

SBH 조절식 흙막이공사 구조계산서

2008. 10.

SBH. (주)한국에어로테크 기술연구소



(주)한국에어로테크
AERO-TECH KOREA.CO.,LTD

목 차

1. 토질정수 산정

1. 1 개요

1. 2 토질정수산정을 위한 기본자료

1. 3 구조검토에 적용된 토질정수 산정

2. 흙막이구조물의 안정성 검토

2. 1 해석프로그램 및 허용기준치

2. 2 검토단면

2. 3 흙막이부재 안정성 검토결과

- 부록 -

1. PROGRAM OUTPUT

1. 토질정수 산정

1.1 개요

굴착으로 인해 지반의 평형상태가 흐트러질 경우에 나타나는 지반거동을 억제하기 위하여 흙막이 구조물을 계획하고 이를 설계 및 검토하는 과정 중 가장 어려운 문제 중의 하나가 해석하고자 하는 지반 물성치를 결정하는 것이다. 해석에 적용하는 지반물성치의 질은 정교한 해석방법과 관련지어 볼 때 매우 중요하다. 즉 아무리 좋은 해석적인 방법을 사용한다 하더라도 부정확한 입력자료를 사용하면 부정확한 해석결과를 유발시킨다. 해석에 적용하기 위한 지반 물성치를 얻기 위해서 어떠한 방법을 사용하더라도, 그러한 방법은 주어진 목적에 합당해야 사용될 수 있다. 다시 말해서, 공사 목적에 부합되도록 현장조사 방법이 주의 깊게 계획되어야 하며, 아울러 해석에 사용한 지반물성치의 결정은 가능한 한 정성적인 자료보다는 정량적인 자료이어야 한다. 이러한 측면에서 지반굴착으로 인해 지반에 미치는 영향 검토를 위해 필요한 지반 물성치는 각종 문헌에 명시되어 있는 기본적 성질 및 여러 학자들이 제안한 상관관계를 비교 분석하여 산정하였다.

1.2 토질정수산정을 위한 기본자료

강도특성과 중량, 체적에 관련된 데이터 중 내부 마찰각, 점착력, 단위중량을 산정하였으며, 지반물성치 산정을 위한 문헌 자료는 다음과 같다.

1) 지반의 강도정수와 N 치와의 제안식

표 1.1에서 Meyerhof의 값은 모래의 입도가 균일한 경우(uniform graded)는 적은쪽의 값을 택하고, 입도의 분포가 좋은 경우(well-graded)는 큰 쪽의 값을 택하는 것이 좋다. 표 1.2는 Dunham(1954) 및 Ohsaki가 제안한 N 치를 이용한 내부마찰각 추정식이다.

표 1.1 N 치, 상대밀도 및 내부마찰각의 관계

N - 값	상 대 밀 도 (D_r)		내 부 마 찰 각 (ϕ)	
			Peck	Meyerhof
0 - 4	매우느슨	0.0 ~ 0.2	< 28.5	< 30
4 - 10	느슨	0.2 ~ 0.4	28.5 ~ 30	30 ~ 35
10 - 30	중간	0.4 ~ 0.6	30 ~ 36	35 ~ 40
30 - 50	조밀	0.6 ~ 0.8	36 ~ 41	40 ~ 45
50 <	매우조밀	0.8 ~ 1.0	41 <	45 <

제1장. 토질정수 산정

표 1.2 N치를 이용한 내부마찰각(ϕ)의 추정식

구 분	내부마찰각 추정식	비 고
Dunham(1954)	$\phi = \sqrt{12N} + 15$	· 입자가 둥글고 입도 분포가 균일한 모래
	$\phi = \sqrt{12N} + 20$	· 입자가 둥글고 입도 분포가 좋은 모래 · 입자가 모나고 입도 분포가 균일한 모래
	$\phi = \sqrt{12N} + 25$	· 입자가 모나고 입도 분포가 좋은 모래
Ohsaki 제안	$\phi = \sqrt{20N} + 15$	-

2) 통일분류법에 의한 방법 (도로설계요령, 한국도로공사)

표 1.3 통일분류법으로 분류한 지반상태에 따른 일반적인 토질정수

종 류		재료의 상태		단위 중량 (tf/m ³)	내 부 마찰각 (ø)	점착력 (tf/m ²)	분류기호 (통일분류법)
흙 쌓기	자갈 및 자갈 섞인 모래	다진것		2.0	40	0	GW, GP
	모 래	다진것	입도가 좋은 것	2.0	35	0	SW, SP
			입도가 나쁜 것	1.9	30	0	
	사 질 토	다진것		1.8	25	3 이하	SW, SC
	점 성 토	다진것		1.8	15	5 이하	ML, CL MH, CH
자 연 지 반	자 갈	밀실한 것, 입도가 좋은 것		2.0	40	0	GW, GP
		밀실치 않은 것, 입도가 나쁜 것		1.8	35	0	
	자갈 섞인 모래	밀실한 것		2.1	40	0	GW, GP
		밀실치 않은 것		1.9	35	0	
	모 래	밀실한 것, 입도가 좋은 것		2.0	35	0	SW, SC
		밀실치 않은 것, 입도가 나쁜 것		1.8	30	0	
	사 질 토	밀실한 것		1.9	30	3 이하	SM, SC
		밀실치 않은 것		1.7	25	0	
	점 성 토	굳은 것(손가락으로 강하게 눌 러 조금 들어감. N=8 ~ 15)		1.8	25	5 이하	ML, CL
		약간, 무른 것(손가락 중간정 도의 힘으로 들어감. N=4 ~ 8)		1.7	20	3 이하	
		무른 것(손가락으로 강하게 눌 러 조금 들어감. N=2 ~ 4)		1.7	20	1.5이하	
	점토 및 실트	굳은 것(손가락으로 강하게 눌 러 조금 들어감. N=8 ~ 15)		1.7	20	5 이하	CH, MH, ML
		약간 무른 것(손가락 중간정 도의 힘으로 들어감. N=4 ~ 8)		1.6	15	3 이하	
		무른 것(손가락으로 강하게 눌 러 조금 들어감. N=2 ~ 4)		1.4	10	1.5 이하	

제1장. 토질정수 산정

3) 기타문헌에 의한 방법

표 1.4 흙의 종류에 따른 간극비 단위중량 (토질역학 이론과 응용, 김상규)

흙의 종류	흙의 상태	간 극 율 (%)	간 극 비	단위중량(t/m³)		
				건 조	전 체	포 화
모래질 자갈	느 슨	38~42	0.61~0.72	1.4~1.7	1.8~2.0	1.9~2.1
	굵 굵	18~25	0.22~0.33	1.9~2.1	2.0~2.3	2.1~2.4
거친모래, 중간모래	느 슨	40~45	0.67~0.82	1.3~1.5	1.6~1.9	1.8~1.9
	굵 굵	25~32	0.33~0.47	1.7~1.8	1.8~2.1	2.0~2.1
균 등 한 가는 모래	느 슨	45~48	0.82~0.85	1.4~1.5	1.5~1.9	1.8~1.9
	굵 굵	33~36	0.49~0.56	1.7~1.8	1.8~2.1	2.0~2.1
거친 실트	느 슨	45~55	0.82~1.22	1.3~1.5	1.5~1.9	1.8~1.9
	굵 굵	35~40	0.54~0.67	1.6~1.7	1.7~2.1	2.0~2.1
실 트	연 약	45~50	0.82~1.00	1.3~1.5	1.6~2.0	1.8~2.0
	중 간	35~40	0.54~0.67	1.6~1.7	1.7~2.1	2.0~2.1
	단 단	30~35	0.43~0.49	1.8~1.9	1.8~1.9	1.8~2.2
소 성 이 작은 점토	연 약	50~55	1.00~1.22	1.3~1.4	1.5~1.8	1.8~2.0
	중 간	35~45	0.54~0.82	1.5~1.8	1.7~2.1	1.9~2.1
	단 단	30~35	0.43~0.54	1.8~1.9	1.8~2.2	2.1~2.2
소 성 이 큰 점토	연 약	60~70	1.50~2.30	0.9~1.5	1.2~1.8	1.4~1.8
	중 간	40~55	0.67~1.22	1.5~1.8	1.5~2.0	1.7~2.1
	단 단	30~40	0.43~0.67	1.8~2.0	1.7~2.2	1.9~2.3

표 1.5 토사의 단위중량 및 내부 마찰각 : 도해 토목·건축 가설 구조물의 해설 (명문사)

종 별	상 태	단위중량 (t/m³)	수중단위 중량 (t/m³)	내부마찰각 (deg)	수중 내부마찰각 (deg)
쇄 석	-	1.6~1.9	1.0~1.3	34° ~ 45°	35°
자 갈	-	1.6~2.0	1.0~1.2	30° ~ 40°	30°
모 래	단단한 것	1.7~2.0	1.0	35° ~ 40°	30° ~ 35°
	약간무른 것	1.6~1.9	0.9	30° ~ 35°	25° ~ 30°
	무른 것	1.5~1.8	0.8	25° ~ 30°	20° ~ 25°
보통흙	굳은 것	1.7~1.9	1.0	25° ~ 35°	20° ~ 30°
	약간 굳은 것	1.6~1.8	0.8~1.0	30° ~ 35°	15° ~ 25°
	부드러운 것	1.5~1.7	0.6~0.9	15° ~ 25°	10° ~ 20°
점 토	굳은 것	1.6~1.9	0.6~0.9	20° ~ 30°	10° ~ 20°
	약간 굳은 것	1.5~1.8	0.5~0.8	10° ~ 20°	0° ~ 10°
	부드러운 것	1.4~1.7	0.4~0.7	0° ~ 10°	0°
실 트	딱딱한 것	1.6~1.8	1.0	10° ~ 20°	5° ~ 15°
	부드러운 것	1.4~1.7	0.5~0.7	0°	0°

1.3 구조검토에 적용된 토질정수산정

토질 정수는 문헌에 제시된 일반적인 값 및 경험식으로 산정하였으므로 실시공시 현장 토질을 확인한 후 공사에 임해야 할 것이다.

표 1.6 검토에 적용된 각 토층의 토질 및 강도정수

구 분	단위중량	내부마찰각 $\phi(^{\circ})$	점착력C (tf/m ²)	N치	비 고
	$\gamma_t(\text{tf/m}^3)$				
매립층	1.70	28	0.5	14	

2. 흙막이구조물의 안정성 검토

2.1 해석프로그램 및 허용기준치

2.1.1 지반탄소성 해석프로그램(EXCAV/W)

수치해석에 의해 흙막이 시공의 안정성 검토를 수행하기 위해서 지반굴착 탄소성 해석 Windows프로그램인 EXCAV/W Ver 2.51(등록번호 : 92-01-12-1799)를 사용하였다. 본 프로그램은 지반을 굴착함에 따라 단계적으로 변하는 흙막이벽체의 응력이나 변위와 지보공(Strut, Earth Anchor 등) 및 띠장 등 각 사용 부재의 전단력, 휨모멘트, 축방향력 계산을 수행하는 탄소성해석 프로그램으로 탄소성해석에 있어 기본적인 사항은 다음과 같다.

- ① 지반과 지보공 설치지점은 다음과 같은 식으로 구해지는 탄성스프링으로 한다.

$$K_s = \frac{A \cdot E_s}{S \cdot L} \cos(i)$$

여기서,

S :	지보재 간격	L :	자유장
A :	단면적	i :	지보재 설치 경사각
E_s :	지지구조 탄성계수	K :	탄성지점의 스프링상수

- ② 흙막이벽의 근입은 유한장으로 하고 근입선단은 지질상태에 따라 고정, 힌지 및 자유단 중의 하나로 한다.
- ③ 굴착면과 배면의 지반 스프링은 각각 최대값(수동토압)과 최소값(주동토압)사이에서 거동하며, 소성영역에서는 스프링의 강성은 무시한다.
- ④ 굴착면 상부 흙막이벽에 작용하는 토압은 단계별 굴착에 따른 벽체의 변위 등에 따라 변화하는 것으로 본다.
- ⑤ 벽체의 배면토압은 굴착면 위와 아래로 나누어 달리 고려한다. 즉, 굴착면 위에는 배면으로부터 주동토압이 작용한다. 또한, 굴착면 아래의 배면측은 정지토압에서 주동토압을 뺀 유효주동토압이 벽체에 작용하며 굴착면측은 벽체변위가 소성영역에 있을 때에는 유효수동토압이 작용하고 최대 수동토압에서 정지토압을 뺀 탄성영역에 있을 때도 벽체변위에 비례하는 탄성반력이 작용한다.
- ⑥ 현재 작용토압은 주동토압과 수동토압의 범위에 있도록 하여 굴착전의 정지토압을 초기 토압으로 하여 계산한다.
- ⑦ 각 지보공에 대한 탄성지점은 그 지보공이 설치될 때 이미 발생된 선행변위를 가지는 것으로 고려한다.

제2장. 흙막이 구조물의 안정성 검토

2.1.2 허용기준치

1) 강재의 허용응력

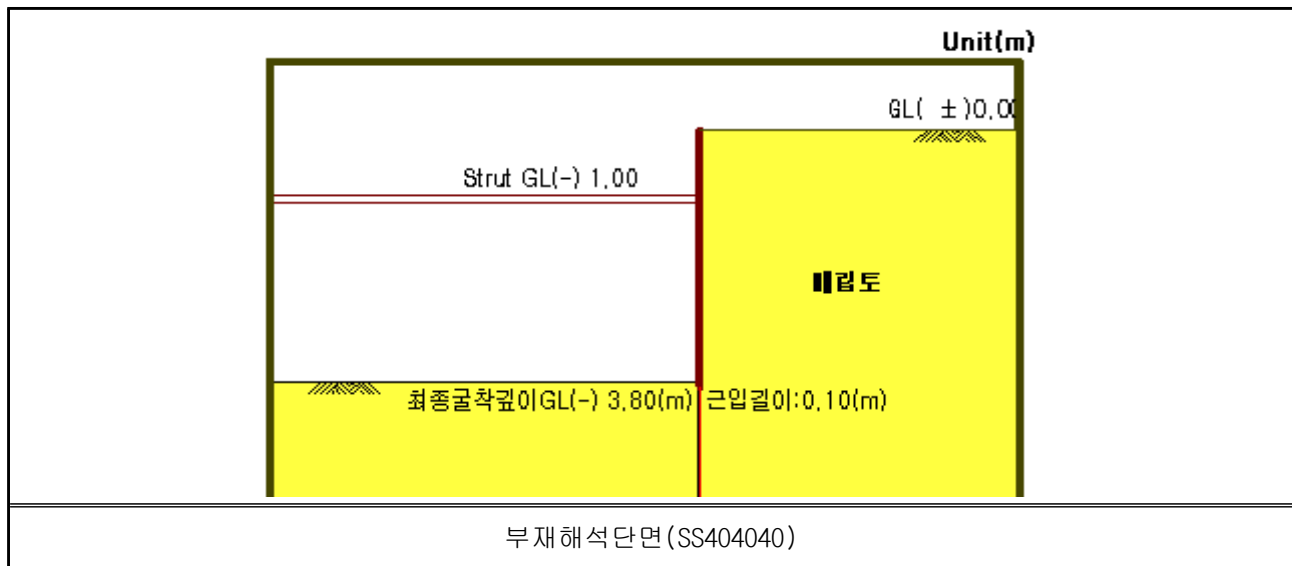
당 현장 흙막이구조물에 적용한 흙막이 버팀보 부재의 강재는 SS400을 사용하였으며, SS400의 허용응력은 $\sigma_{sa} = 1,400 \text{ kgf/cm}^2$ 에 해당되나 표 2.1과 같이 가설구조물에 대해서는 허용응력 값의 1.5배를 할증 가능한 것으로 도로교 표준시방서(건설교통부, 1996)에 명시되어 있다.

표 2.1 강재의 허용응력도 (단위 : kgf/cm^2)

종 류		일반구조용 압연강재 SS-400	SWS-490	비 고
축방향인장(순단면)		2, 100	2, 550	1,400 × 1.5 = 2, 100 1,700 × 1.5 = 2,550
축방향인장(총단면)		$\frac{l}{y} \leq 20$ 일 경우 2, 100	$\frac{l}{y} \leq 20$ 일 경우 2, 550	l : 유효좌굴장 y : 단면2차반경
		$20 < \frac{l}{y} \leq 93$ 일 경우 $2, 100 - 13\left(\frac{l}{y} - 20\right)$	$17 < \frac{l}{y} \leq 86$ 일 경우 $2, 550 - 16.9\left(\frac{l}{y} - 17\right)$	
		$\frac{l}{y} > 93$ 일 경우 $\left[\frac{18, 000, 000}{6, 700 + \left(\frac{l}{y}\right)^2} \right]$	$\frac{l}{y} > 86$ 일 경우 $\left[\frac{18, 000, 000}{5, 700 + \left(\frac{l}{y}\right)^2} \right]$	
횡 응 력	인장면(순단면)	2, 100	2, 550	l : 플랜지의 고정점간 거리 b : 압축플랜지폭
	압축면 (총단면)	$\frac{l}{b} \leq 4.5$; 2, 100	$\frac{l}{b} \leq 4.5$; 2, 550	
		$4.5 < \frac{l}{b} \leq 30$ $2, 100 - 36\left(\frac{l}{b} - 4.5\right)$	$4.5 < \frac{l}{b} \leq 30$ $2, 550 - 48\left(\frac{l}{b} - 4.3\right)$	
전단응력(총단면)		1, 200	1, 500	
지압응력		3, 150	3, 750	강관과 강판
용접강도	공 장 현 장	모재의 100% 모재의 90%	-	-

한편, 표 2.1에 나타낸 강재의 허용응력은 신규 강재의 단기하중에 대한 값으로서 설계 시 시공 중에 반복 재사용 및 장기사용 등의 강재 사용이 예상될 경우 보정계수를 적용할 수 있다.

2.2 검토단면



제2장. 흙막이 구조물의 안정성 검토

2.3 흙막이부재 안정성 검토결과

1) 흙막이부재 안정성 검토결과

굴착에 의한 각 검토단면 흙막이구조물의 안정성은 해석프로그램(EXCAV/W)을 적용하여 단계별 굴착시 발생하는 최대 부재력을 적용하였으며 검토결과 주요부재의 안정성이 다음 표와 같이 확보되는 것으로 나타났다.(자세한 결과는 부록 참조)

표 2.2 각 부재의 부재력 검토결과 (STRUT)

구 분	설계축력 (tf)	최대 모멘트 (tf-m)	강축 F=1.0	약축 F=1.0	비 고
검토단면 (SS404040)	22.861	1.000	0.116	0.143	O.K

표 2.3 각 부재의 부재력 검토결과 (RAIL)

구 분	최대모멘트 (tonf-m)	최대전단력 (tonf)	응력 (kgf/cm ²)	허용응력 (kgf/cm ²)	비 고
검토단면 (SS404040)	4.719	3.019	$\frac{M_{max}}{Z_x} = 391.127$	$2100 - 36(\frac{L}{B} - 4.5) \times 0.90 = 1742.2$	O.K
			$\frac{S_{max}}{A_w} = 257.684$	1080	

표 2.4 각 부재의 부재력 검토결과 (PANEL)

구 분	토 압 (tf/m ²)	휨 응력 (2400kgf/cm ²)	전단응력 (1440kgf/cm ²)	소요두께 (10.7cm)	비 고
검토단면 (SS404040)	2.165	230.306	4.892	3.3	O.K

부록
(SS404040)

■Project Name :
■ Calculator : (주)한국에어로테크

PROGRAM의 기본가정및 설계순서
=====

본 "EXCAV" Program은 흙막이 공사에서의 토류벽 전용 설계용으로 시공 단계별
순해석(Normal Procedure Analysis)뿐만 아니라 계측Data에 의한 역해석(Back Procedure
Analysis)도 가능하며, 사용자의 Option에 따라 해석 Modeling을 관용법,탄성법및 탄소성법이
가능하도록 되어 있는데, 토압해석에 탄소성 이론을 이용하기 위한 기본가정과 설계순서를
보면 다음과 같다.

1) 기 본 가 정

0. 토류벽의 근입은 유한장으로 하고 근입선단은 지질상태에 따라 고정,한지및 자유단중
하나로 한다.
0. 배면토압및 굴착측의 유효수동토압은 굴착에 의한 토질조건에 대처할 수 있도록
굴착단계별로 고려했다.
0. 토류벽에 접한 토질은 탄성지층의 경계조건인 Spring값으로 환산하며, 굴착면 이하에서
토류벽에 작용하는 저항토압은 토류벽의 변위에 1차적으로 비례하고 유효수동토압을
넘지 않는 것으로 한다.
0. 버팀대의 경계조건은 Spring값, Prestress반력및 우력모멘트등을 고려하며, Prestress의
손실량은 토류벽의 변위와 Relaxation에 의한 감소량을 고려한다.
0. 각 굴착단계별 해석에 있어서 사용자의 Option에 따라 이미 발생된 지중선행변위를
고려한다.
0. 굴착종료후 지하구조물 시공시 버팀보 해체단계및 지하구조물의 해석도 가능하다.

2) 설 계 순 서

Step 1) 설 계 조 건

Step 2) 굴 착 단 계 별 토 류 벽 의 구 조 해 석

Step 3) 버 팀 보 설 계

Step 4) 수 직 토 류 벽 의 휨 모 멘 트 와 전 단 력 검 토

Step 5) 수직 토류벽의 휨모멘트와 전단력 검토

Page No : 1

Calculator : (주)한국에어로테크

I. 설 계 조 건

=====

I-1. 지 반 자 료

1) 각 토층의 토질정수

토 층 번 호	상 단 EL(m)	하 단 EL(m)	단위중량 (t/m ³)	N	점착력 (t/m ²)	전 단 저항각(D ₀)	토 질 형태	지반반력계수 (t/m ³)	마찰저항 (kg f/cm ²)
1	0.000	-10.000	1.70	14	0.500	28.00	FILL	2017.465	0.00

2) 각 토층의 토압계수

토 층 번 호	상 단 EL(m)	하 단 EL(m)	RANKINE식		COULOMB식		CAQUOT & KERISEL		정지토압 Ko
			Ka	Kp	Ka	Kp	Ka	Kp	
1	0.000	-10.000	0.361	2.770	0.321	5.152	0.361	4.311	0.531

I-2. 상 재 하 중

NO	X-NEAR (m)	X-FAR (m)	EL. (m)	LOAD (t/m ²)
1	0.000	10.000	0.000	1.200

I-3. 최종 굴착바닥의 위치 및 굴착단계별 위치

- * 최종 굴착바닥 EL. = -3.800 (m)
- * 총 굴착 단계의 수 = 2
- * 굴착 단계별 Elevation(m) = -1.500 -3.800

Page No : 2

Calculator : (주)한국에어로테크

I-4. 엄지말뚝(RAIL)의 제원

1) 사용 엄지말뚝(RAIL)의 규격 : SINGLE RAIL

* 탄 성 계 수 (E)	=	2100000. (kgf/cm ²)
* 단 면 적 (A)	=	198.4 (cm ²)
* 단 면 2 차 모 멘 트(Ix)	=	13316.2 (cm ⁴)
* 단 면 계 수 (Zx)	=	1206.6 (cm ³)
* 단 면 2 차 반 경 강축방향(Rx)	=	8.190 (cm)
약축방향(Ry)	=	9.020 (cm)
* 엄지말뚝에 작용하는 축하중(N)	=	0.000 (tf)
* 엄 지 말 뚝 설 치 간 격	=	4.27 (m)

I-5. 버팀보(STRUT)의 Type

○. S T R U T T Y P E

NO	T Y P E	탄성계수(E) (kgf/cm ²)	단면적(A) (cm ²)	단면2차반경(cm) Rx	단 면 계 수 Ry	Zx(cm ³)
1	STRUT	2100000.	144.000	15.800	7.700	1839.000

I-6. 각 단에 설치한 버팀보(STRUT)의 제원

NO	EL. (m)	버 팀 보 설 치 각 형 식 (D0)	자유및정착장 강축 약축	설치간격 (m)	Cable Spring정수 수(ea) (t/m ²)
1	-1.000	Strut	0.0 4.00 4.00	4.27	1 17704.9

I-7. 사용 토류벽(PANEL)의 제원

1) PANEL 설치구간 : GL(-) 0.00 ~ -3.80 M

* PANEL 폭 (B)	=	240.000 (cm)
* PANEL 두께 (t)	=	10.700 (cm)
* 인 장 응 력 f(up)	=	2400.000 (kgf/cm ²)
* 전 단 응 력 v(up)	=	1440.000 (kgf/cm ²)

I-8. 가 설 구 조 물

1) 적 용 설 계 방 법

가설 구조물의 설계는 허용응력 설계법을 적용하며, 가설구조물은 공사 목적물을 만들기 위한 가설비(본체 구조물 일부로 사용되는 경우도 있음)로서 설치되므로 다음 규정에 따라 할증된 허용응력을 채택한다.

2) 강 재 의 허 용 응 력 도 (SS-400,SS-490)

종 류	허 용 응 력 도 (Kgf/cm ²)
1. 축방향 인장	$1,400 \times 1.5 = 2,100$
2. 축방향 압축	$L/R \leq 20 \quad 1,400 \times 1.5 = 2,100$
L(Cm):유효 좌굴장	$20 < L/R < 93 \quad 2,100 - 13 (L/R - 20)$
R(Cm):단면 2차반경	$18,000,000$ $93 \leq L/R \quad \text{-----}$ $6,700 + (L/R)^2$
3. 휨 응 력	인 장 $1,400 \times 1.5 = 2,100$
B:압축Flange폭	
L:Flange 고정 점간거리	압 축 $L/B \leq 4.5 \quad 1,400 \times 1.5 = 2,100$ $4.5 < L/B \leq 30 \quad 2,100 - 36(L/B - 4.5)$
4. 전단응력	$800 \times 1.5 = 1,200$
5. 용접강도	공 장 : 모재의 100% 현 장 : 모재의 90%

(도로교설계기준, 2000)

3) 강 재 의 허 용 응 력 도 보 정

제2항에서 규정한 강재의 허용응력도는 신규강재의 단기하중에 대한 값으로서 실제 시공시에 반복 재사용과 장기사용등을 고려할 때에는 보정계수를 고려하여야 하는데 다음과 같은 값을 적용한다.

강재의 허용응력도 보정계수 = 0.90

Page No : 4

Calculator : (주)한국에어로테크

II. 각 굴착 단계별 각 절점의 변위, 전단력, 모멘트 및 반력 집계표

(* 여기서 출력되는 값은 1.0m 단위폭당 값임.)

1) 각 절점의 토압 집계표 (단위: t/m²/M)

절점 번호	EL. (m)	굴착 단계 번호 및 굴착 EL.(m)		
		1	2	MAX.
		-1.50	-3.80	
1	0.000	0.00	0.32	0.32
	-1.000	1.41	1.27	1.41
2	-1.000	1.41	1.27	1.41
	-1.500	1.37	0.75	1.37
3	-1.500	0.00	0.75	0.75
	-2.267	0.00	1.22	1.22
4	-2.267	0.00	1.22	1.22
	-3.033	0.00	1.69	1.69
5	-3.033	0.00	1.69	1.69
	-3.800	0.00	2.16	2.16
6	-3.800	0.00	2.16	2.16
	-3.900	0.00	2.14	2.14
	MAX.	1.41	2.16	2.16

Page No : 5

Calculator : (주)한국에어로테크

2) 각 절점의 전단력 집계표(단위:tf/M)

절점 번호	EL. (m)	굴착 단계 번호 및 굴착 EL.(m)		
		1	2	MAX.
		-1.50	-3.80	
1	0.000	0.00	0.00	0.00
	-1.000	0.70	0.79	0.79
2	-1.000	0.75	1.75	1.75
	-1.500	-0.06	-1.24	-1.24
3	-1.500	0.05	1.24	1.24
	-2.267	-0.05	-0.49	-0.49
4	-2.267	0.03	0.49	0.49
	-3.033	0.01	0.63	0.63
5	-3.033	0.00	-0.63	-0.63
	-3.800	0.00	2.11	2.11
6	-3.800	0.00	-0.30	-0.30
	-3.900	0.00	0.49	0.49
	MAX.	0.75	2.11	2.11

3) 각 절점의 모멘트 집계표(단위:tf-m/M)

절점 번호	EL. (m)	굴착 단계 번호 및 굴착 EL.(m)		
		1	2	MAX.
		-1.50	-3.80	
1	0.000	0.00	0.00	0.00
2	-1.000	0.23	0.32	0.32
3	-1.500	0.03	-0.42	-0.42
4	-2.267	0.00	-1.11	-1.11
5	-3.033	0.00	-1.07	-1.07
6	-3.800	0.00	-0.04	-0.04
7	-3.900	0.00	0.00	0.00
	MAX.	-0.23	1.11	1.11

Page No : 6

Calculator : (주)한국에어로테크

5) 각 버팀대 지점의 반력 집계표(단위:tf/M)

절점 번호	EL. (m)	굴착 단계 번호 및 굴착 EL.(m)
		1 2 MAX.
		-1.50 -3.80

2	-1.000	-1.46	-2.54	-2.54
---	--------	-------	-------	-------

MAX.		-1.46	-2.54	-2.54
------	--	-------	-------	-------

Page No : 7

Calculator : (주)한국에어로테크

III . 버팀보(STRUT)의 설 계

=====

III-1 . 버팀보(STRUT)의 축력 계산

=====

1) 각 굴착 단계별 버팀대 지점의 반력 집계표(단위:ton/m/M)

버팀대 EL.	굴착 단계 번호 및 굴착 EL.(m)		
번 호 (m)	1	2	MAX.
	-1.50	-3.80	

1	-1.000	1.46	2.54	2.54
---	--------	------	------	------

MAX.		1.46	2.54	2.54
------	--	------	------	------

2) 각 버팀보의 설계축력(T) 계산

i 단째의 버팀보 위치에 있어서 설계축력(T)는 다음식으로 구한다.

$$\text{축력}(T) = \text{반력}(F) \times \text{버팀보 설치간격} / \cos(\text{설치각도})$$

[버팀보(Strut or Raker) 설치 No.= 1] , number of Strut or Raker = 1 ea

$$T = 2.543 \times 4.270 / \cos(0.0) = 10.861 \text{ (ton)}$$

○ Strut 의 최대축력

$$\text{NO. 1 : } T_{\max} = 10.861 \text{ ton/ea}$$

Page No : 8

Calculator : (주)한국에어로테크

III-2 . STRUT 의 설 계

=====

1) 최대축력 작용지점의 STRUT CHECK

. 최대축력 작용 Strut No. : 1

$$T_{max} = 10.861 \text{ (ton)}$$

. 온도차에 의한 축력 = 12.000 (ton)

. 탄 성 계 수 (E) = $0.210 \times 10^7 \text{ (kg/cm}^2\text{)}$

. 단 면 적 (A) = 144.000 (cm²)

. 단 면 계 수 (Zx) = 1839.000 (cm³)

. 단면2차 반경 강축방향(Rx) = 15.800 (cm)

약축방향(Ry) = 7.700 (cm)

. Strut 의 자 중 (Wd) = 0.500 (ton)

(1) f(c), f(b) 계 산

설계축력 (T) = 22.861 (ton)

설계휨모멘트 = $W_d \times L \times L / 8 = 0.500 \times 4.000 \times 2 / 8.0 = 1.000 \text{ (t.m)}$

$f(c) = N \times 1000 / A = 22.861 \times 1000 / 144.000 = 158.754 \text{ (kg/cm}^2\text{)}$

$f(b) = M \times 100000 / Z_x = 1.000 \times 100000 / 1839.000 = 54.377 \text{ (kg/cm}^2\text{)}$

(2) L1/Rx, L2/Ry, L2/B 계 산

$L1/R_x = 400.000 / 15.800 = 25.316$, $L2/R_y = 400.000 / 7.700 = 51.948$

$L2/B = 400.000 / 22.000 = 18.182$

(3) 강 축 방 향 검 토 (Rx)

0. f(cax), f(cao), f(eax) 계 산

$f(cao) = 1.5 \times 1400.0 \times 0.90 = 1890.0 \text{ (kg/cm}^2\text{)}$

$20 < L/R < 93$;

$$f(Cax) = (2,100 - 13 (L/R - 20)) \times 0.90$$

$$= (2,100 - 13 (25.32 - 20)) \times 0.90 = 1827.797 \text{ kg/cm}^2$$

허용 Euler 좌굴응력 ;

$$f(eax) = 0.90 \times 18,000,000 / (25.316 \times 25.316) = 25276.051 \text{ kg/cm}^2$$

0. 응 력 검 토

$$f(c) \qquad f(b)$$

$$F = \frac{f(cax)}{f(c)} + \frac{f(cao) \times [1 - f(c)/f(eax)]}{f(b)}$$

$$= 158.75 / 1827.80 + 54.38 / 1890.00 (1.0 - 158.75 / 25276.05)$$

$$= 0.09 + 0.03 = 0.12$$

따 라 서 , $F = 0.116 < 1.0$ O.K

Page No : 9

Calculator : (주)한국에어로테크

(4) 약 축 방 향 검 토 (Ry)

0. f(cay), f(bax), f(eax) 계 산

$$L/B > 4.5 \quad ; \quad f(bax) = (2100 - 36 \times (L/B - 4.5)) \times 0.90 = 1446.7 \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

$$20 < L/R < 93 \quad ;$$

$$f(Cay) = (2,100 - 13 (L/R - 20)) \times 0.90$$

$$= (2,100 - 13 (51.95 - 20)) \times 0.90 = 1516.208 \text{ kg/cm}^2$$

허용 Euler 좌굴응력 ;

$$f(eax) = 0.90 \times 18,000,000 / (51.948 \times 51.948) = 6003.112 \text{ kg/cm}^2$$

0. 응 력 검 토

$$F = \frac{f(c)}{f(cay)} + \frac{f(b)}{f(bax) \times [1 - f(c)/f(eax)]}$$
$$= 158.75 / 1516.21 + 54.38 / 1446.71(1.0 - 158.75 / 6003.11)$$
$$= 0.10 + 0.04 = 0.14$$

따 라 서 , $F = 0.143 < 1.0$ O.K

2) 각 단의 STRUT CHECK

STRUT NO	EL. (m)	사 용 강 재 Type	설계축력 (Ton/ea)	f(c) (kg/cm ²)	f(b) (kg/cm ²)	안 전 율 C H E C K			
						강축	약축	강축	약축
1	-1.000	STRUT@1	10.861	158.754	54.377	0.12	0.14	0.K	0.K

IV. 엄지말뚝(RAIL)의 휨 모멘트와 전단력 검토

IV-1. 엄지말뚝(RAIL)의 규격 : SINGLE RAIL

* 탄 성 계 수 (E)	= .21000E+07 (kgf/cm ²)
* 단 면 적 (A)	= 198.400 (cm ²)
* 단 면 2 차 모 멘 트 (IX)	= 13316.2 (cm ⁴)
* 단 면 계 수 (Zx)	= 1206.60 (cm ³)
* 단면2차 반경 강축방향(Rx)	= 8.190 (cm)
약축방향(Ry)	= 9.020 (cm)
* 엄지말뚝에 작용하는 축하중	= 0.000 (tf)
* 엄지말뚝의 설 치 간 격	= 4.27 (m)

1) 축방향력 및 휨 모멘트 검토

(1) f(c), f(b) 계 산

최대 휨 모멘트 = 1.105 x 4.270 = 4.719 (tf-m) [at Nodal point No. 4 : Step 2]

f(c) = N x 1000 / A = 0.000 x 1000 / 198.400 = 0.000 (kgf/cm²)

f(b) = M x 100000 / Zx = 4.719 x 100000 / 1206.600 = 391.127 (kgf/cm²)

(2) f(cax), f(ba), f(eax) 계 산

L/B = 290.000 / 32.000 = 9.062 , L/Rx = 290.000 / 8.190 = 35.409

L/B > 4.5 ; f(ba) = (2100-36x(L/B-4.5))x0.90
= 1742.2 (kgf/cm²)

20 < L/R ≤ 93 ;

f(cax) = (2,100 - 13 (L/R - 20)) x 0.90
= (2,100 - 13 (35.41- 20)) x 0.90
= 1709.714 kgf/cm²

허용 Euler 좌굴응력 ;

f(eax) = 0.90 x 18,000,000 / (35.409 x 35.409)
= 12920.72 kgf/cm²

(3) 응 력 검 토

$$F = \frac{f(c)}{f(cax)} + \frac{f(b)}{f(ba) \times [1 - f(c)/f(eax)]}$$

$$= \frac{0.00}{1709.71} + \frac{391.13}{1742.17(1.0 - 0.00/12920.72)}$$

$$= 0.00 + 0.22 = 0.22$$

따 라 서 , F = 0.225 < 1.0 O.K

Page No : 11

Calculator : (주)한국에어로테크

2) 전 단 력 검 토

$$\text{최대 전단력} = 2.112 \times 4.270 = 9.019 \text{ (tf)}$$

$$\begin{aligned} A_w &= T1 \times (H - 2 \times T2) \times 0.01 \\ &= 20.0 \times (205.0 - 2 \times 15.0) \times 0.01 \\ &= 35.000 \text{ (cm}^2\text{)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{전 단 강 도} &= S_{\max} / A_w \\ &= 9.019 \times 1000 / 35.000 \\ &= 257.684 \text{ (kgf/cm}^2\text{)} \end{aligned}$$

따 라 서 , $257.684 < 1080.000$ O.K

Page No : 12

Calculator : (주)한국에어로테크

V. 토 류 판 (P A N E L) 설 계

=====

- * PANEL 설치구간 EL. 0.00 ~ -3.80 M
- * PANEL의 폭 (b) = 240.000 (cm)
- * PANEL의 두께 (T) = 10.700 (cm)
- * 허용 휨응력 (fca) = 2400.000 (kgf/cm²)
- * 허용 전단응력 (vca) = 1440.000 (kgf/cm²)

PANEL의 두께 계산은 다음 식으로 구한다.

$$T = \text{Root}(6 \times M_{\text{max}} / f_{ca} \times B)$$

1) PANEL 두께 계산 : 최대토포 작용점

$$\begin{aligned} \text{최 대 토포 압} &= 2.165 \text{ (tf/m}^2\text{)} \\ \text{1개의 PANEL이 받는 하중} &= 2.165 \times 240.000 / 100 \\ &= 5.195 \text{ (tf/240.00(cm))} \\ \text{P A N E L 의 길 이} &= 4.270 - 0.240 = 4.03 \text{ (m)} \\ \text{최대 휨 모멘트} &= 5.195 \times 4.030^{**2} / 8 \\ &= 10.547 \text{ (tf-m)} \\ \text{최대 전단력} &= 5.195 \times 4.030 \times 6 / 10 \\ &= 12.562 \text{ (tf)} \end{aligned}$$

$$\text{허 용 휨 응 력 (fca)} = 2400.000 \text{ (kgf/cm}^2\text{)}$$

P A N E L 두 께 계 산

$$\begin{aligned} T &= \text{ROOT}(6 \times M / (f(ca) \times B)) \\ &= \text{ROOT}(6 \times 10.547 \times 1.0 \times 10^5 / (2400.000 \times 240.000)) \\ &= 3.3 \text{ (cm)} < 10.7 \text{ (cm)} \end{aligned}$$

따 라 서 , $T = 10.7 \text{ (cm)}$

2) 휨 응 력 검 토

$$\begin{aligned} \text{휨 응 력 } f(ca) &= 6 \times M / (\text{Thick}^{**2} \times B) \\ &= 6 \times 10.547 \times 10. \times 10^5 / (240.0 \times 10.7^{**2}) \\ &= 230.306 \text{ (kgf/cm}^2\text{)} \end{aligned}$$

따 라 서 , $230.306 < 2400.000$ O.K.

Page No : 13

Calculator : (주)한국에어로테크

3) 전 단 응 력 검 토

$$\begin{aligned}\text{전 단 응 력 } f(ca) &= S / (\text{Thick} \times B) \\ &= 12.562 \times 10.E+3 / (240.0 \times 10.7) \\ &= 4.892 \text{ (kgf/cm}^2\text{)}\end{aligned}$$

따 라 서 , $4.892 < 1440.000$ 0.K.