

# 小断面 NATM レール工法での施工実績

山下 義典\*  
Yoshinori Yamashita

## 1. はじめに

本工事は設計掘削面積 10.1~10.5 m<sup>2</sup> の導水路トンネル (延長 524.4 m) を NATM レール工法により施工したもので、本稿ではその実績について報告する。

## 2. 工事概要

工事名 森吉発電所新設工事のうち土木本工事  
 発注者 東北電力株式会社  
 工事場所 秋田県北秋田市根森田地内 (図-1 参照)  
 工期 平成 19 年 7 月 9 日~平成 22 年 12 月 22 日  
 工事内容 水圧管路工事 (NATM 工法) L=524.4 m  
 掘削断面積 10.50 m<sup>2</sup> (図-2 参照)  
 水圧管路充填コンクリート (エアモルタル) 2,553 m<sup>3</sup>



図-1 工事場所位置図

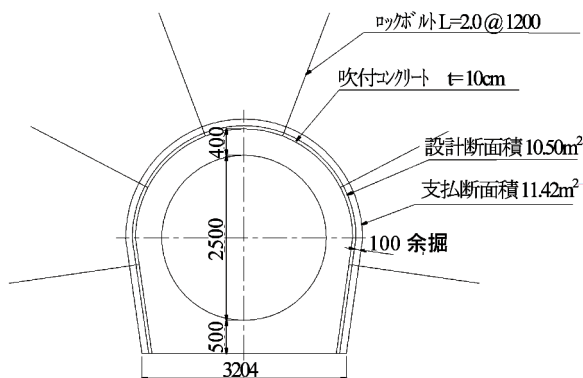


図-2 代表支保パターン図 : Ca タイプ

## 3. 地質概要

工事場所は東北日本グリーンタフ地域に位置しており、地質的には新第三紀の火山岩と堆積岩から構成されている。トンネル掘削の対象となる岩盤は粗粒玄武岩であり、弾性波速度は 4.3 km/s で概ね CH~CM 級の硬岩である。また、土被りは最大で約 85 m である。

## 4. 課題とその工夫

小断面トンネルの施工に際し、以下の課題があった。

### (1) ブリ積込み機の選定

当初計画では施工機械類の入替の効率化を図る目的でレールの複線化を計画し、ブリ積込み機としては比較的小型のシャフローダー KL-7 を採用した。しかし、巾 500 mm のベルトコンベアに載る大きさにまでブリを小割りしなければならぬこと、当初想定したブリ積込み能力を十分に発揮できていないこと等を考慮し、KL-20 (ベルトコンベア巾=620 mm) に変更した。この積込み機を写真-1 に示す。また、表-1、表-2 に各々のブリ積込み機を使用した際の掘削サイクルタイムを示す。

以上、表-3 の掘削施工実績に示す通り、掘削進行は 64.6 m/月から最大 154.8 m/月にまで向上し、工程を確保することができた。



写真-1 シャフローダー KL-20

表-1 シャフローダー KL-7 での掘削 (サイクルタイム : Ca タイプ)

| 工種     | 60 | 120 | 180 | 240 | 300 | 360 | 時間(分) |
|--------|----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|
| 掘削     | 30 |     |     |     |     |     | 30    |
| 移動     | 2  |     |     |     |     |     | 2     |
| 装薬・発破  | 30 |     |     |     |     |     | 30    |
| 移動     | 2  |     |     |     |     |     | 2     |
| ズリ搬出   |    | 220 |     |     |     |     | 220   |
| 移動     |    |     |     |     | 2   |     | 2     |
| 吹付け    |    |     |     |     | 30  |     | 30    |
| 移動     |    |     |     |     | 2   |     | 2     |
| ロックボルト |    |     |     |     |     | 30  | 30    |
| 移動     |    |     |     |     | 2   |     | 2     |
| レール設置  |    |     |     |     |     | 30  | 30    |
| 計      |    |     |     |     |     |     | 380   |

\*東北 (支) 電力森吉 (作)

表一 2 シャフローダー KL-20 での掘削  
(サイクルタイム：Ca タイプ)

| 工種     | 60 | 120 | 180 | 240 | 300 | 360 | 時間(分) |
|--------|----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|
| 削孔     | 30 |     |     |     |     |     | 30    |
| 移動     | 2  |     |     |     |     |     | 2     |
| 装薬・発破  | 30 |     |     |     |     |     | 30    |
| 移動     | 2  |     |     |     |     |     | 2     |
| ズリ搬出   |    | 110 |     |     |     |     | 110   |
| 移動     |    |     | 2   |     |     |     | 2     |
| 吹付け    |    |     | 30  |     |     |     | 30    |
| 移動     |    |     | 2   |     |     |     | 2     |
| ロックボルト |    |     |     | 30  |     |     | 30    |
| 移動     |    |     |     | 2   |     |     | 2     |
| レール設置  |    |     |     |     | 30  |     | 30    |
| 計      |    |     |     |     |     |     | 270   |

表一 3 掘削施工実績

| 暦月            | 3月                      | 4月           | 5月   | 6月    | 7月    | 8月    | 小計   |
|---------------|-------------------------|--------------|------|-------|-------|-------|------|
| KL-7<br>での施工  | 作業日数 日                  | 13           | 19   |       |       |       | 32   |
|               | 月進行 m/月                 | 13.0         | 64.6 |       |       |       |      |
|               | 日進行 m/日                 | 1.0          | 3.4  |       |       |       | 2.4  |
|               | 火薬使用量 kg/m <sup>3</sup> | 0.05         | 0.88 |       |       |       |      |
| 吹付け量 %        | 313                     | 263          |      |       |       |       |      |
| KL-20<br>での施工 | 作業日数 日                  |              |      | 21    | 22    | 24    | 11   |
|               | 月進行 m/月                 |              |      | 121.0 | 131.2 | 154.8 | 39.3 |
|               | 日進行 m/日                 |              |      | 5.8   | 6.0   | 6.5   | 3.8  |
|               | 火薬使用量 kg/m <sup>3</sup> |              |      | 1.08  | 0.83  | 0.99  | 0.54 |
| 吹付け量 %        |                         |              | 201  | 196   | 190   | 193   |      |
| 記事            | 最大月進行 154.8m/月          | 最大日進行 8.4m/日 |      |       |       |       |      |



写真一 3 トラバーサへの施工機械配置状況  
(2台配置状況)

を設けていない。夜間施工においては、使用量や使用時間を予め想定し、外部の生コン工場にて凝結調整剤を添加した吹付けコンクリートを現場に持込み、吹付け時に再攪拌を行い使用した。

表一 4 に示すように、練置き時間毎の凝結調整剤の添加量を設定した。実施工においても、吹付けコンクリートの性状等に問題なく施工できた。なお、凝結調整剤(製品名：デンカライフセッター)の添加量は、以下の通りである。

- 練置き時間：4時間－セメント量×2%
- 練置き時間：12時間－セメント量×4%
- 練置き時間：18時間－セメント量×6%

表一 4 吹付けコンクリート用凝結調整剤

| 設定時間<br>タイプ | 凝結調整剤<br>添加量<br>(kg/m <sup>3</sup> ) | 練上り直後    |        | 練置き時間経過後 |        | 4週強度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) |
|-------------|--------------------------------------|----------|--------|----------|--------|------------------------------|
|             |                                      | スランプ(cm) | 温度(°C) | スランプ(cm) | 温度(°C) |                              |
| 無添加         | 0.0                                  | 9.0      | 10     |          |        |                              |
| 4時間タイプ      | 7.2                                  | 13.0     | 10     | 9.5      | 7      | 37.9                         |
| 8時間タイプ      | 9.9                                  | 14.0     | 10     | 9.0      | 6      | 38.2                         |
| 12時間タイプ     | 15.6                                 | 16.0     | 10     | 9.0      | 5      | 38.6                         |
| 16時間タイプ     | 19.2                                 | 20.5     | 23     | 8.0      | 23     | 34.8                         |
| 20時間タイプ     | 23.9                                 | 22.0     | 23     | 8.5      | 23     | 37.4                         |

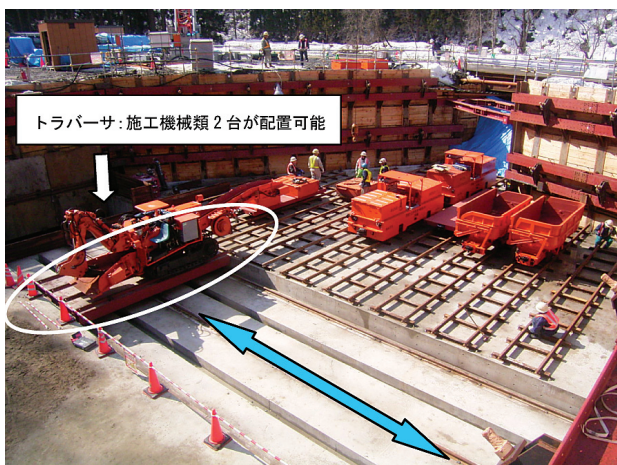
(2) 立坑内の機械類の入替え方法

立坑内の四隅に電動ウインチを配置し、滑車によるトラバーサでの入替えを行った。写真一 2、写真一 3 に立坑内設備の状況を示す。トラバーサ上に施工機械類を2台配置できるように工夫したことで、吹付け機の入替え時間は13分程度、ズリ鋼車の入替え時間は2～3分程度で行うことができた。

狭い立坑内エリアの中で、トラバーサを使用して効率的に施工機械類の入替え作業を行えたことで、掘削サイクルタイムの向上を図ることができた。

(3) 夜間における吹付けコンクリートの供給

諸事情により、当現場では吹付けバッチャープラント



写真一 2 立坑内設備の状況

5. おわりに

本工事は平成 20 年 3 月より掘削を開始し、同年 8 月に無事掘削を完了した。

現在、平成 23 年 5 月の森吉発電所運行開始に向けて鋭意努力しているところである。この報告が今後の類似工事において少しでも参考になれば幸いである。

謝辞. 本工事の施工に当り、御指導いただきました本支店機材部ならびにトンネル委員会等関係各位の皆様へ深く感謝し、お礼申し上げます。