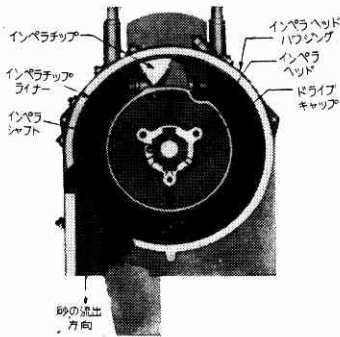


# サンドスリンガーの実験

千 木 岩 健 児

## 1. サンドスリンガーの構造と型式

サンドスリンガーは鋳物の型詰め機械の一種であって回転する羽根で砂に高速度の運動エネルギーを与え、模型表面に叩きつけ型詰めを行う機械である。したがって本装置は高速で回転する羽根車の部分（ランミングヘッドという）とそれに砂を供給するベルトコンベア，エレベーター等の装置から成り立っている。ランミングヘッドはハウジングとインペラとからなり，インペラには通常一個のインペラチップが取換えが容易な状態でしかもしっかり取付けてあり，周速 35~45 m/s で回転する。



第 1 図 ヘッドの構造

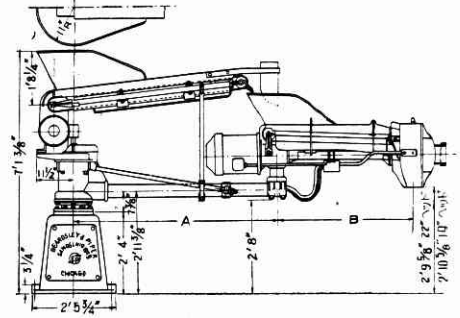
ハウジングには側方に砂供給口があり，ここから砂をインペラに供給する。砂はこの中をほぼ半回転して出口から鋳型へ投擲される。ハウジング内面は摩擦を防ぐためにライニングをほどこしてある。

第 1 図はヘッドの構造を示したものである。

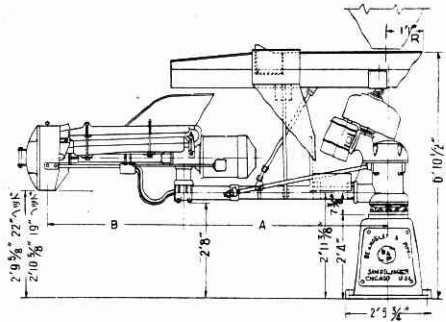
砂は一般にサンドホッパーから二段のベルトコンベアを通して供給されるが，途中に篩をそなえたものやベルトコンベアなしに直接ホッパーから供給されるものもある。二段ベルト式のをダブルベルトモデル，篩のあるものをリドルモデル，直接式のをスイングスリンガーと呼んでいる。米国の Beardsley & Piper<sup>3</sup> の構造を示すと第 2~4 図である。図からも解るように前二者は支柱を中心として標準型で 270° の範囲の型詰めができ，ベルトコンベアが二段になっているため伸縮自在に操作ができる。この他スピードスリンガーと称するアームを油圧駆動する型式のものもあり，最大能力が 27 ft<sup>3</sup>/min (通常 20 ft<sup>3</sup>/min，同一型式のサンドスリンガーでは 15 ft<sup>3</sup>/min) となっている。

これらはすべて一定の場所に据付けて型詰めを行う型式であるが，この他に移動式のものがある。この一つであるモータブサンドスリンガー(第 5 図)<sup>5)</sup>は前述の定置式と砂のタンクを乗せた電動式の荷車に取付けた型式のもので機械全体が直線のレールの上を走るようになっている。

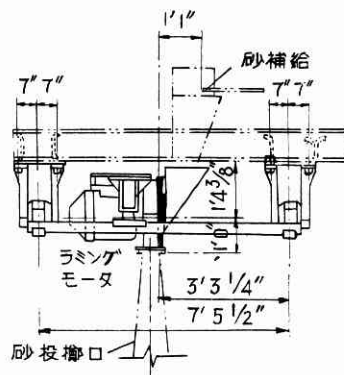
トラクターサンドスリンガーも可搬式で自分で砂を供



第 2 図 ダブルベルトモデル



第 3 図 リドルモデル

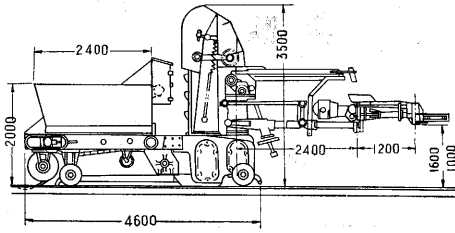


第 4 図 スイングスリンガー

わが国では戦前久保田製作所が製作していたので現在でも利用しているところもあるが，戦後は主に Beardsley & Piper の機械を輸入して活用している。日立製作所水戸工場のモータブ型の大型スリンガーは鋳鋼鋳型の製作に，トヨタ自動車のダブルベルト定置型の機械はエンジンのクランクケースの型詰め利用されているが，この輸入機械は強力にして故障少なく，しかもまとまりよくできている。住友金属で利用されている久保田のスリンガーも割合にう

給し砂処理を行う。床上の砂を拾い処理しつつ 5~10 ft<sup>3</sup>/min で型詰めを行うため小物中物用の機械で砂処理装置のない工場に適している。

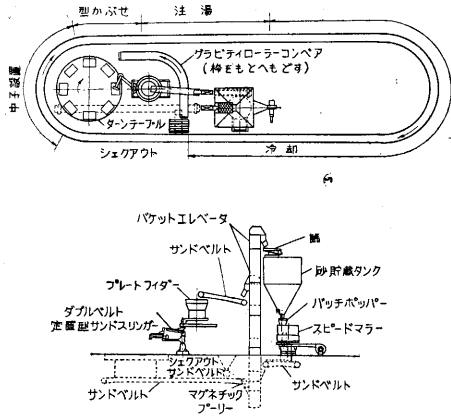
## 2. サンドスリンガーの利用状況



第5図 モーターサンドスリンガー

まく動いていて貨車のサイドフレームの型込めに利用されているようである。

サンドスリンガーを考える場合、スリンガー自体の構造や性能もちろん必要ではあるが、前後の砂運搬装置や鋳型移動方式等についても充分考慮されていなければならない。第6図は工場配置の一例である。



第6図 サンドスリンガーを使用する工場配置例

わが国ではサンドスリンガーを本格的に利用し初めたのはごく最近のことであるが、米国では相当に利用されている。サンドスリンガーと Roll over machine (鋳型を回転させる装置) と併用してパイプの接手やクラックケースの連続的型製作、Pin Lift machine (模型を抜く装置) との併用による小物や中子の製作、インゴットケースや大型鋳鋼鋳型の製作、その他諸種の型込めに利用して能率をあげている。

### 3. サンドスリンガーに対する従来の研究

サンドスリンガー自体に関する研究報告は非常に少ない。わが国では申城氏<sup>1)</sup>のスリンガー用砂に関する研究と住友金属の大野氏<sup>2)</sup>のチップの摩擦および砂に対する報告がある。外国でもこの種の研究を詳細に報告した例は少ない。スリンガーの性能を論ずる場合、砂の性質を度外視することはできない。わが国のスクリンガーが外国品におとることの原因を考えてみると砂とマッチしたスリンガーの設計が行われていない点にある。小型モーターで大馬力を出す能力のある点や工作精度、材料の摩擦等の点について幾多考慮せねばならない点も多いが、基礎研究が全然行われないうで模倣して作られることに重

大な欠陥があるといわねばならない。今後わが国でも小型のスリンガーが利用される機会が多いと思われるが国産品で優秀な性能を有する機械が製作されるよう努力すべきである。

本研究は模型の小型スリンガーに対する基礎実験であり幾多不備の点があるが紹介して参考に資したい。

### 4. スリンガーヘッドに対する考案

1. スリンガーヘッドの大きさと能力との関係 投擲時の砂の速度はヘッドの大きさに拘らず高速でなければならぬ。同一速度を与えるには小型機では回転速度を増す必要がある。二つの機械が相似であるとしておのおのの砂処理量を  $Q_1, Q_2$  とし、代表寸法比を  $T$ 、回転数比を  $N$  とすれば

$$Q_2 = Q_1 T^3 N$$

となる。いま  $Q_1 = 7 \sim 10 \text{ ft}^3/\text{min}$  ( $0.2 \sim 0.28 \text{ m}^3/\text{min}$ ) とし、 $T = \frac{1}{2}$ 、 $N = 2$  とするならば

$$Q_2 = 1.75 \sim 2.5 \text{ ft}^3/\text{min}$$
 ( $0.83 \sim 1.21/\text{sec}$ )

となる。

2. 駆動馬力 インペラの駆動に要する動力は砂の得る運動エネルギーと砂とライニングとの摩擦抵抗ならびに軸受損失、羽根を回転するための空気抵抗である。これらは概略次の如く求められる。

a. 砂の得る運動エネルギー 砂はある速度をもってヘッド内へ入ってくるが運動方向が直角に曲げられるからならぬ有効仕事とはならず、ヘッド内で全く新しく運動エネルギーを得ることになる。この速度  $v$  を羽根先端の周速  $U \text{ m/s}$  に等しいと考えると砂のもってでるエネルギーが単位重量について求められる。毎秒  $q_0 \text{ kg}$  の砂が流れるとすれば必要動力  $P_E$  は

$$P_E = \frac{q_0}{g} \frac{v^2}{2} \text{ kg} \cdot \text{m/s}$$

$$= \frac{q_0}{75g} \frac{v^2}{2} \text{ HP}$$

$$v = u = \frac{\pi d n}{6000}$$

$$\therefore P_E/q_0 = 1.87 \times 10^{-10} (d \cdot n)^2 \text{ HP}$$

ここに  $g$ : 重力加速度  $\text{m/s}^2$   $d$ : 羽根直径  $\text{cm}$   
 $n$ : 回転数  $\text{rpm}$   $q_0$ : 砂の流量  $\text{kg/s}$

b. 砂とライニングとの摩擦 砂が羽根によってライニング面上を押しやられるときに遠心力によってライニング面に押しつけられていることになるから、両者の間に摩擦抵抗がある。この摩擦抵抗に打ち勝つために動力が必要であってその大きさは次の如く計算できる。 $q_0'$  を一回転で処理される砂の量  $\text{kg}$  とすれば、

$$q_0' = \frac{60 q_0}{n}$$

遠心力  $P = \frac{q_0'}{g} \frac{d\omega^2}{2 \times 100}$

となる。ここに  $\omega$  は角速度である。

摩擦力  $Q = \mu P$   $\mu$ : 摩擦係数

トルク  $T = Q \frac{d}{2 \times 100}$

であるから摩擦仕事  $P_f$  は

$P_f/q_0 = \frac{T \cdot n}{75} = 5.88 \times 10^{-10} \mu (d \cdot n)^2 \text{ HP}$

c. 摩擦損失等 軸受の損失や羽根の回転による空気抵抗等はあまり大きくないので無視して考える。

d. 実験に使用した機械の所要馬力

$q_0 = 0.40 \text{ kg/sec}$ ,  $d = 20 \text{ cm}$ ,  $n = 3000 \text{ rpm}$ ,  $\mu = 0.2$

と仮定すれば

$P_D = 1.87 \times 10^{-10} \times (d \cdot n)^2$   $q_0 = 0.26 \text{ HP}$

$P_f = 5.88 \times 10^{-10} \times (d \cdot n)^2$   $q_0 = 0.17 \text{ HP}$

$P_D + P_f = 0.43 \text{ HP}$

5. 実験装置, 方法

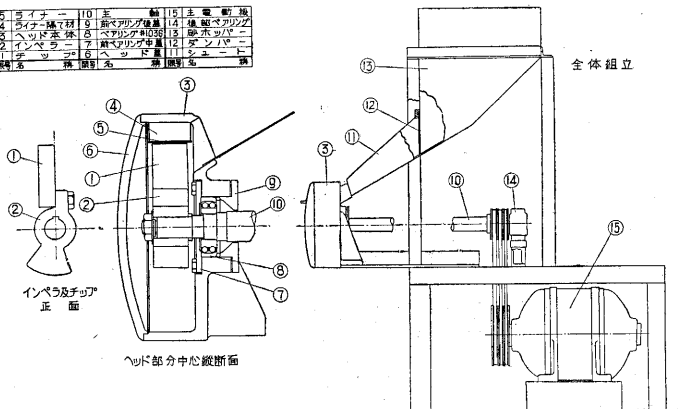
この実験に使用したスリンガーはスイング型のものであるがスイングさせることなく、一定方向に砂を投擲させ、砂搗き固まり状況、所要馬力、水分の影響等を求めた。第 7 図は実験装置の概要である。駆動は直流 3kW 1000~2000 rpm 電動機で行い、プーリーによって 2000~4000 rpm に増速している。砂供給はホッパー上方より手によって行い、ホッパーは砂のガイドとして使用している。この点は後でも述べるようにベルトコンベア式に改良して行く必要があった。

鈎棒は 200×150×50 の金棒を使用しヘッド出口と杵との距離を 190 および 330 とした。杵内に固められた砂

第 1 表 川口砂の性質  
粒度分布

メッシュ	10	14	20	28	35	48	65	90	150	200	270	270 以下	結度
重量百分率 (使用前)	0	0	0.5	0.5	1.5	6.0	12.2	38.6	24.2	7.0	5.0	4.0	9.0
重量百分率 (使用后)	0	0	0.3	0.7	1.4	8.4	15.0	33.7	29.1	7.1	4.9	4.4	9.0

5	インペラ	110	5	ヘッド	115	5	主電動機
4	インペラ軸	110	6	ヘッド軸	115	6	駆動スクリュー
3	ヘッド本体	110	7	ヘッド出口	115	7	砂ホッパー
2	インペラ	110	8	ヘッドの軸	115	8	ギヤ
1	インペラ	110	9	ヘッド	115	9	ギヤ
0	インペラ	110	10	ヘッド	115	10	ギヤ



第 7 図 実験装置

通気度

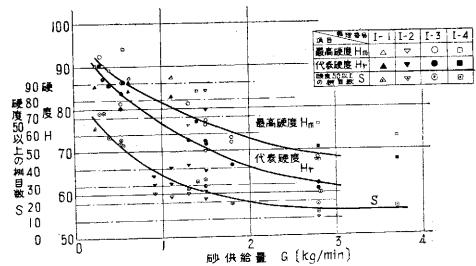
水分 %	7	8	9	10	11.5
通気度 cm/min	137	152	160	138	85

型模型面(平面)の硬度分布を生型硬度計で測定する。使用した砂は川口産の山砂で粒度分布粘度分、通気度等

は第 1 表に示すとおりである。

6. 実験結果

1. 供給量の硬度に及ぼす影響 砂供給量と硬度との関係を第 8 図に示す。最高硬度  $H_m$ 、代表硬度(全面を 1 cm 四方の柵目に分割しおのおの中心硬度を測定し、大きい方から 10 個とり、その平均値を代表硬度と名付けた)  $H_r$ 、硬度 50 以上の柵目数  $S$  共砂供給量の増加とともに減少する。しかしある程度以上供給量をましても硬度は変化しない。この現象は供給された砂がすべて同一速度で投擲されないために生ずるものであって、羽

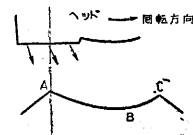


第 8 図 砂供給量と硬度との関係

根の根本に近い砂は低速のため高い硬度をうることはできない。高速カメラによる研究<sup>3</sup>によれば一かたまりの砂塊となって砂は投擲されているが一部は散布されている。ところが羽根の長さが長過ぎると一度に投擲されることなく散布される量が多い。

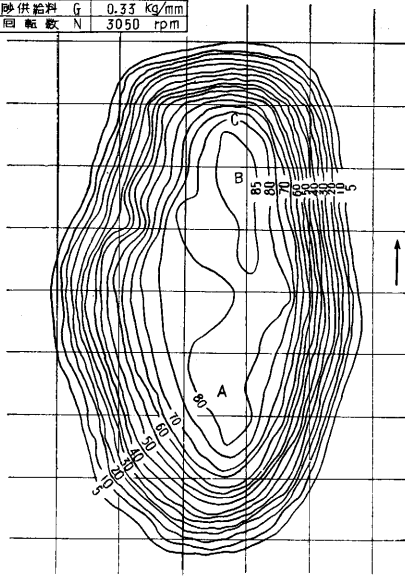
2. 型面硬度分布 砂の投擲方向を観察すると砂方向は垂直でなく第 9 図のように矢印のように回転方向にやや偏した方向となる。砂は B 部分にたつきつけられ A B の方向へ流れる。A 点は最初の砂、C 点は最後の砂が叩きつけられこも相当の硬度となる。したがって硬度分布は大略第 10 図のようになっている。

3. 供給量と所要動力 砂供給量に比例して所要動力も増す(第 11 図)。一回転中に半分は空転しているため所要動力も回転速度も変動している。メーターに示された値は回転速度が早いため振れることはない。本実験では荷が軽いところのみを行っているため駆動ベルトの躍りもみられなかったが、荷が重い場合には考慮せねばならない。この点からモーター直結の方が便利と思われる。



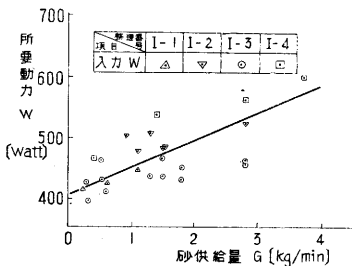
第 9 図 砂の投擲方向との関係

養護番号	I-3-2
水分 $\alpha$	7.2 %
砂供給量 $G$	0.33 kg/min
回転数 $N$	3050 rpm

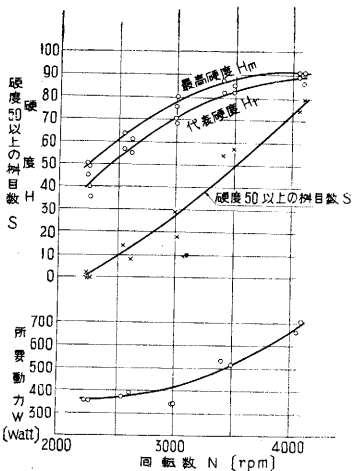


第10図 裏面硬度分布図

最高硬度、代表硬度、硬度 50 以上の柢目数はいずれも回転数とともに増加し全体が一様につまってくることを示す(第12図)。所要動力も回転数が増すと増している。回転数を増せば砂の投擲速度が増し鋤型に衝突する砂の単位体積当りの運動エネルギーが大となるため硬度が増すのである。



第11図 砂供給量と入力との関係



第12図 回転数と硬度所要動力との関係

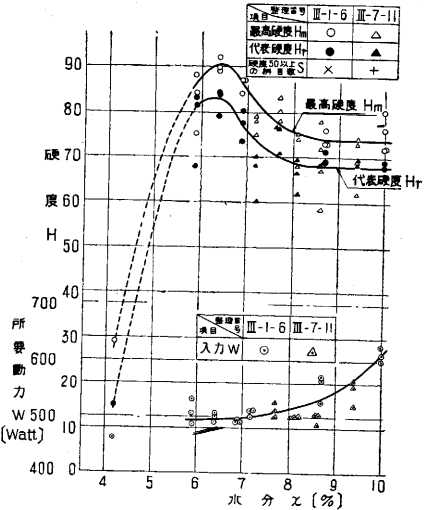
### 5. 水分が硬度におよぼす影響

この砂は川口産の山砂であって粘土分 9% を有し比較的粒度が細かいので通常水分 9% で使用している。しかしサンドスリッガーに用いる場合は 6.4% が最適のようである。水分がこれ以下に減ると硬度は急激に低下し、4% 以下では成型しなくなる。また 6.4% 以上ではやや低下し 8~10% の範囲内ではあまり変化がない(第13図)。一方所要動力は水分の増加によって漸次増加し、8~

10% では急速に増す。したがってこの点から水分は少ない方が好ましく 5.5~6.5% 程度が良い。

### 6. チップの摩耗

実験に使用したチップはコの字型のもので各場所で同一断面のものである。摩耗は先端部が一番甚だしく、かつ両側に近い程ひどくなっている



第13図 水分と硬度、所要動力との関係

第2表 珪砂粒度分布

メッシュ	28	35	48	65	90	150	200	270	270以下
	0.3	5.3	17.5	21.2	31.3	18.0	4.0	2.5	0

砂はライナー内面に附着しチップとライナー間の隙間はほとんどない状態になって回転しているので、チップ先端は砂によって摩耗されるものと考え。一般にチップとライナー間の隙間が問題にされるがこのような場合には回転半径が短くなった点のみを考慮すればよい。

### 7. 結言

サンドスリッガーの概要とそのヘッド部分の性能試験について簡単に説明したが、試験結果より

- (1) 砂供給量は少なくして砂全体に充分運動エネルギーを与えるようにし、回転数は大なる方が硬度を増すのに効果がある。
- (2) 供給量、回転数を増すと所要動力も増える。
- (3) 鋤型硬度分布は回転方向に峰を有する山となり垂直下よりやや進んだ場所に最高硬度の部分ができる。
- (4) 水分の最適範囲は比較的狭く、川口砂で 6% 附近、こまかい(約 90 メッシュ)珪砂(第2表)にベントナイト 8% のものでは 3.5% 程度が良い。
- (5) チップ摩耗はコの字型では先端部が最大である。現在さらにコンペア装置とマッチさせ運転試験を行い、また回転部分の改良を行っているので、これ等の結果については別の機会に報告したいと思っている。

(1954. 11. 30)

文献 1) 中城忠彦 サンドスリッガー用鋤物砂の研究(第1報) 鋤物 Vol. 25 (1953) 500.  
 2) 大野 功 サンドスリッガーの研究 未発表。  
 3) Beardsley & Piper カタログ the Stationary Sandslinger and Speedslinger p.33.  
 4) 吉岡 順 鋤物工場の近代化に関する座談会資料 機械学会。  
 5) 久保田製作所 カタログ。