

京都大学工学部 正員 畠 昭治郎
 “ 正員 ○ 金子 義信
 “ 正員 檜垣 義雄

まえがき 土の掘削・運搬についての研究はこれまで静的なつりあいをもとに土質力学的な考えをとり入れてすすめられたものが多い。しかし、実際に土の掘削・運搬に応用しようとしてもこれらは実情にそぐわない点が多く、今回の研究では、土砂の動きに注目して運動力学的な取り扱いを試みようとしたが、その第一歩として基礎的な実験を行ったのでその結果を報告する。

実験装置および試料 実験には図-1に示すような装置を用いた。刃を掘削抵抗測定用支持具に固定し、5馬力のモーターにより台車を移動させて掘削を行った。台車(幅60cm×高さ50cm×長さ180cm)の側面をガラス張りにし、刃前方の土砂中でガラスに接する面内に黒色に染めた土砂を一定間隔に配置して、連続写真と8ミリの併用により掘削時の土砂の動きを観察した。掘削速度は無段変速装置によって0.9cm/secから40cm/secの範囲で自由に選択できるが、今回は0.9cm/sec, 3.3cm/sec, 5.4cm/secの3つの速度で実験を行った。被削試料としては豊浦標準砂、1分砂、2分砂、3分砂の4種をいずれも気乾状態で用いた。各実験ごとに同様の締め固め状態を保つよう十分注意して行った。各実験ごとに測定した切削強度指数 C_s の平均値は、豊浦標準砂0.006、1分砂0.007、2分砂0.008、3分砂0.009であった。刃は図-2に示すような平刃と円弧刃で、幅はそれぞれ10cmと48cmの2種を用いた。刃の取り付け角としては平刃ではすくい角 α が 0° , 22.5° , 45° になるようにした。円弧刃では弦が鉛直となる角が 0° , 30° , 30° となるようにした。掘削刃にかかる抵抗は図-3に示すように、支持具の4か所に貼ったひずみゲージによって測定し、電磁オシログラフに記録して、掘削抵抗合力の大きさ、方向、着刀点の位置をもとめた。

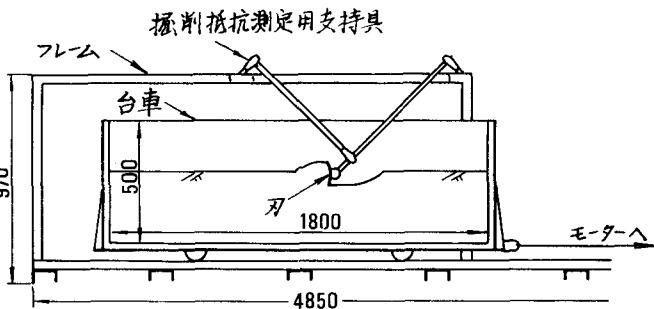


図-1 実験装置

実験結果と考察

1. 土砂の動きの観察 台車のガラス面より観察すると掘削中にいくつものすべり線が形成されていくのがみられた。また土砂中

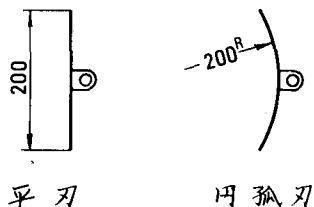


図-2 掘削刃

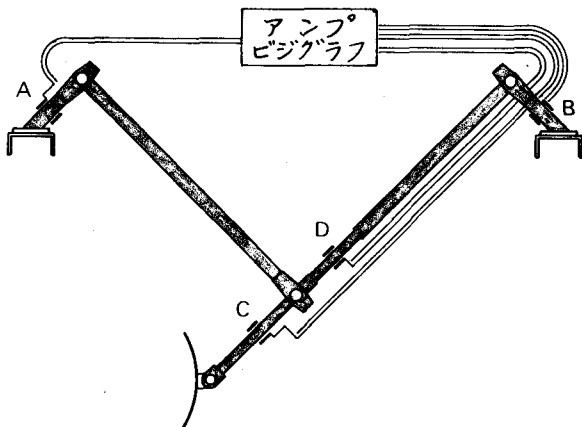


図-3 掘削抵抗測定用支持具

にあらかじめ配置された着色部品の動きを、連続写真をもとに作図した。その一例を図-4に示す。

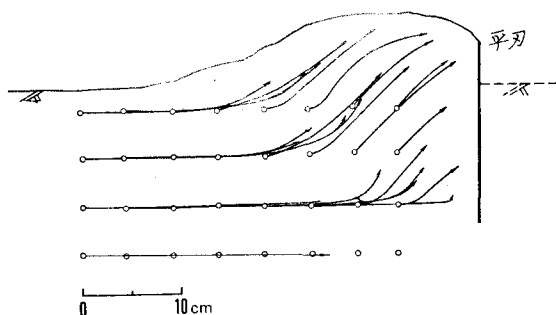


図-4 掘削時の土砂の動き

2. 掘削抵抗合力の大きさ・方向と着力点の位置
掘削抵抗測定用支持具の4か所に貼ったひずみゲージを用いた測定により、掘削開始時より連続的に、掘削抵抗合力の大きさ・方向と着力点の位置を得た。その結果、平刃については、すくい角 $\alpha=0^\circ, 22.5^\circ, 45^\circ$ のいずれの場合も着力点は、掘削刃下端から掘削深さのほぼ0.25倍だけ上方にあることがわかった。そして、掘削抵抗合力と刃面法線とのなす角は、土砂と

金属面との摩擦角にはほぼ等しいと考えられる。円弧刃については、取り付け角によってかなり大きな差がみられ、とくに取り付け角が -30° のときは掘削深さの半分以上のところに着力点があるなど、平刃とはまったく異なる傾向がみとめられた。これらの例を図-5に示す。

$\alpha=0^\circ, v=3.3\text{cm/sec}$
被削試料 1分砂
掘削深さ 13.5cm



取り付け角 $-30^\circ, v=5.4\text{cm/sec}$
被削試料 2分砂
掘削深さ 13.5cm

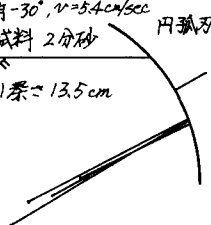
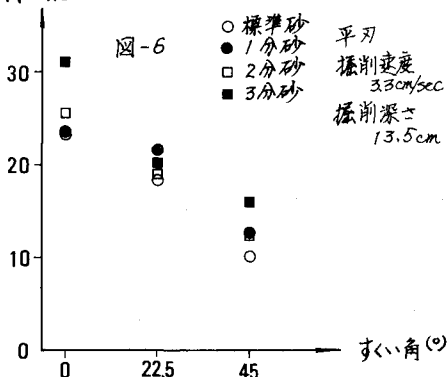


図-5 刃にかかる掘削抵抗

3. 取り付け角と掘削抵抗 同一の刃

で取り付け角を変化させて一定深さを掘削すると、掘削抵抗合力の大きさに著しい差がみとめられた。すなわち平刃ではすくい角 α が 0° から 45° まで大きくなるにつれ掘削抵抗は減少した。円弧刃では、取り付け角 -30° について行ったところ、非常に大きな掘削抵抗が得られ、 $0^\circ, 30^\circ$ と取り付け角が増加すると、(kg)掘削抵抗は、著しい減少がみられた。図-6は平刃のすくい角の変化に対する掘削抵抗の変化を示す一例である。



4. 掘削速度と掘削抵抗 今回の実験は、前述したように、 0.9cm/sec , 3.3cm/sec , 5.4cm/sec の3種の掘削速度で行ったが、一例として図-7に示すように、今回の被削試料・掘削速度の範囲内では、掘削速度によって掘削抵抗に大きな違いはみられなかった。

結論

1. 幅10cmの刃と、土増いっぴいの幅48cmの刃とでは、着力点削の位置にあまり差がみられないが、概して広い刃の方が着力点抵抗が少し低い位置にある。平均して着力点の位置は、どちらも地表面から掘削深さのほぼ $\frac{3}{4}$ の点であり、砂質土でも $\frac{2}{3}$ にはならないことがわかった。 2. 今回の掘削条件すなわち乾燥した砂および砂利では、掘削速度の変化が $0.9\text{cm/sec} \sim 5.4\text{cm/sec}$ の範囲では掘削抵抗の大きさ、方向ならびに着力点の位置とも速度の影響をほとんど受けない。 3. 刃前面の土の動きについては、まだ解析するに至っていない。

