

土粒子の比重試験方法 (JIS A 1202)

1. 適用

1.1 この規格は、土粒子の比重を決定する試験に適用する。

1.2 比重とは、ある示された温度において、ある容積の材料が空気中で示す重量と、ある示された温度において同容積の蒸リュウ水が空気中で示す重量との比である。

2. 試験用具

2.1 ピクノメータ 容量100c.c以上の容積測定用フラスコ又は容量 50cc. 以上のストップ付測定ビンで、ストップの中心には小穴のあるもの。

2.2 ハカリ 感度 0.01g のもの。

3. 試験方法

3.1 ピクノメータの検定

3.1.1 ピクノメータを洗つて乾かしたのち、その重量 W_f をはかる。ピクノメータに蒸リュウ水を満たし、その全重量 W_a と水温 T° をはかる。

3.1.2 測定の結果から任意の温度 T に対する W_a を次式から求める。

$$W_a(T \text{ における}) = \frac{T \text{ における水の密度}}{\text{測定時の水の密度}} \times \{ W_a(\text{測定時}) - W_f \} + W_f$$

ここに W_f : ピクノメータの重量

註 (1) 予め換算表を準備しておけば便利である。水の比密度は付表に示す。

3.2 試料

3.2.1 試料は自然のままのものでも、炉乾燥したものでよいが、その量はフラスコを用いるときは乾燥重量で 25g 以上、ストップ付ビンを用いるときは同じく 10g 以上を要する。

3.2.2 自然含水量のままの試料では測定試験が終つてから炉乾燥で重量 W_0 を求める。粘土質土のときは JISA 1204 に規定する方法で、蒸リュウ水の中でよく粒子を分離させる必要がある。

3.2.3 炉乾燥試料では 110°C で一定重量になるまで少くとも 12 時間炉乾燥し、デシケーターの中でさましたのちに重量をはかる。そのうち 12 時間以上蒸リュウ水に浸しておく。

3.2.4 採取した試料の一部を除いて調整した試料を用いる場合は、その割合を記録しておく。

3.3 試験順序

3.3.1 重量をはかつた試料は、その微量をも失なわないように注意しながらピクノメータに入れる。蒸リュウ

水をフラスコなら約 3/4 だけ、ストップ付ビンなら約 1/2 だけ満す。

3.3.2 ピクノメータ中の気泡を除くには、気圧を水銀柱で 100mm 以下に下げること、10 分以上静かに煮る。時々ピクノメータをふりまわして気泡のぬけ出すのを助ける。

気圧を急に下げたときに内容物が激しく沸き立たないように注意を要する。

加熱した試料は室温に下げるまで放置する。

3.3.3 ピクノメータに蒸リュウ水を満たし、外面を洗い、かわいた布で水分をふきとつてから、全重量 W_0 と内容物の温度 T をはかる。

4. 計算

4.1 温度 T の水に対する、温度 T の土粒子の比重は次式から求める。

$$\text{比重}(T/TC) = \frac{W_0}{W_0 + (W_a - W_b)}$$

ここに W_0 : 炉乾燥した試料の重量 (g)

W_a : 温度 T の水を満たしたピクノメータの重量 (測定値から換算した値) (g)

W_b : 温度 T の水と土を満たしたピクノメータの重量 (g)

T : W_b をはかつたときのピクノメータの内容物の温度 (°C)

4.2 とくに指定されないときは 15°C の水に対する値を次式から求める。

$$\text{比重}(T/15^\circ\text{C}) = K \times \text{比重}(T/TC)$$

ここに K : 補正係数、即ち温度 T における水の比密度を 15°C の水の比密度で割つた数 (付表)

附表. 温度 4~30°C における水の比密度と補正係数 K

温度°C	水の比密度	補正係数 K
4	1.000000	1.0009
5	0.999992	1.0009
6	0.999968	1.0008
7	0.999930	1.0008
8	0.999877	1.0007
9	0.999809	1.0007
10	0.999728	1.0006
11	0.999634	1.0005
12	0.999526	1.0004

温度°C	水の比密度	補正係数 K	温度°C	水の比密度	補正係数 K
13	0.999406	1.0003	22	0.997800	0.9987
14	0.999273	1.0001	23	0.997568	0.9984
15	0.999129	1.0000	24	0.997327	0.9982
16	0.998972	0.9998	25	0.997075	0.9979
17	0.998804	0.9997	26	0.996814	0.9977
18	0.998625	0.9995	27	0.996544	0.9974
19	0.998435	0.9993	28	0.996264	0.9971
20	0.998234	0.9991	29	0.995976	0.9968
21	0.998022	0.9989	30	0.995678	0.9965

4.3 4°C の水に対する比重を求めるときは、温度Tにおける比重に温度における水の比密度をかければよい。

解 説

星 埜 和 *

1. 適 用

この規格は土粒子の比重を決定する試験の方法を規定したもので、土粒子の比重というのは従来土の真比重といいならわしてきたものに当り、地盤や斜面など土質力学の問題を取扱う時に相手とする土塊の骨組を形作っている土粒子の群の平均比重をさすことが多く、個々の粒子の比重という意味ではもちろんない。

比重の意義は物理的な厳密さでいうと適用の(2)にあるように、ある示された温度においてある容積の材料が空気中で示す重量と、ある示された温度において同容積の蒸留水が空気中で示す重量との比である、となつてなかなかむつかしい事になるが、要は比重が温度によつて異なつた値をとることを理解しなければならない。土粒子の比重の場合、土粒子自身の温度変化による容積変化はふつう無視できるが、水のそれはかなり大きいから比重の値にひびいてくる。例えば、

15°C の水に対する比重	2.609	の土は
29°C	2.617	〃
4°C	2.607	〃

となる。比重を測る目的、測定した値の用途によつてこの差は問題となることもあり無視できることもあるが規格では一応厳密な定義に従つて測定を進めることを要求している。

土粒子比重の測定値は間隙量、飽和度の計算に実用されるのであつて、最近土の安定に及ぼす間隙圧の影響がやましく論ぜられるようになったため、間隙量、含水

量、空気含有量を相当厳密に求める必要が考えられるので、一般にこの規格による比重の測定が行なわれるよう要望したい。

2. 試験用具

土粒子の比重を測る方法はいろいろあり、これまで広く用いられてきた方法の一つはルシャテリエ比重ビンを用いる方法であつた。が、規格ではピクノメータを用いる方法に限つた。これは別に深い理由があるわけではなく測定が容易で精度も、よく実用し易いと考えたからである。

ピクノメータはふつうストップ付測定ビンで、ストップの中心に小穴のあるもの、容量 50cc 以上、市販のものでよいが、なるべく 100cc 以上の大きいもので、できのよいものを選ぶ。粗粒をふくむ土でストップ付測定ビンに入らないような時は容積の一定できる測定用フラスコで容量の大きいものを用いる。

ハカリは感度 0.01g と規定されているだけであるが、ピクノメータの大きさによつて 100g から 500g 位まで測定できるものが必要で、両皿の化学天秤か三桿天秤を用い、ふつうの上皿天秤では感度が不足する。ハカリの使用は特に細心の注意が必要で、正確な調整と感度の保持を片時も怠つてはならない。なお規格にはないが温度計を一本準備する。

3. 試験方法

試験の方法は規格の3. 試験方法に従つて順を追ひ実施すればよく、別にむつかしいことはないと思うが、特に

* 東京大学 教授

注意を要する点をいくつかのべよう。

(1) ピクノメータの検定

ピクノメータの検定は最初に1回だけ行い、計算式による換算表を準備しておけば、次回から改めて測定する必要はない。測定すべき値は次の3である。

ピクノメータの重量(ストップを含めた) W_f g
 ピクノメータに蒸留水を満した時の重量 $W_{a'}$ g
 重量 $W_{a'}$ を測つた時の水温 T' °C

水温は度の単位で4捨5入してよい。ピクノメータに蒸留水を満した時気泡が残らないようにすること、ストップを正しい位置にさしこむよう注意する

測定の結果から任意の温度 T に対する W_a をつぎの式から求める

$$W_a = \frac{T \text{ における水の比密度}}{T' \text{ における水の比密度}} \{ W_{a'} - W_f \} + W_f$$

この式から温度 T の時の蒸留水をみたしたピクノメータの全重量 W_a が求められるわけであるが、水の比密度は附表の値を用いればよく、温度 T は後に土の試料と水をピクノメータに満した時の温度に対応するものである。一つのピクノメータを用い試験を繰返し行なう場合に色々の温度 T が予想される時は W_a の換算表を予め準備しておくが大変便利である。(後で実例を示す)。温度の補正を計算式で行ない、実験時の水温を一定に保つ面倒を省くことができるのはこの方法の大きな特徴といえることができる。

(2) 試料

試料は採取、調整のしかたによつて得られる比重の値がかなり異なる場合があるから、試験の目的によつて最も適当と思われる方法がとられなければならない。ある地層を組みたっている土粒子の比重を求めようとする場合はその地層を代表し、かつ平均の比重を与えるような試料を採取するよう細かく注意すべきである。土粒子は無機質の鉱物質からなっているわけであるが、個々の粒子は異種の従つて比重が異なる色々な鉱物からなっているのが普通であるし、かつ多くの場合複雑な風化の過程にあつて化学的な結合水を含み、表面にガスを吸着していることもある。従つてこれを乾燥する時温度によつて失われる成分の割合が異なり水に可滲成分を含むこともあり、真空のかけた方によつても比重が著しく異なることがある。さらに地表面附近の土は有機質の草根や木根、腐植質時には木片などを含んでいることがあり、比重ビンの中で水面に浮び上る場合はこれらを取除いて測定する。泥炭土のような特殊なものでは大部分が有機質からなっている自然の地層では砂利層からさらに大きな石を含む層があり、これらの層の平均比重を決めることはか

なり困難である。試料の中に砂利以上の粗粒子が含まれている時はそれを取除くかどうかは地層の全般的な状況から判断すべきで測定値に大きな差を生ずる。粗粒部分を篩い分けてピクノメータに入れられる大きさに砕いてから、土の粒度試験(A1294)の結果から示される粗粒部分の割合に相当する重量だけ加えて調整した試料を用いて試験を行なうことがある。採取した試料の一部を取り除いて調整した試料を用いる場合はその割合を記録しておく必要がある。

普通の場合に試料はまず 110°C で一定重量になるまで12時間以上炉乾燥し、デシケータ中で室温までさましたものを一回につき 10~25g^r 以上用い、その重量を、 W_0 とする。試料の量はピクノメータの大きさにより、適当量とるのが少なすぎると精度がわるくなり、多すぎると空気の追出しがむづかしくなる。コロイド性の土では乾燥により固結したり変質したりする恐れがあるので、自然含水量のままの試料を用いて試験をすませた後、炉乾燥により試料の重量 W_0 を求めるこの種の土は蒸留水の中でよく粒子を分離させるため土の粒度試験方法(JISA 1204) 5. 細粒土分析、(1) 土の試料の分散、に規定する方法を用いる。

(3) 試験順序

重量をはかった試料は微量も失なわないよう注意してピクノメータに入れ、蒸留水を一部分だけ満して、気泡追出しの作業にかゝる。気泡を完全に除くことは測定結果を左右する最も大切な作業で、ふつうは10分以上静かに煮るのであるが、できれば水銀柱で100mm以下の真空をかける方が望ましい。ときどきピクノメータをふりまわして気泡の抜け出すのを助けることも大事である。気泡追出しの作業が完了したならば、ピクノメータに蒸留水をみだし、容量と内容物の全重量 W_s と内容物の温度を測り試験を終る。

測定は同一種の試料について少なくとも2回以上繰返し行ない精度を確かめておかなければならない。

4. 計 算

計算の方法については次の例で説明しよう。

測定の結果次の値を得たとする。

ピクノメータ(No2)の重量	$W_f = 28.49$	g
水とピクノメータの重量	$W_{a'} = 147.60$	〃
水の温度	$T' = 27$	°C
土の重量	$W_0 = 95.30$	g
土と水とピクノメータの重量	$W_s = 206.42$	〃
内容物の温度	$T = 29$	°C

まず水とピクノメータの重量を $T = 29^\circ\text{C}$ に換算し W_a を求める。

$$W_a = \frac{29^\circ\text{Cの水の比密度}}{27^\circ\text{C}} (W_a' - W_f) + W_f$$

附表の値を用いて

$$W_a = \frac{0.995976}{0.996544} (147.60 - 28.49) + 28.49 = 147.53$$

これより次のように計算をすゝめ比重を決定する。

$$W_a - W_s = 147.53 - 206.42 = -58.89$$

$$W_o + (W_a - W_s) = 95.30 - 58.89 = 36.41$$

$$\text{比重}(29/29^\circ\text{C}) = \frac{W_o}{W_o + (W_a - W_s)} = \frac{95.30}{36.41}$$

$$= 2.617$$

$$\text{比重}(29/15^\circ\text{C}) = K \times \text{比重}(29/29^\circ\text{C})$$

$$= 0.9968 \times 2.617 = 2.609$$

$$\text{比重}(29/4^\circ\text{C}) = \text{水の比密度} \times \text{比重}(29/29^\circ\text{C})$$

$$= 0.9960 \times 2.617 = 2.607$$

同一ピクノメータを用いて測定を繰返す時は、種々の温度Tに対し W_a の換算表を準備しておくこと計算の手間が省けて便利である。以上の計算は一覧表にしてすゝめるのがよい。

土粒子の比重試験成績表

試料番号	A-1	A-2	B-1
ピクノメータ番号	No. 2	No. 5	No. 2
ピクノメータ重量 W_f g	28.49	27.72	
水とピクノメータ重量 W_a' g	147.60	153.30	
水の温度 T' °C	27	28	
水の重量 W_o g	95.30	104.81	98.27
水、土、ピクノメータ重量 W_f g	206.42	218.12	208.26
内容物の温度 T °C	29	28	22
換算値 W_a g	147.53	153.30	147.75
$W_a - W_s$ //	-58.89	-64.82	-60.51
$W_o + (W_a - W_s)$ //	36.41	39.97	37.76
比重($T/T^\circ\text{C}$) = $W_o \left\{ \begin{matrix} W_o \\ + (W_a - W_s) \end{matrix} \right\}$	2.617	2.621	2.602
比重($T/15^\circ\text{C}$) = $K \times \text{比重}(T/T^\circ\text{C})$	2.609	2.613	2.599
比重($T/4^\circ\text{C}$) = 比密度 \times 比重($T/T^\circ\text{C}$)	2.607	2.611	2.596

W_a の換算表

ピクノメータ番号	No. 2	No. 5	ピクノメータ番号	No. 2	No. 5
4	148.01	153.77	18	85	60
5	01	77	19	83	57
6	01	77	20	80	55
7	00	76	21	78	52
8	00	76	22	75	49
9	147.99	75	23	72	46
10	98	74	24	69	43
11	97	72	25	66	40
12	96	71	26	63	37
13	94	70	27	60	34
14	93	68	28	57	30
15	91	66	29	53	26
16	89	64	30	50	23
17	87	62			

平易なる土質工学Ⅱ

最上 武雄*

1) 本誌第1号に齊藤迪孝君がアメリカから帰りの船の中で考えた事として、現在の土質力学は土の中の水の再認識を特徴とすると書いている。僕自身同じ様な経験を持った事を想い、一種の感慨を以つて読んだのであつた。他の多くの人とも土質力学の現段階に於て土中の水に関する考え方の重要さ、又此処20年位の間に於けるこの考え方の深化発展に驚歎の目を見張っている事と思う。昭和5、6年頃鉄道省に土質調査委員会が出来た頃にも土と水と言うテーマは大きく採り上げられていたのであつた。だが今から思えば甚だ漠然としていたのだが、これも亦已むを得ない事であつた。

2) 土の中にある水分の多少によつてその力学的性質を変える事は誰でも知つている事である。そして土の粒の大きさが異なれば同じ様に水を含んでもその性質が異なることは経験上誰でもが知つている。そこで土の性質がまず粒の大いさ、含水量で変ると言う事は正しいと考えて良いであろう。その意味で我々は粒の大きさに依つて土に名前をつけている。我々が普通に使つているのは次の如きものである。(図-1)

この様に分類し、ある土が砂分何%、シルト分何%と言う様な事を知るには粒度試験をしなければならない。この方法については JIS の説明の項で解説がある筈だ

* 東京大学教授