

VI-72

NATMトンネルにVFRC吹付工法の適用に関する施工実験

(株)大林組 正員 居相好信 正員○保岡哲治

(株)大林組 岩本孝光 正員 平田隆祥

(株)クラレ 松本健次

1. はじめに ビニロンファイバー（VF）は、有機合成繊維系のコンクリート補強材であり、コンクリートの曲げ靱性やせん断補強強度の向上等に優れた補強効果を示すと共に、発錆が無い、耐久性に優れる等の特徴を有する⁽¹⁾。筆者らは、現在までにこのビニロンファイバー補強コンクリート（VFRC）の実用化を図ってきた。本報告は、NATMトンネル支保部材にVFRC吹付工法を適用し、補強金網の代替、吹付厚の薄層化とこれに伴う工期短縮、工事の安全性、経済性、施工性の向上を目指した試験施工を行ったので、この結果の概要を述べる。なお、本工法は、建設省パイロット事業として採用された。

2. 施工概要 (1) 施工法 吹付方式は、図-1に示す湿式吹付方式とした。VFRCは、バッチャープラントでVF用分散機（風送型）を用いて混練する。その後、坑内へ運搬し、VFRC吹付を行なう。

(2) 支保パターンと配合 VFRC吹付は、トンネル本坑上半部C₁およびD₁パターン地山を対象にして実施した。各パターンでのVFRC採用パターンは、後述の力学試験結果と、地山条件による吹付コンクリートの支保効果より決定した。VFRC採用支保パターンをまとめて表-1に示す。VFRCの配合は、

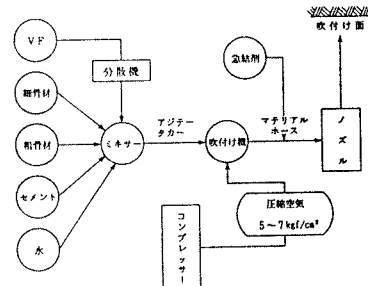
使用する細骨材、粗骨材の性状、さらに吹付機の種類等により、最適なものを選定する必要がある。今回の試験施工では、現場での試験練り、試験吹付、さらに過去のデータ等を参考

にして、配合決定した。吹付コンクリートの配合を表-2に、VFの仕様を表-3に示す。VFRCは、VFの補強効果、施工性、経済性を考慮して決定し、さらに力学特性の比較のために単位セメント量について2種類の配合を実施した。表-2のうち、ブレンコンクリートとは、通常的设计配合であり、VFRCとの比較検討を行なっている。

3. 施工結果 (1) 力学的特性 VFRCの力学特性を把握するために力学試験を実施した。実験結果を図-2、図-3（大型板吹付；90cm×60cm×15cm）に示す。結果より得られる項目を示す。

・VFの補強効果は、せん断強度、曲げ強度および曲げ靱性係数の増加として現われた。特に初期せん断強度（ブルアウト法）は、ブレンコンクリートの2倍程度を示した。この特性は、吹付コンクリートの剥落防止、中硬岩地山における緩み防止に効果的であると考えられる。（図-2）

・VFRCは、金網補強コンクリートに比較して、曲げ強度は同程度、曲げ靱性係数に関しては90%を示した。（図-3）これより、VFRCが吹付厚全体を補強していることも考慮して、補強金網の代替と



(吹付機：アリバ 280型)
図-1 VFRC吹付工法フロー図

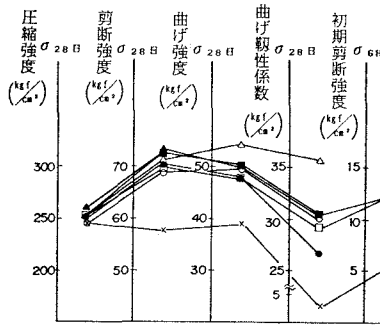
表-1 VFRC採用支保パターン

	ブレンコンクリート（当初設計）	VFRC	備 考
C ₁ パターン	吹付厚=10cm、金網無	吹付厚=8cm、金網無	ロックボルト $\phi=3$ m、14本、掘進長1.5mは共通 吹付厚の薄層化
D ₁ パターン	吹付厚=15cm、金網有	吹付厚=15cm、金網無	バックボルト $\phi=4$ m、19本、掘進長1.0m 鋼製支保工H-125×125は共通 金網の省略

表-2 吹付コンクリート配合

	粗骨材の 最大寸法 Gmax (mm)	スランパ の範囲 SL (cm)	空気量 の範囲 a (%)	水・セメ ント比 W/C (%)	細骨材率 S/a (%)	単 位 量 (kg/m³)					
						水 W	セメント C	細骨材 S	粗骨材 G	AE 減水剤	VF 0.75%
VFRC C=400	15	8±2.5	4±1	58.2	66.0	235	400	1,003	535	(4.25)	9.75
VFRC C=380	15	8±2.5	4±1	61.8	63.0	235	380	968	588	(4.03)	9.75
ブレン コンクリ ート	15	8±2.5	—	62.0	63.0	223	360	1,029	626	—	—

して適用可能と考えられる。



種 別	記 号
プレーンコンクリート C = 360kg/m ³	×—×
VFRC C = 400kg/m ³ ℓ = 24mm 1.00%	○—○
VFRC C = 400kg/m ³ ℓ = 24mm 0.75%	●—●
VFRC C = 400kg/m ³ ℓ = 30mm 1.00%	△—△
VFRC C = 400kg/m ³ ℓ = 30mm 0.75%	▲—▲
VFRC C = 380kg/m ³ ℓ = 30mm 0.75%	□—□
SFRC C = 380kg/m ³ ℓ = 25mm 0.75%	■—■

※ 曲げ強度はピーク強度

図-2 力学試験総括比較図（吹付）

表-3 VF仕様

形 状	扁平タイプ
強 度	90kgf/mm ²
伸 度	6.0%
ヤング率	3,000kgf/mm ²
比 重	1.3
耐アルカリ性	良好 (セメント液中、pH=12.7、2年で強度変化なし)
耐 久 性	良好 (スレート板中で、8年の曝露でも変化なし)
耐 薬 品 性	良好 (アルカリ・酸・有機溶剤に対して安定)

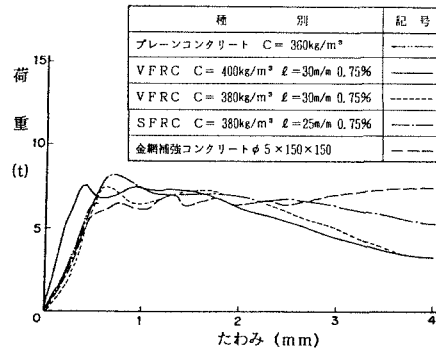


図-3 曲げ荷重-たわみ関係図（大型板吹付）

（2）施工性（a）混練性：VF用分散機の使用、適切な混練時間の設定によりファーパーボールの発生はほとんどなかった。バッチャープラントの混練能力では、VFRCはプレーンコンクリートに比べて低下するが、吹付作業には大きな支障にならなかった。（表-4）

（b）吹付性：VFRC吹付時、ホースの脈動や閉塞はほとんどなく、プレーンコンクリートと同程度であった。両者の吹付能力の差はほとんどなかった。（表-4）

VFRCの留意点としては、スランプ管理が重要となる。スランプは、8cm程度が適切である。

（c）安全性：吹付時のはね返りや吹付面のVFによる作業員の裂傷や突き刺さり等に対しては、VF自身が軟質であることから問題はなかった。むしろ、VFRC吹付工法採用によって、金網設置作業省略による作業員の安全性向上、吹付コンクリートや岩塊の剥落等の減少が図られるために安全性はより向上していると考えられる。

（d）はね返り率および発生粉じん：はね返り率は、VFRCが約20%、プレーンコンクリートが約24%で、VFRCのほうが4%程少ない。特に、VFRC吹付では、吹付時の剥離もほとんど発生せず、はね返り率減少にも寄与している。発生粉じんは、VFRCとプレーンコンクリートは同程度であった。

（表-4）

3. おわりに VFRC吹付工法は、まだ実績も少なく、今後更に改良を図る必要がある。特に、VF価格低減と補強効果向上が課題として上げられる。VFは、SFに比べて安価であるものの、より一層の低減を図る必要がある。また、補強効果は、今後、繊維の太径化に取り組んで改善を図りたい。

4. 参考文献（1）：居相他、扁平太径ビニロン繊維を用いた繊維補強コンクリートの諸特性、土木学会第42回年次学術講演会概要集（V）PP. 290～291、1987

表-4 施工性調査結果一覧表

	プレーン コンクリート C=360kg/m ³	VFRC C=400kg/m ³	VFRC C=380kg/m ³	備 考
混練能力 (m ³ /H)	C ₁ , D ₁ 15.5	D ₁ 12.0	C ₁ , D ₁ 12.1	日工製公称30 m ³ /H 水平 二軸強制練
吹付能力 (m ³ /H)	C ₁ , D ₁ 8.2	D ₁ 8.2	C ₁ , D ₁ 8.3	アリバ280 型履式
はね返り率 (%)	C ₁ 23.5, D ₁ 23.9	D ₁ 19.7	C ₁ 20.0, D ₁ 19.4	