

III-402 下水道シールドトンネル二次覆工の仕上り状況について （一次・二次覆工境界部の実態調査結果）

東京都下水道局 正会員○松崎 茂樹
同 上 樋口 和行
東京都立大学 正会員 山本 稔

1. はじめに

下水道シールドトンネルの特徴の一つに、二次覆工があげられる。これは、計画流量を自然流下できる断面、勾配および内面の粗度を確保するとともに、内面を保護し半永久的に下水管としての機能を保証するために、必ず施工されるものである。ところが、下水道シールドトンネルに不可欠なこの二次覆工の設計・施工は、現在までのところ経験的に行われている。このため、今後増加すると考えられる小口径（内径2.5m前後）や大口径（内径8.0m程度以上）シールドトンネルの場合に現行に準じた二次覆工の設計を行って、構造的に安全であるが、経済性はどうかといったことが懸念されている。そこで筆者らは、下水道シールド二次覆工の合理的な設計・施工法の研究に着手した。まず、実際の二次覆工がどのような仕上り状況であるか、特に一次・二次覆工境界部の密着性等について実態調査を行った。以下にその結果について報告する。

2. 調査方法

今まで、一次・二次覆工の境界条件に関する詳細な調査はあまり実施された様子は無いが、ブリージング等コンクリートの特性や施工方法を考えると、トンネル上半部の二次覆工は必ずしも一次覆工と完全に一体化していないものと考えられる。そこで、表1に示すように目視等で直接空隙を計測するコア抜き法、空隙の分布・広がり直接確かめる注水法、並びに非破壊試験法として横波共鳴法を併用

表1 現場調査一覧表

調査方法	手 法	特 徴
直接観察法	コア抜き 観察、計測	φ100mmのコアリング孔より直接観察。空隙をシックネスゲージで計測。
	注水法	天端孔（φ10mm）より注水し観察孔よりの漏水分布を観察。空隙範囲、空隙のつながりを調査。
間接的方法	横波共鳴法	探査部に超音波を与え、空隙等による増幅波を電磁オシログラフで計測。写真記録。

した調査を図1に示す計測点の配置で計12断面で行った。横波共鳴法とは、数kHz～数十kHzの複合同波波動を発生する探触子を探査部に接解させて計測するもので、波動が伝播する経路に空隙があると複合同波中の特定波動が強調され、振幅が増大した波形が探触子より受信される原理を利用して、空隙の有無を検知しようとするものである¹⁾。空隙の検計は、図2に示すように受信波形の振幅の大きさでA～Dのランクに分けて分析することとした。調査は、コンクリートセグメントを一次覆工とした、内径4.75m、二次覆工打設後9ヶ月の下水道シールドトンネルである。

3. 調査結果

①直接観察による結果：一次・二次覆工間の空隙をシックネスゲージで直接計った結果を図3に示す。同図は空隙量とその頻度を計測位置に対応させて示したものである。特に天端から±60°の領域では、目視でもわかる程の0.5mm内外の空隙が存在している。コア抜き法調査より、位置によっては二次覆工が一次覆工セグメントと完全に一体化していない場所があることが確認された。

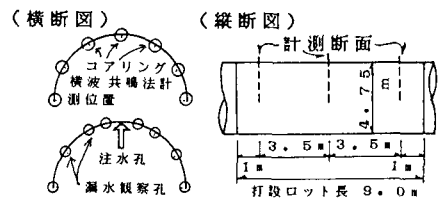


図1 計測箇所

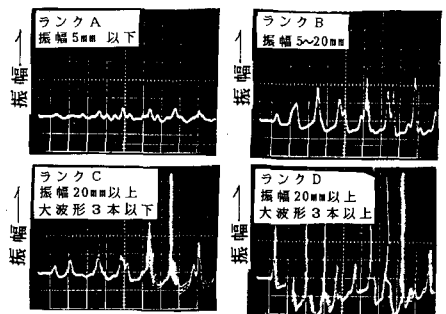


図2 横波共鳴法計測結果のランク

②注水法による空隙の分布：図4は、天端孔から注入した水が一次・二次覆工間の空隙を伝わって漏水した模様を示したものである。漏水箇所は約150°の広がりをもっており、したがって一次・二次覆工間の空隙は、打設コンクリートの充填不良等起因した局部的なものではなく、水みちと成り得るような空隙が広い範囲につながって存在している状況である。また、この水みちは縦断方向にもつながっていることが確かめられた。

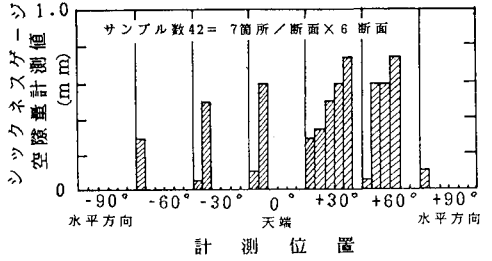


図3 シックネスゲージ計測結果

③横波共鳴法計測結果：図5に計測された波形の一例を示す。

各計測断面で得られた波形の特徴は、トンネルの左右水平方向位置では比較的単調な波形が得られるのに対し、天端に近い範囲では、大きな振幅をもつ複雑な波形となることであつた。得られた波形を図2に示したランクで分類し、その頻度と計測位置の関係を整理すると図6のようになる。複雑な大振幅波形が含まれるランクC,Dは、トンネル天端を中心として多く、単調な波形のランクA,Bは、トンネルの左右水平方向位置

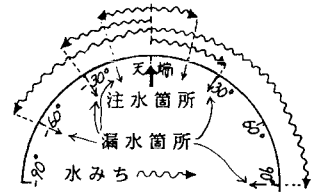


図4 注水法試験結果

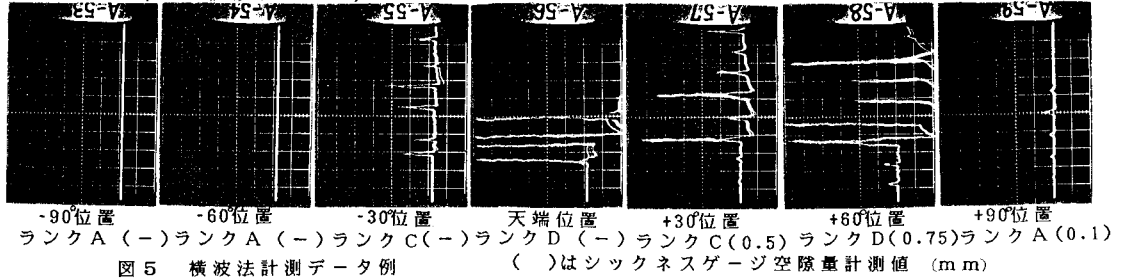


図5 横波法計測データ例

に多い。またランクDの分布範囲は、図3の空隙量ヒストグラムと類似しており、波形が大きく振れることと、一次・二次覆工間の空隙の存在とは相関がありそうである。図7は横波共鳴法計測結果のランクとシックネスゲージ計測値との対応を調べたものである。ランクA～Dのサンプル数が同数でないため、これを正規化して横軸とした。顕著な空隙を検出した結果と思われるランクC,Dのサンプルの約1/2では、シックネスゲージでも比較的大きな空隙量が計られている。また、ランクA～Dの区別は、空隙量の大小関係を反映した結果を与えていることがわかる。

4. まとめ

今回の調査で、一次・二次覆工間に空隙が存在することを確認できた。空隙の分布範囲からして、コンクリートセグメントを使用したトンネル上半部の二次覆工は、一次覆工とは一体化していない構造と評価するのが妥当であろう。また横波共鳴法は、今回のような調査目的の非破壊試験法として有効と思えるが、実用にはさらにデータの蓄積が必要である。今後は、調査結果をふまえた模型実験、数値解析をすすめ、突状に即した合理的な二次覆工の設計法を導く計画である。

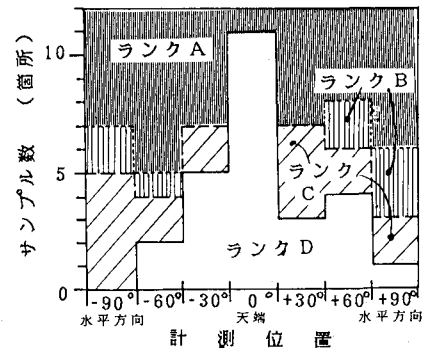


図6 横波共鳴法ランクの位置別分布

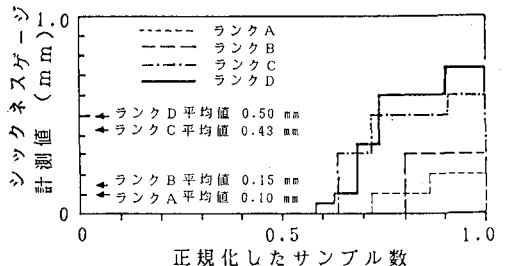


図7 横波共鳴法ランクとシックネスゲージ計測値との関係

参考文献1) 秋鹿為之, 衝撃波及び音波によるコンクリート構造物の欠陥検出

コンクリート構造物の非破壊試験
日本技術検査協会, 昭和60年7月