

大規模岩盤掘削における発破振動の低減工法

(株)青木建設 企画エンジニアリング部 正会員 ○坂本浩之

(株)青木建設 大阪本店土木部 柴田昌平

同上 吉田 功

同上 水野光司

大和工業(株) ロック開発事業部 桧垣篤志

1. はじめに

大規模な岩盤掘削における発破作業では、発破振動や騒音による周辺環境への影響をできるだけ軽減することが求められる。発破振動の大きさは、基本的には発破工法、周辺の地盤特性、伝播経路に影響を受ける。発破振動の低減対策として、周辺の地盤状況を正確に把握することは困難であり、また伝播経路対策（スリット溝等）も現場条件やコストなどの要因で適用できない場合が多い。

本論文は、大規模な土砂採取現場の岩盤掘削の発破作業における発破振動の低減対策のため、雷管や起爆方法の選定、削孔長、装薬量など発破方法の決定に理論解析と試験発破から、現場に最適な工法を実施し、その低減効果と有効性について述べるものである。

2. 従来工法と低減工法の比較・特徴

1) 雷管・起爆位置の選定 ベンチ発破の場合、図-1 に従来工法と低減工法の比較を示す。盤下げ発破の場合も同様な起爆方法となる。従来工法では、起爆位置は装薬孔の上部で行うのが普通である。低減工法では孔底で起爆する方法とした。この方法によると雷管付近の爆発は速やかに孔底部に破碎層を形成し、上部への爆発による振動エネルギーの地盤伝播を遮断し、地盤振動を低減できると考えられることから孔底起爆を選定した。

2) 非電気式雷管の使用 段発発破による波動干渉効果は多くの文献¹⁾に論じられているが、その定量的な評価手法はない。非電気式雷管は、段発秒時間隔の精度が良く、また秒時間隔を小さく設定できるため1発破での段数の制限が無く、十分な破碎量を確保できるため採用した。現場計測の結果、波動干渉による地盤振動の指向性²⁾が認められ、これを有効に利用して、周辺区域で発破振動を低減するような発破方向を設定した。

3) 穿孔余長（サブドリリング）の削減 ベンチ発破の場合、基面の根切れを確保するために穿孔余長は、ランゲフォースなど計算式がいろいろ提案されているが、概ね穿孔長の10%程度をとることが多い。しかし、サブドリリング部の起爆が地盤振動に最も大きく影響を与えると考えられたため削減を検討した。また、当現場の地盤は砂岩頁岩互層を主体とし数10cmの幅で互層をなし、走行・傾斜が流れ盤となっている箇所が多いため、破碎効果を良くするため受け盤でベンチ計画を行い、破碎岩盤の移動を容易にして低減効果を期待した。

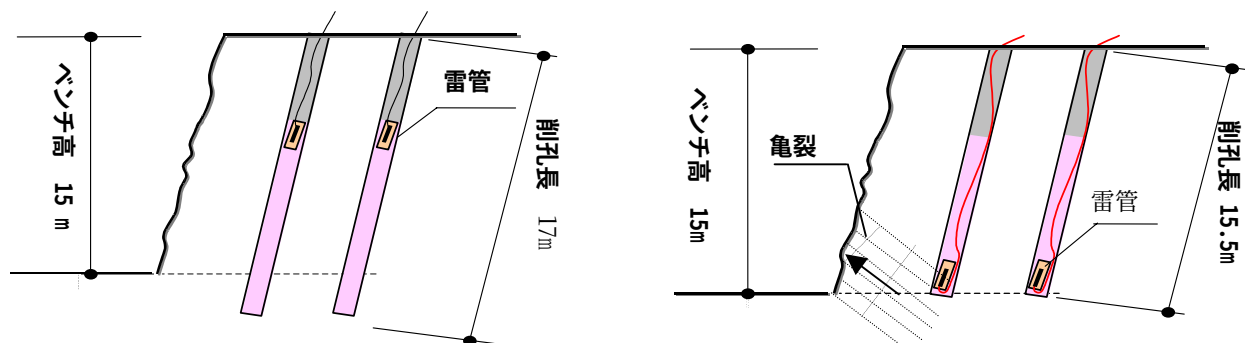


図-1 ベンチ発破の場合従来工法(左)と採用工法(右)の比較

キーワード：発破振動，ベンチ発破，盤下げ発破，非電気式雷管，孔底起爆

連絡先：〒150-8320 東京都渋谷区渋谷二丁目17番3号 (株)青木建設 営業本部企画エンジニアリング部

TEL 03-3407-8547

これらの方法により、基面の根切れが十分に確保でき、また振動低減に有効であると考えられることからベンチ発破では、穿孔余長をベンチ基面まで削減し無しにした。それに伴い装薬量も約 10 パーセント削減できる。

4) 装薬量・孔間隔・孔配置の決定 装薬量・孔間隔・孔配置は、地盤振動に大きく影響を与える。一方、破碎効果、大塊の発生、発破作業などコスト面にも大きく影響するため、これまでの研究や現場実績に基づき、いくつかの発破設計案を計画し、試験発破から当現場で最適な発破諸元を決定した。

5) 情報化施工手法の応用 当現場では、周辺区域に計測管理地点を設け、発破振動・騒音の自動計測を行い、定期的に現場内でも発破振動・騒音の計測を行い、計測結果の解析に基づき発破による地盤振動の予測式を構築する情報化施工を実施した。これによって、低減工法の発破諸元を継続的に見直し発破振動の低減に努めた。

3. 発破振動の低減効果

図-2 は発破振動の低減効果を確認するため、当現場でベンチ発破における低減工法の適用前と適用後における K 値の比較を行ったものである。ここで、K 値は式(1)の振動予測式によるもので、薬量と距離以外の条件（発破工法や地盤条件など）に影響を受ける。そのため K 値を低減することが、発破振動の低減に寄与することになる。

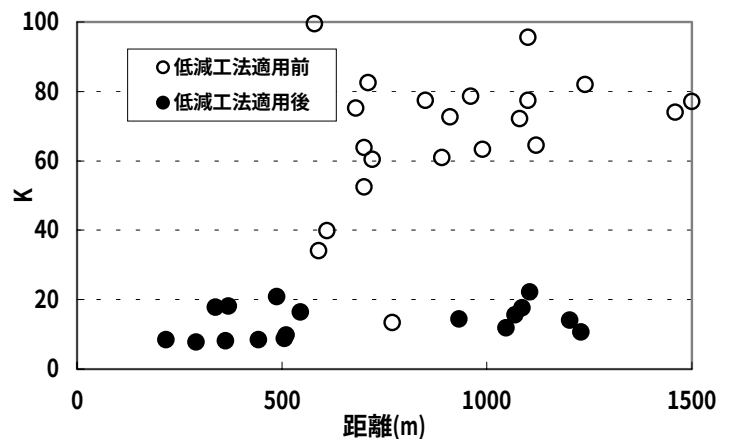


図-2 低減工法適用前後の K 値の比較（15m ベンチ発破）

$$PPV = KW^a D^{-b} \quad \text{式(1)}$$

ここで、PPV：ピーク振動速度(Kine)，W：段発薬量(kg)，D：距離(m)，a：定数(=0.75)，b：定数(=1.5)である。これによると、低減工法の適用前と適用後では明らかに K 値が 20 以下に収まり低減効果が表われている。またバラツキも非常に小さくなっており、発破振動の制御の精度向上につながっている。また、これを振動レベルに換算すると、それぞれの平均値 $K=70$ から $K=10$ に変化した場合、約 17dB の低減となる。一方、5m 盤下げ発破の場合、1 発破当たりの孔数、破碎量が同じ条件において近接 300m 地点での発破振動レベル予測値では 12dB の低減効果が見られた。また、振動レベルの管理目標値を 55dB とした場合、施工限界距離は 240m となり、従来工法の 620m に比べて大幅に短縮しており近接施工が可能となる。

4. まとめ

当現場にもっとも最適な発破による発破振動の低減工法の実施によって、周辺区域において実際に計測されている発破振動レベルは、管理目標値 55dB を下回り安全に施工が進められている。特に近接区域での盤下げ発破においては、この工法は発破振動を抑えて破碎量を確保できるため極めて有効である。

コスト面では、一般的に採用された非電気式雷管は電気雷管に比べてコスト高になると考えられるため、トンネル発破への適用に比べ、明かり発破では多く用いられてないのが現状であると思われる。しかしながら、当現場の特にベンチ発破においては、孔底起爆の実現と大型重機械の組み合わせによって、振動を抑えてトータルコストを削減できることが確認できた。現在、当現場での標準工法として実施されている。

参考文献

- 1) 塩月隆久，橋爪正博，古川浩平，中川浩二：生活環境に対する振動レベルを用いた発破振動の評価基準と発破振動管理手法に関する研究，土木学会論文集，No.516/IV-27，pp.143-153，1995.6。
- 2) 熊谷修治，柴田昌平他：段発発破における指向性を考慮した地盤振動の予測，第 38 回地盤工学会研究会講演論文集，投稿中。
- 3) 熊谷修治，孫 建生，坂本浩之，国松 直，今泉博之，高橋保盛：大量土岩工事におけるベンチ発破の低周波音低減工法，第 58 回土木学会全国大会講演論文集，投稿中。