

VI-41

場所打ちライニング工法へのSFRCの適用

大日本土木（株） 技術室 （正）山川 英二
 同 上 榎 享
 同 上 （正）阿野 真司

1. はじめに

シールドトンネルの構築においては、最近掘削後シールドテール内で直接コンクリートを打設し、覆工を完了する「場所打ちライニング工法」が注目されている。当工法では掘削後直ちにコンクリートを打設して未硬化コンクリートを加圧するため、シールド掘進に伴うテールボイドをコンクリートで充填でき、地盤沈下を極力押さえることができる。さらに、覆工作業が一度で完了するため、工期の短縮、並びに工事費の低減といったメリットがある。しかしながら当工法ではライニングの剛性を確保するために、鉄筋或は鉄骨などの補助支保材を配する方法が採用されているが、作業効率の面では余り好ましくない。

筆者らは当工法に関して種々検討を行い、ライニング材として鋼繊維補強コンクリート（以下SFRC）を用いれば、ライニング内径 2m 程度の小口径トンネルに対し十分適用可能である結果を得た。本文ではSFRCライニングの適用地盤についての検討結果、並びに実験装置を用いたSFRCライニングの打設実験結果について報告する。

2. SFRCライニングの適用地盤

現在、セグメントの設計計算には「慣用設計法」が用いられており、ライニング径や地盤性状が決まれば、所要のセグメントタイプは直ちに求められる。今回、この慣用設計法を用いてSFRCライニングの適用地盤の検討を試みた。

土の単位体積重量（ γ ） 1.8t/m^3 、同水中重量（ γ' ） 0.8t/m^3 、上載荷重（ P_0 ） 1.0t/m^2 とし、外荷重は水压を考慮する場合（砂質土）、考慮しない場合（粘性土）の2通りを設定した。地盤パラメータとして、鉛直土圧比（ H_0/D_0 ） [H_0 :ゆるみ高さ、 D_0 :ライニング外径]、側方土圧係数（ λ ）、地盤反力係数（ k ）を種々変化させた。ライニング内径（ D_i ）は、2.0, 3.5, 5.0mの3通りとし、ライニング厚さ（ h ）は一律 25cmとしている。SFRCの鋼繊維混入率を1.0%として、設計基準強度は $\sigma_{ck}=300\text{kgf/cm}^2$ 、 $\sigma_{bk}=60\text{kgf/cm}^2$ 、許容応力度は各々 $\sigma_{ca}=75\text{kgf/cm}^2$ 、 $\sigma_{ba}=15\text{kgf/cm}^2$ と設定した。

検討の結果、地盤パラメータの中で地盤反力係数の変化は適用の可否にさほど影響を与えない結果となった。図1に鉛直土圧比と側方係数の組合せに対してSFRCライニングに発生する応力度が許容応力度を満足する場合を○印で示している。この図より、設定したSFRCの条件は、ライニング内径2.0m程度の小口径トンネルで、土被り10～15m以下の滞水砂層のような等方圧が作用する地盤の場合、SFRCライニングの適用が力学的には有利になるものと考えられる。

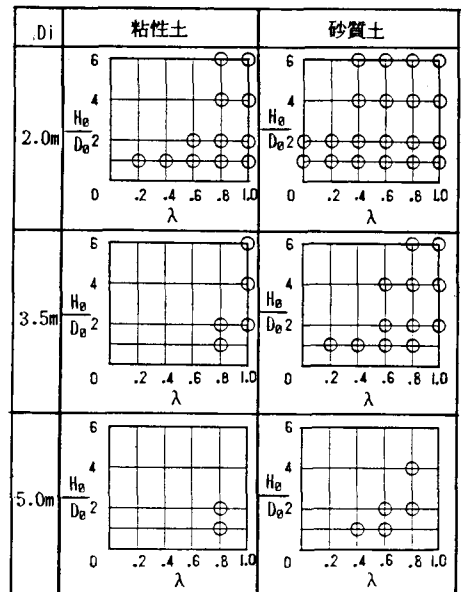


図-1. SFRCライニングの適用地盤

3. SFRC打設実験

当工法に用いるライニング材は直接地山に密着し、高強度、水密性、耐ひびわれ性に優れたものが必要となるため、硬練りのSFRCとする。これをポンプ打設することは困難であり、流動化剤を後添加して使用する。この材料が所定の空間内に均質かつ確実に充填できることを検証する目的で模型装置を用いて打設実験を行った。

SFRCの製造は、ベースコンクリートを生コンプラントで作成し、アジテーターカーにて現場に搬入しSFを投入した後、流動化剤を後添加した。SFRCの配合条件は、表-1に示す通りとし、SFは0.6×40の伸線切断タイプを用いている。

シールド掘進と同時に打設されるライニング材は、地山強度に見合った圧力で加圧されるため、図-2のような装置（ライニング内径2.0m、ライニング厚25cm）とし、テールプレート（外型枠）と内型枠とライニング材に対して常時一定圧力を作用させることができる端面型枠に囲まれた空間にライニング材を連続して打設した。その際、打設口は、（上）・（下）の2ケースとした。

4. 実験結果

打設前のライニング材は、スランブ、空気量、SF混入率試験等を行い、その品質を確かめた。打設されたライニングは硬化後脱型し、出来形を確認したところ、所要のライニング厚さ25cmを満足していた。

また、図-3の様な位置で、コア（φ100×200）を採取し、圧縮試験を行ったところ強度のバラ付きは非常に小さく、一定圧力で保持されたライニングは、打設口的位置に影響を受けることなく、均質なライニングが得られることが実証できた。

5. おわりに

今回、場所打ちライニング工法において、型枠内に一定圧力を保持しつつSFRCを打設することができたが、今後、図-4の様にシールド掘進を考慮し、作成した想定地盤の地中で、テールプレートを定速で引き、端面型枠を定圧に保持しつつライニング材を打設する実験を行う予定である。その際に出来形、強度（圧縮、曲げ）、SFの分散、配向性等を確認し、当工法の有意性の検証を行うとともに、地下水や泥水等を考慮した場合のライニングの打ち継目に関する検討や、実施工を想定したライニング材料の早強性等についても追求していくつもりである。更に、打設機構、制御方法等についても検討を重ね、当工法のシステム化を目指していく所存である。

SF混入率	Vf=1.0(%)
水セメント比	W/C=50(%)
細骨材率	S/a=54.6(%)
粗骨材最大寸法	20m/m
目標スランブ	8(cm)
目標空気量	4(%)
流動化後スランブ	18(cm)

表-1. 配合条件

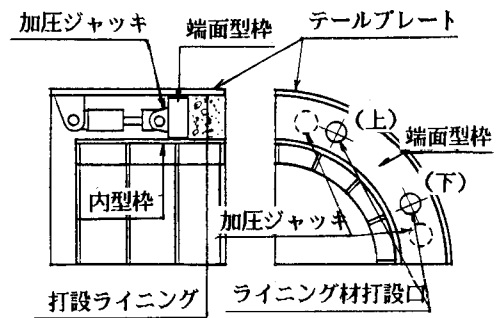


図-2. 模型実験装置

	打設口(上)	打設口(下)
①	$\sigma_c=191$	$\sigma_c=162$
②	$\sigma_c=186$	$\sigma_c=162$
③	$\sigma_c=196$	$\sigma_c=171$

(単位 kgf/cm^2)

図-3. 圧縮強度コア採取

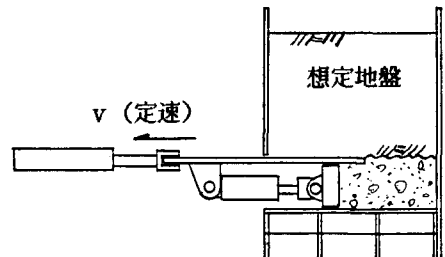


図-4. 打設機構

参考文献 "繊維補強コンクリート（特性と応用）"

小林一輔著