

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

清水建設(株) 正会員 ○石井 清, 正会員 入田健一郎
旭硝子エンジニアリング(株) 勝山 吉彦

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、砂泥の流下に伴う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（施工時の建設残土や残材処理の問題、供用時の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、裏面に突起をもつポリプロピレン樹脂製のシート材を配置した内面被覆セグメントを開発した。

2. 樹脂シート内面被覆セグメントの概要

本セグメントは、セグメント 1 ピース分のポリプロピレン樹脂製のシートを型枠にセットし、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。ポリプロピレン樹脂製のシート材とコンクリートとの付着はシート裏面に設けられた突起物によりなされる。ここで使用するポリプロピレン樹脂は汎用樹脂のひとつであり、下水環境における十分な耐食性をもつとともに、耐（砂）摩耗性についても、既に同じ目的で使用されているジシクロペンタジエン樹脂（鹿島建設他の HD ライニング工法で使用：文献 1）と同等の性能をもつ。継手部の処理は、コーキング溝を充填した上で、溶接機を用いてシート材と同じ材料で熱融着を施し間隙を埋める。なお、同樹脂は熱可塑性樹脂で難接着性とされているが、既に構造用接着剤が場市しており、ホットメルトの使用も可能である。写真-1 に本セグメントの概要を示す。また、以下の試験では厚さ 2mm の樹脂シートを用いている。



写真-1 ポリプロピレン樹脂シート
内面被覆 RC セグメント

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)樹脂シートはセグメントの内面から脱落・剥がれを起こさない。2)継手部においてもセグメントの内面から脱落・剥がれを起こさない。

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樹脂シートは問題が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継手部の処理法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、樹脂シート部ならびに目地部分に地下水圧が作用しても、これらの被覆材は脱落・剥がれ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。



写真-2 単体曲げ試験状況

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。写真-2 に試験状況を、試験結果を表-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、破壊荷重は

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, ポリプロピレン樹脂
連絡先（第 2 著者）：清水建設（株）土木本部 東京都港区芝浦 1-2-3 TEL 03-5441-0555, FAX 03-5441-0512

280kN と安全率は 2.5 倍である。破壊荷重時のセグメントと樹脂シートとの隙間はほとんどなく、曲げによる引張力に対して樹脂シートが追従していることが確認できた。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。

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。表-2 に試験結果を示す。表より、破壊荷重 147kN 作用時には、目地処理部が引張応力により裂けたが、設計荷重時には樹脂シートおよび継手目地、継手廻り等に変化はなく、荷重的にも問題はなかった。最終荷重時のセグメント間の開口量 2.54mm に対して、樹脂シートの割れ幅はセグメントの中央付近で約 4.5mm 程度であった。

3.4 耐水圧試験

耐水圧試験は、樹脂シートに水圧を作用させる試験 A と、目地部を設けた樹脂シートを溶接機により熱融着処理した上で水圧を作用させる試験 B の 2 試験を実施した（文献 2）の写真-2 および図-1,2 参照）。

片側に 270×270×2mm の樹脂シートを設置した 600×600×150mm 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。樹脂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。樹脂シートの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。すなわち下水道トンネルに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。

試験の結果として、0.3Mpa, 3 時間保持の試験では試験 A, B ともに漏水はなかった。また、樹脂シート単体では 0.8Mpa で漏水はなかったが、目地部を設けた試験 B では樹脂シートが 0.5～0.6Mpa で本体から剥離し、漏水を起こした（この場合も目地部自体には変化は見られなかった）。後者は幅 1.2cm の目地部の存在により樹脂シート裏面のスタッドが所定のスタッド間隔(1.5cm)よりも大きくなり、水圧の作用により目地近傍の樹脂シートが変形（膨らみ）を起こしたことによる。結論として 0.3Mpa の地下水圧に対して十分な抵抗を有していると判断した。

4. まとめ

樹脂シート内面被覆 RC セグメントは、種々の試験結果により現状の技術レベルにおいて十分に適用可能である。ただし、耐摩耗性の要求仕様によっては市場製品の厚み等を調整する必要がある（これらの制約条件についても、今後予定されているスタッドやシートの厚さの調整により十分に可能である）。樹脂シートは、工場の生産ラインによる製品であること、使用材料が汎用樹脂であること、また加工性に優れている等、多くの優れた特性をもつ。今後は、他の優れた工法との組合せによる適用も視野に入れながら、本工法についても試験施工等を通じて、施工性の確認また改善を行っていきたい。

謝辞：実験等に関しては都築コンクリート工業(株)本社技術部ならびに埼玉工場の関係者の皆さんに多大なご協力を賜ったことを記して感謝いたします。また、多くの関係者から頂いたご支援やご協力に対して、深く感謝いたします。

参考文献：(1)中里・本重・加藤・金沢：下水道シールドの内面被覆工法，成長するシールド技術第 6 回，月間下水道，Vol. 2 4, No.7, pp.61-64. (2)石井ら：特殊合金シート内面被覆 RC セグメントの開発，土木学会年次講演会，VI 部門，2002.9.

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	80 ⁽²⁾	35.2 ⁽³⁾
破壊荷重	280 ⁽²⁾	110.8 ⁽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

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
初期クラック発生時	50.0 ⁽²⁾	32.7 ⁽³⁾
破壊荷重	147.0 ⁽²⁾	96.0 ⁽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