

잠두봉고가 내진성능 개선공사 실시설계 용역
총 합 보 고 서

2012. 07



서울특별시서부도로사업소



(주) 한국구조물안전연구원

제 출 문

서울시 서부도로사업소장 귀하

귀 사업소에서 의뢰하신 『잠두봉고가 내진성능 개선공사 실시설계용역』에 대한 과업을 성실히 수행하고 그 결과를 본 보고서에 수록하여 제출합니다.

2012년 07월

(주)한국구조물안전연구원
대표이사 이 채 규 (인)

위 치 도



전 경 사 진



상부 전경사진



측면 전경사진

시 설 물 현 황 표

시설물명	잠두봉고가차도	관리주체	서부도로교통사업소	
위 치	서울시 마포구 합정동 절두산성지 앞			
준공년도	2000년	시 행 청	서울특별시	
설 계 사	-	시 공 사	-	
설계하중	DB - 18 (2등교)	총 연 장	L = 20.4m	
상 부	형 식	단경간 P.S.C-BEAM교	경간구성	1경간(최대경간장:20.4m)
	교 폭	B = 7.5m / 유효폭 : 6.5m	차 선 수	편도 1차선
	교좌장치	탄성고무받침	신축이음 장치	N.B Joint
	포 장	아스팔트	난 간	알루미늄
하 부	역 T형 교대			

요약문

1. 과업의 목적

우리나라도 최근들어 매년 지진발생 횟수가 증가 추세에 있어 이로 인해 기존 도로 시설물에 대한 지진피해의 위협이 점차 증대 및 현실화되고 있는 실정이고 지진으로부터의 피해를 최소화하고 재해 및 재난방지에 만전을 기하고자, 2002년 도로시설물 내진 성능 평가시 상대적으로 중요도가 낮아 대상에서 제외된 시설물에 대하여 내진성능 예비평가를 실시하여 내진성능 상세평가 우선순위 결정하고, 그 순위에 따라서 상세평가를 실시하여 지진으로부터 시설물의 안전성을 확보하고 기능유지를 위한 최적의 보수·보강 대책 방안 등을 수립함을 목적으로 한다.

2. 과업 대상 시설물

시설물명	잠두봉고가차도	관리주체	서부도로교통사업소	
위 치	서울시 마포구 합정동 절두산성지 앞			
준공년도	2000년	시 행 청	서울특별시	
설 계 사	-	시 공 사	-	
설계하중	DB - 18 (2등교)	총 연 장	L = 20.4m	
상 부	형 식	단경간 P.S.C-BEAM교	경간구성	1경간(최대경간장:20.4m)
	교 폭	B = 7.5m / 유효폭 : 6.5m	차 선 수	편도 1차선
	교좌장치	탄성고무받침	신축이음 장치	N.B Joint
	포 장	아스팔트	난 간	알루미늄
하 부	역 T형 교대			

2. 과업의 범위

항 목	주 요 검 토 사 항
현황조사, 점검·진단 자료 수집 분석	<ul style="list-style-type: none"> ○ 기존 진단, 점검 자료수집 ○ 설계 및 보수·보강도면과 실제 구조물 일치여부 ○ 보수 및 보강 이력사항 조사분석
시설물의 현장조사	<ul style="list-style-type: none"> ○ 전반적인 외관상태 조사
재료시험	<ul style="list-style-type: none"> ○ 반발경도에 의한 콘크리트 압축강도
내진성능평가	<ul style="list-style-type: none"> ○ 내진성능 상세 평가
실시설계	<ul style="list-style-type: none"> ○ 내진성능 개선공사 실시설계
종합결론	<ul style="list-style-type: none"> ○ 내진성능 상세 평가 결과 및 실시설계

3. 내진성능 평가 범위

과업대상인 잠두봉교는 단경간 교량이고 교대는 강관말뚝을 이용한 깊은기초로 시공되어 있다. 따라서 상세평가의 과업범위는 도로교 설계기준에 의거 다음과 같은 범위에 대해 실시한다.

- (1) 상부구조와 하부구조 연결부 평가
 - 받침 본체 평가
 - 콘크리트 강도평가(파열강도, 플라이 아웃강도)
- (2) 낙교 가능성 평가

4. 내진성능 평가 기준

과업대상의 내진성능을 평가하기 위한 기준은 다음과 같다.

- 내진등급 : 내진 I 등급교
- 지진구역계수(Z) : 0.11 (지진구역 I : 서울특별시)
- 위험도계수(I) : 1.4 (재현주기 1000년)
- 가속도계수(A) : $Z \times I = 0.11 \times 1.4 = 0.154g$ (사용목표수명 1/2 이상)
- 지반계수(S) : 1.2 (지반종류 II : 매우 조밀한 토사지반 또는 연암지반)

5. 내진성능 평가 결과

5.1 상부구조 연결부 평가

교대상에서 상부구조와 하부구조의 연결부에 대한 내진성능을 평가한 결과 안전율이 가장 작은 받침 본체의 안전율이 3.43로서 지진에 대한 안전성을 확보하고 있는 것으로 산정되었다.

구 분		공급역량	소요역량	안전율	판정	
교대 A1 (kN)	받침본체	교 축	518	151	3.430	O.K
		교축직각	518	151	3.436	O.K
	앵커볼트	교 축	1,237	50	24.620	O.K
		교축직각	1,237	50	24.631	O.K
	파열강도	교 축	606	50	12.070	O.K
		교축직각	252	50	5.020	O.K
	프라이아웃강도	교 축	515	50	10.260	O.K
		교축직각	515	50	10.262	O.K
구 분		공급역량	소요역량	안전율	판정	
교대 A2 (kN)	받침본체	교 축	518	151	3.430	O.K
		교축직각	518	151	3.436	O.K
	앵커볼트	교 축	1,237	50	24.620	O.K
		교축직각	1,237	50	24.631	O.K
	파열강도	교 축	477	50	9.500	O.K
		교축직각	240	50	4.786	O.K
	프라이아웃강도	교 축	515	50	10.260	O.K
		교축직각	515	50	10.262	O.K

5.2 낙교가능성 평가

지진에 의한 받침부의 변위를 산정한 결과 현장에서 측정된 받침지지길이 및 설치되어 있는 받침의 지진시의 허용수평변위에 비하여 작은 것으로 산정되어 지진에 의한 낙교는 발생되지 않을 것으로 판단된다.

평가 항목	받침지지길이 (mm)	받침 허용변위(지진시) (mm)	지진변위 (mm)	검토 결과
A1 (시점측)	980	225	36	O.K
A2 (종점측)	970	225	36	O.K

6. 종합결과

잠두봉고가에 대해서 국토해양부에서 2010년 발행한 “도로교설계기준”과 2011년 발행한 “기존시설물(교량) 내진성능 상세평가요령”에 준하여 대상교량의 내진성능 상세평가를 실시한 결과 내진성능을 확보하고 있는 것으로 산정되어 내진성능 개선을 위한 조치는 요구되지 않은 상태로 판단된다.

목 차

제 1 장 개요	2
1.1 과업의 목적	2
1.2 대상시설물 개요	2
1.3 과업 범위 및 내용	4
1.4 시험장비 및 시험기기 현황	5
1.5 과업수행 절차 및 일정	6
제 2 장 자료수집 및 분석	9
2.1 설계도서 수집 현황	9
2.2 시설물 관련 도면	10
제 3 장 현장조사 및 시험	12
3.1 개요	12
3.2 현장조사 및 시험	12
제 4 장 내진성능 상세 평가	20
4.1 개요	20
4.2 내진성능 상세평가 방법	22
4.3 내진성능 상세평가	28
제 5 장 종합 결론	33
부 록	35

표 목 차

<표 1.2.1> 대상 시설물 개요	2
<표 1.3.1> 과업의 내용	4
<표 1.4.1> 외관조사 및 비파괴시험 장비	5
<표 2.1.1> 설계도서 목록	9
<표 3.1.1> 조사내용	12
<표 3.2.1> 슬래브 하면 일반사항	12
<표 3.2.2> 주형 및 가로보 일반사항	13
<표 3.2.3> 받침 일반사항	13
<표 3.2.4> 교면포장 일반사항	14
<표 3.2.5> 난간, 연석 및 보도부 일반사항	14
<표 3.2.6> 신축이음 일반사항	15
<표 3.2.7> 교대 일반사항	15
<표 3.2.8> 연결부 일반사항	16
<표 3.2.9> 상부구조 단면제원	17
<표 3.2.10> 콘크리트 강도조사	18
<표 4.1.1> 대상 교량 현황	20
<표 4.1.2> 도로교설계기준의 단경간 내진성능 범위	21
<표 4.1.3> 기존시설물(교량) 내진성능 상세평가요령의 평가 범위	21
<표 4.2.1> 단일앵커 및 그룹앵커 그룹의 투영면적과 AVc산정	24
<표 4.3.1> 재료의 설계기준강도 및 탄성계수	28
<표 4.3.2> 받침 물성치 및 특성값	29
<표 3.1> 교대1의 내진성능평가결과 요약	31
<표 3.1> 교대2의 내진성능평가결과 요약	31
<표 3.1> 낙교 가능성 평가	31

그림 목 차

<그림 1.5.1> 과업수행 흐름도	6
<그림 2.2.1> 교량 종·평면도	10
<그림 2.2.2> 본교 횡단면도	10
<그림> AVco산정	24
<그림 4.2.2> 투영면적의 산정(ANC)	26
<그림 4.2.3> 낙교 한계의 정의	27
<그림 4.3.1 > 잠두봉고가교의 격자(frame) + 관(shell)요소 모델	30

제 1 장 개요

1.1 과업의 목적

1.2 대상시설물의 개요

1.3 과업 범위 및 내용

1.4 사용장비 및 시험기기 현황

1.5 과업 수행 절차 및 일정

제 1 장 개요

1.1 과업의 목적

우리나라도 최근들어 매년 지진발생 횟수가 증가 추세에 있어 이로 인해 기존 도로 시설물에 대한 지진피해의 위협이 점차 증대 및 현실화되고 있는 실정이고 지진으로부터의 피해를 최소화하고 재해 및 재난방지에 만전을 기하고자, 2002년 도로시설물 내진 성능 평가시 상대적으로 중요도가 낮아 대상에서 제외된 시설물에 대하여 내진성능 예비평가를 실시하여 내진성능 상세평가 우선순위 결정하고, 그 순위에 따라서 상세평가를 실시하여 지진으로부터 시설물의 안전성을 확보하고 기능유지를 위한 최적의 보수·보강 대책 방안 등을 수립함을 목적으로 한다.

1.2 대상시설물 개요

잠두봉고가차도는 2000년 준공된(본교: 총 연장 20.4m, 교폭 7.5m) 서울시 마포구 합정동 절두산성지 앞에 위치한 교량으로서 본교 상부구조는 PSC Beam형식으로 이루어져 있다.

<표 1.2.1> 대상 시설물 개요

시설물명	잠두봉고가차도		관리주체	서부도로교통사업소
위 치	서울시 마포구 합정동 절두산성지 앞			
준공년도	2000년	시 행 청	서울특별시	
설 계 사	-	시 공 사	-	
설계하중	DB - 18 (2등교)	총 연 장	L = 20.4m	
상 부	형 식	단경간 P.S.C-BEAM교	경간구성	1경간(최대경간장:20.4m)
	교 폭	B = 7.5m / 유효폭 : 6.5m	차 선 수	편도 1차선
	교좌장치	탄성고무받침	신축이음 장치	N.B Joint
	포 장	아스팔트	난 간	알루미늄
하 부	역 T형 교대			



위치도



전경사진

1.3 과업 범위 및 내용

1.3.1 과업의 범위

- 가. 자료조사 및 분석
- 나. 현장조사 및 시험
- 다. 내진성능평가
- 라. 내진성능 개선 실시설계
- 마. 보고서 작성

1.3.3 과업의 내용

본 과업을 수행하기 위한 세부내용은 <표 1.3.1>과 같다.


<표 1.3.1> 과업의 내용

항 목	주 요 검 토 사 항
현황조사, 점검·진단 자료 수집 분석	<ul style="list-style-type: none">○ 기존 진단, 점검 자료수집○ 설계 및 보수·보강도면과 실제 구조물 일치여부○ 보수 및 보강 이력사항 조사분석
시설물의 현장조사	<ul style="list-style-type: none">○ 전반적인 외관상태 조사
재료시험	<ul style="list-style-type: none">○ 반발경도에 의한 콘크리트 압축강도
내진성능평가	<ul style="list-style-type: none">○ 내진성능 상세 평가
실시설계	<ul style="list-style-type: none">○ 내진성능 개선공사 실시설계
종합결론	<ul style="list-style-type: none">○ 내진성능 상세 평가 결과 및 실시설계

1.4 시험장비 및 시험기기 현황

본 과업에 사용된 장비는 <표 1.4.1>와 같다.

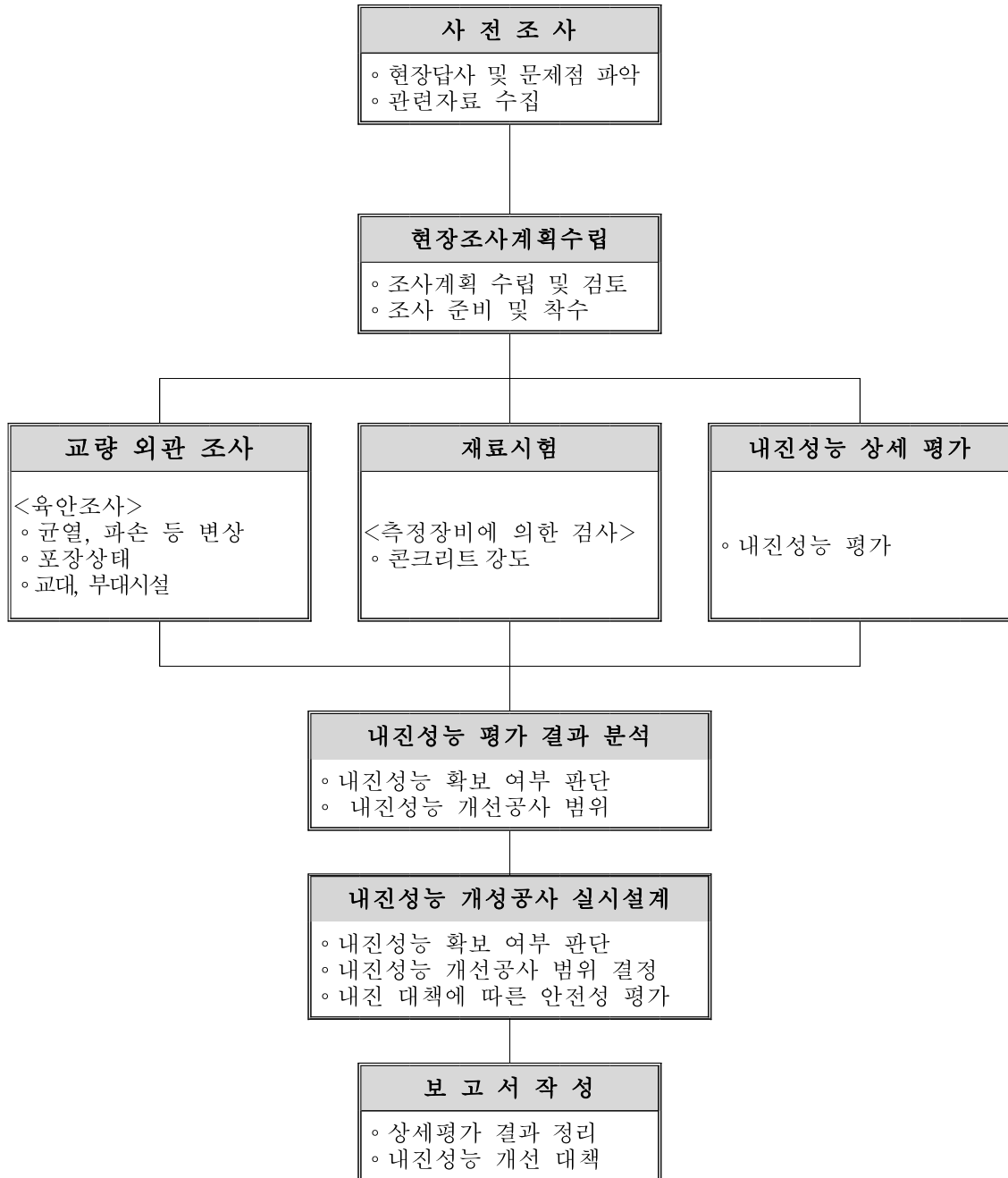
<표 1.4.1> 외관조사 및 비파괴시험 장비

장비명	모델명	용도	사진	비고
반발경도 측정기	NR-type	콘크리트 강도조사		
카메라	CANON	사진촬영	-	
줄자	30m, 50m	구조물 외관조사	-	

1.5 과업수행 절차 및 일정

1.5.1 과업수행 절차

영동3교의 정밀안전진단 과업수행 흐름도는 <그림 1.5.1>과 같다.



<그림 1.5.1> 과업수행 흐름도

1.5.2 과업수행 일정

□ 과업기간 : 2015. 05. 16 ~ 2012. 08. 13

과업내용	5월		6월				7월				8월		
	23	30	6	13	20	27		4	11	18	25	1	13
가. 착수및예비답사/자료수집	■												
나. 현장외관조사 및 재료시험		■											
다. 측정 및 시험			■										
라. 내진성능 상세평가					■								
마. 실시설계								■					
바. 성과품 제출 및 행정처리												■	

제 2 장 자료수집 및 분석

2.1 설계도서 수집 현황

2.2 시설물 관련 도면

제 2 장 자료수집 및 분석

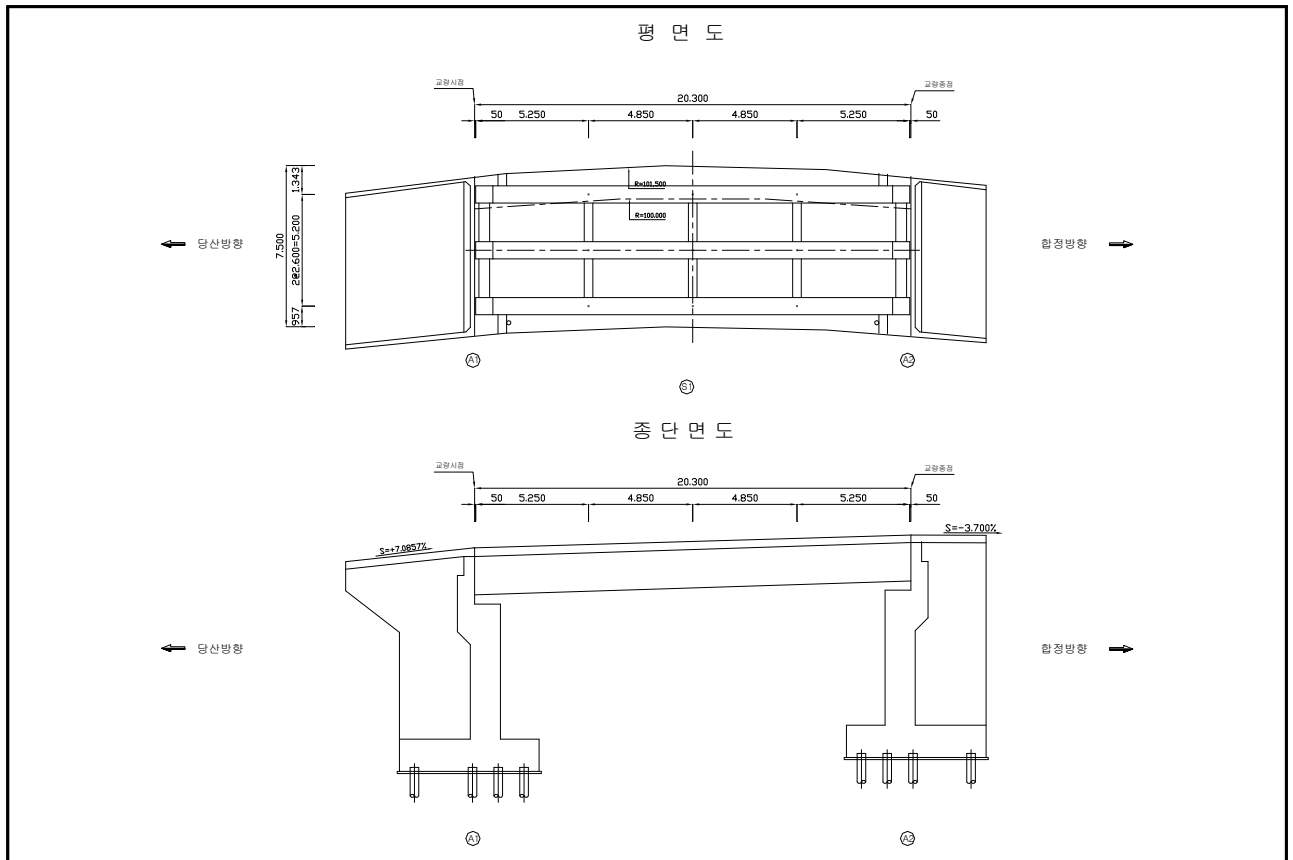
2.1 설계도서 수집 현황

과업과 관련하여 수집된 자료는 설계도면만이 존재하는 것으로 조사되었으며, 그 외 구조계산서, 시방서 등의 설계자료는 입수할 수 없는 상태였다. 수집된 목록은 <표 2.1.1>과 같고, 설계도에 대한 현황은 <표 2.1.2>와 같다.

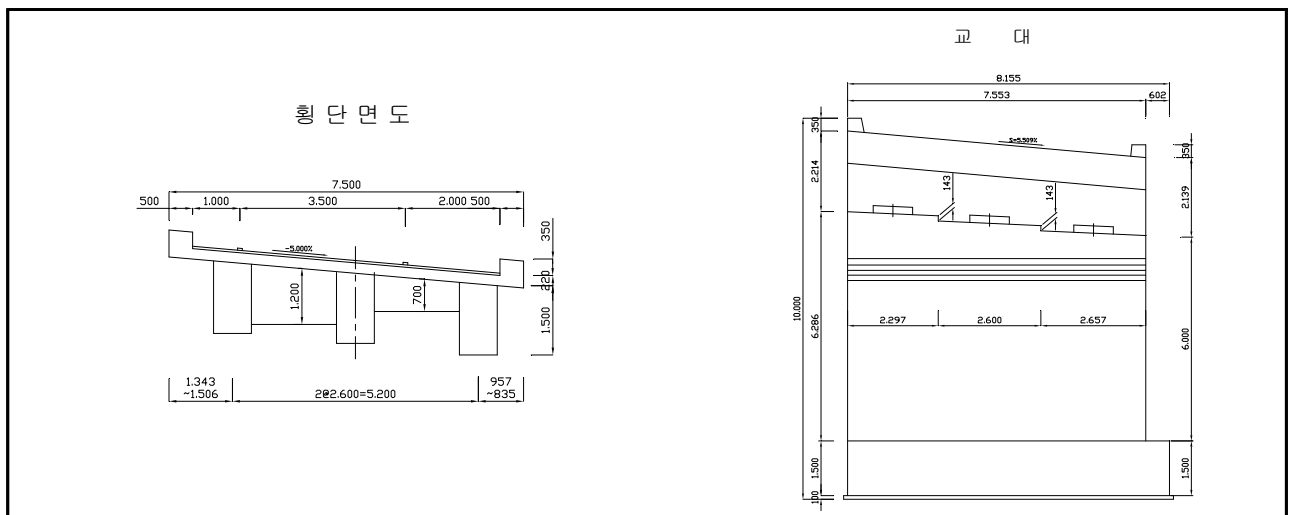
<표 2.1.1> 설계도서 목록

설계도서 목록	유·무	비 고
설계도면	유	
구조계산서	무	
토질조사 보고서	무	
수량산출서	무	
시방서	무	

2.2 시설물 관련 도면



<그림 2.2.1> 교량 종·평면도



<그림 2.2.2> 본교 횡단면도

제 3 장 현장조사 및 시험

3.1 개요

3.2 현장조사 및 시험

제 3 장 현장조사 및 시험

3.1 개요

과업 대상 교량은 2000년에 준공된 교량으로서 내진성을 파악하고 이에 대한 대책을 수립하기 위한 현장조사 및 시험을 실시하였다.

<표 3.1.1> 조사내용

조사항목	조사내용
외관조사	▶ 교량을 구성하고 있는 부재의 내하력 저하를 유발하는 손상 조사
단면제원조사	▶ 상부구조의 하부구조의 연결부 조사 ▶ 상부구조 제원 조사
현장시험	▶ 콘크리트 강도조사


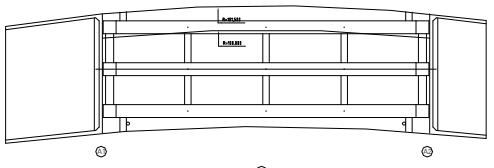
3.2 현장조사 및 시험

3.2.1 외관조사

1) 바닥판

본 교량의 슬래브 하면은 Deck Plate로 시공되어졌으며 변형이나 파손, 누수 등의 손상없이 전반적으로 양호한 상태로 조사되었다.


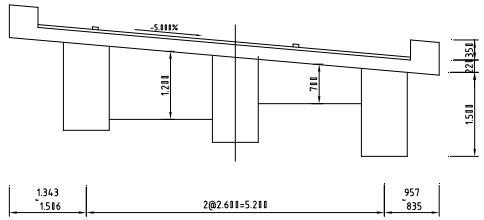
<표 3.2.1> 슬래브 하면 일반사항

구분	주요내용	구분	주요내용
슬래브 하면		단면도	
시공상태 경간수	철근콘크리트, Deck Plate 1경간	보수이력	-

2) 주형 및 가로보

주형 및 가로보의 외관조사결과 전반적으로 양호한 상태이나 P.S.C-Beam 주형의 북부에는 균열폭 0.2mm이하의 표면망상균열, 수평균열 등이 다수 발생된 상태이나 이는 비 구조적 균열로 판단되어 구조내력의 저하는 유발시키지 않을 것으로 판단된다.


<표 3.2.2> 주형 및 가로보 일반사항

구분	주요내용	구분	주요내용
주형 및 가로보		단면도	
시공상태 개소	PSC-Beam, 콘크리트 가로보 3개소/경간(총1경간)	보수이력	-

3) 받침

받침은 A1, A2측 위치에 지점별 3개소씩 탄성고무받침이 설치되어진 상태로서, 외관조사 결과 가동기능 및 거치 상태 등 전반적으로 양호한 상태로 조사되었다.


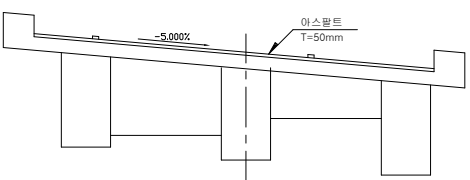
<표 3.2.3> 받침 일반사항

구분	주요내용	구분	주요내용
교좌장치			<ul style="list-style-type: none"> - 규격 : L*W*T=550×430×150 - Sole Plate : L*W*T=H610*610*25 - 앵커볼트 없음
시공상태 개소	탄성고무받침 6개소	보수이력	-

4) 교면포장부

교면포장은 아스팔트 포장 형식으로서 편도차선으로 시공되어졌으며, 전반적으로 양호한 상태이나 차량의 윤풀에 의한 일부 경비함 포장균열이 조사되었다.

<표 3.2.4> 교면포장 일반사항

구 분	주 요 내 용	구 분	주 요 내 용
교면전경		단면도	
시공상태 교폭	아스팔트 포장(T=50mm) B=7.5m	보수이력	-

5) 난간, 연석

난간은 알루미늄 형식(h=115cm)으로서 전 연장에 걸쳐 교량 좌, 우 양측에 설치된 상태로서 외관조사 결과 별다른 손상없이 양호한 상태로 조사되었고 연석은 건조수축에 의한 균열이 국부적으로 발생되었으나 그 손상 정도가 경미하였다.



<표 3.2.5> 난간, 연석 및 보도부 일반사항

구 분	주 요 내 용	구 분	주 요 내 용
난간 및 연석 전경		강재난 간 전경	
시공상태 길 이	알루미늄 난간, 콘크리트 연석 H=100cm	보수이력	-

6) 신축이음장치

신축이음장치의 경우 교량 시, 종점부인 A1, A2위치에 고무형식의 N.B 조인트가 설치되어진 상태로서, 외관조사 결과 본체 및 후타재 모두 별다른 손상없이 양호한 상태이다.

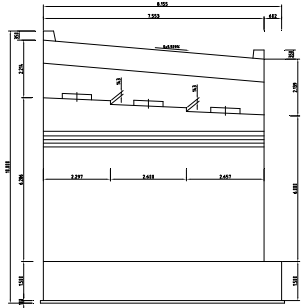
<표 3.2.6> 신축이음 일반사항

구 분	주 요 내 용	구 분	주 요 내 용
신축이음		단 면 도	
시공상태 개 소	N.B Joint 2개소	보수이력	-

7) 교대

본 교량의 교대의 외관조사 결과 구조적 균열이나 단면파손 등의 손상없이 대체로 양호한 상태로 조사되었다.

<표 3.2.7> 교대 일반사항

구 분	주 요 내 용	구 분	주 요 내 용
교대 및 교각		단 면 도	
시공상태 개 소	콘크리트 역T형 교대:2기	보수이력	-

3.2.2 단면제원 조사

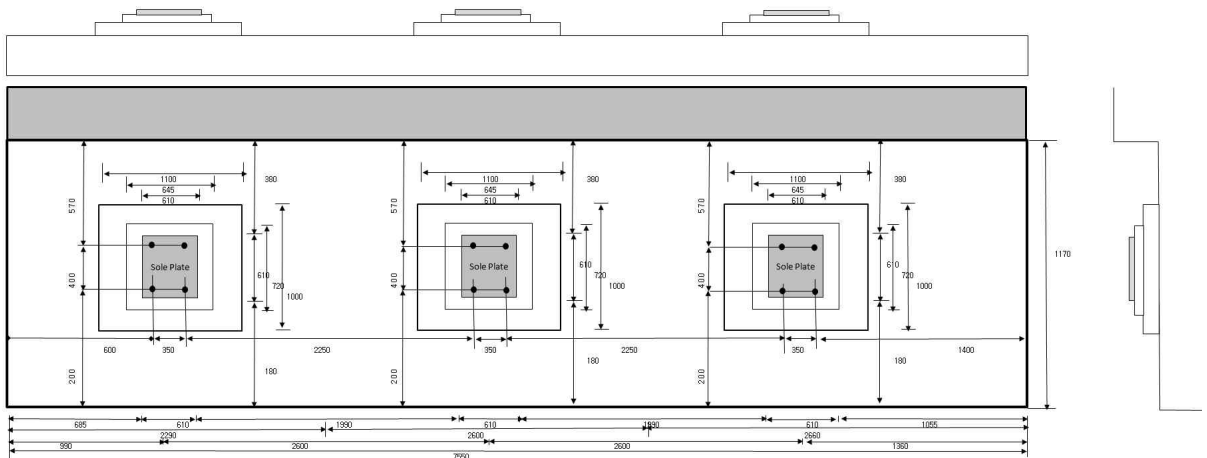
1) 상부구조 연결부 조사

상부구조와 하부구조의 연결부부에 대한 내진성능 평가를 위하여 받침을 포함한 받침 주변의 단면제원을 조사하였다.

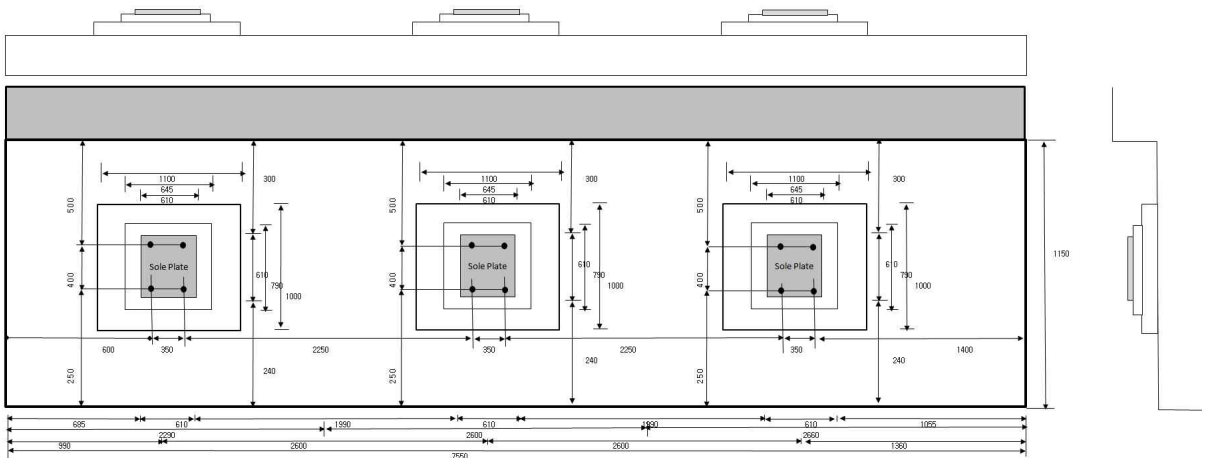
<표 3.2.8> 연결부 일반사항

		받침 형하고 (mm)	받침 규격 (L*W*T(mm))	최소받침 지지길이 (mm)
A1	G1	400	550×430×150	980
	G2	400	580×550×160	1,035
	G3	400	550×430×150	985
A2	G1	400	580×550×160	970
	G2	400	580×550×160	970
	G3	400	580×550×160	970

A1 단면제원

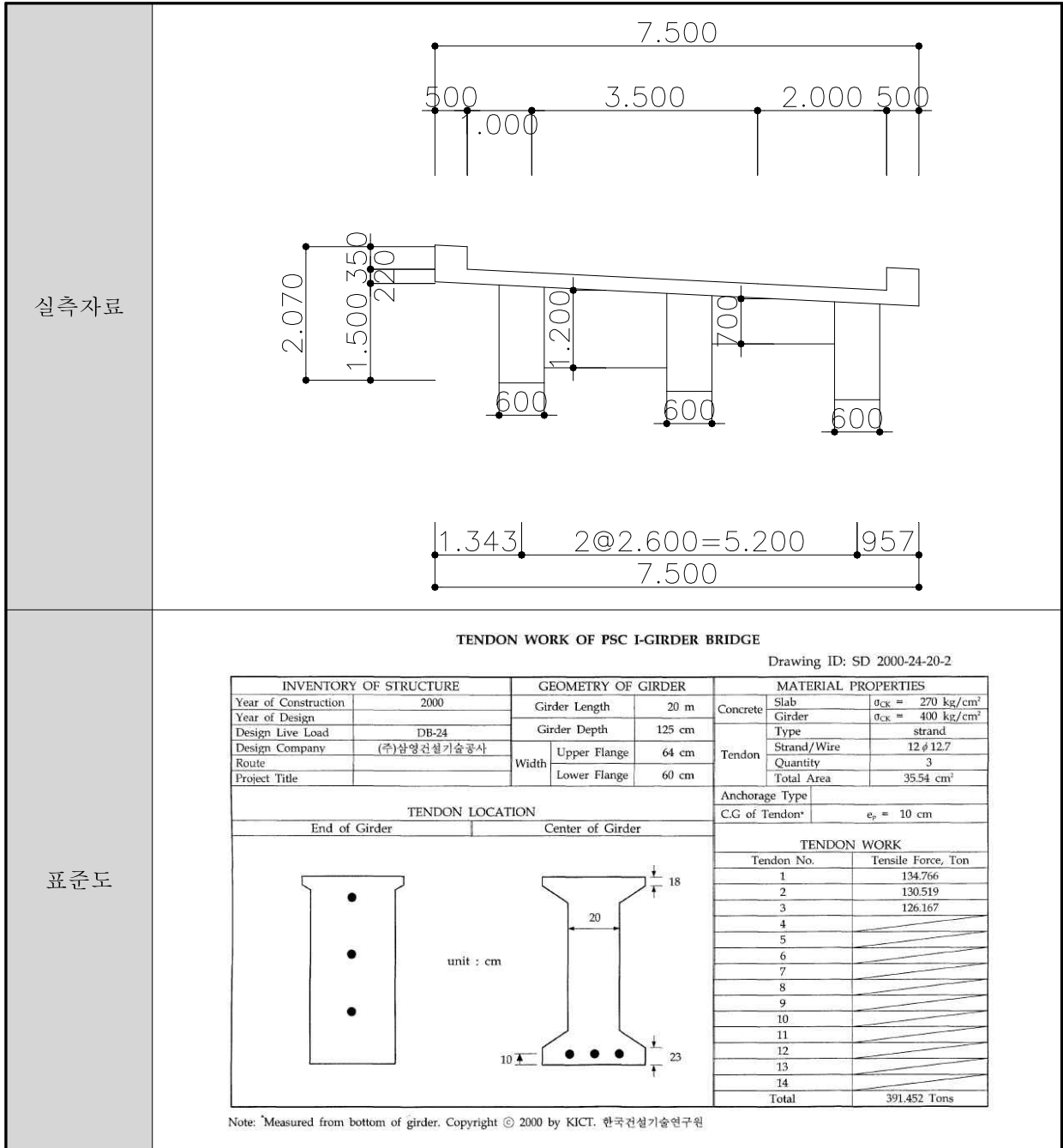


A2 단면제원



2) 상부구조 제원 조사

<표 3.2.9> 상부구조 단면제원



3.2.3 현장시험

현장 시험은 내진성능 상세평가를 상세평가를 위한 재료시험으로서 콘크리트 강도 조사만을 실시하였다. 콘크리트 강도시험 결과 측정치는 설계기준강도를 상회하는 것으로 평가되어 구조물의 콘크리트 상태 및 품질상태는 전반적으로 양호한 상태이다.

<표 3.2.10> 콘크리트 강도조사

위치	평균치 (R)	보정치 (dR)	기준강도 (Ro)	추정압축강도 (Mpa)	설계강도 (Mpa)	판정
1 슬래브 하면 S1	50.6	-3.1	43.35	27.3	27.0	양호
2 주형측면 S1-G2	64.6	0.0	65.58	41.3	40.0	양호
3 교대 A1	44.7	0.0	39.71	25.0	24.0	양호
4 교대 A2	42.7	0.0	37.11	23.4	24.0	양호

* $F_c = 13R_o - 184$ (kg/cm^2) (일본재료학회) 재령계수 = 0.63

제 4 장 내진성능 상세평가

4.1 개요

4.2 내진성능 상세평가 방법

4.3 내진성능 상세평가

제 4 장 내진성능 상세 평가

4.1 개요

내진성능 상세 평가는 국토해양부에서 2010년 발행한 “도로교설계기준”과 2011년 발행한 “기존시설물(교량) 내진성능 상세평가요령”에 준하여 대상교량의 내진성능 상세 평가를 실시한다.

4.1.1 내진성능 평가 범위

1) 대상 교량 현황

장두봉교가는 1차로 단경간으로 구성되어 있으며 탄성고무받침이 설치되어 있는 상태이다.

<표 4.1.1> 대상 교량 현황

시설물명		잠두봉고가차도	관리주체	서부도로교통사업소
설계하중		DB - 18 (2등교)	총 연 장	L = 20.4m
상 부	형 식	단경간 P.S.C-BEAM교	경간구성	1경간(최대경간장:20.4m)
	교 폭	B = 7.5m / 유효폭 : 6.5m	차 선 수	편도 1차선
	교좌장치	탄성고무받침	신축이음장치	N.B Joint
하 부		역 T형 교대		
기 초		강관말뚝 기초		

2) 도로교 설계기준의 내진설계 범위

도로교 설계기준의 내진설계편에서 단경간 교량의 내진설계의 범위는 상부구조와 겨대사이의 연결부에 대한 안전성을 확보하고 낙교방지를 위한 최소받침지지길이를 확보하도록 규정하고 있다.

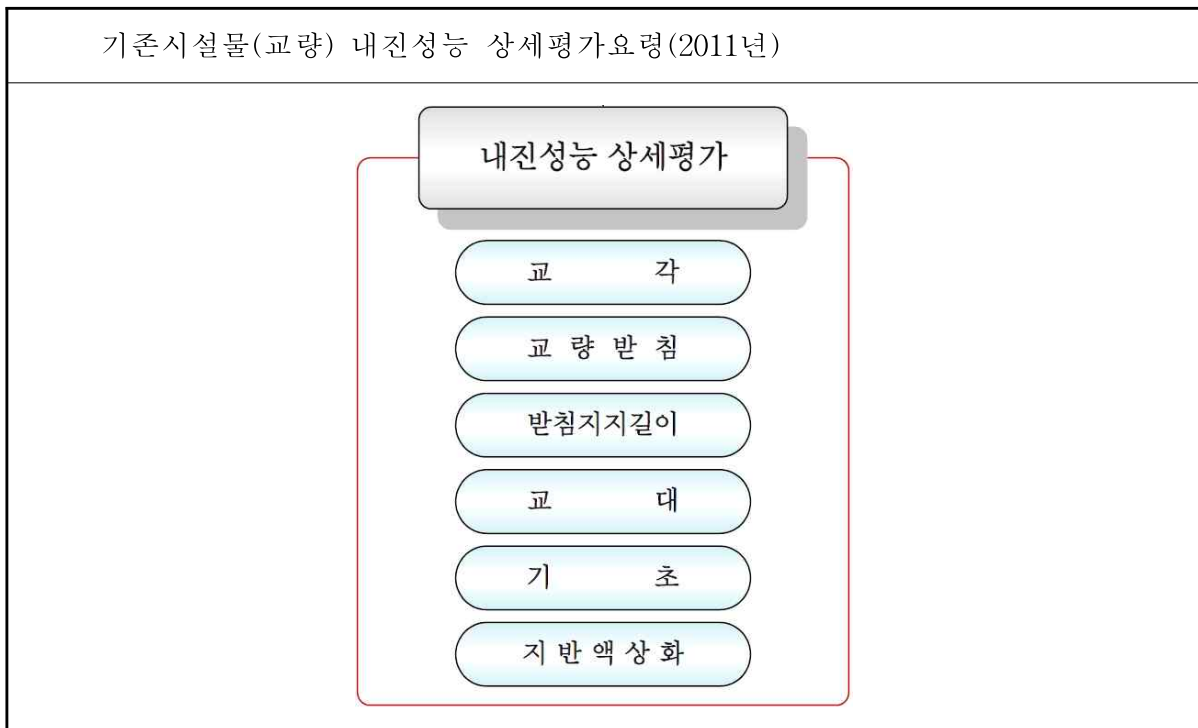
<표 4.1.2> 도로교설계기준의 단경간 내진성능 범위

도로교설계기준(2010)
<p>6.4.5 단경간교의 설계규정</p> <p>(1) 상부구조와 교대 사이의 연결부에 대하여 고정하중반력에 6.3.1.2에서 규정된 가속도계수와 6.3.3에서 규정된 지반계수를 곱한 값의 수평지진력이 작용한다고 보고 종방향 및 횡방향에 대하여 안전하도록 설계하여야 한다.</p> <p>(2) 낙교방지를 위한 최소받침지지길이는 6.4.8에 규정한 값으로 한다.</p>

3) 기존시설물(교량) 내진성능 상세평가요령의 평가 범위

기존시설물(교량) 내진성능 상세평가요령(2011)에서는 교량의 내진성능평가는 기초지반의 액상화를 판정하고 교각, 받침, 교대, 기초, 낙교 가능성을 평가하도록 하고 있다.

<표 4.1.3> 기존시설물(교량) 내진성능 상세평가요령의 평가 범위



4) 과업대상 교가의 상세평가 범위

과업대상인 잠두봉교가는 단경간 교량이고 교대는 강관말뚝을 이용한 깊은기초로 시공되어 있다. 따라서 상세평가의 과업범위는 도로교 설계기준에서 제시한 상부구조와 하부구조의 연결부 및 낙교 가능성에 대한 평가를 실시한다.

- 상부구조와 하부구조 연결부 평가
 - (1) 받침 본체 평가
 - (2) 콘크리트 강도평가(파열강도, 플라이 아웃강도)
- 낙교 가능성 평가

4.2 내진성능 상세평가 방법

4.2.1 상부구조와 하부구조 연결부 내진성능 평가 방법

1) 받침 본체 평가

(1) 수평공급 역량

- 받침 본체의 수평공급역량은 다음과 같은 방법으로 결정한다.
 - 1순위 : 도면상에 기재되어 있는 수평역량을 적용함
 - 2순위 : 현장에서 측정된 제원을 이용하여 기존의 받침 카다로그와 동일한 제원을 갖는 받침의 수평역량을 적용한다.
- 지진에 대하여 횡방향으로 저항하는 받침의 총저항용량은 다음과 같이 계산한다.

$$F_{B,C}^L = f_B^L \times n_B^L \quad \text{교축방향}$$

$$F_{B,C}^T = f_B^T \times n_B^T \quad \text{교축직각방향}$$

(2) 평가 지진하중

- 받침본체에 작용하는 평가지진하중은 교각에 의해 교축방향 및 교축직각방향으로 전달되는 지진하중으로 한다.

$$F_{B,D}^L \quad \text{교축방향}$$

$$F_{B,D}^T \quad \text{교축직각방향}$$

(3) 내진 성능 평가

- 교축직각방향에 대하여 받침에서의 탄성전단력과 교축방향에 대하여 받침에서의 탄성전단력은 각각 해당 받침의 지진시 수평 용량 이하이어야 하고, 탄성전단력이 받침의 수평 용량을 초과하는 경우 받침 본체가 파손되는 것으로 판정한다.

$$F_{B,C}^L \geq F_{B,D}^L \quad \text{and} \quad F_{B,C}^T \geq F_{B,D}^T \quad \text{만 족}$$

$$F_{B,C}^L < F_{B,D}^L \quad \text{or} \quad F_{B,C}^T < F_{B,D}^T \quad \text{불만족}$$

2) 콘크리트 강도 평가

(1) 콘크리트 강도 공급역량 (파열전단강도(breakout shear strength))

$$V_{cbg} = \frac{A_{Vc}}{A_{Vco}} \psi_{ed,V} V_b$$

여기서,

A_{Vco} : 전단력에 대한 직각 방향 연단거리가 $1.5c_{a1}$ 보다 큰 두꺼운 콘크리트 부재에 설치된 단일 앵커 파괴면의 투영면적(mm^2).

$$- A_{Vco} = 4.5 (c_{a1})^2$$

A_{Vc} : 특정한 앵커 배치에 대한 파괴된 원추의 전체 표면적(mm^2). 단, A_{Vc} 는 nA_{Vco} 를 초과할 수 없다

$\psi_{ed,V}$: 전단력을 받는 단일 앵커 또는 앵커 그룹의 가장자리 효과에 대한 수정계수

$$- c_{a2} \geq 1.5c_{a1} \text{ 인 경우, } \psi_{ed,V} = 1.0$$

$$- c_{a2} < 1.5c_{a1} \text{ 인 경우, } \psi_{ed,V} = 0.7 + 0.3 \frac{c_{a2}}{1.5c_{a1}}$$

V_b : 균열 콘크리트에 있는 단일 앵커가 전단력을 받을 때의 기본 콘크리트 파괴강도(N).

$$- V_b = 0.6 \left(\frac{l_e}{d_0} \right)^{0.2} \sqrt{d_0} \sqrt{f_{ck}} (c_{a1})^{1.5}$$

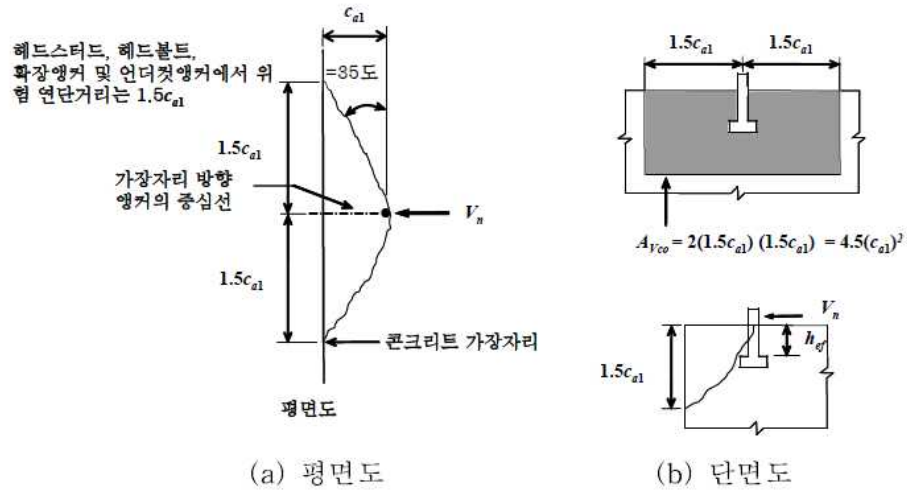
$$V_b = 0.7 \left(\frac{l_e}{d_0} \right)^{0.2} \sqrt{d_0} \sqrt{f_{ck}} (c_{a1})^{1.5} \quad (\text{헤드스터드, 헤드볼트 또는 갈고리볼트})$$

l_e : 전단력에 대해 앵커가 지압을 받는 길이. ($l_e \leq 8 d_0$)

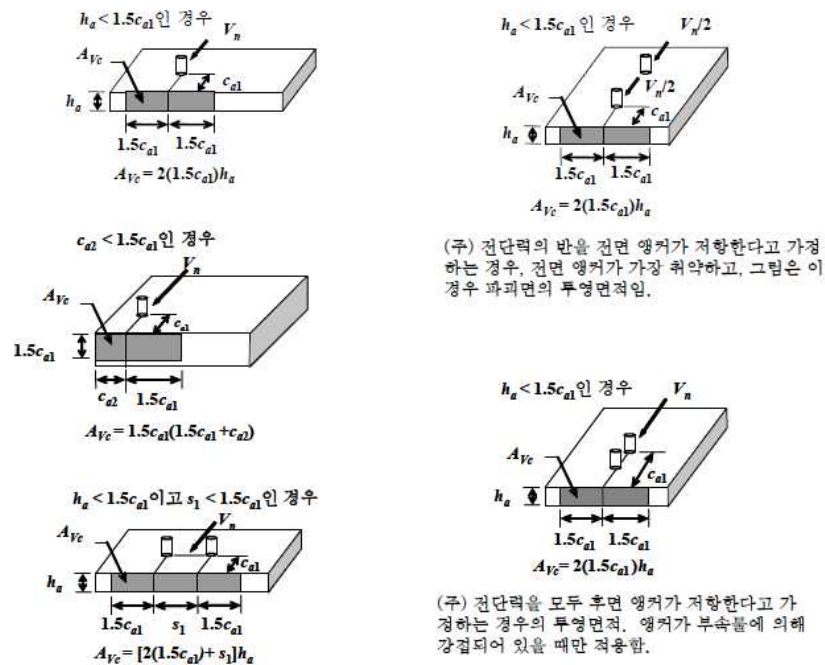
$l_e = h_{ef}$: 묻힌 단면의 전체길이에 걸쳐 일정한 강성을 갖는 앵커

$l_e = 2 d_0$: 간격슬리브가 확장슬리브와 분리된 비틀림제어 확장앵커

d_0 : 앵커 직경



<그림 4.2.1> A_{Vco} 산정



<표 4.2.2> 단일앵커 및 그룹앵커 그룹의 투영면적과 A_{Vc} 산정

(2) 평가 지진하중

- 받침본체에 작용하는 평가지진하중을 지진하중으로 한다.

$$\begin{aligned} F_{B,D}^L & \text{ 교축방향} \\ F_{B,D}^T & \text{ 교축직각방향} \end{aligned}$$

(3) 내진 성능 평가

- 받침에 작용하는 탄성지지력이 콘크리트의 플라이 아웃강도 이하이어야 한다.

$$\begin{aligned} V_{cbg'} \geq F_{B,D}^L \quad \text{and} \quad V_{cbg'} \geq F_{B,D}^T & \quad \text{만 족} \\ V_{cbg'} < F_{B,D}^L \quad \text{or} \quad V_{cbg'} < F_{B,D}^T & \quad \text{불만족} \end{aligned}$$

3) 콘크리트 강도 평가(플라이아웃 강도)

(1) 콘크리트 파열전단강도(breakout shear strength)의 공급역량

$$V_{cpb} = k_{cp} N_{cbg}$$

단, $h_{ef} < 65$ mm인 경우 $k_{cp} = 1.0$, $h_{ef} \geq 65$ mm인 경우 $k_{cp} = 2.0$ 이며, 여기서, N_{cbg} 는 콘크리트 파괴강도로서 해설식(4.39)와 같이 구한다.

$$N_{cbg} = \frac{A_{Nc}}{A_{Nco}} \psi_{ed,N} N_b$$

A_{Nc} : 인장을 받는 앵커에서 콘크리트 파괴체의 투영면적(mm^2)(해설그림 4.3.12).

단, A_{Nc} 는 nA_{Nco} 보다 작아야 한다. n 은 인장을 받는 앵커의 수

A_{Nco} : 연단거리가 $1.5h_{ef}$ 이상인 인장을 받는 단일 앵커 파괴면의 투영면적(mm^2),

- $A_{Nco} = 9h_{ef}^2$ (h_{ef} 는 유효문힘깊이(mm))

$\psi_{ed,N}$: 앵커의 최소연단거리($c_{a,\min}$)에 대한 수정계수

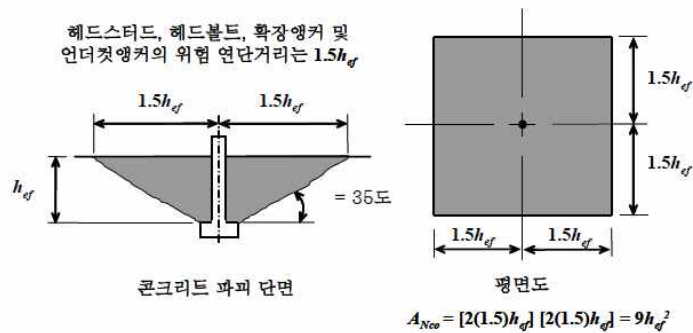
- $\psi_{ed,N} = 1$, $c_{a,\min} \geq 1.5h_{ef}$ 인 경우

- $\psi_{ed,N} = 0.7 + 0.3 \frac{c_{a,\min}}{1.5h_{ef}}$, $c_{a,\min} < 1.5h_{ef}$ 인 경우

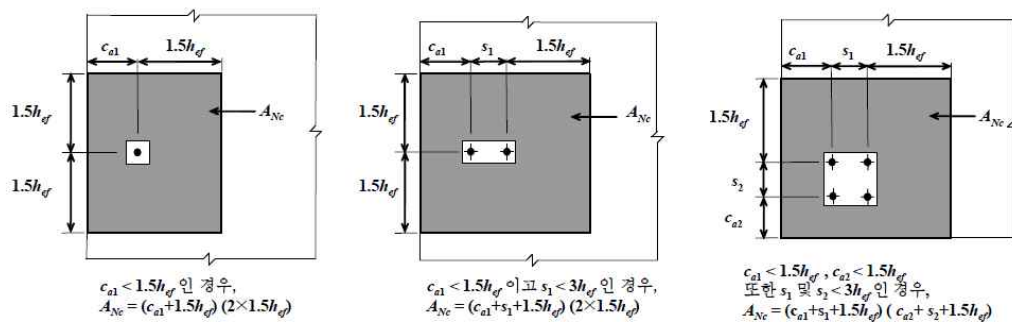
N_b : 인장을 받는 앵커의 기본 콘크리트파괴강도

- $N_b = 10 \sqrt{f_{ck}} h_{ef}^{1.5}$

- $N_b = 3.9 \sqrt{f_{ck}} h_{ef}^{5/3}$ ($h_{ef} \geq 280\text{mm}$ 인 선설치 헤드스터드와 헤드볼트,
단 $h_{ef} \leq 635\text{mm}$)



(a) A_{Nco} 의 산정



(b) 단일 앵커와 앵커 그룹에서의 투영면적과 A_{Nc} 의 산정

<그림 4.2.2> 투영면적의 산정(A_{Nc})

(2) 평가 지진하중

- 받침본체에 작용하는 평가지진하중을 지진하중으로 한다.

$$F_{B,D}^L \quad \text{교축방향}$$

$$F_{B,D}^T \quad \text{교축직각방향}$$

(3) 내진 성능 평가

- 받침에 작용하는 탄성지지력이 콘크리트의 플라이 아웃강도 이하이어야 한다.

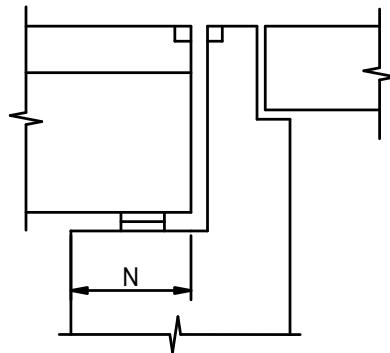
$$V_{cpq} \geq F_{B,D}^L \quad \text{and} \quad V_{cpq} \geq F_{B,D}^T \quad \text{만 족}$$

$$V_{cpq} < F_{B,D}^L \quad \text{or} \quad V_{cpq} < F_{B,D}^T \quad \text{불만족}$$

4.2.2 낙교 가능성 평가

(1) 공급역량

- 교각의 받침 지지길이(N_C)로 한다.



<그림 4.2.3> 낙교 한계의 정의

(2) 소요역량

- 소요용량은 도로교 설계기준의 최소받침 지지길이와 응답변위중 큰 값으로 한다.

$$N_D = \max[\text{응답변위}, N_{\min}]$$

$$N_{\min} = (200 + 1.67L + 6.66H)(1 + 0.000125\theta^2) \quad (\text{mm})$$

(3) 내진 성능 평가

$N_C/N_D \geq 1.0$ 만 족

$N_C/N_D < 1.0$ 불만족

4.3 내진성능 상세평가

4.3.1 설계적용 물리상수

1) 내진설계상수

- 내진등급 : 내진 I 등급교
- 지진구역계수(Z) : 0.11 (지진구역 I : 서울특별시)
- 위험도계수(I) : 1.4 (재현주기 1000년)
- 가속도계수(A) : $Z \times I = 0.11 \times 1.4 = 0.154g$ (사용목표수명 1/2 이상)
- 지반계수(S) : 1.2 (지반종류 II : 매우 조밀한 토사지반 또는 연암지반)

2) 설계기준강도 및 탄성계수

<표 4.3.1> 재료의 설계기준강도 및 탄성계수

구 분	콘크리트		철 근		강 재	비 고
	설계기준강도 (MPa)	탄성계수 (MPa)	설계기준강도 (MPa)	탄성계수 (MPa)	탄성계수 (MPa)	
PSC BRAM	27	27,804	400	200,000	-	
바 닥 판	40	30,891	400	200,000	-	
교 대	24	26,986	300	200,000	-	

3) 적용 받침 물성치 및 공급용량

<표 4.3.2> 받침 물성치 및 특성값

받침제원(mm)	받침용량(kN)	전단탄성계수(MPa)	압축 스프링계수(kN/m)	전단 스프링계수(kN/m)	비 고
L*W*T=550×430×150	1000	1.15	1,023,500	3,594	
받침 공급용량	수평력(지진시)(kN)	변위(지진시)(mm)	비 고 - 구조해석을 통한 받침용량을 결정하고 현장조사를 통해 확인한 받침제원을 참고하여 KS탄성 받침의 규격을 활용함		
	172.5	225			

4.3.2 사용프로그램 및 해석방법

1) 공급역량산정시

- 해석방법 : 모멘트-곡률 곡선법
- 사용 프로그램 : MIDAS CIVIL 2009

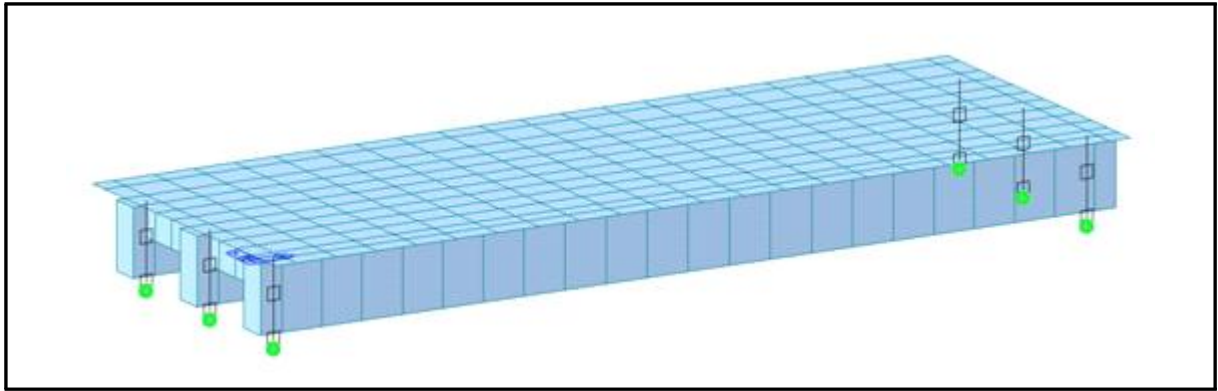
2) 소요역량산정시

- 해석방법 : 다중모드스펙트럼해석법
- 해석모델 : 격자해석모델
- 사용 프로그램 : MIDAS CIVIL 2009

4.3.3 소요역량 산정

1) 지진력 산정을 위한 MODELING

잠두봉고가교는 PSC BEAM교로서 3차원 격자(frame)요소로 모델링하였다. 지반은 구조물의 거동에 충분히 견딜 수 있는 강성을 갖고 있다고 가정하여 고정단으로 모델링하였다. 교량받침은 받침은 실제 거동특성과 일치되도록 NL Link를 사용하여 모델링하였다.



<그림 4.3.1 > 잠두봉고가교의 격자(frame) + 판(shell)요소 모델

2) 지진력 해석결과

(1) 복합모드 해석결과

구분	받침 NO.	교축방향 지진시		교축직각방향 지진시		비 고
		받침부재력	받침부재력	받침부재력	받침부재력	
		교축(kN)	교직(kN)	교축(kN)	교직(kN)	
A1	1	150.63	2.36	0.17	149.28	
	2	150.06	2.38	0.01	149.89	
	3	149.49	2.37	0.16	149.28	
A2	4	150.63	2.36	0.17	149.28	
	5	150.06	2.38	0.01	149.89	
	6	149.49	2.37	0.16	149.28	

(2) 하중조합

가)하중경우1 : 1.0 ×교축방향 지진+0.3 ×교축직각방향 지진

나)하중경우2 : 0.3 ×교축방향 지진+1.0 ×교축직각방향 지진

구분	받침 NO.	하중경우 1		하중경우 2		비 고
		받침부재력	받침부재력	받침부재력	받침부재력	
		교축(kN)	교직(kN)	교축(kN)	교직(kN)	
A1	1	150.68	47.14	45.36	149.99	
	2	150.06	47.35	45.03	150.60	
	3	149.54	47.15	45.01	149.99	
A2	4	150.68	47.14	45.36	149.99	
	5	150.06	47.35	45.03	150.60	
	6	149.54	47.15	45.01	149.99	

4.3.4 연결부 평가

<표 3.1> 교대1의 내진성능평가결과 요약

구 분		공급역량	소요역량	안전율	판정	
교대부(kN)	받침본체	교 축	518	151	3.430	O.K
		교축직각	518	151	3.436	O.K
	앵커볼트	교 축	1,237	50	24.620	O.K
		교축직각	1,237	50	24.631	O.K
	파열강도	교 축	606	50	12.070	O.K
		교축직각	252	50	5.020	O.K
	프라이아웃강도	교 축	515	50	10.260	O.K
		교축직각	515	50	10.262	O.K

<표 3.1> 교대2의 내진성능평가결과 요약

구 분		공급역량	소요역량	안전율	판정	
교대부(kN)	받침본체	교 축	518	151	3.430	O.K
		교축직각	518	151	3.436	O.K
	앵커볼트	교 축	1,237	50	24.620	O.K
		교축직각	1,237	50	24.631	O.K
	파열강도	교 축	477	50	9.500	O.K
		교축직각	240	50	4.786	O.K
	프라이아웃강도	교 축	515	50	10.260	O.K
		교축직각	515	50	10.262	O.K

4.3.4 낙교 가능성 평가결과

지진에 의한 받침부의 변위를 산정한 결과 현장에서 측정된 받침지지길이 및 설치되어 있는 받침의 지진시의 허용수평변위에 비하여 작은 것으로 산정되어 지진에 의한 낙교는 발생되지 않을 것으로 판단된다.

<표 3.1> 낙교 가능성 평가

평가 항목	받침지지길이 (mm)	받침 허용변위(지진시) (mm)	지진변위 (mm)	검토 결과
A1 (시점측)	980	225	36	O.K
A2 (종점측)	970	225	36	O.K

제 5 장 종합 결론

제 5 장 종합 결론

잠두봉고가에 대해서 국토해양부에서 2010년 발행한 “도로교설계기준”과 2011년 발행한 “기존시설물(교량) 내진성능 상세평가요령”에 준하여 대상교량의 내진성능 상세평가를 실시한 결과는 다음과 같다.

1) 내진성능 상세평가 범위

과업대상인 잠두봉고가는 단경간 교량이고 교대는 강관말뚝을 이용한 깊은기초로 시공되어 있다. 따라서 상세평가의 과업범위는 도로교 설계기준에서 제시한 상부구조와 하부구조의 연결부 및 낙교 가능성에 대한 평가를 실시한다.

(1) 상부구조와 하부구조 연결부 평가

- 받침 본체 평가
- 콘크리트 강도평가(파열강도, 플라이 아웃강도)

(2) 낙교 가능성 평가

2) 내진성능 상세평가 기준

과업대상의 내진성능을 평가하기 위한 기준은 다음과 같다.

- 내진등급 : 내진 I 등급교
- 지진구역계수(Z) : 0.11 (지진구역 I : 서울특별시)
- 위험도계수(I) : 1.4 (재현주기 1000년)
- 가속도계수(A) : $Z \times I = 0.11 \times 1.4 = 0.154g$ (사용목표수명 1/2 이상)
- 지반계수(S) : 1.2 (지반종류 II : 매우 조밀한 토사지반 또는 연암지반)

3) 내진성능 상세평가 결과

(1) 교대상에서 상부구조와 하부구조의 연결부에 대한 내진성능을 평가한 결과 안전율이 가장 작은 받침 본체의 안전율이 3.43로서 지진에 대한 안전성을 확보하고 있는 것으로 산정되었다.

(2) 지진에 의한 받침부의 변위를 산정한 결과 현장에서 측정된 받침지지길이 및 설치되어 있는 받침의 지진시의 허용수평변위에 비하여 작은 것으로 산정되어 지진에 의한 낙교는 발생되지 않을 것으로 판단된다.

4) 종합 결론

잠두봉고가에 대해서 국토해양부에서 2010년 발행한 “도로교설계기준”과 2011년 발행한 “기존시설물(교량) 내진성능 상세평가요령”에 준하여 대상교량의 내진성능 상세평가를 실시한 결과 내진성능을 확보하고 있는 것으로 산정되어 내진성능 개선을 위한 조치는 요구되지 않은 상태로 판단된다.