

## Ⅲ-633

## リングシールド工法の開発（その11）

## ～模型掘削実験による切羽安定性の確認～

日本国土開発(株) 正員 二宮 康治 五 洋 建 設(株) 濱田 和人  
三菱重工業(株) 正員 大石 善啓 (株) 銭 高 組 正員 井田 隆久

## 1. はじめに

リングシールド工法<sup>1)</sup>は図-1に示すように、トンネルの外殻部をリング状のシールド機で先行掘削して覆工体を構築し、その後内部地山を掘削してトンネルを完成させる新しいシールドトンネル工法である。リングシールド工法は、①覆工部のみシールド掘削するため産廃土の低減が可能②掘削断面積が小さいため地山の安定が図りやすい③任意断面形状が選定できる等の特徴があり、とくに大断面になるほど有利な工法である。この工法の実現を図るためにはいくつかの技術課題があり、すでに掘進機の試設計<sup>2)</sup>合成セグメントの設計製作<sup>3)</sup>セグメントの実物大組立実験<sup>4)</sup>を行い検討を進めてきた。また、切羽の安定性に付いてはFEM解析を用い検討を行い全断面掘削工法に比べ優位性があることを示した。<sup>5)</sup>

この報告では、円形全断面掘削機と円形リングシールド機の1/10模型を用いた掘削実験を行い、切羽安定性の比較実験を行った概要を述べる。

## 2. 実験方法

## 2. 1 実験装置

模型掘削実験は、幅3.0m、奥行き3.845m、高さ3.3mの土槽(容量38m<sup>3</sup>)を用い土被り1Dの位置を外径D=1.35mのシールド模型が油圧ジャッキにより直進する装置を用いた。掘削部は、図-2に示すようにリング式、全断面式の2方式に変更可能な構造である。リング式はそれぞれ1対で同方向回転する計12ヶのマルチフェイスカッターによって掘削を行なった。

## 2. 2 実験方法

実験は、硬地盤、軟地盤の2種類について掘進条件として $v/f$  ( $v$ :掘進速度、 $f$ :カッター回転数)、カッター一回転方向の組み合わせと掘削部をリング式、全断面式の2方式に変えて行った。地盤材料は、珪砂5号を用い平均的に表-1に示す地盤条件で行った。計測は、各掘削方式の掘削前後の地表面変位とコーン指数の測定を行いこれらの結果を比較することにより切羽安定性の評価を行った。

## 3. 実験結果、考察

## 3. 1 地表面変位量

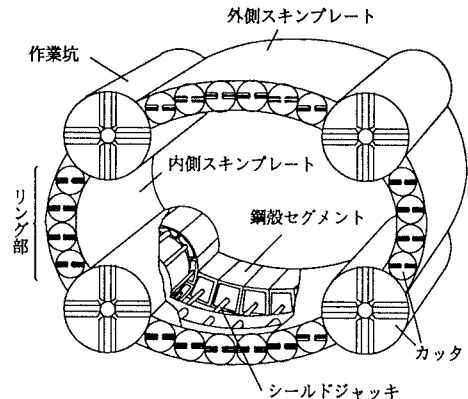


図-1 リングシールド概要図

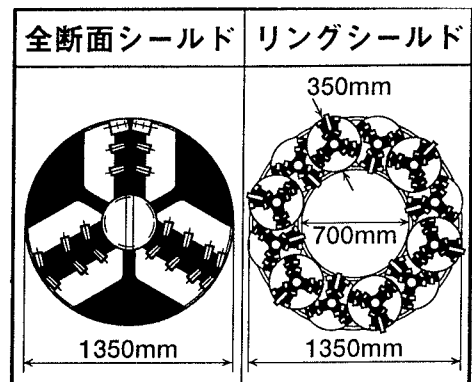


図-2 カッター構造

表-1 平均的な地盤条件

| 物 性                   | 地盤種別 | 軟 地 盤     | 硬 地 盤     |
|-----------------------|------|-----------|-----------|
| 湿潤密度 $\rho_t(g/cm^3)$ |      | 1.60~1.70 | 1.80~1.85 |
| 乾燥密度 $\rho_d(g/cm^3)$ |      | 1.43~1.47 | 1.58~1.62 |
| 間 隙 比 $e$             |      | 0.80~0.85 | 0.63~0.67 |
| 相 対 密 度 $D_r(\%)$     |      | 39~52     | 88~99     |
| 含 水 比 $w(\%)$         |      | 14.0~16.2 | 13.0~14.3 |
| 飽 和 度 $S_r(\%)$       |      | 40~65     | 45~65     |
| コーン指数 $qc(kgf/cm^2)$  |      | 3.6~16.7  | 22~61.8   |

図－3に硬軟両地盤における横断面の地表面変位分布を示す。地表面沈下量は全断面シールドよりもリングシールドの方が小さく、全断面シールドに対するリングシールドの沈下量は軟地盤で50%、硬地盤で25%程度である。この理由としては、リングシールドの方が応力解放する断面が小さいのに加えカッター径が小さいため掘削に伴う乱れが少なく、切羽安定性が向上することがあげられる。硬地盤と軟地盤の比較では、切羽直上の地表面変位量で硬地盤の場合は、全断面／リング：－1mm／－0.25mmにたいし、軟地盤の場合は全断面／リング：－18mm／－8mm程度である。したがって、硬地盤の場合にはシールド掘削に伴って発生した緩み領域は地表面に至らず地盤内に納まっているものと判断される。

### 3. 2 コーン指数

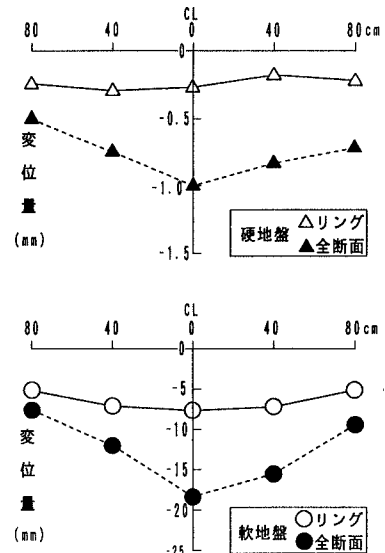
図－4に硬地盤におけるシールド掘削前後のコーン指数の変化を示す。掘削に伴って地盤内に緩みが生じた場合には、その領域がルーズになりコーン指数が低下するものと考えられる。図からリングシールドでは掘削前後のコーン指数の変化はほとんど認められないが、全断面シールドではシールドクラウン部からおよそ1 m程度上部までの領域にコーン指数の低下が認められる。コーン指数の低下領域は、地表面には至っておらず、緩み領域が地盤内で納まっていることが分かる。これらの結果から全断面シールドよりもリングシールドの方が切羽安定性の点で有利であることが示唆される。なお、軟地盤においてはこのような掘削前後のコーン指数の変化は認められなかった。これは、軟地盤の場合にはもともと強度、自立性が低いため、緩みの発生による強度低下が相対的に小さいためである。

### 4. まとめ

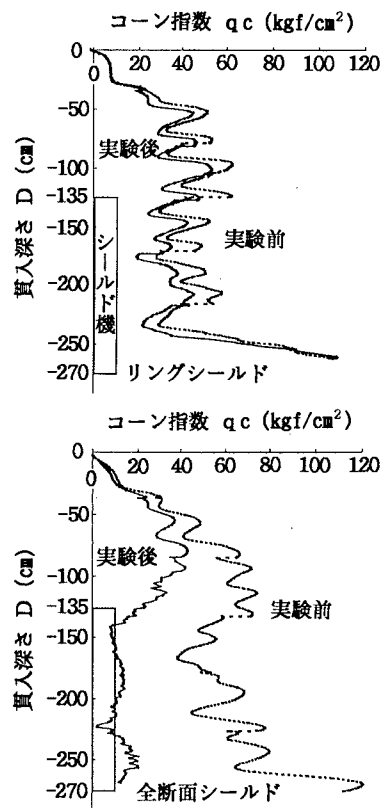
リングシールドと全断面シールドの模型を用いた掘削実験を行い、切羽安定性の検討を行った結果、地表面沈下量、コーン指数の変化からリングシールドは全断面シールドに比べ掘削面積が小さいことから応力解放が少なく切羽安定性に優れると考えられる。なお、本研究は五洋建設(株)、住友建設(株)、(株)銭高組、東急建設(株)、日本国土開発(株)、不動産建設(株)の6社の共同研究として、三菱重工工業(株)の協力のもとに実施したもの一部である。又、本研究を進めるに当たっては早稲田大学小泉教授に貴重なご意見を頂いており、ここに深く感謝する次第である。

### <参考文献>

1)～5)毎田他：リングシールド工法の開発(その1)，土木学会第48回年次学術講演会概要集第6部，pp220～221他



図－3 地表面変位量



図－4 掘削前後のコーン指数