

混和材を利用した吹付けコンクリートの適用に関する基礎試験について

鉄建建設(株) 正会員 ○畑生 浩司

鉄建建設(株) 非会員 小林 文和

鉄建建設(株) 非会員 川島 義和

1. はじめに

トンネル工事においては、吹付けコンクリート作業中に発生する粉塵により、作業環境が悪化し、これらの環境をより一層改善することが望まれる。一方、社会的に有限資源の有効利用のニーズが高まるなか、吹付けコンクリートの混和材にリサイクル材の利用実績が増加傾向にある。本報告は、社会的環境および作業環境改善の観点からフライアッシュ（FA）および高炉スラグ微粉末（BFS）に着目し、これらの混和材を混入した吹付けコンクリートの性状に関する基礎試験結果をとりまとめたものである。

2. 室内試験

使用材料および、試験配合を表-1および、表-2に示す。セメントの種類は、普通セメントおよび高炉セメントB種の2種類とした。混和材（フライアッシュと高炉スラグの混合物）をセメントの一部として置き換えた場合、混合割合によっては、初期の強度発現が低下することが懸念されるため、セメント量は $360\text{kg}/\text{m}^3$ と一定とし、混和材は細骨材の置換として、微粒分が 15%程度になるように調整した。

なお、室内試験に先立って、混和材の混合率および高性能AE減水剤の添加率を決定する目的で試し練りを実施し配合決定を行った。混和材の混合率は、高炉スラグ

の混合割合を増加させると、フレッシュ性状において粘性が不足し、スランプの経時変化が大きくなる傾向を示したため、7:3（FA:BFS）を採用した。

また、一般的なコンクリートと比較して、混和材を添加することでコンクリートの粘性が増大すること、さらには、施工時には圧送時に脈動や閉塞が懸念されるため、高性能AE減水剤を用いてスランプを増加させた配合に調整し、目標スランプは 18cm に設定した。なお、吹付けコンクリートは通常、トンネル坑外部に設置されたプラントで混練りし、ミキサー車にて切羽まで運搬して施工されるため、運搬ロス（30分）を見込み、練混ぜ直後のスランプは 20cm に設定した。

室内試験においては、フレッシュ性状の確認および、強度（ σ_7 σ_{28} ）の確認を行った。室内試験の結果を表-3に示す。ややスランプロスが大きい結果であったが、フレッシュ性状においては、適度な粘性や材料分離抵抗性を有しているものと判断した。

表-1 使用材料

材料項目	種類
セメント	普通ポルトランドセメント(密度 $3.16\text{g}/\text{cm}^3$)
	高炉セメントB種(密度 $3.05\text{g}/\text{cm}^3$)
細骨材	砕砂(密度 $2.65\text{g}/\text{cm}^3$ FM2.96)
粗骨材	砕石(密度 $2.70\text{g}/\text{cm}^3$ FM6.22 Gmax 15mm)
混和材	フライアッシュII種+高炉スラグ微粉末4000
急結剤	CA系(Nセメントに適用)
	CSA系(BBセメントに適用)
高性能AE減水剤	PEG系高分子化合物

表-2 配合

配合	W/C	s/a	W	C	S	G	FA	BFS	FA:BFS	SP
	%	%	kg	kg	kg	kg	kg	kg		C×%
普通セメント	56	62	202	360	1057	702	48	12	7:3	0.75
高炉セメント	56	62	202	360	1052	697	48	12	7:3	0.75

表-3 室内試験結果

配合	スランプ(cm)		圧縮強度試験(N/mm^2)	
	練混ぜ直後	30分経過後	σ_7	σ_{28}
普通セメント	21.5	16.5	36.9	48.5
高炉セメント	20.0	16.0	38.8	51.8

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

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

3. 試験施工

上述した室内試験の結果から、吹付けコンクリートの性状として良好な結果が得られたため、実施工への適用の基礎資料として、切羽面を利用して試験吹きを実施した。試験施工として評価した配合は、室内試験同様普通セメントを使用した配合と高炉セメントを使用した配合である。試験施工時の評価項目は、スランプ等フレッシュ性状の確認および強度 (σ_{24h} , σ_{28}) のほか、粉塵量およびはね返り率とした。

表-4に試験結果を示す。

表-4 試験結果

配合	スランプ(cm)		圧縮強度試験(N/mm ²)		急結剤添加量	粉塵量	はね返り率
	練混ぜ直後	30分経過後	σ_{24h}	σ_{28}	(%)	(mg/m ³)	(%)
普通セメント	21.0	19.0	15.4	31.0	7.1	2.7	12.6
高炉セメント	21.5	20.0	16.5	45.1	7.8	2.8	16.9

(1) スランプの経時変化

試験施工におけるスランプの経時変化を図-1に示す。普通セメントおよび高炉セメントの両方の配合とも、30分後のスランプロスが2cm程度であり、室内試験の経時変化と比較して、良好な傾向を示した。

(2) 強度発現性

圧縮強度試験については、 σ_{24h} については、プルアウト試験法とし、供試体作成後坑内にて気中養生を行い24時間後に試験を行って強度を算出した。一方 σ_{28} については、吹付け供試体にてコアのサンプリングを実施し強度を測定した。初期強度および、長期強度ともに吹付けコンクリート強度として高い値を示した。高炉セメントの配合については長期強度の発現が顕著に現れている。

(3) 粉塵量

今回の試験吹きは、施工吹付け量が1配合あたり2m³/程度であり、実施工に比較して吹付け量が少ない鏡吹きであるため、粉塵測定は切羽付近で測定した。普通セメントおよび高炉セメントの両配合について、基準値3.0mg/m³を満足する結果となった。両配合とも、コンクリートの粘性が高まった配合であり、その影響が粉塵低減効果に寄与したと考えられる。

(4) はね返り率

一般的に吹付けコンクリートのはね返り率は20%~30%程度¹⁾とされているが、今回の測定したはね返り率は普通セメントが12.6%、高炉セメントの配合が16.9%であり、良好な値を示している。

3. まとめ

高炉セメントを使用した吹付けコンクリートや、高炉スラグおよびフライアッシュを混和材として利用した吹付けコンクリートにおいては、凝結や初期強度の発現性が低下することが懸念されたため、単位セメント量を一定として基礎試験を実施した。本試験においては、長期強度の増進が確認でき、耐久性の向上が期待できる結果を得られた。また、吹付けコンクリートの粘性を高め、かつ圧送性をさらに改善することにより、はね返り率、粉塵量を低減する結果となり、作業環境を改善するとともに、フライアッシュや高炉スラグなどの産業副産物の有効利用が可能となることを示唆する結果となった。

【参考文献】

1) (社)土木学会：コンクリートライブラリー121 吹付けコンクリート指針(案)(トンネル編), 2005.7

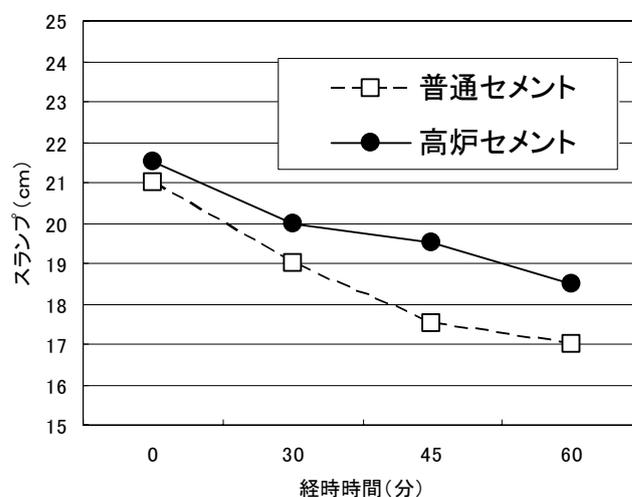


図-1 経時変化