

요 약 문

1. 과업의 목적

본 과업은 국도 26호선 성산대교 외 13개교에 대하여 정밀안전진단 및 정밀점검을 실시하여 시설물의 위험요인을 조사하고 안전성을 평가함으로서 교통량 증가에 따른 교량의 점진적 손상을 방지하기 위한 교량보수, 보강공법 그리고 향후 유지관리방안을 제시하여 교량의 효율적인 유지관리와 수명을 연장시키는데 있다.

2. 과업의 범위

- (1) 자료 수집 및 분석
- (2) 현장조사 및 시험
- (3) 상태평가
- (4) 종합평가 및 안전등급 지정
- (5) 보수·보강방안 및 유지관리방안 제시
- (6) 보고서 작성

3. 과업의 기간

2015. 07. 20 ~ 2015. 11. 16 (착수일로부터 120일)

4. 과업대상 시설물 현황

구 분		내 용		구 분		내 용	
교 량 명		낙단대교		준공년도		2003년 12월 19일	
관리주체		부산지방국토관리청 대구국토관리사무소		교량등급		1등급(DB-24)	
노 선 명		국도 25호선		소 재 지		경상북도 상주시 낙동면 낙동리	
설 계 자		(주)동우기술공사 (주)삼영기술공사 (주)효원엔지니어링		시 공 사 감 리 사		현대건설(주)	
교 폭		B=19.5m(왕복 4차로)					
교 장		L=693.4m(40.7m+12@51.0m+40.7m=693.4m)					
상부구조		PSC Box		교면포장		아스콘	
하 부 구 조	교 각	1주식 중공트랙형		기 초 형 식	교 각	케이슨기초, 파일기초	
	교 대	역T형			교 대	파일기초	
받침장치		납면진받침(L.R.B)		난 간		알루미늄 난간(H=1.1m)	
신축이음		A1, A2(Rail Joint)					
교차시설		낙동강		교하공간		H=4.8m	



5. 외관조사 결과

5.1 교면포장

교면포장은 왕복 4차선으로, 아스팔트 포장($T=80\text{mm}$)으로 시공되어져 있다.

교면포장에 대한 외관조사 결과, 전구간에 걸쳐 아스콘 마모가 발생하였고, 일부구간 소성변형 및 패임이 조사되었다. 교면포장의 아스콘 마모는 차량의 지속적인 윤회중 및 채수로 인한 손상으로 추정되며, 금회 조사된 결함은 차량의 주행이나 교면포장의 내구성에는 문제가 없을 것으로 판단되어 유지관찰 후 손상 진전 시 보수를 실시하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

5.2 방호벽/중앙분리대

방호벽은 콘크리트 방호벽($H=780\text{mm}$)와 상부에 알루미늄 난간($H=400\text{mm}$)이 설치되어 있다.

방호벽 및 중앙분리대에 대한 외관조사 결과, 주요 손상으로 콘크리트 표면열화, 철근노출, 난간대 파손 및 중앙분리대 상부 차광판 파손이 조사되었다. 방호벽에 발생한 콘크리트 표면열화는 현 시점에서의 보수보다는 정기적인 주의관찰로 유지관리 후 손상의 진전이 있을 시 단면보수 등의 보수가 필요하며, 충격에 의해 발생한 난간 및 차광판 파손은 진행 차량의 안정성을 위해 정비가 요망된다.

5.3 거더 내부

본 교량은 14경간의 P.S.C Box Girder 교로서 거더 내부는 2련 Box로 13개의 격벽($T=1,500\text{mm}$)이 설치되어 있다.

거더 내부에 대한 외관조사 결과, 거더 내부 균열(폭 0.3mm 미만)이 상면에 종방향으로 발생하였고, 일부 벽체에서 사방향 균열이 조사되었다. 국부적인 0.3mm 이상의 균열이 2개소에서 발생하였다.

5.4 거더 외부

본 교량은 철근콘크리트 시공되어져 있고, 교폭 19.5m, 높이 3.105m이고, 양측 캔틸레버는 각각 4.35m이다.

거더 외부에 대한 외관조사 결과, 거더 외부 하면과 측면에 폭 0.3mm미만 균열 및 망상균열, 국부적인 콘크리트 들뜸 및 박락이 발생된 상태이다. 손상부는 온도변화와 건조수축(외부구속)에 의한 균열로 판단되고 파손은 거더 표면에 외부 충격으로 표면이 긁힌 상태이다. 조사된 결함은 경미한 손상으로 주의관찰 후 손상의 진전 시 보수를 하는 것이 바람직한 것으로 판단된다.

5.5 교대 및 교각

낙단대교의 교대 및 교각 형식은 교대 역T형, 교각 1주식 중공트랙형으로 시공되어 있으며, 기초는 교대 파일기초, 교각 케이슨기초 및 파일기초로 시공되어 있다.

5.5.1 교대

교대에 대한 외관조사 결과, 누수흔적, 보호블럭 파손이 조사되었다. 보호블럭 파손은 우수유입에 의해 내부토사 유실이 의심되며, 손상의 진전이 일어날 가능성이 있으므로 보수가 필요하다.

5.5.2 교각

교각에 대한 외관조사 결과, 균열 및 망상균열, 콘크리트 박락, 굽힘, 누수흔적 등의 손상이 발생하였다. 폭 0.3mm미만 균열은 코핑부 상면에서 발생 하였으며, 이는 온도변화와 건조수축(최대 체적의 0.05%까지 수축)시 콘크리트 내·외부 수축량 차이에서 발생하는 내부구속 균열로 판단되며, 금회 조사된 결함은 경미한 손상으로 주의관찰 후 손상의 진전 시 보수를 하는 것이 바람직한 것으로 판단된다.

5.6 받침장치

받침장치는 납면진받침(L.R.B)으로 하부구조 당 3개소씩 설치되어 있다.

교량받침에 대한 외관조사 결과, 일부 받침 플레이트 녹발생, 도장박리, 받침몰탈 균열 및 파손, 본체 고무재 들뜸이 조사되었다. Sole Plate부식은 외부 우수유입 및 노후화에 따른 손상으로 손상확대방지 및 내구성 저하 방지를 위해 보수를 실시하는 것이 바람직한 것으로 판단된다. 받침콘크리트 균열 및 박리는 건조수축 및 외부 충격에 의한 것으로 판단되며, 폭 0.3mm이상 균열 및 박리에 대해서는 보수가 필요하다.

5.7 신축이음장치

본 교량은 14경간 연속교로 신축이음 장치는 Rail Joint 형식으로 A1, A2에 설치되어 있다.

신축이음장치에 대한 외관조사 결과, 후타재 파손 및 본체 이물질퇴적, 하부 볼트 탈락, 베어링 밀림, 녹발생이 조사되었다. 신축이음 이물질퇴적은 교량의 원활한 신축거동을 저해하는 요인으로 정비 및 유지관리가 필요하며, 신축이음 하부 볼트 탈락 및 베어링 밀림은 볼트 재체결 및 정비가 요망된다.

온도변화에 의한 신축이음부의 신축량과 실측유간을 검토한 결과, 실측유간이 온도신장량 및 온도수축량보다 여유가 있는 것으로 검토되어 신축이음장치의 유간확보 및 적정성에는 문제가 없는 것으로 판단된다.

5.8 배수시설

배수시설은 강관파이프로 시공된 상태이며, A1~P2 및 P11~A1 구간은 $\Phi 150\text{mm}$ (58개소), P2~P11 구간은 $\Phi 300\text{mm}$ (82개소)으로 경간 당 4~6개소씩 각각의 방향으로 70개소, 전체 140개의 배수구가 설치되어 있는 것으로 조사되었다.

배수시설 외관조사 결과, 배수구 토사퇴적, 그레이팅 망실 및 파손, 배수관 길이부족이 조사되었고, 전반적인 외관은 양호한 상태이다. 배수구 막힘은 교면포장 체수를 유발하고, 차량통행에 안정성을 저해하므로 정비 및 유지관리가 요망된다. S3 하부에 공원길이 조성되어 있고, 배수관은 산악형으로 낙수가 되어 사람의 통행에 불편을 가하므로 육교형으로 교체가 필요하다.

6. 내구성조사 및 시험

구 분	시험 결과			결과 분석
압 축 강 도 시험 (MPa)	구 분	반발경도법	설계강도	반발경도법에 의한 콘크리트 압축강도 추정 결과는 시험개소 모두 설계기준강도(상부구조:40.0MPa, 하부구조:24.0MPa)를 상회하는 것으로 분석됨
	거 더	43.6 ~ 51.5	40.0	
	교대, 교각	25.1 ~ 30.2	24.0	
탄산화 시험 (mm)	구 분	탄산화깊이	잔여피복	탄산화에 의한 잔여피복 두께는 모두 30mm이상(평가 : a 이상)으로 양호한 상태로 평가됨
	거 더	4.4 ~ 5.5	44.5 ~ 45.6	
	교 대	7.1 ~ 7.5	92.5 ~ 92.9	

7. 상태평가

부재의 분류		상부구조		2차	기타부재				받침	하부구조		내구성 요소	
번호	구조 형식	바닥판	거더	부재	포장	배수	난간연석	신축이음	교량받침	하부	기초	탄산화(상)	탄산화(하)
S1(A1)	PSC Box	a	a	c	c	c	a	c	b	b	q	a	a
S2(P1)	PSC Box	a	a	d	c	c	a	x	b	a	q	x	x
S3(P2)	PSC Box	b	b	b	c	c	b	x	c	c	q	x	x
S4(P3)	PSC Box	c	b	a	c	a	b	x	a	c	q	x	x
S5(P4)	PSC Box	c	c	a	c	c	b	x	b	a	q	x	x
S6(P5)	PSC Box	b	b	a	c	a	b	x	b	b	q	x	x
S7(P6)	PSC Box	c	c	a	c	a	b	x	b	a	q	x	x
S8(P7)	PSC Box	a	b	a	c	c	a	x	b	b	q	x	x
S9(P8)	PSC Box	b	b	a	c	a	a	x	b	c	q	x	x
S10(P9)	PSC Box	b	b	a	c	c	b	x	b	c	q	x	x
S11(P10)	PSC Box	b	b	b	c	a	b	x	b	b	q	x	x
S12(P11)	PSC Box	a	a	a	c	c	b	x	b	b	q	x	x
S13(P12)	PSC Box	a	a	d	c	c	b	x	a	a	q	x	x
S14(P13)	PSC Box	b	a	a	c	c	a	x	a	b	q	a	x
A2	-	-	-	-	-	-	-	c	b	b	q	-	a
평균		0.207	0.193	0.221	0.400	0.293	0.164	0.400	0.193	0.227	0.000	0.100	0.100
가중치		20	20	3	7	3	2	9	9	20	0	4	3
(평균×가중치)/가중치합		0.041	0.039	0.007	0.028	0.009	0.003	0.036	0.017	0.045	0.000	0.004	0.003
환산결함도점수											0.232		
상태평가결과											B		

8. 종합평가 및 안전등급 지정

대상 구조물의 종합평가는 『안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(국토교통부 2013.04.)』에 따라 시설물의 종합평가등급을 결정하였다.

구조적 결함 및 손상은 없는 것으로 조사되었으나 상·하부구조에서 건조수축에 의한 균열, 백태 등 비구조적 요인과 외부충격에 의한 콘크리트 파손 및 굽힘 변형 등이 발생되었으며, 교면포장은 차륜에 의한 영향으로 아스콘 마모, 소성변형, 패임이 발생한 상태이다. 또한 방호벽은 표면열화 및 난간 파손, 차광판 파손이 조사되었으며, 교량받침은 무수축물탈, 받침콘크리트 균열 및 플레이트 도장박리가 발생하였다. 신축이음장치 및 교량받침은 기능상(유간 및 가동상태) 문제점은 없는 양호한 상태이다. 본 교량은 상·하부 구조에 대해 손상의 진전유무에 대한 관찰을 실시하는 유지관리가 필요하다.

낙단대교의 상태평가 및 종합평가 결과, 안전등급은 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태인 “B(양호)등급”으로 평가되었다.

평가구분	결함지수	평가결과	비 고
상태평가	F = 0.232	B	
안전성평가	-	-	
종합평가	안전등급 : B 등급(양호)		
평 가	· 외관조사 결과, 상·하부구조에서 건조수축에 의한 균열, 백태 등 비구조적 요인과 외부충격에 의한 콘크리트 파손 및 굽힘 변형 등이 발생되었다. 상·하부 구조에 대해 손상의 진전유무에 대한 관찰을 실시하는 유지관리가 필요함. · 내구성조사 결과, 콘크리트 강도, 탄산화시험은 전반적으로 양호한 상태로 유지되고 있는 것으로 조사됨 · 상태평가 및 내구성평가를 종합적으로 분석한 결과, 안전등급은 보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능 발휘에는 지장이 없으며, 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태인 “B등급(양호)”지정됨		

※본 용역에서는 안전성 평가를 실시하지 않음.

9. 보수·보강 방안

구분	손상내용	보수·보강	수량			단가 (원)	공사비 (원)	우선 순위	비고
			손상	보수	단위				
방호벽	철근노출	단면보수(t=50mm)	0.4	0.48	ea	350,000	168,000	1	
거더 내부	균열 0.3mm 이상	주입보수	1.6	1.92	m ²	50,000	96,000	1	
교대/교각	균열 0.3mm 이상	주입보수	15.5	4.65	m ²	50,000	232,500	1	
받침 장치	균열 0.3mm 이상	주입보수	2.6	0.78	m ²	50,000	39,000	1	
신축 이음	후타재 파손	단면보수(t=20mm)	0.18	0.216	m ²	166,000	35,856	1	
	하부 볼트탈락	교체	8	9.6	m ²	-	50,400,000	1	
	베어링 밀림		3	3.6	m ²				
	하부 볼트 녹발생		18	21.6	m ²				
	이물질 퇴적	정비	6.0	7.2	m ²	10,000	72,000	1	
배수 시설	배수구 토사퇴적	정비	19	19	ea	10,000	190,000	1	
	그레이팅 망실, 파손	교체	3	3	ea	10,000	30,000	1	
순공사비		1순위(원)			51,263,356				
부대공 (순공사비 30%)		1순위(원)			15,379,007				
제경비 (순공사비와 부대공사비 합계의 50%)		1순위(원)			33,321,181				
총 개략공사비		1순위 (십만단위 절삭)			99,900,000				

10. 종합결론

낙단대교는 왕복 4차선의 14경간($40.7 + 12 @ 51.0 + 40.7 = 693.4\text{m}$) PSC BOX 교로서 낙동강을 횡단하기 위한 교량으로 외관조사는 각 부재별로 상부구조, 하부구조, 받침장치, 기타부재(교면포장, 난간(연석), 신축이음, 배수시설)로 구분하여 실시하였으며, 그 결과는 다음과 같다.

1. 교면포장은 왕복 4차선으로, 아스팔트 포장($T=80\text{mm}$)으로 시공되어져 있다. 교면포장에 대한 외관조사 결과, 전구간에 걸쳐 아스콘 마모가 발생하였고, 일부구간 소성변형 및 패임이 조사되었다. 교면포장의 아스콘 마모는 차량의 지속적인 윤회중 및 체수로 인한 손상으로 추정되며, 금회 조사된 결함은 차량의 주행이나 교면포장의 내구성에는 문제가 없을 것으로 판단되어 유지관찰 후 손상 진전 시 보수를 실시하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.
2. 방호벽은 콘크리트 방호벽($H=780\text{mm}$)와 상부에 알루미늄 난간($H=400\text{mm}$)이 설치되어 있다. 방호벽 및 중앙분리대에 대한 외관조사 결과, 주요 손상으로 콘크리트 표면열화, 철근노출, 난간 파손 및 중앙분리대 상부 차광판 파손이 조사되었다. 방호벽에 발생한 콘크리트 표면열화는 현 시점에서의 보수보다는 정기적인 주의관찰로 유지관리 후 손상의 진전이 있을 시 단면보수 등의 보수가 필요하며, 충격에 의해 발생한 난간 및 차광판 파손은 진행 차량의 안정성을 위해 정비가 요망된다.
3. 본 교량은 14경간의 P.S.C Box교로서 거더내부는 2런 Box로 13개의 격벽($T=1,500\text{mm}$) 이 설치되어 있다. 거더 내부에 대한 외관조사 결과, 거더내부 균열(폭 0.3mm 미만)이 상면에 종방향으로 발생하였고, 일부 벽체에서 사방향 균열이 조사되었다. 국부적인 0.3mm 이상의 균열이 2개소에서 발생하였다.
4. 본 교량은 철근콘크리트 시공되어져 있고, 교폭 19.5m , 높이 3.105m 이고, 양측 캔틸레버는 각각 4.35m 이다. 거더 외부에 대한 외관조사 결과, 거더하면과 측면에 폭 0.3mm

미만 균열 및 망상균열, 국부적인 콘크리트 들뜸 및 박락이 발생된 상태이다. 손상부는 온도변화와 건조수축(외부구축)에 의한 균열로 판단되고 파손은 거더 표면에 외부 충격으로 표면이 긁힌 상태이다. 조사된 결함은 경미한 손상으로 주의관찰 후 손상의 진전시 보수를 하는 것이 바람직한 것으로 판단된다.

5. 낙단대교의 교대 및 교각 형식은 교대 역T형, 교각 1주식 중공트랙형으로 시공되어 있으며, 기초는 교대 파일기초, 교각 케이슨기초 및 파일기초로 시공되어 있다. 교대에 대한 외관조사 결과, 누수흔적, 보호블럭 파손이 조사되었다. 보호블럭 파손은 우수유입에 의해 내부토사 유실이 의심되며, 손상의 진전이 일어날 가능성이 있으므로 보수가 필요하다. 교각에 대한 외관조사 결과, 균열 및 망상균열, 콘크리트 박락, 굽힘, 누수흔적 등의 손상이 발생하였다. 폭 0.3mm미만 균열은 코핑부 상면에서 발생 하였으며, 이는 온도변화와 건조수축(최대 체적의 0.05%까지 수축)시 콘크리트 내·외부 수축량 차이에서 발생하는 내부구축 균열로 판단되며, 금회 조사된 결함은 경미한 손상으로 주의관찰 후 손상의 진전시 보수를 하는 것이 바람직한 것으로 판단된다.

6. 받침장치는 납면진받침(L.R.B)으로 하부구조 당 3개소씩 설치되어 있다. 교량받침에 대한 외관조사 결과, 일부 받침 플레이트 녹발생, 도장박리, 받침몰탈 균열 및 파손, 본체 고무재 들뜸이 조사되었다. Sole Plate부식은 외부 우수유입 및 노후화에 따른 손상으로 손상확대방지 및 내구성 저하 방지를 위해 보수를 실시하는 것이 바람직한 것으로 판단된다. 받침콘크리트 균열 및 박리는 건조수축 및 외부 충격에 의한 것으로 판단되며, 폭 0.3mm이상 균열 및 박리에 대해서는 보수가 필요하다.

7. 본 교량은 14경간 연속교로 신축이음 장치는 Rail Joint 형식으로 A1, A2에 설치되어 있다. 신축이음장치에 대한 외관조사 결과, 후타재 파손 및 본체 이물질퇴적, 하부 볼트 탈락, 베어링 밀림, 녹발생이 조사되었다. 신축이음 이물질퇴적은 교량의 원활한 신축거동을 저해하는 요인으로 정비 및 유지관리가 필요하며, 신축이음 하부 볼트 탈락 및 베어링 밀림은 볼트 재체결 및 정비가 요망된다. 온도변화에 의한 신축이음부의 신축량과

실측유간을 검토한 결과, 실측유간이 온도신장 량 및 온도수축 량보다 여유가 있는 것으로 검토되어 신축이음장치의 유간확보 및 적정성에는 문제가 없는 것으로 판단된다.

8. 배수시설은 강관파이프로 시공된 상태이며, A1~P2 및 P11~A1 구간은 $\Phi 150\text{mm}$ (58개소), P2~P11 구간은 $\Phi 300\text{mm}$ (82개소)으로 경간 당 4~6개소씩 각각의 방향으로 70개소, 전체 140개의 배수구가 설치되어 있는 것으로 조사되었다. 배수시설 외관조사 결과, 배수구 토사퇴적, 그레이팅 망실 및 파손, 배수관 길이부족이 조사되었고, 전반적인 외관은 양호한 상태이다. 배수구 막힘은 교면포장 체수를 유발하고, 차량통행에 안정성을 저해하므로 정비 및 유지관리가 요망된다. S3 하부에 공원길이 조성되어 있고, 배수관은 산악형으로 낙수가 되어 사람의 통행에 불편을 가하므로 육교형으로 교체가 필요하다.
9. 외관조사 결과 및 내구성조사 결과에 의한 상태평가는 “B”로 평가되어 종합평가를 통한 안전등급 지정결과, 본 시설물은 “B등급(양호)”이다.
10. 본 시설물의 안전등급은 『B등급』으로 평가되었으며, 조사된 손상부위에 대하여 내구성 확보 및 기능유지를 위한 적절한 보수를 실시하고, 금회 정밀점검 결과에 따라 효과적인 유지관리가 이루어진다면 시설물의 공용에는 문제가 없을 것으로 판단된다.
11. 정밀점검 대상 시설물인 낙단대교는 활하중 작용 등 외력에 의한 구조적 결함이나 손상이 없는 상태로써 국부적으로 발생한 손상·결함부에 대해 보수를 시행하면 사용재료의 건전성, 구조물의 기능성과 안전성을 더욱 확보할 수 있으므로 현재는 정밀안전진단 및 시설물의 사용제한 등의 필요성이 없으며 향후 “시설물의 안전관리에 관한 특별법”에 의한 정기점검, 정밀점검 등의 시행과 동절기와 해빙기를 전·후하여 특별점검 시행 등 지속적 유지관리를 행하면 설계시 의도한 내구연한을 확보할 수 있을 것으로 판단된다.