

고강도 H 말뚝 기술서

인천제철주식회사

목 차

1. 고강도 H 형강 말뚝 소개

- 1.1 고강도 H 말뚝의 특징
- 1.2 적용대상지반
- 1.3 적용시 기대효과
- 1.4 타 말뚝과의 비교
- 1.5 고강도 H 말뚝 재료적 성질
- 1.6 고강도 H 말뚝 재료의 허용하중
- 1.7 H 말뚝 적용실적

2. 고강도 H 형강 말뚝의 설계

- 2.1 설계기준
- 2.2 지지력 산정방법
- 2.3 설계시 유의사항
- 2.4 정적 지지력 산정방법
 - 1) 산정 방법
 - 2) Meyerhof 방법
 - 3) DM-7 방법
 - 4) FHWA 방법
 - 5) US ARMY 방법
 - 6) SPT/CPT 방법

1. 고강도 H형강 말뚝 소개

1.1 고강도 H 말뚝의 특징

○ 높은 지지력

- 재료의 강도가 크므로 큰 타격력으로 경질지반까지 관입할 수 있어 높은 지지력을 얻을 수 있다.

○ 관입성이 우수

- 독특한 형상(H 형상)으로 인하여 같은 항타 에너지에서 타 말뚝에 비하여 관입성이 우수하여 견고한 지반까지 관입이 가능하다.

○ 비배토성

- 비배토성 말뚝으로 항타시 지반응기현상이 없고, 수평 토압에 의한 주변 말뚝에 유해한 영향을 끼치지 않는다.

○ 시공의 용이성

- 별도의 쿠션재가 필요없고 말뚝절단,두부보강 및 이음이 간단하게 처리되고 상부 기초구조와의 연결이 용이하다.

○ 재료다양성

- 소요 지지력에 맞는 말뚝종류가 다양하다.

○ 운반.취급용이성

- 소요 길이조절 및 운반.취급이 용이하다.

○ 재활용성

- 두부정리 및 종파 등으로 인한 폐기물이 발생치 않고 잔재를 고철로 재활용할 수 있다.

1.2 적용대상지반

○ 일반 지반

- 지반 지지력이 말뚝재료의 허용 지지력 이상을 갖는 지반으로, 재료의 허용응력을 최대한 활용할 수 있는 지반

○ 조밀한 사질토, 중간전석층 지반

- 조밀한 사질토 및 지반중간에 자갈이나 전석층이 분포하여 직항타가 불가능한 지반

○ 견고한 점토층, 실트층, 연약층 지반

- 배토로 인한 수평 토압으로 주변말뚝이 기울거나 손상이 되거나 융기가 되는 지반

○ 선단부의 확실한 관입이 요구되는 지반

- 선단부가 경사지거나, 전석층이 존재하거나, 풍화도가 크며 절리가 발달된 지반 및 선단부의 확실한 관입이 요구되는 지반

1.3 적용시 기대효과

- PHC 말뚝에 비하여 선단부의 확실한 관입이 가능하여 재료의 허용 지지력을 최대한 발휘하므로 상부하중을 지지하는데 필요한 말뚝의 수량을 25%정도 줄일 수 있음.

종류	규격	통상허용하중	비고
PHC말뚝	Φ 400	60~70톤	
H말뚝	H-244×252×11×11	80~90톤	SHK490M 기준시

- 관입성이 좋아 개소당 향타수가 절반으로 줄어들어 공기 및 공사비가 절감된다.

종류	관입깊이	총타격수	평균BPM(blow/m)
H말뚝(H-350×350)	29M	359	27.6
PHC말뚝(Φ 450)		771	96

- PHC 말뚝에 비하여 단위중량이 2.5 배정도 가벼워 운송비 및 현장내 운반비 절감되고 제품손상의 염려가 없음.

종류	규격	단위중량(kg/m)	비고
H말뚝	H-244×252×11×11	64.4	100%
PHC말뚝	Φ 400	180	280%

- 취급불량 및 시공시 중파, 두부잔재처리등에서 PHC 말뚝의 폐기물처리 비용 발생.

종류	규격	잔재량(1M/본당)	처리비용(원)
H말뚝	H-244×252×11×11	64.4KG	-6440(100천원/톤)

PHC말뚝	Φ 400	180KG	1710(25천원/M3)
-------	-------	-------	---------------

1.4 타 말뚝과의 비교

비교항목	H말뚝	강관 말뚝	PHC 말뚝
지지능력	○	○	□
항타 관입성	○	△	□
주변 지반의 영향	○	△	□
이음성	△	○	△
말뚝길이조정	○	○	□
상부구조와의 연결	○	△	□
운반 및 취급	○	○	□
품질의 균일성	○	○	△
재료비	△	□	○
재활용성	○	○	□

주) ○ 비교우위 △ 중간 □ 비교저하

구분		장 점	단 점
H말뚝	1	소배토 말뚝으로 항타시 지반교란이 적어 주변말뚝에 거의 영향을 주지 않으므로 견고한 점토층, 실트층, 연약지반에 유리하다.	해외에서는 보편적으로 사용되고 있으나 국내의 적용사례가 적다.
	2	관입성이 양호하여 전석층 및 단단한 경질지반에 타입이 가능하다.	수평저항력이 방향성이 있으므로 경우에 따라 약축 방향에 대한 보강이 요구된다.
	3	견고한 지지층까지 항타할 수 있기 때문에 큰 지지력을 발휘하여 말뚝 본수를 절감할 수 있다.	해양구조물에 적용시 방식에 대한 검토가 필요하다.
강관 말뚝	1	견고한 지지층까지 항타할 수 있기 때문에 큰 지지력을 기대할 수 있다.	비교적 짧은 말뚝이나 수평력이 거의 없는 곳에서는 경제성을 고려해볼 필요가 있다.
	2	수평저항력이 크므로 지진력, 파력, 토압력 등의 횡방향의 외력이 작용하는 구조물에 적합하다.	대경의 개단말뚝에서는 폐색효과가 문제시된다.
	3	외경 두께별 종류가 다양하여 최적에 가까운 말뚝의 선택이 가능하다.	해양구조물에 적용시 방식에 대한 검토가 필요하다.
PC/PHC	1	일반적으로 많이 사용되어 시공 경험이 풍부하다	연약층에 항타시 주변말뚝의 융기현상이 발생되며 말뚝지지력이 감소될 수 있다.

2	재료가가 비교적 경제적이다.	인장응력 발생으로 말뚝재료가 손상될 수 있다.
3	부식에 대하여 비교적 안정적이다.	말뚝머리의 절단시 프리스트레스가 감소하고, 잔재폐기물이 발생한다.

1.5 고강도 H말뚝의 재료적 성질

○ 화학성분 및 기계적 성질

KS F 4603

종류의 기호	화 학 성 분 (%)				
	C max.	Si max.	Mn max.	P max.	S max.
SHK400	—	—	—	0.05	0.05
SHK400M	0.23		2.5*C	0.04	0.04
SHK490M	0.2	0.55	1.5	0.04	0.04

○ 기계적 성질

KS F 4603

종류의 기호	두께	인장강도	항복점	연신율	비고
	(mm)	N/mm ²	N/mm ²	(%)	
SHK400	t ≤ 16	400-510	245	17	
	t > 16		235	21	
SHK400M	t ≤ 16	400-510	245	18	
	t > 16		235	22	
SHK490M	t ≤ 16	490-610	325	17	
	t > 16		315	21	

○ 재료의 허용 응력도

구분	SHK400	SHK400M	SHK490M	비고
인장강도(kg/cm ²)	1400	1400	1900	
압축강도(kg/cm ²)	1400	1400	1900	
전단강도(kg/cm ²)	800	800	1100	

1.6 고강도 H말뚝재료의 허용하중

○ 산정 방법

- 말뚝재질에 따른 허용응력에 부식을 고려한 유효단면적을 곱하여 말뚝의 축방향 압축허용하중을 산출한다. 여기에 말뚝의 이음에 의한 저감 및 세장비에 대한 저감을 고려하여 최종 말뚝재료의 허용하중을 결정한다.

○ 허용응력

- SHK400, SHK400M - 1400 kg/cm² SHK490M - 1900kg/cm²

○ 부식대 공제 단면적

- 지반내 부식대 공제는 2mm 로 한다. (평균부식속도가 0.02mm/년 이내 이므로 사용연한 100 년 기준) : 구조물 기초 설계기준(건교부, 1986)
- 구조물의 중요도 및 내구연한에 따라 별도 부식대책 필요

○ 말뚝 현장용접 이음에 의한 저감율(%)

- 타입의 경우 : 5% / 1 개소당
- 타입이 아닌 경우 : 2.5% / 개소당

○ 세장비에 대한 저감율((%)

- $(L/d - n) \times 100$ L : 말뚝길이 d : H 말뚝 폭
- n : 저감율을 고려하지 않아도 되는 세장비(n=70)

○ 재료의 허용하중

표준단면치수			단면적	단위 중량	공제 단면적	장기허용압축하중	
H×B	t1	t2				(ton)	
(mm)	(mm)	(mm)	(cm ²)	(kg/m)	(cm ²)	SHK400	SHK490M
200×204	12	12	71.53	56.2	47.9	67.0	90.9
244×252	11	11	82.06	64.4	52.7	73.8	100.2
250×255	14	14	104.7	82.2	75.0	105.0	142.5
294×302	12	12	107.7	84.5	72.4	101.3	137.5

300×305	15	15	134.8	106.0	99.1	138.8	188.4
338×351	13	13	135.3	106.0	94.3	132.1	179.2
344×354	16	16	166.6	131.0	125.4	175.5	238.2
350×357	19	19	198.3	156.0	156.7	219.4	297.8

1.7 H말뚝 적용실적

○국내 적용 사례

PROJECT명	발주처	설계/시공	사용규격	현황
강원산업산소공장	강원산업	강원산업	H-350x350x12x19	SIP공법 기초로 사용
서해안고속도로 가설교량	도로공사	고려개발	H-350x350x12x19	교량 기초로 사용
영종도 신공항 전시관	신공항 주식회사	금호건설	H-350c350x12x19	기초용 말뚝으로 사용
유공울산공장	유공	선경건설	H-350x350x12x19 H-300x300x10x15	탱크구조물기초
시티텔 업무용 빌딩	시티텔	정석토건	H-350x350x12x19	건물기초
인천제철공장	인천제철	현대산업 개발	H-300x300x10x15	야적장기초
용산 국립 중앙 박물관	문화관광부	정림건축 동부건설	H-300x305x15x15	지지층교란, 지반유기로 말뚝교체
홍천 주공APT. 건설공사	대한주택공사	(주)한영	H-100x100x6x8	오메가파일 보강용으로 사용
삼성화재 전주사옥 건설공사	삼성화재	새길 ENG.	H-400x400x13x21	RCD보강용으로 사용
인천시지하철공사	인천시	(주)삼호	H-350x350x12x19	정거장 구간의 SUNKEN지지말뚝
영덕지구 주공APT. 공사	대한주택공사	(주)효성	H-300x200x9x14	옹벽활동을 막기위한 기초말뚝
대전~진주간 고속도로(두동교)	한국도로공사	동아건설	H-300x305x15x15	무조인트교량 교대 기초용말뚝
국세청 신청사 신축공사	국세청	삼우건축	H-400x400x13x21	RCD보강용으로 사용
Whole Barracks Complex Renewal	US ARMY	현대건설	H-300x305x15x15	미군숙소기초말뚝
동두천 미제2사단 체육관 신축공사	US ARMY	삼일기업 공사	H-250x255x14x14	미군체육관 기초말뚝
서울 강북정수장 활성탄 투입동 증설공사	강북구청		H-300x305x15x15	구조물 보강용 말뚝
울진하수처리시설 건설공사	환경관리공단	건양ENG POSEC	H-294x302x12x12	하수처리장 구조물 기초말뚝
대한주택공사 APT. 신축공사	대한주택공사		H-200x204x12x12	아파트 기초말뚝 적용 검토중

○국외 적용사례

국 명	사 용 현 황	적용사례
미국	강관 말뚝보다 H말뚝이 일반적으로 사용 대부분 H말뚝은 직항타 방식으로 시공 규격은 HP12"~14"(H-300x300~350x350) 설계하중은 100~200톤 정도로 적용 말뚝길이는 25~45m가 주류임	공장 발전소 교각기초
유럽	프랑스, 벨기에 등지에서 H말뚝사용 대부분 H말뚝은 직항타 방식 선단지지 시공 사용규격은 HP-360(108kg/m,152kg/m) 설계하중은 100~120톤 정도로 적용 ARBED사에 의해 H말뚝 적용연구 활발	일반건축물
중국	중국의 경우 연약층 깊은 기초로 H말뚝사용 (HP-400x176kg/m를 75m 관입, 300톤 적용)	아파트, 오피스 등
홍콩	H말뚝을 대단히 활발하게 이용 고강도(55C) H말뚝도 사용증가 추세 (HP-350x180kg/m 지지력 300톤 적용)	아파트 주상복합
싱가폴	아파트 기초용으로 H말뚝 활발히 적용 HP200x200 ~300x300 많이 사용 설계하중은 60 ~ 100톤 정도로 사용	아파트