

III-165 水中における土砂の掘削機構について

京大 正 〇 畠 昭治郎
京大 正 金子 義信

1. 本研究の目的は、近年 海中構造物の施工に伴って水中における土砂の掘削が多くなってきているが、既報¹⁾の通り水中掘削は陸上掘削に比べて 掘削速度の影響が非常に大きいという特色をもっているので、この点をさらに広範囲に追究し、あわせて刃先形状および土質の影響を明らかにしようとしたものである。なお、土砂の掘削機構においては、刃を土中の一定深さに固定したままで掘削を行う“定常掘削”と、刃が自由に保持されて、推力と抵抗とのバランスの上で掘削深さに変化する“非定常掘削”とに分けられるが、本報告では主として前者について解明を行った。

2. 水中の飽和した土砂を掘削する場合、仮に透水性が良くても、これを急速非排水せん断すると、せん断領域内に負圧が発生する(限界間隙比より小さいとき)。この負圧の発生は、透水係数 k が小さいほど、また掘削速度が大きいほど激しくなり、掘削抵抗(せん断抵抗)は増大する。

掘削抵抗に影響を及ぼす諸因子を列挙すると次のようになる。

H/B : 単位刃幅当りの掘削抵抗 (kg/cm), z : 掘削深さ (cm), α : すくい角 (度)

δ : 土と刃面との摩擦角 (度), γ : 土の単位体積重量 (kg/cm^3), g : 重力加速度 (cm/sec^2)

e_s : 土の掘削強度指数 (kg/cm^3), v : 掘削速度 (cm/sec), k : 土の透水係数 (cm/sec)

π 定理を用いて 掘削抵抗を無次元因子の関数として表現すると 次のようになる。

$$H/B\gamma z^2 = f(\alpha, \delta, e_s/\gamma, v/k, v^2/gz)$$

この関数形を実験によって求めた結果

$$H/B\gamma z^2 = p e_s + q v/k$$

たとえば、 v が 10 cm/sec 以下では 掘削抵抗は速度に比例し、透水係数に逆比例するといえる。以上が、前報¹⁾において 報告したものの概要であるが、 v の変化範囲小さく、 k もまた $10^{-3} \sim 10^{-1} (\text{cm/sec})$ ぐらいの範囲において成るものであり、実際問題としては さらに大きい範囲について検討を加えねばならない。本文ではこの検討に加えて、横すくい角 β が存在する場合についても研究を行っている。

3. 実験条件として 掘削速度を最高 500 cm/sec まで上げることとし、このためには室内実験装置では 間にあわないので、直接地面に 幅 3 m 、深さ 1 m 、長さ 30 m のピットを設け、その中に試験土砂を入れて水没させ、刃はジークをけん引することとした。このほか、精密な実験を行うために 実験室内で、大型水槽に土砂を入れたいものも あわせて用いた。

刃幅としては $B = 100, 150, 200, 300 \text{ mm}$ の 4 種類、掘削深さ $z = 100, 150, 200, 300 \text{ mm}$ の 4 種類、すくい角は $\alpha = 0^\circ, 15^\circ, 30^\circ, 45^\circ$ 横すくい角は $\beta = 0^\circ, 30^\circ, 45^\circ, 60^\circ$ の各 4 種を用いた。

土砂は 平均粒径 10 mm の碎石 ($k = 10 \text{ cm/sec}$)、平均粒径 2 mm ($k = 2 \times 10^2 \text{ cm/sec}$) の川砂および 平均粒径 1 mm の真砂土 ($k = 4 \times 10^5 \text{ cm/sec}$) の 3 種類を用い、掘削速度は $1 \sim 500 \text{ cm/sec}$ までの範囲で行った。

4. 得られた結果の一例を 図-1 ~ 図-4 に示す。

(1) 縦すくい角 α については、その抵抗は α の増大とともに指数関数的に減少するが、横すくい角 β については、抵抗はあまり変化しない。これは、掘削断面面積（刃面の進行方向に対する投影面積が一定のため） β が大きくなると刃面の面積が増大し、その面での付着抵抗および摩擦抵抗が増すためと考えられる。したがって単一刃においては、横すくい角は刃幅の大きい場合を除く、あまり効果があるまいなことがわかった。

しかしながら、単一刃ではなく、多刃刃として用いるときは、その効果は明らかにあると考えられる。

(2) 刃幅および深さの影響については、深さが小さいときは、抵抗はほぼ刃幅に比例するが、深さが大きくなれば、3次元的な破壊面を形成するため、刃幅には比例せず、深さの 2 ~ 2.5 乗程度の関数となる。したがって、水中においても深さをなるべく軽減するように多段式にすることが有効と考えられる。

(3) 掘削速度の影響は 図-3 に示す通り、速度が大きくなると、抵抗は直線的には増加せず、指数関数的となることが明らかになった。さらに半対数紙にプロットすると、図-4 のように、ほぼ直線であらわされることが明らかである。

以上これまでに示された結果の一例を示したが、さらに研究を進め、普遍的な関係を見出す予定である。

図-3 掘削速度の影響

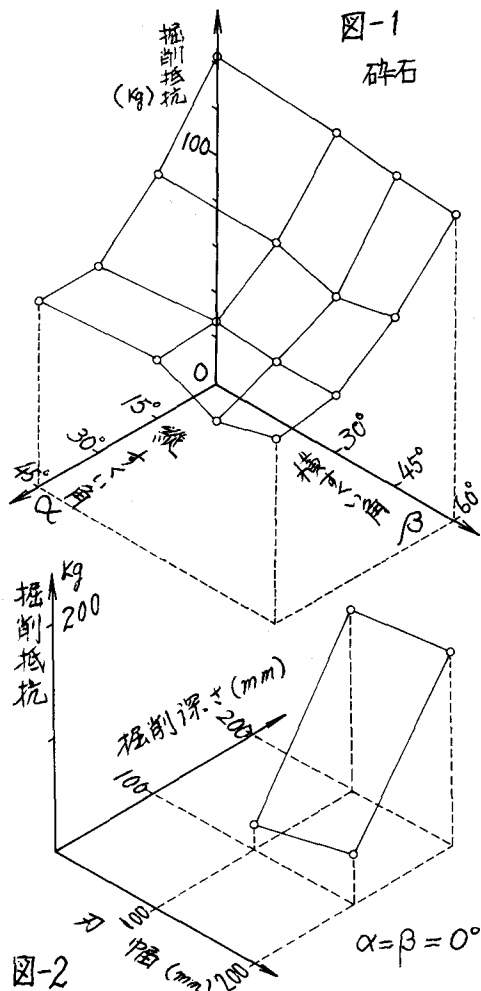
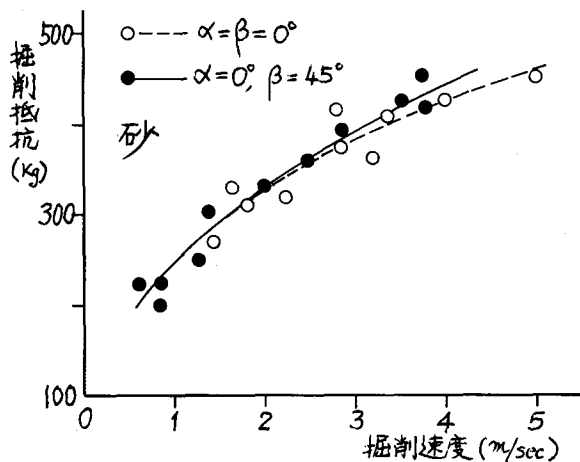
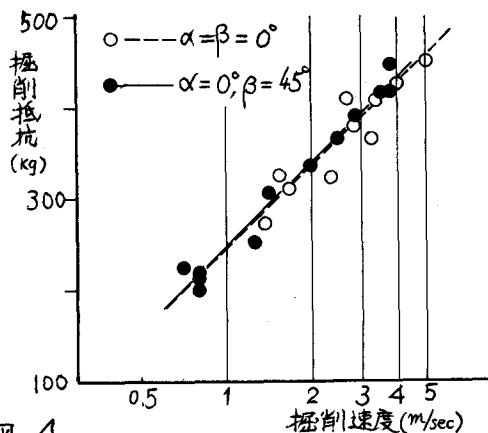


図-4



1) 畠・伊勢村：水中掘削の機構について，土木学会関西支部昭和44年度学術講演会発表