

## 10. スーパートップ工法

日本車輛製造(株)：\*服部 桂・北原 芳三  
中島 弘夫

### 1. はじめに

近年、施工の安全面、杭の品質面で優れているオールケーシング工法による場所打ち杭の施工が普及し、山間部における転石層・岩盤層、沿岸の捨て石・コンクリートケーソンが在る地盤、都市部の地中障害物が在る地盤など、従来の揺動式（ベント）工法では対応が難しい地盤条件下における場所打ち杭・土留め壁・置換杭などの築造が多くなってきた。本工法は超硬チップ製カッタービットを装着した強化型ケーシングを全周回転させながら、マイコン式ケーシング押込力自動制御機構により圧入することで従来困難とされていた地盤条件下においても対応でき、かつ施工性の向上と工費低減を目的に日本車輛（株）が竹本基礎工事（株）と共同開発した技術で、平成4年3月3日付で建設省の建設技術・技術審査証明（認定機関：日本建設機械化協会）を取得した。本工法による転石の在る地盤や岩盤における優れた削孔性能・大深度の掘削性能について述べる。

### 2. スーパートップ機の概略構造・主要諸元・性能

RT-200型チュービング装置の主要諸元・性能、構造概略（図1）を示す。

・ ・ RT200 型主要諸元・性能 ・ ・

型 式 : RT200  
掘 削 口 径 :  $\phi 1000-2000\text{mm}$   
ケーシング引抜力 : 250ton, 瞬時(305ton)  
ケーシング押込力 : 73ton (含自重)  
押込ストローク : 750 mm  
回 転 トルク : 110/200ton-m  
瞬時(233ton-m)  
回 転 数 : 2.0/1.2 rpm  
エンジン出力 : 320 ps/2000rpm  
本 体 重 量 : 35.7 ton  
バウエット重量 : 7.0 ton

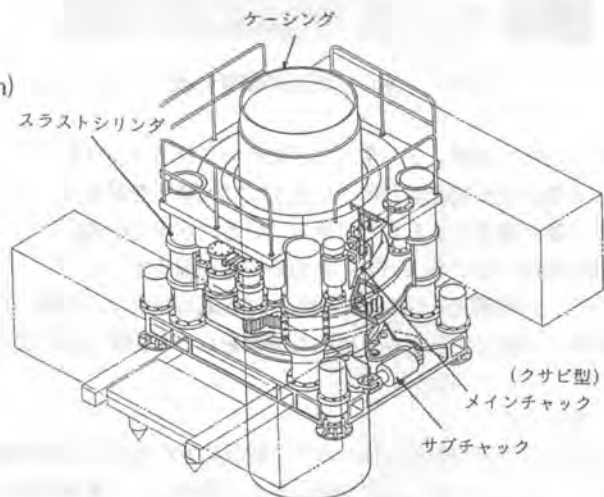


図1 RT200型の構造概略

### 3. 岩石切削試験

#### (1) 試験の目的・計測結果

ケーシングによる岩石切削時の切削条件や切削能率を定量的に計測するために、予め岩石試験を実施した岩石を地表近くに埋め込み、コンクリートで周囲を固定したものを、マイコン式ケーシング押込力自動制御装置を装着し、切削条件を変えながら切削してその切削能率をもとに転石・岩盤の最適な切削条件の目安を定量的に把握する目的で本試験を実施した。

表1に試験に供した岩石の種類・一軸圧縮強度・サイズ、写真1に岩石の切削軌跡を示す。また  
 カッタビット1本当りの押込力と深さ1m当りの掘削速度の関係を図2に示す。

表1 岩石の種類・一軸圧縮強度・サイズ

NO.1	NO.2	NO.3	NO.4
( 原 産 地 )			
広島 花崗岩	宮崎 花崗岩	広島 花崗岩	宮崎 花崗岩
( 概 略 寸 法 )			
L 1700	L 1850	L 1500	L 1850
W 900	W 1500	W 600	W 1200
H 1100	H 1700	H 800	H 1500
(一軸圧縮強度 kgf/cm <sup>2</sup> )			
698	2143	2100	1994



写真1 岩石の切削軌跡

(2) 岩石の適正な切削条件の目安

この試験の計測データおよび切削状況を観察した結果から得られた、岩石の適正な切削条件の目安は以下の通りである。

- ① カッタビットの周速：一軸圧縮強度 2000 kgf/cm<sup>2</sup> 程度の岩石切削における周速は、切り粉の移動がスムーズで、切削深さ1m当りの所要時間が実用的な範囲となる 5 ~ 6m/min. が良好な切削条件と考えられる。
- ② カッタビットの押込力：一軸圧縮強度 2000 kgf/cm<sup>2</sup> 程度の岩石切削においては、カッタビット1本当りの押込力が 2ton 以下では切削能率が悪く、また4.5~5 ton 以上になると、切削抵抗に起因する激しい衝撃音・振動が観察されたことから、カッタビット一本当りの押込力は 2.5~3.5 ton 程度が適当である。
- ③ 回転トルク：一軸圧縮強度2000kgf/cm<sup>2</sup> 程度の岩石切削に必要な回転トルクは、20~40 ton-m とチューピング装置の定格回転トルク値( RT200 = 200ton-m, RT150 = 120ton-m) よりもかなり低い値である。

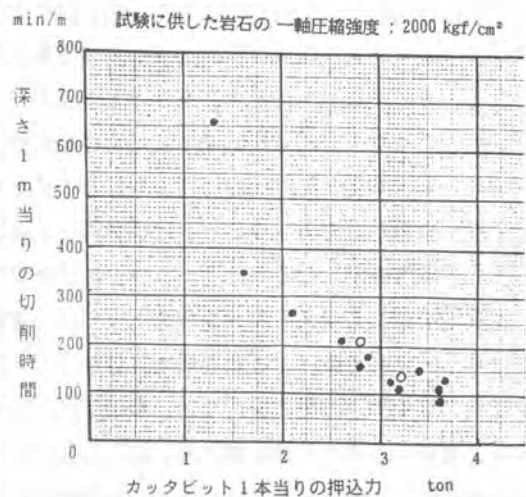


図2 カッタビット1本当りの押込力と深さ1m当りの掘削速度の関係

#### 4. ケーシング押込力自動制御機構（特許申請中）

岩石や地中障害物を切削する場合、切削対象物に最適な押付力をカッタビットに掛け、効率的に切削する必要がある。またカッタビットは過大な衝撃荷重や熱負荷により損傷しやすいので、過負荷を防止することが重要である。

本機構は、マイコンによりケーシングの長さや周面摩擦抵抗に関係なく、その押込力を任意の一定の値に保持する機能を持ち転石・

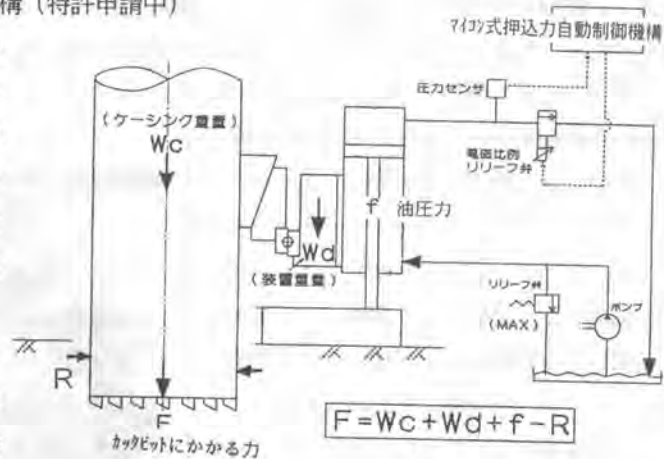


図3 ケーシング押込力自動制御機構の作動原理

岩盤を効率よく切削すること、過負荷によるカッタビットの損傷を防止する目的で装着されるものである。従来、オペレータの勤に頼っていた転石や岩盤の切削が、本機構により自動的に、かつ安全・確実にできることが技術審査証明において高い評価を得た。

本機構の作動原理を図3に示す。従来は制御装置、圧力センサ・電磁比例リリーフ弁が無く、カッタビットには常にケーシングの自重  $W_c$  と本体の一部の重量  $W_d$  およびスラストシリンダの押込力  $f$  が加わる。仮にケーシングが口径1500、長さ35m とすると、 $W_c =$  約35ton、RT200型の場合  $W_d =$  25ton であり、ケーシングの周面抵抗  $R$  を無視すると、スラストシリンダの押込力がゼロの場合、 $F = 60$ ton となる。カッタビットの総本数を20本とすると、1本当たり約 3ton の押付力が加わる。この状態で転石切削のような部分的な切削をする場合、仮にケーシング全周の1/2 の10本数で切削したとするとカッタビット1本当たり6.0tonの押付力が加わることになる。この場合スラストシリンダに油圧を掛けなくても、自重だけでカッタビットは過負荷になるので、ケーシングを持ち上げながら切削する必要がある。大深度掘削になると、ケーシングの自重だけで過負荷になるので、本機構が不可欠である。

本機構では、スラストシリンダのヘッド側に電磁比例リリーフ弁と圧力センサーを設け、ボトム側にはリリーフ弁を設けてこれを最大許容油圧力に設定する。予め、任意のケーシング押込力をマイコンに入力して押込み操作を行うと、電磁比例リリーフ弁を締め切った状態でヘッド側の圧力（ケーシング重量+本体の部分重量+最大許容油圧力）を読み取った後、設定した押込力が得られるように、電磁比例リリーフ弁を制御し、ヘッド側の圧力を減圧させながら平衡させて、設定押込力を保持する。これによりケーシングの自重、周面抵抗の変化に関係なく任意の値に保持することができる。また、岩盤切削のように切削対象物が均一の場合は回転トルクを一定に制御することにより安定した切削条件が得られる。回転トルク制御の場合、カッタビットが摩耗してくるとビット先端が滑るので、一定の回転トルクを維持するように、押込力が増大する。この現象からカッタビットの摩耗状態を推測することで、切削中のカッタビットの交換時期が判断でき便利である。

## 5. 大深度岩盤削孔例

前項で解説したケーシング押込力自動制御機構を装着し、岩盤において深度132.7mの削孔をした施工記録の一部を下記する。

### (1) 施工概要

平成4年4～7月にかけて、中部電力(株)奥美濃水力発電所建設工事現場において図4に示すような主としてB・C<sub>H</sub>～L 級岩盤が連続する地層に、口径2000mmのケーシングによりGL-0m～59m付近まで掘削した後、このケーシングはそのまま放置し、その中央に口径1500mmのケーシングを建て込み、GL-132.745mまで掘削した。

GL-53m付近までは風化砂岩(D～C<sub>L</sub>級)に粘土層が混在する地質であり、ケーシングによる削孔、ハンマグラブによる掘削・排土が順調に進み、平均日進長は7.0～8.0mであった。GL-53mから59mの間はC<sub>M</sub>・C<sub>H</sub>級の硬質岩盤では、4.5tonチゼルを併用して平均約0.5～4.0mの日進長であった。GL-59mから66m付近までは非常に硬いB・C<sub>H</sub>級の岩盤であり、ダウンザホールハンマ併用による削孔で、平均日進長0.5～1.4mであった。

### (2) 鉛直精度

大深度掘削においてはケーシングを可能な限り鉛直に建て込むことが、ケーシングの周面抵抗軽減に大きく寄与するので、掘削中のスーパートップ機の不等沈下防止のためその設置場所にはコンクリートベースを築造した。口径1500mmのケーシングを約86mまで建て込んだ時点で、鉛直度を計測した結果、目標管理値1/600に対して、1/2623と非常に高い鉛直精度であった。

このような硬質岩盤における132.7mもの大深度削孔が成功したのは関係者の英知と努力の結果であり、ここで得られた多くの貴重な施工データを今後の技術開発に活かしたい。

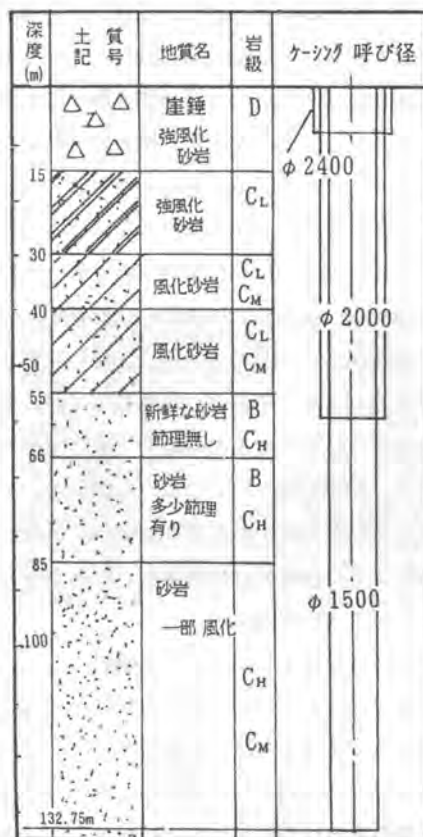


図4 地質柱状図・ケーシング建込み図

## 6. 技術審査証明により実証された技術

①一軸圧縮強度 1400～2100kgf/cm<sup>2</sup> の転石・岩盤の切削、②シルト・粘土層において深度73mの掘削、③鉛直精度 1/500の掘削、④地中障害物(鉄筋コンクリート構造物・鋼杭など)が存在する地盤の掘削、⑤クサビ型チャック機構の高い信頼性・作業性、⑥ケーシング押込力自動制御機構による切削性能向上・過負荷防止、などである。これらの詳細は『スーパートップ工法 建設機械化技術・技術審査証明 報告書』を参照されたい。