

EXCS 11 50 16 : 2021

# 기성말뚝 (부대시설편)

2021년 8월 5일 제정  
<http://www.kcsc.re.kr>

## 고속도로공사 전문시방서 제·개정에 따른 경과 조치

「고속도로공사 전문시방서(EXCS ; Expressway Construction Specification)」는 국가건설기준(KCS ; Korea Construction Specification)를 기본으로 하여 고속도로 시공에 관련된 공종을 대상으로 작성한 종합적인 시방기준으로서, 단위공사 설계시 해당 공사의 특성과 여건 등에 맞게 「공사시방서」를 작성하는데 활용하기 위한 「전문시방서」(Guide Specification)이므로 관계법상 구속력과 계약도서로서의 효력이 없습니다.

이 시방기준 발간 시점에 이미 시행 중인 설계용역이나 건설공사는 발주기관의 장이 필요하다고 인정하는 경우 종전에 적용하고 있는 기준을 그대로 사용할 수 있으며, 이 시방기준으로 공사시방서 작성 시 도로교통연구원 홈페이지 및 국가건설기준센터 홈페이지에 등재된 최신 시방기준을 반드시 확인 후 작성하시기 바랍니다.

- ※ 도로교통연구원 홈페이지 : <http://www.ex.co.kr/research/>
- 국가건설기준센터 홈페이지 : <http://www.kcsc.re.kr/>

# 건설기준 연혁

- 이 시방기준은 건설기준 코드체계 전환에 따라 기존 고속도로공사 전문시방서와 건설기준(표준시방서) 간 중복·상충을 비교 검토하여 코드로 통합 정비하였다.
- 이 기준은 기존의 고속도로공사 전문시방서를 중심으로 KCS 11 50 15 등의 해당하는 부분을 통합 정비하여 기준으로 제정한 것으로 제·개정 연혁은 다음과 같다.

건설기준	주요내용	제정 또는 개정 (년.월)
고속도로공사 전문시방서(부대시설편)	• 고속도로공사 전문시방서 부대시설편을 제정	제정 (2002.2)
고속도로공사 전문시방서(부대시설편)	• 시대적 흐름을 반영하고 건설기술 발전에 이바지함으로써 '신뢰받는 국민기업 실현'을 달성하기 위하여 개정함	개정 (2005.12)
EXCS 11 50 16 :2021	• 건설기준 코드체계 전환에 따라 코드화로 통합 정비함	제정 (2021.8)

제 정 : 2021년 8월 5일

심 의 : 중앙건설기술심의위원회

소관부서 : 국토교통부 도로정책과

관련단체 : 한국도로공사

개 정 : 년 월 일

자문검토 : 국가건설기준센터 건설기준위원회

작성기관 : 한국도로공사

---

---

## 목 차

---

---

1. 일반사항 .....	1
1.1 적용 범위 .....	1
1.2 참고 기준 .....	1
1.3 용어의 정의 .....	1
1.4 제출물 .....	1
1.4.1 시공상세도면 .....	1
1.4.2 제품자료 .....	1
1.4.3 시공계획서 .....	1
1.4.4 시험보고서 .....	2
1.4.5 시향타보고서 .....	2
1.4.6 향타기록서류 .....	2
1.4.7 설계변경 .....	3
1.5 품질보증 .....	3
1.5.1 용접공의 자격 .....	3
1.6 운반, 보관 및 취급 .....	3
1.6.1 콘크리트 말뚝 .....	3
1.6.2 강관말뚝 .....	4
1.7 환경조건 .....	4
1.7.1 용접 환경조건 .....	4
1.7.2 말뚝 선굴착공법의 환경조건 .....	4
2. 자재 .....	4
2.1 시멘트 페이스트 .....	4
2.2 말뚝 .....	5
2.2.1 콘크리트 말뚝 .....	5
2.2.2 강관말뚝 .....	6
2.3 향타장비 .....	6
2.3.1 일반사항 .....	6
2.3.2 콘크리트말뚝 향타장비 .....	7

2.3.3 강관말뚝 항타장비 .....	6
2.3.4 말뚝 선굴착공법 천공장비 .....	6
3. 시공 .....	7
3.1 시공조건의 확인 .....	7
3.2 작업준비 .....	7
3.3 말뚝 세우기 .....	7
3.4 시항타 .....	7
3.5 말뚝의 분항타 .....	8
3.6 최종 관입량 .....	8
3.7 이음 말뚝 .....	9
3.7.1 현장 용접이음 .....	9
3.7.2 현장용접 이음부 검사 .....	10
3.7.3 용접보수 및 재검사 .....	10
3.8 말뚝박기 허용오차 및 보강 .....	11
3.8.1 설계위치에서 벗어난 경우 .....	11
3.8.2 수직으로 시공되지 않은 경우 .....	11
3.8.3 항타 중 말뚝이 중과될 경우 .....	11
3.9 말뚝머리의 처리 .....	11
3.9.1 콘크리트 말뚝 .....	11
3.9.2 강관말뚝 .....	12
3.10 재하시험 .....	12
3.10.1 시항타 말뚝 재하시험 .....	13
3.10.2 분항타 말뚝 재하시험 .....	13
3.10.3 천공·시멘트 페이스트 주입 후 항타공법 또는 천공·시멘트 페이스트 주입 후 경타공법인 경우 .....	13
3.11 말뚝 선굴착 공법 .....	13
3.11.1 천공 후 직항타공법 .....	13
3.11.2 천공·시멘트 페이스트 주입 후 최종 항타공법 .....	13
3.11.3 천공·시멘트 페이스트 주입 후 경타공법 .....	14

## 1. 일반사항

### 1.1 적용 범위

- (1) 기성말뚝의 적용 범위는 천공 후 기성말뚝을 타입하는 선굴착 말뚝기초공법에 대하여 규정하며, 천공 및 말뚝타입방법에 따라 천공 후 직항타공법, 천공·시멘트 페이스트 주입 후 최종 항타 및 천공·시멘트 페이스트 주입 후 경타공법으로 분류하여 적용한다.

### 1.2 참고 기준

- (1) 기성말뚝의 참고 기준은 KCS 11 50 15 (1.2.2)을 따르되 아래의 사항을 추가하여 적용한다.  
 (2) EXCS 14 20 00 콘크리트공사  
 (3) EXCS 21 50 06 거푸집 및 동바리공사 일반사항(부대시설편)  
 (4) EXCS 14 31 05 강구조공사 일반사항  
 (5) EXCS 14 31 10 제작  
 (6) KS F 2445 말뚝의 압축 정재하 시험방법  
 (7) KS F 4301 원심력 철근 콘크리트 말뚝  
 (8) KS F 4303 프리텐션 방식 원심력 PC 말뚝  
 (9) KS F 7001 원심력 콘크리트 말뚝의 시공 표준  
 (10) KS L 5201 포틀랜드 시멘트

### 1.3 용어의 정의

내용 없음

### 1.4 제출물

- (1) 다음 사항은 EXCS 10 10 10에 따라 제출한다.

#### 1.4.1 시공상세도면

- (1) 말뚝배치도  
 ① 건물별 또는 토목구조물별로 전체말뚝에 대한 일련번호와 시항타 위치를 표시하여야 한다.  
 (2) 최종 관입량 산정근거

#### 1.4.2 제품자료

- (1) 말뚝의 종류별 제조업자의 제품자료

#### 1.4.3 시공계획서

- (1) 다음 사항이 포함되어야 한다.  
 ① 말뚝시공계획  
 가. 항타장비의 제원과 수량, 항타일정 계획, 말뚝머리 손상방지계획, 말뚝머리의 처리계획, 항타에 대한 환경대책, 관련 전문기술자가 작성한 재하시험방법을 포함한다.  
 나. 장비운용 바닥에서 지내력시험을 실시하고 장비의 주행성능과 전도안정성을 검토 및 확인하여야 한다. 필요시 잡석치환 등 대책을 공사감독자에게 보고하고 설계변경을

요청한다.

다. 말뚝잇기공법은 설계 도서에 따르되, 설계도서에 미기재시 공사감독자에게 보고하고 용접이음, 기계식(볼트식 등) 이음 등 공법 계획을 포함하여야 한다.

② 말뚝이음부 시험계획

가. 말뚝 잇기를 용접식으로 하는 경우에 한하여 말뚝이음부 비파괴시험계획을 관련 전문 기술자가 작성하여야 한다.

나. 말뚝 잇기를 기계식으로 하는 경우는 토크 시험 등 별도의 시험계획을 작성하여야 한다.

③ 말뚝이음부 비파괴시험계획

가. 말뚝 잇기를 하는 경우에 한하며, 관련 전문기술자가 작성하여야 한다.

④ 말뚝 반입 및 적재계획

**1.4.4 시험보고서**

(1) 공장시험보고서

① 자재 선정전에 말뚝제조공장에서 공사감독자 입회하에 말뚝제작상태를 조사하며, 말뚝 1본을 선정하여 휨강도 시험을 하고 그 결과를 제출한다.

(2) 용접부 비파괴 검사결과

① 강관말뚝, 고강도 콘크리트 말뚝의 현장이음부분 용접부 비파괴 검사기록을 시험실시 후 2일 이내에 제출한다.

(3) 재하시험보고서

① 재하시험 실시 후 2일 이내에 제출한다.

**1.4.5 시향타보고서**

(1) 시향타말뚝에 대해 다음사항이 포함된 시향타보고서를 작성하여 비치하고 해당 건물의 시향타 완료 후 2일 이내에 그 사본을 1부 제출한다.

- ① 향타장비의 타격력
- ② 향타장비의 타격효율
- ③ 말뚝 머리의 보호를 위한 쿠션재의 적합성
- ④ 향타 시 말뚝지지력 및 설계하중의 적합성
- ⑤ 최종관입량 산정결과 및 관리기준
- ⑥ 말뚝 관입깊이 단면도
- ⑦ 시향타 위치표시
- ⑧ 지반조건 확인
- ⑨ 시향타 사진

**1.4.6 향타기록서류**

(1) 시공한 말뚝(보완 시공한 말뚝 포함)에 대해 건물별 또는 토목구조물별로 아래 사항을 명기한 향타기록부를 작성하여 비치하고, 해당 말뚝공사 완료 후 2일 이내에 그 사본을 1부 제출한다.

- ① 건물 번호, 말뚝위치 및 번호, 시공일, 항타기 제원, 최종 관입량 산정근거
- ② 말뚝길이 및 직경
- ③ 기초저면에서 말뚝선단까지 측정한 말뚝 실제 관입길이 단면도
- ④ 1회 타격 시 관입량, 평균관입량
- ⑤ 건물 동별 또는 토목구조물별 일정구획단위로 파일항타 완료한 전경사진

#### 1.4.7 설계변경

- (1) 하부 지지지반이 급경사, 호박돌, 매립지 등 불규칙한 토층이어서 설계 및 기준대로 시공할 수 없거나, 시항타 결과 말뚝의 길이, 재질, 직경, 시공방법 등을 변경할 필요가 있는 경우에는 지반조사 결과, 토질조건, 상부구조물 영향, 환경문제, 공사기간, 공사비 등을 검토하여 작성한 구조검토 결과와 도면, 사진 등 관계증빙서류가 포함된 설계변경 승인 요청서를 제출하여 공사의 승인을 받아 시공한다.

### 1.5 품질보증

#### 1.5.1 용접공의 자격

- (1) 용접공은 한국산업인력공단에서 발행한 용접관련 기능사 이상의 자격증을 취득하고, 현장 테스트를 거쳐 기능이 확인된 자이어야 한다.
- (2) 용접공의 자격 및 인적사항을 확인할 수 있는 증빙서류를 제출한다.

### 1.6 운반, 보관 및 취급

#### 1.6.1 콘크리트 말뚝

- (1) 말뚝의 운반 및 취급은 KSF 7001에 따라 말뚝에 과응력이나 손상을 주지 않도록 적당한 위치에 받침대를 설치한다. 또한, 운반 중에 무너지지 않도록 로프나 췌기 등을 사용하여 견고하게 고정시킨다.
- (2) 말뚝은 공장 제작 후 14일 이상 경과한 후에 현장에 반입한다.
- (3) 현장에 반입된 말뚝 중에서 프리텐션방식 원심력 PC말뚝은 KSF 4303, 프리텐션방식 원심력 고강도 콘크리트말뚝은 KSF 4306에 의한 치수허용차를 벗어나거나 균열이 발생한 제품 등 공사에 부적합한 제품은 장외로 반출한다.
- (4) 말뚝의 저장장소는 가능한 한 말뚝 박는 위치에 가깝고 배수가 양호하며 지반이 평탄, 견고한 곳을 택하여 종류별로 나누어 2단 이하로 적치한다.
- (5) 적재 시 받침대의 위치는 말뚝길이 12 m 이하인 경우 말뚝길이의 1/5지점 양쪽에 설치하고, 13 m 이상인 경우에는 말뚝길이의 1/5지점 양쪽 및 중앙부에 설치하되, 2단으로 적재할 때는 반드시 동일 연직선상에 설치하며, 유동을 방지할 수 있도록 로프나 췌기로 견고하게 고정시킨다.
- (6) 세장비가 22보다 큰 말뚝은 운반 및 취급에 주의를 요한다.
- (7) 소운반시 1분씩 운반함은 원칙으로 하고 필요시 충격보완용 보호대를 사용하여 말뚝의 균열 및 파손을 방지하여야 한다.

### 1.6.2 강관말뚝

- (1) 운반에 지장이 있을 정도의 긴 말뚝은 윗말뚝, 아랫말뚝으로 구분하고 말뚝선단 및 두부에 말뚝재질과 같은 두께 5 mm 또는 6 mm, 폭 200 mm 밴드를 각 1개소씩 둔다.
- (2) 말뚝은 지면에 닿지 않게 하고, 60일 이상 저장 시 부식방지책을 강구하되, 특히 현장 용접을 하는 부분은 비, 바람을 맞지 않도록 한다.
- (3) 현장용접을 하는 개선부분은 녹방지 조치를 취하고 마찰력을 감소시키기 위한 조치를 취한 말뚝은 그 기능이 손상되지 않도록 한다.
- (4) 강관말뚝의 표면에 롤링마크(Rolling Mark)가 표시되어 있는 지 확인하고 자재납품승인서와 동일한 강관말뚝인지 비교한다.

## 1.7 환경 조건

### 1.7.1 용접 환경조건

- (1) 기온이 0℃ 이하의 경우에는 용접작업을 중지하는 것을 원칙으로 하되, 기온이 -15℃ 이상의 경우 공사감독자의 승인을 받았을 때에는 용접선에서 100 mm 범위 안의 용접할 바탕재 부분을 36℃ 이상이 되도록 예열하여 작업할 수 있다.
- (2) 눈이나 비가 오거나 습도가 높은 경우 또는 10 m/s 이상의 바람이 부는 경우에는 용접을 할 수 없다. 부득이 할 경우, 눈, 비, 바람으로부터 완전히 차단하고 용접부를 충분히 건조시킨 후 용접할 수 있다.

### 1.7.2 말뚝 선굴착공법의 환경조건

- (1) 시멘트 페이스트 주입환경은 일 최저기온이 4℃ 이하인 경우, 주입하는 시멘트 페이스트는 온도가 10℃ 이상 25℃ 미만이 되도록 하고, 보양 중에 동해를 입지 않도록 한다.

## 2. 자재

### 2.1 시멘트 페이스트

- (1) 시멘트 : KSL 5201의 1종 보통 포틀랜드 시멘트에 적합한 것으로 한다.
- (2) 물 : 물은 청정하고 유해함유량의 염분, 철분, 이온 및 유기물 등이 포함되지 않은 것이어야 한다.
- (3) 배합 : 특기가 없는 경우 시멘트와 물은 물시멘트비 0.83으로 배합한다. 표준배합비는 1m<sup>3</sup>당 시멘트 880 kg, 물 730l의 비율로 한다.

### 2.2 말뚝

#### 2.2.1 콘크리트 말뚝

- (1) 프리텐션방식 원심력 PC말뚝(PC말뚝)
  - ① KSF 4303에 적합한 것으로 하되, 설계도면에 별도의 명시가 없는 한 A종에 적합한 것으로 한다.

② 규격

표 2.2-1 프리텐션방식 원심력 PC말뚝 규격

바깥지름(mm)	살두께(mm)	말뚝길이(m)
350	65	4 ~ 15
400	75	4 ~ 15

(2) 프리텐션방식 원심력 고강도 콘크리트 말뚝(PHC 말뚝)

① KSF 4306의 A종에 적합한 것으로 한다.

② 규격

표 2.2-2 프리텐션방식 원심력 고강도 콘크리트 말뚝 규격

바깥지름(mm)	살두께(mm)	말뚝길이(m)
350	60	5 ~ 15
400	65	5 ~ 15

2.2.2 강관말뚝

(1) 강관말뚝은 KSF 4602에 적합한 것으로 하되 강관말뚝의 재질은 KSD 3566의 SPS 400에 적합한 것으로 한다.

(2) 규격

표 2.2-3 강관말뚝 규격

바깥지름(mm)	안지름(mm)	살두께(mm)	중량(kg/m)
318.5	308.5	5.0	38.7
318.5	306.5	6.0	46.2

(3) 제한적으로 KSD 3503에 적합한 H형강 말뚝을 사용한다.

(4) 현장에서 절단된 말뚝재를 재사용하는 경우에는 시공초기에 처치법에 대한 계획서를 작성하고 공사감독자의 승인을 받는다.

(5) 사용할 말뚝의 선단·머리·이음가공 등은 설계서에 따른 공장가공, 현장가공별로 공사 기준에 따른다.

(6) 말뚝의 부식 방지는 공사시방에 따른다.

2.3 항타장비

2.3.1 일반사항

(1) 공법 및 공기구 기타는 KSF 7001의 기준에 따른다.

(2) 말뚝박기용 장비는 말뚝의 종류, 크기, 중량, 수량 및 지반 조건과 공사현장 여건에 따라 공사감독자의 승인 하에 적정의 장비를 사용한다.

- (3) 말뚝박기 장비가 지반조건상 소정의 관입량을 충족시키지 못 할 때에는 지체 없이 대체 하여야 한다.
- (4) 말뚝박기 장비는 이동이 용이한 방식으로 설치하며, 롤러방식을 택하는 것을 원칙으로 하되, 연약 지반 등으로 장비의 진입이 곤란할 때에는 공사감독자와 협의하여 조치를 취한다.

**2.3.2 콘크리트말뚝 항타장비**

- (1) 말뚝종류에 따라 아래 규격을 표준으로 적용한다. 단, 현장여건상 변경이 필요한 경우 토질조건, 장비의 제원 및 성능, 관입심도와 지지력 추정 등을 검토하여 아래 규격 외의 장비로 변경할 수 있다.

**표 2.3-1 콘크리트 말뚝 항타장비 규격**

말뚝규격	본당지지력		디젤항타기				유압항타기	
			햄머 용량	램중량 (t)	시공표준 낙하고(m)	타격력 (tf · m)	햄머	시공표준 낙하고(mm)
ø350	PC	40	D25	2.5	2.1 이상	5.25	H-5	600 이상
	PHC	50	D35	3.5	2.1 이상	7.35	H-5	700 이상
ø400	PC	50	D35	3.5	2.1 이상	7.35	H-7	700 이상
	PHC	60	D45	4.5	2.1 이상	9.45	H-7	800 이상

\* PC : 원심력프리스트레스콘크리트말뚝, PHC : 원심력고강도프리스트레스콘크리트말뚝

**2.3.3 강관말뚝 항타장비**

- (1) 디젤항타기를 사용할 경우 램중량 2.5tf 이상, 최대 타격력 7.5tf·m를 확보할 수 있어야 한다.
- (2) 유압항타기를 사용할 경우에는 장비의 성능을 검토하여 필요한 타격력을 얻을 수 있는 용량의 장비를 선정하여야 한다.

**2.3.4 말뚝 선굴착공법 천공장비**

- (1) 말뚝 지지층까지의 토층구성이 실트층, 점토층, 풍화토층으로 되어 있고 지지선단부층이 풍화암인 경우 일반오거를 사용한다.
- (2) 지지층 선단부가 연암 등의 암반일 경우로서 일반오거로 굴착이 불가능한 경우 특수굴착 장비를 사용한다. 이 경우 장비의 특성상 일반오거와는 달리 굴착 후 로드를 인발하면서 시멘트 페이스트를 주입하는 것이 불가능하므로 인발 후 시멘트 페이스트를 주입한다.
- (3) 천공 및 천공 후 장비를 인발할 때 공벽이 붕괴될 우려가 있는 경우, 케이싱 부착 천공기를 사용한다.
- (4) 시멘트 페이스트 공급 장치는 배합재료가 자동 계량되는 구조이어야 한다.

### 3. 시공

#### 3.1 시공조건외 확인

- (1) 시항타에 관련된 모든 작업은 공사감독자의 입회 하에 진행하여야 한다.
- (2) 말뚝은 설계서에서 별도로 정하는 바가 없는 한 이음이 없는 것으로 한다.
- (3) 기초 콘크리트를 타설한 건물에 인접하여 말뚝항타를 할 경우, 콘크리트가 28일 이상 양생된 후에 말뚝박기를 한다.
- (4) 이 기준에 언급된 사항 외에는 KSF 7001에 따른다.
- (5) 말뚝 내부를 콘크리트 등으로 채우는 경우에는 공사시방에 따른다.

#### 3.2 작업준비

- (1) 말뚝의 시공에 앞서 지하매설물 및 지상의 장애물에 대한 상황을 조사하여 말뚝시공에 차질이 없도록 철거 또는 이설한다.
- (2) 말뚝기초공사에 앞서 터파기한 지면을 평탄하게 다지고 주위에는 폭 0.5 m, 깊이 0.5 m의 배수로를 만든다. 연약한 실트층이 깊게 분포된 지반으로 항타장비 진입이 어려운 경우는 두께 0.6 m의 혼합골재나 두께 0.8 m의 사질양질토로 치환하여 다진다. 비가 올 경우에는 배수 작업을 하여 지표면의 다짐상태가 훼손되지 않도록 한다.
- (3) 말뚝 위치는 형걸과 못 등으로 정확하게 표시하고 건물 또는 구조물의 배치상태와 말뚝 위치, 바닥레벨을 점검한다.
- (4) 말뚝은 길이방향으로 0.1 m마다 눈금을 표시하고 숫자를 말뚝 선단에서부터 1 m 마다 기입하여 말뚝길이를 식별할 수 있도록 한다.
- (5) 전력, 급배수설비는 시공에 필요한 용량을 갖는 것을 설치한다.
- (6) 작업준비가 완료되면 작업준비 상태에 대해 공사감독자의 확인을 받은 후 항타작업을 시작한다.

#### 3.3 말뚝 세우기

- (1) 트랜시트나 자동항타검측기를 2개소에 세워 말뚝이 정확한 위치에 수직으로 박히도록 하여야 한다.
- (2) 길이 10 m 이상의 말뚝은 덧댐목등으로 보강하거나 KSF 7001에 따라 2군데 이상을 달아 매어 수직으로 세운다.

#### 3.4 시항타

- (1) 본항타 착수 전에 지반조사보고서와 기초설계 자료를 토대로 항타장비의 적합성 및 지반조건의 확인과 본항타용 말뚝길이 및 최종관입량 확정을 위하여 시항타를 실시한다. 시항타를 할 때는 PDA를 사용한다.
- (2) 시험말뚝은 실제말뚝과 같은 무게와 단면을 가진 것으로 하며, 실제 말뚝박기에 적용될 타격에너지와 가동률로 박는다. 이때 시항타말뚝의 길이는 본말뚝 길이보다 2~3 m 긴 것을 사용한다.
- (3) 시험말뚝은 지정된 위치에 박아야 하되, 최종 절단 위치가 명시된 말뚝길이 이하 또는 거부현상의 둘 중 먼저 생기는 곳까지 박는다.

- (4) 타격회수 5회에 총 관입량이 6 mm 이하인 경우의 말뚝은 박히는데 거부 현상을 일으키는 것으로 간주하고 말뚝이 선단에 도달하면 리바운드 체크를 실시한다.
- (5) 시항타는 기초 면적이 1,500 m<sup>2</sup>까지는 2개의 단일 시험말뚝을 설치하고, 3,000 m<sup>2</sup>까지는 3개의 단일 시험말뚝을 설치한다. 지반상태가 불규칙하여 설계 심도와 상이할 경우는 전반적인 지반상태의 파악이 가능하도록 시항타말뚝의 본 수를 조절한다.
- (6) 시항타결과는 매번 사진 촬영하여 시공기록을 작성한다.

### 3.5 말뚝의 분항타

- (1) 말뚝머리가 깨지는 것을 방지하는 보호조치를 하며 KSF 7001에 따라 시공한다.
- (2) 소정의 관입깊이와 관입속도로 정확한 위치에 수직으로 타입한다.
- (3) 말뚝박기의 초기에는 말뚝 관입깊이가 1타격당 100 ~ 200 mm가 되도록 램의 높이를 200 ~ 300 mm로 낮게 설정하고 말뚝의 연직성을 확인하면서 서서히 타입한다.
- (4) 지지층까지의 중간박기는 최대관입량이 매회 300 ~ 700 mm가 되도록 램의 높이를 조정하고 강타로 인한 과대한 타격응력이 발생되지 않도록 주의한다.
- (5) 말뚝은 박기 전에 기초 밑면으로부터 150 ~ 300 mm 위의 위치에서 박기를 중단한다.
- (6) 항타시 인접한 말뚝이 솟아오를 경우, 솟아오른 말뚝은 타격력을 증가시켜 원지점 이하까지 다시 박는다.
- (7) 항타결과 관입깊이가 설계길이 및 인접말뚝 관입깊이에 비하여 현저히 차이가 발생하는 경우에는 인접위치에 확인항타를 시행하여 관입깊이를 재확인하여야 한다.
- (8) 말뚝은 기초설계와 시항타결과를 참조하여 안전지지력이 나올 수 있는 소요 최종관입량이 확보되는 길이까지 관입시키며, 그 이상 무리하게 박지 않는다.
- (9) 자동항타검측기를 사용하여 최종관입량을 관리할 때 관입량이 급격히 줄어들면서 멈춤 신호가 울릴 경우는 전석, 암반 등으로 인한 말뚝의 중과위험이 있으므로 즉시 항타작업을 멈추고 충분한 기술적 검토를 거쳐 항타의 계속여부를 결정하여야 한다.
- (10) 타설시에 파손된 말뚝, 시공정밀도를 만족하지 못하는 말뚝이 생겼거나, 내력이 부족한 때에는 공사감독자와 협의하여 말뚝의 본수를 늘리는 등 적절한 조치를 한다.
- (11) 기존시설, 구조물 또는 도로에 인접하여 말뚝박기를 할 경우에는 인접구조물에 가까운 쪽에서부터 박아야 한다.

### 3.6 최종 관입량

- (1) 말뚝의 최종 관입량은 자립식의 측정대 또는 자동항타 검측기 등을 사용하여 정밀하게 측정하여야 하며, 최종관입량의 산정은 특기가 없는 한 토질의 종류별로 아래의 기준 타격횟수의 평균값으로 한다.
  - ① 일반 풍화토 지반 : 10회
  - ② 사질지반 : 15회
  - ③ 점성토지반 : 20회
- (2) 항타관리용 최종관입량은 시항타 및 재하시험을 통해 실제 지지력과 동적지지력 공식에 의한 지지력을 검토하여 말뚝재질 및 규격, 말뚝관입깊이, 항타기의 타격능력 및 효율, 지반조건 등 현장 제 조건에 맞도록 선정, 관리한다.

- (3) 말뚝의 항타종료 판정은 말뚝기초설계자료, 지반조사보고서, 시항타 및 재하시험 결과에서 판단된 말뚝관입심도, 항타종료시의 1회 타격당 관입량, 동적지지력공식에서 추정된 말뚝지지력 등을 종합적으로 검토한 후 판단하여 실시한다.
- (4) 말뚝재료에 따른 타격횟수 및 최종관입량은 표 3.6-1의 값에 적합하여야 한다. 이때, 말뚝을 이음 시공할 경우의 타격횟수는 상부 및 하부말뚝의 타격횟수 합계로 한다.

표 3.6-1 말뚝재료에 따른 타격횟수 및 최종 관입량

구 분	PC말뚝	PHC말뚝	강관말뚝
총 타격횟수	2,000회 이내	3,000회 이내	3,000회 이내
최종 1 m의 타격횟수	100회 이내	200회 이내	500회 이내
최종관입량	8 mm 이상	5 mm 이상	2 mm 이상

### 3.7 이음 말뚝

- (1) 프리텐션방식 원심력 고강도 콘크리트말뚝과 강관말뚝은 관입길이가 15 m를 초과하는 경우에 한하여 현장에서 말뚝을 이어 사용할 수 있다. 연결부는 용접이음으로 하며, 그 방법과 검사는 다음과 같이 한다.

#### 3.7.1 현장 용접이음

- (1) 프리텐션방식 원심력 고강도 콘크리트 말뚝
  - ① 이음시공에 있어서 상하말뚝의 축선은 동일 직선상에 있도록 해야 한다.
  - ② 이음새는 들어올림, 압력, 히이브, 혹은 이음새 부분에 발생할 수 있는 각종 인장력에 충분히 저항 할 수 있는 인장내력을 가져야만 한다.
  - ③ 이음부의 편심량은 이음부 전반에 대하여 2 mm 이하가 되도록 하여야 한다.
  - ④ 현장이음은 용접이음시 전둘레 아크용접으로 하여, 이음부를 녹막이 칠 등 부식 방지 조치를 한다. 기계식 이음은 제조사 시방서에 따라 시공한다.
  - ⑤ 하부말뚝은 두부손상이 없는 상태에서 이음 시공한다.
  - ⑥ 위에 언급되지 않은 사항은 KSF 7001에 따르며, 용접부 목두께의 치수는 7 mm 이상으로 한다.
  - ⑦ 프리보링 공법에 대해서는 이음새 작업 중에 하부 말뚝이 낙하하지 않도록 조치를 한다.
- (2) 강관말뚝
  - ① 용접부 단면상태는 단면부 요철이 2 mm 이하이어야 하며, 절단할 때 용접 이음단면은 직각 또는 절단 외경의 0.5 % 이하, 최대 4 mm 이하이어야 한다.
  - ② 용접부 루트간격은 1~4 mm 를 유지하도록 한다.
  - ③ 이음부의 휨 허용한도는 1/1000 이하로 한다.
  - ④ 현장이음은 이음철구를 이용한 전둘레, 전두께 아크용접으로 한다.
  - ⑤ 하부말뚝은 두부손상이 없는 상태에서 이음 시공한다.
  - ⑥ 가조임 도구 때문에 용접이 불가능한 부분은 남겨두고 긴 구간을 충분히 용접한 후, 가조임 도구를 제거한 다음 나머지 부분을 용접한다.
  - ⑦ 허용오차

표 3.7-1 강관말뚝 허용오차

이음부외경 치수차	두 개
2 mm 미만	0.6 mm

3.7.2 현장용접 이음부 검사

(1) 외관검사

① 전체 이음부에 대하여 다음 사항을 검사하도록 한다.

표 3.7-2 이음말뚝 현장용접 이음부 검사

구 분	검 사 내 용
용 접 부 형 상	비드표면요철, 비드폭, 용접치수, 보강살, 용접길이
용 접 결 함	균열, 언더컷, 오버랩, 피트
마 무 리 정 도	슬래그, 스패터(spatter)의 제거, 그라인더 마감상태, 용접누락

② 외관검사의 합격여부는 KCS 14 31 05, KCS 14 31 10 에 명시된 철골정밀도 검사기준에 따른다.

(2) 비파괴 검사

① 용접이음부는 비파괴검사를 시행한다. 검사는 해당분야의 자격증을 소유한 건설기술관리법에 의한 중급 기술자 이상의 전문기술자가 행하며, 검사결과 합격여부를 포함한 시험기록은 해당분야 기술사의 확인을 받아 향타기록부에 첨부하여 관리한다.

② 고강도 콘크리트말뚝의 이음부 검사는 이음부위 20개소마다 1회 이상 KSD 0213에 따라 자분탐상 시험을 시행하며, 검사결과 합격판정 기준은 다음과 같다.

가. 균열에 의한 자분 모양인 경우 : 불합격

나. 선상 및 원형상 결함자분 모양의 길이 : 4 mm 이하 합격

다. 분산결함자분 모양의 길이 : 8 mm 이하 합격

③ 강관말뚝의 이음부검사는 이음부위 10개소당 1회 이상 KSB 0896에 따라 초음파 탐상시험을 시행하며, 검사결과 KS B 0896에 명시된 결함등급분류의 M검출레벨 3급 이상의 등급 (18 mm 이하)이어야 한다.

(3) 샘플용 절편시험

① 강관말뚝은 시험타 후 건물 당 또는 토목구조물별로 1개소 이상 샘플용 절편시험을 의뢰하여, 강도를 확인한 후 시공한다. 현장용접부위의 강도는 말뚝의 모체강도(SPS 400,  $\sigma_y = 410 \text{ MPa}$ ) 이상이어야 한다.

3.7.3 용접보수 및 재검사

(1) 외관검사 및 비파괴검사 결과 불합격 판정을 받은 용접 결함부는 공사감독자에게 통보 하여 그 보수 방법에 대하여 승인을 얻어야 한다.

(2) 승인을 받은 보수방법에 따라 보수를 실시하도록 하고, 재검사를 하여 합격판정기준에

따라 조치한다.

- (3) 용접결함이 많이 발생한 경우에는 보수 전에 결함 발생 원인을 규명하여 재발 방지 대책을 세우도록 한다.

### 3.8 말뚝박기 허용오차 및 보강

- (1) 말뚝의 시공 상태가 잘못된 경우 다음과 같이 보강조치를 해야 하며, 이에 따른 비용은 수급인의 부담으로 한다.

#### 3.8.1 설계위치에서 벗어난 경우

- (1) 설계위치에서 벗어난 거리가 75 ~ 150 mm까지는 말뚝중심선 외측에서 벗어난 만큼 기초를 확대하고 철근은 1.5배 보강하여 배근하며, 150 mm를 초과하여 벗어났을 때는 구조검토를 하여 추가 항타 및 기초를 보강한다.

#### 3.8.2 수직으로 시공되지 않은 경우

- (1) 항타 완료 후 각도기 등으로 측정하여 수직에 대한 기울기가 말뚝길이의 1/50 이상일 경우에는 보강말뚝을 시공한다.

#### 3.8.3 항타 중 말뚝이 증파될 경우

- (1) 항타 완료 후 거울로 비춰보거나 다림추 등으로 증파여부를 확인하여 증파 시 보강말뚝을 설계위치에 인접하여 추가 항타하고 말뚝중심선 외측으로 벗어난 만큼 기초폭을 확대하고 철근은 1.5배 보강한다.

## 3.9 말뚝머리의 처리

### 3.9.1 콘크리트 말뚝

#### (1) 건축공사

- ① 말뚝머리를 가지런히 절단할 때에 말뚝 주위를 필요 이상으로 땅파기를 하여서는 안 된다.
- ② 말뚝머리 절단은 말뚝에 유해한 충격 및 손상을 주지 않는 장비를 사용하여 시공하고, 세로 균열이 생기지 않도록 한다.
- ③ 말뚝머리를 가지런히 절단할 때에는 한편에서만 타격을 주지 말고 주위를 고루 정을 이용하여 절단하며 위 끝면을 평평하게 정다듬하고 철근은 소정의 길이만 남겨두되 나머지는 절단하거나 공사감독자의 승인을 받아 기초판에 깊게 정착시킨다.
- ④ 말뚝머리는 설계도에 의거하여 보강하거나 이에 적절한 조치를 강구한다.
- ⑤ 설치가 완료되었을 때의 말뚝머리의 설계위치와 수평방향의 오차는 공사기준에 명기가 없을 경우 100 mm 이하로 한다.
- ⑥ 말뚝머리와 기초의 연결은 설계도서에 의해 처리한다.
- ⑦ 원커팅 두부정리 공법 적용시에는 다음과 같이 시공한다.

가. 측량 및 절단선 표시

나. PHC 파일 그라인더 절단

다. 절단 파일 전도 및 인양

- 라. 절단 파일 운반 및 파쇄
- 마. 보강 철근캡 설치

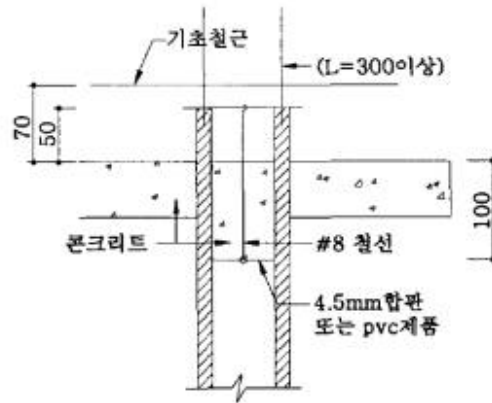


그림 3.9-1 건축공사 콘크리트 말뚝머리의 처리 및 기초연결

(2) 토목공사

- ① 말뚝이 콘크리트에 접하는 부분은 진흙, 먼지, 기름기 등을 미리 제거해야 한다.
- ② 본향타 전에 미리 시향타를 하여 적절한 깊이의 말뚝을 사용하여 두부절단을 하지 않는 것으로 한다.
- ③ 부득이 말뚝을 절단할 경우에는 절단위치에 철로 만든 테를 감고 작은 줄로 절단 위치를 조금씩 잘라가야 한다.
- ④ 말뚝에서 항두 절단시 유효 프리스트레스가 감소되는 구간은 말뚝에 사용되는 강재직경의 50배까지로 보고, 이 구간에 대해서는 도면에 의거, 별도 보강을 하거나 그 이상을 기초에 매립하여야 한다.
- ⑤ 말뚝과 확대기초와의 결합은 설계서에 특별히 명시되어 있지 않는 한 말뚝머리를 확대 기초에 강결시키는 것을 원칙으로 한다.

3.9.2 강관말뚝

(1) 건축공사

- ① 말뚝머리를 말뚝 몸체에 손상을 주지 않도록 절단하고 말뚝두부와 기초를 연결한다.

(2) 토목공사

- ① 강관말뚝의 박기를 완료한 후에는 공사감독자의 입회 하에 소정의 높이로 평활하게 절단하여야 한다.
- ② 강관말뚝의 중공부분에는 자갈이나 빈배합의 콘크리트로 채운다.

3.10 재하시험

- (1) 건축공사의 말뚝기초는 시향타 및 본향타를 한 후 다음 시험방법으로 말뚝재하시험을 실시하여 말뚝의 지지력을 확인한다.

**3.10.1 시향타 말뚝 재하시험**

- (1) KSF 2445에 따라 1회씩 동재하시험 또는 정재하시험을 해당 건축물에서 제일 불리한 조건의 말뚝에 시행한다.

**3.10.2 본향타 말뚝 재하시험**

- (1) KSF 2445에 따라 실시하여야 한다.
- ① 지시된 위치에서 6개 지시말뚝을 시험해야 한다.
  - ② 처음 100개 말뚝에 대하여 1회 시험
  - ③ 다음 250개 말뚝에 대하여 1회 시험
  - ④ 다음 매 500개 말뚝에 대하여 1회 시험

**3.10.3 천공·시멘트 페이스트 주입 후 향타공법 또는 천공·시멘트 페이스트 주입 후 경타공법인 경우**

- (1) 공사시방에 명기가 없는 경우 시향타 말뚝에 대해 시향타 후 시멘트 페이스트가 2주 이상 경과한 뒤에 KSF 2445에 따라 정재하시험을 실시하되, 시험위치는 건물의 좌, 우 불리한 조건의 말뚝에 1개소씩으로 한다.

**3.11 말뚝 선굴착 공법****3.11.1 천공 후 직향타공법**

- (1) 천공
- ① 지반조건상 지층 중간에 자갈층, 매립층 등의 조밀층이 있고 그 하부에 상당한 깊이로 연약층이 분포한 토질로서 직향타로 중간조밀층 관입이 불가능한 경우에 적용한다.
  - ② 설계서에 표시된 소정의 말뚝위치에 굴착기를 고정시키고 수직을 유지하면서 굴착한다.
  - ③ 천공시 공벽의 붕괴우려가 있거나 붕괴되는 토질에서는 케이싱을 삽입하거나 필요시 안정액을 사용한다.
  - ④ 천공직경은 말뚝직경과 동일한 크기로 한다.
  - ⑤ 천공 심도는 말뚝관입 깊이의 2/3 미만으로 한다.
- (2) 안정액 관리
- ① 안정액은 지질, 지하수, 투수성 등 지반의 상황과 공법에 따라 결정되어야 한다.
  - ② 안정액은 장시간 사용시 입자가 분리되지 않도록 물리적, 화학적, 안정성을 가져야 한다.
- (3) 향타
- ① 천공 후의 말뚝향타는 말뚝기초에 따르되, 말뚝선단은 지지층에 말뚝직경의 3배 이상 관입되도록 한다. 단, 말뚝직경의 3배 이상 관입이 불가능할 경우에는 공사감독자와 협의하여 공법을 변경한다.

**3.11.2 천공·시멘트 페이스트 주입 후 최종 향타공법**

- (1) 천공
- ① 천공은 수직이 되도록 하여야 하며, 천공시 공벽의 붕괴 우려가 있거나 붕괴되는 토질에서는

케이싱을 삽입하여 사용한다.

- ② 천공위치 및 천공순서는 말뚝간격 등을 고려하여 천공 상호간에 영향이 없도록 한다.
- ③ 천공직경은 말뚝 직경보다 100 mm 크게 하며, 천공깊이는 설계천공깊이로 한다.

(2) 선단부 교반

- ① 천공이 완료되면 굴진심도를 측정한 후 시멘트 페이스트를 주입하면서 천공 하단부로부터 말뚝직경의 3배 이상 높이까지 오거를 상하 왕복하여 시멘트 페이스트와 하부 잔토가 충분히 교반되도록 한 다음 시멘트 페이스트를 주입하면서 오거를 인발한다.

(3) 말뚝삽입 및 교반

- ① 말뚝은 와이어로프 2점 지지방식으로 세우되, 세우기를 할 때 1m 정도 먼저 삽입하며 수직상태를 확인한 후 자유 낙하시킨다.

(4) 향타

- ① 안착된 말뚝은 수준기로 수직상태를 확인한 다음 향타하여 말뚝선단이 지지층에서 말뚝 직경의 3배 이상 관입되도록 한다. 단, 말뚝직경의 3배 이상 관입이 불가능할 경우에는 공사감독자와 협의하여 공법을 변경한다.
- ② 향타시에는 머리가 파손되지 않도록 한다.
- ③ 말뚝시공을 완료한 후 24시간이 경과한 다음 시멘트 페이스트 충전상태를 확인해야 하며, 부족할 경우 밀실하게 재충전한다.

### 3.11.3 천공 · 시멘트 페이스트 주입 후 경타공법

(1) 천공

- ① 천공은 수직이 되도록 하며, 천공시 공벽의 붕괴 우려가 있거나 붕괴되는 토질에서는 케이싱을 삽입하여 사용한다.
- ② 천공위치 및 천공순서는 말뚝간격 등을 고려하여 천공 상호간에 영향이 없도록 한다.
- ③ 천공직경은 말뚝직경보다 100 mm 크게 한다.
- ④ 천공깊이는 지지층에 말뚝직경의 3배 이상 관입된 깊이로 한다. 지지층은 시험시공 자료를 바탕으로 확인하고 기초공사자료의 지지층과 오차여부를 확인해야 한다.

(2) 선단부 교반

- ① 천공이 완료되면 굴진심도를 측정한 후 시멘트 페이스트를 주입하면서 천공 하단부로부터 말뚝직경의 3배 이상 높이까지 오거를 상하 왕복하여 시멘트 페이스트와 하부 잔토가 충분히 교반되도록 한 다음 시멘트 페이스트를 주입하면서 오거를 인발한다.

(3) 말뚝삽입 및 교반

- ① 말뚝은 와이어로프 2점 지지방식으로 세우되, 세우기를 할 때 1m 정도 먼저 삽입하며 수직상태를 확인한 후 자유 낙하시킨다.

- ② 자유낙하 시킨 말뚝을 1~2m 정도 들어올린 다음 다시 2~3회 정도 자유 낙하시켜 천공의 하부에 쌓인 흙과 시멘트 페이스트를 2차 교반시킨다.

(4) 경타

- ① 안착된 말뚝은 수준기로 수직상태를 확인한 다음 오거에 부착된 드롭해머로 경타하여

말뚝선단이 천공깊이에서 말뚝 직경의 2배 이내에 도달되도록 한다. 천공깊이와 말뚝 선단부의 고저차가 허용범위를 초과할 경우는 말뚝을 인발한 후 재굴진하여 허용범위 안에 시공 되도록 한다.

- ② 경타 시에는 두부가 파손되지 않도록 한다.
- ③ 말뚝시공을 완료한 후 24시간이 경과한 다음 시멘트 페이스트 충전상태를 확인해야 하며, 부족할 경우 밀실하게 재충전한다.

**집필위원**

성명	소속	성명	소속
박경탁	한국도로공사		

**자문위원**

성명	소속	성명	소속

**국가건설기준센터 및 건설기준위원회**

성명	소속	성명	소속
이영호	한국건설기술연구원	이여경	한국건설기술연구원
이용수	한국건설기술연구원	원훈일	한국건설기술연구원
구재동	한국건설기술연구원	김한수	건국대학교
김태송	한국건설기술연구원	남정수	충남대학교
최봉혁	한국건설기술연구원	박순규	서울특별시
김기현	한국건설기술연구원	서명석	경동대학교
김희석	한국건설기술연구원	송제영	BK방수기술연구소
류상훈	한국건설기술연구원	신성수	한국기술사회
허원호	한국건설기술연구원	오상근	서울과학기술대학교
김나은	한국건설기술연구원	장덕배	동양미래대학교
주영경	한국건설기술연구원	최수경	한서대학교
이승환	한국건설기술연구원		

**중앙건설기술심의위원회**

성명	소속	성명	소속
강선영	(주)선엔지니어링종합건축사사무소	빈혜진	다움스페이스
김동관	청주대학교	유정한	서울과학기술대학교
김성민	LH	최윤기	승실대학교
김천학	한국시설안전공단		

**국토교통부**

성명	소속	성명	소속
장순재	국토교통부 도로정책과	김호	국토교통부 도로정책과

EXCS 11 50 16 : 2021  
**기성말뚝(부대시설편)**

---

2021년 8월 5일 발행

소관부서 국토교통부

관련단체 한국도로공사  
(39660) 경상북도 김천시 혁신8로 77 한국도로공사  
☎ 1588-2504(대표)  
<http://www.ex.co.kr>

국가건설기준센터  
10223 경기도 고양시 일산서구 고양대로 283(대화동)  
Tel : 031-910-0444  
<http://www.kcsc.re.kr>