

과업요약문

1. 과업의 목적

본 용역은 『시설물의 안전관리에 관한 특별법』 제6조 1항에 따라 실시하는 정밀점검 용역으로써 시설물에 내재되어 있는 위험요인이나 시설물의 상태 등을 정확하게 검사, 평가하고 그에 대하여 적절하게 조치함으로써 시설물의 효용성을 증진시킴과 더불어 체계적인 구조물 관리를 도모코자 함.

2. 시설물 개요

가. 과업명 : 2017년 서울춘천고속도로 정밀점검용역(미사대교 등 29개 시설물)

나. 과업기간 : 2017년 09월 22일 ~ 2017년 12월 29일

다. 대상시설물 개요

<표 2.1> 대상시설물 개요

교량명	노선명	위 치	연장 (m)	총 폭 (m)	형 식		설계 하중	준공 년도	비고
					상부	하부			
미사대교 (서울)	서울춘천고속도로 이정 1.98km	하남시 망월동	1,530. 0	16.2	PSC Box Girder	역T형 벽식	DB-24 DL-24	2009	편도 3차선
미사대교 (양양)	서울춘천고속도로 이정 1.98km	하남시 망월동	1,530. 0	16.2	PSC Box Girder	역T형 벽식	DB-24 DL-24	2009	편도 3차선

3. 과업의 범위 및 내용

3.1 과업범위

- 가. 자료수집 및 분석 (준공도면, 기 점검보고서, 보수자료 등) 검토
- 나. 현장조사 (외관조사)
- 다. 비파괴시험
- 라. 점검결과 검토 및 분석
- 마. 시설물 상태평가
- 바. 보수·보강 방안(공법, 우선순위 및 시기) 제시
- 사. 시설물의 효율적인 유지관리방안 제시
- 아. 종합보고서 작성 전산입력(FMS)

3.2 과업의 세부내용

가. 자료수집 및 분석

- 준공도면, 구조계산서, 특별시방서, 수리·수문계산서
- 구조·수리·수문 계산(계산서가 없는 경우)
- 실측도면 작성(도면이 없는 경우)
- 시공·보수·보강도면, 제작 및 작업도면
- 재료증명서, 품질시험기록, 재하시험 자료, 계측자료
- 시설물관리대장
- 기존 안전점검·정밀안전진단 실시결과
- 보수·보강이력

나. 현장조사

- 외관조사 및 외관조사망도 작성
- ※ 작성대상부재는 감독원의 지시에 따른다.

- 콘크리트 구조물 : 균열, 누수, 박리, 박락, 층분리, 백태, 철근노출 등
- 강재 구조물 : 균열, 도장상태, 부식상태 등
- 시설물조사에 필요한 임시접근로, 가설물의 안전시설 설치·해체 등
- 조사용 접근장비 운용
- 조사부위 표면청소
- 마감재의 해체 및 복구

다. 비파괴시험

- 기타 관리주체의 추가 요구 및 안전성평가 등에 필요한 조사·시험
- 간단한 현장 재료시험 등
 - 콘크리트 비파괴강도(반발경도시험)
 - 콘크리트 탄산화 깊이 측정
 - 철근탐사시험(선택적 항목), 용접부 결함검사(선택적 항목)

라. 점검결과 검토 및 분석

마. 시설물 상태평가

- 외관조사 결과 분석
- 시설물의 부재별 외관조사 및 점검결과에 따른 상태평가 실시

단, 상태평가 산정은 『시설물의 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침』
및 시설안전기술공단의 상태평가 산정프로그램에 의한다.
- 시설물의 결함부위 진단 및 결함원인 분석
- 필요시 안전성 평가에 대한 내하력 평가시 구조해석 실시
- 구조해석은 시공상태를 기준으로 분석하고, 상부구조 및 하부구조를 포함
- 현장 재료시험 결과 분석
- 대상 시설물(부재)에 대한 상태평가
- 시설물 전체의 상태평가 결과에 대한 책임기술자의 소견(안전등급 지정)

바. 보수·보강 방안(공법, 우선순위 및 시기) 제시

- 보수·보강 방법 제시
- 보수시기, 보수 우선순위 및 보수대책은 고속도로상 작업여건을 감안, 이용객의 불편을 최소화할 수 있는 방안으로 각 시설물별로 작성
- 보수·보강대책은 시설물의 전면보수 시까지 구조물의 기능을 유지하기 위하여 필요한 사항(보수대상, 적정공법, 소요예산 등)을 선정 제시

사. 시설물의 효율적인 유지관리방안 제시

- 시설물의 효율적인 유지관리방안 제시
- 본 과업수행 중 파악한 유지관리상의 문제점에 대한 적절한 보안대책을 작성, 유지관리 개선사항으로 제시

아. 종합보고서 작성 전산입력(FMS)

- 시설안전기술공단 『시설물정보 통합관리시스템(FMS)』
- 한국도로공사 『구조물 외관조사망도시스템(SDMS)』

4. 미사대교(서울) 정밀점검 결과

4.1 외관조사결과

1) 교면포장

본 미사대교(서울)의 교면포장은 ASP포장으로 시공되어 있으며, 차량이 운행중인 상태에서 최대한 접근이 가능한 범위까지 근접 육안조사를 실시하였다.

교면포장에 대한 외관조사 결과 기 점검(2016.08)시 조사된 패임 외에 일부 구간 패임 손상이 추가 발생한 것으로 조사되었다. 현재 조사된 손상은 깊이가 30mm 내외이고 손상 정도가 경미한 수준으로 주행성 및 내구성 확보상의 문제는 없는 상태이나, 향후 공용년수 증가(반복적인 통행차량 운하중 재하)에 따른 ASP포장부 마모 및 균열 등 추가 손상이 발생될 우려가 있으므로 주기적인 점검 및 유지관리가 필요할 것으로 판단된다.

2) 방호벽

방호벽은 구조적인 중요도는 낮으나, 차량충돌에 의한 콘크리트 파손 및 재료적인 열화가 발생될 경우 주행차량의 불안감 및 차량충돌시 안전성 미확보가 우려되므로 면밀하게 점검을 실시하였다.

본 교량의 좌·우측에는 주행 중인 차량이 정상적인 경로를 벗어나는 것을 방지함과 동시에 탑승자와 차량의 피해를 최소화 시킬 목적으로 충격도(KJ) 280이상인 종별 S2(SB6)의 콘크리트 방호벽이 설치되어 있다.

방호벽에 대한 외관조사 결과, 시공초기 온도변화 및 환경적요인에 의한 균열폭 0.3mm 내·외의 균열과 일부 균열부에 우수유입에 따른 백태, 국부적인 박리 등이 조사되었다. 발생한 손상은 기 실시된 정밀점검(2016.08)과 비교시 손상의 진전 및 신규손상이 추가 발생된 것으로 비교·검토되었으며 향후, 부재의 특성상 지속적인 우수유입 및 동결기 동결융해의 반복에 의한 손상이 발생될 수 있으므로 표면처리, 단면보수 등의 조치가 필요할 것으로 판단된다. 또한 차수판 길이부족 손상이 추가 확인된 상태인 바, 정비가 요구된다.

3) 배수시설

본 교량의 배수구조는 횡단구배가 낮은 갓길구간으로 노면수가 유입되도록 시공되었으며, 각 경간별로 7~12개소씩 배수구가 설치되어 있고 배수관을 통해 교각 쪽으로 유도하여 초기 우수처리시설(CDS-Torm Water)에 차집되는 배수시설형식으로 시공되어 있다.

외관조사결과 기 점검시 조사된 배수구 퇴적물(이물질)에 대해 정비 후 배수구 덮개를

설치하여 양호한 상태인 것으로 확인되었다. 다만 기존 손상인 차집관 연결볼트 풀림에 대해서는 원활한 배수관 기능 확보를 위해 볼트 재체결 등 정비가 필요한 상태이다.

4) 신축이음

신축이음은 대기 온도변화에 의한 교량 상부구조의 수축과 팽창, 콘크리트의 재령에 의한 CREEP, 건조수축 및 활하중에 의한 이동과 회전등의 변위 및 변형을 원활하게 하여 2차응력을 줄이고 교면의 평탄성을 유지시켜 주는 역할과 교면수와 오물이 교량 하부구조로 흘러들어가는 것을 방지하여 콘크리트가 부식되지 않도록 하는 기능을 수행하는 중요한 부재로서 본 교량에 설치된 신축이음은 A1, P2, P5, A2에 Rail Joint로 시공되어 있으며 신축이음 단부 방호벽에는 우수유입을 방지하기 위한 차수판(BWP)이 설치되어 있는 것으로 확인되었다.

외관조사 결과 반복적인 차량 운하중 재하에 따른 후타재 균열(폭 0.3mm미만), 환경적 요인에 의한 본체 유간부 토사퇴적, A2 하부 고정볼트 탈락 손상이 조사되었다.

본체 이물질퇴적은 신축거동의 저하 및 본체 고무재 열화 등의 원인이 되므로 주기적인 청소등 유지관리가 필요하며, 특히 하부 고정볼트 탈락의 경우 방치시 차량 통행에 따른 진동으로 인해 볼트탈락이 추가 발생될 우려되므로 볼트 재체결 등 적절한 조치가 필요한 상태이다.

미사대교(서울)의 각 신축이음별 신축량 및 유간거리를 검토한 결과 각 신축이음은 하절기 온도상승 및 동절기 온도하강시 신축여유량을 충분히 확보하고 있는 것으로 검토되었다.

5) 바닥판

대상 교량은 총연장 1,530m(2@70m+3@70m+90m+8@125m+90m)인 PSC Box Girder교량으로서 S1~S5구간에는 FSM(Full Staging Method), S6~S15구간에는 FCM(Free Cantilever Method) 공법이 적용되었다.

바닥판은 상부로부터 전달되는 차량의 운하중을 거더로 직접 전달하는 역할을 하는 부재로서 박스 거더 좌·우측 켄틸레버 구간을 대상으로 하며, 외관조사결과 건조수축, 소성수축 및 수화열 등에 의한 균열(cw=0.3mm미만)이 조사되었다. 기 손상부는 구조물의 내구성 증진을 위한 표면처리 등의 조치가 필요할 것으로 판단된다.

6) 거더

대상교량의 거더는 S1~S5구간은 FSM(Full Staging Method), S6~S15구간은 FCM(Free Cantilever Method) 공법이 적용되었으며, 거더 내·외부 균열발생 개소에 대해서는 탄소섬유보강(FCM, 내부 정착구 주변 복부)과 주입보수, 표면처리 등으로 보수 및 보강을 실시한 것으로 확인하였다.

거더에 대한 외관조사 결과 이상 처짐, 변형 및 지점부(정착부) 파손과 같은 특이할만한 결함 및 손상은 없는 상태이다. 다만 거더 내·외부 일부 구간에서 폭 0.1~0.3mm 정도의 경사균열 및 종방향 균열, 망상균열, 백태 등이 발생한 상태이고, 기 정밀점검과 비교시 균열 외에 하부플랜지 파손, 보수부 들뜸 등이 추가 발생한 것으로 확인되었다. 조사된 균열의 경우 일반적으로 PSC 상자형교에서 강선 긴장시 발생하는 국부적인 응력집중 현상과 가설공법 특성과 같은 시공환경 영향, 건조수축, 수화열, 온도변화 등 복합적인 요인에 의해 발생한 초기결함으로, 구조물의 안전성에 영향을 미칠만한 수준은 아닌 것으로 판단되나, 기타 손상과 더불어 내구성 확보차원의 적절한 보수가 필요한 것으로 판단된다.

7) 교량받침

교량받침은 상·하부구조 접속부에 있는 교량 부속물로서 교량의 구조 중 기계적 요소가 가장 강하며, 하중의 전달과 완충의 기능을 갖고 있어 하중전달을 위해 견고하게 연결되어야 한다.

대상교량의 받침장치는 Pot Bearing에 E-형 감재 이력 댐퍼를 적용한 구조로서 각 지점별로 2개(신축이음구간 4개)의 받침이 설치되어 있고, 이중 P1, P3, P9가 고정받침이다.

받침장치에 대한 외관조사 결과 가동불량, 편기 등의 손상은 조사되지 않았으나 측면 우수유입 및 환경적요인에 따른 Plate 녹발생, 시공초기 부주의에 의한 받침콘크리트 박리, 조류배설물 퇴적 등이 조사되었다. 기 실시된 정밀점검과 비교시 도장손상이 추가 조사되었으며 손상들에 대해서는 내구성 확보를 위한 보수를 실시하는 것이 바람직하다.

교대 및 교각의 교량받침에 대한 연단거리 측정결과 현장 실측치가 허용치를 상회하는 것으로 조사되어 본 과업대상인 미사대교(서울)는 충분한 연단거리를 확보하고 있는 것으로 검토되었다.

또한, 기 실시한 정밀점검(2016.08)과 비교시 측정오류 및 연단거리의 차이는 없는 것으로 측정·검토되었다.

대상 교량 받침장치의 대기온도 변화를 고려하여 상부 바닥판의 신축 변화량을 산정하고 각 지점에서 측정된 받침장치 가동량을 측정 비교·검토하였다.

본 교량의 가동받침의 이동량 산정시 온도변화는 보통지방을 고려하여 $-5^{\circ}\text{C} \sim +35^{\circ}\text{C}$ 설

계하였으며 설계시 고려한 온도를 기준으로 교량받침 여유량 검토결과 온도변화에 따른 여유량을 충분히 확보하고 있는 것으로 측정/확인 되었다.

8) 교대 및 교각

교대 및 교각은 교량 상부구조의 하중을 지반으로 전달하며, 교량 전체 구조의 안전성을 위해 아주 중요한 역할을 수행하는 구조부재이다. 본 교량의 교대는 말뚝기초로서 역T형구조이며, 교각의 경우 한강을 횡단하는 P6~P12구간은 연암 상에 직접기초로 나머지 구간은 말뚝기초로서 중공형 벽식구조로 시공되어있다.

교대에 대한 외관조사결과 신규 손상은 발생되지 않은 상태이다. 다만 기존 손상인 폭 0.1~0.3mm정도의 균열과 법면 보호공 침하가 확인되었다. 조사된 일부균열에 대해서는 내구성저하 방지를 위하여 보수를 실시하는 것이 바람직하며, 법면 침하에 대해서는 상태 변화 유무에 대한 주기적인 점검이 필요하다.

교각에 대한 외관조사 결과, 시공초기 온도변화 및 환경적요인에 의한 균열폭 0.2mm 내외의 균열, 망상균열, 박리, 파손이 조사되었다. 기 실시된 정밀점검과 비교시 기 점당시 누락된 손상으로 판단되는 백태, 균열 등의 손상이 추가 조사되었다. 기 손상부는 내구성 저하 방지를 위한 표면처리, 단면보수 등의 조치가 필요할 것으로 판단된다.

4.2 비파괴시험 결과

가. 비파괴시험에 의한 압축강도측정 결과

<표 4.1> 압축강도 측정결과

[단위 : MPa]

종류 부재		시험압축강도 (A)	설계기준강도 (B)	(A/B)×100 (%)
상부구조	거터	47.1 ~ 50.7	45.0	105 ~ 113
하부구조	교대	25.2 ~ 26.4	24.0	105 ~ 110
	교각	28.4 ~ 30.9	27.0	105 ~ 114

콘크리트 비파괴 시험결과 상부구조 거터 추정 비파괴 강도는 47.1~50.7MPa, 하부구조 교대 추정 비파괴 강도는 25.2~26.4MPa, 교각 추정 비파괴강도는 28.4~30.9MPa로서 설계기준강도(거터 : 45.0MPa, 교대 : 24.0MPa, 교각 : 27.0MPa) 이상을 확보하고 있는 것으로 측정·검토 되었다.

나. 탄산화 깊이 측정 결과

<표 4.2> 탄산화깊이 측정결과

[단위 : mm]

시험위치	탄산화 깊이(mm) (C)	공용년수 (t)	탄산화 속도계수 (A)	탄산화 잔여깊이 (mm)	잔존수명 (t_d)	비고
거터내부 S3	6.0	8	2.12	54.0	100년 이상	
거터외부 S8	4.5	8	1.59	55.5		
거터외부 S12	4.0	8	1.41	56.0		
교대 A1	11.5	8	4.07	88.5		
교각 P6	6.0	8	2.12	94.0		
교각 P12	6.5	8	2.30	93.5		

탄산화 깊이 측정은 총 6개소(상부구조 3개소, 하부구조 3개소)에서 실시하였으며 탄산화에 의한 수명 평가는 경과년수와 탄산화깊이와의 관계를 통해 탄산화 속도계수를 역추적하여 탄산화가 철근에 도달하는 시간을 계산하였다. 앞서 언급한 식 $C = A\sqrt{t}$ 에서 준공 후 현재까지의 경과년수 t 는 설계도로부터 구할 수 있고 탄산화 깊이 C 는 현장조사를 통하여 얻을 수 있으므로 탄산화 속도계수 A 를 계산할 수 있다. 측정결과 모든 측정부재에서 현재로부터 탄산화가 철근에 도달하는데 걸리는 시간을 추정한 결과 100년 이상으로 탄산화에 의한 철근부식은 없을 것으로 판단된다.

4.3 상태평가 결과

<표 4.3> 상태평가 결과

개별교량명	미사대교(서울)						
구분	환산 결함도점수	상태평가 등급	연장(m)	차선	길이 ×차선	연장비	환산결함도점수 ×연장비
미사대교(서울)	0.239	B	1,530.0	3	4,590.0	1.00	0.239
합계(Σ)			1,530.0		4,590.0	1.00	0.239
1. 평가지수 =						0.239	
2. 상태평가 결과 =						B 등급	

본 미사대교(서울)의 상태평가 결과 보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나 기능발
회에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 "B등급"의 상태
로 평가 되었다.

4.4 안전등급 지정

<표 4.4> 안전등급 지정

구 분	상태평가		안전성평가	
	평가지수	평가기준	평가지수	평가기준
평가결과	0.239	B	미 실시 (정밀안전진단 과업)	
안전등급 지 정	상태평가 B 안전성평가 (미 실시) - 안전등급 B			

안전등급은 상태평가 결과와 안전성평가 결과 중 낮은 등급을 안전등급으로 지정하나
금회 실시한 정밀점검에서는 안전성평가(정밀안전진단 과업)를 실시하지 않아 안전등급은
B등급“보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성
증진을 위하여 일부 보수가 필요한 상태”로 지정되었다.

4.5 보수·보강 방안

점검부위		결합 및 손상내용	보수물량	보수·보강(안) 공법	개략공사비 (천원)	순위	비고
교면포장		패임	1.08㎡ / 26EA	주의관찰	-	-	
방호벽	균열(폭 0.3㎜미만)		64.35㎡ / 154EA	표면처리	2,896	3	
	균열(폭 0.3㎜이상)		0.57㎡ / 4EA	주입보수	68	2	
	긁힘		3.6㎡ / 1EA	단면보수	720	2	
	보수재 들뜸 및 박리		5.52㎡ / 1EA	단면보수	1,104	2	
	박락		0.19㎡ / 1EA	단면보수	38	2	
	박리		0.52㎡ / 2EA	단면보수	104	2	
	차수관 파손		2EA	재설치	800	2	
	차수관 길이부족		1EA	재설치	400	2	
배수시설		차집관 연결볼트 풀림	1EA	재체결	30	2	
신축이음	후타재균열(폭 0.3㎜미만)		3.96㎡ / 22EA	표면처리	178	3	
	후타재균열(폭 0.3㎜이상)		11.58㎡ / 44EA	표면처리	521	2	
	본체하부 볼트탈락		3EA	재체결	90	2	
	본체 녹발생		12.48㎡ / 8EA	녹제거, 방청	686	2	
	본체 토사퇴적		2.4㎡ / 2EA	청소	12	1	
바닥판		균열(폭 0.3㎜미만)	49.26㎡ / 74EA	표면처리	2,217	2	
거 더	외부	균열(폭 0.3㎜미만)	158.49㎡ / 170EA	표면처리	7,132	2	
		균열(폭 0.3㎜이상)	56.85㎡ / 70EA	주입보수	6,822	1	
		재료분리	1.79㎡ / 2EA	단면보수	358	3	
		박락	0.01㎡ / 1EA	단면보수	2	2	
		들뜸	0.01㎡ / 1EA	단면보수	2	2	
	내부	균열(폭 0.3㎜미만)	61.14㎡ / 210EA	표면처리	2,751	2	
		균열(폭 0.3㎜이상)	4.65㎡ / 11EA	주입보수	558	1	
		백태	0.11㎡ / 1EA	표면처리	5	2	
		망상균열	7.14㎡ / 1EA	표면처리	321	2	
		조류배설물 퇴적	20.88㎡ / 1EA	청소	104	3	
	격벽	균열(폭 0.3㎜미만)	2.64㎡ / 9EA	표면처리	119	2	
		균열(폭 0.3㎜이상)	0.9㎡ / 2EA	주입보수	108	1	
		망상균열	17.88㎡ / 4EA	표면처리	805	2	
교량받침	Plate 부식	4EA	재도장	280	2		
	받침콘크리트 박리	0.14㎡ / 1EA	단면보수	28	2		
	도장손상	0.04㎡ / 3EA	재도장	3	2		
	조류배설물 퇴적	49.92㎡ / 1EA	청소	250	3		
교대	균열(폭 0.3㎜미만)	4.17㎡ / 17EA	표면처리	188	2		
	균열(폭 0.3㎜이상)	0.48㎡ / 1EA	주입보수	58	1		
	교대 보호공 침하	9.72㎡ / 1EA	주의관찰	-	-		
교각	균열(폭 0.3㎜미만)	26.97㎡ / 50EA	표면처리	1,214	2		
	망상균열	341.82㎡ / 16EA	표면처리	15,382	2		
	박리	0.18㎡ / 1EA	단면보수	36	2		
	파손	0.23㎡ / 2EA	단면보수	46	2		
	백태	0.04㎡ / 1EA	표면처리	2	2		
순 공 사 비					46,436		
제정비(순공사비×0.5)					23,220		
총 공 사 비					69,658		

※ 면적환산 = 균열보수(0.3mm미만) : L(길이) × 0.25m(폭)

※ 상기 개략공사비는 실시설계시 공법선정, 단가변동 및 현장여건상 변동될 수 있음.

4.6 종합결론

미사대교(서울)는 준공 후 8년이 경과된 PSC BOX Girder 형식의 교량으로 방호벽 균열, 신축이음 후타재 균열 및 하부 볼트 탈락, 거더 내·외부 균열, 교량받침 부식, 교대 및 교각 균열, 박리 등의 손상이 조사되어 "B등급"(양호)으로 평가 되었으며, 금회 점검시 조사된 손상·결함부에 대하여 보수를 시행한다면 공용상의 문제는 없을 것으로 판단된다. 또한, 하자보수를 실시한 보수부의 점검을 통한 재손상 여부를 판단하여 이에 대한 적절한 조치를 취하여야 할 것이다.

5. 미사대교(양양) 정밀점검 결과

5.1 외관조사결과

1) 교면포장

본 미사대교(양양)의 교면포장은 ASP포장으로 시공되어 있으며, 차량이 운행중인 상태에서 최대한 접근이 가능한 범위까지 근접 육안조사를 실시하였다.

교면포장에 대한 외관조사 결과 일부구간 경미한 수준의 패임 손상이 신규 발생한 것으로 조사되었다. 현재 조사된 손상은 깊이가 30mm 내외이고 손상 정도가 경미한 수준으로 주행성 및 내구성 확보상의 문제는 없는 상태이나, 향후 공용년수 증가(반복적인 통행차량 운하중 재하)에 따른 ASP포장부 마모 및 균열 등 추가 손상이 발생할 우려가 있으므로 주기적인 점검 및 유지관리가 필요할 것으로 판단된다.

2) 방호벽

방호벽은 구조적인 중요도는 낮으나, 차량충돌에 의한 콘크리트 파손 및 재료적인 열화가 발생할 경우 주행차량의 불안감 및 차량충돌시 안전성 미확보가 우려되므로 면밀하게 점검을 실시하였다. 본 교량의 좌·우측에는 주행 중인 차량이 정상적인 경로를 벗어나는 것을 방지함과 동시에 탑승자와 차량의 피해를 최소화 시킬 목적으로 충격도(KJ) 280 이상인 중별 S2(SB6)의 콘크리트 방호벽이 설치되어 있다. 외관조사 결과, 시공초기 온도 변화 및 환경적요인에 의한 균열폭 0.3mm내·외의 균열과 우수유입에 따른 백태, 국부적인 박리 및 파손 등이 조사되었다.

발생된 손상은 기 실시된 정밀점검(2016.08)과 비교시 손상의 진전 및 신규손상이 추가 발생한 것으로 비교·검토되었으며 향후, 부재의 특성상 지속적인 우수유입 및 동절기 동결융해의 반복에 의한 손상이 발생할 수 있으므로 표면처리, 단면보수 등의 보수가 필요할 것으로 판단된다. 또한 차수판 파손, 강재난간 볼트 이완 등이 조사된 바, 정비가 요구된다.

3) 배수시설

본 교량의 배수구조는 횡단구배가 낮은 갓길구간으로 노면수가 유입되도록 시공되었으며, 각 경간별로 7~12개소씩 배수구가 설치되어 있고 배수관을 통해 교각 쪽으로 유도하여 초기 우수처리시설(CDS-Torm Water)에 차집되는 배수시설형식으로 시공되어 있다.

외관조사결과 일부 개소에서 다소의 퇴적물(이물질)로 인해 배수구 막힘이 발생한 상태

이며, 구조물의 원활한 배수기능 확보를 위한 주기적인 청소 등의 조치가 필요할 것으로 판단된다.

4) 신축이음

신축이음은 대기 온도변화에 의한 교량 상부구조의 수축과 팽창, 콘크리트의 재령에 의한 CREEP, 건조수축 및 활하중에 의한 이동과 회전등의 변위 및 변형을 원활하게 하여 2차응력을 줄이고 교면의 평탄성을 유지시켜 주는 역할과 교면수와 오물이 교량 하부구조로 흘러들어가는 것을 방지하여 콘크리트가 부식되지 않도록 하는 기능을 수행하는 중요한 부재로서 본 교량에 설치된 신축이음은 A1, P2, P5, A2에 Rail Joint로 시공되어 있으며 신축이음 단부 방호벽에는 우수유입을 방지하기 위한 차수판(BWP)이 설치되어 있는 것으로 확인되었다.

외관조사 결과 반복적인 차량 운하중 재하에 따른 후타재 균열(폭 0.3mm미만), 환경적 요인에 의한 본체 유간부 토사퇴적, 하부 부식이 발생한 상태이다. 후타재 균열의 경우 공용기간동안 균열부 파손 등 손상의 진전이 우려되므로 적절한 보수가 요구되며, 본체 이물질퇴적의 경우 신축거동의 저하 및 본체 고무재 열화 등의 원인이 되므로 주기적인 청소 등 유지관리가 필요하다.

미사대교(양양)의 각 신축이음별 신축량 및 유간거리를 검토한 결과 각 신축이음은 하절기 온도상승 및 동절기 온도하강시 신축여유량을 충분히 확보하고 있는 것으로 검토되었다.

5) 바닥판

바닥판은 상부로부터 전달되는 차량의 운하중을 거더로 직접 전달하는 역할을 하는 부재로서 박스 거더 좌·우측 캔틸레버 구간을 대상으로 하며, 외관조사결과 건조수축, 소성수축 및 수화열등에 의한 균열($cw=0.3\text{mm}$ 미만) 및 망상균열이 조사되었다. 기 손상부는 내구성 증진을 위한 표면처리 등의 조치를 취하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다.

6) 거더

대상교량의 거더는 S1~S5구간은 FSM(Full Staging Method), S6~S15구간은 FCM(Free Cantilever Method) 공법이 적용되었으며, 거더 내·외부 균열발생 개소에 대해서는 탄소섬유보강(FCM, 내부 정착구 주변 복부)과 주입보수, 표면처리 등으로 보수 및 보강을 실시한 것으로 확인하였다.

거더에 대한 외관조사 결과 이상 처짐, 변형 및 지점부(정착부) 파손과 같은 특이할만한 결함 및 손상은 없는 상태이다. 다만 거더 내·외부 일부 구간에서 폭 0.3mm내·외의 경사균열 및 종방향 균열, 망상균열, 백태 등이 발생한 상태이고, 기 정밀점검과 비교시 균

열, 하부플랜지 국부파손, 보수부 들뜸 등이 추가 발생한 것으로 확인되었다. 조사된 균열의 경우 일반적으로 PSC 상자형교에서 강선 긴장시 발생하는 국부적인 응력집중 현상과 가설공법 특성과 같은 시공환경 영향, 건조수축, 수화열, 온도변화 등 복합적인 요인에 의해 발생한 초기결함으로, 구조물의 안전성에 영향을 미칠만한 수준은 아닌 것으로 판단되나, 기타 손상과 더불어 내구성 확보차원의 적절한 보수가 필요한 것으로 판단된다.

7) 교량받침

교량받침은 상·하부구조 접속부에 있는 교량 부속물로서 교량의 구조 중 기계적 요소가 가장 강하며, 하중의 전달과 완충의 기능을 갖고 있어 하중전달을 위해 견고하게 연결되어야 한다.

대상교량의 받침장치는 Pot Bearing에 E-형 감재 이력 댐퍼를 적용한 구조로서 각 지점별로 2개(신축이음구간 4개)의 받침이 설치되어 있고, 이중 P1, P3, P9가 고정받침이다.

받침장치에 대한 외관조사 결과 우수유입 및 환경적요인에 따른 Plate 녹발생, 지시계 탈락, 볼트 미제거 등이 조사되었으며, 기 실시된 정밀점검과 비교시 일부 받침에서 여유량 부족에 따른 이동유간 협착이 추가 발생한 것으로 확인되었다. 기 손상부는 구조물의 내구성 증진을 위한 재도장 등의 조치가 필요할 것으로 판단된다.

교대 및 교각의 교량받침에 대한 연단거리 측정결과 현장 실측치가 허용치를 상회하는 것으로 조사되어 본 과업대상인 미사대교(양양)는 충분한 연단거리를 확보하고 있는 것으로 검토되었다.

또한, 기 실시한 정밀점검(2016.08)과 비교시 측정오류 및 연단거리의 차이는 없는 것으로 측정·검토되었다.

대상 교량 받침장치의 대기온도 변화를 고려하여 상부 바닥판의 신축 변화량을 산정하고 각 지점에서 측정된 받침장치 가동량을 측정 비교·검토하였다.

본 교량의 가동받침 이동량 산정시 온도변화는 보통지방을 고려하여 $-5^{\circ}\text{C} \sim +35^{\circ}\text{C}$ 설계하였으며 설계시 고려한 온도를 기준으로 교량받침 여유량 검토결과, P6, P7, P8 받침에서 여유량이 다소 부족한 것으로 확인되었으나, 이로 인한 전단연결재 및 강재댐퍼 등의 손상은 없는 것으로 감안할 때 세심한 주의관찰과 이상 징후 발생시 적절한 조치가 필요할 것으로 판단된다.

8) 교대 및 교각

교대 및 교각은 교량 상부구조의 하중을 지반으로 전달하며, 교량 전체 구조의 안전성을 위해 아주 중요한 역할을 수행하는 구조부재이다. 본 교량의 교대는 말뚝기초로서 역T

형구조이며, 교각의 경우 한강을 횡단하는 P6~P12구간은 연암 상에 직접기초로 나머지 구간은 말뚝기초로서 중공형 벽식구조로 시공되어있다.

교대에 대한 외관조사결과 신규 손상은 발생되지 않은 상태이다. 다만 기존 손상인 폭 0.1~0.3mm내·외의 균열과 백태, 법면 보호공 침하가 확인되었다. 조사된 손상에 대해서는 내구성저하 방지를 위하여 보수를 실시하는 것이 바람직하며, 법면 침하에 대해서는 상태 변화 유무에 대한 주기적인 점검이 필요하다.

교각에 대한 외관조사 결과, 시공초기 온도변화 및 환경적요인에 의한 균열폭 0.3mm내 외의 균열, 망상균열 등이 조사되었으며, 기 실시된 정밀점검과 비교시 기 점검시 시 누락된 손상으로 판단되는 균열 등이 추가 조사되었다. 기 손상부는 내구성 증진을 위한 주입 보수, 단면보수 등의 조치가 필요할 것으로 판단된다.

5.2 비파괴시험 결과

가. 비파괴시험에 의한 압축강도측정 결과

<표 5.1> 압축강도 측정결과

[단위 : MPa]

종류 부재		시험압축강도 (A)	설계기준강도 (B)	(A/B)×100 (%)
상부구조	거터	48.0 ~ 51.5	45.0	107 ~ 114
하부구조	교대	25.3 ~ 26.6	24.0	105 ~ 111
	교각	28.1 ~ 29.6	27.0	104 ~ 110

콘크리트 비파괴 시험결과 상부구조 거터 추정 비파괴 강도는 48.0~51.5MPa, 하부구조 교대 추정 비파괴 강도는 25.3~26.6MPa, 교각 추정 비파괴강도는 28.1~29.6MPa로서 설계기준강도(거터 : 45.0MPa, 교대 : 24.0MPa, 교각 : 27.0MPa) 이상을 확보하고 있는 것으로 측정·검토 되었다.

나. 탄산화 깊이 측정 결과

<표 5.2> 탄산화깊이 측정결과

[단위 : mm]

시 험 위 치	탄산화 깊이(mm) (C)	공용년수 (t)	탄산화 속도계수 (A)	탄산화 잔여깊이 (mm)	잔존수명 (td)	비 고
거더내부 S4	3.0	8	1.06	57.0	100년 이상	
거더외부 S7	5.0	8	1.77	55.0		
거더외부 S10	4.5	8	1.59	55.5		
교각 P7	7.5	8	2.65	92.5		
교각 P12	7.0	8	2.47	93.0		
교대 A2	10.5	8	3.71	89.5		

탄산화 깊이 측정은 총 6개소(상부구조 3개소, 하부구조 3개소)에서 실시하였으며 탄산화에 의한 수명 평가는 경과년수와 탄산화깊이와의 관계를 통해 탄산화 속도계수를 역추적하여 탄산화가 철근에 도달하는 시간을 계산하였다. 앞서 언급한 식 $C=A\sqrt{t}$ 에서 준공 후 현재까지의 경과년수 t 는 설계도로부터 구할 수 있고 탄산화 깊이 C 는 현장조사를 통하여 얻을 수 있으므로 탄산화 속도계수 A 를 계산할 수 있다. 측정결과 모든 측정부재에서 현재로부터 탄산화가 철근에 도달하는데 걸리는 시간을 추정한 결과 100년 이상으로 탄산화에 의한 철근부식은 없을 것으로 판단된다.

5.3 상태평가 결과

<표 5.3> 상태평가 결과

개별교량명	미사대교(양양)						
구분	환산 결함도점수	상태평가 등급	연장(m)	차선	길이 ×차선	연장비	환산결함도점수 ×연장비
미사대교(서울)	0.234	B	1,530.0	3	4,590.0	1.00	0.234
합계(Σ)			1,530.0		4,590.0	1.00	0.234
1. 평가지수 =						0.234	
2. 상태평가 결과 =						B 등급	

본 미사대교(양양)의 상태평가 결과 보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나 기능발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 "B등급"의 상태로 평가 되었다.

5.4 안전등급 지정

<표 5.4> 안전등급 지정

구 분	상태평가		안전성평가	
	평가지수	평가기준	평가지수	평가기준
평가결과	0.234	B	미 실시 (정밀안전진단 과업)	
안전등급 지 정	상태평가 B 안전성평가 (미 실시) - 안전등급 B			

안전등급은 상태평가 결과와 안전성평가 결과 중 낮은 등급을 안전등급으로 지정하나 금회 실시한 정밀점검에서는 안전성평가(정밀안전진단 과업)를 실시하지 않아 안전등급은 B등급“보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부 보수가 필요한 상태”로 지정되었다.

5.5 보수·보강 방안

점검부위		결함 및 손상내용	보수물량	보수·보강(안) 공법	개략공사비 (천원)	순위	비고
교면포장		패임	0.25㎡ / 3EA	주의관찰	-	-	
방호벽		균열(폭 0.3mm미만)	11.88㎡ / 27EA	표면처리	535	3	
		균열(폭 0.3mm이상)	4.02㎡ / 8EA	주입보수	482	2	
		균열부 백태	59.04㎡ / 42EA	표면처리	2,657	2	
		굽힘	9.6㎡ / 5EA	단면보수	1,920	3	
		파손	0.38㎡ / 5EA	단면보수	76	2	
		박락	0.04㎡ / 1EA	단면보수	8	2	
		난간 앵커볼트 이완	3EA	볼트 교체	90	2	
		차수판 파손	1EA	재설치	400	2	
		차수판 볼트 탈락	1EA	재체결	30	2	
		방음 판넬 녹 발생 및 부식	630㎡ / 3EA	방청, 재도장	34,650	3	
배수시설		배수구 막힘	21EA	청소	105	1	
신축이음		후타재균열(폭 0.3mm미만)	14.97㎡ / 75EA	표면처리	674	3	
		후타재균열(폭 0.3mm이상)	4.68㎡ / 24EA	표면처리	211	2	
		본체상부 부식	6.9㎡ / 4EA	녹제거, 방청	380	2	
		본체하부 PLATE 부식	1.0㎡ / 2EA	녹제거, 방청	55	2	
		본체 토사퇴적	0.6㎡ / 2EA	청소	5	1	
바닥판		균열(폭 0.3mm미만)	6.93㎡ / 19EA	표면처리	312	2	
		망상균열	24.0㎡ / 1EA	표면처리	1,080	2	
거 더	외부	균열(폭 0.3mm미만)	100.08㎡ / 132EA	표면처리	4,504	2	
		균열(폭 0.3mm이상)	44.73㎡ / 52EA	주입보수	5,368	1	
		망상균열	12.72㎡ / 1EA	표면처리	572	2	
		보수재 들뜸, 박락	4.68㎡ / 3EA	단면보수	936	2	
		재료분리	4.45㎡ / 6EA	단면보수	890	2	
	내부	균열(폭 0.3mm미만)	59.73㎡ / 198EA	표면처리	2,688	2	
		균열(폭 0.3mm이상)	1.95㎡ / 6EA	주입보수	234	1	
		백태	2.65㎡ / 1EA	표면처리	119	2	
		표면박리	0.05㎡ / 3EA	단면보수	10	2	
		격벽	균열(폭 0.3mm미만)	7.47㎡ / 17EA	표면처리	336	2
교량받침		슬플레이트 녹 발생	1EA	재도장	70	2	
		도장박리	0.07㎡ / 1EA	재도장	5	2	
		눈금자, 지시계 탈락	2EA	재설치	200	2	
		임시고정 볼트 미제거	1EA	주의관찰	-	-	
		여유량 부족	3EA	주의관찰	-	-	
교대		균열(폭 0.3mm미만)	12.18㎡ / 34EA	표면처리	548	2	
		균열(폭 0.3mm이상)	1.35㎡ / 2EA	주입보수	162	1	
		백태	3.01㎡ / 2EA	표면처리	135	2	
		단면파손, 철근노출	0.34㎡ / 1EA	단면보수, 방청	99	1	
		체수	21.36㎡ / 1EA	주의관찰	-	-	
		누수흔적	3.6㎡ / 1EA	주의관찰	-	-	
		녹물유출	6.0㎡ / 5EA	주의관찰	-	-	
		교대 보호공 침하	9.72㎡ / 1EA	주의관찰	-	-	
교각		균열(폭 0.3mm미만)	34.2㎡ 60EA	표면처리	1,539	2	
		균열(폭 0.3mm이상)	6.96㎡ / 8EA	주입보수	835	1	
		망상균열	483.48㎡ / 19EA	표면처리	21,757	2	
		거푸집 미제거	0.19㎡ / 1EA	청소	10	3	
		파손	0.04㎡ / 2EA	단면보수	8	2	
순 공 사 비					84,695		
제정비(순공사비×0.5)					42,348		
총 공 사 비					127,043		

※ 면적환산 = 균열보수(0.3mm미만) : L(길이) × 0.25m(폭)

※ 상기 개략공사비는 실시설계시 공법선정, 단가변동 및 현장여건상 변동될 수 있음.

5.6 종합결론

미사대교(양양)는 준공 후 8년이 경과된 PSC BOX Girder 형식의 교량으로 방호벽 균열, 신축이음 후타재 균열, 거더 내·외부 균열, 교량받침 부식, 교대 및 교각 균열, 박리 등의 손상이 조사되어 "B등급"(양호)으로 평가 되었으며, 금회 점검시 조사된 손상·결함부에 대하여 보수를 시행한다면 공용상의 문제는 없을 것으로 판단된다. 또한, 하자보수를 실시한 보수부의 점검을 통한 재손상 여부를 판단하여 이에 대한 적절한 조치를 취하여야 할 것이다.