

KRACS 47 10 65 : 2018

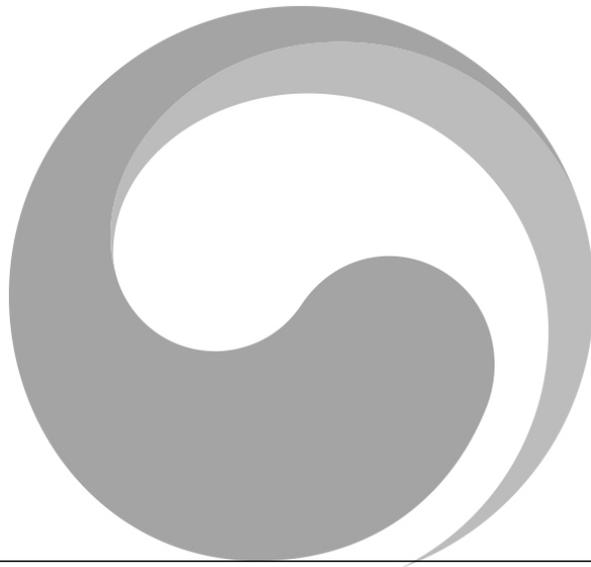
구조물 기초공사

2018년 11월 08일 제정

<http://www.kcsc.re.kr>



국토교통부



철도건설공사 전문시방서 제·개정에 따른 경과 조치

이 시방기준은 발간 시점부터 사용하며, 이미 시행 중에 있는 설계용역이나 건설공사는 발주기관의 장이 필요하다고 인정하는 경우 종전에 적용하고 있는 기준을 그대로 사용할 수 있습니다.

철도건설공사 전문시방서 제·개정 연혁

- 이 시방기준은 건설기준 코드체계 전환에 따라 기존 철도건설공사 전문시방서와 건설기준(설계기준, 표준시방서) 간 중복·상충을 비교 검토하여 코드로 통합 정비하였다.
- 이 기준은 기존의 철도건설공사 전문시방서를 중심으로 해당 부분을 통합 정비하여 기준으로 제정한 것으로 제·개정 연혁은 다음과 같다.

| 건설기준 | 주요내용 | 제·개정 (년.월) |
|-------------------------|-------------------------------|-----------------|
| 한국철도시설공단 전문시방서 (노반편) | | 제정 (2011.12) |
| 한국철도시설공단 전문시방서 (노반편) | | 개정 (2013.12) |
| 한국철도시설공단 전문시방서 (노반편) | | 개정 (2015.12) |
| KRACS 47 10 65 : 2018 | • 건설기준코드 체계 전환에 따라 코드화로 통합 정비 | 제정 (2018.11) |

제 정 : 2018 년 월 일
 심 의 : 중앙건설기술심의회
 소관부서 : 국토교통부 철도건설과

개 정 : 년 월 일
 자문검토 : 국가건설기준센터 건설기준위원회

관련단체 (작성기관) : 한국철도시설공단(한국철도기술연구원)

목 차

| | |
|--------------------------|----|
| 1. 기초공사 일반 | 1 |
| 1.1 일반사항 | 1 |
| 1.2 재료 | 3 |
| 1.3 시공 | 3 |
| 2. 공사준비 | 3 |
| 2.1 일반사항 | 3 |
| 2.2 재료 | 4 |
| 2.3 시공 | 4 |
| 3. 얇은기초 | 5 |
| 3.1 일반사항 | 5 |
| 3.2 재료 | 6 |
| 3.3 시공 | 7 |
| 4. 기성말뚝기초 | 12 |
| 4.1 일반사항 | 12 |
| 4.2 재료 | 17 |
| 4.2 시공 | 21 |
| 5. 현장타설말뚝기초 | 28 |
| 5.1 일반사항 | 28 |
| 5.2 재료 | 30 |
| 5.3 시공 | 31 |
| 5.4 철근 배근 및 철근망 설치 | 34 |

구조물 기초공사

1. 기초공사 일반

1.1 일반사항

1.1.1 적용범위

- (1) 이 기준은 철도노반 구조물의 기초공사에 적용한다.
- (2) 이 기준에 기재되지 않은 내용은 KDS 11 50 00 기초설계기준을 따른다.

1.1.2 용어의 정의

- 계측 : 구조물이나 지반에 나타나는 현상을 측정하는 작업으로서 온도, 응력, 변형, 압력, 침하, 이동, 기울기, 진동, 지하수위, 간극수압 등의 측정을 포함한다.
- 공대공 초음파 검층(Cross-hole Sonic Logging; CSL) 시험 : 현장타설말뚝 내부에 2개 이상의 검층용 튜브를 일정한 간격으로 설치하고 분석장치에 연결된 초음파 발신기와 수신기를 검층용 튜브에 넣어 말뚝의 건전도를 평가하는 시험을 말한다.
- 극한지지력 : 구조물을 지지할 수 있는 지반의 최대 저항력을 말한다.
- 기성말뚝 : 공장에서 제작된 말뚝으로서 RC말뚝(KS F 4301), PC말뚝(KS F 4303), PHC말뚝(KS F 4306), 강관말뚝(KS F 4602) 및 H형강말뚝(KS F 4603) 등이 사용되고 있다.
- 기초 : 상부구조물의 하중을 지반에 전달하여 구조물의 안정성과 기능성을 갖는 하부구조물을 말한다.
- 기초지반 : 구조물이 축조되고 그 안정성과 기능을 유지하는데 필요한 범위의 땅을 말하며 흙과 암반으로 구성된다.
- 깊은기초 : 하부구조물 저면으로부터 구조물을 지지하는 지지층까지의 깊이가 기초의 최소 폭에 비하여 비교적 큰 기초형식을 말하며 말뚝, 케이슨 기초 등이 있다.
- 단일말뚝교각(Pile Bent) : 기초를 시공하지 않고 철근콘크리트로 말뚝과 기둥을 일체로 연속하여 시공한 구조물을 말하며, 단일현장타설말뚝기초(Single Column Drilled Pier Foundation)라고도 한다.
- 동재하시험 : 말뚝머리 부분에 가속도계와 변형률계를 부착하고 타격력을 가하여 말뚝-지반의 상호작용을 파악하고 말뚝의 지지력 및 건전도를 측정하는 시험법을 말한다.
- 말뚝기초 : 지반 중에 전부 또는 일부가 관입되는 상대적으로 가느다란 형태를 갖는 일종의 깊은기초로서 타입, 매입, 현장타설의 방법으로 설치된다.

구조물 기초공사

- 매입말뚝공법: 지반에 굴착공을 천공한 후 시멘트풀을 주입하고 기성말뚝을 삽입한 다음 필요에 따라 말뚝에 타격을 가하여 지지지반에 말뚝을 안착시키는 공법
- 부등침하: 지반이나 기초의 지점 간 침하량이 다르게 발생하는 침하현상을 말한다.
- 상부구조물: 기초가 지지하고 있는 구조물을 통칭한다.
- 선단지지력: 깊은기초의 선단부 접촉면적과 지지층의 저항력에 의해 발휘되는 지지력을 말한다.
- 슬라임: 현장타설말뚝 시공을 위한 지반 굴착 시 지상으로 배출되지 않고 구멍내부에 부유해 있거나 굴착저면에 침전된 굴착 찌꺼기를 말한다.
- 시간경과효과: 말뚝 설치시점으로부터 시간이 경과함에 따라 지지력이 변화하는 현상을 말하며, 지지력증가(Set-up)와 지지력감소(Relaxation) 효과가 있다.
- 안정액: 현장타설말뚝 시공을 위한 지반굴착 시 공벽의 붕괴방지를 목적으로 사용하는 현탁액을 말하며 주로 벤토나이트(Bentonite) 또는 폴리머(Polymer)를 사용한다.
- 양방향재하시험: 말뚝의 선단부 혹은 적당한 위치에 양방향 재하장치를 설치하여 시험말뚝의 선단저항력과 마찰저항력을 서로 반력으로 하여 재하하는 방식으로 말뚝에 정적인 축방향력을 가하는 시험방법이다.
- 얕은기초: 얕은 깊이의 흙이나 암반에 직접 하중을 전달하여 구조물을 지지하는 기초이다.
- 어스드릴공법(Earth Drill Method): 벤토나이트 안정액에 의하여 공벽을 보호하면서 회전 버킷을 사용하여 굴착하고, 토사를 배출하여 설치하는 현장타설말뚝기초 공법을 말한다.
- 올케이싱공법(All Casing Method): 케이싱튜브로 공벽을 보호하면서 주로 해머그랩으로 굴착하여 설치하는 현장타설말뚝기초 공법을 말하며, 여기에는 전회전식(돛바늘 공법)과 요동식(베노토공법, Benoto Method)이 있다.
- 일축압축강도 시험: 암석시료에 한 방향의 압축하중을 가하여 일축압축강도, 탄성계수 및 포아송비를 구하는 시험을 말한다.
- 접지압: 기초저면과 지반 사이에 작용하는 압력을 말한다.
- 정재하시험: 정적하중에 대한 말뚝의 지지능력을 하중-침하량의 관계로부터 구하는 시험을 말하며 고정하중이나 반력말뚝 또는 지반앵커의 반력 등을 통해 재하 하중을 얻는다.
- 주변마찰력: 말뚝의 표면과 지반과의 마찰력에 의해 발휘되는 저항력을 말한다.
- 지반조사: 기초설계에 필요한 지반정보를 획득하기 위한 지표조사, 시추, 사운딩, 시료채취, 원위치 시험, 실내시험, 물리탐사 등을 총칭하여 일컫는 말이다.
- 파동이론분석: 말뚝조건, 지반조건 및 항타장비 조건을 수치로 입력하고 말뚝타격 시 발생하는 응력파의 전달현상을 파동방정식을 이용하여 모사하는 해석법을 말한다.

- 파쇄대 : 단층을 따라 암반이 부스러져 조성된 길쭉한 띠 모양의 연약대를 의미한다.
- 평판재하시험 : 기초저면 위치까지 굴착한 다음 지반위에 재하판을 놓아 하중을 가하고, 그때의 침하량을 측정하여 지반의 지내력을 알아내는 시험을 말한다.
- 하부구조물 : 상부구조의 하중을 지반에 전달하는 기능을 수행하는 구조물을 말한다.
- 항타공법 : 기성말뚝을 해머로 타격하여 지지층까지 관입시키는 말뚝시공방법을 말하며 타입 말뚝공법으로도 불려진다.
- 활동방지벽 : 옹벽이나 기초의 활동이나 전도를 막기 위하여 옹벽 저판이나 기초의 하부에 벽 형태로 설치하는 구조체를 말한다.
- RCD공법(Reverse Circulation Drill Method) : 수두차에 의하여 공벽을 보호하면서 회전 비트를 사용하여 굴착하고 이수(泥水)의 역류에 의하여 토사를 배출시켜 설치하는 현장타설말뚝 기초 공법을 말한다.

1.1.3 기초공법 구분

(1) 본 장에서 규정하는 기초공법은 다음과 같다.

- ① 얇은기초
- ② 기성말뚝기초
- ③ 현장타설말뚝기초

(2) 전항 이외의 기초공법은 본 기준의 KCS 24 20 05 ILM공법에서 규정한다.

1.2 재료

해당사항 없음

1.3 시공

해당사항 없음

2. 공사준비

2.1 일반사항

2.1.1 준비일반

구조물 기초공사의 준비는 다음사항을 따라 준비한다.

- (1) 수급인은 작업장 주위로 폭우유출 유로를 변경하거나 폭우유출의 운반된 유토를 저류해서 공사구역 내의 세굴을 방지하고, 배수계통의 유토퇴적과 오염을 억제해야 하며 수질오염방지에 관련되는 법령을 준수해야 한다.

구조물 기초공사

- (2) 청소, 별개·제근 및 철거한 재료는 현장에서 반출하여 처치해야 하며, 현장에서 소각, 매립해서는 안 된다. 회수할 재료는 공사감독자/감리원이 승인하는 장소에 임시쌓기를 해두어야 한다.
- (3) 측점 및 수준점, 기존 부지시설물 및 인접한 토지는 제거 또는 손상되지 않게 보호해야 하고, 지중구조물을 철거할 때 KCS 31 50 10 방진설비공사에 명시된 요건에 따라 소음과 먼지방지시설을 해야 한다.

2.1.2 측량 및 기초위치 기준점 설치

KCS 10 30 05 시공측량 (3.1), KCS 47 10 20 측량 및 지반조사 (1.2)을 따른다.

2.1.3 사전조사

KCS 10 20 05 입지환경조사 (1.3)를 따른다.

2.2 재료

해당사항 없음

2.3 시공

2.3.1 구조물 기초공사 시공계획

- (1) 수급인은 공사착공 전 사전조사를 시행한 후 현장조건에 적합하고 공사기간 내에 경제적으로 안전하게 시공할 수 있는 구조물 기초공사 시공계획서를 작성해야 한다.
- (2) 구조물 기초공사 시공계획서는 다음 내용으로 작성해야 한다.
 - ① 구조물 기초공법 및 공정관리
 - ② 투입장비, 투입재료, 투입인력 계획
 - ③ 터파기 재료 활용
 - ④ 공사용 재료 시험 및 공사품질관리
 - ⑤ 안전관리, 환경관리, 수해방지대책
- (3) 구조물 기초공사 시공계획 변경 시에도 「(2)항」과 같은 내용으로 작성해야 한다.
- (4) 공사감독자/감리원은 구조물 기초공사 시공계획서를 검토한 후 이에 대한 감리계획서를 작성하여 검측기준을 현장대리인에게 통보해야 한다.

2.3.2 지반조사

- (1) 조사의 범위는 지반조건, 구조물의 종류 그리고 공사상의 요구조건에 따라 결정되며, 토층의 성질과 종류, 암반의 종류와 풍화도, 토질과 암석의 공학적인 성질, 지하수상태를 조사해야 한다.

- (2) 조사를 수행해야 하는 깊이는 지지력을 발휘할 수 있는 토층이 존재하는 깊이까지, 또는 기초 하중에 의해 증가하는 지중응력이 기초저면 접지압의 10% 보다 작은 깊이 중에서 큰 값을 택한다. 만약 얕은 깊이에 암반층이 존재할 때는 최소한 연암층 2m 또는 경암층 1m까지, 암반층이 존재하지 않을 때는 풍화암층 10m까지 조사하거나 설계 기초깊이 중에서 더 깊은 곳까지 시추를 실시해야 한다.
- (3) 본조사는 시추, 샘플링, 현장시험, 토질 및 암석시험, 지하수 조사, 재하시험, 그밖에 필요시 물리탐사 및 검층 등의 조사에 대하여 실시해야 한다.
- (4) 설계 시 조사한 지반조사내용을 검토하여 누락되거나 위치이동으로 추가 조사해야 할 경우는 시추로 구조물 기초지반을 반드시 확인해야 한다.
- (5) 기초지반에 파쇄대나 단층이 있을 경우, 지진 시 안전 검토에 필요한 추가조사를 해야 한다.
- (6) 이 기준에 언급하지 않은 내용은 KCS 10 20 20 지반조사, KCS 11 10 10 시공중 지반조사를 따른다.

2.3.3 계측관리

- (1) 합리적인 시공과 안전관리를 위하여 계측관리를 수립해야 한다.
- (2) 공사 전체에서 계측효율이 가장 좋고 큰 변형이 예측되는 대표 단면을 계측위치로 선정해야 한다.
- (3) 계측항목은 계측목적에 부합되어야 하고, 계측빈도는 계측의 중요성, 공사의 진척정도, 계측 방법, 공사 중 발생하는 변위량의 크기 및 증가속도에 따라 결정되어야 한다.
- (4) 공사 구간의 인접 철도나 도로의 계측위치, 방법 등을 결정하고 계획을 수립해야 한다.
- (5) 이 기준에 언급하지 않은 내용은 KCS 10 50 00 계측, KCS 11 10 15 시공중 지반계측을 따른다.

2.3.4 시공법 변경

- (1) 수급인은 부득이 시공법을 변경하고자 할 때에는 타당성을 기록한 시공변경계획서를 작성하여 공사감독자/감리원의 승인을 얻은 후 시공해야 한다.
- (2) 이 기준에 언급하지 않은 내용은 KCS 10 10 05 공사일반 (1.14)를 따른다.

3. 얕은기초

3.1 일반사항

3.1.1 적용범위

구조물 기초공사

- (1) 지반조사 결과 소요 지지력을 만족하는 지지층에 직접 지지시킬 수 없는 기초공법은 별도로 정하는 바에 따른다.
- (2) 이 기준에 언급하지 않은 내용은 KCS 11 50 00 기초공사의 해당사항을 따른다.

3.1.2 참조규격

KCS 11 50 05 얇은 기초 (1.2.2)을 따른다.

3.1.3 제출물

다음 사항은 KCS 47 10 05 노반공사 일반사항 (2.)의 해당요건에 따라 작성, 제출해야 한다.

- (1) 작업절차서
- (2) 검사 및 시험계획서
- (3) 시공계획서
- (4) 시공상세도
다음 사항이 추가로 포함되어야 한다.
 - ① 콘크리트 타설은 KCS 47 10 60 콘크리트공사 (2.)의 해당요건
 - ② 철근가공조립은 KCS 47 10 60 콘크리트공사 (3.)의 해당요건
 - ③ 가설구조물도
 - ④ 구조계산서
- (5) 세굴방지계획서
- (6) 지반조사 보고서

3.2 재료

3.2.1 재료 선정

- (1) 콘크리트 : 설계도서에 명시된 배합을 갖는 콘크리트 또는 동등 이상의 것
- (2) 철근 : 설계도서에 명시된 철근재료 또는 동등 이상의 것
- (3) 기초 조약돌 : 지름 100~200mm 정도의 자연석 또는 쇄석으로서, 세장석이나 연약한 돌을 함유해서는 안 된다.
- (4) 기초 막자갈 : 지름 100mm 이하의 막자갈 또는 쇄석으로서 편평석, 세장석이나 유기불순물을 함유하지 않은 것이라야 한다.
- (5) 기초용 모래 : 강모래 또는 부순모래로서 점토, 실트 및 기타 유해물을 함유하지 않은 것으로서 10mm 체를 전부 통과하고 0.08mm 체 통과량이 20% 이하로 한다.

3.2.2 재료의 품질관리

KCS 14 20 10 일반콘크리트 (2.3)을 따른다.

3.3 시공

3.3.1 시공조건 확인

공사를 착수하기 전 기준틀이 정확하고, 견고하게 설치되었는지 확인해야 한다.

3.3.2 작업준비

(1) 기초시공에 앞서 전문기술자의 지시에 따라 다음과 같이 사전조사 및 준비공사를 해야 한다.

- ① 지하매설물의 유무 및 장애가 되는 구조물의 상황을 조사해야 한다.
- ② 필요에 따라서 지반의 상황을 조사하고, 설계된 기초공법이 지반조건 및 현장조건에 적합한지 재확인해야 한다.
- ③ 시공기계가 작업 중에 기울어질 위험이 있는 지점에서는 시공기계가 설치될 지면을 개량해야 한다.

(2) 지장물 확인 및 처리

- ① 얕은기초 위치에 지장물 존재여부를 도면에 작성하여 공사착수 전에 공사감독자/감리원에게 제출해야 하며, 굴착작업은 지장물이 훼손되지 않도록 주의하여 시공해야 한다.
- ② 주요 지장물에 대하여는 관계법령에 따라 관리자에게 사전통보하여 관리자가 입회한 후 굴착작업을 시행해야 한다.
- ③ 작업 시작 전에 인근의 건물상태를 조사하여 비정상적인 상태가 발견되면 관계인 입회에 사진 및 비디오 촬영을 해두어야 한다.
- ④ 지장물의 훼손 시는 즉각 응급조치를 함과 동시에 공사감독자/감리원 및 관할 지장물 관리자에게 연락하여 적절한 조치를 강구해야 한다.
- ⑤ 지장물에 의해 기초위치의 변경이 필요한 경우 전문기술자의 검토서를 공사감독자/감리원에게 제출, 승인을 받은 후 시공해야 한다.
- ⑥ 기초시공을 실시하기 전에 모든 지중설비의 위치와 깊이(바닥표고)를 현장에서 확인하고, 설비위치에서 1.0m 이내에는 주의해서 인력굴착 해야 한다.
- ⑦ 기초시공을 진행하면서 발견된 버려진 하수도, 배관 및 기타 설비는 제거하고 단부는 봉합해야 한다.
- ⑧ 승인된 도면에 명시되지 않은 사용 중인 설비가 발견되면 즉시 공사감독자/감리원 및 설비 관리자에게 보고하여 설비의 보수, 이설 또는 제거에 필요한 대책을 판단할 수 있도록 해야 한다.

(3) 경사지반의 기초

- ① 경사지반에 얕은기초가 시공되는 경우 실제 지지지반의 경사도를 고려해야 하며, 기초 단면의 변경이 예상될 때에는 전문기술자의 검토서를 첨부하여 공사감독자/감리원의 승인

구조물 기초공사

을 득한 후 변경 시공할 수 있다.

- ② 경사지반에 기초가 시공되는 경우 부등침하, 기초이동이 생기지 않도록 층따기, 계단 또는 요철처리 등의 방법으로 시공해야 한다.
- ③ 경사지반에 놓이는 얇은기초의 터파기에 있어서는 시공 중이나 완성후의 비탈면 안전에 대한 검토를 시행해야 한다.

(4) 기존구조물의 근접시공

- ① 기존구조물에 근접하여 구조물을 설치하는 경우 기존 구조물 기초에 영향을 주지 않도록 검토한 후 시공해야 한다.
- ② 근접시공 전에 기존구조물의 변위 계측장치를 설치하고, 시공 중 변위가 생기는지 여부를 지속적으로 관찰하여 변위 발견 시 대책을 강구하고 공사감독자/감리원의 승인을 받아야 한다.
- ③ 근접시공으로 기존구조물에 영향이 있을 것으로 판단되는 경우 지반개량 및 구조물 보강 등의 대책을 수립하여 공사감독자/감리원의 승인을 받아야 한다.

3.3.3 시공기준

- (1) 기초 터파기는 KCS 11 20 15 토공사 (3.3), 되메우기는 KCS 11 20 25 되메우기 및 뒤채움 (3.3)의 해당요건에 따라야 한다.
- (2) 터파기 시 발생하는 토사의 붕괴를 막기 위하여 필요시에는 KCS 47 10 25 토공사 (4.)에 따라 가설 흙막이를 설치해야 한다.
- (3) 이 기준에 언급하지 않은 내용은 KCS 11 50 05 얇은 기초 (3.)을 따른다.

3.3.4 육상굴착

KCS 11 20 15 터파기 (3.1)을 따른다.

3.3.5 수중굴착

- (1) 수중 또는 지하수의 흐름이 심한 곳에 구조물을 축조할 때는 건조한 상태로 작업해야 하고, 토압 및 수압에 의한 하중을 견디는 강도와 수밀성을 가지며 철거가 쉬운 구조로 된 가물막이를 설치해야 한다.
- (2) 깊은 터파기의 경우 지하수위계, 간극수압계를 설치하여 지하수에 대한 계측을 함으로써 안전한 시공이 되도록 해야 한다.
- (3) 다음과 같은 경우에는 용수터파기의 적용을 고려할 수 있다.
 - ① 널말뚝(Sheet Pile) 및 가물막이의 설치와 물푸기가 반영된 경우
 - ② 물이 용출은 되나 지면에 고이지 않는 상태
 - ③ 용출수가 많더라도 물푸기로 용출수를 배제시켜 작업지역에 물이 고이지 않는 상태

3.3.6 기초바닥준비

- (1) 이완토 및 뜯돌은 모두 제거하고, 기초저면 전체가 지지될 수 있도록 양호한 지반까지 굴착해야 한다.
- (2) 암굴착면은 수평, 계단식 또는 톱니형상으로 마무리해야 하며, 굴착면은 전반적으로 수평 상태를 유지하도록 한다.
- (3) 암굴착면의 요철은 $\pm 100\text{mm}$ 로 하며, 암질에 따라 여굴이 발생할 경우에는 빈배합 콘크리트로 저면을 마무리한다.
- (4) 콘크리트 타설 전에 굴착면의 뜯돌 및 이완토는 완전히 제거하여 기초지반 또는 암반과의 부착을 양호하게 한다.
- (5) 배수의 미비로 인한 굴착면의 연약화나 변형이 없도록 해야 한다.
- (6) 기초암반이 경사진 경우
 - ① 기초폭이 7m 미만의 경우 수평굴착
 - ② 기초폭이 7m 이상인 경우는 경사를 고려하여 계단식으로 암절취
 가. 지지 암반의 경사가 1:4 보다 급한 경우 : 계단식 굴착, 층두께 500mm 이하
 나. 지지 암반의 경사가 1:4 보다 완만한 경우 : 수평으로 저면 굴착
 - ③ 뜯돌 제거
 - ④ 기초바닥 정리 콘크리트 타설

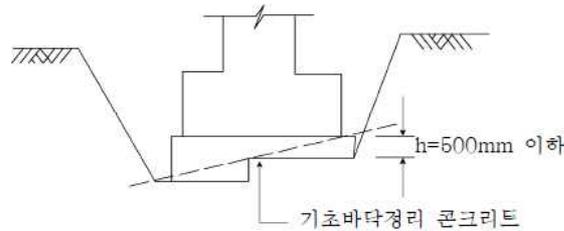


그림 3.3-1 기초암반이 경사진 경우

- (7) 기초암반이 수평인 경우

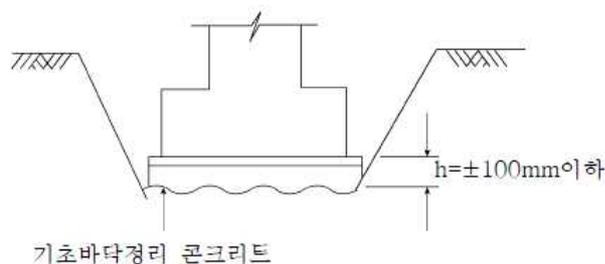
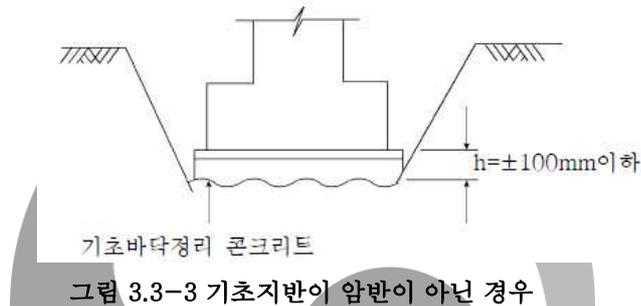


그림 3.3-2 기초암반이 수평인 경우

구조물 기초공사

- ① 암굴착면의 요철은 $\pm 100\text{mm}$ 로 한다.
 - ② 뜬돌 제거
 - ③ 기초바닥 정리 콘크리트 타설
- (8) 기초지반이 암반이 아닌 경우 (토사, 사력층)
- ① 용수가 있을 경우
 - 가. 철저한 배수처리 실시
 - 나. 조약돌 다짐 기초안정처리
 - 다. 기초바닥 정리 콘크리트 타설
 - ② 용수가 없을 경우
 - 가. 굴착면의 정리
 - 나. 기초바닥 정리 콘크리트 타설



3.3.7 기초바닥 지지력 확인

- (1) 터파기 결과 지반조건이 설계도서와 상이한 경우는 시험을 시행하여 설계지지력을 확인해야 한다. 지지층의 심도가 당초 설계깊이보다 낮은 경우에는 지반보강 콘크리트를 칠 수 있으며, 그 깊이는 3m 이내로 한다. 지지층까지의 심도가 3m 이상인 경우는 말뚝기초로 변경하는 것을 검토해야 한다.
- (2) 기초지지층이 강성이 다른 복합지반으로 되어 있는 경우 이에 대한 대책을 강구하여 공사감독자/감리원에게 제출해야 한다.
- (3) 암반굴착 시 절리나 파쇄대가 존재하여 암질이 불량할 경우는 그라우팅 등으로 필요한 보강 조치를 해야 한다.
- (4) 콘크리트를 타설 전에 반드시 공사감독자/감리원에게 기초지내력 확인을 받아야 한다.
- (5) 이 기준에 언급하지 않은 내용은 KCS 11 50 05 얇은 기초 (3.3)를 따른다.

3.3.8 거푸집 설치

- (1) 거푸집은 소정의 강도와 강성을 갖는 동시에 완성될 구조물의 위치, 형상 및 치수가 정확하게 확보되도록 설치해야 한다.

- (2) 거푸집을 단단히 조일 때에는 강봉을 사용하며, 거푸집 내면에는 승인된 박리제를 발라야 한다.
- (3) 콘크리트를 타설 전에 공사감독자/감리원의 입회하에 거푸집을 검사하고 콘크리트를 치는 동안에도 그 상태를 검사하여 위험을 방지해야 한다.
- (4) 수중콘크리트는 수밀한 콘크리트를 만들기 위해 다짐봉을 구조에 맞도록 제작하여 전면을 고르게 다지고 특히 접촉부는 정밀하게 다짐을 실시해야 하며, 콘크리트 타설 중 작업의 중단으로 인해 시공이음이 생기지 않도록 재료투입에 철저를 기해야 한다.
- (5) 거푸집 설치 시 이음부나 틈으로 모르타르가 새어나와 재료분리가 일어나지 않도록 밀실하게 설치한다.
- (6) 이 기준에 언급하지 않은 내용은 KCS 14 20 12 거푸집 및 동바리 (3.1)을 따른다.

3.3.9 철근콘크리트

- (1) 지반과 접하는 철근 콘크리트 기초의 철근 피복 두께는 최소한 80mm 이상으로 해야 한다.
- (2) 보강된 바닥콘크리트가 있을 경우, 기초콘크리트의 덮개는 최소한 50mm 이상 되어야 한다.

3.3.10 기초 주변의 되메우기

- (1) 기초암반을 제거하고 얇은기초를 시공할 경우는 수평하중에 저항할 수 있도록 콘크리트로 되메우기 할 수 있다.
- (2) 이 기준에 언급하지 않은 내용은 KCS 11 50 05 얇은기초 (3.2.1)을 따른다.

3.3.11 품질관리

- (1) 배수관리
 - ① 기초와 바로 접한 뒤채움 재료는 점착력이 없고, 자연배수가 되어야 한다.
 - ② 특별한 배수계획이 수립되어 있다면 배수범위에 있는 간극크기는 물의 자연배수를 허용할 만큼 커야 한다. 그러나 너무 커서 뒤채움 재료가 간극 속으로 들어가 간극을 막히게 해서 안 된다.
- (2) 기초저면 관리
 - ① 얇은기초저면은 지지지반에 밀착되고 수평하중에 대한 전단저항을 갖도록 처리해야 한다. 특히 활동방지벽을 두는 경우 활동방지벽은 지지지반에 근접시킨다.
 - ② 사질토지반의 경우 표층이 느슨하게 떠 있는 상태가 되는 것을 피하고 응력의 분포상태를 좋게 하기 위해 기초 조약돌을 포설할 수 있다.
- (3) 기초지반 관리
 - ① 지반조사의 위치, 정도, 개소 등에 대한 필요성이 설계 이전과 이후가 다를 경우에는 검토

구조물 기초공사

하여 필요시 기초지반의 추가조사를 시행해야 한다.

- ② 얇은기초의 시공을 위한 굴착장비 또는 중기계의 주행에 의하여 지반이 흐트러지지 않도록 주의해야 한다.

(4) 굴착관리

- ① 기초 굴착 시 배수를 위한 도랑은 지하수위 강하의 영향을 고려한 깊이를 유지하여 파 내려가야 하며 집수도랑은 기초면 아래에 설치해서는 안 된다.
- ② 굴착저면에서 지하수위가 높을 경우는 지수공법으로 굴착부위에 대한 물의 진입을 방지하거나 지하수위를 저하시켜, 건조상태를 유지하며 굴착을 시행해야 한다.
- ③ 설계상 주변지반의 수평저항을 기대하는 경우 특히 되메움흙의 다짐을 해서 그 강도가 설계조건을 충족하는지 확인해야 한다.

4. 기성말뚝기초

4.1 일반사항

4.1.1 적용범위

- (1) 이 절은 구조물기초로 사용되는 기성말뚝의 공급, 설치공사 및 시험에 적용한다.
- (2) 기성말뚝기초는 시공방법에 따라 다음과 같은 공법을 적용한다.
 - ① 디젤해머, 드롭해머, 유압해머로 말뚝을 지반 속에 향타시공하는 타입말뚝공법
 - ② 나선형 오거(Auger) 등의 천공장비를 이용하여 지반을 굴착한 후 굴착공에 말뚝을 삽입하고, 압입력 또는 경타에 의해 지지층에 정착시키는 선굴착방식의 매입말뚝공법
 - ③ 말뚝 중공부(中空部)에 삽입된 나선형 오거 등의 천공장비를 회전시켜 지반을 굴착하고 토사는 중공부를 통해 말뚝 두부로 배출시켜 지지층에 정착시키는 내부굴착방식의 매입말뚝공법
- (3) 이 기준에 언급하지 않은 내용은 KCS 14 50 00 기초공사를 따른다.

4.1.2 참조규격

KS B 0817 금속 재료의 펄스 반사법에 따른 초음파탐상검사 방법 통칙

KS B 0885 수동 용접 기술검정의 시험방법 및 판정기준

KS F 4303 프리텐션 방식 원심력 PC 말뚝

KS F 2591 말뚝의 동적 재하 시험 방법

KS L 5201 포틀랜드 시멘트

ASTM D 1143 Standard Test Methods for Deep Foundations Under Static Axial Compressive Load (정적 축하중에 의한 말뚝재하시험)

ASTM D 3966 Standard Test Method for Piles Under Lateral Loads (수평하중에 의한 말뚝재하시험)

ASTM D 4945 Standard Test Method for High-Strain Dynamic Testing of Piles (고변형을 표준 동재하시험)

이 기준에 언급하지 않은 내용은 KCS 11 50 15 기성말뚝 (1.2)을 따른다.

4.1.3 제출물

다음 사항은 KCS 47 10 05 노반공사 일반사항 (2.)의 해당요건에 따라 작성, 제출해야 한다.

(1) 작업절차서

(2) 검사 및 시험계획서

(3) 시험말뚝시공 및 재하시험 보고서

- ① 시험말뚝시공 및 말뚝재하시험 기록은 현장에 1부 비치해야 한다.
- ② 재하시험이 완료되면 해당분야 전문기술자의 검토를 받아 각 시험말뚝에 대한 시험보고서를 공사감독자/감리원에게 제출해야 한다.

(4) 시공계획서

- ① 항타계획 : 항타시공의 경우에는 파동이론분석을 실시하고 항타계획에 그 내용이 포함되어야 한다.
- ② 항타가 불가능한 경우에는 원인을 파악한 후 지반조건 및 시공방법을 동시에 검토하여 매입말뚝공법과 같은 대체공법을 선정하고 그에 대한 시공계획서를 작성해야 한다.
- ③ 본체 및 가설비의 주요 부분에 대하여 설계하중의 재하능력 확보여부를 확인할 수 있는 적절한 방법을 강구해야 한다.
- ④ 하부구조의 시공에 따른 환경보전에 관해서는 시공지점의 제 조건을 고려하고 주변환경의 변화를 검토하여 그 대책을 수립해야 한다.
- ⑤ 장비자료 및 도면
 - 가. 항타에 사용할 장비의 특성이 기재된 장비목록을 제출하여 공사감독자/감리원의 승인을 받아야 하며, 장비와 부대품의 적합성은 수급인의 책임이다.
 - 나. 사용된 장비가 말뚝을 박는데 부적합하거나, 부대품의 사용으로 말뚝이 손상되거나 작업진도가 유지되지 못하면 장비를 교체해야 한다.
 - 다. 도면에 명시된 각 말뚝의 치수, 형식, 조작 및 박기요건에 충족되는 부속품의 시공도면을 제출해야 한다.
 - 라. 계획된 말뚝재하시험의 방법과 장비를 나타내는 도면을 제출해야 한다.
 - 마. 사출수가 허용된 경우에는 매설된 사출관의 상세를 제출해야 한다.

(5) 시공상세도

다음 사항이 추가로 포함되어야 한다.

- ① 말뚝머리 절단 및 두부정리
 - 가. 말뚝머리 절단기
 - 나. 보강철근 설치 및 방법

구조물 기초공사

다. 필요한 경우, 보강철근 설치를 위한 구조계산서

② 시공순서도

가. 예정된 항타 순서를 나타낸 배치순서도

나. 배치순서도에 명시된 도면에 따른 각 말뚝의 식별, 항타순서, 종류, 치수, 지지력 및 예정선단 표고

③ 이 기준에 언급하지 않은 내용은 KCS 11 50 15 기성말뚝 (1.3.1)를 따른다.

(6) 시공기록

① 항타 중에는 기록을 비치하고, 항타가 완료되면 즉시 공사감독자/감리원에게 기록을 제출해야 한다.

② 말뚝의 시공기록은 「KS F 7001 부표 5~7」에 따라 정확하게 기록되며 다음의 참고도와 함께 보존해야 한다.

가. 타입공법 기록(부표 5)

나. 매입공법 기록(부표 6)

다. 말뚝머리 절단 기록(부표 7)

라. 공사장소 위치도

마. 말뚝배치도(말뚝시공순서 포함)

바. 시추주상도(표준관입시험 값 포함)

사. 말뚝구조도(단면치수, 배근, 이음이 있는 경우에는 그 위치 및 구조도)

③ 항타기록에는 항타한 말뚝에 대한 항타장비의 종류와 등급, 전길이에 대한 1,000mm당 타격횟수 및 최종 500mm에 대한 100mm당 타격회수, 최종관입량 기록지 그리고 항타 중에 나타난 이상조건 등이 포함되어야 한다.

④ 항타기록은 작업일마다의 기록 외에 개개의 항타 시공상황을 전반적으로 쉽게 이해할 수 있도록 작성하여 제출해야 한다.

(7) 세굴방지계획서

(8) 지반조사보고서

4.1.4 품질요구사항

(1) 시험말뚝시공

① 시험말뚝시공은 공사감독자/감리원의 승인을 받은 방법과 절차에 따라 공사감독자/감리원의 감독하에 실시해야 한다.

② 기성말뚝은 항타공법 및 시공성, 소음 및 진동영향, 항타 종료조건들을 파악하고 품질관리 에 필요한 자료를 얻기 위하여 시험말뚝을 시공해야 한다.

③ 시험말뚝은 설계도서에 명시된 말뚝규격으로 선정하고 말뚝길이는 소요길이보다 2m 이상 긴 말뚝으로 시험시공해야 한다.

④ 현장 지반조건이 심하게 변하는 구간은 시험말뚝을 추가 시공해야 한다.

⑤ 항타 해머는 말뚝규격과 낙하고, 타격횟수, 타격에너지를 시험하여 말뚝 규격에 맞는 해머

를 선정해야 한다.

- ⑥ 구조물 기초마다 1개 이상 본공사와 동일한 조건에서 공사감독자/감리원 입회하에 시험시공을 하며, 지반상태가 불규칙하여 설계심도와 상이할 경우는 전반적인 지반상태의 파악이 가능하도록 시험시공 말뚝개수를 추가할 수 있다.
- ⑦ 시험말뚝 시공 시 유의사항은 다음과 같다.

가. 타입말뚝

- (가) 항타 종료 시 최종타격당 관입량이 얻어지지 않는 말뚝은 소요지지력이 확보될 때까지 항타를 실시한다.
- (나) 말뚝길이가 부족할 경우는 이음시공으로 소요지지력을 얻을 때까지 항타해야 한다.
- (다) 타입말뚝의 시험시공 시, 설계심도까지 타격하면서 동재하시험을 실시한다. 다만, 설계심도까지 말뚝관입 불능으로 인한 지지력 부족 및 타격회수 과다시 지반조사 결과와 토질조건 등의 제반사항을 충분히 검토한 후 공사감독자/감리원과 협의하여 설계심도 조절, 항타장비 변경 등을 검토한다.
- (라) 「(다)」항의 항타 시 동재하시험이 완료된 이후에는 일정한 기간이 경과한 후, 재항타 동재하시험을 실시한다.

나. 매입말뚝

- (가) 기초시공 자료의 설계심도까지 일정한 속도로 천공하면서 RPM치와 전류치(A)의 변화를 관찰하여 기록을 유지하고, 오거선단의 토사를 지반조사시료 또는 지반조사 시료사진과 대조하여 지지층을 확인한다.
- (나) 시험시공결과 말뚝의 길이, 지름, 시공방법의 변경이 필요한 경우에는 지반조사 결과와 토질조건 등의 제반사항을 충분히 검토한 후 공사감독자/감리원과 협의하여 변경여부를 결정한다.
- (다) 매입말뚝의 시험시공 시, 설계 천공선까지 경타하면서 동재하시험을 실시한다. 다만, 설계 천공선까지 말뚝관입 불능으로 인한 지지력 부족 및 경타회수 과다시 지반조사 결과와 토질조건 등의 제반사항을 충분히 검토한 후 공사감독자/감리원과 협의하여 천공선 조절, 케이싱 추가 등을 검토한다.
- (라) 「(다)」항의 경타 시 동재하시험이 완료된 이후에는 일정한 기간이 경과한 후, 재항타 동재하시험을 실시한다.

(2) 용접사 자격

- ① 작업을 개시하기 전 용접기술자에 대한 경력 및 자격증명서를 제출해야 하며 준공 시까지 관리해야 한다.
- ② 이 기준에 언급하지 않은 내용은 KCS 14 31 20 용접을 따른다.

(3) 관리기술자

- ① 말뚝의 시공에 있어서는 말뚝시공을 전문으로 한 지식과 경험이 있는 자로서 공사감독자/감리원이 승인한 자로 한다.

구조물 기초공사

② 관리기술자의 주된 업무는 다음과 같다.

- 가. 시공계획서의 작성과 수정보완
- 나. 시공의 감독과 지도
- 다. 시공기록의 작성
- 라. 지반조사 감독, 품질시험 실시

(4) 이 기준에 언급하지 않은 내용은 KCS 14 31 20 용접 (1.5)을 따른다.

4.1.5 준비공사

(1) 작업지반준비

- ① 일반적으로 사용하는 항타장비의 접지압은 0.1~0.2MPa이므로 이에 견딜 수 있는 지반으로 평탄성 및 지지력을 확보해야 한다.
- ② 원지반이 연약할 경우는 지반개량으로 보강해야 한다.

(2) 말뚝 임시쌓기

- ① 현장에 말뚝을 임시로 쌓아 두는 경우에는 본 절의 「(8) 기타사항」의 받침대를 배치하여 말뚝의 변형을 방지해야 한다.
- ② 원지반의 지지력과 주변환경을 고려하여 말뚝쌓기 높이를 정해야 한다.

(3) 기계 기구의 점검, 정비

- ① 기계 기구의 운전 시 숙련된 운전공을 선발하여 장비 조작 연습을 하고 안전관리 교육을 시켜야 한다.

(4) 지장물 제거

- ① 항타위치에 있는 전석, 사석, 기설기초, 구조물 및 장애물은 항타 전에 제거해야 한다.
- ② 지하에 매설된 가스관, 상하수도관, 전선케이블은 이설하거나 보호하여 항타에 지장이 없도록 해야 한다.
- ③ 지장물이 철거된 구역은 양질의 토사로 매립하여 작업에 지장이 없도록 해야 한다.

(5) 말뚝세우기의 기준점 설치

- ① 말뚝의 중심위치, 말뚝머리의 높이를 정확하게 측정하기 위해서 항타 시 진동의 영향을 받지 않는 위치를 선정하여 기준점을 설치해야 한다.
- ② 항타할 때 사용하는 측량기구를 항타 전에 준비하여 시공에 차질이 없도록 해야 한다.

(6) 말뚝규격 및 공법 선정

시험말뚝 시공결과로부터 지반조건, 말뚝기초의 지지력, 말뚝 항타응력, 공사주변환경 및 민원을 고려하여 시공법, 말뚝규격 및 길이, 소요말뚝 수, 항타장비 및 해머종류, 해머의 크기를 선정하고 공사감독자/감리원의 승인을 얻은 후 시공해야 한다.

(7) 환경요구사항

- ① 말뚝시공 시작 전에 인근의 건물상태를 조사하고 불규칙한 상태가 발견되면 관계인의 입

회화에 사진 및 비디오 촬영을 해두어야 한다.

- ② 항타현장 주변에 목장, 병원, 주거지역, 학교가 있을 경우는 항타 전에 소음, 진동에 대한 환경영향 평가 결과를 반영하여 민원이 발생하지 않도록 조치해야 한다.

(8) 기타사항

- ① 말뚝의 운반, 쌓기, 저장 등 말뚝의 취급에 있어서 손상방지에 유의해야 한다.

가. 콘크리트말뚝

- (가) 말뚝의 운반 및 취급은 KS F 7001에 따르되, 말뚝에 손상을 주지 않도록 한다.
- (나) PHC말뚝은 양생방법(Auto Clave, Non-auto Clave)에 따라 소요 양생일수가 다르므로 소요 양생 완료 후 1일 이상 경과한 이후에 현장에 반입한다.
- (다) 현장에 반입된 말뚝 중에서 PHC말뚝은 KS F 4306에 의한 치수허용차를 벗어나거나 균열이 발생한 제품 등 공사에 부적합한 제품은 장외로 반출한다.
- (라) 말뚝의 저장장소는 가능한 한 말뚝 박는 위치에 가깝고 배수가 양호하며 지반이 평탄, 견고한 곳을 택하여 종류별로 나누어 2단 이하로 적치한다.
- (마) 적재 시 받침대의 위치는 말뚝길이 12m 이하인 경우 말뚝길이의 1/5지점 양쪽에 설치하고, 13m 이상인 경우에는 말뚝길이의 1/5지점 양쪽 및 중앙부에 설치하되, 2단으로 적재할 때는 반드시 동일 연직선상에 설치하며, 유동을 방지할 수 있도록 췌기를 박는다.

나. 강재말뚝

- (가) 운반 또는 보관도중에 변형되거나 손상 되지 않아야 하며 특히 말뚝에 휨이 생기지 않아야 한다.
- (나) 말뚝은 지면에 닿지 않게 하고, 60일 이상 저장 시 부식방지책을 강구하되, 특히 현장 용접을 하는 부분은 비, 바람을 맞지 않도록 한다.
- (다) 말뚝 반입 시 자재 제작사의 품질보증서, 모양 및 치수의 허용차, 겉모양을 확인하고 재성능이 규격에 미달하면 즉시 교체하도록 한다.

- ② 본시공에 사용할 말뚝의 현장 반입은 시험말뚝 시공결과에 따라 말뚝의 종류, 지름, 길이, 개수 및 배치가 결정된 후에 행해야 한다.
- ③ 말뚝의 현장 반입 시에는 규격별로 공사감독자/감리원의 확인을 받아야 한다.
- ④ 시멘트 페이스트 주입환경은 일 평균기온이 4℃ 이하가 예상될 경우, 주입하는 시멘트 페이스트는 부어넣을 때의 온도가 10℃ 이상 20℃ 미만이 되도록 하고, 양생 중에 동해를 입지 않도록 해야 한다.

(9) 이 기준에 언급하지 않은 내용은 KCS 11 50 15 기성말뚝 (3.2)를 따른다.

4.2 재료

4.2.1 기성말뚝 규격

KCS 11 50 15 기성말뚝 (2.)를 따른다.

구조물 기초공사

4.2.2 재료품질관리

- (1) 강말뚝의 운반, 쌓기, 저장, 외관, 형상 및 치수의 검사는 <표 5-4-1>에 의거하여 검사해야 한다.
- (2) 콘크리트 말뚝의 운반, 쌓기, 저장은 KS F 7001 에 따라 관리해야 한다. 콘크리트 말뚝의 외관, 형상, 치수검사는 <표 5-4-1>에 의거하여 검사해야 한다.

표 4.2-1 말뚝재료 품질관리 요건

| 종별 | 시험종목 | 시험방법 | 시험빈도 | 비고 |
|--------|---------------------|------------------------|----------------------|----|
| PC 말뚝 | KS F 4303에 규정된 시험종목 | KS F 4303 | - 제조회사마다 - 200개마다 | |
| | 용접부의 비파괴검사 | KS B 0845 KS B 0817 | - 20이음당 1회 | |
| PHC 말뚝 | KS F 4306에 규정된 시험종목 | KS F 4306 | - 제조회사마다 - 200개마다 | |
| | 용접부의 비파괴검사 | KS B 0845 KS B 0817 | - 20이음당 1회 | |
| 강관 말뚝 | KS F 4602에 규정된 시험종목 | KS F 4602 | - 제조회사마다 - 200개마다 | |
| | 용접부의 비파괴검사 | KS B 0845 KS B 0817 | - 10이음당 1회 | |
| H형강 말뚝 | KS F 4603에 규정된 시험종목 | KS F 4603 | - 제조회사마다 - 200개마다 | |
| | 용접부의 비파괴검사 | KS B 0845 KS B 0817 | - 10이음당 1회 | |

(3) 시멘트 페이스트

① 시멘트

KS L 5201의 보통 포틀랜드 시멘트에 적합한 것으로 한다.

② 물

물은 청정하고 유해함유량의 염분, 철분, 이온 및 유기물 등이 포함되지 않은 것으로 한다.

③ 배합

시멘트와 물의 배합은 물시멘트비(W/C) 83%(1m³당 시멘트 880kg, 물 730 l의 비율)를 표준으로 하고, 지반조건 및 지하수 조건에 따라 배합비 변경이나 급결제 사용 등의 방법을 적용할 수 있다.

4.2.3 부속재료

KCS 11 50 15 기성말뚝 (2.5)를 따른다.

4.2.4 말뚝길이의 표시

말뚝에는 0.5m 간격으로 길이를 표시해야 한다.

4.2.5 장비

(1) 시험말뚝시공 장비

항타 작업에 사용할 장비와 동일한 기종으로서 공사감독자/감리원의 확인을 받은 것으로 한다.

(2) 정재하시험장치, 재하장치, 하중 및 계기

- ① 재하장치는 계획된 최대시험하중 이상을 안전하게 재하할 수 있는 것으로 하며, 공사감독자/감리원의 승인을 받은 것으로 한다.
- ② 재하하중은 설계하중을 확인할 수 있는 규모 이상으로 하며, 공사감독자/감리원의 승인을 받아야 한다.
- ③ 말뚝재하시험 시 반력말뚝을 사용할 경우 인장저항을 할 수 있는지를 검토하여 그 결과를 공사감독자/감리원에게 제출, 승인을 받아야 한다.
- ④ 재하시험에 사용되는 하중계(또는 유압계) 및 변위계는 공인기관의 검증을 받은 것으로 하며, 검증 유효기간이 경과하지 않은 것으로 한다.
- ⑤ 재하장치는 현장조건에 따라 공사감독자/감리원의 책임 하에 설치되어야 한다.

(3) 동재하시험장치

- ① 말뚝의 동재하시험에는 항타분석기 또는 이와 동등한 성능을 가진 장비를 사용해야 하며, 부수장비로는 변형률계, 가속도계 및 연결케이블 등이 있다. 이들 장비는 동재하시험 전문 기술자에 의해 제공되며 「ASTM D 4945-89」 또는 「KS F 2591」의 요구조건에 부합되는 것으로 한다.
- ② 동재하시험은 파동이론에 대한 전문지식을 갖춘 기술자에 의해 수행되어야 한다.
- ③ 동재하시험에 사용되는 변형률계 및 가속도계는 검증 유효기간이 경과하지 않은 것이라야 한다.

(4) 항타장비

- ① 육상작업의 경우, 크롤러 3점 지지식 타워와 크롤러 현수식 타워를 사용해야 하고, 수상작업인 경우, 육상작업기계의 주행이 가능한 잔교나 축도를 설치하고 크레인을 사용해야 한다.
- ② 이 기준에 언급하지 않은 내용은 KCS 11 50 15 기성말뚝 (2.4.1)를 따른다.

(5) 해머

- ① 해머는 파동이론해석 또는 동재하시험에 의한 항타시공관입성을 검토한 후 선정해야 한다.
- ② 해머는 작업조건에 따라 공사감독자/감리원의 승인을 얻어 다른 해머로 변경할 수 있다. 특히, 소음·진동 등 환경에 대해 민감한 현장에서는 공사감독자/감리원의 승인을 얻어 변경할 수 있다.

구조물 기초공사

(6) 해머쿠션

- ① 중력해머를 제외한 모든 타입말뚝 항타장비는 해머나 말뚝의 손상방지와 균일한 타입거동을 보장하기 위하여 적정한 두께의 해머쿠션 재료를 장착해야 한다.
- ② 해머쿠션은 타입하는 동안 균일한 성능을 유지할 수 있는 내구성을 가진 재료로 제작되어야 한다. 목재, 와이어 로프와 석면 해머쿠션은 사용해서는 안 된다.
- ③ 타격용 판은 쿠션재료의 균일한 압축을 보장하기 위하여 해머쿠션 위에 설치해야 한다.
- ④ 해머쿠션은 말뚝 타입을 시작할 때와 말뚝타입 후 매 100시간마다 점검해야 한다. 또한 해머쿠션은 국부손상이 발생하거나 본래 두께의 25% 이상 감소되기 전에 교체해야 한다.

(7) 말뚝드라이브 헤드

- ① 타격해머로 말뚝을 타입할 때는 말뚝머리에 해머타격 에너지를 고루 분포시키기 위하여 적절한 드라이브 헤드를 설치해야 한다.
- ② 드라이브 헤드는 해머, 말뚝과 함께 축이 정렬되어야 한다. 드라이브 헤드는 리더로 인도되며 흔들림이 없어야 한다.
- ③ 드라이브 헤드는 해머와 말뚝이 정렬을 유지하면서도 비틀림 힘의 전달을 막을 수 있도록 설치해야 한다.
- ④ 강말뚝에 대해서는 말뚝두부를 직각으로 절단해야 하며 말뚝길이 방향축을 해머축과 일직선으로 유지할 수 있도록 드라이브 헤드를 준비해야 한다.
- ⑤ 기성콘크리트 말뚝에 대해서 말뚝머리는 드라이브 헤드로부터의 편심타격 방지를 위하여 편평하고 말뚝길이 방향축에 직각이 되어야 한다.

(8) 말뚝쿠션

- ① 말뚝쿠션의 치수는 해머타격 에너지를 말뚝단면에 골고루 분포시킬 수 있도록 한다.
- ② 합판의 최소두께는 50mm 정도로 한다. 만약 타입하는 동안 쿠션이 본래 두께의 1/2보다 더 압축되거나 연소하기 시작하면 새로운 말뚝쿠션을 설치해야 한다.

(9) 리더(Leader)

KCS 11 50 15 기성말뚝 (2.4.2)를 따른다.

(10) 매입말뚝의 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 T4 등의 특수 굴착장비를 사용한다.
- ③ 천공 및 천공 후 장비를 인발할 때 공벽이 붕괴될 우려가 있는 경우, 케이싱 부착 천공기를 사용한다.
- ④ 천공장비의 선정은 해당지구의 토층구성, 말뚝규격, 장비의 제원 및 성능을 고려하여 공사 감독자/감리원과 사전협의 후 결정하되, 선정된 장비의 성능이 떨어질 경우 즉시 교체해야 한다.

(11) 나선형오거 구동장치, 나선형오거

- ① 나선형오거 구동장치는 나선형오거를 회전시켜 굴착시키기 위한 동력장치로 시공장비 리더에 정착시켜 사용한다.
- ② 구동장치의 출력은 말뚝지름, 시공깊이, 시공지반에 대응할 수 있어야 한다.
- ③ 나선형오거는 연속오거부와 선단부의 오거헤드로 구성된다.
- ④ 말뚝 중공부에 삽입하는 나선형오거는 강성이 큰 것으로 하며 말뚝 안지름보다 30~60mm 정도 작은 오거 지름을 가져야 하고, 선굴착에 사용되는 나선형오거는 해당공정에 합당한 정도의 지름을 갖는 것으로 한다.

(12) 보조말뚝

- ① 보조말뚝은 말뚝머리부분을 지중 혹은 수중까지 시공하는 경우에 사용하는 것으로서 캡과 말뚝 사이에 사용하여 말뚝머리를 소정의 깊이까지 타설 또는 침설시키는 것이다.
- ② 보조말뚝은 길이가 긴 경우는 편심타격이 생기기 쉬우므로 가능한 한 5m 정도의 길이를 가져야 하며, 5m 이상 필요시는 편심을 최소화 할 수 있는 방법을 강구하고 공사감독자/감리원의 승인을 받아야 한다.
- ③ 또한 타격력에 대한 소요의 내력을 가져야 하며, 동시에 타격력이 균등하게 말뚝머리에 전달되는 구조로 한다.
- ④ 타입 시 보조말뚝과 말뚝의 축을 일치시켜 횡방향 진동이나 편심타격에 의해 말뚝머리가 손상을 입지 않아야 하며, 타격 시 말뚝내부에 토사나 물이 상승하거나, 내압이 높아질 염려가 있는 경우에는 보조말뚝과 저판을 개단으로 하여 토사나 물의 구속을 해방시켜야 한다.
- ⑤ 이 기준에 언급하지 않은 내용은 KCS 11 50 15 기성말뚝, (2.4.3)을 따른다.

4.3 시공**4.3.1 말뚝 세우기**

- (1) 보조 크레인 등의 부속기계도 소요의 기능이 발휘될 수 있는 위치에 설치해야 한다.
- (2) 말뚝인입 시 리더와 와이어의 각도는 30° 이하로 유지해야 하며, 인입 중 항타기의 선회는 절대 없어야 한다. 특히, 말뚝을 매단 상태에서 주행은 하지 말아야 한다.
- (3) 말뚝을 정확하고 안전하게 세우기 위해서는 다음 사항을 준수해야 한다.
 - ① 정확한 기준점을 설치하고 중심선을 표시해야 한다.
 - ② 경사진 지반이 있는 곳에 세우는 것은 피해야 한다.
- (4) 이 기준에 언급하지 않은 내용은 KCS 11 50 15 기성말뚝 (3.2.4)를 따른다.

4.3.2 말뚝이음

- (1) 현장용접이음

구조물 기초공사

- ① 지식과 경험이 있는 용접시공 관리기술자를 상주시켜야 하며, 용접시공 관리기술자는 양호한 용접이 이루어지도록 다음과 같이 관리, 지도, 검사해야 한다.
 - 가. 용접상 필요한 제설비, 기기, 재료의 준비와 점검, 보수
 - 나. 용접공의 선정과 지도
 - 다. 용접 시기의 판단과 대책(기상, 기온에 대한 조치)
 - 라. 용접준비와 대책(개선부의 손질, 청소, 관계위치)
 - 마. 용접방법의 지도(전류, 전압, 운봉법)
 - 바. 용접 각 단계에서의 검사(슬래그 제거, 균열 등의 육안검사)
 - 사. 결함이 있는 경우 손질방법의 판단과 지시
 - 아. 결함의 재발 방지를 위한 대책(시공 방법의 개량)
 - 자. 지정된 시험의 실시와 보고 및 지정된 기록의 작성과 보고
- ② 말뚝의 현장용접은 KS F 7001에 따라 신중히 해야 하며, 이음부의 허용오차는 강관말뚝의 경우 KS F 4602, PHC말뚝의 경우 KS F 7001에 따른다. 타격 및 하중부담 시 축방향력의 편심에 의한 휨의 발생을 방지하기 위하여 상·하 말뚝의 축선은 동일한 직선상에 위치하도록 조합시켜야 한다.
- ③ 이 기준에 언급하지 않은 내용은 KCS 11 50 15 기성말뚝 (3.2.5)를 따른다.

(2) 기타이음

특히, 신기술 등에 의한 이음방법은 승인된 기준에 적합하게 관리되어야 한다.

4.3.3 말뚝머리 마감

- (1) 콘크리트 말뚝의 말뚝머리를 소정의 높이로 절단해서 가지런하게 할 경우에 말뚝본체에 균열이 생기게 하거나 프리스트레스를 감소시키지 않도록 시공해야 한다. 만일 말뚝머리를 잘라내어 균열이 생기거나 프리스트레스가 감소된 경우에는 구조적 영향여부 검토결과에 따라 보강대책을 세워야 한다. 절단부는 강철제 밴드를 감고 밴드의 위쪽 100~200mm 위치를 절단기를 사용하거나 유압잭에 의한 방법으로 절단해야 한다.
- (2) 이 기준에 언급하지 않은 내용은 KCS 11 50 15 기성말뚝 (3.2.6)을 따른다.

4.3.4 타입말뚝공법

(1) 향타

- ① 말뚝을 향타할 때는 말뚝이 변형되거나 경사지지 않도록 주의하고, 말뚝본체의 손상이 없도록 해야 한다.
- ② 말뚝의 좌굴이나 편타로 인한 손상이 일어나지 않도록 해머의 낙하 방향과 캡, 해머 및 말뚝의 축은 항상 동일선상에 있도록 해야 한다.
- ③ 과격하고 심한 말뚝다루기로 인하여 콘크리트 말뚝의 손상과 박리 또는 강말뚝의 과도한 변형이 생기지 않도록 시공 시 주의해야 한다.
- ④ 향타는 도중에 정지함이 없이 연속적으로 수행해야 한다. 그러나 기계설비의 고장, 작업시

간제한, 기타 원인에 의해 연속타입이 어려울 경우에는 정지 후 재타입이 가능하도록 조치한다.

- ⑤ 향타가 끝난 말뚝에 대해서는 연직도를 확인하고, 수준측량 및 위치측량을 해야 한다.
- ⑥ 인접 말뚝의 타입이나 기타 이유로 인하여 기준높이에서 5mm 이상 밀려올라간 말뚝은 재타입되어야 하며 동재하시험을 실시하여 지지력 변화 및 말뚝재료 손상여부를 확인해야 한다.
- ⑦ 현장에 반입된 말뚝 중에서 균열이 있는 것, 굽은 것, 찍힌 것, 치수가 미달되는 것은 사용할 수 없다.
- ⑧ 향타 중에 손상된 말뚝은 지지력, 지반반력 및 재료상태를 검토한 후 필요한 조치를 취해야 한다.
- ⑨ 이 기준에 언급하지 않은 내용은 KCS 11 50 15 기성말뚝 (3.4)를 따른다.

(2) 향타 종료

- ① 향타 종료의 판정을 위하여 1회 타격당 관입량과 해머 낙하높이, 타격회수에 의거하여 시험말뚝시공 기록과 재하시험 결과 및 지반조사 결과와 비교·검토하여 판정하고 종료해야 한다.
- ② 시험말뚝시공에 사용된 장비이외의 향타장비가 사용될 때에는 해당장비에 대하여 시험말뚝시공에 준하는 내용으로 시험을 수행하여 장비의 적합성을 확인해야 하며 그 결과를 토대로 향타종료기준을 정해야 한다.
- ③ 동일한 말뚝박기용 장비로 계속 사용하면 해머효율이 변화할 수 있으므로 장비 가동을 시작한 이후에는 정기적으로 동재하시험을 실시하여 해머효율을 재확인하는 것이 바람직하다.
- ④ 말뚝의 근입깊이는 시험말뚝시공결과에서 확인된 깊이로 하되, 지지력이 일찍 확보된 경우나 마찰말뚝으로 하는 경우는 타격당 관입량을 별도로 정하여 깊이를 결정해야 한다.
- ⑤ 타격회수 및 타입종료 관입량
가. 1개의 말뚝 향타 시 제한 타격회수는 <표 4.3-1>의 기준으로 해야 한다.

표 4.3-1 향타 시 타격회수 제한

| 말뚝 종류 | PC 및 PHC말뚝 | 강관말뚝 |
|-------------------|------------|----------|
| 제한 총 타격회수 | 2,000 이하 | 3,000 이하 |
| 최종 10m부분의 제한 타격회수 | 800 이하 | 1,500 이하 |

나. 타입종료 시 1타격당 관입량은 시험말뚝시공결과에서 제시한 값을 목표로 하며, 제시한 1타격당 관입량 이하에서 계속 타격하면 말뚝은 물론 해머의 손상원인이 되므로 주의해야 한다.

⑥ 타입말뚝의 지지력

가. 말뚝의 극한지지력은 공사감독자/감리원이 승인하는 지지력 공식이나 파동방정식 해석을 통하여 확인할 수 있다. 특히 동적지지력 공식은 시공관리 목적으로만 활용해야

구조물 기초공사

한다.

- 나. 동재하시험에 의해 허용지지력을 판단하는 경우는 정재하시험과 비교, 확인하여 적용하는 것이 바람직하다.
- 다. 허용지지력 확인을 위한 정재하시험, 동재하시험과 비교하기 위한 정재하시험의 위치와 횡수는 현장조건에 따라 기술자의 검토를 통해서 공사감독자/감리원의 판단에 의해야 한다.
- 라. 지지층에 기복이 있어 목표깊이까지 도달해도 정해진 지지력이 얻어지지 않거나 목표깊이에 도달하기 전에 항타가 곤란할 경우는 재검토하여 시공해야 한다.

(3) 손상된 말뚝

KCS 11 50 15 기성말뚝 (3.8)을 따른다.

4.3.5 매입말뚝공법

매입말뚝공법은 굴착 및 삽입, 굴착토사의 처리 및 선단처리의 공정으로 시공한다.

(1) 굴착 및 삽입

- ① 중간층이 비교적 단단하여 관통이 곤란한 경우에는 말뚝선단부에 프릭션커터(Friction Cutter)를 붙이던가, 말뚝지름 정도를 선굴착하는 것은 부득이하나, 말뚝지름 이상으로 선행 굴착해서는 안 된다.
- ② 굴착이나 삽입 작업이 곤란해진 경우에는 장시간에 걸친 굴착기의 운전이나 과도한 타격 혹은 무리한 압입을 피하고 기계기구의 변경 및 대책을 검토해야 한다.
- ③ 말뚝의 선단이 소정의 깊이에 이르렀을 때는 과도한 굴착이나 장기간의 교반에 의하여 주위 지반이 교란되지 않도록 주의해야 한다.
- ④ 이 기준에 언급하지 않은 내용은 KCS 11 50 15 기성말뚝 (3.5.1)을 따른다.

(2) 굴착토사의 처리

KCS 11 50 15 기성말뚝 (3.5.2)를 따른다.

(3) 선단처리

- ① 최종 타격방식(경타포함)에 의한 경우에는 KCS 47 10 65, 구조물기초공사(5.3.4.2)의 규정에 따라야 하며, 타입해머는 시험말뚝 시공결과로부터 정해진 것을 사용해야 한다.
- ② 시멘트 페이스트 분출 교반 방식에 의한 경우에는 시멘트 페이스트를 소정의 압력으로 분출시키면서 말뚝 선단주변의 지반과 교반하여 굳히는 것으로 한다.
- ③ 콘크리트 타설 방식의 경우는 현장타설말뚝기초의 규정에 따라서 관리하는 것으로 한다.
- ④ 이 기준에 언급하지 않은 내용은 KCS 11 50 15 기성말뚝 (3.5.3)을 따른다.

(4) 선굴착 매입말뚝공법

선굴착 매입말뚝공법은 천공 및 말뚝타입방법에 따라 천공 후 직항타 공법, 천공·시멘트 페이스트 주입 후 최종항타 공법(경타 포함)으로 분류하여 적용한다. 이들 공법에 공통적으로 적용되는 내용은 다음과 같다.

- ① 설계조건에 맞는 심도까지 굴착할 수 있는 천공장비를 사용해야 하며 천공장비의 출력이 부족하여 단단한 지지층까지 굴착하기 어려울 때에는 T4 등의 장비를 사용한다. 공벽 붕괴의 우려가 있는 지반조건에서는 케이싱 설치를 적용할 수 있다.
- ② 말뚝을 급하게 삽입하거나 낙하시키면 말뚝이 경사질 우려가 있으므로 굴착구멍 중심에서 연직방향으로 말뚝을 천천히 삽입해야 한다.
- ③ 말뚝을 굴착구멍 선단에 안착시키는 방법은 최종항타 또는 경타 방법을 적용한다.
- ④ 최종항타 또는 경타 방법을 적용할 때에는 말뚝본체에 손상이 발생하지 않도록 타입말뚝 시공관리방법을 따라야 한다.
- ⑤ 말뚝을 설치한 후 굴착구멍과 말뚝 주변사이에 공간이 있을 경우에는 시멘트 페이스트로 충전시켜야 하며 시멘트 페이스트가 주변 지반 속으로 스며들어 상면이 침강하면 보충해야 한다.
- ⑥ 선굴착 매입말뚝공법의 종류별 시공방법은 다음과 같다.

가. 천공 후 직항타공법

(가) 천공

- ㉠ 지반조건상 지층 중간에 자갈층, 매립층 등의 조밀층이 있고 그 하부에 상당한 깊이로 연약층이 분포한 토질로서 직항타로 중간 조밀층 관입이 불가능한 경우에 적용한다.
- ㉡ 천공은 연직이 되도록 해야 하며, 천공 시 공벽의 붕괴우려가 있거나 붕괴되는 토질에서는 케이싱을 삽입하여 사용한다.
- ㉢ 천공지름은 말뚝지름과 동일한 크기로 한다.
- ㉣ 천공심도는 말뚝관입 깊이의 2/3 미만으로 한다.
- ㉤ 천공 시 발생하는 배출토는 소형 백호우 등의 장비로 제거하고 항타 시 말뚝의 관입량 측정에 지장이 없도록 해야 하며, 배출토가 천공 구멍 내에 유입되지 않도록 주의시공 해야 한다. 또한 배출토를 기초저면의 성토용으로 유용할 경우 배출토 포설 후 다짐장비로 다져야 한다.

(나) 말뚝삽입

말뚝은 와이어 로프 2점 지지방식으로 세우되, 세우기를 할 때 1m 정도 먼저 삽입하여 수직상태를 확인한 후 서서히 낙하시킨다. 말뚝의 낙하 시 천공면 토층에 충격이 가해지지 않도록 서서히 관입시켜 슬라임 발생이 최소화되도록 해야 한다.

(다) 항타

천공 후의 말뚝 항타는 KDS 11 50 00 기초설계기준의 규정에 따르되, 말뚝선단은 지지층에 시험말뚝시공 결과에서 확인된 길이(최소 말뚝지름의 1배 이상)이상 관입되도록 한다. 다만, 관입이 불가능할 경우에는 공사감독자/감리원과 협의하여 공법을 변경한다.

나. 천공 · 시멘트 페이스트 주입 후 경타방법

(가) 천공

- ㉠ 천공은 수직이 되도록 해야 하며, 천공 시 공벽의 붕괴 우려가 있거나 붕괴되는

구조물 기초공사

토질에서는 케이싱을 삽입하여 사용한다.

- ㉞ 케이싱을 삽입하여 천공할 경우는 오거 비트가 케이싱 하단을 선행굴착하지 않도록 한다.
- ㉟ 천공위치 및 천공순서는 말뚝간격 등을 고려하여 천공 상호간에 영향이 없도록 한다.
- ㊱ 천공지름은 말뚝지름보다 50~100mm 크게 한다.
- ㊲ 지지층은 시험시공자료를 바탕으로 확인하고 기초공사자료의 지지층과 오차 여부를 확인해야 한다.
- ㊳ 천공 시 발생하는 배출토는 소형 백호우 등의 장비로 제거하고 항타 시 말뚝의 관입량 측정에 지장이 없도록 해야 하며, 배출토가 천공 구멍 내에 유입되지 않도록 주의시공 해야 한다. 또한 배출토를 기초저면의 쌓기용으로 유용할 경우 배출토 포설 후 다짐장비로 다져야 한다.

(나) 선단부 교반

- ㉞ 천공이 완료되면 굴진심도를 측정된 후 시멘트 페이스트를 주입하면서 천공 하단부로부터 말뚝지름의 3배 이상 높이까지 오거를 2~3회 상하 왕복하여 시멘트 페이스트와 하부잔토를 교반시킨 다음 오거를 인발한다.
- ㉟ 장비특성상 천공 후 로드를 인발하면서 시멘트 페이스트 주입을 할 수 없는 경우(예로 T4 등) 교반절차 없이 로드 인발 후 시멘트 페이스트를 주입한다.

(다) 말뚝삽입 및 교반

- ㉞ 말뚝은 와이어 로프 2점 지지방식으로 세우되 세우기를 할 때 1m 정도 먼저 삽입하여 수직상태를 확인한 후 서서히 낙하시킨다.
- ㉟ 오거로 시멘트 페이스트 주입 시 로드를 천공선 바닥면에서부터 서서히 주입하면서 로드 회전을 통해 슬라임이 시멘트 페이스트와 교반되도록 하고, T4 등 장비특성상 시멘트 페이스트를 외부에서 주입 시 주입 전 내부 슬라임을 최소화 시키고 주입구를 천공선 바닥면까지 삽입하여 바닥면 슬라임이 시멘트 페이스트와 교반되도록 한다.

(라) 경타

- ㉞ 안착된 말뚝은 수준기로 수직상태를 확인한 다음 리더에 부착된 드롭해머로 경타하여 말뚝선단이 천공깊이 이하로 도달되도록 한다. 만약 천공깊이 이하로 도달되지 못할 때에는 말뚝을 인발한 후 재굴진하여 천공깊이 이하까지 시공한다.
- ㉟ 말뚝시공을 완료한 후 24시간이 경과 할 때 까지 시멘트 페이스트의 충전상태를 확인해야 하며, 부족할 경우밀실하게 재충전해야 한다. 다만, 지반조건이 사질토나 자갈층, 지하수위가 높거나 지하수 흐름 등으로 시멘트 페이스트의 유실로 재충전이 곤란한 경우 시험시공을 통하여 시멘트 페이스트의 배합비 변경이나 급결제사용 등의 방법을 적용할 수 있다.

(5) 내부굴착 매입말뚝공법

- ① 굴착 공벽을 유지하기 위해 안정액을 사용해도 지하수에 의해 함몰되거나, 인접지역에 주요 구조물이 있어 지반변형을 억제하고자 할 경우에는 본말뚝으로 사용될 말뚝(강관 또는 PHC 말뚝)의 중공부에 삽입된 오거나 천공장비를 회전시켜 선단부 지반까지 굴착하는 내부굴착방식을 적용할 수 있다.
- ② 나선형 오거 등의 천공장비 출력이 부족하여 단단한 지지층까지 굴착하기 어려울 때에는 T4 사용 또는 PRD(Percussion Rotary Drill) 방식을 적용할 수 있다.
- ③ 말뚝선단처리방법은 선굴착 매입말뚝공법과 동일하게 적용한다.

4.3.6 시공허용오차

- (1) 말뚝의 연직도나 경사도는 1/100 이내로 한다.
- (2) 말뚝머리의 기준고에 대한 허용오차 : $\pm 50\text{mm}$
- (3) 말뚝타입 후 평면상의 위치가 설계도면의 위치로부터 $D/4$ (D 는 말뚝지름)와 100mm 중 큰 값 이상으로 벗어나지 않아야 한다.

4.3.7 품질관리

- (1) 말뚝재하시험의 실시시기 및 횟수
 - ① 말뚝의 지지력은 말뚝종류와 시공방법 및 지반조건에 따라 영향을 받으므로 시험결과의 활용목적에 따라 시험시기를 결정하여 시행해야 한다. 특히 시간경과에 따른 지지력 변화 파악, 설계지지력의 만족여부 평가 등을 목적으로 할 때에는 소정의 시간이 경과한 조건에서 시험한다.
 - ② 압축정재하시험의 수량은 지반조건에 큰 변화가 없는 경우 전체 말뚝개수의 1% 이상(말뚝이 100개 미만인 경우에도 최소 1개) 실시하거나 구조물별로 1회 이상 실시하도록 시방서에 명시하여야 하며, 교량기초의 경우, 교대, 교각을 별도 구조물로 구분하여 수량 기준을 적용한다.
 - ③ 동재하시험의 시공 중 시험(EOID, End Of Initial Driving test)은 시공장비의 성능 확인, 장비의 적합성 판정, 지반조건 확인, 말뚝의 견전도 판정, 시공관리기준 설정 등을 목적으로 실시한다. 시험 수량은 지반조건에 큰 변화가 없는 경우 전체 말뚝 개수의 1% 이상(말뚝이 100개 미만인 경우에도 최소 1개)을 실시한다.
 - ④ 시간경과효과 확인을 위하여 지반조건에 따라 시공 후 일정한 시간이 경과한 후 재항타 동재하시험(Restrike test)을 실시한다. 재항타 동재하시험의 빈도는 본 절의 ③항에서 정하는 바와 같다.
 - ⑤ 지반조건, 시공장비, 말뚝종류 등 제반 시공조건이 변경될 때는 시험횟수를 추가한다. 또한, 중요 구조물일 때에는 시험횟수를 증가시킨다. 시공이 완료되면 본시공 말뚝에 대해 품질확인 목적으로 재항타동재하시험을 실시하며 실시빈도는 본 절의 ③항에서 정하는 바와 같다.
- (2) 정재하시험

구조물 기초공사

- ① 재하시험은 수급인이 수행하고 공사감독자/감리원이 승인한 방법과 절차에 따라 실시해야 한다.
- ② 시험기록은 현장에 1부 비치해야 하며, 공사감독자/감리원의 요구가 있으면 사본을 제출해야 한다.
- ③ 항타의 위치와 표고는 명시된 대로 측지기사가 설정하고 공사감독자/감리원의 확인을 받아야 한다.
- ④ 시험작업순서는 시험 중 다른 항타작업과 인접작업에 지장이 없도록 정해야 한다.
- ⑤ 시험장치는 공사감독자/감리원의 승인을 받은 것이라야 한다.
- ⑥ 정재하시험은 KS F 2445 또는 ASTM D 1143 규정에 의하여 「① ~ ②」와 같이 재하시험을 실시해야 한다.
 - 가. 재하하중은 설계하중의 2배 이상으로 한다.
 - 나. 시험한 말뚝이 명시된 요건(지지력 및 침하량의 허용치 만족여부 등)을 만족하지 못하면 말뚝의 안정성을 검토하고 재시험 등의 조치를 취해야 한다.

(3) 동재하시험

- ① 동재하시험은 KS F 2591 또는 ASTM D 4945 규정에 의하여하여 실시해야 한다.
- ② 기성말뚝의 항타시공관입성 확인을 위해 동재하시험을 수행해야 한다.
- ③ 재하시험은 수급인이 수행하고 공사감독자/감리원이 승인한 방법과 절차에 따라 공사감독자/감리원의 감독하에 실시해야 한다.
- ④ 수급인은 말뚝항타분석기를 이용한 말뚝변형과 충격과 전달속도의 측정결과를 이해할 수 있어야 하며, 입력자료와 해석결과를 현장의 토질특성과 함께 검토해야 한다.
- ⑤ 시험기록은 현장에 1부 비치해야 하며, 공사감독자/감리원의 요구가 있으면 사본을 제출해야 한다.
- ⑥ 시험작업순서는 시험 중 다른 항타작업과 인접작업에 지장이 없도록 정해야 한다.
- ⑦ 시험장치는 공사감독자/감리원의 승인을 받은 것이라야 한다.
- ⑧ 콘크리트 말뚝은 동재하시험 전에 파동속도를 측정하고, 시험기구를 부착할 수 있도록 준비해야 한다. 강관말뚝은 항타 전에 파동속도 측정이 필요하지 않다.
- ⑨ 말뚝항타분석기로 항타 중에 말뚝에 작용하는 응력을 파악한다. 필요한 경우에는 말뚝의 허용항타응력을 초과하지 않도록 해머의 에너지 출력을 조절해야 한다. 항타분석기를 사용하여 시공 중 응력을 측정한 결과 편항타(偏杭打)라고 관찰되는 경우에는 즉시 항타장비를 다시 정돈해야 한다.
- ⑩ 말뚝의 지지력을 확인하기 위하여 말뚝항타분석기를 사용한 동재하시험을 실시하는 경우의 시험회수 및 관련사항은 (1)항에 준하여 수행하는 것으로 한다.
- ⑪ 말뚝의 허용지지력 확인을 위해 동재하시험을 실시할 때에는 말뚝 지지력의 시간경과효과 또는 시멘트 페이스트의 양생효과를 고려해야 한다.

4.3.8 도장

KCS 11 50 15 기성말뚝 (3.9)를 따른다.

5. 현장타설말뚝기초

5.1 일반사항

5.1.1 적용범위

- (1) 이 절은 타입말뚝 시공이 불가능하여 저소음, 저진동공법 적용이 요구되거나 상부구조물의 하중규모에 따라 대구경 또는 대심도 말뚝이 필요할 때 지반을 천공하여 그 속에 철근 및 콘크리트를 넣어 지중에서 양생·제작하는 말뚝에 대한 것으로서, 시공법에 따라 올케이싱공법(All Casing Method), RCD공법(Reverse Circulation Drill Method) 및 어스드릴공법(Earth Drill Method)에 적용한다.
- (2) 이 기준에 정하지 않는 다른 공법은 별도로 정하며, 현장타설말뚝은 그 시공법이 다양하고 각 공법마다 특허로 되어 있는 경우가 많고, 명칭도 다양하여 실제 현장에 적용함에 있어서는 적합한 공법인지 신중히 검토해야 한다.

5.1.2 참조규격

KCS 11 50 10 현장타설 콘크리트말뚝 (1.2)을 따른다.

5.1.3 제출물

다음 사항은 KCS 47 10 05 노반공사 일반사항 (2.)의 해당요건에 따라 작성, 제출해야 한다.

- (1) 작업절차서
- (2) 검사 및 시험계획서
- (3) 시공계획서
- (4) 세굴방지 계획서
- (5) 말뚝 재하시험 보고서
- (6) 말뚝 건전도시험 보고서
 - ① 공대공 초음파 검층 계획서
 - ② 공대공 초음파 검층 보고서
 - ③ 현장타설말뚝에 대한 건전도 확인검사 결과보고서를 작성하여 공사감독자/감리원에게 제출해야 하며, 다음 내용을 포함해야 한다.
 - 가. 공사관리자와 검사자의 확인
 - 나. 말뚝 배치도 및 말뚝번호
 - 다. 말뚝의 특징
 - (가) 콘크리트의 배합, 슬럼프, 타설 방법, 타설 일지(케이싱튜브 깊이, 트레미 깊이, 콘크리트 타설 높이, 타설량)
 - (나) 말뚝 상부의 표고(Elevation), 말뚝길이

구조물 기초공사

(다) 굴착공법과 지층 단면도(심도 포함)

(라) 기타 시공 중 특기사항(트레미 막힘, 콘크리트 타설속도, 철근망 상태 등)

라. 말뚝별 검층용 튜브의 선단 위치 및 검층 기준 깊이가 표기된 검층용 튜브 단면도

마. 수신센서가 감지한 초음파 신호와 이를 통하여 계산된 초음파 최초도달시간, 에너지 강도 및 초음파 전파 속도에 대한 깊이별 프로파일

바. 깊이별, 경로별 등급분류표

사. 보강이 필요한 말뚝의 조치계획

아. 보강말뚝의 시험결과 보고서

(7) 세굴방지계획서

(8) 지반조사보고서

5.1.4 준비공사

(1) 시공준비

- ① 굴착토의 반출, 안정액 처리설비, 급배수 및 전기설비에 대하여 사전 검토를 수행해야 한다.
- ② 육상 작업에 있어서는 중기의 주행성이나 작업성 확보에 주의해야 한다.
- ③ 수상작업 중 잔교에 의한 비계를 설치하는 경우는 육상작업과 같은 방법에 의하여 시공할 수 있으나 잔교는 소요의 안전성과 강성을 갖춘 것이라야 한다.
- ④ 말뚝의 시공정밀도를 높이기 위해서 대상작업의 구역, 말뚝의 평면적인 위치나 표고에 대하여 명확히 하고 시공 중에 용이하게 검측할 수 있도록 수준점이나 점검말뚝을 설치하도록 한다.
- ⑤ 시공장비 선정 시 말뚝의 제원, 작업지점의 환경, 지반의 상태, 작업의 안전성에 대하여 검토하고, 도면에 표시된 치수와 기능을 만족하는지 확인해야 하며, 정비와 점검을 하여 원활한 작업이 연속적으로 유지되도록 한다. 또한 굴착 중 공내수의 관리, 공저 슬라임, 공내수나 굴착토의 처리에 대해서는 말뚝이 갖는 기능이나 시공여건을 고려한 방법이 선정되어야 한다.
- ⑥ 이 기준에 언급하지 않은 내용은 KCS 11 50 10 현장 타설 콘크리트말뚝 (3.1.1)를 따른다.

(2) 시험말뚝시공

- ① 시험시공을 통해 공내수의 비중, 굴착속도, 보일링 및 히빙여부, 철근망 떠오름현상, 용수량, 스탠드파이프의 길이, 슬라임제거, 케이싱튜브의 사용여부, 콘크리트 타설 방안, 장비 적합성 등의 자료를 파악하여 본공사에 활용하도록 한다.
- ② 시험말뚝의 시공위치에 대해서는 조사할 항목이나 구체적인 방법을 고려하여 최초에 시공할 본말뚝의 위치로 하거나 본말뚝 이외의 예비위치로 한다.
- ③ 예비위치는 시험말뚝의 목적에 만족할 만한 조건을 가지는 대표 지반으로 하고, 본말뚝의 시공이나 완성 후에 구조물에 악영향을 미치지 않을 위치로 한다.
- ④ 이 기준에 언급하지 않은 내용은 KCS 11 50 10 현장타설 콘크리트말뚝 (3.2)을 따른다.

5.2 재료

5.2.1 현장타설말뚝

- (1) 건전도시험 검층용 튜브 : 검층용 튜브의 구경은 검층용 센서의 출입이 원활해야 하며, 재질은 강관 또는 이와 동등한 강도를 가져야 한다.
KCS 11 50 10 현장타설 콘크리트말뚝 (2.)를 따른다.

5.2.2 장비

- (1) 현장타설말뚝의 굴착장비는 흙과 암반의 지반조건과 현장여건을 고려하여 굴착장비(All casing, RCD, Earth Drill 등)를 선정해야 한다.
- (2) 현장타설말뚝의 영구케이싱용 강관을 타입하는 경우, 장비는 KCS 47 10 65 구조물기초공사 (5.)의 해당요건에 따른다.
- (3) 건전도시험 검층장비 : 검층장비는 장비반입 전에 공사감독자/감리원의 승인을 받아야 하며, 검층장비의 구성은 다음과 동일하거나 그 이상의 기능을 가져야 한다.
- ① 초음파 발신 및 수신센서
 - ② 케이블과 케이블 인입 및 인발 장치
 - ③ 검층용 튜브내에서 발신 및 수신센서의 위치를 측정할 수 있는 장치
 - ④ 발·수신센서의 제어와 신호의 획득·기록 및 저장이 가능한 장치

5.3 시공

5.3.1 굴착

- (1) 굴착은 항상 연직을 유지하도록 해야 하며, 허용 연직도 또는 경사도는 본 절의 5.4.4 시공허용오차에 따른다.
- ① 올케이싱공법
 - 가. 최초에 설치되는 케이싱튜브의 압입방향이 연직도를 결정하는 중요한 요인이 되므로 짧은 것을 사용하지 않아야 한다.
 - 나. 중간층이나 지지층에서 케이싱 튜브의 관입을 용이하게 하기 위하여 먼저 굴착해 두는 경우를 제외하고는 해머그랩과 케이싱튜브 날끝은 거의 같은 깊이를 유지하면서 굴착해야 한다.
 - ② RCD공법

연직성 유지를 위해 굴착로드에 대해 직교 2방향으로 측량을 하고, 경연(硬軟)이 있는 지층과 단단한 지층은 굴착속도를 다소 느리게 하며 스테빌라이저(Stabilizer)나 웨이트(Weight)의 부착을 고려해야 한다.
 - ③ 어스드릴공법

연직으로 굴착하기 위해서는 캘리버(Caliber)의 연직성을 항상 보정해야 한다. 굴착 초기 캘리버의 첫 번째 단으로 굴착할 때에는 압입장비를 사용하지 않고 천천히 굴착하도록 하

구조물 기초공사

며, 최초의 버킷을 올렸을 때 먼저 설치해 둔 참고 중심점 등을 이용하여 그 굴착공의 위치를 확인해야 한다.

(2) 굴착속도는 지반조건을 고려해야 한다.

① 올케이싱공법

공내 주수로 보일링에 의한 공저의 붕괴를 방지해야 하며 굴착속도에 대해서도 주의를 기울여 적절한 방법을 사용해야 한다.

② RCD공법

굴착속도는 지반조건이나 사용기계의 성능을 고려하여 적절한 값을 유지해야 한다.

③ 어스드릴공법

가. 굴착속도는 케이싱 파이프의 길이나 안정액의 상태를 고려하여 공벽이 붕괴되지 않을 정도의 속도를 유지해야 한다.

나. 버킷(Bucket)이 공벽에 부딪히거나 버킷을 올리고 내리는 속도가 빨라 발생하는 수압의 불균형으로 인해 굴착벽면이 붕괴되지 않도록 해야 한다.

다. 굴착속도는 점성토층에서 5-10분/m, 사질토층에서 10-20분/m, 사력층에서 30-60분/m, 암반층에서 1-2시간/m 정도가 일반적이나 사용장비 및 적용공법에 따라 결정해야 한다.

(3) 소정의 깊이까지 확실하게 굴착해야 한다.

① 말뚝의 근입을 위한 굴착깊이는 시추결과와 굴착장비로부터 배토된 시료를 확인하여 결정하되, 필요시 시료에 대한 시험을 실시한다.

② 굴착 중 선단부에 대한 지반조건을 확인해야 한다. 이를 위하여 기초판 1개소 당 최소 1개소 이상의 말뚝에 대해 굴착 하부로부터 말뚝지름의 2배 이상 깊이까지 시료를 채취하여 확인해야 한다.

(4) 인접한 구조물이나 이미 시공이 완료된 말뚝에 나쁜 영향이 미치지 않도록 해야 한다.

5.3.2 공벽의 붕괴 방지

KCS 11 50 10 현장타설 콘크리트말뚝 (3.7)을 따른다.

① 올케이싱공법

가. 케이싱튜브는 이중관을 사용하도록 하며 부득이하게 단일관을 사용하는 경우에는 작업의 상황에 견딜 수 있는 안전성과 강성을 갖는 것을 사용해야 한다.

나. 케이싱튜브의 조립은 공저로부터 길이 6m인 규격품으로 된 것을 잇고, 상부에서 짧은 치수의 것을 잇는 것이 일반적이며 필요 길이는 요동밴드가 차지하는 폭을 포함하여 [굴착깊이+1m]를 표준으로 한다.

② RCD공법

가. 스탠드파이프는 유해한 변형이 생기지 않는 강성이 있는 것을 사용해야 한다.

나. 스탠드파이프의 설치시 파이프 주변지반의 교란을 방지하기 위하여 1회의 작업으로 확실하게 완료해야 하며 지반에 따라서는 설치 후의 방치시간이 지수성 향상을 위하여

필요한 경우도 있으므로 이에 대해서는 신중히 검토해야 한다. 스탠드파이프의 길이는 지반이나 지하수의 조건과 밀접한 관계가 있으므로 시험말뚝의 결과를 참고로 하여 결정해야 한다.

다. 공벽붕괴 방지를 위해 필요하다고 판단될 경우는 케이싱튜브를 사용할 수 있다.

③ 어스드릴공법

가. 어스드릴공법은 안정액 또는 공벽붕괴 방지용 표층케이싱에 의하여 공벽의 붕괴를 방지하면서 굴착해야 한다.

나. 지표근처에서 붕괴의 위험이 있는 지반에 대해서는 표층케이싱을 삽입해야 한다.

다. 공벽붕괴 방지를 위해 필요하다고 판단될 경우는 케이싱튜브를 사용할 수 있다

(2) 굴착 중에 공내 수위를 바깥 수위보다 저하시켜서는 안 된다.

① 올케이싱공법

가. 지하수위가 공저보다 낮은 경우에는 공벽은 케이싱튜브에 의하여 보호되므로 굴착깊이와 튜브 하단 위치와의 관계를 엄수하면서 굴착해야 한다.

나. 지하수위가 높은 경우에는 그 수위 이상으로 공내 수위를 유지하여 보일링 발생을 방지해야 한다.

② RCD공법

가. 공벽의 붕괴를 방지하기 위하여 바깥 수위보다 2m 정도 높은 공내 수위를 유지해야 한다. <그림 5.3-1과 5.3-2>는 지하수위가 지표면으로부터 2m 이상의 경우와 2m 이내에 위치할 경우 공내 수위의 정도를 나타낸 것으로 스탠드파이프의 길이에 대하여 신중히 검토해야 한다.

나. 굴착 중 투수에 따른 급격한 공내 수위의 저하나 압력을 동반하는 지하수 공급에 의한 공내 수위 상승으로 인한 수위의 변화에 대응 가능한 설비를 비치하여 적절한 공내 수위를 유지해야 한다.

다. 굴착 중에 중간 불투수층을 뚫고 순간적으로 수위가 변동하는 긴급한 사태가 발생할 우려가 있는 경우에는 그에 대처할 수 있는 급수 설비를 비치해야 한다.

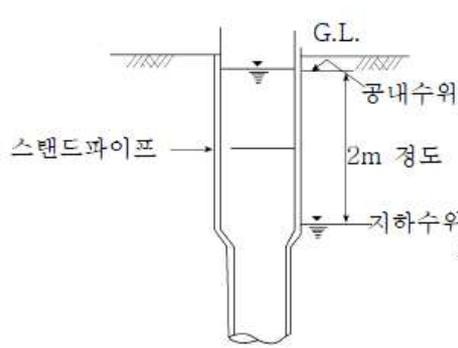


그림 5-5-1 지하수위가 지표면으로부터 2m 이상 깊어 공내 수위를 지표면 이하로 유지하는 경우

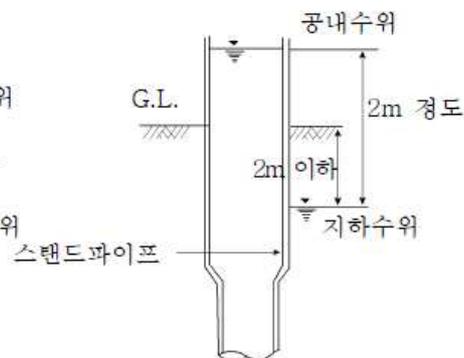


그림 5-5-2 지하수위가 지표면으로부터 2m 이내에 있어 공내 수위를 지표면 이상으로 유지하는 경우

구조물 기초공사

③ 어스드릴공법

공벽의 붕괴를 방지하기 위하여 안정액의 품질과 수위의 관리를 적절히 해야 한다. 지반에 따른 안정액의 요구조건은 <표 5.3-3>과 같다.

표 5.3-3 지반에 따른 안정액의 요구 조건

| 지반 | 점성 | 비중 | pH |
|------------|---------|------|--------|
| 모래섞인 실트 | 20 - 30 | 1.02 | 7 - 11 |
| 모래 N<10 | 45 이상 | 1.06 | |
| 10≤N≤20 | 25 - 45 | 1.05 | |
| N>20 | 23 - 25 | 1.03 | |
| 점토섞인 모래 자갈 | 25 - 35 | 1.04 | |
| 모래자갈 | 45 이상 | 1.07 | |

주) 점성은 Funnel Cone 점도계(용량 500cc 기준)에 의한 측정치임

5.3.3 굴착토사의 처리

- (1) 현장타설말뚝의 굴착은 그 대부분이 지하수위 이하의 지반을 대상으로 하므로 굴착토사나 공내수는 주변환경에 나쁜 영향을 주지 않도록 처리해야 한다.
- (2) 특히 시가지의 경우 굴착토사나 공내수의 처리방법이 적절치 못하면 공사의 진행에 중대한 영향을 미치는 일이 있으므로 특수한 덤프차나 탱크차, 그리고 기계적, 화학적인 처리법에 대해서도 검토하여 사용해야 한다.

5.3.4 슬라임 처리

- (1) 수중 굴착에 의한 안정액이나 흙탕물 중 부유물의 침전, 공벽의 표토탈락 및 철근망을 넣을 때 공벽과의 마찰로 인한 슬라임은 굴착 직후부터 콘크리트타설 전까지 공저에 잔류할 수밖에 없다. 이대로 콘크리트를 치면 말뚝의 품질이나 지지력 발휘에 악영향을 주므로 반드시 슬라임을 처리해야 한다.
- (2) 슬라임 처리 시기는 굴착 직후 시행하는 1차와 콘크리트 타설 직전 시행하는 2차로 나눌 수 있다.
- (3) 1차 슬라임 처리방법은 Air Lift방식(Surging방식), 수중펌프방식, 흡입펌프방식, 공회전방식 등이 있으며 현장여건 및 사용공법을 고려하여 효과적인 것을 선정해야 한다.
- (4) 2차 슬라임 처리방법은 철근망을 넣은 후 콘크리트 타설 직전 슬라임을 처리하는 방법으로 Air Jet방식 등이 있다.

5.4 철근 배근 및 철근망 설치

- (1) 띠철근은 주철근과 직각으로 배근되게 하며 특히 철근망 상·하단의 조립용 띠철근은 철근

망을 매달아 놓거나 세워 놓을 때 이용되므로 작업 시에 연직도가 확보될 수 있도록 배근해야 한다.

- (2) 띠철근과 주철근의 접합은 일반적으로 아크필렛용접으로 하며 용접으로 인해 주철근 및 띠철근에 단면감소에 의한 결함이 생기지 않도록 주의하여 작업해야 한다.
- (3) RCD공법이나 어스드릴공법에서는 철근망의 요동이나 경사에 의하여 공벽의 붕괴를 일으키기 쉬우므로 주의하여 굴착 공내에 강하시켜야 한다.

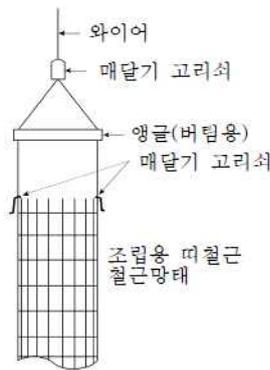


그림5.3-4철근망매달아넣기에

- (4) 철근의 자중 및 공저에 도달하였을 때의 충격에 견딜 수 있도록 철근망의 이음을 견고한 구조로 해야 한다.
- (5) 철근망을 넣을 때 상·하 철근망태의 이음은 겹이음으로 하며 주철근의 겹이음부를 철선으로 잇는 것만으로는 불충분할 경우에는 상·하 철근망의 조립용 철근을 서로 단단히 연결하거나 겹이음부의 주철근을 서로 필렛용접으로 접합해야 한다.
- (6) 철근망에는 반드시 스페이서를 붙여서 소정의 덮개를 확보해야 한다. 스페이서는 철근망 삼입 시에 떨어져 나가든가 공벽을 깎는 일이 없는 형상으로 한다.
- (7) 이 기준에 언급하지 않은 내용은 KCS 11 50 10 현장타설 콘크리트말뚝 (3.5)를 따른다.

5.4.2 콘크리트 타설

- (1) 현장콘크리트 타설 직전에 Air Jet 등 2차 슬라임 처리방법을 통하여 저면의 침전물을 제거하고, 콘크리트 타설 시는 콘크리트 운반계획을 수립하여 연속타설이 되도록 해야 한다.
- (2) 트레미관의 뿔기 높이를 파악하고 말뚝의 공칭지름 확보여부를 확인하기 위하여 콘크리트 타설량과 타설높이, 케이싱튜브 문힘깊이를 항상 측정해야 한다.
- (3) 지중에 콘크리트가 타설되는 경우에는 온도변화, 건조 등의 유해한 영향을 받는 일이 비교적 적으나 소정의 강도 확보 시까지 훼손되지 않도록 한다.
- (4) 콘크리트의 수화열이 문제가 될 만한 지름의 말뚝에 대해서는 별도의 검토가 필요하다.

구조물 기초공사

- (5) 트레미관 인발 시는 트레미관 선단부의 수중 노출로 인한 콘크리트 재료분리가 발생하지 않도록 주의해야 하며, 콘크리트에 묻힌 깊이를 확인하면서 인발해야 한다.
- (6) 콘크리트 타설이 끝난 후 케이싱튜브 인발시 콘크리트가 서서히 내려앉은 경우에 추가로 요구되는 콘크리트량을 고려해야 한다.
- (7) 콘크리트 타설이 완료된 후 지체 없이 케이싱튜브를 인발해야 한다. 시간의 지연으로 인하여 발생하는 문제는 수급인 부담으로 원상복구 해야 한다.
- (8) 케이싱튜브의 과도한 인발로 인한 공벽붕괴에 주의해야 한다.
- (9) 수중콘크리트 타설 시 초기의 재료분리 방지를 위하여 트레미와 선단부분에 캡 또는 플란저(Plunger)를 삽입해야 한다.
- (10) 이 기준에 언급하지 않은 내용은 KCS 11 50 10 현장타설 콘크리트말뚝 (3.6)을 을 따른다.

5.4.3 시공기법

KCS 11 50 10 현장타설 콘크리트말뚝 (3.8.2)를 따른다.

5.4.4 시공허용오차

- (1) 말뚝의 연직도나 경사도는 1/100 이내로 한다.
- (2) 말뚝타입 후 평면상의 위치가 설계도면의 위치로부터 100mm 이상으로 벗어나지 않아야 한다.
- (3) 상기의 시공허용오차 이상으로 설계도면과 상이한 경우에는 구조해석 등을 수행하여 안정성 확보여부를 판단해야 한다.
- (4) 이 기준에 언급하지 않은 내용은 KCS 11 50 10 현장타설 콘크리트말뚝 (1.4.2)를 따른다.

5.4.5 현장품질관리

- (1) 건전도시험
 - ① 적용범위
현장타설말뚝에 대하여 말뚝의 성능을 저하시킬 수 있는 결함의 존재 여부를 파악하는 건전도 검사로 공대공 초음파 검층을 실시할 경우에 적용한다.
 - ② 검층용 튜브 설치
가. 콘크리트 타설이 완료되면 즉시 검층용 튜브 내부를 깨끗한 물로 채워 두어야 한다.
 - ③ 현장타설말뚝에 대한 공대공 초음파검층 시험빈도 : <표 5-5-3>참조

표 5.4-1 공대공 초음파검층 시험빈도

| 평균말뚝길이(m) | 시험수량 (%) | 비고 |
|-----------|----------|--|
| 30 미만 | 20 | 수량 : 교각기초(Footing)1당 말뚝수량에 대한 백분율 (단, 교각기초(Footing)당 최소 1개소 이상) |
| 30 이상 | 30 | |

주1) : 상·하행선이 분리된 교각기초의 경우는 각각 별도의 교각기초로 간주하여 수량을 결정하며, 단일말뚝교각(Pile Bent)의 경우에는 말뚝별로 검증을 실시한다.

④ 공대공 초음파 검층은 콘크리트를 타설하고 7일 이상 경과한 시점부터 30일 이상 경과하기 이전에 실시해야 한다.

⑤ 결함의 보강

가. 보강이 필요한 것으로 판정된 말뚝의 결함위치와 불량원인을 조사하기 위해 초음파 검층 전문가 및 공사감독자/감리원의 입회하에 해당 말뚝에 대한 코어링(Coring)을 실시하여 원인을 규명하고, 추후 시공하는 말뚝의 시공과정에서 동일한 결함요인이 반복되지 않도록 이를 시공에 반영해야 한다.

(2) 말뚝의 재하시험 및 빈도는 본 기준의 「4.3.7 품질관리」의 해당요건에 따른다.

(3) 대용량대심도 현장타설말뚝의 경우에는 정재하시험의 대안으로 양방향 (Bi-directional Pile Load Test)재하시험을 수행할 수 있으며, 시험장치는 공사감독자/감리원의 승인을 받은 것으로 한다.

(4) 말뚝의 정재하시험과 병행하여 하중전이시험을 실시할 경우, 측정된 결과를 통하여 설계시에 고려된 선단지지력 및 주변마찰력을 비교·검토해야 한다.

(5) 이 기준에 언급하지 않은 내용은 KCS 11 50 10 현장타설 콘크리트말뚝 (3.9)을 따른다.

구조물 기초공사

| 집필위원 | 분야 | 성명 | 소속 | 직급 |
|-----------------|-----------------------|------------|------------|-------|
| 제정(2011년) | 사업책임자 | 유호식 | (주)유신 | 부회장 |
| | 총괄간사 | 황선근 | 한국철도기술연구원 | 책임연구원 |
| | 철도분야간사 | 김동희 | (주)도화엔지니어링 | 부회장 |
| | 구조분야간사 | 박성국 | 수성엔지니어링 | 부사장 |
| | 제1장 총칙 | 김동희 | (주)도화엔지니어링 | 부회장 |
| | | 유호식 | (주)유신 | 부회장 |
| | 제2장 공사환경 및 안전관리 | 전서용 | (주)일신이앤씨 | 부사장 |
| | 제3장 측량 및 지반조사 | 강휴택 | (주)동부엔지니어링 | 전무 |
| | | 고태훈 | 한국철도기술연구원 | 선임연구원 |
| | | 김기석 | (주)희송지오택 | 대표이사 |
| | | 김홍택 | 홍익대학교 | 교수 |
| | | 남순성 | (주)이제이텍 | 회장 |
| | | 목영진 | 경희대학교 | 교수 |
| | | 백세환 | 도화지질 | 대표이사 |
| | | 이우진 | 고려대학교 | 교수 |
| | 이창경 | 군산대학교 | 교수 | |
| 제4장 토공사 | 구기욱 | (주)선진엔지니어링 | 부사장 | |
| | 구웅희 | (주)서영엔지니어링 | 부사장 | |
| | 김경모 | 보강기술(주) | 연구소장 | |
| | 박종면 | (주)지승컨설턴트 | 대표이사 | |
| | 이봉렬 | (주)시지이앤씨 | 전무 | |
| | 이성진 | 한국철도기술연구원 | 선임연구원 | |
| | 이승래 | KAIST | 교수 | |
| | 장찬수 | (주)지오그룹이엔지 | 회장 | |
| | 채영수 | 수원대학교 | 교수 | |
| | 최찬용 | 한국철도기술연구원 | 선임연구원 | |
| | 황선근 | 한국철도기술연구원 | 책임연구원 | |
| 제5장 구조물 기초공사 | 김범주 | 동국대학교 | 교수 | |
| | 남현우 | (주)서영엔지니어링 | 전무 | |
| | 이수형 | 한국철도기술연구원 | 선임연구원 | |
| | 이원제 | 로드테스트코리아 | 대표이사 | |
| | 이장덕 | (주)파일테크 | 전무 | |
| | 이재환 | (주)서영엔지니어링 | 부장 | |
| | 정상섭 | 연세대학교 | 교수 | |
| | 조천환 | 삼성건설 | 지반마스타 | |

| 집필위원 | 분야 | 성명 | 소속 | 직급 |
|---------------------|--|---|--|------------|
| 제정(2011년) | 제6장 콘크리트 공사 | 김은겸 | 서울과학기술대학교 | 교수 |
| | | 박성국 | 수성엔지니어링 | 부사장 |
| | | 정해문 | 한국도로공사 | 수석연구원 |
| | 제7장 구교 및 배수공사 | 김남훈 유양규 임영수 | (주)서영엔지니어링 | 상무 |
| | | | 태평이앤씨 (주)서영엔지니어링 | 대표이사 전무 |
| | 제8장 강교 제작 및 가설 | 김선원 김우종 박영석 배두병 이창근 정경섭 조재병 주환중 황원섭 | BNSE 엔지니어 | 대표이사 |
| | | | (주)DM엔지니어링 | 대표이사 |
| | | | 명지대학교 | 교수 |
| | | | 국민대학교 | 교수 |
| | | | 한국도로공사 | 차장 |
| | | | 충북대학교 | 교수 |
| | | | 경기대학교 | 교수 |
| | | | (주)교량과고속철도 | 대표이사 |
| 인하대학교 | | | 교수 | |
| 제9장 콘크리트 교량공사 | | | 김은겸 김형목 방윤석 변윤주 서석구 정휘석 | 서울과학기술대학교 |
| | (주)대한건설턴트 | 전무이사 | | |
| | 전무이사 | 전무이사 | | |
| | (주)동부엔지니어링 | 부사장 | | |
| | (주)동호 | 부사장 | | |
| | (주)서영엔지니어링 (주)유신 | 부사장 | | |
| 제10장 터널공사 | 김승렬 문상조 박광준 박인준 신희순 유광호 이준석 전석원 정경환 황제돈 | (주)에스코컨설턴트 | 대표이사 | |
| | | (주)유신 | 부사장 | |
| | | (주)대정컨설턴트 | 대표이사 | |
| | | 한서대학교 | 교수 | |
| | | 한국지질자원연구원 | 책임연구원 | |
| | | 수원대학교 | 교수 | |
| | | 한국철도기술연구원 | 책임연구원 | |
| | | 서울대학교 | 교수 | |
| | | 동아지질 | 대표이사 | |
| | | (주)에스코컨설턴트 | 사장 | |
| 제11장 정거장 공사 | 이덕영 | (주)유신 | 부사장 | |
| 제12장 운행선 근접공사 | 전서용 | (주)일신이앤씨 | 부사장 | |
| 제13장 기타공사 | 구기욱 | (주)선진엔지니어링 | 부사장 | |

구조물 기초공사

| 장별 집필위원 | 분야 | 성명 | 분야 | 성명 |
|-----------|------------------------|----------|----------------------|----------|
| 제정(2011년) | 제1장 총칙 | 김동희 | 제5장 구조물 기초공사 | 조찬환 |
| | 1-1 공사일반 | 김동희, 유호식 | 5-1 기초공사 일반 | 조찬환, 정상섭 |
| | 1-2 공사관리 | 김동희, 유호식 | 5-2 공사준비 | 조찬환, 정상섭 |
| | | | 5-3 얇은기초 | 이수형, 이장덕 |
| | 제2장 공사환경 및 안전관리 | 전서용 | 5-4 기성말뚝기초 | 이원제, 김범주 |
| | 2-1 환경관리 | 전서용 | 5-5 현장타설말뚝기초 | 이재환, 남현우 |
| | 2-2 안전관리 | 전서용 | | |
| | 제3장 측량 및 지반조사 | 김홍택 | 제6장 콘크리트 공사 | 김은겸 |
| | 3-1 측량 | 이창경 | 6-1 콘크리트 공사 일반 | 박성국, 정해문 |
| | 3-2 지반조사 | 김홍택, 김기석 | 6-2 일반콘크리트 | 박성국, 정해문 |
| | | 강휴택, 고태훈 | 6-3 철근의 가공 및 조립 | 박성국 |
| | | 남순성, 백세환 | 6-4 거푸집 및 동바리 | 박성국 |
| | | 목영진, 이우진 | 6-5 매스콘크리트 | 정해문 |
| | 제4장 토공사 | 채영수 | 6-6 서중콘크리트 | 정해문 |
| | 4-1 토공사 일반 | 구웅희 | 6-7 한중콘크리트 | 정해문 |
| | 4-2 공사준비 | 구웅희 | 6-8 고유동 콘크리트 | 정해문 |
| | 4-3 쌓기 | 최찬용, 황선근 | 6-9 고강도 콘크리트 | 정해문 |
| | 4-4 깎기 | 이승래 | 6-10 수중콘크리트 | 정해문 |
| | 4-5 흙다지기 | 구기욱 | 6-11 솟크리트 | 김은겸 |
| | 4-6 구조물 접속부 | 구기욱 | 6-12 프리스트레스트 콘크리트 | 김은겸 |
| | 4-7 보강토 옹벽공사 | 김경모 | 6-13 합성콘크리트 구조 | 김은겸 |
| | 4-8 옹벽공사 | 박종면, 이봉열 | 6-14 공장제품 | 김은겸 |
| | 4-9 가설 흙막이 공사 | 장찬수, 이봉열 | | |
| | 4-10 비탈면 보호공사 | 이성진 | 제7장 구교 및 배수공사 | 임영수 |
| | 4-11 연약지반처리 | 채영수 | 7-1 공사일반 | 임영수 |
| | | | 7-2 공사준비 | 김남훈 |
| | | | 7-3 철근콘크리트 구교공사 | 김남훈 |
| | | | 7-4 배수구조물공사 | 유양규 |

| 장별 집필위원 | 분야 | 성명 | 분야 | 성명 |
|-----------|-----------------------|---------------|----------------------|-----|
| 제정(2011년) | 제8장 강교 제작 및 가설 | 박영석 | 제11장 정거장 공사 | 이덕영 |
| | 8-1 제작 일반 | 박영석 | 11-1 정거장공사 일반 | 이덕영 |
| | 8-2 강재 | 정경섭 | 11-2 공사준비 | 이덕영 |
| | 8-3 제작 | 배두병 | 11-3 정거장 부지조성공사 | 이덕영 |
| | 8-4 용접 | 조재병, 황원섭 | 11-4 정거장 개량공사 | 이덕영 |
| | 8-5 볼트접합 | 조재병 | 11-5 고가 정거장 | 이덕영 |
| | 8-6 강교도장 | 조재병, 이창근 | 11-6 지하정거장 | 이덕영 |
| | 8-7 조립 및 설치 | 김우중, 주환중 | 11-7 승강장 | 이덕영 |
| | 8-8 상부 슬래브 | 김선원 | 11-8 포장 | 이덕영 |
| | | | 11-9 화물적하장 | 이덕영 |
| | 제9장 콘크리트 교량공사 | 심종성 | 11-10 여객통로 | 이덕영 |
| | 9-1 교량상부 가설공법 | 정휘석, 방윤석, 서석구 | 11-11 역광장 | 이덕영 |
| | 9-2 교량부속시설공사 | 변윤주 | 제12장 운행선 근접공사 | 전서용 |
| | 9-3 교량하부공사 | 김은겸, 김형목 | 12-1 운행선 근접공사 | 전서용 |
| | 제10장 터널공사 | 김승렬 | 12-2 공사준비 | 전서용 |
| | 10-1 총칙 | 김승렬 | 12-3 방호설비 | 전서용 |
| | 10-2 시공계획 | 황제돈 | 12-4 지하매설물 | 전서용 |
| | 10-3 조사 및 측량 | 신희순 | 12-5 건축한계 | 전서용 |
| | 10-4 터널굴착 | 박광준 | 12-6 전철구간 고압전선 | 전서용 |
| | 10-5 터널지보재 | 문상조 | 12-7 운행선근접 토공사 | 전서용 |
| | 10-6 콘크리트라이닝 | 이준석 | 12-8 운행선근접 교량공사 | 전서용 |
| | 10-7 배수 및 방수 | 유광호 | 12-9 터널근접공사 | 전서용 |
| | 10-8 보조공법 | 박광준 | 12-10 사고시 긴급조치 | 전서용 |
| | 10-9 터널계측 | 박인준 | 제13장 기타공사 | 구기욱 |
| | 10-10 갱구부, 연직갱 및 경사갱 | 전석원 | 13-1 방음벽 | 구기욱 |
| | 10-11 TBM 터널 | 정경환 | 13-2 전기설비 부대공사 | 구기욱 |
| | 10-12 개착터널 | 황제돈 | 13-3 포장공사 | 구기욱 |

구조물 기초공사

| 집필위원 | 분야 | 성명 | 소속 | 직급 |
|-----------|---------|-----------|--------------|-----------|
| 개정(2013년) | 사업책임자 | 김병석 | 한국건설기술연구원 | 선임본부장 |
| | 분야연계조정 | 김수삼 | LH공사 토지주택연구원 | 원장 |
| | 총괄간사 | 강재운 | 한국건설기술연구원 | 수석연구원 |
| | 노반분야 | 사공명 | 한국철도기술연구원 | 책임연구원 |
| | | 이성혁 | 한국철도기술연구원 | 책임연구원 |
| | | 이진욱 | 한국철도기술연구원 | 책임연구원 |
| | | 교량분야 | 김병석 | 한국건설기술연구원 |
| | | 곽종원 | 한국건설기술연구원 | 연구위원 |
| | | 박성용 | 한국건설기술연구원 | 연구위원 |
| | | 강재운 | 한국건설기술연구원 | 수석연구원 |
| | | 곽임중 | 한국건설기술연구원 | 수석연구원 |
| | | 조근희 | 한국건설기술연구원 | 수석연구원 |
| | | 진원중 | 한국건설기술연구원 | 수석연구원 |
| | | 윤혜진 | 한국건설기술연구원 | 전임연구원 |
| | | 김성일 | 한국철도기술연구원 | 책임연구원 |
| | 터널분야 | 이성원 | 한국건설기술연구원 | 연구위원 |
| | | 백용 | 한국건설기술연구원 | 연구위원 |
| | | 김창용 | 한국건설기술연구원 | 연구위원 |
| | | 김진환 | 한국건설기술연구원 | 전임연구원 |
| | | 류혜림 | 한국건설기술연구원 | 전임연구원 |
| 김선홍 | | (주)유신 | 상무 | |
| 김기립 | | (주)유신 | 부장 | |
| 백종현 | | 신발파기술사사무소 | 사장 | |
| 한동훈 | | 신발파기술사사무소 | 이사 | |
| 제정(2018년) | 통합코드 편집 | 황선근 | 한국철도기술연구원 | 책임연구원 |
| | 통합코드 편집 | 표석훈 | 한국철도기술연구원 | 선임연구원 |

| 자문위원 | 분야 | 성명 | 소속 | |
|-----------|--|--------|------------|-----------|
| 제정(2011년) | 총칙, 공사환경 및 안전관리 측량 및 지반조사 토공사 기타공사 구조물 기초공사 콘크리트공사 구교 및 배수공사 강교 제작 및 가설 콘크리트 교량공사 터널공사 정거장 공사 운행선 근접공사 | 고동춘 | 서현기술단 | |
| | | 김봉섭 | 국토교통부 | |
| | | 김기창 | 현대건설 | |
| | | 한춘득 | 한국해양과학기술 | |
| | | 정재민 | 코오롱건설 | |
| | | 최승룡 | 동부엔지니어링 | |
| | | 권순섭 | 남광토건 | |
| | | 정현철 | 에스코아이에스티 | |
| | | 고영만 | 하이콘엔지니어링 | |
| | | 손희중 | (주)도화엔지니어링 | |
| | | 김대상 | 한국철도기술연구원 | |
| | | 김종수 | 평산에스아이 | |
| | | 오민수 | 청석엔지니어링 | |
| | | 이희현 | CTC | |
| | | 강운식 | 선구엔지니어링 | |
| | | 김선곤 | 현대산업개발 | |
| | | 김경호 | 한진중공업 | |
| | | 김승철 | 삼성건설 | |
| | | 모충선 | 한국철도공사 | |
| | | 최훈주 | 유신코퍼레이션 | |
| 개정(2013년) | 노반분야 | 강보순 | 배재대학교 | |
| | | 권순섭 | 남광토건 | |
| | | 나상주 | 서현기술단 | |
| | | 목영진 | 경희대학교 | |
| | | 배용득 | 동명기술공단 | |
| | | 신민호 | 한국철도기술연구원 | |
| | | 교량분야 | 강형택 | 한국도로공사 |
| | | | 김남일 | 벽산엔지니어링 |
| | | | 김동희 | 도화엔지니어링 |
| | | | 김연태 | 서울과학기술대학교 |
| | 박용걸 | | 서울과학기술대학교 | |
| | 방윤석 | | 동부엔지니어링 | |
| | 배두병 | | 국민대학교 | |
| | 배용득 | | 동명기술공단 | |
| | 변형균 | | BN테크대표 | |
| | 서석구 | | 서영엔지니어링 | |
| | 엄영호 | 동명기술공단 | | |

구조물 기초공사

| 자문위원 | 분야 | 성명 | 소속 | |
|-----------|-----------|-----------|---------------|-----------|
| 개정(2013년) | 교량분야 | 정찬묵 | 우송대학교 | |
| | | 정희석 | (주)유신 | |
| | | 조국환 | 서울과학기술대학교 | |
| | | 한영철 | 신성엔지니어링 | |
| | 터널분야 | 김양균 | 코오롱건설 | |
| | | 김오경 | 동부건설 | |
| | | 양형식 | 전남대학교 | |
| | | 이용기 | 제일엔지니어링 | |
| | | 이재국 | 경동기술공사 | |
| | | 정명근 | 에스코컨설팅 | |
| | | 최형빈 | 하이enc | |
| | | 구용희 | 서영엔지니어링 | |
| | 개정(2015년) | 노반분야 | 이진욱 | 한국철도기술연구원 |
| | | | 황선근 | 한국철도기술연구원 |
| 배강민 | | | 동명기술공단 | |
| 교량분야 | | 성근열 | 케이알티씨 | |
| | | 이승원 | 경북대학교 | |
| | | 이재훈 | 영남대학교 | |
| 터널분야 | 유성원 | 우석대학교 | | |
| | 최홍식 | 충청대학교 | | |
| | 김삼환 | 호서대학교 | | |
| | 김홍문 | 평화엔지니어링 | | |
| | 방수분야 | 김영근 | 한국건설생활환경시험연구원 | |
| 이병덕 | | 도로교통연구원 | | |
| 이용종 | | 쌍용양회기술연구소 | | |

| 중앙건설기술심의위원회 | 성명 | 소속 |
|-------------|-----------|------------|
| 제정(2011년) | 박용결 | 서울과학기술대학교 |
| | 신민호 | 한국철도기술연구원 |
| | 정찬목 | 우송대학교 |
| | 엄영호 | 동명 |
| | 이상희 | (주)EDCM |
| | 성배경 | 일신하이텍 |
| | 유성진 | 동남이엔씨 |
| | 김영덕 | 관동대 |
| | 개정(2013년) | 권순섭 |
| 나상주 | | (주)서현기술단 |
| 황선근 | | 한국철도기술연구원 |
| 차철준 | | 한국시설안전공단 |
| 주영해 | | 한국토지주택공사 |
| 김숙자 | | 계룡시청 |
| 안상로 | | 한국시설안전공단 |
| 유경수 | | (주)동명기술공단 |
| 김동춘 | | 한국산업안전보건공단 |
| 개정(2015년) | 이한승 | 한양대학교 |
| | 박의수 | 희림종합건축 |
| | 진상윤 | 성균관대학교 |
| | 성순경 | 가천대학교 |
| | 김승철 | (주)한화건설 |
| | 김만철 | 한국철도기술연구원 |
| | 이동호 | 한국철도시설공단 |

| 국토교통부 | 성명 | 소속 | 직책 |
|-----------|-----|----|--------|
| 제정(2011년) | 이상철 | | 간설철도과장 |
| | 이인식 | | 공업사무관 |

구조물 기초공사

| 국토교통부 | 성명 | 소속 | 직책 |
|-----------|-----|-------|----------------|
| 개정(2013년) | 백승근 | 기술기준과 | 기술기준과장 |
| | 김광진 | 기술기준과 | 기술기준과 시설사무관 |
| | 강성안 | 기술기준과 | 기술기준과 주무관 |
| | 고용석 | 철도건설과 | 철도건설과장 |
| | 김성환 | 철도건설과 | 철도건설과 시설사무관 |
| | 조병준 | 철도건설과 | 철도건설과 주무관 |
| 개정(2015년) | 정선우 | 기술기준과 | 기술기준과장 |
| | 김병채 | 기술기준과 | 기술기준과 사무관 |
| | 박찬현 | 기술기준과 | 기술기준과 주무관 |
| | 고용석 | 철도건설과 | 철도건설과장 |
| | 임승규 | 철도건설과 | 철도건설과 사무관 |
| | 정광성 | 철도건설과 | 철도건설과 주무관 |

철도건설공사 전문시방서
KRACS 47 10 65 : 2018

구조물 기초공사

2018년 11월 일 발행

국토교통부

관련단체 한국철도시설공단
34618 대전광역시 동구 중앙로 242 한국철도시설공단
☎ 1588-7270
<http://www.krnetwork.or.kr>

(작성기관) 한국철도기술연구원
16105 경기도 의왕시 철도박물관로 176 한국철도기술연구원
☎ 031-460-5000
<http://www.krri.re.kr>

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