

## 締固め施工におけるまき出し厚さの決定方法について

### PRACTICAL APPROACH TO DETERMINING THE SPREADING DEPTH IN SOIL COMPACTION

畠 昭治郎\*・建山 和由\*\*

By Shojiro HATA and Kazuyoshi TATEYAMA

Spreading depth is one of the most important factors in soil compaction because of its effect on construction speed and quality of soil structures. Spreading depth should be determined with due regard to the underground density distribution of compacted soil which depends upon soil property and power of compaction machine.

In this paper, the result of roller compaction test that has been performed in the Construction Methods and Machinery Research Institute was used to investigate the relationship between underground soil compaction and various factors of soil and machine. This investigation made it clear that the underground soil compaction depends upon the compaction property of the soil and the contact area of the wheel against the ground.

On this result, the new method was proposed to estimate the compaction property of the soil, and then one figure was offered to determine the spreading depth suitable for the soil and the employed machine.

*Keywords : compaction, spreading depth, vibratory roller, impact compaction test*

#### 1. はじめに

一般に盛土の締固め施工は土をある一定の厚さにまき出し、これを振動ローラー、タイヤローラーといった機械を用いて転圧することにより実施される。このとき土のまき出し厚さの大きさは施工速度、あるいは土構造物の品質に影響を及ぼし、施工上、非常に重要な要因であるといえる。まき出し厚さを決定するうえでの注意としては、

- 1) まき出し層全体が規定の密度以上に締固まること
- 2) 施工速度を大きくするために、可能な限り大きくすること

である。

このうち、1) の条件は a) 締固め土の密度が規定の値以上であるということ、ならびに、b) 土がまき出し層全体を通じて均一に締固められる、という2つの条件に分けることができる。前者の条件についてはすでに、締固め機械の能力、土質特性と締固めにより得られる土の密度との関係について研究を行い、現場での締固め密度を予測する手法を報告した<sup>1)</sup>。これを利用すれば、現

場で規定の密度を得るために必要な締固め機械の選択、作業条件の決定が可能となる。そこで、今回は規定の密度を得るために必要な締固め機械、作業条件が決められているという前提条件のもとで後者のまき出し層全体の密度の均一性に着目して、最適まき出し厚さを決定する手法について検討を行った。

まき出し層内の密度の均一性は地中の締固め状況により決定されるが、これは一般に機械の能力、転圧回数、土質、含水比などにより異なり、簡単に議論することができない。このため、大規模な締固め施工に際しては、実機を用いた盛立試験を行い、まき出し厚さを決定している。しかし、小規模な工事では、盛立試験を行うこともできず、また施工中、土質特性が土取り場の条件に応じて変化していく場合の多いことを考えると、簡単な室内試験により最適まき出し厚さを決定できることが望ましい。

本研究では、土質特性、締固め機械の種類、能力等により地中の締固め状況が異なる原因を検討し、さらにこの結果に基づき、振動ローラーを用いた場合の最適まき出し厚さの決定方法を考案したので報告する。

#### 2. 使用したデータについて

最適まき出し厚さの決定手法を検討するためには、

\* 正会員 工博 京都大学教授 工学部土木工学科  
(〒606 京都市左京区吉田本町)

\*\* 正会員 工修 京都大学助手 工学部土木工学科(同上)

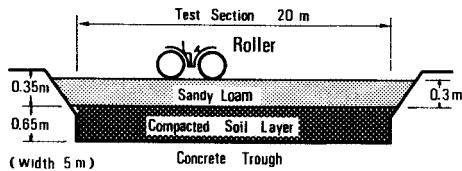


Fig. 1 Compaction Test with Various Rollers.

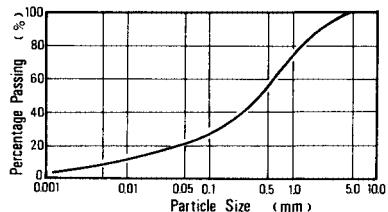


Fig. 2 Grain Size Distribution of Sandy Loam.

Table 1 Soil Index Property.

Specific Gravity	Liquid Limit(%)	Plastic Limit(%)	Plasticity Index(%)
2.83	30.3	15.7	14.6

種々の締固め機械、土質特性と地中の締固め状況との関係を調べる必要がある。今回は、上述の関係を検討するために、日本建設機械化協会建設機械化研究所において過去20年以上の間に行われた各種締固め機械の締固め性能試験の結果をもとに議論を進めていくこととする。

締固め性能試験とは、Fig. 1に示す実験用土槽に試料土を30cmの厚さにまき出し、これを締固め機械により繰り返し転圧を行うものである。土槽の底には試料土と同じ土を65cmの厚さに締固め、基盤としている。試験では、転圧前、2, 4, 8, 16回転圧後の締固め層上部の乾燥密度が砂置換法により測定されており、特に16回転圧後については、締固め層下部の密度も測定されている。

試料土は狩野川下流寄洲から採取された土を主体に粒度調整された砂質ローム(SC)であり、その粒度分布と物理特性をFig. 2, Table 1に示す。毎回、同じ土試料が繰り返し用いられているが、締固めによる粒子破碎はほとんどないので、個々の機械間の相互比較を行うことができる。なお、試験は含水比を4段階変えて行われている。

### 3. 機械、土質による締固め状況の違い

建設機械化研究所における締固め性能試験は、多機種の振動ローラー、タイヤローラー、マカダムローラーに対して実施されている。そこで、これらのデータをもとに、地中の締固め状況と機械の種類、能力ならびに土の含水比との関係を調べた。地中の締固め状況としては16回転圧後のまき出し層下部と上部の乾燥密度の比を

用いることにする。当然、この比が1より小さいほど地中まで締固め効果が十分及んでいないことになる。なお、地中の締固め状況は転圧回数によって多少変動するが、今回利用した試験結果では16回転圧により締固めがほぼ終了し、密度が安定していることを考慮し、転圧回数16回という同じ条件のもとで各機械の能力、土の特性と地中締固め状況との関係について検討を行った。

Fig. 3は、小型の振動ローラー(重量1.266t)、大型振動ローラー(重量10.165t)、タイヤローラー(重量17.445t)、マカダムローラー(重量10.96t)に対する試験結果より乾燥密度比と土の含水比との関係を整理したものである。プロット点に付した数字はまき出し層上部の土の密度を表わしている。他のローラーについても同様の整理を行ったがその結果、一般的傾向として次の事柄が明らかになった。

1) 一般に振動ローラーは地中深くまでその効果が行きわたるといわれているが、地中の締固め状況は土の含水状態により変動し、含水比によっては30cmという深さをも締固めることができない。なお、振動しないマカダムローラーについても同じ結果が得られた。

2) 1)の傾向は振動ローラーの能力により異なり、小型の振動ローラーほど顕著である。

3) タイヤローラーの場合、含水比による影響は他のローラーほど顕著ではなく、30cmというまき出し厚さでは比較的均一に締固まる場合が多い。ただし、ここではまき出し層の下部と上部の密度比を取り上げており、締固めの絶対量で考えるとタイヤローラーではあまり高い密度が得られないこと、ならびに、Fig. 3は16回転圧後のデータをもとに描かれており、転圧回数がこれより少ない場合には、多少異なった傾向を示す可能性があることに注意する必要がある。

このように、地中の締固め特性は機械の種類、能力、土の特性(含水状態)により異なるが、この原因としては次の事柄が考えられる。

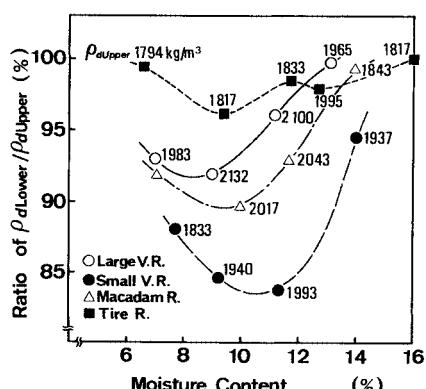


Fig. 3 Test Result of Various Roller Compaction.

## (1) ローラーの接地面積の問題

タイヤローラーと振動ローラー、マカダムローラーとの大きな違いは、その載荷方式である。前者は載荷部であるタイヤが変形しやすいため、接地面積、特に側面からみたタイヤの接地面積の長さ（接地面積）は大きく、また、土質によらず比較的一定していると考えられる。これに対し後者は、載荷部が鉄輪であるため、車輪の変形はほとんどなく、特によく締固まった地盤上ではその接地面積は小さい。タイヤローラーと振動ローラーとの地中締固め状況の差異は接地面積に起因するところが大きいと考えられる。

## (2) 土の締固め特性の問題

Fig.3 からも明らかなように、同じ機械を用いても含水比により地中の締固め状況が異なる。これは、土の締固め特性が含水比とともに変化するためと考えられる。すなわち、地中に伝わる外力が同じでも、それに対する締固め応答が土質により異なるのである。

次に、この2つの原因について詳しく検討を行う。

## 4. ローラーの接地面積と地中の応力分布について

車輪が地表面を通過するときには、荷重は等分布ではなく複雑な分布形を示し、また、Fig.4 (a) に示すように接地面も平面ではないが、簡単のため (b) 図のように地表面に等分布荷重がかかる問題に置き換えることにする。そして、地盤を半無限の弾性体と仮定し、ローラー荷重による地中応力を評価する。

いま、重量  $P$ 、転圧幅  $B$  のローラーが接地面幅  $d$  で転圧を行う場合を地表面に等分布荷重  $p_0 = P/(B \cdot d)$  が作用する問題に置き換えると、荷重中央直下 ((b) 図  $x=0, y=0$ )  $z$  の深さにおける鉛直応力  $\sigma_z$  は次式により表わされる<sup>2)</sup>。

$$\sigma_z = \frac{2 \cdot p_0}{\pi} \left[ \frac{2 \cdot d \cdot B \cdot z (d^2 + B^2 + 8z^2)}{(d^2 + 4z^2)(B^2 + 4z^2)\sqrt{d^2 + B^2 + 4z^2}} + \sin^{-1} \frac{d \cdot B}{\sqrt{d^2 + 4z^2} \cdot \sqrt{B^2 + 4z^2}} \right] \quad (1)$$

このとき、 $z=0.1 \text{ m}$  における応力を  $\sigma_{z1}$ 、 $z=0.3 \text{ m}$  における応力を  $\sigma_{z3}$  とし、応力比  $\sigma_{z3}/\sigma_{z1}$  を接地面幅  $d$  に

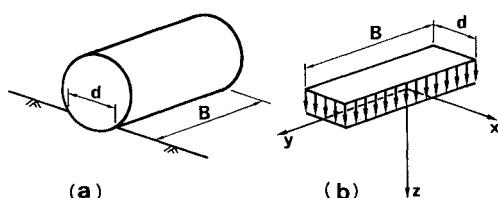


Fig. 4 Wheel Loading and its Model.

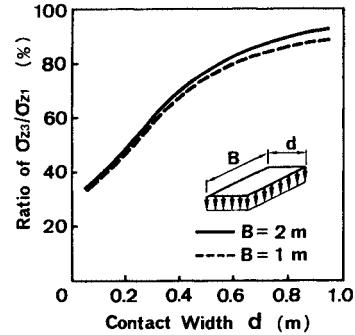


Fig. 5 Calculation Result of Underground Pressure Ratio.

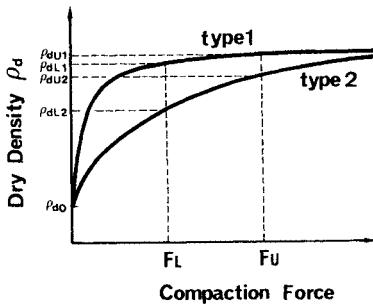
対して描くと Fig.5 のようになる。図では転圧幅  $B$  の違いによる影響をみるために、 $B=2 \text{ m}$ 、 $B=1 \text{ m}$  の2ケースが示されているが、どちらの場合も地中の応力比は接地面幅  $d$  により異なり、 $d$  が小さいほど応力比も小さくなる。すなわち、接地面幅が小さいと地中での応力の減衰が大きいことがわかる。逆に、 $d$  が大きい場合には、応力比は1に近く、上部と下部の差は小さい。これに対し、転圧幅  $B$  による応力比の違いはあまり顕著ではなく、地中応力に影響を与える要因としては、接地面幅  $d$  が非常に重要であることが予想される。

タイヤローラーで地盤を締固めるときには、タイヤが変形し、接地面幅が大きいため、地中下部にも十分な力が伝わり、下部の土は上部の土と同様に締固まるものと思われる。

逆に、振動ローラー、マカダムローラーといった鉄輪ローラーではローラー自体が変形しないため、接地面幅は小さく、そのため、下部までローラーの効果が十分伝わらず、上部に比べ締固まりにくいと考えられる。また、振動ローラーの中でも小型のものは大型のものに比べ、車輪径も小さく、重量も軽いため、接地面幅はより小さくなり、締固め効果の地中での減衰はさらに大きくなると考えられる。なお、ここでは、ある特定の2つの深さの点（たとえば、 $z=0.1 \text{ m}$ 、 $z=0.3 \text{ m}$ ）における締固め力の比のみを考えており、締固め力の絶対値（締固め効果）は小型の振動ローラーや接地面幅の大きいタイヤローラーでは小さい。

## 5. 土の締固め特性と地中の締固め状況について

土に圧力、振動、衝撃などの締固め力を加えると土は締固められ密になる。このとき土の密度と締固め力との関係を模式図に表わすと Fig.6 のようになる。図に示すように土は加える締固め力とともにその密度を増すが、増加の仕方は徐々に小さくなる。この密度と締固め力との関係は土の種類や含水状態により異なり、図ではその



**Fig. 6** Two types of Soil Compaction Property.

例として、締固め力に対し比較的急激に密度が増加する type 1 と締固め力に対し徐々に密度が増加する type 2 とが描かれている。

まき出した土の表面に締固め力を加える場合、上部における力は下部に伝わる力よりも大きい。Fig. 6 中の  $F_b$ ,  $F_t$  はそれぞれ地中の上部と下部に伝えられる力を想定している。このとき type 1, 2 の土に対し  $F_b$ ,  $F_t$  に相当する締固めが行われると考えれば、それぞれの土に対し下部密度と上部密度との比  $\rho_{al}/\rho_{av}$  を求めることができる。図より明らかなように、ここで与えた  $F_b$ ,  $F_t$  に関しては、type 1 の土の方が type 2 の土より密度比  $\rho_{al}/\rho_{av}$  が大きいことがわかる。

このように同じ締固め力が加えられても土の締固め特性、特に密度～締固め力関係の曲線のなだらかさにより地中の締固め状況が異なる。逆の見方をすれば、地中の締固め状況を予測するには、この曲線のなだらかさを定量的に把握する必要がある。本論文では、これを行うために、双曲線近似法を利用する<sup>3)</sup>。双曲線近似法とは、密度と締固め力の関係を次式により近似するものである。

$$\rho_d = \rho_{d0} + \frac{F}{a + bF} \quad \dots \dots \dots \quad (2)$$

ここで、 $\rho_d$ : 締固め後の土の乾燥密度 ( $\text{kg/m}^3$ )

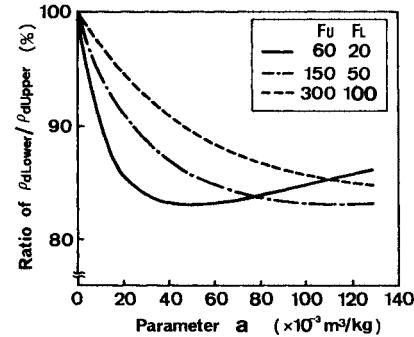
$\rho_{d0}$ ：締固め前の土の乾燥密度 (kg/m<sup>3</sup>)

$F$ ：振動、圧力、衝撃などの締固め力

$a, b$ : パラメーター

ここで、パラメーター  $b$  は無限に締固めを行ったときに達成できる密度と初期密度との差の逆数を表わす。また、パラメーター  $a$  は Fig. 6 の曲線の初期接線勾配の逆数であり、 $a$  の値が小さいほど急に立ち上がる曲線を表わす (type 1) <sup>11)</sup>。そこで、パラメーター  $a$  により土の締固め特性を表わすことにし、これと地中の締固め状況 (下部密度と上部密度の比) との関係を計算により調べた。

計算では  $b = 0.001 \text{ m}^3/\text{kg}$ ,  $\rho_{\infty} = 1000 \text{ kg/m}^3$  とし, 地中深部になるほど締固め力が減衰することを考慮して下部の締固め力  $F_L$  を上部の締固め力  $F_U$  の  $1/3$  とし式



**Fig.7** Calculation Result of Density Ratio plotted against Parameter  $q$ .

(2)により下部と上部の密度を計算した。ここで、下部の締固め力を上部の1/3としたのは、ローラーの接地幅として $d=0.1\text{ m}$ を想定し、Fig.5においてこれに対応する応力比の値より決定した。この計算により下部密度／上部密度の比とパラメーター $a$ との関係を求めたが、締固め機械の能力が機種により異なることを想定し、 $F_v$ については300, 150, 60の3段階について検討を行った。なお、締固め力 $F$ についてはそのディメンジョンが圧力、振動、衝撃などにより異なるので、計算ではディメンジョンを付けずに用いている。

Fig. 7 は、計算の結果である。この図より、

- 1) 締固め力が大きいとき、下部と上部の密度比は  $a$  とともに減少する。
  - 2) 締固め力が小さいと密度比は  $a$  のある値までは減少するが、それ以上では  $a$  とともに増加する。
  - 3) 締固め力が大きいほど、密度比も大きく、地中までよく締固めることができる。

ということがわかり、土の締固め特性として採用したパラメーター  $a$  が地中の締固め状況に大きな影響を及ぼすことが予想される。

次に、建設機械化研究所の試験結果をもとに、比較的データ数の多い振動ローラーについてパラメーター  $a$  と地中の締固め状況の実測値との関係について検討を行った。

## 6. 振動ローラーと地中の締固め状況

建設機械化研究所のデータではおののの機械につき含水比を4種類変えて試験が行われており、これらの含水比により土の締固め特性も異なる。そこで突固め試験を利用しておののの含水比の土に対する締固め特性(パラメーター  $a$ )を求めることがある。

実験は、建設機械化研究所で用いられたのと同じ砂質ロームに対し、JIS A 1210 第1法に準じ、その突固め回数を5、10、15、25、45回の5段階変化させることに

より行った。このとき、土の含水比を 7.4, 9.9, 12.1, 14.5, 17.5% の 5 段階変化させパラメーター  $a$  と含水比との関係を求めた。

Fig. 8 は、実験より得られた密度と突固めエネルギーとの関係を含水比別に描いたものであり、Fig. 6 に対応する。これより、おのおのの含水比について  $a$  の値を求め、その関係を図示すると Fig. 9 のようになる。ここ

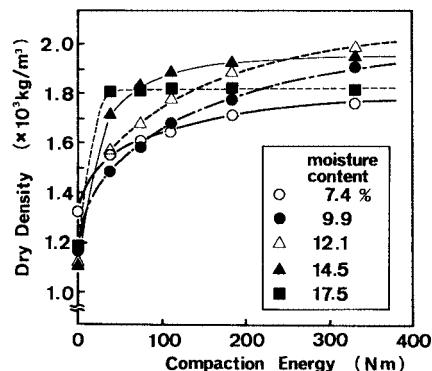


Fig. 8 Result of Impact Compaction Test with Various Compaction Energies.

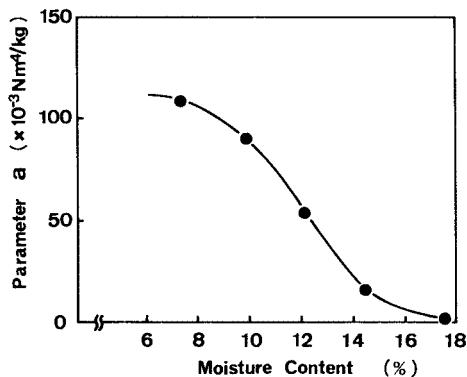


Fig. 9 Relationship between Parameter  $a$  and Moisture Content obtained from Impact Compaction Test.

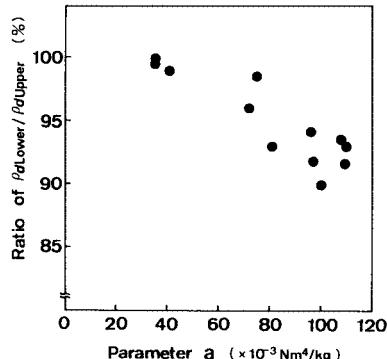


Fig. 10 Experimental Data of Underground Density Ratio (Dynamic Line Pressure of V. R.  $\geq 60$  kN/m).

で、図中の実線はプロット点を連ねたものである。なお、 $a$  の求め方についてはすでに報告しているので省略する<sup>1)</sup>。

建設機械化研究所のデータでは機種により試験時含水比が異なるので、Fig. 9 よりそれぞれの含水比の土に相当する  $a$  の値を求め、これと実測による、下部と上部の密度比をプロットすると Fig. 10, 11, 12 のようになった。ここで、3 つの図の違いは振動ローラーの能力の違いを表わし Fig. 10 が動線圧 (Dynamic Line Pressure  $D_{LP}$ )<sup>4)</sup> 60 kN/m 以上の大型のもの、Fig. 12 が 30 kN/m 以下の小型のもの、Fig. 11 がその中間の振動ローラーに対する結果である。これらの図では、前節の計算結果から得られた 1), 2), 3) の事項と同じ傾向を示しており、地中の締固め状況に対する前節の考え方方が正しいこと、ならびに土の締固め特性を表わす指標として双曲線近似法のパラメーター  $a$  が有効であることがわかる。なお、上述のように、対象とする土に対しエネルギーを変えた突固め試験を行えばパラメーター  $a$  を決定でき、その土の締固め特性を把握できる。しかしランマー重量、落下高さなどの他の要因を変えてエネルギーを変化させる場合には、異なった  $a$  の値が得られることが予想され<sup>5)</sup>注意を要することを付け加えておく。

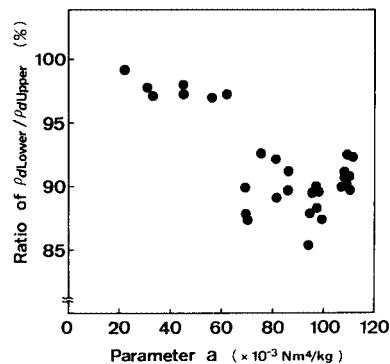


Fig. 11 Experimental Data of Underground Density Ratio ( $30 \leq$  Dynamic Line Pressure of V. R.  $< 60$  kN/m).

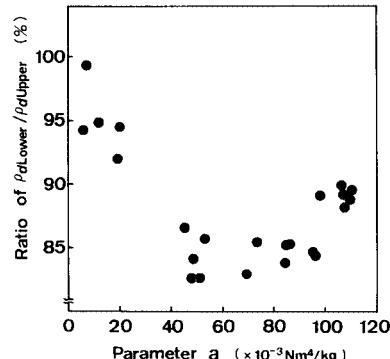


Fig. 12 Experimental Data of Underground Density Ratio (Dynamic Line Pressure of V. R.  $< 30$  kN/m).

## 7. 最適まき出し厚さの決定

以上の結果を利用して、最適まき出し厚さを決定する手法について検討を行う。

最適まき出し厚さの定義は造成する構造物の種類、施工方法などにより異なるが、今回は、まき出し層全体が均一に締固まるという意味から、『まき出し層下部の密度が上部密度の 95% 以上となる最大の厚さ』と定義することにする。

前節までの結果を考慮し、最適まき出し厚さを決定するうえで、次の仮定を設ける。

- 1) 土中の締固め状況に及ぼす土質特性の影響は、エネルギーを変えた突固め試験から得られるパラメータ  $a$  のみによりおさえることができる。
- 2) 締固め機械が発揮する締固め力の土中での伝播特性は、機械特性により決まり、土質特性の影響を受けない。

上述の仮定は厳密には正しくないが、近似的には認め得るものとして、この仮定のもとに話を進める。

まず、1), 2) の仮定に基づき計算により地中の密度分布を調べ、これより 95% 密度を生じるまき出し厚さを求める。

計算は、密度～締固め力関係として式(2)を用い、表面に加えられた締固め力が 4. で用いた式(1)に従い地中に伝わっていくとする。このため、式(1)において、載荷重  $P$  を地表面に加えられる締固め力  $F$  に置き換え、地中応力を単位面積当たりの土が受ける締固め力と考えることにする。これより土中の深さと締固め力の大きさとの関係を求め、式(2)よりそれに相当する密度を計算すれば地中の密度分布を求めることができる。ただし、ここでいう締固め力とは、圧力、振動、衝撃など、締固めを生じさせる作用の総称という意味である。

Fig. 13 (a) は、この結果を表わしたものである。計算条件は、 $\rho_{d0}=1000 \text{ kg/m}^3$ ,  $b=0.001 \text{ m}^3/\text{kg}$ , 表面に加える締固め力  $F=200$ , 転圧幅  $B=2 \text{ m}$ , 接地幅  $d=$

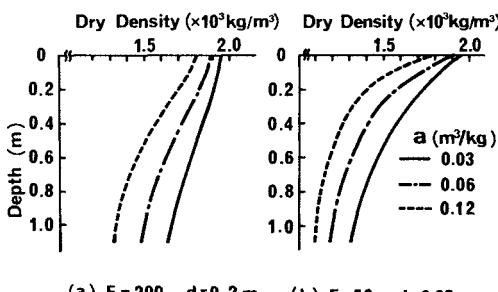


Fig. 13 Calculation Result of Density Distribution.

0.2 m で  $a$  の値を 0.03, 0.06, 0.12  $\text{m}^3/\text{kg}$  の 3 段階化させている。また、同図 (b) は、同様に  $F=50$  の場合について同じ関係を求めたものである。ただし、この場合には 4. の考察に従い土質条件が一定の場合、締固め力に応じて接地幅も小さくなるとして  $d=0.05 \text{ m}$  で計算を行っている。これらの図よりローラーによる締固めを Fig. 4 (b) に示されるような帶状荷重による締固めとしてモデル化した場合、

- 1) パラメーター  $a$  の値により地中の密度分布が大きく異なる。
- 2) 地表面に加えられる締固め力が大きいほど密度分布の減衰が小さい。

ことがわかる。この図より、それぞれの場合について 95% 密度を生じる深さを求めることができるので、これとパラメーター  $a$  との関係をプロットすると Fig. 14 のようになる。図では、(1)  $F=500$ ,  $d=0.5 \text{ m}$ , (2)  $F=200$ ,  $d=0.2 \text{ m}$ , (3)  $F=50$ ,  $d=0.05 \text{ m}$  の 3 ケースについての結果を示している。図より明らかのように下部密度が上部密度の 95% となる深さはパラメーター  $a$  とともに減少し、また、加える締固め力が大きいほど、その深さも大きいことがわかる。

次に以上の結果を確認するため、建設機械化研究所の振動ローラーに関するデータより実際に 95% 密度を生じる深さを求めた。試験データでは前述のように 16 回転圧後の上部と下部の密度と締固め前の密度しか与えられていないため、 $z=0 \text{ m}$  : 上部密度、 $z=0.3 \text{ m}$  : 下部密度、 $z=\infty$  : 初期密度とし、密度がこの条件のもとで深さとともに指数的に減少すると仮定して、任意深さにおける密度を求めた。これより、95% 密度を生じる深さを計算し、Fig. 10~12 と同様の方法により、パラメーター  $a$  に対して描くと Fig. 15 のようになった。図では、大、中、小型の振動ローラーの結果を同時に載せており、その境界と思われる所に破線を入れ、領域に分けている。

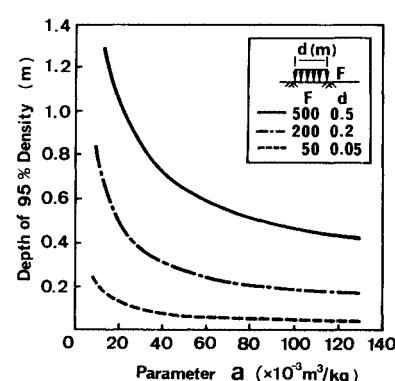


Fig. 14 Depth of 95% Density plotted against Parameter  $a$  (Calculation Result).

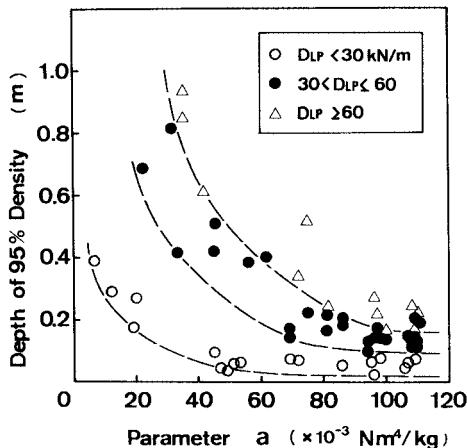


Fig. 15 Depth of 95% Density plotted against Parameter  $a$  (Experimental Result).

この図より、先の計算結果と同様に

- 1) 95% 密度深さは  $a$  とともに減少すること
- 2) 動線圧の大きい振動ローラーほど 95% 深さは大きく、地中深部まで締固め効果が及ぶこと
- 3) パラメーター  $a$  が大きく、密度～締固めエネルギー関係がなだらかな曲線を示す土（含水比の低い土に多い）では、機械能力が大きくてまき出し厚さ 0.3 m では下部まで締固まらない。
- 4) 能力の小さな振動ローラーでは、まき出し厚さをかなり小さくしないと均一な締固めが得られない。ということもうかがえる。

今回は、砂質ロームに対する試験結果より Fig. 15 の関係を求めたが、本節の最初に設けた仮説が成り立つすれば、この関係は土質によらず成立する。この場合、Fig. 15 を利用し個々の振動ローラーの能力と土質特性を考慮して、まき出し厚さを決定することができる。その手順は、

- 1) 用いる振動ローラーの動線圧を決定する。
- 2) 対象とする土に対し、エネルギーを数段階変えた突固め試験を行い、パラメーター  $a$  を決定する。
- 3) Fig. 15 において、用いる振動ローラーの動線圧に対する領域の下限値とパラメーター  $a$  から、まき出し厚さを決定する。

である。ただし、Fig. 15 は、上部の 95% 密度が得られる深さを示しており、最適まき出し厚さに対する考え方がこれと異なる場合には、別途、Fig. 15 に相当する図を求める必要がある。

## 8. 結論

以上締固め機械の種類、能力、土質特性と地中の締固

め状況との関係について検討を行ってきた。その結果、

(1) 地中の締固め状況には、締固め機械の車輪と地表面との接地幅が影響を及ぼし、接地幅が大きいほど、地中の上部と下部の密度比は小さくなる。この意味からタイヤローラーは鉄輪ローラーに比べ均一な締固めが行える。

(2) 機械の条件が一定のとき、土の締固め特性、特に密度～締固め力関係の曲線のなだらかさは、土中の締固め状況を決定するが、これは、双曲線近似法におけるパラメーター  $a$  により定量的に表現できる。

(3) 振動ローラーによる締固めでは、エネルギーを数段階えた突固め試験によりパラメーター  $a$  を求めることができ、これにより地中の締固め状況をよく説明できる。

(4) 振動ローラーによる締固めでは、上記のパラメーター  $a$  を用いて、Fig. 15 より最適まき出し厚さを決定できる。ただし、ここでいう最適まき出し厚さとは、下部密度が上部密度の 95% となるまき出し厚さである。

という結果が得られた。なお、本論文では、まき出し層内の土の密度の均一性に着目し、まき出し厚さを検討したが、このとき対象としている振動ローラーにより規定の密度が得られるということが前提となっていることに注意する必要がある。今後の問題点としては、

(1) 今回は建設機械化研究所のデータを用いたため転圧回数を 16 回に限定しており、Fig. 15 も 16 回転圧時を想定したものである。転圧回数がこれと異なる場合には、図より得られる最適まき出し厚さも補正する必要がある。

(2) 今回は土質による影響がパラメーター  $a$  のみにより表わされるとして話を進めてきたが、この考え方の妥当性について現場実験により検討を行う必要がある。などである。

謝 辞：本研究で用いた各種締固め機械に対する数多くの貴重なデータは、日本建設機械化協会建設機械化研究所より提供を受けたものである。ここに記して謝意を表します。

## 参考文献

- 1) 畠昭治郎・建山和由・石沢利昭：振動ローラ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、第 364 号／Ⅲ-4、1985。
- 2) 木村 孟：地盤内応力、鹿島出版会、p. 31、1978。
- 3) Tanimoto, K. : On compaction of soil by surface vibration load, Memoirs of the Faculty of Eng., Kobe Univ., No. 7, pp. 37~71, 1960.
- 4) 日本建設機械化協会編：日本建設機械要覧、日本建設機械化協会発行、pp. 700~727、1983。
- 5) 畠昭治郎・建山和由：締固め施工における突固め試験の適用性について、テラメカニックス、第 5 号、pp. 1~6、1985。  
(1986. 3. 3. 受付)