

港 灣 技 研 資 料

TECHNICAL NOTE OF
THE PORT AND HARBOUR RESEARCH INSTITUTE
MINISTRY OF TRANSPORT, JAPAN

No. 79 June. 1969

バケットの掘削抵抗力についての研究

菊 谷 徹 ・ 早 乙 女 保 二

運輸省港湾技術研究所



バケットの掘削抵抗力についての研究

目 次

要 旨

| | |
|------------------------|----|
| 1. ま え が き | 4 |
| 2. バケット浚渫船について | 4 |
| 3. 実験装置の概要 | 4 |
| 4. 測 定 法 | 5 |
| 5. 実験試料と締め固め | 7 |
| 6. 実 験 ケ ー ス | 7 |
| 7. 実 験 結 果 | 10 |
| 7.1 記 録 波 形 | 10 |
| 7.2 最大掘削抵抗力におけるバケット角度 | 10 |
| 7.3 土質と最大掘削抵抗力, 掘削容積効率 | 14 |
| 8. あ と が き | 23 |

On the experimental studies of the buckets
excavative resistance force

Tooru KIKUYA*

Yasuji SAOTOMA**

Synopsis

The purpose of this paper consisting to make clarify about the relations between the soil and the buckets excavative resistance force. This first report was made under the experimemtal conditions as follows.

Bucket capacity: 0,0625 m³ Soil: 4 kinds (sand with N value of 0 and 4, graval and sand-gravel mixture) Running velocity: 0,6~5,88m/min Excavative depth: 10~40cm
Buckets revolution: 1~2rpm,

This paper made a through investigation relating buckets excavative resistance force which have connection such factors as excavating center-sectional-area, circumference of the edge, excavating -length, running velocity and etc.

Within our tests, the followings were concluded,

- 1) The buckets excavative resistance force has a great influence on the excavating length.
- 2) The maximum excavative resistance force was recognized in case of mixed of sand and gravel.

* Member of Dredger and Construction Equipment Laboratory

** ex Senior Research Engineer, Machinery Division

バケットの掘削抵抗力についての研究

菊 谷 徹*

早乙女 保 二**

要 旨

最近の港湾は経済成長に伴って広域化し、従来、特に土質が硬く利用でき得なかった地域にも積極的に建設が押し進められている。また船舶の大型化に対して航路の拡巾、増深の浚渫工事が日夜行なわれている状況である。このような背景のもとに硬土盤地域での浚渫工事が増加するにつれて、土質と掘削抵抗力の関係の解明が、今後の新船の設計、在来船の改善等に必要になってきている。土質と掘削抵抗力の関係を求めるには、実船において行なわれているが、種々の面で困難なようである。

本報告は、土質と掘削抵抗力のうちで、バケットとについての関係を求めるために実験したものである。

模型実験は現地と同様な土質、バケット形状、掘削方法で行なえば非常に有効であるのだが、実験では次のような条件で行なったバケット容量 (0.0625m³)、土質は4種類 (砂N値0、砂N値4、砂利、砂と砂利の混合、走行速度 0.6~5.88m/min、掘削深さ 10~40cm、バケット回転数 1, 2 rpm の条件にて実験し掘削抵抗力を求めたものである。

実験結果として掘削抵抗力は上記4種類の土質のうちで砂と砂利の混合が最大である、掘削抵抗力は掘削長さに影響されること等が求められた。

*機材部 作業船研究室

**前機材部 主任研究官

1. ま え が き

本実験は、寸法縮尺1/2、容量0.0625m³（鎮西丸型式）のバケット3個を使用し、土質と掘削抵抗力との関係について求めるために実験したものである。

実験は、土質4種類、台車走行速度、バケット回転数掘削深さを変えて行なった。

そこで掘削抵抗力に関係すると思われる掘削側面積、掘削長さ、掘削容積効率等の関連を求めた。

今回の報告では上記の関係について求めたものであり、理論的な考察は行なっていない。

2. バケット浚渫船について

バケット浚渫船について若干の紹介を述べてみよう。本船は明治の初期より横浜港、関門海峡等において浚渫工事に従事している。当時の原動機はスチームであり、船型は高位型であるため復原性の関係より比較的大型とならざるを得なかった。

しかし最近ではシュートがベルトコンベアに換わった

ために、上部タンブラの位置を低くする（低位型）ことが可能になり船型が小型になってきている。また、スイングの際に船体傾斜を防止するために、スイングワイヤーの船首両舷用は、ラダー先端の滑車を介して水中で水平にひかれ、船尾両舷用は、上下動可能のクリスマスツリーの滑車によって張られているので引船、土運船等の接舷、移動が円滑にゆくようになっている。

駆動方式は、ディーゼルエンジンとトルクコンバータを組み合わせたもの、ディーゼルエレクトリック等となり、甲板機械も油圧、電動機が使用されている。

浚渫機構の主エレメントは、バケット（バケットライン）、ラダーフレーム、ラダーウインチ、スイングウインチ等である。バケットラインはラダーフレームの周囲に設けられ、ラダー上方のタンブラによって駆動され、連続的に回転しながら浚渫作業を行なう。バケットラインには、40～70前後のバケット（容量0.24～0.8m³）がつけられている。

以上がバケット浚渫船の概要であるが表-1に自航バケット浚渫船の浚渫馬力、バケット容量等を示す。

表-1 自航バケット浚渫船の主要目

| 船名 | 総 吨 数 (排水吨) | 浚渫馬力 kW | 実浚渫能力 m ³ /H | バ ケ ッ ト | | |
|--------|----------------|------------|----------------------------|---------|--------------------|-------|
| | | | | 数 | 容 量 m ³ | 毎分通過数 |
| 太 平 丸 | 384 | — | 250 | 58 | 0.24 | 36 |
| 東 北 丸 | 429 | — | 130 | 38 | 0.5 | 16 |
| 衣 笠 丸 | 440 | 400 | 220 | 66 | 0.32 | 36 |
| 野 毛 丸 | 837 | — | 289 | 72 | 0.5 | 37 |
| 西 海 丸 | 1,007 | 700 | 250 | 43 | 0.7 | 14 |
| 第2 鎮西丸 | 825 | 400 | 250～600 | 69 | 0.5 | 30 |
| 鎮 西 丸 | 826 | 400 | 110～270 | 68 | 0.5 | 30 |
| 九 州 丸 | 1,002 | 500 | 400 | 40 | 0.8 | 18 |

3. 実験装置の概要

詳細については文献¹⁾に示す。本装置はバケット実験車、操縦車、走行レール、砂槽より構成されている。実験車には、容量0.0625m³のバケット3個がラダー先端のタンブラに取り付けられ、回転、前進し掘削を行なう。バケット回転数は1～10rpm、バケット駆動電動機は30kW 自重は約11.4tである。操縦車は実験車をけん引する専用車であり、走行速度は0.6～60m/min、駆

動方式はラックピニオン式である。走行電動機は11kW 自重は約4.3tである。砂槽は長さ50m、巾、深さともに4mである。なお写真-1に実験装置の全体を示す。

本装置が実際のバケット浚渫船と異なる点は、バケットによって掘削された土砂は運び上げられることなく、タンブラの回転に伴って後方に捨てられる。浚渫作業はスイングしながら行なうので、バケット側面掘削であるが、本装置では正面掘削である。

使用バケットは、容量0.0625m³ 重量約300kgの铸鋼

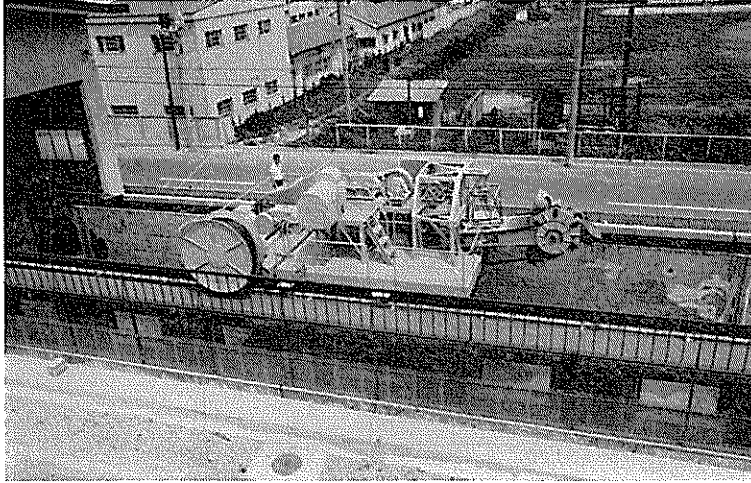


写真-1 実装置全体

製バケットである。バケット正面形状は楕円状をなし、バケット周囲の口金部板厚は26mmである。

図-1にバケット深さと周長の関係、図-2にバケット深さと正面積との関係を示す。

4. 測定法

図-3に示すようにラダー支点近くの5tロードセル、ラダー俯仰ワイヤーシープ上部の10tロードセルおよびバケット回転駆動電動機軸端のトルク計の3個所で測定される。図-3にて記号を次のように決める。

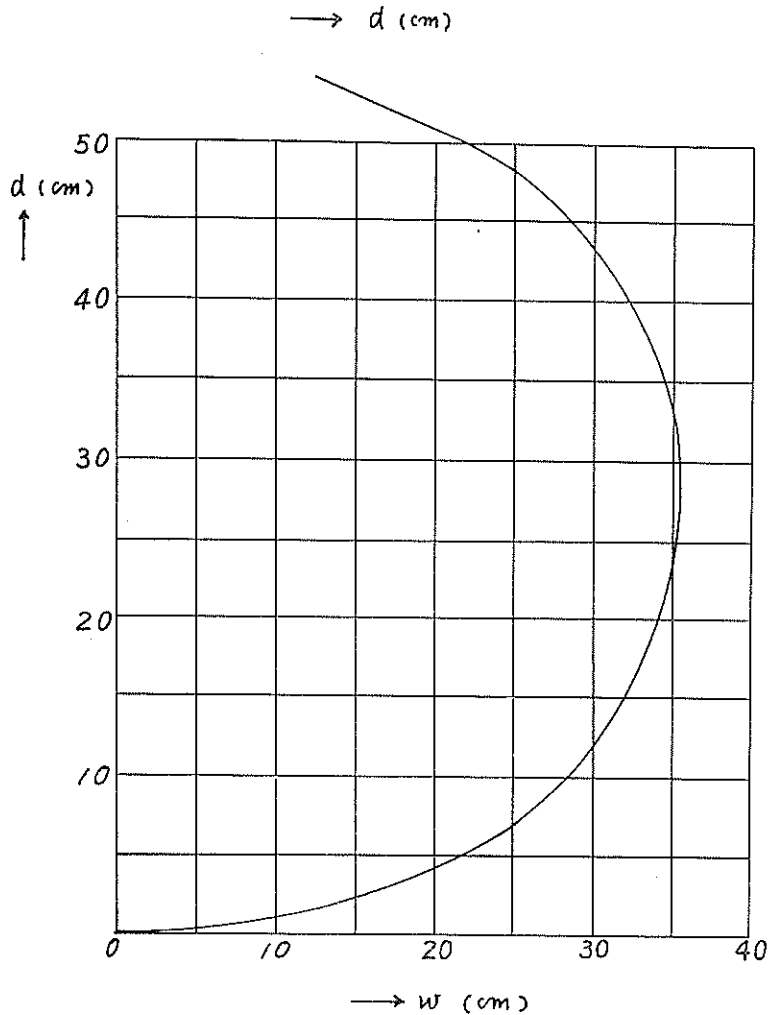
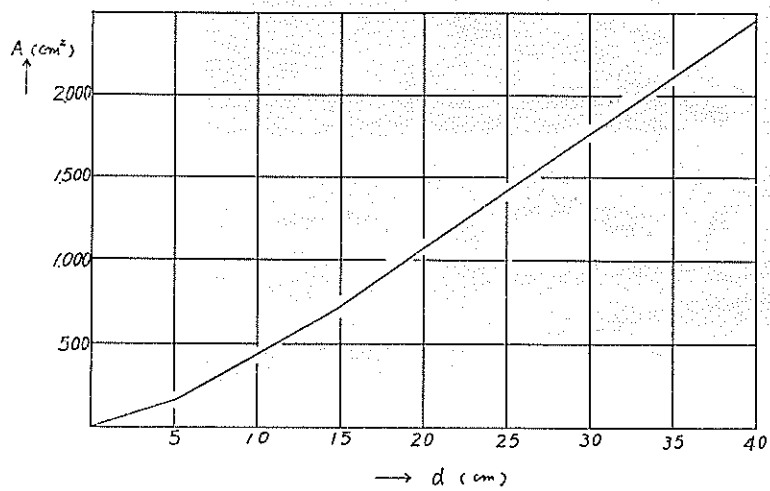


図-1 バケット深さと周長の関係



$v: 4.08 \text{ m/min} \quad d: 1.0 \text{ cm}$

図-2 バケット深さと正面積

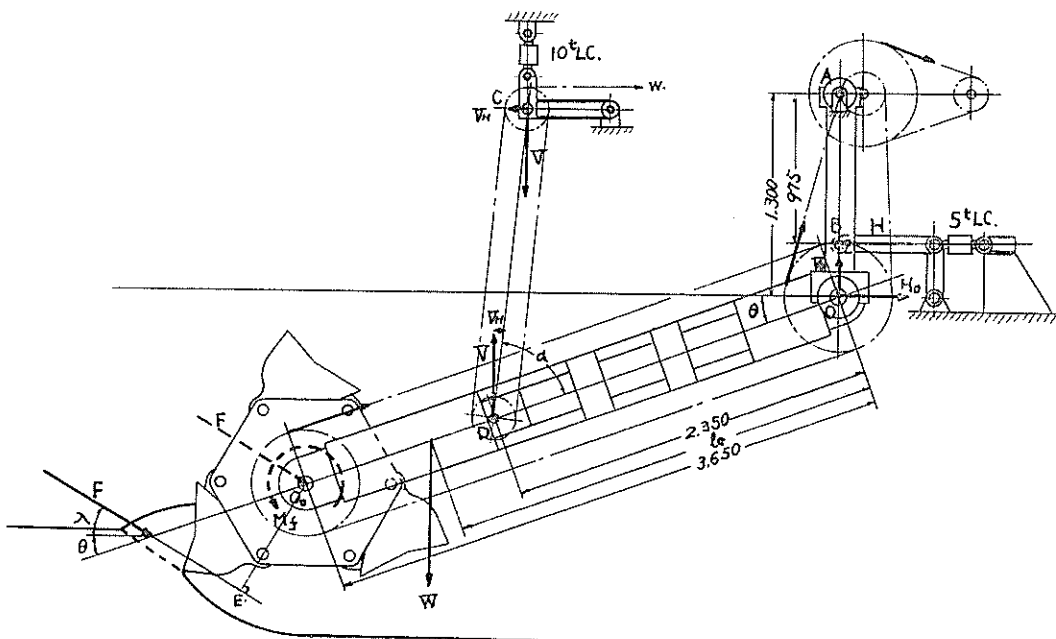
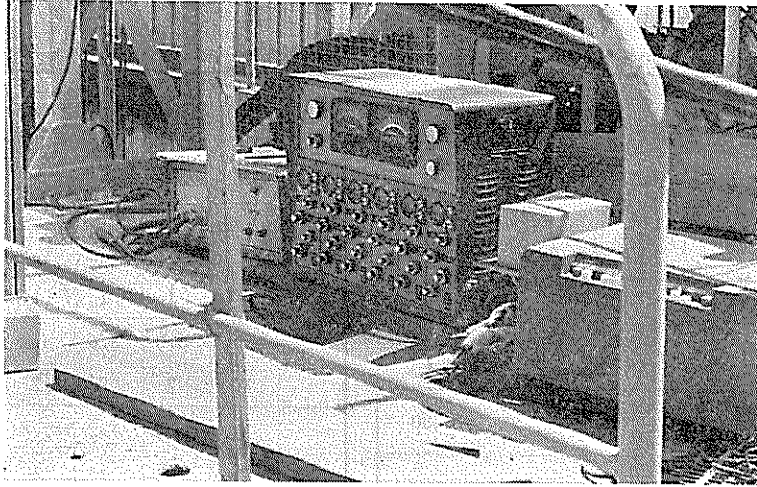


図-3 掘削抵抗測定法



写真—2 測定機器 (ストレンメータ・オシログラフ)

F : 掘削抵抗力 (kg)

λ : 掘削抵抗力の方向角 (度)

V : ラダー俯仰ワイヤーの垂直分力 (kg)

V_H : 同上の水平分力 (kg)

α : ラダー俯仰ワイヤーとラダーのなす角 (度)

H : 水平ロードセルの測定値 (kg)

M_f : 掘削抵抗トルク (kg-m)

W : ラダー, バケット, チェン等の重量 (kg)

l_G : 同上のラダー支点よりの重心距離 (m)

θ : ラダー傾斜角 (度)

自重を無視して, A点に関するモーメントの釣合いから

$$F \{ 3.65 \sin (\lambda + \theta) + 1.30 \cos \lambda \} + V_H (1.30 + 2.35 \sin \theta) + M_f - 2.35 V \cos \theta - 0.975 H = 0 \quad 1)$$

0点に関するモーメントの釣合いから

$$3.65 F \cos \lambda + 1.30 V_H + M_f - 0.975 H = 0 \quad 2)$$

1), 2)式より

$$1.30 F \cos \lambda + 1.30 V_H + M_f - 0.975 H = 0 \quad 3)$$

ここで掘削抵抗水平分力を

$$F \cos \lambda = F_H \quad V_H = V \cot (\alpha + \theta)$$

であるから, 掘削抵抗水平分力 F_H は,

$$F_H = \frac{3}{4} H - V \cot (\alpha + \theta) - \frac{M_f}{1.30} \quad 4)$$

α と θ との関係は実用範囲にて

$$\alpha^\circ = 73^\circ 42' - 0.49\theta^\circ \quad 5)$$

従って H, V, M_f , θ の測定値より F_H の計算ができる。掘削抵抗垂直分力 F_V は 2) 式より,

$$F_V = 0.644 \{ 1 - \cot (\alpha + \theta) \tan \theta \} V - F_H \tan \theta \quad 6)$$

以上の式より求められる。

5. 実験詰料と締め固め

実験試料は現地状態と同様の土質のものが望ましいのであるが, 再現性の難により行なえないので, 砂N値0 砂N値4, 砂利, 砂と砂利の混合の4種類で行なった。砂N値4の状態は, 標準貫入試験器でチェックし, 所定の値になるようタイヤローラで締め固めた。砂N値0の状態は, 砂表面まで水を入れ, あらかじめ掘削した後の軟らかい状態である。砂利はズリ含みで最大径4cm, 締め固めは行っていない。

混合は, 砂利, 砂の重量比が2.5:1であり, タイヤローラで十分締め固めた状態である。砂は江の島西浜海岸のもので, 自然状態にて比重2.65, 間隙率0.77。

なお, 締め固めに使用したタイヤローラの自重は約5tである。

6. 実験ケース

実験ケースは, 1つの土質について台車走行速度, 掘削深さ, バケット回転数を組み合わせて行なえば, 数多く考えられるのであるが, 土質から受ける掘削抵抗力が不明のために次の条件にて行なった。

実験試料 砂利, 混合, 砂N値0, 砂N値4

台車走行速度 0.6~5.88m/min (v)

掘削深さ 10~40cm (d)

バケット回転数 1, 2rpm (n)

表—2には各土質についての実験ケースを示す。

以上の実験ケースから掘削長 (l_0), 掘削中央断面積 (A_s), 理論掘削容積 (V), を求めることができる。

図—3'に掘削軌跡を示す。

表-2 各土質の実験ケース

砂 利

| | | | | |
|---|------|------|-----|------|
| d | 15 | 20 | 25 | 30 |
| v | 2.94 | 2.28 | 1.8 | 1.44 |
| n | 1 | 1 | 1 | 1 |

| | | | | | | |
|----|---|-----------|-----|-----|-----|-----|
| d | | (段 階 速 度) | | | | |
| 10 | v | 1.2 | 2.4 | 3.6 | 4.8 | |
| | n | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 20 | v | 0.6 | 1.2 | 1.8 | 2.4 | 3.0 |
| | n | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | v | 3.0 | 3.6 | 4.2 | | |
| | n | 2 | 2 | 2 | | |
| 30 | v | 0.6 | 1.2 | 1.8 | 2.1 | |
| | n | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| | v | 1.8 | 2.4 | 3.0 | 3.6 | |
| | n | 2 | 2 | 2 | 2 | |

混 合

| | | | | | |
|---|------|------|------|-----|------|
| d | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 |
| v | 4.08 | 2.94 | 2.28 | 1.8 | 1.44 |
| n | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

砂 N : 4 (基準速度)

| | | | | | | | |
|---|------|------|------|-----|------|-----|------|
| d | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 |
| v | 4.08 | 2.94 | 2.28 | 1.8 | 1.44 | 1.2 | 1.02 |
| n | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| v | | 5.88 | 4.56 | 3.6 | 2.88 | 2.4 | |
| n | | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | |

砂N : 0

| | | | | | | | |
|---|------|------|------|-----|------|-----|------|
| d | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 |
| v | 4.08 | 2.94 | 2.28 | 1.8 | 1.44 | 1.2 | 1.02 |
| n | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

| | | | | | |
|----|---|-----|-----|-----|-----|
| 10 | v | 1.2 | 2.4 | 3.6 | 4.8 |
| | n | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 20 | v | 0.6 | 1.2 | 1.8 | 2.4 |
| | n | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 30 | v | 0.6 | 1.2 | 1.8 | 2.1 |
| | n | 1 | 1 | 1 | 1 |

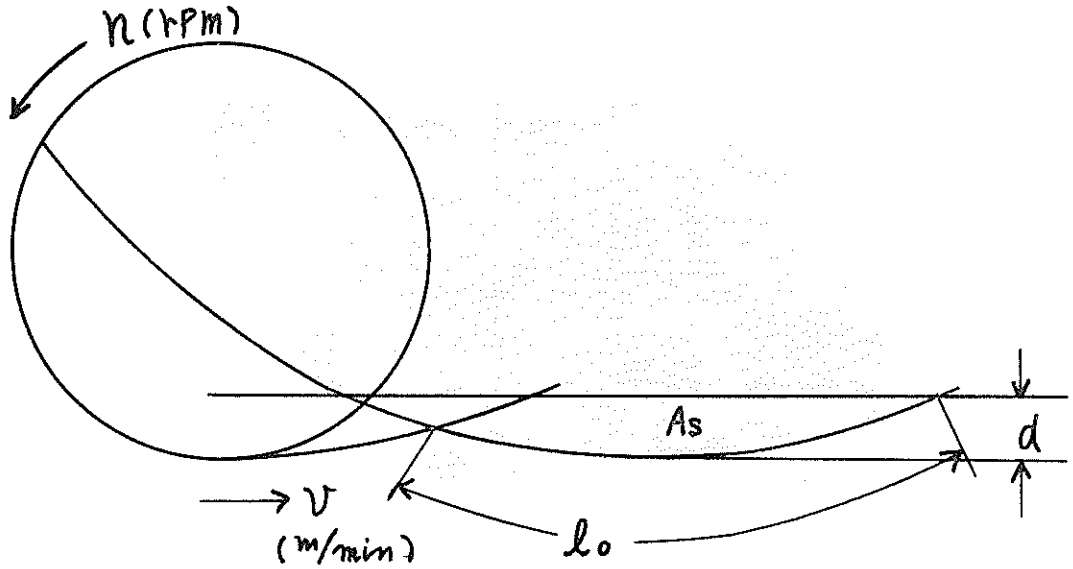


図-3' バケツ 掘削軌跡

図-3'にて、 n ：バケツ回転数 v ：台車走行速度
 $A_s/l_0 = \ell_{mean}$ 掘削平均深さを示す。

掘削軌跡は次式で示される。

$$x = r \sin \omega t + vt \quad y = r \cos \omega t$$

上式で ω ：バケツ角速度 rad/sec r ：タンブラ中心よりバケツ刃先までの距離

l_0, A_s は上式と d の関係より求めた。

v は掘削軌跡、図-2 のバケツ面積曲線とシンプソン第1則から求めた。

シンプソン第1則は、求めようとする物体の長さを偶数に等分して各分点における垂直切断面積を求め、下式

を適用した。

$$V = \frac{h}{3}(A_1 + 4A_2 + 2A_3 + 4A_4 + \dots + A_n)$$

h ：各切断面積間の間隔

図-2 より切断面積 A (cm²) とバケツ深さ d (cm) との関係は次式の通りである。

$$d < 15 \quad A = 70d - 320$$

$$5 < d < 15 \quad A = 56d - 110$$

$$d < 5 \quad A = 34d$$

表-3 に各実験ケースにおける l_0, A_s, ℓ_{mean}, V を示す。

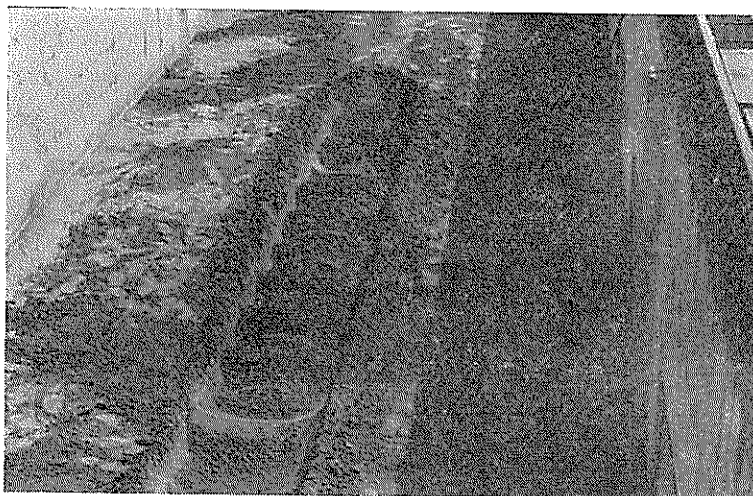
表-3 各実験ケースにおける l_0, A_s 等について

| d | v | l_0 | A_s | ℓ_{mean} | V |
|----|------|-------|-------|---------------|--------|
| 10 | 4.08 | 136 | 1,047 | 7.7 | 0.0351 |
| 15 | 2.94 | 124 | 1,150 | 9.3 | 0.0614 |
| 20 | 2.28 | 124 | 1,336 | 10.8 | 0.0661 |
| 25 | 1.8 | 120 | 1,440 | 12 | 0.071 |
| 30 | 1.44 | 120 | 1,452 | 12.1 | 0.0758 |
| 35 | 1.2 | 114 | 1,280 | 11.2 | 0.0712 |
| 40 | 1.02 | 116 | 1,330 | 11.5 | 0.0646 |

| d | v | l_0 | A_s | ℓ_{mean} | V |
|----|-----|-------|-------|---------------|--------|
| 20 | 0.6 | 60 | 208 | 3.5 | 0.0178 |
| | 1.2 | 90 | 704 | 7.8 | 0.0315 |
| | 1.8 | 110 | 1,130 | 10.3 | 0.0542 |
| | 2.4 | 124 | 1,540 | 12.0 | 0.0754 |

| d | v | l_0 | A_s | ℓ_{mean} | V |
|----|-----|-------|-------|---------------|--------|
| 10 | 1.2 | 68 | 344 | 5.1 | 0.0373 |
| | 2.4 | 100 | 738 | 7.4 | 0.038 |
| | 3.6 | 134 | 948 | 7.1 | 0.0394 |
| | 4.8 | 146 | 1,060 | 7.3 | 0.0394 |

| d | v | l_0 | A_s | ℓ_{mean} | V |
|----|-----|-------|-------|---------------|--------|
| 30 | 0.6 | 80 | 408 | 5.1 | 0.0276 |
| | 1.2 | 108 | 1,080 | 10 | 0.0502 |
| | 1.8 | 128 | 1,750 | 13.7 | 0.0924 |
| | 2.1 | 135 | 2,025 | 9.7 | 0.103 |



写真—3 実験終了後の掘削状況

7. 実験結果

測定法の項で述べたように測定項目は、垂直ロードセル、水平ロードセル、掘削抵抗トルクの3点である。

これらは各々ストレンメータを経由して電磁オシログラフで記録した。各記録の読みとりは、バケット10個分の最高点の平均値を求めた。写真3～9に実験写真を示す。

7.1 記録波形

図—4、図—5に砂N値0、砂利の記録波形を示す。単に記録波形のみから方向をみると、垂直ロードセルは引張方向に、水平ロードセルには圧縮方向の力が出ている。波形からわかるように、砂利の垂直ロードセルでは、バケットが砂利に食い込む時に圧縮方向（上向き）の力が作用し、次に土質に引き込まれて零点にもどるといふことである。混合では、砂利ほど顕著に出てないが若干は見受けられる。砂N値0では、ほとんど見られない。

7.2 最大掘削抵抗力におけるバケット角度

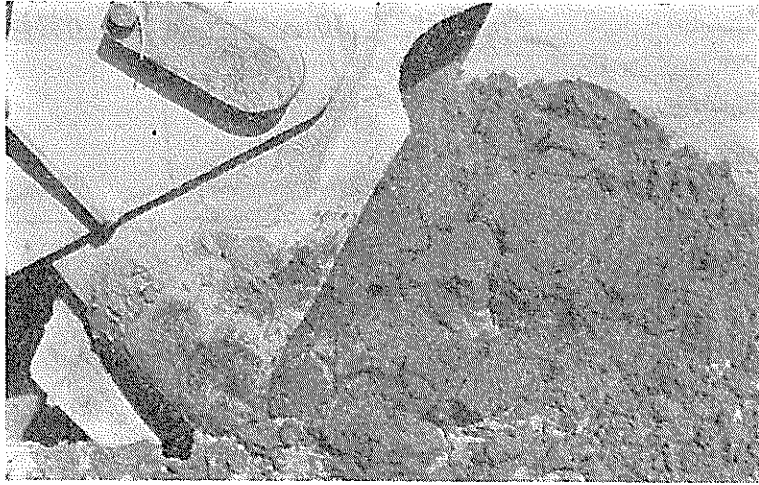
掘削抵抗力は波形の最高点を求めたのであるが、次にこの時のバケット角度を求めてみる。

この方法は、バケット掘削軌跡よりバケットの2個目が地盤に接触する角度を求め、(図—6の100cmRは、バケット先端とタンブラ中心間距離)この角度を記録波形の変化する始点として求めた。

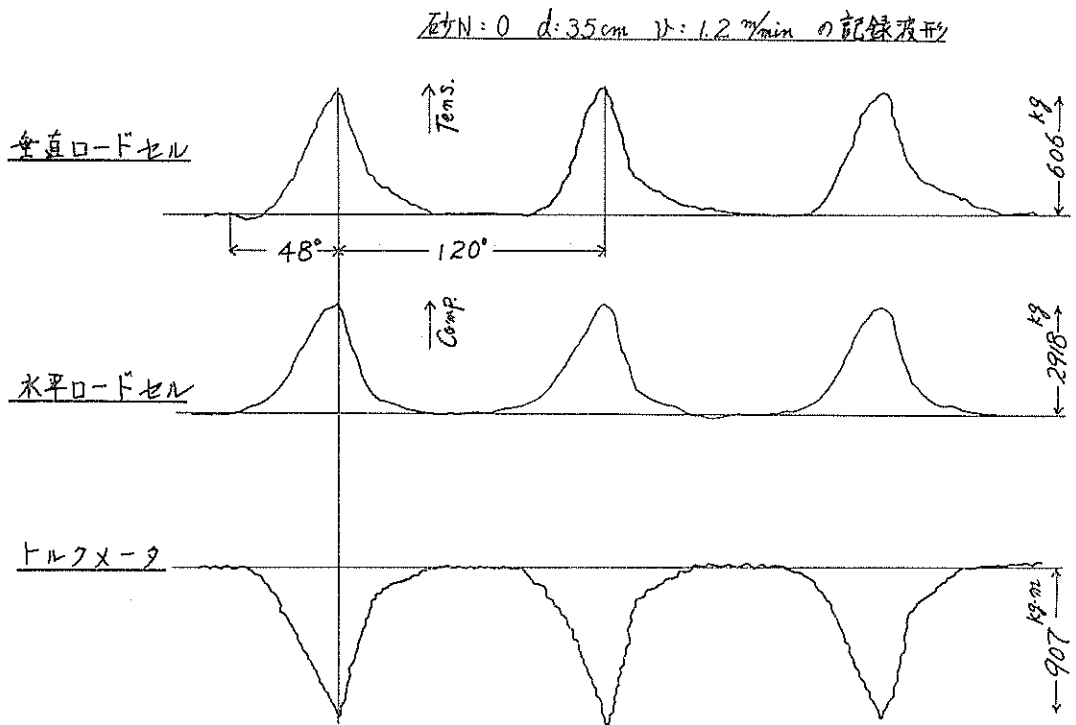
図—6に地盤接触角度の求め方を、図—7、図—8に最大掘削抵抗力におけるバケット角度を示す。



写真—4 実験終了後の状況



写真—5 掘削時の側面状態



図—4 記録波形, 砂N値0

砂利 $d: 30\text{ cm}$ $v: 1.44\text{ m/min}$ の記録波形

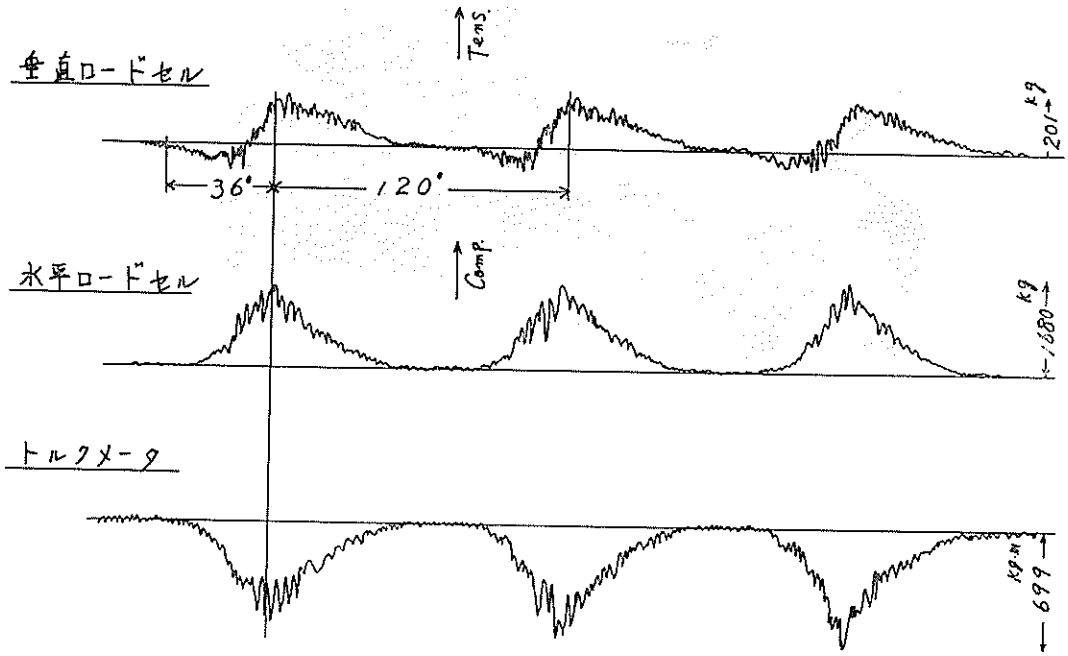


図-5 記録波形砂利

$v: 4.08\text{ m/min}$ $d: 10\text{ cm}$

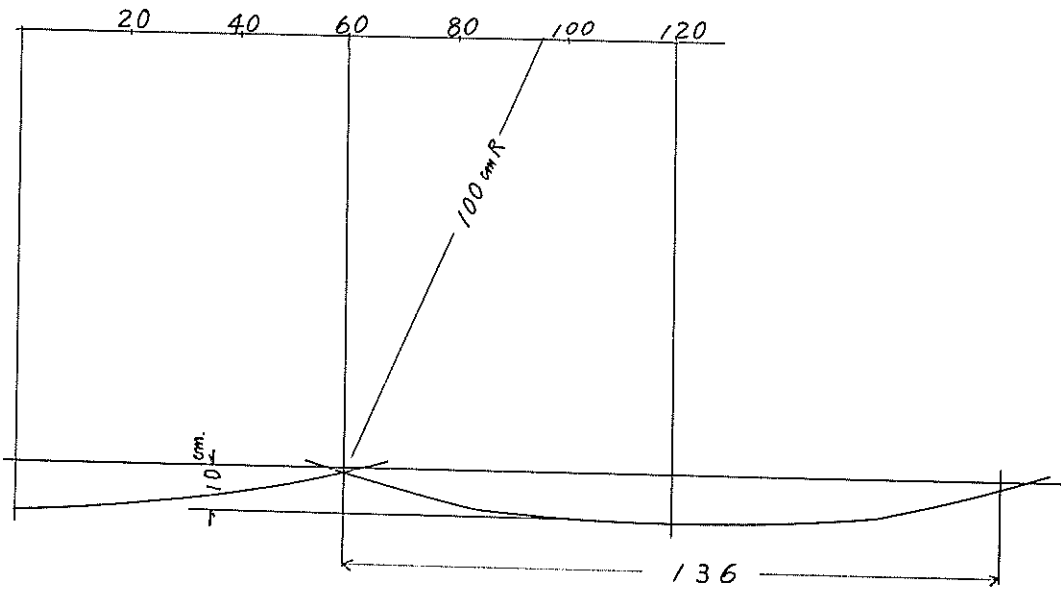


図-6 地盤接触角の求め方

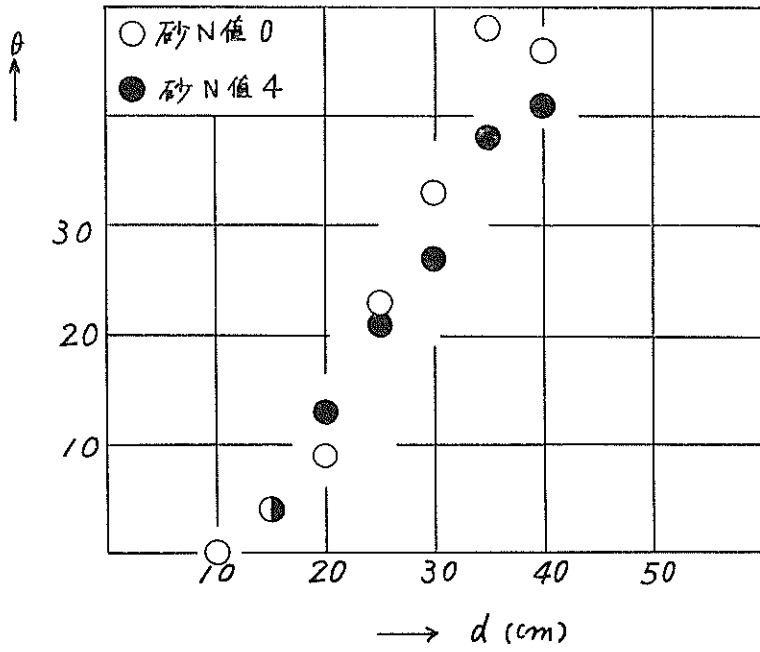


図-7 最大掘削抵抗力におけるバケット角度

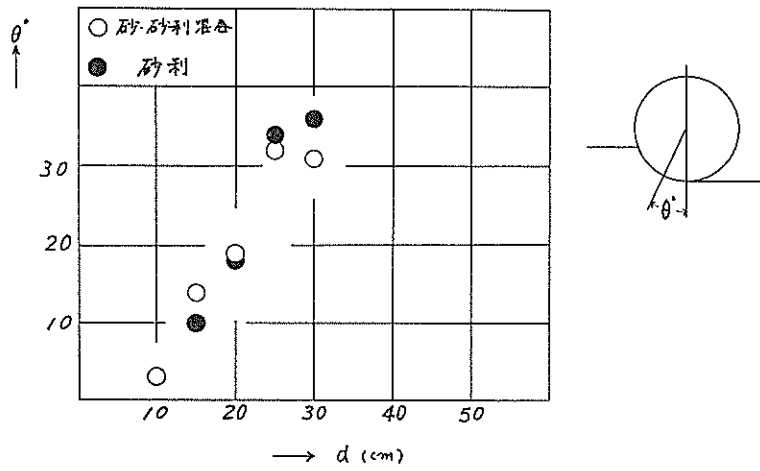


図-8 最大掘削抵抗力におけるバケット角度

7.3 土質と最大掘削抵抗力, 掘削容積効率

最大掘削抵抗力の計算は, 測定法の諸式によって求めた。各力の方向は, 掘削抵抗垂直分力 (F_V) は圧縮方向 (上質より上向き), 掘削抵抗水平分力 (F_H) は圧縮方向 (バケット進行方向より) である。

最大掘削抵抗力 (F_T) は次式より求めた。

$$F_T = \sqrt{F_V^2 + F_H^2}$$

図-9は砂N値0における $F_V \sim F_H$ の関係を示す。

表-4に基準速度における F_T を示す。表-4からわかるように混合の F_T は, 4種類のうちで最も大きく他の土質の2~3倍の値となっている。

図-10, 図-11は, 砂利, 砂N値0の段階速度における F_T の関係をプロットしたものである。

図-12, 図-13は, 砂利, 砂N値0の掘削長さとの関係を示す。図-14, 図-15は, 砂利, 砂N値0の掘削平均深さと F_T の関係を示す。

表-4 土質と最大掘削抵抗力

| n | v m/min | d cm | 土質の種類による F_T (kg) | | | | n | v m/min | 砂N: 4 |
|---|---------|------|---------------------|-------|-----|-------|---|---------|-------|
| | | | 砂N: 0 | 砂N: 4 | 砂利 | 混合 | | | |
| 1 | 4.08 | 10 | 672 | 400 | | 1,659 | | | |
| 1 | 2.94 | 15 | 667 | 652 | 553 | 2,130 | 2 | 5.88 | 1,139 |
| 1 | 2.28 | 20 | 775 | 613 | 658 | 1,842 | 2 | 4.56 | 923 |
| 1 | 1.80 | 25 | 763 | 547 | 723 | 1,951 | 2 | 3.6 | 1,016 |
| 1 | 1.44 | 30 | 722 | 446 | 705 | 1,702 | 2 | 2.88 | 1,029 |
| 1 | 1.2 | 35 | 1,416 | 745 | | | 2 | 2.4 | 703 |
| 1 | 1.02 | 40 | 542 | 431 | | | | | |

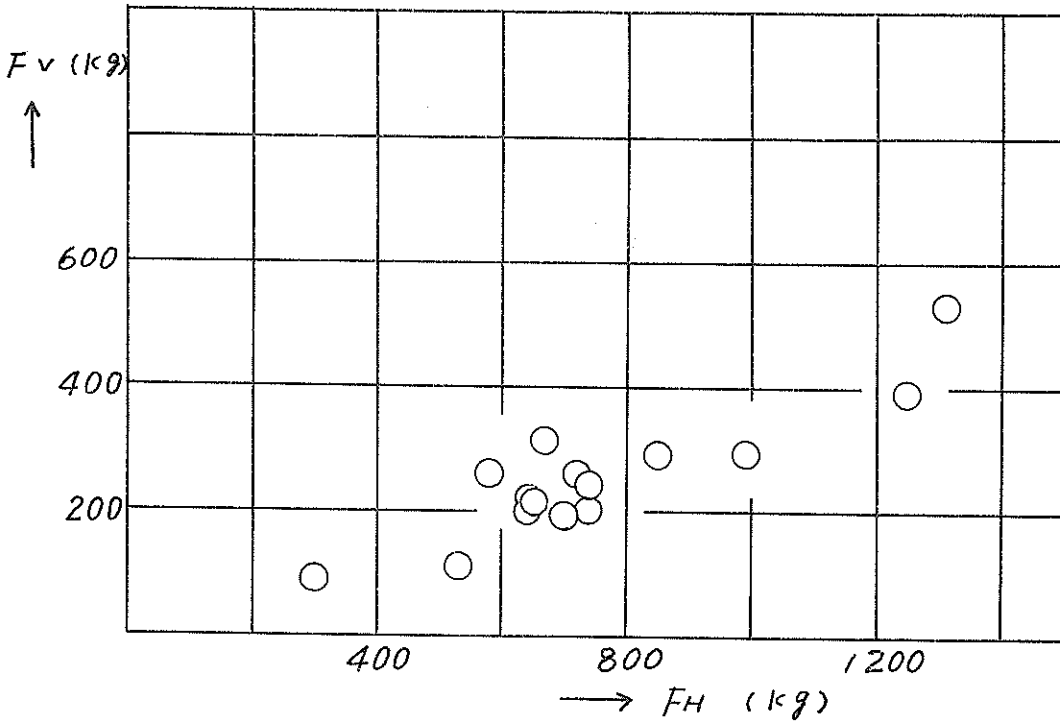
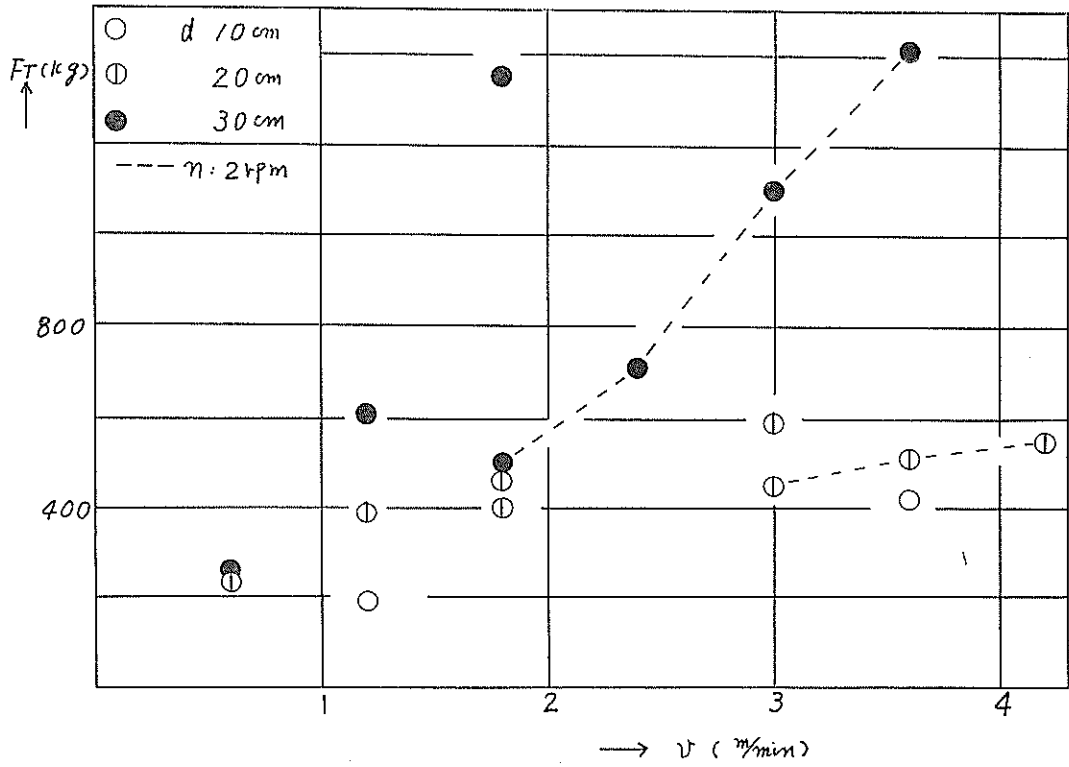
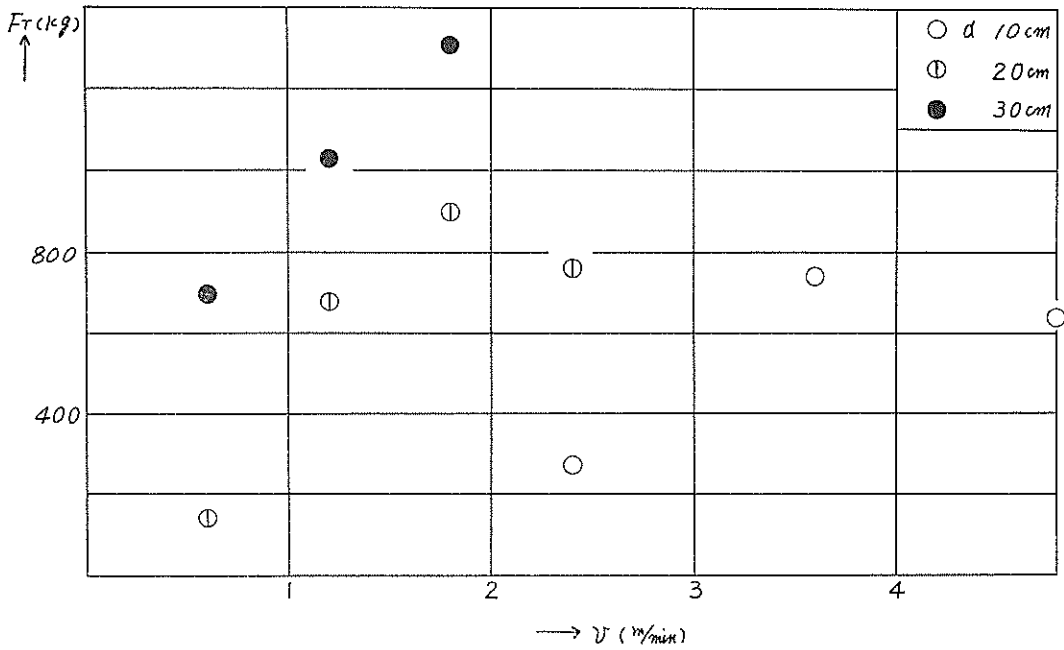


図-9 砂N値0 $F_V \sim F_H$



图—10 砂利 $F_T \sim v$



图—11 砂N值0 $F_T \sim v$

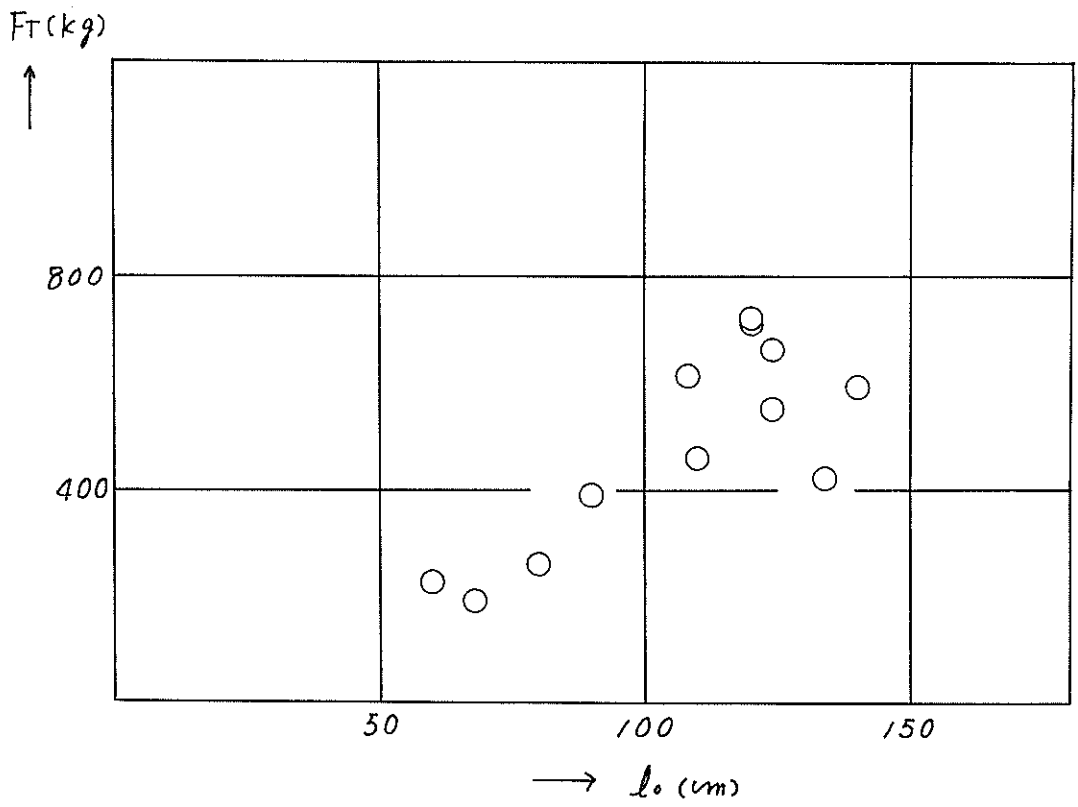


图-12 砂利 $F_T \sim l_0$

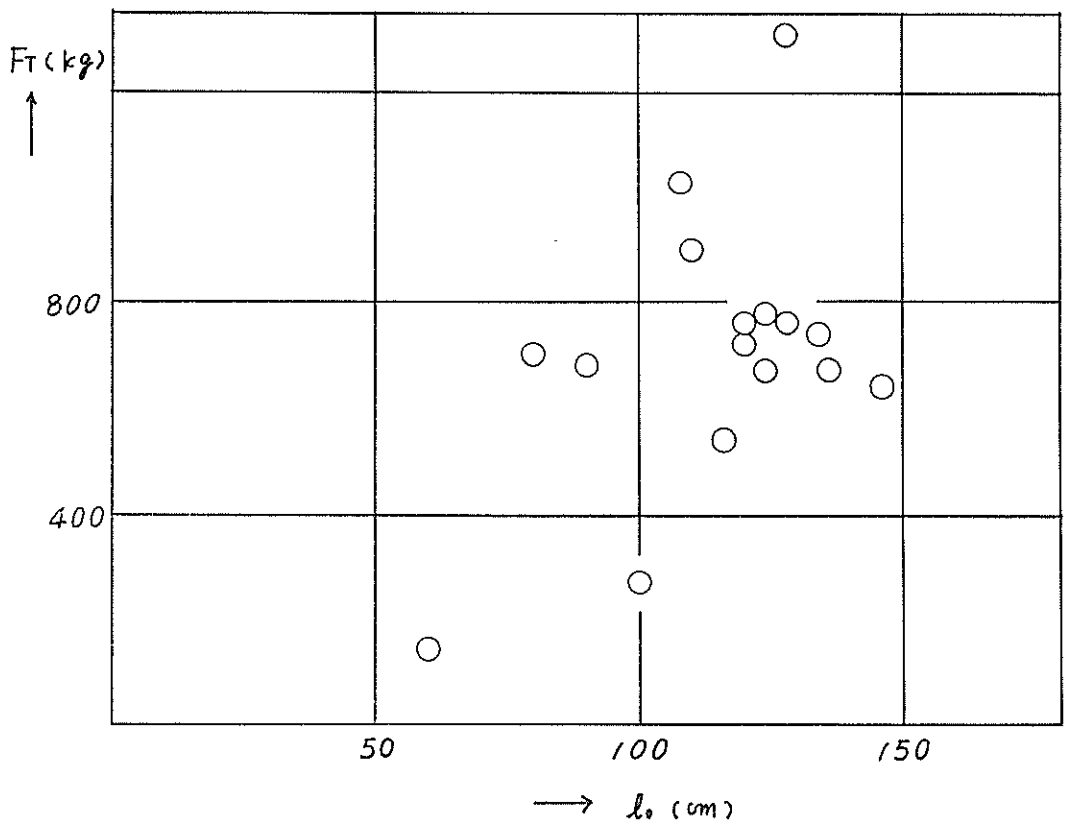


图-13 砂N值0 $F_T \sim l_0$

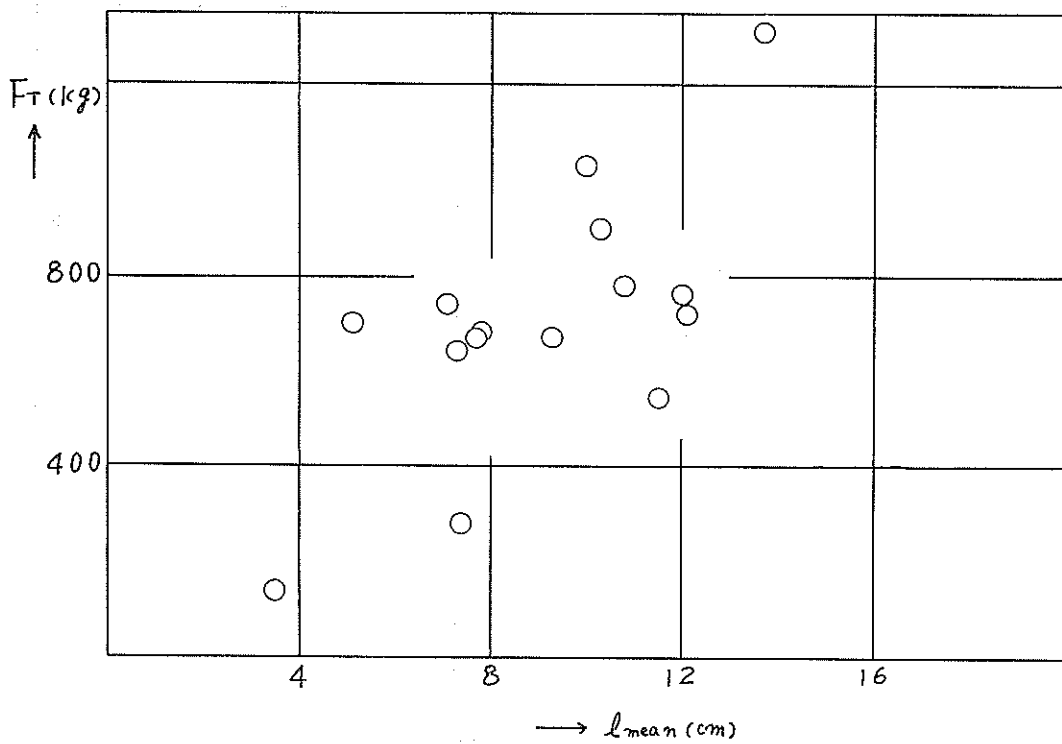


图-14 砂N值0 $F_s \sim l_{mean}$

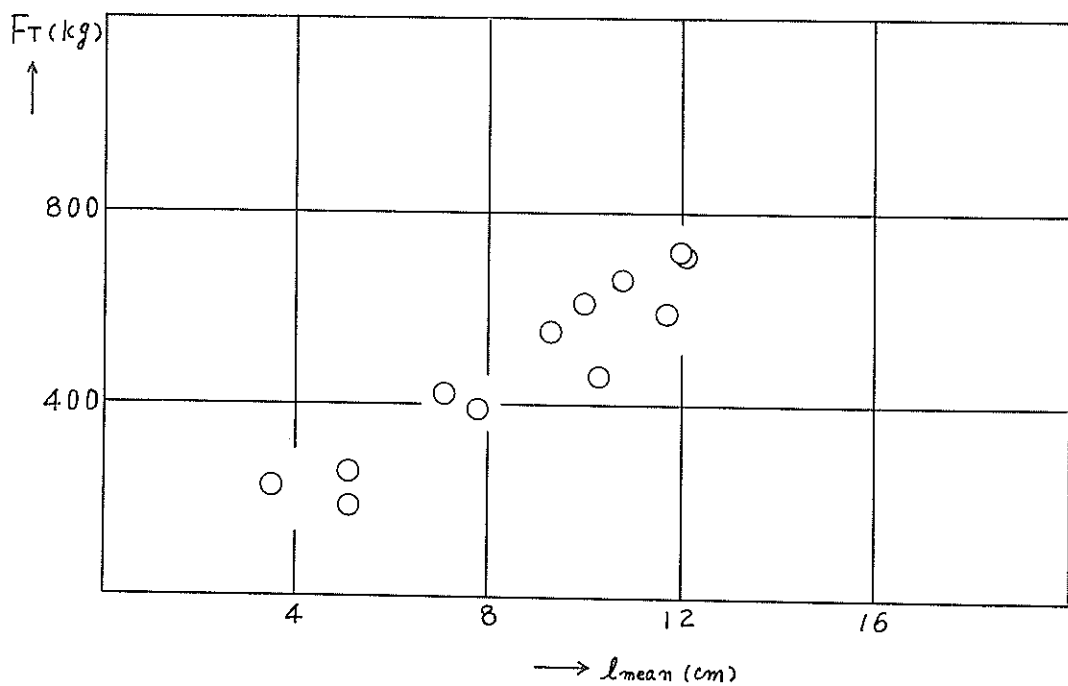


图-15 砂利 $F_r \sim l_{mean}$

図—16は砂利の掘削容積効率と F_T の関係を示す。
 なお掘削容積効率と図—17以降に出てくるすくい込み効率は次のとおりである。

$$\begin{aligned} \text{掘削容積効率} &= \frac{\text{実際にバケット内に入った土量}}{\text{理論掘削容積}} \\ &= \frac{V_o}{V} \end{aligned}$$

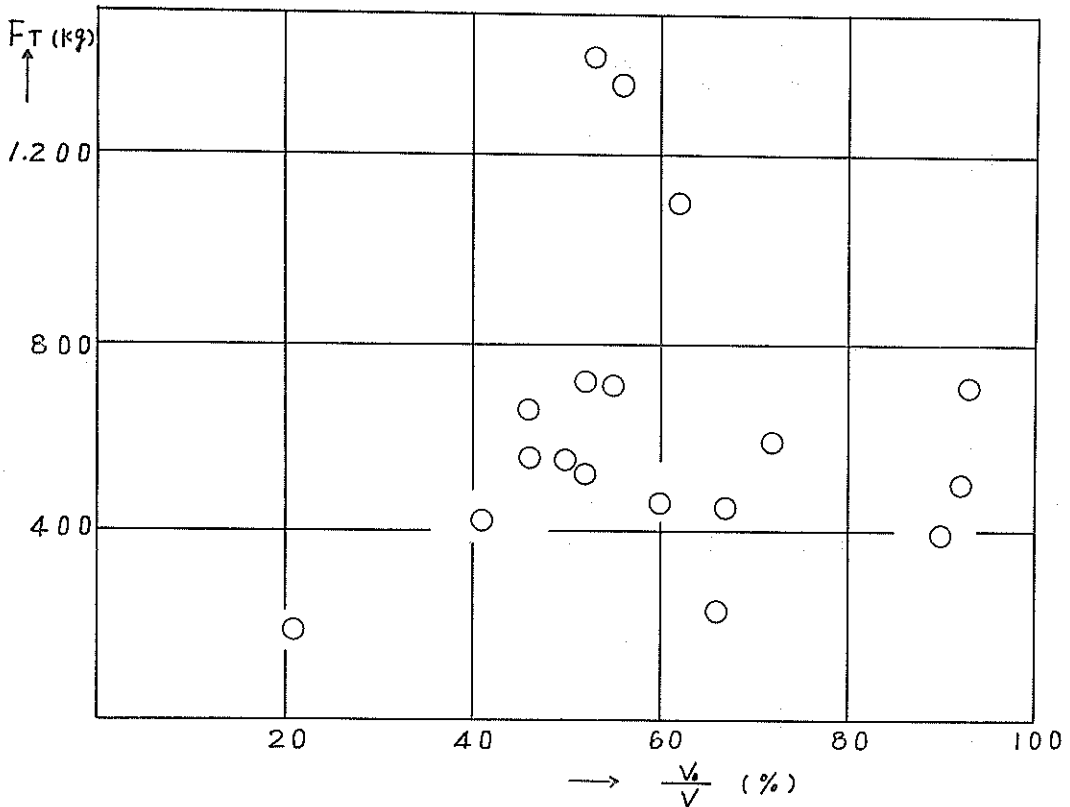
$$\begin{aligned} \text{すくい込み効率} &= \frac{\text{実際にバケット内に入った土量}}{\text{バケット容積}} \\ &= \frac{V_o}{0.0625} = V_i \end{aligned}$$

にて表わすものとする。

さて4土質の掘削容積効率を基準速度について比較すると、砂N値0の91%、砂N値4の85%、混合の69%、最も低いのが砂利の49%となっている。

図—17~19は F_T とすくい込み効率の関係について、砂利、砂N値0、砂N値4をプロットしたものである。これらの図からケースによっては、すくい込み効率が増大すると F_T も大きくなることもあるが、全体的には、はっきりした傾向はつかめなかった。

表—5には実験ケースの結果を示し、 F_V 、 F_H 、 F_T 、掘削容積効率、すくい込み効率をあげた。



図—16 砂利 F_T ~ 掘削容積効率

表—5 実験結果

| d (cm) | v (m/min) | n (rpm) | 砂 N : O | | | | | 砂 利 | | | | | |
|-----------|--------------|------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------------------|--------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------------------|--------------------------|--|
| | | | F _V (kg) | F _H (kg) | F _T (kg) | V _t (%) | V _o /V (%) | F _V (kg) | F _H (kg) | F _T (kg) | V _t (%) | V _o /V (%) | |
| 10 | 4.08 | 1 | 197 | 642 | 672 | 83 | 147 | | | | | | |
| 15 | 2.94 | 1 | 218 | 630 | 667 | 75 | 76 | | | | | | |
| 20 | 2.28 | 1 | 243 | 736 | 775 | 90 | 86 | 199 | 516 | 553 | 45 | 46 | |
| 25 | 1.8 | 1 | 260 | 717 | 763 | 94 | 83 | 264 | 603 | 658 | 49 | 46 | |
| 30 | 1.44 | 1 | 190 | 697 | 722 | 87 | 72 | 237 | 683 | 723 | 60 | 52 | |
| 35 | 1.2 | 1 | 530 | 1,313 | 1,416 | 100 | 88 | 241 | 663 | 705 | 67 | 55 | |
| 40 | 1.02 | 1 | 112 | 530 | 542 | 90 | 88 | | | | | | |
| 15 | 5.88 | 2 | | | | | | | | | | | |
| 20 | 4.56 | 2 | | | | | | | | | | | |
| 25 | 3.6 | 2 | | | | | | | | | | | |
| 30 | 2.88 | 2 | | | | | | | | | | | |
| 35 | 2.4 | 2 | | | | | | | | | | | |
| 10 | 1.2 | 1 | | | | | | 55 | 178 | 186 | 12 | 21 | |
| | 2.4 | 1 | 93 | 253 | 270 | 45 | 75 | | | | | | |
| | 3.6 | 1 | 313 | 670 | 740 | 71 | 113 | 113 | 407 | 422 | 42 | 41 | |
| | 4.8 | 1 | 259 | 582 | 637 | 49 | 77 | | | | | | |
| 20 | 0.6 | 1 | 110 | 84 | 138 | 29 | 103 | 73 | 221 | 233 | 23 | 66 | |
| | 1.2 | 1 | 210 | 649 | 682 | 39 | 77 | 120 | 370 | 389 | 45 | 90 | |
| | 1.8 | 1 | 285 | 854 | 900 | 52 | 60 | 151 | 425 | 462 | 52 | 60 | |
| | 2.4 | 1 | 197 | 736 | 762 | 79 | 65 | 211 | 555 | 594 | 60 | 50 | |
| | 3.0 | 1 | | | | | | | | | | | |
| | 3.6 | 2 | | | | | | 124 | 436 | 453 | 49 | 67 | |
| | 4.2 | 2 | | | | | | 141 | 490 | 510 | 45 | 52 | |
| | | | | | | | | 159 | 535 | 549 | 52 | 50 | |
| 30 | 0.6 | 1 | 234 | 656 | 697 | 56 | 126 | 64 | 252 | 260 | 75 | 170 | |
| | 1.2 | 1 | 287 | 991 | 1,032 | 67 | 84 | 207 | 569 | 605 | 60 | 74 | |
| | 1.8 | 1 | 392 | 1,247 | 1,307 | 90 | 61 | 488 | 1,259 | 1,350 | 83 | 56 | |
| | 2.1 | 1 | 140 | 226 | 266 | 100 | 61 | | | | | | |
| | 1.8 | 2 | | | | | | 66 | 495 | 499 | 63 | 92 | |
| | 2.4 | 2 | | | | | | 152 | 695 | 711 | 75 | 93 | |
| | 3.0 | 2 | | | | | | 359 | 1,041 | 1,098 | 75 | 62 | |
| | 3.6 | 2 | | | | | | 498 | 1,317 | 1,408 | 79 | 53 | |

| d (cm) | v (m/min) | n (rpm) | 砂 N : 4 | | | | | 砂・砂利 混合 | | | | |
|-----------|--------------|------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------------------|-------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|--------------------------------|
| | | | F _V (kg) | F _H (kg) | F _T (kg) | V _t (%) | V _o /V | F _V | F _H | F _T | V _t | V _o /V _o |
| 10 | 4.08 | 1 | 143 | 374 | 400 | 60 | 106 | 736 | 1,487 | 1,659 | 55 | 98 |
| 15 | 2.94 | 1 | 243 | 605 | 652 | 79 | 80 | 720 | 2,004 | 2,130 | 87 | 88 |
| 20 | 2.28 | 1 | 239 | 573 | 613 | 98 | 85 | 626 | 1,732 | 1,842 | 100 | 95 |
| 25 | 1.8 | 1 | 204 | 508 | 547 | 90 | 87 | 664 | 1,853 | 1,951 | 36 | 31 |
| 30 | 1.44 | 1 | 147 | 421 | 446 | 75 | 62 | 496 | 1,628 | 1,702 | 39 | 32 |
| 35 | 1.2 | 1 | 282 | 690 | 745 | 87 | 76 | | | | | |
| 40 | 1.02 | 1 | 85 | 422 | 431 | 100 | 97 | | | | | |
| 15 | 5.88 | 2 | 386 | 1,085 | 1,139 | 63 | 65 | | | | | |
| 20 | 4.56 | 2 | 334 | 860 | 923 | 83 | 78 | | | | | |
| 25 | 3.6 | 2 | 408 | 930 | 1,016 | 90 | 80 | | | | | |
| 30 | 2.88 | 2 | 243 | 688 | 730 | | | | | | | |
| 35 | 2.4 | 2 | 234 | 663 | 703 | | | | | | | |

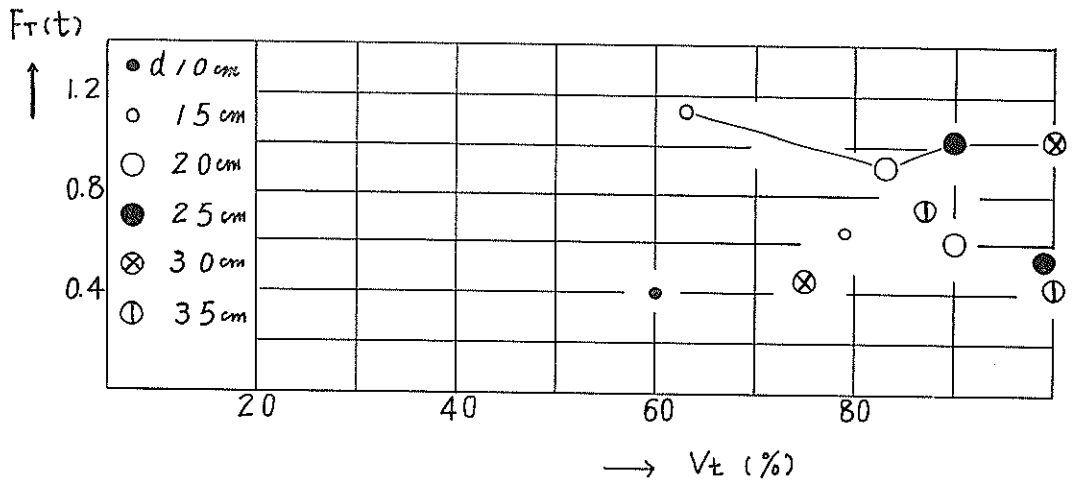


図-17 砂N値4 $F_r \sim$ すくい込み効率

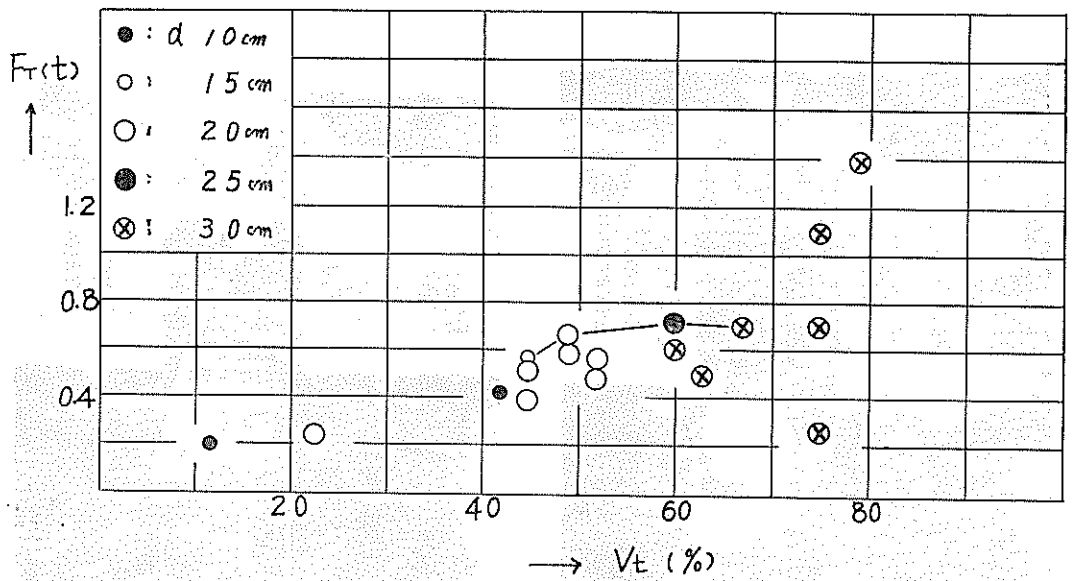


図-18 砂利 $F_r \sim$ すくい込み効率

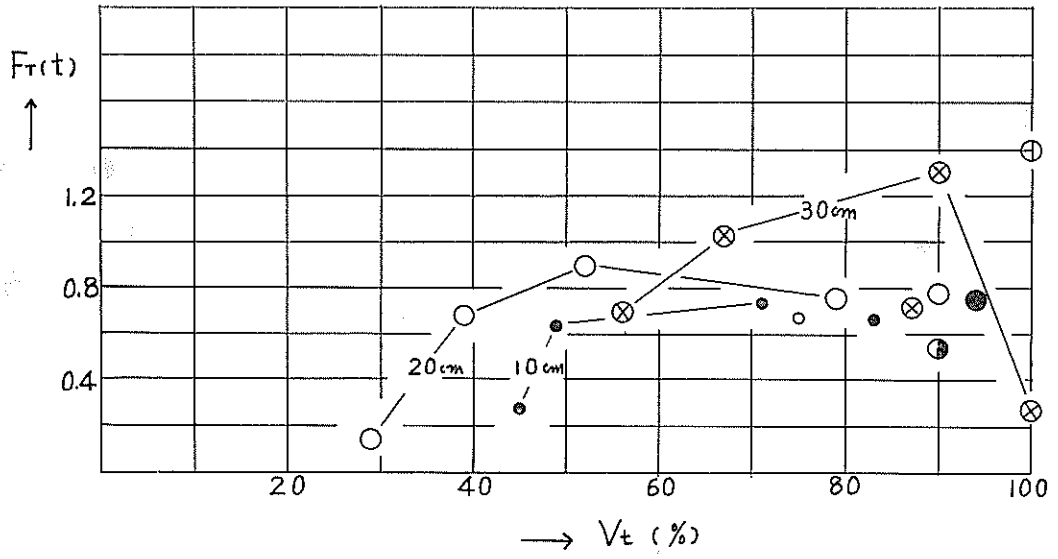


図-19 砂N値0 $F_r \sim$ すくい込効率

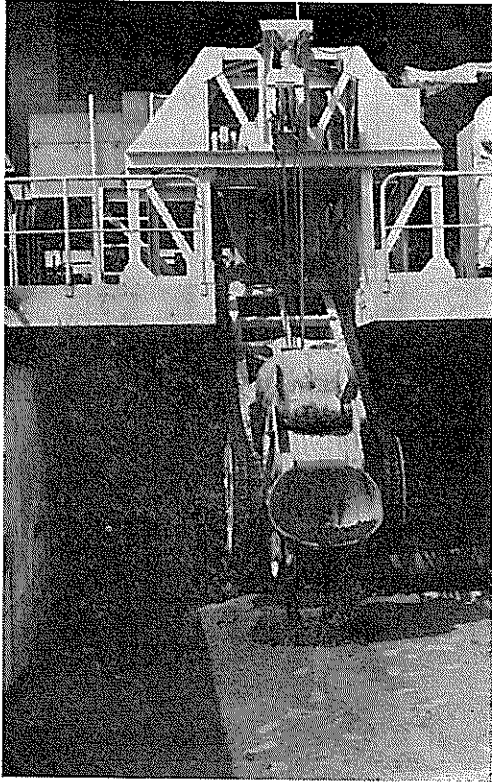


写真-6 砂N値4における実験状況

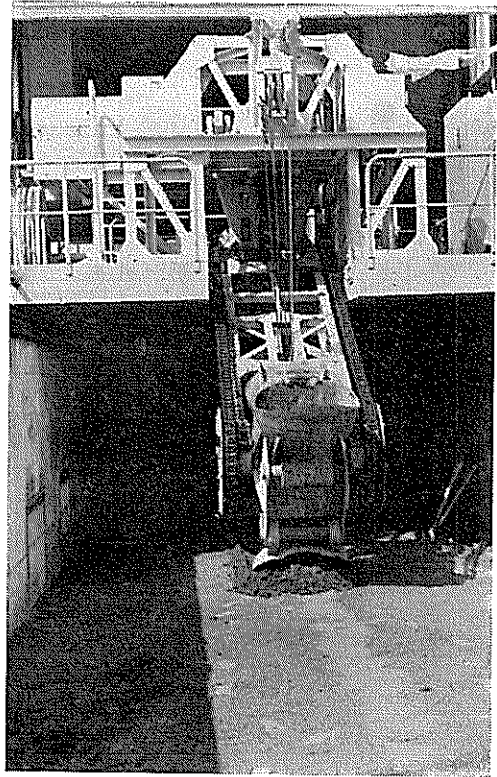
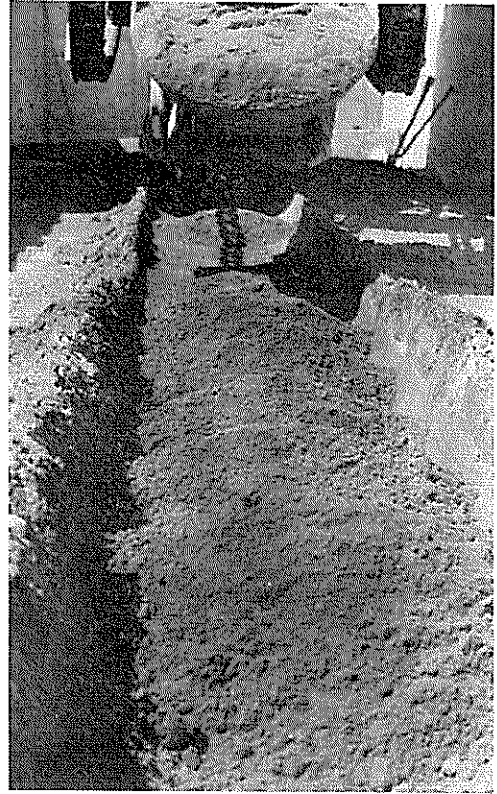


写真-7 砂N値4における実験状況



写真—8 砂N値4における実験状況



写真—9 砂N値4における実験状況

8. あとがき

バケットの掘削抵抗力は、台車走行速度、バケット回転数、掘削深さを変化させると、付随的に掘削長さ、掘削中央断面積、理論掘削容積、掘削平均深さ、バケット刃縁長、バケット掘削平面積が求まる。

本実験は台車走行速度 0.6~5.88m/min、バケット回転数 1, 2rpm、土質は砂N値0、砂N値4、砂利、混合の4種類の範囲である。

本報告では、前項と掘削抵抗力との関係について図化

し、傾向をみるにとどめた。

この結果、最大掘削抵抗力は前項のうち掘削長さに大きく影響されること、混合（砂、砂利）が最も大であることが求められた。

文献 1) 早乙女, 菊谷, 石塚

大型浚渫実験装置の設計概要について
港湾技研資料 No. 38 1967年

(1969. 4. 7. 受付)

港湾技研資料 No. 79

1969・6

編集兼発行人 運輸省港湾技術研究所

発行所 運輸省港湾技術研究所
横須賀市長瀬3丁目1番1号

印刷所 大洋印刷産業株式会社
東京都千代田区丸ノ内2-20