

いも継ぎセグメントの継手部止水性能について

東京電力 ○正会員 宮内 秀樹

東京電力 正会員 富所 達哉

日本シビックコンサルタント 正会員 飯田 博光

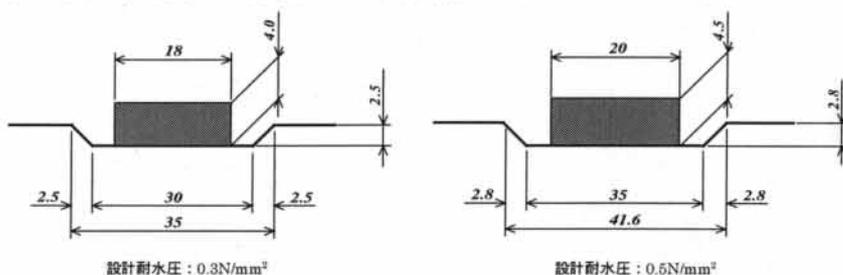
1. はじめに

近年のシールド工事は、既設構造物の輻輳化などにより、その埋設位置は大深度化の傾向にある。地山自立性の高い良質地盤にシールドトンネルを施工する場合、土水圧荷重に対して構造計算上必要となるセグメント厚さは、非常に薄くなる。その場合、施工時荷重の影響が従来以上に顕在化することが考えられる。千鳥組みに組んだセグメントの目開き箇所にジャッキ推力を作用させた場合、均一な反力がとれず、セグメントにひび割れ等の不具合が生じることが想定される。一方、良質地盤ではリング間の添接効果が重要でないため、構造上は、千鳥組みは必要とされないと考えられる。したがって、従来千鳥組とされてきたセグメントの組み立て構造に代えて、いも継ぎ（継手位置がトンネル軸方向に同一位置）構造を採用することによって、ジャッキ推力作用時に均一な反力をとることが可能になる。

リング間におけるセグメント端部の突合せ形状は、千鳥組みでは「T字型」になるが、いも継ぎでは「十字型」となるため、いも継ぎは千鳥組に対して止水性能が劣ることが懸念される。本報告は、いも継ぎ構造の止水性能に関する短期止水性能確認試験を行い、従来の千鳥組と止水性能を比較したものである。

2. 試験概要

試験に用いるシール材は、矩形型でコーナー部を直角成形した水膨張シール材である。シール材の材質は一種類で、断面形状およびシール溝形状は、



設計耐水圧：0.3N/mm²

設計耐水圧：0.5N/mm²

タイプA

タイプB

図 2.1 シール材の断面形状およびシール溝形状

図 2.1 に示す 2 タイプとした。(社)日本トンネル技術協会「セグメントシール材による止水設計手引き」より、設計目開き 2mm、設計目違い 3mm として耐水圧性能（接面応力）を算定すると、タイプA、タイプBはそれぞれ 0.3N/mm²、0.5N/mm² である。試験治具および測定箇所は図 2.3、図 2.4 に示すとおりであり、測定項目は、目開き量をパラメータとした作用水圧、接面応力である。

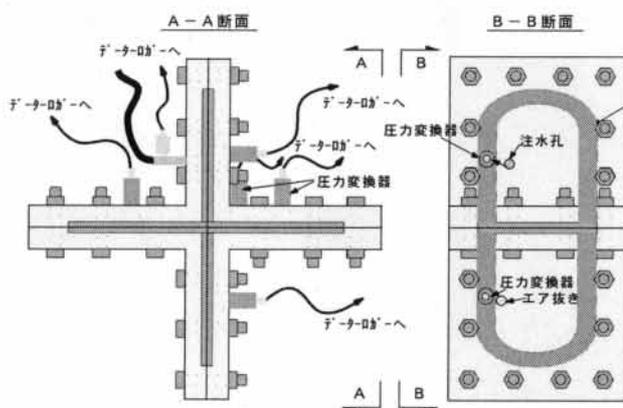


図 2.3 いも継ぎ構造用試験治具

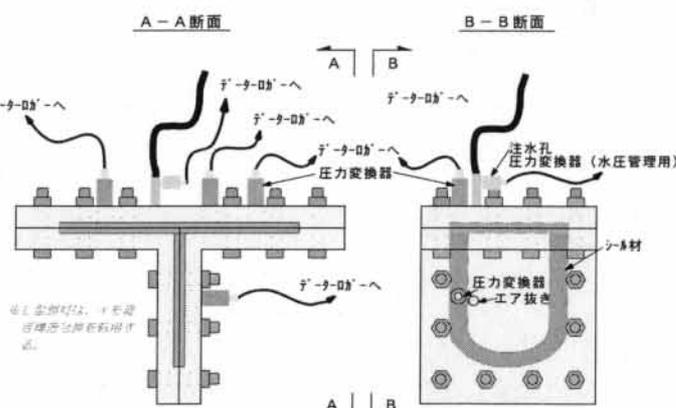


図 2.4 千鳥組み構造用試験治具

キーワード：いも継ぎ、止水性能、接面応力、シール材圧縮率

連絡先：〒170-0013 東京都豊島区東池袋 1-25-8 東京電力(株)送変電技術センターシールドトンネル技術G

3. 試験結果および考察

【設計耐水圧に対する試験結果の評価】

いも継ぎ，千鳥組とも，漏水は，継手端部突合せ部の隙間から生じることが確認された．表 3.1 は，目開き 2mm の場合の，継手面の設計耐水圧と，突合せ部の耐水圧を示したものである．千鳥組の突合せ部耐水圧は，設計耐水圧を十分に満足しているが，いも継ぎでは，タイプAにおいて，突合せ部耐水圧が，設計耐水圧を下回る．

表 3.1 耐水圧の比較 (N/mm²)

| シール材 形状タイプ | 設計耐水圧 | 突合せ部耐水圧 | |
|---------------|-------|---------|------|
| | | いも継ぎ | 千鳥組 |
| タイプA | 0.3 | 0.25 | 1.58 |
| タイプB | 0.5 | 1.21 | 2.33 |

【継手面一般部と継手突合せ部の止水性能について】

次に，継手突合せ部の耐水性能と継手面一般部の漏水時
 界面応力に着目すると，表 3.2 に示すように，千鳥組の場
 合は，目開きの大小によらず，継手突合せ部は，継手面一
 般部の界面応力を上回る耐水圧性能を有することがわかる．
 これに対して，いも継ぎの場合は，目開きが小さい場合は，
 同様であるものの，目開きが大きくなると，表中の網掛け
 に示すように，継手突合せ部の耐水性能が一般部における
 界面応力に達しないことがわかる．

表 3.2 突合せ部耐水圧と漏水時界面応力

| 試験ケース | | | 試験結果 | |
|---------------|---------------|--------------|---|---|
| セグメント 組立構造 | シール材 形状タイプ | 目開き量 (mm) | 耐水圧 (継手突合せ部) (N/mm ²) | 漏水時界面応力 (継手面一般部) (N/mm ²) |
| 千鳥組 | タイプA | 2 | 1.58 | 1.22 |
| | | 1 | 3.22 | 2.84 |
| | | 0 | 5.0以上 | 4.96 |
| | タイプB | 2 | 2.33 | 1.92 |
| | | 1 | 4.90 | 4.63 |
| | | 0 | 5.0以上 | 5.0以上 |
| いも継ぎ | タイプA | 2 | 0.25 | 0.55 |
| | | 1 | 2.85 | 2.44 |
| | | 0 | 5.0以上 | 5.0以上 |
| | タイプB | 3 | 0.00 | 0.22 |
| | | 2 | 1.21 | 1.09 |
| | | 1 | 3.03 | 2.68 |
| 0 | 5.0以上 | 4.57 | | |

【いも継ぎの継手突合せ部の止水性能について】

図 3.1 に，いも継ぎ構造における，継手突合せ部の耐水圧，漏水時の継手面一般部の界面応力，および設計耐水圧（応力緩和，自封作用考慮，水膨張効果なし）をシール材圧縮率（＝（初期厚さ－圧縮厚さ）/初期厚さ）をパラメータとして示す．

漏水時の継手面一般部の界面応力は，設計耐水圧を常に上回っており，継手面一般部は，設計上の止水性能が十分確保できることを確認した．

一方，継手突合せ部の耐水圧と設計耐水圧を比較すると，シール材の圧縮率が小さい場合，継手突合せ部の耐水圧は，設計耐水圧を下回る結果となった．これは，シール材の圧縮率が小さい場合は，シール材が，継手突合せ部の隙間を埋めきれない状況が発生し，止水性能が低下していると考えられる．

このような現象を防ぐためには，図 3.1 より圧縮率が 15% を上回るようにシール材を設計することが必要と考えられる．

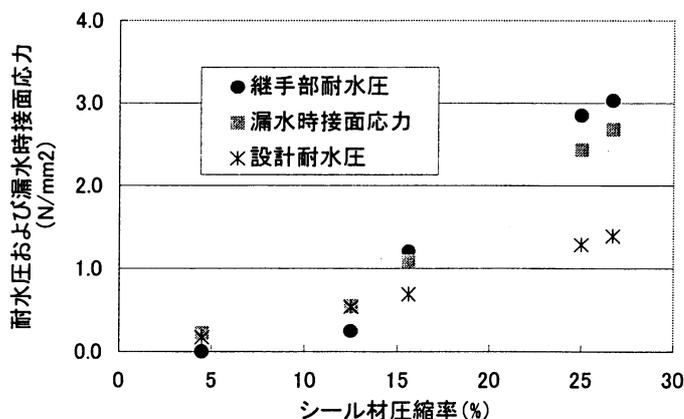


図 3.1 圧縮率に対する突合せ部耐水圧，漏水時界面応力，設計耐水圧

4. まとめ

いも継ぎ構造の耐水圧性能を試験により評価し，以下のような知見を得た．

いも継ぎの止水性能は，千鳥組に比べ低いものの，シール材の圧縮率が一定以上（15%程度が目安になると考えられる）確保されていれば，継手一般部と同様程度の耐水圧性能が確保できると考えられる．

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