

# 전선회식을 케이싱(all casing)공법 (뚝바늘 공법)

심 재 구\*

## 1. 서 론

모든 구조물의 기초는 직접기초, 케이슨(caisson)기초, 말뚝 기초의 세가지 형식으로 대별할 수 있다.

기초의 폭이 넓으면서 지지지반(支地盤)이 상대적으로 얇은 경우가 직접기초, 깊은 경우가 케이슨 기초이고 기초가 가늘고 지지지반이 상대적으로 깊은 경우가 말뚝기초라고 할 수 있는데 케이슨 기초도 근입장(根入長)이 크게 되면 말뚝 기초로 분류될 수 있다.

본고에서는 상기의 세가지 기초중에서 말뚝 기초의 일종인 현장타설 말뚝을 시공하는 새로운 공법이 개발되어 국내에서 시행중에 있어 이를 소개하고자 한다.

## 2. 기초의 종류

최근 공사의 종류와 환경이 다양해지고 그에 따른 공사용 장비와 소재가 속속 개발됨에 따라 기초의 종류를 한마디로 표현하기는 곤란하기 때문에 재질이나 시공법을 감안한 명칭을 붙여서 상당히 여러가지로 구분하고 있는데 본고의 이해를 돕기위하여 일본에서 분류하고 있는 예를 소개하면 다음과 같다.

### 2.1 기초공법의 분류

2.1.1 직접기초 (footing foundation)  
지지지반에 푸팅을 직접설치하는 일반적인 공법

### 2.1.2 케이슨 기초

#### ① 오픈케이슨

- 우물통(well)

중공의 벽체를 침하시키면서 굴착하는 공법

- 특수 우물통

우물통 저부에 말뚝을 설치하는 합성기초

#### ② 공기케이슨(pneumatic caisson)

압축 공기에 의해 저부에서 인력 또는 기계 굴착하는 공법

### 2.1.3 말뚝 기초

#### ① 기성 말뚝

가) 시공방법에 의한 분류

- 타격 공법

해머(hammer) 또는 램(ram)으로 타격을 하여 관입 시키는 공법

- 압입 공법

유압으로 압입하는 공법

- 진동 공법

바이브레이터(vibrator)를 사용하여 말뚝을 상하로 진동시켜서 말뚝의 주변마찰을 작게하여 관입시키는 공법

- 사수(water jet)공법

\* 정회원, (주) 표준개발 부사장

물을 고압으로 분사하여 지반을 느슨하게 한후 관입 시키는 공법

- 선 굴착(pre-boring)공법

먼저 오거(auger)등으로 천공한 후 말뚝을 넣고 타격하는 공법

- 중굴 공법(中掘 工法)

말뚝 가운데서 오거로 천공을 하면서 관입 시키며 선단부를 굳히는 공법

#### 나) 재료에 의한 분류

- 나무 말뚝

직경이 작으며 깊지 않은 곳에 사용하며 최근에는 재료부족으로 사용하는 일이 거의 없다.

- RC 말뚝

KS제품과 특별 주문 생산품의 두가지가 있는데 모멘트(moment)가 작은 경우에 유리하다.

- PC 말뚝

타입방식( $< \phi 600\text{mm}$ )과 중굴방식( $\leq \phi 1000\text{mm}$ )의 두가지가 있으며 이음구조도 가능하다.

- PHC 말뚝

고강도 콘크리트( $\sigma_c = 1000\text{kg/cm}^2$  정도)를 사용하여 만든 PC 말뚝

- SC 말뚝

외각 강관을 사용한 PHC 말뚝으로서 수평력에 대한 저항성이 특히 뛰어나다.

- 강관 말뚝

$\phi 400 \sim \phi 1,000\text{mm}$  정도의 것을 많이 사용하며 특히 재료에 대한 신뢰성이 뛰어나다.

- H-형강 말뚝

$400 \times 400\text{mm}$  정도 크기 이하의 것을 많이 사용하며 방향성이 필요한 경우에 유리하다.

#### ② 현장타설 말뚝

##### 가) 기계 굴착

- i) 올케이싱 공법

- ① 요동식(搖動式) 올케이싱공법

케이싱 내부의 토사등을 해머그랩(hammer grab)과 밀폐형 버킷(bucket) 그리고 치젤(chisel)을 조합 사용하여 배토하면서 케이싱을 搖動機(oscillator) 요동시켜관입시키며 굴착이 끝난후 철근 콘크리트를 타설하면서 케이싱을 인발하는 공법

- ② 全旋回式 올케이싱 공법

全旋回機(rotator)를 사용하여 케이싱을 회전시켜 선굴진하면서 케이싱 내부의 토사등을 해머그랩 또는 밀폐형 버킷으로 배토하며 굴착이 끝나면 철근 콘크리트를 타설하고 케이싱을 인발하는 공법

- ii) RCD(reverse circulation drill) 공법  
정수압으로 공벽을 보호하면서 회전 비트와 역순환 이수(泥水)를 써서 굴착한 후 이수가 있는 상태에서 철근망을 삽입하고 트레미관(tremie pipe)을 이용하여 콘크리트를 타설하는 방법

- iii) 어스 드릴(earth drill)

벤토나이트 이수로 공벽을 보호하면서 회전식 버킷으로 굴착하거나 어스오거로 굴착한 후 기제 말뚝을 삽입하거나, 현장타설말뚝을 조성하는 방법으로서 자갈, 전석, 그리고 풍화암이상의 강도를 갖는 지층은 굴착이 곤란하거나 불가능하며 현재로서는 대구경의 말뚝 조성은 곤란하다.

##### 나) 인력 굴착(深礎工法)

주름진 주철관(corrugated iron)이나 속대기판(liner plate)등으로 공벽을 보호하면서 인력으로 굴착하는 공법

##### 다) 나사식 말뚝

콘을 나사식으로 돌려서 압입하고 상부를 현장타설하는 방법

##### 라) 관입 공법

강관중에 콘크리트를 채워 넣고 이것을 해머로 타격해 넣고 강관을 인발하는 공법

##### 마) 치환공법

중공축을 갖는 오거로서 굴착배토한 후 시멘트 몰탈을 주입하면서 오거를 뽑는 공법

### 3. 올케이싱 공법의 필요성

R.C.D. 공법이 현장타설 말뚝 공법중에서 상당히 훌륭한 방법의 하나이기는 하지만 공벽을 보호하기 위한 방법으로 이수를 사용하기 때문에 실제 시공시에는 설계도와 같이 균일한 직경을 갖지 못하고 심도에 따라 직경의 변화가 심한 경우가 상당히 많으며 특히 누수가 심한 대수층을 만나거나 피압수가 있을 경우에는 공벽유지가 곤란 하거나 불가능하게 되어 시공할수가 없게 된다. 또 드릴 파이프 내경(통상  $\phi$  150,  $\phi$  200mm 이하)의 약 70% 이상 크기의 호박돌, 암편등이 지반중에 있을 경우 드릴 파이프의 곡부(曲部)가 막히는 수가 있기 때문에 굴착이 곤란하여 해머 그래프등을 이용하여 제거하여야 하는데 이때 해머 그래프의 승강에 의해 공내 이수의 유속이 빨라지고 파랑이 일게 되어 공벽이 붕락하게 되며 일단 붕락된 공벽은 원상회복이 안되기 때문에 계획 단면보다 훨씬 크게되고 그 모양은 울퉁불퉁하게 된다. 따라서 설계단면보다 훨씬 크게되어 삽입한 철근망이 굴곡되고 (스페이서(spacer)가 제역할을 하지 못함) 콘크리트의 손실이 많게 된다.

특히 이수가 충만되어 있는 상태에서 철근망을 삽입하기 때문에 콘크리트 타설전에 이미 철근은 이수로 피복이 되어 철근과 콘크리트의 부착력은 심히 저하되며 콘크리트의 품질 또한 상당히 저하된다고 볼 수 있다.

고로 이러한 결점을 해소하기 위하여 개발된 공법이 올케이싱 공법이라 할 수 있으며 특히 최근에는 기계공법의 눈부신 발전에 따라 막대한 힘이 필요한 본 공법용의 장비와 그 부대품들이 속속 개발되고 있는 추세이다.

### 4. 요동식 올케이싱 공법(Benoto 공법)

#### 4.1 공법의 개요

본공법은 최근까지 케이싱을 사용하는 유일한 공법으로서 일명 베노토(benoto) 공법으로

불리어져 왔다.

이는 프랑스의 Benoto사가 개발하여 전파시켰기 때문이라고 생각된다. 그러나 전선회식을 케이싱 공법이 개발되어 사용되고 있는 현 시점에서는 공법명을 확실하게 구분하여 사용해야 한다고 생각된다.

#### 4.2 시공방법

본공법은 제 2.1.3항에서 약간 언급한바 있으나 좀 더 자세히 설명하면 다음과 같다.

요동기(oscillator)로 케이싱을 요동시키면서 케이싱 내부의 토사를 해머 그래프나 개폐형 버킷으로 배토함에 의하여 굴진해 내려가는 방법인데 여기서 중요한 점은 약한 지반에서는 굴진 순서가 선 케이싱, 후 해머 그래프의 상태가 되나, 좀 강한 지반 (예 : 치밀한 사층, 자갈, 전석층, 풍화대, 풍화암 등)에서는 선해머 그래프(치질 포함), 후 케이싱의 형태로 바뀌게 된다는 것이다.

그 시공 순서는

- ①시공할 위치에 요동기를 정확하게 설치
- ②케이싱을 요동시키면서 동시에 해머 그래프로 굴착 배토하는 것에 의해 굴진, 케이싱의 연결은 현재 볼트식으로 하고 있다.
- ③계획깊이에 도달하면 수중양수기 또는 에어 리프팅(air lifting)등의 방법을 사용하여 공저(孔底)를 청소
- ④철근망을 삽입
- ⑤트레미 관을 사용하여 콘크리트를 타설, 이때 먼저 투입된 항두부분의 콘크리트는 케이싱 내부의 물이 혼입되거나 레이턴스(laitance)등에 의해 품질이 저하되기 때문에 계획표고보다 약 50~100cm 정도 여유 타설을 해야 한다.
- ⑥케이싱의 인발  
이는 콘크리트 타설과 병행하여 시행한다.
- ⑦콘크리트 양생후 항두정리로서 공사가 완료된다.

### 4.3 공법의 장단점

본 공법의 장점으로는

- ① 케이싱을 사용함으로써, 공벽을 확실하게 유지할 수 있다.
- ② 청수로 공내부를 청소하기 때문에 선단지반과 콘크리트의 접착이 양호하다.
- ③ 말뚝의 수직도가 양호하다.
- ④ 이수를 사용하지 않기 때문에 타설한 콘크리트의 품질이 양호하다.

단점으로는

- ① 해머 그래프이 굴착하는 면보다 케이싱이 충분히 더 근입되지 않는 일이 많기 때문에 공내부에서 보일링(boiling) 또는 히빙(heaving)이 발생하여 공주위가 함몰되는 경우가 있다.
- ② 치밀한 자갈, 전석, 암반층을 굴진할 때는 치젤을 사용해야 하는데 이때의 굴진속도는 대단히 느리게 되며 진동등의 공해가 발생하게 된다.
- ③ 암반에 근입시킬 경우 치젤을 사용하므로 파쇄된 암편만으로 암반의 상태를 추정할 수 밖에 없다. 물론 R.C.D.의 경우는 드릴 비트에 의해 갈아져서 올라온 슬라임의 상태로 추정해야만 한다.
- ④ 요동식이기 때문에 회전 방향이 바뀌는 시점에서 일시정지하게 되며 이때 재밍(jamming)의 위험이 있게 되므로 마찰력이 큰 지반에서는 케이싱이 요동불능이 되거나 인발불능이되는 사고가 발생하는 경우도 있다.
- ⑤ 암반에는 케이싱의 근입이 곤란하기 때문에 암반이 경사진 곳에서는 케이싱이 닿지 않는 부분을 통하여 토사가 계속 유입하게 되어 굴착이 대단히 곤란하게 되며 따라서 지표부분도 함몰하는 경우가 있다.

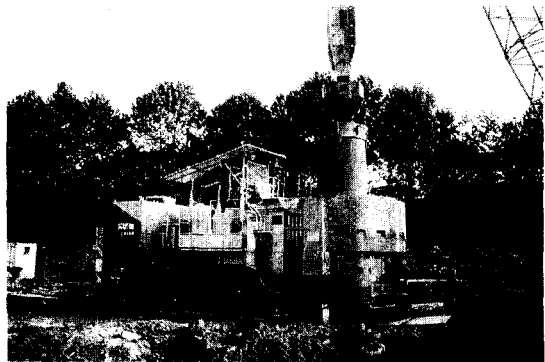
### 5. 전선회식을 케이싱 공법(뚝바늘 공법)

### 5.1 공법의 개요

본 공법은 일본에서 개발한 것으로서 장비 제작사별로 제각기 이름을 붙인것을 우리나라에 최초로 도입하면서 이미 도입되어 있는 베노토 공법과 확실하게 구분하고 또 일관된 명칭으로 본공법을 정착, 보급시키기 위하여 고유의 우리말을 사용하여 “뚝바늘 공법”으로 명명하게 되었다.

본 공법은 베노토 공법과 흡사하면서도 상반되는 점도 많은데 크게 다른 점은 베노토 공법은 전술한 바와 같이 요동기(oscillator)를 사용하며 선 해머 그래프, 후 케이싱 굴진인 반면에 본공법은 전선회기(rotator)를 사용하며 선 케이싱, 후 해머 그래프의 형식을 갖는 점이다.

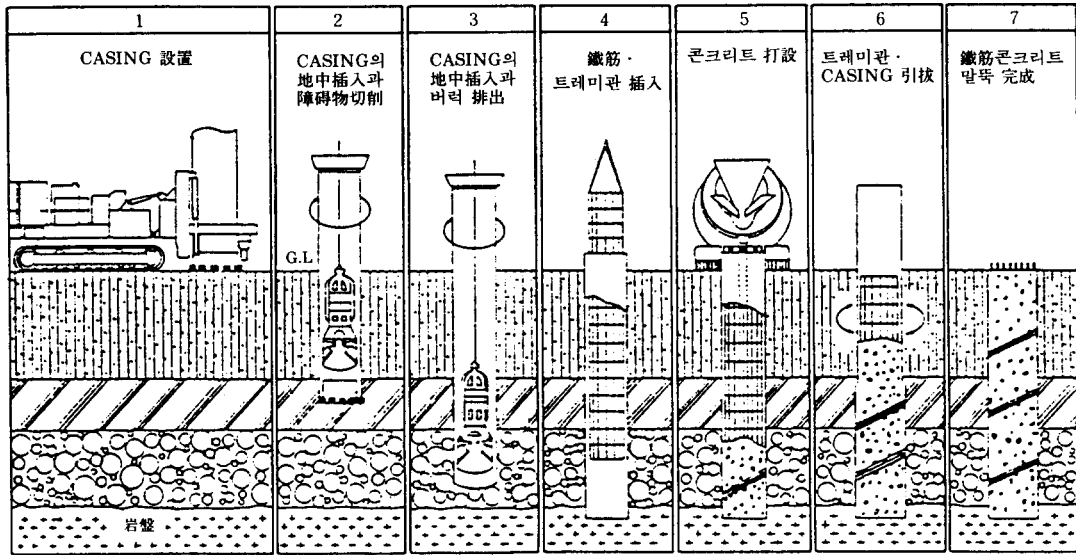
본 공법에서 사용하는 케이싱 선단에는 토사층으로부터 암반에 이르기까지 모든 지층을 천공할 수 있는 특수강 비트가 장착되며 케이싱 본체는 강력한 토크(torque)를 전달 수 있도록 하기 위하여 이중철판 구조로서 상당히 두껍게 제작되어 있다.



### 5.2 시공방법

시공방법은 아래와 같다.

- ① 시공위치에 장비를 정확하게 설치하고,
- ② 특수강 비트가 부착된 커팅에지(cutting edge)에 케이싱을 연결하여 굴진개시



- ③케이싱으로 선굴진하면서 케이싱 내부로 절삭되어 들어온 토사, 자갈, 전석등을 해머 그랩을 사용하여 배출하며 이와 같은 방법을 반복하면서 굴진한다.
- ④계획 깊이에 도달하게 되면 수중양수기 또는 에어 리프팅 등의 방법을 사용하여 공저를 청소
- ⑤철근망을 삽입
- ⑥트레미 관를 사용하여 콘크리트를 타설, 여기서도 4.2-⑤ 항에서 설명 한 바와같은 이유 때문에 계획표고보다 약 50~100cm 정도 여유타설을 해야 한다.
- ⑦케이싱 인발  
콘크리트의 타설과 병행하여 시행한다.
- ⑧콘크리트 양생후 항두 정리로서 공사가 완료된다.  
여기서 종래의 요동식을 케이싱 공법과 크게 다른점은 케이싱으로 선굴진을 하고 해머 그랩으로 후배토하기 때문에 케이싱이 항상 지반중에 1~2m 박혀 있는 상태에서 회전하는 형상이 되는 것이다.

### 5.3 공법의 장단점

본 공법의 장점으로서

- ①케이싱에 의한 굴진방법이므로 공벽 유지가 확실하다.
- ②선단지지층이 암반일 경우 암이 코어의 형태로 채취되므로 그 성분을 확실하게 확인할 수 있다.
- ③말뚝의 수직상태가 양호하다.
- ④케이싱이 선행하므로 히빙 및 보일링 현상이 없다.
- ⑤자갈, 전석등 어떠한 지층이라도 치펠을 사용하지 않고도 굴진가능하다.
- ⑥케이싱에 의한 굴진이므로 경사진 암반에서의 시공도 별 무리가 없다.
- ⑦청수로 공내부를 청소할 수 있기 때문에 경지반과 콘크리트의 접착이 양호하다.
- ⑧이수를 사용하지 않기 때문에 타설한 콘크리트의 품질이 양호하다.
- ⑨현재까지 개발된 공법중 시공속도가 가장 빠르다.

반면에 그 단점으로서

- ①장비가 대형이고 고가이다.
- ②시공비가 고가이다.

- ③장비의 중량이 크므로 진입로나 시공위치에서 빠지거나 기울어지지 않도록 철저한 준비가 필요하다.
- ④고가의 비트, 케이싱의 마모가 크다.

#### 5.4 적용범위

- ①대용량의 말뚝 기초
- ②자갈, 전석, 암반을 관통해야 하는 곳의 말뚝 기초
- ③기설 콘크리트 말뚝, H-형강 등 지중 매설물의 제거
- ④주열식 지하연속벽(secant pile) 암반근입과 겹이음(overlapping)을 확실하게 할 수 있다.
- ⑤수직갱 (open shaft)
- ⑥터널등의 환기구

#### 5.5 적용구경

현재 개발된 장비는  $\phi 1,000\text{mm} \sim \phi 1,500\text{mm}$ ,  $\phi 1,500 \sim \phi 2,000\text{mm}$ 의 두가지 기종이 있는데 각각 그 범위안에서는 어느 치수의 구경도 가능하나, 각 구경에 따르는 전용의 케이싱 크라운(casing crown), 케이싱 튜브(casing tube), 해머 그랩(hammer garb), 선반고정·스페이스(spacer for chuck device)등이 필요하게 된다.

그러나 이 부속품들이 모두 고가이기 때문에 사용빈도가 적은 경우에는 시공비의 상승을 초래하게 되므로 국내에서는 대략  $\phi 1,000\text{mm}$ ,  $\phi$

$1,500\text{mm}$ ,  $\phi 2,000\text{mm}$ 의 세가지의 구경으로 단 순화하여 시행하고 있으며 대부분의 경우 이 세가지로서 모두 해결이 되고 있다.

#### 5.6 국내 현황

1990년 1월에 최초로 도입하여 1990년 5월에 첫 시공을 한 이래, 시공의 완벽성, 성과품의 양호한 품질, 공기의 단축등의 장점에 힘입어 적용대상 현장이 점점 늘어가고 있는 추세이며 그 실적중  $\phi 1,500\text{mm}$ 의 경우 심도 45.8m 까지 시행한 예가 있으며 그 가운데에는 풍화암, 연암, 경암이 13.8m 포함되어 있다.

또한  $\phi 2,000\text{mm}$ 의 경우는 심도 40.0m 까지의 실적이 있으며 그 중에는 자갈, 풍화암, 연암을 27m 포함하고 있다.

#### 6. 맺음말

현재 국내에는 각종공사를 많이 시행함에 있어 여러가지의 신공법, 신장비들이 속속 도입되고 있으나 그 공법의 특성과 적용예등이 널리 알려지지 않는 경우가 많아 소수의 관련자 이외에는 모르고 지내는 일이 많기 때문에 이러한 일이 없도록 하는데에 미력이나마 보태기 위하여 본고를 작성하기로 하였다.

그러나 본 공법을 소개하는데에 있어 이해를 돕기 위하여 관련된 유사공법의 설명을 첨가하였으나 워낙 아는것이 많지 않은지라 만족스럽지 못하더라도 독자들의 많은 양해 있으시기 바란다.