

防行技術研究本部・才4研究所 正員

杉山 昇

防行技術研究本部・才4研究所 正員 工修 ○ 志方俊之

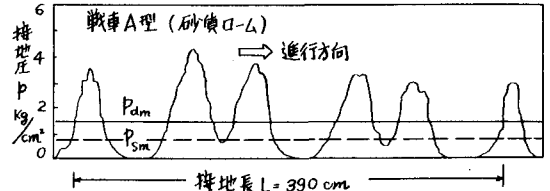
1. 緒言

装軌車両の路外走行性に関する研究は軍事的な要求から当初米国において発展し、我国では戦後における急速な建設の機械化と歩調を合わせて、主として建設省、農林省の研究機関および大学の研究室において着実にすすめられてきた。著者らは戦車がつ路外における高速自走性と一般の建設機械がつ高作業性とともに具備した軍用土木機械を開発する立場から、多くの示唆に富むこれらの研究に基づいて、つぎに示す二つの方向から履帯の性能向上に関する研究に着手した。すなわち、才一は高速走行時に履帯が受ける外力の評価とそれによる履板内部の応力解析など、主として車両工学的な立場からのものである。才二は履帯によつて地盤が変形されるとき、履帯が土から受ける反力の解析、すなわち、牽引力と走行抵抗の評価に関する土質工学的な問題である。本報告においては後者の問題に属する研究の才一歩として、履板の沈下に関する実験の結果を示し、それによって明らかにされた2,3の問題点を指摘する。

2. 履板の沈下を支配する各種の要因

路外走行車両の性能は車両の走行抵抗の主要な原因となる沈下量の大小にかかっているといえるが、荷重の大きさ・載荷速度・荷重を受ける部分の形状寸法・地盤を構成する土の力学的性質などによつて沈下の挙動が異なるため、まず装軌車両が走行する場合にこれらの要因がいかなる状態にあるかを検討する必要がある。

走行する装軌車両の直下の地盤が受ける荷重は動的なものであり、平均接地圧 P_{sm} をはるかに越えたものであることは、すでに多くの研究者によって指摘されているところである。図一



図一 走行時の接地圧

1は著者らが行った実験の一例を示すもので (P_{dm} : 動荷重の平均)、実験方法には未だかなりの問題点を残しているが、およそつぎのことが指摘される。すなわち、車両の荷重は転輪を基に履帯に伝達されるが、それは転輪直下の履板に集中しており、転輪と転輪の間に位置する履板はほとんど荷重を受けていないことが推測される。したがって、まず予備的に静的沈下の実験を行なうにしてもその荷重は平均接地圧の数倍の範囲を包含していなければならないことがわかる。また、この種の実験ではいわゆる Size effect が顕著であり、しかもその定量的な評価が十分ではないから、できるかぎり実物大での実験を行なうことが必要である。つぎに、地盤支持力の大小によって、荷重と沈下との関係は全剪断破壊を起すようなものといわゆる進行性破壊に相当するものがあり、土工作時や路外走行時における履板の沈下は一般に後者の場合が多いと考えられている。しかしながら、すでに沈下した後の車両の走行を考えるとときには必ずしも後者の状態であると断言できないようである。また、このような沈下の挙動は土の種類・含水比および二ねがえしの程度などによって、広い範囲に変化するから、基本的な現象の解明を行なうためには一部の要因を固定して単純化する必要がある。

3. 実験装置および方法

上に示した諸点を考慮して、著者らは広範囲な荷重強度の下における実物履板と実物大の平板とを用いて沉下実験を行ない、含水比をほぼ一定に管理した地盤における沉下の挙動を検討した。実験装置および方法、実験に用いた履板については別報に述べられているので本文では省略する。図-2は沉下実験を行なった砂質ローム土槽の締固め状態を示すもので、実験の走行テストコースに近い状態になるよう努めた。

4. 実験結果と考察

本実験は動的沉下を説明する準備的な段階として行なう。静的荷重状態におけるものがあるが、静的沉下にも単に垂直荷重をかけた場合の沉下 (Static sinkage) と、さらに水平方向にこれを牽引した場合の沉下 (Slip sinkage) とがある。系統的な多くの実験によって M. G. Bekker が展開した理論は、現在各方面で批判されているが、車両と土質の力学の性質とを関連づける数少ない研究の一つであるから、ここでは実験結果とこの理論とを対比として整理し、問題点の解明を行なうことにした。

(1) Static sinkage: 図-3に示すように、幅 b (履帯の幅に相当する) 長さ l (履帯のピッチに相当する) の平板に荷重 W を加えたとき、沉下量 z_s と接地圧との関係は次式で表わされる。

$$z_s^n = \frac{1}{k_s} p \quad \dots\dots\dots (1), \quad k_s = \frac{k_c}{l} + k_\phi \quad \dots\dots\dots (2)$$

ここに、 z_s : 沉下量 (Static sinkage) (cm), $p = (W/b \cdot l)$: 接地圧 (kg/cm^2), l : 平板の長さ (cm), k_s : Modulus of soil deformation, k_ϕ, k_c, n : 定数である。

まず、 $b = 45 \text{ cm}$, $l = 30 \text{ cm}$ の平板と $b = 45 \text{ cm}$, $l = 15 \text{ cm}$ の平板によって沉下実験を行ない、各地盤の土質に対する k_ϕ, k_c, n の値を求めたのち、グローサーを持つ同寸の模型履板と実物履板とについて同様の実験を行ない、履板の形状・材質・グローサーの有無およびそのパターンによって、 k_s, n の値がどのような影響を受けるかを調べる。

図-4, 5, 6 は砂、砂質ローム、粘土 (関東ローム) 地盤における平板の沉下-荷重の関係を示すものである。この実験値から (1) 式における各定数を計算すると表-1 のようになる。また、同寸模型履板、実物履板の場合にも含水比が同じであれば、 k_ϕ, k_c, n が平板の場合と同じ値であるとすれば、 k_s の値はそれぞれの l の値について (2) 式から計算され、表-2 のようになる。

図-7 ~ 10 は砂、砂質ロームにおける同寸模型履板と実物履板の実験値をプロットしたものである (図中、R: ゴム製履板, RP: ゴムパット付履板, S: 鋸製履板を示す)。図中の実線は表-2 に示した値を用いて (1) 式を示したもので、実線は実験値の傾向と (1) 式の形で表わしたものであり、

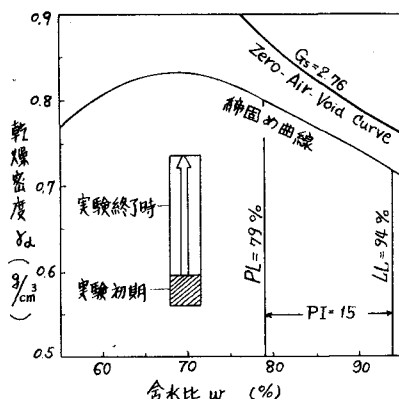


図-2 地盤の締固め状態

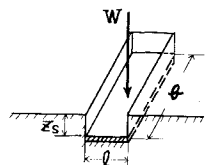


図-3 記号説明

	砂	砂質ローム	粘土
k_ϕ	0.42	0.26	0.12
k_c	6.6	0.45	2.1
k_s ($l=30$)	0.64	0.27	0.19
n	1.2	0.97	0.79

表-1 実験から得た定数

この両者を比較することによって、およそ下記のようになることが推論される。

(i) 砂地盤では、砂質ローム地盤と比較して実験初期の地盤支持力を一定に管理することが困難であるため、実験値のばらつきが大きい。また、実物履板では載荷の条件が平板の場合と若干異なるため現下量とのものの比較はできない。しかしながら、実寸模型履板の場合と実物履板の場合も指数 n の値は平板のそれとほぼ同一の値であることがわかる。つぎに、図-8 においてゴム履板および

	履板枚数	l	b	砂		砂質ローム	
				k_s	n	k_s	n
実物履板	同寸模型履板	2	30	45	0.64	1.2	0.97
	戦車A型	3	46	58	0.56		
	戦車B型	3	45	50	0.57		
	戦車C型	3	46	53	0.56		
	戦車F型	3	42	41	0.58		
	D-ザ-D型	2	40	56	0.59		
	D-ザ-E型	2	38	86	0.60		

表-2 定数の計算値

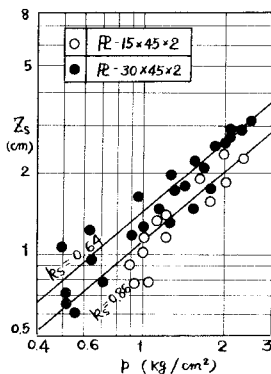


図-4 砂 (平板)

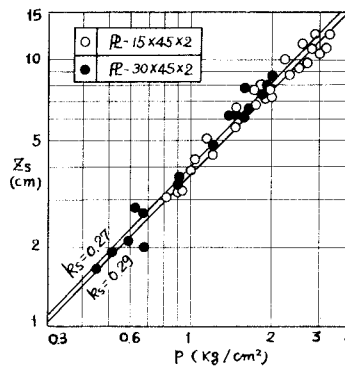


図-5 砂質ローム (平板)

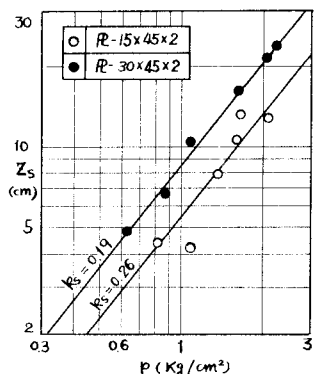


図-6 粘土 (平板)

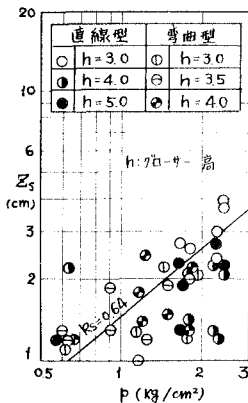


図-7 砂 (同寸模型履板)

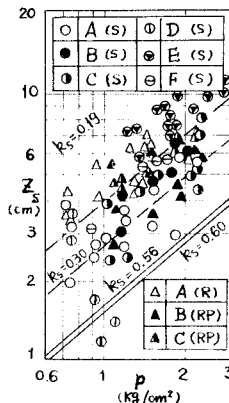


図-8 砂 (実物履板)

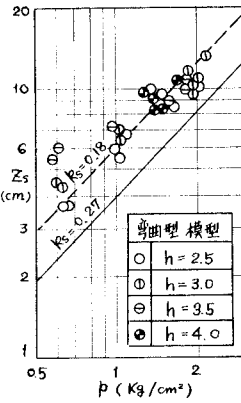


図-9 砂質ローム (同寸模型履板)

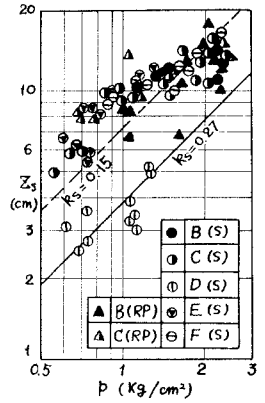


図-10 砂質ローム (実物履板)

ゴムパット付履板と鉄履板の現下量とを比較すると (E(S) 三角履板と除く)、前者の方がやや大きいことがわかる。これは、摩擦係数が相異なる影響と考えられるが、前者の場合には履板底部の四角が少なく、現下の際に砂が側方へ逃げる現象があるためと思われる。

(iii) 砂質ローム地盤では実験値のばらつきは比較的小さく、砂の場合のようなゴム履板と鉄履板との差は見られない。砂質ロームの場合にも、実物履板では載荷の条件が平板の場合と異なるため現下量

そのものの比較はできないが、図-9において同一模型履板と平板の沈下量とを比較すると前者の方がやや大きい。これから、グロウサーにはある程度沈下を増大させる効果があることが推測できる。

iii) 図-8, 10にはE型三角履板の実験値がプロットされているが、他の履板とほぼ同様な傾向を示しており、三角履板の沈下も平板の沈下に用いた(1)式の形で表わし得ることがわかる。

(2) Slip sinkage: 垂直荷重 W によって履板が Z_s だけ沈下し終ったとき、これを水平方向に H の力で牽引すると、履板は水平方向に滑りつつさらに沈下する。このときの沈下量 Z_j を slip sinkage と呼んでいる。いま滑り出した履板直下の地盤支持力を W_0 とすると、Slip sinkage は(3)式のように表わされる。

$$\frac{Z_j}{j} = \frac{W - W_0}{H} = \frac{W}{H} \left(1 - \frac{W_0}{W}\right) \dots (3), \quad W_0 = p_0 \cdot B \dots (4)$$

ここに、 j : 滑り量 (cm), p_0 : 単位面積当りの地盤支持力 (Kg/cm^2) である。図-11は各種の W, H について牽引力が最大となったときの Z_j と j とを測定した着者の実験結果を示すもので、この範囲では履板によって Z_j/j が一定となる傾向が見られるが、これだけでははっきりしなことがいえない。ここで最も問題となるのは、(4)式における支持力 p_0 の評価である。Bekker は Terzaghi の支持力公式から、前所剪断破壊に対しては次式のようにして p_0 を求めようとしている。

$$p_0 = \frac{2}{3} c N'_c + \frac{1}{2} \gamma \phi N'_\phi + \gamma (Z_s + Z_j) N'_\gamma \dots (5)$$

ここに、 c : 粘着力 (Kg/cm^2), N'_c, N'_ϕ, N'_γ : 支持力係数, γ : 土の単位体積重量 (Kg/cm^3) である。本実験で用いた砂質ローム地盤 ($c=0.2, \phi=23^\circ$) では、実験より γ は $Z = Z_s + Z_j$ によって図-12のように与えられるから、(5)式から Z_j を計算すると図-13に示す実線のようなになる。図-13では、実際には $p < p_0$ であるにもかかわらず沈下が大きく、Slip sinkage はどちらかといえばむしろ(1)式で表わされるような沈下の挙動を示しており、その方が安全側に沈下量を評価できると考えられる。

5. 結 言

本報告では、Static sinkage について平板の沈下と実物履板の沈下とを比較し、Slip sinkage については支持力 p_0 の評価に関する問題をあげておいた。今後は実験の精度を高めるとともに、最も問題となる粘土地盤について実験を行なう予定である。

最後に、有益な助言を賜った防衛大学校・大平正徳教授ならびに終始共に実験を行なった吉田徳栄君に厚く感謝の意を表す。次である。

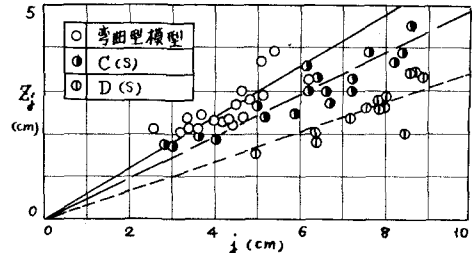


図-11 Z_j と j との関係

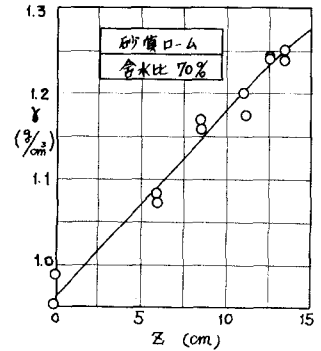


図-12 Z_j と Z との関係

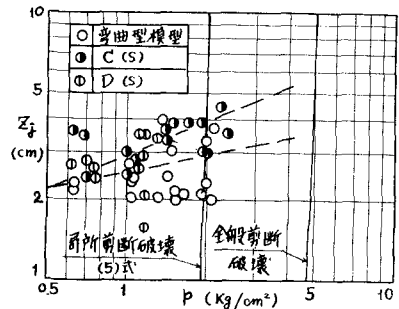


図-13 Z_j と p との関係