잠수교 정밀점검 결과 요약문

1. 과업의 개요

1.1 과업의 목적

본 과업은 "시설물의 안전 관리에 관한 특별법"(이하 "시특법"이라 한다.)에 따른 안전점검으로서 경험과 기술을 갖춘 자가 육안이나 점검기구 등으로 검사하여 내재되어 있는 위험요인을 조사하여 재해를 예방하고 시설물의 효용을 증진시켜 공공의 안전을 확보하는데 그 목적이 있다.

1.2 과업의 범위

(1) 자료수집 및 분석

(2) 현장조사 및 시험

(3) 상태평가 및 종합평가

(4) 보수・보강방법 및 유지관리방안 제시

(5) 보고서 작성

(6) 안전점검 편람 재정비 및 주요결함 일상점검매뉴얼 작성

1.3 과업수행기간

2016. 3. 29. ~ 2016. 11. 23. (착수일로부터 240일)

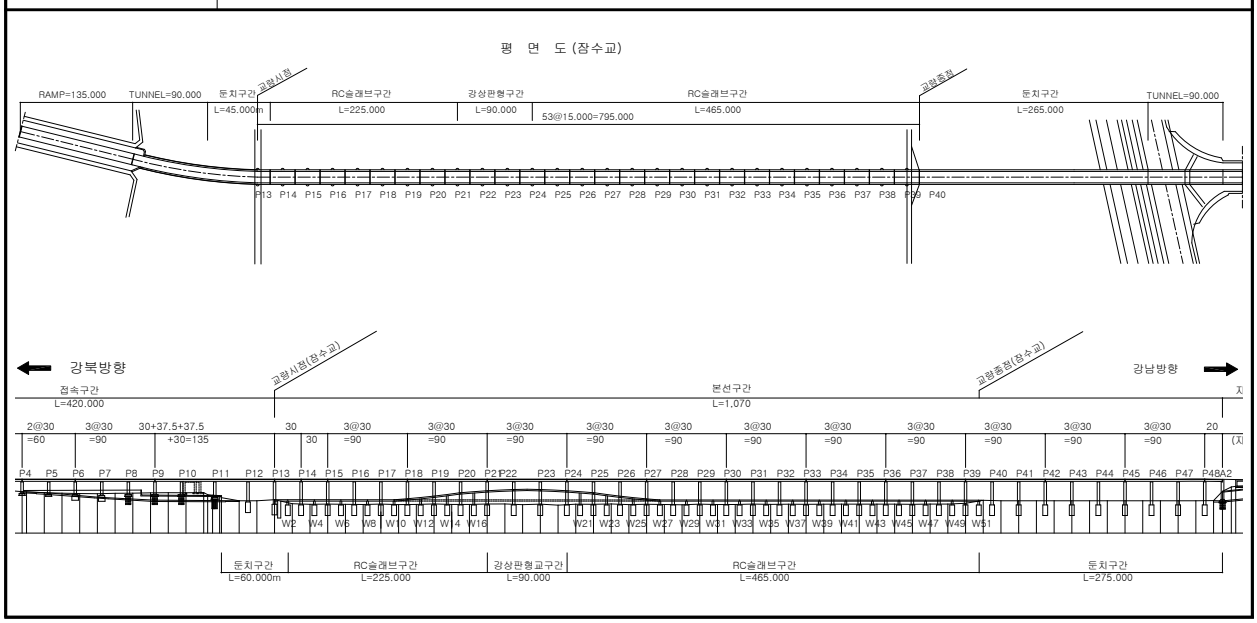
1.4 과업의 내용

과업항목	과업내용서	지침상 기본과업	금회 과업 내용
자료 수집 및 분석	▪ 설계도서, 구조계산서 ▪ 유지관리 관련자료(설계도서, 시공자료, 기 점검/진단 보고서, 보수·보강이력 등) ▪ 내진설계 여부 확인 ▪ 시설물관리대장 작성 필요 자료도서, 구조계산서	▪ 설계도서, 구조계산서 ▪ 시설물관리대장 ▪ 시공관련자료 ▪ 안전점검·정밀안전진단 실시결과 자료 ▪ 보수·보강이력 검토·분석	▪ 과업내용서 및 세부지침 의거 수행
현장조사 및 시험	▪외관조사 및 외관조사망도 작성 (세부지침 의거 기본·주요부재) 위해 지장(첨가)시설물, 교량 하부공간 점유현황 등	▪ 전체부재의 외관조사 및 외관조사망도 작성 ▪ 현장 재료시험 등 -콘크리트 시험 비파괴강도 (반발경도시험, 탄산화 깊이 측정)	▪외관조사 및 외관조사망도 작성 (세부지침 의거 기본·주요부재) 위해 지장(첨가)시설물, 교량 하부공간 점유현황 등
	▪ 하자 검사/보수·보강부위 검사	-	▪ 하자 검사/보수·보강부위 검사
상태평가	▪ 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(교량, 터널)적용 -2010.12	▪ 외관조사 결과분석 ▪ 현장시험 및 재료시험 결과분석 ▪ 콘크리트 및 강재 등의 내구성 평가 ▪ 부재별 상태평가 및 시설물 전체의 상태평가 결과에 대한 소견	▪ 과업내용서 및 세부지침 의거 수행
종합평가 안전등급	▪ 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(교량, 터널)적용 -2010.12	▪ 시설물의 안전상태 종합평가 결과에 대한 소견 ▪ 안전등급 지정	▪ 과업내용서 및 세부지침 의거 수행
보수·보강 방법	▪ 보수·보강 방법 제시 (공법, 시기, 우선순위, 예산 등)	▪ 보수·보강 방법 제시	▪ 보수·보강 방법 제시 : 개략공사비 산정 등
보고서작성	▪ 보고서 및 부록 작성 ▪ 안전전검 편람 재정비 ▪ 주요결함 일상점검 매뉴얼 작성	▪ CAD 도면 작성 등 보고서 작성	▪ CAD 도면 작성 등 보고서 작성 ▪ 안전점검 편람 재정비 ▪ 일상점검 매뉴얼 작성

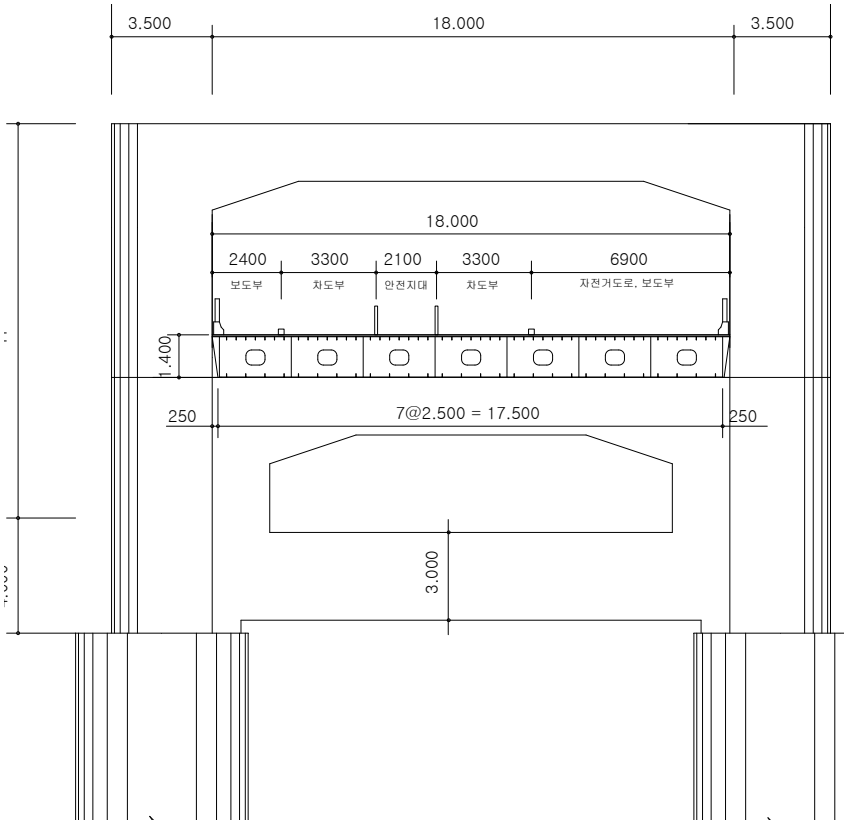
주) 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침 (2010.12) 적용

1.5 대상시설물 현황

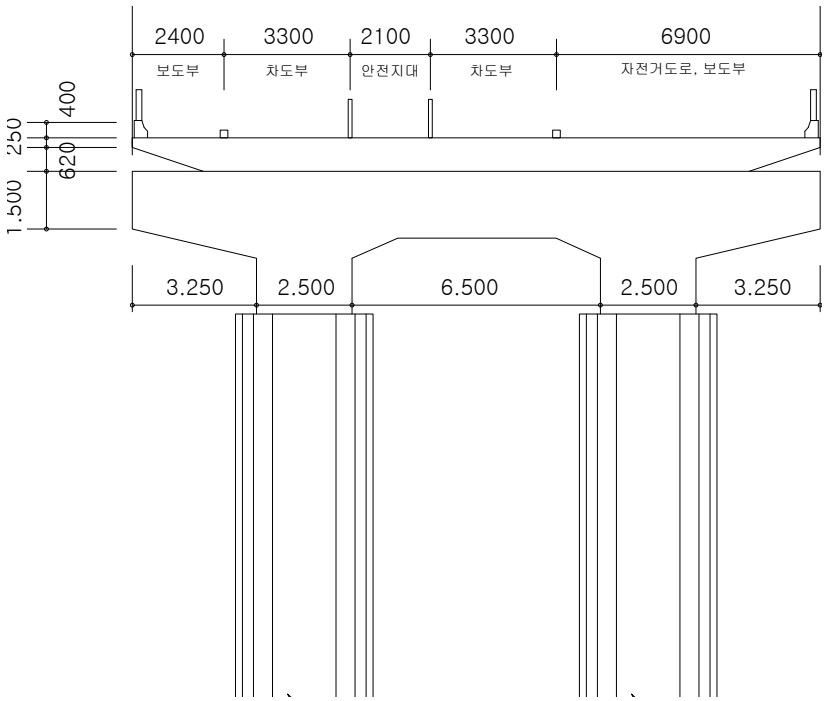
구 분		내 용	구 분		내 용
시설물명		잠수교	시설물번호		BR2005-0001519
준공년월		1976년(일반구간) 1986년(항로구간)	관리번호		-
시설물위치		서울특별시 용산구 서빙고동 ~ 서초구 반포동			
설계하중		DB-24	노선명		반포대로
제원	연장	▪ 일반구간 : L= 16@15.0 + 31@15.0 = 705.0m ▪ 항로구간 : L= 3@30 = 90.0m			
	폭	▪ 본 교 : B=18.0m(2차로)			
구조형식	상부	▪ 일반구간 : RC Slab ▪ 항로구간 : 강상판형	기초형식	교대	-
	하부	교각 : 라멘식		교각	우물통 기초
교량받침		탄성받침, 고력황동받침	신축이음		Finger, 강판형
교차시설물		한강	통과높이		-
부착시설		-			



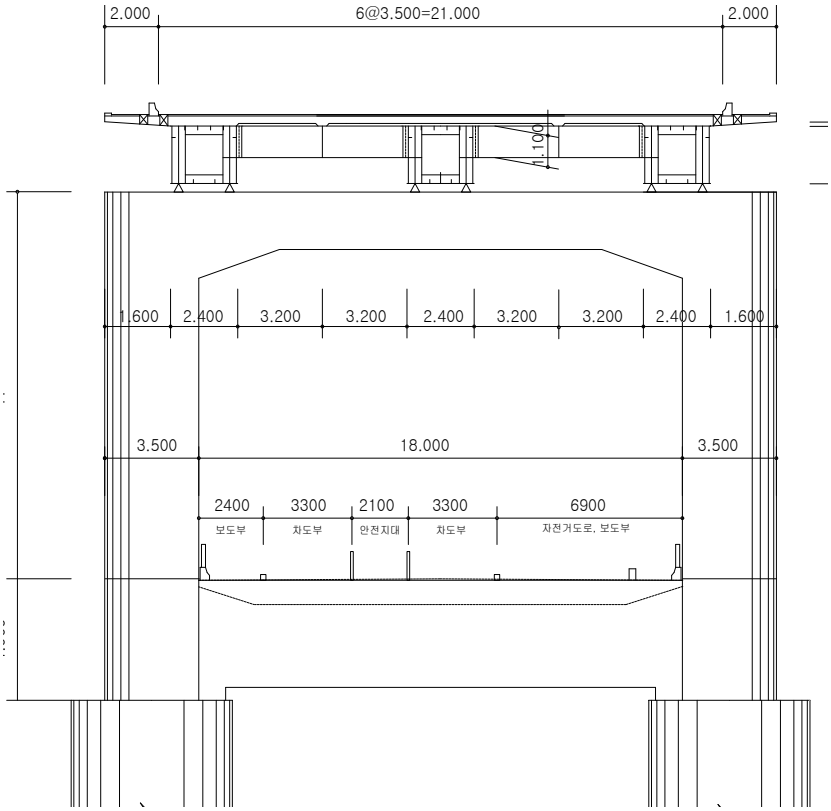
1.6 시설물의 주요도면



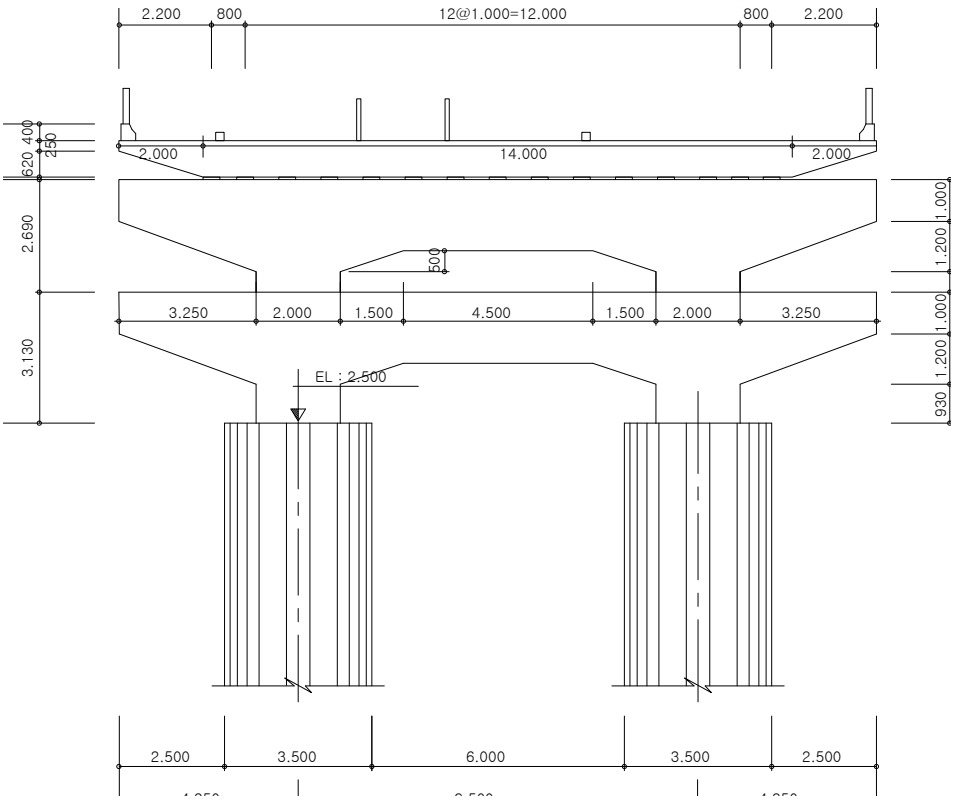
[강상판형 구간 반포대교(잠수교) 교각 P21～P24]



[잠수교 교각 W2～W12, W25～W51]



[RC 슬래브 구간 반포대교(잠수교) 교각 P18~P20, P25~P27]

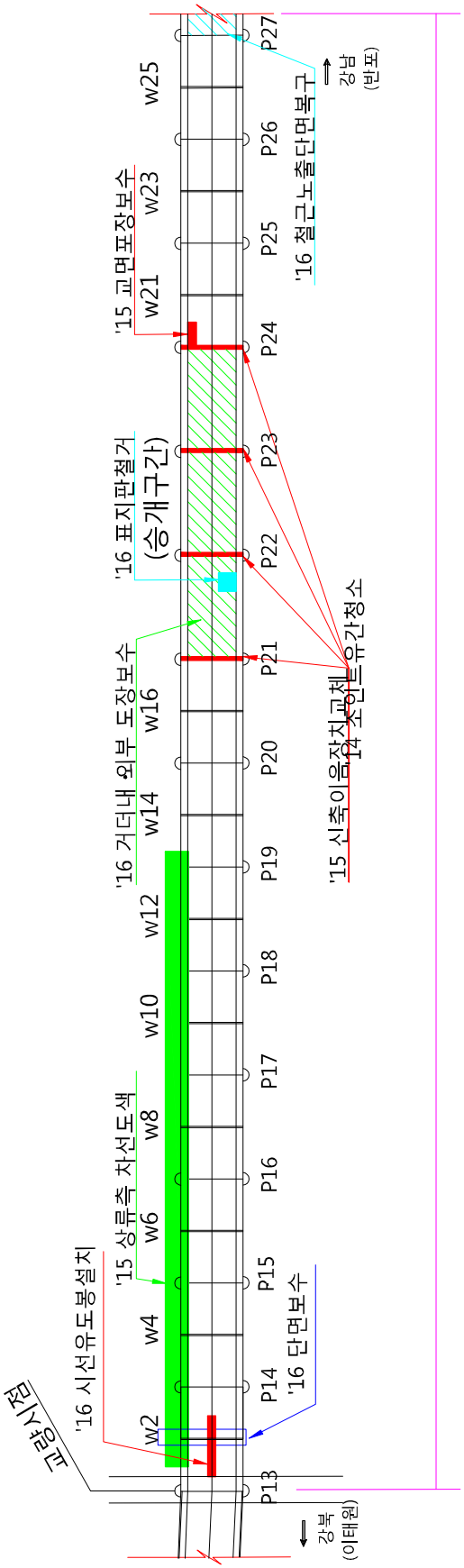


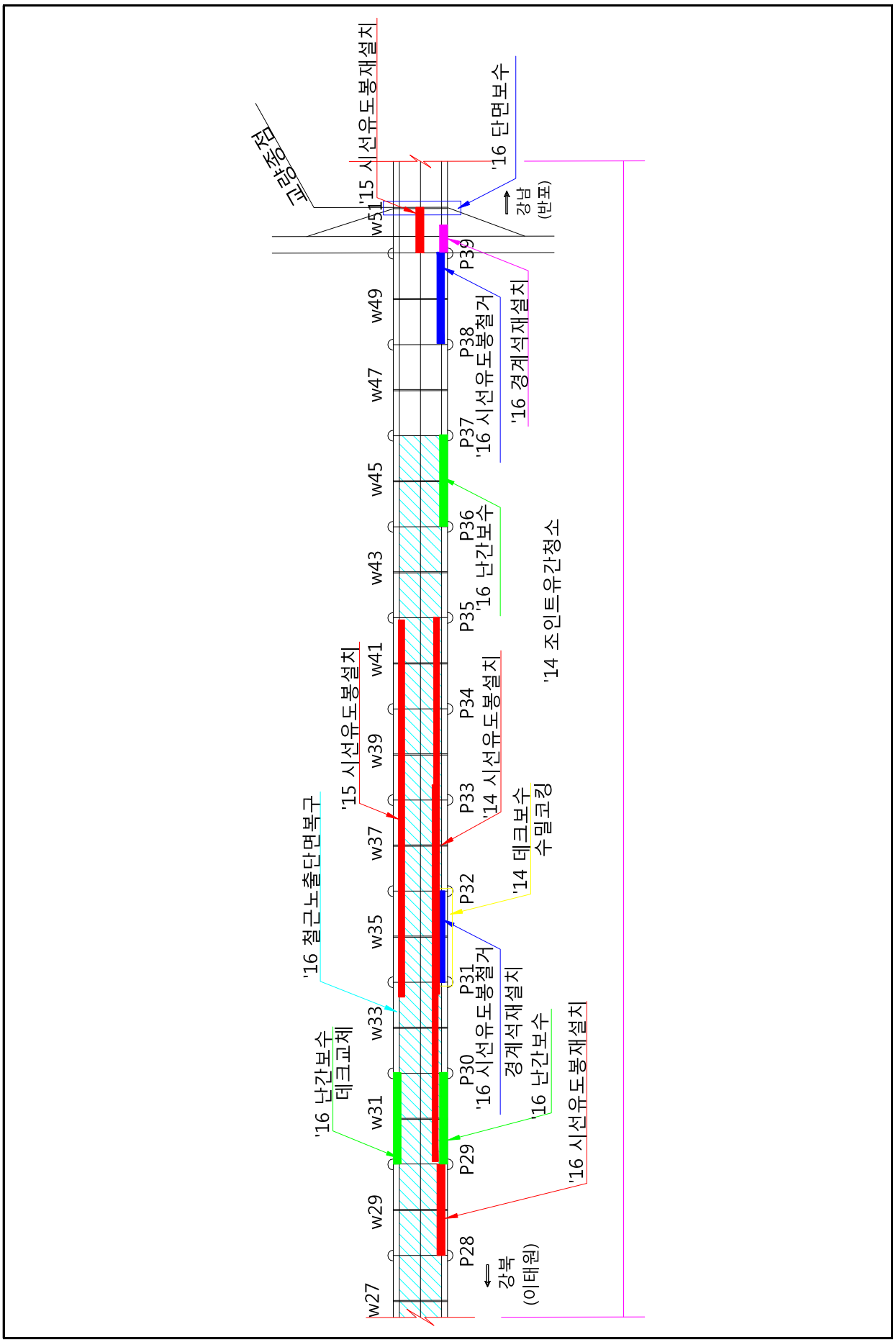
2. 자료수집 및 분석

2.1 보수・보강 이력

번호	공사기간	공사내역	시공자	금액(천원)	비 고
1	1994. 9~ 1994. 10	▪ RC SLAB 구간 포장 보수 1.4a	-	-	
2	1994. 3~5	▪ 방호책 교체 1,590m	-	-	
3	1994. 12~ 1996. 10	▪ 우물통 보수 96기 ▪ 보도부 포장 및 방수 34.3a	-	-	
4	1997. 11~ 1998. 5	▪ 승개구간 내・외부 재도장 177a	-	-	
5	1998. 12~ 2002. 8	▪ 콘크리트 보수 - 표면보호공법 : 240㎡ - 충진공법 : 16㎡ ▪ 균열 보수 - 균열주입공법 : 37m ▪ 난간 설치 - 1단 : 900m - 2단 : 660m	(주)다신이엔씨	-	
6	2003. 10~ 2005. 9	▪ 포장 보수(L.M.C포장) - RC SLAB구간 : 11,158㎡ ▪ 포장 보수(개질아스팔트,SBR) - 강상판형교 구간 : 15.54a - 둔치 구간 : 56.3a ▪ 보도부 보수(무근 Con'c) - 강상판형교 구간 : 930㎡ ▪ 볼트 교체(강상판형교 규간) - S22 : 597개소 - S23 : 986개소 - S24 : 544개소 ▪ 난간 교체 - 자전거도로측 : 778m ▪ 차량 방호 울타리 교체 - 기존 방호책 철거 : 529개소 - 방호책 설치 : 2,135m ▪ 거더외부 부분도장 (84.0㎡)	수성엔지니어링	-	
7	2015. 7.~ 2015. 9	▪ 신축이음장치 교체 (P21~P24) 160m, 36m 160m, 36m	(주)이젠리버텍	252,603	
8	2016. 06. 07~ 2016. 12. 02	▪ 단면보수 (P36~P37) - 하류측 RC SLAB 측면 : 3.0㎡ ▪ 단면보수 (P27~P37) - RC SLAB 하면 : 85.42㎡ ▪ 주형외부 도장보수 (P20~P23) - 강상팡 거더 하면 : 160.25㎡ ▪ 주형내부 도장보수 (P20~P23) - 강상판 거더 내부 : 28.79㎡	한림토건	574.238	2016년 보수공사

2.2 보수・보강 현황도


P13
P14
P15
P16
P17
P18
P19
P20
P21
P22
P23
P24
P25
P26
P27
w2
w4
w6
w8
w10
w12
w14
w16
w21
w23
w25
'16 시선유도봉설치
'15 상류측 차선도색
'16 거더내 외부 도장보수
'16 표지판철거
(승개구간)
'15 교면포장보수
'16 철근노출단면복구
'15 신축이음장치교체
'14 조인트유간청소
'16 단면보수
교명시설
강북
(이태원)
강남
(반포)


교량중심점
'15 시선유도봉재설치
'16 단면보수
강남
(반포)
w51
P39
w49
P38
'16 시선유도봉철거
'16 경계석재설치
w47
P37
w45
P36
'16 난간보수
w43
P35
'14 조인트유간청소
w41
P34
'14 시선유도봉설치
w39
'15 시선유도봉설치
P33
'14 데크보수
수밀코킹
w37
P32
'16 철근노출단면복구
w35
P31
'16 시선유도봉철거
경계석재설치
w33
P30
'16 시선유도봉철거
'16 난간보수
데크교체
w31
P29
'16 시선유도봉재설치
w29
P28
w27
강북
(이태원)

2.3 전차 점검 및 진단이력

1) 2002년 반포대교(잠수교) 정밀안전진단 용역

① 외관조사

수행기관	(재)한국건설품질연구원	과업기간	2001. 12. 31 ~ 2002. 12. 30
외관조사 결과			
구 분	내용요약		
교면포장	·슬래브교 구간 전체구간의 40.1%의 면적에 요철, 포장면 패임 및 파손, 균열 등의 손상이 발생되었음. ·포장면에 발생된 균열은 하절기 반복적인 침수와 동절기 동결, 융해 및 융빙제의 사용으로 인한 내구성의 저하를 초래하므로 포장면 전반에 대한 재포장 보수가 요망됨 ·강상형구간 긴급포장보수 실시 : 상태양호 ·침수에 의해 포장면 파손이 주기적으로 발생되고 있으므로 내구성 및 수성을 확보할 수 있는 포장보수 요망됨		
신축이음부	·전반적인 상태양호		
난간	·난간 : 알루미늄 난간으로 교체, 상태양호 ·보차도 경계부 콘크리트 블럭 : 상태양호		
바닥판 하 면	·장기간의 공용으로 인한 횡방향균열, 균열 및 백태, 재료분리, 철근노출, 콘크리트 박락 등의 손상이 산발적으로 다수 발생 ·반복되는 침수가 발생되는 교량여건과 습도가 높은 한강상 교량임을 감안하여 내구성 확보차원의 적절한 보수가 요망됨		
강상형 구 간	·강박스 내부와 외부에 용접불량, 용접누락, 부재변형 및 누락, 볼트 누락 및 체결불량, 도장부식 등의 손상이 발생된 상태임 ·4개군의 볼트체결 불량부와 볼트 파단 및 누락부에 대해서는 보수를 실시하여 유지관리하여야 함 ·용접누락 및 용접 불량부에 대해서는 정밀점검시 중점관리 요망		
교대 및 교각	·교각 선단부 콘크리트 박락, 철근노출, 골재노출 및 표면침식 등의 손상이 발생됨 ·선단부의 콘크리트 박락은 교각두부와 슬래브가 맞닿아 발생된 것으로 판단됨 ·가로보 골재노출 및 콘크리트 박락은 교량이 감조구간 내에 위치하여 교각 하단가로보의 반복적인 침수로 인해서 발생됨		
받 침	·슬래브교 구간은 탄성고무받침으로 경화현상으로 인해 발생된 것으로 추정되는 받침찢김이 일부 개소에서 발생됨 ·강상형구간은 고력황동 받침판 받침으로 양호한 상태임		

② 내구성시험

<table>
<tr><th colspan="2" rowspan="2">구분</th><th colspan="2" rowspan="2">바닥판</th><th colspan="2">교각</th><th rowspan="2">비고</th></tr>
<tr><th>측정치</th><th>판정기준</th><th>측정치</th><th>판정기준</th></tr>
<tr><td rowspan="7">콘크리트 강도</td><td rowspan="2">반발경도법 (MPa)</td><td colspan="2">일반구간 : 29.7</td><td rowspan="2">24.0</td><td rowspan="2">26.6</td><td rowspan="2">21.0</td><td rowspan="2">양호</td></tr>
<tr><td colspan="2">항로구간 : 32.5</td></tr>
<tr><td rowspan="2">코아강도 (MPa)</td><td colspan="2">일반구간 : 30.0</td><td rowspan="2">24.0</td><td rowspan="2">-</td><td rowspan="2">21.0</td><td rowspan="2">항로구간 부족</td></tr>
<tr><td colspan="2">항로구간 : 18.8</td></tr>
<tr><td rowspan="2">초음파 강도법 (MPa)</td><td colspan="2">일반구간 : 29.9</td><td rowspan="2">24.0</td><td rowspan="2">26.4</td><td rowspan="2">21.0</td><td rowspan="2">양호</td></tr>
<tr><td colspan="2">항로구간 : 30.0</td></tr>
<tr><td rowspan="2">탄성파 속도</td><td colspan="2">일반구간 :4.401 ~ 4.498</td><td rowspan="2">3.66~4.57:양호</td><td rowspan="2">-</td><td rowspan="2"></td><td rowspan="2">양호</td></tr>
<tr><td colspan="2">항로구간 : 3.811</td></tr>
<tr><td>변동계수</td><td colspan="2">10.5</td><td>10~15:양호</td><td>17.6</td><td>15~20:보통</td><td>양호</td></tr>
<tr><td colspan="2">염화물 함유량 (kg/m3)</td><td colspan="2">0.022~0.289</td><td>0.3</td><td>0.065~0.116</td><td>0.3</td><td>양호</td></tr>
<tr><td colspan="2">탄산화 시험 깊이 (cm)</td><td colspan="2">표면~1.5</td><td>피복두께:3.73</td><td>표면~0.5</td><td>피복두께:5</td><td>양호</td></tr>
<tr><td rowspan="8">철근 탐사</td><td rowspan="4">주철근 (cm)</td><td rowspan="2">일반 구간</td><td>배근간격:9.5~13.7</td><td>10</td><td rowspan="2">-</td><td rowspan="2"></td><td rowspan="2">양호</td></tr>
<tr><td>피복두께:6.8~9.5</td><td>3.73</td></tr>
<tr><td rowspan="2">항로 구간</td><td>배근간격:9.8~11.2</td><td>10</td><td rowspan="2">-</td><td rowspan="2"></td><td rowspan="2">양호</td></tr>
<tr><td>피복두께:3.8~6.4</td><td>3.73</td></tr>
<tr><td rowspan="4">배력철근 (cm)</td><td rowspan="2">일반 구간</td><td>배근간격:16.7~20.3</td><td>20</td><td rowspan="2">-</td><td rowspan="2"></td><td rowspan="2">양호</td></tr>
<tr><td>피복두께:3.5~5.5</td><td>1.51</td></tr>
<tr><td rowspan="2">항로 구간</td><td>배근간격:19.0~23.7</td><td>20</td><td rowspan="2">-</td><td rowspan="2"></td><td rowspan="2">양호</td></tr>
<tr><td>피복두께:7.3~9.7</td><td>1.51</td></tr>
</table>

- 반발경도법, 초음파 강도법에 의한 콘크리트 강도는 각 구조체 별로 추정설계기준강도(바닥판 24.0MPa, 교각 21.0MPa)를 만족시키는 것으로 조사됨.
- 코어시료에 의한 콘크리트 강도의 경우 항로구간에서 추정설계기준강도를 만족시키지 못하나 0.75fck(=18.0MPa)은 상회하는 것으로 조사됨.
- 코어시료를 이용한 탄성파속도 시험 결과 모두 양호한 것으로 판단됨.
- 바닥판의 변동계수가 10.5%로서 전반적으로 균질한 조건으로 열화정도는 거의 없는 상태로 평가되나 교각은 변동계수가 17.6%로서 부분적으로 열화가 진행되고 있는 것으로 판단되며, 품질변동 범위를 벗어난 2개 교각(W10, W37)에 대해서는 중점점검이 요구됨.
- 바닥판 및 교각에서 조사된 염화물 함유량은 허용기준치(0.3kg/m3)보다 작은 것으로 조사됨.
- 탄산화시험 깊이는 바닥판, 교대 및 교각에서 철근 피복두께의 1/2이하(표면 ~ 1.5cm)로 조사되어 탄산화에 의해 철근이 부식될 가능성은 없을 것으로 판단됨.
- 철근배근탐사 결과 철근배근 간격과 피복두께가 설계도서상의 값을 전반적으로 만족시키는 상태로 조사됨

③ 종합평가

종합평가	B등급
종합결론	-1976년에 준공되어 약 25년이상 공용되는 동안 매년 반복되는 침수로 인해 교면포장, 슬래브하면, 교각 가로보 등 모든 부재에서 균열, 콘크리트 박락, 철근노출 등의 손상이 다수 조사되었으며, 강박스 내부에서도 누수흔적 및 오물 퇴적 등이 발견되었다. 발생된 손상에 대해서는 교량의 특성을 감안하여 내구성 확보를 위해 교량 전반에 걸친 보수가 요망되며, 보수 실시 후에도 정기적인 점검을 통한 집중적인 관리가 요망된다. -잠수교의 RC슬래브교는 DB-18, 강상판형교는 DB-24로 설계된 교량으로서 구조검토 및 내하력평가 결과 현 도로교설계기준상의 1등교를 상회하는 내하력을 가지고 있는 것으로 평가되었다. 그러나 RC슬래브교의 설계하중이 DB-18이고, 장기간의 공용에 따른 내구성의 저하 등을 고려하여 2등교로 공용하는 것이 바람직할 것으로 판단된다. -본 교량은 공용중의 열화에 의해 구조체별로 손상이 발생된 “B”급 교량으로써, 집중호우시 직접적으로 침수의 영향을 받으므로, 강재주형, 교면포장, 슬래브하면, 교각 및 교좌장치 등 주요점검 부위에 대해 정기적인 점검시 침수 및 수분에 의한 피해 여부 확인이 요망된다.

2) 2005년 반포대교(잠수교) 정밀점검 용역

① 외관조사

수행기관	(주)중앙종합건설안전 기술연구원	과업기간	2005. 08. 08 ~ 2005. 12. 23
외관조사 결과			
구 분	내용요약		
교면포장	· 교면포장은 아스팔트 및 콘크리트 포장으로 기 손상에 대하여 재포장을 실시한 상태로 외관상태는 양호한 상태를 유지하고 있는 것으로 조사됨.		
난간 및 연석	· 난간은 전구간에 걸쳐 충격흡수용 방호울타리로 재시공을 한 상태로 변형 및 파손 등이 관찰되지 않은 양호한 상태인 것으로 조사됨.		
바닥판하면	· 바닥판하면은 기 손상에 대하여 면보수 및 균열 보수한 상태로 보수부 재손상은 없는 것으로 조사되었으나 보수누락으로 추정되는 백태 및 재료분리, 콘크리트 박리부위 철근노출 등이 조사되었고 철근노출부위는 부식이 진행중인 것으로 조사됨.		
강재주형 및 가로보	· 항로구간의 주형외부는 바지선 진·출입시 야적한 폐자재와 접촉하여 S23,24경간 주형하면 도장박리가 관찰되었고, 기 정밀안전진단에서 조사된 손상은 대부분 보수를 실시하여 양호한 상태를 우지하고 있는 것으로 조사되었다. · 강재내부는 비둘기 출입으로 인하여 배설물 퇴적이 조사되었으며, 기 정밀안전진단(2002년 12월)시 조사되었던 일부개소의 국부적인 용접불량, 강재변형 등의 손상 등은 진행되지 않은 상태로 조사되어 전반적으로 양호한 상태임.		
신축이음장치	· 신축이음장치는 파손 등이 관찰되지 않은 양호한 상태를 유지하고 있는 것으로 조사됨.		
교대 및 교각	· 교대 및 교각에 대해 단면복구를 실시한 상태로 보수부 시공상태는 양호한 것으로 조사되었으나 W21 교각 철근부식팽창에 따른 콘크리트 박리가 발생된 것으로 조사되었다.		
받침장치	· 교좌장치는 고무받침 및 포트받침으로 시공되어 있으며, RC SLAB구간 교좌장치는 일부 고무받침의 노후화로 인한 경미한 표면균열이 발생된 상태이나 구조적인 문제는 없는 것으로 판단되며, · 항로구간 교좌장치는 홍수시 부유물 및 폐자재의 퇴적되어 있어 교좌기능을 기능저하 시키고 있는 것으로 조사되었다.		

② 내구성 시험

구분	비파괴시험 결과(kgf/㎠)				평가의견
비파괴 강 도	부재		측정강도	설계기준강도	· 비파괴시험결과 상부, 하부구조의 측정강도가 대부분 콘크리트 평가기준인 설계기준강도 의 90% 이상으로 나타나 콘크리트 강도는 건전한 상태이다.
	슬래브 하면	일반구간	298	240	
		승개구간	312	240	
	교각	일반구간	276	210	
		승개구간	285	210	

철근배근 및 피복두께	시험부위		주철근 간격(mm)		배력철근 간격(mm)		피복두께 (mm)		
			측정	설계	측정	설계	측정	설계	
	슬래브 하면	일반구간	100~140	120	170~230	200	32~88	15~37	· 상부 및 하부에 대하여 철근배근탐사결과 대부분 설계도면과 동일한 간격으로 조사되었다.
		승개구간	100~150	120	180~230	200	30~88	15~37	
	시험부위		수직철근 간격(mm)		수평철근 간격(mm)		피복두께 (mm)		
			측정	설계	측정	설계	측정	설계	
	교각	일반구간	190~230	-	-	-	57~68	-	
		승개구간	100~200	-	-	-	32~68	-	

탄산화 시험	시험부위	측정탄산화깊이 (mm)	이론탄산화깊이 (mm)	· 탄산화시험결과 상부, 하부구조의 측정중성화 깊이가 대부분 이론중성화 깊이11.2mm이하로 나타나 탄산화에 따른 콘크리트 내구성저하는 없는 것으로 조사되었다
	슬래브 하 면	0.2~0.9	11.2	
	교각	0.3~0.5	11.2	

③ 종합평가

종합평가	B등급
종합결론	-외관상태, 내구성조사결과 등 항목별 조사결과를 종합적으로 검토해 본 결과 잠수교의 전체 등급은 'B'등급으로 판단되며, 발생된 손상에 대하여 손상별 보수실시후 각 부재에 대해 지속적인 관찰 및 유지보수를 실시한다면 공용기간중 잠수교의 사용성은 확보할 수 있을 것으로 판단된다.

3) 2008년 반포대교(잠수교) 정밀안전진단 용역

① 외관조사

수행기관	㈜한국시설안전연구원, ㈜대신구조엔지지어링	과업기간	2007. 04. 30 ~ 2008. 04. 19
외관조사 결과			
구 분	내용요약		
교면포장	· 교면포장은 아스팔트 및 콘크리트 포장으로 전반적 양호한 상태이나 일부구간 포트홀이 조사되었으며, 손상정도는 경미하나 유지관리 차원의 보수가 필요할 것으로 판단됨		
난간 및 연석	· 차량충돌에 의해 변형이 1개소 발생하였고 그 외에 특별한 손상은 발생하지 않은 것으로 조사되어 지속적인 유지관리가 필요할 것으로 판단됨		
바닥판하면	· 외측부에서 조사된 철근노출 및 박락은 기보수시 누락된 것으로 판단되며 손상정도는 경미한 상태이므로 단면복구가 필요함		
강상판형	· 주형 내·외부 조사결과 볼트 체결불량, 부식, 이물질퇴적 등이 국부적으로 발생한 것으로 조사됨 · 부식의 발생은 신축이음누수에 의한 것으로 판단되므로 신축이음 교체 및 재도장이 필요할 것으로 판단됨		
신축이음장치	· 신축이음장치는 표면에 부식이 일부 발생하였으며, 강상판형교 구간의 신축이음장치는 누수로 인하여 강재의 부식이 발생된 것으로 조사되었고 후타재 균열이 1개소 조사됨 · 유간조사 결과 신축량에는 문제가 없는 것으로 판단됨		
교대 및 교각	· 교대 및 교각에 대해 기 보수를 실시한 상태로 일부구간에 재료분리, 철근노출 등의 일반적인 손상이 조사됨. 철근노출, 재료분리 등의 손상은 보수시 누락된 것으로 판단되며 유지관리 차원의 보수가 필요할 것으로 판단됨		
받침장치	· 승개구간의 고력황동받침판받침 32개소에서 연단거리가 부족한 것으로 조사되었으나 받침몰탈의 균열 및 파손 등의 손상이 없으므로 사용성에는 문제가 없는 것으로 판단됨 · 우기시 조류에 의해 이물질 퇴적이 조사되어 정기적인 청소가 필요한 상태임		

② 내구성 시험

조사항목	측정위치		기준값	측정값	비고
콘크리트강도 (MPa)	일반 구간	상부	24.0	26.4	조합법
		하부	21.0	26.6	조합법
철근탐사 (mm)			피복 15~37mm, 간격 100~200mm	설계값과 일치함	
중성화 (mm)			피복 1/2이하	0.5~3.0	
철근부식도 (mV)			250	162~165	
염화물함유량 (kg/m3)	상부		0.3	0.05	
	하부			0.05	
탄성계수 (MPa)	상부		23,432(=f_{ck}:21MPa) 24,499(=f_{ck}:24MPa)	24,142	
	하부			21,967	
탄성파속도 (m/s)	상부		3,001~4,501이상	4,953	
	하부			3,100	
결과분석			▪ 금회 진단시 콘크리트 내구성 조사는 코아4공을 포함하여 각 부재별로 시험을 실시하였으며, 전체적인 콘크리트 품질상태는 양호한 것으로 판단됨.		

③ 종합평가

종합평가	B등급
종합결론	-기존 정밀안전진단시 지적된 잠수교 RC슬래브구간의 슬래브하면에 발생한 균열 및 박락·철근노출 등의 손상들은 대부분 보수가 완료된 상태이며 일부 보수에서 누락된 구간은 손상정도가 경미하나 유지관리차원에서 금회 보수하는 것으로 적용하였다. 외관조사 결과 구조적인 손상은 없으며, 신축이음 누수로 인한 강상판형교 구간의 부식이 발생되어 강재부식부에 대해서 정기적인 보수를 적용한 후 지속적인 관리를 한다면 사용성 및 공용성에는 문제가 없을 것으로 판단된다. 정밀안전진단을 실시한 결과 외관조사의 상태등급은 “B등급”, 안전성평가등급은 “A등급”으로 종합평가 등급은 “B등급”인 양호한 상태의 교량 구조물이다.

4) 2009년 반포대교(잠수교) 정밀점검 용역

① 외관조사

수행기관	디지털건설(주)	과업기간	2009. 03. 01 ~ 2009. 07. 15
외관조사 결과			
구 분	내용요약		
교면포장	· 전반적으로 양호한 상태이고 일부구간에서 포트홀이 조사됨.		
난간 및 연석	· 난간 및 연석, 보도부는 자전거도로 공사 시 교체되어 양호한 상태인 것으로 조사되었으며 지속적인 유지관리가 필요할 것으로 판단됨.		
바닥판하면	· 기 보수상태는 양호한 상태이며 외측부에서 조사된 철근노출 및 박락의 손상정도는 경미한 상태이므로 단면복구를 적용하고 지속적으로 관찰한다면 사용성에는 문제가 없을 것으로 판단됨.		
강상판형	· 주형에서는 단부(신축이음)에서 강재부식이 조사되었으며 정기적인 정비가 필요한 것으로 판단됨.		
신축이음장치	· 강핑거 Joint 일부구간에서 부식이 조사됨.		
교대 및 교각	· 일부구간에 재료분리, 철근노출 등의 일반적인 손상이 조사되었고 유지관리 차원의 보수가 필요할 것으로 판단됨.		
받침장치	· 탄성받침, 고력황동받침판받침은 양호한 것으로 조사되었고 우기시 이물질 퇴적 유무에 대한 지속관찰이 필요함.		

② 내구성 시험

조사항목	측정위치	기준값	측정값	비고
콘크리트강도 (MPa)	하부	21.0	24.2~28.3	
탄산화시험 (mm)		A등급: 잔여깊이 30㎝이상	A등급	
결과분석		▪금회 진단시 콘크리트 내구성 조사는 각 부재별로 시험을 실시하였으며, 전체적인 콘크리트 품질상태는 양호한 것으로 판단됨.		

③ 종합평가

종합평가	B등급
종합결론	-잠수교에 대하여 정밀점검을 실시한 결과 외관조사의 상태등급은 "B등급"인 양호한 상태의 교량 구조물이다. 잠수교는 2003년 ~ 2005년에 시행한 보수공사와로 대부분의 손상이 보수완료 되었으며 2009년에 자전거도로 공사 진행 시 난간이 재설치 되었다. 기진단(정밀안전진단, 2008년)과 금회 점검은 손상 정도가 비슷한 양상을 보이고 있는 것으로 조사되었다. 따라서, 조사된 손상에 대해서는 적절한 보수를 시행하고 지속적인 유지관찰을 한다면 공용중 사용성에는 문제가 없을 것으로 판단된다.

5) 2011년 반포대교(잠수교) 정밀점검 용역

① 외관조사

② 내구성 시험

조사항목	측정위치	기준값	측정값	비고
콘크리트강도 (MPa)	상부구조	24.0	27.7(24.9~29.3)	▪각 부재별 설계기준강도 상회함.
	하부구조	21.0	26.6(23.9~28.8)	
탄산화시험 (mm)	상부구조	피복두께 : 54~80	2.9(2.0 ~ 4.0)	▪잔여 깊이가 30mm이상으로 탄산화에 의한 철근 부식발생 우려가 없는 a로 평가됨.
	하부구조	피복두께 : 35~75	2.5(1.0 ~ 3.0)	

③ 종합평가

종합평가	B등급
종합결론	-본 시설물의 안전등급은 『B등급』으로 평가되었으며, 공용기간의 증가에 따른 노후화로 향후 더 많은 열화와 손상이 발생될 수 있으므로 지속적인 유지보수가 필요하며, 기 발생된 손상과 결함에 대해서는 내구성 확보와 기능유지를 위한 적절한 보수·보강이 이루어진다면 구조물의 기능성 및 안전성에는 문제가 없을 것으로 판단된다.

수행기관	(주)한국국토안전연구원	과업기간	2011. 05. 12 ~ 2011. 12. 7

외관조사 결과	
구 분	내용요약
교면포장	·균열(0.2mm이하) : 1.0m (1EA) ·박리 : 0.2㎡ (1EA) ·보차도경계석 탈락 : 59EA ·볼라드파손 : 2EA
난 간	·상태양호
신축이음	·강재부식 : 15.60㎡ (16EA) ·누수(강상판구간) : 72.0m (4EA)
바닥판 하 면	·백태 : 2.55㎡ (13EA) ·박리, 박락, 파손 : 2.89㎡ (18EA) ·철근노출 : 18.80㎡ (122EA)
주거더 (강상판형)	·강재부식(외부) : 1.75㎡ (1EA) ·도장박리,박락(외부) : 580.0㎡ (14EA) ·강재부식(내부) : 27.27㎡ (31EA) ·도장박리,박락(내부) : 1.68㎡ (5EA) ·볼트부식(내부) : 28EA ·볼트파단(내부) : 1EA ·배설물퇴적(내부) : 20.64㎡ (5EA) ·용접불량 : 5.73m (39EA)
받침장치	·받침몰탈 파손 : 0.30㎡ (3EA)
교대 및 교각	·재료분리 : 1.30㎡ (2EA) ·박리,박락,파손 : 5.79㎡ (18EA) ·철근노출 : 1.94㎡ (17EA)

6) 2012년 반포대교(잠수교) 정밀안전진단 용역

① 외관조사

수행기관	㈜한국구조물안전연구원	과업기간	2007. 04. 30 ~ 2008. 04. 19

외관조사 결과	
구 분	내용요약
교면포장	·아스팔트 포장균열, 시공이음부 균열 ·LMC 폭 0.2㎜이하 균열, 파손, 박리 ·체수
난간 및 연석	·파손 및 변형 ·앵커볼트체결불량
신축이음장치	·누수 및 단차 발생 ·신축이음 본체 부식 ·이물질퇴적
바닥판	·폭 0.2㎜ 이하 균열, 백태 ·폭 0.1㎜이하 망상균열 ·단면손상(재료분리, 박리, 박락, 들뜸), 철근노출 -침식
강상판형구간	·도장 긁힘, 박리, 박락 ·볼트 홀 가공불량, 볼트체결불량, 용접불량 ·실링재 미처리 ·강재변형 ·이물질 및 토사퇴적
교대 및 교각	·폭 0.2㎜ 이하 균열, 백태 ·폭 0.2㎜ 이하 시공이음부 균열, 백태 ·단면손상(재료분리, 박리, 박락, 들뜸), 철근노출 ·침식
받침장치	·고력황동받침 본체 부식, 무수축몰탈 폭 0.3㎜이하 균열, 박리 ·S18 경간(P22, P23) 받침 무수축몰탈 박락. 파손
교통안전시설	·볼라드 파손 ·보도부 경계석 밀림
조류 전망대	·목제 데크 파손 ·브라켓 및 크레이싱 오물퇴적

② 내구성 시험

구 분	2012년 정밀안전진단				
	반발경도 (MPa)	초음파법 (MPa)	탄산화 시험 (mm)	염화물 함유량 (kg/㎥)	비고
상부 (슬래브하면)	25.3~28.3	24.5~27.6	4.5~10.5	0.237~0.324	
하부 (교대,교각)	24.9~27.2	21.7~27.8	4.0~23.5	-	

③ 종합평가

종합평가	B등급
종합결론	-잠수교 구조물은 일반구간과 항로구간으로 나뉘며 각각의 준공년도는 1976년 6월, 1986년 2월에 준공되었고 36년, 26년 동안 공용중인 교량으로 정밀안전진단 결과 상태평가는 전체구간(일반구간 B등급, 승개구간 B등급)에서 B등급, 안전성평가 A등급으로 종합평가 및 안전등급은 "B등급"으로 평가되었다. 조사결과 안전성에 영향을 주는 구조적 손상은 조사되지 않았으나, 부재별로 현재의 내구성 및 기능성의 저하방지 및 유지를 위한 균열보수, 단면결함 보수 등이 필요한 것으로 평가되었고, 금회 안전진단 결과로 작성된 자료에 의해 효과적인 유지관리를 실시한다면 시설물의 공용에는 지장이 없을 것으로 판단된다.

7) 2014년 반포대교(잠수교) 정밀점검 용역

① 외관조사

수행기관	비앤티앤지니어링㈜	과업기간	2014. 07. 08 ~ 2015. 01. 03
외관조사 결과			
구 분	내용요약		
교면포장	·국부적인 포장 및 보도부의 파손, 보도부 및 자전거도로의 도장변색 및 박리 등의 손상이 조사됨		
난간 및 연석	·S5경간과 S38경간의 일부에서 난간의 변형이 조사됨		
신축이음장치	·강상판거더 구간에서 단차 및 파손, 변형이 발생하였으며, 국부적으로 경미한 본체부식, 유간부 이물질퇴적 등의 손상이 조사됨		
바닥판	·유수흐름에 의한 전반적인 콘크리트 침식과 철근노출, 박리/박락, 파손등의 손상과 국부적인 백태, 미세균열이 조사됨		
거더	·공용중 발생된 부식 및 도장박리와 시공초기 결함인 용접불량, 용접누락, 강재변형, 볼트체결불량등이 조사되었으며 국부적으로 조류 배설물퇴적 등의 손상이 조사됨		
교대 및 교각	·시공이음부 균열, 콘크리트 침식, 철근노출, 박리/박락, 파손 등의 손상이 조사되었다. 슬래브 하면과 마찬가지로 교각의 침식이 전반적으로 발생한 상태로 이에 대한 보수가 필요함		

② 내구성 시험

<table>
<tr><th colspan="3" rowspan="2">구분</th><th colspan="3">비파괴시험 결과</th></tr>
<tr><th>2014년 정밀점검</th><th colspan="2">설 계 값</th><th>비 고</th></tr>
<tr><td rowspan="2">비파괴
강도
(MPa)</td><td colspan="2">상부구조</td><td>23.1~28.5</td><td colspan="2">21.0~24.0</td><td rowspan="2">·전개소에서
설계기준강도
90%이상을
만족하는
양호한
상태임</td></tr>
<tr><td colspan="2">하부구조</td><td>23.1~26.3</td><td colspan="2">21.0</td></tr>
<tr><td rowspan="4">배근간격
및
피복두께
(mm)</td><td rowspan="2">상부구조</td><td>피복두께</td><td>56~81</td><td colspan="2">37</td><td rowspan="4">·전반적으로
설계도면과
일치함</td></tr>
<tr><td>배근간격</td><td>100~280</td><td colspan="2">100</td></tr>
<tr><td rowspan="2">하부구조</td><td>피복두께</td><td>60~94</td><td colspan="2">50</td></tr>
<tr><td>배근간격</td><td>95~245</td><td colspan="2">100(250)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">탄산화
깊이
(mm)</td><td colspan="2">상부구조</td><td>5.3~12.1</td><td rowspan="2">잔여피복두께</td><td>50.7~74.8</td><td rowspan="2">·탄산화에
의한
상태평가등급
·a</td></tr>
<tr><td colspan="2">하부구조</td><td>4.9~7.3</td><td>55.1~88.9</td></tr>
<tr><td>종합
평가</td><td colspan="5">- 비파괴 강도는 전반적으로 양호한 수준이며, 측정값은 설계기준강도 대비 90% 이상을 확보하고 있는 것으로 평가되었다.
- 탄산화깊이 측정 결과 기 정밀점검 및 정밀안전진단 결과에 비해 다소 진전된 것으로 측정되었으나 진전속도가 점진적으로 증가하는 것으로 측정되어 급격한 열화는 없는 것으로 판단되며, 전개소에서 잔여깊이 30mm이상을 확보하고 있어 탄산화에 의한 철근의 부식은 없을 것으로 판단된다.
- 철근탐사 결과 설계값과 실측값이 유사하며 배근상태도 양호한 것으로 판단된다.
- 점검결과 콘크리트의 비파괴강도, 철근탐사, 탄산화 깊이 측정 결과 전반적으로 양호한 상태로 내구성 저하로 인한 구조물의 영향은 없을 것으로 판단된다.</td></tr>
</table>

③ 종합평가

종합평가	B등급
종합결론	- 금회 잠수교에 대한 정밀점검 실시결과 교량의 구조적 안전성 확보에 중대한 영향을 미칠만한 구조적인 변상은 없는 것으로 평가되었다. 외관조사결과 시설물의 상태는 전반적으로 양호한 상태이나, 국부적인 결함 및 손상이 조사되어 적절한 보수가 필요한 상태이다. 주요 손상인 슬래브 하면 및 하부구조에서 발생된 콘크리트 침식은 유효 단면적 감소를 야기 구조물의 안정성을 저해하는 요인으로 작용하므로 장기적인 보수방안이 검토되어야 할 것이다. 콘크리트 부재에 발생된 철근노출부의 보수방안 수립시 철근방청과 단면보수를 함께 시행하는 것이 효과적일 것으로 판단된다. 또한 강상형 구간의 강거더에 부식 및 도장박락 등의 손상이 조사되었으나 대부분 공용기간 경과에 따른 비구조적 손상으로 비교적 양호한 상태로 유지관리되고 있은 것으로 사료된다. 시설물에 대한 상태평가 결과 일부 보조부재에 보수가 필요한 B등급으로 평가되었으며, 안전등급도 B등급으로 평가되었다.

2.4 자료수집 및 분석결과 요약

금회 과업에 필요한 자료를 수집 및 분석한 결과를 토대로 과업진행 방향을 설정하였으며, 그 내용은 다음과 같다.

구 분	수집 자료	자료분석 결과	과업진행 방향
유지 관리 자료	▪ 시설물관리대장 ▪ 기존점검자료 ▪ 보수·보강 및 용도변경 자료 ▪ 구조물 복원도면	▪ 슬래브 하면 및 하부구조 침식 및 철근노출 ▪ 강상판거더구간 신축이음장치 손상 (P21,P22,P23,P24) ▪ 받침장치 가동량 부족	▪ 침식 및 철근노출부의 상태점검 ▪ 차량운행 및 자전거 보행시 안전 여부 확인 및 추가 적인 파손 및 손상현황 점검 ▪ 받침장치 가동량 주기적 점검
	▪ 보수·보강 이력	▪ 보수·보강 이력을 검토한 결과, 신축이음장치교체, 콘크리트 균열 및 단면보수, 용접보수, 포장보수 등 다양한 보수가 실시 됨	▪ 보수부 상태, 재손상 여부에 대한 조사 실시 ▪ 우수유입구 매공에 따른 강박스 내부로의 우수유입 확인조사

3. 외관조사

3.1 부재별 외관조사 결과

① 일반구간

구 분	결함종류	보수・보강방안	개소	물량	단위	우선순위	비고
바닥판하면	균열(0.3mm미만)	주의관찰	17	50.70	m	3	
	망상균열	주의관찰	2	7.00	㎡	3	
	백태	주의관찰	10	1.58	㎡	3	
	재료분리	단면보수	5	0.69	㎡	2	
	박리, 박락, 파손	단면보수	28	2.72	㎡	2	
	철근노출	방청+단면보수	124	60.67	㎡	1	
	표면열화 (14년 점검 : 침식)	주의관찰	15	2051.00	㎡	3	
	조류전망대 스플라이스 도장박리	재도장	1	0.36	㎡	2	
교대 및 교각	백태	주의관찰	2	0.20	㎡	3	
	시공이음부균열	주의관찰	2	36.00	m	3	
	들뜸,박리,박락,파손	단면보수	7	1.46	㎡	2	
	철근노출(파손,박락)	방청+단면보수	48	9.42	㎡	1	
	침식	주의관찰	88	1242.94	㎡	3	
	재료분리	단면보수	2	1.24	㎡	2	
	기초파손	단면보수	3	3.90	㎡	2	
신축이음	이물질퇴적	청소	22	55.00	㎡	3	
	신축이음누수	유도배수관설치	2	10.00	㎡	1	
	단차	주의관찰	2	12.00	m	3	
	신축이음부식	주의관찰	24	179.05	㎡	3	
	접속부침하	주의관찰	1	8.00	㎡	3	
교면포장	망상균열	주의관찰	1	6.00	㎡	3	
	자전거도로도장 박리	재도장	7	38.00	㎡	2	
	도색변색	주의관찰	1	37.50	㎡	3	
	Deck부 Joint 파손	주의관찰	2	5.00	m	3	
	포장파손	주의관찰	3	0.57	㎡	3	
	콘크리트열화	주의관찰	5	4.50	㎡	3	

② 항로구간

구 분	결함종류	보수・보강방안	개소	물량	단위	우선순위	비고
거더내부	부식	재도장	7	2.91	㎡	2	
	도장박락	재도장	1	0.04	㎡	2	
	볼트체결불량, 누락	주의관찰	13	13	EA	3	
	볼트길이부족	주의관찰	43	43	EA	3	
	볼트홀가공불량/천공불량	주의관찰	11	11	EA	3	
	용접누락/불량	주의관찰	39	6.29	㎡	3	
	강재변형	주의관찰	1	0.04	m	3	
거더외부	부식	재도장	4	4.79	㎡	2	
	도장박리, 박락	재도장	10	229.75	㎡	2	
	볼트부식	재도장	6	0.11	㎡	2	
	강재변형	주의관찰	11	0.51	m	3	
받침	받침몰탈균열(0.3mm미만)	주의관찰	3	0.60	m	3	
	받침몰탈균열(0.3mm이상)	주입보수	2	0.40	m	1	
	받침장치부식	재도장	17	17.00	EA	2	
	받침몰탈파손,박리,박락	단면보수	5	0.11	㎡	2	
교면포장	자전거도로도장박리	재도장	3	105.00	㎡	2	
	실링보수부파손	주의관찰	1	0.15	m	3	
	보수부 망상균열	주의관찰	1	3.20	㎡	3	
	체수	주의관찰	1	1.50	㎡	3	

3.2 외관조사 결과 분석

가. 일반구간

구분	외관조사 결과 분석
바닥판하면	◦ 바닥판 하면 외관조사 결과 균열, 망상균열, 백태, 철근노출, 표면열화(침식), 박리, 박락, 파손, 재료분리, 조류전망대 스플라이스 도장박리 등의 손상이 조사되었다. ◦ 바닥판 하면에서 발생한 균열과 망상균열은 항로구간과의 접속경간인 S16(w16~P21)과 S20(P24~w21)에서 집중적으로 발생하였고, 주로 횡방향균열의 형태로 조사되었다. 발생 원인은 항로구간과의 접속경간 특성상 종단면의 곡률중심이 교량 하부에 위치하는데 이로 인해 공용중 처짐이나 휨응력에 의한 바닥판하면 횡방향균열이 발생된 것으로 보인다. 발생한 손상의 균열폭은 모두 0.3mm 미만의 기존손상이며, 손상의 진전이 없는 상태이므로 주기적인 관찰을 통한 유지관리가 적절할 것으로 판단된다. ◦ 바닥판하면 일부에서 발생한 백태와 S27~S46 구간에서 전반적으로 발생된 표면열화(침식)는 균열부를 통한 수분유입과 우기시 반복적인 침수 및 대기중 습윤환경에 의한 손상으로 판단되며, 주의관찰을 실시하는 것이 바람직할 것으로 판단된다. ◦ 바닥판하면 단부 측면과 단면변화부에서 집중적으로 발생한 철근노출은 피복두께부족 및 균열부를 통한 우수유입에 의한 손상으로 판단되며, 같은 부위에서 국부적으로 발생한 박리, 박락, 파손, 재료분리는 우기시 유송잡물에 의한 손상과 시공시 다짐미흡이 원인으로 판단된다. 철근노출은 방청을 포함한 단면보수를 실시하고 박리, 박락, 파손, 재료분리는 단면보수를 실시하는 것이 바람직할 것으로 판단된다. ◦ 그 외 조류전망대 스플라이스 하부에서 발생한 도장박리는 공용중 도장 접착력 저하로 발생한 것으로 판단되며, 손상구간의 재도장이 필요할 것으로 판단된다.
신축이음	◦ 잠수교 일반구간의 신축이음부 외관조사 결과 누수, 부식, 단차의 손상이 조사되었으며, 유간부의 토사퇴적과 접속구간의 아스콘 침하가 조사되었다. ◦ EJ19, EJ22 신축이음부에서 발생한 누수는 향후 주기적인 관찰을 통해 손상이 확대될 경우 일괄보수하는 것이 바람직할 것으로 판단된다. ◦ 보도부 신축이음과 차선 중앙선 부근에서 주로 발생한 부식은 우기시 보도부의 체수와 습윤환경에 따른 손상으로 추정되며, 지속적인 주의관찰을 통한 유지관리가 필요할 것으로 판단된다. ◦ EJ25에서 발생한 신축이음부 단차는 신축이음 설치미흡으로 인한 손상으로 추정되며, 주변의 손상발생이 없고, 가동상태도 양호한 것으로 판단하여, 주기적인 점검을 통한 유지관리가 적절할 것으로 판단된다. ◦ EJ28 접속구간 아스콘 포장에서 발생한 침하는 아스콘 밀도저하 및 차량의 반복피로하중에 의해 발생한 손상으로 판단되며, 지속적인 주의관찰을 통한 유지관리가 적절할 것으로 판단된다. ◦ 신축이음장치에서 조사된 토사퇴적은 신축이음장치의 신축거동에 장애를 발생시킬수 있으므로 주기적인 청소가 필요한 상태이다. ◦ 신축이음 신축량을 검토결과, 신장 여유량을 확보하고 있는 것으로 검토되어 현재 신축이음의 가동상태는 양호한 것으로 판단된다.

구분	외관조사 결과 분석
교대 및 교각	◦ 잠수교 일반구간의 교대 및 교각 외관조사 결과 시공이음부 균열, 백태, 박리, 박락, 들뜸, 파손, 재료분리, 철근노출, 침식 등의 손상이 조사되었으며, 교각 기울음 및 전도의 징후는 없는 전반적으로 양호한 상태이다. ◦ W39 전면과 W49 배면에서 발생한 백태는 대기중 수분의 균열부 유입 및 우기시 잠수교 침수에 따른 손상으로 판단되며, W12 전면과 배면에서 발생한 시공이음부 균열은 시공당시 시공이음에 따른 균열로 판단된다. 손상이 미소하고 2014년 점검이후 손상의 진행이 없는 상태이므로 주기적인 관찰을 통한 유지관리가 적절할 것으로 판단된다. ◦ 하부구조 전구간에서 국부적으로 발생한 박리, 박락, 들뜸, 파손의 손상은 한강상에 위치한 잠수교의 환경요인의 영향으로 보이며, 콘크리트 모세관 공극 및 균열부를 통한 장기간의 대기중 수분유입으로 발생한 것으로 판단된다. 그 외 교각 일부구간에서 발생한 재료분리는 초기 시공시 다짐미흡으로 추정된다. 교각에 발생한 단면손상은 교량의 내구성 향상을 위해 단면보수를 실시하는 것이 적절할 것으로 판단된다. ◦ 교각 하부의 유수접촉구간과 그 외 일부 교각 코핑부에서 국부적으로 발생한 철근노출은 피복두께 부족 및 하상구간의 유수와 대기중 수분유입으로 발생된 것으로 판단되며, 철근방청을 포함한 단면보수를 실시하는 것이 바람직할 것으로 판단된다. ◦ 그 외 교각 하부에서 전반적으로 발생한 침식은 유수의 흐름에 의한 손상으로 판단되며, 주기적인 관찰을 통해 손상의 진전여부를 확인하고 향후 점검 및 진단시 손상이 진전이 확인되면 부착력과 유수흐름에 대한 저항력이 큰 재료로 일괄보수를 실시하는 것이 적절할 것으로 판단된다.
교면포장	◦ 잠수교 일반구간 포장에 대한 외관조사 결과, 포장에서 아스콘 망상균열, 파손 등의 손상이 조사되었으며, 자전거도로에서 도장 박리 및 변색이 발생하였고, 그 외 Deck 접속부 Joint 파손 및 도로측면 콘크리트 노출부 열화가 조사되었다. ◦ 포장면에서 국부적으로 발생한 망상균열, 파손의 손상은 공용중 포장면 노후화 및 차량의 반복피로하중에 의한 손상으로 판단된다. 포장의 손상규모로 보아 부분보수나 재포장 보다는 주의관찰이 적절할 것으로 판단되며, 향후 손상의 진전이 확인될 경우 손상진전 구간이나 차선에 대한 재포장을 실시하는 것이 적절할 것으로 판단된다. ◦ 항로구간 부근과 조류전망대 접속부 자전거도로에서 발생한 도장 박리 및 변색은 공용중 도장 접착력 저하로 판단되며, 자전거주행자의 안전을 위해 재도장을 실시하는 것이 적절할 것으로 판단된다. ◦ 그 외 Deck 접속부 Joint 파손과 도로 측면 콘크리트 노출부 열화는 조류전망대 설치시 시공미흡과 우기시 침수가 반복되는 잠수교의 습윤환경 및 반복적인 동결융해에 의한 손상으로 판단되며, 주기적인 관찰을 통한 유지관리가 적절할 것으로 판단된다.
난간	◦ 잠수교의 난간 외관조사 결과, 난간의 설치현황은 양호한 상태로 조사되었다.
교통안전시설	◦ 잠수교 일반구간 교통안전시설 외관조사결과, 2016년 보수공사로 인해 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.
조류전망대	◦ 잠수교 조류전망대 외관조사 결과, 2016년 보수공사로 인해 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.
CCTV	◦ 잠수교에 설치된 CCTV 현황조사 결과 현재 모두 정상가동중인 것으로 확인되었다.

나. 항로구간

구분	외관조사 결과 분석
거더(내부)	◦ 잠수교 항로구간 거더 내부 외관조사 결과 Flange 및 Web의 일부구간에서 국부적인 부식, 도장박리, 강재변형 등의 손상이 조사되었고, 용접부 일부 구간에서 용접누락, 용접불량 등의 용접손상이 조사되었다. ◦ 거더내부 LF 일부구간에서 조사된 부식은 대기부식 및 출입구와 Splice를 통한 우수유입으로 판단되며, 거더내부에서 국부적으로 발생한 도장박리는 공용중 부착력 저하로 발생한 것으로 판단된다. 조사된 손상은 재도장을 실시하는 것이 바람직할 것으로 판단된다. ◦ 용접부 일부구간과 거더 내부에서 국부적으로 조사된 용접누락 및 용접불량은 용접시공 미흡으로 판단되고, 강재변형은 강재 시공시 변형 및 손상으로 추정된다. 조사된 손상은 보수보다는 주기적인 점검을 통한 주의관찰이 적절할 것으로 판단된다. ◦ 또한, 일부 Splice 구간에서 조사된 볼트체결불량, 볼트누락, 볼트길이부족, 볼트홀 가공불량 등은 시공미흡으로 판단되며, 주기적인 관찰을 통해 손상의 진전과 강재 변형의 유무를 확인하고 손상진전이 확인될 경우 LF와 Web 부분의 볼트 재체결을 실시하는 것이 적절할 것으로 판단된다.
거더(외부)	◦ 거더 외부 외관조사 결과 Flange 및 Web의 일부구간에서 국부적인 표면부식, 볼트부식, 도장박리, 박락, 긁힘 등이 조사되었으며 일부구간에서 국부적인 강재변형이 조사되었다. ◦ LF 일부구간과 S17 하류측 Web 상단에서 조사된 부식 및 볼트부식은 한강상 교량의 습윤환경에 의한 공용중 대기부식 및 도장시공 불량으로 발생된 것으로 추정되며, 주로 거더하면에서 조사된 도장박리는 공용중 도장 부착력 저하 및 유송잡물에 의한 긁힘으로 추정된다. 조사된 손상은 재도장을 실시하는 것이 바람직할 것으로 판단된다. ◦ 그 외 S17-G7 LF와 S19-G5, G6 LF에서 조사된 강재변형은 유송잡물에 의한 변형으로 판단되며, 주기적인 관찰을 통한 유지관리를 실시하는 것이 적절할 것으로 판단된다.
교량받침	◦ 잠수교 항로구간 받침장치 외관조사 결과, 받침 몰탈에서 균열, 파손, 박리, 박락 등의 손상이 조사되었고, 일부 받침의 본체에서 부식이 조사되었다. ◦ 받침 몰탈 균열은 교량의 신축거동 및 몰탈 건조수축에 의한 손상으로 판단되며, 균열폭에 따라 0.3mm미만은 주의관찰, 0.3mm이상은 주입보수를 실시하는 것이 적절할 것으로 판단된다. ◦ 받침 몰탈에서 발생한 파손, 박리, 박락은 균열 및 손상부를 통한 우수유입으로 발생된 손상으로 추정되며, 단면보수를 실시하는 것이 적절할 것으로 판단된다. ◦ 받침장치의 부식은 주로 P21과 P24 교량받침에서 발생하였는데 거더 하면에서 종단경사를 따라 흘러내린 우수가 P21과 P24 받침의 부식을 유발한 것으로 판단되며, 추후 부식의 진전으로 인한 2차 손상을 방지 하기 위해 재도장이 필요할 것으로 판단된다. ◦ 가동량 측정결과 P22-Sh1 의 최고온도상승시 신장가동여유량이 부족한 것으로 조사되었으나 이로인한 받침몰탈의 손상은 없는 상태로 조사되어 주기적인 관찰을 통한 유지관리가 적절할 것으로 판단된다. ◦ 금회 측정한 연단거리 평가결과 모두 설계기준을 만족하는 것으로 조사되었다.

구분	외관조사 결과 분석
신축이음	◦ 잠수교 항로구간의 신축이음부 외관조사 결과 2015년 9차 일상유지보수공사에서 신축이음장치를 교체시공하여 기존손상이 모두 보수되었으며, 전반적으로 양호한 상태이다. ◦ 신축이음 신축량을 검토결과, 신장 여유량을 확보하고 있는 것으로 검토되어 현재 신축이음의 가동상태는 양호한 것으로 판단된다.
교면포장	◦ 잠수교 항로구간의 교면포장 외관조사결과, 일부 구간에서 국부적인 체수, 보수부 망상균열, 실링보수부 파손 등의 손상이 조사되었고, 자전거도로 전체에서 전반적인 도장박리가 발생하였다. ◦ S18 자전거도로 일부에서 발생한 체수는 국부적인 교면구배 불량에 의한 체수로 판단되며, 거더 하면과 하부구조에서 상부 체수로 인한 손상으로 추정되는 부식 및 단면손상이 조사되지 않았으므로 주기적인 관찰을 통한 유지관리를 실시하는 것이 적절할 것으로 판단된다. ◦ S18 보도부 실링보수부 파손과 S19 차도부와 자전거도로 사이의 콘크리트 보수부에서 발생한 망상균열은 공용중 반복피로하중과 보수부 시공미흡으로 인한 손상으로 판단되며, 주의관찰을 실시하는 것이 적절할 것으로 판단된다. ◦ 자전거도로 전반에서 발생하고 있는 도장박리는 반복하중에 의한 공용중 도장 접착력 저하로 인해 발생한 것으로 판단되며, 재도장을 실시하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.
난간	◦ 잠수교 항로구간 난간은 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.
교통안전시설	◦ 잠수교 항로구간 교통안전시설 외관조사 결과 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.

4. 내구성시험

4.1 내구성시험 결과

구 분		측정 결과			평가의견
콘크리트 강도 (Mpa)	부재	반발경도법		설계기준	시험을 실시한 모든 부재에서 강도율이 100%이상으로 산정 됨.
	슬래브	22.7～31.1		21.0～24.0	
	교각	21.3～30.4		21.0	
철근탐사 (mm)	부재	주철근 측정 / 설계	배력철근 측정 / 설계	피복두께 측정 / 설계	전반적으로 준공도와 부합하나, 타설 시 철근유동에 기인하여 일부 철근 간격이 상이한 것으로 확인 됨.
	슬래브	100～103 / 100	198～205 / 200	36～73 / 37～65	
	교각	93～185 / 100～250	227～329 / 250～300	35～96 / 50	
탄산화 깊이측정 (mm)	부재	탄산화 깊이	잔여 깊이	평가기준	탄산화로 인한 철근 부식의 영향은 미미할 것으로 판단됨.
	슬래브	2.70～5.30	30.70～41.20	a	
	교각	3.90～8.20	31.70～52.90	a	

4.2 기 점검 결과 비교 · 검토

구 분			측정 결과		
콘크리트강도 (Mpa)	구분		반발경도법	설계기준	
	2014년 점검		23.1～28.5	상부구조 - 21.0～24.0 하부구조 - 24.0	
	2016년 점검		21.3～31.1		
철근탐사 (mm)	구분		측정	설계	
	주 철 근 간 격	2014년 점검	100～250	100～250	
		2016년 점검	93～185	100～250	
	배력철근 간 격	2014년 점검	150～400	200～300	
		2016년 점검	198～329	200～300	
	피복두께	2014년 점검	56～94	37～65	
		2016년 점검	35～96	37～65	
탄산화 깊이측정 (mm)	구분		탄산화 깊이	잔여 깊이	평가기준
	2014년 점검		4.90～12.10	50.70～88.90	a
	2016년 점검		2.70～8.20	30.70～52.90	a

4.3 현장시험 결과분석

전반적인 현장시험 결과, 전회 점검과 큰 차이는 없으며 시설물의 품질상태는 양호한 것으로 판단된다.

5. 상태평가

5.1 각 부재별 상태평가 결과

① RCS 시점구간 상태평가

부재의 분류		상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조		내구성 요소	
번호	구조 형식	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간 연석	신축 이음	교량 받침	하부	기초	탄산화 (상)	탄산화 (하)
S1	RCS	a	-	-	b	-	a	-	-	-	q	-	-
S2	RCS	c	-	-	a	-	a	b	-	c	q	a	-
S3	RCS	c	-	-	a	-	a	-	-	-	q	-	a
S4	RCS	c	-	-	a	-	a	b	-	c	q	-	-
S5	RCS	c	-	-	a	-	a	-	-	-	q	-	-
S6	RCS	c	-	-	a	-	a	b	-	c	q	-	-
S7	RCS	c	-	-	a	-	a	-	-	-	q	-	-
S8	RCS	c	-	-	a	-	a	b	-	c	q	-	-
S9	RCS	b	-	-	b	-	a	-	-	-	q	-	a
S10	RCS	b	-	-	b	-	a	b	-	b	q	-	-
S11	RCS	b	-	-	a	-	a	b	-	-	q	-	-
S12	RCS	b	-	-	b	-	a	-	-	c	q	-	-
S13	RCS	a	-	-	a	-	a	b	-	-	q	-	-
S14	RCS	c	-	-	a	-	a	-	-	b	q	a	-
S15	RCS	c	-	-	a	-	a	b	-	-	q	-	-
S16	RCS	c	-	-	b	-	a	-	-	b	q	-	-
평 균		0.313	-	-	0.131	-	0.100	0.200	-	0.325	-	0.100	0.100
가중치		34	-	-	7	-	2	10	-	20	-	4	3
가중치 적용		0.133	-	-	0.011	-	0.003	0.025	-	0.81	-	0.005	0.004

결함도 환산 점수	0.262
상태평가 결과	C

※ 슬래브하면 S2~S8, S14~S16 철근노출로 인한 c등급 산정.

※ 슬래브하면 S9~S12 철근노출이 국부적으로 발생함에 따라 b등급 산정.

※ 교대 S10, S14, S16 침식 면적이 10%이상이나 손상정도가 경미함에 따른 b등급 산정.

※ 교각 W2, W4, W6, W8, W12 철근노출로 인한 c등급 산정.

② 항로구간 상태평가

부재의 분류		상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조		내구성 요소	
번호	구조 형식	바닥 판	거더	가로 보	포장	배수	난간 연석	신축 이음	교량 받침	하부	기초	탄산 화 (상)	탄산 화 (하)
S17	STB	-	0.1	-	0.2	-	0.1	0.1	0.2	-	q	-	-
S18	STB	-	0.2	-	0.2	-	0.1	0.1	0.2	-	q	-	-
S19	STB	-	0.1	-	0.2	-	0.1	0.1	0.2	-	q	-	-
평 균		-	0.133	-	0.200	-	0.100	0.100	0.200	-	-	-	-
가중치		-	25	-	7	-	2	9	9	-	-	-	-
가중치 적용		-	0.064	-	0.027	-	0.004	0.017	0.035	-	-	-	-

결함도 환산 점수	0.147
상태평가 결과	B

※ S18 볼트 길이부족, 체결불량, 미체결 등 손상으로 인한 b등급 산정.

③ RCS 종점구간 상태평가

부재의 분류		상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조		내구성 요소	
번호	구조 형식	바닥 판	거더	가로 보	포장	배수	난간 연석	신축 이음	교량 받침	하부	기초	탄산 화 (상)	탄산 화 (하)
S20	RCS	c	-	-	a	-	b	-	-	-	q	-	-
S21	RCS	c	-	-	a	-	a	b	-	c	q	-	-
S22	RCS	c	-	-	a	-	a	-	-	-	q	-	-
S23	RCS	c	-	-	a	-	b	b	-	c	q	-	-
S24	RCS	b	-	-	a	-	a	-	-	-	q	-	-
S25	RCS	c	-	-	a	-	b	b	-	b	q	-	-
S26	RCS	b	-	-	a	-	b	-	-	-	q	-	-
S27	RCS	b	-	-	a	-	b	b	-	c	q	-	-
S28	RCS	b	-	-	b	-	a	-	-	-	q	-	-
S29	RCS	b	-	-	a	-	a	b	-	c	q	-	-
S30	RCS	b	-	-	a	-	a	-	-	-	q	-	-
S31	RCS	b	-	-	a	-	a	b	-	b	q	-	-
S32	RCS	b	-	-	a	-	a	-	-	-	q	-	-
S33	RCS	b	-	-	a	-	a	b	-	b	q	-	-
S34	RCS	b	-	-	a	-	b	-	-	-	q	-	-
S35	RCS	a	-	-	a	-	a	b	-	b	q	-	-
S36	RCS	a	-	-	a	-	a	-	-	-	q	-	-
S37	RCS	b	-	-	a	-	a	b	-	b	q	-	-

부재의 분류		상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조		내구성 요소	
번호	구조 형식	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간 연석	신축 이음	교량 받침	하부	기초	탄산화 (상)	탄산화 (하)
S38	RCS	b	-	-	a	-	b	-	-	-	q	-	-
S39	RCS	b	-	-	a	-	a	b	-	b	q	-	-
S40	RCS	a	-	-	a	-	a	-	-	-	q	-	-
S41	RCS	a	-	-	a	-	a	b	-	c	q	-	-
S42	RCS	b	-	-	a	-	a	-	-	-	q	a	a
S43	RCS	b	-	-	a	-	a	b	-	b	q	-	-
S44	RCS	b	-	-	a	-	a	-	-	-	q	-	-
S45	RCS	b	-	-	a	-	a	d	-	c	q	-	-
S46	RCS	b	-	-	a	-	a	-	-	-	q	-	-
S47	RCS	a	-	-	a	-	a	b	-	c	q	-	-
S48	RCS	c	-	-	a	-	a	-	-	-	q	-	-
S49	RCS	c	-	-	a	-	a	b	-	c	q	-	-
S50	RCS	a	-	-	a	-	a	b	-	-	q	-	-
평 균		0.226	-	-	0.106	-	0.123	0.231	-	0.307	-	0.100	0.100
가중치		34	-	-	7	-	2	10	-	20	-	4	3
가중치 적용		0.096	-	-	0.009	-	0.003	0.029	-	0.100	-	0.005	0.004

결함도 환산 점수	0.223
상태평가 결과	B

※ 슬래브하면 S20~S23, S25, S48~S49 철근노출로 인한 c등급 산정.

※ 교각 침식면적이 10%이상이나 손상정도가 경미함에 따른 b등급 산정.

5.2 잠수교 상태평가 결과

구성교량명	환산결함도 점수	상태평가 등급	연장(M)	연장비	환산결함도점수×연장비
RCS시점구간	0.262	C	240.0	0.302	0.079
강상판형구간	0.147	B	90.0	0.113	0.017
RCS종점구간	0.223	B	465.0	0.585	0.130
합계(Σ)				1.000	0.226

결함도 환산 점수	0.226
상태평가 결과	B

5.3 전차 결과와의 비교 분석

시설물명	전차 점검		금회 점검		1순위 손상 보수후	
잠수교	0.258	B	0.226	B	0.196	B
평가결과	• 상태평가 결과, 전차 점검결과에 비해 결함점수가 0.032가 감소된 것으로 산출되었으며 이는 2015년과 2016년도 보수공사로 인한 손상물량 감소로 판단된다. • 또한, 금번 점검을 통해 1순위 보수가 이루어 진다면, 결함점수 0.030으로 낮아져서 보다 효율적으로 시설물 유지관리가 이루어질 것으로 판단된다.					

5.4 안전등급 산정결과

안전등급	잠수교 상태
B (양호)	보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태

6. 보수・보강 및 유지관리방안

6.1 보수・보강 개략공사비

구 분		손상내용	보수공법	손상 물량	손상 단위	보수 물량	보수 단위	단가 (원)	공사비 (원)	우선 순위
일반구간	바닥판 하면	재료분리	단면보수	0.69	m^2	0.83	m^2	75,000	62,100	2
		박리, 박락, 파손	단면보수	2.72	m^2	3.26	m^2	75,000	244,800	2
		철근노출	방청+단면보수	57.27	m^2	68.72	m^2	155,000	10,652,220	1
		조류전망대 스플라이스 도장박리	재도장	0.36	m^2	0.43	m^2	36,000	15,552	2
	교대 및 교각	들뜸,박리,박락, 파손	단면보수	4.93	m^2	5.92	m^2	75,000	443,700	2
		철근노출 (파손,박락)	방청+단면보수	9.42	m^2	11.30	m^2	155,000	1,752,120	1
		재료분리	단면보수	1.24	m^2	1.49	m^2	75,000	111,600	2
		기초파손	단면보수	3.90	m^2	4.68	m^2	75,000	351,000	2
	신축이음	이물질퇴적	청소	55.00	m^2	66.00	m^2	10,000	660,000	3
		신축이음누수	유도배수관설치	10.00	m	12.00	m	20,000	240,000	1
	교면포장	자전거도로도장 박리	재도장	38.00	m^2	45.60	m^2	36,000	1,641,600	2
항로구간	거더 내부	부식	재도장	2.91	m^2	3.49	m^2	36,000	125,712	2
		도장박락	재도장	0.04	m^2	0.05	m^2	36,000	1,728	2
	거더 외부	부식	재도장	4.79	m^2	5.75	m^2	36,000	206,928	2
		도장박리, 박락	재도장	229.75	m^2	275.70	m^2	36,000	9,925,200	2
		볼트부식	재도장	0.11	m^2	0.13	m^2	36,000	4,752	2
	받침	받침몰탈균열 (0.3mm이상)	주입보수	0.40	m	0.48	m	69,000	33,120	1
		받침장치부식	재도장	17	EA	17	EA	36,000	734,400	2
		받침몰탈파손,박리, 박락	단면보수	0.11	m^2	0.13	m^2	75,000	9,900	2
	교면포장	자전거도로도장 박리	재도장	105.00	m^2	126.00	m^2	36,000	4,536,000	2
순공사비 합계(원)									31,752,432	
제경비(천원, 순공사비×50%)									15,876,216	
순위별 공사별 (원, 제경비 포함)			단 기(1순위)						12,677,460	
			중 기(2순위)						18,414,972	
			장 기(3순위)						660,000	
개략공사비(8,648원 절삭)									47,620,000	

주) 1. 상기 개략공사비는 가시설비 등의 부대비용이 제외된 금액이며, 실시 설계 시 공법선정, 단가변동 및 현장여건상 변동될 수 있음
2. 단가는 '2016년 시설물 유지보수공사 설계가이드-서울특별시 안전총괄본부'를 참고하여 적용하였음
3. 고 교각 접근장비 : 고소차 일일 장비 임대료 1,000,000원은 현장 보수 시 책임기술자 판단을 감안해 별도로 계상할 것.

6.2 유지관리방안

향후 잠수교의 공용년수 증가시 내구성 및 사용성을 저하시킬 수 있는 다음 주요 손상들에 대해서는 결함의 진전여부 및 재발생 여부를 주기적으로 관찰하는 등 중점유지관리 항목으로 선정하여 구조물의 유지관리를 실시하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

항 목	위 치			내 용	상태평가	대 책	비 고
외관조사 중요결함	-	-	-	해당 사항 없음	-	-	-
상태평가 (c이하)	①	바닥판하면	S2~S8, S14~S21	철근노출	c	방청+ 단면보수	보수 후 관찰
	②	교각	W2, W4, W8, W12	철근노출	c	방청+ 단면보수	보수 후 관찰
상태평가 (b)	③	교량받침	항로구간	받침장치 부식	b	도장보수	보수 후 관찰
	④	신축이음	일반구간	신축이음 보도부 부식	b	주의관찰	-
	⑤	교각	교각 전반	침식	b	주의관찰	-

① S21 바닥판하면 철근노출

② W2 교각전면 철근노출

③ 항로구간 받침장치 부식

④ 일반구간 신축이음 부식

7. 종합결론

잠수교에 대하여 현장조사, 시험 및 측정, 시설물 평가를 실시한 결과, 공용기간 증가와 한강상 교량의 습윤환경, 우수유입, 제설제 등의 영향으로 균열, 박락, 철근노출, 누수, 백태, 부식, 도장손상, 아스콘 손상 등이 조사됨에 따라 내구성 증진을 위해 추가적인 보수가 필요할 것으로 판단된다.

본 시설물은 일반적인 손상은 발생되었으나, **사용제한은 필요 없는 것으로 판단**되며, 부재별로 손상에 따른 상태평가를 실시한 결과, **"보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태"인 B(양호) 등급**으로 평가되었다.