

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

鹿島建設(株)技術研究所 正会員 ○渡邊 有寿  
鹿島建設(株)横浜支店 正会員 中園 直志  
鹿島建設(株)関西支店 正会員 江頭 正之

横浜市環境創造局下水道建設事務所(北部) 柿崎 智  
横浜市環境創造局下水道建設事務所(北部) 森井 啓之  
鹿島建設(株)技術研究所 正会員 柳井 修司

1. はじめに

港北処理区新羽末広幹線（太尾・駒岡区間）第二工区は、横浜市の一級河川鶴見川流域の浸水被害を解消することを目的とした雨水幹線であり、全長3,300mのシールドトンネルで構築されている（図－1）。本工事では、シールドトンネルの内部に約6,000m<sup>3</sup>のインバートコンクリートを9ヶ月という短期間で施工するために、国内最長クラスの1,650mの超長距離ポンプ圧送を行うことが求められた。本報では、超長距離圧送性を有するコンクリートの実工事へ向けた検討と施工実績について報告する。

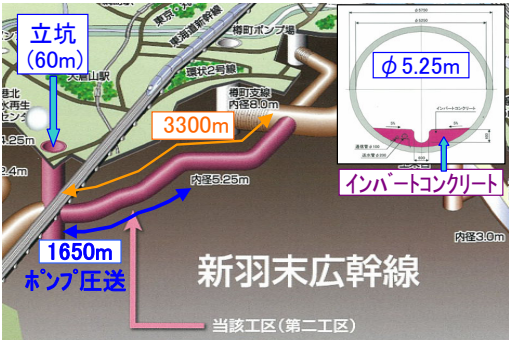
2. 事前検討

（1）目標性能の設定

本工事では、当初は発進立坑に圧送ポンプを定置し、立坑直下（0m地点）から打設箇所（3,300m地点）の全線をスクリークリート（軌道牽引式のアジテータ車）で運搬・打設する計画であった。しかし、この方法では1日の施工数量が20m<sup>3</sup>程度しか確保できず、大幅な工期超過が懸念された。そこで、0～1,650m区間は工程短縮が見込めるポンプ圧送によってコンクリートを打設する計画に変更した。

コンクリートの目標性能を表－1に示す。本工事では、打設箇所での施工性から定まる最小スランブを8cmと設定した。ただし、圧送負荷やスランブの変化が不明であったため、過去の同種工事<sup>1)</sup>を参考に、受入れ時のスランブを23cmとした。この他、施工サイクル確保の観点から、打設の翌日にはコンクリート上を歩行し脱型作業ができるように、19時間後の圧縮強度を2.0N/mm<sup>2</sup>と設定した。

（2）配合の選定



図－1 工事概要

表－1 コンクリートの目標性能および室内試験結果

| 項目                           | 目標値      | 室内試験結果 |
|------------------------------|----------|--------|
| 受入れ時のスランブ(cm)                | 23.0±2.0 | 23.0   |
| 設計基準強度(N/mm <sup>2</sup> )   | 18       | 36.0   |
| 19時間目標強度(N/mm <sup>2</sup> ) | 2.0      | 4.7    |
| 単位水量(kg/m <sup>3</sup> )     | 175以下    | 175    |
| 凝結終結時間(時間)                   | —        | 10.3   |

事前の室内試験練りにて選定した配合を表－2に示す。500mを超える長距離圧送の実績<sup>1)</sup>では、単位水量を180～190kg/m<sup>3</sup>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值である175kg/m<sup>3</sup>とした。また、圧送中の材料分離を抑制するため、石灰石微粉末を混和して単位粉体量を確保するとともに、スランブの変化が生じてもワーカビリティが確保できる細骨材率を選定した。混和剤は、長距離圧送に要する時間に対するフレッシュコンクリートの性状変化を抑制するために、遅延形の高性能AE減水剤を使用した。空気量は圧送による減少を考慮して5.0%とした。

室内試験結果を表－1に示す。高性能AE減水剤（遅延形）の使用により、スランブの低下は抑制され、また、材齢19時間後には脱型作業時の目標強度も満足することを確認した。次に図－2に加圧ブリーデ

表－2 コンクリートの配合（長距離圧送用に選定）

| 種別        | スランブ<br>(受入れ) | 水セメント比<br>W/C<br>(%) | 空気量<br>(%) | 細骨材率<br>s/a<br>(%) | 単位量(kg/m <sup>3</sup> ) |                       |                  |          |          | AE<br>減水剤 | 高性能<br>AE<br>減水剤 |
|-----------|---------------|----------------------|------------|--------------------|-------------------------|-----------------------|------------------|----------|----------|-----------|------------------|
|           |               |                      |            |                    | 水<br>W                  | 普通ポルト<br>ランドセメント<br>C | 石灰石<br>微粉末<br>LP | 細骨材<br>S | 粗骨材<br>G |           |                  |
| JIS配合(参考) | 21cm          | 58.0                 | 4.5        | 46.4               | 192                     | 331                   | —                | 799      | 953      | 3.31      | —                |
| 圧送配合      | 23cm          | 55.0                 | 5.0        | 50.1               | 175                     | 318                   | 60               | 857      | 879      | —         | 3.18             |

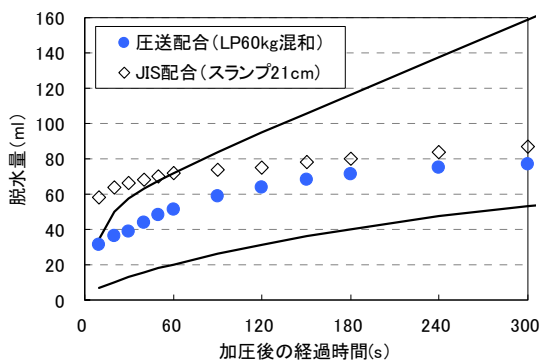


図-2 加圧ブリーディング試験結果



写真-1 ポンプ圧送試験状況

ング試験の結果を示す。選定した配合は、JIS 配合（スランプ 21cm）に比べ加圧初期の脱水量が少なく、配合の工夫により、適切な材料分離抵抗性を付与することができた。

### (3) ポンプ圧送試験

工事に先立ち、写真-1 に示すように輸送管（5B）を配置し（実長：195m、水平換算距離：316.5m）、実施工で使用する定置式ポンプ（最大理論吐出圧力 10.6MPa）で 120 分間循環圧送し、その際のスランプの変化、ポンプ主油圧、および管内圧力を測定した。設定吐出量は実施工を想定して  $20\text{m}^3/\text{h}$  とした（1 時間当たり 1.5km 移動速度に相当）。

図-3 に循環圧送試験におけるスランプの変化を示す。圧送開始 60 分後（圧送距離 1.5km 相当）でスランプは 21.5cm、120 分後で 16.5cm と目標スランプを満足した。約 120 分間、圧送距離で 3km 相当を循環圧送したものの、輸送管の閉塞や圧送負荷の急激な上昇は生じず、非常に安定した圧送が可能であった。なお、この時の水平部の圧力損失は  $0.7 \times 10^{-2}\text{MPa}/\text{m}$  となり、一般的なスランプ 21cm の結果<sup>1)</sup> ( $0.5 \times 10^{-2}\text{MPa}/\text{m}$ ) と比較して約 40% 大きくなった。これは、ポンプ圧送性を確保するために、単位水量を  $175\text{kg}/\text{m}^3$  に抑えつつ単位粉体量を増やしたことにより、一般的なコンクリートよりも粘性が上がったためと推測された。ただし、圧力損失と定置式ポンプの吐出圧力 10.6MPa から算定すると、 $20\text{m}^3/\text{h}$  の圧

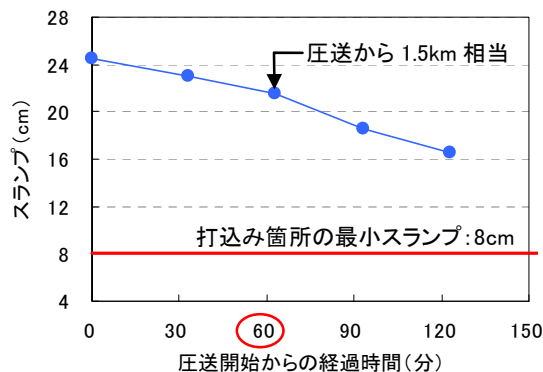


図-3 ポンプ圧送試験におけるスランプの変化

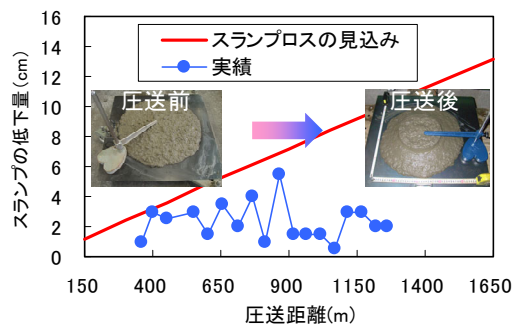


図-4 実施工におけるスランプの低下量  
送量で約 1,500m まで圧送可能となった。

### 3. 実施工

図-4 に実施工におけるスランプの低下量を示す。2011 年 3 月時点で 1,200m までの長距離圧送を完了している。図示するように、圧送に伴うスランプの低下は冬季であることも影響して、事前の見込みを下回っている。なお、実施工では、さらなる対策として、脈動・漏水・吸気の少ない超高压フランジ配管（厚さ 6.6mm、耐圧 12.7MPa）と専用ジョイントを使用している。今後は圧送距離がさらに延長し、その後のスクリークリートによる施工を考慮して、補助的に流動化剤を使用する予定である。

### 4. まとめ

国内最長クラスの超長距離ポンプ圧送を実現するための配合選定とポンプ圧送試験を実施した。石灰石微粉末を用いて十分な粉体量を確保し、かつ遅延形の高性能 AE 減水剤を用いて経時に伴う性状変化を抑制することで、1,000m を超える長距離でも安定して圧送可能であることを確認した。シールドトンネルの長距離化によって、このようなニーズはますます増えてくると思われる。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：コンクリートライブラリー100、コンクリートのポンプ施工指針[平成 12 年版]、2000 年