

下水道管きょ更生工法 小口径管きょ向けグラウト材の特性

足立建設工業(株) 正会員 ○松田 貴弘、 佐藤 貴幸  
昭和 KDE(株) 正会員 佐藤 公、 正会員 横 宏二

1. はじめに

耐用年数を越えた下水道管は年々増加し、老朽化した下水道管は更新が必要となる。しかし、下水道管路は、道路下に埋設されていることが多く、更新のため開削工事を行うと経済的、環境的負担が大きい。そのため、道路を掘り起こすことなく施工可能な非開削の下水道管きょ更生工法が普及している。SPR 工法はその一つであり、図-1 に示す様に下水を流しながら老朽化した下水道管の内部に塩化ビニル製プロファイル(以下更新管)を製管し、下水道管と更新管の隙間にグラウト材を充填し、強固な複合管とする工法である。この工法におけるグラウト材の要求性能としては、大きく分けて図-2 の三つがあげられる。この性能は、相反する関係にあり、全ての性能を満足するバランスが重要となる。また、グラウト材の比重が重い程、グラウト材の充填に伴い更新管に生じる浮力が大きくなり、更新管の浮き上がりを防止する処理が必要である。小口径の場合は更新管内に人が入り作業することは困難であり、適応させるには、軽量化も重要な性能である。上記工法に適応した軽量グラウト材は現在使用されているが、更生する下水道管の状態は様々であり、また温暖化等の急激な環境変化に適応できるよう、改良していく必要がある。筆者らは、上記要求性能を満足し、かつ作業性を向上させたグラウト材の開発、評価を行っている。本報文では、基本配合の検討および要求性能に関する評価について報告する。

2. 基本配合の決定

材料の開発コンセプト及び開発品の特性を表-1 に示す。軽量骨材を用い、混和材を調整することによって、軽量(比重 1.25~1.35)かつラバ評価における特性を満足することができた。そのため、施工現場を想定した評価を実施した。

3. 施工現場を想定した評価

本材料に要求される図-2 の性能について、現場を想定した評価を実施した。評価方法を表-2、評価結果を図-3、表-3 に示す。圧送性は、図-3 に示す通り、100m ホース圧送試験において、従来品の約 60%の圧送圧であり、性能を大きく改良する結果となった。

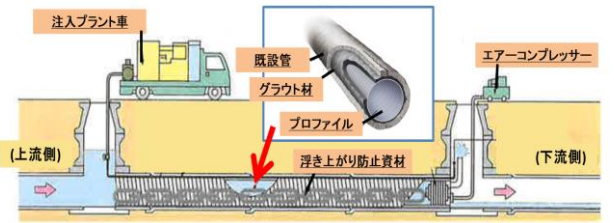


図-1 SPR 工法の概略図

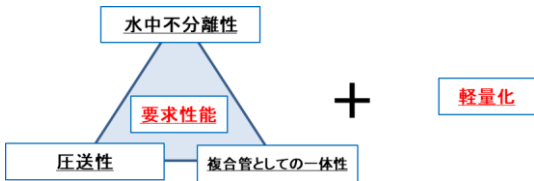


図-2 グラウト材の要求性能

表-1 開発コンセプト 及び 開発品の特性

| 試験項目                |             | 目標値                                    | 開発品の特性                  | 試験方法                                      |
|---------------------|-------------|----------------------------------------|-------------------------|-------------------------------------------|
| 練上り<br>性状           | 比 重         | 1.25~1.35                              | 1.29                    | JIS A 1171                                |
|                     | 引抜き<br>フロー値 | 225~315 mm                             | 275 × 275 mm            | JIS R 5201<br>フローコーンを引<br>上げた時の広がり<br>を測定 |
|                     | 流下時間        | 5秒 以下                                  | 4.5 秒                   | JSCE F-541                                |
| 硬化<br>物性<br>(材齢28日) | 圧縮強度        | 12 N/mm <sup>2</sup> 以上                | 25.6 N/mm <sup>2</sup>  | JSCE G-521                                |
|                     | ヤング係数       | 6,000 N/mm <sup>2</sup> 以上             | 7,400 N/mm <sup>2</sup> | JIS A 1149                                |
|                     | 割裂引張強度      | 1.70 N/mm <sup>2</sup> 以上              | 2.29 N/mm <sup>2</sup>  | JIS A 1113                                |
|                     | 接着強さ        | 破壊状態が界面<br>剥離でなく、一体<br>性が確認されてい<br>ること | 充填材<br>の凝集破壊            | JIS A 1171                                |

表-2 施工現場を想定した評価方法

| 評価項目       | 試 験 内 容                                                                   |
|------------|---------------------------------------------------------------------------|
| 圧送性        | スキズポンプを用いて、1インチホース100m圧送した場合のポンプ圧の測定                                      |
| 水中<br>不分離性 | 施工現場を想定した2m模擬管渠を作製し、スキズポンプを用いて、既設管と更新管の隙間に充填し、隙間に残存する水を押し出した後に採取した試料の物性確認 |
| 一体性        | 2m模擬管渠に充填後、硬化させた試料を切断し、切断面の状態確認                                           |

水中不分離性は、表-3 に示す通り、2m 模擬管きょ試験において、既設管と更新管の隙間にある水を押し出した後に採取した試料は、練上りとはほぼ同等の物性であり、性能を満足する結果となった。一体性は、上記 2m 模擬管きょ試験体を硬化させ、切断した状況確認において、既設管とグラウト材の接着層に一部隙間が確認された。要因としては、充填後、硬化までにエア一等の動きが生じ、接着層に影響を与えたと推察した。接着層に隙間が確認され、一体性について性能を満足しないため、配合の見直しを行った。

キーワード SPR 工法、軽量グラウト材、複合管

連絡先 〒121-0836 東京都足立区入谷九丁目 14 番 1 号 足立建設工業(株) 技術開発部 TEL 03-3899-0351

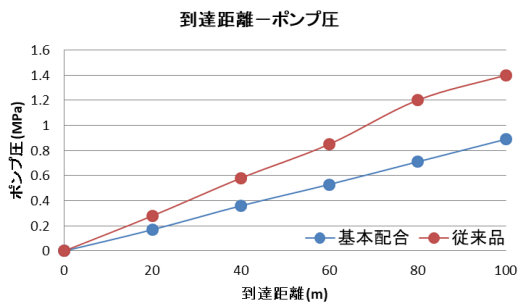


図-3 圧送性評価結果

表-3 水中不分離性評価結果

| 試験項目         | 練上り物性                  | 水を押し出し後の採取試料           | 試験方法                                      |
|--------------|------------------------|------------------------|-------------------------------------------|
| 比 重          | 1.30                   | 1.29                   | JIS A 1171                                |
| 引抜きフロー値      | 270 × 270mm            | 275 × 270mm            | JIS R 5201<br>フローコーンを<br>引上げた時の<br>広がりを測定 |
| 流下時間         | 4.2 秒                  | 4.4 秒                  | JSCE F-541                                |
| 圧縮強度 (材齢28日) | 25.1 N/mm <sup>2</sup> | 24.8 N/mm <sup>2</sup> | JSCE G-521                                |

4. 配合の見直し

上記要因を改善するため、有機系増粘剤を中心に配合の見直しを行った場合は圧送性を低下させるため、充填後の粘度変化(以下しまり)を無機系粘土鉱物を用いて調整、検討した。しまりの評価は振動粘度計を用いて時間経過毎の粘度測定を行った。表-4 に示す通り、しまりと模擬管きょ試験体の切断面の状態に関係性があることを確認した。施工現場においては、連続で数時間圧送(充填)するケースがある。そのため、上記評価にて切断面の改良が確認された配合でしまりが最も緩やかな配合 No.2 について、再度施工現場を想定した評価を実施した。

表-4 粘度変化と模擬管きょ切断面の状態

| 項 目                         | 基本<br>配合     | 検討配合         |              |              |
|-----------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
|                             |              | No.1         | No.2         | No.3         |
| 無機系粘土鉱物添加量                  | —            | C×0.3%       | C×0.6%       | C×0.9%       |
| 粘度変化：<br>240分経過後の粘度         | 180<br>mPa・s | 190<br>mPa・s | 220<br>mPa・s | 300<br>mPa・s |
| 模擬管渠切断面の確認：<br>接着層における隙間の有無 | ×<br>有       | △<br>有(一部)   | ◎<br>無       | ◎<br>無       |

5. 施工現場を想定した評価

上記配合 No.2 について、「3. 施工現場を想定した評価」と同様に評価を行った。また、より現場に類似した条件での評価を行うため、水中不分離性と一体性については写真-1 の様な 30m 模擬管きょを作製し、評価を実施した。評価結果を図-4、表-5、写真-2 に示す。圧送性は図-4 に示す通り、配合 No.2 においても従来品の約 60% の圧送圧であった。水中不分離性については表-5 に示す通り、配合 No.2 においても水を押し出した後に採取した試料は練上りとはほぼ同等の物性であった。一体性は写真-2 に示す通り、模擬管きょ

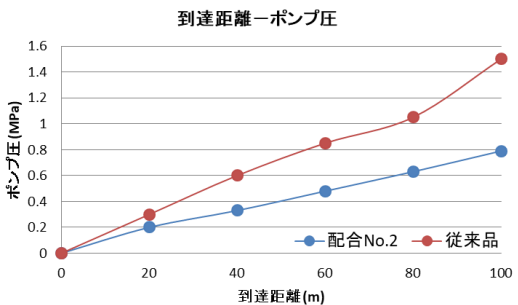


図-4 圧送性評価結果

表-5 水中不分離性評価結果

| 試験項目         | 練上り物性                  | 水を押し出し後の採取試料           | 試験方法                                      |
|--------------|------------------------|------------------------|-------------------------------------------|
| 比 重          | 1.32                   | 1.34                   | JIS A 1171                                |
| 引抜きフロー値      | 285 × 285 mm           | 305 × 300 mm           | JIS R 5201<br>フローコーンを<br>引上げた時の<br>広がりを測定 |
| 流下時間         | 3.9 秒                  | 3.7 秒                  | JSCE F-541                                |
| 圧縮強度 (材齢28日) | 25.8 N/mm <sup>2</sup> | 24.2 N/mm <sup>2</sup> | JSCE G-521                                |



写真-1 模擬管きょ試験

写真-2 一体性評価

試験体の切断面は既設管とグラウト材の接着層に隙間は確認されなかった。また、下水道管きょ更生工法 (SPR 工法) における完成検査と同方法においても、打音変化等の異常は確認されず、一体性を示す結果となった。

6. まとめ

より様々な下水道管および急激な環境変化に適応させるため、グラウト材の開発、評価を実施した。粘度等の調整により圧送性(作業性)の改良が確認されたが、一体性を満足する結果を得られなかった。要因としては充填後のエア一等の動きによる影響と考え、無機系粘土鉱物を用いた配合の見直しを実施した。その結果、下水道管きょ更生工法用グラウト材としての要求性能を満足することができた。今後の課題としては、更なる作業性向上を目標として開発、改良を検討中である。

謝辞：

本開発にあたり、ご指導を頂きました SPR 工法開発者である東京都下水道サービス株式会社様、積水化学工業株式会社様に心より感謝と御礼を申し上げます。

参考文献：

- 1) 東京都下水道サービス (株)：SPR 工法の設計概論-設計理論と設計概論