

PERI (Korea) Ltd.

페리코리아 (페리유한회사)

서울특별시 강남구 테헤란로132

한독빌딩 14층



구조 검토서

Project 인천공항 4단계 연결도로 지하차도 2

Company 동부건설 / 도담이엔씨

Project-No. 11-0007597

System VARIO WALL FORM

Date Mar-2021

Revision 0

Prepared by 윤 부 강

Checked by 박 상 협

Approved by 최 규 호

토목구조기술사	자격증 번호	성명
	93139010097Q 토목구조기술사	손 영원 

Contents

구조 검토 결과 요약

1. 설계조건

- 1.1 설계기준
- 1.2 설계재료
 - 1.2.1 합판
 - 1.2.2 PERI GIRDER VT20
 - 1.2.3 강재
 - 1.2.4 폼타이
- 1.3 처짐
- 1.4 설계하중

CASE.1

1. 설계개요

- 1.1 설계개요
- 1.2 단면

2. VARIO 시스템 검토

- 2.1 콘크리트 축압
- 2.2 합판 검토
- 2.3 장선재 검토
- 2.4 멩에재 검토
- 2.5 폼타이 검토

CASE.2

3. 설계개요

- 3.1 설계개요
- 3.2 3D VIEW

4. Push-Pull Prop 시스템 검토

- 4.1 하중 조합
- 4.2 하중 재하도, 부재력도
- 4.3 안정검토
- 4.4 Push-Pull 검토
- 4.5 세트양카 인발력 검토

CASE.3

5. 설계개요

- 5.1 설계개요

6. GB100 시스템 검토

- 6.1 설계 하중
- 6.2 GB80 Bracket 검토
- 6.3 M16 x 130 Bolt Check

* Back data

구조 검토 결과 요약

콘크리트 시공 시에 작용하는 하중에 대하여 거푸집의 안전성 검토 결과 허용범위 이내임을 확인하였다.

설계조건

	Case 1
타설높이	H: 7.00 m

사용재료

합판	Birch	18 mm
장선	GIRDER	VT20 @ 250
땀에	WALE	U100x50 @ 1,500
폼타이	PERI DW	15 @ 1,000



1. 설계조건

1.1 설계기준

- 1) KDS 21 50 00 거푸집 및 동바리 설계기준 (국토교통부, 2018)
- 2) KCS 21 50 05 거푸집 및 동바리공사 일반사항 (국토교통부, 2018)
- 3) KS F 3110 콘크리트 거푸집용 합판
- 4) DIN 18800 (독일 수입자재 적용)
- 5) DIN EN 13377
- 6) KDS 14 30 05 강구조 설계 일반사항 (국토교통부, 2016)
- 7) KDS 14 30 10 강구조 부재 설계기준 (국토교통부, 2016)

1.2 설계재료

1.2.1 합판

: 페리 합판 제원은 아래와 같다.

Type of plywood	E-Modulus [MPa]		Perm σ [MPa]	
	parallel	cross	parallel	cross
Fin-Ply	8,730	6,440	15.3	12.2
PERI Birch	8,560	6,610	15.0	12.4

[설계기준1) 표 2.2-2] 콘크리트 거푸집용 합판의 단면성능

두께	하중 방향	단면계수Z [mm ³ /mm]	단면2차 모멘트 I [mm ⁴ /mm]	전단장주 Ib/Q [mm ² /mm]	탄성계수E (MPa)	허용휨응력 (MPa)	허용전단 응력 (MPa)
12	0°	13	90	10	11,000	16.8	0.63
15	0°	18	160	11.5			
18	0°	23	250	14.8			

1.2.2 PERI GIRDER VT20

: 페리 거더 VT20의 구조적 성능은 아래와 같다.

[[설계기준 5]]

종류	단면2차모멘트 (cm ⁴)	탄성계수 E (MPa)	허용모멘트 (kN·m)	허용전단력 (kN)
VT 20	4,181	11,000	5	11

1.2.3 강재

: 강종은 St 37 및 St 52(독일 강종) 이며, 해당 강종의 허용응력은 아래와 같다

[설계기준4) 표1 3.81]

허용응력	St 37(S235)		St 52(S355)		StE 460		StE 690	
	H	HZ	H	HZ	H	HZ	H	HZ
허용 휨 압축응력	140	160	210	240	275	310	410	460
허용 휨 인장응력	160	180	240	270	310	350		
허용 전단응력	92	104	139	156	180	200	240	270

* H, HZ는 하중조합을 말함. H : 자중+고정하중+활하중, Z : 충격, 콘크리트 측압, 온도, 풍하중, 수평하중 등.

:국내 강재의 구조적 성능은 아래와 같다.

[설계기준6) 7)]

종류	단위질량 (kg/m ³)	탄성계수E (MPa)	항복강도 (MPa)	허용휨응력 (MPa)	허용전단응력 (MPa)
SS400	7,850	205,000	235	141	94
SM490Y			355	213	142

주) 위 표의 항복강도는 판두께 40mm 이하 강재에 해당됨.

1.2.4 폼타이

: 타이로드 DW 15, DW 20, DW 26.5의 물성치는 다음과 같다.

	지름 Ø [mm]		
	15	20	26.5
탄성계수 [N/mm ²]	205,000		
단면적 [mm ²]	177	314	551
허용인장력 [KN]	90	150	250

* [설계기준1) 표1.8-3] 거푸집 긴결재 안전율 2를 만족한다.

1.3 처짐

[설계기준1) 표 1.9-1] 거푸집 널의 변형기준

표면의 등급	상대변형	절대변위
A급 : 미관상 중요한 노출콘크리트 면	$L_n / 360$	3 mm
B급 : 마감이 있는 콘크리트 면	$L_n / 270$	6 mm
C급 : 미관상 중요하지 않은 노출콘크리트 면	$L_n / 180$	13 mm

* 순간격(L_n) 1.5m 이내의 변형이 상대변형과 절대변형 중 작은 값 이하가 되어야 한다.

** 순간격(L_n)은 거푸집을 지지하는 등바리 또는 거푸집 긴결재의 지간거리를 의미한다

1.4 설계하중

: 설계기준 1) 1.6 설계 하중을 따른다

1) 일반 콘크리트용 측압

$$P = W \cdot H$$

여기서, P : 콘크리트 측압(kN/m²)
 W : 굳지 않은 콘크리트의 단위질량(KN/m³)
 H : 콘크리트의 타설 높이(m)

2) 콘크리트 슬럼프가 175mm 이하, 1.2m 깊이 이하의 일반적인 내부진동다짐으로 타설 될때

- 기동 측압 산정식

$$P_{min} = 30 C_w \leq P = C_w \cdot C_c \left[7.2 + \frac{790 R}{T + 18} \right] \leq P_{max} = W \cdot H$$

-벽체 측압 산정식

타설속도 2.1m/hr 이하, 타설높이 4.2m 미만

$$P_{min} = 30 C_w \leq P = C_w \cdot C_c \left[7.2 + \frac{790 R}{T + 18} \right] \leq P_{max} = W \cdot H$$

타설속도 2.1m/hr 이하이고 타설높이 4.2m 초과 or 타설속도 2.1~4.5m/hr인 모든경우

$$P_{min} = 30 C_w \leq P = C_w \cdot C_c \left[7.2 + \frac{1160 + 240R}{T + 18} \right] \leq P_{max} = W \cdot H$$

여기서, P : 콘크리트 측압(kN/m²)
 C_w : 단위질량 계수 <표 1.6-1>
 C_c : 첨가물계수 <표1.6-2>
 R : 콘크리트 타설속도(m/hr)
 T : 타설되는 콘크리트의 온도(°C)

<표 1.6-1> 단위질량 계수 C_w

콘크리트 단위질량	C _w
22.5KN/m ³ 이하인 경우	0.5[1+W/23 KN/m ³]] ≥ 0.8
22.5 초과~24KN/m ³ 이하인 경우	1
24KN/m ³ 초과인 경우	W/23 KN/m ³

Project 인천국제공항 4단계 공항내부 연결도로 공사
System VARIO WALL FORM
Project-No. 11-0007597



<표 1.6-2> 첨가물계수 C_c

시멘트 타입 및 첨가물	C_c
지연제를 사용하지 않은 KS L 5201 의 1, 2, 3종 시멘트	1
지연제를 사용한 KS L 5201 의 1, 2, 3종 시멘트	1.2
다른 타입의 시멘트 또는 지연제 없이 40% 이하의 플라이 애쉬 또는 70% 이하의 슬래그가 혼합된 시멘트	1.2
다른 타입의 시멘트 또는 지연제를 사용한 40% 이하의 플라이 애쉬 또는 70% 이하의 슬래그가 혼합된 시멘트	1.4
70% 이상의 슬래그 또는 40% 이상의 플라이 애쉬가 혼합된 시멘트	1.4

*여기서 지연제란 콘크리트의 경화를 지연시키는 모든 첨가물로서, 감수제, 중간단계의 감수제, 고성능 감수제 (유동화제)를 포함한다.

CASE.1

Project 인천국제공항 4단계 공항내부 연결도로 공사
 System VARIO WALL FORM
 Project-No. 11-0007597

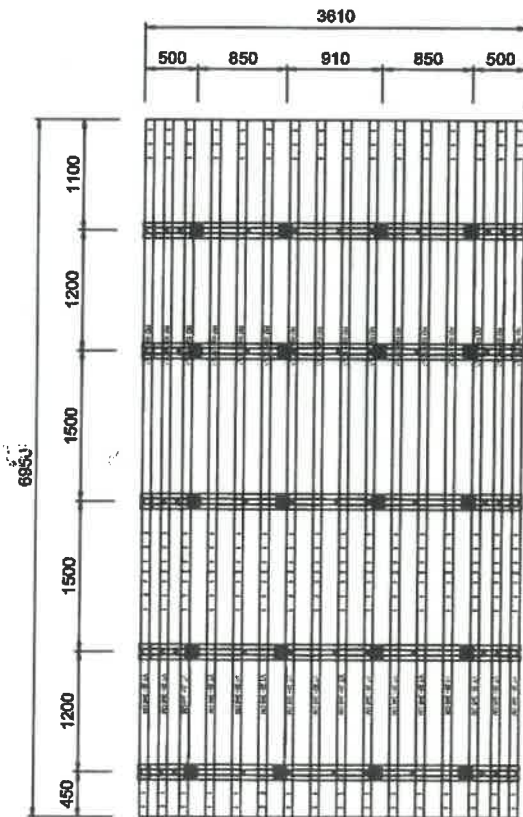


1. 설계개요

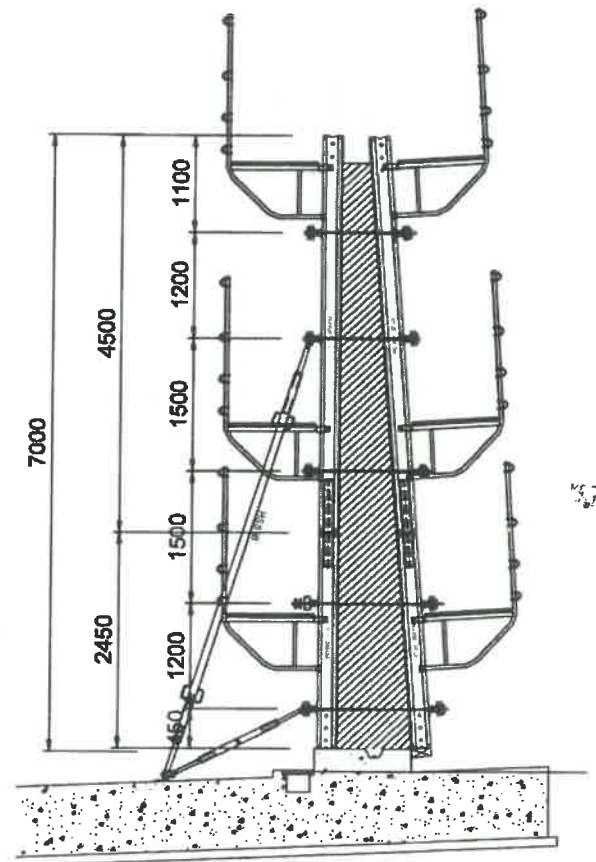
1.1 설계개요

- | | | |
|-------------|---|-------------------|
| 1) 시스템 | : | VARIO |
| 2) 타설높이 (H) | : | 7.00 m |
| 3) 장변의 치수 | : | ≥2 m (벽체 측압 적용) |

1.2 단면

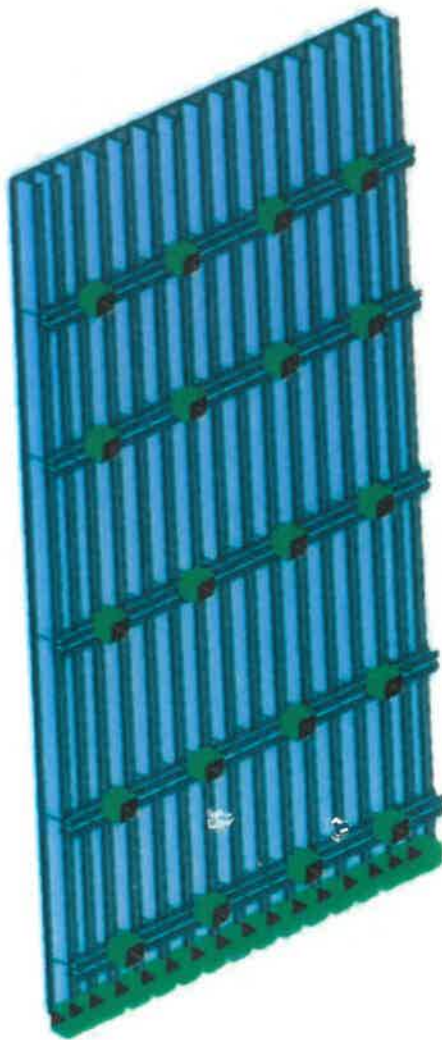


< Plan >

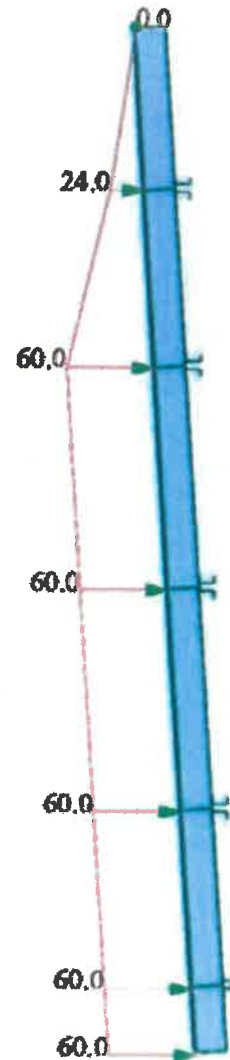


< Section >

Project 인천국제공항 4단계 공항내부 연결도로 공사
System VARIO WALL FORM
Project-No. 11-0007597



< Isometric >



< 하중 재하도 >

2. VARIO 시스템 검토

2.1 콘크리트 측압

1) 시간당 타설 높이	R	1.0 m/hr
2) 콘크리트의 타설온도	T	15.0 °C
3) 콘크리트 단위 중량	W	24 kN/m ³
4) 단위질량 계수	C _w	1.0
5) 첨가물계수	C _c	1.2
6) 콘크리트 헤드	H _s	2.5 m
7) 측압의 최솟값	P _{min}	30 kN/m ²
8) 측압의 최댓값	P _{max}	168 kN/m ²

- 일반 콘크리트 측압

$$P = W \cdot H = 168 \text{ kN/m}^2$$

그러므로 콘크리트 측압은 168 kN/m²

-기동 측압 산정식

$$P = C_w \cdot C_c \left[7.2 + \frac{790 R}{T + 18} \right] = 37 \text{ kN/m}^2$$

그러므로 콘크리트 측압은 37 kN/m²

-벽체 측압 산정식

타설속도 2.1m/hr 이하, 타설높이 4.2m 미만 식 적용

$$P = C_w \cdot C_c \left[7.2 + \frac{790 R}{T + 18} \right] = 37 \text{ kN/m}^2$$

그러므로 콘크리트 측압은 37 kN/m²

타설속도 2.1m/hr 이하이고 타설높이 4.2m 초과 및 타설속도 2.1~4.5m/hr인 모든경우

$$P = C_w \cdot C_c \left[7.2 + \frac{1160 + 240R}{T + 18} \right] = 60 \text{ kN/m}^2$$

그러므로 콘크리트 측압은 60 kN/m²

장변의 치수가 ≥ 2 m 이므로 벽체 측압적용 하여 60 kN/m²

2.2 합판 검토

- 합판 종류 : **Birch** FILM
- 합판 두께 : **18** mm

탄성계수 E	=	6,610	Mpa	
단면 2차 모멘트 I _y	=	486	mm ⁴ /mm	
단면계수 z _y	=	54.0	mm ³ /mm	b = 1.0 mm
허용 휨 응력 σ _a	=	12.4	Mpa	h = 18.0 mm

1) 장선재간격 = **250** mm (순간격 L_n = 170 mm)

2) 하중/unit = 0.0595 N/mm² x 1 mm = 0.0595 N/mm

3) 휨응력 검토

$$- M_{\max} = \frac{w \times L^2}{8} = \frac{0.0595 \times 62,500}{8} = 465 \text{ N'mm}$$

$$- \sigma = \frac{M_{\max}}{Z_y} = \frac{465}{54.0} = 8.6 \text{ Mpa}$$

그러므로, 8.6 Mpa ≤ 12.4 Mpa **OK !**

4) 처짐 검토

① 절대변형

$$- d_{\max} = \frac{5 w L^4}{384 E I} = \frac{5 \times 0.0595 \times 835,210,000}{384 \times 6,610 \times 486} = 0.20 \text{ mm}$$

그러므로, 0.20 mm ≤ 3.0 mm **OK !**

② 상대변형

$$- d_{\max} = \frac{L_n}{360} = \frac{170}{360} = 0.47$$

그러므로, 0.20 mm ≤ 0.5 mm **OK !**

거푸집 동바리 설계 기준 KDS 21 50 00 1.9 변경기준에 의거하여,
 변형값이 상대변형과 절대 변형 중 작은 값 이하가 되어야 한다.

Project 인천국제공항 4단계 공항내부 연결도로 공사
 System VARIO WALL FORM
 Project-No. 11-0007597



2.3 장선재 검토

- 장선재 종류 :

GIRDER

VT20

- 장선재 간격 :

250 mm

재료: VT20

탄성계수	E	=	11,000 Mpa
단면 2차 모멘트	I_y	=	4.6E+07 mm ⁴
유효단면적	A	=	9,640 mm ²
단면계수	Z_y	=	457,013 mm ³
허용 휨 응력	σ_a	=	10.9 MPa
허용 전단응력	τ_a	=	2.7 MPa



b = 80 mm

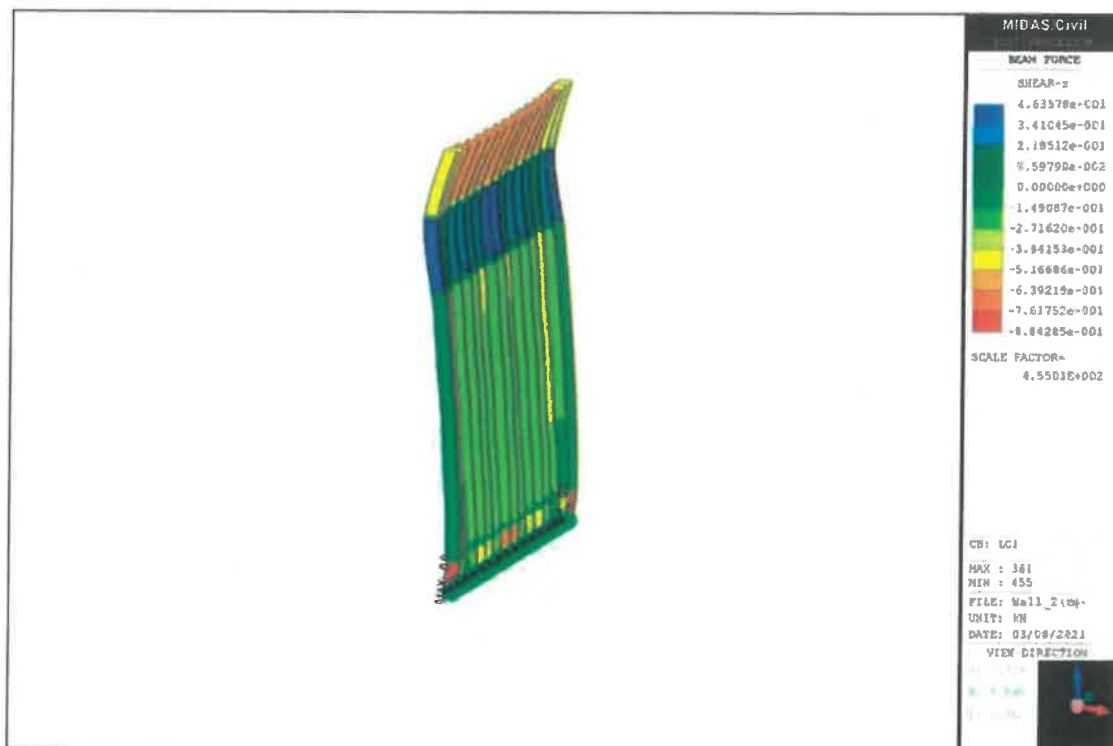
h = 200 mm



1) 휨응력 검토

- M_{max} = [refer to Back Data] = 1.6 MPa

그러므로, 1.6 MPa ≤ 10.9 MPa OK !



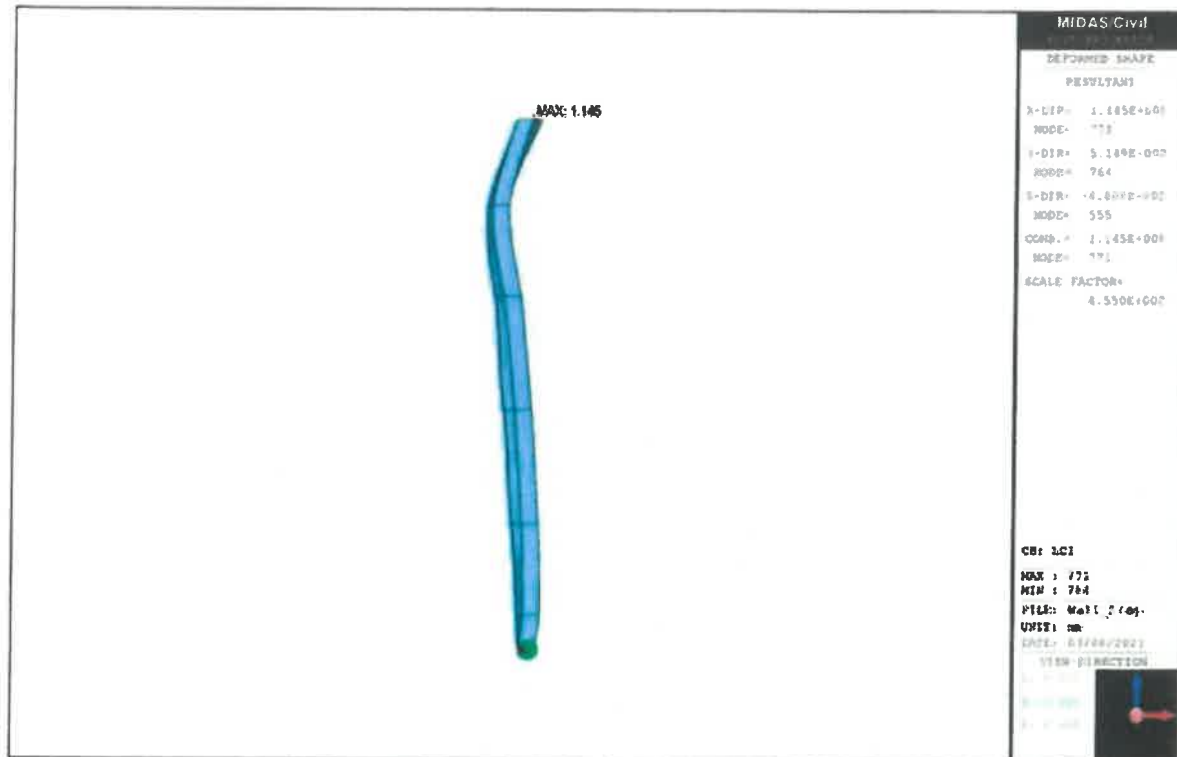
2) 전단력 검토

$$- S_{\max} = \quad [\text{refer to Back Data}] \quad = \quad 0.7 \quad \text{KN}$$

$$- \tau_{\max} = \frac{V}{I} \frac{Q}{b_{tw}} = \frac{0.7}{4.6E+07} \times \frac{304,600}{27} = 0.20 \quad \text{Mpa}$$

그러므로, $0.20 \text{ MPa} \leq 2.70 \text{ MPa} \quad \text{OK !}$

Project 인천국제공항 4단계 공항내부 연결도로 공사
 System VARIO WALL FORM
 Project-No. 11-0007597



3) 처짐 검토

① 절대변형

$$- d_{\max} = \text{[refer to Back Data]} = 1.1 \text{ mm}$$

② 휨공식에 의한 변형

$$- d_{\max} = \frac{5 w L^4}{384EI} = \frac{5 \times 15.0000 \times 2,073,600,000,000}{384 \times 11,000 \times 45701333} = 0.81 \text{ mm}$$

그러므로, 1.1 mm ≤ 3.0 mm OK !

Project 인천국제공항 4단계 공항내부 연결도로 공사

System VARIO WALL FORM

Project-No. 11-0007597



2.4 멩에재 검토

- 멩에재 종류 :

WALE

U100x50

- 멩에재 간격 :

1,500 mm

재료: SS400

탄성계수 $E = 205,000 \text{ Mpa}$

단면 2차 모멘트 $I_y = 4.1\text{E}+06 \text{ mm}^4$

유효단면적 $A = 2,700 \text{ mm}^2$

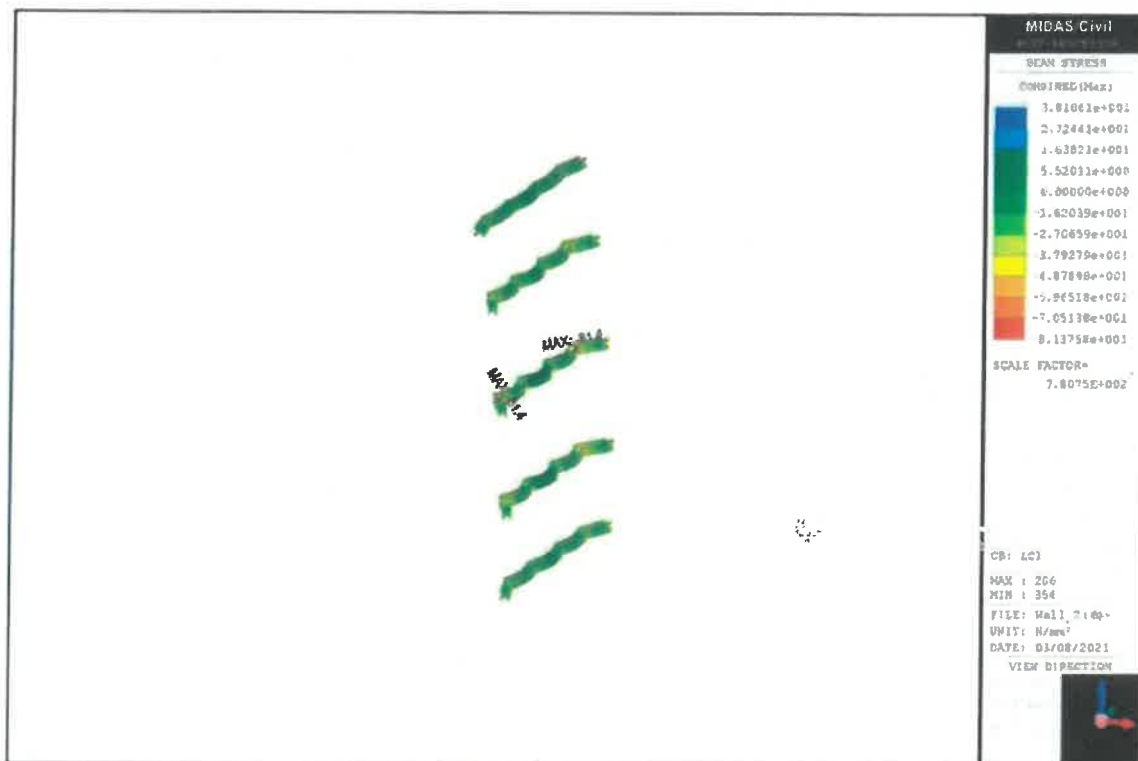
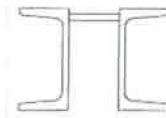
단면계수 $Z_y = 82,400 \text{ mm}^3$

허용 휨 응력 $\sigma_a = 141.0 \text{ Mpa}$

허용 전단응력 $\tau_a = 94.0 \text{ MPa}$

$b = 152 \text{ mm}$

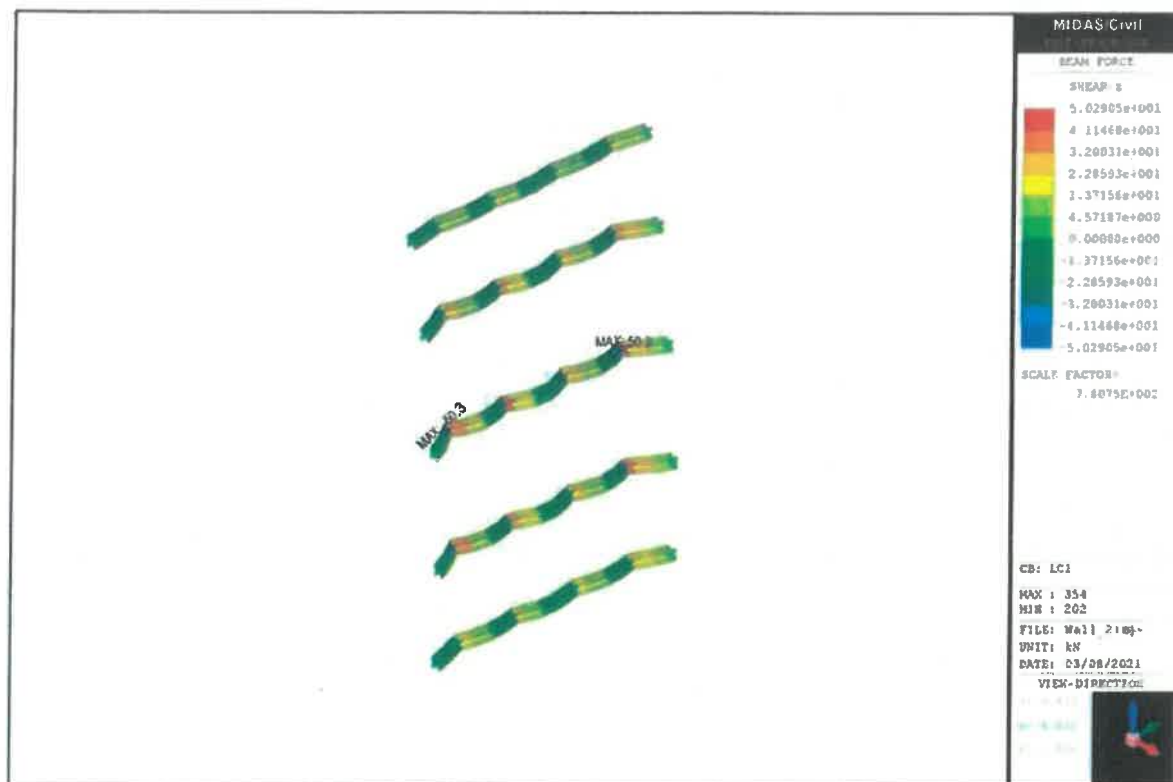
$h = 100 \text{ mm}$



1) 휨응력 검토

- $M_{\max} =$ [refer to Back Data] = 81.4 Mpa

그러므로, 81.4 MPa ≤ 141.0 MPa OK !



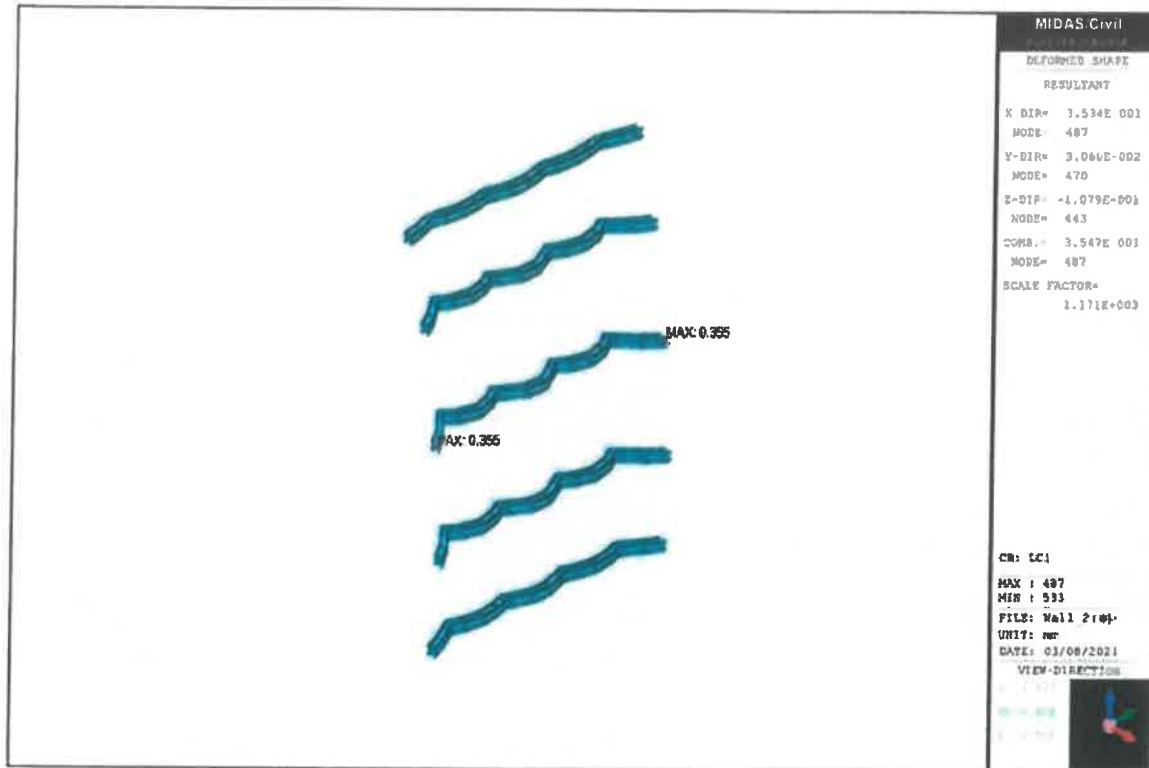
2) 전단력 검토

$$- S_{\max} = \text{[refer to Back Data]} = 50.3 \text{ KN}$$

$$- \tau_{\max} = \frac{V}{I} \frac{Q}{b_{tw}} = \frac{50.3}{4.1E+06} \times \frac{43719}{10} = 53.40 \text{ Mpa}$$

그러므로, 53.40 MPa ≤ 94.00 MPa OK !

Project 인천국제공항 4단계 공항내부 연결도로 공사
 System VARIO WALL FORM
 Project-No. 11-0007597



3) 처짐 검토

① 절대변형

- $d_{max} =$ [refer to Back Data] = 0.4 mm

② 휨공식에 의한 변형

- $d_{max} = \frac{5 w L^4}{384EI} = \frac{5 \times 73.5200 \times 685,749,610,000}{384 \times 205,000 \times 4120000} = 0.78 \text{ mm}$

그러므로, 0.78 mm ≤ 3.0 mm OK !

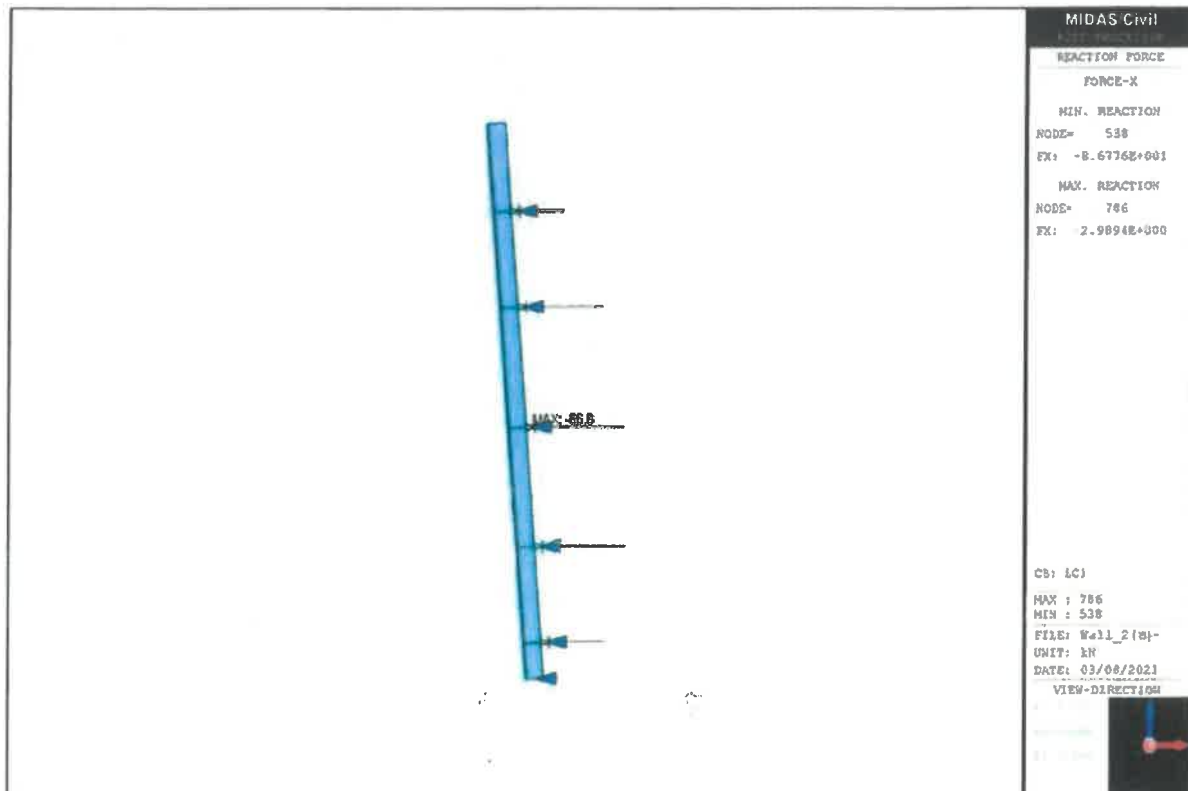
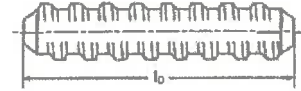
Project 인천국제공항 4단계 공항내부 연결도로 공사
 System VARIO WALL FORM
 Project-No. 11-0007597



2.5 폼타이 검토

- 폼타이 종류 : PERI DW 15
- 폼타이 최대간격 : 1,000 mm

탄성계수 $E = 210,000 \text{ Mpa}$
 유효단면적 $A = 177 \text{ mm}^2$
 허용 인장 응력 $T_a = 90 \text{ KN}$



1) 인장력 검토

- $T_{\max} = [\text{refer to Back Data}] = 86.9 \text{ KN}$

그러므로, $86.9 \text{ KN} \leq 90.0 \text{ KN} \quad \text{OK !}$

* [설계기준1) 표1.8-3] 거푸집 긴결재 안전율 2를 만족한다.

CASE.2

Project 인천국제공항 4단계 공항내부 연결도로 공사
System VARIO WALL FORM
Project-No. 11-0007597

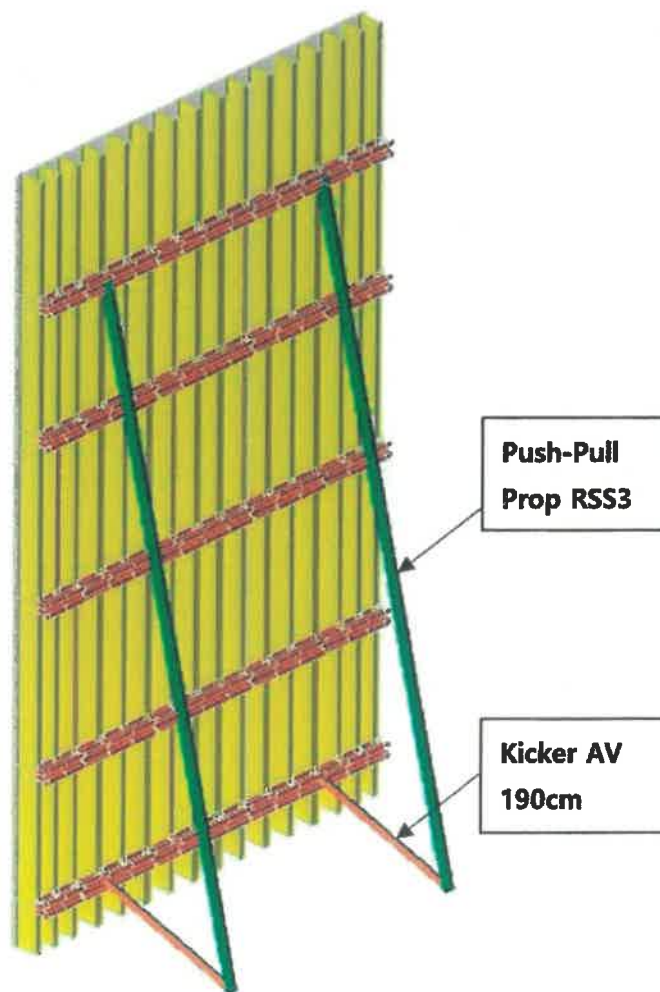


3. 설계개요

3.1 설계개요

- | | | |
|-------------|---|-------------------|
| 1) 시스템 | : | VARIO |
| 2) 타설높이 (H) | : | 7.00 m |
| 3) 장변의 치수 | : | ≥2 m (벽체 측압 적용) |

3.2 3D VIEW



< 3D VIEW >

4. Push-Pull Prop 시스템 검토

4.1 하중 조합

1) Selfweight ; Z direction -1

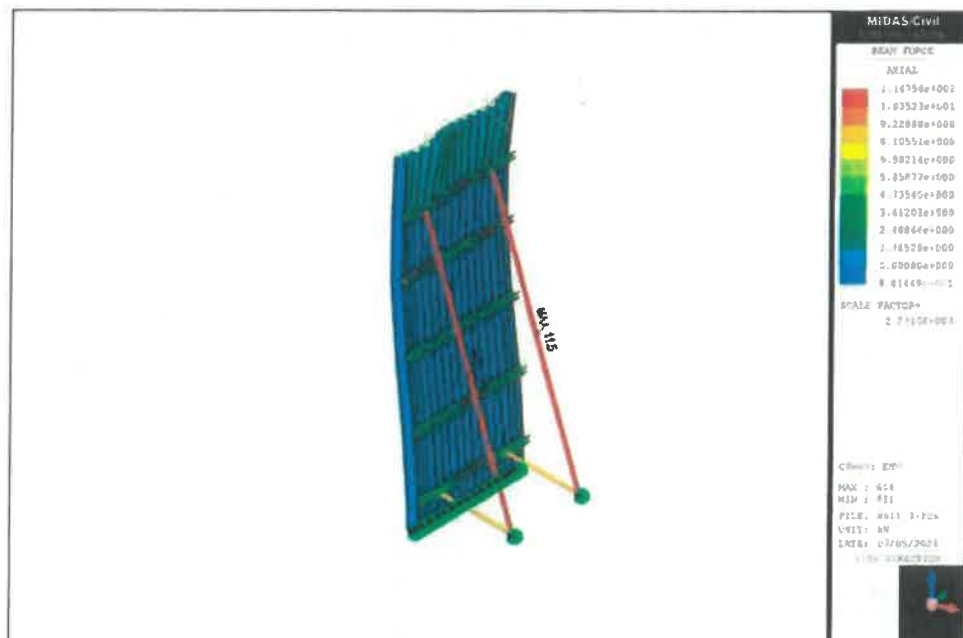
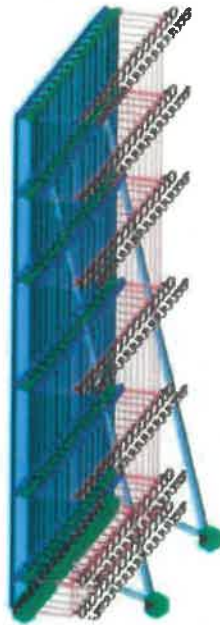
2) Wind Load ; m2 당 0.5kN/m2

※ KDS 21 50 00 거푸집 및 동바리 설계기준 1.6.5 수평하중 (6) 항목에 의거하여,

최소 수평하중과 고려한 측압과 풍하중 중에서 큰 하중을 적용하여 전도에 대한 안정성을 검토함.

1.6.5 수평하중

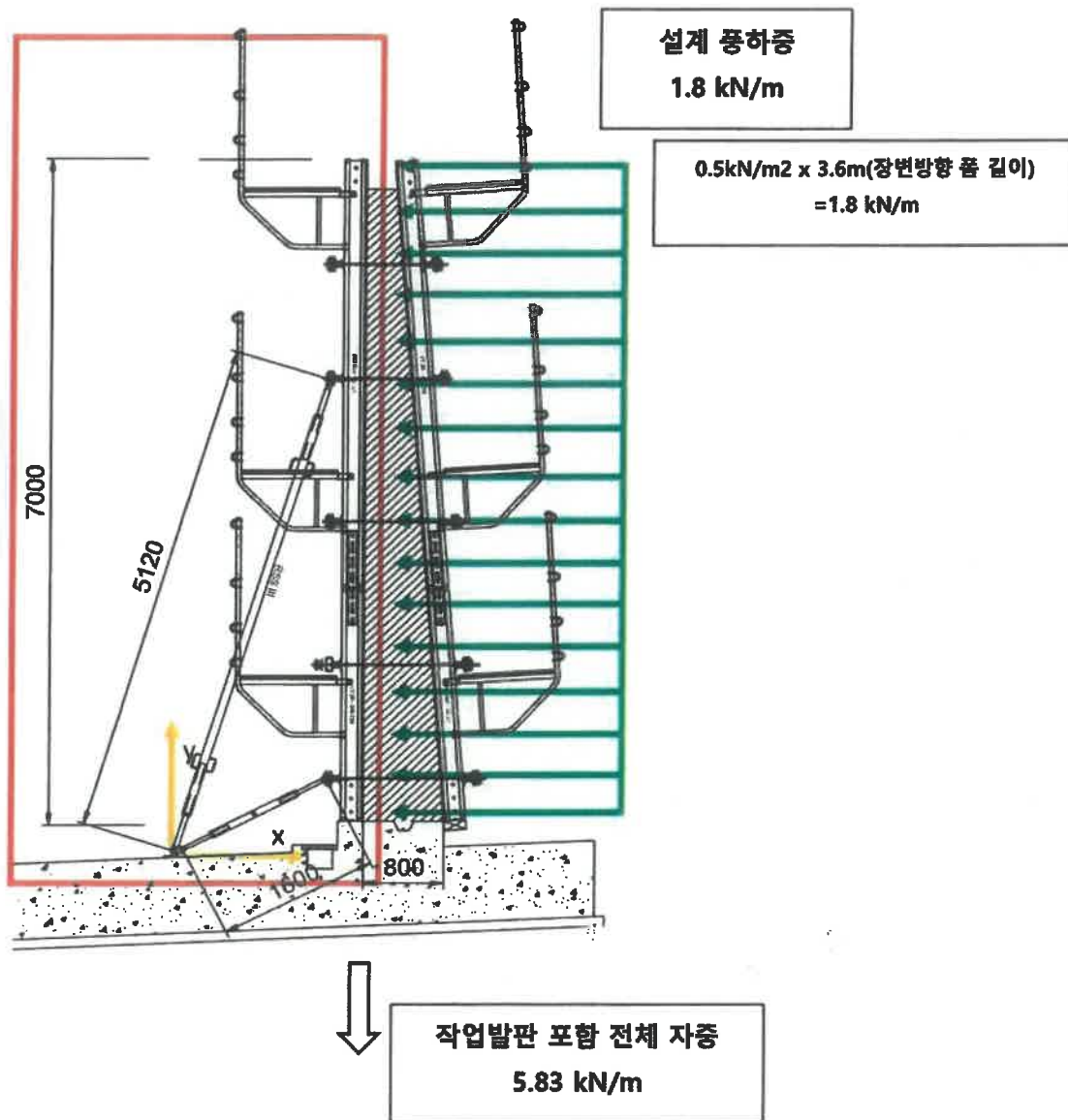
- (1) 거푸집 및 동바리는 풍하중 이외에 타설 시의 충격, 또는 시공오차 등에 의한 최소의 수평하중(M)을 고려하여야 하며, 풍하중과 최소 수평하중의 영향을 각각 고려하여 불리한 경우에 대하여 검토한다.
- (2) 동바리에 고려하는 최소 수평하중은 고정하중의 2%와 수평길이 당 1.5 kN/m 이상 중에서 큰 값의 하중이 최상단에 작용하는 것으로 한다.
- (3) 최소 수평하중은 동바리 설치면에 대하여 X방향 및 Y방향에 대하여 각각 적용한다.
- (4) 콘크리트를 한 번에 타설하는 상부 바닥판의 중단경사 또는 횡단경사에 의해 굳지 않은 콘크리트의 유체 압력이 그림 1.6-1과 같이 발생하는 경우에는 (2)의 수평하중에 추가하여 고려한다.
- (5) 풍하중(W), 수압(F), 콘크리트 비대칭 타설 시의 편심하중, 경사진 거푸집의 수직 및 수평분력, 콘크리트 내부 매설물의 양압력, 크레인 등의 장비하중, 외부진동다짐에 의한 영향 하중 등과 같이 가설 작업 중 특수하게 발생하는 수평하중의 영향은 별도로 고려하여야 한다.
- (6) 벽체 및 기둥 거푸집에 고려하는 최소 수평하중은 거푸집면 투영면적 당 0.5 kN/m² 이 추가 작용하는 것으로 하며, 최소 수평하중과 고려한 측압과 풍하중 중에서 큰 하중을 적용하여 전도에 대한 안정성을 검토하여야 한다.



Project 인천국제공항 4단계 공항내부 연결도로 공사
 System VARIO WALL FORM
 Project-No. 11-0007597



4.3 안정검토



1) 하중 집계

구분	수직력	수평력	작용거리		St 52(S355)	
			X(m)	Y(m)	Mr(kN·m)	Mo(kN·m)
거푸집	5.83	-	2	-	11.66	-
풍하중	-	1.8	-	3.5	-	6.3

Project 인천국제공항 4단계 공항내부 연결도로 공사
 System VARIO WALL FORM
 Project-No. 11-0007597



2) 하중 조합

구분	구분	V (kN)	H (kN)	Mr(kN·m)	Mo(kN·m)
COMB1	고정하중 + 풍하중	5.83	1.8	11.66	6.3

3) 전도에 대한 안정

구분	Mr(kN·m)	Mo(kN·m)	V (kN)	S.F
COMB1	11.66	6.3	5.83	1.851

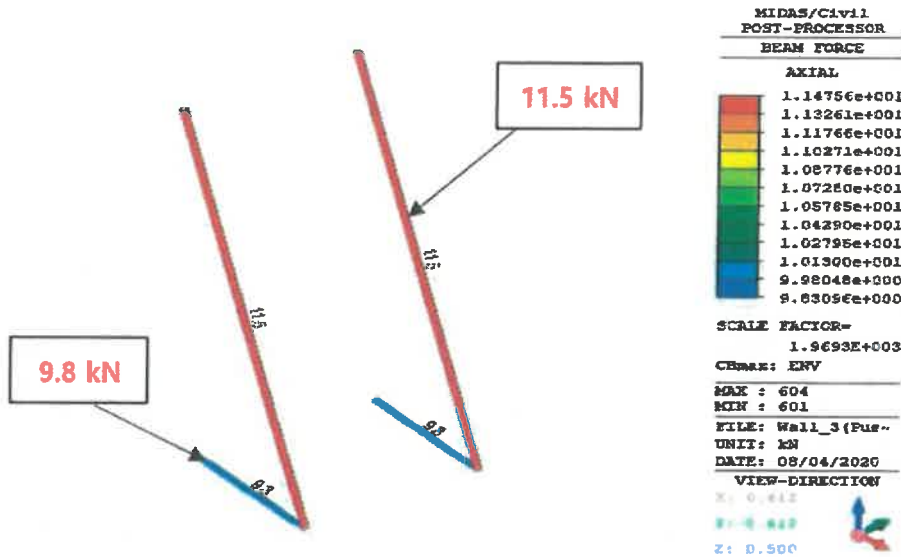
건축물의 구조기준등에 관한 규칙 (1996.2.13) 제 2장 하중 및 외력 제 13조 풍하중 5번에 의거하여,
안정모멘트 (Mr) / 전도모멘트 (Mo) > 1.5

그러므로, 1.5 ≤ 1.9 OK!

Project 인천국제공항 4단계 공항내부 연결도로 공사
 System VARIO WALL FORM
 Project-No. 11-0007597



4.4 Push-Pull 검토



Push-Pull Prop RSS III L = 4.60 - 6.00 m

Extension Length [m]	4.60	4.95	5.30	5.65	6.00
Perm. Compressive Force F [kN]	27.8	22.8	18.6	14.7	11.1
Perm. Tension Force F [kN]	20.0				

- Push-Pull Prop RSS3
- 최대 압축력 : 11.5 kN
- 허용하중 : 18.6 kN (RSS 3 길이 : 5.12 m)

그러므로, 11.5 kN ≤ 18.6 kN OK !

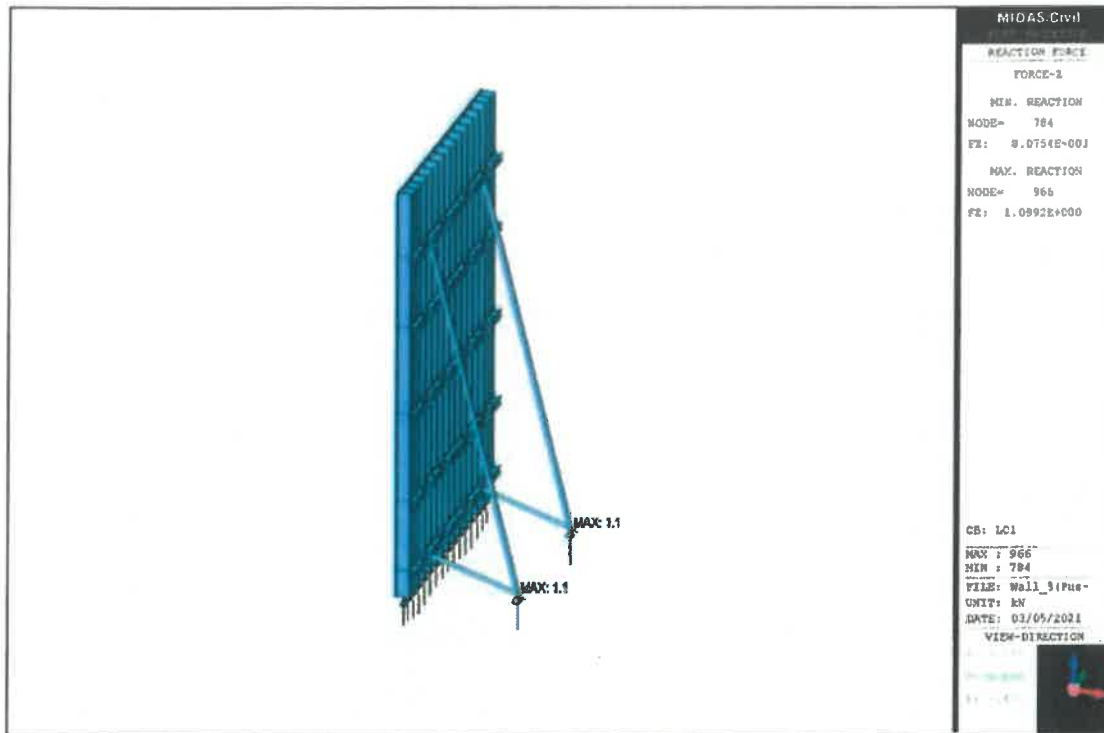
Kicker AV 190 L = 1.08 - 1.90 m

Extension Length [m]	1.08	1.25	1.50	1.75	1.90
Perm. Compressive Force F [kN]	39.2	38.5	37.4	34.6	31.3
Perm. Tension Force F [kN]	21.1				

- Kicker AV 190
- 최대 압축력 : 9.8 kN
- 허용하중 : 35 kN (RSS 3 길이 : 1.6 m)

그러므로, 9.8 kN ≤ 35.0 kN OK !

4.5 세트앙카 인발력 검토



- 세트앙카에 작용하는 인발력 : **1.1** kN

**** 세트앙카의 경우, 페리에서 납품이 아닌 현장구매로 진행함.**

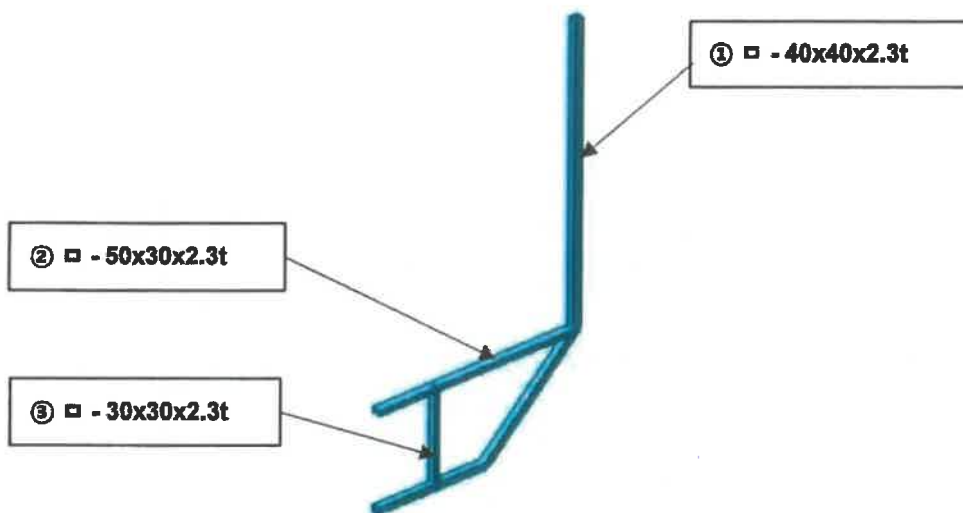
따라서, 해당 인발력을 견딜 수 있는 규격에 맞는 세트앙카 구매하여 사용 바람.

CASE.3

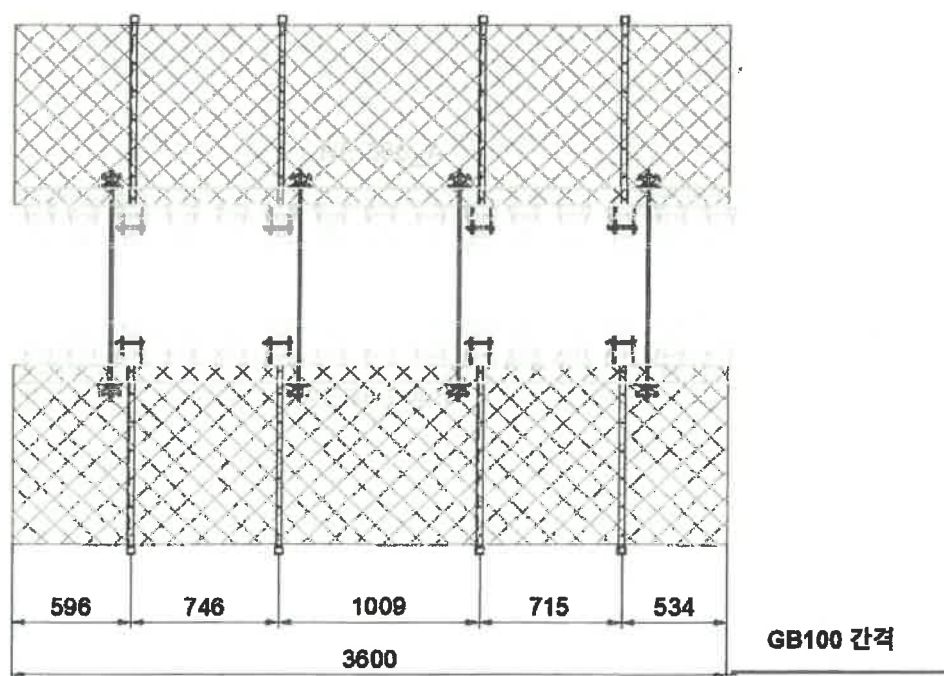
5. 설계개요

5.1 설계개요

- 1) 시스템 : GB100
 2) GB100 제원

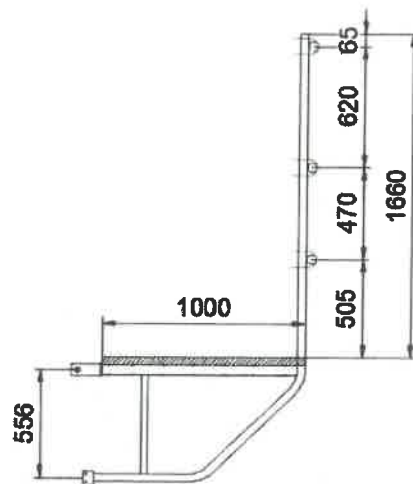


5.2 Modeling, 평면도, 단면도

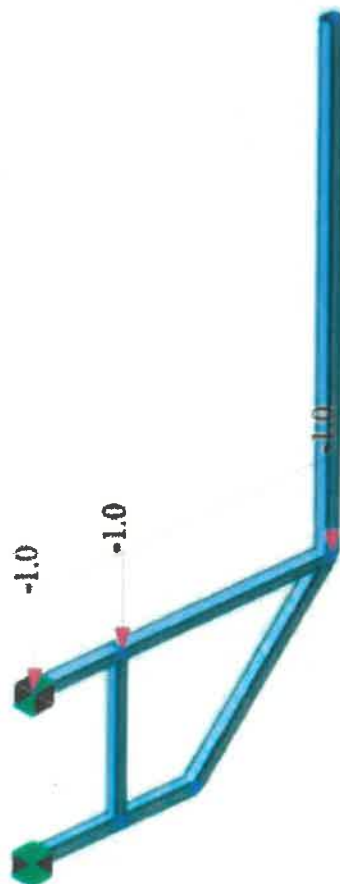


< 평면도 >

Project 인천국제공항 4단계 공항내부 연결도로 공사
System VARIO WALL FORM
Project-No. 11-0007597



< 단면도 >



< Isometric, 하중 재하도 >

Project 인천국제공항 4단계 공항내부 연결도로 공사
 System VARIO WALL FORM
 Project-No. 11-0007597



6. GB100 시스템 검토

6.1 설계 하중

- 1) Selfweight ; Z direction -1
- 2) Live Load ; m2 당 1.0kN/m2
 = 1.0 kN/m2 x 1.0m(GB100 최대 간격) = 1.0 kN/m

6.2 GB80 Bracket 검토

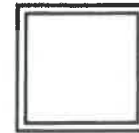
①번 부재 검토

STEEL PIPE

40 X 40 X 2.3

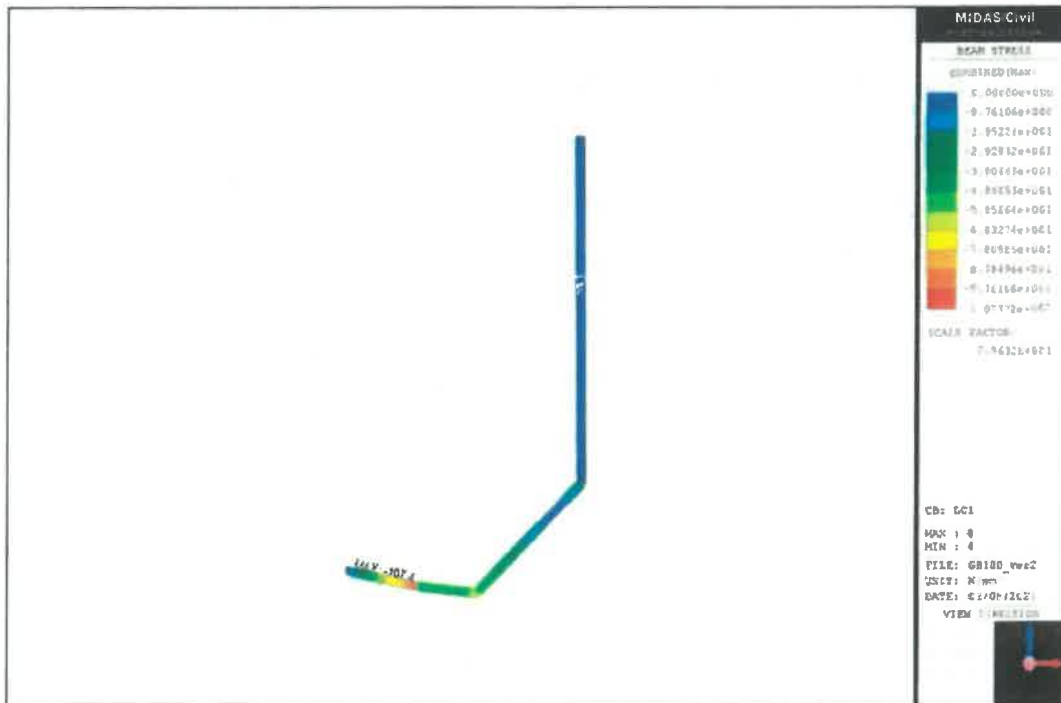
재료: SS400

탄성계수 E	=	210,000 Mpa
단면 2차 모멘트 I_y	=	7.7E+04 mm ⁴
유효단면적 A	=	347 mm ²
단면계수 Z_y	=	38,600 mm ³
허용 휨 응력 σ_a	=	141.0 Mpa
허용 전단응력 τ_a	=	94.0 MPa



b = 40 mm

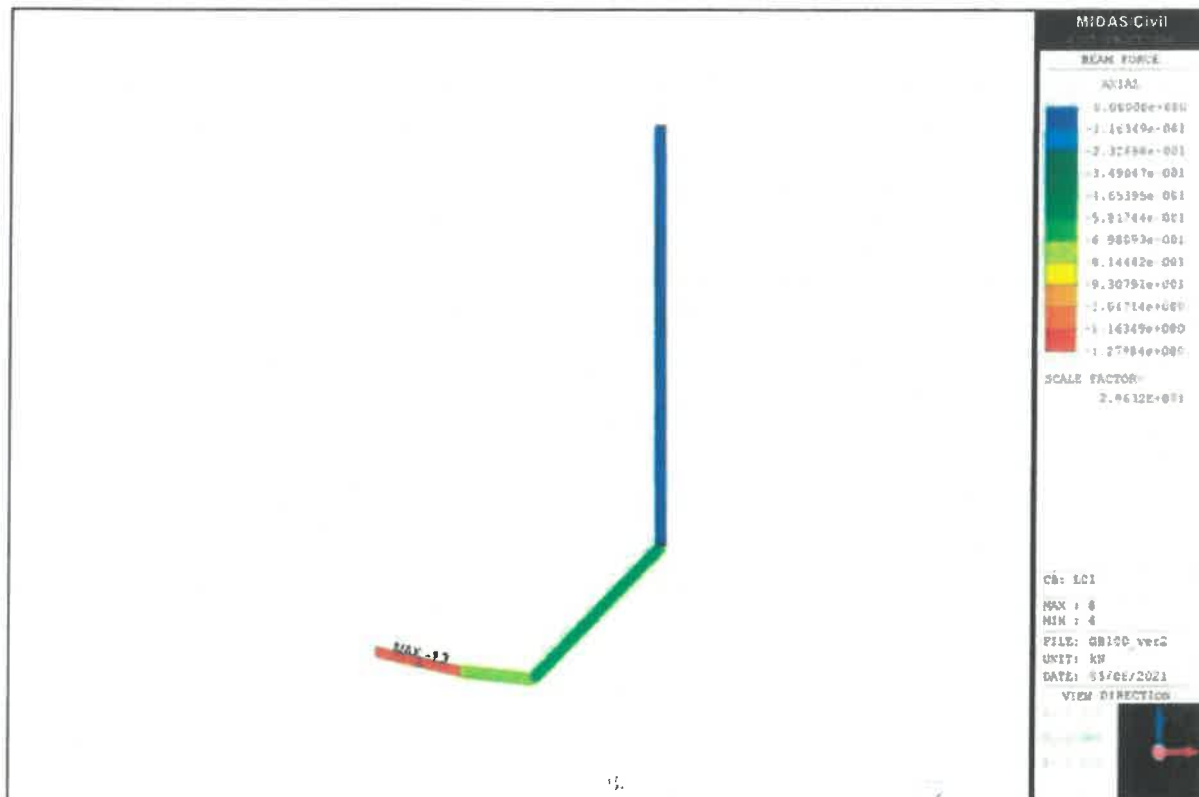
h = 40 mm



1) 휨응력 검토

$$- M_{\max} = \text{[refer to Back Data]} = 107.4 \text{ MPa}$$

그러므로, 107.4 MPa ≤ 141.0 MPa OK !



2) 전단력 검토

$$- S_{\max} = [\text{refer to Back Data}] = 1.3 \text{ KN}$$

$$- \tau_{\max} = \frac{V}{A} = \frac{1.3}{3E+02} = 3.75 \text{ Mpa}$$

그러므로, 3.75 MPa ≤ 94.00 MPa OK !

Project 인천국제공항 4단계 공항내부 연결도로 공사
 System VARIO WALL FORM
 Project-No. 11-0007597



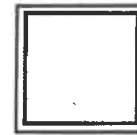
②번 부재 검토

STEEL PIPE

50 X 30 X 2.3

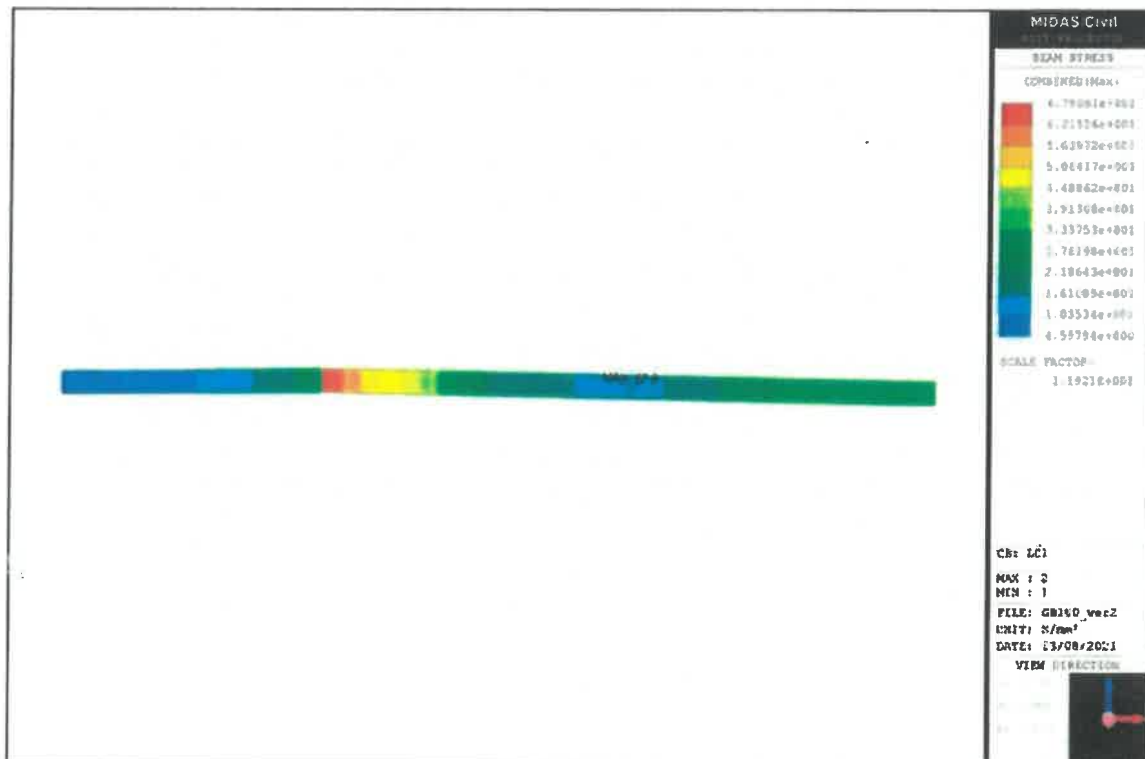
재료: SS400

탄성계수 $E = 210,000 \text{ Mpa}$
 단면 2차 모멘트 $I_y = 4.8E+04 \text{ mm}^4$
 유효단면적 $A = 333 \text{ mm}^2$
 단면계수 $Z_y = 1,830 \text{ mm}^3$
 허용 휨 응력 $\sigma_a = 141.0 \text{ Mpa}$
 허용 전단응력 $\tau_a = 94.0 \text{ MPa}$



$b = 40 \text{ mm}$

$h = 40 \text{ mm}$

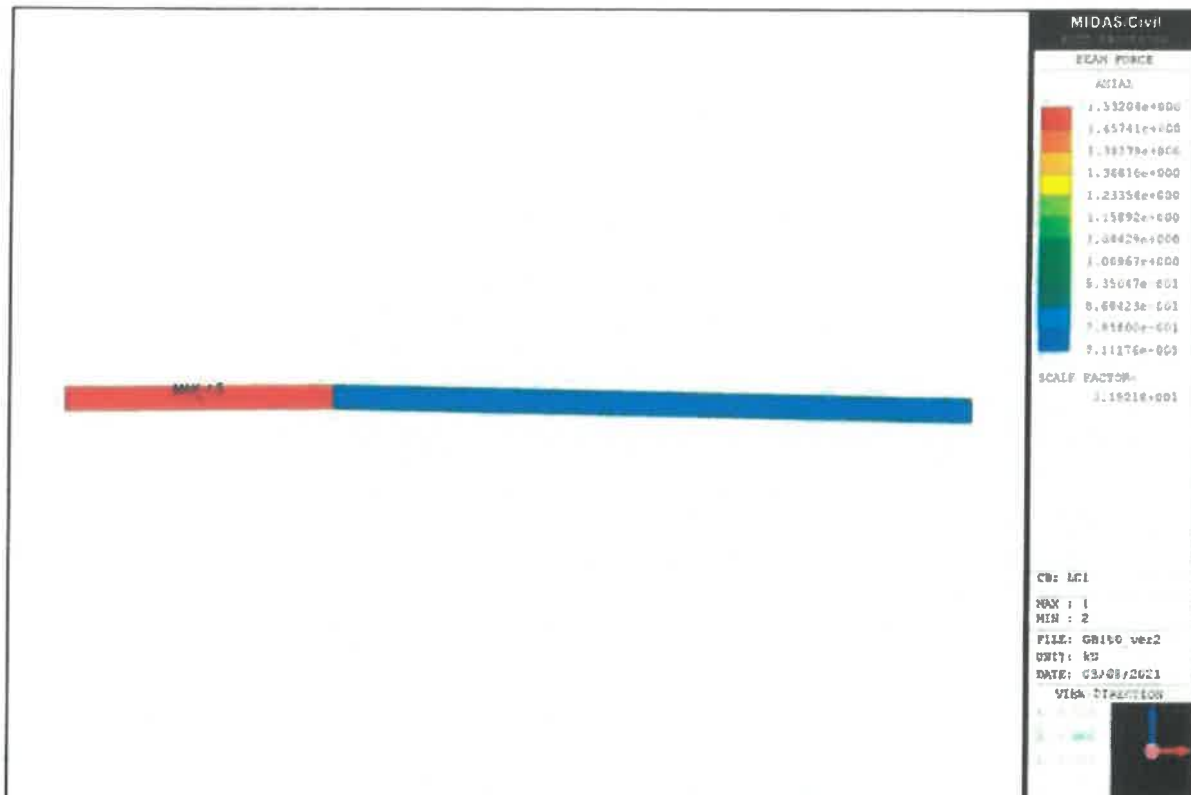


1) 휨응력 검토

- $M_{max} =$ [refer to Back Data] = 67.9 Mpa

그러므로, 67.9 MPa ≤ 141.0 MPa OK !

Project 인천국제공항 4단계 공항내부 연결도로 공사
 System VARIO WALL FORM
 Project-No. 11-0007597



2) 전단력 검토

$$- S_{\max} = \text{[refer to Back Data]} = 1.5 \text{ KN}$$

$$- \tau_{\max} = \frac{V}{A} = \frac{1.5}{3E+02} = 4.50 \text{ Mpa}$$

그러므로, 4.50 MPa ≤ 94.00 MPa OK !

Project 인천국제공항 4단계 공항내부 연결도로 공사
 System VARIO WALL FORM
 Project-No. 11-0007597



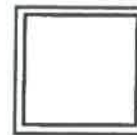
③번 부재 검토

STEEL PIPE

30 X 30 X 2.3

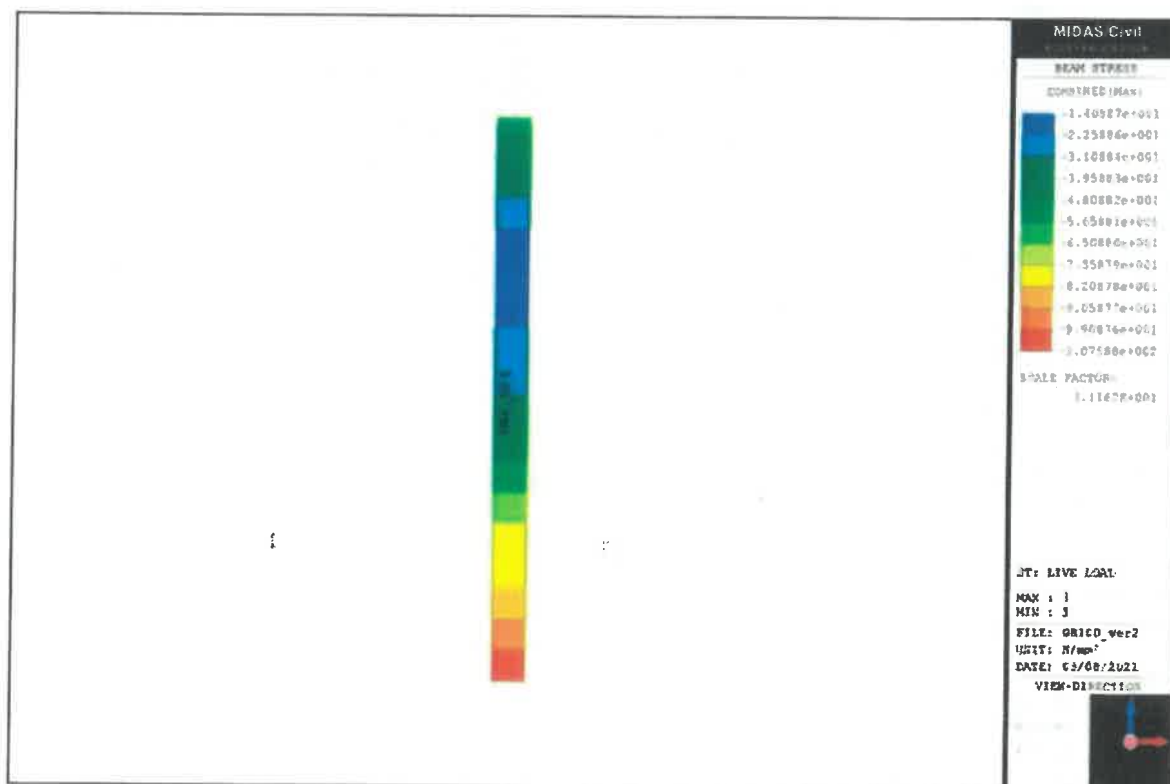
재료: SS400

탄성계수 $E = 210,000 \text{ Mpa}$
 단면 2차 모멘트 $I_y = 3.3E+04 \text{ mm}^4$
 유효단면적 $A = 255 \text{ mm}^2$
 단면계수 $Z_y = 2,188 \text{ mm}^3$
 허용 휨 응력 $\sigma_a = 141.0 \text{ Mpa}$
 허용 전단응력 $\tau_a = 94.0 \text{ MPa}$



$b = 40 \text{ mm}$

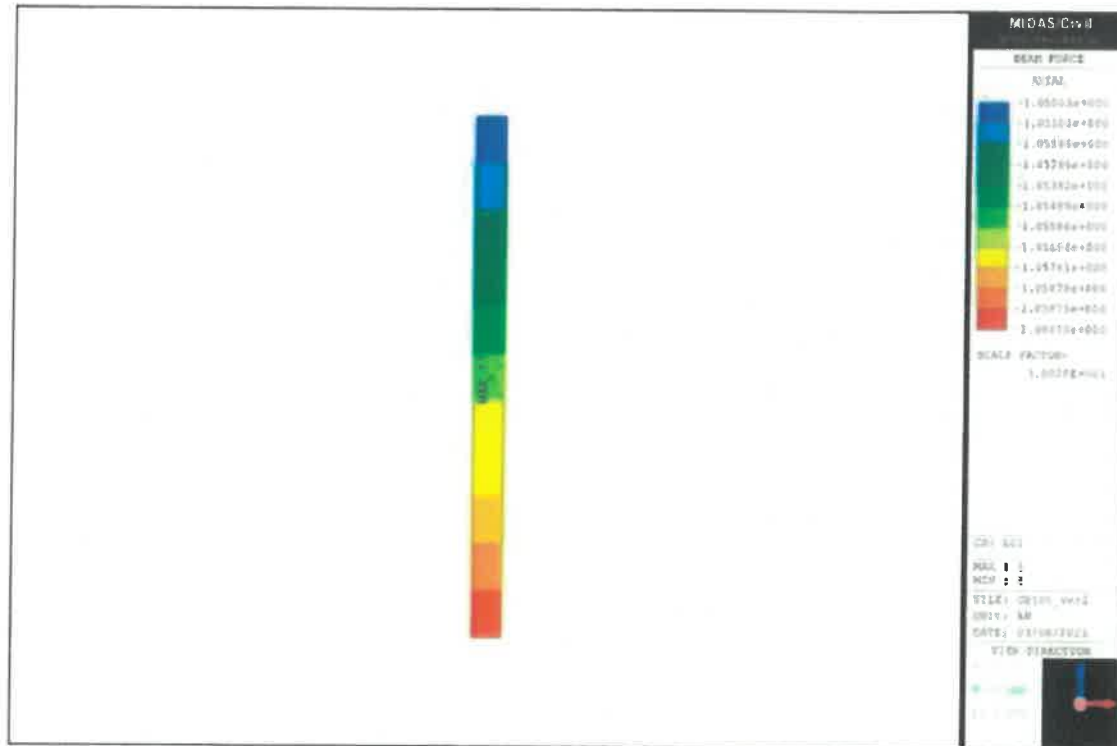
$h = 40 \text{ mm}$



1) 휨응력 검토

- $M_{\max} =$ [refer to Back Data] = 107.6 Mpa

그러므로, 107.6 MPa ≤ 141.0 MPa OK !



2) 전단력 검토

$$- S_{\max} = \text{[refer to Back Data]} = 1.1 \text{ KN}$$

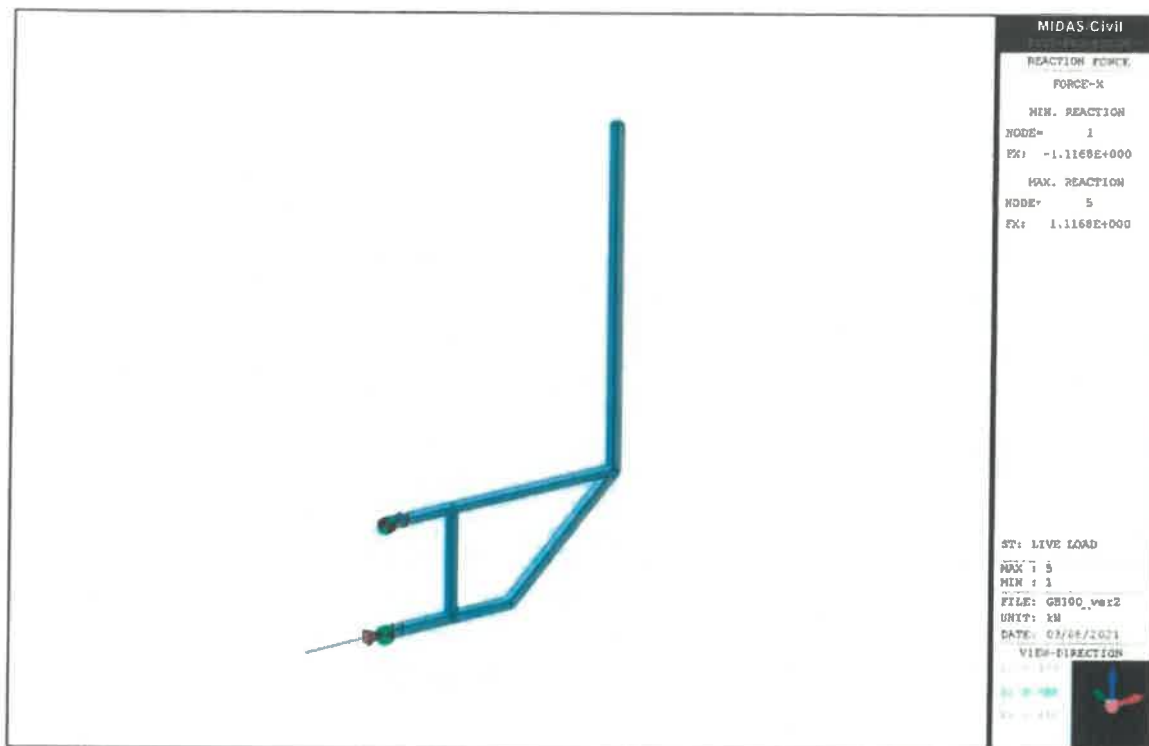
$$- \tau_{\max} = \frac{V}{A} = \frac{1.1}{3E+02} = 4.32 \text{ Mpa}$$

그러므로, 4.32 MPa ≤ 94.00 MPa OK !

Project 인천국제공항 4단계 공항내부 연결도로 공사
System VARIO WALL FORM
Project-No. 11-0007597



6.3 M16 x 130 Bolt Check



Tensil Load = *[refer to Back Data]* = **1.1** KN

1) BOLT Tensile Load Check

<표 1> 볼트의 강도구분

강도구분	3.6	4.6	4.8	5.6	5.8	6.8	8.8	9.8	10.9	12.9
호칭인장강도 (N/mm ²)	300	400	400	500	500	600	800	900	1000	1200
최소강도 (H _b)	90	114	124	147	152	181	238	276	304	366
호칭하향복합 (N/mm ²)	180	240	320	300	400	480				
호칭내력 (N/mm ²)							640	720	900	1080

<표 3> 기계적 성질에 따른 볼트 등급

기계적 성질에 따른 볼트 등급	항복강도(MPa)	인장강도(MPa)	연신율(%)	단면 수축률(%)
F8T	640 이상	800 ~ 1000	16 이상	45 이상
F10T	900 이상	1000 ~ 1200	14 이상	40 이상
F11T	990 이상	1100 ~ 1300	14 이상	40 이상
F13T	1170 이상	1300 ~ 1500	12 이상	35 이상

<표 4> 볼트 등급별 볼트 사이즈에 따른 기계적 성질

볼트 등급	최소 인장 하중(kN)							강도
	볼트 사이즈							
	M12	M16	M20	M22	M24	M27	M30	
F8T	67.4	125.4	195.8	242.7	282.0	367.0	449.0	IIR _c 18 ~ 31
F10T	84.3	156.7	244.8	303.4	352.5	458.8	561.3	IIR _c 27 ~ 38
F11T	92.7	172.4	269.3	333.7	387.8	504.7	617.4	IIR _c 30 ~ 40
F13T	109.6	203.7	318.2	394.4	458.3	596.4	729.7	IIR _c 40 ~ 45

* 출처 : 한국산업안전보건공단-볼트 너트의 선정 및 체결에 관한 기술지침

그러므로, 1.10 kN ≤ 156.70 kN OK!

2) Bolt Shear Load Check

표 9.1.3.3-1 볼트의 공칭강도 (MPa)

강도		고장역볼트			일반볼트
		F8T	F10T	F13T	SS400 SM400
공칭인장강도 $F_{t,k}$ ¹⁾		600	750	975	300
지압접합의 공칭 전단강도 $F_{v,k}$ ²⁾	나사부가 전단면에 포함될 경우 ³⁾	320	400	520	160
	나사부가 전단면에 포함되지 않을 경우 ⁴⁾	400	500	650	200

주 1) 인장강도의 0.75배
 주 2) 접 각용 방향으로 볼트접합부의 첫 번째 볼트와 맨 끝 볼트의 중심 거리가 800mm 이하인 경우에 대한 것임. 이를 초과하는 경우에는 주어진 값의 85%를 적용함.
 주 3) 인장강도계 0.4배
 주 4) 인장강도계 0.5배

* 출처 : 강구조 설계기준 2016

3) M16x130 Bolt Shear Load Check

$$\text{M16 BOLT Tensile Load} \times 0.4 = 156.7 \text{ kN} \times 0.4 = 62.68 \text{ kN}$$

그러므로, 1.10 kN ≤ 62.68 kN OK!