

京都大学工学部 正員 島 昭治郎

京都大学大学院 学生員 ○伊勢利伸郎

1. まえがき

各種のしゅんせつ工事およびしゅんせつ土による埋立工事に使われるしゅんせつ船のうち、主力をなすのは非航式のカッター付きポンプ船である。船舶の大型化ならびに臨海土地造成の大規模化に伴い、ポンプ船は最近とみに大型化の傾向がみられる。また一方、施工条件の悪化により、ポンプ船を硬土盤しゅんせつ、さらに一部では岩盤しゅんせつにまで供する必要があるが生じている。そのためにカッター、カッターモーター、ラター、ポンプ等に各種の工夫がこらされている。特に、カッターによる掘削・粉碎能力とポンプによる輸送能力の改善がとまらぬことはいうまでもない。本報はカッターの掘削機構を理論的、実験的に明らかにし、各種土質条件に適応できるカッターの形状、動力ならびに運転制御の方法を見出さんとするものである。

2. カッターの掘削機構について

一般にカッターは回転方向が一定（船体側からみて右回転のものが多い）で、左右両スラングの往復運動により掘削が行われる。したがって、右スラングの場合、刃は地盤を切り下げるように、左スラングの場合、地盤を切り上げるように掘削する。このように、左右のスラング方向で、掘削の機構が全く異なるため、左右とも同一の回転数、スラング速度で運転した場合、掘削に要するトルク、吸入効率等に大きな差が認められる。したがって同一のポンプ船を各種の土質条件に適用する場合、回転数、スラング速度の制御可能な方式がとまれる。

掘削中に刃先の動く軌跡は、軸心を通ってスラング方向を x 軸 K 、それと直角方向に y 軸とすれば

$$\begin{cases} x = S \cdot t + \frac{D}{2} \sin 2\pi n t \\ y = \frac{D}{2} \cos 2\pi n t \end{cases}$$

S : スラング速度 (cm/sec), D : カッター外径 (cm)
 n : カッター回転数 (rev./sec), t : 掘削経過時間 (sec)

で表わされる。ここで、 $K = \frac{S}{\pi D}$ とおいた値が同じであれば軌跡は相似となるので K は軌跡を決定する

パラメータである。次に、1枚の刃が切取る

土の水平方向の厚さは S 、 n と刃数 Z により

$l = \frac{S}{n \cdot Z}$ と表わされる。刃の掘削速度は

$$v = \sqrt{u^2 + S^2 + 2uS \cos 2\pi n t}, \quad u = \pi n D: \text{周速}$$

であるが、周速 u に比べて S が小さいので

近似的には $v \approx \pi n D$ で表わされる。

3. 実験装置、試料および実験方法

実験装置は図-1. にその概略を示すようなもので、幅23cm、長さ400cm、深さ50cmの水槽上を走行する台車に、直径3.5cmの吸入用軟管を設置し、吸入管を軸として回転するカッターヘッドをチェーン伝動によって変速モーターで駆

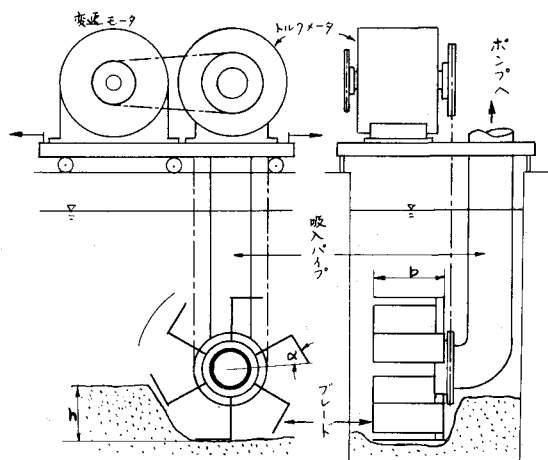


図-1. 実験装置

動させるものである。カッタの諸元は、最大外径18cm、刃長8cm、刃幅5cm、振削角 α は45°, 60°, 70°に可変、また、刃を取替えることにより刃にひねり角を与えることも可能である。カッタにより振削された土砂は、1Pポンプにより吸入管を通して排送される。モータに連動するトルフメータにより振削トルフを、台車に設けたけん引力計により台車のけん引力（泥船のスラングワイヤにかかる張力に相当）を測定する。吸入した土砂量は排送管末端の砂没装置によって測定する。

実験に用いる試料は豊洲標準砂で、水中で振動により締固める。

振削角 α 、スラング速度 S 、回転数 n を数段階に変更して、

その前後けん引力、トルフ、吸入土量を測定する。現有のポンプ

船のうち約400隻のカッタ諸元について整理した結果、

回転数：9.5~18.0 rpm, スラング速度：3.4~13.0 m/min.

$K = \frac{S}{nD}$ ：0.16~0.51, 振削角：30°~70°

であった。¹⁾ そこで、本実験においてはこれらの値に準じ、

$\alpha = 45^\circ, 60^\circ, 70^\circ$, $n = 10 \sim 90$ rpm, $K = 0.1 \sim 0.6$

の範囲の値を採用する。

4. 実験結果および考察

前述のような、回転数スラング速度制御方式を採用する場合の一つの指針として、以下実験値を K について整理した。（なお、この実験装置によるデータは数少ないため当日発表するが、以下に述べる結果は43年度関西支部年次学術講演会において一部既報である²⁾4枚刃、振削角60度の装置によるものである。）

カッタが振削する土量の基準として、

$V_0 = b \cdot h \cdot S$ (cm³/sec), b : 刃長(cm), h : 振削深さ(cm), S : スラング速度(cm/sec)

を考える。ポンプにはこの値の約3倍を輸送しようとする揚水量を与えるが、実際に吸入した土量 V （単位時間当り）と V_0 の比をとると以下の値になる。図-2に示すように、左スラングの場合、

$K = 0.4$ 付近で最大値となり、右スラングの場合、 K の増大と共に

V/V_0 は減少している。この V/V_0 は振削された土砂が吸入孔付近の水流にのりやすさの程度を示すもので、ことに右スラングの場合、

K の値が適当でないと吸入初率は悪く、回転数をあげて振削土砂に攪乱を与える必要がみられる。次に、振削に要するトルフは振削厚さと振削速度の関数として、 $T = f(h, v)$ で表わされるが振削土量に対するトルフ T/V をとると、図-3に示すようになる。

T/V の値が小なる程振削の初率が良いことを表わす。やはり右スラングの場合、回転数が小であると初率が非常に劣る。

参考文献

- 1) 伊藤 長谷川源太郎, 内田正雄; ポンプ吸泥船の比較規準並びに現有船の比較, 港湾技術情報 No. 7
- 2) 富, 行藤, 田岡, 三浦; 回転振削装置について(第3報), 昭和43年度 関西支部年次学術講演会 講演概要

回転数 rpm スラング方向
 ● 0.5 左
 ○ 0.5 右
 -○- 0.25 左
 -○- 0.25 右

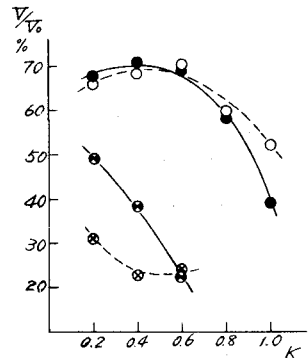


図-2. 吸入率と軌跡の関係

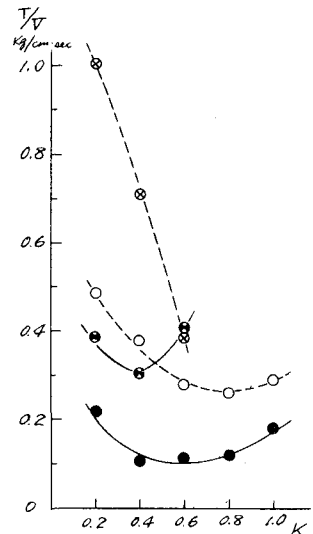


図-3. 振削初率と軌跡の関係