ローラ各機種の走行に必要なコーン指数（トラフィカビリティ）の実験結果について【その１】

2020 年 9 月 4 日

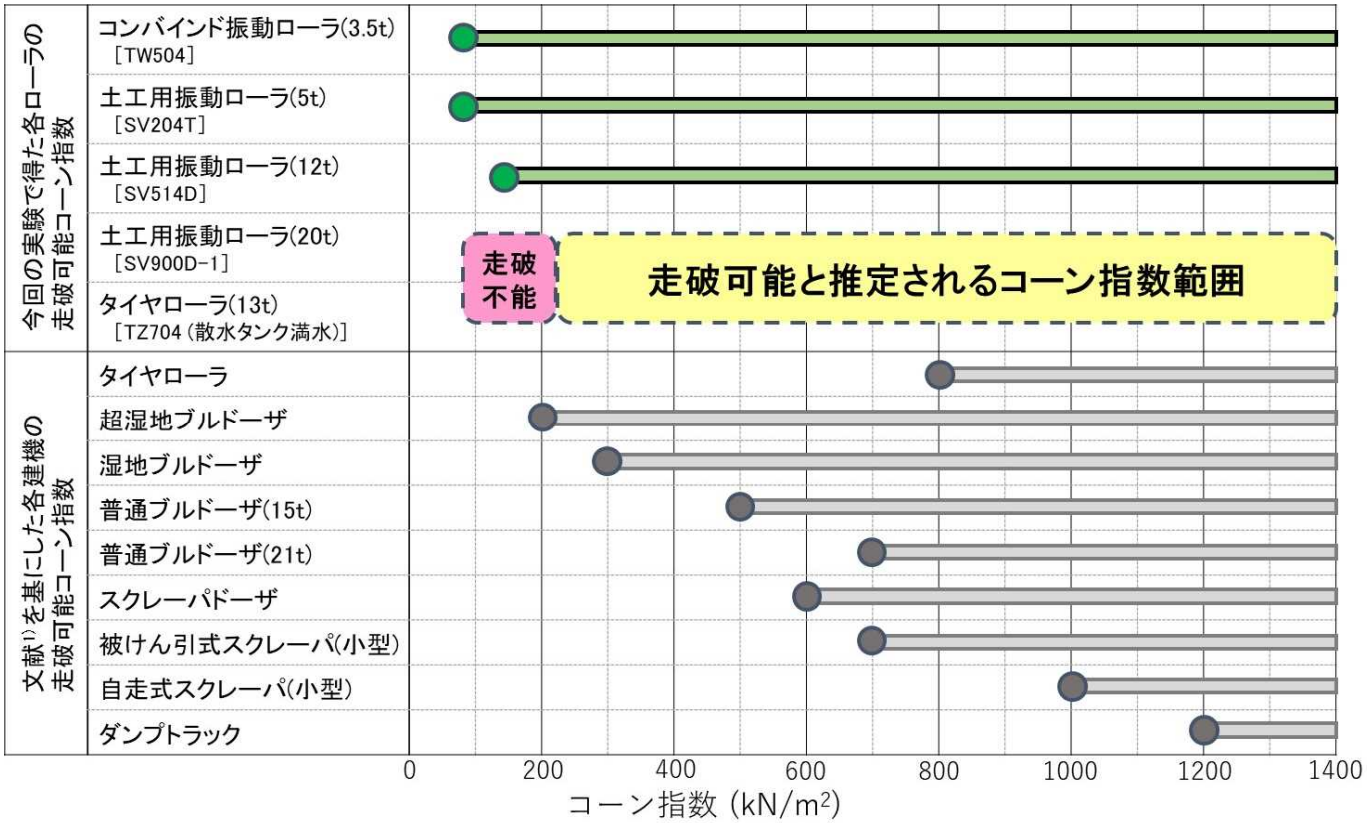
酒井重工業（株）

１．要旨

軟弱地盤上で作業する建設機械の場合、コーン指数を基にトラフィカビリティ（走破性）を事前に考慮する必要があります。コーン指数の測定にはコーン貫入試験器が使われます。文献[1)]にはタイヤローラや大型ブルドーザ等のコーン指数が記載されていますが、汎用的な締固め機械である土工用振動ローラやコンバインド振動ローラなどのコーン指数のデータは見当たりません。そこで各種ローラの走行可能なコーン指数を把握するための基礎実験を行いました。そのため、今回の実験では、振動ローラも無振動で走行させました。

図－１は実験結果です。各種ローラと文献[1)]の各建設機械の走破可能なコーン指数を比較しました。運転質量が 5t 以下の TW504 と SV204T はコーン指数が 90～120kN/m^2 で走破可能でした。約 12t の SV514D はコーン指数 140～210 kN/m^2 で走破可能でした。約 13t 以上の TZ704（散水タンク満水）と SV900D-1 はコーン指数が 90～210 kN/m^2 の範囲では走破不能でした。今後の実験で両機種の走破可能なコーン指数を把握していきたいと考えています。

詳しい、実験条件と結果については下記をご参照ください。



図—1．各建設機械と走破可能なコーン指数の関係（実験値と引用文献との比較）

２．実験に使用した締固め機械とその仕様

表―１は実験に使用した締固め機械の写真と概略仕様です。土工用振動ローラ（前輪が鉄製振動輪、後輪がトレッドパターン付き空気タイヤ）には「SV900D-1 型(20t)」、「SV514D 型(12t)」および「SV204T 型(5t)」の 3 機種、舗装用ローラとしてコンバインド振動ローラ（前輪が鉄製振動輪、後輪が平滑な空気タイヤ）「TW504 型(3.5t)」およびタイヤローラ（前後輪が平滑な空気タイヤ）「TZ704 型(13t)」の 2 機種を使いました。

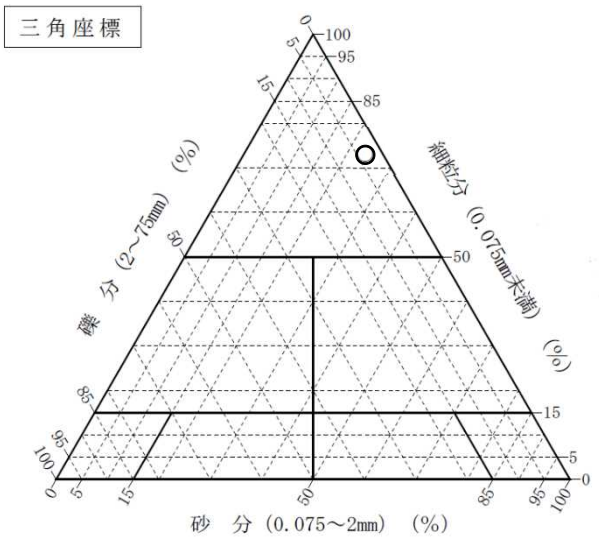
表中の鉄輪静線圧は、軸荷重を鉄製車輪（以降、鉄輪）の幅で割った値です。鉄輪の場合、剛な地盤上では線的に接触することから線圧が接地圧の代わりに使われています。なお、SV204T はパットフートと呼ばれる突起物が鉄輪表面に溶着されているため線圧ではありませんが、目安として記しています。タイヤ接地圧は、タイヤメーカーが提供する軸重と接地面積の関係（剛な地盤上）を記したグラフから求めました。車輪の駆動は後輪駆動式のタイヤローラを除いて全て前後輪駆動式です。参考としてブルドーザ(4t)のコーン指数も測定しました。

表－１　実験に使用した機械の写真と概略仕様

機種名		SV900D-1	SV514D	SV204T	TZ704	TW504	参考 4tブル D20P
質量	運転質量	19,950 kg	11,740 kg	4,710 kg	12,600 kg（散水タンク満水）	3,540 kg	4,320 kg
	前軸	11,450 kg	6,060 kg	2,260 kg	5,390 kg	1,990 kg	－
	後軸	8,500 kg	5,680 kg	2,450 kg	7,210 kg	1,550 kg	－
締固め幅		2,130 mm	2,130 mm	1,370 mm	2,275 mm	1,300 mm	履帯幅 510 mm×2
ロール径		1,600 mm	1,536 mm	1,050 mm	970mm（タイヤ）	800 mm	接地長 1,685 mm
鉄輪静線圧		53 kN/m	28 kN/m	(16 kN/m)*	－	15 kN/m	履帯接地圧 24 kN/m^2
タイヤ接地圧		613 kN/m^2	269 kN/m^2	600 kN/m^2	380 kN/m^2	216 kN/m^2	

３．供試土

実験に使用した供試土の土質試験結果を図－２と表－２に示します。土質分類は砂質シルト(MHS)、粒度組成は礫分 3.3(%)、砂分 23.5(%)、細粒分 73.2(%)です。JIS A 1210 の A-c 法の突き固めによる最大乾燥密度（ρ_{dmax}）は 0.952(g/cm^3)、最適含水比（w_{opt}）は 61.4(%)です。



図－2 三角座標分類

表－2 土質試験結果一覧

土質分類	砂質シルト(MHS)	
土粒子の密度 ρ_s	(g/cm^3)	2.651
最大粒径 D_{max}	(mm)	4.75
粒度（礫分）	(%)	3.3
粒度（砂分）	(%)	23.5
粒度（細粒分）	(%)	73.2
液性限界 W_L	(%)	86.7
塑性限界 W_p	(%)	41.2
塑性指数 I_p		45.5
最大乾燥密度 ρ_{dmax}	(g/cm^3)	0.952
最適含水比 w_{opt}	(%)	61.4

4．コーン指数の測定

コーン指数の測定には、ポータブルコーン貫入試験器を使用し、地盤工学会基準（JGS 1431）に則り測定しました（写真－1 参照)。走破可能と判定したコーン指数は、繰り返し連続で 8 回(往復 4 回)走行した場合における走行前の初期値を採用しました。一方、8 回を走行できなかった場合には走破不能と判定しました。

写真－1 コーン貫入試験の実施状況

5．実験条件

十分に締め固まった路盤の上に、供試土（砂質シルト）を厚さ約 40cm に油圧ショベルで盛土・敷き均し後、含水比（自然含水比：約 100%）及び、まき出し後の初期密度を均一にするために耕運機で深さ約 25cm を攪拌しました（写真－2)。

また、2 つの異なる硬さの地盤を用意するために、下記の通りブルドーザによる転圧の有無で各実験を行いました。

・ブル転無し：初期状態で実験
・ブル転有り：上記実験後、油圧ショベルと耕運機で攪拌し、ブルドーザによる 6 回転圧後(写真－３)に実験
（この条件での TW504 の実験は、ブル転無しで走破したので省略しました。）

写真－２ 盛土と耕運機による攪拌状況

写真－３ ブルドーザによる 6 回転圧

６．実験結果

表－３に各ローラの運転質量（再掲）、鉄輪静線圧（再掲）、タイヤ接地圧（再掲）、走破性判定結果、走行前含水比を示します。“ブル転無・有”の両方で走破できた機種の背景色を緑色に、“ブル転有”だけ走破できた機種の背景色を黄色に、両方の条件で走破できなかった機種の背景色をオレンジ色で示します。

この表－３に示す結果から、ローラの走破性は運転質量に依存していることが分かります。運転質量が 5t 以下のローラである TW504 と SV204T は“ブル転無・有”の両方で走破可能であり、約 12t の SV514D は“ブル転有”だけ走破可能、そして、約 13t 以上の TZ704 と SV900D-1 は両条件において走破不能という結果でした。

表－３ 各機種の走破性判定結果

機種名		TW504	SV204T	SV514D	TZ704	SV900D-1	参考 4tブル D20P
運転質量		3,540 kg	4,710 kg	11,740 kg	12,600 kg	19,950 kg	4,320 kg
鉄輪静線圧		15 kN/m	16 kN/m	28 kN/m	－	53 kN/m	－
タイヤ接地圧		216 kN/m²	600 kN/m²	269 kN/m²	380 kN/m²	613 kN/m²	－
走破性判定結果	ブル転無 **コーン指数 90～120 kN/m²**	○	○	× 走破不能	× 走破不能	× 走破不能	○
	ブル転有 **コーン指数 140～210 kN/m²**	未実施	○	○	× 走破不能	× 走破不能	未実施
走行前含水比	ブル転無	93～114 %					
	ブル転有	85～106 %					

次に、実験中の写真と観察を示します。写真－4 は 20t の SV900D-1 で、ブル転無し(左側)とブル転有り(右側)での走行状態を示しています。ブル転無しの場合、盛土部に入ると前輪が土中に大きく沈下するとともにローラが動けない状態になりました。一方、ブル転有りの場合、ブル転無しの時ほど大きな沈下は見られませんでしたが、走行するにつれ沈下が大きくなるとともに前後輪がスリップを始め、そのスリップにより前後輪が土中へ埋もれていき、最終的にローラが動けない状態になりました。

(a) ブル転無し【走破不能】

(b) ブル転有り【走破不能】

写真－4　SV900D-1

写真－5 は 12t の SV514D で、ブル転無し(左側)とブル転有り(右側)の状態を示しています。ブル転無しの状態では SV900D-1 と同様に大きな沈下が見られ、最終的にローラは走行不能になりましたが、ブル転有りの場合大きな沈下は見られず、8 回(往復 4 回)走行することが出来ました。

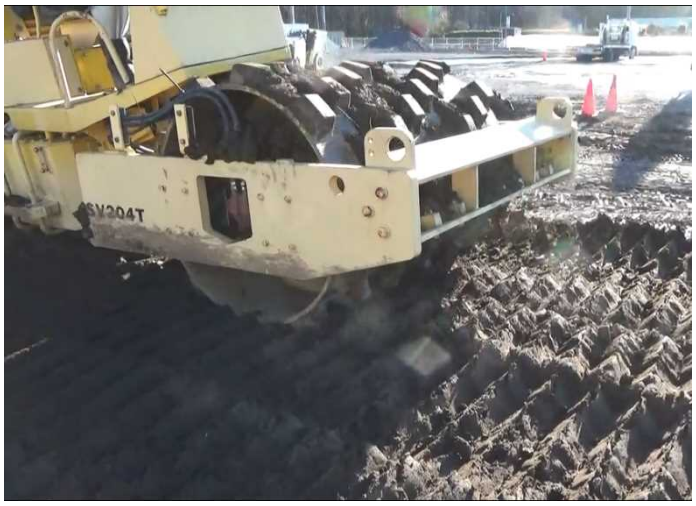
(a) ブル転無し【走破不能】

(b)ブル転有り【走破可能】

写真－5　SV514D

写真－6は5tのSV204Tで、ブル転無し(左側)とブル転有り(右側)の走行状態を示しています。SV204Tは、ブル転の有無に関わらず大きな沈下は見られず、8回(往復4回)走行することが出来ました。

(a) ブル転無し【走破可能】



(b)ブル転有り【走破可能】

写真－6　SV204T

写真－7は13tのTZ704で、ブル転無し(左側)とブル転有り(右側)の走行状態を示しています。TZ704は、ブル転の有無に関わらず盛土部に入ると直ぐに大きな沈下が見られ、ローラは動けない状態になりました。

(a) ブル転無し【走破不能】

(b)ブル転有り【走破不能】

写真－7　TZ704

写真－８は、3.5t の TW504 でブル転無しの走行状態を示しています。TW504 は、ブル転無しの状態でも大きな沈下は見られず、8 回(往復 4 回)走行することが出来ました。よって、ブル転有りの実験は省略しました。

写真－８　TW504　ブル転無し【走破可能】

写真－９は、4t ブルドーザの走行状態を示しています。4t ブルドーザは、安定的に 8 回(往復 4 回)走行することが出来ました。

写真－９　4t ブルドーザ【走破可能】

７．考察

今回の実験では、8 回（4 往復）連続で走破可能であったローラのコーン指数は、TW504 と SV204T の場合ブル転無しで 90～120kN/m^2 で、SV514D の場合ブル転有りで 140～210 kN/m^2 でした。走破性はローラの運転質量に依存しており、運転質量が 5t 以下のローラである TW504 と SV204T は“ブル転無・有”の両方で走破可能であり、約 12t の SV514D は“ブル転有”だけ走破可能、そして、約 13t 以上の TZ704 と SV900D-1 は両条件において走破不能という結果でした。TZ704 と SV900D-1 については、今後の実験でコーン指数を把握していきた

いと考えています。

コーン指数の結果は、“ブル転無”のとき 90～120 kN/m^2（平均：96kN/m^2）で、“ブル転有”のときは 140～210 kN/m^2（平均：171 kN/m^2）でした。これらのコーン指数と図－1 の文献[1)]に示されたコーン指数を比較すると、今回の実験で得られたコーン指数は超湿地ブルドーザで示されている 200kN/m^2 と同等かそれ以下です。しかし、これらローラ（TW504、SV204T、SV514D）のトラフィカビリティが超湿地ブルドーザのそれと同等とは考えにくく、その原因として、厚さ 40 cm の軟弱な供試土下層の良く締め固まった路盤影響が考えられます。

今回は無振動で走行させた基礎実験であるため、有振動転圧中の走破可能コーン指数は実験確認の終了次第、改めてご報告致します。

参考文献

1) 「河川土工マニュアル」, 財団法人国土技術研究センター, p.160

以上