

제2장 자료수집 및 분석

2.1 자료수집 현황

2.2 건설 관련자료 검토결과 요약

2.3 기존 점검 및 진단자료 분석

2.4 보수·보강 이력

2.5 내진설계 여부

2.6 시설물의 용도변경 여부 확인

2.7 수집자료 검토결과 및 점검방향 설정

제2장 자료수집 및 분석

2.1 자료수집 현황

본 과업에 대한 자료조사는 주변현황 자료와 시설물의 설계, 시공 및 유지관리 관련자료로 대별되며, 자료 분석을 통하여 과업 수행의 추진방향과 세부계획을 수립하였다.

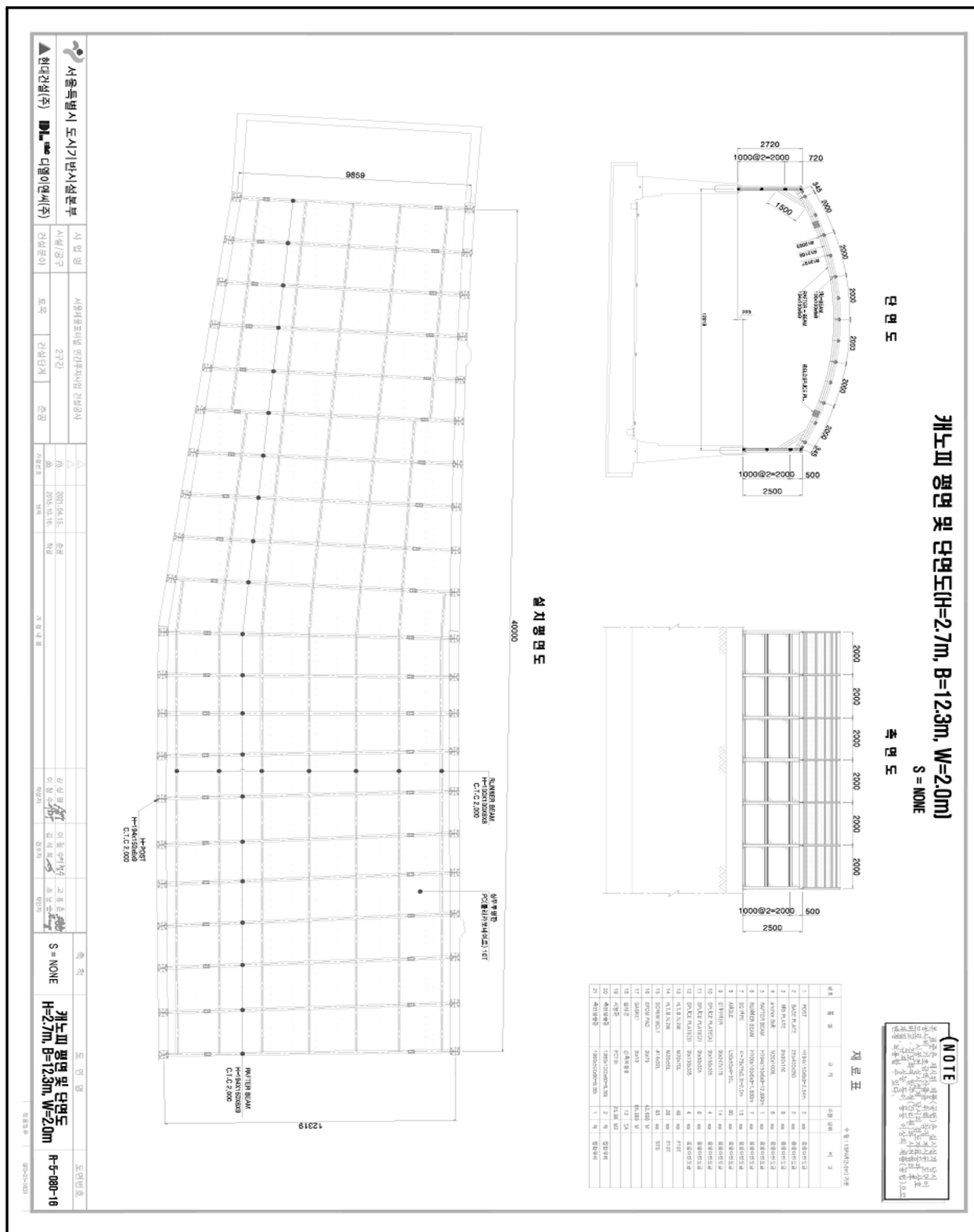
또한, 본 과업 대상구조물의 관련자료를 수집·분석하여 구조물의 이력 확인, 결함 및 손상의 원인 분석, 손상의 변화 및 진행성 여부, 보수·보강대책 및 유지관리방안을 수립하기 위한 기초자료로 활용하였다.

2.1.1 자료수집 현황

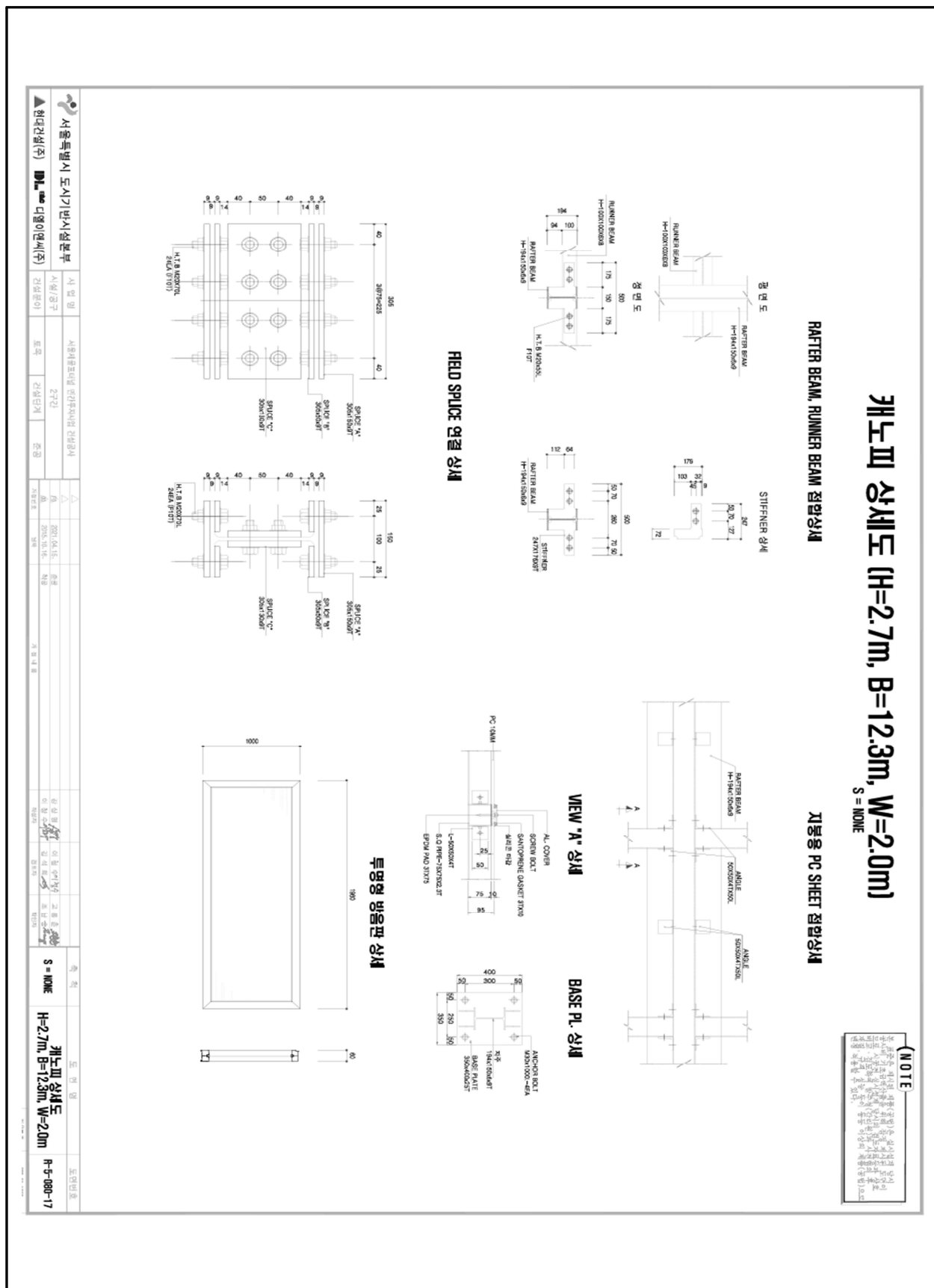
【표 2.1.1】 자료수집 현황

보존대상 목록		보유 현황	비 고
설계 도서	◇ 공통 - 준공내역서 - 공사시방서 - 각종계산서 - 토질 및 지반조사 보고서 - 기타 특이사항 보고서	보유 보유 보유 보유 보유	◇ FMS, 파일
	◇ 설계도면 - 위치도, - 평면도 - 단면도(중·횡) - 구조물도, 상세도	보유 보유 보유 보유 일부보유	◇ FMS, 파일
시설물 관리대장	◇ 기본현황 ◇ 상세제원 ◇ 유지관리 이력	보유 보유 보유	◇ FMS, 파일
시공 관련 자료	◇ 시공관련 자료 ◇ 품질관리 관련자료 - 재료증명서 - 품질시험기록 - 관리·선정시험 기록 등 각종 시험 기록 - 주요 구조부위에 대한 계측 관련자료 ◇ 사고기록	보유 보유 보유 보유 해당없음	◇ FMS, 파일
안전점검 및 정밀안전진단 자료		미보유	◇ 도서, 파일, FMS - 최초 정밀안전점검임.
보수·보강 자료		보유	

2.2.1 주요 설계도면



【그림 2.2.1】 평면 및 단면도



【그림 2.2.2】 캐노피 상세도

2.2.2 구조계산서

가. 설계조건

1.기본설계조건

1)방음터널설치지역: 내륙(서울)

2) 기본 풍속 : 30.0 m/s

방음벽 기초 및 지주의 지역별 표준 설계종하중 (국토해양부 2010.12)

기본풍속 (m/s)	지명	토 공 부 (방음벽높이) kN/m ²			교 랑 부 kN/m ²
		H≤4.5m	4.5m≤H≤9.0m	9.0m<H	
30.0	서울, 인천, 대구, 대전, 경주, 춘천, 청주, 수원, 주원령, 전주, 익산, 천주, 서산	0.7	0.9	1.0	1.1
35	부산, 울산, 강릉, 포항, 군산, 목포, 광주	0.9	1.2	1.3	1.5
40	여수, 속초	1.2	1.5	1.5	2.0
45	-	1.5	1.5	1.5	2.5

주) '이상기상 대비 구조물의 내충격계기준 정비 및 개발', 2010, 반영

3)방음터널 폭(B): 12.32 M

4) 반응더널 지주설치간격(W): 2.00 M

5)방음터널기초설계강도(fck): 27.0 MPa

6) 허용응력

- | | | |
|--|---------|-------------------------------|
| ① POST, BEAM, BASE PLATE 허용압축력(f_a): | 160 MPa | (도로교설계기준 3.3.2.1 구조용강재의 허용응력) |
| ② POST, BEAM, BASE PLATE 허용전단응력(τ_a): | 90 MPa | (도로교설계기준 3.3.2.1 구조용강재의 허용응력) |
| ③ 엔지니어링허용인장응력(σ_{ba}): | 140 MPa | (도로교설계기준 3.3.2.1 구조용강재의 허용응력) |
| ④ 엔지니어링허용전단응력(τ_{sa}): | 90 MPa | (도로교설계기준 3.3.2.3 아물음강재의 허용응력) |

— 103 —

- ⑤ H.T.B (F10T) M22의 허용전단응력(2면하철): 78 kN/EA (도로교설계기준 3.3.2.3 허용응력의 2배)
 ⑥ 콘크리트의 허용전단응력(t_{wa}): 110 MPa (도로교설계기준 3.3.2.3 콘크리트의 허용응력)

7)하중조합

- ① $D+SW$
- ② $D+(\pm T)$
- ③ $D+(\pm T)+SW$
- ④ $D+W+SW$
- ⑤ $D+W+(\pm T)+SW$
- ⑥ $D+W$
- ⑦ $D+(\pm T)+W$

8) 사용재료

8.1) 주요강제

- 측면 기둥재(H 형강) : H - 194×150×6×9 (SM 275)
- 중앙부 기둥재(H 형강) : H - 194×150×6×9 (SM 275)
- 지붕재(H 형강) : H - 194×150×6×9 (SM 275)
- 중앙상 보강재(H 형강) : H - 100X100X6X8 (SM 275)
- 판보강재(Square Bar) : □ - 75X75X2.3T (SM 275)

8.2) 이음볼트 및 앵커볼트

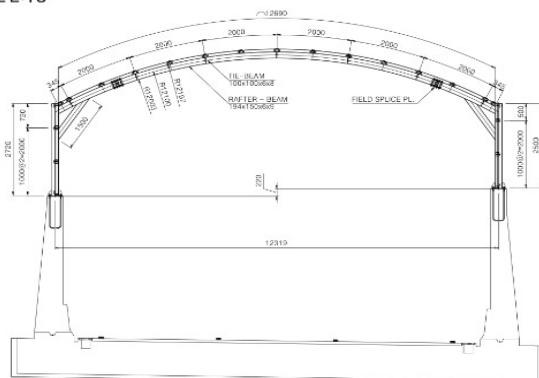
- 부재연결용: F10T M20
- 기초고정용: L형앙카볼트 M30

8.3) 방음단

- 지붕용 PC SHEET 10T : 단위중량 = 180.0 (N/m²)

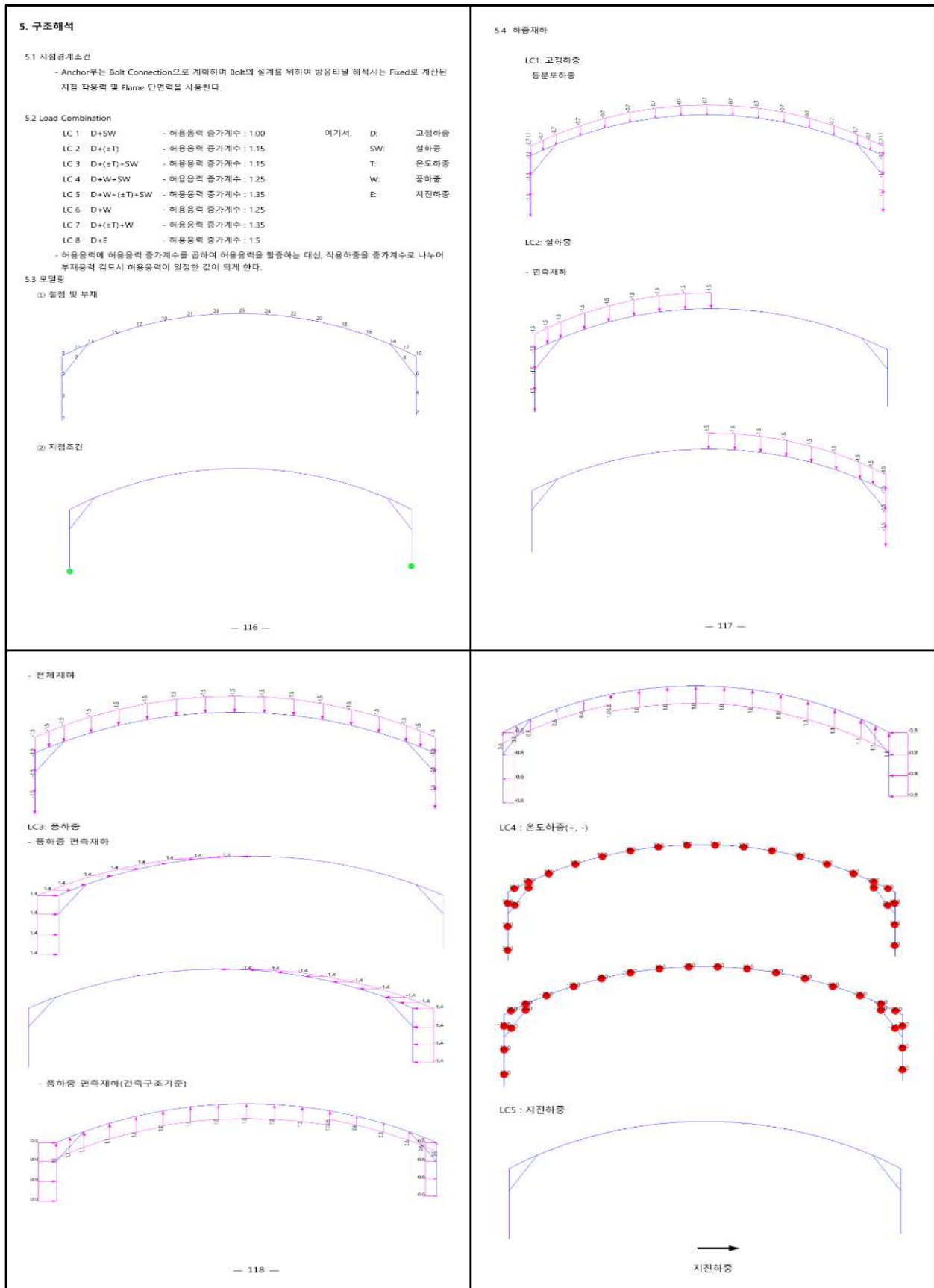
— 104 —

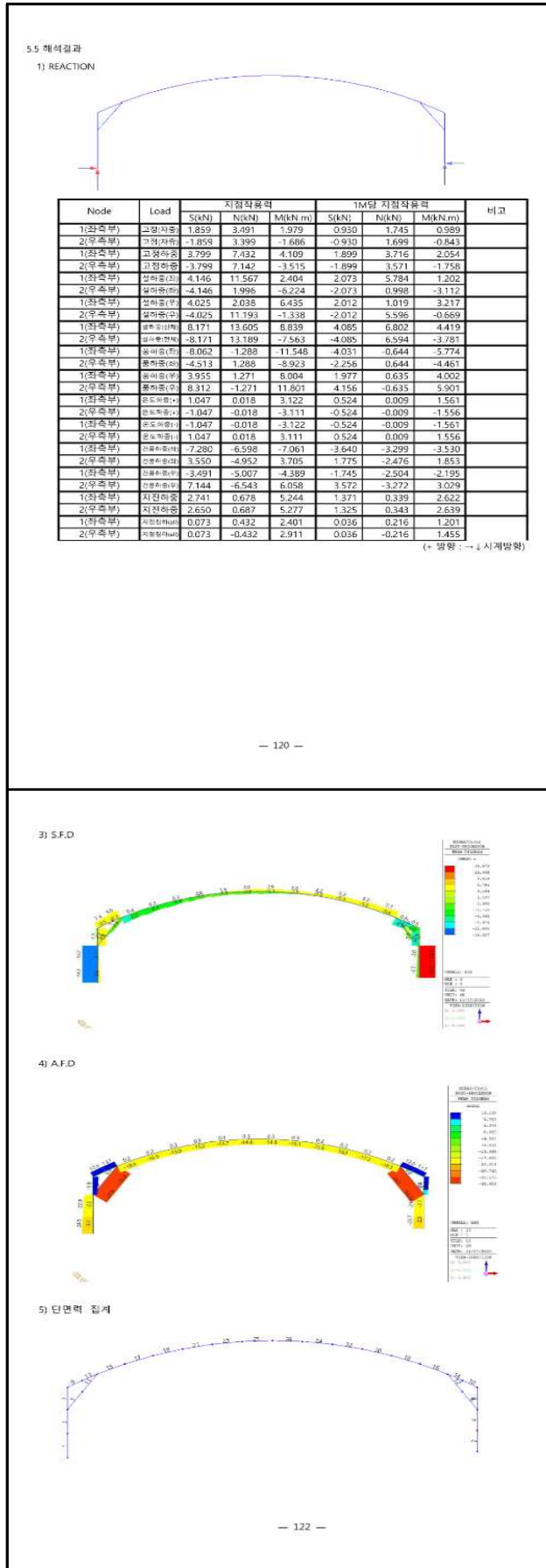
2. 단면가정



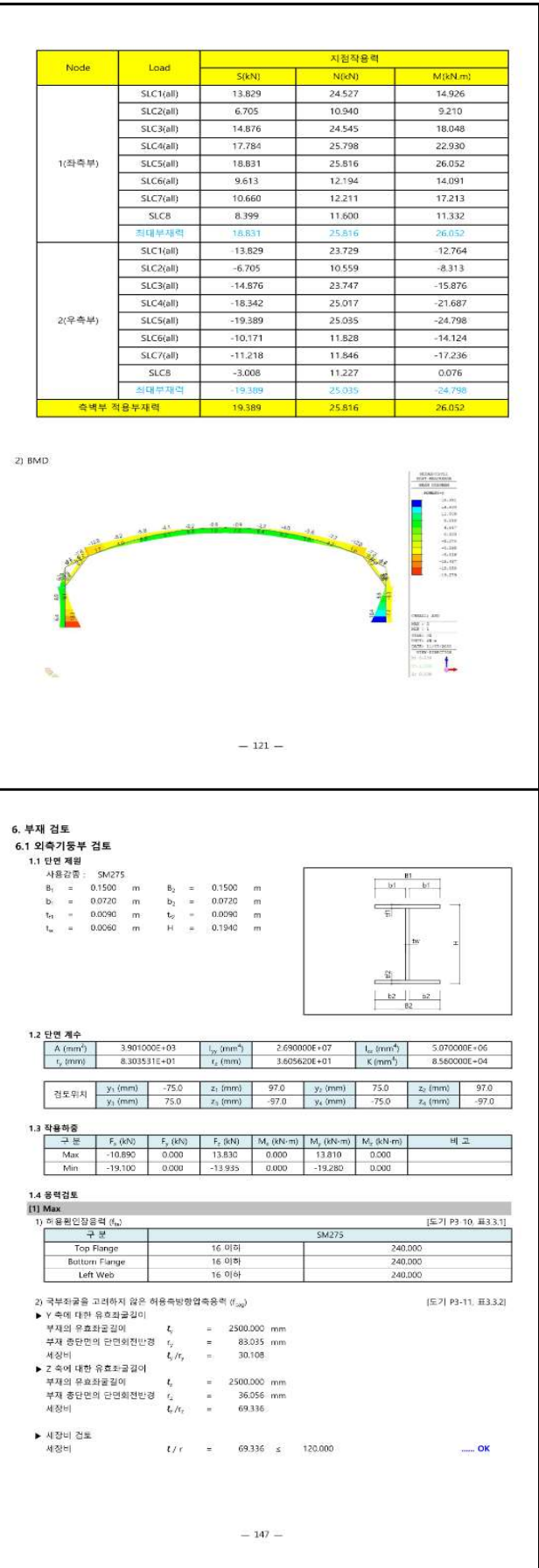
— 105 —

나. 구조계산서 결과 요약





- 120 -



- 147 -

2) 국부좌굴을 고려하지 않은 허용좌굴압축응력 (f_{cr}) [도기 P3-11, 표3.3.2]

▶ Y 축에 대한 유효좌굴길이

부재의 유효좌굴길이 $t_y = 2500.000$ mm
 부재 종단면의 단면회전반경 $r_y = 83.035$ mm
 세장비 $t_y / r_y = 30.108$

▶ Z 축에 대한 유효좌굴길이

부재의 유효좌굴길이 $t_z = 2500.000$ mm
 부재 종단면의 단면회전반경 $r_z = 36.056$ mm
 세장비 $t_z / r_z = 69.336$

▶ 세장비 검토

세장비 $t / r = 69.336 \leq 120.000$ OK

구분	SM275
Top Flange	16 이하 $F_{cgr} = 240 - 1.5 \times (t/r - 18) = 162.996$
Bottom Flange	16 이하 $F_{cgr} = 240 - 1.5 \times (t/r - 18) = 162.996$
Left Web	16 이하 $F_{cgr} = 240 - 1.5 \times (t/r - 18) = 162.996$
Top Flange	16 이하 $F_{cgr} = 240 - 1.5 \times (t/r - 18) = 221.838$
Bottom Flange	16 이하 $F_{cgr} = 240 - 1.5 \times (t/r - 18) = 221.838$
Left Web	16 이하 $F_{cgr} = 240 - 1.5 \times (t/r - 18) = 221.838$

3) 허용좌굴응력 (f_{buck}) [도기 P3-16, 표3.3.4]

▶ Top Flange

압축플랜지 고정점간 거리 $l = 2000.000$ mm
 압축플랜지 폭 $b = 150.000$ mm
 복판의 종단면적 $A_w = 1056.000$ mm²
 압축플랜지 종단면적 $A_c = 1350.000$ mm²

$\frac{A_c}{A_w} = 0.782 \leq 2.000$, $\frac{l}{b} = 13.333$, $K = \sqrt{3 + \frac{A_c}{2A_w}} = 1.841$

구분	SM275
16 이하	$4.5 < t/b \leq 30.0$ $240 - 2.9 \times (t/b - 4.5) = 214.558$

▶ Bottom Flange

압축플랜지 고정점간 거리 $l = 2000.000$ mm
 압축플랜지 폭 $b = 150.000$ mm
 복판의 종단면적 $A_w = 1056.000$ mm²
 압축플랜지 종단면적 $A_c = 1350.000$ mm²

$\frac{A_c}{A_w} = 0.782 \leq 2.000$, $\frac{l}{b} = 13.333$, $K = \sqrt{3 + \frac{A_c}{2A_w}} = 1.841$

구분	SM275
16 이하	$4.5 < t/b \leq 30.0$ $240 - 2.9 \times (t/b - 4.5) = 214.558$

$t_1 = b / 12.9 = 72.0 / 12.9 = 5.581$ mm

구분	SM275
16 이하	$b/12.9 \leq t$ 240.000

7) 보강판 및 영면지판의 국부좌굴에 대한 허용응력

▶ Left Web

판두께 $t = 6.0$ mm
 판의 고정점 사이의 거리 $b = 176.0$ mm
 응력구배계수 $\phi = 0.65\phi^2 + 0.13\phi + 1.0 = 3.480$
 응력구배 $\phi = (f_1 - f_2) / f_1 = 1.856$
 판의 양면에서의 응력 $f_1 = -67.968$ MPa, $f_2 = 58.176$ MPa

압축응력을 받는 영면지판의 최소두께 $t \leq 40$ mm
 $t_{min} = b / 561 = 176 / 194.89 = 0.9 \leq t = 6.0$ mm OK

영면지판의 국부좌굴에 대한 허용응력 (f_{cr}) [도기 P3-36, 표3.4.3]

구분	SM275
16 이하	$b/39.31 \leq t$ 240.000

8) 허용응력 요약

구분	f_{cr}	f_{cr}	f_{cr}	f_{cr}	u_s
Top Flange	240.000	162.996	221.838	240.000	135.000
Bottom Flange	240.000	162.996	221.838	240.000	135.000
Left Web	240.000	162.996	221.838	240.000	135.000

$f_{cr} = f_{cr1} \cdot f_{cr2} / f_{cr3}$

9) 국부좌굴 및 휨모멘트를 받는 부재의 허용응력 검토

▶ 국부좌굴에 의한 응력

$f_c = P / A = -19.100 \times 10^3 / 3.9010E+03 = -4.896$ MPa

▶ 휨모멘트에 의한 응력

$f_{b1} = M_y \times z_1 / I_y = 69.523$ MPa, $f_{b2} = M_y \times y_1 / I_z = 0.000$ MPa
 $f_{b3} = M_y \times z_2 / I_y = 69.523$ MPa, $f_{b4} = M_y \times y_2 / I_z = 0.000$ MPa
 $f_{b5} = M_y \times z_3 / I_y = -69.523$ MPa, $f_{b6} = M_y \times y_3 / I_z = 0.000$ MPa
 $f_{b7} = M_y \times z_4 / I_y = -69.523$ MPa, $f_{b8} = M_y \times y_4 / I_z = 0.000$ MPa

f_{b1} (y_1, z_1)	64.626	f_{b2} (y_2, z_2)	64.626
f_{b3} (y_3, z_3)	-74.419	f_{b4} (y_4, z_4)	-74.419

▶ Position 1 (y-direction)

$f_c + \frac{f_{b1}}{1 - \frac{f_{b1}}{f_{cr}}} + \frac{f_{b2}}{1 - \frac{f_{b2}}{f_{cr}}} \leq f_{cr}$

$-4.896 + \frac{69.523}{(1 - \frac{-4.896}{1985.721})} + \frac{0.000}{(1 - \frac{-4.896}{374.414})} = 64.798$ MPa $\leq f_{cr} = 240.000$ MPa OK

▶ Left Web

압축플랜지 고정점간 거리 $l = 2000.000$ mm
 압축플랜지 폭 $b = 176.000$ mm
 복판의 종단면적 $A_w = 2700.000$ mm²
 압축플랜지 종단면적 $A_c = 1056.000$ mm²

$\frac{A_c}{A_w} = 2.557 \leq 2.000$, $\frac{l}{b} = 11.364$, $K = \sqrt{3 + \frac{A_c}{2A_w}} = 2.058$

구분	SM275
$\frac{A_c}{A_w} \leq 2.0$	16 이하 $9.3/K < t/b \leq 30.0$ $240 - 1.86 \times (K \times t/b - 9.3) = 213.587$

4) 허용 오일러 좌굴응력 [도기 P3-47, 식3.4.13-14]

f_{E1} (MPa)	f_{E2} (MPa)
$1200000/(l/r_1)^2$	1985.721
$1200000/(l/r_2)^2$	374.414

5) 허용좌굴응력 (f_{cr}) [도기 P3-18, 표3.3.5]

구분	SM275
Top Flange	16 이하 135.000
Bottom Flange	16 이하 135.000
Left Web	16 이하 135.000

6) 자유출판의 국부좌굴에 대한 허용응력

▶ 압축응력을 받는 자유출판의 최소두께 [도기 P3-37]

Top Flange(L) $t = 9.000$ mm
 $t_1 = b / 16 = 72.0 / 16.0 = 4.500$ mm $\leq t = 9.000$ mm OK

Top Flange(R) $t = 9.000$ mm
 $t_1 = b / 16 = 72.0 / 16.0 = 4.500$ mm $\leq t = 9.000$ mm OK

Bottom Flange(L) $t = 9.000$ mm
 $t_1 = b / 16 = 72.0 / 16.0 = 4.500$ mm $\leq t = 9.000$ mm OK

Bottom Flange(R) $t = 9.000$ mm
 $t_1 = b / 16 = 72.0 / 16.0 = 4.500$ mm $\leq t = 9.000$ mm OK

▶ 자유출판의 국부좌굴에 대한 허용응력 (f_{cr}) [도기 P3-38, 표3.4.4]

Top Flange(L) $t = 9.000$ mm
 $t_1 = b / 12.9 = 72.0 / 12.9 = 5.581$ mm

구분	SM275
16 이하	$b/12.9 \leq t$ 240.000

Top Flange(R) $t = 9.000$ mm
 $t_1 = b / 12.9 = 72.0 / 12.9 = 5.581$ mm

구분	SM275
16 이하	$b/12.9 \leq t$ 240.000

Bottom Flange(L) $t = 9.000$ mm
 $t_1 = b / 12.9 = 72.0 / 12.9 = 5.581$ mm

구분	SM275
16 이하	$b/12.9 \leq t$ 240.000

Bottom Flange(R) $t = 9.000$ mm

▶ Position 2 (y-direction)

$f_c + \frac{f_{b1}}{1 - \frac{f_{b1}}{f_{cr}}} + \frac{f_{b2}}{1 - \frac{f_{b2}}{f_{cr}}} \leq f_{cr}$

$-4.896 + \frac{69.523}{(1 - \frac{-4.896}{1985.721})} + \frac{0.000}{(1 - \frac{-4.896}{374.414})} = 64.798$ MPa $\leq f_{cr} = 240.000$ MPa OK

▶ Position 3 (y-direction)

$f_c + \frac{f_{b3}}{1 - \frac{f_{b3}}{f_{cr}}} + \frac{f_{b4}}{1 - \frac{f_{b4}}{f_{cr}}} \leq f_{cr}$

$-4.896 + \frac{69.523}{(1 - \frac{-4.896}{1985.721})} + \frac{0.000}{(1 - \frac{-4.896}{374.414})} = -74.591$ MPa $\leq f_{cr} = 240.000$ MPa OK

$\frac{f_c}{f_{cr}} + \frac{f_{b5}}{f_{cr}} \left(1 - \frac{f_{b5}}{f_{cr}}\right) + \frac{f_{b6}}{f_{cr}} \left(1 - \frac{f_{b6}}{f_{cr}}\right) \leq 1.0$

$-4.896 + \frac{69.523}{118.254} \left(1 - \frac{-4.896}{1985.721}\right) + \frac{0.000}{240.000} \left(1 - \frac{-4.896}{374.414}\right) = -0.616 \leq 1.000$ OK

▶ Position 4 (y-direction)

$f_c + \frac{f_{b7}}{1 - \frac{f_{b7}}{f_{cr}}} + \frac{f_{b8}}{1 - \frac{f_{b8}}{f_{cr}}} \leq f_{cr}$

$-4.896 + \frac{69.523}{(1 - \frac{-4.896}{1985.721})} + \frac{0.000}{(1 - \frac{-4.896}{374.414})} = -74.591$ MPa $\leq f_{cr} = 240.000$ MPa OK

$\frac{f_c}{f_{cr}} + \frac{f_{b9}}{f_{cr}} \left(1 - \frac{f_{b9}}{f_{cr}}\right) + \frac{f_{b10}}{f_{cr}} \left(1 - \frac{f_{b10}}{f_{cr}}\right) \leq 1.0$

$-4.896 + \frac{69.523}{98.396} \left(1 - \frac{-4.896}{1985.721}\right) + \frac{0.000}{240.000} \left(1 - \frac{-4.896}{374.414}\right) = -0.636 \leq 1.000$ OK

▶ Position 5 (z-direction)

$f_c + \frac{f_{b11}}{1 - \frac{f_{b11}}{f_{cr}}} + \frac{f_{b12}}{1 - \frac{f_{b12}}{f_{cr}}} \leq f_{cr}$

$-4.896 + \frac{0.000}{(1 - \frac{-4.896}{374.414})} + \frac{69.523}{(1 - \frac{-4.896}{1985.721})} = 64.798$ MPa OK

$= 64.798 \text{ MPa} \leq f_{\text{ax}} = 240.000 \text{ MPa}$ OK

▶ Position 2 (z-direction)

$$f_z = \frac{f_{\text{ax}}}{1 - \frac{f_{\text{ax}}}{f_{\text{ax}}}} + \frac{f_{\text{ax}}}{1 - \frac{f_{\text{ax}}}{f_{\text{ax}}}} \leq f_{\text{ax}}$$

$$-4.896 + \frac{0.000}{(1 - \frac{-4.896}{374.414})} + \frac{69.523}{(1 - \frac{-4.896}{1985.721})}$$
 $= 64.798 \text{ MPa} \leq f_{\text{ax}} = 240.000 \text{ MPa}$ OK

▶ Position 3 (z-direction)

$$f_z = \frac{f_{\text{ax}}}{1 - \frac{f_{\text{ax}}}{f_{\text{ax}}}} + \frac{f_{\text{ax}}}{1 - \frac{f_{\text{ax}}}{f_{\text{ax}}}} \leq f_{\text{ax}}$$

$$-4.896 + \frac{0.000}{(1 - \frac{-4.896}{374.414})} + \frac{-69.523}{(1 - \frac{-4.896}{1985.721})}$$
 $= -74.591 \text{ MPa} \leq f_{\text{ax}} = 240.000 \text{ MPa}$ OK

$$\frac{f_z}{f_{\text{ax}}} + \frac{f_{\text{ax}}}{f_{\text{ax}}} \leq 1.0$$

$$\frac{-4.896}{221.838} + \frac{0.000}{213.587 (1 - \frac{-4.896}{374.414})} + \frac{-69.523}{240.000 (1 - \frac{-4.896}{1985.721})}$$
 $= -0.312 \leq 1.0$ OK

▶ Position 4 (z-direction)

$$f_z = \frac{f_{\text{ax}}}{1 - \frac{f_{\text{ax}}}{f_{\text{ax}}}} + \frac{f_{\text{ax}}}{1 - \frac{f_{\text{ax}}}{f_{\text{ax}}}} \leq f_{\text{ax}}$$

$$-4.896 + \frac{0.000}{(1 - \frac{-4.896}{374.414})} + \frac{-69.523}{(1 - \frac{-4.896}{1985.721})}$$
 $= -74.591 \text{ MPa} \leq f_{\text{ax}} = 240.000 \text{ MPa}$ OK

$$\frac{f_z}{f_{\text{ax}}} + \frac{f_{\text{ax}}}{f_{\text{ax}}} \leq 1.0$$

$$\frac{-4.896}{221.838} + \frac{0.000}{213.587 (1 - \frac{-4.896}{374.414})} + \frac{-69.523}{240.000 (1 - \frac{-4.896}{1985.721})}$$
 $= -0.313 \leq 1.0$ OK

10) 전단응력에 대한 검토

$$u_x = F_x / A_w + M_x \times t / K$$

$$= -13.935 \times 10^3 / 1164.000 + 0.000 \times 10^6 \times 6.000E+00 / 8.5600E+04$$

$$= -11.972 \text{ MPa} \leq u_x = 135.000 \text{ MPa}$$
 OK

$$u_y = F_y / A_y + M_y \times t / K$$

$$= 0.000 \times 10^3 / 1800.000 + 0.000 \times 10^6 \times 9.000E+00 / 8.5600E+04$$

$$= 0.000 \text{ MPa} \leq u_y = 135.000 \text{ MPa}$$
 OK

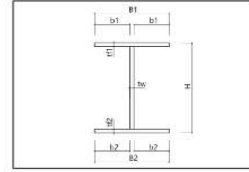
- 157 -

6.2 지붕부 검토

6.1 단면 계수

사용강종 : SM275

$B_1 = 0.1500 \text{ m}$	$B_2 = 0.1500 \text{ m}$
$b_1 = 0.0720 \text{ m}$	$b_2 = 0.0720 \text{ m}$
$t_1 = 0.0090 \text{ m}$	$t_2 = 0.0090 \text{ m}$
$t_w = 0.0060 \text{ m}$	$H = 0.1940 \text{ m}$



6.2 단면 계수

A (mm ²)	3.901000E+03	I _{yy} (mm ⁴)	2.690000E+07	I _{xx} (mm ⁴)	5.070000E+06
I _y (mm ⁴)	8.303531E+01	I _{xy} (mm ⁴)	3.605620E+01	K (mm ⁴)	8.560000E+04

검토위치	y ₁ (mm)	-75.0	z ₁ (mm)	97.0	y ₂ (mm)	75.0	z ₂ (mm)	97.0
	y ₃ (mm)	75.0	z ₃ (mm)	-97.0	y ₄ (mm)	-75.0	z ₄ (mm)	-97.0

6.3 작용하중

구분	F _x (kN)	F _y (kN)	F _z (kN)	M _x (kN-m)	M _y (kN-m)	M _z (kN-m)	비고
Max	-9.720	0.000	2.330	0.000	6.600	0.000	
Min	-18.252	0.000	-7.204	0.000	-12.759	0.000	

6.4 용역검토

[1] Max

구분	SM275	(도기 P3-10, 표3.3.1)
Top Flange	16 이하	240.000
Bottom Flange	16 이하	240.000
Left Web	16 이하	240.000

가) 국부좌굴을 고려하지 않은 허용응력(σ_{adm}) (도기 P3-11, 표3.3.2)

▶ y 축에 대한 허용응력	
부재의 유효좌굴길이	$t_f = 12700.000 \text{ mm}$
부재 중단면의 단면회전반경	$r_y = 83.035 \text{ mm}$
세장비	$\lambda_y / r_y = 152.947$
▶ z 축에 대한 허용응력	
부재의 유효좌굴길이	$t_f = 12700.000 \text{ mm}$
부재 중단면의 단면회전반경	$r_z = 36.056 \text{ mm}$
세장비	$\lambda_z / r_z = 352.228$

▶ 세장비 검토

세장비	$\lambda / r = 352.228$
-----	-------------------------

- 159 -

4) 허용 모멘트 하중능력 (도기 P3-47, 표3.4.13-14)

f_{ay} (MPa)	1200000/(λ_y / r_y) ²	51.298
f_{ay} (MPa)	1200000/(λ_z / r_z) ²	9.672

5) 허용전단응력 (σ_{ad}) (도기 P3-18, 표3.3.5)

구분	SM275	
Top Flange	16 이하	135.000
Bottom Flange	16 이하	135.000
Left Web	16 이하	135.000

6) 자유출판의 국부좌굴에 대한 허용응력 (도기 P3-37)
▶ 압축응력을 받는 자유출판의 최소두께
 Top Flange(L) $t_{\text{min}} = b / 16 = 72.0 / 16.0 = 4.500 \text{ mm} \leq t_f = 9.000 \text{ mm}$ OK
 Top Flange(R) $t_{\text{min}} = b / 16 = 72.0 / 16.0 = 4.500 \text{ mm} \leq t_f = 9.000 \text{ mm}$ OK
 Bottom Flange(L) $t_{\text{min}} = b / 16 = 72.0 / 16.0 = 4.500 \text{ mm} \leq t_f = 9.000 \text{ mm}$ OK
 Bottom Flange(R) $t_{\text{min}} = b / 16 = 72.0 / 16.0 = 4.500 \text{ mm} \leq t_f = 9.000 \text{ mm}$ OK

▶ 자유출판의 국부좌굴에 대한 허용응력 (σ_{ad}) (도기 P3-38, 표3.4.4)
 Top Flange(L) $t = 9.000 \text{ mm}$
 $t_1 = b / 12.9 = 72.0 / 12.9 = 5.581 \text{ mm}$

구분	SM275	
16 이하	$b / 12.9 \leq t$	240.000

 Top Flange(R) $t = 9.000 \text{ mm}$
 $t_1 = b / 12.9 = 72.0 / 12.9 = 5.581 \text{ mm}$

구분	SM275	
16 이하	$b / 12.9 \leq t$	240.000

 Bottom Flange(L) $t = 9.000 \text{ mm}$
 $t_1 = b / 12.9 = 72.0 / 12.9 = 5.581 \text{ mm}$

구분	SM275	
16 이하	$b / 12.9 \leq t$	240.000

 Bottom Flange(R) $t = 9.000 \text{ mm}$
 $t_1 = b / 12.9 = 72.0 / 12.9 = 5.581 \text{ mm}$

구분	SM275	
16 이하	$b / 12.9 \leq t$	240.000

7) 보강판면 및 양면지지판의 국부좌굴에 대한 허용응력
▶ Left Web
 선두께 $t = 6.0 \text{ mm}$
 판의 고정면 사이의 거리 $b = 176.0 \text{ mm}$
 용각구배계수 $i = 0.650^2 + 0.130 = 1.0 = 3.336$
 용각구배 $\Phi = (f_1 + f_2) / f_1 = 1.799$
 판의 양면에서의 응력 $f_1 = -24.737 \text{ MPa}$, $f_2 = 19.754 \text{ MPa}$

- 161 -

압축응력을 받는 양면지지판의 최소두께

$t \leq 40 \text{ mm}$

$t_{\text{min}} = b / 561 = 176 / 166.84 = 0.9 \leq t = 6.0 \text{ mm}$ OK

양면지지판의 국부좌굴에 대한 허용응력 (σ_{ad}) (도기 P3-36, 표3.4.3)

구분	SM275	
16 이하	$b / 39.31 \leq t$	240.000

8) 허용응력 요약

구분	f_{ay}	f_{ay}	f_{ay}	f_{ay}	u_x
Top Flange	240.000	14.416	145.407	240.000	135.000
Bottom Flange	240.000	14.416	63.791	240.000	135.000
Left Web	240.000	14.416	63.791	240.000	135.000

$f_{\text{ay}} = f_{\text{ay}} + f_{\text{ay}} / f_{\text{ay}}$

9) 축방향력 및 휨모멘트를 받는 부재의 허용응력 검토

▶ 축방향력에 의한 응력

$f_x = P / A = -9.720 \times 10^3 / 3.9010E+03 = -2.492 \text{ MPa}$

▶ 휨모멘트에 의한 응력

$f_{\text{ay1}} = M_x \times z_1 / I_{yy} = -24.520 \text{ MPa}$	$f_{\text{ay2}} = M_x \times y_1 / I_{zz} = 0.000 \text{ MPa}$
$f_{\text{ay3}} = M_y \times z_2 / I_{yy} = -24.520 \text{ MPa}$	$f_{\text{ay4}} = M_y \times y_2 / I_{zz} = 0.000 \text{ MPa}$
$f_{\text{ay5}} = M_z \times x_1 / I_{xx} = 24.520 \text{ MPa}$	$f_{\text{ay6}} = M_z \times x_2 / I_{xx} = 0.000 \text{ MPa}$
$f_{\text{ay7}} = M_z \times x_3 / I_{xx} = 24.520 \text{ MPa}$	$f_{\text{ay8}} = M_z \times x_4 / I_{xx} = 0.000 \text{ MPa}$

$f_{\text{ay}} (y_1, z_1)$	-27.012	$f_{\text{ay}} (y_2, z_2)$	-27.012
$f_{\text{ay}} (y_3, z_3)$	22.029	$f_{\text{ay}} (y_4, z_4)$	22.029

▶ Position 1 (y-direction)

$f_y = \frac{f_{\text{ay}}}{1 - \frac{f_{\text{ay}}}{f_{\text{ay}}}} + \frac{f_{\text{ay}}}{1 - \frac{f_{\text{ay}}}{f_{\text{ay}}}} \leq f_{\text{ay}}$	
$-2.492 + \frac{-24.520}{(1 - \frac{-2.492}{51.298})} + \frac{0.000}{(1 - \frac{-2.492}{9.672})}$	
$= -26.264 \text{ MPa} \leq f_{\text{ay}} = 240.000 \text{ MPa}$	 OK
$\frac{f_y}{f_{\text{ay}}} + \frac{f_{\text{ay}}}{f_{\text{ay}}} \leq 1.0$	
$\frac{-2.492}{14.416} + \frac{-24.520}{214.384 (1 - \frac{-2.492}{51.298})} + \frac{0.000}{240.000 (1 - \frac{-2.492}{9.672})}$	
$= -0.282 \leq 1.000$	 OK

▶ Position 2 (y-direction)

$$f_y = \frac{f_{\text{ay}}}{1 - \frac{f_{\text{ay}}}{f_{\text{ay}}}} + \frac{f_{\text{ay}}}{1 - \frac{f_{\text{ay}}}{f_{\text{ay}}}} \leq f_{\text{ay}}$$

- 162 -

$$-2.492 + \frac{0.000}{(1 - \frac{-2.492}{51.298})} + \frac{-24.520}{(1 - \frac{-2.492}{9.672})} = -28.264 \text{ MPa} \leq f_{td} = 210.000 \text{ MPa} \quad \text{..... OK}$$

$$\frac{f_{tx}}{f_{tx0}} + \frac{f_{ty}}{f_{ty0}} \leq 1.0$$

$$\frac{-2.492}{59.815} + \frac{214.364}{(1 - \frac{-2.492}{51.298})} + \frac{0.000}{240.000} + \frac{-2.492}{(1 - \frac{-2.492}{9.672})} = -0.290 \leq 1.000 \quad \text{..... OK}$$

▶ Position 3 (y-direction)

$$f_y + \frac{f_{tx}}{(1 - \frac{f_{tx}}{f_{tx0}})} + \frac{f_{ty}}{(1 - \frac{f_{ty}}{f_{ty0}})} \leq f_{ty}$$

$$-2.492 + \frac{24.520}{(1 - \frac{-2.492}{51.298})} + \frac{0.000}{(1 - \frac{-2.492}{9.672})} = 23.261 \text{ MPa} \leq f_{ty} = 240.000 \text{ MPa} \quad \text{..... OK}$$

▶ Position 4 (y-direction)

$$f_y + \frac{f_{tx}}{(1 - \frac{f_{tx}}{f_{tx0}})} + \frac{f_{ty}}{(1 - \frac{f_{ty}}{f_{ty0}})} \leq f_{ty}$$

$$-2.492 + \frac{24.520}{(1 - \frac{-2.492}{51.298})} + \frac{0.000}{(1 - \frac{-2.492}{9.672})} = 23.261 \text{ MPa} \leq f_{ty} = 240.000 \text{ MPa} \quad \text{..... OK}$$

▶ Position 1 (z-direction)

$$f_z + \frac{f_{tx}}{(1 - \frac{f_{tx}}{f_{tx0}})} + \frac{f_{ty}}{(1 - \frac{f_{ty}}{f_{ty0}})} \leq f_{tz}$$

$$-2.492 + \frac{0.000}{(1 - \frac{-2.492}{9.672})} + \frac{-24.520}{(1 - \frac{-2.492}{51.298})} = -28.264 \text{ MPa} \leq f_{td} = 240.000 \text{ MPa} \quad \text{..... OK}$$

$$\frac{f_{tx}}{f_{tx0}} + \frac{f_{ty}}{f_{ty0}} + \frac{f_{tz}}{f_{tz0}} \leq 1.0$$

$$\frac{-2.492}{59.815} + \frac{213.567}{(1 - \frac{-2.492}{9.672})} + \frac{-24.520}{240.000} + \frac{-2.492}{51.298} = -0.149 \leq 1.0 \quad \text{..... OK}$$

▶ Position 2 (z-direction)

$$f_z + \frac{f_{tx}}{(1 - \frac{f_{tx}}{f_{tx0}})} + \frac{f_{ty}}{(1 - \frac{f_{ty}}{f_{ty0}})} \leq f_{tz}$$

$$-2.492 + \frac{0.000}{(1 - \frac{-2.492}{9.672})} + \frac{-24.520}{(1 - \frac{-2.492}{51.298})} = -28.261 \text{ MPa} \leq f_{tz} = 210.000 \text{ MPa} \quad \text{..... OK}$$

— 163 —

$$-2.492 + \frac{0.000}{(1 - \frac{-2.492}{9.672})} + \frac{-24.520}{(1 - \frac{-2.492}{51.298})} = -28.264 \text{ MPa} \leq f_{td} = 210.000 \text{ MPa} \quad \text{..... OK}$$

$$\frac{f_{tx}}{f_{tx0}} + \frac{f_{ty}}{f_{ty0}} + \frac{f_{tz}}{f_{tz0}} \leq 1.0$$

$$\frac{-2.492}{59.815} + \frac{183.579}{(1 - \frac{-2.492}{9.672})} + \frac{240.000}{(1 - \frac{-2.492}{51.298})} = -0.149 \leq 1.0 \quad \text{..... OK}$$

▶ Position 3 (z-direction)

$$f_z + \frac{f_{tx}}{(1 - \frac{f_{tx}}{f_{tx0}})} + \frac{f_{ty}}{(1 - \frac{f_{ty}}{f_{ty0}})} \leq f_{tz}$$

$$-2.492 + \frac{0.000}{(1 - \frac{-2.492}{9.672})} + \frac{-24.520}{(1 - \frac{-2.492}{51.298})} = 23.261 \text{ MPa} \leq f_{tz} = 240.000 \text{ MPa} \quad \text{..... OK}$$

▶ Position 4 (z-direction)

$$f_z + \frac{f_{tx}}{(1 - \frac{f_{tx}}{f_{tx0}})} + \frac{f_{ty}}{(1 - \frac{f_{ty}}{f_{ty0}})} \leq f_{tz}$$

$$-2.492 + \frac{0.000}{(1 - \frac{-2.492}{9.672})} + \frac{-24.520}{(1 - \frac{-2.492}{51.298})} = 23.261 \text{ MPa} \leq f_{tz} = 210.000 \text{ MPa} \quad \text{..... OK}$$

11) 전단응력에 대한 검토

$$v_x = F_y / A_y + M_x \times t / K$$

$$= 2.330 \times 10^3 / 1164.000 + 0.000 \times 10^6 \times 6.000E+00 / 8.5600E+04$$

$$= 2.002 \text{ MPa} \leq v_{ux} = 135.000 \text{ MPa} \quad \text{..... OK}$$

$$v_y = F_x / A_x + M_y \times t / K$$

$$= 0.000 \times 10^3 / 1800.000 + 0.000 \times 10^6 \times 9.000E+00 / 8.5600E+04$$

$$= 0.000 \text{ MPa} \leq v_{uy} = 135.000 \text{ MPa} \quad \text{..... OK}$$

여기서, t = 복부 두께.

12) 압축응력에 대한 검토

$$\left(\frac{f_x}{f_{tx}} \right)^2 + \left(\frac{v_x}{v_{ux}} \right)^2 = \left(\frac{-24.520}{240.000} \right)^2 + \left(\frac{2.002}{135.000} \right)^2 = 0.011 < 1.200 \quad \text{..... OK}$$

[2] Min

1) 허용휨전응력 (f_{tx}) [도기 P3-10, 표3.3.1]

구 분	SM275
Top Flange	16 이하
Bottom Flange	16 이하
Left Web	16 이하

2) 보강판 및 양면지하의 국부좌굴에 대한 허용응력

▶ Left Web

만두께 t = 6.0 mm

판의 고정면 사이의 거리 b = 176.0 mm

응력구배계수 l = 0.650 + 0.130 + 1.0 = 3.336

응력구배 $\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = 1.798$

판의 양면에서의 응력 $f_1 = -46.417 \text{ MPa}$, $f_2 = 37.059 \text{ MPa}$

$$f_{tx} = b / 16 = 72.0 / 16.0 = 4.500 \text{ mm} \leq t_1 = 9.000 \text{ mm} \quad \text{..... OK}$$

$$f_{tx} = b / 16 = 72.0 / 16.0 = 4.500 \text{ mm} \leq t_2 = 9.000 \text{ mm} \quad \text{..... OK}$$

$$f_{tx} = b / 16 = 72.0 / 16.0 = 4.500 \text{ mm} \leq t_3 = 9.000 \text{ mm} \quad \text{..... OK}$$

$$f_{tx} = b / 16 = 72.0 / 16.0 = 4.500 \text{ mm} \leq t_4 = 9.000 \text{ mm} \quad \text{..... OK}$$

▶ 자유돌출판의 국부좌굴에 대한 허용응력 (f_{td}) [도기 P3-38, 표3.4.4]

Top Flange(L) t = 9.000 mm

$$t_1 = b / 12.9 = 72.0 / 12.9 = 5.581 \text{ mm}$$

구 분	SM275
16 이하	b/12.9 ≤ t
	240.000

Top Flange(R) t = 9.000 mm

$$t_1 = b / 12.9 = 72.0 / 12.9 = 5.581 \text{ mm}$$

구 분	SM275
16 이하	b/12.9 ≤ t
	240.000

Bottom Flange(L) t = 9.000 mm

$$t_1 = b / 12.9 = 72.0 / 12.9 = 5.581 \text{ mm}$$

구 분	SM275
16 이하	b/12.9 ≤ t
	240.000

Bottom Flange(R) t = 9.000 mm

— 166 —

$$t_1 = b / 12.9 = 72.0 / 12.9 = 5.581 \text{ mm}$$

구 분	SM275
16 이하	b/12.9 ≤ t
	240.000

7) 보강판 및 양면지하의 국부좌굴에 대한 허용응력

▶ Left Web

만두께 t = 6.0 mm

판의 고정면 사이의 거리 b = 176.0 mm

응력구배계수 l = 0.650 + 0.130 + 1.0 = 3.336

응력구배 $\Phi = (f_1 - f_2) / f_1 = 1.798$

판의 양면에서의 응력 $f_1 = -46.417 \text{ MPa}$, $f_2 = 37.059 \text{ MPa}$

$$f_{tx} = b / 16 = 72.0 / 16.0 = 4.500 \text{ mm} \leq t_1 = 9.000 \text{ mm} \quad \text{..... OK}$$

$$f_{tx} = b / 16 = 72.0 / 16.0 = 4.500 \text{ mm} \leq t_2 = 9.000 \text{ mm} \quad \text{..... OK}$$

$$f_{tx} = b / 16 = 72.0 / 16.0 = 4.500 \text{ mm} \leq t_3 = 9.000 \text{ mm} \quad \text{..... OK}$$

$$f_{tx} = b / 16 = 72.0 / 16.0 = 4.500 \text{ mm} \leq t_4 = 9.000 \text{ mm} \quad \text{..... OK}$$

▶ 자유돌출판의 국부좌굴에 대한 허용응력 (f_{td}) [도기 P3-38, 표3.4.4]

Top Flange(L) t = 9.000 mm

$$t_1 = b / 12.9 = 72.0 / 12.9 = 5.581 \text{ mm}$$

구 분	SM275
16 이하	b/12.9 ≤ t
	240.000

Top Flange(R) t = 9.000 mm

$$t_1 = b / 12.9 = 72.0 / 12.9 = 5.581 \text{ mm}$$

구 분	SM275
16 이하	b/12.9 ≤ t
	240.000

Bottom Flange(L) t = 9.000 mm

$$t_1 = b / 12.9 = 72.0 / 12.9 = 5.581 \text{ mm}$$

구 분	SM275
16 이하	b/12.9 ≤ t
	240.000

Bottom Flange(R) t = 9.000 mm

8) 허용응력 요약

구 분	f_{tx}	f_{ty}	f_{tz}	f_{td}	v_x
Top Flange	240.000	256.848	145.407	240.000	135.000
Bottom Flange	240.000	14.416	63.791	240.000	135.000
Left Web	240.000	14.416	63.791	240.000	135.000

$$f_{tx} = f_{tx0} + f_{tx} / f_{tx0}$$

10) 축방향력 및 휨모멘트를 받는 부재의 사용응력 검토

▶ 축방향력에 의한 응력

$$f_x = P / A = -18.252 \times 10^3 / 3.9010E+03 = -4.679 \text{ MPa}$$

▶ 휨모멘트에 의한 응력

$$f_{my} = M_y \times z_1 / I_{yy} = 46.007 \text{ MPa}$$

$$f_{my} = M_y \times z_2 / I_{yy} = 46.007 \text{ MPa}$$

$$f_{my} = M_y \times z_3 / I_{yy} = 46.007 \text{ MPa}$$

$$f_{my} = M_y \times z_4 / I_{yy} = -46.007 \text{ MPa}$$

$$f_{mx} = M_x \times y_1 / I_{xx} = 0.000 \text{ MPa}$$

$$f_{mx} = M_x \times y_2 / I_{xx} = 0.000 \text{ MPa}$$

$$f_{mx} = M_x \times y_3 / I_{xx} = 0.000 \text{ MPa}$$

$$f_{mx} = M_x \times y_4 / I_{xx} = 0.000 \text{ MPa}$$

f_{tx} (y_1, z_1)	41.328	f_{ty} (y_2, z_2)	41.328
f_{tx} (y_3, z_3)	-50.685	f_{ty} (y_4, z_4)	-50.685

▶ Position 1 (y-direction)

$$f_y + \frac{f_{tx}}{(1 - \frac{f_{tx}}{f_{tx0}})} + \frac{f_{ty}}{(1 - \frac{f_{ty}}{f_{ty0}})} \leq f_{ty}$$

$$-4.679 + \frac{46.007}{(1 - \frac{-4.679}{51.298})} + \frac{0.000}{(1 - \frac{-4.679}{9.672})} = -28.261 \text{ MPa} \leq f_{ty} = 240.000 \text{ MPa} \quad \text{..... OK}$$

— 167 —

= -45.945 MPa ≤ f_{ax} = 240.000 MPa OK

▶ Position 2 (y-direction)

$$f_y + \left(\frac{f_{cy}}{1 - \frac{f_{cy}}{f_{cy}}} \right) + \left(\frac{f_{cy}}{1 - \frac{f_{cy}}{f_{cy}}} \right) \leq f_{ax}$$

$$-4.679 + \left(\frac{0.000}{1 - \frac{-4.679}{51.298}} \right) + \left(\frac{0.000}{1 - \frac{-4.679}{9.672}} \right) \leq 240.000$$

= -45.945 MPa ≤ f_{ax} = 240.000 MPa OK

▶ Position 3 (y-direction)

$$f_y + \left(\frac{f_{cy}}{1 - \frac{f_{cy}}{f_{cy}}} \right) + \left(\frac{f_{cy}}{1 - \frac{f_{cy}}{f_{cy}}} \right) \leq f_{ax}$$

$$-4.679 + \left(\frac{-46.007}{1 - \frac{-4.679}{51.298}} \right) + \left(\frac{0.000}{1 - \frac{-4.679}{9.672}} \right) \leq 240.000$$

= -55.303 MPa ≤ f_{ax} = 210.000 MPa OK

$$\frac{f_y}{f_{cy}} + \frac{f_{cy}}{f_{cy} \left(1 - \frac{f_{cy}}{f_{cy}} \right)} + \frac{f_{cy}}{f_{cy} \left(1 - \frac{f_{cy}}{f_{cy}} \right)} \leq 1.0$$

$$\frac{-4.679}{256.848} + \frac{-46.007}{214.558 \left(1 - \frac{-4.679}{51.298} \right)} + \frac{0.000}{240.000 \left(1 - \frac{-4.679}{9.672} \right)} \leq 1.0$$

= -0.213 ≤ 1.000 OK

▶ Position 4 (y-direction)

$$f_y + \left(\frac{f_{cy}}{1 - \frac{f_{cy}}{f_{cy}}} \right) + \left(\frac{f_{cy}}{1 - \frac{f_{cy}}{f_{cy}}} \right) \leq f_{ax}$$

$$-4.679 + \left(\frac{-46.007}{1 - \frac{-4.679}{51.298}} \right) + \left(\frac{0.000}{1 - \frac{-4.679}{9.672}} \right) \leq 240.000$$

= -55.303 MPa ≤ f_{ax} = 240.000 MPa OK

$$\frac{f_y}{f_{cy}} + \frac{f_{cy}}{f_{cy} \left(1 - \frac{f_{cy}}{f_{cy}} \right)} + \frac{f_{cy}}{f_{cy} \left(1 - \frac{f_{cy}}{f_{cy}} \right)} \leq 1.0$$

$$\frac{-4.679}{256.848} + \frac{-46.007}{214.558 \left(1 - \frac{-4.679}{51.298} \right)} + \frac{0.000}{240.000 \left(1 - \frac{-4.679}{9.672} \right)} \leq 1.0$$

= -0.213 ≤ 1.000 OK

▶ Position 1 (x-direction)

$$f_x + \left(\frac{f_{cx}}{1 - \frac{f_{cx}}{f_{cx}}} \right) + \left(\frac{f_{cx}}{1 - \frac{f_{cx}}{f_{cx}}} \right) \leq f_{ax}$$

$$-4.679 + \left(\frac{0.000}{1 - \frac{-4.679}{9.672}} \right) + \left(\frac{46.007}{1 - \frac{-4.679}{51.298}} \right) \leq 240.000$$

= -45.945 MPa ≤ f_{ax} = 240.000 MPa OK

- 168 -

= -45.945 MPa ≤ f_{ax} = 240.000 MPa OK

▶ Position 2 (z-direction)

$$f_z + \left(\frac{f_{cz}}{1 - \frac{f_{cz}}{f_{cz}}} \right) + \left(\frac{f_{cz}}{1 - \frac{f_{cz}}{f_{cz}}} \right) \leq f_{ax}$$

$$-4.679 + \left(\frac{0.000}{1 - \frac{-4.679}{9.672}} \right) + \left(\frac{46.007}{1 - \frac{-4.679}{51.298}} \right) \leq 240.000$$

= -45.945 MPa ≤ f_{ax} = 240.000 MPa OK

▶ Position 3 (z-direction)

$$f_z + \left(\frac{f_{cz}}{1 - \frac{f_{cz}}{f_{cz}}} \right) + \left(\frac{f_{cz}}{1 - \frac{f_{cz}}{f_{cz}}} \right) \leq f_{ax}$$

$$-4.679 + \left(\frac{0.000}{1 - \frac{-4.679}{9.672}} \right) + \left(\frac{-46.007}{1 - \frac{-4.679}{51.298}} \right) \leq 240.000$$

= -55.303 MPa ≤ f_{ax} = 240.000 MPa OK

$$\frac{f_z}{f_{cz}} + \frac{f_{cz}}{f_{cz} \left(1 - \frac{f_{cz}}{f_{cz}} \right)} + \frac{f_{cz}}{f_{cz} \left(1 - \frac{f_{cz}}{f_{cz}} \right)} \leq 1.0$$

$$\frac{-4.679}{145.407} + \frac{0.000}{213.587 \left(1 - \frac{-4.679}{9.672} \right)} + \frac{-46.007}{240.000 \left(1 - \frac{-4.679}{51.298} \right)} \leq 1.0$$

= -0.243 ≤ 1.0 OK

▶ Position 4 (z-direction)

$$f_z + \left(\frac{f_{cz}}{1 - \frac{f_{cz}}{f_{cz}}} \right) + \left(\frac{f_{cz}}{1 - \frac{f_{cz}}{f_{cz}}} \right) \leq f_{ax}$$

$$-4.679 + \left(\frac{0.000}{1 - \frac{-4.679}{9.672}} \right) + \left(\frac{-46.007}{1 - \frac{-4.679}{51.298}} \right) \leq 240.000$$

= -55.303 MPa ≤ f_{ax} = 240.000 MPa OK

$$\frac{f_z}{f_{cz}} + \frac{f_{cz}}{f_{cz} \left(1 - \frac{f_{cz}}{f_{cz}} \right)} + \frac{f_{cz}}{f_{cz} \left(1 - \frac{f_{cz}}{f_{cz}} \right)} \leq 1.0$$

$$\frac{-4.679}{145.407} + \frac{0.000}{213.587 \left(1 - \frac{-4.679}{9.672} \right)} + \frac{-46.007}{240.000 \left(1 - \frac{-4.679}{51.298} \right)} \leq 1.0$$

= -0.243 ≤ 1.0 OK

11) 전단응력에 대한 검토

$$u_x = F_y / A_w + M_x \times 1 / K$$

$$= 7.204 \times 10^3 / 1164.000 + 0.000 \times 10^6 / 6.000 \times 10^4 / 8.5600 \times 10^4$$

$$= 6.189 \text{ MPa} \leq u_x = 135.000 \text{ MPa} \text{ OK}$$

$$u_y = F_z / A_w + M_y \times 1 / K$$

$$= 0.000 \times 10^3 / 1800.000 + 0.000 \times 10^6 / 9.000 \times 10^4 / 8.5600 \times 10^4$$

$$= 0.000 \text{ MPa} \leq u_y = 135.000 \text{ MPa} \text{ OK}$$

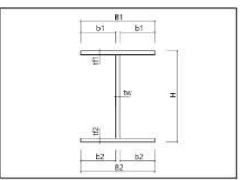
- 169 -

6.3 브래킷 검토

1.1 단면 계측

사용강종 : SM275

B₁ = 0.1500 m B₂ = 0.1500 m
b₁ = 0.0720 m b₂ = 0.0720 m
t₁ = 0.0090 m t₂ = 0.0090 m
t₃ = 0.0060 m H = 0.1940 m



1.2 단면 계수

A (mm ²)	I _{xx} (mm ⁴)	I _{yy} (mm ⁴)	I _{xy} (mm ⁴)	K (mm ³)
3.901000E+03	2.690000E+07	3.605620E+01	0.070000E+06	8.560000E+04

계좌위치	y ₁ (mm)	z ₁ (mm)	y ₂ (mm)	z ₂ (mm)
1	-75.0	97.0	75.0	97.0
2	75.0	-97.0	-75.0	-97.0

1.3 적용하중

구분	F _x (kN)	F _y (kN)	F _z (kN)	M _x (kN·m)	M _y (kN·m)	M _z (kN·m)	비고
Max	5.140	0.000	1.460	0.000	0.320	0.000	
Min	-35.180	0.000	-1.820	0.000	-5.000	0.000	

1.4 용각검토

1) 허용휨인장응력 (f_{ax}) [도기 P3-10, 표3.3.1]

구분	SM275
Top Flange	16 이하 240.000
Bottom Flange	16 이하 240.000
Left Web	16 이하 240.000

2) 국부좌굴을 고려하지 않은 허용휨휨장응력 (f_{ax}) [도기 P3-11, 표3.3.2]

▶ Y축에 대한 유효좌굴길이

부재의 유효좌굴길이 f_y = 1500.000 mm
부재 종단면의 단면회전반경 t_y = 83.035 mm
세장비 f_y/t_y = 18.065

▶ Z축에 대한 유효좌굴길이

부재의 유효좌굴길이 f_z = 1500.000 mm
부재 종단면의 단면회전반경 t_z = 36.056 mm
세장비 f_z/t_z = 41.602

▶ 세장비 검토

세장비 t/r = 41.602

4) 허용 오일러 좌굴응력 [도기 P3-47, 표3.3.13-14]

f _{cy} (MPa)	1200000/(l _y /r _y) ²	3677.260
f _{cz} (MPa)	1200000/(l _z /r _z) ²	693.360

5) 허용전단응력 (f_{ax}) [도기 P3-18, 표3.3.5]

구분	SM275
Top Flange	16 이하 135.000
Bottom Flange	16 이하 135.000
Left Web	16 이하 135.000

6) 자유돌출판의 국부좌굴에 대한 허용응력 [도기 P3-37]

▶ 압축응력을 받는 자유돌출판의 최소두께

Top Flange(L) t₁ = b / 12.9 = 72.0 / 12.9 = 4.500 mm ≤ t₁ = 9.000 mm OK

Top Flange(R) t₂ = b / 12.9 = 72.0 / 12.9 = 4.500 mm ≤ t₂ = 9.000 mm OK

Bottom Flange(L) t₃ = b / 12.9 = 72.0 / 12.9 = 4.500 mm ≤ t₃ = 9.000 mm OK

Bottom Flange(R) t₄ = b / 12.9 = 72.0 / 12.9 = 4.500 mm ≤ t₄ = 9.000 mm OK

▶ 자유돌출판의 국부좌굴에 대한 허용응력 (f_{ax}) [도기 P3-38, 표3.3.4]

Top Flange(L) t = 9.000 mm
f₁ = b / 12.9 = 72.0 / 12.9 = 5.581 mm

구분	SM275
16 이하	b/12.9 ≤ t 240.000

Top Flange(R) t = 9.000 mm
f₂ = b / 12.9 = 72.0 / 12.9 = 5.581 mm

구분	SM275
16 이하	b/12.9 ≤ t 240.000

Bottom Flange(L) t = 9.000 mm
f₃ = b / 12.9 = 72.0 / 12.9 = 5.581 mm

구분	SM275
16 이하	b/12.9 ≤ t 240.000

Bottom Flange(R) t = 9.000 mm
f₄ = b / 12.9 = 72.0 / 12.9 = 5.581 mm

구분	SM275
16 이하	b/12.9 ≤ t 240.000

7) 보강판 및 양면지지판의 국부좌굴에 대한 허용응력

▶ Left Web

판두께 t = 6.0 mm
판의 고정면 사이의 거리 b = 176.0 mm
용각구배계수 j = 0.65α² + 0.13Φ + 1.0 = 1.625
용각구배 Φ = (f₁ - f₂) / f₁ = 0.885
판의 양면에서의 응력 f₁ = -2.364 MPa, f₂ = -0.271 MPa

- 173 -

압축응력을 받는 양면지지판의 최소두께 [도기 P3-35, 표3.4.2]
 $t_{min} = b / \sqrt{6i} = 176 / \sqrt{90.987} = 1.9 \leq t = 6.0 \text{ mm}$ OK

양면지지판의 국부좌굴에 대한 허용응력 (f_{ad}) [도기 P3-36, 표3.4.3]

구분	SM275
16 미하	240,000

8) 허용응력 요약

구분	f_{ax}	f_{ay}	f_{az}	f_{bx}	u_x
Top Flange	240,000	204,597	240,000	240,000	135,000
Bottom Flange	240,000	204,597	240,000	240,000	135,000
Left Web	240,000	204,597	240,000	240,000	135,000

$f_{bx} = f_{top} \cdot f_{ax} / f_{ay}$

9) 축방향력 및 휨모멘트를 받는 부재의 허용응력 검토

▶ 축방향력에 의한 응력
 $f_c = P / A = -5.140 \times 10^3 / 3.9010E+03 = -1.318 \text{ MPa}$

▶ 휨모멘트에 의한 응력
 $f_{bx1} = M_x \times z_1 / I_{xx} = -1.154 \text{ MPa}$
 $f_{bx2} = M_x \times z_2 / I_{xx} = -1.154 \text{ MPa}$
 $f_{by1} = M_y \times z_1 / I_{yy} = 1.154 \text{ MPa}$
 $f_{by2} = M_y \times z_2 / I_{yy} = 1.154 \text{ MPa}$

$f_{11} (y_1, z_1)$	-2.472	$f_{22} (y_2, z_2)$	-2.472
$f_{13} (y_3, z_3)$	-0.164	$f_{24} (y_4, z_4)$	-0.164

▶ Position 1 (y-direction)
 $f_c + \frac{f_{bx}}{1 - \frac{f_c}{f_{ax}}} + \frac{f_{by}}{1 - \frac{f_c}{f_{ay}}} \leq f_{ad}$
 $-1.318 + \frac{-1.154}{(1 - \frac{-1.318}{3677.260})} + \frac{0.000}{(1 - \frac{-1.318}{693.360})} \leq 240,000 \text{ MPa}$ OK
 $\frac{f_c}{f_{ax}} + \frac{f_{bx}}{f_{ax}(1 - \frac{f_c}{f_{ax}})} + \frac{f_{by}}{f_{ay}(1 - \frac{f_c}{f_{ay}})} \leq 1.0$
 $\frac{-1.318}{204.597} + \frac{-1.154}{214.558} + \frac{0.000}{240,000} \leq 1.0$ OK

▶ Position 2 (y-direction)
 $f_c + \frac{f_{bx}}{1 - \frac{f_c}{f_{ax}}} + \frac{f_{by}}{1 - \frac{f_c}{f_{ay}}} \leq f_{ad}$

..... OK

▶ Position 3 (y-direction)
 $f_c + \frac{f_{bx}}{1 - \frac{f_c}{f_{ax}}} + \frac{f_{by}}{1 - \frac{f_c}{f_{ay}}} \leq f_{ad}$
 $-1.318 + \frac{1.154}{(1 - \frac{-1.318}{3677.260})} + \frac{0.000}{(1 - \frac{-1.318}{693.360})} \leq 240,000 \text{ MPa}$ OK
 $\frac{f_c}{f_{ax}} + \frac{f_{bx}}{f_{ax}(1 - \frac{f_c}{f_{ax}})} + \frac{f_{by}}{f_{ay}(1 - \frac{f_c}{f_{ay}})} \leq 1.0$
 $\frac{-1.318}{204.597} + \frac{1.154}{214.558} + \frac{0.000}{240,000} \leq 1.0$ OK

▶ Position 4 (y-direction)
 $f_c + \frac{f_{bx}}{1 - \frac{f_c}{f_{ax}}} + \frac{f_{by}}{1 - \frac{f_c}{f_{ay}}} \leq f_{ad}$
 $-1.318 + \frac{1.154}{(1 - \frac{-1.318}{3677.260})} + \frac{0.000}{(1 - \frac{-1.318}{693.360})} \leq 240,000 \text{ MPa}$ OK
 $\frac{f_c}{f_{ax}} + \frac{f_{bx}}{f_{ax}(1 - \frac{f_c}{f_{ax}})} + \frac{f_{by}}{f_{ay}(1 - \frac{f_c}{f_{ay}})} \leq 1.0$
 $\frac{-1.318}{204.597} + \frac{1.154}{214.558} + \frac{0.000}{240,000} \leq 1.0$ OK

▶ Position 1 (z-direction)
 $f_c + \frac{f_{bx}}{1 - \frac{f_c}{f_{ax}}} + \frac{f_{by}}{1 - \frac{f_c}{f_{ay}}} \leq f_{ad}$
 $-1.318 + \frac{0.000}{(1 - \frac{-1.318}{693.360})} + \frac{-1.154}{(1 - \frac{-1.318}{3677.260})} \leq 240,000 \text{ MPa}$ OK

$\frac{f_c}{f_{ax}} + \frac{f_{bx}}{f_{ax}(1 - \frac{f_c}{f_{ax}})} + \frac{f_{by}}{f_{ay}(1 - \frac{f_c}{f_{ay}})} \leq 1.0$
 $\frac{-1.318}{240,000} + \frac{0.000}{213.567} + \frac{-1.154}{693.360} \leq 1.0$ OK

11) 전단응력에 대한 검토
 $u_x = F_v / A_w + M_x \times t / K = 1.460 \times 10^3 / 1164,000 + 0.000 \times 10^3 \times 6.000E+00 / 8.5600E+04 = 1.254 \text{ MPa}$ OK
 $u_y = F_v / A_w + M_y \times t / K = 0.000 \times 10^3 / 1800,000 + 0.000 \times 10^3 \times 9.000E+00 / 8.5600E+04 = 0.000 \text{ MPa}$ OK

여기서, t = 복부 두께

12) 합성응력에 대한 검토
 $\left(\frac{f_x}{f_x} \right)^2 + \left(\frac{u_x}{u_x} \right)^2 = \left(\frac{1.154}{240,000} \right)^2 + \left(\frac{1.254}{135,000} \right)^2 = 0.0001 < 1.200$ OK

[2] Min

1) 허용휨인장응력 (f_{ad}) [도기 P3-11, 표3.3.1]

구분	SM275
Top Flange	16 미하
Bottom Flange	16 미하
Left Web	16 미하

2) 국부좌굴을 고려하지 않은 허용축방향압축응력 (f_{ad}) [도기 P3-11, 표3.3.2]

▶ Y 축에 대한 유효좌굴길이
 부재의 유효좌굴길이 $f_y = 1500,000 \text{ mm}$
 부재 종단면의 단면회전반경 $r_y = 83.035 \text{ mm}$
 세장비 $f_y / r_y = 18,065$

▶ Z 축에 대한 유효좌굴길이
 부재의 유효좌굴길이 $f_z = 1500,000 \text{ mm}$
 부재 종단면의 단면회전반경 $r_z = 36.056 \text{ mm}$
 세장비 $f_z / r_z = 41,602$

▶ 세장비 검토
 $t / r = 41,602$

구분	SM275
Top Flange	16 미하
Bottom Flange	16 미하
Left Web	16 미하
Top Flange	16 미하

8) 허용응력 요약

구분	f_{ax}	f_{ay}	f_{az}	f_{bx}	u_x
Top Flange	240,000	162,996	240,000	240,000	135,000
Bottom Flange	240,000	162,996	240,000	240,000	135,000
Left Web	240,000	162,996	240,000	240,000	135,000

$f_{bx} = f_{top} \cdot f_{ax} / f_{ay}$

10) 축방향력 및 휨모멘트를 받는 부재의 허용응력 검토

▶ 축방향력에 의한 응력
 $f_c = P / A = -35.180 \times 10^3 / 3.9010E+03 = -9.018 \text{ MPa}$

▶ 휨모멘트에 의한 응력
 $f_{bx1} = M_x \times z_1 / I_{xx} = 18.030 \text{ MPa}$
 $f_{bx2} = M_x \times z_2 / I_{xx} = 18.030 \text{ MPa}$
 $f_{by1} = M_y \times z_1 / I_{yy} = -18.030 \text{ MPa}$
 $f_{by2} = M_y \times z_2 / I_{yy} = -18.030 \text{ MPa}$

$f_{11} (y_1, z_1)$	9.012	$f_{22} (y_2, z_2)$	9.012
$f_{13} (y_3, z_3)$	-27.048	$f_{24} (y_4, z_4)$	-27.048

▶ Position 1 (y-direction)
 $f_c + \frac{f_{bx}}{1 - \frac{f_c}{f_{ax}}} + \frac{f_{by}}{1 - \frac{f_c}{f_{ay}}} \leq f_{ad}$
 $-9.018 + \frac{18.030}{(1 - \frac{-9.018}{3677.260})} + \frac{0.000}{(1 - \frac{-9.018}{693.360})} \leq 240,000 \text{ MPa}$ OK
 $\frac{f_c}{f_{ax}} + \frac{f_{bx}}{f_{ax}(1 - \frac{f_c}{f_{ax}})} + \frac{f_{by}}{f_{ay}(1 - \frac{f_c}{f_{ay}})} \leq 1.0$
 $\frac{-9.018}{240,000} + \frac{18.030}{213.567} + \frac{0.000}{240,000} \leq 1.0$ OK

▶ Position 2 (y-direction)
 $f_c + \frac{f_{bx}}{1 - \frac{f_c}{f_{ax}}} + \frac{f_{by}}{1 - \frac{f_c}{f_{ay}}} \leq f_{ad}$
 $-9.018 + \frac{18.030}{(1 - \frac{-9.018}{3677.260})} + \frac{0.000}{(1 - \frac{-9.018}{693.360})} \leq 240,000 \text{ MPa}$ OK
 $\frac{f_c}{f_{ax}} + \frac{f_{bx}}{f_{ax}(1 - \frac{f_c}{f_{ax}})} + \frac{f_{by}}{f_{ay}(1 - \frac{f_c}{f_{ay}})} \leq 1.0$
 $\frac{-9.018}{240,000} + \frac{18.030}{213.567} + \frac{0.000}{240,000} \leq 1.0$ OK

▶ Position 3 (y-direction)
 $f_c + \frac{f_{bx}}{1 - \frac{f_c}{f_{ax}}} + \frac{f_{by}}{1 - \frac{f_c}{f_{ay}}} \leq f_{ad}$
 $-9.018 + \frac{18.030}{(1 - \frac{-9.018}{3677.260})} + \frac{0.000}{(1 - \frac{-9.018}{693.360})} \leq 240,000 \text{ MPa}$ OK
 $\frac{f_c}{f_{ax}} + \frac{f_{bx}}{f_{ax}(1 - \frac{f_c}{f_{ax}})} + \frac{f_{by}}{f_{ay}(1 - \frac{f_c}{f_{ay}})} \leq 1.0$
 $\frac{-9.018}{240,000} + \frac{18.030}{213.567} + \frac{0.000}{240,000} \leq 1.0$ OK

7. 아음부 검토

7.1 지붕거더부 볼트 아음 검토

1) 부재 재원

- 연결부재 : H형강 194x150x6x9 (SM275)

$f_a = 240.0$ Mpa

$f_u = 330.0$ Mpa

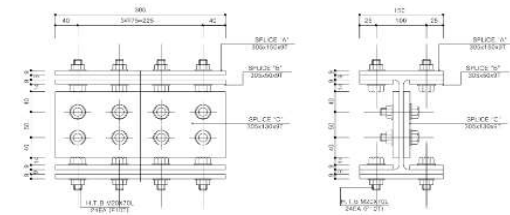
- 아음부재 : PLATE (SM275)

$f_a = 240.0$ Mpa

- 연결볼트 : F10T M20 고강력볼트

허용전단력(2면마찰) : 78 kN (도로교 설계기준 3.3.2.3절 참조)

2) Flange 연결



- Bol: 소요 개수 산정

작용응력과 모재강도 75%중 큰 값으로 설계

Flange 단면적 $A_f = B \times t = 1,350$ mm²

작용응력 $f_t(\text{직응}) = (M \times y) / I = 29.7$ MPa (발생 모멘트=8.23kN·m, 발생전단력=6.37kN)

모재강도 75% (t모재) = 180.0 MPa

계산작용력보다 모재강도75%가 크므로 $f_t = 180.0$ MPa

Flange 단면적당 전단력 $T_f = f_t \times A_f = 180 \times 1,350 = 243$ kN

$$F_{sa} > \frac{T_f}{n} = \frac{243}{4} = 60.75 \text{ kN} < \frac{T_f}{F_{sa}} = 3.115$$

따라서 n=4ea 사용 (연단거리 40mm, 중심간격 75mm)

— 183 —

- SPLICE PLATE

외부 PLATE - PL 305x150x9

내부 PLATE - 2 PL 305x50x9 사용

압축응력 검토

외부 PL $A_f = 150 \times 9 = 1,350$ mm²

내부 PL $A_f = 50 \times 9 \times 2ea = 900$ mm²

따라서 PL $I_A = 2,250$ mm²

$$f_c = \frac{T_f}{I_A} = \frac{243}{2.25} = 108.0 \text{ Mpa} < 240.0 \text{ Mpa} \quad \text{OK}$$

인장응력 검토

외부 PL 순단면적 = $1350 - (25 \times 9 \times 2ea) = 900.0$ mm²

내부 PL 순단면적 = $900 - (25 \times 9 \times 2ea) = 450.0$ mm²

따라서 PL $I_A = 1,350.0$ mm²

$$f_t = \frac{T_f}{I_A} = \frac{243}{1.35} = 180.0 \text{ Mpa} < 240.0 \text{ Mpa} \quad \text{OK}$$

- BOLT 작용력 검토

연직력에 대한 검토

$$P_p = \frac{T_f}{n} = \frac{243.0}{4} = 60.75 \text{ kN} < 78 \text{ kN} \rightarrow \text{OK}$$

평전단력에 대한 검토

$$P_h = \frac{V \times Q}{I} \times \frac{P}{n} = \frac{538,902}{281,500,000.00} \times \frac{75.00}{2} = 0.07 \text{ kN}$$

여기서, V = 전단력 (kN)

Q = 중립축에 대한 접합선 외측의 단면1차모멘트 (mm³)

I = 중립축에 대한 총단면의 단면 2차모멘트 (mm⁴)

p = 접합선 방향의 볼트의 평균 위치 = 플랜지 전폭 / 횡방향 볼트수 (mm)

n = 접합선 직각의 볼트의 개수 (ea)

합성력 검토

$$P_r = \sqrt{P_p^2 + P_h^2} = \sqrt{60.75^2 + 0.07^2} = 60.75 < 78 \text{ kN} \rightarrow \text{OK}$$

- 모재의 응력 검토

$$A_s = 194 \times 9 = 1746 \text{ mm}^2$$

$$A_{sn} = (194 - 23 \times 2) \times 9 = 1332.0 \text{ mm}^2$$

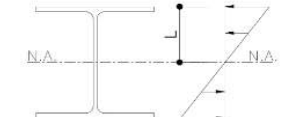
$$f_t = \frac{1746 \times 180.0}{1332.0} = 236 \text{ Mpa} < 240 \text{ Mpa} \rightarrow \text{OK}$$

— 184 —

3) Web 연결

- BOLT

각 위치에 작용하는 응력 산정.



L	t(Web부재)	비고
75	6	

$f_1 = M \times y / I = 29.7$ MPa

$f_2 = 180.0$ MPa

볼트 작용력

$$f = \frac{180.0}{\frac{194}{2} - 68} = 69.60 \text{ MPa}$$

볼트 가압 작용력

$$P_n = \frac{69.60 \times 75 \times 9 \text{ mm}}{23.5} = 23.5 \text{ kN} < 78.0 \text{ kN} \quad \text{OK}$$

전단력에 의해 볼트에 작용하는 작용력

$$V_n = V / 4 = 1.59 \text{ kN/ea} < 78.0 \text{ kN} \quad \text{OK}$$

볼트 1개에 작용하는 총 작용력 P는

$$P = \sqrt{P_n^2 + V_n^2} = 23.54 \text{ kN} < 78.0 \text{ kN} \quad \text{OK}$$

- SPLICE PLATE

t = 9mm 적용시

$I_{sw} = 3,295,500$

$I = 26,900,000$

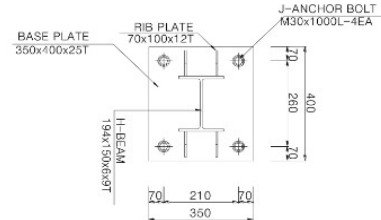
$M_{sw} = M_s \times I_{sw} / I = 8.23 \times 3295500 / 26900000 = 2.0 \text{ kN·m}$

$$f = M_{sw} \times y / I_{sw} = 2 \times 0.065 / 3295500 = 39 \text{ MPa} < 240.0 \text{ MPa} \quad \text{OK}$$

— 185 —

8. 지주 검토

8.1 지주 검토 (측벽부)



측벽부 H - 194 X 150 X 6 X 9 사용

8.1.1 기본설계조건

기준	내역(단위)
강물타널 설치 지점	기본분속
기분분속	30.0 kN/m (도로교설계기준 2.1.11 통하중)
방음타널 설치높이(H):	2.5 m
방음타널 설치간격(B):	2.0 m
방음타널 기초 설계강도(f _{ck}):	27.0 MPa
하중증가계수:	1.0 (도로교설계기준 2.2.2.2 통하중만 고려할 경우 증가계수)
지주 BASE 허용휨모멘트(f _a):	160.0 MPa (도로교설계기준 3.3.2.1 구조용 강재의 허용응력)
POST.BASE 허용전단응력(t _a):	90.0 MPa (도로교설계기준 3.3.2.1 구조용 강재의 허용응력)
앵커볼트 허용전단응력(t _{sa}):	60.0 MPa (도로교설계기준 3.3.2.3 이음용 강재의 허용응력)
앵커볼트 허용인장응력(t _{ba}):	160.0 MPa (도로교설계기준 3.3.2.1 구조용 강재의 허용응력)
공강용접 허용휨모멘트(f _{wa}):	160.0 MPa (도로교설계기준 3.3.2.3 용접부 허용응력)
공강용접 허용전단응력(t _{wa}):	90.0 MPa (도로교설계기준 3.3.2.3 용접부 허용응력)
Con'c 허용휨압축응력(f _{ca}):	10.8 MPa (도로교설계기준 2.2.2.4 콘크리트에서의 허용응력)
Con'c 부작강도(f _{ck}):	0.7 MPa (일본도로설계요령 5.2.2 콘크리트의 허용부작응력도)
Steel 탄성계수(E _s):	210000.0 MPa
Con'c 탄성계수(E _c):	24847.3 MPa
n = E _s / E _c =	8

— 186 —

$$\rightarrow Ab \geq \frac{T}{2tba} = \frac{89.5}{2 \times 160 / 10} = 2.7982 \text{ m}$$

$$\rightarrow D \geq \frac{\sqrt{2.7984}}{\sqrt{\pi}} = 1.888 \text{ m} < \text{가장 } D = 30 \text{ mm} \text{ ----- O.K}$$

4) 앵커볼트 매입깊이 설계
 앵커볼트와 콘크리트와의 허용부착강도로 부터

$$L \geq \frac{T}{2\pi D fca} = \frac{90 \times 100}{2 \times \pi \times 30 \times 0.7} = 67.897 \text{ cm}$$
 HOOK를 설치한 앵커의 경우 (일본 가설구조물의 해설 중 앵커볼트 매입깊이 검토)

$$Lh \geq \frac{2}{3} L = \frac{2 \times 67.9}{3} = 45.3 \text{ cm} \rightarrow \text{매입깊이는 여유지 적용하여 } 490 \text{ mm}$$
 BASE두께 25mm 너트와서 30mm 높음높이 15mm를 고려한 M30 x 560 이상의 L 사용

5) BASE PLATE SIZE 검토
 콘크리트 허용압입속응력에 대하여

$$f_c = \frac{2T}{yB} = \frac{2 \times 89.5}{11.7 \times B} \leq f_{ca} = 10.8 \text{ MPa}$$

$$\rightarrow B \geq \frac{2T}{y f_{ca}} = \frac{2 \times 89.5 \times 10}{11.7 \times 11} = 14.144 \text{ cm} < \text{가장 } B = 350 \text{ mm} \text{ ----- O.K}$$

6) 콘크리트 파괴강도(ΦN_{cbg})
 * 발생 단면력(강도 설계법) - 하중중기계수 1.3 적용

$$M = 33.9 \text{ kNm}$$

$$V = 25.2 \text{ kN}$$

$$T = \frac{M}{J} = \frac{33.9 \times 100}{29.09} = 116.4 \text{ KN}$$

- 설계 인장강도

콘크리트 파괴강도	ΦN_{cbg}	373.01	
앵커볼트 인장강도	ΦN_{pn}	367.42	
콘크리트 측면 피델강도	ΦN_{sb}	-	

$\Phi N_n \geq N_{ua} = 367.42 \text{ KN} \geq 116.42 \text{ KN} \text{ ----- O.K}$
 (전제인장력)

- 설계 전단강도

콘크리트 전단 파괴강도	ΦV_{cb}	21.79	
콘크리트 프라이아웃강도	ΦV_{cp}	362.63	

$\Phi V_n \geq V_{ua} = 21.79 \text{ KN} \geq 25.21 / 4 = 6.30 \text{ KN} \text{ ----- O.K}$
 (전제수평력/중기계수)

- 인장과 전단이 동시에 작용하는 경우

$N_{ua} = 116.42 \text{ KN}$
 $0.2 \Phi N_n = 0.20 \times 367.42 = 73.48 < N_{ua} = 116.42$

$V_{ua} = 6.30 \text{ KN}$
 $0.2 \Phi V_n = 0.20 \times 21.79 = 4.36 < V_{ua} = 6.30$

$N_{ua} > 0.2 \Phi N_n$ 이고 $V_{ua} > 0.2 \Phi V_n$ 인 경우, 다음식을 적용하여 검토해야 한다.

$$\frac{N_{ua}}{\Phi N_n} + \frac{V_{ua}}{\Phi V_n} \leq 1.2$$

$$\left(\frac{116.42}{367.42} + \frac{6.30}{21.79} \right) = 0.506 \leq 1.2 \text{ ----- O.K}$$

8.1.3. POST - BASE 용접부 및 BASE PLATE 두께 설계

1) 발생 단면력
 $M = 26.05 \text{ kNm}$
 $V = 19.39 \text{ kN}$

2) 용접부 설계
 용접각장 가장 S = 10mm (도로고 설계기준 3.5.2.4 최소소재두께 8mm이상지 6mm이상으로 함)
 용접부 폭두께 a = S x sin45° = 7.07 mm

- 용접부 부재별 치수(mm) -
 BASE h = 400 BASE b = 350
 POST H = 194 POST B = 150
 POST t1 = 6 POST t2 = 9
 용접부 h1 = 176 용접부 h2 = 156
 Rib a1 = 103 Rib d = 60
 POST r = 13 용접부 b1 = 59
 Rib 길이 s = 70 Rib개수(n) 4 EA
 중립축 길이 y = 167

단면2차모멘트

$$I_x = 2 \times \left[\frac{a \times h_1^3}{12} + 2 \times B \times a \times \left[\frac{H}{2} + \left(\frac{a}{2} \right) \right]^2 + 4 \times a \times \left(\frac{B}{2} - r - \frac{t_1}{2} \right) \times \left[\frac{h}{2} + \left(\frac{a}{2} \right) \right]^2 + 2 \times \left[\frac{a \times d^3}{12} + 2 \times a \times d \times \left[\frac{H}{2} + \left(\frac{d}{2} \right) \right]^2 \right] \right]$$

$$= 2 \times \left[\frac{7.07 \times 156^3}{12} + 2 \times 150 \times 7.07 \times \left[\frac{194}{2} + \left(\frac{7.07}{2} \right) \right]^2 + 4 \times 7.07 \times 60 \times \left[\frac{194}{2} + \left(\frac{60}{2} \right) \right]^2 \right]$$

$$= 101,616,297 \text{ mm}^4 = 10.162 \text{ cm}^4$$

$Z_x = \frac{I_x}{y} = 608 \text{ cm}^3$

전단에 대한 단면적
 $A_w = 2(h_2 \times a) + 4(d_1 \times a) + 2(B \times a) + 4(d \times a) = 7,693 \text{ mm}^2 = 76.9332 \text{ cm}^2$

휨응력 검토
 $f_{wb} = \frac{M}{Z_x} = \frac{26 \times 100}{608} = 42.8 \text{ MPa} < f_{wa} = 160.0 \text{ MPa} \text{ ----- O.K}$

전단응력 검토
 $\tau_{ws} = \frac{V}{A_w} = \frac{19}{76.93} = 2.52 \text{ MPa} < \tau_{wa} = 90.0 \text{ MPa} \text{ ----- O.K}$

휨과 전단의 합성응력에 대한 검토 (도로고 설계기준 3.5.2.8 용접이음부의 합성응력 검토)
 $(f_{wb}/f_{wa})^2 + (\tau_{ws}/\tau_{wa})^2 = 0.07 < 1.0 \text{ ----- O.K}$

3) BASE PLATE 두께 설계

$f_c = \frac{2T}{y \times B} = \frac{2 \times 90 \times 10}{11.7 \times 35} = 4.4 \text{ MPa}$

BASE PLATE 폭 B = 350 mm
 Rib간 최대간격 a = 100 mm
 H-Flange - BASE플랜지거리 a' = b = 103 mm
 Rib - BASE플랜지거리 b' = 113 mm

A 영역에서의 모멘트(1번지지) (Theory of Plates and Shells, TIMOSHENKO)

콘크리트 압축면 거리 y' = 11.723 cm
 $f_c = 4.4 \text{ MPa}$
 $f_1 = 4.4 \times (11.7 - 10) / 10 = 0.6 \text{ MPa}$
 $f_q = (4 + 0.6) / 2 = 2.5 \text{ MPa}$
 $b/a' = 1.0971 \rightarrow \alpha = 0.0914$

$M_{max} = \alpha \times f_q \times b^2$
 $= 0.0914 \times 2.5 \times 103^2 = 2,898.2 \text{ Nmm}$ (단위폭 1m당)

B 영역에서의 모멘트(3번지지) (Theory of Plates and Shells, TIMOSHENKO)

$f_c = 4.4 \text{ MPa}$
 $f_1 = 4 \times (11.7 - 10) / 10 = 0.6 \text{ MPa}$
 $f_q = (4 + 0.6) / 2 = 2.5 \text{ MPa}$
 $b/a = 1.03 \rightarrow \alpha = 0.05806$

$M_{max} = \alpha \times f_q \times b^2$
 $= 0.05806 \times 2.5 \times 103^2 = 1,529.9 \text{ Nmm}$ (단위폭 1m당)

BASE PLATE 두께 설계

$$f_b = \frac{6M_{max}}{Bx t^2} = \frac{6 \times 2,898}{1 \times t^2} \leq f_a = 160.0 \text{ MPa}$$

$$\rightarrow t \geq \frac{\sqrt{6M_{max}}}{\sqrt{f_a}} = \frac{\sqrt{6 \times 2,898}}{\sqrt{160}} = 1.04 \text{ or } < \text{설계 } t = 25 \text{ mm} \text{ ----- O.K}$$

4) RIB PLATE 설계

RIB 길이 s = 70 mm RIB 높이 h' = 100 mm 압축측 RIB갯수 = 2 ea

RIB부 작용 전단력 산정

$$V_r = f_q \times B \times a' / 2 = 2.5 \times 0.350 \times 0.103 / 2 = 44.771 \text{ KN (RIB 한가람)}$$

$$\tau_r = \frac{V_r}{t \times h'} = \frac{44.771}{0.100 \times t} \leq \tau_{ca} = 90.0 \text{ MPa}$$

$$\rightarrow t \geq \frac{V_r}{h' \tau_{ca}} = \frac{44.771}{0.100 \times 90} = 0.4975 \text{ or } < \text{설계 } t = 12 \text{ mm} \text{ ----- O.K}$$

(단, 용접치수보다 크게 두께 설계)

— 195 —

9. 용접검토

1) 설계용접(필렛용접) 치수 검토 (도로교 설계기준 3.5.2.4)

주요부재의 용력을 전달하는 필렛용접의 치수는 다음의 제한 내에 있는 것을 표준으로 한다.

$$t_1 > S \geq \sqrt{2t_2}$$

여기서, t1 = 얇은 쪽의 모재의 두께 (mm)

t2 = 두꺼운 쪽의 모재의 두께 (mm)

S = 용접치수 (mm)

t1 = 9 mm ----- H형강 PLATE 두께

t2 = 9 mm ----- H형강 PLATE 두께

$$\sqrt{(2 \times 1)} = \sqrt{(2 \times 9)} = 4.243 \text{ mm}$$

$$\therefore S = 6 \text{ mm}$$

2) 용접부 목두께(유효두께)

$$a = 0.707 \times s \quad a = 4.2 \text{ mm}$$

3) 용접부 허용응력(MPa)

강종	용접의종류	SM275
공칭용접	압축용접	160
	인장용접	160
	전단용접	90
	필렛용접 부분용입용접	90
현장용접	각각의 경우에 있어서 상기의 90%로 한다.	

— 196 —

4) 공장용접부 용력검토

① 용접'A' (방음터널도면 참조)

㉔ 전단력

$$V = 9.1 \text{ kN}$$

㉕ 용접의 유효길이 (용접길이)

$$L = (2 \times 150) + (4 \times 69) - (2 \times 371) = 1318 \text{ mm}$$

(2면 필렛용접)

㉖ 전단용력 검토

$$\tau = \frac{P_h}{a \times L} = \frac{9.05 \times 10^3}{4.24 \times 1318}$$

$$\tau = 1.6 \text{ MPa} < \tau_a = 90 \text{ MPa} \text{ ----- O.K}$$

— 197 —

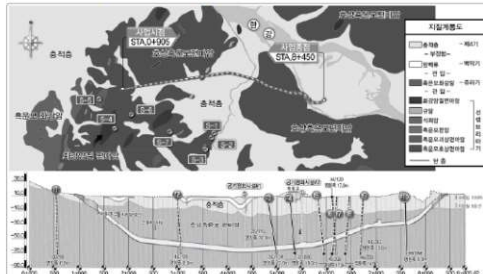
4.4.3 상세 지표지질조사 결과

기본방향

기초방향

- 지질력이 노선 및 구조물에 미치는 영향을 파악하여 U-Type, Box구간 및 터널구간 안정성 검토에 반영
- 암석시험결과와 상호 비교함으로써 수직 및 수평적 지질분포 특성을 공간적으로 재평가

지표지질조사에 의한 상세 지질도 작성



분석결과

• 사업노선 시험부는 흑운모 화강암, 그 외 지역은 호상 흑운모편마암이 분포함
• 양양천 및 셋강 동과 및 양천 지역은 하천의 퇴적층으로 인해 퇴적물 및 문화재가 발달할 것으로 예상됨

▶ 분포암종 특성

구분	호성 흑운모편암	화강질 편암	흑운모 화강암
암상 종류			
분포 특성	·시정루부를 제외한 전 구간 지역	·노성 시정루부 일출 지역	·노성 시정루부 지역
암상 특성	·암화석 내지 암화석 ·수맥 및 우물대에 고르르한 인양(vokolon) 발달	·암화석 내지 암화석 ·마카르게 열구구조 발달 ·산맥, 장석, 흑운모 구성	·암화석 내지 암화석 ·암자리 흑운모 구성 ·과산으로 산출
공학 특성	·400~480의 열구구조를 따라 암자리에 발달 ·역적인 암상변형(암상성)이 검출	·역적인 암상변형(암상성) 이 지역에 흔함 ·암자리에 평행로 구성되어 천년 병설시 gran hardening을 보임	·암상변형은 1000Pa 이상으로 암자리에 병행으로 병로 ·결정질 평행로 구성되어 천년 병설시 gran hardening을 보임

- 59 -

제5장 상세조사 결과

5.1 지층분포 특성 조사

가본방영

기본방향

5.1.1 조사현황



5.1.2 시추조사

지층분포현황

➡ 기본설계

구 분	홍 우 (m)		개방수출점		구 분	홍 우 (m)		개방수출점	
	표고	용량	표고(m)	수량		표고	용량	표고(m)	수량
NTB-1	13.5	5.0	18.5	21.0	NTB-16	17.6	6.5	24.1	63.3
NTB-2	13.5	4.5	18.0	20.5	NTB-17	19.6	2.9	22.5	63.0
NTB-3	13.5	4.2	17.7	21.8	NTB-18	21.8	11.2	33.0	66.0
NTB-4	5.5	2.3	7.8	16.0	NTB-19	21.8	11.2	33.0	63.5
NTB-5	14.5	3.5	-	18.0	NTB-20	23.6	12.4	36.0	66.0
NTB-6	17.5	2.5	-	20.0	NTB-21	23.8	7.5	31.3	50.0
NTB-7	16.0	11.0	27.0	33.3	NTB-22	22.5	2.9	25.4	52.0
NTB-8	15.5	14.2	29.7	45.6	NTB-23	19.8	1.7	21.5	49.0
NTB-9	17.8	27.7	45.5	48.5	NTB-24	21.5	5.1	26.6	49.0
NTB-10	24.0	0.5	24.5	82.0	NTB-25	23.5	9.2	32.7	48.5
NTB-11	19.5	6.5	26.0	64.5	NTB-26	22.8	9.2	32.0	46.0
NTB-12	24.7	7.8	32.5	74.0	NTB-27	16.3	7.7	24.0	41.0
NTB-13	25.3	3.4	28.7	82.3	NTB-28	15.7	8.9	24.6	36.0
NTB-14	21.5	13.0	34.5	75.0	NTB-29	14.4	0.8	15.2	38.0
NTB-15	22.0	9.2	31.2	72.0	NTB-30	13.6	8.2	21.8	34.0

- 63 -

제5장 상세조사 결과

구분	중 후(무)		가민합출현	시후	구분	중 후(무)		가민합출현	시후		
	토사	풍타	심도(m)	심도(m)		토사	풍타	심도(m)	심도(m)		
개착부	NBB-1	9.0	14.0	-	23.0	개착부	NBB-5	22.3	47	27.0	30.0
	NBB-2	9.5	24.5	-	34.0		NBB-6	20.0	5.5	25.5	28.5
	NBB-3	11.5	12.2	23.7	26.7		NBB-7	20.5	19.5	-	40.0
	NBB-4	12.7	8.7	21.4	24.0		NBB-8	20.8	18.2	-	36.0

④ 실시설계

구 분	총 승(인)		7인승(인)		시 승(인)	구 분	총 승(인)		7인승(인)		시 승(인)
	토사승	종래대	신설대	신설대			토사승	종래대	신설대	신설대	
ATB-1	13.0	1.0	14.0	30.0	터 미 부	NNTB-1	13.4	6.8	20.2	46.0	
ATB-2	13.6	2.9	16.5	35.5		NNTB-2	7.7	8.4	16.1	61.3	
ATB-3	8.7	3.9	12.6	68.2		NNTB-3	18.7	24.3	43.0	67.0	
ATB-4	14.7	3.0	21.7	67.5		NNTB-4	14.5	17.1	31.6	70.0	
ATB-5	16.5	3.0	19.5	73.0		NNTB-5	15.8	15.1	30.9	70.0	
ATB-6	18.8	-	18.8	78.0		NNTB-6	18.6	17.5	36.1	75.1	
ATB-7	24.6	0.8	25.4	80.2		NNTB-7	23.0	2.4	25.4	84.5	
ATB-8	21.7	6.3	28.0	81.2		U I T Y P e 및 B o x 구 간	NNB8-1	7.5	17.5	-	25.0
ATB-9	21.3	-	21.3	83.2			NNB8-2	8.0	20.0	-	28.0
ATB-10	20.0	10.7	30.7	82.3			NNB8-3	10.4	24.6	-	35.0
ATB-11	22.8	7.5	30.3	81.0	NNB8-4		10.4	28.5	38.9	41.0	
ATB-12	23.4	3.4	26.8	77.5	NNB8-5		10.7	19.3	-	30.0	
ATB-13	22.6	13.9	36.5	73.0	NNB8-6		11.6	4.1	15.7	19.0	
ATB-14	24.0	9.4	33.4	68.3	NNB8-7		10.9	10.1	-	21.0	
ATB-15	24.3	3.8	28.1	62.5	NNB8-8		15.4	5.5	20.9	37.0	
ATB-16	20.8	0.5	21.3	58.2	NNB8-9		13.7	3.3	17.0	33.1	
ATB-17	23.5	1.9	25.4	59.1	NNB8-10		12.7	1.8	14.5	27.0	
ATB-18	23.2	5.3	28.5	58.2	보 통 조 차	NNB8-11	20.9	6.0	26.9	30.0	
ATB-19	24.7	8.4	33.1	59.2		NATB-1	19.0	23.0	42.0	77.5	
ATB-20	19.0	14.0	33.0	57.3		NATB-2	22.8	5.3	28.1	82.2	
ATB-21	13.4	4.4	17.8	37.0		NATB-3	23.7	4.8	28.5	78.0	
ATB-22	23.5	8.5	32.0	34.2		NATB-4	24.0	7.0	31.0	62.3	
						NATB-5	19.5	8.2	27.7	46.1	
					NATB-6	18.5	6.9	25.4	45.1		
					NATB-7	15.3	10.5	25.8	46.0		
					NAB8-1	9.0	24.3	33.3	36.0		

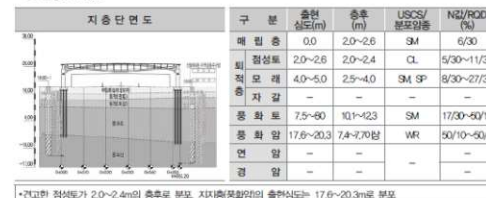
④ 변경설계

구 분	중 후 (m)				구 분	중 후 (m)					
	토사층	풍화대	기반암출현 심도(m)	사후 심도(m)		토사층	풍화대	기반암출현 심도(m)	사후 심도(m)		
BOX	NNH-1	11.2	4.6	15.8	20.5	터널부	ATBH-2	10.8	6.4	21.0	53.0
터널	ATBH-1	11.9	7.8	19.8	27.3		ATBH-3	15.0	4.0	19.0	57.5

- 64 -

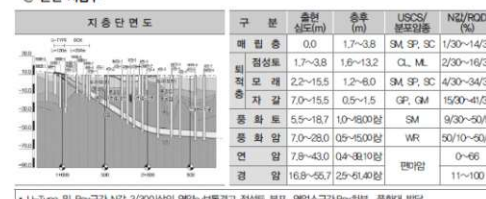
2. 조사결과 및 분석

☞ 신당보도육교



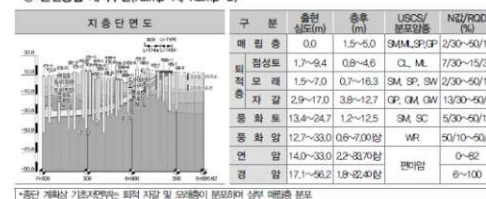
• 견고한 점성토가 2.0~2.4m의 층후로 분포, 지지층(풍화암)의 출현심도는 17.6~20.3m로 분포

➔ 본선 시점부



* U-Type 및 Box구간 N값 3/30이상의 안락~보통건고 점성도 분포, 영업소구간 Box하부 풍화대 발달

④ 본선종점 개착구간(Ramp-A, Ramp-B)



*중단 계획상 기존자원투입은 퇴직 자갈 및 모래층이 분포하여 상부 매립층 분포

*Box구간 기초자변부 퇴적 지질층 및 모래 분포, U-Type구간 실험실 모래 및 지질층 분포

- 65 -

2.3 기존 점검 및 진단자료 분석

2.3.1 점검 및 진단 이력

신월여의지하도로 방음터널은 2025년 07월 10일 3중 시설물로 등록되어 준공 이후 실시하는 최초의 정밀안전점검이다.

2.3.2 기존 정밀안전점검 분석

신월여의지하도로 방음터널은 2025년 07월 10일 3중 시설물로 등록되어 준공 이후 실시하는 최초의 정밀안전점검이다.

2.4 보수 · 보강 이력

【표 2.4.1】 보수·보강 이력

번호	보수시기	공사구간	공사내역	시공사
1	-	-	-	-

2.5 내진설계 여부

본 과업대상 구조물은 내진설계 여부가 확인되지 않았다.

【표 2.5.1】 내진설계 이력

내진설계 적용유무	내진설계 반영여부	비고
불명	불명	

2.6 시설물의 용도변경 여부 확인

FMS (시설물정보종합관리시스템) 상에 용도변경 이력은 없는 것으로 확인되었다.

2.7 수집자료 검토결과 및 점검방향 설정

본 과업의 효과적인 용역 수행을 위하여 건설관련 자료와 유지관리 자료(기 점검자료, 보수·보강자료 등) 등을 입수하였으며, 수집 자료를 검토한 결과 및 진단과업 진행방향은 다음과 같다.

【표 2.7.1】자료분석 결과 요약

구 분	수집 자료	자료분석 결과	과업 진행방향
건 설 관 련 자 료	◇ 준공도서 - 지반조사보고서 - 각축계산서 - 공사시방서 - 준공내역서 - 준공도면 - 실시설계보고서 - 기타 특이사항 보고서 - 사고기록 등	◇ 구조계산서 및 준공도면은 설계당시 기준에 준하여 작성된 것으로 확인됨 ◇ 주요 설계변경 내용 및 시공시 문제점이 없는 것으로 파악됨	◇ 현장조사 시 부재치수를 실측하여 준공도면과 비교·검토함 ⇒ 치수가 상이할 경우 도면을 재작성하며 실측치를 구조계산에 반영 ⇒ 치수가 동일할 경우 준공도면을 기준으로 과업 진행 ◇ 구조물의 재원변경확인 및 추가손상 발생에 대한 안정성 확보 여부 확인
유 지 관 리 자 료	◇ 기 정기안전점검 및 정밀안전점검 보고서 ◇ 보수·보강 이력 - 시설물정보관리종합시스템 보수·보강 및 점검이력	◇ 해당 시설물은 2021년 04월 15일 준공되어 2025년 07월 10일에 3종으로 등록된 시설물로 준공이후 실시하는 최초의 정밀안전점검임 ◇ 준공이후 시설물정보관리종합시스템에 등록된 보수·보강 및 점검이력은 없는 것으로 확인됨	◇ 신규손상의 발생여부 확인 ◇ 현장조사시 기존 보수여부확인 후 보수부 현황상태 확인