

구조안전성능 자료 _ 암기교

자료 _ 암기교(초기안전점검 보고서)

제 5 장 구조안전성 및 내하력평가

5.1 개요

5.1.1 검토 조건

안전성평가에 사용한 구조해석 프로그램은 MIDAS/Civil 8.3.1을 사용하였으며, 구조개산서상에 정리된 교량제원, 사용재료 및 허용응력, CASE별 설계하중에 따른 응력 비교 결과를 정리하면 다음과 같다.

가. 구조물 제원

교량명	암기교		
형식	DR Girder	교량등급	1등급
연장	L = 2@45.0 + 2@45.0 = 180.000 m		
	교량폭원 B = 11.845 m		

나. 사용재료

1) 콘크리트

바닥판	fck = 27 MPa	PSC Beam	fck = 40 MPa
	Ec = 2.55E+04 MPa		Ec = 3.14E+04 MPa

2) P.S 강재

종류	KS D 7002, SWPC 7B 12 Strand ϕ 15.2mm
단성계수	E _p = 2.00E+05 MPa
f _{py}	1600 MPa
f _{pu}	1900 MPa
곡률 마찰계수	0.25/Radian
파상 마찰계수	0.005/m
슬립량	6.000 m

3) 철근

철근	f _y = 400 MPa
	Ec = 2.00E+05 MPa

5.1.3 하중산정

가. 고정하중

구분	콘크리트	강재	포장
단위중량(kN/m ³)	25.00	78.50	23.50

: DR 거더 자중은 프로그램 내에서 자동으로 계산.

1) 합성전 바닥판 타설하중

2) 합성후 고정하중(방호벽, 포장하중)

① 방호벽 = $(0.393 \times 25.00) / 0.42 = 23.426 \text{ kN/m}^2$

② 포장 = $0.050 \times 23.50 = 1.175 \text{ kN/m}^2$

나. 활 하중

1) 설계차로폭 및 차로수

- 일반구간 : 연식간 교폭 : W_c = 11.375 m

$\therefore$ 설계차로수, N = 3 (9.1m $\leq$ W_c < 12.8m)

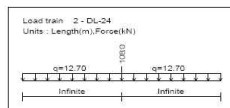
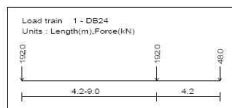
설계차로폭 : W = W_c / N = 11.375 / 3 = 3.792 > 3.600m $\therefore$ 3.600m

2) 하중강도와 충격계수

① 차선하중 (DL-24) : W_L = 12.7 kN/m, P_m = 108 kN, P_s = 156 kN

② 차륜하중 (DB-24) : 전륜하중, P_f = 24.0kN, 후륜하중, P_r = 96.0kN

③ 제하차량

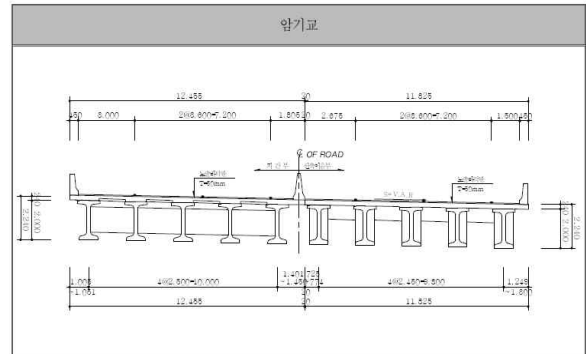


④ 충격계수

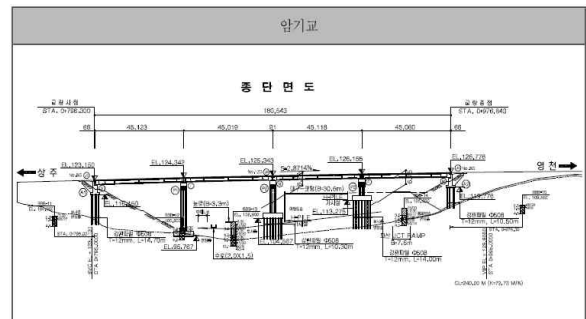
구분	지간장 L(m)	충격계수, 1.5/(40+L)
1경간	45.00	0.176
2경간	45.00	0.176
지점부	45.00	0.176

5.1.2 검토 단면

가. 횡단면도

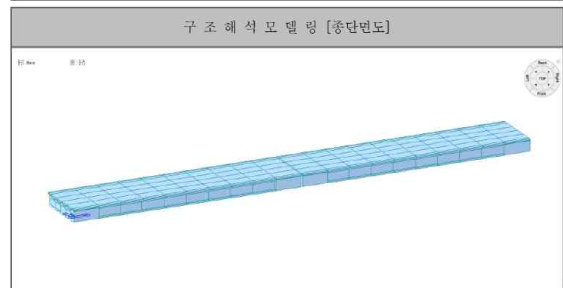
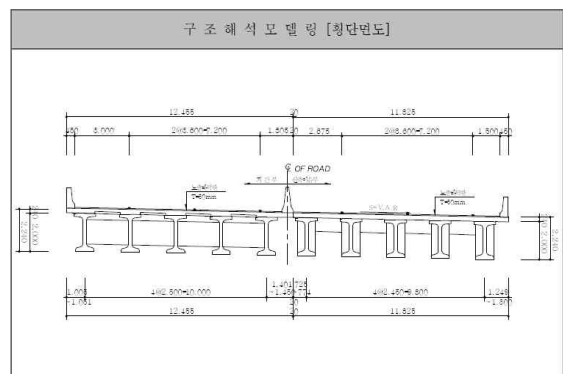


나. 종단면도



5.2 DR Girder 구조해석

5.2.1 모델링



* 사용 구조해석 프로그램명 : MIDAS CIVIL

자료 _ 암기교(초기안전점검 보고서)

5.2.2 용력검토

가. 작용하중에 의한 용력

구 분		발생용력 (Mpa)		허용용력 (Mpa)		비 고
		압축	인장	압축	인장	
1차 텐던 프리스트레스 도입직후	주형 상면	7.201		17.600	1.400	O.K
	주형 하면	7.334		17.600	1.400	O.K
2차 텐던 프리스트레스 도입직후	주형 상면	14.110		22.000	1.600	O.K
	주형 하면	12.740	0.600	22.000	1.600	O.K
구조물 완공 직후	주형 상면	13.200	0.447	16.000	3.200	O.K
	주형 하면	11.530		16.000	3.200	O.K
크리프 완료 후	주형 상면	9.705		16.000	3.200	O.K
	주형 하면	8.809	0.209	16.000	3.200	O.K
하중조합 후	주형 상면	14.665	2.016	16.000	3.200	O.K
	주형 하면	15.773		16.000	3.200	O.K

5.2.3 DR 거더 부재검토

가. 외력에 의한 계수 모멘트

구 분	고정하중(D) (kN·m)	활하중(L+i) (kN·m)	비 고
외측 거더	10471.888	2702.520	
내측 거더	10308.186	2415.847	

나. 최대 계수모멘트 계산(외측 거더)

$$Mu1 = 1.3D + 2.15L = 19423.873 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

- 단면검토

$$\phi M_n = \phi \times A_s \times f_{ps} \times d_p (1 - 0.59 \times (\frac{\rho_s \times f_{ps}}{f_{cs}})) \\ = 20338.5 \text{ kN} \cdot \text{m} > M_{U1} = 19423.873 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad \text{O.K.}$$

다. 최대 계수모멘트 계산(내측 거더)

$$Mu1 = 1.3D + 2.15L = 18594.713 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

- 단면검토

$$\phi M_n = \phi \times A_s \times f_{ps} \times d_p (1 - 0.59 \times (\frac{\rho_s \times f_{ps}}{f_{cs}})) \\ = 20338.5 \text{ kN} \cdot \text{m} > M_{U1} = 18594.713 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad \text{O.K.}$$

위 치	ϕM_n (kN·m)	M_d (kN·m)	M_a (kN·m)	M_l (kN·m)	비 고
외측 거더	20338.500	19423.873	10471.888	2702.520	
내측 거더	20338.500	18594.713	10308.186	2415.847	

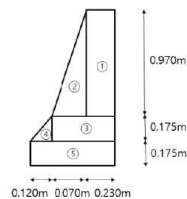
5.2.4 바닥판 부재검토

가. 캔틸레버부의 단면력 검토

1) 바닥판의 최소 두께 : 바닥판의 최소두께는 220mm < 240mm(사용두께) O.K.

2) 하중의 산정

- 고정하중 산정



구 분	고정하중(kN)	거리(m)	모멘트(kN·m)
연석	① $0.230 \times 0.700 \times 1.00 \times 25.0 =$	4.025	0.585
	② $1/2 \times 0.070 \times 0.970 \times 1.00 \times 25.0 =$	0.849	0.447
	③ $0.300 \times 0.175 \times 1.0 \times 25.0 =$	1.313	0.550
	④ $1/2 \times 0.120 \times 0.175 \times 1.0 \times 25.0 =$	0.263	0.360
	⑤ $0.420 \times 0.175 \times 1.0 \times 25.0 =$	1.838	0.490
포 장	⑥ $0.05 \times 0.250 \times 1.0 \times 23.5 =$	0.294	0.125
바닥판	⑦		2.708
방음벽	⑧	1.000	0.890
계			8.088

- 활하중 산정

$$\cdot X = 0.200$$

$$\cdot i = 15 / (0.200 + 40) = 0.373 > 0.3 \text{ 이므로 } i = 0.3$$

$$\cdot E = 0.8X + 1.14 = 1.300$$

$$\cdot M_l = \frac{P}{E} X (1+i) = \frac{0.6}{1.300} \times 0.200 \times (1+0.3) = 19.200 \text{ kN·m}$$

나. 최대 계수모멘트 계산(캔틸레버부)

$$Mu1 = 1.3D + 2.15L = 51.794 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

- 단면검토

$$\phi M_n = \phi \times A_s \times f_y \times (d - \frac{a}{2}) \\ = 0.85 \times 1324 \times 400 \times (180.0 - \frac{23.076}{2}) \\ = 75.835 \text{ kN·m} > Mu = 51.794 \text{ kN·m} \quad \text{O.K.}$$

다. 중앙부의 단면력 검토

1) 바닥판의 최소 두께 : 바닥판의 최소두께는 220mm < 240mm(사용두께) O.K.

2) 하중의 산정

- 고정하중에 의한 발생력 산정

$$\cdot \text{지 간} : 1.750 \text{m}$$

$$\cdot \text{포 장} : 0.050 \times 23.5 = 1.175 \text{ kN/m}$$

$$\cdot \text{콘크리트} : 0.240 \times 25.0 = 6.000 \text{ kN/m}$$

$$\cdot \text{합 계} : 7.175 \text{ kN/m}$$

$$\cdot M_d = \frac{W_d l^2}{10} = \frac{7.175 \times 1.250^2}{10} = 2.197 \text{ kN·m}$$

- 활하중 산정

$$\cdot i = 15 / (1.25 + 40) = 0.363 > 0.3 \text{ 이므로 } i = 0.3$$

$$\cdot M_{l+i} = \frac{L + 0.6}{9.6} \times P_l (1+i) \times 0.8 = 24.44 \text{ kN·m}$$

라. 최대 계수모멘트 계산(중앙부)

$$Mu1 = 1.3D + 2.15L = 55.402 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

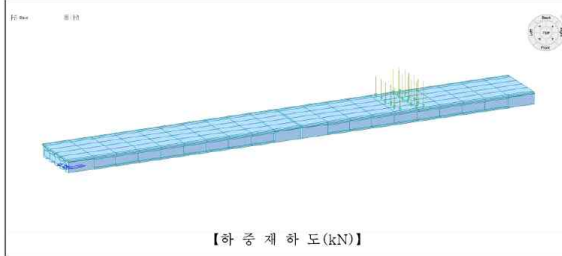
- 단면검토

$$\phi M_n = \phi \times A_s \times f_y \times (d - \frac{a}{2}) \\ = 0.85 \times 1324 \times 400 \times (200.0 - \frac{23.076}{2}) \\ = 84.838 \text{ kN·m} > Mu = 55.402 \text{ kN·m} \quad \text{O.K.}$$

자료 _ 암기교(초기안전점검 보고서)

5.2.5 재하시험에 의한 구조해석

실용담보정계수(Ks)를 산정하기 위해 재하시험과 동일한 위치에 차량 하중을 재하하여 Plate 요소를 이용한 3D 구조해석을 실시하였으며, 그 결과는 다음과 같다.



구 분	LC1	LC2	LC3
D1(mm)	-5.318	-2.345	0.405
D2(mm)	-3.838	-2.429	-0.930
D3(mm)	-2.379	-2.481	-2.325
D4(mm)	-0.989	-2.423	-3.791
D5(mm)	0.330	-2.337	-5.259

교량 좌,우측은 교량 시점측(A1)에서 종점측(A2)을 바라봤을 경우에 해당함.

5.2.7 내하율(R.F) 산정

가. 허용응력법에 의한 내하율 산정

$$R.F = \frac{f_s - f_d}{f_t} = \frac{f_s - (f_t - f_t)}{f_t}$$

여기서, f_s : 실측 허용 능력
 f_t : 종하중에 의한 단면 상,하연에서의 휨응력
 f_d : 실측 고정하중에 의한 응력
 f_t : 활하중(충격계수포함)에 의한 단면 상,하연에서의 휨응력

【허용응력설계법에 의한 내하율(R.F)】

구 분	고정하중응력+긴장력 (MPa)	활하중응력 (MPa)	허용응력 (MPa)	R.F
암기교	상연	9.705	4.960	1.269
	하연	8.809	6.964	1.033

나. 강도설계법에 의한 내하율 산정

$$R.F = \frac{\phi M_u - \gamma_e M_d}{\gamma_1 M_u (1+i)}$$

여기서, ϕM_u : 극한저항모멘트($\phi=0.85$)
 M_d : 종하중에 의한 극한모멘트
 $\gamma_e M_u$: 실측 고정하중모멘트(γ_e : 고정하중 계수 = 1.3)
 $\gamma_1 M_u$: 활하중(충격계수포함)에 의한 휨모멘트(γ_1 : 활하중 계수 = 2.15)

【강도설계법에 의한 내하율 : 바닥판 (R.F)】

위 치	ϕM_u (kN·m)	M_d (kN·m)	M_u (kN·m)	$\gamma_e M_u$ (kN·m)	$\gamma_1 M_u (1+i)$ (kN·m)	R.F
캔틸레버부	75.835	8.088	19.200	10.514	41.280	1.582
중 앙 부	84.838	2.197	24.440	2.856	52.546	1.560

5.2.6 실측보정계수 산정

Load Case별 치점량중 차량축하중이 직접적으로 재하되는 위치에서 계산치 점량과 실측치점량에 충격계수를 고려하여 실측보정계수(Ks)를 다음과 같이 구하였다.

$$K_s = \frac{\epsilon_{\text{계산}}}{\epsilon_{\text{실측}}} \times \left(\frac{1+i_{\text{계산}}}{1+i_{\text{실측}}} \right) \quad \text{or} \quad \frac{\delta_{\text{계산}}}{\delta_{\text{실측}}} \times \left(\frac{1+i_{\text{계산}}}{1+i_{\text{실측}}} \right)$$

여기서, δ 계산 = 이론 치점량 i 계산 = 이론 충격계수
 δ 실측 = 실측 치점량 i 실측 = 실측 충격계수

【치점량에 의한 실측보정계수】

구 분	재하 경우	변위 계	계산치점 (mm)	실측치점 (mm)	$\frac{\delta_{\text{계산}}}{\delta_{\text{실측}}}$	$\frac{1+i_{\text{계산}}}{1+i_{\text{실측}}}$	실측보정계수 (Ks)
암기교	LC.1	Disp.1	-5.318	-4.223	1.259	1.034	1.302
		Disp.2	-3.838	-3.090	1.242		1.284
		Disp.3	-2.379	-1.993	1.194		1.235
		Disp.4	-0.989	-1.079	0.917		0.948
		Disp.5	0.330	0.059	5.593		5.783
	LC.2	Disp.1	-2.345	-1.816	1.291		1.335
		Disp.2	-2.429	-1.998	1.216		1.257
		Disp.3	-2.481	-2.241	1.107		1.145
		Disp.4	-2.423	-2.160	1.122		1.160
		Disp.5	-2.337	-2.065	1.132		1.170
	LC.3	Disp.1	0.405	0.037	10.946		11.318
		Disp.2	-0.930	-0.921	1.010		1.044
		Disp.3	-2.325	-1.956	1.189		1.229
		Disp.4	-3.791	-3.342	1.134		1.173
		Disp.5	-5.259	-4.532	1.160		1.199

【강도설계법에 의한 내하율 : 거더 (R.F)】

위 치	ϕM_u (kN·m)	M_d (kN·m)	M_u (kN·m)	$\gamma_e M_u$ (kN·m)	$\gamma_1 M_u (1+i)$ (kN·m)	R.F
외측 거더	20338.500	10471.888	2702.520	13.613.454	5.810.418	1.157
내측 거더	20338.500	10308.186	2415.847	13.400.642	5.194.071	1.336

5.2.8 공용내하력 산정

가. 기본내하력

$$P_0 = R.F \times P_L$$

여기서, P_0 : 기본내하력
 $R.F$: 내하율
 P_L : 설계활하중 (DB-24)

나. 공용내하력

$$P_0' = P_0 \times K_s$$

여기서, P_0' : 공용내하력
 K_s : 실측보정계수 = $\frac{\delta_{\text{계산}}}{\delta_{\text{실측}}} \times \left(\frac{1+i_{\text{계산}}}{1+i_{\text{실측}}} \right)$

다. 공용내하력 산정 결과

구 분	R.F	기본내하력	Ks	공용내하력	비 고
암기교	거더 (허용응력)	1.033	DB- 24.792	1.145	DB- 28.387 DB-24 이상
	거더 (강도설계법)	1.157	DB- 27.768	1.145	DB- 31.794 DB-24 이상
	바닥판	1.560	DB- 37.440	-	DB-24 이상

자료 _ 암기교(초기안전점검 보고서)

5.3 DR Girder 안전성평가

【구조물의 안전성평가 기준】

등급	안전성평가 기준	비 고
A	SF > 1.0	
B	$0.9 \leq SF < 1.0$ 이나, 공용내하력이 설계하중보다 크게 평가된 경우	°허용응력설계법 $SF(안전율) = \frac{\text{허용응력}}{\text{발생응력}} = \frac{f_s}{f_{d+1}}$
C	$0.9 \leq SF < 1.0$	
D	$0.75 \leq SF < 0.9$	°강도설계법 $SF(안전율) = \frac{\text{설계강도}}{\text{소요강도}} = \frac{\phi M_n}{M_u}$
E	SF < 0.75	

5.3.1 허용응력설계법

구 분			허용응력 (MPa)	고정하중응력 + 긴장력 (MPa)	활하중(1+i) (MPa)	S.F
암기교	거더	상연	16.000	9.705	4.960	1.091
		하연	16.000	8.809	6.964	1.014

5.3.2 강도설계법

가. 바닥판

구 분	ϕMn (kN-m)	Mu (kN-m)	SF(안전율)	비 고
펜틸레버부	75.835	51.794	1.464	SF = 1.0 이상
중 앙 부	84.838	55.4002	1.531	SF = 1.0 이상

나. 거더

구 분	ϕMn (kN-m)	Mu (kN-m)	SF(안전율)	비 고
외측 거더	20338.500	19423.873	1.047	SF = 1.0 이상
내측 거더	20338.500	18594.713	1.094	SF = 1.0 이상

5.3.3 구조안전성 및 내하력에 의한 평가

【암기교 구조안전성 및 내하력에 의한 평가】

부 재 명	최소안전율(SF)	내하율(R.F)	공용내하력	평가	비 고
바닥판	펜틸레버	1.464	1.582	DB-24이상	A 강도설계법
	중 앙 부	1.531	1.560	DB-24이상	A 강도설계법
거 더	상 연	1.091	1.269	DB-24이상	A 허용응력설계법
	하 연	1.014	1.033	DB-24이상	A 허용응력설계법
결과분석	- 강도설계법에 의한 바닥판 검토결과 최소 안전율은 1.464로 평가되었으며, 허용응력설계법에 의한 거더 검토결과 최소 안전율은 1.014로 평가되어 구조적 안전성을 확보하고 있는 것으로 평가되었다. - 최소안전율 및 내하율에 의한 공용내하력 평가 결과 전구간에서 DB-24 이상을 확보하고 있는 것으로 검토되었다.				