

中流動コンクリートによる超長距離圧送を適用したシールドトンネル二次覆工の構築

～中央浅田幹線外 1 線管きょ築造工事（第 1 工区）～

鹿島建設(株) 正会員 ○和田 信博 石橋 靖亨 渡邊 有寿 柳井 修司

浜松市上下水道部下水道工事課 伊代田 祥仁

1. はじめに

中央浅田幹線外 1 線管きょ築造工事は、合流式下水道の改善を目的にしたシールドトンネルを構築するものであり、約 1,600m のインバートコンクリートと背割り形式の二次覆工コンクリートを構築する（図－1）。今回、工程を確保するために約 1,000m に及ぶ二次覆工コンクリートを毎日打ち込むことが求められ（施工区間 9m/日）、中流動コンクリートによる超長距離ポンプ施工を行った。本報では、施工に向けた各種検討と施工実績について報告する。

2. 検討概要

（1）施工計画の変更

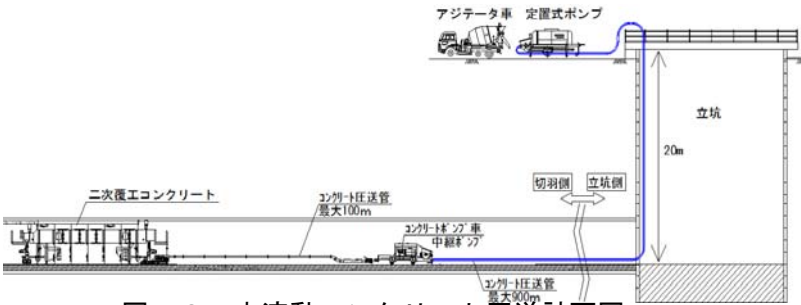
当初計画は発進立坑に定置式ポンプを設置し、立坑直下から 1,013m 地点まで全線を軌道牽引式のアジテータで往来して毎日打ち込む計画であった。しかし、工程短縮のために 1 日の施工ブロック長を当初施工の 6m（18m³/日）から 9m（28m³/日）に延長すると、同工法では 2 日に 1 度の打込みサイクルとなり、大幅な工期超過が懸念された。また、運搬と待機時間によるコールドジョイントやスランプロスによる充填不足など品質の低下も懸念された。そこで、0～約 1,000m 区間を工程短縮が見込める超長距離ポンプ施工に変更した。

（2）圧送計画

中流動コンクリートの圧送計画を図－2 に示す。立坑上に定置式ポンプ（最大理論吐出圧力 10.6MPa）を配置し、実長 830m（水平換算距離 897m）を 5 インチの輸送管にて運搬し、残り 100m を定置式の中継ポンプ



図－1 工事ルート



図－2 中流動コンクリート圧送計画図

で圧送する計画とした。また、設定吐出量は 20m³/h とした（1 時間当たり 1.0km 移動速度に相当）。

（3）配合の選定

事前の室内試験練りにて選定した配合を表－1 に示す。500m を超える長距離圧送の実績¹⁾ では、単位水量を 180～190kg/m³ とする例が多いが、本工事では、耐久性確保の観点から、コンクリート標準示方書の上限（標準）である 175kg/m³ 以下とした。同種工事において、石灰石微粉末で単位粉体量（材料分離抵抗性）を確保して 1,300m 超の長距離圧送を達成した実績があるが²⁾、本工事では市中プラント設備の制約が極力少な

表－1 コンクリートの配合（長距離圧送用に選定）

種別	スランプ スランプ フロー (設計)	水セメント比 W/C (%)	空気量 (%)	細骨材率 s/a (%)	単位量 (kg/m ³)				高性能 AE 減水 剤
					水 W	普通セメント C	細骨材 S	粗骨材 G	
JIS 配合 (当初計画)	21.0cm	54.6	4.5	48.0	176	322	852	933	2.25
中流動 コンクリート	55.0cm	46.5	4.5	50.0	172	370	872	882	3.52 (増粘剤 一液型)

キーワード シールドトンネル，超長距離圧送，中流動コンクリート

連絡先 〒231-0011 神奈川県横浜市中区太田町 4 丁目 51 番地 鹿島建設(株)土木部 TEL.045-641-8882

くなるよう、増粘剤を添加した一液型の高性能 AE 減水剤（以下、一液型混和剤と称す）で中流動コンクリートを製造することとした。なお、長距離圧送に伴う圧送負荷、圧送や時間経過に伴う流動性の低下を考慮して、荷卸し時のスランプフローの目標値を $55 \pm 7.5 \text{ cm}$ に設定した。また、毎日の打込み・脱型工程を確保するために、打込み完了から 15 時間後には脱型に必要な圧縮強度 0.9 N/mm^2 以上（骨組計算より設定）を確保できることを目標性能とした。試験練りの結果を表-2 に示す。一液型混和剤の使用により、所定の流動性と材料分離抵抗性のある中流動コンクリートが製造できるとともに、シールド坑内と同じ 20°C 環境下にて、材齢 15 時間で脱型強度を満足することを確認した。

3. 施工実績

(1) インバート部

二次覆工の施工に先立ち、インバート部を中流動コンクリートにて施工した（実長 750m、水平換算距離 830m）。荷卸し時と打込み時（筒先）におけるスランプフロー試験による管理の一例を写真-1 および図-3 に示す。この結果より、圧送および経過時間に伴うスランプフローの低下が約 20cm と大きくなった。インバート部では施工上の問題とはならないが、二次覆工の背割り部を良好に充填させるためには、当初計画の配合（スランプ 21cm）と同等以上の施工性となるよう、配合の改善が必要と判断された。

(2) 二次覆工

二次覆工では、インバート部の施工結果を反映し、一液型混和剤の添加量を調整し、荷卸し時のスランプフローの目標値を、上限側の 60cm 程度とすることで、筒先において良好な流動性を確保することができた。その結果、二次覆工と鉄筋を配置する背割り部を細部まで確実に充填することができた（写真-2）。また、1 日の施工ブロック長を 9m ($28 \text{ m}^3/\text{日}$) に延長しても、打込み時間が短縮できたことで翌日の脱型に必要な養生時間 15 時間を確保でき、毎日打ち込むサイクルを確保することが可能となった。ここで、圧送速度 $20 \text{ m}^3/\text{h}$ における立坑上の定置式ポンプの負荷値は最大 7.8 MPa とポンプの能力（最大理論吐出圧力 10.6 MPa ）に対して約 74% 程度であり、トラブルなく計画通りに施工できた。

4. まとめ

増粘剤を添加した一液型の高性能 AE 減水剤を用い

表-2 コンクリートの目標性能および試験結果

項目	目標値	試験練り結果
荷卸し時のスランプフロー (cm)	55.0 ± 7.5	56.0×56.0
28 日圧縮強度 (N/mm^2)	24(設計)	45.1
15 時間後の強度 (N/mm^2)	0.9 以上	1.1
単位水量 (kg/m^3)	175 以下	172

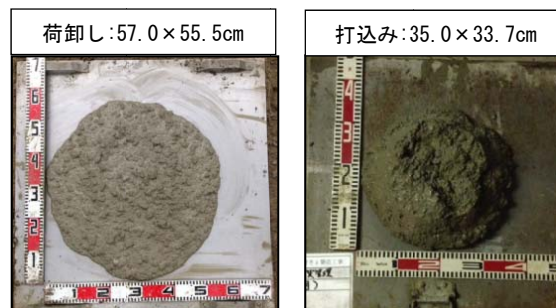


写真-1 スランプフロー（荷卸し時、打込み時）

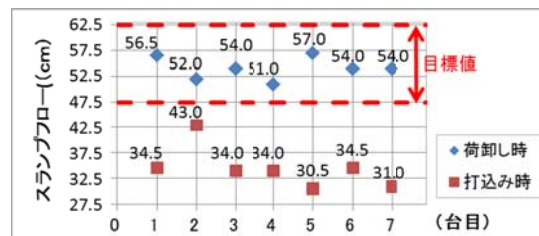


図-3 スランプフロー管理結果（インバート）



写真-2 二次覆工構築完了全景

た中流動コンクリートにより、1,000m クラスの超長距離圧送を実現し、かつ打込み時間の短縮による翌日までの脱型時強度を確保させた。その結果、当初工程から約 4 か月間短縮することができ、無事に工期内の竣工を迎えることができた。

5. おわりに

近年の多種多様な施工条件や工期短縮が望まれる中、高度な施工方法を要求されてきている。本報が、同種工事における課題解決の一助になれば幸いである。

参考文献

- 1) 土木学会：コンクリートのポンプ施工指針[2012 年版]、コンクリートライブラリー135
- 2) 渡邊ら：1,500m 級の超長距離圧送性に向けたコンクリートの実験的検討と施工実績、土木学会第 67 回年次学術講演会、2011.9