

제6장

구조해석

- 6.1 상부구조
- 6.2 하부구조
- 6.3 내진성능 평가

제 6 장 구조해석

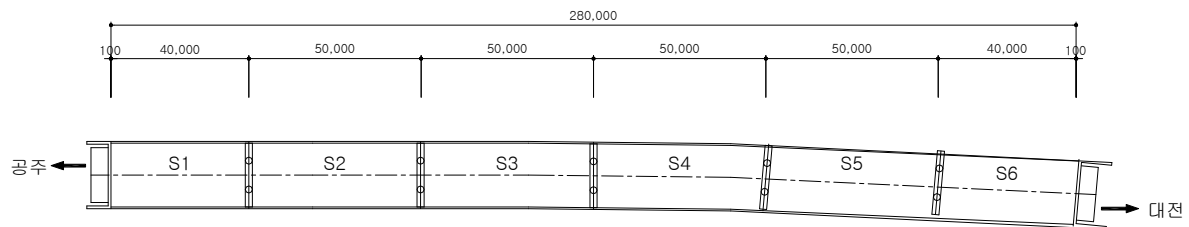
6.1 상부구조

6.1.1 검토 조건

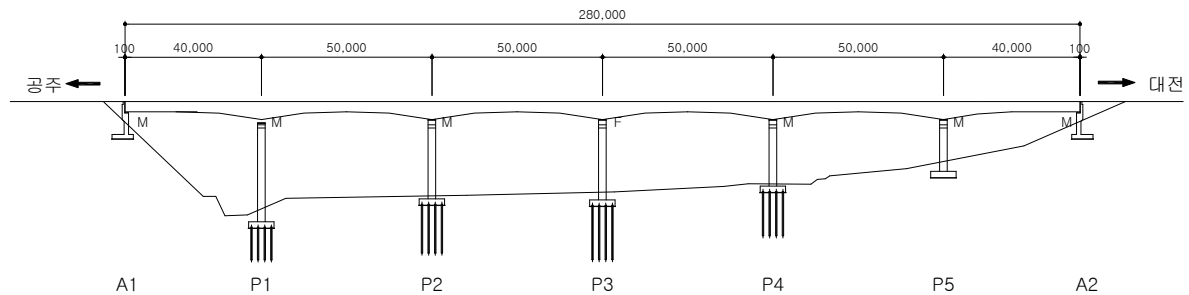
- 가. 교량형식 : 합성형 STEEL BOX GIRDER 교
- 나. 교량연장 : $40.10 + 4@50.00 + 40.10 = 280.20\text{m}$
- 다. 교량폭원 : 19.50m
- 라. 사각 : 90°
- 마. 포장 : ASPHALT
- 바. 교량등급 : 1등교
- 사. 주형 제원 : $B=2.5\text{m}$, $H=1.5\sim 3.0\text{m}$
- 아. 활하중 : DB-24, DL-24
- 자. 충격계수 : $i = 15/(40+L) \leq 0.30$
- 차. 재료의 강도 및 허용응력
 - 1) 콘크리트 설계기준강도 : $f_{ck} = 27 \text{ MPa}$
콘크리트 탄성계수 : $E_c = 25,500 \text{ MPa}$
 - 2) 철근 항복강도 : $f_y = 400 \text{ MPa}$
철근 탄성계수 : $E_s = 200,000 \text{ MPa}$
 - 3) 강재
주부재 : SWS50(=SM490B) (상·하판, 복부판, 상·하중리브, 연결판, 솔플레이트 등)
부부재 : SWS41(=SM400B) (수평·직 보강재, 횡리브, 세로보, 가로보)
강재의 탄성계수 : $E_s = 210,000 \text{ MPa}$
- 카. 단위중량
 - 1) 철근콘크리트 : $W_{c1} = 25.0 \text{ kN/m}^3$
 - 2) 무근콘크리트 : $W_{c2} = 23.5 \text{ kN/m}^3$
 - 3) 아스팔트포장 : $W_a = 23.0 \text{ kN/m}^3$
 - 4) 강 재 : $W_s = 78.5 \text{ kN/m}^3$

6.1.2 검토 단면

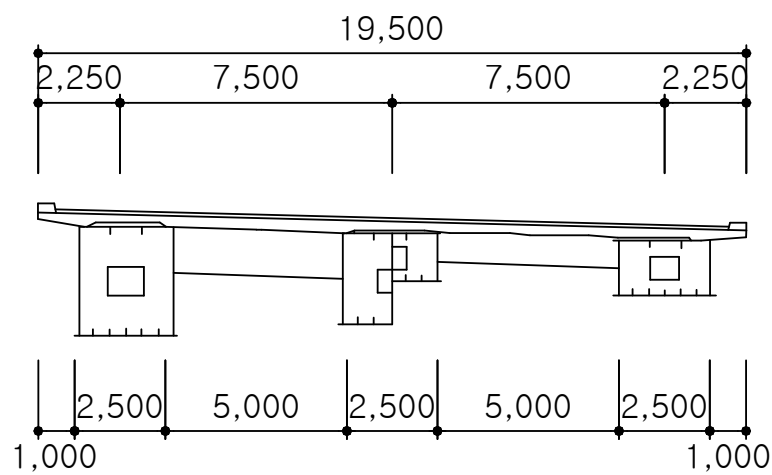
평 면 도



종 단 면 도



횡 단 면 도



【그림 6.1】 검토 단면 - 상부

6.1.3 바닥판 검토

가. 안전성 검토

구 분	M_d	$M_{l(1+i)}$	M_{c0}	M_u	ϕM_n	판정
좌측 캔틸레버	6.876	14.857	19.000	52.953	132.971	O.K
우측 캔틸레버	6.876	14.857	19.000	52.953	132.971	O.K
중 앙 부	4.625	32.240		75.329	105.961	O.K

나. 사용성 검토

구분	M_o (kNm)	철근응력 (MPa)	계산 균열폭 (mm)	허용균열폭 (mm)	판정
좌측 캔틸레버	21.733	57.761	0.056	0.160	O.K
우측 캔틸레버	21.733	57.761	0.056	0.160	O.K
중 앙 부	36.865	122.433	0.124	0.160	O.K

6.1.4 반력 검토

거더마다 2개의 SHOE가 설치되어 활하중의 작용위치에 따라 반력이 집중되어 교좌 용량 이상의 하중이 일부 작용하는 것으로 검토되었으나, 외관조사 결과 받침장치 파손, 변형 등의 손상은 조사되지 않은 상태이다.

위치	거더	절점 번호	반력의 총합계		SHOE 규격(kN)	비고
			Max	Min		
A1	G1	287	726	-73	1350	
		288	1544	647	1350	
	G2	308	1323	169	1350	
		309	1323	169	1350	
	G3	329	1544	647	1350	
		330	726	-73	1350	
P1	G1	290	2281	994	3500	
		291	4141	2765	3500	
	G2	311	3590	1996	3500	
		312	3456	1996	3500	
	G3	332	4028	2765	3500	
		333	2281	1000	3500	

위치	거더	절점 번호	반력의 총합계		SHOE 규격(kN)	비 고
			Max	Min		
P2	G1	293	2227	853	3500	
		294	4106	2661	3500	
	G2	314	3544	1901	3500	
		315	3419	1901	3500	
	G3	335	4000	2661	3500	
		336	2227	861	3500	
P3	G1	296	2258	875	3500	
		297	4120	2669	3500	
	G2	317	3568	1924	3500	
		318	3442	1924	3500	
	G3	338	4017	2669	3500	
		339	2258	883	3500	
P4	G1	299	2227	853	3500	
		300	4106	2661	3500	
	G2	320	3544	1901	3500	
		321	3418	1901	3500	
	G3	341	4000	2661	3500	
		342	2227	861	3500	
P5	G1	302	2881	994	3500	
		303	4141	2764	3500	
	G2	323	3589	1995	3500	
		324	3455	1995	3500	
	G3	344	4028	2764	3500	
		345	2281	1000	3500	
A2	G1	305	726	-73	1350	
		306	1544	647	1350	
	G2	326	1323	169	1350	
		327	1323	169	1350	
	G3	347	1543	647	1350	
		348	726	-73	1350	

6.1.5 주형 검토

가. 주 형

1) 허용응력 평가

주형의 작용응력 검토 결과 모든 단면에서 작용응력은 허용응력 이내인 것으로 평가되었다.

㉠ G1, G3 검토결과

(단위 : MPa)

구분	단면	휨 응 력 검 토						전 단 응 력 검 토			합 성 응 력 검 토				
		상부 플랜지			하부 플랜지			복 부 판							
		작용 응력	허용 응력	판정	작용 응력	허용 응력	판정	작용 응력	허용 응력	판정	상연	비율	하연	비율	판정
정모멘트	1	115.6	210.2	O.K	-104.7	190	O.K	32.6	110	O.K	0.391	33	0.392	33	O.K
	2	108.2	241.9	O.K	-102.3	190	O.K	17.8	110	O.K	0.226	19	0.317	26	O.K
부모멘트	7	-123.6	190	O.K	145.2	186.1	O.K	43.9	110	O.K	0.583	49	0.769	64	O.K
	8	-83.2	190	O.K	131.8	185.9	O.K	43.9	110	O.K	0.351	29	0.662	55	O.K

㉡ G2 검토결과

(단위 : MPa)

구분	단면	휨 응 력 검 토						전 단 응 력 검 토			합 성 응 력 검 토				
		상부 플랜지			하부 플랜지			복 부 판							
		작용 응력	허용 응력	판정	작용 응력	허용 응력	판정	작용 응력	허용 응력	판정	상연	비율	하연	비율	판정
정모멘트	1	118.1	210.2	O.K	-105.3	190	O.K	31.8	110	O.K	0.399	33	0.391	33	O.K
	2	110.4	241.9	O.K	-104.0	190	O.K	19.6	110	O.K	0.240	20	0.331	28	O.K
부모멘트	7	-132.6	190	O.K	154.1	186.1	O.K	45.7	110	O.K	0.660	55	0.859	72	O.K
	8	-86.9	190	O.K	135.7	185.9	O.K	46.2	110	O.K	0.386	32	0.710	59	O.K

2) 극한응력 평가

주형의 항복에 대한 극한응력 검토 결과 모든 단면에서 발생응력은 항복응력 이내 인 것으로 평가되었다.

㉠ G1, G3 검토결과

(단위 : MPa)

구분	단면	바닥판 콘크리트 또는 RE-BAR			상부 플랜지			하부 플랜지			비고
		극한응력	항복응력	판정	극한응력	항복응력	판정	극한응력	항복응력	판정	
정모멘트	1	3.3	16.2	O.K	127.5	315	O.K	-161.4	315	O.K	크리프, 건조수축 포함
		4.8	16.2	O.K	100.1	315	O.K	-159.7	315	O.K	크리프, 건조수축 제외
	2	3.9	16.2	O.K	135.2	315	O.K	-159.3	315	O.K	크리프, 건조수축 포함
		5.6	16.2	O.K	111.3	315	O.K	-165.6	315	O.K	크리프, 건조수축 제외
부모멘트	7	-83.8	400	O.K	-182.7	315	O.K	235.3	315	O.K	크리프, 건조수축 포함
		-88.1	400	O.K	-187.5	315	O.K	223.4	315	O.K	크리프, 건조수축 제외
	8	-57.2	400	O.K	-126.7	315	O.K	188.4	315	O.K	크리프, 건조수축 포함
		-66.7	400	O.K	-136.4	315	O.K	177.1	315	O.K	크리프, 건조수축 제외

㉡ G2 검토결과

(단위 : MPa)

구분	단면	바닥판 콘크리트 또는 RE-BAR			상부 플랜지			하부 플랜지			비고
		극한응력	항복응력	판정	극한응력	항복응력	판정	극한응력	항복응력	판정	
정모멘트	1	2.6	16.2	O.K	129.8	315	O.K	-159.0	315	O.K	크리프, 건조수축 포함
		3.9	16.2	O.K	100.0	315	O.K	-157.4	315	O.K	크리프, 건조수축 제외
	2	3.2	16.2	O.K	137.4	315	O.K	-159.4	315	O.K	크리프, 건조수축 포함
		4.8	16.2	O.K	111.1	315	O.K	-166.7	315	O.K	크리프, 건조수축 제외
부모멘트	7	-76.7	400	O.K	-190.9	315	O.K	251.8	315	O.K	크리프, 건조수축 포함
		-82.2	400	O.K	-196.9	315	O.K	237.4	315	O.K	크리프, 건조수축 제외
	8	-48.5	400	O.K	-128.2	315	O.K	197.2	315	O.K	크리프, 건조수축 포함
		-59.9	400	O.K	-139.7	315	O.K	183.8	315	O.K	크리프, 건조수축 제외

나. SPLICE

1) 허용응력 평가

SPLICE의 작용응력은 대부분 허용응력 이내인 것으로 검토되었다.

(단위 : MPa)

구분	휨 응 력 검 토						전 단 응 력 검 토			합 성 응 력 검 토				
	상부 플랜지			하부 플랜지			복 부 판							
	작용 응력	허용 응력	판정	작용 응력	허용 응력	판정	작용 응력	허용 응력	판정	상연	비율	하연	비율	판정
SP-1	111.4	210.2	O.K	-98.8	190	O.K	34.8	110	O.K	0.381	32	0.371	31	O.K
SP-11	-88.2	190	O.K	129.2	185.9	O.K	41.6	110	O.K	0.359	30	0.627	52	O.K

2) 극한응력 평가

극한응력 평가에서는 모두 항복응력 범주 내에 있는 것으로 검토되었다.

(단위 : MPa)

구 분	바닥판 콘크리트 또는 RE-BAR			상부 플랜지			하부 플랜지			비 고
	극한 응력	항복 응력	판정	극한 응력	항복 응력	판정	극한 응력	항복 응력	판정	
SP-1	3.1	400	O.K	135.8	315	O.K	-153.4	315	O.K	크리프, 건조수축 포함
	4.5	400	O.K	106.6	315	O.K	-151.7	315	O.K	크리프, 건조수축 제외
SP-11	-57.0	400	O.K	-133.9	315	O.K	184.2	315	O.K	크리프, 건조수축 포함
	-67.4	400	O.K	-144.3	315	O.K	172.4	315	O.K	크리프, 건조수축 제외

다. 현장이음

현장이음 검토 결과 대부분 허용응력 이내로 검토되지만, SP11, 12에서 복부판의 볼트가 허용전단력을 만족하지 못하는 것으로 검토된다.

구분	복 부 판											
	이음판(MPa)						볼트(N/EA)					
	사용 단면적	필요 단면적	판정	작용 응력	허용 응력	판정	최대휨 전단력	직접 전단력	합성 전단력	허용 전단력	비율	판정
SP-11	34667	45360	O.K	82.3	190	O.K	108858	30137	112953	96000	0.85	N.G
SP-12	34667	45360	O.K	82.3	190	O.K	108858	30137	112953	96000	0.85	N.G

라. 가로보 및 세로보

1) 가로보

가로보는 사용부재의 최소두께 규정은 만족하고 있으며, 대부분 작용응력이 허용응력 이내인 것으로 검토된다.

구분	작용모멘트 kN·m	작용전단력 (kN)	전 단 응 력 (MPa)			휨 응 력 (MPa)					
			작용	허용	판정	상연	허용	판정	하연	허용	판정
1CR01	431.1	174.5	19.4	80.0	O.K	85.1	109.6	O.K	85.1	140.0	O.K
1CR05	467.3	240.1	22.2	80.0	O.K	72.6	108.4	O.K	76.2	140.0	O.K
1CR09	467.3	189.2	17.5	80.0	O.K	72.6	108.4	O.K	72.6	140.0	O.K
1CR14	467.3	219.8	20.4	80.0	O.K	72.6	108.4	O.K	72.6	140.0	O.K
1CR19	467.3	189.2	17.5	80.0	O.K	72.6	108.4	O.K	72.6	140.0	O.K

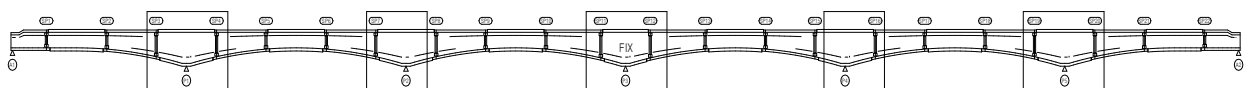
2) 세로보

세로보는 사용부재의 최소두께 규정은 만족하고 있으며, 대부분 작용응력이 허용응력 이내인 것으로 검토된다.

구분	작용모멘트 kN·m	작용전단력 (kN)	전 단 응 력 (MPa)			휨 응 력 (MPa)					
			작용	허용	판정	상연	허용	판정	하연	허용	판정
1STR01	311.1	290.1	40.3	80.0	O.K	81.6	114.0	O.K	81.6	140.0	O.K
1STR09	343.1	310.5	43.1	80.0	O.K	90.0	110.8	O.K	90.0	140.0	O.K
1STR19	343.1	310.5	43.1	80.0	O.K	90.0	110.8	O.K	90.0	140.0	O.K

마. 지점부 압축 종리브

지점부 플랜지 보강재인 압축 종리브 검토 결과 일부 허용압축응력을 초과하는 것으로 평가되나, P5(S6측) 지점부에서 재하시험을 통해 종리브 발생응력을 계측한 결과 해석응력 이내(62~79%)로 측정되었으며, 외관조사 결과도 변형 등의 손상은 조사되지 않은바 특별한 문제점은 없을 것으로 판단된다.



위치	발생응력(MPa)	허용응력(MPa)	S.F
단면-6	136.8	117.6	0.86
단면-7	180.5	117.6	0.65
단면-8	139.9	117.6	0.84

바. 지정보강재

교각부 다이아프램의 지정보강재 검토 결과 지점반력이 2200KN 이상인 전 교각부에서 허용축방향 압축응력을 초과하는 것으로 평가된다.

사. 플랜지와 복부판의 용접부 검토

1) 필렛 용접 치수 검토

tu:상부플랜지두께, tl:하부플랜지두께, S : 필렛용접치수

구분	모재의 사용두께			상부 플랜지와 복부판				하부 플랜지와 복부판			
	tu	tl	tw	Smin	Smax	Suse	판정	Smin	Smax	Suse	판정
단면-1	16	18	12	6.0	12	8	O.K	6.0	12	8	O.K
단면-2	20	22	12	6.3	12	8	O.K	6.6	12	8	O.K
단면-3	20	22	12	6.3	12	8	O.K	6.6	12	8	O.K
단면-4	16	16	12	6.0	12	8	O.K	6.0	12	8	O.K
단면-5	16	16	12	6.0	12	8	O.K	6.0	12	8	O.K
단면-6	20	20	14	6.3	14	8	O.K	6.3	14	8	O.K
단면-7	20	20	14	6.3	14	8	O.K	6.3	14	8	O.K
단면-8	20	16	14	6.3	14	8	O.K	6.0	14	8	O.K

2) 용접부의 응력 검토

㉠ 상부플랜지와 복부판

구 분	Smax (kN)	tu (mm)	B (mm)	A (mm)	Yvsu (mm)	Q (mm)	Iv (mm ⁴)	S (mm)	Σa (mm)	u (MPa)	ua (MPa)	판정
단면-1	1823.535	16	2700.0	43200.0	249.6	10437120	137472564089	6	16.97	8.2	110	O.K
단면-2	837.908	20	2700.0	54000.0	285.6	14882400	155670914281	7	19.80	4.0	110	O.K
단면-3	975.289	20	2700.0	54000.0	303.2	15832800	168784027415	7	19.80	4.6	110	O.K
단면-4	1529.572	16	2700.0	43200.0	293.6	12337920	175467626872	6	16.97	6.3	110	O.K
단면-5	2141.647	16	2700.0	43200.0	738.6	31561920	196260762211	6	16.97	20.3	110	O.K
단면-6	2804.608	20	2700.0	54000.0	1004.6	53708400	301398196812	7	19.80	25.2	110	O.K
단면-7	3300.479	20	2700.0	54000.0	1207.5	64665000	427479546301	7	19.80	25.2	110	O.K
단면-8	2753.291	20	2700.0	54000.0	933.5	49869000	367570543414	7	19.80	18.9	110	O.K

㉡ 하부플랜지와 복부판

구 분	Smax (kN)	tu (mm)	B (mm)	A (mm)	Yvsu (mm)	Q (mm)	Iv (mm ⁴)	S (mm)	Σa (mm)	u (MPa)	ua (MPa)	판정
단면-1	1823.535	18	2700.0	48600.0	1284.4	61984440	137472564089	6	16.97	48.4	110	O.K
단면-2	837.908	22	2700.0	59400.0	1256.4	73976760	155670914281	7	19.80	20.1	110	O.K
단면-3	975.289	22	2700.0	59400.0	1303.8	76792320	168784027415	7	19.80	22.4	110	O.K
단면-4	1529.572	16	2700.0	43200.0	1498.4	64385280	175467626872	6	16.97	33.1	110	O.K
단면-5	2141.647	16	2700.0	43200.0	1378.4	59201280	196260762211	6	16.97	38.1	110	O.K
단면-6	2804.608	20	2700.0	54000.0	1575.4	84531600	301398196812	7	19.80	39.7	110	O.K
단면-7	3300.479	20	2700.0	54000.0	1832.5	98415000	427479546301	7	19.80	38.4	110	O.K
단면-8	2753.291	16	2700.0	43200.0	1642.5	70610400	367570543414	6	16.97	31.2	110	O.K

아. 피로검토 결과

휨모멘트 및 전단에 대한 피로 검토 결과 모두 안전한 것으로 검토되었다.

1) 휨모멘트에 의한 피로검토 결과

단면 I

Δf :검토피로응력범위(최대응력과최소응력의차), f_{sr} :허용피로응력 범위

구분	상 세	Δf (MPa)		응력 범주	f_{sr} (MPa)		판정
		DB하중	DL하중		DB하중	DL하중	
①	플랜지와 복부판의 연속 필렛 용접부	39.436	40.929	B	126	203	O.K.
②	인장측 플랜지와 다이어프램의 필렛 용접부	39.436	40.929	C	91	147	O.K.
③	복부판에 부착된 가로보 거셋판 용접 끝부분	29.889	31.021	E	56	91	O.K.
④	수평보강재 용접 끝부분	0.469	0.487	E	56	91	O.K.

단면 II

구분	상 세	Δf (MPa)		응력 범주	f_{sr} (MPa)		판정
		DB하중	DL하중		DB하중	DL하중	
①	플랜지와 복부판의 연속 필렛 용접부	13.276	25.796	B	196	203	O.K.
②	인장측 플랜지와 다이어프램의 필렛 용접부	13.276	25.796	C	91	147	O.K.
③	복부판에 부착된 가로보 거셋판 용접 끝부분	0.017	0.033	E	56	91	O.K.
④	수평보강재 용접 끝부분	13.110	25.474	E	56	91	O.K.
⑤	인장플랜지에 부착된 가로보거셋판 용접 끝부분	13.386	26.010	E	56	91	O.K.
⑥	스터드에 인접한 인장측 플랜지부	13.496	26.223	C	91	147	O.K.

단면 III

구분	상 세	$\Delta f(\text{MPa})$		응력 범주	$f_{sr}(\text{MPa})$		판정
		DB하중	DL하중		DB하중	DL하중	
①	플랜지와 복부판의 연속 필렛 용접부	39.326	42.961	B	126	203	O.K.
②	인장측 플랜지와 다이어프램의 필렛 용접부	39.326	42.961	C	91	147	O.K.
③	복부판에 부착된 가로보 거셋판 용접 끝부분	28.140	30.741	E	56	91	O.K.
④	수평보강재 용접 끝부분	0.312	0.340	E	56	91	O.K.

2) 전단에 의한 피로검토 결과 - 플랜지와 복부판의 필렛용접부

검토 단면력은 전단력 최대인 절점 66을 설정하였음.

구분	상 세	$\Delta v(\text{MPa})$		응력 범주	$v_{sr}(\text{MPa})$		판정
		DB하중	DL하중		DB하중	DL하중	
①	상부 플랜지와 복부판의 필렛 용접부	11.315	13.266	F	63	84	O.K.
②	하부 플랜지와 복부판의 필렛 용접부	18.474	21.660	F	63	84	O.K.

6.2 하부구조

6.2.1 교 대

가. 검토 조건

1) 교량 제원

㉠ 구조 형 식	: 역T형 교대(A2)
㉡ 상 부 형 식	: STEEL BOX
㉢ 교 량 등 급	: 1 등교
㉤ 교 대 총 폭	: B = 19.500 m
㉥ 교 대 총높이	: H = 5.437 m
㉦ 기 초 형 식	: 직접기초
㉧ SKEW	: 90°

2) 하 중 [도로교 설계기준P6] [도로설계요령 제3권 P380]

㉠ 철근콘크리트의 단위중량	: $\gamma_c = 25.0 \text{ kN/m}^3$
㉡ 뒗채움재의 단위중량	: $\gamma_{s1} = 20.0 \text{ kN/m}^3$ (토사)
㉢ 기초지반의 단위중량	: $\gamma_{s2} = 20.0 \text{ kN/m}^3$
㉤ 과 재 하 중	: $q_l = 10.0 \text{ kN/m}$
㉥ 상부 고정하중 반력	: $R_d = 176.555 \text{ kN/m}$
㉦ 상부 활하중 반력	: $R_l = 148.773 \text{ kN/m}$
㉧ 교량받침 마찰계수	: $f_s = 0.050$

3) 지반조건 [도로교 설계기준 P478]

㉠ 뒗채움재의 내부마찰각	: $\phi_1 = 35.0^\circ$
㉡ 기초지반의 N치	: $N = 50.0$
㉢ 기초지반의 내부마찰각	: $\phi_2 = 42.386^\circ \{ \phi_2 = 15 + \sqrt{15N} \}$
㉤ 기초지반의 점착력	: $C = 0 \text{ kN/m}^2$
㉥ 기초지반의 마찰계수	: $\mu = 0.600$; TAN(ϕ_b) : 암과 콘크리트
㉦ 지반 가속도 계수	: $A = 0.154$; 위험도계수 × 지진구역계수
- 내진 등급 : I 등급	- 위험도 계수 : 1.4
- 지진 구역 : I 구역	- 지진구역 계수 : 0.11

4) 사용재료 강도 [도로교 설계기준 P40,41]

- ㉠ 콘크리트의 설계기준 강도 : $f_{ck} = 21.0 \text{ MPa}$
 - 탄성계수 : $E_c = 26950.0 \text{ MPa}$
 ㉡ 철근의 항복 강도 (SD 30) : $f_y = 300.0 \text{ MPa}$
 - 탄성계수 : $E_s = 200000.0 \text{ MPa}$

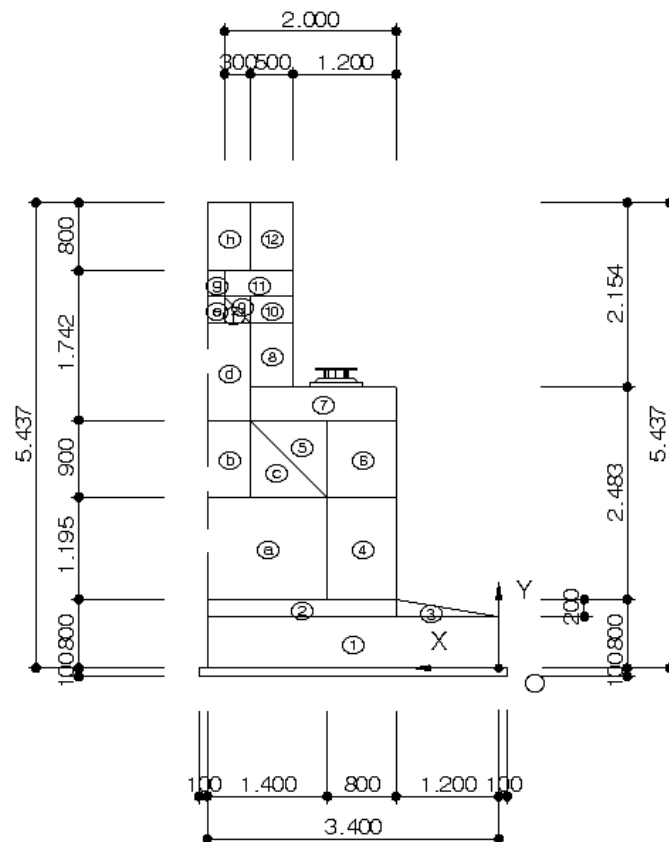
5) 검토 방법

- ㉠ 안정성 검토 : 허용응력 설계법
 ㉡ 단면 설계 : 극한강도 설계법

6) 참고 문헌

- ㉠ 콘크리트구조 설계기준 : 한국콘크리트학회 (2007)
 ㉡ 도로교 설계기준 : 국토해양부 (2005)
 ㉢ 도로설계 편람 : 국토해양부 (2000)
 ㉣ 도로설계 요령 : 한국도로공사 (2002)

나. 검토 단면



【그림 6.2】 검토 단면 - A2

※ 교량받침 반력 집계표

(단위 : kN)

구 분	1	2	3	4	5	6	계
고정하중	267.361	850.317	603.729	603.729	850.317	267.361	3,442.814
활하중	327.127	608.622	526.070	630.722	692.564	115.972	2,901.077

다. 검토 결과 집계(부록. 구조계산서 참조)

1) 단면 휨 검토

단면위치		Mu (kN·m)	ΦMn (kN·m)	안전도	비고
전면저판		184.347	578.521	3.138	O.K
후면저판		93.626	295.374	3.155	O.K
벽체 : H=4.637		228.784	578.521	2.529	O.K
홍 벽		124.869	281.860	2.257	O.K
좌 측 날개벽	D(T=500 mm)	128.858	281.860	2.187	O.K
	A(T=500 mm)	207.405	281.860	1.359	O.K
	B(T=500 mm)	101.228	281.860	2.784	O.K
	C(T=500 mm)	61.547	111.834	1.817	O.K
우 측 날개벽	D(T=500 mm)	125.375	281.860	2.248	O.K
	A(T=500 mm)	215.210	281.860	1.310	O.K
	B(T=500 mm)	133.963	281.860	2.104	O.K
	C(T=500 mm)	47.722	111.834	2.343	O.K

2) 사용성 검토

구 분		인장응력 (MPa)	허용응력 (MPa)	철근간격 (mm)	최대간격 (mm)	비 고
전면저판		49.293	150	150	1278.067	O.K
후면저판		57.971	150	300	1086.741	O.K
벽체 : H=4.996		61.142	150	150	1030.393	O.K
홍 벽		56.087	150	150	1123.246	O.K
좌 측 날개벽	D(T=500 mm)	65.747	150	150	958.217	O.K
	A(T=500 mm)	105.981	150	150	594.445	O.K
	B(T=500 mm)	53.997	150	150	1166.733	O.K
	C(T=500 mm)	83.002	150	200	759.020	O.K
우 측 날개벽	D(T=500 mm)	63.413	150	150	993.489	O.K
	A(T=500 mm)	108.628	150	150	579.963	O.K
	B(T=500 mm)	70.761	150	150	890.315	O.K
	C(T=500 mm)	63.770	150	200	987.924	O.K

6.2.2 교 각

가. 검토 조건

1) 교량 제원

- ㉠ 구조 형 식 : 다주식 교각
- ㉡ 상 부 형 식 : STEEL BOX
- ㉢ 교 량 등 급 : 1 등교
- ㉤ 기 초 형 식 : 말뚝기초(P2), 직접기초(P5)

2) 하 중 [도로교 설계기준 P6] [도로설계요령 제3권 P366]

- ㉠ 철근콘크리트의 단위중량 : $\gamma_c = 25.0 \text{ kN/m}^3$
- ㉡ 기초지반의 단위중량 : $\gamma_{s2} = 20.0 \text{ kN/m}^3$
- ㉢ 교량받침 마찰계수 : $f_s = 0.05(P2, P5)$

3) 지반조건 [도로교 설계기준 P478]

- ㉠ 기초지반의 N치 : $N = 50.0$
- ㉡ 기초지반의 내부마찰각 : $\phi_2 = 42.386^\circ \{ \phi_2 = 15 + \sqrt{15N} \}$
- ㉢ 기초지반의 점착력 : $C = 0 \text{ kN/m}^2$
- ㉤ 기초지반의 마찰계수 : $\mu = 0.600$; TAN(ϕ_b) : 암과 콘크리트
- ㉥ 지반 가속도 계수 : $A = 0.154$; 위험도계수 $\times$ 지진구역계수
 - 내진 등급 : I 등급 - 위험도 계수 : 1.4
 - 지진 구역 : I 구역 - 지진구역 계수 : 0.11

4) 사용재료 강도 [도로교 설계기준 P41,42]

- ㉠ 콘크리트의 설계기준 강도
 - : $f_{ck} =$ 두부보 : 24.0 MPa
 - 기 둥 : 24.0 MPa
 - 기 초 : 24.0 MPa
- 탄성계수
 - : $E_c =$ 두부보 : 27849 MPa
 - 기 둥 : 27849 MPa
 - 기 초 : 27849 MPa
- ㉡ 철근의 항복 강도 (SD 400)
 - : $f_y =$ 두부보 : 400.000 MPa
 - 기 둥 : 400.000 MPa
 - 기 초 : 400.000 MPa
- 탄성계수 : $E_s = 200000.000 \text{ MPa}$

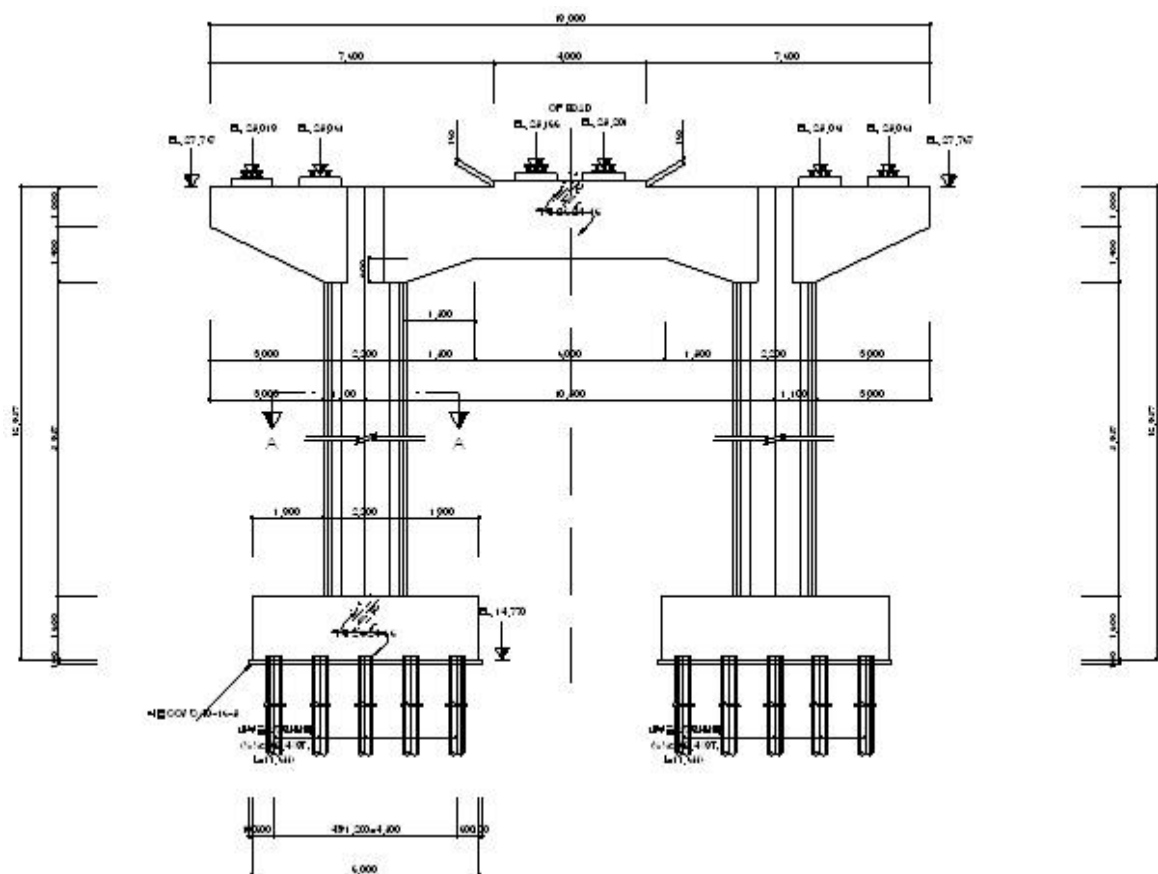
5) 검토 방법

- ㉠ 안 정 성 검 토 : 허용응력 설계법
- ㉡ 단 면 설 계 : 극한강도 설계법

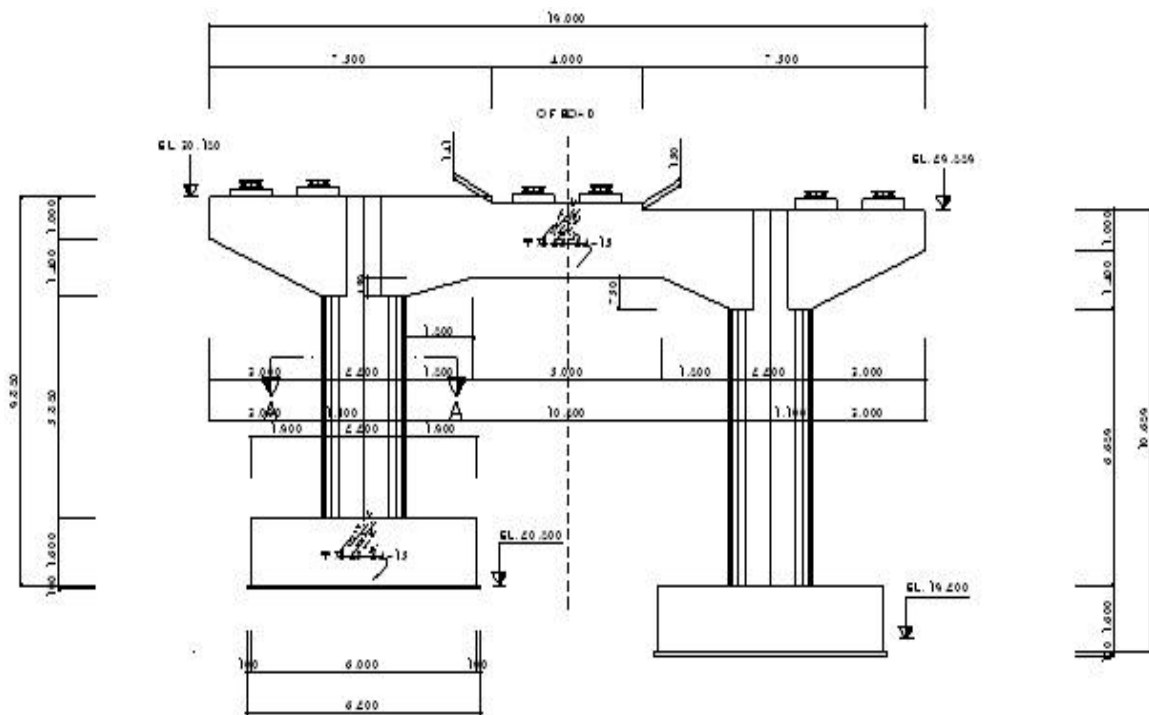
6) 참고 문헌

- ㉠ 콘크리트구조 설계기준 : 건설 교통부 (2007)
㉡ 도로교 설계기준 : 건설 교통부 (2005)
㉢ 도로설계 편람 : 건설 교통부 (2000)
㉣ 도로설계 요령 : 한국도로공사 (2002)

나. 검토 단면



【그림 6.3(a)】 검토 단면 - P2



【그림 6.3(b)】검토 단면 - P5

다. 상부반력 및 교각 자중

1) 교각(P2)

구분	교좌번호	고정하중(D)	활하중(L)		
			만재하시(L1)	좌측편재하(L2)	우측편재하(L3)
P2	1	1336.051	684.177	890.900	31.962
	2	2815.998	974.293	884.106	290.889
	3	2327.266	861.382	1090.960	26.413
	4	2327.266	1020.267	26.413	1090.960
	5	2815.998	1091.567	290.889	884.106
	6	1336.051	193.899	31.962	890.900
	계	12,958.630	4,825.585	3,215.230	3,215.230

※ 교각자중은 25.000 kN/m³의 값을 프로그램에서 자동재하

2) 교각(P5)

구분	교좌번호	고정하중(D)	활하중(L)		
			만재하시(L1)	좌측편재하(L2)	우측편재하(L3)
P5	1	1433.423	649.060	847.660	22.673
	2	2881.841	944.461	876.149	259.996
	3	2407.687	826.515	1048.827	20.839
	4	2407.687	989.288	20.839	1048.827
	5	2881.841	1054.924	259.996	876.149
	6	1433.423	174.282	22.673	847.660
	계	13,445.902	4,638.530	3,076.144	3,076.144

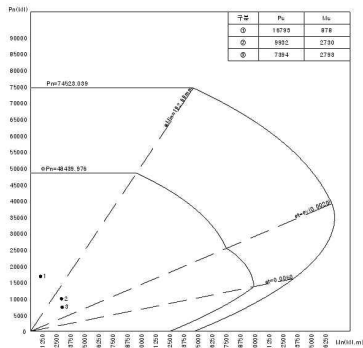
※ 교각자중은 25.000 kN/m³의 값을 프로그램에서 자동재하

라. 검토 결과 집계(부록. 구조계산서 참조)

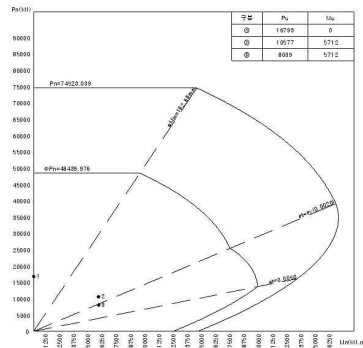
1) 교각(P2)

㉠ 기둥 검토

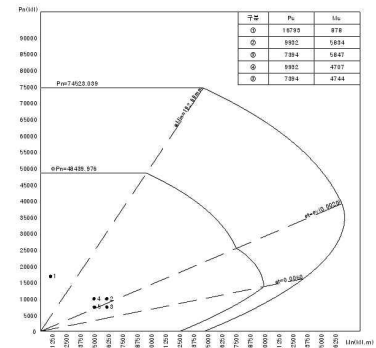
단면위치		Pu(kN)	φPn(kN)	안전도	비 고
교축방향	축력최대	16792.643	48439.974	2.885	O.K
	모멘트최대	10577.384	30436.529	2.878	O.K
	편심최대	8038.812	29474.591	3.667	O.K
교축직각 방향	축력최대	16792.643	48439.974	2.885	O.K
	모멘트최대	9932.128	43631.611	4.393	O.K
	편심최대	7393.556	45784.279	6.192	O.K
합성부재력	축력최대	16792.643	48439.974	2.885	O.K
	모멘트최대	9932.128	28585.088	2.878	O.K
	편심최대	7393.556	26567.956	3.593	O.K
	모멘트최대	9932.128	33283.198	3.351	O.K
	편심최대	7393.556	32131.930	4.346	O.K



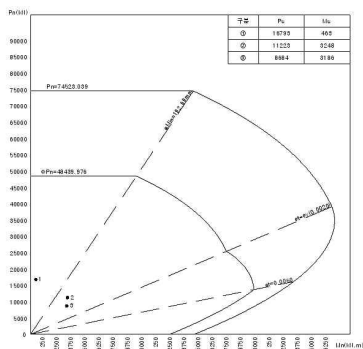
< 교축직각방향(기동1) >



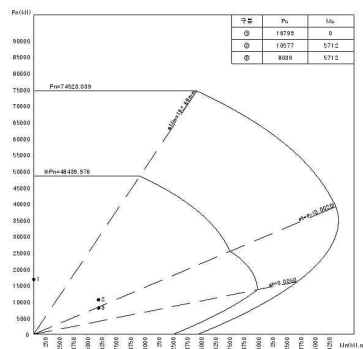
< 교축방향(기동1) >



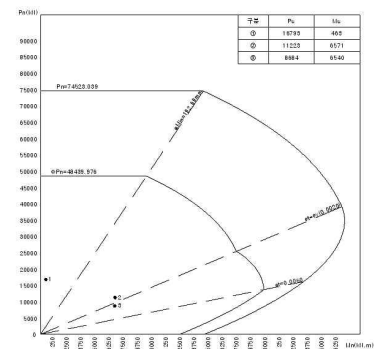
< 합성부재력(기동1) >



< 교축직각방향(기동2) >



< 교축방향(기동2) >



< 합성부재력(기동2) >

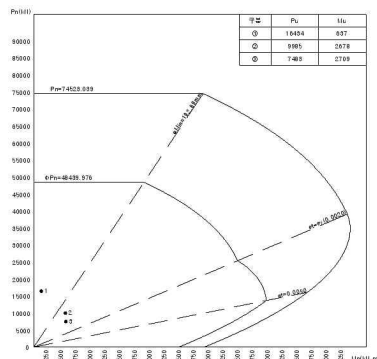
㉠ 단면 검토

단면위치		Mu(kN·m)	ϕM_n (kN·m)	안전도	비 고
두 부 보	내부지간 좌측부	12281.188	21970.318	1.789	O.K
	내부지간 중앙부	7133.126	7429.028	1.041	O.K
	내부지간 우측부	12205.019	21970.318	1.800	O.K
	교량받침1	46.050	12486.117	271.150	O.K
	교량받침2	6970.704	21471.150	3.080	O.K
	교량받침3	6809.606	7429.028	1.090	O.K
	교량받침4	6006.207	7429.028	1.240	O.K
	교량받침5	6970.704	21471.150	3.080	O.K
	교량받침6	46.050	12486.117	271.150	O.K
기 초	교축방향	5446.664	12902.158	2.370	O.K
	교직-지점부	5596.088	12902.158	2.310	O.K

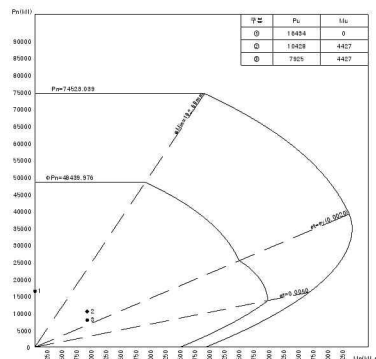
2) 교각(P5)

㉠ 기둥 검토

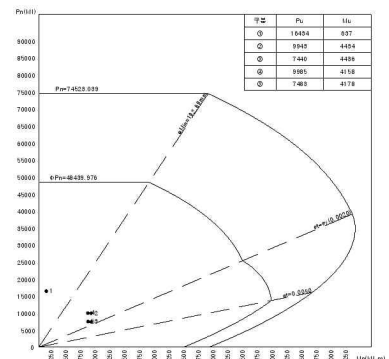
단면위치		Pu(kN)	ϕP_n (kN)	안전도	비 고
교축방향	축력최대	16434.141	48439.974	2.948	O.K
	모멘트최대	10427.547	35619.791	3.416	O.K
	편심최대	7924.935	35781.718	4.515	O.K
교축직각방향	축력최대	16434.141	48439.974	2.948	O.K
	모멘트최대	9985.240	44017.931	4.408	O.K
	편심최대	7482.629	46774.424	6.251	O.K
합성부재력	축력최대	16434.141	48439.974	2.948	O.K
	모멘트최대	9942.546	34582.937	3.478	O.K
	편심최대	7439.935	34052.325	4.577	O.K
	모멘트최대	9985.240	36023.070	3.608	O.K
	편심최대	7482.629	35795.449	4.784	O.K



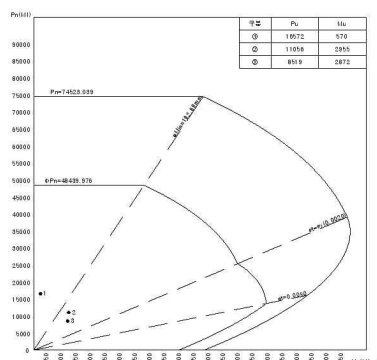
< 교축직각방향(기둥1) >



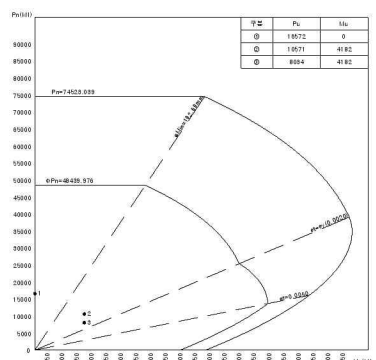
< 교축방향(기둥1) >



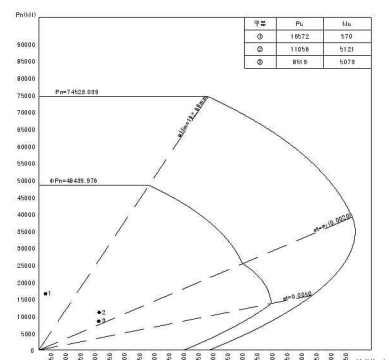
< 합성부재력(기둥1) >



< 교축직각방향(기둥2) >



< 교축방향(기둥2) >



< 합성부재력(기둥2) >

㉔ 단면 검토

단면위치		Mu(kN·m)	$\Phi M_n(kN·m)$	안전도	비 고
두 부 보	내부지간 좌측부	12735.623	21970.318	1.725	O.K
	내부지간 중앙부	6616.332	6806.542	1.029	O.K
	내부지간 우측부	12316.847	17999.696	1.461	O.K
	교량받침1	46.050	12486.117	271.150	O.K
	교량받침2	7031.211	21471.150	3.050	O.K
	교량받침3	6299.239	6806.542	1.080	O.K
	교량받침4	5785.901	6806.542	1.180	O.K
	교량받침5	7031.211	17592.263	2.500	O.K
	교량받침6	46.050	10258.454	222.770	O.K
기 초	교축방향	5599.689	12902.158	2.300	O.K
	교직-지점부	5763.940	12902.158	2.240	O.K

교각 P2, P5에 대한 안전성 검토 결과 기둥부의 축력 및 모멘트에 대해서 안전성을 확보하고 있는 것으로 검토되었다.

6.3 내진성능 평가

내진성능 검토는 2001년도 장암교 내진보강공사와 관련하여 “시설안전기술공단”에서 이미 검토(부록 참조)를 수행하였었고, 그 결과에 따라서 당해 내진보강공사(전단키 7개소, 고정단 교각 강판보강 1개소)가 수행된 상태이므로 이에 대한 검토는 기존 검토서로 갈음하였다.

6.3.1 내진성능 평가 결과

가. 교량받침

고정단 교각 및 가동단 교각의 받침부는 설계 지진력 발생 시 파손이 예상되므로, 교축방향에는 강재 Bracket, 교축직각방향에는 콘크리트 블록으로 구성된 전단키를 설치한다.

나. 받침지지 길이

탄성지진해석 및 도로교 설계기준(2000)의 공식을 통하여 검토한 결과 받침지지길이는 최소받침지지길이 이상을 확보하고 있다.

다. 교각

설계지진 발생 시 고정단 교각의 하단부는 손상이 예상되므로 연성능력 확보를 위하여 교각길이의 1/4구간에 강판보강을 실시한다.

라. 교대

설계지진규모에서 손상가능성은 적다.

마. 기초 및 지반

말뚝기초는 양호한 지반에 지지되어 있어 기초의 액상화 가능성은 적으며, 안정성검토 및 본체단면 평가결과 안전측으로 평가되었다.



