

増粘剤系中流動コンクリートによるトンネル覆工の施工

国土交通省 八代河川国道事務所 諏訪 蘭 和彦 (株)大林組 正会員 ○宮本 賢浩
(株)大林組 正会員 泉水 大輔 (株)大林組 正会員 桜井 邦昭

1. はじめに

トンネル覆工の品質向上および施工性改善の観点から、補助的な振動締固めにより充填が可能なレベルまで流動性を高めた中流動コンクリートを適用する事例が増加している¹⁾。中流動コンクリートの高い流動性に見合った材料分離抵抗性を確保する方法としては、これまで、単位粉体量を増加する方法（粉体系中流動コンクリート）が用いられていた。

しかしながら、粉体増量材として単位セメント量を増加すると温度ひび割れの発生リスクが高まり、フライアッシュなどの混和材を用いる場合には専用サイロが必要になる課題もあった。そこで、中流動コンクリートの適用拡大を図る一方法として、増粘型高性能 AE 減水剤を用いることで、従来の覆工コンクリートに比べ単位セメント量を増加することなく充填性を高めた増粘剤系中流動コンクリートを南九州西回り自動車道の津奈木トンネル（仮称）全線に初適用した²⁾。各種コンクリートの材料構成割合の概念図を図 1 に示す。

本稿では、増粘剤系中流動コンクリートの室内試験における配合選定結果、実施工における製造・施工管理方法、およびトンネル覆工の仕上りに関する検証結果等について報告する。

2. 増粘剤系中流動コンクリートの配合選定

施工に先立ち試験練りを行い、コンクリート配合を選定した（表 1）。本工事では、支保パターンごとに 2 種類の増粘剤系中流動コンクリートを用いている。試験練りでは、上記に加え、比較のため従来の覆工コンクリートおよび粉体系中流動コンクリートも検討した。

増粘剤系中流動コンクリートは、増粘型高性能 AE 減水剤を用いることで、粉体系中流動コンクリートに比べ単位セメント量を最大で約 60kg/m³ 低減できた。

試験練りにより得られた配合を用いて 3 次元 FEM モデルによる温度応力解析を行った。増粘剤系中流動コンクリートは、単位セメント量の低減効果により、粉体系のそれに比べ、ひび割れ指数が 0.15 程度増加できており、温度ひび割れ発生リスクの低減の観点からも効果的であることを確認した（図 2）。

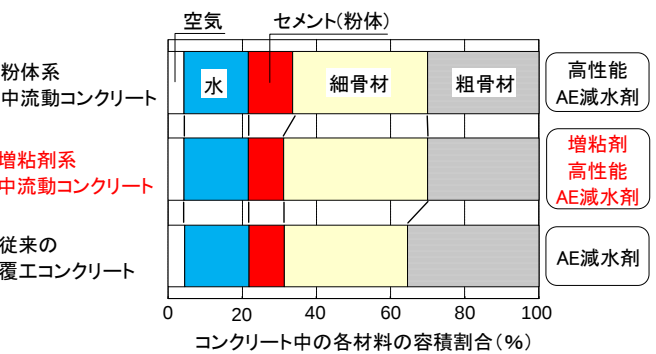


図 1 各種コンクリートの材料構成割合の概念図

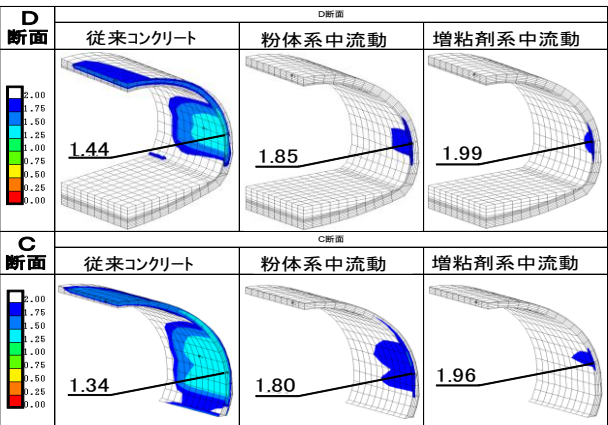


図 2 温度応力解析結果（最小ひび割れ指数分布図）

表 1 コンクリートの配合およびフレッシュコンクリートの品質試験結果

コンクリートの種類	粗骨材の最大寸法 (mm)	目標スランプフロー (cm)	目標空気量 (%)	水結合材比 W/B (%)	細骨材率 s/a (%)	単位粗骨材絶対容積 (m³/m³)	単位量(kg/m³)					非鋼繊維 (kg/m³)	混和剤 (B×%)	フレッシュコンクリートの品質試験結果					
							W	B		S1	S2			G	スランプフロー(cm)			空気量 (%)	U形充填高さ (mm)
								C	EX						加振前	加振後	変形量		
従来の覆工	20	スランプ15cm	4.5±1.5	53.7	48.1	0.35	175	326	0	334	502	919	—	0.25(WR)	スランプ15.0			4.5	
粉体系中流動		35～50		46.8	52.8	0.31	175	354	20	368	545	819	2.73(PP1)	0.95(SP)	43.5	55.5	12.0	4.6	30.3
増粘剤系中流動 (支保パターンD)				51.5	53.6	0.31	175	320	20	373	554	819	2.73(PP1)	1.05(VA)	46.0	55.0	9.0	5.1	33.0
増粘剤系中流動 (支保パターンC)				54.7	54.1	0.31	175	300	20	381	564	819	0.91(PP2)	1.05(VA)	46.0	56.0	10.0	4.8	32.1

キーワード 中流動コンクリート，トンネル，覆工，増粘型高性能 AE 減水剤

連絡先 〒108-8502 東京都港区港南 2-15-2 品川インターシティ B 棟 TEL 03-5769-1319

3. 増粘剤系中流動コンクリートを用いた施工の概要

(1) コンクリートの製造および品質管理

増粘剤系中流動コンクリートは、粉体系のそれに比べ単位セメント量が少ないため、細骨材中に含まれる水分量の変動に伴い単位水量が変動すると、コンクリートの品質変動が大きくなる場合も想定された。

そこで、コンクリート製造時の表面水率の測定頻度を増やすとともに、出荷時および荷卸し時のコンクリートの品質変化を定期的に測定するなどの対策を講じることで、コンクリートの品質変動の抑制に努めた。その結果、図2に示すように、ばらつきの小さい均質な圧縮強度を有するコンクリートが製造できている。

(2) 施工管理

中流動コンクリートは流動性が高く、セントルに作用する側圧の増加が予測された。そこで、施工実績¹⁾に基づきセントル側部の耐力を増強し、打上り高さを1.5m/h以下で管理した。また、セントル側部に圧力計を設置し、施工時の側圧上昇を継続的に監視した。

一方、天端部の充填性を確認するためセントル天端部にも圧力計を設置した。圧力測定結果の一例を図3に示す。従来のコンクリートを用いた場合には、コンクリートが流動し難いため、吹上げ口およびスパン中央部の圧力が大きくなる現象が認められる場合もあるが²⁾、増粘剤系中流動コンクリートを用いた場合、天端部各所に作用する圧力値はほぼ均等であり、セントル全体にわたりコンクリートが均質に流動し充填していることを確認した。写真1からも、天端部において増粘剤系中流動コンクリートが一様に流動していることが確認できる。

4. トンネル覆工の仕上り状況

増粘剤系中流動コンクリートを用いたトンネル覆工の仕上り状況を写真2に示す。従来の覆工コンクリートで生じるような天端付近での縞模様は生じておらず、美観性が向上できている。

覆工各部位の圧縮強度をテストハンマーにより、透気係数(緻密性)をトレント法により測定した。その結果、トンネル側壁部および天端部とも、コンクリートの打込み箇所と流動先端部での推定圧縮強度の差異は1N/mm²以下、透気係数の差異は0.5×10⁻¹⁶m²以下と小さい結果が得られた。増粘剤系中流動コンクリートを用いることで、均質性に優れたトンネル覆工が構築できることが確認できた。

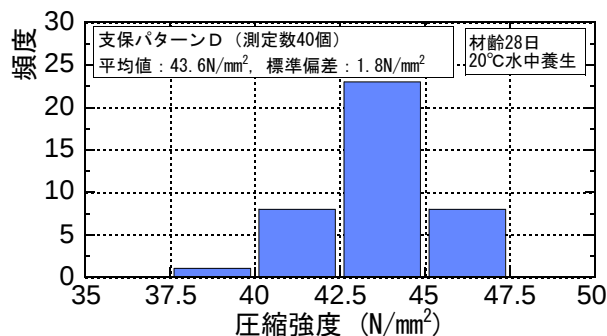


図2 コンクリートの圧縮強度測定結果

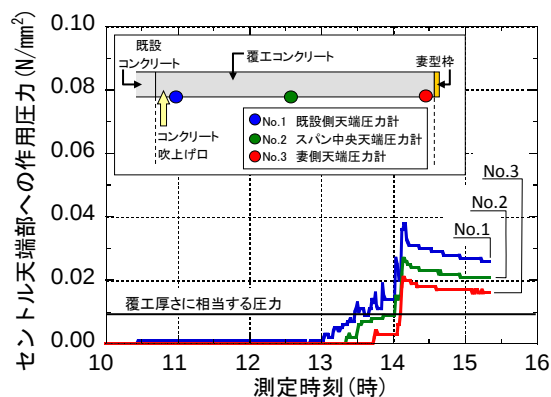


図3 天端部圧力測定結果の一例



写真1 天端部におけるコンクリートの流動状況



写真2 覆工の仕上り状況

参考文献

- 1) 中間祥二他; 中流動コンクリートを用いたトンネル覆工の施工-北海道横断自動車道久留喜トンネル-, コンクリート工学, Vol.48, No. 6, pp.25-30, 2010.6
- 2) 諏訪蘭和彦他; 増粘剤系中流動コンクリートを用いたトンネル覆工の施工-南九州西回り自動車道津奈木トンネル(仮称)-, コンクリート工学, Vol.50, No. 4, pp.366-371, 2012.4