

세종문화회관 옥상공간 조성
기본 및 실시설계 용역
가 시 설 구 조 계 산 서

2026. 04.

제 출 문

공 사 명 : 세종문화회관 옥상공간 조성 기본 및 실시설계 용역

대 지 위 치 : 서울특별시 종로구 세종대로 175

공 사 규 모 : $H_{\max}$ G.L(-) 1.85m

상기의 공사의 견에 대하여 흠막이 가시설 설계도서 및 구조검토서를 제출하오며

구조 검토 결과 흠막이 구조검토는 안정된 것으로 검토되었음을 확인합니다.

서울시 서초구 동산로 72 신영빌딩 5층 501호

(양재동 391) (우)06784

TEL.070)7726-9918, FAX.070)574-5550

(주) 이 도 가 컨 설 터 트

대 표 이 사
토 질 및 기 초 기 술 사

이 광 훈



목 차

1. 공사 개요	1
1.1 공사명 및 위치	1
1.2 가시설 흙막이 개요	1
1.3 가시설 흙막이 사용자재	1
2. 지반조건 및 토질정수 선정	2
2.1 현장 위치 및 지반조건	2
2.2 토질 정수 선정 방법	6
3. 설계지반정수 선정	21
3.1 단위체적 중량(γ_t) 선정	21
3.2 내부 마찰각(ϕ) 선정	21
3.3 점착력(C) 선정	22
3.4 토질정수 선정 결과	23
4. 굴착 및 흙막이 공법 설계	24
4.1 공법 선정 원칙	24
4.2 지하굴착 공법 선정	25
4.3 설계 기준	29
5. 굴착으로 인한 주변지반의 침하 검토	32
5.1 지반 및 구조물 침하량 관리기준	32

6. 계측관리 계획35

6.1 개요35

6.2 계측 계획35

6.3 계측관리 방법38

6.4 측정항목의 선정 (계측계획 도면참조)40

6.5 계측빈도 및 기간42

6.6 계측계획 결과44

7. 시방서46

7.1 일반사항46

7.2 전문시방서51

1. 공사 개요

본 검토서는 서울특별시 종로구 세종대로 175에 증축예정인 “세종문화회관 옥상공간 기본 및 실시설계 용역”에 따른 가시설 흠막이공사 설계보고서로서 공사 계획도면 및 기타 주변현황 자료에 근거하여 경제성, 시공성 및 안전성을 고려하여 작성하였다.

1.1 공사명 및 위치

공 사 명	세종문화회관 옥상공간 조성 기본 및 실시설계 용역	비 고
현장위치	서울특별시 종로구 세종대로 175	

1.2 가시설 흠막이 개요

굴착심도($H_{\max}$)	G.L(-) 1.85m	
벽체공법	H-PILE+흠막이판	
지보공법	STRUT (H-BEAM H-300X300X10X15)	
차수공법	-	

1.3 가시설 흠막이 사용자재

측면말뚝	H-298X201X9X14 C.T.C 1,600	Fy=275MPa	SHP275
STRUT	H-300X300X10X15	Fy=275MPa	SHP275
WALE	H-300X300X10X15	Fy=275MPa	SHP275
ANGLE	L-90X90X10	Fy=275MPa	SHP275
JACK	유압잭		

가. 지반 조사

본 부지는 서울특별시 종로구 세종대로 175에 위치하며 1공의 기존 지반조사 자료를 토대로 기초지반 및 지층의 구성 상태를 파악하고 합리적인 설계 및 시공을 위한 제반자료를 제공하는데 그 목적이 있다. 각 지층에 대한 자세한 설명은 다음과 같다.

공번	지층	심도 (G.L.-m)	두께 (m)	구성상태	비 고
BH-1	매립층	0.0~5.3	5.3	자갈 및 건축폐기물 자갈섞인 실트질 모래	6/30~50/15
	퇴적층(점토)	5.3~8.5	3.2	실트질 점토	5/30~7/30
	퇴적층(모래)	8.5~10.8	2.3	실트질 모래	20/30~25/30

나. 지하수위

공 번	지하수위 (G. L(m))	비 고
BH-1	-22.0m	*지하수위는 현 조사표고(±)0.0m로 기준하여 측정된 값임

* GL-m기준:현지반고 기준

그러나 시추시 조사된 공내 지하수위는 일시적인 것이며, 시추시 찬공수의 공내 잔류 및 계절의 변화, 강우량, 건기나 우기, 주변의 토공 작업에 따른 지하수 유출등과 같은 요인에 의해 변화될 수 있는 점에 유의하여야 한다. 또한, 지하수위는 계절적인 영향, 인근 하천의 수위 변화, 지하수 이용 여부 등에 의하여 변동될 수 있기에 기초 설계 및 시공에 미치는 영향을 고려하여 수위 변동 여부를 지속적으로 관측해야 할 것으로 사료된다.

2.2 토질 정수 선정 방법

흙막이 구조검토에 사용된 지반의 조건 및 물성치는 인근현장 지반조사 보고서와 <표 2.1> ~ <표 2.15>, <그림 2.1> 근거하여 각 지층의 물성치 분포범위를 파악하였으며, 선정된 각 지층의 물성치 범위 내에서 안전성과 보편성을 고려하여 흙막이 구조검토를 위한 지반 물성치를 최종적으로 선정하였다.

<표 2.1> 흙의 단위 체적 중량(도로설계요령)

종 류		상 태	단위체적중량 (kN / m ³) (지하수위이상)	분 류 기 호
성 토	자갈섞인 모래	다 진 것	20.0	GW, GP
	모 래	입도가 좋은것 다진것 입도가 나쁜것	20.0 20.0 19	GW, SP
	사 질 토	다 진 것	18	SM, SC
	점 성 토	다 진 것	17	ML, CL (MH, CH)
자 연 지 반	자 갈	밀실한 것 또는 입도 가 좋은것	20	GW, GP
		밀실하지 않은 것 또 는 입도가 나쁜것	18	
	자갈섞인 모래	밀실한 것 밀실하지 않은 것	21 19	GW, GP
	모 래	밀실한 것 또는 입도 가 좋은것	20	SW, SP
		밀실하지 않은 것 또 는 입도가 나쁜것	18	
	사 질 토	밀실한 것 밀실하지 않은것	19 17	SM, SC
	점 성 토	경질의 것 연질의 것	18 16	ML, CL
	실 트	경질의 것 연질의 것	16 14	ML
	점 토	경질의 것 연질의 것	17 15	CH, MH

- 주 1) 지하수위 이하에 있는 흙의 단위체적중량은 각각의 표의 값에서 1.0을 뺀 값으로 한다.
 2) 쇄석은 자갈과 같은 값으로 한다. 또한 암버력, 암괴등의 경우는 종류, 형상, 크기 및 간극 등에 의해 고려할 필요가 있다.
 3) 자갈섞인 사질토 혹은 자갈섞인 점성토에 있어서는 혼합비율 및 상태에 따라 적절한 값을 정한다.
 4) 지하수위는 시공 후에 있어서의 평균치를 생각한다.
 5) 입도가 나쁜 모래란 입경이 균일한 모래를 말한다. 자갈의 경우에도 동일하다.

<표 2.2> 흙의 종류별 일반적인 토성치(Hough, 1969)*

흙의 종류	입경 (mm)		D10 (mm)	균등 계수 Cu	간극비		간극율		건조단위중량 (KN/m³)			습윤 단위중량 (KN/m³)		수중 단위중량 (KN/m³)	
	Dmax	Dmin			emax	emin	nmax	nmin	최소	D다짐 100%	최대	최소	최대	최소	최대
조립토															
균등한 흙 균질하고 균등한 모래 (세립또는 중립)	-	-	-	1.2 ~ 2.0	1.0	0.4	50	29	13.3	18.4	18.9	13.5	21.7	8.3	11.7
균등한 무기질 실트	0.05	0.005	0.012	1.2 ~ 2.0	1.1	0.4	52	29	12.8	-	18.9	13.0	21.7	8.2	11.7
입도가 양호한 흙 실트질 모래	2.0	0.005	0.02	5 ~ 10	0.9	0.3	47	23	13.9	19.5	19.5	14.1	22.7	8.7	12.7
균질한 세립 내지 조립모래	2.0	0.5	0.09	4 ~ 6	0.95	0.2	49	17	13.6	21.1	22.1	13.8	23.8	8.5	13.8
운모질 모래	-	-	-	-	1.2	0.4	55	29	12.2	-	19.2	12.3	22.2	7.7	2.2
실트질 모래와 자갈	100	0.005	0.02	15 ~ 300	0.85	0.14	46	12	1.43	-	23.4	14.4	24.7	9.0	14.7
혼합토															
모래질 또는 실트질 점토	2.0	0.001	0.003	10 ~ 30	1.8	0.25	64	20	0.96	20.8	21.6	16.0	23.5	6.1	13.5
자갈 또는 암편 섞인 실트질 점토	250	0.001	-	-	1.0	0.20	50	17	1.35	-	22.4	18.4	24.2	8.5	14.2
입도 양호한 자갈, 모래, 실트와 점토 혼합토	250	0.001	0.002	25 ~ 1000	0.7	0.13	41	11	1.60	22.4	23.7	20.0	25.0	9.9	15.0
조립토															
점토 (점토 30 ~ 50%)	0.05	0.5 μ	0.001	-	2.4	0.50	71	33	0.80	16.8	17.9	15.1	21.3	5.0	11.3
콜로이드 점토 (2 μ 이하 50%)	0.01	10A	-	-	12	0.60	92	37	0.21	14.4	17.0	11.4	20.5	1.3	10.5
유기질토															
유기질 실트	-	-	-	-	3.0	0.55	75	35	0.64	-	17.6	13.9	21.0	4.0	11.0
유기질점토 (점토 30 ~ 50%)	-	-	-	-	4.4	0.70	81	41	0.48	-	16.0	12.9	20.0	2.9	10.0

(주) 1. 간극비 : 조립토의 e_{max} 상태는 건조되거나 약간 축축할 때 될 수 있음.

점토의 e_{max} 상태는 완전히 포화되었을 때 될 수 있음.

2. 조립토의 최소 단위중량은 e_{max} 일 때이고 모든 포화된 흙의 수중단위중량은 포화단위중량에서 물의 단위중량을 뺀 값임.

3. 위 표는 조립토의 비중을 2.65, 점토는 2.7, 유기질토는 2.6으로 가정한 것임.

<표 2.3> 모래의 내부마찰각 ϕ 와 N치와의 관계

a) Dunham 공식 토립자가 둥글고 균일한 입경일때	$\phi = \sqrt{12N + 15}$
토립자가 둥글고 입도분포가 좋을때 토립자가 모나고 균일한 입경일때	$\phi = \sqrt{12N + 20}$
토립자가 모나고 입도분포가 좋을때	$\phi = \sqrt{12N + 25}$
b) Peck 공식	$\phi = 0.3N + 27$
c) 오자끼 공식	$\phi = \sqrt{20N + 15}$

<표 2.4> 토질에 따른 흙의 전단강도(한국도로공사 발행 도로설계요령)

종 류		상 태	내부마찰각 (도)	점착력 (kPa)	분류기준
성 토	자갈 및 자갈 섞인 모래	다진것	40	0	GW, GP
	모 래	입도가 좋은것 다진 것	35	0	SW, SP
		입도가 나쁜 것	30	0	
	사 질 토	다 진 것	25	3.0 이하	SM, SC
자 연 지 반	점 성 토	다 진 것	15	5.0 이하	ML, CL
	자 갈	밀실한 것 또는 입도 가 좋은 것	40	0	GW, GP
		밀실하지 않은것 또는 입도가 나쁜것	35	0	
	자갈섞인모래	밀실한 것	40	0	GW, GP
		밀실하지 않은것	35	0	
	모 래	밀실한 것 또는 입도 가 좋은 것	35	0	SW, SP
		밀실하지 않은것 또는 입도가 나쁜것	30	0	
	사 질 토	밀실한 것	30	3.0 이하	SM, SC
		밀실하지않은것	25	0	
	점 성 토	단단한 것(손가락 으로 세게 눌러 약간 들어감. N=8~15)	25	5.0	ML, CL
		약간연한 것(손가락으로 보통힘으로 눌러 들어감 N=4~8)	20	3.0	
		연한 것(손가락이 쉽게들어감, N=2~4)	15	1.5	
	점토 및 실트	단단한 것(손가락으로 세게 눌러 약간 들어감. N=8~15)	20	5.0	ML, CH, MH
		약간연한 것(손가락으로 보통힘으로 눌러 들어감 N=4~8)	15	3.0	
		연한 것(손가락이 쉽게들어감, N=2~4)	10	1.5	
암 반	연 암 ,이 암	원래의 지반함수비를 지닌 코어로 시험할경우	무시	일축압축강도 의 1/2	
	경 암	유사한 지반을 구하여서 시험결과를 이용하는 경우	무시	시험결과를 이용하여 추정	

<표 2.5> 통일분류법에 의한 사질토지반의 특성치

Material	Compactness	Dr, %	N*	γ_d	e	ϕ
GW : well-graded gravels, gravel- sand mixtures	Dense	75	90	2.21	0.22	40
	Medium dense	50	55	2.08	0.28	36
	Loose	25	< 28	1.97	0.36	32
GP : poorly graded g r a v e l s , gravel-sand mixtures	Dense	75	70	2.04	0.33	38
	Medium dense	50	50	1.92	0.39	35
	Loose	25	< 20	1.83	0.47	32
SW : well-graded sands, gravelly sands	Dense	75	65	1.89	0.43	37
	Medium dense	50	35	1.79	0.49	34
	Loose	25	< 15	1.70	0.57	30
SP : silty sands	Dense	75	50	1.76	0.52	36
	Medium dense	50	30	1.67	0.60	33
	Loose	25	< 10	1.59	0.65	29
SM : silty sands	Dense	75	45	1.65	0.62	35
	Medium dense	50	25	1.55	0.74	32
	Loose	25	< 8	1.49	0.80	29
ML : inorganic silts, very fine sands	Dense	75	35	1.49	0.80	33
	Medium dense	50	20	1.41	0.90	31
	Loose	25	< 4	1.35	1.00	27

Geotechnical Engineering Analysis and Evaluation – Roy E. Hunt. 1986

<표 2.6> 현장시험 결과와 탄성계수

구 분	S P T	C P T
모 래	$E_s = 766N$ $E_s = 500(N+15)$ $E_s = 18000+750N$ $E_s = (15200 \sim 22000) \ln N$	$E_s = (2 \sim 4)q_c$ $E_s = 2(1+Dr^2)q_c$
점 토 질 모 래	$E_s = 320(N+15)$	$E_s = (3 \sim 6)6q_c$
실 트 질 모 래	$E_s = 300(N+6)$	$E_s = 1$ 에서 P_c
자갈섞인 모래	$E_s = 1200(N+6)$	
연 약 점 토		$E_s = (6 \sim 8)q_c$
점 토 (S_u : 비배수전단강도)	$I_p > 30$ 또는 유기질 $I_p = (2 \sim 4)q_c$ $1 < OCR < 2$ $OCR > 2$	$E_s = (100 \sim 500)S_u$ $E_s = (500 \sim 1500)S_u$ $E_s = (800 \sim 1200)S_u$ $E_s = (1500 \sim 2000)S_u$

▪(주) E_s : KPA (SPT) q_c : KPA (CPT)

<표 2.7> 흙의 종류에 따른 대표적인 변형계수와 포아슨비

흙의 형태	변형계수, E_s		포아슨비, ν
	kN/m ²	lb/in ²	
느슨한 모래	10,600 ~ 24,600	1,500 ~ 3,500	0.20 ~ 0.40
중간 정도 모래	17,600 ~ 28,100	2,500 ~ 4,000	0.25 ~ 0.40
굵은 모래	35,200 ~ 56,300	5,000 ~ 8,000	0.30 ~ 0.45
실트질 모래	10,600 ~ 17,600	1,500 ~ 2,500	0.20 ~ 0.40
모래와 자갈	70,350 ~ 175,900	10,000 ~ 25,000	0.15 ~ 0.35
연약 점토	2,100 ~ 5,300	300 ~ 750	
중간 점토	5,300 ~ 10,600	750 ~ 1,500	0.20 ~ 0.50
단단한 점토	10,600 ~ 24,600	1,500 ~ 3,500	

Principles Foundation Engineering – Braja.M.DAS. 3th

<표 2.8> 다양한 물질들의 전형적 변형계수

Material	Young's modulus E_s , tsf, kg/cm ²	Poisson's ratio μ	Material	E_s
SOILS			ESTIMATING E_s , FROM $N(SPT)$	
Clay :			Soil type : $4N_1$	
Soft sensitive	20 - 40($500s_u$)		silts, sandy silts, slightly	
Firm to stiff	40 - 80($1000s_u$)	0.4 - 0.5	cohesive mixtures	
Very stiff	80 - 200($1500s_u$)	(undrained)	Clean fine to medium	$7N_1$
Loss	1500 - 600	0.1 - 0.3	sands and slightly silty	
Silt	20 - 200	0.3 - 0.35	sands	
Fine sand :			Coarse sands and	$10N_1$
Loose	80 - 120		sands with little gravel	
Medium dense	120 - 200	0.25	Sandy gravel and gravel	$12N_1$
Dense	200 - 300			
Sand :				
Loose	100 - 300	0.2 - 0.35		
Medium dense	300 - 500			
Dense	500 - 800	0.3 - 0.4		
Gravel :				
Loose	300 - 800			
Medium dense	800 - 1000			
Dense	1000 - 2000			
ROCK				
Sound, intact igneous and metamorphics	$6 \sim 10 \times 10^5$	0.25 ~ 0.33		
Sound, intact sandstone and limestone	$4 \sim 8 \times 10^5$	0.25 ~ 0.30		
Sound, intact shale	$1 \sim 4 \times 10^5$			
Coal	$1 \sim 2 \times 10^5$			
OTHER MATERIALS				
Wood	$1.2 \sim 1.5 \times 10^5$			
Concrete	$2 \sim 3 \times 10^5$	0.15 ~ 0.25		
Ice	7×10^5	0.36		
Steel	21×10^5	0.28 ~ 0.29		

* After CGS(1978)⁴ and Lamve and Whitman(1969)³ After MAVFAC(1982)²³

NOTE : Use N values corrected for depth N_1

Geotechnical Engineering Analysis and Evaluation - Roy E. Hunt. 1986

<표 2.9> 포아슨비(μ)의 범위

토 질	포 아 스 비(μ)
점 토 (포 화)	0.4 - 0.5
(불 포 화)	0.1 - 0.3
사 질 점 토	0.2 - 0.3
실 트	0.3 - 0.35
모 래 (조 밀)	0.2 - 0.4
조 립	0.15
세 립	0.25
암	0.1 - 0.4
얼 음	0.36
콘 크 리 트	0.15

Foundation Analysis and Design - Bowles 1988

<표 2.10> RMR분류법에 의한 암반정수의 추정

A. 분류인자와 점수

분 류 기 준			값의 범위						
1	신선암 강 도	점하중 강도(MPa)	>10.0	4.0 ~ 10.0	2.0 ~ 4.0	1.0 ~ 2.0	이 범위에서는 일축압축시험실시		
		일축압축 강도(MPa)	>250.0	100.0 ~ 250.0	50.0 ~ 100.0	25.0 ~ 50.0	5.0 ~ 25.0	1.0 ~ 5.0	<1.0
	점 수		15	12	7	4	2	1	0
2	시추코아 암질지수 RQD(%)		90 ~ 100%	75 ~ 90%	50 ~ 75%	25 ~ 50%	< 25%		
	점 수		20	17	13	8	3		
3	불연속면의 간격		> 2 m	0.6 ~ 2 m	0.2 ~ 0.6m	60 ~ 200 mm	< 60 mm		
	Rating		20	15	10	8	5		
4	불연속면의 상태		매우거칠다 불 연 속 분리 없음 신 선 암	다소거칠다 분리 < 1 mm 약간풍화	다소거칠다 분리 < 1 mm 심한풍화	매끄럽다 홈<5mm두께 분리1 ~ 5mm 연속된 분리	연약한홈 > 5mm 두께 분리 > 5mm 연속된 분리		
	점 수		30	25	20	10	0		
5	지 하 수	터널길이 10m당 유입량(ℓ /min)	없음	< 10	10 ~ 25	25 ~ 125	> 125		
		절리수압의 최대 주응력에 대한 비	0	< 0.1	0.1 ~ 0.2	0.2 ~ 0.5	> 0.5		
		일반적인 상태	완전건조	약간습함	습윤(젖음)	물방울 떨어짐	물이 흐름		
	점 수		15	10	7	4	0		

B. 절리방향에 따른 점수 보정

절리의 주향과 경사		매우유리	유 리	양 호	불 리	매우불리
점 수	터 널	0	-2	-5	-10	-12
	기 초	0	-2	-7	-15	-25
	사 면	0	-5	-25	-50	-60

C. RMR 분류점수에 의한 암반구분

점 수	100 ← 81	80 ← 61	60 ← 41	40 ← 21	< 20
등 급	I	II	III	IV	V
구 분	매우우수	우 수	양 호	불 량	매우불량

D. 암반 등급의 의미

등 급	I	II	III	IV	V
평균자립시간	15m span 으로 20년	10m span 으로 1년	5m span 으로 1주일	2.5m span 으로 10시간	1m span 으로 30분
암 반 점착력 (t/m^2)	< 40	30~40	20~30	10~20	< 10
마찰각($\phi, ^\circ$)	< 45	35~45	25~35	15~25	< 15

<표 2.11> 암층분류표(서울지하철공사)

구 분		경 압	보 통 압	연 압	풍 화 압	잔 류 토
탄성파속도		4.5km/sec이상	4.0 ~ 4.5 km/sec	3.5 ~ 4.0 km/sec	3.5 km/sec이상	2.0 km/sec 이하
암질 상태		경도가 아주 좋고 균열이 적으며 풍화변질이 않된 상태	균열 및 절리가 다소 발달되어 있으며 풍화가 않된 상태	풍화작용으로 암상에 층리 및 절리가 발달되어 있는 암체로서 파쇄질	물리화학적 교대작용으로 파쇄대가 매우 발달되어 있는 상태로 다소의 단층이 포함되어 점토질이 많이 발달되어 있는 암상	완전풍화되고 암의 조직이 보존되어 있으나 토사화 됨
관찰에 의한 판 정		망치가 튕겨나옴, 강하게 치면 신선한 면으로 갈라짐.	강하게 치면 균열면이나 절리면을 따라 크게 갈라짐.	망치로 쉽게 갈라지며 쉽게 균열면으로 갈라짐.	망치로 쉽게 부서지며 망치가 아니더라도 쉽게 부서짐.	손으로 문지르면 쉽게 부서짐.
코아 상태	채취율	90%이상	70%이상	40 ~ 70%	40%이하	
	균열상태	주상코아	다소의 세편 포함	다량의 세편 포함	세편을 이루고 있음	
	암괴	20cm이상	5cm이상	5cm이하, 세편		
점착력 (MPa)		0.10 ~ 5.0	0.05 ~ 3.0	0.025 ~ 2.0	0.02 ~ 0.50	0 ~ 0.50
내부마찰각		35 ~ 50°	35 ~ 50°	25 ~ 50°	20 ~ 45°	20 ~ 45°
탄성계수 E (MPa)		> 100,000	10,000 ~ 500,000	8000 ~ 15,000	< 2,000	-
포아송비 ν		< 0.2	0.23 ~ 0.29	0.29 ~ 0.33	> 0.33	-
단위중량 (MPa)		0.026 ~ 0.027	0.026	0.025 ~ 0.0256	0.020 ~ 0.024	0.018 ~ 0.022

$$1\text{Mp/m}^2 \approx 10\text{kg/cm}^2 \approx 100\text{t/m}^2$$

<표 2.12> R.Q.D and rock mass strength properties(after Kulhawy and Goodman, 1987)

R.Q.D %	Rock mass properties		
	Unconfined compressive strength (UCS)	Cohesion value	Friction angle
0 - 70	0.33UCS	0.1UCS	30°
70 - 80	0.33-0.8UCS	0.1UCS	0° - 60°

<표 2.13> 균열있는 암반의 점착력(Cohesion)[Hoek & Bray, 1984]

Rock Type	Cohesion	
	C : PSI	C : kg/cm ²
Soil	< 56	< 4
Weathered soft rock , Discontinuities in hard rock	56 ~ 140	4 ~ 10
Soft rock masses or jointed hard rock disturbed by blasting or excess loading	140 ~ 280	10 ~ 20
Undisturbed jointed soft rock masses	280 ~ 420	20 ~ 30
Undisturbed hard rock masses	420	> 30

TCR, RQD, RMR에 의한 강도정수는 다음 <표 2.14> <표 2.15>와 같다.

<표 2.14> TCR, RQD를 고려한 암반의 강도정수

TCR(%)	RQD(%)	굴착난이도	$\theta(^{\circ})$	C (t/m ²)	비 고
20%이하 (5%이하)	10%이하 (0%)	리핑암	30°	10	
20~30% (10~20%)	10~25% (0~5%)	연암	33°	13	
40~50% (30%이상)	25~35% (10~20%이상)	보통암	35°	15	
70%이상 (50%이상)	40~50% (30%이상)	경암	40°	20	

(주) ()는 BX시추시의 경우를 나타냄

<표 2.15> RMR 평점결과에 따른 강도정수

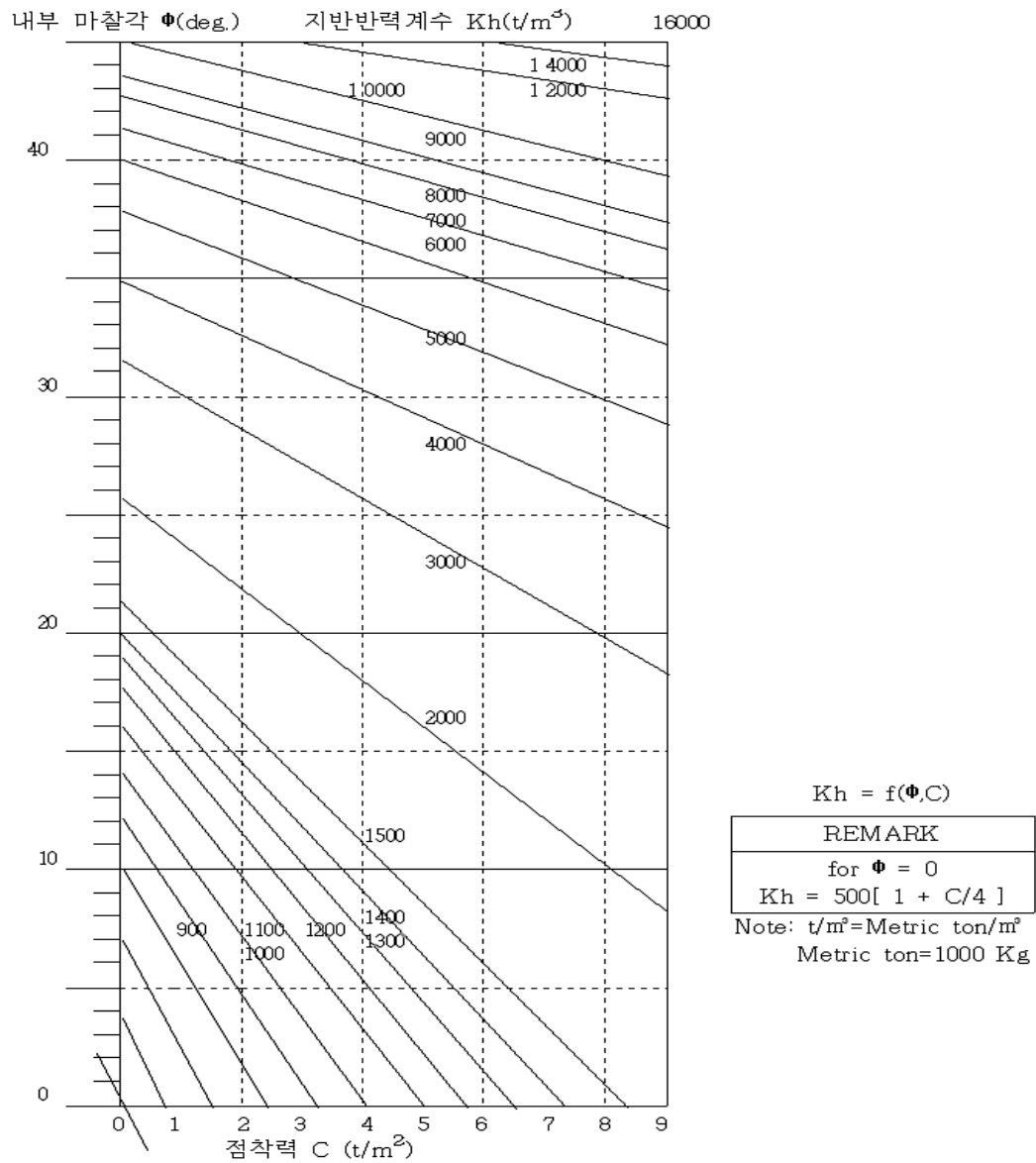
구 분	I	II	III	IV	V
개정암반분류 법	81 ← 100	61 ← 80	41 ← 60	21 ← 40	20 이하
암질상태	매우 우수 (VERY GOOD)	우수 (GOOD)	양호 (FAIR)	불량 (POOR)	매우 불량 (VERY POOR)
점착력 (t/m ²)	> 30	20 ~ 30	15 ~ 20	10 ~ 15	< 10
내부마찰각 (θ)	> 45°	40° ~ 50°	35° ~ 40°	30° ~ 35°	< 30°

<표 2.16> 흙막이 설계시 적용된 지반물성치 적용예(구조물 기초 설계 기준)

지 층 \ 물 성	γ_t (kN/m ³)	C (MPa)	ϕ (°)	Es (MPa)
매립층	18	-	25	90
모래층	18	-	28	125
풍화잔류토	19	-	30	150
풍화암	20	0.02 ~ 0.04	36 ~ 38	350
연암반	21	0.07	43	600
경암반	21	0.10	45	800

<표 2.17> 터널해석시 적용된 지반물성치 적용예(지반공학시리즈7, 터널, p235)

지 층 \ 물성치	풍화토	풍화암	연암	경암
측압계수 K_0	0.5	0.5	0.5	0.5
변형계수 $\times 10^3$ (kN/m ²)	20 ~ 50	100 ~ 300	400 ~ 600	1,000 ~ 2,000
포아송비 ν	0.35	0.3	0.25	0.2
내부마찰각 ϕ (°)	30	35	40	45
점착력 C (MPa)	0.03	0.30	1.00	2.00
단위중량 γ (kN/m ³)	20.0	22.0	25.0	26.0



<그림 2.1> Horizontal Subgrade Reaction(K_h) as a Function of the Soil Shear Parameter.
(According to Soletanche Table)

● $K_s = 691 \times N^{0.406}$ (Hukouaka's EQ.) 방법

3. 설계 지반정수

3.1 단위체적 중량(γ t) 선정

지반의 단위체적중량은 현장 또는 실내 시험을 통하여 결정되어야 하며 실내 시험이 이루어지지 않아 여러 문헌에 제시된 자료들을 고려하여 합리적인 값을 선정하였다.

<표 3.1> 설계 단위중량의 선정(단위 : kN/m^3)

지 층	N값	적용 N값	문헌자료	단위중량 γ t
매립층	6/30~50/15	6	18.0~20.0	18.0
퇴적층(점토)	5/30~7/30	6	17.0~20.0	17.0
퇴적층(모래)	20/30~25/30	22	17.0~20.0	17.0

3.2 내부 마찰각(ϕ) 선정

내부마찰각은 공내 전단시험에 의해 측정된 값을 기준으로 하여야 하나 실내시험이 이루어지지 않아 기존의 자료(제안된 경험치)를 이용하여 추정하되 토사층의 경우 각 제안된 식(Dunham, Osaki, Peck 등)에 의한 값의 편차가 5~10 정도 이므로 이들 값 중 당 현장의 지반특성을 고려하여 합리적인 값을 선정하여 사용하였다. 암반의 경우엔 문헌에서 제시한 값과 기타 설계에 제시된 값을 비교 분석하여 사용하였다.

<표 3.2> 토사층의 설계 내부마찰각 선정(단위 : $^{\circ}$)

지 층	적용 N값	경험식				문헌자료	적용
		Dunham	Peck	Osaki	평균		
매립층	6	28.49	28.80	23.49	26.93	20.0~25.0	20.0
퇴적층(점토)	6	28.49	28.80	23.49	26.93	25.0~35.0	20.0
퇴적층(모래)	22	36.25	33.60	31.25	33.70	25.0~35.0	25.0

3.3 점착력(C) 선정

점착력은 공내 전단시험에 의해 측정된 값을 기준으로 하여야 하나 실내시험이 이루어지지 않아 기존의 자료(제안된 경험치)를 이용하여 추정하되 토사층의 경우 각 제안된 식(Dunham, Osaki, Terzaghi 등)에 의한 값의 편차가 5~10 정도 이므로 이들 값 중 당 현장의 지반특성을 고려하여 합리적인 값을 선정하여 사용하였다. 암반의 경우엔 문헌에서 제시한 값과 기타 설계에 제시된 값을 비교 분석하여 사용하였다.

<표 3.3> 설계 점착력의 선정(단위 : kN/m²)

지 층	적용 N값	경험식				문헌자료	적용
		Dunham	Osaki	Terzaghi	평균		
매립층	6	7.79	7.00	7.32	7.37	0.0~30.0	3.0
퇴적층(점토)	6	7.79	7.00	7.32	7.37	10.0~100.0	3.0
퇴적층(모래)	22	28.57	15.00	26.83	23.47	100~300	15.0

3.4 수평지반반력계수 선정

<표 3.4> 설계 수평지반반력계수 선정(단위 : kN/m³)

지 층	적용 N값	점착력 (c, kPa)	마찰각 (ϕ , °)	Hukuoka 경험식 (kN/m ³)	적용Kh (kN/m ³)
매립층	6	3.0	20.0	14,302	14,302
퇴적층(점토)	6	3.0	20.0	14,302	14,302
퇴적층(모래)	22	15.0	25.0	24,238	24,238

3.4 토질정수 선정 결과

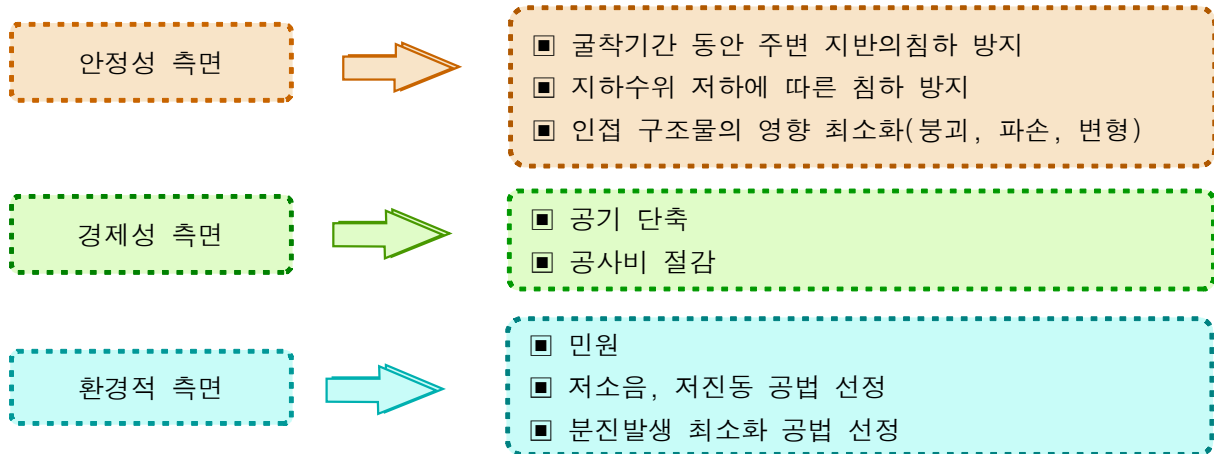
각종 문헌에 제시된 설계정수 및 지반조사 결과에 근거하여 산정한 설계정수를 비교 검토하여 당 현장의 지반특성을 반영한 토질정수를 산정하였으며, 그 결과는 다음과 같다.

<표 3.5> 설계 물성치 선정

구분	단위중량 $\gamma_t, (kN/m^3)$	점착력 $C, (kN/m^2)$	내부마찰각 $\phi, (^{\circ})$	지반반력계수 $k_s, (kN/m^3)$	비고
매립층	18.0	3.0	20.0	14,302	
퇴적층(점토)	17.0	3.0	20.0	14,302	
퇴적층(모래)	17.0	15.0	25.0	24,238	

4. 굴착 및 흙막이 공법 설계

4.1 공법 선정 원칙



지하 굴착 및 흙막이 공법 선정을 위한 기본 원칙

4.2 지하굴착 공법 선정

가. 흙막이 공법

[표 4.1] C.I.P 공법 (CAST-IN-PLACED PILE)

개요도	 
사용자재	• H-형강 및 철근콘크리트
시 공 법	• 천공 케이싱 설치 ⇨ 철근 및 H-Pile 설치 ⇨ 자갈 투입 ⇨ 시멘트 PASTE주입 ⇨ 케이싱 해체
차 수 성	• 연결 부위에 누수현상을 방지하기 위한 보조 그라우팅을 시행.
적용토질	• 모든 지층.
안 정 성	• 주열식 강성체로 토류벽 역할을 충분히 할 수 있음.
시 공 성	• AUGER, ROTARY, T-4, 크레인.
장 점	• 구조물과 근접 시공함으로서 터파기 폭을 최소화 한다. • 토류판 설치작업이 불필요하므로 빠른 굴착을 할 수 있다.
단 점	• 공 과 공 사이의 연결부가 취약하여 보조차수가 필요함 • 자갈 및 전석층에서는 대구경의 천공이 난이함
시공시 유의사항	• 천공에 따른 수직도 관리에 정밀을 기 할 것.
선 정	—

[표 4.2] S.C.W 공법(SOIL CEMENT WALL)

개요도	 
사용자재	• H-형강 및 SOIL CEMENT
시 공 법	• AUGER 천공 (Ø550 폭 1.35m) ⇨ 시멘트용액(안정제) 주입 ⇨ 시멘트용액 및 지반 교반 ⇨ H-PILE삽입
차 수 성	• 각공 10cm중첩하여 시공하므로 차수의 효과가 뛰어남.
적용토질	• 호박전석, 암반층(풍화암 이상)을 제외한 모든 지층.
안 정 성	• 연속벽체로서 차수 및 토류벽의 2중 역할을 충분히 할 수 있음.
시 공 성	• AUGER (1축, 3축), 크레인, MIXING PLANT
장 점	• Lap(중첩)시공으로 접속성이 양호하여 차수성이 높다. • 혼합교반 후 H-Pile을 근입하면 별도의 토류벽을 재설치 할 필요가 없다.
단 점	• 응력재(H-Pile)시공으로 회수가 불가능, 전석층인 경우에 시공이 곤란. • 협소한 장소에서는 장비조합이 곤란, 철저한 시공관리가 필요.
시공시 유의사항	• 개량효과가 떨어지는 지층에서는 굴진, 혼합, 교반 작업과정을 2회 이상 반복 시행하도록 한다. • 응력재 삽입 및 OVERLAP 시공시 철저한 시공관리가 요망됨.
선 정	—

[표 4.3] H-PILE + 목재 토류판 공법

개요도	 
사용자재	• H-형강 및 목재 토류판
시 공 법	• 천공 ⇨ 케이싱 설치 ⇨ H-PILE 설치 ⇨ 토류판 설치
차 수 성	• 지하수위가 있는 지반에서는 별도의 차수 그라우팅을 시행.
적용토질	• 모든 지층
안 정 성	• 목재의 강성으로 토류벽 역할을 할 수 있으나 벽체의 변형이 큼.
시 공 성	• 20TON CRANE 이상, T-4, VIBRO HAMMER
장 점	• 지층이 단조롭고 지하수위가 낮은 경우에는 공사비 가장 저렴하다. • 시공이 용이하고 경험이 풍부하여 공사기간이 단축됨.
단 점	• 지하수위가 높은 곳에서는 별도의 차수공법이 필요함. • 연약함 지반에서는 Boiling 및 Heaving에 대한 대책이 요구된다.
시공시 유의사항	• 단계별 굴착에 따라 설치 시 배면지반 이완이 우려되므로 시공관리 요망.
선 정	

나. 흙막이 지지 공법

[표 4.4] 지지 공법 비교

구분 \ 공법	버팀보 지지공법(STRUT)	버팀보 지지공법(RAKER)
공 법 개요도		
특 징	▷ 이음 및 연결부 품질성이 강관 STRUT에 비해 불리 ▷ 보강재(BRACING) 필요	▷시공이 비교적 간편하다. ▷재사용이 가능하다. ▷지간이 길어지면 버팀보 안정성이 취약해짐 ▷해체 시 건축공정과 간섭이 발생 소지가 많음.
선 정	●	
선정사유	부지 형상 및 시공성을 감안하여 【STRUT】 공법을 선정.	

4.3 설계 기준

가. 사용 부재의 허용 응력

당 현장의 흠막이 공법에 사용된 각 재료의 허용 응력은 아래의 표와 같다.

[표 4.6] 강재의 허용응력 (단위 MPa)

종 류	허 용 응력	
1) 허용축방향인응력	$f_{ca} = 190\text{MPa}$	
2) 허용축방향압축응력 l = 부재의 유효좌굴장(cm) r = 부재의 총단면2차 반경(cm)	$\frac{l}{r} \leq 16$	$\sigma_{ca} = 190\text{MPa}$
	$16 < \frac{l}{r} \leq 80.1$	$\sigma_{ca} = 190 - 1.29 \cdot \left(\frac{l}{r} - 16 \right)$
	$\frac{l}{r} \geq 80.1$	$\sigma_{ca} = \frac{1,200,000}{5,000 + \left(\frac{l}{r} \right)^2}$
3) 허용휨인장응력	$\sigma_{ca} = 210\text{MPa}$	
4) 허용휨압축응력 l = 플랜지고정점간 거리(cm) b = 압축플랜지폭(cm)	$l/b \leq 4.0$	$\sigma_{ca} = 210\text{MPa}$
	$4.0 < l/b \leq 30$	$\sigma_{ca} = 190 - 3.91(l/b - 4.0)$
5) 허용전단응력	$\tau_a = 110$	

* NOTE : 가설재로 사용하는 경우 50% 할증

[표 4.7] 철근의 허용 응력도

철근의 종류와 σ_y : MPa	허용응력 σ_{sa} : MPa
SD 24, SR 24 $\sigma_y = 240$	$\sigma_{sa} = 130$
SD 30, SR 30 $\sigma_y = 300$	$\sigma_{sa} = 150$
SD 35 $\sigma_y = 350$	$\sigma_{sa} = 175$
SD 40, SD 50 $\sigma_y = 400, 500$	$\sigma_{sa} = 180$

※ 단, $130\text{MPa} \leq \sigma_{sa} = 0.5 \sigma_y \leq 180\text{MPa}$

위의 표에서 산출된 응력에 아래의 응력 할증 계수를 가산하여 허용응력을 산정한다.

[표 4.8] 응력 할증 계수

구 분	보정 계수	강재의 재사용 고려 저감계수	최종 할증 계수
가설 구조물 보정 계수	1.5	1 (신규강재)	1.5
		0.9 (재사용 강재)	1.35

<표 4.9> 콘크리트의 허용 응력도

σ_{ck} (kg/cm ²)	170 - 200 (180)	210 - 250 (210)	260 - 320 (280)	330 - 400 (350)
탄성계수값 n	10	9	8	7

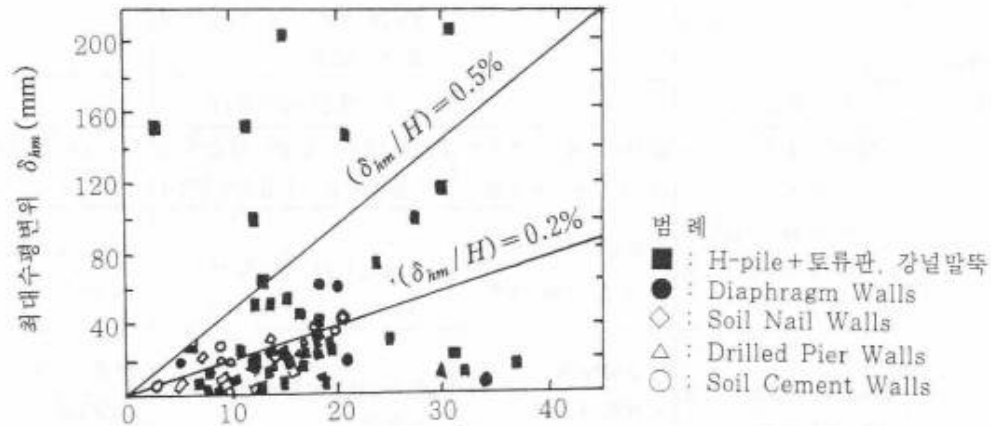
허용응력의 구분	적 용 공 식	σ_{ck} 의 값 : kg/cm ²			
		180	210	280	350
탄성계수비 (보통골재의 철근콘크리트)	$\frac{136}{\sqrt{\sigma_{ck}}}$	10	9	8	7
(1) 허용 휨 응력					
1) 허용 휨 압축응력	$0.40 \sigma_{ck}$	72	84	112	140
2) 허용 휨 인장응력	$0.42 \sqrt{\sigma_{ck}}$	5.6	6.1	7.0	7.9
(2) 허용 전단 응력					
1) 사인장철근을 두지 않는 보	$0.25 \sqrt{\sigma_{ck}}$	3.4	3.6	4.2	4.7
2) 사인장철근을 두는 보	$1.15 \sqrt{\sigma_{ck}}$	15.4	16.7	19.2	21.5
3) 사인장철근을 두지 않는 슬래브와 확대기초	$0.46 \sqrt{\sigma_{ck}}$	6.2	6.7	7.7	8.6
4) 사인장철근을 두는 슬래브와 확대기초	$0.70 \sqrt{\sigma_{ck}}$	9.4	10.1	11.7	13.1
(3) 허용 부착 응력					
1) 이형인장철근(일반) (상부철근)	$0.80 \sqrt{\sigma_{ck}}$ $0.56 \sqrt{\sigma_{ck}}$	10.7 7.5	11.6 8.1	13.4 9.4	15.0 10.5
2) 원형인장철근(일반) (상부철근)	$0.40 \sqrt{\sigma_{ck}} \leq 11$ $0.28 \sqrt{\sigma_{ck}} \leq 11$	5.4 3.8	5.8 4.1	6.7 4.7	7.5 5.2
3) 이형압축철근	$1.72 \sqrt{\sigma_{ck}} \leq 28$	23.1	24.9	28.0	28.0
(4) 허용 지압 응력					
1) 전면적 재하	$0.25 \sigma_{ck}$	45.0	52.5	70.0	87.5
2) 1/3 이하로 부분재하	$0.37 \sigma_{ck}$	56.5	77.7	103.6	129.5

※ kg f/cm² ≒ 0.1MPa or 100kPa

※ ton f/m² ≒ 0.01MPa or 10kPa

나. 흠막이 수평변위 허용기준

Clough등은 아래 그림과 같이 여러 굴착현장에서 얻어진 최대 수평변위를 흠막이 벽체의 강성별로 도시한 것으로 최대 수평변위와 굴착 깊이의 비(δ_{hm}/H)는 0.2~0.5%정도의 변위에 있음을 알 수 있다.



<그림 4.1> 견고한 점토, 잔류토 모래지반에 형성된 흠막이벽의 최대수평변위(Clough등 1990)

<표 4.10> 굴착시 흠막이벽의 최대수평변위에 관한 제안값

항목	지반조건	흠막이 구조물	제안값 및 측정값	제안자
흠막이벽의 최대 수평변위 (δ_{hm})	단단한 점토 잔적토, 모래	널말뚝 엎지말뚝+토류판	1.0%H	Peck(1969)
	조밀한 사질토 빙적토(till)	스트러트지보	0.2%H보다 작음	NAVFAC DM (1982)
	단단한 균열성 점토 (stiff fissuredclays)	-	시공의 질적 상태에 따라 0.5%H또는 그 이상까지 이를 수있음	
	연약한 점토 지반	-	0.5H~21%H	
	단단한 점성토 잔적토, 모래	강성이 작은 것부터 큰 것까지 다양함	0.2%H (이값은 평균치이며 상한치는 0.5%H임)	Clough & Rourke (1990)
	실트질 모래와 실트질 점토가 번갈아가며 지반을 형성	대부분 지하연속벽과 스트러트 지보	0.2%H~0.5%H	Chang Yu-ou (1993)
	암반을 포함한 다층지반 으로 구성된 서울지역 4개 현장	강널말뚝 지하연속벽	0.2%H이하	이종규등 (1993)

5. 굴착으로 인한 주변지반의 침하 검토

5.1 지반 및 구조물 침하량 관리기준

건물 기초지반의 침하는 균등침하(Uniform Settlement), 전도(Tilting) 및 부등침하(Nonuniform Settlement)의 현상으로 대별되는데 기초의 침하는 건물이 파괴되지 않더라도 구조물의 기능장애 또는 외관상의 손상 등을 유발하게 될 것이다.

그러므로 피해정도를 판단할 수 있는 기준의 적용이 가장 중요한데 건물의 각변위(tilt)를 기준으로 건물의 피해정도를 추정하는 Bjerrum(1963)의 기준을 나타낸 것이다.

이 외에도 <표 5.2>와 같이 전체침하량 및 부등침하량의 허용치를 제시한 Sower(1962)의 기준이 있는데 이 기준에서 일반 콘크리트 구조물의 허용침하량은 0.003S 정도이므로 건물별로 허용부등침하량은 1/300(δ/S) 정도로 고려하는 것이 타당할 것으로 사료된다.

침하로 인한 건물의 손상과 계산법은 Skempton 과 Macdonald (1965)에 의하면 라멘타입의 건물이 부등침하로 인하여 다음의 세 가지 관점에서 건물의 손실을 아래와 같이 분류하였다.

- 구조적 손실 : 구조의 손상은 각변위 $\delta/L > 1/300$ 일때 예상됨
($L = \text{Span}$, $\delta = \text{기둥간 부등 침하량}$)
- 건축부재(벽체 , 바닥)의 손상은 $\delta/L > 1/300$ 일 때 예상됨

<표 5.1> Building 구조물의 손상한계(Skempton, 1955)

기 준		독 립 기 초		확 대 기 초
각 변 위 (δ/L)		1 / 300		
최대 침하량	점 토	44 mm		
	사 질 토	32 mm		
총 침하량	점 토	76 mm	76 ~ 127 mm	
	사 질 토	51 mm	51 ~ 76 mm	

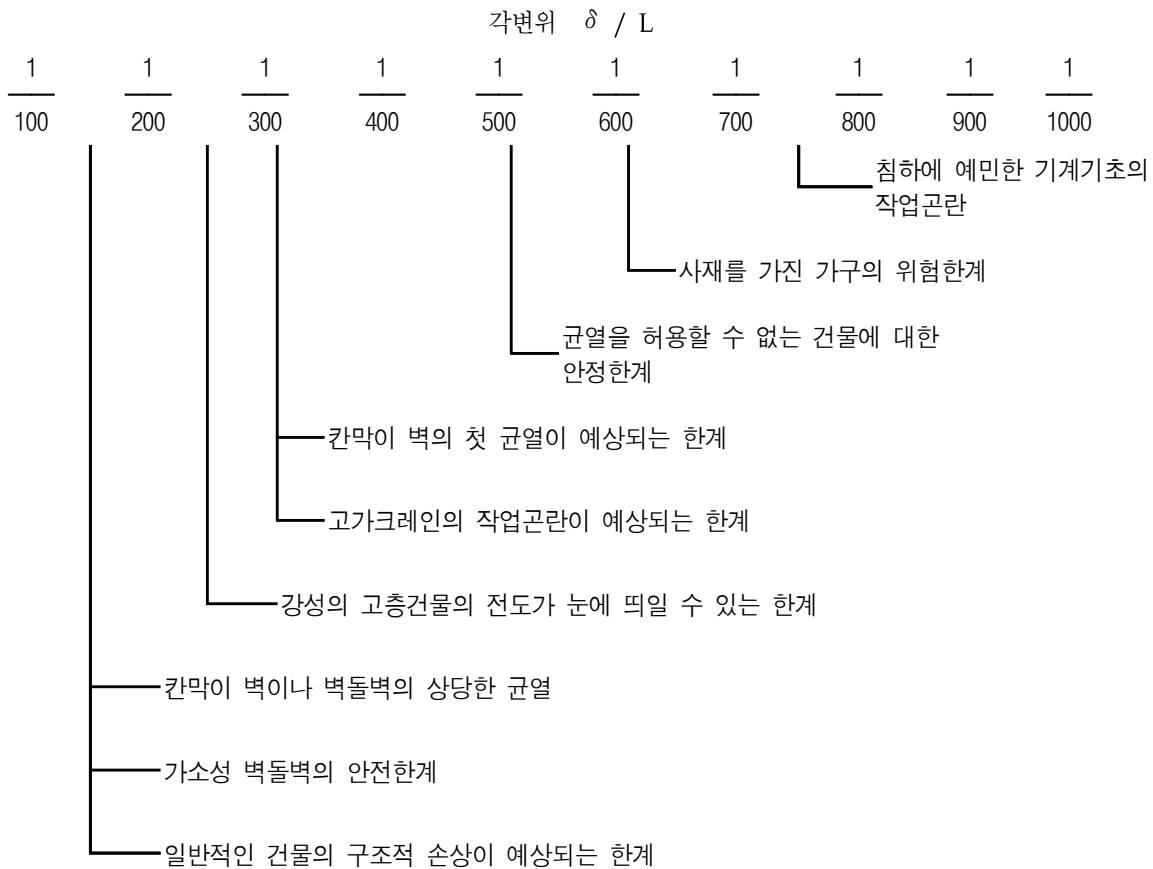
<표 5.2> 여러 가지 구조물의 최대허용 침하량 및 각변위의 한계(Sower, 1962)

침 하 형태	구 조 물 의 종 류	최 대 침 하 량
전 체 침 하	배수시설	15.0 ~ 30.0 cm
	출입구	30.0 ~ 60.0 cm
	부등침하의 가능성	
	석적 및 벽돌구조	2.5 ~ 5.0 cm
	뼈대구조	5.0 ~ 10.0 cm
	굴뚝, 사이로, 매트	7.5 ~ 30.0 cm
전 도	탐, 굴뚝	0.004 S
	물품적재	0.01 S
	크레인 레일	0.003 S
부 등 침 하	빌딩의 벽돌벽체	0.0005 ~ 0.002 S
	철근콘크리트 뼈대구조	0.003 S
	강 뼈대구조 (연속)	0.002 S
	강 뼈대구조 (단순)	0.005 S

S : 기둥사이의 간격 또는 임의의 두 점 사이의 거리

< 표 5.3 > 구조물의 종류와 허용침하량

구 분	구조형식	허용침하량(cm)	허용각변형(rad)
Baumann(1873)	철근콘크리트구조	4.0	-
Jenny(1885)	철근콘크리트구조	5.0~7.5	-
Purdy(1891)	-	7.5~12.5	-
Simpson(1934)	철근콘크리트구조	10.0~12.5	-
Terzaghi(1934)	철근콘크리트구조	5.0	-
	연와구조	-	1/280
Terzaghi and Peck(1948)	철근콘크리트구조	5.0	1/320
Tschebotar ioff(1951)	연와구조	5.0~7.5	-
Ward and Green(1952)	연와구조	-	1/480
Meyerhof(1953)	철근콘크리트구조(라멘)	-	1/300
	철근콘크리트구조(벽식)	-	1/1000
	연와구조	-	1/600
大 崎 (1956)	철근콘크리트구조 블럭구조	-	1/600~1/1000



<그림 5.1> 구조물에 대한 허용 각변위(Bjerrum, 1963)

그러나, 본 안정성 검토를 위한 해석에서는 시공 중 발생될 수 있는 여러 상황(진동, 과굴착 등)을 고려하지 않은 것이므로 흙막이 시공 및 굴토공사시 천공 및 굴착에 따른 진동을 최소화할 수 있도록 하여야 하며 시공관리를 철저히 하여야 할 것으로 판단된다. 또한 굴착공사 중 안전시공이 이루어 질 수 있도록 계측관리를 철저히 하여야 할 것으로 판단된다. (계측기 설치 계획 도면 참조).

6. 계측관리 계획

6.1 개요

지반의 정확한 거동에측은 현장계측을 실시함으로서 합리적인 시공이 가능하다. 그러므로 도심지 굴착공사의 안전관리를 위하여 가능한 완벽한 계측계획이 필수적이다. 효과적인 계측계획을 달성하기 위하여 가장 중요한 점은 간단히 아래와 같다.

- 1) 계측기를 설치할 대표단면의 선정과 설치위치
- 2) 계측자료의 수집, 정리, 분석방법
- 3) 계측결과에 대한 정확한 설계와 시공에의 적용
- 4) 계측기들의 설치, 유지, 관리방법(계측관리 계획도면 참조)

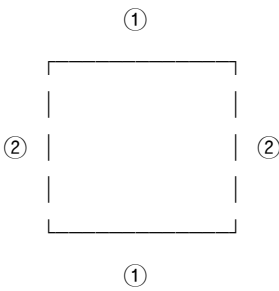
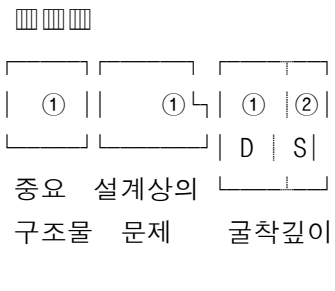
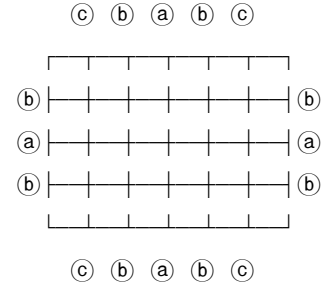
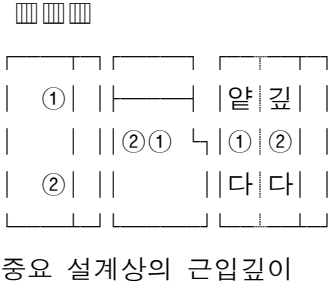
6.2 계측 계획

계측 계획시 신축현장에 대한 공사개요 및 규모, 흙막이 종류 및 형태와 지질상태를 사전에 파악하고 이를 토대로 합리적인 시공과 안전관리를 위한 정보를 신속, 정확하게 수집하기 위해서는 체계적인 계측계획이 수립되어야 하며 계측계획의 3가지 기본조건은 다음과 같다.

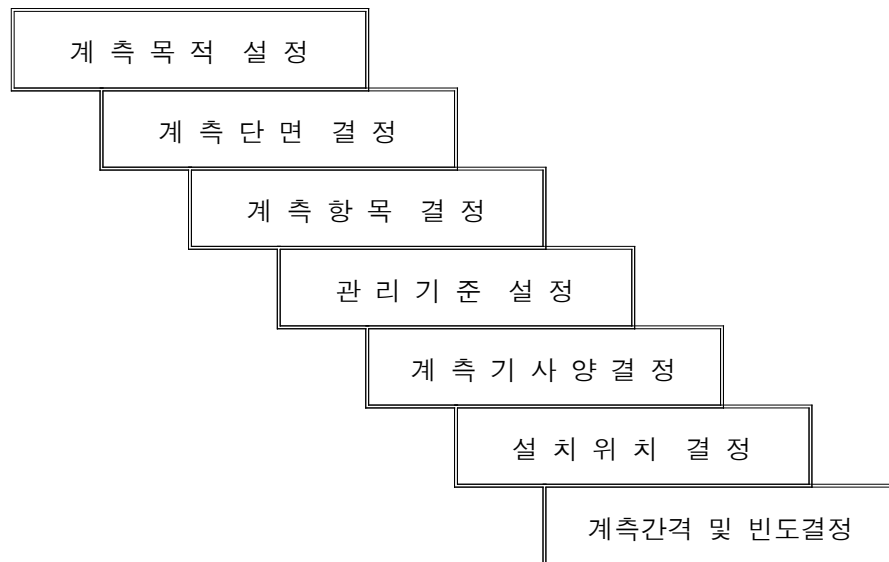
- 1) 계측의 목적과 계측에 필요로 하는 토질역학의 문제를 정확히 파악하여야 한다.
- 2) 공사중에 수집되는 모든 계측 값을 정확하게 측정 파악할 수 있도록 이해하기 쉽고 신중하게 계획되어야 한다.
- 3) 계측기간동안 수집되는 자료는 간편한 양식으로 정리하여야 하며 능력있는 기술자에 의해 분석되고 결과가 긍정적이건, 부정적이건 지체 없이 담당자에게 전달되어야 한다.

도심지 구간의 터파기 공사시의 계측위치는 각 공사마다 현장 조건과 지반조건이 다르므로 변경이 필요하더라도 설계자의 의도와 수행안을 토대로 하여 계측계획안 수립시 의도했던 목적에 맞게 실시하는 것을 원칙으로 해야 한다. 아래그림은 계측계획 수립시 단계별 계측계획 및 계측치를 이용한 정보화 시공관리의 계통도로서 일반적인 현장계측계획 절차이며, 당 현장의 경우 계측의 범위는 지질조사보고서를 토대로 배면지반의 거동 및 수평변위, 지하수위, 버팀부재(우각부), Nail의 변형을 측정하는데 중점을 두었다.

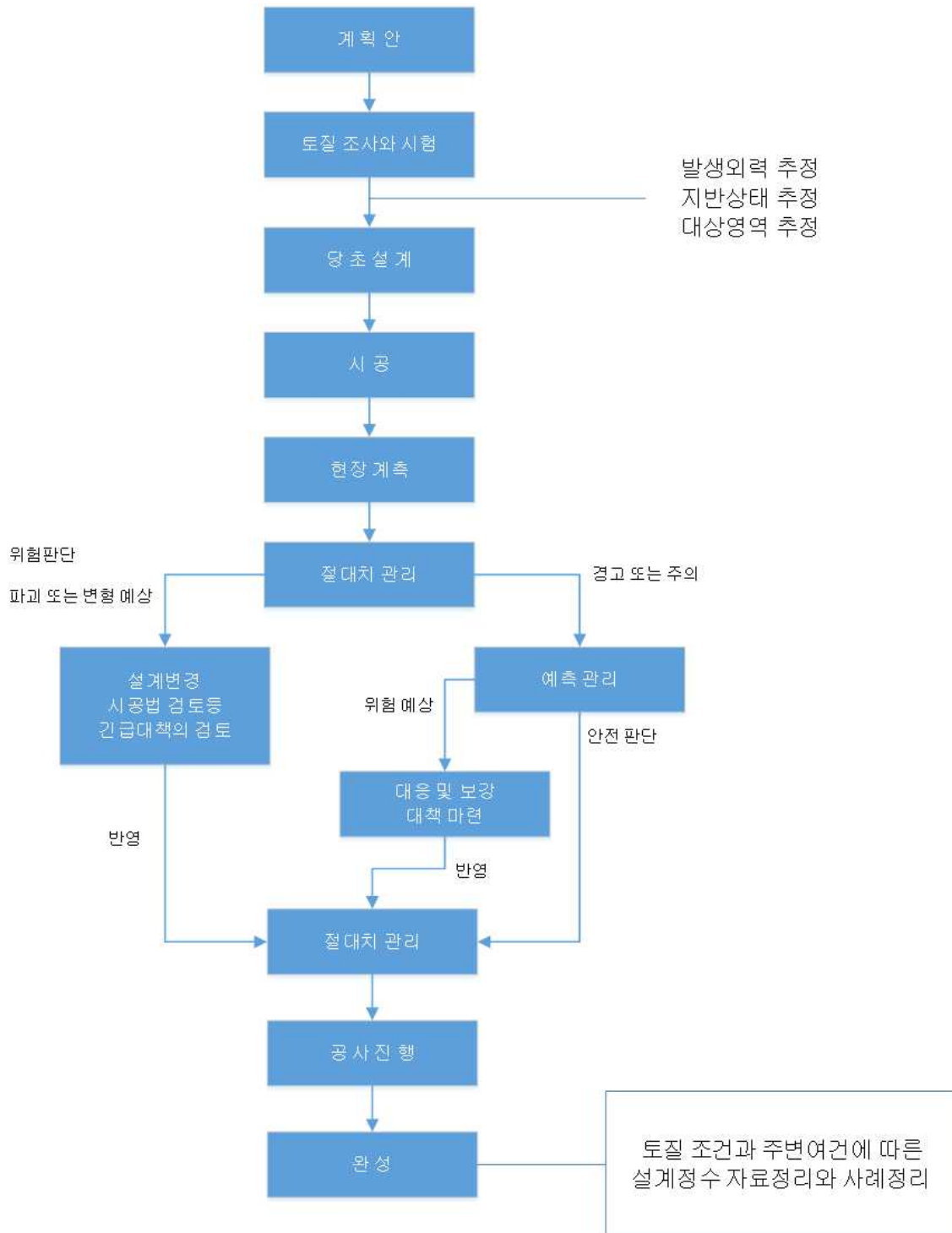
참고적으로 계측기설치의 우선순위를 평면 배치상으로 도식하면 <그림 6.1>과 같다.

벽 체	일 반 부	 - 우선순위 : ① → ②	특 수 부	 중요 설계상의 구조물 문제 굴착깊이 - 우선순위 ① → ②
지 보 공	일 반 부	 변은 벽체의 순위에 준한다. - 우선순위 : ①→②→③	특 수 부	 중요 설계상의 근입깊이 구조물 문제

<그림 6.1> 계측기의 평면적 배치의 우선 순위



<그림 6.2> 단계별 계측 계획



<그림 6.3> 예측치를 이용한 정보화 시공관리의 계통도

6.3 계측관리 방법

현장관리와 안전관리를 위한 계측관리 방법으로서 현재 많이 이용되고 있는 사례로서는 절대치 관리 방법과 예측관리 방법이 있다.

절대치 관리방법이란 시공전에 예상되어 설정된 관리기준치와 실측치와를 비교, 검토후 분석하여 그 시점마다의 공사 안전성을 확인하는 방법이며, 예측관리 방법은 차단계 이후의 예측치와 관리기준치를 비교 검토하고 사전에 공사의 안전성을 확인하거나 현재 시공되고 있는 시공법의 검토를 행하는 방법이다. 여기서, 예측치란 현 단계까지의 굴착상태의 실측치에 기초해서 해석결과, 얻어진 토성을 나타내는 제 정수와 차단계 굴착 이후의 흙막이 구조물의 거동을 추정한 값이다.

절대치 관리는 계측결과에 대해서 즉시 현장 대비할 수 있다는 장점에서 일반적으로 일상의 안전관리에 이용되고 있다. 반면에 예측관리는 구조물에 발생할 수 있는 변형과 거동을 조기에 추정할 수 있고, 대응책도 충분히 검토할 수 있지만, 예측관리에 필요한 분석요원이 계측자와 상시 꾸준한 협의를 하여야만 가능하다. 다음은 계측기의 일반적인 측정항목과 관리기준의 예는 <표 6.1>과 <표 6.2> ~ <표 6.3>와 같다.

<표 6.1> 측정항목과 관리기준 예(1)

	대 상 물	기 준 의 범 위
벽체	- 흙막이벽의 응력 - 흙막이벽의 변형 - Strut 축력 - Strut의 평면도 - Wale	- (장 + 단) / 2 ~ 단 - 1/200 또는 설계여유 이하 - (장 + 단) / 2 ~ 단 - 1/100 - (장 + 단) / 2 ~ 단
주변	- 주변지반의 침하 - 주변 매설물 - Gas - 상수 - 하수 - 지하철 - 주변건물	- 경사 : 1/500 ~ 1/200 ┌ - 관리 담당자와 협의 └ - 경사 : 1/1000 ~ 1/300

※ 장 : 장기허용응력도 , 단 : 단기허용응력도

<표 6.2> 측정항목과 관리기준치의 예(2)

측정항목	안전, 위험의 판정 기준치	판정법			
		지표 (관리기준)	위험	주의	안전
측압 (토압, 수압)	설계시에 이용한 토압분포 (지표면에서 각 단계근입깊이)	$F_1 = \frac{\text{설계시 이용한 토압}}{\text{실측에 의한 측압(예측)}}$	$F_1 < 0.8$	$0.8 < F_1 < 1.2$	$F_1 > 1.2$
벽체 변형	설계시의 추정치	$F_2 = \frac{\text{설계시의 추정치}}{\text{실측의 변형량(예측)}}$	$F_2 < 0.8$	$0.8 < F_2 < 1.2$	$F_2 > 1.2$
토류벽 내응력	철근의 허용인장응력	$F_3 = \frac{\text{철근의 허용인장응력}}{\text{실측의 인장응력(예측)}}$	$F_3 < 0.8$	$0.8 < F_3 < 1.2$	$F_3 > 1.2$
	토류벽의 허용휨모멘트	$F_4 = \frac{\text{허용휨모멘트}}{\text{실측의 휨모멘트}}$	$F_4 < 0.8$	$0.8 < F_4 < 1.2$	$F_4 > 1.2$
Strut 축력	부재의 허용축력	$F_5 = \frac{\text{부재의 허용축력}}{\text{실측(예측)의 축력}}$	$F_5 < 0.7$	$0.7 < F_5 < 1.2$	$F_5 > 1.2$
굴착 저면의 Heaving량	T.W.Lambe에 의한 Heaving 량		실측결과가 위험영역에 Plot되는 경우	실측결과가 주의영역에 Plot되는 경우	실측결과가 안전영역에 Plot되는 경우
침하량	각 현장마다 허용치를 결정	각 현장상황에 맞는 허용침하량을 지정하고, 그 허용침하량을 넘으면 위험 또는 주의 신호로 판단한다.			
부등침하량	건물의 허용부등침하량	기둥 간격에 대한 부등침하량의 비	1/300 이상	1/300 ~ 1/500 이상	1/500 이하

<표 6.3> 일본 콘크리트 공학 협회 허용 균열폭 규정 (단위 : mm)

판정의 주안점		내구성으로 볼 경우			방수성으로 볼 경우
구분	그외 다른 요인	환경			
		심함	중간	완만	
1. 보수를 필요로 하는 균열	대	0.4 이상	0.4 이상	0.6 이상	0.2 이상
	중	0.4 이상	0.6 이상	0.8 이상	0.2 이상
	소	0.6 이상	0.8 이상	1.0 이상	0.2 이상
2. 보수를 필요로 하지 않는 균열	대	0.1 이하	0.2 이하	0.2 이하	0.05 이하
	중	0.1 이하	0.2 이하	0.3 이하	0.05 이하
	소	0.2 이하	0.3 이하	0.3 이하	0.05 이하

6.4 측정항목의 선정 (계측계획 도면참조)

당 현장의 흙막이벽 공사를 위하여 적용되는 대표적인 계측계획은 계측항목은 다음과 같다. 이 때 계측기기의 사전 점검을 통해 공사 진행 중 파손으로 인한 자료의 손실이 없도록 유의하여야 한다. 또한 중요 지점에는 예기치 않은 계측기기의 이상 및 고장, 설치 오류 등에 대비하여 이를 대신 할 수 있는 여유분이 설치되는 것이 바람직하다.

가. 경 사 계(Inclinometer)

굴착이 진행됨으로 발생하는 벽체의 최대 수평변위량은 굴착심도, 배면지반의 종류, 지보방식, 벽체의 종류 등에 따라 발생하는 위치와 그 크기를 달리한다. 따라서, 굴착진행에 따른 지반내 변위 발생방향과 위치, 크기, 속도 등을 측정하는데 이용되며 측정된 변위의 크기를 설계치 내지는 관리기준치와 비교하여 흙막이 구조물의 각 지점의 안정성을 판정하는데 있다.

나. 지하수위계(Water Level Meter)

굴착공사시 안전을 위하여 흙막이벽 외부에 작용하는 수위측정용으로 소요깊이(H-Pile 근입심도) 까지 설치하여 사전 정상상태의 지하수위와 내부 굴착으로 인한 수위의 변동을 측정하여 흙막이 벽의 안전성 및 주변지반의 거동을 예측한다(도면 참조).

다. 변형률계(Strain Gage)

응력계(변형률계)는 가시설 구조물의 버팀보(Strut) 또는 Nail 등에 설치하여 굴착중 지보재의 축력을 측정하여 이들 부재의 안정상태 파악 및 하중의 변화에 따른 가설구조물의 안정성을 판정하는데 있다.

라. 지표침하계(Settlement Pin)

굴착으로 인한 배면 지반 및 지표면의 절대 침하량을 측정하여 침하량의 속도판단 및 최종침하량을 추정, 허용치와 비교 분석하여 안정성을 판단하는데 있다.

마. 건물경사계(Tiltmeter)

굴착공사시 주변건물, 환기구, 옹벽 및 지반 등에 설치하여 측정지점의 경사를 측정하기 위하여 사용.

바. 균열측정계(Crack Gauge)

흙막이 공사로 인하여 기존 구조물의 기 발생된 균열의 변화량을 측정함으로써 구조물의 안전성을 검토하고 대책을 강구하는데 있다.

<표 6.4> 흙막이 구조물 현장의 계측항목 및 사용목적

계 측 항 목	사 용 계 기	계 측 장 소	계 측 목 적	계측형태
지표침하 측정	침하측정 Pin과 측량장비.	가시설물 주변 지역.	주변지반의 침하, 인접 구조물 및, 굴착면 영향에측	측량 후 전산처리
지 중 수 평 변 위 측 정	경사계 (Inclinometer)	가시설구조물의 자체 및 그 주변 의 지반	가시설물의 주변 수평 변위를 심도별로 파악, 각각의 횡적거동 파악	수동계측 후 전산 처리
토 압 측 정	Pressure Cell	가시설벽의 대표 단면 (각Strut의 위치와 같은 심도)	가시설벽체에 가하여지는 실토압측정, 설계 치비교 및 부재평가	수동 또는 자동계측
STRUT 의 LOAD 측정	Strut Load Cell 설치용 Assembly	각단 Strut의 단부	각단 Strut에 가하여지는 Load의 추이를 압력 단위로 직접 측정 (kg/cm ²)	상 동
부재변형 측정	온도계내장형 Strain gauge (표면부착형식)	가시설 부재	Strut부재, Nail부재, 가시설벽체의 변형파악, 부재평 가	상 동
간극수압 측정	간극수압계	가설벽 인접지점 (암반층 및 clay층)	주변지반의 심도별 수압 추이 파악 공학적특성 파악	상 동
수위측정	관측정내 전기식 측정기	가설벽 및 주변 구조물 인접지역	주변지반의 지하 수위 변동파악 설계기준 평가	수동계측 후 전산 처리
제거식 Anchor 축력 측정	Load Cell	제거식 Anchor의 Bracket 설치 지점.	E/Anchor의 가시설벽체 고정/ 지지효과 및 인장도의 파악	수동 또는 자동계측
구조물 기울기 및 균열측정계	Tiltmeter 와 DEMEC Crack Gauge	가시설벽체 및 인근구조물벽면	가설벽 및 인근구조물의 경사변화량과 Crack영향계측	상 동
Rockbolt 축력측정	Vibrating wire or Mechanical Type Rockbolt 측정감도가 좋고, 습기의 영향을 받지 않는 진동현 방식이 바람직하다.	Rock bolt 설치지점 (흙막이벽체하단)	Rock bolt의 축력 파악 (지지효과) 굴착자유면의 안전성 진단	전기식센서 사용한 자동 또는 수동계측
발 파 진 동/ 작 업 진 동/ 소 음 측 정/	진동/소음 측정기와 소음, 음압측정용 각각 별도 Microphone	작업환경영향권 내의 우선순위에 따름	환경영향을고려한 제어발파/ 작업중장비 동원 조절을 통하여 작업장 인접 시설물의 위해방지 및 민원사전대비	수동 또는 자동계측

6.5 계측빈도 및 기간

가. 계측의 빈도

계측의 빈도는 DATA의 변화속도 및 안전과의 관련도를 충분히 고려하여 결정해야 한다.

① DATA의 변화속도

데이터가 변화하는 속도가 빠른 계측항목은 빈도를 높여야 하며 반대로 장시간에 걸쳐 변화하는 항목은 낮은 빈도로도 충분하다.

데이터의 변화속도는 계측시기, 계측항목, 측정위치 등에 따라 다르다.

② 안전과의 관련이 직접적인 계측항목과 간접적인 계측항목으로 분류되는데(예:전자는 응력, 후자는 하중)직접적인 것일수록 빈도를 높일 필요가 있다.

③ 계측빈도의 통일

각 계측항목은 상호관련의 비교검토가 필요하므로 관련항목은 동일시기에 계측을 실시하도록 하고 그 중 빈도가 높은 것은 별도로 계측한다.

<표 6.5> 계측 빈도의 일반적인 예(1)

항 목			설 치 시	굴착개시전	초기치 설정전	굴 착 중	지하구체 완료후
벽 체	외 력	(매설기기) 토 압 수 압	콘크리트 타설전:수회 타설중 ~ 5H: 1회/0.5H 이후 : 1회/주	타설후 10 일간:1회/일 이후 : 1회/주	굴착개시 직전 수일간은 : 1 ~ 2회/일	1~2회 회/주	필요시
	응 력	철근응력 CON'C 응력					
	변 위	경사계	3회 연속	설치후 10일간 : 2회/주 이후 : 1회/주	굴착개시직전 수일간은: 2회/주	1~2회 회/주	필요시
지 보	응 력	매설계기 부착계기	벽체매설계기에 준하여 실시한다. 설치시 수회 (초기치)			1~2 회/주	필요시
인접 구조물	균 열		토류벽 설치를 위한 터파기전 작업개시전 수일간 1 ~ 2회/일			1회/일	필요시
	변 침	위 하	토류벽 설치를 위한 터파기전 설치시 1회 균열에 이상이 있는 1 ~ 2회 이상/일			1~2 회/주	필요시

<표 6.6> 계측 빈도의 일반적인 예(2)

측정 방식	계측 항목		사 용 계 기	계 측 빈 도		비 고
자동 계측	토류벽 응력		철 근 계	4차굴착이전	4차굴착이후	토류벽의 거동이 크게 예상되는 위치에서 계측한다.
	토류벽에 작용하는 힘	토압	토 압 계	1일 8회 (3시간간격)	1일 2회 (12시간 간격)	
		수 압	수 압 계			
	STRUT 축력		표면 변형계			
			온 도 계			
	인접구조물		경 사 계			
지 하 수 위		자동 기록식 수 위 계				
수동 계측	토류벽 변형		삽입식 경사계	2일 1회	2일 1회	
	토류벽 두부의 변위		트렌시트 레벨	각차 굴착 후	각차 굴착 후	
	주변 지반 침하		레 벨			

<표 6.5> ~ <표 6.6>은 계측빈도의 일반적인 예를 보여주는 것이고 당 현장의 계측관리 기준은 착공전 계측계획 수립시 설계도서에 준하여 계측빈도를 선정하여야 하며, 굴착공사 중 강우가 있거나 기타 구조물 및 하중변화에 의해 위해요소가 발생될 원인이 있었다고 판단되는 이상 징후가 발생할 경우에는 감리원과 협의 후 수시계측을 실시하여야 한다.

나. 계측기간 및 수량

터파기 시행시부터 되메우기 완료 또는 계측 관계자의 판단에 따라 계측기간을 설정한다.

6.6 계측계획 결과

상기와 같은 계측관리 및 관리 항목 등을 종합하여 계측기 위치 및 설치 수량을 계측계획평면도와 같이 계측 계획을 수립하여 당 현장의 굴착 공사로 인한 신축현장과 인접 구조물의 안전성을 판단할 수 있도록 하였다.

가. 계측 항목 : 지중경사계, 지하수위계, 변형율계, 지표침하핀, 건물경사계, 균열측정계

나. 계측 관리 기준치

계측기	계측항목	관리 기준치			비 고
		1차	2차	3차	
지중경사계 (Inclinometer)	지중수평변위, 벽체변위	$(1/500) = 0.002H$	$(1/500 \sim 200) = 0.002H \sim 0.005H$	$(1/200) = 0.005H$	δh : 최대수평변위 H : 단계별굴착깊이
지하수위계 (Water level meter)	지하수위	0.5m/day	0.5m/day~1.0m/day	1.0m/day 이상	-
변형율계 (Strain Gauge)	STRUT 응력	설계예상치 X 1.00	설계예상치 X 1.25	부재허용치	σa : Strut 허용압축 응력(좌굴고려)
지표침하계 (Settlement Pin)	지표면침하	설계예상치 X 0.80	설계예상치 X 1.00	25mm	-
건물경사계 (Tilt meter)	건물의 부등침하 또는 각변위 측정	$1/1000 = 1.0mm$	$1/850 = 1.176mm$	$1/500 = 2.0mm$	δ : 부등침하 L : 고정점 거리
균열측정계 (Crack Gauge)	구조물의 균열측정	0.2mm	0.38mm	0.5mm	-

주) 계측항목 및 관리기준치는 감독관, 유관부서와 협의 후 조정될 수 있음.

다. 계측 빈도

계 측 항 목	측 정 빈 도			구 간
	설 치 후	공 사 중	공 사 완 료	
지중경사계 (Inclinometer)	1회/1일간	2회/주	1회/주	흙막이
지하수위계 (Water level meter)	1회/1일간	2회/주	1회/주	흙막이
변형율계 (Strain Gauge)	3회/1일간	2회/주	1회/주	흙막이
지표침하계 (Settlement Pin)	3회/1일간	2회/주	1회/주	인접건물
건물경사계 (Tilt meter)	3회/1일간	2회/주	1회/주	인접건물
균열측정계 (Crack Gauge)	3회/1일간	2회/주	1회/주	도로구간

※ Notes

- 1) 당 현장의 계측 빈도는 지하굴착공법에 의한 단계별 굴착공사중 1회/주, 해체공사 및 구조체 공사중 1회/2주 실시하는 것을 원칙으로 한다.
- 2) 계측치가 급격히 변화하거나 이상 징후 발생 시 감리원과 협의 후 계측 빈도를 조정하여 계측을 실시하여야 한다.

7. 시방서

7.1 일반사항

가. 적용범위

토목 및 이에 관계 되는 공사의 사항에 있어 법령 또는 별도로 정하는 것 이외는 본 시방서에 따른다.

법령 또는 별도로 정한 규정중 중요한 것은 다음과 같다

- | | |
|--------------------|------------------|
| 1) 도로법 (도로점용 규칙) | 2) 건설업법 |
| 3) 총포 화약류 단속법 | 4) 환경 관계법 |
| 5) 공해방지법 | 6) 도로교통법 |
| 7) 하천법 | 8) 건설 기술 관리법 |
| 9) 토목공사 일반 시방서 | 10) 콘크리트 표준 시방서 |
| 11) 도로교 표준 시방서 | 12) 강철도로교 표준 시방서 |

나. 감리자위 정의(건축사법에 준한다)

(1) 감리자의 감리사항

감리자의 감리사항은 건설공사 시공감리 규정에 따르며, 감리자와 시공자와의 관계규정은 다음과 같다.

- 1) 감리자는 시공자가 건설공사의 설계도서, 시방서 기타 관계서류의 내용과 적합하지 아니 하게 당해 건설 공사를 시공하는 경우에는 재시공, 공사중지명령 기타 필요한 조치를 할 수 있다.
- 2) 시공자는 감리자로부터 재시공, 공사중지명령 기타 필요한 조치에 대한 지시를 받은 경우 특별한 사유가 없는 한 이에 응하여야 한다.
- 3) 감리자가 시공자에게 재시공, 공사중지명령 기타 필요한 조치를 취할때에는 지체없이 이에관한 사항을 당해 건설공사의 발주기관장 또는 발주자에게 보고하여야 한다.
- 4) 시공자는 감리자의 지시 또는 설계도서에 의해 책임있는 시공을 하여야하며 공사중 발생하는 위해사고나 민원에 대한 필요한 사항에 대해 사전에 충분히 검토하고 조치하여야 하며 복구작 업에 대해 서도 성실하게 임해야 한다.
- 5) 시공자가 감리자의 지시대로 이행치 않아 흠박이 공사가 위험하다고 판단될때는 감리자 는 발주자 또는 허가관청에 공사중단 요청을 할수 있다.

다. 현장대리인 및 시공기술자

현장대리인이라 함은 건설공사 도급계약조건 제 7조 및 건설업 법 제2조 기타 관계법에 의거하여 공사업자가 지정하는 책임 시공기술자로서 그 현장의 공사관리 및 기술관리 기타 공사업무를 시행하는 현장원을 말한다. 현장대리인 또는 시공기사는 공사 계약서 및 설계도서 등에 의거하여 공사시공을 충실히 수행하며 감리자의 검사, 승인을 받고 그 지시에 따라 시행한다.

라. 이의 및 경미한 변경

1) 이의

도면과 시방서와의 내용이 서로 다를 때, 명기가 없을 때, 관련 공사와 부합되지 아니할때, 또는 의문이 생길 때에는 공사 착수전에 감독자와 협의하여야 한다.

또한 도면이나 시방서에 누락된 내용이라도 공사의 성질상 당연히 시공해야할 사항은 감리자의 지시에 따라 시공해야 하며 비용은 수급인 부담으로 한다.

2) 경미한 변경

도면 및 시방서에 명기되지 아니한 사항이라 할지라도, 현장마무리, 맞춤 등으로 재료의 치수 및 설치공법의 사소한 변경 또는 이에 따라 수반하는 약간의 수량 증감등의 경미한 변경은 감리자의 지시에 따른다. 이때 도급 금액은 증가하지 아니한다.

마. 설계도서 적용순위

본 공사의 시공에 있어 설계도서 적용순위는 다음과 같다.

- 1) 시방서
- 2) 설계도면
- 3) 국토교통부 제정 표준시방서

바. 공정 및 시공 계획서

- 1) 수급인은 착공전에 공정표 및 가설공사에 필요한 제반사항에 대하여 시공계획서를 작성하여 감리자의 승인을 받는다.
- 2) 수급인은 도면을 공사전에 충분히 검토하여야 하며 만약 도면에 잘못이 있을 때에는 감리자에게 보고하고 감리자의 지시에 따라야 한다.
- 3) 수급인은 공사시공상 필요한 공작도 및 도면의 변경이 필요한 경우 감리자의 지시에 따라 시공도를 작성하여 감리자에게 제출하여 승인을 득한 후 제작 또는 시공 하여야 한다.
- 4) 시공검사
 - ① 각 공사부분은 감리자가 지정한 공정에 이르렀을때 검사를 합격 승인을 받은 후

다음 공정에 옮긴다.

- ② 시공 후에 매몰되어 사후 확인 및 검사가 불가능하거나 곤란한 공사 부분은 감리자의 입회하에 사진촬영으로 기록을 남긴 후 시공한다.

5) 준공도면 및 사진첩

수급자는 향타기록부, 기초부위 등 설계변경 부위의 도면(원도포함) 시공사진 등을 요구하는 규격으로 촬영, 감리자를 경유하여 준공도면을 포함하여 준공시에 제출하여야 한다.

사. 안전관리

- 1) 공사현장 주위의 안전에 관하여 특히 유의하여야 하며 착공과 동시에 관계법에서 정하는 자격이 있는 자로서 감리자가 지시하는 일정 인원 이상을 현장에 상주하여 안전관리만을 담당하도록 한다.
- 2) 시간별로 안전관리일지를 작성하고 퇴근전 감리자에게 서면으로 보고한다.
- 3) 현장 안전관리에 이상이 발생시는 즉시 감리자에게 보고하고 협의 처리한다.
- 4) 안전관리 담당자는 수시로 현장을 순회하여 안전사고 예방조치에 만전을 기하도록 한다.
- 5) 안전관리 소홀로 발생하는 손해배상 비용 등은 수급인의 부담으로 한다.
- 6) 공사시공에 앞서 근로안전 위생규칙 등에 관한 규칙에 충실해야 하며 안전관리자 및 안전관리 조직계획서를 작성 감리자에게 제출하여 승인을 받아야 한다.

아. 재료사항

1) 재료일반

특기시방서에 정하는 바를 제외한 자재 및 시설물은 신품사용 및 한국 공업 규격품(KS) 사용을 원칙으로 한다. 다만, 한국 공업 규격품이 없을 때 또는 기타 제반 사정으로 공정에 관리에 수급 차질이 있다고 인정되는 경우에는 감리자와 협의하여 동등 이상의 규격품을 사용할 수도 있다.

2) 검 사

- ① 현장에 반입되는 재료는 사전에 감리자가 승인한 재료이어야 하며 도면과 시방서에 표시된 품질과 동등 혹은 그 이상의 품질이어야 한다.
- ② 설계서에 명확히 규정되지 아니한 것은 표준품 이상으로서 계약의 목적을 달성하는데 가장 적합한 것이어야 한다.
- ③ 감리자의 검사를 필한 후 합격한것만 사용하며 불합격품은 즉시 장외로 반출하여야 한다.(단, 한국공업 규격품에 의하여 제작된 합격품은 검사를 생략할 수도 있다.)
- ④ 재료검사에 합격된 자재라도 사용시 변질 또는 손상되어 불량품으로 인정될 때에는

이를 사용할 수 없으며 이로 인한 비용은 수급인 부담으로 한다.

- ⑤ 공사에 사용한 재료는 사용전에 전부 감리자 검사를 받아야 하며, 불합격된 재료는 즉시 시방서에 제시된 제품으로 대체하고 다시 검사를 받아야 하며, 이를 이유로 계약기간의 연장을 청구할 수 없다.
- ⑥ 검사결과 불합격품 재료는 공사에 사용할 수 없다. 다만, 감리자의 검사에 이의가 있을 때에는 재검사를 요구할 수 있다. 재검사의 요구가 있을 때에는 감리자는 지체 없이 재검사 하도록 조치해야 한다.

자. 인허가 사항

- 1) 관계관서의 인허가 사항은 발주처를 대행하여 필하여야하며 이에 수반되는 비용은 수급인 부담으로 한다.
- 2) 착공시에는 감리자에게 다음 각호의 서류를 첨부하여 착공계와 공사 공정예정표를 제출하여 승인을 득한다.
 - ① 현장 대리인 선임계 ② 현장 대리인 사용인감계
 - ③ 안전관리인 선임계 ④ 예정공정표
 - ⑤ 자재조달 계획표 ⑥ 착공전 사진
 - ⑦ 동원인원 계획표 ⑧ 당 공사 규정에 의한 착공서류
- 3) 각 공사에 수반되는 인허가 업무일체 및 실부담금 (수수료, 수용가부담금, 급수공과금 등)과 제 공과금은 도급금액에 포함시킨다.

차. 기타사항

- 1) 수급인은 감독자에게 아래사항을 일일 혹은 주일별 서면으로 보고해야 한다.
 - ① 작업보고서
 - ② 노무취업현황 및 누계표
 - ③ 주요자재 반입반출 현황
 - ④ 장비기기동원 현황
 - ⑤ 노임지불 현황
 - ⑥ 기타 감리자가 지시하는 사항
- 2) 공사도중 공사 시행상의 의문점과 의견 불일치 및 검토 사항이 있어 감리자가 이를 외부 기관이나 인사에게 자문 및 협조를 받고자 할 때에는 수급인은 감리자의 지시에 따라 이를 수행하여야 하며 이에 따른 제반조치 및 비용은 수급인이 책임진다.

- 3) 수급인은 공사수행 중 항시 공사가설물, 자재폐기물, 주위환경을 정리하여야 한다.
- 4) 공사장 내에서 감리자 지시에 불응하거나 미숙련으로 인정되는 자는 감리자의 지시에 의해 즉시 유능한 자로 교체하여야 한다.
- 5) 도급계약 조건에 따라 모든 공사가 감리자가 인정하는 상태로 시행되어야 하며, 만일 시공진도가 부진하여 설정된 준공기일 내에 완료가 어렵다고 판단될 때에는, 감리자는 이에 필요한 조치를 할 수 있다.
이에 따라 수급인은 그 이유 및 공정 만회대책을 수립하여 감리자에게 서면으로 제출하여 승인을 득한후에 수행하여야 한다.
- 6) 발굴물 처리
 - ① 공사중 수급인이 발견한 지질학 또는 고고학상 가치있는 유물이나 물품은 관계 법규에 정하는바에 따라서 처리하여야 한다.
 - ② 수급인이 전항의 유물 등을 발견했을 때는 즉시 감리자와 관계주요기관에 통지하여 그 지시에 따라야 하고 이를 취급할 때에는 파손이 없도록 적절한 예방 조치를 하여야 한다.
- 7) 공사장 관리
공사장 관리책임은 전부 수급인에 있으며 근로기준법, 근로안전 관리규칙, 근로위생 관리 규칙 기타 관계 법규에 따라 빠짐없이 이행한다.

카. 특별준수사항

- 1) 사전조사
수급인은 공사 착수전에 현장 여건 및 지질 조건등 본 공사와 관련된 제반사항을 철저히 조사하여 시공과정에서 발생될 것으로 예상되는 문제점에 대하여 완벽한 대책을 강구하여야 하며 이에 소요되는 비용은 수급인의 부담으로 시행하여야 한다.
 - ① 조사항목
 - 지질조사 및 지하수의 특성확인조사
 - 각종 지하매설물 현황조사
 - 사토장, 토취장현황 및 운반로 조사
 - 기타 시공 여건에 관련되는 사항조사
- 2) 지하 매설물
수급인은 착공전에 지하 매설물인 상하수도 전화선, 전력선, 도시가스 등의 매설사항을 사전에 확인하고 시행하여야 하며 공사 시행시 굴토 공사로 인한 피해가 없도록 조치

하고, 부득이한 경우 등 피해가 발생할 시는 수급인의 비용 부담으로 조치 하여야 한다.

타. 설계변경 조건

다음과 같은 경우가 발생시는 설계를 변경할 수 있다.

- ① 계획 변경이 있을 때
- ② 시공 심도가 당초 설계량과 현격히 상이할때
- ③ 토질 조건이 당초 추정된 내용과 현격히 상이할때
- ④ 기타 감리자가 타당하다고 인정할 때

7.2 전문 시방서

가. 천공 및 말뚝박기 공사

1) 시공계획

시공자는 시공하기에 앞서 설계도, 표준도 및 현장의 각종 상황(이설물, 가공물, 도로 구조물, 도로 부산물, 연도 건조물, 지반, 노면교통등)을 고려한 시공 계획서를 작성하여 감리자의 승인을 받아야 한다.

2) 말뚝의 위치 및 박기

- ① 말뚝과 구조물 측면간의 거리는 설계도에 의한다.
- ② 시공에 있어 지반, 이설물 혹은 장애물등으로 말뚝의 위치 및 길이가 변경될 때에는 감리자의 승인을 받아야 한다.
- ③ 말뚝 박기는 “설계도”에 의할 것이나, 지내력이 충분하지 않을 때에는 감리자 지시를 받아 박기를 더 깊게 해야 한다.

3) 사용기계

- ① 공사에 사용되는 천공기, 향타기, 벤토나이트, mortar 주입기등은 작업 종료후 조속히 철수시킬 수 있도록 할 것이며, 소음 진동등이 적은 것이어야 한다.

4) 줄파기

- ① 도로에 근접하여 천공 또는 향타할 때에는 시공 전에 그의 위치에 줄파기를 하여 이설물의 유무를 확인하여 그것이 손상되지 않도록 보호공을 해야 한다.
- ② 줄파기 시행시에는 부근의 노면 건조물, 매설물 등에 피해가 없도록 하고 지반이 이완 되지 않도록 주의하여야 하며, 필요한 경우 가목공 또는 가포장을 해야 한다.
- ③ 시험 굴착 및 줄파기는 말뚝박기 진행을 고려하여 소법위내에서 해야하며, 작업 완료 후 조속히 「표준도」에 따라 복구하여 교통에 지장이 없도록 해야하며 복구후 노면은 유지 보수해야 한다.

- ④ 교통 및 보행자의 안전을 위하여 필요한 경우 줄파기 주변에 가설 울타리를 설치하여 보호하여야 한다.

5) H-PILE 박기

① 천공

- 천공할때에는 천공기의 수직 조절에 유의하며 소정의 깊이까지 정확하게 천공해야한다.
- 또한 천공기 선단부로 부터 공벽의 토사가 붕괴되지 않도록 해야 하며,
- 공벽의 토사가 붕괴되지 않도록 천공기를 서서히 빼어 올린다.
- 천공토사는 비산되지 않도록 방호설비를 하여 조속히 반출해야 한다.
- 천공시 발생하는 스라임은 하수관에 유입되지 않도록 필요한 조치를 해야한다.
- 천공시 인접건물에 진동의 영향이 예상되는 구간 피해를 최소화 하기 위한 방안을 강구하여 감리자의 승인을 득한후 시행토록 하여야 한다.
- H-PILE의 향타 또는 천공시 지중의 이상물체 출현시 공사진행에 문제가 발생시에는 즉시 공사를 중단하고 감리자에게 통보하여 자문을 얻은후 진행하도록 한다.

② 박기

- 천공이 완료된 직후 조속히 H-PILE을 수직으로 건입하여 소정의 깊이까지 해머로 박아야 한다.
- 천공경이 강말뚝 보다 큼으로써 발생하는 타입시의 좌굴에 유의해야 한다.
- H-PILE의 타입, 천공 근입시에는 지상시설(특히 고압전선)및 지하매설물등을 손상하지 않도록 충분히 주의하여 정확하게 시공해야 한다.
- 설계도서상의 H-PILE간격과 깊이는 필히 준수하고 H-PILE은 수직, 일직선으로 유지 하여야 하며, 중앙 H-PILE의 관입부의 지지력을 확보하기 위하여 필요시 보강GROUT를 시행토록 한다.
- H-PILE은 정위치에 수직으로 타입되어야 하며 시공오차 한계는 다음과 같다.
 - # 최대경사 : 1.5% 이내
 - # 최대 수평오차 : 10CM 이내
- 드롭하마를 사용할 때에는 견고한 캡으로 말뚝머리를 보호해야 한다.
- 말뚝의 시공오차로 인한 보강공사는 즉시 시행해야 하며 오차한계를 초과한 H-PILE은 재시공 해야 한다.
- 중앙 PILE은 토공 즉시 설계도에 따라 C-형강 및 L-형강으로 BRACING을 설치하여 PILE에 좌굴이 생기지않도록 하여야 한다.

6) 강말뚝 제작

- ① 말뚝의 재질은 SWS 41 (H-300X200X9X14)으로 하여야 한다.
- ② 강판을 제단하여 제작하는 강말뚝은 공장 제작하여야 하며, 제작과정에서 발생된 강재의 손상에 의해 사용 불가능한 강재는 시공자의 부담으로 제작하여야 한다.
- ③ 시공자는 제작에 착수하기전에 제작도면을 작성 제출하여 감리자의 승인을 받아야 한다.
- ④ 소재의 절단은 톱 또는 자동가스를 이용하여 절단면을 직각으로 된 직선이며 요철이 없도록 하여야 한다.
- ⑤ 용접은 필요한 개수, 성능, 재료의 종류와 특성에 만족되도록 신중히 시공해야 한다.
- ⑥ 용접이 끝나면 용접 시공시험을 시행하여야 하며, 시험 기준을 갑의 승인을 받아야 한다.
- ⑦ 널 말뚝은 종류, 형상, 치수 및 재질은 KSF 4604에 규정하는 바에 따르며 을은 시공전에 널말뚝의 화학분석, 인장시험 등에 대한 시험성적표를 갑에게 제출하여 승인을 받아야 한다.

7) 말뚝의 이음

- ① 말뚝을 이음할 경우에는 그 이음의 위치가 동일한 높이에서 시공되지 않도록 해야 한다.
- ② H-PILE의 이음은 필릿 용접으로 하여야 한다.
- ③ 용접은 필요한 개소, 성능, 재료의 종류와 특성에 만족되도록 신중히 해야하며, 용접이 끝난 후 용접 시험을 시행해야 한다.

8) 매설물 근접시공

매설물, 가공물등에 인접하여 시공할 때에는 감리자에게 신고하여 관리자의 입회하에 시공해야 한다.

9) 관련사항

상기 각 항 이외에 다음 사항에 필요한 비용은 시공자의 부담으로 해야 한다.

- ① 출파기중 경미한 장애물의 제거
- ② 경미한 인접 매설물 및 가공물의 보호

나. 굴착공

1) 시공계획

- ① 시공자는 시공에 앞서 설계도서, 건축의 시공방법 및 현장의 각종 상황을 고려하여 시공계획서를 작성 제출하여 감리자의 승인을 받아야 한다.
- ② 시공계획서에는 굴착의 규모, 전체공정, 지반조건, 버팀대설치 및 시공환경등 적용하는 굴착순서나 굴착방법, 지층의 변화위치, 용수처리방법, 사용장비(굴착용 기계, 토사용호퍼등의 수량등), 비계, 동바리, 썰기의 배치, 우각부의 보강, 공정, 대여품 선정비용, 수량등을 기재해야 한다.
- ③ 굴착방법은 지반조건 기타의 현장상황에 따른 시공계획에 따라서 결정되는 이외에 하기사항에 유의하지 않으면 안된다.
양수 # 굴착기계
- ④ 토사굴착에 있어서는 지반조건 따라서 1회 굴착장, 폭, 높이 및 경사구배에 유의하여 주변지반을 가능한한 이완시키지 않도록 작업장내 배수, 보조공법을 고려함과 동시에 특히 사면의 붕괴, 흠막이면의 유지에 유의하여 시공해야 한다.
- ⑤ 굴착토의 공사장내외로 운반 및 반출은 현장의 상황에 가장 알맞는 방법으로 행하여야 한다.
- ⑥ 굴착시 암반의 절리상태가 심하게 발달되어 있을시는 예상되는 대단면 슬라이딩 현상에 대응할 수 있게 보조공법을 취하여야 한다.

2) 굴착공의 주요사항

- ① 굴착작업은 유입지하수의 배수처리를 고려하여 단계별로 시행하며 과다 용수지역은 별도의 보완대책을 수립하여 감리자의 승인을 받아 시행한다.
- ② 굴착작업은 기계굴착을 원칙으로 하나 혹시라도 암반의 노출로 발파가 필요한 경우 무소음 무진동 방법의 발파계획을 수립하여 감리자의 승인을 득하여야 하며 무소음 무진동 발파공법은 시험발파에 의하여 확정한다.
- ③ 발파굴착에 대한 법령상 허가취득은 시공자가 주관 처리하여야 한다.

3) 굴착장내의 배수

- ① 굴착장내의 용출수는 상시 배수해야 한다.
- ② 굴착장 외부로 배출되는 물은 토사와 물이 동시에 유출되지 않도록 침사조를 통과하여 하수관에 방류해야 한다.
- ③ 배수량이 예상보다 현저히 많을 경우에는 신속하게 임시조치를 취함과 동시에 감리자와 협의하여 배수방법을 변경하여야 하며 이러한 공사물량은 정산처리함을 원칙으로 한다.

4) 굴착일반

- ① 굴착중 수시로 공사장내외를 순시하여 만약에 흠막이공, 띠장 및 버팀보강, 굴착면,

노면등에 이상이 발견되었을 때에는 신속히 그의 보강을 해야 하며 감리자에게 보고 해야 한다.

- ② 특히 흙막이공의 배면으로부터의 누수, 공사장 외부의 하수도. 상수도관으로부터의 누수, 노면으로부터 우수의 침투를 발견하였을 때에는 신속히 방호조치를 해야 한다.
- ③ 매설물의 부근 굴착시 그 매설물을 손상시키지 않도록 굴착해야 하며 매설물의 보호가 완료될 때까지 그 하부를 굴착해서는 안된다.

5) 굴착토사 운반

- ① 굴착토사는 감독관 또는 토공관리자가 토사의 일부를 타에 이용하기 위하여 그 운반 장소를 지정할 수 있다.
- ② 시공자는 굴착도중 되메우기 및 노반공 등에 적절한 토사가 발생하였을 때에는 유용토 사용 계획을 수립하여 감리자 지시에 따라 처리하여야 한다.
- ③ 토사의 적재장소에는 전담의 직원을 배치하여 수시로 적재와 주위의 정리, 청소에 유의해야 한다.
- ④ 토사운반차는 토사의 낙토, 낙석, 비산등이 되지 않는 장치를 할 것이며 만약 낙토나 비산되었을 때에는 청소해야 한다.
- ⑤ 운반토의 운반경로, 운반수량등을 내용과 결과보고서를 작성하여 감리자에게 제출 한다.
- ⑥ 운반토를 가적치할 때에는 그의 장소, 방법, 방호시설등에 대한 계획을 감리자에게 제출한다.
- ⑦ 굴착시 발생한 발생품은 그것의 소유자 또는 관리자와 협의하여 적절하게 처리하여야 한다.

6) 안전

- ① 굴착중에는 세심히 작업장을 순시하여 흙막이벽, 굴착면, 흙막이배면등의 이상 유무를 점검하여 공사장 내외의 안전확보에 노력하여야 한다.
- ② 굴착장내의 작업을 안전하게 진행하기 위하여 필요한 조명, 통로 출입구(비상구 포함), 비계, 소화기 등의 안전 위생설비를 해야 한다.
- ③ 흙막이벽 완성후 내부 토공시 흙막이벽으로부터 6 - 9M 이내에는 설계 적재하중(1.5 t/m²) 이상의 건축자재 및 중기를 적재 또는 설치하지 않도록 한다.

다. 흠막이 지보공

1) 시공계획

- ① 지보공 사용강재는 고재를 사용하되 이는 감리자의 승인을 받은 강재만을 사용 하도록 한다.
 - 고재 사용시 K.S제품을 원칙으로 한다.
 - 강재의 볼트 구멍이 많은 것은 현장에서 철판(T=14M/M)으로 보강조치 한다.
 - 설치할 강재보다 짧은 강재를 사용시 연결부 용접을 철저히 하고, BL0T & NUT 채움은 일반 강재연결 상세도를 참조하여 기준에 맞게 연결한다.
 - 라) 변형이 심하거나, 일부 파손된 강재는 반입을 금지하고, 신재로 대처한다.
- ② 시공자는 시공에 앞서 설계도, 표준도, 구조물의 시공방법 및 현장의 각종 상황 (흠막이 말뚝, 저반, 노면, 교통, 매설물, 연도건물등)을 고려하여 계획도를 작성하여 감리자의 승인을 받아야 한다.
- ③ 시공계획서에는 굴착방법, 지층의 변동위치, 용수처리방법, 사용기계(굴착용 기계, 토취용 바켓등의 기구, 수량등)비계, 동바리의 배치, 우각부의 보강, 공정, 대여품 예정 사용 수량등을 기재해야 한다.
- ④ 시공에 있어서 지반, 매설물, 연도 건조물, 기타의 사유로 흠막이공, 비계, 동바리 공등에 대하여 변경이 필요할 때에는 감리자의 지시를 받아야 한다.
- ⑤ 시공자는 시공에 앞서 철거해야 할 도로 구조물(보도블럭, 경계석, 도로경계석,암거, 우수맨홀등) 및 도로 부품(도로용 조명시설 가드 레일, 가로수 보호용 석재, 도로 표식등)의 정확한 평면도를 작성하여 감리자에게 제출해야 한다.
- ⑥ 시공자는 매설물 및 가공물을 확인하여 그의 방호시설, 맨홀 두부의 처리등의 계획을 세워 감리자의 지시를 받아야 한다.
- ⑦ 차도 굴착은 굴착후 도면에 공사중 침수의 원인이 되지 않도록 기존도면에 맞추어 시공하며 맨홀을 유지 보수해야 한다.

2) 띠 장 (WALE)

- ① 띠장은 토류벽으로부터 하중을 균등히 받아 이것을 버팀보 또는 토류양카에 평균적으로 전달되도록 현장의 상황에 맞추어 시공 하여야 한다.
- ② 띠장의 연결 보장은 도면에 명시된대로 정확하게 시행하고 띠장의 끝부분이 Cantilever로 되어있는 경우에는 Angle 또는 강재로 보강을 해야 한다.
- ③ 띠장과 말뚝이 밀착되지 않는 경우에는 힘을 전달할 수 있도록 밀착썰기 등으로 간격 채움을 실시 하여야 한다.
- ④ 버팀보 설치부의 띠장 상, 하 Flange에 목재 또는 철재 등의 간격재를 삽입하여 변형의 발생을 예방토록 하여야 한다.

3) 버팀보 (STRUT)

- ① 버팀보는 띠장으로 부터의 하중을 균등하게 지지하도록 시공하여야 한다.
- ② 버팀보는 설치시에는 썸기 등을 적절히 사용하여 버팀보가 띠장 또는 Piece재의 직각을 유지하도록 하여야 한다.
- ③ 버팀보를 두 개 묶어서 사용할 경우에는 U-bolt 및 L-형강 등으로 확실하게 결속시켜야 한다.
- ④ 버팀보는 Screw jack를 단단히 조여야 하며 설치후 Screw의 여유가 있어야 한다.
- ⑤ 사방향 버팀보(일병 화타재) 가설시 기설치되어 있는 연결버팀보에 무리한 하중이 걸리지 않는 방법으로 시공하여야 한다.
- ⑥ 버팀보 설치 후 갑의 검사 지적사항에 대하여는 신속히 수정 보완하여야 한다.
- ⑦ 버팀보는 굴착진행에 따라 즉시 설치하여야 하며, 최하단 버팀보에서 토류벽측 굴착면까지의 최대 높이를 3m 이내로 한다.
- ⑧ 버팀보의 설치 간격은 설계도를 기준으로 하나 지장물과의 관계 또는 구조물 타설계획, 재료 및 장비투입 공간확보 관계로 부득이 설계도와 상이하게 할 경우 별도의 보강 대책을 수립하여 응력 예산서와 함께 감리자의 승인을 얻어야 한다,
- ⑨ 버팀보의 설치 각도는 토류벽에 정확히 직교되고 부재의 축이 정확히 일치되도록 설치하여야 한다.
- ⑩ 필요시 토류벽은 사보재로 보강되어야 한다.
- ⑪ 구조물타설 진행에 따른 버팀보의 해체 작업은 해체순서 및 방법을 수립하여 감리자의 승인을 득한 후 시행하여야 한다.
- ⑫ 버팀보는 축방향 하중이외의 하중전달 방지를 위하여 버팀보 상부에 자재적재 등을 하지 않아야 한다.
- ⑬ Jack은 정기적으로 기름칠을 하며 온도변화에 따라 조정하여 인접 버팀보와 균형있는 힘이 전달 되도록 한다.
 - 토공 굴착과 함께 버팀보를 적기에 설치하여 가설재 및 주변 지반의 변형을 방지토록 하여야 한다.

4) 배수공

- ① 굴착장내는 상시 강제 배수를 해야 한다.
- ② 굴착중 공사장외로 유출되는 물은 토사와 물이 동시에 유출되지 않도록 침사조를 통과시켜 하수도로 방류해야 한다.
- ③ 굴착이 완료될 무렵에는 필요에 따라 토관을 부설하고, 그 주변에 잔돌, 자갈등으로 메우고 그 하부에 집수정을 설치하여 배수한다.

- ④ 집수정을 폐기할 때는 잡석, CONCRETE등으로 메우고 GROUT하여 지하수의 유동을 방지해야 한다.

5) 잔토처리

- ① 사토장의 위치 및 사토처리 방법은 해당관청과 협의하여 승인을 득한후 시행하도록 한다.
- ② 잔토처리의 사토장 위치는 감리자가 별도로 지정한 장소로 하거나 사전에 감리자의 승인을 득한 장소로 하며 반출시에는 반출증에 사토장 측의 확인날인이 되고 차량 NO, 반출시간등이 기록된 전표를 감리자에게 매일 제출해야 한다.
- ③ 잔토 운반로의 현장조건에 맞추어 계획하되 공해방지시설(세륜장, 상수시설, 운반차 적재함 덮개등)을 철저히 갖추도록 해야 한다.
- ④ 잔토운반 차량의 진동, 소음의 공해를 극소화 하도록 조치하고 인근 주민의 협조와 동의를 득하여 민원발생을 유발시키지 않도록 해야 한다.
- ⑤ 잔토운반 차량의 하중이나 변동에 영향을 받는 지하 매설물의 유무를 확인하고 이를 보호 조치하여야 한다.
- ⑥ 잔토운반 중 낙토, 낙석으로 인한 공로상의 피해가 없도록 조치하고, 도시교통의 피해를 극소화하도록 제반 조치를 강구하도록 한다.

6) 각종 강재 설치공(버팀대, 삼각대등)

- ① 각종 강재는 설계 도서에 명시한 규격과 재질을 사용하여야 하며, 부득이 한 경우는 이와 동등하거나 이상의 것을 사용하여야 한다.
- ② 가공은 말끔히 하여야 하며, 절단과 모서리는 신중하고 정확하게 가공하여야 한다.
- ③ 가공 마무리된 부재는 비틀림이나 구부러짐이 없어야 하고, 모든 연결부는 틈이 없도록 조치하여야 한다.
- ④ 부재의 이음은 이어지는 면을 다듬어 수평지지가 되도록 하여야 하며 이음부에서 결함이 발생하는 일이 없도록 조치하여야 한다.
- ⑤ 현장 용접은 안전에 특히 유의하여 시행하고, 용접 전에 균열을 발생시킬 우려가 있는 유해한 녹, 도료, 기름등을 완전히 제거한 후에 용접부위를 충분히 건조시킨 후 시행하여야 한다.
- ⑥ 별도 명기하지 않은 용접두께는 용접 모재의 최소 두께보다 큰것을 원칙으로 하며 V용접, K용접, Fillet용접 등의 적정 용접법을 적용시켜야 한다.
- ⑦ 용접공은 KSB 0885(용접기술 검정시험방법, 판정기준)에 정하여진 시험종류중 그 작업에 해당하는 시험, 또는 이와 동등 이상의 검정시험에 합격한 자라야만 한다.
- ⑧ 설치부재의 운반이나 설치중에는 부재의 변형이 없도록 조치하여야 한다.
만곡 변형의 허용치는 국토교통부 제정 도로교 시방서의 해당 조항의 규정치이내라야 한다.

7) 관련사항

다음 관련사항에 필요한 비용도 시공자의 부담으로 한다.

- ① 필요없는 관로, 덕트의 철거, 청소, 반납
- ② 매설 CONCRETE, 석재등의 경미한 제거
- ③ 비계 및 동바리, 흙막이 공의 보강, 증설중에서 경미하다고 인정되는 것
- ④ 비계 및 동바리 등의 철거, 청소, 수리

세종문화회관 옥상공간 조성공사

흙막이 가시설

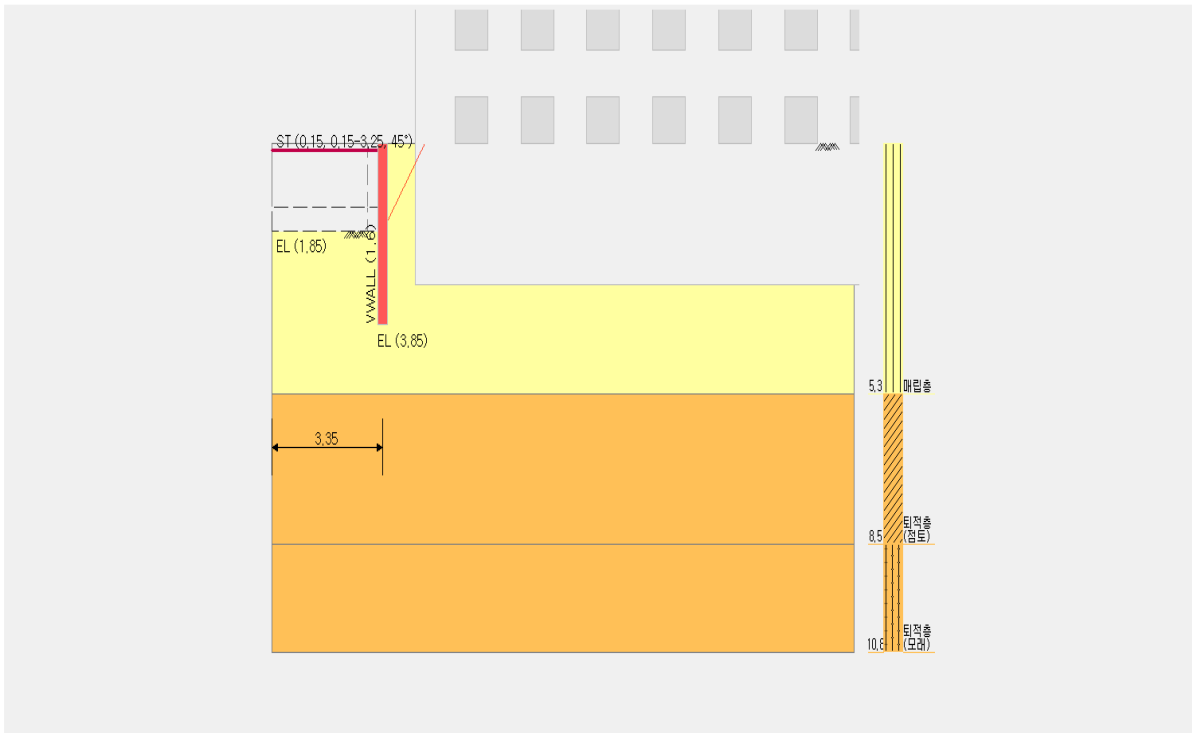
구조 및 안정성검토 보고서

목 차

- 1.표준단면
- 2.설계요약
- 3.설계조건
 - 3.1 가시설 구조물 공법 및 사용강재
 - 3.2 재료의 허용응력
 - 3.3 안전성 검토
 - 3.4 적용 프로그램
- 4.사보강 Strut 설계
 - 4.1 1단 코너
- 5.띠장 설계
 - 5.1 1단 코너 띠장 설계
- 6.측면말뚝 설계
 - 6.1 흙막이벽
- 7. 흙막이 벽체 설계
 - 7.1 흙막이벽 설계 (0.00m ~ 1.85m)
- 8.전산 입력 정보
- 9.해석결과
- 10. 단계별 변위
- 11. 단계별 부재력

1. 표준단면

1.1 표준단면도



1.2 지층조건

번호	이름	깊이 (m)	γ_t (kN/m ³)	γ_{sat} (kN/m ³)	C (kN/m ²)	ϕ ([deg])	N값	지반탄성계수 (kN/m ²)	수평지반 반력 계수 (kN/m ³)
1	매립층	5.30	18.00	19.00	3.00	20.00	6	-	14302.00
2	퇴적층(점토)	8.50	17.00	18.00	3.00	20.00	6	-	14302.00
3	퇴적층(모래)	10.80	17.00	18.00	15.00	25.00	22	-	24238.00
4	뒹채움	-	20.00	21.00	30.00	35.00	50	1.4e+05	5e+10

1.3 사용부재

가. 흙막이벽

번호	이름	형상	단면	재질	하단깊이 (m)	수평간격 (m)
1	흙막이벽	H-Pile	H 298x201x9/14	SHP275	3.85	1.6

나. 지보재

번호	이름	단면	재질	설치깊이 (m)	수평간격 (m)	대칭점 길이 (m)	초기작용력	개수
1	1단 코너	H 300x300x10/15	SHP275	0.15	3.25	2.2	0	1

다. 벽체와 슬래브

번호	이름	설치위치 (설치깊이) (m)	상단깊이 (시작위치) (m)	하단깊이 (끝위치) (m)	재질	두께 (m)	뒹채움
1	슬래브	1.6	0	3.35	C27	0.5	-
2	벽	3.05	0	1.85	C21	0.3	뒹채움

마. 인접구조물

번호	이름	기준위치(x) (m)	기준위치(z) (m)	건물 폭 (m)	추가하중 (kN)	하중분포
1	542-10	1	3	51.4	w1=177, w2=177	45 분포법

1.4 시공단계

단계별 해석방법 : 탄소성법

토압종류 : Rankine (벽 마찰각은 내부마찰각의 0 %)

지하수위 : 비고려

단계	굴착깊이 (m)	지보재		벽체 & 슬래브 설치깊이 (m)	임의하중		토압변경	수압변경	토층변경
		생성	해체		작용	해체			
1	1.15	-	-	-	-	-	-	X	X
2	-	1단 코너		-	-	-	-	X	X
3	1.85	-	-	-	-	-	-	X	X
4	-	-	-	1.15	-	-	-	X	X
5	-		1단 코너	-	-	-	-	X	X
6	-	-	-	0	-	-	-	X	X

2.설계요약

2.1 지보재

부 재	위 치 (m)	구분	단위	단면검토			판정
				발생(필요)량	허용(적용)량	발생/허용량	
1단 코너 H 300x300x10/15	0.15	휨응력	MPa	2.224	208.605	1.066%	O.K
		압축응력	MPa	11.160	203.453	5.486%	O.K
		전단응력	MPa	2.037	121.500	1.677%	O.K
		합성응력	안전율	0.066	1.000	6.554%	O.K

2.2 사보강 Strut

부 재	위 치 (m)	구분	단위	단면검토			판정
				발생(필요)량	허용(적용)량	발생/허용량	
1단 코너 H 300x300x10/15	0.15	휨응력	MPa	16.544	175.545	9.424%	O.K
		압축응력	MPa	11.634	153.120	7.598%	O.K
		전단응력	MPa	5.556	121.500	4.572%	O.K
		합성응력	안전율	0.172	1.000	17.167%	O.K
		볼트수량	개	1.549	8	19.365%	O.K

2.3 띠장

부 재	위 치 (m)	구분	단위	단면검토			판정
				발생(필요)량	허용(적용)량	발생/허용량	
1단 코너 H 300x300x10/15	0.15	휨응력	MPa	2.977	199.470	1.492%	O.K
		전단응력	MPa	2.768	121.500	2.278%	O.K
		스티프너	웹보강 안함				

2.4 측면말뚝

부 재	위 치	구분	단위	단면검토			판정
				발생(필요)량	허용(적용)량	발생/허용량	
흙막이벽 H 298x201x9/14	-	휨응력	MPa	7.745	203.723	3.802%	O.K
		압축응력	MPa	5.998	216.000	2.777%	O.K
		전단응력	MPa	3.395	121.500	2.794%	O.K
		합성응력	안전율	0.066	1.000	6.582%	O.K
		수평변위	mm	2.403	5.550	43.305%	O.K
		지지력	kN	50.000	1500.000	3.333%	O.K

2.5 흙막이벽체설계

부 재	구간 (m)	구분	단위	단면검토			판정
				발생(필요)량	허용(적용)량	발생/허용량	
흙막이벽	0.00 ~ 1.85	휨응력	MPa	2.959	13.500	21.916%	O.K
		전단응력	MPa	0.109	1.050	10.369%	O.K
		두께검토	mm	37.451	80.000	46.814%	O.K

2.6 흙막이벽체 수평변위

부재	위치	구분	단위	수평변위			판정
				발생(필요)량	허용(적용)량	발생/허용량	
흙막이벽	0.0~3.9	최대변위	mm	2.403	5.550	43.305%	O.K
전체 구간	0.0~3.9	최대변위	mm	2.403	5.550	43.305%	O.K

* 최대 굴착깊이 1.9 m, 허용수평변위 0.003 H

2.7 굴착저면의 안전성

부재	구분		단위	단면검토			판정
				발생(필요)량	허용(적용)량	발생/허용량	
-	근입장	최종굴착단계	안전율	4.621	1.200	385.045%	O.K
		최종굴착전단계	안전율	9.325	1.200	777.116%	O.K
	보일링		안전율	-	-	-	-
	히빙		안전율	-	-	-	-

3.설계조건

3.1 가시설 구조물 공법 및 사용강재

가. 굴착공법

H Pile로 구성된 가시설 구조물을 Strut (H형강)로 지지하면서 굴착함.

나. 흙막이벽(측벽)

H Pile

엄지말뚝간격 : 1.60m

다. 지보재

Strut - H 300x300x10/15 수평간격 : 3.25 m

라. 사용강재

구 분	규 격	간 격 (m)	비 고
H-PILE (측벽)	H 298x201x9/14(SHP275)	1.60m	
버팀보 (Strut)	H 300x300x10/15(SHP275)	3.25m	
사보강 버팀보	H 300x300x10/15(SHP275)	3.25m	
띠장	H 300x300x10/15(SS275)	-	

3.2 재료의 허용응력

가. 허용응력 할증 계수(보정계수)

- 가설구조물의 경우 1.50 (철도하중 지지 시 1.3)
- 영구구조물로 사용되는 경우
 - 시공도중 1.25
 - 완료 후 1.00
- 공사기간이 2년 미만인 경우에는 가설구조물로 2년 이상인 경우에는 영구구조물로 간주하여 설계한다.
- 중고 강재 사용 시 0.90 (신강재의 0.9 이하, 재사용 및 부식을 고려한 보정계수)

나. 철근 및 콘크리트

1) 콘크리트의 허용응력

- 허용휨응력 $f_{ck} = 0.40 \times f_{ck}$
- 허용전단응력 $V_a = 0.08 \times f_{ck}$

2) 철근의 허용(압축 및 인장) 응력

- 허용휨인장응력 $f_{sa} = 0.50 \times f_y$
- 허용압축응력 $f_{sa} = 0.40 \times f_y$

다. 강재의 허용응력

[강재의 허용응력(가설 구조물 기준)]

(MPa)

종 류		SS275, SM275, SHP275(W)	SM355, SHP355W	비고
축방향 인장 (순단면)		240	315	160x1.5=240 210x1.5=315
축방향 압축 (총단면)		$0 < L/r \leq 20$ 240	$0 < L/r \leq 16$ 315	L (mm) : 유효좌굴장 r (mm) : 단면2차반경
		$20 < L/r \leq 90$ $240 - 1.5(L/r - 20)$	$16 < L/r \leq 80$ $315 - 2.2(L/r - 16)$	
		$90 < L/r$ $\frac{1,900,000}{6,000+(\ell/r)^2}$	$80 < L/r$ $\frac{1,900,000}{4,500+(\ell/r)^2}$	
휨 압 축 응 력	인장연 (순단면)	240	315	
	압축연 (총단면)	$\ell/b \leq 4.5$ 240	$\ell/b \leq 4.0$ 315	ℓ : 플랜지의 고정점간 거리 b : 압축플랜지의 폭
		$4.5 < \ell/b \leq 30$ $240 - 2.9(\ell/b - 4.5)$	$4.0 < \ell/b \leq 27$ $315 - 4.3(\ell/b - 4.0)$	
전단응력 (총단면)		135	180	90x1.5=135 120x1.5=180
지압응력		360	465	강판과 강판
용접 강도	공 장	모재의 100%	모재의 100%	
	현 장	모재의 90%	모재의 90%	

*가설구조물의 보정계수(1.5)를 곱한 값임.

[강재의 허용응력(가설 구조물 기준)]

(MPa)

종 류		SM420	SHP450W	SM460	비고
축방향 인장 (순단면)		365	395	405	245x1.5=365 265x1.5=395 270x1.5=405
축방향 압축 (총단면)		$0 < L/r \leq 15$ 365	$0 < L/r \leq 14$ 395	$0 < L/r \leq 14$ 405	L (mm) : 유효좌굴장 r (mm) : 단면2차반경
		$15 < L/r \leq 74$ $365 - 2.6(L/r - 15)$	$14 < L/r \leq 72$ $395 - 2.9(L/r - 14)$	$14 < L/r \leq 70$ $405 - 3.0(L/r - 14)$	
		$74 < L/r$ $\frac{1,900,000}{3,500+(L/r)^2}$	$72 < L/r$ $\frac{1,900,000}{3,200+(L/r)^2}$	$70 < L/r$ $\frac{1,900,000}{3,100+(L/r)^2}$	
휨 압 축 응 력	인장연 (순단면)	365	395	405	
	압축연 (총단면)	$\ell/b \leq 3.6$ 365	$\ell/b \leq 3.5$ 395	$\ell/b \leq 3.5$ 405	ℓ : 플랜지의 고정점간 거리 b : 압축플랜지의 폭
		$3.6 < \ell/b \leq 27$ $365 - 4.6(\ell/b - 3.6)$	$3.5 < \ell/b \leq 25$ $395 - 5.5(\ell/b - 3.5)$	$3.5 < \ell/b \leq 25$ $405 - 5.6(\ell/b - 3.5)$	
전단응력 (총단면)		210	225	230	140x1.5=210 150x1.5=225 153.33x1.5=230
지압응력		520	550	570	강판과 강판
용접 강도	공 장	모재의 100%	모재의 100%	모재의 100%	
	현 장	모재의 90%	모재의 90%	모재의 90%	

*가설구조물의 보정계수(1.5)를 곱한 값임.

[강재의 허용응력(가설 구조물 기준)]

(MPa)

종 류		STP275(S)	STP355(S)	STP450(S)	STP550(S)	비고
축방향 인장 (순단면) 휨응력인장		240	315	395	480	160x1.5=240 210x1.5=315 265x1.5=395 320x1.5=480
축방향 압축 (총단면) 휨응력압축		$0 < L/r \leq 20$ 240	$0 < L/r \leq 16$ 315	$0 < L/r \leq 14$ 395	$0 < L/r \leq 13$ 480	L (mm) : 유효좌굴장 r (mm) : 단면2차반경
		$20 < L/r \leq 90$ $240 - 1.5(L/r - 20)$	$16 < L/r \leq 80$ $315 - 2.2(L/r - 16)$	$14 < L/r \leq 72$ $395 - 2.9(L/r - 14)$	$13 < L/r \leq 65$ $480 - 4.0(L/r - 13)$	
		$90 < L/r$ $\frac{1,900,000}{6,000+(L/r)^2}$	$80 < L/r$ $\frac{1,900,000}{4,500+(L/r)^2}$	$72 < L/r$ $\frac{1,900,000}{3,200+(L/r)^2}$	$65 < L/r$ $\frac{1,900,000}{2,800+(L/r)^2}$	
전단응력 (총단면)		135	180	225	275	90x1.5=135 120x1.5=180 150x1.5=225 183.33x1.5=275
지압응력		360	465	550	690	
용접 강도	공 장	모재의 100%	모재의 100%	모재의 100%	모재의 100%	
	현 장	모재의 90%	모재의 90%	모재의 90%	모재의 90%	

*가설구조물의 보정계수(1.5)를 곱한 값임.

3.3 안전성 검토

가. 가설흙막이의 안전율

[가설흙막이의 안전율 (KDS 21 30 00 : 2024 가설흙막이 설계기준)]

조 건			안전율		비 고
			기준치	적용치	
지반의 지지력			2.0	2.0	극한지지력에 대하여
활 동			1.5	-	활동력(슬라이딩)에 대하여
전 도			2.0	-	저항모멘트와 전도모멘트의 비
사면안정			1.1	-	1년 미만 단기안정성
근입깊이			1.2	1.2	수동 및 주동토압에 의한 모멘트 비
굴착저부 안정	보일링	가설(단기)	1.5	1.5	사질토 대상 단기는 굴착시점을 기준으로 2년 미만임
		영구(장기)	2.0		
	히빙		1.5	1.5	점성토
지반앵커	사용기간 2년미만		1.5	2.5	인발저항에 대한 안전율
	사용기간 2년이상		2.5		

나. 흙막이벽의 수평변위

최대수평변위는 최종 굴착깊이, 지층 등을 고려하여 산정하며, 이를 초과할 때는 주변시설물에 대한 별도의 안정성 검토가 필요하다. 최대변위량은 흙막이벽의 강성 및 굴착심도(H)를 기준으로 설정하는 것이 가장 용이하며, 일반적으로 최대 허용변위량은 아래와 같이 정하는 것이 바람직하다.

[계측관리 기준 (KCS 11 10 15 시공중 지반계측)]

구 분	최대 허용변위량	비 고
강성 흙막이벽	0.0020 H	$t \geq 60$ cm인 콘크리트 연속벽
보통 흙막이벽	0.0025 H	$t \approx 40$ cm정도인 콘크리트 연속벽
연성 흙막이벽	0.0030 H	H-Pile과 흙막이판 설치하는 흙막이벽
적용값	0.0030 H	= 5.6 mm (굴착깊이 = 1.9 m)

3.4 적용 프로그램

가. midas GeoX V 5.4.0

나. 탄소성법

다. Rankine 토압

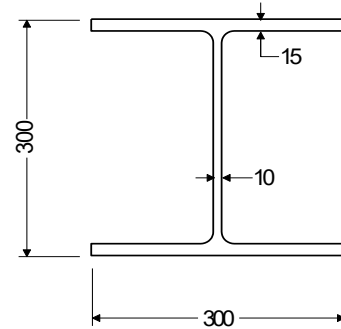
4. 사보강 Strut 설계

4.1 1단 코너

가. 설계제원

- (1) 설계지간 : 6.000 m
(2) 사용강재 : H 300x300x10/15(SHP275)

w (N/m)	922.243
A (mm ²)	11980.000
I _x (mm ⁴)	204000000.000
Z _x (mm ³)	1360000.000
R _x (mm)	131.0
R _y (mm)	75.1



- (3) 버팀보 개수 : 1 단
(4) 사보강 Strut 수평간격 : 3.250 m
(5) 각도 (θ) : 45 도

나. 단면력 산정

- (1) 최대축력 , $R_{\max} = 4.216 \text{ kN/m} \rightarrow 1\text{단 코너 (CS3 : 굴착 1.85 m)}$
 $= 4.216 \times 3.3 = 13.702 \text{ kN}$
 $= (R_{\max} \times \text{사보강 Strut 수평간격}) / \text{지보재 수평간격} / \text{단수}$
 $= (13.702 \times 3.250) / 3.250 / 1 \text{ 단}$
 $= 13.702 \text{ kN}$
- (2) 온도차에 의한 축력 , $T = 120.0 \text{ kN} / 1 \text{ 단}$
 $= 120.0 \text{ kN}$
- (3) 설계축력 , $P_{\max} = R_{\max} / \cos \theta^\circ + T$
 $= 13.7 / \cos 45^\circ + 120.0$
 $= 139.4 \text{ kN}$
- (4) 설계휨모멘트 , $M_{\max} = W \times L^2 / 8 / 1 \text{ 단}$
 $= 5.0 \times 6.0 \times 6.0 / 8 / 1 \text{ 단}$
 $= 22.500 \text{ kN}\cdot\text{m}$
- (5) 설계전단력 , $S_{\max} = W \times L / 2 / 1 \text{ 단}$
 $= 5.0 \times 6.0 / 2 / 1 \text{ 단}$
 $= 15.000 \text{ kN}$

(여기서, W : Strut와 간격재 등의 자중 및 작업하중으로 5 kN/m 로 가정)

다. 작용응력 산정

- ▶ 휨응력 , $f_b = M_{\max} / Z_x = 22.500 \times 1000000 / 1360000.0 = 16.544 \text{ MPa}$
▶ 압축응력 , $f_c = P_{\max} / A = 139.377 \times 1000 / 11980 = 11.634 \text{ MPa}$
▶ 전단응력 , $\tau = S_{\max} / A_w = 15.000 \times 1000 / 2700 = 5.556 \text{ MPa}$

라. 허용응력 산정

- ▶ 보정계수 : 가설 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용	강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9
가설 구조물	1.50	O		
영구 구조물	1.25	X		

- ▶ 축방향 허용압축응력

$$f_{cao} = 1.50 \times 0.9 \times 160.000 \\ = 216.000 \text{ MPa}$$

$$L_x / R_x = 6000 / 131 \\ 45.802 \text{ '---> } 20 < L_x/R_x \leq 90 \text{ 이므로}$$

$$f_{cax} = 1.50 \times 0.9 \times (160 - 1 \times (45.802 - 20)) \\ = 181.168 \text{ MPa}$$

$$L_y / R_y = 5000 / 75.1 \\ 66.578 \text{ '---> } 20 < L_y/R_y \leq 90 \text{ 이므로}$$

$$f_{cay} = 1.50 \times 0.9 \times (160 - 1 \times (66.578 - 20)) \\ = 153.120 \text{ MPa}$$

$$\therefore f_{ca} = \text{Min.}(f_{cax}, f_{cay}) = 153.120 \text{ MPa}$$

- ▶ 허용 휨압축응력

$$L / B = 6000 / 300 \\ = 20.000 \text{ '---> } 4.5 < L/B \leq 30 \text{ 이므로}$$

$$f_{ba} = 1.50 \times 0.9 \times (160 - 1.93333 \times (20.000 - 4.5)) \\ = 175.545 \text{ MPa}$$

$$f_{eax} = 1.50 \times 0.9 \times 1200000 / (45.802)^2 \\ = 772.245 \text{ MPa}$$

- ▶ 허용전단응력

$$\tau_a = 1.50 \times 0.9 \times 90 \\ = 121.500 \text{ MPa}$$

마. 응력 검토

▶ 압축응력, $f_{ca} = 153.120 \text{ MPa} > f_c = 11.634 \text{ MPa} \text{ ---> O.K}$

▶ 휨응력, $f_{ba} = 175.545 \text{ MPa} > f_b = 16.544 \text{ MPa} \text{ ---> O.K}$

▶ 전단응력, $\tau_a = 121.500 \text{ MPa} > \tau = 5.556 \text{ MPa} \text{ ---> O.K}$

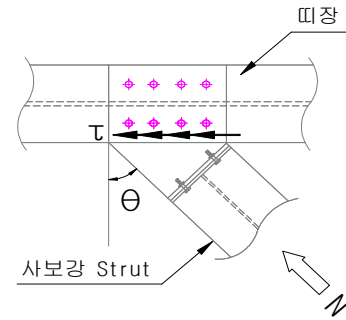
▶ 합성응력,
$$\frac{f_c}{f_{ca}} + \frac{f_b}{f_{ba} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$$

$$= \frac{11.634}{153.120} + \frac{16.544}{175.545 \times (1 - (11.634 / 772.245))}$$

$$= 0.172 < 1.0 \text{ ---> O.K}$$

바. 볼트갯수 산정

▶ 작용전단력 : $S_{\max} = P_{\max} \times \sin \theta^\circ$
 $= 139.377 \times \sin 45^\circ$
 $= 98.555 \text{ kN}$



$$\tau = N * \sin \theta$$

▶ 사용볼트 : F8T , M 20

▶ 허용전단응력 : $\tau_a = 1.50 \times 0.9 \times 150 = 202.5 \text{ MPa}$

▶ 필요 볼트갯수 : $n_{\text{req}} = S_{\max} / (\tau_a \times \pi \times d^2 / 4)$
 $= 98555 / (202.5 \times \pi \times 20.0 \times 20.0 / 4)$
 $= 1.55 \text{ ea}$

▶ 사용 볼트갯수 : $n_{\text{used}} = 8 \text{ ea} > n_{\text{req}} = 1.55 \text{ ea} \rightarrow \text{O.K}$

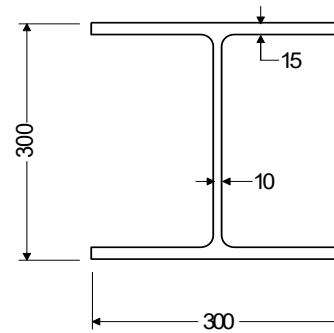
5. 띠장 설계

5.1 1단 코너 띠장 설계

가. 설계제원

(1) 사용강재 : H 300x300x10/15(SS275)

w (N/m)	922.2
A (mm ²)	11980.0
I_x (mm ⁴)	204000000.0
Z_x (mm ³)	1360000.0
A_w (mm ²)	2700.0
R_x (mm)	131.0



(2) 띠장 계산지간 : 3.250 m

나. 단면력 산정

(1) 최대 축력 적용 : 연속보 설계



$$R_{\max} = 4.216 \text{ kN/m} \rightarrow 1\text{단 코너 (CS3 : 굴착 1.85 m)}$$

$$P = 4.216 \times 3.25 \text{ m} / 1 \text{ ea} = 13.702 \text{ kN}$$

$$R_{\max} = 11 \times W_{\max} \times L / 10$$

$$\begin{aligned} \therefore W_{\max} &= 10 \times R_{\max} / (11 \times L) \\ &= 10 \times 13.702 / (11 \times 3.250) \\ &= 3.833 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{\max} &= W_{\max} \times L^2 / 10 \\ &= 3.833 \times 3.250^2 / 10 \\ &= 4.048 \text{ kN}\cdot\text{m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{\max} &= 6 \times W_{\max} \times L / 10 \\ &= 6 \times 3.833 \times 3.250 / 10 \\ &= 7.474 \text{ kN} \end{aligned}$$

다. 작용응력산정

- ▶ 휨응력 , $f_b = M_{\max} / Z_x = 4.048 \times 1000000 / 1360000.0 = 2.977 \text{ MPa}$
 ▶ 전단응력 , $\tau = S_{\max} / A_w = 7.474 \times 1000 / 2700 = 2.768 \text{ MPa}$

라. 허용응력 산정

- ▶ 보정계수 : 가설 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용	강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수
가설 구조물	1.50	O	0.9
영구 구조물	1.25	X	

- ▶ $L / B = 3250 / 300$
 $= 10.833 \rightarrow 4.5 < L/B \leq 30$ 이므로
 $f_{ba} = 1.50 \times 0.9 \times (160 - 1.93333 \times (10.833 - 4.5))$
 $= 199.470 \text{ MPa}$
- ▶ $\tau_a = 1.50 \times 0.9 \times 90$
 $= 121.500 \text{ MPa}$

마. 응력 검토

- ▶ 휨응력 , $f_{ba} = 199.470 \text{ MPa} > f_b = 2.977 \text{ MPa} \rightarrow O.K$
 ▶ 전단응력 , $\tau_a = 121.500 \text{ MPa} > \tau = 2.768 \text{ MPa} \rightarrow O.K$

6. 측면말뚝 설계

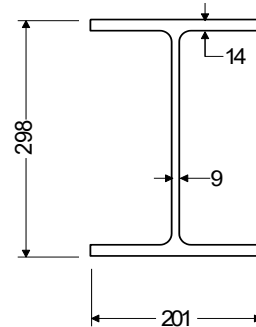
6.1 흙막이벽

가. 설계제원

(1) 측면말뚝의 설치간격 : 1.600 m

(2) 사용강재 : H 298x201x9/14(SHP275)

w (N/m)	641.721
A (mm ²)	8336
I _x (mm ⁴)	133000000
Z _x (mm ³)	893000
A _w (mm ²)	2430
R _x (mm)	126



나. 단면력 산정

가. 주형보 반력 = 0.000 kN
 나. 주형 지지보의 자중 = 0.000 kN
 다. 측면말뚝 자중 = 0.000 kN
 라. 버팀보 자중 = 0.000 kN
 마. 띠장 자중 = 0.000 kN
 바. 지보재 수직분력 = 0.000 × 1.600 = 0.000 kN
 사. 지장물 자중 = 50.000 kN

$$\sum P_s = 50.000 \text{ kN}$$

최대모멘트, $M_{\max} = 4.323 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$ ----> 흙막이벽 (CS3 : 굴착 1.85 m)
 최대전단력, $S_{\max} = 5.156 \text{ kN/m}$ ----> 흙막이벽 (CS5 : 해체 1단 코너)

▶ $P_{\max} = 50.000 \text{ kN}$
 ▶ $M_{\max} = 4.323 \times 1.600 = 6.916 \text{ kN}\cdot\text{m}$
 ▶ $S_{\max} = 5.156 \times 1.600 = 8.250 \text{ kN}$

다. 작용응력 산정

▶ 휨응력, $f_b = M_{\max} / Z_x = 6.916 \times 1000000 / 893000.0 = 7.745 \text{ MPa}$
 ▶ 압축응력, $f_c = P_{\max} / A = 50.000 \times 1000 / 8336 = 5.998 \text{ MPa}$
 ▶ 전단응력, $\tau = S_{\max} / A_w = 8.250 \times 1000 / 2430 = 3.395 \text{ MPa}$

라. 허용응력 산정

▶ 보정계수 : 가설 구조물 특성과 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수 적용

구 분	보정계수	적용
가설 구조물	1.50	○
영구 구조물	1.25	×

강재의 재사용 및 부식을 고려한 허용응력 저감계수	0.9
-----------------------------	-----

▶ 축방향 허용압축응력

$$\begin{aligned} f_{cao} &= 1.50 \times 0.9 \times 160.000 \\ &= 216.000 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L / R &= 1850 / 126 \\ &= 14.683 \quad \text{----> } Lx/Rx \leq 20 \text{ 이므로} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{ca} &= 1.50 \times 0.9 \times 160 \\ &= 216.000 \text{ MPa} \end{aligned}$$

▶ 허용 휨압축응력

$$\begin{aligned} L / B &= 1850 / 201 \\ &= 9.204 \quad \text{----> } 4.5 < L/B \leq 30 \text{ 이므로} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{ba} &= 1.50 \times 0.9 \times (160 - 1.93333 \times (9.204 - 4.5)) \\ &= 203.723 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{eax} &= 1.50 \times 0.9 \times 1200000 / (14.683)^2 \\ &= 7514.717 \text{ MPa} \end{aligned}$$

▶ 허용전단응력

$$\begin{aligned} \tau_a &= 1.50 \times 0.9 \times 90 \\ &= 121.500 \text{ MPa} \end{aligned}$$

마. 응력 검토

▶ 압축응력, $f_{ca} = 216.000 \text{ MPa} > f_c = 5.998 \text{ MPa} \text{ ----> O.K}$

▶ 휨응력, $f_{ba} = 203.723 \text{ MPa} > f_b = 7.745 \text{ MPa} \text{ ----> O.K}$

▶ 전단응력, $\tau_a = 121.500 \text{ MPa} > \tau = 3.395 \text{ MPa} \text{ ----> O.K}$

▶ 합성응력,
$$\frac{f_c}{f_{ca}} + \frac{f_b}{f_{ba} \times (1 - (f_c / f_{eax}))}$$

$$= \frac{5.998}{216.000} + \frac{7.745}{203.723 \times (1 - (5.998 / 7514.717))}$$

$$= 0.066 < 1.0 \text{ ----> O.K}$$

바. 수평변위 검토

▶ 최대수평변위 = 2.4 mm ---> 흙막이벽 (CS5 : 해체 1단 코너)

▶ 허용수평변위 = 최종 굴착깊이의 0.3 %
= 1.850 x 1000 x 0.003 = 5.550 mm

∴ 최대 수평변위 < 허용 수평변위 ---> O.K

사. 허용지지력 검토

▶ 최대축방향력, P_{max} = 50.00 kN

▶ 안전율, F_s = 2.0

▶ 극한지지력, Q_u = 3000.00 kN

▶ 허용지지력, Q_{ua} = 3000.00 / 2.0
= 1500.000 kN

∴ 최대축방향력 (P_{max}) < 허용 지지력 (Q_{ua}) ---> O.K

7. 흙막이 벽체 설계

7.1 흙막이벽 설계 (0.00m ~ 1.85m)

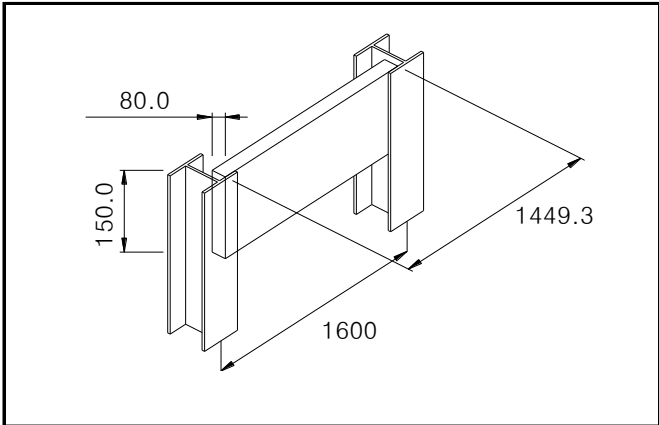
가. 목재의 허용응력

KDS 설계기준(21 30 00) (2024)

목재의 종류		허용응력(MPa)	
		휨	전단
침엽수	소나무,해송,낙엽송,노송나무,솔송나무,미송	13.500	1.050
	삼나무,가문비나무,미삼나무,전나무	10.500	0.750
활엽수	참나무	19.500	2.100
	밤나무,느티나무,줄참나무,너도밤나무	15.000	1.500

나. 설계제원

높이 (H, mm)	150.0
두께 (t, mm)	80.0
H-Pile 수평간격(mm)	1600.0
H-Pile 폭(mm)	201.0
목재의 종류	침엽수(소나무...)
목재의 허용 휨응력(MPa)	13.500
목재의 허용 전단응력(MPa)	1.05



다. 설계지간

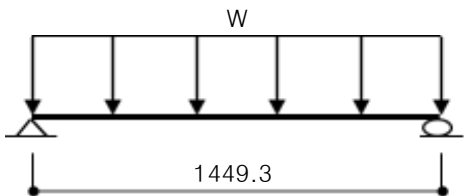
설계지간 (L) = 1600.0 - 3 x 201.0 / 4 = 1449.3 mm

라. 단면력 산정

p_{max}
=
0.0120
MPa
---->
(CS5 : 해체 1단 코너:최대토압)

W_{max}
=
토류판에 작용하는 등분포하중(토압) x 토류판 높이(H)

=
12.0
kN/m²
x
0.1500
m
=
1.8
kN/m



M_{max}
=
 W_{max}
x
 $\frac{L^2}{8}$
=
1.8
x
 $\frac{1.449^2}{8}$
=
0.5
kN·m

S_{max}
=
 W_{max}
x
 $\frac{L}{2}$
=
1.8
x
 $\frac{1.449}{2}$
=
1.3
kN

마. 토류판에 작용하는 응력 산정

$$\begin{aligned} Z &= H \times t^2 / 6 \\ &= 150.0 \times 80.0^2 / 6 \\ &= 160000 \text{ mm}^3 \end{aligned}$$

▶ 휨응력, $f_b = M_{\max} / Z$

$$\begin{aligned} &= 0.5 \times 1000000 / 160000 \\ &= 2.96 \text{ MPa} < f_{ba} = 13.5 \text{ MPa} \quad \text{---> O.K} \end{aligned}$$

▶ 전단응력, $\tau = S_{\max} / (H \times t)$

$$\begin{aligned} &= 1.3 \times 1000 / (150.0 \times 80.0) \\ &= 0.11 \text{ MPa} < \tau_a = 1.1 \text{ MPa} \quad \text{---> O.K} \end{aligned}$$

바. 토류판 두께 산정

$$\begin{aligned} T_{\text{req}} &= \sqrt{(6 \times M_{\max}) / (H \times f_{ba})} \\ &= \sqrt{(6 \times 0.5 \times 1000000) / (150.0 \times 13.5)} \\ &= 37.45 \text{ mm} < T_{\text{use}} = 80.00 \text{ mm 사용} \quad \text{---> O.K} \end{aligned}$$

8. 탄소성 입력 데이터

8.1 해석종류 : 탄소성보법

8.2 사용 단위계 : 힘 [F] = kN, 길이 [L] = m

8.3 모델형상 : 반단면 모델

배면폭 = 14.3 m, 굴착폭 = 3.35 m, 최대굴착깊이 = 1.85 m, 전모델높이 = 10.8 m

8.4 지층조건

번호	이름	깊이 (m)	γ_t (kN/m ³)	γ_{sat} (kN/m ³)	C (kN/m ²)	ϕ ([deg])	N값	지반탄성계수 (kN/m ²)	수평지반 반력 계수 (kN/m ³)
1	매립층	5.30	18.00	19.00	3.00	20.00	6	-	14302.00
2	퇴적층(점토)	8.50	17.00	18.00	3.00	20.00	6	-	14302.00
3	퇴적층(모래)	10.80	17.00	18.00	15.00	25.00	22	-	24238.00
4	뒹채움	-	20.00	21.00	30.00	35.00	50	1.4e+05	5e+10

8.5 흙막이벽

번호	이름	형상	단면	재질	하단깊이 (m)	수평간격 (m)
1	흙막이벽	H-Pile	H 298x201x9/14	SHP275	3.85	1.6

8.6 지보재

번호	이름	단면	재질	설치깊이 (m)	수평간격 (m)	대칭점 길이 (m)	초기작용력	개수
1	1단 코너	H 300x300x10/15	SHP275	0.15	3.25	2.2	0	1

8.7 띠장

번호	이름	형상	단면	재질	설치깊이 (m)	설치개수
1	1단 코너	H 형강	H 300x300x10/15	SS275	0.15	1

8.8 흙막이벽체

번호	이름	형식	단면		재질	설치깊이 (m)	비고
			높이(폭)	두께			
1	흙막이벽	토류판	0.15	0.08	목재	0 ~ 2	

8.9 벽체와 슬래브

번호	이름	설치위치 (설치깊이) (m)	상단깊이 (시작위치) (m)	하단깊이 (끝위치) (m)	재질	두께 (m)	뒤채움
1	슬래브	1.6	0	3.35	C27	0.5	-
2	벽	3.05	0	1.85	C21	0.3	뒤채움

8.10 인접구조물

번호	이름	기준위치(x) (m)	기준위치(z) (m)	건물 폭 (m)	추가하중 (kN)	하중분포
1	542-10	1	3	51.4	w1=177, w2=177	45 분포법

8.11 시공단계

단계별 해석방법 : 탄소성법

토압종류 : Rankine (벽 마찰각은 내부마찰각의 0 %)

지하수위 : 비고려

단 계	굴 착깊이 (m)	지보재		벽체 & 슬래브 설치깊이 (m)	임의하중		토압변경	수압변경	토층변경
		생성	해체		작용	해체			
1	1.15	-	-	-	-	-	-	X	X
2	-	1단 코너		-	-	-	-	X	X
3	1.85	-	-	-	-	-	-	X	X
4	-	-	-	1.15	-	-	-	X	X
5	-		1단 코너	-	-	-	-	X	X
6	-	-	-	0	-	-	-	X	X

9. 해석 결과

9.1 전산 해석결과 집계

9.1.1 흙막이벽체 부재력 집계

* 지보재 반력 및 부재력은 단위폭(m)에 대한 값임.

시공단계	굴착 깊이	전단력 (kN)				모멘트 (kN·m)			
		Max	깊이	Min	깊이	Max	깊이	Min	깊이
	(m)	(kN)	(m)	(kN)	(m)	(kN)	(m)	(kN)	(m)
CS1 : 굴착 1.15 m	1.15	1.51	1.6	-0.95	3.4	0.04	0.7	-1.14	1.9
CS2 : 생성 1단 코너	1.15	1.51	1.6	-0.95	3.4	0.04	0.7	-1.14	1.9
CS3 : 굴착 1.85 m	1.85	3.47	2.4	-4.29	0.7	4.32	1.6	-0.01	0.0
CS4 : 뒤채움 1.15 m	1.85	3.54	2.4	-4.17	0.7	4.23	1.6	-0.01	0.0
CS5 : 해체 1단 코너	1.85	2.62	2.4	-5.16	1.6	2.47	1.9	-0.25	1.2
CS6 : 뒤채움 0 m	1.85	2.62	2.4	-5.16	1.6	2.47	1.9	-0.25	1.2
TOTAL		3.54	2.4	-5.16	1.6	4.32	1.6	-1.14	1.9

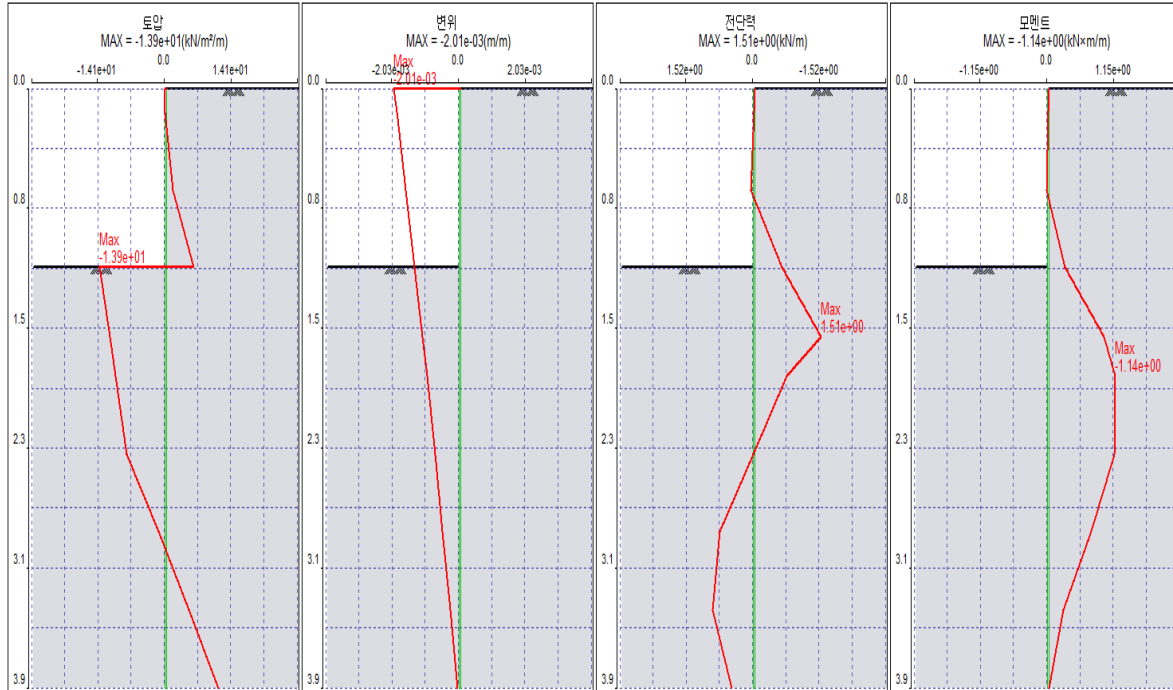
9.1.2 지보재 반력 집계

- * 지보재 반력 및 부재력은 단위폭(m)에 대한 값임.
- * 경사 지보재의 반력은 경사를 고려한 값임.
- * Final Pressure는 주동측 및 수동측 양측의 토압, 수압 기타 압력을 모두 고려한 합력이다.
- * 흙막이 벽의 변위는 굴착측으로 작용할때 (-) 이다.
- * 지보공의 반력은 배면측으로 밀때 (+) 이다.

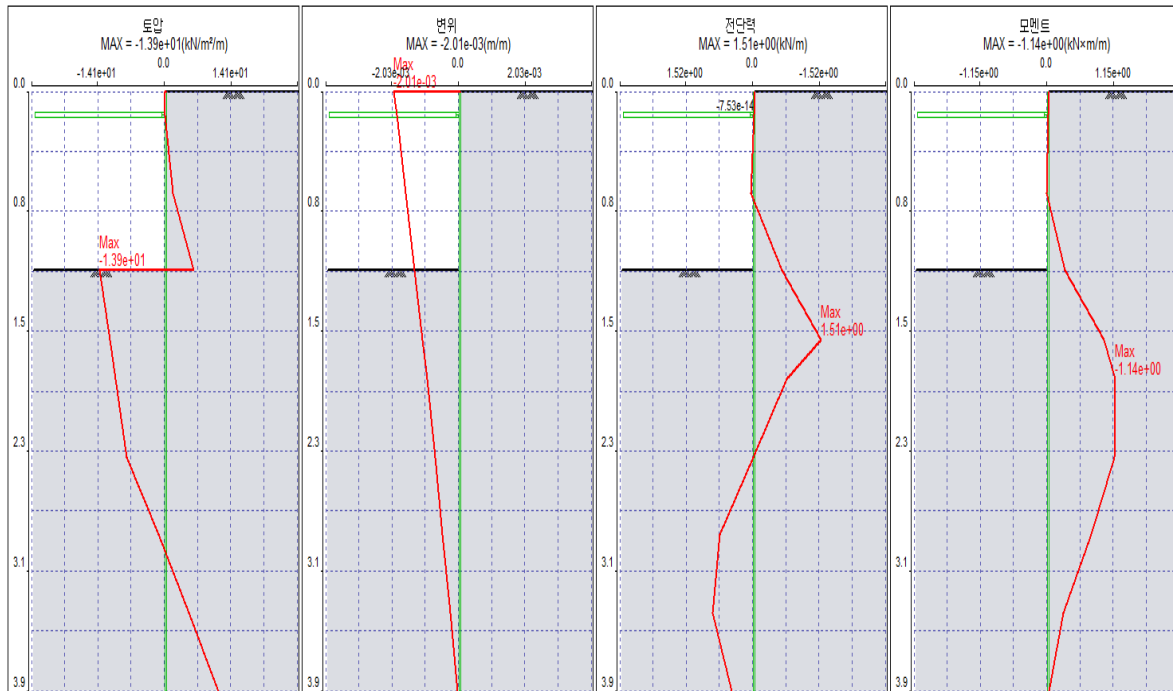
시공단계	굴착 깊이	1단 코너				
		0.15 (m)				
CS1 : 굴착 1.15 m	1.15	-				
CS2 : 생성 1단 코너	1.15	0.00				
CS3 : 굴착 1.85 m	1.85	4.22				
CS4 : 뒤채움 1.15 m	1.85	4.10				
CS5 : 해체 1단 코너	1.85	-				
CS6 : 뒤채움 0 m	1.85	-				
TOTAL		4.22				

9.2 시공단계별 단면력도

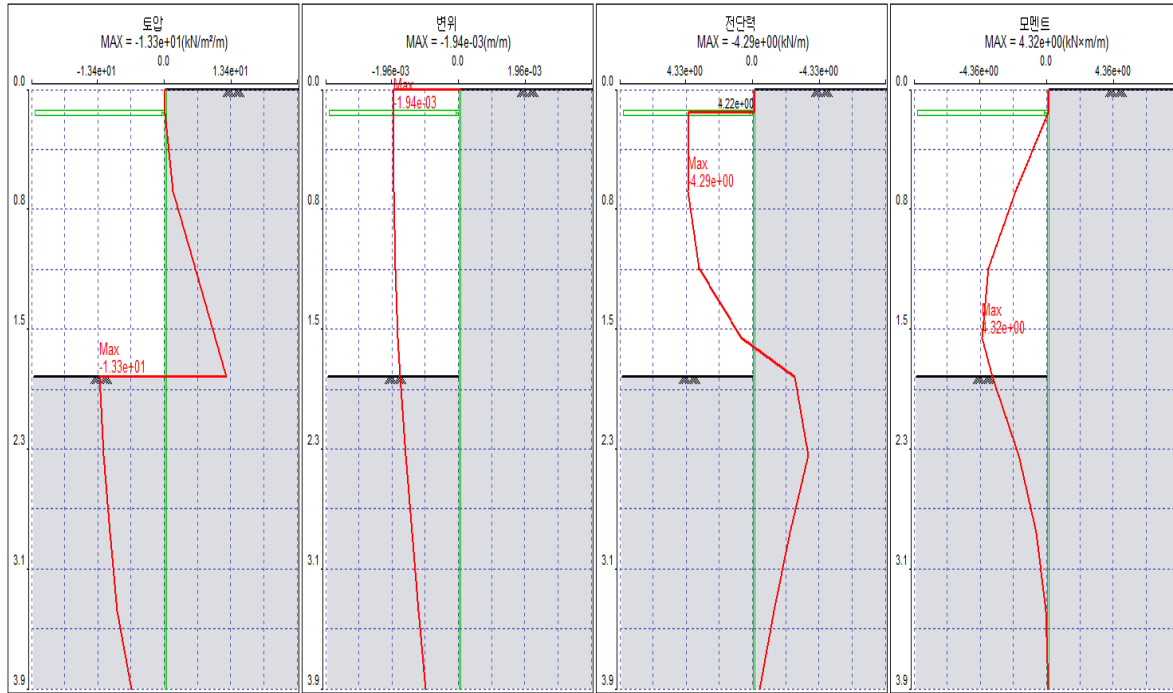
1) 시공 1 단계 [CS1 : 굴착 1.15 m]



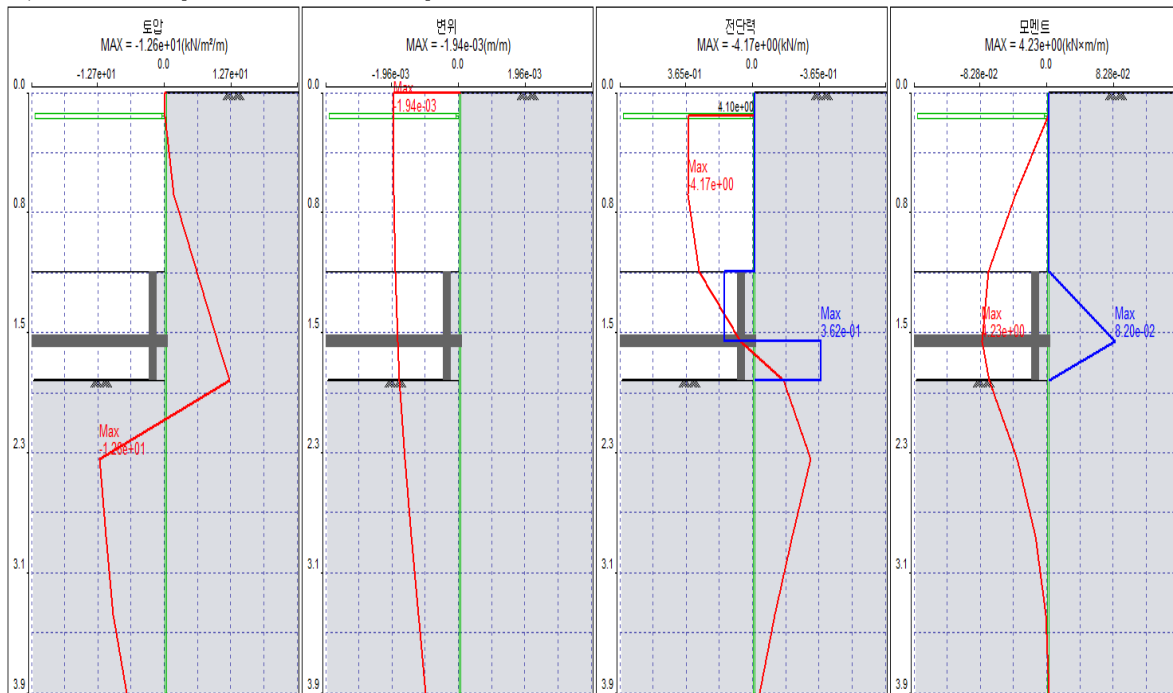
2) 시공 2 단계 [CS2 : 생상 1단 코너]



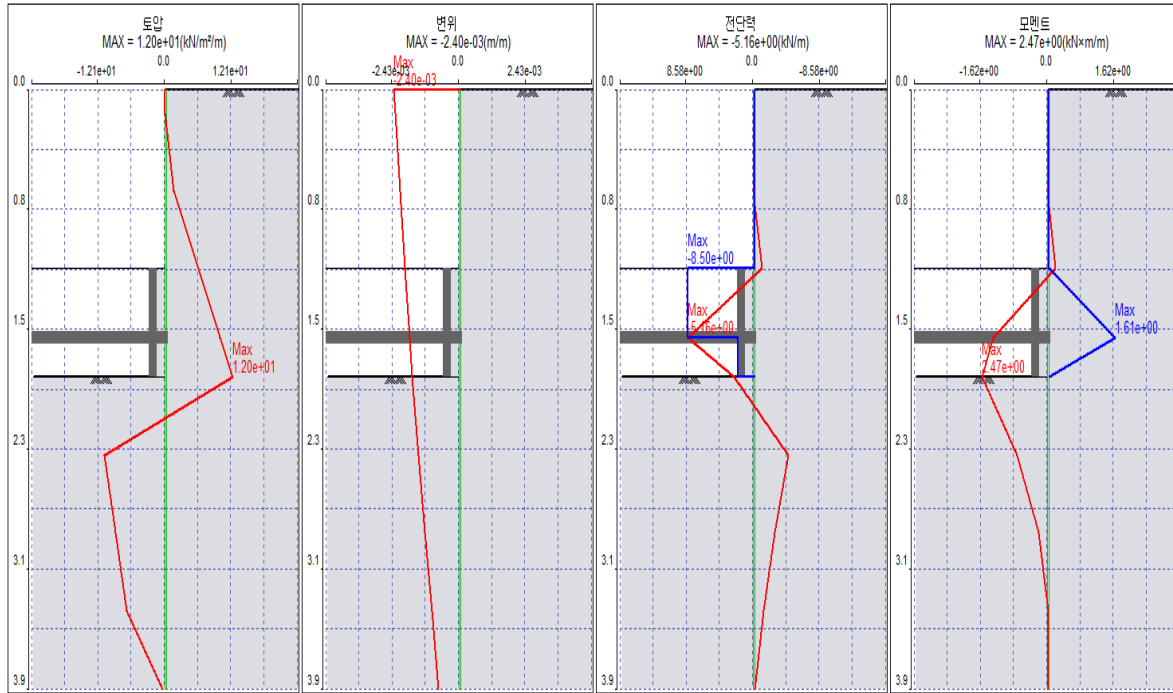
3) 시공 3 단계 [CS3 : 굴착 1.85 m]



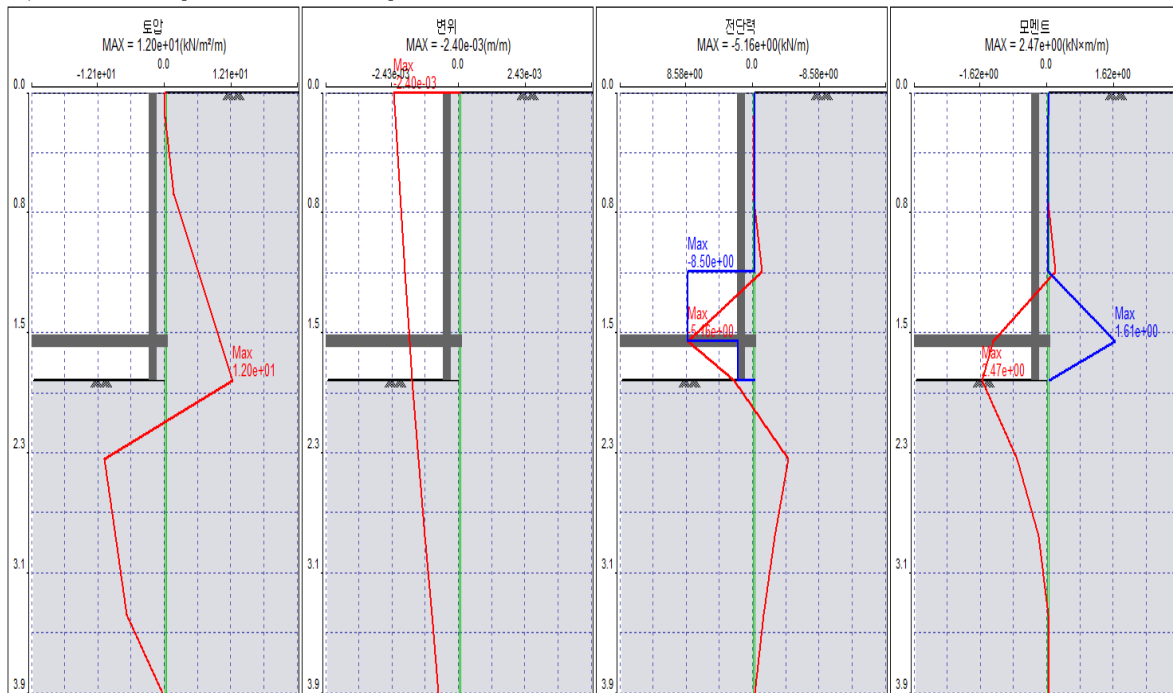
4) 시공 4 단계 [CS4 : 뒤채움 1.15 m]



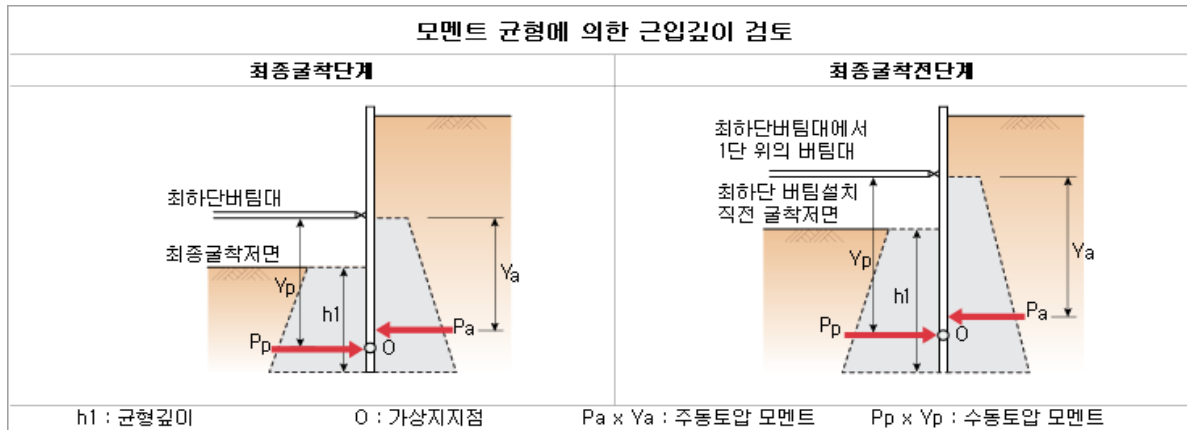
5) 시공 5 단계 [CS5 : 해체 1단 코너]



6) 시공 6 단계 [CS6 : 뒤채움 0 m]



9.3 근입장 검토



구분	균형깊이 (m)	적용 근입깊이 (m)	주동토압 모멘트 (kN·m)	수동토압 모멘트 (kN·m)	근입부 안전율	적용 안전율	판정
최종 굴착 단계	0.575	2.000	52.456	242.373	4.621	1.200	OK
최종 굴착 전단계	0.175	2.700	43.717	407.679	9.325	1.200	OK

9.3.1 최종 굴착 단계의 경우

1) 토압의 작용폭

- 주동측 : 굴착면 상부 = 1.6 m, 굴착면 하부 = 0.3 m
- 수동측 : 굴착면 하부 = 0.9 m

2) 최하단 버팀대에서 휨모멘트 계산 (EL -0.15 m)

- 주동토압에 의한 활동모멘트

굴착면 상부토압 (P_{a1}) = 13.728 kN 굴착면 상부토압 작용깊이 (Y_{a1}) = 1.219 m
 굴착면 하부토압 (P_{a2}) = 12.57 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Y_{a2}) = 2.842 m
 $M_a = (P_{a1} \times Y_{a1}) + (P_{a2} \times Y_{a2})$
 $M_a = (13.728 \times 1.219) + (12.57 \times 2.842) = 52.456 \text{ kN} \times \text{m}$

- 수동토압에 의한 저항모멘트

굴착면 하부토압 (P_p) = 81.507 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Y_p) = 2.974 m
 $M_p = (P_p \times Y_p) = (81.507 \times 2.974) = 242.373 \text{ kN} \times \text{m}$

* 계산된 토압 (P_{a1} , P_{a2} , P_p) 는 작용폭을 고려한 값임.

- 흙막이벽에 작용하는 집중하중에 의한 저항모멘트

수평하중 (P) = 0 kN 수평하중 작용깊이 (Y) = 0 m
 $M_{pl} = P \times Y = 0 \times 0 = 0 \text{ kN} \times \text{m}$
 모멘트하중(M_{pm}) = 0 kN×m

3) 근입부의 안전율

$S.F. = (M_p + M_{pl} + M_{pm}) / M_a = 242.373 / 52.456 = 4.621$
 $S.F. = 4.621 > 1.2 \dots \text{OK}$

9.3.2 최종 굴착 전단계의 경우

1) 토압의 작용폭

- 주동측 : 굴착면 상부 = 1.6 m, 굴착면 하부 = 0.3 m

- 수동측 : 굴착면 하부 = 0.9 m

2) 최하단 버팀대에서 휨모멘트 계산 (EL - m)

- 주동토압에 의한 활동모멘트

굴착면 상부토압 (P_{a1}) = 3.607 kN 굴착면 상부토압 작용깊이 (Y_{a1}) = 0.881 m

굴착면 하부토압 (P_{a2}) = 14.468 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Y_{a2}) = 2.802 m

$$M_a = (P_{a1} \times Y_{a1}) + (P_{a2} \times Y_{a2})$$

$$M_a = (3.607 \times 0.881) + (14.468 \times 2.802) = 43.717 \text{ kN}\times\text{m}$$

- 수동토압에 의한 저항모멘트

굴착면 하부토압 (P_p) = 141.259 kN 굴착면 하부토압 작용깊이 (Y_p) = 2.886 m

$$M_p = (P_p \times Y_p) = (141.259 \times 2.886) = 407.679 \text{ kN}\times\text{m}$$

* 계산된 토압 (P_{a1} , P_{a2} , P_p) 는 작용폭을 고려한 값임.

- 흙막이벽에 작용하는 집중하중에 의한 저항모멘트

수평하중 (P) = 0 kN 수평하중 작용깊이 (Y) = 0 m

$$M_{pl} = P \times Y = 0 \times 0 = 0 \text{ kN}\times\text{m}$$

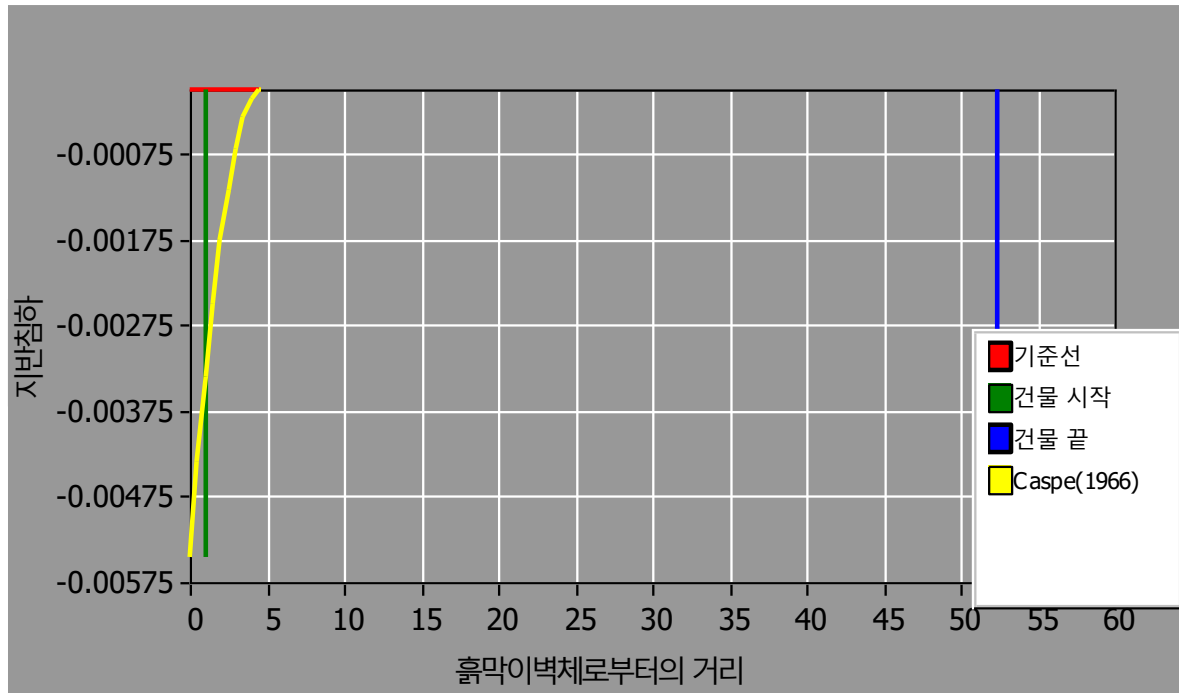
$$M_{pm} = 0 \text{ kN}\times\text{m}$$

3) 근입부의 안전율

$$S.F. = (M_p + M_{pl} + M_{pm}) / M_a = 407.679 / 43.717 = 9.325$$

$$S.F. = 9.325 > 1.2 \dots \text{OK}$$

9.4 굴착주변 침하량 검토 (최종 굴착단계)



9.4.1 Caspe(1966)방법에 의한 침하량 검토

- 1) 전체 수평변위로 인한 체적변화 (V_s)

$$V_s = -0.006 \text{ m}^3/\text{m}$$

- 2) 굴착폭(B) 및 굴착심도 (H_w)

$$B = 6.7 \text{ m}, H_w = 1.85 \text{ m}$$

- 3) 굴착영향 거리 (H_t)

$$\text{평균 내부 마찰각 } (\phi) = 20 [\text{deg}]$$

$$H_p = 0.5 \times B \times \tan(45 + \phi/2)$$

$$H_p = 0.5 \times 6.7 \times \tan(45 + 20/2) = 4.784 \text{ m}$$

$$H_t = H_p + H_w = 4.784 + 1.85 = 6.634 \text{ m}$$

- 4) 침하영향 거리 (D)

$$D = H_t \times \tan(45 - \phi/2)$$

$$D = 6.634 \times \tan(45 - 20/2) = 4.645 \text{ m}$$

- 5) 흙막이벽 주변 최대 침하량 (S_w)

$$S_w = 4 \times V_s / D = 4 \times -0.006 / 4.645 = -0.005 \text{ m}$$

- 6) 거리별 침하량 (S_i)

$$S_i = S_w \times ((D - X_i) / D)^2 = -0.005 \times ((4.645 - X_i) / 4.645)^2$$

거리 (벽면기준) (m)	지반 침하량 (mm)	절점간 침하량 (mm)	각변위 (x0.001)
0.00	-5.452	-1.110	-2.221
0.50	-4.342	-0.984	-1.968
1.00	-3.357	-0.858	-1.716
1.50	-2.500	-0.732	-1.463
2.00	-1.768	-0.605	-1.210
2.50	-1.163	-0.479	-0.958
3.00	-0.684	-0.353	-0.705
3.50	-0.331	-0.226	-0.452
4.00	-0.105	-0.100	-0.200
4.50	-0.005	-0.005	-0.037
4.65	0.000	0.000	0.000
Max	-3.357	-0.858	-1.716

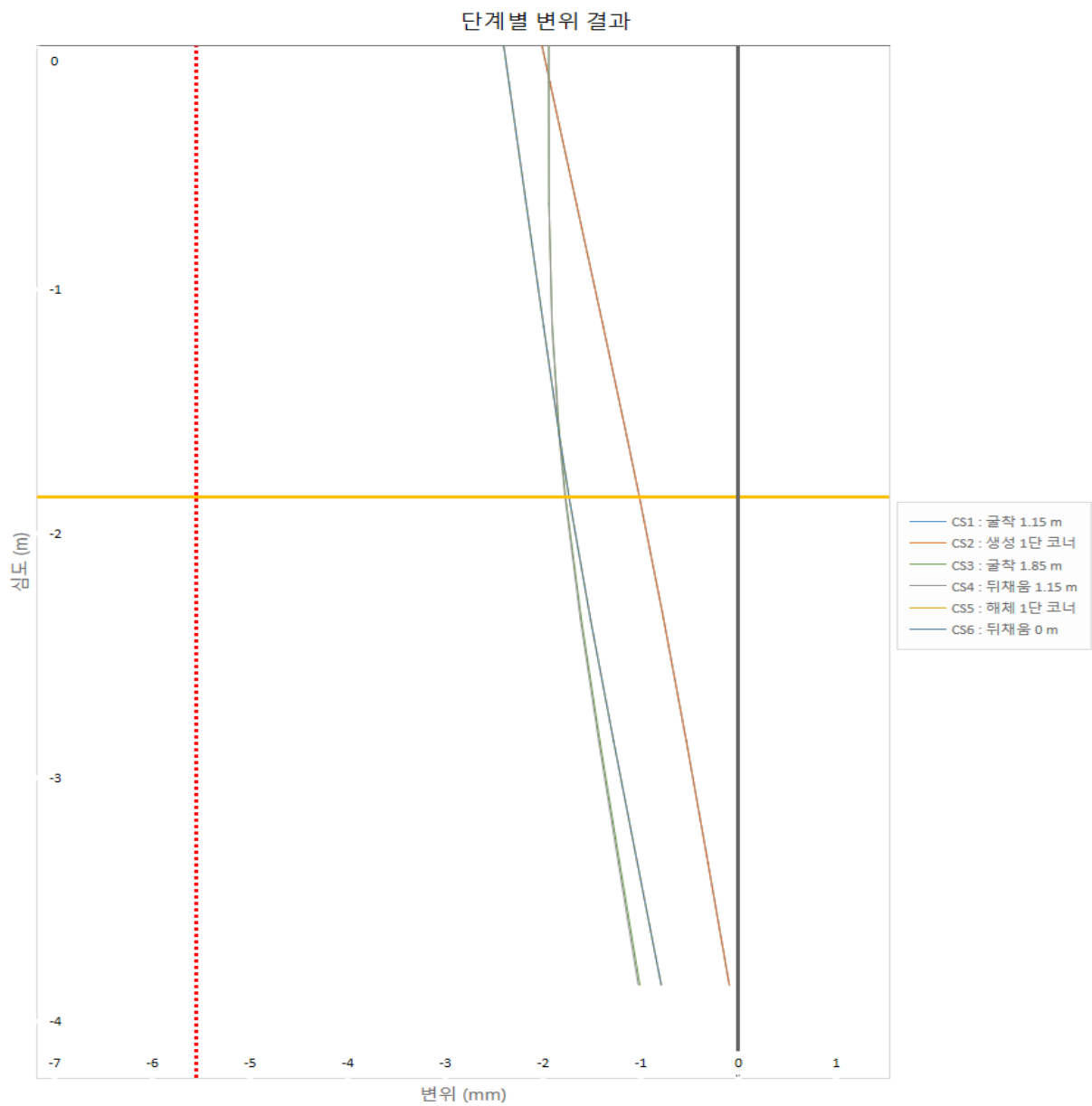
10. 단계별 변위 결과

10.1 시공단계별 변위 결과

최종 굴착 시공단계 : CS3 : 굴착 1.85 m
최종 굴착깊이 : 1.85 m
최대 허용변위량 : 굴착깊이의 0.0030 H (굴착깊이) = 5.55 mm

번호	시공단계	굴착깊이 (m)	발생 변위량 (mm)	허용 변위량 (mm)	발생/허용 변위량 (%)	안정성 평가
1	CS1 : 굴착 1.15 m	1.15	2.01	5.55	36.25	O.K
2	CS2 : 생성 1단 코너	1.15	2.01	5.55	36.25	O.K
3	CS3 : 굴착 1.85 m	1.85	1.94	5.55	35.00	O.K
4	CS4 : 뒤채움 1.15 m	1.85	1.94	5.55	34.99	O.K
5	CS5 : 해체 1단 코너	1.85	2.40	5.55	43.30	O.K
6	CS6 : 뒤채움 0 m	1.85	2.40	5.55	43.30	O.K
7	Total		2.40	5.55	43.30	O.K

10.2 시공단계별 깊이-변위 그래프



11. 단계별 결과

11.1 지보재

부 재	시공단계	구분	단위	단면검토			판정
				발생(필요)량	허용(적용)량	발생/허용량	
1단 코너 H 300x300x10/15	CS2 : 생 성 1단 코 너	휨응력	MPa	2.224	208.605	1.07%	O.K
		압축응력	MPa	10.017	203.453	4.92%	O.K
		전단응력	MPa	2.037	121.500	1.68%	O.K
		합성응력	안전율	0.060	1.000	5.991%	O.K
	CS3 : 굴 착 1.85 m	휨응력	MPa	2.224	208.605	1.07%	O.K
		압축응력	MPa	11.160	203.453	5.49%	O.K
		전단응력	MPa	2.037	121.500	1.68%	O.K
		합성응력	안전율	0.066	1.000	6.554%	O.K
	CS4 : 뒤 채움 1.15 m	휨응력	MPa	2.224	208.605	1.07%	O.K
		압축응력	MPa	11.129	203.453	5.47%	O.K
		전단응력	MPa	2.037	121.500	1.68%	O.K
		합성응력	안전율	0.065	1.000	6.538%	O.K

11.2 사보강 Strut

부 재	시공단계	구분	단위	단면검토			판정
				발생(필요)량	허용(적용)량	발생/허용량	
1단 코너 H 300x300x10/15	CS2 : 생 성 1단 코 너	휨응력	MPa	16.544	175.545	9.42%	O.K
		압축응력	MPa	10.017	153.120	6.54%	O.K
		전단응력	MPa	5.556	121.500	4.57%	O.K
		합성응력	안전율	0.161	1.000	16.09%	O.K
		볼트수량	개	1.334	8	16.673%	O.K
	CS3 : 굴 착 1.85 m	휨응력	MPa	16.544	175.545	9.42%	O.K
		압축응력	MPa	11.634	153.120	7.60%	O.K
		전단응력	MPa	5.556	121.500	4.57%	O.K
		합성응력	안전율	0.172	1.000	17.167%	O.K
		볼트수량	개	1.549	8	19.365%	O.K
	CS4 : 뒤 채움 1.15 m	휨응력	MPa	16.544	175.545	9.42%	O.K
		압축응력	MPa	11.589	153.120	7.57%	O.K
		전단응력	MPa	5.556	121.500	4.57%	O.K
		합성응력	안전율	0.171	1.000	17.137%	O.K
		볼트수량	개	1.543	8	19.29%	O.K

11.3 띠장

부 재	시공단계	구분	단위	단면검토			판정
				발생(필요)량	허용(적용)량	발생/허용량	
1단 코너 H 300x300x10/15	CS2 : 생 성 1단 코 너	휨응력	MPa	0.000	199.470	0.00%	O.K
		전단응력	MPa	0.000	121.500	0.00%	O.K
	CS3 : 굴 착 1.85 m	휨응력	MPa	2.977	199.470	1.49%	O.K
		전단응력	MPa	2.768	121.500	2.28%	O.K
	CS4 : 뒤 채움 1.15 m	휨응력	MPa	2.894	199.470	1.45%	O.K
		전단응력	MPa	2.691	121.500	2.21%	O.K

11.4 측면말뚝

부 재	시공단계	구분	단위	단면검토			판정
				발생(필요)량	허용(적용)량	발생/허용량	
흙막이벽 H 298x201x9/14	CS1 : 굴착 1.15 m	휨응력	MPa	2.043	203.723	1.00%	O.K
		압축응력	MPa	5.998	216.000	2.78%	O.K
		전단응력	MPa	0.994	121.500	0.82%	O.K
		합성응력	안전율	0.038	1.000	3.78%	O.K
		수평변위	mm	2.012	5.550	36.254%	O.K
	CS2 : 생성 1단 코너	휨응력	MPa	2.043	203.723	1.00%	O.K
		압축응력	MPa	5.998	216.000	2.78%	O.K
		전단응력	MPa	0.994	121.500	0.82%	O.K
		합성응력	안전율	0.038	1.000	3.78%	O.K
		수평변위	mm	2.012	5.550	36.254%	O.K
	CS3 : 굴착 1.85 m	휨응력	MPa	7.745	203.723	3.80%	O.K
		압축응력	MPa	5.998	216.000	2.78%	O.K
		전단응력	MPa	2.824	121.500	2.32%	O.K
		합성응력	안전율	0.066	1.000	6.582%	O.K
		수평변위	mm	1.942	5.550	34.996%	O.K
	CS4 : 뒤채움 1.15 m	휨응력	MPa	7.571	203.723	3.72%	O.K
		압축응력	MPa	5.998	216.000	2.78%	O.K
		전단응력	MPa	2.747	121.500	2.26%	O.K
		합성응력	안전율	0.065	1.000	6.496%	O.K
		수평변위	mm	1.942	5.550	34.99%	O.K
	CS5 : 해체 1단 코너	휨응력	MPa	4.419	203.723	2.17%	O.K
		압축응력	MPa	5.998	216.000	2.78%	O.K
		전단응력	MPa	3.395	121.500	2.79%	O.K
		합성응력	안전율	0.049	1.000	4.948%	O.K
		수평변위	mm	2.403	5.550	43.305%	O.K
	CS6 : 뒤채움 0 m	휨응력	MPa	4.419	203.723	2.17%	O.K
		압축응력	MPa	5.998	216.000	2.78%	O.K
		전단응력	MPa	3.395	121.500	2.79%	O.K
		합성응력	안전율	0.049	1.000	4.948%	O.K
		수평변위	mm	2.403	5.550	43.305%	O.K

11.5 흙막이벽체설계

부재	시공단계	구분	단위	단면검토			판정
				발생(필요)량	허용(적용)량	발생/허용량	
흙막이벽 0.0~1.9	CS1 : 굴착 1.15 m	휨응력	MPa	1.443	13.500	10.69%	O.K
		전단응력	MPa	0.053	1.050	5.06%	O.K
		두께검토	mm	26.156	80.000	32.69%	O.K
	CS2 : 생체 1단 코너	휨응력	MPa	1.443	13.500	10.69%	O.K
		전단응력	MPa	0.053	1.050	5.06%	O.K
		두께검토	mm	26.156	80.000	32.69%	O.K
	CS3 : 굴착 1.85 m	휨응력	MPa	2.958	13.500	21.91%	O.K
		전단응력	MPa	0.109	1.050	10.37%	O.K
		두께검토	mm	37.446	80.000	46.81%	O.K
	CS4 : 뒤채움 1.15 m	휨응력	MPa	2.958	13.500	21.91%	O.K
		전단응력	MPa	0.109	1.050	10.37%	O.K
		두께검토	mm	37.445	80.000	46.81%	O.K
	CS5 : 해체 1단 코너	휨응력	MPa	2.959	13.500	21.92%	O.K
		전단응력	MPa	0.109	1.050	10.37%	O.K
		두께검토	mm	37.451	80.000	46.81%	O.K
	CS6 : 뒤채움 0 m	휨응력	MPa	2.959	13.500	21.92%	O.K
		전단응력	MPa	0.109	1.050	10.37%	O.K
		두께검토	mm	37.451	80.000	46.81%	O.K