

静的締固め供試体の密度分布について

小 椋 正 澄 ・ 南 信 弘

(農学部 土地保全学研究室)

The Density Distribution of Static Compacted Specimen in the Cylinder

Masazumi OGURA and Nobuhiro MINAMI

Laboratory of Land Conservation, Faculty of Agriculture

Abstract: The densities in a cylindrical specimen by static compaction method are not uniform, other words some difference of densities exist to the axial direction.

In this paper we describe an experimental study with regard to relationship between densities and height-diameter ratio (H/D) of cylindrical specimen. When, those densities were measured by γ -ray densimeter.

The some of the results are as follows.

- (1) The density distribution in specimen decrease linearly to bottom from top.
- (2) Defference of densities with top and bottom increased in proportion to the H/D, and these maximum value is about 19% at the ML soil sample with H/D=2.5.
- (3) The density distribution is not effected the change in the water content and mold diameter.

Generally cylindrical specimen is used to test for compaction with H/D=2~2.5. We consider that fairly uniform specimen shall be obtained in following methods with H/D=2~2.5.

- (1) Both ends compaction is used for molding specimen.
- (2) Large size diameter mold is used and H/D become less than 1, after then specimen with required diameter and height is trimmed.

ま え が き

土に添加剤を混入し、安定処理をほどこした試料による、圧縮試験用供試体の作製は、静的な締固め方法がよく用いられる。この場合、応力の伝播理論により、受圧面から深さ方向の締固め効果が異なるのは当然であり、供試体は、軸方向に密度差を生じ、均質にならない。

本研究は、静的締固め供試体作製の指針を得るため、高さ・径比 (H/D) の異なった供試体の密度分布について、実験を行なったものである。

実 験 試 料¹⁾

実験に用いた試料は、南国市大桶より採取した2試料 (Table 1 に物理的性質を示す) を、風乾後 4.76 mm フルイを通過させたもので、Fig. 1 に突固め特性を示す。

Table 1. Index properties and grain-size distribution of materials tested.

Sample No.	1	2
Specific gravity G_s	2.715	2.615
Liquid limit $w_L(\%)$	23.7	49.4
Plastic limit $w_P(\%)$	16.5	36.9
Plasticity index $I_P(\%)$	7.2	12.5
Gravel (%)	14.0	5.3
Sand (%)	51.3	39.8
Silt (%)	18.7	19.4
Clay (%)	16.0	35.5
Colloid (%)	5.0	26.5
Japanese unified soil classification	SC	ML

Table 2. The dimensions of mold for static compaction (cm)

H_M/D	2	3	4	5
5.2	10.6	15.5	20.6	25.0
10.0	20.1	30.2	—	—

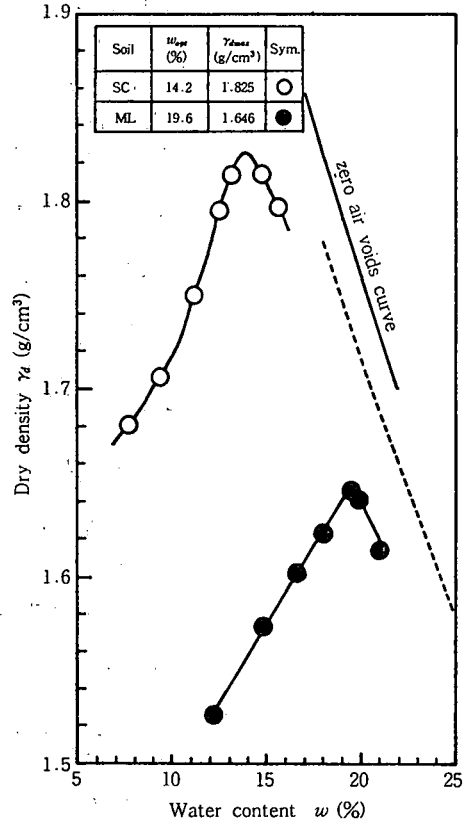


Fig. 1 Water content density curves for compaction test (JIS A 1210T-1979).

実験方法¹⁾

締固め用モールドは、直径 5.2 cm と 10.0 cm の塩化ビニールパイプで作製し、高さは、圧縮装置のストロークの都合により、それぞれ、Table 2 に示すものである。

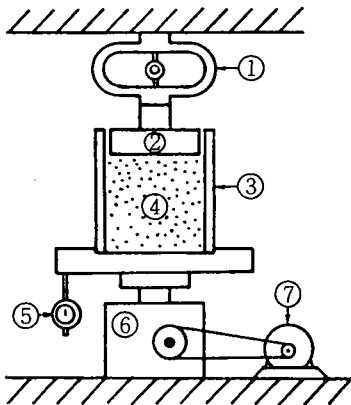


Fig. 2. Schematic diagram of static compaction apparatus.

- ①Proving ring ②Load head ③Mold
- ④Sample of soil ⑤Dial gauge ⑥Jack
- ⑦Motor

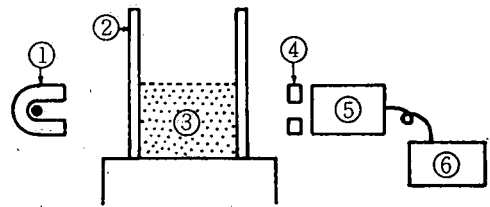


Fig. 3. System of measurement method by γ -ray densimeter.

- ①Radioisotope (^{137}Cs) ②Mold
- ③Sample of soil ④Collimator
- ⑤Scintillation detector ⑥Counter

供試体は、最適含水比 (w_{opt}) および最大乾燥密度 (γ_{amax}) の95%の密度における含水比 ($w_{0.95\gamma a}$) に調整した試料を用い、規定量 (圧縮後に供試体密度が γ_{amax} および $0.95\gamma_{amax}$ となるよう秤量したものを)、モールドに満杯になるよう充填し、圧縮装置 (Fig. 2) により、圧縮速度 2.5 %/min で、モールド高さの2分の1になるまで圧縮し作製した。

なお、密度の測定は、透過型 γ 線密度計を用い、圧縮の前後で行なった。(Fig. 3)

密度測定原理²⁾

γ 線が、単一エネルギーを持つ平行ビームとすると、 γ 線の強さは、

$$I = I_0 e^{-\mu x} \quad (1)$$

I : 厚さ x における γ 線の強さ (photons/cm²s)

I_0 : $x = 0$ における γ 線の強さ (photons/cm²s)

μ : その物質の線減衰係数 (cm⁻¹)

x : その物質の厚さ (cm)

である。これを容器内の三相系に適用すると

$$\ln(I_0/I) = \mu_{iv}x_v + \mu_{is}x_s + \mu_{iw}x_w + \mu_{ia}x_a \quad (2)$$

$$x = x_s + x_w + x_a \quad (3)$$

となる。ここで、添字 v, s, w, a は、それぞれ、容器、固相、液相および気相を示す。

次に、容器内が空気で充満している場合は、

$$\ln(I_0/I_a) = \mu_{iv}x_v + \mu_{ia}x \quad (4)$$

である。(2), (3), (4)式から

$$\ln(I_a/I) = (\mu_{is} - \mu_{ia})x_s + (\mu_{iw} - \mu_{ia})x_w \quad (5)$$

となり、容器の材質には、無関係に測定できる。また、気相の線減衰係数は、固相、液相に比べ、非常に小さく無視できるものとし、

$$\mu_i = \mu_m \rho$$

$$\mu_m : \text{質量吸収係数 (cm}^2/\text{g)} \quad (6)$$

$$\rho : \text{その物質の単位体積質量 (g/cm}^3\text{)}$$

であるから、(5)式は、

$$\ln(I_a/I) = \mu_{ms}\gamma_s x_s + \mu_{mw}\gamma_w x_w \quad (7)$$

γ_s : 固相の単位体積質量 (g/cm³)

γ_w : 液相の単位体積質量 (g/cm³)

となる。 x_w は、含水比の定義 (Fig. 4 参照) から、

$$x_w = \frac{\gamma_s x_s}{\gamma_w} \cdot \frac{w}{100} \quad (8)$$

となり、(7)式は、

$$\ln(I_a/I) = \gamma_s x_s (\mu_{ms} + \mu_{mw} \cdot w/100) \quad (9)$$

となる。ここで、 μ_{ms} 、 μ_{mw} および w が既知であれば、 $\mu_m' = \mu_{ms} + \mu_{mw}w/100$ と置き、乾燥密度

γ_a は、次式で求めることができる。

$$\gamma_a = \frac{\ln(I_a/I)}{x\mu'_m} \tag{10}$$

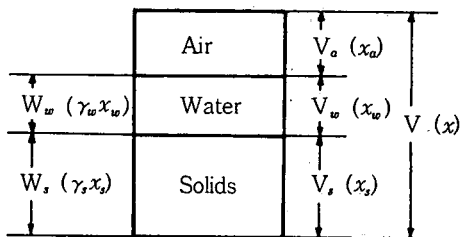


Fig. 4. Diagrammatic representation of soil as three-phase system, showing weight and volume notations and relationships.

本実験の場合、供試体の体積、重量および含水比が既知であることから、供試体の平均乾燥密度 $\bar{\gamma}_a$ が求まり、また、 $\mu'_m x$ が一定であるので、供試体の各高さでの $\gamma_{at}(=\ln(I_a/I)/\mu'_m x)$ の平均値が $\bar{\gamma}_a$ に相当するので、各高さでの密度比 $\gamma_{at}/\bar{\gamma}_a$ は、(11)式³⁾で求めることができる。

$$\frac{\gamma_{at}}{\bar{\gamma}_a} = \frac{\ln(I_a/I_t)}{\left[\sum_{i=1}^n \ln(I_a/I_i) \right] / n} = \frac{\ln\left(\frac{N_a - N_b}{N_t - N_b} \right)}{\left[\sum_{i=1}^n \ln\left(\frac{N_a - N_b}{N_i - N_b} \right) \right] / n} \tag{11}$$

N_a : 容器が空の場合の計数值 (cpm)

N_b : バックグラウンド (cpm)

N_t : 試料が充填されている場合の各高さにおける計数值 (cpm)

7 線透過法による測定精度

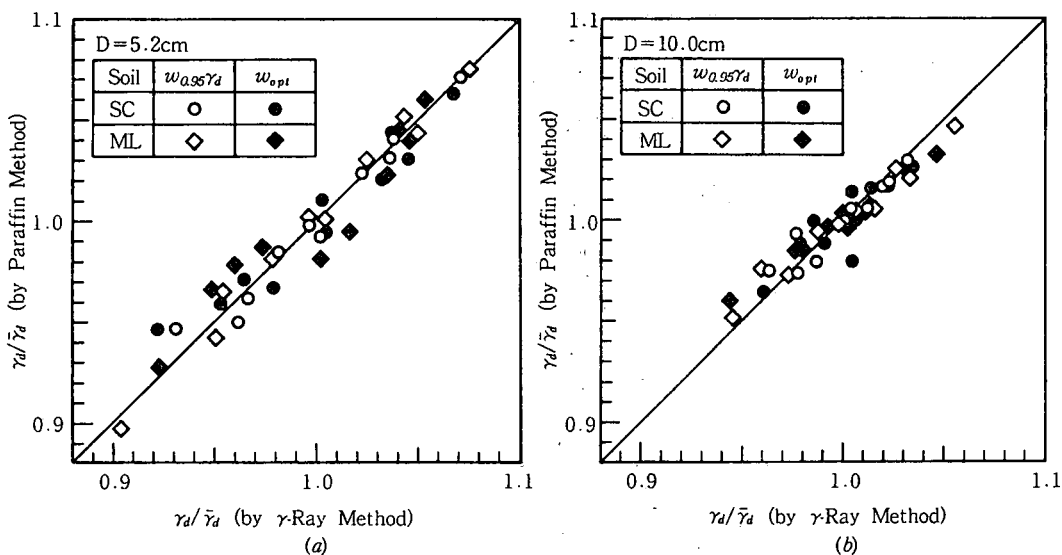


Fig. 5. Comparison between the relative density by γ -ray and paraffin method.

(11)式による密度の測定精度を検討するため、圧縮後の供試体を5層に分割し、パラフィン塗布法による密度のチェックを行なった。その結果を Fig. 5 に示す。この図から明らかなように、測定法による差は、土質、含水比およびモールド径の違いによっても、ほとんどないと考えられるので、以後の実験は、すべて γ 線密度計により、密度比を求めた。

実験結果および考察

供試体の密度分布 供試体の H/D 比別軸方向密度分布を Fig. 6 に示す。図から明らかなように、密度分布は、供試体の H/D 比にかかわらず、供試体上部から下部へ、ほぼ直線的に減少し、モールド径、含水比および試料充填時の密度分布の影響を、ほとんど受けていないと考えられる。

H/D比と供試体上・下部の密度差 供試体上端部と下端部の密度差は、H/D に比例して増大し、粘土分の多い ML 試料では、砂分の多い SC 試料に較べ、密度差が大きく、1.5以上の H/D 比では、10%以上の密度差を生じている。このことは、試料数が少なく、断定できないが、粘性土において、均質な供試体を作製することが、難しいと考えられる。(Fig. 7)

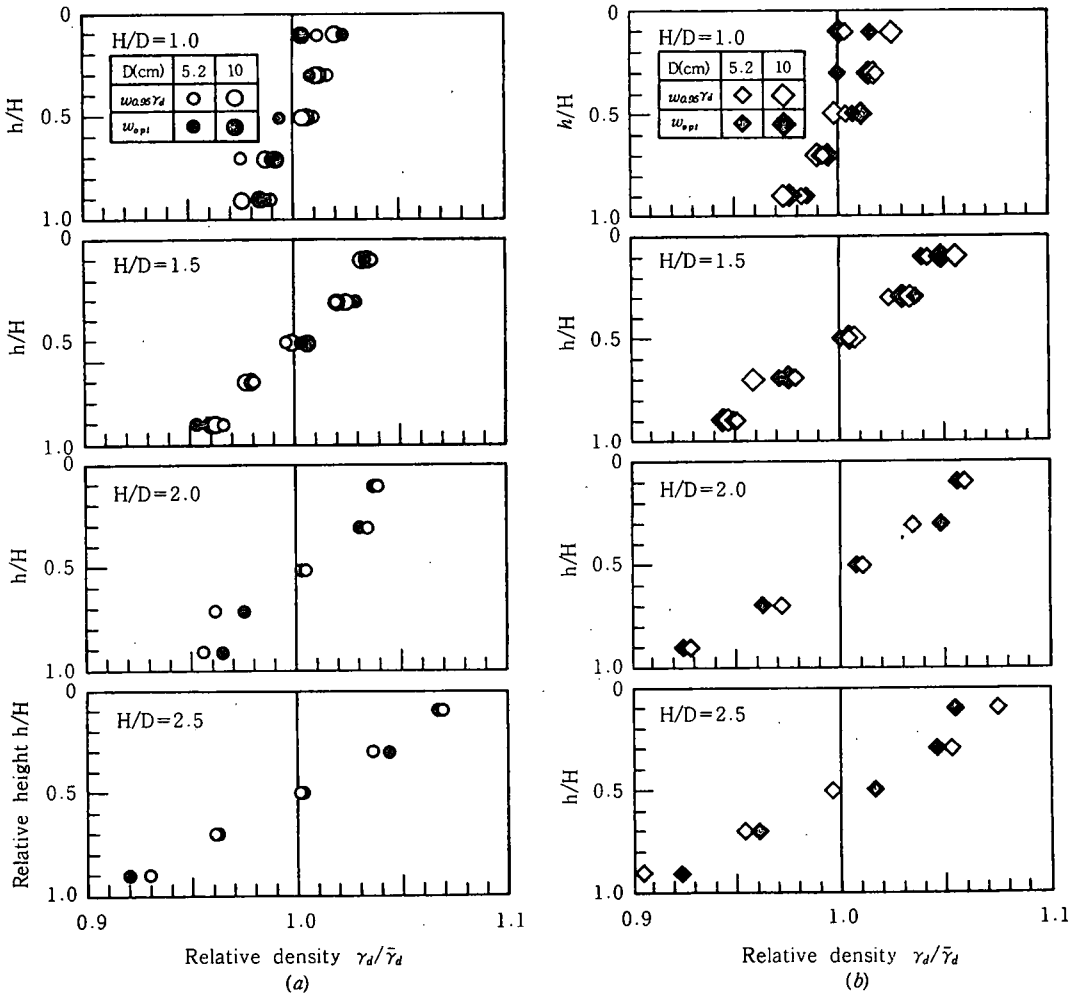


Fig. 6. The density distribution in cylindrical specimen. (a) SC. (b) ML.

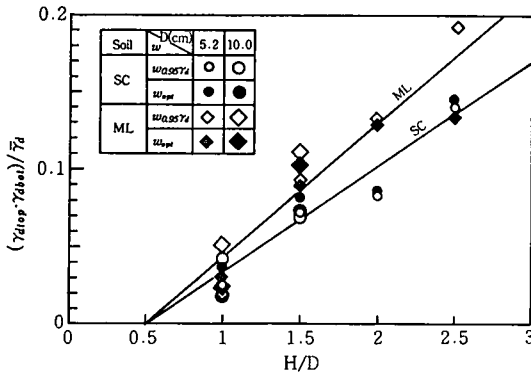


Fig. 7. Relationship between $(\gamma_{top} - \gamma_{bot}) / \gamma_d$ and H/D ratio.

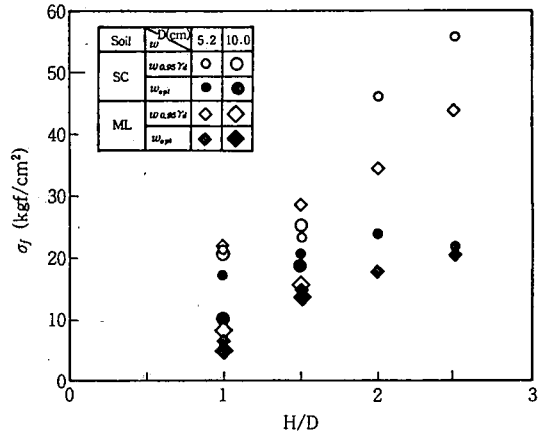


Fig. 8. Relationship between axial final stress σ_f and H/D ratio.

H/D比と締固め応力 供試体作製時の締固め応力は、圧縮変位の増加に対し指数関数的に増大する。最終締固め応力は、H/D比が大きくなると増大し、また、低含水試料、SC試料およびモールド径が小さい方が、最終応力は大きくなり、土とモールド壁面の摩擦が大きく影響しているものと思われる。(Fig. 8)

ま と め

圧縮試験用供試体は、一般にH/D = 2 ~ 2.5が用いられるので、次の方法によって、供試体を作製すれば、かなり均質な供試体が得られると考えられる。

(1) 両端圧縮法を用いる。

(2) 径の大きいモールドを用い、H/D比を1以下の締固めを行ない、必要な大きさの供試体をトリマーにより成形する。

以上、実験を行なった試料数およびモールド径とも2種類と少なく、定性的な考察に終わったが、軸方向に対し均質な供試体を作製するための、ある程度の指針になると考えられる。

今後、更に半径方向の密度分布、密度分布と圧縮強度の関連について、実験および理論的研究を行ない、定量的な供試体作製指針を作りたいと考えている。

引 用 文 献

- 1) 南 信弘・小椋正澄, 円筒内締固め試料の密度分布, 昭和53年度農土学会大会講演要旨344-345 (1978)
- 2) 小椋正澄・南 信弘, ガンマ線透過型密度計による密度測定方法に関する一考察, 昭和52年度農土学会大会講演要旨, 164-165 (1977)
- 3) 南 信弘・小椋正澄, 締固め試料の密度分布について, 第32回農土学会中四支部講演会講演要旨, 123-125 (1977)

(昭和56年 8月22日受理)

(昭和56年10月 5日発行)