

VI-103

平行芯抜き発破実験における
実験内容とその削孔精度について

佐藤工業 正会員 吉田 克弥
佐藤工業 鈴木 仁志
佐藤工業 正会員 南出 英男
山口大学 学生員 畑山 昌之

1. はじめに

発破掘削の施工速度向上は硬岩山岳トンネル施工の最大の課題である。そこで、我々はその課題を克服する方法の1つとして挙げられる平行芯抜き発破の現場実験を行った。ここでは、その現場実験の実験内容と削孔精度について報告する。

2. 実験内容

(1) 実験場所

実験場所は埼玉県秩父郡武甲鉾山の山頂石灰石採掘現場である。ベンチ高さ10m、ベンチ傾斜70°の斜面で平行芯抜き発破実験を行った。表面は採掘のためのベンチ発破で荒れていたため、バックホウショベルで表面整形してから、実験を行った。

(2) 対象岩盤の状況

採掘場の地質は古生代の石灰岩が主体であり、部分的に輝緑凝灰岩が見られる。事前調査による地山弾性波速度試験では、良好な石灰岩で弾性波速度 $V_p=2.5\sim 4.0\text{km/s}$ 、さほど良くない石灰岩で $V_p=1.0\sim 2.5\text{km/s}$ 、輝緑凝灰岩で $V_p=1.0\sim 1.8\text{km/s}$ であることが確認されている。

実験対象としたベンチで簡易な地山弾性波速度測定試験を行った結果、平均で $V_p=2.3\text{km/s}$ の弾性波速度が得られた。また、対象岩盤は、亀裂の多い石灰岩であった(図-1参照)。

実験対象のベンチの岩盤は、岩盤分類C M級の亀裂の多い部類に属し、わが国のトンネル対象の代表的な岩盤性状の1つであると考えられる。

(2) 実験ケース

実験は主に平行芯抜きの基礎部分である第1スクウェアについて行った。

実験固定因子

- ・ 計画削孔長 4 m; 実験上の削孔精度の影響を明確にするため及び将来の延伸化傾向を踏まえたものである。
- ・ 起爆秒時差 7.5 m s 以上; 導火管付き雷管の段発起爆時間を基本にしたものである。
- ・ 空孔 $2 \times \phi 102\text{mm}$ 以上; 空孔は1つよりも2つの方が成功率が高く、かつ空孔径が大きい方が成功率が高いため実用性を考慮した。

実験可変因子(基本因子)

- ・ 爆薬; マルツヨソ爆薬($\phi 30\text{mm}$, $\phi 25\text{mm}$), ANFO爆薬
- ・ 雷管; 導火管付き雷管, H-キダット非電気式段発雷管
- ・ 削孔径; 空孔 ; $\phi 114\text{mm}$, $\phi 102\text{mm}$
装薬孔 ; $\phi 48\text{mm}$, $\phi 45\text{mm}$, $\phi 43\text{mm}$
- ・ 計画抵抗線長 ; 300mm, 200mm
- ・ 計画空孔間隔 ; 300mm, 200mm

基本的実験ケースは26ケースである。さらに秒時差0, 25, 50msの3ケースと空孔径を装薬径と同径にした3ケースを追加した。

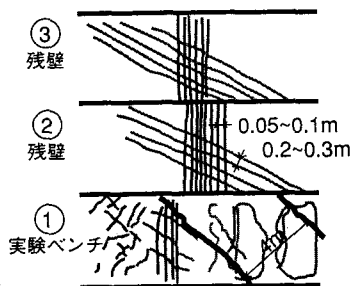


図-1 対象岩盤亀裂状況

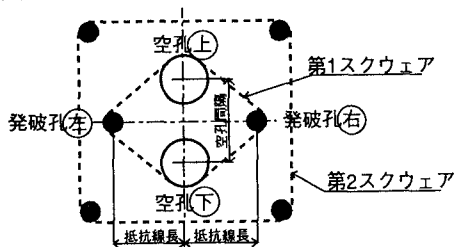


図-2 計画削孔形状

(3) 実験方法

削孔方法は、まず壁面に第1スクウェアの4孔の孔位置をマーキングし、ジャンボドリルによって4mの削孔を行った。なお、空孔はリーミングで拡孔した。削孔終了後、各孔に反射ターゲットを1m間隔で貼付したため棒を挿入し、孔口と孔口手前1mの点のx, y, z座標を3次元計測システムにて計測した。孔口から4m奥の座標は孔口と孔口手前1mの2点から算出した。その後、発破孔に爆薬を装薬して発破し、各実験ケースにおける発破状況の観察を行った。

3. 削孔精度について

削孔ズレは、口付けズレ、方向ズレ、岩石内ズレの3要素で構成されており、各要素の合計で表現される(表-1参照)。

口付けズレは空孔⑤を基準にして、各孔の計画位置からのズレである。空孔⑤は予定された位置の10cm以内に約95%の確率で収まっている。発破孔⑥⑦はそれぞれ約85, 75%とズレが大きい。この結果は、発破孔⑥⑦が空孔⑤に比べ、ジャンボドリルのブームを左右に移動するよりも上下に移動する方が容易に平行を維持することが出来たためと思われる。

方向ズレ+岩石内ズレは空孔⑤を他の各孔に平行移動し、切羽面で一致させたときの空孔⑤との孔尻でのズレである。空孔⑤については、15cm(平均2.2cm/m)以内のズレが90%以上、発破孔⑥⑦についてもm当たりズレは平均2.4cm/m, 2.9cm/mとなっている。しかし、このズレの大きさでは空孔と発破孔が連結したり、抵抗線長が過度に大きくなる可能性もある。

図-3は、孔口と孔奥での4孔の位置関係を、孔口と孔尻での空孔⑤を重ね合わせて示した例である。この中で、削孔精度が良い場合は、発破結果も良いケースが多く、削孔精度が不良の場合は、発破結果も不良である場合が多い。また中には、爆轟中断、空発及び焼結というような現象を起こしたケースもあった。このことから、空孔と発破孔間距離を正確に削孔することは、発破結果の重要な要素の1つであると考えられる。

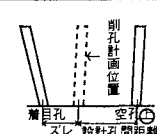
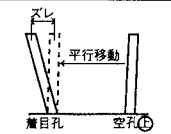
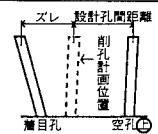
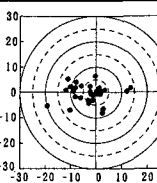
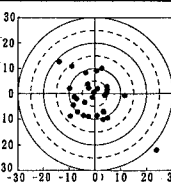
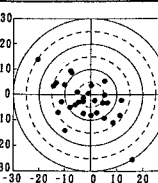
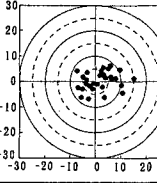
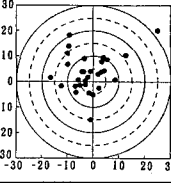
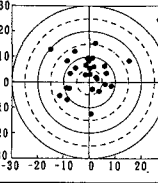
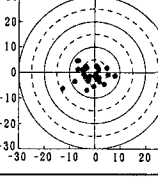
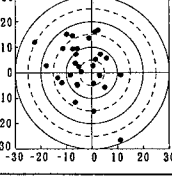
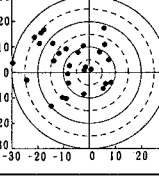
4. おわりに

今回の実験においては、平行芯抜き部分を正確に削孔することは、1発破進行長の延伸化において重要であるということがわかった。また、空孔は削孔後にリーミングで拡孔すると発破孔と同程度の削孔精度が得られることが確認できた。

【参考文献】 発破技術委員会：最新発破技術ハンドブック，山海堂，1992年

表-1 削孔精度

単位:cm

	口付けズレ	方向ズレ+岩石内ズレ	削孔ズレ
着目孔			
空孔⑤			
発破孔⑥			
発破孔⑦			

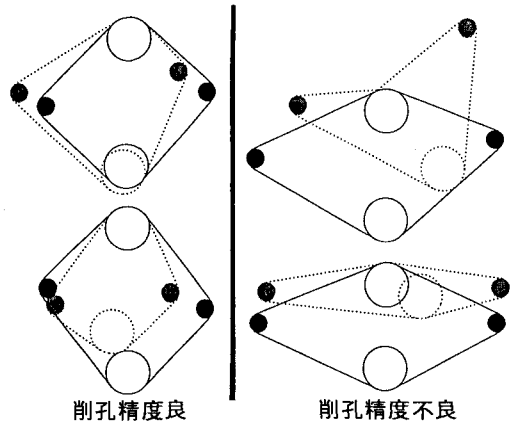


図-3 削孔形状例
(— ; 孔口、-- ; 孔尻)