

VI-52 メガネトンネルにおける近接発破振動について

日本道路公団 徳山工事事務所 下川 紘一、中野 研一郎
清水建設(株) 広島支店 正会員 〇田中 榮治、岡田 滋
山口大学 正会員 古川 浩平、中川 浩二

1. はじめに

山岳トンネルの掘削には通常発破工法が用いられているが、メガネトンネルのように2本のトンネルが近接している場合は、先行トンネルが後行トンネル掘削時における発破振動の影響を受けるため、先行トンネル側の吹付けおよび覆工コンクリートに変状が発生することが考えられる。しかし、先行トンネルへの影響を小さくするため、発破孔と先行トンネルとの距離を離すと発破により起きない岩が残るためなるべく近くで発破を行う必要があり、最適な距離と薬量を設定する必要がある。

本報告は、発破工法により掘削されたメガネトンネルにおいて、後行トンネルの発破パターンを設定する上での資料を得るために、先行側トンネル壁面で行った発破振動の計測結果について述べるものである。

2. トンネル概要

トンネル延長は152m、付近の地質は黒色片岩であり、当初設計では機械掘削によるメガネトンネルで計画されていた。しかし、導坑掘削開始直後から当初想定した値に対し一軸圧縮強度が高く（最高値が約1200kgf/cm²、平均値が約600kgf/cm²）、機械による掘削が困難と判断し、発破掘削に変更となったものである。図-1に変更後の標準断面図を示す。掘削は下り線を先行して行い、吹付けコンクリートの状態で上り線の掘削を行った後、上下線の覆工コンクリートの打設を行った。下り線の吹付けコンクリートには、クラックによる被害を極力抑えるために金網は2層とした。

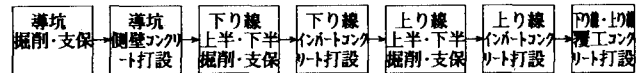


図-1 標準断面図

3. 計測概要

図-2の計測図に示すように、加速度ピックアップを下り線側吹付けコンクリートに固定した。上り線の下り線側に最も近い発破孔は吹付けコンクリート面からの距離が2m～1mになるように削孔した。掘削後爆源である発破孔先端の位置を1孔づつスケール等により計測し、ピックアップとの距離を算出した。超近接発破における振動速度の計測を目的としているため、詳細な距離計測は下り線側に最も近い発破孔1列について行った。なお、計測成分はトンネル壁面垂直成分のみとし、ピックアップの位置が発破孔先端の横にくるように切羽の進行に伴いピックアップも前方に移動させた。計測結果は、図-3の計測システム図に示すようにデータレコーダに振動速度に変換して記録し、

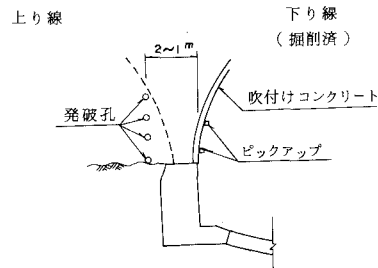


図-2 計測図



図-3 計測システム

電磁オシロに出力させて読み取りを行った。なお、下り線側に最も近い発破孔1列は、1孔づつ段数を変えて発破を行った。

4. 計測結果及び考察

(1) 振動速度

発破振動は爆源の状況、伝達経路、受振点の状況等により大きく影響され、その大きさを理論的に求めることは困難である。従って、従来の発破振動の予測には、以下に示される経験式が一般に使用されている¹⁾。

$$PPV = KW^n D^{-m} \quad (1)$$

ここで、PPV：受振点の最大速度振幅(cm/sec)

K：定数（火薬類、発破条件、地盤条件により定まる）

W：段当たりの総薬量(kg) D：爆源からの距離(m)

n：0.5～1.0の定数 m：2.0 前後の定数

図-4に今回得られた振動速度の計測結果を示す。得られたデータを式(1)を用いて重回帰分析を行った結果、各定数は以下の値となった。

$$PPV = 524 \cdot W^{0.936} \cdot D^{-1.891} \quad (2)$$

N=83 W=0.1～0.6kg D=1.08～4.96m

重相関係数=0.819 F値=81.5**

従来、振動速度は距離の2乗に逆比例（m=2.0）して減衰すると一般的に考えられてきたが、これは距離の大きい場合であり、至近距離におけるデータは含まれていない。しかし、今回の計測結果によれば、1～5mの至近距離においても、振動速度は従来と同様に距離のほぼ2乗に逆比例して減衰するという結果が得られた。一方、振動速度と薬量との関係に対しては、これまで一般にnは2/3あるいは3/4を用いた推定式が多いが、今回のデータではn=0.936という結果が得られ、一般的に使用されている値より大きめの値となった。

(2) クラックの発生限界

下り線側に最も近い発破孔は、1孔づつ段数を変えて発破を行っているため、1回の発破に対して数個の振動速度のデータが得られる。各回の発破で得られた振動速度の最大値と吹付けコンクリートに発生するクラックの有無との関係を図-5に示す。この図より、吹付けコンクリートにクラックを発生させる振動速度の限界値は70～80cm/secの間に存在することが認められる。なお、本トンネルの吹付けコンクリートの圧縮強度は約300kgf/cm²であった。発生したクラックは微小であり、吹付けコンクリートが剥離するような被害は起こらなかった。

5. まとめ

本トンネルの施工条件下で得られた発破振動の計測結果をまとめると、以下の事が認められた。

①爆源と受振点との距離が5m以下の場合、発破振動速度は距離の1.9乗に反比例して減衰し、薬量の0.9乗に比例する。

②先行トンネルの吹付けコンクリートにクラックを発生させる発破振動速度は70cm/sec以上であった。

以上は一本のトンネルにおける限られた条件下で得られた計測結果であるが、他の同様なトンネルを施工する場合に参考にしていただければ幸いである。

（参考文献）1）日本トンネル技術協会：トンネル爆破技術指針，昭和57年2月

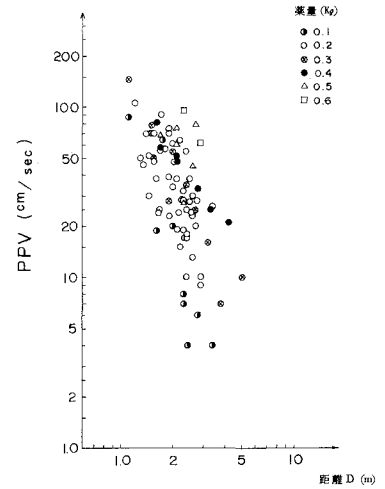


図-4 発破振動計測結果

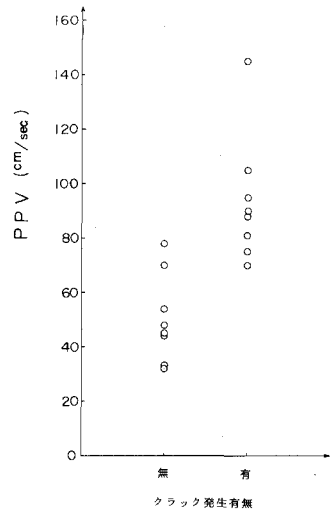


図-5 クラック発生有無