

# 2 지하구조물 시공을 위한 비개착공법의 소개

글 김재홍 \ 토목기술팀 대리 \ 전화 02-3433-7769 \ E-mail jhkim@ssyenc.com  
글 임재승 \ 토목기술팀 부장 \ 토질및기초기술사 \ 전화 02-3433-7770 \ E-mail ljs@ssyenc.com

## 1. 머리말

최근 들어 도심지에는 지상 건물의 포화로 지하 공간의 이용이 늘어나고 있는 추세이다. 지하 공간 활용을 위하여 지하 구조물을 시공하는 방법은 크게 개착공법과 비개착공법으로 구분할 수 있다.

개착공법은 굴착을 위한 벽체(C.I.P, H-Pile+토류판, Sheet Pile 등)를 시공한 후 굴착진행과 동시에 지보재(Strut, 어스앵커 등)를 설치하면서 굴착하는 공법으로 일반적인 굴착공사에 가장 많이 이용된다. 하지만 개착공법을 도심지 공사에 적용할 경우 교통체증의 유발, 지장물 이설비용 발생 등의 문제가 발생할 수 있다. 따라서 최근 들어 도심지 공사에서는 교통 불편으로 인한 민원 해결과 지장물 이설비용을 최소화하기 위하여 비개착공법의 적용이 늘어나고 있는 추세이다. 현재 적용되는 비개착공법은 종류가 다양하며, 각기 다른 특징을 가지고 있기 때문에 각 현장 상황을 잘 고려하여 적용할 필요가 있다.

본고에서는 현재 많이 이용되고 있는 비개착공법의 특징들을 소개하고자 하며, 향후 각 현장에 비개착공법이 적용될 경우 참고 자료로 활용되길 바란다.

## 2. 비개착공법

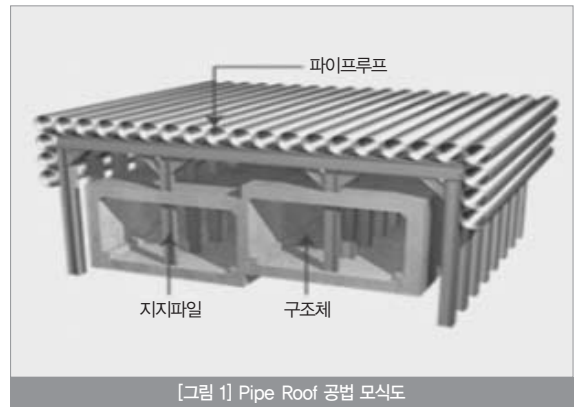
### 2-1. Pipe Roof 공법(Pipe Roof Method)

Pipe Roof 공법은 가장 널리 통용되는 비개착공법으로, 현재 적용되고 있는 많은 비개착공법들은 Pipe Roof 공법을 개량하여 발

전시킨 공법들이다.

### 1) 공법 개요

터널 및 지하 구조물을 시공할 때의 보조공법이며, 터널굴착에 앞서 굴착단면의 외곽을 따라 강관 Pipe를 삽입하여 구조물 형상에 맞춘 Roof를 형성하고 굴착과 함께 이 Roof를 지보재로 직접 지지하여 굴착으로 인한 지반이완 및 지표면의 변형을 억제하는 공법이다.



### 2) 시공 순서

토류가시설 설치 및 지반 굴착 → 반력벽 설치 → Guidance부 강관 추진 → 강관내부 굴착 → 강관내부 절단 → 각 연결부 용접 작업 → 보강철근 배근 및 콘크리트 타설 → 단계별 내부 굴착 → 수직 지보재 설치 → 구조물 시공

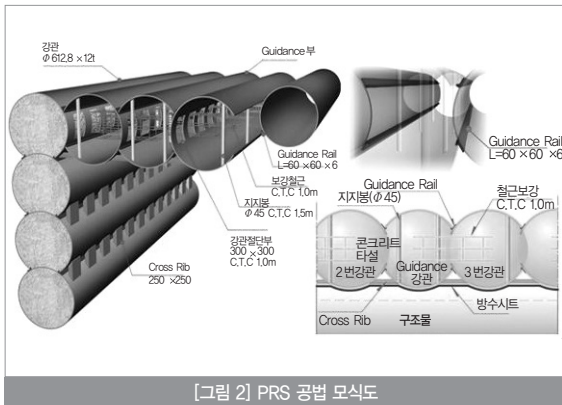
### 3) 공법의 특징

- 다수의 시공 실적 보유
- 특허 공법이 아님
- 강관과 강관 사이의 토사 유출 및 탈락에 대비하여 그라우팅 필요

## 2-2. PRS 공법(Pipe Roof Structure)

### 1) 공법 개요

강관의 한쪽에 수평방향으로 흠을 형성시키고 다른 쪽은 수평 흠과 맞물릴 수 있도록 앵글을 설치하여 여러 강관들을 이웃하게 서로 맞댄 상태로 연결시켜 횡방향 강성을 극대화시킴으로써 별도의 횡방향 지보재 없이 강관 슬래브를 형성하고 내부를 굴착하는 강관압입공법이다.



### 2) 시공 순서

토류가시설 설치 및 지반 굴착 → 반력벽 설치 → Guidance부 강관 추진 → 강관내부 굴착 → 강관내부 절단 → 각 연결부 용접 작업 → 보강철근 배근 및 콘크리트 타설 → 단계별 내부 굴착 → 수직 지보재 설치 → 구조물 시공

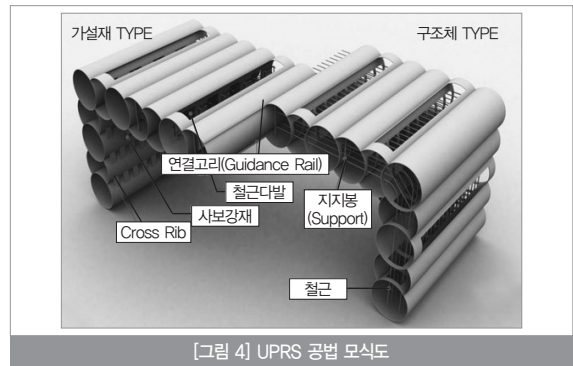
### 3) 공법의 특징

- 강관이 Guidance Rail을 이용하여 추진되므로 강관의 일체형 정밀 시공 가능
- 서로 이웃된 인접 강관과 맞물려 강성 증대로 안정성 확보
- 간단한 공종으로 품질의 우수성 및 경제성 확보
- 역방수 시공에 따른 방수 관리 필요

## 2-3. UPRS 공법(Upgrade Pipe Roof Structure)

### 1) 공법 개요

PRS 공법을 개량한 공법으로 레일이 부착된 기성강관 묶음을 이용하여 강관 다발을 압입하는 공법이다.



### 2) 시공 순서

토류가시설 설치 및 지반 굴착 → 반력벽 설치 → 강관다발 공장 제작 → 강관내부 굴착 → 강관내부 절단 → 각 연결부 용접 작업 → 보강철근 배근 및 콘크리트 타설 → 단계별 내부 굴착 → 수직 지보재 설치 → 구조물 시공

### 3) 공법의 특징

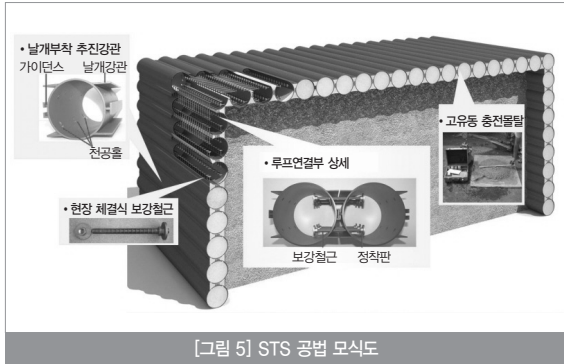
- 강관다발 구조체 공장제작 및 압입 → PRS 공법보다 공기 단축 가능
- 선단 압입장치의 부착
- 강관 구조체 저변 크로스리브 설치로 구조적 안정성 증대
- 강관 구조체 종방향 및 횡방향 연결부 용접 → 구조물의 추가 방수 불필요

## 2-4. STS 공법(Steel Tube Slab)

### 1) 공법 개요

공장에서 날개강판을 부착시킨 소형 강관을 사용하여 지중에 Roof를 형성하고 강관의 횡방향 연결부를 철근으로 보강한 후 물

탈을 타설하여 중형으로 일체화된 라멘 구조체를 형성하고 지보재를 이용하여 굴착한 후 구조물을 시공하는 공법이다.



[그림 5] STS 공법 모식도

## 2) 시공 순서

토류가시시설 설치 및 지반 굴착 → 반력벽 설치 → 상부 강관 추진 → 강관주변 그라우팅 → 강관연결부 보강철근 설치 → 강관내부 및 강관연결부 고유동 몰탈 충전 → 토류가시시설(함체 내측) 제거 → 수직 지보재 설치 → 내부 굴착 → 구조물 시공

## 3) 공법의 특징

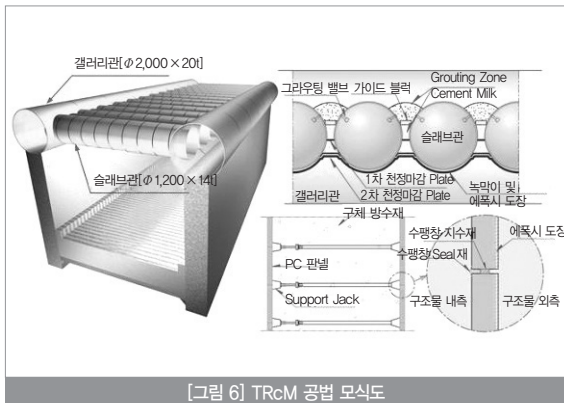
- 용접이 불필요한 연결 구조
- 완벽한 차수 및 방수 시스템
- 탁월한 침하 안정성
- 보강철근을 사용한 횡방향 연결구조

## 2-5. TRcM 공법

(Tubular Roof construction Method)

### 1) 공법 개요

작업구에서 중형단 구배에 따라 선형을 조정할 수 있도록 선도관



[그림 6] TRcM 공법 모식도

과 후속관 사이에 유압식 조정 장치를 장착한 강관을 유압적으로 압입한 후 강관 내부를 굴착, 철근 배근 및 콘크리트를 타설하여 상부 슬래브를 완성시키고 PC판넬 및 Support잭을 이용하여 지중 수직벽을 설치한 후 내부를 굴착하여 구조물을 시공하는 공법이다.

## 2) 시공 순서

토류가시시설 설치 및 지반 굴착 → 반력벽 설치 → 갤러리관 추진 및 굴착 → 슬래브관 추진 및 굴착 → 상부 슬래브 콘크리트 타설 → 벽체 트렌치 굴착 → 벽체 타설 → 단계별 내부 굴착 → 구조물 시공

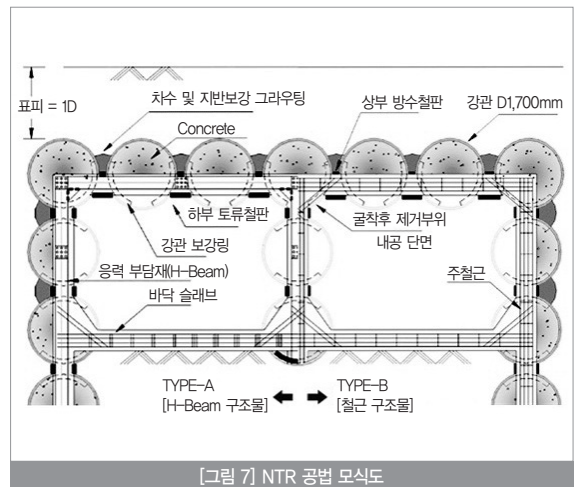
## 3) 공법의 특징

- 토질변화에 대한 대처 능력이 우수
- 선도관과 조정 장치에 의해 선형을 조정하므로 곡선선형에 관계 없이 시공 가능
- 강관을 본구조물로 사용 → 공기단축 및 원가절감, 서로 이웃된 인접 강관과 맞물려 강성 증대로 안정성 확보
- 작업용 소규모 가시시설 필요
- 대규모 강관 추진으로 소규모 추진 공법보다 지반 이완이 큼

## 2-6. NTR 공법(New Tubular Roof)

### 1) 공법 개요

강관 내 토압지지대를 설치하고 압입관(D=2.2m) 상하, 좌우를 절개한 다음 절개된 외측 또는 상부를 철판으로 용접하여 방수한 후, 구조물 형성을 위한 거푸집 철근을 설치하고 콘크리트를 타설하여 구조체를 축조한 다음 내부 토사를 굴착하는 공법이다.



[그림 7] NTR 공법 모식도



[그림 8] NTR 공법 시공전경

## 2) 시공 순서

토류가시설 설치 및 지반 굴착 → 반력벽 설치 → 강관압입 및 내부 굴착 → 강관 외부 그라우팅 → 강관 방수 철판 용접 및 토압 지지대 설치 → 상부 슬래브 시공 → 측벽 시공 → 단계별 내부 굴착 → 바닥 슬래브 시공

## 3) 공법의 특징

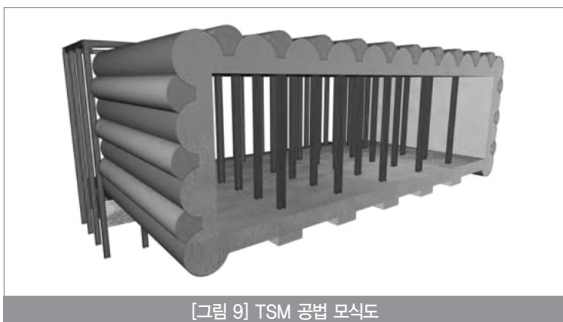
- 측벽 굴착시 기 설치된 대구경 강관 내에서 작업이 이루어지므로 붕괴 위험성이 적음
- 강관 측부를 절단한 후 구조체 외측을 철판으로 용접하므로 방수 우수
- 타 구조물과의 단면 연결 시에도 이질감이 없음
- 장기적으로 노출된 대구경 강관의 부식 방지를 위한 유지관리 보수가 필요 없음
- 가설구조물을 영구구조물로 활용 가능

## 2-7. TSM 공법

(Tunnel of using Steel pipe Method)

### 1) 공법 개요

강관을 압입한 상태에서 강관 내부에 보강품을 설치하고, 강관과 강관 사이에 슬롯홀을 형성한 후 철판으로 일체화한 다음, 형성된



[그림 9] TSM 공법 모식도



[그림 10] TSM 공법 시공전경

Roof에 수직 지보재를 설치하면서 굴착하는 공법이다.

## 2) 시공 순서

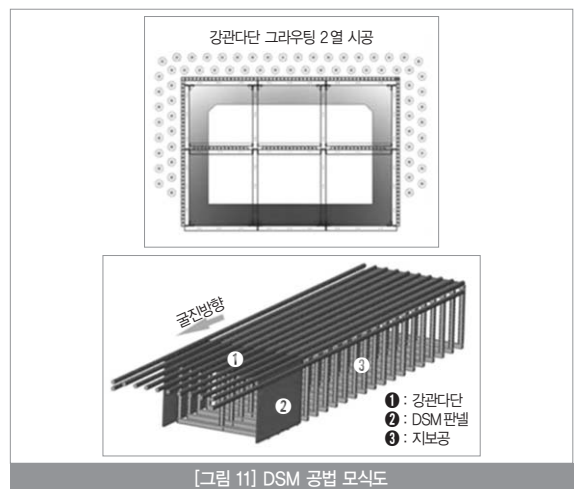
추진기지 설치 → 강관 압입 및 강관 내부 굴착 → 외부 그라우팅 → 슬롯홀 및 격벽 철판 설치 → 슬롯홀을 통한 강관과 강관철판 용접 → 임시 지보재 설치 및 내부 굴착 → 구조물 시공

## 3) 공법의 특징

- 지하구조물 형성시 지상 및 주변의 구조물에 대한 영향을 최소화할 수 있음
- 강관 측면부 절단(슬롯홀)을 최소화하여 상부의 지반 유실을 억제하며, 슬롯홀 상부를 격벽철판으로 용접하므로 구조체의 방수 확보
- 최소 토피(H=1D)로 공법 적용 가능
- 강관 압입 완료후 강관 외부 그라우팅 실시

## 2-8. DSM 공법(Divided Shield Method)

### 1) 공법 개요



[그림 11] DSM 공법 모식도



[그림 12] DSM 공법 시공전경

1900년대 중반 많이 이용되던 Messer Shield 공법을 개량 발전시킨 공법으로 Messer Shield 공법의 단점이었던 시공중 뒤틀림 부 처짐 현상을 해결하였으며, 칼날 형태의 DSM 판넬(철판)을 인력으로 연속적으로 압입하여 임시 Roof와 벽체를 형성하는 공법이다. 또한, 철판의 약한 강성을 2열 지반보강 그라우팅으로 보강하여 굴착중 발생 가능한 지반의 이완 현상을 방지한다.

## 2) 시공 순서

토류가시설 설치 및 지반 굴착 → 작업대 설치 → 2열 외부 그라우팅 시행 → DSM 판넬 압입 단계별 내부 굴착 → 임시 지보재 설치 → 바닥 슬래브 시공

## 3) 공법의 특징

- 인력으로 DSM 철판 압입 가능
- 인력작업으로 인하여 작업공간 축소
- 지반 보강을 위한 2열 강관 그라우팅 시공
- 종방향 수직 선형 15% 변경 가능
- DSM 판넬의 강성이 타공법에 비하여 작으므로 주위에 인접건물이 있을 경우 또는 상부 지반의 토피고가 클수록 적용성 감소

## 2-9. Front Jacking 공법

### 1) 공법 개요



[그림 13] Front Jacking 공법 시공전경

강관을 이용하여 임시 지보(Roof)를 형성한 후 기 제작된 구조물을 유압잭을 이용하여 견인하는 공법이다.

## 2) 시공 순서

토류가시설 설치 및 지반 굴착 → 강관압입 → 강관 외부 그라우팅 → 수평 천공 작업 → 도갱 → 발진대 설치 → 선단슈 및 접속강 조립 → 구조물 제작 → 유압장비 설치 → 정착판 및 유압잭 설치 → 막장철거 및 선단슈 관입 → 유압잭을 이용한 구조물 견인 → 가시설 철거 → 구조물 외부 그라우팅

## 3) 공법의 특징

- 장거리 터널 시공이 가능
- 발진대 위에서 구조물을 제작하므로 구조물 제작이 용이하며 품질 관리 우수
- 대단면 및 이형 단면 구조물의 시공 가능
- 기본적으로 반력체가 필요없음
- 합체 추진중 지반 보강이 어려움

## 3. 맺음말

이상과 같이 여러 가지 종류의 비개착공법에 대하여 간략하게 소개하였다. 소개된 공법들을 살펴보면 알 수 있듯이 비개착공법의 가장 큰 개념은 굴착전 지반 이완 등의 주변 변형을 억제할 수 있는 임시 지보를 설치한 후 안전하게 굴착하여 구조물을 시공하는 것이다. 따라서 공법 선정에 있어서 가장 중요한 점은 현장 적용성과 경제성이라 할 수 있겠다. 공법의 검토는 아래와 같은 순서로 진행되는 것이 바람직하다.

- 1) 개착공법 적용의 가능 여부
- 2) 현장의 지반조건(토질 및 토피고)과 인접건물의 유무
- 3) 작업공간의 확보 가능 여부
- 4) 공기의 여유성
- 5) 시공성
- 6) 경제성

상기와 같은 순서로 적용 가능한 비개착공법들을 검토하여 현장에 가장 적합한 최적의 공법을 선택하여야 한다. 또한 비개착공법의 대부분은 특허공법으로 소수의 업체들이 과점의 형태를 띠고 있어, 경제성이 떨어질 소지가 있으므로 공법 선택에 유의하여야 한다. **S**