

(株) 国際技術コンサルタント 正会員 ○渋谷重良
 (株) 国際技術コンサルタント 梁瀬敏雄
 (株) 国際技術コンサルタント 古川 勲

1. はじめに

昨年度4月に、政府から「公共工事コスト縮減対策に関する行動指針」が策定され、下水道分野においても、下水道工事コスト縮減に向けての具体施策として、計画手法の見直し、技術基準の見直し、技術開発の推進、設計方法の見直し、積算の合理化等が重点課題として取り組まれている。こういった背景の中で、シールドトンネルにおける覆工構造、施工性、維持管理等を中心にコスト縮減に寄与するために、設計方法の見直しを行った。本報告は、コンクリート2次覆工に代わる2次覆工材料として、FRPM管の管渠を採用した事例について述べたものである。

2. 計画概要

今回の計画は、延長約1.0km、仕上がり内径φ1800mmで、シールド工法（土圧式）によって管渠を築造するものであって、管渠土被りは、5～9mに達する。今回計画の特徴としては、中継ポンプ場吐出水槽水位と河川放流水位とを結んだ動水勾配で流下させる圧力管として計画した。（図－1）

3. 技術的検討事項

当区間は、ポンプ場からの圧力管をシールド工法（コンクリート2次覆工）により施工するものであるため、技術的な検討としては次の2点であった。

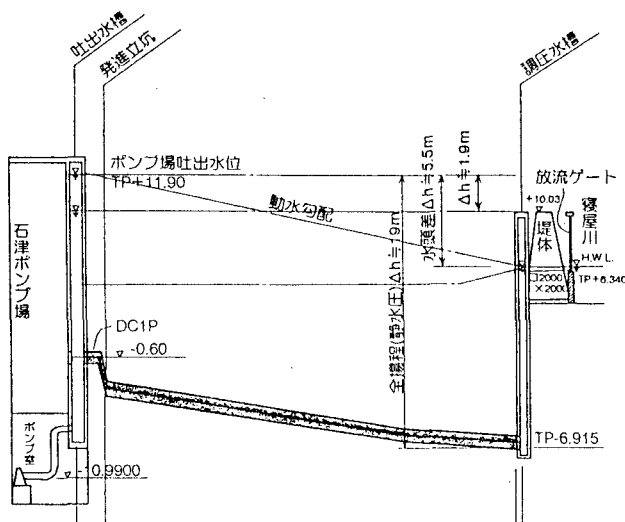
- ①内水圧の設定
- ②通常の無筋コンクリートの2次覆工で水圧に対応可能かどうか。

このうち、①については、上下流に調圧水槽があり、ポンプと直結していないため形式的に言えば、サイホン形式をとっているので水撃圧は考慮せず、内水圧は静水圧分のみの $2\text{kg}/\text{cm}^2$ として計画した。

②については、今回、シールドの土被りが5～9mと比較的浅く、内水圧（ $2\text{kg}/\text{cm}^2=20\text{t}/\text{m}^2$ ）が外圧（ $9\text{t}/\text{m}^2\sim14\text{t}/\text{m}^2$ ）よりも大きいため、2次覆工コンクリートに対して、常時、内水圧が加わることになり、それによる引張応力が発生するという問題が生じる。ここで内水圧 $2\text{kg}/\text{cm}^2$ に対して無筋コンクリートのみで考え、どの程度の応力度となるか試算すると次のようになる。

セグメント外径：φ2300 仕上がり内径：φ1800の場合

$$\begin{aligned}\delta_c &= \frac{H_u \cdot d}{2 \cdot t} \\ &= \frac{2.0 \times 180}{2 \times \frac{(230-180)}{2}} = 7.2 \text{ kg}/\text{cm}^2 > \delta_{ca} = 3.0 \text{ kg}/\text{cm}^2 \quad (\text{無筋コンクリート許容引張応力})\end{aligned}$$



図－1 計画縦断面図

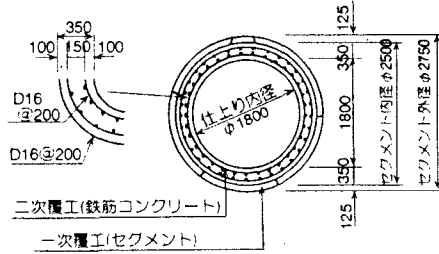
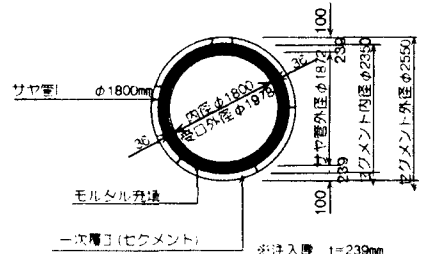
以上のように、引張応力は 7.2 kg/cm^2 となり、無筋コンクリートの許容引張応力 ($\delta_{ca}=3.0 \text{ kg/cm}^2$) をかなり上回ることが分かった。このため、具体的な解決策が必要となったので、以下に述べるような検討を行った。

4. 設計方法の検討

- ①引張応力に抵抗できるように、2次覆工コンクリートを鉄筋コンクリート構造とする。
- ②2次覆工にサヤ管を用い、セグメントとの間を低強度のモルタルで充填する。
- ③セグメントの設計に内圧を考慮する。

以上の3つの設計方法が問題解決策として考えられる。

表ー1 比較検討表

	(1) 鉄筋コンクリート構造	(2) サヤ管タイプ																				
断面	・シールドマシン径 $\phi 2890$ ・セグメント外径 $\phi 2750$ 	・シールドマシン径 $\phi 2690$ ・セグメント外径 $\phi 2550$ 																				
特徴	・コンクリートのひび割れによる止水性に問題がある。 ・耐摩耗性に劣る。	・止水性(水密性)が高い。 ・耐摩耗性に優れている。 ・耐食性に優れ、可とう性を持っている。																				
工期	<table><tr><td>1.準備～発進立坑</td><td>140日</td></tr><tr><td>2.一次覆工</td><td>285日</td></tr><tr><td>3.二次覆工</td><td>335日</td></tr><tr><td>4.撤去、後片付</td><td>40日</td></tr><tr><td>計</td><td>800日</td></tr></table>	1.準備～発進立坑	140日	2.一次覆工	285日	3.二次覆工	335日	4.撤去、後片付	40日	計	800日	<table><tr><td>1.準備～発進立坑</td><td>140日</td></tr><tr><td>2.一次覆工</td><td>285日</td></tr><tr><td>3.管挿入～エアーモルタル充填</td><td>165日</td></tr><tr><td>4.撤去、後片付</td><td>40日</td></tr><tr><td>計</td><td>630日</td></tr></table>	1.準備～発進立坑	140日	2.一次覆工	285日	3.管挿入～エアーモルタル充填	165日	4.撤去、後片付	40日	計	630日
1.準備～発進立坑	140日																					
2.一次覆工	285日																					
3.二次覆工	335日																					
4.撤去、後片付	40日																					
計	800日																					
1.準備～発進立坑	140日																					
2.一次覆工	285日																					
3.管挿入～エアーモルタル充填	165日																					
4.撤去、後片付	40日																					
計	630日																					
経済性	<table><tr><td>1.準備～発進立坑</td><td>90,000千円</td></tr><tr><td>2.一次覆工(マシン、セグメント含)</td><td>561,300千円</td></tr><tr><td>3.二次覆工(坑内整備含)</td><td>192,000千円</td></tr><tr><td>4.薬注</td><td>316,900千円</td></tr><tr><td>計</td><td>1,160,200千円</td></tr></table>	1.準備～発進立坑	90,000千円	2.一次覆工(マシン、セグメント含)	561,300千円	3.二次覆工(坑内整備含)	192,000千円	4.薬注	316,900千円	計	1,160,200千円	<table><tr><td>1.準備～発進立坑</td><td>75,800千円</td></tr><tr><td>2.一次覆工(マシン、セグメント含)</td><td>533,900千円</td></tr><tr><td>3.管挿入～エアーモルタル充填</td><td>215,700千円</td></tr><tr><td>4.薬注</td><td>316,900千円</td></tr><tr><td>計</td><td>1,142,300千円</td></tr></table>	1.準備～発進立坑	75,800千円	2.一次覆工(マシン、セグメント含)	533,900千円	3.管挿入～エアーモルタル充填	215,700千円	4.薬注	316,900千円	計	1,142,300千円
1.準備～発進立坑	90,000千円																					
2.一次覆工(マシン、セグメント含)	561,300千円																					
3.二次覆工(坑内整備含)	192,000千円																					
4.薬注	316,900千円																					
計	1,160,200千円																					
1.準備～発進立坑	75,800千円																					
2.一次覆工(マシン、セグメント含)	533,900千円																					
3.管挿入～エアーモルタル充填	215,700千円																					
4.薬注	316,900千円																					
計	1,142,300千円																					

表ー1 はその中の①と②について比較検討を行った結果を示したものであるが、構造断面について、2次覆工(鉄筋コンクリート構造)は、サヤ管構造に比べセグメント外径が1ランクアップする欠点があることが分かる。一方、③のセグメントの設計に内圧を考慮した場合、継手板強度、変形、継手ボルトについての荷重分担、効率が複雑になる。また、セグメント自身相当な割高となり、施工実績がなかったことより、これは比較検討から省いた。従って、2案について総合的に判断し、耐内水圧に対して安全で、施工性も良く、工期の短縮の面から優れ、経済的にも安価なサヤ管方式を採用することにした。管材はダクタイル鋳鉄管、鋼管、FRPM管の3種類で比較検討したが、経済性から一番安価なFRPM管とした。

5.まとめ

今回、シールド工法により、圧力管を築造するという新しい方式を検討して、FRPM管によるサヤ管方式を採用した。実際、阪神、淡路大震災において、コンクリート系管渠よりFRPM管は被害が少ないことが報告されている。FRPM管は継ぎ手部が伸縮可とう性を持っており変位を吸収できるために、コンクリート2次覆工のように管軸方向のクラック等の発生する危険性は極めて少なく、将来的な維持管理についても有利であると思われる。今後、管材料のコストダウン、大口径への適用、施工の無人化等を目指していけば、優れた工法になりうると同時に「公共工事コスト縮減」においても大きく寄与するものと思われる。