

## VI-33

エイトディー

## HDライニングの開発（その4）－吹付け樹脂タイプ－

|            |           |
|------------|-----------|
| 鹿島建設(株)    | 正会員○名倉 清成 |
| 同 上        | 正会員 中川 雅由 |
| シーアイ化成(株)  | 荒木田武生     |
| 石川島建材工業(株) | 正会員 染谷 洋樹 |
| ジオスター(株)   | 正会員 藤野 豊  |

## 1. はじめに

近年、工期短縮・工費低減が市場のニーズとして強く求められているシールド工法の技術開発において、厳しい環境条件下においても二次覆工省略を可能にし、二次覆工費削減・工期短縮・掘削土砂処理費の低減といったコスト低減効果を実現させた『HDライニング(*High Durability Tunnel Lining*; 高耐久性トンネル覆工)』についての続報を紹介する。

以下本文では、急曲線用コンクリート中詰め鋼製セグメントの内面被覆及び厳しい腐食環境条件下の地盤におけるRCセグメントの外面被覆を目的に開発した“吹付け樹脂タイプ”のHDライニングに関し、構造及び性能確認試験結果についての報告を行う。



写真-1 樹脂吹付け状況

## 2. 構造及び特長

HDライニングにおける“吹付け樹脂タイプ”について構造及び特長を以下に示す。

①製造方法：通常のセグメントに対し、予め工場にて樹脂を吹付け・塗布。

②樹脂一体化：吹付け樹脂は十分な付着強度を有している。

→プライマー処理等の下地処理前提（付着強度：表-1 参照）

③被覆面：内面1面被覆→急曲線(中詰め鋼製セグメント)・開口部等の特殊部等

外面1面被覆→地山側が劣悪な環境条件下（塩素イオン、硫黄イオン等）の場合（吹付け箇所：図-1 参照）

④被覆樹脂：ポリウレタン樹脂、ポリウレア樹脂について基本性能確認済み。トンネルの要求品質により適宜選択可（基本物性：表-1 参照）。

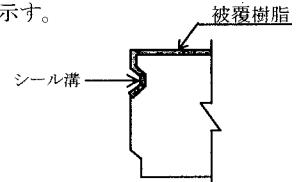


図-1 外面被覆 継手部概要図

表-1 樹脂の基本物性

| 項 目            |                   | 吹付けタイプ              |                     | パネルタイプ            |
|----------------|-------------------|---------------------|---------------------|-------------------|
|                |                   | ①ポリウレタン樹脂           | ②ポリウレア樹脂            | ③DCPD樹脂           |
| 比 重            | —                 | 1.2                 | 1.0                 | 1.0               |
| 引張強さ           | N/mm <sup>2</sup> | 24.5 ○              | 23.5 ○              | 46.1 ◎            |
| 伸 び            | %                 | 70 ○                | 200 ◎               | 68 ○              |
| 摩 耗 量          | mg                | 150 ○               | 82 ◎                | 67 ◎              |
| (摩耗輪H-22/500g) |                   |                     |                     |                   |
| 付着強度           | N/mm <sup>2</sup> | >2.9 ◎              | >2.0 ◎              | 鋼製ジベルや樹脂製リブにて確保 ○ |
| 耐薬品性           |                   | 酸・アルカリ等に対し問題なし ○    | 酸・アルカリ等に対し問題なし ○    | 酸・アルカリ等に対し問題なし ○  |
| 経 済 性          |                   | ○                   | ○                   | ○                 |
| 備 考            |                   | 可使時間調整可能。<br>ハケ塗り可能 | 速乾性有り。<br>耐摩耗性に優れる。 | HDライニングの量産に適する。   |

キーワード：シールドトンネル、二次覆工省略、高耐久性覆工

連絡先：〒107-8502 東京都港区赤坂 6-5-30 TEL 03-5561-2111 FAX 03-5561-2155

- ⑤ **セグメントタイプ**：適用箇所により、以下のようなタイプに分ける。
- ・一般部：どの様なRCセグメント形状及び継手タイプにも適用可能（工場にて樹脂吹付け）
  - ・急曲線部：中詰め鋼製セグメント（工場にて樹脂吹付け）
  - ・開口部：鋼製セグメント（鋼材被り確保のため、コンクリート場所打ち後に坑内にて樹脂吹付け）
- ⑥ **工費低減・工期短縮**：二次覆工が不要なため、全体工事費の低減及び工期短縮が可能。
- 従来工法におけるトンネル内の清掃・下地処理・樹脂被覆作業・硬化養生等の工程が不要
- ⑦ **耐久性向上**：従来の二次覆工に比べ、長期に渡る維持補修費の低減・省略（メンテナンスフリー）可能。
- 厳しい腐食性環境下においても高い耐久性を確保

### 3. 性能確認試験の結果（急曲線用HDライニング）

吹付け樹脂タイプのうち、急曲線用HDライニング（中詰め鋼製セグメント内面1面吹付けタイプ）に関して、製作寸法検査及び被覆樹脂（ポリウレタン）のひび割れ追従性を確認する目的で、単体曲げ試験を実施した。

#### (1) 寸法測定・外観（剥離確認）検査

寸法測定結果において、特にセグメント厚さは樹脂吹付け前後にて測定したが、セグメント厚さ及び被覆樹脂厚さに問題はなく、その他寸法を含めて許容誤差（表-2 参照）内であった。また、外観（剥離確認）検査に関しては、剥離等は確認されなかった。

#### (2) 単体曲げ試験

急曲線用HDライニングの単体曲げ試験を図-2 に示す試験方法にて実施し、図-3 に示す  $P-\delta$ （鉛直変位）関係を得た。

試験の結果、設計荷重 0.73kN 時には有害なひび割れ発生は確認されなかった。また、当初予想していた鋼製セグメント縦リブ位置でのひび割れが 1.12kN 時に確認されたが、被覆樹脂に亀裂は生じなかった。続けて载荷したところ、ひび割れ幅の増加に伴い、1.63kN 時に樹脂の破断が確認された。表-3 より、被覆樹脂（ポリウレタン）のひび割れに対する伸び追従性は十分確認された。

表-3 試験結果一覧

| 項目     | ひび割れ発生荷重 | 樹脂亀裂荷重 | 計算値荷重 <sup>*)</sup> |      |      |
|--------|----------|--------|---------------------|------|------|
|        |          |        | 許容荷重                | 降伏荷重 | 破壊荷重 |
| 荷重(kN) | (1.12)   | 1.63   | 0.73                | 1.26 | 2.37 |

\*) 計算値は設計上の応力部材としている鋼殻（S M 490）のみの規格値により算定

表-2 供試体寸法及び許容誤差

|        | 設計寸法  | 許容誤差      |
|--------|-------|-----------|
| 幅      | 1000  | ±1.0      |
| 厚さ     | 138   | -1.0、+5.0 |
| 弧長     | 原寸ゲージ | ±1.0      |
| ボルトピッチ | 板による  | ±1.0      |

\*日本下水道協会に準じる。（樹脂厚含まず）

- ・  $\ell_1$ ：支持スパン  
（=1150mm）
- ・  $\ell_2$ ：载荷スパン  
（=200mm）
- ・  $Z_i$ ：断面係数  
（=88.7cm<sup>3</sup>）

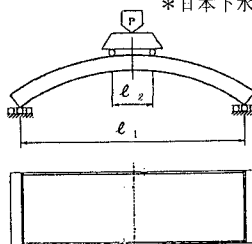


図-2 載荷状況図

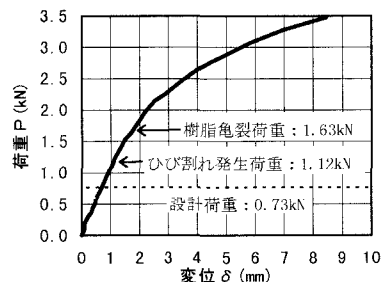


図-3 P-δ 曲線

### 4. おわりに

HDライニングのパネル樹脂タイプは神戸市狐川改修工事の一部に適用している。本報告にて紹介した特殊部対応HDライニング及び外面被覆吹付けタイプを取り揃えることにより、内・外面の劣悪環境下における二次覆工省略（一貫したHDライニングの適用）が可能になった。現在、さらなるコスト低減に向け、吹付け材料選定及び工場における吹付け作業方法等の検討を行っている。

### 参考文献

- 1) 中川 他：HDライニングの開発(その1)－HDライニングの概要－、土木学会第52回年次学術講演会、VI-83、1997.9
- 2) 山本 他：HDライニングの開発(その2)－実工事への適用実績－、土木学会第52回年次学術講演会、VI-84、1997.9
- 3) 山本 他：HDライニングの開発(その3)－パネル樹脂タイプ－、土木学会第53回年次学術講演会、1998.10