

## 18. H&Vシールド工法の実証実験

(株)間組：\*園田 徹士

清水建設(株)：萩原 英樹

前田建設工業(株)：北川 滋樹

### 1. はじめに

大都市の過密化にともない、『地下空間の有効利用』の要望が高まっている。この地下空間開発の中心的役割を担うシールド工法も、それにともない新しい技術の開発が進められている。この新しい技術の一つとして複断面シールド工法があげられる。

複断面シールドトンネルは、従来の単円シールドトンネルに比べ内空断面の有効利用が可能であり、経済性にすぐれるなどの特徴を有している。

H&V (Horizontal variation & Vertical variation) シールド工法は、円形のトンネルを様々な形に組み合わせ、地下空間の多様なニーズに柔軟に対応できる複断面シールド工法である。本工法は図-1に示すように超近接トンネルの同時施工を行うものであり、横・斜・縦2連トンネル、横から縦(縦から横)にねじった2連トンネル(スパイラルトンネル)の構築、さらに2連トンネルから単独トンネルへの分岐が可能である。またトンネル断面は、一次覆工の方法により2つのトンネルが結合した一体型トンネル、または並列の独立単円型トンネルが選べる。

これらの機能により、地下道路トンネル、地下鉄や地下ライフラインの建設に際し、用地・既設構造物などの地域条件に対して、合理的な対応が可能となると考えられる。

本工法の開発についてはすでに前回のシンポジウムでも発表しており省略し、本報では本工法の実用化の確認および掘進特性の把握のために行った実証実験工事の概要と結果について報告する。

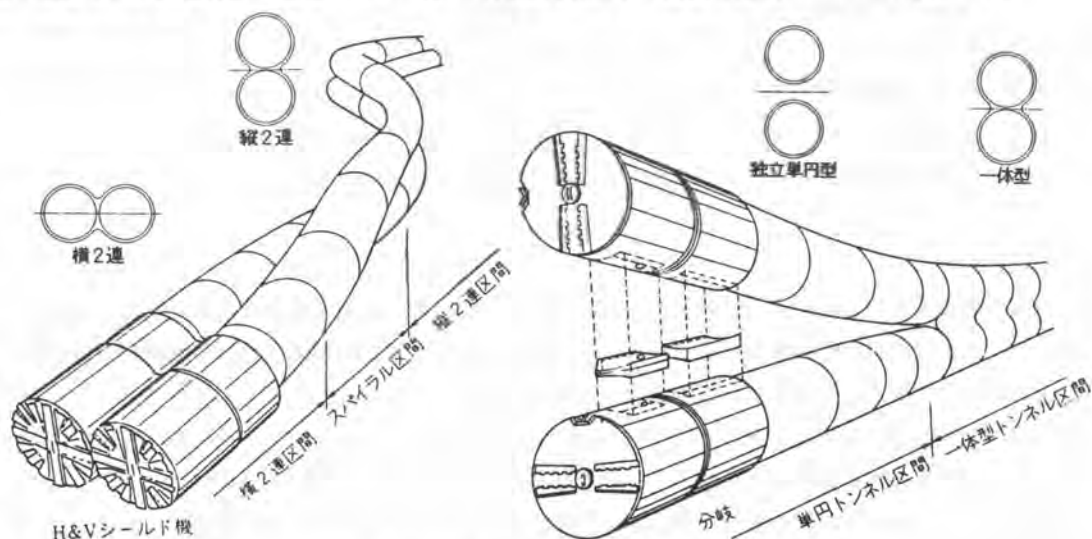


図-1 H&Vシールド工法概念図

## 2. 実証実験概要

本実験は、立坑より発進したH&Vシールド機により、横2連～スパイラル～縦2連～分岐トンネルを全長約70mにわたり順次構築するものである。

### (1) 実験規模

施工場所：つくば市荻間地先

形状：トンネル外径  $\phi 2,000\text{ mm} \times 2$  連

路線延長：70.5 m

土被り：3～4 m

### (2) 土質概要

掘進地盤は、発進部（横2連）ではA線、B線ともN値1～3の粘土質細砂および砂混りシルトである。その後、スパイラルするに従いA線、B線の掘進地盤は異なり、到達時（縦2連）はA線がN値1～3の粘土質細砂およびN値2～13の砂混り粘土と細砂、B線がN値1～3の粘土質細砂となる。

掘進位置の土質柱状図を図-2に示す。

### (3) 計画路線

本実験では、2つのトンネル軸を中心として反時計回りに横2連から縦2連へ90度旋回する線形とした。すなわち、図-3に示すとおり、スパイラル区間は45mでありスパイラル量は1m当たり2度である。また、スパイラル区間の前後にそれぞれ12m、6mの横2連および縦2連の直進区間を設けた。さらに、縦2連の掘進後、シールド機を分離しB線のみ7.5m掘進した。

また、セグメントは斜め45°を境に前半は一体型を、後半は独立単円型のスチールセグメントを用いた。両形式とも外径 $\phi 2,000\text{ mm}$ 、幅750mm、トンネル中心離間2,170mmとした。



図-2 土質概要

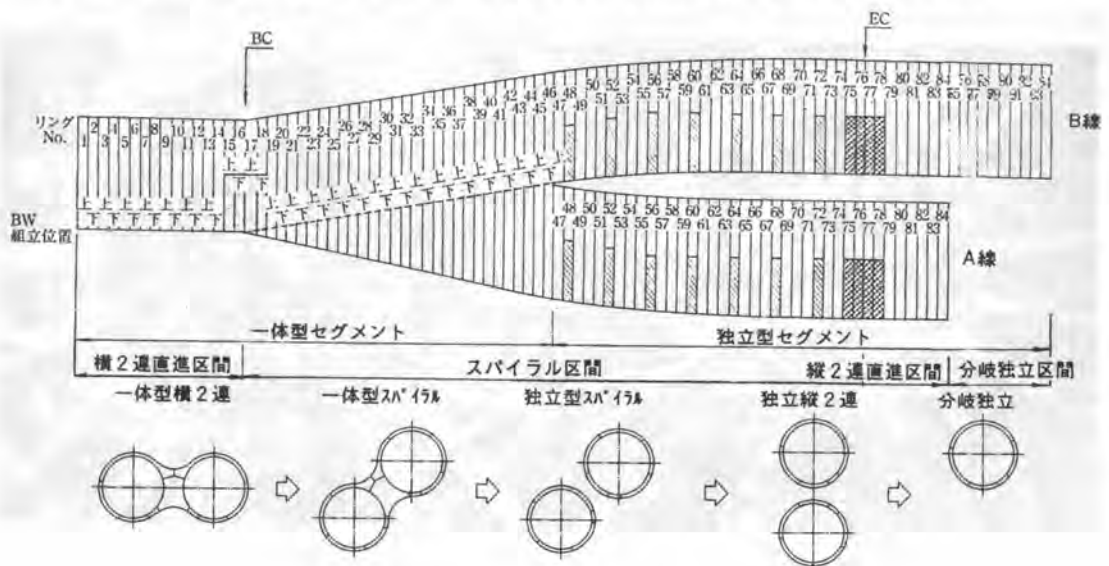


図-3 計画路線

#### (4) シールド機

- ・形式：泥水加圧式
- ・外径： $\phi 2,120\text{mm} \times 2\text{連} \times L 3,500\text{mm}$
- ・クロスティキレート量：最大6度（3度 $\times$ 2）

H&Vシールド機は、カッター面板が同一面上となるように2基の中折れシールド機の後胴部を接合させた形状となっており、2つの前胴は中折れ（クロスアーティキュレート）するためスライド構造、後胴は剛結の一体構造である。また、シールドジャッキのうち4本を、伸縮方向を推進方向に対し円周方向へ偏芯させたスパイラルジャッキとした。

### 3. 掘進管理

H&Vシールド工法においては、従来のピッチング、ヨーイング制御のみならず、スパイラル量（ローリング量）の制御が重要となる。このため、シールド機の移動量を事前に演算するとともに立坑下より切羽のターゲットに向けてレーザー光線を飛ばし、ターゲット上のレーザー光の移動量を監視することにより掘進中のスパイラル量を把握できるようにした。

また、スパイラルに従いシールドジャッキの位置は回転していくため、パソコン画面上にローリング量に応じてシールド機の姿勢とジャッキ位置を表示し、ジャッキ選択を的確に行えるようにした。

### 4. 実験結果

#### (1) 掘進特性

シールド機の世界制御は概ね順調であり、計画通りのスパイラルトンネルを構築した（図-4）。また、平面・縦断の計画線に対する蛇行量も図-5に示すとおり、 $\pm 40\text{mm}$ 以下と良好であった。実験結果より、掘進特性は以下のとおりであった。

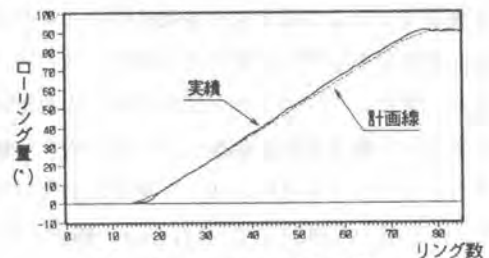
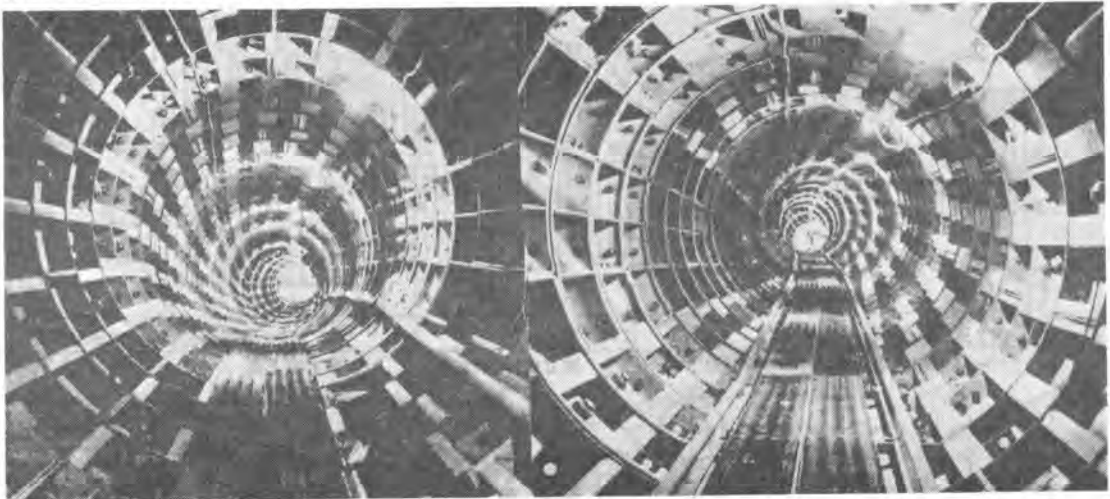


図-4 ローリング変化量



A線トンネル

B線トンネル

写真-1 坑内写真

- ①ヨーイングおよびピッチング制御は通常のシールド機と同様、ジャッキパターンの選択のみで可能である。
- ②スパイラル量とクロスアーティキュレート量には相関が見られ(図-6参照)、スパイラル量の制御はクロスアーティキュレート量の調整により可能である。
- ③シールド機の分離施工は可能であり、再掘進においても、通常のシールド施工と同様である。
- ④双方の切羽泥水圧の管理値を、土被りに比例させて変化させたが、相互の切羽泥水圧に関連は見られず、切羽は独立した状態であった。

## (2) 地盤変状

スパイラル掘進における周辺の地盤変状について、FEM解析による予測解析を行うとともに、地表面沈下および地中変位の計測を行った。以下に、計測結果をまとめる。

- ①地表面沈下の最大量は6~9mmであり、横、斜め、縦のトンネル形態の違いによる大きな差異は見られない。
- ②スパイラルするに従い土被りは小さくなっており、沈下の影響範囲は横から斜め、縦になるにしたがい狭くなる傾向にある。
- ③図-7に斜め2連での地表面沈下の実測とFEMによる予測解析結果を示す。実測値は、FEM解析結果と良く一致している。

## 5. おわりに

今回の実証実験により、超近接トンネル、スパイラルトンネルおよび分岐トンネルの施工性、地盤変状などに関して、従来の単円シールドとはほぼ同等であることが確認された。また、一体型と独立単円型トンネルの施工性に差異が無いことも確認された。

今後は、実験によって得られた各種データの解析を進め、本工法のよりいっそうの合理化を進めるとともに、『地下空間の有効利用法』についてさらに研究を進めていきたいと思う。

最後に、本工法の開発、実証実験にあたりご指導、ご協力いただいた皆様に深く感謝いたします。

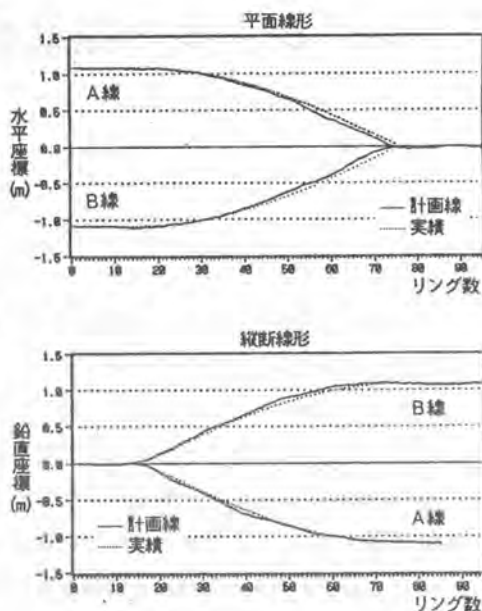


図-5 シールド機前胴の軌跡

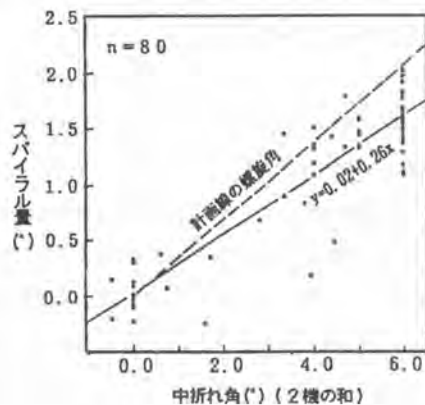


図-6 中折れ角～スパイラル量相関図

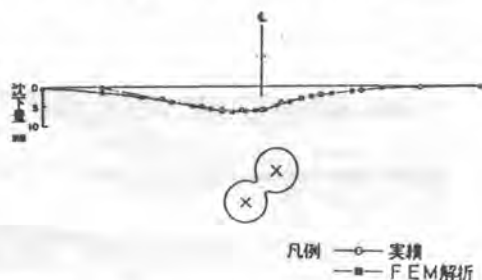


図-7 地表面沈下(実測値と解析値)