

VI-213

回転切削モードについて

ハルビン建築大学 正会員 趙 偉民
 愛媛大学工学部 フェロー 室 達朗
 愛媛大学工学部 正会員 河原庄一郎
 吉林工業大学 諸 文農

1.はじめに 機械が土を切削する基礎的な機構を究明する。楔の表面で土を切削する時、図1に示すように楔は土を切削する時は、まっすぐ運動するだけではなく横方の運動も持つ合成運動である。縦運動と横運動の比は進行係数 k で表示すると、 $k = \tan \delta$ となる。

$\delta = 0$ の時は、二次元切削であり、 $\delta \neq 0$ の時、三次元切削である。回転切削する場合の進行係数は以下に求める。まず、回転中心を原点として、直交座標を立て、切削刃の刃線を $y = f(x)$ と仮定する。刃線での一点Mの運動方向がOMに直角で、OMとx軸の成す角が θ である。M点の曲線の接線MNとx軸の成す角が φ である。

そして、 $\delta = \varphi - \theta$

$$k = \tan(\varphi - \theta) = \frac{\tan \varphi - \tan \theta}{1 + \tan \varphi \tan \theta} \quad (1)$$

$$\tan \varphi = \frac{dy}{dx} = y' \quad \tan \theta = \frac{y}{x} \quad \text{より}$$

$$k = \frac{y' - \frac{y}{x}}{1 + y' \frac{y}{x}} = \frac{xy' - y}{x + yy'} \quad (2)$$

式(2)から分かるように、回転切削刃の刃線のある点の進行係数はその点の座標位置及びその微分係数であらわせられる。

次に、回転切削刃の刃線が次式であるとする、

$$y = ax + b \quad y' = a$$

$$k = \frac{b}{x + a^2 x + ab} \quad (3)$$

$b = 0$ の時、刃線は回転中心を通じる直線で、その時、 $k = 0, \delta = 0$ 、切削抵抗が減少できない。 $b \neq 0$ の時、 $k = \tan \delta$ は変数で、 $\delta_M > \delta_N$ 即ち、 $k_M > k_N$ となる。上記の回転切削は三次元切削の特例である。

2.回転切削の解析 図3のように切削刃が回転しながら貫入する時¹⁾、土塊の絶対運動の回転角は θ で、絶対運動は円柱座標 r, θ, z で表示すると、その絶対速度 V と運動エネルギー T は次式のようになる。

$$V^2 = \left(\frac{dr}{dt} \right)^2 + r^2 \left(\frac{d\theta}{dt} \right)^2 + \left(\frac{dz}{dt} \right)^2 \quad (4)$$

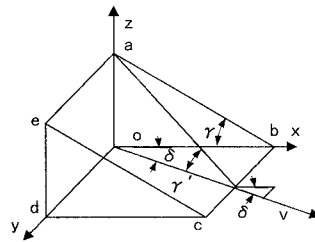


図1 三次元掘削モード

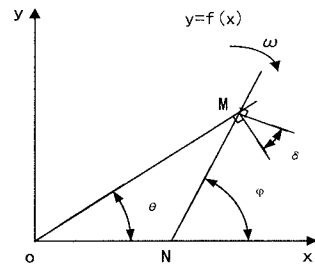


図2 回転切削刃線の分析

キーワード：回転切削，進行係数，相対運動の軌跡

愛媛大学工学部環境建設工学科 〒790-8577 松山市文京町3 Tel:089-927-9814 Fax:089-927-9845

$$T = \frac{mV^2}{2} = \frac{m}{2} \left[\left(\frac{dr}{dt} \right)^2 + r^2 \left(\frac{d\theta}{dt} \right)^2 + \left(\frac{dz}{dt} \right)^2 \right] \quad (5)$$

$$\begin{aligned} \frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial r'} \right) - \frac{\partial T}{\partial r} &= Q_r, & \frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \theta'} \right) - \frac{\partial T}{\partial \theta} &= Q_\theta, \\ \frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial z'} \right) - \frac{\partial T}{\partial z} &= Q_z \end{aligned} \quad (6)$$

$\theta = \varphi - \zeta$, θ : 土塊の絶対運動回転角, ζ : 土塊の相対運動回転角, m : 土塊の質量, Q_r, Q_θ, Q_z :

土塊に作用する諸力が円柱座標への投影
これを式(6)に代入すると、

$$m \left[\frac{d^2 r}{dt^2} - r \left(\frac{d\varphi}{dt} - \frac{d\zeta}{dt} \right)^2 \right] = Q_r, \quad mr \left[2 \frac{dr}{dt} \left(\frac{d\varphi}{dt} - \frac{d\zeta}{dt} \right) - r \frac{d^2 \zeta}{dt^2} \right] = Q_\theta, \quad m \frac{d^2 z}{dt^2} = Q_z \quad (7)$$

摩擦力の方向は相対運動軌跡に接することを注意して、作用力は移動方向の微分方程式を立てると、
 $Q_r \delta r = -F \cos \psi \delta r$, $Q_\theta R \delta \theta = (N \sin \gamma + F \cos \gamma \sin \psi) r \delta \theta$, $Q_z \delta z = (-G + N \cos \gamma - F \sin \gamma \sin \psi) \delta z$ (8)
式(8)を式(7)に代入すると、

$$V_r = \sqrt{r^2 \omega^2 - 2gS_r (\sin \gamma \cos \psi + f \cos \gamma \sin 2\psi)} \quad (9)$$

V_r : 土塊と刃板の間の相対速度, S_r : 土塊と刃板間の相対運動の軌跡
 ψ : 相対速度 V_r と座標軸 r のなす角, f : 土塊と刃板の間の摩擦係数

3. 回転切削の実験^{2), 3)} 状態に土塊はど回転切削のように運動するかを究明するために、以下の実験

を行なった。図4の中に縦軸は刃板の高さで横軸は右端に回転中心で、図から見るように、相対運動軌跡は実験によって確定した。相対運動軌跡は刃板の回転速度と幾何パラメーター関係が密切で、刃物角 γ は 20° から 75° まで変化すると、相対運動軌跡が上に向かうから刃板の外側に向かって曲線に変化する。

これは、慣性力の影響を受ける

ためである。そのゆえに、解析する時、慣性力が省略できなくなる。

4. まとめ 土の切削に関して理論的解析と実験結果から、以下のことが分かった。 $\delta = 0$ 時、二次元掘削で、 $\delta \neq 0$ 時、三次元掘削と定義する。回転掘削は三次元掘削の特例である。回転掘削する時、刃線が回転中心を通じると $\delta = 0$ 、掘削抵抗が大きくなる。回転掘削実験により、たとえ回転速度が小さくても慣性力の影響も無視できない。切削角 γ は 20° から 75° まで変化すると、土塊の相対運動が緩やかになる。

参考文献：

- 1) 島 昭治郎ほか：建設機械と土質、日本工業出版社、pp.13~16、1976
- 2) 室 達朗：土工機械作業部分の土砂による摩耗機構に関する研究、博士論文、pp.80~90、1972
- 3) 島 昭治郎ほか：砂質土の掘削抵抗刃前面土圧分布について、テラメカニクス、pp.81~85、1986

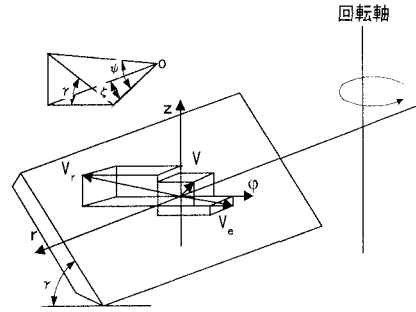


図3 回転切削の運動分析

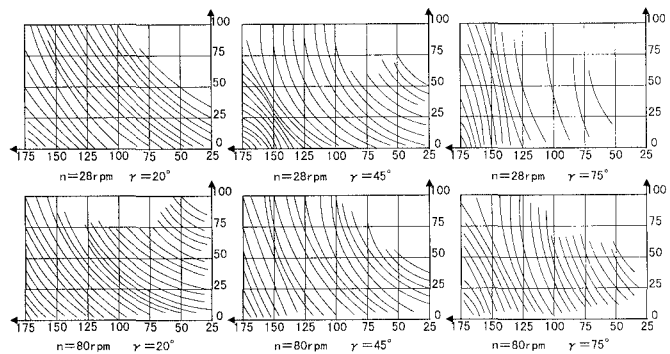


図4 回転切削実験時の相対運動軌跡分析 (mm)