

混和材を有効利用した高品質吹付けコンクリートの現場適用について

(独) 鉄道建設・運輸施設整備支援機構 正会員 北原 秀介
 (独) 鉄道建設・運輸施設整備支援機構 古川 裕
 (独) 鉄道建設・運輸施設整備支援機構 齋藤 博樹
 鉄建建設(株) 正会員 ○畑生 浩司
 鉄建建設(株) 川島 義和

1. はじめに

高品質吹付けコンクリートは、吹付けコンクリートに微粒分としてシリカフューム、石灰石微粉末を混入し、分割練混ぜ方式を採用することで、コンクリートに粘性を付与し、施工性や施工環境(粉じん低減など)を改善するとともに、微粒分が有する充填効果や水和反応により、硬化体が緻密化することで品質が向上されるという特徴を有しており、整備新幹線トンネル建設工事を主体として、多数の施工実績を有している。

北海道新幹線渡島当別トンネル(西)工事では、シリカフューム、石灰石微粉末の微粒分の代替えとして、環境負荷低減の観点から利用価値のあるフライアッシュおよび高炉スラグ微粉末を混入した吹付けコンクリートを適用した。本文はこれらの吹付けコンクリートの施工結果について報告するものである。

2. 新配合の特徴

従来から採用されていたシリカフューム、石灰石微粉末を混入した配合(以下、現配合)および、今回採用したフライアッシュ(JIS II種)、高炉スラグ微粉末を混入した配合(以下、新配合)を表-1に示す。新配合に関する主な特徴は以下の通りである。

- ① 初期強度の発現が低下することが懸念されたため、セメント量は一定の 360kg/m^3 とし、混和材(フライアッシュおよび高炉スラグ微粉末)は細骨材の一部として置換し、混和材を含めた細骨材の微粒分総量($0.15\mu\text{m}$ 以下)が15%になるように決定した。
- ② フライアッシュおよび高炉スラグ微粉末の混合割合は、室内試験および試験吹付の結果から、フレッシュ性状、スランプ保持性、および施工性が良好であった7:3に決定した。
- ③ 混和材を添加することで、コンクリートの粘性が増大し、さらには、脈動や閉塞など圧送性を阻害することが懸念されたため、高性能 AE 減水剤を用いて現配合よりもスランプを増加させた配合とし、試し練りにより性状を確認した結果から、練混ぜ直後の目標スランプを20cmとし、さらに運搬によるスランプロス2cmを考慮して、練混ぜ30分後の目標スランプを18cmに設定した。

表-1 高品質吹付けコンクリート配合

配合	粗骨材の最大寸法	スランプ	水結合材比	水セメント比	細骨材率	単位重量(kg/m^3)										
	Gmax					SL	W/(C+SF)	W/C	s/a	水	一次水	二次水	セメント	シリカフューム	細骨材	石灰石微粉末
	mm	cm	%	%	%	W	W1	W2	C	SF	s	L	FA	SG	G	SP
現配合	15	8	60.0	—	62	216	109	107	342	18	1,039	60	—	—	686	1.8
新配合	15	18	—	56.0	62	202	117	85	360	—	1,057	—	42	18	702	2.7

FA : 密度 2.32g/cm^3 比表面積 $3950\text{cm}^2/\text{g}$, sg : 密度 2.91g/cm^3 比表面積 $4070\text{cm}^2/\text{g}$

3. 施工確認結果

本工事における現配合と新配合に関するフレッシュ性状(スランプおよび空気量の経時変化)、強度特性、粉じん濃度およびリバウンド率、および圧送性について比較した結果を以下に示す。

キーワード 吹付けコンクリート, フライアッシュ, 高炉スラグ微粉末, 粉じん濃度, リバウンド

連絡先 〒101-8366 東京都千代田区三崎町2-5-3 鉄建建設(株) エンジニアリング本部 TEL 03-3221-2298

1) 経時変化 (スランプおよび空気量)

新配合のスランプの経時変化を図-1 に示す。新配合の練混ぜ30分後(管理値 18cm±2cm)のスランプロスは、最大 2cm 程度であり、現配合でのスランプロスと同程度となった。一般的に、総粉体量が増加するとスランプロスが大きくなる傾向を示すが、新配合では練混ぜ 60 分後のスランプロスが多少大きい結果を示すものの、練混ぜ 30 分後までは良好な性状が保持できると判断される。なお、空気量については、0.2%~0.4%程度の増減であり大きな変動は認められなかった。

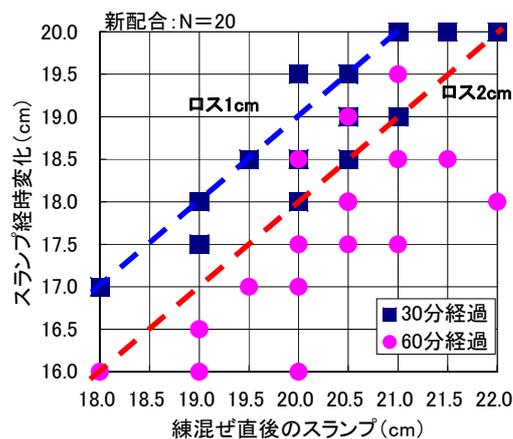


図-1 スランプの経時変化

2) 強度発現性 (初期強度, 長期強度)

現配合および新配合の強度試験結果を表-2 に示す。初期強度はプルアウト試験法による推定圧縮強度で材齢 3 時間, 1 日であり, 長期強度はコア採取による供試体で材齢 28 日である。供試体作成時の急結材の使用量はセメント量に対し, 6.0~7.0%である。新配合の強度結果は, 材齢 3 時間は平均 2.3N/mm², 材齢 1 日は平均 16.3N/mm², 材齢 28 日は平均 31.5N/mm²である。新配合の初期強度および長期強度は品質管理基準を満足し, 初期強度については現配合に比較して約 1.3 倍の強度発現が確認された。また, 長期強度は現配合と同等の強度発現が確認された。以上より, 新配合の強度特性は, 現配合と同等以上の強度発現性を有する結果となった。

表-2 強度試験結果

配合	管理値	初期強度 (σ_{3h} :N/mm ²)	初期強度 (σ_{24h} :N/mm ²)	長期強度 (σ_{28} :N/mm ²)
		現配合 N=50	平均 1.8	平均 12.0
新配合 N=28	平均 2.3	平均 16.3	平均 31.5	

3) 粉じん濃度およびリバウンド率

粉じん濃度はガイドライン¹⁾に準拠し, 吹付開始 5 分後(吹付コンクリートの粉じんが切羽から 50m 離れた位置に到達する目安の時間)に切羽から 50m 離れた位置で測定した。なお, 測定値は 3 回の平均であり, 各 10 分間測定した結果を 1 分間に換算した値を用いている。新配合の粉じん濃度の平均値は 2.1mg/m³ であり, ガイドライン基準値である 3.0mg/m³ を満足し, 現配合(平均値: 2.1mg/m³)と同等の粉じん低減効果を有する結果となった。リバウンド率については, 地山に 0.5m³~1.0m³ 程度吹付けを実施した後, 落下したはね返り材を計量して算出した。上半部のリバウンド率は, 現配合が平均 23.4%に対し, 新配合は 21.5%であり平均値で 1.9%の低減効果が得られた。

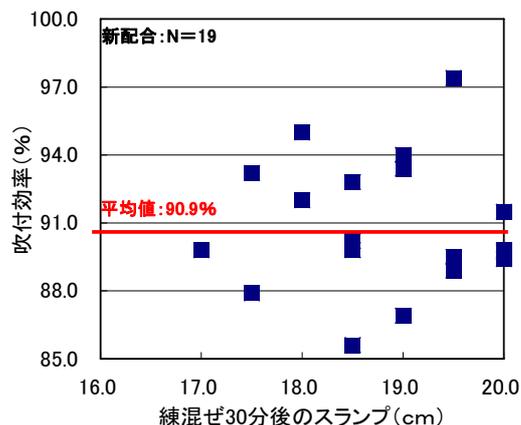


図-2 吹付効率

4) 圧送性の評価

新配合について圧送性を評価するために吹付機の設定吐出量(12 m³/H)に対する実吹付作業時間を測定し, 吹付効率を百分率で換算した。スランプ(練混ぜ 30 分後)と吹付効率の関係を図-2 に示す。新配合の吹付効率は平均 90.9%であった。一般的な吹付コンクリートの吹付効率である約 70%~約 85%を上回る結果であり, 施工時においても脈動や閉塞はほとんど確認されなかったため, 圧送性は良好な結果であったと判断できる。

4. まとめ

従来の高品質吹付けコンクリートの混和材の代替として, フライアッシュおよび高炉スラグ微粉末を採用し, 現場への適用を試行した。その結果, 吹付けコンクリートとしての要求性能を満足し, かつ, 現配合と同等以上の品質向上や施工環境の改善が図れることが確認された。

【参考文献】

- 1) 厚生労働省: ずい道等建設工事における粉じん対策に関するガイドライン (平成 12 年 12 月)