

214 スクリュー駆動式走行装置について

正	下田	茂	(新潟大工学部)
正	石橋	達弥	(新潟大工学部)
*学	森	左馬之輔	(新潟大[院])

1. 緒言

一般に車輛が走行する際には、その走行条件は無限に変化するものであるが、車輛が走行する際の路面状態を固さの度合により分類すると次のようになる。

①広くて深い川、②浅瀬と沼沢、③深い泥、或いは泥沼、④砂地、⑤砂れき又はじり地、⑥自然な堅い大地、⑦舗装道路及び鉄道、⑧雪面 など。

この内、高速と大量輸送を主目的とした従来の車輪式車輛は⑥⑦の条件下で最もすぐれた特性を発揮するが、⑤⑧では性能が悪く、その他砂地や沼地では全く用をなさない。次に速度よりもむしろ牽引力を目的とした装軌式車輛は④⑧等の不整地走行、まれには水底も走行可能であるが、泥沼及び深い川では走行不能である。

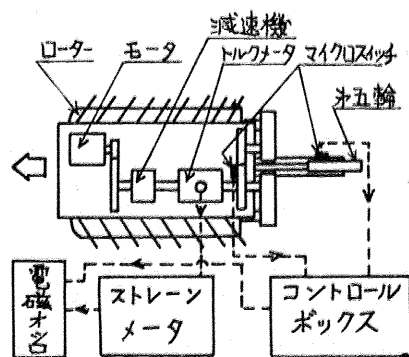
これに対して、スクリュー駆動式走行装置(スクリューマシン)の適する主たる走行条件路面は①～③及び⑧であり、実用面においても期待され、実際実用化されているものもある。本研究ではこれらの条件の中から砂地、雪面、水中性能に関して、試作したスクリューマシンを用いて基礎的な実験を行い、併せて基本的な理論式も検討したのでここに報告する。

2. 実験及び測定方法

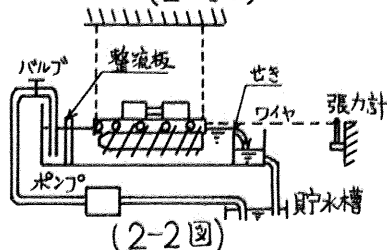
実験に使用したスクリューマシンは本体がアルミ製で、大きさは全長800mm、全巾400mm、全重量は52.63Kgである。また使用したスクリューローターも同じくアルミ製で、全長が680mm、バースドラム直径100mm、5センチの高さ15mm、ローター5センチ角5°(ピッチ25mm)及び10°(ピッチ55.4mm)の二種を用意した。動力としては800～3000RPM[1/8PS]のモータを使用している。

砂上及び雪上実験概略図は2-1図に示す。

マシン走行速度は後部に連結した車速検出用第5輪を用い、所要トルク測定にはトル



(2-1図)



(2-2図)

クメーターを用い、ローター回転数の測定には動力伝達ギヤに取付けられたマイクロスイッチを用いパルス化して、それぞれを電磁オシロペーパー上に記録した。牽引力の測定には張力計を使用し、これをマシン後方に取付けたワイヤーと連結して検出した。

次に水中実験では2-2図に示すように、水槽中にマシンをワイヤーで懸下させ、バルブの開閉度によって水槽中を流れる水の流速を調整した。またローターの回転数測定にはホトトランジスタ回路を使用し、推力検出に当っては張力計を使用した。

3. 基本理論式

3.1 砂上

反力の分布を3-1図のように仮定すると、ベースドラムに働く単位長さ当り、半径方向の地面反力 P_r は

$$P_r = k z \gamma_r = \frac{k D}{2} z_0 (\cos \theta - \cos \theta_0) \cos \theta$$

$$= \frac{6 V (\cos \theta - \cos \theta_0) \cos \theta}{D (3 \sin \theta_0 - \sin \theta - 3 \theta_0 \cos \theta_0)}$$

従って二本のベースドラム全体に働く全反力 P は、ベースドラムの長さを l とすれば

$$P = 2l \int_{-\theta_0}^{\theta_0} P_r \frac{D}{2} d\theta$$

次に5センチに働く地面反力 F は3-2図から

$$F = \frac{\mu C \sin \phi + \sin \theta + K}{\cos \phi_m - \mu \sin \phi_m} \cdot M \quad (\text{但し } C = \frac{P}{M}, K = \frac{Q}{M})$$

単位時間当り、摩擦に打ち勝つてなす仕事は

5センチについては、

$$W_1 = \mu F v = \mu M \left(\frac{\mu C \sin \phi + \sin \theta + K}{\cos \phi_m - \mu \sin \phi_m} \right) \pi m (d+h) \sec \phi_m$$

ベースドラムについては、 $W_2 = \mu P v_2 = \mu C M \frac{\pi d m \tan \phi}{\sin \phi}$

登坂時のマシンの位置エネルギーについては $W_3 = M V \sin \theta$

牽引力については、

$$W_4 = Q V$$

従って単位時間当りローターに必要な仕事量 W は

$$W = W_1 + W_2 + W_3 + W_4 = \mu M \left(\frac{\mu C \sin \phi + \sin \theta + K}{\cos \phi_m - \mu \sin \phi_m} \right) \pi m (d+h) \sec \phi_m + \mu C M \frac{\pi d m \tan \phi}{\sin \phi} + M V \sin \theta + K M V$$

これを無次元力 $y (=W/MV)$ を用いて表わし、且つマシンが単軌車輛として水平面を走行する場合(牽引力 $Q=0$, 登坂角 $\theta=0$)には

$$y = \mu C \left\{ \frac{\mu [(\alpha-1) \cos^2 \phi + 1]}{\alpha \cos \phi - \mu \sin \phi} + \frac{1}{\sin \phi} \right\} \quad (\text{但し } \alpha = 1 + \frac{h}{d})$$

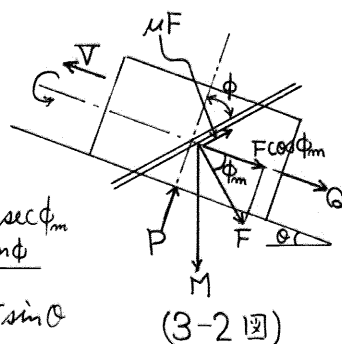
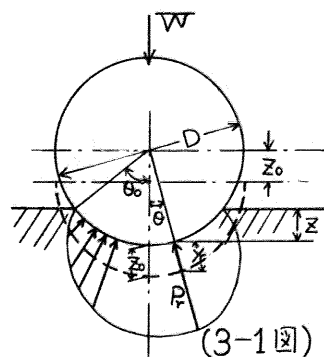
理論所要トルク T , 理論所要馬力 H は y を用いて次のように表わされる。

$$T = M V y / 2 \pi m, \quad H = M V y / 75$$

次に砂の盛り上りを考慮した場合、砂の剪断力では次のように示される。

$$\tau = C + P \tan \phi$$

こゝに C : 単位粘着力, P : 剪断破壊面の圧縮圧力(ベースドラムに働く地面反力),



ϕ ; 砂の内部摩擦角である。

これより単位長さ当たりのトルク(ローター1本当り)は

$$T = \frac{D}{2} \int_{-\theta_0}^{\theta_0} (C + R \tan \phi) \frac{D}{2} d\theta$$

次にローターがその全長に亘って単位時間当りに砂をすくう上り量を $M' (= \frac{\pi}{4} \{ (D+2h)^2 - D^2 \} \frac{\theta_0}{\pi} \cdot \frac{\omega}{60})$, 実際の盛り上り量を M とすれば, 砂の剪断の行われる有効長さ l' は $l' = \frac{M}{M'} \cdot l$ となり, 故に二本のローター全体で必要とされるトルクは次のようになる。

$$T_{\text{total}} = 2l' \frac{D}{2} \int_{-\theta_0}^{\theta_0} (C + R \tan \phi) \frac{D}{2} d\theta$$

3.2 雪上

シマリ雪面走行の場合のように, 5せん刃のみで車重を支える場合は, 側面, 底面に働く力をそれぞれ f_1, f_2 とし $f_2 = C f_1$ とすれば, 力の釣合より

$$f_1 = \frac{M}{2 \sin \alpha + C}$$

仕事 W は $W = \mu (f_1 + f_2) v = \frac{\mu M (1+C)}{2 \sin \alpha + C} \pi m (d+h) \sec \phi_m$

よって無次元力 y は

$$y = \frac{W}{MV} = \frac{\mu (1+C)}{2 \sin \alpha + C} \cdot \frac{\sqrt{(1+h/d)^2 + \tan^2 \phi}}{\tan \phi}$$

こゝで実測値より y の値を算出し, 上式に代入すれば係数 C を求めることができる。

3.3 水中

5せん刃とベースドラムとの間に流入してくる水の運動量の変化より, 単位ローター当りの軸推力 t は

$$t = \frac{\rho}{g} (1-S) \pi^3 d^5 m^2 (k+k^2) \tan \phi \left[(1-S) \tan \phi - \left(\frac{V}{\pi m d} \right) \right] \quad (3.3-1)$$

こゝに, ρ ; 水の比質量, $S = \frac{\text{5せん刃内の水の平均速度}}{\text{ローター回転速度}}$ とする

5せん刃内の水の角運動量の変化より, 単位ローター当

りの駆動トルク T は

$$T = \frac{\rho}{2g} \pi^3 d^5 m^2 (1-S) S (k+k^2) (1+2k+2k^2) \tan \phi \quad (3.3-2)$$

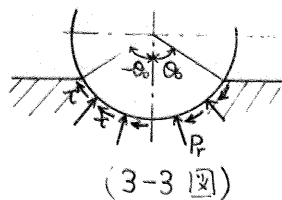
ところが実際に作動している水は(3-5)図に示すように5せん刃根外部に拋物錐状の影響範囲を及ぼしながら回転しているので, この平均高さを $k_n \cdot d$ として(3.3-1), (3.3-2)に代入すると, 無次元推力, 無次元駆動トルクは次のようになる。

$$y_t = \frac{t g}{\rho d^5 m^2} = \pi^3 (1-S) (k_n + k_n^2) \tan \phi \left[(1-S) \tan \phi - \left(\frac{V}{\pi d n} \right) \right]$$

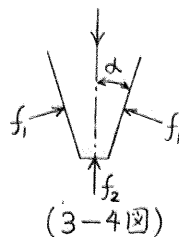
$$y_T = \frac{T g}{\rho d^5 m^2} = \frac{1}{2} \pi^3 (1-S) S (k_n + k_n^2) (1+2k_n+2k_n^2) \tan \phi$$

4. 実験結果及び考察

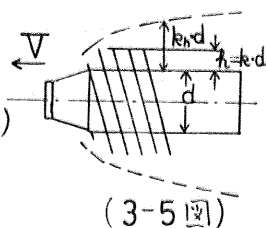
4.1 図から明らかのように, ザラメ雪の方がシマリ雪よりも所要トルクが大きい。この理由として, ザラメ雪ではベースドラム, 5せん刃ともに接雪しているのに対し, シマリ雪では5せん刃のみで接雪しているからである。つまりシマリ雪の方が接雪面積が小さいからである。具体的な数値をあげれば, ザラメ雪では 170 g/cm^2 であるが, シマリ雪では



(3-3 図)



(3-4 図)



(3-5 図)

5°ローターで 280 g/cm^2 , 10°ローターでは実に 620 g/cm^2 にも達する。又摩擦係数は、ザラメ雪では $\mu=0.176 \sim 0.234$, シマリ雪では $\mu=0.1$ である。従ってザラメ雪の方がより大きな降雪面に亘ってより大きな摩擦抵抗を受けることになり、当然所要トルクも増大するものと考えられる。次にザラメ雪の場合、理論値と実測値との間にかんがりの開きが見られるが、これは理論式そのものの適合性というよりはむしろザラメ雪降雪面に形成された水の被膜及び降雪部の摩擦による雪の融解水膜等の生成によって摩擦状態が変化したためと考えられる。

砂の場合、実測値と理論値ではかなりの開きがあるが、これはローター5センチ角が小さいためで、5センチ角が大きくなると開きが縮まることが知られている。この原因として、単位長さ当りに切られた刃数が多いためにより大きな力を必要とすること、亦即ちこれは本実験でも見られたことであるが、地面の変形度合が最も甚しく、従ってまた動力の損失が著しいことも看過できないであろう。

牽引力試験ではザラメ雪(5°ローター; $H=60^\circ$, $\tau=7.0 \times 10^{-2} \text{ kg/cm}^2$, 10°ローター; $H=55^\circ$, $\tau=6 \times 10^{-2} \text{ kg/cm}^2$)に比べ、硬度、剪断力ともに高い値を示すシマリ雪($H=30^\circ$, $\tau=12.5 \times 10^{-2} \text{ kg/cm}^2$)の方がより大きな牽引力を示すことが明らかとなり、又4.3図からもわかるようにシマリ雪では実にマッソ自重の1.5倍以上を軽々と引張るということがわかった。

水中については4.4図からも明らかのように、余り大きな推力を期待することはできなかった。これは(3.3-1)式からも明らかのように、5センチ羽根の高さや5センチ角が小さいため作動する水の運動量が小さかった故と考えられる。又ローターの偏心による振動のため、実測値間のバラツキや理論値との違いに於いてかなりの影響が表われている。

(文献省略)

