

## VI-93 推進工法用鉄筋コンクリート管のゴム輪における止水設計手法（その2） — 止水設計式の提案 —

東京電力㈱ 正会員 広中 了

東電設計㈱ 正会員 鹿子木 清, 正会員 松村 康博

### 1. はじめに

推進工法のコストダウン方策のひとつとして、推進管の適用範囲を拡大することが挙げられる。著者らは既往の研究で高水圧対応推進管の止水設計式の提案ならびに適用限界水圧の拡大を行った<sup>1)</sup>が、標準的に用いられる安価な推進工法用鉄筋コンクリート管（以下、標準推進管と称す）についても同様に適用限界水圧の拡大を図ることができれば、更なるコストダウンが期待できる。本研究は、標準推進管に用いられている止水ゴム輪の各種要素試験結果から止水設計式の提案を行うとともに、施工実態調査、実物推進管曲げ接合試験により、現場での止水ゴム輪の緩みを考慮した適用限界水圧を提案するものである。なお、止水機能を期待する期間は、推進管内部をモルタル充填するまでの6ヶ月間程度に限るものとする。

### 2. 止水設計式の設定

標準推進管は止水ゴム輪により0.1MPaの耐水圧性能を有している（(社)日本下水道協会規格）。この止水ゴム輪は高水圧対応推進管の止水ゴム輪と寸法の違いはあるものの、材料物性、形状等はほぼ同じであることから、高水圧対応推進管の止水設計式の考え方に準拠して以下の式を設定した。

$$p_w \leq \sigma = \sigma_0 \times \gamma_1 \times \gamma_2 \times \rho_1 \times \rho_2 \times \mu_1 \times \mu_2 \quad (\text{式-1})$$

$p_w$ : 設計水圧 (MPa)       $\sigma$ : 止水ゴム輪のひだ面側の接面応力 (MPa)

$\sigma_0$ : 止水ゴム輪の貼付面側の初期接面応力 (MPa)

$\gamma_1$ : 止水ゴム輪の初期接面応力のばらつきを考慮した係数【材料係数】

$\gamma_2$ : 止水ゴム輪のひだ面側と貼付面側の接面応力比

$\rho_1$ : 経過時間を考慮した止水ゴム輪の接面応力有効率

$\rho_2$ : 止水ゴム輪の接面応力有効率のばらつきを考慮した係数【接面応力有効率の補正係数】

$\mu_1$ : 自封作用による接面応力増加率

$\mu_2$ : 自封作用による接面応力増加率のばらつきを考慮した係数【自封作用増加率の補正係数】

### 3. 止水設計式における諸係数の設定

止水ゴム輪の要素試験結果<sup>2)</sup>から、止水設計式における諸係数を以下のとおり設定した。なお、対象とした止水ゴム輪は、電力用管路工事で一般的に用いられる推進管内径  $\phi 1,000 \sim 1,650\text{mm}$  に対応した2種類の形状寸法のもの（ $\phi 800 \sim 1,200$ 用、 $\phi 1,350 \sim 2,200$ 用）である。

#### (1) 接面応力比: $\gamma_2$

初期接面応力試験より、図-1に示すように2種類の止水ゴム輪それぞれについてひだ面側と貼付面側の接面応力比に大きなばらつきが見られないため、各ケースの応力比の平均値を採用した結果、ひだ面側と貼付面側の初期接面応力は同等（ $\gamma_2=1.00$ ）であることが判明した。よって、初期接面応力と材料係数の設定においては、止水ゴム輪両面の接面応力を同列に扱うこととする。

#### (2) 初期接面応力: $\sigma_0$

初期接面応力は止水ゴム輪の緩み量により高い相関で近似が可能であることが判明したため、この一次回帰直線から設定した。

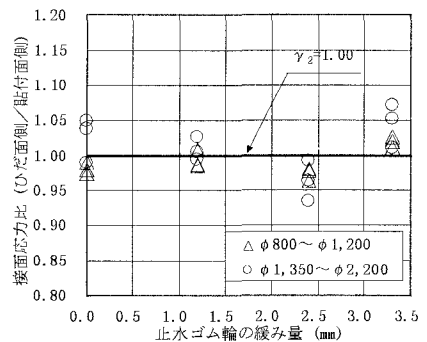


図-1 接面応力比の設定

キーワード: 推進管, 止水, ゴム, 設計式

連絡先: 〒230-8510 神奈川県横浜市鶴見区江ヶ崎町4番1号 TEL 045-613-3374 FAX 045-585-8631

(3) 材料係数： $\gamma_1$ 

初期接面応力試験より、全データの上記一次回帰式からのばらつきを考慮して材料係数を設定した。

(4) 接面応力有効率，補正係数： $\rho_1$ ， $\rho_2$ 

応力緩和試験において、接面応力有効率は経過時間（対数目盛）により高い相関で近似が可能である（経過時間6分以降）ことが判明したため、この片対数一次回帰直線から接面応力有効率を設定し、また、本回帰式からのばらつきを考慮して補正係数を設定した。

(5) 自封作用増加率，補正係数： $\mu_1$ ， $\mu_2$ 

自封作用確認試験において、図-2に示すように測定漏水圧と回帰式より求めた初期接面応力計算値の比がほぼ一定値を示すことが判明したため、全データの平均値を自封作用増加率と設定し、また、平均値からのばらつきを考慮して補正係数を設定した。

## (6) 止水設計式の設定

以上、止水設計式（式-1）における諸係数の設定結果を表-1にまとめる。

## 4. 適用限界水压の提案

上記止水設計式においては、止水ゴム輪の緩み量が止水性能に大きく寄与してくる。よって、施工実態調査、実物推進管曲げ接合試験での計測結果から実工事における止水ゴム輪の緩み量を推定し、標準推進管の適用限界水压の提案を行った。

## (1) 施工実態調査

推進管内径  $\phi 1,350$  の管内において、施工時の継手部目違い量ならびに管内径を計測し、管中心ずれ量の程度を推定した。計測は直線部・曲線部あわせて40断面で行い、その結果直線部と曲線部でずれ量に明確な差は見られず、平均で約1.2mmであった。

## (2) 実物推進管曲げ接合試験

曲げ接合状態では、止水ゴム輪の断面においてカラー部の直径が拡大する（断面が楕円になる）ため止水ゴム輪の圧縮量に緩みが生ずるが、この圧縮量が対角方向で均等になった状態が止水性能においては最も有利となる。ここでは、 $\phi 1,200$ と $\phi 1,350$ の標準推進管を用いて、曲げ接合状態での推進管継手部の内側・外側の開き量、カラー隙間および内側端部の段差量を計測し、止水ゴム輪の均等圧縮状態からどの程度ずれるのかを推定した。試験はカラーの抜け出し量を30mm（許容）、45mm、60mm（最大）と3種類変化させて正負両方の曲げ状態で行い、その結果各データにばらつきはあるものの、平均で0.06mmとあまり大きなずれは生じていなかった。

## (3) 適用限界水压

上記計測結果をもとに、データのばらつき、ならびに曲げ接合時の直径拡大分を考慮して止水ゴム輪の緩み量を推定し、 $\phi 1,200$ と $\phi 1,350$ の標準推進管について（式-1）より適用限界水压を算出した。結果を表-2に示すが、これまでの規格を上回る性能を有していることが判明した。

## 5. おわりに

本止水設計式の提案により、標準推進管の適用限界水压を明確にすることができた。今後は、この性能を有効に活用する指針の整備を行い、実設計に反映していく予定である。

参考文献 1)江村，広中：高水压対応推進管の止水ゴム輪における止水設計手法（その2）－止水設計式の提案－，土木学会第53回年次学術講演会VI-36，1998.10 2)松村，鹿子木，広中：推進工法用鉄筋コンクリート管のゴム輪における止水設計手法（その1）－ゴム輪の基本性能の把握－，土木学会第54回年次学術講演会（第VI部門発表予定），1999.9

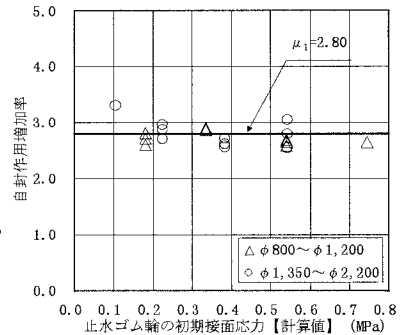


図-2 自封作用増加率の設定

表-1 止水設計式における諸係数

| 係 数                          | 止水ゴム輪仕様                                                                       |                         |
|------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
|                              | $\phi 800 \sim 1,200$                                                         | $\phi 1,350 \sim 2,200$ |
| $\sigma_0$ 貼付面側の初期接面応力 (MPa) | $= -0.172 \cdot x + 0.746$<br>$= -0.133 \cdot x + 0.544$<br>x: 止水ゴム輪の緩み量 (mm) |                         |
| $\gamma_1$ 材料係数              | 0.882                                                                         |                         |
| $\gamma_2$ 接面応力比             | 1.00                                                                          |                         |
| $\rho_1$ 接面応力有効率             | $= -0.037 \cdot \log_{10} t + 0.931$<br>t: 経過時間 (hour)                        |                         |
| $\rho_2$ 接面応力有効率の補正係数        | 0.955                                                                         |                         |
| $\mu_1$ 自封作用増加率              | 2.80                                                                          |                         |
| $\mu_2$ 自封作用増加率の補正係数         | 0.855                                                                         |                         |

表-2 標準推進管の適用限界水压

| 推進管内径     |                                  | $\phi 1,200$ | $\phi 1,350$ |
|-----------|----------------------------------|--------------|--------------|
| 止水ゴム輪の緩み量 | 管中心ずれ量<br>(施工実態調査結果)             | 2.19 mm      |              |
|           | 曲げ接合状態での<br>管のずれ量<br>(曲げ接合試験結果)  | 0.78 mm      |              |
|           | 曲げ接合状態での<br>直径拡大量<br>(抜け出し量60mm) | 0.63 mm      | 0.56 mm      |
|           | 合 計                              | 3.60 mm      | 3.53 mm      |
| 適用限界水压    |                                  | 0.20 MPa     | 0.12 MPa     |