下水道シールドトンネルにおける二次覆工工程の省略

佐藤工業（株）　正会員　○金崎　伸夫
東京都下水道局　前田　正博
東京都下水道局　串山宏太郎
東京都下水道サービス（株）　出口　敏行
（株）熊谷組　正会員　北原　陽一

1．はじめに

下水道再構築に適したシールドシステム（コンパクトシールド）を開発するにあたり、下水道管渠に二次覆工工程省略の適用を検討してきた[1)]。一般に、下水道施設の劣化機構は、一般コンクリート構造物の劣化機構（中性化、塩害、アルカリ骨材反応等）の他に、汚水から生成される硫化水素による腐食が特に著しく、問題とされている[2) 3) 4)]。現在の東京都下水道局における二次覆工省略は、この硫化水素に起因するセグメントの腐食が懸念されるため、一般の環境（雨水管）と腐食性環境（合流管・汚水管）で適用を区分している。現状では硫化水素による腐食対策が確立されていないため、一般の環境に限り二次覆工の省略を可能とし、腐食性環境では二次覆工省略の可否を結論づけていない。

このような状況のもと、コンパクトシールドでは腐食性環境において二次覆工工程を省略可能とする「溝付き二次覆工一体型セグメント」の開発をすすめてきた。本文は、当セグメントの開発経緯とその概要について報告するものである。

2．腐食性環境における二次覆工工程省略の課題

下水道シールドの現在の二次覆工省略技術を従前型（現場コンクリートの巻立て）二次覆工の機能と比較する（表-1 参照）。現二次覆工省略技術の腐食性環境への適用を考えると、内面の平滑化、防水・止水の機能は、ボルトレス継手を用いた内面平滑セグメント、耐食性のシール材の使用、コーキング工の施工により対応することができる。しかし、蛇行・勾配修正機能を省略し一次覆工施工誤差を許容している点は、硫化水素の生成が下水の滞留するような箇所で嫌気性硫酸塩還元細菌により起こる[2) 4)]ことを考慮すると、硫化水素の生成防止という面で問題がある。それと同時に、セグメントの防食機能は腐食性環境に対応したものを検討する必要がある。

表-1 従前型二次覆工の機能と現在の二次覆工省略技術

従前型二次覆工の機能	現在の二次覆工省略技術
蛇行・勾配修正	一次覆工施工誤差（±50mm）を許容
内面の平滑化	ボルトボックス充填 内面平滑セグメントの採用
防水・止水（漏水の遅延）	シール材等の止水技術 （セグメントで止水をすることは、従来と同様）
セグメントの防食	鉄筋かぶりの確保

したがって、腐食性環境で二次覆工工程を省略するためには、下水を滞留させない勾配調整機能を確保することと、セグメントの耐久性の向上が重要な課題である。

3．溝付き二次覆工一体型セグメントの開発

前項の課題に対する検討結果、図-1 に示すような「溝付き二次覆工一体型セグメント」を開発した。以下にその検討内容を述べる。

（1）勾配調整機能の検討

二次覆工工程を省略した場合に勾配調整をおこなう方法として、図-2 に示すように、一次覆工完了後、管底部に勾配調整材料を打設することが考えられる。しかし、この方法には次の問題がある。

図-1 溝付き二次覆工一体型セグメント

キーワード：下水道シールドトンネル、二次覆工工程省略、溝付き二次覆工一体型セグメント、腐食性環境
連　絡　先：〒103-8639 東京都中央区日本橋本町 4-12-20　TEL03-3661-4794　FAX03-3668-9484

・勾配調整厚が薄い部分が発生する。
・勾配調整厚が薄い部分は特殊な勾配調整材料の選定が必要であり、その材料費は一般に高価である。
・管底高をあわせながらの勾配調整の施工は熟練作業を要する。

この問題に対して、本セグメントでは、以下の手段で勾配調整機能を確保することとした。(図-3,4 参照)

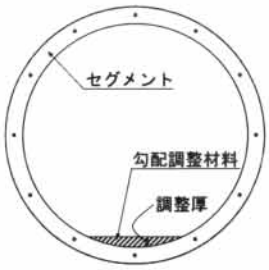

図-2 勾配調整方法

・管底部のセグメントは溝を有するインバート形状とする。
・管渠の下水がインバート溝に流れるようにインバート平坦部を 1.6%の横断勾配をつけた形状とする。
・管渠縦断方向の流下勾配を確保するために、インバート溝へ勾配調整材料を打設することにより勾配調整をおこなう。
・勾配調整材料の最小厚は50㎜程度とし、一般のモルタル等が使用可能となる。
・インバート溝の深さは、一次覆工施工誤差（±50 ㎜程度)、勾配調整材料最小厚（50 ㎜程度)、溝最小深さ(0～50 ㎜程度)より 100～200 ㎜程度とする。

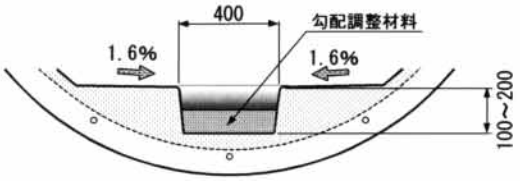

図-3 インバート部詳細(横断面)

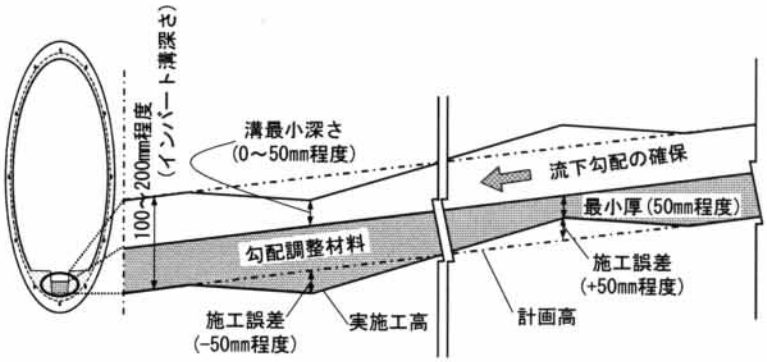

図-4 勾配調整概念(縦断方向)

（2）セグメントの耐久性の検討

セグメントの耐久性は、図-1 に示したようにセグメント内側に覆工構造体として評価しない部分（二次覆工部）を設けることにより確保することとした。この二次覆工部の厚さは各種中性化推定式による中性化深さ（最大値 47 ㎜）とコンクリートを打替える場合の施工性（最大骨材径の 2 倍程度）を考慮して 50 ㎜とした。

しかし、下水管渠の実環境下における劣化現象を精度良く予測することは難しく[3) 4)]、将来にわたり耐久性を確保するためには、供用期間に維持管理をすすめていく必要がある。この維持管理をおこないやすくするため、本セグメントには以下の性能を付加した。

・セグメント構造本体に影響を与えないで、前述の二次覆工部の削り取り補修が可能である。
・維持管理の作業足場としてインバート平坦部を活用できる。歩行・管渠内作業に有利であるとともに、将来の維持管理の機械化・自動化に適した形状である。

このように維持管理を効率化させる機能を新設管渠に付加させることにより、管渠のライフサイクル全般にわたり、耐久性の向上が期待できる。

4. おわりに

本報告では「溝付き二次覆工一体型セグメント」の腐食性環境に対する二次覆工工程省略の考え方を述べた。今後は、当セグメントを採用した実際の管渠の追跡調査をおこない効果や改善点を確認していきたいと考えている。最終的な効果確認には時間を要するが、段階を踏んで報告をおこないたいと考えている。

【参考文献】

1) 桐谷、前田他：下水道再構築に向けた新しいシールドシステムの提案：第 56 回年次学術講演会,2001.10.
2) 日本下水道事業団：コンクリート防食指針（案）,1997.6.
3) 土木学会：2001 年制定 コンクリート標準示方書［維持管理編］,2001.1.
4) 土木学会：CL.104 2001 年制定 コンクリート標準示方書［維持管理編］制定資料,2001.1.