

## VI-125 シリカフュームスラリーを用いた 高強度吹付けコンクリートの現場吹付け試験

前田建設工業(株) 技術研究所 正会員 赤坂 雄司

前田建設工業(株) 竜ヶ岳(作) 正会員 飯村 博之

(株)エヌエムビー 中央研究所 古沢 孝男

### 1.はじめに

近年、トンネル工事においては、偏平超大断面トンネルの掘削技術、また補助工法を積極的に併用した急速施工法、などさまざまな合理化施工法の検討が進められている。ここで実施した現場吹付け試験は、磐越自動車道竜ヶ岳トンネルにおいて、現状の設備・システムで、設計基準強度 $400\text{kgf/cm}^2$ の高強度吹付けコンクリートの施工が可能であることを確認し、吹付けコンクリートの吹付け厚さを多少なりとも薄くするための足がかりとする目的に実施したものである。

### 2. 試験概要

コンクリートの配合は、①高強度とすることが、比較的容易であること ②緻密な構造となり、耐久性の向上が期待できること ③コンクリートの粘性を低減できること 等により、シリカフュームを添加することとし、設計基準強度 $400\text{kgf/cm}^2$ を目標として水結合材(セメント+シリカフューム)比を35%に設定した。

試験は、コンクリートの製造(練りませ)の容易さ、吹付けられたコンクリートの強度、吹付けの施工性を中心に行った。

表-1 吹付けコンクリートの配合

目標基準設計強度 (kgf/cm <sup>2</sup> )	水・材 合 W/ (C+SF) (%)	細骨材 率 s/a (%)	単位量 (kg/m <sup>3</sup> )				減水 剤 C× (%)	ファイ バー (kg /m <sup>3</sup> )		
			W	結合材		S	G			
				C	SF					
A	400	35	60	175	450	50	968	676	2.2	—
B	400	35	60	175	450	50	953	685	2.7	79
摘要	• ファイバー混入率: 1.0 vol% • シリカフューム混入率: 10wt% • 練りませ時間: 全材料投入後 90秒									

表-2 吹付け材料一覧表

材料名	仕 様
セメント	普通ポルトランドセメント
シリカフューム	スラリー状、濃度: 60%, $\rho = 1.50$
細骨材	陸砂, FM=2.80, $\rho = 2.52$
粗骨材	陸砂利(Gmax=15mm), FM=6.04, $\rho = 2.64$
急結剤	セメント鉱物系
減水剤	ポリグリコールエステル誘導体
鋼纖維	スチール製、結束タイプ, $\ell = 30\text{mm}$ , $\phi = 0.8\text{mm}$

また、コンクリートの練りませには0.5m<sup>3</sup>二軸強制練りミキサを用い、生コン車(6m<sup>3</sup>積み)を用いて坑内に運搬し、吹付けには、ポンプ圧送型の吹付け機を装備した一体型吹付けシステムを用いた。

### 3. 試験要領

試験要領を次に示す。

表-3 吹付け条件

	仕 様
吹付け箇所	上半断面
吹付け量	3 m <sup>3</sup>
吹付け能率	15~16 m <sup>3</sup> /時間
目標スランプ	20±2 cm
急結剤添加量	対結合材比 3~4wt%

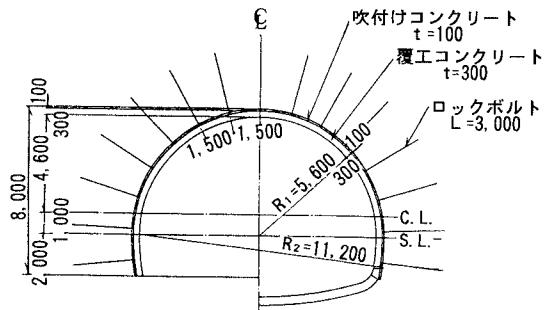


図-1 トンネル断面図(吹付け試験実施部)

### 4. 試験結果および結果のまとめ

試験結果を表-4、表-5に示す。

表-4 フレッシュコンクリートの性状および初期強度とベースコンクリートの圧縮強度

スランプ (cm)	空気量 (%)	温度 (°C)	試験結果						吹付能率 (m³/hr)				
			初期強度 (kgf/cm²)		圧縮強度 (kgf/cm²)		静弾性係数 ( $\times 10^5$ kgf/cm²)	曲げ強度 (kgf/cm²)	曲げタフネス (kgf·cm)				
			3時間	24時間	材齢7日	材齢28日	材齢6ヶ月	材齢28日	(材齢28日)				
A	21.0	3.5	22	28.4	181	433	632	740	3.47	67.7	6.91	1.01	16.4
B	22.0	3.2	22	55.1	201	500	663	844	3.55	70.6	390	57.5	16.4

表-5 コア供試体および切出し供試体の試験結果

	試験結果						
	圧縮強度 (kgf/cm²)			静弾性係数 ( $\times 10^5$ kgf/cm²)	曲げ強度 (kgf/cm²)	曲げタフネス (kgf·cm)	曲げ韌性係数 (kgf/cm²)
	材齢7日	材齢28日	材齢6ヶ月	材齢28日	(材齢28日)	(材齢28日)	(材齢28日)
A	346	540	577	3.33	50.7	5.85	0.84
B	360	533	556	3.51	60.1	358	50.7

## (1) フレッシュコンクリートの性状および初期強度

- シリカフュームスラリーは、静置した場合もほとんど沈降がなく、取扱いは容易であった。
- 低水結合材比( $W/(C+Si)=35\%$ )でシリカフュームを混入した場合も、通常の練りませ設備でほぼ対応できた。
- 低水結合材比で高性能減水剤を使用しているため、練り上がったコンクリートは粘性が高く、ホッパーへシートへ付着した。また、練り上がりから吹付けまでのスランプロスは3~4cm(約1時間経過)。
- ブルアウト試験によって求めた初期強度は3時間後に28kgf/cm²、24時間後に180kgf/cm²であり、通常のコンクリートと比較して大きな値を示した。

## (2) 施工性

- コンクリートの粘性が高く、一体型吹付けロボットのポンプの吸込みが不足気味となっていた。
- 本システムはポンプ圧送式であり、粉体量が多く、ワーカビリティーが良好で、なおかつ圧送距離が短いため、ファイバー混入の有無に関わらず圧送に支障はなかった。

## (3) 強度

- 材齢28日のコアの圧縮強度が540kgf/cm²、533kgf/cm²であり、目標の設計基準強度400kgf/cm²は達成できると考えられる。
- ベースコンクリートと吹付けコンクリートの圧縮強度を比較した場合、今回の方が通常(従来)の吹付けに比較して、吹付けることによる強度低下の割合は小さい。
- 鋼纖維を混入することで韌性が大きくなり、コンクリートの脆性が大幅に改善された。

## 5. 今後の課題

今回の吹付け試験では、シリカフュームスラリーを用いた高強度吹付けコンクリートの施工が可能であるとの見通しを得た。しかし、今回は吹付け量の少ない施工試験であること、また現在のシステムはスランプ8~10cmの吹付けコンクリート用であるため、高強度コンクリートの吹付けに対しては、現在の設備・システムをベースにして、若干の改良を加えるなどの検討が必要であると考えられる。

吹付けコンクリートの高強度化は、施工の合理化や、省力化、省人化が可能であり、今後とも一層の研究・開発を重ね、工法として完成させたいと考えている。

最後に、現場吹付け試験に際し、試験の主旨を理解いただき、実施を快く承諾いただいた 日本道路公団 新潟建設局 津川工事事務所 所長以下 職員のみなさまに厚く御礼申し上げます。