

市街地における 大規模明かり発破

末吉 信一郎* 松崎 勝*
Shinichiro Sueyoshi Masaru Matsuzaki
上田 幸生* 堀江 道夫*
Yukio Ueda Michio Horie

1. はじめに

観塘延伸線工事は、香港九龍地区を東西に走る既設の地下鉄観塘線を、油麻地駅から黄埔駅まで延伸する工事である。この間に、将来計画されている沙田中環線との乗換駅として何文田駅が建設される。何文田駅舎の構築のために約70万m³の掘削が必要であるが、このうち約30万m³が岩石掘削であり、機械掘削と発破掘削の併用で施工を進めている。何文田駅建設予定地は、九龍地区と香港島を海底トンネルを介して結ぶ幹線道路の一つであるChatham Roadに隣接し、また、周辺には高層住宅が密集している。

このような市街地中心での明かり発破掘削は、過去にもほとんど例がなく、発破による振動・騒音が厳しく制限されるとともに、飛石防止のための堅固な発破防護措置が要求されている。

ここでは、現在までに実施した厳しい制約下での発破実績について報告するとともに、現在計画である電子雷管を用いた発破計画、および発破エリア全体を防護ネットで覆う新たな発破防護（roof-over方式）について述べる。

2. 発破における制約条件

本工事の発破では、以下に示す振動規制および騒音規制が要求され、これらの規制値を満足するように、発破計画をおこなった。

(1) 発破振動規制

水道管や電線等の公共施設、建物、斜面等の周辺構造物に対する発破振動による影響を抑制するために、その重要度や耐震性に応じて表-1に示す振動規制値が設けられた。

この規制値を満足するために、下式(1)により最大振動値を推定し、段当たりの薬量を求めた。

$$PPV = K \times (D/\sqrt{W})^B \quad (1)$$

ここに、PPV：最大変位速度（mm/s）



写真-1 市街地での何文田駅掘削状況

表-1 発破振動規制値一覧

施設名	振動規制値 (mm/s)	摘要
水道管、ガス管	25	
高圧ケーブル	25	
高圧ケーブルジョイント	13	
ビルディング	13, 25	築年数による
斜面	5, 25	

K：岩石伝播係数

D：発破箇所からの距離（m）

W：段当たりの薬量（kg）

なお、係数KおよびBは、香港鉱山局の推奨値であるK=644、B=-1.22を使用した。

(2) 発破騒音規制

発破によって発生する騒音規制値として、境界線近傍の測定点で120dB以下であることが要求された。発破によって発生する騒音値は下式(2)により推定し、段当たりの薬量を求めた。

$$dBL = 164 - (24 \times \text{Log}_{10}(D/W^{0.3333})) \quad (2)$$

ここに、D：発破箇所からの距離

W：段当たりの薬量（kg）

3. 発破実績

(1) 使用火薬類

火薬および雷管ともに香港での使用実績の無いものは、許可取得には、長い時間を要する。このため、火薬には一般的に使用されているカートリッジを、また、雷管には迷走電流や漏電、雷等に対して安全性の高いノネル雷管を使用した。

(2) 発破設計

発破に対する厳しい規制値を満足するためには、1段当たりの装薬量を最小限に抑えた制御発破を行なう必要がある。このため、1段当たりの装薬量を抑え、かつ、ベ

* 海外（支）観塘延伸線工事事務所

ンチ高さ5~6mを確保するために、ダブルデッキを採用した。また、1斉発量を抑えるために、ノネル雷管にSurfaceコネクタ(17,67ms)を併用して各孔が最小8msの秒時差で起爆するよう計画した。図-1に発破パターンの一例を示す。

(3) 飛石防護

香港における最大飛石距離(L_{Max})の算定には、水平方向に対して式(3)、鉛直方向に対して式(4)による経験式がそれぞれ用いられている。

$$L_{Max} = (k^2/g) \times (\sqrt{m}/B)^{2.6} \quad (3)$$

$$L_{Max} = (k^2/g) \times (\sqrt{m}/SH)^{2.6} \quad (4)$$

- ここに、k : 27 (岩盤による係数)
- m : 単位長さ当たりの装薬量 (kg/Lm)
- B : 最小抵抗線 (m)
- SH: タンピング長 (m)
- g : 万有引力定数

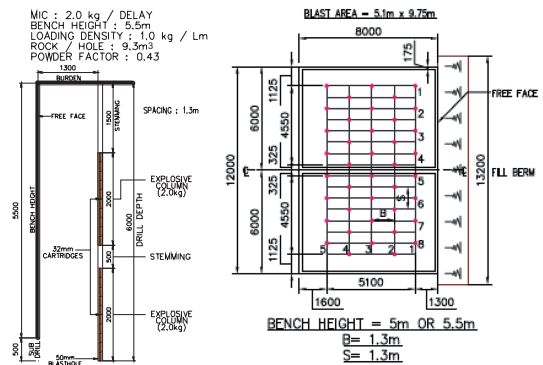
香港での明かり発破における一般的な飛石防護としては、発破箇所全体を発破防護カゴで覆い、さらに、その周囲を高さ12mのスクリーンで囲う、Cage+Screen方式が採用されている(写真-2)。しかし、本工事では幹線道路や高層住宅が隣接することから、従来のCage+Screen方式は認められず、発破防護カゴをさらに大きな防護カゴで覆うCage-in-Cage方式による防護(写真-3)を提案し、鉱山局の許可を得た。

4. 新たな発破計画

Cage-in-Cage方式での発破では、設置に多大の時間を要し、週3回の発破サイクルが限界であった。今後掘削に占める岩石掘削数量が大きくなることから、発破サイクルを改善する必要がある。そのため、発破箇所全体をネットで覆うRoof-Over方式による発破防護(写真-4)を計画し、現在施工中である。また、雷管には発破振動抑制および安全性を考慮し、秒時差精度が高い電子雷管を用いる計画としている。

5. おわりに

本工事は、平成23年11月より掘削を開始し、平成25年3月1日現在までにCage-in-Cage方式による発破を44回実施し、約78%の掘削を完了している。現在、Roof-Over方式による発破防護、電子雷管を使用した新たな発破計画を鉱山局に申請中であり、許可が取れ次第、新たな発破計画による発破を実施していく予定である。



起爆方式	孔数	装薬量(kg/孔)	MIC(kg/delay)	削孔長(m)	発破係数
ダブルデッキ	40	4.0	2.0	6.0	0.43

MIC: 段当たり最大装薬量(maximum instantaneous charge)

図-1 発破パターンの一例



写真-2 発破防護 (Cage+Screen方式)



写真-3 発破防護 (Cage-in-Cage方式) 設置状況



写真-4 発破防護 (Roof-Over方式)