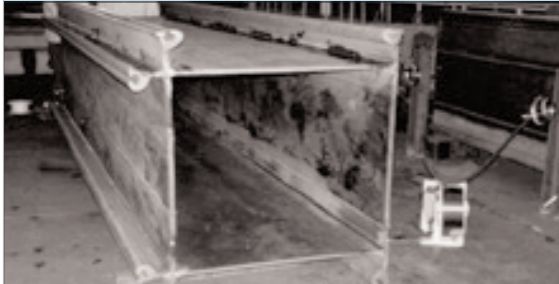


5 관련 사진

■ 그림 5.1 JES Element



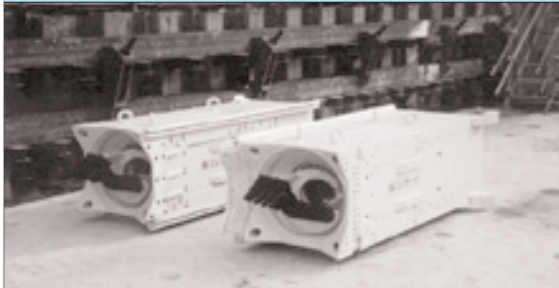
■ 그림 5.2 T형 Element



■ 그림 5.3 발진축 수직구



■ 그림 5.4 굴착 장치



■ 그림 5.5 상부 상판 Element



■ 그림 5.6 견인 굴진 중



■ 그림 5.7 JES 연결부



■ 그림 5.8 견인 장치



■ 그림 5.9 도달한 굴착장치



■ 그림 5.10 함체내부 굴착



흙막이 가시설은 지보형식에 따라 자립식, 버팀대식(Strut), 앵커식(Ground Anchor) 등으로 구분할 수 있으며, 지보형식은 굴착면적, 지층구성, 지하수위, 그리고 인접 구조물 배치 등의 현장 상황이 고려되어 결정된다.

구조강좌 3

흙막이 가시설 부재의 구조적 특성 (2)

-앵커(Ground Anchor)를 중심으로

글 | 차승훈 토목기술부 사원 02-3433-7761 이메일 | chocopie@ssyenc.com



흙막이 가시설은 지보형식에 따라 자립식, 버팀대식(Strut), 앵커식(Ground Anchor) 등으로 구분할 수 있으며, 지보형식은 굴착면적, 지층구성, 지하수위, 그리고 인접 구조물 배치 등의 현장 상황이 고려되어 결정된다. 본 장에서는 앵커식 흙막이 가시설의 설계방법 및 앵커의 시험에 대해서 기술하고자 한다.

1 앵커 설계

굴착시 가시설 벽체에 작용하는 토압을 지지하기 위해 사용되는 앵커는 형상에 따라 지압식, 마찰식, 복합식으로 나뉘어지며, 현재 시공되는 대부분의 앵커는 마찰방식을 사용하고 있다. 마찰식 앵커의 구성 및 설계방법은 다음과 같다.

1) 인장재의 허용응력 산정

허용응력은 인장재의 항복응력과 파단응력을 고려하여 (표 1)의 값 중 작은 값으로 한다.

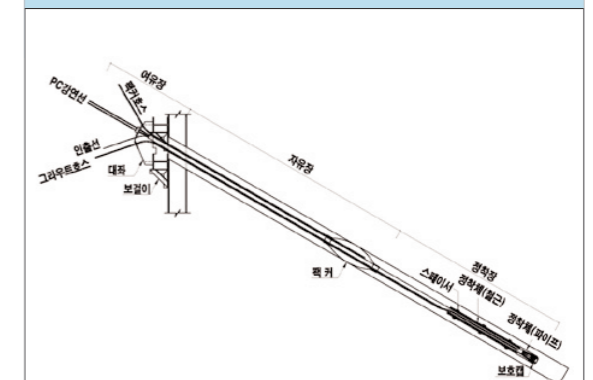
■ 표 1. 인장재의 허용응력(한국지반공학회, 1992)

앵커의 종류	극한하중 고려 (f_{up})	항복하중 고려 (f_{yp})	비 고
가설앵커	0.65 f_{up}	0.80 f_{yp}	허용인장력이 설계축력
영구앵커	상시	0.60 f_{up}	보다 크도록 인장재의 개수를 설치해야 한다
	지진시	0.75 f_{up}	

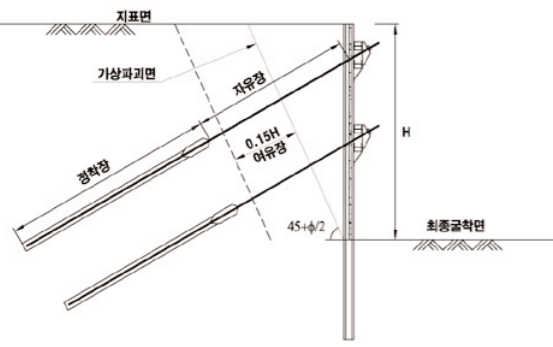
2) 자유장 검토

앵커의 정착체가 소요의 마찰력(저항력)을 발휘하기 위해서는 앵커의 정착체는 주동파괴면 외부에 위치해야 한다. 이를 위해 앵커의 자유장은 (그림 2)와 같이 벽체에서 토층 내부마찰각에 따라 결정되는 파괴면까지의 거리에 여유장을 더하여 계산한다. 여유장은 0.15H(H, 굴착깊이)로 하며, 최소 1.5m 이상으로 해야 한다. 또한 토사지반에서의 최소 설계자유장은 3.0m 이상으로 한다.

■ 그림 1. 앵커 상세도(제거식)



■ 그림 2. 자유장 산정



3) 정착장 검토

앵커의 정착장은 마찰저항장과 부착저항장 중 큰 값으로 하고, 토사층의 경우 최소정착장은 4.5m 이상으로 한다.

- 마찰저항장 = $\frac{T \times F_s}{\pi \times D \times \nu}$

- 부착저항장 = $\frac{T}{U \times N \times \nu_b}$

여기서, T: 앵커의 설계축력

F_s: 설계안전율(1.8)

D: 앵커의 천공 직경

ν: 앵커 정착체와 지반의 마찰력(표 2 참조)

U: 스트랜드 주변장

ν_b: 스트랜드 부착력(=5.0kgf/cm²)

N: 스트랜드 수

■ 표 2. 주변토층의 마찰력(한국지반공학회, 2003)

지반의 종류		마찰저항(tonf/m ²)	
암 반	경 암	100 ~ 250	
	연 암	60 ~ 150	
	풍화암	40 ~ 100	
자갈	N치	10	10 ~ 20
		20	17 ~ 25
		30	25 ~ 35
		40	35 ~ 45
		50	45 ~ 70
모래	N치	10	10 ~ 14
		20	18 ~ 22
		30	23 ~ 27
		40	29 ~ 35
		50	30 ~ 40
점성토		10 C (여기서, C: 점착력 tonf/m ²)	

4) 긴장력(Jacking Force) 및 늘임량(Elongation) 검토

앵커의 긴장력은 설계축력(T)에 인장시 정착장치의 인장재 활동과 인장재의 Relaxation에 의한 인장력 감소량을 고려하여 산정한다.

① 정착활동에 의한 Prestress의 감소(ΔP_p)

$\Delta P_p = \Delta f_{ps} \times A_p \times N = E_p \times \Delta L \times A_p \times N/L$

여기서, Δf_{ps} = P.C 강선의 인장응력의 감소량 (kgf/cm²)

ΔL = 정착장치의 P.C강선의 활동량 = 3mm

L = 자유장 + 0.5m

E_p = P.C 강선의 탄성계수 = 2.0310⁶(kgf/cm²)

N = 스트랜드 사용개수

② Relaxation에 의한 Prestress의 감소 (ΔP_{pr})

$\Delta P_{pr} = \Delta f_{pr} \times A_p \times N = r \times f_{pt} \times A_p \times N$

여기서, Δf_{pr} = P.C 강선의 Relaxation에 의한 인장응력의 감소량 (kgf/cm²)

$\Delta f_{pt} = \text{손실이 일어나 후의 사용하중상태에서의 응력 (kgf/cm}^2\text{)}$

= Min(0.65 f_{up}, 0.80 f_{yp})

r = P.C 강선의 겉보기 Relaxation 값 (%)

③ 긴장력(J_f) 및 늘임량(ε)

J_f = T + Δ(P_p) + Δ(P_{pr})

ε = J_f × L / (E_p × A)

2 시험

앵커의 시험은 크게 2가지 목적으로 수행된다. 첫째는 앵커의 설계 및 시공이 그 사용목적에 따라 적절하게 수행되었는지를 평가하기 위한 자료를 얻기 위함이고, 둘째는 시공된 앵커가 소요의 성능을 가지고 있는지를 확인하기 위해서 이다. 앵커 시험 종류 및 시험 기준을 <표 3>과 <표 4>에 정리하였다.

■ 표 3. 앵커 시험 종류

시험 종류	목적	시험 시기
인발시험 (기본시험)	앵커가 시공된 지반과 유사한 지반에 시공된 앵커에 대해 실시하며, 앵커 설계에 사용된 설계정수 (주면마찰력)나 설계축력의 타당성을 검토	실사설계 전
인장시험 (적성시험)	실제 앵커와 같은 조건에서 시공된 앵커에 대해 실시하며, 설계대로 앵커가 조성되었는지를 확인함은 물론 앵커 시공법의 적정성을 판단함	시공 초기
확인시험	모든 앵커의 성능이 현장조건에 적합하다는 것을 입증하기 위해 실시되며, 앵커가 설계대로 내력을 갖는지를 확인한다.	시공 중



앵커의 시험은 크게 2가지 목적으로 수행된다. 첫째는 앵커의 설계 및 시공이 그 사용목적에 따라 적절하게 수행되었는지를 평가하기 위한 자료를 얻기 위함이고, 둘째는 시공된 앵커가 소요의 성능을 가지고 있는지를 확인하기 위해서 이다. 앵커 시험 종류에는 인발시험(기본시험), 인장시험(적성시험), 확인시험이 있다.



■ 표 4. 국·내외 앵커 시험 기준

구분	시험종류	최대시험하중	시험수량
서울특별시 전문시방서(2002)	인장시험	설계축력×1.33	앵커의 5% 또는 최소 세계
	확인시험	설계축력×1.3	인장시험을 하지 않은전체 앵커
한국지반공학회 (1992)	인장시험 (적성시험)	사지반의 주면마찰력을 유참고하여 산정한 극한인발력	-
	확인시험	가설 - 설계축력 ×1.1 이상 영구 - 설계축력 ×1.2 이상 단, 0.9 fyp ¹⁾ 초과하지 않을 것	앵커 10개당 1개
일본 그라운드 앵커기술협회 (1997)	인장시험	가설 - 설계축력 ×(1.1~1.2) 영구 - 설계축력 ×(1.2~1.3) 단, 0.9 fyp 초과하지 않을 것	앵커 총수가 50본 ²⁾ 이하, 50본 ²⁾ 이상일 경우 주 ³⁾ 참조
	확인시험	가설 - 설계축력 ×(1.0~1.1) 영구 - 설계축력 ×(1.0~1.2)	인장시험을 하지 않은 전체 앵커

주) 1) fyp : 인장재 항복하중
2) 50본 : 일본앵커동일한 지반 및 앵커 배치형상에서의 시공앵커 수량
3) 총 앵커시공 본수에 따른 시험 수량

구분	암 반	지반 종류		
		굳은 사질토 및 경질성 점토	느슨한 사질토 및 점성토	점성토
50본 이하	가설	1	1	2
	영구	1	1	1
50본 이상	가설	앵커 총수 2% 또는 2본 이상	앵커 총수 2% 또는 3본 이상	앵커 총수 3% 또는 3본 이상
	영구			-

© 참고문헌
1. 서울특별시 (2002), 서울특별시 전문시방서 토목편, pp.4-32~4-36
2. 전성기 (2001), 토류구조물 설계실무편람, 과학기술, pp.157~176
3. 한국지반공학회 (1992), 지반공학시리즈3-굴착 및 흙막이 공법, 구미서관, pp.236~276
4. 한국지반공학회 (2003), 구조물 기초설계기준 해설, 구미서관, pp.508~515
5. 그라운드앵커기술협회 (1997), 그라운드앵커공법 설계시공지침, 구미서관 pp.258~278
6. Federal Highway Administration (1999), Ground Anchors and Anchored System-Geotechnical Engineering Circular No. 4, FHWA-A-IF-99-015