

제9장

종합결론

9.1 조사 및 시험 결과

9.2 안전성 평가 결과

9.3 종합평가 및 안전등급 지정

9.4 결론

9.5 기타 필요한 사항

제9장 종합결론

본 과업 대상 시설물인 탄천교는 경기도 성남시 수정구 사송동 일원 분당수서로 상에 위치하며 총 연장 $L = 250.0 \text{ m}(50.0+3@50.0+50.0)$, 폭 $B=28.3 \text{ m}$ (왕복 6차로)인 도로교량으로 1993년 08월에 준공되어 약 30년 정도 공용중인 구조물이다.

4회차로 실시하는 금번 정밀안전진단은 사전에 착수회의 및 중점점검사항, 접근방법, 관련기관 협조요청, 외관조사망도 등을 충분히 숙지한 후 손상내용 확인 및 보수부 확인, 새로운 결함 발생 여부에 중점을 두고 조사하였으며 요약하면 다음과 같다.

9.1 조사 및 시험 결과

- 외관조사 결과 바닥판의 국부 균열, 박락, 철근노출, 거더 및 2차부재의 도장균열(Checking) 및 탈락, 백아화, 부식, 강재 변형, 용접 결함(균열, 기공, 누락), 볼트 체결불량, 교대의 균열, 백태, 철근노출, 교각의 균열, 재료분리, 기둥 하단부 침식, 교량받침의 부식, 신축이음 본체의 누수, 단차, 후타재 파손, 교면포장의 망상균열, 포트홀, 소성변형, 배수시설의 배수구 막힘, 배수관 누수, 방호벽 및 중분대의 균열, 박락, 파손, 철근노출 등의 결함 및 손상들이 조사되었다. 이는 전반적 공용기간 증가에 따른 노후화로 인해 발생한 결함 및 손상으로 내구성 확보 차원에서 적절한 보수가 필요할 것으로 판단된다.
- 전차 정밀안전점검 결과와 비교 시 전반적으로 손상물량이 증가하는 경향을 보이며, 신축이음 본체의 단차, 누수, 후타재 균열을 제외한 결함 및 손상들은 전회 점검 이후 진행성은 없고 전반적으로 열화 형태의 결함이나 손상은 확인되지 않았다. 조속한 보수가 요구되는 손상은 없으나 내구성 저하 방지와 안전 확보 차원에서 거더 및 가로보의 볼트 체결불량(풀림, 누락 등), 신축이음 본체의 누수 및 단차, 교각의 $cw=0.5\sim 1.0\text{mm}$ 비구조적 균열, 교면포장의 포트홀 및 보수미흡, 배수관 상태불량(누수)에 대한 우선적인 조치가 필요할 것으로 판단된다.
- 콘크리트 재료시험 결과, 각 항목별 시험결과는 대체적으로 양호하나 하부구조 중 일부 개소는 철근탐사 피복부족, 탄산화 'b', 염화물 'b', 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 보인다.
- 강재 재료시험 결과, 초음파탐상(UT)은 전체 40개소가 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 세로보는 상한값을 초과한 상태로 측정되었으며, 다만 방식성에는 문제가 없을 것으로 보인다.

9.2 안전성 평가 결과

- 설계하중에 의한 거더의 응력 검토 결과, 작용응력은 허용응력 이내로 검토되었고, 단면 감소를 고려한 맞대기 용접부의 피로 응력 검토 결과, 허용응력범위 내로 피로 안전성은 확보하고 있는 것으로 평가되었다.
- 바닥판은 강도설계법으로 검토한 결과, 바닥판 최소두께의 규정을 만족하고 있으며 바닥판의 작용강도는 설계강도 이내로 검토되어 안전성을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.
- 본 교량에 대한 구조해석 및 재하시험 결과를 이용한 강박스 거더의 공용내하력은 설계 활하중 DB(DL)-24를 만족하는 것으로 계산되었으며, 바닥판 또한 공용내하력은 설계활하중 DB(DL)-24를 만족하는 것으로 평가되었다.
- 안전성평가 결과 최저 안전율은 1.016으로 안전성을 확보하고 있는 것으로 분석되었다.

9.3 종합평가 및 안전등급 지정

- 각 부재로부터 발견된 상태변화(결함, 손상, 열화)를 근거로 한 상태평가 결과 “C(평가치수 0.289)”로 평가되었다.
- 안전성평가 결과 최저 안전율 1.016으로 안전등급 “A”로 평가되었다.
- 탄천교의 상태평가 및 안전성평가 결과에 따른 시설물의 안전등급은 『주요부재에 경미한 결함 또는 보조부재에 광범위한 결함이 발생하였으나, 전체적인 시설물의 안전에는 지장이 없으며, 주요부재에 내구성, 기능성 저하 방지를 위한 보수가 필요하거나 보조부재에 간단한 보강이 필요한 상태』인 “C(보통)”등급으로 지정하였다.

9.4 결론

- 탄천교는 1993년 준공 후 현재까지 약 30년 동안 공용중인 시설물로 외관조사 결과 교량의 안전성을 저하시키는 중대한 결함이나 손상은 조사되지 않은 상태로 현 시점에서 시설물 사용제한은 필요하지 않으며, 기 발생한 손상들에 대하여 제안된 방법으로 유지관리 계획에 따라 보수공사를 실시하고 보수공사 이후에도 지속적인 점검을 통한 유지관리를 실시하면 시설물의 내구성 및 사용성을 충분히 확보할 수 있을 것으로 판단된다.

9.5 기타 필요한 사항

9.5.1 발주기관의 기타 요구사항

가. 개요

본 내용은 과업지시서에 의한 것으로 탄천교는 금회 진단기간 중 보수공사를 병행하여 진행 중인 상황으로 공사 발주내용 중 금회 진단결과와 중복되는 내용을 비교하였으며, 향후 유지관리시 참고자료로 활용하기 위해 작성하였다.

공사명 : 수정구 관내교량 보수보강 공사(탄천변)

ㅇ 탄천교

- ▶ 콘크리트 보수공사 : 철근방청 및 단면복구(14 m²), 균열 주입보수(28m)
- ▶ 신축미음장치 보수공사 : 신축미음장치 유간 퇴적토 준설(40m)
- ▶ 배수시설 보수공사 : 배수시설 재설치(4m), 배수관 고정밴드 설치(2개소), 교량배수구 청소(10개소) 등
- ▶ 켄틸레버 보수공사 : 데크플레이트 철거(400 m²), 표면보수(400 m²), 공중비계 설치 및 철거(600 m²) 등

나. 검토결과

공사 발주 내용과 금회 진단결과(외관조사망도)에서 동일한 손상은 아래와 같다.

금회 외관조사망도									
부재명	방향	경간 지점	손상 번호	손상명	폭 (너비)	길이	개소	물량	단위
배수시설	하행	S1	15	배수구막힘	-	-	1	1	ea
배수시설	하행	S5	1	배수구막힘	-	-	1	1	ea
방호벽	상행	S2	40	철근노출	0.3	0.3	1	0.09	m ²
배수시설	상행	S1	30	배수관이음누수	-	-	1	1	ea
바닥판	상행	S5	14	철근노출/파손	0.3	0.3	1	0.09	m ²
바닥판	하행	S1	17	철근노출/파손	0.1	0.2	1	0.02	m ²
교대	상행	A1	3	철근노출	0.4	0.1	4	0.16	m ²
교대	상행	A1	5	파손/철근노출	1.5	0.5	1	0.75	m ²
교대	상행	A1	32	잡철물노출	0.1	0.2	1	0.02	m ²
교각	상행	P1	10	균열(cw=1.0mm)	1	1.5	1	1.5	m
교각	상행	P2	4	균열(cw=0.3mm)	0.3	2	1	2	m
교각	상행	P4	6	균열(cw=0.3mm)	0.3	2	1	2	m
교대	하행	A1	7	박락/철근노출	0.3	0.1	7	0.21	m ²
교대	하행	A1	19	철근노출	1	0.2	1	0.2	m ²
교대	하행	A1	24	박락/철근노출	0.2	0.8	1	0.16	m ²
교각	하행	P1	5	균열(cw=2.0mm)	2	2	1	2	m
교각	하행	P1	6	균열(cw=0.5mm)	0.5	1	2	2	m
교각	하행	P2	3	균열(cw=0.3mm)	0.3	2	1	2	m
교각	하행	P3	19	균열(cw=0.9mm)	0.9	0.7	1	0.7	m
교각	하행	P3	20	균열(cw=0.9mm)	0.9	3	1	3	m

[표 9.1] 공사 발주 제외 보수·보강 개략공사비 (1)

구분		손상내용	보수 물량	단위	보수·보강 방안	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
바닥 판	상행	거푸집미제거	0.52	m ²	거푸집제거	55	29	3
		균열(0.3mm미만)	2.41	m ²	표면보수	56	135	2
		균열부백태	0.16	m ²	표면보수	56	9	2
		데크도장박리	0.29	m ²	재도장	60	17	2
		박락/철근노출	0.12	m ²	단면보수(방청)	204	24	1
		보수재박리	4.55	m ²	표면보수	56	255	2
		철근노출/파손	0.12	m ²	단면보수(방청)	204	24	1
		파손	0.26	m ²	단면보수	196	51	2
	하행	균열(0.3mm미만)	37.7	m ²	표면보수	56	2,111	2
		백태/보수부박락	0.65	m ²	단면보수	196	127	2
		보수부박락	0.65	m ²	단면보수	196	127	2
		보수재박리	1.3	m ²	표면보수	56	73	2
		철근노출/파손	0.03	m ²	단면보수(방청)	204	6	1
거더 내부	상행	누수흔적	1.4	m ²	재도장	60	84	2
		도장긁힘	0.36	m ²	재도장	60	22	2
		도장박리	0.38	m ²	재도장	60	23	2
		도장박리/부식	0.2	m ²	재도장	60	12	2
		맞대기용접부부식	0.21	m ²	재도장	60	13	2
		보수부도장박리	0.12	m ²	재도장	60	7	2
		볼트녹발생	0.07	m ²	재도장	60	4	2
		볼트부식	0.65	m ²	재도장	60	39	2
		부식	36.56	m ²	재도장	60	2,194	2
		용접부부식	0.05	m ²	재도장	60	3	2
		이물질적치	6.05	m ²	청소	40	242	3
	하행	누수흔적	3	EA	재도장	60	180	2
		도장박리	0.36	m ²	재도장	60	22	2
		도장불량	9.93	m ²	재도장	60	596	2
		볼트도장박리	1	EA	재도장	60	60	2
		볼트부식	0.17	m ²	재도장	60	10	2
		부식	9.61	m ²	재도장	60	577	2
	이물질적치	3.9	m ²	청소	40	156	3	

[표 9.2] 공사 발주 제외 보수·보강 개략공사비 (2)

구분		손상내용	보수 물량	단위	보수·보강 방안	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위	
거더 외부	상행	SP부식	74.33	m ²	재도장	60	4,460	2	
		SP체킹	17.94	m ²	재도장	60	1,076	2	
		도장긁힘	1.47	m ²	재도장	60	88	2	
		도장박리	56.93	m ²	재도장	60	3,416	2	
		도장백아화	717.6	m ²	재도장	60	43,056	2	
		볼트노출	1	EA	강교볼트체결	10	10	1	
		볼트체결불량	2	EA	강교볼트체결	10	20	1	
		볼트탈락	1	EA	강교볼트체결	10	10	1	
		부식	0.27	m ²	재도장	60	16	2	
		점부식	164.63	m ²	재도장	60	9,878	2	
		표면부식	0.04	m ²	재도장	60	2	2	
		하행	SP부식	73.01	m ²	재도장	60	4,381	2
	SP체킹		17.94	m ²	재도장	60	1,076	2	
	도장긁힘		0.04	m ²	재도장	60	2	2	
	도장박리		0.65	m ²	재도장	60	39	2	
	도장백아화		482.29	m ²	재도장	60	28,937	2	
	볼트미체결		3	EA	강교볼트체결	10	30	1	
	볼트부식		0.05	m ²	재도장	60	3	2	
	부식		66.13	m ²	재도장	60	3,968	2	
	점부식		379.85	m ²	재도장	60	22,791	2	
	거더 및 가로 보		상행	도장박리	58.18	m ²	재도장	60	3,491
		도장박리/점부식		25.79	m ²	재도장	60	1,547	2
볼트부식		41.18		m ²	재도장	60	2,471	2	
볼트체결불량		6		EA	강교볼트체결	10	60	1	
점부식		20.59		m ²	재도장	60	1,235	2	
하행		도장박리	0.16	m ²	재도장	60	10	2	
		볼트부식	4.99	m ²	재도장	60	299	2	
		볼트체결불량	9	EA	강교볼트체결	10	90	1	
		부식	1.95	m ²	재도장	60	117	2	
		점부식	24.02	m ²	재도장	60	1,441	2	

[표 9.3] 공사 발주 제외 보수·보강 개략공사비 (3)

구분		손상내용	보수 물량	단위	보수·보강 방안	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
교대	상행	균열(0.3㎜미만)	4.19	㎡	표면보수	56	235	1
		균열부백태	0.07	㎡	표면보수	56	4	1
		망상균열	7.28	㎡	표면보수	56	408	1
		박리	0.52	㎡	단면보수	196	102	1
		백태	0.52	㎡	표면보수	56	29	1
		보수부박락	1.05	㎡	단면보수	196	206	1
		이물질퇴적	2.6	㎡	청소	40	104	1
		잡철근부식	0.1	㎡	단면보수	196	20	1
		잡철물노출	0.03	㎡	단면보수	196	6	±
		철근노출	0.21	㎡	단면보수(방청)	204	43	±
		토사퇴적	9.75	㎡	청소	40	390	1
		파손/철근노출	0.98	㎡	단면보수(방청)	204	200	±
	하행	균열(0.3㎜미만)	0.2	㎡	표면보수	56	11	1
		망상균열	23.5	㎡	표면보수	56	1,316	1
		(당초) 박락/철근노출	0.74	㎡	단면보수(방청)	204	151	±
		(변경) 박락/철근노출	0.26	㎡	단면보수(방청)	204	53	1
		박리	4.94	㎡	단면보수	196	968	1
		백태	0.23	㎡	표면보수	56	13	1
		재료분리	1.63	㎡	단면보수	196	319	1
		철근노출	0.26	㎡	단면보수(방청)	204	53	±
		토사퇴적	2.6	㎡	청소	40	104	1
		파손	0.4	㎡	단면보수	196	78	1
		폐자재적치	1	EA	청소	40	40	1
교각	상행	균열(0.3㎜미만)	7.75	㎡	표면보수	56	434	1
		(당초) 균열(0.3㎜이상)	7.8	㎡	주입보수	78	608	±
		(변경) 균열(0.3㎜이상)	2.6	㎡	주입보수	78	203	1
		균열(1.0㎜이상)	1.95	㎡	주입보수	78	152	±
		백태	0.03	㎡	표면보수	56	2	1
		보수재박리	8.58	㎡	표면보수	56	480	1
		잡철물노출	0.07	㎡	단면보수	196	14	1
		재료분리	0.04	㎡	단면보수	196	8	1
		파손	0.04	㎡	단면보수	196	8	1
		표면보수재균열(0.3㎜미만)	0.59	㎡	표면보수	56	33	1

[표 9.4] 공사 발주 제외 보수·보강 개략공사비 (4)

구분		손상내용	보수 물량	단위	보수·보강 방안	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
교각	하행	거푸집미제거	2	EA	거푸집제거	55	110	1
		균열(0.3mm미만)	7.46	m ²	표면보수	56	418	1
		균열(0.3mm이상)	2.6	m	주입보수	78	203	1
		균열(0.5mm이상)	7.41	m	주입보수	78	578	1
		균열(1.0mm이상)	2.6	m	주입보수	78	203	1
		망상균열	0.47	m ²	표면보수	56	26	1
		백태	0.04	m ²	표면보수	56	2	1
		보수부재균열(0.3mm미만)	0.49	m ²	표면보수	56	27	1
		보수재들뜸	2.78	m ²	단면보수	196	545	1
		재료분리	2.28	m ²	단면보수	196	447	1
		조류배설물퇴적	28.6	m ²	청소	40	1,144	1
		침식	4.55	m ²	단면보수	196	892	1
		파손	0.03	m ²	단면보수	196	6	1
		표면보수재균열(0.3mm미만)	1.2	m ²	표면보수	56	67	1
교량 받침	상행	받침물탈균열(0.3mm미만)	5.33	m ²	표면보수	56	298	3
	하행	받침물탈균열(0.3mm미만)	8.45	m ²	표면보수	56	473	3
		플레이트부식	3.28	m ²	재도장	60	197	3
신축 이음	상행	신축이음누수, 단차 등	26.85	m	신축이음교체(NFJ,#160) (B'=13.425m, 2개소)	1,606	43,121	1
	하행	신축이음누수, 단차 등	26.85	m	신축이음교체(NFJ,#160) (B'=13.425m, 2개소)	1,606	43,121	1
교면 포장	상행	보수미흡	1.21	m ²	소파보수(방수,주간)	52	63	1
		소성변형	0.83	m ²	소파보수(방수,주간)	52	43	1
		소성변형/파손	3.12	m ²	소파보수(방수,주간)	52	162	1
		아스콘파손	0.33	m ²	소파보수(방수,주간)	52	17	1
		포트홀	0.87	m ²	소파보수(방수,주간)	52	45	1
	하행	보수미흡	0.33	m ²	소파보수(방수,주간)	52	17	1
		소성변형	12.92	m ²	소파보수(방수,주간)	52	672	1
		아스콘파손	1.34	m ²	소파보수(방수,주간)	52	70	1
		포트홀	1.24	m ²	소파보수(방수,주간)	52	64	1
배수 시설	상행	(당초) 배수관이음부누수	5	EA	실링보수(배수관)	9	45	1
		(변경) 배수관이음부누수	4	EA	실링보수(배수관)	9	36	1
	하행	배수구막힘	2	EA	배수구청소	79	158	1

[표 9.5] 공사 발주 제외 보수·보강 개략공사비 (5)

구분		손상내용	보수 물량	단위	보수·보강 방안	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
방호 벽	상행	지장물고정앵커탈락	7	EA	지장물앵커고정	35	245	3
		(당초) 철근노출	0.51	m ²	단면보수(방청)	204	104	1
		(변경) 철근노출	0.39	m ²	단면보수(방청)	204	80	1
		파손	0.74	m ²	단면보수	196	145	3
중분 대	하행	중분대박리	2.99	m ²	단면보수	196	586	3
		중분대파손	9.4	m ²	단면보수	196	1,842	3
		중분대박리	2.08	m ²	단면보수	196	408	3
		중분대파손	6.55	m ²	단면보수	196	1,284	3
점검 시설	상행	출입문플레이트파손	1	EA	용접보수	30	30	2
직접공사비						(당초)	245,669	
						(변경)	243,560	
제경비(직접공사비의 50%)						(당초)	122,835	
						(변경)	121,780	
부대비(직접공사비의 35%)						(당초)	85,984	
						(변경)	85,246	
순위별 공사비 (제경비 포함)			1순위(단기)			(당초)	183,489	
						(변경)	179,587	
			2순위(중기)			(당초)	260,075	
						(변경)	260,075	
			3순위(장기)			(당초)	10,924	
						(변경)	10,924	
총 공사비						(당초)	454,488	
						(변경)	450,586	

다. 검토의견

현재 공사 중 또는 예정인 내용은 주요부재(바닥판, 하부구조)의 철근노출 및 $cw=0.3\text{mm}$ 이상의 균열, 배수시설 정비 등으로 보수물량은 적으나 상태평가 기준에 의해 구조물의 등급에 미치는 영향이 큰 'c~d' 손상 및 결함들로 발주된 공사를 통해 상태평가의 결함지수가 큰 폭 감소할 것으로 예상된다.

9.5.2 기타 의견 및 제안사항

금회 진단결과, 탄천교의 안전등급은 종합평가에 의해 'C등급'으로 지정하였고 2013년 정밀안전진단 이후 약 10년 동안 'C등급'으로 관리가 이루어지고 있다. 다만, 본 시설물은 1993년 준공 이후 약 30년 동안 장기공용 중인 시설물이므로 시설물의 적절한 안전수준과 성능 및 기능을 유지·확보하여 장기적인 유지관리 효율성을 극대화 할 수 있는 수준으로 관리가 필요하다.

또한 시설물의 성능평가를 착안하여 관리주체는 본 교량의 안전등급을 B등급으로 설정하여 유지 및 관리하고자 하는 의지를 표명하고 있는 상황이므로 그 의견에 따라 향후 유지관리시 시설물의 적절한 안전수준과 유지관리의 효율성을 확보하기 위한 합리적인 방안 및 전략에 대해 제안하고자 한다.

우선적으로 금회 진단에서 우선순위에 따른 1순위 보수방안 중 바닥판의 철근노출, 거더 및 가로보의 볼트 체결불량(풀림 또는 누락 등), 교각의 $cw=0.3\text{mm}$ 이상 비구조적 균열, 신축이음 본체의 누수 및 단차, 교면포장의 포트홀 및 보수미흡, 배수관 상태불량(누수)에 대한 최우선적인 보수를 실시한 이후 순차적으로 주요부재(바닥판, 거더 및 가로보, 교대, 교각)의 1, 2순위에 해당하는 손상 및 결함들에 대한 조치를 취한다면 상태평가의 결함지수가 큰 폭 감소할 것으로 예상되고 더 나아가서는 현재의 C등급에서 B등급으로 상향을 기대해 볼 수 있을 것으로 판단된다.

다만, 시설물의 안전등급은 현재 상태를 대표하는 지표이긴 하나 등급과 무관하게 안전 문제가 발생하는 경우가 종종 생기므로 시설물의 유지관리는 예방적 유지관리와 사후 유지관리 두 가지를 모두 만족하는 행위가 되어야한다. 그러므로 본 진단 결과와 향후 점검 및 진단 결과 등을 참고하여 시설물의 중점적인 문제점을 파악하고 그에 따른 대책 방안 수립과 관리주체의 지속적인 관심 및 유지관리가 수반된다면 시설물의 안전성 및 사용성 확보에는 문제가 없을 것으로 판단된다.

