

シールド二次覆工における長区間中詰施工の充填管理

株式会社 銭高組 正会員 ○ 角田 晋相 松田 昌彦
野村 公一 塚田 浩司
森下 翔伍 倉本 幸弥

1. はじめに

シールド工法による上下水道等の管路敷設工事では、二次覆工の管種として耐震面から鋼管あるいはダクタイル鋳鉄管が採用されることが多いが、小口径シールドでは耐震性に優れた鋼製セグメント内に強化プラスチック複合管 (FRPM 管) を用いる場合もある。FRPM 管は他の管種に比べて軽量で施工性が向上するが、管厚が薄い場合には管外周の中込材注入時の充填圧に留意する必要がある。また、小口径シールドの場合、中詰充填する断面積が小さく単位長さ当りの中込材の充填量が少ないため、効率よく施工を行うには1回当りの充填施工区間が長くなる。ここでは、FRPM 管のシールド二次覆工に対して長区間の管路中詰施工を行った現場の充填管理の事例について述べる。

2. 中詰施工計画

対象とする工事は、愛知県蒲郡市で施工中のセグメント外径 1,800mm の一次覆工内に二次覆工として内径 1,000mm、管厚 12mm の FRPM 管を内挿して、その間の間隙を中詰充填する水路トンネル工事である。中込材の物性値を表-1 に示す。使用する中込材はベントナイトを用いた空気含有量 50% のエアモルタルで、比重は 0.72 である。エアモルタルの性状であるフロー試験の状況を写真-1 に示す。中詰施工の計画を図-1 に示す。中込材注入時の FRPM 管への作用圧力を低減するため、充填施工は2段に分けて行った。1回当りの充填区間は、先行スパンの上半部と後行スパンの下半部を充填することとし、充填施工延長は 140m とした。

上半部の充填は、天端部からの中込材のリークによる目視確認が出来ないため、セグメント天端に充填検知センサーを設置し充填確認を行った。充填検知センサーの設置状況を写真-2 に示す。また、中込材を注入する妻側から注入方向のラップ側にかけて上り勾配となる場合は、施工時において空隙の発生を防止するため、ラップ側端部の天端に充填検知センサーを設置して充填を確認した。

表-1 中込材の物性値

| フロー値 (φ80×H80シリンダー) | 比重 | 空気量 | 圧縮強度 σ28 |
|------------------------|------|-----|-----------------------|
| 22×22 cm | 0.72 | 50% | 1.0 N/mm ² |

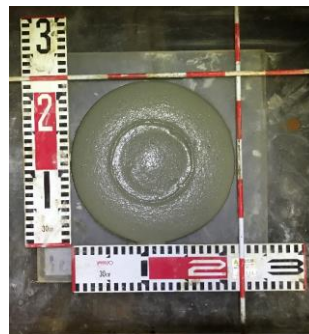


写真-1 中込材の性状

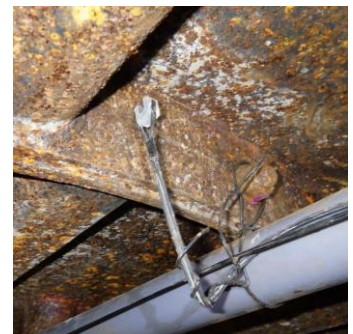


写真-2 充填検知センサー

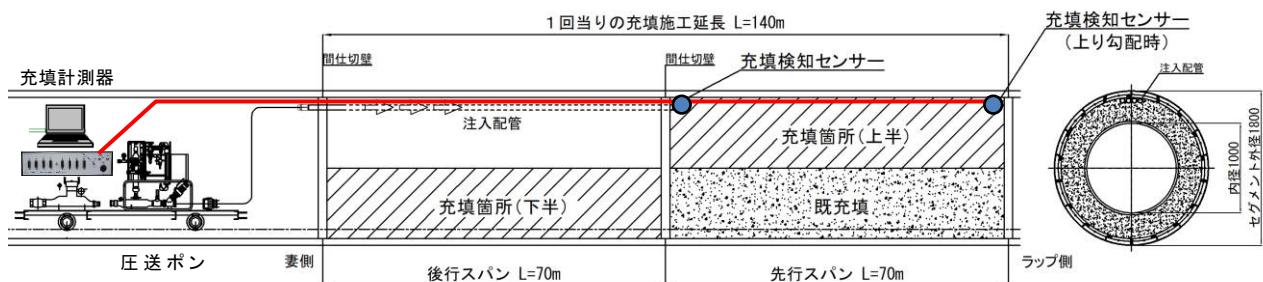


図-1 中詰施工の計画

キーワード 中詰充填工, 光ファイバー, 充填検知, 圧力計測

連絡先 〒102-8678 東京都千代田区一番町 31 (株) 銭高組 TEL:03-5210-2440 FAX:03-5210-2461

3. 充填検知センサー

天端部の充填検知には、プラスチック製光ファイバー（POF：Plastic Optical Fiber）によるセンシング技術を用いた充填センサー（以下、POFセンサー）¹⁾を使用した。

図-2にPOFセンサーによる充填検知の概要を示す。充填計測は、空隙時に検出していた光（光強度）が、充填により検出されなくなることで充填を判断する。POFセンサーは伝送損失が大きくケーブルの長さに制約があり、これまでケーブル長が120m程度まで実用化¹⁾していた。今回の施工では、充填計測器までの接続長を含めるとケーブル延長は最長で150m程度必要となるため、その長さに対応できるように結線方法の見直しや照射光源の変更など充填計測器の改良を行った。光強度とケーブル長の関係を図-3に示す。充填検知センサーとして適用できる光強度の値を10とした場合、充填計測器の改良によりケーブル長を200m程度まで長距離化することが可能となった。

4. 現場計測

中込材の注入圧力は、注入配管での管理を行うことが一般的であるが、現場ではFRPM管に直接作用する充填圧を確認するため、管路敷設時に管外側に圧力計を設置し、中込材注入時の充填圧の計測を行った。圧力計の設置状況を写真-3に示す。敷設するFRPM管の許容座屈圧力は36kPaであるため、容量100kPaの圧力計を使用した。

中込材の注入状況および充填計測状況を写真-4に示す。ケーブル長が150mのPOFセンサーによる充填計測の記録を図-4に示す。現場での長距離ケーブルにおける充填計測でも空隙時の光強度を計測することができ、中込材の充填による光強度の低下を検知することができた。

充填圧の計測状況を写真-5、充填圧計測結果を図-5に示す。注入時、管路に作用する充填圧は6kPa程度であり、十分許容座屈圧力以内に収まっていることが確認できた。

5. まとめ

POFセンサーの充填計測器を改良し、計測可能な光ケーブル長を200mまで実用化したことで、長区間の充填検知に役立てることができた。

圧力計で中込材注入時に管路に作用する充填圧を計測することで、二次覆工管路に作用する充填圧を直接確認することで、FRPM管に対して十分な安全な施工が行えた。

【参考文献】

1) 角田晋相：プラスチック製光ファイバーを用いたシールド二次覆工の中詰充填検知，土木学会全国大会第76回年次学術講演会，VI-869，令和3年9月。

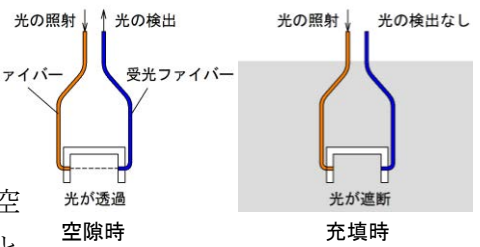


図-2 POFセンサーの概要

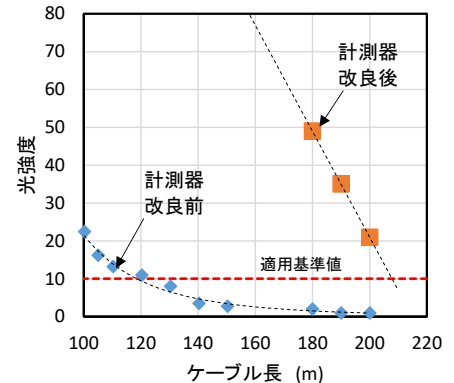


図-3 光強度とケーブル長の関係



写真-3 管路への圧力計設置状況

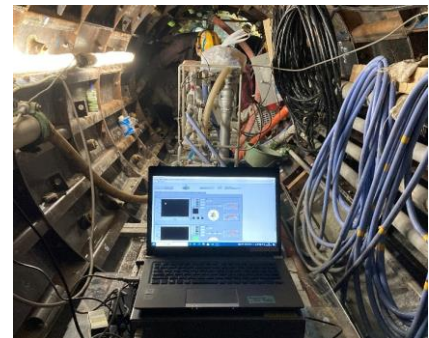


写真-4 注入および充填計測状況



写真-5 充填圧計測状況

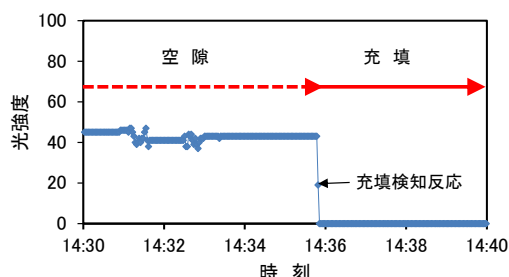


図-4 充填計測記録(L=150m)

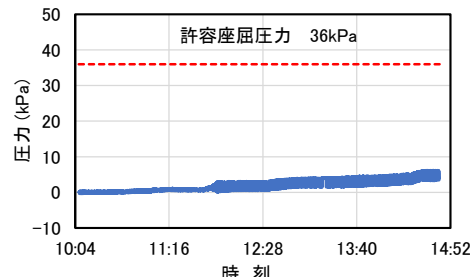


図-5 充填圧計測結果