

その1. 発破試験における振動計画

東急建設 技術研究所 正員 ○菊池章裕
正員 後藤有志
土木技術部 正員 岩村 巖
日本道路公団第一建設局 正員 三浦 克

1. まえがき

近接した双設トンネルを発破工法で施工する際には、周辺および隔壁部の地山挙動など2つのトンネルの相互干渉による安定性の問題と同時に後続トンネル施工時の発破による振動が先行トンネルの覆工に及ぼす影響が問題となる。今回、図1のように上下線の覆工の離隔が1.5~1.8mと非常に近接した双設トンネルを施工するにあたり、後続(B線)トンネル施工の際の発破衝撃が先行(A線)トンネルの覆工に及ぼす影響を調べるため、本施工に先だって現場において以下のような発破試験を行なったので報告する。

2. 試験の概要

トンネル位置の地質縦断面図の概略を図2に示す。岩質は非常に亀裂の多い圧砕性の花崗閃緑岩でトンネル全長は約200m、試験は図2に示す約40mの区間で29回の発破に対して行なった。ここで本施工においては図3中段のようにB線掘削時におけるA線トンネルの挙動が問題になるわけであるが、今回の発破試験では図3上段のように必ず中央導坑を施工し、これを先行トンネルに見立ててA線トンネルを特殊断面で掘削する。これは本施工を図3下段のように模擬化したものである。また、振動は1回に12個の圧電型加速度計(EMIC J41AT型 1000G MAX)を中央導坑内に取り付けることにより計測し、振動速度はそこで計測された加速度波形を積分することにより求めた。

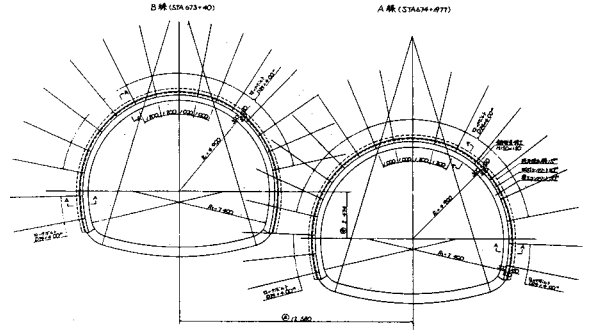


図1

3. 試験結果

まず、トンネル覆工のどの位置で最も振動速度が大きくなるかを見るために加速度計を鉛直方向(図4、図5)とトンネル軸方向(図6)のように配置して振動速度の分布状況を調べた。ここで、振動速度は心抜き発破、ぬい発破にかかわらず装薬孔の孔尻に最も近い所で最大となることがわかる。

次に図7は装薬孔の位置と計測点の間の距離と振動速度の関係を薬量ごとに面対数グラフで示したものである。また図8は、これらを最小二乗法で近似したものである。

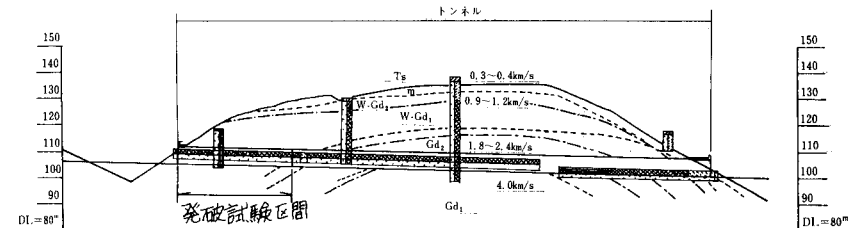


図2

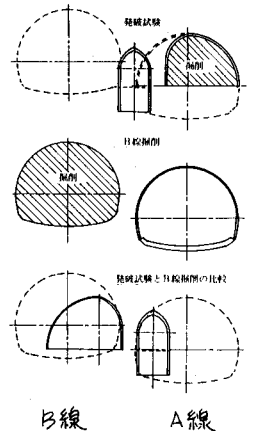


図3

一般に距離と薬量と振動速度の関係は次のように表わされてゐる⁽¹⁾

$$V = R \cdot W^m \cdot D^{-n} \quad (1)$$

R: 定数 W: 薬量 D: 距離

ここで図8からわかるように今回の実験では薬量による違いがほとんどないが、仮に $m = \frac{2}{3}$ とし (1) 式を今回の実験結果にあてはめると心抜きの場合と払い、およびふまえる場合の2種類に対し次のように近似できる。

心抜き

$$V = 5.34 \cdot W^{\frac{2}{3}} \cdot D^{-2}$$

払い、ふまえる

$$V = 9.79 \cdot W^{\frac{2}{3}} \cdot D^{-3}$$

V: 振動速度 (cm/s)

W: 1孔あたりの装薬量 (g)

D: 装薬孔からの距離 (m)

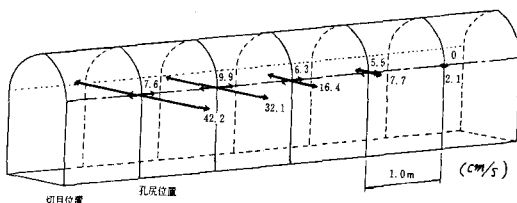


図6

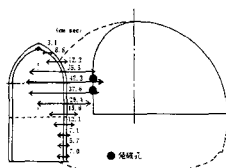


図4

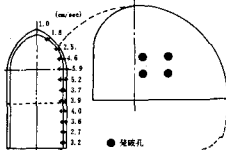


図5

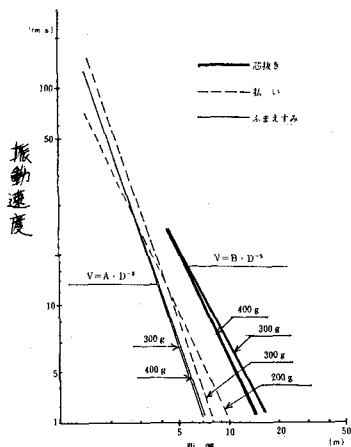


図8

本来、発破に対する覆工の影響を判断する際には振動速度ではなくひずみにより異なるのが妥当であるが、計測の難局を考えると振動速度計測に頼らざるを得ない。図9には、同一地点で計測された発破時の最大引張ひずみと最大振動速度の関係を示す。ひずみは覆工表面にひずみゲージをトンネル軸方向と同方向のz方向に貼ることにより計測し、振動は覆工に対し鉛直成分を計測した時の値である。図中で実線は最小二乗法により近似した直線であり、鎖線は覆工コンクリートの弾性係数を3500 N/mm^2 および4000 N/mm^2 と仮定した場合のひずみと振動速度の関係を示したものである⁽¹⁾。この2種類の直線は比較的良好な関係が見られる。したがって、振動速度を計測することによってひずみを推定することは十分に可能である。

4. あとがき

第一報としては、上記のような近接発破に関するまとめが得られた。今後さらにデータの整理や結果の分析、評価を行い、更に多くの情報を得たいと考えている。

参考文献

- (1) トンネル技術協会
トンネル爆破技術に関する調査研究
(その2) 報告書

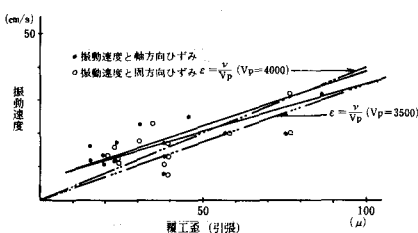


図9

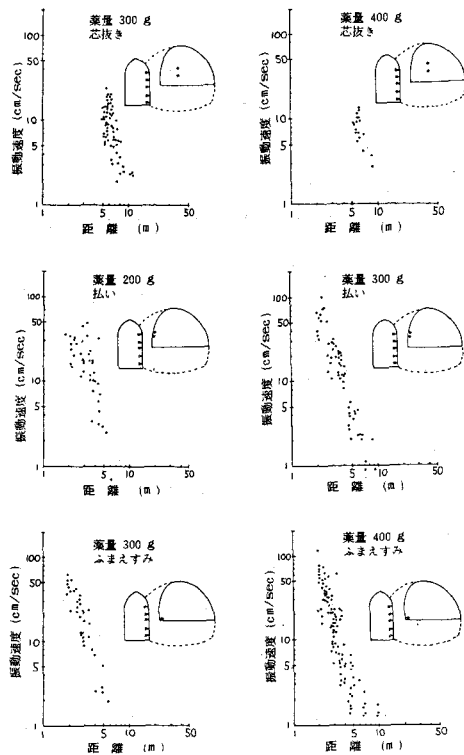


図7 近接発破の振動速度