



솔의 단점을 보완하고 짧은 모서리 및 앵커간의 거리, 피로하중 및 지진에 대한 내성 자료 보유한 고성능 케미컬 앵커이다.



5) RE-500 Injection Adhesive

에폭시 계열의 주입식 앵커, 출시된 에폭시 계열 주입식 앵커의 최고봉이다. 특히 습윤 상태 및 다이아몬드 천공 구멍에도 시공이 용이한 고하중용 주입식 앵커이다. 철근 및 앵커못드와 함께 시공 한다.



6) HY-150 Injection Mortar

콘크리트용 고/중간하중용 주입식 케미컬 앵커, 무기물과 유기물의 혼합된 형태로 주입식 앵커의 수축 문제점을 현격히 개선한 제품이다. 신속한 경화시간, 모재에 적은 응력 전달, 적은 수축율로 장기하중에도 적합하고 콘크리트에 아주 가까운 물성 보유한 앵커이다.



이외 좀 더 많은 제품 정보는 www.hilti.com/kr 에서 찾아 볼 수 있다.

이상에서와 같이 힐티는 부단한 기술 개발과 지속적인 투자, 고객의 의견을 수렴하는 등의 부단한 품질 향상 노력으로 시장에서의 부차 공법의 독보적인 위치를 유지하고 고객과 함께 성장하는 파트너로서 시장의 선도 역할을 할 것이다.

기존 기초에 근접한 소구경 현장타설말뚝의 설계 및 시공시 유의점



이경남 대표이사
(주)가마개발

최근 산업사회의 발달과 건물의 노령화로 인하여 도심지 건축물 수요가 점차 증가하고 있으나 도심지 신축공사는 여러 가지 환경문제 및 각종 규제로 인하여 날로 어려워지고 있는 실정이며, 이에 따라 건물 증축에 따른 리모델링 수요가 점차 확대되고 있는 추세이다.

이로 인하여 기존 구조물 혹은 기존 Pile에 근접하여 현장타설 소구경 말뚝을 사용하는 사례가 점차 늘어나고 있으나, 기초 증축에 필요한 현장타설 소구경 말뚝의 경우 아직까지 시공조건 및 지반 조건이

종합적으로 고려된 체계화된 설계기준이나 시공관리 기준이 정립되지 않은 상황이다. 따라서 그동안의 설계 및 시공사례에 대한

자료분석을 통하여 현장타설 소구경 말뚝의 설계 및 시공시 미력이나마 도움이 되고자 한다.

1. 머리말

기존 기초에 근접한 소구경 현장타설말뚝 설계시 대체로 지반이나 기존 구조물에 대한 종합적인 고려없이 외력 조건에 따른 부재력 검토에 한정된 경우가 많고, 이로 인하여 기존 기초에 근접한 소구경 현장타설 말뚝 시공시 지반침하 및 구조물의 변위 등 구조물에 치명적인 문제가 발생하기도 한다.

한편 도시 및 산업사회가 급속도로 발전하기 시작한 1970~1980년대에 건축된 건물들은 날로 노후화 되어가고 있는 반면, 도심지 건물에 대한 신축공사는 소음, 진동, 분진, 건설 폐기물, 교통, 민원문제 등 제반 환경문제와 각종 규제로 인하여 날로 어려워지고 있는 실정이다. 이로 인하여 기존 구조물의 증개축(Remodelling)수요가 점차 증가하고 있고,

이에 따라 기존의 건축 및 토목 구조물의 기초 보강시, 기존 기초에 근접하여 시공되는 현장타설말뚝에 대한 적용이 급속히 증대되고 있는 추세이다.

그러나 국내에 적용되고 있는 소구경 현장타설말뚝의 경우 기존 구조물의 현황 및 지반조건에 적합한 체계화된 설계 및 시공 관리기법이 정립되어있지 않을 뿐만 아니라 심지어 설계시 기존 구조물이나 기초의 붕괴를 유발할 수 있는 방향으로 계획된 경우가 간혹 발생한다.

따라서 기초에 근접하여 소구경 현장타설말뚝의 설계 및 시공시 하중 조건, 기존 구조물의 특성 및 지반조건을 종합적으로 고려하여 설계 및 시공시 보다 안전하고 현장 조건에 적합한 보강 방법에 대한 자료를 제공하고자 한다.

2. 소구경 현장타설 콘크리트 말뚝

직경 30cm 이하의 작은 구경으로 시공되는 현장타설 콘크리트 소구경 말뚝을 Root Pile, Mini Pile, Micro Pile 등으로 부르고 있으며, 사용 목적은 개발 당시에는 주로 기초 Pile 공법으로 사용되었으나 현재에는 기초보강용, 부력저항용이나 기초 Pile+부력저항용으로 활용 범위를 확장해가고 있는 추세이다.

Pile 분당 지지력도 주로 30ton 이하의 작은 지지력에 사용하였으나 기술개발 및 재하시험등 제반 연구 결과 30~150ton 등 높은 하중력에도 적용하는 등 적용범위가 증가하는 추세이다.

또한 본 Pile은 작은 시공 장비로도 시공이 가능하므로 대형장비의 진입이 어렵고 작업공간이 협소한 Remodelling 공사현장에서 적용성이 매우 우수하다. 현장타설 소구경 말뚝의 하중전달 Mechanism 및 Pile 지지력을 요약하면 다음과 같다.

1) 하중전달 Mechanism

현장타설 소구경 말뚝에서 하중전달 메커니즘(Mechanism)은 다음과 같다.

- ① 외력발생
- ② 기둥 : 외력 집중 및 외력 전달
- ③ footing : 외력의 분산 전달
- ④ Pile : 외력을 지반에 전달
 - 선단지지 : 외력을 선단지반에 집중시켜 전달
 - 마찰지지 : 외력을 Pile체와 지반의 마찰력을 이용하여 Pile 주변 지반으로 전달
- ⑤ 지반 : 외력의 수렴

2) Pile 지지력

일반적으로 Pile의 지지력은 다음과 같이 산출한다.

$$Q = Q_p + Q_s$$

Q_p : 말뚝 선단부에서 지지되는 지지력

Q_s : 말뚝 주변마찰에 의해 지지되는 지지력

- 선단지지말뚝 : 위에서 $Q_s > 0$ 이고 $Q > Q_p$ 로서 외력을 주로 선단지 지지력으로 지지하는 말뚝

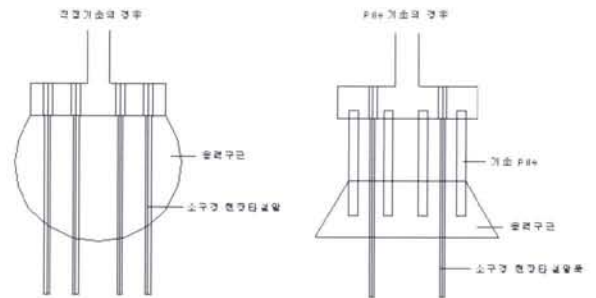
- 마찰지지말뚝 : $Q > Q_s$ 로서 주로 외력을 Pile체와 지반의 마찰력으로 지지하는 말뚝

소구경 현장타설말뚝에서는 선단지지력 0 으로 간주하여 외력을 100% Pile체와 지반과의 마찰력을 이용하는 특징을 갖는다.

3. 기초보강 및 근접시공

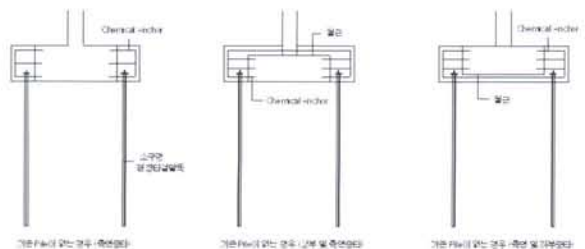
기 시공된 기초 혹은 Pile에 근접하여 소구경 현장타설말뚝을 시공할 경우, 시공방법 및 주의할 사항은 다음과 같다.

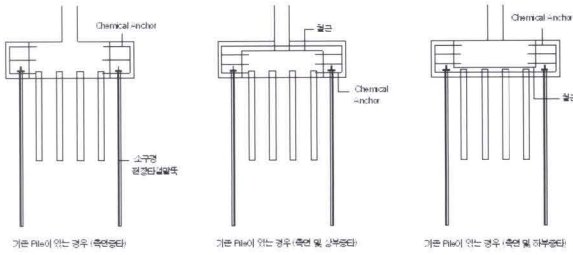
1) 일반적인 경우



증축을 위한 기초보강 설계시 위의 그림과 같이 기존 기초판 내에 보강 Pile을 설치하도록 계획하는 경우가 있다.

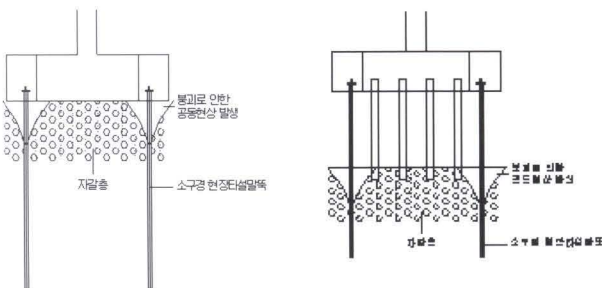
이는 현재 하중을 집중적으로 받고 있는 응력구근이 Pile 천공으로 인한 토사유실 및 지반이완에 따른 지지력 감소로 인하여 급격한 침하 및 변위가 발생할 뿐만 아니라, 구조물 전체에 대한 파괴를 유발할 수 있으므로 특히 점착력이 약한 사질 지반에서 기존 건물 증축을 위한 기초 보강시에는 이를 반드시 유념하여야 한다. 아울러 응력구근의 지반이완을 저감할 수 있도록 다음과 같이 계획하여야 한다.





2) 자갈층이 분포하는 경우

다음과 같이 자갈층 상부에 직접 기초가 위치하거나 Pile 선단이 자갈층에 근입되어 있는 경우에는 천공 작업시 자갈층에 포함된 자갈이 천공공 쪽으로 붕괴되어 밀려 들어오고, 따라서 직접 기초의 하단이나 Pile 기초 하단에 붕괴현상이 발생하며 결국 기초 및 구조물 전체에 파괴가 발생할 수 있으므로 이와 같은 조건에서는 현장타설 소구경 말뚝 이외에 다른 기초 보강 방안을 검토하여야 한다.



4. 설계 및 시공사례

현장타설 소구경 말뚝 공법과 관련하여 최근에 수행된 사례를 들어 설계시 유의 사항을 나열하고자 한다.

1) 개요

- ① 사업명 : OO아파트 OO동 리모델링
- ② 의뢰자 : OO아파트 OO동 리모델링 사업주
- ③ 건물 소재지 : 서울특별시 OO지역
- ④ 기존 기초 및 footing 형식 : PC Pile 및 독립기초
- ⑤ 기존 기초 Pile 예상깊이 : 기존자료는 없으며 Pile 심도는 PC Pile 의 항타 한계(30/30N<50/15) 고려 시 약 GL-12~17m로 추정됨
- ⑥ 건축설계자 : 국내 A급 설계사무소
- ⑦ 건축구조 1차 설계자 : OOO

2) 설계 및 시공과정

- ① 당초설계 : 70ton/본 (φ406 강관파일)
 - 건축구조 : 당초 설계자
- ② 1차 보완 설계 : 40ton/본 (소구경 현장타설말뚝 φ150×17m×550본)
 - 건축구조 : 당초 설계자
 - 기초설계 : 전문업체 A사
- ③ 2차 보완 설계 : 40ton/본 (소구경 현장타설말뚝 φ150×17m) ~120ton/본 (소구경 현장타설말뚝 φ250×30m×140본)
 - 건축구조 : C 구조 사무소
 - 기초설계 : 전문업체 K사
- ④ 시공
 - 시공관련사
 - 종합건설사 : 국내 1군 업체 E사
 - 전문건설사 : 전문업체 K사
 - 건축구조 상주감리 : C 구조 사무소
 - 시공과정
 - 위치별로 지지층 심도가 상이하였으며 이에 따라 케이싱 설치 및 시공 심도를 적절하게 변경 적용하였음
 - 지지층 구간내에 부분적으로 파쇄대가 발달되어 있어 Pile간의 영향을 최소화하기 위하여 격공으로 시공하였고, 파쇄대 구간은 Pile 사이로 그라우팅을 실시하였음
 - 기존 Pile 지지지의 교란을 최소화 하기 위하여 일부 구간을 제외하고 Dual Hammer를 사용하였음
 - Pile 두부에서의 변위 및 응력집중 현상이 발생하지 않도록 Pile 두부까지 수회 그라우팅 하였음

3) 설계시 문제점

(1) 당초설계

당초에 강관 Pile(φ406)로 계획하였는데 이는 시공시 주변에 영향을 미치는 환경요건(소음에 따른 주민들의 민원), 작업 진입로 등 현장 여건 및 장비 특성을 고려하지 않았음. 강관 Pile 시공을 위해서는 대형 항타장비를 사용하여야 하는데 현장 주변환경 및 구조물 내에서 작업해야 한다는 점을 고려할 때 적용이 불가능 함

(2) 1차 보완 설계

1차 보완 설계시 Pile의 지지력이 40ton/본으로 계획되어 있는데, Pile 지지력을 40ton/본으로 할 경우 Pile 소요 본수가 많으므로



필연적으로 Pile 간격이 좁아져야 한다. 반면 본 지반은 지지지반의 심도가 위치에 따라 다소 불규칙하고 정착구간 내에서도 국부적으로 파쇄대가 분포하여 일정간격 이상 Pile 간격을 유지하여야 하는데, Pile 1본당 하중이 작을 경우 불가피하게 Pile 간격이 좁아지고 이에 따라 Pile끼리 서로 간섭하여 시공시 품질저하 및 지지력 감소를 가져오게 된다. 따라서 Pile 상호간의 영향을 줄일 수 있도록 Pile 간격을 증가시키기 위하여 최대설계하중을 120ton/본으로 증가시켜 적용하였다.

4) 시공시 문제점

설계시 지반조건에 대하여 100% 완벽하게 설계에 반영하기는 무리가 따른다. 본 현장에서도 설계시 예상심도보다 케이싱 설치 깊이가 증가하였고 또한 지지층 내에서 파쇄대가 다수 분포하였으며 이에 따른 공기증가 및 파쇄대 구간 그라우팅을 위한 추가 비용이 발생하였다. 따라서 설계시 반영하지 못한 사항이 발생할 경우 시공시 이에 대한 신속적인 현장 운영이 가능할 수 있도록 하여야 한다.

5. 적용지반조건

지반 조건에 따라 파쇄대가 발달되지 않은 연암 이상의 암반은 큰 하중에 대하여 적용이 가능하고, 반면 사질토 지반은 작은하중, 자립성이 있는 풍화암 구간은 대체로 중간정도의 하중을 적용시킬 수 있다.

다음과 같은 지반에서는 현장타설 소구경 말뚝 적용시 상당한 주의 를 요하거나 적용이 곤란한 경우가 있으므로 설계 및 시공시 반드시 이를 고려하여야 한다.

1) 암반내에 파쇄대가 분포하는 지반

소구경 현장타설말뚝 시공시에는 암반내에 파쇄대가 있는 경우에는 붕괴로 인하여 작업이 극히 곤란하고 소요 지지력을 기대하기가 힘들다. 따라서 이런 구간은 작용하중을 당초 계획보다 감소시켜 적용하거나 붕괴 구간에 대하여 사전에 지반보강을 위한 그라우팅을 실시하여 붕괴 및 처수를 실시한 후 후속작업을 실시한다. 지반보강용 그라우팅 시공은 Pile 공을 이용하거나 공 주변에 별도로 그라우팅 공을 천공한 후 그라우팅을 실시하는 방법이 있다.

2) 정착구간 상부에 핵석이 분포하는 경우

케이싱 외경보다 더 큰 Size의 Percussion Bit를 사용하여 핵석을 통과한 후 정착구간 상단까지 천공하고 케이싱은 핵석을 통과시켜 정착구간 상단까지 설치한다.

3) 정착구간이 깊은 위치에 위치한 지반

매립층 및 퇴적층이 깊은 심도까지 분포하거나 붕괴하기 쉬운 풍화대가 깊은 심도까지 분포하는 경우 하중 작용시 Pile의 침하량은 깊이 에 비례하므로 길이에 따른 침하량을 고려하여 계획하거나 Pile 1본당 하중을 저감시켜 적용한다.

4) Pile 두부 부근에 연약지반이 존재하는 경우

PHC Pile이나 강관 Pile에 비하여 소구경 현장타설 말뚝은 단면이 작아 좌굴에 취약하므로 Pile 두부 부근에 연약지반이 존재하는 경우 설계시 좌굴을 고려하여야 한다.

5) 정착구간에 누수구간이 존재하는 경우

정착구간에 누수구간이 존재하는 경우 지지력 감소 및 누수구간에 따라 시멘트 밀크가 유실되어 많은 양의 시멘트 밀크가 필요한 경우가 있다. 따라서 이와 같은 지반에서는 Pile 1본당 설계 하중을 저감시켜 적용하고, 누수구는 Pile 시공전 별도의 공을 천공하여 그라우팅을 실시하거나 Pile공에 대하여 그라우팅을 실시하여 차수 후 재천공을 실시하고 그라우팅 완료후에는 유실된 그라우팅 액을 보충하기 위하여 수회 반복하여 주입한다.

6) 지지층이 깊거나 파쇄대 지반에서의 Pile 공간거리

지지층이 깊거나 파쇄대 지반에서는 먼저 천공한 공이나 기존에 시공된 Pile에 영향을 줄 수 있으므로 가급적 최소거리 1.5m 이상 유지하고 부득이한 경우라도 1.2m 이상 유지하도록 한다.

6. 맺음말

본 소구경 현장타설말뚝은 주로 기존 구조물의 증개축(Remodelling)이나 대형장비 진입이 곤란한 협소한 작업공간 내에서 수행하고 있는데, 특히 기존 구조물의 증개축을 위하여 기존 기초에 근접 시공을 할 경우에는 기존 기초나 기존 구조물의 침하 및 균열 등 치명적인 문제를 야기할 수 있으므로 기존 기초현황, 하중조건 및 지반조건을 면밀히 검토한 후 설계 및 시공이 이루어져야 한다. 아울러 시공시에는 기존 기초나 구조물에 시공중 침하나 균열이 발생할 수 있으므로 Pile 시공에 따른 어떤 거동이 발생하는지를 주기적으로 점검하여 안전한 시공이 되도록 하여야 한다.