

中流動コンクリートの長距離圧送によるトンネル覆工コンクリートの施工

大成建設 東北支店

〇 浅井 伸弘

仙台市交通局

森谷 直樹

大成建設 土木技術研究所

正会員 梁 俊

大成建設土木本部 土木技術部

正会員 須藤 敏明

1. はじめに

仙台市地下鉄東西線の青葉通トンネルの覆工コンクリートの施工においては、コンクリート圧送の最長水平換算距離が585mとなる長距離圧送になったため、閉塞が発生する可能性が大きく、材料分離やスランプロスにより、筒先でのコンクリートの品質も大きく変化する恐れがあった。また、青葉通トンネルは、地下水の水圧を想定し覆工部に1 m<sup>3</sup>当たり110 kgの複鉄筋が配置されているが、これも施工の難度を高めていた。本稿では、長距離ポンプ圧送を伴う青葉通トンネルの覆工コンクリートにおいて、コンクリートの材料分離やスランプロスを減少させるために適用した中流動コンクリートの施工結果に関して報告する。

表-1 覆工コンクリートの選定配合および荷卸し時の品質目標

| 配合  | W/C (%) | s/a (%) | 単位量 (kg/m <sup>3</sup> ) |     |     |     | Ad C×% | スランプフロー (cm) | 空気量 (%) | U形充填高さ (cm)   |
|-----|---------|---------|--------------------------|-----|-----|-----|--------|--------------|---------|---------------|
|     |         |         | W                        | C   | S   | G   |        |              |         |               |
| 標準  | 46.8    | 50.0    | 165                      | 352 | 847 | 896 | 1.7    | 50±5.0       | 6±1.5   | ランク 3<br>で 28 |
| 長距離 | 46.8    | 50.0    | 173                      | 370 | 829 | 878 | 1.8    | 60±5.0       |         |               |

2. 使用材料および配合

本工事では、長距離ポンプ圧送に伴う材料分離やスランプロスなど筒先コンクリートの品質確保や施工性確保の対策として、増粘剤一体型の高性能 AE 減水剤を使用した中流動コンクリートを適用した。配合は、東・中・西日本高速道路株式会社のトンネル施工管理要領の規定を参照して選定した<sup>1)</sup>。なお、本工事のような長距離ポンプ圧送による中流動コンクリートの施工実績はほとんどないため、スランプフローの圧送ロスが5cm 以上になった場合に備えてスランプフロー60±5cm の配合（長距離）も、標準配合の他に選定した。長距離圧送の影響を考慮して、空気量は6±1.5%<sup>2)</sup>で管理した。選定した配合を表-1 に、使用材料を表-2 に示す。

表-2 使用材料

| 種類       | 物理的性質など                                                   |
|----------|-----------------------------------------------------------|
| セメント (C) | 普通ポルトランドセメント、密度 3.16g/cm <sup>3</sup>                     |
| 細骨材 (S)  | 宮城県大和町産山砂、表乾密度 2.58g/cm <sup>3</sup> 、吸水率 2.73%、F.M. 2.62 |
| 粗骨材 (G)  | 宮城県登米市産碎石、表乾密度 2.70g/cm <sup>3</sup> 、吸水率 0.69%           |
| 混和剤 (Ad) | 主成分：ポリカルボン酸エーテル系化合物と増粘性高分子化合物の複合体                         |

3. 実験結果及び考察

覆工コンクリートは坑口部路上より最大吐出圧力 10.6MPa の定置式超高压ポンプを使用して圧送した。圧送されたコンクリートは打込み部近傍に設置した定置式ポンプにて仮受けし、再圧送して施工した。コンクリートの吐出量は概ね 20m<sup>3</sup>/hr で施工した。

荷卸し時のスランプフロー測定結果を図-1に示す。赤の点線が荷卸しコンクリートのスランプの許容範囲を示す。本工事の施工において、スランプフロー50cmの配合とスランプフロー60cmの配合により施工が行われたが、図が示す通り、荷卸し検査時には、両方とも管理値の範囲に入っていることが分かる。

筒先で採取したコンクリートのスランプフロー測定結果を図-2に示す。赤の点線は筒先のスランプフローの目標範囲35～50cmの範囲を示す。図が示す通り、筒先のスランプフローは、圧送距離の増加により小さくなるものの、スランプフローはほぼ目標範囲である35～50cmの範囲に収められている。

キーワード：中流動コンクリート，増粘剤一体型の高性能 AE 減水剤，長距離圧送

連絡先：〒039-3212 青森県上北郡六ヶ所村尾駁 115-14 大成建設（株）東北支店 日本原燃竜巻防護対策土木工事作業所 TEL045-814-7228

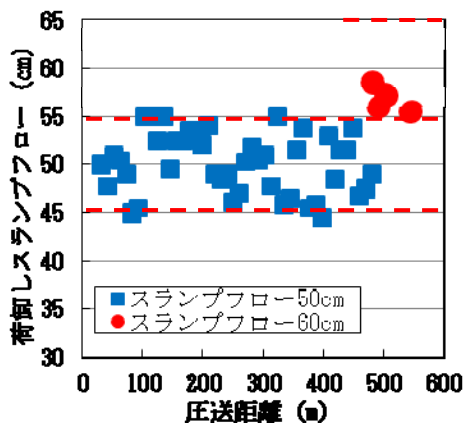


図-1 荷卸し時の  
スランプフロー測定結果

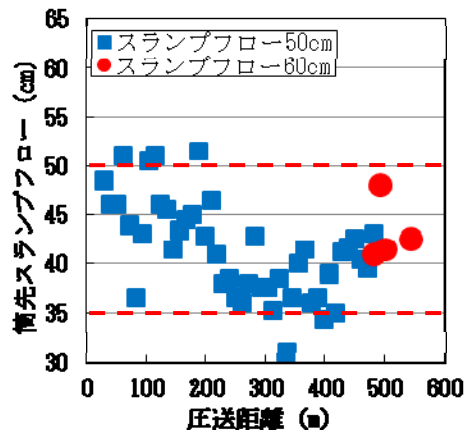


図-2 筒先コンクリートの  
スランプフロー測定結果

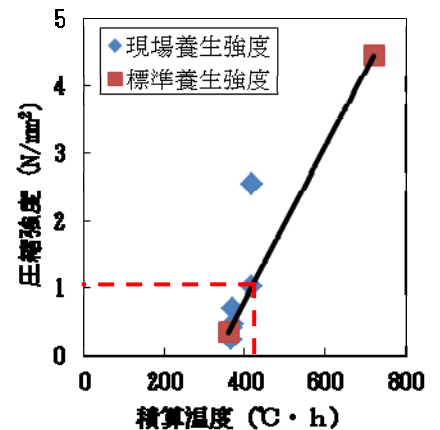


図-3 コンクリートの初期強度と  
積算温度の関係



図-4 脱型後の覆工面

本工事のコンクリート施工において、最初はスランプフロー  $50 \pm 5$  cmの配合により施工が行われた。しかし、圧送距離が500 mに近づくと、閉塞が発生したので、500m以後はスランプフロー  $60 \pm 5$  cmの配合に変更して施工を行った。圧送距離に応じて配合修正することで筒先のスランプフローを中流動コンクリートの範囲に確保することができ、充填状況も良好であった。

本工事の施工において、圧送距離が200, 400, 550mに達した時に、圧送後の試料を採取し、コンクリートの圧縮強度を測定した。その結果を実験室で標準養生した試験体の強度と比較し、工程確保上必要とされた材齢14時間での脱型の可能性を確認した。なお、試験体は坑内で養生した。測定結果をコンクリートの積算温度と圧縮強度の関係にまとめた図を、図-3に示す。図の点線により示されるように、標準養生したコンクリートの14時間積算温度は  $420^\circ\text{C} \cdot \text{h}$  で強度は  $1.03 \text{ N/mm}^2$  であるため、所要の脱型強度  $0.7 \text{ N/mm}^2$  より大きい。また、現場養生したコンクリートの強度も、実験室で標準養生した強度とほぼ同じ近似曲線に乗っていることがわかる。

セントル両側はシートによって外部の空気と遮断されているため、坑内の気温は常に  $11^\circ\text{C}$  程度、脱型前のセントル表面の温度は  $35^\circ\text{C}$  であった。コンクリートの打込み温度を冬季打設のため約  $10^\circ\text{C}$  であると考えても、14時間の積算温度は  $455^\circ\text{C} \cdot \text{h}$  で強度は  $1.43 \text{ N/mm}^2$  であると推測される。したがって、増粘剤一体型高性能AE減水剤を用いたフロー仕様の中流動コンクリートにおいては、所要の脱型強度発現性は十分であった。図-4に脱型後の覆工面を示す。表面の色むらが少なく一様な仕上がりとなっている。現在、施工完了してから1年ほど経過しているが、覆工表面にクラックは皆無状態で良い状態を保っている。

#### 4. まとめ

増粘剤一体型高性能AE減水剤を使用した中流動コンクリートをトンネル覆工コンクリートに適用することで最長水平換算距離が585m程度の長距離ポンプ圧送を実現できること、所要の強度発現性が確保できることが確認され、良好な施工結果が得られた。

#### 参考文献

- 1) 東・中・西日本高速道路株式会社：トンネル施工管理要領（中流動覆工コンクリート編），pp. 3-9，2012. 7
- 2) 土木学会：コンクリートライブラリー135，コンクリートのポンプ施工指針 2012 年版，p. 66，2012. 6