

19. 新しい無発破岩盤掘削工法の開発

日本国土開発(株) *宮 地 明 彦・川 上 裕

1. まえがき

近年、建設工事における安全性や無公害性の問題は、我々建設業に身をおくものにとつて非常に重大な関心事となつている。特に、岩盤掘削工事においては、発破という経済的には他工法と比べてはるかに有利であるが、安全性あるいは無公害性という面ではかなり課題をもつ工法が現在でも主役であるため、ここ数年とりわけ無発破による岩盤掘削という課題がクローズアップされてきた。本報告は、筆者らが開発した新しい無発破岩盤掘削工法（以下、KNBB工法；Kokudo Non Blasting Bench-out と記す）について、その施工法と施工例について報告するものである。

2. 施工法

現在でも、日本の石工たちが石材を切出すときはセリ矢というくさびを用いている。このセリ矢破砕法は、次のような優れた特長をもっている。① パーカッションによりウエッジを貫入するので破砕力が大きい。② 岩を引張り力で破砕する。③ 一打一打の打撃エネルギーをウエッジの貫入量として蓄積するので、鉄が破損しない限り、どんな硬い岩でも破砕できる。④ 数個のセリ矢を順次打ち込んで、その合力で岩を破砕することができる。⑤ 破砕範囲外への影響は少ない。

KNBB工法は、このようなセリ矢破砕法の長所をすべて生かし、かつ経済的で大規模な掘削ができるよう機械化に成功したものである。図-1に

施工フロー図を、図-2に破砕機構図を、図-3に標準的な施工状況を示す。又、本稿では、機械化されたセリ矢をパワーウエッジ（PWと記す）と呼び、その打撃機をKNBB

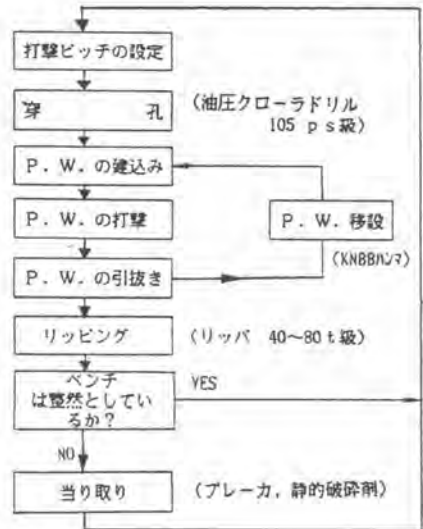


図-1 施工フロー

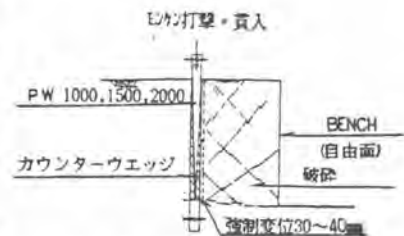


図-2 破砕機構図

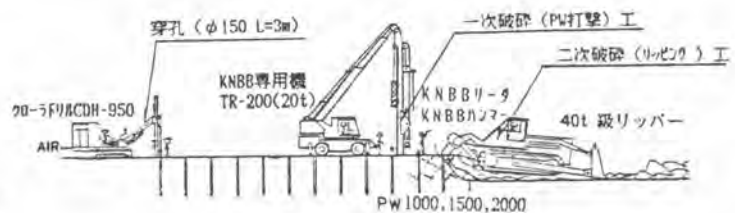


図-3 標準的な施工状況

Bハンマと呼ぶ。次に施工法について簡単に説明する。

2. 1 ベンチ高、打撃ピッチ

図-3に示すごとく、KNBB工法では、リツパはベンチ下段で作業するため、ベンチ高さはリツパの掘削可能な高さで制限される。

又、岩質によつてもベンチ高を変化させるが通常は1.5~2.0mの範囲で行う。岩質と標準打撃ピッチを表-1に示す。

表-1 標準打撃ピッチ (ベンチ高さ 2.0 m の場合)

岩の分類	標準打撃ピッチ		1孔当たりの 破砕面積 (m ²) (s)	1孔当たりの 破砕量 (m ³) (v)
	抵抗線方向 (m) (a)	自由面方向 (m) (b)		
軟岩 (2)	2.00	2.00	4.00	8.00
中硬岩	1.50	2.00	3.00	6.00
硬岩 (1)	1.25	2.00	2.50	5.00
硬岩 (2)	1.00	1.50	1.50	3.00

(注) 岩の分類は建設省土木工事積算基準参照

2. 2 せん孔

図-1に示すごとく、最初の作業はPWを建込む孔のせん孔である。せん孔径は150mm、せん孔長は2.5~3.0m (ベンチ高+1.0m) である。孔はPWの建込みを円滑に行うため、鉛直性、直線性に高い精度が要求される。そのため、本工法では特殊な大口径ビットを開発している。

2. 3 PWの打込み、引抜き

数本のPWを自由面に近い方から順次2tのドロップハンマで打撃する。打撃した瞬間には、PWには5000~8000kg/cm²の応力が生じるため、PWの材質は高強度でかつじん性に富むものでなければならない。又、ウエッジとカウンターウエッジの摩擦面は、高圧下でこすり合わされるため高熱を発する。したがって材質の劣化、あるいは焼付きの防止のため、特殊な減摩剤を使用している。

所定のストローク (1.0 m) だけ打ち込まれたPWは岩盤に幅40mmのクラックを与える。このクラックは岩質にもよるが、時として強い力で元に戻ろうとするため、PWの引抜きには大きな力を要する。KNBBハンマは、PWの打込み、引抜き、移設に要するハンマ、リムーバ、フックをすべて1本のリーダーに装備している。ベースマシンはホイールクレーン (20t) である。

2. 4 リツピング

本工法は、リツピング不能な硬岩をリツピング可能な領域までクラツキーな状態にすることが目的である。したがって、使用するリツパの機種により目標とする破砕度合も異なるが、本工法では40~80t級のリツパが適している。リツピング後、ベンチの足元に未掘削部分 (当り) が残ることもあるが、ブレーカで容易に処理できる。

2. 5 打撃ピッチの管理

表-1に示す打撃ピッチは、標準的な岩質に対するものであり、実際の施工ではいくつかの施工情報を検討しながら最適な打撃ピッチとPWのタイプを選ぶ。施工情報としては、リツピングの難易度、PWの打込エネルギー、PWの貫入量、PWの引抜き抵抗などがあり、現在これらの諸量を総合的に考慮して最適な打撃ピッチを設定する情報化施工システムを開発中である。

3. 工事振動及び騒音

いくつかの発破工事における振動レベルの測定例と、本工法におけるPW打撃時の振動レベルの比較を図-4に示す。この図より、約8m離れた地点で振動規制法における制限値75dBをクリアしていることがわかる。一方、騒音については、クラッチドリルのせん孔音とPWの打撃音が問題となり、硬質ゴム、防音シート等を用いて実用上問題のない程度まで騒音レベルを低下させている。(50m離れた地点で75dB)

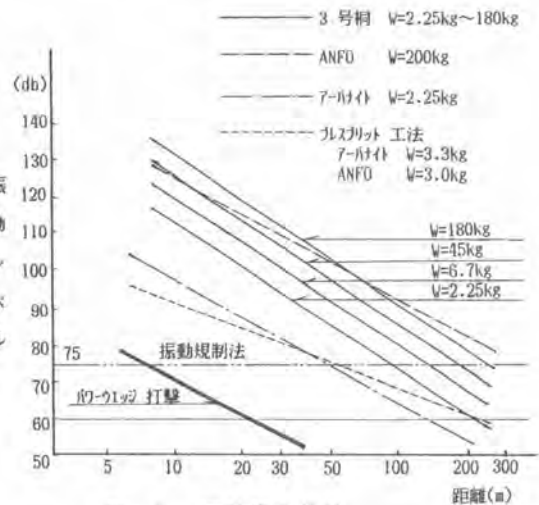


図-4 振動値の比較

4. 施工例

4.1 長崎市葉山団地造成工事(昭和58年7月～59年6月)

本工事は長崎市郊外の宅地造成工事で周辺はすべて宅地として開発されている。無発破による岩盤掘削量は約13万 m^3 、岩質は安山岩で、 $\sigma_c=1500\sim2700\text{kg/cm}^2$ を持つ第1級の硬岩である。掘削当初は、大型ロックブレイカ(BSP-1100型)とKNBB工法との並行作業を行ない、その施工能力を比較した。表-3に実

表-3 KNBB工法とロックブレイカ工法の能力比較 ($\sigma_c=1500\sim1800\text{kg/cm}^2$)

名称	KNBB工法	数量	BSPロックブレイカ工法	数量
機械編成	油圧クラッチドリル	103ps 級	1台	1台
	17-3ブレード	7m3 級	1	1
	17-3ブレード	20t 級	1	2
	KNBB		1	1
	PW		10	1
	7打撃	80t 級	0.5	0.5
労務費	岩工	2人	特殊運転手	1人
	特殊運転手	2人	機械工	1人
	電話	1人	世話	1人
	蓄音	1人	普通作業員	1人
	普通作業員	2人		
消耗材料	軽油	940 l	軽油	650 l
	ビット(70-100)	1式	ビット(100-150)	1式
	ロッド(70)	1		
掘削量	1日当たり	100 m^3	1日当たり	80 m^3

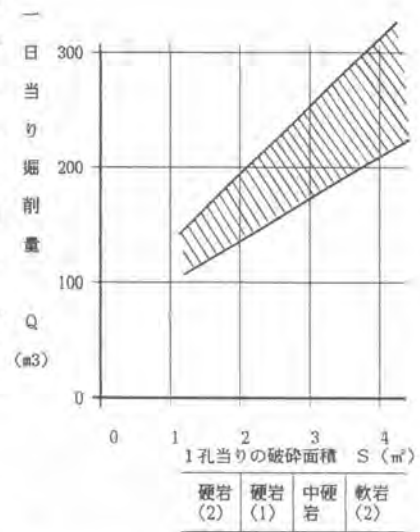
績比較を示す、BSPロックブレイカは、運転時間当りの掘削能力は15 m^3 程度のものを持つているが、オイルポイントの交換時間や機械の整備時間が長く、1日当りに換算すると80 m^3 程度となる。又、 σ_c が1800 kg/cm^2 を超えると極端に破砕能力が低下し、岩盤にスリ鉢状の穴ができるのみでリッピングのための有効な破砕効果は得られない。一方、

KNBB工法では岩の強度が増加しても、ある一定の施工能力は確保できた。これは前述した、どんな硬い岩でもPWが破損しない限り岩が破砕するという施工原理の実施工における証明である。以上の結果、BSPロックブレイカは、リッパのかかるか、かからないかの限界附近の比較的軟質な岩盤において、リッパの作業能力を大巾に向上させるために利用することがもつとも効果的であるとの結論を得た。又、KNBB工法の岩質による1日の掘削量を図-5に示す。

4.2 本四連絡橋岩黒島高架橋下部工事(昭和58年11月～昭和59年2月)

本四連絡橋、尾島～坂出ルートのうち、岩黒島の陸上部硬岩掘削工事を本工法で施工した。無発破硬岩掘削量は約3万 m^3 、岩質は傾家花崗岩で $\sigma_c=1200\sim1600\text{kg/cm}^2$ である。本工事は片切り

オープンカット工事であり、前述の葉山団地造成工事と比して作業エリアが狭い点が難点であった。本工法では、1日当り2000m³の掘削を行うものとする、ベンチ高2mの場合、1000m³の掘削を行う必要があり、そのため1つの切羽の長さは最低30～50m連続することが望ましい。かつ、せん孔及びPW打撃の二つの作業を並行して行うため、このような切羽が2ヶ所以上必要である。岩黒島工事では、1つの切羽長が約20mで常時2ヶ所以上の切羽を確保できなかったため、機械の平均稼働率は50～60%に低下した。しかし、岩盤の中になかなか風化した目も発達しており、そのためPWによる破碎効果が良好であったため、当初の計画どおり1日当りの掘削量は、2000m³を確保できた。



4. 3 岡山商科大学グラウンド造成工事 (昭和59年4月～昭和59年6月)

本工事は岡山市内の市街地におけるグラウンド造成工事である。図-5 1日当り掘削量、 $\rho_c = 1000 \sim 1500 \text{ kg/cm}^3$ の広島花崗岩を約15000m³掘削した。本工事では、パワーショベルのアタッチメントとしてせん孔機と油圧くさびを装えた油圧式の静的岩盤破碎機と並行作業を行った。実績については現在整理中であるが、現場の担当者からは、岩盤を大塊に破碎する作業はKNBB工法が有効で、油圧式破碎機は、小割あるいは当り取りにのみ使用したとの報告を得ている。

5 まとめ

本工法は開発に着手して以来3年を経て、その間、現場実証実験を含めて約18万m³の施工実績を重ねてきた。開発の過程で、①強靱なPWの材質 ②PW摩擦面の減摩剤 ③大口徑、高精度なせん孔ビット ④KNBBハンマの機構 ⑤打撃ピッチに関する情報化施工システム 等についてのノウハウを研究し、実用の域まで達したが、これらの諸点については、今後もまだまだ研究の余地があると考えている。しかし、現在までの実績から、KNBB工法は

- ① いかなる硬岩でも破碎できる。
- ② 他の無発破工法に比して経済的である。
- ③ 大規模な硬岩掘削が容易である。
- ④ 汎用機械で施工するため工程管理が容易である。

等のすぐれた特長を持っていることを確信した。今後さらに工法の研究、改良に努め、安全で無公害な岩盤掘削システムとしてさらに高度な機械化を目指したいと考えている。