

## 円形セグメントを用いたフルプレキャスト工法「スーパーリング工法」の開発 —実物大施工実験の実施およびデータ分析(その2)—

鹿島建設(株) 正会員 増田昌弘 酒匂智彦 ○裏山昌平

### 1. 概要

スーパーリング工法の開発にあたり、トンネル構造物としての品質・施工性の確認を目的として、実物大の施工実験を実施した。実験ではリングの応力度、変形、目開き等の挙動を把握し、設計・施工に反映することを目的として種々の計測を行った。本稿では計測データの整理・分析結果から、本工法の品質、安全性について述べる。



### 2. 計測項目と計器配置

実験は外径 12m、部材厚 500 mm、8 等分割のセグメントを 4 リング製作し、地組み→立起し→吊上げ→設置→スライド→軸方向連結を 4 回繰り返した。

表-1 に計測項目一覧を、図-1 に計器配置を示す。真円度測定は全リングで、それ以外の計測は 1 リング目で実施した。

表-1 計測項目の一覧表

| 計測項目       | 凡例 | 使用計器       | 数量・仕様            |
|------------|----|------------|------------------|
| 真円度        | ◎  | 回転式レーザー距離計 | 各リングで地組時、立置き時に計測 |
| PC 鋼線張力    | —  | ロードセル      | PC 鋼線 3 本×2(両端)  |
| 鉄筋応力度      | —  | 鉄筋歪計(歪ゲージ) | 4 ケ所×4           |
| コンクリート応力度  | ■  | コンクリート表面歪計 | 1 ケ所×10(9 時方向)   |
| 継手部の目開き    | ○  | π 型変位計     | 4 ケ所×4           |
| 温度(表面・内部)  | ☆  | 熱電対        | 1 ケ所(6 時方向)      |
| 止水性(漏水の有無) |    | 目視         | 1 ケ所             |

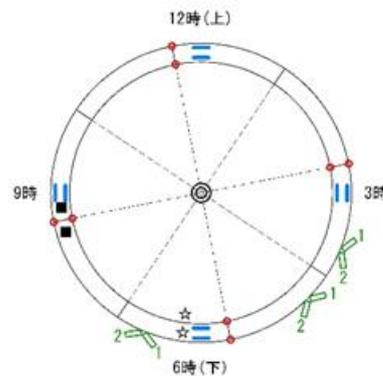


図-1 計器配置図

### 3. 計測結果

#### 3.1 計測データの経時変化

図-2 に示す 12 時、9 時方向の鉄筋応力度、目開き、温度の経時変化から以下の事項を確認した。

- 鉄筋応力度は、円周方向プレストレス導入により圧縮となり、立起しにより横長に変形するため、12 時方向は内側引張(外側圧縮)、9 時方向は外側引張(内側圧縮)となる。
- 目開き計の挙動も 12 時方向は内側が開き、外側が閉じる方向、9 時方向はその逆となり、鉄筋計の挙動と整合している。
- 鉄筋応力度、目開きとも日変動が認められる。これは昼夜の気温変化に伴う部材内部と表面の温度差に起因するものであると考えられる。

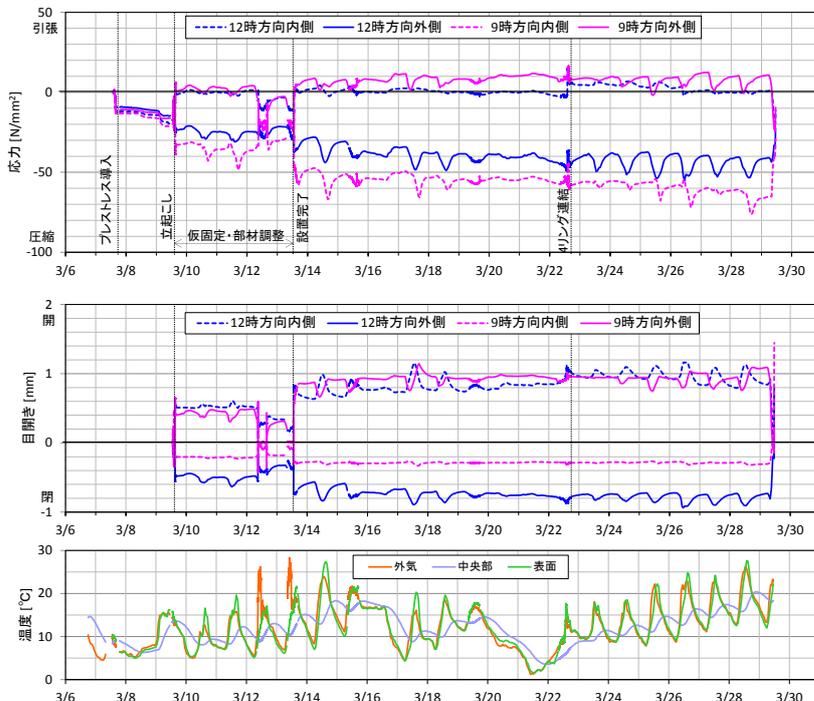


図-2 計測データの経時変化

キーワード；地下構造物、プレキャスト、円形、セグメント、実験、計測、計測データ

連絡先 〒107-8477 東京都港区元赤坂 1-3-8 鹿島建設(株)東京土木支店土木部 TEL03-6838-2210

- ・鉄筋の引張応力度は  $0 \sim 10\text{N/mm}^2$ 、圧縮応力度は  $40 \sim 70\text{N/mm}^2$  であり、事前解析値と概ね一致した。
- ・鉄筋とコンクリートのヤング係数比を  $n = 10$  とすると、コンクリートの引張応力度は最大でも  $1\text{N/mm}^2$  以下と推定できる。設計基準強度 ( $f_{ck}$ ) =  $42\text{N/mm}^2$  のコンクリートの引張強度は  $f_{tk} = 0.23 f_{ck}^{2/3} = 2.78\text{N/mm}^2$  となり、引張応力度を大きく上回っており、ひび割れは発生せず、全断面有効状態にあると考えられる。
- ・鉄筋の圧縮応力度は立起し後も徐々に増加している。これは、コンクリートのクリープにより、コンクリートの見掛けのヤング係数が低下し、圧縮側において鉄筋の負担割合が増えたためと考えられる。
- ・円周方向の目開きは最大  $1\text{mm}$  程度であった。この状態で計算上、継手面(突合せ継手)の荷重偏心率は  $1/3$  を超える結果となったが、継手部がピン化するなどの構造的に不安定な挙動は見られなかった。

### 3.2 真円度測定結果

真円度測定結果の一例として1リング目の計測結果を図-3に示す。内径の最大誤差は地組み完了時  $4.16\text{mm}$ 、立起し完了時  $15.65\text{mm}$  であり、シールド工法における外径  $12\text{m}$  クラスの一般的な許容値(地組み時  $20\text{mm}$ 、完成時  $24 \sim 28\text{mm}$ )に比べて十分な精度であった。また、セグメントの軸方向の目違いはほぼ  $0$ 、半径方向の目違いは最大  $2\text{mm}$  程度であった。

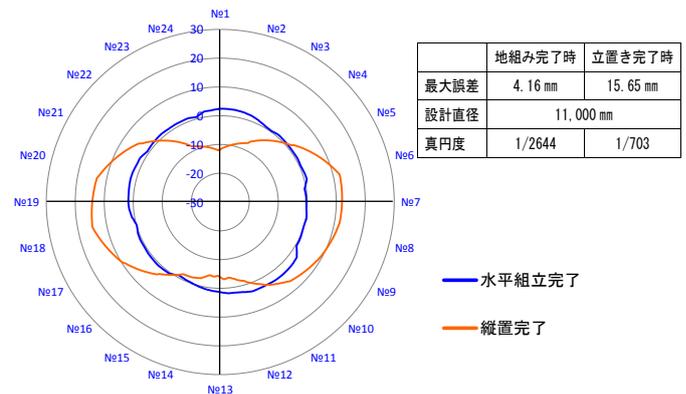


図-3 真円度測定結果(1リング目)

### 3.3 円周方向緊張力の分布

まず緊張端を所定の荷重( $400\text{kN}$ )で引っ張り、定着端での荷重を測定して一周する間の緊張力のロスを測定した。その結果、角変化摩擦係数  $\mu$ 、長さあたり摩擦係数  $\lambda$  とともにカタログ値 ( $\mu = 0.06$ 、 $\lambda = 0.002$ ) の  $1/3$  程度であった。実際の緊張は PC 鋼線の両側で緊張する両引き方式とし、事前測定で得られた摩擦係数およびセットロス量を考慮した全体の緊張力分布を図-4に示す。1リングに3本の PC 鋼線を配置し、それぞれの緊張・定着位置をずらしたことで、図のような分布となっている。初期緊張力  $400\text{kN}$  に対して、ロス量は  $20\text{kN}$  程度であり、全周に亘ってほぼ均一にプレストレスが導入された。

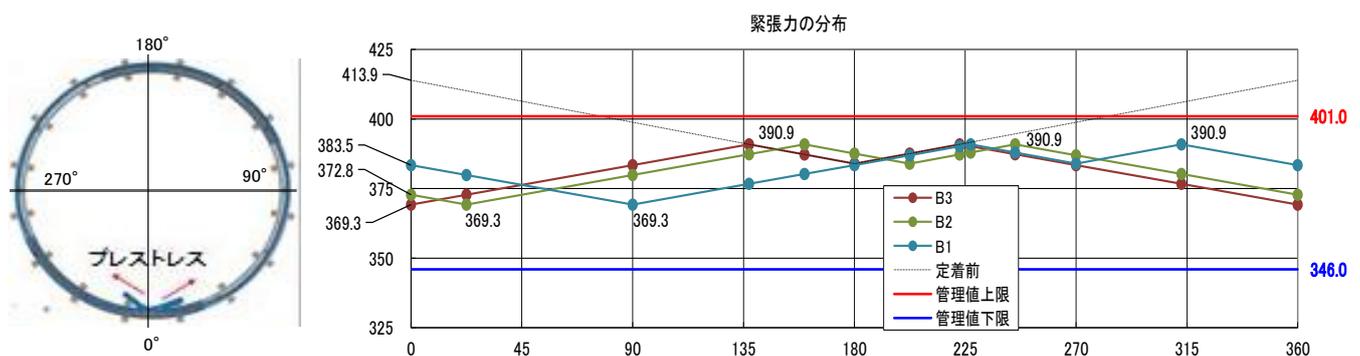


図-4 円周方向の緊張力分布

### 3.4 継手部の止水実験

4リング組立て完了後、リング間に予め設置しておいた注水管から水を注入し、水圧を  $0.1\text{MPa}$ 、 $0.2\text{MPa}$ 、 $0.3\text{MPa}$  と上げて各ステップで3分間保持させ、漏水の有無を目視で確認した。その結果漏水は認められなかった。

## 4. まとめ

以上の検討結果から(1)実験の全工程において、応力度や変形は事前予測の範囲内であったこと、(2)プレストレスは全周に亘ってほぼ均一に導入され、引張応力度は微小でひび割れは発生していないこと、(3)止水問題となるような目開き、目違い、割れ、欠けはなく、止水試験の結果も良好であったこと、(4)実施工では埋戻しによってさらに安定度が増すこと、などからスーパーリング工法によりトンネルとして十分な品質、安全性が確保できると考える。