

高水圧対応推進管の止水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確認—

東京電力 電力技術研究所 正会員 広中 了

東京電力 地中送電建設所 正会員 江村 和明

1. はじめに

近年、地下埋設物の輻輳化が進み、新設管路は年々大深度化する傾向にある。現状ではある程度以上の深度で高水圧となる場合の工法はシールド工法に限定されているが、より経済的な推進工法が適用可能となれば、コストダウンの可能性がある。

推進工法における高水圧対策に関する技術開発については、現在２種類の推進管が実用化されており、継ぎ手部の止水は止水用ゴム輪にて行われているが、安全率に対する考え方等、止水設計手法が明確ではない。

本研究は、止水設計手法確立における止水ゴム輪の基本性能の確認を目的として各種要素試験を実施したので、その結果を報告するものである。なお、以下は2種類の推進管のうちA推進管についての試験結果を例として示す。

(A推進管)

2. 高水圧対応推進管の概要

現在実用化されている高水圧対応推進管は 2.0 kgf/cm^2 の耐水圧性能を有している（メーカー保証値）。ここで耐水圧性能は日本下水道協会の基準に従い、実物大の試験体により水圧を3分間保持した状態で漏水がないことを確認している。図-1に推進管継ぎ手部の詳細図およびゴム輪の形状を示すが、カラー部分のクリアランス量よりも高さの高いゴム輪を設置することで止水性能を発揮する構造となっている。なお、本研究では形状の異なる2本のゴム輪のうち、直接外水圧に対抗している第1ゴム輪（止水ゴム輪）を対象に検討を進めることとする。

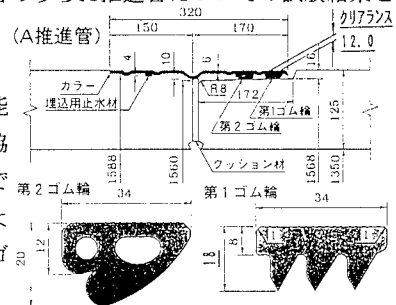


図-1 推進管継ぎ手部詳細図

3. 要素試験の目的

ゴム輪による止水の基本的な考え方はセグメントシール材による止水設計方法¹⁾に準拠し、接面応力 σ が作用水圧 p 以上であれば漏水は生じないが、接面応力が作用水圧より小さければガスケットとフランジ等の接触面から漏水が発生するという密封の原理（パッキン理論）²⁾に基づくこととした（図-2）。よって、推進管の漏水圧を算定する上ではゴム

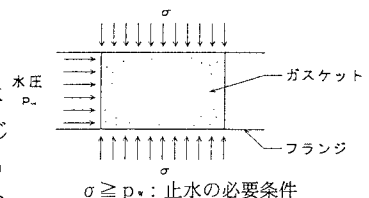


図-2 ガスケットの密封の原理

輪の接面応力の変動状況を把握することが非常に重要であるが、実工事では数ヶ月間止水性能を保持する必要があるにもかかわらず、推進管の耐水圧試験は3分間の保持であり、止水ゴム輪の時間経過に伴う止水性能の低下が考慮されていない。また、外水圧の上昇に伴うゴム輪接面応力の変動状況も把握されていない。

以上より、本研究ではゴム輪に対する以下の試験を実施することとした。

- ・ 応力緩和試験：ゴムを一定の変形状態に保つとき、応力が時間経過に伴い徐々に低下する現象を確認する。
- ・ 自封作用確認試験：ゴム輪の側面（接面と直角方向）に外水圧が作用したとき、ポアソン効果によりゴム輪の接面応力が増加する現象を確認する。

なお、現場作業時には、推進管の横ずれによってゴム輪の圧縮量が変化することが考えられるため、要素試験においても、ゴム輪貼付部のクリアランス量を変化させて試験を行うこととした。

キーワード：推進管，止水，ゴム，要素試験

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

4. 応力緩和試験

応力緩和試験は図-3に示す装置を用い、スパーサーによりクリアランス量を変化させて（規格値、+1mm、+2mm）試験を実施した。また止水ゴム輪の形状を考慮して、界面応力の測定はゴム輪の両面（ひだ面側、貼付面側）で行った。なお、試験時間は96時間とした。

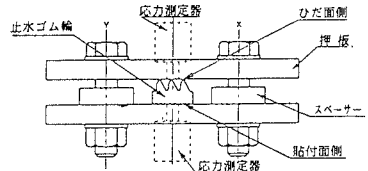


図-3 応力緩和試験装置

試験結果を図-4, 5に示すが、どのケースにおいても試験初期に急激に界面応力が低下し、その後時間経過とともに応力の低下傾向が減衰することがわかった。また、ゴム輪両面の応力比（ひだ面側／貼付面側）は試験初期に若干の変動はあるものの、時間経過によらずほぼ一定の値を保ち、ひだ面側と貼付面側で応力の低下程度に差異がないことがわかった。以上の結果から、経過時間と応力有効率（初期界面応力からの低下の割合）の関係を全ケースの平均値を用いて図-6に表したが、これより、片対数一次回帰直線により非常に高い相関で近似が可能であることが判明した。

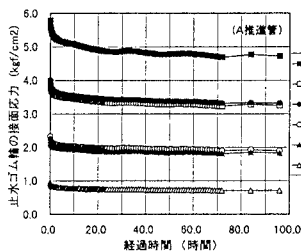


図-4 界面応力の変動状況

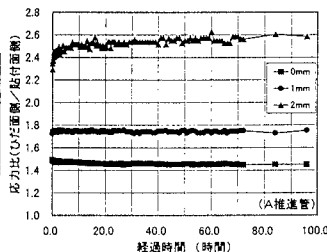


図-5 応力比の変動状況

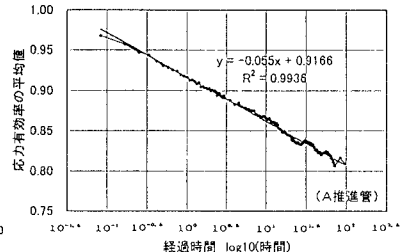


図-6 経過時間と応力有効率の関係

5. 自封作用確認試験

自封作用確認試験は図-7に示すように実際の推進管の1/5程度の二重円筒モデルの装置を用い、2種類のクリアランス量（規格値、+2mm）で試験を実施した。測定項目は作用水圧とゴム輪の界面応力（貼付面側の4箇所）とし、漏水発生まで測定を行った。なお、ゴム輪は実際の推進管と同様に接着剤により貼り付けている。

試験結果の一例を図-8に示すが、貼付面側の界面応力は、水圧が作用していない状態では応力緩和試験の初期界面応力と同程度の応力を示し、水圧の上昇に伴い徐々に界面応力も増加することがわかった。また、その増加の程度は、水圧の上昇とほぼ一次直線の関係で近似できることも判明した。なお、この試験は作用水圧10.5kgf/cm²でゴム輪のひだ面側から漏水しているが、漏水時の貼付面側界面応力は7.0kgf/cm²程度と、作用水圧よりも小さな値であった。応力緩和試験ではひだ面側応力は貼付面側応力よりも大きな値を示しているの、漏水時の貼付面側応力は作用水圧と同程度であったと思われる。

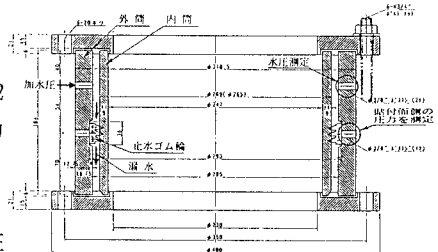


図-7 自封作用確認試験装置

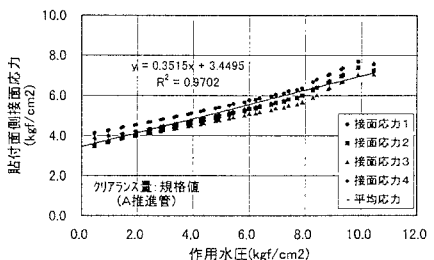


図-8 作用水圧と界面応力の関係

6. おわりに

今回の要素試験により、ゴム輪界面応力の時間経過ならびに水圧の上昇に伴う変動状況を一次回帰式で定式化できることが判明した。本報告ではA推進管の結果を述べたが、もう1種類のB推進管についても同様の結果が得られている。今後は、今回の試験では確認できなかった長期的なゴム輪の耐久性や界面応力の変動状況について確認する予定である。

参考文献 1)セグメントシール材による止水設計手引き（社団法人日本トンネル技術協会、平成9年1月）

2)岩波、近森：パッキン技術便覧（産業図書刊、昭和41年11月）