

KCS 64 40 90 : 2018

말뚝재하시험

2018년 4월 개정



건설기준 제·개정에 따른 경과 조치

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

건설기준 제 · 개정 연혁

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

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

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

목 차

1. 일반사항	1
1.1 적용범위	1
1.2 참고기준	1
1.3 용어의 정의	1
1.4 제출물	1
2. 자재	2
2.1 재료	2
2.2 장비	2
3. 시공	2
3.1 시공조건 확인	2
3.2 시험말뚝박기	3
3.3 축방향 정적 압축재하시험	3
3.4 동적재하시험	5
3.5 현장품질관리	5

KCS 64 40 90 말뚝재하시험

1. 일반사항

1.1 적용범위

- (1) 이 기준은 말뚝박기 시방에서 요구되는 말뚝재하시험에 관한 일반적인 사항을 규정한다.
- (2) 재하시험은 시공자가 수행하고 독립적인 검사시험기관이 입회하여 기록할 수 있다.
- (3) 이 기준에서 정하지 아니한 사항은 KCS 11 50 40 말뚝재하시험에 따른다.

1.2 참고기준

1.2.1 관련 법규

내용 없음

1.2.2 관련 기준

KCS 11 50 40 말뚝재하시험

KCS 14 20 11 철근공사

1.2.3 관련 표준

KS F 2445 축 하중에 의한 말뚝침하 시험방법

KS F 2591 말뚝의 동적 재하 시험방법

1.3 용어의 정의

KCS 11 50 40 (1.4)에 따른다.

1.4 제출물

- (1) 수급인은 해당 공종을 시작하기 전까지 말뚝재하 시험계획서를 작성하여 공사감독자에게 제출하여야 한다.
- (2) 시험말뚝박기 및 말뚝재하시험기록을 추가로 제출하여야 한다.
- (3) 이 기준에서 정하지 아니한 사항은 KCS 11 50 40 (1.3 제출자료)에 따른다.

2. 자재

2.1 재료

- (1) 강재말뚝은 KCS 64 40 10 강재말뚝에 따른다.
- (2) 철근은 KCS 14 20 11 철근공사에 따른다.
- (3) 철근콘크리트 말뚝은 KCS 60 40 20 기성콘크리트말뚝 및 KCS 60 40 25 현장타설 콘크리트말뚝에 따른다.

2.2 장비

- (1) 시험말뚝박기 작업에 사용할 장비는 본말뚝박기에 사용할 장비와 동일한 기종으로서 공사감독자의 확인을 받은 것이어야 한다.
- (2) 장비의 기종, 재하장치 하중 및 계기는 시험에 적합한 것으로서 공사감독자의 승인을 받은 것이라야 한다.
- (3) 말뚝재하시험에 사용되는 계측기기는 2년 이내에 교정검사가 이루어진 것을 사용하여야 한다.
- (4) 재하장치는 계획된 최대시험하중 이상을 안전하게 재하할 수 있는 것이어야 하며 공사감독자의 확인을 받아야 한다.
- (5) 재하하중은 설계하중을 충분히 확인할 수 있는 규모 이상이어야 하며 공사감독자의 확인을 받아야 한다.
- (6) 말뚝재하시험 시 반력말뚝을 사용할 경우에는 인장저항에 대하여 검토한 후 그 결과를 공사감독자에게 제출하여 확인을 받아야 한다.
- (7) 재하시험에 사용되는 유압잭, 전자식 하중계는 공인기관의 검증을 받은 것이어야 하며 검증 유효기간이 경과하지 않은 것이어야 한다.
- (8) 시험에 재하대가 사용될 경우 시험 중 재하대의 안정성에 대해 검토 후 공사감독자의 승인을 받아야 한다.

3. 시공

3.1 시공조건의 확인

- (1) 현장조건이 재하시험을 위한 발판과 하중을 지탱할 수 있는지 확인하여야 한다.
- (2) 시험장비를 위한 안정된 작업표고를 설정하여야 한다.
- (3) 시험위치에 대하여 정밀한 지반 및 토질조사를 실시하여야 한다.

3.2 시험말뚝박기

- (1) 시험말뚝은 토질조건 변화와 말뚝머리의 손상 그리고 작업의 편의를 고려하여 길이를 결정하여야 하며 설계된 말뚝의 길이보다 일반적으로 1~2m 더 긴 것을 사용하여야 한다.
- (2) 시험말뚝 박기에 사용하는 장비는 말뚝박기 작업에 사용하는 것과 동일 기종이어야 하며 시험말뚝이 박히는 지면은 말뚝박기 전에 확대기초의 바닥면 표고까지 터파기 후 다짐을 하여야 한다.
- (3) 시험말뚝의 전체길이에 대하여 500mm 당 타격횟수, 최종 10회 타격의 침하량, 말뚝의 관입길이, 절단표고, 관입깊이 등을 기록하고 재 타격이 필요한 경우에도 처음 500mm의 재타격에 대하여 최종타격 시 침하량 측정을 기록하여야 한다.
- (4) 시험말뚝박기와 말뚝의 시험이 완료된 후 7일 이내에 시험말뚝에 대한 시공보고를 공사감독자에게 제출하고 말뚝주문길이, 두께, 말뚝본수, 시공방법 등을 결정하여야 한다. 다만 기초형식을 변경할 필요가 있는 경우에는 해당분야 전문기술자의 검토서와 함께 제출하여 공사감독자의 승인을 받아야 한다.
- (5) 시험말뚝을 기초부 밖에서 시험할 때는 측정완료 후 지표면 아래 300mm에서 절단하고 말뚝내부는 승인된 재료로 채워야 한다.

3.3 축방향 정적 압축재하시험

- (1) 설계도서에 지정된 위치 또는 공사감독자가 지시하는 다른 위치에 본 말뚝과 같은 형식과 종류의 시험말뚝과 반력말뚝을 박아야 한다.
 - ① 시험말뚝은 수직으로 설치하여야 한다.
 - ② 반력말뚝은 인발하중에 저항하도록 필요시 보강하여야 한다.
- (2) 손상을 입지 않은 상태로 재하시험에 합격한 시험말뚝은 본 말뚝으로 활용할 수 있다. 말뚝재하시험을 하는데 사용된 반력말뚝은 손상을 입지 않고 3mm 이상 상향 이동하지 않았다면 본 말뚝으로 활용할 수 있다.
- (3) 손상된 시험말뚝과 반력말뚝은 뽑아내어 제거하거나 기초하단에서 1.0m 아래 부분까지 절단하여 제거하여야 한다. 제거된 구멍에는 콘크리트나 모르타르로 채워야 한다.
- (4) 말뚝재하시험장치, 하중재하 및 변위량 측정, 표준측정절차 등은 공사감독자가 확인한 것이어야 하며 재하시험 절차는 다음과 같다.
 - ① 기성말뚝의 정재하시험은 말뚝을 박은 후 14일 이상 경과한 후에 실시하여야 한다. 다만 현장여건에 따라 공사감독자가 승인한 경우에는 14일이 경과하지 않은 경우라도 정재하시험을 실시할 수 있다.
 - ② 현장타설말뚝의 정재하시험은 충분한 양생이 될 때까지 경과한 후 정재하시험을 하여야 한다.
 - ③ 하중은 개별말뚝에 대한 설계지지력의 25, 50, 75, 100, 125, 150, 175, 200% 되도록 8단계로 증대하여 재하한다.

말뚝재하시험

- ④ 각 단계별 하중재하 후 시간당으로 환산한 말뚝의 침하율이 0.25mm/hr 미만이면 다음 단계의 하중을 증대시킨다. 만약 하중재하 후 2시간이 경과하여도 시간당으로 환산한 말뚝의 침하율이 0.25mm/hr 이상이 되면 해당 단계에서 말뚝의 안정이 되지 못한 것으로 간주하고 다음 단계의 하중을 증대시킨다.
- ⑤ 최대 시험하중이 200%에 도달하기 이전이라도 급격한 파괴현상이 발생되거나 말뚝 직경의 10%에 해당하는 총 침하량이 발생하면 말뚝의 재하시험을 중단할 수 있다.
- ⑥ 최대 시험하중이 200%에 도달하여도 말뚝의 극한 지지력이 확인되지 못하면 200%의 하중을 장시간 유지하면서 침하량을 측정하여야 한다. 200% 하중재하 후 시간당으로 환산한 말뚝의 침하율이 0.25mm/hr 미만이면 12시간 동안 하중을 유지한 후 재하시험을 종료하여야 한다. 200% 하중재하 후 12시간이 경과하여 시간당으로 환산한 말뚝의 침하율이 0.25mm/hr 이상이 되면 24시간동안 하중을 유지하도록 한 후 하중을 제거하여야 한다.
- ⑦ 최대 시험하중 재하 후에는 말뚝설계하중의 25% 씩 1시간 간격을 두고 하중을 제거하여야 한다.
- (5) 본 말뚝이 되는 반력말뚝은 소요지지력의 70%보다 큰 인발하중을 받지 않게 하여야 한다.
- (6) 시험말뚝의 안전한 지지력은 과다하중의 50%로 보아야 한다.
 - ① 지름 또는 폭이 600mm 이하인 말뚝에 대하여 축방향 압축하중으로 시험한 말뚝의 파괴하중은 파괴 시 말뚝머리 침하량이 다음과 같을 때의 하중이어야 한다.

$$S_f = S + (0.15 + 0.005D)$$
 - ② 지름 또는 폭이 600mm 이상인 말뚝에 대하여 파괴하중은 파괴 시 말뚝머리의 침하량이 다음과 같을 때의 하중이어야 한다.

$$S_f = S + D/30$$

여기서 S_f = 파괴 시 침하량(mm)
 S = 지지되지 않은 말뚝길이의 탄성변형
 D = 말뚝의 지름 또는 폭(mm)
- (7) 공사감독자는 시험말뚝 또는 다른 말뚝의 거동에 특이성 및 변태를 나타내거나 지지력에 의문을 갖게 하는 경우에는 설계도서 및 특별조항에 명시되어 있지 않더라도 수급인에게 추가 재하시험을 요구할 수 있다.
- (8) 재하시험이 완료되면 수급인은 해당분야 전문기술자의 검토를 받아 즉시 각 시험말뚝에 대한 시험보고서를 공사감독자에게 제출해야 한다.
- (9) 재하시험이 완료되면 공사에 필요한 말뚝박기량을 결정하여야 한다.

3.4 동적재하시험

- (1) 말뚝박기에 앞서 항타장비의 성능확인, 장비의 적합성 판정, 지반조건의 확인, 말뚝재료의 건전성 판정, 말뚝지지력 확인 등을 위해 해당 설계서에서 제시한 바에 따라 동적재하시험을 실시하여야 한다.
- (2) 동적재하시험 말뚝으로 지정된 시험말뚝에 대하여는 항타 중에 동적재하시험을 실시하여야 한다.
- (3) 말뚝은 재하시험을 위한 지주를 세우기 전에 각 말뚝의 파동속도를 측정하고 필요한 기구를 부착할 수 있도록 준비하여야 한다. 파동속도를 측정할 때 말뚝은 수평위치에 두고 다른 말뚝과 접촉되지 않게 하여야 한다.
- (4) 말뚝이 지주에 세워진 후 시험기구를 부착시키기 위하여 말뚝에 접근할 수 있도록 최소 $1.2\text{m} \times 1.2\text{m}$ 의 발판을 갖추어야 한다.
- (5) 동적시험기구를 모든 상황에서 보호할 수 있도록 보관실을 갖추어야 하며 보관실의 마루는 최소 $2.5\text{m} \times 2.5\text{m}$, 지붕높이는 최소 2.1m 이어야 한다. 내부온도는 8°C 이상이어야 한다.
- (6) 말뚝은 동적재하시험기구가 극한 말뚝 지지력에 도달되었다고 지시하는 깊이까지 박아야 한다. 말뚝에 작용하는 응력은 결정된 값이 허용치를 초과하지 않도록 동적재하시험기구로 말뚝 항타 중에 감시하여야 하며 필요한 경우에는 응력을 허용치 이하로 유지하기 위하여 쿠션을 추가하거나 해머의 에너지 출력을 감소시켜서 말뚝에 전달되는 타격에너지를 감소시켜야 한다. 동적재하시험기구의 측정이 측방향 타격이 아니라고 전문기술자와 공사감독자가 지시하는 경우에는 즉시 말뚝박기 시설을 다시 정돈하여야 한다.
- (7) 동적재하시험 말뚝은 24시간 경과 후 시험기구를 다시 부착한 후에 재타격 하여야 한다. 재타격 동안에 요구되는 관입량은 150mm 이하이거나 요구된 해머 타격횟수가 50회 이하이어야 한다.
- (8) 재하시험이 완료되면 수급인은 해당분야 전문기술자의 검토를 받아 각 시험말뚝에 대한 시험보고서를 공사감독자에게 제출하여야 한다.
- (9) 동적재하시험 결과로부터 파동방정식 분석을 재수행하여 현장여건에 적합한 말뚝시공 관리기준을 수립하고 이것을 말뚝박기할 때 시공관리 기준으로 하여야 한다.

3.5 현장품질관리

- (1) 기록에는 사용된 시험장비, 검증 및 기록방법, 시험결과, 말뚝박기 방법에 대한 건의 및 수정 등을 포함하여야 한다.
- (2) 시험한 말뚝의 실제치수와 위치, 시험으로 인한 이동 또는 비틀림 등을 정확하게 기록하여야 한다.
- (3) 공사 중 확인 재하시험은 공사초기에 실시하며 설계에 사용한 지지력과 말뚝시공의 적합성을 확인하여야 한다. 동적 재하시험 말뚝으로 지정된 시험말뚝에 대하여는 박는 도중에 동적 재하시험을 실시하여야 한다.

말뚝재하시험

- (4) 말뚝재하시험의 빈도는 재하시험방법에 따라 축방향 정적 압축재하시험은 지반조건에 큰 변화가 없는 경우 말뚝 250개 당 1회 또는 구조물별로 1회 실시하도록 하며 동적 재하시험은 설계도서에 별도로 명시되지 않은 경우에는 다음 표의 빈도로 실시하도록 한다.

동재하시험 빈도

구 분	시험빈도
구조물별 말뚝 수 1~80본 까지	2
구조물별 말뚝 수 81~160본 까지	3
구조물별 말뚝 수 161본 이상	4 이상

- (5) 공사용 말뚝의 항타 전에 말뚝 재하시험 및 동적재하시험을 실시하여 지반조사 결과를 기준하여 산정된 말뚝의 지지력과 비교검토가 이루어져야하며 적용 해머 규정, 각각의 말뚝에 대한 최종 관입깊이 및 해당 세트 벨류(Set value) 등에 대하여 공사감독자의 승인을 득하여야 한다.
- (6) 공사완료 도면에는 각각의 말뚝에 대한 항타 및 지지력 관련(최종관입깊이, 세트 벨류, 허용지지력 등) 사항이 기록되어야 한다.
- (7) 시험한 말뚝이 명시된 요건을 만족하지 못하면 다른 말뚝으로 추가시험을 실시하여야 한다.

표준시방서
KCS 64 40 90 : 2018

말뚝재하시험

2018년 4월 17일 발행

(관련단체)

한국항만협회

07271 서울시 영등포구 양산로 53(양평동 3가)

월드메르디앙 비즈센터 707호

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

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

해양수산부

30110 세종특별자치시 다솜2로 94 (어진동)

정부세종청사 5동 항만기술안전과

☎ 044-200-5951

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