

大量土岩工事におけるベンチ発破の低周波音低減工法

(株)青木建設研究所	正会員○熊谷修治，孫 建生
(株)青木建設企画エンジニアリング部	正会員 坂本浩之
(独)産業技術総合研究所	正会員 国松 直
(独)産業技術総合研究所	今泉博之，高橋保盛

1. はじめに 大規模な土岩掘削工事において発破作業を行う場合，地盤振動や発破音（特に低周波音）が周辺環境に与える影響を制御する必要がある．そのため振動や低周波音の発生を適切に予測し，対策を講じることが重要である．通常山間部における発破施工では，山を階段状に整形しながら崖面に平行に爆薬をセットして爆破させ，徐々に崖面を後退させていく「ベンチ発破工法」と，平坦な地盤上に矩形に爆薬をセットして爆破させ面的に盤を下げていく「盤下げ発破工法」の2種類がよく用いられる．このうちベンチ発破では前面が自由面になっており1孔あたりの起砕量を大きくとることができる．また上面のみ自由面となる盤下げ発破に比べ地盤振動も小さくできる反面，これに相反する特性として，2つの自由面からエネルギーが発散するため発破音（衝撃性低周波音）が大きくなる問題がある．そのためベンチ発破工法では低周波音の制御が重要な管理項目となっている．そこで低周波音制御を目的に，採石鉱山などで実施されている「打掛発破工法」¹⁾を改良した新しいベンチ発破工法「Face-Covered-Blasting（切羽面覆い発破）工法」（以下 FCB 工法と称す）を，現在施工中の土砂採取現場において適用した．これにより発生する低周波音を低減させ，周辺の環境維持に大きな効果を挙げている．FCB 工法の低周波音低減効果を検証するため，当現場において低周波音の計測を行い，その結果を分析した．

2. FCB 工法の概要 通常ベンチ発破では発破による爆落土砂を重機械・ダンプで完全に除去した後，次の発破に移行する．これに対し打掛発破工法では爆落土砂を完全に除去せずに適量を残したまま次の発破に移行する（図-1 参照）．発破作業と積込・運搬作業が独立して行える作業効率上の利点のほか，不慮の飛石の防止・発破音の低減等，保安・環境保全上の利点がある．しかし一方で，最小抵抗線の増大によるバックブレイクの発生とこれに伴う次回削孔作業の不具合・発破孔音の増大，大塊の発生や根切れの悪さ，次回削孔作業の位置出しの難しさなどの懸念事項がある．これに対し，FCB 工法では前面に残す爆落土砂量を破碎1列分程度に制御してバックブレイクの抑制と破碎効率の向上を図るとともに，ベンチ肩を重

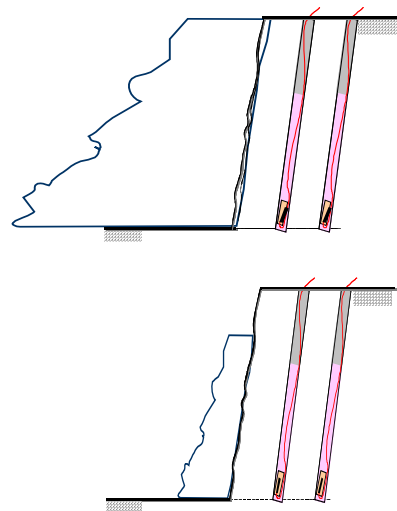


図-1 打掛発破(上)FCB(下)

3. 低周波音計測 当現場の岩質は砂岩・頁岩の互層をなす亀裂の多い岩盤である．発破作業には非電気式雷管を用いて ANFO 爆薬で孔底起爆している．またベンチ高さは全てのケースで H=15m である．計測は場内の任意点および場外の管理ポイントにおいて行った．発破箇所と計測点は携帯用 GPS を用いて測量し，相互の位置関係を簡便かつ正確に把握できるようにした．計測にはリオン(株)製の NA17 および NA18（周波数範囲 1~1000Hz），(株)アコー製の TYPE7144 マイクロフォンおよび TYPE3348 レベル計（0.1~100Hz）を用いた．またデータの記録は分解能 14bit の(株)キーエンス製の NR2000 により，500Hz の周波数で原波形をサンプリングした．なお計測に当たっては，退避の必要な至近距離での計測も行えるように，タイマー機能を付加したパソコン記録システムを使用した．

キーワード：大量土岩工事，ベンチ発破，打掛発破，FCB 工法，低周波音

〒300-2622 茨城県つくば市要 36-1(株)青木建設研究所 TEL:029-877-1115

4. 計測結果 図-2 に場内及び場外で計測した低周波音圧レベル（周波数特性 FLAT，動特性 SLOW）と距離 D の関係を示す．当現場ではベンチ発破箇所から場外近隣区域までの距離は数百 m 以上のケースがほとんどであるため $D > 500\text{m}$ の範囲に着目した．多少のばらつきがあるが，概ね FCB の方が通常ベンチ発破に比べて音圧レベルが小さくなっていることが確認できる．例えば $D > 1000\text{m}$ での両者の平均を比較すると，通常ベンチ発破が 97.2dB であるのに対し，FCB は 94.9dB と約 2.3dB 小さくなっている．また FCB ではデータのばらつきが小さい傾向にある．この

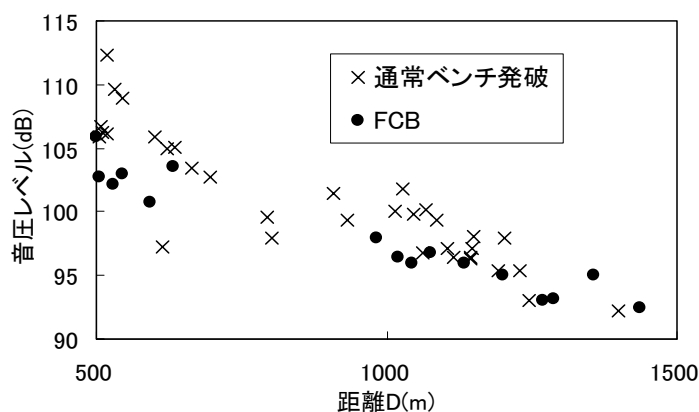


図-2 低周波音圧レベル（FLAT）の比較

ことは前回発破による爆落土砂を全て除去し，新しい切羽を露出させる通常ベンチ発破に比べ，爆落土砂を重機で整形して切羽形状を管理する FCB の方が低周波音を制御しやすいことを示している．次に図-3 は距離 D がともに 300m 程度の近距離の場合における通常ベンチ発破と FCB の音圧波形及び周波数分析（FFT）結果を比較したものである．これによると，両者とも 5Hz 未満のスペクトルが卓越している．ただし通常ベンチ発破では 10Hz 程度までの成分を有しているのに対し，

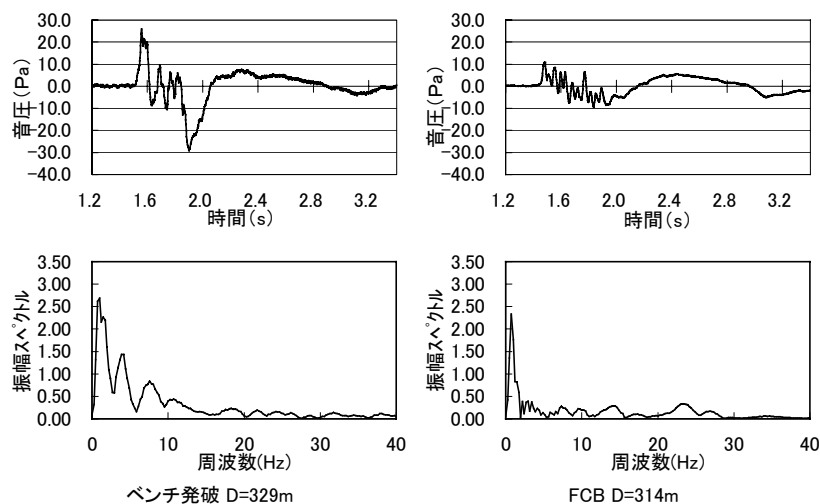


図-3 音圧波形と周波数分析結果の比較（近距離）

FCB ではピークのみが卓越しそれ以上の周波数成分は急減している．これに対して図-4 の距離が 1200m 程度の遠距離の場合では，スペクトル形状はかなり類似したものとなっている．なお FCB による発破音の予測に対しては，通常ベンチ発破の予測に関連するパラメータ²⁾に加えて，前面に残す爆落土砂の量や形状も検討する必要があると考えられる．

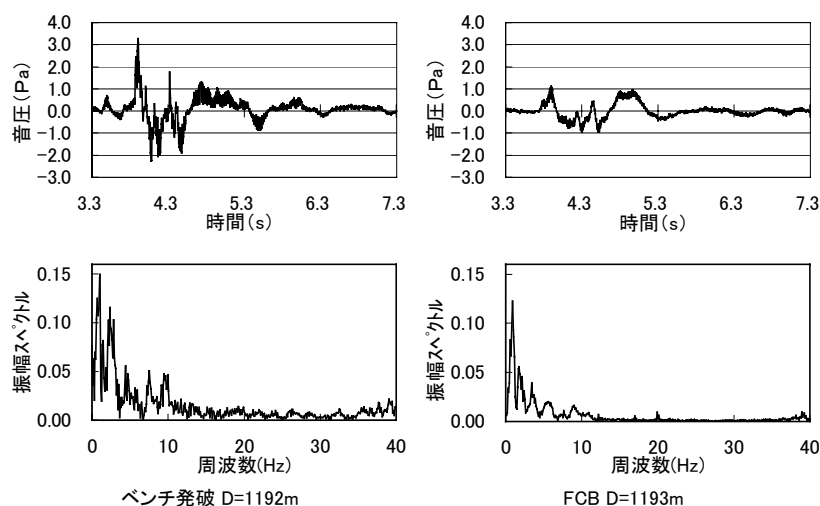


図-4 音圧波形と周波数分析結果の比較（遠距離）

5. おわりに 本計測結果により，FCB 工法の低周波音低減に関する有効性が確認できた．ただしこの場合，地盤に及ぼす振動エネルギーは逆に大きくな

ることが予想される．そのため前面に残す爆落土砂の最適な形状については，地盤振動への影響を考慮しながら試験的に施工を行い，総合的に決定していくことが必要である．

参考文献 1)山口梅太郎,柳瀬昇時:打掛発破,EXPLOSION Vol.7 No.1,1997 2)例えば,発破による音と振動(山海堂)