

VI-93

高流動コンクリートによるシールドトンネル二次覆工の施工（その2 実施工）

日本国土開発株式会社 正会員 ○ 竹下 治之
 日本国土開発株式会社 正会員 多田 聡一
 日本国土開発株式会社 正会員 佐原 晴也
 日本国土開発株式会社 正会員 庄司 芳之
 日本国土開発株式会社 正会員 田中 正和

1. はじめに 既報¹⁾の模型実験の結果から、SFコンクリートを使用することによって、型枠振動機の微弱な振動のみでシールドトンネルの二次覆工コンクリートの施工が可能で、全体的に均質でばらつきの少ないコンクリートが打設できること、打継ぎ部の一体性の向上が図れることなどが分かった。また、SFコンクリートの配合や打込み速度、およびSFコンクリートが型枠に沿って落下する際の流動状態の制御などを適切に行えば、トンネル内面の仕上がり状態を通常コンクリートと同程度に出来ることが分かった。

本報は、模型実験結果を踏まえて、実際のシールドトンネルの二次覆工コンクリートをSFコンクリートで施工した結果について報告する。

2. 施工概要

2.1 施工対象 施工対象のシールドトンネルは仕上がり内径が2.2mの下水道管渠であり、5スパン（6m/スパン）、30mの区間をSFコンクリートで施工した。施工は1スパン/日のサイクルで行い、1日の打込み量は約18m³であった。

2.2 使用材料および配合 SFコンクリートは、現場においてアジテータ車中のベースコンクリート（4.5m³/台）に、増粘剤と高性能減水剤を後添加して製造した。表-1に使用材料を、表-2にベースコンクリートの配合とSFコンクリート用混和剤の添加量を示す。

2.3 打込み 坑内でのSFコンクリートの運搬、打込みはスクリークレーンを用いて行い、図-1に示すように旧コンクリート側の内型枠天端の1箇所から打ち込んだ。打込み速度は模型実験では20m³/h程度が適切であったが、通常コンクリートを用いて施工している現場の打込み速度や模型と実施工の寸法の違いなどを考慮して、約30～60m³/hとした。コンクリート注入孔の周りには、模型実験と同様にガイド（図-2参照）を設けて流動方向を制御し、SFコンクリートが内型枠に沿って落下する際の骨材分離を防止した。また、トンネル下半部の気泡あばたを除去するために、型枠振動機（低周波振動モータ、遠心力約140kgf、4台）を用いて微弱な振動（振動加速度 2～3G）を与えながら打ち込んだ。

3. 施工結果

3.1 フレッシュコンクリートの試験結果 図-3にベースコンクリートのスランプ、およびSFコンクリートのスランプフローの測定結果（4回/日実施）を示す。同図から、スランプフローのばらつきは非常

表-1 使用材料

セメント	早強ポルトランドセメント、比重 3.14
細骨材	鹿島産砂、比重 2.60、F.M. 2.60
粗骨材	鬼怒川産砂利と田沼産砕石の混合、最大寸法 25mm、比重 2.61
A E 減水剤	有機酸系誘導体芳香族高分子化合物
増粘剤	セルロース系水溶性高分子化合物
高性能減水剤	ポリカルボン酸エーテル系の複合体

表-2 ベースコンクリートの配合とSFコンクリートの配合

A'-コンクリートの配合							SFコンクリート用混和剤	
W/C	s/a	単 位 量 (kg/m ³)					増粘剤	高性能減水剤
(%)	(%)	W	C	S	G	AD	(kg/m ³)	(C×%)
53.5	48.0	162	303	876	953	0.606	0.45	1.5

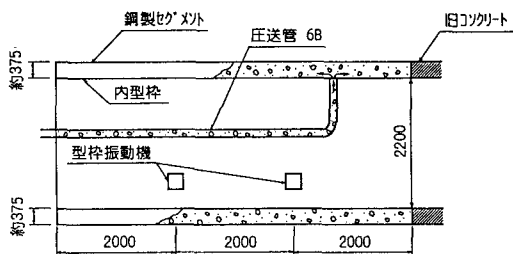


図-1 SFコンクリートの打込み方法

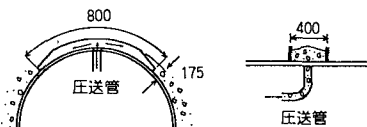


図-2 流動方向制御ガイド

に小さいことが分かる。空気量についても全てのベースコンクリート、SFコンクリートともに管理規準を満たすものであった。また、SFコンクリートのワーカビリティの評価試験として、著者らが提案したL字管試験、およびボックス試験²⁾を実施したが、打ち込んだSFコンクリートはいずれも管理規準値(L字管試験のb点まで充填されること、およびボックス試験の段差が5cm以下)を満足するものであった。

以上より、非常に安定した性状のSFコンクリートが打ち込まれたことが分かる。

3. 2 圧縮強度試験結果 図-4に、ベースコンクリートおよびSFコンクリートの材令7日の圧縮強度試験結果を示す。同図から、SFコンクリートの材令7日の圧縮強度は、設計基準強度を十分に上回るものであり、アジテータ車間および日間の変動やベースコンクリートとの強度差も小さいことが分かる。なお、一般に高流動コンクリートは凝結が遅延して、若材令の強度発現も遅れる傾向にあるが、坑内で養生したSFコンクリート供試体の材令16時間強度は約 $60\text{kgf}/\text{cm}^2$ であり、目標脱型強度($50\text{kgf}/\text{cm}^2$)も十分に確保されていた。

3. 3 充填状況 棒状パイプレータを全く使用しなくても、鋼製セグメントのリップの内側など、型枠内の隅々まで充填される状況が観察され、従来の施工方法では非常な苦渋作業であった高温、多湿の狭い空間での

締固め作業が省略できることが確認された。また、前述した流動方向制御ガイドにより、模型実験時と同様に、SFコンクリートが型枠に沿って落下する際の骨材分離が防止できることも確認された。

3. 4 仕上がり状況 仕上がり状況を、通常コンクリートを用いて締固めを行って施工した既設の区間と比較した結果、SFコンクリートの適用効果として以下のことが確認された。

- (1) 下半部でブリージング水が上昇した水みちの跡がみられない。
- (2) 材料分離によると考えられる色むらが少ない。特に、上半部でこの傾向が強い。
- (3) 外観上からは、旧コンクリートとの打継ぎ部の一体性の向上が認められる。
- (4) 型枠振動機の作動条件として、打込み時常時と打込み後1分間という2通りの条件を検討した結果、充填状況や仕上がり面の良否に大きな差は認められない。
- (5) 打込み速度が約 $30\text{m}^3/\text{h}$ から約 $60\text{m}^3/\text{h}$ に速くなると、若干気泡あばたが増加する傾向にある。

4. おわりに 今回の施工の結果、ブリージングがなくなったことによるトンネル本体の品質の向上、打継ぎ部の一体性の向上、および締固め作業の省力化と作業環境の改善などの効果が確認された。今後の課題としては、下半部の仕上がり面の美観を更により良くするための施工方法の工夫、材料費のコストアップを吸収するための、施工サイクルの改良による工期の短縮の検討などがあげられる。

【参考文献】

- 1) 佐原、竹下、藤沢、浅沼、庄司：高流動コンクリートによるシールドトンネル二次覆工の施工(その1 模型実験)、土木学会48回年次学術講演会、第6部門、1993.9。
- 2) 佐原、横田、庄司、竹下：高流動コンクリートのワーカビリティ評価試験方法に関する研究、コンクリート工学年次論文報告集、13-1、pp137-142、1991.6。

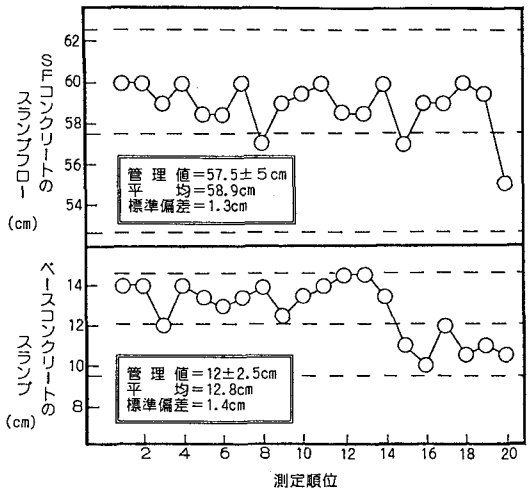


図-3 フレッシュコンクリートの試験結果

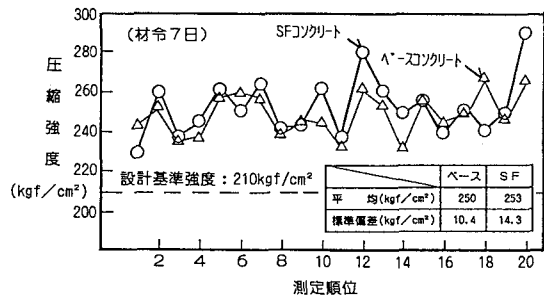


図-4 圧縮強度試験結果