

구조안전성능 자료 _ 가래실교

자료 _ 가래실교(초기안전점검 보고서)

제 5 장 구조안전성 및 내하력평가

5.1 개요

5.1.1 검토 조건

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

가. 구조물 제원

교량명	가래실교		
형식	LIT Girder	교량등급	1등급
연장	$L = 4 \times 45.0 + 3 \times 45.0 = 315.00 \text{ m}$		
	교량폭원 $B = 11.825 \text{ m}$		

나. 사용재료

1) 콘크리트

바닥판	$f_{ck} = 27 \text{ MPa}$	LIT Beam	$f_{ck} = 40 \text{ MPa}$
	$E_c = 2.55E+04 \text{ MPa}$		$E_c = 3.14E+04 \text{ MPa}$

2) P.S 강재

종류	KS D 7002, SWPC 7B 12 Strand $\phi 15.2\text{mm}$ $A = 138.70\text{mm}^2$ (Strand 1개소당 단면적)
탄성계수	$E_p = 2.00E+05 \text{ MPa}$
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	$f_y = 400 \text{ MPa}$
	$E_c = 2.00E+05 \text{ MPa}$

5.1.3 하중산정

가. 고정하중

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

· LIT 거터 자중은 프로그램내에서 자동으로 계산.

1) 합성철 바닥판 타설하중 (LIT 거터 적용)

2) 합성철 고정하중 (방호벽, 포장하중)

$$\textcircled{1} \text{ 방호벽} = (0.322 \times 25.00) / 0.42 = 19.1667 \text{ kN/m}^2$$

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

나. 활하중

1) 설계차로폭 및 차로수

$$\text{일반구간 : 연석간 교폭 : } W_c = 12.11 - 0.620 = 11.380 \text{ m}$$

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

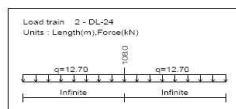
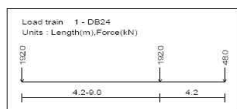
$$\text{설계차로폭 : } W = W_c / N = 11.380 / 3 = 3.793 > 3.600\text{m} \quad \therefore 3.600\text{m}$$

2) 하중강도와 충격계수

$$\textcircled{1} \text{ 차선하중 (DL-24) : } W_L = 12.7 \text{ kN/m, } P_m = 108 \text{ kN, } P_s = 156 \text{ kN}$$

$$\textcircled{2} \text{ 차륜하중 (DB-24) : 전륜하중, } P_f = 24.0\text{kN, 후륜하중, } P_r = 96.0\text{kN}$$

③ 제하차량

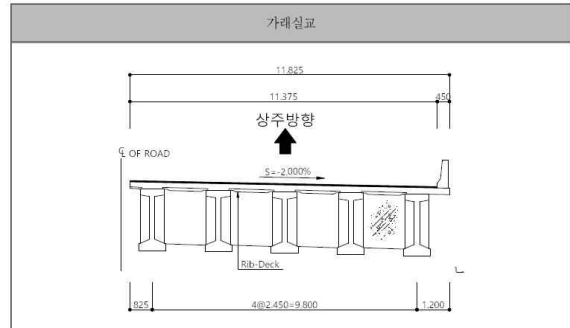


④ 충격계수

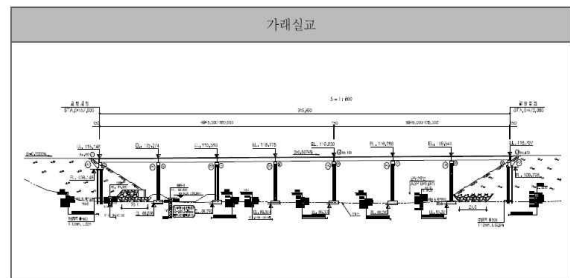
구분	지간장.L(m)	충격계수, $1.6/(40+L)$
1경간	45.00	0.176
2경간	45.00	0.176
지점부	45.00	0.176

5.1.2 검토 단면

가. 횡단면도

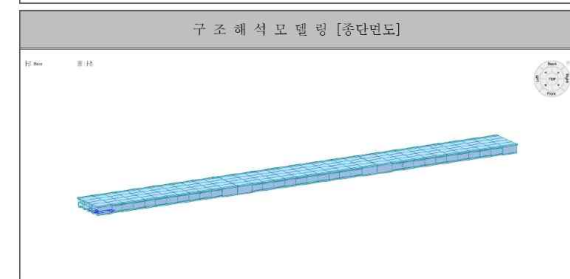
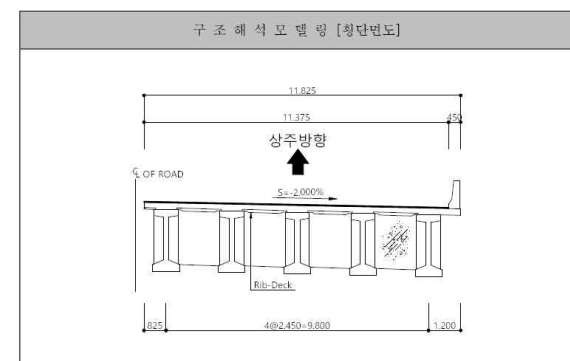


나. 종단면도



5.2 LIT Girder 구조해석

5.2.1 모델링



※ 사용 구조해석 프로그램명 : MIDAS CIVIL

자료 _ 가래실교(초기안전점검 보고서)

나. 최대 계수모멘트 계산(켄틸레버부)

$$Mu1 = 1.3D + 2.15L = 8.436 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

- 단면검토

$$\begin{aligned} \phi M_n &= \phi \times A_s \times f_y \times (d - \frac{a}{2}) \\ &= 0.85 \times 993.00 \times 400 \times (180.0 - \frac{17.307}{2}) \\ &= 57.850 \text{ kN} \cdot \text{m} > Mu = 8.436 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad \therefore \text{O.K} \end{aligned}$$

다. 중앙부의 단면력 검토

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

2) 하중의 산정

- 고정하중에 의한 발생력 산정

$$\begin{aligned} \cdot \text{지 간} &: 1.550\text{m} \\ \cdot \text{포 장} &: 0.050 \times 23.5 = 1.175\text{kN/m} \\ \cdot \text{콘크리트} &: 0.240 \times 25.0 = 6.000\text{kN/m} \\ \cdot \text{합 계} &: 7.175\text{kN/m} \end{aligned}$$

$$\cdot M_d = \frac{W_d l^2}{10} = \frac{7.175 \times 1.550^2}{10} = 1.724\text{kN} \cdot \text{m}$$

- 활하중 산정

$$\cdot i = 15 / (1.55 \times 40) = 0.361 > 0.3 \text{ 이므로 } i = 0.3$$

$$\cdot M_{f+i} = \frac{L + 0.6}{9.6} \times P_f (1 + i) \times 0.8 = 22.360\text{kN} \cdot \text{m}$$

라. 최대 계수모멘트 계산(중앙부)

$$Mu1 = 1.3D + 2.15L = 50.310 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

- 단면검토

$$\begin{aligned} \phi M_n &= \phi \times A_s \times f_y \times (d - \frac{a}{2}) \\ &= 0.85 \times 1020.64 \times 400 \times (182.8 - \frac{17.789}{2}) \\ &= 60.340 \text{ kN} \cdot \text{m} > Mu = 50.310 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad \therefore \text{O.K} \end{aligned}$$

5.2.6 실측보정계수 산정

Load Case별 처짐량중 차량축하중이 직접적으로 재하되는 위치에서 계산치 처짐량과 실측치처짐량에 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 처짐량 i 계산 = 이론 충격계수

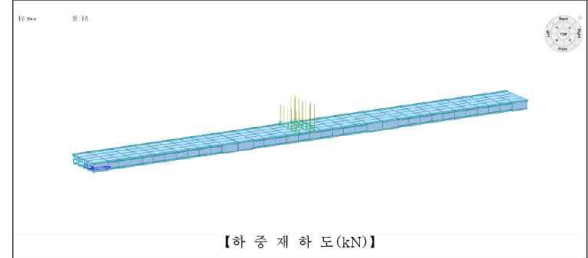
δ 실측 = 실측 처짐량 i 실측 = 실측 충격계수

【처짐량에 의한 실측보정계수】

구 분	재하 경우	면위계	계산치거 (mm)	실측치거 (mm)	δ 계산 δ 실측	$1 + i$ 계산 $1 + i$ 실측	실측보정계수 (Ks)
삼부 천교	LC.1	Disp.1	-4.898	-2.474	1.980		2.016
		Disp.2	-3.530	-1.610	2.193		2.232
		Disp.3	-2.196	-0.875	2.510		2.555
		Disp.4	-0.926	-0.217	4.267		4.344
		Disp.5	0.310	0.497	0.624		0.635
	LC.2	Disp.1	-2.212	-1.024	2.160		2.199
		Disp.2	-2.256	-1.162	1.941		1.976
		Disp.3	-2.279	-1.277	1.785	1.018	1.817
		Disp.4	-2.211	-1.206	1.833		1.866
		Disp.5	-2.127	-1.101	1.932		1.967
	LC.3	Disp.1	0.263	0.411	0.640		0.652
		Disp.2	-0.932	-0.201	4.637		4.720
		Disp.3	-2.161	-0.821	2.632		2.679
		Disp.4	-3.452	-1.710	2.019		2.055
		Disp.5	-4.771	-2.515	1.897		1.931

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)	-4.898	-2.212	0.263
D2(mm)	-3.530	-2.256	-0.932
D3(mm)	-2.196	-2.279	-2.161
D4(mm)	-0.926	-2.211	-3.452
D5(mm)	0.310	-2.127	-4.771

: 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

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

여기서, f_a : 실측 허용 능력

f_t : 총하중에 의한 단면 상,하연에서의 휨응력

f_d : 실측 고정하중에 의한 응력

f_i : 활하중(충격계수포함)에 의한 단면 상,하연에서의 휨응력

【허용응력설계법에 의한 내하율(R.F)】

구 분	고정하중응력 (MPa)	활하중응력 (MPa)	유요프리스트레스 (MPa)	허용응력 (MPa)	R.F
삼부 천교	상연	20.080	2.176	7.130	1.402
	하연	20.466	4.789	27.000	1.977
	상연	18.490	2.210	7.020	2.050
	하연	17.740	4.480	26.600	1.594

나. 강도설계법에 의한 내하율 산정

$$R.F = \frac{\phi M_n - \gamma_d M_d}{\gamma_1 M_f (1 + i)}$$

여기서, ϕM_n : 극한처량모멘트($\phi=0.85$)

M_d : 총하중에 의한 극한모멘트

$\gamma_d M$: 실측 고정하중모멘트(γ_d : 고정하중 계수 = 1.3)

$\gamma_1 M_f$: 활하중(충격계수포함)에 의한 휨모멘트(γ_1 : 활하중 계수 = 2.15)

【강도설계법에 의한 내하율 : 바닥판 (R.F)】

위 치	ϕM_n (kN · m)	M_d (kN · m)	M_f (kN · m)	$\gamma_d M_d$ (kN · m)	$\gamma_1 M_f (1 + i)$ (kN · m)	R.F
켄틸레버부	-	-	-	-	-	-
중 앙 부	60.340	1.724	22.360	2.241	48.074	1.209

자료 _ 가래실교(초기안전점검 보고서)

【강도설계법에 의한 내하율 : 거더 (R.F)】

위 치	ϕM_n (kN · m)	M_u (kN · m)	M_k (kN · m)	$\gamma_d M_d$ (kN · m)	$\gamma_1 M(1+i)$ (kN · m)	R.F
외측 거더	29536.523	13607.033	4218.961	17.689.143	9.070.766	1.306
내측 거더	29398.998	11301.149	3888.294	14,691.494	8.359.832	1.759

5.2.8 공용내하력 산정

가. 기본내하력

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

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

나. 공용내하력

$$P_o' = P_o \times K_s$$

여기서, P_o' : 공용내하력
 K_s : 실측보정계수 = $\frac{\text{a 설계}}{\text{a 실측}} \times \left(\frac{1 + i_{\text{설계}}}{1 + i_{\text{실측}}} \right)$

다. 공용내하력 산정 결과

구 분		R.F	기본내하력	Ks	공용내하력	비 고
삼부 천교	거더 (허용응력)	1.402	DB- 33.648	1.817	DB- 61.138	DB-24 이상
	거더 (강도설계법)	1.306	DB- 31.344	1.817	DB- 56.952	DB-24 이상
	바닥판	1.209	DB- 29.016	-		DB-24 이상

나. 거더

구 분	ϕMn (kN-m)	Mu (kN-m)	SF(안전율)	비 고
외측거더	29536.523	26759.909	1.104	SF = 1.0 이상
내측거더	29398.998	23051.326	1.275	SF = 1.0 이상

5.3.3 구조안전성 및 내하력에 의한 평가

【가래실교 구조안전성 및 내하력에 의한 평가】

부 재 명	최소안전율(SF)	내하율(R.F)	공용내하력	평가	비 고
바닥판	켄틸레버	6.858	-	DB-24이상	A 강도설계법
	중 앙 부	1.199	1.209	DB-24이상	A 강도설계법
거 더	외측거더	1.058	1.402	DB-24이상	A 허용응력설계법
	내측거더	1.170	1.594	DB-24이상	A 허용응력설계법
결과분석	●강도설계법에 의한 바닥판 검토결과 최소 안전율은 1.199로 평가되었 으며, 허용응력설계법에 의한 거더 검토결과 최소 안전율은 1.058 평 가되어 구조적 안전성을 확보하고 있는 것으로 평가되었다. ●최소안전율 및 내하율에 의한 공용내하력 평가 결과 전구간에서 DB-24 이상을 확보하고 있는 것으로 검토되었다.				

5.3 LIT Girder 안전성평가

【구조물의 안전성평가 기준】

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

5.3.1 허용응력설계법

구 분		허용응력 (MPa)	PRESTRESS (MPa)	고정하중 (MPa)	활하중 (1+i) (MPa)	S.F	
삼부 천교	외측 거더	상면	16.000	7.130	20.080	2.176	1.058
		하면	16.000	27.000	20.466	4.789	9.169
	내측 거더	상면	16.000	7.020	18.490	2.210	1.170
		하면	16.000	26.600	17.740	4.480	3.653

5.3.2 강도설계법

가. 바닥판

구 분	ϕMn (kN-m)	Mu (kN-m)	SF(안전율)	비 고
켄틸레버부	57.850	8.436	6.858	SF = 1.0 이상
중 앙 부	60.340	50.310	1.199	SF = 1.0 이상