

高精度電子雷管を用いたトンネル制御発破による近接鉄道に対する影響検討

鹿島建設(株) 正会員 ○西川 幸一, 栗山 和之, 手塚 康成, 岩野 圭太, 犬塚 隆明
鹿島建設(株) 川野 広道
オリカジャパン(株) 安藤 宏

1. はじめに

発破掘削は、中硬岩地山においては一般的な掘削工法であるが、現場の周辺環境に応じた振動や騒音等の低減は、発破掘削を進める上で極めて重要である。新区界トンネルは、復興支援道路として早期開通が望まれている全長約 5.0km の道路トンネルであり、避難坑の坑口部は早期に発破掘削が必要となる中硬岩が出現したが、本坑坑口の切土区間沿いに位置し、鉄道も近接するため、発破振動の影響に配慮する必要があった。

ここでは、同トンネルの避難坑において高精度電子雷管を用いた試験発破を実施し、発破振動に対する本坑の切土法面および鉄道へ及ぼす影響について検討した結果を示す。

2. 発破緒元

表 1 に発破地点 1 回目 (TD 17.5) および 2 回目 (TD 21.5) の発破緒元について示す。2 回の発破ともに、秒時精度が高く秒時差を任意に設定できる高精度電子雷管 eDevII を使用しているため、孔当たりの薬量が斉発薬量となる 1 孔 1 斉発の発破となる。孔薬量は 0.6kg、起爆秒時差は 17ms とした。図 1 および図 2 に示すように、1 回目は SL より下部のみ、2 回目は全断面発破である。また、振動計測は、図 3 の断面図に示すように、避難坑側法面に 2 点 A、B、鉄道側に 2 点 C、D の計 4 点で実施した。各測定点と発破切羽の直線距離(斜距離)を表 2 に示す。

表 1 発破緒元

発破回数	測点	孔薬量(kg)	孔数(孔)	装薬量(kg)	秒時差(ms)	発破継続時間(ms)
1回目	TD 17.5	0.6	21	12.6	17	357
2回目	TD 21.5	0.6	42	25.2	17	714

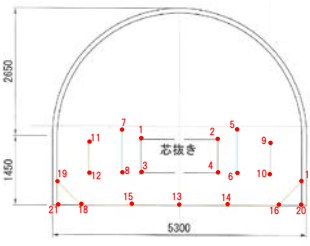


図 1 1 回目発破(下半)

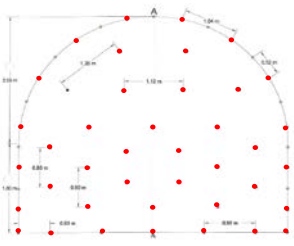


図 2 2 回目発破(全断面)

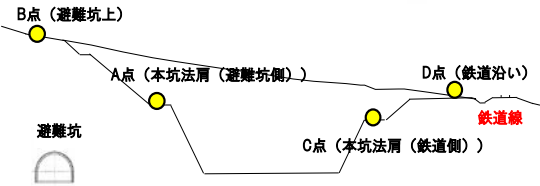


図 3 振動計測地点(横断面)

表 2 振動計測点と発破切羽からの直線距離

発破回数	発破地点	A 避難坑直上	B 本坑切土小段 避難坑側	C 本坑切土小段 JR側	D JR山田線沿い
1回目	TD 17.5	17.8m	21.7m	44.1m	56.7m
2回目	TD 21.5	17.7m	20.2m	44.3m	56.0m

3. 計測結果と考察

図 4 に 2 回目発破の A 点、C 点における振動波形と周波数特性を示す。鉄道側法面に設置した C 点は、本坑切土の遮蔽効果もあり、避難坑側法面に設置した A 点に比べ、振動速度が極めて小さくなっている。一方で、両地点ともに周波数特性では、設定した秒時差 17ms の逆数の 59Hz(=1000ms/17ms) でピークが立っており、高い精度で 1 孔 1 斉発がなされていることが分かる。また、A 点では、2 回の発破とも 3 成分合成で 1.9kine を記録したが、図 5 で示すように、今回観測された発破のピーク周波数は地震波と比べ高周波であり、震度に換算すると震度 0 の範囲内に収まる結果となった。実際に、避難坑側法面を覆うブルーシート上に積もった雪

キーワード 高精度電子雷管, 起爆秒時差, 発破振動, 振動低減, 制御発破

連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設(株)技術研究所 TEL042-489-6646

が発破振動ですべり落ちなかったことから、避難坑側法面への影響は極めて小さかったと言える。図6には、2回目発破について距離と振動速度の関係のプロットを示す。振動速度は、発破振動の振動卓越方向が必ずしも鉛直方向でないため、3成分合成値とした。以下の発破振動予測式

$$V = K \times W^{0.75} \times D^{-2} \quad (1)$$

より最小二乗法を用いてK値を算出した結果、1回目がK=942、2回目がK=928となっており、再現性の高い発破が実現できている。

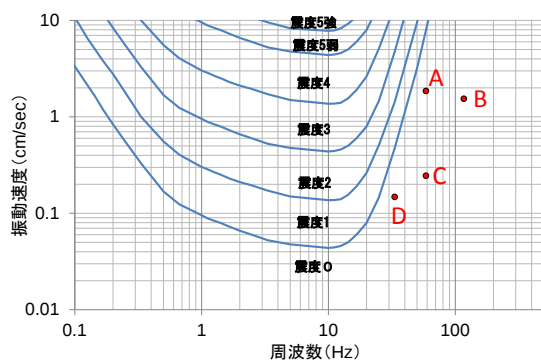


図5 震度換算図(2回目発破)

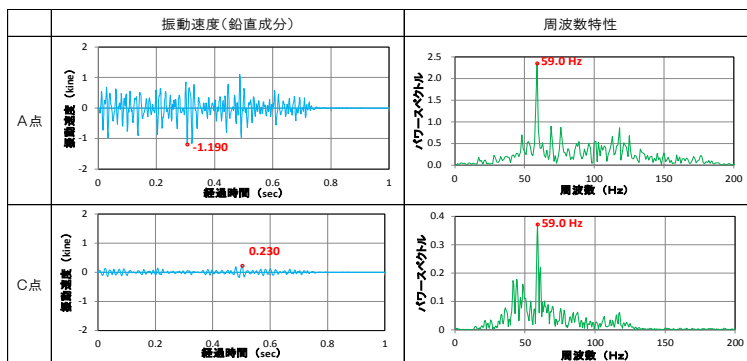


図4 発破振動波形と周波数特性(2回目発破 鉛直成分)

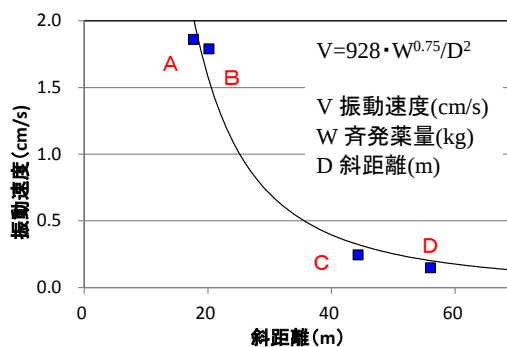


図6 振動速度-斜距離の関係(2回目発破)

4. 電車通過時の振動と発破振動の比較

発破振動の鉄道線路への影響を検討するため、D点において発破振動と電車通過時の振動を比較した。写真1に示すように線路と計測点Dとの離隔距離は4m程度である。電車通過時の振動と2回分の発破の振動速度(3成分合成)を比較したものを図7に示す。高精度電子雷管 eDevII の適用により、発破継続時間を17ms×孔数で制御できているため電車通過時の振動継続時間に比べ、振動時間が短くなっている。また、2回の発破ともに孔数が異なっているものの、確実に1孔1斉発が実施されているため、発破による振動は2回ともほぼ同等の値であり、電車通過時の振動よりも小さくなっている。これにより発破による振動が線路周辺地盤へ及ぼす影響が極めて小さいことが示された。

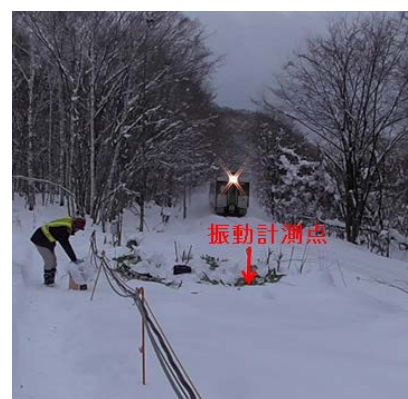


写真1 電車振動計測状況

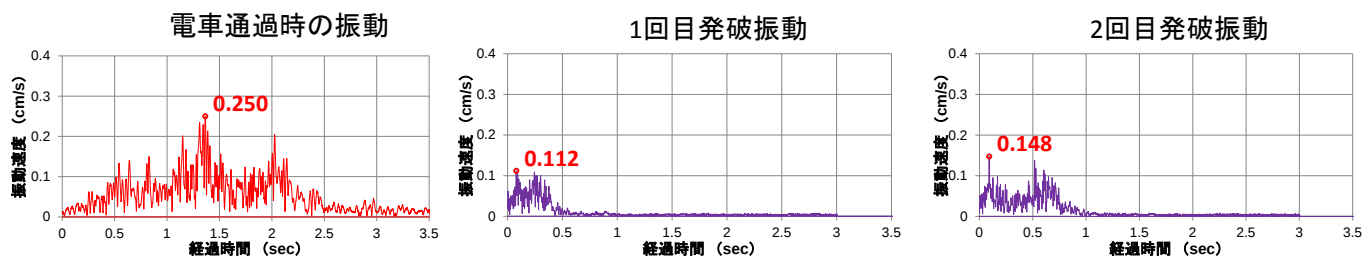


図7 D点における電車通過時の振動と発破振動(3成分合成)

5. おわりに

以上の検討結果から、高精度電子雷管を用いた確実な斉発分離と発破振動波の高周波へのシフトにより、避難坑の発破による本坑の切土法面および鉄道への影響を極めて小さく抑えられたため、実施工も影響範囲であるTD77.5mまで上記発破工法の採用に至った。今後はさらに多くのトンネル現場に適用し、データやノウハウを蓄積していくことにより、坑口部や都市部における合理的な制御発破掘削技術の確立を目指す所存である。