

トンネル覆工用高充填コンクリートの開発—基本的性質の確認と試験施工結果—

(独)鉄道建設・運輸施設整備支援機構 ○正会員 佐藤貴史, 非会員 加藤建二, 正会員 山崎貴之
(株)大林組 正会員 桜井邦昭, 正会員 西浦秀明, 正会員 後藤隆之

1. はじめに

近年、トンネル覆工の品質および施工性向上を目的として、流動性に優れた中流動コンクリート(スランブフロー35~50cm程度)を適用する事例が増えており、補助的な振動締固めにより覆工各部位にコンクリートを確実に充填でき、均質性および美観性に優れたトンネル覆工を構築できることが確認されている¹⁾。

一方、東日本大震災を契機として、火力発電所への電力供給依存が高まっており、産業副産物であるフライアッシュの発生量は今後更に増大すると予測される。

これらの背景を踏まえ、高品質なトンネル覆工を構築するためのコンクリートとして、「高充填コンクリート」を開発した。本稿は、高充填コンクリートの基本的性質および試験施工の結果等について報告する。

2. 高充填コンクリートの概要

トンネル覆工用の各種コンクリートの概要を表1に示す。コンクリートの充填性を高めるには、流動性はできるだけ高いことが望ましいが、単位水量やセメント量の増加を招き、硬化コンクリートの品質や経済性の面から不利となる場合もある。また、流動性を著しく高めたコンクリートを打ち込むと型枠への作用圧力が増加し、セントル設備の補強が必要となる事態が生じる。そこで、高充填コンクリートは、従来の覆工コンクリートと同じ最大寸法の粗骨材を用い、単位水量を同等以下としたうえで、単位セメント量を最小限に

表1 トンネル覆工用の各種コンクリートの概要

	従来の覆工 コンクリート	高充填コンクリート		中流動 コンクリート (代表的なもの)
		粉体系	増粘剤系	
スランブ	15±2.5cm	21±2cm		スランブフロー 35~50cm
粗骨材の 最大寸法	40mm	40mm		20mm
単位水量 の最大値	165kg/m ³	165kg/m ³		175kg/m ³
セメント	NもしくはBB	Nセメント	Nセメント	NもしくはBB
セメント 置換材料	—	フライアッシュ	—	—
混和材	—	フライアッシュ	—	フライアッシュ 石灰石微粉末
混和剤	AE減水剤	高性能 AE減水剤	増粘型高性能 AE減水剤	高性能 AE減水剤

表2 高充填コンクリートの配合例

種類	W/B (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)					
			W	B		FA	S	G
				C	FA			
従来の覆工	55.8	46.2	154	276	0	0	857	1023
高充填 コンク リート	粉体系	52.8	149	240	42	50	909	904
	増粘剤系	52.8	149	292	0	0	954	904

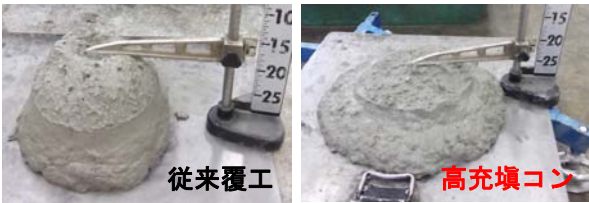


写真1 各種コンクリートのスランブ試験状況

抑えるとともに、流動性のレベルをスランブで管理する範囲とし、その目標値を21cmに設定した。

また、フライアッシュを積極的に活用する観点から、セメントの一部に置換するとともに、高い流動性に対応した材料分離抵抗性を確保するための粉体増量材としても活用した。なお、レディーミクストコンクリート工場(以下、生コン工場という)でフライアッシュの貯蔵設備が確保できない等の場合を想定し、増粘型高性能 AE 減水剤を用いて材料分離抵抗性を確保する手法も確立した。

3. 高充填コンクリートの基本的性質

高充填コンクリートの配合例を表2に、スランブ試験状況を写真1に示す。ブリーディングおよび充填試験結果(JSCE-F511, ランク 3)を図1に、圧縮強度試験結果を図2に示す。高充填コンクリートは、フライアッシュの混入もしくは増粘型高性能 AE 減水剤の適用により、高い流動性を確保しつつ、ブリーディングを大幅に低減できる。充填高さは30cm以上で、高い充填性を有している。また、セントル脱型時に要求される強度を確保できるとともに、フライアッシュを用いた場合は、長期材齢では従来よりも高い強度が得られている。更に、図3に示すように、凍結融解試験(JIS A 1148)を行い、十分な耐凍害性(耐久性指数 80 以上)を有することも確認した。

キーワード トンネル、覆工、高充填コンクリート、フライアッシュ

連絡先 〒060-0002 札幌市中央区北二条西一丁目1番地 TEL011-231-3491

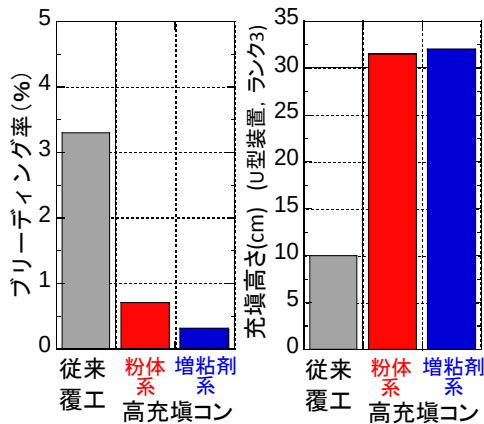


図1 プリーディング、充填試験結果

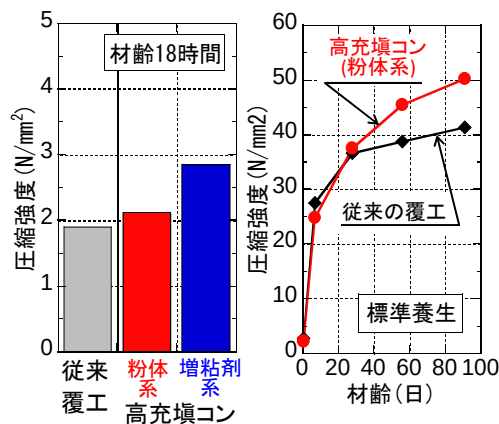


図2 圧縮強度試験結果

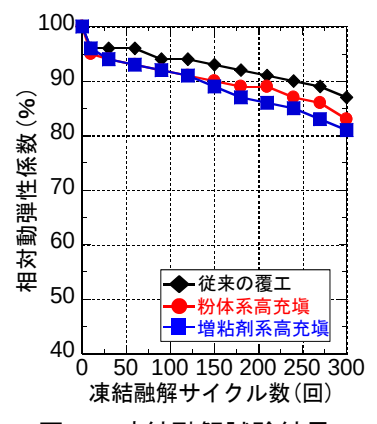


図3 凍結融解試験結果

4. 模擬型枠を用いた施工実験

実機プラントで製造した高充填コンクリートを施工現場まで運搬し、覆工側壁部を模擬した型枠(幅 0.35×高さ 1.2×長さ 5.4m)の端部からコンクリートポンプにより打込み、流動状況や充填後の均質性を検証した。

高充填コンクリートは、モルタル分と粗骨材とが一体となって流動し、ブリーディング水の先走りは認められなかった。コンクリートの流動勾配の測定結果を図4に示す。従来の覆工コンクリートは打込み箇所からコンクリートが堆積したのに対し、高充填コンクリートは 5.4m 先の端部までほぼ平坦に流動した。その後、バイブレータによる締固めを行ったところ、高充填コンクリートは、従来の覆工コンクリートに比べ、締固めに要する時間を 1/4 に低減できた。

硬化後に、打込み箇所と流動先端箇所からコア供試体を採取し粗骨材の含有状況を調査した。写真2に示すように、高充填コンクリートは流動前後で含有状況の差異はほとんど認められず、均質性に優れたトンネル覆工の構築に寄与する結果が得られた。

5. 試験施工

高充填コンクリートを用い、新幹線トンネルの覆工を 12 スパン試験施工した(10.5m/スパン、コンクリート総数量 1,200m³)。その結果、①通常の生コン工場で品質の安定した高充填コンクリートが継続的に製造できる、②従来の覆工コンクリートと同じ施工設備(コンクリートポンプ、輸送管、セントル)を用いて施工でき、図5のようにセントルへの作用圧力の増加も認められない、③側壁部、天端部において型枠の隅々まで流動し(写真3参照)、補助的な振動締固めにより充填できる、④従来覆工と同じサイクルで施工できること等を確認した。

今後は、所定のコンクリート品質を確保する上で必要となる最低セメント量、フライアッシュ混入量およ

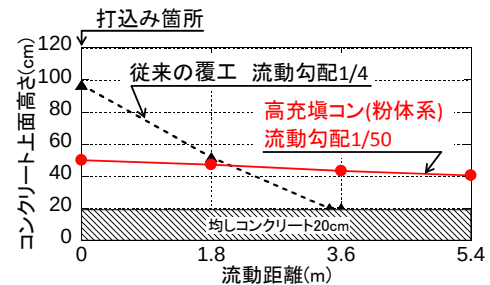


図4 流動勾配測定結果(流動距離 0m が打込み箇所)

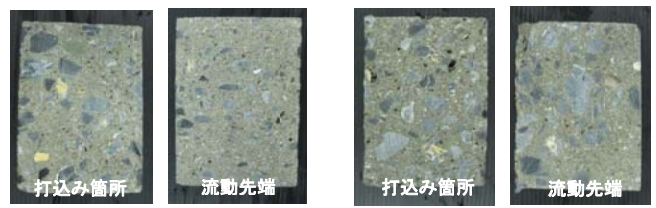


写真2 打込みおよび流動先端箇所のコア断面状況

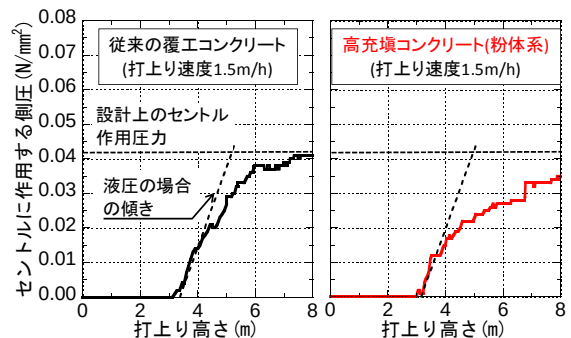


図5 セントル側部への作用圧力測定結果

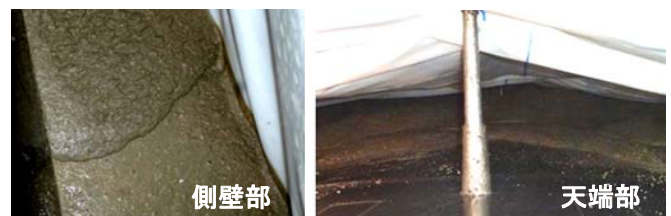


写真3 高充填コンクリートの流動状況

び最大水セメント比等について検討を行い、高充填コンクリートの配合設計手法を確立する予定である。

参考文献

- 1) 例えば、村崎慎一他；トンネル全線に中流動コンクリートを適用し高品質覆工に挑戦、トンネルと地下、Vol.41, No.12, pp.7-16, 2010.12