

防 研 正 員 杉 山 昇

防 研 正 員 志 方 俊 之

## 1 ま え が き

水平地盤上に置かれた履板に鉛直荷重  $p$  ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ ) を加えると、履板は地盤の強さに応じてある量  $Z_s$  (cm) だけ沈下してつり合う。さらに、これを水平方向にて ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ ) の力で距離  $j$  (cm) だけ牽引すると、履板はさらにある量  $Z_j$  (cm) だけ沈下する。一般には  $Z_s$  を静的沈下量 (Static sinkage),  $Z_j$  を滑り沈下量 (Slip sinkage) と呼んで区別しているようである。

静的沈下量に関して、Bekker<sup>(1)</sup> の与えた式が十分使用できることはすでに前報<sup>(2)</sup> において明らかにした通りである。

滑り沈下量に関しては、 $\tau$  と  $p$  との比を一定にして牽引することが実際上困難であること、牽引の際に履板前面の土をどのように処置するかと言う点、あるいはまた鉛直荷重  $p$  の範囲などいわゆる実験条件の不統一のため、従来あまり検討が加えられなかつた傾向にあると言えよう。

本報告は過去において提案されている二三の滑り沈下公式と著者らの実験結果とを対比して、今後研究すべき問題点を指摘しようとするものである。

## 2 滑り沈下量評価の重要性

車両の Trafficability を評価することは、単に車両が地盤上に保持され得るかといういわゆる Floatation の問題ばかりでなく、その車両が与えられた地盤上を走行するときに発生する推進力と走行抵抗から車両の牽引性 (Tractionability) あるいは排土力を推定することも包含している。したがって、滑り沈下量を適切に評価して Floatation を予知することはもちろんのこと、Tractionability についてもつぎの二つの理由からその重要性が認められる。

走行抵抗の一要素である Compaction resistance  $R_c$  は接地圧  $p$  が土に対してなす仕事量であるから、次式のように示されよう。

$$R_c = 2B \left\{ L \int_0^{Z_s} p_1(z) dz + \frac{1}{i_0} \int_0^j \int_{Z_s}^{Z_j} p_2(z, j) dz dj \right\} \quad (1)$$

第1項は静的沈下によるものであり、 $p_1(z)$  についてはすでに実験的関数関係が得られていることは周知のとおりである。第2項は滑り沈下によるものであるが、 $p_2(z, j)$  すなわち滑り沈下量式には統一されたものが与えられていない。ここに、 $B$ : 履帯幅、 $L$ : 接地長、 $z$ : 沈下量、 $j$ : 滑り量、 $i_0$ : スリップ率である。

つぎに、滑り沈下によつて車両に傾斜が与えられる問題である。図-1に示すように、履板の接地点における沈下量は  $Z_s$  にほぼ等しく、離昇点における沈下量は  $Z_s + Z_j$  ( $j = i_0 L$ ) であるから、Trafficability が問題となるような路外の軟弱な地盤上では車両の傾斜角  $\theta$  の推進力の低下におよぼす影響は一般に無視できなくなると考えられる。

以上の理由から、滑り沈下量の適切な評価は車両の牽引力を正しく推定する上に重要な要因の一つであることがわかる。

### 3 滑り沈下量に対する考察

最初に提案された Bekker の滑り沈下量式は(2)式のようなものである。

$$\frac{Z_i}{j} = \frac{p - p_0}{\tau} \quad (2)$$

ただし、 $p_0$  は次式で表わされるような地盤支持力をとる。すなわち、全般せん断破壊に対して、

$$p_0 = c N_c + \gamma (Z_s + Z_j) N_q + \frac{1}{2} \gamma \ell N_\gamma \quad (3)$$

また、局部せん断破壊に対して、

$$p_0 = \frac{2}{3} c N'_c + \gamma (Z_s + Z_j) N'_q + \frac{1}{2} \gamma \ell N'_\gamma \quad (4)$$

となる。ここに、 $\tau$ : 単位面積当りの牽引抵抗力、 $\gamma$ : 土の単位体積重量、 $\ell$ : 履板の長さ、 $c$ : 土の粘着力、 $N_c, N_\gamma, N_q, N'_c, N'_q, N'_\gamma$ : 地盤の支持力係数である。

(2)~(4)式から考えられることは次のようなことである。

- (a) 接地圧が  $p > p_0$  の範囲にのみ適用される。
- (b) 静的沈下および滑り沈下にともなう履板前面の土は排除しないで  $\tau$  を得ている。
- (c)  $\tau$  と  $j$  および  $\tau$  と  $p$  との関係が必要である。

また、Soltynski はつぎのような関係を提案している。

$$p > p_0 \text{ に対して} \quad \frac{Z_i}{j} = \frac{p - p_0}{\tau_{\max}} \quad (5)$$

ただし、 $\tau_{\max}$ : 単位面積当りの最大せん断抵抗力である。

$$p < p_0 \text{ に対して} \quad Z_i^2 \left\{ \frac{\gamma N_q}{p} \right\} + Z_j \left\{ \frac{p_0'}{p} \right\} = j \quad (6)$$

$$\text{ただし} \quad p_0' = c N_\gamma + \gamma Z_s N_q + \frac{1}{2} \gamma \ell N_\gamma \quad (7)$$

また、 $Z_j \gamma N_q \div 0$  と仮定して(6)式からつぎのような簡単な式を与えている。

$$\frac{Z_i}{j} = \frac{p}{p_0} \quad (8)$$

これらの式から考えられることはつぎのようなことである。

- (a)  $p$  のあらゆる範囲に対して適用できる。
- (b) 滑り沈下にともなう履板前面の土のみを排除していることになり、これは実験上かなり困難なことである。
- (c)  $\tau$  と  $j$  との関係は不要であるが、 $p$  と  $\tau_{\max}$  との関係は必要である。

つぎに、Ikeda は極端に軟弱な地盤に対して行なつた履板の粘着力実験から次式を提案している

$$\frac{Z_i}{j} = \frac{p - \beta \tau}{\alpha p_0} \quad (9)$$

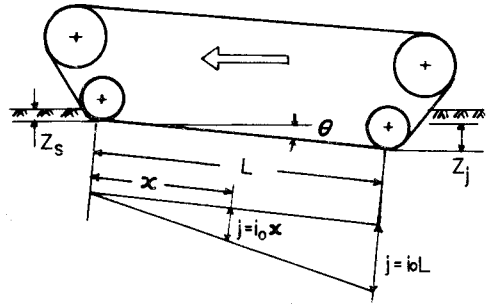


図-1 車両の傾斜

ここに、 $\alpha, \beta$  は履板形状によつて決まる実験定数である。この実験についてはつぎのようなことが言えよう。

- (a) 実験範囲は  $p = 0.052 \sim 0.19$  であり、 $p < p_0$  の範囲である。
- (b) 静的沈下および滑り沈下  $\tau$  ともなう履板前面の土は、これを排除しないで  $\tau$  を得ている。
- (c)  $\tau$  と  $j$  との間および  $\tau$  と  $p$  との関係が必要である。
- (d)  $\alpha, \beta$  の定数が単に履板形状によつて決まるものであるかは検討を要する。

#### 4 実験装置および実験方法

以上、二、三の滑り沈下量式について、とくに適用条件から検討を加えた。これらをさらに実験的に吟味し、より一般的な滑り沈下量式を得ることを目的として著者らは一連の実験を行なっている。この際とくに注意したことはつぎのとおりである。

- (a) 広範囲な接地圧  $p$  について実験できること。 $0 < p < 0.77 \text{ (kg/cm}^2\text{)}$
- (b) 履板は縮尺  $1/2$  で、Scale effect が小さいこと。 $B \times \ell = 22.5 \times 22.5 \text{ (cm)}$
- (c) 地盤支持力  $p_0$  を容易に変化させること。(転圧力は一定とし、含水比で変化させる)
- (d)  $z_s, z_j, j, p, \tau$  の変化が同時に記録できること。(電気的変換器による同時記録)
- (e) 履板前面の土の処置を一定の条件にすること。(静的沈下および滑り沈下にもなう前面の土はこれを全部排除する)

なお、実験の詳細については別報<sup>(3)</sup>に示されているので本報告ではこれを省略する。ただし、試験地盤の土は関東ロームである。 $(e = 0.19, \phi = 19^\circ, \gamma = 0.0014)$

#### 5 実験結果の検討

まず滑り量  $j$  にもなう滑り沈下量  $z_j$  の変化をプロットすると図-2に示すようになる。

この図から接地圧  $p$  が一定であれば、 $z_j/j$  すなわち滑り沈下の方向はほぼ一定の値をもつことがわかる。いま、この図から得られた  $z_j/j$  の値とそのときの  $p$  との関係を示すと、図-3の白点のようになる。また、 $\tau$  と  $j$  との関係を示す実験値から  $\tau_{max}$  をとり、

$\mu_{max} (= \tau_{max}/p)$  とそのときの  $z_j/j$  との関係プロットすると図-4のようになる。また  $p$  が一定であれば  $\mu_{max}$  はほぼ一定で  $\mu_{max}$  と  $p$  との関係は図-5のようになる。

著者らの実験は未だ  $p < p_0$  の範囲にとどまっているので一般的な議論は困難な段階であるが、図-3の実験結果から  $p < p_0$  で  $p$  の比較的小さい領域では、

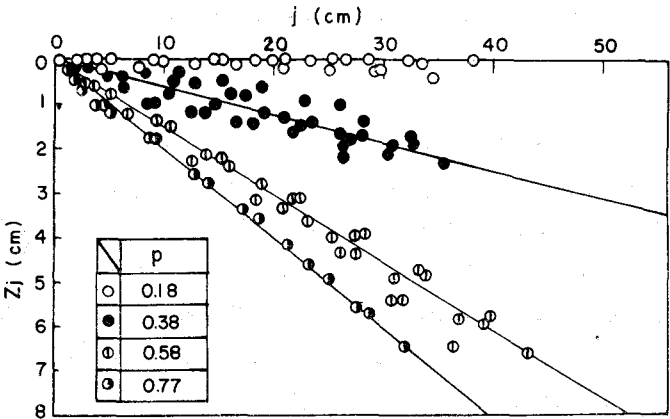


図-2  $z_j$  と  $j$  との関係

$$\frac{Z_j}{j} = A \left( \frac{p - p_a}{p_a} \right) \quad (10)$$

の関係が得られる。実験ケースが少ないので、定数Aが何によつて決まるかは未だ明らかではない。\$p\_a\$ は地盤の強さを示す一つの実験定数である。

図-3に示された(5), (8)(9)式の関係からつぎのようなことが言えよう。

(5)式は \$p > p\_0\$ の範囲で適用されるとしているが、\$p = p\_0\$ に近いときには \$Z\_j\$ を過小に見積ることになり、実際には非常に大きい \$p\$ の範囲にしか適用されないことが考えられる。

(8)式は \$Z\_j\$ を過大に見積る傾向が見受けられる。また(9)式において、定数 \$\beta\$ は \$p\_a\$ によつて一義的に決る値であるから履板形状による定数とみなすよりもむしろ地盤支持力による定数と考えられる。さらに、著者らの実験結果から \$\alpha\$ の値を逆算すると、\$\alpha\$ は \$p\$ によつてかなり変動することがわかった。

なお(2)式や(9)式は \$\tau\$ と \$j\$ との間に一定の関係がない場合には実験式として有効でないと考えられる。

## 6. む す び

実験ケースが少なく結論的なことは未だ示し得ないが、今後実験を重ねることによつて、(10)式における定数Aの特性や \$p < p\_0\$ と \$p > p\_0\$ の間の遷移領域に関する問題などを明らかにして実用に供し得る滑り沈下量式を得たいと考えている。その後の実験結果については講演時に補足したいと思う。最後に本実験に協力した吉田徳栄技官に感謝の意を表する。

## 7. 参 考 文 献

- (1) Bekker, M. G. : "OFF-THE-ROAD LOGOMOTION" Ann Arbor, The University of Michigan Press, 1960.
- (2) 杉山 昇・志方俊之 : "履板の沈下に関する実験的研究" 第22回 土木学会 年次学術講演会 講演概要, 1967.
- (3) 杉山 昇・志方俊之 : "履帯の牽引力発生機構と土のせん断特性について" 第3回 土質工学研究発表会, 1968.

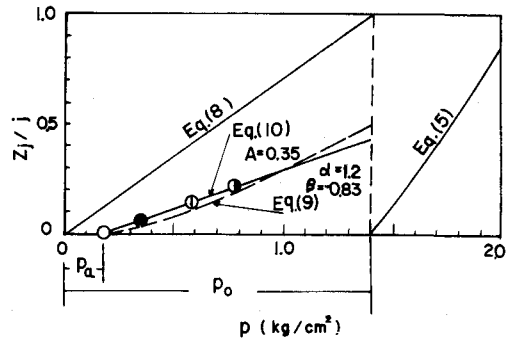


図-3 \$Z\_j/j\$ と \$p\$ との関係

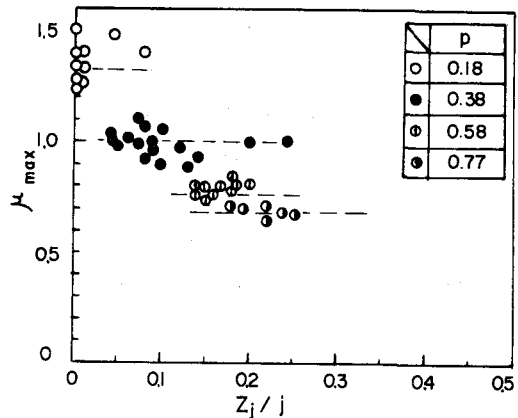


図-4 \$\mu\_{max}\$ と \$Z\_j/j\$ との関係

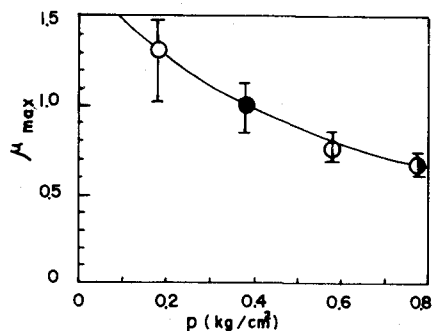


図-5 \$\mu\_{max}\$ と \$p\$ との関係