

제3장

현장조사 및 시험

3.1 개요

3.2 외관조사

3.3 재료시험

3.4 교통량 조사

3.5 현장조사 결과 요약

3.6 기 점검 및 진단 결과와 비교 · 분석

제3장 현장조사 및 시험

3.1 개요

본 과업 대상 시설물인 상적교는 경기도 성남시 수정구 상적동 일원 분당내곡로 상에 위치하며 총 연장 $L = 180.0 \text{ m}$ ($55.0 + 70.0 + 55.0$), 폭 $B = 28.6 \text{ m}$ (왕복 6차로)인 도로교량으로 1994년 11월에 준공되어 약 29년 정도 공용중인 구조물이다.

상부구조는 강박스 거더(STB) 형식이며 하부구조는 역T형 교대 4기(상·하행, A1~A2)와 라멘식 4기(상·하행, P1~P2)로 구성되었으며, 교대와 교각의 기초형식은 직접기초로 확인되었다.

교량받침의 형식은 면진받침(NES, 단일앵커형 지진격리받침)으로 총 32개소가 설치되어 있으며, 신축이음은 New Finger Joint로 총 4개소가 설치되었다.

금번 정밀안전진단은 준공이후 4회차로 실시하는 정밀안전진단으로 대상교량의 물리적, 기능적 결함을 발견하고 안전성을 판단함을 목적으로 교량부재 전체에 대하여 가능한 한 근접한 상태에서 육안조사를 실시함을 원칙으로 하였다. 따라서, 사전 현장답사를 통해 주변 여건을 파악하여 현장 접근에 필요한 접근방법 및 장비 동원과 그에 따른 일정계획을 수립하고, 기초자료의 수집 및 분석을 통한 주요 손상을 파악하는 등의 사전검토를 통하여 주요 손상을 파악한 후 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침_교량편(2022.12, 국토교통부/국토안전관리원)』의 실시요령에 따라 시설물에 내재되어 있는 위험요인이나 시설물의 기능 및 성능 저하, 상태 등을 신속·정확하게 검사·평가하는 데 주안점을 두고 외관조사 방향을 결정하였다.

특히 교량의 안전성에 영향을 미치는 구조적인 결함의 유무를 중점적으로 확인하였으며, 점검대상 부위는 정밀조사를 실시하기 위하여 교량점검차 및 고소점검차, 사다리 등의 접근장비 및 도구를 이용한 근접조사를 원칙으로 시행하였으며, 균열폭 측정 및 점검망치를 이용한 타격조사를 실시하여 공동 및 박리, 층분리 발생 여부를 확인하였다.

본 장에서는 교량의 구성 부재별로 외관조사 결과를 도표 중심으로 수록하였으며 이에 따른 외관조사망도와 현장사진 등 자료를 정리하여 향후 유지관리 시 효율적으로 활용할 수 있도록 제시하였다.

가. 현장조사 일자 및 내용

[표 3.1] 현장조사 일자 및 내용

구 분	기 간	조 사 내 용	비 고
현장답사	2023. 9. 18 ~ 9. 19	◦ 구조물 현황 및 작업여건 파악	
현장조사	2023. 9. 20 ~ 9. 26	◦ 상적교 하부 외관조사 및 재료시험	도보점검 사다리이용
	2023. 10. 4	◦ 상적교 상부 외관조사 및 재료시험	교량점검차 점검시설
	2023. 10. 25	◦ 상적교 교통량 조사	도보점검
	2023. 11. 7 ~ 11. 9	◦ 상적교 거더내부 조사	도보점검 사다리이용
	2023. 11. 27	◦ 상적교 재하시험	재하차량 2대

나. 현장조사 방법

외관조사는 구조물의 각 형식별, 부재별로 조사를 시행하였으며, 조사결과를 안전성 및 사용성 평가의 기초자료로 활용하였다.

- 1) 부재별 근접조사를 위하여 상부구조 바닥판 및 거더·가로보 조사는 교량점검차를 이용하였고 작업 전 조사자 안전교육 시행 및 안전장구류 착용 후 외관조사 및 재료시험을 시행하였으며, 교량점검차를 이용한 조사 시 관계기관 협조 및 교통통제를 실시하고 도보에 의한 조사를 수행하였다.
- 2) 상부 교통통제는 전문 업체를 선정하여 싸인보드, 안전간판 및 라바콘 등의 안전시설 설치 후 포장부, 난간, 방호울타리 배수시설, 신축이음 등의 외관조사 및 재하시험을 수행하였다.
- 3) 교각은 전 구간 점검시설이 설치되어 있지 않아 교량점검차를 이용하여 교각 두부, 교량받침 등의 외관조사 및 재료시험을 수행하였고, 비교적 낮은 교대부는 도보 및 사다리를 활용하였다.
- 4) 외관조사 시 발견된 결함 및 손상은 현장 및 외관조사망도에 위치, 크기, 종류, 형태 등을 측정하여 상세히 기록하였으며, 현장에서 진행여부를 판단할 수 있도록 분필을 이용하여 손상내용을 표기하고 보수·보강 및 점검 등 유지관리에 활용토록 하였다.

다. 과업수행 현황

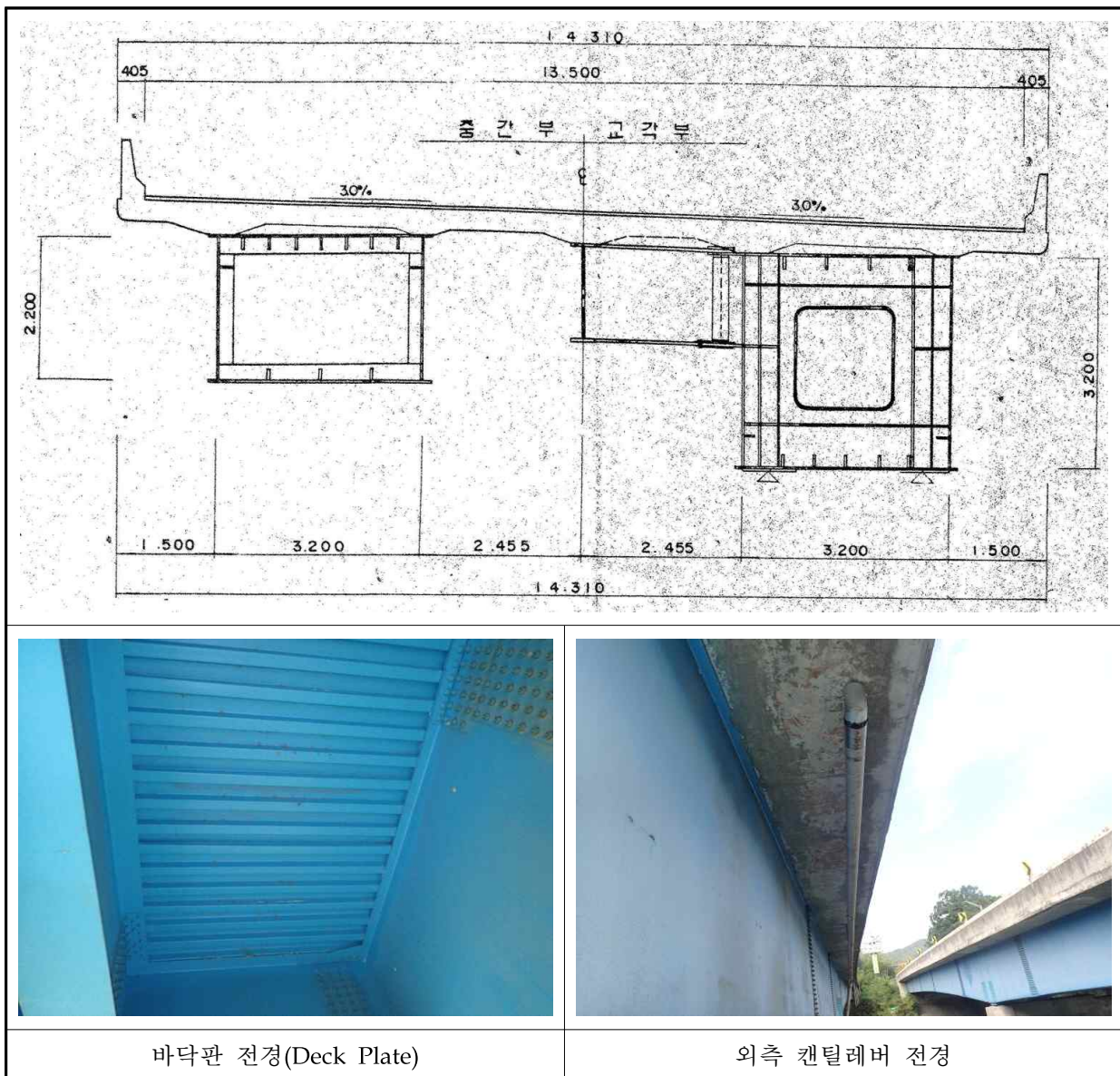
	
교량점검차를 이용한 근접조사	교량점검차를 이용한 근접조사
	
상부 교통통제 현황	사다리 이용 근접조사
	
점검망치를 이용한 타격음 조사	부재 제원 실측 조사
	
우천시 배수상태 조사	재하시험

[그림 3.1] 현장조사 전경

3.2 외관조사

3.2.1 바닥판

상적교의 상부구조는 강박스 거더교로 총 연장 $L=180.0\text{ m}$ ($=55.0+70.0+55.0$), 폭 $B=28.6\text{ m}$ 이며 콘크리트 바닥판의 두께는 250 mm 로 좌·우측 캔틸레버를 제외한 전 구간을 Deck Plate로 마감하였다.



가. 현장조사 결과

외관조사 결과 바닥판은 균열(0.3mm이상), 망상균열, 백태, 이음부 누수, 재료분리, 층분리, 파손 및 철근노출, 보수재 박리 및 탈락 등의 손상이 조사되었다.

또한 기 점검과 비교한 결과, 현장에서 기 손상인 데크의 녹발생, 단부의 파손, 박락 및 철근노출에 대한 보수가 확인되었으나 기존 조사 누락 및 공용기간 증가에 따른 균열(0.3mm 이상), 망상균열, 층분리, 철근노출 등의 신규 손상들이 추가로 조사되었다.

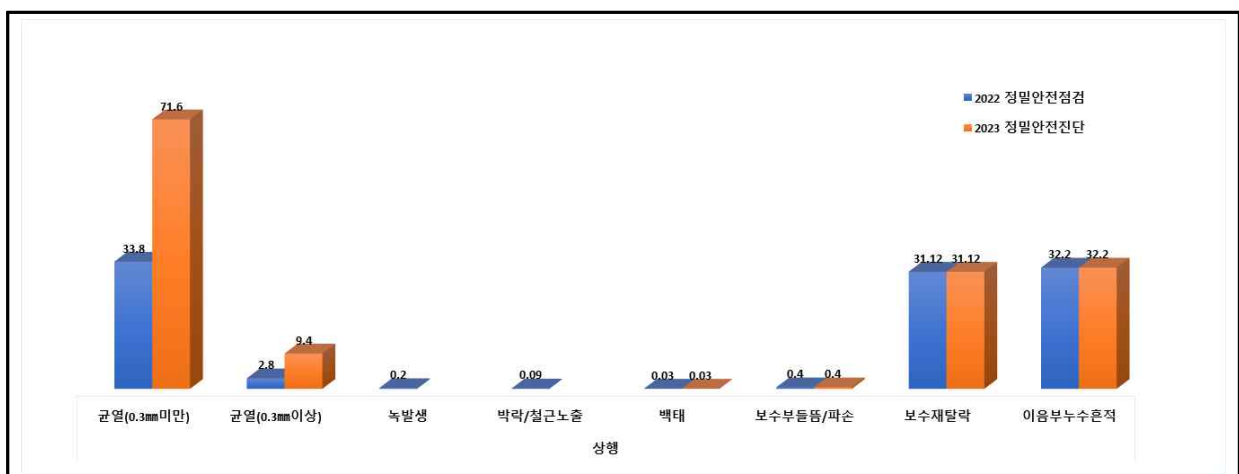
[표 3.2] 바닥판 외관조사 결과표

구분			S1		S2		S3		합계	
손상내용		단위	물량	개소	물량	개소	물량	개소	물량	개소
상 행	균열(0.3mm미만)	m	11.4	9	47.6	34	12.6	12	71.6	55
	균열(0.3mm이상)	m	-	-	9.4	7	-	-	9.4	7
	백태	m ²	0.03	3	-	-	-	-	0.03	3
	보수부들뜸/파손	m ²	-	-	-	-	0.4	1	0.4	1
	보수재탈락	m ²	-	-	16	2	15.12	9	31.12	11
	이음부누수흔적	m ²	9.1	1	14	1	9.1	1	32.2	3
	이음부박락	m ²	-	-	-	-	0.5	1	0.5	1
	재료분리	m ²	-	-	2.5	1	-	-	2.5	1
	철근노출	m ²	-	-	1.32	3	-	-	1.32	3
	층분리	m ²	0.04	1	-	-	-	-	0.04	1
하 행	균열(0.3mm미만)	m	-	-	-	-	3.8	3	3.8	3
	데크도장박리	m ²	-	-	0.04	1	-	-	0.04	1
	망상균열	m ²	-	-	-	-	4.8	1	4.8	1
	보수부백태/누수	m ²	0.15	1	-	-	-	-	0.15	1
	보수부파손	m ²	-	-	-	-	0.25	1	0.25	1
	보수재박리	m ²	33	2	42	2	33	2	108	6
	보수재탈락	m ²	15	5	98	1	9	2	122	8
	이음부누수/백태	m ²	-	-	14	1	-	-	14	1
	이음부누수흔적	m ²	9.1	1	14	1	10.9	1	34	3
	파손/철근노출	m ²	-	-	-	-	0.25	1	0.25	1

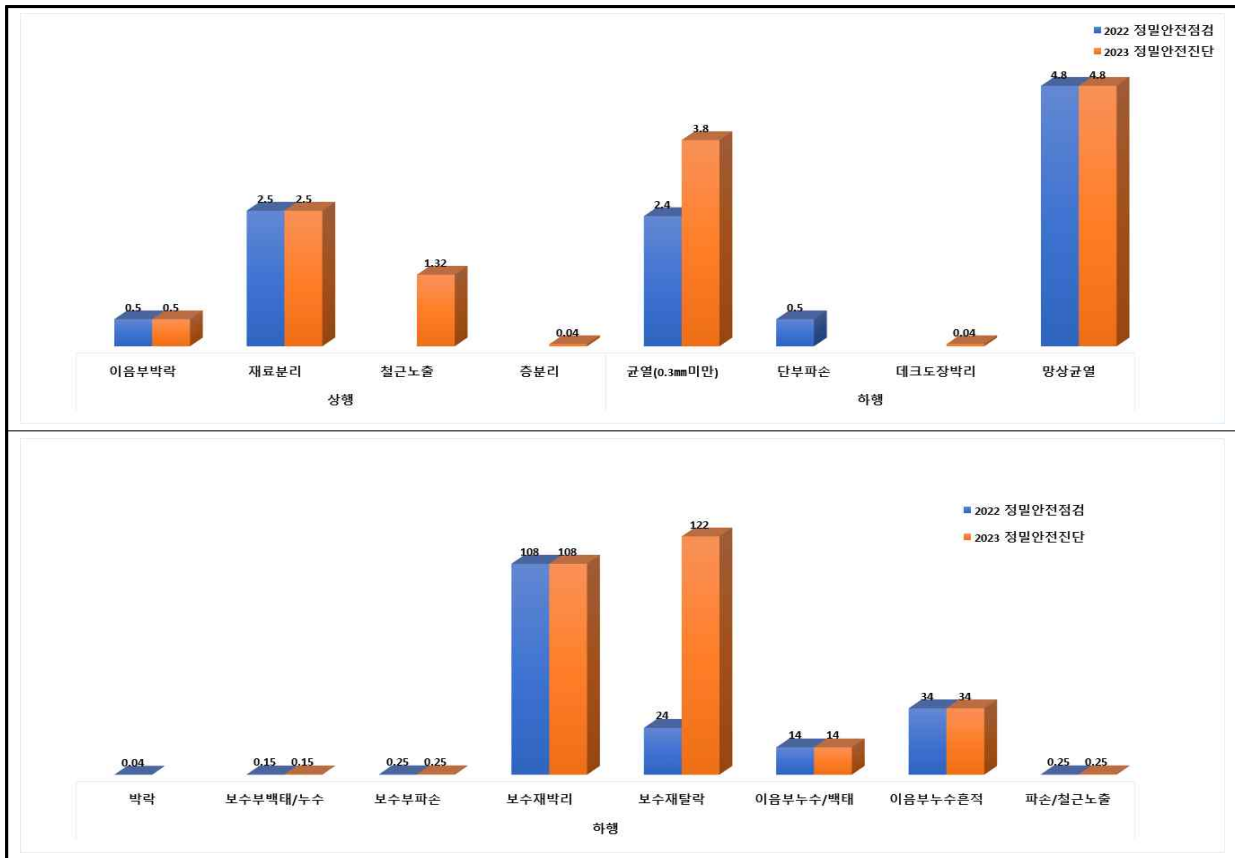
균열($cw=0.2mm$) (상행 S2 RC)	망상균열($cw=0.1mm$) (하행 S3 LC)
이음부 누수, 백태 (하행 S2 LC)	층분리 (상행 S1 RC)
재료분리 (상행 S2 RC)	철근노출 (상행 S2 RC)
기존 박락 및 철근노출 보수현황 (상행 S1 LC)	기존 데크 녹발생 보수현황 (상행 SS 연속판부)

[표 3.3] 바닥판 손상물량 비교표

구 분		단위	전회 (2022 정밀안전점검)		금회 (2023 정밀안전진단)		증감량 (▲:증, ▼:감)
			물량	개소	물량	개소	
상행	균열(0.3mm미만)	m	33.8	28	71.6	55	▲ 37.8
	균열(0.3mm이상)	m	2.8	2	9.4	7	▲ 6.6
	녹발생	m ²	0.2	1	-	-	▼ -0.2
	박락/철근노출	m ²	0.09	1	-	-	▼ -0.09
	백태	m ²	0.03	3	0.03	3	-
	보수부들뜸/파손	m ²	0.4	1	0.4	1	-
	보수재탈락	m ²	31.12	11	31.12	11	-
	이음부누수흔적	m ²	32.2	3	32.2	3	-
	이음부박락	m ²	0.5	1	0.5	1	-
	재료분리	m ²	2.5	1	2.5	1	-
	철근노출	m ²	-	-	1.32	3	▲ 1.32
	층분리	m ²	-	-	0.04	1	▲ 0.04
하행	균열(0.3mm미만)	m	2.4	2	3.8	3	▲ 1.4
	단부파손	m ²	0.5	1	-	-	▼ -0.5
	테크도장박리	m ²	-	-	0.04	1	▲ 0.04
	망상균열	m ²	4.8	1	4.8	1	-
	박락	m ²	0.04	1	-	-	▼ -0.04
	보수부백태/누수	m ²	0.15	1	0.15	1	-
	보수부파손	m ²	0.25	1	0.25	1	-
	보수재박리	m ²	108	6	108	6	-
	보수재탈락	m ²	24	7	122	8	▲ 98
	이음부누수/백태	m ²	14	1	14	1	-
	이음부누수흔적	m ²	34	3	34	3	-
	파손/철근노출	m ²	0.25	1	0.25	1	-



[그림 3.2] 바닥판 손상물량 분포도 (1)



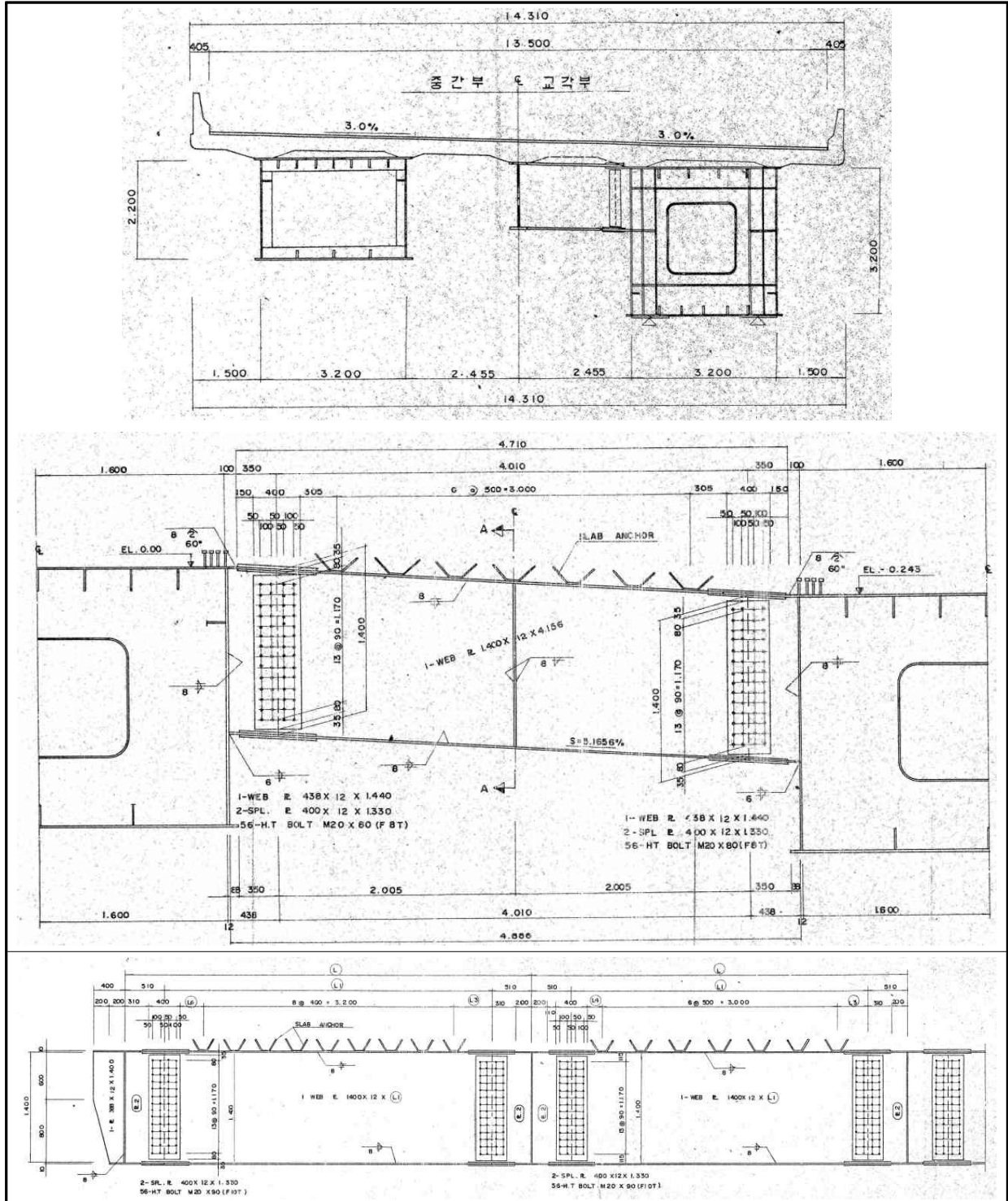
[그림 3.3] 바닥판 손상물량 분포도 (2)

나. 손상원인 및 대책

- 바닥판에서 조사된 균열은 대부분 교축 직각방향의 폭 0.1mm~0.3mm의 균열과 망상균열로 전반적 기 점검시와 동일하게 조사되었으며 발생위치, 형태 등을 고려하였을 때 초기 수축거동(온도수축, 자기수축, 건조수축)에 의한 균열로 판단된다. 현재 균열부 표면에서 누수, 백태는 없는 상태이나 균열부 우수침투, 구조물의 장기적 내구성 확보를 위하여 열화 인자의 유입차단을 위한 보수가 바람직 할 것으로 판단된다.
- 백태, 충분리, 철근노출 등의 손상은 캔틸레버부 측면에 발생한 상태이고 방호벽 하단부의 밀실하지 않은 부위로 유출된 교면수가 주요 원인으로 판단된다. 본 교량의 S3 하부 공간은 도로가 교차하고 있어 공용기간 증가 및 열화 촉진에 의한 콘크리트 낙하 우려가 있으므로 손상 발생 부위에 대한 보수가 요구된다.
- 재료분리는 초기 시공부주의(다짐 및 양생불량, 피복두께 부족 등)에 의해 발생한 손상으로서 단면보수를 실시하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다.
- 보수부 들뜸 및 파손, 보수재 박리 및 탈락 등의 보수부 손상은 보수미흡과 단부의 신축 이음 누수 및 외측 우수유입 등에 의한 것으로 내구성 확보를 위해 단면보수 및 표면보수를 실시하는 것이 바람직하다.

3.2.2 거더 및 2차 부재

상적교는 강박스 형식의 3경간 연속교로 거더의 강종은 플랜지, 복부, 종리브 등의 주부재는 SM490(현 기준 SM355), 수직보강재, 수평보강재, 격벽 등의 부부재는 SS400(현 기준 SS275)이며, 4열(상행 2열, 하행 2열)로 배치되어 있다. 또한 거더간 2차 부재인 가로보 및 세로보가 약 5 m 간격으로 시공되어 있다.



[그림 3.4] 거더 및 2차 부재 관련도면



가. 현장조사 결과

강박스 거더에 대한 외관조사 결과, 거더 내부는 Splice부의 볼트 녹발생 및 부식, 누수 및 누수흔적, 체결불량(미체결, 풀림) 등과 단부 하부플랜지의 부식 및 체수, 수직 및 수평 보강재, 종리브의 변형, 용접부 결함(맞대기부 용입부족, 격벽 개구부 주변 용접부 균열, 보강재 용접부 기공, 용접 미실시 등), 도장박리 및 탈락, 이물질 적치 등이 조사되었다.

거더 외부는 녹발생 및 부식, Splice부의 볼트체결불량, 볼트부식 등과 하부플랜지 돌출부의 변형, 도장결함 및 손상(미실시, 박리, 굽힘)이 조사되었고 가로보 및 세로보는 녹발생, 도장박리, 변형이 조사되었다.

또한 기 점검과 비교한 결과, 현장에서 기 손상인 녹발생 및 부식, Splice부의 볼트체결불량 및 누수흔적, 지점부 체수흔적, 도장박리 및 탈락 등에 대한 보수가 확인되었으나 기존 조사 누락 및 공용기간 증가에 따른 변형, 천공 오류, 용접 균열, 용접 누락, 체수 등의 추가 손상들이 조사되었다.

[표 3.4] 강거더 내부 외관조사 결과표 (1)

구분			S1		S2		S3		합계	
손상내용		단위	물량	개소	물량	개소	물량	개소	물량	개소
상 행	Splice부 볼트구멍천공미실시	EA	5	5	-	-	-	-	5	5
	Splice부볼트녹발생	m ²	0.35	35	0.65	65	0.01	1	1.01	101
	Splice부볼트미체결	EA	5	5	1	1	2	2	8	8
	Splice부볼트천공불량	EA	-	-	-	-	5	5	5	5
	Splice부 볼트체결누락/천공불량	EA	-	-	3	3	-	-	3	3
	Splice부볼트체결불량	EA	-	-	1	1	1	1	2	2
	Splice부부식	m ²	-	-	0.3	1	-	-	0.3	1
	Splice부실링재누락	EA	32	32	48	48	32	32	112	112
	녹발생	m ²	4.04	6	1.08	3	3.93	11	9.05	20
	누수	m ²	0.2	4	-	-	-	-	0.2	4
	누수/백태	m ²	-	-	-	-	0.24	1	0.24	1
	도장박리	m ²	-	-	-	-	0.34	2	0.34	2
	도장탈락	m ²	18.6	2	2.56	1	0.3	1	21.46	4
	리브변형	m	0.4	1	5	10	-	-	5.4	11
	리브시공불량	EA	-	-	2	2	-	-	2	2
	리브빼기미제거	EA	1	1	-	-	-	-	1	1
	리브용접부부식	m	-	-	0.15	1	-	-	0.15	1
	맞대기용접부용입부족	m	-	-	3.2	1	-	-	3.2	1
	변형	m	8.7	9	6.8	13	26.6	23	42.1	45
	볼트HOLE크기시공불량	EA	-	-	4	4	-	-	4	4
	볼트누수흔적	EA	-	-	8	8	-	-	8	8
	볼트불량	EA	2	2	-	-	-	-	2	2
	볼트체결불량	EA	-	-	4	4	-	-	4	4
	부식	m ²	0.04	1	0.83	2	6.5	2	7.37	5
	부식/토사적치	m ²	-	-	-	-	8	1	8	1
	수직보강재변형	m	0.4	1	-	-	4	2	4.4	3
	수평보강재미부착	EA	-	-	-	-	2	2	2	2
	와셔누락	EA	-	-	-	-	1299	1299	1299	1299
	용접누락	EA	1	1	-	-	-	-	1	1
	용접부기공	EA	1	1	-	-	-	-	1	1

[표 3.5] 강거더 내부 외관조사 결과표 (2)

구분			S1		S2		S3		합계	
손상내용		단위	물량	개소	물량	개소	물량	개소	물량	개소
상 행	용접부녹발생	m ²	-	-	6	1	-	-	6	1
	용접불량	m	0.4	2	-	-	0.4	2	0.8	4
	용접불량/누수	m	-	-	0.5	1	-	-	0.5	1
	이물질적치	m ²	8	1	27.8	4	-	-	35.8	5
	이음판길이부족/볼트부족	EA	-	-	-	-	2	2	2	2
	작업구용접불량/녹발생	m ²	-	-	-	-	0.8	2	0.8	2
	채수	m ²	-	-	2.5	1	6.56	4	9.06	5
	채수흔적	m ²	-	-	-	-	56	4	56	4
하 행	Splice부볼트녹발생	m ²	0.05	5	0.3	30	-	-	0.35	35
	Splice부볼트미체결	EA	-	-	-	-	5	5	5	5
	Splice부볼트체결불량	EA	1	1	2	2	3	3	6	6
	Splice부실링재누락	EA	32	32	48	48	32	32	112	112
	녹발생	m ²	0.12	3	0.17	2	0.09	1	0.38	6
	녹발생/도장탈락	m ²	1.25	1	-	-	-	-	1.25	1
	도장박리	m ²	0.4	1	-	-	-	-	0.4	1
	도장탈락	m ²	0.16	4	1.38	4	2.5	2	4.04	10
	리브부식	m ²	-	-	0.5	1	-	-	0.5	1
	변형	m	8.1	13	9.9	12	14.8	14	32.8	39
	볼트체결불량	EA	1	1	1	1	-	-	2	2
	부식	m ²	2.8	3	0.39	3	23.08	13	26.27	19
	용접균열	m	-	-	-	-	0.1	1	0.1	1
	용접누락	EA	2	2	8	8	-	-	10	10
	용접부기공	EA	1	1	-	-	-	-	1	1
	용접불량	m	-	-	-	-	0.5	1	0.5	1
	이물질적치	m ²	0.85	2	9	5	6.75	4	16.6	11
	작업구용접불량	m ²	-	-	0.18	1	0.4	1	0.58	2
	작업구용접불량/녹발생	m ²	-	-	0.24	1	-	-	0.24	1
	천공오류	EA	-	-	-	-	3	3	3	3
	채수흔적	m ²	-	-	-	-	0.44	1	0.44	1
	표면오염	m ²	40	2	-	-	-	-	40	2

[표 3.6] 강거더 외부 외관조사 결과표

구분			S1		S2		S3		합계	
손상내용		단위	물량	개소	물량	개소	물량	개소	물량	개소
상 행	녹발생	m ²	6.01	4	15.36	8	2.59	6	23.96	18
	도장긋힘	m ²	2	1	-	-	0.4	8	2.4	9
	변형	m	1.1	4	2	6	-	-	3.1	10
	볼트녹발생	m ²	2.48	248	-	-	0.08	8	2.56	256
	볼트 체결불량	EA	-	-	1	1	1	1	2	2
하 행	녹발생	m ²	7.8	6	0.57	8	0.17	3	8.54	17
	도장박리	m ²	4	2	0.04	1	0.05	2	4.09	5
	미도장	m ²	-	-	-	-	0.3	1	0.3	1
	변형	m	3	8	2.3	6	-	-	5.3	14
	보수부 녹발생	m ²	0.28	2	-	-	-	-	0.28	2
	볼트 녹발생	m ²	-	-	-	-	0.22	22	0.22	22
	볼트 부식	m ²	-	-	-	-	0.16	16	0.16	16
	부식	m ²	-	-	-	-	1.15	3	1.15	3

[표 3.7] 가로보 및 세로보 외관조사 결과표

구분			S1		S2		S3		합계	
손상내용		단위	물량	개소	물량	개소	물량	개소	물량	개소
상 행	녹발생	m ²	-	-	1.2	1	0.04	1	1.24	2
	도장박리	m ²	0.02	2	-	-	0.04	1	0.06	3
	변형	m	0.3	1	-	-	0.7	3	1	4
	볼트 녹발생	m ²	-	-	-	-	2.68	268	2.68	268
하 행	녹발생	m ²	1.3	2	-	-	-	-	1.3	2
	도장박리	m ²	-	-	-	-	0.15	2	0.15	2
	변형	m	-	-	-	-	0.4	2	0.4	2
	볼트 녹발생	m ²	0.08	8	-	-	-	-	0.08	8



내부 누수흔적 및 볼트부식 (상행 S2 G2 UF)



내부 부식 및 토사적치 (상행 S3 G1 LF)



내부 맞대기용접부 주변 부식 (하행 S3 G1 LF)



내부 작업구 용접불량/녹발생 (하행 S2 G2 UF)



내부 P2 지점부 주변 체수 (상행 S2 G2 LF)



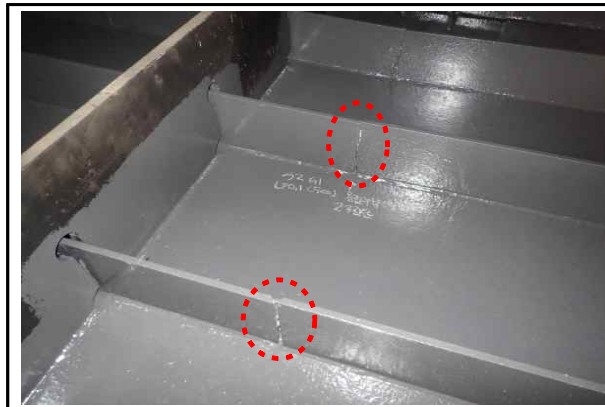
내부 복부 수평보강재 미부착 (상행 S3 G1 LW)



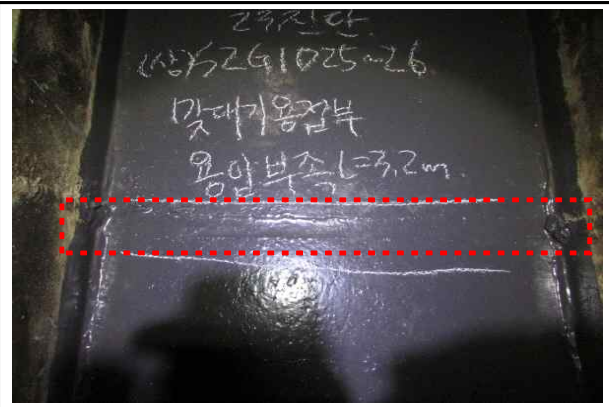
내부 종리브 변형 (상행 S3 G1 LF)



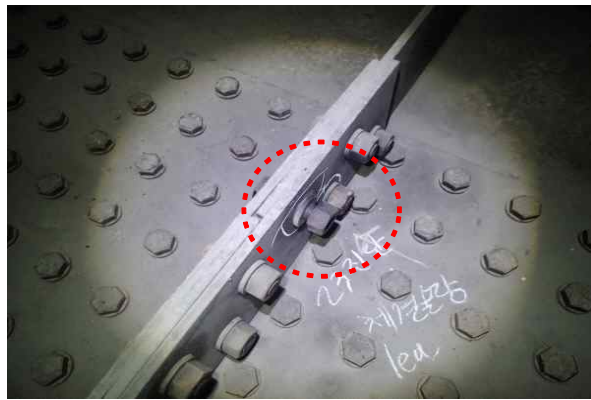
내부 격벽 용접균열 (하행 S3 G1 D30)



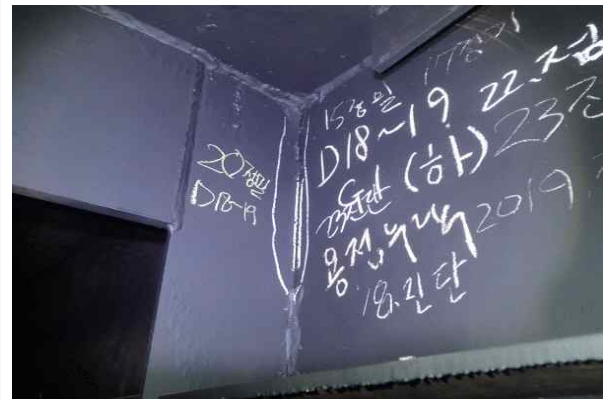
내부 종리브 용접누락 (하행 S2 G1 LF)



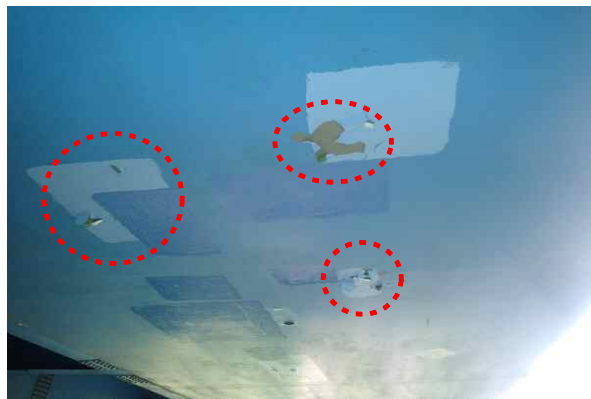
내부 맞대기부 용입부족 (상행 S2 G1 LF)



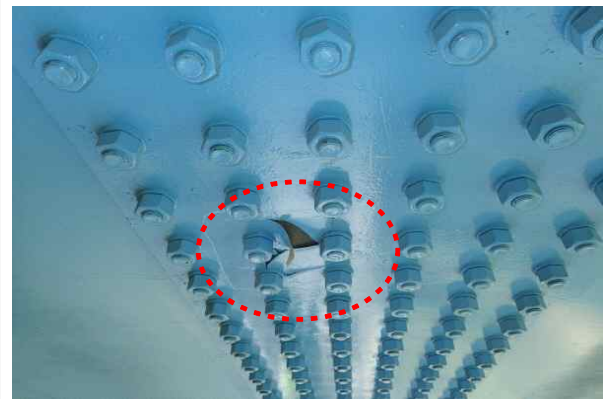
내부 볼트 체결 불량(풀림) (하행 S1 G1 SP2)



내부 보강재 용접누락 (하행 S2 G1 LW)



외부 도장박리 (하행 S1 G2 LF)



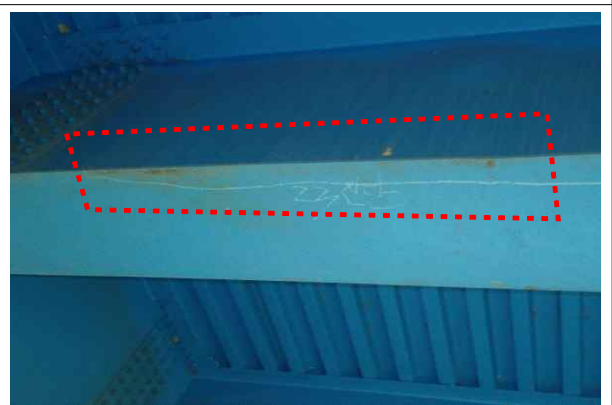
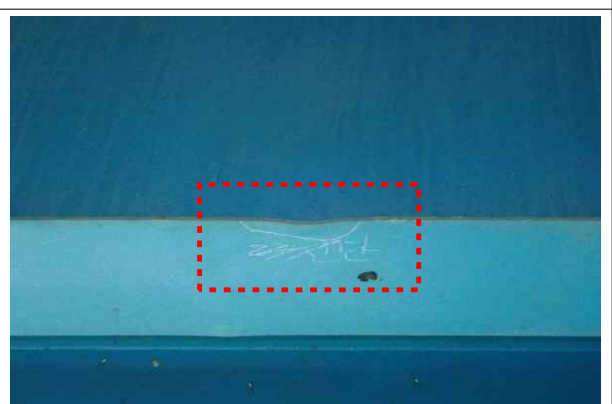
외부 SP부 도장박리 (하행 S2 G1 LF)



외부 부식 (상행 S1 G1 RW)



외부 SP부 녹발생 (상행 S1 G2 LF)

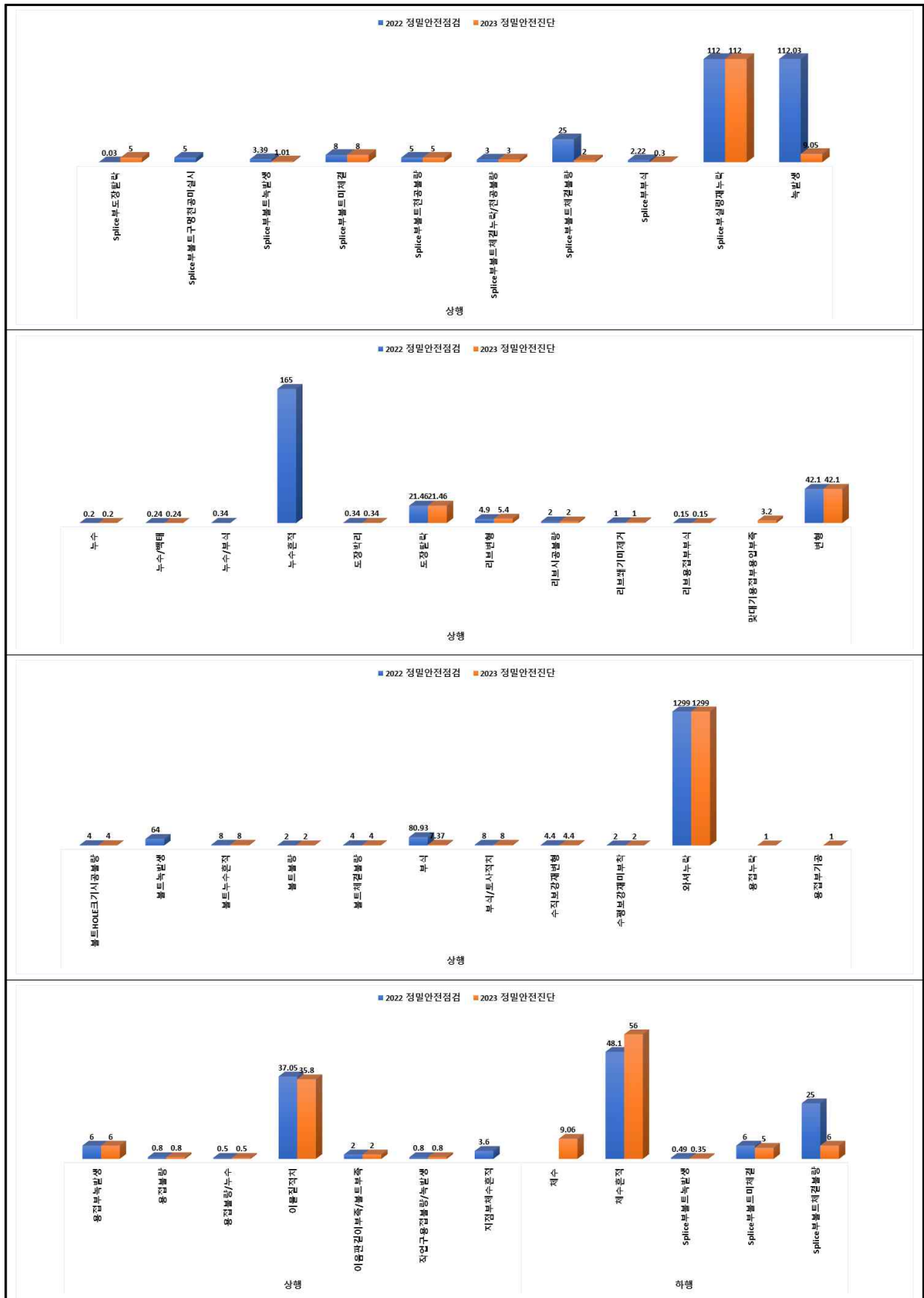
	
외부 볼트 체결불량(폴림) (상행 S2 G2 LF)	외부 변형 (상행 S1 G2 LF)
	
가로보 도장박리 (하행 S3)	세로보 도장박리 (상행 S3)
	
가로보 볼트 녹발생 (상행 S3)	세로보 녹발생 (상행 S2)
	
가로보 볼트 녹발생 (하행 S3)	세로보 변형 (상행 S1)

[표 3.8] 강거더 내부 손상물량 비교표 (1)

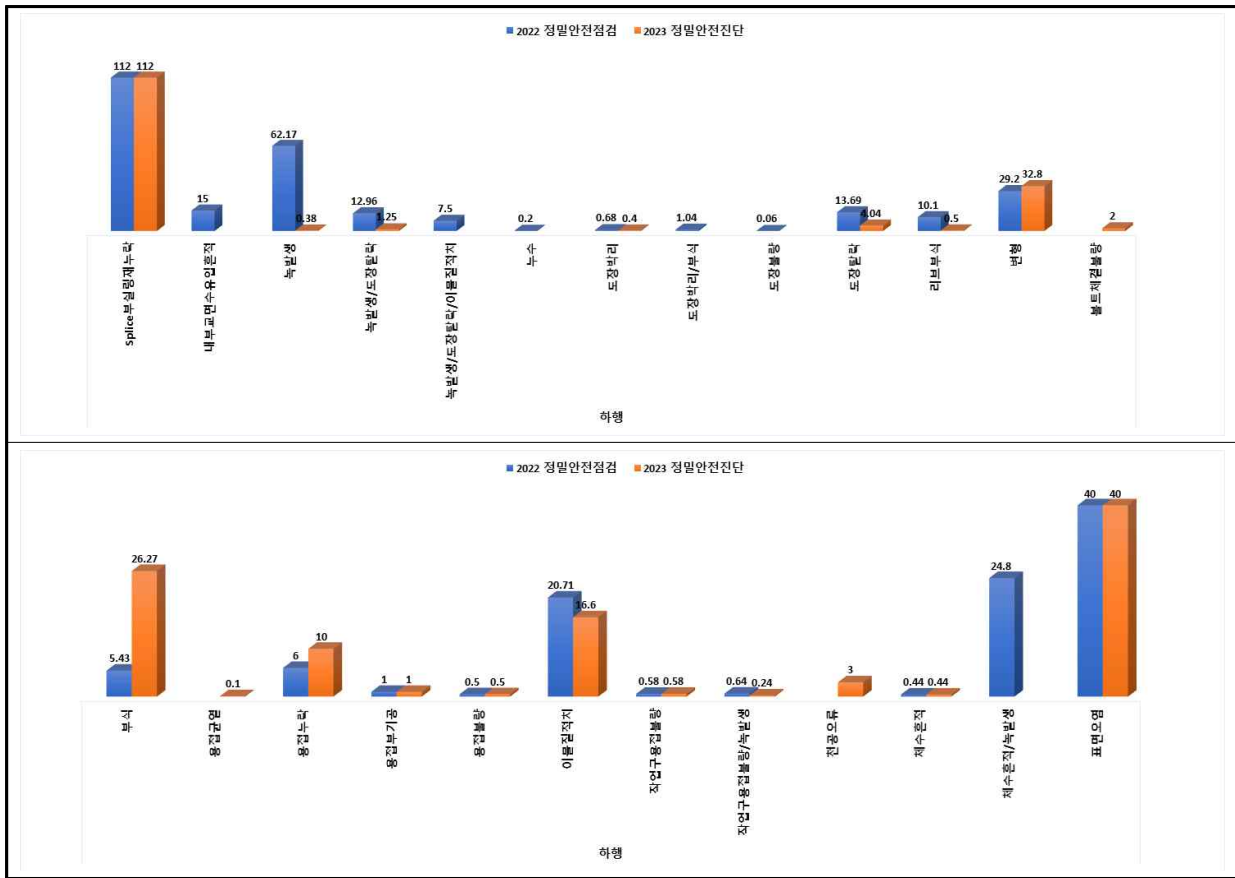
구 분		단위	전회 (2022 정밀안전점검)		금회 (2023 정밀안전진단)		증감량 (▲:증, ▼:감)
			물량	개소	물량	개소	
상행	Splice부도장탈락	m ²	0.03	3	5	5	▲ 4.97
	Splice부볼트구멍천공미실시	EA	5	5	-	-	▼ -5
	Splice부볼트녹발생	m ²	3.39	339	1.01	101	▼ -2.38
	Splice부볼트미체결	EA	8	8	8	8	-
	Splice부볼트천공불량	EA	5	5	5	5	-
	Splice부 볼트체결누락/천공불량	EA	3	3	3	3	-
	Splice부볼트체결불량	EA	25	25	2	2	▼ -23
	Splice부부식	m ²	2.22	2	0.3	1	▼ -1.92
	Splice부실링재누락	EA	112	112	112	112	-
	녹발생	m ²	112.03	31	9.05	20	▼ -102.98
	누수	m ²	0.2	4	0.2	4	-
	누수/백태	m ²	0.24	1	0.24	1	-
	누수/부식	m ²	0.34	2	-	-	▼ -0.34
	누수흔적	m ²	165	1	-	-	▼ -165
	도장박리	m ²	0.34	2	0.34	2	-
	도장탈락	m ²	21.46	4	21.46	4	-
	리브변형	m	4.9	10	5.4	11	▲ 0.5
	리브시공불량	EA	2	2	2	2	-
	리브썰기미제거	EA	1	1	1	1	-
	리브용접부부식	m	0.15	1	0.15	1	-
	맞대기용접부용입부족	m	-	-	3.2	1	▲ 3.2
	변형	m	42.1	45	42.1	45	-
	볼트HOLE크기시공불량	EA	4	4	4	4	-
	볼트녹발생	EA	64	64	-	-	▼ -64
	볼트누수흔적	EA	8	8	8	8	-
	볼트불량	EA	2	2	2	2	-
	볼트체결불량	EA	4	4	4	4	-
	부식	m ²	80.93	10	7.37	5	▼ -73.56
	부식/토사적치	m ²	8	1	8	1	-
	수직보강재변형	m	4.4	3	4.4	3	-
	수평보강재미부착	EA	2	2	2	2	-
	와셔누락	EA	1299	1299	1299	1299	-
	용접누락	EA	-	-	1	1	▲ 1
	용접부기공	EA	-	-	1	1	▲ 1

[표 3.9] 강거더 내부 손상물량 비교표 (2)

구 분		단위	전회 (2022 정밀안전점검)		금회 (2023 정밀안전진단)		증감량 (▲:증, ▼:감)
			물량	개소	물량	개소	
상행	용접부녹발생	m ²	6	1	6	1	-
	용접불량	m	0.8	4	0.8	4	-
	용접불량/누수	m	0.5	1	0.5	1	-
	이물질적치	m ²	37.05	7	35.8	5	▼ -1.25
	이음판길이부족/볼트부족	EA	2	2	2	2	-
	작업구용접불량/녹발생	m ²	0.8	2	0.8	2	-
	지점부채수흔적	m ²	3.6	1	-	-	▼ -3.6
	채수	m ²	-	-	9.06	5	▲ 9.06
	채수흔적	m ²	48.1	5	56	4	▲ 7.9
하행	Splice부볼트녹발생	m ²	0.49	49	0.35	35	▼ -0.14
	Splice부볼트미체결	EA	6	6	5	5	▼ -1
	Splice부볼트체결불량	EA	25	25	6	6	▼ -19
	Splice부실링재누락	EA	112	112	112	112	-
	내부교면수유입흔적	m ²	15	1	-	-	▼ -15
	녹발생	m ²	62.17	27	0.38	6	▼ -61.79
	녹발생/도장탈락	m ²	12.96	8	1.25	1	▼ -11.71
	녹발생/도장탈락 /이물질적치	m ²	7.5	1	-	-	▼ -7.5
	누수	m	0.2	1	-	-	▼ -0.2
	도장박리	m ²	0.68	3	0.4	1	▼ -0.28
	도장박리/부식	m ²	1.04	2	-	-	▼ -1.04
	도장불량	m ²	0.06	1	-	-	▼ -0.06
	도장탈락	m ²	13.69	18	4.04	10	▼ -9.65
	리브부식	m ²	10.1	9	0.5	1	▼ -9.6
	변형	m	29.2	34	32.8	39	▲ 3.6
	볼트체결불량	EA	-	-	2	2	▲ 2
	부식	m ²	5.43	11	26.27	19	▲ 20.84
	용접균열	m	-	-	0.1	1	▲ 0.1
	용접누락	EA	6	6	10	10	▲ 4
	용접부기공	EA	1	1	1	1	-
	용접불량	m	0.5	1	0.5	1	-
	이물질적치	m ²	20.71	13	16.6	11	▼ -4.11
	작업구용접불량	m ²	0.58	2	0.58	2	-
	작업구용접불량/녹발생	m ²	0.64	2	0.24	1	▼ -0.4
	천공오류	EA	-	-	3	3	▲ 3
	채수흔적	m ²	0.44	1	0.44	1	-
	채수흔적/녹발생	m ²	24.8	3	-	-	▼ -24.8
	표면오염	m ²	40	2	40	2	-



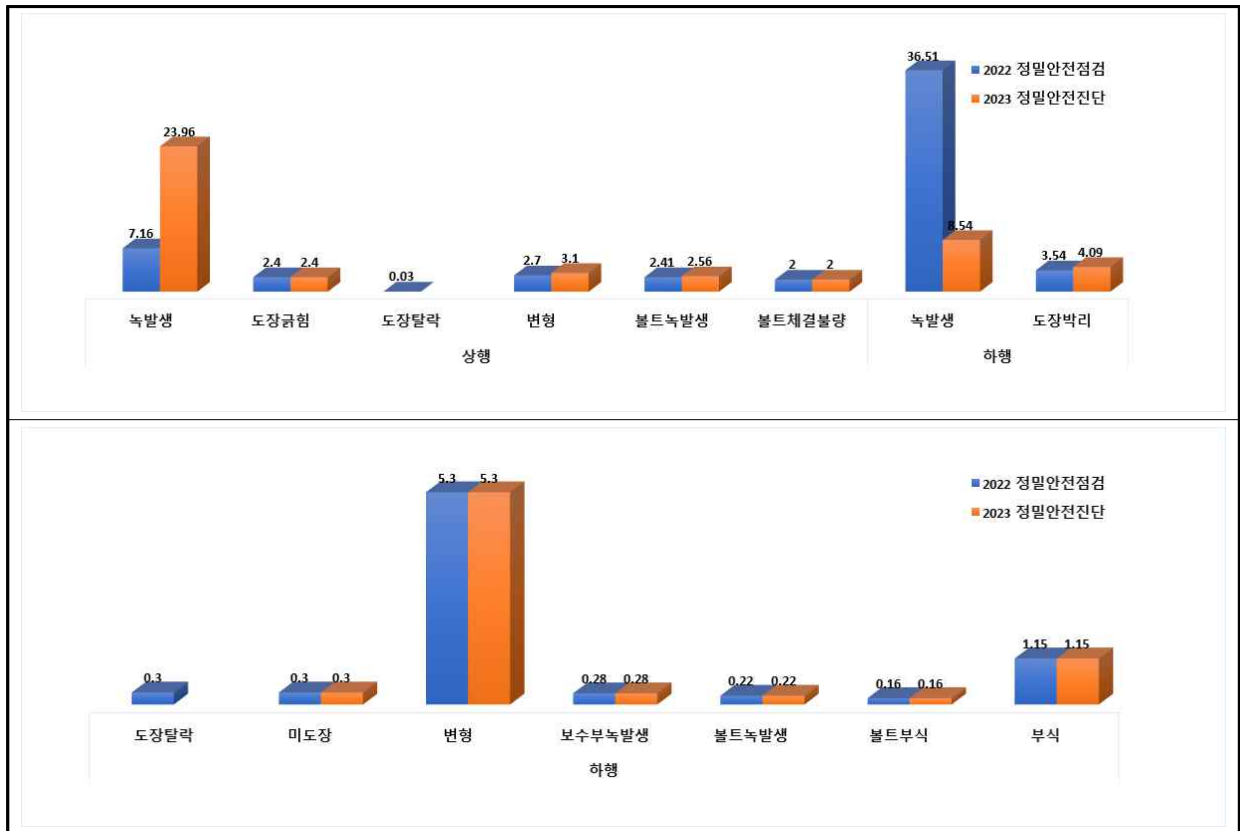
[그림 3.5] 강거더 내부 손상물량 분포도 (1)



[그림 3.6] 강거더 내부 손상물량 분포도 (2)

[표 3.10] 강거더 외부 손상물량 비교표

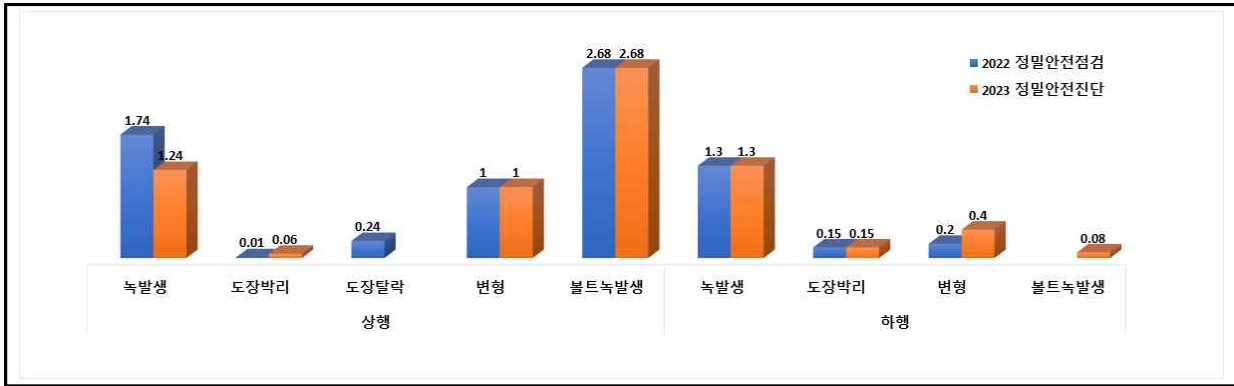
구 분		단위	전회 (2022 정밀안전점검)		금회 (2023 정밀안전진단)		증감량 (▲:증, ▼:감)
			물량	개소	물량	개소	
상행	녹발생	m ²	7.16	14	23.96	18	▲ 16.8
	도장긁힘	m ²	2.4	9	2.4	9	-
	도장탈락	m ²	0.03	1	-	-	▼ -0.03
	변형	m	2.7	8	3.1	10	▲ 0.4
	볼트녹발생	m ²	2.41	241	2.56	256	▲ 0.15
	볼트체결불량	EA	2	2	2	2	-
하행	녹발생	m ²	36.51	35	8.54	17	▼ -27.97
	도장박리	m ²	3.54	3	4.09	5	▲ 0.55
	도장탈락	m ²	0.3	1	-	-	▼ -0.3
	미도장	m ²	0.3	1	0.3	1	-
	변형	m	5.3	14	5.3	14	-
	보수부녹발생	m ²	0.28	2	0.28	2	-
	볼트녹발생	m ²	0.22	22	0.22	22	-
	볼트부식	m ²	0.16	16	0.16	16	-
	부식	m ²	1.15	3	1.15	3	-



[그림 3.7] 강거더 외부 손상물량 분포도

[표 3.11] 가로보 및 세로보 손상물량 비교표

구 분		단위	전회 (2022 정밀안전점검)		금회 (2023 정밀안전진단)		증감량 (▲:증, ▼:감)
			물량	개소	물량	개소	
상행	녹발생	m ²	1.74	5	1.24	2	▼ -0.5
	도장박리	m ²	0.01	1	0.06	3	▲ 0.05
	도장탈락	m ²	0.24	1	-	-	▼ -0.24
	변형	m	1	4	1	4	-
	볼트녹발생	m ²	2.68	268	2.68	268	-
하행	녹발생	m ²	1.3	2	1.3	2	-
	도장박리	m ²	0.15	2	0.15	2	-
	변형	m	0.2	1	0.4	2	▲ 0.2
	볼트녹발생	m ²	-	-	0.08	8	▲ 0.08



[그림 3.8] 가로보 및 세로보 손상물량 분포도

나. 손상원인 및 대책

1) 거더내부

- 거더 내부에서 조사된 누수 및 체수, 부식은 교대 단부 및 Splice부를 통해 유입되는 우수에 의한 것으로 조사된 부식에 대해서는 진전을 방지하기 위한 채도장이 필요하고 Splice부 상부 교면포장 외관 상태는 조사결과, 보수미흡, 중차량 통행에 의해 포트홀이 발생하였고 바닥판이 노출된 상태로 방수층이 소실된 것으로 확인되었다. 따라서 거더 내부 녹발생 및 부식부는 채도장과 더불어 우수 차단을 위해 포장 불량 부위의 보수가 선행되어야 할 것이다.
- 거더 내부에서 조사된 보강재 및 종리브 변형, 천공 오류 등은 외부 충격 및 천공에 의한 손상으로 이로 인한 부재의 균열 및 추가 손상은 없는 것으로 조사되어 현 상태로 유지관리하며 지속적인 점검이 필요할 것이다.
- 종리브 변형이 발생한 위치 및 부재에 대한 검토 결과, 인장부에서도 다수의 변형이 조사되었으며, 주부재인 상·하부플랜지 및 복부의 상태는 양호한 것으로 확인되어 압축력에 의한 변형은 아닌 것으로 판단되며, 발생되어 있는 형상, 위치 등을 감안할 때, 진행성이 있는 구조적인 결함은 아닌 것으로 판단된다. 따라서 종리브 변형은 구조적 손상이 아닌 시공 시 제작 불량 및 용접열에 의한 손상으로 차기 점검 및 진단 시 진행성 여부를 판단하는 것이 바람직할 것이다.
- 거더 내부 도장박리는 보수미흡에 다른 보수부에 다수 확인되었고 보수시 표면처리 불량에 따른 부착력 부족 등이 원인으로 채도장이 필요하다.
- 거더 내부의 용접부에는 용접불량 및 기공 등이 조사되었으며, 국부적으로 용접부 균열 및 누락이 조사되었다. 이는 시공불량에 의한 것으로 「강도로교 상세부설계지침, 2006」에 따라 용접부 균열 및 누락에 대해서는 재용접을 실시하여야 하나 용접 균열 및 누락 부위는 보강재, 격벽 등 부부재에 국한된 결함으로 용접 보수시 발생하는 용접열 등에 의해 추가 손상이 발생할 우려가 있으므로 보수보다는 유지관리하며 지속적

인 관찰이 타당해 보인다.

- Splice부의 볼트 결함(미체결, 풀림 등)은 제작오차에 의한 시공불량과 교량 진동에 의한 것으로 공용 중 볼트 결함으로 인한 문제는 없었으나 현재 천공 오류 및 볼트 구멍 어긋남으로 인한 볼트 체결이 불가능한 개소가 조사되었고 볼트 연결부는 취약부임을 감안한다면 볼트 결함에 대해서는 조속한 보수가 필요할 것으로 판단된다.

2) 거더외부

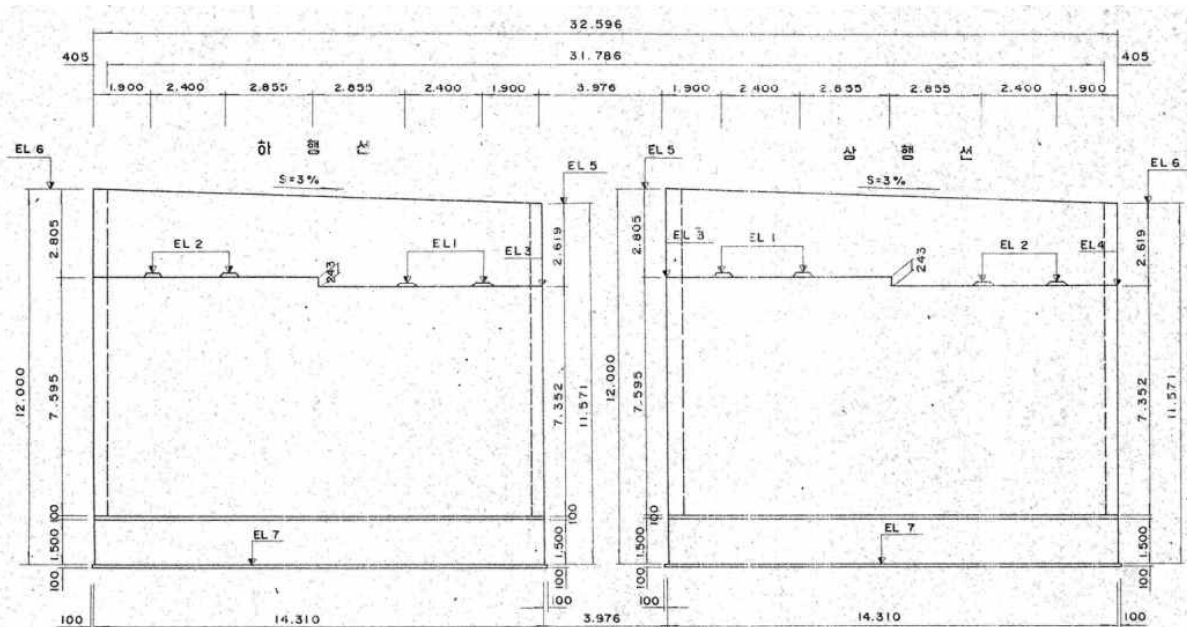
- 거더 외부에서 조사된 녹발생 및 볼트부식 등은 신축이음 누수에 의해 유입되는 교면수 의해 발생한 부식과 교량하부에 상적천이 위치하여 환경적으로 습윤한 조건이 지속되면서 발생한 것으로 판단된다. 녹발생 및 부식 발생부는 손상 진전방지 및 내구성 확보차원에서 재도장이 요구되며, 교대 신축이음 누수부는 우수 차단을 위한 교체가 필요할 것으로 판단된다.
- 도장박리는 대체적으로 기존 보수 도장에서 발생하였고 보수미흡(전처리 미흡, 부착력 저하)이 주요 원인으로 현재 손상의 규모 및 정도가 경미한 상태이나 손상 진전방지 및 내구성 확보차원에서 재도장이 요구된다.
- 거더 외부 Splice부의 볼트 체결불량(풀림)은 내부와 마찬가지로 조속한 체결이 요구되며, 하부플랜지 돌출부의 변형은 외부 충격에 의한 것으로 보수보다는 주의관찰을 통해 진행성을 확인하는 것이 합리적이다.

3) 가로보 및 세로보

- 가로보 및 세로보에서 조사된 녹발생 및 부식, 도장박리, 변형은 거더 외부와 동일하게 습윤한 환경에 지속적으로 노출되고 신축이음 누수 등의 영향이 원인으로 판단되며, 녹발생 및 부식, 도장박리 발생부에 대해서는 내구성 확보를 위해 재도장이 필요한 실정이다.

3.2.3 교대 및 교각

상적교 하부구조는 하부구조는 역T형 교대 4기(상·하행, A1~A2)와 라멘식 4기(상·하행, P1~P2)로 구성되었으며, 교대와 교각의 기초형식은 직접기초로 확인되었다. 또한, S2 하부공간은 상적천이 교차하고 있으나 교각은 전 개소 육상구간에 시공되어 있다.



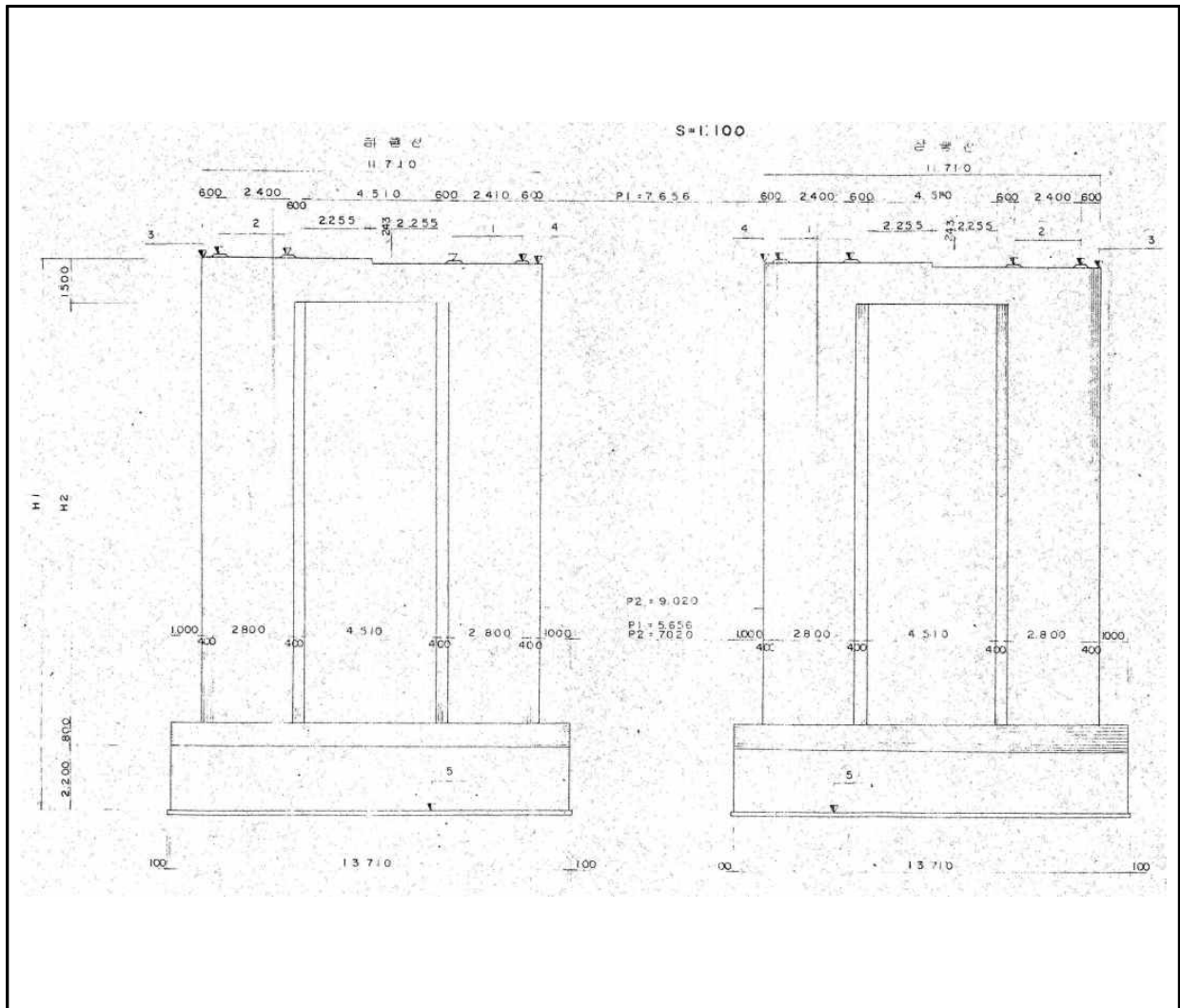
교대 일반도



교대(A1) 전경



교대(A2) 전경



교각 일반도



교각(P1) 전경



교각(P2) 전경

가. 현장조사 결과

1) 교대

교대에 대한 외관조사 결과, 대체적으로 기 점검(2022년)과 동일한 유형의 손상 및 결함으로 구조적으로 문제가 되는 손상은 조사되지 않은 상태이나 균열(0.3mm이상), 망상균열, 백태, 보수부 손상, 철근노출, 채수, 토사퇴적 등이 조사되었다.

또한 기 점검과 비교한 결과, 현장에서 기 손상인 공동 및 철근노출, 재료분리, 파손에 대한 보수가 확인되었으나 기존 조사 누락 및 공용기간 증가에 따른 균열, 망상균열, 백태, 누수흔적 등의 추가 손상들이 조사되었다.

2) 교각

교각에서 조사된 주요 손상은 균열(0.3mm이상), 망상균열, 들뜸, 박락, 재료분리 등으로 조사되었다.

[표 3.12] 교대 외관조사 결과표

구분			A1		A2		합계	
손상내용		단위	물량	개소	물량	개소	물량	개소
상 행	균열(0.3mm미만)	m	7	4	6.8	8	13.8	12
	균열(0.3mm이상)	m	1.7	2	-	-	1.7	2
	누수흔적	m ²	25.75	5	16.8	2	42.55	7
	망상균열	m ²	1.43	1	-	-	1.43	1
	백태	m ²	0.3	3	0.41	3	0.71	6
	범면침하	m ²	0.3	1	-	-	0.3	1
	보수부들뜸	m ²	-	-	0.18	1	0.18	1
	보수부망상균열	m ²	0.21	1	-	-	0.21	1
	보수부재균열(0.3mm미만)	m	2	1	-	-	2	1
	재료분리	m ²	0.87	2	-	-	0.87	2
	철근노출	m ²	1.21	2	0.06	1	1.27	3
	채수	m ²	-	-	2	1	2	1
	파손/철근노출	m ²	-	-	0.32	2	0.32	2
	균열(0.3mm미만)	m	4.7	4	13.9	7	18.6	11
하 행	누수흔적	m ²	22.18	6	23.45	5	45.63	11
	백태	m ²	-	-	0.04	1	0.04	1
	보수부들뜸	m ²	-	-	0.18	1	0.18	1
	보수부망상균열	m ²	-	-	0.9	1	0.9	1
	보수부재균열(0.3mm미만)	m	4.2	2	-	-	4.2	2
	철근노출	m ²	0.05	1	-	-	0.05	1
	침하	m ²	-	-	1	1	1	1
	토사퇴적	m ²	-	-	6	1	6	1
	파손	m ²	-	-	0.4	3	0.4	3
	파손/철근노출	m ²	-	-	0.36	1	0.36	1

[표 3.13] 교각 외관조사 결과표

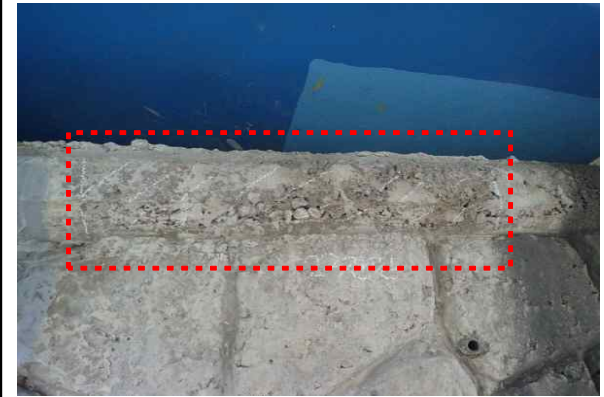
구분			P1		P2		합계	
손상내용		단위	물량	개소	물량	개소	물량	개소
상 행	거푸집미제거	EA	1	1	-	-	1	1
	균열(0.3mm미만)	m	44.3	21	49	36	93.3	57
	균열(0.3mm이상)	m	1	1	-	-	1	1
	누수흔적	m ²	0.8	1	8	1	8.8	2
	들뜸	m ²	0.12	1	-	-	0.12	1
	박락	m ²	-	-	1.81	2	1.81	2
	박리	m ²	6.05	2	-	-	6.05	2
	보수부들뜸	m ²	1.11	7	0.25	5	1.36	12
	보수부재균열(0.3mm미만)	m	3.5	6	3.3	5	6.8	11
	보수부재균열(0.3mm이상)	m	1.8	5	-	-	1.8	5
	보수부파손	m ²	0.18	2	-	-	0.18	2
	보수재탈락	m ²	-	-	3.6	2	3.6	2
하 행	잡철물	m ²	0.02	1	0.04	2	0.06	3
	재료분리	m ²	0.5	2	-	-	0.5	2
	충분리	m ²	-	-	0.01	1	0.01	1
	균열(0.3mm미만)	m	24	20	37.6	34	61.6	54
	망상균열	m ²	3.25	2	-	-	3.25	2
	보수부들뜸	m ²	0.95	8	0.72	5	1.67	13
	보수부재균열(0.3mm미만)	m	0.9	1	0.3	1	1.2	2
	잡철물	m ²	-	-	0.06	3	0.06	3
	파손	m ²	0.01	1	0.01	1	0.02	2

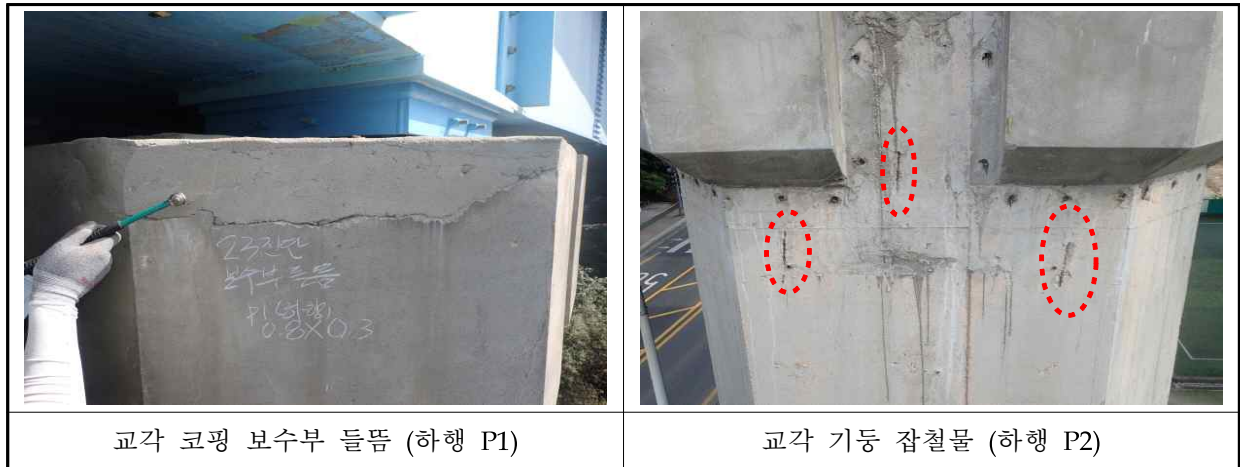


교대 홍벽 균열(cw=0.2mm) (하행 A2)



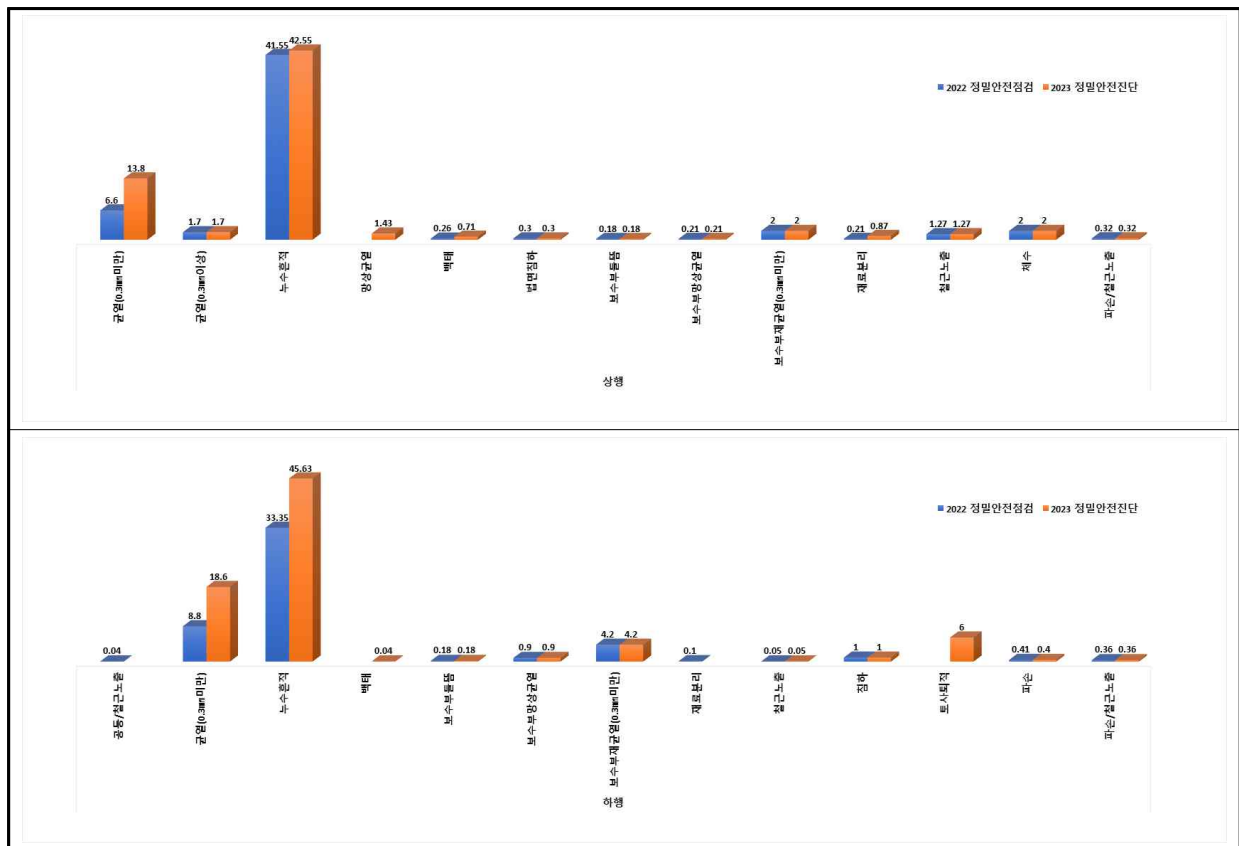
교대 벽체 균열(cw=0.3mm) (상행 A1)

	
교대 벽체 재료분리 (상행 A1)	교대 흉벽 철근노출 (상행 A1)
	
교대 법면 블록침하 (하행 A2) → 25mm	교대 벽체 토사퇴적 (하행 A2)
	
교각 코핑 균열(cw=0.2mm) (상행 P2)	교각 코핑 균열(cw=0.4mm) (상행 P1)
	
교각 코핑 보수부 파손 (상행 P1)	교각 코핑 재료분리 (상행 P1)



[표 3.14] 교대 손상물량 비교표

구 분		단위	전회 (2022 정밀안전점검)		금회 (2023 정밀안전진단)		증감량 (▲:증, ▼:감)
			물량	개소	물량	개소	
상행	균열(0.3mm미만)	m	6.6	7	13.8	12	▲ 7.2
	균열(0.3mm이상)	m	1.7	2	1.7	2	-
	누수흔적	m ²	41.55	6	42.55	7	▲ 1
	망상균열	m ²	-	-	1.43	1	▲ 1.43
	백태	m ²	0.26	2	0.71	6	▲ 0.45
	법면침하	m ²	0.3	1	0.3	1	-
	보수부들뜸	m ²	0.18	1	0.18	1	-
	보수부망상균열	m ²	0.21	1	0.21	1	-
	보수부재균열(0.3mm미만)	m	2	1	2	1	-
	재료분리	m ²	0.21	1	0.87	2	▲ 0.66
	철근노출	m ²	1.27	3	1.27	3	-
	체수	m ²	2	1	2	1	-
	파손/철근노출	m ²	0.32	2	0.32	2	-
	공동/철근노출	m ²	0.04	1	-	-	▼ -0.04
하행	균열(0.3mm미만)	m	8.8	5	18.6	11	▲ 9.8
	누수흔적	m ²	33.35	9	45.63	11	▲ 12.28
	백태	m ²	-	-	0.04	1	▲ 0.04
	보수부들뜸	m ²	0.18	1	0.18	1	-
	보수부망상균열	m ²	0.9	1	0.9	1	-
	보수부재균열(0.3mm미만)	m	4.2	2	4.2	2	-
	재료분리	m ²	0.1	1	-	-	▼ -0.1
	철근노출	m ²	0.05	1	0.05	1	-
	침하	m ²	1	1	1	1	-
	토사퇴적	m ²	-	-	6	1	▲ 6
	파손	m ²	0.41	4	0.4	3	▼ -0.01
	파손/철근노출	m ²	0.36	1	0.36	1	-



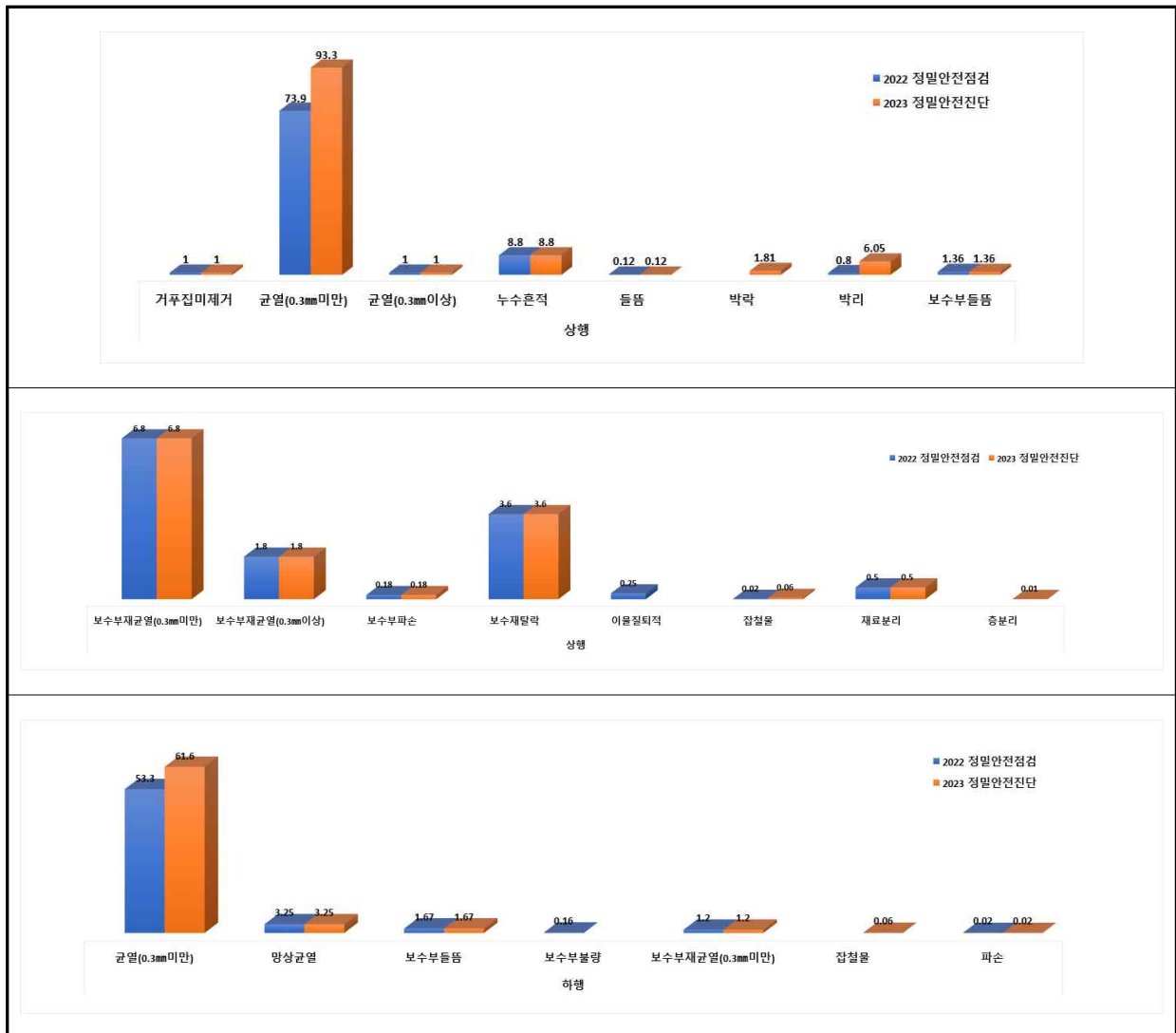
[그림 3.9] 교대 손상물량 분포도

[표 3.15] 교각 손상물량 비교표 (1)

구 분		단위	전회 (2022 정밀안전점검)		금회 (2023 정밀안전진단)		증감량 (▲:증, ▼:감)
			물량	개소	물량	개소	
상행	거푸집미제거	EA	1	1	1	1	-
	균열(0.3mm미만)	m	73.9	48	93.3	57	▲ 19.4
	균열(0.3mm이상)	m	1	1	1	1	-
	누수흔적	m ²	8.8	2	8.8	2	-
	들뜸	m ²	0.12	1	0.12	1	-
	박락	m ²	-	-	1.81	2	▲ 1.81
	박리	m ²	0.8	1	6.05	2	▲ 5.25
	보수부들뜸	m ²	1.36	12	1.36	12	-
	보수부재균열(0.3mm미만)	m	6.8	11	6.8	11	-
	보수부재균열(0.3mm이상)	m	1.8	5	1.8	5	-
	보수부파손	m ²	0.18	2	0.18	2	-
	보수재탈락	m ²	3.6	2	3.6	2	-
	이물질퇴적	m ²	0.25	1	-	-	▼ -0.25
	잡철물	m ²	0.02	1	0.06	3	▲ 0.04
	재료분리	m ²	0.5	2	0.5	2	-
	충분리	m ²	-	-	0.01	1	▲ 0.01

[표 3.16] 교각 손상물량 비교표 (2)

구 분		단위	전회 (2022 정밀안전점검)		금회 (2023 정밀안전진단)		증감량 (▲:증, ▼:감)
			물량	개소	물량	개소	
하행	균열(0.3mm 미만)	m	53.3	49	61.6	54	▲ 8.3
	망상균열	m ²	3.25	2	3.25	2	-
	보수부들뜸	m ²	1.67	13	1.67	13	-
	보수부불량	m ²	0.16	1	-	-	▼ -0.16
	보수부재균열(0.3mm 미만)	m	1.2	2	1.2	2	-
	잡철물	m ²	-	-	0.06	3	▲ 0.06
	파손	m ²	0.02	2	0.02	2	-



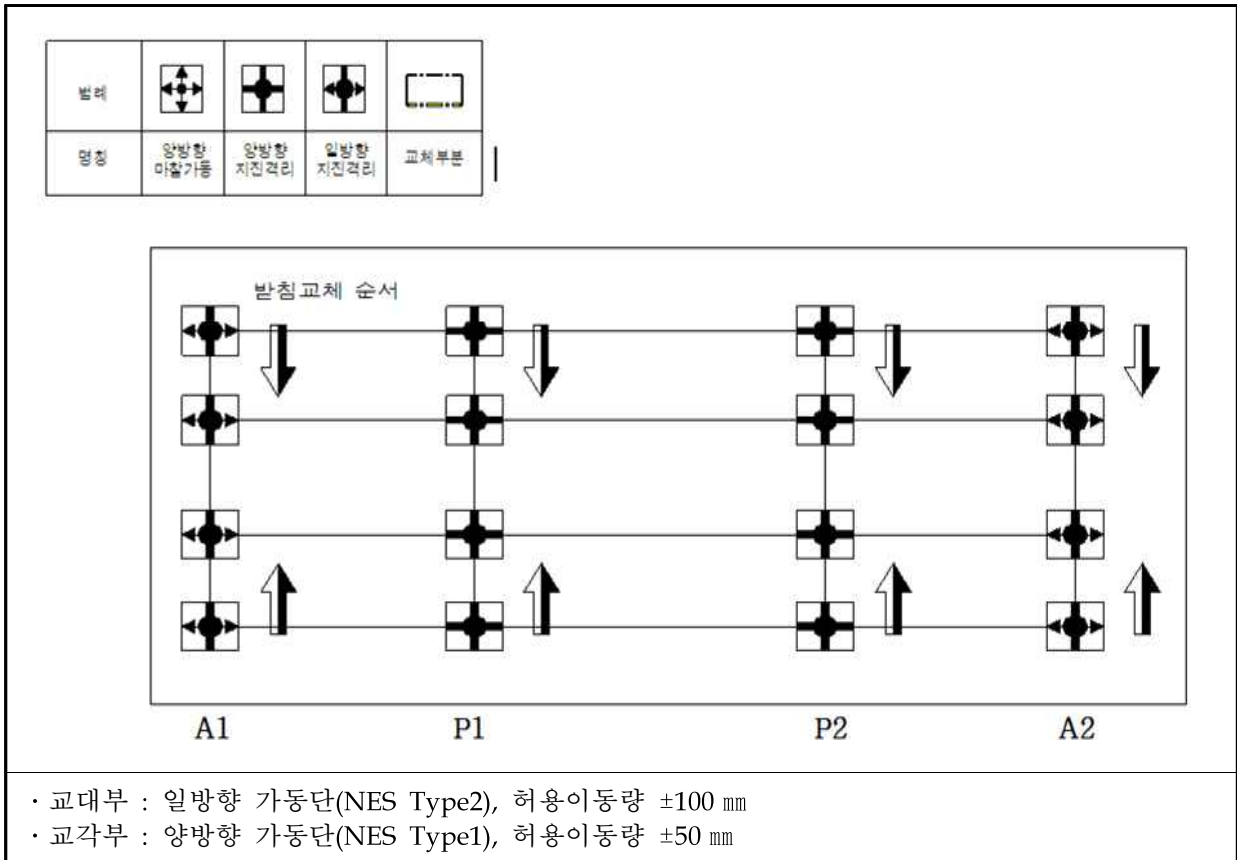
[그림 3.10] 교각 손상물량 분포도

나. 손상원인 및 대책

- 교대에서 조사된 균열은 대부분 수직형태의 폭 0.2mm~0.3mm의 균열로 균열의 폭은 전반적 하부에서 크고 상부에서 작아지며 균열의 연속성은 없는 것으로 확인되었다. 또한, 기 점검 (2022년) 외관조사시 분필표기와 외관조사망도 등 비교시 균열의 진행성은 보이지 않은 상태로 조사되었다. 교각에서는 폭 0.1~0.3mm의 균열 및 망상균열이 다수 조사되었으며 기 점검시 누락, 금회 조사시 상세조사에 따른 것으로 판단된다.
- 하부구조에서 조사된 균열은 발생위치, 폭, 형상 및 균열부 상태(이물질, 먼지 근입정도 등)를 전반적으로 고려할 때 비진행성, 환경에 기인하는 비구조적 균열로 초기재령의 수화열, 크리프 및 건조수축, 보수부 재균열 등 복합적으로 발생된 것으로 판단되며, 조사된 균열에 대해 구조물의 사용성 및 내구성 확보를 위하여 균열 폭에 따른 적합한 보수 (폭 0.3mm미만 표면보수, 폭 0.3mm이상 주입보수)가 필요하다.
- 누수흔적, 체수, 토사퇴적은 우천시 신축이음 누수에 의해 교면수와 함께 유입되어 발생된 것으로 현재 콘크리트의 열화 발생은 없으므로 보수가 필요한 상태는 아니나 지속적인 관찰과 진행성 방지를 위해 신축이음 교체가 필요한 실정이다.
- 교대 흥벽의 철근노출은 피복부족과 신축이음 누수에 기인한 손상으로 신축이음 누수 차단과 병행하여 내구성 확보를 위해 철근부 방청처리를 포함한 단면보수 실시가 바람직하며, 이외에 하부구조에서 조사된 단면손상(보수부 들뜸, 재료분리, 파손, 층분리 등)은 보수미흡 또는 시공미흡에 의한 것으로 비교적 경미한 상태이나 내구성 향상을 위해 일괄적으로 보수를 실시하는 것이 타당해 보인다.
- 교대 전면의 압성토에 시공된 법면 보호블록의 침하는 기존 조사된 손상으로 금회 진단시 단차 h=25mm 정도로 차기 점검 및 진단시 진행성 확인이 요구되며, 현재 보호블록의 외관상태 및 주변 토사유실 정도는 경미한 상태이므로 당장의 조치보다는 주의관찰이 바람직해 보인다.

3.2.4 교량받침

상적교의 교량받침은 2018년 내진보강공사를 통해 단일앵커형 면진받침(NES)으로 설치되어 있으며, 전 개소 가동단으로 총 32개소이다.



[그림 3.11] 교량받침 배치도 및 현황



※ 교량받침 전경은 전개소 부록의 사진첩에 수록함.

가. 현장조사 결과

교량받침은 2018년 교체되어 5년 정도 공용중인 상태로 시공상 중대한 결함은 확인되지 않았으나 플레이트 부식, 몰탈 균열 및 파손 등이 조사되었다.

[표 3.17] 교량받침 외관조사 결과표

구분			A1		A2		P1		P2		합계	
손상내용		단위	물량	개소	물량	개소	물량	개소	물량	개소	물량	개소
상 행	플레이트부식	m ²	0.12	4	0.12	4	0.12	2	0.12	2	0.48	12
하 행	받침몰탈균열(0.3mm미만)	m	0.3	1	-	-	-	-	-	-	0.3	1
	받침몰탈파손	m ²	-	-	0.06	1	-	-	-	-	0.06	1
	받침콘크리트균열 (0.3mm미만)	m	-	-	0.4	1	-	-	-	-	0.4	1
	이동량영점편매물	EA	1	1	1	1	-	-	-	-	2	2
	플레이트부식	m ²	0.12	4	0.12	4	-	-	0.03	1	0.27	9



받침몰탈 균열(cw=0.2mm) (하행 A2 Sh1)



받침몰탈 파손 (하행 A2 Sh1)



플레이트 부식 (상행 A1 Sh1)

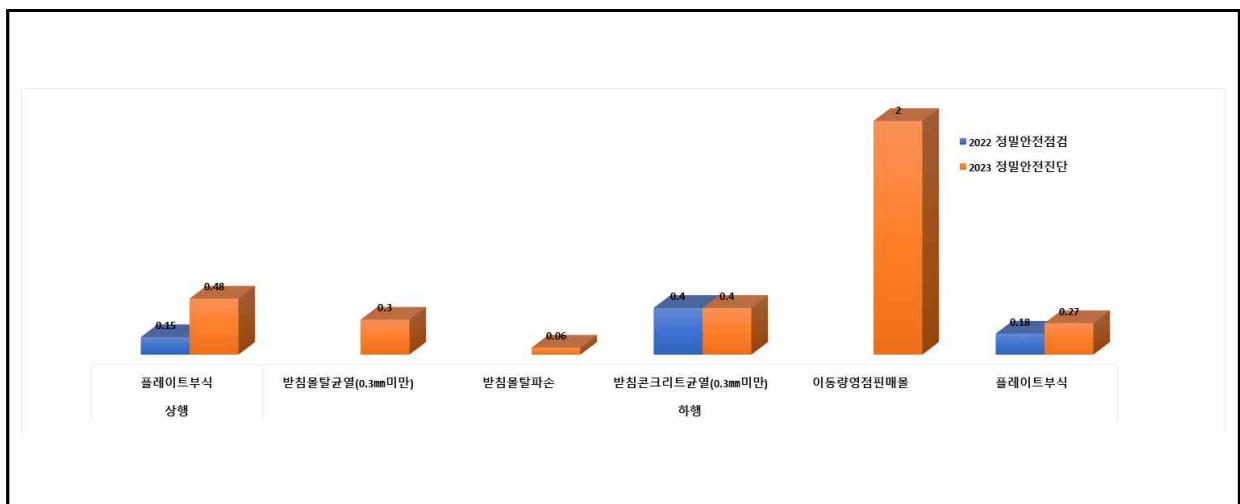


솔플레이트 부식 (하행 A2 Sh3)

	
슬플레이트 경미한 부식 (상행 P1 Sh1)	이동량 영점편 매물 (하행 A2)

[표 3.18] 교량받침 손상물량 비교표

구 분		단위	전회 (2022 정밀안전점검)		금회 (2023 정밀안전진단)		증감량 (▲:증, ▼:감)
			물량	개소	물량	개소	
상행	플레이트부식	m ²	0.15	5	0.48	12	▲ 0.33
하행	받침물탈균열(0.3mm미만)	m	-	-	0.3	1	▲ 0.3
	받침물탈파손	m ²	-	-	0.06	1	▲ 0.06
	받침콘크리트균열 (0.3mm미만)	m	0.4	1	0.4	1	-
	이동량영점편매물	EA	-	-	2	2	▲ 2
	플레이트부식	m ²	0.18	6	0.27	9	▲ 0.09



[그림 3.12] 교량받침 손상물량 분포도

나. 손상원인 및 대책

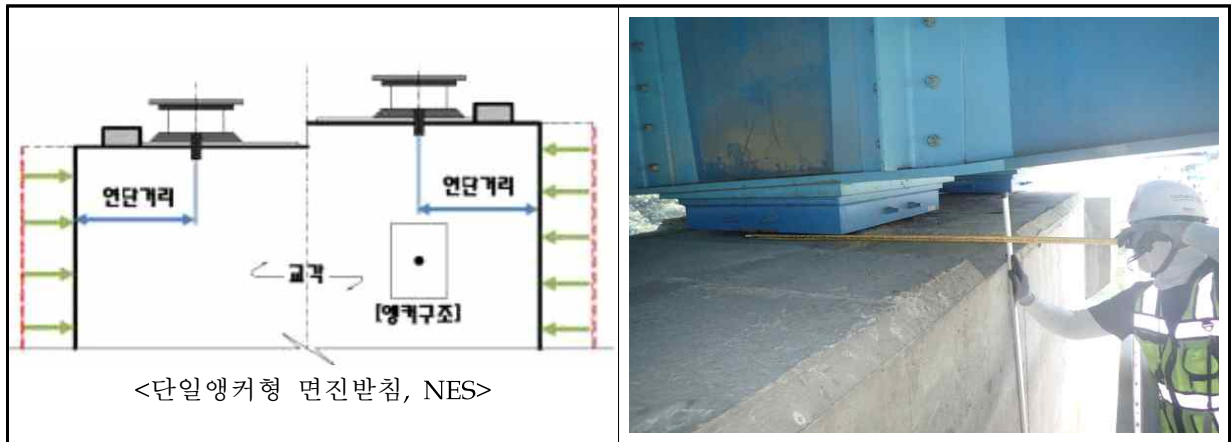
- 교각부 교량받침의 부식은 습윤한 환경에 의한 경미한 점부식 정도로 조사되었으나 교대부 받침은 신축이음 누수 및 지속적인 교면수 유입으로 인해 부식 발생 정도가 가속화되고 있는 것으로 판단된다. 따라서 우선적으로는 신축이음 누수에 대한 대책으로 교체가 시급히 요구되며, 사용성 및 기능성 저하 방지를 위해 부식 발생부는 재도장이 필요한 실정이다.
- 받침 몰탈 및 콘크리트에서 조사된 균열은 폭 0.1~0.2mm로 초기 수화열 및 이질 재료간의 강성 차이 등에 의한 것으로 판단되며, 균열부에 대한 타격조사 결과 들뜸 등의 추가 손상이 없는 미미한 상태이나 구조물의 장기적 내구성 확보를 위하여 보수를 실시함이 바람직 할 것으로 판단된다.
- 교대부의 받침몰탈 파손은 시공미흡에 의한 단발적 손상으로 받침의 기능 발휘에는 문제가 없는 경미한 상태이나 보수 접근성 및 경제성 등을 고려하여 진단 이후 일괄 보수를 실시하는 것이 적정해 보인다.

다. 연단거리 검토

교량받침은 상부구조에 작용하는 하중을 하부구조에 전달하는 기능을 갖는 기계장치로서 교량의 내구성, 안정성에 관련된 중요한 구조요소이다. 또한 하부구조 정부(頂部)에 있어서 교축방향의 받침연단과 하부구조 정부 연단 사이의 거리, S(mm)는 다음의 값 이상으로 한다.

- 거더의 경간길이 100 m이하 : $S = 200 + 5L$
 - 거더의 경간길이 100 m이상 : $S = 300 + 4L$
- 여기서, S : 연단거리(mm), L : 경간길이(m)
- 최소(필요) 연단거리 계산

구 분	부 재 명	최소 연단거리 (S)	비 고
경간장 L=55 m	A1, P1(시), P2(중), A2	$200+(5 \times 55) = 475 \text{ mm}$	
경간장 L=70 m	P1(중), P2(시)	$200+(5 \times 70) = 550 \text{ mm}$	



[그림 3.13] 교량받침 연단거리 측정

[표 3.19] 연단거리 측정결과

구 분		경간장 (m)	기준값 (mm)	연단거리 측정값(mm)								검토 결과
				상행				하행				
				Sh.1	Sh.2	Sh.3	Sh.4	Sh.1	Sh.2	Sh.3	Sh.4	
A1	중점측	55	475	970	970	970	970	990	990	990	990	양호
P1	시점측	55	475	1020	1020	1020	1020	1090	1090	1090	1090	양호
	중점측	70	550	1160	1160	1160	1160	1110	1110	1110	1110	양호
P2	시점측	70	550	1170	1170	1170	1170	1110	1110	1110	1110	양호
	중점측	55	475	1050	1050	1050	1050	1090	1090	1090	1090	양호
A2	시점측	55	475	840	840	840	840	870	870	870	870	양호

교량받침 연단거리 측정 결과 「도로교설계기준」에서 제시하고 있는 최소거리를 확보하고 있는 것으로 분석되어 설계기준을 만족하고 있는 것으로 검토되었다.

라. 이동량 검토

가동받침의 이동량 평가시 고려되는 항목은 상부구조의 온도변화, 처짐, 콘크리트의 크리프 및 건조수축 등의 영향을 고려해야 하나, 본 교량은 준공 이후 약 29년 동안 공용중인 상태로 크리프 및 건조수축에 의한 변형은 완료되었다고 판단되며, 활하중에 의한 거더 처짐은 미소하므로 온도변화에 의한 이동량만 고려하여 평가하였다.

구 분	측 정 현 황	비 고
조 사 일 자	2023. 10. 04	
평 균 기 온(℃)	18.5	기상청 자료 활용
선팅창계수(α)	1.2×10^{-5}	강교
온도변화량(ΔT)	-10 ~ 40 ℃	보통지방, 강교
온도변화에 의한 신축량(Δl)	$\alpha \cdot \Delta T \cdot l$	

[표 3.20] 교량받침 이동량 산정

구 분	온도변화 (ΔT , °C)		선팽창 계수 (α)	신축 거더 길이 (L,m)	최대 받침 이동량(mm)	
	동절기	하절기			동절기	하절기
A1	-38.5	21.5	1.2×10^{-5}	90.0	-41.6	23.2
P1	-38.5	21.5	1.2×10^{-5}	35.0	-16.2	9.0
P2	-38.5	21.5	1.2×10^{-5}	35.0	-16.2	9.0
A2	-38.5	21.5	1.2×10^{-5}	90.0	-41.6	23.2

주) 고정단이 없는 면진받침이 설치된 교량이므로 교량 중앙을 기준으로 신축장을 산출함.

[표 3.21] 교량받침 가동여유량 검토 결과 (1)

구 분			점검당시 실측이동량 (mm)	최대 받침 이동량(mm)		실측 받침 가동여유량(mm)		받침용량 (mm)	검토 결과
				최대 수축 이동량	최대 신장 이동량	수축 여유량	신장 여유량		
상행	A1	Sh1	+10	-41.6	23.2	110	90	±100	O.K
		Sh2	+10	-41.6	23.2	110	90	±100	O.K
		Sh3	+7	-41.6	23.2	107	93	±100	O.K
		Sh4	+8	-41.6	23.2	108	92	±100	O.K
	P1	Sh1	0	-16.2	9.0	50	50	±50	O.K
		Sh2	0	-16.2	9.0	50	50	±50	O.K
		Sh3	0	-16.2	9.0	50	50	±50	O.K
		Sh4	0	-16.2	9.0	50	50	±50	O.K
	P2	Sh1	+3	-16.2	9.0	53	47	±50	O.K
		Sh2	+5	-16.2	9.0	55	45	±50	O.K
		Sh3	+3	-16.2	9.0	53	47	±50	O.K
		Sh4	+3	-16.2	9.0	53	47	±50	O.K
	A2	Sh1	+10	-41.6	23.2	110	90	±100	O.K
		Sh2	+6	-41.6	23.2	106	94	±100	O.K
		Sh3	+10	-41.6	23.2	110	90	±100	O.K
		Sh4	+10	-41.6	23.2	110	90	±100	O.K

주1) 실측이동량 부호 : (+) 거더 신장시, (-) 거더 수축시

주2) 판정 : 최대 받침 이동량 ≤ 실측 받침 가동여유량 ⇒ O.K

[표 3.22] 교량받침 가동여유량 검토 결과 (2)

구 분			점검당시 실측이동량 (mm)	최대 받침 이동량(mm)		실측 받침 가동여유량(mm)		받침용량 (mm)	검토 결과
				최대 수축 이동량	최대 신장 이동량	수축 여유량	신장 여유량		
하행	A1	Sh1	+5	-41.6	23.2	105	95	±100	O.K
		Sh2	+5	-41.6	23.2	105	95	±100	O.K
		Sh3	-10	-41.6	23.2	90	110	±100	O.K
		Sh4	-5	-41.6	23.2	95	105	±100	O.K
	P1	Sh1	0	-16.2	9.0	50	50	±50	O.K
		Sh2	0	-16.2	9.0	50	50	±50	O.K
		Sh3	0	-16.2	9.0	50	50	±50	O.K
		Sh4	0	-16.2	9.0	50	50	±50	O.K
	P2	Sh1	+15	-16.2	9.0	65	35	±50	O.K
		Sh2	+15	-16.2	9.0	65	35	±50	O.K
		Sh3	+15	-16.2	9.0	65	35	±50	O.K
		Sh4	+15	-16.2	9.0	65	35	±50	O.K
	A2	Sh1	+10	-41.6	23.2	110	90	±100	O.K
		Sh2	+10	-41.6	23.2	110	90	±100	O.K
		Sh3	+10	-41.6	23.2	110	90	±100	O.K
		Sh4	+10	-41.6	23.2	110	90	±100	O.K

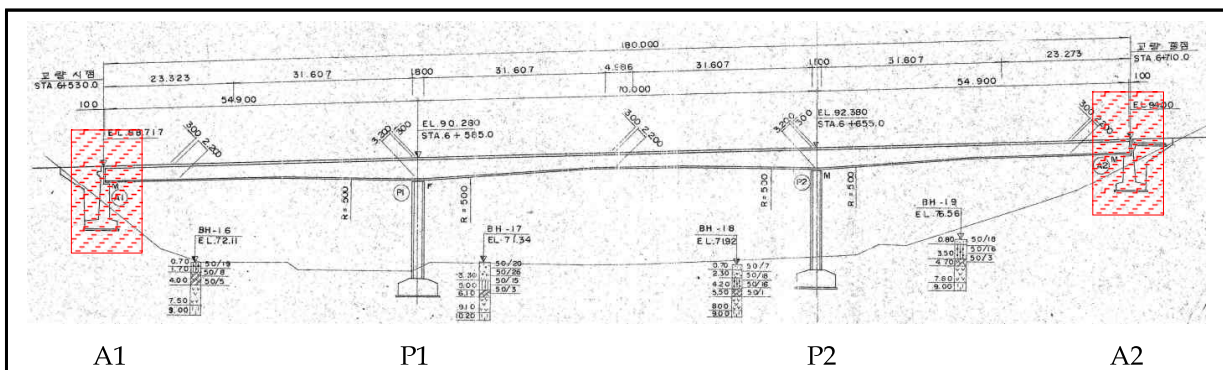
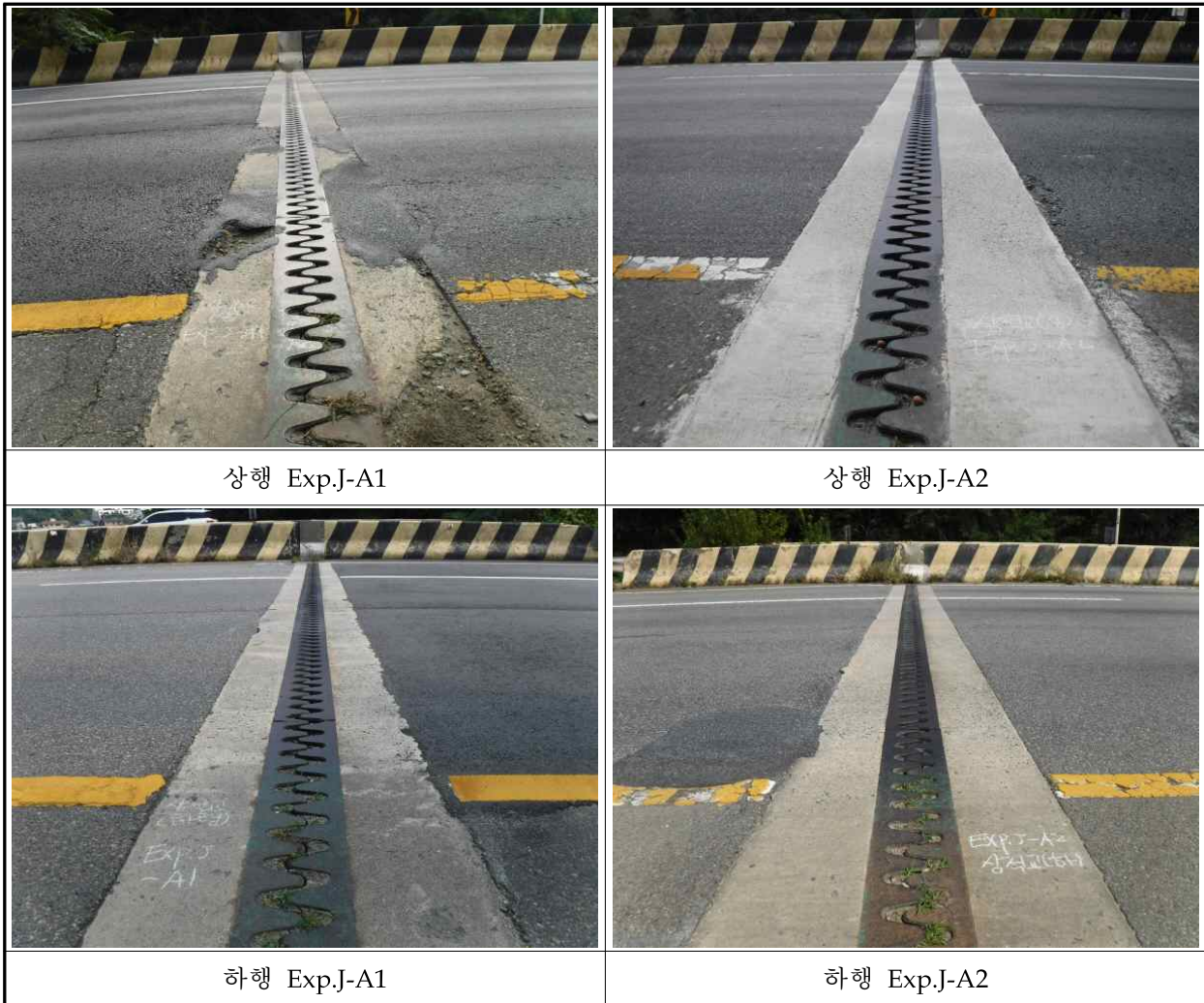
주1) 실측이동량 부호 : (+) 거더 신장시, (-) 거더 수축시

주2) 판정 : 최대 받침 이동량 ≤ 실측 받침 가동여유량 ⇒ O.K

교량받침 계산 여유량과 실측 여유량의 비교·검토 결과, 가동여유량이 충분한 것으로 측정되었으며, 교량받침의 가동상태는 양호한 것으로 분석되었다.

3.2.5 신축이음

상적교의 신축이음은 New Finger Type 형식으로 총 4개소(상행: A1, A2, 하행: A1, A2)가 설치되어 있고, 신축이음 교체이력 검토결과 상·하행은 2010년~2013년 신축이음 교체를 실시한 것으로 확인되었으며, 2023년 3월 이후 상행 A2 후타재 재시공을 실시한 것으로 확인되었다.



[그림 3.14] 신축이음 설치 현황

가. 현장조사 결과

신축이음에 대한 외관조사 결과 누수, 유간토사퇴적, 후타재 균열, 파손이 조사되었다.

또한 기 점검과 비교한 결과, 상행 A2 신축이음의 후타재는 재시공이 확인되어 기 손상인 후타재 균열 및 파손에 대한 일부 보수가 확인되었으나 기존 조사 누락 및 공용기간 증가에 따른 신축이음 누수, 후타재 파손 및 열화 등의 추가 손상들이 조사되었다.

[표 3.23] 신축이음 외관조사 결과표

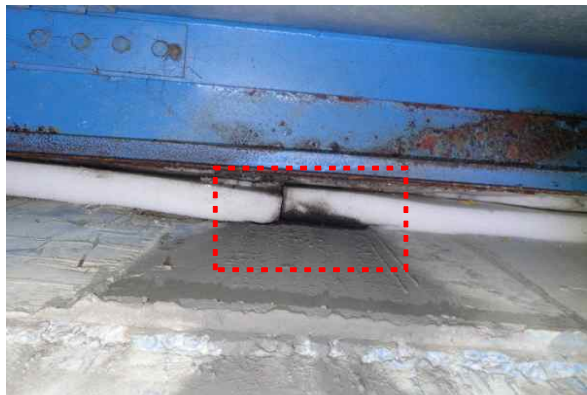
구분			A1		A2		합계	
손상내용		단위	물량	개소	물량	개소	물량	개소
상행	신축이음누수	m	5	1	3	1	8	2
	유간토사퇴적	m	2.2	2	3	2	5.2	4
	후타재균열	m	13.4	53	-	-	13.4	53
	후타재파손	m ²	0.22	3	-	-	0.22	3
	후타재파손/열화	m ²	1.08	2	-	-	1.08	2
하행	신축이음누수	m	5	1	5	1	10	2
	유간토사퇴적	m	14.5	3	3	2	17.5	5
	후타재균열	m	12	40	25.2	84	37.2	124
	후타재파손	m ²	0.08	2	-	-	0.08	2



본체 누수 (상행 A1)



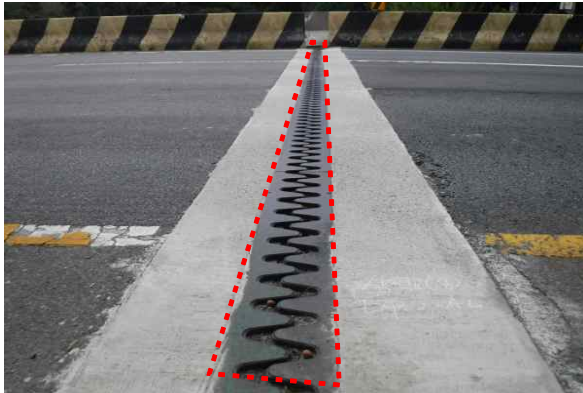
본체 누수 (상행 A2)



본체 누수 (하행 A1)



본체 누수 (하행 A2)

	
후타재 금회 재시공 확인 (상행 A2) → 본체 유지, 유간부 토사퇴적	후타재 균열 (하행 A1) → 간격 15~20cm
	
후타재 균열 (하행 A2) → 간격 20~25cm	후타재 파손 및 열화 (상행 A1)

[표 3.24] 신축이음 손상물량 비교표

구 분		단위	전회 (2022 정밀안전점검)		금회 (2023 정밀안전진단)		증감량 (▲:증, ▼:감)
			물량	개소	물량	개소	
상행	신축이음누수	m	2.5	1	8	2	▲ 5.5
	유간토사퇴적	m	5.2	4	5.2	4	-
	후타재균열	m	21.2	79	13.4	53	▼ -7.8
	후타재파손	m ²	0.65	7	0.22	3	▼ -0.43
	후타재파손/열화	m ²	-	-	1.08	2	▲ 1.08
하행	신축이음누수	m	-	-	10	2	▲ 10
	유간토사퇴적	m	7	4	17.5	5	▲ 10.5
	후타재균열	m	18.9	63	37.2	124	▲ 18.3
	후타재파손	m ²	0.04	1	0.08	2	▲ 0.04



[그림 3.15] 신축이음 손상물량 분포도

나. 손상원인 및 대책

- 본체 유간토사퇴적은 교면에 쌓인 토사 및 이물질 등이 우천시 우수에 의해 유입되어 발생된 상태로 장기간 방치시 신축이음 기능저하의 우려가 있으므로 구조물의 정상적인 신축거동을 확보하기 위하여 일반적으로 주기적인 청소가 필요하다.
- 후타재 균열, 파손은 장기공용으로 인한 노후화 및 주행차량의 윤하중, 동결기 제설제 및 동결융해 등에 의한 것으로 판단되고 금회 진단에서 보수가 확인된 상행 A2의 신축이음 부는 기존의 본체는 그대로 유지하되 후타재만 재시공한 상태이다.
- 본 교량의 신축이음 본체는 장기 공용 중인 상태로 이력사항 및 기 진단 및 점검 보고서 등을 추적 검토한 결과, 2010~2013년 정도에 교체하여 현재까지 사용 중인 것으로 추정된다. 따라서, 장기 공용으로 인해 본체는 차수 기능을 상실하여 교면의 각종 오염수 및 제설염수 등이 하부로 유입되어 교대부 콘크리트의 열화와 받침 부식 발생을 촉진하고 있는 상태이다. 종합적으로 볼 때, 본 교량의 신축이음은 구조물의 정상적인 신축거동과 장기 내구성을 확보하기 위해 교체가 필요한 시기로 판단되므로 전 개소 신축이음 교체가 요구되는 실정이다.
- 신축이음의 규격 선정은 현재 신축거동 여유량 확보, 공용기간(사용년수) 등의 여건을 고려한 결과, 온도변화에 의한 신축 유간 검토는 양호한 상태로 분석되었으나 충분한 여유량까지는 확보되지 못하고 있다. 또한 2018년 교량받침 교체로 인해 고정단이 없으므로 상부구조의 신축장이 길어진 상태이므로 현재 설치되어 있는 신축이음의 규격보다 큰 No.160 제품을 제안하며, 향후 교체시에는 본체 시공(연결)시 신축유간을 정확히 확보하고 후타재 콘크리트 타설시 포장면과의 단차가 발생하지 않도록 주의시공이 필요하다.

다. 신축이음 신축여유량 검토

신축이음의 신축여유량 평가시 고려되는 항목은 상부구조의 온도변화, 처짐, 콘크리트의 크리프 및 건조수축 등의 영향을 고려해야 하나, 본 교량은 약 29년 동안 공용중인 상태로 크리프 및 건조수축에 의한 변형은 완료되었다고 판단되며, 활하중에 의한 거더 처짐은 미소하므로 온도변화에 의한 이동량만 고려하여 평가하였다.

[표 3.25] 신축이음 신축여유량 측정 현황

구 분	측 정 현 황	비 고
조 사 일 자	2023. 10. 04	
평 균 기 온(℃)	18.5	기상청 자료 활용
선팅창계수(α)	1.2×10^{-5}	강교
온도변화량(ΔT)	-10 ~ 40 ℃	보통지방, 강교
온도변화에 의한 신축량(Δl)	$\alpha \cdot \Delta T \cdot l$	

1) 신축여유량 검토

[표 3.26] 신축이음 유간 측정 결과

구분	신축 거더길이 (m)	신축이음 형식	최대 허용신축량 (mm)	실측 유간 (mm)	비 고
상행	Exp.J-A1	90	Finger Type #100	100	45
	Exp.J-A2	90	Finger Type #100	100	60
하행	Exp.J-A1	90	Finger Type #100	100	60
	Exp.J-A2	90	Finger Type #100	100	45

주) 고정단이 없는 면진받침이 설치된 교량이므로 교량 중앙을 기준으로 신축장을 산출함.

[표 3.27] 온도변화에 따른 신축이동량

구 분		온도변화 (ΔT , ℃)		선팅창 계수 (α)	신축 거더 길이 (L, m)	온도 변화에 의한 이동량(mm)	
		동절기	하절기			동절기 (최대 수축시)	하절기 (최대 신장시)
상행	Exp.J-A1	-38.5	21.5	1.2×10^{-5}	90	-39.3	21.9
	Exp.J-A2	-38.5	21.5	1.2×10^{-5}	90	-39.3	21.9
하행	Exp.J-A1	-38.5	21.5	1.2×10^{-5}	90	-39.3	21.9
	Exp.J-A2	-38.5	21.5	1.2×10^{-5}	90	-39.3	21.9

[표 3.28] 신축이음 가동여유량 산정

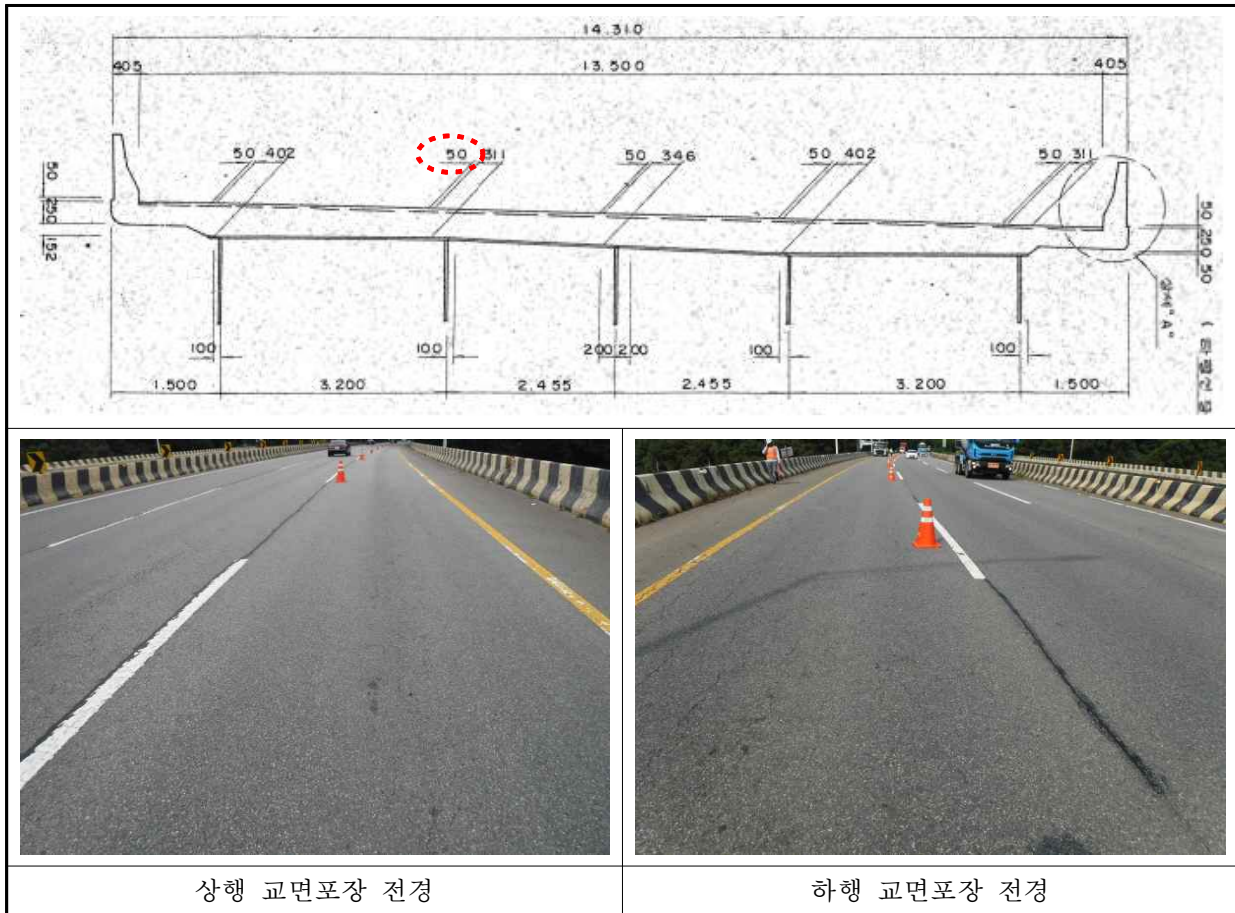
구 분			계산 이동량(㎜)		점검당시 실측유간(㎜) ③	허용량(㎜) ④	신축 여유량(㎜)		검토 결과
			최대 수축시 ①	최대 신장시 ②			최대 수축시 ④-(①+③)	최대 신장시 ③-②	
상행	Exp.J-A1	신축이음장치	-39.3	21.9	45	100	15.7	23.1	O.K
		바닥판			80		-	58.1	O.K
		거더 상부			70			48.1	O.K
		거더 하부			30			8.1	O.K
	Exp.J-A2	신축이음장치	-39.3	21.9	60	100	0.7	38.1	O.K
		바닥판			75		-	53.1	O.K
		거더 상부			120			98.1	O.K
		거더 하부			125			103.1	O.K
하행	Exp.J-A1	신축이음장치	-39.3	21.9	60	100	0.7	38.1	O.K
		바닥판			130		-	108.1	O.K
		거더 상부			140			118.1	O.K
		거더 하부			155			133.1	O.K
	Exp.J-A2	신축이음장치	-39.3	21.9	45	100	15.7	23.1	O.K
		바닥판			70		-	48.1	O.K
		거더 상부			110			88.1	O.K
		거더 하부			115			93.1	O.K

신축이음 신축여유량을 검토한 결과, 측정일 현재 신축 여유량을 만족하고 전반적인 신축이음의 거동은 양호한 상태를 유지하고 있으나 상행 A1, 하행 A2 신축이음 본체는 동절기 최대 수축시 충분한 여유량까지는 확보되지 못하고 있다. 따라서 향후 외관조사 결과를 토대로 신축이음 교체시에는 지금보다 더 큰 규격의 제품 선정이 필요할 것으로 판단된다.

3.2.6 교면포장

상적교는 총폭 28.6 m(상·하행 14.3 m), 유효폭 27.0 m(상·하행 13.5 m)의 왕복 6차선 교량으로 포장면은 준공도면도상 전 구간 아스팔트 포장($t=50\text{mm}$)으로 시공된 것으로 검토되었다.

기 점검 및 진단자료와 보수·보강이력 등을 살펴본 결과 교면포장에 대한 보수이력은 없는 상태로 확인되었으나 현장조사결과 공용 중 손상이 발생한 구간에 대하여 부분적으로 재포장을 실시한 것으로 조사되었다.



가. 현장조사 결과

교면포장에 대한 외관조사 결과 균열, 망상균열, 들뜸, 소성변형, 보수미흡 등이 조사되었다.

또한 기 점검과 비교한 결과, 현장에서 기 손상인 아스콘 균열, 포트홀에 대한 보수가 확인되었으나 기존 조사 누락 및 공용기간 증가에 따른 소성변형, 망상균열, 보수미흡 등의 추가 손상들이 조사되었다.

[표 3.29] 교면포장 외관조사 결과표

구분			S1		S2		S3		합계	
손상내용		단위	물량	개소	물량	개소	물량	개소	물량	개소
상행	보수미흡	m ²	-	-	0.52	2	-	-	0.52	2
	소성변형	m ²	44	1	-	-	4.8	1	48.8	2
	소성변형/들뜸	m ²	-	-	-	-	1	1	1	1
	아스콘균열	m	6	9	8.7	4	3	6	17.7	19
	아스콘들뜸	m ²	-	-	-	-	1.55	3	1.55	3
	아스콘마모	m ²	0.16	1	-	-	-	-	0.16	1
	아스콘망상균열	m ²	281.5	5	206.5	7	156	5	644	17
	아스콘파손	m ²	-	-	8	1	-	-	8	1
	접속도로아스콘균열	m	7.7	4	-	-	-	-	7.7	4
하행	보수미흡	m ²	0.64	1	-	-	-	-	0.64	1
	아스콘균열	m	-	-	-	-	17	1	17	1
	아스콘긁힘	m ²	0.15	3	-	-	-	-	0.15	3
	아스콘들뜸/식생	m ²	33	1	42	1	33	1	108	3
	아스콘망상균열	m ²	339	5	382.5	5	144	6	865.5	16
	접속도로소성변형	m ²	-	-	-	-	108	1	108	1
	접속도로아스콘망상균열	m ²	-	-	-	-	1.6	2	1.6	2
	접속도로아스콘파손	m ²	-	-	-	-	0.04	2	0.04	2



파손, 망상균열, 방수층 소실 (상행 S2)



망상균열 (하행 S1)



보수미흡, 방수층 소실 (상행 S2)

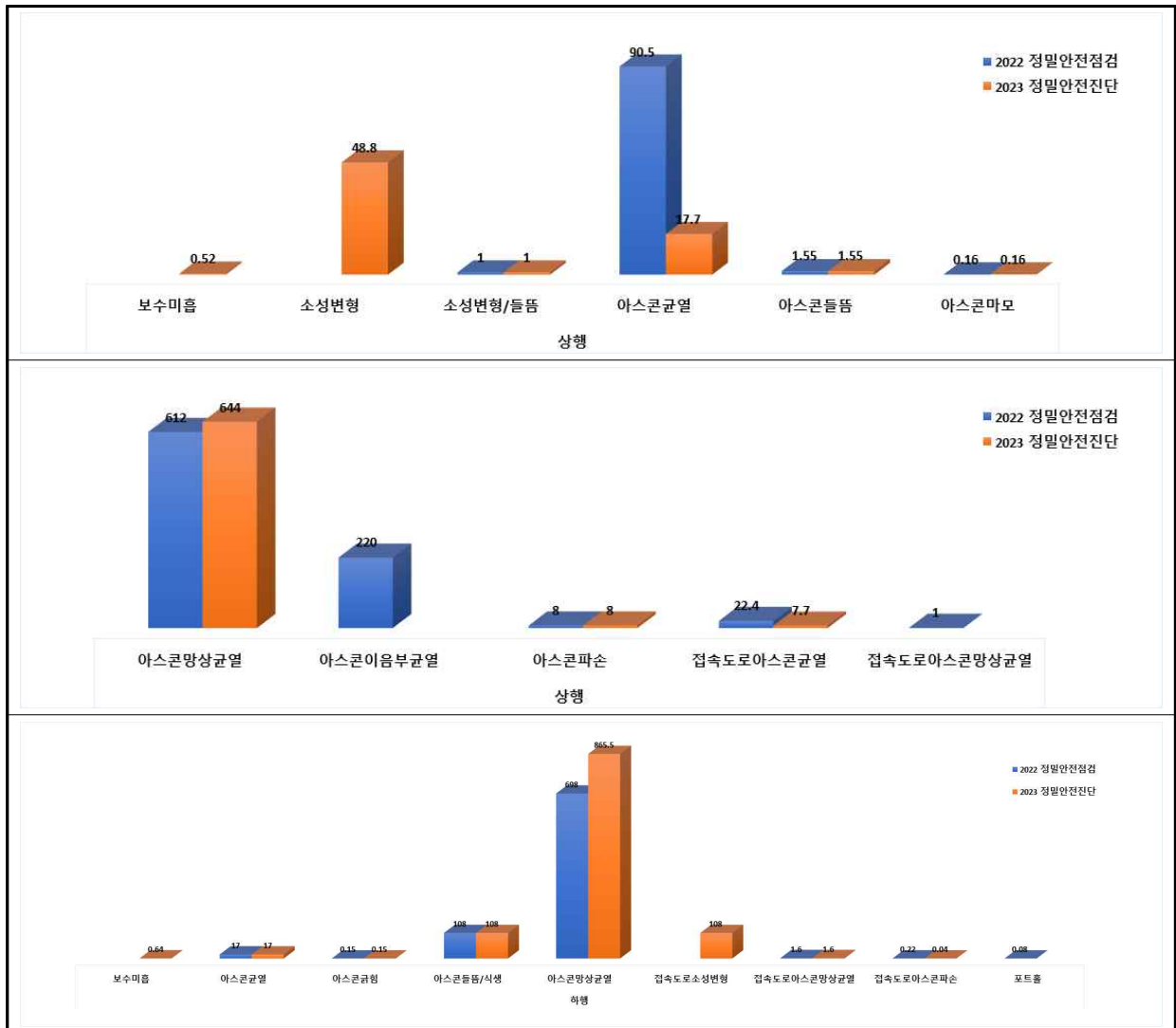


소성변형 (상행 S1) → 20mm

	
소성변형 (상행 S3) → 15mm	들뜸 및 소성변형 (상행 S3) → 90mm

[표 3.30] 교면포장 손상물량 비교표

구 분		단위	전회 (2022 정밀안전점검)		금회 (2023 정밀안전진단)		증감량 (▲:증, ▼:감)
			물량	개소	물량	개소	
상행	보수미흡	m ²	-	-	0.52	2	▲ 0.52
	소성변형	m ²	-	-	48.8	2	▲ 48.8
	소성변형/들뜸	m ²	1	1	1	1	-
	아스콘균열	m	90.5	18	17.7	19	▼ -72.8
	아스콘들뜸	m ²	1.55	3	1.55	3	-
	아스콘마모	m ²	0.16	1	0.16	1	-
	아스콘망상균열	m ²	612	14	644	17	▲ 32
	아스콘이음부균열	m	220	4	-	-	▼ -220
	아스콘파손	m ²	8	1	8	1	-
	접속도로아스콘균열	m	22.4	6	7.7	4	▼ -14.7
	접속도로아스콘망상균열	m ²	1	1	-	-	▼ -1
하행	보수미흡	m ²	-	-	0.64	1	▲ 0.64
	아스콘균열	m	17	1	17	1	-
	아스콘긁힘	m ²	0.15	3	0.15	3	-
	아스콘들뜸/식생	m ²	108	3	108	3	-
	아스콘망상균열	m ²	698	12	865.5	16	▲ 167.5
	접속도로소성변형	m ²	-	-	108	1	▲ 108
	접속도로아스콘망상균열	m ²	1.6	2	1.6	2	-
	접속도로아스콘파손	m ²	0.22	5	0.04	2	▼ -0.18
	포트홀	m ²	0.08	1	-	-	▼ -0.08



[그림 3.16] 교면포장 손상물량 분포도

나. 손상원인 및 대책

- 아스콘 균열 및 망상균열은 자동차 전용도로 현장 여건상 시공 당시 충분한 다짐 등의 공정이 미흡하여 발생한 것으로 판단되고 통행차량의 주행 안전에는 영향이 없을 것으로 보이므로 주의관찰이 요구된다.
- 교면포장은 부분적으로 기 손상부에 대한 보수가 되어 있으나 보수 상태가 다소 미흡하여 일부는 소성변형 및 백태가 동반된 것으로 확인되었다. 백태를 동반한 보수미흡 및 파손부는 바닥판이 노출된 상태로 방수층이 소실된 상태이고 거더 내부의 Splice 누수부와 동일 선상에 위치한 것으로 검토되었다. 종합적으로 교면포장은 재포장이 요구되는 정도의 손상 발생은 없으나 소성변형, 파손, 보수미흡 부위는 부분적으로 방수를 포함한 소파보수가 필요할 것으로 판단된다.

3.2.7 배수시설

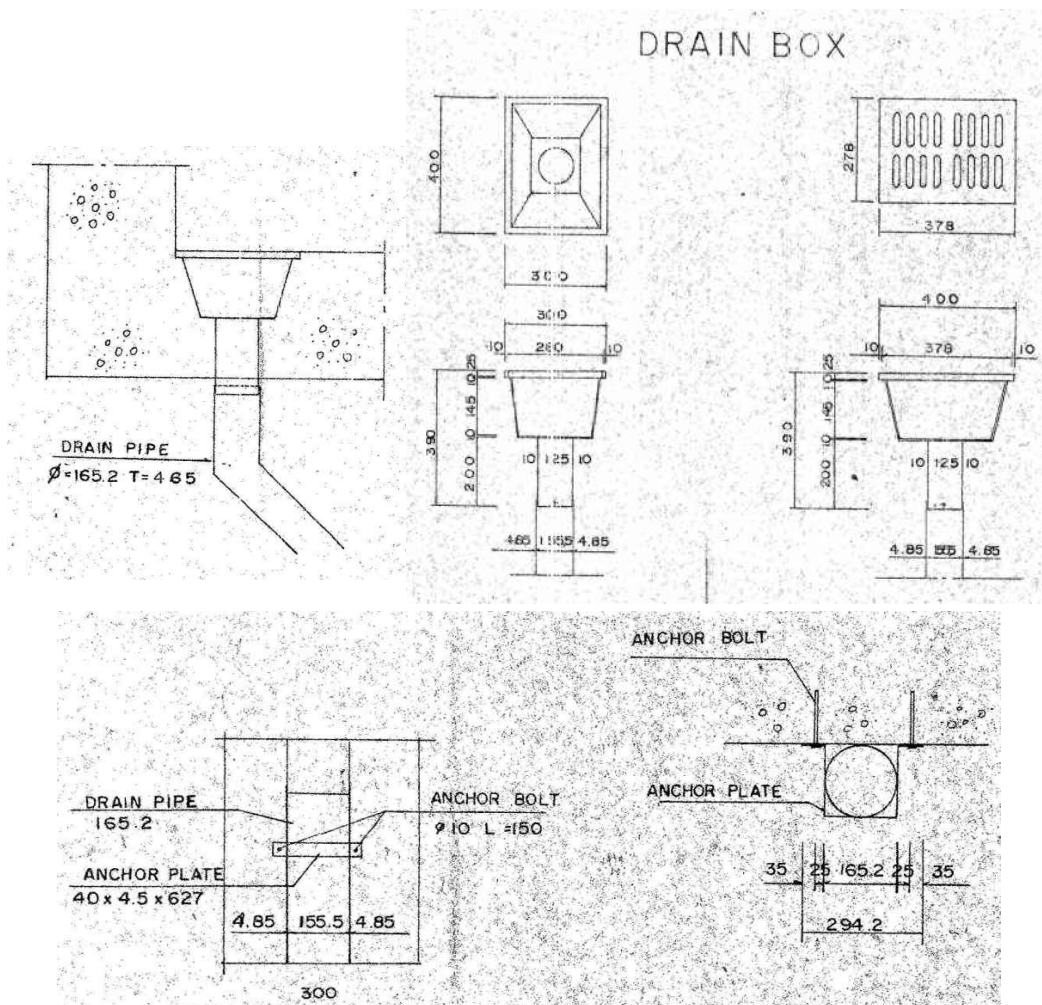
상적교의 배수시설은 교량의 종단(+0.300%) 및 횡단구배(+0.300%), 우수흐름에 의거해 도로부 우측에 경간당 6~7개소씩 방향별로 19개소, 총 38개소의 배수시설이 상부 집수구($\phi 150$, C.T.C 10m)와 하천용 및 육교용 배수관(원형 $\phi 165$)으로 구성되어 시공되어 있다.



집수구 전경



배수관 전경



교량배수시설 상세도면

가. 현장조사 결과

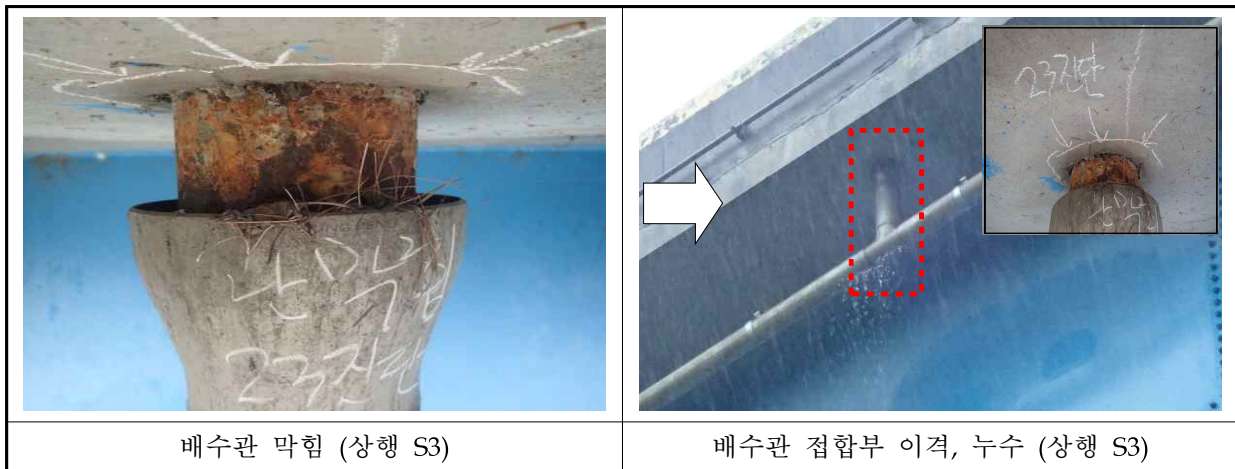
외관조사 결과 상부의 배수구 막힘, 하부의 배수관 길이부족, 배수관 탈락, 배수관 접합부 이격 및 누수 등이 조사되었다.

또한 기 점검과 비교한 결과, 현장에서 기 손상인 상부 그레이팅 파손에 대한 보수가 확인되었으나 기존 조사 누락 및 공용기간 증가에 따른 배수관 길이부족 및 파손 등의 추가 손상들이 조사되었다.

[표 3.31] 배수시설 외관조사 결과표

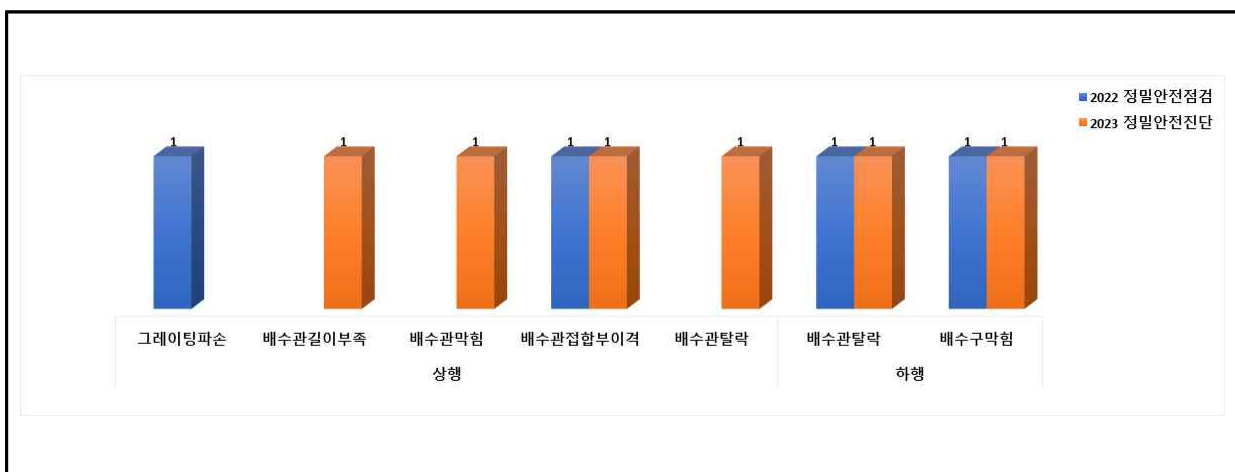
구분			P1		S1		S2		S3		합계	
손상내용		단위	물량	개소	물량	개소	물량	개소	물량	개소	물량	개소
상 행	배수관길이부족	EA	1	1	-	-	-	-	-	-	1	1
	배수관막힘	EA	-	-	-	-	-	-	1	1	1	1
	배수관접합부이격	EA	-	-	-	-	-	-	1	1	1	1
	배수관탈락	EA	-	-	1	1	-	-	-	-	1	1
하 행	배수관탈락	EA	-	-	1	1	-	-	-	-	1	1
	배수구막힘	EA	-	-	1	1	-	-	-	-	1	1

	
배수구 막힘 (하행 S1)	배수관 탈락 (상행 S1)
	
배수관 탈락 (하행 S1)	배수관 길이부족 (상행 P1)



[표 3.32] 배수시설 손상물량 비교표

구 분		단위	전회 (2022 정밀안전점검)		금회 (2023 정밀안전진단)		증감량 (▲:증, ▼:감)
			물량	개소	물량	개소	
상행	그레이팅파손	EA	1	1	-	-	▼ -1
	배수관길이부족	EA	-	-	1	1	▲ 1
	배수관막힘	EA	-	-	1	1	▲ 1
	배수관접합부이격	EA	1	1	1	1	-
	배수관탈락	EA	-	-	1	1	▲ 1
하행	배수관탈락	EA	1	1	1	1	-
	배수구막힘	EA	1	1	1	1	-



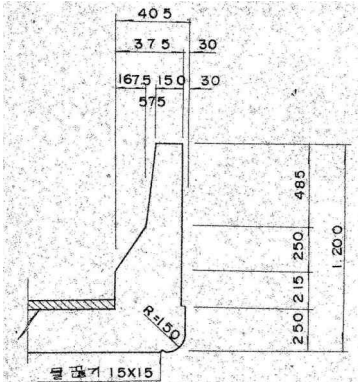
[그림 3.17] 배수시설 손상물량 분포도

나. 손상원인 및 대책

- 배수구 막힘은 1차로 측에서 1개소 조사되었으며, 공용 중 토사 및 이물질 유입과 현재는 막힘부에 식생이 발생한 상태이다. 막힘으로 인해 배수구 주변의 물고임은 차량의 주행 안전에 직접적으로 영향을 미치게 되므로 배수구 막힘에 대해서는 주기적으로 청소를 실시하는 것이 적정하다.
- 배수관 탈락 및 접합부 이격 등은 공용중 교량진동과 노후에 의한 것으로 교각 기둥 하단부 콘크리트의 열화, 거더의 부식 등을 초래하므로 배수관 재설치, 길이연장을 통하여 하부구조 및 거더의 손상진전 방지를 실시함이 바람직하다.
- 배수관 막힘은 원형관 내부에 토사가 충전된 상태인 것으로 확인되었고 배수불량으로 인해 우천 시에 많은 양의 우수가 집중적으로 하부 교차 도로(S3 청계산로)에 낙하되고 있는 것으로 조사되었다. 배수관 막힘부는 내부 이물질 청소가 다소 어려울 것으로 판단되므로 확실한 보수효과를 위해 배수관을 제거하여 내부 이물질을 털어낸 상태에서 재설치하는 것이 바람직하다.

3.2.8 방호벽

상적교는 도시고속화도로(분당내곡로) 상에 위치하여 교량의 좌·우측에 자동차의 차도 이탈방지, 사고 시 완충작용 등의 역할을 하는 차량용 방호책(h=900mm)이 시공되어 있으며, 준공도면의 제원(h=900mm)과 일치하는 것으로 확인되었다.

	
상행 방호벽 전경	하행 방호벽 전경
	
방호벽 상세도	방호벽 제원 실측

가. 현장조사 결과

외관조사 결과 방호벽은 차량 방호에 문제가 될 만한 결함 및 손상 발생은 없으나 균열, 굽힘, 박락, 파손, 철근노출, 도장박리 등이 조사되었다.

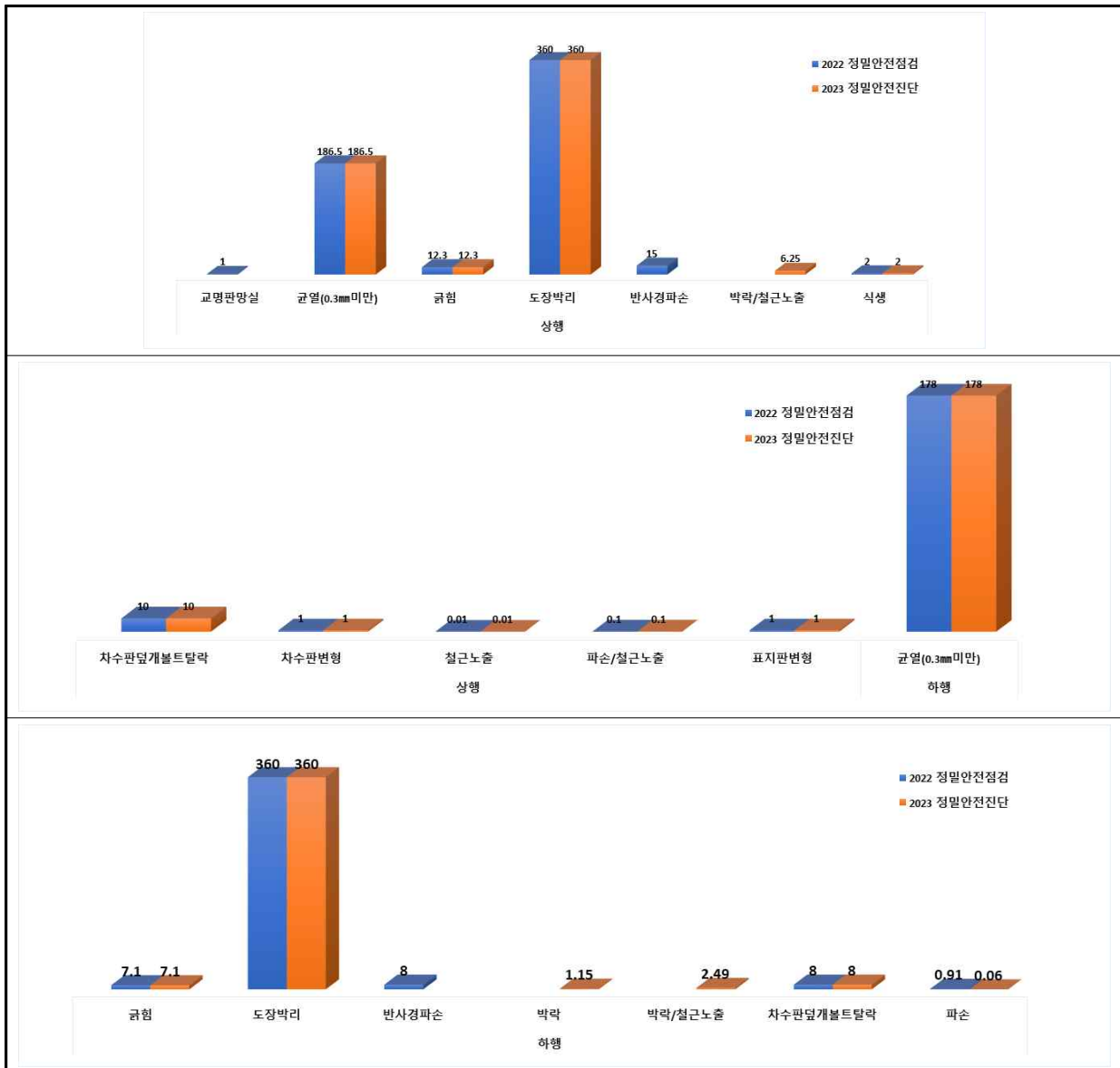
또한 기 점검과 비교한 결과, 현장에서 기 손상인 방호벽 파손 및 반사경 파손에 대한 보수가 확인되었으나 기존 조사 누락 및 공용기간 증가에 따른 박락, 철근노출이 추가 조사되었다.

[표 3.33] 방호벽 외관조사 결과표

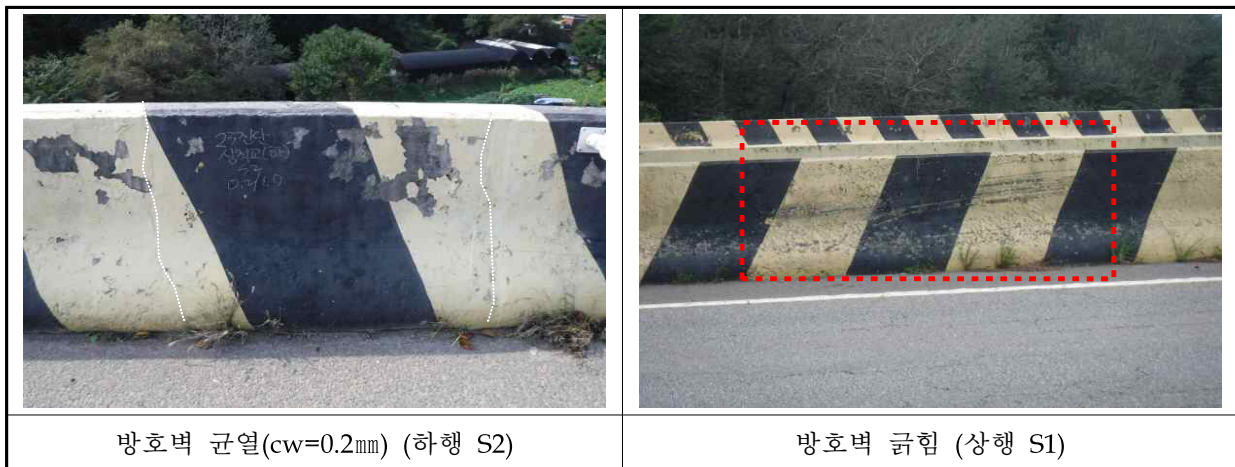
구분			S1		S2		S3		합계	
손상내용		단위	물량	개소	물량	개소	물량	개소	물량	개소
상행	균열(0.3mm미만)	m	64.5	49	82	82	40	40	186.5	171
	긁힘	m ²	6.5	2	5.5	2	0.3	1	12.3	5
	도장박리	m ²	110	2	140	2	110	2	360	6
	박락/철근노출	m ²	1.68	3	2.92	2	1.65	2	6.25	7
	식생	m	-	-	-	-	2	1	2	1
	차수판덮개볼트탈락	EA	3	3	-	-	7	7	10	10
	차수판변형	EA	-	-	-	-	1	1	1	1
	철근노출	m ²	-	-	0.01	1	-	-	0.01	1
	파손/철근노출	m ²	-	-	-	-	0.1	1	0.1	1
	표지판변형	EA	-	-	1	1	-	-	1	1
하행	균열(0.3mm미만)	m	82	73	46	46	50	50	178	169
	긁힘	m ²	1.2	1	5.9	3	-	-	7.1	4
	도장박리	m ²	110	2	140	2	110	2	360	6
	박락	m ²	-	-	-	-	1.15	1	1.15	1
	박락/철근노출	m ²	-	-	0.69	2	1.8	4	2.49	6
	차수판덮개볼트탈락	EA	3	3	-	-	5	5	8	8
	파손	m ²	0.06	1	-	-	-	-	0.06	1

[표 3.34] 방호벽 손상물량 비교표

구분		단위	전회 (2022 정밀안전점검)		금회 (2023 정밀안전진단)		증감량 (▲:증, ▼:감)
			물량	개소	물량	개소	
상행	교명판망실	EA	1	1	-	-	▼ -1
	균열(0.3mm미만)	m	186.5	171	186.5	171	-
	긁힘	m ²	12.3	5	12.3	5	-
	도장박리	m ²	360	6	360	6	-
	반사경파손	EA	15	15	-	-	▼ -15
	박락/철근노출	m ²	-	-	6.25	7	▲ 6.25
	식생	m	2	1	2	1	-
	차수판덮개볼트탈락	EA	10	10	10	10	-
	차수판변형	EA	1	1	1	1	-
	철근노출	m ²	0.01	1	0.01	1	-
	파손/철근노출	m ²	0.1	1	0.1	1	-
	표지판변형	EA	1	1	1	1	-
하행	균열(0.3mm미만)	m	178	169	178	169	-
	긁힘	m ²	7.1	4	7.1	4	-
	도장박리	m ²	360	6	360	6	-
	반사경파손	EA	8	8	-	-	▼ -8
	박락	m ²	-	-	1.15	1	▲ 1.15
	박락/철근노출	m ²	-	-	2.49	6	▲ 2.49
	차수판덮개볼트탈락	EA	8	8	8	8	-
	파손	m ²	0.91	4	0.06	1	▼ -0.85



[그림 3.18] 방호벽 손상물량 분포도





접속부 방호벽 박락 (하행 S3)



방호벽 파손 (하행 S1)



방호벽 박락 및 철근노출 (상행 S3)



방호벽 도장박리 (하행 S1)



차수판 변형 및 볼트탈락 (상행 A2)



차수판 변형 및 볼트탈락 (하행 A2)



표지판(갈매기) 변형 (상행 S2)



가로등 고정상태 등 양호

나. 손상원인 및 대책

- 방호벽에서 조사된 균열은 대부분 폭 0.1~0.2mm의 수직형태의 균열로 초기 건조수축 및 온도변화 등에 의해 발생한 비구조적 균열로 시급한 보수를 요하는 손상은 아니므로 보수보다는 주의관찰이 적정할 것으로 판단된다.
- 박락 및 파손, 굽힘 등의 단면손상은 보수미흡(신·구 콘크리트간 부착력 저하), 공용기간 증가(건설반복, 동절기 제설재 등), 구조물의 신축거동(신축줄분주 주변), 차량 충돌 등에 의해 발생된 것으로 현재 손상정도 및 규모는 미미한 상태이나 구조물의 사용성 및 내구성 확보를 위한 단면보수가 필요하다.
- 방호벽에 국부적으로 발생한 철근노출은 피복부족과 지속적인 우수접촉에 의한 것으로 내구성 및 미관 확보를 위해 철근방청을 포함한 단면보수가 필요할 것으로 판단된다.
- 그 외 방호벽에서 조사된 차수판 변형, 표지판 변형 등의 손상은 경미한 상태로 구조물에 직접적인 영향과 통행차량의 주행 안전에도 미치는 영향이 적으므로 주의관찰이 요구된다.

3.3 재료시험

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

재료시험은 구조물에 열화·손상이 현저하게 진행되었을 경우 열화의 정도 및 그 인과관계를 조사하고 보수·보강 여부의 판정을 하며, 아직 열화·손상이 없거나 경미한 구조물은 재료시험에 의해서 향후 열화 경향을 예측하고 예방보전을 검토하기 위한 자료를 수집하는 것을 목적으로 한다.

재료시험의 적용범위는 다음과 같다.

- 재료시험은 구조체를 중심으로 수행한다.
- 재료시험은 조사 시점의 열화상태 뿐만 아니라 구조물의 이력, 주변 환경, 열화원인을 조사하여 향후 열화·손상 진행정도를 예측하고 내용년수와 관련하여 종합적인 안전점검을 수행한다.
- 본 구조물의 재료시험 내용은 안전성평가를 위한 내구성 저하 유무를 확인하기 위하여 조사 및 시험을 실시한다.
- 향후 유지관리 시 금회 재료시험 위치에서의 결과치를 활용하여 비교·분석할 수 있도록 재료시험 위치도를 수록한다.

구조물은 하중을 안전하게 지지하고 그 기능을 원활히 발휘하여야 하며 역학적으로 충분한 강도와 강성을 갖는 것이 필요하다. 따라서 구조의 각 부분이 균형 잡힌 안전도를 가지며, 내구성을 갖는 것이 요구된다.

[표 3.35] 재료시험 측정일자

구 분	측정일자	조사자	비 고
재료시험 및 측정	2023. 09. 22 ~ 2023. 10. 04	정희평 외	교량점검차 및 점검시설 이용

대상 구조물에 대한 재료 품질 및 성능저하 정도 등을 평가하기 위하여 콘크리트 강도시험(반발경도, 초음파강도), 철근탐사시험, 탄산화진행 깊이 조사, 염화물함유량 시험, 균열깊이 조사, 철근부식도 시험, 강재 초음파탐상 시험을 실시하였고, 외관조사 결과와 함께 구조물의 상태평가, 보수·보강 및 유지관리 방안을 수립하는데 기초자료로 활용할 수 있도록 하였다. 부재의 상태를 고려하여 시험위치를 선정하였으며, 시험수량은 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침, 안전점검·진단편, 교량편(2022)』에 제시된 기준에 의거하여 산정하였다.

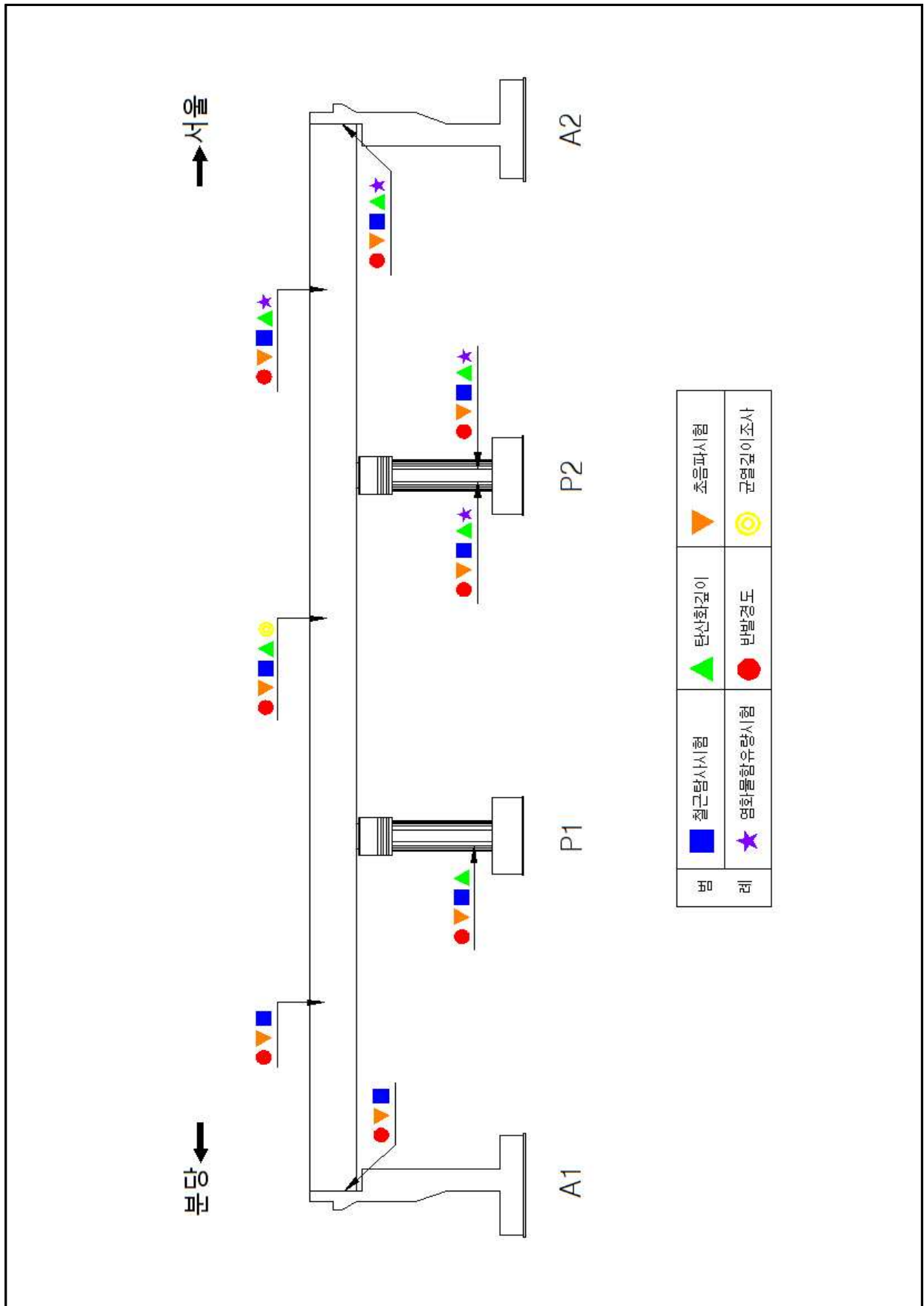
[표 3.36] 금회 콘크리트 재료시험 실시 수량

구 분	세부지침 기준				금회 실시수량		비고
	상부구조	하부구조	산출수량				
			상부	하부	상부	하부	
반발경도시험	◦ 철근콘크리트 : 2개소/50 m ◦ 강합성교 : 1개소/50 m	◦ 1개소/연장 50 m ◦ 교대,교각 개소수 (경간장 50 m 이상)	4	4	5	5	◦ 동일부위시험 ◦ () : 조정수량
초음파 전달속도시험	◦ 철근콘크리트 : 2개소/50 m ◦ 강합성교 : 1개소/50 m	◦ 1개소/연장 50 m ◦ 교대,교각 개소수 (경간장 50 m 이상)	4	4	5	5	
철근탐사시험	◦ 철근콘크리트 : 2개소/50 m ◦ 강합성교 : 1개소/50 m	◦ 1개소/연장 50 m ◦ 교대,교각 개소수 (경간장 50 m 이상)	4	4	5	5	
탄산화깊이 측정	◦ 5경간 이내 : 4~6개소 ¹⁾ ◦ 5경간 이상 : 6~9개소 ²⁾		2	4~6	3	4	
염화물함유량 시험	◦ 3개소 이상 ³⁾		1	2	2	1	
균열깊이 조사	◦ 부재의 중요도를 고려 ◦ 책임기술자의 판단에 따라 수량 결정		-	-	0	1	필요시 0.3 mm 이상
강재용접부 초음파탐상시험	◦ 플레이트거더교 : 1개소/경간별 거더 ◦ 박스거더교 : 2개소/경간별 거더		24	24			맞대기 용접부

주1) 철근콘크리트 상부구조에서의 최소 2개소 이상 실시

주2) 철근콘크리트 상부구조에서의 최소 3개소 이상 실시

주3) 염화물 함유량 시험시 시료(코어) 채취위치는 철근콘크리트 상부구조에서 최소 1개소 이상 실시하고, 염해에 취약한 해상교량과 하천교량 중 염해의 영향이 있을 것으로 판단되는 하천과 바다가 만나는 합류부 부근 교량의 경우에는 교량 하부 수중부(간만대 또는 비말대)를 대상으로 1곳 이상의 시료를 채취하여 염화물 침투 및 염해여부 확인



[그림 3.19] 재료시험 위치도

	
반발경도 시험	초음파전달속도 시험
	
철근탐사 시험	탄산화 깊이 측정
	
균열깊이 조사	염화물 시료채취
	
강재용접부 초음파탐상 시험	강재 도막두께 측정

[그림 3.20] 재료시험 전경

3.3.1 콘크리트 강도시험

가. 콘크리트 강도시험 결과

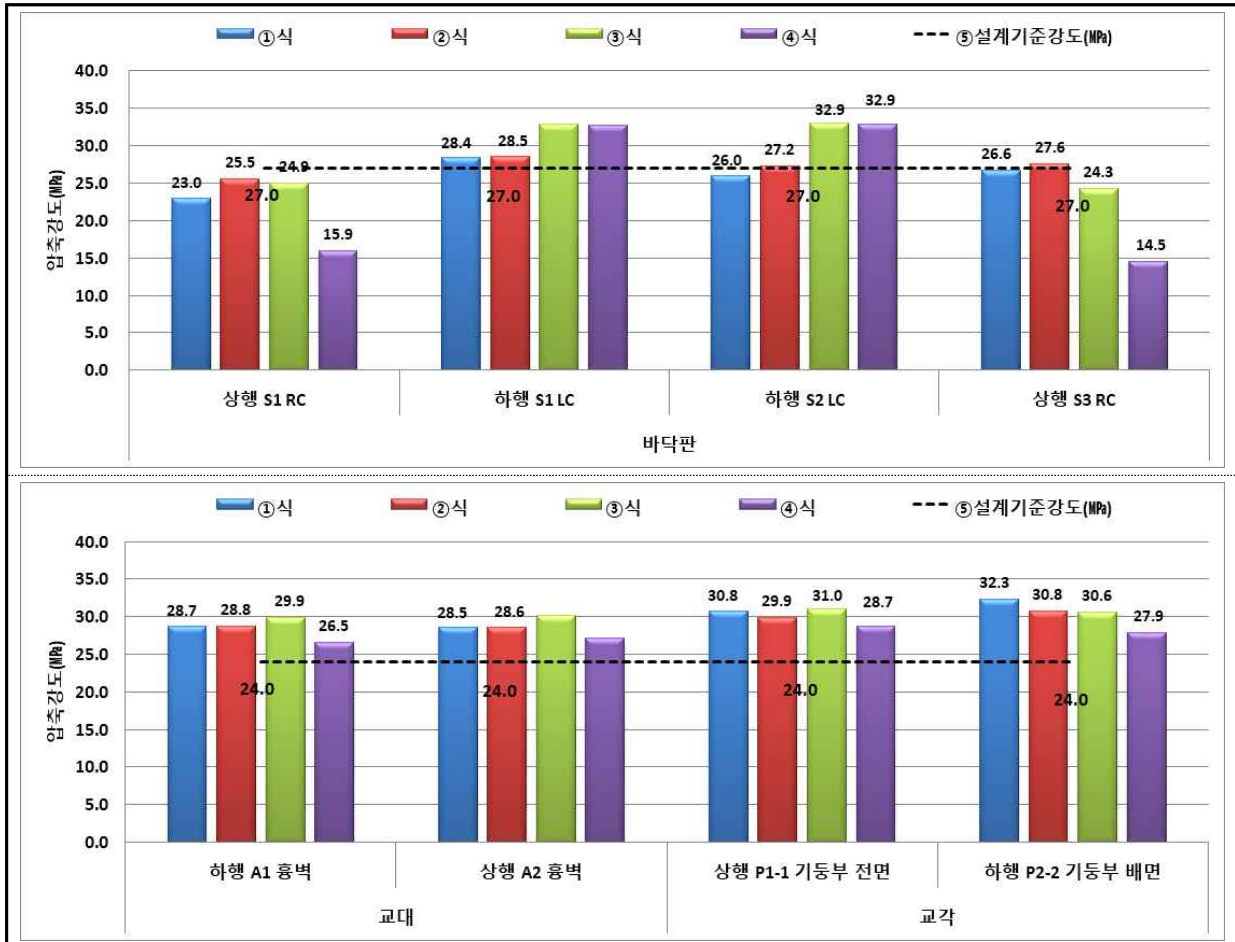
1) 시험 결과

[표 3.37] 콘크리트 비파괴 강도시험 결과 - 상부구조 27.0MPa

시험위치		반발경도법(MPa)				초음파속도법(MPa)				설계기준 강도(MPa) ⑤	비고
		반발 경도 (R ₀)	일본 재료 학회 ①	일본 건축 학회 ②	강도비(%) (②/⑤)*100	초음파 속도 (km/s)	일본 재료 학회 ③	일본 건축 학회 ④	강도비(%) (③/⑤)*100		
상부 구조	상행 S1 RC	42.9	23.0	25.5	94.5	3.467	24.9	15.9	92.3	27.0	
	하행 S1 LC	49.6	28.4	28.5	105.7	4.224	32.9	32.7	121.7	27.0	
	하행 S2 LC	46.7	26.0	27.2	100.7	4.231	32.9	32.9	122.0	27.0	
	상행 S3 RC	47.5	26.6	27.6	102.1	3.404	24.3	14.5	89.9	27.0	
평균값			26.0	27.2			28.7	24.0			
최소값			23.0	25.5			24.3	14.5			
최대값			28.4	28.5			32.9	32.9			
표준편차			2.2	1.3			4.8	10.1			
변동계수			8.6	4.6			16.7	42.2			

[표 3.38] 콘크리트 비파괴 강도시험 결과 - 하부구조 24.0MPa

시험위치		반발경도법(MPa)				초음파속도법(MPa)				설계기준 강도(MPa) ⑤	비고
		반발 경도 (R ₀)	일본 재료 학회 ①	일본 건축 학회 ②	강도비(%) (②/⑤)*100	초음파 속도 (km/s)	일본 재료 학회 ③	일본 건축 학회 ④	강도비(%) (③/⑤)*100		
하부 구조	하행 A1 홍벽	50.1	28.7	28.8	119.8	3.946	29.9	26.5	124.8	24.0	
	상행 A2 홍벽	49.9	28.5	28.6	119.3	3.971	30.2	27.1	125.9	24.0	
	상행 P1-1 기둥	52.7	30.8	29.9	124.6	4.045	31.0	28.7	129.1	24.0	
	하행 P2-2 기둥	54.6	32.3	30.8	128.3	4.009	30.6	27.9	127.5	24.0	
평균값			30.1	29.5			30.4	27.6			
최소값			28.5	28.6			29.9	26.5			
최대값			32.3	30.8			31.0	28.7			
표준편차			1.8	1.0			0.5	1.0			
변동계수			6.0	3.4			1.5	3.5			



[그림 3.21] 콘크리트 강도시험 결과 그래프

2) 결과 분석

반발경도법과 초음파속도법에 의한 콘크리트 압축강도에 대한 강도평가 결과, 변동계수가 가장 작은 계산식(상부구조: 반발경도법의 ②일본건축학회, 하부구조: 초음파속도법의 ③일본재료학회)에 대한 측정강도를 설계기준강도와 비교 결과 상부구조는 25.5~28.5 MPa로 설계기준강도(27.0 MPa)의 94.5~105.7 %, 하부구조는 29.9~31.0 MPa로 설계기준강도(24.0 MPa)의 124.8~129.1 %로 측정위치 모두 설계기준 강도를 상회 하는 것으로 측정되어 대체적으로 콘크리트의 강도는 양호한 것으로 판단된다. 다만 상행 바닥판 S1 측정결과, 설계기준강도 대비 94.5 %로 분석되어 동해나 기타 요인에 의해 피복 콘크리트의 내구성능이 저하될 가능성이 있으나 외관상 균열, 박리 등의 발생이 없는 양호한 상태이므로 내구성 저하는 없는 것으로 판단되고 주의관찰이 요구된다.

3.3.2 철근탐사 시험

1) 시험 결과

각 부재별 철근탐사 결과는 다음과 같으며, 관련 자료는 부록으로 수록하였다.

[표 3.39] 철근탐사 시험 결과

시험위치		배근종류	설계값(㎜)		실측값(㎜)		비 고
			배근간격	피복두께	배근간격	피복두께	
바닥판	상행 S1 RC	주 철 근	125, 250	32	250~270	48~56	D16
		배력철근	150, 300	48	255~270	65~72	D16
	하행 S1 LC	주 철 근	125, 250	32	245~260	60~65	D16
		배력철근	150, 300	48	290~305	71~74	D16
	하행 S2 LC	주 철 근	125, 250	32	235~250	52~63	D16
		배력철근	150, 300	48	260~280	84~89	D16
	상행 S3 RC	주 철 근	125, 250	32	100~110	44~46	D16
		배력철근	150, 300	48	105~125	61~64	D16
교대	하행 A1 홍벽	주 철 근	125	40.5	120~125	61~67	D22
		배력철근	250	59.5	295~305	79~86	D22
	상행 A2 홍벽	주 철 근	125	40.5	110~120	75~77	D22
		배력철근	250	59.5	240~255	85~88	D22
교각	상행 P1-1 기둥	주 철 근	100	106.5	85~95	66~69	D13
		띠 철 근	150, 300	93.5	300~310	49~57	D13
	하행 P2-2 기둥	주 철 근	100	106.5	100~105	61~63	D13
		띠 철 근	150, 300	93.5	300~305	47~50	D13

2) 결과 분석

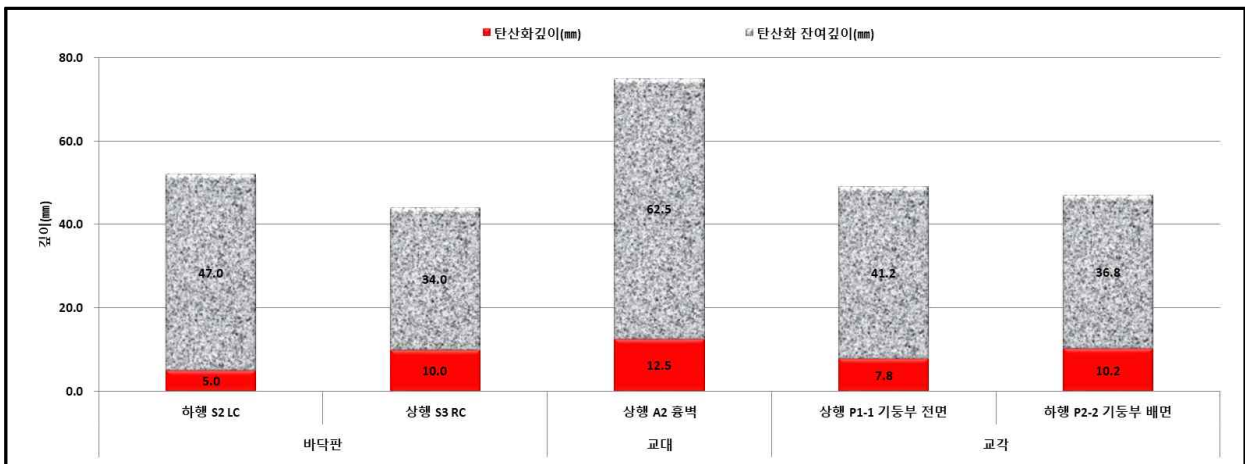
철근탐사 시험 결과, 대체적으로 배근간격 및 피복두께는 설계도면과 유사하게 측정되어 시공 상태는 적정한 것으로 판단되나 하부구조 중 P1, P2는 피복두께가 다소 부족한 것으로 측정되어 향후에도 피복부족에 따른 철근노출 발생 및 탄산화 여부에 대한 지속적인 확인이 필요할 것으로 판단된다.

3.3.3 탄산화 깊이 측정

1) 측정 결과

[표 3.40] 탄산화 깊이 측정 결과

시험위치		피복 두께 (mm)	탄산화 깊이 (mm)	잔여 깊이 (mm)	탄산화 속도계수 (A)	잔존수명 예측 (년)	상태 등급	비고
상부 구조	하행 S2 LC	52.0	5.0	47.0	0.93	100년이상	a	
	상행 S3 RC	44.0	10.0	34.0	1.86	100년이상	a	
하부 구조	상행 A2 홍벽	75.0	12.5	62.5	2.32	100년이상	a	
	상행 P1-1 기둥	49.0	7.8	41.2	1.45	100년이상	a	
	하행 P2-2 기둥	47.0	10.2	36.8	1.89	100년이상	a	



[그림 3.22] 탄산화 깊이 측정 결과 그래프

2) 결과 분석

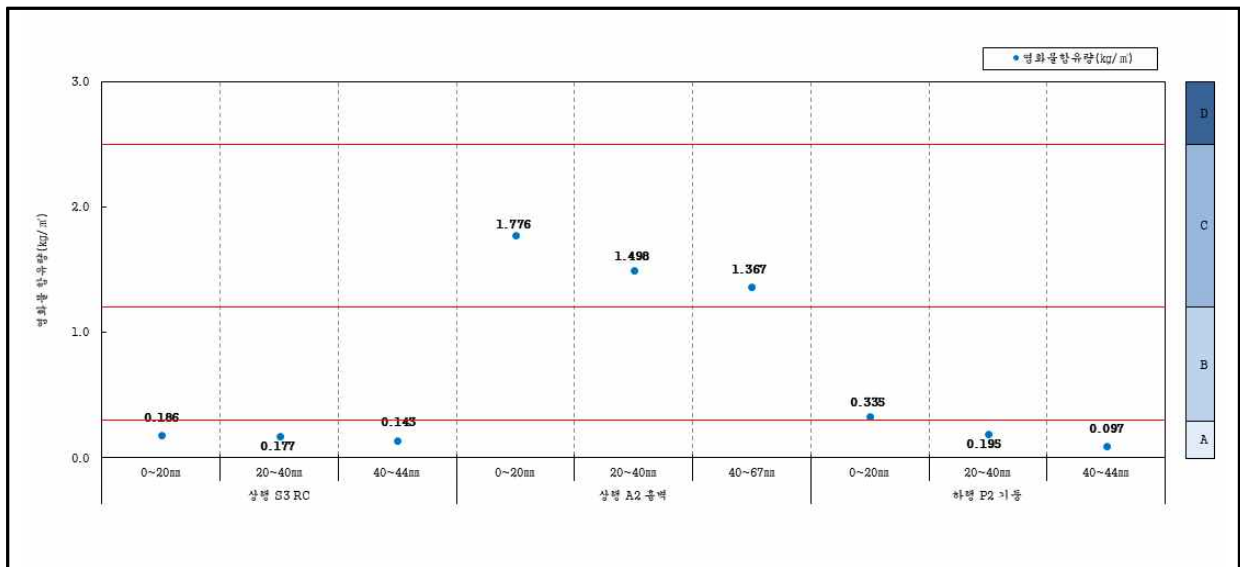
탄산화 깊이는 상부구조 5.0~10.0mm, 하부구조 7.8~12.5mm이며, 탄산화 잔여 깊이는 상부구조 34.0~47.0mm, 하부구조 36.8~62.5mm로 측정되었다. 평가기준에 따른 탄산화 등급은 상부구조 'a', 하부구조 'a'로 평가되어 전반적으로 탄산화에 의한 철근 부식의 우려는 없는 것으로 판단된다.

3.3.4 염화물 함유량 시험

1) 측정 결과

[표 3.41] 염화물함유량 측정 결과

구 분			전염화물 함유량(%)	환산염화물 함유량(kg/m ³)	평가 기준	비고
상부 구조	상행 S3 RC	0~20mm	0.0082	0.186	a	
		20~40mm	0.0078	0.177	a	
		40~44mm	0.0063	0.143	a	철근
하부 구조	상행 A2 홍벽	0~20mm	0.0785	1.776	c	
		20~40mm	0.0662	1.498	c	
		40~67mm	0.0604	1.367	c	철근
	하행 P2 기둥	0~20mm	0.0148	0.335	b	
		20~40mm	0.0086	0.195	a	
		40~44mm	0.0043	0.097	a	철근



[그림 3.23] 염화물함유량 측정 결과 그래프

2) 결과 분석

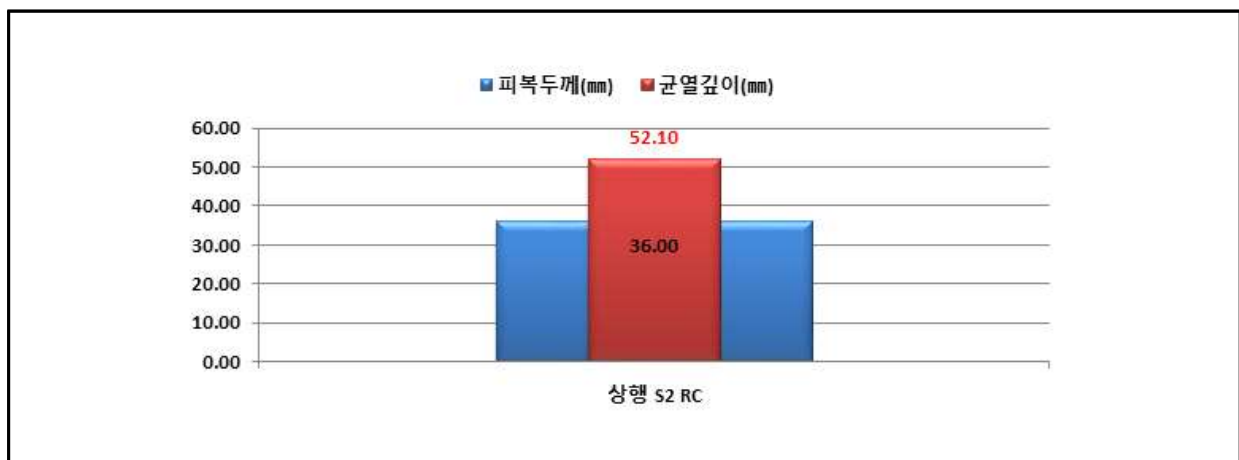
염화물 함유량 시험결과, 철근부의 염화물 함유량은 바닥판(S3): 0.143 kg/m³, 교대(A2): 1.367 kg/m³, 교각(P2): 0.097 kg/m³로 분석되어 바닥판 및 교각은 염화물에 의한 부식 발생의 우려가 없는 'a'로 평가되었다. 다만, 교대의 철근부는 염화물 함유량이 1.2 kg/m³ 이상인 'c'로 평가되어 염화물에 의한 부식 발생의 가능성이 있는 것으로 판단된다. 외관조사 결과에서 교대는 신축이음 누수 및 제설염수 유입에 의해 지속적으로 염해가 발생하고 있는 것으로 판단되므로 신축이음 교체를 통한 누수 차단이 필요하며, 교대부는 염화물 정도에 대한 주의관찰이 요구된다.

3.3.5 균열깊이 측정

1) 측정 결과

[표 3.42] 균열깊이 측정 결과

측정위치	균열 형상	손상 내용	전달 거리 (mm)	초음파 전달시간 ($\times 10^{-6}$ s)		균열 깊이 (mm)	실측 피복두께 (mm)	비 고
				전전부 (T_o)	균열부 (T_c)			
상행 S2 RC	일방향	Cw=0.3mm L=1.4m	100.0	27.2	39.3	52.1	36.0	피복초과



[그림 3.24] 균열깊이 측정 결과 그래프

2) 결과 분석

균열깊이 측정 결과, S2는 36mm(피복), 52.1mm(균열깊이)로 피복을 초과한 상태로 측정되어 cw=0.3mm이상 균열에 대해서는 철근 부식 방지를 위해 주입보수를 실시하는 것이 바람직하다.

3.3.6 강재 초음파탐상 시험(UT : Ultrasonic Testing)

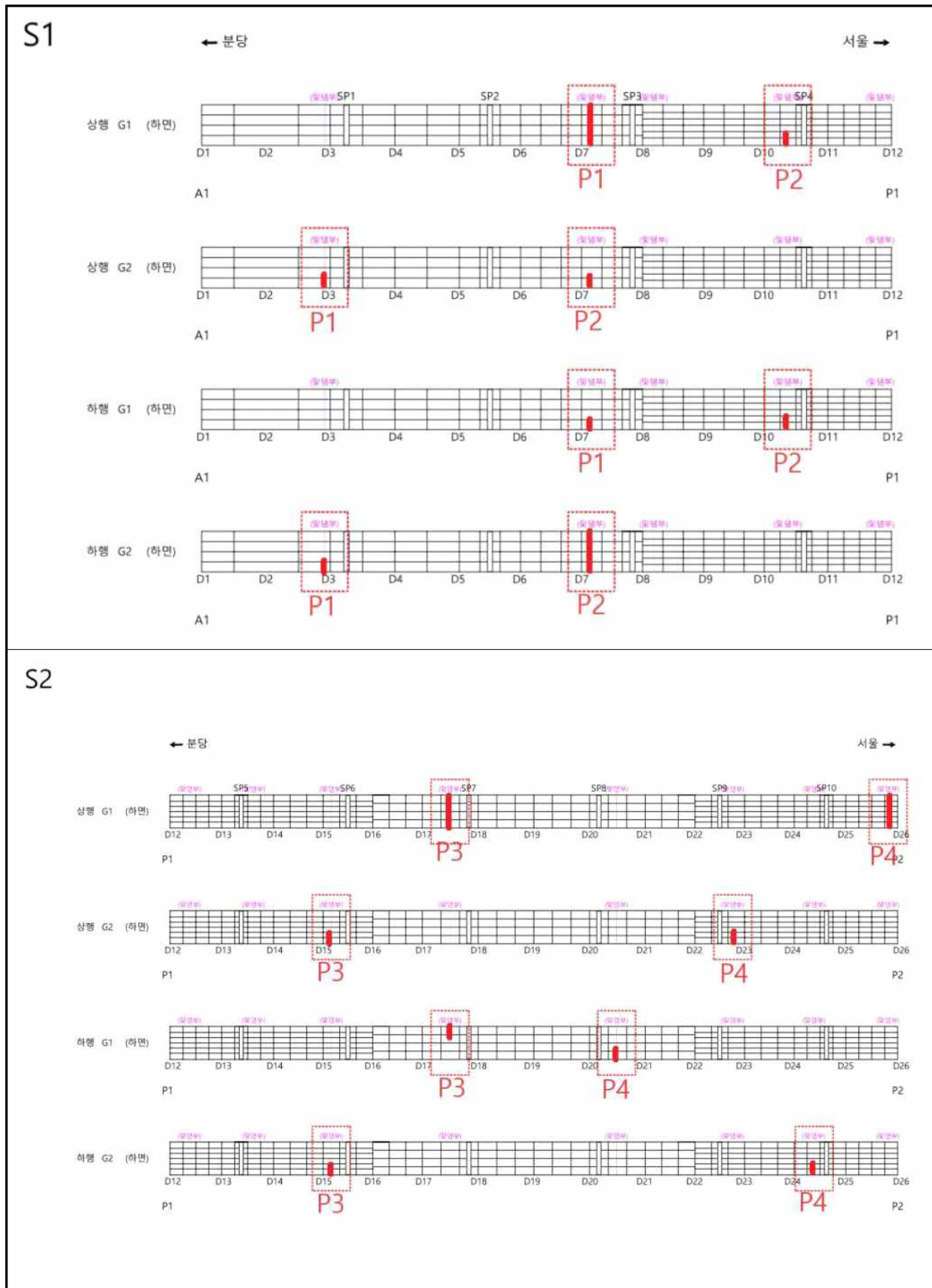
1) 측정 결과

기 진단인 2018년도 진단에서는 주부재의 맞대기용접부에 대해 초음파탐상시험을 24개소 실시하였으며 그 결과, 12개소에서 결함이 검출된 것으로 확인되었다.

따라서 금회 정밀안전진단에서는 기존 결함내용에 대한 상세한 정보를 얻기 위해 일부는 기 진단과 동일한 위치에 시험을 실시하였고 또 다른 일부는 인장부에 위치한 용접부를 중심으로 신규 위치를 지정하여 용접 내부결함 상태 및 균열의 발생 여부에 주안점을 두어 시험을 실시하였다.

[표 3.43] 용접부 초음파탐상 시험 결과 (1)

No.	시험위치				각도(℃)	결함발생 현황		등급	판정
						결함길이	깊이		
1	상행	G1	S1	P1	70	3000	10~12	4급	불합격
2	"	G1	S1	P2	70	결함지시 없음		1급	합격
3	"	G1	S2	P3	70	3000	7~10	4급	불합격
4	"	G1	S2	P4	70	3000	7~12	4급	불합격
5	"	G1	S3	P5	70	900	8	4급	불합격
6	"	G1	S3	P6	70	결함지시 없음		1급	합격
7	"	G2	S1	P1	70	460	7~10	4급	불합격
8	"	G2	S1	P2	70	360	8	4급	불합격
9	"	G2	S2	P3	70	90	9	4급	불합격
10	"	G2	S2	P4	70	250	7~10	4급	불합격
11	"	G2	S3	P5	70	580	9	4급	불합격
12	"	G2	S3	P6	70	3000	8~12	4급	불합격
13	하행	G1	S1	P1	70	150	8~12	4급	불합격
14	"	G1	S1	P2	70	80	12	4급	불합격
15	"	G1	S2	P3	70	결함지시 없음		1급	합격
16	"	G1	S2	P4	70	결함지시 없음		1급	합격
17	"	G1	S3	P5	70	결함지시 없음		1급	합격
18	"	G1	S3	P6	70	15	12	2급	합격
19	"	G2	S1	P1	70	결함지시 없음		1급	합격
20	"	G2	S1	P2	70	3000	12	4급	불합격
21	"	G2	S2	P3	70	결함지시 없음		1급	합격
22	"	G2	S2	P4	70	결함지시 없음		1급	합격
23	"	G2	S3	P5	70	결함지시 없음		1급	합격
24	"	G2	S3	P6	70	결함지시 없음		1급	합격



[그림 3.25] 강제 초음파탐상시험(UT) 위치도 (1)



[그림 3.26] 강제 초음파탐상시험(UT) 위치도 (2)

2) 결과 분석

하부플랜지 맞대기 용접부 24개소에 대한 초음파탐상시험(UT) 결과, 13개소에서 용접 결함이 검출되었고 대체로 조사길이 전체에 연속적으로 분포하여 단면감소량은 7~12 mm 정도로 탐사되었다. 금회 검출된 결함의 종류는 시공초기 결함인 용입부족(Incomplete Penetration), 융합불량(Lack of Fusion), 슬래그 혼입(Slag inclusion), 기공(Blow hole, Porosity) 등으로 판단되며, 맞대기 용접부 결함은 단면감소를 고려한 피로응력 검토가 필요한 상황이다.

총 24개소의 시험개소 중 전회차 정밀안전진단(2018년)의 용접부 결함 검출이 12개소 (30.0 %), 금회 정밀안전진단은 13개소(32.5 %)로 동일하지 않은 위치에 시험을 하였음에도 용접불량률이 유사한 것은 맞대기 용접부에 대한 시공결함이 전반적으로 존재하고 있음을 시사하는 것이며, 이러한 결함은 용접 당시 초기에 발생하여 준공이후 현재까지 초기결함 상태를 그대로 유지하는 것이 대부분이다.

금회 정밀안전진단에서는 단면감소를 고려한 용접부 피로 검토 및 안전성 평가를 실시(제6장 6.2.4 맞대기 용접부 안전성 검토 참고)하였고 그 결과, 허용응력범위 내로 피로 안전성은 확보하고 있는 것으로 평가되었으므로 현재는 별도의 보강은 필요치 않을 것으로 판단된다.

다만, 본 교량의 강박스 거더는 하중경로 및 내적 여유도가 없는 붕괴유발부재(FCM)에

해당하고 맞대기 이음부 용접 결함부위는 취약한 부위로 향후 점검 및 진단시에는 용접부의 균열 발생 여부에 대한 면밀한 조사가 요구된다. 또한 정기적인 비파괴 검사를 수행하여 결함에 대한 변화 여부 관찰과 구조적 안전성 확보에 대한 검토를 지속적으로 실시하여 유지관리 하는 것이 타당해 보이며, 문제점 발견 시에는 맞대기 용접부에 대한 보강이 필요하고 그 방안에 대해서는 본 보고서의 유지관리 방안에서 제안하였다.(제8장 8.3.1 중점유지관리 사항 참고)

3.3.7 강재 도막두께 측정

1) 측정 결과

강재 도막두께의 실시수량은 「세부지침(성능평가 편)」의 기준인 ‘전체경간의 25%, 최소 3개 경간 이상’을 만족하도록 실시하였고 강재 도막두께 분석은 도로교 표준시방서의 도장 기준(외부 도장: 215 μm , 내부 도장: 175 μm)을 토대로 평가하였다.

[표 3.44] 강재 도막두께 측정 결과 (1)

구분	시험위치		측정위치	측정값(μm)				기준 도막두께 (μm)	평가
	부재	경간		측점1	측점2	측점3	평균		
하행	거더외부	S1	G2 LW	225	215	200	213	215	만족
	"	S1	"	238	204	235	226	215	만족
	"	S1	"	250	252	220	241	215	만족
	"	S1	"	205	210	210	208	215	만족
	"	S1	"	210	215	200	208	215	만족
하행	"	S2	G1 LW	220	218	218	219	215	만족
	"	S2	"	215	215	225	218	215	만족
	"	S2	"	200	225	226	217	215	만족
	"	S2	"	225	215	205	215	215	만족
	"	S2	"	207	220	216	214	215	만족
상행	"	S3	G2 LW	264	232	226	241	215	만족
	"	S3	"	220	210	204	211	215	만족
	"	S3	"	218	232	202	217	215	만족
	"	S3	"	218	220	226	221	215	만족
	"	S3	"	200	212	200	204	215	만족

[표 3.45] 강재 도막두께 측정 결과 (2)

구분	시험위치		측정위치	측정값(μm)				기준 도막두께 (μm)	평가
	부재	경간		측점1	측점2	측점3	평균		
상행	거더내부	S1	G1 RW	125	143	150	139	175	불만족
	"	S1	"	128	130	130	129	175	불만족
	"	S1	"	158	120	120	133	175	불만족
	"	S1	"	118	115	124	119	175	불만족
	"	S1	"	126	130	135	130	175	불만족
상행	"	S2	G2 LW	128	153	121	134	175	불만족
	"	S2	"	134	126	128	129	175	불만족
	"	S2	"	130	135	125	130	175	불만족
	"	S2	"	126	130	130	129	175	불만족
	"	S2	"	145	142	140	142	175	만족
하행	"	S3	G1 RW	140	140	155	145	175	만족
	"	S3	"	124	128	118	123	175	불만족
	"	S3	"	105	125	110	113	175	불만족
	"	S3	"	113	141	142	132	175	불만족
	"	S3	"	108	110	124	114	175	불만족
상행	가로보	S3	G1~2 CB15	234	226	236	232	215	만족
	"	S3	"	212	226	236	225	215	만족
	"	S3	"	270	234	234	246	215	만족
	"	S3	"	216	248	232	232	215	만족
	"	S3	"	216	230	212	219	215	만족
상행	세로보	S3	G1~2 ST14	226	147	145	173	215	만족
	"	S3	"	137	166	192	165	215	불만족
	"	S3	"	155	186	232	191	215	만족
	"	S3	"	182	184	161	176	215	만족
	"	S3	"	190	187	172	183	215	만족

2) 결과 분석

도막두께 측정 결과, 최소 측정범위의 3회 평균값은 거더 외부 204~241 μm, 거더 내부 113~145 μm, 가로보 219~246 μm, 세로보 165~191 μm로 측정되었으며, 대체적으로 기준 도막두께의 80% 이상 또는 120% 이하를 만족하는 양호한 상태이다. 다만, 거더 내부 및 세로보는 기준 도막두께의 80% 미만으로 측정되어 일부 허용오차 범위를 만족하지 못하는 상태이고 외관조사결과에서도 거더 내부 및 세로보는 강재의 부식이 국부적으로 발생한 것으로 조사되었다. 따라서 강재 부식에 대해서는 재도장이 요구되고 향후 점검 및 진단 시에는 강재의 부식 유무에 대한 주의관찰이 필요할 것으로 판단된다.

3.4 교통량 조사

3.4.1 교통량 조사 개요

본 용역의 과업지시서에 의해 실시하는 교통량 조사 개요는 다음과 같으며, 교통량 조사 방법은 도로교통량 조사지침(국토교통부 예규 제362호, 2023. 3. 24)을 기준으로 하였다.

가. 조사위치



[그림 3.27] 상적교 교통량 조사위치

나. 조사시간

- 2023년 10월 25일
- 교량 상·하행 방향별 개소당 2개소씩 일3회 측정, 총 12시간(=2방향×3회×2시간)
(07:30~09:30, 12:00~14:00, 17:30~19:30)

다. 조사방법

- 조사지점을 통과하는 모든 차량을 대상으로 하되, 차종은 다음과 같이 3종으로 구분
- 소형(1종), 중형(2종~4종), 대형(5종~12종)
- 조사결과를 조사지점별, 시간대별(15분 단위), 방향별, 차종별 구분에 따라 정리
- 공휴일, 휴가철, 명절, 월요일, 금요일 등 교통량의 변동이 클 것으로 예상(지역행사 일, 도로공사 등)되거나 기상상태가 안 좋은날은 제외하여 상기 일자를 선정
- 조사결과 정리는 범용프로그램(Excel 등) 이용

3.4.2 교통량 조사 결과

[표 3.46] 상적교(상행) 교통량 조사 결과

일련번호 : 2-001			조사 차수 : 1차			
지점별 차종별 교통량 조사표						
관측점 번호 : 2-001			위치 : 성남 수정 상적		조사일시 : 2023년 10월 25일	
구분	시 간		소형	중형	대형	비고
07:30 ~ 09:30	07:30	07:45	1,025	54	8	오전 첨두시간
	07:45	08:00	955	51	4	
	08:00	08:15	864	43	13	
	08:15	08:30	754	45	12	
	08:30	08:45	854	47	11	
	08:45	09:00	651	45	18	
	09:00	09:15	754	66	16	
	09:15	09:30	957	76	12	
	소 계		6,814	427	94	
12:00 ~ 14:00	12:00	12:15	754	84	7	비첨두시간
	12:15	12:30	811	82	15	
	12:30	12:45	864	95	10	
	12:45	13:00	854	64	22	
	13:00	13:15	845	84	20	
	13:15	13:30	883	74	16	
	13:30	13:45	765	72	14	
	13:45	14:00	854	82	13	
	소 계		6,630	637	117	
17:30 ~ 19:30	17:30	17:45	841	45	6	오후 첨두시간
	17:45	18:00	951	35	2	
	18:00	18:15	850	31	4	
	18:15	18:30	942	33	3	
	18:30	18:45	765	38	5	
	18:45	19:00	654	25	1	
	19:00	19:15	584	18	4	
	19:15	19:30	538	26	6	
	소 계		6,125	251	31	
합 계		19,569	1,315	242		

[표 3.47] 상적교(하행) 교통량 조사 결과

일련번호 : 2-002			조사 차수 : 1차			
지점별 차종별 교통량 조사표						
관측점 번호 : 2-002			위치 : 성남 수정 상적		조사일시 : 2023년 10월 25일	
구분	시 간		소형	중형	대형	비고
07:30 ~ 09:30	07:30	07:45	664	65	8	오전 첨두시간
	07:45	08:00	715	75	10	
	08:00	08:15	720	66	12	
	08:15	08:30	846	62	9	
	08:30	08:45	755	64	18	
	08:45	09:00	784	73	16	
	09:00	09:15	750	68	24	
	09:15	09:30	770	81	18	
	소 계		6,004	554	115	
12:00 ~ 14:00	12:00	12:15	645	76	18	비첨두시간
	12:15	12:30	756	85	12	
	12:30	12:45	681	75	10	
	12:45	13:00	667	64	23	
	13:00	13:15	621	77	12	
	13:15	13:30	534	78	13	
	13:30	13:45	654	91	15	
	13:45	14:00	631	84	18	
	소 계		5,189	630	121	
17:30 ~ 19:30	17:30	17:45	884	75	7	오후 첨두시간
	17:45	18:00	870	88	16	
	18:00	18:15	965	65	7	
	18:15	18:30	1,021	54	8	
	18:30	18:45	954	52	3	
	18:45	19:00	961	42	2	
	19:00	19:15	1,024	50	5	
	19:15	19:30	1,151	58	3	
	소 계		7,830	484	51	
합 계			19,023	1,668	287	

3.5 현장조사 결과 요약

3.5.1 외관조사 결과

[표 3.48] 외관조사 결과 요약 (1)

구 분	외관조사 결과 요약
바닥판	◦ 외관조사 결과 바닥판은 균열(0.3mm이상), 망상균열, 백태, 이음부 누수, 재료분리, 층분리, 파손 및 철근노출, 보수재 박리 및 탈락 등의 손상이 조사되었다. ◦ 또한 기 점검과 비교한 결과, 현장에서 기 손상인 데크의 녹발생, 단부의 파손, 박락 및 철근노출에 대한 보수가 확인되었으나 기존 조사 누락 및 공용기간 증가에 따른 균열(0.3mm이상), 망상균열, 층분리, 철근노출 등의 신규 손상들이 추가로 조사되었다. ◦ 바닥판에서 조사된 균열은 대부분 교축 직각방향의 폭 0.1mm~0.3mm의 균열과 망상균열로 전반적 기 점검시와 동일하게 조사되었으며 발생위치, 형태 등을 고려하였을 때 초기 수축거동(온도수축, 자기수축, 건조수축)에 의한 균열로 판단된다. 현재 균열부 표면에서 누수, 백태는 없는 상태이나 균열부 우수침투, 구조물의 장기적 내구성 확보를 위하여 열화인자의 유입차단을 위한 보수가 바람직 할 것으로 판단된다. ◦ 백태, 층분리, 철근노출 등의 손상은 캔틸레버부 측면에 발생한 상태이고 방호벽 하단부의 밀실하지 않은 부위로 유출된 교면수가 주요 원인으로 판단된다. 본 교량의 S3 하부공간은 도로가 교차하고 있어 공용기간 증가 및 열화 촉진에 의한 콘크리트 낙하 우려가 있으므로 손상 발생 부위에 대한 보수가 요구된다. ◦ 재료분리는 초기 시공부주의(다짐 및 양생불량, 피복두께 부족 등)에 의해 발생한 손상으로서 단면보수를 실시하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다. ◦ 보수부 들뜸 및 파손, 보수재 박리 및 탈락 등의 보수부 손상은 보수미흡과 단부의 신축이음 누수 및 외측 우수유입 등에 의한 것으로 내구성 확보를 위해 단면보수 및 표면보수를 실시하는 것이 바람직하다.
거더 및 2차부재 (1)	◦ 강박스 거더에 대한 외관조사 결과, 거더 내부는 Splice부의 볼트 녹발생 및 부식, 누수 및 누수흔적, 체결불량(미체결, 풀림) 등과 단부 하부플랜지의 부식 및 체수, 수직 및 수평보강재, 종리브의 변형, 용접부 결함(맞대기부 용입부족, 격벽 개구부 주변 용접부 균열, 보강재 용접부 기공, 용접 미실시 등), 도장박리 및 탈락, 이물질 적치 등이 조사되었다. ◦ 거더 외부는 녹발생 및 부식, Splice부의 볼트체결불량, 볼트부식 등과 하부플랜지 돌출부의 변형, 도장결함 및 손상(미실시, 박리, 긁힘)이 조사되었고 가로보 및 세로보는 녹발생,도장박리, 변형이 조사되었다. ◦ 또한 기 점검과 비교한 결과, 현장에서 기 손상인 녹발생 및 부식, Splice부의 볼트체결불량 및 누수흔적, 지점부 체수흔적, 도장박리 및 탈락 등에 대한 보수가 확인되었으나 기존 조사 누락 및 공용기간 증가에 따른 변형, 천공 오류, 용접 균열, 용접 누락, 체수 등의 추가 손상들이 조사되었다. ◦ 거더 내부에서 조사된 누수 및 체수, 부식은 교대 단부 및 Splice부를 통해 유입되는 우수에 의한 것으로 조사된 부식에 대해서는 진전을 방지하기 위한 재도장이 필요하고 Splice부 상부 교면포장 외관 상태는 조사결과, 보수미흡, 중차량 통행에 의해 포트홀이 발생하였고 바닥판이 노출된 상태로 방수층이 소실된 것으로 확인되었다. 따라서 거더 내부 녹발생 및 부식부는 재도장과 더불어 우수 차단을 위해 포장 불량 부위의 보수가 선행되어야 할 것이다. ◦ 거더 내부에서 조사된 보강재 및 종리브 변형, 천공 오류 등은 외부 충격 및 천공에 의한 손상으로 이로 인한 부재의 균열 및 추가 손상은 없는 것으로 조사되어 현 상태로 유지관리하며 지속적인 점검이 필요할 것이다. ◦ 종리브 변형이 발생한 위치 및 부재에 대한 검토 결과, 인장부에서도 다수의 변형이 조사되었으며, 주부재인 상·하부플랜지 및 복부의 상태는 양호한 것으로 확인되어 압축력에 의한 변형은 아닌 것으로 판단되며, 발생되어 있는 형상, 위치 등을 감안할 때, 진행성이 있는 구조적인 결함은 아닌 것으로 판단된다. 따라서 종리브 변형은 구조적 손상이 아닌 시공 시 제작 불량 및 용접열에 의한 손상으로 차기 점검 및 진단 시 진행성 여부를 판단하는 것이 바람직할 것이다.

[표 3.49] 외관조사 결과 요약 (2)

구 분	외관조사 결과 요약
거더 및 2차부재 (2)	- 거더 내부 도장박리는 보수미흡에 다른 보수부에 다수 확인되었고 보수시 표면처리 불량에 따른 부착력 부족 등이 원인으로 재도장이 필요하다. - 거더 내부의 용접부에는 용접불량 및 기공 등이 조사되었으며, 국부적으로 용접부 균열 및 누락이 조사되었다. 이는 시공불량에 의한 것으로 「강도로교 상세부설계획서, 2006」에 따라 용접부 균열 및 누락에 대해서는 재용접을 실시하여야 하나 용접 균열 및 누락 부위는 보강재, 격벽 등 부부재에 국한된 결함으로 용접 보수시 발생하는 용접열 등에 의해 추가 손상이 발생할 우려가 있으므로 보수보다는 유지관리를 하며 지속적인 관찰이 타당해 보인다. - Splice부의 볼트 결함(미체결, 풀림 등)은 제작오차에 의한 시공불량과 교량 진동에 의한 것으로 공용 중 볼트 결함으로 인한 문제는 없었으나 현재 천공 오류 및 볼트 구멍 어긋남으로 인한 볼트 체결이 불가능한 개소가 조사되었고 볼트 연결부는 취약부임을 감안한다면 볼트 결함에 대해서는 조속한 보수가 필요할 것으로 판단된다. - 거더 외부에서 조사된 녹발생 및 볼트부식 등은 신축이음 누수에 의해 유입되는 교면수 의해 발생한 부식과 교량하부에 상적천이 위치하여 환경적으로 습윤한 조건이 지속되면서 발생한 것으로 판단된다. 녹발생 및 부식 발생부는 손상 진전방지 및 내구성 확보차원에서 재도장이 요구되며, 교대 신축이음 누수부는 우수 차단을 위한 교체가 필요할 것으로 판단된다. - 도장박리는 대체적으로 기존 보수 도장에서 발생하였고 보수미흡(전처리 미흡, 부착력 저하)이 주요 원인으로 현재 손상의 규모 및 정도가 경미한 상태이나 손상 진전방지 및 내구성 확보차원에서 재도장이 요구된다. - 거더 외부 Splice부의 볼트 체결불량(풀림)은 내부와 마찬가지로 조속한 체결이 요구되며, 하부플랜지 돌출부의 변형은 외부 충격에 의한 것으로 보수보다는 주의관찰을 통해 진행성을 확인하는 것이 합리적이다. - 가로보 및 세로보에서 조사된 녹발생 및 부식, 도장박리, 변형은 거더 외부와 동일하게 습윤한 환경에 지속적으로 노출되고 신축이음 누수 등의 영향이 원인으로 판단되며, 녹발생 및 부식, 도장박리 발생부에 대해서는 내구성 확보를 위해 재도장이 필요한 실정이다.
교대 및 교각 (1)	- 교대에 대한 외관조사 결과, 대체적으로 기 점검(2022년)과 동일한 유형의 손상 및 결함으로 구조적으로 문제가 되는 손상은 조사되지 않은 상태이나 균열(0.3mm이상), 망상균열, 백태, 보수부 손상, 철근노출, 체수, 토사퇴적 등이 조사되었다. - 또한 기 점검과 비교한 결과, 현장에서 기 손상인 공동 및 철근노출, 재료분리, 파손에 대한 보수가 확인되었으나 기존 조사 누락 및 공용기간 증가에 따른 균열, 망상균열, 백태, 누수흔적 등의 추가 손상들이 조사되었다. - 교각에서 조사된 주요 손상은 균열(0.3mm이상), 망상균열, 들뜸, 박락, 재료분리 등으로 조사되었다. - 교대에서 조사된 균열은 대부분 수직형태의 폭 0.2mm~0.3mm의 균열로 균열의 폭은 전 반적 하부에서 크고 상부에서 작아지며 균열의 연속성은 없는 것으로 확인되었다. 또한, 기 점검(2022년) 외관조사시 분필표기와 외관조사망도 등 비교시 균열의 진행성은 보이지 않은 상태로 조사되었다. 교각에서는 폭 0.1~0.3mm의 균열 및 망상균열이 다수 조사되었으며 기 점검시 누락, 급회 조사시 상세조사에 따른 것으로 판단된다. - 하부구조에서 조사된 균열은 발생위치, 폭, 형상 및 균열부 상태(이물질, 먼지 근입정도 등)를 전반적으로 고려할 때 비진행성, 환경에 기인하는 비구조적 균열로 초기재령의 수화열, 크리프 및 건조수축, 보수부 재균열 등 복합적으로 발생한 것으로 판단되며, 조사된 균열에 대해 구조물의 사용성 및 내구성 확보를 위하여 균열 폭에 따른 적합한 보수(폭 0.3mm미만 표면보수, 폭 0.3mm이상 주입보수)가 필요하다. - 누수흔적, 체수, 토사퇴적은 우천시 신축이음 누수에 의해 교면수와 함께 유입되어 발생한 것으로 현재 콘크리트의 열화 발생은 없으므로 보수가 필요한 상태는 아니나 지속적인 관찰과 진행성 방지를 위해 신축이음 교체가 필요한 실정이다. - 교대 홍벽의 철근노출은 피복부족과 신축이음 누수에 기인한 손상으로 신축이음 누수 차단과 병행하여 내구성 확보를 위해 철근부 방청처리를 포함한 단면보수 실시가 바람직하며, 이외에 하부구조에서 조사된 단면손상(보수부 들뜸, 재료분리, 파손, 층분리 등)은 보수미흡 또는 시공미흡에 의한 것으로 비교적 경미한 상태이나 내구성 향상을 위해 일괄적으로 보수를 실시하는 것이 타당해 보인다.

[표 3.50] 외관조사 결과 요약 (3)

구 분	외관조사 결과 요약
교대 및 교각 (2)	◦ 교대 전면의 압성토에 시공된 법면 보호블록의 침하는 기존 조사된 손상으로 금회 진단시 단차 h=25mm 정도로 차기 점검 및 진단시 진행성 확인이 요구되며, 현재 보호블록의 외관상태 및 주변 토사유실 정도는 경미한 상태이므로 당장의 조치보다는 주의관찰이 바람직해 보인다.
교량 받침	◦ 교량받침은 2018년 교체되어 5년 정도 공용중인 상태로 시공상 중대한 결함은 확인되지 않았으나 플레이트 부식, 몰탈 균열 및 파손 등이 조사되었다. ◦ 교각부 교량받침의 부식은 습윤한 환경에 의한 경미한 점부식 정도로 조사되었으나 교대부 받침은 신축이음 누수 및 지속적인 교면수 유입으로 인해 부식 발생 정도가 가속화 되고 있는 것으로 판단된다. 따라서 우선적으로는 신축이음 누수에 대한 대책으로 교체가 시급히 요구되며, 사용성 및 기능성 저하 방지를 위해 부식 발생부는 재도장이 필요한 실정이다. ◦ 받침 몰탈 및 콘크리트에서 조사된 균열은 폭 0.1~0.2mm로 초기 수화열 및 이질 재료 간의 강성 차이 등에 의한 것으로 판단되며, 균열부에 대한 타격조사 결과 들뜸 등의 추가 손상이 없는 미미한 상태이나 구조물의 장기적 내구성 확보를 위하여 보수를 실시함이 바람직 할 것으로 판단된다. ◦ 교대부의 받침몰탈 파손은 시공미흡에 의한 단발적 손상으로 받침의 기능 발휘에는 문제가 없는 경미한 상태이나 보수 접근성 및 경제성 등을 고려하여 진단 이후 일괄 보수를 실시하는 것이 적절해 보인다. ◦ 교량받침 연단거리 측정 결과 「도로교설계기준」에서 제시하고 있는 최소거리를 확보하고 있는 것으로 분석되어 설계기준을 만족하고 있는 것으로 검토되었다. ◦ 교량받침 계산 여유량과 실측 여유량의 비교·검토 결과, 가동여유량이 충분한 것으로 측정되었으며, 교량받침의 가동상태는 양호한 것으로 분석되었다.
신축 이음	◦ 신축이음에 대한 외관조사 결과 누수, 유간토사퇴적, 후타재 균열, 파손이 조사되었다. ◦ 또한 기 점검과 비교한 결과, 상행 A2 신축이음의 후타재는 재시공이 확인되어 기존 손상인 후타재 균열 및 파손에 대한 일부 보수가 확인되었으나 기존 조사 누락 및 공용기간 증가에 따른 신축이음 누수, 후타재 파손 및 열화 등의 추가 손상들이 조사되었다. ◦ 본체 유간토사퇴적은 교면에 쌓인 토사 및 이물질 등이 우천시 우수에 의해 유입되어 발생한 상태로 장기간 방치시 신축이음 기능저하의 우려가 있으므로 구조물의 정상적인 신축거동을 확보하기 위하여 일반적으로 주기적인 청소가 필요하다. ◦ 후타재 균열, 파손은 장기공용으로 인한 노후화 및 주행차량의 윤하중, 동절기 제설제 및 동결융해 등에 의한 것으로 판단되고 금회 진단에서 보수가 확인된 상행 A2의 신축이음부는 기존의 본체는 그대로 유지하되 후타재만 재시공한 상태이다. ◦ 본 교량의 신축이음 본체는 장기 공용 중인 상태로 이력사항 및 기 진단 및 점검 보고서 등을 추적 검토한 결과, 2010~2013년 정도에 교체하여 현재까지 사용 중인 것으로 추정된다. 따라서, 장기 공용으로 인해 본체는 차수 기능을 상실하여 교면의 각종 오염수 및 제설염수 등이 하부로 유입되어 교대부 콘크리트의 열화와 받침 부식 발생을 촉진하고 있는 상태이다. 종합적으로 볼 때, 본 교량의 신축이음은 구조물의 정상적인 신축거동과 장기 내구성을 확보하기 위해 교체가 필요한 시기로 판단되므로 전 개소 신축이음 교체가 요구되는 실정이다. ◦ 신축이음의 규격 선정은 현재 신축거동 여유량 확보, 공용기간(사용년수) 등의 여건을 고려한 결과, 온도변화에 의한 신축 유간 검토는 양호한 상태로 분석되었으나 충분한 여유량까지는 확보되지 못하고 있다. 또한 2018년 교량받침 교체로 인해 고정단이 없으므로 상부구조의 신축장이 길어진 상태이므로 현재 설치되어 있는 신축이음의 규격보다 큰 No.160 제품을 제안하며, 향후 교체시에는 본체 시공(연결)시 신축 유간을 정확히 확보하고 후타재 콘크리트 타설시 포장면과의 단차가 발생하지 않도록 주의시공이 필요하다. ◦ 신축이음 신축여유량을 검토한 결과, 측정일 현재 신축 여유량을 만족하고 전반적인 신축이음의 거동은 양호한 상태를 유지하고 있으나 상행 A1, 하행 A2 신축이음 본체는 동절기 최대 수축시 충분한 여유량까지는 확보되지 못하고 있다. 따라서 향후 외관조사 결과를 토대로 신축이음 교체시에는 지금보다 더 큰 규격의 제품 선정이 필요할 것으로 판단된다.

[표 3.51] 외관조사 결과 요약 (4)

구 분	외관조사 결과 요약
교면포장	◦ 교면포장에 대한 외관조사 결과 균열, 망상균열, 들뜸, 소성변형, 보수미흡 등이 조사되었다. ◦ 또한 기 점검과 비교한 결과, 현장에서 기 손상인 아스콘 균열, 포트홀에 대한 보수가 확인되었으나 기존 조사 누락 및 공용기간 증가에 따른 소성변형, 망상균열, 보수미흡 등의 추가 손상들이 조사되었다. ◦ 아스콘 균열 및 망상균열은 자동차 전용도로 현장 여건상 시공 당시 충분한 다짐 등의 공정이 미흡하여 발생한 것으로 판단되고 통행차량의 주행 안전에는 영향이 없을 것으로 보이므로 주의관찰이 요구된다. ◦ 교면포장은 부분적으로 기 손상부에 대한 보수가 되어 있으나 보수 상태가 다소 미흡하여 일부는 소성변형 및 백태가 동반된 것으로 확인되었다. 백태를 동반한 보수미흡 및 파손부는 바닥판이 노출된 상태로 방수층이 소실된 상태이고 거더 내부의 Splice 누수부와 동일 선상에 위치한 것으로 검토되었다. 종합적으로 교면포장은 재포장이 요구되는 정도의 손상 발생은 없으나 소성변형, 파손, 보수미흡 부위는 부분적으로 방수를 포함한 소파보수가 필요할 것으로 판단된다.
배수시설	◦ 외관조사 결과 상부의 배수구 막힘, 하부의 배수관 길이부족, 배수관 탈락, 배수관 접합부 이격 및 누수 등이 조사되었다. ◦ 또한 기 점검과 비교한 결과, 현장에서 기 손상인 상부 그레이팅 파손에 대한 보수가 확인되었으나 기존 조사 누락 및 공용기간 증가에 따른 배수관 길이부족 및 파손 등의 추가 손상들이 조사되었다. ◦ 배수구 막힘은 1차로 측에서 1개소 조사되었으며, 공용 중 토사 및 이물질 유입과 현재는 막힘부에 식생이 발생한 상태이다. 막힘으로 인해 배수구 주변의 물고임은 차량의 주행 안전에 직접적으로 영향을 미치게 되므로 배수구 막힘에 대해서는 주기적으로 청소를 실시하는 것이 적절하다. ◦ 배수관 탈락 및 접합부 이격 등은 공용중 교량진동과 노후에 의한 것으로 교각 기둥 하단부 콘크리트의 열화, 거더의 부식 등을 초래하므로 배수관 재설치, 길이연장을 통하여 하부구조 및 거더의 손상진전 방지를 실시함이 바람직하다. ◦ 배수관 막힘은 원형관 내부에 토사가 충전된 상태인 것으로 확인되었고 배수불량으로 인해 우천 시에 많은 양의 우수가 집중적으로 하부 교차 도로(S3 청계산로)에 낙하되고 있는 것으로 조사되었다. 배수관 막힘부는 내부 이물질 청소가 다소 어려울 것으로 판단되므로 확실한 보수효과를 위해 배수관을 제거하여 내부 이물질을 털어낸 상태에서 재설치하는 것이 바람직하다.
방호벽	◦ 외관조사 결과 방호벽은 차량 방호에 문제가 될 만한 결함 및 손상 발생은 없으나 균열, 굽힘, 박락, 파손, 철근노출, 도장박리 등이 조사되었다. ◦ 또한 기 점검과 비교한 결과, 현장에서 기 손상인 방호벽 파손 및 반사경 파손에 대한 보수가 확인되었으나 기존 조사 누락 및 공용기간 증가에 따른 박락, 철근노출이 추가 조사되었다. ◦ 방호벽에서 조사된 균열은 대부분 폭 0.1~0.2mm의 수직형태의 균열로 초기 건조수축 및 온도변화 등에 의해 발생한 비구조적 균열로 시급한 보수를 요하는 손상은 아니므로 보수보다는 주의관찰이 적절할 것으로 판단된다. ◦ 박락 및 파손, 굽힘 등의 단면손상은 보수미흡(신·구 콘크리트간 부착력 저하), 공용기간 증가(건습반복, 동절기 제설제 등), 구조물의 신축거동(신축줄분주 주변), 차량 충돌 등에 의해 발생된 것으로 현재 손상정도 및 규모는 미미한 상태이나 구조물의 사용성 및 내구성 확보를 위한 단면보수가 필요하다. ◦ 방호벽에 국부적으로 발생한 철근노출은 피복부족과 지속적인 우수접촉에 의한 것으로 내구성 및 미관 확보를 위해 철근방청을 포함한 단면보수가 필요할 것으로 판단된다. ◦ 그 외 방호벽에서 조사된 차수판 변형, 표지판 변형 등의 손상은 경미한 상태로 구조물에 직접적인 영향과 통행차량의 주행 안전에도 미치는 영향이 적으므로 주의관찰이 요구된다.

3.5.2 재료시험 결과

[표 3.52] 재료시험 결과 요약

구분	재료시험 결과						평가의견
비파괴 압축강도 (MPa)	시험위치		반발경도법		초음파속도법		◦ 반발경도법, 초음파속도법 설계기준강도 대체적으로 상회
	상부	바닥판	25.5~28.5		24.3~32.9		
	하부	교대	28.6~28.8		29.9~30.2		
		교각	29.9~30.8		30.6~31.0		
철근탐사	대체적으로 배근간격 및 피복두께는 설계도면과 유사하게 측정되어 시공 상태는 적절한 것으로 판단됨. 다만, 하부구조 중 P1, P2는 피복두께가 다소 부족한 것으로 측정						◦ 주의관찰 필요
탄산화 깊이 (mm)	시험위치		피복두께	탄산화깊이	잔여깊이	속도계수(A)	◦ 평가결과 상부구조 'a' 하부구조 'a'
	상부	바닥판	44.0~52.0	5.0~10.0	34.0~47.0	0.93~1.86	
	하부	교대	75.0	12.5	62.5	2.32	
		교각	47.0~49.0	7.8~10.2	36.8~41.2	1.45~1.89	
염화물 함유량 (kg/ m³)	시험위치		철근부 환산염화물 함유량				◦ 평가결과 상부구조 'a' 하부구조 'a~c' ◦ 주의관찰 필요
	상부	바닥판	0.143				
	하부	교대	1.367				
		교각	0.097				
균열깊이 (mm)	시험위치		균열 폭	균열깊이	피복두께	비 고	◦ cw=0.3mm이상 균열 주입보수 필요
	상행 S2		0.3	52.1	36.0	피복초과	
초음파탐상 (UT)	시험위치		측정결과				◦ 13개소 결함검출 ◦ 피로 안전성 양호 ◦ 주의관찰 필요
	거더내부		양호: 11개소 불량: 13개소(IV급)				
강재 도막두께 (μm)	시험위치		측정결과	평가 기준			◦ 거더내부 및 세로보 주의관찰 필요
				기준 도막두께	하한값 (80%)	상한값 (120%)	
	거더외부		204~241	215	172	258	
	거더내부		113~145	175	140	210	
	가로보		219~246	215	172	258	
	세로보		165~191	215	172	258	
종합 평가	◦ 콘크리트 재료시험 결과, 각 항목별 시험결과는 대체적으로 양호하나 하부구조 중 일부 개소는 철근탐사 피복부족, 염화물 'c', 균열깊이 피복초과인 상태로 측정되었다. 이는 시공미흡, 공용기간 증가, 신축이음 누수 및 제설염수 유입 등에 따른 결과로 판단되고 지속적인 관찰과 일부는 주입보수, 단면보수(방청) 등의 조치가 필요할 것으로 보임. ◦ 강재 재료시험 결과, 초음파탐상(UT)은 13개소가 4급으로 내부결함이 존재하는 것으로 검토되었으나 단면감소를 고려한 용접부 피로 검토 및 안전성 평가 결과는 허용응력범위 내로 안전성을 확보하고 있는 상태이다. 따라서 맞대기 용접부에 대한 별도의 보강은 필요치 않으며, 주의관찰이 요구되나 향후 점검 및 진단 결과에 따라 문제점 발견 시에는 보강이 필요할 것으로 판단된다. 또한 도막두께는 대체적으로 양호하나 거더내부 및 세로보는 하한값을 만족하지 못하는 상태로 측정되어 외관조사 결과에서 강재부식 개소는 재도장이 요구되고 향후 발청 유무에 대한 주의관찰이 필요할 것으로 보임.						

3.6 기 점검 및 진단 결과와 비교·분석

3.6.1 외관조사 결과 비교

[표 3.53] 전차 정밀안전점검(2022년) 결과와 비교표 (1)

구 분			단위	전회 (2022 정밀안전점검)		금회 (2023 정밀안전진단)		증감량 (▲:증, ▼:감)
				물량	개소	물량	개소	
바 다 ق	상 행	균열(0.3mm미만)	m	33.8	28	71.6	55	▲ 37.8
		균열(0.3mm이상)	m	2.8	2	9.4	7	▲ 6.6
		녹발생	m ²	0.2	1	-	-	▼ -0.2
		박락/철근노출	m ²	0.09	1	-	-	▼ -0.09
		백태	m ²	0.03	3	0.03	3	-
		보수부들뜸/파손	m ²	0.4	1	0.4	1	-
		보수재탈락	m ²	31.12	11	31.12	11	-
		이음부누수흔적	m ²	32.2	3	32.2	3	-
		이음부박락	m ²	0.5	1	0.5	1	-
		재료분리	m ²	2.5	1	2.5	1	-
		철근노출	m ²	-	-	1.32	3	▲ 1.32
		층분리	m ²	-	-	0.04	1	▲ 0.04
	하 행	균열(0.3mm미만)	m	2.4	2	3.8	3	▲ 1.4
		단부파손	m ²	0.5	1	-	-	▼ -0.5
		데크도장박리	m ²	-	-	0.04	1	▲ 0.04
		망상균열	m ²	4.8	1	4.8	1	-
		박락	m ²	0.04	1	-	-	▼ -0.04
		보수부백태/누수	m ²	0.15	1	0.15	1	-
		보수부파손	m ²	0.25	1	0.25	1	-
		보수재박리	m ²	108	6	108	6	-
		보수재탈락	m ²	24	7	122	8	▲ 98
		이음부누수/백태	m ²	14	1	14	1	-
		이음부누수흔적	m ²	34	3	34	3	-
		파손/철근노출	m ²	0.25	1	0.25	1	-
거 더 내 부	상 행	Splice부도장탈락	m ²	0.03	3	5	5	▲ 4.97
		Splice부 볼트구멍천공미실시	EA	5	5	-	-	▼ -5
		Splice부볼트녹발생	m ²	3.39	339	1.01	101	▼ -2.38
		Splice부볼트미체결	EA	8	8	8	8	-
		Splice부 볼트천공불량	EA	5	5	5	5	-
		Splice부볼트체결 누락/천공불량	EA	3	3	3	3	-
		Splice부 볼트체결불량	EA	25	25	2	2	▼ -23
		Splice부부식	m ²	2.22	2	0.3	1	▼ -1.92
		Splice부실링재누락	EA	112	112	112	112	-

[표 3.54] 전차 정밀안전점검(2022년) 결과와 비교표 (2)

구 분			단위	전회 (2022 정밀안전점검)		금회 (2023 정밀안전진단)		증감량 (▲:증, ▼:감)
				물량	개소	물량	개소	
거더 내부	상행	녹발생	m²	112.03	31	9.05	20	▼ -102.98
		누수	m²	0.2	4	0.2	4	-
		누수/백태	m²	0.24	1	0.24	1	-
		누수/부식	m²	0.34	2	-	-	▼ -0.34
		누수혼적	m²	165	1	-	-	▼ -165
		도장박리	m²	0.34	2	0.34	2	-
		도장탈락	m²	21.46	4	21.46	4	-
		리브변형	m	4.9	10	5.4	11	▲ 0.5
		리브시공불량	EA	2	2	2	2	-
		리브췌기미제거	EA	1	1	1	1	-
		리브용접부부식	m	0.15	1	0.15	1	-
		맞대기용접부 용입부족	m	-	-	3.2	1	▲ 3.2
		변형	m	42.1	45	42.1	45	-
		볼트HOLE크기시공 불량	EA	4	4	4	4	-
		볼트녹발생	EA	64	64	-	-	▼ -64
		볼트누수혼적	EA	8	8	8	8	-
		볼트불량	EA	2	2	2	2	-
		볼트체결불량	EA	4	4	4	4	-
		부식	m²	80.93	10	7.37	5	▼ -73.56
		부식/토사적치	m²	8	1	8	1	-
		수직보강재변형	m	4.4	3	4.4	3	-
		수평보강재미부착	EA	2	2	2	2	-
		와셔누락	EA	1299	1299	1299	1299	-
		용접누락	EA	-	-	1	1	▲ 1
		용접부기공	EA	-	-	1	1	▲ 1
		용접부녹발생	m²	6	1	6	1	-
		용접불량	m	0.8	4	0.8	4	-
		용접불량/누수	m	0.5	1	0.5	1	-
		이물질적치	m²	37.05	7	35.8	5	▼ -1.25
		이음판길이부족 /볼트부족	EA	2	2	2	2	-
		작업구용접불량 /녹발생	m²	0.8	2	0.8	2	-
		지점부체수혼적	m²	3.6	1	-	-	▼ -3.6
		체수	m²	-	-	9.06	5	▲ 9.06
		체수혼적	m²	48.1	5	56	4	▲ 7.9

[표 3.55] 전차 정밀안전점검(2022년) 결과와 비교표 (3)

구 분			단위	전회 (2022 정밀안전점검)		금회 (2023 정밀안전진단)		증감량 (▲:증, ▼:감)
				물량	개소	물량	개소	
거더 내부	하행	Splice부볼트녹발생	m ²	0.49	49	0.35	35	▼ -0.14
		Splice부볼트미체결	EA	6	6	5	5	▼ -1
		Splice부 볼트체결불량	EA	25	25	6	6	▼ -19
		Splice부실링재누락	EA	112	112	112	112	-
		내부교면수유입흔적	m ²	15	1	-	-	▼ -15
		녹발생	m ²	62.17	27	0.38	6	▼ -61.79
		녹발생/도장탈락	m ²	12.96	8	1.25	1	▼ -11.71
		녹발생/도장탈락 /이물질적치	m ²	7.5	1	-	-	▼ -7.5
		누수	m	0.2	1	-	-	▼ -0.2
		도장박리	m ²	0.68	3	0.4	1	▼ -0.28
		도장박리/부식	m ²	1.04	2	-	-	▼ -1.04
		도장불량	m ²	0.06	1	-	-	▼ -0.06
		도장탈락	m ²	13.69	18	4.04	10	▼ -9.65
		리브부식	m ²	10.1	9	0.5	1	▼ -9.6
		변형	m	29.2	34	32.8	39	▲ 3.6
		볼트체결불량	EA	-	-	2	2	▲ 2
		부식	m ²	5.43	11	26.27	19	▲ 20.84
		용접균열	m	-	-	0.1	1	▲ 0.1
		용접누락	EA	6	6	10	10	▲ 4
		용접부기공	EA	1	1	1	1	-
		용접불량	m	0.5	1	0.5	1	-
		이물질적치	m ²	20.71	13	16.6	11	▼ -4.11
		작업구용접불량	m ²	0.58	2	0.58	2	-
		작업구용접불량 /녹발생	m ²	0.64	2	0.24	1	▼ -0.4
		천공오류	EA	-	-	3	3	▲ 3
		체수흔적	m ²	0.44	1	0.44	1	-
		체수흔적/녹발생	m ²	24.8	3	-	-	▼ -24.8
		표면오염	m ²	40	2	40	2	-
거더 외부	상행	녹발생	m ²	7.16	14	23.96	18	▲ 16.8
		도장긁힘	m ²	2.4	9	2.4	9	-
		도장탈락	m ²	0.03	1	-	-	▼ -0.03
		변형	m	2.7	8	3.1	10	▲ 0.4
		볼트녹발생	m ²	2.41	241	2.56	256	▲ 0.15
		볼트체결불량	EA	2	2	2	2	-

[표 3.56] 전차 정밀안전점검(2022년) 결과와 비교표 (4)

구 분			단위	전회 (2022 정밀안전점검)		금회 (2023 정밀안전진단)		증감량 (▲:증, ▼:감)
				물량	개소	물량	개소	
거더 외부	하행	녹발생	m ²	36.51	35	8.54	17	▼ -27.97
		도장박리	m ²	3.54	3	4.09	5	▲ 0.55
		도장탈락	m ²	0.3	1	-	-	▼ -0.3
		미도장	m ²	0.3	1	0.3	1	-
		변형	m	5.3	14	5.3	14	-
		보수부녹발생	m ²	0.28	2	0.28	2	-
		볼트녹발생	m ²	0.22	22	0.22	22	-
		볼트부식	m ²	0.16	16	0.16	16	-
		부식	m ²	1.15	3	1.15	3	-
가 로 보 및 세 로 보	상행	녹발생	m ²	1.74	5	1.24	2	▼ -0.5
		도장박리	m ²	0.01	1	0.06	3	▲ 0.05
		도장탈락	m ²	0.24	1	-	-	▼ -0.24
		변형	m	1	4	1	4	-
	하행	볼트녹발생	m ²	2.68	268	2.68	268	-
		녹발생	m ²	1.3	2	1.3	2	-
		도장박리	m ²	0.15	2	0.15	2	-
		변형	m	0.2	1	0.4	2	▲ 0.2
교대	상행	볼트녹발생	m ²	-	-	0.08	8	▲ 0.08
		균열(0.3mm 미만)	m	6.6	7	13.8	12	▲ 7.2
		균열(0.3mm 이상)	m	1.7	2	1.7	2	-
		누수흔적	m ²	41.55	6	42.55	7	▲ 1
		망상균열	m ²	-	-	1.43	1	▲ 1.43
		백태	m ²	0.26	2	0.71	6	▲ 0.45
		범면침하	m ²	0.3	1	0.3	1	-
		보수부들뜸	m ²	0.18	1	0.18	1	-
		보수부망상균열	m ²	0.21	1	0.21	1	-
		보수부재균열(0.3mm 미만)	m	2	1	2	1	-
		재료분리	m ²	0.21	1	0.87	2	▲ 0.66
		철근노출	m ²	1.27	3	1.27	3	-
	하행	채수	m ²	2	1	2	1	-
		파손/철근노출	m ²	0.32	2	0.32	2	-
		공동/철근노출	m ²	0.04	1	-	-	▼ -0.04
		균열(0.3mm 미만)	m	8.8	5	18.6	11	▲ 9.8
		누수흔적	m ²	33.35	9	45.63	11	▲ 12.28
		백태	m ²	-	-	0.04	1	▲ 0.04
		보수부들뜸	m ²	0.18	1	0.18	1	-
		보수부망상균열	m ²	0.9	1	0.9	1	-
		보수부재균열(0.3mm 미만)	m	4.2	2	4.2	2	-

[표 3.57] 전차 정밀안전점검(2022년) 결과와 비교표 (5)

구 분			단위	전회 (2022 정밀안전점검)		금회 (2023 정밀안전진단)		증감량 (▲:증, ▼:감)
				물량	개소	물량	개소	
교대	하행	재료분리	m ²	0.1	1	-	-	▼ -0.1
		철근노출	m ²	0.05	1	0.05	1	-
		침하	m ²	1	1	1	1	-
		토사퇴적	m ²	-	-	6	1	▲ 6
		파손	m ²	0.41	4	0.4	3	▼ -0.01
		파손/철근노출	m ²	0.36	1	0.36	1	-
교각	상행	거푸집미제거	EA	1	1	1	1	-
		균열(0.3mm미만)	m	73.9	48	93.3	57	▲ 19.4
		균열(0.3mm이상)	m	1	1	1	1	-
		누수흔적	m ²	8.8	2	8.8	2	-
		들뜸	m ²	0.12	1	0.12	1	-
		박락	m ²	-	-	1.81	2	▲ 1.81
		박리	m ²	0.8	1	6.05	2	▲ 5.25
		보수부들뜸	m ²	1.36	12	1.36	12	-
		보수부재균열 (0.3mm미만)	m	6.8	11	6.8	11	-
		보수부재균열 (0.3mm이상)	m	1.8	5	1.8	5	-
		보수부파손	m ²	0.18	2	0.18	2	-
		보수재탈락	m ²	3.6	2	3.6	2	-
		이물질퇴적	m ²	0.25	1	-	-	▼ -0.25
		잡철물	m ²	0.02	1	0.06	3	▲ 0.04
		재료분리	m ²	0.5	2	0.5	2	-
		층분리	m ²	-	-	0.01	1	▲ 0.01
	하행	균열(0.3mm미만)	m	53.3	49	61.6	54	▲ 8.3
		망상균열	m ²	3.25	2	3.25	2	-
		보수부들뜸	m ²	1.67	13	1.67	13	-
		보수부불량	m ²	0.16	1	-	-	▼ -0.16
		보수부재균열 (0.3mm미만)	m	1.2	2	1.2	2	-
		잡철물	m ²	-	-	0.06	3	▲ 0.06
		파손	m ²	0.02	2	0.02	2	-
교량 받침	상행	플레이트부식	m ²	0.15	5	0.48	12	▲ 0.33
	하행	받침물탈균열 (0.3mm미만)	m	-	-	0.3	1	▲ 0.3
		받침물탈파손	m ²	-	-	0.06	1	▲ 0.06
		받침콘크리트균열 (0.3mm미만)	m	0.4	1	0.4	1	-
		이동량영점편매물	EA	-	-	2	2	▲ 2
		플레이트부식	m ²	0.18	6	0.27	9	▲ 0.09

[표 3.58] 전차 정밀안전점검(2022년) 결과와 비교표 (6)

구 분			단위	전회 (2022 정밀안전점검)		금회 (2023 정밀안전진단)		증감량 (▲:증, ▼:감)
				물량	개소	물량	개소	
신축 이음	상행	신축이음누수	m	2.5	1	8	2	▲ 5.5
		유간토사퇴적	m	5.2	4	5.2	4	-
		후타재균열	m	21.2	79	13.4	53	▼ -7.8
		후타재파손	m ²	0.65	7	0.22	3	▼ -0.43
		후타재파손/열화	m ²	-	-	1.08	2	▲ 1.08
	하행	신축이음누수	m	-	-	10	2	▲ 10
		유간토사퇴적	m	7	4	17.5	5	▲ 10.5
		후타재균열	m	18.9	63	37.2	124	▲ 18.3
교면 포장	상행	후타재파손	m ²	0.04	1	0.08	2	▲ 0.04
		보수미흡	m ²	-	-	0.52	2	▲ 0.52
		소성변형	m ²	-	-	48.8	2	▲ 48.8
		소성변형/들뜸	m ²	1	1	1	1	-
		아스콘균열	m	90.5	18	17.7	19	▼ -72.8
		아스콘들뜸	m ²	1.55	3	1.55	3	-
		아스콘마모	m ²	0.16	1	0.16	1	-
		아스콘망상균열	m ²	612	14	644	17	▲ 32
		아스콘이음부균열	m	220	4	-	-	▼ -220
		아스콘파손	m ²	8	1	8	1	-
		접속도로아스콘균열	m	22.4	6	7.7	4	▼ -14.7
	하행	접속도로 아스콘망상균열	m ²	1	1	-	-	▼ -1
		보수미흡	m ²	-	-	0.64	1	▲ 0.64
		아스콘균열	m	17	1	17	1	-
		아스콘긁힘	m ²	0.15	3	0.15	3	-
		아스콘들뜸/식생	m ²	108	3	108	3	-
		아스콘망상균열	m ²	698	12	865.5	16	▲ 167.5
		접속도로소성변형	m ²	-	-	108	1	▲ 108
		접속도로 아스콘망상균열	m ²	1.6	2	1.6	2	-
		접속도로아스콘파손	m ²	0.22	5	0.04	2	▼ -0.18
배수 시설	상행	포트홀	m ²	0.08	1	-	-	▼ -0.08
		그레이팅파손	EA	1	1	-	-	▼ -1
		배수관길이부족	EA	-	-	1	1	▲ 1
		배수관막힘	EA	-	-	1	1	▲ 1
		배수관접합부이격	EA	1	1	1	1	-
	하행	배수관탈락	EA	-	-	1	1	▲ 1
		배수관탈락	EA	1	1	1	1	-
		배수구막힘	EA	1	1	1	1	-

[표 3.59] 전차 정밀안전점검(2022년) 결과와 비교표 (7)

구 분			단위	전회 (2022 정밀안전점검)		금회 (2023 정밀안전진단)		증감량 (▲:증, ▼:감)
				물량	개소	물량	개소	
방 호 벽	상 행	교명판망실	EA	1	1	-	-	▼ -1
		균열(0.3mm미만)	m	186.5	171	186.5	171	-
		굽힘	m ²	12.3	5	12.3	5	-
		도장박리	m ²	360	6	360	6	-
		반사경 파손	EA	15	15	-	-	▼ -15
		박락/철근노출	m ²	-	-	6.25	7	▲ 6.25
		식생	m	2	1	2	1	-
		차수판덮개볼트탈락	EA	10	10	10	10	-
		차수판변형	EA	1	1	1	1	-
		철근노출	m ²	0.01	1	0.01	1	-
		파손/철근노출	m ²	0.1	1	0.1	1	-
		표지판변형	EA	1	1	1	1	-
	하 행	균열(0.3mm미만)	m	178	169	178	169	-
		굽힘	m ²	7.1	4	7.1	4	-
		도장박리	m ²	360	6	360	6	-
		반사경 파손	EA	8	8	-	-	▼ -8
		박락	m ²	-	-	1.15	1	▲ 1.15
		박락/철근노출	m ²	-	-	2.49	6	▲ 2.49
		차수판덮개볼트탈락	EA	8	8	8	8	-
		파손	m ²	0.91	4	0.06	1	▼ -0.85

기 점검(2022년) 이후 바닥판 및 거더, 하부구조 등 발생된 주요손상에 대하여 보수를 실시하여 일부 손상물량이 감소한 것으로 검토되었으며, 이외에 대부분의 손상은 기 점검시와 유사하나, 일부 부재에서 손상이 추가로 조사되었다. 이는 접근장비의 활용, 기 점검시 일부 조사누락에 의한 추가조사, 공용기간 증가 등의 원인으로 인하여 결함 및 손상이 증가한 것으로 조사되었다.

3.6.2 재료시험 결과 비교

[표 3.60] 재료시험 기 점검(2022년) 및 진단(2018년) 결과와 비교

시험명		시험부위		시험 결과		
				2018년 정밀안전진단	2022년 정밀안전점검	2023년 정밀안전진단
비파괴 압축 강도 (MPa)	반발 경도법	상부구조		25.9~33.8	27.9~30.8	25.5~28.5
		하부구조		24.7~31.3	24.6~31.4	28.6~30.8
	초음파 속도법	상부구조		28.4~34.2	-	24.3~32.9
		하부구조		27.5~32.4	-	29.9~31.0
철근탐사 (주철근) (mm)		상부 구조	배근 간격	바닥판: 103~125	-	바닥판: 100~270
			피복 두께	바닥판: 40~95	-	바닥판: 44~65
		하부 구조	배근 간격	교대: 73~108 교각: 110~125	-	교대: 110~125 교각: 85~105
			피복 두께	교대: 50~108 교각: 59~71	-	교대: 61~77 교각: 61~69
탄산화깊이 (mm)		상부구조		1.0~10.0 (잔여: 34.9~92.0)(a)	3.9~9.4 (잔여: 43.9~48.9)(a)	5.0~10.0 (잔여: 34.0~47.0)(a)
		하부구조		1.5~4.0 (잔여: 46.8~67.0)(a)	4.0~16.0 (잔여: 38.4~64.7)(a)	7.8~12.5 (잔여: 36.8~62.5)(a)
염화물함유량 (철근부) (kg/ m³)		상부구조		S2: 0.282 (a)	-	S3: 0.143 (a)
		하부구조		P1: 0.291 (a) P2: 0.337 (b)	-	A2: 1.367 (c) P2: 0.097 (a)
균열깊이 (mm)		상부구조		S2: 69.0 (피복: 29)	-	S2: 52.1 (피복: 36)
		하부구조		P2: 80.7 (피복: 92)	-	-
초음파탐상 (UT)		거더 내부 (맞대기용접부)		양호: 12개소 (I 급) 불량: 12개소(IV급)	-	양호: 11개소 (I 급) 불량: 13개소(IV급)
강재 도막두께 (μm)		주부재		거더외부: 220~289 거더내부: 163~189	-	거더외부: 204~241 거더내부: 113~145
		부부재		-	-	가로보: 219~246 세로보: 165~191
비교 의견		◦ 기 진단 및 점검과 비교한 결과, 측정위치 및 측정값에 일부 차이를 보이고 있으나, 기준수량 이상을 만족하고 있고 측정 결과는 대체적으로 유사한 값을 보이고 있는 것으로 검토됨. ◦ 다만, 탄산화 및 염화물 시험 결과는 전회 정밀안전진단 이후 다소 증가한 상태로 공용기간 증가 및 신축이음 누수에 의한 것으로 주의관찰이 요구됨. ◦ 용접부 초음파탐상은 기 진단과 비교시 용접불량률이 유사한 상태로 본 교량의 맞대기 용접부는 시공결함이 전반적으로 존재하고 있을 것으로 판단되므로 주의관찰 및 정기적인 비파괴 검사를 통해 변화 여부에 대한 유지관리가 요구됨.				

