

# バケットホイールエキスカベータの掘削性能について (その1)

齋藤二郎 羽生田吉也  
木村薫

## Study on Performance of Bucket Wheel Excavator (Part 1)

Jiro Saito Yoshinari Hanyuda  
Kaoru Kimura

### Abstract

There are two theories concerning the bucket wheel excavator. Because the different concepts regarding to soil collapse when being excavated, one treats the specific resistance force per area; and the other, per cutting length of edge. According to the latter, the authors analysed the excavation mechanism of terrace cutting and studied the optimum controlling method, its time consumption, and the cutting volume ( $\text{m}^3/\text{hr}$ ) based on every slewing. The result of this adaptation to machines, for instance C-500, T-150, and SH-630. The cutting volumes are about  $1100 \text{ m}^3/\text{hr}$ ,  $340 \text{ m}^3/\text{hr}$ , and  $1100 \text{ m}^3/\text{hr}$  respectively. And the ratio of the practical to theoretical values is 0.55~0.6.

### 概要

バケットホイールエキスカベータの掘削に関する理論は、二つの異なる考え方がある。比掘削抵抗力を、単位掘削面積当りの抵抗力として扱うか、これを単位刃長当りの抵抗力として考えるかの相違である。掘削時における土の破壊形態に対する基本的な概念に起因している。筆者らは、後者の理論に基づいて、B.W.E. のテラスカット方式に対する掘削のメカニズムを解析した。次に、ホイールブームの1旋回に着目し、最適な制御方法、所要掘削時間、および平均地山掘削土量を算定する方法を研究した。

この研究結果を数種類の B.W.E. に適用したところ、かなり良い値を得ることができた。また、2~3の施工実績値と比較した。実績値は、年あるいは月平均(掘削土量/実稼働時間)の地山掘削量であるが、理論的な1旋回当りの平均地山掘削土量の約55~60%であった。今後、現場での詳細な実績調査をおこない、さらに研究を深めていく方針である。

## 1. はじめに

バケットホイールエキスカベータ(以下 B.W.E. と略す)は、1934年、ドイツにおいて、褐炭の露天掘用に開発された。その後も、褐炭坑で改良、工夫されて発達してきている。1959年には、Neurath Nordfeld 地方の掘削工事用として、 $500 \text{ m}^3/\text{hr}$  級の B.W.E. が、建設業界としては、初めて導入された<sup>1)</sup>。その後、土木工事用として本格的な採用がなされたのは、1965年であつた。シンガポールのベドック丘陵の土取、および海岸埋立工事で、5台の B.W.E. が投入された<sup>2)</sup>(埋立土量: 約2,065万  $\text{m}^3$ , 工期: 4年)。

国内についてみると、この工事と前後して、輸入機による試験掘削など<sup>3)4)</sup>がおこなわれている。また、国産機の開発も試みられた。最近の施工例で、筆者の知る限り鹿島港土砂運搬、浅間山開発工事、および現在進行中の

釜利谷開発工事などがある。これらの工事においては、B.W.E. の特長とする、大規模土砂の連続掘削、低公害性が遺憾なく発揮されている。

さて、B.W.E. の掘削処理能力に対する算定の方法は明らかにされておらず、一般的に、製作者の表示する仕様を、過大評価した場合に、対象土量が大きいに、工事に支障をきたし、同一型式の B.W.E. に慣れた技術者は、適当な係数を仕様に剩することにより、未然に、トラブルを避けているのが、現状である。

本報は、施工計画などの基準となる、B.W.E. の掘削土量を算定する方法を理論的に導き、これを提案するものである。

## 2. 理論の概要

### 2.1. 理論展開における仮定

B.W.E. の掘削性能を考える上で、掘削機の原動機容

量と掘削抵抗力との関係が、理論の基本をなす。この掘削抵抗力に関し、従来から、二つの考え方がある。

つまり、同時に掘削に関するバケットの、掘削断面積に比例した抵抗力が作用するという考え方と、この関与するバケットのカuttingエッジ長に比例した抵抗力が働らくという見解とがある。

ドムブロフスキ<sup>5)</sup>などは、前者の理論を支持しているが、パジェールによると、上述の二理論は、昔から存在して、どちらに基づいた設計によった掘削機も、原動機容量に過不足なく、稼動してきたと報告している<sup>6)</sup>。

筆者は、Cuttingエッジの単位長さ当りに作用する掘削抵抗力  $K(\text{kg/cm})$  に着目する方法を採る。また、B.W.E. を用いた掘削方法には、ドロップカットとテラスカット方式があるが、後者の方式によった場合について、理論を展開する。この他、次のような、仮定を設ける。

- (1) 掘削機の制御方法、 $K$  値などによって、対象土の変化率  $S_r$  は変らない。
- (2) ホイールブーム旋回用の原動機の能力は、充分あり、負荷による影響は微小である。
- (3) バケット容量  $V_b$  を越える土砂は、積むことが不可能である。

2.2. バケットファクタ  $f_s$  と掘削中のカット数  $X$

掘削機の内には、写真-1 のように、中間カットをバケット数  $N$  と同じだけ付けたもの ( $e=2$  とする)、中間カットをもたないもの ( $e=1$  とする) とがある。

図-1 (C) のごとく、地山に接して、まさに切削をおこなっているカットの数を  $X$  とすると、切削に関与するCuttingエッジ延長  $L_c(\text{m})$  は、次式で表わされる。

$$L_c = (X \cdot b + f_s \cdot t) \quad (\text{m}) \quad \dots\dots(2.1)$$

ここで、 $f_s$ : バケットファクタ、 $b$ : スライス幅 (m)  
 $t$ : 掘削厚み (m)

次に、 $f_s, X$  を求める方法を述べる (図-1 参照)。

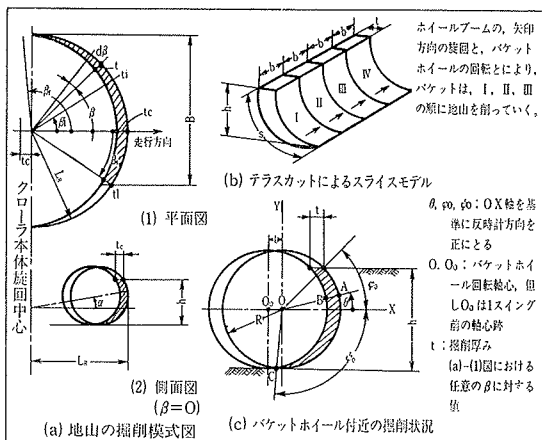


図-1 掘削周辺の幾何学的な形状

掘削対象とする地山高さ  $h(\text{m})$ 、バケットホイール径  $D(\text{m})$  とすると、 $\varphi_0, \psi_0$  は、次のように表わされる。

$$\varphi_0 = \sin^{-1}(2h/D - 1) \quad (\text{rad}) \quad \dots\dots(2.2)$$

$$\psi_0 = \sin^{-1}(-t/D) - \pi/2 \quad (\text{rad}) \quad \dots\dots(2.3)$$

$\psi_0$  は、 $t/D \neq 0$  となるので  $\psi_0 = -\pi/2$  である。X は次式により  $X'$  を求め、小数点以下を切り捨てた値となる。

$$X' = |\psi_0 - \varphi_0| e \cdot N / (2\pi) + 1 \quad \dots\dots(2.4)$$

次に、式 (2.2), (2.3), (2.4) から、 $\theta_1$  を求め、(2.6) 式に代入することにより、 $f_s$  が求められる。

$$\theta_1 = -2\pi i / (e \cdot N) + \varphi_0 > \psi_0 \quad \dots\dots(2.5)$$

但し  $1 \leq i \leq X-1$

$$f_s = 1 + \sum_{i=1}^{X-1} \cos \theta_1 \quad \dots\dots(2.6)$$

以上の結果から、 $f_s, X$  は  $h/D$  の関数として扱うことが可能であることが分かった。 $f_s = g_1(h/D)$  が、ほぼ直線となり、 $X = g_2(h/D)$  はステップ状の関数となる。

2.3. 掘削抵抗と原動機出力

$K$  値の定義から、掘削抵抗力  $P_u(\text{kg})$  と  $K$  との関係は

$$P_u = 100 \cdot K \cdot L_c = 100 \cdot K \cdot (X \cdot b + f_s \cdot t) \quad \dots\dots(2.7)$$

となる。

一方、B.W.E. のバケットホイール駆動用原動機の出力を  $N_0(\text{kW})$  とすると、 $P_u$  との間に (2.8) 式が成立する。

$$N_0 \geq P_u \cdot V_s / 102 \quad (\text{kW}) \quad \dots\dots(2.8)$$

ここで、 $V_s$ : ホイール周速 (m/sec)

(2.8) 式の  $P_u$  に、(2.7) 式を代入する。

$$N_0 \geq K \cdot V_s (X \cdot b + f_s \cdot t) / 1.02 \quad (\text{kW}) \quad \dots\dots(2.9)$$

上式は、掘削機搭載原動機の容量により、掘削状態が拘束されることを意味する。また、上式中の  $V_s$  は、毎分の排土回数を  $M$  とすると、次式となる。

$$V_s = \pi \cdot D \cdot M / (60 \cdot N) \quad (\text{m/sec}) \quad \dots\dots(2.10)$$

また、図-1 (b) で仮想したスライスの幅  $b$  は、次式から得られる。

$$b = ((\text{カット間隔}) / V_s) \cdot V_r = V_r / (e \cdot M) \quad (\text{m})$$

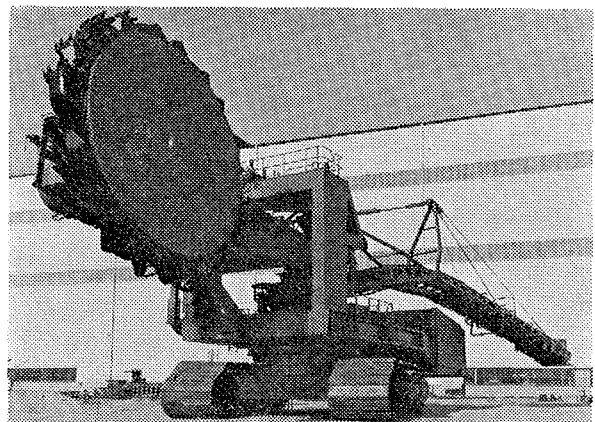


写真-1 B.W.E. C-500 (中間カット付)

ここで,  $V_r$ : 回転速度 (m/min) ……(2.11)  
 式(2.10), (2.11)を(2.9)式に代入する。  
 $N_0 \geq \pi \cdot D \cdot (X \cdot V_r / e + f_s \cdot M \cdot t) \cdot K / (1.02 \times 60N)$   
 ……(2.12)

(2.12)式によると, ある機構 (D, e, N,  $N_0$ ) を解析の対象とした場合に, 掘削周辺の条件を適当に設定してやると (h/D, K), B.W.E. の掘削条件 ( $V_r$ , M, t) が明らかになる。

3. 掘削機構

3.1. 掘削土量について

ホイールブームが1回転する際に, 掘削される地山体積Vは, 次式により, 得られる (図-1(a)参照)。

$V = t_c \cdot h \cdot B \quad (m^3) \quad \dots\dots(3.1)$

1回転内における, 単位時間当りの地山掘削体積は, 回転角  $\beta$ , 回転速度  $V_r$  の変化により脈動する。

この瞬間的な, 時間当りの地山掘削量  $Q_1$  は, 簡単な幾何学的考察から, 次式で表わされる。

$Q_1 = 60 \cdot t_c \cdot \cos \beta \cdot h \cdot V_r = 60 \cdot t \cdot h \cdot V_r (m^3/hr) \quad \dots\dots(3.2)$

3.2. 土量変化率の影響

バケット容量  $V_b (m^3)$  のものが, 毎分M回の排土をしている状態では, 土量変化率を  $S_f$  とすると, 単位時間処理能力に上限がある。すなわち, 式(3.2)の  $Q_1$  は,

$Q_1 \leq 60 \cdot M \cdot V_b / S_f \quad (m^3/hr) \quad \dots\dots(3.3)$

となり,  $V_r \cdot t \leq M \cdot V_b / S_f \cdot h = G_3 \quad \dots\dots(3.4)$

を得る。(3.4)式は,  $S_f$  による影響を,  $V_r, t$  およびMで考えるためのもので, 式(2.12)を  $V_r, t$  の関係で求める次式(3.5)とが, 以下, 理論の基本式をなす。

$V_r \leq -A_0 \cdot t + B_0 \quad (m^3/hr) \quad \dots\dots(3.5)$

ただし,

$A_0 = f_s \cdot M \cdot e / X, B_0 = 1.02 \times 60 \cdot N_0 \cdot N_e / (\pi \cdot DKX)$

次に, 式(3.5)の  $V_r$  を(3.4)式に代入した(3.6)式によって,  $t-V_r$  座標系における, 直線, 曲線群の交叉の有無を判別する。

$A_0 t^2 - B_0 t + G_3 = 0 \quad \dots\dots(3.6)$

$D = B_0^2 - 4A_0 G_3 \quad \dots\dots(3.7)$

$t_D, t_E = (B_0 \pm \sqrt{D}) / (2A_0), (t_D < t_E) \quad \dots\dots(3.8)$

(1)  $D \leq 0$  の場合は交叉が無: 従って,  $S_f$  の影響が, 全くないため, 掘削状態は, 式(3.5)と, 掘削機の減速型式により決定される。

(2)  $D \leq 0$  の場合は交叉が有:  $S_f$  の影響を考慮しなければならない。掘削厚み t で表現すると,

$t_D < t < t_E$  のとき,  $S_f$  の影響がある。

$t \leq t_D, t \geq t_E$  のとき,  $S_f$  の影響はない。

3.3. 掘削機の減速型式による影響

ホイールの回転数および回転速度は, ある範囲内で可

変になっているのが, 一般的である。

すなわち, 回転速度  $V_r$ , 毎分排土回数Mは,

$V_{rmin} \leq V_r \leq V_{rmax}, M_{min} \leq M \leq M_{max} \quad \dots\dots(3.9)$

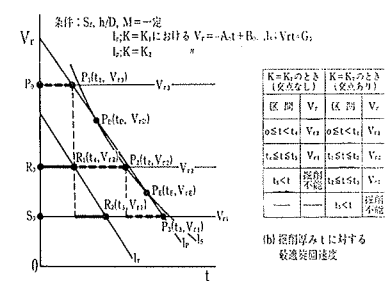
で表わされる。また(3.9)式は, 原動機からの動力伝達経路, 主として減速型式を区別し, 次の様に扱う。

- (1) 多段変速型の場合:  $V_r, M$  について, 選択できる値は, 段階的なものになる。
- (2) 無段変速型の場合:  $V_r, M$  を, 負荷状態に応じて, 連続的に変えることができる。

4. 最適な制御方法

4.1. 掘削厚みと回転速度

すでに式(3.4), (3.5)において,  $V_r$  と t が相互に拘束されること



がわかった。また, 式(3.2)により,  $V_r, t$  を増す程, 掘削土量が大になること, 減速型式によ

図-2 最適制御方法の一例(多段変速) について,  $V_r, M$

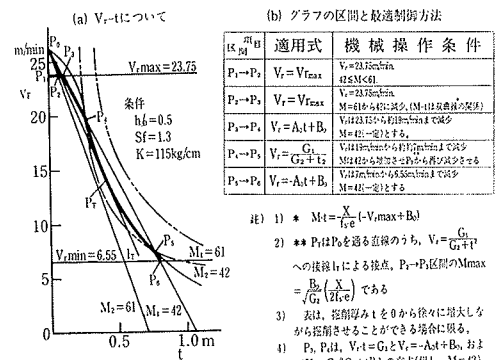


図-3 最適制御方法の一例(無段変速)

の選択は, ある範囲内で, 段階的もしくは連続的なものになることも明らかになった。

ある掘削状態で, 与えられた条件 (D, e, N,  $N_0$ ; h/D, K) に対し, 上記のことを考慮すると, 効率の高い制御方法があると判断される。

従って,  $V_r-t$  座標系を考え, ある型式の B.W.E. について, 掘削条件 ( $S_f, h/D$ ) を設定すると, K, M をパラメータとする  $V_r-t$  の最適な関係が得られる。続いて, h/D の設定値を変えていくと, h/D, K, M,  $V_r, t$  の相互関係を把握できる (図-2, 図-3 参照)。

無段変速型の B.W.E. においては, 掘削厚み t のある範囲内で,  $V_r$  と t とを次の関係で表わすことができる場合に, 理想的な制御となる。

$$V_r = G_1 / (G_2 + t^3) \quad (\text{m/min}) \quad \dots\dots\dots (4.1)$$

但し、 $G_1 = X \cdot V_b \cdot B_0 / (f_s \cdot h \cdot S_f)$ 、 $G_2 = G_1 / B_0$  である。

この時の M-t は、

$$M = X \{B_0 - G_1 / (G_2 \cdot t + t^3)\} / (f_s \cdot e) \quad \dots\dots\dots (4.2)$$

で表わされる。式(4.1)、(4.2)に法った制御は、かなり高度なもので、実機に採用された例はない。

4.2. 旋回角および旋回角速度への変換

B.W.E. の制御をおこなうのに、掘削厚み t と旋回速度  $V_r$  でとらえるより、これを旋回角  $\beta$  と旋回角速度  $\omega_r$  に変換して取扱う方が便利である。すなわち、

$$\omega_r = V_r / L_R \quad (\text{rad/min}) \quad \dots\dots\dots (4.3)$$

$$\beta = \cos^{-1}(t/t_c) \quad (\text{rad}) \quad \dots\dots\dots (4.4)$$

各記号については、図-1 を参照されたい。すでに、図-2、3 の例で示したように、 $V_r-t$  の最適制御をおこなう上で、速度を変化させたり、適用する  $V_r-t$  の関係式の異なる境界が、ある特定の掘削厚みで表示される。これを  $t_{cr}$  とすると、(4.4)式により対応する  $\beta_{cr}$  も決定できる。

4.3. 掘削の所要時間  $\tau$

最適制御方法に沿って、掘削をすすめる時に、ホイールブーム 1 旋回に要する時間  $\tau$  を算出する。なお、クローラ前進、増減速操作に係る時間を、計算に入れないものとする。

(1)  $V_r = G_1 / (G_2 + t^3)$  の場合  $\tau_1$  (min)

$$\tau_1 = (L_R / G_1) (2G_2 + t_c^3) (\beta_{cr2} - \beta_{cr1}) / 2 + L_R \cdot t_c^3 (\sin 2\beta_{cr2} - \sin 2\beta_{cr1}) / 4G_1 \quad \dots\dots\dots (4.5)$$

但し、 $\beta_{cr1} \leq \beta \leq \beta_{cr2}$  とする。

(2)  $V_r = -A_0 t + B_0$  の場合  $\tau_2$  (min)

$$\tau_2 = 2P_1 / (\sqrt{P_2^2 - 1}) \times [\tan^{-1}\{\sqrt{P_2 + 1} / \sqrt{P_2 - 1} \tan(\beta_{cr4} / 2)\} - \tan^{-1}\{\sqrt{P_2 + 1} / \sqrt{P_2 - 1} \tan(\beta_{cr3} / 2)\}] \quad \dots\dots\dots (4.6)$$

但し、 $P_1 = L_R / (A_0 \cdot t_c)$ 、 $P_2 = B_0 / (A_0 \cdot t_c)$ 、

$$\beta_{cr3} \leq \beta \leq \beta_{cr4}$$

(3)  $V_r \cdot t = G_3$  の場合  $\tau_3$  (min)

$$\tau_3 = (t_c \cdot L_R / G_3) (\sin \beta_{cr6} - \sin \beta_{cr5}) \quad \dots\dots\dots (4.7)$$

但し、 $\beta_{cr5} \leq \beta \leq \beta_{cr6}$ 。

(4)  $V_r = V_{r1}$  (一定) の場合  $\tau_4$  (min)

$$\tau_4 = (\beta_{cr8} - \beta_{cr7}) / \omega_{r1} \quad \dots\dots\dots (4.8)$$

ここで、 $\beta_{cr7} \leq \beta \leq \beta_{cr8}$  とする。

以上、四つの式の組合わせ ( $\sum \tau_j$ ) によって、掘削の所要時間が算出される。

4.4. 平均地山掘削量

式(3.2)で扱った時間当りの掘削量  $Q_1$  は、ある 1 旋回内の掘削で刻々と変わる値で、B.W.E. あるいは、後方の設備への負荷変動状況を調べるのに必要であるが施工計画などには、不向きである。

そこで、式(3.1)と前節で求められる所要掘削時間によって、1 旋回当りの平均地山掘削量  $Q_0$  ( $\text{m}^3/\text{hr}$ ) を理論的に求める。

$$Q_0 = 60 \cdot t_c \cdot h \cdot B / (\sum \tau_j) \quad (\text{m}^3/\text{hr}) \quad \dots\dots\dots (4.9)$$

さて、 $t_c$ 、 $h/D$ 、 $B$  などの変動しやしい値を含んでいる  $Q_0$  は、掘削の能率を上昇させるための、適切な切土方法と、その掘削土量を与える。しかし、一般的に長期にわたる工事に対しては、複雑すぎる。別の簡単な値を基準とした方が便利であろう。

式(4.9)で得られる  $Q_0$  を同一の K 値について、平均した値  $Q_w$  を算出。 $Q_w-K$  曲線を用いて、B.W.E. の掘削性能を判定する。

5. 適用例

5.1. ある掘削機の理論性能

B.W.E. の掘削性能を本理論によって解析した。対象機種は、西独クルップ社の C-500 ならびに O & K 社の

項目	H	C 500	SH 630	T 150
理論掘削能力(ルース) $\text{m}^3/\text{h}$		2,100/1,860/1,620	3,000	720/540
実掘削能力(地山) $\text{m}^3/\text{h}$		1,450~850	800~1,500	—
掘削高さ m		10	15	10.5
掘削幅 m		-0.6	-1.2	-0.5
1 旋回あたりの容積 $\text{m}^3$		0.5	0.63	0.15
ホイールにつく数		10	12	8
ホイール半径(ホイール径) m		7.8	8	4.4
1 分間の掘土回数		70/62/54	57~82	80/60
旋回半径 m		11	15	13
旋回期間 度		360	360	360
掘削土量(掘削速度) 度		180	210	210
掘削速度 $\text{m}/\text{min}$		6~30	6.9~25	6~25*
掘削方式		(ホウ条式)	油圧駆動式	—
ベルトコンベヤ幅 mm		1,400	1,400	1,000
ベルトコンベヤ速度 $\text{m}/\text{min}$		210	264	210
掘削高さ m		20	25	22
掘削幅 m		180	210	210
掘削速度 $\text{m}/\text{min}$		12	—	—
ベルトコンベヤ幅 mm		1,400	1,400	1,000
ベルトコンベヤ速度 $\text{m}/\text{min}$		210	264	210
上下限高さ m		9.75/3.5	12.8/4.4	—
中心間距離 m		6.8	9.4	5.2
幅 m		2.25	2.25	1.3
長さ m		7.9	9.1	7.3
平均掘削圧 $\text{kg}/\text{cm}^2$		0.94	0.94	1.00
走行速度 $\text{m}/\text{min}$		7.4	0~20	0~6
傾斜角度		1:10	1:10 1:20	1:10
ホイール駆動用電機 kW		360±45	400	110/75
変速機構		親子モーター	—	—
総定容量 kW		860	250×4=1,000	325

表-1 B.W.E. の仕様

項目	機種	C 500	T 150	SH 630
K	値	10~115 $\text{kg}/\text{cm}^2$ (15 $\text{kg}/\text{cm}^2$ 以下)	10~115 $\text{kg}/\text{cm}^2$ (15 $\text{kg}/\text{cm}^2$ 以下)	10~115
掘削能力		315 360 405	75 110 400	—
掘削速度		0.4, 0.5, 0.6	0.4, 0.5, 0.6	0.4, 0.5, 0.6
掘削幅		0.2, 0.3, 0.4	0.1, 0.2, 0.3	0.2, 0.3, 0.4
掘削高さ		1.3 (一定)	1.3 (一定)	1.3 (一定)
掘削期間		15	13	19
M ( $\text{kg}/\text{min}$ )		40 56 64	54 72	41~61
$\omega_r$ (rad/min)		0.42 0.47 0.51	0.41 0.46 0.50	0.41 0.46 0.50
$V_r$ (m/min)		1.01 1.13 1.25	1.23 1.49	1.23 1.52 1.85

表-2 理論計算に使用した主要諸元

掘削年度	T 150 (1号機)		T 150 (2号機)		T 150 (3号機)		T 150 (4号機)	
	平均地山掘削量 $\text{m}^3/\text{hr}$	作業強度指数 $\alpha$	平均地山掘削量 $\text{m}^3/\text{hr}$	作業強度指数 $\alpha$	平均地山掘削量 $\text{m}^3/\text{hr}$	作業強度指数 $\alpha$	平均地山掘削量 $\text{m}^3/\text{hr}$	作業強度指数 $\alpha$
1966年	194	0.577	195	0.580	192	0.571	192	0.571
1967年	206	0.613	205	0.610	199	0.592	214	0.637
1968年	219	0.652	202	0.601	236	0.702	197	0.586
1969年	219	0.652	203	0.604	212	0.631	206	0.613
1970年	161	0.479	156	0.461	183	0.545	176	0.521
1966年~1970年	203	0.500	195	0.580	207	0.616	198	0.589

表-3 シンガポール土取工事の実績

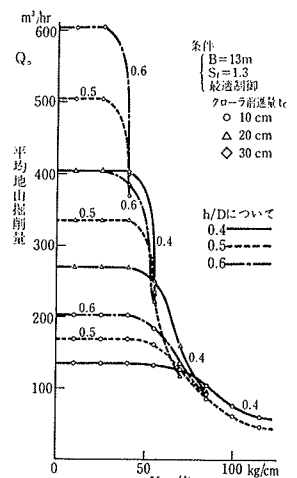


図-4 T-150の K-Q<sub>0</sub> 曲線

SH-630, T-150 を選んだ (表-1, 表-2 参照)。

T-150 について, 1 回転当りの平均地山掘削量  $Q_0$  と K 値の関係は, 図-4 のようになる。曲線が途中で終わっている掘削条件 ( $h/D$ ,  $t_c$ ) 下では, これ以上の, K 値に対して, 掘削が不能を意味する。クローラ前進量  $t_c$  あるいは,  $h/D$  を小さく落して掘削に当らなければならない。

次に, K 値と  $Q_w$  について, 上述の3種類の B.W.E. に対して, 理論を適用した (図-5 参照)。この図から, K 値が 40 kg/cm 以下では,  $Q_w$  は, ほぼ一定である。40 kg/cm~50 kg/cm 以上になると急激に, 掘削土量が下がる。

## 5.2. 現場実績

5.2.1. シンガポール土取工事 掘削対象土は, 花崗岩系沖積砂土が大部分を占めていた。当初, T-150 4 機を使用していたが, 途中から, T-250 を1機投入している。

表-3 は, T-150 についての年別平均地山掘削量と, 全工事期間における値を示す。ここで, 年別平均地山掘削量は, 掘削地山体積を, 実稼動時間で除した値である。工事のとりかかり, 終了にあたる年は, 周辺地山の形状 ( $h/D$ ) の影響から, 掘削の能率をあげることができてない。全体的にみると, T-150 で 200 m<sup>3</sup>/hr 程度の掘削ができたことがわかる。

5.2.2. 釜利谷第一期工事 付近は, 洪積台地および第3紀丘陵地からなる。掘削対象は, 三浦層群の一つ, 中里層を主としている。同層の  $q_u$  は, 約 30 kg/cm<sup>2</sup>。

掘削機として, B.W.E. C-500 が2台, T-150 が2台

それぞれ, 活躍している。

掘削について, 4 台の掘削土量を1台のスケールコンベアで計重したものを, (5.1)式によって, C-500, および T-150 の平均地山掘削量に換算した (表-4 参照)。

$$W_0 = \alpha \cdot \gamma_t \{ Q_{c-500}(T_1 + T_2) + Q_{T-150}(T_3 + T_4) \} \dots (5.1)$$

上式において,  $\gamma_t$ : 単位体積重量 (ton/m<sup>3</sup>),

$\alpha$ : 作業強度指数,  $W_0$ : 各月の掘削土量 (ton)

$T_1, T_2$ : C-500 (1号機, 2号機) の実掘削時間 (hr)

$T_3, T_4$ : T-150 (3号機, 4号機) の実掘削時間 (hr)

$Q_{c-500}, Q_{T-150}$ : それぞれ, C-500, T-150 の地山掘削土量,  $Q_{c-500} = 1,118 \text{ m}^3/\text{hr}$ ,  $Q_{T-150} = 336 \text{ m}^3/\text{hr}$

表-4 の時間当り掘削量は, 理論からの推定値である。但し, K 値は, ホイール入力から, 30 kg/cm 前後と推測された。

## 6. まとめ

掘削対象土に対するK 値と, 使用する B.W.E. の掘削性能とを理論的に対応させることができた。また, シンガポール, 釜利谷における掘削土量が, 平均地山掘削量  $Q_w$  の 0.55~0.6 程度となった。今後の施工計画等に対して大きな目安となろう。

今後, 1 回転当りの平均地山掘削量  $Q_0$ , 所要入力, サイクルタイムなどを, 詳細に調査し, K 値と掘削土量との関係についてさらに研究を進めていく方針である。

最後に, この研究で, データ提供および助言をいただいた当社の横浜支店の後藤所長, 高木所長代理に深甚なる感謝の意を表す。

## 参考文献

- 1) 斎藤: バケットホイールエクスカベータの応用と問題点, 日本機械学会第287回講習会教材, (1968), pp. 27~36
- 2) 福住, 後藤: シンガポール海岸埋立工事, 施工技術 Vol. 1, No. 4, (1968.9), pp. 65~69
- 3) 宇野: B.W.E. C-500 型による掘削実験, コンストラクション, Vol. 10, No. 5, (1972), pp. 15~22
- 4) 和田: B.W.E. における掘削と運搬の力学, 建設機械, Vol. 10, (1974), pp. 89~99
- 5) Н. Г. Домвровский, М. Д. Андриуцэ: Критерии оценки разрабатываемости грунтов одноковшовыми экскаваторами, Строительные и Дорожные Машины, (1970, 2), pp. 21~22
- 6) G. Pajer: Beitrag zur theoretischen Analyse des Grabwiderstands-Teil I, Hebezeuge und Fördermittel 10 (1970.8) H. 8. S. 239

月	項目 C-500の $T_w(T_1 + T_2)$	T-150の $T_w(T_3 + T_4)$	C-500による 掘削量(地山)	T-150による 掘削量(地山)	$\alpha$
7月 (13日)	104.66 hr	72.8 hr	508.8 m <sup>3</sup> /hr	152.9 m <sup>3</sup> /hr	0.4551
8月 (27日)	404.0	197.5	596.9	179.4	0.5339
9月 (26日)	401.84	349.83	623.1	187.3	0.5574
10月 (23日)	351.0	312.67	662.4	199.1	0.5925
11月	178.17	142.5	343.6	103.3	0.3073
7月~11月	1439.67	1078.3	617.0	186.0	0.5522

表-4 釜利谷第一期工事の実績

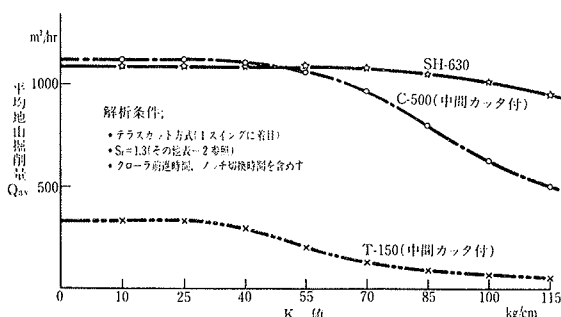


図-5 K 値と平均地山掘削量  $Q_w$