

VI-137

稼働中の発電所施設直下でのトンネル掘削

佐藤・大豊・大日本共同企業体 正会員 水野 登夫
 中部電力瀬戸工事事所 林 堂信
 佐藤・大豊・大日本共同企業体 稲場 将弘
 佐藤工業土木本部技術部 河野 興

1. まえがき

中部電力瀬戸第一発電所は、木曽川水系飛騨川中流部右岸に位置し大正13年3月に完成した流込み式（水路式）発電所である。水車・発電機は経年劣化が著しいため、既設の4台を撤去し新たに2台の水車・発電機を設置するもので、旧出力27,000KWが新出力28,200KWとなる。

余水路は出口付近の入川者保安対策のため余水路減勢工および減勢工から屋外開閉所地下を横断し既設放水庭までの間を結ぶ余水路トンネル（ $D=4.0\text{m}$, $L=109\text{m}$ ）を設け、余水（第一・第二発電所トリップ時最大 $47.5\text{m}^3/\text{s}$ ）は、余水路トンネル～放水路トンネル経由で河川に放流する構造となっている。発電所付近平面図を図-1に示す。

本稿は余水路トンネル制御発破の工事実績および発破振動計測について報告する。

2. 地質・地形

トンネル坑口は旧1号ドラフト部より直角の地点で発電所東壁面で、トンネル直上部は地表より3mは埋土、その下2mの段丘堆積物となっておりトンネル通過部分は中生代白亜紀火山岩類である濃飛流紋岩類（溶結凝灰岩 $\sigma_c=1000\sim 2000\text{kgf}/\text{cm}^2$ ）となっている。地質縦断概要図を図-2に示す。

3. 制御発破

(1) 発破振動管理値

コンクリート構造物等に対する許容振動値は、コンクリートの引張強度、弾性係数などから $2.5\sim 3.5\text{ cm}/\text{sec}$ ($1\text{ cm}/\text{sec}=1\text{ kine}$)を求めることができる。1)

当工事では稼働中の発電所施設の配電盤リレーが振動により停止し、停電になる恐れがあるため 4 kine 以下の振動制約条件がつけられ管理目標を 3 kine とし、これは気象庁震度階で「震度3」の範囲にある。

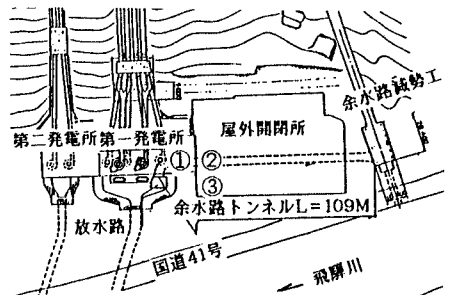


図-1 発電所付近平面図

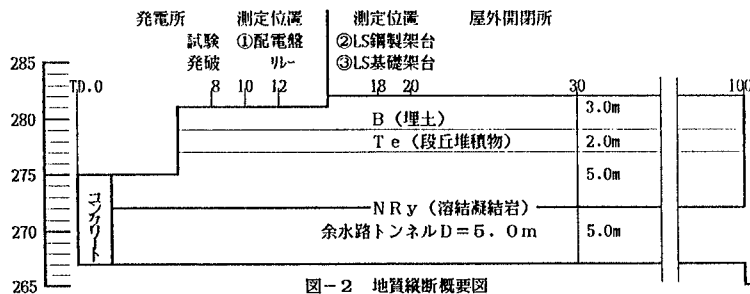


図-2 地質縦断概要図

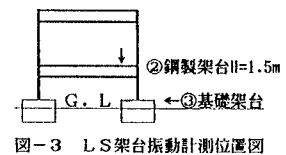


図-3 LS架台振動計測位置図

キーワード 制御発破 NONE L 雷管 MBS 起爆方式 発破振動自動計測

〒509-21 岐阜県益田郡下呂町瀬戸池野1-7 TEL 0576-28-2680 FAX 0576-28-2681

〒509-22 岐阜県益田郡下呂町東上田186-1 TEL 0576-25-6750 FAX 0576-25-6751

（２） 制御発破の概要

トンネル直上部には屋外開閉所が稼働中であるため、迷走・漏洩電流その他静電気・雷の発生が予想されるため掘削には、それらの影響を受けない導火管付NONEL（NON-ELECTRIC INITIATING SYSTEM）とMBS（electro Magnetic Blasting System）起爆方式を採用した。支保はNATMで計画した。

Langefors 式で求めた装薬量と距離の関係を表－１に示す。

$$\text{Langefors 式}^{2)} \quad V = K (Q/R)^{3/2}^{1/2}$$

表－１ 薬量の算出

	地山係数 K	距離 R m	振動速度 V mm/s	薬量 Q kg	1/3 Q kg
予測値	150	10	40	2.21	0.7
試験発破の結果	100	10	40	2.90	1.0

（３） 発破振動管理システム

図－１・２・３に示すとおり振動計測は、①配電盤リレー・②開閉所LS鋼製架台・③開閉所LS基礎架台の三箇所に３チャンネルのセンサー（X，Y，Z）を設置した。

計測は、振動記録計（UVS1608）を使用し、下限値を0.5kineとし自動計測を行った。3kine（管理値）を超える振動値を記録したときは、警報器により警報を発するシステムを採用した。

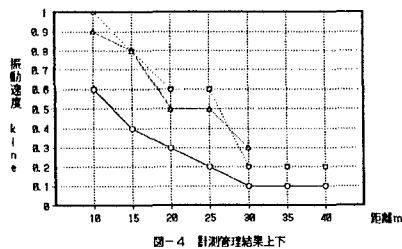
４．試験発破

試験発破予想振動値は、R=14m、Q=0.4 kg、K=150でV=1.3 kineと算出された。TD.8.0mの芯抜き試験発破は、配電盤リレーで1.0 kine（上下方向）、LS鋼製架台で1.9 kine（南北）であった。

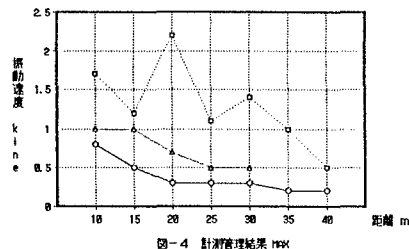
この結果、1.9kine は共鳴振動と判断、地山係数を100とし、振動の低減方法として①パラレルカットによる芯抜きを下半位置にする。②最大共振薬量を表－１のとおり10mで1.0 kgとした。

５．振動計測結果

振動は、切羽における地山状況または削孔・装薬状況が大きな影響を与えるため、装薬パターン・１段当たりの装薬量・切羽観察は毎発破毎実施し記録した。計測管理結果について図－４、図－５に示す。



図－４ 計測管理結果上下



図－５ 計測管理結果NN

６．おわりに

図－４、図－５のように離隔距離が遠くなるにつれ、振動値は減少傾向となった。全体の傾向は、南北方向が大きく東西・上下の順であった。これは東西方向が坑口～切羽であり自由面側であったこと、上下方向はトンネル上部に旧河床が出現し緩衝されたことに起因すると考えられる。また電線の近くではノイズが発生するので1m程度離隔をとってセンサーケーブルを設置することが必要である。

制御発破で無事、稼働中の発電所施設直下でのトンネル掘削を終えたが、今回の手法として、試験発破により１段当たりの最大薬量を設定すること。NONEL 雷管による60段使用が有効で、薬量を分割すること。振動計測が迅速でリアルタイムでできる発破振動自動計測を採用すること。これらにより簡単でより精度のよい制御発破が行えることが実証された。またMBS起爆方式は、漏洩電流の測定を施工前・施工中と行ったが検測されることはなく、「装薬中の安心感」という点では大きなメリットになった。

- 参考文献 1) 岡村、根、河野、トンネルと地下、pp7～pp17、1995、12
2) スティグ・オロフソン、最新発破技術ハンドブック