

5. 履带式車両の接地圧力分布

建設省土木研究所 伊藤豪誠・*前田孝司
建設省中部地方建設局 太田 宏

1. まえがき

建設工事には土工事の占める割合が多いが、施工現場の地盤（土質）の状態は必ずしも良好とは限らず、軟弱地での施工例も多い。履带式車両は、車輪式に比べて不整地の走行性能が良く、泥地などの軟弱地でも、車両の接地面積を広げ接地圧力を低くすることで、走行や作業を行なうことができるため、ブルドーザなどでは現在履带式の車両が数多く使用されている。しかし、これら履带式車両の走行性能に関しては、車両の重心位置・懸架方式・履帯の形状や連結方法など関連した運動が非常に複雑であり、これに地盤を形成する土の力学的な性質も加わり、今だ解明されていない点が多く残されている。

土木研究所では、履带式車両の各種地盤上での走行性能を推定する手法を検討するとともに、軟弱地盤に適した履帯装置の改良を図ることを目的として調査研究を実施している。本報告はこれらの調査研究の一環として、走行性能の重要な要因と思われる履帯の接地圧力に関して、地盤条件や負荷による分布形態の変化などを把握した結果を示すものである。

2. 接地圧力の測定方法

接地圧力の測定方法には、①地盤に埋設した土圧計による方法、②履帯に取り付けた圧力計による方法、③履帯に加わる荷重を測定する方法などが考えられるが、①は地盤の深い位置では荷重分散効果で接地圧力が正確に把握できず、また、浅い位置ではグロウサなどの影響及び地盤が軟い場合は、土圧計が移動するため車両との相対位置が変化し正確な接地圧力を測定することができない。②の場合は、グロウサなどがあると圧力計と地盤の接触状態が一定とならないことがあり、再現性にとぼしい。このようなことから今回の実験では、③の、地盤からブルドーザの履帯（1枚）に加わる荷重をロードセルで測定し、接地圧力を算出することとした。

3. 調査方法

試験車両には、水中の地盤上の接地圧力も測定するために水中ブルドーザ（小松 D 125-18 B）を使用した。なお、接地圧力の測定前に、ISO 5005 土工機械—重心位置測定方法を参考に、車両前端と後端を交互にクレーンで吊り上げ、車両重量と重心位置を測定した。図-1 に試験車両の重心位置を示す。

接地圧力は、図-2 に示す薄形、長方形のロー

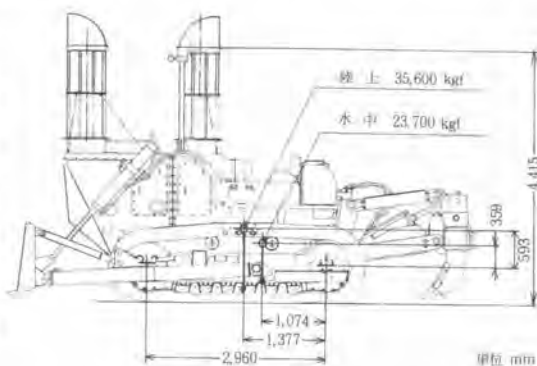


図-1 試験車両の重心位置

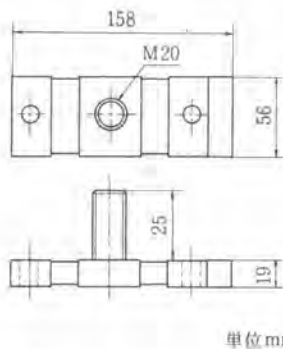


図-2 ロードセル

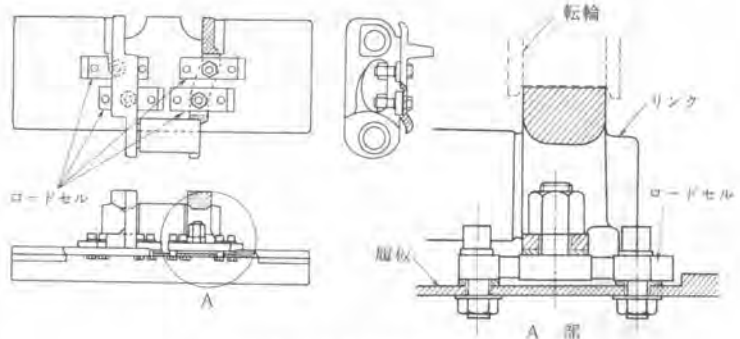


図-3 ロードセルの取付

表-1 試験地盤の土質

土質試験	地盤	砂地盤 A	砂地盤 B	粘性土地盤 C	粘性土地盤 D	アスファルト舗装 E
湿潤密度 (kgf/cm ³)		1.702	1.885	1.365	1.394	-
乾燥密度 (kgf/cm ³)		1.528	1.550	0.654	0.701	-
含水比 (%)		11.4	21.6	108.7	98.9	-
平板載荷試験 K 値 (kgf/cm ²)		9.8	3.9	2.5	1.2	-
コーン指数 (kgf/cm ²)		-	-	10.9	5.6	-
一面せん断試験結果	C (kgf/cm ²)	0.08	-	0.27	0.2	-
	φ (°)	41.6	-	24.0	24.2	-

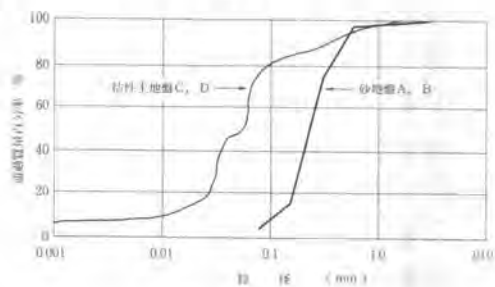


図-4 粒度分布

ロードセル (容量 2 t) 4 個を使用し測定した。ロードセルは図-3 に示すようにシューボルトの穴を利用して取り付けられたもので、地盤から加わる力は、履板→ロードセル→リンクへ伝わる構造であり、ロードセルの横荷重の干渉は、極めて少ない。この方法で、履板に加わる垂直荷重を測定し履板の面積で除して接地圧力を求めた。

実験地盤とその土質試験結果を表-1 に粒度分布を図-4 に示す。砂地盤 A は、コンクリート製水槽 (40 m 長×20 m 幅×3 m 深) 内に細砂を用いて長さ 25 m、幅 5 m、厚さ 0.8 m に造成した人工地盤であり、砂地盤 B は A 地盤を水没させたものである。粘性土地盤 C は土木研究所構内の屋外実験場の関東ローム地盤で、粘性土地盤 D は C 地盤の長さ 20 m、幅 6 m の区間を深さ 0.5 m まで掘りおこし、水を加え耕うん機で十分に混合した後ブルドーザ転圧により作成した軟弱地盤である。その他に、岩盤を想定したアスファルト舗装上でも測定した。

実験は、各地盤上で試験車両をできるだけ低速で一定に走行させ、ロードセルを取り付けた履板が試験車両の遊動輪下から駆動輪下を通過するまでの間接地圧力を測定した。さらに、けん引試験として試験車両の後方に制動用ブルドーザを 1 又は 2 台連結し、けん引作業時の接地圧力も測定した。その他、試験車両を断続的に移動させた停止時の接地圧力や、車両の走行速度を変えた実験も行なった。

4. 調査結果

実験の結果、各地盤上ともに遊動輪、駆動輪付近の履板にはほとんど荷重が加わっておらず、主に 6 個の転輪間の履板で地盤と接地していることがわかった。接地圧力の測定は、同一条件で 3 回程度

繰り返し実施しているが、3回の結果を比較しても、分布の形態は同じと言っても良いほど似通っており、接地圧力の再現性は非常に良い結果であった。

図-5に粘性土地盤とアスファルト舗装における接地圧力の測定結果を示す。図から、粘性土地盤の前進時における接地圧力は、転輪付近で大きく周期的な変化を示している。接地圧力分布は、遊動輪の通過後大きくなり第1転輪下で小さなピークを示す。その後も転輪下でピークを繰り返しながら後方へいくに従い増加し、第5転輪から第6転輪の間で最大接地圧力を示した後急激に低下する。後方の接地圧力が大きくなっているのは、車両の重心位置の影響や、地盤が軟いために走行中、車両重量で履板が徐々に沈下し、車両がわずかに傾斜するためと思われる。

アスファルト舗装上の接地圧力は、粘性土地盤より極端で、転輪と転輪の間にはほとんど荷重が加わっておらず、転輪下で接地圧力が非常に大きく、この部分では車量重量と接地面積から算出した平均接地圧の4倍にも達していた。これは、地盤が硬くブルドーザの重量が転輪下の履板だけで地盤に直接支持されるためと考えられる。

粘性土地盤Dは表-1に示したように、コーン指数が約 5 kgf/cm^2 で、これは中型の普通ブルドーザが同一わだちを数回走行するために必要なコーン指数で、試験車両にとっては走行限界となる軟弱地盤である。図-5の各地盤における接地圧力分布を比較してみると、アスファルト舗装、粘性土地盤C、粘性土地盤Dの順に地盤が軟くなるほど転輪下の接地圧力の集中が少なく、均等に分布する傾向を示している。したがって、ブルドーザの接地圧力分布は、硬い地盤上では転輪下に接地圧力が集中するが、車両の走行性が問題となる軟弱な地盤上では、転輪間で比較均等でほぼ台形状の分布となっていると考えられる。

後進時の接地圧力は、実験の結果では前進時よりも変動が激しくなっており転輪下で必ずしも接地圧力が大きくなっていない。これは、前進時は履板が駆動輪により常に後方へ張力を受けているのに対して、後進時は履板が駆動輪から前方へ押し出される形となり、地盤と履板の接する形態が変化することなどによる影響と考えられる。また、後進時の最大接地圧力は砂地盤Aで前進時より14%程大きくなっており、粘性土地盤でも同様の傾向であった。

けん引作業時の接地圧力は、図-6に示すように無負荷走行時と同様に転輪下で大きくなっている。しかし、後方の最大接地圧力はけん引負荷の増加とともに大きくなり、その分布は、車両後方の転輪

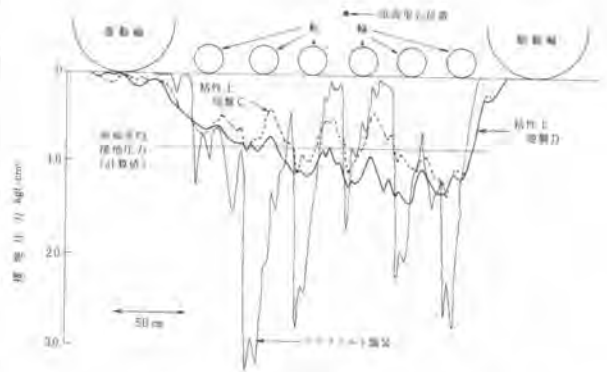


図-5 接地圧力分布（無負荷前進）

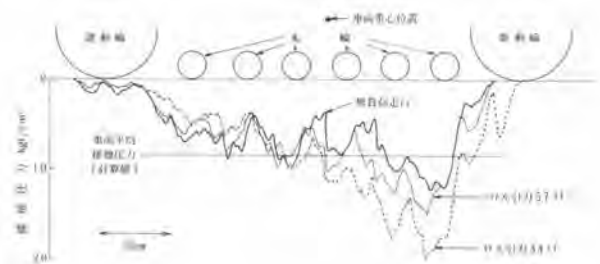


図-6 接地圧力分布（けん引走行）

付近ほど接地圧力が大きくなる三角形状となっていた。これは、履板の沈下やけん引負荷が車両に後方へのモーメントとして働く影響と思われる。しかし、実験時に測定した車両の傾斜角は非常にわずかで、実験で加えた負荷が車両の最大けん引力よりも小さく、車両に余裕があるためか、測定値もばらつき、負荷や車両のすべりなどとの関係は求められなかった。また、接地圧力の前端や後端位置及び接地幅についても同様で、はっきりした傾向は見られず、無負荷の走行時と変わらぬ結果であった。

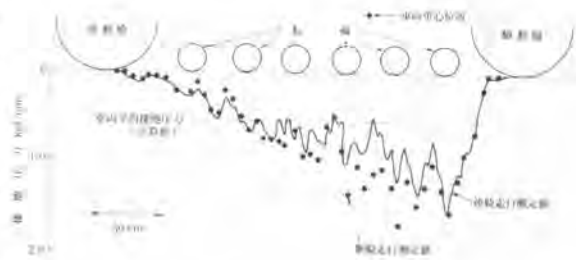


図-7 接地圧力分布（水中走行）

けん引試験の結果からブルドーザの作業時は後方に接地圧力が片寄り、軟弱地などの支持力の弱い地盤上ではこの部分の履板の沈下が増大し、車両のけん引力が著しく低下するものと考えられる。

砂地盤Bにおける水中走行時の接地圧力は、図-7に示すように後方の接地圧力が大きく、けん引走行時と同様に接地圧力の後方への片寄りが見られる。この理由は、試験車両のエンジンルームが水中作業を行えるように密閉構造となっているため、水中ではこの部分の浮力の影響で車両の重心位置が陸上の場合より約30cm後方へ移動しているためと思われる。この結果から重心の位置が接地圧力分布に大きく影響することがわかる。また、図中の点は試験車両を断続的に移動させ、停止時の接地圧力を測定した結果であり、図より断続走行時も車両後方の接地圧力が大きくなっているなど分布傾向は連続走行時とはほぼ同じ変化をしめしこの傾向は、地盤や進行方向が変わっても同様であった。これより、断続走行と連続走行による接地圧力の測定結果は同様のものであるとみなしても良いと思われる。

実験時の走行速度は、無負荷走行時が0.2～0.8 km/h、けん引作業時は負荷の大小により0.2～1.5 km/hであったが、砂地盤Aで速度を0.5～2.0 km/hの間変化させ接地圧力を測定した結果、速度による接地圧力の変化は小さく、実験を実施した範囲の速度では接地圧力分布への影響は少ないようであった。

5. あとがき

ブルドーザの接地圧力分布は地盤の硬さに影響され、硬い通常の地盤上では転輪下に接地圧力が集中している。しかし、軟弱地盤上などでは接地圧力の変動が少なく転輪間で比較的均等な台形状の分布となり、作業時などは、車両に加わる負荷の増加に従い後方の接地圧力ほど大きくなる三角形形状の分布へと変わることが確認できた。今後この結果をもとに、履带式車両のけん引性能を推定する手法を検討し、さらに、軟弱地盤上での走行性能に優れた履帯装置の改良を行なっていく予定である。