

이수가압식 추진공법 시공사례

차장 정 기 수
(울산하수도현장)

1. 서 론

도심지에서의 관부설을 위한 굴착공사는 주변의 환경적 제약조건 등에 따라 일반적으로 사용하는 Open Cut 공법이 불가한 경우가 많으며 이에 따라 여러가지 새로운 공법들이 소개, 채택되고 있다.

본 이수가압식 추진공법도 그러한 공법들 중 하나로 공사지역 주변에 주택 등 건물이 있는 연약지반에 관을 설치해야 할 때 적용되는 Open Cut 공법으로, 시공시 건물의 침하·붕괴 등으로 인한 민원사항이 야기될 우려가 있거나, 폭이 좁아 Open Cut 자체가 불가한 곳에서 사용할 수 있는 이점이 있어 복잡한 시가지나 주택가 등에서 공사시 유용하게 적용할 수 있다.

당 현장에서는 공사구간중 연변에 주택이 밀집하여 있으며 지상에는 체신주, 전주, 지하에는 상수도, 체신케이블, 도시가스 등이 산재해 있는 매립지 구간에 본공법을 채택 시공하여 좋은 결과를 얻었는바, 이에 본공법을 소개하고자 한다.

2. 공사개요

본 공사는 오수시설이 불비된 울산시 전역의 오수망을 신설하여 시민의 보건위생과 쾌적한

생활환경을 도모하고자 ADB 차관사업으로 5개년 계획으로 시행하는 공사이다.

- 1) 공사명 : 울산시 위생하수관거 부설공사.
- 2) 위치 : 경남 울산시 구시가지 일대(태화강 북측)
- 3) 공사기간 : 1986. 10. 29~1990. 12. 31
- 4) 발주처 : 울산시
- 5) 설계자 : 도화종합기술공사
- 6) 공사규모

연성관($\phi 100\sim 400\text{mm}$) : 143,025M

콘크리트 관($\phi 450\sim 1,200\text{mm}$) : 11,350M

맨홀(각종) : 2,812개소

오수받이(각종) : 5,984개소

3. 공법개요

이수가압식 추진공법이란 이수를 가하여 지하수압에 대항하는 압력을 형성시키고 유압 Jack으로 추진관을 밀어넣는 기술을 의미한다.

벤토나이트 등을 혼합하여 만든 이수는 이수파이프를 통해 Sand Pump로 공급하게 되는데, 굴삭전면에서 실드머신 선단에 설치한 격벽에 의해 폐쇄된다.

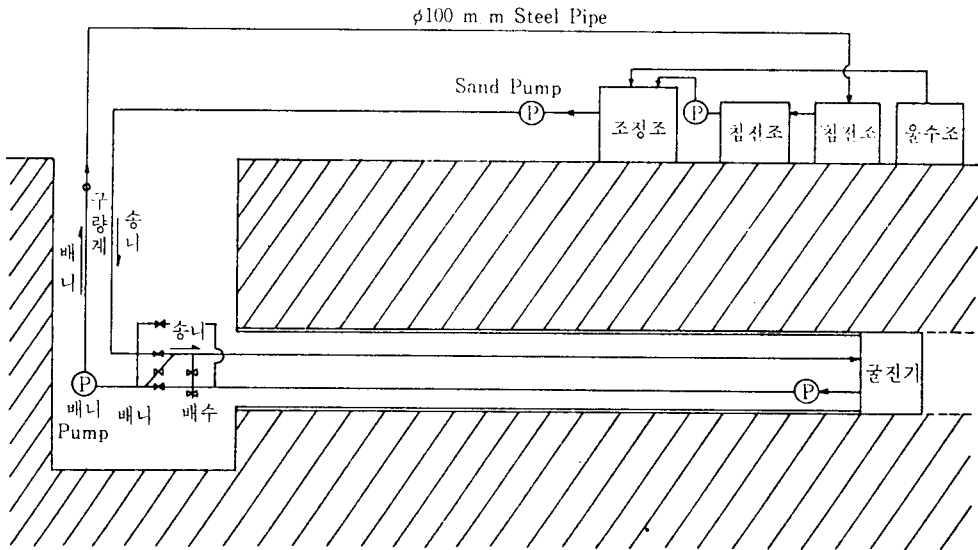
이수압력을 가하여 굴착전면(절우전면) 토사의 붕괴를 방지하면서 Cutter를 회전시켜 토사

를 굴삭하며, 붕괴를 방지하기 위해 굴삭토랑에 알맞는 굴진 속도로 유지하면서 유압 Jack으로 추진관을 밀어 넣는다.

굴착토사는 이수상태로 Sand Pump를 통해 침전조로 수송되어 처리된다. 침전조에서는 이

수와 토사를 분리하여, 토사는 배출시키고 이수는 조정조로 보내 농도 조정한 후 다시 굴삭 전면으로 보내 재활용한다.

개략적인 이수유체 순환도는 그림 1에 나타난 바와 같다.



〈그림 1〉 이수유체 순환도

4. 작업순서

- 1) 이수파이프를 통해 이수를 순환시켜 Shield Machine으로 굴진한다.
- 2) Shield Machine의 굴진 속도에 맞추어 입갱부터 추진관 1본을 설치할 수 있는 정도로 하여 유압 Jack으로 밀어 넣는다.
- 3) 이수 파이프 및 Cable 등을 분리시켜 추진관을 Setting한다.
- 4) 이수 파이프 및 Cable을 접속시켜 원압 Jack으로서 굴진한다.
- 5) 2)번부터 반복하여 작업한다.

5. 적용범위

본 공법은 고가의 기계 임대료와 많은 경비의 준비 공사가 필요하므로, Open Cut 공법으로 시공가능한 곳에서 사용하는 것은 비경제적이다. 그러나, 주변에 주택 등 건물이 있는 연약지반에 상수관을 설치해야 할 때, Open Cut 공법으로 공사할 경우 건물의 침하 붕괴 및 민원 사항이 야기될 우려가 있거나, 폭이 좁아 공사가 불가능한 곳에 사용할 수 있는 이점이 있으므로 복잡한 시가지에서 공사해야 할 경우 유용하다. 단, 지질에 따라서 굴진기가 달라져야 하므로 보링 등으로 사전지반을 조사한 후 시

공해야 하며, 암이 나오는 구간에서는 시공할 수 없다.

6. 굴진기의 선정

본 공사에서는 기계 토압 대항형 이수 Semi Shield기를 채용하였다.

일반적으로 이수가압공법이라고 말하면 Bentonite 등의 이수 모액을 송수라인을 통해 Shield 기내 이수실로 보내고 Cutter Head의 Slit부를 통해서 주변흙에 침투시켜서 흙을 교란시키면서 굴착하는 방법으로 어디까지나 이수압으로서 흙의 붕괴를 방지하고 지하수압과 Balance 시킨다는 생각이다.

그러나 이 공법에 있어서는 지반 침하라든가 붕괴의 위험성은 있으나 이들 문제점은 모두 Shield기의 굴진 속도와 배토량에 관계가 있고 지나치게 토사를 굴삭하면 필연적으로 흙은 침하한다.

따라서 Cutter Head로서 굴삭되는 토량에맞는 굴진 속도를 항상 유지하는 것이 필요하다. 그러나 굴진 속도의 산정에는 여러가지 문제가 있고 오차의 발생시 완전한 속도 제어를 하는 것은 매우 어려운 실정이다.

이에 비해 본 현장에서 사용한 굴진기는 이수압만으로서 흙의 붕괴를 방지하는 것이 아니고 Shield기 Cutter Head의 전면을 토사면에 밀어 붙여서 토압에 대항하면서 굴진하기 때문에 흙의 주동 토압보다는 높고 수동 토압보다는 낮은 범위의 토압을 항상 Cutter head 전면에 대항시켜 놓기 때문에 확실하게 흙의 붕괴를 방지할 수 있는 공법이다.

φ800 mm 이하의 추진관 시공시에는 사람이 들어갈 수 없으므로 Shield기를 스크린을 통해 원격조정 장치로 조정하게 되며, φ900 mm/

m 이상의 추진관에서는 Shield기 후방에 있는 조정장치에 사람이 들어가서 통제 및 조종을 하며 문제점 발생시 무전기 등을 통해 외부와 연락하여 문제점을 해결한다.

7. 현장에서의 시공사례 및 작업순서

7.1 사전 준비 작업

1) 지반개량공사

입갱내 굴착시 및 맨홀 공사시 흙의 차수 및 Heaving 방지와 입갱내 추진 설비의 안전을 위하여 계획 굴착 하부의 흙을 SGR 공법(SGR 7·8호, 규산소다 3호, 시멘트를 혼합하여 천공한 자리에 투입)으로 지반 개량을 한다.

본 현장의 평면도 및 지반개량을 위한 대표적 약액주입도(발진입갱 및 입갱의 맨홀부)가 그림 2 및 3에 나타나 있다.

2) 입갱축조 공사

① Sheet Pile 항타 및 뽑기 공사

측량된 입갱위치에 $400 \times 150 \times 13 \times 10^3$ 의 Steel Sheet Pile을 Vibro-Hammer를 이용하여 SGR 공법으로 지반 개량을 한 곳에 항타 및 뽑기 작업을 한다.

② 굴토, 버팀대 설치 및 철거공사

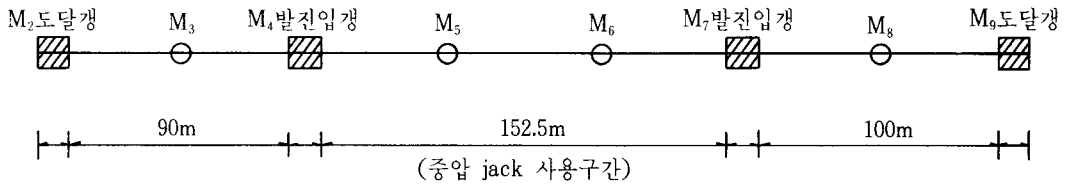
계획된 깊이 만큼 굴착하고, 토압에 의한 Sheet Pile의 전도를 방지하기 위하여 H-Beam 떠장을 설치한다.

③ 되메우기 공사

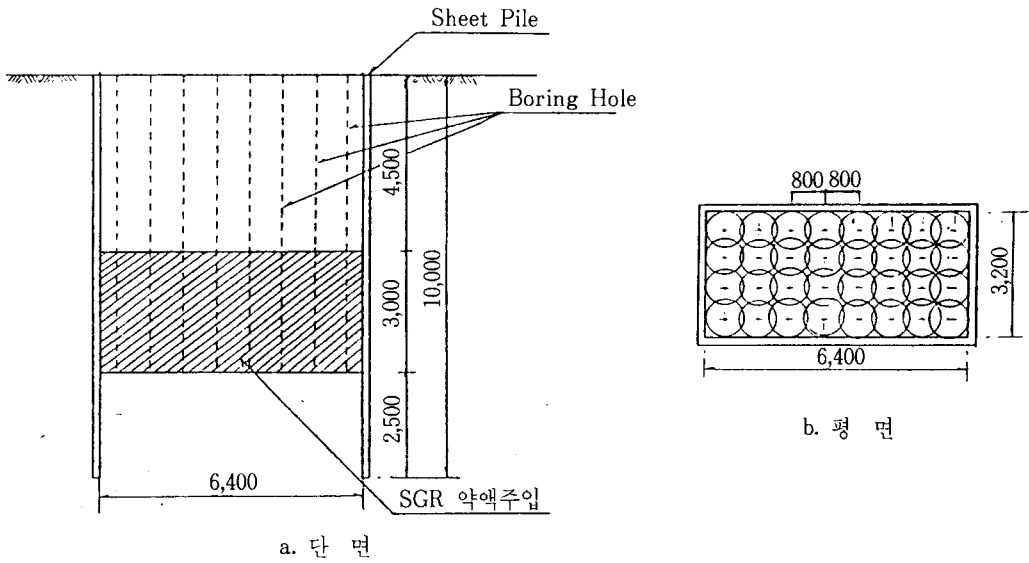
입갱내에 맨홀 축조공사 완료 후 되메우기 공사를 한다.

3) 추진관

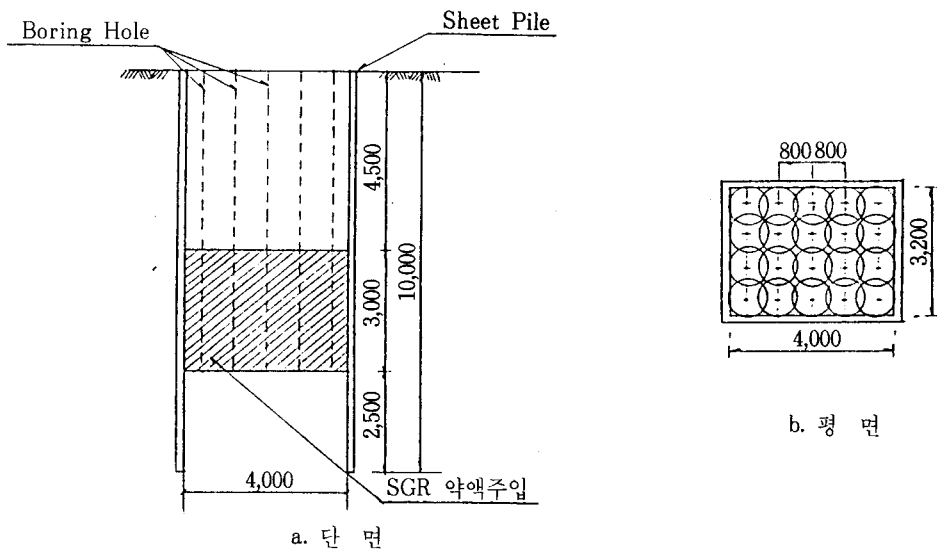
기존 하수관등에 사용되고 있는 관은 사용할 수 없고, 본공사에 적합한 고강도의 관을 별도로 주문하여 사용해야 한다.



〈그림 2〉 공사평면도



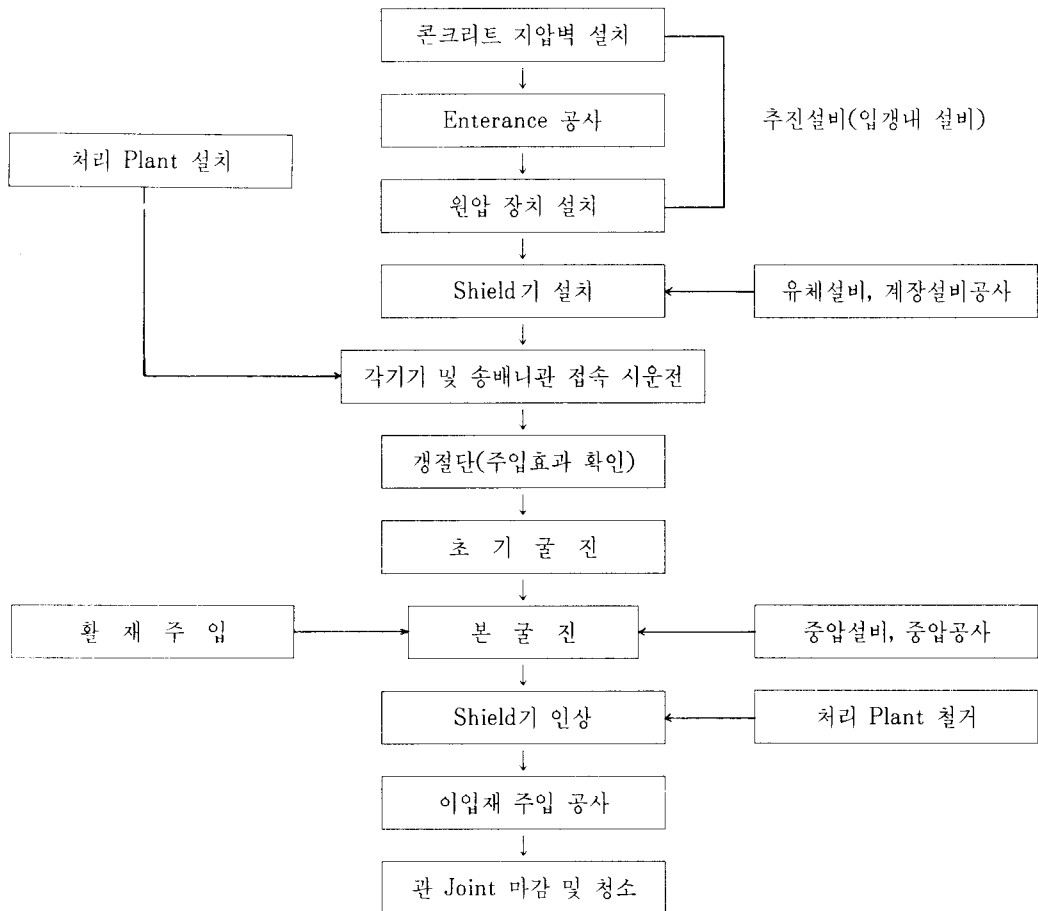
〈그림 3〉 발진입갱내 약액주입도



〈그림 4〉 입갱의 맨홀약액주입도

7. 2 추진공사

1) 이수 추진공의 Flow도



2) 추진 공사 공정

① 추진설비 공사

a. 입갱의 미리 설치한 Span에 문형 크레인 (3 ton)을 조립한다. 이때 추진관 시공시 추진관을 쉽게 운반할 수 있는 곳의 위치를 고려해야 한다.

b. 지상에서 측량한 기점의 Center를 갱내에 옮기고 그 센타와 직각으로 반력벽, 갱구벽, 추진대, 원압 Jack (150톤 4개 : 계 600톤, Stroke

1000 m/m)을 설치한다.

c. Plant 기지에 이수처리장치(침전방식), 침전조, 청수조를 설치한다. 또 송배니 Pump(Sand Pump)를 설치하여 $\phi 100\text{m/m}$ 강관으로 순환경로를 배관한다.

d. 갱내에 배니펌프, 입갱 By-Pass를 설치하고 각종 설비의 전기 Cable을 입갱 중단에 설치한 분전반에 접속시킨다.

② Shield Machine 투입공사

a. Shield Machine 투입은 크레인으로서 안전하게 투입한다.

b. Shield Machine Setting 후 동력선, 조작선, 송배니 파이프를 연결하고 시 운전을 한다. 본 공사의 $\phi 900\text{mm}$ 추진관 시공시 약 100m 정도까지 시공이 가능하고 보조 Jack(30톤 \times 6개=180톤)을 설치한 중압관 사용시 150m까지 시공이 가능하다.

③ 초기 굴진 공사

a. 갯길은 전면절단 하기전에 Sheet Pile에 수개소의 관측공을 뚫어 흙의 상태 및 출수의 유무를 확인하고 출수의 우려가 있을 때에는 약액을 재주입하여 지수를 확인한 뒤에 특수 절단봉을 사용하여 신중하게 전면을 절단한다.

b. 원압 Jack으로 Shield Machine을 굴착면에 접촉시켜 갯구 Entrance의 고무패킹을 점검한 후 천천히 송니를 개시하고 굴착수압(지반 개량범위)을 0.2kg/cm^2 이하에서 천천히 올리면서 Shield Machine을 흙에 밀어 넣는다.

c. Shield Machine을 흙에 밀어 넣은 다음 Machine 후방에 추진관을 설치하고, 다음관이 사행동의 원인이 되지 않도록 추진 속도를 적절히 조절하면서 추진관을 밀어넣고 각계기를 확인하여 초기 굴진을 완료한다.

④ 본굴진공사

a. 굴착면(절우) 관리

초기 굴진을 완료하면 절우압을 정수압 $0.1 - 0.5\text{kg/cm}^2$ 으로 관리하여 지하수압에 의한 굴착면 붕괴를 방지한다. 굴착면 관리는 굴진기 조작반상의 대비로서 조작관리한다.

b. 토압관리

본 굴진기는 Cutter Head Slide Cut 개폐 기구의 연동에 의하여 굴진속도, 토압 등에 대

응하여 Cutter Head가 Slide하고 Slit가 적정 굴착 속도가 되도록 자동개폐한다.

본 현장의 굴진기 속도는 $5 - 10\text{cm/min}$ 으로 굴진하였다.

c. 추력관리

흙과 추진관의 마찰 저항력이 크게 되면 Jack의 압력에 의하여 관이 파손되어 추진 불능이 될 우려가 있기 때문에 원압 조작반상의 압력계로부터 추력을 파악하여 적시에 활재를 관과 흙사이에 주입하여 마찰 저항을 감소시킨다. 본 현장에서는 180톤의 압력이 걸릴 때에 활재를 주입한 결과 66톤의 압력이 걸려 크게 마찰 저항을 감소시켰다.

d. 품질관리

추진 공법에서는 관의 사행 수정이 곤란하기 때문에 굴진기의 조작은 숙련이 필요하고 추진 중에는 굴진기에 경사계를 붙여서 상시 관리하여 사행이 생긴 경우에는 방향 수정 Jack을 써서 수정을 빨리 조금씩 하여 추진관 1본마다 고치도록 하고 Center 측량을 실시하여 기록하고 품질관리를 한다.

본 현장에서는 Laser Transit를 설치하여 경사를 관리하고 2-3본 추진관 시공시 마다 Level로 Center를 측정하여 추진관의 Level이 맞는지 검사하였다.

⑤ Shield Machine 인상 및 이입재 주입과 관 Joint 마감공사

a. Sheet Pile 배면까지 추진하면 Sheet Pile을 일부 절단하여 중심을 확인한 다음 도달간에 Entrance 고무 Packing을 부착하고 지하수, 토사유입을 방지한다.

b. 도달입갱내에 강제로서 Machine수대를 설치한다.

c. 갱월에 관해서는 발진시와 같이 지수를 확인 후 특수 절단봉으로 전면절단을 하고 유압 Jack으로 밀어 내어 크레인으로 들어 올린다.

d. 추진완료 후 동력선, 송배니관을 발진 입갱으로부터 철거한다.

e. 추진관의 고정 및 지수의 목적이의 골재 고결에 따른 흙의 느슨한 상태를 방지하기 위하여 Back-Filling Mortar를 주입한다.

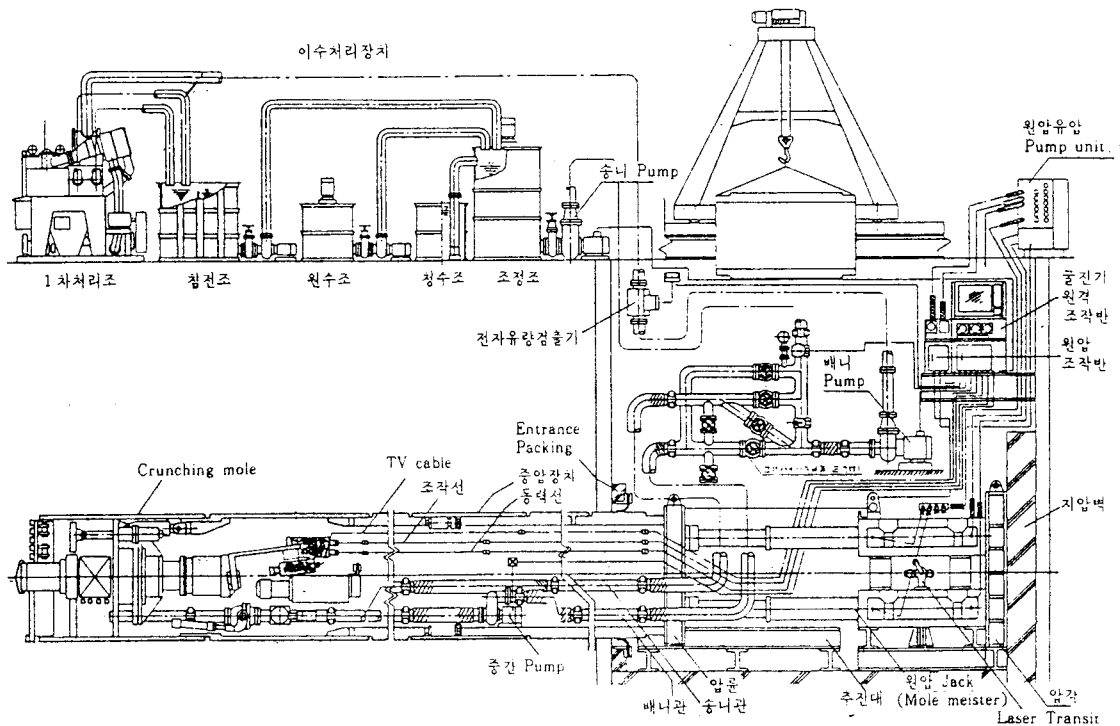
f. 관내 청소를 하고 관접합부를 지수 Cement 로서 마감한다.

7. 3 맨홀 축조 공사

본 굴진 공사가 끝나고 입갱내 추진 설비를 철거한 다음 추진관로와 Manhole 사이의 연결부에 관포설 작업을 한 후 Manhole을 설치한다.

8. 계통도 및 장비 일람표

본 공법에 대한 전체적 계통도 및 주요장비 일람표는 다음 그림 5 및 표 1과 같다.



〈그림 5〉 이수실드공법의 전체계통도

〈표 1〉 주요기계장비 일람표

항 목	규 격	수 량	수 량	비 고
이수 Shield 굴진기	φ 900기계식토압대향형	1	SET	굴 착 기
유압 Unit	15 F	1	대	원압설비
유압 Jack	150T×1000ST	4	본	"
압륜, 압각, 스트럿트	φ900용	1	식	"
유압 Hose	φ900용	1	식	"
추 진 대	H-200×200	1	식	"
송니 Pump	SDK-430 WEA	2	대	이수환류설비
배니 Pump	SDK-430 WEA	2	대	"
중간 Pump	SHK-410 WEA	1	대	"
유량계 By-pass	4 B	1	대	"
송 배 니 관	4 B	900		"
침 전 조	24 m ³	2	대	"
여잉이수조	20 m ³	1	대	"
청 수 조	20 m ³	1	대	"
Sand Pump	3.7 kw	2	대	"
수중 Pump	2.2 kw	2	대	"
문형 Crane	2.8 ton	1	SET	입경내 관운반
Grout Pump	BG-5	1	대	주입설비
Grout Mixer	LAM-250	1	대	"
송 풍 기	VB-060-E	1	대	환기설비
중압용 Pump Unit	3.7 kw	1	대	
소형 Excavator	0.1 m ³	1	대	
전 력 설 비	22.9 kv, 150 kva	1	대	동력부하, 전등
Truck Crane	45 ton	1	대	
Truck Crane	20 ton	1	대	
Vibro Hammer	60 kw	1	대	
Pump Truck	8 ton	1	대	
Pump Truck	4.5 ton	1	대	
Excavator	0.7 m ³	1	대	

9. 이수가압식 추진 공사비 내역

단위 : 천원

공 종	규 격	수 량	투 입 금 액	비 고
발진, 입갱, 축조공사	6.4×3.2×3m	2개소	15,752	
도달, 입갱, 축조공사	3.2×4.0×3m	2개소	12,128	
관추진, 부설공사	φ 900m/m	342.5m	146,000	
주 입 공 사	φ 900m/m	342.5m	15,493	
추진, 입갱, 이수 설비공사		3개소	25,037	
S. G. R 주입공사			24,393	
맨홀 축조공사		5개소	1,653	
기 타 공 사			12,954	
자 재 비			59,320	
계	φ 900m/m(P.C관)	342.5m	312,730	

*이는 m당 약 913,000원이 된다.

10. 결론

본 공법은 일본 ISEKI POLY-TES, INC의 특허이며 동서산업(주)에서 기술도입한 공법으로 국내에서는 당 현장에서 유일하게 시공하였다. 기계(굴진기)를 일본에서 가져와야 하며 준비

공사가 많은 관계로 Open Cut 공법에 비해 공사비가 비싼것이 단점이나 민원으로 인한 공기 지연 보상비 등을 고려한다면 부득이한 구간에 채택하여 효과를 볼 수 있는 공법으로 사료된다.