

## 高精度電子雷管を用いた制御発破による明り硬岩掘削の環境影響低減

愛知県豊田市河川課 正会員 落河崇征

鹿島建設(株) 正会員 ○定山真輝 フェロー会員 越川俊幸

### 1. はじめに

発破工法は効率的な硬岩掘削工法であるが、居住地区が近接する場合には、発破振動が家屋等の構造物に影響を及ぼさない範囲であっても、振動や騒音で住民の不快・不安感が募り、発破工の継続に同意を得られず火薬消費許可を失効することがある。この不快感を緩和するには、発破振動を低減するだけでなく、発破回数を減らすこと、発破継続時間を短くすること、発破騒音を緩和することが有効である。以下に、愛知県豊田市の安永川トンネル上流側坑口前で、高精度電子雷管(eDeV II)を用いて行った、明り盤下げ掘削の制御発破事例について報告する。

### 2. 高精度電子雷管(eDeV II)の特長

高精度電子雷管の特徴を以下に示す。

- ・装薬後に 1/1000 秒刻みの起爆秒時設定が可能  
(雷管が 1 種類だけとなるため在庫管理が容易)
- ・起爆秒時精度は±0.01% ・最大 500 段の段発が可能
- ・専用発破器からの特殊な電気信号で起爆  
(迷走電流、静電気等による誤爆がなく安全)

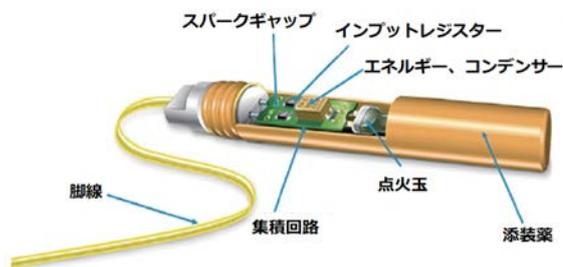


図-1 高精度電子雷管の構造(eDeV II)

### 3. 高精度電子雷管による制御発破の概要

豊田市中心市街地の洪水対策のために新設する地下河川トンネルと既設河川との接続部となる開水路を掘削した。当該箇所は矢作川に浸食されずに残った硬質花崗岩( $\sigma_c \approx 150\text{MPa}$ )が広がる、『鶴の首』と呼ばれる場所の西南端である。高精度電子雷管による制御発破の手法は先行工事の河川トンネルで実証済みだった。表-1 にトンネル掘削での制御発破と通常発破の実績を対比する。なお、表中の振動値は発破地点から 15m の離隔の地表で測定したものである。制御発破では、(1)段数を増すことで発破を分散させ斉発薬量(同時に起爆する爆薬量)が減り振動速度が低減する。(2)爆破秒時差を短縮することで振動周波数が高くなり、相当する地震震度(最大振動速度と卓越周波数から気象庁の手法により算定した震度)が小さくなる。(3)爆破秒時差の短縮により多段数発破でも発破継続時間が短くできる。高精度電子雷管のこうした利点を生かして、明り盤下げ発破を計画した。

表-1 トンネル発破での発破振動値比較

項目	制御発破	通常発破
使用雷管	高精度電子雷管	電気雷管
装薬孔数	200孔	100孔
1孔当装薬量	0.2kg/孔	0.4kg/孔
総装薬量	40kg	40kg
総段数	200段	20段
斉発薬量	0.2kg	2kg
爆破秒時差	5/1000秒	0.25秒~0.6秒
発破継続時間	1.0秒	7.5秒
最大振動速度	0.15 kine	3.8 kine
卓越周波数	120Hz	23Hz
相当する地震震度	震度 0 相当	震度 4 相当

### 4. 対象となる明り掘削工事の概要

図-2 に明り発破掘削の対象範囲を示す。開水路新設のために幅 13m、延長 48m の範囲を深さ 2.8m で掘削する。発破箇所から約 20m の位置に食品加工工場が、約 60m の位置に市道が、約 90m の位置に最寄りの一般住宅があった。万一の飛石災害に備え、発破時には近傍の市道を通り止めするよう県の担当から指導を受けたため、道路管理者・地元自治会と協議して、発破時刻は 1 日 1 回 16 時に固定した。

キーワード 明り硬岩掘削, 制御発破, 高精度電子雷管, 1 孔 2 段装薬

連絡先 〒460-0004 名古屋市中区新栄町 2-14 鹿島建設(株) 中部支店土木部 TEL 052-961-8290



図-2 現場位置図

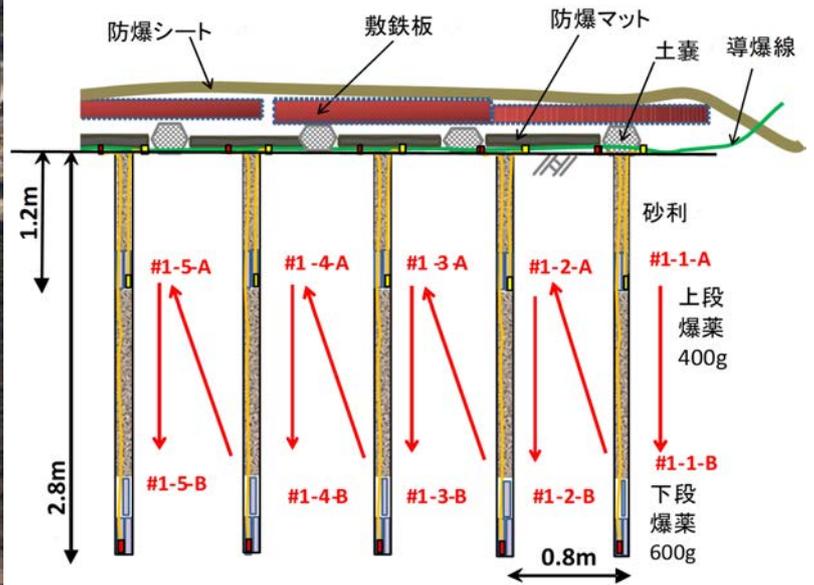


図-3 発破断面図 (1孔2段装薬)

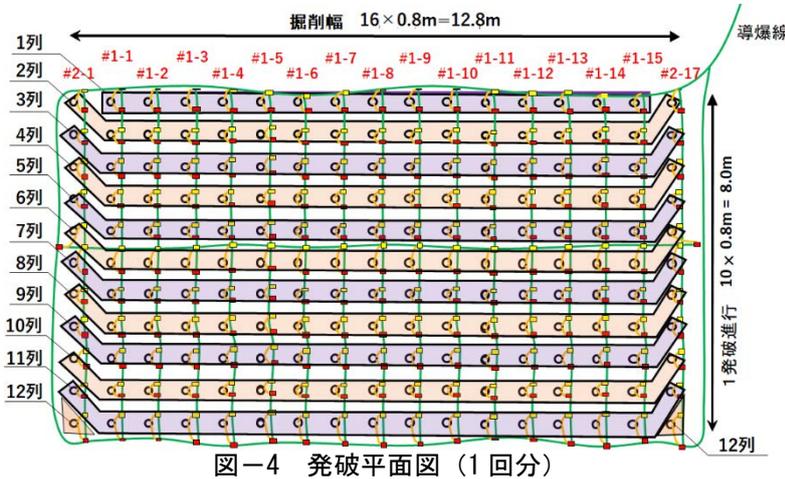


図-4 発破平面図 (1回分)

表-2 発破仕様

対象面積	102.4m <sup>3</sup>
掘削深さ	2.8m
1発破掘削量	287m <sup>3</sup>
削孔間隔	0.8m
削孔数	187孔
使用雷管数	374個
装薬量	上段 400g/孔 下段 600g/孔 計 1.0kg/孔
総装薬量	187kg
単位薬量	0.65kg/m <sup>3</sup>
爆破秒時差	5/1000秒
発破継続時間	1.87秒

5. 制御発破の仕様と実績

図-3に発破断面を、図-4に発破平面をそれぞれ示す。前述のとおり、発破が1日1回に制限されたため、1発破でなるべく多く破碎したいが、発破振動を低減するには斉発薬量の低減が必要で、少ない薬量で破碎できる深さには限界があった。そこで、1装薬孔に爆薬を2段仕込み、上段を起爆してから下段を起爆することで、深さ方向も発破を分散させて、斉発薬量の低減と掘削深さの確保を両立させた(図-3)。表-2に発破の仕様を示す。深さ2.8mの装薬孔の最下端に含水爆薬を600g装填した後に砂利を詰め、孔口から1.2mの位置に上段の爆薬を400g装填した。飛石の防護として、防爆マット、敷鉄板、防爆シートで発破対象面を覆った(図-3)。

表-3 発破時の振動と騒音

計測点の離隔	30m
最大振動速度	0.11 kine
卓越周波数	140Hz
相当地震震度	震度0相当
騒音レベル	84dB

こうして、幅12.8m、進行長8m、深さ2.8mの発破を6回行った。岩の発破起砕状態は良好で、大型ブレイカでの整形掘削が必要な箇所はごく一部にしか生じず、不快な騒音が生じるブレイカ作業を短時間で済ませることができた。表-3に発破時の振動と騒音の測定結果を示す。発破振動は発破箇所から30m離れた地点で、震度ゼロ相当に抑えられた。また発破騒音は、84dBであった。5/1000秒刻みの一定間隔で起爆する発破音は、2秒弱で鳴り終わるティンパニの連打のような響きとなり、近隣住民から「遠くで鳴る雷のようだ」と評された。採用した制御発破工法により、近隣の不快・不安感を抑制でき、発破工の継続に同意が得られ、予定工期内に硬岩の発破掘削を完了した。なお、この制御発破工法は、家屋等との離隔に合わせ発破規模を拡大して応用できるので、今後も活用して施工データを収集する予定である。