

KCS 24 51 10 : 2023

기성말뚝기초 (한계상태설계법)

2023년 9월 12일 제정

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

KC CODE



국토교통부



건설기준 제정 또는 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 연혁

- 이 기준은 건설기준 코드체계 전환에 따라 기존 건설기준(설계기준, 표준시방서) 간 중복·상충을 비교 검토하여 코드로 통합 정비하였다.
- 이 기준은 교량공사 표준시방서(한계상대설계법)를 통합 정비하여 기준으로 제정한 것으로 제·개정 연혁은 다음과 같다.

건설기준	주요내용	제정 또는 개정 (년.월)
KCS 24 51 10 : 2023	• 건설기준 코드체계 전환에 따른 코드화 통합 정비 후 교량공사 안전강화를 위한 교량분야 건설기준 정비연구에 따라 정비하여 제정함	제정 (2023. 9.)

제 정 : 2023년 9월 12일

개 정 : 년 월 일

심 의 : 중앙건설기술심의위원회

자문검토 : 국가건설기준센터 건설기준위원회

소관부서 : 국토교통부 도로건설과

관련단체 : 한국도로협회, 한국교량및구조공학회 작성기관 : 한국도로협회

- 국토교통부장관은 「훈령·예규 등의 발령 및 관리에 관한 규정」에 따라 고시일을 기준으로 매 3년이 되는 시점마다 그 타당성을 검토하여 개선 등의 조치를 하여야 한다.

목 차

1. 일반사항	1
1.1 적용범위	1
1.2 참고 기준	1
1.3 용어의 정의	2
1.4 제출물	3
2. 자재	4
2.1 말뚝	4
2.2 장비	5
2.3 보호코팅	6
3. 시공	6
3.1 시공일반	6
3.2 말뚝 시공	9
3.3 타입말뚝	10
3.4 매입말뚝	11
3.5 시공기록	14
3.6 공칭저항 결정	15
3.7 재하시험	15
3.8 결합 말뚝	16

1. 일반사항

1.1 적용범위

- (1) 이 장은 도로교 하부구조물 기초인 말뚝기초공사에 사용되는 기성말뚝에 적용하며 시험말뚝을 포함한 모든 말뚝의 시공, 말뚝의 이음 및 품질관리사항, 운반 및 저장관리, 그리고 이들 사항들을 행하는데 필요한 부속자재와 장비의 공급을 포함한다.
- (2) 기성말뚝기초는 시공방법에 따라 다음과 같은 공법을 적용한다.
 - ① 유압해머, 디젤해머, 드롭해머로 말뚝을 타격하여 지반 속에 향타 시공하는 타입 공법 또는 향타공법
 - ② 나선형 오거(auger)나 에어해머 등의 천공장비 및 필요시 굴착 공벽을 보호하기 위한 임시케이싱 등을 조합하여 지반을 굴착한 후 굴착공에 말뚝을 삽입하고 경타(輕打) 또는 압입력에 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 배출시키면서 지지층에 정착시키는 내부굴착방식의 매입말뚝공법
- (3) 이 절에서 정하지 않은 다른 공법은 별도로 정한다.

1.2 참고 기준

1.2.1 관련 법규

내용 없음

1.2.2 관련 기준

- KS A 9001 ~ 9003 품질시스템 - 설계, 개발, 생산, 설치 및 부가 서비스에 대한 품질보증 모델
- KS B 0817 금속 재료의 펄스 반사법에 따른 초음파 탐상 시험 방법 통칙
- KS B 0885 수동 용접기술검정에 있어서의 시험방법 및 판정기준
- KS B 0896 강용접부의 초음파 탐상 시험 방법
- KS C IEC 60245 - 6 정격전압 450/750V 이하 고무절연 케이블 제6부: 아크용접용 케이블
- KS C 9602 교류아크 용접기
- KS C 9607 용접봉 홀더
- KS D 0272 용접부의 방사선 투과시험을 위한 시험방법 및 판정기준
- KS D 3503 일반 구조용 압연 강재
- KS D 3504 철근콘크리트용 봉강
- KS D 3508 피복 아크 용접봉 심선재
- KS D 3515 용접구조용 압연강재
- KS D 3566 일반구조용 탄소강관
- KS D 7004 연강용 피복 아크 용접봉
- KS F 2445 축하중에 의한 말뚝 침하 측정방법

- KS F 2591 말뚝의 동적 재하시험 방법
- KS F 4303 프리텐션 방식 원심력 PC 말뚝
- KS F 4306 프리텐션 방식 원심력 고강도 콘크리트말뚝
- KS F 4602 강관 말뚝
- KS F 4603 H형강 말뚝
- KS F 7001 원심력 콘크리트말뚝의 시공표준
- KS L 5201 보통 포틀랜드 시멘트
- KCS 11 50 15 기성말뚝
- KCS 11 50 40 말뚝재하시험
- KCS 14 20 10 일반콘크리트
- KDS 11 50 15 깊은기초 설계기준(일반설계법)
- KDS 24 14 51 교량 하부구조 설계기준(한계상태설계법)
- ASTM D 3689 Standard Test Methods for Deep Foundations Under Static Axial Tensile Load (축방향 인발하중에 의한 말뚝재하시험)
- ASTM D 3966 Standard Test Method for Piles Under Lateral Loads(횡방향 하중에 의한 말뚝재하시험)
- AASHTO LRFD Bridge Construction Specifications(2010)
- AASHTO LRFD Bridge Design Specifications(2010)

1.3 용어의 정의

- 공칭저항: 허용응력, 허용변위 또는 재료의 특정강도 등과 연계된 외력 또는 작용하중에 대한 저항성분을 말하며 이 기준에서는 말뚝의 ‘극한지지력’ 과 동일한 것으로 간주함.
- 계측: 구조물이나 지반에 나타나는 현상을 측정하는 작업으로서 온도, 응력, 변형, 압력, 침하, 이동, 기울기, 진동, 지하수위, 간극수압 등의 측정을 포함함
- 극한지지력: 구조물을 지지할 수 있는 지반의 최대 저항력
- 기성말뚝: 공장에서 제작된 말뚝으로서, PC말뚝(KS F 4303), PHC말뚝(KS F 4306), 강관말뚝(KS F 4602) 및 H형강말뚝(KS F 4603) 등이 사용되고 있음
- 기초: 상부구조물의 하중을 지반에 전달하여 구조물의 안정성과 기능성을 갖는 하부 구조물
- 기초지반: 구조물이 축조되고 그 안정성과 기능을 유지하는데 필요한 범위의 지반을 말하며 흙과 암반으로 구성됨
- 깊은기초: 하부구조물 저면으로부터 구조물을 지지하는 지지층까지의 깊이가 기초의 최소 폭에 비하여 비교적 큰 기초형식을 말하며 말뚝기초, 케이슨 기초 등이 있음
- 동재하시험: 말뚝머리 부분에 가속도계와 변형률계를 부착하고 타격력을 가하여 말뚝-지반의 상호작용을 파악하고 말뚝의 지지력 및 건전도를 측정하는 동적 시험법
- 말뚝기초: 지반 중에 전부 또는 일부가 관입되는 상대적으로 가느다란 형태를 갖는 깊은 기초로서 타입, 매입, 현장타설의 방법으로 설치됨

- 매입말뚝공법 : 지반에 굴착공을 천공한 후 시멘트풀을 주입하고 기성말뚝을 삽입한 다음 필요에 따라 말뚝에 타격을 가하여 지지지반에 말뚝을 안착시키는 공법
- 상부구조물 : 기초가 지지하고 있는 구조물을 통칭함
- 선단지지력 : 깊은기초의 선단부 접촉면적과 지지층의 저항력에 의해 발현되는 지지력
- 슬라임 : 매입말뚝공법을 위한 지반 굴착 시 지상으로 배출되지 않고 구멍내부에 부유해 있거나 굴착면 바닥에 침전된 굴착 찌꺼기
- 시간경과효과 : 말뚝 설치시점으로부터 시간이 경과함에 따라 지지력이 변화하는 현상. 지지력증가와 지지력감소 효과가 있음
- 정재하시험 : 정적하중에 대한 말뚝의 지지능력을 하중-침하량의 관계로부터 구하는 시험. 고정하중이나 반력말뚝 또는 지반앵커의 반력 등을 통하여 재하 하중을 얻음
- 주변마찰력 : 말뚝의 표면과 지반과의 마찰력에 의해 발현되는 저항력
- 파동이론분석 : 말뚝조건, 지반조건 및 항타장비 조건을 수치로 입력하고 말뚝타격 시 발생하는 응력파의 전달현상을 파동방정식을 이용하여 모사하는 해석법
- 하부구조물 : 상부구조의 하중을 지반에 전달하는 기능을 수행하는 구조물
- 항타공법 : 기성말뚝을 해머로 타격하여 지지층까지 관입시키는 말뚝시공방법을 말하며 타입말뚝공법으로도 불려짐
- 항타보조말뚝 : 보조말뚝은 말뚝머리부분을 지중 혹은 수중까지 시공하는 경우에 사용하는 것으로서 캡과 말뚝 사이에 거치시켜 말뚝머리를 소정의 깊이까지 타설시키는 것

1.4 제출물

1.4.1 시공계획서

- (1) 시공계획서는 KCS 11 50 15 (1.4.1)에 따른다.
- (2) 항타가 불가능한 경우에는 원인을 파악한 후 지반조건 및 시공방법을 동시에 검토하여 매입말뚝공법과 같은 대체공법을 선정하고 그에 대한 시공계획서를 작성하여야 한다.
- (3) 말뚝의 시공기록은 KS F 7001(부표 1 ~ 부표 7)에 따라 정확하게 기록되어야 한다.
- (4) 시공시의 안전확보를 위해 시공지점의 제조건을 충분히 고려하여 안전대책을 세워야 한다.

1.4.2 공사보고서

- (1) 공사계획 및 진도, 현장작업원 목록, 자재반입, 지시사항 협의 및 조정내용, 시공 장비 투입현황 등을 기재한 공사보고서를 작성한다.

1.4.3 일일 작업보고서

- (1) 시험말뚝을 포함한 모든 말뚝에 대한 일일보고서를 작성한다. 타입말뚝 공법에 의한 시공작업 기록에는 항타한 말뚝에 대한 항타장비의 종류와 등급, 최종관입량 기록지 그리고 항타 중에 나타난 이상조건 등이 포함되어야 하며 시험시공말뚝(시항타)에 대해서는 전(全)길이에 대한 1,000 mm 당 타격횟수가 기록되어야 한다. 매입말뚝 공법일

경우에는 선단지반 안착을 위한 경타작업에 적용된 항타장비(해머)에 대하여 전술한 사항을 동일하게 기록하여야 한다.

1.4.4 말뚝위치도

- (1) 말뚝이 시공된 후 말뚝설치 위치도를 작성한다. 도면은 설계된 위치와 실제 시공된 위치가 표시되어 두 위치의 오차도 포함되어야 한다.
- (2) 오차범위를 벗어나 시공된 경우 구조검토를 통해 공사감독자의 승인을 받아야 한다.

1.4.5 말뚝 재하시험 계획서 및 시험결과 보고서

- (1) 말뚝 재하시험 계획서 및 시험결과 보고서에 대하여는 KCS 11 50 15 (1.4.6)에 따른다.
- (2) 이때 제출하는 독립된 공인시험기관에 의하여 검증된 유압장치, 하중계 및 변위측정기 등의 검증서는 2년 이내에 발급받은 것이어야 한다.

1.4.6 말뚝 시공장비의 운용계획

- (1) 말뚝 시공장비의 운용계획은 KCS 11 50 15 (1.4.7)에 따른다.

1.4.7 파동이론분석결과

- (1) 말뚝공사 착수 전에 공사에 투입예정인 시공장비(해머)를 대상으로 하여 파동이론분석 결과를 작성하여 사용할 해머의 적정성을 평가한 후 시공계획에 포함시키고 공사감독자의 승인을 받아야 한다.

2. 자재

2.1 말뚝

2.1.1 PC말뚝

- (1) PC말뚝과 관련된 사항은 KS F 4303 및 KS F 4306 등의 요건에 합치하고, KCS 11 50 15의 해당요건을 따른다.

2.1.2 PHC말뚝

- (1) PHC말뚝과 관련된 사항은 KS F 4306의 요건에 합치하고, KCS 11 50 15의 해당요건을 따른다.

2.1.3 강관말뚝

- (1) 강관은 KS F 4602 및 KS D 3566의 요건에 적합하고, 명시된 지름과 두께를 가진 것이어야 한다.
- (2) 철근과 관련된 사항은 KCS 14 20 11의 해당요건에 따른다.
- (3) 채움콘크리트와 관련된 사항은 KCS 14 20 10의 해당요건에 따른다.

2.1.4 H형강말뚝

- (1) H형강말뚝과 관련된 사항은 KS F 4603의 요건을 따른다.

2.2 장비

2.2.1 해머

- (1) 말뚝타입에 사용되는 해머에는 드롭해머, 단동식 증기 또는 공기해머, 복동식 증기 또는 공기해머, 디젤해머, 진동해머 그리고 유압해머 등이 있다.
- (2) 드롭해머는 타격에너지가 작으므로 소규모 말뚝의 타입과 선굴착 말뚝의 최종타입에 적용된다.
- (3) 단동식 증기/공기 해머는 분당 35~60회의 타격속도를 갖고 있다. 단단한 점성토 지반에서는 타격속도가 늦은 단동식 해머가 복동식 해머보다 유리하고, 경사말뚝 타입에는 불리하다.
- (4) 복동식 증기/공기 해머는 타격속도가 단동식의 두 배 정도로 빠르기 때문에 경사말뚝 타입과 연약점토지반 및 사질토지반에서 단동식보다 유리하다.
- (5) 디젤해머에는 단동식과 복동식이 있는데 최대 타격속도는 단동식은 분당 35~60회, 복동식은 분당 80~100회이다. 경사말뚝 타입에 적당하고, 보통 내지 단단한 지반에서 작동이 잘되나 연약지반에서는 지반반력의 부족으로 해머의 시동이 꺼지기도 한다. 디젤해머는 작동과정 중 낙하하는 램이 실린더내부와 계속 마찰하게 되는 등 기계적 효율 손실이 크며 각각의 장비별로 효율이 크게 차이를 나타낸다. 또 지반 반력이 급격히 증가하는 경우 램의 반발을 조절할 수 없어 말뚝재료에 과잉 항타응력을 유발시킬 위험 또한 매우 크다. 이 밖에 디젤해머 시공은 소음, 지반진동 및 매연 등 건설 공해의 발생 때문에 적용에 제약을 받는다.
- (6) 진동해머는 말뚝머리에 무거운 자중을 지닌 해머를 얹고 진동을 발생시킴으로써 말뚝을 관입시키는 것으로서 포화지반이나 배토량이 작은 말뚝에 적합하고 점성토 지반과 배토말뚝에도 사용되고 있으며 말뚝 뽑기에도 많이 쓰인다. 진동해머는 타격해머보다 지반에 발생하는 항타진동, 소음과 말뚝손상이 적으며 타입속도가 빠른 이점이 있다. 그러나 장애물이 있을 때 말뚝관입이 안되는 단점이 있다.
- (7) 과거 국내에서는 시공속도, 공사비 등의 이유로 디젤해머에 의한 타입공법이 가장 일반적으로 적용되어 왔다. 그러나 디젤해머 항타로 인한 지반진동, 소음, 매연 등 환경 문제로 최근에는 유압해머의 적용이 보편화되고 있다. 유압해머는 램을 유압으로 들어올리며, 낙하 시 유압가속이 가능한 해머도 개발되어 있다. 말뚝의 타입원리는 다른 해머와 동일하며, 말뚝의 관입상황에 따라 인위적으로 낙하고를 조정할 수 있고 타격 저항이 낮은 연약지반에서도 지속적인 항타가 용이하다.

2.2.2 해머쿠션

- (1) 해머쿠션은 KCS 11 50 15 (2.4.2)에 따른다.

2.2.3 말뚝쿠션

(1) 말뚝쿠션은 KCS 11 50 15 (2.4.3)에 따른다.

2.2.4 리드

(1) 리드는 KCS 11 50 15 (2.4.4)에 따른다.

2.2.5 항타보조말뚝

- (1) 기성말뚝 공사에 가능한 한 보조말뚝의 사용을 피하여야 한다. 다만, 해머가 말뚝머리를 직접 타격하기 곤란한 경우에는 공사감독자의 확인을 받아 보조말뚝을 사용할 수 있다.
- (2) 보조말뚝을 사용할 때에는 말뚝 10개중 1개씩은 긴 것을 사용하여 지지력을 평가할 수 있는 시험용 말뚝으로 직접 시공해야 한다. 이 경우 보조말뚝의 타격에너지 효율을 고려하여 평가한다.

2.3 보호코팅

- (1) 지표면이나 수면위로 노출되는 강재말뚝의 표면은 설계도서에서 제시하는 방법으로 방식처리하여 부식을 막아야 한다. 이때의 도장범위는 저수위나 지표면의 2m 아래쪽에서부터 노출되는 상부까지 하여야 한다.

3. 시공

3.1 시공일반

3.1.1 공법적용

- (1) 기성말뚝기초의 시공은 항타(타입말뚝)공법, 매입말뚝공법(선굴착공법 및 내부굴착말뚝공법)에 의하는 것으로 하였으나, 작업요인이나 환경조건으로 인하여 다른 공법을 적용 할 경우 그 공법에 대하여 충분히 검토한 후 정밀하게 시공하여야 한다.

3.1.2 시공기계 기구의 선정

- (1) 시공기계 기구의 선정에 있어서는 말뚝의 제원, 하중조건, 작업지점의 환경, 지반의 상태, 작업의 안전성 등에 대하여 충분히 검토해야 하며, 설계도서에 표시된 치수와 기능을 만족하도록 하여야 한다.
- (2) 항타말뚝
 - ① 실 시공에 앞서 시험시공을 실시하여야 하며 이때 동재하시험기를 사용하여 말뚝에 걸리는 응력 및 에너지 측정, 지지력 확인을 거친 후 최종적으로 해머를 승인하여야 한다.
 - ② 항타 해머, 해머 쿠션, 헬멧, 말뚝 쿠션, 기타 부속물을 포함한 모든 항타장비는 공사 감독자의 사전 승인을 받은 후 사용되어야 하며 승인은 사용하기 1주일 이상 전에

받아야 한다. 사용할 장비 시스템은 파동(방정식) 해석에 필요한 충분히 상세한 자료를 포함하여야 한다.

- ③ 공칭저항이 정재하시험, 동재하시험, 급속 정재하시험 또는 파동(방정식) 해석에 의해 결정될 경우에는 항타가 가능하다는 파동(방정식) 해석결과를 공사감독자에게 제출해야 한다. 보다 정확한 정보가 제공되지 않는 한 표 3.1-1과 같은 해머 효율을 연직말뚝에 대한 파동 방정식 분석에 사용할 수 있으며, 경사말뚝인 경우 조정되어야 한다. 실제 해머효율은 동재하시험으로 구할 수 있는 항타에너지 전달효율에 따라 시공 관리되어야 한다.
- ④ 항타장비의 성능을 평가하기 위해 적용할 항타기준은 전체 항타과정에서 공칭저항과 항타응력에 따른 미터당 타격수로 정해진다. 주어진 공칭저항에서의 파동해석으로 정해지는 타격수는 미터당 200 ~ 500타(최종관입량 2 ~ 5 mm/타격) 정도가 적정한 범위이다.

표 3.1-1 해머 효율

해머 종류	효율(%)
드롭해머, 단동식 공기/증기 해머	67
복동식 공기/증기 해머	50
디젤해머	80
유압해머, 항타기록장치가 내장된 디젤해머	95

- ⑤ 항타장비의 적용성이 확인되었을 경우 파동해석 또는 동재하시험결과에 의해 결정되는 항타응력은 전체 항타과정에서 다음의 값을 초과하지 않도록 기록/관리되어야 한다.

가. 강재말뚝의 항타압축응력 및 항타인장응력은 재료 항복강도의 90%를 초과하지 않아야 한다.

나. 콘크리트말뚝의 경우, 항타압축응력의 경우에는 $0.6 f'_c - \text{prestress}$ 를 초과하여서는 안 되며, 항타인장응력은 $7.9 \sqrt{f'_c} + \text{prestress}(\text{kPa})$ 를 초과하지 않아야 한다. 여기서, f'_c 는 콘크리트의 압축강도이다.

(3) 매입말뚝의 천공장비

- ① 말뚝 지지층까지의 토층구성이 실트층, 점토층, 풍화토층으로 되어 있고 지지선단부층이 풍화암인 경우 일반오거를 사용할 수 있다.
- ② 지지층 선단부가 연암 등의 암반일 경우로서 일반오거로 굴착이 불가능한 경우 에어해머(예:T4) 등의 천공장비를 사용할 수 있다.
- ③ 천공 중 및 천공 후 장비를 인발할 때 공벽이 붕괴될 우려가 있는 경우 케이싱 부착 천공기를 사용할 수 있다.

- ④ 천공장비의 선정은 해당지역의 토층구성, 말뚝규격, 장비의 제원 및 성능을 고려하여 공사감독자와 사전협의 후 결정하되 선정된 장비의 성능이 떨어질 경우 즉시 교체하여야 한다.
 - ⑤ 나선형오거 구동장치는 나선형오거를 회전시켜 굴착시키기 위한 동력장치로 시공장비 리더에 정착시켜 사용한다.
 - ⑥ 구동장치의 출력은 말뚝지름, 시공깊이, 시공지반에 대응할 수 있어야 한다.
 - ⑦ 나선형오거는 연속오거부와 선단부의 오거헤드로 구성된다.
 - ⑧ 말뚝 중공부에 삽입하는 나선형오거는 강성이 큰 것으로 하며 말뚝 안지름보다 30 ~ 60 mm 정도 작은 오거 지름을 가져야 하고, 선굴착에 사용되는 나선형오거는 해당공정에 합당한 정도의 지름을 갖는 것으로 한다.
 - ⑨ 암반 등 견고한 지지층을 천공하기 위한 에어해머(예, T4)는 천공직경과 동일한 제원의 천공장비를 사용하여야 한다.
- (4) 정재하시험장치, 재하장치, 하중계 및 변위계
- ① 재하장치는 계획된 최대시험하중 이상을 안전하게 재하할 수 있는 것으로 하며 공사감독자의 승인을 받은 것으로 한다.
 - ② 재하하중은 설계하중을 확인할 수 있는 규모 이상으로 하며 공사감독자의 승인을 받아야 한다.
 - ③ 말뚝재하시험 시 반력말뚝을 사용할 경우 인장저항을 할 수 있는지를 또는 말뚝본체의 손상을 초래하지 않는지를 검토하여 그 결과를 공사감독자에게 제출하여 승인을 받아야 한다.
 - ④ 재하시험에 사용되는 하중계(또는 유압계) 및 변위계는 공인기관의 검증을 받은 것으로 사용해야 하며 검증 유효기간이 경과하지 않아야 한다.
 - ⑤ 재하장치는 현장조건에 따라 감독/감리자의 입회하에 설치되어야 한다.
- (5) 동재하시험장비
- ① 말뚝의 동재하시험에는 항타분석기(예, PDA : Pile Driving Analyzer) 또는 이와 동등한 성능을 가진 장비를 사용하여야 하며 부수장비로는 변형률계, 가속도계 및 연결케이블 등이 있다. 이들 장비는 동재하시험 전문기술자에 의하여 제공/시험이 수행되어야 하며 KS F 2591의 요구조건에 부합되는 것으로 사용한다.
 - ② 동재하시험은 파동이론에 대한 전문지식을 갖춘 기술자에 의해 수행되어야 한다.
 - ③ 동재하시험에 사용되는 변형률계 및 가속도계는 검증 후 2년이 경과하지 않은 것이어야 한다.

3.1.3 시험말뚝 시공

- (1) KCS 11 50 15(3.1.5 및 3.3)에 따른다.
- (2) 시공성이나 시공시의 소음 및 진동영향, 말뚝 시공 종료조건 등을 파악하고 시공관리에 필요한 자료를 얻기 위하여 공사착수 전에 시험말뚝을 시공하여야 한다. 다만 시공지점에서의 말뚝의 시공성이 충분히 파악되어 있는 경우에는 시험말뚝을 생략할 수 있다.

- (3) 지정된 말뚝길이와 심도, 공칭저항, 최종관입량 등이 평가된 후 본말뚝용 말뚝을 주문토록 하여야 하며 계약 문서에 특별히 명시되지 않는 한 모든 말뚝은 승인된 시공장비로 시공해야 하고 동일한 형식 및 용량에 근거하여 본말뚝을 시공하여야 한다.
- (4) 시공장비는 본 사양의 요구 조건에 적합한 것으로 사용하여야 하며 발생 가능한 지반조건 변화를 파악하기 위하여 추가 시험타가 수행될 수도 있다.
- (5) 시험말뚝이 공칭저항이 발휘되지 않는 계획 심도까지 시공된 경우에는 소요의 지지력이 확보되는 심도까지 이음말뚝으로 시공하여야 한다.
- (6) 기성말뚝은 시공방법 및 시공성, 소음 및 진동영향, 시공 종료조건들을 파악하고 품질관리에 필요한 자료를 얻기 위하여 시험말뚝을 시공하여야 한다.
- (7) 현장 지반조건이 심하게 변하는 구간은 시험말뚝을 추가 시공하여야 한다.

3.1.4 운반, 저장 및 검사

- (1) 말뚝의 운반, 쌓기, 저장 등 말뚝의 취급에 있어서는 손상 방지에 유의하여야 한다.
- (2) 말뚝의 현장 반입 시에는 말뚝의 외관, 형상, 치수 등에 대하여 KS F 4303, KS F 4306, KS F 4602 및 KS F 4603 등에 따라 검사하여야 한다.

3.1.5 안전관리

- (1) 안전관리는 KCS 11 50 15 (3.1.7)에 따른다.

3.1.6 계측관리

- (1) 계측관리는 KCS 11 50 15 (3.1.8)에 따른다.

3.2 말뚝 시공

3.2.1 시공 준비

- (1) 시공 준비는 KCS 11 50 15 (3.2.1), (3.2.2), (3.2.3)에 따른다.
- (2) 말뚝 임시쌓기 중에는 특히 말뚝이 굴러 안전사고가 발생하지 않도록 조치하여야 한다.

3.2.2 말뚝세우기

- (1) 말뚝세우기는 KCS 11 50 15 (3.2.4)에 따른다.
- (2) 말뚝의 연직도나 경사도는 강관말뚝의 경우 1/100, 콘크리트말뚝의 경우 1/50 이내로 하고, 말뚝시공 후 평면상의 위치가 설계도면의 위치로부터 $D/4$ (D 는 말뚝의 바깥지름)와 100 mm 중 큰 값 이상으로 벗어나지 않아야 한다.

3.2.3 현장용접 이음

- (1) 현장이음 용접은 KCS 11 50 15 (3.2.5)에 따른다.

3.2.4 말뚝머리 정리

(1) 말뚝머리 정리는 KCS 11 50 15 (3.2.6)에 따른다.

3.2.5 시공기록

(1) 시공기록은 KCS 11 50 15 (3.2.7)에 따른다.

3.3 타입말뚝

3.3.1 말뚝시공

(1) 말뚝시공은 KCS 11 50 15 (3.3.1)에 따른다.

3.3.2 말뚝시공 종료

(1) 말뚝시공 종료는 KCS 11 50 15 (3.3.2)에 따른다.

(2) 동적 공식에 의한 축방향 지지력 추정은 공식의 신뢰도를 확인한 후 시공관리용 목적으로만 사용하여야 하며, 말뚝 머리가 파쇄 되거나 손상되지 않고 보조말뚝이 사용되지 않았을 경우에만 적용한다.

3.3.3 보조말뚝

- (1) 보조말뚝은 말뚝머리부분을 지중 혹은 수중까지 시공하는 경우에 사용하는 것으로서 캡과 말뚝 사이에 사용하여 말뚝머리를 소정의 깊이까지 타설 또는 침설시키는 것이다.
- (2) 항타 시 가능한 한 보조말뚝의 사용을 피해야 한다. 다만, 해머가 말뚝머리를 직접 타격하기 곤란할 경우에는 공사감독자의 확인을 받아 보조말뚝을 사용할 수 있다.
- (3) 공사감독자에 의해 서면으로 승인 될 때 또는 계약 문서에 명시된 경우 보조말뚝을 사용할 수 있다. 콘크리트말뚝에서 보조말뚝을 사용할 경우 말뚝 쿠션이 말뚝두부에 설치되어야 한다.
- (4) 본말뚝과 보조말뚝은 임피던스가 가능한 유사하여야 한다. 보조말뚝은 최종관입량, 항타응력 및 공칭저항 등이 동재하시험으로 검토된 조건에서 사용하여야 한다.
- (5) 보조말뚝은 길이가 긴 경우는 편심타격이 생기기 쉬우므로 5m 정도의 길이가 적정하며 5m 이상 필요시는 편심을 최소화 할 수 있는 방법을 강구하고 공사감독자의 승인을 받아야 한다.
- (6) 시공능률과 정밀도를 높이기 위하여 가급적이면 말뚝과 동일한 재료, 동일한 단면을 사용하여야 한다.
- (7) 또한 타격력에 대한 소요의 내력을 가져야 함과 동시에 타격력이 균등하게 말뚝머리에 전달되는 구조로 한다.
- (8) 타입 시 보조말뚝과 본말뚝의 축을 일치시켜 횡방향 진동이나 편심타격에 의하여 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.

3.3.4 말뚝 용기

- (1) 말뚝의 용기현상이 관찰되는 경우, 고정된 기준점을 중심으로 시공 직후 및 정기적으로 수준측량을 실시하여 용기 정도를 파악하여야 한다.
- (2) 인접 말뚝의 시공 과정에서 용기 현상이 나타나면 말뚝을 재항타 또는 재시공하여야 한다.

3.3.5 시공 순서

- (1) 무리 말뚝에서 말뚝을 시공하는 순서는 장비진입 및 운용의 원활성을 고려하여 무리의 중심에서 외측 방향으로 시공하거나, 기 시공된 말뚝에 영향을 미치지 않도록 정하여야 한다.

3.4 매입말뚝

3.4.1 공통

(1) 굴착

- ① 작업 중에는 굴착할 때에 배출되는 흙의 성상이나 말뚝의 삽입 상황을 관찰하여 말뚝선단부 및 말뚝주변 지반이 교란되지 않도록 시공관리를 하여야 한다.
- ② 굴착이나 삽입 작업이 곤란해진 경우에는 장시간에 걸친 굴착기의 운전이나 과도한 타격 혹은 무리한 압입을 피하고 기계기구의 변경 및 대책을 검토하여야 한다.
- ③ 말뚝의 선단이 소정의 깊이에 이르렀을 때는 과도한 굴착이나 장기간의 교반에 의하여 주위 지반이 교란되지 않도록 주의하여야 한다.
- ④ 말뚝삽입용 굴착공의 직경은 말뚝직경보다 최소 50 mm 이상 크게 하고 연직이 되도록 하여야 하며 굴착시 공벽의 붕괴 우려가 있거나 붕괴되는 토질에서는 케이싱을 사용한다. 최종 굴착깊이는 소요지지력을 만족할 수 있도록 결정하되 이 깊이는 시험 시공자료를 바탕으로 확인된 것이어야 한다.

(2) 굴착토사의 처리

- ① 굴착 후 배토된 흙은 즉시 제거함으로써 공벽에 유입되는 것을 막고 다음 굴착 시 말뚝위치를 명확히 확인 가능하도록 하며 경타 기록 시 장애가 되지 않도록 하여야 한다.
- ② 굴착방법에 따라서는 굴착공벽 보호를 위해 이수(泥水)를 사용하는 경우가 있으므로 배출토사가 환경에 문제가 없도록 처리하여야 한다.
- ③ 굴착에 의해 배출된 토사는 폐기장소에서 적절한 방법으로 처리하여야 한다.

(3) 선단처리

- ① 굴착 후 구멍에 안착된 말뚝은 수준기로 연직상태를 확인한 다음 경타용 해머로 두부가 파손되지 않도록 타격하여 가능한 말뚝선단이 천공깊이와 같거나 그 이상 도달되도록 한다.
- ② 말뚝 선단이 소정의 깊이에 도달하면 설계도서에 표시된 방법으로 확실하게 선단처리를 하여야 한다.

- ③ 최종 타격방식(경타포함)에 의한 경우에는 이 기준 3.3.2의 규정에 따라야 하며, 타격용 해머는 시험말뚝 시공결과로부터 정해진 것을 사용하여야 한다.
- ④ 시멘트풀 분출 교반 방식에 의한 경우에는 시멘트풀을 소정의 압력으로 분출시키면서 말뚝 선단주변의 지반과 교반하여 굳히는 것으로 한다.

3.4.2 선굴착말뚝

- (1) 선굴착 매입말뚝공법은 천공 및 말뚝타입방법에 따라 천공 후 최종항타 공법, 천공·시멘트풀 주입 후 최종경타 공법으로 분류하여 적용하며 이들 공법은 굴착공벽 보호를 위해 케이싱이 사용될 수 있다. 이들 공법에 공통적으로 적용되는 사항은 다음과 같다.
- (2) 설계조건에 맞는 심도까지 굴착할 수 있는 천공장비를 사용해야 하며 천공장비의 출력이 부족하여 단단한 지지층까지 굴착하기 어려울 때에는 에어해머(예, T4) 등의 장비를 사용한다. 공벽 붕괴의 우려가 있는 지반조건에서는 케이싱을 적용할 수 있다.
- (3) 말뚝을 급하게 삽입하거나 낙하시키면 말뚝이 경사질 우려가 있으므로 굴착구멍 중심에서 연직방향으로 말뚝을 천천히 삽입하여야 한다.
- (4) 말뚝을 굴착구멍 선단에 안착시키는 방법은 최종항타 또는 경타 방법을 적용한다.
- (5) 최종항타 또는 경타 방법을 적용할 때에는 말뚝본체에 손상이 발생하지 않도록 타입 말뚝 시공관리방법을 따라야 한다.
- (6) 말뚝을 설치한 후 굴착구멍과 말뚝 주변사이에 공간이 있을 경우에는 시멘트풀로 충전시켜야 하며 시멘트풀이 주변 지반 속으로 스며들어 상면이 침강하면 보충하여야 한다.
- (7) 선굴착 매입말뚝공법의 종류별 시공방법은 다음과 같다.

① 선굴착 후 최종항타 공법

가. 선굴착

- (가) 본 공법은 지반조건상 지층 중간에 자갈층, 매립층 등의 조밀층이 있어 관입이 불가능한 경우 또는 말뚝항타 시 기항타 말뚝 또는 기존 구조물에 영향을 줄 수 있는 경우에 적용한다.
- (나) 천공(선굴착)은 연직이 되도록 하여야 하며 천공 시 굴착공벽의 붕괴우려가 있거나 붕괴되는 토질에서는 케이싱을 삽입하여 사용한다.
- (다) 천공지름은 말뚝지름과 동일한 크기로 한다.
- (라) 천공심도는 말뚝관입 깊이의 2/3 미만으로 한다.
- (마) 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 하여야 한다. 또한 배출토를 기초저면의 성토용으로 유용할 경우 배출토 포설 후 다짐장비로 다져야 한다.

나. 말뚝삽입

- (가) 말뚝은 와이어로프 2점 지지방식으로 세우되 세우기를 할 때 1m 정도 먼저 삽입하

여 연직상태를 확인한 후 서서히 낙하시킨다. 말뚝의 낙하 시 천공면 토층에 충격이 가해지지 않도록 서서히 관입시켜 슬라임 발생이 최소화되도록 하여야 한다.

다. 향타

(가) 천공 후의 말뚝 향타는 이 기준 3.4.2의 규정에 따르되 말뚝선단은 지지층에 시험말뚝시공 결과에서 확인된 길이(최소 말뚝지름 이상)이상 관입되도록 한다. 다만, 관입이 불가능할 경우에는 공사감독자와 협의하여 공법을 변경한다.

② 선굴착공에 시멘트풀 주입 후 최종경타 방법

가. 선굴착

(가) 천공(선굴착)은 연직이 되도록 하여야 하며 천공 시 공벽의 붕괴 우려가 있거나 붕괴되는 토질에서는 케이싱을 사용한다.

(나) 케이싱을 삽입하여 천공할 경우는 오거 비트가 케이싱 하단을 선행굴착하지 않도록 한다.

(다) 천공위치 및 천공순서는 말뚝간격 등을 고려하여 천공 상호간에 영향이 없도록 한다.

(라) 천공지름은 말뚝지름보다 최소 50 mm 이상 크게 한다.

(마) 지지층은 시험시공자료를 바탕으로 확인하고 기초공사자료의 지지층과 오차여부를 확인하여야 한다.

(바) 천공 시 발생하는 배출토는 소형 백호우 등의 장비로 제거하고 향타시 말뚝의 관입량 측정에 지장이 없도록 하여야 하며 배출토가 천공 구멍 내에 유입되지 않도록 주의시공 하여야 한다. 또한 배출토를 기초저면의 쌓기용으로 유용할 경우 배출토 포설 후 다짐장비로 다져야 한다.

나. 말뚝삽입 및 교반

(가) 말뚝은 와이어로프 2점 지지방식으로 세우되 세우기를 할 때 1m 정도 먼저 삽입하여 연직상태를 확인한 후 서서히 낙하시킨다.

(나) 오거로 시멘트풀 주입 시 로드를 천공선 바닥면에서부터 서서히 주입하면서 로드 회전을 통해 슬라임이 시멘트풀과 교반되도록 하고, T4 등 장비특성상 시멘트풀을 외부에서 주입 시 주입 전 내부 슬라임을 최소화 시키고 주입구를 천공선 바닥면까지 삽입하여 바닥면 슬라임이 시멘트풀과 교반되도록 한다.

(다) 말뚝을 시공한 후 생기는 말뚝 주변 공간은 말뚝의 수평저항력과 주면마찰력을 확보할 수 있는 물-시멘트비(W/C, 70% 내외)의 주면고정액으로 확대기초 저면(설계지반면)까지 충전하여야 한다.

(라) 주면고정액의 주입량은 일수현상 등의 지반조건을 고려하여 시험시공을 통하여 결정하여야 하며 확대기초 저면까지 2~3회에 걸쳐 주입한다.

다. 경타

(가) 안착된 말뚝은 수준기로 연직상태를 확인한 다음 리더에 부착된 드롭해머로 경타하여 말뚝선단이 천공깊이 이하로 도달되도록 하여야 하며, 천공깊이 이하로 도달되지 않는 경우를 방지하기 위하여 선단부 슬라임처리에 각별한 관리가 필요하다.

- (나) 말뚝시공을 완료한 후 24시간이 경과 할 때 까지 시멘트풀의 충전상태를 확인하여야 하며 부족할 경우 밀실하게 재충전해야 한다. 다만, 지반조건이 사질토나 자갈층, 지하수위가 높거나 지하수 흐름 등으로 시멘트풀의 유실로 재충전이 곤란한 경우 시험시공을 통하여 시멘트풀의 배합비 변경을 통하여 유실방지 방법을 적용할 수 있다.

3.4.3 내부굴착말뚝

(1) 굴착 및 침설

- ① 굴착공벽을 유지하기 위해 안정액을 사용하여도 지하수에 의해 함몰되거나 인접지역에 주요 구조물이 있어 지반변형을 억제하고자 할 경우에는 본말뚝으로 사용될 말뚝(강관 또는 PHC말뚝)의 중공부에 삽입된 오거나 천공장비를 회전시켜 선단부 지반까지 굴착하는 내부굴착방식을 적용할 수 있다. 말뚝 중공내부를 굴착하면서 말뚝을 침설함에 있어서는 토질성상의 변화나 말뚝의 침설상황을 충분히 관찰하여 말뚝선단부 및 말뚝 둘레의 지반이 교란되지 않도록 하여야 하며 소정의 깊이까지 침설하여야 한다.

(2) 굴착방법

- ① 나선형 오거 등의 천공장비 출력이 부족하여 단단한 지지층까지 굴착하기 어려울 때에는 에어해머(T4 또는 PRD) 방식을 적용할 수 있다.

(3) 굴착토사의 처리

- ① 굴착방법에 따라서는 이수를 사용하는 일이 있으므로 배출토사가 제3자 또는 환경오염의 원인이 되지 않도록 조치를 해야 하고 폐기장소 등에 대하여서도 사전에 검토하여 배출토사로 인한 문제가 발생되지 않도록 하여야 한다.

(4) 선단처리

- ① 말뚝선단이 소정의 깊이에 도달하면 설계도서에 표시된 방법으로 확실하게 선단처리를 하여야 한다. 일반적으로 선굴착말뚝에서와 같이 최종경타를 실시하여 선단지층에 안착시키는 방법으로 처리하는 것이 가장 바람직하다.

3.5 시공기록

- (1) 시공기록에는 말뚝시공 장비의 종류와 등급, 말뚝시공 중에 나타난 이상조건 등이 기록되어야 한다. 기초공의 시공에 관한 전반적 기록은 다음 사항이 포함되어야 한다.
- (2) 공사명, 공사개소, 사업주체, 시공자, 시행공정
- (3) 완성된 기초공의 제원, 배치도, 구조도, 지반의 개요
- (4) 임시가설비의 배치와 능력, 시공방법, 기계기구
- (5) 각종 조사 및 시험성과
- (6) 환경대책 및 안전대책
- (7) 시공중에 발생한 특수상황과 그 대책
- (8) 각 공정의 시공기록, 사진 등

3.6 공칭저항 결정

3.6.1 공칭저항의 정의

- (1) 이 시방에서 언급하는 “공칭저항”은 “극한지지력”과 동일한 의미로 간주된다. 항타 말뚝의 길이는 지반조사, 정적해석 또는 경험식으로 산정한다. 보통 동적 방법(동적시험, 파동방정식, 동적공식 등)을 통하여 시험말뚝의 공칭저항을 평가하거나 최종관입량 조건을 설정하여 본말뚝에 대한 항타관리 기준으로 적용하며 보다 큰 규모의 프로젝트에서는 말뚝의 공칭저항을 확인하고 항타기준을 수립할 목적으로 정재하시험도 포함한다. 말뚝의 공칭저항은 설계서에 규정된 방법을 적용하여 기술자가 결정한다. 말뚝 지지력의 시간경과 효과에 의하여 지지력이 증가하거나 감소할 수 있으므로 공칭저항 결정에 반영하여야 하며 이를 위해서는 시간 경과 후 정재하시험 또는 동재하시험을 통하여 지지력 변화현상을 확인하는 것이 필요하다.

3.6.2 공칭저항 결정시 고려사항

- (1) 말뚝의 공칭저항은 항타 종료 후 증가 또는 감소될 수 있다. 따라서 정재하시험은 지반의 안정화가 이루어진 후 수행하는 것이 필수적이다. 정재하시험을 지반의 평형 상태가 이루어지기 전에 수행할 경우 set-up조건의 지반에서는 과소평가, relaxation조건의 지반에서는 과대평가 할 수 있음에 유의하여야 한다. 말뚝이 점토지반, 풍화된 세일층, 사질 실트층 및 모래층 등에 시공된 경우에는 시험을 위한 대기 시간으로서 각각 2주, 7일, 5~7일 정도 경과한 조건에서 시험하는 것이 바람직하다. 정재하시험으로 본 말뚝 시공관리 조건을 설정코자 시험할 때에는 시험시기에 대한 명확한 규정이 시험계획서에 제시되어야 한다.

3.7 재하시험

- (1) 말뚝재하시험에는 압축시험, 인발시험 및 횡방향 재하시험이 있다.
- (2) 말뚝재하시험을 실시하는 방법으로는 정재하시험 방법과 동재하시험 방법이 있다.
- (3) 말뚝재하시험을 실시하는 목적은 말뚝의 지지력 및 변위량, 건전도, 시공방법 및 시공장비의 적합성, 부주면마찰력, 하중전이 특성 등을 전부 또는 필요에 따라 부분적으로 파악하기 위한 것이다.
- (4) 말뚝재하시험은 시험의 목적에 따라 시험횟수, 시험방법, 시험실시 시기 등을 충분히 검토하여 계획하여야 한다. 이에 대한 상세는 KDS 11 50 15(2.2.4 및 2.5.5)의 해당요건에 따른다.
- (5) 정재하시험으로 말뚝의 축방향 지지력을 결정하는 경우 특정사항이 없는 한 말뚝을 시공한 후 5일 이내에는 실시하지 않는 것이 바람직하다. 정재하시험은 KS F 2445에 규정된 절차를 따라야 하며, 완속재하시험법에 의한 장시간 하중-변위거동을 필요로 하지 않는 경우 급속재하시험을 수행할 수 있다. 시험장비와 측정 시스템은 해당기준에 적합하여야 하며 시험은 품질인증 시험전문기관이 수행하여야 한다. 재하시험을 수행하는 도중 시공사는 안전장비 사용과 함께 적절한 안전확보 절차를 준수하여야 하며 재하시험에 사용되는 지지철관, 유압잭, 기타 부속물들은 유압시스템 문제나 말뚝의

파괴 또는 여타 원인에 의하여 하중 제거 시 재하시스템에서 떨어지지 않도록 견고하게 지지시켜야 한다. 인발재하시험은 ASTM D 3689, 횡방향재하시험은 ASTM D 3966에 의거하여 수행할 수 있다.

- (6) 동재하시험은 KS F 2591에 따라 실시한다. 공사감독자의 지시에 따라 시험담당 기술자는 필요한 시험기구 설치를 준비하여야 한다. 동적 측정결과에서 편타가 확인되는 경우에는 시공자는 즉각 항타 시스템을 재조정하여야 한다. 시험시공 말뚝에 대한 동재하시험은 3.1.3 (12)에 따르고, 본시공 말뚝에 대한 지지력 확인시험의 경우는 현장여건 및 시공여건을 고려하여 항타 후 일정시간 경과 후 재항타 동재하시험을 수행하여야 한다.

3.8 결함 말뚝

- (1) 결함말뚝은 가능한 한 폐기하는 것이 바람직하며 필요한 경우 더 긴 말뚝으로 대체하여야 한다. 하나 이상의 대체 말뚝을 결함 말뚝에 인접하여 시공한다.
- (2) 지정된 표고 이하로 시공된 말뚝은 기술자에 의하여 승인된 다음과 같은 방법으로 보완한다.
 - ① 말뚝을 이음시공하거나
 - ② 기초를 충분히 확장시켜 적정깊이까지 말뚝을 포함시키도록 시공한다.
- (3) 설계서에 의하여 지정된 위치에서 벗어난 말뚝은 다음의 방법을 통해 보완하여야 한다.
 - ① 하나 이상의 대체 말뚝으로 위치를 벗어난 말뚝 옆에 시공한다.
 - ② 위치를 벗어난 말뚝의 횡측으로 기초푸팅을 확장시킨다.
 - ③ 필요시 추가적인 보강방법을 적용한다.
- (4) 말뚝시공 시 말뚝의 균열, 파손 기타변형을 일으킬 만큼 과도하고 불필요한 힘을 가하여서는 안 된다.
- (5) 말뚝의 위치조정을 위하여 과도한 힘을 가한다고 공사감독자가 판단될 때는 즉시 중단하여야 한다.
- (6) 말뚝내부의 결함이나 부적합한 시공 방법으로 인해 손상된 말뚝과 설계도서에 표시된 위치를 이탈한 말뚝은 공사감독자의 승인을 얻은 후 시공사의 부담으로 아래와 같은 방법 등으로 수정하여야 한다.
 - ① 이미 시공한 말뚝은 뽑아내고 새 것을 다시 시공한다.
 - ② 손상된 말뚝 옆에 제2의 말뚝을 시공한다.
 - ③ 말뚝을 잇거나 기초를 확대시킨다.

집필위원

성명	소속	성명	소속
- 집필위원			
정상삼	연세대학교	이원제	유니콘기술연구소
박재현	한국건설기술연구원		
- 총괄			
박영석	명지대학교	황훈희	한국도로협회
한종욱	명지대학교	배재현	한국도로협회
이희영	조선대학교		

자문위원

성명	소속	성명	소속
권영봉	영남대학교	임윤목	연세대학교
길홍배	한국도로공사	임종석	목포대학교
김영욱	명지대학교	장승필	서울대학교
김우중	(주)디엠엔지니어링	정경자	한국도로공사
김재홍	(주)수성엔지니어링	정영수	중앙대학교
문명국	주식회사 천일	정충기	서울대학교
박명균	(주)삼보기술단	정태주	한라대학교
신현목	성균관대학교	조삼덕	한국건설기술연구원
이의준	(주)홍익기술단	조천환	삼성물산 건설부문
이정한	현대건설(주)	주성문	(주)수성엔지니어링
이종세	한양대학교		

국가건설기준센터 및 건설기준위원회

성명	소속	성명	소속
이영호	한국건설기술연구원	김호경	서울대학교
구재동	한국건설기술연구원	김명철	동부엔지니어링
김기현	한국건설기술연구원	김충언	삼현피엔프
김나은	한국건설기술연구원	박찬희	포스코
김재훈	한국건설기술연구원	백인열	가천대학교
김태송	한국건설기술연구원	손윤기	(주)엔비코건설턴트
김희석	한국건설기술연구원	송종걸	강원대학교
류상훈	한국건설기술연구원	오명석	(주)서영엔지니어링
안준혁	한국건설기술연구원	이태현	한국도로공사
원훈일	한국건설기술연구원	조경식	(주)디엠엔지니어링

이상규	한국건설기술연구원		
이승환	한국건설기술연구원		
이여경	한국건설기술연구원		
이용수	한국건설기술연구원		
주영경	한국건설기술연구원		
최봉혁	한국건설기술연구원		
허원호	한국건설기술연구원		

중앙건설기술심의위원회

성명	소속	성명	소속
곽종원	한국건설기술연구원	이진선	원광대학교
문인기	엠플러스이엔씨(주)	정평기	(주)화인씨이엠테크
박영빈	우성디앤씨	최인준	산하종합기술
신명수	울산과학기술원		

국토교통부

성명	소속	성명	소속
양희관	국토교통부 도로건설과	김로타	국토교통부 도로건설과
최영록	국토교통부 도로건설과		

KCS 24 51 10 : 2023

기성말뚝기초(한계상태설계법)

2023년 9월 12일 제정

소관부서 국토교통부 도로건설과

관련단체 한국도로협회
13647 경기도 성남시 수정구 위례서일로 26(중일라크리움 8층)
Tel : 02-3490-1041 E-mail : poonhee@kroad.or.kr
<http://www.kroad.or.kr>

한국교량및구조공학회
06130 서울특별시 강남구 테헤란로7길 22, 한국과학기술회관 1관 514호
Tel : 02-871-8395 E-mail : kibse@kibse.or.kr
<http://www.kibse.or.kr>

작성기관 한국도로협회
13647 경기도 성남시 수정구 위례서일로 26(중일라크리움 8층)
Tel : 02-3490-1041 E-mail : poonhee@kroad.or.kr
<http://www.kroad.or.kr>

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