

土と装軌車両の相互作用に関する一考察

防衛大学校（正） 木暮敬二（学） ○森山直樹

1. はじめに

土の上を走行する装軌車両が発揮する推進力と走行を阻害する走行抵抗は、土の性質に大きく左右される。そのため、土の性質に関係する推進力と走行抵抗の発生機構の解明は、装軌車両の走行性と作業性を解析するうえで必要である¹⁾²⁾。本研究は、装軌車両が異なる地盤（シルト質粘土、砂）上を水平走行する場合、推進力、走行抵抗、損失エネルギー、エネルギー効率等が地盤によりどのように変化するのか実験的に考察したものである。

2. 土と走行装置の相互関係

図-1は、水平走行している走行装置の作用力を模式的に示したものである。車両の駆動力 $2F_1$ は、履帯底面での土のせん断力 $2F_{b0}$ 、履帯側面での土のせん断力 $4F_{bs}$ 、履帯の回転抵抗 $2F_r$ の合計であるので次のように表される。

$$2F_1 = 2F_{b0} + 4F_{bs} + 2F_r \quad (1)$$

一方、履帯による土のせん断力の反力である推進力 T は $2F_{b0} + 4F_{bs}$ であり、走行抵抗 R は、沈下抵抗 $2F_c$ 、排土抵抗 $2F_b$ 、および付着抵抗 $4F_a$ の合計である。したがって、装軌車両が外部に対して有効に発揮するけん引力 F_0 は、次のように表される。

$$F_0 = (2F_{b0} + 4F_{bs}) - (2F_c + 2F_b + 4F_a) \quad (2)$$

3. 実験方法

図-2は、実験装置の概略を示したものであり、使用した車両の諸元は、表-1

表-1 車両諸元

車両重量	W	7500 kg
接地長	L	232 cm
履帯幅	B	25 cm
クローラー高	H	8 cm
転輪数	N	5 個
履帯ピッチ	p	9.5 cm
平均接地圧	P	0.11 kgf/cm ²

表-2 土のパラメーター

	シルト質粘土(Type 1)	砂(Type 2)
c (kgf/cm ²)	0.08	0.02
φ (deg.)	18.0	22.0
τ (kgf/cm ²)	0.2	0.1
K	4.0	6.0
K _c	5.4	5.4
K _φ	0.04	0.42
n	1.0	0.90

の通りである。今回対象とした地盤は、シルト質粘土 (Type 1) と砂 (Type 2) の2種類であり、土のパラメーターは表-2の通りである。実験車両の走行を制動車によって制動し、すべり率*i*を変化させ、推進力

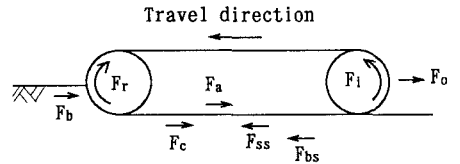


図-1 走行装置の作用力

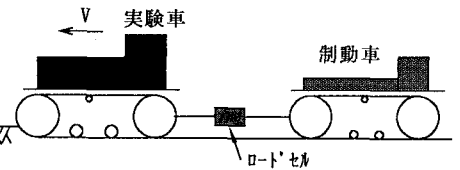


図-2 実験装置の概略

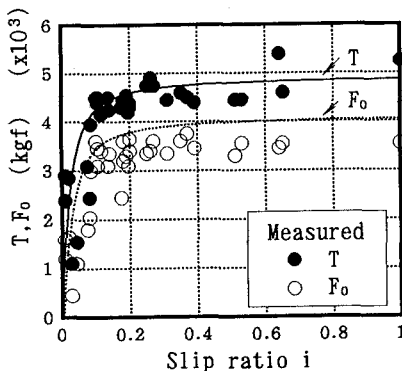


図-3 推進力とすべり率の関係(Type 1)

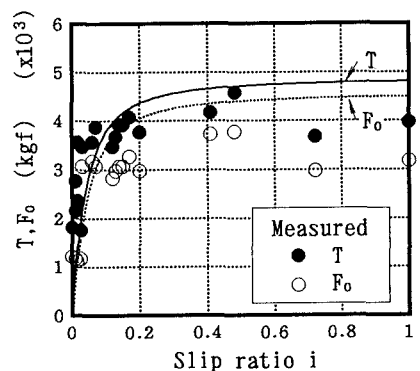


図-4 推進力とすべり率の関係(Type 2)

とけん引力を測定した、装軌車両の履帯回転速度 V_t は、111m/secである。

4. 解析結果と実験による考察

図-3は、Type 1の地盤でのすべり率 i と推進力、けん引力の関係を示したものである。図中の実線と点線は、土質パラメーターと各作用力推定法²⁾から求めた T 、 F_0 の解析結果である。推進力は、解析結果と実験結果は良い一致を示している。しかし、けん引力は、解析結果より実験結果は小さくなっている。このことは、発生する走行抵抗を過小評価しているためと考えられる。図-4は、Type 2地盤の場合について示したものである。この場合についても、同様のことが言える。両者を比較すると、推進力はほぼ同じ力を発揮している。しかし、発揮しているけん引力は、Type 1の方が小さくなっている。図-5は、 i に対する走行抵抗の関係（実験結果）を示している。測定値は、 F_c 、 F_b 、 F_a を分離して求めることができないので、 $R=F_c+F_b+F_a$ として示している。地盤の不均一性のため、測定値にバラつきがあるものの、Type 1の方が大きい値を示している。図-6は、 i に対する単位時間損失エネルギーの関係を示している。図中の実線と点線は、Type 1とType 2の解析結果である。解析結果と実験結果は、Type 1, 2の両者とも、定性的な傾向は一致するものの、定量的には一致していない。これらの結果から、発生する走行抵抗は、砂質土より粘性土のほうが大きいことが分かる。このことは、沈下により発生する沈下抵抗と排土抵抗、および土の付着応力による付着抵抗が大きくなるためであると考えられる。図-7は、 i に対するエネルギー効率を示している。Type 1とType 2の間に、最適すべり率 i はほぼ同じであるが、エネルギー効率はType 2のほうがわずかながら増加している。

5. おわりに

発生する走行抵抗は、砂質土と粘性土の間に明瞭な差が認められる。しかし、土の性質と走行抵抗の関係には、不明な点が多い。今後、①土と車両の沈下特性の関係、②沈下量と沈下抵抗、排土抵抗の関係、③土と付着抵抗の関係をふまえた走行抵抗の発生機構の解明が必要である。

6. 参考文献

- 1) 木暮ら：土とクローラー式トラクターの相互作用におけるエネルギー解析の考え方、土と基礎、Vol.38, pp13～19, 1990.
- 2) 森山, 木暮, 正垣：土と装軌車両の相互作用に関する研究, 第20回土木学会関東支部技術研究発表会講演概要集, pp252～253, 1993.

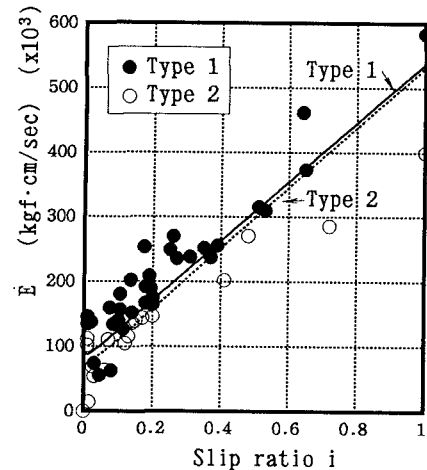
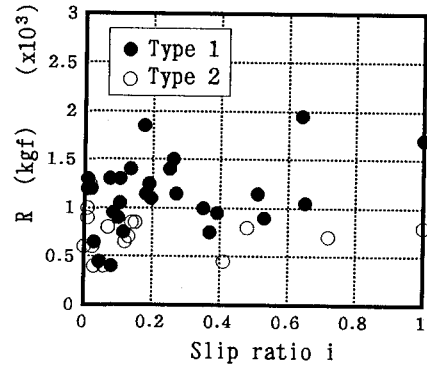


図6 単位時間損失エネルギーとすべり率の関係

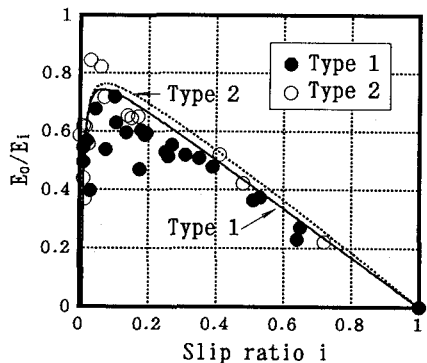


図7 エネルギー効率とすべり率の関係