

# 펄스파워, 강성체 철근망 및 고강도 Mortar을 이용한 저소음 저진동의 PDT 소구경 현장타설 말뚝공법

## 1. 신기술의 내용

기초말뚝은 시공법에 따라 타입말뚝공법, 매입말뚝공법 및 현장타설말뚝공법으로 분류된다. 타입말뚝공법은 해머에 의한 항타로 시공되기 때문에 상대적으로 큰 소음과 지반진동이 발생하게 된다. 국내에서는 도심지를 중심으로 비교적 저소음·저진동 공법인 매입말뚝공법이 널리 적용되기 시작하였고 현재는 거의 대부분의 공사에서 매입말뚝공법이 이용되고 있는 추세이다.

그러나 매입말뚝공법은 지반을 선 굴착함에 따라 지중응력 이완, 선단부의 슬라임 처리 불량, 경타관리 소홀 및 천공벽과 말뚝사이의 공간을 시멘트밀크로 충분히 충전시키지 않아 선단지지력과 마찰지지력이 감소되어 항타말뚝에 비해 작은 설계지지력을 채택하고 있는 실정이다. 또한 경타에 따른 소음과 지반진동 발생은 불가피하여 민원의 대상이 되기도 한다.

따라서 기존 매입말뚝시공법의 단점인 말뚝의 지지력 저감과 경타에 따른 소음과 지반진동 발생을 보완하면서 충분한 지지력을 확보하여 경제성을 확보할 수 있는 새로운 말뚝공법의 개발이 필요하게 되었다.

## 가. 신기술의 특징 및 범위

### 1) 신기술의 특징

- 가) 고강도(400kgf/cm<sup>2</sup> 이상), 고내구성 및 전도성 물질이 첨가된 자기응력 몰탈과 고강도 철근을 사용하기 때문에 작은 직경으로도 큰 내력 확보가 가능하다.
- 나) 공벽과 선단부 지반을 다짐하고 확공시킴으로써 말뚝의 큰 지지력(연직, 인발 및 수평) 확보가 가능한 말뚝공법이다.
- 다) 말뚝의 선단면적과 주면적이 증가되어 느슨하거나 연약한 지반에서도 말뚝길이를 감소시킬 수 있으므로 공사비나 공기면에서 매우 경제적이다.
- 라) 저소음, 저진동 공법이므로 도심지에서도 민원발생 없이 적용 가능하다.
- 마) 작은 장비로 시공 가능하므로 지하층과 같은 협소한 공간이나 소규모 현장에서도 적용 가능하다.



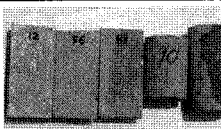

### 2) 신기술의 범위

신기술의 범위는 표 1과 같다.

### 3) 적용 범위

- 가) 기초말뚝: 아파트, 병원 등 건축물, 교량, 공장,

표 1. 신기술의 범위

|                       |  |   |
|-----------------------|--|---|
| <p><b>확공 및 다짐</b></p> | <p>펄스 파워 기술을 이용하여 천공시 교란된 공벽과 선단부를 다짐 및 확공<br/>→ 말뚝지지력 향상</p>            |  |
| <p><b>강성체 철근망</b></p> | <p>로케이팅축을 사용함으로써 철근의 간격을 일정하게 유지시키고 변형이 없는 강성이 큰 철근망 제작 강성체 → 철근망 제작</p> |  |
| <p><b>고강도 몰탈</b></p>  | <p>고강도 몰탈을 사용하여 큰 강성 및 강도를 가진 말뚝 본체 제작 → 큰 내력 확보 가능</p>                  |  |
| <p><b>저소음·저진동</b></p> | <p>경타용 해머를 사용하지 않고 말뚝 시공 → 민원 발생 억제</p>                                  |  |

크레인 타워, 펜스, 격납고, 지하구조물 하중 지지

- 나) 앵카 : 가설용(휴막이가시설), 영구용(부력저항, 암반사면, 흙사면 및 옹벽 보강), 반력용(말뚝 재하시험시 인발저항)
- 다) 지반보강 : 건축물 기초보강, 교량, 지하박스 등 구조물 보강, 언더피닝, (고속도로와 활주로 보강, 철도노반 보강)
- 라) 주열식말뚝 : CIP 휴막이가시설공법 대응
- 마) 지하구조물 공사 : 지하차도, 지하상가, 지하주차장

**나. 신기술의 원리 및 시공방법**

**(1) 원리**

PDT(Pulse Discharge Technology)공법은 플라즈마 생성시 에너지 전환에 의해 발생하는 펄스파워

를 이용하여 천공벽을 충격파로 여러 번 확장(공동, 구근 생성)시켜 기초 말뚝을 현장에서 조성하는 공법이다. 지반을 직경 200 ~ 500mm 정도로 천공한 후 고강도 몰탈로 천공홀을 충전하고 철근망을 삽입한 다음 펄스 방전으로 공벽 주변과 선단부 지반을 압밀 및 확공시켜 다수의 구근을 만들어내는 소구경 현장타설 콘크리트 말뚝 조성 공법이다.

**(2) 시공방법**

- 가) 천공 : 수직도가 1/75 이상의 되도록 유지하고, 천공직경은 Ø 200~Ø 340mm(최대 Ø 500mm)으로 굴착한다.
- 나) 배토 : 천공이 완료되면 천공 하부의 슬라임을 충분히 제거한다.
- 다) 몰탈 주입 및 Auger 인발 : 전용 몰탈을 굴착공 저면으로부터 주입하면서 Auger를 인발하고, 몰탈이 하강된 경우 무압으로 몰탈을 재충전한다.

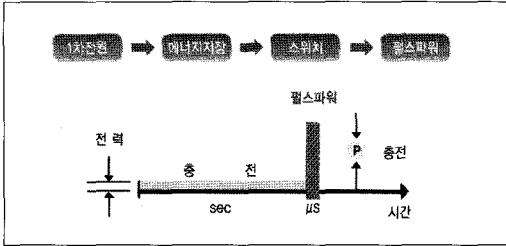
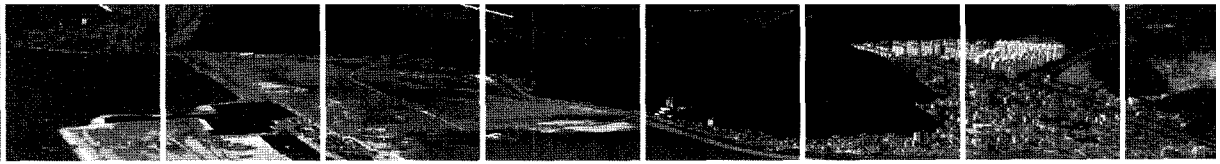


그림 1. 펄스파워 발생시스템의 구성

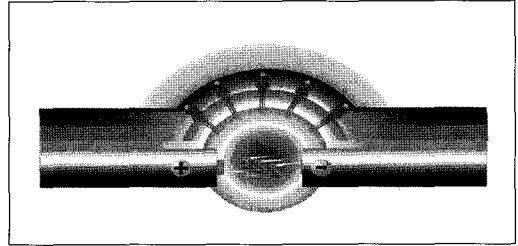


그림 2. 충격파의 유체역학적 작용

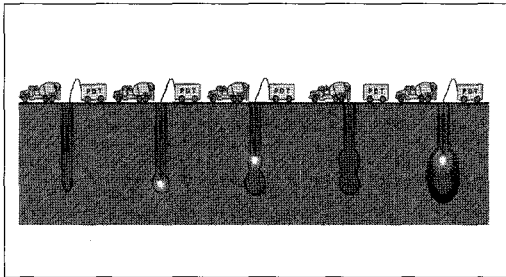


그림 3. 임펄스방전에 의한 구근형성 및 지반압밀

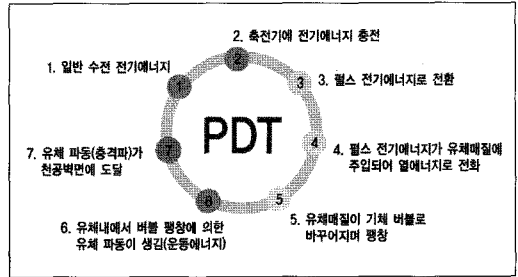


그림 4. PDT공법의 역학적 순서

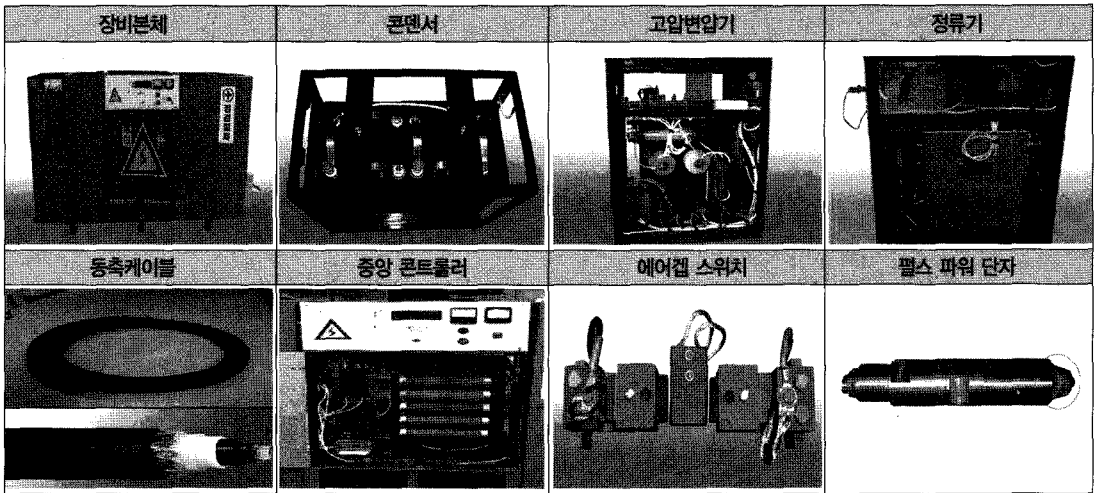


그림 5. 펄스 파워 발생장치

라) 철근망 삽입: 철근망 삽입시 천공홀 중앙에 위치하도록 한다.

마) Casing 인발: Auger로 철근망을 누른 상태에서 Casing을 인발하며 몰탈을 추가로 주입한다.

바) 펄스 파워 방전: 간격은 6~10초로 천공홀 선단에서부터 말뚝시공 기준면(말뚝두부) 1.5m 아래까지 충격을 가한다. 펄스 충격에 따라 몰탈이 하강되면 몰탈을 재주입 한다.

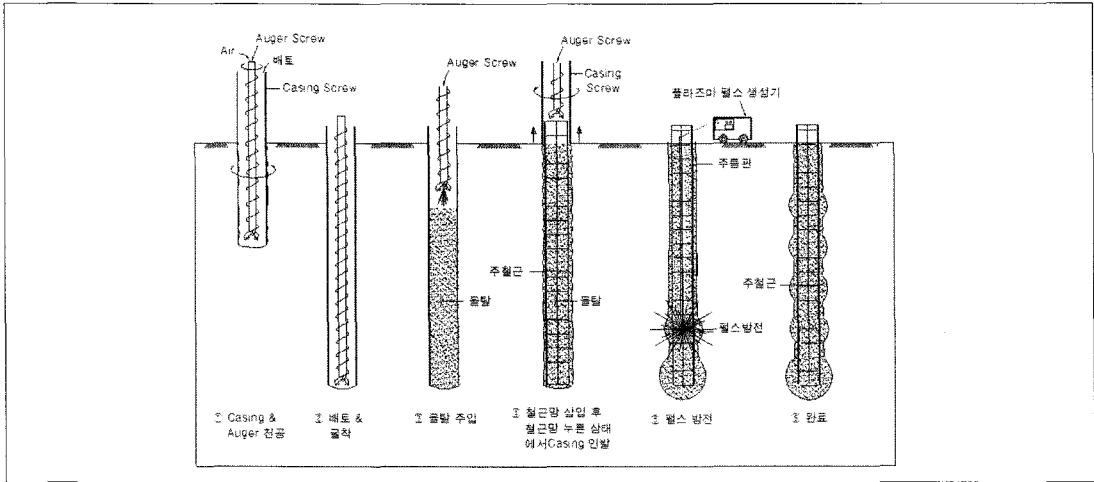


그림 6. PDT시공 순서도

사) 두부정리 : Pile Cap내 PDT말뚝의 근입깊이 (10cm)를 고려하여 말뚝체를 말뚝 시공 기준 면까지 올려서 시공한다.

아) 시공완료 : 말뚝시공위치 및 말뚝시공 높이를 확인한다.

경사지에서도 적용성이 높다.

## 2) 안전성

가) 펄스 충격파의 영향범위는 중심으로부터 반경 1.2m이하이며 그 압력은 폭발지점에서 107MPa, 반경 0.20m에서는 100MPa, 1.0m 반경에서는 약 3.56MPa, 반경 1.2미터에선 1.32MPa로 그 깊이 급격히 떨어진다. 따라서 이 거리 외의 건물 및 지반에는 펄스파의 영향력이 전혀 없다.

나) 더군다나 순간( $10^{-4} \sim 10^{-5}$ 초)에 펄스파가 발생되므로 지반진동 계측하는 것이 불가능할 정도이다.

다) 전기에너지에 의한 감전사고가 발생되지 않는다.

## 2. 국내 · 외 활용현황 및 전망

### 가. 현장적용성

#### 1) 시공성

천공, 철근망 조립, 펄스방전, 두부정리 및 보강이 상호 간섭 없이 진행되어 공사기간이 단축된다. 특히 펄스방전은 펄스의 크기와 충전시간을 자동으로 제어하기 때문에 작업자 운용이 용이하다.

또한 본 공법은 기존 말뚝시공 장비보다 더 작은 규모의 장비를 사용하므로 도심지의 주택단지나 건물의 지하실 등 협소한 장소나 공간, 소규모 현장 및

#### 3) 경제성

가) 경제적 말뚝길이 설계

본 신기술은 천공과정에서 지반 교란이나 지중음

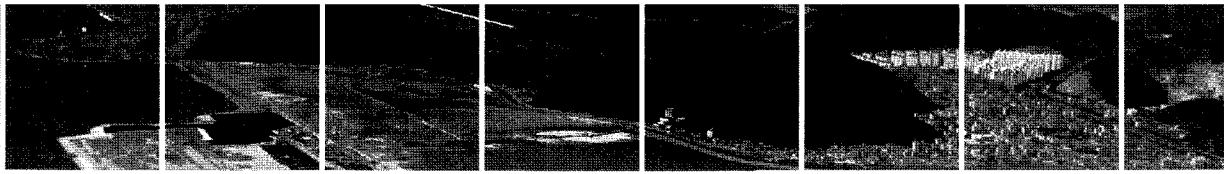


표 1. 신기술 공법과 기존 공법의 경제성 비교(예/광명 OO Deck 기초)

| 개요         | 공법 | PDT 말뚝공법  | 매입말뚝공법  | Micro Pile 공법  |
|------------|----|---|---|--|
| 공법 개요      |    | 천공후 몰탈과 철근망을 넣고 전기펄스로 천공벽 주변과 선단 지반을 압밀 및 확공시켜 구근을 만드는 말뚝 시공법 | 오거 또는 케이싱을 병용하여 지반을 천공한 후 시멘트밀크를 주입하고 기성 말뚝을 삽입하는 시공법 | 소구경 천공장비로 소구경(직경 250mm이하) 천공 하고나서 철근 또는 강봉을 삽입한 후 시멘트밀크를 주입하여 시공 |
| 주요 재료      |    | 고강도 몰탈 + 철근망  | PHC 말뚝 + 시멘트밀크  | 강봉 또는 철근 + 시멘트밀크   |
| 말뚝길이(m)    |    | 16  | 27  | 32   |
| 본수         |    | 60  | 60  | 100(수량증가)  |
| 총길이(m)     |    | 960   | 1,620   | 3,200  |
| 천공방법       |    | 올케이싱공법  | 올케이싱공법  | 케이싱매립  |
| 1m당 공사비(원) |    | 134,560   | 120,960   | 135,790  |
| 총공사비(원)    |    | 129,177,600   | 195,955,200   | 437,728,000  |
| 공사비증감      |    | 34% 감소  | 기준  | 123% 증가  |
| 지지력(t)     |    | 89(48% 증가)*   | 60  | 50   |

\* 말뚝재하시험으로 확인된 값임

력 이완이 발생하더라도 펄스 파워의 높은 압력에 의해 지반을 다짐하는 효과가 있어 비배토 말뚝공법 또는 그 이상의 주변마찰력을 기대할 수 있다. 또한 천공홀 내에 남아있는 슬라임도 펄스 파워로 완벽하게 압밀시키는 것은 물론이고 확공시킬 수 있어서 큰 선단지지력을 얻을 수 있다. 따라서 말뚝의 길이를 크게 줄여 경제적으로 시공할 수 있는 장점이 있다.

### 3. 기술적, 경제적 파급효과

#### 가. 기술적 파급효과

- 1) 펄스 방전 기술을 이용하여 천공시 이완된 공벽과 천공홀 바다의 슬라임을 다짐하고 천공홀 주변과 선단부를 확공시켜 큰 마찰지지력과 선단 지지력을 동시에 확보할 수 있기 때문에 지반앵카, 지반보강 및 지하구조물공사 분야에 응용될

수 있다.

- 2) 철근 간격을 일정하게 유지시키고 변형과 상대 이동을 방지시켜주는 위치고정부재를 사용하여 철근망이 큰 휨강성을 유지할 수 있으므로 장차 국내의 현장타설말뚝용 철근망 제작시 적용 가능하다.
- 3) 재료분리저항성, 고유동성 및 전기전도성이 매우 양호한 특수 몰탈을 사용하여 말뚝의 구조적 인 안정성과 시공성을 확보하고, 말뚝의 큰 내력 확보가 가능하므로 기존의 매입말뚝공법에 사용하는 시멘트밀크의 문제점을 개선할 수 있다.

#### 나. 경제적 파급효과

- 1) 본 신기술은 말뚝의 길이를 감소시킬 수 있기 때문에 매입말뚝공법이나 Micro Pile 공법에 비해 경제적이다.
- 2) 따라서 향후 본 공법이 정착단계가 되면 국내의

펠스파워, 강성체 철근망 및 고강도 Mortar을 이용한 저소음 저진동의 PDT 소구경 현장타설 말뚝공법

말뚝기초공사 규모와 자원이 부족한 실정을 감안할 때 국가 경제발전에 크게 기여할 수 있을 것으로 예상된다.

• 주식회사 세원리타 박재명 상무

Tel : 02-3142-8181, Fax : 02-3142-8980

• 주식회사 대우건설 기술연구소 김태훈 박사

Tel : 031-250-1185, Fax : 031-250-1131

#### ■ 연락처

• 지에스이앤씨 주식회사 류경렬 팀장

Tel : 02-525-3933, Fax : 02-525-3132

(www.gsenc.co.kr)

본 신기술의 내용은 학회의 의견과 무관합니다.

## 한국토목섬유학회 2007년도 정기총회 및 봄 학술발표회 안내

한국토목섬유학회에서는 오는 4월 27일에 “2007년도 정기총회 및 봄 학술발표회”를 개최하고자 합니다. 급변 학술대회에서는 토목섬유 전 분야에 걸친 일반학술논문세션을 비롯하여 주요 활용분야에 대한 전문세션이 진행될 예정입니다. 토목섬유관련 학계 및 업계에 계신 많은 분들의 많은 참여를 바라며, 토목섬유와 관련한 재료/해석/설계/시공기술 및 현장적용사례 등에 관한 논문을 모집합니다.

■ 일 정 : 2007년 4월 27일, 정기총회 및 학술발표회

■ 장 소 : 교총회관(서울 우면동)

#### ■ 학술대회운영

(1) 전문 세션 : 전문가 주제발표 및 토론

- 보강토 구조물 시공분야 : 조삼덕 박사(한국건설기술연구원)

- 내진설계 분야 : 유충식 교수(성균관대학교)

- 지반환경 분야 : 장연수 교수(동국대학교)

- 연약지반 개량 분야 : 신은철 교수(인천대학교)

(2) 일반세션 : 분야별 학술논문 발표 및 토론

#### ■ 논문원고접수

- 초록접수 : 2007년 3월 16일

- 논문원고 : 2007년 4월 6일

#### ■ 문의 및 접수처

최향석 교수(고려대학교), 학회사무국

(Tel: 02-3290-3326, Fax: 02-928-7656, H.P.: 010-4660-9943, e-mail: hchoi2@korea.ac.kr)