

回転せん断試験装置を用いた装軌車両の簡易推進力推定法について (その2, 実験による検討)

北大工学部 正員○上田正生
防衛庁4研 磯部重光
防衛庁4研 正員 青山 護

1 はじめに

本報告は、報告その1で提案した、簡易推進力推定法の実用性を検証するために、回転せん断試験装置を用いて、基礎的な実験を行い、この方法による予測推進力の値と、実車実験によつて得た実測値とを比較検討したものである。

2 実験地盤の土質

実験は、幅約5m、長さ40mの実験コースにおいて行つた。コースは、ロータリー耕運機によつて、土を一定の深さ(約25cm)まで攪拌し、単位体積重量、含水比とも、常に一定の状態を保つよう心がけた。コース地盤の土の粒度分布は、図1に、又、土の物理的性質は表1に、それぞれ示した通りである。

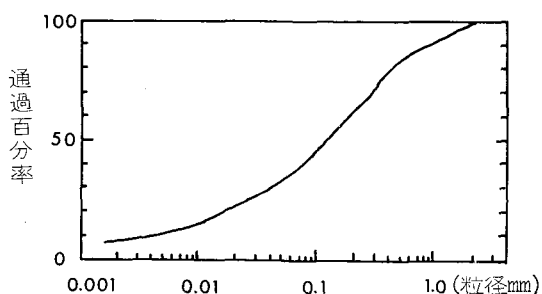


図1 実験コースの土の粒径加積曲線

表1 土の物理的性質

比重	2.74	湿潤密度	1.16g/cm ³
液性限界	90.3%	乾燥密度	0.16g/cm ³
塑性限界	66.8%	含水比	89.4%
塑性指数	23.5%		

3 回転せん断試験装置による実験

3-1 装置の概要と実験手順

推進力を予測するために必要な回転せん断試験装置の概要は、図2に示す通りである。この装置は、携帯用ビバメータとして製作された装置本体に、多少手を加えたものである。この装置のロッドの先(図2

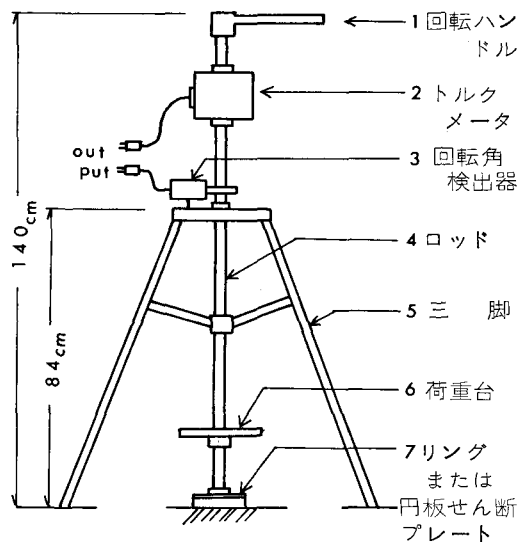


図2 回転せん断試験装置の概要

の7)に取り付けられる、リング型せん断プレートは、内径5cm、外径11cm、歯高4mmであり、円板型せん断プレートは、直径8cmと、10cmの2種類で、歯高は共に8mmである。

実験手順は次のようである。

- (1)荷重台6に荷重(円板の場合は、推進力を求めようとする車両と同じ接地圧に相当する荷重)を載せ、リング、または円板を地表面にセットする。
- (2)リング、または円板の沈下が終了した後、回転ハンドル1によつて、土を回転せん断する。このときの回転角を、回転角検出器3を通して検出し、回転トルクをトルクメータ2を用いて検出する。検出された回転角、及び回転トルクは、xyレコーダーによつて記録する。

3-2 土の変形係数の評価

与えられた地盤のSoil Shear Curveをシュミレートするためには、各シュミレート式で用いられている、変形係数を求めなければならない。

リング型せん断プレートによつて、土を回転せん断し、このとき発生するトルクと回転角の関係を求めた。回転は、約250度まで行い、回転速度は、約10度/秒であつた。(これは、すべり率約11%、実走行速度4 Km/hにおける履帯による土のせん断速度に相当する) 図3は、実験コースで得られた回転角と、せん断トルクの実験曲線である。図には、3種類の接地圧に対する関係を示した。前報の仮定より、図3の回転角 β (radian)は、せん断変位量 $j = \beta R_o$ (この場合 $R_o = 4.5$ cm) に対応し、せん断トルク T は、せん断応力 $\tau = T / [2\pi R (R_o - R_i)]$ に対応する (R_o : リング外半径, R_i : 内半径) から、図3の各曲線は、Soil Shear Curveをも意味している。今回は、これらの曲線をシミュレートするためにJanosi and Hanamoto式を用いた。また、Soil Shear Curveをシミュレートするためには、種々の方法が提案されている。例えばJanosi and Hanamoto式に対しては、正接法、対数法、0.63倍法などがあり、いずれの式にも適用し得る方法として τ/τ_m 法(重ね合せ法)がある。これらの方法には、それぞれ得失があるが、著者らの経験では、 τ/τ_m 法が最も優れているようである。

この方法が、他の方法に比較して優れているのは、他の方法が曲線の一部を用いて変形係数を求めているのに対し、 τ/τ_m 法では、実験曲線を、シミュレート曲線群に重ね合わせることによつて、変形係数を求めるため、シミュレート式が、実験曲線全体をよく表わし得るからであろう。ここでは、 τ/τ_m 法の簡易法によつて、土の変形係数を求め、 $K = 1.5$ を得た。

3-3 円板型せん断プレートによるTRC (Torque Rotation Curve)

円板型せん断プレートによつて得られるTRCは、前報で報告した通り、推進力係数Aを介して、直接、

車両の推進力-すべり率曲線に対応するものであるから、十分正確なTRCを得ることが必要になる。今回は、円板の大きさが、予測推進力の値にどのような影響を与えるかをみるために、直径8 cmと10 cmの、(歯高は共に8 mm) 2種のせん断円板を用いて実験を行つた。円板による土の回転せん断は、回転角約600度まで行い、このときの回転速度は、約10度/秒であつた。図4は、直径8 cmの円板のTRCを、図5は、直径10 cmの円板のTRCを、それぞれ示している。図中の実曲線は、3~4回(各回3点

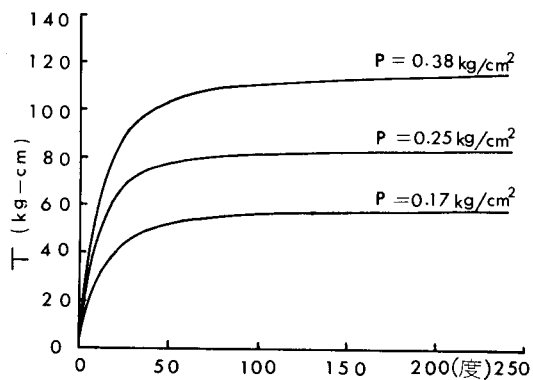


図3 リングの回転角とトルクの関係

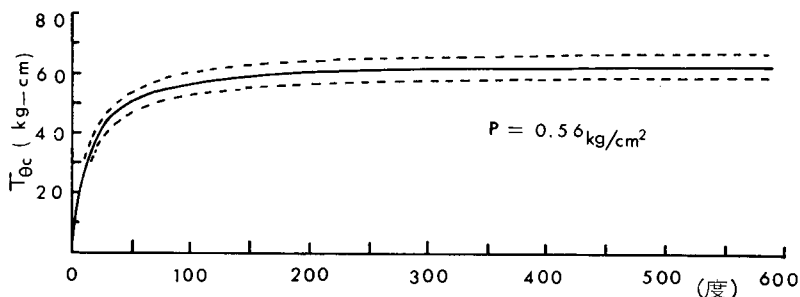


図4 直径8cmの円板によるTorque Rotation Curve

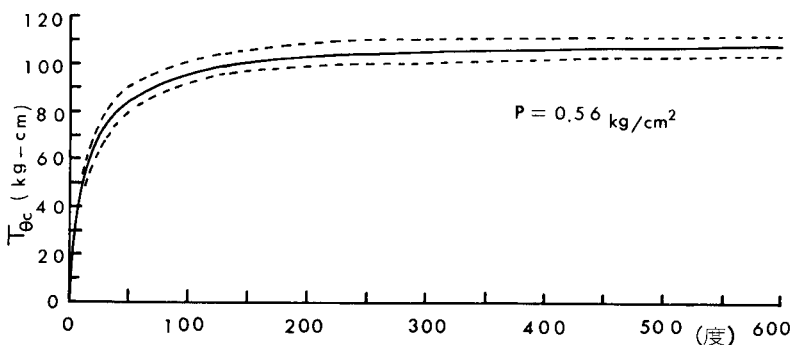


図5 直径10cmの円板によるTorque Rotation Curve

測定)の実験の平均曲線であり、曲線両側の点曲線は、結果のばらつきの範囲を示している。また両円板の接地圧は、実験に用いた車両と同じ接地圧($P_V = 0.56 \text{ Kg/cm}^2$)になるように载荷した。

3-4 推進力係数Aのグラフ

推進力係数Aは、せん断円板の大きさが決れば、予め計算しておくことが可能である。今回の実験では、Soil Shear Curve をシミュレートするのに、Janosi and Hanamoto 式を用いたので、係数Aの計算には、前報の(11)式を用いた。図6には、直径8cmの円板のAの値が、また、図7には、直径10cmの円板のAの値が、変形係数Kをパラメータにしてそれぞれ示されている。これらの図からも分るように、Aの値は、回転せん断角 θ と共に増加しながら一定値に近づいている。これは、車両のすべり率が十分大きな場合には、とりわけ、最大推進力を問題にする場合には、定数を取り得ることを示している。

4 実車による推進力測定実験

実験は、回転せん断実験を実施した処と同一コースで行った。実験に用いた車両の諸元は、表2に示す通りである。また、実験車両に制動を加えるために用いた制動車は、ブレーキ系統に多少手を加えた、重量約3.3トンのD-20型ドーザーショベルである。

表2 実験車両の諸元

重量	履帯幅	接地長	グロースー 高さ	履板 ピッチ
6500 kg	25cm	232 cm	2.0cm	9.5 cm

実験の要領は、図8に示す通りである。即ち、制動車をワイヤーによつて連結し、このときの、制動荷重を種々変化させて、実験車両のすべり率を変動させた。各すべり率のときの、実験車両の推進力は、スプロケットの車軸に取りつけた、スリップリング式のトルクメーターによつて、検出される車軸のト

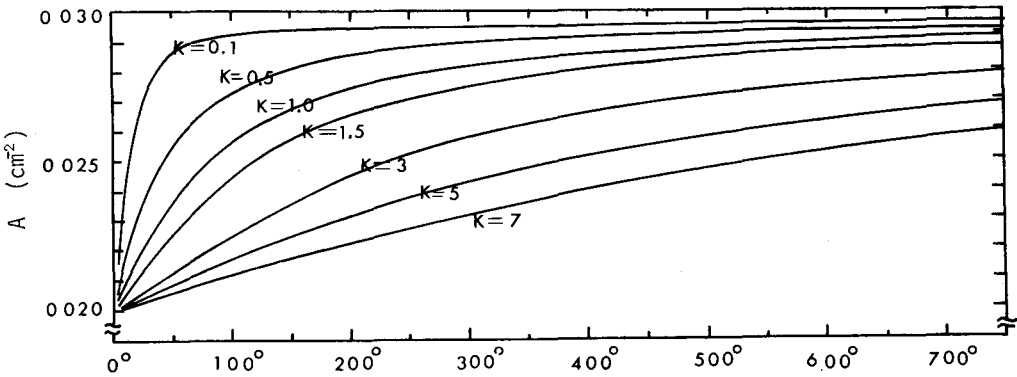


図6 直径8cmの円板の推進力係数A

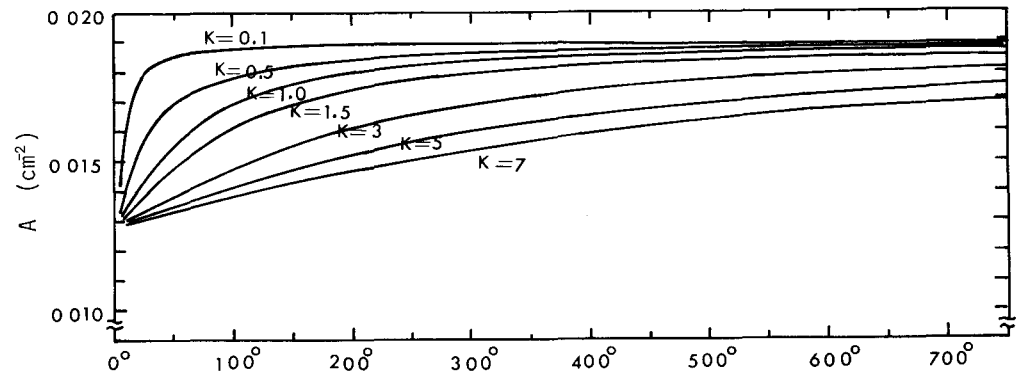


図7 直径10cmの円板の推進力係数A

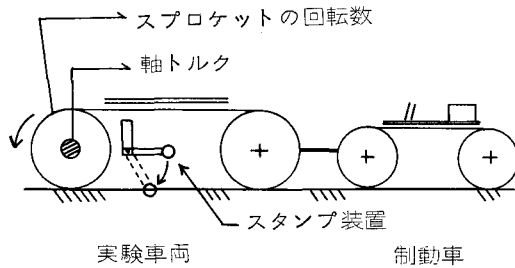


図8 実車実験の要領

ルクを、力に換算して求めた。また、すべり率 i は、車両の実際の走行距離 L_a と、スプロケットの回転数から計算される、理論走行距離 L_t から計算によつて求めた。この実走行距離 L_a は、車両の側面に取りつけた、スタンプ装置によつて印されたコース上の区間を、測定して得た。また、スプロケットの回転数は、電磁式回転計を介して、ユニバーサルカウンタで測定（スタンプ装置のスイッチと連動するようになっている）した。

5 結果とその考察

図9は、計算によつて求めた予測推進力と、実車実験から得た、実測推進力の関係を示したものである。図中の予測曲線 1と2は、それぞれ直径8cmと10cmの円板型せん断プレートによる曲線である。この2つの曲線は、円板の回転せん断トルク $T_{\theta c}$ と、これに対応する推進力係数 A （図6、図7の $K=1.5$ の曲線）とから計算されるまた図中のプロットの点は、

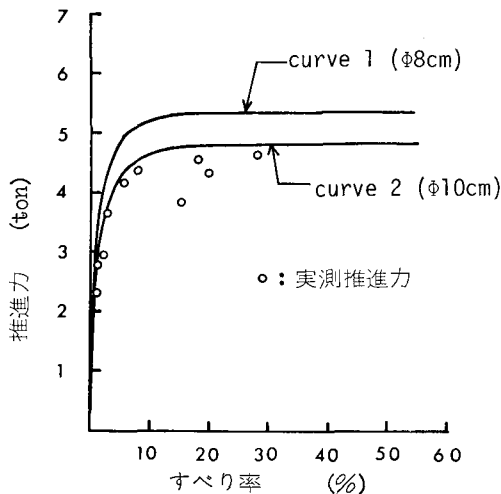


図9 予測推進力と実測推進力の関係

実車実験によつて得られた実測推進力を、車両のすべり率ごとにプロットしたものである。図からも明らかのように、予測曲線1と2は、共に実測値よりも大きな値を示している。このように予測値が実測値よりも大きくなる原因としては、せん断円板側面のせん断抵抗の影響が考えられる。即ち、この方法では、せん断円板の側面のせん断は無視出来るものと仮定しているが、今回の実験に用いたような円板では、側面の影響が無視出来ないからであろう。

また、予測曲線1と2を比較すると、直径8cmの円板の曲線1の方が、全体的に大きな値を示している。これは、両円板の歯の高さが同じであるため、直径の小さい方に、側面せん断の影響が強く表われたためと考えられる。このように予測曲線1と2は、共に実測値より大きな値を与えているが、推進力の全体的な傾向をよく表わしていると言うことが出来る。

5 あとがき

前報で（その1）提案した、装軌車両の推進力の一簡易推定法について、ここに報告した実験の範囲内で、その実用性を確めてきた。

しかし、この方法を、実用に供し得るものと、するためには、更に多くの実験的な検討が必要であると考える。本報告の作成に当り、貴重な御助言を賜つた防衛大土木教室の木暮助教授に心より感謝致します。

参考文献

- 1 M. G. Bekker: Theory of Land Locomotion, The University of Michigan Press (1957)
- 2 M. G. Bekker: Introduction to Terrain-Vehicle System, The University of Michigan Press 1969.
- 3 V. V. Kacigin and V. V. Guskov: The Basis of Tractor Performance Theory, Journal of Terramechanics Vol.5, No.3. (1968)。
- 4 木暮、磯部、上田：装軌車両の推進力に関する一考察, 土木学会第30回年次学術講演会概要, III-162, 1974
- 5 吉田 勲：せん断応力-変位曲線の双曲線表示に関する一考察, 農業機械学会誌 Vol.33, No.2, 1971。
- 6 沢田健吉：トラフイカビリティー (1)、(2) 土木技術資料, 8-4。
- 7 B. M. Willis: Horizontal Shear in Soil Vehicle Mechanics, Technical Report, No.560, L L L, P.21~45. ATAC (1966)。
- 8 G. Komandi: The Determination of Soil Properties from Slip-Pull Curve, Journal of Terramechanics Vol.5, No.2 (1968)。
- 9 Alfred Wislicki: The Influence of Soil Condition on The Performance of A Track-layer operating A Bulldozer, Journal of Terramechanics Vol.6, No.2. (1969)。