

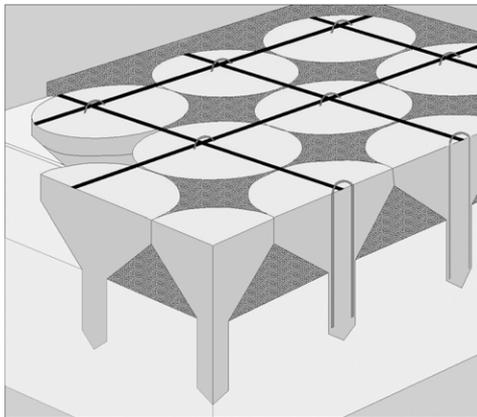
# 팽이말뚝기초의 원리와 시공

에스트건설주식회사

## 1. 공법의 개요, 구성

지지력이 충분하지 않은 지반에서는 다른 대안이 없이 지지말뚝을 설계하기가 쉽다. 그러나 설계하중이 그다지 크지 않은 경우라면 훨씬 경제적인 기초를 대안으로 검토해 보아야 할 것이다.

팽이기초공법은 지혜로운 선인들이 연약지반에서 목재로 엮은 지지대위에 옥석을 부설함으로써 하중의 분산 효과를 얻었던 옥석기초공법에서 비롯된 것인데, 옥석대신 역학적으로 더욱 특성적인 팽이말뚝을 연약지반위에 부설하여 지반을 개량보강함으로써, 안정성은 물론 시공성과 경제성에서도 뛰어난 기대효과를 얻을 수 있는 신기초 공법으로서 톱베이스(Top-base)기초라고 부르기도 한다.



팽이형 말뚝을 강결하여 만든 기초형태

그림에서와 보이는 것과 같이 팽이형 콘크리트 말뚝을 철근 연결로 강결하여 상부의 강성매트(rigid mat)를 형성하고 원주인 팽이부와 지반면의 사이에는 쇄석을 포설하여 구조적인 안정성을 확보하는 하나의 일체화된 전면기초를 얻을 수 있다. 이 공법은 하중이 그다지 크지 않은 지상구조물의 지지력이 부족하거나 침하가 예상되는 연약성 지반 상에 세울 때 대단히 활용 가치가 높다.

특히 말뚝기초를 하기에는 경제적으로 너무 과대한 설계가 되는 경우에 유리하며 협소한 공사부지에서 시공이 가능할 뿐 아니라 소요장

비가 비교적 단순하고 소음이나 진동의 발생을 염려할 필요가 없다. 또한 팽이말뚝기초 공법의 기능과 자재의 특성상 내진과 방진에도 지대한 효과가 나타나는 것이 이 공법의 또 다른 잇점이다.

톱-베이스는 다음과 같이 구성된다.

- 팽이파일: 연약지반 기초용 팽이파일은 상부직경  $\phi 500\text{mm}$ 이며, 증기양생시켜 제조된 균일한 공장PC 제품이 사용된다.
- 기초철근: 팽이파일을 일정한 위치에 설치하기 위한 가이드 겸 보강근 역할을 하는 철근격자이다. 지반면에 설치되는 기초철근은 D13을 사용한다.
- 연결철근: 팽이파일을 격자형상으로 서로 연결하여 고정시키는 철근으로서 철근사이즈는 기초철근과 동일하다.
- 채움쇄석: 팽이파일 사이의 간격은 깎자갈 등으로 채운다.
- 모래와 토목섬유: 지하수위가 높고 지질이 연약한 경우 기초철근에 앞서 포설함으로써 분리시키고 추 가적인 지지력증대 및 침하억제를 도모하기도 한다.

## 2. 공법의 메카니즘과 적용

톱-베이스 공법의 대한 현장 및 실내시험과 수치해석에 의한 해명은 1986년부터 1988년 사이에 일본 토목연구센터의 톱-베이스공법 검토위원회를 비롯하여 여러기관에서 수행하고 결과를 발표하였다.

### ▶ 측방유동의 억제

톱-베이스 공법의 가장 효과적인 메카니즘이 측방유동의 억제이다. 점토시료를 사용한 실내 모형실험을 통해 팽이기초와 쇄석기초에 각기 재하를 하고 간극수압계로 측정하여 비교를 한 결과 팽이기초는 간극수압의 발생이 극히 작았으며 따라서 dilatancy가 거의 일어나지 않았음이 확인되었다.

이러한 현상에 대하여 유한요소법으로 수치해석을 하여 조사해 보면 팽이기초는 GL -1.5m 이내의 지표면에서 침하억제 효과가 큰 것으로 확인되었다.

특히 압밀이 완료되었을 때 압밀에 의한 측방유동이 거의 없었다. 팽이파일에서는 파일과 쇄석이 일체화되어 기초 하부의 측방변형을 구속하기 때문에 일차원적인 침하에 그치게 된다. 이 특성이 다음의 즉시침하와 장기 압밀침하를 억제하고 지지력을 증대시켜 주는 요인이다.

### ▶ 즉시침하의 억제

자연함수비 137%, 액성한계 128%, 소성지수 64.9 및 일축압축 강도 0.1kgf/cm<sup>2</sup>인 유기질토 연약지반에서 평판재하시험을 한 결과 재하하중 2.0tf/m<sup>2</sup> 전후일 때 침하량은 무처리 지반에 비해 팽이 1층은 1/2, 팽이 2층은 1/4에 불과하였다. 이렇게 즉시침하가 작게 발생하는 것도 팽이기초가 측방유동을 억제하기 때문이다.

### ▶ 압밀침하의 억제

앞서와 유사한 지반에서 장기압밀 시험을 한 결과 최종 재하하중을 무처리 2.25tf/m<sup>2</sup>, 쇄석기초 2.5tf/m<sup>2</sup>, 나무말뚝과 팽이기초 2.75tf/m<sup>2</sup>로 했을 때 압밀하중을 동일한 하중으로 환산 비교해보면 무처리 지반에 비해 팽이 1층이 1/3, 팽이 2층이 1/9에 불과한 것으로 확인되었다.

2년간의 장기압밀시험을 완료한 후에 기초를 제거하고 Dutch cone관입시험으로 연직방향의 강도분포를 조사한 결과, 무처리나 쇄석기초는 기초중심 아래에서 강도 증가가 있었으나 팽이기초는 단부에서 강도증가가 클뿐 아니라 강도증가가 연직방향으로 균등화되고 있었다.

### ▶ 지지력의증가

팽이기초는 기초하중이 팽이파일 축각부를 통하여 채움쇄석을 압축 구속하므로 쇄석과 일체로 강성구조가 되고, 하중이 증가하면 기초의 강성도 증가하면서 근입의 효과가 발생한다.

채움쇄석은 하중을 분산시키고 응력분포를 등분포에 가깝도록 하여 국부파괴를 방지하고 하중의 영향을 깊게 미치지 않게한다. 현장재하 시험에서 팽이 1층은 무처리지반에 비해 극한지지력이 2배나 증가한 수치를 보여주었다.

## 3. 공법의 시공 순서

구조물의 종류와 적용토질에 따른 일본도로협회의 설계지침과 자료 이외에도 각 기관의 표준설계도면이 있어 참조할 수 있다. 국내에서도 다수의 설계시공 사례가 있다. 시공품셈은 건축공사 5-24, 토목공사 5-23의 표준품셈을 참조할 수 있다.

톱-베이스 기초의 시공은 매우 단순한 순서로 이루어진다. 동원장 비로서는 시공기면의 정지, 다짐 및 재료운반을 위한 백호우, 팽이파일의 축각부를 지반에 근입시키기 위한 압입장비 또는 전동 picker, 쇄석 채움 및 다짐작업을 위한 브레카, 소형 바이브레이터 및 콤팩터, 철근배근과 결속을 위한 용접기, 그 외에 몇가지 수공구를 들 수 있다.

시공순서는 다음과 같다.

1. 팽이기초 부설지반의 정지 확인
2. 모래or 쇄석포설 및 토목섬유 설치 (지반이 양호한 경우에는 생략가능)
3. 위치철근의 배치
4. 팽이파일 부설
5. 쇄석골재의 채움
6. 채움쇄석의 진동다짐
7. 연결철근의 결속
8. 채움쇄석의 전압다짐
9. 본 구조물의 설치

## 4. 공법의 적용

침하와 구조물에 대한 지지력 부족이 우려되는 지반에서 하중이 대단히 크지 않은 중소구조물에 팽이말뚝공법은 매우 경제적인 기초처리 방법이다. 특히 지지층의 심도가 깊은 곳은 지지말뚝의 기초비용이 크므로 팽이기초 공법이 상당히 유리한 경우이다.

### 1) 적용대상

- 지지층의 깊이가 10m 이상인 현장
- 파일시공시 향타, 소음, 진동으로 인한 민원이 예상되는 현장
- 대형장비의 투입이 불가능한 협소한 현장
- 공기단축이 필요한 현장

### 2) 적용구조물

- 하수관로(PC관, 찻집관로 등) : 시공성 및 경제성이 우수하며 부

등침하 방지에 효과적이다.

- Box 암거기초 : 지반면과 암반층까지의 거리가 깊어 강관말뚝의 비용이 과다할 때 공사비를 현저히 줄일 수 있으며 공사기간도 1/3 이상으로 단축가능하다.

- 지하주차장, 지하차도: 시공성과 경제성 및 안정성이 매우 우수하며 시공기간을 말뚝기초에 비해 1/3 이상 단축 가능하다.

- 건물 및 공장기초 : N치 2~3의 연약 지반뿐만 아니라 주위여건이 좋지 않은 협소한 곳 등에서 시공이 가능하며, 소음과 지반교란 방지에 적합하고 지진 및 방진에 상당한 효과가 있다.

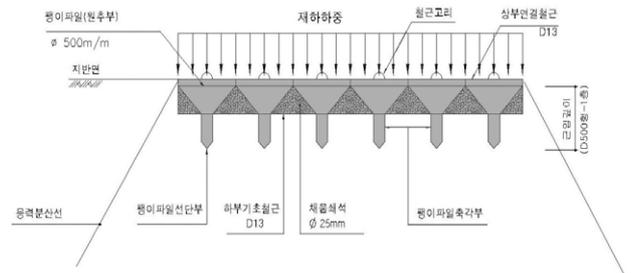
- 옹벽기초: 옹벽 뒷채움 성토부는 침하의 가능성이 높은 곳이므로 효과적이다.

- 도로성토 기초: 진동에 대한 흡진효과도 기대할 수 있으며 보조기초의 일부 또는 노상의 기초로 효과적이다. 또한 교차부나 접속부에 설치하여 부등침하를 방지할 수 있다.

- 기타 구조물 기초



팽이말뚝 상세도



팽이말뚝 (TOP-BASE) 기초공법의 시공단면도

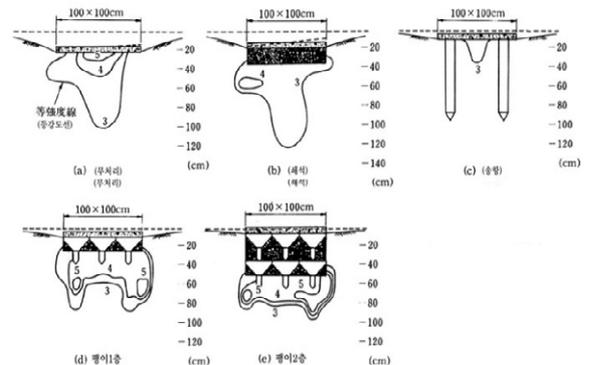
## 5. 맺음말

팽이말뚝 기초공법은 일본에서 이미 설계기준 등이 확립되어 있고 우리나라에서도 공법이 도입된 1991년 이후에 1,000여건 이상의 시공실적을 담고 있다.

새로운 공업용지와 주거지가 간척매립지, 성토지 등에 조성되는 예가 늘어나고 있어 이 공법의 활용이 앞으로 크게 기대된다.

현재 일본보다 널리 일반화되지 않았지만 앞서 언급했듯이 기초지반의 지질이 균질하다고 기대할 수 없고 장기압밀 침하가 진행될 때 주변지반의 변형이 우려되므로 침하를 억제하고 부등침하 방지에 효과적인 팽이말뚝기초를 시공함에 따라 기초지반의 구조적인 안정성을 확보하고, 시공성 및 경제성등을 만족시켜 소기의 구조물을 축조할 수 있다.

또한 기초시공시 인접주변의 침하유발 및 소음, 진동 등에 의한 민원문제가 발생할 수 있으므로, 이에 대해 시공성 측면(협소한 시공장소, 대형장비의 시설, 진동·소음 및 공해등에 영향을 최소화함)에서 유리하며, 품질관리가 용이하여 내구성이 영구적일뿐만 아니라 팽이말뚝기초 공법의 기능과 자재의 특성상 내진과 방진에도 지대한 효과를 나타내는 장점을 갖고 있는 신기술공법인 만큼 더 연구되고 이용되길 기대한다.



장기침하후의 강도분포