

1. まえがき

装軌車両が土の上で沈下を生じながら走行あるいは作業する場合、沈下によって土に關係する走行抵抗が発生する。沈下による走行抵抗は車両の特性によるのはもちろんであるが、それ以上に土の性質に左右されることは周知のとおりである。従来、土に關係する走行抵抗として、排土抵抗と締固め抵抗とが考えられていた。しかし現象をよく觀察していると、車両のクリアランス以下の沈下においては、排土抵抗らしきものは生じていないように見える。一方、締固め抵抗については、土が垂直方向に壓縮されると考えるより、ある方向に壓縮されると考えた方が現実的であろう。本報告は、土のトラフカビリティーを評価するための簡易な平板沈下実験にもとづいて、車両の接地圧と沈下量との關係を一つの双曲線と仮定し、これにもとづいて車両の履帯によって土が壓縮される方向を考慮した締固め仕事の考察から、装軌車両の沈下走行時に生ずる走行抵抗について検討を加えたものである。

2. 走行抵抗の発生機構

後から示すであろう土のトラフカビリティー評価のための簡易な平板沈下実験にもとづいて、履帯下の接地圧 P (kg/cm^2) と沈下量 z (cm) との關係が Fig. 1 に示すように次式で表わせうると仮定しよう。

$$P = \frac{z}{A + Bz} \quad \dots (1)$$

式(1)において、 $z \rightarrow \infty$ のときの P を考えると、この P は土の極限支持力 P_0 を意味し、 $P_0 = 1/B$ と表わせる。また、 $z \rightarrow 0$ のときの dP/dz を考えると、これは曲線の原点における接線勾配 k を意味し、 $k = 1/A$ となる。したがって、式(1)は k と P_0 を用いて次のように表わすことができる。

$$P = \frac{k P_0 z}{P_0 + k z} \quad \dots (2)$$

式(1)(2)は z/P と z との關係でプロットすると直線として表わされる。

履帯下の接地圧として、不連続な三角形分布を仮定し、各転輪下で生ずる平均最大接地圧 P_{mm} が次の關係で表わせうものとする¹⁾。

$$P_{mm} = \frac{1.25 W_t}{z n b \sqrt{d \cdot p}} \quad \dots (3)$$

ここに、 W_t : 車両重量 (kg)、 n : 片側転輪数、 b : 履帯の幅 (cm)、 d : 転輪の直径 (cm)、 p : 履板のピッチ (cm)。

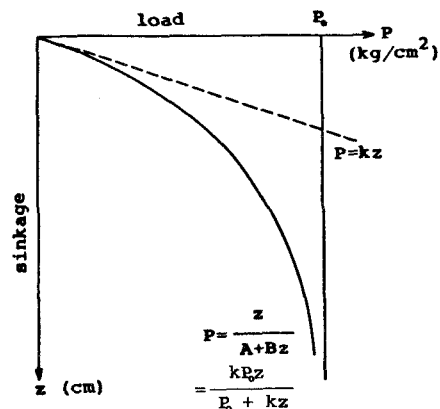


Fig. 1 Schematic relationship between load and sinkage

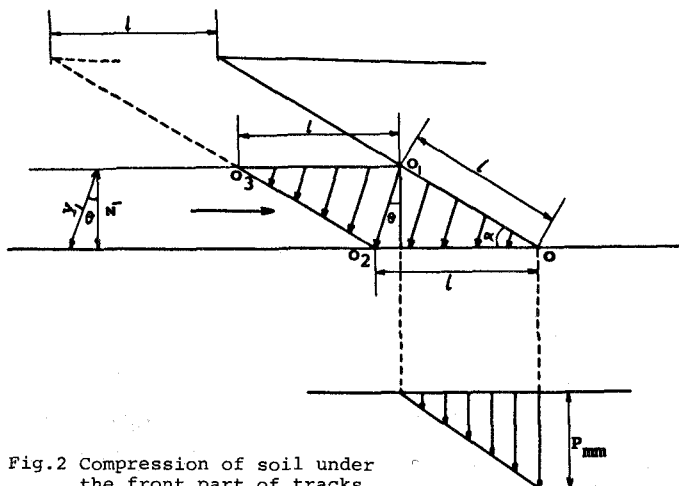


Fig. 2 Compression of soil under the front part of tracks

以上のような仮定のもとに走行抵抗の発生機構について考えてみよう。いま、履帯前面による土の圧縮の形態としてFig.2のようなモデルを考える。すなわち車両が l (cm)だけ前進する間に、履帯接触部 $\overline{O_1}$ は $\overline{O_2}$ へ、また $\overline{O_2}$ 面は $\overline{O_3}$ まで圧縮されるであろう。Fig.2のように車両が l だけ前進する間に土の圧縮のために必要な仕事は、Fig.3に示す土の圧縮に必要な仕事に等しい。Fig.3の微小要素 dl が dy だけ沈下(圧縮)する間の仕事 dW は、

$$dW = 2bPdl \cos\theta = 2bPdl dz \quad \dots (4)$$

車両が l だけ前進する間の土の圧縮のための仕事、すなわちFig.3に示す仕事 W は、

$$W = \int_0^l \int_0^{Z_1} dW = \frac{2bl}{B^2} \left\{ BZ_1 - A \cos\theta \cdot \ln \left(1 + \frac{B}{A \cos\theta} Z_1 \right) \right\} \quad \dots (5)$$

一方、車両が走行抵抗 R (kg)で前進していると、

$$R \cdot l = W \quad \dots (6)$$

したがって

$$R = \frac{2b}{B^2} \left\{ BZ_1 - A \cos\theta \cdot \ln \left(1 + \frac{B}{A \cos\theta} Z_1 \right) \right\} \quad \dots (7)$$

式(7)に

$$\left. \begin{aligned} P_{mm} &= \frac{Z_1}{A \cos\theta + BZ_1} \\ A &= \frac{1}{k} \\ B &= \frac{1}{E} \end{aligned} \right\} \quad \dots (8)$$

を入れると、

$$R = \frac{2b \cos\theta}{k} \frac{P_o^2}{P_o - P_{mm}} \left\{ \frac{P_{mm}}{P_o - P_{mm}} - \ln \frac{P_o}{P_o - P_{mm}} \right\} \quad \dots (9)$$

走行抵抗 R は式(9)のように土の性質と車両の諸元によって表わされることになる。

3. 実験的考察

3.1 実験コース

走行抵抗の実験はよく管理された砂質シルトの5種類の実験コースにおいて行われた。まず各コースについて、土のトラフィカビリティーを評価するための簡易な平板載荷装置(Fig.4)を用いて、コースの k 、 P_o を求めるための沈下実験を行った。用いた平板の大きさは 25×10 cmである。Fig.4に示す装置は小型ドーザの後部にと

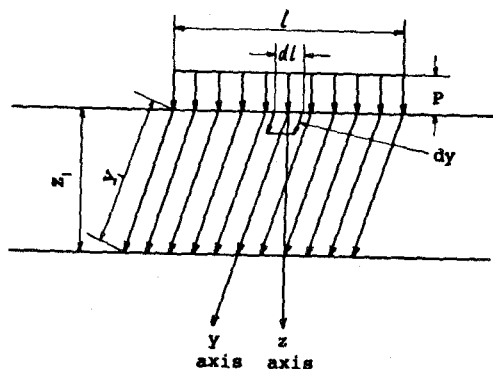


Fig.3 Equivalent soil compression to that under front part of tracks

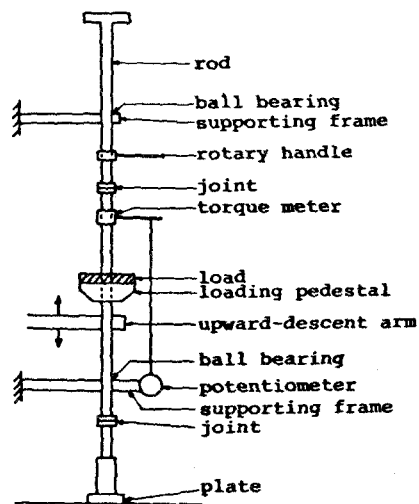


Fig.4 Schematic diagram of the loading test apparatus

りつけて任意地点の測定が可能ようになっている。

測定結果の一例を示したのがFig.5である（コース3、4の例）。結果は z/P と z との関係で示されており、両者はほぼ直線関係にあることがわかる。他の実験コースについても同様な結果が得られている。すなわち実験コースの接地圧と沈下量との関係はすでに示した式(1)、(2)の形で表わせうることがわかる。このような直線関係から各コースの k 、 P_0 の値を知ることができ、求められた値が表-1に示されている。

Table 1 k and P_0		
test course	k (kg/cm^3)	P_0 (kg/cm^2)
1	0.37	4.5
2	0.31	4.3
3	0.22	4.8
4	0.21	3.9
5	0.20	3.3

3.2 走行抵抗測定実験

実験に用いた車両は表-2のような諸元をもつ独立懸架方式の装軌車両である。この車両を先に述べた実験コース上を約4 km/hrの速度で走行させ、その時の車両の駆動軸トルクなどを測定した。測定された軸トルクを力（走行抵抗）に換算し、沈下によって生ずる走行抵抗をも含むすべての走行抵抗を求めた。また、沈下の生じない状態で車両を走行させ、その時の走行抵抗を測定し、両者の差から沈下にもとづく走行抵抗を求めた。

3.3 実験結果と考察

Fig.6は走行後のわだちの沈下量について、車両と土のパラメーターから予測された値(z_i)と実測値(z_{ir} 、 z_{il})とを比較したものである。各コースとも実測値はかなりバラツいてゐる。また、左右の履帯について沈下量の差がみられる。左側の沈下が右のそれより大きい。これらバラツキや左右の差は、十分注意してコースを管理したにもかかわらず、コースに不均性があつたことに原因していると思われる。

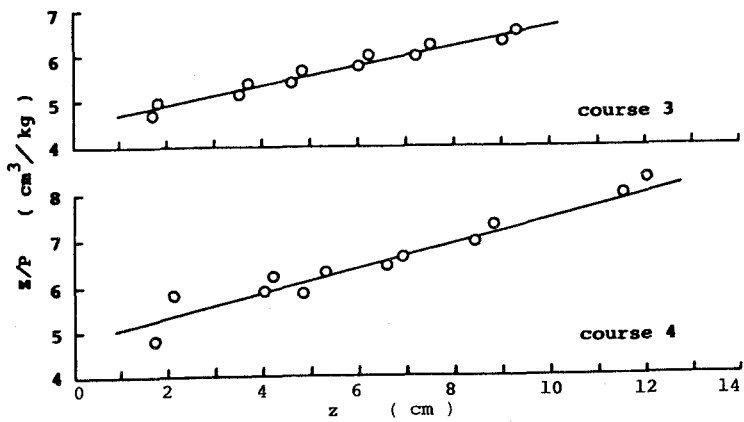


Fig.5 Plots of z/P against z

Table 2 Test vehicle parameters	
vehicle weight (W_t)	7500 kg
length of track in contact with ground(L)	232 cm
track width (b)	25 cm
track pitch (p)	9.5 cm
number of wheel station in one track(n)	5
outer diameter of wheel (d)	47 cm
nominal ground pressure(P_{mean})	0.65 kg/cm^2
approach angle (α)	33 deg.

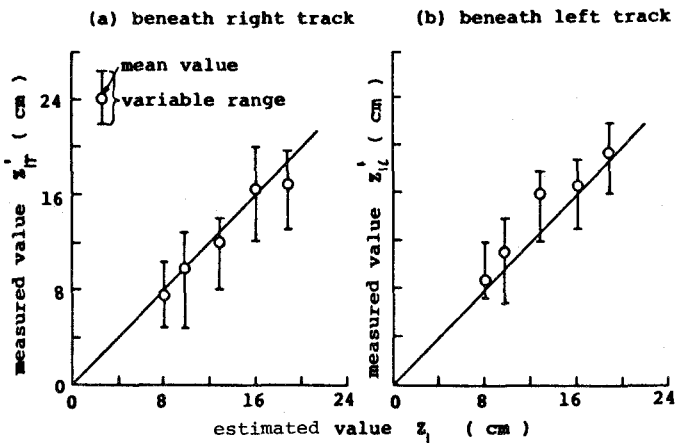


Fig.6 Relationship between estimated and measured rut sinkage

Fig. 7は左右の駆動軸トルクから求められた実測の走行抵抗 R'_r, R'_l と予測された走行抵抗 $R/2$ (両側の走行抵抗が等しいと考え、全走行抵抗の $1/2$ をとった) とを比較したものである。わだちの沈下量測定結果と同様に各コースともバラつきが大きく、また左右履帯下によって走行抵抗に差がみられる。

Fig. 8は車両の沈下によって生じた全走行抵抗の予測値 R と実測値 R' とを比較したものである。各コースとも実測値にはかなりのバラつきがみられる。また走行抵抗の小さいところでは、予測値より実測値の方が大きく、走行抵抗の大きい範囲では逆の傾向を示している。このことは当然のことながら Fig. 7 に示した左右別の走行抵抗についてもいえる。この原因については、接地圧～沈下量関係の仮定の不適によるのか、あるいは走行抵抗の考え方の誤りによるのか、実験精度の向上とともにさらに考察する必要がある。

4. あとがき

履帯下の土の圧縮の仕事にもとづく考察から装軌車両の沈下による走行抵抗について検討してきた。以上に示した考察から走行抵抗の発生機構はほぼ説明しようと思われるが、すでに示したように不明な点も多い。たとえば接地圧と沈下量との関係に関する仮定および両者の関係を求めるための実験装置の妥当性などである。これら土の定数を求めるための検討を加えることおよび走行抵抗の測定実験の精度向上などが重要な問題であろう。

最後に実験にご協力いただいた防衛庁第4研究所の磯部、上田の両氏に感謝する次第である。

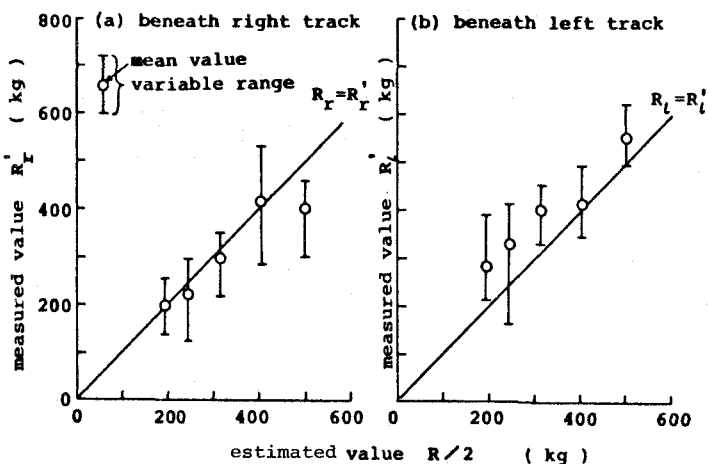


Fig. 7 Relationship between estimated and measured external resistance for both tracks

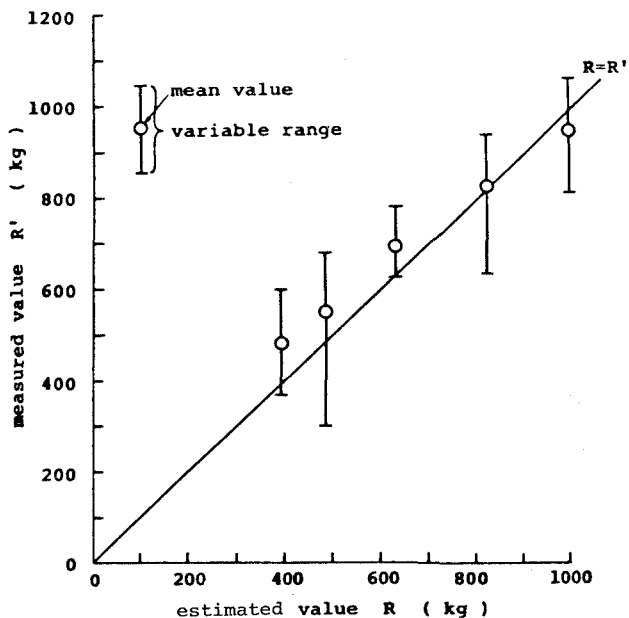


Fig. 8 Relationship between estimated and measured total external resistance

Reference

- 1) D. Rowland ; Tracked vehicle ground pressure and its effect on soft ground performance, Proc. of 4th Int. Conf. on The Mechanics of Soil-Vehicle systems, Vol.1 (1972)