

민원발생지역에서의 저진동·저소음 Granular Pile의 시공사례 Case History of Low Vibration and Low Noise Granular Pile Method in the Area of Incurred the Popular Enmity

천병식* 김백영**
Chun, Byung-Sik Kim, Baek-Young

ABSTRACT

Damages by vibration and noise due to the construction performance are increasing. The rise of construction demand and enlargement of equipments are major reasons of this damage. As a result, the enmity of the people is provoked and this appears to be an obstacle of construction work. Especially, in case of ground improvement construction. Casing pipe is inserted into the Sand Drain, Sand Compaction Pile and Vibrated Crushed-stone Pile by vibration power when carrying out. Hence, a pillar is formed and it creates vibration and noise. This causes a lot of restrictions to construction condition. The low Vibration and low noise construction equipments uses earth auger and hydraulic cylinder for insertion and chopping operation instead of vibro hammer, which is the source of vibration and noise. This minimize ground disturbance and decrease vibration and noise successfully, but increase chopping effect greatly. Thus, this new equipment is not only suitable for environment but also excellent engineering method of construction.

1. 서론

건설공사 수행과 수반하여 발생하는 진동 및 소음에 의한 피해는 건설수요의 증대와 장비의 대형화로 날로 증가하고 있으며 이로 인한 민원이 급증하여 공사 수행에 중대한 장애요인으로 나타나고 있다. 특히 지반개량 공사에 있어 Sand Drain, Sand Compaction Pile, Vibrated Crushed-stone Pile 공사는 시공시 vibro hammer의 진동력에 의해 casing pipe가 관입되고 또 이에 의해 기둥이 형성되기 때문에 이때 발생하는 진동, 소음으로 인해 시공 여건에 많은 제약이 따르고 있다.

저진동 저소음 Granular Pile 시공법이 적용된 경부선 청도-삼랑진간 선로개량 노반공사 현장은 공사현장에서 약 30m 가량 떨어져서부터 시가지가 조성된 가옥밀집 지역으로 당초 일반 Sand Compaction Pile(SCP)로 설계되어 시공 중에 있었다. 그러나 진동 및 소음과 관련된 민원발생으로 공사가 장기간 중단되어 있었는데, 이에 진동소음의 원인이 되는 vibro hammer 대신 earth auger와 유압장치를 이용하여 관입과 다짐작업을 하여 지중에 잘다져진 모래 기둥을 형성시킴으로써 지반교란을 최소화하면서 진동 및 소음을 획기적으로 줄이고 다짐효과를 크게 향상시켰다.

2. 공사개요 및 현황

경부선 청도-삼랑진간 선로개량 노반공사는 신설 철도노반 하부의 연약층의 지반개량을 위하여 압밀촉진, 지반활동 방지를 위하여 SCP 및 PBD로 계획되었다(유신코퍼레이션, 2001).

* 한양대학교 공과대학 토목공학과 교수, 정회원

** 한양대학교 대학원 토목공학과 박사과정

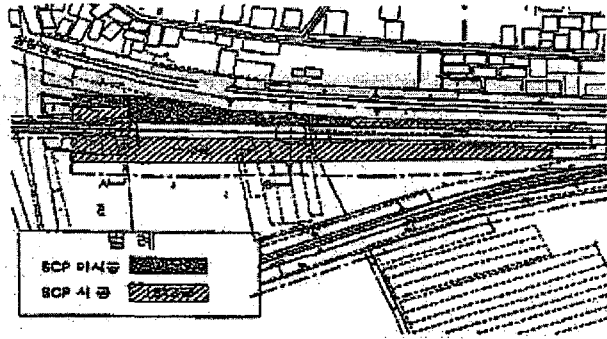


그림 1. 현장 평면도

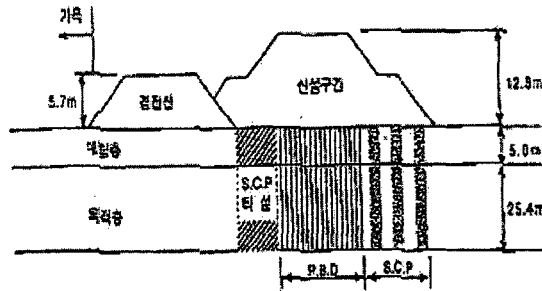


그림 2. SCP, PBD 시공 단면도

2.1 시공현황

그림 2에서와 같이 성토체 중앙부에 계획된 PBD 및 우측사면부에 계획된 SCP는 시공이 완료된 상태이나 민가에 인접한 좌측사면부는 시공시 민원이 발생하여 시공이 중단되어 있는 상태였으며 공사중단이 장기화될 경우 후속공정에 미치는 영향이 크므로 조속한 대책방안을 수립하게 되었음.

2.2 문제점

현재 통용중인 경전선노반에 연하여 좌측부의 가옥과의 거리는 30~40m 정도 이격되어 있는데 SCP 시공중에 발생하는 장비의 진동과 소음, 특히 바이브로 해머의 진동, 소음으로 인하여 집단 민원이 발생되어 진동과 소음이 발생되지 않으며 당초 설계되던 모래다짐말뚝의 시공이 가능한 저진동 저소음 Granular Pile 공법을 채택하게 되었다.

3. 저진동 저소음 Sand Compaction Pile 시공법

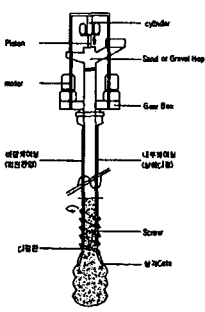
3.1 공법개요

3.1.1 공법원리

기존의 Sand Pile이나 진동쇄석 말뚝의 시공은 casing pipe의 지중관입, 모래 및 쇄석의 배출 및 다짐작업은 vibro hammer의 강력한 진동력을 이용하기 때문에 이로 인한 진동 및 소음을 피할 수 없다는 것이 기존 공법의 적용에 가장 큰 문제점이다.

이를 해결하기 위하여 새로이 개발된 시공 장비는 vibro hammer 대신에 casing pipe의 관입작업은 소음, 진동이 전혀없는 auger 장치를 사용하였고 다짐작업은 auger를 역회전하여 천천히 인발하면서 내관 casing pipe에 체결된 유압실린더를 자유낙하시킴으로서 내관케이싱이 상하로 왕복 동작을 반복하면서 내관 casing pipe 선단 다짐판이 배출된 모래 및 쇄석을 다짐하도록 되어있다.

표 1. 장비제원

| 장비명 | 규격 | 단위 | 수량 | 비고 |
|----------------|----------------------------|----|----|--|
| 본체 | Crawler crane 80 -100 ton | 대 | 1 |  |
| Auger | 150HP Double Motor type | 대 | 1 | |
| Hydraulic Unit | 낙하고 200-1200mm | 대 | 1 | |
| | 타격에너지 12ton.m | | | |
| | 타격수 38-65bpm | | | |
| | 설정압력 280kg/cm ² | | | |
| | 작동유량 250-400 ℓ/min | | | |
| Leader | 36m | 대 | 1 | |
| Casing Pipe | 외관 508mm/609mm | 개 | 1 | |
| | 내관 406mm | 개 | 1 | |
| 자동기록장치 | 사면, 심도, 전류표시식 | 대 | 1 | |
| Generator | 350kw | 대 | 1 | |

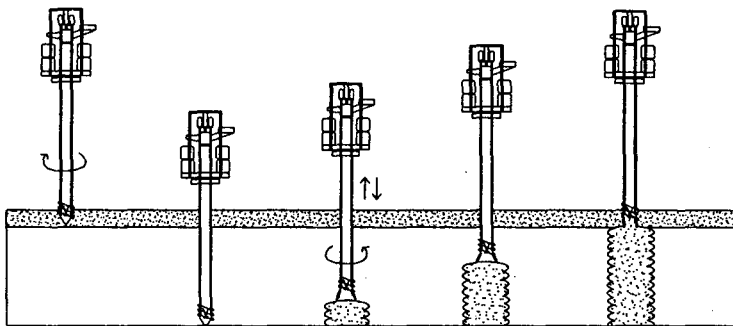


그림 3. 시공방법(석정건설, 2001)

- (1) earth auger의 회전에 의해 소요심도까지 casing 내관과 외관을 관입한다.
- (2) 관입이 완료되면 모래 또는 쇄석을 skip bucket을 상승시켜 casing 내관에 투입한다.
- (3) casing 내관에 일정한 air압을 가한 후 외부 casing을 역회전시켜 인발하면서 유압실린더를 작동하여 내관케이싱 하단으로 모래 또는 쇄석을 배출하면서 배출된 모래 및 쇄석을 다진다.
- (4) 자동 모래 또는 쇄석 level 측정장치에 케이싱내의 모래 또는 쇄석 잔량이 일정치 이하(1.5m)로 내려가면 인발과 다짐을 중단하고 air압을 배출한 후 모래 또는 쇄석을 casing 내에 채운다
- (5) 상기 (3)항을 반복한다.
- (6) casing 선단이 지표면에 올라오면 작업을 종료하고 다음지점으로 이동한다.

3.1.2 자동기록장치에 의한 품질관리

자동기록장치에 의해 지중에 형성된 모래다짐말뚝의 직경판독법은 다음과 같다.

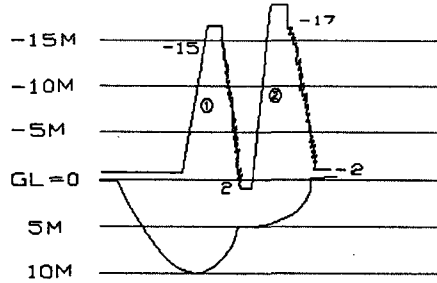


그림 4. 무진동·무소음 기록지의 예

| | |
|--|---|
| <p>1) ①의 단면검토</p> <p>(1)지중에 배출된 모래 또는 쇄석량 산출</p> <ul style="list-style-type: none"> · 2-(-15)=17m(기록지에서 모래 또는 쇄석 배출전 배출후 높이차) · Volume으로 환산시 $17m \times 0.1256(\Phi 400mm) = 2.13m^3$ <p>(2)시공 완료된 모래 또는 쇄석기둥 높이</p> <ul style="list-style-type: none"> · 10-5=5m(기록지 GL차이) <p>(3)시공된 모래 또는 쇄석기둥 단면적 계산</p> <ul style="list-style-type: none"> · $2.13m^3 \div 5m = 0.426m^3/m$(단위미터당 모래 또는 쇄석량) $\frac{\pi D^2}{4} = 0.426$ $D^2 = \frac{4 \times 0.426}{\pi}$ $D = \sqrt{\frac{4 \times 0.426}{\pi}}$ $= 0.74m(O.K)$ | <p>2) ②의 단면검토</p> <p>(1)지중에 배출된 모래 또는 쇄석량</p> <ul style="list-style-type: none"> · $-2-(-17)=15m$ · Volume으로 환산시 $15m \times 0.1256(\Phi 400mm) = 1.884m^3$ <p>(2)시공 완료된 모래 또는 쇄석기둥 높이</p> <ul style="list-style-type: none"> · 5-0=5m <p>(3)시공된 모래 또는 쇄석기둥 단면적 계산</p> <ul style="list-style-type: none"> · $1.884m^3 \div 5m = 0.3768m^3/m$ $\frac{\pi D^2}{4} = 0.3768$ $D = \sqrt{\frac{4 \times 0.3768}{\pi}}$ $= 0.69m(N.G)$ |
|--|---|

4. 진동·소음측정결과

SCP 시공시 발생하는 진동 및 소음은 공사장 주변 일정한 영향권내에서 인접건물에 피해를 줄 수 있다. 이러한 영향에서 벗어나기 위해 확보해야 하는 충분한 거리를 결정하기 위하여 주변지반의 진동을 측정하고 분석하였다. 측정방법으로는 진동원으로부터의 떨어진 각각의 거리별로 진동을 측정하는 방법을 사용하여 진동이 미치는 영향반경을 구하고자 하였으며 각각의 측정에서 x, y, z 세 방향으로의 입자속도를 측정하였다. 시공시 발생하는 충격파의 속도와 크기를 측정하여 충격파의 영향범위를 구한 후 서울지하철공사의 진동에 관한 속도규정과 비교하여 영향이 미치지 않는 범위를 조사하였다. 측정 장비로는 InstanTel Inc.의 BlastMateII(DS-477)을 이용하였고, 조사

현장은 본 공사현장 인근의 유사 연약지반에서 실시하였다.

4.1 이격거리별 최대진동속도 비교

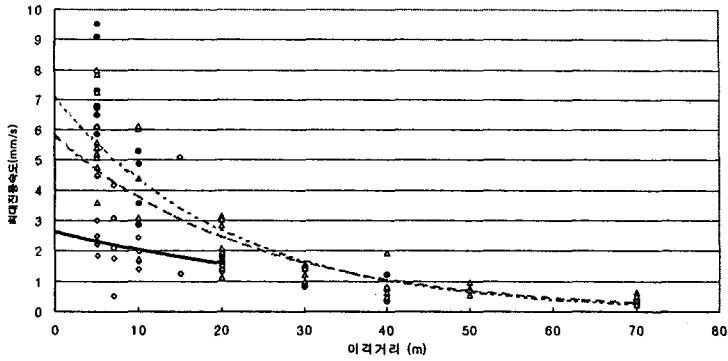


그림 5. 기존장비와 저진동장비의 이격거리별 최대진동속도 비교

무소음·무진동장비의 경우 약 10m 이격거리에서 서울지하철공사 진동규제치중 문화재 관리 진동규제 2mm/s의 기준을 만족하는 것을 알 수 있고, 기존의 콤포저를 이용한 경우에는 약30m 이격거리를 확보하여야만 문화재 관리기준을 만족하는 것을 알 수 있다(천병식, 2001).

4.2 재래식 장비와 저진동·저소음장비의 진동·소음비교

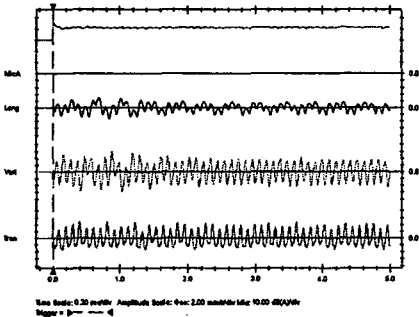


그림 6. 재래식 장비의 진동·소음

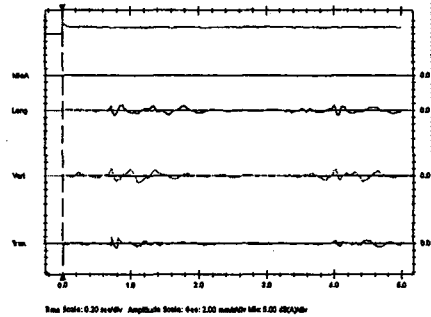


그림 7. 저진동·저소음 장비의 진동·소음

그림에서 보면 재래식장비의 진동 파형은 연속적인 파동의 형태를 보인다. 그러나 신장비의 경우 파동은 transient 형태를 보인다. 이는 신장비가 유압식이며 약 3초 간격으로 다짐을 가하므로 진동수와 최대변위가 감소한 것을 알 수 있다. Dieckmann이 제안한 진동의 영향에서 살펴보면, 최대변위와 진동수는 K 값과 밀접한 관계가 있다. 진동규제시 일반적으로 입자최대가속도만을 이용하여 규제를 가하고 있으나, K 값에 따라 사람이 느끼는 불쾌감도 고려해야 한다. 즉 무소음·무진동 장비는 재래식장비보다 진동수와 최대변위가 적으므로 입자의 최대속도로 나타난 진동규제에서 우수할 뿐만 아니라 불쾌감을 주는 정도에서도 우수하다고 판단된다.

5. 결 론

본 무진동·무소음 Granular Pile 장비에 의한 SCP 설치시 진동·소음측정 결과를 분석해 본 결과는 다음과 같다.

- (1) 저진동·저소음 장비를 사용시 재래식 장비보다 진동수와 최대변위가 적으므로 입자의 최대속도로 나타난 진동규제에서 뿐만 아니라 불쾌감을 주는 정도에서도 우수하다고 판단된다.
- (2) 일반적인 건설장비의 소음과 비교하여 볼 때 earth auger와 hydraulic cylinder system을 이용한 저진동·저소음장비가 소음측면에서도 우수하다고 판단된다.
- (3) 기존의 재래식 장비와 비교하여 본 earth auger와 hydraulic cylinder system을 이용한 저진동·저소음 장비는 진동 및 소음측면에서 우수하여 환경영향 및 본 지역과 같이 민원을 고려하여야 하는 현장에서의 적용성이 뛰어난 것으로 조사되었다.

참고문헌

1. 석정건설주식회사(2001), “무진동 무소음 Granular Pile 시공법”, pp.1-12
2. 천병식(2001), “무소음 무진동 장비에 의한 Granular Pile 설치시 진동·소음 측정결과”, 한양대학교 건설연구소, pp.6-12
3. (주)유신코퍼레이션(2001), “경부선 청도-삼량진간 선로개량 노반공사 민원발생구간 연약지반처리방안에 대한 검토”, pp.1-5