

トンネル覆工高流動コンクリートの施工前実験の評価

大成建設(株) 正会員 ○新津 祐樹 八木 直人 鶴澤 哲史
大成建設(株)技術センター 正会員 松元 淳一 橋本 貴之

1. はじめに

山岳トンネル工法(NATM)が採用されたトンネル工事において¹⁾, 施工条件により地上からアジテータ車によりコンクリートを運搬して直接供給できないことから, コンクリートの供給方法として配管による圧送が必要となった. そこで, 所定の時間, 流動性を保持する高流動コンクリートの配合を選定し, 試験圧送, 模擬部材施工実験を行い, 実施工に適切な配合であるかの評価を行った. 本稿は各試験における評価結果を示したものである.

2. 高流動コンクリートの配合選定

本工事に適用する高流動コンクリートの配合の選定に際し, 本構造物の鉄筋のあきは 58mm と小さいことから, 自己充填性のレベルは, 土木学会「高流動コンクリートの設計施工指針」に準じてランク 1 とした. 高流動コンクリートの種別は, 強度発現のための最低限のセメント量とし, 流動性に必要な粉体はセメントの他に石灰石微粉末を用いる, いわゆる「粉体系」とした. なお, プラントから荷下し地点までの運搬時間は 15 分程度であるが, 圧送による流動性のロスや不測の事態を考慮し, 少なくともコンクリート標準示方書 [施工編] に示されている, 製造から 120 分までは所定の流動性を保持することを目標とした.

表-1 および表-2 に最終的な実機ミキサにより練混ぜを行った高流動コンクリートの使用材料および決定配合を示す. セメントは温度応力ひび割れ低減のために低熱ポルトランドセメントとし, 流動性や粘性確保のための粉体として石灰石微粉末 (密度:2.68g/m³) を用いた. 細骨材は砕砂と海砂の 2 種類とし, その比率は容積比で 6 : 4 とした. 粗骨材も同様に砕石 2015 と 1015 を 6 : 4 で混合した. 配合の決定に際し, 粉体量の調整, 骨材容積比率の調整, および高性能 AE 減水剤の相性などの検討を経て, 製造から 120 分間は自己充填性ランク 1 に相当するスランプフロー700±50mm の流動性を確保する配合を選定した.

3. 実配管圧送試験

図-1 に圧送試験の配管配置を示す. また表-3 には, 圧送試験条件を示した. 配管長が最も長くなる躯体を対象として検討を行った. 試験手順は先行モルタルを圧送後, 上記配合のコンクリートを地上に設置した定置式ポンプを用いて 110m (地上水平 18m, 鉛直 24m, 地下水平 68m) 5B 管にて圧送した. また, 所定の箇所に圧力計を設置し, 圧力損失 (K 値) を求め, 適切なポンプ機器の設定であったかの確認を行った.

キーワード 高流動コンクリート, 圧送性, 充填性, 流動性, スランプフロー保持性

連絡先 〒245-0051 神奈川県横浜市戸塚区名瀬町 344-1 大成建設(株)技術センター TEL045-814-7228

表-1 使用材料

材料	使用材料/産地
セメント	低熱ポルトランドセメント 密度 : 3.24g/cm ³
石灰石微粉末	密度 : 2.68g/cm ³
砕砂	密度 : 2.85g/cm ³
海砂	密度 : 2.61g/cm ³
砕石2015	密度 : 2.87g/cm ³
砕石1015	密度 : 2.87g/cm ³
混和剤	高性能AE減水剤標準形 ポリカルボン酸系

表-2 配合

W/P (%)	単位量 (kg/m ³)							
	W	C	LS	S1	S2	G1	G2	SP
30.2	175	446	133	535	326	482	321	1.35%

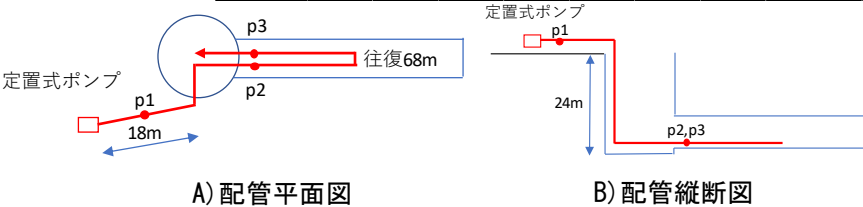


図-1 圧送試験時の配管配置の状況

表-3 圧送試験の条件

要因	水準
コンクリート配合強度	40N/mm ²
配管サイズ	5B
配管長	地表水平 : 18m, 鉛直 : 24m, 地下水平68m
圧送速度	25m ³ /h
圧送試験開始時期	製造完了から60分経過後

図-2 に高流動コンクリートの圧送前後のスランプフローの経時変化を示す。なお、圧送開始のタイミングはプラント製造から 60 分経過したものとし、圧送速度は実施工における最大速度の $25\text{m}^3/\text{h}$ とした。この結果、実際に筒先で圧送したコンクリートを採取した経時 90 分後のスランプフローのロスは小さいことが分かる。今回の実験の範囲内では、製造から 90 分以内に打ち込む必要があると評価された。充填性の指標である U 型充填高さは、圧送前後いずれも 350mm であり良好であった。ポンプの選定については、圧力損失等の測定の結果、本実験で使用したポンプは適切であると評価された。

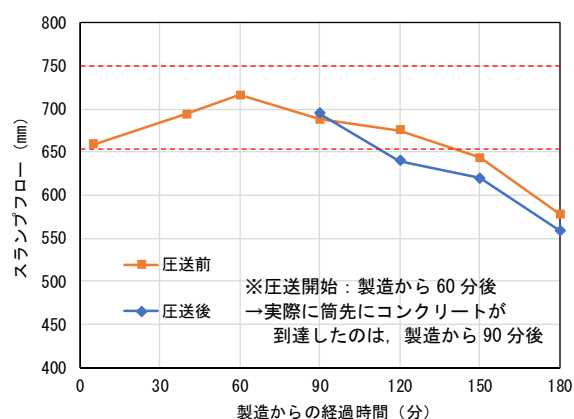


図-2 スランプフローの圧送前後の経時変化

4. 実物充填性試験

図-3 に実物充填性実験試験体の縦断配置を示す。部材サイズは断面 $2\text{m} \times$ 高さ $1\text{m} \times$ 長さ 9m である。打ち込みに使用したコンクリートは上述の高流動コンクリートで 15m 圧送させたものとした。トンネル施工に合わせて、打ち込み箇所には 5B サイズの吹上孔を下面に設け、打ち込み速度を $25\text{m}^3/\text{h}$ とし、片押しにて打ち込んだ。評価としては、コンクリート吹上孔側の部材端部からの所定の距離 (2.62m , 4.12m , 5.60m , および 7.30m) 離れた箇所を切断して、コンクリートの充填状況および骨材分布状況を目視にて観察した。また併せて、コンクリート吹上孔および吹上孔から最も離れた箇所のそれぞれにてコンクリートコアを採取し、圧縮強度試験を供した。

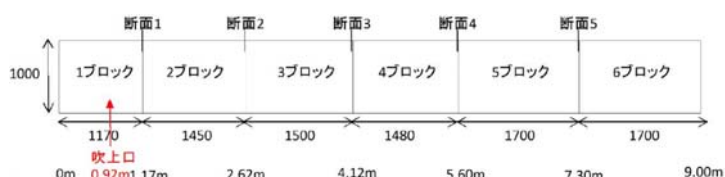


図-3 実物充填性実験試験体の縦断配置

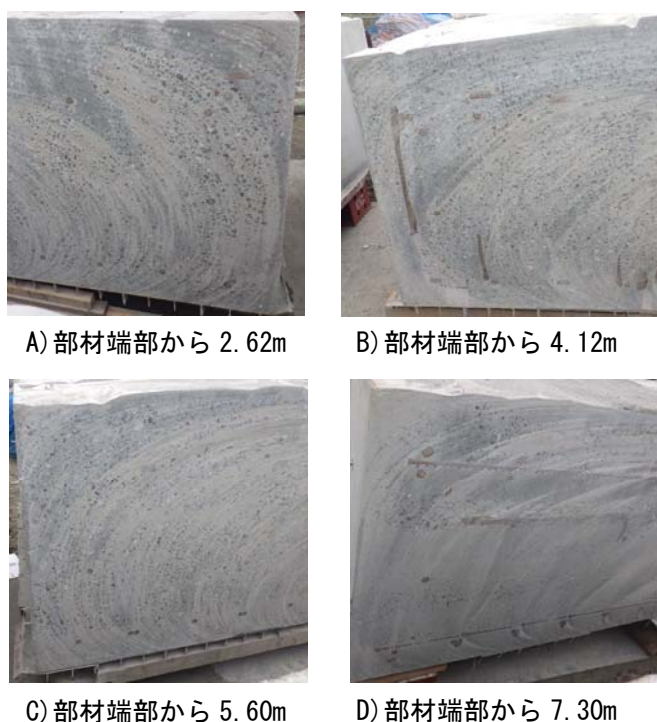


写真-1 コンクリート切断状況

写真-1 に吹上孔側の部材端部から所定の距離離れたコンクリートの切断面を示す。コンクリートの充填は、本実験の範囲内で最長となる 7.3m でも良好であり、骨材が十分に存在していることが分かる。また、 9.0m 地点の棲枠面においても充填不良等が認められなかった。以上の結果より、本工事の施工における高流動コンクリートの流動距離は 9.0m 以下として、施工計画を立案することとした。また、コア供試体の圧縮強度として投入孔付近は $50.8\text{N}/\text{mm}^2$ であった。一方、最長に離れた箇所の圧縮強度は $54.5\text{N}/\text{mm}^2$ とほぼ同程度であり、高流動コンクリートの流動が圧縮強度に及ぼす影響はないことが分かる。

時間に伴う流動性の変化、圧送性および充填性の試験により評価を行った結果、本工事の施工条件に適合した高流動コンクリートの配合を選定し、その配合で施工ならびに施工管理を行うことができた。実施工においては、打ち込み時にアジテート車の待機等による運搬ロスに伴う充填不良等の発生や配管内での圧送ロスに伴う閉塞等はなく、高品質のコンクリート構造物が施工できた。

参考文献

- 1) 新津祐樹ほか：遅延剤によりスランプ保持時間を調整した吹付けコンクリートの施工実験，土木学会年次講演会講演概要集，VI-046，2016.9