

振動・騒音を抑えた発破工法(予備発破工法)

山崎建設(株) 正 掘 泰 宣

〃 正 〇 原 田 次 郎

〃 正 上 田 隆

1. まえがき

わが国の住宅事情は質的变化の時代に入った。とくに開発済みの住宅地周辺の再開発は需要も多く、地価も高いので開発の経済性は大きい。

しかし、立地条件から再開発工事に伴う工事公害に対する周辺住民の反対は再開発を阻害する最大の要因である。とくに未利用宅地は主に岩盤などの地質条件によって未開発のまま残されに所が多い。

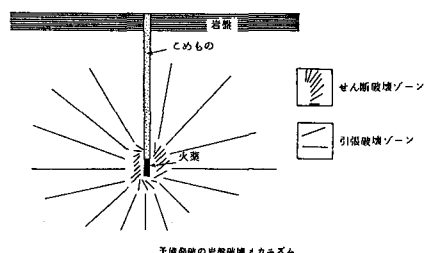
硬岩の破壊についてリッパのみで行なうことは、限界もあり、チップの摩耗や機械の損耗を大きくする問題がある。また発破による場合は発破公害(振動、飛石、騒音)という問題が発生する。したがって、この両者をいかに上手く組合せるかが、これからの硬岩破壊を考える上で1つのポイントである。

予備発破はリッピングの前に岩盤をあらかじめ弛めておくもので、バンチ発破のような公害をその方法によっては防止することができる。

2. 予備発破概要

予備発破は少量の火薬の爆発力によって、岩盤内部にせん断破壊、引張破壊による多数の亀裂を発生させ、岩盤強度を低下させることによってリッピング不可能な岩盤をリッピング可能な岩盤にするもので、爆発のエネルギーが表面に達することは少ない。

振動、騒音はバンチ発破や盤打発破と比較して、予備発破では薬量が少ないことから小さくなる。特に超低周波音による窓ガラスの振動などは感覚的には大きな振動のように受取られるが、予備発破ではこうした現象は微細である。



3. 予備発破工法 施工例

(1) 工事概要

望玄台団地造成工事は北九州市の高級住宅地にとり残された岩山を除去して宅地化するものである。従来予備発破工法は碎石鉋山などでの事例があるが、高級住宅や老人ホームに至近距離まで取り包まれに宅地開発に予備発破工法を採用した代表的な事例であろう。

工期は55年12月より56年6月までの7ヶ月であった。

この工事の特色は

- ・住宅地に極めて近いこと
- ・表土を除去された岩山で岩盤は非常に硬い
- ・作業面積が狭い

ことである。

工 事 名	望玄台団地造成工事
場 所	北九州市小文字
岩 質	輝緑凝灰岩
弾性波速度	3,200~4,900 m/SEC
施 工 法	予備発破 CAT・DIO 工法
硬岩処理量	93,000Nm ³ (地山)

当初ブレーカ、 $\phi 7$ 、 $\phi 10$ リッピングを主体に施工したが、工事が進むにつれ岩盤の強度は増大し、岩盤の弾性波速度が 3000 m/sec を超えると生産性は極めて低くなった。

そこで施工法の検討を行ない、施工を工期限内に完了する為には予備発破工法による以外にないと判断したが、発破に対する住民の拒否反応は強いので、予備発破を説明し、かつ試験発破の立会いを求めた。結果は非常に良く、その後の施工も順調に予定通り無事完了できた。

なお、この工事では

CB工法

ブレーカと $\phi 10$ ブルドーザの組合わせ

予備発破と $\phi 10$ ブルドーザの組合わせ

について実施検討した結果、予備発破工法を採用した。

(2) 予備発破工法の施工領域の設定

安全対策には特に注意を払った。民家に対する発破振動の影響を考慮して、発破施工領域を設定した。

この領域から 100 m の距離を発破の影響区域とした。これは掘削面と同一レベルにある民家を対象にしたもので、それ以内の区域に存在する民家は高低差のために地中振動の影響のみを受けること、地中振動の減衰を考慮したものである。

なお、外周部は落石防止のため $\phi 10$ ブルドーザのリッピング作業のみで行なうことにした。さらに安全のため作業場周辺に防護ネットを設置した。

(3) 予備発破規格

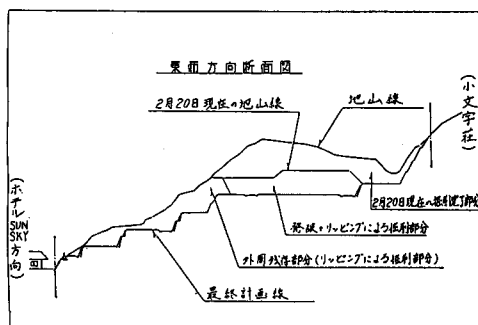
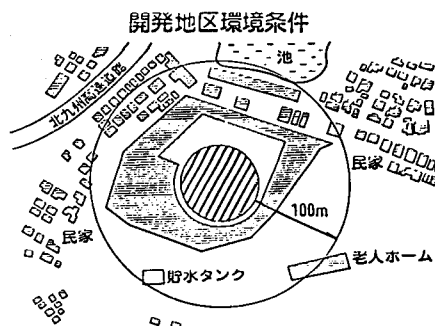
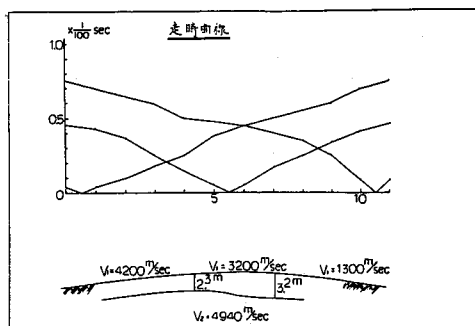
発破設計にあたって発破振動、発破騒音の許容限界値を設定しなくてはならない。

一般に振動速度が 0.5 cm/sec 以下であれば構造物等に影響はないとされている。ここでは発破に対する苦情発生を完全になくすため次のように許容限界値を定めた。

発破振動 許容限界値 $0.2 \text{ kine (cm/sec)}$

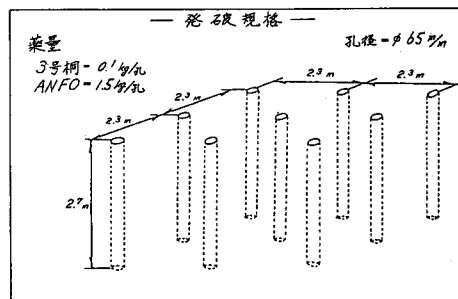
発破騒音 許容限界値 80 dB

発破規格は図に示すように定めた。削孔長は作業効率を考慮して1ロッド分の 2.7 m とした。



振動の変位速度の大きさと被害の程度 (Banik による)

変位速度の大きさ (cm/s)	被害の程度
0.5	ほとんど被害が認められない
1.0	軽微な被害が発生する可能性がある
5.0	かなりの被害が発生する
10.0	非常に大きな被害が発生する



(4)試験発破

以上の発破設計のもとに試験発破を行なった。試験発破は住民立会いのもとで行ない、同時に振動、騒音の計測を行った。特に安全対策には完全を期して防爆マット、防爆シートを用いた。

試験発破立会の結果、予備発破工法の安全はもとより、振動、騒音についても充分認識を得られ、事後の施工も順調に進めることができた。

また予備発破後の弾性波速度も減少し、 $\phi 10$ のリップ可能領域に入ることが確認できた。作業量についても計測した結果、時間当たり 400 m^3 が確認できた。

この結果をもとに今後の施工計画を設定した。

(5)振動・騒音測定結果

振動・騒音を設計値以下に抑えるために使用可能薬量は限られる。この少ない薬量で最大の生産量を得られるように設計する。

削孔は図示のようにA、B、Cの3ブロックとした。

各ブロックで段発($\phi 52 \sim \phi 10$)を用い、また断線を防止するため各ブロックは間隔をあけた。

点火はAブロックの点火、爆発の完了後にBブロックの点火、Bブロック爆発の完了後、Cブロックの点火への順に行ない、段当りの薬量を許容量に抑えて発破による振動・騒音を軽減するようにした。

※ $\phi 52$ は瞬発のため振動が大きくなるので除いた。

また1段当りの起爆孔数は2~4(孔/銃)である。

以上の発破設計にもとづいて試験発破を行ない、振動・騒音を計測した結果を表に示す。

振動値は最大 0.068 kine 、騒音値は 74 dB でいずれも先に設定した許容限界値を満足する結果を得た。

なお発破係数は $C = 0.12(\text{kg}/\text{m}^3)$ になった。

(6)その他の工法の検討

なおCB工法についてもテストを実施した。

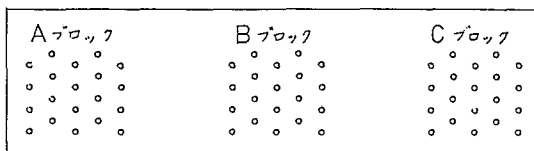
削孔数 109

有効削孔長 2 m

CB剤 1020 kg

注入後12時間岩盤上面に幅3 mmの亀裂が発生し、さらに120時間後に亀裂幅は5 mmとなって止まった。その後リッピングを行なったがリップで破砕

岩 質	輝緑凝灰岩
弾性波速度	3,200 ~ 4,900 m/sec
ビット 径	65 mm
火 薬 類	ANFO-3号桐段発着管(DS)
発破係数	0.12 kg/m^3
作 業 量	400 m^3/Hr



発破条件

回 次	孔 長 (m)	孔 間 隔 (m)	孔 数	薬 量 (kg)	
1	2.7	2.3	10 孔	16	DS #2, #3, #4, #5 #6, 各銃当り2孔
2	2.7	2.3	15 孔	24	同上、各銃当り3孔
3	2.7	2.3	24 孔	38.4	DS #2, #3, #4, #5 #6, #7, 各銃当り4孔
備 考	(1) 1 回目には各銃当り2孔 ($1.6\text{ kg} \times 2 = 3.2\text{ kg}$) 2 " " 3 孔 ($1.6\text{ kg} \times 3 = 4.8\text{ kg}$) 3 " " 4 孔 ($1.6\text{ kg} \times 4 = 6.4\text{ kg}$) (2) DS #1 段は瞬発のため振動が大きくなるので除いた。				

振動計測値

計測名	距離 (m)	単位	第1回	第2回	第3回
薬 量		$\text{J}^2/\text{kg}/\text{sec}$	4.8 kg/sec	4.8 kg/sec	6.4 kg/sec
4(X) 速 度	106	Kine/sec	0.0367	0.0309	0.0416
4(X) "	106	"	0.0433	0.0483	0.0612
4(Y) "	106	"	0.0320	0.0498	0.0377

騒音計測平均値 ($L=106\text{ m}$)

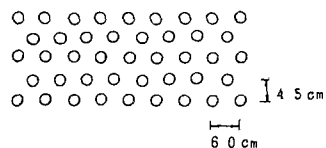
	DS 2 段	3 段	4 段	5 段	6 段	平均
第1回	58.1	62.9	60.0	60.0	60	60.2
第2回	64.6	62.8	67.2	65.1	66.1	65.2
第3回	68.0	74.1	68.8	72.3	70.9	70.8

(単位 dB)

C B 工 法

投入機	機 種
削 孔 機	DC 45 ($\phi = 65\text{ mm}$)
コンプレッサー	PDR 600

削孔パターン (削孔長 2.5 m)



することができなかった。これは亀裂が線状に走るだけで岩盤が充分破碎されていないことによるものである。

C B工法ではブレーカで破碎することが効率的であり、施工の前後でブレーカの1キゼル(60cm)貫入に要する時間は2分50秒から34秒に短縮された。

(7)予備発破工法による施工

振動、騒音測定結果より、右に示す振動速度式を得た。

この式より距離別、薬量の基準値を算出した表を作成し施工管理を行った。

施工中いろいろ検討を重ねた結果、1孔当り薬量1.5kg,有効削孔長2.5mで発破係数は0.11kg/m³に落着いた。

施工機械は次の通りである。

CATD10 ブルドーザ 1台

DC45 クローラドリル 1台

PDR600 コンプレッサ 1台

MS230 ブレーカ 1台

作業量は1日500~600m³を破碎したが、これはクローラドリルの能力によるもので1日当り38~45孔である。

初期は作業面積が狭いため1台を投入したが盤が下がるにしたがって広くなり2台を使用、ブレーカも整形を含めて2台を使用した。

全作業量はリッパのみの作業を加えて1日900m³程度で夏になる前に主要工事を無事完了した。

3.おわりに

この施工を完了して“静かな開発”には予備発破工法が極めて有効な工法であることを確認した。同時に予備発破が設計値に対して非常に正確な実績値を得られたことにより、一層厳しい施工条件にも適用できるものと思う。

施工期間中、常に測定を行い、住民の理解を得ながら施工を進めたが、幸い何らのトラブルもなく完了したことを大変よろこばしく、住民の協力に感謝する次第である。

以上

$$\begin{aligned} \text{速度式} \quad v &= K_1 \cdot L^m \cdot D^{-n} = 180 \cdot L^{\frac{2}{3}} \cdot D^{-2} \\ v: \text{速度}(Z \text{成分}) \quad &\text{kine (cm/sec)} \\ L: \text{薬量} &(\text{kg}) \\ D: \text{爆源よりの距離} \end{aligned}$$

振動式	振動速度 $v = 180 \cdot L^{\frac{2}{3}} \cdot D^{-2}$ $v = 0.2 \text{ cine の場合}$	加速度 $a = 78,000 \cdot L^{\frac{2}{3}} \cdot D^{-2}$ $a = 57 \text{ gal の場合}$
距離 D 薬量	薬量 L (kg)	薬量 L (kg)
10 m	0.037	0.035
20	0.296	0.280
30	1.00	0.950
40	2.37	2.25
50	4.63	4.38
60	8.00	7.58
80	18.96	17.96
100	37.03	35.08
120	63.99	60.61
140	101.61	96.25
160	151.67	143.67
180	215.96	204.56
200	296.24	280.60

Reduction of blasting vibration and noise
(Pre-Blasting)

Yasutaka Hori
Jiro Harada
Takashi Ueda

Generally, there are two kinds of method in breaking the hard rock, one is ripping and the other is blasting. In the hard rock with seismic velocity 3000 (m/s) or higher, the ripping production is reduced extremely. At right near houses and buildings, the ground vibrations and noises generated by blasting must be reduced not to do damage to structures and human being.

This report is the instance combined excellently ripping with blasting. Field conditions were as follows.

Seismic velocity is nearly 5000 (m/sec)

Minimum horizontal distance is about 45 meter from the field to the house.

In consideration of these conditions, we adopted "Pre-Blasting" in breaking the hard rock. The maximum permissible value of vibration and noise generated by pre-blasting was as follows.

vibration : 0.2 kine (cm/sec)

noise : 80 dB

The bedrock was loosened by pre-blasting, and enabled to break by ripping of D10 tractor. And the production of D10 tractor was 400 (BCM), nevertheless the seismic velocity was nearly 5000 (m/sec) before pre-blasting. We measured the vibrations and noises generated by pre-blasting, the result was as follows.

vibration : 0.1 kine (cm/sec)

noise : 74 dB

Both the results of measurement were satisfied the maximum permissible value. By adopting pre-blasting, we could carry out the breaking hard rock near houses without trouble.