

제3장 현장조사

3.1 개요

3.2 외관조사(수기2교(상))

3.3 외관조사(수기2교(하))

3.4 콘크리트 재료특성조사

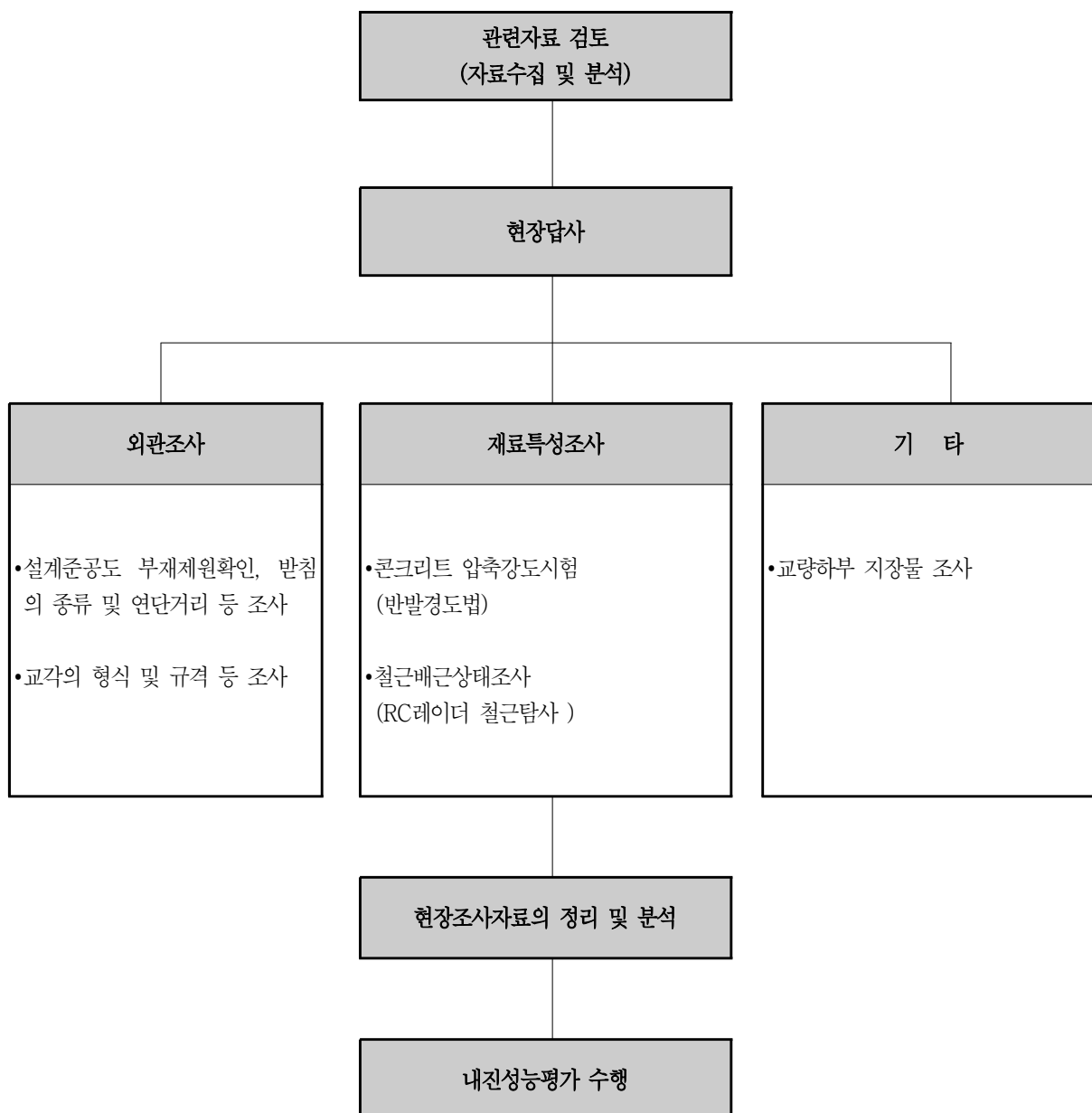
3.5 현장조사 검토의견

제3장 현장조사

3.1 개 요

현장조사는 과업대상교량의 내진성능 관련 외관현황과 콘크리트압축강도 및 철근배근상태 등의 재료특성을 조사하여 교량의 현재 시공상태와 현황을 분석하고, 내진성능평가 및 성능향상을 위한 보강방안 수립에 필요한 기초자료를 확보하기 위하여 실시한다.

내진성능평가를 위한 현장조사의 수행흐름도는 <그림 3.1>과 같다.



【그림 3.1】 현장조사 수행 흐름도

3.1.1 현장조사 방법

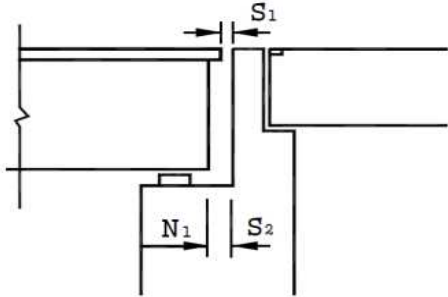
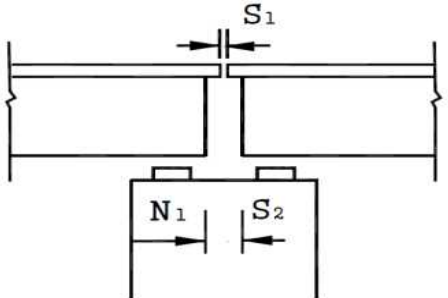
가. 외관조사

1) 상부구조

교량전경에 대한 사진촬영과 상부구조 경간구성, 연속경간수 및 연속경간장, 설계도면에 표시되지 않은 난간, 방호벽 및 부착시설물, 아스팔트 추가 타설 등의 추가고정하중을 조사하였다. 가스관, 송유관, 상.하수도관 및 광통신케이블 등의 중요부착시설물 등 지진하중 자료를 상세히 조사하였으며, 교량하부를 통과하는 수로, 도로, 철도 등의 하부기간망을 조사하여 설계에 반영하였다.

2) 신축이음

신축이음과 같은 연결부는 내진설계에 있어 가장 중요한 부위이므로 손상 상태와 낙교발생 유무를 파악하기 위해 교대 및 교각의 받침지지길이 및 신축유간을 조사하였다.

부 위	점 검 요 령
교대 신축이음부	 •받침지지길이(N1) •신축유간(S1) : 바닥판 •신축유간(S2) : 거더
교각 신축이음부	 •받침지지길이(N1) •신축유간(S1) : 바닥판 •신축유간(S2) : 거더

【그림 3.2】 신축이음부 현장조사 요령

3) 받침부

받침은 상·하 받침 본체, 부속물, 받침주변의 받침부 콘크리트, 받침부 모르타르 등을 포함한다. 받침본체의 종류와 규격, 손상, 부식, 파손 등을 조사하였으며, 상부주형과의 연결상태, 하부교각과의 연결상태 등을 확인하였다. 앵커볼트의 수량 및 크기, 받침모르타르, 콘크리트 균열 및 파손상태, 기능발휘여부, 받침 배치도면과의 일치 여부 등을 조사하였다.

부 위		점 검 요 령			
받침본체		•종류	•개소(교각당)		
받침과 상·하부 주형 연결상태		•용량			
앵커볼트, 세트볼트 및 사이드블록 볼트		•세트 볼트 개소, 직경(mm), 볼트머리 직경 •앵커 볼트 개소, 직경(mm), 볼트머리 직경			
이동 제한 장치					
특이사항		받침본체, 모르타르, 콘크리트 등의 손상상태 기입			
받침별 점검 부위					
	포트받침		고력활동받침판 받침		
	핀·로울러 받침		고무받침		
①받침본체 ④사이드블록		②상·하부 연결부 ⑤받침모르타르,콘크리트		③앵커볼트 ⑥이동제한장치	

【그림 3.3】 받침부 현장조사 요령

4) 교각

교각 재료의 강도특성, 단면 제원의 도면과 일치여부, 축방향철근 및 떠철근의 철근상세, 축방향철근 겹이음 길이와 위치 등을 도면과 비교하여 조사하였다.

5) 기타

내진보강방안으로 제시한 낙교방지 장치 및 지진격리장치의 적용 여부에 따른 시공성 및 시공방법의 적합성 등을 조사하였다.

3.1.2 교량현황

가. 수기2교(상)

수기2교(상)는 경기도 화성시 세자로 396번길 16에 위치(국도43호선)하고 있는 연장 105.0m, 폭 10.5m의 교량이다. 평면선형은 직선이며, 종단선형은 +0.920 ~ -1.7614%의 경사를 이루고 있다.

상부 Preflex 거더는 경간당 4개, 높이 1.0m로 총 3경간(3@35.0m)이며, 교대는 역T형, 교각은 T형 교각이 말뚝기초 위에 시공된 상태이다. 주요 하부현황으로는 무시레못, 안녕길 등이 횡단하고 있으며, 신축이음장치는 NB Jiont로 A1, P1, P2, A2에 설치되어 있다. 대상 교량은 2015년 준공되어 현재 6년간 공용되고 있는 2종 시설물이다.

나. 수기2교(하)

수기2교(하)는 경기도 화성시 세자로 396번길 16에 위치(국도43호선)하고 있는 연장 105.0m, 폭 10.5m의 교량이다. 평면선형은 직선이며, 종단선형은 +0.920 ~ -1.7614%의 경사를 이루고 있다.

상부 Preflex 거더는 경간당 4개, 높이 1.0m로 총 3경간(3@35.0m)이며, 교대는 역T형, 교각은 T형 교각이 말뚝기초 위에 시공된 상태이다. 주요 하부현황으로는 무시레못, 안녕길 등이 횡단하고 있으며, 신축이음장치는 NB Jiont로 A1, P1, P2, A2에 설치되어 있다. 대상 교량은 2015년 준공되어 현재 6년간 공용되고 있는 2종 시설물이다.

3.1.3 교량 점검 및 접근방법

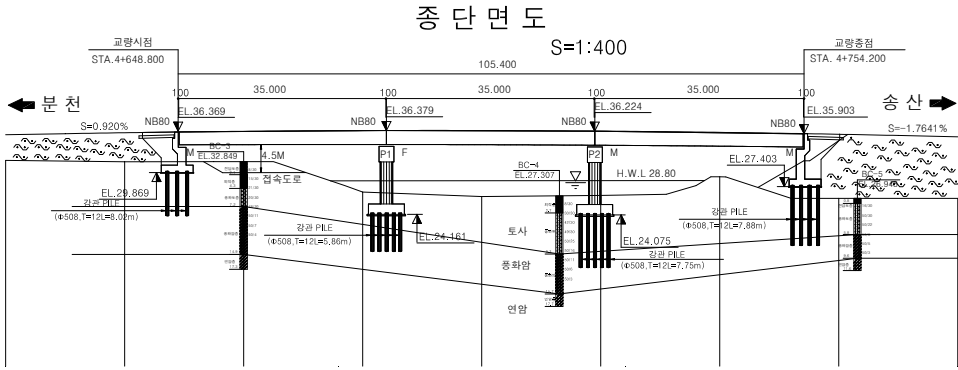
하부 접근이 용이한 구간의 현장조사는 도보를 실시하였고, 하천 횡단 등 접근이 난이한 구간에 대하여 고소점검차, 사다리, 망원경 등을 이용하여 실시하였다.



3.1.4 형하공간 이용 현황

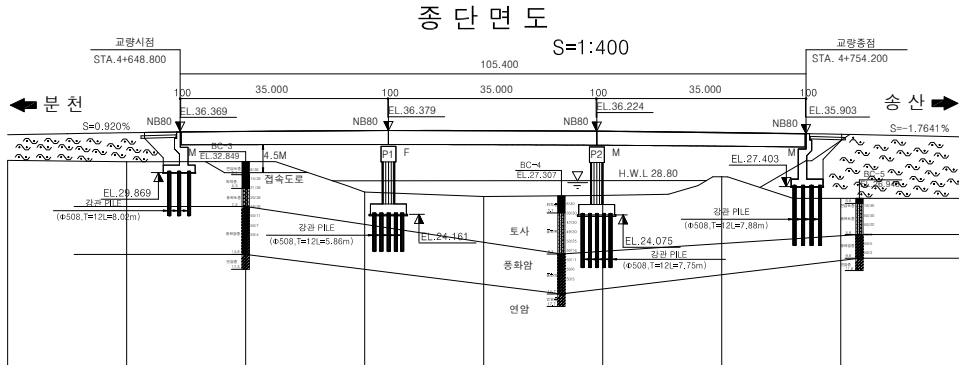
가. 수기2교(상)

【표 3.1】 형하공간 이용현황

구분	세부내용			
위치도				
형하공간 이용현황	종 단 면 도 S=1:400 			
	구분	S1	S2	S3
		안녕로	무사레못	무사레못+지방도로
이용현황				

나. 수기2교(하)

【표 3.2】 형하공간 이용현황

구 분	세 부 내 용											
위치도												
형하공간 이용현황	종 단 면 도 S=1:400  <table><tr><td>구분</td><td>S1</td><td>S2</td><td>S3</td></tr><tr><td>이용현황</td><td>안녕로</td><td>무사레못</td><td>무사레못+지방도로</td></tr></table> 				구분	S1	S2	S3	이용현황	안녕로	무사레못	무사레못+지방도로
구분	S1	S2	S3									
이용현황	안녕로	무사레못	무사레못+지방도로									

3.1.5 부재제원 확인

가. 수기2교(상)

수기2교(상)의 부재제원 확인을 위해 각각의 부재별로 실측을 실시하고 이를 준공도면과 비교·검토 하여 주요 부재의 규격을 확인하였다.

【표 3.3】 부재제원 확인

구 분		부재제원	실측결과	비 교
상부구조	거더	H=1.05m	H=1.05m	일치
	슬래브	H=0.25m	H=0.25m	일치
하부구조	교대 A1	B=10.44m	B=10.44m	일치
	교각 코핑	B=9.70m	B=9.70m	일치
기타시설	방호벽	H=1.18m	H=1.18m	일치
측정결과	■ 부재제원의 실측결과, 전반적으로 준공도면의 제원과 일치함			
				
상부 부재제원 확인		하부 부재제원 확인		

나. 수기2교(하)

수기2교(하)의 부재제원 확인을 위해 각각의 부재별로 실측을 실시하고 이를 준공도면과 비교·검토 하여 주요 부재의 규격을 확인하였다.

【표 3.4】 부재제원 확인

구 분		부재제원	실측결과	비 교
상부구조	거더	H=1.05m	H=1.05m	일치
	슬래브	H=0.25m	H=0.25m	일치
하부구조	교대 A1	B=10.44m	B=10.44m	일치
	교각 코핑	B=9.70m	B=9.70m	일치
기타시설	방호벽	H=1.18m	H=1.18m	일치
측정결과	■ 부재제원의 실측결과, 전반적으로 준공도면의 제원과 일치함			
				
상부 부재제원 확인		하부 부재제원 확인		

3.2 현장조사(수기2교(상))

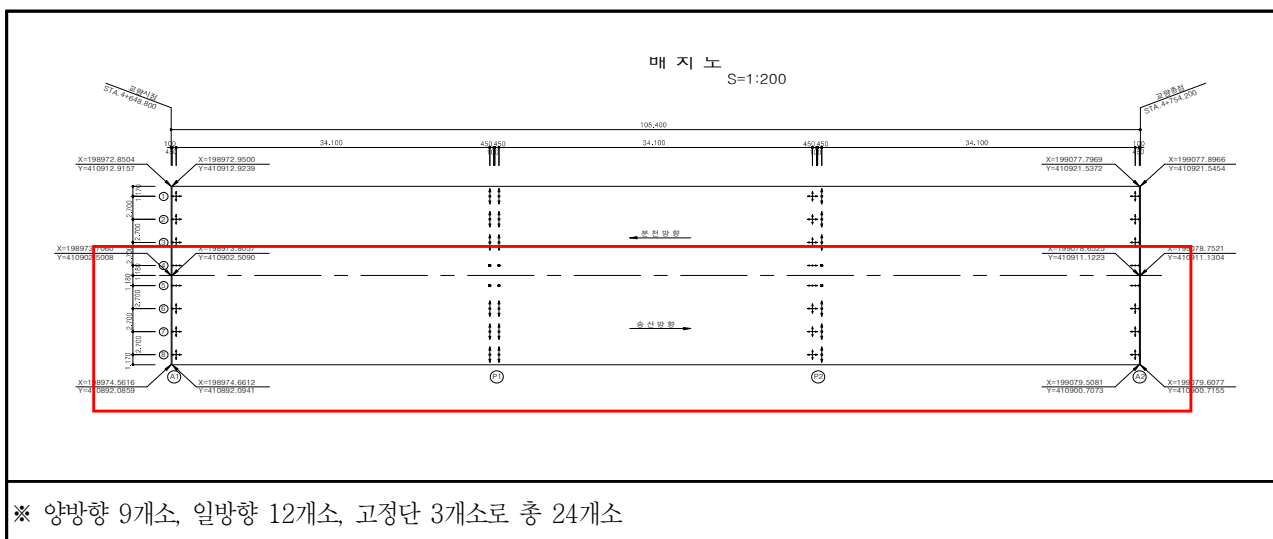
3.2.1 신축이음부 현장조사 결과

【표 3.5】 신축이음부 현장조사 결과

구 분		조사항목		
		N1(mm),전면/배면	S1(mm)	S2(mm)
수기2교(상)	A1(NB joint)	1350	100	130
	P1(NB joint)	1100 / 1050	190	115
	P2(NB joint)	1080 / 1090	115	200
	A2(NB joint)	1340	90	130

		
받침지지길이(N1) 측정	바닥판 유간(S1) 측정	거더 유간(S2) 측정

3.2.2 받침부 현장조사 결과



【그림 3.4】 수기2교(상) 받침배치도

【표 3.6】 수기2교(상) 연단거리 측정 결과

구 분		경간장 (m)	계산연단거리 (mm)	실측 연단거리(mm)				검토결과
				Sh1	Sh2	Sh3	Sh4	
A1		35	375	800	800	810	810	O.K
P1	A1측	35	375	550	540	540	550	O.K
	A2측	35	375	580	580	580	580	O.K
P2	A1측	35	375	580	580	580	580	O.K
	A2측	35	375	560	560	560	560	O.K
A2		35	375	820	820	820	820	O.K

※ 계산 연단거리(S) : ① 거더의 경간길이 100m 이하 : $S=200+5L$, ② 거더의 경간길이 100m 이상 : $S=300+4L$
여기서, L은 경간길이(m)

각 지점별 반침에 대한 연단거리 측정값과 계산값을 비교·검토 하였으며, 측정값은 측정자의 오차로 인해 일부 상이한 부분은 있지만, 전반적으로 실측 연단거리가 계산 연단거리를 상회하고 있는 것으로 측정되어 시방규정을 만족하고 있는 것으로 검토되었다.

【표 3.7】 수기2교(상) 받침부 현장조사 결과

위치	종류	용량 (kN)	개수 (ea)	연단거리 (mm)	연결상태				
					상부	하부			
교대	탄성받침	1,750	8	800~820	용접	—			
교각	탄성받침	1,750	16	540~580	용접	—			
위치	상부 연결볼트			하부 연결볼트			받침제원		
	개수 (ea)	볼트직경 (mm)	머리직경 (mm)	개수 (ea)	볼트직경 (mm)	머리직경 (mm)	받침높이 (mm)	형하높이 (mm)	블록높이 (mm)
교대	—	—	—	—	—	—	188	395	160
교각	—	—	—	—	—	—	188	390	162

		
받침 전경	연단거리 측정	받침형고 측정

받침부 현장조사 결과, 받침장치는 탄성받침으로 이루어져 있으며, 받침장치의 총 개소는 24개소이며, 전반적으로 양호한 상태로 조사되었으며, 정기적인 점검을 실시하는 것이 타당한 것으로 판단된다.

3.2.3 현장조사 결과 분석

대상 시설물의 제원조사에 의한 실측도면과 설계도면을 비교한 결과 대부분 유사한 것으로 측정되어 설계도면을 기준으로 내진성능평가를 실시하였다.

신축이음부 현장조사 결과, 받침지지길이 및 유간측정 결과 전반적으로 양호한 것으로 측정되었다.

받침연단거리 측정결과, 전반적으로 허용 기준치를 만족하는 것으로 조사되었다.

3.3 현장조사(수기2교(하))

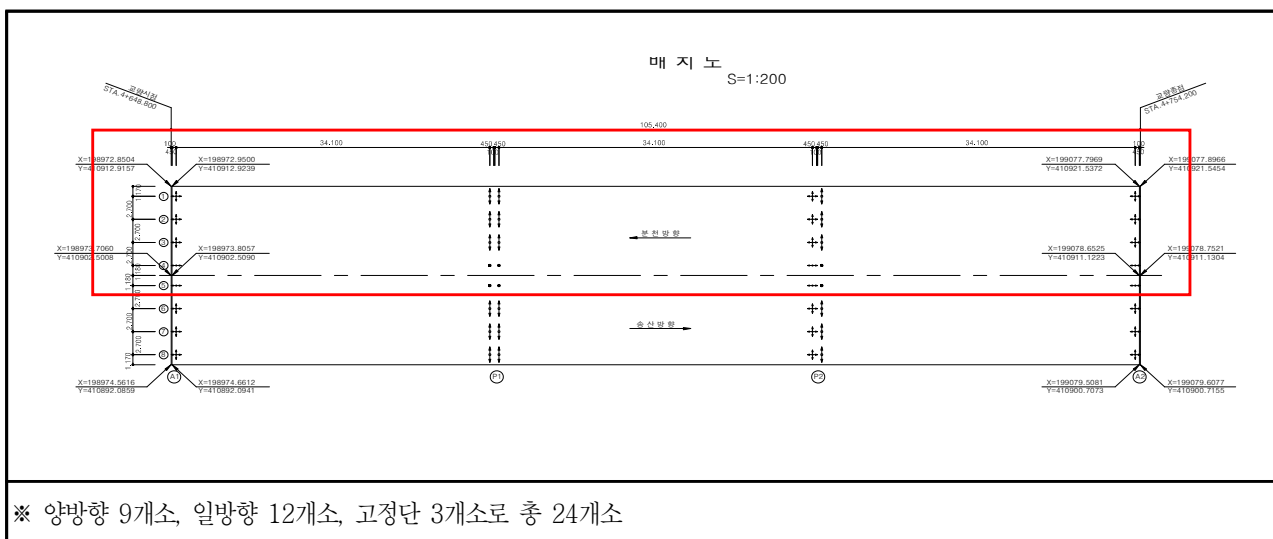
3.3.1 신축이음부 현장조사 결과

【표 3.8】 신축이음부 현장조사 결과

구 분		조사항목		
		N1(mm),전면/배면	S1(mm)	S2(mm)
수기2교(하)	A1(NB joint)	1350	100	160
	P1(NB joint)	1110 / 1040	120	200
	P2(NB joint)	1090 / 1080	115	210
	A2(NB joint)	1350	100	160

		
받침지지길이(N1) 측정	바닥판 유간(S1) 측정	거더 유간(S2) 측정

3.3.2 받침부 현장조사 결과



【그림 3.5】 수기2교(하) 받침배치도

【표 3.9】 수기2교(하) 연단거리 측정 결과

구 분	경간장 (m)	계산연단거리 (mm)	실측 연단거리(mm)				검토결과
			Sh1	Sh2	Sh3	Sh4	
A1	35	375	805	805	805	805	O.K
P1	A1측	35	375	560	560	560	O.K
	A2측	35	375	570	570	560	O.K
P2	A1측	35	375	590	590	590	O.K
	A2측	35	375	550	540	540	O.K
A2	35	375	800	800	800	800	O.K

※ 계산 연단거리(S) : ① 거더의 경간길이 100m 이하 : $S=200+5L$, ② 거더의 경간길이 100m 이상 : $S=300+4L$
여기서, L은 경간길이(m)

각 지점별 반침에 대한 연단거리 측정값과 계산값을 비교·검토 하였으며, 측정값은 측정자의 오차로 인해 일부 상이한 부분은 있지만, 전반적으로 실측 연단거리가 계산 연단거리를 상회하고 있는 것으로 측정되어 시방규정을 만족하고 있는 것으로 검토되었다.

【표 3.10】 수기2교(하) 받침부 현장조사 결과

위치	종류	용량 (kN)	개수 (ea)	연단거리 (mm)	연결상태				
					상부	하부			
교대	탄성받침	1,750	8	800~805	용접	—			
교각	탄성받침	1,750	16	540~590	용접	—			
위치	상부 연결볼트			하부 연결볼트			받침제원		
	개수 (ea)	볼트직경 (mm)	머리직경 (mm)	개수 (ea)	볼트직경 (mm)	머리직경 (mm)	받침높이 (mm)	형하높이 (mm)	블록높이 (mm)
교대	—	—	—	—	—	—	188	395	160
교각	—	—	—	—	—	—	188	390	162

		
받침 전경	연단거리 측정	받침높이 측정

받침부 현장조사 결과, 받침장치는 탄성받침으로 이루어져 있으며, 받침장치의 총 개소는 24개소이며, 주요손상으로 교량받침 받침 콘크리트 균열이 조사되었으며, 기 점검 이후 큰 진전이 없는 상태로 긴급한 보수보다는 정기적인 점검을 실시하는 것이 타당한 것으로 판단된다.

3.3.3 현장조사 결과 분석

대상 시설물의 제원조사에 의한 실측도면과 설계도면을 비교한 결과 대부분 유사한 것으로 측정되어 설계도면을 기준으로 내진성능평가를 실시하였다.

신축이음부 현장조사 결과, 받침지지길이 및 유간측정 결과 전반적으로 양호한 것으로 측정되었다.

받침부 현장조사 결과, 받침 콘크리트 균열이 조사되었으나, 전반적으로 경미한 상태이다.

받침연단거리 측정결과, 전반적으로 허용 기준치를 만족하는 것으로 조사되었다.

3.4 콘크리트 재료특성조사

3.4.1 개요

금회 조사대상 구조물은 공용기간이 증대함에 따라 주변 환경과 사용여건의 영향으로 강도 저하우려에 따른 비파괴 강도시험(반발경도법)과 설계준공도와의 철근배근 상태가 일치하는지 현장 철근배근탐사 시험을 실시하여, 내진성능평가 및 성능향상을 위한 보강방안 수립에 필요한 기초자료로 활용하였다.

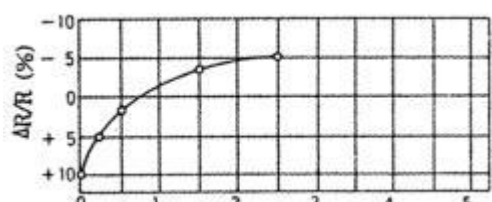
3.4.2 비파괴시험전경

	
반발경도시험	반발경도시험
	
철근배근탐사시험	철근배근탐사시험

3.4.3 시험내용 및 평가기준

가. 콘크리트 압축강도 조사

1) 반발경도시험

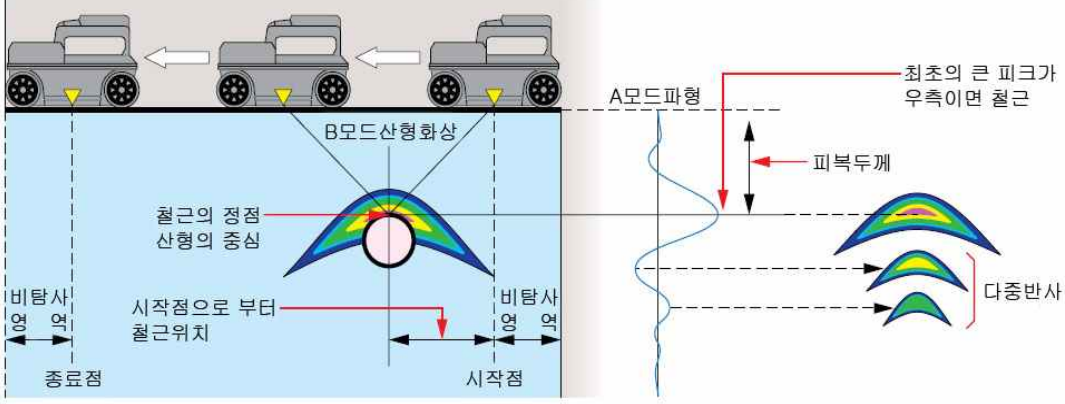
개 요	■콘크리트 표면의 반발경도를 측정하여, 콘크리트의 압축강도를 추정하는 검사방법임 ■슈미트해머는 경화된 콘크리트 표면을 타격시, 반발도(R)와 콘크리트의 압축강도(f_c)와의 사이에 특정 상관관계가 있다는 실험적 경험을 기초로 적용함																																																																
시험 방법	■반발경도 측정은 선정된 부위에 그라인딩 작업으로 표면 정리를 한 다음 타격점 상호간의 중·횡 간격을 30mm기준으로 그어 직교되는 부위에 20점 이상을 타격하여 반발경도 값의 산술 평균 값을 구하고, 각 반발경도 값이 평균값의 $\pm 20\%$범위를 벗어나는 값들은 제외시키고 나머지 값들을 다시 산술평균하여 반발경도를 결정 ■측정점간의 최소간격은 보, 기둥 등 모서리로부터 30~60mm 이상 떨어진 장소에서 측정 하고, 측정부재의 최소두께는 반발도의 영향을 고려하여 100mm이상을 원칙으로 함 ■측정치는 원칙적으로 정수값을 읽고, 표면 건조상태의 부위를 선정, 측정하여 건조에 따른 보정, 압축응력에 따른 반발도의 보정과 타격 방향에 대한 보정 및 재령에 따른 보정을 적용함	측정기의 기종 선정 ↓ 점검기에 의한 정도확인 ↓ 측정 장소의 확인, 요철제거 ↓ Marker 등에 의한 측정점의 표시 ↓ 측정, 20점 이상의 평균 ↓ 타격 방향, 습윤 및 재령의 보정 ↓ 강도추정식에 의한 압축강도 산출 ↓ 압축강도의 추정 <반발경도법에 의한 강도추정 흐름도>																																																															
보정 방법	■타격방향에 따른 보정($\angle R_1$) <table><tr><th rowspan="2">반발경도 (R)</th><th colspan="4">수평과 이루는 각도</th><th rowspan="2">비고</th></tr><tr><th>+90°</th><th>+45°</th><th>-45°</th><th>-90°</th></tr><tr><td>10</td><td>-</td><td>-</td><td>+2.4</td><td>+3.2</td><td rowspan="6">상향수직 : +90° 하향수직 : -90°</td></tr><tr><td>20</td><td>-5.4</td><td>-3.5</td><td>+2.5</td><td>+3.4</td></tr><tr><td>30</td><td>-4.7</td><td>-3.1</td><td>+2.3</td><td>+3.1</td></tr><tr><td>40</td><td>-3.9</td><td>-2.6</td><td>+2.0</td><td>+2.7</td></tr><tr><td>50</td><td>-3.1</td><td>-2.1</td><td>+1.6</td><td>+2.2</td></tr><tr><td>60</td><td>-2.3</td><td>-1.6</td><td>+1.3</td><td>+1.7</td></tr></table> ■콘크리트의 습윤상태에 따른 보정($\angle R_3$) 기건상태 : $\angle R_3 = 0$, 습윤상태 $\angle R_3 = +5$ ■콘크리트 재령에 따른 보정(α) <table><tr><th>구분</th><th>7일</th><th>14일</th><th>21일</th><th>28일</th><th>100일</th><th>500일</th><th>750일</th><th>1000일</th><th>2000일</th><th>3000일</th></tr><tr><td>재령(α)</td><td>1.72</td><td>1.36</td><td>1.12</td><td>1.00</td><td>0.78</td><td>0.67</td><td>0.66</td><td>0.65</td><td>0.64</td><td>0.63</td></tr></table> ■$R_o = R + \angle R$ ($\Rightarrow \angle R = \angle R_1 + \angle R_2 + \angle R_3$) 여기서, $\angle R_1$: 타격방향에 따른 보정값 $\angle R_2$: 압축부재의 고정하중 응력에 따른 보정값 $\angle R_3$: 콘크리트의 습윤상태에 따른 보정값	반발경도 (R)	수평과 이루는 각도				비고	+90°	+45°	-45°	-90°	10	-	-	+2.4	+3.2	상향수직 : +90° 하향수직 : -90°	20	-5.4	-3.5	+2.5	+3.4	30	-4.7	-3.1	+2.3	+3.1	40	-3.9	-2.6	+2.0	+2.7	50	-3.1	-2.1	+1.6	+2.2	60	-2.3	-1.6	+1.3	+1.7	구분	7일	14일	21일	28일	100일	500일	750일	1000일	2000일	3000일	재령(α)	1.72	1.36	1.12	1.00	0.78	0.67	0.66	0.65	0.64	0.63	■압축부재의 고정하중 응력에 따른 보정($\angle R_2$) 압축 응력 1.0kgf/cm² 인 경우 $\angle R_2 = -0.015R$, 2.5kgf/ cm² 인 경우 $\angle R_2 = -0.05R$ 정도임  <압축응력에 따른 반발경도 보정곡선>
반발경도 (R)	수평과 이루는 각도				비고																																																												
	+90°	+45°	-45°	-90°																																																													
10	-	-	+2.4	+3.2	상향수직 : +90° 하향수직 : -90°																																																												
20	-5.4	-3.5	+2.5	+3.4																																																													
30	-4.7	-3.1	+2.3	+3.1																																																													
40	-3.9	-2.6	+2.0	+2.7																																																													
50	-3.1	-2.1	+1.6	+2.2																																																													
60	-2.3	-1.6	+1.3	+1.7																																																													
구분	7일	14일	21일	28일	100일	500일	750일	1000일	2000일	3000일																																																							
재령(α)	1.72	1.36	1.12	1.00	0.78	0.67	0.66	0.65	0.64	0.63																																																							
압축 강도 추정식	■일반 콘크리트 - 방법 1 : $F_c = -18.0 + 1.27 \times R_o$ (MPa) $\Rightarrow$ 일본 재료학회 강도 추정식 - 방법 2 : $F_c = (7.3R_o + 100) \times 0.098$ (MPa) $\Rightarrow$ 일본 건축학회 강도 추정식																																																																

※콘크리트 및 강재 비파괴시험 매뉴얼(한국시설안전공단, 2006.12) 참조

※콘크리트 내구성 평가절차 수립(한국시설안전공단, 1999.12) 참조

※시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(교량편, 국토교통부/한국시설안전공단, 2019.09) 참조

나. 철근배근탐사 시험

개 요	■본 탐사는 시공 상태평가를 위하여 설계도서에 기록된 배근간격과의 동일 시공여부를 비교하여 구조체 배근상태의 적정성을 판단하며, 철근피복두께를 조사하여 탄산화로 인한 구조물의 내구성 평가와 장기적인 내구성 확보를 위한 대책마련을 위해 실시한다.																																																		
탐사 조건	■적용 가능한 조건 ◦탐사심도 200mm 이내 ◦탐사대상 철근지름이 6mm 이상 ◦콘크리트의 질이 균일한 곳 ◦철근이 안테나 진행 방향에 직교한 곳 ■적용 곤란한 조건 ◦표면에 금속 등 전파를 반사하는 것이 있고, 그 밑에 철근이 위치한 경우 ◦100mm 이하의 피치에서 배근된 경우 ◦철근이 안테나 진행 방향과 평행한 경우																																																		
측정 방법	■철근탐사장비 RC-Radar의 측정원리는 전자파를 콘크리트의 표면에서 내부로 방사하여 콘크리트와 전기적 성질이 다른 철근이나 공동 등의 대상물로부터 반사되는 전파를 다시 안테나에서 수신하여 철근의 배근상태나 공동 등의 위치 및 깊이를 화상으로 기록하는 장비로 레이더 방식(화면 모니터 방식)이며, 측정가능심도는 5~200mm이다.  <RC-Radar 측정원리>																																																		
평가 기준	■철근의 피복두께는 콘크리트 표면에서 철근 최외측면까지의 거리로 함																																																		
	■철근의 피복두께 및 배근상태를 준공도면과 비교하여 적정성 여부를 판단																																																		
	■실측된 철근배근 간격과 피복두께는 평균적인 개념으로 판단함이 바람직함																																																		
	<철근의 피복두께 기준>																																																		
	<table><tr><th>구 분</th><th>조 건</th><th>부재종류</th><th>철근직경/구분</th><th>피복두께(mm)</th><th>비 고</th></tr><tr><td rowspan="10">현장 타설 콘크리트</td><td rowspan="5">옥외 공기나 흠에 직접 접하지 않는 부위</td><td rowspan="2">슬래브 벽체, 장선</td><td>D35 초과</td><td>40</td><td></td></tr><tr><td>D35 이하</td><td>20</td><td></td></tr><tr><td rowspan="2">보</td><td>fck ≥ 40MPa</td><td>30</td><td>규정값에서 10mm 저감 가능</td></tr><tr><td>fck < 40MPa</td><td>40</td><td></td></tr><tr><td colspan="2">헬, 절판 부재</td><td></td><td>20</td><td></td></tr><tr><td colspan="3">수중에서 타설 되는 콘크리트</td><td>100</td><td></td></tr><tr><td colspan="3">흠에 영구히 묻혀 있는 콘크리트</td><td>80</td><td></td></tr><tr><td rowspan="3">흠에 접하거나 옥외공기에 직접 노출되는 콘크리트</td><td></td><td>D29 이상 철근</td><td>60</td><td></td></tr><tr><td></td><td>D25 이하 철근</td><td>50</td><td></td></tr><tr><td></td><td>D16 이하의 철근</td><td>40</td><td></td></tr></table>		구 분	조 건	부재종류	철근직경/구분	피복두께(mm)	비 고	현장 타설 콘크리트	옥외 공기나 흠에 직접 접하지 않는 부위	슬래브 벽체, 장선	D35 초과	40		D35 이하	20		보	fck ≥ 40MPa	30	규정값에서 10mm 저감 가능	fck < 40MPa	40		헬, 절판 부재			20		수중에서 타설 되는 콘크리트			100		흠에 영구히 묻혀 있는 콘크리트			80		흠에 접하거나 옥외공기에 직접 노출되는 콘크리트		D29 이상 철근	60			D25 이하 철근	50			D16 이하의 철근	40
구 분	조 건	부재종류	철근직경/구분	피복두께(mm)	비 고																																														
현장 타설 콘크리트	옥외 공기나 흠에 직접 접하지 않는 부위	슬래브 벽체, 장선	D35 초과	40																																															
			D35 이하	20																																															
		보	fck ≥ 40MPa	30	규정값에서 10mm 저감 가능																																														
			fck < 40MPa	40																																															
		헬, 절판 부재			20																																														
	수중에서 타설 되는 콘크리트			100																																															
	흠에 영구히 묻혀 있는 콘크리트			80																																															
	흠에 접하거나 옥외공기에 직접 노출되는 콘크리트		D29 이상 철근	60																																															
			D25 이하 철근	50																																															
			D16 이하의 철근	40																																															
※콘크리트 구조기준(한국콘크리트학회, 2012) 참조																																																			
<table><tr><th>유효깊이(d)</th><th>유효깊이의 허용오차</th><th>피복두께의 허용오차</th></tr><tr><td>d ≤ 200mm</td><td>±10mm</td><td>-10mm</td></tr><tr><td>d > 200mm</td><td>±13mm</td><td>-13mm</td></tr></table>		유효깊이(d)	유효깊이의 허용오차	피복두께의 허용오차	d ≤ 200mm	±10mm	-10mm	d > 200mm	±13mm	-13mm																																									
유효깊이(d)	유효깊이의 허용오차	피복두께의 허용오차																																																	
d ≤ 200mm	±10mm	-10mm																																																	
d > 200mm	±13mm	-13mm																																																	
※피복두께의 허용오차는 도면 또는 설계기준에서 요구하는 최소 피복두께의 -1/3로 하여야 함																																																			

※콘크리트 및 강재 비파괴시험 매뉴얼(한국시설안전공단, 2006.12) 참조

※진단장비 활용·관리 매뉴얼(한국시설안전공단, 2006.12) 참조

※시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(교량편, 국토교통부/한국시설안전공단, 2019.09) 참조

3.4.4 시험결과 및 분석

가. 콘크리트 강도시험

반발경도 측정은 콘크리트 표면의 요철, 부착물, 분말 등을 그라인딩으로 제거하고 실시하였으며 표면에 곰보, 공극, 노출된 자갈 등이 있는 부위들은 측정위치에서 제외했다. 또한, 반발경도 값은 각 측정부재에 따라 타격방향, 재령 등에 의한 보정을 한 후 일본재료학회와 일본건축학회, 권영웅 외, 과학기술수 강도 계산식을 사용하여 압축강도를 산정하였다.

1) 수기2교(상) 측정결과

【표 3.11】 수기2교(상) 콘크리트 비파괴 강도시험 결과

구 분		반발경도법				설계기준강도 (MPa)
		일본재료학회식	일본건축학회식	권영웅 외	과학기술부	
하부 구조	A1 교대	24.5	26.4	—	—	24.0
	A2 교대	24.9	26.6	—	—	24.0
	P1 교각	24.3	26.2	—	—	24.0
	P2 교각	25.0	26.6	—	—	24.0
상부 구조	S1 바닥판	27.4	28.0	—	—	27.0
	S2 바닥판	27.9	28.3	—	—	27.0
	S3 바닥판	27.7	28.2	—	—	27.0
	S1 거더	—	—	48.6	41.1	40.0
	S2 거더	—	—	48.1	40.7	40.0
	S3 거더	—	—	47.9	40.6	40.0
표 준 편 차		1.6	0.9	0.4	0.3	—
변 동 계 수 (%)		6.3	3.4	0.7	0.6	—

2) 수기2교(하) 측정결과

【표 3.12】 수기2교(하) 콘크리트 비파괴 강도시험 결과

구 분		반발경도법				설계기준강도 (MPa)
		일본재료학회식	일본건축학회식	권영웅 외	과학기술부	
하부 구조	A1 교대	24.7	26.5	—	—	24.0
	A2 교대	25.0	26.6	—	—	24.0
	P1 교각	24.1	26.2	—	—	24.0
	P2 교각	24.6	26.4	—	—	24.0
상부 구조	S1 바닥판	27.5	28.0	—	—	27.0
	S2 바닥판	27.2	27.9	—	—	27.0
	S3 바닥판	26.8	27.6	—	—	27.0
	S1 거더	—	—	47.8	40.5	40.0
	S2 거더	—	—	47.5	40.3	40.0
	S3 거더	—	—	48.3	40.9	40.0
표 준 편 차		1.5	0.8	0.4	0.3	—
변 동 계 수 (%)		5.5	2.9	0.8	0.8	—

3) 콘크리트 강도측정 결과분석

반발경도법에 의한 평균 설계기준강도를 추정한 결과, 상부구조 및 하부구조 모두 설계기준강도를 상회하고 있는 것으로 측정되었다.

나. 철근탐사시험

철근의 피복두께가 부족할 경우에는 철근의 배근간격이 설계도서와 다를 경우 구조물의 안전성에 직접적인 영향을 미치므로 내하력 저하의 가능성이 있으며, 콘크리트의 탄산화 등에 따른 열화손상에 대한 저항성이 저하되어 내구성이 감소하며, 피복두께가 지나치게 큰 경우에는 강도감소 등을 수반할 우려가 있다.

1) 수기2교(상) 시험결과

【표 3.13】 수기2교(상) 철근탐사 결과

구 분		주철근				배력철근			
		철근간격(mm)		피복두께(mm)		철근간격(mm)		피복두께(mm)	
		측정치	설계	측정치	설계	측정치	설계	측정치	설계
하부 구조	A1 교대	248	250	119	100	152	150	117	100
	A2 교대	254	250	119	100	150	150	121	100
	P1 교각	134	150	74	100	243	300	96	100
	P2 교각	163	150	89	100	278	300	142	100
상부 구조	S1 바닥판	138	150	47	80	119	125	30	80
	S2 바닥판	148	150	44	80	125	125	35	80
	S3 바닥판	155	150	41	80	125	125	30	80
	S1 거더	110	120	41	70	203	200	52	70
	S2 거더	128	120	49	70	215	200	44	70
	S3 거더	116	120	55	70	199	200	41	70

2) 수기2교(하) 시험결과

【표 3.14】 수기2교(하) 철근탐사 결과

구 분		주철근				배력철근			
		철근간격(mm)		피복두께(mm)		철근간격(mm)		피복두께(mm)	
		측정치	설계	측정치	설계	측정치	설계	측정치	설계
하부 구조	A1 교대	259	250	84	100	151	150	93	100
	A2 교대	244	250	86	100	152	150	98	100
	P1 교각	156	150	107	100	296	300	91	100
	P2 교각	150	150	67	100	300	300	86	100
상부 구조	S1 바닥판	152	150	35	80	123	125	30	80
	S2 바닥판	150	150	34	80	120	125	34	80
	S3 바닥판	155	150	39	80	123	125	33	80
	S1 거더	119	120	44	80	204	200	39	70
	S2 거더	122	120	41	80	207	200	38	70
	S3 거더	165	120	36	80	235	200	36	70

3) 철근탐사시험 결과분석

철근탐사시험 결과, 철근의 배근간격은 허용기준값 이내로 설계도면과 대부분 유사한 것으로 조사되었으며, 피복두께는 일부 상이하나 정밀안전점검 결과 탄산화에 'a' 등급으로 판정되어 문제는 없을 것으로 판단되며, 준공 이후 공용기간 동안 피복두께 부족으로 인한 균열 및 철근노출, 박락 등의 발생이 없는 상태로서, 공용 중 이로 인한 문제는 없을 것으로 판단된다.

다. 재료시험 결과분석

대상교량에 대한 비파괴 압축강도시험(반발경도법) 결과, 전반적으로 설계기준강도 이상을 확보한 상태이므로 설계기준강도를 내진성능평가에 반영하였다.

철근배근탐사 결과, 일부 상이하나 설계도면과 유사한 것으로 측정되어 내진성능평가지 설계도면을 적용하여 검토를 수행하였다.

3.5 현장조사 검토의견

금회 내진성능평가 수행 시 현장조사결과 다음과 같다

- 1) 설계준공도와 부재제원 확인을 위해 각각의 부재별로 현장에서 실측을 실시하고 이를 준공도면과 비교·검토 하여 주요부재의 규격을 확인한바 전반적으로 설계준공도와 일치하는 것으로 조사되었다. 부대시설인 교량받침의 연단거리 및 거동상태, 신축이음 받침지지 길이 및 유간 등은 설계도서에 준하여 시공되어 공용중이며, 기능발휘에 지장이 없는 상태인 것으로 조사되었다.
- 2) 재료시험의 경우, 반발경도법에 의한 콘크리트강도를 추정한 결과, 상·하부구조 모두 설계기준강도를 상회하고 있는 것으로 측정되었다. 철근탐사시험 결과, 철근의 배근간격 및 피복두께는 설계도면과 대부분 유사한 것으로 조사되었다.
- 3) 따라서, 금회 내진성능평가 수행 시 기존자료 검토·분석과 현장조사 결과치를 종합적으로 반영하고 “시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법” 제12조에 근거해서 변경된 내진설계기준(2018. 내진설계 일반 : KDS 17 10 00→지진하중변경)을 적용하여 내진성능평가를 수행하였다.