

심초기초공법(Caisson Type Pile Method)의 적용 및 평가



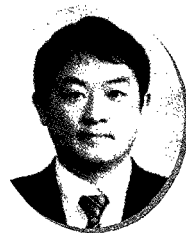
민병찬
신세계건설(주) 기술팀 과장



김성우
삼보E&C(주) 기술담당 이사



임대성
삼보E&C(주) 설계계측팀 차장
(dslim@samboenc.co.kr)



김태현
삼보E&C(주) 설계계측팀 대리

1. 개요

대부분의 국내 대구경 현장타설말뚝은 충분한 작업공간과 주변 지장물에 간섭을 받지 않고 장비의 시공성이 원활한 공간에 적용되었으며 이러한 현장타설말뚝의 대표 공법으로는 R.C.D, P.R.D, Barrette Pile공법 등이 대표적이다.

그러나, 시공공간의 제약에 따라 협소한 장소나 경사진 현장 및 구조물 간섭 등의 영향을 받게 되면서 작업공간의 제약에 대하여 기존의 대구경 현장타설말뚝공법을 적용하기에는 한계에 이르게 되었다. 따라서, 기존의 현장타설말뚝공법으로 시공하기 어려운 현장에 재래식 공법을 개량한 심초공법을 적용하게 되었으며 다음 표 1에 기존의 대구경 현장타설 말뚝기초공법과 심초기초공법에 대한 시공방법 및 특징에 대하여 정리하였다.

개량된 심초공법을 적용한 현장은 기존의 철도 운행으로 철길이 사용되고 있으며 지상으로 전철 전기선 및 승

차대기공간등의 기존 구조물이 공간을 규제하고 있는 상황에서 대구경 현장타설말뚝(D=3,000mm)을 실시해야 하는 상황으로 장비의 사용이 어려우며 기존공법으로 시공이 불가능하여 대체 공법을 개발하게 되었다.

일반적으로, 심초공법(深礎工法)이란 지반으로부터 수직방향으로 연직갱을 형성하도록 굴착하고 굴착된 연직갱으로 콘크리트를 타설하여 콘크리트 기초를 인력으로 굴착 시공하는 현장 타설 말뚝공법이다.

그러나, 종래의 심초공법은 콘크리트기초 시공을 위해 대형의 굴착장비가 사용됨에 따라 장비 진입이 어려워 기초를 시공하기 위한 작업이 불가능한 문제점이 있었다.

이와 같은 단점을 보완하여 새로 개발된 심초공법을 적용할 경우 장비의 진입이 어려운 협소한 장소 및 좁은 공간, 경사진 곳에서 소음 및 진동을 최소화하면서 시공할 수 있을 것이다. 이러한 심초공법은 한정적으로 특수한곳에 적용되지만 도시화에 따른 제한된 공간과 소음진동의 영향에 민감한 현장에 적용될 것으로 판단된다.

심초기초공법(Caisson Type Pile Method)의 적용 및 평가

표 1. 대규모 현장타설말뚝 공법 비교표

구분	Earth Drill	R.C.D	심초기초
개요도			
시공방법	<ul style="list-style-type: none"> • 상부에 Casing을 설치하고 Rotary Rig에 의한 Kelly Bar에 Auger or Bucket을 장착하여 굴착 	<ul style="list-style-type: none"> • 상부에 Stand Pipe를 설치하고 RCD 장비에 의한 역순환방식으로 굴착 	<ul style="list-style-type: none"> • 철재토류판과 Ring Beam 시공후 배면부 그라우팅 주입으로 공벽을 유지하며 인력굴착
특징	<ul style="list-style-type: none"> • 굴착 및 CASING 압입 • 플랜트로부터 안정액 주입 및 Casing 공벽유지 • 공벽 및 수직도 유지 	<ul style="list-style-type: none"> • 케이싱설치후 Hammer Grab 토사 굴착 • Casing으로 공벽유지 • 선단지지층 육안확인가능 • 대형장비, 시공비교가 	<ul style="list-style-type: none"> • 협소장소 및 경사진 곳에 시공가능 • 소음 및 진동영향 최소화 • 선단지지층 육안확인 • 인력굴착 위험성 및 공기연장
적용지반	<ul style="list-style-type: none"> • 일반토사 및 풍화암 일부 	<ul style="list-style-type: none"> • 일반토사 및 암반 	<ul style="list-style-type: none"> • 일반토사 및 풍화암 일부

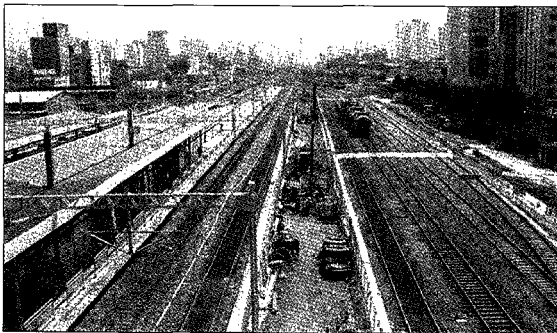


사진 1. 현장전경

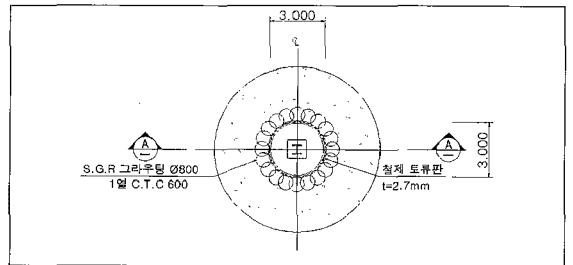


그림 1. 평면도



사진 2. 심초기초

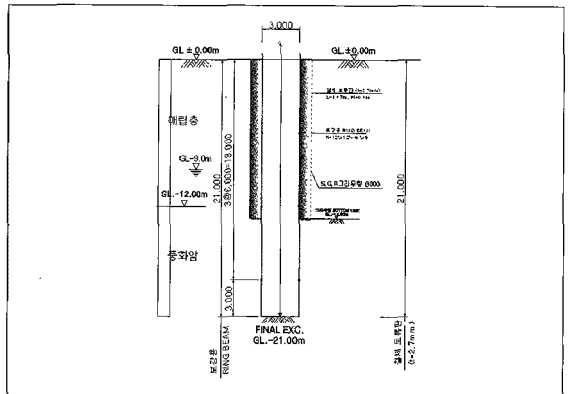


그림 2. 단면도

2. 심초기초공법

2.1 공법특성

본 공법은 심초공법으로 지반부터 연직갱 굴착 및 철제 토류판 설치등 현장타설말뚝기초 시공을 인력 및 소형장비를 이용하여 직접 작업하는 공법으로 장비의 진입이 어려운 공간의 제한된 공사현장에 대하여 소음과 진동을 최소화 하면서 연직갱 굴착작업 및 콘크리트 기초 시공을 하는데 용이한 공법이다.

본 공법의 주요 특성을 정리하면 다음과 같다.

- ① 기존 장비를 이용하는 대규격 말뚝공법에 비해 소음 및 진동의 영향이 적다.
⇒ 민원감소 및 작업시간 절감
- ② 협소한 장소(장비진입이 어려운 장소)나 경사진 곳에서도 시공이 가능하다.

⇒ 정거장 구간(협소)으로 장비 진입 불가하여 심초 공법 적용

- ③ 말뚝 선단부를 확인 후 시공하므로 확실한 지지층 확보 및 확인 가능

⇒ 인력 및 소형장비굴착으로 선단부 및 지층상태 확인

- ④ 철제 토류판이 파형으로 주면 저항력 향상

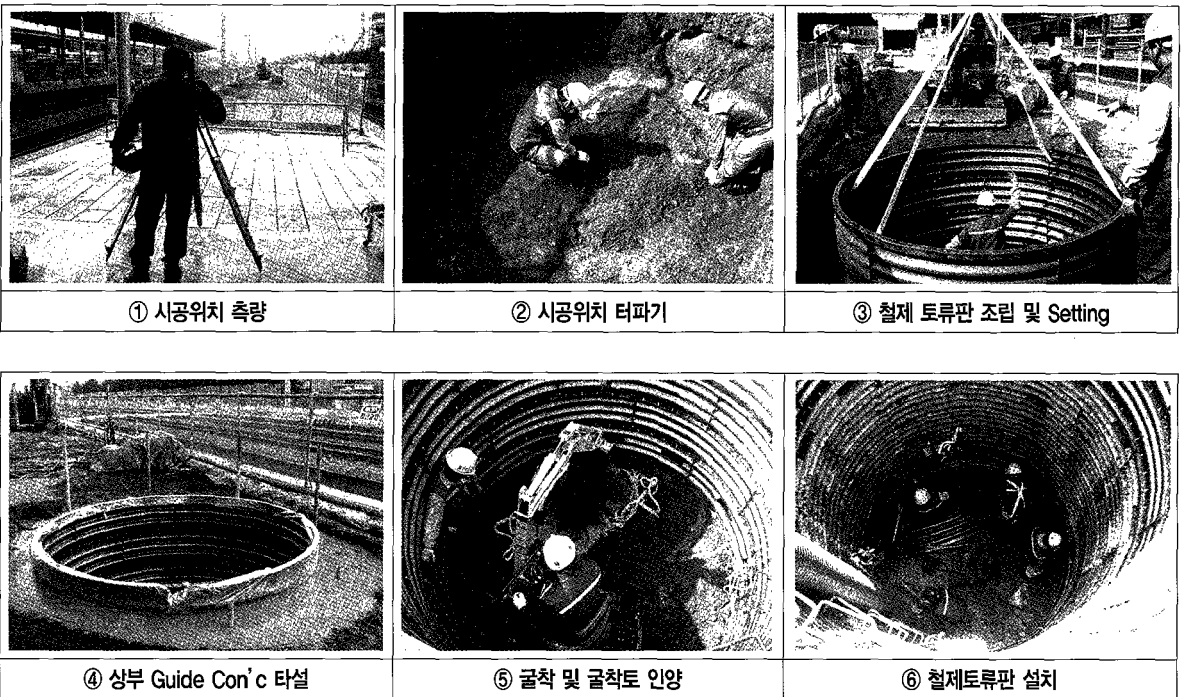
⇒ 주면 마찰력 향상으로 기초 안정성 향상

- ⑤ 콘크리트 타설시 직접 확인함으로써 품질을 확인할 수 있다.

⇒ 현장타설말뚝의 내부 품질 향상

2.2 시공방법

심초공법을 시공하기 위하여 우선 주변지반 차수 및 지반보강을 위하여 지반차수공법(S.G.R Grouting)을 적용 하였으며 시공방법은 사진 3과 같다.



① 시공위치 측량

② 시공위치 터파기

③ 철제 토류판 조립 및 Setting

④ 상부 Guide Con'c 타설

⑤ 굴착 및 굴착도 인양

⑥ 철제토류판 설치

사진 3. 시공방법(계속)

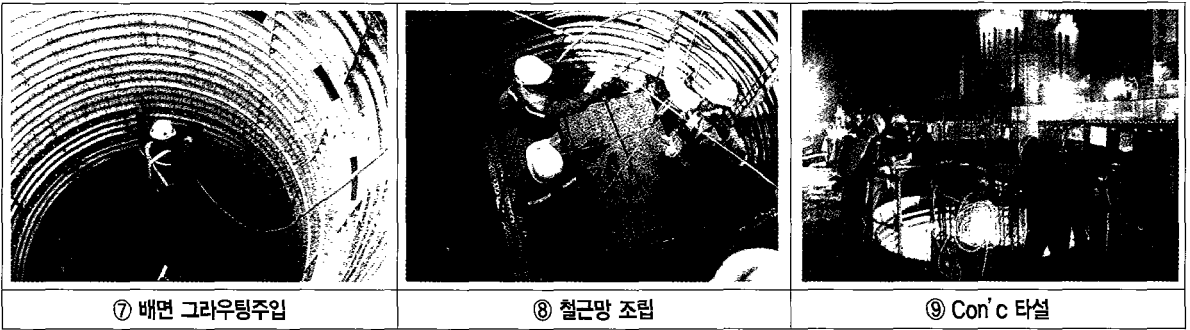


사진 3. 시공방법

지반차수공법 시공 후 본 심초공법의 시공방법은 다음과 같다.

① 시공위치 측량: 시공할 심초기초의 위치 측량 → ② 시공위치 터파기: 철제 토류판 설치하기 위해 약 2.0m 굴착 → ③ 철제 토류판 조립 및 Setting: 길이 1.57m 높이 0.5m 철제토류판을 1단에 6개씩 3단 설치 → ④ 상부 Guide Con'c 타설: 토류판 배면에 되메우기 후 상부에 Guide Con'c 타설 → ⑤ 굴착 및 굴착도 인양: 주변부 굴착 및 소형 크레인을 이용하여 굴착도 반출 → ⑥ 철제토류판 설치: 일정 심도까지 굴착 후 철제토류판 설치(최종 심도까지 굴착 및 철제 토류판 설치 반복) → ⑦ 배면 그라우팅주입: 그라우팅하여 철제토류판 배면부에 공극을 밀실하게 하는 작업 → ⑧ 철근망 조립: 주철근 및 배력철근 조립 → ⑨ Con'c 타설: 철근망 조립완료 후 주변부내 Con'c 타설 → ⑩ 양생의 단계로 시공이 이루어진다.

2.3 현장재하시험

심초기초공법의 신뢰성 있는 활용도를 위하여 현장재하시험을 통한 지지력 및 변위특성을 확인하고 향후 심초공법의 발전을 위한 Data를 확보하기 위해 다음과 같이 양방향 재하시험을 실시하였다.

① 재하시험 제원

- 시험위치: E열 19번 위치 (Test-1)
- 말뚝형식: 현장타설말뚝(심초기초)
- 직 경: 3,000mm
- 길 이: 18.3m
- 설계하중: 2,550 ton
- 시험하중: 3,500 ton(일방향하중)

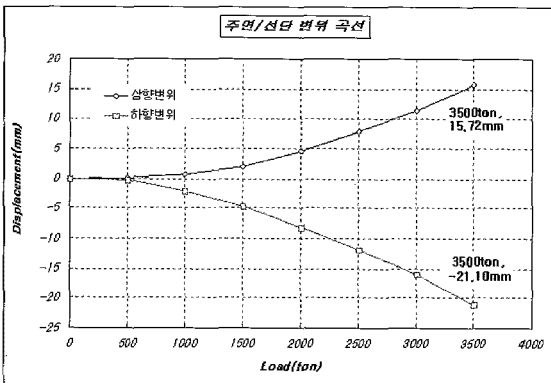


그림 3. 주면/선단 변위 곡선

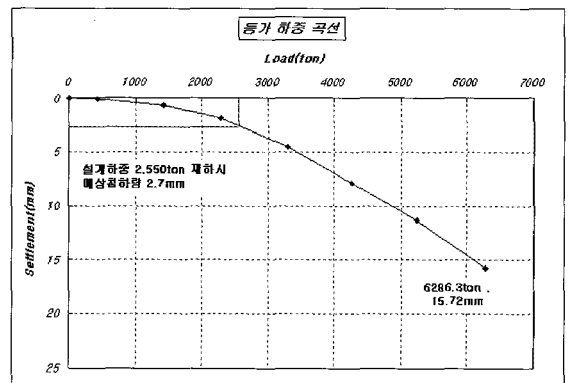


그림 4. 등가 하중 곡선

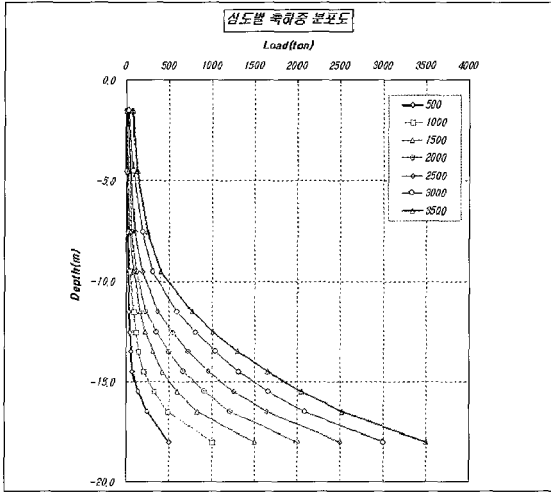


그림 5. 심도별 축하중 분포도

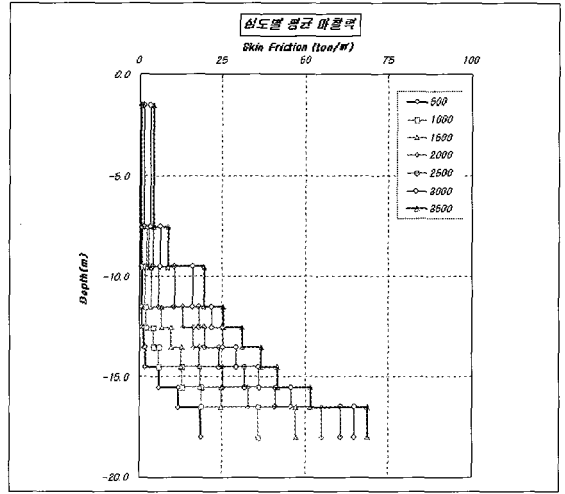


그림 6. 심도별 평균 주면마찰력

표 2. 재하시험 결과

구 분	선단하중 (ton)	주면하중 (ton)	기준변위 (mm)	부양자중 (ton)	적용하중 (ton)	안전율 (F.S)	최소허용지지력 (ton)
항복하중 분석	3,500.0	3,306.0	-	194.03	6,806.0	2.0	3,403.0
등가하중 분석	2,980.3	3,500.0	15.72	194.03	6,286.3	2.0	3,143.1

② 재하시험 결과

본 시험말뚝의 등가하중 분석을 실시한 결과 적용하중은 상향 변위 15.72mm를 기준으로 할 때 선단하중과 주면하중을 더한 값에 말뚝의 부양자중 194.03ton을 제외한 6,286.3ton으로 분석되었으며 안전율 2.0을 적용하여 본 말뚝의 허용 지지력은 3,143.1ton으로 측정되었다.

이와 같이 심초기초 공법을 적용한 대구경 현장타설말뚝의 재하시험결과 기초의 침하 및 지지력에 대해서 설계하중 이상으로 충분한 지지력을 보여주고 있으며 기존의 말뚝보다 품질 및 선단지중확인을 통해 기초의 정밀한 시공이 가능하므로 차후 다양한 현장에 적용이 가능할 것이다.

2.4 적용성

본 공법은 특히, 미주 및 일본 등 해외의 시공사례는 많으나 국내의 경우 드물게 시공되는 공법이며 해외의 설계 및 시공사례를 참고하여 한층 개선된 방법으로 본 현장에 적용하였다.

국내 대구경 현장타설말뚝 현장 중에 장소의 제약을 받거나 경사면 또는 기존 구조물의 증축시 장비의 진입이 어려운 현장에 적용할 수 있는 특성화된 공법으로 국내에서도 구조물이 밀집화 됨에 따라 구조물 근접 시공 및 철도구간 현장과 같은 특수한 현장에 대하여 저소음, 저진동 공법을 요하는 현장에 다양하게 적용될 것으로 예상된다.

3. 맺음말

심초공법은 현장여건 및 시공법에 따라 설계면에서 해결해야 할 기술적인 과제가 난제로 남아 있어 설계적 개선 및 보완이 되어야 할 것이며, 심초공법은 인력굴착이 기본이나 굴착기계의 개량 및 소형화에 따라 기계화시공으로 근로자 안전의 개선점으로 활용되어야 하며, 환경훼손이 적고 저소음, 저진동으로 시공이 가능하므로 환경요인에 의한 문제에도 유리하게 적용할 수 있을 것이다. 개

량된 심초공법이 적용된 당 현장과 같이 적용성이 우수한 현장에 대하여 기초시공방법으로 심초공법을 적용하는 현장이 늘어남에 따라 시공에 따른 개선점을 보완하여 향후 다양한 토목 구조물의 기초공법으로 적극 활용되기를 기대해 본다.

2. 신세계건설 (2009), “의정부 민자역사 신축공사 현장타설말뚝(φ3,000) 양방향 재하시험 보고서”
3. ASTM D1143-81(Reapproved by 1994) (1994). Standard Test Method for Piles Under Static Axial Compressive Load.
4. 石井善一他 シールドトンネル直上掘削時の實用的なりパウンド量予方法の提案, 日本建築學會構造系論文集, Vol. 74, No.639, 2009
5. 地盤工學會: 基礎の沈下予測と實際, 2000

참고문헌

1. 구조물 기초 설계기준 해설 (2003), 건설교통부.

회비 납부 안내

학회 사무국에서는 연중 수시로 학회비를 수납하고 있어오니, 회원여러분의 적극적인 협조를 부탁드리며, 문의 사항이 있으면 사무국으로 연락하여 주시기 바랍니다.

① 오프라인 무통장(타행) 입금

- 국민은행 계좌번호 : 534637-95-100979 예금주 : 한국지반공학회 (반드시 본인명으로 입금)

② 온라인 카드 결제 및 계좌이체

- 학회 홈페이지 접속(www.kgshome.or.kr) → 아이디,비밀번호 입력 후 로그인 → 화면좌측 하단 회비납부 클릭 → 카드결제 or 계좌이체 선택 후 → 회비 체크 → 결제

2001년 12월 24일 제11회 이사회에서는 학회비를 장기적으로 미납한 회원에 대하여 다음과 같이 결정하였습니다. 참고하시기 바랍니다.

- 다 음 -

제9조(장기 미납자) 정회원의 장기 미납 회원은 다음과 같이 처리한다.

1. 매년 말을 기준으로 별도의 의사표시 없이 3년 이상 장기 회비 미납자는 사전서면 통고 후 회원자격을 정지하도록 한다.
2. 정권 회원이 복권할 경우 회비 납입일을 입회일로 간주한다.
3. 정권 회원이 미납회비를 전액 납부하고 복권을 원할 경우 회원 번호등 모든 회원자격을 원상복구한다. 단, 종신회비 납부시 미납 회비를 면제한다.