

연 호 고 가 교 요 약 보 고 서

1. 개 요

1.1 과업명

- 연호고가교외 2개소 정밀안전진단 용역

1.2 과업의 목적

본 용역은 『시설물의 안전관리에 관한 특별법』 규정에 의거 실시하는 정밀안전진단 용역으로 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 보수범위 등을 정하여, 향후 유지관리 및 정기·정밀점검 등 필요한 자료를 제공하는데 그 목적이 있음.

1.3 과업의 범위 및 기간

1.3.1 과업의 범위

- 1) 관련자료 조사 및 분석
- 2) 시설물의 외관조사
- 3) 시설물의 내구성 및 내하력 조사
- 4) 시설물의 상태평가 및 안전성평가(내진안전성 포함)
- 5) 시설물의 보수·보강 방안제시
- 6) 효율적인 유지관리 방안제시
- 7) 보고서 작성

1.3.2 과업수행기간

본 과업의 기간은 2017. 03. 02 ~ 2017. 06. 09일(착수일로부터 100일간)

1.4 과업대상 구조물의 현황

구 분		내 용		구 분		내 용	
시설물명		연호고가교		시설물번호		BR2003-0000494	
준공년월일		2002년 08월 24일		관리번호		동부교량-1	
시설물위치		대구광역시 수성구 가천동					
설 계 사		(주)도화종합기술공사 화성산업(주)		시 공 사		코오롱건설(주) 외 5개사	
설계하중		DB-24		노선명(이정)		범안로(대로1-19호선)	
제 원	연 장	L = 410m [3@50m + 60m + 4@50m]					
	폭	B = 28.9m, 왕복6차선					
구조 형식	상부	강상자형교(STB)		기초 형식	교대	Pile기초	
	하부	교대 : 역T형 교대 교각 : 다주식 라멘형			교각	Pile기초(P1~P2) 직접기초(P3~P7)	
교량받침		납면진받침(L.R.B)		신축이음		Rail Joint	
교차노선		달구벌대로		통과높이		6.0m	
부착시설내용		콘크리트 방호벽 난간, 가로등 램프옹벽 - L=390.591m (시점: 157.032m, 종점: 233.559m)		내진설계유무		유	
기타		S8 하면 체육시설 설치(게이트볼)					

2. 관련자료 검토결과

2.1 개요

본 과업에 대한 자료조사는 준공 시 건설관련 자료, 전회 점검 및 진단 자료, 보수·보강 이력 등을 수집하여 금회 정밀안전진단의 추진방향을 수립하였다.

또한, 본 과업 대상구조물의 진단시 관련 자료를 수집하여 정밀안전진단 및 유지관리시 필요한 자료를 정리 및 분석하였고, 구조물의 손상 원인, 적절한 보수·보강공법의 제시 및 유지관리방안을 수립하기 위한 기초자료로 활용하였다.

2.2 안전점검 및 정밀안전진단 결과 요약

번호	기간	구 분	비고
1	2011. 11. 01 ~ 2011. 11. 30	정기점검	-
2	2012. 03. 05 ~ 2012. 06. 30	정밀안전진단	-
3	2012. 11. 02 ~ 2012. 11. 25	정기점검	-
4	2013. 04. 12 ~ 2013. 04. 26	정기점검	-
5	2013. 08. 26 ~ 2013. 09. 08	정기점검	-
6	2014. 10. 10 ~ 2014. 10. 24	정밀점검	-
7	2015. 03. 11 ~ 2015. 03. 25	정기점검	-
8	2015. 09. 01 ~ 2015. 09. 19	정기점검	-
9	2016. 02. 19 ~ 2016. 04. 03	정밀점검	-

<표 2.1> 정밀점검 및 정밀안전진단 이력

수행기간	정밀점검 및 정밀안전진단 결과	수행기관
2012. 03 ~ 2012. 06	정밀안전진단 (B등급) - 외관조사 결과, 주요 손상으로는 바닥판하면 균열, 주형내부 우수유입 및 도장손상, 하부구조 균열, 신축장치 후타재 균열 등이다. - 콘크리트 비파괴시험 결과, 콘크리트의 강도 및 탄산화, 철근 배근상태 등은 전반적으로 설계기준이나 시방기준에 만족하는 것으로 평가되었다. - 강재 비파괴시험 결과, 주형의 맞대기 용접부는 내부결함이 없는 양호한 상태로 나타났으며, 주형 내,외부에 대한 도막두께 또한 양호한 상태로 측정되었다. - 대상교량의 상태평가 결과, 환산결함도 점수가 0.233으로 산정되어 상태평가등급은 'B'로 평가되었다. - STB 구간에 대한 구조해석 및 재하시험 결과, 모든 부재에서 안전율이 1.0 이상으로 설계하중(DB(DL)-24)를 만족하고 있으며, 공용내하력 평가결과 설계하중을 상회하고 있는바, 대상교량의 안전성 평가 결과는 기준 'A'로 평가되었다.	(주)아워브레인

<표 2.1> 정밀점검 및 정밀안전진단 이력(계속)

수행기간	정밀점검 및 정밀안전진단 결과	수행기관
2013. 04 ~ 2013. 04	정기점검 ▶ 하자보수 실시 후 전반적으로 양호한 상태, 외관조사결과 후타재 균열 및 받침장치 고무재 탈락 등이 발생한 상태	(주)삼우기술
2014. 02 ~ 2014. 04	정밀안전진단 (B등급) ▶ 주요 손상으로는 신축장치 후타재 균열 및 교대, 교각 미세균열 등으로 시설물의 구조적 안전성에 영향을 미치는 수준은 아닌 것으로 판단되나, 향후 구조물의 내구성 및 사용성 확보를 위하여 손상 부위에 대한 적절한 보수 및 지속적인 점검을 통한 유지관리가 필요한 것으로 판단된다.	(주)삼우기술
2014. 10 ~ 2014. 10	정기점검 ▶ 2014년 하반기 정기점검 결과, 전회차 정기점검 이후 하자보수가 실시되었으며, 주요 손상으로는 신축장치 후타재 균열 등으로 시설물의 구조적 안전성에 영향을 미치는 수준은 아닌 것으로 판단되나, 향후 구조물의 내구성 및 사용성 확보를 위하여 손상 부위에 대한 지속적인 점검을 통한 유지관리가 필요한 것으로 판단된다.	(주)우림종합엔지니어링
2015. 09 ~ 2015. 09	정기점검 ▶ 전회 정기점검 후 하자보수(신축이음장치 후타재 균열 보수)로 교면의 상태는 전반적으로 양호한 상태이며, 주요 손상으로는 신축이음장치 후타재 균열($CW \leq 0.2mm$), 경미한 미끄럼방지막 파손, 교대-교각의 균열 및 백태 등으로 시설물의 구조적 안전성과 차량의 주행성에 영향을 미치는 수준은 아닌 것으로 판단되나, 교대 A1 부분의 지반침하로 추정되는 방호벽의 단차와 이로 인한 방호벽의 횡균열은 계측기를 설치하여 지속적인 주의관찰이 필요할 것으로 사료된다.	(주)우림종합엔지니어링
2016. 02 ~ 2016. 04	정밀점검 (B등급) ▶ 교면포장 : 망상균열, 포장 패임, 미끄럼방지포장 탈락 ▶ 교명주 : 교명판 유실, 설명판 유실 ▶ 방호벽 : 굽힘, 균열, 방호벽침하 ▶ 신축이음 : 후타재 균열, 이물질퇴적 ▶ 바닥판하면 : 유도배수관 주변누수 ▶ 거더외부 : 도장박리, 박락 ▶ 거더내부 : 누수흔적, 부식, 실리콘마감부족 ▶ 받침장치 : 도장박리, 박락 ▶ 교각 : 균열, 배수관주변 파손, 백태 ▶ 연호고가교의 현장조사(외관조사, 내구성조사)에 의한 상태평가 결과 『B등급(0.132)』으로 평가되었으며, 금회 조사된 결함 및 손상 부위에 대해서는 단기적인 보수와 중점유지관리 항목들에 대한 주기적인 점검이 시행된다면 내구성 및 사용성에는 문제가 없을 것으로 판단되며, 유지관리 하는데는 문제가 없을 것으로 판단된다.	(주)우림종합엔지니어링

2.3 보수·보강 이력

<표 2.2> 보수·보강 이력

공사기간	보수 및 보강 이력	시행기관
2011. 03	▶ 교면포장 재포장(오버레이 등, 227300천원)	(주)협우건설
2012. 12	▶ 연호고가교 아래 배수로 보수공사(40,760천원)	(주)삼우케미칼
2013. 05	▶ 중분대 및 난간 콘크리트 중성화 방지공사(125,000천원)	(주)일송테크
2015. 08	▶ 거더 도장공사(840,000천원)	(주)합동건설
2016. 04	▶ ▶ 교면포장 재포장(절삭후 재포장, 10,000천원)	대익건설(주)

3. 현장조사 및 시험

3.1 외관조사 결과

<표 3.1> 기 정밀점검(2016년)과의 비교

구 분		결함내용	정밀점검 (2016년)	금회진단 (2017년)	단위	개소 (구/신)	증,감 (▲,▽)
교면 포장	교량 구간	▪ 아스콘 망상균열	171.5	274.5	m ²	16/21	▲(103.0)
		▪ 아스콘 패임	0.08	0.22	m ²	2/5	▲(0.16)
	토공 구간	▪ 미끄럼방지포장 파손	0.58	0.58	m ²	12/12	-
		▪ 아스콘 패임	-	0.04	m ²	0/1	▲(0.04)
교량구간 방호난간		▪ 균열(0.3mm미만)	-	182.0	M	0/140	▲(182.0)
		▪ 균열(0.3mm이상)	1.30	97.4	M	1/75	▲(96.10)
		▪ 균열,백태(0.3mm미만)	-	1.04	M	0/4	▲(1.04)
		▪ 균열,백태(0.3mm이상)	-	0.39	M	0/1	▲(0.39)
교량구간 방호벽		▪ 백태	-	0.61	EA	0/24	▲(0.61)
		▪ 철근노출	-	0.04	m ²	0/4	▲(0.04)
		▪ 망상균열	-	1.50	m ²	0/1	▲(1.50)
		▪ 굽힘	20.70	20.00	m ²	3/2	▽(-0.70)
옹벽구간 방호벽		▪ 균열(0.3mm미만)	240.0	240.0	M	2/2	-
		▪ 방호벽 침하	2.0	2.0	EA	2/2	-
옹벽		▪ 균열(0.3mm미만)	-	17.0	M	11/11	▲(17.0)
		▪ 백태	-	0.74	m ²	11/11	▲(0.74)
		▪ 콘크리트 박리	-	0.09	m ²	2/2	▲(0.09)
		▪ 조인트부 실란트이격	-	34.5	M	10/10	▲(34.5)
배수시설		▪ 배수관길이부족	-	6.0	EA	0/6	▲(6.0)
신축이음		▪ 후타재 균열	2.1	3.9	M	7/13	▲(1.8)
		▪ 이물질퇴적	28.0	2.0	M	1/1	▲(26.0)
		▪ 신축이음장치 이상음	-	1.0	EA	0/1	▲(1.0)

<표 3.1> 기 정밀점검(2016년)과의 비교(계속)

구 분		결 함내 용	정 밀점 검 (2016년)	금 회진 단 (2017년)	단 위	개 소 (구/신)	증, 감 (▲, ▽)
바닥판하면		▪ 유도배수관주변누수	1.0	1.0	EA	1/1	-
		▪ 백태, 누수흔적	-	10.1	m ²	0/2	▲(10.1)
		▪ 피복부족	-	37.6	m ²	0/4	▲(37.6)
		▪ 도장박리, 박락	-	2.25	m ²	0/3	▲(2.25)
		▪ 부식	-	1.04	m ²	0/10	▲(1.04)
거더	외부	▪ 도장박리, 박락	33.44	0.65	m ²	43/2	▽(-32.79)
	내부	▪ 누수흔적	17.50	26.95	m ²	28/40	▲(9.45)
		▪ 부식	3.12	2.07	m ²	2/4	▽(-1.05)
		▪ 실링처리미흡	10.00	64.00	EA	10/64	▲(54.0)
		▪ 용접기공	-	4.00	EA	0/4	▲(4.0)
		▪ 도장들뜸, 박락	-	1.33	m ²	0/6	▲(1.33)
받침장치 (본체)		▪ 도장박리, 박락	0.71	0.71	m ²	6/6	-
받침장치 (받침물탈)		▪ 몰탈균열	3.6	3.6	M	18/18	-
교대		▪ 균열(c/w=0.3mm미만)	-	16.7	M	0/9	▲(16.7)
교각		▪ 균열(c/w=0.3mm미만)	3.8	15.5	M	10/10	▲(11.7)
		▪ 백태	15.8	3.0	m ²	11/1	▽(-12.8)
		▪ 망상균열	-	57.35	m ²	0/14	▲(57.35)
		▪ 재료분리	-	1.5	m ²	0/1	▲(1.5)
		▪ 콘크리트 침식	-	0.48	m ²	0/6	▲(0.48)

3.2 재료 시험 결과

3.2.1 재료시험결과표

가. 콘크리트 비파괴강도시험

[단위 :MPa]

구간			반발경도	초음파속도	설계강도	비고
연호고가교	상부 (범물)	바닥판 하면	26.6	27.6	27.0	2012(진단)
			30.7	-		2016(점검)
			29.1	27.4		2017(진단)
	26.4		27.0	2012(진단)		
	30.1		-	2016(점검)		
	28.9		27.5	2017(진단)		
	하부	교대	26.5	27.8	24.0	2012(진단)
			24.8	-		2016(점검)
			25.4	24.4		2017(진단)
		교각	23.7	27.8	24.0	2012(진단)
			28.1	-		2016(점검)
			25.4	24.7		2017(진단)

나. 코어압축강도 시험

[단위 :MPa]

구 분			시험압축강도 (A)	설계기준강도 (B)	(A/B)×100(%)	비고
연호고가교	상부	S8	40.4~44.3	27.0	150~164	2012(진단)
		S1	24.3	27.0	90	2017(진단)
	하부	P6-2	33.7	24.0	140	2012(진단)
		P7-1	42.7	24.0	178	
		P1-1	36.7	24.0	153	2017(진단)
		P1-2	36.8	24.0	153	

다. 철근탐사시험

[단위 : cm]

구분			철근배근 방향	피복두께		배근간격		비고
				범위	설계도면	범위	설계도면	
연호 고가	상부 구조	범물	주철근	32.0~42.5	40	233~252	250	
		안심	주철근	42.5~53.8	40	229~259	250	
	하부구조		주철근	58.0~145.0	50~100	125~203	120~200	

라. 탄산화시험

탄산화깊이 측정 결과 상부구조에서 최대 14.8mm, 하부구조가 최대 11.8mm까지 탄산화가 진행된 것으로 측정되었으며 상부구조(S4) 및 하부구조(A1, P1, P5)는 탄산화 진행 정도에 따른 탄산화 잔여깊이가 최소 “30mm이상”으로 탄산화에 의한 부식 발생우려가 없는 “a등급”으로 평가되었고, 상부구조(S4)탄산화 진행 정도에 따른 탄산화 잔여깊이가 최소 “10mm이상~30mm미만”으로 탄산화 상태평가는 “b등급”으로 평가되어 향후 탄산화에 의한 부식발생 가능성이 있는 것으로 평가되었다.

[단위 : mm]

구분		2012년(진단)	2016년(정밀점검)	2017년(진단)	비고
		탄산화 깊이	탄산화 깊이	탄산화 깊이	
상부구조		10.0~14.0	1.5~10.5	10.7~12.5	
하부구조	교대	11.0	1.0~8.0	11.8	
	교각	8.0~11.0	12.5~17.5	8.5~11.5	

마. 염분함유량시험

경화된 콘크리트의 염화물함유량 평가시 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(2010. 12)을 토대로 전염화물에 의하여 측정된 결과 <그림 3.2.8>과 같이 채취한 코어 시편의 수용성 염화물량 분석결과, 콘크리트 중의 환산 염화물 함량이 철근 위치에서 “0.3<염화물<1.2”의 범위로 측정되어 염화물이 함유되어 있으나, 부식발생 가능성이 낮은 상태인 b등급으로 조사되었다.

구분	시료채취위치	전염화물 함유량		전염화물 이온량(kg/m³)	상태평가 등급
		Cl⁻(%)	Cl⁻(kg/m³)		
1	연호고가교 상부	0.0200	0.4526	a : 염화물 ≤ 0.3 b : 0.3 < 염화물 < 1.2 c : 1.2 ≤ 염화물 < 2.5	b
2	연호고가교 하부	0.0028	0.0634	d : 염화물 ≥ 2.5 e : -	

바. 강재초음파탐상시험(UT)

강박스거더 하부플랜지 맞대기용접부 96개소에 대한 초음파탐상 실시 결과 'KS B 0896'의 판정 등급기준에 의거 판정되어 전체 불합격 결함은 조사되지 않은 양호한 것으로 판정되었다.

구분		하부플랜지		
		조사 개소	불합격 개소	결함종류 및 개소
범물방향	G1	16	0	-
	G2	16	0	-
	G3	16	0	-
안심방향	G4	16	0	-
	G5	16	0	-
	G6	16	0	-
합 계		96	0	-

사. 강재도장 도막두께 측정

도막두께 측정은 경간별, 거더별로 접근이 용이한 구간 및 점검차를 이용한 내·외부에 측정하였으며, 범물방향 거더 외부는 274~339μm, 내부는 208~284μm로 측정되었으며, 안심방향 거더 외부 262~345μm, 내부는 245~292μm로 측정되어 일반환경용 중방식 도장 계열 기준과 비교할 때 거더 내·외부 모두에서 기준 도막두께(외부 195μm, 내부 150μm) 이상의 두께를 확보하고 있는 상태이다.

3.2.2 재료시험 결과 분석

가. 콘크리트 비파괴시험

- 1) 콘크리트 비파괴시험 결과 반발경도, 초음파속도 및 코어압축강도를 조합하여 측정 한 비파괴 강도는 대체로 양호한 것으로 평가되었으며, 철근배근 측정 결과, 철근탐사 측정치가 위치별로 다소 차이가 있는 것으로 일부 확인되었으나, 콘크리트 타설시 철근배근 위치의 국부적인 이동 현상으로 추정된다.
- 2) 탄산화 시험결과 대체로 양호한 것으로 조사되어 피복부족으로 인한 철근부식의 우려는 적을 것으로 판단된다.
- 3) 또한, 상부구조 및 하부구조에 대한 염분함유량 시험 결과 염화물이 함유되어 있으나, 부식발생 가능성이 낮은 상태인 b등급, a등급으로 조사되었다.

나. 강재 비파괴시험

- 1) 본 교량에 대한 초음파탐상시험(UT) 결과 'KS B 0896'의 판정 등급기준에 의거 전 개소 모두 불합격 결함이 없는 양호한 것으로 판정되었다.
- 2) 도막두께 측정은 경간별, 거더별로 접근이 용이한 구간 및 점검차를 이용한 내·외부에 측정하였으며, 범물방향 거더 외부는 274~339 μ m, 내부는 208~284 μ m로 측정되었으며, 안심방향 거더 외부 262~345 μ m, 내부는 245~292m으로 측정되어 일반환경용 중방식 도장계열 기준과 비교할 때 거더 내·외부 모두에서 기준 도막두께(외부 195 μ m, 내부 150 μ m) 이상의 두께를 확보하고 있는 상태이다.

다. 결론

콘크리트 내구성 및 강재 비파괴 시험 결과, 설계기준에 준하여 품질상태가 양호하게 조사되었으며, 강재 또한, 불합격 결함이 없는 상태로 전반적으로 양호하게 조사되어 연호고가교에 대한 품질상태는 지속적인 유지관리가 이루어진다면 내구성 및 사용성에는 문제가 없을 것으로 판단된다.

4. 구조 안전성 검토 및 내하력 평가

4.1 안전성평가 결과

<Steel Box Girder에 대한 안전성 평가>

구 분			허용응력설계법에 의한 안전성평가	안전성 평가등급
G1 (외측)	정모멘트부	상연	$SF(\text{안전율}) = \frac{\text{허용응력}}{\text{발생응력}} = \frac{f_a}{f_{d+l}} = \frac{155.829}{85.845 + 41.613} = 1.223$	A
		하연	$SF(\text{안전율}) = \frac{\text{허용응력}}{\text{발생응력}} = \frac{f_a}{f_{d+l}} = \frac{190}{78.387 + 37.998} = 1.633$	A
	부모멘트부	상연	$SF(\text{안전율}) = \frac{\text{허용응력}}{\text{발생응력}} = \frac{f_a}{f_{d+l}} = \frac{190.000}{81.695 + 31.710} = 1.675$	A
		하연	$SF(\text{안전율}) = \frac{\text{허용응력}}{\text{발생응력}} = \frac{f_a}{f_{d+l}} = \frac{190}{80.463 + 34.898} = 1.647$	A
G2 (내측)	정모멘트부	상연	$SF(\text{안전율}) = \frac{\text{허용응력}}{\text{발생응력}} = \frac{f_a}{f_{d+l}} = \frac{155.829}{84.873 + 42.963} = \mathbf{1.219}$	A
		하연	$SF(\text{안전율}) = \frac{\text{허용응력}}{\text{발생응력}} = \frac{f_a}{f_{d+l}} = \frac{190}{77.500 + 39.231} = 1.628$	A
	부모멘트부	상연	$SF(\text{안전율}) = \frac{\text{허용응력}}{\text{발생응력}} = \frac{f_a}{f_{d+l}} = \frac{190}{81.090 + 36.071} = 1.622$	A
		하연	$SF(\text{안전율}) = \frac{\text{허용응력}}{\text{발생응력}} = \frac{f_a}{f_{d+l}} = \frac{190}{78.264 + 36.681} = 1.653$	A

<바닥판에 대한 안전성 평가>

구분		바닥판	S.F(안전율)	안전성평가등급
바닥판 캔틸레버부	공칭강도 ϕM_n (kN · m)	122.08	1.377	A
	극한강도 M_u (kN · m)	88.63		
바닥판 중앙부	공칭강도 ϕM_n (kN · m)	105.88	1.346	A
	극한강도 M_u (kN · m)	78.66		

<안전성 평가 결과>

부 재	SF(안전율)	등 급
강합성 거더	1.219	A
콘크리트 바닥판	1.346	A

4.2 내하력평가 결과

<거더 기본내하력 산정>

구 분	G1(상연)		G1(하연)	
	중앙부(S1)	지점부(P3)	중앙부(S1)	지점부(P3)
허용응력 (f_a), MPa	155.829	190.000	190.000	190.000
고정하중응력 (f_d), MPa	85.845	81.695	78.387	80.463
활하중응력 (f_l), MPa	41.613	31.710	37.998	34.898
내하율(RF) = $\frac{f_a - f_d}{f_l (1 + i)}$	1.682	3.416	2.937	3.139
기본내하력 $P = K_s \times RF \times P_r$	DB 24이상	DB 24이상	DB 24이상	DB 24이상

구 분	G2(상연)		G2(하연)	
	중앙부(S1)	지점부(P3)	중앙부(S1)	지점부(P3)
허용응력 (f_a), MPa	155.829	190.000	190.000	190.000
고정하중응력 (f_d), MPa	84.873	81.090	77.500	78.264
활하중응력 (f_l), MPa	42.963	36.071	39.231	36.681
내하율(RF) = $\frac{f_a - f_d}{f_l (1 + i)}$	1.652	3.019	2.868	3.046
기본내하력 $P = K_s \times RF \times P_r$	DB 24이상	DB 24이상	DB 24이상	DB 24이상

5. 종합평가 및 안전등급

5.1 상태평가

구성교량명	환산 결함도점수	상태평가 등급	연장(m)	차선	길이 ×차선	연장비	환산결함도점수 ×연장비
연호고가교 (범물방향)	0.165	B	410	3	1,230	0.500	0.082
연호고가교 (안심방향)	0.175	B	410	3	1,230	0.500	0.088
합계(Σ)			820		2,460	1	0.170
1. 평가지수 =							0.170
2. 상태평가 결과 =							B등급

등 급	A	B	C	D	E
결함도범위	$0 \leq x < 0.13$	$0.13 \leq x < 0.26$	$0.26 \leq x < 0.49$	$0.49 \leq x < 0.79$	$0.79 \leq x$
					∴ 상태평가 등급 : B

5.2 안전성평가

부재	SF(안전율)	등급	비 고
강합성 거더	1.219	A	
콘크리트 바닥판	1.346	A	

5.3 종합평가

구 분	상태평가	안전성평가	종합평가	비 고
연호고가교	B	A	B	

5.4 안전등급 지정

연호고가교의 안전등급지정은 상태평가 및 안전성평가 등을 종합적으로 평가하여 「법」 제10조의2 및 「영」 제11조의5에 따라 **B등급**으로 지정하였다.

6. 보수 · 보강 방안

구 분		보수·보강 방법	보수물량	단위	단가(천원)	개략공사비 (천원)	순 위
교면 포장	교량 구간	재포장	329.7	m ²	78	25,714	2
	토공 구간	미끄럼방지 재포장	0.7	m ²	54	38	2
		재포장	0.05	m ²	48	2	2
방호 난간	교량 구간	주입보수	182.4	M	78	14,227	1
		표면보수	0.5	M	63	31	2
		방청+단면보수	0.05	m ²	230	11	1
시·종점 옹벽		표면보수	0.9	m ²	65	58	2
		단면보수	0.1	m ²	198	21	2
		실란트충진	41.4	M	38	1,573	1
배수시설		배수관길이연장	6.0	EA	200	1,200	1
신축이음		청소	2.0	M	5	10	1
		신축이음장치 교체	27.0	M	6,704	181,008	1
		배수로 설치	54.0	M	300	1,620	1
바닥판하면		이음부 실링보수	1.2	EA	35	42	1
		표면보수	12.1	m ²	65	788	2
거더	외부	재도장(외부)	0.8	m ²	48	37	1
	내부	재도장(내부)	4.1	m ²	34	139	1
		실링보수	64.0	EA	5	320	1
받침 장치	본체	재도장(받침)	6.0	EA	45	270	1
교각		표면보수	3.6	m ²	65	234	2
		단면보수	2.4	m ²	198	470	1
개략 공사비		1순위 순공사비			200,928		
		2순위 순공사비			26,886		
		순공사비 합계			227,814		
		제경비(순공사비×50%)			113,907		
		개략공사비			341,721(천원)		

* 균열<0.3 표면처리는 길이(m)×폭(0.25m)를 적용하여 m²으로 산정함.

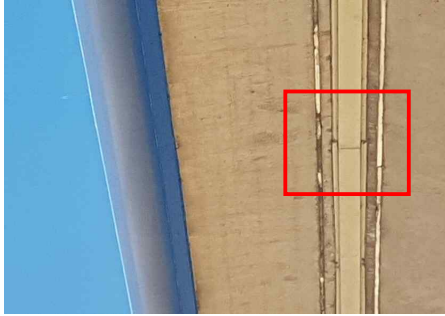
* 보수 수량은 손상 영향범위, 보수효과, 작업성 등을 고려, 별도의 실시설계 필요.

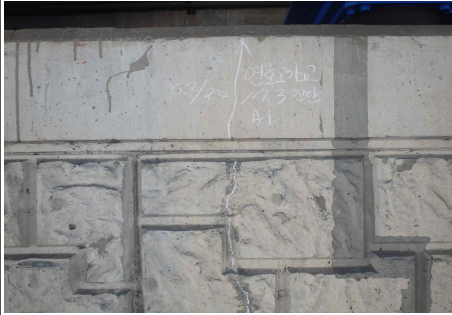
7. 유지관리 방안

7.1 부재별 중점유지관리 항목

구분	중점 유지관리 항목	조치방안	비고
교면포장	★아스콘 망상균열 ★신축이음장치 주변 아스콘 파손	망상균열부 재포장 포장파손부 재포장	
콘크리트 방호난간	★보수부 재균열(c/w=0.3mm미만) ★옹벽구간 단차	균열 진전여부 유지관찰	
배수시설	★배수구막힘 ★배수관 연결부 누수, 파손 등	주기적인 청소 연결부 실링, 교체	
신축이음	★신축이음장치 이상음 발생(A2) ★유간사이 토사퇴적	신축이음장치 교체 주기적인 청소	
바닥판하면	★Deak Plate 지점부 거치대 부식 ★중조인트 유도배수시설 우수유출	유지관찰 이음부 실링보수	
STB	★외부 강재 도장 박리, 박락 ★내부 도장박락, 부식 ★현장이음부 실링처리 미흡	재도장(외부) 재도장(내부) 실링보수	
받침장치	★부분 도장 탈락	재도장(받침)	
교대 및 교각	★건조수축균열, 망상균열 ★하부 기둥부 침식(P1~P3)	유지관찰 배수관 길이연장	

구분	중점관리사항		비고
교면 포장	- 지속적인 유지관찰을 통한 추후 보수 계획수립 - 접속부 아스콘 패임 발생여부 확인		
	<교면포장 망상균열> (S1, 범물방향) 	<아스콘 패임> (S3, 범물방향) 	
방호벽	- 차량충돌 등 외적인 요인에 의한 콘크리트 파손 및 철근노출 발생여부 확인		
	<보수부재균열> (시설폽벽구간, 안심방향) 	<접속옹벽 침하(약T=60mm)> (시설폽벽구간, 안심방향) 	
신축이음 장치	- 본체 손상여부 확인(고무재 파손, 이동유간, 단차, 충격음 등) - 후타재 균열 및 망상균열 진전여부 확인 - 신축이음 본체 토사퇴적 및 이물질퇴적 확인 - 신축이음 하부 바닥판 콘크리트 손상 및 누수 발생여부 확인		
	<후타재균열> (A1, 범물방향) 	<신축이음장치 주변 포장파손> (A2, 안심방향) 	

구분	중점관리사항		비고
바닥판	- 포장손상에 따른 바닥판 손상 발생여부 - 바닥판하면 균열부 손상 진전 여부 - 콘크리트 백태 등 손상의 진전여부 확인		
	<중조인트 누수, 백태> 	< 중조인트부 유도배수시설 우수유출> 	
STB	- 도장박리, 박락 발생 여부 확인 - 강재 부식에 대한 발생 여부 확인		
	<도장 박리, 박락> 외부(S8, G6) 	<강재 부식> 내부(S3-G1, D29) 	
교량받침	- 교량받침 가동여부 및 이동여유량 확보 여부 확인 - 우수유입에 따른 부식 및 거동여부 확인 - 편기 및 편위의 발생여부 - 도장 박리, 박락에 대한 손상 유무 확인 - 2차부재 몰탈 균열, 파손 등 손상 유무 확인		
	<받침 도장박락> (A2, SH7) 	<무수축몰탈 균열> (P5 SH2) 	

구분	중점관리사항	비고
교대 및 교각	- 신축이음 하부 우수유입 여부, 우수유입에 따른 콘크리트 열화 진행 여부 확인 - 본체의 침하, 회전 및 수평이동 여부 - 교대 및 교각 균열진행 여부 확인 - 교각 기중하부 침식부 진전 여부	
	<교대 건조수축균열>  <교각 침식> 	

7.2 점검 및 진단시 접근방법

범물동 방향 주형1 주형2 주형3 주형4 주형5 주형6		
노출동 A1 P1 P2 P3 P4 P5 P6 P7 A8		
구분	설치위치 및 접근방법	비고
BOX내부 진·출입로	시·종점부 지점 출입구를 통하여 점검	●
점검로	교량상부 (↓)	점검로 없음 ■
	교량하부 (↑)	점검로 없음 ■
점검차 이용 점검 동선	S3 ~ S8 (인도부 및 차도부 1차로 통제 후 점검)	◇

8. 종합결론

본 과업의 대상교량인 연호고가교는 대구광역시 수성구 연호 사거리를 횡단 하는 교량으로 총 8경간의 연장 L=442.0m이며, 형식은 Steel Box Girder교로 시공되어 공용 중에 있다.

8.1 외관조사

◆ 교면포장

- 교면포장의 주요 손상으로 망상균열, 국부파손, 시종점 토공구간의 아스콘 패임, 미끄럼방지포장 국부 파손이 조사되었으며, 교면방수에 대한 확인을 위한 코어채취 (2017. 05) 결과 방수층이 없고 부분 구스 도막식 방수가 일부 검출되었으나 추후 재포장시 전체적인 교면방수가 필요할 것으로 판단됨.

◆ 콘크리트 방호난간

- 콘크리트 방호난간에 대한 외관조사 결과, 균열(c/w=0.3mm미만, 이상)이 다수 조사되었으며, 일부 균열부 백태 동반 손상이 조사되었다.
- 방호벽 하단부 피복부족에 의한 철근노출 및 망상균열이 일부 구간에서 조사되었다.
- 따라서, 방호난간에 발생한 손상에 대해서는 주입보수, 철근방청보수 등을 통한 유지관리 및 사용성 확보가 필요할 것으로 판단됨.

◆ 배수시설

- 배수시설중 배수구는 전반적으로 막힘이 없는 양호한 상태이며, 하부 배수관은 P1~P3 교각기둥 하부 배수관 길이부족에 의한 침식이 발생하여 구조물의 내구성 확보 차원의 배수관 길이연장을 통한 유지관리가 필요할 것으로 판단됨.

◆ 신축이음

- 본 교량에는 총 2개(A1, A2)의 신축이음(Rail Joint)이 설치되어 있으며, A2측 신축이음장치부 베어링 탈락에 의한 이상음이 발생하여 신축이음장치에 대한 교체가 필요하며, 상부 신축이음장치 주변 배수로는 유공관을 삽입하여 양측으로 배수토록 방안을 제시하는 것이 바람직할 것으로 판단됨.

◆ 바닥판 하면

- 바닥판하면은 데크플레이트 및 양측 캔틸레버 콘크리트 노출 구간에 대한 외관조사를 실시한 결과, 데크플레이트 거치부 일부 부식을 제외하고는 전반적으로 양호하게 조사되었으며, 종조인트부 우수유입에 의한 콘크리트 백태가 일부 발생 및 유도배수 시설 이음부 누수가 조사되어 배수시설에 대한 정비가 필요할 것으로 판단됨.

◆ Steel Box 거더 외부

- 거더 외부는 부분 도장보수가 이루어져 전반적으로 양호하며, 국부 도장 박락이 조

사되었다.

◆ Steel Box 거더 내부

- 내부의 상태는 일부 부식, 도장 박리, 박락, 실링처리 미흡이 발생하였으나 손상정도가 경미하며 일부 보수를 통한 유지관리가 이루어진다면 사용성에는 문제가 없을 것으로 판단됨.

◆ 교량받침

- 연호고가교의 받침장치는 면진받침으로 전반적으로 양호하게 조사되었으며, 국부 도장 박락이 경미하게 조사되었다.

◆ 교대 및 교각

- 총 9기의 교대 및 교각은 대체적으로 양호한 상태이며, 일부 균열, 망상균열, 기둥 하부 침식 등의 손상이 발생되어 내구성 저하 방지를 위한 적절한 보수가 필요할 것으로 판단됨.

8.2 내구성 조사

◆ 콘크리트 비파괴

현장 및 실내 시험을 통한 추정강도는 설계기준을 만족하고 있으며, 철근탐사를 통한 배근간격 및 피복두께는 측정부위에 따라 다소 편차는 있으나 전반적으로 설계 상태에 양호하게 조사 되었다. 탄산화 및 염화물함유량의 경우 b등급 이상을 유지하고 있는 양호한 상태로 평가 되었다.

◆ 강재 비파괴

맞대기 용접부 96개소에 대한 초음파탐상 실시 결과 'KS B 0896'의 판정 등급기준에 의거 판정되어 전체 불합격 결함은 조사되지 않은 양호한 것으로 판정되었다.

8.3 안전성 검토 및 내하력평가

- ◆ 본 교량의 안전성 검토를 통한 강박스 거더와 바닥판 슬래브의 기본내하력 및 공용내하력 평가 결과 내하율 1.0 이상으로 설계활하중 DL(DB)-24를 만족하는 것으로 평가 되었다.

8.4. 종합평가

- ◆ 연호고가교의 외관조사에 의한 상태평가 결과는 『B』 등급이고, 구조안전성 평가 결과는 『A』 등급으로, 종합평가는 『B』 등급으로 평가되었으며, 금회 조사된 결함 및 손상 부위에 대하여는 보고서에 제시된 보수·보강과 중점유지관리 항목들에 대한 주기적인 점검이 시행된다면 안전성에는 문제가 없을 것으로 판단된다.