

## 24. リバース工法による大口径岩盤掘削の 施工実績について

日立建機(株) 石川 泰 昭

### 1. まえがき

近年、輸送需要および住宅需要の急増に伴い、各種輸送機関の関連設備や高層ビルなどの建築物は、ますます大形化し、陸上はもとより海上にまで建築されるようになってきている。

この傾向にもない杭基礎工事もより大きな径でより深くかつ硬質地盤または岩盤層まで根入れを必要としている。

このためこれらの杭基礎施工に、リバース工法による大口径岩盤掘削機が国内はもとより海外でも多く採用されるようになってきた。

ことに基礎工が特に難工事とされている香港において地下鉄と海上ホテルの杭基礎工事が昨年の10月より行なわれているので、日立リバースサーキュレーションドリルを応用したその施工機械と現在までの施工実績を紹介する。

### 2. 大口径岩盤掘削機の特長

香港地下鉄基礎杭施工用としてS300(掘削トルク 3.8t-m)6台とS400-R(掘削トルク 6t-m)7台を使用し、海上ホテル基礎杭施工用としてS500-R(掘削トルク 12t-m)を2台使用している。

表-1に、本格的な大口径岩盤掘削機として製作したS500-Rの仕様を示す。

またS500-Rの特長を下記に示す。なお岩盤掘削の心臓部となるドリルビットの詳細については次項にまとめて記す。

- (1). 岩石最大圧縮強度 $2000 \text{ kg/cm}^2$ 、最大口径2m中の掘削が可能である。
- (2). ケリースラスト(専用支持架構)の取付けにより大容量のクレーンが不要である。
- (3). ビット荷重と吊り荷重が直読できるため、ビット荷重と掘進速度の調整が容易である。



写真-1 S500-R機械外観

穿孔能力	ビット径	1,067~1,982mm	
	穿孔深さ	50m	
サニタイズ	原動機 出力	57PS/2000r.p.m	
	サクションポンプ 流量( $\text{m}^3/\text{min}$ )	8.4	
油圧ユニット	原動機 出力	187PS/1800r.p.m	
	主油圧ポンプ	吐出量( $\text{l}/\text{min}$ )	0~390
		圧力( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )	MAX 240
副油圧ポンプ	吐出量( $\text{l}/\text{min}$ )	12+28	
ロータリテーブル	回転数(r.p.m)	0~22	
	トルク(t-m)	0~12	
ケリーバ	長さ(m)	4, 2.7	
ドリルパイプ	長さ(m)	3, 2, 1.5, 1	
ドリルカラー(上)	重量(t)×本数	8.1×8	
ドリルカラー(下)	重量(t)×本数	8.5×1	
スタビライザ(上)	形式	プレートシュー式	
スタビライザ(下)	形式	カンタローラ式	
ローラビット	形式	コウティング式	

表-1 S500-R仕様

- (4). ビット形状がコンケイブ形状であるため、転石層などへのくい付きがよくほとんど孔曲りしない。
- (5). コントロールユニットですべての油圧リモート操作が可能である。
- (6). 油圧系統に各シリンダの同調回路、逆走防止回路およびクリースラスタへの振削振動伝達緩和回路が組込まれている。

### 3 大口径岩盤掘削用ドリルビットの特長

大口径掘削機のドリルビットは、従来、バイト形の超硬合金鋼チップを取付けた三翼ビットとツース形カッタを取付けたフラットボトム形のローラビットとを地層の硬さに応じて使い分けていた。

しかし今回の香港の地質は主に花崗岩質（最大圧縮強度 $1,500 \text{ kg/cm}^2$ ）であり、しかも風化している層に未風化の巨大な玉石、転石が多く介在している為、従来の三翼ビットの他に特殊形状のコンカルカッタを取付けたコンカルビット（図-2）およびコンケイブ形のローラビット（図-3）を使用した。

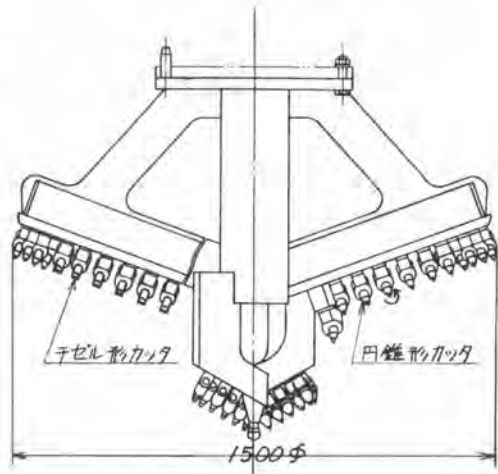


図-2 コンカルビット

円錐形および千セリ形の超硬合金刃先のカッタをカッタ取付ブロックに回転可にとりつけてコンカルビットで圧縮強度 $100 \text{ kg/cm}^2$ 以下の上部軟岩層を掘削し、ツース形カッタおよびチップインサート形カッタをコンケイブボトム形のビットボディに取付けたローラビットで下部中硬岩層を掘削した。

本コンカルビットは通常の引き掘削作用のほかに軟岩の破砕および圧壊掘削作用をプラスしたものであり、またコンケイブ形のローラビットは中硬岩層を能率よく掘削すると同時に、転石層や不均質層および傾斜岩盤部でも滑ることなくくい付きを防止するためのものである。

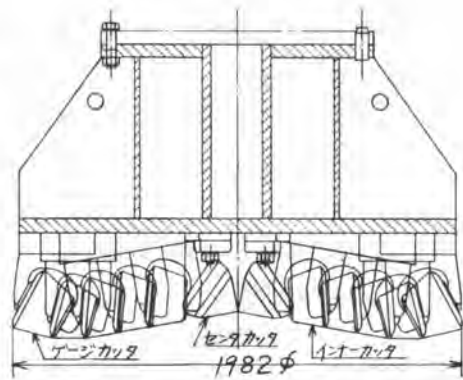


図-3 コンケイブ形ローラビット

本ローラビットのローラカッタには、コウチン形カッタをカンチレバー状に支持したものを中心部に取付けにほかに、インサートカッタ・テージカッタともシリンダ形のカッタを両端支持したサドル形を使用した。またカッタの刃先はツース形のものに圧縮強度 $1000 \text{ kg/cm}^2$ 以下の岩盤に使用し、チップ先端が千セリ形の刃先をインサートしたものを圧縮強度 $1500 \text{ kg/cm}^2$ 以下の岩盤に適用した。

なお、それ以上の圧縮強度の岩盤にはチップ先端が円錐形のものや半球形のものを用いる。

表-2に一般土質用の三翼ビットおよび岩盤掘削用のこれらのビットの使い分けをまとめて示す。

なお、コニカルビットは今後カッタの耐又性を向上させてさらに高い圧縮強度の岩まで適用できるような工夫が杭の施工コストからして好ましいものと考えられる。

	圧縮強度 (kg/cm <sup>2</sup> )						
	5000	200	50	100	150	200	1000 1500
三翼ビット	→ 掘進速度 0.5%~1% で不経済 → 掘進速度 2%~5% で最適						
コニカルビット	→ 0.5%~2.5% で適 → 掘進速度 2%~5% で最適 → ビットカッタが磨耗し不経済						
ローラビット	→ 掘進速度が遅く不経済 → 0.2%~2% で最適						

表-2 各種ビットの最適地質

#### 4. 施工実績

##### 4-1. 施工概要

###### (1). 香港地下鉄杭基礎工事

杭総本数約2000本、杭径は1.0m, 1.2m, 1.5mの三種類で、深さ20~65mの場所打ちコンクリートリバース杭を施工するものである。地質は玉石・軽石混り風化花崗岩層で、杭の根入れ層は新鮮花崗岩(圧縮強度700~1000 kg/cm<sup>2</sup>)となっている。

掘削ビットは三翼ビット(ビット荷重2~5t)、コニカルビット(ビット荷重3~7t)、ツース形ローラビット(ビット荷重10~25t)の三種類を使い分けている。

###### (2). 海上ホテル杭基礎工事

杭総本数約350本のリバース杭による海中場所打ち杭造成工事。杭径は3'-6" (1,067mm), 4'-6" (1,372mm), 5'-6" (1,677mm), 6'-6" (1,982mm)の四種類、深さ19m~35mである。地質は玉石・軽石混り風化花崗岩質で新鮮花崗岩(圧縮強度1000~1500 kg/cm<sup>2</sup>, 表面ショア硬度100)に1~7m深さ根入れしている。このように表面硬度が高く掘削性が悪い花崗岩は日本ではほとんど存在しないものである。

掘削は上部が粘着性のないう海砂層のためローラビットのみで行なっている。

なお、施工はこうした海底岩盤掘削作業に豊富な経験とノウハウをもつ帝石サク井工業株式の施工指導のもとに地元の業者が行なっている。

##### 4-2. 海上ホテル杭基礎工事の施工法詳細と掘削施工実績

ローラビットによる中硬岩掘削例は国内では本四連絡橋の関連工事などで昭和42年頃からあるが、サドル形のチップインサート形カッタを取付けたローラビットによる本格的な実施例の報告はほとんどない。

よってここにこのようなローラビット(図-3)を使用した海上ホテル杭基礎工事の施工法詳細を図-4に示し、現在までに終了した杭径1,982mmの主な施工実績を表-3に示す。

本施工法は海上における場所打ちコンクリートリバース杭を施工するため、図-4に示すようにリバース施工のスタンドパイプに相当するアウターケーシングを風化花崗岩層まで建込み、その中にインナーケーシングを杭の途中まで建込み、さらに杭の底部まで鉄筋がごる建込みで、その鉄筋がごるインナーケーシングを固定した後、生コンを打設するという特殊なものである。

掘削

パイプ建設

鉄筋コンクリート建設

生コン打設

パイプ建設

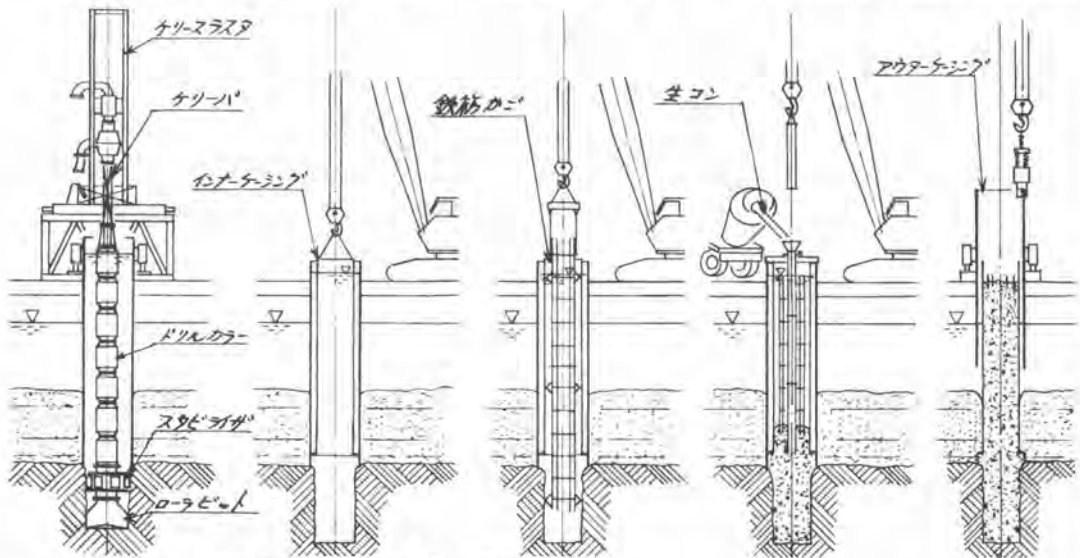


図-4 海上ホテル杭基礎工事の施工法

表-3の杭径1,982mmの掘削条件は下記に示す。

回転数: 8~10 R.P.M

トルク: 2~7 t-m

海砂: 1~4 t  
 風化花崗岩: 5~35 t  
 新鮮花崗岩: 40~53 t

なお、掘削終了後すべての杭につき超音波測定器により杭径および垂直精度を測定した。

その結果、軟石層や風化花崗岩と新鮮花崗岩の互層および最大

杭NO.	掘進長 (m)			掘削時間 (hr: min)	掘進速度 (m/hr)	杭長 (m)
	海砂	風化花崗岩	新鮮花崗岩 (100~150%)			
1	6.60	1.78	2.15	28:45	0.37	19.83
2	3.02	3.99	0.83	14:55	0.33	20.74
3	5.10	2.69	6.72	66:10	0.22	26.15
4	4.30	3.67	0.61	12:43	0.67	21.58
5	3.87	3.30	0.15	9:20	0.79	20.40
6	3.98	0.48	1.53	10:10	0.59	18.99
7	2.30	1.12	3.28	17:30	0.40	20.06
8	4.03	0.70	1.87	11:20	0.58	19.65
9	2.47	0.42	1.55	8:30	0.52	18.81
10	2.55	2.83	0.64	4:20	1.39	20.62

表-3 海上ホテル杭基礎の掘削施工実績 (杭径 1,982mm)

45°の傾斜岩盤部でも垂直精度1/500以上の精度の高い掘削が施工されていることが確認された。これは前述した本機およびドリルビットの持長によるものと考えられる。

5. あとがき

最大圧縮強度1500 kg/cm<sup>2</sup>, 最大表面シヨア硬度100の花崗岩層で、しかも玉石、軟石が多く介在しているため掘削が困難視されて、香港の岩盤にて、リバース工法による最大約2m中の大口径掘削を順調に0.7mの垂直精度で施工できた。今後の施工の見通しもついに。

今後は本施工で開発したドリルビットの効率向上、耐久性向上などの研究を重ね、ユーザの要望も積極的に取り入れ改良を重ねていく所存である。