

## III-115 軟弱地盤上の履带式車両の制動時接地圧分布

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

愛媛大学工学部 河野 幸 一

1. まえがき 海底の軟弱な粘性斜面地盤上を制動走行する水中ブルドーザなどの剛性履带式車両について、種々の履板形状における履帯下のスリップ量分布と接地圧分布の特性を明白にすることを目的とし、履帯モデルの載荷・牽引実験結果に基づいて解析を行った。

2. 地盤と履板との相互作用 カオリン粘土を海水中で10日間実験土槽(250×10×45cm)内で自重圧密させて軟弱地盤を作成した。表土の含水比は 106%で、非排水強度  $C_u$  (kPa) は深さ  $Z$  (cm) において  $C_u = 0.021Z$  である。履板は ① 標準型 ② 直角三角形型 ③ 正三角形型 ④ トラクション型 ⑤ 逆トラクション型の 5 種類であり、いずれもグラウサ高さ 4.5cm, ピッチ 10cm で 図1 に示す長さ 40cm, 幅 9cm の剛性履帯モデルについて載荷・牽引実験を行った。得られた土質定数を表1 に示す。

3. 履带式車両のスリップ量 車両諸元は、重量 68.6kN, 履帯接地長800cm, 履帯幅 150cm, 平均接地圧  $p_m = 2.86$  kPa, 車両重心の偏心率 0, 前・後輪半径  $R_f = R_r = 60$  cm, 重心高さ 100cm, 牽引力作用点の車両中心線からの距離 400cm および高さ 100cm である。前輪接地部でのスリップ量  $j_r(\theta)$  は、

$$j_r(\theta) = R_r \{ (\theta_r - \theta) - \{ \sin(\theta_r + \theta_t) - \sin(\theta + \theta_t) \} / (1 + i_b) \} \quad (1)$$

で与えられる。ここに、 $\theta_r$  は前輪接地角、 $\theta_t$  はトリム角、 $0 \leq \theta \leq \theta_r$ 、 $i_b$  はスリップ率である。前輪最下点Bにおけるスリップ量を  $j_B = j_r(0)$  とすると、履帯主要接地部でのスリップ量はB点からの距離  $X$  に対して  $j_m = j_B + i_b' \cdot X / (1 + i_b')$  となる。 $i_b' = (1 + i_b) / \cos \theta_t - 1$  である。後輪接地部でのスリップ量  $j_r(\delta)$  は、

$$j_r(\delta) = R_r \{ (\theta_t - \delta) - (\sin \theta_t - \sin \delta) / (1 + i_b) \} + i_b' D / (1 + i_b') + j_B \quad (2)$$

で与えられる。ここに、 $0 \leq \delta \leq \theta_t$  である。図2 は、一例として履帯 ⑤ に対するスリップ量の分布を各  $i_b$  に対して算定したものである。他の履帯 ①~④ に対しても同様に、スリップ量は前輪部または履帯主要接地部のある位置から正から負の値に変化している。

4. 接地圧分布 前輪接地部での垂直応力  $\sigma_r(\theta)$ , せん断応力  $\tau_r(\theta)$  は、

$$\sigma_r(\theta) = (1/b_0)^{1/b_1} [R_r \{ \cos(\theta + \theta_t) - \cos(\theta_r + \theta_t) \} / \cos(\theta + \theta_t)]^{1/b_1} \quad (3)$$

$$\tau_r(\theta) = \pm \{ m_0 + m_r \sigma_r(\theta) \} [1 - \exp \{ \mp a j_r(\theta) \}] \quad (4)$$

で与えられる。なお、 $j_r(\theta) \geq 0$  で  $\tau_r(\theta) \geq 0$  となる。履帯主要接地部での垂直応力  $\sigma_m$ , せん断応力  $\tau_m$  は、

$$\sigma_m = p_r + 12 p_m e_m X / D \quad (5)$$

$$\tau_m = \pm \{ m_0 + m_r \sigma_m \} [1 - \exp \{ \mp a j_m \}] \quad (6)$$

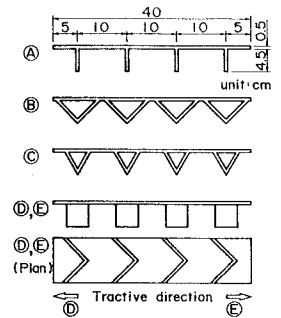
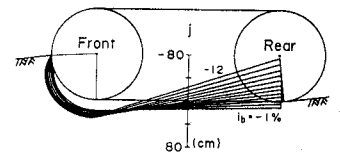


図1 各種履帯モデル

表1 土質定数

| 履 帯                           | (A)   | (B)   | (C)   | (D)   | (E)   |
|-------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $b_0$                         | 6.93  | 8.03  | 8.00  | 6.65  | 6.65  |
| $b_1$                         | 1.220 | 0.605 | 0.593 | 2.070 | 2.070 |
| $m_0$ (kPa $\times 10^{-2}$ ) | 8.72  | 9.59  | 16.57 | 20.76 | 21.01 |
| $m_r$                         | 0.211 | 0.643 | 0.615 | 0.491 | 0.618 |
| $a$ (1/cm)                    | 0.720 | 1.769 | 1.623 | 1.697 | 1.865 |
| $c_0$                         | 0.311 | 0.638 | 1.007 | 1.133 | 1.046 |
| $c_1$                         | 0.708 | 0.672 | 0.126 | 1.530 | 0.953 |
| $c_2$                         | 0.747 | 0.828 | 0.563 | 0.595 | 0.753 |

図2 スリップ量  $j$  の分布 (履帯 ⑤)

で与えられ、 $j_m \geq 0$  で  $\tau_m \geq 0$  である。なお、 $p_r$  は前輪接地圧、 $e_m$  は地盤反力の偏心率である。さらに、後輪接地部での垂直応力  $\sigma_r(\delta)$ 、せん断応力  $\tau_r(\delta)$  は、

$$\sigma_r(\delta) = (1/b_0)^{1/2} [R_r \{ \cos \theta_t - \cos(\theta_r + \theta_t) \} + D \sin \theta_t + R_r (\cos \delta - \cos \theta_t)] / \cos \delta \quad (7)$$

$$\tau_r(\delta) = \pm \{ m_0 + m_r \sigma_r(\delta) \} [1 - \exp \{ \mp a j_r(\delta) \}] \quad (8)$$

で与えられ、 $j_r \geq 0$  で  $\tau_r \geq 0$  である。有効制動力、沈下量とスリップ率との関係についてエネルギー解析<sup>2)</sup>を行った結果、図3は履帯形状①～⑤の履帯接地部に作用する  $\sigma, \tau$  分布を各  $i_b$  に対して示したものである。 $\sigma$  の値はいずれの場合も正の値で分布しているのに対し、 $\tau$  の値はスリップ量の正負に対応して前輪接地部または履帯主要部の点より正から負値へ反転している。この現象は駆動走行<sup>3)</sup>とは基本的に異なっている。

**5. 結論** 制動走行している剛性履带式車両では、履帯下に作用する垂直応力はいずれの履帯形状に対しても正值を示し、スリップ率の増加とともに前輪方向に増大する。一方、せん断応力分布はスリップ率の増大とともに履帯主要部から前輪接地部の方向に、スリップ量の正負変換点に対応して、正から負値へと反転している。また、せん断応力の総和で与えられる車両の抗力は、直角三角形、正三角形型履帯において十分に発揮されることが判明した。

<< 参考文献 >> 1) MURO, T : GROUSER EFFECT ON TRACTIVE PERFORMANCE OF A SUPERWEAK MARINE SEDIMENT, Proc. of the 2nd Asia-Pacific Conf. of the ISTVS, pp.355-366, 1988.

2) 室 達朗, 尾本 清, 柳楽 篤司 : 湿地用ブルドーザの走行性能 —— エネルギー解析 ——, 土木学会論文集, 第403号/VI-10, 1989.

3) 室 達朗, 柳楽 篤司, 河野 幸一 : 剛性履带式車両の接地圧分布, 第41回平成元年度土木学会中国四国支部研究発表会講演概要集, 1989.

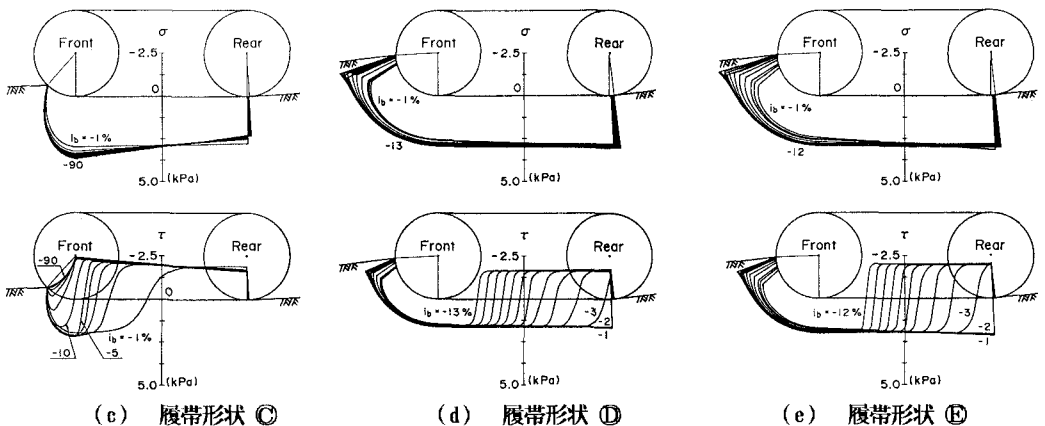
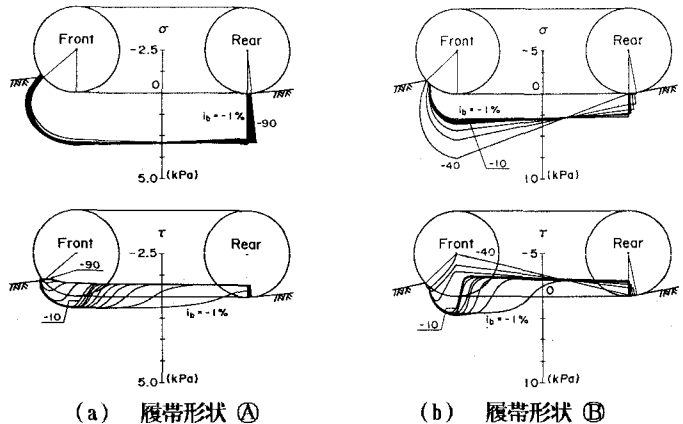


図3 垂直応力  $\sigma$ 、せん断応力  $\tau$  の分布