

以内であるので温度変化の影響は無視した。

最後に有益な御指示を戴いた東京大学最上教授並びに多忙な公務のかたわら数多くの面倒な実験、計算を手伝つて戴いた中四地建材科試験室和気功、内山勇両君に厚く感謝する次第である。

参 考 文 献

- 1) 土木学会誌 36-8, p.29
- 2) D.W. Taylor; *Fundamentals of Soil Mechanics* p.116
- 3) 最上武雄: *土質力学* p.65 (昭.27.9.3)

U.D.C. 624.131.439.2:629.114.2.012.57

トラクタの履帯に関する研究

正 員 工学博士 村 山 朔 郎*
准 員 昌 昭 治 郎**

STUDY ON THE TRACK OF THE CRAWLER TRACTOR

(JSCE Feb. 1953)

Dr. Eng., Sakurō Murayama, C.E. Member Shōjirō Hata, C. E. Assoc. Member

Synopsis In order to make clear the relations between soil and the track-shoe of the crawler tractor, especially between the adhesion coefficient and the shape of the track-shoe. We made the fundamental experiments with several kinds of soils and various models.

要旨 本文はトラクタの履帯と土、特に履帯の形状と粘着係数との関係を明らかにするために、数種の土について模型を用いて行つた基礎実験を記したものである。

1. 緒 言

近時トラクタにおいて装軌式走行装置の進出が目ざましいが、なお装軌式すなわち無限軌道履帯の占める地位は非常に大きい。その理由としては接地面積大なるゆえ接地圧小にて牽引力大であり、軟弱地帯及び不齊地の通行に際し走行抵抗少なく、また小半径で転回し得ることなどが挙げられる。これに対し履帯は走行装置としての耐用年限が短かいこと、全車重に対して占める重量比がいちじるしく大であること、内部抵抗大なるゆえ履率の低いこと、また路面をいため走行時騒音の大なることなどの欠点がある。

かような装軌式走行装置の特長についてはなお改良の余地があるが、これに関する従来の研究は主として機構的なものが多く、履帯設計製作上最も根本的な事項の一つである対地性能に関してはあまり見当らない。ここでは履帯の粘着係数に及ぼす履帯突起の形状、寸法、土の性質、接地圧、走行速度等の影響を求め、よつて粘着係数大にして走行抵抗のなるべく小さい最も効率のよい履帯の条件を見出すことを目標とした。

2. 研究方法と実験装置

実物履帯をもつて実験を行うのが本筋ではあるが、

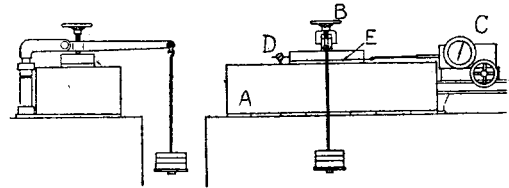
* 京都大学教授 工学部土木工学教室

** 京都大学大学院研究奨学生 " "

大規模な実験設備を要する上に個々の実験を同一条件のもとで行うことが困難であり、統一的な結果を得がたい。ゆえにまず形状を簡単化した種々の履帯模型を用いて室内実験を行い各種因子の影響をしらべた。後に実物実験と比較検討する予定である。

実験装置は図-1のごとく砂箱、載荷装置、粘着抵

図-1 実験装置



註: A:砂箱, B:載荷装置, C:粘着抵抗測定装置
D:ダイヤルゲージ, E:履帯模型

抗測定装置および滑り量測定用ダイヤルゲージよりなる。砂箱は長さ 800, 巾 300, 深さ 200 mm の木箱、載荷装置は図のようにレバーにて拡大して荷重を加えるもので、荷重範囲 40~130 kg の際に用い、それ以下においては履帯模型上に直接載荷した。粘着抵抗測定装置としては鉄道省型小型土質剪断抵抗試験機(容量 100 kg)を改造して用いた。履帯模型は木製板に鉄製歯を埋め込んだものでその形状寸法を図-2に示す。実験に使用した土は豊浦標準砂、乾燥自然土及び湿潤自然土でその剪断試験の結果は表-1のとおりである。土をできるだけ一様につめるため、豊浦標準砂及び乾燥自然土は一定の高さから撒布し、湿潤自然土については各実験ごとに上半分の土を入れかえて含水

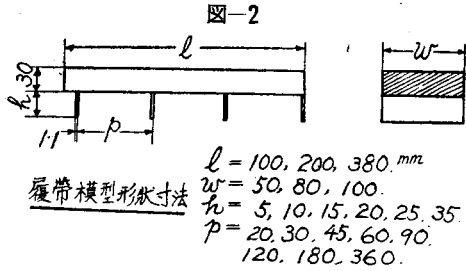


表-1

使用土	凝集力(kg/cm ²)	内部摩擦角(度)
豊浦標準砂	0	37
乾燥自然土(気乾ローム)	0	40
湿潤自然土(ローム, 含水比15.1%)	0.07	38

比を一定に保つようにし、突き棒にて一様に締め各回ごとに含水比と乾燥密度を測定した。

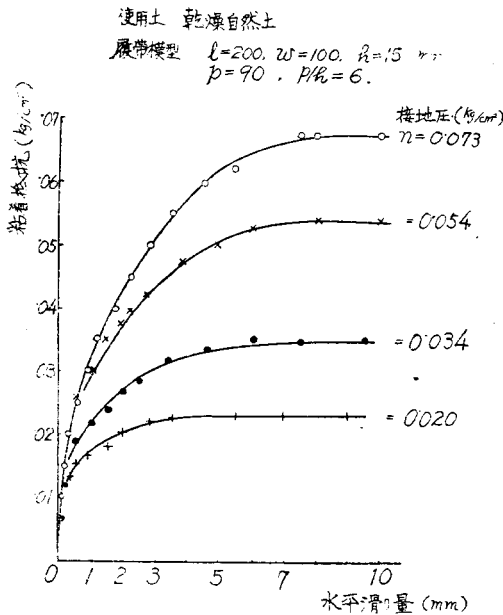
3. 実験結果と考察

実験は同一条件で4~5回くり返してその平均値をとった。

(1) 粘着抵抗(係数)に及ぼす各種因子の影響

i) 接地面積: 単位接地面積当りの粘着抵抗に及ぼす履帯巾及び長さの影響は本実験の範囲内においてはほとんど認められない。ゆえに寸法の異なる履帯模型を用いた実験結果も単位接地面積当りの値をとるときは一樣に取り扱うことができる。しかし常識的には履帯側面の影響が考えられるから履帯巾の変化に対し無関係ではあり得ぬものと思われる。これについては今後

図-3 滑り量と粘着抵抗



研究を進めるつもりである。

ii) 滑り量: 単位接地面積当りの粘着抵抗と滑り量との関係の一例を図-3に示す。以下においては最大粘着抵抗をもつて比較検討する。

iii) 接地圧: 他の諸条件を一定にし接地圧のみを変化させて粘着抵抗をプロットすると図-4のごとくほぼ一直線上にのる。これを式で示すと

$$t = a + b \cdot n \quad \dots\dots\dots(1)$$

図-4(a) 接地圧と粘着抵抗(豊浦標準砂)

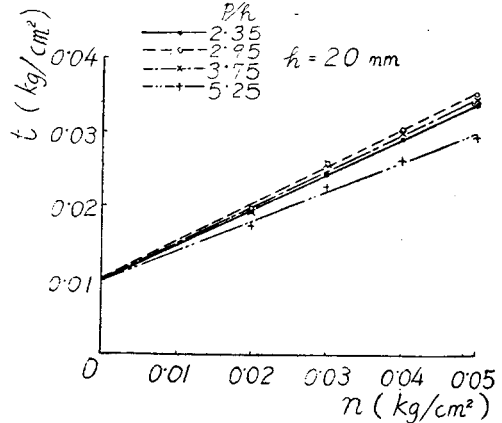


図-4(b) 接地圧と粘着抵抗(乾燥自然土)

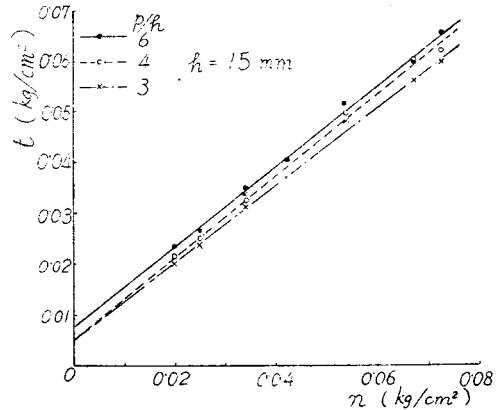
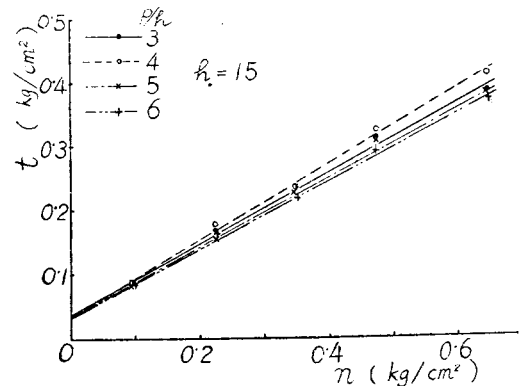


図-4(c) 接地圧と粘着抵抗(湿潤自然土)



ここで t は粘着抵抗 (kg/cm^2), n は接地圧 (kg/cm^2)
 a 及び b は履帯の形状寸法及び土質により定まる係数
 である。

次に粘着係数を μ とすると(1)式より

$$\mu = t/n = (a/n) + b \dots\dots\dots(2)$$

となり, μ と n の関係は双曲線で接地圧が増加する
 とそれに逆比例して粘着係数が減少する。このことは
 実際, 牽引力を増すためには車の重量を増加せしめる
 よりも接地面積を増す方が効果的であるとされている
 のと一致する。

iv) 履帯突起形状: a) p/h 履帯突起のピッチ p と高
 さ h との比 p/h と粘着係数 μ との関係とを求めると図-5

図-5(a) p/h と粘着係数 (豊浦標準砂)

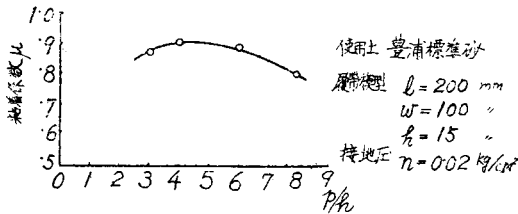


図-5(b) p/h と粘着係数 (湿潤自然土)

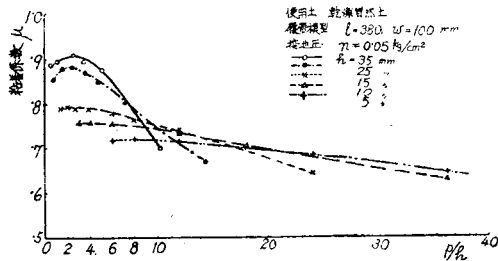
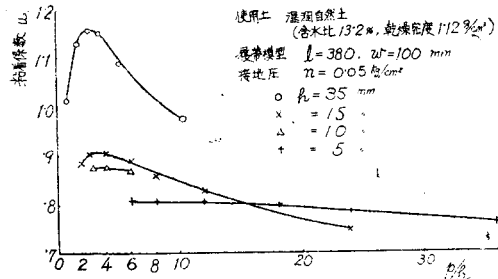


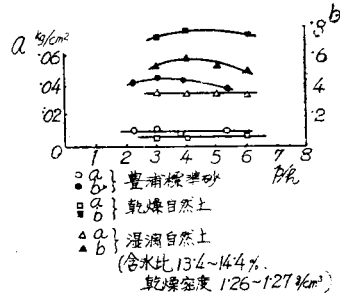
図-5(c) p/h と粘着係数 (乾燥自然土)



のようになる。いずれの場合にも $p/h=2\sim4$ で μ が
 最大となっている。実用トラクタ履帯の p/h の値が
 ほとんど $3\sim4$ であることと考えあわせると興味深い。
 また滑り量 s との関係を見ると $p/h=2\sim4$ において
 $\mu-s$ 曲線が最も立つている。すなわち, この場合が
 同じ滑り量に対して最も大きい牽引力をだす。次に(1)
 式の係数 a, b が p/h によりいかに変化するかを見る

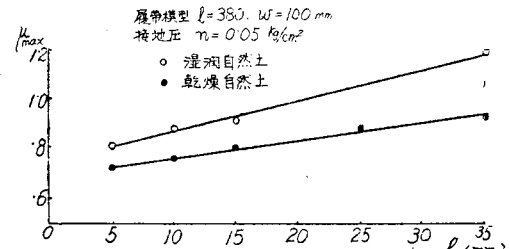
と図-6のようになり, a は p/h には無関係にほぼ
 一定であり, b は μ と同様な傾向を示している。

図-6 $a-p/h, b-p/h$ 曲線



b) a 図-7のように突起高さを増すと粘着係数
 はほぼ直線的に増加するがその割合は少ない。一方突

図-7 突起高さ と粘着係数

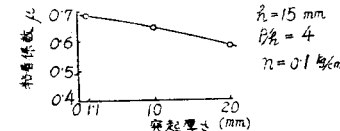


起高さを増すと先行抵抗が相当増加すると考えられる
 から, 突起高さを増して粘着係数の増加をはかること
 は得策ではないと思われる。

c) 突起先端の丸味 突起高さ及び突起厚さを一定に
 して, 突起先端に丸味をつけ角ばらせたものと, 厚
 さを直径とする半円形の丸味をつけたものと2種に
 ついて実験してみると, 後者においては前者よりも粘
 着係数が約 10% 減少した。現場において突起が磨耗
 するとスリップしやすくなって牽引力が低下するとい
 われるのは, 突起高さが減少するのも一つの原因であ
 るろうが, 先端が丸くなることもかなり影響するのであ
 るろうと思われる。ゆえに履帯の材料としては耐磨耗性
 の大なるものを用い特に突起の部分ではできるだけ鋭
 くし, 特殊加工をする必要がある。

d) 突起の厚さ 米軍戦車の履帯に突起高さ低く突起
 の厚さ大なるものが用いられている。これを調べるた
 め突起の厚さを3種変えて実験を行った。その結果図
 -8 のようになり粘着係数は突起厚さの増加とともに

図-8 突起厚さ と粘着係数



減少するがさほどいちじるしくなく、かかる形状にしたために起る走行抵抗及び沈下量の減少と考えあわせるとあるいは有利であるかも知れない。しかしトラクタは機動性よりもむしろ牽引力の方を重視するからただちにかような形式の履帯を採用しうるかどうかが疑問である。

い) 土質: 粘着係数と土質との関係は土を3種しか変えていないため普遍的関係を調べ得なかつたが、一応 $a-c$ 曲線及び $b-\tan \theta$ 曲線をかいてみると 図-9 のようになり、 a は土の凝集力 c とともに、 b は土の内部摩擦角 θ とともにそれぞれ増大している。これは

図-9(a) $a-c$ 曲線

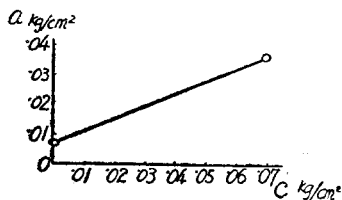
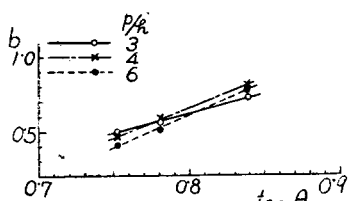
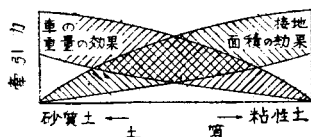


図-9(b) $b-\tan \theta$ 曲線



M.G. Bekker²⁾ が土質と牽引効果について概念的に示した 図-10 と同一の傾向をもつことを示している。

図-10 土質と牽引力



すなわち砂質土に対しては内部摩擦角で凝集力小なるゆえ(1)式で係数 b が強く影響し、それゆえ b にかかっている接地圧 n 、すなわち車重量が牽引力を左右する。これに反し粘性土では係数 a が b に比して大であるから(2)式において右辺第一項が牽引効果を左右する。ゆえに接地圧小なる方がよく結局接地面積の大なるほどよいと思われる。

(2) 土粒の運動、剪断面の生成状況

土粒の運動状態及び剪断面の生成状況を見るために一面ガラス張りの箱を用いて観察及び撮影を行った。

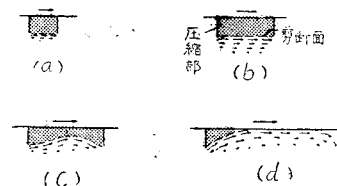
i) 土粒の移動範囲: 突起端を通る剪断面に沿つて剪断される以外に、下方かなり広範囲の土がゆるんで移動する。すなわち剪断に費されるエネルギーのほかにさ

らに相当量のエネルギーが土粒のゆるみに費される。そしてゆるみ移動する範囲は粘着抵抗大なるほど大きい。土がよく締め固められているほど少なくなっている。

ii) p/h の値と剪断状態: 剪断面の生成状態は p/h の値によつて種々変化する。この理由は相当複雑なようであるが次のごとく考察してみた。

p/h の値が粘着係数を最大ならしめる値、すなわち 3 附近の場合には、まず突起先端を結ぶ直線に沿つて剪断されようとするが、この部分の剪断応力が増加するにともない、剪断されるまでに突起前方の土が圧縮される傾向が強くなり、そのために剪断面起点付近の土は密度大となり剪断抵抗が増大すると考えられる。かようにして、剪断抵抗力は履帯の変化とともに増加する。さらに変位を与えて剪断力を増せば遂に最大剪断値に達し、ほぼ突起先端を結ぶ直線にそつて剪断されるに至る (図-11. (b))。

図-11 土粒の移動と剪断面の生成



次に突起高さに比し突起間隔が相当小さいとき ($p/h < 2$) は、突起間の土は充分圧縮され密度を増すに至らぬうちに、突起先端を結ぶ直線に沿う剪断力の方が大きくなるため 図-11, (a) のように該直線に沿つて剪断されるのであろう。この場合明らかに粘着抵抗は小さい。

p/h の値が大体 5 より大きくなると突起前方の土が圧縮され密度を増す結果、前述のように突起先端を結ぶ直線に沿つて剪断されずに、剪断抵抗のより少ない 図-11, (c) の曲線にそつて剪断されるものと考えられる。突起間隔がより大となれば 図-11(d) のごとく剪断面終点はもはや前方の突起に達せず、粘着抵抗もより減少する。

4. 結 語

以上模型について一とおり定性的な結果が得られたがこれが実際履帯との関係並びにここで触れ得なかつた走行抵抗、支持力、動作時の接地圧分布等の問題についても実物実験とともに進めてゆく考えである。終りに本実験は昭和 26 年度建設省建設技術研究補助金を受けた研究の一部であり、また当教室学生道田淳一君に協力頂いた。附記して謝意を表する。

註 1) E. Heidebroeck : Zur Mechanik der Raupenfahrwerke VDI Bd. 78, S. 1276, 1934
 H. E. Kniepkamp : Der Kraftzeug im Heerwesen VDI Bd. 80, S. 170, 1936
 K. Kühner : Geländefahrzeug und Gelände VDI Bd. 81, S. 161, 1937
 Frank E. Watt : Design and construc-

tion of track for track-laying vehicles. Automotive Industry Vol. 103 No.7, p.42, Oct. 1950

2) M.O. Bekkr : Soil-vehicle concepts found impeding design. S.A.E. Journal May, 1950

(昭.27.10.10)

UDC 624.072.238 : 624.042.7

ゲルバー梁の振動性状について

正員 工学博士 小 西 一 郎*
 准員 小 松 定 夫**

ON THE VIBRATION CHARACTERISTICS OF A GERBER BEAM.

(JSCE Feb. 1953)

Dr. Eng., Ichirō, Konishi C.E. Member, Sadao Komatsu, C.E. Assoc. Member.

Synopsis To investigate the vibration characteristics of a Gerber beam, theoretical study was carried out on the free and forced vibrations of a two span Gerber beam. On the other hand, the field vibration test of a three span Gerber beam bridge was performed and the results obtained were compared with those concluded from the theoretical results.

要旨 ゲルバー梁の振動性状を解明するため、最も簡単な2スパンゲルバー梁について、自由振動、強制振動について理論的研究を行いゲルバー梁の振動性状の特性を明らかにしたものである。最後に3スパンゲルバー桁橋の実橋梁振動試験を行い以上の現場の結果よりの推論と比較した。

1. 緒 言

橋梁の自由振動周期、減衰係数、共振曲線の形状等は橋梁の動的剛性、耐荷性、耐久性等に密接な関係がある。最近自動車荷重の増大にともない、既設橋梁の耐荷性、動的剛性の問題が重要な課題となつてきた。さらに新設リベット結合橋梁、溶接橋梁に対しても、材料の節減による経済的設計は、動的剛性の確保によつて裏づけられねばならない。

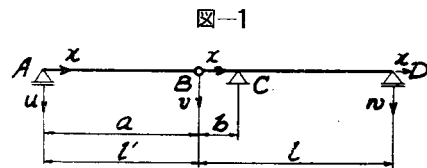
以上の諸問題は広範な因子によつて、互いに複雑に相関係し、本質的解決ははなはだ困難な問題ではあるが、著者はこの方面の研究の一部を遂行するため、現場における橋梁の振動試験、静荷重試験を行うとともに、単純化した形状において基礎的研究を実施中である。

本文はゲルバー梁の振動特性を解明するため、最も

簡単な2スパンゲルバー梁について、自由振動、強制振動の問題をエネルギー法によつて取扱つたものである。これ等の結果は未だ定性的に現地振動試験の結果を説明するにすぎないが、ゲルバー梁に対する振動的考察が著者の知る限りにおいては、あまり報告されていないので、ここに取りまとめた次第である。

2. 自由振動

図-1 に示す等断面2スパンゲルバー梁の自由振動について考える。図-1 に示した3区間 a, b, l における、振動に基因する変位を u, v, w で表わせば、各点に



におけるある瞬間の変位は第 j 番目の正規振動形を u_j, v_j, w_j とすれば

$$\left. \begin{aligned} u(x,t) &= \sum_{j=1}^{\infty} u_j(x,t), & v(x,t) &= \sum_{j=1}^{\infty} v_j(x,t) \\ w(x,t) &= \sum_{j=1}^{\infty} w_j(x,t) \end{aligned} \right\} \dots\dots(1)$$

各区間における振動形状を表わす函数を $U_j(x), V_j(x), W_j(x)$ とかき、 $q_j(t)$ は時間のみの函数とすれば、

* 京都大学教授，工学部土木工学教室

** 大阪市都島工業高等学校