

요 약 문

1. 내진성능평가의 개요

1.1 과업의 목적

본 과업은 지진 발생시 시설물에 심각한 손상을 초래할 수 있으므로 이에 대비하기 위하여 기존 시설물(교량)의 내진성능 평가요령(2019)에 따라 내진설계기준에서 규정하고 있는 목표성능을 만족하는지를 파악하고, 그 결과에 따라 내진성능 향상을 위한 보강방안을 마련하는데 그 목적이 있다.

1.2 과업의 범위 및 내용

1.2.1 대상시설물의 현황

번호	시설물명	종류	종별	연장(m)	폭(m)	구조 형식	준공 년도	비고
1	향남IC교	교량	2종	50.1	20.9	Precom	2014	내진성능평가

※ 시설물관리대장을 참고하여 작성하였음.

1.2.2 과업의 범위

본 과업 중 내진성능평가를 수행함에 있어서 과업의 범위는 기본적으로 과업지시서에 충실하고 과업지시서에 명기되지 않은 내용은 「기존시설물(교량) 내진성능평가요령(2019)」을 준용하여 수행하는 것으로 하였다.

- 1) 설계도면(보수내용) 및 기존자료 검토, 분석
- 2) 대상 시설물 현황조사 및 분석 (2023년 정밀안전점검 보고서 활용)
- 3) 구조해석 및 구성요소별 내진성능평가
- 4) 내진성능 향상을 위한 보수, 보강방안 수립
- 5) 보고서 및 성과물 제출

1.2.3 과업수행기간

2024. 03. 21 ~ 2024. 09. 16(착수일로부터 180일간)

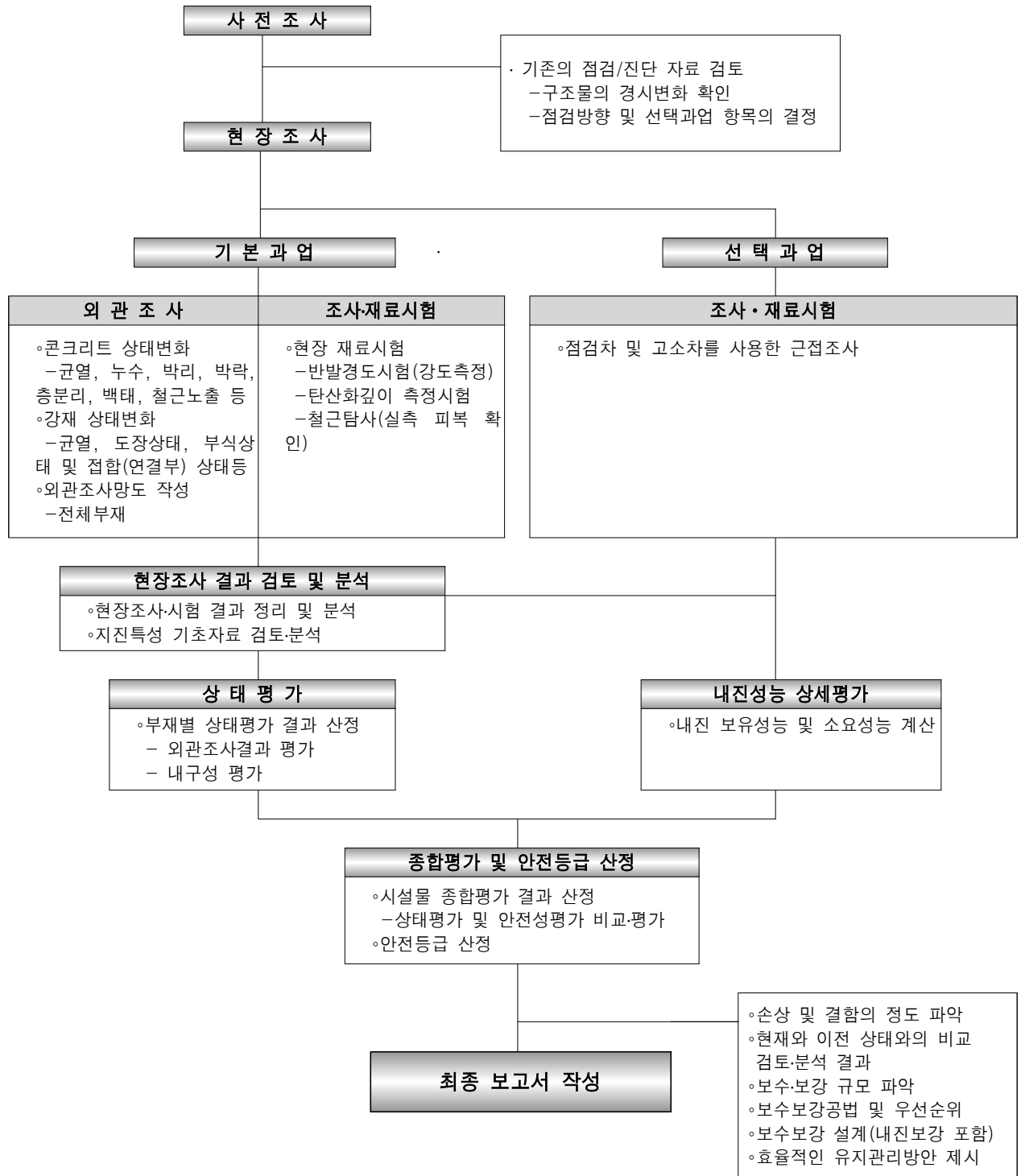
1.2.4 과업의 내용

본 과업은 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(2023. 12, 국토교통부/국토안전관리원)』 및 『기존시설물(교량) 내진성능평가요령(2019)』에 의거 수행하였으며, 과업의 내용에 대한 세부사항은 다음과 같다.

과업 범위	과업의 내용
자료수집 및 분석	1) 준공도면, 구조계산서, 시방서 등. 2) 기존 안전점검·정밀안전진단 실시결과 검토·분석. 3) 보수·보강이력 검토·분석. 4) 시설물 관리대장.
현장조사 및 시험	1) 전체부재의 외관조사 및 외관조사망도 작성. -콘크리트 : 균열, 누수, 박리, 박락, 층분리, 백태 등. -강재 : 균열, 도장상태, 부식 및 접합 상태 등. 2) 준공도서와 현장 일치여부 확인, 상부구조 하중변화 확인 3) 비파괴 현장시험. -콘크리트강도시험(반발경도), 탄산화 깊이 측정. -철근탐사(실측 피복 확인), 균열깊이 측정(필요시).
상태평가	1) 외관조사 결과분석. 2) 현장시험 및 재료시험 결과분석. 3) 부재별 상태평가 및 시설물 전체의 상태평가 결과에 대한 의견.
내진성능평가	1) 내진성능 평가기준 지진하중 결정 2) 구성부재별 보유성능 및 소요성능 계산 - 보유성능은 실제 단면형상, 치수, 철근상세 등을 반영하여야 함 - 교량의 구성요소 중 교각의 평가지진하중은 교량 상부구조에서 교각으로 전달되는 지진하중으로 하며, 교량받침 및 기초의 평가지진하중은 교각의 조합탄성지진력과 단면강도 중 작은 값으로 함 3) 내진성능평가 - 교량의 구성요소 중 교각, 교량받침부, 받침지지길이, 교대, 기초 및 지반에 대해 내진성능평가를 수행함 - 단면특성, 재료강도 등과 같이 내진성능에 관련하는 모든 특성값은 현장조사에서 얻은 실제 특성값을 기준으로 함 - 교량 각 부재별 평가기준 지진하중에 대하여 각 부재에 발생하는 소요성능과 보유성능을 비교
종합평가 및 안전등급 지정	1) 시설물의 종합평가 결과에 대한 소견. 2) 안전등급 지정.
보수·보강 및 유지관리방안 제시	1) 설계지진력에 대한 각 구조부재의 강도 및 변형성능에 따른 저항능력을 비교검토하여 내진대책 수립 필요여부를 파악하고, 내진대책이 필요한 구조물에 대하여는 내진대책을 제시. 2) 향후 유지관리방안 제시.
보고서 작성	1) 보고서 및 기타성과품 작성.

1.3 과업수행 일정

1.3.1 과업수행 절차



※ 위 과업수행흐름도는 일반적인 정밀안전점검 과업수행 흐름도이며, 책임기술자의 판단에 따라 수정될 수 있음.

1.3.2 과업수행 일정

본 과업의 기간은 2024년 03월 21일부터 2024년 09월 16일까지 180일간이며 과업수행의 세부일정은 다음과 같다.

공 종		3월		4월		5월		6월		7월		8월		9월	비 고
		21	31	15	30	15	30	15	30	15	30	15	30	16	
1. 자료수집 및 분석 · 관련자료 수집·분석 · 사전검토보고서 제출 · 과업수행계획서 제출															- 03/21 착수
2. 현장조사 및 시험 · 착수 및 예비답사 · 현장조사 계획수립 · 동원 및 작업계획 수립 · 현장조사 상세계획수립															
3. 정밀안전점검 · 상태평가 · 종합평가 및 안전등급 지정 · 보수·보강방법 및 유지관리방안 제시															2023년 정 밀안전점검 보고서 활 용
4. 내진성능평가 · 상세 내진성능 평가 · 내진보강방안제시 및 보강대 책 수립															
6. 보고서 작성 · 최종보고서 작성 · 수정 및 보완 · 준공															- 09/16 준공 예 정.
공정률(%)	예 정	5	15	20	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	
	누 계	5	20	40	55	70	85	100							

2. 시설물별 내진성능평가

2.1 향남IC교

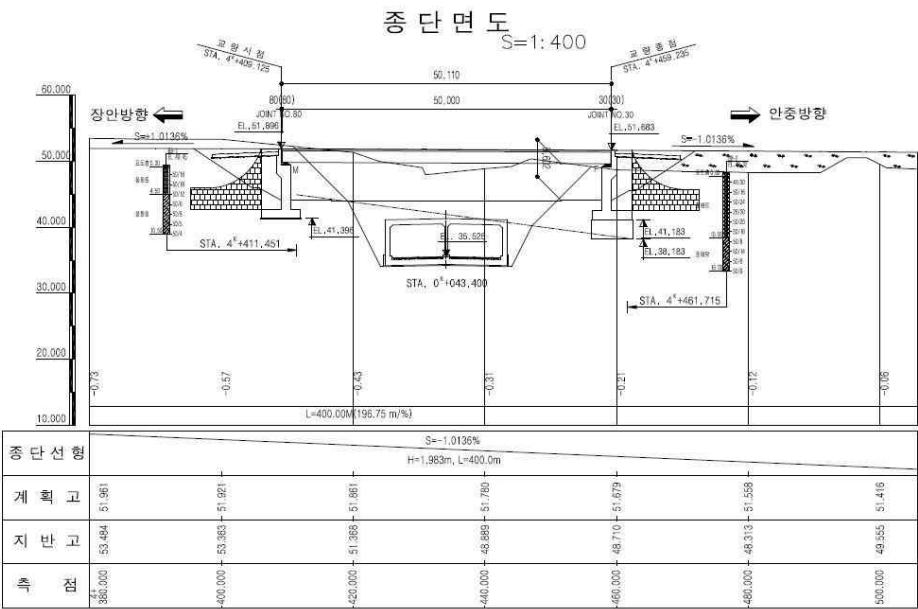
2.1.1 대상구조물 현황

작성일 : 2024년 08월 28일

구 분		내 용		구 분		내 용	
시설물명		향남IC교		시설물번호		BR2014-0000410	
준공년월일		2014년 04월 15일		관리번호		-	
시설물위치		경기도 화성시 향남읍 하길리					
설계하중		DB-24/DL-24		노선명		국도82호선	
제원	연장	L=50.1m					
	폭원	B=20.9m(왕복4차로)					
구조 형식	상부	Precom Girder		기초 형식	교대	직접기초	
	하부	교대 : 역T형			교각	-	
교량받침		탄성받침		신축이음		New Monocell Joint	
교차시설물 (도로, 철도, 하천)		국도43호선		통과높이		5.6m	
부착시설		-					

기 타

※ 종 · 평면도



※ 붕괴유발부재

- 하중경로여유도 : 있음(8개 거더)
- 구조적여유도 : 없음
- 내적여유도 : 있음

※ 보수 · 보강부위

- 없음

2.1.2 자료수집 및 분석

가. 보수·보강이력 및 용도변경

본교에 대한 유지관리 자료 및 FMS(시설물정보관리종합시스템) 검토 결과, 보수·보강 이력은 없는 것으로 확인되었다.

나. 내진설계 여부

대상 시설물은 2014년 준공된 PRECOM 형식의 교량으로 구조계산서, 기 점검자료, 시설물관리대장 등 관련자료 확인 결과, 내진설계가 적용된 것으로 확인되었다.

2.1.3 현장조사 및 시험

가. 외관조사

구 분	현장조사 및 결과분석	비 고
상부구조	■ 상부구조는 철근콘크리트 바닥판과 Precom 거더가 8열로 시공. ■ 교면포장은 콘크리트 포장으로 시공되었으며, 국부적인 균열 및 패임이 조사되었으나, 차량의 주행성 및 내구성에는 문제가 없는 것으로 판단됨. ■ 배수시설 외관조사결과 공용기간증가에 의한 배수구 막힘이 조사되었으며, 배수성능 확보를 위한 정비가 필요함. ■ 방호벽+난간(H=1.2m)는 철근콘크리트구조이며, 낙하물방지책(H=1.0m)이 설치됨. 외관조사 결과, 전반적으로 양호한 상태였으나, 국부적인 난간파손이 조사되었으며, 기능저하 우려가 없으므로 지속주의관찰이 필요함. ■ 바닥판에 대한 외관조사결과, 내측 바닥판에서 균열부 백태가 조사되었으며, 이는 시공초기 발생된 균열부에 수분이 유입되어 발생된 손상으로 판단됨. ■ 거더에 대한 외관조사결과, 균열(0.3mm미만), 망상균열, 박리, 박락, 파손 및 철근노출, 시공미흡 등이 조사되었으며, 이는 시공초 콘크리트 수화열, 내·외부 구속응력, 건조수축 및 외부 우수유입 등에 의한 비구조적손상으로 판단됨. ■ 가로보에 대한 외관조사결과, 전반적으로 양호한 상태로 조사됨.	
하부구조	■ 교대는 역T형이며, 직접기초로 시공. ■ 교대에 대한 외관조사결과, 균열(0.3mm미만), 누수흔적, 실런트 열화 등이 조사되었으며, 이는 시공초 콘크리트 수화열, 건조수축 및 조인트를 통한 우수유입 등의 손상으로 판단됨.	
신축이음부	■ 신축이음장치는 New Monocell Joint로서 A1, A2에 총2개소가 시공. ■ 신축이음장치에 대한 외관조사 결과, 신축이음장치의 경우 토사퇴적, 차수판볼트 탈락, 누수 등이 나타났으며, 공용기간 손상으로 시설물의 안전성에는 문제가 없는 것으로 판단됨. ■ 신장량에 대한 비교 검토 결과, 유간 측정 전개소에서 최대 신장량 이상으로 측정되어 충분한 여유량을 확보하는 것으로 분석됨.	
교량받침	■ 교량 받침장치의 경우 탄성받침으로 시공. ■ 교량받침 외관조사결과, 국부적인 고무패드 들뜸 및 플레이트 부식이 조사되었으며, 받침 거동에는 문제가 없는 것으로 조사됨. ■ 연단거리 측정결과 모든 받침위치에서 설계기준 이상의 연단거리를 충분히 확보하고 있는 것으로 검토됨. ■ 받침지지길이는 현장실측 결과와 준공도면을 비교하여 적용함.	

나. 내구성조사

구 분	비파괴시험 결과					평가의견
비파괴 강 도	부재		추정강도 (A) (MPa)	설계기준강도 (B) (MPa)	$(A/B) \times 100$	상·하부구조의 비파괴강도는 설계기준강도를 100%이상 상회 하는 것으로 측정 되어 콘크리 트 강도는 대체로 양호한 상태.
	상부 구조	바닥판/ 거더	28.0 ~ 46.7	27.0/45.0	103.7 ~ 103.9	
	하부 구조	교대/ 교각	25.7 ~ 27.0	24.0	107.1 ~ 112.5	
탄산화 깊이 측정 시험	시험부위		탄산화잔여 깊이 (mm)	최소피복 두께 (mm)	상태등급	탄산화 시험 결과 상·하부구조 에서 탄산화 잔여깊이가 30mm이 상으로 측정되어 향후 탄산화에 의한 철근부식의 우려가 없는 'a' 등급으로 평가됨.
	상부 구조	바닥판	33.5	38.0	a	
	하부 구조	교 대 (홍벽)	65.5 ~ 71.0	71.0	a	

다. 조사 및 시험결과의 활용

- 외관조사 결과, 구조물제원은 준공도서에 기재된 내용과 일치하였으며, 이외의 공용기
간 중 하중 증감은 없는 것으로 확인되었다.
- 받침 상세 및 받침배치도 확인 결과, 준공도서와 일치하였고 받침지지길이를 측정하여
내진성능평가에 반영하였다.
- 내구성조사 결과, 콘크리트 강도는 설계기준강도 이상으로 평가되었으며, 탄산화 깊이
측시험 결과 잔여깊이 30mm이상으로 탄산화에 의한 철근부식 우려가 없는 것으로 확인
되었다.
- 따라서, 본 교량의 내진성능평가는 준공도서와 실측제원 등을 기초로 평가하되 안전측
의 검토가 되도록 극한의 값을 적용하는 것으로 하였다.

2.1.4 내진성능평가 결과

구 분				내진성능평가구간 : A1 ~ A2				
대상교량 특징				－ 상부형식: Precom교 － 내진성능평가 교대: A1, A2 － 교대형식 : 역T형 － 교대기초 : 직접기초 － 받침제원 : 탄성받침 － 받침용량 : 2,250 kN				
				▣ 받침부: O.K 기초부: O.K				
구 분				보유성능	소요성능	안전율	평 가	
받침부 평가 - 받침 본체								
장 안 방 향	A1	받침 본체	용량 (kN)	교축방향	345	238	1.451	O.K
				교축직각방향	345	199	1.734	O.K
			변위 (mm)	교축방향	63	62.050	1.015	O.K
				교축직각방향	63	51.921	1.213	O.K
	A2	받침 본체	용량 (kN)	교축방향	345	238	1.451	O.K
				교축직각방향	345	199	1.734	O.K
			변위 (mm)	교축방향	63	62.034	1.016	O.K
				교축직각방향	63	51.916	1.214	O.K
안 중 방 향	A1	받침 본체	용량 (kN)	교축방향	345	232	1.489	O.K
				교축직각방향	345	191	1.806	O.K
			변위 (mm)	교축방향	63	60.444	1.042	O.K
				교축직각방향	63	49.838	1.264	O.K
	A2	받침 본체	용량 (kN)	교축방향	345	232	1.488	O.K
				교축직각방향	345	191	1.809	O.K
			변위 (mm)	교축방향	63	60.477	1.042	O.K
				교축직각방향	63	49.749	1.266	O.K
받침부 평가 - 받침부								
장 안 방 향	A1	받침부	강재 파괴 (kN)	교축방향	506	238	2.126	O.K
				교축직각방향	506	199	2.540	O.K
			콘크리트 파괴(kN)	교축방향	3,033	950	3.193	O.K
				교축직각방향	747	199.0	3.753	O.K
			프라이아웃 파괴(kN)	교축방향	450	－	－	O.K
				교축직각방향	450	－	－	O.K
	A2	받침부	강재 파괴 (kN)	교축방향	506	238	2.126	O.K
				교축직각방향	506	199	2.541	O.K
			콘크리트 파괴(kN)	교축방향	3,022	950	3.182	O.K
				교축직각방향	753	199	3.784	O.K
			프라이아웃 파괴(kN)	교축방향	450	－	－	O.K
				교축직각방향	450	－	－	O.K
안 중 방 향	A1	받침부	강재 파괴 (kN)	교축방향	506	232	2.182	O.K
				교축직각방향	506	191	2.646	O.K
			콘크리트 파괴(kN)	교축방향	2,855	919	3.107	O.K
				교축직각방향	699	191	3.659	O.K
			프라이아웃 파괴(kN)	교축방향	450	－	－	O.K
				교축직각방향	450	－	－	O.K

구 분					보유성능	소요성능	안전율	평 가	
받침부 평가 - 받침부									
안 중 방 향	A2	받침부	강재 파괴 (kN)	교축방향	506	232	2.181	O.K	
				교축직각방향	506	191	2.651	O.K	
			콘크리트 파괴 (kN)	교축방향	2,878	919	3.131	O.K	
				교축직각방향	722	191	3.785	O.K	
			프라이아웃 파괴 (kN)	교축방향	450	—	—	O.K	
				교축직각방향	450	—	—	O.K	
기초부 평가									
장 안 방 향	A1	안정성 검토	전도		1.500	1.771	1.181	O.K	
			활동		1.200	1.593	1.328	O.K	
			지지력		900.0	712.4	1.263	O.K	
		안전성 검토	벽체	휨강도 (kN · m)	2,388.856	1,829.011	1.306	O.K	
				전단강도 (kN)	1,061.446	403.922	2.628	O.K	
			기초뒤굽	휨강도 (kN · m)	1,791.852	950.343	1.885	O.K	
				전단강도 (kN)	979.796	408.395	2.399	O.K	
			기초앞굽	휨강도 (kN · m)	1,608.101	671.134	2.396	O.K	
				전단강도 (kN)	979.796	196.597	4.984	O.K	
		A2	안정성 검토	전도		1.500	1.771	1.181	O.K
				활동		1.200	1.593	1.328	O.K
				지지력		900.0	712.4	1.263	O.K
	안전성 검토		벽체	휨강도 (kN · m)	2,388.856	1,829.112	1.306	O.K	
				전단강도 (kN)	1,061.446	403.922	2.628	O.K	
			기초뒤굽	휨강도 (kN · m)	1,791.852	950.370	1.885	O.K	
		전단강도 (kN)		979.796	408.400	2.399	O.K		
		기초앞굽	휨강도 (kN · m)	1,608.101	671.176	2.396	O.K		
			전단강도 (kN)	979.796	196.610	4.983	O.K		
안 중 방 향	A1	안정성 검토	전도		1.500	1.754	1.169	O.K	
			활동		1.200	1.581	1.318	O.K	
			지지력		900.0	717.8	1.254	O.K	
		안전성 검토	벽체	휨강도 (kN · m)	2,388.856	1,844.091	1.295	O.K	
				전단강도 (kN)	1,061.446	406.008	2.614	O.K	
			기초뒤굽	휨강도 (kN · m)	1,791.852	956.159	1.874	O.K	
				전단강도 (kN)	979.796	409.153	2.395	O.K	
			기초앞굽	휨강도 (kN · m)	1,608.101	675.402	2.381	O.K	
				전단강도 (kN)	979.796	198.084	4.946	O.K	
		A2	안정성 검토	전도		1.500	1.754	1.169	O.K
				활동		1.200	1.581	1.318	O.K
				지지력		900.0	717.9	1.254	O.K
	안전성 검토		벽체	휨강도 (kN · m)	2,388.856	1,844.323	1.295	O.K	
				전단강도 (kN)	1,061.446	406.013	2.614	O.K	
			기초뒤굽	휨강도 (kN · m)	1,791.852	956.209	1.874	O.K	
		전단강도 (kN)		979.796	409.159	2.395	O.K		
		기초앞굽	휨강도 (kN · m)	1,608.101	675.492	2.381	O.K		
			전단강도 (kN)	979.796	198.112	4.946	O.K		
낙교 검토									
장안방향			받침지지길이 검토		1,250	284.386	4.396	O.K	
안중방향			받침지지길이 검토		1,250	284.386	4.396	O.K	

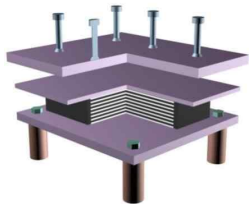
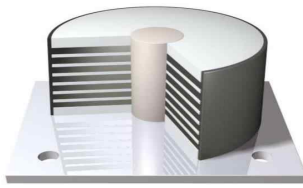
2.1.5 종합결론

- 내진성능검토 결과 향남IC교는 받침부, 기초부에서 현재 내진설계기준에서 요구하는 성능을 충족하는 것으로 평가되었다.

노선명	교량명	내진적용등급	내진성능평가			판 정	비고
			받침부	기초부	낙교검토		
국도39호선	향남IC교	내진I등급	O.K	O.K	O.K	내진성능 보유	내진보강 불필요

3. 내진성능 향상방안

기존 교량의 내진성능 향상은 현재 법적으로 유효한 「도로교설계기준」에서 요구하는 신설교량의 성능과 동등한 성능을 발휘할 수 있도록 하는 것을 의미한다. 이를 위해 현행 「도로교설계기준」에 규정된 지진구역계수, 지반계수, 설계응답스펙트럼 등이 사용되어야 하고, 당 기준에서 요구하는 강도 및 연성도를 달성할 수 있어야 한다. 따라서 기존교량의 내진성능 향상은 이러한 목표성능을 확보할 수 있도록 수행하여야 한다.

구 분		탄성받침 교체	면진받침(LRB) 교체	전단키 보강
개 요				
		기존 교량의 모든 받침을 탄성받침으로 전량교체 하여 내진성능 확보	기존 교량의 모든 받침을 면진받침으로 전량교체 하여 내진성능 확보	받침부의 지진시 수평력에 대한 보유성능을 증대시켜 받침부의 내진성능을 확보
보강방안적용범위	받침부	기존 교량받침 노후화인 경우 받침부의 내진성능이 부족한 경우	기존 교량받침 노후화인 경우 받침부의 내진성능이 부족한 경우	받침상태가 양호하나 지진시 수평력에 대해 내진성능이 미 확보된 경우
	기둥및기초	교축방향 및 교축직각방향 모두 지진력을 분산시켜 소요성능을 저감시키려고 할 경우 기존 교량 내진성능 검토결과 기둥 및 기초에서 소요성능이 보유성능을 초과하는 경우	교축방향 및 교축직각방향 모두 지진력을 저감시키려고 할 경우 기존 교량 내진성능 검토결과 기둥 및 기초에서 소요성능이 보유성능을 초과하는 경우	받침부 이외의 구성부재에 대한 내진성능이 부족할 경우 적용 불가능
구조적안정성		지진시 모든 받침이 수평력 분담 지진시 모든 교각이 지진력 분담 소요성능 감소효과 증대	소요성능 저감 효과 탁월 지진 종료 후 복원력에 의해 상부 구조 복원 가능	전단키에 의해 받침부 소요성능을 만족시킴과 동시에 낙교 방지 효과 기대 상시 온도변화 및 지진시 이동량 확보 필요
시공성		받침규격 증대로 받침 형하고에 따라 설치 제약 발생	받침규격을 최적화하여 시공성 향상	시공시 기존 교량 부재와의 설치 조건에 대한 간섭 검토 필요
경제성		기존받침을 전량 교체하여야 하므로 공사비가 증가하나 면진받침에 비해 공사비 양호	기존받침을 전량 교체하여야 하므로 탄성받침에 비해 공사비 상승	받침만을 보강할 경우 경제성 우수
개략공사비		재료비 : 개당 700만원 (수평력 1,000kN기준)	재료비 : 개당 1,600만원 (수평력 1,000kN기준)	재료비 : 개당 500만원