1 - 건전부	표면부	0.980	b	-
		중간부	0.963	b	-
		철근부	0.784	b	-
	A1 - 비건전부	표면부	3.838	d	-
		중간부	2.296	c	-
		철근부	1.342	c	-
	P8 - 건전부	표면부	0.805	b	-
		중간부	0.771	b	-
		철근부	0.680	b	-
	P8 - 비건전부	표면부	1.631	c	-
		중간부	0.936	b	-
		철근부	0.744	b	-

주) 환산염화물 산출시 콘크리트의 단위중량은 2,263kg/m³ 적용: KS F 27143 : 17



<그림 3.4.32> 상신육교(향남방향, 본선) 염화물 시료 채취 진경



<그림 3.4.33> 염화물 함유량 시험결과-상신육교(향남방향, 본선)

(2) 염화물함유량 시험결과 분석

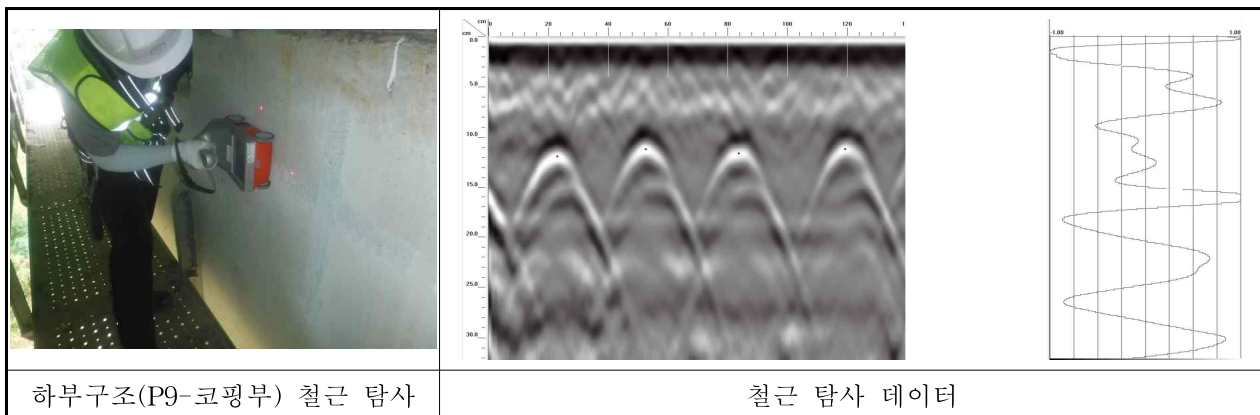
분말을 통한 염화물함유량을 확인한 결과 표면에서 염화물함유량이 가장 높고, 이후 철근 부위까지 점차 감소하는 추세로 확인되었다. 또한, 염화물함유량은 건전부 $0.680 \sim 0.980\text{kg/m}^3$, 비건전부 $0.744 \sim 3.838\text{kg/m}^3$ 로 나타나 표면열화 및 누수에 따른 비건전부위에서 염화물함유량이 건전부 보다 높게 조사되었으며, 향후 염화물에 의한 부식발생 가능성이 높은 상태인 상태평가 기준 'c'로 평가되어 신축이음부 유간 토사퇴적물 청소관리를 통한 누수 유입방지, A1교대 누수흔적구간 표면처리 및 A1구간 전체 탄산화방지 페인트 도장처리의 우선조치가 바람직하다.

(3) 염화물함유량 시험 보고서

구 분	상부구조	하부구조			
시험개소	S8-건전부	A1-건전부	A1-비건전부	P8-건전부	P8-비건전부
시료 채취 일자	2021. 07. 19 ~ 07. 22				
염화물 함유량	0.701~ 0.933kg/m ³	0.784~ 0.980kg/m ³	1.342~ 3.838kg/m ³	0.680~ 0.805kg/m ³	0.744~ 1.631kg/m ³
채취 시료	분말	분말	분말	분말	분말
채취 깊이	표면부 중간부 철근부	표면부 중간부 철근부	표면부 중간부 철근부	표면부 중간부 철근부	표면부 중간부 철근부
시험·검사방법	KS F 27143 : 17				
책임기술자 의견	상부구조 및 하부구조에 대하여 철근 피복을 고려하여 각 각 깊이별로 시료를 채취하여 국가공인기관에 의뢰하여 염화물 시험을 실시하였으며 시험결과, 일부 철근부 구간에서 염화물에 의한 부식 발생 가능성이 높은 상태로 평가됨.				

5) 철근탐사시험

철근의 피복두께가 부족할 경우에는 콘크리트의 탄산화 등에 따른 열화손상에 대한 저항성이 저하되어 내구성이 감소할 가능성이 있으며, 피복두께가 지나치게 큰 경우에는 강도감소 등을 수반할 우려가 있다. 또한 철근의 배근 간격이 설계도서와 다를 경우 구조물의 안전성에 직접적인 영향을 미치므로 내하력 저하의 원인이 된다. 철근탐사는 Structure Scan Mini 및 Proceq GPR Live를 이용하여 수행하였으며, 현장에서 조사된 철근의 배근간격과 피복두께 탐사결과는 부재별 시공상태의 평가, 구조해석을 위한 단면특성 파악 및 내구수명 도출에 적용하였다. 본 과업에서의 철근탐사시험은 반발경도법 및 초음파 전달속도 시험을 실시한 동일 위치에서 상부 8개소 하부 8개소 총 16개소에서 수행하였다.



<그림 3.4.34> 철근탐사 현황 - 상신육교(향남방향, 본선)

(1) 철근탐사 시험결과

【표 3.4.48】 철근탐사 결과 - 상신육교(향남방향, 본선) 상부구조

위치		철근종류	측정결과(mm)		설계값(mm)	
			피복두께	배근간격	피복두께	배근간격
상부 구조	S1 - 켄틸레버	주철근	52~53	135~168	50	148
		배력철근	71~83	164~196	50	200
	S2 - 켄틸레버	주철근	53~56	133~172	50	148
		배력철근	74~84	93~104	50	100
	S3 - 켄틸레버	주철근	50~56	145~155	50	148
		배력철근	66~71	124~187	50	200
	S5 - 켄틸레버	주철근	63~70	128~170	40	148
		배력철근	84~93	104~116	40	100
	S6 - 켄틸레버	주철근	50~53	149~163	40	148
		배력철근	77~82	196~212	40	200
	S8 - 바닥판	주철근	47~67	119~173	40	148
		배력철근	55~62	99~105	40	100

위치		철근종류	측정결과(mm)		설계값(mm)	
			피복두께	배근간격	피복두께	배근간격
상부 구조	S9 - 바닥판	주철근	48~58	143~163	50	148
		배력철근	31~68	183~200	50	200
	S10 - 캔틸레버	주철근	60~67	110~196	50	148
		배력철근	102~116	90~109	50	100

【표 3.4.49】 철근탐사 결과 - 상신육교(향남방향, 본선) 하부구조

위치		철근종류	측정결과(mm)		설계값(mm)	
			피복두께	배근간격	피복두께	배근간격
하부 구조	A1-홍벽	수직철근	60~63	120~153	80	150
		수평철근	88~93	129~164	80	150
	P1-코핑부	수직철근	119~125	147~164	100	150
		수평철근	149~163	96~157	100	150
	P2-코핑부	수직철근	108~139	150~175	100	150
		수평철근	103~116	172~226	100	300
	P4-코핑부	수직철근	114~123	129~176	100	150
		수평철근	152~161	140~193	100	150
	P6-기둥부	수직철근	80~86	100~113	100	150
		수평철근	87~98	151~186	100	150
	P8-기둥부	수직철근	100~113	114~177	100	150
		수평철근	95~101	138~155	100	150
	P9-코핑부	수직철근	112~120	293~349	100	300
		수평철근	118~121	100~163	100	150
	A2-홍벽	수직철근	75~79	237~264	80	300
		수평철근	89~104	146~149	80	150

(2) 철근탐사 시험결과 분석

Structure Scan Mini(철근탐사기) 및 Proceq GPR Live를 사용하여 철근의 배근간격과 피복을 확인하였으며, 조사결과 철근의 배근간격은 설계도서와 비교할 때 전반적으로 설계치와 부합되어 단위m당 철근량을 확보하고 있는 것으로 분석되므로 구조물의 기능유지에는 문제가 없을 것으로 판단된다. 또한, 철근피복두께와 설계피복두께를 비교 검토한 결과 시공오차 및 급회 측정오차를 감안할 때 현시점에서 피복부족으로 인한 구조적 문제와 내구성 저하 영향은 없을 것으로 판단된다.

(3) 철근탐사 시험보고서

구 분	내 용
시험장소	상신육교(향남방향, 본선)
날짜	2021. 07. 14 ~ 07. 22
시간	09:00 ~ 18:00
기온	기온: 28.1℃ ~ 36.6℃
습도	32.6% ~ 70.5%
시험대상 구조물에 대한 설명이나 탐사시의 현장조건	STB 역T형 교대, T형 교각
시험위치	바닥판, 교대, 교각
시험한계(잡음의 원인, 장애물 등)	양호
시험 대상 면에서의 안테나 횡단 위치, 작동방향 및 방위	각 시험개소별 Data sheet에 표기 (종방향, 횡방향 / 수직방향, 수평방향)
정밀도	양호
시험한 철근의 배근상태에 대한 그림	부록 참조
참고문헌	콘크리트 강재 비파괴시험 평가 검증방안연구 (한국산업인력관리공단)
책임기술자 의견	철근 배근상태는 전반적으로 설계치와 부합되어 단위m당 철근량을 확보하고 있는 것으로 분석됨, 시험위치에서 피복부족으로 인한 손상은 없는 것으로 분석되므로 구조물의 기능유지에는 문제가 없을 것으로 판단됨.

6) 균열깊이 조사

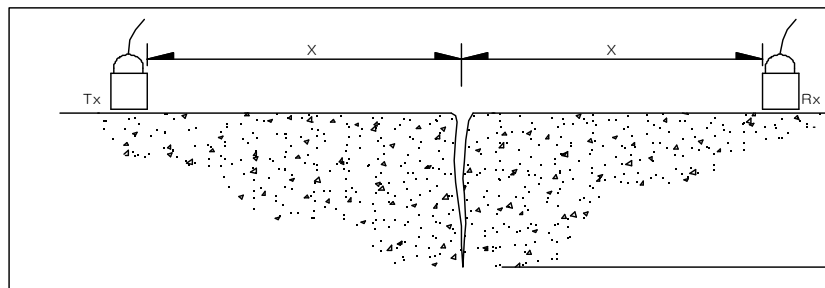
콘크리트 구조물의 균열깊이를 조사하는 방법에는 균열부위를 떼어내어 확인하는 방법, Core Boring을 실시하는 방법, 초음파 전파속도를 이용하는 방법 등이 있으며, 본 과업에서는 비파괴 시험장비인 Pundit로 초음파 전파속도를 이용하여 조사하였다.

균열깊이 측정방법 중 BS법과 Tc-To법, T법, 위상변화를 이용하는 방법이 있으며, 다음과 같다.

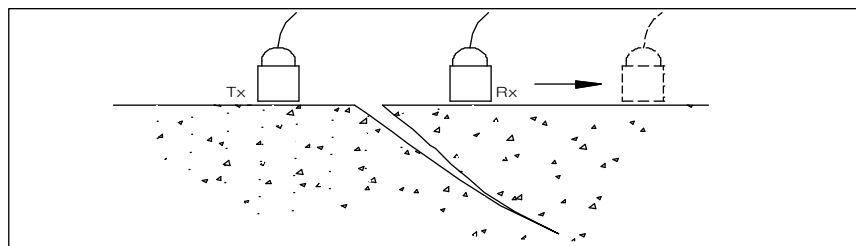
가. BS(British Standard)법

발진자와 수신자의 위치를 달리하는 두 개의 배치방법으로 균열주위를 우회하는 전달시간을 측정함으로써 콘크리트 표면에 발생한 균열의 내부깊이를 추정할 수 있다. 발진자와 수신자는 균열을 중심으로 등거리 x 만큼 떨어져서 배치된다. 두 개의 x 값을 선택하여 각각 전달시간을 측정한다. 일반적으로 사용되는 x 값은 150mm와 300mm이다.

※ 표면과 직각방향의 균열



※경사진 방향으로 발생한 균열



표면균열의 깊이 C 는 측정된 전달시간을 이용하여 다음과 같이 구할 수 있다.

$$C = \frac{150 \sqrt{4(t_1)^2 - (t_2)^2}}{(t_2)^2 - (t_1)^2}$$

여기서, C = 표면균열의 깊이(mm)

t_1 = x 가 150mm일 때의 전달시간(μ s)

t_2 = x 가 300mm일 때의 전달시간(μ s)

위에 식은 균열이 표면과 직각방향으로 발생하였고, 균열주위의 콘크리트가 비교적 균질하다는 가정 하에 유도된 식이다.

균열이 표면과 직각방향으로 발생하였는지, 혹은 경사진 방향으로 발생하였는지를 확인하는 방법은 다음과 같다. 발진자와 수신자를 균열 가까이에 배치한 다음, 수신자의 위치를 균열주위에서 점점 멀리하면서 전달시간을 측정한다. 전달시간이 감소하는 경우가 발생되면 균열은 경사진 방향으로 발생된 것이다.

나. T_c - T_o 법

발진자와 수신자를 균열의 개구부 중심으로 등간격 $L/2$ 로 배치했을 때 균열주위를 우회하는 초음파의 전달시간 T_c 와 균열이 없는 부분에서의 발진자와 수신자의 거리 L 에서의 전달시간 T_o 로부터 다음과 같은 식을 이용하여 표면 균열의 깊이를 추정한다.

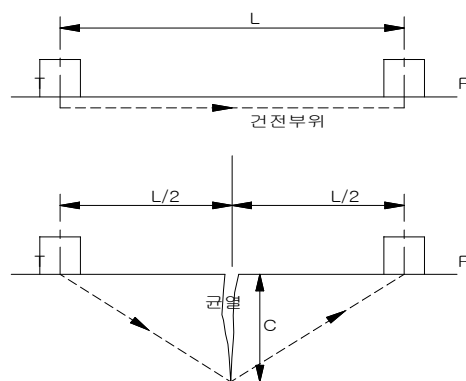
$$\text{균열깊이}(C) = \frac{L}{2} \sqrt{\left(\frac{T_c}{T_o}\right)^2 - 1}$$

여기서, C = 표면균열의 깊이(mm)

L = 발진자와 수신자 사이의 거리(mm)

T_c = 균열주위의 전달시간(μs)

T_o = 균열이 없는 부위의 전달시간(μs)



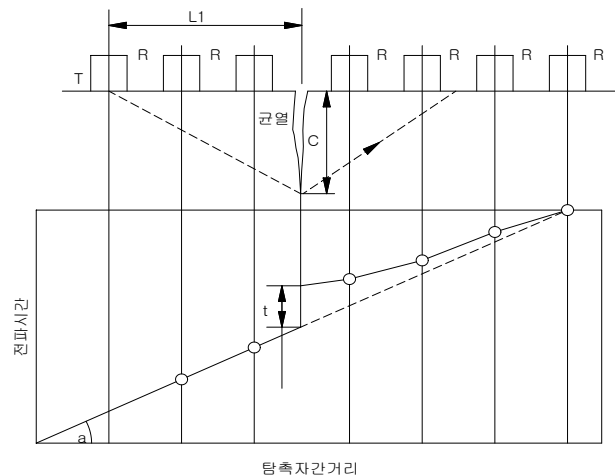
다. T법

발진자를 고정하고, 수신자를 일정 간격으로 이동시킬 때 전달거리와 전달시간을 그래프로 나타내고, 이 관계로부터 균열위치에서의 불연속 시간 t 를 그래프 상에서 구한다. 다음의 공식을 이용하여 표면 균열의 깊이를 추정할 수 있다.

$$C = \frac{t \cos \alpha (t \cos \alpha + 2L_1)}{2(t \cos \alpha + L_1)}$$

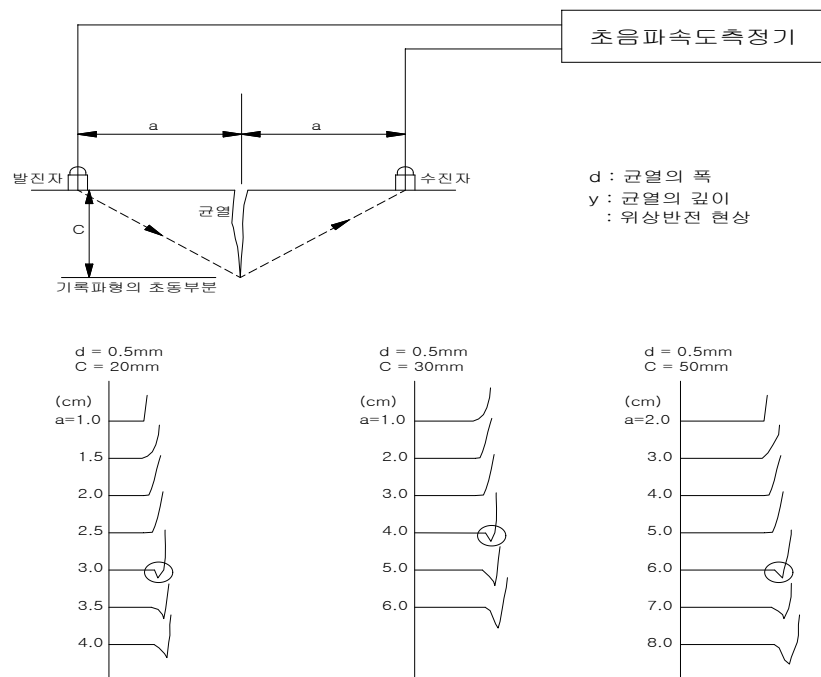
여기서, C = 표면균열의 깊이(mm)

t = 불연속 시간(sec)



라. 위상변화를 이용하는 방법

측정방법은 $T_c - T_o$ 법과 동일하며, 균열의 개구부를 중심으로 발진자와 수신자 사이의 거리를 변화시킨다. 거리 a 가 표면균열의 깊이 C 보다 짧은 거리에 있으면 수신자에 감지된 초음파의 초기기록 파형이 상향으로 올라가며, a 가 표면균열의 깊이 C 를 넘게 되면 초기 기록 파형이 하향을 나타낸다. 따라서 초기 기록 파형의 위상이 변화하는 경계 a 를 구하면, 그 때의 a 를 균열의 깊이 C 로 추정할 수 있다.



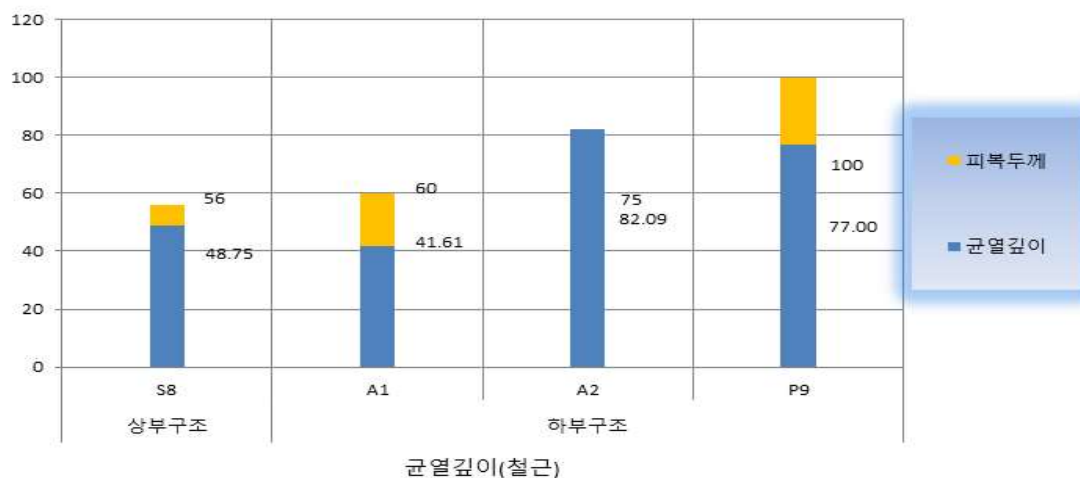
(1) 균열깊이 조사결과

【표 3.4.50】 균열깊이 조사결과 - 상신육교(향남방향, 본선)

위치		초음파전달시간 ($\times 10^{-6}$ sec)		손상방향	손상 물량	전달 거리	균열 깊이	피복 두께	잔여 깊이
철근구간		건전부 (To)	비건전 부(Tc)		폭 / 길이	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
상부 구조	S8	23.7	33.1	횡	0.2 / 0.6	100	48.75	56	7.25
하부 구조	A1	21.6	28.1	횡	0.2 / 1.0	100	41.61	60	18.39
	A2	21.9	42.1	횡	0.3 / 2.5	100	82.09	75	-
	P9	23.2	42.6	횡	0.2 / 0.5	100	77.00	100	23.00



<그림 3.4.35> 상신육교(향남방향, 본선) 균열깊이 조사 전경



<그림 3.4.36> 균열깊이 조사 현황 - 상신육교(향남방향, 본선)

(2) 균열깊이 측정결과 분석

$T_c - T_o$ 법을 사용하여 건전부의 전달시간을 측정한 후, 균열부에서 대칭으로 전달시간을 측정하여 균열의 깊이를 계산하였다. 금회 점검 시 보다 높은 신뢰성을 얻고자 터널 내 전반적인 자료를 분석하기 위하여 철근구간과 무근구간을 포함한 균열 손상 중 균열 심도를 조사할 필요성이 있는 부위 4개소를 선정하여 균열깊이를 측정하였다.

금회 조사결과 철근구간의 균열깊이는 41.61~82.09mm(평균 62.36mm)로 조사되었으며, 현재 균열폭 0.3mm이상의 경우 관통한 상태로 조사되었다. 장기간 방치 시 손상 진행의 가능성이 있으므로 0.3mm미만의 균열은 표면처리보수를 실시하고, 0.3mm이상의 균열은 주입보수를 실시하여 균열의 진행을 차단하는 것이 바람직하다.

(3) 기 진단결과와의 비교 분석

금회 실시한 “2021년 하반기 상신육교 정밀안전진단 용역”의 경우, 1회차 정밀안전진단이 며, 기 정밀안전점검시에도 별도 이력이 없어 비교 분석은 불가능하다. 따라서 향후에 점검 시 동일 시험에 대한 분석을 통해 비교/분석이 요구된다.

라. 상신육교(향남방향, 램프)

1) 반발경도시험

반발경도 측정은 콘크리트 표면의 요철, 부착물, 분말 등을 그라인딩으로 제거하고 실시하였으며 표면에 곰보, 공극, 노출된 자갈 등이 있는 부위들은 측정위치에서 제외했다. 또한, 반발경도 값은 각 측정부재에 따라 타격방향, 재령 등에 의한 보정을 한 후 바닥판과 하부구조의 경우 일본재료학회와 일본건축학회(CNDT 소위원회)의 강도 계산식을 사용하여 압축강도를 산정하였으며, 본 과업에서의 반발경도법 시험은 4개소(상부 1개소, 하부3개소)를 실시하였다.

(1) 반발경도법 시험결과

【표 3.4.51】 반발경도법에 의한 콘크리트 강도 추정 - 상신육교(향남방향, 램프) 상부구조

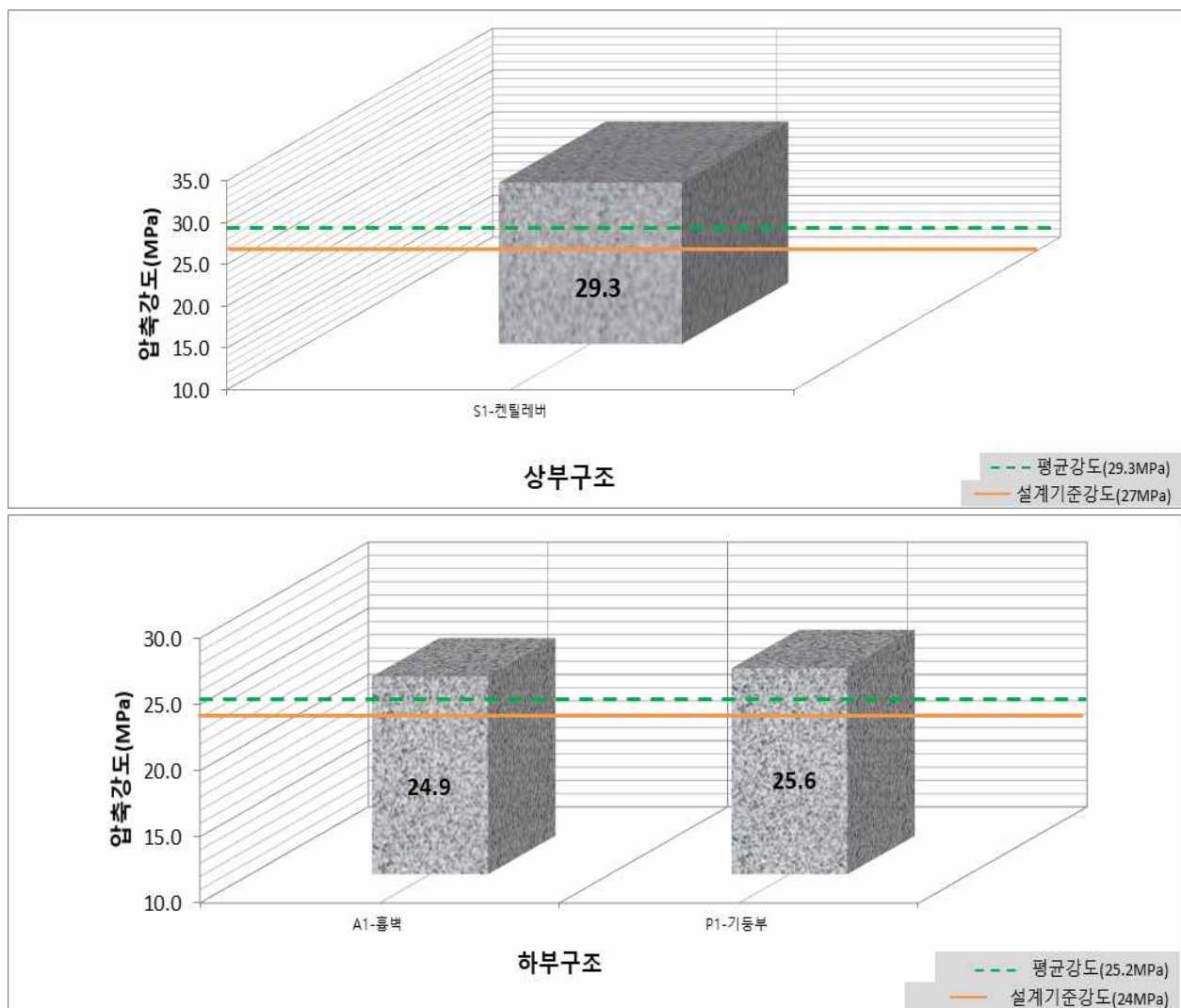
시험 위치			반발 경도 (R_o)	반발경도법(MPa)			설계 기준 강도 (B) (MPa)	강도율 (A/B×100) (%)
				일 본 재료학회 (MPa)	일 본 건축학회 (MPa)	평균 추정 강도(A) (MPa)		
상부 구조	1	S1-켄틸레버	55.0	29.5	29.2	29.3	27.0	108.5

【표 3.4.52】 반발경도법에 의한 콘크리트 강도 추정 - 상신육교(향남방향, 램프) 하부구조

시험 위치			반발 경도 (R_o)	반발경도법(MPa)		평균 추정 강도 (A) (MPa)	설계 기준 강도 (B) (MPa)	강도율 (A/B×100) (%)
				일 본 재료학회 (MPa)	일 본 건축학회 (MPa)			
하부 구조	1	A1-홍벽	44.0	23.9	26.0	24.9	24.0	103.8
	3	P1-기둥부	45.0	24.7	26.5	25.6		106.7
	평균			24.3	26.3	25.3		105.3
	최대(max)			24.7	26.5	25.6		-
	최소(min)			23.9	26.0	24.9		-
	표준편차			0.5	0.3	0.4		-
	변동계수			2.0	1.1	1.6		-

【표 3.4.53】 반발경도법에 의한 콘크리트 강도 추정 결과 - 상신육교(향남방향, 램프)

구 분	부 재	반발 경도 (R_o)	반발경도법(MPa)		평균 추정 강도 (MPa)	설계 기준 강도 (MPa)	비 고
			일 본 재료학회 (MPa)	일 본 건축학회 (MPa)			
상신육교 (향남방향, 램프)	상부구조	55.0	29.5	29.2	29.3	27.0	-
	하부구조	44.0~45.0	23.9~24.7	26.0~26.5	24.9~25.6	24.0	-



<그림 3.4.37> 반발경도법에 의한 측정된 추정 압축강도와 설계기준 압축강도의 비교

(2) 반발경도법 시험결과 분석

반발경도법을 사용하여 압축강도를 추정한 결과, 상부구조는 29.5MPa(일본재료학회)과 29.2MPa(일본건축학회)로 조사되었고, 하부구조(교대, 교각)는 23.9 ~ 24.7MPa(일본재료학회)과 26.0 ~ 26.5MPa(일본건축학회)로 조사되었다. 일부구간에서 콘크리트 강도가 약소한 경향을 나타내고 있으나 이는 측정오차 또는 콘크리트 표면의 경미한 밀도차에 의한 측정값으로 설계기준강도(27.0MPa/24.0MPa)의 85%를 상회하며, 구조체의 추정강도 평균값은 설계기준강도 이상을 확보하고 있어 현 시점에서 시설물의 내구성에 의한 문제는 없을 것으로 판단된다.(콘크리트구조 기준 2.3.3 콘크리트의 평가와 사용승인 항목 참고 : 85% 이상을 만족한 경우 적정한 것으로 평가)

또한, 콘크리트의 건전부와 비건전부를 구분하여 강도조사를 실시한 결과 건전부에 비하여 비건전부에서 강도가 작게 측정되었으나, 모두 설계기준 강도 이상을 상회하고 있는 수준임에 따라 강도에 따른 내구성 문제는 없을 것으로 판단된다.

(3) 기 진단결과와의 비교 분석

전차 시험자료(‘20년 정밀안전점검 보고서’)와 금회 진단과의 반발경도법에 의한 압축강도 값을 비교/분석한 결과 『표 3.4.54』와 같이 측정오차를 감안 할 때 상부구조에서 급격한 강도 저하를 나타내는 이상 경향은 확인되지 않았다. 그러나 하부구조의 경우 강도값이 감소하였는데, 이는 20년 정밀점검시 측정 위치가 A1 구체인 점을 고려하여 측정 위치에 따른 차이로 현 시점에서 강도저하에 따른 내구성 문제는 없을 것으로 판단된다.

【표 3.4.54】 반발경도조사 기 진단결과와의 비교 - 상신육교(향남방향, 램프)

구분	측정결과(MPa)	
	2020년(정밀안전점검)	2021년(정밀안전진단)
상부구조	28.5	29.3
하부구조	26.2	25.3

(4) 반발경도 시험보고

구 분	내 용
시험장소	상신육교(향남방향, 램프)
날짜	2021. 07. 14 ~ 07. 22
시간	09:00 ~ 18:00
기온	기온: 28.1℃ ~ 36.6℃
습도	32.6% ~ 70.5%
시험대상 구조물에 대한 설명이나 탐사시의 현장조건	STB 역T형 교대, T형 교각
시험위치	바닥판, 교대, 교각
콘크리트의 설계 조건	fck=27.0MPa(STB) fck=24.0MPa(교대, 교각)
시험 위치의 표면 상태	양호
콘크리트의 재령	재령:3000일 이상
콘크리트 내부 함수 상태	기건 상태
반발경도측정기의 종류	Schmidt hammer
반발경도측정기의 타격 방향	90°(바닥판) 0°(교대·교각)
시험 대상 구조물 또는 표본에 대한 설명	각 시험개소별 Data Sheet에 표기
책임기술자 의견	일부구간에서 콘크리트 강도가 약소한 경향을 나타내고 있으나 설계기준강도(27.0MPa/24.0MPa)의 85%를 상회하는 수준으로 현 시 점에서 시설물의 내구성에 의한 문제는 없을 것으로 판단된다. (콘크리트구조 기준 2.3.3 콘크리트의 평가와 사용승인 항목 참고 : 85% 이상을 만족한 경우 적정한 것으로 평가)

2) 초음파 전달속도 시험

초음파 전달속도 시험은 반발경도시험을 수행한 동일부위를 선정하여 그라인딩을 실시하고 그리스 도포를 한 후, 발신자와 수신자의 측정거리를 10cm간격으로 증가시키면서 표면법에 의한 초음파 전달속도를 측정하였으며, 「시설물의 안전 및 유지관리실시 세부지침(2019.09)-초음파 전달속도의 관계」를 통해 보정계수를 적용하여 직접법 속도로 환산하였다.

(1) 초음파 전달속도 시험결과

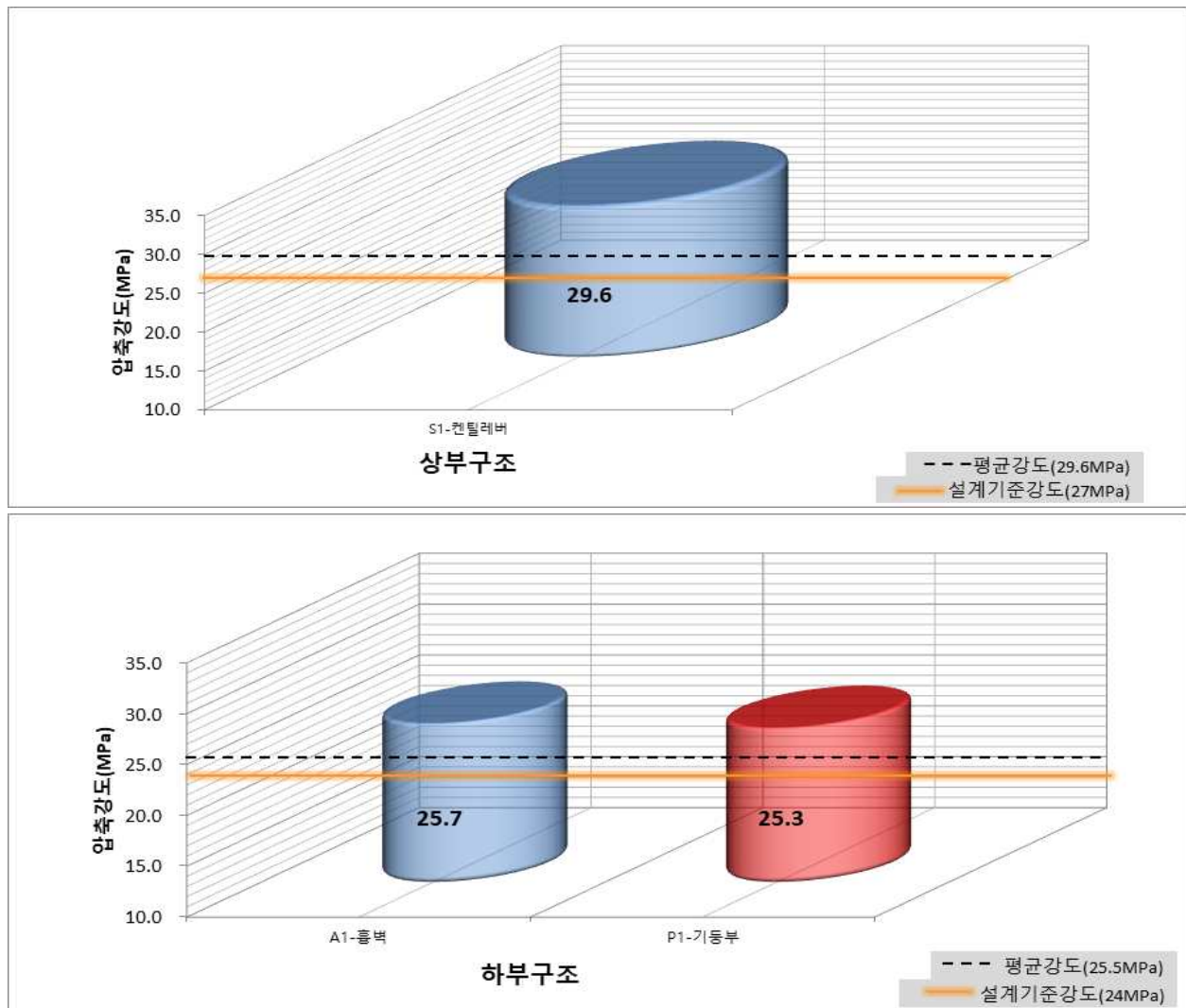
【표 3.4.55】 초음파법에 의한 콘크리트 강도 추정 - 상신육교(향남방향, 램프) 상부구조

시험 위치			초음파 속도 (Vd) (km/sec)	초음파법(MPa)		평균 추정 강도 (A) (MPa)	설계 기준 강도 (B) (MPa)	강도율 (A/B×100) (%)
				일 본 재료학회 (MPa)	일 본 건축학회 (MPa)			
상부 구조	1	S1-켄틸레버	4.228	30.8	28.3	29.6	27.0	109.5

【표 3.4.56】 초음파법에 의한 콘크리트 강도 추정-상신육교(향남방향, 램프) 하부구조

시험 위치			초음파 속도 (Vd) (km/sec)	초음파법(MPa)		평균 추정 강도 (A) (MPa)	설계 기준 강도 (B) (MPa)	강도율 (A/B×100) (%)
				일 본 재료학회 (MPa)	일 본 건축학회 (MPa)			
하부 구조	1	A1-홍벽	3.983	28.3	23.2	25.7	24.0	107.3
	2	P1-기둥부	3.955	28.1	22.6	25.3		105.5
평균				28.2	22.9	25.5		106.4
최대(max)				28.3	23.2	25.7		-
최소(min)				28.1	22.6	25.3		-
표준편차				0.1	0.4	0.3		-
변동계수				0.3	1.7	1.0		-

주) 보정계수는 「시설물의 안전 및 유지관리실시 세부지침(2019.09)-초음파 전달속도의 관계」로 산정



<그림 3.4.38> 초음파 전달속도 시험에 의한 측정된 추정 압축강도와 설계기준 압축강도의 비교

(2) 초음파 전달속도 시험결과 분석

초음파 전달속도시험에 의한 콘크리트 품질평가 결과 초음파 속도 범위는 상부구조 4.228km/s, 하부구조 3.983 ~ 3.955km/s로 분석되었고, 이를 통한 초음파법에 따른 압축강도를 추정한 결과, 상부구조는 30.8MPa(일본재료학회)과 28.3MPa(일본건축학회)로 조사되었고, 하부구조(설계기준강도 24MPa)는 28.1 ~ 28.3MPa(일본재료학회)과 22.6 ~ 23.2MPa(일본건축학회)로 조사되었다. 일부구간에서 콘크리트 강도가 약소한 경향을 나타내고 있으나 이는 측정오차 또는 콘크리트 표면의 경미한 밀도차에 의한 측정값으로 설계기준강도(27.0MPa/24.0MPa)의 85%를 상회하며, 구조체의 추정강도 평균값은 설계기준강도 이상을 확보하고 있어 현 시점에서 시설물의 내구성에 의한 문제는 없을 것으로 판단된다.(콘크리트구조 기준 2.3.3 콘크리트의 평가와 사용승인 항목 참고 : 85% 이상을 만족한 경우 적정한 것으로 평가)

(3) 기 진단결과와의 비교 분석

금회 실시한 “2021년 하반기 상신육교 정밀안전진단 용역”의 경우, 1회차 정밀안전진단이 며, 기 정밀안전점검시에도 별도 이력이 없어 비교 분석은 불가능하다. 따라서 향후에 점검 시 동일 시험에 대한 분석을 통해 비교/분석이 요구된다.

(4) 초음파 전달속도 시험 보고서

구 분	내 용
시험장소	상신육교(향남방향, 램프)
날짜	2021. 07. 14 ~ 07. 22
시간	09:00 ~ 18:00
기온	기온: 28.1℃ ~ 36.6℃
습도	32.6% ~ 70.5%
시험대상 구조물에 대한 설명이나 탐사시의 현장조건	STB 역T형 교대, T형 교각
시험위치	바닥판, 교대, 교각
콘크리트의 설계 조건	fck=27.0MPa(STB) fck=24.0MPa(교대, 교각)
초음파전달 경로와 탐촉자 위치에 대한 스케치	양호
콘크리트의 재령	재령:3000일 이상
콘크리트 내부의 함수 상태	기건 상태
장치의 종류	PUNDIT
투과거리, 시험방법 및 결과의 정확도	표면법
시험 대상 구조물 또는 표본에 대한 설명	각 시험개소별 Data sheet에 표기 (종방향, 횡방향 / 수직방향, 수평방향)
철근 간섭으로 보정된 초음파전달 속도값	-
책임기술자 의견	본 교량의 초음파전달 속도에 의한 콘크리트 강도조사 결과, 현 시점에서 시설물의 내구성에 의한 문제는 없을 것으로 판단됨.

3) 탄산화 깊이 측정

구조물의 탄산화 진행 정도는 지시약을 분무하면 알칼리성 콘크리트의 탄산화가 진행된 면에서는 색의 변화가 나타나지 않고 그 변화가 없는 정도를 곧 탄산화 진행 깊이로 판단하게 되며 드릴링을 실시하여 탄산화깊이를 측정하였다. 본 과업에서의 탄산화 깊이 측정은 상부 2개소 하부 2개소 총 4개소에서 수행하였다.

(1) 탄산화 깊이 측정결과

【표 3.4.57】 탄산화 깊이 측정결과 및 평가 - 상신육교(향남방향, 램프)

시험 위치		탄산화 깊이 (mm)	최소피복 두께(mm)	탄산화속도 계수(A)	잔존수명 예측(년)	잔여깊이 (mm)	평가 결과	비 고
상부 구조	S1-켄틸레버	12.30	65.00	3.81	100년이상	52.70	a	-
	S1-켄틸레버	7.20	66.00	2.23	100년이상	58.80	a	-
하부 구조	A1-홍벽	12.00	75.00	3.72	100년이상	63.00	a	-
	P1-기둥부	9.60	65.00	2.98	100년이상	55.40	a	-

주) 상신육교 재령 : 10.4년으로 산정

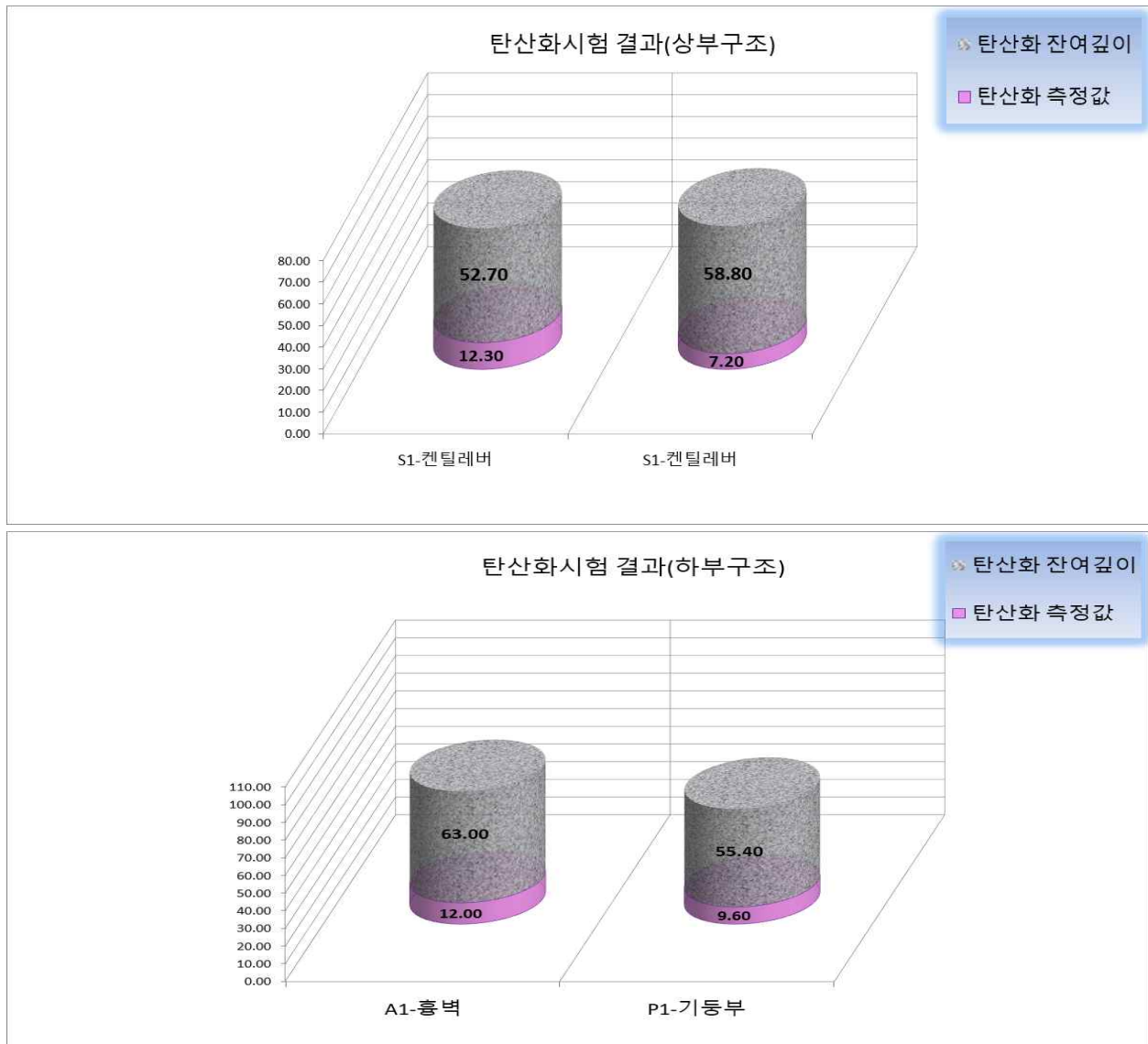
주) 탄산화 속도계수(A) = 탄산화깊이 / $\sqrt{\text{재령(년)}}$

주) 수명예측(년) = (철근피복 / 탄산화속도계수)²

주) 잔여년수 = 수명예측년수 - 구조물 경과년수

주) 콘크리트 및 강재 비파괴시험 매뉴얼(국토안전관리원)참조

주) 시설물의 안전 및 유지관리실시 세부지침 (국토교통부, 국토안전관리원, 2019.09)참조



<그림 3.4.39> 탄산화 깊이 측정결과(탄산화 잔여깊이)-상신육교(향남방향, 램프)

(2) 탄산화 깊이 측정결과 분석

탄산화 깊이 측정결과, 탄산화 잔여깊이가 상부구조에서 52.70 ~ 58.80mm, 하부구조에서 55.40 ~ 63.00mm이며, 탄산화 속도계수는 상부구조 2.23 ~ 3.81, 하부구조 2.98 ~ 3.72로 현재와 같은 추세로 볼 때 탄산화에 따른 콘크리트의 잔존수명은 100년 이상을 확보하고 있으므로 공용기간 동안 탄산화에 의한 철근 부식 발생 가능성은 없을 것으로 분석된다.

(3) 기 진단결과와의 비교

전차 시험자료(‘18년 정밀안전점검 보고서’),(‘20년 정밀안전점검보고서’)와 금회 진단결과에 따른 탄산화 깊이에 대하여 진전 여부를 비교/분석한 결과 전반적으로 탄산화 진행에 의한 철근부식의 영향이 적은 것으로(잔여 깊이 30mm이상) 평가되었으며, 『표 3.4.58』와 같이 측정 위치 오차를 감안할 때 탄산화의 급격한 진전 경향은 없는 것으로 판단된다. 그러나 본 시설물은 향후 예도 장기공용이 예상되는바 환경조건의 변동에 따른 탄산화 진전이 뚜렷해질 수 있으므로 차후 안전점검 시 주기적인 확인이 필요하겠다.

【표 3.4.58】 탄산화 깊이 기 진단결과와의 비교-상신육교(향남방향, 램프)

구분	측정결과(mm)	
	2020년(정밀안전점검)	2021년(정밀안전진단)
상부구조	7.30	9.75
하부구조	8.80	10.80

(4) 탄산화 시험 보고서

구 분		내 용	
구조물의 명칭		상신육교(향남방향, 램프)	
구조물의 경과 연수		10.4 년	
드릴링을 행한 연월일		2021. 07. 14 ~ 07. 22	
드릴링을 행한 연월일		STB 역T형 교대, T형 교각	
사용 골재의 종류		확인되지 않음	
측정면의 종류		상부구조(바닥판)	하부구조(교대,교각)
탄산화 깊이 (mm)	측정값	7.20 ~ 12.30	9.60 ~ 12.00
	평균값	9.75	10.80
	최대값	12.30	12.00
연한 적자색으로 변색된 부분의 유무		무	무
시약		페놀프탈레인 1%용액	
측정기구		버니어 캘리퍼스	
시약 분무로부터탄산화 깊이까지의 시간		직 후	
책임기술자 의견		피복두께에 따른 탄산화 속도계수와 잔존수명을 예측한 결과, 상태등급 a등급으로 전반적인 잔존수명은 100년 이상으로 양호한 상태임.	

4) 염화물함유량 시험

구조물에 염화물이 침투하게 되면 철근주위의 산소차단 역할을 하는 부동태막이 파손되고, 강재표면이 활성화되면 철근의 부식이 일어날 수 있으므로 철근콘크리트 구조물의 염해에 대한 평가는 매우 중요하다.

금회 진단에서는 콘크리트 라이닝에 드릴링 분말 측정은 상부 1개소 하부 2개소(표면부~철근부) 총 3개소에 대하여 시료를 채취하여 염화물함유량 시험을 실시하였다.

(1) 염화물함유량 시험결과

【표 3.4.59】 염화물 함유량 시험결과-상신육교(향남방향, 램프)

시험 위치			염화물 함유량 (kg/m ³)	등급	비고
			2021년	2021년	
상부구조	S1 - 건전부	표면부	0.804	b	-
		중간부	0.743	b	-
		철근부	0.712	b	-
하부구조	A1 - 건전부	표면부	1.039	b	-
		중간부	0.806	b	-
		철근부	0.701	b	-
	A1 - 비건전부	표면부	0.811	b	-
		중간부	0.785	b	-
		철근부	0.736	b	-

주) 환산염화물 산출시 콘크리트의 단위중량은 2,263kg/m³ 적용: KS F 27143 : 17



<그림 3.4.40> 염화물 함유량 시험결과 - 상신육교(향남방향, 램프)

(2) 염화물함유량 시험결과 분석

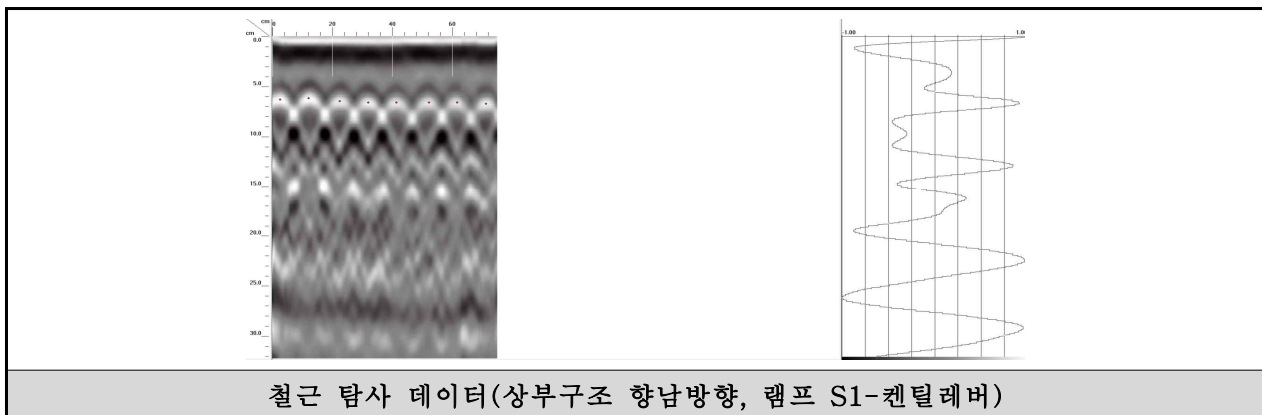
분말을 통한 염화물함유량을 확인한 결과 표면에서 염화물함유량이 가장 높고, 이후 철근 부위까지 점차 감소하는 추세로 확인되었다. 또한, 염화물함유량은 건전부 0.701 ~ 1.039kg/m³, 비건전부 0.736 ~ 0.811kg/m³로 낮다. 비건전부의 표면 염화물함유량은 부식발생 가능성이 낮게 평가되나, 건전부에서 부식의 발생 가능성이 높게 평가되었다. 이는 비건전부의 손상정도가 경미하며, 축이음 하부 누수 및 체수가 교대 전반적으로 나타나 건전부의 염화물함유량의 높게 평가된 것으로 판단된다. 현시점에서 염화물함유량에 따른 철근 부식 발생은 확인되지 않았으나 공용기간 동안 각종 환경요인 및 유지관리적 요인에 따라 염화물함유량이 변동될 것으로 판단되므로 장기적 유지관리계획에 따른 탄산화방지 페인트 도장이 바람직하며, 향후 진단에서도 동일 시험을 통한 비교분석이 필요하겠다.

(3) 염화물 함유량 시험 보고서

구 분	상부구조	하부구조	
시험개소	S1-건전부	A1-건전부	A1-비건전부
시료 채취 일자	2021. 07. 19 ~ 07. 22		
염화물 함유량	0.712~ 0.804kg/m ³	0.701~ 1.039kg/m ³	0.736~ 0.811kg/m ³
채취 시료	분말	분말	분말
채취 깊이	표면부 중간부 철근부	표면부 중간부 철근부	표면부 중간부 철근부
시험·검사방법	KS F 27143 : 17		
책임기술자 의견	상부구조 및 하부구조에 대하여 철근 피복을 고려하여 각 각 깊이별로 시료를 채취하여 국가공인기관에 의뢰하여 염화물 시험을 실시하였으며 시험결과, 염화물에 의한 부식이 발생할 우려는 없는 것으로 검토됨.		

5) 철근탐사시험

철근의 피복두께가 부족할 경우에는 콘크리트의 탄산화 등에 따른 열화손상에 대한 저항성이 저하되어 내구성이 감소할 가능성이 있으며, 피복두께가 지나치게 큰 경우에는 강도감소 등을 수반할 우려가 있다. 또한 철근의 배근 간격이 설계도서와 다를 경우 구조물의 안전성에 직접적인 영향을 미치므로 내하력 저하의 원인이 된다. 철근탐사는 Structure Scan Mini 및 Proceq GPR Live를 이용하여 수행하였으며, 현장에서 조사된 철근의 배근간격과 피복두께 탐사결과는 부재별 시공상태의 평가, 구조해석을 위한 단면특성 파악 및 내구수명 도출에 적용하였다. 본 과업에서의 철근탐사시험은 반발경도법 및 초음파 전달속도 시험을 실시한 동일 위치에서 상부 1개소 하부 2개소 총 3개소에서 수행하였다.



<그림 3.41> 철근탐사 현황 - 상신육교(향남방향, 램프)

(1) 철근탐사 시험결과

【표 3.4.60】 철근탐사 결과 - 상신육교(향남방향, 램프)

위치		철근종류	측정결과(mm)		설계값(mm)	
			피복두께	배근간격	피복두께	배근간격
상부 구조	S1 - 켄틸레버	주철근	62~66	94~104	40	148
		배력철근	68~84	90~123	40	100

【표 3.4.61】 철근탐사 결과 - 상신육교(향남방향, 램프)

위치		철근종류	측정결과(mm)		설계값(mm)	
			피복두께	배근간격	피복두께	배근간격
하부 구조	A1-홍벽	수직철근	73~78	108~138	80	150
		수평철근	99~107	140~161	100	125
	P1-기둥부	수직철근	83~86	131~153	100	125
		수평철근	63~65	302~323	100	300

(2) 철근탐사 시험결과 분석

Structure Scan Mini(철근탐사기) 및 Proceq GPR Live를 사용하여 철근의 배근간격과 피복을 확인하였으며, 조사결과 철근의 배근간격은 설계도서와 비교할 때 전반적으로 설계치와 부합되어 단위m당 철근량을 확보하고 있는 것으로 분석되므로 구조물의 기능유지에는 문제가 없을 것으로 판단된다. 또한, 철근피복두께와 설계피복두께를 비교 검토한 결과 시공오차 및 금회 측정오차를 감안할 때 현시점에서 피복부족으로 인한 구조적 문제와 내구성 저하 영향은 없을 것으로 판단된다.

(3) 철근탐사 시험보고서

구 분	내 용
시험장소	상신육교(향남방향, 램프)
날짜	2021. 07. 14 ~ 07. 22
시간	09:00 ~ 18:00
기온	기온: 28.1℃ ~ 36.6℃
습도	32.6% ~ 70.5%
시험대상 구조물에 대한 설명이나 탐사시의 현장조건	STB 역T형 교대, T형 교각
시험위치	바닥판, 교대, 교각
시험한계(잡음의 원인, 장애물 등)	양호
시험 대상 면에서의 안테나 횡단 위치, 작동방향 및 방위	각 시험개소별 Data sheet에 표기 (종방향, 횡방향 / 수직방향, 수평방향)
정밀도	양호
시험한 철근의 배근상태에 대한 그림	부록 참조
참고문헌	콘크리트 강재 비파괴시험 평가 검증방안연구 (한국산업인력관리공단)
책임기술자 의견	철근 배근상태는 전반적으로 설계치와 부합되어 단위m당 철근량을 확보하고 있는 것으로 분석됨, 시험위치에서 피복부족으로 인한 손상은 없는 것으로 분석되므로 구조물의 기능유지에는 문제가 없을 것으로 판단됨.

6) 균열깊이 조사

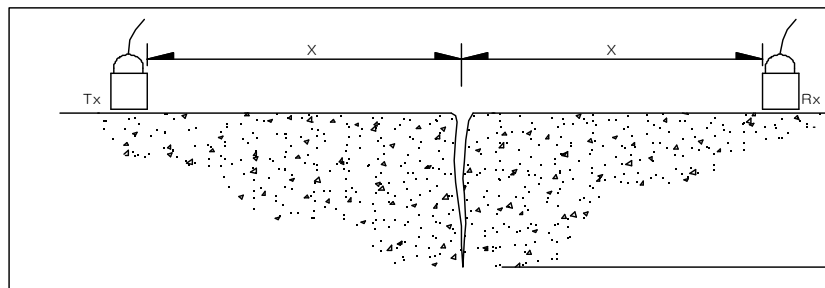
콘크리트 구조물의 균열깊이를 조사하는 방법에는 균열부위를 떼어내어 확인하는 방법, Core Boring을 실시하는 방법, 초음파 전파속도를 이용하는 방법 등이 있으며, 본 과업에서는 비파괴 시험장비인 Pundit로 초음파 전파속도를 이용하여 조사하였다.

균열깊이 측정방법 중 BS법과 Tc-To법, T법, 위상변화를 이용하는 방법이 있으며, 다음과 같다.

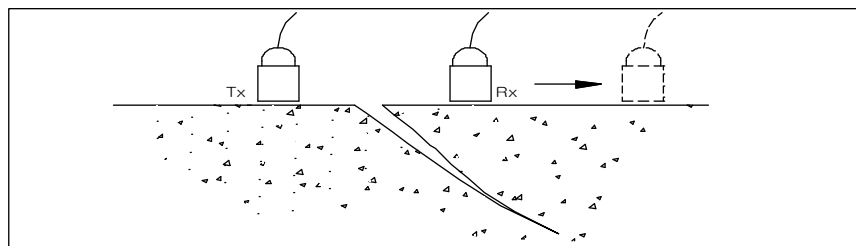
가. BS(British Standard)법

발진자와 수신자의 위치를 달리하는 두 개의 배치방법으로 균열주위를 우회하는 전달시간을 측정함으로써 콘크리트 표면에 발생한 균열의 내부깊이를 추정할 수 있다. 발진자와 수신자는 균열을 중심으로 등거리 x 만큼 떨어져서 배치된다. 두 개의 x 값을 선택하여 각각 전달시간을 측정한다. 일반적으로 사용되는 x 값은 150mm와 300mm이다.

※ 표면과 직각방향의 균열



※ 경사진 방향으로 발생한 균열



표면균열의 깊이 C 는 측정된 전달시간을 이용하여 다음과 같이 구할 수 있다.

$$C = \frac{150 \sqrt{4(t_1)^2 - (t_2)^2}}{(t_2)^2 - (t_1)^2}$$

여기서, C = 표면균열의 깊이(mm)

t_1 = x 가 150mm일 때의 전달시간(μ s)

t_2 = x 가 300mm일 때의 전달시간(μ s)

위에 식은 균열이 표면과 직각방향으로 발생하였고, 균열주위의 콘크리트가 비교적 균질하다는 가정 하에 유도된 식이다.

균열이 표면과 직각방향으로 발생하였는지, 혹은 경사진 방향으로 발생하였는지를 확인하는 방법은 다음과 같다. 발진자와 수신자를 균열 가까이에 배치한 다음, 수신자의 위치를 균열주위에서 점점 멀리하면서 전달시간을 측정한다. 전달시간이 감소하는 경우가 발생되면 균열은 경사진 방향으로 발생된 것이다.

나. T_c - T_o 법

발진자와 수신자를 균열의 개구부 중심으로 등간격 $L/2$ 로 배치했을 때 균열주위를 우회하는 초음파의 전달시간 T_c 와 균열이 없는 부분에서의 발진자와 수신자의 거리 L 에서의 전달시간 T_o 로부터 다음과 같은 식을 이용하여 표면 균열의 깊이를 추정한다.

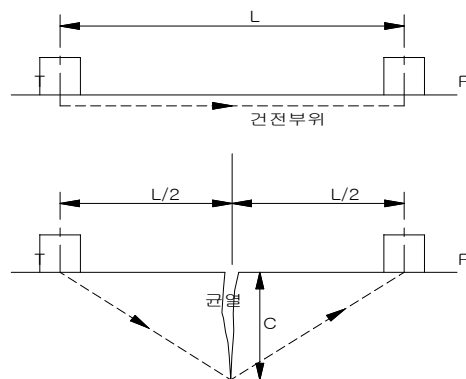
$$\text{균열깊이}(C) = \frac{L}{2} \sqrt{\left(\frac{T_c}{T_o}\right)^2 - 1}$$

여기서, C = 표면균열의 깊이(mm)

L = 발진자와 수신자 사이의 거리(mm)

T_c = 균열주위의 전달시간(μs)

T_o = 균열이 없는 부위의 전달시간(μs)



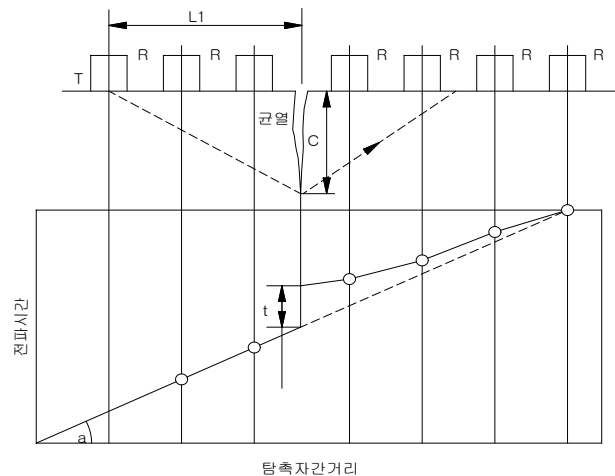
다. T법

발진자를 고정하고, 수신자를 일정 간격으로 이동시킬 때 전달거리와 전달시간을 그래프로 나타내고, 이 관계로부터 균열위치에서의 불연속 시간 t 를 그래프 상에서 구한다. 다음의 공식을 이용하여 표면 균열의 깊이를 추정할 수 있다.

$$C = \frac{t \cos \alpha (t \cos \alpha + 2L_1)}{2(t \cos \alpha + L_1)}$$

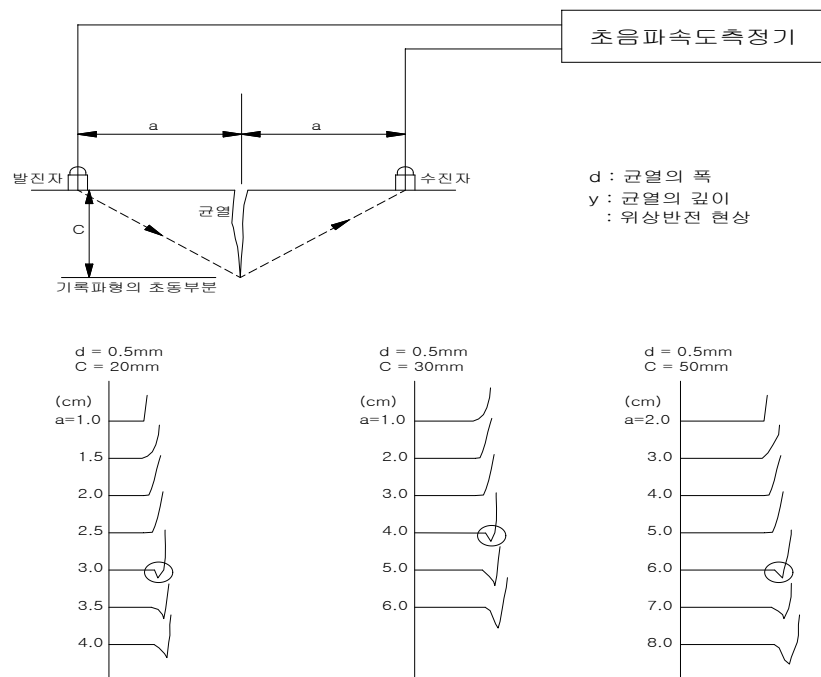
여기서, C = 표면균열의 깊이(mm)

t = 불연속 시간(sec)



라. 위상변화를 이용하는 방법

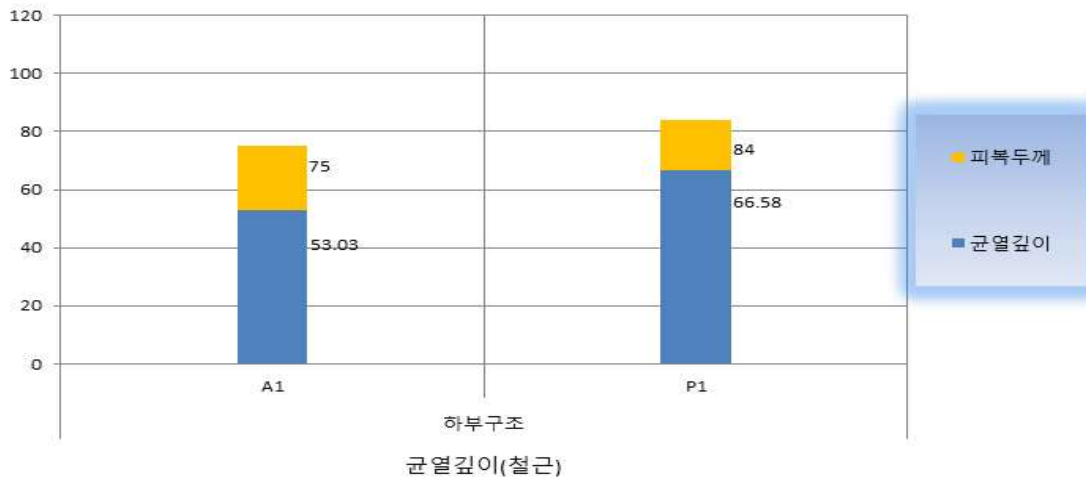
측정방법은 $T_c - T_o$ 법과 동일하며, 균열의 개구부를 중심으로 발진자와 수신자 사이의 거리를 변화시킨다. 거리 a 가 표면균열의 깊이 C 보다 짧은 거리에 있으면 수신자에 감지된 초음파의 초기기록 파형이 상향으로 올라가며, a 가 표면균열의 깊이 C 를 넘게 되면 초기 기록 파형이 하향을 나타낸다. 따라서 초기 기록 파형의 위상이 변화하는 경계 a 를 구하면, 그 때의 a 를 균열의 깊이 C 로 추정할 수 있다.



(1) 균열깊이 조사결과

【표 3.4.62】 균열깊이 조사결과 - 상신육교(향남방향, 램프)

위치		초음파전달시간 ($\times 10^{-6}$ sec)		손상종류	손상 물량	전달 거리	균열 깊이	피복 두께	잔여 깊이
철근구간		건전부 (To)	비건전 부(Tc)		폭 / 길이	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
하부 구조	A1	23.6	34.4	형	0.2 / 1.0	100	53.03	75	21.97
	P1	25.1	41.8	형	0.1 / 0.8	100	66.58	84	17.42



<그림 3.4.42> 철근탐사 현황 - 상신육교(향남방향, 램프)

(2) 균열깊이 측정결과 분석

$T_c - T_o$ 법을 사용하여 건전부의 전달시간을 측정한 후, 균열부에서 대칭으로 전달시간을 측정하여 균열의 깊이를 계산하였다. 금회 점검 시 균열 심도를 조사할 필요성이 있는 부위 2개소를 선정하여 균열깊이를 측정하였다.

금회 조사결과 철근구간의 균열깊이는 53.03 ~ 66.58mm(평균 59.81mm)로 조사되었다. 현재 균열깊이는 관통하지 않은 상태로 조사되었으나 장기간 방치 시 손상 진행의 가능성이 있으므로 0.3mm미만의 균열은 표면처리보수를 실시하여 균열의 진행을 차단하는 것이 바람직하다.

(3) 기 진단결과와의 비교 분석

금회 실시한 “2021년 하반기 상신육교 정밀안전진단 용역”의 경우, 1회차 정밀안전진단이며, 기 정밀안전점검시에도 별도 이력이 없어 비교 분석은 불가능하다. 따라서 향후에 점검 시 동일 시험에 대한 분석을 통해 비교/분석이 요구된다.

3.5 강재 내구성조사

3.5.1 개요

공용 중 교량에 있어서 강재 비파괴조사는 강구조의 주요 부재에 대한 제작상태 및 결함의 분포 현황을 조사하고, 그 결과를 분석하여 교량 전체의 내구성평가에 요구되는 기초자료를 제공하기 위하여 실시한다.

3.5.2 시험내용 및 평가기준

1) 조사항목 및 조사수량

본 과업에서 강재 비파괴조사를 위해 초음파탐상시험(UT), 강재두께, 도막두께 측정을 실시하였다. 본 교량의 초음파탐상시험은 강재 비파괴시험에 앞서 강재 용접부에 대한 외관조사 결과를 토대로 용접결함 및 결함 의심부위가 없는 경우 타부위에 비해 구조적 취약부위인 맞대기용접부에 대해서 시험을 실시하도록 되어 있다.(과업지시서와 『시설물의 안전 및 유지관리실시 세부지침_교량편(2019.09)』 참조)

상신육교는 약 10.4년 정도의 공용기간이 경과한 상태로 검사부위는 교량의 인장구간(정모멘트)과 압축구간(부모멘트)이 존재하는 교변구간의 박스거더 주부재 용접부를 중심으로 육안 조사에 의하여 현장 여건상 결함이 발생 될 수 있으며 또 가능성이 높은 부위에 대해서 선택적으로 비파괴검사를 실시하였다. 검사방법으로는 초음파탐상검사(KS-B-0896)의 관련 규격과 검사절차서에 의하여 실시하였다.

【표 3.5.1】 상신육교(전체) 강재비파괴시험 실시 수량

구 분	세부지침 기준			금회 수량	비고
	상부구조	하부구조	산출 수량		
상신육교 (발안IC방향, 본선)	○ 플레이트거더교 : 1개소/경간별 거더 ○ 박스거더교 : 2개소/경간별 거더		42	51개소	
상신육교 (발안IC방향, 램프)	○ 플레이트거더교 : 1개소/경간별 거더 ○ 박스거더교 : 2개소/경간별 거더		4	-	해당없음
상신육교 (향남방향, 본선)	○ 플레이트거더교 : 1개소/경간별 거더 ○ 박스거더교 : 2개소/경간별 거더		40	49개소	
상신육교 (향남방향, 램프)	○ 플레이트거더교 : 1개소/경간별 거더 ○ 박스거더교 : 2개소/경간별 거더		4	-	해당없음

*산출근거는 아래 『표 3.5.2』를 참고.

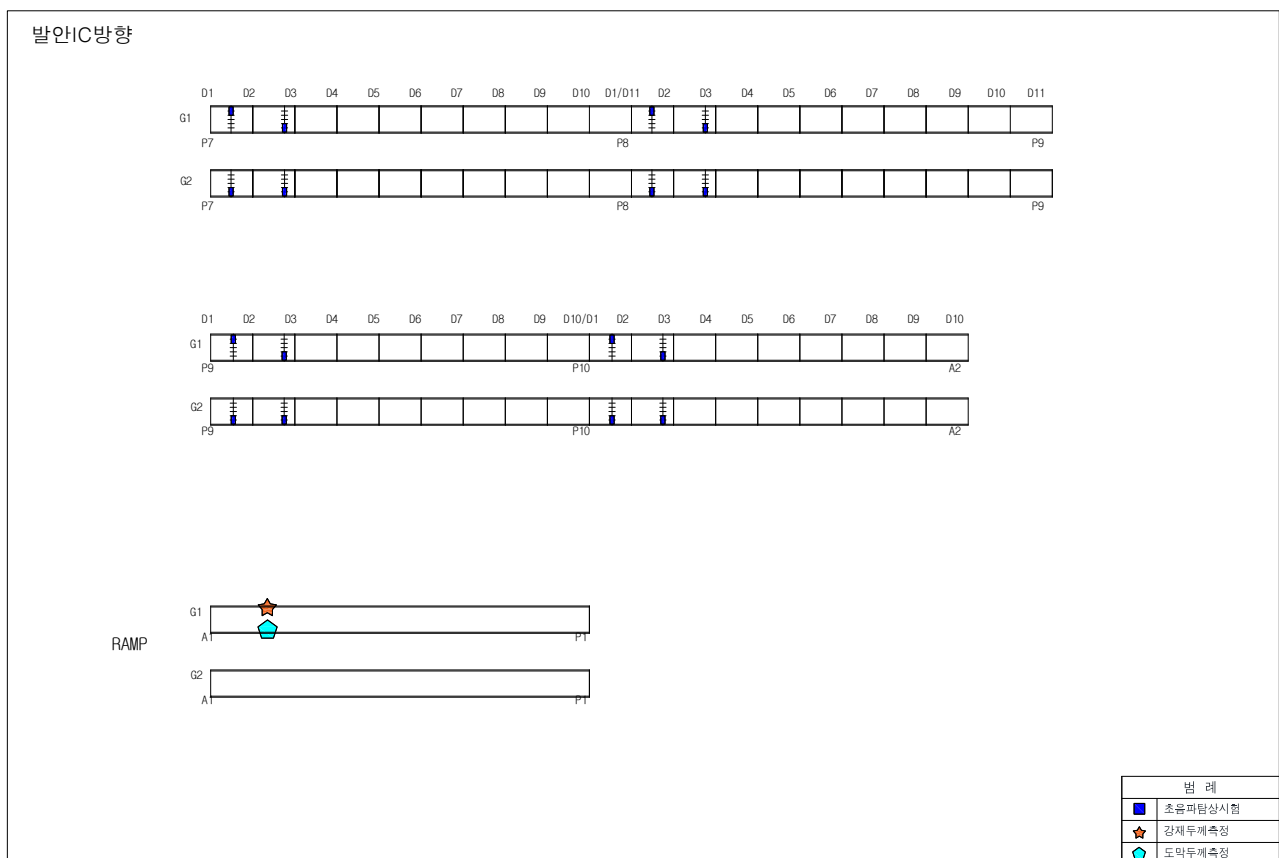
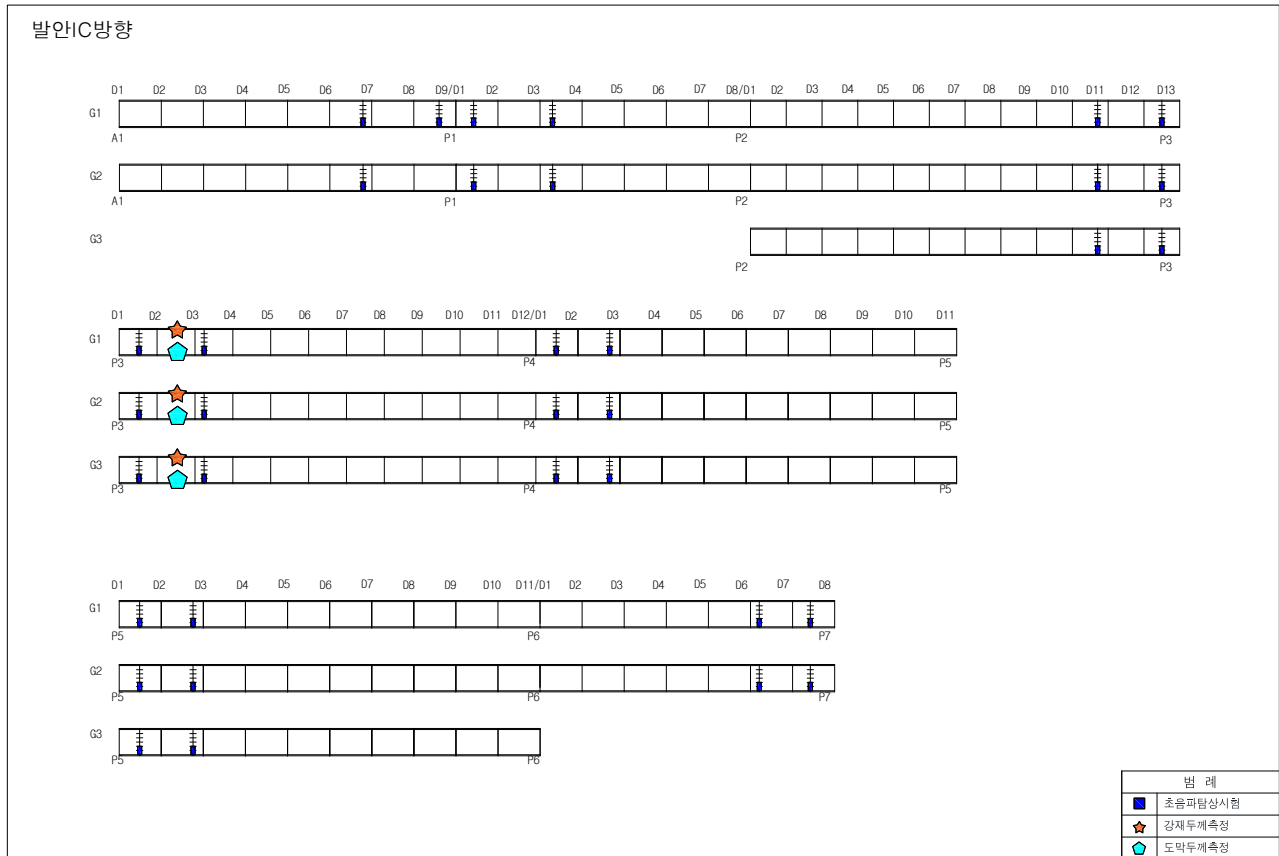
【표 3.5.2】 상신육교(전체) 강재용접부 초음파탐상시험 수량산출근거

구조 형식	경 간×거더=경 간거더수		조사기준 수량 (연장별 조정비 산정)	금 회 산출 수량
강박스 거더	상신육교 (발안IC방향, 본선)	1BL = 2(경 간) × 2(런) × 2(개소) => 8개소 2BL = 4(경 간) × 3(런) × 2(개소) => 24개소 3BL = 5(경 간) × 2(런) × 2(개소) => 20개소 → (52 × 0.8) ≒ 42개소	82개소	82개소 이상
	상신육교 (향남방향, 본선)	1BL = 3(경 간) × 2(런) × 2(개소) => 12개소 2BL = 5(경 간) × 3(런) × 2(개소) => 30개소 3BL = 2(경 간) × 2(런) × 2(개소) => 8개소 → (50 × 0.8) ≒ 40개소		
	상신육교 (발안IC방향, 램프)	= 1(경 간) × 2(런) × 2(개소) => 4개소 → (4 × 1.0) ≒ 4개소	8개소	해당 없음 (용접부 없음)
	상신육교 (향남방향, 램프)	= 1(경 간) × 2(런) × 2(개소) => 4개소 → (4 × 1.0) ≒ 4개소		
산출 수량	본교 82 + 램프 8 = 90 이상			

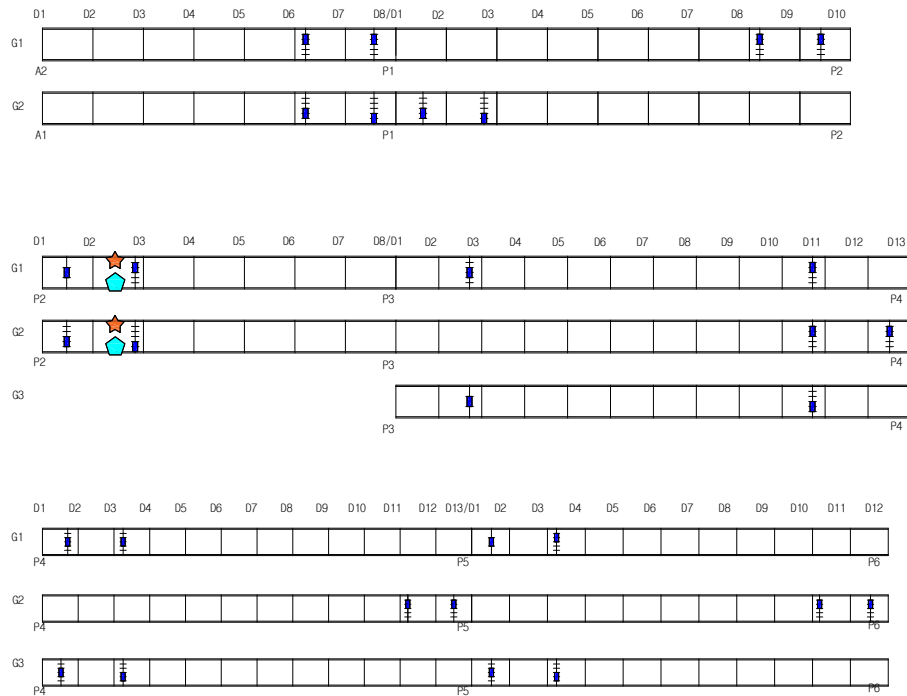
* 연장별 조정비는 500m : 80%(본선), 1,000m : 60%, 2,000m : 40%, 4,000m이상 : 30~20%를 적용함.

* 램프는 단경간으로 용접부가 없어 용접부 초음파탐상시험을 제외함.

2) 강재비파괴 위치도

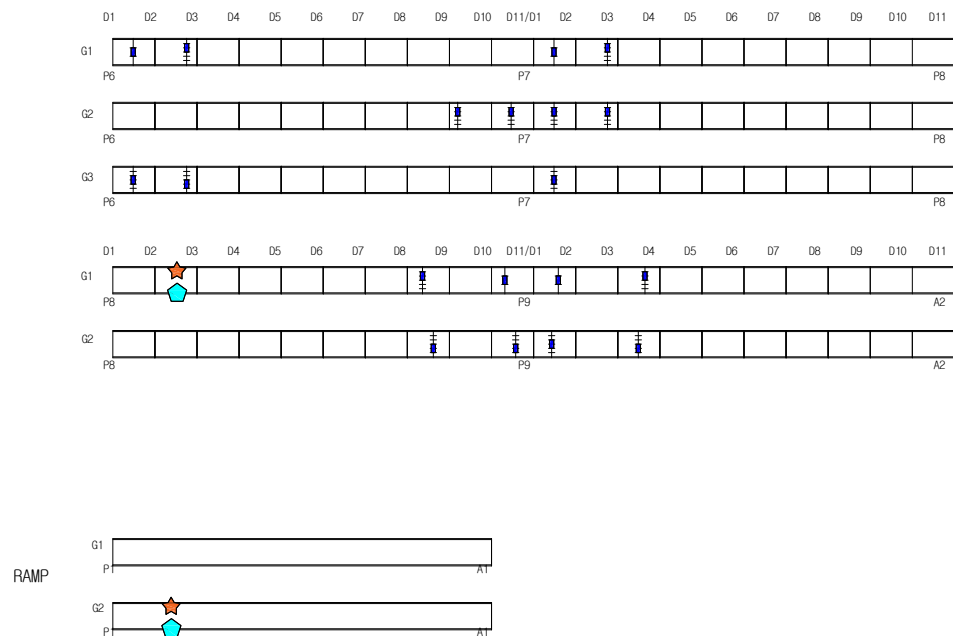


향남방향



범례	
	초음파탐상시험
	강제두계측정
	도막두계측정

향남방향



범례	
	초음파탐상시험
	강제두계측정
	도막두계측정

3) 강재비파괴 시험 전경



초음파탐상시험(UT)



초음파탐상시험(UT)



강재두께측정



강재두께측정



도막두께측정



도막두께측정

3.5.3 시험결과 및 분석

가. 상신육교(발안IC방향, 본선)

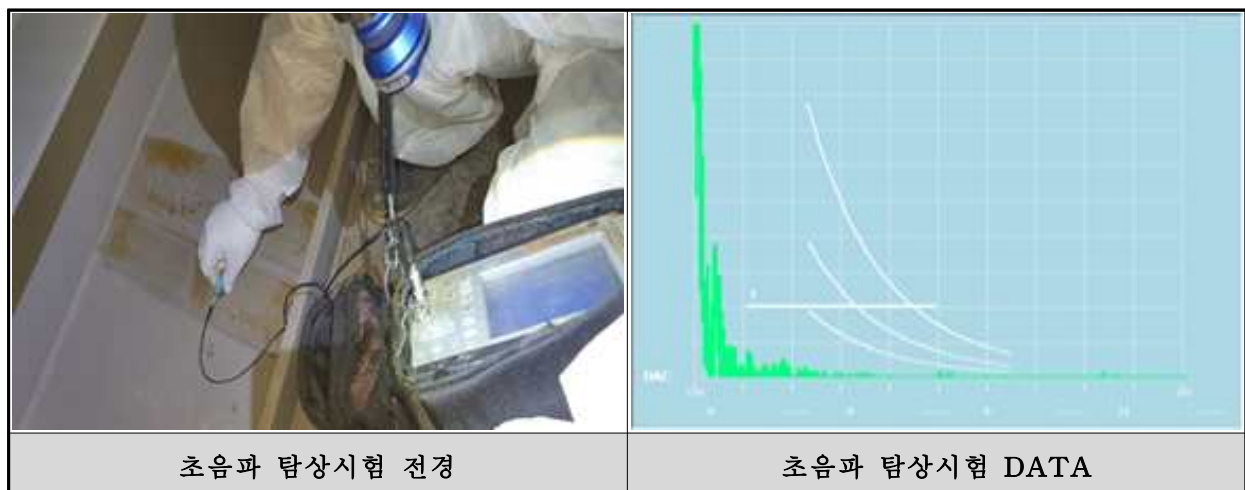
1) 초음파탐상시험(UT : Ultrasonic Testing)

강교 제작에 있어서 주부재를 연결하는 용접은 구조물의 안정성에 중요한 부분을 차지하며, 강교 제작 시에도 도로교표준시방서에 주부재 용접부에 대한 비파괴 시험 적용을 규정하고 있다. 상신육교는 준공후 10.4년 정도 경과된 시설물로서 현재 용접부에 문제가 될 만한 용접결함이 없는 양호한 상태이며, 시설물의 안전 및 유지관리실시 세부지침(교량편2019.09국토교통부)에 따라 인장 및 압축구간이 존재하는 교번구간의 박스거더 주부재 용접부에 대해서 초음파탐상시험을 실시하였다. 또한, 비파괴검사에 앞서 실시한 강교 전체 외관조사에서 강재 균열 의심부 등의 표면결함부는 발견되지 않았으므로 자분탐상검사는 실시하지 않았으며, 금회 강재 조사 대상 및 수량은 다음과 같다.

【표 3.5.3】 강재 비파괴조사 수량 - 상신육교(발안IC방향, 본선)

검사방법	구분		총 수량	조사대상
	위치	수량		
초음파탐상검사 (UT)	G1	22	51개소	하부플랜지 맞대기용접부
	G2	21		
	G3	8		

조사 기관	조사 기간	책임기술자
(주)지디코	2021. 07. 22.~2021. 07. 30	채원섭 - 초음파탐상검사 기사



<그림 3.5.1> 맞대기용접부 결함조사(UT)

(1) 초음파탐상 시험결과

【표 3.5.4】 초음파탐상시험결과 - 상신육교(발안IC방향, 본선)

구 분		단 위	조사개소	조사결과			비 고
				합 격	불합격	결함종류	
G1	G1-S1-D6/D7	개소	1	√			-
	G1-S1-D8/D9		1	√			-
	G1-S2-D1/D2		1	√			-
	G1-S2-D3/D4		1	√			-
	G1-S3-D10/D11		1	√			-
	G1-S3-D12/D13		1	√			-
	G1-S4-D1/D2		1	√			-
	G1-S4-D3/D4		1	√			-
	G1-S5-D1/D2		1	√			-
	G1-S5-D2/D3		1	√			-
	G1-S6-D1/D2		1	√			-
	G1-S6-D2/D3		1	√			-
	G1-S7-D6/D7		1	√			-
	G1-S7-D7/D8		1	√			-
	G1-S8-D1/D2		1	√			-
	G1-S8-D2/D3		1	√			-
	G1-S9-D1/D2		1	√			-
	G1-S9-D2/D3		1	√			-
	G1-S10-D1/D2		1	√			-
	G1-S10-D2/D3		1	√			-
	G1-S11-D1/D2		1	√			-
	G1-S11-D2/D3		1	√			-
G2	G2-S1-D6/D7	개소	1	√			-
	G2-S2-D1/D2		1	√			-
	G2-S2-D3/D4		1	√			-
	G2-S3-D10/D11		1	√			-
	G2-S3-D12/D13		1	√			-
	G2-S4-D1/D2		1	√			-
	G2-S4-D3/D4		1	√			-
	G2-S5-D1/D2		1	√			-
	G2-S5-D2/D3		1	√			-
	G2-S6-D1/D2		1	√			-
	G2-S6-D2/D3		1	√			-
	G2-S7-D6/D7		1	√			-

구 분		단 위	조사개소	조사결과			비 고	
				합 격	불합격	결함종류		
G2	G2-S7-D7/D8	개소	1	√			-	
	G2-S8-D1/D2		1	√			-	
	G2-S8-D2/D3		1	√			-	
	G2-S9-D1/D2		1	√			-	
	G2-S9-D2/D3		1	√			-	
	G2-S10-D1/D2		1	√			-	
	G2-S10-D2/D3		1	√			-	
	G2-S11-D1/D2		1	√			-	
	G2-S11-D2/D3		1	√			-	
G3	G3-S3-D10/D11		1	√			-	
	G3-S3-D12/D13		1	√			-	
	G3-S4-D1/D2		1	√			-	
	G3-S4-D3/D4		1	√			-	
	G3-S5-D1/D2		1	√			-	
	G3-S5-D2/D3		1	√			-	
	G3-S6-D1/D2		1	√			-	
	G3-S6-D2/D3		1	√			-	
합계			51	51			-	
책임기술자 의견			주형 하부플랜지 맞대기용접부 51개소에서 초음파 탐상시험(U.T)을 실시한 결과, 측정부위의 균열 및 내부결합이 없는 1등급 이상의 양호한 상태로 조사 되었다.					

(2) 초음파탐상 시험결과 분석

Steel Box Girder의 용접상태를 검사하기 위해 주 부재의 맞대기이음 용접부 총 51개소 에 대한 검사를 실시하였으며, 검사결과 모두 합격 판정되어 주 부재의 맞대기이음 용접부의 용접상태는 양호한 것으로 나타났다.

2) 강재두께측정

강재두께측정이란 금속, 유리, PVC등 여러 재료의 두께를 측정하는 것으로 여기에 초음파 탐상 검사법(Ultrasonic Testing)이 이용된다.

(1) 강재두께 측정결과

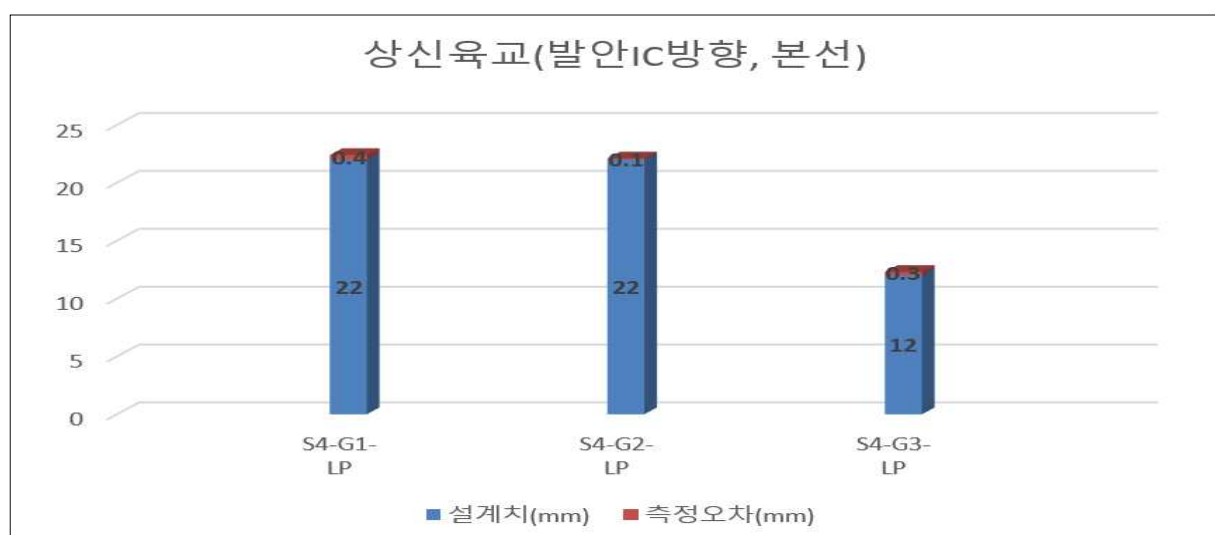
【표 3.5.5】 강재두께 측정 결과 - 상신육교(발안IC방향, 본선)

조사위치		측정치 (mm)	설계치 (mm)	측정오차 (mm)	판 정
외부	S4-G1-LP	22.4	22	0.4	O.K
	S4-G2-LP	22.1	22	0.1	O.K
	S4-G3-LP	12.3	12	0.3	O.K



외부 강재두께 측정

<그림 3.5.2> 강재두께 측정 전경 - 상신육교(발안IC방향, 본선)



<그림 3.5.3> 강재두께 측정 결과 - 상신육교(발안IC방향, 본선)

(2) 강재두께 측정결과 분석

강재 거더의 제원 확인 및 안전성평가 자료 확보를 위해 초음파탐상을 통한 강재두께를 실측하여 설계값과 비교평가하였다. 강재두께 측정결과, 설계기준치 대비 측정오차는 0.1mm~0.4mm로 나타나, 전 개소에서 평균 측정값이 설계치를 근소하게 상회하는 것으로 조사되어 강재두께 부족에 따른 문제점은 없을 것으로 판단된다.

3) 도막두께측정

교량 내외부의 도막두께 측정 위치는 책임기술자 판단에 따라 임의의 위치를 선정하였으며 도막두께 측정은 각 거더별 내·외부로 구분하여 실시하였다. 도막두께 측정결과는 『화성향남지구 주변도로(대로1-1호선) 건설사업(2007.02)』를 토대로 분석하였다.

【표 3.5.6】 도막두께 측정 결과-상신육교(발안IC방향, 본선)

구 분	도장종류	도막두께 시방기준
외 부	일반환경용 중방식 도장 무기질 아연말 샵 프라이머 -제1층: 무기질 아연말 도료 -제2층: 미스트코트 -제3층: 염화고무계 도료 -제4층: 염화고무계 도료	195 μ m
내 부	일반환경용 중방식 도장 무기질 아연말 샵 프라이머 -제1층: 무기질 아연말 도료 -제2층: 미스트 코트 -제3층: 역청질계 도료	150 μ m

※ 상기내용은 『화성향남지구 주변도로(대로1-1호선) 건설사업(2007.02.)』에서 발췌

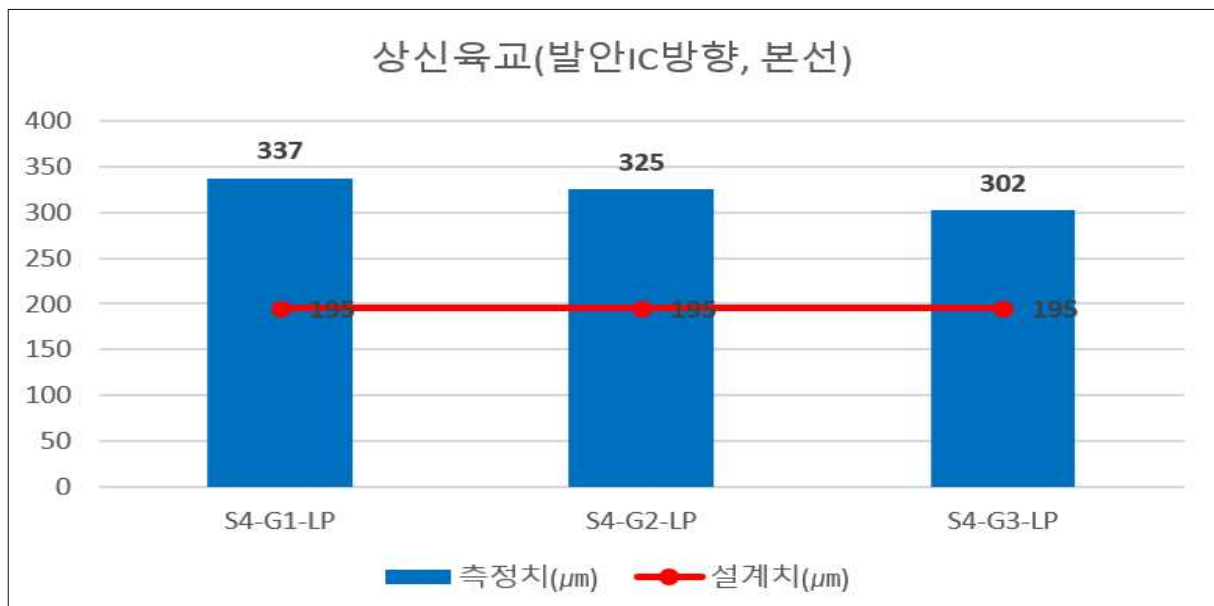
(1) 도막두께 측정결과

【표 3.5.7】 도막두께 측정 결과-상신육교(발안IC방향, 본선)

측정위치		측정두께 (μm)						기준 두께 (μm)	비 고
		측정No.					평 균		
		1	2	3	4	5			
외부	S4-G1-LP	311	362	371	319	320	337	195	양호
	S4-G2-LP	298	316	321	333	354	324		양호
	S4-G3-LP	303	302	286	319	300	302		양호



<그림 3.5.4> 도막두께 측정 전경 - 상신육교(발안IC방향, 본선)



<그림 3.5.5> 도막두께 측정 결과-상신육교(발안IC방향, 본선)

(2) 도막두께 측정결과 분석

Steel Box Girder 외부의 실측 도막 두께가 『화성향남지구 주변도로(대로1-1호선) 건설사업(2007.02)』 기준 판정값 195 μ m(교량외부-일반환경용 중방식 도장)을 상회하는 것으로 조사되어 장기공용에 따른 도막열화는 양호한 수준으로 분석되었다.

나. 상신육교(발안IC방향, 램프)

1) 강재두께측정

강재두께측정이란 금속, 유리, PVC등 여러 재료의 두께를 측정하는 것으로 여기에 초음파 탐상 검사법(Ultrasonic Testing)이 이용된다.

(1) 강재두께 측정결과

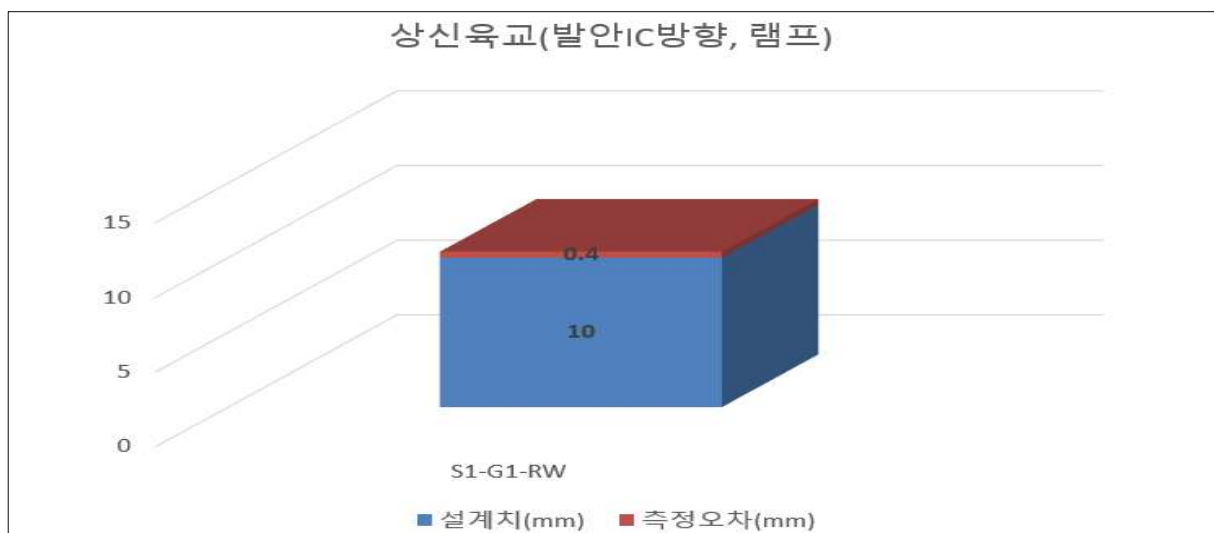
【표 3.5.8】 강재두께 측정 결과 - 상신육교(발안IC방향, 램프)

조사위치		측정치 (mm)	설계치 (mm)	측정오차 (mm)	판 정
내부	S1-G1-RW	10.4	10	0.4	O.K



내부 강재두께 측정

<그림 3.5.6> 강재두께 측정 전경 - 상신육교(발안IC방향, 램프)



<그림 3.5.7> 강재두께 측정 결과 - 상신육교(발안IC방향, 램프)

(2) 강재두께 측정결과 분석

강재 거더의 제원 확인 및 안전성평가 자료 확보를 위해 초음파탐상을 통한 강재두께를 실측하여 설계값과 비교평가하였다. 강재두께 측정결과, 설계기준치 대비 측정오차는 0.4mm로 나타나, 전 개소에서 평균 측정값이 설계치를 근소하게 상회하는 것으로 조사되어 강재두께 부족에 따른 문제점은 없을 것으로 판단된다.

2) 도막두께 측정

교량 내외부의 도막두께 측정 위치는 책임기술자 판단에 따라 임의의 위치를 선정하였으며 도막두께 측정은 각 거더별 내·외부로 구분하여 실시하였다. 도막두께 측정결과는 『화성향남 지구 주변도로(대로1-1호선) 건설사업(2007.02)』를 토대로 분석하였다.

【표 3.5.9】 도막두께 측정 결과-상신육교(발안IC방향, 램프)

구 분	도장종류	도막두께 시방기준
외 부	일반환경용 중방식 도장 무기질 아연말 샵 프라이머 -제1층: 무기질 아연말 도료 -제2층: 미스트코트 -제3층: 염화고무계 도료 -제4층: 염화고무계 도료	195 μ m
내 부	일반환경용 중방식 도장 무기질 아연말 샵 프라이머 -제1층: 무기질 아연말 도료 -제2층: 미스트 코트 -제3층: 역청질계 도료	150 μ m

※ 상기내용은 『화성향남지구 주변도로(대로1-1호선) 건설사업(2007.02.)』에서 발췌

(1) 도막두께 측정결과

【표 3.5.10】 도막두께 측정 결과-상신육교(발안IC방향, 램프)

측정위치		측정두께 (μm)					기준 두께 (μm)	비 고	
		측정No.							평 균
		1	2	3	4	5			
내부	S1-G1-RW	212	211	205	211	213	211	195	양호



내부 도막두께 측정

<그림 3.5.8> 도막두께 측정 전경 - 상신육교(발안IC방향, 램프)



<그림 3.5.9> 도막두께 측정 결과-상신육교(발안IC방향, 램프)

(2) 도막두께 측정결과 분석

Steel Box Girder 내부의 실측 도막 두께가 『화성향남지구 주변도로(대로1-1호선) 건설사업(2007.02)』 기준 판정값 150 μ m(교량내부-일반환경용 중방식 도장)을 상회하는 것으로 조사되어 장기공용에 따른 도막열화는 양호한 수준으로 분석되었다.

다. 상신육교(향남방향, 본선)

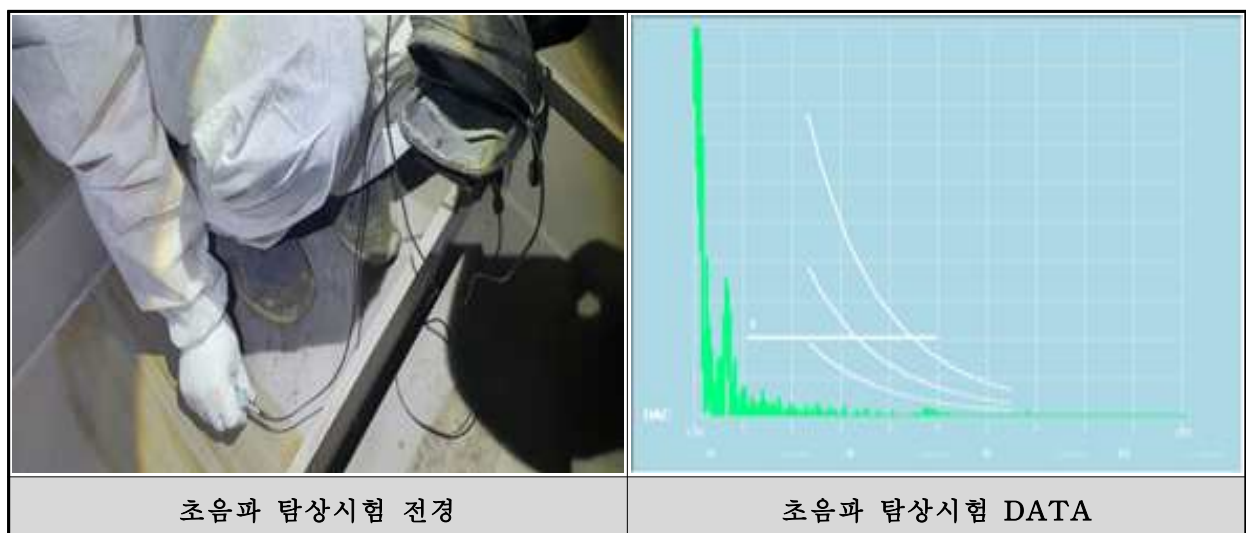
1) 초음파탐상시험(UT : Ultrasonic Testing)

강교 제작에 있어서 주부재를 연결하는 용접은 구조물의 안정성에 중요한 부분을 차지하며, 강교 제작 시에도 도로교표준시방서에 주부재 용접부에 대한 비파괴 시험 적용을 규정하고 있다. 상신육교는 준공후 10.4년 정도 경과된 시설물로서 현재 용접부에 문제가 될 만한 용접결합이 없는 양호한 상태이며, 시설물의 안전 및 유지관리실시 세부지침(교량편2019.09국토교통부)에 따라 인장 및 압축구간이 존재하는 교변구간의 박스거더 주부재 용접부에 대해서 초음파탐상시험을 실시하였다. 또한, 비파괴검사에 앞서 실시한 강교 전체 외관조사에서 강재 균열 의심부 등의 표면결합부는 발견되지 않았으므로 자분탐상검사는 실시하지 않았으며, 금회 강재 조사 대상 및 수량은 다음과 같다.

【표 3.5.11】 강재 비파괴조사 수량 - 상신육교(향남방향, 본선)

검사방법	구분		총 수량	조사대상
	위치	수량		
초음파탐상검사 (UT)	G1	20	49개소	하부플랜지 맞대기용접부
	G2	20		
	G3	9		

조사 기관	조사 기간	책임기술자
(주)지디코	2021. 07. 22.~2021. 07. 30	채원섭 - 초음파탐상검사 기사



<그림 3.5.10> 맞대기용접부 결함조사(UT)

(1) 초음파탐상 시험결과

【표 3.5.12】 초음파탐상시험결과 - 상신육교(발안IC방향, 본선)

구 분		단 위	조사개소	조사결과			비 고
				합 격	불합격	결함종류	
G1	G1-S1-D6/D7	개소	1	√			-
	G1-S1-D7/D8		1	√			-
	G1-S2-D8/D9		1	√			-
	G1-S2-D9/D10		1	√			-
	G1-S3-D1/D2		1	√			-
	G1-S3-D2/D3		1	√			-
	G1-S4-D2/D3		1	√			-
	G1-S4-D10/D11		1	√			-
	G1-S5-D1/D2		1	√			-
	G1-S5-D3/D4		1	√			-
	G1-S6-D1/D2		1	√			-
	G1-S6-D2/D3		1	√			-
	G1-S7-D1/D2		1	√			-
	G1-S7-D2/D3		1	√			-
	G1-S8-D1/D2		1	√			-
	G1-S8-D2/D3		1	√			-
	G1-S9-D8/D9		1	√			-
	G1-S9-D10/D11		1	√			-
	G1-S10-D1/D2		1	√			-
	G1-S10-D3/D4		1	√			-
G2	G2-S1-D6/D7	개소	1	√			-
	G2-S1-D7/D8		1	√			-
	G2-S2-D1/D2		1	√			-
	G2-S2-D2/D3		1	√			-
	G2-S3-D1/D2		1	√			-
	G2-S3-D2/D3		1	√			-
	G2-S4-D2/D3		1	√			-
	G2-S4-D10/D11		1	√			-
	G2-S5-D11/D12		1	√			-
	G2-S5-D12/D13		1	√			-
	G2-S6-D10/D11		1	√			-
	G2-S6-D11/D12		1	√			-
	G2-S7-D9/D10		1	√			-
	G2-S7-D10/D11		1	√			-

구 분		단 위	조사개소	조사결과			비 고	
				합 격	불합격	결함종류		
G2	G2-S8-D1/D2	개소	1	√			-	
	G2-S8-D2/D3		1	√			-	
	G2-S9-D8/D9		1	√			-	
	G2-S9-D10/D11		1	√			-	
	G2-S10-D1/D2		1	√			-	
	G2-S10-D3/D4		1	√			-	
G3	G3-S4-D2/D3		1	√			-	
	G3-S4-D10/D11		1	√			-	
	G3-S5-D1/D2		1	√			-	
	G3-S5-D3/D4		1	√			-	
	G3-S6-D1/D2		1	√			-	
	G3-S6-D2/D3		1	√			-	
	G3-S7-D1/D2		1	√			-	
	G3-S7-D2/D3		1	√			-	
	G3-S8-D1/D2		1	√			-	
합계			49	49			-	
책임기술자 의견			주형 하부플랜지 맞대기용접부 49개소에서 초음파 탐상시험(U.T)을 실시한 결과, 측정부위의 균열 및 내부결합이 없는 1등급 이상의 양호한 상태로 조사 되었다.					

(2) 초음파탐상 시험결과 분석

Steel Box Girder의 용접상태를 검사하기 위해 주 부재의 맞대기이음 용접부 총 49개소에 대한 검사를 실시하였으며, 검사결과 모두 합격 판정되어 주 부재의 맞대기이음 용접부의 용접상태는 양호한 것으로 나타났다.

2) 강재두께측정

강재두께측정이란 금속, 유리, PVC등 여러 재료의 두께를 측정하는 것으로 여기에 초음파 탐상 검사법(Ultrasonic Testing)이 이용된다.

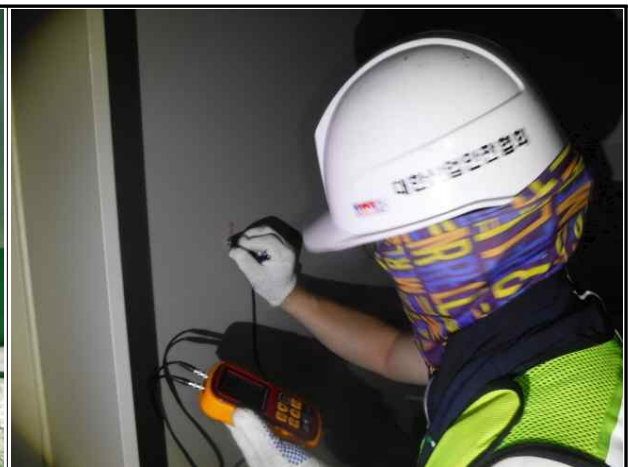
(1) 강재두께 측정결과

【표 3.5.13】 강재두께 측정 결과 - 상신육교(향남방향, 본선)

조사위치		측정치 (mm)	설계치 (mm)	측정오차 (mm)	판 정
외부	S3-G1-LP	12.4	12	0.4	OK
	S3-G2-LP	12.3	12	0.3	OK
내부	S9-G1-RW	12.4	12	0.4	OK

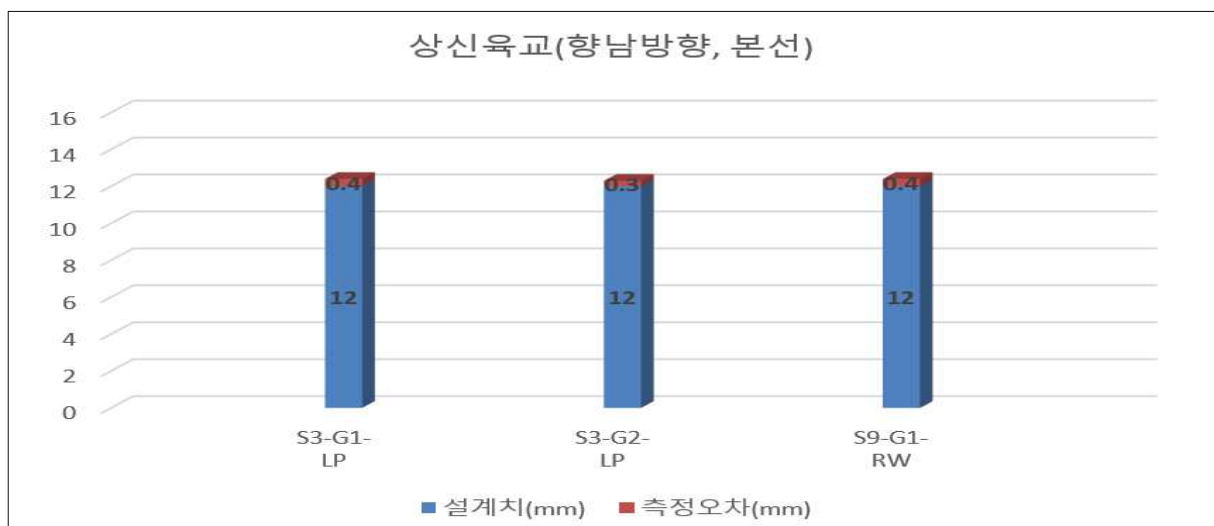


외부 강재두께 측정



내부 강재두께 측정

<그림 3.5.11> 강재두께 측정 전경 - 상신육교(향남방향, 본선)



<그림 3.5.12> 강재두께 측정 결과 - 상신육교(향남방향, 본선)

(2) 강재두께 측정결과 분석

강재 거더의 제원 확인 및 안전성평가 자료 확보를 위해 초음파탐상을 통한 강재두께를 실측하여 설계값과 비교평가하였다. 강재두께 측정결과, 설계기준치 대비 측정오차는 0.3mm~0.4mm로 나타나, 전 개소에서 평균 측정값이 설계치를 근소하게 상회하는 것으로 조사되어 강재두께 부족에 따른 문제점은 없을 것으로 판단된다.

3) 도막두께측정

교량 내외부의 도막두께 측정 위치는 책임기술자 판단에 따라 임의의 위치를 선정하였으며 도막두께 측정은 각 거더별 내·외부로 구분하여 실시하였다. 도막두께 측정결과는 『화성향남지구 주변도로(대로1-1호선) 건설사업(2007.02)』를 토대로 분석하였다.

【표 3.5.14】 도막두께 측정 결과-상신육교(향남방향, 본선)

구 분	도장종류	도막두께 시방기준
외 부	일반환경용 중방식 도장 무기질 아연말 샵 프라이머 -제1층: 무기질 아연말 도료 -제2층: 미스트코트 -제3층: 염화고무계 도료 -제4층: 염화고무계 도료	195 μ m
내 부	일반환경용 중방식 도장 무기질 아연말 샵 프라이머 -제1층: 무기질 아연말 도료 -제2층: 미스트 코트 -제3층: 역청질계 도료	150 μ m

※ 상기내용은 『화성향남지구 주변도로(대로1-1호선) 건설사업(2007.02)』에서 발췌

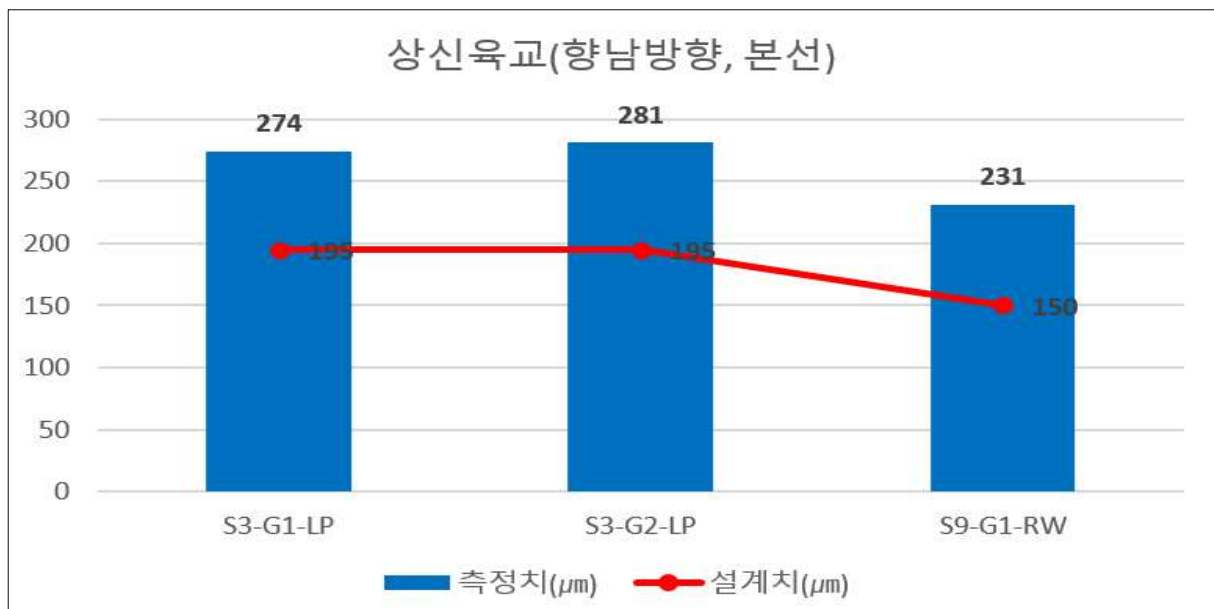
(1) 도막두께 측정결과

【표 3.5.15】 도막두께 측정 결과-상신육교(향남방향, 본선)

측정위치		측정두께 (μm)						기준 두께 (μm)	비 고
		측정No.					평 균		
		1	2	3	4	5			
외부	S3-G1-LP	229	299	298	295	247	274	195	양호
	S3-G2-LP	259	287	289	296	274	281		
내부	S9-G1-RW	181	238	239	250	247	231	150	



<그림 3.5.13> 도막두께 측정 전경 - 상신육교(향남방향, 본선)



<그림 3.5.14> 도막두께 측정 결과-상신육교(향남방향, 본선)

(2) 도막두께 측정결과 분석

Steel Box Girder 내/외부의 실측 도막 두께가 『화성향남지구 주변도로(대로1-1호선) 건설사업(2007.02)』 기준 판정값 $195\mu\text{m}$ (교량외부-일반환경용 중방식 도장)와 기준 판정값 $150\mu\text{m}$ (교량내부-일반환경용 중방식 도장)을 상회하는 것으로 조사되어 장기공용에 따른 도막열화는 양호한 수준으로 분석되었다.

라. 상신육교(향남방향, 램프)

1) 강재두께측정

강재두께측정이란 금속, 유리, PVC등 여러 재료의 두께를 측정하는 것으로 여기에 초음파 탐상 검사법(Ultrasonic Testing)이 이용된다.

(1) 강재두께 측정결과

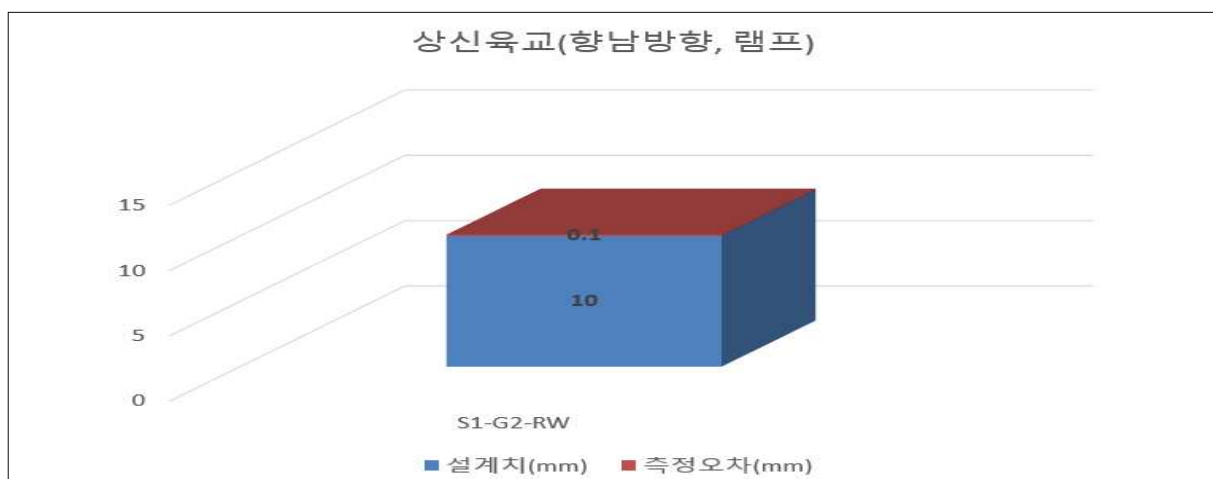
【표 3.5.16】 강재두께 측정 결과 - 상신육교(향남방향, 램프)

조사위치		측정치 (mm)	설계치 (mm)	측정오차 (mm)	판정
외부	S1-G2-RW	10.1	10	0.1	O.K



외부 강재두께 측정

<그림 3.5.15> 강재두께 측정 전경 - 상신육교(향남방향, 램프)



<그림 3.5.16> 강재두께 측정 결과 - 상신육교(향남방향, 램프)

(2) 강재두께 측정결과 분석

강재 거더의 제원 확인 및 안전성평가 자료 확보를 위해 초음파탐상을 통한 강재두께를 실측하여 설계값과 비교평가하였다. 강재두께 측정결과, 설계기준치 대비 측정오차는 0.1mm로 나타나, 전 개소에서 평균 측정값이 설계치를 근소하게 상회하는 것으로 조사되어 강재두께 부족에 따른 문제점은 없을 것으로 판단된다.

2) 도막두께측정

교량 내외부의 도막두께 측정 위치는 책임기술자 판단에 따라 임의의 위치를 선정하였으며 도막두께 측정은 각 거더별 내·외부로 구분하여 실시하였다. 도막두께 측정결과는 『화성향남지구 주변도로(대로1-1호선) 건설사업(2007.02)』를 토대로 분석하였다.

【표 3.5.17】 도막두께 측정 결과-상신육교(향남방향, 램프)

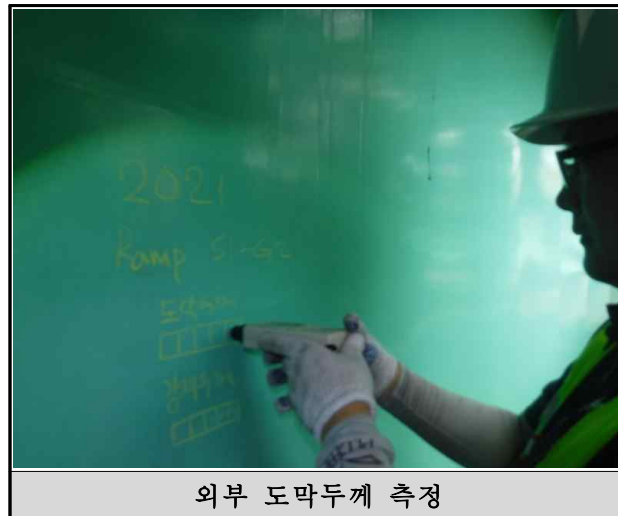
구 분	도장종류	도막두께 시방기준
외 부	일반환경용 중방식 도장 무기질 아연말 샵 프라이머 -제1층: 무기질 아연말 도료 -제2층: 미스트코트 -제3층: 염화고무계 도료 -제4층: 염화고무계 도료	195 μ m
내 부	일반환경용 중방식 도장 무기질 아연말 샵 프라이머 -제1층: 무기질 아연말 도료 -제2층: 미스트 코트 -제3층: 역청질계 도료	150 μ m

※ 상기내용은 『화성향남지구 주변도로(대로1-1호선) 건설사업(2007.02)』에서 발췌

(1) 도막두께 측정결과

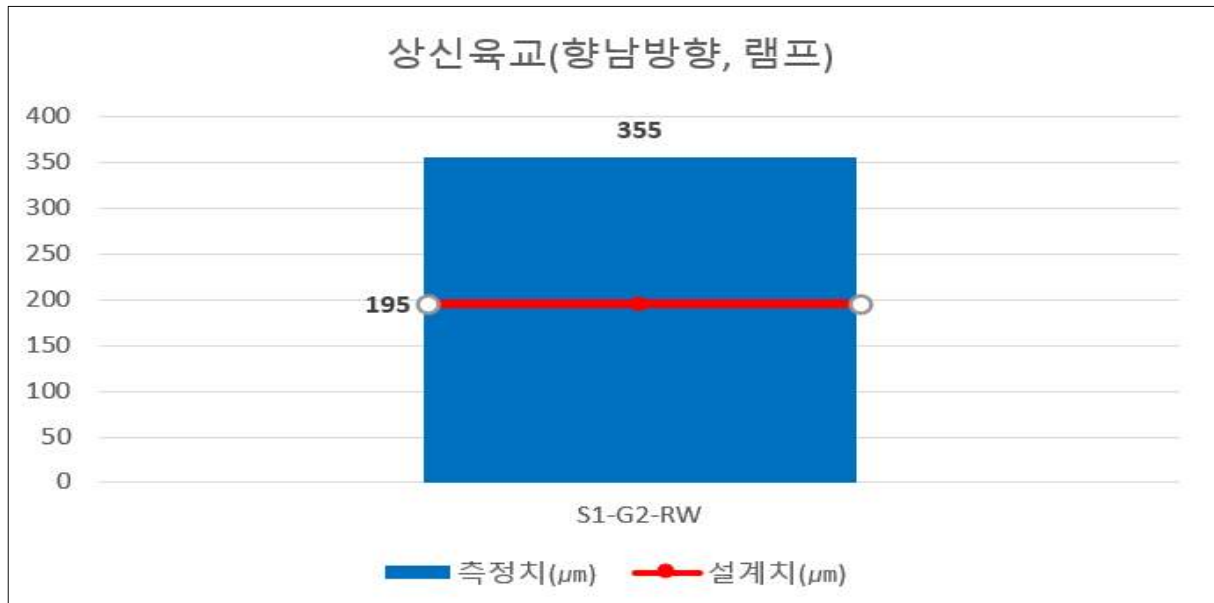
【표 3.5.18】 도막두께 측정 결과-상신육교(향남방향, 램프)

측정위치		측정두께 (μm)						기준 두께 (μm)	비 고
		측정No.					평 균		
		1	2	3	4	5			
외부	S1-G2-RW	346	360	351	355	362	355	195	양호



외부 도막두께 측정

<그림 3.5.17> 도막두께 측정 전경 - 상신육교(향남방향, 램프)



<그림 3.5.18> 도막두께 측정 결과-상신육교(향남방향, 램프)

(2) 도막두께 측정결과 분석

Steel Box Girder 외부의 실측 도막 두께가 『화성향남지구 주변도로(대로1-1호선) 건설사업(2007.02)』 기준 판정값 195 μ m(교량외부-일반환경용 중방식 도장)을 상회하는 것으로 조사되어 장기공용에 따른 도막열화는 양호한 수준으로 분석되었다.

3.6 현장조사 및 시험 결과 요약

3.6.1 외관조사 결과요약

가. 상신육교(발안IC방향)

1) 2021년 정밀안전진단 외관조사 결과 요약

【표 3.6.1】 2021년 정밀안전진단 외관조사 결과요약(발안IC방향)

구 분		주요결합 및 외관조사 결과	검토의견
바닥판		구조적인 손상은 발생되지 않았으며, 국부적인 균열, 망상균열, 백태, 박락/철근노출 등의 손상이 조사됨.	- 조사된 균열 손상은 시공초기 양생불량 및 공용 중 재료적 성질에 기인한 비구조적 손상이 대부분으로 시급한 보수보다는 장기적으로 보수를 계획함이 바람직하겠음. - 바닥판 하면에서 조사된 누수 및 백태의 경우 교면방수구간에 배수구막힘에 의한 체수가 유입되어 발생한 손상으로 배수구 정비, 표면처리 등의 보수가 필요함. - 이격부를 통한 우수 침투조건은 콘크리트의 미세균열을 통해 내측 철근 부식과 함께 팽창압에 의한 단면손상(박락/철근노출)을 발생시키는 매카니즘을 나타내고 있는 만큼 철근방청을 통한 단면복구의 건전성 회복이 요구됨.
거더	외부	바닥판 굽힘이 조사됨.	거더외부에서 조사된 굽힘 손상의 경우는 기 점검과 동일한 손상으로 손상의 발생위치가 도로 상부임을 고려할 때 중차량에 의한 손상으로 판단되며, 굽힘 외 강재의 변형, 균열 등은 조사되지 않아 경미한 충격에 의한 굽힘으로 판단된다.
	내부	- 거더내부 체수 및 체수흔적이 조사됨. - 거더내부 용접결합 조사됨.	- S.T.B 출입구 개방(P6) 및 현장이음부(Splice) 충전 불량에 따른 우수의 유입이 가장 큰 원인으로, 강구조의 건전성 확보를 위해 우선적으로 우수유입 방지를 위한 S.T.B 출입구입 개폐관리가 필요하다. - 거더내부 용접결합으로 Pit손상이 국부적으로 조사되었으나 대부분 경미한 상태이고 결합 주변 역시 특별한 징후는 관찰되지 않은 점을 고려할 때 주의관찰 정도의 유지관리가 요구됨.

【표 3.6.1】 2021년 정밀안전진단 외관조사 결과요약(발안IC방향)(계속)

구 분	주요결함 및 외관조사 결과	검토의견
가로보 및 세로보	특이손상 없음.	특이손상은 조사되지 않아 양호한 상태로 판단됨.
하부구조	구조적인 손상은 발생하지 않았으며, 균열, 백태, 누수흔적/체수 등의 손상이 조사됨.	- 조사된 균열손상은 대부분 Mass한 구조체의 온도구배에 의해 수화반응시 온도인장응력이 허용인장강도를 초과함에 따라 발생한 것으로, 손상이 부재 전반에 걸쳐 확인되어진 만큼 장기적인 내구성 및 건전성 확보를 위하여 일괄적인 보수를 계획함이 바람직하겠음. - 교각단면 변화부(단차 모서리부, TYPE-1)에 발생한 손상은 철근이음구간에 발생한 손상으로 코핑부 상단의 균열을 동반하며, 상단균열은 물흡 구간으로 우수 및 습기 침투가 우려되므로 균열 진행에 대한 주기적인 관리와 동시에 보수계획 수립 시 주입보수를 실시함이 적정할 것으로 판단된다. - 누수흔적 및 체수의 손상은 신축이음부 누수 및 배수관탈락에 의한 손상으로 유도배수 및 배수관 재설치 등의 조치가 우선되어야 함.
교량받침	- 받침물탈 균열, 부식의 손상이 조사됨. - 이동량 검토결과, 모든구간에서 허용변위 이내로 검토됨.	- 받침물탈에서 발생한 균열은 대부분 폭 0.3mm 미만 미세균열 및 망상균열로서 이는 받침 콘크리트 블록이나 받침 물탈 타설시 주변 기타설 부위의 구속력에 의해 인장응력이 발생하면서 생기는 균열로서 대부분 비구조적인 균열인 만큼 주의관찰이 요구됨. - 또한, 받침장치 부식의 경우 외부 우수유입에 따른 것으로 강재의 건전성 확보를 위하여 장기적 보수계획 수립이 바람직하겠음. - 일부구간 교량받침의 이동량이 비교적 크나 교량받침의 특이손상은 없으며, 대체로 계산이동량이 받침장치의 허용변위 이내로 검토되었음.

【표 3.6.1】 2021년 정밀안전진단 외관조사 결과요약(발안IC방향)(계속)

구 분	주요결함 및 외관조사 결과	검토의견
신축이음	• 후타재에서 국부적인 균열이 조사됨. • 신축이음장치 토사퇴적이 조사됨.	• 후타재 균열은 교통량 증가 및 공용기간 증대에 따른 차륜하중에 의하여 발생한 것으로 손상이 점차 증가추세를 보이는 만큼 주입보수를 통한 건전성 회복이 필요하겠음. • 신축이음장치 토사퇴적은 공용기간 증대에 따른 손상으로 신축이음장치의 기능유지를 위해 주기적인 정비관리(청소관리)가 필요함.
교면포장	• 교량에 전반적으로 마모가 조사됨.	• 교면포장에서 조사된 마모는 공용년수 증대에 따른 반복적인 교통하중 및 진동 등의 영향으로 아스콘이 노후화되는 과정으로 포장불량율이 10%이상으로 계획된 예산의 범위에서 순차적인 재포장이 필요함. (2021년 3월 일부구간 재포장 이력 확인)
배수시설	• 배수구 이물질 퇴적 및 배수관 탈락이 조사됨.	• 공용기간 증대에 따른 포장면 배수구 이물질 퇴적이 조사되어진 만큼 적극적인 유지관리가 요구됨. 배수관 탈락은 구조체 표면열화 등의 손상의 진행속도를 촉진시키는 바 배수관 재시공의 조치가 필요함.
방호벽 및 중분대/ 점검로	• 방호벽 및 중분대에 균열, 백태 손상이 조사됨. • 점검로 입구파손이 조사됨.	• 방호벽에 발생한 균열은 시공초기 양생과정에서의 신/구 콘크리트의 구속응력 및 진동요인, 건조수축 등이 복합되어 발생한 것으로, 현시점에서 균열부를 통한 백태가 동반되어진 만큼 균열보수를 통한 건전성 회복이 필요하겠음. • 점검로의 경우 부식 및 변형, 앵커볼트 고정 불량 등의 손상 없이 양호한 외관상태를 유지하고 있었음. 그러나 향후 유지관리에 있어 빈번한 이용이 예상되는바 과하중 작업에 대한 관리가 필요하겠음. 또한, 점검로 입구 파손은 일반인 출입을 통제하기 위한 시설로 안전사고를 미연에 방지하기 위해 재시공이 바람직함.

2) 기 정밀안전점검(2020년)결과 비교

【표 3.6.2】 기 정밀안전점검(2020년)결과 비교(발안IC방향)

구 분	정밀안전점검(2020년) 발생손상	정밀안전진단(2021년) 발생손상	증가원인	비 고
바닥판	▪ 균열 ▪ 철근노출 ▪ 망상균열 ▪ 데크부식 ▪ 조인트누수	▪ 균열 ▪ 철근노출 ▪ 망상균열 ▪ 데크부식 ▪ 조인트누수 ▪ 박리, 박락 ▪ 누수흔적	▪ 조사용 접근장비 운용 ▪ 정밀 상세조사 ▪ 우수침투	-
Steel Box Girder	▪ 누수흔적 ▪ 부식 ▪ 굽힘 ▪ 강재변형	▪ 누수흔적 ▪ 부식 ▪ 굽힘 ▪ 강재변형 ▪ PIT ▪ 도장박리	▪ 조사용 접근장비 운용 ▪ 정밀 상세조사 ▪ 렌턴 등으로 이용한 정밀조사 ▪ 외부충격 요인 ▪ 우수침투	-
강가로보 및 세로보	▪ -	▪ -	▪ 손상의 증가 없음	-
교대	▪ 균열 ▪ 백태 ▪ 누수흔적 ▪ 누수/체수 ▪ 박리 ▪ 식생(관목)	▪ 균열 ▪ 백태 ▪ 누수흔적 ▪ 누수/체수 ▪ 박리 ▪ 식생(관목) ▪ 표면열화	▪ 공용년수 증가에 따른 증대 ▪ 정밀 상세조사 ▪ 신축이음부 우수 유입	-
교각	▪ 균열 ▪ 망상균열 ▪ 재료분리 ▪ 박리, 박락 ▪ 굽힘 ▪ 되메우기 토사유실 ▪ 체수, 표면오염	▪ 균열 ▪ 망상균열 ▪ 재료분리 ▪ 박리, 박락 ▪ 굽힘 ▪ 되메우기 토사유실 ▪ 체수, 표면오염 ▪ 표면열화 ▪ 굽힘	▪ 조사용 접근장비 운용 ▪ 공용년수 증가에 따른 증대 ▪ 정밀 상세조사 ▪ 신축이음부 우수 유입	-

【표 3.6.2】 기 정밀안전점검(2020년)결과 비교(발안IC방향)(계속)

구 분	정밀안전점검(2020년) 발생손상	정밀안전진단(2021년) 발생손상	증가원인	비 고
교량받침	- 부식 - 받침균열	- 부식 - 받침균열 - 재료분리	- 공용년수 증가에 따른 증대 - 정밀 상세조사 - 우수침투	-
신축이음	- 균열(0.3mm이상) - 균열(0.3mm미만) - 이물질 퇴적	- 균열(0.3mm이상) - 균열(0.3mm미만) - 이물질 퇴적	손상의 증가 없음	-
교면포장	- 마모 - 패임 - 파손 - 포트홀 - 소성변형 - 균열 - 보수불량 - 식생	- 마모 - 패임 - 파손 - 포트홀 - 단차 - 균열 - 식생	- 공용년수 증가에 따른 노후화 - 정밀 상세조사 2021.03 일부 재포장	-
배수시설	- 이물질 퇴적 - 유도배수관 탈락	- 이물질 퇴적 - 유도배수관 탈락	손상의 증가 없음	-
난간/방호벽 점검로	- 균열 - 백태 - 표면박리	- 균열 - 백태 - 표면박리 - 출입구 파손	- 조사용 접근장비 운용 - 공용년수 증가에 따른 열화 - 정밀 상세조사 - 외부충격	-

나. 상신육교 램프교(발안IC방향)

1) 2021년 정밀안전진단 외관조사 결과 요약

【표 3.6.3】 2021년 정밀안전진단 외관조사 결과요약(램프교, 발안IC방향)

구 분		주요결합 및 외관조사 결과	검토의견
바닥판		구조적인 손상은 발생되지 않았으며, 국부적인 균열(누수흔적) 손상이 조사됨	바닥판 하면에서 조사된 균열은 0.3mm미만 균열로 켄틸러버구간에 발생하였다. 누수흔적을 동반하고 있으며, 이는 상부 방호벽에서 유입된 우수로 장기방치 시 철근부식 등의 2차손상이 우려되는 바, 유지관리계획 수립 후 보수함이 바람직함.
거더	외/ 내부	특이손상 없음.	특이손상은 조사되지 않아 양호한 상태로 판단됨.
가로보 및 세로보		특이손상 없음.	특이손상은 조사되지 않아 양호한 상태로 판단됨.
하부구조		구조적인 손상은 발생하지 않았으며, 침하균열, 백태, 누수흔적, 잡철물 노출 등의 손상이 조사됨.	- 침하균열 손상의 진행은 신축이음부 누수에 기인하여 기 손상인 표면박리 및 침하균열의 경미하게 진행된 것으로 판단된다. 장기방치 시 내구성 저하에 영향을 미칠 우려가 있으므로 단면복구 등의 조치가 바람직하며, 신축이음부 누수에 대한 보수를 우선적으로 실시하여야 할 것임. - 조사된 철선노출은 시공당시 거푸집 고정용 폼타이 부분에 대하여 양생 후 표면처리 불량에 따라 외기 환경조건에 의해 부식/팽창되어 표면에 노출된 것으로, 현 시점에서 구조적인 문제는 없을 것으로 판단되어지나, 장기적으로 표면 건전성 불량이 예상되는바 표면보수를 통한 건전성 회복이 필요함..

【표 3.6.3】 2021년 정밀안전진단 외관조사 결과요약(램프교, 발안IC방향)(계속)

구 분	주요결함 및 외관조사 결과	검토의견
교량받침	• 받침몰탈 균열, 부식의 손상이 조사됨. • 이동량 검토결과, 모든구간에서 허용변위 이내로 검토됨.	• 받침몰탈에서 발생한 균열은 대부분 폭 0.3mm 미만 미세균열 및 망상균열로서 이는 받침 콘크리트 블록이나 받침 몰탈 타설시 주변 기타설 부위의 구속력에 의해 인장응력이 발생하면서 생기는 균열로서 대부분 비구조적인 균열인 만큼 주의관찰이 요구됨. • 또한, 받침장치 부식의 경우 외부 우수유입에 따른 것으로 강재의 건전성 확보를 위하여 장기적 보수계획 수립이 바람직하겠음. • 계산이동량이 받침장치의 허용변위 이내로 검토되었음.
신축이음	• 후타재에서 국부적인 균열이 조사됨. • 신축이음장치 토사퇴적이 조사됨.	• 후타재 균열은 교통량 증가 및 공용기간 증대에 따른 차륜하중에 의하여 발생한 것으로 손상이 점차 증가추세를 보이는 만큼 주입보수를 통한 건전성 회복이 필요하겠음. • 신축이음장치 토사퇴적은 공용기간 증대에 따른 손상으로 신축이음장치의 기능유지를 위해 주기적인 정비관리(청소관리)가 필요함.
교면포장	• 교량에 전반적으로 마모가 조사됨.	• 교면포장에서 조사된 마모는 교면포장의 포장손상을 90%이상으로 전반적인 표면마모가 진행되어 있으며, 준공이후 재포장 이력이 없는 바, 전반적인 재포장이 필요하다.
배수시설	• 배수구 이물질 퇴적 및 배수관 탈락이 조사됨.	• 2018년 정밀안전점검부터 급회 진단까지 발생한 손상에 대하여 정량적인 물량 비교를 실시한 결과 손상물량의 증가는 없는 것으로 확인되었다. 또한 점검일 현재 방호벽 기능에 문제는 없는 상태로 판단되어, 추후 장기적 유지관리계획에 따른 보수를 실시함이 바람직함.
방호벽 및 중분대/ 점검로	• 방호벽 및 중분대에 균열, 백태 손상이 조사됨. • 점검로 특이손상 없음	• 방호벽에 조사된 손상은 콘크리트의 건조수축 및 양상과정 중 진동영향에 기인한 비구조적 손상으로 판단되며, 파손 및 굽힘은 차량통행에 따른 외부충격에 의한 손상으로 손상의 규모가 작아 방호벽 기능유지에 영향은 경미한 상태임. • 점검일 현재 점검로는 P1에 해당하며 외관조사 결과, 변형, 부식, 탈락 등의 손상 없이 양호한 외관 상태를 나타내고 있었다. 그러나 점검로의 경우 공용기간 동안 빈번한 이용이 예상되는 바 적정하중 이상의 과하중 작업에 대한 관리가 지속적으로 필요하겠다.

2) 기 정밀안전점검(2020년)결과 비교

【표 3.6.4】 기 정밀안전점검(2020년)결과 비교(램프교, 발안IC방향)

구 분	정밀안전점검(2020년) 발생손상	정밀안전진단(2021년) 발생손상	증가원인	비 고
바닥판	▪ -	▪ 균열(0.3mm미만)	▪ 조사용 접근장비 운용 ▪ 정밀 상세조사 ▪ 렌턴 등으로 이용한 정밀조사	-
Steel Box Girder	▪ -	▪ -	▪ 손상의 증가 없음	-
강가로보 및 세로보	▪ -	▪ -	▪ 손상의 증가 없음	-
교대	▪ 박리 ▪ 침하균열 ▪ 백태 ▪ 누수흔적	▪ 박리 ▪ 침하균열 ▪ 백태 ▪ 누수흔적 ▪ 잠철물 노출	▪ 조사용 접근장비 운용 ▪ 공용년수 증가에 따른 열화 ▪ 정밀 상세조사	-
교각	▪ 균열	▪ 균열(0.3mm미만) ▪ 잠철물노출	▪ 조사용 접근장비 운용 ▪ 공용년수 증가에 따른 열화 ▪ 정밀 상세조사	-
교량받침	▪ -	▪ 받침균열 ▪ 부식	▪ 공용년수 증가에 따른 열화 ▪ 정밀 상세조사 ▪ 우수침투	-
신축이음	▪ 균열(0.3mm이상) ▪ 균열(0.3mm미만) ▪ 이물질 퇴적	▪ 균열(0.3mm이상) ▪ 균열(0.3mm미만) ▪ 이물질 퇴적	▪ 손상의 증가 없음	-
교면포장	▪ 포장마모 ▪ 포장패임 ▪ 단차 ▪ 토사퇴적/식생	▪ 포장마모 ▪ 포장패임 ▪ 단차 ▪ 토사퇴적/식생	▪ 공용년수 증가에 따른 노후화 ▪ 정밀 상세조사	-
배수시설	▪ 배수구 막힘	▪ 배수구 막힘	▪ 손상의 증가 없음	-
난간/방호벽 점검로	▪ 균열(0.3mm이상) ▪ 균열(0.3mm미만) ▪ 굽힘 ▪ 파손	▪ 균열(0.3mm이상) ▪ 균열(0.3mm미만) ▪ 굽힘 ▪ 파손	▪ 손상의 증가 없음	-

다. 상신육교(향남방향)

1) 2021년 정밀안전진단 외관조사 결과 요약

【표 3.6.5】 2021년 정밀안전진단 외관조사 결과요약(향남방향)

구 분		주요결합 및 외관조사 결과	검토의견
바닥판		구조적인 손상은 발생되지 않았으며, 국부적인 균열, 망상균열, 백태, 등의 손상이 조사됨.	- 조사된 균열 손상은 시공초기 양생불량 및 공용 중 재료적 성질에 기인한 비구조적 손상이 대부분으로 시급한 보수보다는 장기적으로 보수를 계획함이 바람직하겠음. - 바닥판 하면에서 조사된 누수 및 백태의 경우 교면방수구간에 배수구막힘에 의한 체수가 유입되어 발생한 손상으로 배수구 정비, 표면처리 등의 보수가 필요함.
거더	외부	바닥판 굽힘이 조사됨.	거더외부에서 조사된 굽힘 손상의 경우는 기 점검과 동일한 손상으로 손상의 발생위치가 도로 상부임을 고려할 때 중차량에 의한 손상으로 판단되며, 굽힘 외 강재의 변형, 균열 등은 조사되지 않아 경미한 충격에 의한 굽힘으로 판단된다.
	내부	거더내부 체수 및 체수흔적이 조사됨.	거더내부에서 조사된 체수 및 체수흔적은 S.T.B 출입구(격벽)이 개방 및 현장이음부(Splice) 충전 불량에 따른 우수의 유입이 가장 큰 원인으로, 강구조의 건전성 확보를 위해 우선적으로 우수유입 방지를 위한 S.T.B 출입구입 개폐관리와 현장이음부 실링재 미시공구간의 실링재 충진이 필요하다.
가로보 및 세로보		특이손상 없음.	특이손상은 조사되지 않아 양호한 상태로 판단됨.

【표 3.6.5】 2021년 정밀안전진단 외관조사 결과요약(발안IC방향)(계속)

구 분	주요결함 및 외관조사 결과	검토의견
가로보 및 세로보	특이손상 없음.	특이손상은 조사되지 않아 양호한 상태로 판단됨.
하부구조	구조적인 손상은 발생하지 않았으며, 균열, 백태, 누수흔적, 들뜸, 교대 접합부 등의 손상이 조사됨.	- 조사된 균열손상은 대부분 Mass한 구조체의 온도구배에 의해 수화반응시 온도인장응력이 허용인장강도를 초과함에 따라 발생한 것으로, 손상이 부재 전반에 걸쳐 확인되어진 만큼 장기적인 내구성 및 건전성 확보를 위하여 일괄적인 보수를 계획함이 바람직하겠음. - 교각단면 변화부(단차 모서리부, TYPE-1)에 발생한 손상은 철근이음구간에 발생한 손상으로 코핑부 상단의 균열을 동반하며, 상단균열은 물흡 구간으로 우수 및 습기 침투가 우려되므로 균열 진행에 대한 주기적인 관리와 동시에 보수계획 수립 시 주입보수를 실시함이 적정할 것으로 판단됨. - 교대1과 발안IC방향 상부구 접합부의 경우 서로 다른 구조체의 거동에 따른 접합부 구조물의 파손 등의 손상에 주의하여야 한다. 옹벽의 돌출이 10mm정도 확인되었으나 옹벽의 전도, 교량받침의 균열, 변형 등 특이손상은 확인되지 않았으며, 우수유입의 흔적이 조사되어 신축여유량은 있는 것으로 판단된다 (신축량 계산 여름철 : 1.1mm 측정일 온도 30℃),
교량받침	- 받침물탈 균열, 부식의 손상이 조사됨. - 이동량 검토결과, 모든구간에서 허용변위 이내로 검토됨.	- 받침물탈에서 발생한 균열은 대부분 폭 0.3mm 미만 미세균열 및 망상균열로서 이는 받침 콘크리트 블록이나 받침 물탈 타설시 주변 기타설 부위의 구속력에 의해 인장응력이 발생하면서 생기는 균열로서 대부분 비구조적인 균열인 만큼 주의관찰이 요구됨. - 또한, 받침장치 부식의 경우 외부 우수유입에 따른 것으로 강재의 건전성 확보를 위하여 장기적 보수계획 수립이 바람직하겠음. - 일부구간 교량받침의 이동량이 비교적 크나 교량받침의 특이손상은 없으며, 대체로 계산이동량이 받침장치의 허용변위 이내로 검토되었음.

【표 3.6.5】 2021년 정밀안전진단 외관조사 결과요약(발안IC방향)(계속)

구 분	주요결함 및 외관조사 결과	검토의견
신축이음	• 후타재에서 국부적인 균열, 파손이 조사됨. • 신축이음장치 토사퇴적이 조사됨.	• 신축이음장치에서 조사된 균열은 건조수축 및 차량통행에 기인한 손상으로 표면처리를 통한 보수처리가 바람직하다. 후타재 파손은 콘크리트 포장과 단차에 발생 구간에 차량통행에 의해 발생한 손상으로 주행에 영향을 미칠 우려가 있으므로 단면복구의 보수가 바람직함. • 신축이음장치 토사퇴적은 공용기간 증대에 따른 손상으로 신축이음장치의 기능유지를 위해 주기적인 정비관리(청소관리)가 필요함.
교면포장	• 교량에 전반적으로 마모가 조사됨.	• 교면포장에서 조사된 마모는 공용년수 증대에 따른 반복적인 교통하중 및 진동 등의 영향으로 아스콘이 노후화되는 과정으로 포장불량율이 10%이상으로 계획된 예산의 범위에서 순차적인 재포장이 필요함.
배수시설	• 배수구 이물질 퇴적 및 배수관 탈락이 조사됨.	• 교면포장에서 조사된 배수시설 배수구 막힘은 2018년 정밀안전점검과 동일한 손상으로 점검일 현재 배수기능 저하에 영향은 경미하나 관리주체에서는 일상적인 유지관리를 통해 배수기능 확보를 실시함이 바람직하다.
방호벽 및 중분대/점검로	• 방호벽 및 중분대에 균열, 백태, 간판 접합부 탈락 손상이 조사됨. • 점검로 입구파손이 조사됨.	• 중앙분리대에서 조사된 표면열화는 콘크리트 표면이 우수에 노출되어 발생하는 손상으로 방호벽 전반에 걸쳐 발생하였으나 그 규모의 진행은 경미한 상태임. 방호벽 간판 철골부재 부식의 경우 철골부재의 단면결손까지 진행되지 않았으나, 장기방치 시 하부 도로로 간판이 낙하의 우려가 있으므로 주기적인 관리가 필요함. 또한 철골부재와 간판접합부 핀 탈락으로 점검일 현재 고정이 불량한 상태(1개소)로 접합부 고정이 필요함. • 점검로의 경우 부식 및 변형, 앵커볼트 고정 불량 등의 손상 없이 양호한 외관상태를 유지하고 있었음. 그러나 향후 유지관리에 있어 빈번한 이용이 예상되는바 과하중 작업에 대한 관리가 필요하겠음. 또한, 점검로 입구 파손은 일반인 출입을 통제하기 위한 시설로 안전사고를 미연에 방지하기 위해 재시공이 바람직함.

2) 기 정밀안전점검(2020년)결과 비교

【표 3.6.6】 기 정밀안전점검(2020년)결과 비교(발안IC방향)

구 분	정밀안전점검(2020년) 발생손상	정밀안전진단(2021년) 발생손상	증가원인	비 고
바닥판	▪ 균열 ▪ 균열/백태 ▪ 망상균열 ▪ 신축이음누수	▪ 균열 ▪ 균열/백태 ▪ 망상균열 ▪ 신축이음누수 ▪ 누수흔적	▪ 조사용 접근장비 운용 ▪ 정밀 상세조사 ▪ 우수침투	-
Steel Box Girder	▪ 굽힘 ▪ SP실링재미시공 ▪ 채수/채수흔적	▪ 굽힘 ▪ SP실링재미시공 ▪ 채수/채수흔적	▪ 조사용 접근장비 운용 ▪ 정밀 상세조사 ▪ 렌턴 등으로 이용한 정밀조사 ▪ 외부충격 요인 ▪ 우수침투	-
강가로보 및 세로보	▪ -	▪ -	▪ 손상의 증가 없음	-
교대	▪ 균열 ▪ 누수흔적 ▪ 채수 ▪ 신축이음하부 누수 ▪ 백태 ▪ 표면열화 ▪ 보수부 들뜸	▪ 균열 ▪ 누수흔적 ▪ 채수 ▪ 신축이음하부 누수 ▪ 백태 ▪ 표면열화 ▪ 보수부 들뜸 ▪ 실린트 이격 ▪ 돌출	▪ 공용년수 증가에 따른 열화 ▪ 정밀 상세조사 ▪ 우수침투 ▪ 교대 옹벽구간 추가조사	-
교각	▪ 균열 ▪ 망상균열 ▪ 재료분리 ▪ 박리/박락 ▪ 단면손상 ▪ 철근노출 ▪ 누수흔적 ▪ 파손 ▪ 몰탈박락	▪ 균열 ▪ 망상균열 ▪ 재료분리 ▪ 박리/박락 ▪ 단면손상 ▪ 철근노출 ▪ 누수흔적 ▪ 파손 ▪ 몰탈박락 ▪ 게비온 매트리스 이격 ▪ 공동	▪ 조사용 접근장비 운용 ▪ 공용년수 증가에 따른 열화 ▪ 정밀 상세조사	-

【표 3.6.6】 기 정밀안전점검(2020년)결과 비교(발안IC방향)(계속)

구 분	정밀안전점검(2020년) 발생손상	정밀안전진단(2021년) 발생손상	증가원인	비 고
교량받침	▪ 받침균열 ▪ 부식	▪ 받침균열 ▪ 부식	▪ 공용년수 증가에 따른 열화 ▪ 정밀 상세조사 ▪ 우수침투	-
신축이음	▪ 후타재 균열 ▪ 후타재 파손	▪ 부식 ▪ 이물질퇴적 ▪ 후타재 균열 ▪ 후타재 파손	▪ 공용년수 증가에 따른 손상 ▪ 정밀 상세조사	-
교면포장	▪ 포장마모 ▪ 포장패임 ▪ 포장파손 ▪ 채수 ▪ 식생 ▪ 이물질퇴적	▪ 포장마모 ▪ 포장패임 ▪ 포장파손 ▪ 소성변형 ▪ 채수 ▪ 단차 ▪ 식생 ▪ 이물질퇴적	▪ 공용년수 증가에 따른 노후화 ▪ 정밀 상세조사	-
배수시설	▪ 이물질 퇴적 ▪ 유도배수관 탈락	▪ 이물질 퇴적 ▪ 유도배수관 탈락	▪ 손상의 증가 없음	-
난간/방호벽 점검로	▪ 균열 ▪ 백태 ▪ 망상균열 ▪ 백태 ▪ 표면열화 ▪ 철근노출 ▪ 녹발생 ▪ 누수흔적 ▪ 파손	▪ 균열 ▪ 백태 ▪ 망상균열 ▪ 백태 ▪ 표면열화 ▪ 철근노출 ▪ 녹발생 ▪ 누수흔적 ▪ 파손	▪ 공용년수 증가에 따른 열화 ▪ 정밀 상세조사 ▪ 우수침투	-

라. 상신육교 램프교(향남방향)

1) 2021년 정밀안전진단 외관조사 결과 요약

【표 3.6.7】 2021년 정밀안전진단 외관조사 결과요약(램프교, 향남방향)

구 분		주요결합 및 외관조사 결과	검토의견
바닥판		• 누후흔적 손상이 조사됨	• 바닥판 하면에서 조사된 누수흔적은 방호벽 틈새로 우수가 유입되어 캔틸레버 구간을 통해 S.T.B상부 강재 접합부에 누수흔적이 발생한 상태로 점검일 현재 누수의 진행은 없는 상태로 확인되어 표면처리 등의 보수가 바람직함.
거더	외/ 내부	• 특이손상 없음.	• 특이손상은 조사되지 않아 양호한 상태로 판단됨.
가로보 및 세로보		• 특이손상 없음.	• 특이손상은 조사되지 않아 양호한 상태로 판단됨.
하부구조		• 구조적인 손상은 발생하지 않았으며, 균열, 망상균열, 체수흔적, 잡철물 노출 등의 손상이 조사됨.	• 균열 및 망상균열은 건조수축에 기인한 기점검과 동일한 손상으로 진행은 경미한 상태로 시급한 보수를 요하지 않으나 내구성 확보 차원의 장기적 유지관리계획에 따른 표면처리가 바람직함. 신규로 확인된 체수흔적의 경우 코핑부 단부에 발생한 손상으로 외부의 우수 유입과 상부 신축이음부 누수에 의해 발생한 손상으로 우선적으로 신축이음부의 유간 토사 퇴적 청소관리 및 실링재처리 등의 보수가 바람직할 것임.
교량받침		• 받침몰탈 균열 손상이 조사됨. • 이동량 검토결과, 모든구간에서 허용변위 이내로 검토됨.	• 받침몰탈에서 발생된 균열은 대부분 폭 0.3mm 미만 미세균열 및 망상균열로서 이는 받침 콘크리트 블록이나 받침 몰탈 타설시 주변 기 타설 부위의 구속력에 의해 인장응력이 발생하면서 생기는 균열로서 대부분 비구조적인 균열인 만큼 주의관찰이 요구됨. • 계산이동량이 받침장치의 허용변위 이내로 검토되었음.

【표 3.6.7】 2021년 정밀안전진단 외관조사 결과요약(램프교, 향남방향)(계속)

구 분	주요결함 및 외관조사 결과	검토의견
신축이음	• 후타재에서 국부적인 균열이 조사됨. • 신축이음장치 협착이 조사됨.	• 후타재 균열은 교통량 증가 및 공용기간 증대에 따른 차륜하중에 의하여 발생된 것으로 손상이 점차 증가추세를 보이는 만큼 주입보수를 통한 건전성 회복이 필요하겠음. • 본선험류구간의 신축이음장치가 본선험방향으로 협착되어있어 온도변화에 따라 주의관찰이 필요함.
교면포장	• 교량에 전반적으로 마모가 조사됨.	• 교면포장에서 조사된 마모는 교면포장의 포장손상을 90%이상으로 전반적인 표면마모가 진행되어 있으며, 준공이후 재포장 이력이 없는 바, 전반적인 재포장이 필요함.
배수시설	• 배수구 이물질 퇴적 및 배수관 탈락이 조사됨.	• 2018년 정밀안전점검부터 금회 진단까지 발생한 손상에 대하여 정량적인 물량 비교를 실시한 결과 손상물량의 증가는 없는 것으로 확인되었다. 또한 점검일 현재 방호벽 기능에 문제는 없는 상태로 판단되어, 추후 장기적 유지관리계획에 따른 보수를 실시함이 바람직함.
방호벽 및 중분대/ 점검로	• 방호벽 및 중분대에 균열, 백태 손상이 조사됨. • 점검로 특이손상 없음	• 방호벽에 조사된 손상은 콘크리트의 건조수축 및 양상과정 중 진동영향에 기인한 비구조적 손상으로 판단되며, 파손 및 굽힘은 차량통행에 따른 외부충격에 의한 손상으로 손상의 규모가 작아 방호벽 기능유지에 영향은 경미한 상태임. • 점검일 현재 점검로는 P1에 해당하며 외관조사 결과, 변형, 부식, 탈락 등의 손상 없이 양호한 외관 상태를 나타내고 있었다. 그러나 점검로의 경우 공용기간 동안 빈번한 이용이 예상되는 바 적정하중 이상의 과하중 작업에 대한 관리가 지속적으로 필요함.

2) 기 정밀안전점검(2020년)결과 비교

【표 3.6.8】 기 정밀안전점검(2020년)결과 비교(램프교, 향남방향)

구 분	정밀안전점검(2020년) 발생손상	정밀안전진단(2021년) 발생손상	증가원인	비 고
바닥판	▪ -	▪ 누수흔적	▪ 조사용 접근장비 운용 ▪ 정밀 상세조사 ▪ 우수침투	-
Steel Box Girder	▪ -	▪ -	▪ 손상의 증가 없음	-
강가로보 및 세로보	▪ -	▪ -	▪ 손상의 증가 없음	-
교대	▪ 균열 ▪ 망상균열 ▪ 신축이음부 하부 누수	▪ 균열 ▪ 망상균열 ▪ 신축이음부 하부 누수 ▪ 체수흔적 ▪ 잡철물 미제거	▪ 공용년수 증가에 따른 열화 ▪ 정밀 상세조사 ▪ 신축이음부 우수침투	-
교각	▪ 균열 ▪ 망상균열 ▪ 표면오염	▪ 균열 ▪ 망상균열 ▪ 표면오염	▪ 조사용 접근장비 운용 ▪ 공용년수 증가에 따른 열화 ▪ 정밀 상세조사	-
교량받침	▪ -	▪ -	▪ 손상의 증가 없음 (교대 체수에 의한 부식 주의 관찰)	-
신축이음	▪ 이물질퇴적 ▪ 후타재 균열	▪ 이물질퇴적 ▪ 후타재 균열	▪ 손상의 증가 없음	-
교면포장	▪ 마모 ▪ 토사퇴적	▪ 마모 ▪ 토사퇴적	▪ 공용년수 증가에 따른 노후화	-
배수시설	▪ 이물질 퇴적	▪ 이물질 퇴적	▪ 손상의 증가 없음	-
난간/방호벽 점검로	▪ 백태 ▪ 파손 ▪ 철근노출 ▪ 볼트탈락	▪ 백태 ▪ 파손 ▪ 철근노출 ▪ 볼트탈락	▪ 손상의 증가 없음	-

3.6.2 내구성조사 결과 요약

가. 상신육교(발안IC방향, 본선)

1) 2021년 정밀안전진단 내구성조사 결과 요약

【표 3.6.9】 2021년 정밀안전진단 내구성조사 결과 요약(발안IC방향, 본선)

시 험 명	시 험 부 위		시 험 결 과	비 고
비파괴강도 (MPa)	상부 구조	반발경도	28.7~31.1MPa	▪ 시설물의 내구성에 의한 문제는 없을 것으로 판단됨.
		초음파	27.2~31.2MPa	
	하부 구조	반발경도	23.9~30.3MPa	
		초음파	21.3~31.3MPa	
탄산화 진행깊이 (mm)	상부구조		9.50~13.00mm	▪ 탄산화 잔여깊이가 30mm이 상 'a등급' 으로 탄산화로 인 한 내구성 저하 가능성은 없 는 것으로 검토됨.
	하부구조		2.30~20.60mm	
염화물 함유량시험 (kg/m³)	상부구조		0.771~0.810kg/m³	▪ 염화물 상태평가 결과 b등 급으로 염화물에 의한 철근 부식이 발생할 가능성은 낮 은 것으로 평가됨.
	하부구조		0.735~4.098kg/m³	
철근탐사 (mm)	상부 구조	배근간격	78~257mm	▪ 전반적으로 철근간격은 설 계값과 근사한 것으로 측정 되었음.
		피복두께	41~97mm	
	하부 구조	배근간격	96~322mm	
		피복두께	52~168mm	
균열깊이 (mm)	상부구조	균열깊이/피복두께	43.16mm/50mm	▪ 철근구간까지 균열깊이가 도달하지 않은 상태로 측정 되었음.
	하부구조	균열깊이/피복두께	39.99~80.36mm/73~100mm	
초음파탐상 시험(U.T)	거더	맞대기용접부	1등급 이상(51개소)	▪ 전 구간 1등급으로 평가됨.
강재두께	거더(외부)	측정치	12.3~22.4mm	▪ 설계값(12~22mm) 이상으로 양호한 상태임.
도막두께	거더(외부)	측정두께	302~337 μ m	▪ 설계값(195 μ m) 이상으로 양 호한 상태임.
종합 평가	• 비파괴강도 측정결과, 콘크리트 내구성에 문제는 없는 것으로 판단되며 공용년수 경과에 따른 구조물의 강도저하는 없는 것으로 평가됨. • 탄산화 깊이 측정결과, 전 개소에서 상태평가"a등급"로 검토되어 현 상태에서는 탄산화에 철근부식의 우려가 없는 상태로 판단됨. • 염화물 상태평가 결과 b등급으로 염화물에 의한 철근부식이 발생할 가능성은 낮은 것으로 평가됨. • 철근 배근상태는 설계기준을 만족하는 것으로 측정됨. • 철근구간 균열깊이는 판통하지 않은 상태로 측정됨. • 거더의 초음파 탐상시험 결과, 전구간 1등급으로 평가되었고, 강재·도막두께 측정결과 설계값 이상으로 양호한 상태임.			

2) 기 정밀안전점검(2020년)결과 비교

【표 3.6.10】 내구성조사 기 정밀안전점검(2020년)결과 비교(발안IC방향, 본선)

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			2020년 정밀안전점검	2021년 정밀안전진단	
비파괴 강도 (MPa)	상부 구조	반발경도	27.5~28.3MPa	28.7~31.1MPa	▪ 측정위치에 따른 편차가 일부 존재하나, 콘크리트 강도의 변화는 경미함.
		초음파	-	27.2~31.2MPa	
	하부 구조	반발경도	24.3~26.7MPa	23.9~30.3MPa	
		초음파	-	21.3~31.3MPa	
탄산화 진행깊이 (mm)	상부 구조		5.5~11.0mm	9.50~13.00mm	▪ 측정위치에 따른 편차로 인하여 다소 차이가 발생한 것으로 판단됨.
	하부 구조		4.7~13.2mm	2.30~20.60mm	
염화물 함유량시험 (kg/m³)	상부 구조		-	0.771~0.810 kg/m³	-
	하부 구조		-	0.735~4.098 kg/m³	
철근탐사 (mm)	상부 구조	배근간격	-	78~257mm	-
		피복두께	-	41~97mm	
	하부 구조	배근간격	-	96~322mm	
		피복두께	-	52~168mm	
균열깊이 (mm)	상부구조	균열깊이/피복두께	-	43.16mm/50mm	-
	하부구조	균열깊이/피복두께	-	39.99~80.36mm/ 73~100mm	-
초음파탐상 시험(U.T)	거더	맞대기 용접부	-	1등급 이상 (51개소)	-
강재두께	거더(외부)	측정치	-	12.3~22.4mm	-
도막두께	거더(외부)	측정두께	-	302~337 μ m	-
종합 평가	• 금회 실시된 정밀안전진단과 최근 실시된 정밀안전점검에서의 내구성 여부를 비교한 결과 측정위치 오차에 따른 편차로 인하여 다소 차이가 있으나, 전반적으로 내구성을 확보하고 있는 것으로 분석되었고 내구성 저하를 나타내는 이상 경향은 확인되지 않았음.				

나. 상신육교(발안IC방향, 램프)

1) 2021년 정밀안전진단 내구성조사 결과요약

【표 3.6.11】 2021년 정밀안전진단 내구성조사 결과요약(발안IC방향, 램프)

시 험 명	시험부위		시험 결과	비 고
비파괴강도 (MPa)	상부 구조	반발경도	27.9~28.3MPa	▪ 시설물의 내구성에 의한 문제는 없을 것으로 판단됨.
		초음파	27.9~28.3MPa	
	하부 구조	반발경도	24.7~28.3MPa	
		초음파	23.9~30.5MPa	
탄산화 진행깊이 (mm)	상부구조		8.4mm	▪ 탄산화 잔여깊이가 30mm이상 'a등급' 으로 탄산화로 인한 내구성 저하 가능성은 없는 것으로 검토됨.
	하부구조		11.00~13.50mm	
염화물 함유량시험 (kg/m³)	상부구조		1.027~4.200kg/m³	▪ 염화물 상태평가 결과 b등급으로 염화물에 의한 철근부식이 발생할 가능성은 낮은 것으로 평가됨.
	하부구조		0.659~2.245kg/m³	
철근탐사 (mm)	상부 구조	배근간격	89~101mm	▪ 전반적으로 철근간격은 설계값과 근사한 것으로 측정되었음.
		피복두께	47~55mm	
	하부 구조	배근간격	107~321mm	
		피복두께	78~118mm	
균열깊이 (mm)	하부구조	균열깊이/피복두께	55.90~60.23mm/90~100mm	▪ 철근구간까지 균열깊이가 도달하지 않은 상태로 측정되었음.
강재두께	거더(내부)	측정치	10.4mm	▪ 설계값(10mm) 이상으로 양호한 상태임.
도막두께	거더(내부)	측정두께	211 μ m	▪ 설계값(195mm) 이상으로 양호한 상태임.
종합 평가	• 비파괴강도 측정결과, 콘크리트 내구성에 문제는 없는 것으로 판단되며 공용년수 경과에 따른 구조물의 강도저하는 없는 것으로 평가됨. • 탄산화 깊이 측정결과, 전 개소에서 상태평가“a등급”로 검토되어 현 상태에서는 탄산화에 철근부식의 우려가 없는 상태로 판단됨. • 염화물 상태평가 결과 b등급으로 염화물에 의한 철근부식이 발생할 가능성은 낮은 것으로 평가됨. • 철근 배근상태는 설계기준을 만족하는 것으로 측정됨. • 철근구간 균열깊이는 관통하지 않은 상태로 측정됨. • 거더의 강재·도막두께 측정결과 설계값 이상으로 양호한 상태임.			

2) 기 정밀안전점검(2020년)결과 비교

【표 3.6.12】 내구성조사 기 정밀안전점검(2020년)결과 비교(발안IC방향, 램프)

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			2020년 정밀안전점검	2021년 정밀안전진단	
비파괴 강도 (MPa)	상부 구조	반발경도	27.6MPa	27.9~28.3MPa	▪ 측정위치에 따른 편차가 일부 존재하나, 콘크리트 강도의 변화는 경미함.
		초음파	-	27.9~28.3MPa	
	하부 구조	반발경도	25.3MPa	24.7~28.3MPa	
		초음파	-	23.9~30.5MPa	
탄산화 진행깊이 (mm)	상부 구조		7.3mm	8.4mm	▪ 측정위치에 따른 편차로 인하여 다소 차이가 발생한 것으로 판단됨.
	하부 구조		8.8mm	11.00~13.50mm	
염화물 함유량시험 (kg/m³)	상부 구조		-	1.027~4.200 kg/m³	-
	하부 구조		-	0.659~2.245 kg/m³	
철근탐사 (mm)	상부 구조	배근간격	-	89~101mm	-
		피복두께	-	47~55mm	
	하부 구조	배근간격	-	107~321mm	
		피복두께	-	78~118mm	
균열깊이 (mm)	하부구조	균열깊이/피복두께	-	55.90~60.23mm/ 90~100mm	-
강재두께	거더(내부)	측정치	-	10.4mm	-
도막두께	거더(내부)	측정두께	-	211 μ m	-
종합 평가	• 금회 실시된 정밀안전진단과 최근 실시된 정밀안전점검에서의 내구성 여부를 비교한 결과 측정위치 오차에 따른 편차로 인하여 다소 차이가 있으나, 전반적으로 내구성을 확보하고 있는 것으로 분석되었고 내구성 저하를 나타내는 이상 경향은 확인되지 않았음.				

다. 상신육교(향남방향, 본선)

1) 2021년 정밀안전진단 내구성조사 결과요약

【표 3.6.13】 2021년 정밀안전진단 내구성조사 결과요약(향남방향, 본선)

시 험 명	시험부위		시험 결과	비 고
비파괴 강도 (MPa)	상부 구조	반발경도	24.9~30.3MPa	▪ 시설물의 내구성에 의한 문제는 없을 것으로 판단됨.
		초음파	25.7~31.2MPa	
	하부 구조	반발경도	23.9~29.5MPa	
		초음파	23.2~30.7MPa	
탄산화 진행깊이 (mm)	상부구조		8.90~14.50mm	▪ 탄산화 잔여깊이가 30mm이 상 ‘a등급’ 으로 탄산화로 인 한 내구성 저하 가능성은 없 는 것으로 검토됨.
	하부구조		11.40~16.60mm	
염화물 함유량시험 (kg/m³)	상부구조		0.701~0.933kg/m³	▪ 염화물 상태평가 결과 b~ c등급으로 염화물에 의한 철 근부식이 발생할 가능성이 높은 것으로 평가됨
	하부구조		0.680~3.838kg/m³	
철근탐사 (mm)	상부 구조	배근간격	90~212mm	▪ 전반적으로 철근간격은 설 계값과 근사한 것으로 측정 되었음.
		피복두께	31~116mm	
	하부 구조	배근간격	96~349mm	
		피복두께	60~161mm	
균열깊이 (mm)	상부구조	균열깊이/피복두께	48.75mm/56mm	▪ 측정구간의 균열깊이는 0.3 mm이상 균열은 철근 피복두 께 까지 균열깊이가 측정됨 에 따라 주입보수를 통한 유 지관리가 요구됨.
	하부구조	균열깊이/피복두께	41.61~82.09mm/60~100mm	
초음파탐상 시험(U.T)	거더	맞대기용접부	1등급 이상(49개소)	▪ 전 구간 1등급으로 평가됨.
강재두께	거더	외부	12.3~12.4mm	▪ 설계값(12mm) 이상으로 양 호한 상태임.
		내부	12.4mm	
도막두께	거더	외부	274~281μm	▪ 설계값(195μm) 이상으로 양 호한 상태임.
		내부	231μm	
종합 평가	• 비파괴강도 측정결과, 콘크리트 내구성에 문제는 없는 것으로 판단되며 공용년수 경과에 따른 구조물의 강도저하는 없는 것으로 평가됨. • 탄산화 깊이 측정결과, 전 개소에서 상태평가“a등급”로 검토되어 현 상태에서는 탄산화에 철근부식의 우려가 없는 상태로 판단됨. • 염화물 상태평가 결과 상부구조 b등급, 하부구조 c등급으로 하부구조 구간 부식 발생 가능성이 높은 것으로 평가되어, 철근부식 발생 및 그에 따른 특이 손상에 대한 지속적인 관리, 관찰이 필요함. • 철근 배근상태는 설계기준을 만족하는 것으로 측정됨. • 철근구간 균열깊이는 0.3mm이상 균열을 제외하고는 관통하지 않은 상태로 측정됨. • 거더의 초음파 탐상시험 결과, 전구간 1등급으로 평가되었고, 강재·도막두께 측정결과 설계값 이상으로 양호한 상태임.			

2) 기 정밀안전점검(2020년)결과 비교

【표 3.6.14】 내구성조사 기 정밀안전점검(2020년)결과 비교(향남방향, 본선)

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			2020년 정밀안전점검	2021년 정밀안전진단	
비파괴 강도 (MPa)	상부 구조	반발경도	27.0~28.9MPa	24.9~30.3MPa	▪ 측정위치에 따른 편차가 일부 존재하나, 콘크리트 강도의 변화는 경미함.
		초음파	-	25.7~31.2MPa	
	하부 구조	반발경도	24.1~26.7MPa	23.9~29.5MPa	
		초음파	-	23.2~30.7MPa	
탄산화 진행깊이 (mm)	상부 구조		5.5~11.0mm	8.90~14.50mm	▪ 측정위치에 따른 편차로 인하여 다소 차이가 발생한 것으로 판단됨.
	하부 구조		4.7~13.2mm	11.40~16.60mm	
염화물 함유량시험 (kg/m³)	상부 구조		-	0.701~0.933 kg/m³	-
	하부 구조		-	0.680~3.838 kg/m³	
철근탐사 (mm)	상부 구조	배근간격	-	90~212mm	-
		피복두께	-	31~116mm	
	하부 구조	배근간격	-	96~349mm	
		피복두께	-	60~161mm	
균열깊이 (mm)	상부구조	균열깊이/피복두께	-	48.75mm/56mm	-
	하부구조	균열깊이/피복두께	-	41.61~82.09mm/60~100mm	-
초음파탐상 시험(U.T)	거더	맞대기용접부	-	1등급 이상(49개소)	-
강재두께	거더	외부	-	12.3~12.4mm	-
		내부	-	12.4mm	
도막두께	거더	외부	-	274~281μm	-
		내부	-	231μm	
종합 평가	• 금회 실시된 정밀안전진단과 최근 실시된 정밀안전점검에서의 내구성 여부를 비교한 결과 측정위치 오차에 따른 편차로 인하여 다소 차이가 있으나, 전반적으로 내구성을 확보하고 있는 것으로 분석되었고 내구성 저하를 나타내는 이상 경향은 확인되지 않았음.				

라. 상신육교(향남방향, 램프)

1) 2021년 정밀안전진단 내구성조사 결과요약

【표 3.6.15】 2021년 정밀안전진단 내구성조사 결과요약(향남방향, 램프)

시 험 명	시험부위		시험 결과	비 고
비파괴강도 (MPa)	상부 구조	반발경도	29.2~29.5MPa	▪ 시설물의 내구성에 의한 문제는 없을 것으로 판단됨.
		초음파	28.3~30.8MPa	
	하부 구조	반발경도	23.9~26.5MPa	
		초음파	22.6~28.3MPa	
탄산화 진행깊이 (mm)	상부구조		7.20~12.30mm	▪ 탄산화 잔여깊이가 30mm이상 'a등급' 으로 탄산화로 인한 내구성 저하 가능성은 없는 것으로 검토됨.
	하부구조		9.60~12.00mm	
염화물 함유량시험 (kg/m³)	상부구조		0.712~0.804kg/m³	▪ 염화물 상태평가 결과 b등급으로 염화물에 의한 철근부식이 발생할 가능성은 낮은 것으로 평가됨.
	하부구조		0.701~1.039kg/m³	
철근탐사 (mm)	상부 구조	배근간격	90~123mm	▪ 전반적으로 철근간격은 설계값과 근사한 것으로 측정되었음.
		피복두께	62~84mm	
	하부 구조	배근간격	108~323mm	
		피복두께	63~107mm	
균열깊이 (mm)	하부구조	균열깊이/피복두께	55.03~66.58mm/75~84mm	▪ 철근구간까지 균열깊이가 도달하지 않은 상태로 측정되었음.
강재두께	거더(외부)	측정치	10.1mm	▪ 설계값(10mm) 이상으로 양호한 상태임.
도막두께	거더(외부)	측정두께	355 μ m	▪ 설계값(195 μ m) 이상으로 양호한 상태임.
종합 평가	• 비파괴강도 측정결과, 콘크리트 내구성에 문제는 없는 것으로 판단되며 공용년수 경과에 따른 구조물의 강도저하는 없는 것으로 평가됨. • 탄산화 깊이 측정결과, 전 개소에서 상태평가"a등급"로 검토되어 현 상태에서는 탄산화에 철근부식의 우려가 없는 상태로 판단됨. • 염화물 상태평가 결과 b등급으로 염화물에 의한 철근부식이 발생할 가능성은 낮은 것으로 평가됨. • 철근 배근상태는 설계기준을 만족하는 것으로 측정됨. • 철근구간 균열깊이는 관통하지 않은 상태로 측정됨. • 강재·도막두께 측정결과 설계값 이상으로 양호한 상태임.			

2) 기 정밀안전점검(2020년)결과 비교

【표 3.6.16】 내구성조사 기 정밀안전점검(2020년)결과 비교(향남방향, 램프)

시 험 명	시험부위		시험 결과		비 고
			2020년 정밀안전점검	2021년 정밀안전진단	
비파괴 강도 (MPa)	상부 구조	반발경도	28.5MPa	29.2~29.5MPa	▪ 측정위치에 따른 편차가 일부 존재하나, 콘크리트 강도의 변화는 경미함.
		초음파	-	28.3~30.8MPa	
	하부 구조	반발경도	26.2MPa	23.9~26.5MPa	
		초음파	-	22.6~28.3MPa	
탄산화 진행깊이 (mm)	상부 구조		7.3mm	7.20~12.30mm	▪ 측정위치에 따른 편차로 인하여 다소 차이가 발생한 것으로 판단됨.
	하부 구조		8.8mm	9.60~12.00mm	
염화물 함유량시험 (kg/m ³)	상부 구조		-	0.712~0.804 kg/m ³	-
	하부 구조		-	0.701~1.039 kg/m ³	
철근탐사 (mm)	상부 구조	배근간격	-	90~123mm	-
		피복두께	-	62~84mm	
	하부 구조	배근간격	-	108~323mm	
		피복두께	-	63~107mm	
균열깊이 (mm)	하부구조	균열깊이/피복두께	-	55.03~66.58mm/ 75~84mm	-
강재두께	거더(외부)	측정치	-	10.1mm	-
도막두께	거더(외부)	측정두께	-	355 μ m	-
종합 평가	• 금회 실시된 정밀안전진단과 최근 실시된 정밀안전점검에서의 내구성 여부를 비교한 결과 측정위치 오차에 따른 편차로 인하여 다소 차이가 있으나, 전반적으로 내구성을 확보하고 있는 것으로 분석되었고 내구성 저하를 나타내는 이상 경향은 확인되지 않았음.				

