

低セメント量の高流動コンクリートのトンネル覆工への適用性検討
—その1 室内試験による配合選定と各種品質の確認—

(株)大林組 正会員 ○西浦秀明, 正会員 黒川尚義, 正会員 岡崎雄一, 正会員 桜井邦昭

1. はじめに

昨今、建設工事における生産性向上が強く求められている。山岳トンネルの覆工作业でも、熟練作業員の高齢化や若手作業員の不足が常態化している。近年では、補助的な締固めにより充填できる程度まで流動性を高めた中流動コンクリートや高充填コンクリートが開発・実用化されているが、締固め作業を完全には排除できないことから作業員数を削減するまでには至っていない。覆工作业の生産性を向上する（作業員数を低減する）には、自己充填性を有する高流動コンクリートを用いることが極めて効果的である。

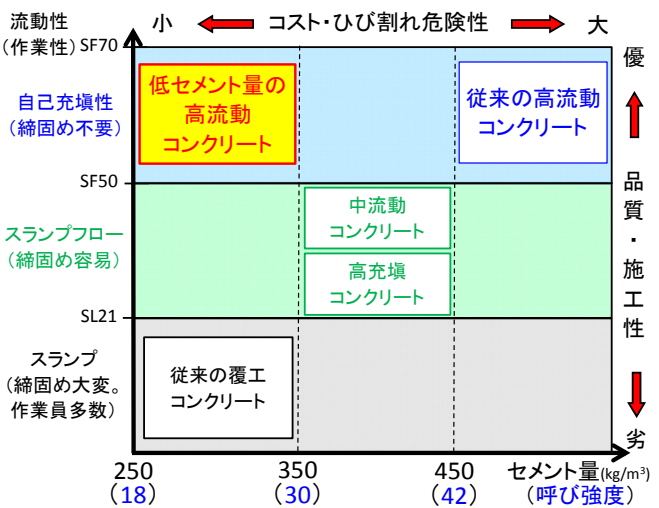
しかし、従来の高流動コンクリートは、高い流動性に見合った材料分離抵抗性を確保するために、単位セメント量を大幅に増加させる必要があり、材料コストや温度ひび割れの発生リスクが増加するため、高密度な配筋を有するなどの特殊な場合を除いて、覆工コンクリートにはほとんど適用されていない。

そこで、特殊増粘剤と市販の高性能 AE 減水剤とを用いることで、従来の覆工コンクリートに比べて、単位セメント量をほとんど増加することなく、自己充填性を確保できる「低セメント量の高流動コンクリート」を開発した（図－1）。

本稿では、低セメント量の高流動コンクリートを道路トンネルの覆工全線に適用することを目的に実施した各種実験のうち、試験室内で行った配合選定、フレッシュおよび硬化コンクリート品質の試験結果を示す。

2. 高流動コンクリートの目標品質の設定

高流動コンクリートの目標とした品質を表－1に示す。目標品質は土木学会の高流動コンクリート指針等を参考に設定した。トンネル覆工は、大半が無筋構造物であることから自己充填性のランクはランク3、スランプフローの目標値は60±10cmとした。また、背面空洞の発生や圧送時の閉塞を防止するため、ブリーディング試験や加圧ブリーディング試験を実施した。さらに、強度発現性や各種の耐久性も試験した。



図－1 低セメント量の高流動コンクリートの位置づけ

表－1 目標とした品質と試験項目

試験項目	目標とした品質	試験方法
充填高さ(ランク3)	30cm以上	JSCE-F511
スランプフロー	60±10cm	JIS A 1150
空気量	4.5±1.5%	JIS A 1128
ブリーディング	従来の覆工に対して低減	JIS A 1123
加圧ブリーディング	指針に示される「良好な圧送」の範囲内	JSCE-F502
圧縮強度	・設計基準強度以上 ・従来覆工と同等以上の発現性	JIS A 1108
中性化深さ	従来の覆工に対し同等以下	JIS A 1152 JIS A 1153
凍結融解抵抗性	従来の覆工に対し同等以上	JIS A 1148

3. 高流動コンクリートの配合

室内試験練りにより選定した高流動コンクリートの配合を表－2に示す。単位水量やセメント量の増加を抑制するため、従来覆工と同じ最大寸法 40mm の粗骨材を用いた。なお、特殊増粘剤(主成分：セルロースエーテル)は平均粒径 80μm の微粉末で、使用量は 30g/m³ と少量である。また、高性能 AE 減水剤(ポリカルボン酸系)は市販品である。このため、この高流動コンクリートは、生コン工場で容易に製造できる。

4. 各種品質試験結果

4.1 フレッシュコンクリートの品質

高流動コンクリートのフレッシュ品質の試験結果を表－2中に示す。選定した高流動コンクリートは、目

キーワード 高流動コンクリート, トンネル覆工, 自己充填性, 生産性向上, 特殊増粘剤

連絡先 〒108-8502 東京都港区港南 2-15-2 (株)大林組 土木本部 トンネル技術部 TEL03-5769-1319

表-2 低セメント量の高流動コンクリートの配合

コンクリート 種類	自己充 填性の ランク	目標 スランブ フロー (cm)	粗骨材の 最大寸法 (mm)	W/C (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)							混和剤		フレッシュコンクリートの品質			
						W	C	S		G			減水剤 (C×%)	特殊 増粘剤 (g/m ³)	スランブ フロー (cm)	空気量 (%)	充填 高さ (cm)	ブリー ディング 率(%)
								S1	S2	G1	G2	G3						
従来の覆工 コンクリート	ー	スランブ 15±2.5	40	55.0	48.2	165	300	615	267	287	287	383	HWR 1.0	ー	スランブ 16.5	5.8	17.9	8.8
低セメント量高 流動コンクリート	ランク3	60±10	40	48.5	47.2	165	340	422	427	335	335	287	SP 0.90	30	55.0	5.5	33.1	2.4

C: 普通ポルトランドセメント, S1: 川砂, S2: 砕砂, G1: 砕石1005, G2: 砕石2010, G3: 砕石4020, HWR: AE減水剤(高機能タイプ), SP: 高性能AE減水剤

標とする流動性および自己充填性を満足できていた。
また、スランブフロー試験後の試料を観察したところ、モルタル分と粗骨材との分離やブリーディング水の浮き上がりは認められなかった(写真-1)。

ブリーディングおよび加圧ブリーディング試験結果を図-2に示す。低セメント量の高流動コンクリートのブリーディング率は、従来の覆工コンクリートの1/4程度に低減されており、施工時の材料分離や背面空洞が生じにくいことを確認した。加圧ブリーディングは、従来の覆工コンクリートでは、土木学会のポンプ施工指針に示される良好な圧送が行える範囲から逸脱しており、圧送時の閉塞が生じやすいことが示唆される結果であったのに対し、低セメント量の高流動コンクリートは圧送性に優れた配合であることが確認できた。

4.2 強度発現性と耐久性

圧縮強度試験結果を図-3に示す。低セメント量の高流動コンクリートの若材齢における強度発現性は、従来の覆工コンクリートと同等以上であり、従来の通りのサイクルで覆工作業が行えることを確認した。

耐久性の試験結果を図-4に示す。中性化に対する抵抗性や凍結融解抵抗性とも従来の覆工コンクリートと同等以上であることを確認した。

5. まとめ

トンネル工事の生産性を向上するために、トンネル覆工に低セメント量の高流動コンクリートを適用することを目的として、室内試験により配合の選定と各種の品質試験を行った。得られた知見を以下に示す。

- (1) 特殊増粘剤と市販の高性能AE減水剤の使用により、従来の覆工コンクリートの配合に対し、セメント量をほとんど増加することなく、自己充填性を有する高流動コンクリートが製造できる。
- (2) 低セメント量の高流動コンクリートは、ブリーディングを大幅に低減できるとともに、良好な圧送性を確保できる。また、強度発現性や各種の耐久性は従来の覆工コンクリートと同等以上である。



写真-1 従来覆工(左)と高流動コン(右)の外観

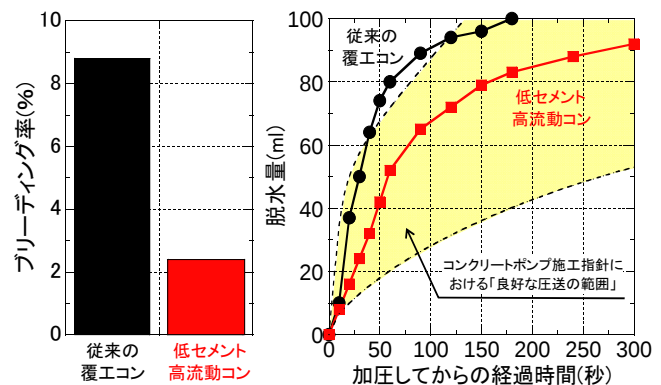


図-2 ブリーディング、加圧ブリーディング試験結果

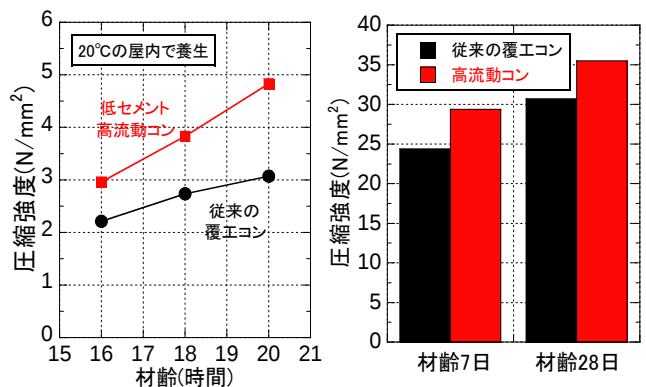


図-3 圧縮強度試験結果(左: 若材齢, 右: 通常材齢)

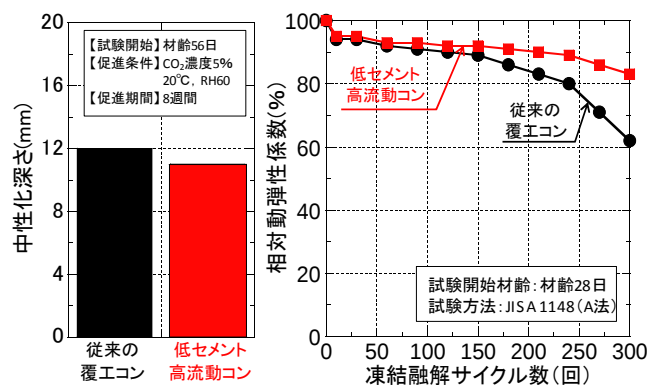


図-4 耐久性(中性化, 凍結融解)の試験結果