

投稿論文 (和文ノート)

**TECHNICAL
NOTE**

一軸圧縮強度・変形特性に及ぼす 供試体寸法の影響

亀井健史*・常田 亮**

本研究では、粘性土の一軸圧縮強さ及び変形特性に及ぼす供試体寸法の影響を解明するために、塑性指数が異なる2種類の練返し陸成粘性土に対して一軸圧縮試験を行った。その結果、一軸圧縮強さと変形係数は、両試料とも供試体寸法の低下に伴って増大することが明らかとなった。また、本試験結果に基づいて一軸圧縮強さ及び変形係数に関する寸法効果の工学的評価手法を提案している。

Keywords : deformation modulus, specimen size, test procedure, unconfined compressive strength, unconfined compression test

1. はじめに

現在、一軸圧縮試験は、その簡便さから土の非排水せん断強さを求める試験として頻繁に実施されている。しかし、実際にサンプリングされた試料には、クラックが存在していたり、不均質であったりする場合や試料の総量が十分でない場合も少なくない。そのような場合、土質試験法¹⁾で定められた形状寸法の供試体を用いて実験を実施することは困難であり、標準寸法よりも小さい供試体を用いることになる。形状寸法の小さい供試体を用いた場合、一軸圧縮強度・変形特性は、供試体寸法に依存することが指摘されている^{2)~4)}。しかしながら、既往の研究によれば一軸圧縮強さは、高さや直径の比 (L/D) が1.5以上である場合、実用上問題がないとされている¹⁾。また、山田・龍岡⁵⁾は、関東ロームを用いて三軸圧縮・伸張試験を行った結果、非排水せん断強さに及ぼす L/D 比の影響は小さいと報告している。さらに、冨子ら⁶⁾は泥炭に三軸圧縮・伸張試験を行い、 L/D 比が2.5程度であれば直径が5 cm以上であっても、せん断挙動に及ぼす供試体寸法の影響は小さいとの結果を得ている。これに対して、後藤ら⁷⁾は砂の三軸圧縮試験を行い、供試体の寸法及び L/D 比を変えらることによって、強度・変形特性が明らかに異なると報告している。

一方、サンプリングにおける経済面を考慮すれば、試料のサンプリング長が短ければ短いほど、サンプリングコストは低減され、形状寸法の小さい供試体に関する実験結果を定量的に評価できることが、工学的に重要な問題となる。

上記の点に着目し、本研究では直径及び L/D 比を変えた2種類の飽和粘性土に対して一軸圧縮試験を行い、

一軸圧縮強度・変形特性に及ぼす供試体の形状寸法の影響を検討した。さらに、標準寸法とそれ以外の寸法を有する供試体の一軸圧縮試験結果を比較・検討し、標準以外の寸法の試験結果から、標準寸法の試験結果を評価する場合における補正係数の提案を行った。

2. 試料及び実験方法

(1) 試料

実験に使用した試料は、長野県下水内郡豊田村替佐より採取した替佐土と上水内郡牟礼村上村より採取した上村土の2種類の陸成粘性土を、練返して再圧密したものである。試料の物理的特性を、Table 1に示す。再圧密は試料をスラリー状にした後、圧密圧200 kPaで1週間行った。実験に用いた供試体は、土質試験法¹⁾を参考にして、直径 (D) を1.0, 2.0, 3.5, 5.0 cmの4種類とし、高さ (L) と直径 (D) の比 (L/D) が1.0, 1.5, 2.0となるように成形した円柱形のものである。 $D=3.5, 5.0$ cmの供試体は、ワイヤーソーとトリマーで切り出して作成した。また、 $D=1.0, 2.0$ cmの供試体は形抜き器を用いて押し抜いた後、端面を成形して作成した。

(2) 実験方法

実施した実験は、ひずみ制御方式の一軸圧縮試験で、データのばらつきを考慮して、同一条件の供試体に対して2本以上行った。また、応力は秤量が50 kgfの力計で測定し(なお、20 kgfの力計により測定を行ったが有意な差は認められなかった)、端面摩擦を軽減するために、上下拘束板にシリコングリースとシリコンオイルを混合したものを塗布した。さらに、供試体作成後の含水比の変化を避けるため、トリミング後ただちに実験を開始した。せん断時のひずみ速度は、替佐土に対して $\dot{\epsilon}_a=0.5, 1.0, 2.0$ %/minの3種類で行ったが、 $\dot{\epsilon}_a=0.5, 1.0$ %/minにおける実験結果には、ほとんど差が認め

* 正会員 工博 基礎地盤コンサルタンツ(株)地盤物性室室長 (〒102 千代田区九段北1-8-3)

** 正会員 工修 長野工業高等専門学校講師 土木工学科

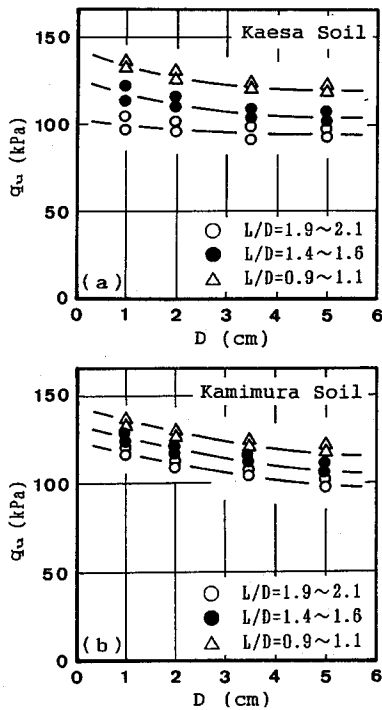


Fig.1 Relationship between unconfined compressive strength and specimen diameter

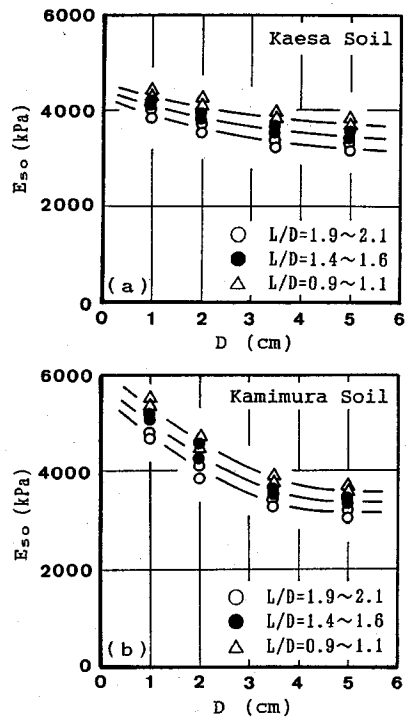


Fig.2 Relationship between deformation modulus (E_{50}) and specimen diameter

Table 1 Index properties of soil samples

Soil sample	Gs	w _L (%)	w _p (%)	I _p	Sand(%)	Silt(%)	Clay(%)
Kaesa Soil	2.707	54.8	18.7	36.1	44.8	31.3	23.9
Kamimura Soil	2.612	49.4	35.9	13.5	20.1	38.3	41.6

られなかった。一方、上村土に対しても同じ条件で実験を行ったが、 $\dot{\epsilon}_a=1.0\%/min$ 以上での実験で得られたデータはばらつきが大きかった。そのため、替佐土の実験結果を参考にして、実験時のひずみ速度を $\dot{\epsilon}_a=0.5\%/min$ としたが、せん断時の供試体状況から判断して、非排水条件は満足しているものと考えられる。よって、本報告では、ひずみ速度 $\dot{\epsilon}_a=0.5\%/min$ において得られた結果についてのみ報告する。

3. 実験結果及び考察

(1) 一軸圧縮強さ (q_u)

Fig.1 (a), (b) は、一軸圧縮強さ (q_u) と直径 (D) の関係を示したものである。

替佐土の場合、 q_u は直径及び L/D 比が小さくなるにしたがって増加している。しかし、 $L/D=2.0$ であれば、 q_u は直径の大きさによらずほぼ一定値となっている。このことから、 $L/D=2.0$ であれば、 q_u は直径の大きさの影響をほとんど受けていないことがわかる。また、 L/D 比の低下に伴う q_u の増加割合は、直径が小さくな

るにしたがって大きくなっている。

一方、上村土の場合、 q_u は直径及び L/D 比の低下に伴って増加し、 L/D 比の低下に伴う q_u の増加割合は、直径の大きさによらずほぼ同じである。

このように、供試体寸法の低下に伴って q_u が増加する傾向は、吉中²⁾の研究においても確認されている。

以上のことより、替佐土の場合、 $L/D=2.0$ になると q_u は、端面拘束の影響を受けないものと考えられる。このことは、直径が小さくても L/D 比を 2.0 程度にすることによって、 q_u に対する直径の違いによる影響を取り除くことができることを示している。また、 q_u は L/D 比の影響を受けやすく、特に直径が小さい場合、その影響が顕著に表われていることがわかる。

一方、上村土の場合、 q_u は直径及び L/D 比の低下に伴って増加し、 L/D 比の増加に伴う q_u の増加割合は、直径の大きさによらずほぼ同じであると考えられる。

(2) 変形係数 (E_{50})

変形係数 (E_{50}) と直径 (D) の関係を、Fig.2 (a), (b) に示す。図より、替佐土の E_{50} は、直径と L/D 比の低下に伴って大きくなることがわかる。しかし、直径が 3.5 cm 以上になると、 E_{50} は L/D 比の大きさによらずほぼ一定値となっている。また、 L/D 比の低下に伴う E_{50} の増加の程度は、直径の大きさによらずほぼ同じである。

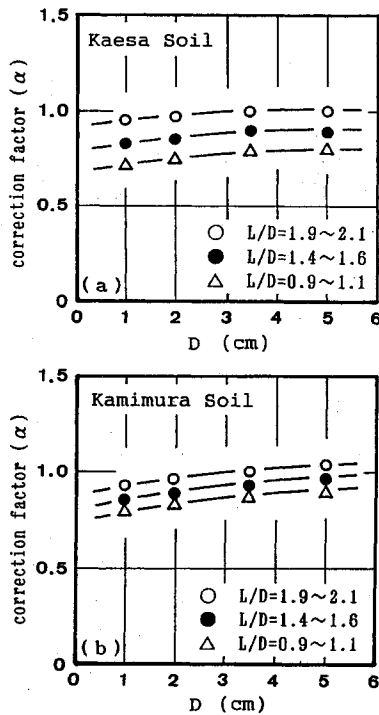


Fig.3 Relationship between correction factor for specimen size in unconfined compressive strength and specimen diameter

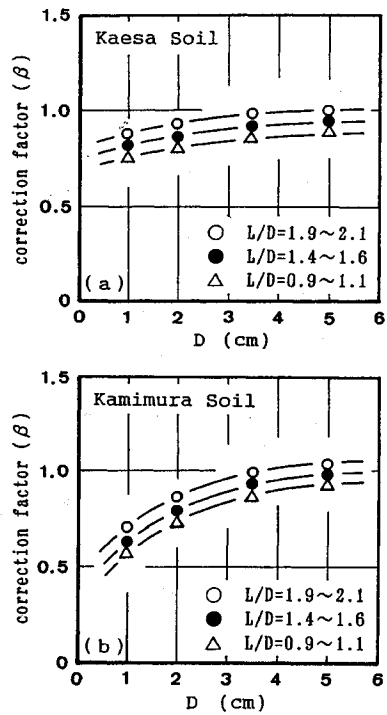


Fig.4 Relationship between correction factor for specimen size in deformation modulus and specimen diameter

Table 2 Correction factor for specimen size in unconfined compressive strength in the present study

Soil Sample	L/D=1.9~2.1	L/D=1.4~1.6	L/D=0.9~1.1
Kaesa Soil	1.00	0.86	0.76
Kamimura Soil	1.00	0.92	0.85

一方、上村土の場合、 E_{50} は替佐土と同様に、直径及び L/D 比の低下に伴って増加し、直径が 3.5 cm 以上になると L/D 比の大きさによらずほぼ一定値となっている。しかし、直径が 2 cm 以下になると、 E_{50} は直径の減少に伴って著しく増加することがわかる。

したがって、 E_{50} は直径及び L/D 比の低下に伴って増加するので、形状寸法の小さい供試体を用いて一軸圧縮試験を行った場合、補正を行わないと E_{50} を過大評価することになる。

(3) 一軸圧縮強さの補正係数 (α)

一軸圧縮強さの補正係数 (α) と直径 (D) の関係を、Fig.3 (a), (b) に示す。ここで、 α は次式で定義した。また、図中の 1 点は、同一条件の供試体における α の平均値を示している。

$$\alpha = q_{u0}/q_u \dots\dots\dots (1)$$

α : 一軸圧縮強さの補正係数

q_{u0} : 標準寸法の一軸圧縮強さ (kPa)

($D=3.5$ cm, $L/D=2.0$)

q_u : 標準以外の寸法の一軸圧縮強さ (kPa)

替佐土及び上村土とも、 α は直径及び L/D 比の低下に伴って減少している。このことより、小さな供試体を用いた場合は、拘束板の影響が大きく表われるため¹⁾、強度・変形に関する定数を低減しなければならないことがわかる。しかし、直径が 3.5 cm 以上の場合、 α は L/D 比の大きさによらずほぼ一定値となっている。また、 L/D 比の低下に伴う α の減少割合は、替佐土が上村土よりも大きいことがわかる。

両試料について、各供試体条件において算出した α を直径によらず L/D 比ごとに平均し、 L/D 比のみによって決まる α を求めた結果、Table 2 を得た。標準以外の寸法の q_u に Table 2 に示した α を適用して算出した q_u と実測した標準寸法の q_u を比較した結果、替佐土の場合、直径によらず標準以外の寸法の q_u から、 $\pm 3\%$ 程度の誤差で標準寸法の q_u を評価できることがわかった。同様にして、上村土の場合、 $\pm 5\%$ 程度の誤差で標準寸法の q_u を評価することが可能である。

ここで、替佐土を例にとると、 $L/D=1.0$ の供試体を用いたときの q_u は、直径の大きさによらず約 24% 低減することによって、標準寸法の q_u を評価することができる。

(4) 変形係数 (E_{50}) の補正係数 (β)

Fig.4 (a), (b) に、変形係数の補正係数 (β) と直径 (D) の関係を示す。ここで、 β は (2) 式で定義し、

Table 3 Correction factor for specimen size in deformation modulus in the present study

Soil Sample	L/D=1.9~2.1	L/D=1.4~1.6	L/D=0.9~1.1
Kaesa. Soil	1.00	0.95	0.91
Kaninura Soil	1.00	0.97	0.90

注) 直径が3.5cm以上の場合のみ適用可能

図中の1点は同一条件の供試体における β の平均値を示している。

$$\beta = (E_{50})_0 / E_{50} \dots \dots \dots (2)$$

β : 変形係数の補正係数

$(E_{50})_0$: 標準寸法の変形係数 (kPa)

($D=3.5$ cm, $L/D=2.0$)

E_{50} : 標準以外の寸法の変形係数 (kPa)

両試料とも β は、直径及び L/D 比の低下に伴って減少している。特に、上村土の場合、直径が2 cm以下になると β は L/D 比の大ききによらず著しい減少傾向を示している。

各々の供試体寸法について算出した β を直径によらず L/D 比ごとに平均し、 L/D 比のみによって決まる β を求めた結果をTable 3に示す。ただし、Table 3に示す β は、直径が3.5 cm以上の場合にのみ適用できるものである。

Table 3に示した β を標準以外の寸法の E_{50} に適用して算出した E_{50} と標準寸法の E_{50} の実測結果を比較したところ、両試料とも直径によらず、標準以外の寸法の E_{50} から $\pm 5\%$ 程度の誤差で標準寸法の E_{50} を評価できることがわかった。しかし、直径が2 cm以下になると、直径の減少に伴う β の減少が顕著であるため、 β は直径と L/D 比を考慮して決定する必要がある。

ここで、上村土を例にとると、 $D=3.5$ cm, $L/D=1.0$ の供試体を用いた場合、 E_{50} は約10%低減する必要がある。

4. 結 論

本研究では、一軸圧縮強度・変形特性に及ぼす供試体寸法の影響を解明するために、単一の圧密圧力で再圧密

した2種類の陸成粘性土を用いて、直径を1.0, 2.0, 3.5, 5.0 cmとし、 L/D 比を1.0, 1.5, 2.0となるように成形した円柱供試体に対して一軸圧縮試験を行った。その主要な結果をまとめると、以下ようになる。

(1) 一軸圧縮強さ(q_u)は、直径及び L/D 比の低下に伴って増加した。しかし、替佐土の場合、直径が小さくとも L/D 比を2.0程度にすることによって、 q_u に対する拘束板の影響を取り除くことができた。

(2) 変形係数(E_{50})は、直径及び L/D 比の低下に伴って増加した。特に、上村土の場合、直径が2 cm以下になると直径の減少に伴って、 E_{50} は急増したものと考えられる。

(3) 補正係数(α, β)を用いることによって、標準以外の寸法の q_u 及び E_{50} から、標準寸法の q_u 及び E_{50} をある程度評価することができる。

(4) q_u 及び E_{50} の補正係数(α, β)は、直径及び L/D 比の関数として表わすことができるものと考えられる。

したがって、形状寸法の小さい供試体から得られる実験結果は、工学的にある程度評価できるものといえよう。

参 考 文 献

- 1) 土質工学会編：土質試験法[第2回改訂版]，1979。
- 2) 吉中龍之進：岩石質地盤の強度に関する寸法効果，施工技術，Vol. 9, No. 8, pp. 58~60, 1976。
- 3) Lo, K.Y.: The Operational Strength of Fissured Clays, Geotechnique, Vol. 20, No. 1, pp. 57~74, 1970。
- 4) 土質工学会編：土質調査試験結果の解釈と適用例[第1回改訂版]，土質基礎工学ライブラリー No. 4, p. 209, 1984。
- 5) 山田眞一・龍岡文夫：関東ロームの非排水せん断特性に及ぼす供試体の寸法効果，第18回土質工学研究発表会発表講演集，pp. 465~468, 1983。
- 6) 関子睦夫・木暮敬二・山口晴幸：供試体寸法の相違が泥炭の非排水せん断特性に及ぼす影響，第40回土木学会年次学術講演会講演概要集第3部，pp. 531~532, 1985。
- 7) 後藤 聡・龍岡文夫・井口豊一：砂の三軸圧縮強度の寸法効果，第41回土木学会年次学術講演会講演概要集第3部，pp. 267~268, 1986。

(1990. 6. 27 受付)

INFLUENCE OF SPECIMEN SIZE ON UNCONFINED COMPRESSIVE STRENGTH AND DEFORMATION CHARACTERISTICS OF COHESIVE SOILS

Takeshi KAMEI and Makoto TOKIDA

To investigate the influence of specimen size on unconfined compressive strength and deformation characteristics of cohesive soils, unconfined compression tests were performed on two kinds of reconsolidated remoulded cohesive soils.

The following conclusions were obtained based on the results obtained from the present study.

- i) Both the unconfined compressive strength and deformation modulus increased with the decrease in specimen size.
- ii) A method of accounting for the effect of specimen size on the unconfined compressive strength and deformation modulus is proposed.