

VI-8 重ダンプトラックの走行による地盤の締固め効果

愛媛大学大学院 学生会員 ○中 俊二

愛媛大学大学院 学生会員 近藤郷史

愛媛大学工学部 フェロー 室 達朗

1. まえがき 埋立地などの軟弱な地盤に構造物や道路を建設する際重要になってくる地盤の締固めに関して、従来の振動ローラー等の締固めでは表層部には大きな力を発揮するが、深層部まで十分に締固められていないことが知られている。そこで、普段現場で材料の運搬などに使用されている重ダンプトラックが新たな締固め方法となるかを検討する。

本研究では、より実車に近い走行性能を再現するために供試タイヤは実際に重ダンプトラック（表1 - 種類A）に使用されているものを用い、初期地表面から1m下での垂直・せん断応力値と Boussinesq の解による同条件における応力値とを比較した。また、表1に示した実際に使用されている重ダンプトラック A～T の20台についても応力計算を行い供試砂における地盤の締固め度を算出し、締固めに適した重ダンプトラックを提案する。

2. 解析方法 垂直応力 σ_z は式(1)により計算する。タイヤの接地形状は長方形であると仮定し、接地面積が変化してもタイヤのトレッド幅 B は一定で、接地長 L が変化すると考える。また、重ダンプトラックには前2本、後ろ4本のタイヤがあるが、6本均等に全荷重を分担すると考える。

せん断応力 τ_x は円筒座標系をとると考え、鉛直荷重を Q として式(2)により計算する。

重ダンプトラック A～T の応力を計算する際、初期沈下量 $S_0^{(1)}$ を式(3)でそれぞれ算出し、 S_0 を考慮した初期深さ z における垂直応力を求める。

$$\sigma_z = k_s \cdot p \quad \dots\dots (1) \quad m = B/z \quad n = L/z$$

$$k_s = \frac{1}{2\pi} \left[\frac{mn(2+m^2+n^2)}{(1+m^2)(1+n^2)\sqrt{1+m^2+n^2}} + \sin^{-1} \frac{mn}{\sqrt{1+m^2}\sqrt{1+n^2}} \right]$$

$$\tau_{rz} = \frac{3Q}{2\pi z^2} \cos^4 \psi \sin \psi \quad \dots\dots (2)$$

$$S_0 = \frac{p}{k_s} = \frac{p}{2.05} \quad \dots\dots (3)$$

3. 実験装置 実験装置の概略図を図1, 2に示す。実験装置はエアシリンダー（最大容量 9.89kgf/cm²）、载荷フレーム、ガイド、鋼製土槽（1000×1000×2200mm）、モーター（土槽を送るもの）、供試タイヤ（外径 1055mm、幅 296mm）、土圧計(SST)で構成されている。

4. 実験方法及び測定項目 鋼製土槽に土粒子密度 ($\rho_s=2.68$)、最大乾燥密度 ($\gamma_{dmax}=1.88\text{g/cm}^3$)、最適含水比 ($w_{opt}=12.8\%$) のまさ土を平坦均質に鋼製土槽の底から1mの高さまで敷き詰め、エアシリンダーにより载荷フレームを介して供試タイヤに軸荷重をかける。その後、モーターによって土槽を送ることでタイヤを純粋転動させ、地中1m下に接地した土圧計により垂直応力を測定する。実験条件として、解析と同条件とするためにタイヤ空気圧 p を 5.1kgf/cm² とし、軸荷重 W はエアシリンダーによる荷重 700kgf、タイヤなどの装置を含む自重 400kgf の計 1100kgf、鋼製土槽の移動速度を 5.68cm/s とし、繰り返し転圧を 10 回行った。

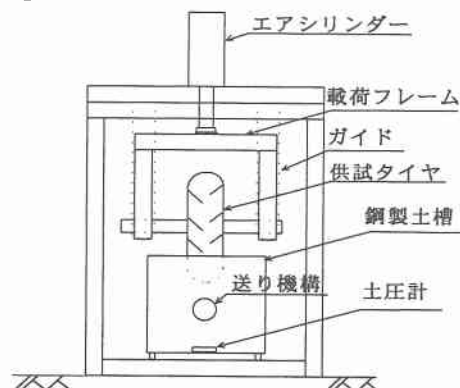


図1 実験装置概略図（正面）

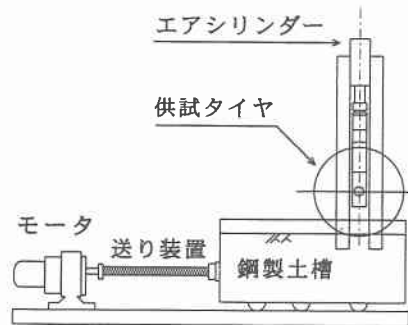


図2 実験装置概略図（側面）

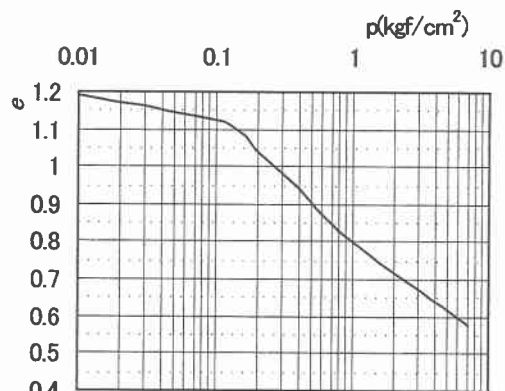


図3 e-log p 曲線

締固め度に関しては、図3に示した供試砂に対する $e\text{-log}p$ 曲線から求めた乾燥密度 γ_d を使用した。

5. 解析・実験結果及び考察 図4に車両Aの単輪タイヤ直下における地盤内応力分布の解析結果を示す。垂直応力は-40cm付近まで急激に減少している。図5に転圧回数ごとのせん断・垂直応力を示す。転圧6回目あたりから垂直応力がほぼ一定の値をとっている。また、せん断、垂直応力とも実験値と解析値にはあまり大きな誤差がみられないことが分かる。このことから、走行中の地中内応力を求める場合においても沈下量を考慮すれば、Boussinesqの解を用いて計算することができる。次に、実験で得られた応力値から供試砂に対する締固め度を算出したものを図6に示す。複輪タイヤでは転圧6回目以降締固め度の変化があまり見られない。締固め管理基準²⁾では、路体や空港などの盛土は一般に締固め度90%以上、宅地造成での盛土は締固め度85%以上必要であるとされている。この実験では荷重が小さいため単輪タイヤでは締固め度67%付近で変化しなくなった。A～Tの実車両における転圧1回目の垂直応力 σ_z をBoussinesqの解を用いて求めたものと、その垂直応力による締固め度を表1に示す。単輪タイヤでは車両S、複輪タイヤでは車両L～Tが締固め度85%を超えている。更に転圧回数を増やすことで垂直応力は増加すると予測されるので、締固め度90%を超える車両が存在すると思われる。

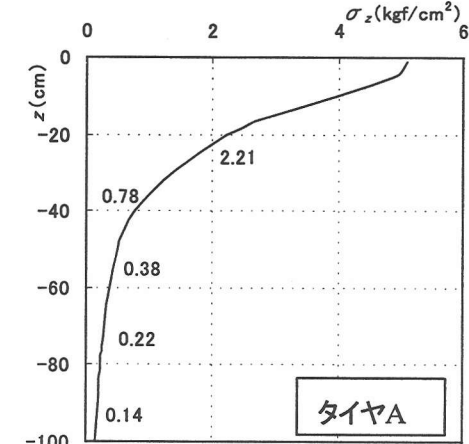


図4 タイヤ接地面中央部分における地盤内鉛直応力 σ_z と地盤鉛直深さ z の関係

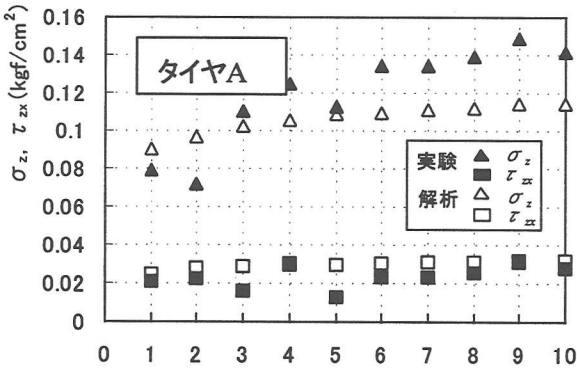


図5 転圧回数と鉛直応力 σ_{zmax} せん断応力 τ_{zmax} の関係

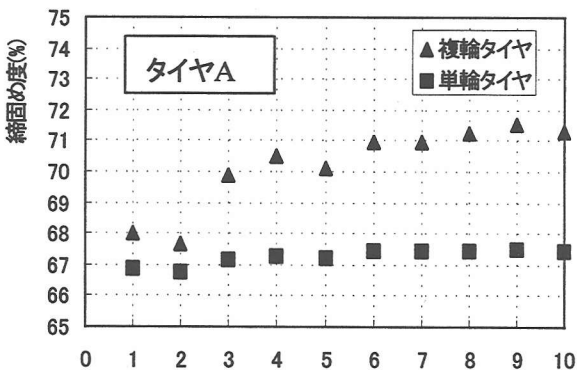


図6 転圧回数と締固め度の関係

表1 車両種類と初期深さ1mにおける単・複輪タイヤの垂直応力と締固め度

種類		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
機械総質量(kgf)		18300	26200	46975	58800	62775	63925	73575	95600	83300	89075
タイヤ寸法 (cm)	外径	106.7	135.5	147.8	182.2	182.2	180.5	180.5	205.9	200	214.5
	トレッド幅B	21.6	31.1	37.6	44	44	46.5	46.5	49.3	49.8	54.6
空気圧(kgf/cm ²)		5.1	4.845	5.865	5.865	5.865	7.14	7.14	7.14	5.61	4.845
初期沈下量 S_0 (cm)		75.6	76.8	71.9	71.9	71.9	65.8	65.8	65.8	73.2	76.8
単輪	垂直応力(kgf/cm ²)	0.244	0.332	0.652	0.796	0.843	1.018	1.155	1.443	1.038	0.987
	締固め度(%)	70.5	72.3	76.5	77.9	78.2	79.2	79.7	79.8	79.3	79.0
複輪	垂直応力(kgf/cm ²)	0.468	0.614	1.187	1.400	1.484	1.771	2.021	2.366	1.764	1.579
	締固め度(%)	74.2	76.2	79.5	80.8	81.1	82.2	83.0	83.8	82.2	81.4
種類		K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
機械総質量(kgf)		90960	109175	134960	148200	159575	184875	206980	233300	249475	267500
タイヤ寸法 (cm)	外径	219.9	213	251.6	267	269.4	291.1	292.2	304.1	304.4	319
	トレッド幅B	55.6	56.1	55	65	60.6	69	72.6	76.5	77.6	84.6
空気圧(kgf/cm ²)		5.61	7.14	6.63	7.14	7.14	7.14	5.1	7.14	7.14	4.59
初期沈下量 S_0 (cm)		73.2	65.8	68.3	65.8	65.8	65.8	75.6	65.8	65.8	78.0
単輪	垂直応力(kgf/cm ²)	1.115	1.602	1.763	2.029	2.152	2.385	1.908	2.798	2.922	2.059
	締固め度(%)	79.6	81.5	82.1	83.0	83.4	83.8	82.7	84.8	85.1	83.1
複輪	垂直応力(kgf/cm ²)	1.784	2.675	2.873	3.105	3.315	3.458	2.823	3.917	4.091	2.739
	締固め度(%)	82.3	84.5	84.9	85.2	85.7	85.8	84.8	86.7	86.8	84.5

6. まとめ Boussinesqの解により地盤内応力を算出することができ、その結果車両種類Sが最も高い締固め度86.8%を得ることが出来ることが明らかになった。

参考文献 1) 室達朗, 河原荘一郎: 加振型履帯式車両によるまさ土の厚層締固め効果について, 地盤工学会誌 第48巻7号, pp. 15-16, 2000年 2) 土質工学会編: 土の締固めと管理, 土質基礎工学ライブラリー36, pp. 281~342, 1991年