

内水圧が作用するシールド工法の検討

Consideration of the shield tunneling on which inner water pressure acts

堺 政 弘
(Sakai Masahiro)

1. はじめに

既設の農業水利施設を改修する場合、施工環境、用地確保等様々な要素を考慮する必要がある。ここで述べる内水圧が作用するシールドトンネルの設計は、昭和40年代に新設された水路を改修し、二階建ての水路形式とするものである(図-1)。このシールドトンネルは、延長が約2.8kmと長距離であり、且つ、内水圧が作用する構造である。また、二次覆工省略又は一体形方式は、施工例がほとんど見られないタイプである。ここでは、この構造形式を発想した設計VEの手法と新方式のシールドトンネルの技術的課題及びその対応の考え方について述べる。

2. 設計VE

設計VEメンバーは8名で構成され、構成員の専門は設計・施工・材料である。また、VEリーダーの基本認識は安全性と経済性であり、この考えに基づき、情報収集・分析～VE提案～技術的課題の整理の順に議論を展開した。

(1) 情報収集・分析

1) 要求性能に関する情報(目的、性能等)

- ・水理性能 $Q=15.26 \text{ m}^3/\text{s}$, 全利用可能水頭 $H=2.22\text{m}$ ($L=2.8 \text{ km}$), 設計内水圧 $0.15 \sim 0.26\text{MPa}$, 水密性の確保)
- ・水利性能(都市用水の共用水路, 仕上り内径 $3,200\text{mm}$)
- ・施工性(鉄道, 河川, 国道, 流域下水道等を横断)

2) 構成要素に関する情報(工期等)

- ・施工期間は44ヶ月を予定。

3) 技術・制約条件・問題点に関する情報

- ・制約条件(原則として現況敷地内に設置)
- ・施工法(安全性、施工性、経済性よりシールド工法)

(2) 設計VE検討会の提案

設計原案と設計VE検討会でまとめられた代替案を表-1に示す。設計VEを通して得られた新方式シールドトンネルに関する技術的知見を整理すると次のとおり。

- ・従来は、鉄道、道路、共同溝に多く用いられてきた工法である。
- ・すり減りや腐食に対する懸念が少ない場合、二次覆工を省略した工法が採用されている。
- ・近年では、下水道(雨水幹線等)で二次覆工を省略する事例も出ている。これは、新しいセグメントの開発や施工技術の向上による。

今回はこれに加え、内水圧(最高 0.26MPa) が作用する事例であり、この要素に対する対応技術を検討することが求められた。設計VEでは、各々の専門家の提案を整理しながら、上述のような解決すべき技術課題を明確にすることができた。次に技術課題への対応の考え方について述べる。

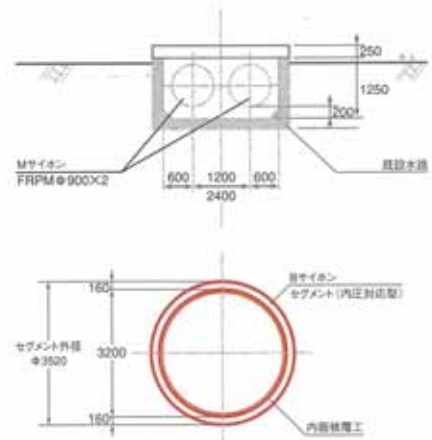


図-1 現況水路と改修水路断面

表-1 代替案の比較(シールド工法)

設計原案	代替案(VE提案)	特記事項
二次覆工方式 (FRPM管)	二次覆工一体形方式 (内面被覆)	水密性の 検討必要
泥土圧シールド工法	泥水圧シールド工法	

3. 課題解決に向けての検討

VE提案の内水圧作用タイプは、新しい工法に属する。このため、先行事例や二次覆工省略に適したセグメントの技術情報を収集・分析し、内水圧に対する水密性能の検討を行った。水密性を確保する条件は、(1)セグメントの構造・品質、(2)シール材・コーキング材の性能、(3)シールド工の施工技術等の全てが満足される必要がある。

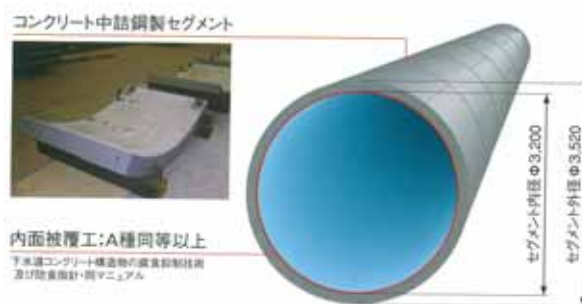


図-2 セグメントとシールド断面図

(1) セグメントの構造・品質

セグメントの構造には鉄筋コンクリート構造、メタル構造及び鋼材、鉄筋、コンクリート等から構成される合成構造のものがある。内水圧がセグメントに作用すると純引張応力が発生する場合があり、RCセグメントでは貫通ひび割れが発生し、漏水が生じる可能性がある。一方、メタル構造のセグメントは、製造上の制約やトンネルの内面側に十分な防食処理を施す必要がある。

このため、工場で予めコンクリートを中詰めする合成構造のコンクリート中詰鋼製セグメント(二次覆工一体型セグメント)を採用することにした。セグメント背面構造部材の防食は、地中にある鋼や鉄の平均腐食速度が0.02mm/年程度と予測されるが、腐食代を見込むことで対応できる¹⁾。

(2) シール材、コーキング材の性能

シール材は、水を吸収して膨張する水膨張性シール材が主流である。シール溝を有した継手の場合、目開き量が3mmでの耐水圧は0.8MPa以上の性能が確認されているため、水膨張性シール材を採用することにした。また、供用実績は15年程度であるが、長期耐水性に関する試験では50年とされている¹⁾。コーキング材は、目地部の目違いや目開きに十分追従でき、流砂等による摩耗に対して十分な耐久性能を有するエポキシ系又はシリコン系のものを選定した。

(3) 内面被覆工の選定

内面被覆工は内面粗度の向上、耐摩耗性、水密性の向上を図るものであり、パネル工法、シート工法および吹付工法がある。今回は、施工性、経済性から吹付工法とした。

(4) 品質管理方法

選定したセグメントやシール工等の水密性能を一体的に確認するため、施工管理段階において、現地搬入前に実物による耐圧試験を行う。

4. 内水圧が作用するシールド工の方向性

最近のシールド工法は、二次覆工を省略することにより、シールド断面を小さくし、掘削土量の軽減やシールド機の小型化による低コスト化を目指す方向が主流となりつつあるが、今回の検討を通して得られた知見は、次のとおりである。(1)内水圧が作用する場合や軟弱な地盤での施工等特殊な条件下において、二次覆工省略技術を検討する場合は、二次覆工の本来の機能(セグメントの補強など)と経済性を再度検証する必要があること。(2)セグメントの品質、シール材の性能およびシールド施工技術等を総合的に検討した上で、二次覆工省略の可否を検討する必要があることが明らかとなった。

5. おわりに

ここで述べた内容は、国営新矢作川用水地区北野幹線水路における事例であり、既に平成16年度から工事着手している。今後、多くの水路施設の改修が展開されるが、新たな技術的知見を蓄積しながら進めることが必要と考えられる。引き続き施工状況等について検討を進めたいと考えている。