

제 출 문

한국도로공사 강원본부장 귀하

귀 본부와 2016년 6월 20일자로 계약을 체결한 『남조천교 등 10개소
정밀안전진단 용역』을 성실히 수행하고 단양대교(부산, 춘천)의 결과를 본
보고서에 수록하여 부속자료와 함께 제출합니다.

준 공 2016년 12월 26일

에 스 큐 엔 지 니 어 링 (주)

대 표 자 이 래 철 (인)

(주) 한 국 건 설 방 재 연 구 원

대 표 자 김 영 미 (인)

목 차

■ 요 약 문

제1장 정밀안전진단 개요	1
1.1 과업의 목적	3
1.2 과업의 범위 및 내용	3
1.3 과업수행 절차 및 일정	5
1.4 대상 교량의 현황	7
1.5 사용장비 및 시험기기의 현황	27
1.6 사용장비 및 시험기기의 현황	28
 제2장 자료수집 및 분석	31
2.1 자료수집 현황	33
2.2 건설 관련자료 검토결과 요약	35
2.3 기존 점검 및 진단 실시결과 요약	38
2.4 보수·보강 이력	45
2.5 자료분석 결과	46
 제3장 현장조사 및 시험	47
3.1 개 요	49
3.2 외관조사(부산방향)	53
3.3 외관조사(춘천방향)	89
3.4 콘크리트 내구성조사	122
3.5 현장조사 결과요약	155
 제4장 시설물의 상태평가	167
4.1 상태평가 기준	169
4.2 상태평가 결과 산정 방법	176
4.3 상태평가 결과	177

제5장 시설물의 안전성평가	191
5.1 개 요	193
5.2 상부구조 안전성평가 검토	198
5.3 내하력평가 검토	211
5.4 안전성평가 결과요약	217
제6장 종합평가 및 안전등급의 지정	219
6.1 종합평가 산정절차	221
6.2 종합평가 결과	222
6.3 안전등급 지정	222
제7장 보수·보강 및 유지관리방안	223
7.1 개 요	225
7.2 보수·보강 방안	227
7.3 보수·보강 개략공사비	246
7.4 유지관리 방안	250
제8장 종합결론	255
8.1 상태평가 결과	257
8.2 안전성평가 결과	258
8.3 종합결언	259

단양대교(부산) 정밀안전진단 결과표

1. 기본현황

가. 일반현황					
용역명	남조천교 등 10개소 정밀안전진단 용역		진단기간	2016. 6. 20 ~ 2016. 12. 26	
관리주체명	한국도로공사 강원본부 제천시사		대 표 자	지사장 조 병 대	
공동수급	에스큐엔지니어링(주) (주)한국건설방재연구원		계약방법	제한경쟁	
시설물 구분	교량		종 류	도로교량	종 별 1종
준 공 일	2001년 12월 19일		진단금액 (천원)	39,317	안전등급 B
시설물 위치	충청북도 단양군 단성면 하방리 (중앙선 252.36km)		시설물 규모	L=440.0m, B=12.6m(2차로)	
나. 진단 실 결과 현황					
중대결함	－ 없 음				
진 단 주요결과	－ 거더 내·외부 균열 및 백태, 망상균열, 균열(0.3mm미만 0.3mm이상), 재료분리 박리 등 － 하부구조 균열(0.3mm미만, 0.3mm이상), 망상균열, 백태, 박리 및 박락, 재료분리, 철근노출 － 방호벽 균열(0.3mm미만, 0.3mm이상), 망상균열, 균열 및 백태, 박락 및 파손, 철근노출				
주 요 보수·보강	－ 표면보수, 주입보수, 단면보수 － 표면보수, 주입보수, 단면보수, 단면보수(방청)				
다. 책임(참여)기술자 현황					
구분		성명	과업참여기간	기술등급	
사업책임		박 정 용	2016.06.20. ~ 2016.12.26.	특급기술자(기술사)	
분야별책임	재료시험	강 무 진	2016.06.20. ~ 2016.12.26.	특급기술자	
	자료분석	성 재 영	2016.06.20. ~ 2016.12.26.	특급기술자	
참여기술자	재료시험	송재성 외 3인	2016.06.20. ~ 2016.12.26.	초급~특급기술자	
	자료분석	안병진 외 7인	2016.06.20. ~ 2016.12.26.	초급~특급기술자	
라. 참고사항					

단양대교(부산) 정밀안전진단 실시결과 요약표

책임기술자 종합의견	
- 단양대교(부산)는 고속국도 55호선 중안선의 이점 252.36km에 시공된 고속국도 상 교량으로 준공 후 약 15년 공용중이며, 지속적인 점검 및 보수가 적절하게 시행되고 있다. - 단양대교(부산)의 정밀안전진단 실시결과 외관조사 및 비파괴시험에 의한 상태평가 결과는 "B"이고 안전성평가(전 회차 자료분석) 평가결과는 "A"로 평가되어 안전등급은 "B" 등급으로 지정되었다. - 전회 진단과 비교한 결과 전체적으로 손상범위가 진전되지 않았으며, 구조적으로 문제가 될 만한 손상은 조사되지 않았다. - 따라서 제시된 보수·보강방법에 따라 보수를 실시하고 유지관리 방안에 제시한 중점점검 항목에 대해서 세심한 점검과 지속적인 관찰을 실시한다면 교량 공용이 증대될 것으로 판단된다.	
책임기술자 : 박 정 용 	

가. 정밀안전진단 외관조사 결과 기본사항

상태평가 결과 및 보수·보강				상태평가 결과 : B
결함발생 부재		상태평가 결과	결함종류	보수·보강(안)
상부 구조	거더 내부	b	- 균열(0.3mm미만), 백태 - 박리	- 표면보수 - 단면보수
	거더 외부	b	- 균열(0.3mm미만), 백태 - 균열(0.3mm이상) - 층분리, 박리 - 누수	- 표면보수 - 주입보수 - 단면보수 - 주의관찰
하부 구조	교 대	b	- 균열(0.3mm미만), 망상균열 - 균열(0.3mm이상) - 박리 및 박락 - 백태 - 재료분리, 철근노출 - 앵커홀 마감불량 - 토사유출	- 표면보수 - 주입보수 - 단면보수 - 표면보수 - 단면보수, 단면보수(방청) - 주의관찰 - 보호블록공 설치

상태평가 결과 및 보수·보강				상태평가 결과 : B
결함발생 부재		상태평가 결과	결함종류	보수·보강(안)
하부 구조	교 각	a ~ b	- 균열(0.3mm미만) - 균열(0.3mm이상) - 박리	- 표면보수 - 주입보수 - 단면보수
교량받침		b	- 균열(0.3mm미만)	- 표면보수
신축이음		c	- 후타재 균열(0.3mm미만) - 후타재 파손 - 이물질 퇴적 - 차수판 볼트 탈락	- 주의관찰 - 단면보수 - 청소 - 주의관찰
교면포장		b ~ c	- 아스콘 균열 - 망상균열, 포트홀, 표면마모	- 주의관찰 - 아스콘 팻칭보수
기타 부재	배수시설	b	- 배수구 막힘 - 배수관 부식 - 배수관 파손 및 지지대 탈락 - 배수관 누수	- 청소 - 주의관찰 - 교체 - 교체
	난간 및 연석 (방호벽)	b	- 균열(0.3mm미만), 망상균열 - 균열(0.3mm이상) - 철근노출, 박리 및 박락	- 표면보수 - 주입보수 - 단면보수, 단면보수(방청)

나. 안전성평가 결과

부 재			SF(안전율)		등 급
			허용응력	강도설계	
PSC BOX Girder	종방향	경간중앙부	1.14	6.96	a
		지점부	1.20	3.33	a
횡방향	횡방향	중앙부	-	1.13	a
		캔틸레버부	-	1.03	a

다. 내진성능 검토 수행 여부

검토대상부재	설계적용여부	결 과	비 고
받 침	적 용	설계시 내진검토 반영	
교 대	적 용	설계시 내진검토 반영	
교 각	적 용	설계시 내진검토 반영	

라. 현장시험(비파괴 및 추가시험)

시 험 명	시 험 부 위	시 험 결 과	책임기술자 의 견
콘크리트 강도시험	바닥판, 교대, 교각	반발경도법, 초음파속도법에 의한 콘크리트 강도시험 결과 콘크리트 강도는 상, 하부구조 모두 전 개소에서 설계기준 강도를 100%이상 상회하는 양호한 상태로 평가됨.	양 호.
철근배근 탐사	바닥판, 교대, 교각	철근 간격 및 피복두께는 대체적으로 설계도와 일치하여, 전반적인 배근 및 피복두께 상태는 양호한 것으로 판단됨.	양 호.
콘크리트 염화물 함유량 시험	바닥판, 교대, 교각	염화물함유량시험 결과, 염화물 상태평가 기준인 a ~b로 평가되었으며, 염화물에 의한 철근부식은 없을 것으로 판단됨.	양 호.
콘크리트 탄산화깊이 측정	바닥판, 교대, 교각	탄산화 깊이가 상부구조에서 4.0~8.0mm, 하부구조에서 4.0~11.0mm로 나타나 측정위치에서의 철근피복두께를 고려할 때, “a” 로 평가되어 탄산화에 의한 철근의 부식 발생 우려는 없는 것으로 분석됨.	양 호.
균열깊이 측정	거더/교대	측정위치에서 철근깊이까지 균열이 도달하지 않은 상태로 확인되었으나, 향후 균열의 진전으로 철근부식이 우려가 있으므로 내구성확보 차원에서 균열보수(주입보수) 및 주기적인 유지관리가 필요한 것으로 판단됨.	균열보수 필요

단양대교(부산) 현황표

작성일 : 2016년 12월 26일

구 분	내 용	구 분	내 용
시설물명	단양대교(부산)	관리주체	한국도로공사 제천지사
시설물위치	충청북도 단양군 단성면 하방리		
설계하중	DB-24	노선명	고속국도 55호선(중앙선)
준공년월	2001년 12월 19일	설계사	서영기술단
상부형식	PSC BOX(FCM)	시공사	동부건설(주)
교 폭	12.6m	감리사	한국도로공사
연 장	440.0m (55.0+3@110.0+55.0)	교대 형식	본체 역T형
평면선형	직교		기초 현장타설말뚝(R.CD Ø 1,500.0mm)
교면포장	아스콘(t=80mm)	교각 형식	본체 구주식
난 간	콘크리트(방호벽), 방풍벽		기초 P1,4:현장타설말뚝(R.CD Ø 1,500.0mm) P2,3:우물통+현장타설말뚝 (R.CD Ø 1,500.0mm)
배수구	아연강관	신축이음	레일조인트
교량받침	포트받침	설계도서	유
교차시설물	-		

단양대교(춘천) 정밀안전진단 결과표

1. 기본현황

가. 일반현황					
용역명	남조천교 등 10개소 정밀안전진단 용역		진단기간	2016. 6. 20 ~ 2016. 12. 26	
관리주체명	한국도로공사 강원본부 제천시사		대 표 자	지사장 조 병 대	
공동수급	에스큐엔지니어링(주) (주)한국건설방재연구원		계약방법	제한경쟁	
시설물 구분	교량		종 류	도로교량	종 별 1종
준 공 일	2001년 12월 19일		진단금액 (천원)	39,317	안전등급 B
시설물 위치	충청북도 단양군 단성면 하방리 (중앙선 252.36km)		시설물 규모	L=440.0m, B=12.6m(2차로)	
나. 진단 실 결과 현황					
중대결함	- 없 음				
진 단 주요결과	- 거더 내·외부 균열(0.3mm이상), 망상균열, 균열 및 백태, 박락 등 - 하부구조 균열(0.3mm이상), 재료분리 및 박리, 파손 및 철근노출 - 방호벽 균열(0.3mm미만), 망상균열, 균열 및 백태, 박락 및 파손				
주 요 보수·보강	- 주입보수, 단면보수 - 주입보수, 단면보수, 단면보수(방청) - 표면보수, 단면보수				
다. 책임(참여)기술자 현황					
구분		성명	과업참여기간	기술등급	
사업책임		박 정 용	2016.06.20. ~ 2016.12.26.	특급기술자(기술사)	
분야별책임	재료시험	강 무 진	2016.06.20. ~ 2016.12.26.	특급기술자	
	자료분석	성 재 영	2016.06.20. ~ 2016.12.26.	특급기술자	
참여기술자	재료시험	송재성 외 3인	2016.06.20. ~ 2016.12.26.	초급~특급기술자	
	자료분석	안병진 외 7인	2016.06.20. ~ 2016.12.26.	초급~특급기술자	
라. 참고사항					

단양대교(춘천) 정밀안전진단 실시결과 요약표

책임기술자 종합의견	
- 단양대교(춘천)는 고속국도 55호선 중앙선의 이점 252.36km에 시공된 고속국도 상 교량으로 준공 후 약 15년 공용중이며, 지속적인 점검 및 보수가 적절하게 시행되고 있다. - 단양대교(춘천)의 정밀안전진단 실시결과 외관조사 및 비파괴시험에 의한 상태평가 결과는 "B" 이고 안전성 평가(전 회차 자료분석) 평가결과는 "A" 로 평가되어 안전등급은 "B" 등급으로 지정되었다. - 전회 진단과 비교한 결과 전체적으로 손상범위가 진전되지 않았으며, 구조적으로 문제가 될 만한 손상은 조사되지 않았다. - 따라서 제시된 보수·보강방법에 따라 보수를 실시하고 유지관리 방안에 제시한 중점점검 항목에 대해서 세심한 점검과 지속적인 관찰을 실시한다면 교량 공용이 증대될 것으로 판단된다.	
책임기술자 : 박 정 용 	

가. 정밀안전진단 외관조사 결과 기본사항

상태평가 결과 및 보수·보강				상태평가 결과 : B
결함발생 부재		상태평가 결과	결함종류	보수·보강(안)
상부 구조	거더 내부	b	- 균열(0.3mm미만), 망상균열 - 박락	- 표면보수 - 단면보수
	거더 외부	b	- 균열(0.3mm미만), 망상균열 - 균열 및 백태	- 표면보수 - 표면보수
하부 구조	교 대	b	- 균열(0.3mm미만), 망상균열 - 균열(0.3mm이상) - 박리 - 백태 - 재료분리, 파손, 철근노출 - 토사유출	- 표면보수 - 주입보수 - 단면보수 - 표면보수 - 단면보수, 단면보수(방청) - 보호블록공 설치

상태평가 결과 및 보수·보강				상태평가 결과 : B
결함발생 부재		상태평가 결과	결함종류	보수·보강(안)
하부 구조	교 각	a~b	- 균열(0.3mm미만) - 균열(0.3mm이상) - 앵커볼트 미제거	- 표면보수 - 주입보수 - 주의관찰
	기 초	b	- 망상균열(0.3mm미만)	- 표면보수
교량받침		b	- 균열(0.3mm미만)	- 표면보수
신축이음		c	- 균열(0.3mm미만) - 균열(0.3mm이상) - 이물질 퇴적 - 차수판 볼트 탈락	- 주의관찰 - 주의관찰 - 청소 - 주의관찰
교면포장		b	- 아스콘 균열 - 아스콘망상균열, 파손 - 표면마모	- 주의관찰 - 팻칭보수 - 팻칭보수
기타 부재	배수시설	b	- 배수관 부식	- 주의관찰
	난간 및 연석 (방호벽)	b	- 균열(0.3mm미만), 망상균열 - 균열 및 백태 - 실링재탈락 - 박락, 파손	- 표면보수 - 표면보수 - 주의관찰 - 단면보수
	방풍벽, 가로등 받침대	b	- 부식 - 파손 - 콘크리트 열화	- 주의관찰 - 단면보수 - 단면보수

나. 안전성평가 결과

부 재			SF(안전율)		등 급
			허용응력	강도설계	
PSC BOX Girder	종방향	경간중앙부	1.14	6.96	a
		지점부	1.20	3.33	a
횡방향	횡방향	중앙부	-	1.13	a
		캔틸레버부	-	1.03	a

다. 내진성능 검토 수행 여부

검토대상부재	설계적용여부	결 과	비 고
받 침	적 용	설계시 내진검토 반영	
교 대	적 용	설계시 내진검토 반영	
교 각	적 용	설계시 내진검토 반영	

라. 현장시험(비파괴 및 추가시험)

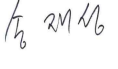
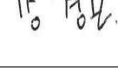
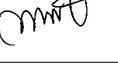
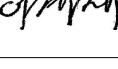
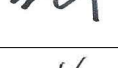
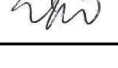
시 험 명	시 험 부 위	시 험 결 과	책임기술자 의 견
콘크리트 강도시험	바닥판, 교대, 교각	반발경도법, 초음파속도법에 의한 콘크리트 강도시험 결과 콘크리트 강도는 상, 하부구조 모두 전 개소에서 설계기준 강도를 100%이상 상회하는 양호한 상태로 평가됨.	양 호.
철근배근 탐사	바닥판, 교대, 교각	철근 간격 및 피복두께는 대체적으로 설계도와 일치하여, 전반적인 배근 및 피복두께 상태는 양호한 것으로 판단됨.	양 호.
콘크리트 염화물 함유량 시험	바닥판, 교대, 교각	염화물함유량시험 결과, 염화물 상태평가 기준인 “a” 로 평가되었으며, 염화물에 의한 철근부식이 발생할 우려가 없는 상태로 철근부식과 내구성 저하는 없는 것으로 분석됨.	양 호.
콘크리트 탄산화깊이 측정	바닥판, 교대, 교각	탄산화 깊이가 상부구조에서 5.0~9.0mm, 하부구조에서 2.0~5.0mm로 나타나 측정위치에서의 철근피복두께를 고려할 때, “a” 로 평가되어 탄산화에 의한 철근의 부식 발생 우려는 없는 것으로 분석됨.	양 호.
균열깊이 측정	거더/교대	측정위치에서 철근깊이까지 균열이 도달하지 않은 상태로 확인되었으나, 향후 균열의 진전으로 철근부식이 우려가 있으므로 내구성확보 차원에서 균열보수(주입보수) 및 주기적인 유지관리가 필요한 것으로 판단됨.	균열보수 필요

단양대교(춘천) 현황표

작성일 : 2016년 12월 26일

구 분	내 용	구 분	내 용
시설물명	단양대교(춘천)	관리주체	한국도로공사 제천시사
시설물위치	충청북도 단양군 단성면 하방리		
설계하중	DB-24	노선명	고속국도 55호선(중앙선)
준공년월	2001년 12월 19일	설계사	서영기술단
상부형식	PSC BOX(FCM)	시공사	동부건설(주)
교 폭	12.6m	감리사	한국도로공사
연 장	440.0m (55.0+3@110.0+55.0)	교대 형식	본체 역T형
평면선형	직교		기초 현장타설말뚝(R.CD Ø 1,500.0mm)
교면포장	아스콘(t=80mm)	교각 형식	본체 구주식
난 간	콘크리트(방호벽), 방풍벽		기초 P1,4:현장타설말뚝(R.CD Ø 1,500.0mm) P2,3:우물통+현장타설말뚝 (R.CD Ø 1,500.0mm)
배수구	아연강관	신축이음	레일조인트
교량받침	포트받침	설계도서	유
교차시설물	-		

정밀안전진단 참여기술진

참여구분	참여분야	소속	직위	성명	참여기간	서명
책임기술자	사업책임	에스큐엔지니어링㈜	상 무	박정용	2016.06.20.~12.26. (152일)	
분야별 책임기술자	재료시험 분야	에스큐엔지니어링㈜	부 장	강무진	2016.06.20.~12.26. (152일)	
	자료분석 분야	에스큐엔지니어링㈜	부사장	성재영	2016.06.20.~12.26. (152일)	
분야별 참여기술자	재료시험 분야	(주)한국건설방재연구원	부사장	송재성	2016.06.20.~12.26. (95일)	
	자료분석 분야	에스큐엔지니어링㈜	부사장	안병진	2016.06.20.~12.26. (95일)	
참여기술자	재료시험 분야	에스큐엔지니어링㈜	사 장	박갑만	2016.06.20.~12.26. (36일)	
		에스큐엔지니어링㈜	부 장	최현호	2016.06.20.~12.26. (36일)	
		에스큐엔지니어링㈜	과 장	강경모	2016.06.20.~12.26. (36일)	
	자료분석 분야	에스큐엔지니어링㈜	대표이사	이래철	2016.06.20.~12.26. (35일)	
		에스큐엔지니어링㈜	사 장	박윤제	2016.06.20.~12.26. (35일)	
		에스큐엔지니어링㈜	고 문	이계제	2016.06.20.~12.26. (35일)	
		에스큐엔지니어링㈜	부사장	황종근	2016.06.20.~12.26. (35일)	
		에스큐엔지니어링㈜	전 무	이두원	2016.06.20.~12.26. (35일)	
		에스큐엔지니어링㈜	이 사	정재훈	2016.06.20.~12.26. (35일)	
		에스큐엔지니어링㈜	부 장	홍현기	2016.06.20.~12.26. (35일)	

2016. 12. 26. 감독원 : 이 민 혁 (서명)

감독원 : 권 혜 지 (서명)

시설물의 위치도



○시설물 위치 : 충청북도 단양군 단성면 하방리(중앙선 252.36km)

시설물의 전경사진



교 량 상 부



교 량 측 면

부 재 별 사 진 (부산방향)



포장부 전경



측면 전경



PSC BOX 거더 내부 전경



PSC BOX 거더 외부 전경



교대 전경



교각 전경

부 재 별 사 진 (춘천방향)



포장부 전경



방호벽 전경



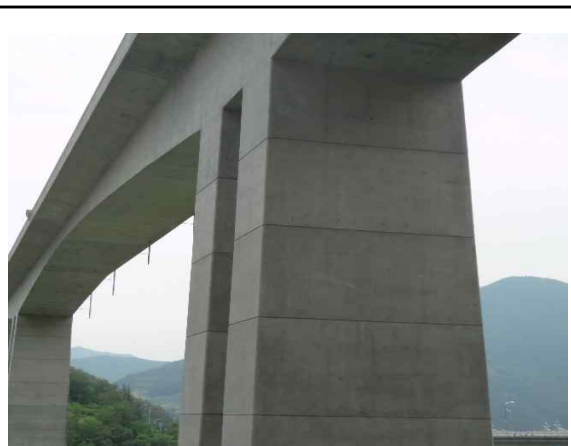
PSC BOX 거더 내부 전경



PSC BOX 거더 외부 전경



교대 전경



교각 전경

정밀안전진단 결과 요약문

1. 과업의 개요

1.1 과업의 목적

본 과업은 “시설물의 안전관리에 관한 특별법”(이하 “시특법”이라 한다.) 제7조 및 동법 시행령 제9조에 의한 정밀안전진단으로서 시설물의 물리적·기능적 결함과 손상을 조사·측정하고 원인을 분석하여 신속하고 적절한 조치를 취하며, 상태 및 구조적 안전성, 사용성을 종합적으로 검토·평가하여 적절한 보수·보강방법 및 유지관리방안을 수립하여, 고속도로 시설물의 재난예방과 안전성 확보를 통해 공공의 안전을 확보하는데 그 목적이 있다.

1.2 과업의 범위 및 내용

가. 과업의 범위

현장조사시 필요한 경우 교통통제 및 안전조치를 취하여야 하며, 시설물 근접조사를 위한 접근장비 등을 투입하여야 한다. 정밀안전진단에서는 시설물의 결함 정도에 따라 필요한 조사·측정·시험, 구조계산(기존 구조계산 내용 검토, 분석), 수치해석(기존 수치해석 내용 검토, 분석) 등을 실시하고 분석·검토하여 안전성평가(기존 안전성평가 자료 검토, 분석)결과를 결정하고, 보수·보강이 필요한 경우에는 보수·보강방법을 제시한다.

- (1) 자료수집 및 분석
- (2) 현장조사 및 시험
- (3) 상태평가
- (4) 안전성평가(금회 과업범위는 기존 안전성평가 자료 검토, 분석 수행)
- (5) 종합평가 및 안전등급 지정
- (6) 보수·보강 및 유지관리 방안 제시
- (7) 보고서 작성

나. 과업수행기간

2016. 06. 20. ~ 2016. 12. 26. (착수일로부터 190일)

1.3 시설물의 개요

【단양대교(부산) 현황】

구 분	내 용	구 분	내 용
시설물명	단양대교(부산)	관리주체	한국도로공사 춘천지사
시설물위치	충청북도 단양군 단성면 하방리		
설계하중	DB-24	노선명	고속국도 55호선(중앙선)
준공년월	2001년 12월 19일	설계사	서영기술단
상부형식	PSC BOX(FCM)	시공사	동부건설(주)
교 폭	12.6m	감리사	한국도로공사
연 장	440.0m (55.0+3@110.0+55.0)	교대 형식	본체 역T형
평면선형	직교		기초 현장타설말뚝(R.CD Ø 1,500.0mm)
교면포장	아스콘(t=80mm)	교각 형식	본체 구주식
난 간	콘크리트(방호벽), 방풍벽		기초 P1,4:현장타설말뚝(R.CD Ø 1,500.0mm) P2,3:우물통+현장타설말뚝 (R.CD Ø 1,500.0mm)
배수구	아연강관	신축이음	레일조인트
교량받침	포트받침	설계도서	유
교차시설물	-		

【 단양대교(춘천) 현황 】

구 분	내 용	구 분	내 용
시설물명	단양대교(춘천)	관리주체	한국도로공사 제천지사
시설물위치	충청북도 단양군 단성면 하방리		
설계하중	DB-24	노선명	고속국도 55호선(중앙선)
준공년월	2001년 12월 19일	설계사	서영기술단
상부형식	PSC BOX(FCM)	시공사	동부건설(주)
교 폭	12.6m	감리사	한국도로공사
연 장	440.0m (55.0+3@110.0+55.0)	교대 형식	본체 역T형
평면선형	직교		기초 현장타설말뚝(R.CD Ø 1,500.0mm)
교면포장	아스콘(t=80mm)	교각 형식	본체 구주식
난 간	콘크리트(방호벽), 방풍벽		기초 P1,4:현장타설말뚝(R.CD Ø 1,500.0mm) P2,3:우물통+현장타설말뚝 (R.CD Ø 1,500.0mm)
배수구	아연강관	신축이음	레일조인트
교량받침	포트받침	설계도서	유
교차시설물	-		

2. 자료수집 및 분석

2.1 자료수집 현황

보존대상 목록		관리주체 보유현황
설계도서	◦ 공통 - 준공내역서 - 공사시방서 - 각종계산서 - 토질 및 지반조사 보고서 - 기타 특이사항 보고서	◦구조 및 수리계산서 ◦토질조사보고서 ◦구조물도(준공)
	◦ 설계도면 - 교량 위치도, 평면도, 단면도(중·횡), 상부·하부 구조물도, 신축이음·교량받침 상세도	
시설물 관리대장	◦ 기본현황 및 상세제원 ◦ 점검 및 진단 이력 ◦ 보수보강 이력 및 유지관리 이력	◦한국도로공사 시스템 내 관리대장
시공관련 자료	◦ 시공관련 자료 ◦ 품질관리 관련자료 - 재료증명서 - 품질시험기록 - 관리 및 선정시험 기록 등 각종 시험 기록 - 시설물의 주요 구조 부위에 대한 계측 관련자료 ◦ 사고기록	◦시공기록보고서
안전점검 자료		◦하자만료전 ◦정밀점검 및 정밀안전진단 보고서
보수·보강 자료		-

2.1 기존 점검 및 진단 실시결과 요약

본 교량은 2002~2015년까지 한국도로공사에서 자체점검을 실시하였고, 2012년 비엔티엔 지니어링(주)에서 최초 정밀안전진단을 실시하였다. 또한, 시설물정보관리종합시스템(FMS)를 참고하여 정리하였다.

가. 점검 및 진단이력

본 교량은 2002년 4월 실시한 정기점검을 시작으로 2015년 08월 정기점검까지 공용기간 중 정기점검 21회, 정밀점검 6회, 긴급점검 1회, 정밀안전진단 1회 등을 실시하였으며, 주요 점검이력은 다음 표와 같다.

【단양대교(부산) 점검 이력 사항】

구분	점 검 기 간	점 검 자	상태 등급	점검결과 및 보수보강(안)
정기 점검	■ 2002.04.29	자체수행	양호	◦ 교면포장, 상판, 주형, 교좌장치, 신축이음장치, 교대, 교각
	■ 2003.04.21		양호	◦ 교면포장, 상판, 주형, 교좌장치, 신축이음장치, 교대, 교각
	■ 2003.11.04		양호	◦ 교면포장, 상판, 주형, 교좌장치, 신축이음장치, 교대, 교각
	■ 2004.04.06		양호	◦ 이상없음
	■ 2005.05.01		양호	◦ 양호함
	■ 2005.10.01		양호	◦ 양호함
	■ 2006.08.01		양호	◦ 이상없음
	■ 2007.03.13		양호	◦ 양호함
	■ 2007.07.05		양호	◦ 양호함
	■ 2008.08.05		양호	◦ 양호함
	■ 2009.03.27		양호	◦ 양호함
	■ 2009.10.12		양호	◦ 양호함
	■ 2010.04.02		양호	◦ 이상없음
	■ 2011.12.10		양호	◦ 외관조사 결과 상부구조의 주요손상은 방호벽 균열, 망상균열, 박락, 파손, PSC BOX 균열, 망상균열, 백태 ◦ 표면처리, 주입보수, 단면보수, 철근방청, 제도장, 누수보수 등
정밀 점검	2002.10.28	자체수행	A등급	◦ 교면포장, 상판, 주형, 교좌장치, 신축이음장치, 교대 및 교각
	2004.11.15		A등급	◦ 이상없음
	2006.08.29		A등급	◦ 이상없음
	2008.03.06		A등급	◦ 양호
	2010.08.22		A등급	◦ 양호

주) 시설물관리대장 자체점검자료 참조

【단양대교(부산) 점검 이력 사항】 (계속)

구분	점 검 기 간	점 검 자	상태 등급	점검결과 및 보수보강(안)
정밀 점검	2011.04.15	케이에스엠기술(주)	B등급	- 외관조사 결과 상부구조의 주요손상은 방호벽 균열, 망상균열, 박락, 파손, PSCBOX 균열, 망상균열, 백태, 박리, 층분리, 가로보, 균열, 망상균열, 박리, 후타재 균열, 파손, 본체 부식 이 조사되었고, 하부구조에서는 받침콘크리트 균열, 교대/교각 균열, 망상균열, 박리, 박락, 재료분리, 등의 손상이 조사되었다. 본 교량의 안전성과 장기적인 내구성 확보를 위해서는 발생한 손상에 대하여 보수가 필요한 것으로 판단된다. - 표면처리, 주입보수, 단면보수, 철근방청, 채도장, 누수보수 등
긴급 점검	■ 2009.02.26	비엔티엔지니어링(주)	C등급	- 기초에 대한 수중조사 결과 세굴에 대한 안전성을 확보하고 있는 것으로 평가되었으나, 0.3mm미만 및 0.3mm이상 균열 등의 손상이 조사되어 내구성 확보를 위한 보수가 필요한 것으로 판단됨 0.3mm미만 균열(주의관찰) 0.3mm이상 균열(수상, 수중 균열보수)
정밀 안전 진단	■ 2012.04.16	비엔티엔지니어링(주)	B등급	- 경미한 균열 및 박리, 박락 발생 - 균열주입보수, 단면보수

주) 시설물관리대장 자체점검자료 참조

【단양대교(춘천) 점검 이력 사항】

구분	점 검 기 간	점 검 자	상태 등급	점검결과 및 보수보강(안)
정기 점검	■ 2002.04.29	자체수행	양호	◦ 교면포장, 상판, 주형, 교좌장치, 신축이음장치, 교대, 교각
	■ 2003.04.21		양호	◦ 교면포장, 상판, 주형, 교좌장치, 신축이음장치, 교대, 교각
	■ 2003.11.04		양호	◦ 교면포장, 상판, 주형, 교좌장치, 신축이음장치, 교대, 교각
	■ 2004.04.06		양호	◦ 이상없음
	■ 2005.05.01		양호	◦ 양호함
	■ 2005.10.01		양호	◦ 양호함
	■ 2006.08.01		양호	◦ 이상없음
	■ 2007.03.14		양호	◦ 양호함
	■ 2007.07.06		양호	◦ 양호함
	■ 2008.08.05		양호	◦ 양호함
	■ 2009.03.27		양호	◦ 양호함
	■ 2009.10.12		양호	◦ 양호함
	■ 2010.04.02		양호	◦ 이상없음
	■ 2011.12.10		양호	◦ 외관조사 결과 상부구조의 주요손상은 교면포장 불량, 방호벽 균열, 망상균열, 박락, 파손 ◦ 표면처리, 주입보수, 단면보수, 제도장, 콘크리트 치기 등
	■ 2012.09.23		양호	◦ 상태양호
	■ 2013.04.24		양호	◦ A2 신축이음장치 녹발생 ◦ 신축이음장치 녹제거
	■ 2013.09.25		양호	◦ A2 신축이음장치 녹발생 ◦ 신축이음장치 녹제거
	■ 2014.04.14		양호	◦ 이상없음
	■ 2014.11.17		양호	◦ 이상없음
	■ 2015.04.08		양호	◦ S4 배수구 이물질 퇴적 ◦ S4 배수구 청소
	■ 2015.08.25		양호	◦ A1 신축이음장치 녹발생 및 후타재미세균열 ◦ A2 신축이음장치 녹발생

주) 시설물관리대장 자체점검자료 참조

【단양대교(춘천) 점검 이력 사항】 (계속)

구분	점 검 기 간	점 검 자	상태 등급	점검결과 및 보수보강(안)
정밀 점검	2002.10.28	자체수행	A등급	◦ 교면포장, 상판, 주형, 교좌장치, 신축이음장치, 교대 및 교각
	2004.11.15		A등급	◦ 이상없음
	2006.08.01		A등급	◦ 이상없음
	2008.03.06		A등급	◦ 양호
	2010.08.22		A등급	◦ 양호
	2011.04.15	케이에스엠기술(주)	B등급	◦ 외관조사 결과 상부구조의 주요손상은 교면포장 불량, 방호벽 균열, 망상균열, 박락, 파손, PSCBOX 균열, 망상균열, 백태, 박리, 박락, 층분리, 보수불량, 가로보, 균열, 박락, 파손, 표면오염, 후타재 균열, 파손, 본체 부식이 조사되었고, 하부구조에서는 받침콘크리트 균열, 교대/교각 균열, 망상균열, 박리, 박락, 재료분리, 파손, 표면오염 등의 손상이 조사되었다. 또한, 압성토 콘크리트 공동/파손, 계단부 파손이 조사되었다. 본 교량의 안전성과 장기적인 내구성 확보를 위해서는 발생한 손상에 대하여 보수가 필요한 것으로 판단된다. ◦ 표면처리, 주입보수, 단면보수, 철근방청, 제도장, 누수보수 등
긴급 점검	■ 2009.02.26	비엔티엔지니어링(주)	C등급	◦ 기초에 대한 수중조사 결과 세굴에 대한 안전성을 확보하고 있는 것으로 평가되었으나, 0.3mm 미만 및 0.3mm이상 균열, 박락 및 철근노출 등의 손상이 조사되어 내구성 확보를 위한 보수가 필요한 것으로 판단됨 ◦ 0.3mm미만 균열(주의관찰) ◦ 0.3mm이상 균열(수상, 수중 균열보수) ◦ 박락 및 철근노출(수중 단면복구)
정밀 안전 진단	■ 2012.04.16	비엔티엔지니어링(주)	B등급	◦ 경미한 균열 및 박리, 박락 발생 ◦ 균열주입보수, 단면보수

주) 시설물관리대장 자체점검자료 참조

나. 기존 진단 실시결과

기존 정밀안전진단은 2012년04월 비엔티엔지니어링(주)에서 실시하였으며, 정밀안전진단 결과는 아래와 같다.

【단양대교(부산) 정밀안전진단 결과분석】

구 분		외관조사 요약 및 검토의견	비고
외 관 조 사 결 과	바닥판	- 바닥판에 대한 외관조사 결과 전반적으로 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었으나, 국부적으로 균열 및 백태가 조사되었다. - 표면보수와 지속적인 유지관찰이 필요하다.	
	거 더 (PSC)	- PSC Box Girder에 대한 외관조사 결과, 구조적인 손상이 없는 전반적으로 양호한 상태로 조사되었다. 주요 손상으로는 거더내·외부의 복부에서 발생한 $c/w=0.1\text{mm}\sim 0.3\text{mm}$의 사방향 균열과 거더외부 하부플랜지에서 국부적으로 발생한 $c/w=0.2\text{mm}$이하 종방향 균열 등의 손상이 조사되었으며, 하자보수를 통해 대부분의 손상이 보수완료되었다. - 지속적인 유지관찰이 필요하다.	
	교대 및 교각	- 교대에 대한 외관조사결과, 조사된 발생된 손상은 균열, 망상균열, 박리/박락, 재료분리, 철근노출, 백태 등의 손상이 조사되었으며, 교각 구체는 매우 양호한 상태였으며 균열, 누수흔적, 파손 등이 없는 양호한 상태인 것으로 조사되었다. - 주입보수 및 표면보수, 단면보수 등이 필요하다.	
	받침장치	- 온도변화에 따른 거동이 원활한 상태이나, 일부 강재부식, 받침물탈 균열, 파손 등이 조사되었다. - 받침장치 재도장, 단면보수, 지속적인 유지관찰이 필요하다.	
	신축이음	- 온도변화에 따른 거동이 원활한 상태이나, 일부 강재열화, 토사퇴적, 후타재 균열 등이 다수 발생하였다. - 신축이음 본체 청소, 후타재 균열보수 등이 필요하다.	
	교면포장	- 교면포장부는 전반적으로 양호한 상태로 조사되었으나, 일부 구간에 소성변형이 발생하였다. - 지속적인 유지관찰이 필요하다.	
	배수시설	- 배수구 막힘, 매몰(P4) 등이 발생하였다. - 배수구 청소와 절단 및 엘보 설치가 필요하다.	
	방호벽 및 방음벽	- 방호벽에 $cw=0.1\sim 0.2\text{mm}$ 균열과 경미한 박리, 박락 등이 조사되었다. - 유지관찰 및 단면보수가 필요하다.	
내구성 시험 결과	압축강도 조사	반발경도법 및 초음파법에 의한 콘크리트 강도조사 결과는 모두 설계기준강도를 상회하는 양호한 상태로 조사되었다.	
	철근배근 탐사조사	전반적으로 설계도면과 일치한 것으로 조사되었다.	
	탄산화 시험	탄산화로 인한 콘크리트 내의 철근부식 가능성은 없는 것으로 조사되었다.	

【단양대교(부산) 정밀안전진단 결과분석】 (계속)

구 분		외관조사 요약 및 검토의견				비고																												
내구성 시험 결과	염화물함유량시험	◦ 염화물에 의한 부식이 발생할 우려 없는 것으로 분석되었다.																																
상태평가 결과		◦ “B” (환산점수 : 0.218)																																
안전성평가 결과		<table><tr><th colspan="3" rowspan="2">안전성 평가 수행 부재</th><th colspan="2">SF(안전율)</th><th rowspan="2">안전성 평가결과</th></tr><tr><th>허용응력</th><th>강도설계</th></tr><tr><td rowspan="2">PSC BOX 거더</td><td rowspan="2">종방향</td><td>경간중앙부</td><td>1.41</td><td>6.98</td><td>a</td></tr><tr><td>지점부</td><td>1.20</td><td>3.33</td><td>a</td></tr><tr><td rowspan="2">하부 구조</td><td rowspan="2">횡방향</td><td>중앙부</td><td>—</td><td>1.13</td><td>a</td></tr><tr><td>캔틸레버부</td><td>—</td><td>1.03</td><td>a</td></tr></table>					안전성 평가 수행 부재			SF(안전율)		안전성 평가결과	허용응력	강도설계	PSC BOX 거더	종방향	경간중앙부	1.41	6.98	a	지점부	1.20	3.33	a	하부 구조	횡방향	중앙부	—	1.13	a	캔틸레버부	—	1.03	a
										안전성 평가 수행 부재			SF(안전율)				안전성 평가결과																	
							허용응력	강도설계																										
							PSC BOX 거더	종방향	경간중앙부	1.41	6.98	a																						
									지점부	1.20	3.33	a																						
							하부 구조	횡방향	중앙부	—	1.13	a																						
캔틸레버부	—	1.03	a																															
보수 · 보강방안		◦ 내구성 저하방지를 위해 균열보수 및 단면보수 실시 ◦ 강재부식 등의 손상 발생 부위에 대해 방청 및 도장보수 실시 ◦ 배수구 청소, 절단 및 엘보 설치 등																																
종합결론		◦ 단양대교(부산)에 대한 정밀안전진단 결과 본 시설물은 공용기간(10년) 동안 구조물의 안전성에 저해되는 손상 및 결함이 없는 양호한 상태의 시설물이었으며, 구조적 안전성도 충분히 확보된 시설물로 평가되었다. 다만 구조물의 장기적인 내구성확보 및 효율적인 유지관리를 위해서는 주부재 및 보조부재에 대한 국부적인 보수가 필요할 것으로 판단된다. ◦ 본 시설물의 상태평가 등급은 B등급, 안전성 등급은 A등급으로 종합평가등급은 B등급으로 지정하였다.																																

【단양대교(춘천) 정밀안전진단 결과분석】

구 분		외관조사 요약 및 검토의견	비고
외 관 조 사 결 과	바닥판	- 바닥판에 대한 외관조사 결과 전반적으로 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었으나, 국부적으로 균열 및 백태가 조사되었다. - 표면보수와 지속적인 유지관찰이 필요하다.	
	거 더 (PSC)	- PSC Box Girder에 대한 외관조사 결과, 구조적인 손상이 없는 전반적으로 양호한 상태로 조사되었다. 주요 손상으로는 거더내·외부의 복부에서 발생한 $c/w=0.1\text{mm}\sim 0.3\text{mm}$의 사방향 균열과 거더외부 하부플랜지에서 국부적으로 발생한 $c/w=0.2\text{mm}$이하 종방향 균열 등의 손상이 조사되었다. - 지속적인 유지관찰이 필요하다.	
	교대 및 교각	- 교대에 대한 외관조사결과, 국부적으로 수직균열 및 소규모 파손, 재료 분리등이 조사되었고 교각 구체는 매우 양호한 상태였으며 균열, 누수흔적, 파손 등이 없는 양호한 상태인 것으로 조사되었다. - 주입보수 및 표면보수, 단면보수 등이 필요하다.	
	받침장치	- 온도변화에 따른 거동이 원활한 상태이나, 일부 강재부식, 받침몰탈 균열, 파손 등이 조사되었다. - 받침장치 재도장, 단면보수, 지속적인 유지관찰이 필요하다.	
	신축이음	- 온도변화에 따른 거동이 원활한 상태이나, 일부 강재열화, 토사퇴적, 후타재 균열 등이 다수 발생하였다. - 신축이음 본체 청소, 후타재 균열보수 등이 필요하다.	
	교면포장	- 교면포장부는 전반적으로 양호한 상태로 조사되었으나, 일부 구간에서 소성변형이 발생하였다. - 지속적인 유지관찰이 필요하다.	
	배수시설	- 배수구 막힘, 매몰(P4) 등이 발생하였다. - 배수구 청소와 절단 및 엘보 설치가 필요하다.	
	방호벽 및 방음벽	- 방호벽에 $cw=0.1\sim 0.2\text{mm}$ 균열과 경미한 박리, 박락 등이 조사되었다. - 유지관찰 및 단면보수가 필요하다.	
내구성 시험 결과	압축강도 조사	반발경도법 및 초음파법에 의한 콘크리트 강도조사 결과는 모두 설계기준강도를 상회하는 양호한 상태로 조사되었다.	
	철근배근 탐사조사	전반적으로 설계도면과 일치한 것으로 조사되었다.	
	탄산화 시험	탄산화로 인한 콘크리트 내의 철근부식 가능성은 없는 것으로 조사되었다.	
	염화물함 유량시험	염화물에 의한 부식이 발생할 우려 없는 것으로 분석되었다.	

【단양대교(춘천) 정밀안전진단 결과분석】 (계속)

구 분	외관조사 요약 및 검토의견					비고
상태평가 결과	◦ “B” (환산점수 : 0.218)					
안전성평가 결과	안전성 평가 수행 부재			SF(안전율)		안전성 평가결과
				허용응력	강도설계	
	PSC BOX 거더	종방향	경간중앙부	1.41	6.98	a
			지점부	1.20	3.33	a
	하부 구조	횡방향	중앙부	—	1.13	a
			캔틸레버부	—	1.03	a
보수 · 보강방안	◦ 내구성 저하방지를 위해 균열보수 및 단면보수 실시 ◦ 강재부식 등의 손상 발생 부위에 대해 방청 및 도장보수 실시 ◦ 배수구 청소, 절단 및 엘보 설치 등					
종합결론	◦ 단양대교(춘천)에 대한 정밀안전진단 결과 본 시설물은 공용기간(10년) 동안 구조물의 안전성에 저해되는 손상 및 결함이 없는 양호한 상태의 시설물이었으며, 구조적 안전성도 충분히 확보된 시설물로 평가되었다. 다만 구조물의 장기적인 내구성확보 및 효율적인 유지관리를 위해서는 주부재 및 보조부재에 대한 국부적인 보수가 필요할 것으로 판단된다. ◦ 본 시설물의 상태평가 등급은 B등급, 안전성 등급은 A등급으로 종합평가등급은 B등급으로 지정하였다.					

2.2 보수 · 보강 이력

단양대교(부산, 춘천)에 대한 보수 · 보강이력사항 검토 결과, 시설물정보관리 종합시스템(FMS)상에 기재된 내용과 관리주체에서 제공된 보수 · 보강이력을 분석하여 다음과 같이 정리하였다.

2011년 하자만료전 정밀점검 이후 일부 부재에 대해 보수가 실시된 상태이며 준공 후 구조물에 대한 보수가 많지 않은 상황이다.

【단양대교(부산,춘천) 보수 · 보강 이력사항】

번 호	공사기간	부 위	공사내역	설계자	시공자	공사 감독	승인일
	공사구분			공사비 (천원)	책임기 술자		작성자(인)
—	—	—	◦ 준공이후 국부적으로 교통안전시설에 대한 보수는 부분적으로 실시되었으나, 구조물에 대한 전반적인 보수는 거의 없었던 것으로 조사됨.	—	—	—	—
	—			—	—		—

2.3 자료분석 결과

금회 진단에 필요한 수집 자료를 검토한 결과 향후 정밀안전진단 용역을 진행하면서 과업방향은 아래와 같이 시행토록 한다.

구 분	수집 자료	자료 분석 결과	정밀안전진단 과업진행 방향
건설 관련 자료	◦ 일반보고서 ◦ 구조 및 수리계산서 ◦ 준공도면 ◦ 시공기록보고서	◦ 일반보고서 및 준공도면은 설계당시 기준에 준하여 작성된 것으로 확인됨. ◦ 일반보고서, 준공도면, 구조계산서의 구조물 치수는 동일한 것으로 확인됨. ◦ 신축이음장치는 시공기록보고서와 관리대장상의 형식이 상이함. ◦ 구조검토 시 1996년 설계기준을 적용함	◦ 현장조사 시 부재치수를 실측하여 준공도면과 비교, 검토 후 치수가 상이할 경우 안전측으로 구조계산토록 하고 도면을 재작성하며, 실측치와 동일할 경우는 준공도면을 기준으로 과업을 진행토록 함. ◦ 신축이음장치의 형식을 확인하여 관리대장과 일치하는지 확인하도록 함. ◦ 현 설계기준을 적용하여 구조검토를 실시함.
	◦ 시공 중 안전점검	◦ 시공 중 구조물에 대한 문제점은 없는 것으로 확인됨.	◦ 구조물에 대한 문제점은 없는 상태였으나, 사용 중 손상이 발생되거나 조사가 누락된 면이 있을 수 있으니 상세외관조사 시 면밀히 조사함.
유지 관리 자료	◦ 점검 및 진단 이력	◦ 바닥판 하면 균열, 망상균열, 균열 및 녹발생, 박리, 누수흔적 및 백태 ◦ STB 거더 도장박리 및 부식, 용접결함, 실링불량 ◦ 교대/교각의 균열, 망상균열, 누수흔적, 철근노출 및 녹발생, 박리, 파손, 압성토 파손 ◦ 교량받침 소울플레이트 도장박리 및 부식, 몰탈/콘크리트 균열, 들뜸, 파손, 철근노출 및 녹발생 ◦ 신축이음장치 본체 부식, 후타재 균열, 후타재 파손, 유간부족 ◦ 교면포장 아스콘 균열 및 망상균열 ◦ 내구성조사 결과 설계 값 이상으로 양호한 상태임.	◦ 점검 시 조사된 손상에 대한 사항을 상세외관조사 시 면밀히 조사하고, 추가 손상 확인, 보수여부 및 대책방안 마련. ◦ 금회 정밀안전진단이 초기자료이므로, 차후 비교, 검토 자료로 활용하여 안전성 변화 여부 확인.
	◦ 보수·보강 이력	◦ 보수·보강 이력을 검토한 결과, 본교량은 지속적인 유지관리가 진행된 것으로 평가됨.	◦ 보수·보강 이력사항에는 보수부에 대한 위치가 제시되어 있지 않으므로 보수된 손상명에 대한 사항을 상세외관조사 시 면밀히 조사함.
	◦ 기술과제 자료	◦ 기술자문 검토서를 통해 신축이음장치 유간 부족 및 협착, 바닥판 단부 균열 및 파손, 교대 파라펫부 누수, 신축이음 및 난간 방호벽 단차, 후타재 균열 및 파손에 대한 원인 분석과 대책수립 등이 검토됨.	◦ 기술자문 검토서를 참고자료로 활용하여 상세외관조사 시 면밀히 조사하고, 추가 손상확인, 보수여부 및 대책방안 마련.

3. 현장조사 및 시험

3.1 부산방향

가. 외관조사 결과요약

구 분	주요결함 및 외관조사 결과
PSC 박스거더 (내부)	2012년도 실시된 하자만료전 보수공사 이후 거더 내부에 발생한 손상에 대해 하자보수가 전반적으로 완료된 상태이며, 금회 진단 결과 거더 복부 종방향 균열, 박리, 백태 등의 손상이 조사되었다. - 전차 정밀안전진단 시 조사된 주요 손상은 상부플랜지의 손상은 대부분 $c/w=0.3\text{mm}$미만의 종방향, 일부 $c/w=0.3\text{mm}$이상의 균열과 망상균열, 백태 등의 손상이 조사되었다. 전반적으로 보수가 완료된 상태이며, 보수상태는 양호한 것으로 조사되었다. - 거더 내부 복부에서 폭 0.3mm미만의 사방향 균열 1개소가 발생하였으며, 상부플랜지에 폭 0.3mm미만 균열 2개소가 조사되었으며, 내부 상부플랜지에 발생한 종방향 균열은 대부분 일정한 방향성 없이 분절된 형태로 균열의 연속성이 없는 불연속 형태를 나타내는 것으로 조사되었다. 대부분의 균열은 시공초기 발생한 거더 내·외부의 온도차이로 인한 건조수축 균열이며 시공과정에서 발생한 균열로 평가된다. - PSC 박스 내부에서 발생한 0.3mm미만 균열은 주기적인 점검 등을 통한 지속관찰을 실시하는 것이 바람직할 것으로 판단된다. - 거더 S3구간 복부 콘크리트 박리(1개소) 손상은 기 보수부위에 조사되었으며 기존 보수공사 미흡에 의한 것으로 판단된다. - PSC Box 내부 상부플랜지 격벽부 부근의 백태는 PE관 주변에서 발생하였으며, 손상부에 대한 국부적인 보수가 필요하다. 일부에서 발생한 백태는 대부분 경미한 것으로 조사되었다.
PSC 박스거더 (외부)	- PSC 박스 외부에서 폭 0.3mm미만 균열(187개소) 및 폭 0.3mm이상 균열(8개소)에서 연속성이 없이 부분적으로 조사되었다. 또한, 균열 발생 형태 및 위치상으로 전단균열 형태를 보이고 있으나, 이 손상은 상·하부 정착단에서 프리스트레스 도입 초기(강선 인장시) 긴장력과 시공초기 가설 후에 발생한 시공초기 균열로 판단된다. - S4 거더 하면에서 조사된 재료분리는 콘크리트 타설 중 다짐불량에 의한 것으로 경미한 상태로 조사되었다. - 캔틸레버 바닥판에 균열, 누수, 박리, 백태가 발생하였으며, 외측 캔틸레버하면 국부적으로 조사되었다. 이는 상부 배수구 막힘에 의한 부분적인 체수의 영향으로 배수구 주변에서 우수가 점진적으로 스며드는 상태이며, 또한 방호벽 기초와 교면포장 경계면에서 상대적으로 다짐이 불량하거나 아스콘 마모가 진행된 미세한 틈으로 우수가 유입되어 누수흔적 및 백태가 발생한 것으로 판단된다. - 기 보수된 보수부 상태 점검결과 보수부 재균열 등은 발생하지 않은 양호한 상태로 확인되었다.
PSC 박스거더 격벽	- 벽체 개구부의 모서리에는 건조수축, 온도변화, 외력 등으로 인한 응력집중발생으로 균열이 발생하기 쉬운 곳이다. 현재 격벽에서 발생한 손상은 2012년 하자보수를 통해 대부분 보수가 완료되었다. - 격벽에 대한 외관조사 결과, 기 보수공사 불량에 의한 A1 격벽에 박리가 조사되었다. - 기 정밀안전진단 조사 후 손상은 대부분 보수가 완료된 상태로써, 보수부 상태는 양호한 것으로 조사되었다.

구 분	주요결함 및 외관조사 결과
교 대	- 교대에 발생한 균열은 미세균열(폭 0.2mm이하)로써, 대부분의 균열의 유형은 수직균열 형태를 나타내고 있다. - 특히, 폭 0.3mm이상의 균열은 수직방향 총 물량이 L=3.0m로써, 교대(A1)에 2개소가 조사되었다. - 교대의 기타 손상으로는 백태, 부식, 재료분리, 파손 및 철근노출(A1), 박리, 박락 등이 조사되었다.
교 각	- 교각에 발생한 균열은 미세균열(폭 0.2mm이하)로써, 대부분의 균열의 유형은 수직균열 형태로 교각 상단부와 기초부에 집중적으로 나타내고 있다. - 균열 폭 0.3mm이상의 균열은 균열 양상이 수직균열로 발생한 부위가 전면 상단부로 동일하게 P1(전면 : 0.3mm/1.0m, 0.4mm/1.5m, 후면 : 0.3mm/1.5m, 0.3mm/1.0m)에서 조사되었다. - 교각에 발생한 균열은 교각 상단부위(교량 점검로 위) 및 교각 기초부에 주로 분포하는 것으로 조사되었다.
교량받침	- 교량 받침장치는 상부구조에서 발생된 하중을 하부구조로 전달하고 상부구조의 신축 및 회전에 능동적으로 대응하는 부재이며, 본 조사에서는 과반력 및 부반력 발생 여부, 온도변화 및 활하중에 의한 신축거동 여부 뿐만 아니라 강재 부식, 콘크리트 손상 여부 등 내구성, 기능성, 사용성 등에 대한 현장조사를 시행하였다. - 점검결과 미끄럼흔적이 조사되어 받침장치의 기능상 문제는 없으나, 일부구간에서 받침몰탈 균열(0.3mm미만, 48개소) 등이 조사되었다. - 받침장치(P1-Sh2)의 도장박리(2개소) 등의 손상이 소규모로 조사되었다.
신축이음 장치	- 신축이음장치에 대한 외관조사 결과, 전반적인 신축거동은 원활한 상태로 조사되었으며, A1:EXP. 400, A2:EXP. 240의 신축이음장치 양끝단(갓길 구간)에서 본체 부식 및 유간부 이물질 퇴적이 조사되었다. 또한, A1:EXP. 400, A2:EXP. 240의 후타재의 전 폭에 걸쳐서 후타재 균열이 일부 발생된 것으로 확인되었으며, A2:EXP. 240에서 후타재 파손이 국부적으로 1개소 조사되었다. - 신축이음하부에 대한 조사결과, Rail의 등 변형 및 파손이 없는 대부분 양호한 것으로 조사되었다.
교면포장	- 본 교량의 포장은 아스팔트포장으로 기 2012년 정밀안전진단에서 S4경간 포장부에 대한 코어채취결과 방수층 및 바닥판의 손상은 없는 것으로 조사되었다. - 포장두께의 측정결과는 각각 t=80mm로 측정되어 설계두께인 t=80mm와 유사한 것으로 조사되었다. - 교면포장에 대한 외관조사 결과, 차량 주행의 안전성을 저해할만한 손상은 없는 상태이나, 포장균열 및 망상균열이 대부분 주행차로인 2차로 및 갓길에서 부분적으로 조사되었다. - 포트홀은 일부구간에서 9개소가 조사되었고, 포장의 표면마모 현상은 9개소(S1,2,3, 5)가 조사되었다. - 교면포장에 대하여 전차 손상 및 현장조사에서 특이한 사항이 없으므로 기존 전차 보고서를 인용했다. 기존 2012년 정밀안전진단에서 코어를 채취한 결과, 포장두께는 8.1~8.2cm로 설계 포장두께(t=8.0cm)와 유사한 것으로 확인되었으며, 교면포장 및 방수층 상태는 대체로 양호한 것으로 조사되었다.

구 분	주요결함 및 외관조사 결과
배수시설	배수시설에 대한 외관조사 결과, 배수시설의 설치상태 및 교면의 배수상태는 전반적으로 양호한 상태이며 우수시 배수상태는 양호한 것으로 판단되며 이물질 퇴적에 의한 배수구 막힘 1개소 및 부식, 파손, 지지대 탈락 등이 조사되었다.
방호벽	- 방호벽에 대한 외관조사 결과, 전반적인 설치상태는 침하 및 변형 등이 없는 양호한 상태를 유지하고 있으나, 전 경간에 걸쳐서 균열, 균열부 백태가 다수 발생된 것으로 조사되었고, 일부구간에는 망상균열이 조사되었다. - 피복부족에 의한 철근노출 및 국부적인 파손 및 박리 등이 일부구간에서 소규모로 조사되었다. 특히, 철근노출은 외측 방호벽측에서 조사되었다.
점검시설	본 교량의 하부구조 점검시설은 받침장치 설치부인 교대(A1,A2)와 교각(P1)에 설치되어 코핑부 및 받침장치에 대해서 점검이 가능하도록 이루어져있다.

나. 내구성조사 결과요약

시 험 명		시험부위		시험 결과	비 고
콘크리트	비파괴 강도시험 (MPa)	상부구조		42.4~50.6	• 설계기준강도(40MPa)를 상회함.
		하부구조		29.4~44.4	• 설계기준강도(24MPa, 40MPa)를 상회함.
	철근탐사 시험(mm)	상부 구조	배근간격	140~153	• 전반적으로 철근배근간격 및 피복두께는 준공도면과 거의 일치함.
			피복두께	48~66	
		하부 구조	배근간격	100~250	
			피복두께	60~100	
	탄산화 잔여깊이 (mm)	상부 구조		44.0~54.0	• 상태평가 a
		하부 구조		58.0~81.0	
	염화물 함유량 시험 (kg/m³)	상부 구조		0.0339	• 상태평가 b
		하부 구조		0.0634~0.3621	• 상태평가 a~b
균열깊이 (cm)	상부 구조		4.25~4.68	• 주입보수 필요	
	하부 구조		5.47	• 주입보수 필요	
종합 평가	■ 비파괴강도 측정결과, 측정값은 설계기준강도를 상회하는 것으로 조사되었으며, 기 점검과의 비교·분석 결과, 부재별로 측정 위치가 달라 다소 차이가 있지만, 구조물의 강도저하는 없는 것으로 평가됨. ■ 탄산화 깊이측정결과, 전반적으로 양호한 상태인 것으로 조사되어 상태등급 “a”로 판정됨. 염화물 함유량 시험결과 상부구조는 "b"로 평가되었고, 하부구조는 “a~b”로 평가됨. ■ 하부구조의 탄산화 깊이는 전차진단과 비교할 때, 다소 증가한 사유는 측정위치가 동일하지 않은 결과에 의한 편차로 판단됨. ■ 균열깊이 측정결과, 전반적으로 피복두께를 초과하여 내구성 저하 방지를 위한 주입보수가 요구됨. ■ 금회 진단결과, 비파괴 강도, 철근배근상태, 탄산화 깊이 시험결과, 대부분 양호한 수준으로 측정됨.				

3.2 춘천방향

가. 외관조사 결과요약

구 분	주요결함 및 외관조사 결과
PSC 박스거더 (내부)	2012년도 실시된 하자만료전 보수공사 이후 거더 내부에 발생한 손상에 대해 하자보수가 전반적으로 완료된 상태이며, 금회 진단 결과 거더 복부 종방향 균열, 박락 등의 손상이 조사되었다. - 전차 정밀안전진단 시 조사된 주요 손상은 상부플랜지, 복부의 손상은 대부분 $c/w=0.3\text{mm}$미만의 종방향 균열과 망상균열 등의 손상이 조사되었다. 전반적으로 보수가 완료된 상태이며, 보수상태는 양호한 것으로 조사되었다. - 거더 상부플랜지에서 폭 0.3mm미만의 종방향 균열 9개소가 발생하였으며, 내부 상부플랜지에 발생한 종방향 균열은 대부분 일정한 방향성 없이 분절된 형태로 균열의 연속성이 없는 불연속 형태를 나타내는 것으로 조사되었다. 대부분의 균열은 시공초기 발생한 거더 내·외부의 온도차이로 인한 건조수축 균열이며 시공과정에서 발생된 균열로 평가된다. - PSC 박스 내부에서 발생한 0.3mm미만 균열은 주기적인 점검 등을 통한 지속관찰을 실시하는 것이 바람직할 것으로 판단된다. - 거더 S2구간 복부 콘크리트 박리(1개소)이 조사되었다.
PSC 박스거더 (외부)	- PSC 박스 외부에서 폭 0.3mm미만 균열(104개소)이 연속성이 없이 부분적으로 조사되었다. 또한, 균열 발생형태 및 위치상으로 전단균열 형태를 보이고 있으나, 이 손상은 상·하부 정착단에서 프리스트레스 도입 초기(강선 인장시) 긴장력과 시공초기 가설 후에 발생한 시공초기 균열로 판단된다. - 캔틸레버 바닥판에 균열, 박리, 박락, 백태, 누수흔적이 발생하였으며, 외측 캔틸레버하면 국부적으로 조사되었다. - 일부 기 보수된 보수부 상태 점검결과 보수부 재균열 등은 발생하지 않은 양호한 상태로 확인되었다.
PSC 박스거더 격벽	- 격벽은 교량의 각 지점부에 총 17개소(A1측:1개소, P1측:3개소, P2측:4개소, P3측:4개소, P4측:4개소, A2측:1개소)가 설치되어 있다. - 현장조사 및 유지관리 자료 검토결과, 전차진단시 조사된 손상에 대해서는 대부분 12년 하자보수가 실시된 상태인 것으로 확인되었다.
교 대	- 교대에 발생한 균열은 미세균열(폭 0.3mm미만, 이상)로써, 대부분의 균열의 유형은 수직 균열 형태를 나타내고 있다. - 교대의 기타 손상으로는 백태, 재료분리, 파손 및 철근노출(A1), 박리, 박락 등이 조사되었다.
교 각	- 상부구조를 지지하는 구조물인 교각은 4기로 구성되어있다. 교각의 형식은 구주식(P1~P4)으로 시공되어져 있다. - 교각에 대한 외관조사는 도보 및 사다리를 이용하였으며, 장비 접근이 가능한 P1, P4, 교각에 대해서는 고소점점차를 이용하였으며, 그 외에 장비접근이 곤란한 교각에 대해서는 드론을 활용하여 손상 여부를 확인하였다.

구 분	주요결함 및 외관조사 결과
교량받침	- 교량 받침장치는 상부구조에서 발생한 하중을 하부구조로 전달하고 상부구조의 신축 및 회전에 능동적으로 대응하는 부재이며, 본 조사에서는 과반력 및 반반력 발생 여부, 온도변화 및 활하중에 의한 신축거동 여부 뿐만 아니라 강재 부식, 콘크리트 손상 여부 등 내구성, 기능성, 사용성 등에 대한 현장조사를 시행하였다. - 점검결과 미끄럼흔적이 조사되어 받침장치의 기능상 문제는 없으나, 일부구간에서 받침몰탈 균열(0.3mm미만, 8개소) 등이 조사되었다.
신축이음장치	- 신축이음장치에 대한 외관조사 결과, 전반적인 신축거동은 원활한 상태로 조사되었으며, A1:EXP. 400, A2:EXP. 240의 신축이음장치 양끝단(갓길 구간)에서 본체 부식 및 유간부 이물질 퇴적이 조사되었다. 또한, A1:EXP. 400, A2:EXP. 240의 후타재의 전 폭에 걸쳐서 후타재 균열이 일부 발생한 것으로 확인되었으며, A2:EXP. 240에서 후타재 파손이 국부적으로 2개소 조사되었다. - 신축이음하부에 대한 조사결과, Rail의 등 변형 및 파손이 없는 대부분 양호한 것으로 조사되었다.
교면포장	- 본 교량의 포장은 아스팔트포장으로 기 2012년 정밀안전진단에서 S1경간 포장부에 대한 코어채취결과 방수층 및 바닥판의 손상은 없는 것으로 조사되었다. - 포장두께의 측정결과는 각각 $t=80\text{mm}$로 측정되어 설계두께인 $t=80\text{mm}$와 유사한 것으로 조사되었다.
배수시설	배수시설에 대한 외관조사 결과, 배수시설의 설치상태 및 교면의 배수상태는 전반적으로 양호한 상태이며 우수시 배수상태는 양호한 것으로 판단되며 부식이 조사되었다.
방호벽	방호벽에 대한 외관조사 결과, 전반적인 설치상태는 침하 및 변형 등이 없는 양호한 상태를 유지하고 있으나, 방호벽에 발생한 균열 및 균열부 백태는 대부분 $c/w=0.1\sim0.2\text{mm}$의 균열로 조사되었다. 손상원인은 전시공된 바닥판에 난간이 후타설되면서 발생한 구속응력에 기인한 부등건조수축균열과 타설시 내부에 수화반응을 하고 남은 잉여수가 증발함에 따라 발생한 수축균열에 기인한 것으로 판단된다.
점검로	- 본 교량의 하부구조 점검시설은 받침장치 설치부인 교대(A2)와 교각(P1)에 설치되어 코핑부 및 받침장치에 대해서 점검이 가능하도록 이루어져있다. - 외관조사결과, 교대 및 교각점검로의 상태는 비교적 양호하며 A2교대의 점검로에 국부적인 부식이 확인되어, 부식방지를 위한 재도장이 이루어져야 할 것이다.

나. 내구성조사 결과요약

시 험 명		시험부위		시험 결과	비 고
콘크리트	비파괴 강도시험 (MPa)	상부구조		44.4~50.5	• 설계기준강도(40MPa)를 상회함.
		하부구조		29.3~45.4	• 설계기준강도(24MPa, 40MPa)를 상회함.
	철근탐사 시험(mm)	상부 구조	배근간격	140~158	• 전반적으로 철근배근간격 및 피복두께는 준공도면과 거의 일치함.
			피복두께	48~66	
		하부 구조	배근간격	95~245	
			피복두께	60~96	
	탄산화 잔여깊이 (mm)	상부 구조		48.0~61.0	• 상태평가 a
		하부 구조		68.0~96.0	
	염화물 함유량 시험 (kg/m³)	상부 구조		0.0453	• 상태평가 a
		하부 구조		0.0204~0.0226	• 상태평가 a
	균열깊이 (cm)	상부 구조		4.69	• 주입보수 필요
		하부 구조		5.80	• 주입보수 필요
종합 평가	■ 비파괴강도 측정결과, 측정값은 설계기준강도를 상회하는 것으로 조사되었으며, 기 점검과의 비교·분석 결과, 부재별로 측정 위치가 달라 다소 차이가 있지만, 구조물의 강도저하는 없는 것으로 평가됨. ■ 탄산화 깊이측정결과, 전반적으로 양호한 상태인 것으로 조사되어 상태등급 “a” 로 판정됨. ■ 염화물 함유량 시험결과 상부구조 및 하부구조는 "a"로 평가됨 ■ 하부구조의 탄산화 깊이는 전차진단과 비교할 때, 다소 증가한 사유는 측정위치가 동일하지 않은 결과에 의한 편차로 판단됨. ■ 균열깊이 측정결과, 전반적으로 피복두께를 초과하여 내구성 저하 방지를 위한 주입보수가 요구됨. ■ 금회 진단결과, 비파괴 강도, 철근배근상태, 탄산화 깊이 시험결과, 대부분 양호한 수준으로 측정됨.				

4. 시설물의 상태평가

4.1 부산방향

부재의 분류		상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조		내구성 평가				
경간 번호	구조 형식	바 닥 판	거 더	가 세 로 로 보 보	포 장	배 수 시 설	난 간 연 석	신 축 이 음	교 량 받 침	하 부	기 초	탄 산 화 (상)	탄 산 화 (하)	염 화 물 (상)	염 화 물 (하)	
S1	A1	PSC Box	b	b	x	b	c	b	c	b	b	a	a	a	N/A	b
S2	P1		b	b	x	b	c	b	x	b	b	a	a	N/A	a	a
S3	P2		b	b	x	b	b	b	x	x	a	b	a	a	N/A	N/A
S4	P3		b	b	x	b	b	b	x	x	a	b	a	a	N/A	N/A
S5	P4		a	b	x	b	b	b	x	x	a	a	a	N/A	N/A	N/A
/	A2		－	－	－	－	－	－	c	b	a	a	N/A	N/A	N/A	N/A
평균		0.180	0.200	－	0.200	0.280	0.200	0.400	0.200	0.150	0.133	0.100	0.100	0.100	0.150	
가중치		23	20	－	7	3	2	9	9	13	7	2	2	2	1	
(평균X가중치) /가중치합		0.041	0.040	－	0.014	0.008	0.004	0.036	0.018	0.020	0.009	0.002	0.002	0.002	0.002	
환산결함도 점수														0.198		
상태평가 결과														B		

구분	구조형식	환산결함도 점수	상태평가 결과	연장(m)	연장비	환산결함도 점수 × 연장비
단양대교(부산)	PSC Box	0.198	B	190.0	1.000	0.198
합계(Σ)						
1. 환산결함도 점수						0.198
2. 상태평가 결과						B

교량명	환산결함도 점수	상태평가 결과	연장(m)	차선	길이 × 차선	연장비	환산결함도 점수 × 연장비
단양대교(부산)	0.198	B	440.0	2	880.0	1.000	0.198
합계(Σ)							
1. 환산결함도 점수							0.198
2. 상태평가 결과							B

4.2 춘천방향

부재의 분류		상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조		내구성 평가			
경간 번호	구조 형식	바 닥 판	거 더	가 세 로 로 보 보	포 장	배 수 시 설	난 간 연 석	신 축 이 음	교 량 받 침	하 부	기 초	탄 산 화 (상)	탄 산 화 (하)	염 화 물 (상)	염 화 물 (하)
S1	A1	PSC Box	b	b	x	c	a	b	c	b	b	a	a	N/A	a
S2	P1		b	b	x	b	b	b	x	b	b	a	a	N/A	a
S3	P2		b	b	x	b	b	b	x	x	a	b	a	N/A	N/A
S4	P3		b	b	x	b	a	b	x	x	a	b	a	N/A	N/A
S5	P4		b	b	x	c	a	b	x	x	a	a	N/A	N/A	N/A
/	A2		—	—	—	—	—	—	c	b	b	a	N/A	N/A	N/A
평균		0.200	0.200	—	0.280	0.140	0.200	0.400	0.200	0.150	0.133	0.100	0.100	0.100	0.100
가중치		23	20	—	7	3	2	9	9	13	7	2	2	2	1
(평균X가중치) /가중치합				—											
환산결함도 점수														0.204	
상태평가 결과														B	

구분	구조형식	환산결함도 점수	상태평가 결과	연장(m)	연장비	환산결함도 점수 ×연장비
단양대교(춘천)	PSC Box	0.204	B	440.0	1.000	0.204
합계(Σ)						
1. 환산결함도 점수						0.204
2. 상태평가 결과						B

교량명	환산결함도 점수	상태평가 결과	연장(m)	차선	길이 ×차선	연장비	환산결함도 점수 ×연장비
단양대교(춘천)	0.204	B	440.0	2	880.0	1.000	0.204
합계(Σ)			440.0		880.0	1.000	0.204
1. 환산결함도 점수							0.204
2. 상태평가 결과							B

5. 시설물의 안전성평가

5.1 부산방향

대상시설물의 안전성평가등급은 전회 정밀안전진단에서 수행된 안전성평가 결과에 근거하여 A등급으로 결정하였으며, 안전성평가 결과를 요약하면 아래와 같다.

【단양대교(부산) 안전성평가 결과】

부 재			SF(안전율)		등 급
			허용응력	강도설계	
PSC BOX GIERDER	종방향	경간중양부	1.41	6.98	a
		지점부	1.20	3.33	a
횡방향	횡방향	중양부	—	1.13	a
		캔틸레버부	—	1.03	a

5.2 춘천방향

대상시설물의 안전성평가등급은 전회 정밀안전진단에서 수행된 안전성평가 결과에 근거하여 A등급으로 결정하였으며, 안전성평가 결과를 요약하면 아래와 같다.

【단양대교(춘천) 안전성평가 결과】

부 재			SF(안전율)		등 급
			허용응력	강도설계	
PSC BOX GIERDER	종방향	경간중양부	1.41	6.98	a
		지점부	1.20	3.33	a
횡방향	횡방향	중양부	—	1.13	a
		캔틸레버부	—	1.03	a

6. 종합평가 및 안전등급의 지정

6.1 종합평가

【단양대교(부산, 춘천) 종합평가 결과】

구 분	상태평가 결과		안전성평가 결과		종합평가결과 Min(상태평가, 안전성평가)
	결함도점수	결과	최소 안전율	결과	
단양대교(부산)	0.198	B	1.03	A	B
단양대교(춘천)	0.204	B	1.03	A	B

6.2 안전등급 지정

【단양대교(부산, 춘천) 안전등급 지정】

구 분	상태평가	안전성평가	종합평가	안전등급
단양대교(부산)	B	A	B	B등급
단양대교(춘천)	B	A	B	B등급

7. 보수 · 보강 및 유지관리방안

7.1 보수 · 보강방안 및 개략공사비

가. 부산방향

【단양대교(부산) 보수 · 보강방안 및 개략공사비】

구 분	손상내용	보수방안	손상 물량	보수 물량	단위	단가 (천원)	개략 공사비 (천원)	우선 순위
바닥판 하면	균열 (Cw=0.3mm미만)	표면보수	2.70	0.81	m ²	33	27	3
	박리	단면보수	0.15	0.23	m ²	210	48	2
	백태	표면보수	2.84	4.26	m ²	33	141	3
거더 외부	균열 (Cw=0.3mm미만)	표면보수	179.00	53.70	m ²	33	1,772	3
	균열 (Cw=0.3mm이상)	주입보수	51.00	76.50	m	69	5,279	2
	균열 및 백태	표면보수	1.00	0.30	m ²	33	10	3
	백태	표면보수	0.06	0.09	m ²	33	3	3
	충분리	단면보수	0.15	0.23	m ²	210	48	2
거더 내부	균열 (Cw=0.3mm미만)	표면보수	7.00	2.10	m ²	33	69	3
	박리	단면보수	1.00	1.50	m ²	210	315	2
	백태	표면보수	0.26	0.39	m ²	33	13	3
	보수부 백태	표면보수	0.09	0.14	m ²	33	5	3
격벽	균열 (Cw=0.3mm미만)	표면보수	1.10	0.33	m ²	33	11	3
교대	균열 (Cw=0.3mm미만)	표면보수	43.9	13.17	m ²	33	435	3
	균열 (Cw=0.3mm이상)	주입보수	8.30	12.45	m	69	859	2
	망상균열 (Cw=0.3mm미만)	표면보수	6.74	10.11	m ²	33	334	3
	박리	단면보수	0.96	1.44	m ²	210	302	2
	박락	단면보수	0.21	0.32	m ²	210	67	2
	백태	표면보수	1.15	1.73	m ²	33	57	3
	재료분리	단면보수	1.20	1.80	m ²	210	378	2
	철근노출	단면보수(방청)	0.20	0.30	m ²	240	72	1
	법면 토사유출(압성토 유실)	보호블럭공 설치	180.00	270.00	m ²	45	12,150	1
교각	균열 (Cw=0.3mm미만)	표면보수	94.60	28.38	m ²	33	937	3
	균열 (Cw=0.3mm이상)	주입보수	24.80	37.20	m	69	2,567	2
	박리	단면보수	1.98	2.97	m ²	210	624	2
기초	망상균열 (Cw=0.3mm미만)	표면보수	240.00	360.00	m ²	33	11,880	3
교량받침	균열 (Cw=0.3mm미만)	표면보수	12.70	3.81	m ²	33	126	3

【단양대교(부산) 보수·보강방안 및 개략공사비】(계속)

구 분	손상내용	보수방안	손상 물량	보수 물량	단위	단가 (천원)	개략 공사비 (천원)	우선 순위
방호벽	균열(Cw=0.3mm미만)	표면보수	37.90	11.37	m ²	33	375	3
	균열(Cw=0.3mm이상)	주입보수	1.00	1.50	m	69	104	2
	망상균열(Cw=0.3mm미만)	표면보수	0.12	0.18	m ²	33	6	3
	균열 및 백태	표면보수	692.00	207.60	m ²	33	6,851	3
	박락	단면보수	0.12	0.18	m ²	210	38	2
	파손	단면보수	3.48	5.22	m ²	210	1,096	2
	철근노출	단면보수(방청)	1.51	2.27	m ²	240	545	1
신축 이음	파손	단면보수	0.16	0.24	m ²	210	50	2
	이물질퇴적	청소	3.20	1	식	20	20	3
교면 포장	아스콘 망상균열	패칭보수	21.00	31.50	m ²	15	473	2
	포트홀	패칭보수	0.99	1.48	m ²	15	22	2
	표면마모	패칭보수	55.50	83.25	m ²	15	1,249	2
배수 시설	배수관 부식	재설치	7	7	ea	200	1,400	2
	배수관 파손	재설치	1	1	ea	200	200	2
	배수관 누수	재설치	4	4	ea	200	800	2
	지지대 탈락	재설치	5	5	ea	200	1,000	2
	배수구 막힘	청소	3	1	식	20	20	3
순공사비 합계(천원)							52,778	
제경비(순공사비×50%)							26,389	
순위별 공사비 (제경비 포함)							1순위	19,151
							2순위	25,379
							3순위	34,638
개략공사비(천원)							79,168	

※ 0.3mm미만 균열 : L (m) * 0.2(m) * 1.5(할증) = 보수물량(m²)

※ 각 손상물량별로 추가보수 등 여유수량을 감안하여 할증(1.5)을 적용하였으며, 명확하게 수량산출이 가능한 손상은 할증 적용을 제외하였음(보수물량 = 손상물량 × 1.5(할증))

※ 본 공사비는 개략공사비로 보수공사시 가시설비, 부대공중(고소차 등)비는 별도 계산 하여야 함

※ 본 개략공사비는 실시설계시 공법변경 및 단가변동에 의해 바뀔 수 있음

※ 본 개략공사비 단가산출은 「한국도로공사 유지보수 단가집」 참조

7.2 보수·보강방안 및 개략공사비

나. 춘천방향

【단양대교(춘천) 보수·보강방안 및 개략공사비】

구 분	손상내용	보수방안	손상 물량	보수 물량	단위	단가 (천원)	개략 공사비 (천원)	우선 순위
바닥판 하면	균열(Cw=0.3mm미만)	표면보수	3.00	0.90	m ²	33	30	3
	박락	단면보수	0.15	0.22	m ²	210	46	2
	균열 및 백태	표면보수	0.50	0.15	m ²	33	5	3
	백태	표면보수	0.51	0.77	m ²	33	25	3
거더 외부	균열(Cw=0.3mm미만)	표면보수	122.7	36.81	m ²	33	1,215	3
	망상균열(Cw=0.3mm미만)	표면보수	5.00	7.50	m ²	33	248	3
	균열 및 백태	표면보수	0.50	0.15	m ²	33	5	3
거더 내부	균열(Cw=0.3mm미만)	표면보수	6.06	1.82	m ²	33	60	3
	망상균열(Cw=0.3mm미만)	표면보수	0.08	0.12	m ²	33	4	3
	박락	단면보수	0.01	0.02	m ²	210	4	2
교대	균열(Cw=0.3mm미만)	표면보수	38.94	11.68	m ²	33	385	3
	균열(Cw=0.3mm이상)	주입보수	14.80	22.20	m	69	1,532	2
	망상균열(Cw=0.3mm미만)	표면보수	3.49	5.24	m ²	33	173	3
	박리	단면보수	0.97	1.45	m ²	210	305	2
	재료분리	단면보수	0.02	0.03	m ²	210	6	2
	균열 및 백태	표면보수	1.04	0.31	m ²	33	10	3
	백태	표면보수	1.86	2.79	m ²	33	92	3
	파손	단면보수	0.25	0.38	m ²	210	80	2
	철근노출	단면보수(방청)	0.04	0.06	m ²	240	14	1
	법면 토사유출	블럭공 설치	180.00	270.00	m ²	45	12,150	1

【단양대교(춘천) 보수·보강방안 및 개략공사비】 (계속)

구 분	손상내용	보수방안	손상 물량	보수 물량	단위	단가 (천원)	개략 공사비 (천원)	우선 순위
교각	균열 (Cw=0.3mm미만)	표면보수	15.3	4.59	m²	33	151	3
	균열 (Cw=0.3mm이상)	주입보수	12.7	19.05	m	69	1,314	2
기초	망상균열 (Cw=0.3mm미만)	표면보수	240.0	360.00	m²	33	11,880	3
교량받침	균열 (Cw=0.3mm미만)	표면보수	3.77	1.13	m²	33	37	3
신축이음	이물질 퇴적	청소	4.02	6.03	m²	20	121	3
교면 포장	아스콘 망상균열	팻칭보수	21.50	32.25	m²	15	484	2
	아스콘 파손	팻칭보수	3.00	4.50	m²	15	68	2
	표면마모	팻칭보수	65.5	98.25	m²	15	1,474	2
방호벽	균열 (Cw=0.3mm미만)	표면보수	355.80	106.74	m²	33	3,522	3
	망상균열 (Cw=0.3mm미만)	표면보수	4.37	6.56	m²	33	216	3
	균열 및 백태	표면보수	265.00	79.50	m²	33	2,624	3
	박락	단면보수	0.40	0.60	m²	210	126	2
	파손	단면보수	0.12	0.18	m²	210	38	2
기타시설	방호망 파손	단면보수	2.00	3.00	m²	210	630	2
	가로등 받침대 표면열화	단면보수	1.50	2.25	m²	210	473	2
순공사비 합계(천원)							39,547	
제경비(순공사비×50%)							19,773	
순위별 공사비 (제경비 포함)		1순위					18,246	
		2순위					9,870	
		3순위					31,205	
개략공사비(천원)							59,321	

※ 0.3mm미만 균열 : L (m) * 0.2(m) * 1.5(할증) = 보수물량을 적용하였으며, 명확하게 수량산출이 가능한 손상은 할증 적용을 제외하였음(보수물량 = 손상물량 × 1.5(할증))

※ 본 공사비는 개략공사비로 보수공사시 가시설비, 부대공중(고소차 등)비는 별도 계산 하여야 함

※ 본 개략공사비는 실시설계시 공법변경 및 단가변동에 의해 바뀔 수 있음

※ 본 개략공사비 단가산출은 「한국도로공사 유지보수 단가집」 참조

7.2 유지관리방안

가. 중점유지관리사항

부재별 발생한 결함의 진전여부와 신규 발생유무를 주기적으로 관찰함으로서 추후 손상의 진전 및 내하력 저하 가능성을 사전에 예방하기 위하여 다음과 같은 점검이 이루어 져야 한다.

(1) 교면포장

- ◎ 포장면과 후타재 접속부 단차, 포장 시공이음부 등 확인
- ◎ 교면의 배수불량, 체수 가능성여부 확인

(2) 방호울타리

- ◎ 차량충돌 등과 같은 외부 충격으로 파손 및 철근노출 발생 여부 확인
- ◎ 균열 및 망상균열 발생 여부 확인
- ◎ 교대 지점부 신축유간 부족에 의한 손상 발생 여부 확인

(3) 배수시설

- ◎ 오물퇴적으로 인한 배수구 및 배수관 막힘 여부 확인
- ◎ 배수구 덮개 및 배수관 파손 여부 확인
- ◎ 배수구 주변 배수경사 불량으로 인한 물고임 발생 여부 확인

(4) 바닥판

- ◎ 바닥판하면 철근노출 등 단면결손 발생 여부 확인
- ◎ 캔틸레버하면 균열, 백태 등 발생 여부 확인

(5) 거더

- ◎ 지간중안부 - 휨모멘트 최대부로 균열발생 빈번
- ◎ 지간 1/4 - 부등침하, 받침의 작동불량 및 온도변화에 의한 균열발생
- ◎ 받침주변부 - 반력 및 온도변화에 의한 수평력으로 손상
- ◎ 주거더 단부 - 주거더의 이동구속, 충격 등으로 인한 손상
- ◎ 단면변화부, 격벽 개구부 - 응력집중으로 인한 균열
- ◎ 시공이음부 - 시공불량으로 인한 균열
- ◎ 긴장재 정착부 - 파열응력, 할렬응력에 의한 균열
- ◎ 우각부, 캔틸레버부 - 응력집중으로 발생하는 균열
- ◎ PSC Box 내부 상부슬래브 하면 및 Seg이음부에서 일반적으로 발견되는 종방향 균열의 폭 및 간격 점검 및 확인

- ◎ 받침부 근처에서 복부에 배치된 복부강선 방향과 직각방향으로 발생된 전단균열 형태의 균열발생 여부 점검

(6) 교대 및 교각

- ◎ 교대 및 교각 균열, 파손, 철근노출 등 발생 여부 확인
- ◎ 교각 코핑부 수평전단철근 부족에 의한 균열 발생 여부 확인
- ◎ 신축이음부 누수로 인한 콘크리트 표면오염 여부 확인
- ◎ 측방유동에 의한 교대의 이동, 침하, 활동 여부 확인

(7) 교량받침

- ◎ 신축이음 누수로 인한 교량받침 부식 발생 여부 확인
- ◎ 받침 모르타르 균열 및 파손 발생 여부 확인

(8) 신축이음장치

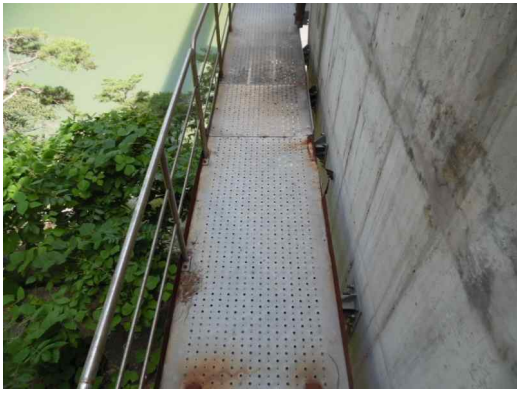
- ◎ 파손, 누수 및 유간 오물퇴적 여부 확인
- ◎ 유간부족, 유간과다, 본체 파손 등 손상여부 확인
- ◎ 후타재의 단차, 균열 및 파손 여부 확인

나. 중점 유지관리 항목

【단양대교(부산) 중점 유지관리 항목】

구 분	중점 유지관리 항목 - 교대 압성토	
교대 압성토	• 교대 A2 압성토 사면은 배수 불량 및 급경사에 의해서 사면침하, 토사유실 등이 조사됨. → 장기적으로 외부 노출과 우기 시 많은 양의 우수가 유입되어 일부 침식이 발생된 것으로 판단됨. • 교대 A2측의 압성토 유실은 그 정도가 전도에 영향을 미칠 정도는 아닌 것으로 판단되나, 하부로 단양군 적성명~단양군 단양읍으로 이어지는 군도가 지나고 있어 유실된 토사들로 인한 교통통행에 위험요소를 될 수 있으므로 교대 보호 블록공 설치가 필요할 것으로 판단됨.	
		

【단양대교(춘천) 중점 유지관리 항목】

구 분	중점 유지관리 항목 - 부대시설
점검로	- 교대 A2 점검로 발판 부식 발생. → 발생한 부식은 장기공용 및 외부 우수유입 등으로 인해 발생한 손상으로 부식정도는 과다 부식은 아닌 것으로 확인됨. - 점검시설은 점검 시 작업자의 안전과 근접상세 조사가 가능한 시설물로서 지속적인 점검을 통해 강재변형 및 파손이 발생하지 않도록 유지관찰이 필요함.  

【단양대교(춘천) 중점 유지관리 항목】 - 계속

구 분	중점 유지관리 항목 - 교대 압성토
교대 압성토	- 교대 A2 압성토 사면은 배수 불량 및 급경사에 의해서 사면침하, 토사유실 등이 조사됨. → 장기적으로 외부 노출과 우기 시 많은 양의 우수가 유입되어 일부 침식이 발생된 것으로 판단됨. - 교대 A2측의 압성토 유실은 그 정도가 전도에 영향을 미칠 정도는 아닌 것으로 판단되나, 하부로 단양군 적성명~단양군 단양읍으로 이어지는 군도가 지나고 있어 유실된 토사들로 인한 교통통행에 위험요소를 될 수 있으므로 교대 보호 블록공 설치 필요할 것으로 판단됨. 

8. 종합결론

가. 부산방향

단양대교(부산)에 대하여 현장조사, 시험 및 측정, 시설물 평가를 실시한 결과, 박스거더 내부 균열, 박리, 백태, 박스거더 외부 균열(폭 0.3mm), 백태, 층분리, 박스거더 외부 바닥판 균열, 누수, 박리, 백태, 교대 균열(폭 0.3mm), 망상균열, 박리 및 박락, 재료분리, 철근노출, 교각 균열(폭 0.3mm), 박리 등에 대해서는 보수 후 주기적인 점검을 통한 지속적인 주위관찰이 필요한 상태이나, 교량의 전체적인 상태는 특별한 문제점이 없는 건전한 상태인 것으로 확인되었다.

특히, 교대 A1 압성토에 발생한 사면침하하는 배수불량 및 급경사에 의해 발생한 손상으로 추가적인 손상이 발생되지 않도록 블록 보호공 설치가 필요할 것으로 사료된다.

나. 춘천방향

단양대교(춘천)에 대하여 현장조사, 시험 및 측정, 시설물 평가를 실시한 결과, 박스거더 내부 균열, 망상균열, 박락, 박스거더 외부 균열, 망상균열, 박스거더 바닥판 균열, 박리 및 박락, 균열 및 백태, 누수흔적, 교대 균열(폭 0.3mm), 망상균열, 박리, 백태, 철근노출, 재료분리, 교각 및 기초부 균열(폭 0.3mm) 철근노출, 침식 등에 대해서는 보수 후 주기적인 점검을 통한 지속적인 주위관찰이 필요한 상태이나, 교량의 전체적인 상태는 특별한 문제점이 없는 건전한 상태인 것으로 확인되었다.

단양대교(부산, 춘천)원주대교의 조사된 결함에 대해서 제안한 공법대로 보수를 실시하고, 보수부 및 중점유지관리가 필요한 부위에 대하여 주기적인 점검 및 유지관리를 실시한다면 구조물의 안전성과 사용성 확보를 기대할 수 있을 것으로 판단된다.