

## 말 뚫 기 초 (Ⅲ)

류 기 송\*

### 3. 말뚝의 시공법과 장비

#### 3.1 개 요

말뚝기초는 타격에 의하여 말뚝을 지중에 설치하는 것이 일반적인 관념으로 시공되어 왔으나 말뚝타격시에 생기는 소음과 진동이 사회문제로 대두되면서 건설공해의 개선대책으로 각종의 말뚝시공법이 개발되어 말뚝시공에 이용되고 있다.

한편 말뚝시공법을 말뚝의 설치방법과 말뚝 선단지지력을 발휘시키는 방법에 의하여 분류하면 그림 3.1과 같으며, 본 고에서는 지면 관계상 말뚝시공법과 장비에 대하여 기성말뚝과 현장타설말뚝으로 나누어 간단히 기술하고자 하며, 상세한 내용은 참고문헌을 참조하기 바란다.

#### 3.2 기성말뚝

##### 가. 타입공법

타입공법은 말뚝머리를 해머로 타격하여 지중에 관입시키는 공법으로 다른 공법에 비하여 능률적이고 경제적이며, 지지력에 대한 신

뢰성도 가장 높으나 공해문제로 사용이 제한되어 왔는데 최근 저공해 타격공법이 개발되어 많이 이용되고 있다.

말뚝타입에 사용되는 해머는 일반적으로 타격식과 진동식으로 구분할 수 있으며, 타격식의 경우는 주로 낙추에너지에 의하여 말뚝을 지중에 관입하는데 그 종류는 드롭, 디젤, 스팀 및 유압해머 등이 있다.

진동식은 기진기(바이브로 해머)의 왕복운동에 의하여 말뚝타입시 주변지반과의 마찰력을 적게 하고 또한 기진력에 의하여 말뚝에 생기는 관성력으로 말뚝을 지중에 관입시킨다.

##### 1) 시공방법

기성말뚝의 타입시공을 강관말뚝과 기성 원심력콘크리트말뚝으로 구분하지 않고 이들의 공통적인 사항을 요약하여 설명하면 다음과 같다.

##### 가) 해머의 선정

해머선정시는 적절한 낙하고로 소요의 타격력을 얻을 수 있는 것을 선정해야 하는데 여기서 타격에너지가 너무 크면 시공속도는 향상되지만 말뚝머리와 선단부의 파괴, 이음부 파손을 초래하고 강관말뚝은 주름좌굴 등이 생기기 쉽다.

또한 타격에너지가 너무 적으면 타입속도가

\*정회원 농어촌진흥공사 농어촌연구원. 재료·토질시험연구실장

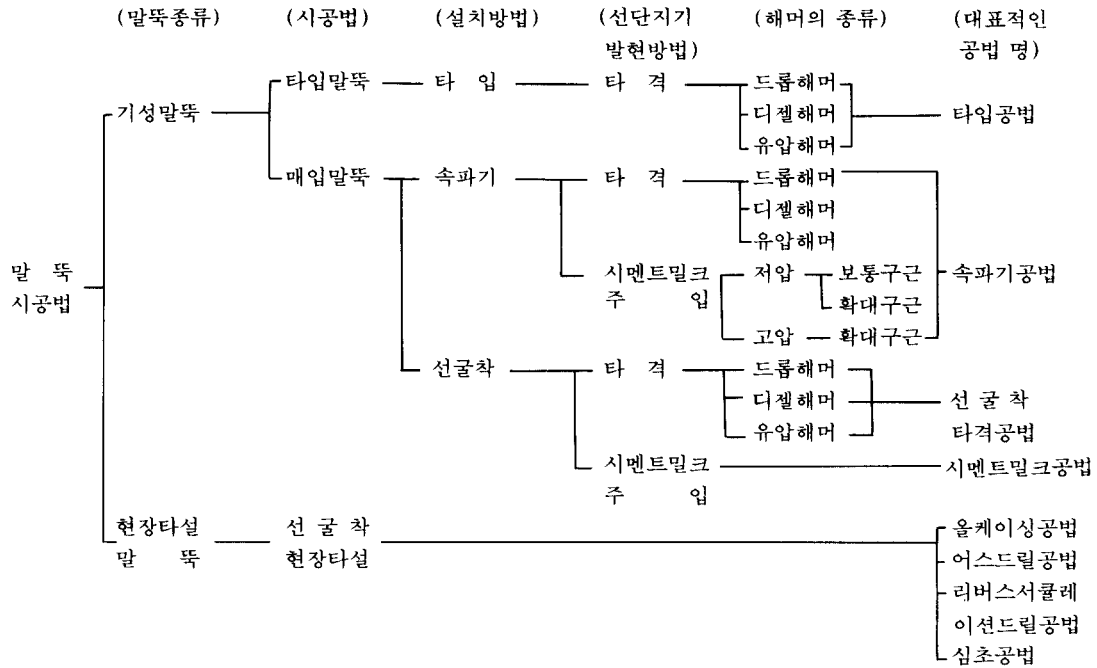


그림 3.1 말뚝 시공법의 분류

느리고 많은 타격에 의한 말뚝머리의 피로파괴, 과도한 리바운드에 의한 말뚝체의 인장균열 등이 생길 우려가 있으므로 말뚝재와 지반강도를 고려하여 적절한 해머를 선정해야 한다.

그림 3.2는 디젤해머의 중량에 따른 강관말뚝 및 기성 콘크리트말뚝의 단면적과 타격력의 관계를 나타낸 것인데 이것을 이용하여 말뚝단면적에 적합한 해머를 선정할 수 있으며, 이 그림에 의하면 타격시에 생기는 응력은 RC말뚝이  $200\text{kgf}/\text{cm}^2$  이하, PC말뚝은  $300\text{kgf}/\text{cm}^2$  이하, 강관말뚝은  $1,200\text{kgf}/\text{cm}^2$  이하로 되어 있다.

#### 나) 작업장 표층처리

항타작업은 대형항타기 또는 크레인 등을 사용하므로 진입도로와 항타장소가 연약하면 항타기가 전도되거나 소요의 정도(精度)로 말뚝을 타입할 수 없는 경우가 많다.

일반적으로 항타기의 접지압은  $1\sim 2\text{kgf}/\text{cm}^2$  이므로 지반이 연약하면 항타장비 주행에 충분

히 견딜 수 있도록 양질토로 성토 또는 치환하거나 적당한 보강판을 지반에 설치해야 한다.

#### 다) 말뚝세우기

항타기에서 너무 멀리 있는 말뚝을 항타기에 매달면 항타기가 전도될 위험이 있으므로 말뚝을 매다는 와이어와 리더의 각도를  $30^\circ$  이하가 되게 말뚝을 매달아 소요위치에 말뚝을 세운 후 해머를 말뚝머리 위에 올려 놓는다.

#### 라) 말뚝의 타입

말뚝의 타입은 먼저 시험항타를 하고 말뚝 중심위치와 연직도를 확인한 후에 본격적으로 타입을 한다. 지반이 연약하면 해머자중에 의하여 말뚝이 지중에 급속도로 관입되므로 해머를 서서히 말뚝머리에 올려 놓아 관입시킨 후 말뚝을 타입한다.

이때 평면상의 말뚝타입 허용오차는 (말뚝지름)/4 또는  $10\text{cm}$  이하, 말뚝 경사는  $1/100$  이하로 하고 있다.

#### 마) 말뚝타격 종료

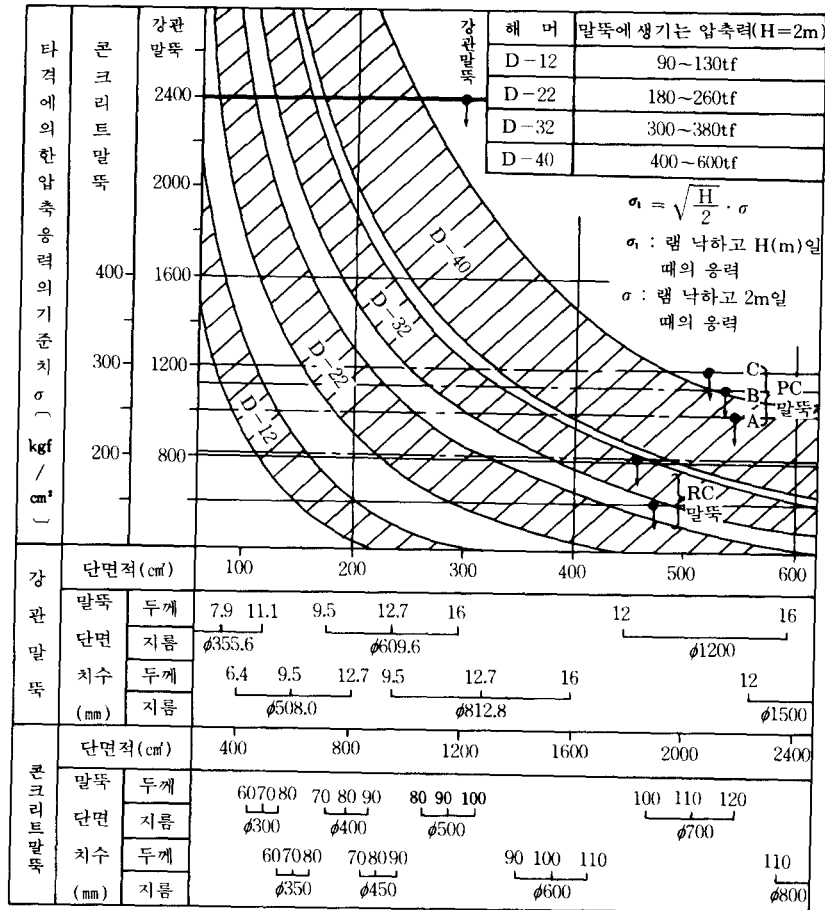


그림 3.2 타격에 의하여 생기는 말뚝의 응력과 해머의 선정<sup>8)</sup>

기성 말뚝을 해머로 타격하여 지중에 설치할 경우 어느 심도에서 타격을 끝내야 하는지 시공상의 판단을 해야 하는데 일반적인 방법은 설계도서에 나타난 근입심도까지 타입한 기록과 먼저 타입한 말뚝의 관입량 및 리바운드량을 비교, 동력학적 지지력공식으로 구한 허용지지력이 설계지지력보다 큰가를 확인하여 판단한다.

그러나 지층이 복잡한 지반은 그 판단이 매우 어려우므로 말뚝근입이 부족하거나 과도한 타격에 의한 말뚝손상 등 시공상의 문제를 가져오는 경우가 많아 신중을 기해야 한다.

또한 말뚝타격 종료시점의 관입량은 말뚝과

지반에 따라 다르므로 결정하기 어려우나 기존의 자료를 참고로 하여 1타격당 관입량을 2~10mm를 기준으로 하는 경우가 많다. 여기서 2mm를 최소치로 하는 것은 그 이하로 타격을 계속하면 말뚝과 해머에 손상을 주기 때문이다.

그러나 지지력이 충분하다고 판단될 경우는 이 관입량에 제한을 받지 않으며, 어느 경우나 말뚝재하시험으로 설계지지력을 확인하는 것이 좋다.

#### 바) 말뚝머리의 절단과 보강

말뚝머리의 절단은 일반적으로 그림 3.3의 외압방식 말뚝절단기가 많이 이용되고 있는데

절단시 말뚝에 종방향 균열이 생기는 경우가 있으므로 주의해야 하며, 말뚝머리를 절단한 후 상부의 푸팅과의 접속 및 보강방법은 건설부 제정 “구조물기초설계기준 해설”을 참조하기 바란다.

## 2) 시공기계

말뚝의 작업조건에 따라서 시공장비를 분류하면 표 3.1과 같으며, 육상공사에서는 디젤해머와 크롤러형 항타대를 조합하여 말뚝을 시공하는 경우가 많고 해상공사에서는 항타선 또는 크레인선과 디젤해머 또는 스팀해머를 조합하여 시공하는 경우가 많다.

그러나 도심지에서 항타공사를 할 경우는 소

음 및 진동공해 때문에 저소음 저진동공법으로 시공을 해야 하므로 이러한 경우는 현장조건에 적합한 선굴착공법, 속파기공법 등이 채용되고 있다.

가) 항타해머

### (1) 디젤해머

현재 사용되고 있는 디젤해머는 그림 3.4와 같이 램(ram), 모루(anvil), 실린더, 연료펌프 및 윤활장치 등으로 구성되어 있으며, 해머형식은 일반적으로 램의 무게로 나타낸다. 예를 들어 D-40이면 D사제품 해머로서 램무게는 약 40tf을 말하며, 디젤해머의 특징은 다음과 같다.

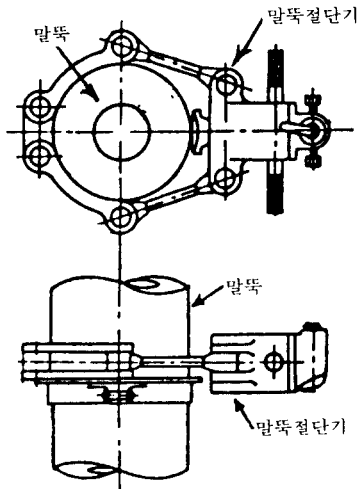


그림 3.3 말뚝절단기(외압방식)

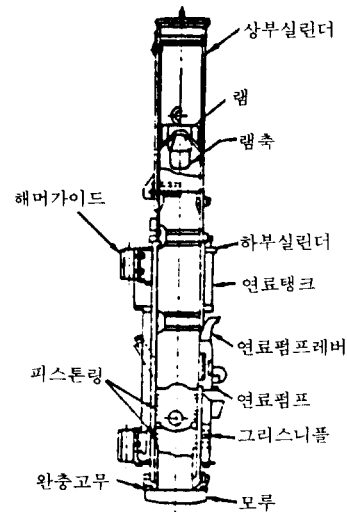


그림 3.4 디젤해머

표 3.1 작업조건에 따른 해머와 항타기<sup>(2)</sup>

작업조건	항 타 해 머	항 타 기
육 상	디젤해머(대부분을 점유한다) 바이브로해머(연약지반에서 일부사용된다) 기타 해머(드롭, 스팀, 유압해머)	크롤러형(마스트 버팀식) 레일주행식(마스트 버팀식) 기타 형식(삼각데릭식, 타워식)
해 상	디젤해머(많이 사용된다) 스팀해머(대구경, 장말뚝 타입에 사용된다) 바이브로해머(연약지반에서 일부사용된다)	항타선(일반적이다) 크레인선의 이용(비교적 많다) 대선(臺船)의 이용

① 광범위하게 보급되어 있고 종류도 많으므로 타격조건에 적합한 것을 구할 수 있으며, 비교적 타격력이 크다.

② 설비가 간단하며, 시공능률이 좋고 연료비도 적으므로 매우 경제적이다.

③ 동력원과 해머가 일체로 되어 있어 취급이 간단하나 연약지반에서는 연속된 폭발작용이 생기지 않는 경우가 있어 작업능률이 저하되는 경우가 있다.

#### (2) 바이브로해머

바이브로해머는 서로 짝을 이루는 편심의 무거운 추를 동위상에서 서로 역회전시켜 매분 500~2,000사이클 정도의 상하진동을 말뚝에 가하여 타입하는 것인데 그 특징은 다음과 같다.

① 타입, 인발작업을 연속적으로 할 수 있다.

② 진동에 의하여 말뚝주변지반의 마찰저항을 저감시키면서 타입하므로 말뚝선단 지반이 단단하면 시공이 곤란하다.

③ 기동전력(電力)이 매우 크며, 연약지반에서는 진동이 비교적 광범위하게 전달되기 쉽고 경사진 말뚝은 시공이 곤란하다.

#### (3) 유압해머

유압해머는 유압으로 램을 상향으로 올려 자유낙하시켜 말뚝을 타격하는 해머로서 다음과 같은 특징이 있다.

① 저소음으로 시공할 수 있고 연기의 비산이 없다.

② 램의 낙하고를 자유로 조정하여 진동과 타격력을 조정할 수 있다.

③ 타격력을 저감할 수 있으므로 말뚝머리의 손상이 적고 연약지반에서도 연속적으로 타격할 수 있다.

#### (4) 기타 해머

전술한 해머 외에 재래부터 사용되고 있는 드롭해머, 스팀해머 등이 있다.

#### 나) 항타기(pile frame)와 부대품

##### (1) 항타기

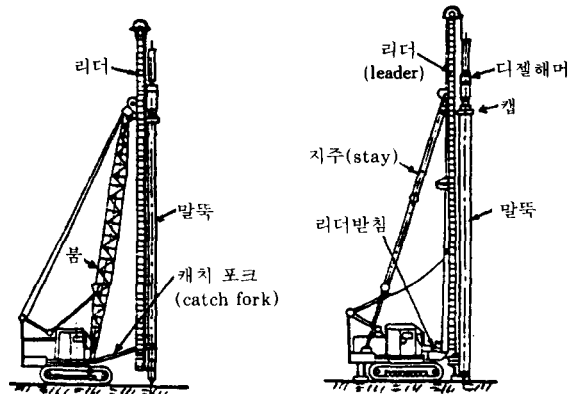
일반적으로 육상에서 사용되는 항타기는 다음과 같은 것이 있다.

① 주행방식 : 레일식

크롤러식 : 타이어식

② 지지방식 : 3점지지식, 현수식

이들 중 최근에는 그림 3.5와 같은 크롤러형 3점지지식 및 크롤러형 현수식 항타기가 많이 사용되고 있다.



(a) 크롤러형 현수식 항타기

(b) 크롤러형 3점지지식 항타기

그림 3.5 항타기의 종류

3점지지식 항타기의 주요 부분은 리더(leader), 리더받침대, 본체가 있으며, 리더의 상부는 지주(stay)로, 하부는 받침대로 지지되어 본체와 접속되어 있다.

그리고 지주의 하부는 길이 조절용 스크루(screw)와 신축(伸縮)용 유압실린더가 있으며, 리더 하단의 받침부분은 구(球)형으로 되어 있으므로 지주길이를 조정하여 리더를 소요 위치에 정확히 설치할 수 있다.

또한 리더받침대는 유압 또는 스크루에 의하여 전후로 이동할 수 있는 특수구조로서 1개의 리더에 오거(auger)와 타격기구가 장착되어 작업내용에 따라 리더를 회전하거나 장비를 회전하면서 작업을 할 수 있다.

현수식 항타기는 크레인붐(boom), 리더, 캐치포크(catch fork) 및 본체로 구성되어 있으며, 리더상부는 크레인붐에 의하여, 하부는

캐치포크에 의하여 본체에 접속되어 있는데 이 기종은 이동식 크레인을 그대로 항타기로 전용한 것이므로 간단한 항타작업에 적합하다.

(2) 부대품

부대품에는 캡(cap), 쿠션 및 보조말뚝이 있다. 여기서 캡은 해머의 타격을 균등히 말뚝에 전달하기 위하여 타격시 말뚝상단에 올려 놓는 것인데 그 예는 그림 3.6과 같으며, 캡의 안지름은 말뚝 바깥지름보다 약간 크게 해야 한다.

쿠션은 캡상부에 있는데 이것은 모루에 가해지는 강한 타격력을 캡에 균등히 전달하고 캡의 파손을 방지하기 위한 것으로 떡갈나무, 느티나무 및 합판 등의 단단한 나무로 만든 것이 사용되며, 이것은 항상 큰 압축력을 받고 단시간의 타격으로 변형되거나 경화되기 때문에 적절히 새로운 것으로 교환해야 한다.

타격보조말뚝은 항타작업시 지표면이나 수면하에 말뚝을 박을 경우에 이용된다.

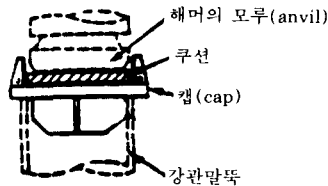


그림 3.6 캡 및 쿠션(강관말뚝)

나. 매입말뚝공법

1) 속파기공법

속파기공법은 말뚝의 속빈 부분을 이용하여 말뚝선단부 지층을 굴착하고 배토하면서 말뚝을 침설하는 공법을 말하며, 이 공법의 최종공정에서는 소요의 지지력을 확보하기 위하여 타격을 하거나 시멘트 밀크를 말뚝선단부에 주입한다.

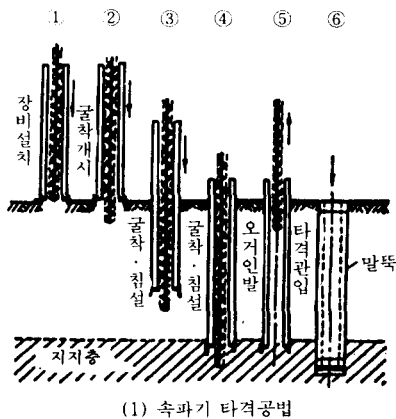
가) 시공방법

지반굴착에는 스크루오거 또는 회전식버킷 등이 사용되며, 이 외에 고압수를 분사하여 굴착하는 방법도 있으나 현재는 스크루오거가 많이 이용되고 있다.

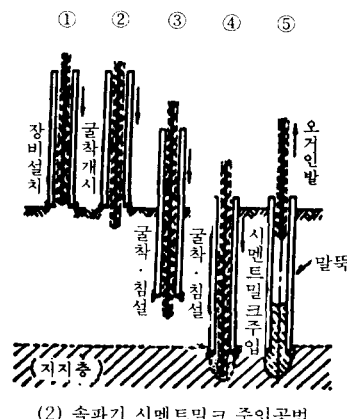
이 공법을 적용할 수 있는 말뚝지름은 450~1,000mm이며, 가장 많이 시공되는 지름은 500~600mm인데 그림 3.7과 같은 순서로 시공을 하며, 이를 간단히 설명하면 다음과 같다.

①말뚝의 속빈 부분에 스크루오거를 삽입하고 보조 와이어로 말뚝을 세운 후 항타기에 장착되어 있는 스크루오거 구동장치와 스크루오거 상단을 편으로 접속시킨다.

②③말뚝상단을 캡으로 고정하고 말뚝의 연직성을 확인한 후 스크루오거를 회전시켜 말뚝선단지반을 굴착하고 말뚝상부로 굴착토를 배출하면서 말뚝을 침설하며, 지층에 따라 압축 공기 또는 압력수를 오거선단에서 분출시켜 굴



(1) 속파기 타격공법



(2) 속파기 시멘트밀크 주입공법

그림 3.7 속파기공법의 시공순서

착 및 배토를 쉽게 한다.

④⑤⑥소요 지지지면에 말뚝선단이 도달하면 오거를 인발하고 해머로 타격 또는 시멘트 밀크를 주입하여 말뚝의 선단지지력을 확보한다.

나) 시공장비

향타기는 크롤러형 3점지지식을 사용하는데 시공장비의 배치는 그림 3.8과 같이 한다. 부대장비로는 오거구동부, 드롭해머, 유압장치 및 캡 등이 있는데 이들은 중량이 무거우므로 대형 향타기가 이용되고 있다.

향타기는 말뚝세우기, 스크루오거에 의한 굴착, 압입 또는 타입 등의 작업을 해야 하므로 작업능력이 충분한 기종을 선정하며, 부대장비는 말뚝지름, 말뚝길이 및 지반에 따라 적절한 것을 선정한다.

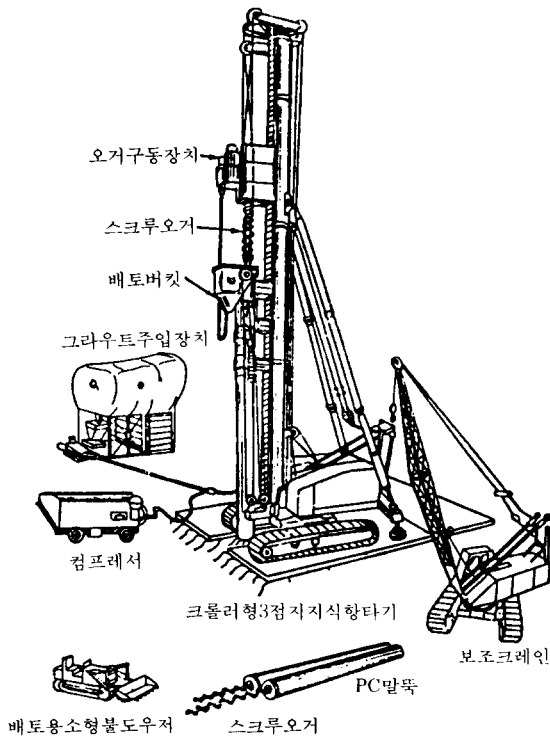


그림 3.8 속파기공법용 시공장비의 배치

2) 선굴착 타격공법

선굴착 타격공법은 미리 굴착한 공내에 말뚝을 설치하고 타격하는 공법으로서 타격에 의하여 관입이 곤란한 중간지지층이 있을 때 이용되며, 소음 및 진동을 저감시키는 공법의 하나이다.

가) 시공방법

그림 3.9는 선굴착 타격공법의 시공순서를 나타낸 것인데 이를 간단히 설명하면 다음과 같다.

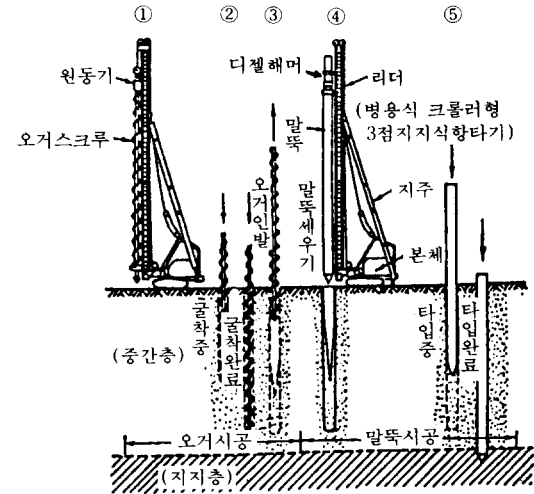


그림 3.9 선굴착 타격공법의 시공순서와 시공장비

①②소요위치에 향타기를 설치하고 리더의 연직성과 스크루오거의 직선성을 점검한 후 굴착을 한다.

③소요심도까지 굴착한 후 스크루오거를 회전시키면서 뽑아 올린다.

④⑤말뚝을 굴착공에 세우고 연직성을 확인한 후 해머로 타격하여 지지력을 확보한다.

나) 시공장비

향타기는 시멘트 밀크공법과 병용할 수 있는 그림 3.9와 같은 장비가 주로 사용되고 있으며, 여기에 굴착장비와 타격장비등이 장착된다.

굴착장비는 속파기공법용 장비와 같이 스크

루오거 구동장치와 스크루오거로 구성되는데 여기서 구동장치는 굴착지름과 깊이 및 지반조건에 따라서 선정되며, 해머는 종류가 많으나 타입공법과 같이 디젤해머가 많이 이용되고 있다.

### 3) 시멘트 밀크공법

시멘트 밀크공법은 선굴착공법의 하나로서 이수(泥水)로 공벽의 붕괴를 방지하면서 스크루오거로 말뚝지름보다 크게 굴착하고 말뚝주위 고정액 또는 근고액(根固液)을 공내에 채운 후 말뚝을 설치하는 공법인데 말뚝주위 고정액은 주면마찰력과 수평저항력을 증진하며, 근고액은 말뚝을 지지층에 고정하여 선단지지력을 확보하는데 이용된다.

#### 가) 시공방법

그림 3.10은 시멘트 밀크공법의 시공순서를 나타낸 것인데 이를 간단히 설명하면 다음과 같다.

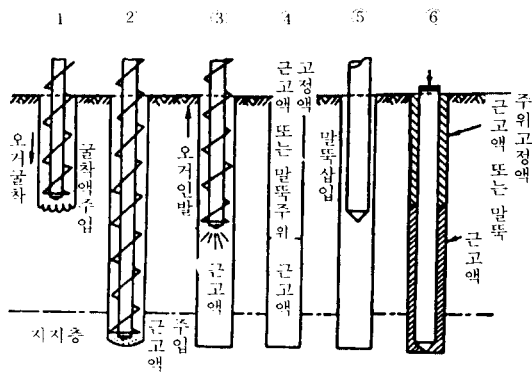


그림 3.10 시멘트밀크공법의 시공순서

①②소요위치에 향타기를 설치하고 리더의 연직성과 스크루오거의 직선성을 점검한 후 스크루오거 선단에서 이수를 분출하면서 소요심도까지 연직으로 굴착을 한다.

③스크루선단에서 근고액을 주입하여 공내의 이수를 압상(押上)시켜 공내 하단부의 이수를

를 근고액으로 대체한다.

④근고액을 주입한 후 스크루오거를 서서히 회전시키면서 인발하고 동시에 말뚝주위 고정액을 주입하여 공내 상부의 이수를 말뚝주위 고정액으로 치환한다.

⑤⑥굴착공에 말뚝을 세우고 압입하거나 드롭해머로 가볍게 타격하여 지지층 중에 1m 이상 관입한다.

#### 나) 시공장비

향타기는 그림 3.11과 같은 병용식 크롤러형 3점지지식 향타기가 많이 이용되고 있으며, 여기에 한쪽에는 오거구동부와 스크루오거, 다른 쪽에는 압입장치 또는 드롭해머 등이 설치된 것이 많다.

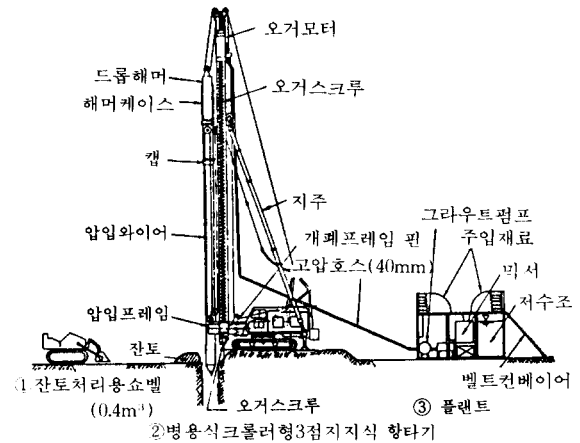


그림 3.11 시멘트밀크공법 시공장비의 배치(예)

굴착장비는 속파기 공법에 이용되는 것과 같이 모터, 감속기 및 주입용 스위블(swivel)장치로 구성되며, 여기에 스크루오거가 연결되어 있다. 구동장치는 말뚝지름, 말뚝길이 및 지반조건에 따라 선정되며, 속파기공법의 경우보다 굴착지름이 크므로 구동장치는 우력이 큰 것이 사용된다.

### 3.3 현장타설말뚝

현장타설말뚝은 지반을 기계 또는 인력으로



굴착한 후 조립철근을 넣고 콘크리트를 타설하여 현장에서 조성하는 철근콘크리트 말뚝을 말하며, 그특징은 저소음, 저진동으로 대구경의 심도가 깊고 이음이 없는 말뚝을 시공할 수 있는 것이다.

이 말뚝은 굴착방법, 굴착공의 보호방법 등 많은 응용기술이 실용화 되고 있으며, 그 공법의 종류에는 올케이싱(베노토)공법, 어스드릴 공법, 리버스서큘레이션 드릴공법 및 심초공법 등이 있는데 그 특성은 표 3.2와 같다.

가. 올케이싱(all casing)공법

이 공법은 굴착공 전장(全長)에 걸쳐 케이싱 튜브를 요동, 압입하여 공벽의 붕괴를 방지하면서 해머그래브로 공내의 흙을 지상으로 파 올린 후 미리 조립한 철근을 넣고 콘크리트를 타설하여 현장에서 말뚝을 조성하는 공법이다.

1) 시공방법

그림 3.12는 올케이싱공법의 시공순서로서 이를 간단히 설명하면 다음과 같다.

①굴착장비를 설치하고 최초 케이싱튜브를 정위치에 연직으로 설치한다.

②케이싱튜브를 요동, 압입하고 보일링 및 히빙방지를 위하여 주수를 하면서 해머그래브로 공내의 흙의 지상으로 파올리며, 이 작업을 반복한다.

③소요의 말뚝길이를 지지층에 근입한 후 해머그래브 또는 버킷으로 굴착공 바닥에 퇴적된 슬라임을 제거한다.

④⑤미리 조립한 철근을 연직으로 세워서 공내에 넣은 후 콘크리트 타설용 트레미를 공내에 삽입한다.

⑥트레미를 이용하여 콘크리트를 타설하며, 콘크리트로 치환되는 공내의 물은 수중펌프로 양수한다.

⑦케이싱튜브 및 트레미는 타설된 콘크리트 상승에 따라 점차 인발하면서 소요 높이까지 콘크리트를 타설하고 완전히 인발한다.

⑧굴착공의 공간에 되메움을 한다.

2) 시공장비

올케이싱공법을 위한 굴착장비는 그림 3.12와 같으며, 주요 부분은 케이싱튜브를 요동, 압입 및 인발하는 튜빙장치와 해머그래브를 조작

표 3.2 현장타설 콘크리트말뚝 공법의 특성<sup>(9)</sup>

공 법	올케이싱공법	어스드릴공법	RCD공법	심초공법	
굴 착 방 법	해머그래브	회전식버킷	회전비트	인력·버킷	
공벽유지방법	올케이싱 튜브	벤토나이트이수	정 수 압	파형강판링보강	
지 질 에 대 한 적 용 성	점토·실트층	可	可	可(초연약층은 곤란)	
	모래층	문제가 있음	可	可(湧水 많으면 不可)	
	자갈층	可	약간곤란 (50mm이하)	可(입경 140mm이하) 可(湧水 많으면 不可)	
	호박돌층 (입경 20cm)	可	不可	不可	
	전석층	곤란하지만 可	不可	不可	곤란하지만 可
	암반	곤란하지만 可	不可	不可	곤란하지만 可
경사말뚝 시공	6° 또는 12°	불능	불능	不可	
水上 시공의 적부	부적당	부적당	적당	불능	
최대굴착심도(m)	25~50	27~29	100~150	30정도(보통 20정도)	
공칭치름(mm)	890~2,000	600~1,200	610~3,000	원형1400~4000角形도 가능	

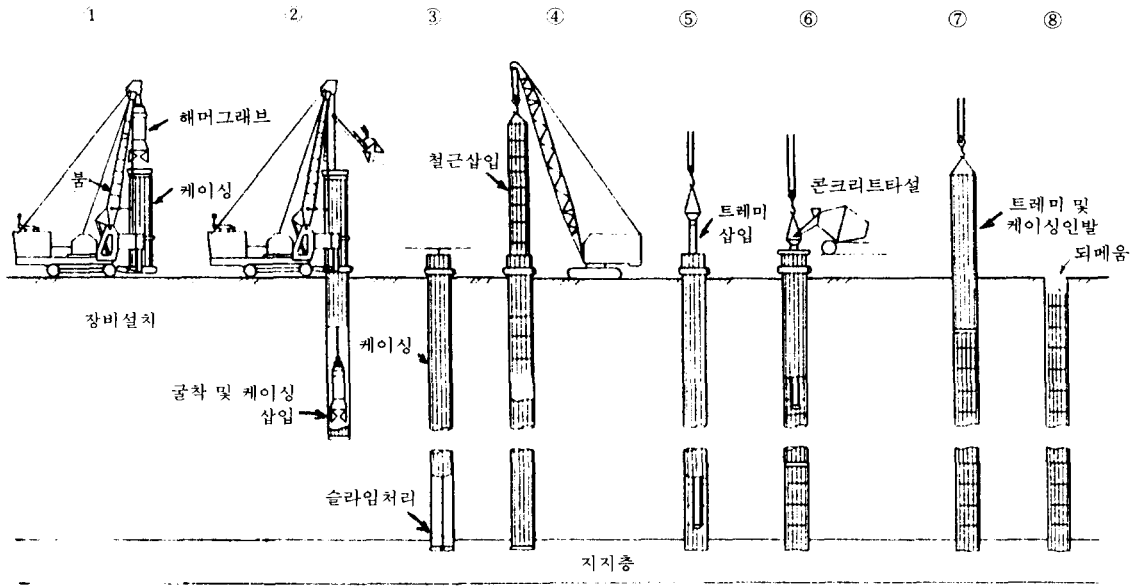


그림 3.12 울케이싱공법의 시공순서와 시공장비

하는 펌, 윈치, 주행장치 및 엔진 등으로 구성되어 있는데 그 부착장비 및 기구에는 크레인, 케이싱튜브, 해머그래브, 트레미, 컴프레서, 수조, 토사용 버킷 및 측량기구 등이 있다.

#### 나. 어스드릴(earth drill)공법

이 공법은 표층부에 케이싱을 설치하고 이수를 이용하여 공벽붕괴를 방지하면서 드릴링 버킷을 회전시켜 흙을 굴착한 후 미리 조립한 철근을 넣고 콘크리트를 타설하여 현장에서 말뚝을 조성하는 공법이다.

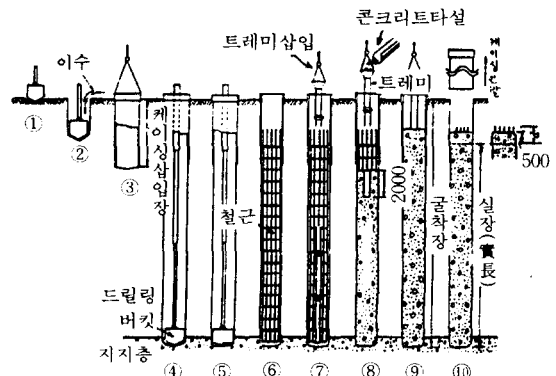


그림 3.13 어스드릴공법의 시공순서

#### 1) 시공방법

그림 3.13은 어스드릴공법의 시공순서로서 이를 간단히 설명하면 다음과 같다.

① 굴착장비는 수평으로, 켈리바(kelly bar)는 연직으로 말뚝 중심과 일치시켜 설치한다.

② 드릴링버킷을 장착한 켈리바를 회전시켜 케이싱 삽입심도까지 굴착한다.

③④ 케이싱을 삽입한 후 이수를 공급하면서 소요심도의 지지층까지 굴착한다.

⑤ 버킷으로 굴착공 바닥의 슬라임을 제거

한다.

⑥~⑩은 울케이싱 공법의 시공순서 ④~⑧과 같다.

#### 2) 시공장비

그림 3.14는 어스드릴공법에 사용되는 굴착장비의 예로서 이것은 만능 굴착기에 유압모터에 의한 회전장치와 켈리바를 밀어 내리는 유압장치를 장착한 것과 회전은 엔진으로 체인에

전달하고 켈리바를 밀어 내리는 것만 유압장치로 하는 2종의 굴착기가 있다.

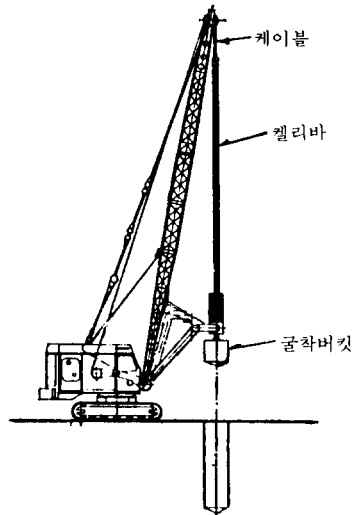


그림 3.14 어스드릴공법 굴착기(예)

다. 리버스 서큘레이션 드릴(reverse circulation drill)공법

이 공법은 토질에 적합한 비트를 회전시켜 지반을 굴착하면서 표층부에 스탠드파이프를 설치한 후 굴착토를 공내의 이수와 함께 흡입 또는 에어리프트(air lift)를 이용하여 지상으로 배출하고 미리 조립한 철근을 넣은 다음, 트레미를 삼입하고 콘크리트를 타설하여 현장에서 콘크리트말뚝을 조성하는 공법이다.

### 1) 시공방법

그림 3.15는 리버스 서큘레이션 드릴공법의 시공순서를 나타낸 것으로서 이를 간단히 설명하면 다음과 같다.

①바이브로해머 또는 케이싱 유압잭을 이용하여 해머그래브로 내부를 굴착하면서 스탠드파이프를 소요심도까지 설치한다.

②로터리테이블, 드릴비트, 로드 및 켈리바 등 굴착장비의 조립 및 이수순환설비를 설치한다.

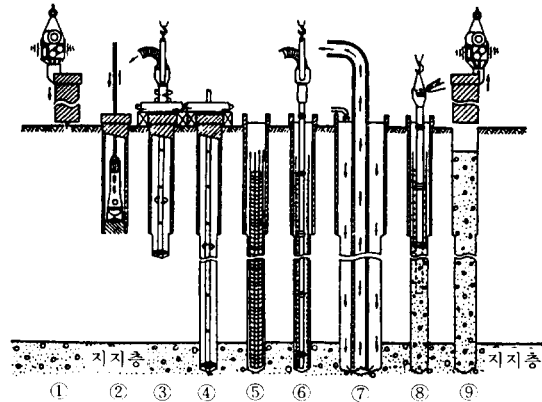


그림 3.15 리버스 서큘레이션 드릴공법의 시공순서

③로드를 연결하면서 지지층까지 역순환방식으로 굴착한다.

④지지층에 소요심도까지 굴착한 후 비트를 약간 인발, 회전하면서 이수를 순환시켜 공내 이수의 비중을 낮게 한다.

⑤미리 조립한 철근을 공내에 넣는다.

⑥콘크리트 타설용 트레미를 공내에 넣고 머리부분을 켈리바에 연결한다.

⑦흡입펌프로 ⑥의 상태에서 굴착공 바닥의 슬라임을 제거한다.

⑧켈리바를 제거하고 콘크리트를 타설한다.

⑨소요 높이까지 콘크리트를 타설한 후 트레미와 스탠드파이프를 제거한다.

### 2) 시공장비

이 공법의 굴착기에는 회전기구와 펌프유니트를 지상에 설치하는 형식과 굴착기 본체를 굴착공에 직접 삼입하는 형식(매설형)의 2종류가 있는데 후자는 펌프기구가 굴착기 본체에 내장된 것과 지상의 펌프에서 이수를 흡상하는 형식이 있으며, 그림 3.16은 매설형 굴착기의 예이다.

### 라. 심초공법

심초공법은 지반의 공벽을 파형강판으로 보호하면서 주로 인력으로 굴착을 하고 미리 조립한 철근을 크레인 등을 이용하여 공내에 넣

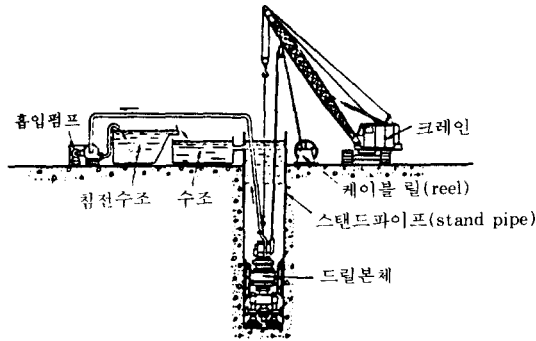


그림 3.16 리버스 서큘레이션 드릴공법의 매설형 굴착기(예)

은 후 특수 트레미팩으로 콘크리트를 타설하여 현장에서 말뚝을 조성하는 방법인데 이 공법은 지지층의 성질에 따라서 굴착공 바닥을 확대할 수 있는 특징이다.

### 1) 시공방법

그림 3.17은 인력굴착에 의한 심초공법의 시공순서를 나타낸 것인데 이를 간단히 설명하면 다음과 같다.

①표층 60cm 정도를 예비굴착하고 제1단 링(ring)을 설치한 후 파형강판과 최상단 링을 설치한다. 이때 안쪽에서 링으로 파형강판을 지지시키고 링에서 핀을 공벽에 직각으로 깊이 꽂는다.

②삼각대 등을 설치한 후 토사운반용 윈치,

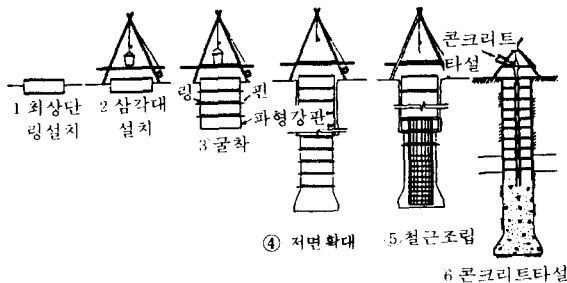


그림 3.17 심초공법의 시공순서(인력굴착)

배수펌프, 버킷 및 컨베이어 등의 설비를 한다.

③굴착 진행에 따라서 파형강판과 링을 조립, 핀으로 고정하여 공벽의 붕괴를 방지한다.

④ ⑤굴착공 바닥을 확대해야 할 경우는 그 부분을 확대 굴착하고 바닥을 평평하게 고른다.

⑥철근을 작업인부가 공내 바닥부터 순서대로 조립하거나 지상에서 미리 조립한 철근을 크레인 등으로 공내에 넣는다.

⑦특수 트레미팩으로 콘크리트를 타설한다. 이때 흙막이공(파형강판)은 콘크리트를 타설하면서 제거하거나 그대로 매설하며, 파형강판과 지반사이의 공간을 그라우팅을 하여 메꿔야 한다.

### 2) 시공장비

심초공법에 사용되는 장비는 인력 굴착에 사용되는 간이식 삼각대와 기계굴착에 이용되는 그림 3.18과 같은 해머그래브가 장착된 굴착기가 있으며, 이외에 윈치, 수중펌프, 가스감지기, 송풍기와 송풍관, 흙막이용 파형강판 및 컴프레서 등이 있다.

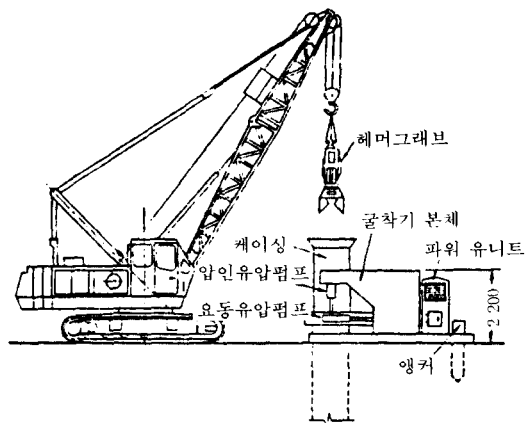


그림 3.18 심초공법 굴착기(예)

## 참고문헌

1. 건설부 편(1986) : 구조물기초설계기준
2. (주) 대우 건설기술연구소 편(1987) : 대구경 현장타설 말뚝공법의 연구
3. Tomlinson, M.J.(1977) : Pile Design Construction Practice, A Viewpoint Publication
4. Frank Harris(1983) : Ground Engineering Equipment and Method, pp. 151~183.
5. Prakash, S., Sharma, H. D.(1990) : "Piling Equipment and Installation", Pile Foundations in Engineering Practice, John Willy & Sons, Inc. pp. 70~114.
6. 加藤三重次(1972) : 建設機械, pp. 259~308.
7. 日本 土質工學會 編(1980) : 構造物基礎入門
8. 日本 土質工學會 編(1981) : 杭基礎の問題點とその對策
9. (社)日本鐵道施設協會 編(1982) : 場所打ちコンクリートグイの設計施工指針(案)
10. (社)日本基礎建設協會 編(1989) : 場所打ちコンクリート杭 施工指針・同解説
11. (社)日本建設機械化協會 編(1989) : 日本建設機械要覽, pp. 445~582.
12. 日本 土質工學會 編(1990) : 杭基礎の調査・設計から施工まで, pp. 363~587.