

# VI-138 急硬性高流動コンクリートを用いた全周型枠式NTLの試験施工

(株)大林組(株)福田組山王トキ共同企業体 正会員 安田 敏夫  
 (株)大林組 土木技術第五部 正会員 佐波弘一朗  
 (株)大林組 土木技術第五部 正会員 青木 茂  
 (株)福田組 建設本部 技術部 樋浦 雅行  
 日本道路公団 糸魚川工事事務所 細川 裕

## 1. はじめに

近年のトンネル施工においては、効率化、急速化、大断面化、安全で良好な作業環境等が必要とされており、これを背景とした機械化施工システムの開発が求められている。通常のNATMトンネルで施工する吹付コンクリートは、早期に地山を支承することが可能であるが、吹付材の跳ね返りロスが大きく、粉じんの発生による作業環境の悪化が難点であった。これらの問題を解決する方法として、全周型枠への高流動コンクリートの適用が考えられる。本報告は、施工時間に若干余裕のある二次吹付コンクリートの代用として、吹付厚さ(10cm)の空間に高流動コンクリートを打設する全周型枠式NTL(New Tunnel Lining)工法の、実規模モデルを用いた試験施工についてのものである。

## 2. 実験概要

### 2.1 対象構造物

本実験の対象構造物は、内径5.5m、一回のコンクリート打設延長6m、巻厚10cmの吹付コンクリートに替わるアーチ型無筋覆工コンクリートである。

### 2.2 実験モデル

本実験で使用したモデルを、図-1、図-2に示す。ここでは、モデルを頂部と側部の2つに分けることとし、別々に試験を行った。頂部モデルの延長は実対象構造物の打設口間隔の3mとした。下側の型枠にはスチールフォームを用いてジャッキダウン可能とし、上側には透明型枠を用いて充填状況を確認できるようにした。側部は延長を6mとし、前面には透明型枠を用いて充填状況を確認できるようにした。充填厚さは、各モデルとも実際の地山吹付面の凹凸を考慮し7cmとした。

### 2.3 コンクリートの品質基準

今回使用したコンクリートの脱型時強度は $1\text{ N/mm}^2$ 以上、28日強度は $18\text{ N/mm}^2$ 以上である。なお、脱型時間は施工サイクルの都合上、標準型を15時間、高速施工時対応型を2時間、中間型を8時間とする3つのケースを想定して切羽の掘進速度に対応することとした。

### 2.4 コンクリートの配合

コンクリートの使用材料を表-1に、配合を表-2に示す。これらの配合は、事前に室内配合試験を行い、品質基準を満たす組合せを選定した。その結果として、各品質基準別の圧縮強度を図-3に示す。今回の場合、締固めが困難な極めて薄い空間への充填性と、6m程度の流動性を確保する必要がある為、

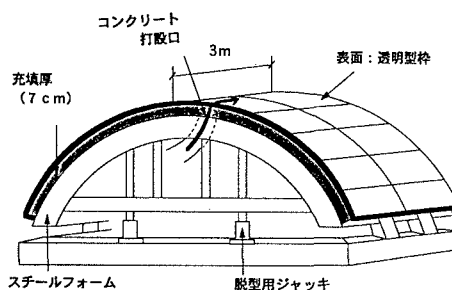


図-1 頂部モデル

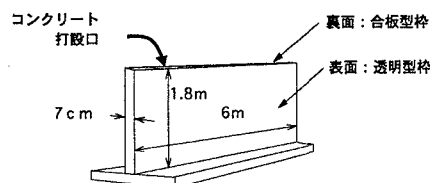


図-2 側部モデル

表-1 使用材料

| 区分   | 種類           | 物性・主成分等           |
|------|--------------|-------------------|
| セメント | 普通ポルトランドセメント | 比重3.16            |
| 細骨材  | 砕砂(青海産石灰石)   | 比重2.65, FM2.6~3.1 |
| 粗骨材  | 砕石(青海産石灰石)   | 比重2.66, Gmax15mm  |
| 石粉   | 石灰石微粉末       | 比重2.70            |
| 混和剤  | 高性能AE減水剤     | ポリカルボン酸塩系         |
|      | 凝結調整剤(膨潤剤)   | 炭酸アルカリ塩           |
| 混和材  | 急結材          | 7%硝酸7%ナリ塩         |
|      | 急硬材          | カルシウム7%ミネート系      |

キーワード: 高流動コンクリート, NTL, 二次吹付コンクリート, 急硬性コンクリート, 石灰石微粉末  
 連絡先: 東京都文京区本郷2-2-9 大林組土木技術本部技術第五部技術課 TEL 03-5689-9012

粗骨材最大寸法を15mmとし、石灰石微粉末を混入した高粉体系の高流動コンクリートとした。15時間脱型タイプは急結材、急硬材を添加しない配合とし、8時間脱型タイプは急硬材と凝結調整剤の組合せで所要の強度を確保することとし、2時間脱型タイプは8時間タイプの組合せに急結材を配管筒先にて添加し、極初期の強度を確保することとした。

### 3. 実験結果と考察

#### 3.1 打設及び充填性状

前述した2つの実験モデルに実際にコンクリートを打設し、打設状況と硬化後の充填性状の確認を行った。打設にあたり、スクイズ式とピストン式の2台コンクリートポンプを用意して、両者の比較を行った。その結果、スクイズ式は脈動が少ない為、筒先で均一な急結材の混入攪拌が行えるが有るが、吐出圧が小さく、実際の打設時に頻繁に閉塞を起こした。従ってピストン式を採用して充填試験を行うこととした。その結果、表-2に示す3配合の打設については、若干の気泡と小さな豆板は認められたが、未充填部分等は無く流動勾配1～6%程度で順調な打設を行うことができた。参考としてスランプ20cmと、スランプフロー50cmの2配合のコンクリートについても試験を行った。その結果、前者は閉塞により型枠内への充填が不可能であった。後者は打設は十分可能であったが、アーチ上面のかなりの部分に豆板が出来た。これは、コンクリートの流動性不足による落下時の空気巻き込みと、モルタル分の不足による粗骨材の分離が原因と考えられる。これより、今回の様な狭隘な空間へのコンクリートの打設は、分離気味とならない程度にスランプフローを大きくとった配合が適していることが確認できた。

#### 3.2 脱型時の強度と自立の確認

筒先で急結材を混入する場合の攪拌状態確認のため、圧縮強度の変動を調査した。調査は若材齢用シュミットハンマーを用い、反発度を測定した。測点は側部モデルの前面にとり、測点数は24点とした。その結果を表-3に示す。これより筒先にて急結材を混入攪拌する場合の強度の変動は、プレーンコンクリート(15時間脱型型)の場合と、ほぼ同等であると推測できる。また、頂部モデルにおいてコンクリートの自立が可能であることを確認するため、下型枠のスチールフォームをジャッキダウンした結果、地山を模擬した上型枠のみで自立することを確認した。なお、急結材の攪拌装置にはNew PLS用のもの<sup>1)</sup>を一部改良して用いた。

#### 4. まとめ

今回の試験施工で、明らかとなったことを列挙する。

- ・高粉体系の高流動コンクリートにより、極めて狭い空間への充填性と水平保持性、6m程度の流動性は確保できる。
- ・部分的欠陥となる豆板を発生させないためには、スランプフローはコンクリートが分離しない範囲で大きくすることが望ましく、今回の条件では67±5cm程度で良好な結果を得た。
- ・配管筒先で高流動コンクリートに急結材を添加した場合、コンクリート圧縮強度の変動は比較的小さい。現在これらの試験施工の結果をもとに、北陸自動車道山王トンネル2期線工事にて全周型枠式N T L工法が施工中である。

【謝辞】本実験を実施するに当たり電気化学工業(株)青海工場セメント・特殊混和材研究所の水島氏に協力を頂いた。ここに記して謝意を表します。

【参考文献】1)寺内ら：急硬性コンクリートを用いたトツ先受け工法の試験施工，土木学会第50回年次学術講演会

表-2 コンクリートの配合

| 品質基準    | スランプフロー<br>(cm) | ベースコンクリートの単位量(kg/m <sup>3</sup> ) |     |     |     |         |     |     | 急結材     |
|---------|-----------------|-----------------------------------|-----|-----|-----|---------|-----|-----|---------|
|         |                 | W                                 | C   | 石粉  | 急硬材 | 凝結調整剤   | S   | G   |         |
| 15時間脱型型 |                 |                                   | 390 |     | —   | —       | 819 |     | Px 1.0% |
| 8時間脱型型  | 67±5            | 185                               |     | 190 | 27  | Cx 1.6% |     | 779 | Px 0.8% |
| 2時間脱型型  |                 |                                   | 363 |     | 27  | Cx 1.3% | 817 |     | Cx 8~9% |

注記) 急硬材:セメントの内割り, P:セメント(急硬材含む)+石粉

表-3 側部モデルの反発度変動調査結果

| 品質基準    | 標準偏差 | 反発度の変動係数(%) |
|---------|------|-------------|
| 15時間脱型型 | 7.32 | 14.9        |
| 2時間脱型型  | 5.73 | 14.9        |

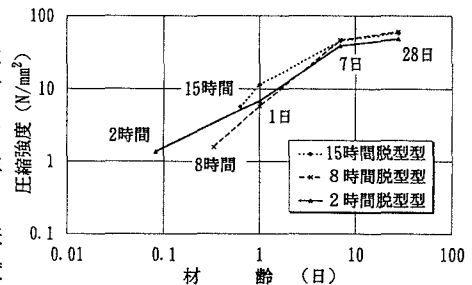


図-3 圧縮強度の比較