

## 소구경 비개착 관로건설 기술연구

서동섭

KT 차세대통신망연구소

### An Experimental Study on the Trenchless Construction Method For Small Diameter Cable Conduits

Dong-seob Seo

KT Telecommunication Laboratory, Network Infrastructure Research Team

#### Abstract

도시의 기능이 날로 커져가고 땅속 지하매설물은 포화상태에 이르렀다 또한 시민들의 의식 수준이 높아가면서 도시에서의 굴착시공은 민원유발과 교통소통장애 문제로 날로 어려워지고 있는 것이 현실이다 KT에서는 무인 및 유인 통신구를 건설할 수 있는 장비를 이미 개발한바 있으며, 본 연구를 통해 도심지에서 보다 효율적으로 통신관로  $\Phi 50\text{mm}$ ,  $\Phi 150\text{mm}$ ,  $\Phi 300\text{mm}$ 를 시공할 수 있는 장비를 개발하게 되었다

도시는 복잡하기 때문에 비개착 시공에 있어서 시공 점유면적이 상대적으로 많을 경우 어려움을 겪게된다 소구경 비개착 장비인 XS-300은 길이 1.45m 폭 0.8m 높이 0.97m 이며 중량은 700kg 인 소형장비인 것이 특징이다 XS-300은 도심지에서 통신맨홀 터파기 부분을 압입구로 활용할 수 있으며 경제적인 비용으로 개착식 시공이 불가한 구간에 대한 인입관로 구성과 지하장애물 하월시공, 도로횡단 시공 시에 적합한 장비이다

특히 타 시설물을 관통한 불량통신시설과 재해에 취약한 통신시설에 대해 안전하고 경제적인 비용으로 이설시공을 할 수 있으며 통신인프라 기초시설 안정화 및 품질고도화에 기여할 수 있을 것이다

#### 1. 서 론

도심지에서 지하관로를 건설하는 것은 많은 민원유발과 도시경관 저해요소 등으로 인해서 시민들로부터 좋은 소리를 듣지는 못한다

각종 인프라시설의 지중화 작업은 도시미관 확보와 시설의 안정화에서 출발하였으나 주로 개착식 방법에 의한 시공이 이용되어 왔다

그러나 도시의 지하는 각종 매설물의 포화상태에 이르러 추가신설이나 증설작업이 어려운 경우도 발생하게 되었다

이러한 문제를 해결하기 위해 지금에 이르러서는 많은 비개착 기술이 연구되고 발달하게 되었다

그러나 이러한 비개착 시공기술의 경우도 많은 시공점유면적을 요하고 이로 인한 교통정체 문제는 해결해야 할 과제이다

현재 KT는 비개착 시공기술의 일환으로 XS-2000, XS-1000, XS-500 등 통신구를 건설할 수 있는 마이크로터널링 장비를 개발한바 있다

이러한 장비는 통신구를 건설하기 위한 대표적인 비개착 장비라 할 수 있으나 도심지에서의 소구경 관로를 건설하기에는 적합하지가 않다

특히 지하매설물중 하수흡관이나 하수박스등 타 시설물을 관통하여 시공한 지하관로등은 우기에 유수의 흐름을 방해하는 우수장애시설로 분류되고 있으며, 이러한 우수장애 시설은 통신품질 저하의

요인이 되고 있다

본 연구에서는 이러한 유수장애시설 등을 안전하게 이설하고 경제성 및 시공성 측면에서 도심지 비개착 시공에 적합한 장비의 개발을 통해 소구경 관로  $\Phi 150\text{mm}$ 와  $\Phi 300\text{mm}$  를 시공할 수 있는 기술을 제시하였다

## 2. 본 론

### 2.1 장비 기본 요구사항

현재 비개착방법에 의해 사용되어지고 있는 공법은 추진공법, 쉘드공법, 기타 산악터널 공법 과 NATM공법 등이 있다 이러한 분류의 추진 공법 중에 가장 널리 사용되고 있는 것이 마이크로 터널링 공법이다 마이크로 터널링공법은 추진공법을 자동화한 것이라 볼 수 있는데 원격조종에 의해 도관의 방향을 조정하고 절삭기에서 발생된 흙을 추진공법에 의해 신설된 관 내부를 통하여 배출하는 기계식 굴착방식을 지칭하는 공법이다

이러한 마이크로 터널링공법과 같은 소형터널을 건설하는 공법도 시내에서 적용하기에는 상당한 애로사항이 많다

마이크로 터널링공법을 적용하기 위해서는 많은 시공점용면적을 필요로 한다

작업구의 크기와 후방설비에 대해서 점용면적 최소화가 요구 되고 있다

KT에서 사용되고 있는 광 맨홀의 종류는 아래 표와 같다

맨홀종류	규 격			비 고
	길 이	폭	높 이	
직선형1호	95	45	70	
직선형2호	190	120	150	
직선형3호	190	120	180	
직선형4호	240	150	180	
직선형5호	320	150	180	
직선형6호	340	190	180	

L 형6호	350	190	180	
직선형7호	340	190	210	
L 형7호	370	190	210	
직선형8호	440	190	210	
L 형8호	440	190	210	

[표 2-1] 광맨홀 규격

위 표는 도심지에서 실제 사용되고 있는 통신맨홀의 규격으로서 이러한 맨홀을 만들기 위한 터파기 수직구를 비개착 공법의 수직구로 그대로 적용할 수 있는 소형 압입 장비가 절실히 요구되는 것이다

### 2.2 시제품 제작

XS-300 소구경 비개착 장비는 장비본체 유압 유니트, 전원공급장치로 이루어져 있으며 장비본체는 리더파이프, 컨베이어스크류, 헤드커터등 주변 기기와의 결합을통해 비로소 비개착 시공이 가능하다

시제품의 크기는 광맨홀내에 설치가 가능한 크기로 제작되었으며 도심지와 같은 협소한 장소에서도 시공이 가능하도록 되어있다

제작된 장비의 특성과 세부 제원에 대해서는 아래에 열거하였다

#### 가. 장비특성

- 소형 발전구 속에 설치되어 1공정 또는 2공정 식으로 소구경 관로를 건설
- 추진 시스템 중 추력을 발생시키는 추진부는 발전구 속에, 그 외 설비는 지상에 설치되어 관로 건설을 수행
- 소구경 관로를 건설 시 지하장애물을 피하기 위해 반복적인 추진작업 및 방향전환이 가능함
- 직선 굴착작업이 가능하도록 루트를 계속적으로 확인 가능
- 중량은 700kg으로 5ton 카고 크레인으로 다

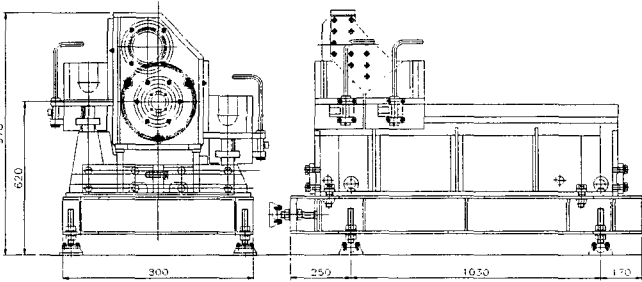
루기가 용이함

- N치 40이하의 복합토질에도 적용이 가능함
- 최대 70m 추진시 ± 3mm의 오차범위로 고정밀 시공가능

**나. 장비구성**

장비는 그림 2-2과 같은 구조로 이루어져 있으며 장비 규격만으로도 소형임을 알 수 있다

본 장비의 위치검출방식은 선도체 최전면부에 장착된 고정밀도 발광 다이오드를 추진기 후방에 설치한 계측기로 계측하면서 읽어내는 방식으로 최대 70m를 추진하여 ± 3mm 이내의 고정밀도 시공이 가능하다



[그림 2-2]

**나. 장비제원**

본 장비에 대한 세부 구성제원은 표 2-2-1과 같다

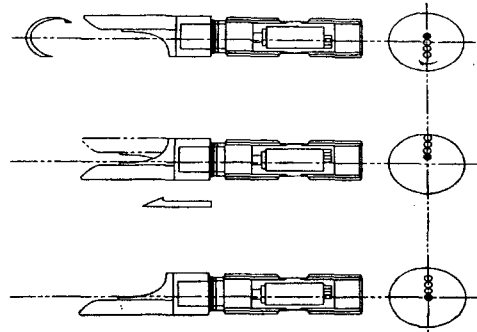
제 원			
장비규격		1.45*0.8*0.97	단위:m
적용가능 TUBE		Φ50, Φ150, Φ300mm*800L	
SYSTEM	시공방법	압입, 무배토	리드관추진
		디지털 광학계측	위치검출
		절삭, 스크류배토	이설관추진
	추진거리	70M(N값에따라)	최대
		적용토질	점토, 실트, 사질토, 자갈혼합토
	호칭경의 1/3 이하		자갈최대경
		0 ~ 40	N치
	발전구	광맨홀2호이상수직구	
도달구	광맨홀1호이상수직구		
추진구배	± 10°		
추진장치	FEED STROKE	1000 mm	

	추진력	20톤	
	회전축토크	200kg.m	
	회전수	0 - 40rpm	
HYDRO PUMP UNIT	최대유압	210kg/cm <sup>2</sup>	
	사용전력	AC200V(3상)*15KW	
사용발전기		25KVA이상	
선도체 HEAD규격		Φ76 × 420mm	조인트포함
리드관		Φ60 × 600mm	
SCREW		Φ60 × 800mm	

[표 2-2] 장비제원

**2.3 방향제어**

첫 번째의 리더관 추진에 있어서의 방향수정은 선도체 최 전방부에 장착된 고정밀도 발광 다이오드를 발진 입갱내 추진기 후방에 설치한 측량기로 계측하면서 읽어내는 방식이다



[그림 2-2-1]

추진도중에 측량기의 십자 선으로부터 중심램프가 벗어난 경우, 리더관을 정회전시켜, 중심램프가 십자 선보다 멀리 떨어진 위치에서 더욱 더 십자선과 중심램프와 바깥주위 램프가 일직선 상이 되는 곳에서 멈춘다

그대로 추진하면 중심램프는 십자선에 들어온다  
 ※ 추진기 본체 후부에 설치하는 트랜식으로 헤드 내의 타겟을 계측하면서 통상은 회전 추진하고, 방향 수정 시에는 회전을 멈추고 유압에 의하여 추진하여 방향을 바꾼다

### 2.3 추진관

본 공법에 사용되는 추진관은 PVC 직관으로서 1본의 길이는 80cm 이고 연결부는 그림 2-3과 같이 나선형 구조로 이루어져있어 소형 발전구 속에서도 효율적으로 결합이 가능한 구조이다 아래 표는 본 공법에 적합한 추진관의 편평하중시험 측정치이다

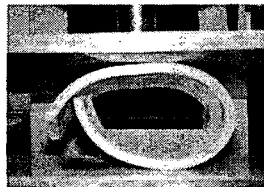
품 목	규 격		측정강도	비고
	직경	두께		
PVC	Φ150	10 mm	390kgf	
PVC	Φ300	16 mm	677kgf	

[표 2-3] 측정강도

추진관에 가해지는 힘은 연직방향에서 가해지는 토압과 활하중, 그리고 축방향에서 가해지는 선단 저항력과 관의 외주 면에 발생하는 저항력이 영향을 미치는데 이러한 하중에 대해 충분히 고려가 되어야 하며 허용응력을 고려한 안전율 F는 1.2 이상이 요구된다



[그림 2-3]



[그림 2-4] 하중시험

### 2.4 시험시공

제작된 시제품 장비 XS-300의 종합적인 성능검을 위해 시험시공을 해보았다

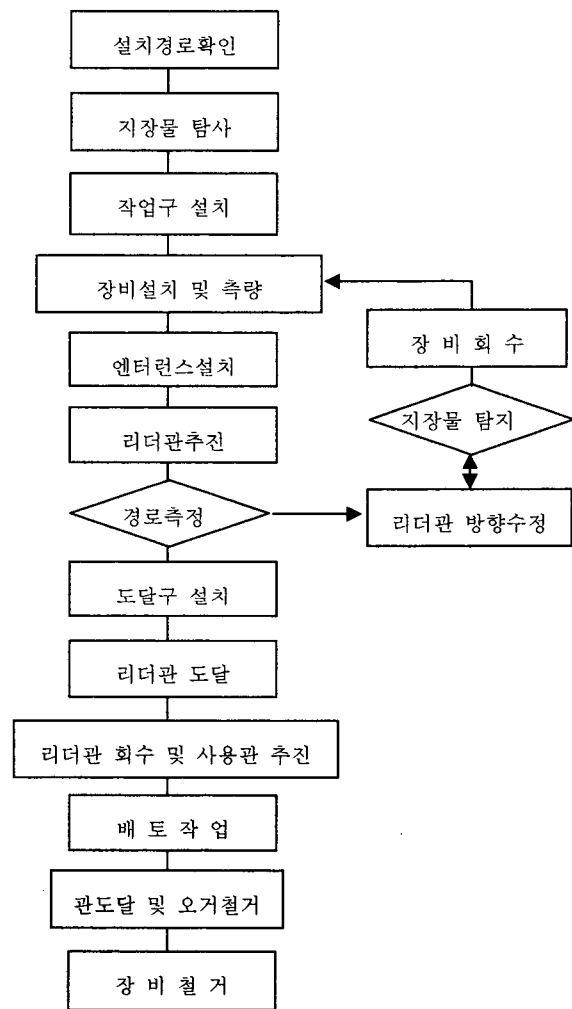
시험시공 시 주요점검항목은 다음과 같다

- 기계적인 성능
- 굴진속도
- 배토능력
- 경로제어 성능
- 기타성능

시험시공은 KT 2 연구센터 내 야외시험장에서 실

시되었으며 Φ50mm, Φ150mm, Φ300mm 에 대해 각각 30m 비개착 시공을 실시하였다  
시험시공 공정은 일반적인 터널굴진공정이 장비 추진과 동시에 추진관이 설치되는 1공정 식으로 이루어지는 반면 본 공법은 리더관이 설치되는 1공정과 추진관이 설치되는 2공정의 방식으로 이루어진다

시공 시 주요공정에 대한 공정흐름은 아래와 같다



[그림 2-4] 시공흐름

시공 시에 가장 주요한 공정은 장비설치과정과 측량작업이다. 목표하는 지점에 정확히 관을 추진하기 위해서는 초기 작업이 그 승패를 좌우한다  
Φ150mm 시험시공 시에 장비의 설치 미흡으로

추진 과정에서 약간의 장비거동이 있었으며 그 결과

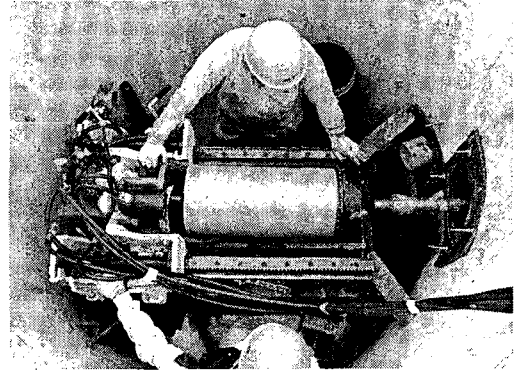
도달구에서 목표지점으로부터 15cm의 오차가 생김을 볼 수 있었다 시험시공 시 일진량을 구하기 위해 리더파이프 1분당 설치시간과 추진시간을 각각 체크했으며 스크류와 추진관에 대해서도 같은 방법으로 점검하였다 시험시공 후 일반적인 결과값은 다음과 같다

항 목		측정값
작업구		Φ2000mm 흙관
도달구		Φ900mm 강관
조합장비		맨홀청소차량
작업인원		5인
현장 토질조건		N값 5~10
굴진 깊이		1.5m
리더파이프 일진량	Φ150mm	21m/일
	Φ300mm	21m/일
스크류 및 관 일진량	Φ150mm	10m/일
	Φ300mm	8.5m/일
자갈최대입경	Φ150mm	9cm
	Φ300mm	17cm
경로오차	Φ150mm	15cm
	Φ300mm	오차없음
분당최대 회전 수		28회

[표 2-4] 시험시공결과값

장비의 기계적인 성능은 30m추진거리에 대해서는 추진력이나 rpm등을 체크해볼 때 초기 굴진 시나 도달 시 큰 차이점이 없는 점으로 보아 양호했으며 최대 자갈입경 17cm이하의 스크류컨베어를 통해 배토하는데 무리가 없는 것을 측정값을 통해 알 수 있다 그리고 앞에서 언급 했듯이 초기 장비셋팅이 정확히 이루어지면 경로오차 없이 정확하게 목표지점에 도달이 됨을 알 수 있다 그러나 가공 제작된 추진관의 경우 가공 제작 시 연결부 불량으로 인해 추진관 연결 시 수월하지 못한 부

분 등은 앞으로 개선할 점으로 나타났다



[그림 2-5] Φ300mm 시험시공

### 3. 결 론

본 논문에서는 복잡한 도심지에서 적은 점용면적으로도 보다 안전하고 경제적인 비개착 관로건설을 할 수 있는 XS-300 소구경 비개착 장비의 전반적인 특징 등을 살펴보았다 본 장비로 각종 도로횡단이나 철도횡단과 같은 소규모의 단거리 횡단공사를 저렴한 비용으로 실시할 수 있으며 특히 기존 비개착 장비들이 가지고 있는 단점 중 장비 규모와 과도한 시공점용면적을 차지함으로써 생기는 교통혼잡과 민원유발을 해소할 수 있을 것으로 보고 있다 앞으로 추진관에 대한 보완이 필요하며 XS-300장비로 KT의 유수장애시설 등 불량 통신관로의 안정화 작업에도 기여할 것으로 본다

#### [참고문헌]

- [1] 송우영, 비개착공법, 새론, 2001
- [2] KT차세대통신망연구소 연구보고서 "고속 가입자망 건설용 마이크로터널링 장비"