

III-134 砂の三軸圧縮強度の寸法効果

東京大学大学院

○学生員 後藤 聡

東京大学生産技術研究所

正会員 龍岡 文夫

日本通運(株)

正会員 井口 豊一

1. まえがき 要素試験を行う場合、試料の粒径に対する最適な供試体の寸法を求めることは、土質工学上基礎的であつ重要な問題である。特に粒径が大きいロック材の場合は、この問題が顕著であり、最適な供試体寸法でないと変形・強度特性を実験から正確に把握することはできない。著者らはこれまで、供試体の寸法をある程度広範囲に変えることによって、試料の粒径と供試体の寸法が変形・強度特性に与える影響について実験的に考察してきた。⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾ 本報告は、供試体高さ H /直径 $D=16\text{ cm}/30\text{ cm}$ のデータを新たに付け加えることによって、砂の排水三軸圧縮時の寸法効果についてまとめたもので、強度は今まで得られたデータの範囲では、直径 D と平均粒径 d_{50} の比ではなく、高さ H と d_{50} の比によって決定されていることがわかった。

2. 実験方法 実験に用いた中型三軸供試体の寸法を図-1に示す。ここで、中型供試体とは直径が 30 cm のもので、高さは 63 cm と 16 cm の二種類である。高さが 16 cm の供試体は、ペDESTALを三本の鉄柱で支え、供試体の軸変位はペDESTALの底部に固定されたロッドに非接触型変位計を三ヶ所取り付け正確に測定した。三ヶ所での軸変位は殆ど同じであり、キャップの回転は生じていない。中型供試体及び小型供試体(直径 $D=7\text{ cm}$)の寸法や実験方法及び実験結果は、文献⁽¹⁾⁽²⁾を参照のこと。供試体上下端面の摩擦の有無は明らかに強度に影響を与えるので、小型供試体も中型供試体も上下端面に同じ端面摩擦軽減層(Lubricated end)を用いている。⁽⁵⁾

3. 実験結果及び考察 図-2に、 $H/D=63\text{ cm}/30\text{ cm}$ のLubricated end(○●)とRegular end(△▲)の内部摩擦角 ϕ_d と $\sigma'_c=0.3\text{ kgf/cm}^2$ の時の間隙比 e_0 の関係を示す。

ここで、○●と△▲は乾燥砂を負圧 0.8 kgf/cm^2 でひきながら三軸圧縮せん断したもので、それ以外はすべて飽和砂であるが、両者に有意義な差はないことが実験的に確認されている。⁽⁶⁾ 図-2の曲線A-A'及びB-B'は、それぞれ小型供試体($H/D=15/7$)のLubricated endとRegular endの平均線を示す。⁽²⁾

この図より、密な砂の強度の大小関係は、

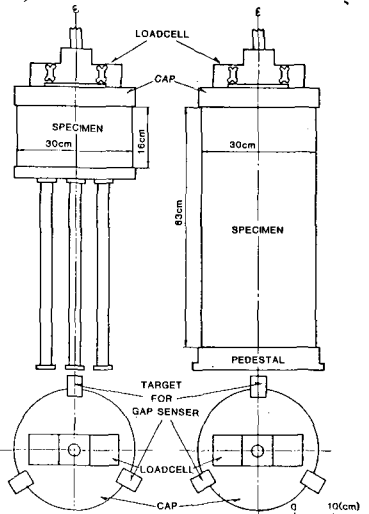


図-1. 中型供試体の寸法

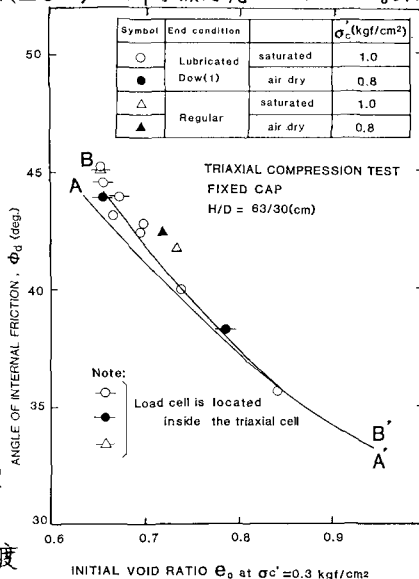


図-2. $H/D=63/30$ の ϕ_d と e_0 の関係

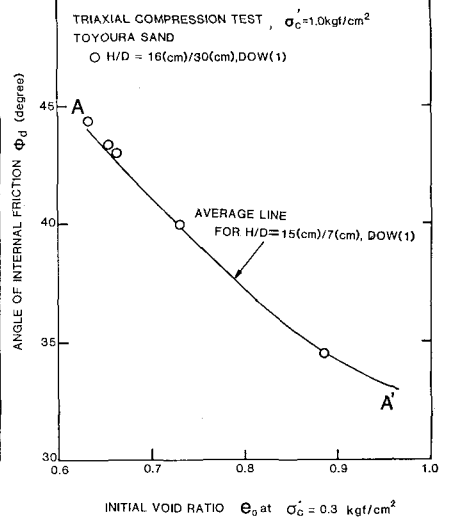


図-3. $H/D=16/30$ の ϕ_d と e_0 の関係

$(\phi_d)_{Re, H/D=63/30} > (\phi_d)_{Lu, H/D=63/30} \approx (\phi_d)_{Re, H/D=15/7}$
 $> (\phi_d)_{Lu, H/D=15/7}$ となっており、最大と最小で約二度のちがいがある。ただし、ReとLuはそれぞれ Regular end と Lubricated end を示す。図-3は、同じ中型供試体($D=30\text{cm}$)で高さが16cmの時の図-2と同様な図である。この図より、 $(\phi_d)_{Lu, H/D=16/30} \approx (\phi_d)_{Lu, H/D=15/7}$ となっていることがわかる。このことについては、後に考察する。

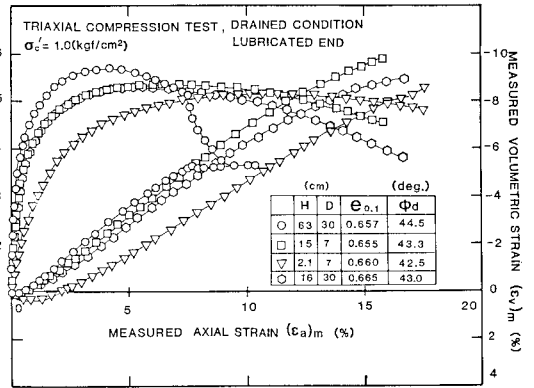


図-4. 密な砂の応力-ひずみ関係

図-4は、供試体の寸法とH/Dを変えた場合に得られた応力-ひずみ関係で、図-5は、その初期部分を示す。図-4, 5の実線の横軸は、供試体外で測定された軸ひずみで、Bedding Errorを含んでいるので、これを補正したものを図-5の破線で示す。(7) この図より、供試体の直径が30cmと7cmで大きく異なるにも拘らず、供試体高さがそれぞれ16cmと15cmで大体同じであれば、応力-ひずみ関係は極めて似ていることがわかる。

次に、図-6は、小型供試体($D=7\text{cm}$)と中型供試体に分けて、H/Dと ϕ_d の関係について示したもので、 $D=30\text{cm}$ のゆるい砂を除いてH/Dの影響が顕著であることがわかる。この図において、小型供試体と中型供試体の高さが約15cmの時、両者の ϕ_d が一致していることに注目して、 H/d_{50} (d_{50} : 試料の平均粒径で豊浦砂の場合0.162mm)と ϕ_d の関係を示したのが図-7である。この図より、今までのデータの範囲では、 ϕ_d は供試体の直径Dには関係なく、 H/d_{50} で整理すると統一的に理解できることがわかる。

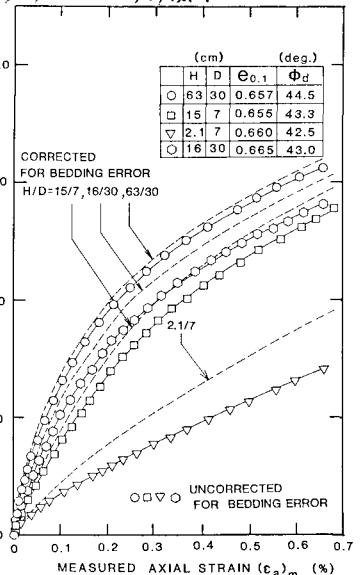


図-5. 初期の応力-ひずみ関係

4. 結論 供試体の寸法や高さ直径比によって、砂の強度変形特性は明らかに異なり、要素試験が成立しているとは言えない。この問題を解決することは困難なことではあるが、着実にデータを積み重ね、困難を打開していかなければならない。

参考文献 (1) 後藤, 榎戸, 若次龍岡 (1984), 第19回土質工学研究発表会(松山), PP 349-352 (2) 後藤, 龍岡, 本山 (1985), 第20回土質工学研究発表会(名古屋), PP 355-358 (3) 後藤, 龍岡, 小山 (1985), 土木学会第40回年次学術講演会, PP 443-444 (4) 後藤, 龍岡 (1983), 土学会第38回年次学術講演会 PP 5-6 (5) Tatsuo, F. et al (1984), Soils and Foundations, Vol. 24, No. 1, PP 113-128 (6) Tatsuo, F., Goto, S. and Sakamoto, M. (1986), Soils and Foundations, Vol. 26, No. 1, PP 105-114 (7) 後藤, 龍岡 (1986), "粒状体の三軸圧縮時の強度変形特性に与える試験条件の影響", 第21回土質工学研究発表会(札幌), 講演番号 97

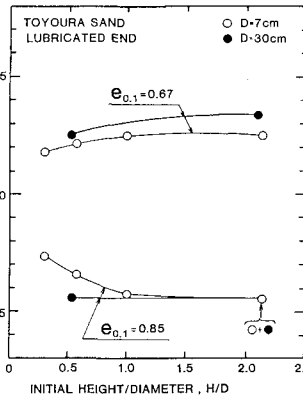


図-6. ϕ_d とH/Dの関係

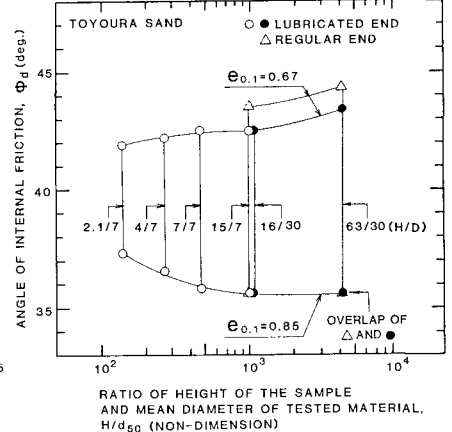


図-7. ϕ_d とH/d₅₀の関係