

VI-80 バックフィルシールド工法の開発

—要素技術に関する実験的研究について—

三井建設(株) 正会員 石田喜久雄

三井建設(株) 正会員 鈴木明彦

日本シールドエンジニアリング(株) 正会員 大塚孝義

1. はじめに

都市部の地下空間利用は、今後も多岐にわたって拡大する傾向にある。その一方で、老朽化や新設・更新などに伴い、不用となる管路が発生し、それが将来の地下利用の障害となる恐れも懸念される。このような事態を予測し、筆者らは既設管路の撤去・埋戻しを地中で安全に行うことのできるバックフィルシールド工法の開発に着手した。本文では、工法紹介とともにこれまでの主な研究成果について報告する。

2. 工法概要

本工法は、バックフィルシールド(BFシールド)を用いて、管路の外周を掘進しながら、順次管路の撤去と埋戻しを行うものである。対象管路は、一次覆工がRCセグメント、二次覆工が無筋コンクリートのシールドトンネルとした。BFシールドは、①フード部に泥水式の掘削機構、②中胴部に推進ジャッキおよび管路解体装置、③テール部に推進ジャッキにより作動する隔壁を装備している。そして、隔壁の打設口から充填した埋戻し材に反力を取り推進する。掘進によりBFシールド内に取り込んだ管路は、切断装置を用いてセグメント継手部を切断した後、ブロック状に解体し、運搬台車により坑外に搬出する。埋戻し材は、この作業時間を利用して養生する。施工順序を図-1に示す。

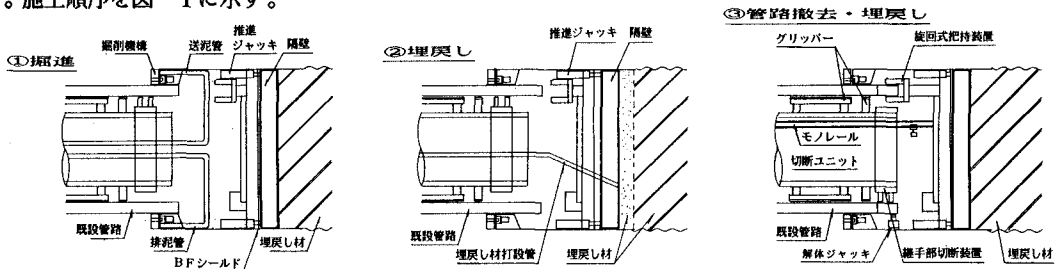


図-1 施工順序

3. 基礎実験

本工法の開発にあたっては、施工システムや施工条件を検討した結果、埋戻しに使用する材料および管路解体方法が実用化に向けての重要な課題であると判断した。

(1) 埋戻し材基礎実験

埋戻しは、施工サイクル内の限られた時間内で大量の材料を練り混ぜ、パイプ圧送して行う。このため埋戻し材は、打設中のハンドリングが容易でなければならない。また、打設後は短時間の内に推進反力を受けるに必要な強度に達する材料で、長期的には地山と同程度の強度となるものが望まれる。

これらの条件から、埋戻し材の要求品質は以下の通りとした。

- ① 流動性確保時間 : 練り混ぜ後1時間以上
- ② 一軸圧縮強度 : $\sigma_{4h} \geq 1 \text{ kgf/cm}^2$, $\sigma_{28} \leq 10 \text{ kgf/cm}^2$
- ③ 加圧後体積変化 : なし

埋戻し材料は、これらの条件の他に経済性を考慮し、使用材料を選定した。また、坑内輸送などの施工性から、基幹材、結合材、急結材の3種類の材料に分け、最後にこれらを練り混ぜる方法を用いることとし、基本となる配合を設定した。埋戻し材の標準配合は、この基本配合をもとに各種実験を繰り返して決定した。埋戻し材の標準配合を表-1に示す。

標準配合の埋戻し材は、練混ぜ後1時間までは流動性を維持し、その後徐々に低下する性状を示すことをテブルフロー試験により確認した。円柱供試体を標

表-1 埋戻し材標準配合 (単位: kg/m^3)

基 幹 材			結 合 材		急 結 材
水	砂	粘 土	水	セメント	粉末水ガラス
548.0	487.2	507.4	40.6	78.6	18.5

砂 : 標準けい砂 5号=50% 6号=50%
粘土 : 栃木産 200メッシュ
セメント : 普通ポルトランドセメント

準養生して行った圧縮強度試験結果を図-2に示す。

材令4時間での一軸圧縮強度は1 kgf/cm²以上、材令28日では9 kgf/cm²程度となり、目標値を満足する結果となった。また、密閉容器内で実施した材料加圧試験では、体積変化は認められなかった。

以上の結果から、本標準配合は、埋戻し材としての諸条件を満足できるものであることを確認した。

埋戻しでは、短時間に高比重の材料を大量に、しかも均一に攪拌混合して供給する必要がある。このため、攪拌槽と攪拌ポンプによる混合攪拌装置を製作して実験を繰り返し、短時間の混合攪拌で埋戻し材の品質を満足できる練り混ぜが行えることを確認した（写真-1参照）。

（2）覆工解体切断実験

管路の解体・撤去には、未解体部分に影響を及ぼさずに短時間で撤去・解体ができる施工方法が必要となる。しかも、狭い坑内およびシールド内部での作業となるため、解体装置は小型で、作業に伴う粉塵の発生が少ないことが望ましい。

これらの各種条件を考慮し、既存の解体方法を調査するとともに、それらの要素実験を行った。その結果、コアカッター装置を用いてセグメント継手部を切断した後、セグメントと二次覆工を一体のブロックとして解体・撤去する方法が、経済性、施工性の点で最も適しているものと判断し、実物大の供試体を使用した継手切断実験を実施した。継手削孔方法を図-3に示す。

実験には、ボルトで締結したRCセグメント（外径4,050mm，幅900mm，厚さ175mm）のA型6ピースに二次覆工コンクリート（巻厚200mm）を打設した供試体を製作し使用した。

坑内からの施工を考慮し、二次覆工側からコアカッター（3.7kW）によりカッタービット径や継手削孔位置を種々変えて実験を行い、削孔時間や施工性を調査した。

継手ボルト頭部およびナット部の削孔では、ビットの摩耗が大きく、位置ズレを生じると削孔に手間取ることもあった。継手ボックスを包含する形での削孔は、ビット径は大きくなるが、位置決めが容易であるとともに、アンカー筋を切断するので、削孔時間が短くビットの摩耗も少ないため、切断方法として最適であった。平均削孔時間を表-2に示す。

セグメント継手部を削孔後、供試体の端部にジャッキをあてて押し曲げることにより、二次覆工の剝離や欠けを生ずることなく、セグメントと二次覆工は容易に一体のブロックで解体することができた。

このことから、コアカッターとジャッキを組み合わせることで、管路解体装置の実用化は可能であると判断した。

4. おわりに

実用化の可能性を探るために、重要課題について実験的研究を行った結果、満足の行く成果が得られたので、今後はシステム全体の具体的な検討を進めて行く所存である。

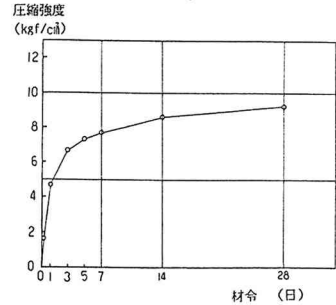


図-2 圧縮強度試験結果

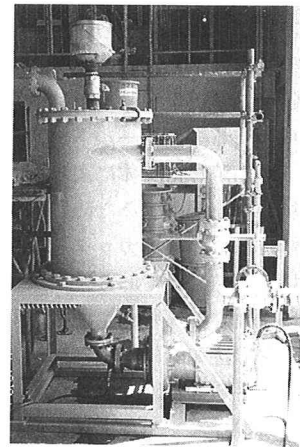


写真-1 混合攪拌装置

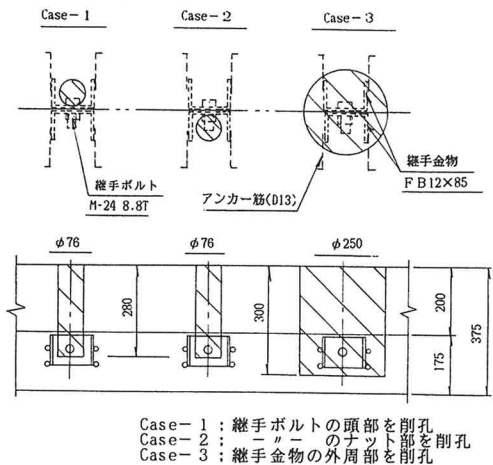


図-4 継手削孔方法

実験条件			平均
削孔位置	ビット径	削孔長	削孔時間
Case-1	φ 76mm	280mm	11分 08秒
Case-2	φ 76mm	280mm	11分 28秒
Case-3	φ 250mm	300mm	10分 39秒

但し Case-1, Case-2 では位置ズレが発生した時のデータは除く