

締め固めた砂質地盤に対する鋼板の摩擦特性

愛媛大学工学部 正会員 ○河原 荘一郎
愛媛大学大学院 学生会員 星加 泰央
愛媛大学工学部 小林 利充

1. まえがき

地盤の締め固め度の転圧ローラの摩擦特性に及ぼす影響を調査することを目的として、転圧ローラの接地面を平面と見立て締め固め度の異なるまさ土地盤上で鋼板を牽引する実験を行った。

2. 供試地盤および実験方法

平均粒径0.78mmの気乾状態のまさ土を10層に分け空中落下法により平面ひずみ土槽（長さ120×幅10×深さ35cm）に充填した後、転圧ローラ（線圧16.3kgf/cm、直径31.9×幅9.5cm）を転圧回数 $N=0\sim10$ 回にて自走・往復走行させ締め固め度の異なる供試地盤を作成した（相対密度45～89%、深さ31～28cm）¹⁾。

図1に示す実験装置において、平板（ステンレス鋼板）はヒンジ構造であり、また鉛直ガイドに沿って自由に沈下する。供試地盤において5段階の平均垂直応力 p (kgf/cm²) の下で平板を速度1.3cm/sにて平板長30cm牽引し、スリップ量 j (cm)、せん断応力 τ (kgf/cm²) および平板後端の滑り沈下量 S_s (cm) を測定した。

3. せん断特性

一般に、緩い砂質地盤における $\tau-j$ 曲線は次式²⁾の飽和関数で表される。

$$\tau = (m_c + m_f \cdot p) \{1 - \exp(-a \cdot j)\} \quad (1)$$

m_c, m_f : 地盤と平板との間の付着力、摩擦係数

a : 形状係数 ($j=0$ における接線勾配)

$j=30$ cmにおけるせん断応力 τ_{max} と p の関係において $m_c=0$ として m_f を求めた後、最小自乗法により a を決定した。一例として、図2 $N=0$ 回における $\tau-j$ 曲線を図2に示す。転圧回数に関わらず(1)式でよく近似できる。

せん断に関する地盤-車輪系定数を表1に示す。同表には地盤の平均的な乾燥密度 ρ_d も示した。摩擦係数 m_f は転圧回数、すなわち締め固め度に関係なくほぼ一定（平均0.434）である。締め固め度が高くなると砂粒子の平板との接点数は増加するが、これは固体間の摩擦であると考えられる。したがって、凝着論によると摩擦力は接点数に関係なく垂直抗力に比例するため、摩擦係数が一定となる。

一方、形状係数 a は転圧回数が増加するにつれて大きくなるが、 $N=6$ 回以降は締め固め度がほとんど変化しないためほぼ一定となる。この関係は次式的双曲線で表される。

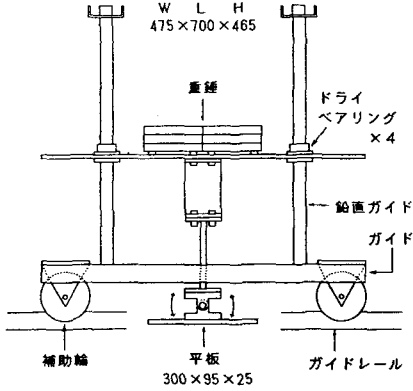


図1 平板牽引実験装置

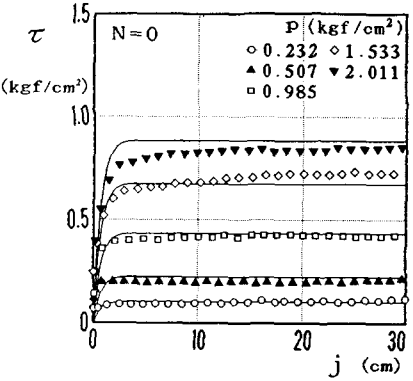


図2 せん断応力 τ とスリップ量 j の関係

表1 せん断に関する地盤-車輪系定数

N (回)	ρ_d (g/cm ³)	m_f	a (1/cm)	相関係数 r
0	1.455	0.439	1.59	0.994
2	1.586	0.444	2.51	0.996
4	1.610	0.423	2.92	0.997
6	1.620	0.416	4.11	0.989
8	1.626	0.396	4.67	0.997
10	1.630	0.428	4.29	0.994

$$\rho_{dmax}=1.68 \quad \rho_{dmin}=1.31 \text{ g/cm}^3$$

$$\alpha = 1.59 + \frac{N}{0.132N + 1.978} \quad (r=0.925) \quad (2)$$

また、 ρ_a と N の関係は次式の双曲線で表される¹⁾ことがわかっている。

$$\rho_a = 1.455 + \frac{N}{5.248N + 4.802} \quad (3)$$

(2)、(3)式より N を消去すると、 α と ρ_a の関係を求めることができる。この関係もやはり双曲線で表される。

$$\alpha = 1.59 + \frac{5.248(\rho_a - 1.455)}{-8.806(\rho_a - 1.455) + 1.978} \quad (4)$$

4. 滑り沈下特性

一般に、 $S_s - j$ 曲線は次式³⁾のべき関数で表される。

$$S_s = c_0 \cdot p^{c_1} \cdot j^{c_2} \quad (5)$$

c_0, c_1, c_2 : 地盤-車輪系定数

一例として、 $N=0$ 回における $S_s - j$ 曲線を図3に示す。転圧回数に関わらず(5)式で概ね近似できる。また、 $j=30\text{cm}$ における滑り沈下量 S_{s30} と転圧回数 N の関係を図4に示す。 S_{s30} は締固め度の増加が急な $N=0$ から2回にかけてかなり減少するが、 $N=6$ 回以降は締固め度がほとんど変化しないためほぼ一定となる。したがって、滑り沈下量は締固め度が増すにつれて減少する。

滑り沈下に関する地盤-車輪系定数を表2に示す。指数 c_1 、 c_2 は転圧回数とある一定の関係はみられないが、定数 c_0 は S_{s30} と同様な関係がみられる。したがって、滑り沈下量は定数 c_0 に大きく依存しているといえる。 c_0 と N の関係は次式の双曲線で表される。

$$c_0 = 0.4305 + \frac{N}{-2.129N - 2.473} \quad (r=0.863) \quad (6)$$

(3)、(6)式より N を消去すると、 c_0 と ρ_a の関係を求めることができる。この関係もやはり双曲線で表される。

$$c_0 = 0.4305 - \frac{5.248(\rho_a - 1.455)}{0.702(\rho_a - 1.455) + 2.473} \quad (7)$$

5. まとめ

地盤と鋼板との間の摩擦係数は地盤の締固め度に関係なく一定である。滑り沈下量は定数 c_0 に大きく依存しており、締固め度が増すにつれて減少することが判明した。

参考文献

- 1) 河原庄一郎・室達朗・深川良一・星加泰央：転圧ローラの走行性とまき土の締固めとの関連性，第27回土質工学研究発表会講演集，pp.2111-2114，1992。
- 2) Z. Janosi and B. Hanamoto: The analytical determination of drawbar-pull as a function of slip for tracked vehicles in deformable soils, Proc. of the 1st Int. Conf. of the Mechanics of Soil-Vehicle Systems, 1961.
- 3) 室達朗著：テラメカニクス-走行力学-，pp.31-74，技報堂出版，1993。

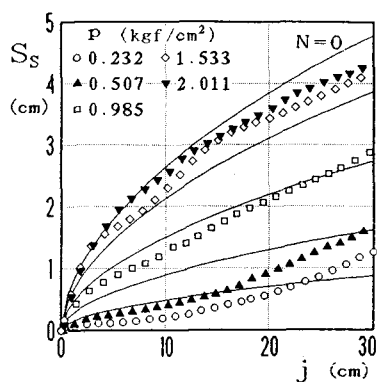


図3 滑り沈下量 S_s とスリップ量 j の関係

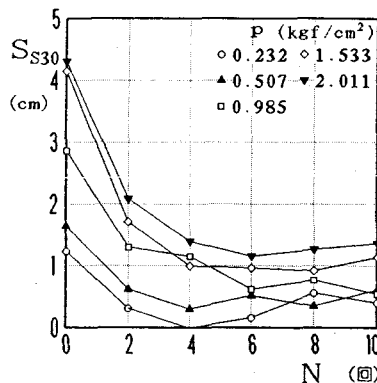


図4 滑り沈下量 S_{s30} と転圧回数 N の関係

表2 滑り沈下に関する地盤-車輪系定数

N	c_0	c_1	c_2	r
0	0.4305	0.789	0.546	0.891
2	0.1853	0.984	0.500	0.847
4	0.0197	0.517	1.122	0.795
6	0.0176	0.785	1.045	0.713
8	0.0093	0.442	1.322	0.667
10	0.0276	0.805	0.995	0.874