

剛性車輪走行による砂の締固め

愛媛大学工学部 正員○河原 莊一郎

愛媛大学工学部

団上 秀明

1. まえがき

剛性車輪を装備した車両を種々のスリップ率のもとで砂地盤上を牽引走行させ、砂の締固めに関して実験を行った。スリップ率が締固めの程度に与える影響を明らかにする。

2. 試料土

試料砂は気乾状態の海砂を網目3mmのふるい通過させたものを用いた。土質性状を表1に示す。平面歪状態の鋼板(幅5cm,長さ3,5,7,9cm)の貫入実験(初期単位体積重量 $\gamma_{d0}=1.6\text{gf/cm}^3$)より、接地圧 $p(\text{kgf/cm}^2)$ と沈下量 $z(\text{cm})$ との間に次式のBekkerの関係が成立する¹⁾。

$$p = k z^n = (k_c/b + k_\phi) z^n \quad (1)$$

$$k_c = 1.68\text{kgf/cm}^{n+1}, k_\phi = 1.93\text{kgf/cm}^{n+2}, n = 0.45$$

b : 平面歪状態では鋼板の長さ

また、鋼板(幅5cm,長さ20cm)の牽引実験より、摩擦応力 $f(\text{kgf/cm}^2)$ と滑り量 $j(\text{cm})$ との間に次式のJanosiの関係が成立する。

$$f = (c_a + p \tan \delta) \{1 - \exp(-a j)\} \quad (2)$$

$$c_a = 0.014\text{kgf/cm}^2, \delta = 21.2^\circ, a = 0.192\text{cm}^{-1}$$

さらに、容量 1000cm^3 の 10cm モールドに砂を3層に分け各層毎に 2.5kgf のランマを 30cm の高さから落下させる突固め試験より、単位体積重量 γ_d と落下回数 N との関係は次式の双曲線で近似できる²⁾。

$$\gamma_d = \gamma_{d0} + N/(d_0 + d_1 N) \quad (3)$$

$$\gamma_{d0} = 1.353\text{gf/cm}^3, d_0 = 11.2\text{cm}^3/\text{gf}, d_1 = 2.71\text{cm}^3/\text{gf}$$

3. 実験方法

土槽は長さ 600cm ,高さ 60cm ,幅 6cm であり、中央部の長さ 120cm は取り外し可能な構造であり、単位体積重量 γ_d の測定はこの部分で行った。 15cm 毎4層に分け、長さ 60cm ,重量 5.9kgf の錘を高さ 25cm より下層から3,4,5,6回落下させ、試料砂を $\gamma_{d0}=1.6\text{gf/cm}^3$ になるように調整した。なお、土槽壁面と土粒子間の摩擦を取り除くため、壁面にグリースを塗り、厚さ 0.2mm のゴムシートを貼付した。

実験車両は前1輪後2輪の3輪構造である。車輪は鋼製で直径 30cm ,幅 5cm である。試料砂上を走行する左後輪は駆動輪であり、残りの2輪は鉄板上を走行する純粹転動輪である。牽引装置のモータの速度を変えることによって車両を種々のスリップ率で3往復走行させた。測定対象の左後輪の輪荷重 W は 61kgf で

表1 土質性状

土粒子比重	2.673
均等係数	4.513
曲率係数	0.938
平均粒径 (mm)	0.800
含水比 (%)	0.609
最大密度 (gf/cm ³)	1.74
最小密度 (gf/cm ³)	1.38
内部摩擦角 (deg)	39.6
粘着力 (gf/cm ²)	0.375

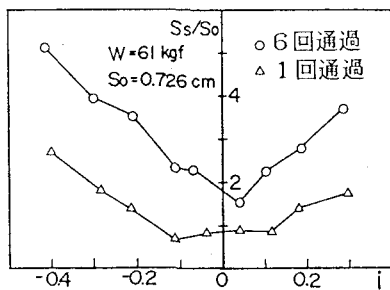


図1 S_s/S_o と i の関係

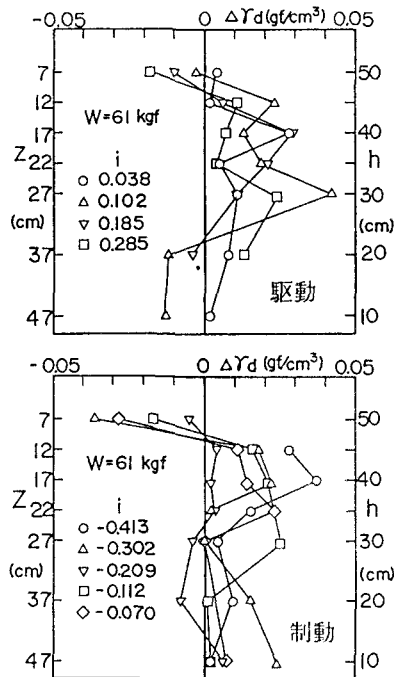


図2 $\Delta \gamma_d$ の深さ方向の分布

あった。 γ_d の測定は鋼製円筒(直径5.26cm)用いて土槽下部よりの位置 $h=10\sim 50\text{cm}$ の計7箇所で行った。

4. 実験結果

図1に相対滑り沈下量 S_s/S_0 とスリップ率 i の関係を示す。滑り沈下量とはスリップすることによって生じるもので、沈下量から鉛直载荷による初期沈下量を引いたものである。 i の絶対値が大きくなるにしたがって S_s は増加する。また、滑り沈下量 S_s は走行回数が増えると増加する。車輪の沈下を車輪の走行による砂地盤の単位体積重の増加と関係があると考え、 S_s は(3)式と同じ式で近似できる。 S_s は $\gamma_d - \gamma_{d0}$ に相当する。この場合、切片 d_0 はスリップ率の絶対値が大きくなると小さくなるが、傾き d_1 はスリップ率に依らず 0.32cm^{-1} とほぼ一定となる。

図2に γ_d の変化量 $\Delta\gamma_d$ の深さ方向の分布を示す。 $\Delta\gamma_d$ は初期地表面($h=57\text{cm}$)から、深さ $z=22\text{cm}$ 迄走行の影響を受けているが、それより下方でその影響が顕著には見られない。また地表近く($z=7\text{cm}$)では $\Delta\gamma_d$ は負であり、スリップすることで砂が掻き乱されたと考えられる。

この図では i による締固めへの影響度が不明確であるので、 $z=7\sim 27\text{cm}$ の平均相対密度 D_r と i の関係を図3に示す。 $i=-0.1\sim 0.2$ で D_r が初期より増加しており、特に $i=\pm 0.1$ で大きな増加がみられる。このことより、沈下量と締固めの程度の間には関係がみられない。したがって沈下量の大小から締固めの程度の良否を予測することはできない。これは滑り沈下量には単位体積重量を増加させるだけでなく、車輪の下を砂を後方へ掻き出すために起こるものも含まれているからである。

図4に駆動力係数 H/W 、有効牽引力係数 DP/W と i の関係を示す。 H は駆動トルクを車輪の半径で除したもので、厳密には推進力とはいえないが、 $H-DP$ を走行抵抗 R とみなすと R は $i=0.1$ で最小となり、このとき D_r の増加が大きい。

この実験では往復走行することにより、交番せん断応力を与えて砂地盤の締固めを目指したものであるが、砂地盤の締固めには、スリップ率の絶対値を大きくする、すなわち滑り量を増加させることよりも、最適なスリップ率で走行することが効果的である。

5. まとめ

スリップ率の絶対値が大きくなると滑り沈下量が大きくなるが、沈下量と締固めの程度の間には関係がみられない。締固めの程度を上げるにはスリップ率 ± 0.1 で車両を走行させるのが良い。

参考文献

- 1) 畠昭治郎著：建設機械学，鹿島出版会，pp.26-101
- 2) 畠昭治郎，建山和由，石澤利昭：振動ローを用いた現場締固めにおける密度予測に関する研究，土木学会論文集，364号，pp.229-237，1985。

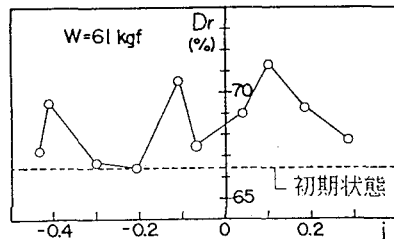


図3 D_r と i の関係

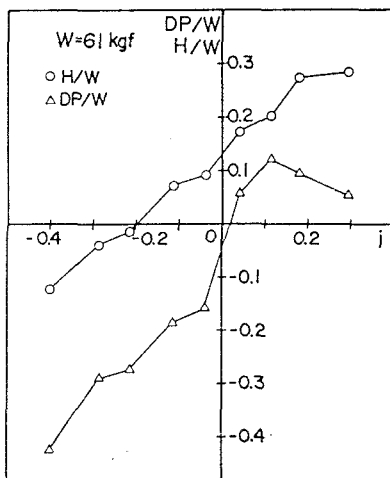


図4 H/W , DP/W と i の関係