

# 흙막이 가시설 부재의 구조적 특성

글 | 양 성 호 토목기술부 과장 02-3433-7779 | E-mail : yang1222@ssyenc.com

### (3) 제조법

구분	고로	전기로
설비	고로 + 진로	전기로 (재강)
주원료	철광석 + 코크스 + 석회석	고철
용량	대용량	중, 소용량
조업방법	용광로에 철광석을 주원료로 장입하고 코크스를 연료로 사용하여 선출을 만든 후 진로에서 철강을 생산	고철을 주원료로 장입하고 전기로 이용하여 전극과 고철 사이에 아크를 발생시켜 그 열을 이용하여 고철을 녹여 생산
생산제품	편재류, 선재류	조강류 (형강, 봉강 등)
대표회사	POSCO	INI STEEL, 동국제강

### 2.2 강재의 규격 표기 (해설)

예) SMA 490 B W N ZC

SMA	490	B	W	N	ZC
강재의 명칭	인장강도 Mpa (kgf/m <sup>2</sup> )	샤로피 흡수에너지	내후성등급	열처리등급	내리멜라티어
- SS : Steel Structure (일반구조용 압연강재), KS D 3503 - SM : Steel Marine (용접구조용 압연강재), KS D 3515 - SN : Steel New (간접구조용 압연강재), KS D 3861 - FR : Fire Resistance (간접구조용 내화강재), KS D 3865 - SMA : Steel Marine Atmosphere (용접구조용 내후성 열간압연강재), KS D 3529 - SSC : Steel Structure Cold Forming (일반구조용 경량형강), KS D 3530 - SR : Steel Round (철근콘크리트용 봉강), KS D 3504 - SD : Steel Deformed (철근콘크리트용 봉강), KS D 3504	- 400 : 400 (41) - 490 : 490 (50) - 520 : 520 (53) - 570 : 570 (58)	- A : 무제한 - B : ≥ 27J - C : ≥ 47J - 표기없는 경우 : A	- W : 압연 그대로 또는 녹차리우 사용 - P : 일반도장 차리우 사용	- N : Normalizing - QT : Quenching & Tempering - TMC : Thermo-Mechanical Control - 표기없는 경우 : 열처리 없음	- ZA : S≤0.008% - ZB : S≤0.008%, RAav≥15%, RAmin≥10% - ZC : S≤0.006%, RAav≥25%, RAmin≥15% - ZD : 고객 협의 - 표기없는 경우 : 보증없음

### 2.3 주요 강재의 종류 및 용도

분류	종류	특징	용도
일반구조용 압연강재 (KS D 3502, 3503)	SS400	가장 많이 쓰인 통상적으로 두께는 25mm 이하의 용접성 염려 없음.	보, 기둥
	SS490	용접에 불리하며 순수 Boiling 구조물에 사용됨.	보, 기둥
용접구조용 압연강재 (KS D 3502, 3515)	SM400A, B, C	SS강재에 비해 용접성이 우수함. 통상적으로 두께 50mm까지 용접성 보증	특별히 요구될 경우
	SM490A, B, C	일반적으로 많이 쓰인 통상적으로 32mm 이상 용접시 예열요구	보, 기둥
	SM490TMC, SM520TMC, SM570TMC	제어압연, 가속냉각방식으로 제조하여 고강도, 고인성, 용접성이 우수함. 두께 40mm이상에서 설계강도 저감이 없음.	고층건물 침스팬구조, 큰 보, 기둥
간접구조용 압연강재 (KS D 3861)	SN400A, B, C, SN490B, C	기존 SS강재, SM강재의 내진성과 용접성 개선 소성변형 능력 유지하는 성능	내진성이 요구되는 보나 기둥

흙막이 가시설은 먼저 흙막이 벽체를 시공한 후 굴착이 진행된다. 지지구조물의 설치심도에 도달하면 버팀보, 어스앵커, 레이커 등의 지지구조물을 설치하고 다음 굴착공정을 진행한다. 이러한 지하공간을 확보하기 위한 가설구조물은 순서에 따라 흙막이 벽체의 응력검토, 지지구조물 제원 및 단면설계, 기타 주요부재 단면검토, 주변지반 침하영향 검토, 히빙 및 파이형 현상 검토 등의 순으로 설계가 진행된다.

본 장에서는 흙막이 가시설중 가장 널리 사용되고 있는 H-Pile+토류관 공법을 위주로 각 부재의 설계원리와 기능적 특성을 요약하여, 흙막이 가시설에 대한 구조적인 이해를 돕고자 한다.

### 1. 토류용 강재말뚝

#### ● 주요 기능

토류용 강재 말뚝의 주요 기능은 토류관을 통해 전달되는 배면토의 토압을 띠장에 전달하는 기능과 복공이 계획된 경우 상부 하중을 지중에 전달하는 기능이 있다.

따라서, 토류용 강재 말뚝은 복공관을 지지하는 보의 최대반력과 토압에 의한 모멘트에 대하여 충분한 내력을 확보하여야 하며, 말뚝의 지지 지반은 상부 하중에 대하여 충분한 지지력을 확보하여야 한다.

#### ● 단면 검토

- 토류용 강재 말뚝은 시공단계별로 불리한 경우에 대하여

설계하며, 버팀보 위치를 지점으로 하는 단순보 또는 연속보로 계산한다.

- 토류용 강재말뚝에 작용하는 하중은 복공관을 지지하는 보의 최대 반력과 토압에 의한 최대 모멘트를 사용하여 단면을 검토하며 토압에 의한 최대 전단력에 대해서 검토하여야 한다.

#### ● 말뚝의 안정검토

- 지지력 검토

다음과 같이 산정한 최대 축방향력은 말뚝의 허용 지지력이 내 이어야 한다.

최대 축방향력(P)=주행보 지점의 반력+주행보의 지지보 자중+버팀보 지점의 반력(자중에 의한 반력)+띠장의 자중+Pile 자중

- 근입장 검토

토압에 대한 H-Pile 벽체의 근입장은 다음식에 의하여 검토한다.

$$F_s = \frac{M_p}{M_A} > 1.2$$

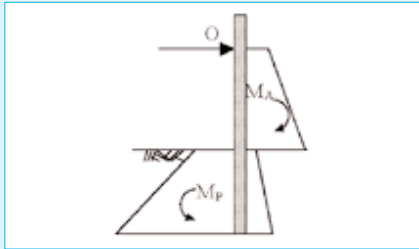
여기서, F<sub>s</sub>: 안전율

M<sub>A</sub>: 최하단 버팀보를 지점으로 하는 주동토압에 의한 모멘트

M<sub>p</sub>: 최하단 버팀보를 지점으로 하는 수동토압에 의한 모멘트

가설구조물은 순서에 따라 흙막이 벽체의 응력검토, 지지구조물 제원 및 단면설계, 기타 주요부재 단면검토, 주변지반 침하영향 검토, 히빙 및 파이핑 현상 검토 등의 순으로 설계가 진행된다.

흙막이 가시설중 가장 널리 사용되고 있는 H-Pile+토류판 공법을 위주로 각 부재의 설계원리와 기능적 특성을 약속하여, 흙막이 가시설에 대한 구조적인 이해를 돕고자 한다.



지하철공사에 있어서 강말뚝의 최소 근입 깊이는 다음 표와 같다.

구 분	서울지하철 6호선	부산지하철 3호선
최소 근입장	1.0m	동행도 : 개산지 동화암 : 2.5m 연 경암 : 1.5m

- 히빙 및 보일링 검토  
굴착대상 지반이 점성토 지반일 경우 지반 융기(Heaving)에 대한 검토를 수행하며, 사질 지반에 지하수위가 높아 차수성 흙막이를 설치할 때에는 보일링(Boiling) 현상에 대한 검토를 시행한다.

## 2. 띠장

### ● 주요 기능

토류용 강재 말뚝을 통해 전달되는 하중을 버팀보에 전달하고, 강말뚝을 일체화 시키는 기능이 있다.

### ● 띠장의 단면 검토

- 띠장은 일반적으로 단순보로 설계한다. 다만 양호한 이음

구조로 휨모멘트 및 전단력이 충분히 전달되는 경우에는 연속보로 설계한다.

띠장의 종류	연속보	단순보
하중분포도		
최대휨모멘트	$M_{max} = \frac{1}{10} wl^2$	$M_{max} = \frac{1}{8} wl^2$
최대전단력	$S_{max} = \frac{6}{10} wl$	$S_{max} = \frac{7}{12} wl$
최대반력	$R_{max} = \frac{11}{10} wl$	$R_{max} = \frac{13}{12} wl$
비 고	w : 등분포하중(t/m), l : 버팀보 간격 (m)	

- 띠장 지점간격은 순간격을 적용하며 사보강재의 사용에 따라 다음과 같이 구분하여 적용한다.

구 분	지간 이의 산정
사보강재를 설치하지 않은 경우	 $l = l_1, l_2 \text{ 중 큰 값}$
사보강재를 설치한 경우	$l = 1/2 l_1 + l_2 + 1/2 l_3$

- 띠장의 처짐은 순간격의 1/300이하이어야 한다.
- 버팀보 또는 에스앵커와의 접합부는 보강재를 설치하여야 한다.
- 그라운드 앵커에 연결되는 띠장은 앵커로 인한 연직분력을 고려하여야 한다.
- 굴착면의 가로 세로의 차가 매우 클 경우, 단면 띠장은 축력과 휨을 동시에 받는 부재로 설계하여야 한다.

## 3. 버팀보

### ● 주요 기능

버팀보는 띠장으로부터 전달되는 하중을 최종적으로 지지해주는 기능이 있다.

### ● 버팀보의 단면 검토

- 버팀보는 띠장으로부터 전달되는 하중, 고정하중, 상재하중 및 온도의 영향을 고려하여 휨압축부재로 설계한다.
- 버팀보는 흙막이벽의 변위를 억제하고 띠장과 흙막이벽의 밀착을 위하여 초기 지압력을 도입하는 경우에는 추가되는 축력의 크기를 반영하여야 한다.
- 좌굴은 강축 및 약축방향에 대하여 검토하며 각 방향 좌굴 길이는 다음에 따른다.
- 강축의 좌굴길이는 엄지말뚝 또는 중간말뚝 중심간 거리로 한다.
- 약축의 좌굴길이는 강축방향 좌굴길이 또는 직각이음재(수평이음재 및 수직이음재) 중심간 거리의 1.5배를 적용한다.
- 유효한 까치발이 있을 경우에는 까치발 시작점부터 적용할 수 있다.
- 세장비는 100 이하로 하고, 현장의 공사여건상 부득이하여 좌굴에 대하여 효과적으로 구속시킬 수 없는 경우라도 120을 초과할 수 없다.
- 버팀보는 가설구조물 전체의 강성을 확보할 수 있도록 일정간격으로 인접버팀보와 수평가새를 설치하며, 가새의 설치는 좌굴해석에 따라 위치 및 부재규격을 결정하여야 한다.
- 레이커는 기초 Block에 대한 지지력 검토를 하여야 한다.

## 4. 중간말뚝

### ● 주요 기능

중간말뚝은 토류공과 토류공 사이의 중간에 설치하는 말뚝을 말하며, 복공을 설치할 경우 상부하중을 하부 지지 지반에 전달하고, 압축 부재인 버팀보의 좌굴을 억제하는 고정점 역할을 한다. 또한, 시공적인 측면에서 보면 버팀보 받침보를 설치한 후에 버팀보를 설치함으로써 버팀보의 안전한 거치가 이루어 지도록 하는 기능도 있다.

### ● 중간말뚝의 단면검토

- 복공판 및 노면 복공을 받치는 보들의 자중과 축력을 지지하는 버팀보 등의 자중과 축력을 포함한 복공판을 지지하는 주형보의 최대 활하중 반력을 고려하여 설계한다.
- 외부하중에 대한 중간말뚝의 단면력을 산정하고, 지반 지지력 및 강재 응력이 만족하도록 설계한다.

### 참고문헌

1. 국토반공학회(1992), "굴착 및 흙막이 공법", 지방공학 시리즈 3, pp.341~388
2. 한국지반공학회(2003), "구조물 기초설계기준 해서", pp.463~559
3. 양구승(1996), "도심지 깊은 굴착시 인접지반 거동에 대한 분석", 서울대 학과 박사학위논문, pp.150~156
4. 현대건설(주) 기술연구소(1996), "도심지 굴착의 정보화 시공관리 시스템 개발(최종보고서)"
5. (주)대우엔지니어링 기술연구소(1988), "도심지 굴착공사를 위한 지하가설 구조물의 설계 및 시공연구", pp.319~397
6. (주)신한(1995), "개착식 지반 굴착에 따른 흙막이벽의 해석기법", 한국지반 공학회 연구보고, pp.33~206
7. 김명오, 정홍기, 양구승(1996), "도심지 깊은 굴착시 발생하는 인접지반 지표침하 분석", 96년 봄 학술발표회 논문집, 한국지반공학회, pp.65~86