

Journal of

| 권두언 시설물 유지관리 전문인력을 양성해야 | 특별기사 건설기술관리법 및 기술사법 개정
| 기술기사 매입말뚝의 선단지지력을 향상시키는 스마트파일의 지지력 특성 · 청진 17지구 도
시환경 정비사업 신축 구조물 공사에 따른 지하철 안정성 검토 사례 | CPD교육 및 기술교육
토목공사에서의 지질진단 | 건설판례 계약교섭의 부당한 중도파기가 불법행위를 구성하는지
여부 및 이로 인한 손해배상의 범위

Geotechnical

Professional

Engineers

2014 Summer Vol.11, No.2

지반과 기술

Journal of Geotechnical Professional Engineers



사단
법인 한국토질및기초기술사회
KOREA ASSOCIATION OF GEOTECHNICAL
PROFESSIONAL ENGINEERS

압입강관말뚝(PPP)공법 (Pressure Penetrating Pipe Pile : PPP)

(특허 : 10-0792130, 10-0894005, 출원 : 10-2014-0025791)

1. 공법 개요

센구조연구소가 개발한 압입강관말뚝(PPP)공법은 수직증축 및 상부하중 증가로 인하여 기존 기초의 지지력 보강이 필요한 경우에 그림 1, 2와 같은 말뚝 압입장비(조립식)를 이용하여 기초를 보강하는 공법이다.

PPP공법은 유압잭의 압입하중에 의해 지반의 지지력을 확인할 수 있는 무소음 및 무진동 공법으로 넓이 0.6m(B)×0.6m(L) 및 높이 2.0m(H)이내인 협소한 공간에서도 시공이 가능하고, 슬라임(토사)을 배출하지 않아 시공현장을 청결하게 유지할 수 있으며, 또한 모든 말뚝에 대하여 유압잭의 압입하중을 이용하여 압입시공하므로 시공중 지지력 확인이 가능하며, 불확실한 지층 조건

에서 최적 말뚝길이 조절이 가능하므로 경쟁공법 대비 시공성, 친환경성 및 경제성 측면에서 유리하다.

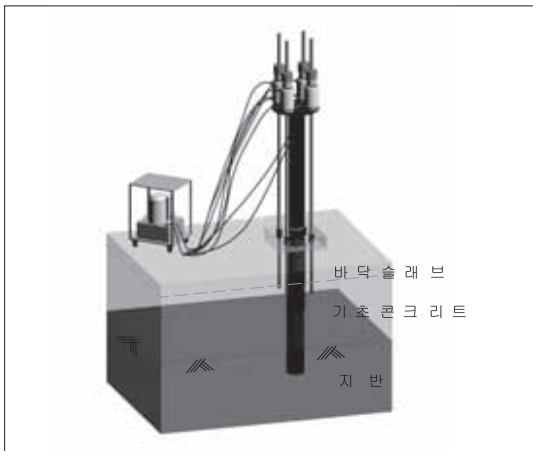
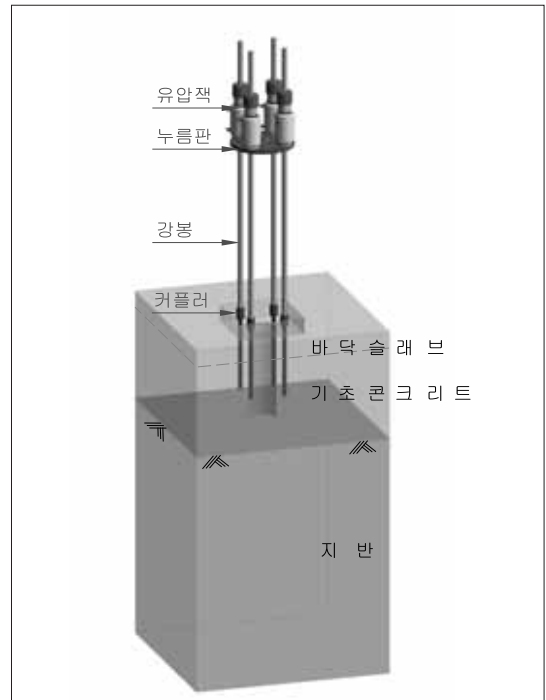


그림 1. 말뚝 압입장치 개요도



(a) 유압잭

(b) 누름판

(c) 강봉 및 커플러

그림 2. 장비상세도

2. 시공순서

PPP공법의 시공순서는 그림 3과 같다.

3. 공법 특성

3.1 제한된 공간에서도 장비진입 및 시공가능

지하공간에서 기초 보강공사를 수행하기 위하여 사용

되는 크롤러드릴은 장비진입로가 없거나 공간이 협소한 경우, 건물 내부로의 진입 또는 작업이 불가능하므로 공법의 적용이 불가능한 경우가 많다.

그러나, 본 공법은 그림 2에서 보는바와 같이 조립식 장비로 인력에 의한 조립 및 해체와 운반이 가능하므로, 그림 4와 같이 제한된 공간에서의 장비 진입 및 말뚝 시공이 가능하다.

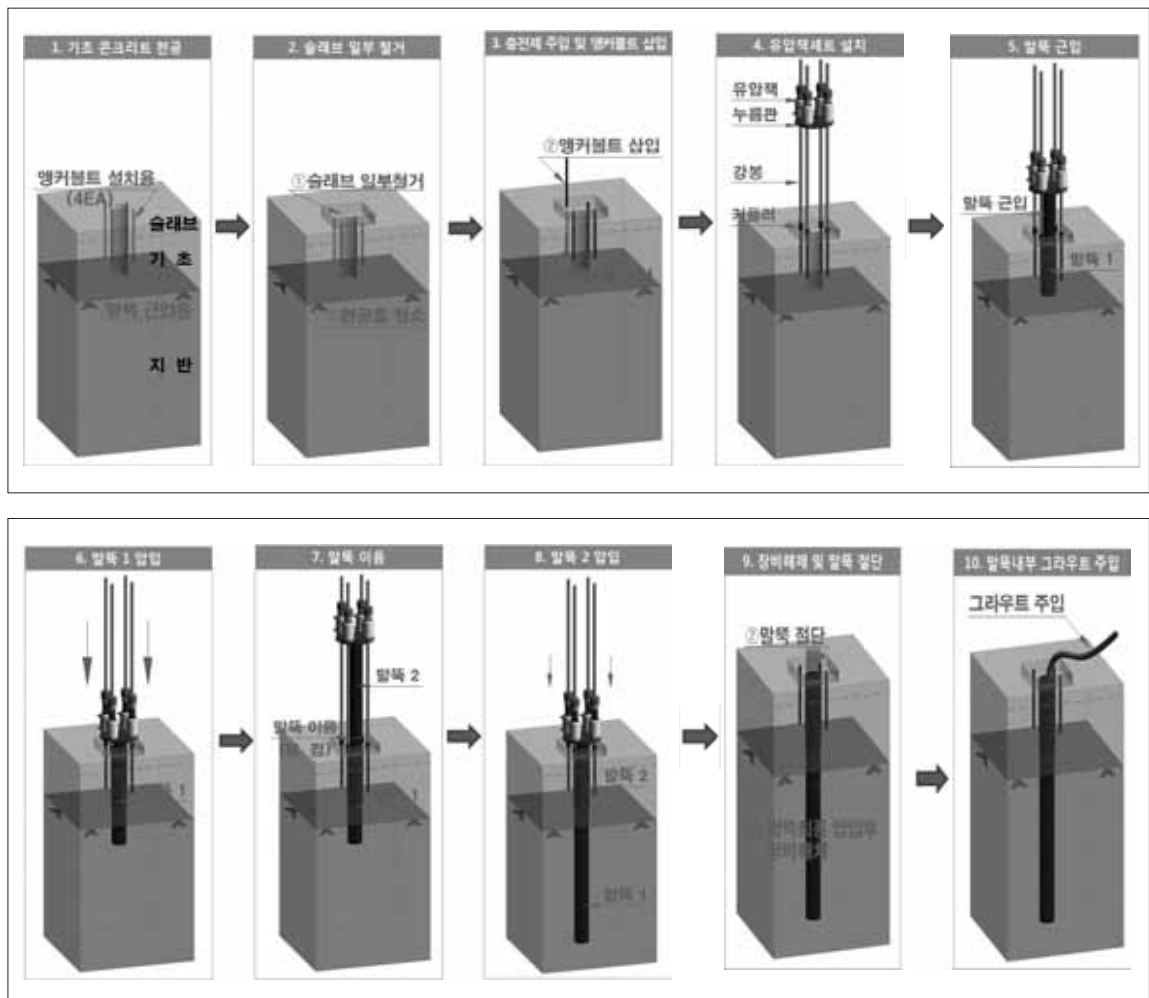


그림 3. 압입강관말뚝(PPP)공법의 시공순서도



그림 4. 제한된 공간에서의 시공사례

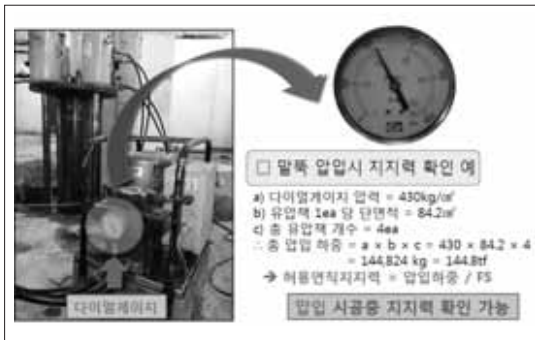


그림 5. 시공중 연직지지력 확인 예

3.2 시공중 연직지지력 확인 가능

본 공법은 말뚝 압입시 유압펌프에 부착된 다이얼게이지로 그림 5와 유압잭에 가해지는 유압 측정에 의한 압입 하중 확인이 가능하므로 시공 과정에서 항상 말뚝 연직 지지력을 확인할 수 있다.

3.3 최적 말뚝길이 조절로 경제성 확보

일반적으로 지반은 지층구성 및 지반특성이 불규칙하므로 지반조사를 수행하여도 확실한 지지층 깊이를 확인하기는 현실적으로 불가능하다.

따라서, 이와같은 지반의 불확실성에 대비하여, 과도하게 안전측이며 비경제적인 설계 및 시공이 이루어지고 있는 경향이 있다.

그러나, PPP공법을 이용하여 기초 보강공사를 수행한다면 위에서 설명한 바와 같이 모든 말뚝에 대하여 시공중 연직지지력 확인이 가능하므로 상부하중에 대하여 필요한 말뚝의 최적길이를 조절할 수 있어 경제적인 시공이 가능하다.

3.4 허용연직지지력의 증가

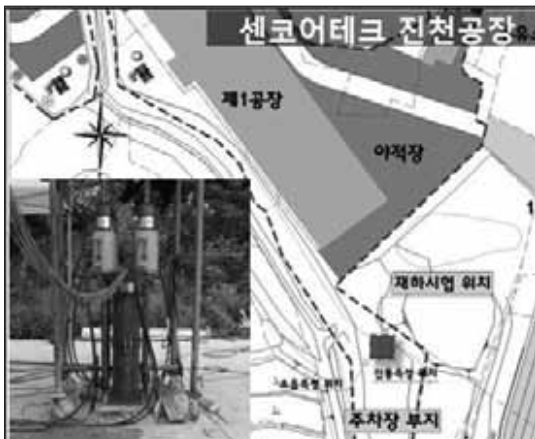
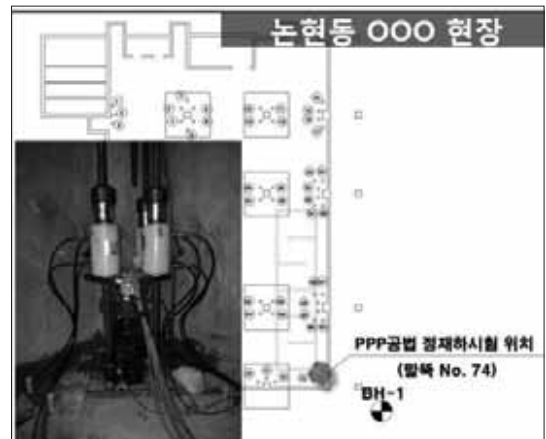


그림 6. 연직재하시험(하중전이 포함) 전경



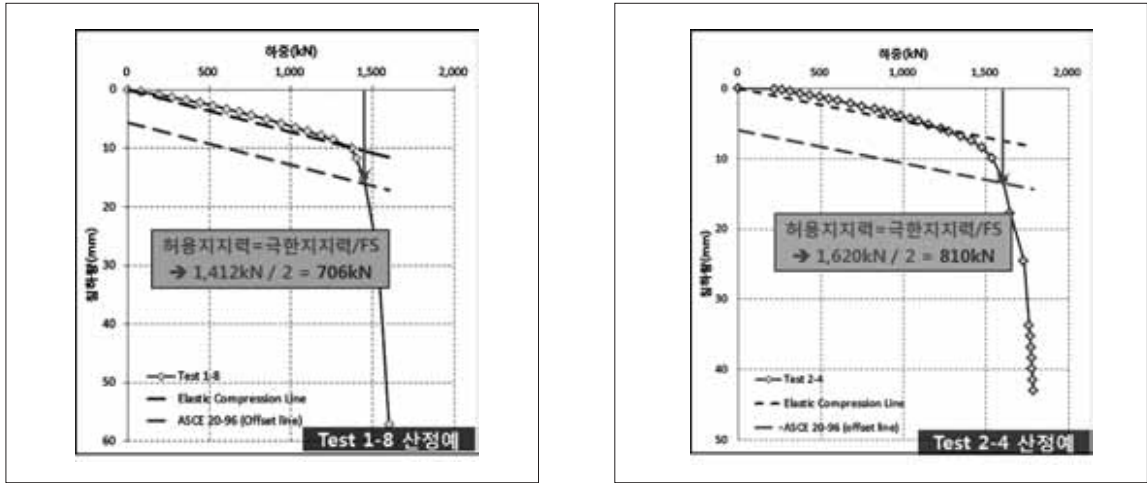


그림 7. 재하시험결과

표 1. 재하시험결과와 국내설계기준에 의한 연직지지력 비교

시험번호	재하시험 결과 (kN, @)	국내설계기준 (kN)		지지력비율 (%)	
		구조물 기초 설계기준(㉔)	도로교 설계기준(㉕)	(㉔/㉔)	(㉔/㉕)
Test 1-4	461	265	318	174%	145%
Test 1-5	579	288	340	201%	170%
Test 1-6	588	311	361	189%	163%
Test 1-7	647	333	383	194%	169%
Test 1-8	706	356	404	198%	175%
Test 2-3	555	246	303	226%	183%
Test 2-4	810	262	319	309%	254%

센구조연구소와 서울대학교 산학협력단이 공동으로 연직재하시험(하중전이시험 포함, 시험횟수=12회)을 수행하였으며(그림 6, 7), 그 결과 PPP말뚝의 허용지지력은 국내설계기준(구조물 기초 설계기준 및 도로교 설계기준)에 따라 산정한 지지력 대비 최대 309%의 지지력을 발휘하는 것으로 확인되었다(표 1). 이와 같은 결과는 비배토로 시공되는 압입말뚝의 특성상 ① 지반교란의 최소화, ② 압입 시공에 의한 주변지반 구속압력의 증가로 인

하여 타입식 말뚝의 지지력공식에 의하여 계산된 허용지지력보다 크게 산정되는 것으로 판단된다.

위의 재하시험 결과를 바탕으로 PPP공법의 연직지지력 산정식을 다음 그림 8과 같이 제안하였다.

3.5 무소음 및 무진동 공법으로 시공중 민원방지

기초 보강공사를 수행하기 위해서 크롤러드릴(천공기), 에어컴프레서, 굴착기 등의 장비를 사용할 경우 시

주면마찰력 제안식

$$Q_s = n \times N_{60} \times A_s$$

여기서, Q_s = 말뚝의 주면마찰력 (kN)

$$n = 2$$

A_s = 지반에 묻힌 말뚝의 겉면적 (m²)

N_{60} = 말뚝 주면부 평균 N

$$n \times N_{60} \leq 2 \times 100 = 200 \text{ kPa}$$

선단지지력 제안식

- 말뚝 선단 N값이 $N=50/30 \sim N<50/15$ 인 경우

$$Q_u = m \times N_{60} \times A_p$$

여기서, Q_u = 말뚝의 선단지지력 (kN)

$$m = 30(L/D) \leq 300$$

A_p = 말뚝 선단면적 (m²)

N_{60} = 말뚝 선단부 평균 N

$$m \times N_{60} \leq 300 \times 100 = 30,000 \text{ kPa}$$

- 말뚝 선단 N값이 $N \geq 50/15$ 인 경우

$$P_u = 150 \times qu^{1/2} \times A$$

여기서, P_u = 말뚝의 선단지지력 (tf)

qu = 일반의 일축압축강도 (tf/m²)

A = 말뚝 선단면적 (m²)

그림 8.

공중 많은 소음 및 진동이 발생하고 있다.

이는 현장에서 인근 주민들의 민원에 의한 공사중지, 소음방지벽 설치 등의 요구로 이어져 공사기간 및 공사비용의 증가요인이 되고 있다.

그러나, PPP공법은 유압재과 유압펌프만을 이용하여 압입시공하므로 소음 및 진동에 의한 민원 발생우려가 원천 차단되므로 공사중단 없이 순조롭게 공사를 진행할 수 있다.

센구조연구소와 서울대학교 산학협력단이 공동으로 PPP공법에 대한 소음 및 진동을 측정하였으며, 그 결과 소음 및 진동 모두 규제기준 65dB(A,V)이하로 분석되어 PPP는 무소음 및 무진동 공법으로 확인되었다.

3.6 청결한 작업환경 유지 가능

대부분의 기초 보강공사 공법은 압축공기방식에 의해 지반을 미리 천공한 후 천공 홀 내부에 저압 및 고압 그라우팅에 의한 말뚝을 형성하거나, 강봉 또는 다발철근 등을 삽입 후 중력 또는 가압식 그라우팅에 의해 파일을

형성하는 것인데 천공시 장비에 의해 매연이 발생하고, 슬라임(토사)로 인해 비산먼지가 심하게 발생하며 또한, 지하수위가 높은 지반에서 천공을 할 경우 천공홀을 통하여 토사와 지하수에 의한 흙탕물이 분출되는 문제가 있다.

그러나, 본 공법은 압축공기방식이 아닌 말뚝을 압입하는 비배토 공법으로 슬라임 배출이 없으므로 공사현장이 청결하다.

3.7 재하시험 용이

PPP공법은 시공중 연직지지력 확인이 언제라도 가능하며 발주처의 요구 등에 따라 재하시험이 필요할 경우에는 시공시 사용하는 압입장치에 의하여 항상 재하시험이 가능하므로, 별도의 하중재하 장비가 필요없고 공사중단 없이 재하시험을 용이하게 수행할 수 있다.

4. 시공실적 및 시공예정 현장

PPP공법은 2012년 말부터 본격적으로 시공 및 설계에

적용하였으며, 그 결과 4개 현장에 대하여 시공이 완료되었고, 10여개 현장에 대하여 설계 적용 및 공법이 제안된 상태이다.

시공실적은 그림 9와 같이 현재 사용중에 있는 건물의 증축 현장 2개소, 리모델링 공사현장 2개소로서 소음 및 진동에 의한 민원발생이 우려되는 현장과 천공장비(크롤러드릴)의 장비 진입이 불가능한 현장에 적용되었다.

또한, 공법이 제안되어 시공예정인 현장은 ① 사용중에 있는 건물의 증축 공사현장 (OO초등학교 교실 증축공사 등)과 같이 민원발생 예상 현장과 ② 층고 높이가 제한에 의한 천공장비의 진입이 불가능한 현장 (OO시장 증축공사, 농협중앙회 OO 증축공사, 중국 000 보강공사 및 명동 OO 리모델링공사 등) 및 ③ 상부 지층이 느슨하여

공벽붕괴가 예상되는 현장 (OO전자 증축공사 등)이 있다.

5. 현장적용성

지금까지 PPP공법에 대한 개요, 특징 및 리모델링 현장 시공실적 등에 대하여 개략적으로 살펴본 바와 같이 PPP공법은 기존의 공법과 비교하여, ① 협소한 공간에서의 시공성 확보, ② 시공중 연직지지력 확인, ③ 불확실한 지층 조건에서 최적 말뚝길이 조절로 경제성 확보, ④ 무소음 및 무진동 시공에 의한 민원발생 원천차단, ⑤ 청결한 작업환경 유지가 가능하므로 다음과 같은 기초보강 현장에 매우 유리한 조건으로 설계를 적용할 수 있다.



시공실적 ①



시공실적 ②



시공실적 ③



시공실적 ④

그림 9. 시공실적

- 1) 천공장비의 진입이 불가능한 현장
- 2) 지하층 높이제한 또는 작업공간이 협소하여 천공장비에 의한 작업이 불가능한 현장
- 3) 도심지 공사에서 소음 및 진동으로 인하여 민원발생이 우려되는 현장
- 4) 청결한 근로환경이 요구되는 현장
- 5) 상부 지층이 느슨하여 공벽붕괴가 예상되는 현장
특히, 최근 이슈화 되고 있는 아파트 또는 건축물의 수직증축 및 리모델링 공사의 기초보강과 지하철 역사 등

지하구조물의 증축공사(상향 및 하향 모두 가능)에 적합한 공법으로 설계 적용 및 시공사례가 증가할 것으로 기대하고 있다.

연락처

- (주)센구조연구소 (www.senkuzo.com)
오광원 차장 02-2629-3196, 010-9787-4179
kwoh@senkuzo.com

본 기술의 내용은 (사)한국토질및기초기술사회 의견과 무관합니다.