

요 약 문

1. 과업의 개요

1.1 과업명

서울교통공사 2호선 신림~신대방 등 7개구간 교량구조물 정밀안전점검 용역

1.2 과업의 목적

본 과업은 「시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법」 제11조 같은법 시행령 제8조에 의거 실시하는 정밀안전점검용역으로 대상시설물의 물리적, 기능적 결함을 발견하고, 그에 대한 신속하고 적절한 조치를 하기 위하여 구조적 안전성 및 결함의 원인 등을 조사·측정·평가하여 손상등급을 판정하며, 판정등급에 따라 보수·보강 등의 방법 및 시설물의 보수범위를 정하여 토목시설물 안전을 확보하는데 그 목적이 있다.

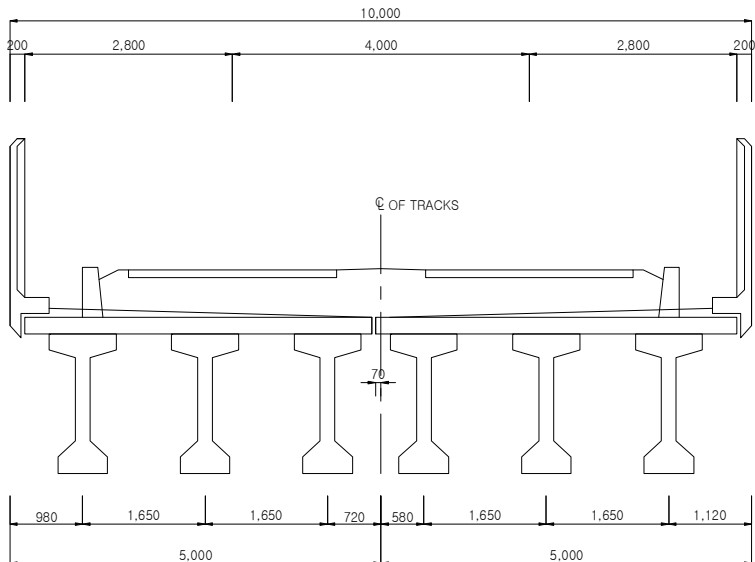
1.3 과업의 범위 및 내용

- 1) 자료수집 및 분석
- 2) 현장조사 및 시험
- 3) 시설물의 상태평가
- 5) 종합평가 및 안전등급 지정
- 5) 보수보강방법 및 유지관리방안 제시
- 6) 보고서 작성 및 진단결과 전산입력

1.4 과업수행기간

2019. 11. 05 ~ 2019. 12. 31(착수일로부터 57일간)

2. 시설물현황

구 분		내 용	구 분	내 용
시설물명		구로디지털단지~대림역	시설물번호	BR1984-0000018
준 공 일		1984년 04월 30일	관리번호	지하철2-065
시설물위치		서울특별시 구로구 도림천로 477 ~ 구로구 도림천로 351	노선명(이정)	STA. 34k 584.00 ~ STA. 35k 729.00
제원	연장	교량구간 L = 934.0m 대림역구간 L = 211.0m	설계하중	EL-18
	폭	B = 10.0m(내·외선)	시 공 사	한진건설
구조 형식	상부	교량구간 : PSC, Steel Plate 거더 대림역구간 : RC라멘	설 계 사	우대기술단, 대림ENG
	하부	교량구간 : T형 44기 대림역구간 : 라멘식 24기	기초형식	교량구간 : 우물통 44기 대림역구간 : 우물통 24기
교량받침		탄성받침	신축이음	내후성 강판
교차시설물		대림2교, 구로1교, 대림1교, 구로제2교	부착시설	방음벽, 전주 등
시설물 현황도		 Diagram illustrating the cross-section of the bridge structure. The total width is 10,000. The diagram shows the track centerline (C OF TRACKS) and the bridge deck structure. Dimensions are provided for various components: 200, 2,800, 4,000, 2,800, 200 (top); 980, 1,650, 1,650, 720, 580, 1,650, 1,650, 1,120 (bottom); and 5,000 (total width of the main structure). ▶ 기타 상세도면은 별도 본문 수록		

3. 외관조사 및 현장시험 결과

3.1 외관조사 결과

부재	외관조사 결과
바닥판	• 바닥판상면의 외관조사 결과 균열(폭 0.2~0.3mm), 파손, 자갈막이 설치불량, 보호덮개 탈락, L형앵글 탈락, 자갈 유실 등의 손상이 조사되었다. 관찰된 균열손상은 주로 자갈막이 콘크리트에서 조사되었으며, 발생원인은 시공초기 건조수축 및 공용 중 열차진동 등에 의한 것으로 판단된다. 다만 균열의 추가 진행성은 없는 것으로 조사되었으며 내구성 확보를 위해 폭 0.3mm미만은 표면처리, 폭 0.3mm이상은 주입보수가 바람직할 것으로 판단된다. 일부 자갈막이 콘크리트의 경우 설치불량 및 파손이 조사되었으며, 손상의 진전 방지를 위한 단면보수 등의 조치가 요망된다. 기 점검시 조사된 자갈막이 콘크리트 철근노출 및 박락의 경우 전개소 보수처리 되었으며, 현재 보수부의 상태는 양호한 것으로 확인되었다. 조사된 자갈 유실의 발생원인으로는 종방향으로 위치한 배수관, 종방향 시공이음부 거동(진동)에 의한 자갈층의 압밀, 공용 중 열차진동 등에 의한 것으로 판단되며, 발생한 손상의 경우 손상정도는 경미하나 손상의 진전 방지를 위한 자갈 재정비가 필요할 것으로 판단된다. • 바닥판하면의 외관조사 결과 균열(폭 0.1mm), 백태, 파손, 재료분리, 철근노출 및 박락, 표면오염, 거꾸집 미제거 등의 손상이 조사되었다. 균열은 폭 0.3mm 미만 미세균열로 건조수축에 의한 비구조적인 손상으로 구조물의 안전성에 미치는 영향은 없으나 부재의 내구성 확보를 위해 손상의 진전시 표면처리가 바람직할 것으로 판단된다. 파손, 박락 및 철근노출은 지점단부에서 발생하였으며, 시공 및 보수 공사 시 외부 충격, 단부 우수유입 등에 의한 손상으로 구조물에 발생한 손상부의 경우 내구성 확보 차원의 단면보수, 방청 및 단면보수가 필요할 것으로 판단된다. 바닥판 하면(외측거더~내측거더)에서 관찰된 표면오염은 주로 종배수관 인근에서 발생한 것으로 종배수관 내 자갈 및 이물질 퇴적에 의한 누수오염으로 판단된다. 금회 점검시 종배수관 내 자갈 및 이물질 퇴적은 조사되지 않았으며, 오염된 부재 표면이 건조한 것으로 보아 기존 누수시 발생한 손상으로 판단된다. 전차 진단보고서 검토 결과, 배수관의 경우 2013년 정비를 실시한 것으로 확인되었으며, 현재 구조물에 발생한 표면오염의 경우 정비 이전 발생한 손상으로 판단된다. 종배수관의 경우 추후 주기적인 점검을 통한 배수관 내 자갈 및 이물질 퇴적에 관한 유지관리가 필요할 것으로 판단된다.
거더	• PSC 거더의 외관조사 결과, 폭 0.1mm 균열, 파손, 재료분리, 철근노출 및 파손, 표면오염, 백태 등의 손상이 조사되었으며, 내구성 확보를 위해 균열부 표면처리, 단면손상부는 단면보수가 적절할 것으로 판단된다. • Steel Plate 거더의 외관조사 결과 도장박리, 너트풀림이 조사되었으며, 내구성 확보를 위해 도장박리부 도장보수, 너트풀림부는 재체결이 필요하다.
가로보	• 2차 부재인 가로보의 외관조사 결과 재료분리, 철근노출 및 박락, 철근노출 및 재료분리, 거꾸집 미제거, 도장박리, 볼트 풀림, 브레이싱 도장박리 등의 손상이 조사되었으며, 내구성 확보를 위해 철근노출 및 재료분리부는 단면보수, 도장박리부는 도장보수, 볼트풀림부는 재체결이 필요할 것으로 판단된다.

부재	외관조사 결과
하부구조 (교대, 교각, 기초)	• 교대 및 교각의 외관조사 결과 균열(폭 0.1~0.5mm), 백태, 파손, 박락, 재료분리, 세굴, 철근 노출, 들뜸, 보수재 박리, 자갈 적치, 표면오염 등의 손상이 조사되었으며, 내구성 확보를 위해 폭 0.3mm 미만 균열 및 백태부는 표면처리, 폭 0.3mm 이상 균열은 주입보수 및 충전보수, 철근노출 및 단면손상부는 방청 및 단면보수를 실시하는 것이 바람직할 것으로 판단된다. • 교각의 P33 기둥 좌·우측면에서 조사된 폭 0.5mm 수직균열의 경우 다소 균열 폭은 큰 상태이나 금회 점검 결과 균열 폭은 수렴된 상태이며, 균열에 의한 추가 손상은 조사되지 않아 1차적으로 충전보수를 실시하고 향후 주의관찰을 통한 이상발생시 추가적인 보강방안이 수립되어야 할 것으로 판단된다. • 기초의 외관조사 결과 우물통 기초 11기가 노출되었고, 기초 세굴방지공사(사석, 블록, 돌 망태 등)를 통한 기초보호공이 시공된 것으로 확인되었으며, 콘크리트는 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.
교량받침	• 교량받침의 외관조사 결과, 교량받침은 본체 부식, 도장박리, 편기, 받침물탈 및 받침콘크리트 균열 등의 손상이 조사되었고, 받침물탈 및 콘크리트 균열의 경우 손상의 진전 방지를 위한 표면처리가 필요하며, 부식 및 도장박리는 내구성 확보를 위해 도장보수가 바람직할 것으로 판단된다. • 교량받침 편기는 전동차 통과 시 횡하중 및 원심하중, 교각의 강성 등에 의한 비진행성 손상으로 점점일 현재 전단키 파손 및 주변부재 2차 손상은 관찰되지 않았으며, 편기 발생으로 인한 열차 운행 중 안전에는 문제가 없을 것으로 보이나, 향후 금회 조사된 편기 상태를 기초로 지속적인 주의관찰을 통한 이상 발생 시 교체 등의 대책이 바람직할 것으로 판단된다. • 교량받침 가동여유량 검토결과 전 개소에서 계산가동량을 상회하고, 가동불량에 따른 손상은 관찰되지 않아 가동여유량 부족에 따른 기능저하 영향은 없는 것으로 평가되었으며, 연단거리 측정결과 전 개소에서 설계기준 최소 연단거리를 만족하는 양호한 상태로 검토되었다.
신축이음	• 신축이음의 외관조사 결과 일부 하부 누수가 조사되었으며, 이는 장기공용에 의한 손상으로 판단되며, 유지관리 후 손상의 진전 시 적절한 조치를 취하는 것이 바람직할 것으로 판단된다. • 신축이음 유간거리 측정결과 전 개소에서 온도변화에 따른 여유량을 확보하고 있는 것으로 조사되어 신축이음 기능발휘에 문제가 없는 상태로 분석되었다.
배수시설	• 배수시설의 외관조사 결과 배수관 길이부족, 이음부 누수, 이음부 탈락, 이음부 파손, 배수관 탈락 및 파손 등의 손상이 조사되었으며, 배수기능 확보를 위해 배수관 길이연장 및 이음부 교체가 필요할 것으로 판단된다. 또한 금회 점검시 배수관 내 자갈퇴적은 발생되지 않은 것으로 확인되었으나, 배수관 내 자갈 및 이물질 퇴적 시 배수관 막힘 및 배수관 누수 등을 야기, 배수기능에 영향을 미치므로 해당 사항의 경우 주기적인 점검을 통한 유지관리가 필요할 것으로 판단된다.

부재	외관조사 결과
방음벽	방음벽의 외관조사 결과 균열(폭 0.3mm미만), 파손 및 박락, 재료분리, 철근노출, 실링재 파손 및 탈락, 이격, 흡음판 변형, 부식, 볼트풀림, 볼트탈락, 강판탈락 등의 손상이 조사되었으며, 기 점검 이후 손상의 진전은 발생되지 않은 것으로 확인되었다. 기 발생된 손상의 경우 내구성 확보를 위해 철근노출 및 단면손상부는 단면보수, 실링재 파손 및 탈락부는 실링보수, 볼트풀림, 볼트탈락, 강판탈락부는 볼트재체결 및 강판재설치, 폭 0.3mm 미만 균열 및 이격부는 구조물의 안전성에 미치는 영향이 없으므로 주의관찰이 적절할 것으로 판단된다.
대림역 하부	대림역하부의 외관조사 결과 균열(폭 0.1~0.3mm), 망상균열, 균열 및 백태, 파손, 재료분리, 들뜸, 철근노출, 표면오염 등의 손상이 조사되었으며, 기 점검 이후 철근노출 및 박락, 재료분리의 경우 일부 손상에 대한 보수를 실시한 것으로 확인되었다. 현재 보수부의 상태는 재손상 등이 없는 양호한 상태이며, 미보수된 기 손상부의 경우 내구성 확보를 위해 균열 및 백태는 표면처리, 철근노출 및 단면손상부는 단면보수, 표면오염부는 내구성 저하 영향이 미미하므로 주의관찰이 바람직할 것으로 판단된다.

3.2 현장시험 결과

구 분	측 정 결 과				평가의견
비파괴 강도 (MPa)	시험부위		시험결과	설계기준강도	- 부재별 설계기준 강도를 상회하는 것으로 측정됨. - 공용년수 경과에 따른 콘크리트강도 저하는 없는 것으로 판단됨.
	고가구간	바닥판	24.3 ~ 25.5	24.0	
		거더	35.1 ~ 38.7	35.0	
		하부구조	24.0 ~ 26.4	21.0	
	정거장 (대림역)		24.0 ~ 26.1	24.0	
탄산화 잔여깊이 (mm)	시험부위		탄산화깊이	잔여깊이	전개소 “a등급”으로 탄산화로 인한 내구성 저하 가능성은 없는 것으로 검토됨.
	고가구간	상부구조	4.5 ~ 7.0	37.5 ~ 52.0	
		하부구조	6.5 ~ 7.5	55.0 ~ 74.5	
	정거장 (대림역)		5.5 ~ 8.5	37.5 ~ 50.0	

4. 상태평가 결과

4.1 상태평가 결과

구분	구조형식	환산 결함도 점수	상태평가 결과	연장	연장비	환산결함도점수 x 연장비
구로 디지털단지 ~ 대림역	PSC	0.252	b	820.0	0.716	0.180
	SPG	0.210	b	114.0	0.100	0.021
	라멘	0.217	b	211.0	0.184	0.040
1. 환산결함도 점수 =						0.241
2 상태평가 결과 =						B

4.2 기 점검 결과와의 비교 · 분석

구 분	전회 정밀안전진단 (2018년)	금회 정밀안전점검 (2019년)
환산결함도점수	0.240	0.241
상태평가결과	B	B
총 평	●금회 안전진단 결과, 구로디지털단지~대림역 구간의 상태평가 결과는 “B” 로 산정되었다. ●전회(2018년) 정밀안전진단과 비교·분석한 결과, 환산결함도 점수가 0.240에서 0.241로 0.001 증가하였으며, 상태평가 결과는 “B” 로 동일하게 평가되었다. ●결함도 점수가 증가된 것은 공용증가 및 금회 정밀안전점검 시 상세조사에 의한 손상물량 증가로 판단된다. ●환산결함도 점수가 증가한 주요 원인은 전회 점검과 비교 시 바닥판, 가로보의 결함 중 철근노출이 추가 조사되었으며, 배수시설의 경우 공용기간 증가에 의한 배수관 파손 및 이음부 누수가 추가 조사되어 전체 환산결함도 점수가 증가한 것으로 판단된다.	

5. 종합평가 및 안전등급

5.1 종합평가 결과

○ 상태평가 및 안전성평가 결과

평가구분	결합점수 및 안전율	평가결과
상태평가	0.241(B)	B

○ 종합평가 결과: 『 B 』 (상태평가 결과: B)



5.2 안전등급 지정

안전등급은 상태평가 및 안전성평가 등을 종합적으로 평가한 결과 “보조부재의 경미한 결함이 발생하였으나 기능발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위한 보수가 필요한 상태인” 안전등급은 『B등급(양호)』으로 지정하였다.

5.3 기 점검 결과와의 비교 · 분석

구분	전회(2018년) 정밀안전진단	금회(2019년) 정밀안전점검	비고
상태평가	B (결합지수 0.240)	B (결합지수 0.241)	(+)0.001
안전성평가	A (SF = 1.0이상)	해당 없음	
종합평가 및 안전등급	B등급	B등급	

6. 보수·보강 방안

6.1 보수·보강 우선순위

구 분	구조물 상태	설 계	보수·보강
1순위	▶ 부재의 손상 상태가 전체구조물에 즉각적영향, 시민 안전 위협 등 ※ 0.3mm이상 균열, 교량받침파손, 철근노출 등	즉시 보수설계착수	익년도 보수완료
2순위	▶ 부재의 손상도 심각(D,E급), 방치시 전체구조물 안전성 영향, 주요노선 등 ※ 단면손상, 강재 부식, 백태 등	익년도 보수설계착수	2년내 보수완료
3순위	▶ 방치시 장래보수, 보강 비용의 급증 ※ 0.3mm미만 균열, 망상균열 등	3년내 보수설계착수	4년내 보수완료
4순위	▶ 내구성 증진을 위한 연차보수 필요	-	지속관찰

6.2 보수·보강 대책 및 개략공사비

구분		손상내용	보수·보강	수량				단가 (천원)	공사비 (천원)	우선 순위	비고	
				손상	보수	개소	단위					
바 닥 판	상면	균열(폭 0.3㎜ 미만)	표면처리	6.20	2.33	23	㎡	54	126	3	m→㎡	
		파손	단면보수	0.16	0.24	2	㎡	165	40	2		
		자갈막이 설치불량	자갈막이 재시공	5.00	1.88	10	㎡	295	555	2		
		보호덮개 탈락	덮개판 재설치	9.00	9.00	9	EA	120	1,080	2		
		L형앵글 탈락	L형앵글 재설치	4.60	4.60	2	m	120	552	2		
		자갈 유실	자갈 재정비	0.65	0.98	4	㎡	30	29	3		
	하면	균열(폭 0.3㎜ 미만)	표면처리	36.60	13.73	48	㎡	54	741	3	m→㎡	
		망상균열	표면처리	0.90	1.35	1	㎡	54	73	3		
		파손	단면보수	1.77	2.66	10	㎡	165	434	2		
		재료분리	단면보수	13.94	20.91	38	㎡	165	3,450	2		
		철근노출 및 박락	방청 및 단면보수	5.81	8.72	18	㎡	217	1,892	1		
		철근노출 및 파손	방청 및 단면보수	3.36	5.04	19	㎡	217	1,094	1		
		철근노출 및 재료분리	방청 및 단면보수	1.52	2.28	12	㎡	217	495	1		
		거푸집 미제거	거푸집 제거	9.65	14.48	12	㎡	23	333	3		
		방음벽연결부 볼트풀림	볼트 재체결	4.00	4.00	4	EA	35	140	3		
		방음벽연결부 와셔누락	와셔 재체결	1.00	1.00	1	EA	35	35	3		
		자갈 낙석	청소	0.25	0.38	1	㎡	25	10	3		
		거더	균열(폭 0.3㎜ 미만)	표면처리	32.70	12.26	53	㎡	54	662	3	m→㎡
			망상균열	표면처리	3.24	4.86	4	㎡	54	262	3	
			파손	단면보수	0.87	1.31	34	㎡	165	216	2	
재료분리	단면보수		0.28	0.42	7	㎡	165	69	2			
철근노출	방청 및 단면보수		3.39	5.09	219	㎡	217	1,105	1			
철근노출 및 파손	방청 및 단면보수		0.09	0.14	1	㎡	217	30	1			
정착부 몰탈탈락	방청 및 단면보수		0.20	0.30	1	㎡	217	65	2			
조류배설물 퇴적	표면처리		0.66	0.99	5	㎡	54	53	2			
백태	표면처리		0.05	0.06	1	㎡	54	3	2			
도장박리	도장보수		13.01	19.52	84	㎡	40	781	2			
너트 풀림	너트 재체결		2.00	2.00	2	EA	35	70	1			
가로보	재료분리		단면보수	16.67	25.01	163	㎡	165	4,127	2		
	철근노출 및 박락	방청 및 단면보수	0.58	0.87	16	㎡	217	189	1			
	철근노출 및 재료분리	방청 및 단면보수	10.74	16.11	68	㎡	217	3,496	1			
	거푸집 미제거	거푸집 제거	0.12	0.18	3	㎡	23	4	3			
	도장박리	도장보수	1.24	1.86	12	㎡	40	74	2			
	볼트 풀림	볼트 재체결	1.00	1.00	1	EA	35	35	1			

구분	손상내용	보수·보강	수량				단가 (천원)	공사비 (천원)	우선 순위	비고
			손상	보수	개소	단위				
하부 구조	균열(폭 0.3mm 미만)	표면처리	476.70	178.76	298	m²	54	9,653	3	m→m²
	균열(폭 0.3mm 이상)	주입보수	13.50	13.50	8	m	65	878	1	
	균열(폭 0.5mm 이상)	충전보수	9.50	9.50	2	m	65	618	1	
	망상균열	표면처리	359.69	539.54	53	m²	54	29,135	3	
	균열 및 백태(0.3mm미만)	표면처리	17.40	6.53	11	m²	54	353	2	m→m²
	백태	표면처리	8.28	12.42	28	m²	54	671	2	
	파손, 박락	단면보수	0.76	1.14	13	m²	165	188	2	
	재료분리	단면보수	0.34	0.51	2	m²	165	84	2	
	세굴	단면보수	0.32	0.48	3	m²	165	79	2	
	철근노출 및 박락	방청 및 단면보수	1.75	2.63	6	m²	217	571	1	
	보수재 박리	보수재도포	3.24	4.86	3	m²	40	194	2	
	표면오염	표면처리	32.85	49.28	11	m²	54	2,661	3	
	자갈 퇴적	청소	2.00	3.00	2	m²	25	75	3	
	누수흔적	표면처리	108.70	163.00	12	m²	54	9	3	
	보강부 박리	단면보수	2.50	3.75	1	m²	165	619	2	
	전주기초 파손	단면보수	2.20	3.30	2	m²	165	545	2	
	콘크리트잔재 적치	청소	1.00	1.50	1	m²	25	38	3	
	표면보호제 박락	도장보수	4.30	6.45	7	m²	40	258	2	
교량받침	부식	도장보수	7.05	10.58	27	m²	40	423	2	
	도장박리	도장보수	1.20	1.80	4	m²	40	72	2	
	균열(폭 0.3mm미만)	표면처리	5.60	2.10	18	m²	54	113	3	m→m²
	균열(폭 0.3mm이상)	주입보수	1.00	1.00	1	m	65	65	1	
배수 시설	배수관 길이부족	배수관 길이연장	1.00	1.00	1	EA	80	80	3	
	배수관 이음부 누수	이음부 재설치	10.00	10.00	10	EA	45	450	3	
	배수관 이음부 파손, 탈락	이음부 재설치	14.00	14.00	14	EA	45	630	3	
	배수관 탈락, 파손	배수관 재설치	2.00	2.00	2	EA	120	240	3	
방음벽	균열(폭 0.3mm미만)	표면처리	245.70	368.55	236	m²	54	19,901	3	
	파손, 박락	단면보수	1.71	2.57	57	m²	165	424	2	
	재료분리	단면보수	0.08	0.12	2	m²	165	20	2	
	철근노출 및 단면손상	방청 및 단면보수	26.67	40.01	1,041	m²	217	8,682	1	
	실링재 파손, 탈락	실링보수	926.50	926.50	545	m	12	11,118	3	
	부식	도장보수	1.83	2.75	14	m²	40	110	2	
	볼트 풀림, 탈락	볼트 재체결	93.00	93.00	93	EA	35	3,255	1	
	강관 탈락	강관 재설치	1.00	1.00	1	EA	120	120	3	

구분	손상내용	보수·보강	수량				단가 (천원)	공사비 (천원)	우선 순위	비고
			손상	보수	개소	단위				
대림역 하부	균열(폭 0.3mm 미만)	표면처리	13.50	5.06	12	m²	54	273	3	m→m²
	균열(폭 0.3mm 이상)	주입보수	2.80	2.80	3	m	65	182	1	
	망상균열	표면처리	6.00	9.00	4	m²	54	486	3	
	균열 및 백태(0.3mm미만)	표면처리	3.20	1.20	3	m²	54	645	3	
	백태	표면처리	24.71	37.07	20	m²	54	2,001	2	
	파손	단면보수	0.27	0.41	5	m²	165	68	2	
	들뜸	단면보수	3.54	5.31	2	m²	165	876	2	
	재료분리	단면보수	0.09	0.14	2	m²	165	23	1	
	철근노출 및 박락	방청 및 단면보수	5.18	7.77	222	m²	217	1,686	2	
	들뜸	단면보수	3.54	5.31	2	m²	165	876	3	
	표면오염	표면처리	42.84	64.26	24	m²	54	3,470	3	

구분	1순위(천원)	2순위(천원)	3순위(천원)
순공사비	22,680	20,170	82,388
제경비(순공사비×50%)	11,340	10,085	41,194
개략 공사비	34,020	30,255	123,582
순위별 공사비 합계			187,857

- 1) 상기 개략공사비는 보수·보강 실시설계 시 공법선정, 단가변동 및 현장여건상 변동될 수 있음
- 2) 단가는 각 공법의 평균단가, 유지보수 공종별 단가집(2019 서울시 및 2019 한국도로공사)을 적용하였음
- 3) 보수수량=손상수량×1.5, 정확한 수량산출이 가능한 공종은 할증 미반영

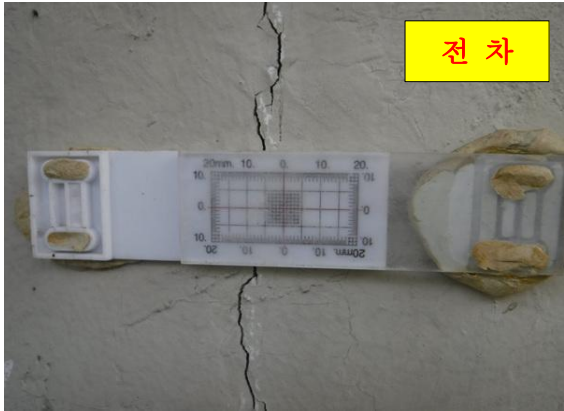
구분	1순위(천원)	2순위(천원)	3순위(천원)	공사비합계(천원)
총공사비	34,020	30,255	123,582	187,857

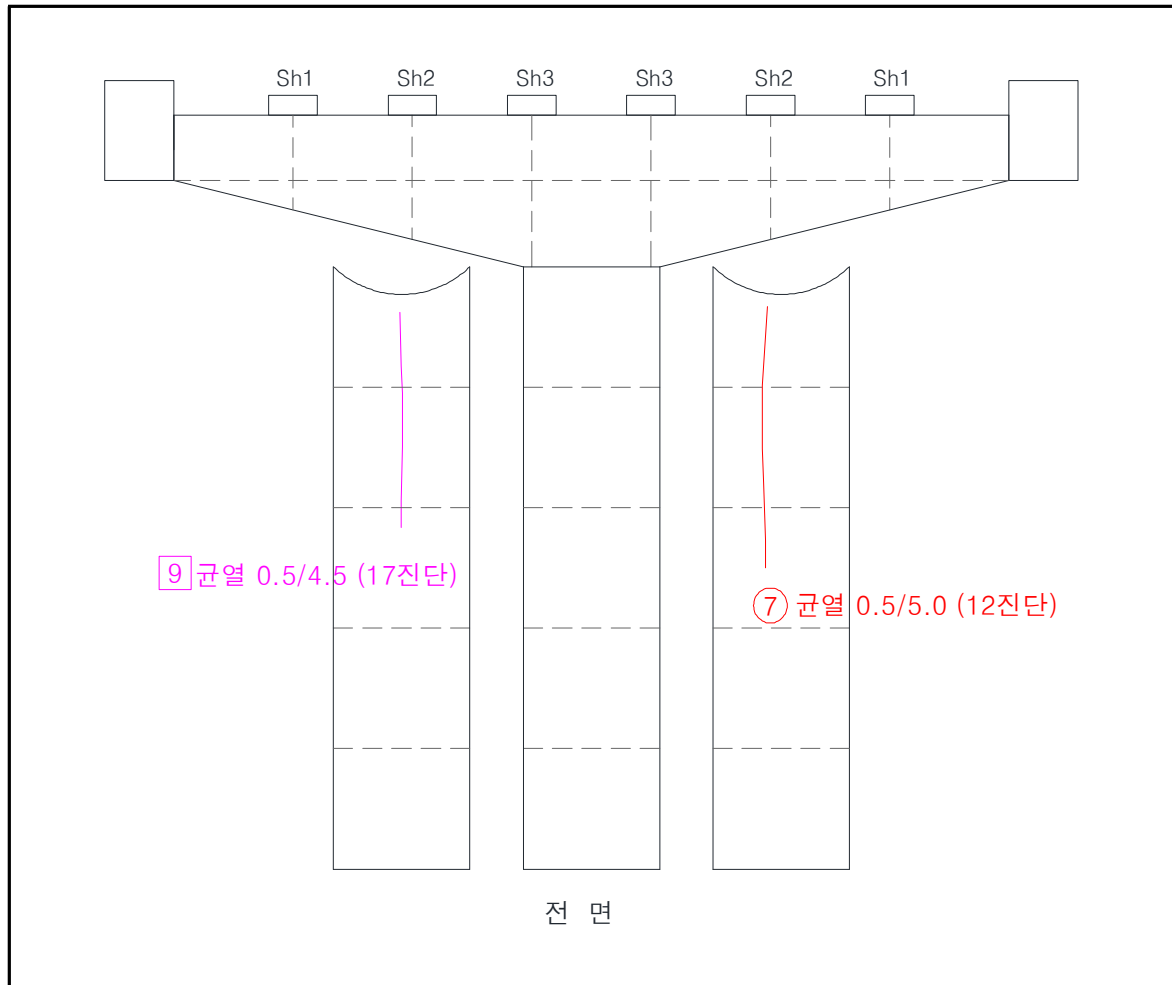
7. 중점유지관리 방안

7.1 교각(P33) 기둥 수직균열

가. 현황

교각(P33) 수직균열은 기둥부 좌·우측면 최상단(코핑부와 기둥부 경계)에서 중간까지 폭 0.5mm, 길이 4.5~5.0m로 발생되었다. 해당 손상의 경우 전차 진단(2012년, 2018년)시 최초 확인되었으며, 추적관리를 위한 균열게이지가 부착된 상태이다.

좌측면	우측면
	
P33 기둥부 균열 cw = 0.5mm	P33 기둥부 균열 cw = 0.5mm
	
2017년 10월 23일 cw = 0.5mm (전차 진단)	2019년 12월 04일 cw = 0.5mm (금회 점검)



나. 검토의견

교각 P33 기둥부에 발생된 균열(폭 0.5mm)의 경우 전차 진단자료 분석 결과 시공시기 차이에 의한 외부구속, 시공시 띠철근 배근 미흡, 기존 교량받침의 기능 불량에 의한 응력발생(2007년 가동단 교체, 2017년 고정단 교체를 실시하였음) 등이 복합적으로 작용하여 발생된 것으로 판단되며, 금회 점검 시 균열경 및 균열게이지를 이용한 측정 결과, 균열 폭은 수렴된 상태인 것으로 조사되었다.

교각 P33 기둥 좌·우측면에 조사된 폭 0.5mm 수직균열의 경우 다소 균열 폭은 큰 상태이나 수렴된 상태이며, 균열에 의한 추가 손상은 조사되지 않아 1차적으로 충전보수를 실시하고 향후 지속적인 점검을 통한 주의관찰을 실시하여 이상발생시 추가적인 보강방안이 수립되어야 할 것으로 판단된다.

7.2 폭 0.3mm 이상 균열

가. 현황

외관조사 결과, 교대 및 교각, 대림역하부 바닥판에서 폭 0.3mm 이상 균열이 조사되었다.

관리번호	부재명	위치	점검결과(균열폭/길이)		망도번호 (손상번호)	비고
			2018년	2019년		
1	교각	P4 코핑 우측	0.3 / 1.00	0.3 / 1.00	3-039 / (5)	
2	교각	P15 기둥 전면	0.3 / 2.00	0.3 / 2.00	3-127 / (15)	
3	교각	P19 기둥 전면	0.3 / 0.50	0.3 / 0.50	3-159 / (19)	
4	교각	P23 기둥 배면	0.3 / 2.00	-	-	보수됨
5	교각	P24 기둥 좌측	0.3 / 2.00	-	-	보수됨
6	교각	P24 기둥 전면	0.3 / 0.50	-	-	보수됨
7	교각	P25 코핑 좌측	0.3 / 1.50	0.3 / 1.50	3-207 / (10)	
8	교각	P25 기둥 우측	0.3 / 0.50	0.3 / 0.50	3-207 / (13)	
9	교각	P33 기둥 우측	0.5 / 5.00	0.5 / 5.00	3-271 / (7)	
10	교각	P33 기둥 좌측	0.5 / 4.50	0.5 / 4.50	3-271 / (9)	
11	교각	P42 기둥 좌측	0.3 / 3.00	0.3 / 3.00	3-343 / (5)	
12	교각	P43 기둥 우측	0.3 / 2.00	0.3 / 2.00	3-353 / (22)	
13	교대	A1 코핑 전면	0.3 / 3.00	0.3 / 3.00	3-373 / (4)	
14	대림역하부	바닥판 S13	0.3 / 1.20	0.3 / 1.20	3-377 / (9)	
15	대림역하부	바닥판 S13	0.3 / 1.00	0.3 / 1.00	3-377 / (13)	
16	대림역하부	바닥판 S17	0.3 / 0.60	0.3 / 0.60	3-378 / (20)	
17	대림역하부	바닥판 S23	0.3 / 2.00	-	-	보수됨

나. 검토의견

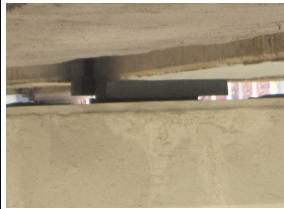
폭 0.3mm 이상 균열부는 철근부까지의 수분침투 등에 의한 부식발생 우려가 있으므로 체크리스트를 작성하여 차기 정밀안전점검 및 정밀안전진단 외관조사 시 손상진전 및 보수 후 재손상 여부에 대한 확인 등을 문서화하여 유지관리하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

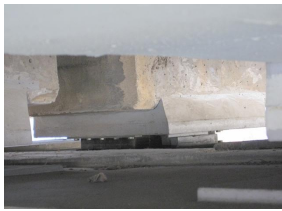
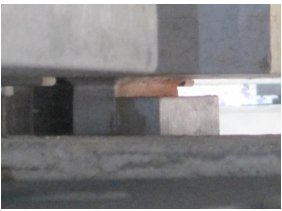
7.3 교량받침 편기

가. 현황

교량받침의 외관조사 결과 편기가 다수 조사되었다. 편기는 일부 내선 측도 조사되었으나 주로 외선 측에서 다수 발생된 상태이다. 금회 점검 결과, 교량받침 편기로 인한 전단키(썰기) 협착이 관찰되었으며, 발생원인은 작용하중의 편심, 횡하중의 영향으로 판단된다. 다만 점검일 현재 전단키 파손 및 주변부재에 2차 손상은 관찰되지 않았다.

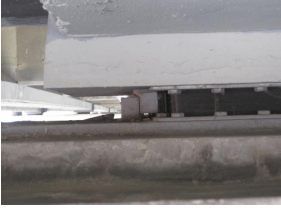
기 발생된 손상은 전회(2007년 및 2012년) 정밀안전진단 시 조사된 손상이며, 2018년 정밀안전진단, 금회까지 이력관리가 주기적으로 되어있고, 진행성은 아닌 것으로 판단된다.

P5-외선 Sh4		P5-외선 Sh5	
			
P5-외선 Sh6		P5-내선 Sh4	
			
P5-내선 Sh5		P5-내선 Sh6	
			
P6-외선 Sh4	P6-외선 Sh5	P6-외선 Sh6	
			

P6-내선 Sh4	P6-내선 Sh5	P6-내선 Sh6	P10-외선 Sh4
			
P10-외선 Sh5	P10-외선 Sh6	P10-내선 Sh4	P10-내선 Sh5
			
P10-내선 Sh6	P12-내선 Sh4	P12-내선 Sh5	P12-내선 Sh6
			
P13-외선 Sh4	P13-외선 Sh5	P13-외선 Sh6	P13-내선 Sh6
			
P14-외선 Sh4	P14-외선 Sh5	P14-외선 Sh6	P15-내선 Sh4
			
P15-내선 Sh5	P15-내선 Sh6	P18-외선 Sh4	P18-외선 Sh5
			

P18-외선 Sh6	P20-외선 Sh5	P20-외선 Sh6	P22-외선 Sh4
			
P22-외선 Sh5	P23-외선 Sh4	P23-외선 Sh5	P23-외선 Sh6
			
P24-외선 Sh5	P24-외선 Sh6	P25-외선 Sh4	P25-외선 Sh5
			
P25-외선 Sh6	P25-내선 Sh4	P25-내선 Sh5	P25-내선 Sh6
			
P26-외선 Sh4	P26-외선 Sh5	P26-외선 Sh6	P27-외선 Sh4
			
P27-외선 Sh5	P27-외선 Sh6	P27-내선 Sh6	P28-외선 Sh4
			

P28-외선 Sh5	P30-외선 Sh4	P30-외선 Sh5	P30-외선 Sh6
			
P30-내선 Sh4	P30-내선 Sh5		P30-내선 Sh6
			
P31-외선 Sh4	P31-외선 Sh5	P31-외선 Sh6	P31-내선 Sh4
			
P31-내선 Sh5	P31-내선 Sh6	P32-외선 Sh4	P32-외선 Sh5
			
P32-외선 Sh6	P32-내선 Sh4	P32-내선 Sh5	P32-외선 Sh6
			
P33-외선 Sh4	P33-외선 Sh5	P33-외선 Sh6	P34-내선 Sh4
			

P34-내선 Sh5	P34-내선 Sh6	P37-외선 Sh4	P37-외선 Sh5
			
P37-외선 Sh6	P37-내선 Sh4	P37-내선 Sh5	P37-내선 Sh6
			
P38-내선 Sh4	P38-내선 Sh5	P38-내선 Sh6	X
			

나. 검토의견

받침 편기의 경우는 전동차 통과 시 횡하중 및 원심하중, 교각의 강성 등의 복합적인 원인 것으로 판단되나 편기 발생으로 인한 열차 운행 중 안전에는 문제가 없을 것으로 판단된다. 교량받침의 편기는 교량받침 거동에 이상을 줄 수 있는 요인으로 추후 주기적인 점검을 통한 주의관찰 후 전단키(썰기) 파손 및 주변부재 손상 발생시 교량받침 교체 등의 조치가 필요할 것으로 판단된다.

8. 종합결론

본 시설물은 서울특별시 구로구 도림천로 477 ~ 구로구 도림천로 351에 위치하고 있으며, STA. 34K 584.00 ~ STA. 35K 729.00까지 총 연장 1,145m의 1종 철도교량으로 1984년 4월에 준공되어 현재까지 약 35년간 공용중이다.

상부구조 형식은 PSC 거더 41경간, Steel Plate 거더 4경간 및 대림역구간 211m의 라멘형 구조로 이루어졌으며, 하부구조는 T형 교각 44기, 라멘식 24기로 구성되어 있다.

1) 외관조사 결과

- 바닥판 상면의 외관조사 결과, 균열(폭 0.2~0.3mm), 파손, 자갈막이 설치불량, 보호덮개 탈락, L형앵글 탈락, 자갈 유실 등의 손상이 조사되었다. 관찰된 균열손상은 주로 자갈막이 콘크리트에서 조사되었으며, 발생원인은 시공초기 건조수축 및 공용 중 열차진동 등에 의한 것으로 판단되며, 내구성 확보를 위해 폭 0.3mm미만은 표면처리, 폭 0.3mm 이상은 주입보수가 바람직할 것으로 판단된다. 일부 자갈막이 콘크리트의 경우 설치불량 및 파손이 조사되었으며, 이는 시공미흡, 공용중 외부충격 등에 의한 손상으로 판단되며, 손상의 진전 방지를 위한 단면보수 등의 조치가 요망된다. 기 점검시 조사된 자갈막이 콘크리트 철근노출 및 박락의 경우 전개소 보수처리 되었으며, 현재 보수부의 상태는 양호한 것으로 확인되었다. 자갈막이 설치불량은 자갈의 유출, 낙석 등 안전사고의 요인이 될 수 있으므로 해당구간에 대해 주의관찰을 실시하고, 필요시 보완조치가 필요하다. 조사된 자갈 유실의 발생원인으로는 종방향으로 위치한 배수관, 종방향 시공 이음부 거동(진동)에 의한 자갈층의 압밀, 공용 중 열차진동 등에 의한 것으로 판단되며, 발생한 손상의 경우 손상정도는 경미하나 손상의 진전 방지를 위한 자갈 재정비가 필요할 것으로 판단된다.
- 바닥판 하면의 외관조사 결과, 균열(폭 0.1mm), 백태, 파손, 재료분리, 철근노출 및 박락, 표면오염, 거푸집 미제거 등의 손상이 조사되었다. 균열은 폭 0.3mm 미만 미세균열로 건조수축에 의한 비구조적인 손상으로 부재의 내구성 확보를 위해 손상의 진전시 표면처리가 바람직할 것으로 판단된다. 파손, 박락 및 철근노출은 지점 단부에서 발생하였으며, 시공 및 보수 공사 시 외부 충격, 단부 우수유입 등에 의한 손상으로 판단되며, 구조물에 발생한 손상부의 경우 내구성 확보 차원의 단면보수, 방청 및 단면보수를 실시하는 것이 바람직 하다. 바닥판 하면(외측거더~내측거더)에서 관찰된 표면오염은 주로 종배수관 인근에서 발생한 것으로 종배수관 내 자갈 및 이물질 퇴적에 의한 누수오염으로 판단된다. 금회 점검시 종배수관 내 자갈 및 이물질 퇴적은 조사되지 않았으며, 오염된 부재 표면이 건조한 것으로 보아 기존 누수시 발생한 손상으로 판단된다. 전차 진단보고서 검토 결과, 배수관의 경우 2013년 정비를 실시한 것으로 확인되었으며, 현

재 구조물에 발생된 표면오염의 경우 정비 이전 발생된 손상으로 판단된다. 종배수관의 경우 추후 주기적인 점검을 통한 배수관 내 자갈 및 이물질 퇴적에 관한 유지관리가 필요할 것으로 판단된다. 볼트풀림 및 와셔누락은 방음벽 연결부에서 조사되었으며 시공미흡에 의한 손상으로 부재의 응력 전달을 저해할 수 있으므로 재설치가 적절할 것으로 판단된다. 자갈 낙석은 S43 비둘기 방지망에서 조사되었으며, 공용 중 상부 중앙분리부에서 낙석된 것으로 중앙 배수관 정비 및 자갈 제거가 바람직할 것으로 판단된다.

- PSC거더에 대한 외관조사 결과, 균열(폭 0.1mm), 파손, 재료분리, 철근노출 및 파손, 표면오염, 백태 등의 손상이 조사되었다. 조사된 균열(폭 0.1mm) 및 망상균열은 수직 현치부와 지점부에서 조사되었으며, 위치와 방향을 고려해 볼 때 구조적인 균열이 아닌 프리스트레스 도입 시 강선에 발생하는 압축응력이 복부로 분산되면서 압축응력과 직각 방향으로 발생하는 균열 및 강선 긴장 시에 발생한 것으로 구조적인 문제는 없으나 내구성 확보를 위해 표면처리가 바람직할 것으로 판단된다. 거더 일부구간에서 조사된 백태의 경우 단부 우수유입에 의한 손상으로 판단되며, 구조물에 발생된 손상의 경우 손상 정도는 경미하나 손상의 진전 방지 및 구조물의 내구성 저하 방지를 위한 표면처리를 실시하는 것이 바람직 하다. 파손은 외부충격에 의한 손상으로 파손부의 경우 일부 철근노출이 조사되었으며, 구조적인 영향은 없으나 손상진전 방지 및 내구성 확보를 위해 파손부는 단면보수, 철근노출부는 방청 및 단면보수가 적절할 것으로 판단된다. 조사된 철근노출은 거더 하부에서 조사되었으며 시공 시 피복부족 오류에 의한 손상으로 내구성 확보를 위해 방청 및 단면보수가 필요할 것으로 판단된다.
- Steel Plate 거더에 대한 외관조사 결과, 도장박리, 너트 풀림이 조사되었다. 도장박리는 거더 하면 및 측면에서 발생하였으며, 발생된 손상의 경우 바탕처리 불량 및 공용증가에 의한 손상으로 손상진전 방지 및 내구성 확보를 위해 도장보수가 바람직할 것으로 판단된다. 너트 풀림은 시공미흡에 의한 손상으로 부재의 응력전달을 저해할 수 있으므로 너트 재체결이 적절할 것으로 판단된다.
- 가로보에 대한 외관조사 결과, 재료분리, 철근노출 및 박락, 거푸집 미제거, 도장박리, 볼트 풀림, 브레이싱 도장박리 등의 손상이 조사되었다. 재료분리는 시공 콘크리트 타설 시 다짐불량에 의한 손상으로 일부 철근이 노출되었으며 구조물에 발생된 손상의 경우 손상의 규모는 작으나 추후 손상진전에 의한 철근부식 등의 2차 손상을 초래할 수 있으므로 장기적인 내구성 확보를 위해 재료분리부는 단면보수, 철근노출부는 방청 및 단면보수를 시행하는 것이 바람직 하다. 도장박리는 SPG구간 가로보 및 브레이싱에서 발생하였으며 바탕처리 불량 및 공용증가에 의한 손상으로 손상진전 방지 및 내구성 확보를 위해 도장보수가 적절할 것으로 판단된다. 볼트 풀림은 가로와 브레이싱 연결부에서 발생하였으며 부재의 응력전달을 저해할 수 있으므로 볼트 재체결이 필요할 것으로 판단된다.

- 하부구조에 대한 외관조사 결과, 균열(폭 0.1~0.5mm), 백태, 파손, 박락, 재료분리, 세굴, 철근노출, 들뜸, 보수재 박리, 자갈 적치, 표면오염 등의 손상이 조사되었다. 발생한 손상의 경우 손상의 진전 방지 및 구조물의 내구성 저하 방지를 위한 표면처리, 단면보수, 방청 등의 조치가 요망된다. 특히 교각의 P33 기둥 좌·우측면에서 조사된 폭 0.5mm 수직균열의 경우 다소 균열 폭은 큰 상태이나 현재 균열 폭은 수렴된 상태이며, 균열에 의한 추가 손상은 조사되지 않아 1차적으로 충전보수를 실시하고 향후 주기적인 점검을 통한 주의관찰을 실시하여 이상발생시 추가적인 보강방안이 수립되어야 할 것으로 판단된다.
- 교량받침 가동여유량 검토결과 전 개소에서 계산가동량을 상회하고, 가동불량에 따른 손상은 관찰되지 않아 가동여유량 부족에 따른 기능저하 영향은 없는 것으로 평가되었으며, 연단거리 측정결과 전 개소에서 설계기준 최소 연단거리를 만족하는 양호한 상태로 검토되었다. 일부구간 발생한 편기의 경우 현재 진단키 파손 및 주변부재 2차 손상은 관찰되지 않았으며, 기 점검 결과와 비교·검토 결과 손상의 진전 또한 발생되지 않은 상태이므로, 추후 주기적인 점검을 통한 주의관찰 후 추가 손상 발생시 적절한 조치를 취하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다.
- 신축이음의 외관조사 결과 비교적 양호한 상태이나 일부 구간 하부 누수가 조사되었다. 발생한 손상의 경우 바닥판 상면으로부터 유입된 우수에 의한 손상으로 판단되며, 현재 손상정도가 경미하여 주의관찰 후 손상의 진전 시 적절한 조치를 취하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다. 신축이음 유간거리 측정결과 전 개소에서 온도변화에 따른 여유량을 확보하고 있는 것으로 조사되어 신축이음 기능발휘에 문제가 없는 상태로 분석되었다.
- 배수시설의 외관조사 결과 배수관 길이부족, 이음부 누수, 이음부 탈락, 이음부 파손, 배수관 탈락 및 파손이 조사되었으며, 배수기능 확보를 위해 배수관 길이연장 및 이음부 교체, 배수관 재설치가 필요할 것으로 판단된다.
- 방음벽에 대한 외관조사 결과, 균열(폭 0.3mm미만), 파손 및 박락, 재료분리, 철근노출, 실링재 파손 및 탈락, 이격, 흡음판 변형, 부식, 볼트풀림, 볼트탈락, 강판탈락 등의 손상이 조사되었다. 발생한 균열의 경우 폭 0.3mm미만의 건조수축 및 열차 진동에 의한 비구조적 균열로, 손상의 진전 방지를 위한 표면처리가 필요할 것으로 판단된다. 철근노출 및 박락은 피복부족에 의한 손상으로 내구성 확보를 위한 방청 및 단면보수가 필요할 것으로 판단된다. 파손, 박락 및 재료분리는 외부충격 및 다짐불량에 의한 손상으로 구조적인 영향이 없으나 내구성 확보를 위해 단면보수가 바람직할 것으로 판단된다. 실링재 파손 및 탈락은 공용증가에 의한 노후화로 발생한 손상으로 실링재 보수가 필요할 것으로 판단된다. 방음벽 이격은 시공오차에 의해 발생한 손상으로 구조적인 영향이 없으므로 주의관찰이 적절할 것으로 판단된다. 볼트 풀림, 강판 탈락은 시공 미흡에 의한 손상으로 볼트 재체결 및 강판 재설치가 필요할 것으로 판단된다.

- 대림역 하부에 대한 외관조사 결과, 균열(폭 0.1~0.3mm), 망상균열, 균열 및 백태, 파손, 재료분리, 들뜸, 철근노출, 표면오염 등이 조사되었다. 대림역하부에서 발생한 균열은 일부 백태를 동반한 것으로 조사되었으며, 발생양상을 보았을 때 균열은 시공초기 건조수축, 백태는 균열부 수분접촉에 의한 손상으로 판단된다. 기 점검 이후 폭 0.3mm 이상 균열의 경우 일부 보수를 실시한 것으로 확인되었으며, 금회 상세점검에 의한 폭 0.3mm 미만 균열이 추가 조사되었다. 발생한 균열 및 백태는 구조적인 영향은 적으나 내구성 확보를 위해 균열 폭 0.3mm 이상 균열은 주입보수, 폭 0.3mm 미만 균열 및 백태는 표면처리가 바람직할 것으로 판단된다. 철근노출 및 박락은 피복부족에 의한 손상으로 기 점검 이후 철근노출 및 박락의 경우 일부 손상에 대한 보수가 실시되었으며, 현재 보수부의 상태는 양호한 것으로 조사되었다. 미보수된 손상부의 경우 2차 손상 예방 및 내구성 확보를 위해 방청 및 단면보수가 필요할 것으로 판단된다. 파손은 외부 충격에 의한 손상으로 일부 철근노출이 발생하였으며, 내구성 확보를 위해 파손부는 단면보수, 철근노출부는 방청 및 단면보수가 적절할 것으로 판단된다. 들뜸은 시공 미흡 및 장기공용에 의한 부착력 저하 등의 복합적인 영향에 의한 손상으로 구조물의 안전성에 미치는 영향은 없으나 내구성 확보 및 유지관리 차원에서 손상부 치핑 후 단면보수가 바람직할 것으로 판단된다. 대림역 하부의 배수관은 2016년에 신설된 상태이며, 표면오염은 신축이음 및 기존 배수관 길이부족부에서 조사되었다. 금회 점검시 일부구간 표면오염이 추가 발생한 것으로 확인되었으며, 이는 기존 신축이음부 하부 누수에 의한 손상으로 판단된다. 현재 기존 배수관은 미사용하는 상태이며, 표면오염부는 현 상태에서 주의관찰이 바람직할 것으로 판단된다.

2) 내구성 시험 결과

- 반발경도시험에 의한 콘크리트 강도를 추정한 결과, 바닥판 24.3~25.5MPa, 거더 35.1~38.7MPa, 하부구조 24.0~26.4MPa, 대림역하부 24.0~26.1MPa로 나타나 전 개소에서 설계기준강도(바닥판, 대림역하부 : 24.0MPa, 하부구조 : 21.0MPa, 거더 : 35.0MPa)를 상회하는 상태로 평가되었다.
- 탄산화 깊이 측정을 수행한 결과, 바닥판의 탄산화 측정 깊이는 4.5mm~5.0mm, 잔여깊이는 37.5mm~52.0mm, 거더의 탄산화 측정 깊이는 7.0mm, 잔여깊이는 41.0mm, 하부구조의 탄산화 측정깊이는 6.5mm~7.5mm, 잔여깊이는 55.0mm~74.5mm, 대림역 하부의 탄산화 측정 깊이는 5.5mm~8.0mm, 잔여깊이는 37.5mm~50.0mm로 분석되었다.

3) 상태평가 결과

- 금회 안전진단 결과, 구로디지털단지~대림역 구간의 상태평가 결과는 “B” 로 산정되었다.
- 전회(2018년) 정밀안전진단과 비교·분석한 결과, 환산결함도 점수가 0.240에서 0.241로 0.001 증가하였으며, 상태평가 결과는 “B” 로 동일하게 평가되었다. 결함도 점수가 증가된 것은 공용증가 및 금회 정밀안전점검 시 상세조사에 의한 손상물량 증가로 판단된다.

4) 종합평가 및 안전등급 지정

- 본 구로디지털단지~대림역 구간 전체 교량에 대한 현장조사 및 시험, 상태평가 등에 대하여 종합적으로 분석하여 안전등급을 지정하였으며, 그 결과 보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태인 “B등급(양호)” 으로 평가되었다.

5) 종합결론

- 외관조사 결과 콘크리트 및 강재에서 비구조적인 손상이 발생하였으나, 검토결과 조사된 손상은 비구조적인 손상으로 판단되며, 구조물의 구조적 안전성에는 큰 영향을 미치는 손상은 아니다. 다만, 교각 P33 기둥부에 발생된 폭 0.5mm 균열의 경우 균열 폭은 수렴된 상태이나 구조물의 내구성 증진을 위한 충전보수가 필요할 것으로 판단된다.
- 비파괴 재료시험 결과 콘크리트 강도는 설계기준 값을 상회하는 것으로 측정되었으며 콘크리트 탄산화 잔여깊이 또한 충분한 것으로 분석되었다. 따라서 공용중 내구성은 문제가 없는 상태로 판단된다.
- 종합적인 점검결과 대상시설물의 전반적인 상태는 “특별한 문제점이 없는 건전한 상태” 로 시설물의 사용제한 등의 긴급한 조치는 필요하지 않으며, 조사된 결함에 대해서는 제안된 공법으로 보수를 실시하고, 중점유지관리가 필요한 부위에 대해서는 주기적인 점검 및 유지관리를 통해 안전성과 사용성을 확보할 수 있을 것으로 판단된다.