

京都大学 ○正夏 島 昭治郎、学生員 伊藤典生

回転掘削を用いた施工機械は種々のものがあるが、本研究は、そのうちで、アースドリルに代表されるごとき、軸端掘進機構について実験および解析を行ったものである。

1. アースドリリング バケットを掘進させていくとき、これにかかる抵抗としてはつぎのようなものが考えられる。

R_i : バケット刃先におけるくみ込み抵抗、

R_c : 刃先および刃面にかける切削抵抗、

R_l : バケット内にすでに貯っている土を排除して積み重ねる積み込み抵抗、

R_f : バケット外周における種々の摩擦抵抗、

このうち、 R_i については以前に発表したり
ように、切込深さと切込方向の積に比例する。

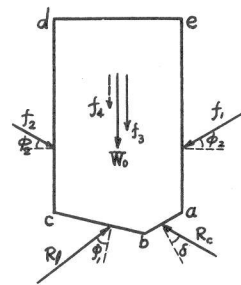
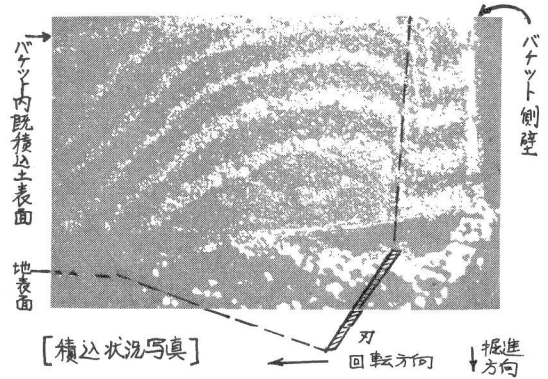
$$i.e. \quad R_i = bt \frac{dx}{dx} B \tan \delta \quad \text{----- (1)}$$

(b : くみ込み係数, t : 切込深さ, x : 切込距離, B : 刃幅)

R_c , R_l はきわめて複雑であるが、水平しきもようをいれた土を用いて、内部の土のせん断破壊状態を詳細に観察した結果、近似的につぎのような仮定を用いて解析を行った。(写真参照)

図-1 において $\overline{ab}$ はバケット刃面を表わす。 $\overline{bc}$ は刃 $\overline{ab}$ の前進によって土中に生じた受働土面であるが、簡単のため、図のように水平面と ($\frac{\pi}{2} - \phi$) の角をなす平面すべり面と考え、かつ、刃面の幅方向 (紙面に直角方向) に一様であるとする。このことは、すべり面観察の結果をしかめられている。これら2つの面にわたり抵抗が、それぞれ R_c および R_l である。

$\overline{cd}$ は、ほぼこの面を母として、これより左方の土は、バケット底面上にのっているため、バケットとともに回転し、左方に移動しようとしているが、 $\overline{cd}$ 面より右方の土塊は、刃面にそって上昇中であり、この面付近では土が互いに離れようとしている。したがって、この状態は主働土状態と考えられ、この面 $\overline{cd}$ には主働土圧 f_2



がかかるものとする。 $\bar{ae}$ は、この面にとって土塊がすべり上る状態で、受効土圧 f_1 が作用するものとする。また、面 $\bar{ae}$ は写真のように傾斜しているが、これも簡単のため、鉛直方向と仮定しているが、このための誤差はそう大きくはないことをたしかなめてある。

また、 $a b c d e$ のバケットに接する面においても受効土圧による摩擦力 f_3 が、またバケット中心側にも主効土圧による摩擦力 f_4 が、それぞれ土塊の移動方向に反対向き（ここでは、これも簡単のため鉛直下方とした）と作用しているものとする。 W_0 はこの土塊の重量である。

これらの諸力のつりあいを考えると図-2 のようになるが、ここで、 ϕ_1 は乱されていらない地盤の内部摩擦角、 ϕ_2 は掘りくずした後の土の内部摩擦角、 α は刃面のすくい角、 δ は刃面と土、あるいはバケット側面と土との摩擦角である。

以上の考え方より、掘削抵抗トルク T_L および鉛直方向成分 V_L を計算するとつぎのようになる。

$$T_L = 2 \left(r_0 + \frac{B}{2} \right) \left\{ \frac{\cos(\alpha + \delta)}{\sin(\frac{\pi}{4} + \alpha - \delta - \frac{\phi_1}{2})} \left\{ f_1 \sin(\phi_2 + \frac{\phi_1}{2} - \frac{\pi}{4}) + f_2 \sin(\phi_2 - \frac{\phi_1}{2} + \frac{\pi}{4}) + (W_0 + f_3 + f_4) \cos(\frac{\pi}{4} - \frac{\phi_1}{2}) \right\} + f_1 \cos \phi_2 \right\}, \quad \text{----- (2)}$$

$$V_L = \frac{2 \sin(\frac{\pi}{4} - \frac{\phi_1}{2})}{\sin(\frac{\pi}{4} - \frac{\phi_1}{2} + \alpha - \delta)} \left\{ f_1 \sin(\phi_2 + \alpha - \delta) + f_2 \sin(\phi_2 - \alpha + \delta) + (W_0 + f_3 + f_4) \cos(\alpha - \delta) \right\} - \pi r^2 \gamma z, \quad \text{----- (3)}$$

ここで、 r_0 はバケット中心から刃の内側までの距離、 r はバケット外周の半径、 γ は乱れた土の単位体積重量、 z はバケットの掘進深さである。

最後に、バケットの外周にかかる摩擦抵抗であるが、側圧を $\lambda \gamma z$ (λ は静止土圧係数、ここでは 0.5 とした) とすれば、トルクに換算して、

$$T_f = \pi r^2 \gamma z^2 \tan \delta + 2 \left(r_0 + \frac{B}{2} \right) \frac{b}{2\pi} \left(\frac{v}{f} \right)^2 \tan \delta \quad \text{----- (4)}$$

上式右項はくみみ抵抗によるものである。(1)式参照。ただし、 v は掘進速度、 f は回転数である。

結局、全トルク T は $T_L + T_f$ 、全垂直抵抗は $V_L + 2R_c$ となる。

2. 実験に使用したバケットは、現用バケットの $\frac{1}{2}$ 模型で、その諸元はつぎのとおりである。

$r = 250 \text{ mm}$, $r_0 = 25 \text{ mm}$, $B = 230 \text{ mm}$, $\alpha = 30^\circ$, バケット高さ 500 mm である。

土は、シルト質砂で、 $\gamma = 1.60 \text{ g/cm}^3$, $\phi_1 = 40^\circ$, $\phi_2 = 30^\circ$, $\delta = 27^\circ$, $b = 1.0 \text{ kg/cm}^3$ である。トルクおよび垂直力は、バケット支持アームにはりつけた「ヤバ」ストレインゲージによった。実験結果を図-3に示す。縦軸は掘進深さ z 、横軸に全トルク T をとり、実測値を●で、計算値を実線で記入した。両者はかなりよい一致をみせており、解析に用いた仮定がほぼ妥当であることをものがたっている。

以上、回転掘削機構のうち、軸端掘進機構を砂質土について解析したが、粘性土に対しても、また周面掘進機構についても現在研究中であり、まとめて発表したいと考えている。なお、本研究は文部省科学研究補助金をうけたものの一部であることを付記し、感謝の意を表す次第である。