

KCS 64 40 10 : 2018

강재말뚝

2018년 4월 개정



건설기준 제·개정에 따른 경과 조치

이 기준은 발간 시점부터 사용하며 이미 시행 중에 있는 설계용역이나 건설 공사는 발주기관의 장이 필요하다고 인정하는 경우 종전에 적용하고 있는 기준을 그대로 사용할 수 있습니다.

건설기준 제·개정 연혁

- 이 기준은 건설기준 코드체계 전환에 따라 기존 건설기준(설계기준, 표준시방서)간 중복·상충을 비교, 검토하여 코드로 통합 정비하였다.
- 이 기준은 기존의 항만 및 어항공사 표준시방서와 전문시방서의 내용을 통합, 정비하여 표준시방서 시방코드로 개편한 것으로 제·개정 연혁은 다음과 같다.

건설기준	주요내용	제·개정 (년. 월)
항만공사 표준시방서	• 항만공사 표준시방서 제정	제정 (1967.12)
항만공사 표준시방서	• 건설공사의 대형화와 다양화, 새로운 공법 및 자재의 발전 등 건설기술 발전에 현추세(現趨勢) 반영, 개정	개정 (1977.12)
항만공사 표준시방서	• 해외자료의 분석과 관련 각종 시방서, 시설기준 및 제규정 등과 상호 연관성을 검토하여 반영, 개정	개정 (1986.12)
항만공사 표준시방서	• 건설환경의 변화와 부실방지를 위한 품질향상 기준을 구체화 하고, 환경보호와 지반조사 등 세부적인 기준 보완, 개정	개정 (1996.12)
항만 및 어항공사 표준시방서	• 항만 및 어항공사 표준시방서로 개칭하고, 한국산업규격(KS) 및 콘크리트 표준시방서 등 타 기준의 개정내용 반영 등 대폭 개정	개정 (2005.11)
항만 및 어항공사 표준시방서	• 태풍, 이상파랑 및 지진해일 등 이상기후 대응과 저탄소, 온실 가스저감 등 녹색항만 및 친환경 설계 반영, 매스 콘크리트, 상치콘크리트, 필터매트, 함선, 마리나시설 관련 시방 보완, 개정	개정 (2012.12)
항만 및 어항공사 표준시방서 시방코드(KCS 64 00 00)	• 건설기준 코드체계 전환에 따라 기존 표준시방서를 시방코드 (KCS 64 00 00)로 개편하고, 타 분야 시방코드와 중복·상충 항목을 비교, 검토하여 보완	개정 (2017.08)
항만 및 어항공사 표준시방서 시방코드(KCS 64 00 00)	• 기존 표준시방서와 전문시방서를 이원화하여 관리하던 항만 건설공사 시공기준을 표준시방서로 통합코드화하고, 특수분야 공사는 전문시방서로 별도 관리함으로써 각각의 역할과 기능 분담을 명확하게 재정립하여 코드체계로 개편	개정 (2018.04)

제 정 : 2017년 8월 16일 개 정 : 2018년 4월 17일
 심 의 : 기술자문위원회
 소 관 부 서 : 해양수산부 항만기술안전과
 관련단체 (작성기관) : 한국항만협회

목 차

1. 일반사항	1
1.1 적용범위	1
1.2 참고기준	1
1.3 용어의 정의	2
1.4 제출물	2
2. 자재	3
2.1 재료	3
2.2 장비	3
2.3 제작	4
2.4 품질관리	4
3. 시공	5
3.1 시공조건 확인	5
3.2 시공 준비	5
3.3 말뚝의 종류와 길이	6
3.4 기준틀	6
3.5 시험말뚝 박기	6
3.6 준비, 세우기와 박기	7
3.7 매입말뚝	11
3.8 말뚝머리 마감	13
3.9 손상된 말뚝	13
3.10 도장	14
3.11 말뚝박기 기록	14
3.12 검사와 허용오차	14

KCS 64 40 10 강재말뚝

1. 일반사항

1.1 적용범위

- (1) 이 기준은 구조물 기초로 사용되는 강재말뚝과 구조용 강재말뚝의 시공에 관한 일반적인 사항을 규정한다.
- (2) 구조용 강재말뚝 공사 중 항만공사에서 말뚝구조는 잔교 및 부잔교시설과 돌핀식의 계류 시설이 대부분이고 이 경우 말뚝은 장대(長大)형으로 해상에서 항타선에 의해 말뚝 박기를 한다. 따라서 이 기준에서 말뚝박기는 장대형의 말뚝을 해상에서 항타선에 의해 박는 것을 포함한다. 또한 여기서 장대형이란(구조역학상 장대형이 아니고) 도로에서 일반적인 수송방법에 의해 운반할 수 있는 길이보다 긴 것을 의미한다.
- (3) 이 기준에서 정하지 아니한 사항은 KCS 11 50 15 기성말뚝의 해당 규정에 따른다.

1.2 참고기준

1.2.1 관련 법규

내용 없음

1.2.2 관련 기준

KCS 11 50 15 기성말뚝

1.2.3 관련 표준

- KS B 0885 수동 용접 기술검정의 시험방법 및 판정기준
- KS B 0896 강 용접부의 초음파 탐상 시험 방법
- KS C 3321 용접용 케이블
- KS C 9602 교류아크 용접기
- KS C 9607 용접용 홀더
- KS D 0272 용접부의 방사선 투과시험을 위한 시험방법 및 판정기준
- KS D 3003 항만 및 해양구조용 내식성 강재
- KS D 3300 항만 및 해양구조용 내식성 강관
- KS D 3503 일반 구조용 압연 강재
- KS D 3508 피복아크 용접봉 심선재
- KS D 3515 용접 구조용 압연 강재
- KS D 3566 일반구조용 탄소 강관

강재말뚝

KS D 7004 연강용 피복 아크 용접봉

KS F 4602 기초용 강관말뚝

KS F 4603 H형강 말뚝

1.3 용어의 정의

내용 없음

1.4 제출물

(1) 시공계획서

수급인은 공사를 시작하기 전까지 시공계획서를 작성하여 공사감독자에게 제출하여야 하며 다음과 같은 내용이 포함되어야 한다.

- ① 인원 조직표
- ② 공정표
- ③ 시공방법
- ④ 공사용 기계기구 및 임시설비
- ⑤ 품질관리 및 검사방법
- ⑥ 재하능력 확인방법
- ⑦ 시공기록의 방법
- ⑧ 환경의 보존대책
- ⑨ 안전대책

(2) 시험 및 검사

필요한 각종 시험과 검사에 대한 계획서를 공사착수 전에 공사감독자에게 제출하여야 한다.

(3) 재하 시험보고서

시험계획에 따라 말뚝 재하 시험보고서를 추가로 공사감독자에게 제출하여야 한다.

(4) 다음 사항을 추가로 작성 제출하여야 한다.

- ① 말뚝 이음(용접)작업 계획서
- ② 항타장비의 동원 및 철수계획서
- ③ 항타기록

(5) 제품자료는 KCS 64 10 20 공사준비 및 시공관리(1.6 제출서류 및 공정관리)에 따라 말뚝의 규격, 성분, 특성 등 제반사항과 제조업체의 생산현황, 기술자료, 사용실적 등을 추가하여 작성하여 제출하여야 한다.

2. 자재

2.1 재료

- (1) 강제말뚝은 KS F 4602, KS F 4603의 표준에 적합하여야 한다.
- (2) 그 밖의 강재는 KS D 3003, KS D 3300, KS D 3503, KS D 3515의 표준에 적합하여야 한다.
- (3) 강제말뚝의 종류, 재질, 형상 및 치수는 해당 설계서에서 규정하고 있는 바에 따른다.

2.2 장비

2.2.1 말뚝박기 장비

- (1) 이 기준에서 정하는 사항을 제외하고는 장비에 관한 사항은 KCS 11 50 15 (2.4.1 말뚝박기 장비)에 따른다.
- (2) 파동이론 분석 결과 항타에 의한 압축 혹은 인장 응력이 강제말뚝 항복강도의 90%를 초과하는 경우 해머의 교체, 말뚝의 변경 또는 시공방법의 변경방안 등을 검토해야 한다.
- (3) 수급인은 말뚝박기 장비의 동원 및 철수계획을 수립하여 공사감독자와 협의하여야 한다. 말뚝박기 장비 말뚝박기 장비에는 해머, 항타선(杭打船), 대선, 예인선, 양묘선 등이 포함되어야 한다. 말뚝박기 장비는 말뚝의 길이, 무게, 작업방법 등을 고려하여 안전하게 작업할 수 있는 충분한 용량을 가진 것이어야 한다.

2.2.2 해머

- (1) 해머는 증기해머, 공기해머, 유압해머 및 디젤해머를 사용한다. 다만 공사감독자의 확인을 받은 경우에는 낙하식 해머도 사용할 수 있다.
- (2) 폐쇄식 램(Ram)을 가진 디젤해머는 규격용량의 출력을 발휘할 수 있어야 하며 이를 측정할 수 있는 계기를 부착하여야 한다.
- (3) 디젤해머 중 단동디젤해머에는 말뚝타입 동안 항상 시공 기술자가 해머 스트로크를 결정할 수 있는 장치를 갖추어야 한다.
- (4) 복동 디젤해머에는 측정치를 쉽게 읽을 수 있도록 지표면 가까운 곳에 반발 해머 압력 게이지를 갖추어야 한다.
- (5) 경사 말뚝박기에는 경사말뚝용 해머를 사용하여야 한다.
- (6) 낙하해머, 디젤해머, 유압해머에 의한 항타기에는 해머의 낙하높이를 멀리 떨어진 곳에서도 정확히 읽을 수 있도록 하여야 한다.

2.2.3 해머쿠션(Hammer Cushion)

- (1) 중력해머를 제외한 모든 타격말뚝 타입장비는 해머나 말뚝의 손상방지와 균일한 타입 거동보장을 위하여 적당한 두께의 해머쿠션 재료를 정착하여야 한다.

강재말뚝

- (2) 해머쿠션은 타입하는 동안 균일한 성능을 유지할 수 있는 내구성을 가진 재료로 제작되어야 한다. 단 목재, 와이어로프, 석면해머쿠션을 사용해서는 안 된다.
- (3) 타격용 판은 쿠션재료의 균일한 압축을 보장하기 위하여 해머쿠션 위에 설치하여야 한다.
- (4) 해머쿠션은 말뚝 타입을 시작할 때와 말뚝 타입이 완료된 때 100시간 마다 점검하여야 한다. 또한 해머쿠션은 두께가 25% 이상 감소되기 전에 교체하여야 한다.

2.2.4 SIP(Soil-cement Injected precast Pile)

SIP 말뚝에 사용되는 주요 장비는 크롤러 탑재형 향타기(Crawler mounted pile driver), 어스 오거(Earth auger), 배치 플랜트(Batcher plant), 발전기, 사일로(Silo), 전류계, 고압 모터 펌프, 레벨러(Leveler) 등이며 현장조건에 적합한 용량을 사용하여야 한다.

2.3 제작

- (1) 말뚝의 두부와 선단부 보강, 연결부 제작 및 기타 가공은 원칙적으로 공장에서 제작하여야 한다. 부득이 현장에서 제작할 때에는 공사감독자의 승인을 받아 제작하여야 한다.
- (2) 강재말뚝은 가능한 한 이음이 적어야 하며 이음이 필요한 경우 강재말뚝의 이음부의 위치, 구조 및 이음방법은 설계서에 명시된 바와 같이 하여야 한다.
- (3) 강재말뚝 이음부분의 길이가 3m 이상 되도록 또는 말뚝머리에서 1m 이상 되는 부분에 이음을 할 수 있다. 이음 말뚝은 길이가 긴 부분이 말뚝의 끝단이 되게 타입 하여야 한다. 이음하는 부분의 상세에 대하여는 타입 전에 공사감독자의 승인을 받아야 한다.
- (4) 가공 및 제작하는 말뚝의 형상, 치수 및 사용하는 강재의 재질은 설계도서와 같게 하고 특별한 사항은 해당 설계서의 규정에 따른다.
- (5) 강관말뚝 각 부분의 두께는 강도 계산상 필요한 두께에다 부식에 의한 감소두께를 더한 것으로 결정되는데 최소 9mm 이상으로 한다. 시공 시 말뚝에 생기는 응력에 대해서는 전단면을 유효한 것으로 한다.
- (6) 피복 아크 용접봉 심선재는 KS D 3508, 연강용 피복 아크 용접봉은 KS D 7004의 규정에 적합하거나 동등 이상의 제품이어야 한다.
- (7) 용접봉 케이블은 KS C 3321, 교류 아크 용접기는 KS C 9602, 용접용 홀더는 KS C 9607에 일치하여야 한다.

2.4 품질관리

- (1) H형강에 대한 시험은 KS F 4603에 따른다.
- (2) 강관에 대한 시험은 KS D 3566에 따른다.
- (3) 용접용 재료에 대한 시험은 KS D 3508에 따른다.

3. 시공

3.1 시공조건 확인

말뚝공사는 시험말뚝박기를 실시하여 지지력과 깊이에 대한 결과를 확인하여야 한다.

3.2 시공 준비

3.2.1 사전조사 및 준비작업

KCS 11 50 15 (3.2.1 사전조사 및 준비작업)에 따른다.

3.2.2 기존 지중시설물의 처리

- (1) 말뚝공사를 시작하기 전에 모든 지중시설물의 위치와 깊이를 현장에서 확인하고 지중 시설물의 위치에서 1.0m 이내에서 주의하여 작업하여야 한다.
- (2) 설계도서에 명시되지 않은 사용 중인 지중시설물이 발견되면 즉시 공사감독자와 지중 시설물의 관리청에 통보하여야 하며 적절한 절차에 의해 이설하여야 한다.

3.2.3 장비의 점검 정비

KCS 11 50 15 (3.2.2 장비점검)에 따른다.

3.2.4 이음 및 보강

- (1) 수급인은 말뚝의 이음작업계획서를 작성하여 공사감독자와 협의하여야 한다. 작업 계획서에는 작업장(용접 작업대) 계획, 용접방법, 가치장 계획 등이 포함되어야 한다.
- (2) 말뚝의 이음부분에 대한 작업(모따기, 가이드 및 링 부착 등)은 제작공장에서 할 수 있는 것은 모두 공장에서 제작하여야 한다.
- (3) 말뚝의 두부와 선단부 보강은 계약도면에 명시된 대로 한다. 시험타 결과 보강이 필요하다고 판단될 경우에는 수급인은 시공상세도를 작성하여 공사감독자의 승인을 얻어 보강작업을 하여야 한다.
- (4) 말뚝의 이음작업이나 보강작업은 가능한 육상의 작업대에서 하여야 한다.
- (5) 하부말뚝은 두부손상이 없는 상태에서 이음 시공한다.
- (6) 용접에 관한 기타사항은 KCS 64 40 80 (3.3 용접)에 따른다.

3.2.5 운반 및 보관

- (1) 말뚝을 운반하고 보관할 때에는 도장면, H형 말뚝의 플랜지 끝부분, 강재말뚝의 이음부 등이 손상되지 않도록 하고 큰 처짐이나 변형이 생기지 않도록 취급하여야 한다.
- (2) 말뚝을 수평방향으로 들어 올리거나 운반할 경우에는 2점 달기를 하여야 한다.
- (3) 말뚝을 현장에 반입하여 작업대에서 이음작업을 하여 소정의 규격에 맞는 말뚝으로

제작하였을 때는 장대형 말뚝이 되므로 취급상 여러 가지 주의사항이 필요하게 된다. 따라서 적치장(보관장소)에서 항타선(항타장소)까지의 운반방법에 대하여는 공사감독자와 협의하여 결정하여야 한다.

- (4) 말뚝의 보관장소는 배수가 잘되고 말뚝의 무게에 의해 침하가 발생하지 않는 견고한 지반이어야 하며 평탄한 곳이어야 한다. 또 말뚝의 조작, 반출, 소운반, 보수 등의 작업을 하기에 충분한 넓이를 확보할 수 있어야 한다.
- (5) 말뚝을 보관하기 위하여 쌓아 놓을 때는 받침목 및 받침대를 최대 5m 이내의 간격으로 배치하여 요동에 의해 말뚝에 충격을 주지 않도록 하여야 하며 쌓기 높이는 3단 이하 또는 2m 이하로 하여야 한다. 또 말뚝을 유형별, 종류별, 규격별로 분류 정리하여 반출하기 편리하게 쌓아 놓아야 한다.
- (6) 적치기간이 장기간일 때는 말뚝을 방수포(防水布) 등으로 덮어서 비나 눈에 영향을 받지 않도록 보호하여야 한다.
- (7) 말뚝은 지면에 닿지 않게 하고 60일 이상 저장 시 부식방지책을 강구하되 특히 현장 용접을 하는 부분은 비, 바람을 맞지 않도록 한다.
- (8) 현장용접을 하는 개선부분은 녹방지 조치를 취한다.

3.3 말뚝의 종류와 길이

- (1) 설계도서에 명시된 대로 필요한 지지력이 될 때까지 말뚝을 박아야 한다. 말뚝의 지지력은 시험말뚝 박기와 각 말뚝의 지지력 산출 및 재하시험에 의하여 확인하여야 한다.
- (2) 말뚝의 길이는 설계도서에 명시된 지지력과 깊이를 얻고 확대기초에 매입되는데 충분하여야 한다.

3.4 기준틀

- (1) 기준틀용 H형 말뚝을 관측된 계획법선과 일치되도록 박고 가이드빔을 설치한 후 가이드빔에 붙여 말뚝을 세우고 박는다.
- (2) 기준틀은 해당 설계서에서 표시하고 있는 바와 같이 시공하고 수시로 검수가 가능하도록 한다. 기준틀은 10m 단위로 2개조를 시설하고 10m 단위로 이설한다.

3.5 시험말뚝 박기

- (1) 이 기준에서 정하는 사항을 제외하고는 시험말뚝 박기에 관한 사항은 KCS 11 50 15 (3.1.5 시험말뚝 및 3.3 시험말뚝)에 따른다.
- (2) 시험말뚝 박기에 사용되는 기자재는 본 공사에 사용되는 것과 동일한 것으로서 소정의 계획 위치에 공사감독자 입회하에 시험말뚝 박기를 시행한다.
- (3) 시험말뚝 박기에 관련된 아래 내용을 조사 측정하고 기록한다.
 - ① 단위당 관입량

- ② 총 관입 깊이
- ③ 박은 날짜 시간
- ④ 시공 정밀도
- ⑤ 말뚝의 변형 및 기울기
- ⑥ 심도별 타격회수
- ⑦ 리바운드량
- ⑧ 장비명세
- ⑨ 쿠션재
- ⑩ 시공소요시간
- ⑪ 램의 중량, 낙하 높이 및 타격에너지
- ⑫ 유압 해머 사용 시 유압펌프 규격 및 타격에너지

3.6 준비, 세우기와 박기

3.6.1 말뚝박기 준비

- (1) 강재말뚝을 박기 전에 들기 위한 구멍 뚫기와 박히는 길이는 1m 간격으로 표시하고 노출 부분에는 0.5m 간격으로 눈금표시를 하여야 하며 필요 정도에 따라 공사감독자와 협의하여 눈금매기기를 하여야 한다.
- (2) 말뚝의 위치를 확인할 수 있는 기준점을 측량 설치하여야 한다.
- (3) 작업방법을 고려하여 공사구역을 설정하고 부표 등으로 구역을 표시하여야 한다.
- (4) 말뚝박기 작업을 시작하기 전에 수심현황, 해저 토질 등의 확인 조사를 하여야 한다. 보링자료 등 자료가 부족할 때에는 공사감독자와 협의하여 보충조사를 실시하여야 한다.

3.6.2 사전천공

- (1) 1.5m 이상의 다져진 흙쌓기부에 말뚝을 박을 때는 사전천공(Pre-boring)을 할 수 있다.
- (2) 사전천공은 말뚝 선단으로부터 1.5m 높은 지점에서 중단하여야 한다.

3.6.3 말뚝세우기

- (1) 말뚝박기 순서는 공정, 지반조건, 수심 및 조류현황, 말뚝형상 및 배치, 시공방법과 시공장비, 주변사항 등을 종합적으로 고려하여 정하여야 한다. 말뚝의 배치평면도에 각 말뚝에 고유번호를 부여하고(이 번호는 항타기록 작성 시에도 사용한다) 그 번호를 이용하여 말뚝박기 순서를 표기하여 공사감독자에게 제출하여야 한다.
- (2) 시공장비는 말뚝이 소정의 위치에 정확하게 설치될 수 있도록 정확한 위치와 견고한 지반 위에 설치하여야 한다. 해상시공의 경우 육상기준점과 측량대의 기준점에서 트랜싯으로 시준하여 항타선을 소정의 위치로 정확하게 유도하여야 한다. 또는 DGPS (Differential Global Positioning System)기에 의하여 위치 확인을 할 수도 있다.

- (3) 미리 표시해 둔 위치에 와이어를 걸어 들어 올린 다음 리더에 붙여서 고정하고 말뚝이 요동하지 않도록 홀더를 채운다.
- (4) 말뚝 인양 시 리더와 와이어의 각도는 30도 이하로 유지하여야 하며 인양 중 향타기를 선회해서는 안 된다. 특히 말뚝을 매단 상태에서 주행은 하지 않아야 한다.
- (5) 연직말뚝 세우기는 직각 방향인 2개의 기준점에서 트랜싯을 이용하여 소정의 위치로 말뚝(향타선)을 유도한 다음 말뚝을 연직이 되도록 조정하고 말뚝을 바닥에 내린 후 직교하는 2방향에 대하여 위치와 각도를 확인한 다음 예비 향타를 하여 말뚝을 안정시킨다.
- (6) 경사말뚝 세우기는 경사틀(Template)을 이용하거나 향타선의 경사계, 또는 2대의 트랜싯을 이용하여 도면에 표시된 경사를 맞추어 연직말뚝을 세울 때와 같은 방법으로 소정의 위치에 말뚝을 세운다. 수심이 깊을 경우 말뚝의 자중으로 인한 휨 때문에 경사 각도나 위치가 틀려지기 쉬우므로 말뚝홀더(Holder)를 수중 깊숙이 하여야 한다. 또 해저 지반면이 말뚝의 경사와 같은 방향으로 경사져 있을 때는 지반면에 따라 말뚝 끝이 미끄러질 우려가 있으므로 이런 경우에는 해저지반을 먼저 평탄하게 고르고 세우기 작업을 하여야 한다.

3.6.4 말뚝박기

- (1) 말뚝은 설계도서에 표시된 대로 정확한 간격과 위치가 유지되도록 하여 설계 도면에 명시된 깊이까지 연속으로 박아야 한다.
- (2) 말뚝 선단이 규정된 깊이까지 도달되기 전에 말뚝박기가 불가능한 경우에는 신속하게 공사감독자에게 보고하여 협의한 후 적절한 조치를 취하여야 한다.
- (3) 지지력 측정값이 설계 도서에 제시된 지지력에 도달하지 않은 경우에는 신속하게 공사 감독자에게 보고하여 적절한 조치를 취하여야 한다.
- (4) 필요한 경우에는 과대한 휨응력이나 허용오차를 벗어난 말뚝머리 이동을 방지할 수 있도록 설치된 개별말뚝에 적절한 횡방향 지지를 해 두어야 한다.
- (5) 타격 캡과 지주를 결합해서 박기작업 중에 해머와 말뚝이 동심축(同心軸)을 유지하게 하여야 한다.
- (6) 박기 저항력이 급격히 감소할 경우에는 말뚝이 파손 되었는지 아니면 지반상태에 의한 것인지 조사하여야 한다.
- (7) 1개의 말뚝박기는 도중에 정지함이 없이 연속해서 박아야 한다. 다만 장비의 고장, 작업시간의 제한, 기타 원인에 의해 연속 타입이 어려울 경우에는 정지 후 재타입이 불가능하게 되는 깊이 조사와 해머용량 등을 결정하여야 한다. 또한 기계설비의 보수를 신속히 할 수 있도록 미리 부품 등을 준비해 두어야 한다.
- (8) 인접한 말뚝을 박는 동안 또는 기타 이유로 5mm 이상 솟아오른 말뚝은 당초의 선단 표고까지 다시 타격하여야 한다.
- (9) 말뚝은 설계도서에 명시된 높이에서 절단하여야 하며 절단할 때 손상을 입은 말뚝은 보수하여야 한다.

- (10) 내부결함, 정 위치에서 벗어난 말뚝 및 설계도서에 나타난 목표 높이에 미달되는 말뚝이 발생한 경우에는 말뚝을 교체 또는 추가 말뚝박기 등 현장조건에 맞는 방법을 검토한 후 교정하여야 한다.
- (11) 강관말뚝을 소요깊이까지 박은 후 내부를 비출 수 있는 적절한 조명장치로 내부검사를 하여야 한다. 검사결과 강도를 저하시킬 만한 변형이 발견되면 수급인의 부담으로 이를 교체하여야 한다.
- (12) 손상된 강관말뚝은 제거하고 새로운 것으로 재시공하여야 한다. 손상된 말뚝을 제거할 수 없는 경우에는 대체품을 공급하여 설치해야 하며 이때 손상된 강관말뚝은 구조물 아래로 1.0m 까지 절단하고 강관 내에는 승인된 재료로 채우고 주변구멍은 되메우기를 하여 잘 다져야 한다.
- (13) 확대기초의 계획 면에서 말뚝박기는 주위 말뚝을 박기 전에 안쪽의 말뚝을 먼저 박아야 한다.
- (14) 말뚝박기로 인해 지반이 솟아올랐거나 침하된 지반면은 기초 콘크리트 타설 전에 계획고에 맞추어 정리하여야 한다.
- (15) 말뚝박기 작업 도중 좌굴(長柱座屈 또는 局部座屈)이나 형상의 변형(파손 등)이 발생할 경우 즉시 공사감독자에게 보고하고 그 대책을 협의하여야 한다. 말뚝을 복원하거나 보강대책이 없을 경우에는 새 것으로 교체하여야 한다. 교체가 불가능할 경우에는 전문기술자로 하여금 구조변경 등 대책을 수립토록 하여 공사감독자에게 보고하고 승인을 얻어 시행하여야 한다.

3.6.5 말뚝 절단

- (1) 말뚝은 설계도서에 표시된 높이에서 축방향과 직각으로 절단하여야 하며 절단 시 손상된 부분은 깨끗이 정리하여야 한다. 이때 절단방법과 머리부분 보강은 설계도서의 규정에 따라야 한다.
- (2) 말뚝머리는 설계도서에서 지시한 깊이까지 기초 콘크리트 속에 매입하도록 하여야 한다.
- (3) 독립된 말뚝은 수평 저항력이 약하다. 따라서 강우, 바람, 파랑, 조류 등 기상 및 해상조건이 나쁠 때는 작업이 위험하고 작업선의 충돌 등으로 말뚝의 변위를 일으킬 염려가 있으므로 이러한 경우에는 절단작업을 하여서는 안 된다. 단 날씨 등에 대한 영향을 받지 않도록 충분한 보호시설을 하였을 경우에는 공사감독자의 승인을 받은 후 시행할 수 있다.
- (4) 현장에서 박고 있는 말뚝의 지지층이 얇아져 말뚝을 절단해야 하는 경우 절단방법에 대하여 공사감독자와 협의하여야 한다.

3.6.6 말뚝 이음

말뚝박기는 가능한 긴 말뚝을 사용하여 한꺼번에 소요깊이까지 박아야 하며 부득이한 경우에는 설계도서 및 다음 사항을 준수하여 말뚝이음을 하여야 한다.

강재말뚝

- (1) 말뚝을 부득이하게 이어박아야 하는 경우 공장에서 제작한 이음부 자재를 운반하여 현장에서 육상 용접 이음을 하여야 하며 한다. 부득이 해상 용접을 할 경우 이음부 재료의 품질은 강재말뚝 본체와 동등한 것을 사용하여야 하며 공사착수 전에 공사감독자와 협의하여 승인을 받아야 한다. 이음부의 용접방법 및 검사방법은 공사감독자와 협의하여야 한다.
- (2) 현장에서 박고 있는 말뚝의 지지층이 예상보다 깊어져 부득이 이어박기를 하여야 할 경우 이어박기 방법에 대하여 공사감독자와 협의하여야 한다.
- (3) 강관말뚝의 현장이음은 용접한 부위가 1.5mm 이상 불룩한 곳은 갈아내어야 한다.
- (4) 강관말뚝은 콘크리트를 타설 전에 이음을 해야 한다.
- (5) 강관말뚝 이음부의 허용오차는 KS F 4602에 따른다.
- (6) 이음은 반자동 용접 이상의 방법으로 하고 용접이 완료된 후 공사감독자가 임의로 지정한 이음부에 대해 KS B 0896에 따라 초음파 탐상시험 또는 KS D 0272에 따라 방사선 투과시험을 실시하여 품질시험 성과표를 공사감독자에게 제출하여 검사 및 확인을 받은 후 재항타 작업을 하여야 한다.
- (7) 말뚝의 이음은 설계서에 표시된 형상 및 치수대로 용접되어야 하며 이음부의 성능 및 재질은 말뚝 본체의 재질 이상이어야 한다.
- (8) 이음작업으로 인해 항타작업을 정지한 후 재타입이 불가능할 경우 타입 깊이에 대한 검토 해머 질량의 조정 등 즉시 대책을 강구하여 공사감독자와 협의하여야 한다.

3.6.7 말뚝박기 종료

- (1) 말뚝의 근입깊이는 설계도서에 명기된 값을 참고하되 시험말뚝의 결과를 이용하여야 한다.
- (2) 타격횟수 및 타입종료 관입량
 - ① 1개의 말뚝항타에 필요한 타격횟수는 다음 표를 기준으로 한다.

표 3.6-1 타격횟수

말 뚝 종 류	RC 말뚝	PSC 말뚝	강 말 뚝
제한 총 타격횟수	1,000 이하	2,000 이하	3,000 이하
최후 10m 부분의 제한 타격횟수	500 이하	800 이하	1,500 이하

- ② 타입 종료 시의 1회 타격당의 관입량은 타격에너지-최종관입량-동적지지력 관계를 검토하여 결정하되 2~10mm 범위에 들도록 타격에너지를 관리해야 한다.
- ③ 지지력이 충분하다고 판단할 경우나 마찰말뚝인 경우는 최종 관입량에 구애받지 않아도 좋다.

- (3) 항타공식에 의한 동적지지력(공식)의 계산은 재하시험에 의한 지지력과는 근본적으로 다르므로 본 말뚝항타 시 지지력 추정을 위한 보조수단으로만 사용하여야 하며 이 경우 해당 현장에 맞게 수정하여 사용한다.
- (4) 목표 깊이까지 도달해도 지지층에 기록이 있어 설계지지력이 얻어지지 않거나 목표 깊이에 도달하기 전에 박기가 곤란하게 되는 경우에는 설계조건 및 시공조건을 검토하여 필요한 대책을 강구하여야 한다.

3.7 매입말뚝

3.7.1 사전굴착 후 최종경타공법(프리보링 타격공법)

- (1) 현장조건에 맞는 심도까지 천공장비를 사용하여 굴착한다. 이때 굴착공의 지름은 말뚝지름보다 100 mm 이상이어야 하며 최대 굴착공 지름은 설계서에 따른다.
- (2) 말뚝을 급하게 침설하거나 낙하시키면 말뚝이 경사질 우려가 있으므로 샤클(Shackle)을 이용하여 굴착공 중심에서 연직방향으로 말뚝을 천천히 침설해야 한다.
- (3) 공저에 안치된 말뚝은 KCS 64 40 90 (3.4)과 동일한 방법으로 동재하시험을 실시하여 말뚝의 지내력을 파악해야 한다.
- (4) 말뚝을 박은 후 생기는 말뚝 주변 공간은 말뚝의 수평저항력과 주면마찰력을 확보하기 위하여 표준일축압축강도 490 kPa 이상을 확보할 수 있는 물-결합재비의 주면고정액으로 충전해야 한다. 만약 이 액이 지반 속으로 스며들어 주면고정액의 상면이 침강하면 지속적으로 보충해야 한다.
- (5) 주면고정액과 선단근고액의 시편제원은 지름 50 mm, 높이 250~300 mm의 원주형이어야 한다. 이 시편 하단에서 100 mm 를 제거한 높이 100 mm를 이용하여 표준일축 압축강도를 측정해야 한다.

3.7.2 내부굴착 후 최종경타공법

[DRA(Double Rod Augur), PRD(Percussion Rotary Drill) 공법 등]

- (1) 공벽안정액(벤토나이트)을 사용하여도 지하수에 의해 굴착공이 함몰되거나 인접지역에 주요한 구조물이 있어 지반변형을 억제하고자 할 경우 케이싱을 사용하는 DRA공법을 적용할 수 있다.
- (2) 지하수에 의해 굴착공이 함몰되거나 지반변형을 억제하고자 할 경우에는 말뚝 본체를 케이싱으로 이용하여 내부굴착을 통해 시공하는 PRD공법을 적용할 수 있다.
- (3) (1), (2)의 조건에서 지름 100~150 mm 이내의 자갈이 지반에 존재할 경우에는 오거를 사용하고 그 이상일 경우에는 프리쿠션커트를 사용해야 한다.
- (4) 말뚝을 박은 후 생기는 말뚝 주변 공간 충전은 3.7.1 (4)항과 같이 실시한다.
- (5) 말뚝선단처리방법은 항타말뚝과 같이 실시한다.
- (6) 주면고정액의 강도시험은 3.7.1항에 준하여 실시해야 한다.

3.7.3 제트 그라우팅에 의한 선단확근공법

[SIG(Super Injection Grouting), RJP(Rodin Jet Pile) 공법 등]

- (1) 취약지반(석회암 공동, 석탄질층, 연약지반, 자갈층 등)위에 말뚝을 안치시킬 때 사용한다.
- (2) 항타말뚝이나 매입말뚝으로 설계도서에 언급된 길이만큼 설치한다. 이때 매입말뚝은 항타를 하지 않기 때문에 말뚝선단보강밴드를 부착하지 않는다.
- (3) 말뚝내부로 선천공하여 설계도서에 언급된 깊이만큼을 그라우팅하고 말뚝선단을 폐색시키기 위하여 말뚝 안쪽지름의 4배 이상을 그라우팅을 실시해야 한다.
- (4) 설계도서에 언급된 그라우팅 확산범위는 시추로 확인해야 한다. 만약 설계도서에 언급된 그라우팅 확산범위에서 시멘트밀크 고결체가 확인이 되지 않을 경우에는 전문 기술자의 자문을 득하여 보강대책을 마련해야 한다.
- (5) 말뚝선단처리방식은 충분한 양생기간을 가진 말뚝에 대하여 동재하시험 또는 정재하시험에 의하거나 아니면 시추조사에 의한 일축압축강도를 조사해야 한다. 확인 시추공은 주입액으로 충전해야 한다.
- (6) 일축압축시험에 사용한 시추 코어는 크기와 형상에 대한 보정을 실시하여 현장품질관리를 해야 한다.
- (7) 주면고정액의 강도시험은 3.7.1항에 준하여 실시해야 한다.

3.7.4 시멘트밀크공법 [SIP(Soil-cement Injected Precast pile) 공법]

- (1) 주요장비는 오거천공장비, 시멘트밀크 믹스플랜트, 그라우팅 펌프, 잔토처리용 셔블(Shovel)이나 백호우 등이며 현장여건에 적합한 용량을 사용해야 한다.
- (2) 굴착공의 지름은 말뚝지름보다 100mm 이상 이어야 한다.
- (3) 스크류 오거 굴착에 의한 공벽유지가 되지 않을 경우에는 공벽안정액(벤토나이트)을 사용해야 한다.
- (4) 믹스플랜트는 오거 굴착 시 공벽안정액, 주면고정액, 선단근고액을 각각 혼합할 수 있어야 한다.
- (5) 선단근고액은 물-결합재비가 70 %, 주면고정액은 표준일축압축강도가 490 kPa 이상 이어야 한다. 그리고 공사감독자의 승인에 의해 오거 굴착 시 공벽안정액은 주면고정액과 동일하게 사용할 수 있다.
- (6) 지지층의 굴착 깊이는 1.5 m 이상을 표준으로 하고, 지지층 속의 말뚝 근입깊이는 1.0m 이상이어야 한다.
- (7) 오거헤드의 분사압력은 980 kPa 이상이어야 한다.
- (8) 선단근고액은 공저에서 4 d(d:말뚝안쪽지름)+1 m을 주입하고 주면고정액은 기초저면까지 주입한다. 그리고 말뚝 침설 후 주면고정액의 상면 변화를 관찰하여 액면이 침강하면 유지될 때까지 보충해야 한다.

- (9) 굴착공 공저의 슬라임의 두께는 500mm 이내 이어야 한다. 이 이상일 경우에는 재굴착하여 선단근고액을 재주입해야 한다.
- (10) 말뚝을 급하게 침설하거나 낙하시키면 말뚝이 경사질 뿐만 아니라 심한 수류를 일으켜 공벽손상이나 주입액이 교반되기 때문에 샤프를 이용하여 말뚝을 천천히 침설해야 한다. 이때 말뚝의 관입깊이를 측정해야 한다.
- (11) 말뚝의 자중만으로 소정의 심도까지 침설할 수 없을 때에는 말뚝 침설보조 수단인 압입법과 경타법을 사용한다. 압입법은 오거굴착장비의 자중을 이용하며 경타는 두께 100mm 이상의 말뚝쿠션재(합판)를 사용해야 한다. 그리고 경타는 여러 가지 해머를 이용하여도 되나 일반적으로 낙하해머를 사용하여 해머높이 500mm 이하에서 실시한다.
- (12) 아랫말뚝의 말뚝머리를 지상으로 약 1.5m 도출시킨 상태에서 윗말뚝을 가설하고 말뚝이음부를 용접한다.
- (13) 시공 시 말뚝재하시험을 할 수 없기 때문에 양질의 지지층에 말뚝을 안치하는 것이 매우 중요하다. 따라서 시험시공 시 지질주상도, 자동기록용 전류계의 전류값 또는 자동기록용 RPM 값, 배토를 종합적으로 검토하여 오거굴착관리기준 즉 공벽안정액 사용여부, 오거굴착깊이, 말뚝관입깊이, 지지층의 전류값 또는 RPM 값 등을 마련하여 본 말뚝을 시공해야 한다.
- (14) 말뚝의 지내력 확인은 충분한 양생기간을 가진 말뚝에 대하여 동재하시험 또는 정재하시험에 의하거나 아니면 시추조사에 의한 일축압축강도로 확인해야 한다. 확인 시추공은 선단근고액으로 충전해야 한다.
- (15) 주면고정액의 강도시험은 3.7.1항에 준하여 실시해야 한다.
- (16) 모든 말뚝은 스크류오거의 굴착심도, 슬라임량, 최종심도, 오거상하작동 회수와 길이, 경타 시 타격수와 해머 낙하높이, 시공소요시간, 지지층부근에서 전류계(또는 RPM) 눈금, 굴착액 주입량, 근고액주입량 등이 포함된 시공기록지를 남겨 놓아야 한다.

3.8 말뚝머리 마감

강관말뚝을 끊어서 가지런하게 할 때는 될 수 있는 대로 평활하게 절단하고 철근이나 강판을 부착할 때에는 확실하게 시공하여야 한다.

3.9 손상된 말뚝

- (1) 말뚝시공에 사용하는 공법이 말뚝머리 또는 선단부를 부수거나 찢개는 등 기타 변형을 일으키는 과도하고 불필요한 힘을 발휘하는 것이어서는 안 된다.
- (2) 말뚝의 위치 교정을 위해 과도한 힘을 가한다고 공사감독자가 판단할 때에는 즉시 교정작업을 중단하여야 한다.
- (3) 말뚝내부의 결함이나 부적절한 박기방법으로 인해 손상된 말뚝과 설계도서에 표시된 위치를 이탈한 말뚝에 대한 수정방안에 대해서는 전문기술자의 의견을 첨부하여 공사감독자의 확인을 받은 후 수정하여야 한다.

3.10 도장

지표면이나 수면위로 노출되는 강재말뚝의 표면은 설계도서에서 제시하는 방법으로 방식 처리하여 부식을 막아야 한다. 이때의 도장범위는 저수위나 지표면의 1m 아래쪽에서부터 노출되는 상부까지 하여야 한다.

3.11 말뚝박기 기록

- (1) 말뚝박기는 반드시 공사감독자의 입회하에 시행하여야 한다. 작업 전에 그날의 작업 위치 및 시공계획서를 공사감독자에게 제출하여 승인을 받아야 한다.
- (2) 항타기의 기종 선정은 토질조건, 말뚝규격 및 주변여건 등을 고려하여 공사감독자와 협의 결정하여야 한다.
- (3) 각종기록 및 데이터는 매 작업마다 작성하여 기록은 공사감독자에게 제출 보관하여야 한다. 말뚝의 시공기록은 발주자가 정해진 서식에 따라 작성하여야 한다.
- (4) 항타기의 선정과 항타기록 양식은 공사감독자의 승인을 받아야 한다. 말뚝의 항타 기록은 전체 길이에 대해 0.5m, 지지층 부근에서는 0.1m 마다하여야 하며 말뚝박기 중 나타난 이상조건 등을 기재하여야 한다.
- (5) 진동식 및 유압식 항타기를 사용할 경우 주요 관측 항목은 다음 내용과 같다.
 - ① 말뚝의 총 관입량
 - ② 말뚝의 총 타격회수
 - ③ 최종 관입부근의 리바운드량 및 최종관입량
 - ④ 최종 관입부근의 램 낙하고 또는 타격 에너지
- (6) 항타기록은 지지력의 검산, 구조상의 문제점에 대한 대책수립 등 다각도로 이용되므로 정확하게 기록하고 기록을 잘 보관 관리하여야 한다.

3.12 검사와 허용오차

- (1) 말뚝이 소정의 위치, 방향, 높이, 기울기 및 법선 등에 대하여 설계도서에서 규정하고 있는 대로 시공되었는지를 확인하여야 한다.
- (2) 검사결과 불합격으로 판정될 경우 수급인 부담으로 재시공 또는 보완 후에 재검사를 요청하여 승인을 받아야 한다.
- (3) 허용오차
 - ① 말뚝의 연직도나 경사도는 1/75 이내이어야 한다.
 - ② 말뚝타입 후 평면상의 위치가 설계서에서 제시한 위치로부터 100mm와 D/4(D : 말뚝 직경)중 큰 값 이상으로 벗어나지 않아야 한다.
 - ③ 말뚝머리 기준고에 대한 허용오차는 $\pm 50\text{mm}$ 이다.
- (4) 지지력의 계산 및 재하시험으로 지지력을 확인하여야 한다. 시험말뚝박기 및 재하시험은 KCS 64 40 90 말뚝재하시험의 해당 규정에 따른다.

표준시방서
KCS 64 40 10 : 2018

강재말뚝

2018년 4월 17일 발행

(관련단체)

한국항만협회

07271 서울시 영등포구 양산로 53(양평동 3가)

월드메르디앙 비즈센터 707호

☎ 02-2165-0090 E-mail : kpha@koreaports.or.kr

<http://www.koreaports.or.kr>

해양수산부

30110 세종특별자치시 다솜2로 94 (어진동)

정부세종청사 5동 항만기술안전과

☎ 044-200-5951

<http://www.mof.go.kr>