

# 転動荷重を受けた地盤の挙動と締り

佐々木 次 郎

(農業土木試験場)

## I はじめに

作物生産の立場から、機械の運行によってできる盤層の問題を掘りさげてゆこうとするまえに、これまでも各種の機会を通して得られた知識や経験を、地盤力学の観点からも整理しておくことは必要であると思われる。

工学的な目標、手段で行なう地盤転圧の一般原則と関連する研究成果のうち、ここでは関係の深い部面を取り上げた。転圧に伴う表層土の動きは耕地作業機の運行問題と、また内部変形は盤層の生成につながるものであるから、問題を表層と内部とに分けてみた。

## II 土面の状態と定速前進する転動車輪の運動、表層土の動き

### 1 車輪、土面に働く接線力

水平な土面を車輪が一定の垂直荷重を受けて転動するとき、車輪と土面の間に働く接線力は、(1)車軸に推進力かけん引力だけが働く非駆動輪と制動トルクを受ける被制動輪のばあいは後向き、(2)車軸のまわりに駆動トルクの働く被駆動輪では前向きとなる。(第1図)

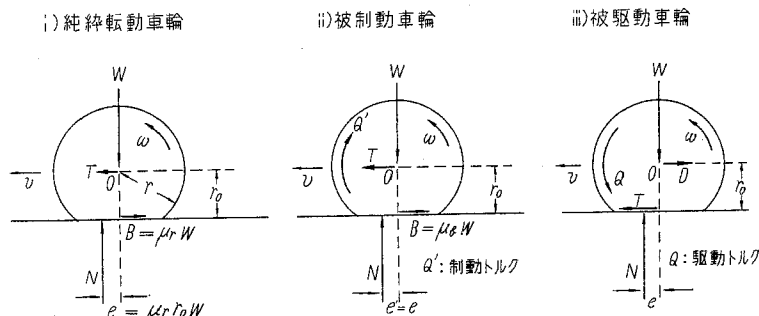
(後向きの接線力) = (抵抗係数) × (車輪に加わる垂直荷重)

接線力は、ころがり抵抗、土面抵抗または制動抵抗である。

(前向きの接線力) = (推力係数) × (車輪に加わる垂直荷重)

接線力は推進力となる。

接線力の大きさは車輪・土面間の相対運動(相対すべり)に支配され、相対運動はすべり比(slip ratio)で論ずることが出来る。抵抗係数(ころがり摩擦係数、土面抵抗係数、制動摩擦係数抵抗係数)と推力係数はともにすべり比の関数である(第2図)。



第1図 車輪・土面間の接線力

ここでは、最も基本的な、車軸のまわりに駆動トルクの働かない転輪のばあいについて、車輪の転動と表層土の動きを取り扱う。

## 2 純粋転動、破かい現象を伴わない車輪・土面間の相対運動

土面が弾性的だと、車軸にけん引力か推進力だけの働く車輪は、ころがり抵抗と地盤の垂直反力を受け、純粋転動 (pure rolling) をする。

低速度では、車輪が無回転状態で滑走 (固着現象) することもなく、また表層土がある深さにわたり、まとまって水平移動をすることも無い。

車輪は低速で水平土面を転動し、軸摩さつ抵抗は無視できるとすれば、加速抵抗、コウ配抵抗、空気抵抗はともに無視できるので、走行抵抗 (土面抵抗) はころがり抵抗に一致し、運動系の力のつり合い条件からつぎの関係が得られる。(第3図)

$$\left. \begin{aligned} T = R \doteq R_r = \mu_r W, \quad B = T = \mu_r W, \quad N = W \\ Ne = Br_0, \quad e = r_0 B / N = r_0 \mu_r (= r_0 \tan \theta) \end{aligned} \right\} \dots\dots(1)$$

NとP (TとWの合力) との着力点は一致する。

土面状態が塑性的なばあいの土面抵抗係数を  $\mu_b$  ( $\mu_b > \mu_r$ ) とすると、ゴムタイヤ型車輪の運動系についてつぎの関係が得られる。(第4図)。

$$T = B = \mu_b W > \mu_r W, \quad N = W \dots\dots(2)$$

この半径  $r$  の車輪が変形して有効半径  $r_0$  ( $r_0 < r$ ) で一定の低速  $v$  を保って転動するのであるから、角速度を  $\omega$  とすれば、車輪は土面上を  $r_0 \omega$  の速度で純粋転動し、土面は単位時間に  $(v - r_0 \omega)$  だけ前方にすべることになる。  
( $v - r_0 \omega$ ) は車輪の土面に対する相対速度でもあるから、すべり比を  $S$  とすれば、

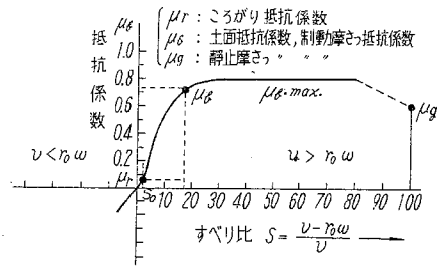
$$S = (v - r_0 \omega) / v \quad (v > r_0 \omega) \dots\dots(3)$$

一方、定速  $V$  で弾性土面を純粋転動するばあいよりは、 $(\mu_b - \mu_r) W$  だけ多く土面抵抗を受け、それだけ余分のけん引力か推進力を必要とする。このことは、つぎのように考え方を置き換えて取り扱うことができる。

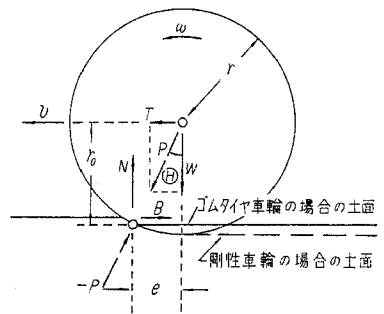
「角速度  $\omega$  で弾性路面を純粋転動するゴムタイヤ型車輪の車軸のまわりに  $Q'$  の制動トルク (braking torque) をかけ、定速  $v$  の前進を維持させようとして  $B = \mu_b W$  の土面抵抗を受け、単位時間当たり  $(v - r_0 \omega)$  のすべりを生じた」として塑性土面の表面運動を考察することができる。

$Q'$  は、仮想的な制動トルクであり、式(2)と第4図からつぎの関係が求められる。

$$\left. \begin{aligned} Q' = Br_0 - Ne = Br_0 - W \mu_r r_0 = (\mu_b - \mu_r) W \\ T = B = \mu_r W + (Q' / r_0) \end{aligned} \right\} \dots\dots(4)$$



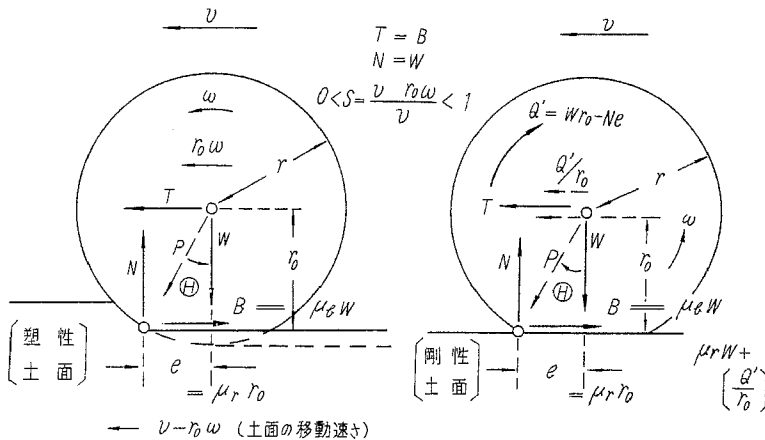
第2図 すべり比と抵抗係数の関係



第3図 純粋転動中の車輪に働く外力

$(Q'/r_0)$  は、塑性土面上で車輪に定速  $v$  の転動前進を行なわせるため、土面を進行方向に  $(v - r_0\omega)$  だけ動かすのに必要な水平力である。

車輪が剛性のばあいも、地盤反力  $N$  の着点を通る不撓性仮想土面を転動すると考えれば、有効半径は  $r_0$  となって、ゴムタイヤ型車輪のばあいと全く同じ取り扱いができる (第4図)。



第4図 クラックを伴わない、塑性土面と車輪との相対運動

### 3 車輪通過跡地のクラック発生

土面が弾性的なほど  $\mu_b$  は小で、純粹転動の可能な状態では  $\mu_r$  に一致する。逆に、土面が軟らかなほど大であるが、第2図の  $\mu_b - S$  特性曲線から、 $S$  の増とともに急増し、 $S = 20 \sim 30\%$  で限界値  $\mu_b \cdot \max$  に達する。以後  $S$  が増大しても限界値を維持するといわれるが、 $S = 100\%$  では突然落ちて  $\mu_g$  に一致する。

いま、塑性地盤の支持力理論の概念を導入すると、対地圧の作用で地盤内に流動条件が成立することによって起こる地盤構成土の流動破かい現象は、まず接地端部に始まり、流動条件の成立する領域 (塑性域) 内の土を乱して強度を低下させる。塑性域にはさまれた接地部直下には弾性的性質をもつ堅い核部 (Kurdjumoff の核) ができるわけである。

塑性土面上の車輪の定速転動運動は、この核部が形成されることにより可能となる。

式(4)は、 $\mu_b > \mu_g$ 、かつ  $\mu_b$  は  $\mu_g$  とは異質のものであるから、表層土の進行方向への移動を許すか、クラックの発生は伴わない定速転動運動の可能な条件式である。

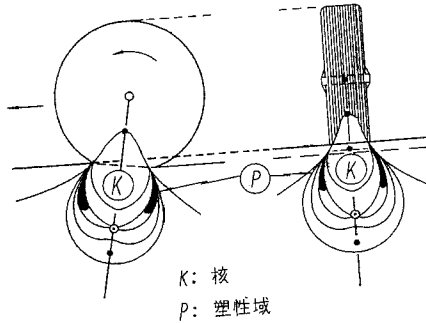
土面がまだ不安定で転動運動だけでは車輪の定速前進が不能なばあい、 $\mu_b \cdot \max$ 、かつ  $B \cdot \max$  の限界条件下でさえ、車輪は核部表面の接触土を動かしながら、核部そのものも動かし、前方土を水平的に圧縮して土面抵抗係数を低め、 $S \leq 1$  の条件をつくりつつ定速前進を続ける。

しかし、土面の不安定度が低すぎて  $S = 1$  の状態にあるならば、式(4)の仮想制動トルク  $Q'$  よりも大きな  $Q''$  を必要とし、 $Q'$  の運動条件ではも早や車輪の定速前進は不能で、土面には車輪の接地部後端に生じた塑性域にクラックが生ずる。クラック発生の条件は、

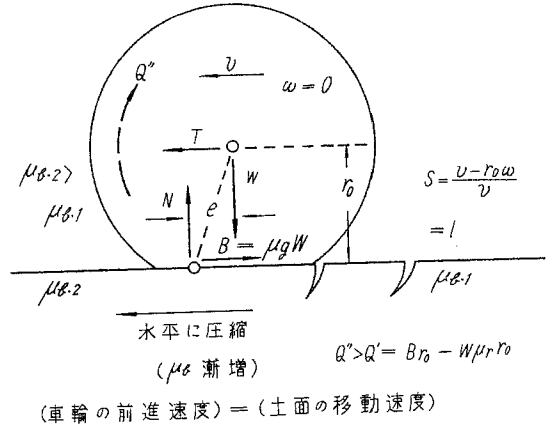
$$Q'' > Q' = B_{\max} r_0 - W\mu_r r_0 = (\mu_b \cdot \max . - \mu_r) W r_0 \dots\dots\dots(5)$$

ここに、 $S=1$ 、 $v$ は一定、かつ $r_0 \neq 0$ 。

よって、 $\omega=0$ 、 $\mu_b$ は $\mu_g$ となる。



第5図 車輪接地面下の塑性域



第6図 クラックの発生条件

すなわち、クラックが生ずると、車輪は無回転状態で核部に乗ったまま、土面から静止まさつ抵抗 ( $\mu_g W$ ) を受け、核部とともに定速  $v$  で引かれるか推される。この運動では、

$$T = B = \mu_g W \dots\dots\dots(6)$$

ただし、 $\mu_g$  は静止まさつ抵抗係数。

無回転状態で核部に乗ったまま前進する際、車輪は核部と一体となって前方土を水平的に圧縮し、その抵抗係数を落して式(2)、式(4) の関係を満足する転動運動を再開するが、やがてまえと同様の地盤状態の所に進んでクラックを発生させる。

前方に引かれるか推されて定速前進する車輪は、以上2つの運動状態を繰り返して通過跡地に規則正しい幅と間隔のクラック群を残して行く。

模型実験の結果によると、土層の密度が大きいほど、また土湿が締めめ最適含水比に近いほど、クラックの幅と間隔は狭くなり、到達深さも浅くなる。

#### 4 車輪前面土のせん断すべり

車輪の荷重が過大で土層に完全破かいを起させない限り、表層土がなう軟で車輪が深く沈むと、定速前進に当って車輪は前回表土から相当の土圧を受ける。

車輪を定速前進させるには、この受動土圧に打ち勝って前回表土内にすべり面を形成させ、すべり面上載のすべり土をすべり面における粒子間摩擦さつ抵抗に打ち勝たせてすべらすことが必要となる。すべりに要する水平力  $F$  はつぎのとおりになる。

$$\left. \begin{aligned} F &= T - \mu_b W \dots \dots (\text{転動前進, } S < 1) \\ \text{or, } T - \mu_g W \dots \dots (\text{無回転前進, } S = 1) \end{aligned} \right\} \dots\dots(7)$$

この現象は表層土がある程度乾いて砂的な性格を示すときに強く現われるので、クーロンの直線すべ

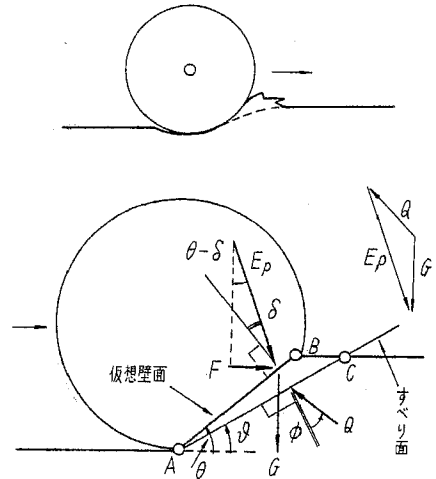
り面を想定すると、 $F$ と受動土圧 $E_p$ （粘着力のないばあい）または $P$ （粘着力のあるばあい）との関係、受動土圧作用の限界条件はつぎのとおりである（第8図）。

$$E_p \text{ (または } P) = F / \sin(\theta - \delta),$$

$$\theta \leq \delta \text{ で } F = 0 \dots \dots \dots (8)$$

車輪が前面表土を切る、仮想壁面の水平面に対する傾角 $\theta$ が車輪・土面間の摩さつ角 $\delta$ に等しいか、それより小さくなると、も早や車輪は前面土からは土圧を受けることはない。

このせん断すべりの現象は、1カ所を繰り返して通るばあいには、初めの1~2回の通過で見られなくなる。また、すべり土がつぎつぎに持ち上げられ、崩れずに重くなって推されて行くこともある（第7図）。



第7図 車輪前面土のせん断すべり

### Ⅲ 土面の沈下，表面土の水平移動量

土層が流動したり、完全破かいを起こさぬ限り、車輪の通過に伴う車軸方向への土の横移動は、進行、鉛直両方向の動きに比べて無視できる。ゆえに、通過回数と鉛直、水平各方向の変位とを関連づけ、前項までの諸現象の消長との関係をも明らかにすれば、締固め進度（degree of compaction）推測の目安にできる。

#### 1 通過回数と表面の沈下，締固め度

車軸（ローラ）の通過回数を $N$ ，各回の表面の沈下を $\Delta Z_N$ ，累加量を $Z_N (= \sum_1^N \Delta Z_N)$ とすると、つぎの $(N-Z)$  実験公式が成立する。

$$Z_N = N (a + bN)^{-1}$$

$$\lim_{N \rightarrow \infty} Z_N = Z_{\infty} = 1/b \quad (a > 0, b > 0) \quad \dots \dots \dots (9)$$

$$C_N = Z_N / Z_{\infty} (\%) \text{ (degree of compaction)}$$

この公式は、一般の砂質土、塑性土、粘性土について、あらゆる転動型締固め機の転圧に適合する。

$a$ ， $b$ は定数で実験的に求める。

通過各回の締固め度 $C_N$ は、多数の実験資料から、統計的におよそつぎの値を示す。

- $C_1$ ;  $(\Delta Z_1 / Z_{\infty}) \times 100 (\%)$  : 30~60%
- $C_3$ ;  $(Z_3 / Z_{\infty}) \times 100 (\%)$  : 55~75"
- $C_6$ ;  $(Z_6 / Z_{\infty}) \times " "$  : 70~85"
- $C_8$ ;  $(Z_8 / Z_{\infty}) \times " "$  : 80~90"
- $C_{10}$ ;  $(Z_{10} / Z_{\infty}) \times " "$  : 80~90"
- $C_{20}$ ;  $(Z_{20} / Z_{\infty}) \times " "$  : 90~95"
- $C_{100}$ ;  $(Z_{100} / Z_{\infty}) \times " "$  : 98~99"

$N=8 \sim 10$ 回以降の沈下の増分は $0.1 \sim 0.05 \text{ cm}$ 程度の微量なものとなる。上表は転圧を可能とする土湿全域についてまとめたものであり、また盛土層の厚さは $30 \sim 35 \text{ cm}$ までのものについて取り扱っている。

つぎの項で述べるように、各回の表面土の進行方向への移動量の増分 $\Delta X_N$ は通過回数 $5 \sim 6$ 回ぐらいで0となることも考え合わせると、1カ所 $6 \sim 8$ 回通過で十分といえる。一般に、上表に示されたとおり、 $C_{N=8} \doteq C_{N=10}$ の関係から、締固めの適正通過回数は、十分安全をみても、経済的に8回とみてよい。このばあいの締固め度 $C_{N=8}$ はつぎのようである。

$$C_{N=8} = Z_8 / Z_\infty = 80 \sim 90 (\%) \doteq 85 (\%)$$

(適正通過回数 $N=8$ における、実用上の締固め度)

ここでいう適正通過回数とか実用上の締固め度はいかなる締固め条件にも大体通用する数字であるが、しかし締固め度 $C_N$ はそれぞれの与えられた条件下での極限沈下量に対する各回の累加量の相対比率であるから、条件によって締固め効果は異なるわけである。

## 2 表面土の進行方向の移動と通過回数の相関

車輪(ローラ)の通過各回における表面土の進行方向への移動量を $\Delta X_N$ 、累加量を $X_N$ とすると、つぎの $(N-X)$ 実験公式が得られた。

$$\left. \begin{aligned} \Delta X_N &= m e^{-nN} \quad (\Delta X_N > 0, \text{ かつ一方向通過}) \\ X_N &= \sum_1^N \Delta X_N = m \sum_1^N e^{-nN} \\ \lim_{N \rightarrow \infty} \Delta X_N &= \Delta X_\infty = 0 \\ (\Delta X_{N=5} \text{ または } \Delta X_{N=6}) &\rightarrow \Delta X_\infty \end{aligned} \right\} \dots\dots (10)$$

$\Delta X_N$ は、初期の通過(1~2回)では、 $2 \sim 20 \text{ cm}$ 、あるいはそれ以上に及ぶこともあるが、通過とともに急激に低減し、3回以降は $2 \sim 1 \text{ cm}$ 以内に落ち、 $5 \sim 6$ 回あたりからほとんど0になる。

このような $\Delta X_N$ の傾向を、(1) $\Delta Z_6 \sim \Delta Z_8$ が実用上0とみなせること、(2)車輪前面表土のせん断すべりが $N=1 \sim 2$ 回で見られないこと、(3)車輪通過跡地のクラックが $N=6 \sim 8$ 回以降は認めにくくなること、(4)地盤各深さに伝達される土圧が $N=5 \sim 8$ 回までに一定してしまうこと、などの実験的事実と考え合わせると、式(10)、(9)の相関公式は、転圧における地盤の締りと挙動を表面現象の消長から推測する有力な手掛りとなる。

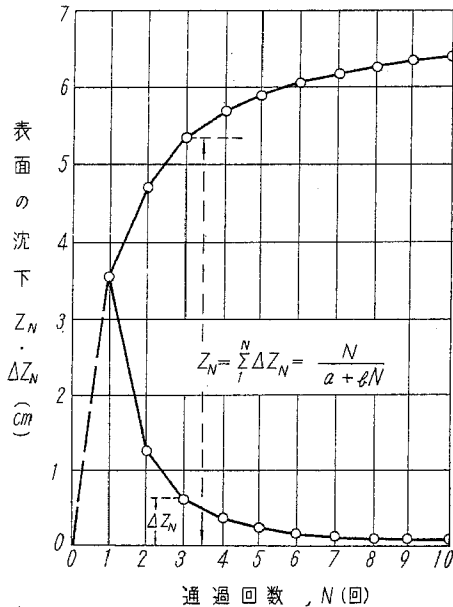
式(10)は1方向転圧のばあいについて求めた公式であるが、通過方向を任意回に反対としても、定数 $m$ 、 $n$ の符号を方向によって適切に取れば適用できる。たとえば、毎回交互に反対方向とする計算式はつぎに示される。

$$\left. \begin{aligned} X_N &= m \sum_{p=0}^{\left(\frac{N}{2}-1\right)} \left\{ e^{-(2p+1)n} - e^{-2(p+1)n} \right\} \\ & \quad (N: \text{偶数}; p=0, 1, 2, \dots, \frac{N}{2}-1) \end{aligned} \right\} \dots\dots (10')$$

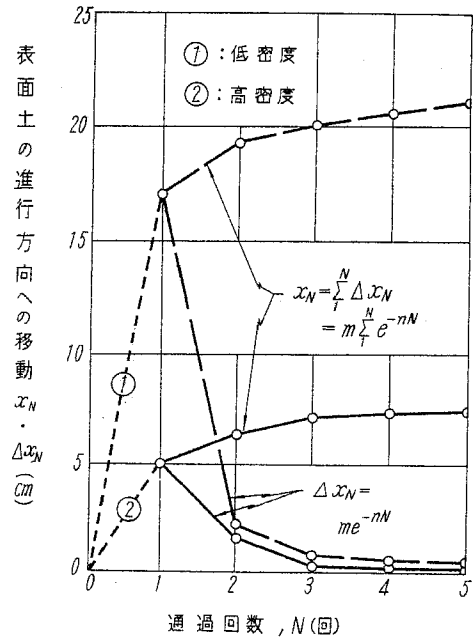
$$\text{or, } m \left[ \sum_{p=0}^{\left(\frac{N-1}{2}\right)} \left\{ e^{-(2p+1)n} - e^{-2pn} \right\} + 1 \right]$$

$$(N: \text{奇数}; p=0, 1, 2, \dots, \frac{N-1}{2})$$

これより、“通過方向は必ず往復動とすべし”といったこれまでの通説は薄弱で、むしろ十文字掛けなどとするのが、施工上からも、締りを地盤全面に均斉にする点からみても有利であろう。



第8図 表面の沈下と通過回数



第9図 表面土の進行方向への移動量と通過回数

#### IV 車輪の通過と地盤の締り

力学上の計算を示して説明する必要がある事項と専門にすぎるものは避け、ここでは一応の概念を求めるのに必要な範囲に止めた。

##### 1 地盤の変形、破かいと土中伝播土圧

接地面に一様に働く接地圧がある大きさよりも大きいと、ある領域内の地盤の各構成素片は、伝達応力によってすべり面を生じ、流動可能となる。接地面直下の土は圧縮で核部を形成し、これを取り巻く流動条件下の塑性域の土を、連続すべり面を形成させ、上方へと押し上げて入り込み、車輪は接触沈下をなす。

流動条件の成立する塑性域はまず接地端部に発生する。このときの接地圧を限界端荷重  $q_a$  と呼び、接地圧がこれより大きくなければ地盤は有効に締まらない。

$$q_a = \frac{p_c \pi}{\left\{ \cos \phi - \left( \frac{\pi}{2} - \phi \right) \right\}} \dots \dots \dots (11)$$

$p_c = C \cot \alpha$  : (粘着応力または凝集力,  $C$ は粘着力で  $\alpha$ は内部摩擦角),  $\phi$  : すべり面におけ

る応力と法線との間の角)

接地圧が $q_a$ より大きいと塑性域は第11図のように下方へ伸び、接地面下の土は圧縮され、塑性域の土は核と入れ替わって上方に流動して地盤に部分破かいをもたらす。このような接地圧を塑性荷重 $q_b$ と言い、有効な締りが得られるので“締固め最適強度”とも呼ばれる。

接地圧が一層大きくと、塑性域先端が接地面の中心鉛直線下方で合流するとすると、この時の接地圧を降伏荷重 $q_c$ と呼ぶ。合流点を降伏点という。 $q_c$ に接地圧に近いほど、車輪の沈下は大きく、急速に進む。 $q_c$ を越えると、塑性域は降伏荷重のときのものよりも内側方、外側方へと広がり、ついに地盤は降伏して全般破かいし、核部も縮減される。

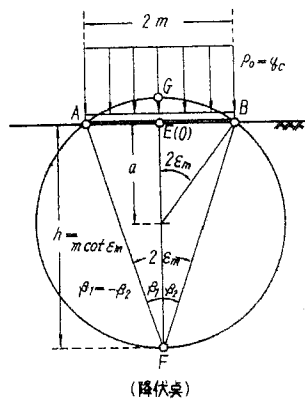
地盤構成土の乾燥密度を $\gamma$ 、降伏点の深さを $h$ とすると、

$$q_c = \frac{(\gamma h + p_c) \pi}{\left\{ \cos \phi - \left( \frac{\pi}{2} - \phi \right) \right\}} \dots\dots\dots (12)$$

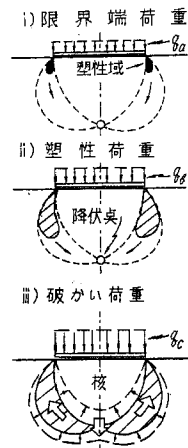
$$h = m \cot \epsilon_m \doteq 1.5 m \dots\dots\dots (13)$$

$m$  : タイヤの半幅,  $\epsilon_m$  : 第10図参照。

タイヤ幅 $30\text{ cm}$ なら $h \doteq 2.3\text{ cm}$ , 幅 $1.2\text{ m}$ のローラでは $h \doteq 90\text{ cm}$ の計算となる。



第10図 降伏点の深さ



第11図 塑性域の生成、発達

荷重の作用で地盤各部に伝わる伝達応力は深さにつれて急減し、載荷幅の約1.5倍の深さで接地圧の $\frac{1}{3}$ ほどに低減するというのが、1例に砂質地盤での汎用機械の実測例を示す。

4 t. 平滑胴ローラ	車輪直下 深さ $30\text{ cm}$	$\dots 0.74 \sim 0.9 \text{ 噸}$	車輪直下 深さ $60\text{ cm}$	$\dots 0.57 \sim 0.61 \text{ 噸}$
10 t. タンプ後復輪 (から積み)	$20 \sim 30\text{ cm}$	$\dots 1.5 \sim 1.7 \text{ 噸}$	$30 \sim 50\text{ cm}$	$\dots \doteq 1.3 \text{ 噸}$
スクレーパー前輪 ( $6\text{ m}^3$ 土砂満載)	$20 \sim 30\text{ cm}$	$\dots 1.5 \text{ 噸以上}$	$30 \sim 50\text{ cm}$	$\dots 1.5 \text{ 噸以下}$



スクレーパ後輪 : 車輪直下 …… 2.4 以上 車輪直下 …… 2.4 以下  
 (6 m<sup>3</sup>土砂満載) : 20~30 cm 30~50 cm

D-6 ブルドーザ : 20~30 cm …… 1.2 以上 30~50 cm …… 0.7~1.2 "

実際の伝達応力測定値は、弾性地盤とした計算値より、接地面中心鉛直線に近い所ほど大きく現われる(応力集中)。砂質地盤ほど、接地面が狭いほど集中し、また粘性地盤ほど、接地面が広いほど集中しない。粘土地盤の応力集中係数は弾性地盤の係数に等しい。

## 2 限界締り深さと締りの断面的な推移

地盤内で圧縮量が0となる点を力学的に計算して締り深さを定めるには、弾性常数など各種の地盤常数を定めるためにも、また接地面下の対地圧分布の形を定めるにも仮定が必要であり、接地面積や接地圧自体の測定が困難であるため、計算と実際とに相当の開きが出る。ゆえに、実態面からの検討が必要であるが、調査方法のどれを取っても、それだけに頼る単一方式の判定では信頼性が乏しい。

ここでは、汎用機械を用いた地盤転圧での限界締りを、降伏点の深さを念頭におきながら、伝達土圧と支持力増加の関係、荷重・沈下曲線の特性変化、土壌硬度と貫入抵抗の断面的な分布の変化、その他三相分布、有効間げき量、土壌物理常数の変化から多面的に検討し、総合判定した結果を示してみた。

### (1) 4トン汎用平滑胴ローラ

通過回数	よく締まっている深さ	限界の締り深さ
4回通過	10~20 cm内外	25~30 cm (最深35 cm)
8回通過	15~25 cm内外	30~35 cm (最深40 cm)
12回通過	15~25 cm内外	40~45 cm
散水8回通過	10~25 cm内外	25~40 cm

### (2) 6トン汎用平滑胴ローラ

通過回数	よく締まっている深さ	限界の締り深さ
4~6回通過	15~25 cm	30~35 cm

### (3) 中級ブルドーザ (D-6型程度)

通過回数	よく締まっている深さ	限界の締り深さ
4回通過	5~15 cm	20~25 cm
6回通過	0~20 cm	20~30 cm
12回通過	0~20 cm	30 cm内外

締固めの立場から、安全をみて総括すると、

汎用平滑胴ローラ (4~6トン) の限界締り深さ: 約30~35 cm

汎用の中級ブルドーザ (D-6型級) の限界締り深さ: 約25~30 cm

以上の結果は、土湿が締固めに比較的好適であったローム質地盤からやや砂質の地盤にわたる、多数の載荷試験結果からとりまとめている。また、機械の機関部から伝わる振動効果もこれらの結果に包括されているのである。

まえにも触れた応力集中度が土質によって異なるので、一般性を懸念されるとしても、伝播土圧は深さにつれて急減するから、締り深さに大きな開きは現われまいであろう。

下層が軟らかだと上層で応力は分散して締りは浅くなり、逆のばあいは応力は上層で集中して締りは

深まる。しかし、調査地盤の強度分布はすべて下方漸増型であり、この傾向は自然地盤の一般的特性でもあるから、上の結果はかなり一般性をもつ標準値と言えよう。

移動荷重の1カ所繰り返し通過で、断面的にみた地盤の締りはどのように推移するかは、表面と表層部および下位層の支持力増加の傾向、荷重・沈下曲線や三相分布、土壌硬度分布の特性変化を総括すれば、おおよそつぎに示すとおりである。

- (1) 締りは、初め15～25 cmあたりの表層下半部で急速に進む。(荷重がもっと小さいと、10～20 cmと浅くなる)
- (2) つぎには、表層上半部で下から上へと急速に進み、初期の4回通過までには限界値に達してしまう。表層下半部とその直下を含めた領域では上から下へゆっくり進み、限界に近づく。
- (3) 土湿が低目だと、機械を替えて伝達土圧を増さないと、表層下半部以深の締りを増進させることはできない。
- (4) 土湿が高目では、空気と水の追い出しが困難であり、また土粒子間を伝わる有効圧力は、接地面下の土中に発生する間げき圧を差し引いたものとなり、表層下半部以深の締りは進まない。排水しないと、機械を重くしても効果はない。締固め限界における湿じゅん土の空気容積率は4～6%とされる。

## V む す び

土の強度や地盤支持力を上げるための締固めでは、土質の改善や地盤表層土を置き換えたり、あるいは散水、風乾などの水分調整を行ない、またウオカブルで土質に適応した荷重形式の機具を選定して少しでも効果を上げることに努める。本来土の締固めには大きなエネルギーを要するうえ、湿じゅん環境のわが国では水分と締固めの特性が悪い有機質土や粒度不良の無機質土に到る処でぶつかり、実効を上げかねるのが実情である。

砂土に適する、40 cm以上の中層的な締りをもたらず振動型の機具を除いては、一般的に用いられる機具のうち、転動型は表層的な20～30 cmの締りを、やや中層的な効果があるゴムタイヤ型や衝撃型でも30～35 cmの締りを与えるのにすぎない。

単時間の荷重作用の、単なる車輪通過ではもちろん、縦横に走行して極限に締りが達したとしても、締固め機械の多くは耕地作業機に比べて大型、重量型であり、締り深さはこれらの限界締り深さを越えないであろう。このことは、床締め田や大型機械化パイロットファームの畑地の地盤調査結果が示している。

これらの地盤面下に形成される締固め層がどの程度に締まるのかを推算することは、要因が複雑で、いまのところは実験室実験によらねばならない。この面の打解とともに、他の理化学的性質との相関関係、できれば相関公式、支持力や植生上の問題との結び付きを明らかにしたいものである。

表層土の動きについては、比較的乾いた、あるいは含水状態が落ち付いている表面状態の畑地、水田のばあいには本文の物理的、力学的取り扱いが適用できると考えられる。しかし一層塑性的、流体的な状態にある水田表層土の動的特性は、レオロジーの立場から考究しなければならぬ。

文 献

Ei, C.Y. (1956) : Basic concepts on the compaction of soils,

Proc. of A.S.C.E., Vol. 82, No. SM-1

久野悟郎・他1名 (1952) : 転圧機械による土の締固めによる野外実験, 東京大学理工学研究所報告, Vol. 4, No. 5・6

最上武雄 (1948) : 土の力学, 河出書房

星埜和 (1948) : 基礎の支持力論, コロナ社

久野悟郎 (1963) : 土の締固め, 技報堂

佐々木次郎 (1963) : 盛土転圧およびその台地漏水田の地盤処理への応用に関する実験的研究, 農業土木試験場報告, 第1号