

VI-94

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）

日本国土開発(株)	正会員	○ 佐原 晴也
日本国土開発(株)	正会員	竹下 治之
日本国土開発(株)		藤 沢 均
日本国土開発(株)	正会員	浅 沼 潔
日本国土開発(株)	正会員	庄 司 芳之

1. はじめに 振動締固めを行わずに、あるいは大幅に省力しても打込みが可能な高流動コンクリートの研究開発が各研究機関で盛んに進められている。著者らも、増粘剤と高性能減水剤を添加した高流動コンクリート（以下、SFコンクリートと略称）について早くから研究を行い、その有用性を確認している（例えば1）、2）。しかし、一般に高流動コンクリートは各種の混和材料を比較的多量に使用するため、材料費が増加する。従って、高流動コンクリートを用いることによって得られる省力化や構造物の高品質化などの効果を考慮したトータルコストを勘案して適用することが望ましい。

一方、シールドトンネルの二次覆工の施工においては、従来から、打継ぎ部の止水性の向上や下半部の仕上がり面の美観向上、および、高温、多湿の狭い空間での棒状パイプレータを用いた締固め作業の改善が望まれており、高流動コンクリートの適用効果が大きい工種の一つと考えられる。

本報は、シールドトンネルの二次覆工コンクリートにSFコンクリートを適用することを目的として、模型試験体の打設実験を行い、充填性や脱型面の状態を検討した結果について報告する。

2. 実験概要

2.1 模型試験体 模型試験体の形状・寸法を図-1に示す。同試験体は、鋼製セグメントを模擬した外型枠、移動式鋼製型枠を模擬した内型枠、および既設の二次覆工コンクリートに相当する旧コンクリート部で構成されている。また、同図に示すように、外型枠の一部には、鋼製セグメントのリップを想定して同様な形状の鋼材を配置した。なお、模型試験体は対象とした実構造物の約1/2の縮尺モデルであり、覆工コンクリートは無筋である。

2.2 検討内容 SFコンクリートの充填性や脱型面の美観（気泡あばたや色むらなど）に影響を及ぼす要因としては、① SFコンクリートの性状、② 打込み速度、③ 打込み方法、④ 振動の有無あるいは強さ、⑤ 型枠はくり剤の種類、などが考えられた。本実験では、これらのうち①～③の要因を変化させて4回の打設実験を行った。打込み時の振動については、無振動でも型枠内への充填は十分に可能と考えられたが、下半部の気泡あばたを除去することを主目的に、型枠振動機（低周波振動モータ、遠心力約70kgf、4台）を用いて微弱な振動（振動加速度 2～3 G）を与えながら打ち込む方法で統一した。また、はくり剤については水溶性はくり剤を使用した。

2.3 SFコンクリートの製造および打込み SFコンクリートは、生コン工場で製造した目標スランプ12cmのベースコンクリート（早強ポルトランドセメント使用、配合は表-1参照）を、アジテータ車で実験場まで運搬し、増粘剤と高性能減水剤を後添加して製造した³⁾。目標強度としては、16時間脱型強度が50kgf/cm²、7日強度が210kgf/cm²であった。増粘剤量は0.5kg/m³、高

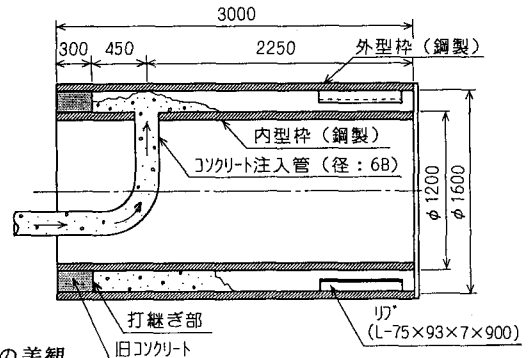


図-1 模型試験体

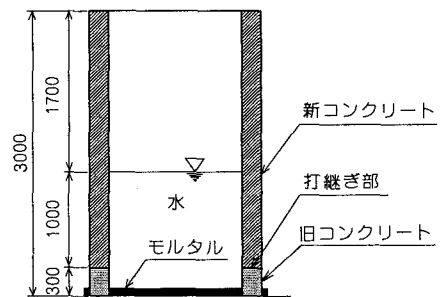


図-2 打継ぎ部の一体性検討のための水張り試験

表－1 実験条件および実験結果一覧

実験No	A'-SFコンクリートの配合	打 込 み 方 法	結 果						
1	<table><tr><td>W/C(%)</td><td>53.0</td></tr><tr><td>s/a(%)</td><td>47.1</td></tr><tr><td>C(kg/m³)</td><td>315</td></tr></table>	W/C(%)	53.0	s/a(%)	47.1	C(kg/m³)	315	・打込み速度 はじめの1/3の量 約10m³/h 残り2/3の量 約20m³/h	・脱型面の状態は通常コンクリートを用いた現場の状況とほぼ同等。 ・打込み速度約10m³/hとした打込み初期に、SFコンクリートが内型枠に沿って落下する際に材料分離が見られ、脱型後に一部シヤカが生じた。
W/C(%)	53.0								
s/a(%)	47.1								
C(kg/m³)	315								
2	<table><tr><td>W/C(%)</td><td>53.0</td></tr><tr><td>s/a(%)</td><td>49.5</td></tr><tr><td>C(kg/m³)</td><td>315</td></tr></table>	W/C(%)	53.0	s/a(%)	49.5	C(kg/m³)	315	・打込み速度 約30m³/h	・下半部に気泡あはたが多く、しかも大きくなり、脱型面の美観は、通常コンクリートを使用した場合に比べ劣る。 ・原因としては、打込み速度が速くて気泡が抜けきれないこと、および内型枠に沿って落ちるコンクリートが材料分離を生じ、巻き込む空気量が多くなることが考えられた。
W/C(%)	53.0								
s/a(%)	49.5								
C(kg/m³)	315								
3	同 上	・打込み速度 約20m³/h ・コンクリート注入孔の周りに「カト」を設置して、コンクリート流れの方向を制御する(図-3参照)。	・脱型面の状態は2回目の実験時よりは良好であり、打込み速度の変更や、「カト」設置の効果が見られる。しかし、1回目よりは若干劣っている。 ・1~3回の結果から、充填性と脱型面の状態をともに満足するためには、s/a=48%程度が適切と考えられた。						
4	<table><tr><td>W/C(%)</td><td>53.0</td></tr><tr><td>s/a(%)</td><td>48.0</td></tr><tr><td>C(kg/m³)</td><td>315</td></tr></table>	W/C(%)	53.0	s/a(%)	48.0	C(kg/m³)	315	・打込み速度 約20m³/h ・流動方向制御「カト」設置	・充填性、脱型面の状態はほぼ良好。 ・材料分離、シヤカ等は全くみられない。
W/C(%)	53.0								
s/a(%)	48.0								
C(kg/m³)	315								

性能減水剤量はC×2%、目標スランプフローは57.5±5 cmとした。打込みはコンクリートポンプ車を用いて行い、図－1に示すように、旧コンクリート側の天端の一箇所から打ち込んだ。

2. 4 検査項目 主に、充填状況、脱型面(特に下半部)の状態、および旧コンクリートとの一体性を検査した。リブの内側等の試験体内部の充填状況については、リブを含む断面からもコアを採取して検査した。また、打継ぎ部の一体性については、図－2に示すように、水張り試験を行い、止水性を検査した。

3. 実験結果

3. 1 充填性と脱型面の状態 表－1に各回の実験条件と実験結果の一覧を示すが、4回の打設実験のいずれの場合も、SFコンクリートは型枠振動機の微弱な振動のみで、鋼製セグメントを想定したリブの内側など、型枠内の隅々まで充填される状況が確認された。主な実験結果を要約すると次の通りである。

- (1) 適切な配合のSFコンクリートを用いることによって、充填性および脱型面の状態をともに満足させることができる。
- (2) 本実験の条件下では、適切なコンクリートの打込み速度は約20m³/hである。 図－3 流動方向の制御
- (3) 流動方向を制御するガイドを設けることによって、SFコンクリートが内型枠に沿って落下する際に生じる骨材分離を防止できる(図－3参照)。

3. 2 試験体内部の充填状況と打継ぎ部の一体性 リブのある箇所も含めた計9ヶ所からコアを採取して検査した結果、打設コンクリートは全体的に材料分離もなく、しかもリブ内にも密実に充填されていることが確認された。また、旧コンクリートとの打継ぎ部は外観上からも完全に打ち継がれており、水張り試験でも打ち継ぎ部からの漏水は全く見られなかった。

4. おわりに 今回の模型実験の結果、SFコンクリートを使用し、適切な方法で施工することによって、棒状バイブレータによる振動締固めを省いても、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なこと、打設コンクリートの品質のばらつきが少ないこと、打継ぎ部の一体性や脱型面の美観などの構造体の品質も損なわれないことが明かになった。この結果を踏まえ、別報⁴⁾に述べたように、実際のシールドトンネルにSFコンクリートを適用した。

【参考文献】

- 1) 竹下、佐原、横田：締固め不要な高流動コンクリートに関する基礎的研究、コンクリート工学論文集、Vol.1、No.1、pp143～153、1990.1。
- 2) 佐原、竹下、横田：実構造物を対象とした締固め不要な高流動コンクリートの打設実験、コンクリート工学年次論文集12-1、pp291～296、1990.6。
- 3) 佐原、庄司、竹下：アジテータ車を用いた高流動コンクリートの製造方法の検討、土木学会第47回年次学術講演会、第5部門、pp604～605、1992.9。
- 4) 竹下、多田、佐原、庄司、田中：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)、土木学会第48回年次学術講演会、第6部門、1993.9。

