

秒時差の異なる発破振動について

フジタ 正会員 ○野間 達也 上野 博務 岸下 崇裕
西日本高速道路 岡村 哲司

1. はじめに

最新の電子雷管（以下電子雷管）は、雷管ごとに任意の秒時設定が現地で実施可能である、秒時設定は 0 から 20 000ms まで 1ms 単位で設定することができ、設定される秒時の精度は±0.1%である、などの特長があり、1 孔 1 段による制御発破として最近様々な現場で適用されている¹⁾。しかしながら、直接的に普通（DS）雷管との比較はされていないようである。

ここで、新名神高速道路六石山トンネルは双設トンネルであり、下り線を貫通させた後に上り線の掘削となった。このため上り線の発破時に下り線において振動計測することが可能であり、振動計を切羽の進行とともに移動することにより常に等距離となる離隔距離（58m）で振動を計測できる、地質条件もそれ程変化しない、また下り線では周囲において重機の稼働等がなく計測環境に優れている、ことより定量的な比較が可能となる。これより電子雷管（秒時差 15～50ms）と普通発破との定量的な比較を目的とした試験発破を実施した。

2. 試験発破の概要

試験発破は、上り線の坑口より 150m 程度掘削した段階より開始し、200m まで実施した。土被りは 50～65m、掘削対象地山は亀裂がやや発達した砂岩であり、支保パターンは全て CII パターンであった。このため、上半 1.2m 掘削後、上半 1.2m・下半 2.4m の上下半掘削を繰り返した。装薬パターンを図.1 に示す。普通発破は DS 雷管 9 段を使用し、図の順番で爆破した。下半掘削時には 1～5 段の雷管としたため 1～5 段は上下半同時に爆破することになる。電子雷管使用時も、上半は図の段数の順番で 1 孔 1 段により発破し、上半の発破終了後下半を図に示した#1'より順番に発破した。使用した爆薬はスラリー爆薬であり、上半には 300～400g、下半には 700～800 g 程度の爆薬を装填した。心抜きは V カットであり、雷管にかかわらず 6～8 孔としている。

振動計測は、下り線の中心に圧電式加速度ピックアップを 3 方向に配置した計測器を設置し、デジタルデータレコーダーを使用してサンプリング周波数 10kHz で収録した。以下に示す速度波形は、計測された加速度を積分し基線補正を行ったものである。ここで、X はトンネル横断（上り線切羽）方向、Y はトンネル縦断（軸）方向、Z は鉛直方向の振動を記録した。図.2 に振動計測状況を示す。なお、今回示す振動計測結果は 30ms を除き上下半掘削時のものである。

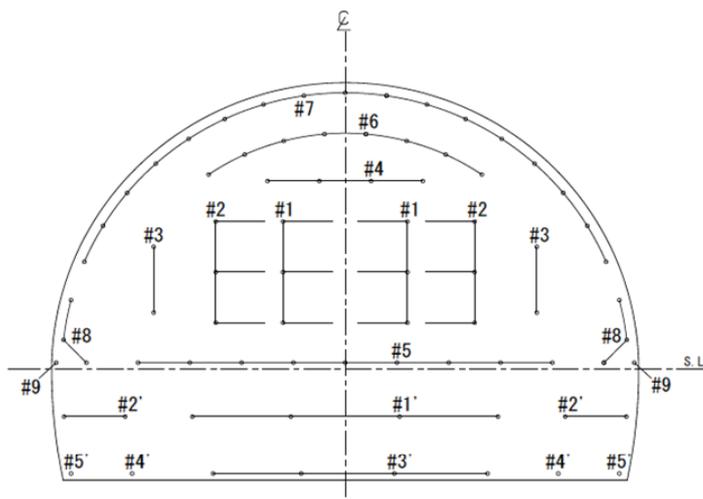


図.1 装薬パターン



図.2 下り線における計測状況

キーワード 発破 電子雷管 発破振動

連絡先 〒151-8570 東京都渋谷区千駄ヶ谷 4 目 25-2 株式会社フジタ建設本部トンネルシールド部 TEL03-3796-2298

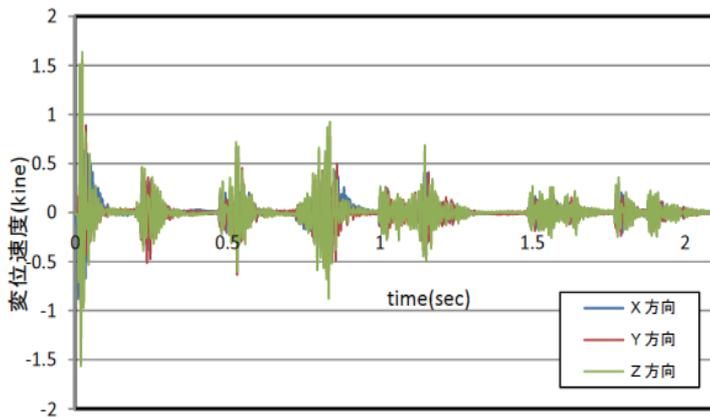


図.3 普通発破の振動測定結果(上下半掘削)

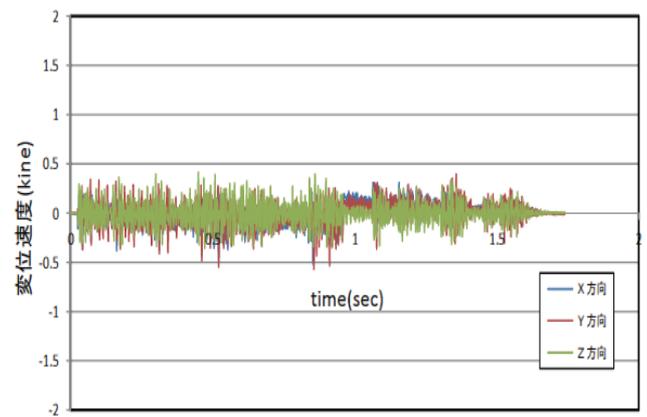


図.5 秒時差 30ms の振動測定結果(上半掘削)

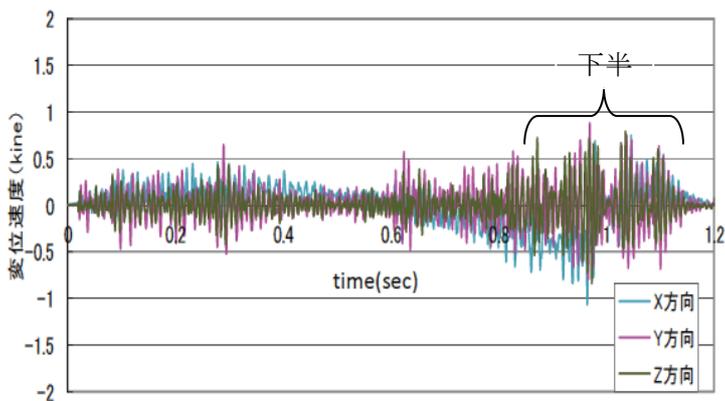


図.4 秒時差 15ms の振動測定結果(上下半掘削)

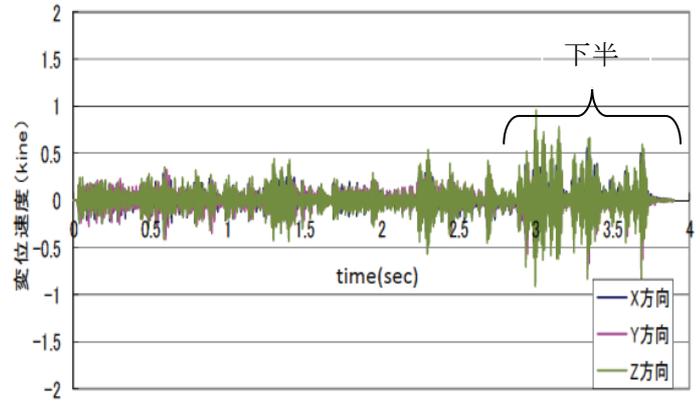


図.6 秒時差 50ms の振動測定結果(上下半掘削)

3. 振動計測結果

図.3 から図.6 に、普通発破、秒時差 15ms、30ms、50ms とした場合の振動計測結果を示す。普通発破では、1 段目における心抜き発破で最大の変位速度 (1.6kine) が示されている。これに対して、1 孔 1 段で実施した多段発破では、秒時差にかかわらず上半掘削時の変位速度はおおむね 0.5kine 以下と低減されており、振動はわずかな秒時差でも収束する傾向が認められる。

また、電子雷管の秒時差 15ms・50ms 変位速度をみると、変位速度の最大値は心抜き時ではなく、後半となっている。これは、後半は下半爆破時の振動であり、2.4m 掘削するために孔あたりの装薬量を上半の 2 倍としていることに大きな原因があるといえる。これより、今回の結果では、1 孔 1 段で発破する場合には、発生振動は孔あたりの装薬量に大きく依存することが認められる。

普通発破では、後段になるほど段あたりの変位速度が小さく、振動時間が長くなる傾向にある。これは、後段になるほど電気雷管の秒時誤差の巾が大きくなり、同時に爆破していないことに原因があると考えられる。一方、心抜き時に最大の変位速度となっているのは、瞬発雷管の使用により秒時誤差がなく、下半を含めて 10 本以上の雷管が同時に爆破することにより最大値となることが示唆されている。

以上より、今回の試験発破では、発破振動は心抜きと払いの違いにより異なるというよりも、段あたりの装薬量に依存していると考えの方が妥当という結果が得られた。

4. おわりに

双設トンネルにおいて離隔距離を一定として普通発破と電子雷管の試験発破を実施し、段当たり装薬量と振動の関係を定量的に把握した。今回の試験発破では、発破振動は心抜き・払いに関わらず段あたりの装薬量に依存している傾向が認められた。

(参考文献) 1) 例えば 岩野他、高精度電子雷管を用いた住宅地直下における環境負荷低減発破、土木学会トンネル工学報告集, 第 24 巻, I-35, 2014.12.