

森吉発電所新設工事における水圧管路トンネルの施工について

東北電力(株)森吉発電所建設所土木課 法人会員 ○赤井澤裕幸
東北電力(株)森吉発電所建設所長 正会員 錢谷 清司
東北電力(株)森吉発電所建設所土木課長 正会員 吉田 紀之
東北電力(株)森吉発電所建設所土木課 法人会員 天野 修一

1. はじめに

森吉発電所は、国土交通省が米代川水系小又川に建設を進めている森吉山ダムに発電参加する最大使用水量 $20.00\text{m}^3/\text{s}$ 、有効落差 63.40m 、最大出力 $11,000\text{kW}$ のダム水路式発電所である。図-1 に森吉発電所の水路系概要図を示す。

森吉発電所の水路延長は約 1.5km であり、そのうちの約 0.6km は国土交通省との共用部、約 0.9km が専用部となっている。この専用部約 0.9km のうち、約 0.36km は森吉山ダムの仮排水トンネル内に水圧鉄管を敷設するが、残りの 0.54km (専用トンネル部) は新たにトンネルを掘削し水圧鉄管を据付後にコンクリート充填し埋設するものである。

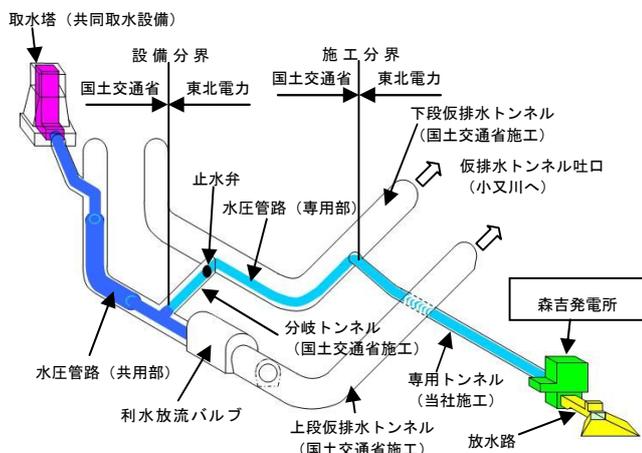


図-1 森吉発電所水路系概要図

2. 施工概要

専用トンネルの経過地は土被り 30m 以上であり、その大部分が弾性波速度 $V_p=4.5\text{km/s}$ 以上の比較的良好な岩盤であると想定されたことから、掘削は発破による全断面 NATM 工法を採用した。

専用トンネルは、上段仮排水トンネルの下部を交差した後に河川を転流している下段仮排水トンネル手前で掘り止める。この下越し交差と掘り止め部の 2 箇所

の近接箇所において、発破を実施した際の振動が既設

3. 既設トンネルに対する近接施工時の対策について

(1) 既設トンネルとの近接度の判定

既設トンネルの下部を通過する場合および既設トンネルへ接続する場合の近接度については、文献¹⁾を参考に設定した。

新設トンネルが既設トンネルの下方で近接して交差する場合の無条件範囲は $3.5D=11.9\text{m}$ (D は新設トンネル外径で 3.4m) 以上、トンネルの併設の場合は $2.5D=8.5\text{m}$ となり、これに基づき既設トンネルとの近接度を判定すると、図-2 に示すとおり、上段仮排水トンネルとの交差部は『要注意範囲』に入り、下段仮排水トンネルへの接続部(斜坑部)は下段仮排水トンネル外径から 8.5m の位置から『要注意範囲』となる。

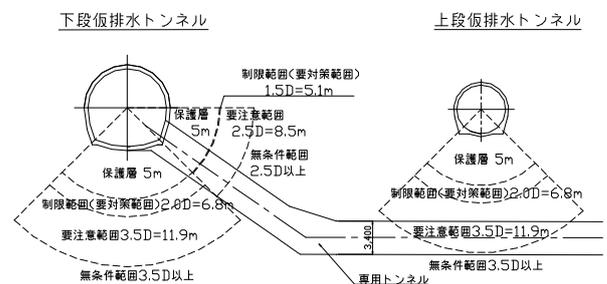


図-2 近接交差部の近接度

(2) 接続部の掘り止め位置の検討

図-2 より下段仮排水トンネルへ接続する場合の無条件範囲となるトンネル離隔は、 $2.5D=2.5\times 3.4=8.5\text{m}$ であるため、斜坑部掘削の掘り止め位置は、下段仮排水トンネル外径から離隔 9m の地点とした。

(3) 近接交差部での制御発破の検討

a. 発破パターンの設定

上段仮排水トンネルに対して要注意範囲内であることから、通常発破(パターン A)の他に、段当りの薬量を減らした制御発破(パターン B, C)を設定した。

キーワード 水力発電所, ダム水路式発電所, トンネル, 制御発破

連絡先 住所: 秋田県北秋田市米内沢字大樋 1-2 電話: 0186-72-5230 FAX: 0186-72-5235

表-1 発破パターン

パターン	雷管	最大段当り爆薬量 (kg/段)	
		心抜	払い
A	DS	3.2	4.8
B	MS, DS	0.8	0.8
C	MS, DS	0.4	0.4

b. 発破振動規制値の設定

発破振動の規制値に関してはいくつかの考え方^{1), 2)}があるが、国土交通省上段仮排水トンネル施工時の規制値である 3 cm/sec (kine) を採用することとした。

表-2 近接施工時の発破振動規制値

目標管理値	振動速度
発破振動規制値	3.0cm/sec (kine)
制御発破移行値	2.4cm/sec (kine)

なお、施工時の目標管理値として発破振動規制値の 80% の 2.4 cm/sec (kine) を制御発破移行値として設定した。

c. 目標管理値となる距離の算定

上段仮排水トンネルを近接交差するにあたり、前項で設定した制御発破移行値の振動速度となる距離を算出し、各発破パターンの採用可能な距離を検討した。

発破振動速度の推定式は、一般に次式³⁾で表される。

$$V = K \cdot W^m \cdot d^n$$

ここで、V：変位速度（振動速度推定値）(cm/sec:kine)

W：雷管 1 段当りの装薬量 (kg)

d：発破場所からの距離 (m)

K：発破条件や岩盤特性によって変化する係数

m, n：定数

K は一般的に心抜発破で 450~900、払い発破で 200~500 とされており、m は 0.5~1.0、n は -2 前後の値とされている。今回は、使用火薬メーカーである日本火薬で提案している値³⁾を用いることとし、K は心抜発破で 700、払い発破で 350、m は 0.75、n は -2 とした。各パターンでの発破振動速度が目標管理値となる距離および振動推定値の関係を表-3 に示す。

表-3 発破振動速度推定値

パターン	距離 d	振動速度推定値 (kine)	
		心抜発破	払い発破
A	26.4	2.40	1.63
B	15.8	2.37	1.19
C	10.9	2.96	1.48

上記検討により、上段仮排水トンネルとの離隔が約

26.4m 区間までは発破パターン A（通常発破）、約 15.8 m 区間までは発破パターン B（制御発破）、以降の最近接交差部は発破パターン C（制御発破）として発破を計画した。

なお、施工に際しては、上段仮排水トンネル内で振動測定を実施しながら掘進し、発破振動が制御発破移行値に到達した段階で、順次発破パターンを切替えることとした。

4. 施工実績について

発破振動の測定結果を図-3 に示す。事前の検討では、上段仮排水トンネルとの離隔が 26.4m 地点 (K=700 と想定) で発破パターンを A から B へ変更する必要があると想定していたが、実際には離隔が 11.2m 地点 (K=150~200 実績) で 2.2kine となり、制御発破に切り替えることとした。

その後、発破パターン B（制御発破）にて発破を実施したが、測定値は規制値内に収まり、発破パターン C（制御発破）を採用することなくトンネル掘削を完了した。

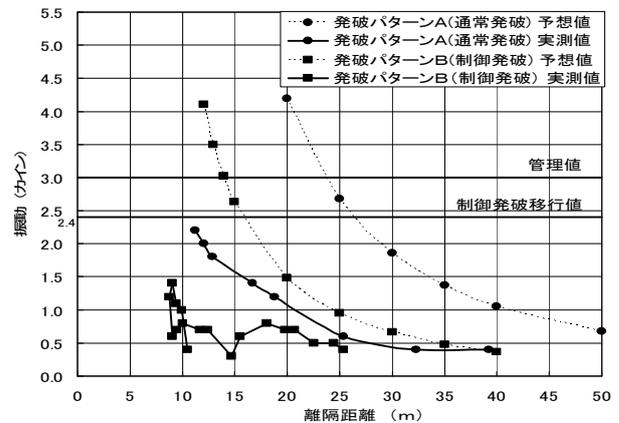


図-3 発破振動測定結果

5. おわりに

平成 20 年 3 月中旬から平成 20 年 8 月中旬まで 6 ヶ月に及んだ専用トンネル掘削工事を無事に終えることができた。企業体および地元の方々の多大なるご協力に対して、この場を借りて御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 鉄道総合技術研究所：既設トンネル近接施工対策マニュアル，1996.9.
- 2) 日本トンネル技術協会：トンネル爆破技術指針，1982.2.
- 3) 日本火薬工業会：あんな発破こんな発破 発破事例集，2002.3.