

JV 공법 JV Rock Driving Method

김광일¹⁾ KIM, KWANG-IL
井上 継²⁾ INOUE HAJIMU
寺岡 壽廣³⁾ TOSHIO TERAOKA
여병철⁴⁾ YEO, BYUNG CHUL

- ¹⁾ 강원산업주식회사, 강건재 기술 연구소 소장, (사)대한토목학회 부회장
²⁾ Tomen Kenki Corporation, 고문
³⁾ Tomen Kenki Corporation, 차장
⁴⁾ 강원산업(주), 강건재기술연구소 책임연구원

SYNOPSIS : The JV method is an epochal civil engineering style that boasts of significant pile driving power through low-vibration works by ideally combining the high pressure water injected from the water jet cutter and the vibrations combining from the vibratory pile driver extractors. As a result, you are ensured stable and safe pile driving and extraction in bedrocks that were previously impossible with conventional machines and methods. The other advantage is its high performance and a low-pollution characteristics that is ensured by suppressing ground vibrations. This is a very important factor since it often becomes an issue upon civil engineering in the city. With the addition of this method, the range of steel pipe pile, steel sheet pile and other steel pile use has been drastically expanded. Other advantages of this method includes accurate works, shortening of the construction period and improved work performance. Since the minimum amount of high pressure water is used to drill the ground, it not only loosens the ground, but also cuts the ground at the tip of the pile to improve driving works.

1. 공법의 概要

JV공법은 고압워터젯트 펌프에서 토출되는 고압워터젯트와 바이브로햄머의 진동에너지를 조합하여, 암반등의 경질지반에 鋼材말뚝을 직접 타입하는 공법이다. 「JV공법」은 말뚝과 지반의 조건에 맞춰서 바이브로햄머와 고압워터젯트커파터의 기종과 대수를 자유롭게 조합하여 사용할 수 있기 때문에 도심지 토목공사에서 대형 프로젝트공사까지 모든 현장조건에 대응할 수 있는 고능력 공법이다.

2. JV공법의 特長

- 1) 지반과 말뚝의 조건에 맞춰 자유롭게 기계를 선정, 조합할 수가 있다.
- 2) 시공 중에 발생하는 지반진동을 저감할 수가 있기 때문에, 시가지에서의 시공도 가능하다.
- 3) 베이스머신에는 크라크레인을 사용하기 때문에 타설위치의 원근과 고저차가 있는 현장에서도 간단히 대응할 수가 있다.
- 4) JV공법에서는 타입, 인발이 가능 하기 때문에 말뚝의 연직정도를 간단히 수정할 수가 있다.

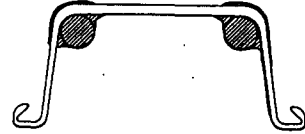
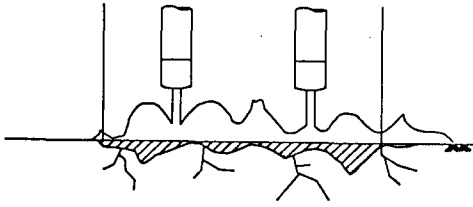
3. 암반에서의 鋼材말뚝 타설

암반에 대한 JV공법은, 고압워터젯트에 의한 암반의 절삭과, 바이브로햄머의 진동에 의한 피로파쇄 효과, 이른바 물과 진동의 상승효과를 이용하고 있다. 다음의 그림은 SHEET PILE을 巖盤에 타입하는 경우의 모양도이다.

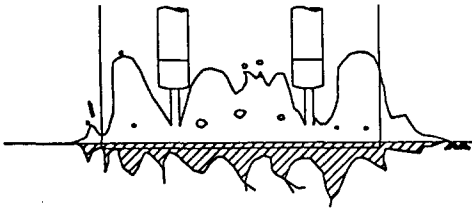
- 1) SHEET PILE의 침단부에 부착되어진 노즐에서 연속적으로 고압워터젯트가 분사되고, 바이브로햄머의 진동에너지가 말뚝의 침단에 전달된다. 연속 분사되는 고압워터젯트는 암반표면에 충돌된 후 말뚝의 침단 주변을 따라서 암반표면을 고속으로 흐른다. 이 흐름은 암반표면을 절삭하여 침식한다. 또한 노즐직하의 표면은 구멍이 생기기 시작한다.



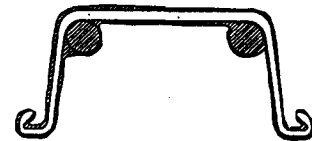
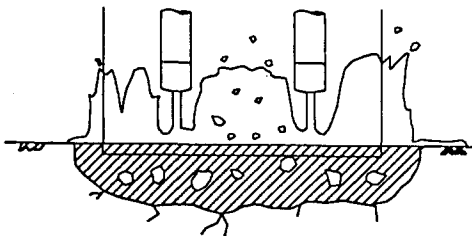
2) 침식에 의해 요철상태가 된 암반표면은 고압워터젯트에 의해 급속하게 침식이 진행된다. 한편, 말뚝침단이 암반표면을 충돌하므로서 표면에는 균열이 많이 발생하기 시작한다.



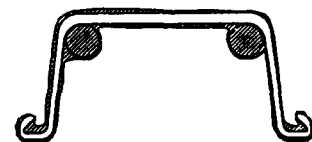
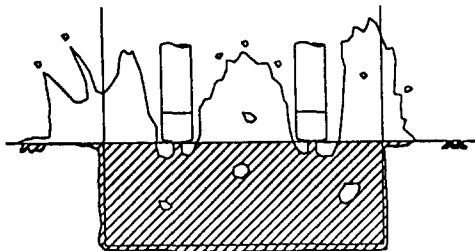
3) 고압워터젯트에 의한 절삭과 침식이 진행되어 암반표면의 균열은 더욱 깊고 크게 된다.



4) 바이브로햄머에 의한 진동의 반복하중으로 암반표면은 피로되어 강도가 저하되고 동시에 고압워터젯트의 水力쇄기효과로 암반의 균열부가 떨어져 지면서 파괴되기 시작한다.



5) 파괴된 암반의 돌조각은 질척하게되어, 말뚝과 岩盤과의 작은 틈에 머무르지만 일부는 지표면으로 상승류와 함께 排出되어 진다. 말뚝은 항상 신선한 암반을 타격하면서 계속 관입된다.



이렇게 JV공법에서의 고압워터젯트의 역할은 유사한 타공법과는 크게 다르고, 워터젯트를 단순히 slime의 세정기능으로서 사용하는 것이 아니라 암반 표면의 절삭, 혹은 침식, 삭공과 같은 워터젯트가 지닌 물에너지 즉, 충격력과 動壓作用, 水力쇄기작용 등을 적극적으로 이용하고 있는 것이 커다란 특징의 하나이다. 이른바 JV공법은 불과 진동의 복합에너지를 발출 이것을 이용해 암반에의 강제말뚝의 타설을 실현하고 있는 획기적인 공법이라고 할 수 있다.

4. 기초실험

약 15년전에 워터젯트의 압력과 유량이 암반에 대해 어떠한 영향을 미칠것인가를 테마로 실내검사를 실시했다. 실험에서 사용했던 실험체는 중,형 990mm, 높이 500mm의 모타르블록으로 골재는 細竹材만으로 했다. 이 모타르블록의 강도는 泥岩, 砂岩을 상징해 일축압축강도 $q_u = 130 \sim 135\text{kg/cm}^2$ 로 했다. 실험에서는

- 1) 이 노즐과 시험체간 거리의 차이에 의한 굴착구멍의 깊이와 크기의 관계
- 2) 젯트水の 분사시간의 차이에 의한 굴착구멍의 깊이와 크기의 관계에 대해서 3종류의 압력과, 각각 2종류의 유량, 합계 6가지 방법으로 실시했다.
- 3) 실험에서는 C型鋼강관, 직선 프렛틀을 사용했다. 실험체의 구멍의 깊이, 구멍의 크기에 대해서 조사하는 것으로 고압워터젯트의 암반에 대한 효과를 판단할 수 있다고 생각한다.

그림 1), 2), 3), 4)는 그 효과를 정리한 그래프이다. 그림 1)의 노즐과 시험체간 거리의 차이에 의한 굴착구멍 깊이의 관계는 거리(L)를 작게할수록 굴착깊이(H)는 증대하는 한편, 굴착구멍은 감소하는 경향이 있다.

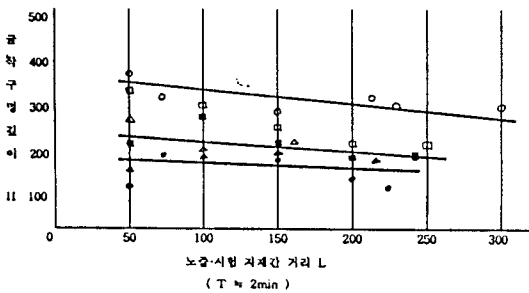
구멍깊이(H)는 압력 $P=350\text{kg/cm}^2$ 량 160l/min ○-○ 표시다음에 □-□ 표시의 압력 $P=100\text{kg/cm}^2$, 유량 $Q=400\text{l/min}$ 이 안전거리 50mm에서 거의 차가 없다. 그림 2)의 구멍지름(D)에서는 □-□ 표시의 압력 $P=100\text{kg/cm}^2$ 이 ○-○ 표시의 압력 $P=350\text{kg/cm}^2$ 를 상회하고 있다. 젯트水の 분사시간과 굴착구멍 깊이 및 구멍의 관계를 그림-3), 4)에 표시한다. 굴착구멍깊이(H) 및 구멍(D)은 분사시간(T)을 늘릴수록 크게 되는 경향이 있는 것을 알 수 있다.

JV공법에서는 젯트노즐은 말뚝의 단면상태에 맞춰서 배치하지만 가능한 적게 그 위에 효과적으로 부착할 필요가 있고, 노즐 한개의 영향범위가 큰 쪽이 좋으며 그 압력으로서 P 는 100kg/cm^2 으로 충분하다는 것을 알 수 있다. 이상의 효과로부터 젯트水の 분사시간이 단기간인 경우에는 굴착구멍 깊이(H)는 젯트의 토출압력(P)에 굴삭구경(D)은 토출유량(Q)에 크게 영향을 받는 것으로 추정되고 압력은 350kg/cm^2 까지 필요하지 않다고 판단할 수 있다.

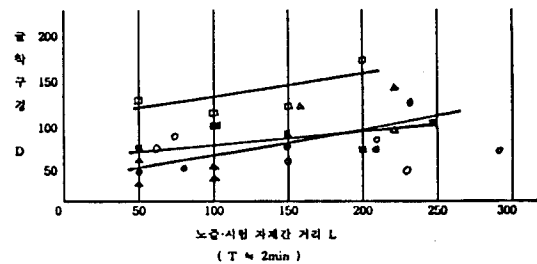
이러한 기초실험을 근거로 현장에서의 시공테스트를 실시했다. 현장시공에서는 바이브로헤머와 출력, 워터젯트의 압력, 유량 등을 말뚝의 관입심도에 맞춰서 그 변화량을 측정하였다. 이 시공 테스트에서는 암반에의 타입시에는 말뚝의 침단부에 부착하는 노즐의 배치관경과 침단부의 보호가 스무스한 말뚝의 관입의 포인트인 것이 확인되었다. 사질이나 사력지반에서는 노즐 1進式이, 암반이나 固結土地에서는 2進식이 가장 효율 좋은 노즐배치인 것이 증명되었다. 현재 엔진 구동식의 SJ-125E형을 중심으로 4機種있으며, 토출압력 150kg/cm^2 (15MPa)로 하고 유량은 각각

- SJ-125E는 325l/min
- SJ-250E는 650l/min
- SJ-300E는 895l/min
- SJ-400X는 1200l/min

으로하여 지반조건과 말뚝조건에 맞춰서 조합사용대수를 설정하고 있다. 그림-5는 토목공사에 있어서 워터젯트의 사용압력의 변화를 나타낸 것이다.



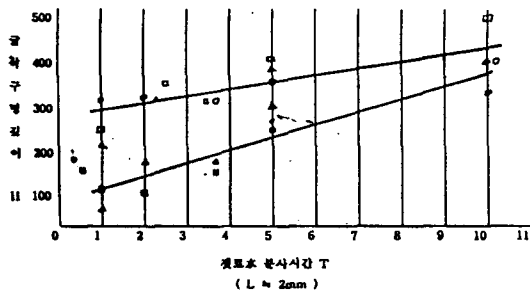
	P (kg/cm ²)	Q (l/min)
○-○	350	150
△-△		80
□-□	250	150
◇-◇		80
○-○	100	400
□-□		200



	P (kg/cm ²)	Q (l/min)
○-○	350	150
△-△		80
□-□	250	150
◇-◇		80
○-○	100	400
□-□		200

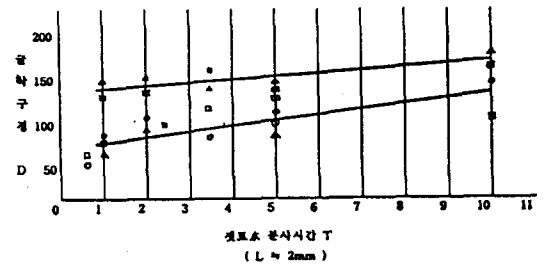
그림 1) 노즐·시험 자재간의 거리와 굴착구멍 깊이의 관계

그림 2) 노즐·시험 자재간의 거리와 굴착구멍의 관계



	P (kg/cm ²)	Q (t/min)
○ - ○	350	160
△ - △		
□ - □		
▲ - ▲	100	400
■ - ■	350	160
● - ●		

그림 3) 잣트수 분사시간과 굴착구멍 깊이의 관계



	P (kg/cm ²)	Q (t/min)
○ - ○	350	160
△ - △		
□ - □		
▲ - ▲	100	400
■ - ■	350	160
● - ●		

그림 4) 잣트수 분사시간과 굴착구멍의 관계

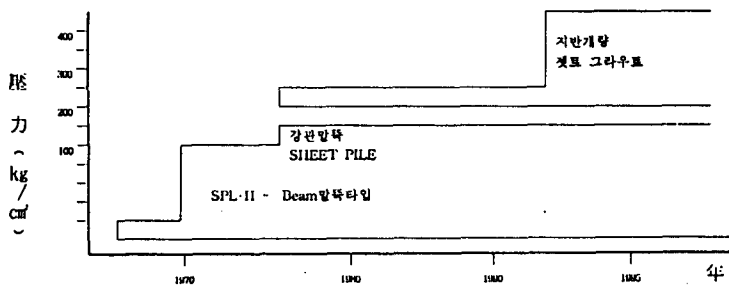


그림 5) 토목공사에 있어서 워터젯트의 사용압력

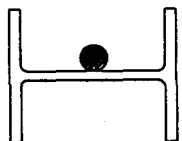
노즐의 배치



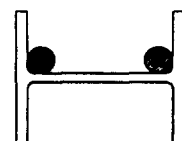
사질지반



고 결 토



사력지반



암 반