

火山ガラス微粉末を用いた覆工コンクリートの配合に関する検討

国立研究開発法人土木研究所 寒地土木研究所 正会員 ○長谷川 諒

国立研究開発法人土木研究所 寒地土木研究所 正会員 吉田 行

西松建設株式会社 技術研究所 正会員 椎名 貴快

西松建設株式会社 北日本支社 正会員 三井 功如

1. はじめに

国土交通省では、平成 29 年度から社会資本ストックの維持管理費軽減のために、有害なひび割れに代表されるコンクリートの初期欠陥の抑制と、コンクリートの表層品質向上を目的とした試行工事を日本全国で実施している¹⁾。新稲穂トンネル R 側仁木工区工事は、令和 2～3 年度の「品質向上の試行現場」に選定されたことから、覆工コンクリート全スパンに対して表層目視評価シートを用いた表層品質評価を行った。施工当初から、色むら、砂すじ、水はしりなどの改善すべき項目が発生したため、締固め方法や剥離剤の種類と塗布方法の変更、流動性確保のための配合の変更を行うことで表層目視評価点の向上を図った。しかし、砂すじ、水はしりなどに改善の余地が残る結果となった。

そこで、さらなる表層品質向上のためにフライアッシュや高炉スラグ微粉末よりも材料分離抵抗性に優れ、初期発現への影響が少なく、コンクリートの緻密性向上を期待できる火山ガラス微粉末 (VGP) を用いた配合の検討を行った。本稿では、室内試験および実機試験の結果を紹介する。

2. 実験計画および方法

図-1に覆工コンクリートの配合決定までの流れを示す。室内試験では、スランブをAE減水剤 (Ad1) 使用時には18±2.5 cm、高性能AE 減水剤 (Ad2) 使用時には21±2.0 cmとし、空気量は4.5±1.5%を目標とした。また、工場から現場までの運搬時間45分を考慮したスランブロス値が現在用いられている現行配合 (27-18-20N) と同等以下 (3cm) となることとした。実機試験では、室内試験で条件を満たした配合を用いて工場のミキサーでコンクリートを混練し、アジテータ車で45分、90分練置きしたスランブの経時変化を確認した。また、打込み後22時間で脱枠強度0.8 N/mm²の確保を目標に圧縮強度試験をσ22h、σ7d、σ28dで実施した。模擬型枠試験では、実機試験で決定した配合、設計時の配合および現行配合を幅0.3m、高さ1.5m、長さ5mの型枠を用いてポンプ圧送による打込みを行い、フレッシュ性状、施工性、表層品質評価、硬化性状の検討を行った。

表-1 に使用材料を、表-2 に配合表を示す。火山ガラス微粉末はブレーション比表面積の異なる 2 種類 (VGP1、VGP2) を

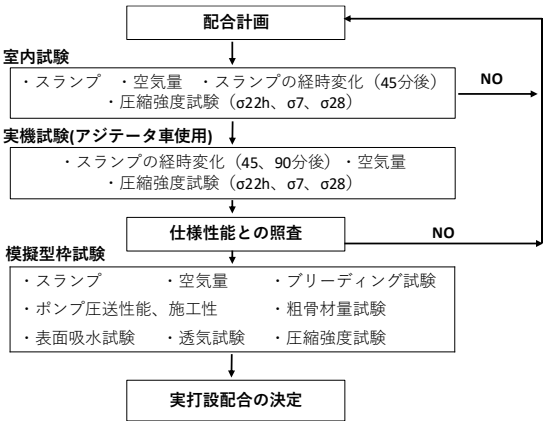


図-1 配合決定までの流れ

表-1 使用材料

材料	種類	記号	密度 (g/cm ³)	備考
セメント	普通ポルトランドセメント	C	3.16	—
細骨材	砕砂	S1	2.66	新光町産砕砂
	陸砂	S2	2.85	幌延町産陸砂
粗骨材	碎石	G	2.66	骨材径: 5～20mm、粗粒率: 6.58
混和材	火山ガラス微粉末	VGP1	2.3	ブレーション比表面積: 6000cm ² /g
		VGP2		ブレーション比表面積: 14000cm ² /g
水	回収水	W	1	—
混和剤	AE減水剤	Ad1	1.08～1.12	変性リグニンスルホン酸化合物
	高性能AE減水剤	Ad2	1.03～1.12	ポリカルボン酸エーテル系化合物

表-2 配合表

No.	W/B (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)							
			水 (W)	結合材(B)		細骨材		粗骨材 G	混和剤	
				C	VGP	S1	S2		Ad1	Ad2
27-18-20N	53.5	50.4	175	327	—	545	360	894	3.27	—
27-18-20N(VGP1_10)	55.4	49.3	169	275	30 ^{※1}	540	358	926	—	3.66
27-18-20N(VGP1_10s)	51.5	51.5	175	284	32 ^{※1}	561	374	862	—	3.66
27-18-20N(VGP1_10B)	51.5	51.5	175	306	34 ^{※1}	548	366	862	—	4.08
27-18-20N(VGP1_10sp)	53.5	51.9	175	295	32 ^{※1}	556	371	862	—	4.91
27-18-20N(VGP1_5)	53.5	52	175	311	16 ^{※1}	561	371	862	—	3.924
27-18-20N(VGP2_5)	53.5	52	175	312	15 ^{※2}	561	371	862	—	3.924
27-18-20N(VGP2_5sp)	53.5	52	175	312	15 ^{※2}	561	371	862	—	5.40

※1: VGP1使用、※2: VGP2使用

キーワード 覆工コンクリート、火山ガラス微粉末、表層目視評価、スランブロス

連絡先 〒062-8602 北海道札幌市豊平区平岸 1 条 3 丁目 1 番 34 号 寒地土木研究所 TEL011-841-1719

用いた。また、流動性を確保するために VGP を用いた配合では Ad2 を使用した。スランプ、空気量および圧縮強度試験は JIS 規格に準じて行った。

3. 室内試験および実機試験結果

図-2(a)(b)にスランプの経時変化を示す。現行配合に VGP を 10%内割で添加した(a)では、細骨材率の増加(27-18-20N (VGP1_10s)), 結合材の増加(27-18-20N (VGP1_10B)), Ad2 の添加量の増加(27-18-20N (VGP1_10sp))の検討を行ったが現行配合よりスランプロスが増加した。そのため、ワーカビリティーの確保が困難と判断し、添加率を 5%へ変更および VGP2 の使用を検討した。VGP を 5%内割で添加した(b)では、27-18-20N (VGP1_5) および 27-18-20N (VGP2_5) で現行配合のスランプロスより増加したものの、Ad2 を増加した 27-18-20N (VGP2_5sp) において現行配合と同程度のスランプロスとなった。このときのスランプ形状を写真-1 に示す。27-18-20N (VGP2_5sp) の 0 分では全体的に広がりながら流動したが、材料分離は確認されなかった。45 分後の結果では比表面積の大きい VGP2 を用いたためスランプ 20cm であっても形状を保持しながら上端が落ち込んだ。

図-3 に 27-18-20N (VGP2_5sp) の圧縮強度結果を示す。脱枠に必要な材齢 22 時間の圧縮強度 0.8N/mm^2 を上回る 3.4N/mm^2 を確保できた。以上の結果から、実機試験では配合 27-18-20N (VGP2_5sp) を採用した。

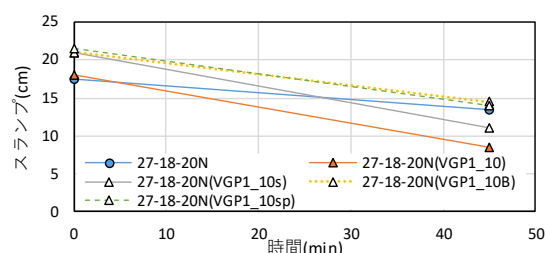
図-4 に実機試験におけるコンクリートのフレッシュ性状のスランプの経時変化を示す。スランプは 45 分ごとに 3cm 程度小さくなり室内試験と同様の傾向となった。空気量は 45 分後に減少し、90 分後には練り上がり直後よりも増加したが、目標空気量の範囲内に収まっていた。参考値ではあるがスランプフローもスランプの経時変化と同様に 45 分ごとに小さくなっていった。また、実機試験におけるコンクリートの圧縮強度は、図-3 の結果と同程度であり、22 時間後の強度も 3.6N/mm^2 と脱枠強度を十分に満足していた。以上の結果から、27-18-20N (VGP2_5sp) を現行配合に火山ガラス微粉末を用いて改良した配合(27-18-20N (VGP))として、模擬型枠試験へ採用した。

4. まとめ

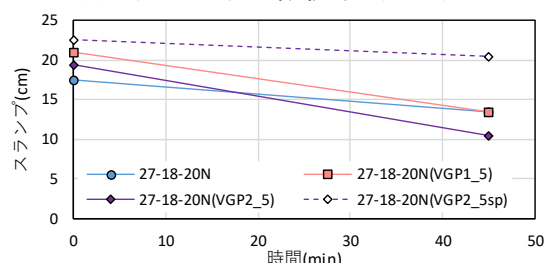
比表面積 $14000\text{cm}^2/\text{g}$ の火山ガラス微粉末を 5%セメント置換し、高性能 AE 減水剤の添加量を調整することで、ワーカビリティーと初期の圧縮強度を確保できることが明らかとなった。

参考文献

- 1) 国土交通省：https://www.mlit.go.jp/tec/tec_tk_000062.html



(a) 火山ガラス微粉末 (VGP) 10%



(b) 火山ガラス微粉末 (VGP) 5%

図-2 スランプの経時変化

写真-1 スランプ形状

時間	27-18-20N	27-18-20N(VGP2_5sp)
0 分		
スランプ(cm)	17.5	22.5
45 分		
スランプ(cm)	13.5	20.5

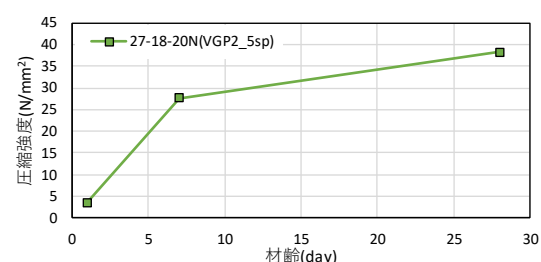


図-3 コンクリートの圧縮強度 (室内試験)

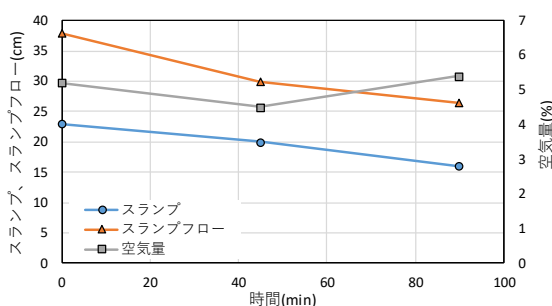


図-4 実機試験におけるコンクリートのフレッシュ性状変化