

(株) 鴻光組 正会員 小野 紘一  
 " " 齊藤 恵司  
 " " ○ 嶋村 貞夫

### 1. まえがき

石灰岩を主とする鉱山地帯に自動車道路用トンネルの建設を行なうに当たり、調査の結果この新設トンネルが石灰岩運搬用の既設トンネルと約10mの至近距離で立体交差する状態になっており、したがってトンネル切羽での発破によるこの既設トンネルに与える影響が懸念された。この運搬用トンネルは、440Vの送電線が設置されており電気トロッコによる石灰岩の運搬に昼夜使用されている。既設トンネルの孔壁は、ライニングされておらず岩が露出したままで、特に新設トンネルと交差する付近には断層に沿った大きな裂け目があり、この部分の崩壊が憂慮された。このような状況下で鉱山の操業を停止させることなく安全かつ円滑に新設トンネルを施工できるかどうか、また施工するためにはどのような対策が必要であるかを検討する必要性が生じた。

本報告は、建設中トンネルの切羽が両トンネルの交差点から比較的遠距離にある時点において、切羽での発破による振動を運搬用トンネル内で測定し、この結果より新設トンネルの施工地点が既設トンネル直下になる時点における発破の影響の事前評価を行なったものである。

### 2. 影響の予測方法

発破による既設トンネルへの影響の評価は、未だ確固たる適切な方法はないようであるが、今回は発破によって既設トンネルの孔壁にひびわれが発生しなければ安全であると仮定した。一般に、発破による岩盤の応答振動速度値と、これによって生じる引張応力度の関係は式(1)のように表現した。

$$V_a = \frac{1}{S_f} \cdot \frac{\sigma_c}{f \cdot C} \quad \text{--- 式(1)}$$

$V_a$ : 許容振動速度値 ( $\text{cm/sec}$ )

$\sigma_c$ : 岩の引張強度 =  $\sigma_c / 1.3$  ( $\text{kg/cm}^2$ )

$f$ : 地山の密度 ( $\text{t/m}^3$ )

$C$ : 地山の弾性波速度 ( $\text{cm/sec}$ )

$S_f$ : 安全率 = 2

$\sigma_c$ : 岩の圧縮強度 ( $\text{kg/cm}^2$ )

既設トンネルの安全性はつぎのように評価した。

(1) 事前調査により弾性波速度 ( $C$ ) および岩盤の圧縮強度 ( $\sigma_c$ ) を求め、これより式(1)を用いて岩盤の許容振動速度値 ( $V_a$ ) を推定する。

(2) 至近距離における発破による既設トンネルに生じる速度振幅値 ( $V$ ) を推定する。

(3)  $V < V_a$  なら安全と評価する。

### 3. 振動の調査

#### (a) 調査方法

石灰岩運搬用のトンネルは、昼夜稼働中であり、かつ440Vの送電線があるため孔内への立ち入りには非常に危険が伴うため、トンネル内の測点は最小におさえ4ヶ所とした。(図-1) また測定成分は各測点3成分、

図-1 発破地点および測定位置

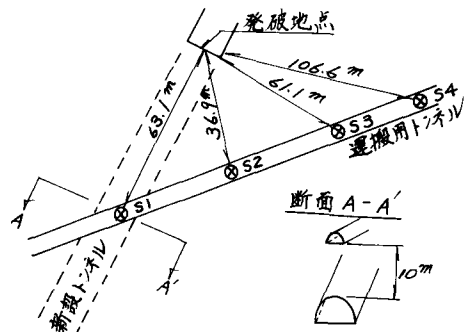
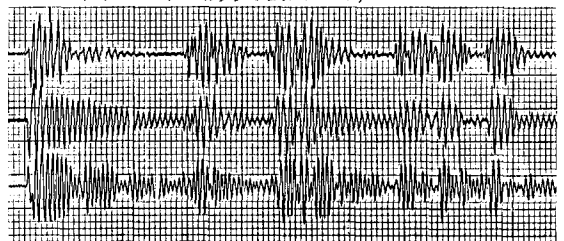


図-2 加速度応答振動波形



X;トンネル軸方向, Y;トンネル直角方向, Z;トンネル鉛直方向としサーボ型加速度計を設置した。発破の方法は、表-1に示したように9種類の方法で行ないDS電気雷管を用いて時間差をおき、順次爆発させた。なお、発破時には運搬用トロッコを停止させて振動測定を行なった。

#### (b) 調査結果

図-2は、運搬用トンネル内での代表的な加速度応答振動波形を示したものである。これら各測点における振動波形の位相のずれより求めた漸性波速度は、 $C=1800\sim3100\text{ m/sec}$ を示した。

図-3は、各発破方法の最大速度振巾値を示したものである。以上の結果より、全面発破を行なった場合と、心抜、払助、踏前等の発破を別個に行なった場合とではもし、薬量、段数等が同じであれば、周辺地山におけるそれぞれの最大振動応答値はほぼ同程度であると思われる。したがって至近距離での発破振動値の推定は、全面発破時の値より行なった。全面発破時の距離減衰状況(図-4)は、両対数グラフでほぼ直線状となっており、これにより発破地点から約10m離れた地点の振動速度応答値を推定すると、火薬量 $W=80\text{ kg}$ に対して $8.2\text{ cm/sec}$ の値を示した。また、別途行なった石灰岩の室内圧縮試験結果では、その圧縮強度は $\sigma_c=43.4\text{ kg/cm}^2$ の値を示した。これらの値より、許容振動速度値 $V_a=20.1\text{ cm/sec}$ が求められた。

#### 4. 影響の予測および対策

調査結果より、トンネル交差地点の発破作業による推定速度振巾値は $V=8.2\text{ cm/sec}(W=80\text{ kg})$ であり、その許容振巾値は $V_a=20.1\text{ cm/sec}$ であり、運搬用トンネルに与える影響はさほど大きなものとはならないと推定された。しかしながら今回の振動推定値は比較的離れた地点において測定されたデータに基づいている点や断層等の不確定要素が多いため、安全性を考慮してつぎのような対策を立てて施工を行なうこととした。

- 1) はくりや落石を防ぐために交差地点の運搬用トンネルの孔壁に適切な防護工を行なう。
- 2) 火薬量は $50\text{ kg}$ 程度に落とし段数を増やす。

#### 5. 結 語

トンネル交差付近での発破による運搬用既設トンネルに与える影響はさほど大きなものとはならないと推定されたが、不確定の要素が多いことと二重の安全性を考慮して上記対策に従い施工を行なったが、現在本トンネルの施工を大過なく完了できたことを報告できるのは、幸いである。

表-1 発破方法

| ケース    | 記号 | 火薬量(kg) | 段数 |
|--------|----|---------|----|
| 1 心抜右側 | ○  | 13.3    | 3  |
| 2 心抜左側 | ×  | 12.4    | 3  |
| 3 払 助  | △  | 18.9    | 9  |
| 4 踏 前  | ☆  | 34.9    | 9  |
| 5 全面発破 | □  | 77.8    | 10 |
| 6 全面発破 | ●  | 86.0    | 10 |
| 7 当り発破 | ▲  | 4.4     | 10 |
| 8 心抜左右 | ■  | 25.2    | 3  |
| 9 払助踏前 | ★  | 73.4    | 10 |

図-3 最大速度振巾値

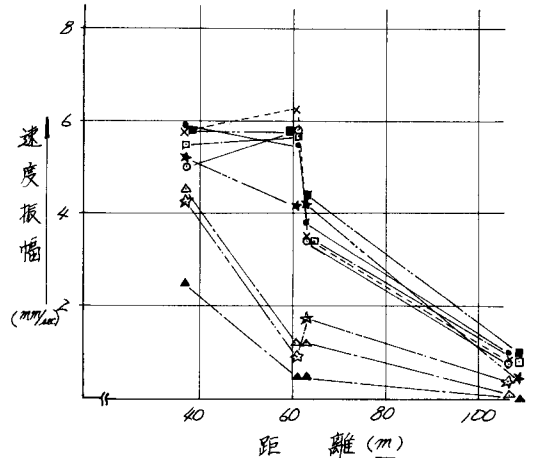


図-4 全面発破の距離減衰

