

新面河第三発電所放水路トンネルのNATMによる施工について

四国電力(株) 宮本大盛
 ○ 国久清司
 油野邦弘

1. まえがき

新面河第三発電所(運用後「面河第三発電所」と改名)は二滝川の上流、愛媛県と高知県の県境に位置し、既設の面河第三発電所が建設省大湊ダムの建設により水没するため代替発電所として新設されたものである。

当発電所は堤高42mの重力式コンクリートダムを築造して調整池を設け、最大使用水量50m³/sを取水し、有効落差52mでダム右岸直下に設置された半地下式発電所において最大出力22,000kWを発電し、延長約1,900mの放水路を経て大湊ダム貯水池へ放水する。この放水路のうち放水路トンネルは調圧水室立坑と上口作業坑、放水路立坑と下口作業坑とする延長約1,800mの区間であり、その大半をNATMにより全断面で掘削した。本報告では放水路トンネル中央付近で遭遇した地質悪化部での施工状況を中心に紹介し、参考にする。

2. 地質

当トンネル通過地の地質は全域が秩父帯より成り、粘板岩を主体として砂岩、輝緑凝灰岩、チャートの薄層が介在している。大部分の岩盤は新鮮堅硬で④～⑥級に属するが、地這り地の下方に位置するトンネル中央部に幅25mの破碎帯があり、この破碎帯をはさむ135m区間(下坑口より980～1,115m)は脆弱化している。この部分は粘板岩が主体で、鏡肌をもつ強剥離性ないしは角レキ状の岩盤より成り、岩級としては④～⑥級である。また破碎帯部では粘土のシームを網目状に介在し、岩質は軟質でほとんどが粘土状となっている。なお湧水はトンネル全般にわたりほとんどなく、部分的な滴水程度であった。

3. 支保パターン

当トンネルの標準支保パターンは、Rabcwiczの理論をもとにした「岡の方法」⁽¹⁾による事前検討と共に、既設トンネルの施工実績等を参考に決定し、支保の増強等の管理値と

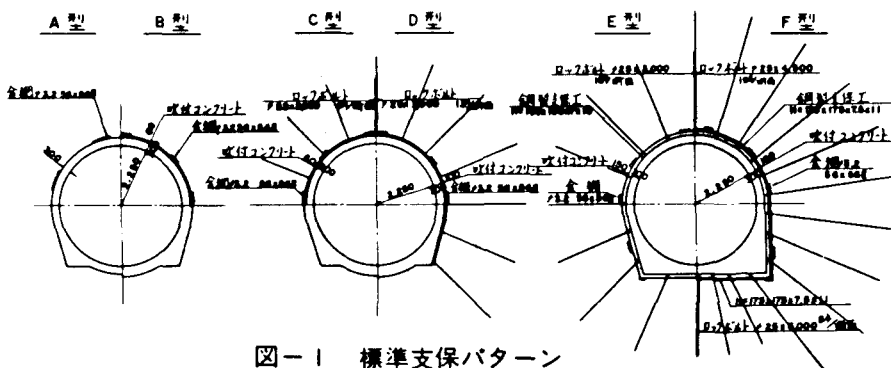


図-1 標準支保パターン

してトンネルの内空変位で50mm(掘削径の約1%, 地山堅硬部)～100mm(同2%, 地山脆弱部)を設定した。(図-1参照)

4. 施工状況

56年11月に着工以来順調に掘進し、57年11月末には上口側で約500m、下口側で約970mの掘進を終え、この間の最大掘進速度は下口側で月進160m、日進9mを記録していた。支保タイプはA, B, Cで、50m毎に測定した内空変位はほとんどが50mm以内で収束している。

57年2月より下口側の970m(下坑口からの距離、以下同様)からは急激に地質が悪くなり始めたため、内空変位の測定を密に行い、順次支保を重度なものに変更しつつ1004mまで掘進した。この間、切羽進行と合せ後向き作業として支保の補強を実施したにもかかわらず、吹付けコンクリートのクラック発生と進行、ロックボルト

のプレート破断、切羽面の崩落等が見られ、1000m地点に設置した計測点では掘削当初の内空変位が40mmとこれまでにない大きな値を示した。そのため今後の対応を検討した結果

- ・時間経過に伴う塑性領域拡大を防止するためには初期変位の抑制が必要である。
- ・破砕帯部は地山圧縮強度で100%以下と脆弱であり、更に地圧が緩りの大きい山側から偏圧として作用している状況から、地山自体での支保リング形成が難しいと考えられる。

等から剛性の高い鋼製支保工を併用したFタイプ支保により破砕帯部の掘削を行うこととした。

Fタイプ支保の実施に当っては早期に地山面を覆い初期緩みを減少させるため、発破、ズリ出し後直ちにアーチ、側壁部への1次吹付けを行った。その後鋼製支保工を建込みトンネル全周に2次吹付けを行ったが、その際支保工の座屈を防ぐため支保工背後へよく吹込んで地山と密着させ、支保工、吹付けコンクリート、地山とを一体化させた。このFタイプ支保により1025mまで掘進した時点で破砕帯を突破し、その後はEタイプ支保に切換えて掘進し58年3月末貫通した。

なお58年2月より上り側でも670m以降で地質が悪くなったが、下り側での状況をふまえ早期にE、Fタイプ支保を併用したため比較的容易に掘進できた。

5. 内空変位の計測結果と考察

計測結果を最大変位速度と最大変位量で整理すると図-2となり、両者には高い相関性が見られる。この関係についてはこれまでも指摘されており、多くのデータを集積することにより簡便な変位予測と施工管理に利用することが可能である。

地質脆弱部の2箇所での計測結果を図-3に比較して示す。

①地点は下坑口より1000mの地点で、当初Eタイプ支保で掘削し変位が生じたため2度の支保補強を行ったが、遂にはFタイプ支保での縫い返しに至った箇所であり、②地点は下坑口より1013mの地点で、当初よりFタイプ支保を用いた箇所である。同様の地質状況下における変位状況の差は、掘削当初の支保パターン及び施工手順の違いによるものと考えられ、このような地質脆弱箇所では掘削後初期の段階での変位抑制が地山の安定をはかる上で特に重要であると言えよう。このため施工に当っては十分安全を見込んだ支保を用い、計測による地山安定の確認後順次支保を軽減する方法が望ましく、逆に軽易な支保で施工し変位があれば補強する方法では地山が緩んだ後の対応となり、補強に際し多くの支保と時間を要する割には効果が少ないため結果的には不経済になると考えられる。

6. あとがき

地質脆弱部のNATMによる掘削は当社では初めてであり、一部縫い返しという手戻りがあつたものの鋼製支保工を併用し無事貫通できた。NATMの考え方とは矛盾するものであつたかもしれないが貴重な経験ができたと感じている。

終りにあたり、当発電所の建設に際しご指導、ご協力を頂いた関係諸官庁、地元ならびに工事関係者の各位に深く感謝致します。

参考文献 (1) 日本トンネル技術協会 NATM施工技術講習会テキスト (52年7月)

「NATMの理論-NATM作用効果に関する新しい機講説明と設計法」

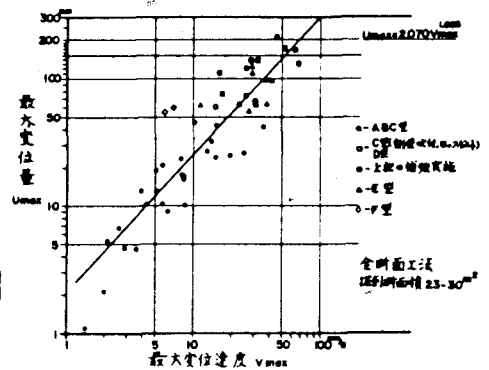


図-2 最大変位量と最大変位速度

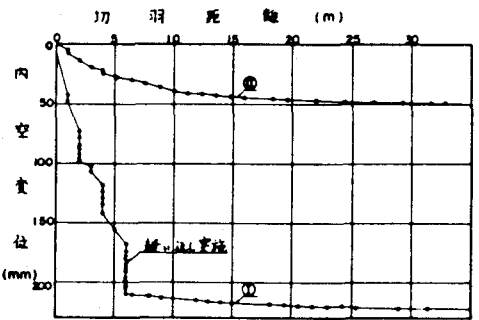


図-3 ①、②地点の内空変位