

防衛大学校 正員 木暮敬二
防衛庁 4 研 磯部重光
防衛庁 4 研 正員 上田正生

1. まえがき

ブルドーザなどの装軌車両が発揮する推進力 (Soil Thrust) は履帯下の土のせん断に起因すると考えられる。土質力学的な観点からみれば、推進力は車両の前進に寄与することのできる土の能力といえよう。したがって、車両の発揮する推進力は車両自身の性能・諸元とともに、土の性質によって大きく左右される。そのためある地盤上で作業し、走行するとき、車両の発揮する推進力を予測するには、何らかの方法による土質試験から求められた土質定数を用いなければならない。このとき問題となる事項の一つに土質試験と車両の履帯との大きさの差がある。本報告は小型の模型履帯による土のせん断から得られるせん断曲線 (せん断力～変位曲線) と実際の車両の履帯によるすべり曲線 (推進力～すべり率曲線) との相関性について考察し、土質試験 (小型模型履帯による土のせん断) と履帯の大きさの差を考慮した推進力の一予測法を提案し、さらに実験的にこれを確かめた。

2. 推進力予測のためのモデル

推進力の予測にあたって次のような 2, 3 のモデル化を行なう。

(i) 装軌車両が荷重をけん引しながら走行するときの進行方向の接地圧分布は接地距離 x の関数として次式で表わす (図-1 参照)。

$$p(x) = \frac{P_m}{L} x = \frac{W}{BL^2} x \quad \dots\dots\dots (1)$$

W は車両重量 (kg)。 B は履帯幅 (cm)。 L は接地長 (cm)。

(ii) 小型模型履帯によるせん断曲線と車両のすべり曲線は各々図-2 (a)、(b) のように表わされ、次式で与えられる。

$$S = S_m \left\{ 1 - \exp\left(-\frac{j}{K}\right) \right\} \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$T = T_m \left\{ 1 - \exp\left(-\frac{i}{K_t}\right) \right\} \quad \dots\dots\dots (3)$$

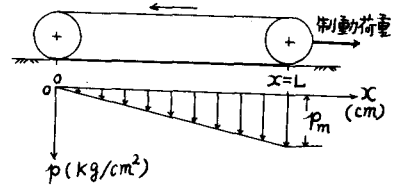


図-1

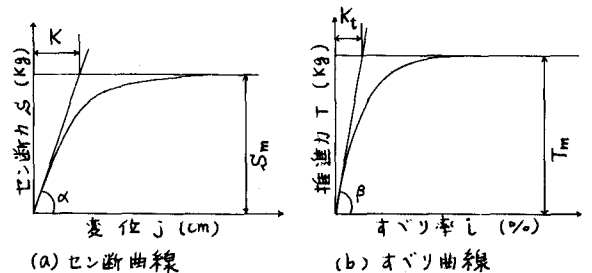


図-2

K, K_t はせん断曲線およびすべり曲線の形を表わす

変形係数、なお $S_m = A(c + p_t \tan \phi)$ であり、 A は履帯のせん断面積、 c は粘着力、 ϕ は内部摩擦角、 p_t は垂直圧である。(iii) 履帯下の土のすべり量 (変位) は $j = iL$ で表わす。(iv) 履帯下の土のせん断はグロース先端部に沿う平面で発生する。

3. セン断曲線とすべり曲線との相関性にもとづく推進力の予測

以上の仮定にもとづいて両曲線間の相関性を検討することによって、両曲線の原点での接線こう配の比 $\tan \beta / \tan \alpha$ 、最大推進力 T_m 、変形係数 K, K_t の関係は次のように表わすことができる。

$$\frac{\tan \beta}{\tan \alpha} = \frac{BL^2 (3c + 2p_m \tan \phi)}{3A(c + p_t \tan \phi)} \quad \dots\dots\dots (4)$$

$$T_m = 2BCL \left(1 - \frac{K}{L}\right) + BE(L^2 - 2K^2) \quad \dots\dots\dots (5)$$

$$K_t = \frac{3K \left\{ 2cL \left(1 - \frac{K}{L}\right) + E(L^2 - 2K^2) \right\}}{L^2 (3c + 2EL)} \quad \dots\dots\dots (6) \quad \text{ただし } E = \frac{P_m}{L} \tan \phi$$

したがって模型履板によるセン断試験から得られた c, ϕ, K を用いて T_m, K_t を式(5)、(6)によって求め、これを式(3)に用いることによって推定する推進力とすべり率の関係を予測することができよう。

4. 実験的考察

実車による推進力実験は野外の実験コースにおいて行った。実験コースの土の物理的性質、実験車両の諸元は

表-1	
比重	2.77
液性限界	64.2 %
塑性限界	25.8 %
含水比	21.4 %
湿潤密度	1.46 kg/cm^3
分類	シルト質砂

表-2	
車両重量	7500 kg
接地長	232 cm
履帯幅	25 cm
平均接地圧	0.65 kg/cm^2

表-1, 2に示した。先づコースの土について図-3に模式的に示した模型履板(長さ20cm、幅10cm)によってセン断試験を実施した。この結果を示したのが図-4である。図-4の鎖線は K の値の変化によるセン断曲線を示し、実線の範囲は得られたセン断曲線の変動を表わしている。これより土のセン断曲線の K として、 $K \approx 3.6$ を得ることができる。また、模型履板に加えた垂直圧とセン断力との関係から、 $c = 0.065 \text{ kg}/\text{cm}^2$ 、 $\phi = 22^\circ 20'$ を得ることができた。

実車による推進力測定実験は図-5に示す要領によった。実験車に制動車をワイヤーによって連結し、制動荷重を種々に変化させることによって実験車のすべり率を種々変化させた。測定項目は軸トルク、制動荷重、スプロケット回転数、車速などである。推進力は軸トルクを力に換算して求めた。図-7に車両のすべり率と推進力との関係を示した。図中の実曲線は模型履板によるセン断実験から求められた c, ϕ, K を用いて、3で述べた方法によって予測したすべり曲線である。また、プロットした点は各実車実験から得られたすべり率と推進力の関係を示している。実車によって求められた結果にはかなりの変動がみられるがすべり率と推進力との関係はほぼ予測曲線によって表わせうと思われる。また、すべり曲線の原点での立ち上がりはセン断曲線より大きいことがわかる。

5. あとがき

土と車両の間の複雑な挙動を簡単なモデルにおきかえ、それにもとづいて推進力の推定の一方法を提案し、これの妥当性を本報告に示した実験の範囲内で確かめできた。この種の向題については、さらに現象を正確に把握するとともに多くの実験的な検討が必要と思われる。また、推進力に対する走行抵抗(土に關係する)についても考察することが土と車両の間の相互挙動の解明にとって重要であらう。

参考文献

- 1) G. Komanbi : The determination of Soil properties from slip-pull curve, Jour. of Terramechanics, vol. 5, No. 2 (68)
- 2) K. Kogure : A study on Soil Thrust due to Tracked Vehicle, Memoirs of Defense Academy.

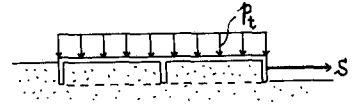


図-3

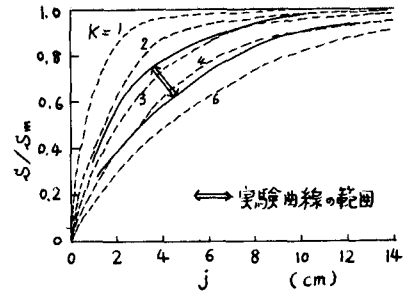


図-4

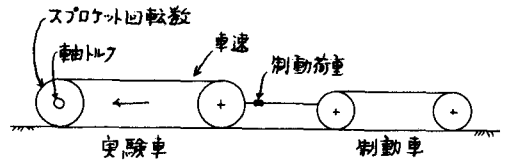


図-5

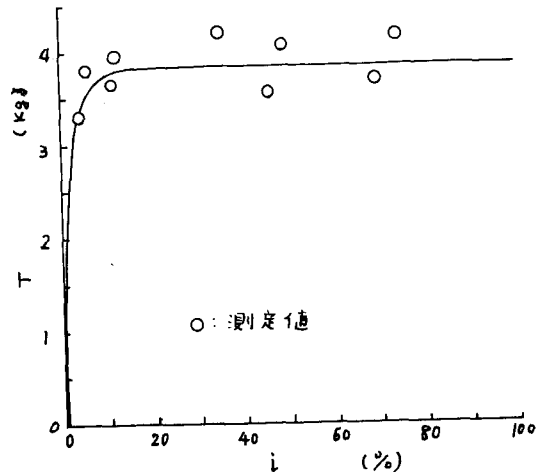


図-6