

特殊合金シート内面被覆 RC セグメントの開発

清水建設 正会員 石井 清， 正会員 ○入田健一郎
三菱マテリアル 三橋 章， 金子 憲史

1. はじめに

下水道の汚水・雨水・合流管渠のシールドトンネル内部では、汚水を原因とする硫酸塩による腐食環境や、雨水放流によるトンネル内のすり減り環境が考えられる。これらのトンネルでは、主構造である一次覆工（セグメント）を上記環境から保護する目的で、一次覆工の内側に現場打ちコンクリートによる二次覆工を設けることにより対応してきた。昨今の建設工事のコスト縮減や環境保全（建設残土の削減や内面オイルボールの発生抑制）を目指し、二次覆工の省略を目的として、著書らは RC セグメントの内面に、高耐食性・高耐摩耗性をもつ特殊合金（厚さ $t=0.4\text{mm}$ ）を設置した特殊合金シート内面被覆セグメントを開発した。ここでは本開発の概要を報告する。

2. 特殊合金シート内面被覆セグメントの概要

本セグメントは、接着材を塗布したセグメント 1 ピースのシート状の特殊合金を型枠にセットし、続いて鉄筋籠を設置し、コンクリートを打設して製作する。特殊合金は汎用耐食ステンレス鋼(SUS316 等)に比べて高い耐食性を持ち、またこれと同等の耐（砂）摩耗性を有する。また、継手部ではコーキング溝を充填し、被覆材としてビニールエステル系感光性樹脂製のシート材料で継手部を覆う。この感光性樹脂シートも特殊合金と同様に耐食性・耐摩耗性に優れた材料である。写真-1 に本セグメントの概要を示す。



写真-1 特殊合金シート内面被覆セグメント
（継手曲げ試験）

3. 性能確認試験

3.1 要求品質

本セグメントに対する要求品質を以下とした。1) 特殊合金シートはセグメントの内面から脱落・剥離を起こさない。2) 継手部の感光性樹脂シートはセグメントの内面から脱落・剥離を起こさない。1)に対して、本体の抵抗モーメントに相当する荷重が作用しても特殊合金シートは問題無いことを確認するために、単体曲げ試験を実施した。2)に対して、継手の抵抗モーメントに相当する荷重が作用しても

感光性樹脂シートに問題無いことを確認するために、継手曲げ試験を実施した。さらに、RC セグメントは継手付近・グラウトホール付近などにクラックが入り、漏水が発生しやすいことを考慮して、仮にクラック等により周辺地山の地下水がセグメント内に侵入し、特殊合金シートならびに感光性樹脂シートに地下水圧が作用しても、これらの被覆材は脱落・剥離を起こさないことを確認するために耐水圧試験を実施した。

3.2 単体曲げ試験

単体曲げ試験は、通常実施される RC セグメントの性能確認試験と同様の方法で行った。試験の結果を表-1 に示す。表より、本体に抵抗モーメントを発生させる荷重 104.9kN（計算値）に対して、特殊合金シートが剥離した荷重は 170kN であり、特殊合金シートは十分な剥離抵抗を持っていることが確認できた。また、抵抗モーメントを発生させる荷重 104.9kN が作用している時の供試体には、目視によっても何ら異常は見られなかった。

表-1 単体曲げ試験結果

	作用荷重 (kN)	モーメント (kN・m)
本体の抵抗モーメント ⁽¹⁾	104.9	44.6
初期クラック発生時	130 ⁽²⁾	54.1 ⁽³⁾
特殊合金シート剥離時	170 ⁽²⁾	69.2 ⁽³⁾
最終荷重	300 ⁽²⁾	118.4 ⁽³⁾

(1)RC 計算により抵抗モーメントを算定し作用荷重に換算、

(2)計測値、(3)計測値よりモーメントに換算

キーワード：RC セグメント，二次覆工省略，被覆セグメント，耐食・耐摩耗性

連絡先：清水建設（株）土木事業本部 東京都港区芝浦 1-2-3 TEL 03-5441-0555, FAX 03-5441-0512

3.3 継手曲げ試験

継手曲げ試験も同様に，通常の性能確認試験と同様の方法で行った。写真-1 に試験状況を，表-2 に試験結果を示す。表における荷重 95kN 作用時は，継手付近の特殊合金シートがセグメントから剥離したときを示しており，この時には，感光性樹脂シートに剥離は生じてはいない。結果として感光性樹脂シートと特殊合金シートとの接着は十分であることが分かった。また，剥離時の荷重 95kN は継手の抵抗モーメントを発生させる荷重 41kN より 2 倍以上大きく，継手部の被覆処理は十分な剥離抵抗を持っていることが確認できた。

3.4 耐水圧試験

耐水圧試験の概要を写真-2 に示す。試験は，特殊合金シートに水圧を作用させる試験 A と，目地部に感光性樹脂シートを貼付け水圧を作用させる試験 B（図-1 参照）の 2 試験を実施した。片側に $270 \times 270 \times 0.4\text{mm}$ の特殊合金シートを設置した $600 \times 600 \times 150\text{mm}$ のコンクリートの供試体を作製する。供試体には水圧を作用させるための貫通したスリット（もしくは穴）を設ける。特殊合金シートを額縁形状の（下部）水密板およびシール材で押さえ，端部からの漏水を防止する。特殊合金シートを設置面と反対面から水圧を作用させる。水圧の作用のさせ方は 2 通りとした。図-2 に示すように，下水道トンネル作用する地下水圧として 0.3MPa を想定しこれを 3 時間保持する方法と，シートが剥離するまで水圧を上昇させる方法である。

試験の結果，0.3MPa，3 時間保持の試験では試験 A，B とともに，異常は見られなかった。また，特殊合金シート・感光性樹脂シートとも 0.7～0.8MPa で剥離が生じたが，0.3～0.4MPa の地下水圧に対し十分な抵抗を有していることが分かった。

4. 終わりに

特殊合金は接着材によってコンクリートとの付着をとっているが，耐水圧試験での水圧 0.3MPa，3 時間保持を満足したといえども本セグメントの接着材の耐久性についての確認は得られていない。このため，接着材の耐久性についての検討を現在行っている。本開発は「ポリプロピレン樹脂シート内面被覆 RC セグメントの開発」参考文献(1)と同時に進められてきた。今後，トンネルの深度（作用水圧）・腐食・摩耗環境の程度・施工性・製作性から，本セグメントと参考文献(1)との住み分けを図っていきたいと考えている。

謝辞：本開発を進めるにあたり，実験等に関して都築コンクリート工業(株)技術部ならびに埼玉工場の関係各位に多大なご協力を賜ったことを記して感謝いたします。

参考文献：(1)石井ら：ポリプロピレン樹脂シート内面被覆 RC セグメントの開発，土木学会年次講演会，部門，2002.9.

表-2 継手曲げ試験結果

	作用荷重 (kN)	モーメント (kN・m)
継手の抵抗モーメント ⁽¹⁾	41.0	26.8
特殊合金シート剥離時	95 ⁽²⁾	62.0 ⁽³⁾
最終荷重	120 ⁽²⁾	78.4 ⁽³⁾

(1)RC 計算により抵抗モーメントを算定し，作用荷重に換算。
(2)計測値。(3)計測値よりモーメントに換算



写真-2 耐水圧試験状況

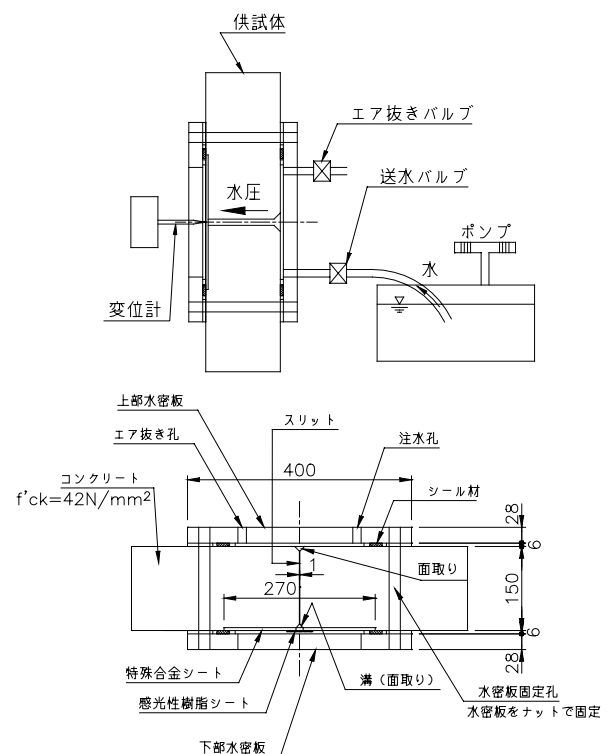


図-1 耐水圧試験概要

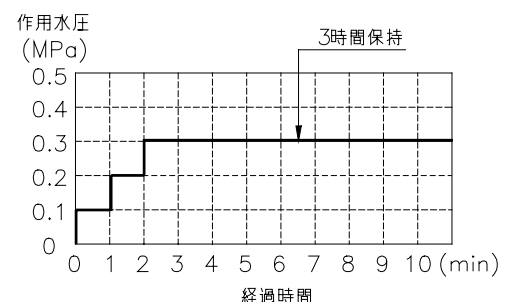


図-2 水圧作用方法