

# シ ャ ン ク 刃 の 抵 抗 特 性

小嶋和雄・池見隆男・綾 俊一・中村伸一\*

(農学部農業機械学研究室・\*鈴江農機株式会社)

## Soil Resistance to Shank Blade

Kazuo KOJIMA, Takao IKEMI, Toshikazu AYA and Shinichi NAKAMURA\*

(Laboratory of Agricultural Machinery, Faculty of Agriculture; \*Suzue Noki Co. Ltd.)

In order to know the characteristics of soil resistance to shank blade, the forces acting on vertical and inclined blades have been measured in a sandy loam soil of soil box. The effects of inclination forward and backward for inclined blades and of wedge angles and side width for vertical blades have been investigated.

The results of this test are as follows :

- (1) The horizontal force of inclined blade decreases with inclination forward, but increases with inclination backward. The vertical force acts downward at forward inclination and acts upward at backward.
- (2) The resultant force decreases with forward inclination, and it is 75~80 % of the value at 45°. The relation between the acting angle of resultant force and the inclination is nearly linear.
- (3) The wedge angle of vertical blade affects the horizontal force considerably. The horizontal force increases with the wedge angle remarkably, but over 60°~90° of the wedge angle stays in near constant.
- (4) The side width affects the horizontal force a little relatively, but the force increases gently with the width until ratio of width to thickness is about 8. The vertical force varies little with the side width.

### I. 緒 言

ナイフ状の土壌切削刃について、既に圃場における試験結果を報告したが<sup>(1)</sup>、今回は室内の土壌槽を使用し、刃に作用する土の抵抗の水平、垂直の各分力等を測定し検討したので、これについて報告する。

### II. 実 験 装 置

Fig. 1 に実験装置の概要を示す。

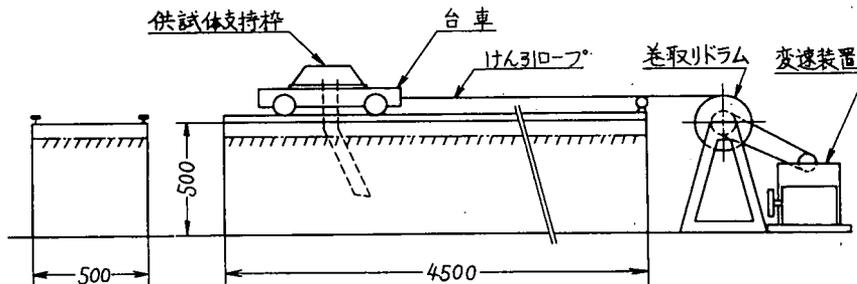


Fig. 1 実験装置

### 1. 土 壤 槽

アングルおよびチャンネル鋼材によるフレーム構造で、鉄板で内張りしてある。槽天端にはレール（6 kg/m, 4.5m×2）が敷いてある。土壌槽の内部寸法は、50cm×50cm×450cm である。

### 2. 台 車

チャンネル鋼材によるフレーム構造で、4個の車輪（100φmm）をもつ。これは供試刃を支持枠を介して装着し、土壌槽レール上をけん引ロープによって移動するもので、一端にフックを有している。

### 3. 巻取ドラム

これは台車けん引用のロープを巻取るためのドラムで、その回転速度はウォーム減速機（1：30）を介し、ベルト変速機によって無段階に変えられる。変速範囲はスプロケット入換えにより7～110rpm である。これは台車速度にして7.3～115.0cm/s となる。

### 4. 供試体支持枠

供試刃を直接支持固定するもので、分力検出部を有する。

分力検出部は両端固定の正方形断面のはりにストレンゲージを貼付したもので、各分力を電気的に変換し検出する。抵抗の水平分力のはりの両固定端前後面に貼付した単軸ゲージ4枚により、また垂直分力は同様に上下面の4枚の単軸ゲージにより検出する。抵抗によるモーメントの検出には直交ゲージ2枚を使用した。Fig. 2は供試体支持枠および分力検出部を示す。

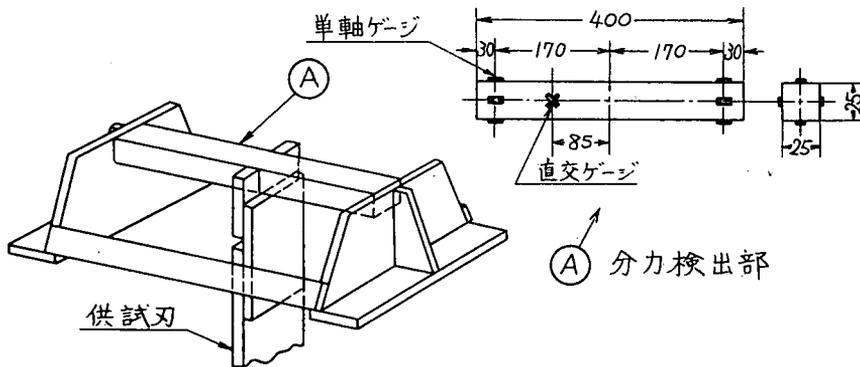


Fig. 2 供試体支持枠

## III. 実 験 方 法

### 1. 供 試 刃

実験に供試したシャンク刃は厚さ 9 mm, 長さ 350mm（刃部220mm, 柄部130mm）とし、傾斜角の影響をみるための傾斜刃, 先端角（くさび角）の影響をみるための垂直刃, 刃側面における土の摩擦抵抗をみるための垂直刃の3グループを用意した。

傾斜刃のグループは傾斜角が0°, 15°, 30°, 45°, -15°, -30°のもので、刃の先端角を45°, 刃幅を50mmにした。垂直刃は、刃の先端角を30°, 45°, 60°, 90°, 120°, 150°, 180°とし、刃幅を50mmにしたグループと、刃幅を32, 44, 50, 65, 75, 90mmとし、先端角を45°にしたグループがある。これらを Fig. 3に示す。

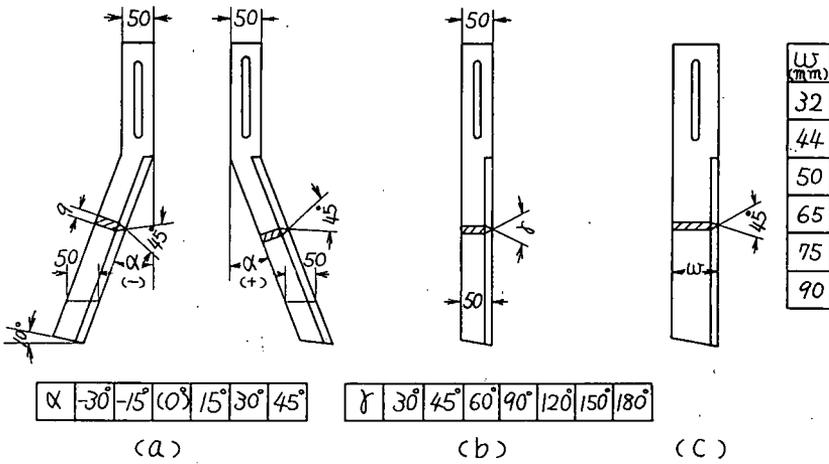


Fig. 3 供 試 刃

2. 実 験 方 法

Fig. 1 に示した土壌槽に砂質ローム (三角座標表示による) を充てんし, 一定の条件で締め固めた後, 供試刃を装着した台車をロープによってけん引走行させる。台車の走行とともに供試刃は土壌を切削するわけであるが, 切削の際の土の抵抗は前述のように分力検出装置によって水平分力, 垂直分力および抵抗モーメントを増幅器を介しペンレコーダに記録させた。

台車の走行速度すなわち供試刃の切削速度は土壌槽における有効移動長さが約 3.5m のため 7.5cm/s とした。これは現実の作業速度の1/10程度であるので, 将来は土壌槽を 10m 程度に延長し, 高速の切削実験を行なう必要がある。

また土壌の締め固めは, 1 回の切削ごとに土表面より深さ 30cm まで攪乱した後, 2 層に分けて転圧ローラをかけ, これを行なった。この時上下境界の不連続を少なくするため, 下層の転圧面をレーキ状の器具で攪乱した後, 上層の土壌を乗せ転圧を行なうようにした。

実験中の土壌含水比は 16~17% で, この供試土壌のほぼ塑性限界にあたる。Table. 1 に供試土壌の物理性を示す。

Table. 1 供試土壌の物理性

粒 度 (%)	礫	2.00mm以上	0
	砂	2.00~0.05mm	69
	シルト	0.05~0.005mm	17
	粘土	0.005mm以下	14
	計		100
土 質	(三角座標表示)		砂質ローム
最 大 容 水 量 (%)			29.17
塑 性 限 界 (%)			17.45
液 性 限 界 (%)			24.10
真 比 重			2.71
*粘 着 力	kg/cm <sup>2</sup>		0.5
*内 部 摩 擦 角			30°58'

\* 含水比 16.4±0.4%

IV. 実 験 結 果 お よ び 考 察

供試土壌の平均含水率は 16.4% で, ±4% 以内の変化があった。土壌の締め固めはローラで行なったが, ローラ荷重を 45.7kg および 88.7kg とし土壌の硬さを 2 種類に調整した。乾燥密度は転圧処理ごとに, 深さにより多少の変動はあったが, ローラ荷重 45.7kg の場合平均 1.45g/cm<sup>3</sup>, ローラ荷重 88.7kg の場合平均 1.52g/cm<sup>3</sup> であった。

1. 傾斜角の影響

Fig. 3. (a) に示すように、供試刃は傾斜角だけを変化させ、厚さおよび刃幅を一定にして切削試験を行なった。結果は Fig. 4～7 に示すとおりである。

Fig. 4 は供試刃の傾斜角に対する抵抗の水平分力を示したものであるが、水平分力は傾斜角が大きくなるほど減少する傾向がみられる。特に乾燥密度の大きい方でこの傾向は明らかに示されている。傾斜角 0° に対する減少の割合は 45° の傾斜角では 20～25% になった。

この傾向は前に行なった圃場試験の結果<sup>(1)</sup>と矛盾するが、これは供試体側面における土との接触条件が異なることに起因すると考えられる。すなわち、この実験では供試刃の側面面積を傾斜にかかわらず一定にしてあるのに対し、前の実験では垂直刃をそのまま傾斜させた状態で供試したため、刃の側面面積が傾斜によって増加し、土との接触摩擦を増加せしめたと考えている。

したがって、供試刃側面における土との接触面積が一定であれば傾斜角のみに影響を受けるので、傾斜刃における抵抗の水平分力は傾斜角が大なるほど減少するとみてよい。

垂直分力については Fig. 5 に示すように、傾斜角の増加にしたがってほぼ直線的に増加した。図において、垂直分力の負符号は上向きの力を表わし、正の値は下向きの力を表わす。すなわち後方へ傾斜するほど（傾斜角は負の符号）上向きの力が大きく、また 0°（垂直）においてもわずかながら上向き力が作用する。しかし垂直よりやや前方へ傾斜させると垂直分力は零となり、さらに前方へ傾けると垂直分力は下向きに作用し、角度の増加とともにその値は増加する。

実際の作業においては作業機の安定上、上向き力より下向き力の方が望ましいので、シャンク刃のようなたて刃は前方へ傾斜させた方がサクションを生じ、またけん引抵抗を減じる。

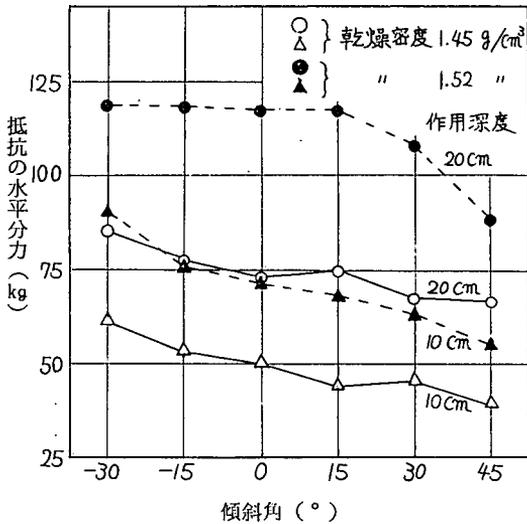


Fig. 4 傾斜刃の抵抗の水平分力

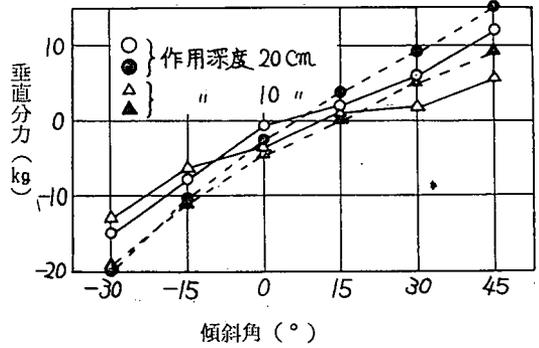


Fig. 5 傾斜刃の抵抗の垂直分力

次に抵抗の合力をみてみると、Fig. 6 に表わすように、傾斜角の増加にしたがって合力は減少し、水平分力の場合と同様の傾向となった。これは垂直分力が水平分力に比しきわめて小さく、程度以下であるため、合力には垂直分力の影響がほとんど表われないためである。

また合力の作用角は傾斜角 0°～15° の間で 0° となり、前後いずれの傾斜角においてもほぼ直線的に増加している。作用角は合力とは逆に垂直分力の影響を受けるが、増加の割合はあまり大きくはなく、前方傾斜角 30° において 5°、後方傾斜角 30° で -10° 程度である。(Fig. 7)

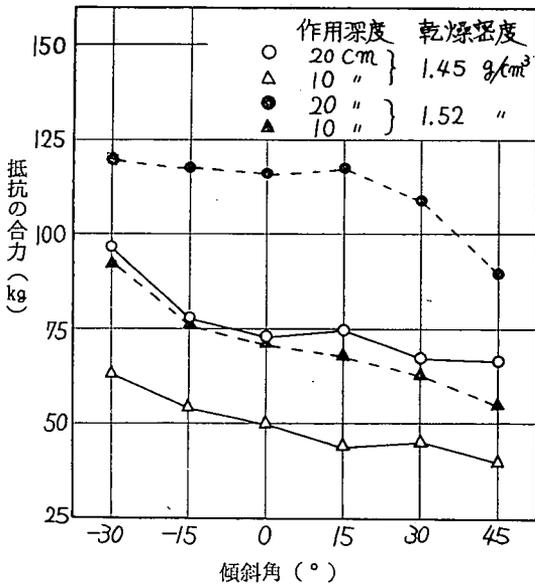


Fig. 6 傾斜刃の抵抗の合力

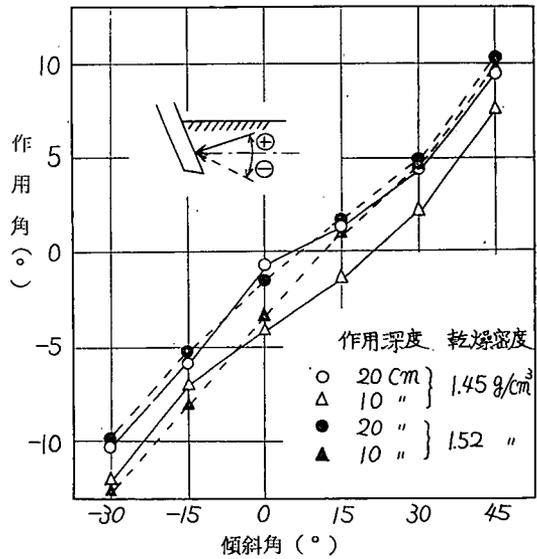


Fig. 7 傾斜刃の抵抗合力の作用角

2. 先端角の影響

Fig. 3. (b) に示す垂直刃において、刃幅を一定にし、刃断面の先端の角度（くさび角）を種々変えた供試刃について抵抗特性を調べた。

Fig. 8 は先端角に対する抵抗の水平分力を表わしたものであるが、土壌の締め固めの程度、作用深度にかかわらず、同一の傾向を示している。すなわち、抵抗の水平分力は刃の先端角の増加とともに急激に増加するが、ある先端角度以上になると水平分力は増加せず、ほぼ一定の値にな

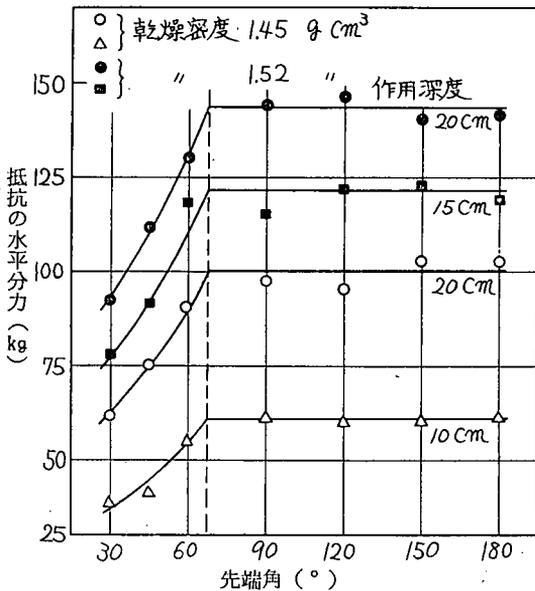


Fig. 8 垂直刃の先端角（くさび角）と水平分力との関係

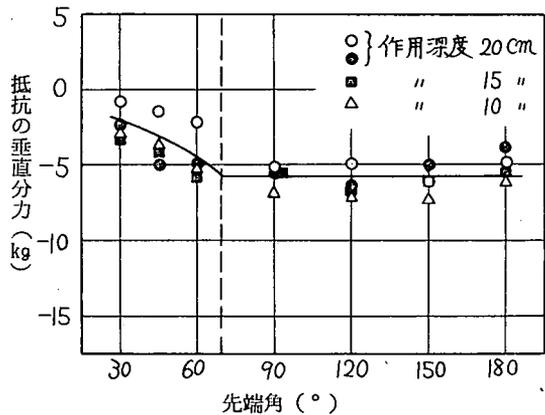


Fig. 9 垂直刃の先端角と抵抗の垂直分力との関係

った。水平分力が一定になる限界の角度は、この土壌条件では $60^{\circ}\sim 90^{\circ}$ の間であった。

これは金属におけるポンチまたはくさびの押し込み時に形成される、いわゆるデッドメタルと同じ現象が土の場合にも起ることによると考えられる。すなわち刃の先端角がある角度以上になると、刃の前面にくさび状の圧縮された土の塊が付着し、あたかも刃の一部になったかのように作用するため、刃自身の先端角が変わろうとも抵抗の増減がなくなる。

S. T. Willatt らはこの土くさびの形成を確かめ<sup>(2)</sup>、A. N. Zelenin によれば土壌の種類に関係なく刃の先端角が $45^{\circ}$ 以上において土くさびが形成されるとしている。

また小嶋によると、暗渠せん孔機の弾丸体において、 $\phi > \delta$  の時 ( $\delta$ : 土と弾丸体との摩擦角、 $\phi$ : 土の内部摩擦角)、先端角が $\frac{\pi}{2} - \delta$  より大になると土のくさびが形成されると報告している<sup>(3)</sup>。

この実験に供試した土壌は含水比16%において、 $\phi = 40^{\circ}$ であり、供試刃との摩擦角  $\delta = 17^{\circ}$  であったので、 $\phi > \delta$  であり、したがって供試刃の先端角は $\frac{\pi}{2} - \delta = 73^{\circ}$  より大になると土のくさびが付着することになる。このことは Fig. 8 における傾向とほぼ一致している。

次に垂直分力については、水平分力に比しきわめてわずかな力であるが、上向き力となった。その傾向も水平分力と同様で、先端角が $60^{\circ}\sim 90^{\circ}$ より大になると垂直分力はほぼ一定となった。(Fig. 9)

### 3. 刃幅の影響

Fig. 3 (c) に示す垂直刃について、刃側面の影響をみるため、刃幅を変えてそれぞれ水平および垂直の各分力を測定した。Fig. 10 はその結果を示したものである。

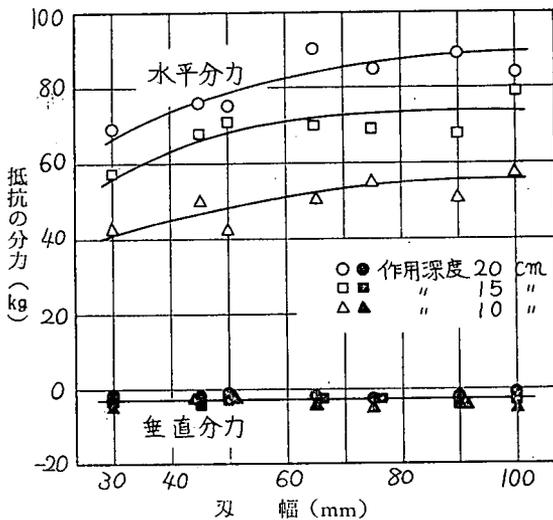


Fig. 10 垂直切の刃幅と抵抗の分力との関係

刃幅が大きいほど水平分力も増加する傾向にあるが、刃幅が大にしたがって水平分力の増加割合は小さくなっている。刃側面における土の摩擦抵抗は土の接触圧力に比例するが、塑性域にある土壌条件では刃先端部において土は既に圧縮変形し、刃側面に対する土圧は側面後方にくにしたがって小さくなる。したがって刃幅がある範囲を超えるとその影響はほとんどなくなると考えられる。この実験では、刃幅一刃厚比が3.3~11.1の範囲であるが、ほぼ8.0以上になると水平分力はほとんど増加していない。

垂直分力は刃側面の寸法的影響をほとんど受けなかった。

## V. 摘 要

シャंक刃の土壌切削時における抵抗特性を調べるため、ナイフ状の供試体について傾斜角、先端角、刃幅を変え抵抗の水平分力、垂直分力、作用角などを測定した。その結果は次のように要約される。

(1) 傾斜刃の水平分力は傾斜角の増加にしたがって減少する。垂直分力は前方傾斜刃では下向きであり、後方傾斜刃では上向きとなる。

- (2) 抵抗の合力も傾斜角の増加にともなって減少し、 $45^\circ$  の傾斜角では垂直位置の 75~80% となる。合力の作用角は傾斜角に対しほぼ直線的に増加する。
- (3) 先端角の影響は水平分力に顕著にみられ、先端角  $60^\circ \sim 90^\circ$  までは水平分力は急激に増加するが、それ以上の先端角ではほぼ一定となる。垂直分力においてもほぼ同様の傾向を示す。
- (4) 刃幅の影響は比較的小さいが、刃厚のほぼ 8 倍の刃幅までは水平分力は漸増するが、それ以上ではほとんど増加が認められない。垂直分力は刃幅に無関係でほとんど変化しない。

#### 参 考 文 献

- (1) 小嶋・池見・土居, 高知大学学術研究報告, Vol. 18, No. 18, 1969.
- (2) S. T. Willatt and A. H. Willis, Journal of Agricultural Engineering Research, Vol. 14, No. 4, 109~113, 1965.
- (3) 小嶋, 高知大学学術研究報告, Vol. 16, No. 1, 1967.

(昭和45年 9月30日受理)

