

SMCS 11 50 40 : 2018

# 말뚝재하시험

2018년 05월 03일 개정

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



### 서울특별시 전문시방서 제·개정에 따른 경과 조치

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

# 전문시방서 제·개정 연혁

- 이 기준은 건설기준 코드체계 전환에 따라 기존 서울특별시 전문시방서와 건설기준(설계기준, 표준시방서) 간 중복·상충을 비교 검토하여 코드로 통합 정비하였다.
- 이 기준은 기존의 서울특별시 전문시방서를 중심으로 KCS 11 50 40 등의 해당하는 부분을 통합 정비하여 기준으로 개정된 것으로 제·개정 연혁은 다음과 같다.

전문시방서 (분야 및 코드)	주요내용	제·개정 (년.월)
토목분야	• 총칙, 측량 및 지반조사, 지반개량공사, 토공사, 말뚝공사, 콘크리트공사, 상·하수도공사, 강구조물공사, 교량가설 및 부대공, 도로 및 포장공사, 터널공사, 하천공사, 기타공사 등 토목분야 관련 서울특별시 전문시방서 제정	제정 (2000.04)
토목분야	• 부분 개정	개정 (2002.06)
토목분야	• 부분 개정	개정 (2004.11)
토목분야	• 부분 개정	개정 (2006.09)
토목분야	• 부분 개정	개정 (2009.07)
토목분야	• 부분 개정	개정 (2014.12)
SMCS 11 50 40 : 2018	• 건설기준 코드체계 전환에 따라 코드화로 통합 정비	개정 (2018.05)

제 정 : 2000 년 04 월 29 일

개 정 : 2018 년 05 월 03 일

심 의 : 중앙건설기술심의위원회

자문검토 : 국가건설기준센터 건설기준위원회

소관부서 : 서울특별시 기술심사담당관

관련단체 (작성기관) : 서울특별시 (주) 유신, (주) 조우엔지니어링종합건축사사무소

# 목 차

1. 일반사항 .....	1
1.1 적용 범위 .....	1
1.2 참고 기준 .....	1
1.3 용어의 정의 .....	1
1.4 제출물 .....	1
2. 자재 .....	2
2.1 말뚝 .....	2
2.2 장비 .....	2
3. 시공 .....	3
3.1 시험조건 확인 .....	3
3.2 시험말뚝박기 .....	3
3.3 정재하시험 .....	3
3.4 양방향재하시험 .....	3
3.5 축방향 정적 압축재하시험 .....	3
3.6 동재하시험 .....	5
3.7 연직일발재하시험 .....	8
3.8 수평재하시험 .....	8
3.9 현장품질관리 .....	8

## 말뚝재하시험

### 1. 일반사항

#### 1.1 적용 범위

(1) 말뚝재하시험의 적용 범위는 KCS 11 50 40 (1.1)에 따른다.

#### 1.2 참고 기준

##### 1.2.1 관련 법규

내용 없음

##### 1.2.2 관련 기준

(1) 말뚝재하시험의 관련 기준은 KCS 11 50 40 (1.2.2)에 따르며, 추가사항은 다음과 같다.

- KCS 11 50 40 말뚝재하시험
- SMCS 10 10 10 공무행정요건
- KCS 11 50 15 기성말뚝

#### 1.3 용어의 정의

(1) 말뚝재하시험의 용어의 정의는 KCS 11 50 40 (1.4)에 따른다.

#### 1.4 제출물

(1) 말뚝재하시험의 제출물은 KCS 11 50 40 (1.3)에 따르며, 특기사항은 다음과 같다.

① KCS 11 50 40 (1.3)에서 명시된 항목 외에 다음 (2), (3)항을 추가하여 적용한다.

(2) SMCS 10 10 10 (1.10)에 따라 제출하여야 한다.

① 말뚝 재하시험 계획서

가. 재하시험 일정표

나. 재하시험 방법 및 관련규정

다. 재하시험 장비의 종류 및 규격(정재하시험의 경우 구조계산서 첨부)

라. 교정검사 성적서

마. 재하장치 설치도(평면도, 입면도등)

바. 재하시험 실적표

(3) 다음 사항을 추가로 제출하여야 한다.

- ① 시험말뚝박기 및 말뚝재하시험 기록

## 2. 자재

### 2.1 말뚝

#### 2.1.1 강제말뚝

(1) 강제말뚝은 SMCS 11 50 15 (2.2)에 따른다.

#### 2.1.2 기성콘크리트 말뚝

(1) 기성콘크리트 말뚝은 SMCS 11 50 15 (2.5)에 따른다.

### 2.2 장비

#### 2.2.1 시험말뚝박기 장비

(1) 말뚝박기 작업에 사용할 장비와 동일한 기종으로서 공사감독자의 확인을 받은 것이어야 한다.

#### 2.2.2 정재하시험 장치, 재하장치, 하중 및 계기

- (1) 재하장치는 계획된 최대시험하중 이상을 안전하게 재하 할 수 있는 것이어야 하며, 공사감독자의 확인을 받아야 한다.
- (2) 재하하중은 설계하중을 충분히 확인할 수 있는 규모 이상이어야 하며, 공사감독자의 확인을 받아야 한다.
- (3) 말뚝재하시험 시 반력말뚝을 사용할 경우에는 인발 저항력에 대하여 검토한 후 그 결과를 공사감독자에게 제출하여 확인을 받아야 한다.
- (4) 재하하중 측정에는 전자식 하중계 또는 유압계를 사용하여야 한다.
- (5) 재하시험에 사용되는 전자식 하중계(또는 유압잭) 및 유압계는 공인기관의 검증을 받은 것이어야 하며, 검증 유효기간이 경과하지 않은 것이어야 한다.

#### 2.2.3 동재하시험장치

(1) 동재하시험에는 PDA(Pile driving analyzer) 또는 이와 동등한 성능을 가진 장비를 사용하여야 하며, 부수장비로는 변형률계, 가속도계 및 연결케이블 등이 있다. 이들 장비는 동재하시험 전문기술자에 의해 제공되어야 하며, ASTM D 4945-89 : 고변형률 표준 동재하시험 방법(Standard test method for high strain dynamic testing of piles)의 요구조건에 부합되는 것이어야 한다.

- (2) 동재하시험은 소정의 동재하시험 교육을 이수하고 파동이론에 대한 전문지식을 갖춘 전문기술자에 의해 수행되어야 한다.

### 3. 시공

#### 3.1 시험조건 확인

- (1) 현장조건이 재하시험을 위한 발판과 하중을 지탱할 수 있는지 확인하여야 한다.
- (2) 시험 장비를 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 ~ 2 m 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 전 길이에 대하여 500 mm 당 타격횟수, 최종 10회 타격의 침하량, 말뚝의 박은 길이, 절단표고, 박은 깊이 등을 기록하고, 재 타격이 필요한 경우에도 처음 500 mm의 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 300 mm에서 절단하고, 말뚝내부는 승인된 재료로 채워야 한다.

#### 3.3 정재하시험

- (1) 말뚝재하시험의 정재하시험은 KCS 11 50 40 (2.1)에 따른다.

#### 3.4 양방향재하시험

- (1) 말뚝재하시험의 양방향재하시험은 KCS 11 50 40 (2.2)에 따른다.

#### 3.5 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 재시험에 합격한 시험말뚝은 본 말뚝으로 활용할 수 있다. 말뚝재시험을 하는데 사용된 반력말뚝은 손상을 입지 않고, 3 mm 이상 상향 이동하지 않았다면 본 말뚝으로 활용할 수 있다.
- (3) 손상된 말뚝과 반력말뚝은 뽑아내어 제거하거나 기초하단에서 1.0 m 아래 부분까지 절단하여 제거하여야 한다. 제거된 구멍에는 콘크리트나 모르타르로 채워야 한다.
- (4) 말뚝재시험장치, 하중재하 및 변위량 측정, 표준측정절차 등은 공사감독자가 확인한 것이어야 하며, 재시험 절차는 다음과 같다.
  - ① 기성말뚝의 정재시험은 말뚝을 박은 후 14일 이상 경과한 후에 실시하여야 한다. 다만, 현장여건에 따라 공사감독자가 승인한 경우에는 14일이 경과하지 않은 경우라도 정재시험을 실시할 수 있다.
  - ② 현장타설말뚝의 정재시험은 충분한 양생이 될 때까지 시간이 경과한 후 정재하 시험을 하여야 한다.
  - ③ 최대시험하중은 시항타말뚝의 경우 설계하중의 300% 또는 말뚝이 극한파괴상태에 도달할 때까지 중 빠른 쪽을, 본 공사 말뚝의 경우 설계하중의 200% 또는 말뚝이 항복상태에 도달할 때까지 중 빠른 쪽으로 한다.
  - ④ 하중은 개별말뚝에 대한 설계지지력의 25, 50, 75, 100, 125, 150, 175, 200% 되도록 8단계로 증대하여 재하한다.
  - ⑤ 말뚝의 극한파괴상태는 재하하중의 증가 없이 침하량이 계속 증가하는 경우 또는 전체침하량이 말뚝직경(또는 대각선)의 10%에 도달하는 때를 판단기준으로 한다.
  - ⑥ 재시험방법은 KS F 2445 또는 ASTM D1143에 규정된 방법들 중 재시험 목적에 따라 공사감독자가 선택한다.
- (5) 본 말뚝이 되는 반력말뚝은 소요지지력의 70%보다 큰 인발하중을 받지 않게 하여야 한다.
- (6) 재시험에 의한 축방향 허용 지지력의 판정은 KCS 11 50 15 (2.2.4)에 의한 축방향 허용 지지력 추정에 준한다.
- (7) 공사감독자는 시험말뚝 또는 다른 말뚝의 거동에 비해 특이성 및 다른 양상을 나타내거나, 지지력에 의문을 갖게 하는 경우에는 설계도서 및 특별조항에 명시되어 있지 않더라도 수급인에게 추가 재시험을 요구할 수 있다.
- (8) 재시험이 완료되면 수급인은 해당분야 전문기술자의 검토를 받아 즉시, 각 시험말뚝에 대한 시험보고서를 공사감독자에게 제출해야 한다.
- (9) 재시험이 완료되면 공사에 필요한 말뚝 박기량을 결정하여야 한다.

## 3.6 동재하시험

### 3.6.1 동재하시험의 일반사항

- (1) 동재하시험 말뚝으로 지정된 시험말뚝에 대하여는 박는 도중에 동재하시험을 실시하여야 한다.
- (2) 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.
- (3) 말뚝이 지주에 세워진 후 시험 기구를 부착시키기 위하여 말뚝에 접근할 수 있어야 하며, 말뚝이 지주에 위치하고 있는 동안에 말뚝머리까지 올릴 수 있도록 최소 1.2 m × 1.2 m의 발판을 갖추어야 한다.
- (4) 동재하시험 기구를 모든 상황에서 보호할 수 있도록 보관실을 갖추어야 하며, 보관실의 마루는 최소 2.5 m × 2.5 m, 지붕높이는 최소 2.1 m이어야 한다. 보관실의 내부온도는 8℃ 이상이어야 한다.
- (5) 말뚝은 동재하시험 기구가 극한 지지력에 도달되었다고 지시하는 깊이까지 박아야 한다. 말뚝에 작용하는 응력은 결정된 값이 허용치를 초과하지 않도록 동재하시험 기구로 말뚝박기 중에 감시하여야 하며, 필요한 경우에는 응력을 허용치 이하로 유지하기 위하여 쿠션을 추가하거나 해머의 에너지 출력을 감소시켜서 말뚝에 전달되는 타격에너지를 감소시켜야 한다. 동재하시험 기구의 측정이 축방향 타격이 아니라고 전문기술자와 공사감독자가 지시하는 경우에는 즉시, 말뚝박기 시설을 정돈하여야 한다.
- (6) 동재하시험은 말뚝두부로부터 대략 말뚝직경의 2~3배 떨어진 위치에 두 개의 변형율계(Strain transducer)와 두 개의 가속도계(Accelerometer)를 대각선 방향으로 설치하고 이들을 전용 케이블에 의해 말뚝으로부터 일정거리 떨어진 곳에 위치한 PDA(Pile driving analyzer)에 연결하여 실시한다.
- (7) 동재하시험은 시행목적에 따라 항타와 병행한 시험(E.O.I.D), 재항타시험(Restrike) 및 이들을 함께 하는 시험(E.O.I.D+Restrike) 등으로 구분할 수 있다. 만약 동재하시험의 주목적이 항타장비(해머)의 성능 및 항타응력 등을 측정하는 것이라면 E.O.I.D 시험을 실시하여야 하며, 말뚝의 지지력을 확인하는 것이 주목적이라면 시간경과 효과가 발휘된 후에 실시하는 재항타시험을 실시하여야 한다. 또한, 동재하시험과 관련된 모든 정보(항타관입성분석 및 시간경과에 따른 지지력 변화 등)를 얻고 싶다면 E.O.I.D 및 재항타시험이 모두 실시되어야 한다.
- (8) 공사감독자는 동재하시험 전문기술자로 하여금 시험을 수행토록 해야 한다. 시험타 말뚝의 경우 동재하시험은 항타와 병행하여 시험을 실시하되(E.O.I.D : End of Initial Driving) 관입깊이에 따른 지지력 변화를 비롯한 항타관입성분석(Driveability analysis)에 필요한 자료를 측정하고 항타 후 일정시간이 경과한 상태에서 재항타를 실시하여 시간경과에 따른 지지력 변화를 확인하여야 한다.
- (9) 재항타시험을 위한 경과시간은 지반조건에 따라 차이가 있으며 보통 순수 사질토 혹은 경질 암반의 경우 1~2일, 실트, 실트질모래, 점토 및 연질암반(Shale 또는 Mud stone)의 경우는 5~10일이

필요하다. E.O.I.D시험시 향타관입성분석을 위해서는 강관말뚝의 경우 대략 3 ~ 12 m, 콘크리트말뚝의 경우는 전체관입깊이(이음말뚝의 경우 상단말뚝)에 대한 측정이 보통 요구된다.

- (10) 동재하시험말뚝은 24시간 경과 후 시험 기구를 다시 부착한 후에 재 타격하여야 한다. 재 타격 동안에 요구되는 관입량은 150 mm 이하이거나 요구된 해머 타격횟수가 50회 이하이어야 한다.
- (11) 본 공사말뚝에 대한 동재하시험은 전체 말뚝본수의 일정비율(%) 이상의 말뚝에 대해 실시하거나 공사기간 중 정해진 기간(1,2주 또는 1개월)마다 기 시공된 말뚝들에 대해 일정 개수의 말뚝을 선정하여 시험하여야 하며 정확한 비율(또는 개수)은 공사의 규모 및 지반조건의 변화정도에 따라 정한다.
- (12) 재하시험이 완료되면 수급인은 해당분야 전문기술자의 검토를 받아 각 시험말뚝에 대한 시험결과를 문서로 작성, 공사감독자에게 보고하여야 하며 보고서에 포함되어야 할 내용은 다음과 같다.
  - ① 동재하시험 결과에 따른 허용지지력 및 그 내용
  - ② 해머 및 향타장비의 성능
  - ③ 향타응력
  - ④ 말뚝의 건전도
  - ⑤ 동재하시험 장비(변형율계, 가속도계)에 대한 교정검사 성적서
  - ⑥ 이밖에 공사감독자가 요구할 경우 PDA 측정 데이터를 저장한 디스켓을 제출하여야 한다.
- (13) 재하시험이 완료되면 공사에 필요한 말뚝 박기량을 결정하여야 한다.

### 3.6.2 시험목적

- (1) 동재하시험의 시험목적은 KCS 11 50 40 (2.3.1)에 따른다.

### 3.6.3 향타장비

- (1) 동재하시험의 향타장비는 KCS 11 50 40 (2.3.2)에 따른다.

### 3.6.4 동적거동 측정기구

- (1) 동재하시험의 동적거동 측정기구는 KCS 11 50 40 (2.3.3)에 따른다.

### 3.6.5 가속도계

- (1) 동재하시험의 가속도계는 KCS 11 50 40 (2.3.4)에 따른다.

### 3.6.6 변형률계

- (1) 동재하시험의 변형률계는 KCS 11 50 40 (2.3.5)에 따른다.

**3.6.7 향타분석기**

(1) 동재하시험의 향타분석기는 KCS 11 50 40 (2.3.6)에 따른다.

**3.6.8 시험말뚝 선정 및 두부 정리**

(1) 동재하시험의 시험말뚝 선정 및 두부 정리는 KCS 11 50 40 (2.3.7)에 따른다.

**3.6.9 게이지 선정**

(1) 동재하시험의 게이지 선정은 KCS 11 50 40 (2.3.8)에 따른다.

**3.6.10 게이지 부착**

(1) 동재하시험의 게이지 부착은 KCS 11 50 40 (2.3.9)에 따른다.

**3.6.11 초기값 입력**

(1) 동재하시험의 초기값 입력은 KCS 11 50 40 (2.3.10)에 따른다.

**3.6.12 게이지 점검**

(1) 동재하시험의 게이지 점검은 KCS 11 50 40 (2.3.11)에 따른다.

**3.6.13 해머의 거치**

(1) 동재하시험의 해머 거치는 KCS 11 50 40 (2.3.12)에 따른다.

**3.6.14 향타 및 자료 평가**

(1) 동재하시험의 향타 및 자료 평가는 KCS 11 50 40 (2.3.13)에 따른다.

**3.6.15 시험결과분석**

(1) 동재하시험의 시험결과분석은 KCS 11 50 40 (2.3.14)에 따른다.

**3.6.16 시험결과정리**

(1) 동재하시험의 시험결과정리는 KCS 11 50 40 (2.3.15)에 따른다.

**3.6.17 결과의 분석**

(1) 동재하시험의 결과 분석은 KCS 11 50 40 (2.3.16)에 따른다.

### 3.7 연직일발재하시험

- (1) 말뚝재하시험의 연직일발재하시험은 KCS 11 50 40 (2.4)에 따르며, 특기사항은 다음과 같다.
  - ① KCS 11 50 40 (2.4.2)에서 명시된 항목 외에 다음 (2)항을 추가하여 적용한다.
- (2) 인발재하시험은 ASTM 3689에 의거 시행하는 것을 기준으로 한다.

### 3.8 수평재하시험

- (1) 말뚝재하시험의 수평재하시험은 KCS 11 50 40 (2.5)에 따르며, 특기사항은 다음과 같다.
  - ① KCS 11 50 40 (2.5.2)에서 명시된 항목 외에 다음 (2)항을 추가하여 적용한다.
- (2) 수평재하 시험방법은 ASTM D 3966 81에 의거 시행하는 것을 기준으로 하나, 이밖에 Cyclic loading, Surge loading, Reciprocal loading 등의 방법이 있으므로 충분히 검토 후 적절한 방법을 선택하여 시행해야 하며, 시험횟수는 공사감독자의 지시에 따른다.

### 3.9 현장품질관리

- (1) 시험방법과 결과를 관찰, 기록하게 하기 위하여 독립적인 검사기관을 고용할 수 있다.
- (2) 기록에는 사용된 시험장비, 검증 및 기록방법, 시험결과, 말뚝박기 방법에 대한 건의 및 수정 등을 포함하여야 한다.
- (3) 시험한 말뚝의 실제치수와 위치, 시험으로 인한 이동 또는 비틀림 등을 정확하게 기록하여야 한다.
- (4) 공사 중, 확인 재하시험은 공사 초기에 실시하며 설계에 사용한 지지력과 말뚝시공의 적합성을 확인하여야 한다.



집필위원	분야	성명	소속
	총괄	장영일	(주)유신
	토목	김지홍	(주)유신
	토목	최재원	(주)유신
	토목	강태진	(주)유신
	토목	박준승	(주)유신

자문위원	분야	성명	소속
	토목시공	구재동	한국건설기술연구원
	토목구조	원종진	(주)한국종합기술
	토질 및 기초	이상환	(주)건화
	상·하수도	조현석	(주)KG엔지니어링종합건축사사무소
	도로	황주환	(주)동일기술공사

건설기준위원회	분야	성명	소속
	공통	강철규	경기대학교
	공통	김태진	(주)창민우구조건설탄트
	공통	박이근	(주)지오알앤디
	공통	박일철	(주)성한기술단
	공통	백인열	가천대학교
	공통	이규환	건양대학교
	공통	이은택	중앙대학교
	공통	이재훈	영남대학교
	공통	임대성	삼보 ENG
	공통	최명기	한국가설협회
	공통	최상철	(주)한국건설관리공사
	공통	최용규	경성대학교
	공통	황의승	경희대학교

중앙건설기술심의위원회	성명	소속
	김 영 근	(주) 건 화
	김 영 환	한국시설안전공단
	서 경 숙	(주) 청우이엔지
	성 배 경	한국건설교통기술협회
	이 태 옥	(주) 평화엔지니어링
	조 의 섭	동부엔지니어링 (주)
	최 창 식	한양대학교

서울특별시	성명	소속	직책
	김 홍 길	기술심사담당관	과 장
	조 임 남	기술심사담당관	토목심사팀장
	양 은 철	기술심사담당관	사무관
	유 현 선	기술심사담당관	주무관
	김 석 기	기술심사담당관	주무관

서울특별시 전문시방서  
SMCS 11 50 40 : 2018

## 말뚝재하시험

---

2018년 05월 03일 발행

소관부서 서울특별시 기술심사담당관

관련단체 서울특별시

(작성기관) (주)유 신  
06252 서울특별시 강남구 역삼로 4길 8 (역삼동)  
☎ 02-6202-0114 E-mail : webmaster@yooshin.com  
<http://www.yooshin.com>

(주) 조우엔지니어링종합건축사사무소  
05707 서울특별시 송파구 양재대로 62길 19 (가락동)  
☎ 02-406-0332 E-mail : jowooeng@daum.net

서울특별시  
04524 서울특별시 중구 세종대로 110  
☎ 02-120  
<http://www.seoul.go.kr>