

구조안전성능 자료 _ 오미교

자료 _ 오미교(초기안전점검 보고서)

제 5 장 구조안전성 및 내하력평가

5.1 개요

5.1.1 검토 조건

오미교는 왕복4차로 SB-Arch 합성거터교로서 총연장이 50.0m이고, 폭원은 24.3m인 1등급교이다. 평면선형은 직선이다. 교량받침은 마찰형 포트받침이며, 교면포장은 노출콘크리트 포장으로 t=50mm이다.

가. 구조물 제원

교량명	오미교		
형식	SBArch 합성 GIRDER	교량등급	1등급
연장	50.110 m	주형제원	H = 2.500 m
교량폭원	B = 12.445 m		B = 1.800 m

나. 사용재료

1) 콘크리트 및 철근

콘크리트	fck = 27 MPa	철근	fy = 400 MPa
	Ec = 2.50E+04 MPa		Es = 2.00E+05 MPa

2) 구조용 강재

① 부재별 사용강재

SM490C	SM400B
- 상판, 하판 - 중간판, 복부판 - 지점부 DIAPHRAGM - SOLE PLATE - 지점보강재, 수평보강재	- 수직보강재 - 지점부 외 DIAPHRAGM - 새로보 - 지점부 가로보, 일부가로보

② 탄성계수 Es = 2.10E + 05 MPa

③ 허용 인장응력(MPa)

⑤ 허용 휨압축응력(MPa)

압축플랜지가 콘크리트상판 등에 직접 고정되어 있는 경우 및 상자형 단면, //형 단면과 같이 철판교이 일어나기 어려운 경우

강종	SS400 SM400 SMA400	SM490	SM490Y SM520 SMA490	SM570 SMA570
판두께 (mm)				
40 이하	140	190	210	260
40초과 75이하	130	175 (190)	200 (210)	250 (260)
75초과 100이하			195 (210)	245 (260)

* TMC 강재는 판두께 상관없이 40mm이하의 값을 적용함.

⑥ 허용 전단응력(MPa)

강종	SS400 SM400 SMA400	SM490	SM490Y SM520 SMA490	SM570 SMA570
판두께 (mm)				
40 이하	80	110	120	150
40초과 75이하	75	100 (110)	115 (120)	145 (145)
75초과 100이하			110 (120)	145 (145)

* TMC 강재의 경우 ()의 값을 적용함.

⑦ 항복응력(MPa)

강종	SS400 SM400 SMA400	SM490	SM490Y SM520 SMA490	SM570 SMA570
판두께 (mm)				
40 이하	240	320	360	460
40초과 75이하	220	300	340	440
75초과 100이하			330	430

강종	SS400 SM400 SMA400	SM490	SM490Y SM520 SMA490	SM570 SMA570
판두께 (mm)				
40 이하	140	190	210	260
40초과 75이하	130	175 (190)	200 (210)	250 (260)
75초과 100이하			195 (210)	245 (260)

* TMC 강재의 경우 ()의 값을 적용함.

④ 허용 축방향 압축응력(MPa)

강종	SS400 SM400 SMA400	SM490	SM490Y SM520 SMA490	SM570 SMA570
판두께 (mm)				
40 이하	$140 : \ell/r \leq 20$ $140-0.84(\ell/r-20) : 20 < \ell/r \leq 93$ $1,200,000 : 93 < \ell/r$	$190 : \ell/r \leq 15$ $190-1.3(\ell/r-15) : 15 < \ell/r \leq 80$ $1,200,000 : 80 < \ell/r$	$210 : \ell/r \leq 14$ $210-1.5(\ell/r-14) : 14 < \ell/r \leq 76$ $1,200,000 : 76 < \ell/r$	$260 : \ell/r \leq 18$ $260-2.2(\ell/r-18) : 18 < \ell/r \leq 67$ $1,200,000 : 67 < \ell/r$
40초과 75이하	$130 : \ell/r \leq 20$ $130-0.75(\ell/r-20) : 20 < \ell/r \leq 97$ $1,200,000 : 97 < \ell/r$	$175 : \ell/r \leq 15$ $175-1.1(\ell/r-15) : 15 < \ell/r \leq 83$ $1,200,000 : 83 < \ell/r$	$200 : \ell/r \leq 14$ $200-1.4(\ell/r-14) : 14 < \ell/r \leq 78$ $1,200,000 : 78 < \ell/r$	$250 : \ell/r \leq 18$ $250-2.1(\ell/r-18) : 18 < \ell/r \leq 69$ $1,200,000 : 69 < \ell/r$
75초과 100이하			$95 : \ell/r \leq 14$ $195-1.3(\ell/r-14) : 14 < \ell/r \leq 79$ $1,200,000 : 79 < \ell/r$	$245 : \ell/r \leq 18$ $245-2.2(\ell/r-18) : 18 < \ell/r \leq 69$ $1,200,000 : 69 < \ell/r$

* TMC 강재는 판두께 상관없이 40mm이하의 값을 적용함.

여기서, ℓ : 부재의 유효좌굴 길이 (mm), r : 부재 종단면의 단면회전반경 (mm)

3) 강재틀보의 허용응력 증가율

하중의 조합		증가율(%)	
		경의 휨모멘트를 받는 부분	부의 휨모멘트를 받는 부분
1	크리프의 영향과 건조수축의 영향을 제외한 주하중	0	0
2	주 하 중	압축연	15
		인장연	0
3	주하중+바닥판 콘크리트와 강재주형과의 온도차	압축연	30
		인장연	15
4	가설시 하중	압축연	25
		인장연	25

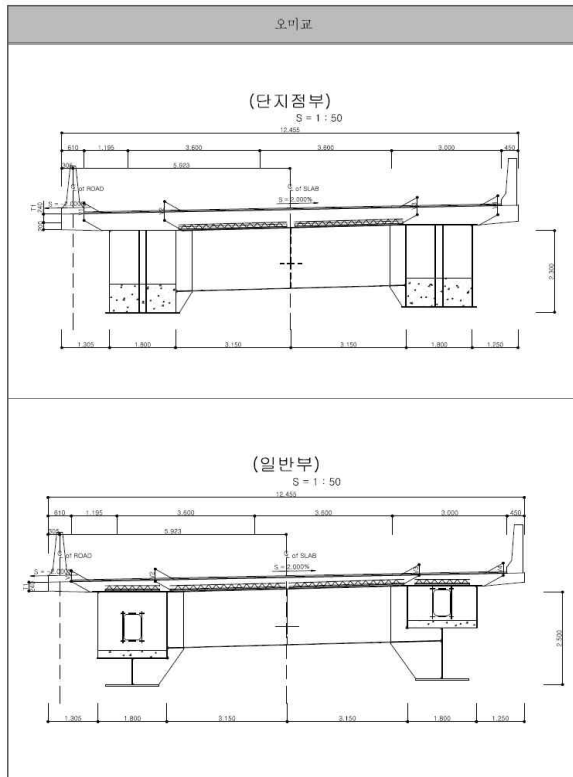
4) 마찰이음용 고정력 볼트 허용력(kN) : 1볼트 1마찰면마다

나사호칭	볼트등급	F8T	F10T
M20		31	39
M22		39	48
M24		45	56

자료 _ 오미교(초기안전점검 보고서)

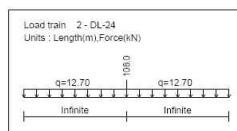
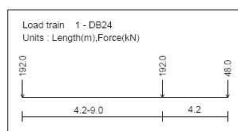
5.1.2 검토 단면

가. 횡단면도



2) 하중강도와 충격계수

- ① 차선하중 (DL-24) : WL = 12.7 kN/m, Pm = 108 kN, Ps = 156 kN
- ② 차륜하중 (DB-24) : 전륜하중, Pf = 24.0kN, 후륜하중, Pr = 96.0kN
- ③ 제하차량



④ 충격계수

구 분	지간장(m)	충격계수, 15/(40+L)
1경간	50.000	0.167

다. 온도차하중

- 콘크리트 선팽창계수 $\alpha_c = 1.0 \times 10^{-5}$
- 강재 선팽창계수 $\alpha_s = 1.2 \times 10^{-5}$
- 상하연 온도차 $\Delta T = \pm 5.0^\circ\text{C}$

라. Creep & Shrinkage 하중

1) 조 권

- 지속하중 채하시의 콘크리트 재령, $t' = 180\text{일}$
- 상대습도 : 70%
- 외기 또는 양생온도 : $T = 20^\circ\text{C}$

2) 콘크리트의 크리프 계수

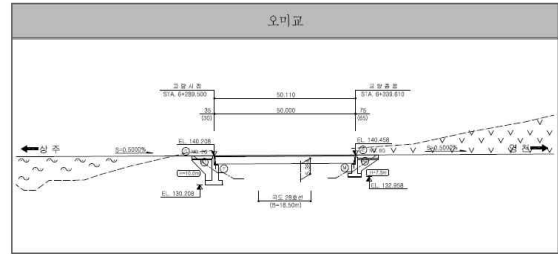
$$\epsilon_{cs}(t, t') = f_c(t') \left[\frac{1}{E_{ci}(t')} + \phi(t, t') \right]$$

$\epsilon_{cs}(t, t')$: t' 일에서 $f_c(t')$ 의 응력이 가해졌을때

시간 t 일에서의 탄성변형률과 크리프를 포함한 전체 변형률

E_{ci} : 28일 재령 콘크리트의 초기 접선탄성계수

나. 종단면도



5.1.3 하중산정

가. 고정하중

구 분	콘크리트	강 재	포장
단위중량(kN/m³)	25.00	78.50	23.50

: STEEL-BOX 거더 자중은 프로그램 내에서 자동으로 계산.

1) 합성전 바닥판 타설하중 (STEEL-BOX에 적용)

2) 합성후 고정하중 (방호벽, 포장하중)

- ① 방호벽 = $(0.393 \times 25.00) / 0.42 = 23.426 \text{ kN/m}^2$
- ② 중분대 = $(0.421 \times 25.00) / 0.61 = 17.263 \text{ kN/m}^2$
- ③ 포장 = $0.050 \times 23.50 = 1.175 \text{ kN/m}^2$

나. 활 하 중

1) 설계차로폭 및 차로수

- 일반구간 : 연석간 교폭 : $W_c = 11.395 \text{ m}$

$\therefore$ 설계차로수, $N = 3$

설계차로폭 : $W = W_c / N = 11.395 / 3 = 3.798 > 3.600 \text{ m} \therefore 3.600 \text{ m}$

$$E_{ci} = 2.15 \times 10^4 \sqrt{f_{cu}/10}$$

$\phi(t, t')$: 크리프 계수

t : 콘크리트의 재령(일)

t' : 지속하중이 작용할 때의 콘크리트의 재령(일)

ϕ_o : 콘크리트의 개념 크리프 계수

$\phi_{RH} = \phi_{RH} \beta(f_{cu}) \beta_c(t')$

ϕ_{RH} : 외기의 상대습도와 부재두께에 의해 크리프에 미치는 영향

$$\phi_{RH} = 1 + \frac{1 - 0.01RH}{0.10 + \sqrt{h}}$$

$\beta(f_{cu})$: 콘크리트 강도에 의해 크리프에 미치는 영향함수

$$\beta(t') = \frac{16.8}{\sqrt{f_{cu}}}$$

$\beta(t')$: 계속하중이 가해지는 시간 t' 에 의해 크리프에 미치는 영향 함수

$$\beta(t') = \frac{1}{0.1 + (t')^{0.2}}$$

$\beta_c(t-t')$: 재하기간에 따라 크리프에 미치는 영향함수

$$\beta_c(t') = \left[\frac{1}{\beta_H + (t-t')} \right]^{0.3}$$

β_H : 외기의 상대습도와 부재의 두께에 따른 계수

$\beta_H = 1.5 [1 + (0.012RH)18]h + 250 \leq 1500 \text{ 일}$

$h = 2Ac/u$: 개념적인 부재치수(mm)

Ac : 단면적(mm²), u : 외기와 접촉하는 단면둘레(mm)

RH : 상대습도(%), f_{cu} : 콘크리트의 28일 평균 압축강도(MPa)

3) 콘크리트의 건조수축 변형률

$$\epsilon_{sh}(t, t_s) = \epsilon_{sho} \beta_s(t-t')$$

$\epsilon_{sh}(t, t_s)$: 외기 노출 재령 t_s 인 콘크리트의 재령 t 에서의 전체 건조수축 변형률

ϵ_{sho} : 개념적인 건조수축계수

$$\epsilon_{sho} = \epsilon_s(f_{cu}) \beta_{RH}$$

$\beta_s(t-t')$: 건조 기간에 따른 건조수축 변형률 함수

$$\beta_s(t-t') = \sqrt{\frac{(t-t')}{0.035h^2 + (t-t')}}}$$

자료 _ 오미교(초기안전점검 보고서)

t_s : 수축이 시작될 때의 콘크리트의 재령(일)

$$\varepsilon_s(f_{cu}) = [160 + 10\beta_{sc}(9 - f_{cu}/10)] \times 10^{-6}$$

β_{RH} : 외기습도에 따른 크리프와 건조수축에 미치는 영향계수

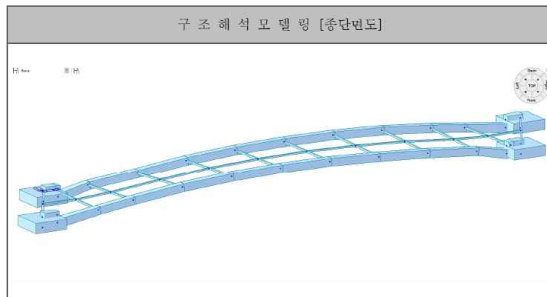
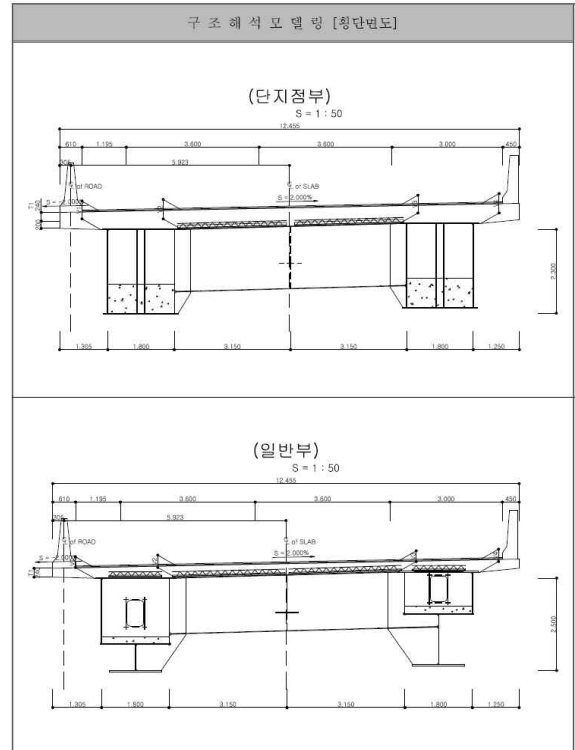
$$\beta_{RH} = \begin{cases} -1.55[1 - (RH/100)^3] & (40\% \leq RH < 99\%) \\ 0.25 & (RH \geq 99\%) \end{cases}$$

A_c : 단면적(mm^2), u : 외기와 접촉하는 단면둘레(mm)

RH : 상대습도(%), f_{cu} : 콘크리트의 28일 평균 압축강도(MPa)

5.2 SB-Arch 구조해석

5.2.1 모델링



※ 사용 구조해석 프로그램명 : MIDAS CIVIL

5.2.2 응력검토

가. 허용응력 검토 결과

1) 단면제원

합성전				합성후(1.2차고정하중 합성후)			
A(cm^2)	Ix(cm^4)	Ysu(cm)	Ysl(cm)	A(cm^2)	Ix(cm^4)	Ysu(cm)	Ysl(cm)
1,795.68	21,507.583	163.95	95.04	5,041.15	55,112.870	5,589.05	20,310.95

2) 발생응력

구분		응력 (MPa)					
		합성전	1차합성후	2차합성후	활하중	지점검하	
바닥판	상면	-	-	1.179	1.657	0.001	
	하면	-	-	0.761	1.070	0.000	
거더	상면	64.328	57.001	5.633	7.915	0.002	
	하면	5.667	55.713	20.469	28.764	0.009	

구분		응력 (MPa)					
		충진콘 크리프	충진콘건조수축	크리프	건조수축	온도차	
바닥판	상면	0.232	0.653	0.514	1.103	0.668	
	하면	0.193	0.545	0.184	1.305	0.998	
거더	상면	1.381	3.895	1.231	4.253	2.633	
	하면	1.037	2.829	1.090	3.765	2.368	

3) 조합응력 검토

하중조합	충진 CONCRETE				STEEL				비 고
	작용응력 (MPa)		허용응력 (MPa)		작용응력 (MPa)		허용응력 (MPa)		
	상면	하면	상면	하면	상면	하면	상면	하면	
1	0.000	0.000	0.000	0.000	64.328	-36.900	175.000	175.000	O.K
1+2+3	8.079	6.628	16.000	16.000	121.329	-92.613	175.000	175.000	O.K
1+2+3+4	8.688	6.902	16.000	16.000	128.961	-113.082	175.000	175.000	O.K
1+2+3+4+5	9.545	7.286	16.000	16.000	134.876	-141.846	175.000	175.000	O.K
1+2+3+4+5+6	9.545	7.286	16.000	16.000	134.879	-141.855	175.000	175.000	O.K
1+2+3+4+5+6+7	8.466	6.609	16.000	16.000	136.260	-142.892	201.250	175.000	O.K
1+2+3+4+5+6+7+8	5.712	3.826	16.000	16.000	140.155	-145.721	201.250	175.000	O.K
1+2+3+4+5+6+7+8+9	6.943	4.916	16.000	16.000	148.369	-148.476	201.250	175.000	O.K
1+2+3+4+5+6+7+8+9+10	11.195	8.681	16.000	16.000	176.755	-158.015	201.250	175.000	O.K

하중 조합	SLAB- CONCRETE				RE-BAR				비 고
	작용응력(MPa)		허용응력(MPa)		작용응력(MPa)		허용응력(MPa)		
	상면	하면	상면	하면	상면	하면	상면	하면	
1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	180.000	180.000	O.K
1+2+3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	180.000	180.000	O.K
1+2+3+4	1.179	0.761	10.800	10.800	1.179	0.761	180.000	180.000	O.K
1+2+3+4+5	2.836	1.832	10.800	10.800	2.836	1.832	180.000	180.000	O.K
1+2+3+4+5+6	2.836	1.832	10.800	10.800	2.836	1.832	180.000	180.000	O.K
1+2+3+4+5+6+7	3.068	2.025	10.800	10.800	3.068	2.025	180.000	180.000	O.K
1+2+3+4+5+6+7+8	3.721	2.570	10.800	10.800	3.721	2.570	180.000	180.000	O.K
1+2+3+4+5+6+7+8+9	3.208	2.387	10.800	10.800	3.208	2.387	180.000	180.000	O.K
1+2+3+4+5+6+7+8+9+10	2.105	1.082	10.800	10.800	2.105	1.082	180.000	180.000	O.K

자료 _ 오미교(초기안전점검 보고서)

4) 합성응력

하중조합	전단응력검토		합성응력도		검 토 결 과					
	작용응력(MPa)	$\{(f/ta)2+(p/qa)2\}$	바닥판 콘크리트		STEEL					
	좌용응력	허용응력	상 인	하 인	상 인	하 인	상 인	하 인	부부인	합성
1	5.687	110.000	0.138	0.047	-	-	O.K	O.K	O.K	O.K
1+2	14.774	110.000	0.499	0.298	-	-	O.K	O.K	O.K	O.K
1+2+3	23.394	110.000	0.572	0.463	O.K	O.K	O.K	O.K	O.K	O.K
1+2+3+4	51.936	110.000	0.817	0.880	O.K	O.K	O.K	O.K	O.K	O.K
1+2+3+4+5	52.007	110.000	0.818	0.881	O.K	O.K	O.K	O.K	O.K	O.K
1+2+3+4+5+6	52.007	110.000	0.682	0.890	O.K	O.K	O.K	O.K	O.K	O.K
1+2+3+4+5+6+7	52.007	110.000	0.709	0.917	O.K	O.K	O.K	O.K	O.K	O.K
1+2+3+4+5+6+7+8	52.007	110.000	0.767	0.943	O.K	O.K	O.K	O.K	O.K	O.K
1+2+3+4+5+6+7+8+9	52.007	110.000	0.995	1.039	O.K	O.K	O.K	O.K	O.K	O.K
1+2+3+4+5+6+7+8+9+10	52.007	126.500	0.897	0.811	O.K	O.K	O.K	O.K	O.K	O.K
1+2+3+4+5+6+7+8+9+10	52.007	126.500	0.660	0.760	O.K	O.K	O.K	O.K	O.K	O.K

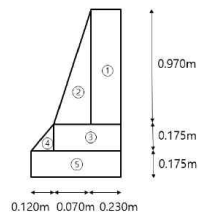
5.2.3 바닥판 부재검토

가. 캔틸레버부의 단면력 검토

1) 바닥판의 최소 두께 : 바닥판의 최소두께는 220mm < 266mm(사용두께) O.K.

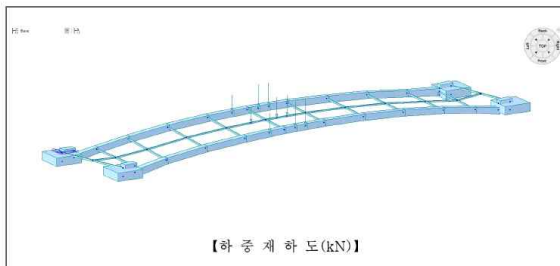
2) 하중의 산정

- 고정하중 산정



5.2.4 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
S2(μe)	74.180	43.260	12.550
S4(μe)	14.690	43.120	70.410

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

구 분	고정하중(kN)	거리(m)	모멘트(kN·m)
연석	① 0.230×0.970×1.00×25.0=	5.578	1.030
	② 1/2×0.070×0.970×1.00×25.0=	0.849	0.892
	③ 0.300×0.175×1.0×25.0=	1.312	0.995
	④ 1/2×0.120×0.175×1.0×25.0=	0.263	0.805
	⑤ 0.420×0.175×1.0×25.0=	1.838	0.935
포장	⑥ 0.050×0.725×1.0×23.50=	0.852	0.363
바닥판	⑦		4.730
방음벽	⑧		0.000
계			14.777

- 활하중 산정

· X = 0.425

· i = 15/(0.425+40) = 0.371 > 0.3 이므로 i = 0.3

· E = 0.8X + 1.14 = 1.480

· $M_l = \frac{P}{E} X(1+i) = \frac{96}{1.481} \times 0.425 \times (1+0.3) = 35.838 \text{ kN·m}$

나. 최대 계수모멘트 계산(캔틸레버부)

$$Mu1 = 1.3D + 2.15L = 96.262 \text{ kN·m}$$

- 단면검토

$$\begin{aligned} \phi M_n &= \phi \times A_s \times f_y \times (d - \frac{a}{2}) \\ &= 0.85 \times 1626.5 \times 400 \times (271.5 - \frac{28.349}{2}) \\ &= 142.304 \text{ kN·m} > Mu = 96.262 \text{ kN·m} \quad \therefore \text{O.K} \end{aligned}$$

5.2.5 실측보정계수 산정

Load Case별 처짐량중 차량하중이 직접적으로 재하되는 위치에서 계산치 처짐량과 실측치처짐량에 충격계수를 고려하여 실측보정계수(Ks)를 다음과 같이 구하였다.

$$K_s = \frac{\varepsilon \text{ 계산}}{\varepsilon \text{ 실측}} \times \left(\frac{1+i \text{ 계산}}{1+i \text{ 실측}} \right) \quad \text{or} \quad \frac{\delta \text{ 계산}}{\delta \text{ 실측}} \times \left(\frac{1+i \text{ 계산}}{1+i \text{ 실측}} \right)$$

여기서, δ 계산 = 이론 처짐량 i 계산 = 이론 충격계수

δ 실측 = 실측 처짐량 i 실측 = 실측 충격계수

【변형률에 의한 실측보정계수】

구 분	재하 경우	변위계	계산변형률 (μe)	실측변형률 (μe)	$\frac{\delta \text{ 계산}}{\delta \text{ 실측}}$	$\frac{1+i \text{ 계산}}{1+i \text{ 실측}}$	실측보정계수 (Ks)
오미교	LC.1	S2(μe)	74.180	32.010	2.317	1.023	2.370
		S4(μe)	14.690	12.610	1.165		1.192
	LC.2	S2(μe)	43.260	13.580	3.186		3.259
		S4(μe)	43.120	15.520	2.773		2.842
	LC.3	S2(μe)	12.550	10.670	1.176		1.203
		S4(μe)	70.410	36.860	1.910		1.954

자료 _ 오미교(초기안전점검 보고서)

5.2.6 내하율(R.F)산정

가. 허용응력법에 의한 내하율 산정

$$R.F = \frac{f_s - f_d}{f_t} = \frac{f_s - (f_t - f_1)}{f_t}$$

여기서, f_s : 실측 허용 능력
 f_t : 축하중에 의한 단면 상, 하연에서의 휨응력
 f_d : 실측 고정하중에 의한 응력
 f_1 : 활하중(충격계수포함)에 의한 단면 상, 하연에서의 휨응력

【허용응력설계법에 의한 내하율(R.F)】

구 분			허용응력 (MPa)	고정하중 (MPa)	활하중 (1+i) (MPa)	R.F
오미교	정모멘트부	상연	175.000	121.329	5.632	9.530
		하연	175.000	92.613	20.469	4.025

나. 강도설계법에 의한 내하율 산정

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

여기서, ϕM_n : 극한지향모멘트($\phi=0.85$)
 M_n : 축하중에 의한 극한모멘트
 $\gamma_d M_d$: 실측 고정하중모멘트(γ_d : 고정하중 계수 = 1.3)
 $\gamma_1 M_u$: 활하중(충격계수포함)에 의한 휨모멘트(γ_1 : 활하중 계수 = 2.15)

【강도설계법에 의한 내하율 (R.F)】

위 치	ϕM_n (kN·m)	M_n (kN·m)	M_d (kN·m)	$\gamma_d M_d$ (kN·m)	$\gamma_1 M_u (1+i)$ (kN·m)	R.F
바 닥 판	142.304	14.777	35.838	19.210	77.052	1.598

5.3.1 허용응력설계법

구 분			허용응력 (MPa)	고정하중 (MPa)	활하중 (1+i) (MPa)	S.F.
오미교	정모멘트부	상연	175.000	121.329	5.632	1.378
		하연	175.000	92.613	20.469	1.548

5.3.2 강도설계법

구 분	ϕMn (kN·m)	M_u (kN·m)	SF(안전율)	비 고
바 닥 판	142.304	96.262	1.478	SF = 1.0 이상

5.3.3 구조안전성 및 내하력에 의한 평가

【오미교 구조안전성 및 내하력에 의한 평가】

부 재 명	최소안전율(SF)	내하율(R.F)	공용내하력	평가	비 고
바 닥 판	1.478	1.598	DB-24이상	A	강도설계법
거 더 정모멘트	1.378	4.025	DB-24이상	A	허용응력설계법
결과분석	●강도설계법에 의한 바닥판 검토결과 최소 안전율은 1.478로 평가되었으며, 허용응력설계법에 의한 거더 검토결과 최소 안전율은 1.378로 평가되어 구조적 안전성을 확보하고 있는 것으로 평가되었다. ●최소안전율 및 내하율에 의한 공용내하력 평가 결과 전구간에서 DB-24 이상을 확보하고 있는 것으로 검토되었다.				

5.2.7 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 = $\frac{\text{표제단}}{\text{실측단}} \times \left(\frac{1+i \text{ 계산}}{1+i \text{ 실측}} \right)$

다. 공용내하력 산정 결과

구 분		R.F	기본내하력	Ks	공용내하력	비 고
오미교	거 더	4.025	DB- 96.600	1.954	DB- 188.756	DB-24 이상
	바닥판	1.598	DB- 38.352	—	—	DB-24 이상

5.3 SB-Arch 안전성평가

【구조물의 안전성평가 기준】

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