

民家直下における心抜き自由面発破の振動低減効果

(株)福田組 正会員 ○若月 和人

(株)福田組 木村 能隆、多田 芳葉

国土交通省 中国地方整備局 三次河川国道事務所 高橋 渉

1. はじめに

制約物件に近接して発破掘削を行う場合、発破振動を極力抑えるために、切羽外周部あるいは中央部に溝、すなわち自由面を形成することにより、発破振動を大幅に低減する制御発破が行われるケースがある¹⁾。ここでは、掘削効率を極力低下させないように、発破振動が最も大きくなる心抜き部だけに自由面を形成し、発破振動を効果的かつ経済的に低減しようとする制御発破を心抜き自由面発破と呼ぶこととする。

以下に、民家直下を発破掘削する山岳トンネル工事において、発破振動の低減対策として実施した心抜き自由面発破の効果について報告する。

2. 施工概要

尾道松江自動車道 横島トンネルは、広島県北部に位置する2車線道路トンネルである。中生代白亜紀の花崗斑岩がトンネルのほぼ全域に出現し、弾性波速度は両坑口部を除き3~4km/secであり、中硬岩~硬岩と想定された。

起点側坑口部より約100mの地表面に民家が点在しており、ここを最小土被り25mで発破掘削する計画であったことから、発破振動の低減対策が必要であった(図-1)。

3. 振動低減対策

民家直下区間における発破振動の低減対策は、上・下半の分割掘削およびDS+MS雷管による多段発破を標準制御発破として実施した他に、心抜き対策として心抜き自由面あるいは3段Vカットを追加して実施した。心抜き自由面発破の発破パターンを図-2に示す。

- 1) 標準制御発破 : DS+MS 雷管
- 2) ボアホール : 1)に追加して、心抜き周辺にφ100程度のボアホール10~50孔を形成
- 3) 心抜き自由面1 : 1)に追加して、心抜きに直線の自由面を形成(民家直下で採用)
- 4) 心抜き自由面2 : 1)に追加して、心抜き周辺に矩形の自由面を形成(試験施工)
- 5) 3段Vカット : 1)に追加して、補助心抜きとして3段Vカットを形成(民家通過後に採用)

なお、心抜き自由面の形成には、単一孔連続穿孔工法であるFONDリル工法を採用した²⁾。ただし、心抜き自由面2のパターンの実施回数は2回のみである。

4. 施工結果

4.1 薬量の低減効果

各発破パターンで使用した爆薬量の実績を表-1に示す。ここでは、同じレベルで薬量を比較するため、心抜きの装薬がほとんど必要なかったケースや当たりの発生したケース等は除外した。

同じ地山区分で比較すると、心抜き自由面1では心抜

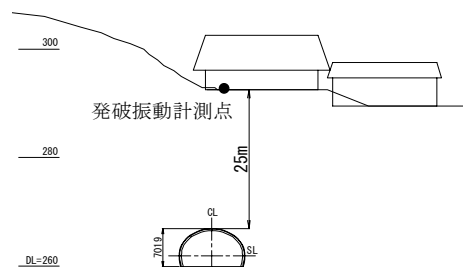
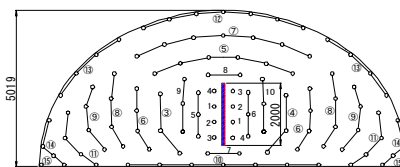
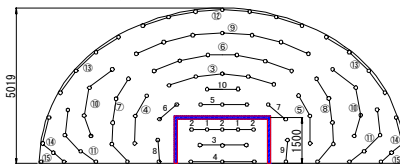


図-1 民家との最接近断面



(a) 心抜き自由面1



(b) 心抜き自由面2

図-2 心抜き自由面発破(CII-b 上半)

表-1 使用薬量の実績(上半掘削)

区分	発破パターン	心抜き薬量	平均総薬量	標本数
C II-b	標準制御	1.5 kg	43.4 kg	11
	ボアホール	1.1 kg	45.6 kg	8
	心抜き自由面1	0.6 kg	39.5 kg	6
	心抜き自由面2	1.2 kg	41.6 kg	2
C I-L	心抜き自由面1	0.7 kg	69.1 kg	6
	3段Vカット	0.5 kg	69.1 kg	10

キーワード：山岳トンネル、発破振動、自由面発破

連絡先：〒951-8668 新潟市中央区一番堀通町3番地10 TEL: 025-266-9117 FAX: 025-266-2670

き部が2自由面発破となり、心抜き負担を大きく低減できるため、心抜き薬量は標準制御発破の50%程度に減少している。ただし、この効果は心抜き近傍にとどまり、払い孔の薬量減少はわずかであるため、総薬量の減少は10%程度である。心抜き自由面1と3段Vカットとでは総薬量に大きな差はなかった。

4.2 発破振動の低減効果

振動計測点から切羽までの離隔 D と心抜きに伴う振動速度 V の関係を図-3に示す。図中の太線は、制御発破を行う前に実施していた標準発破(坑口部除く)の回帰曲線である。標準制御発破およびボアホールは、おおむね標準発破の回帰曲線上にあるが、心抜き自由面1および3段Vカットは、回帰曲線より下方にシフトしており、振動速度が低減されていることを示している。ただし、3段Vカットについては、民家の位置が切羽後方になるため、トンネル自体の空間による減衰で発破振動が低減されている可能性がある。

離隔 D が同程度の民家直下付近で振動速度を比較すると、心抜き自由面1の振動速度は、標準制御発破のおおよそ30%程度に低減されている。なお、心抜き自由面2の振動速度は、標準制御発破の15%程度にまで低減されている。

4.3 K 値の低減効果

民家直下で制御発破を実施した区間を対象に、坑口からの距離 TD と発破係数 K 値の関係を図-4に示す。標準制御発破とボアホールとを比較すると、ボアホールにより若干の K 値低減効果は認められるが、10%程度と小さい。また、両者ともに変動が大きい。

心抜き自由面1では、 K 値は標準制御発破と比較して50%以下と大きく低減されている。また、実施当初は変動も見られたが、装薬パターンの微修正により変動を小さくすることができた。なお、心抜き自由面2の K 値は、標準制御発破の20%程度にまで低減されている。一方、3段Vカットでは K 値が小さくなることもあるが、変動が大きく平均値も高い。これは、補助心抜きの効果を高めるためには精度の高い削孔技術が必要であるが、作業員の技量に依存するだけでは十分な精度が得られないためと考えられる。

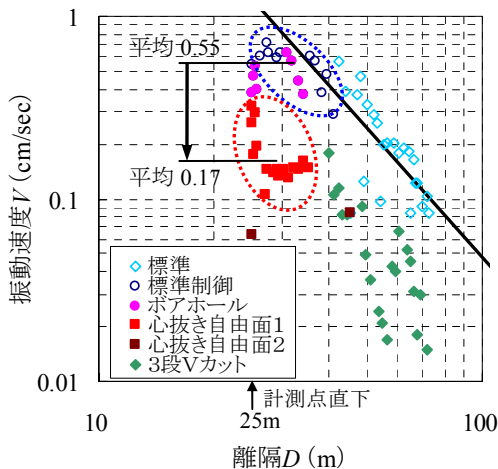


図-3 離隔と振動速度の関係

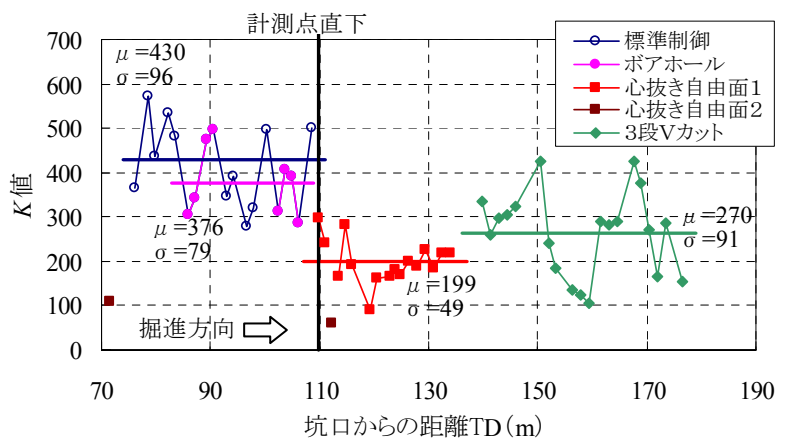


図-4 坑口からの距離 TD と K 値の関係

5. おわりに

心抜きに直線の自由面を形成した心抜き自由面発破を実施することにより、以下の効果が確認された。

- ・心抜きの斉発薬量を50%程度低減できるとともに、総薬量を10%程度低減できる
- ・DS+MS雷管による多段制御発破と比較して、心抜きの発破係数 K 値を50%程度に低減できる
- ・変動の小さな安定した振動低減効果が得られる

心抜き周辺に矩形の自由面を形成する心抜き自由面発破では、振動低減効果がさらに高い結果となったが、2データのみであり、今後の検討課題としたい。

参考文献

1)萩森健治、竹知芳男、古川浩平、中川浩二：スロット工法を用いた低振動発破工法に関する研究、土木学会論文集、第391号/VI-8、pp.142-150、1988。
 2)野間達也、上野博務、土屋敏郎、波田光敬、川崎俊彦：連続孔穿孔による新しい自由面形成工法—FONドリル工法—、土木学会第51回年次学術講演会、VI-322、pp.644-645、1996。