

制動状態における転圧ローラの走行解析

愛媛大学大学院 学生会員 ○星加 泰央
 愛媛大学工学部 正会員 室 達朗
 愛媛大学工学部 正会員 河原莊一郎

1. 概要 本研究は、平面歪状態の砂質地盤において、純粹転動を含む制動状態における転圧ローラ（剛性車輪）に作用する制動力、走行抵抗、有効制動力および沈下量を、転圧回数を変化させ、ローラのトロコイド曲線上に地盤-車輪系定数を用いて、算定するためにシミュレーション解析方法を提案する。

2. 地盤-車輪系定数^{1), 2)} 地盤-車輪系定数として、平板載荷・除荷実験および平板牽引実験によって係数 k_{c1} (N/cm^{n+1+1})、 $k_{\phi 1}$ (N/cm^{n+1+2})、 k_{c2} (N/cm^{n+2+1})、 $k_{\phi 2}$ (N/cm^{n+2+2}) と指数 n_1 、 n_2 、定数 m_c (=0kPa)、 m_t 、 a ($1/cm$)、係数 c_0 と指数 c_1 、 c_2 を求め、その結果を転圧回数 $N=0, 2, 4, 6, 8, 10$ 回について表1に示す。

3. シミュレーション解析 本研究では、軸荷重 $W=1.52kN$ 、車輪半径 $R=16cm$ 、車輪幅 $B=9.5cm$ の剛性車輪が転圧後のまさ土地盤を、制動状態において $R\omega=7.07cm/s$ で転動走行する場合についてシミュレーション解析を行った。

図1に示すように、実際の有効制動力 T_b と軸荷重 W の合力の作用方向が鉛直軸と $\zeta=\tan^{-1}(T_b/W)$ なる角度をなしている。いま、 θ_f を入射角、 θ_r を離脱角、 θ を動径 OX と鉛直線のなす中心角および V を進行速度とする。また、点Xのトロコイド軌跡の長さの作用応力 $q(\theta)$ 方向の成分である $d(\theta)$ は次式で算定することができる。

$$d(\theta)=R \int_{\theta_f}^{\theta_r} \left\{ \left(\frac{1}{1+i_b} \right)^2 - \frac{2 \cos \theta}{1+i_b} + 1 \right\}^{\frac{1}{2}} \times \sin \left\{ \theta - \zeta + \tan^{-1} \frac{\sin \theta}{1+i_b - \cos \theta} \right\} d\theta \quad (1)$$

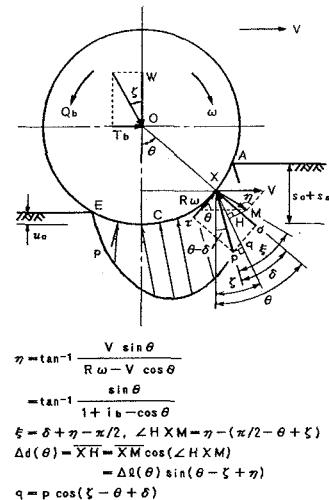
その地盤の変形量 $d(\theta)$ に対する応力成分 $q(\theta)$ と作用合応力 $p(\theta)$ を求め、さらに垂直応力分布 $\sigma(\theta)$ とせん断応力分布 $\tau(\theta)$ を求める。次に、X点におけるスリップ量 j を求め、滑り沈下量 s_s を算定する。また沈下量 s は、車輪中心直下の沈下量 s_0 と滑り沈下量 s_s の和からリバウンド量 u_0 を引いたものであるので、次式で算定できる。 $s=s_0+s_s-u_0$ (2)

次に、制動力 Q_b/R 、有効制動力 T_b および締固め抵抗 L_r を次式から算定する。

$$Q_b/R = BR \int_{-\theta_r}^{\theta_f} \tau(\theta) d\theta, \quad L_r = k_1 \cdot \xi \cdot B \int_0^s z^{n_1} dz, \quad T_b = \left(\frac{Q_b}{R} \right)_h - L_r \quad (3)$$

表1 地盤-車輪系定数

N	k_{c1}	$k_{\phi 1}$	n_1	k_{c2}	$k_{\phi 2}$	n_2
0	1.41	5.64	0.8669	3.48	32.35	0.1392
2	75.61	10.25	0.5630	161.46	50.28	0.2236
4	122.76	11.71	0.5307	174.05	52.87	0.1743
6	144.40	9.48	0.4471	126.29	61.86	0.1632
8	183.13	15.66	0.4087	100.69	84.88	0.1679
10	201.08	11.50	0.4307	47.97	77.42	0.1725
N	m_f	a	$c_0 (\times 10^{-3})$	c_1	c_2	
0	0.439	1.59	71.10	0.789	0.546	
2	0.444	2.51	19.61	0.984	0.500	
4	0.423	2.92	6.05	0.517	1.122	
6	0.416	4.11	2.93	0.785	1.045	
8	0.396	4.67	3.39	0.442	1.322	
10	0.428	4.29	4.40	0.805	0.995	

図1 作用応力q方向の軌跡成分 $\Delta d(\theta)$

次に、有効入力エネルギー E_1 、締固めエネルギー E_2 、スリップエネルギー E_3 、有効制動動力エネルギー E_4 を次式で算定することができる。

$$E_1 = Q_b \omega = \frac{Q_b V (1 + i_b)}{R} \quad , \quad E_2 = \frac{L_r R \omega}{1 + i_b} = L_r V$$

$$E_3 = \frac{Q_b \omega i_b}{1 + i_b} = \frac{Q_b i_b V}{R} \quad , \quad E_4 = \frac{T_b R \omega}{1 + i_b} = T_b V \quad (4)$$

図2は、転圧回数Nを変化させたときの $|T_b|$ とスリップ率*i_b*との関係を示したものである。いずれの転圧回数においても $|T_b|$ は*i_b*=-3%までに急激に増加し、 $|i_b|$ =70%まで増殖し、 $|i_b|$ =90%以上から急激に減少している。また、転圧回数の増加とともに若干 $T_{b,pt}$ も大きくなる傾向がある。

図3は、Nを変化させたときの沈下量sと*i_b*との関係を示したものである。いずれの転圧回数においてもsは*i_b*=-3%までに急激に増加し、*i_b*=-70%まで漸減している。

図4は、N=2の Q_b/R 、 T_b および L_r と*i_b*との関係を示したものである。 $|Q_b/R|$ は $|i_b|$ の増加とともに放物線的に増加し、 $i_b=-53\%$ において最大値 $|Q_b/R|_{max}=0.722 kN$ に達している。また、 $|T_b|$ は $|i_b|$ の増加とともに放物線的に増加し、 $|i_b|$ =90%以上から急激に増加している。また、 L_r は $|i_b|$ =90%以上から急激に増加している。

図5は、N=2の各種エネルギー E_1 、 E_2 、 E_3 、 E_4 と*i_b*との関係を示したものである。 $|E_1|$ は $|i_b|$ の増加とともに放物線的に増加し、 $i_b=-24\%$ において最大値 $|E_1|_{max}=3.480 kN$ を示し、漸減し、0に達している。 $|E_2|$ は $|i_b|$ の増加とともにわずかに減少するが、 $|i_b|$ =90%以上から急激に増加している。 $|E_3|$ は $|i_b|$ の増加とともに直線的に増加している。また、 $|E_4|$ は、 $|i_b|$ の増加とともに放物線的に増加し、 $|i_b|$ =90%から急激に増加する傾向がある。

4.まとめ Nの増加とともに $|T_b|$ は増加するが、sは急速に減少することが判明した。

参考文献

- 1) 室、星加、大杉：締め固めた砂質地盤に対する平板載荷実験、土木学会中国四国支部発表会講演概要集、1993年5月。
- 2) 河原、星加、小林：締め固めた砂質地盤に対する鋼板の摩擦特性、土木学会中国四国支部発表会講演概要集、1993年5月。

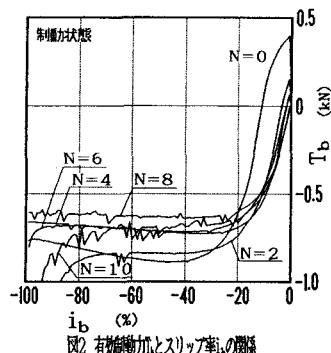


図2 有効動かとスリップ率の関係

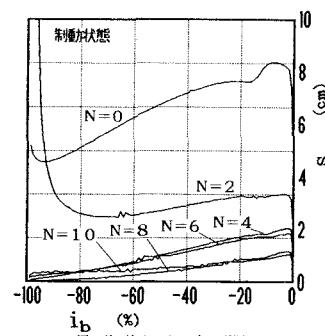


図3 沈下量sとスリップ率の関係

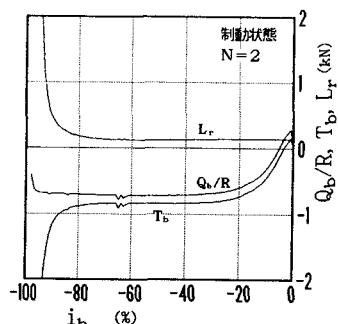
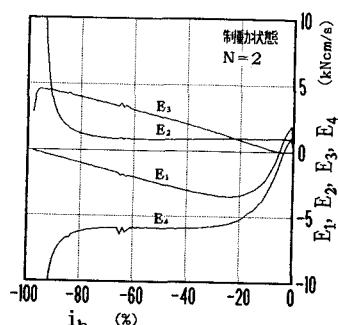


図4 繰り返し荷重、締め固め力、締め固め率とスリップ率の関係

図5 エネルギーE₁,E₂,E₃,E₄とスリップ率の関係