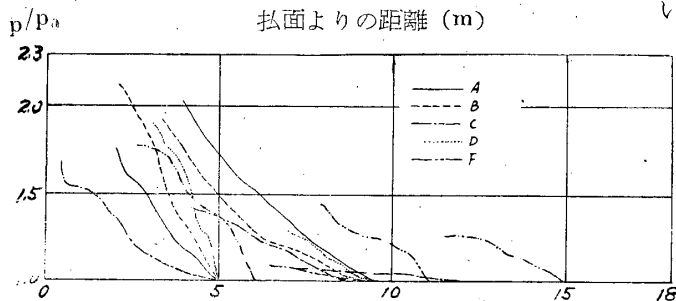


変形が漸増することも考えられるから孔壁の破壊位置を以て最大荷重点と見ることは出来ない。また測定位置が払全体から見て端部になることも考えなくてはならないであろう。

第13図は炭層を縦弾性係数  $5 \times 10^4 \text{kg/cm}^2$ , ポアソン数5の弾性体として求めた荷重増加率  $p/p_0$  と、払面からの距離との関係を示すものである。ただし深度を  $h$ , 岩石比重を  $\gamma$  とすると  $p_0 = \gamma h$ ,  $p = p_0 + \lambda(m-1) E/md$  として求めた。図のA, B, C, D, Fは表のそれに対応するものである。勿論測定結果には時間が影響していることも考慮する必要がある。



第13図 払よりの距離と荷重増加率との関係

#### 4. 結 言

筆者等は払の地圧に関する研究の一部として払前方の地圧を坑内測定によつて解明することに努めた。このため切羽の前方において岩盤の変形、ボーリング孔の縮小、採炭面附近の炭層の張出し、炭層の破壊を変形および坑道支柱に

かゝる荷重の測定を行つた。

測定は精度が十分でないので明確な結論を導くことは出来ないが、条件の異なる数ヶ所の払で行つた測定や肉眼観察の結果を総合して下記の見解に到達した。

1. 岩層の条件が同一ならば荷重が増加しはじめる位置、最大荷重の位置は深度に比例する傾向があり、また同一深度ならば上下盤の岩石の剛性が大なるほど影響が遠方に及ぶように思われる。

2. 坑道枠にかゝる荷重は天盤岩石の性質や亀裂の多少、坑道採掘後の経過日数によつて大いに異なり、天盤の良好な箇所では切羽直前でも片盤支柱にほとんど荷重がかゝらないが反対に天盤が粘土質の場合や亀裂に富む場合には切羽から40m前方でも施枠の破損することがある。

3. 払前方において炭層にかゝる荷重が時々急増する傾向を示すことがある。

これは物質の降伏におけるいわゆる雪崩現象に似ており、これの原因について力学的に究明したい考である。

本実験は学生村田謙造、奥村進の両君に熱心に担当して頂いた。また現場測定に際しては各鉱業所の技術者諸氏に多大の御援助を受けた。ここに附記して厚く感謝したい。

## 渦巻ポンプに依る砂水輸送中の砂運搬能率と濃度との關係に就いて

松 井 時 治

### 1. 緒 言

種々なるポンプの特性を試験するに当り一般に製造家に於ける試験は清水を用いる場合が多く使用の場合に於ける実状とは幾分差を生ずる、況やサンドポンプに依る砂水輸送の場合の如き砂粒を含む泥状流体を該ポンプの使用現場に於けると同一条件にて試験を行う事は至難である。微粒鉱石の水力輸送に対する三雲英之助

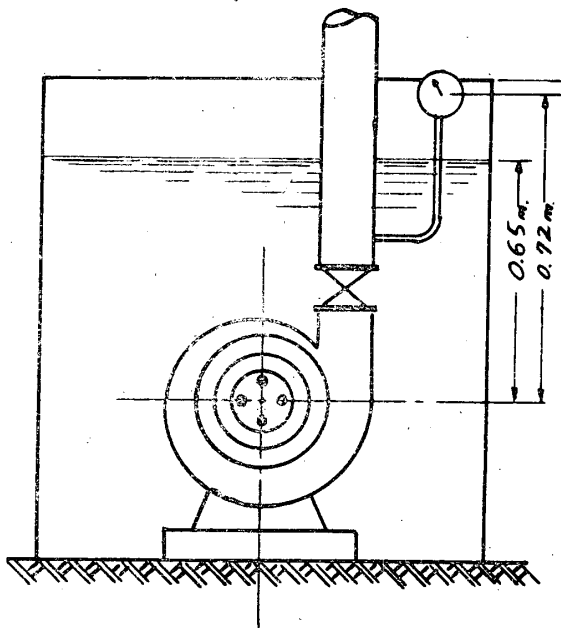
氏による研究論文にて明かにされているが特に砂水輸送の場合を考察したものである。本実験も亦清水用の渦巻ポンプにてなされたものであり断定し難いが少くとも実験結果から渦巻ポンプに依る砂運搬能率と砂水の濃度との關係を推論することは出来る。

筆者は実験設備を持たない為御好意による小川助教授の実験装置によつて得た data を基礎

としたものである。

2. 実験装置及び引用算式

清水用片口吸込型口径2吋渦巻ポンプを使って5馬力三相誘導電動機(1800R. P. M.)を直結したものである。装置の全般に就いては省略することゝして渦巻ポンプと水槽との関係を略図第一図に示す。



第一図 実験装置略図(ポンプ及び水槽)

a ポンプの揚程算式

- H……………総揚程 (m)
- hd……………繰出揚程 (m)
- hs……………吸込揚程 (m)
- $G_1, G_2$ ……………圧力計の示差水柱 (m)
- $h_1, h_2$ ……………圧力計の中心からポンプ軸中心迄の垂直距離 (m)
- $\rho$ ……………液体の比重 (此の場合清水)
- $Vd$ ……………繰出側の平均流速 (m/sec)
- $Vs$ ……………吸込側の平均流速 (m/sec)

とせば  $H = hd + hs$

$$\text{又 } hd = \frac{G_1}{\rho} + h_1 + \frac{Vd^2}{2g^2}$$

$$hs = -\frac{G_2}{\rho} - h_2 - \frac{Vs^2}{2g^2}$$

であるから

$$H = \frac{G_1}{\rho} + h_1 + \frac{Vd^2}{2g^2} - \frac{G_2}{\rho} - h_2 - \frac{Vs^2}{2g^2}$$

今  $Vd = Vs$  と仮定し本装置に於て

$$h_1 = 0.72m,$$

$\frac{G_2}{\rho} + h_2$ に相当するものが $\rho \times 0.65m$ である

$$\begin{aligned} \text{から } H &= \frac{G_1}{\rho} + 0.72 - 90.65 \rho = 1 \text{ とすると} \\ &= G_1 + 0.72 - 0.65 \\ &= G_1 + 0.07 \end{aligned}$$

圧力計読み ( $kg/cm^2$ ) は水柱高さ (m) にて表すと10倍すれば良いから

$$H = 10G_1 + 0.07$$

b ポンプ軸の出力

- P……………出力 (Watt.)
- E……………供給電圧 (Volt.)
- I……………電流 (Amp.)
- pf……………電動機の力率 (%)
- $\eta$ ……………電動機の効率 (%)

$$P = \sqrt{3} EI \times pf \times \eta$$

供給電圧は200Vであるが一定しないので平均205Vとしている。今供給電圧に $\pm 5V$ の変動があり電流計の読みに対しても $\pm 0.125$ 位の誤差があるものとせば

$$\left( \frac{5}{205} + \frac{0.125}{5} \right) \times 100 \doteq 5\%$$

即ち効率に於ても勿論誤差がある筈だが其れを除いても5%内外の誤差があるう。

c 水動力

- W……………水動力 (Watt.)
- Q……………繰出容量 (l/sec)
- w……………揚水の単位重量 (kg/l)
- H……………総揚程 (m)

$$W = 9.81wQH$$

d ポンプ効率

次式で表すと

$$e = \frac{W}{P} 100\%$$

砂水の濃度に対する該ポンプの最高効率を比較すると表1の如くである。

表1 砂水の濃度に対するポンプの最高効率比較

濃度%	0	2.3	5.5	8.5	13
最高効率%	57.5	55.5	53.5	52.5	50.0
清水に対する比%	100	96.5	93.0	91.5	87.0
繰出容量l/sec	6.50	6.40	6.20	6.10	6.00
軸動力WATT.	890	903	915	920	925
揚程m.	8.0	7.6	7.35	6.5	6.0

### 3. 砂運搬能率

ポンプが或る圧力水頭で砂水を輸送する場合を考えると砂水中に含まれる砂量を其の高さまで垂直に上方へ運搬するものと推意され其れに要する理論動力と実際動力との比を該ポンプの砂運搬能率と定義すると該ポンプの効率と砂運搬能率との関係は第二図の様になる。今ポンプが濃度  $p\%$  (砂水の比重  $r$  とする) の砂水を取扱っている時圧力計水頭が  $H^{in}$  でありポンプの所要動力を  $P_{watt}$  ポンプの繰出容量  $Q$  /sec とすれば砂粒の含有量は

$$w = \frac{rQp}{100} \text{ kg/sec}$$

運搬能率 ( $\eta$ ) は

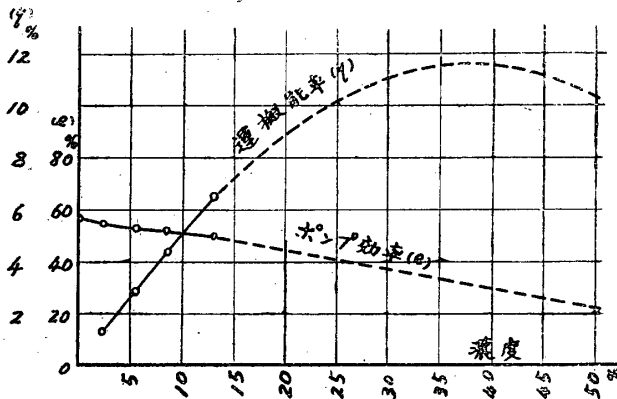
$$\eta = \frac{wH \times 9.81}{P} \times 100\% = \frac{rQpH \times 9.81}{P} \% \quad (1)$$

然るにポンプの効率は

$$e = \frac{rQH \times 9.81}{P} \times 100\% \quad (2)$$

(1) 式に (2) 式を置き替えると

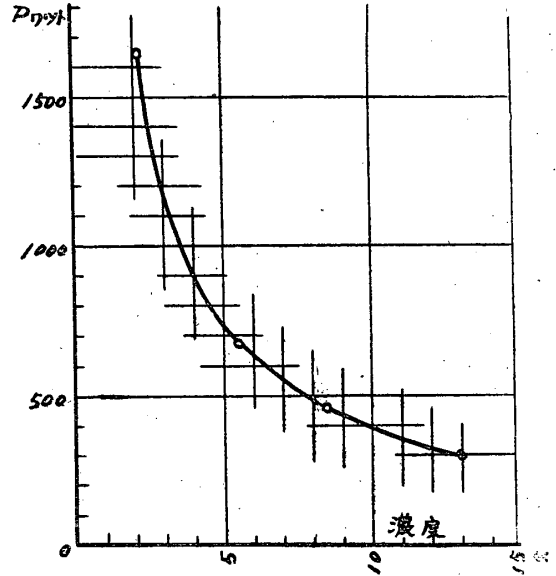
$$\eta = \frac{ep}{100} \%$$



第二図 砂水の濃度に対する該ポンプの効率と砂運搬能率との関係

第二図に示す様に砂運搬能率も砂水の濃度13%迄は殆ど直線的に増加している。其れ以上の濃度に対してはdataが無いので仮にポンプ効率を漸次直線的に逓減するものと考えれば砂運搬能率も亦点線の如く漸次増加して行くが35%~40%迄は曲線は少々扁平で殆ど変化が無いが其れ以上の濃度では逆に急逓減する如く推意され砂運搬能率の最大値も35%~40%附近にあることが知られる。

今ポンプ効率の最高点に於ける各濃度に応ずる砂一噸を運搬するに要するポンプ軸動力を算出すると第三図に示す曲線となる。



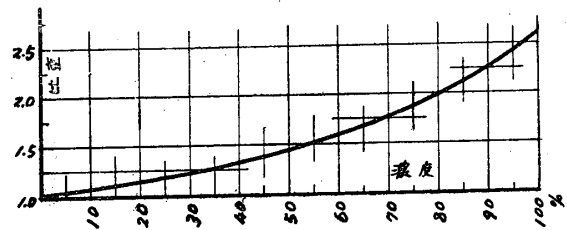
第三図 ポンプの最高効率に於ける砂水の各濃度に応ずる砂重量1噸を運搬するに要するポンプ軸出力

### 4. 砂水の濃度と比重

砂水を取扱う場合或る範囲内の粒度を持つ砂の泥状流体の流れは其の微粒子の存在を無視して只比重の増大した液体と見做すと砂水の比重は其の中に含まれる砂の比重と其の含有率に依つて定まる。今砂水の比重を  $r$  砂の比重を  $s$  とし砂水の重量と砂の重量との比を  $p\%$  とすれば

$$r = 100s / [p + s(100 - p)]$$

勿論此の場合砂水を形成する液は清水であるから比重も1としている。又濃度の定め方にも色々あるが便宜上  $p$  を砂水の濃度とした。今0.3耗標準篩を通過した砂の比重が2.63 (測定値) であり各濃度に対する砂水の比重を図示すると第四図となる。

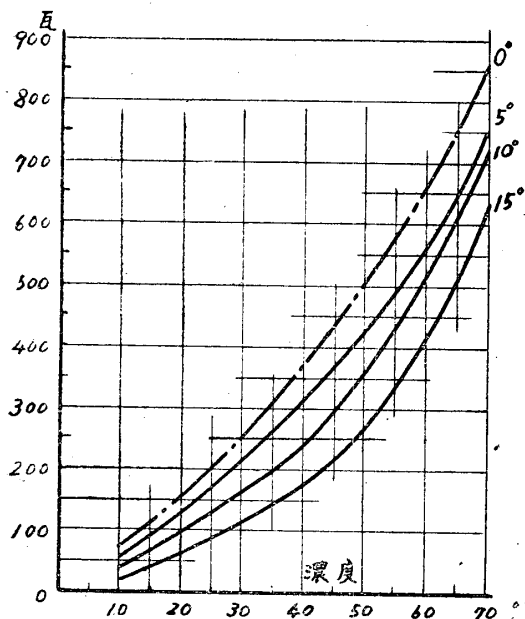


第四図 砂水 (砂の比重2.63) の濃度と比重との関係

### 5. 砂水輸送中に於ける其の濃度の範囲

砂水輸送中に於て単位時間に対する砂量のみを考えれば濃度の増大する程効果的であるが其の輸送濃度には限度がある。此の砂水濃度の限度を見出す為に硝子管（内径38耗長さ700耗）を用いて試験した。

実験には0.3耗標準篩を通過した乾燥砂を使用し各濃度に対する砂水の容積を700c.c.と一定し管の傾斜度を $5^{\circ}$ 、 $10^{\circ}$ 、 $15^{\circ}$ として自然流下に依る砂の管底停滞量を測つた。停滞量は便宜上含水飽和状態にて測り後で含水量(21%)を検出し乾燥砂として求めた。測定に当つては砂水の混合状態を良くする為硝子管を烈しく5~6回振つて砂水に絶えず動揺を与えた上直ちに傾斜台に載せ自然流下の元に一定時間後測定した。其の結果は第五図に示す。



第五図 砂水の自然流下に於ける管底停滞量  
砂と水との比重差大なる為静止のまま混合状

態に置くことが至難であり濃度40%以上では満足す可き結果とは思わないが各濃度に対して三回宛の平均値の結果であり相当の誤差があるとしても傾斜度に対する停滞量の傾向を知ることが出来た。即濃度35%迄は各々直線で接近しているが其れ以上では急に停滞量を増すと共に各傾斜度に対する停滞量の差が増大することが判る。極めて不完全な実験結果であるが砂水の輸送には35%以上は不適當ではないかと思われる。

### 6. 結 語

砂水輸送中に於て最も経済的な砂水の濃度は断じ難いが兎も角砂の運搬能率の最大値より遙かに下つた処に、対応する濃度である様に考えられる。砂水輸送の場合其の濃度は渦巻ポンプでは35%以上は上述の如く不適當と想像されるし砂水の濃度の増加と共に損失水頭の増大するは勿論ポンプ内及輸送管内の摩擦に依る摩擦も著しい。dataが無いので数字で表せないが昭和十八年台湾中部西海岸にある梧棲港建設工事の内浚渫工事で1,000馬力のスパツド式ポンプ船を使用したことが有るが其の時など30耗厚もあるポンプランナーの羽根が90日位で磨損して使用不可能になつたことが有る。勿論羽根はマンガ鋼の相当に硬いものであつた。普通浚渫用ポンプに依る砂水輸送中の砂水の濃度は土質又浚渫攪拌用カツターの形状其他ポンプ吸込側の真空度に依り時々異なるも20%以下であらう。本実験に使用したポンプランナーの磨耗状態を調査する筈であるが出来なかつたことは残念であつた。

### 参 考 文 献

三雲英之助外二名：微粒鉱石の水力輸送に就て、  
機械学会誌 36巻 200号 (昭8.12)