

犁先に加はる土圧抵抗について

守島, 正太郎
三重大学農学部

<https://doi.org/10.15017/21250>

出版情報 : 九州大学農学部学藝雑誌. 13 (1/4), pp.347-357, 1951-11. 九州大学農学部
バージョン :
権利関係 :



犁先に加はる土圧抵抗について

守島正太郎*

On the earth resistance to shares of Japanese plows

Shotaro Morishima

犁先に加はる土壌の抵抗を、土圧論の所謂受動土圧に相当するものと考え、土壌が犁先によつて剪断されてまさに滑動を始めようとするときの抵抗力を求めた。

(1) 犁先の形状

土圧論では滑動面を二次元的に取扱つているが、犁先による土壌の滑動面は三次元的な形状になるので、第1図に示すように犁先の幅 dx 部分に加はる抵抗力を通常の土圧論によつて求め、これを犁先全部について合成する必要がある。従つて犁先の形状を数式であらはしておかねばならない。

犁先は、実際は真中が凹んだ形のものが多いが、平板で作られているものとし、平板状犁先の外縁部の曲線を第1図に示す坐標によつて、

$$y^n = ax \dots\dots\dots(1)$$

であらはされる n 次の拋物線で近似する。

第1図に於て、犁先基部の幅を B 、犁先の長さを H とすれば、犁先は左右対称に作られているので、

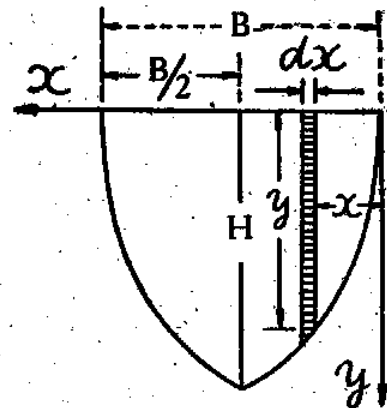
$$x = B/2 \text{ で } y = H \text{ となる。}$$

$$\text{故に } H^n = aB/2$$

依て (1) 式は

$$y^n = \frac{2H^n}{B} x \dots\dots\dots(2)$$

これが犁先の形状をあらはす式である。 n の値は 2 の場合に拋物線になるが、実際の犁先を筆者が実測した結果は、3種の銘柄について、1.95, 1.87, 1.84 と云う数値を得た。犁先外縁部曲線の n の値は 1.9 内外で、拋物線に極めてよく似た形状である事が判明した。

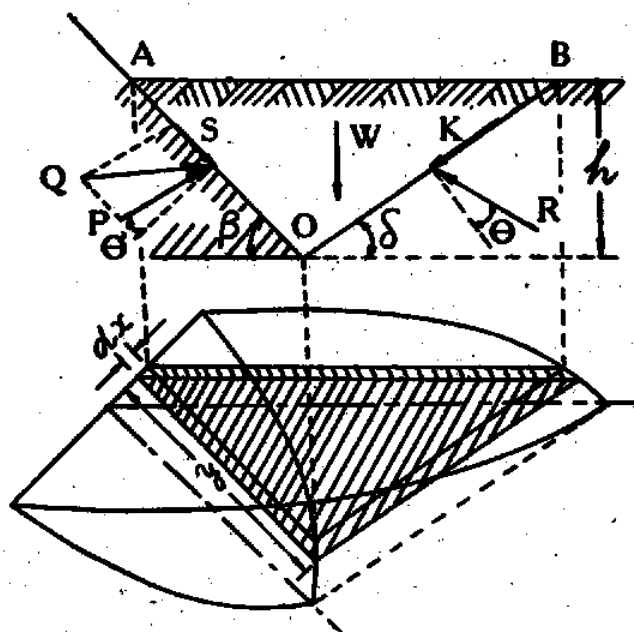


第1図。

(2) 犁先の微小帯に加はる土圧

第1図に於て、原点より x の点に幅 dx 長さ y の微小帯を考え、これに加はる土圧を通常の土圧論により求める事とする。

* 三重大学農学部。



第 2 図.

第2図の AO は上述の微小帯であるとし、それが水平と β の角をなして土中に入り込んでおり、これに依つて生ずる滑り面を OB とする。OB は一般には曲面であるが、ここでは Coulomb の土圧論を採用するので、OB は直線となり、その水平との傾きを δ とする。土契 AOB が上方に抜け出するためには、AO 面に右向の力 Q が加えられる必要があり、而して土契が抜け出すための極小の Q の値を以て受働土圧と称してをり、これが即ち筆先の AO 部分に加はる抵抗であると考える。

土契が抜け出す際の抵抗力、即ち筆先に加はる土圧抵抗の原因となるものは、土契の重量 AO 面と BO 面に於ける摩擦力、AO 面に於ける筆先（鉄）と土壌との粘着力、BO 面に於ける土壌と土壌との凝集力である。摩擦力は直圧力に比例し、従つて土契の重量に比例するが、粘着力及び凝集力は直圧力とは無関係に面の広さに比例する。

土契 AOB に働く外力は、AO 面に於ては、その垂線と摩擦角 θ' （鉄と土壌の摩擦角）だけ上から下へ傾いている土圧反力 P と、AO 面の広さに比例する粘着力 S の合力 Q であり、BO 面に於ては、その垂線と摩擦角 θ （土壌の内部摩擦角）だけ上から下へ傾く土圧反力 R と、面 BO の広さに比例する凝集力 K とであり、土契の自重 W がこれ等の力と釣合つてゐるのである。

土の単位重量を w (gr/cm^3) とすれば、第2図より、土契の自重 W は、

$$W = \frac{Wh^2}{2 \tan \delta} + \frac{Wh^2}{2 \tan \beta} \dots \dots \dots (3)$$

又、鉄（筆先）と土壌との単位粘着力を e (gr/cm^2) とし、土壌相互間の単位凝集力を c (gr/cm^2) とすれば、粘着力 S 及び凝集力 K は、

まれる滑り面の傾斜角 δ は果して y に無関係な定数であらうか、Coulomb, Rankine, 或は Krey 等の土圧論によれば、滑り角 δ は土の性質及び壁（こゝでは犂先）の性質によつて決つてくる定数であつて、深さ h , 従つて y には無関係である。

筆者は直線（或は平面）滑り面を仮定する所の Coulomb 土圧論によつて、第 3 図に示すような作図法によつて δ を求めた。作図の方法は専門の書物に譲つて省略するが、作図に當つて注意すべきことは、通常の擁壁の場合と違つて角 β が極端に小さいため、OD 線が壁 AO の右側になり、C と D の位置が入れ代つているが、そのまゝ作図を進めて差支ないことである。

Coulomb 式の作図で滑り角 δ を求むれば、 δ は犂先の水平との角度 β と、鉄（犂先）と土との摩擦角 θ' と、土の内部摩擦角 θ とによつて決つてくるもので、 δ は粘着力 e や凝集力 c には無関係に決定される。

滑り角が粘着力や凝集力に果して無関係であるかどうかは、筆者も未だ決論を得ていないが、Krey 氏によれば「滑り面の傾斜角は凝集力のある場合でも変らない」と言つてをり、Fellenius 氏も特殊な場合にこのことが成立つことを証明しているので、こゝでは δ は e や c に無関係に求めたものを (6) 式に用いた。

(4) 犂先全面の抵抗力

犂先の微小帯に加はる抵抗力は、土圧反力 P と粘着力 S の 2 力であるが、この中 S については、犂先を一枚の平面と仮定しているので、微小帯の位置 x が動いても、その面に平行な粘着力 S の方向は変らないので、犂先全面の S の合力を求める場合、単に S の大きさの算術を求むればよい。 P について考えるに、土契三角形は、 x の位置の如何に関せず常に相似形であるから、 P の方向も常に一定し、従つて犂先全面の P の合成は、単に P の算術和を求むればよろしい。

(6) 式は P が y の函数であるから、

$$P = My^2 + Ny \quad (\text{但し } M, N \text{ は } y \text{ に無関係})$$

の形であらはされる。又 (2) 式より、

$$y = H \left(\frac{2}{B} \right)^{\frac{1}{n}} x^{\frac{1}{n}}$$

であるから、 P は、

$$P = MH^2 \left(\frac{2}{B} \right)^{\frac{2}{n}} x^{\frac{2}{n}} + NH \left(\frac{2}{B} \right)^{\frac{1}{n}} x^{\frac{1}{n}}$$

幅 dx の微小帯に作用する土圧反力が Pdx であるから、犂先全面について Pdx を合せると、

$$\begin{aligned} \Sigma P &= 2 \int_0^{\frac{B}{2}} P \cdot dx = dx 2 \int_0^{\frac{B}{2}} \left\{ MH^2 \left(\frac{2}{B} \right)^{\frac{2}{n}} x^{\frac{2}{n}} + NH \left(\frac{2}{B} \right)^{\frac{1}{n}} x^{\frac{1}{n}} \right\} dx \\ &= \frac{n}{n+2} MBH^2 + \frac{n}{n+1} NBH \dots\dots\dots (7) \end{aligned}$$

$$\text{但し } \begin{cases} M = \frac{w \sin(\delta + \theta) \sin^2 \beta}{2 \sin(\delta + \beta + \theta + \theta')} (\cot \delta + \cot \beta) \\ N = \frac{1}{\sin(\delta + \beta + \theta + \theta')} \left\{ \frac{c \cos \theta \sin \beta}{\sin \delta} - e \cos(\delta + \beta + \theta) \right\} \end{cases}$$

次に微小帯に作用す粘着力は $S dx$ であるから、犁先全面につて $S dx$ を合計すれば、

$$\begin{aligned} \Sigma S &= 2 \int_0^{\frac{B}{2}} S dx = 2 \int_0^{\frac{B}{2}} e y dx = 2 \int_0^{\frac{B}{2}} e H \left(\frac{2}{B} \right)^{\frac{1}{n}} x^{\frac{1}{n}} dx \\ &= \frac{n}{n+1} e \cdot B \cdot H \dots (8) \end{aligned}$$

(7) 式と(8) 式から、 ΣP と ΣS の大きさが判るから、その作用する方向をも考えてこの2力を合成すれば、犁先全面に加はる抵抗力は、

$$\Sigma Q = \Sigma P + \Sigma S$$

に依つて求められる。

(5) 実例についての計算

今、1例として T 式犁を粘土地に使用したと仮定した場合の犁先に加はる抵抗力を求めることとする。

実測の結果

$$\begin{cases} B = 20 \text{ cm} & n = 1.87 \\ H = 20.3 \text{ cm} & \beta = 28^\circ \end{cases}$$

土は粘土として、次の数値を仮定する。

$$\begin{aligned} \theta &= 38^\circ & \theta &= 10^\circ & w &= 1.4 \text{ g/cm}^3 \\ C &= 50 \text{ g/cm}^2 & e &= 20 \text{ g/cm}^2 \end{aligned}$$

C 及 e は筆者等が土壌剪断試験機等を使用して実測した1例より適当な数値を仮定したものである。

滑り角 δ は作図より $\delta = 43^\circ$

$$\Sigma P = 12.6 \text{ kg} \quad \Sigma S = 5.3 \text{ kg}$$

これより $\Sigma Q = 14.6 \text{ kg}$ となり、その水平分力即ち水平牽引力の中に含まれる分は 12.4 kg となる。

R é s u m é

1. According to the earth pressure theory, the earth resistance to plow shares is supposed as passive earth pressure.

2. The edge curve of share is calculated by next equation (Fig. 1),

$$y^n = \frac{2H^n}{B} x$$

where B is breadth of share, the H is length of share, and n is about 1.9.

3. The slide angle δ is decided by Coulomb's drawing method, which is concerned friction angle θ' (between share and earth), internal friction angle of earth θ , and share angle β .

4. The external forces regarding to earth resistance are the weight of earth W , reaction of earth pressure P and R , and cohesion S and K .

5. By the two dimensional calculation for the horizontal and vertical equilibrium of forces on a minor stripe (Ydx) of share, the unknown force P is decided.

6. Then Pdx and Sdx are integrated for share plain, as following,

$$\Sigma P = \frac{n}{n+2} MBH^2 + \frac{n}{n+1} NBH$$

where,

$$M = \frac{w \sin(\delta + \theta) \sin^2 \beta}{2 \sin(\delta + \beta + \theta + \theta')} (\cot \delta + \cot \beta)$$

$$N = \frac{1}{\sin(\delta + \beta + \theta + \theta')} \left\{ \frac{c \cos \theta \sin \beta}{\sin \delta} - e \cos(\delta + \beta + \theta) \right\}$$

$$\Sigma S = \frac{h}{n+1} e B H$$

The earth resistance on the share is,

$$\Sigma Q = \Sigma P + \Sigma S$$

7. For example, horizontal tractive resistance to T-type Japanese plow share at clay soil, will be about 12.4 kg.