

京都大学工学部 正員 畠 昭治郎
 京都大学工学部 正員 ○ 金氏 真
 京都大学工学部 正員 松垣 義雄

1. まえがき 土砂礫の掘削においては、掘削刃先形状が作業能率に与える影響は大きい。固定平刃による掘削で問題となるのは掘削抵抗であるが、刃が固定されずに土中に貫入しながら掘削するような場合には、刃先形状によって貫入しやすさが変わってくる。今回は貫入掘削実験を行なって刃先形状と刃の貫入特性を調べ、さらに刃の摩耗を考慮して、刃先形状と掘削性能について検討した結果を報告する。

2. 貫入掘削実験 鉛直方向に自由に動くように支持した掘削刃に荷重を与えて土を掘削し、刃の軌跡および掘削抵抗を測定した。実験装置の概略を図1に示す。長さ2m程度の鋼製アームの先に掘削刃を取付け、滑車を介してカウンターウェイトで釣合せ、カウンターウェイトの減量を刃にかかる荷重(N)とした。土試料(豊浦標準砂および砂利3種)を台車(1.8m×0.5m×0.6m)に満たし、変速機付きモータで牽引して掘削を実施した。掘削速度によって刃の軌跡、抵抗に変化がみられ、このため毎分2mの速度で実験を行なった。刃の軌跡および掘削抵抗はXYレコーダに自記させた。掘削刃を図2に示す。

(a)は刃先角 10° の2枚の刃からなり、すくい角、にげ角を5度刻みで変化できる。(b)は刃先の摩耗と掘削性能を調べるために先端に丸味をつけたものであり、先端の曲率半径 $r=5, 10, 15, 20$ (mm)の4種を使用した。

3. 結果と考察 (1) すくい角 α : すくい角を5度刻みで変えて実験したところ、すくい角の大きさによって刃の貫入軌跡が下記の2種類に分類できることが判った。すなわち

$\alpha \leq 20^\circ$ の場合 : 刃はしだいに土中に貫入するが、ある一定深さで釣合い状態に達し、それ以上貫入しなくなる。最終的な貫入量はすくい角 α が大きくなるにしたがって増大する。

$\alpha \geq 25^\circ$ の場合 : 刃は釣合い状態に達することなく貫入しつづける。

図3に示すように掘削抵抗の合力Rの方向は刃面法線より δ (刃面と土との摩擦角)だけ上方に傾斜する。 $\alpha < \delta$ の場合には合力は上向きとなり、合力Rの垂直成分がNと等しくなったところで釣合い状態となる。また、 $\alpha > \delta$ の場合には合力は下向きとなり、刃はさらに深く土中に貫入する。別に行なった実験によれば $\delta \approx 22^\circ$ なる結果が得られている。

(2) にげ角 β : にげ角の大きさは、刃の初期貫入量および貫入角度

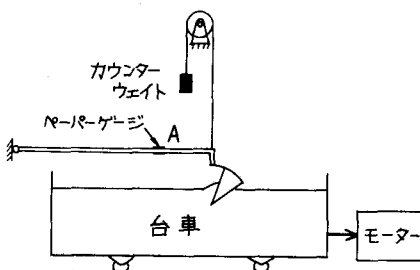


図1. 実験装置

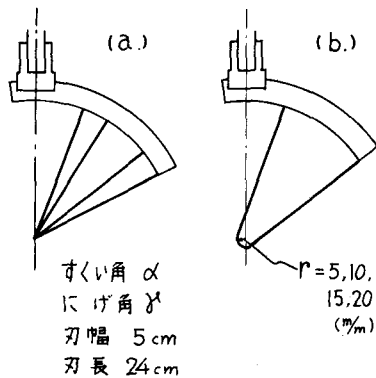


図2.

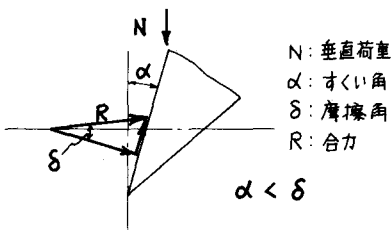


図3.

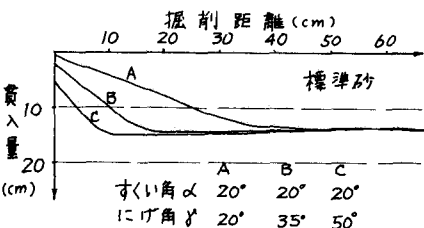


図4.

に影響を与える。図4に示すように、にげ角が大きいと初期貫入量および貫入角度は大きい。ところが $\alpha \leq 20^\circ$ において釣合い状態に達した後の貫入深さには、にげ角による違いはみられない。これは釣合い状態においてはにげ面は土と接触しないことから理解できる。(3)垂直荷重 N -貫入量 z ： $\alpha < 8^\circ$ の場合、垂直荷重 N の増加に伴ない貫入量 z は増大する。 N - z 関係を両対数紙上にプロットすると図5のような直線関係が得られた。指数は砂の種類により多少のばらつきはあるが0.5に近い値を示した。

(4)砂の種類と貫入特性：実験に用いた土試料は標準砂、一分砂二分砂および三分砂である。 $\alpha = 0$ の刃について、 N - z 関係を両対数紙上にプロットすると図6のようになる。粒径の小さな一分、二分は標準砂に似かよった値を示すが、粒径の大きな三分では荷重の小さな範囲で貫入量が減少している。

(5)掘削抵抗 H_x ：別に行なった固定平刃による実験¹⁾によれば、掘削抵抗合力 R の着点²⁾は刃の下端より、掘削深さの約四分の一だけ上方に位置する結果が得られた。したがって貫入掘削においても合力 R の着点が上記の位置にあると仮定し、アームA点におけるモーメントから掘削抵抗の水平成分 H_x を求めてみた。 H_x - z 関係を両対数紙上にプロットしたところ(図7参照)直線関係が得られた。この方法で求めた H_x は近似値ではあるが、掘削深さのおおよそ2乗に比例している。

(6)刃の摩耗と貫入特性：刃先は作業時間とともに摩耗し丸味を帯びてくる。図2(b)のように先の丸い刃で貫入掘削実験を実施したところ図8のような結果が得られた。図8は N - z 関係を両対数紙上にプロットしたもので、先端の尖った場合と同様に直線になるが、曲率半径 r が大きくなるにしたがって貫入量 z は減少し、直線の傾きは大きくなる。すなわち、荷重、貫入量の小さい場合には r の影響は大きく、荷重、貫入量が大きくなると r の影響は小さくなる。

(7)掘削刃の摩耗：掘削刃の摩耗は土砂粒子が金属面をひっかくことによって生じ、金属の硬さ、土砂の種類、接触面圧の大きさなど数多くの要因が摩耗量を左右する。とくに掘削刃形状については、刃面と刃の進行方向のなす角度が 30° で摩耗量が最大になり、 0° および 90° に近づくにつれて減少するという結果が得られている²⁾。したがって掘削刃にあてはめて考えると、すくい角が大きくなると摩耗が増大する結果となる。

4. 結論 掘削刃形状の決定に際しては、上述の貫入特性、貫入角度、掘削特性、摩耗を考慮したうえで、使用目的に応じたすくい角、にげ角の選択を行わなければならない。

参考文献 1) 島昭治郎・金子義信・松垣英雄：昭和49年度土木学会年次学術講演会講演概要集

2) 島昭治郎・室達郎：土木学会論文報告集199.(1972,3)97

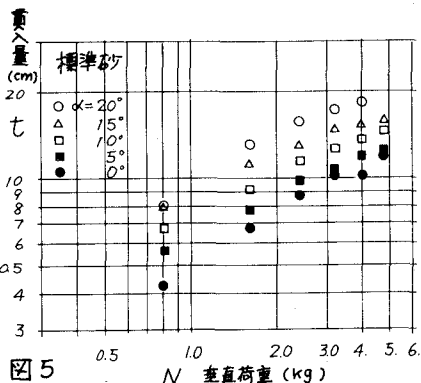


図5

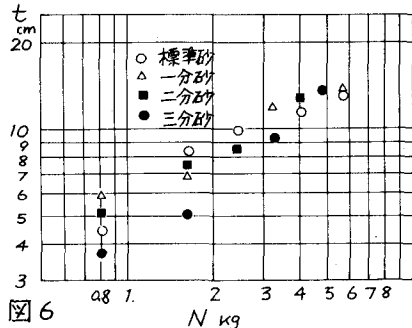


図6

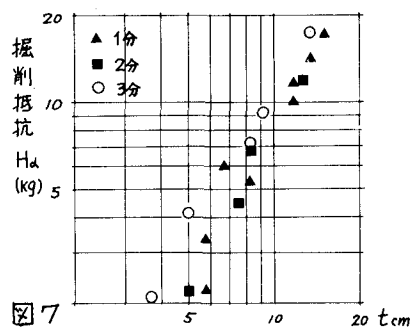


図7

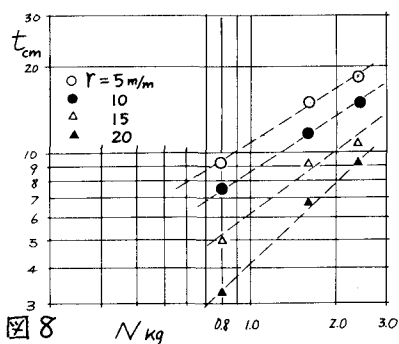


図8