

愛媛大学工学部 学生会員 ○桑田 光章
愛媛大学大学院 学生会員 河内 義範
愛媛大学大学院 正会員 岡村 未対

1. はじめに

砂質土の指標としては、室内試験では相対密度などが用いられるが、原位置では N 値やコーン貫入抵抗などのサウンディングの結果である。原位置から採取し再構成した供試体に対するせん断試験結果等から原位置の強度を推定するためには、供試体の N 値やコーン貫入抵抗を求める必要がある。その際、通常サンプリングにより得られる土質試料の量的な制限から、コーン貫入試験のサイズが制限を受ける。本研究では、小型コーン試験におけるコーン径及び土槽の適切な寸法に関する知見を得るために、一様で飽和した模型砂地盤で、土槽およびコーンの直径を変えてコーン貫入試験を行った。

2. 実験概要

実験に用いた装置および実験器具の概略を図 1、2 に示す。模型地盤は豊浦砂を空中落下法により所定の相対密度(D_r =約 70%または 80%)となるように作製し、土槽底部からゆっくりと水を浸透させて飽和させた後、上載圧 49kPa を載荷した。上載圧載荷後、土槽側壁を上下に動かすことで壁面と砂とのフリクションの低減を試みている。また、モールド側壁には、シリコングリースと厚さ 0.3mm のラテックスメンブレンによりルブリケーションを施した。フリクションを測定したところ、上載圧が 12.6kPa の場合では上載圧の約 1/14 であり、上載圧が模型地盤中をほぼ一様に底面まで伝達していることを確認した。その後、模型コーンを一定速度 2mm/sec で地盤に貫入した。

土槽はアクリル製で、直径と肉厚の異なる 3 種類のものを使用した(表 1)。土槽には上縁から 2cm、4.5cm、7cm の位置にひずみゲージを添付し、計測されたひずみより壁面に作用する土圧を算出できるようにした。模型コーンは直径 $B=3\text{mm}$ 、 12mm のものを使用した。本実験では先端抵抗と周面摩擦抵抗の合計である貫入抵抗計測した。なお、先端にロードセルを内蔵した直径 8mm のコーンを用いた予備実験結果によると、地盤の密度や上載圧に関わらず、先端抵抗は貫入抵抗の 85%~95%の範囲にあった。

3. 実験結果と考察

図 3 に荷重-沈下量曲線の例として、 $D_r=75\%$ 、 $B=12\text{mm}$ のケースの結果を示す。直径 3mm のコーンではある程度のばらつきがあるが、直径 12mm のコーンでは再現性の良い結果が得られた。また、貫入量がおおよそ 80mm 程度となると、土槽底面の影響により貫入抵抗が増加しているが、それ以外の深度では貫入抵抗はほぼ一定か、側面摩擦力の増加により貫入量と共に若干増加している。以後、貫入抵抗がほぼ一定値となった貫入量 50mm の時点での値を貫入抵抗 q_c とする。

図 4 は貫入抵抗 q_c と土槽の直径 D の関係である。 $B=3\text{mm}$ のコーンは $B=12\text{mm}$ のコーンよりも大きな q_c となっている。これには、後述する粒子寸法効果による影響によるものと考えられる。土槽の直径が貫入抵

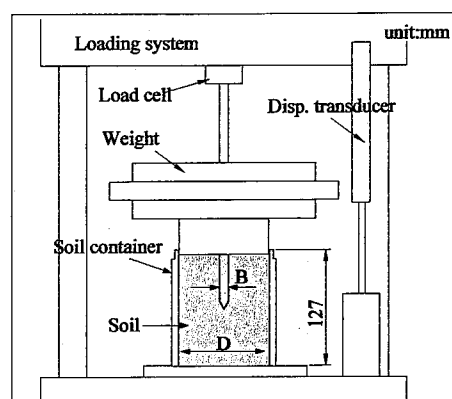


図-1 実験装置概要

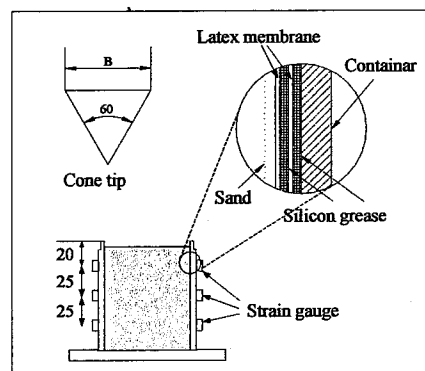


図-2 コーンと土槽内面のルブリケーション

表-1 モールド諸元

高さh(mm)	直径D(mm)	厚さt(mm)
100	100	5
	150	7
	200	9

抗に及ぼす影響に着目すると、コーン径および相対密度によらず何れのケースでも貫入抵抗はほぼ一定の値となっている。

図5は貫入抵抗 q_c を土槽とコーン径の比 D/B に対してプロットしたものである。併せて図中には Ferguson&Ko³⁾が乾燥砂地盤($Dr=50\%$)に対して行った試験結果も示してある。本実験では、 D/B が 8.3~67 の範囲において貫入抵抗 q_c はほぼ一定であり土槽側面境界が先端抵抗に及ぼす影響は見られない。一方、Ferguson&Ko の結果では $Dr=50(\%)$ と緩い地盤であるにも関わらず、 D/B が 7.5~15 の範囲で土槽直径の減少に伴い貫入抵抗がおよそ 50%増加しており、土槽境界の影響が現れている。これは排水条件の違いに起因するものであると考えられる。すなわち、本実験では载荷速度が大きいため地盤はほぼ非排水状態となっており¹⁾、地盤の破壊領域は、排水状態である乾燥地盤への貫入試験に比して小さくなるためである。

図6はコーン直径と先端抵抗との関係である。先端抵抗およびコーン径はそれぞれ上載圧、平均粒径 D_{50} で除すことで正規化してある。図中には、Bolton&Gui²⁾が平均粒径 D_{50} が 0.225、0.40、0.90 mm の砂で作成した模型地盤に直径 $B=19$ 、10、6.4mm のコーンを用いて行った貫入試験結果も併せてプロットしてある。Bolton&Gui の結果ではコーン径と土粒子径の比 B/D_{50} がおよそ 28 以下では B/D_{50} が小さいほど先端抵抗が増加しており、粒子寸法効果の影響が明確に見られるが、 B/D_{50} が 28 以上の範囲では先端抵抗はほぼ一定となっている。本実験においても $B/D_{50}=17$ のケースでは 64 のケースと比較して先端抵抗がおよそ 2~2.5 倍大きくなっており、既往の研究結果と良い対応を示している。

4. まとめ

飽和地盤中に大きな貫入速度で貫入した場合、土槽直径がコーン径のおよそ 8 以上では貫入抵抗に及ぼす土槽側面境界の影響は見られなかった。また、 B/D_{50} がおよそ 28 以上での試験であれば粒子新法効果の影響が小さいとする既往の実験結果と対応する結果が本研究でも得られた。

参考文献

- 1) Kita, K. and Okamura, M. (1998): Cone penetration, Proc. Int. Conf. Centrifuge 98, Vol.2
- 2) Bolton, M. D. and Gui, M.W. (1993): The study of relative density and boundary effects for cone penetration tests in centrifuge, Technical Repot No.CUDE/D-SOILS TR256, Cambridge University.
- 3) Ferguson, K.A. and Ko, H.Y. (1984): Application of centrifugal modeling to cone penetrometer technology, Proc. Symp. Application of Centrifuge Modelling to Geotech. Design, pp.67-86.

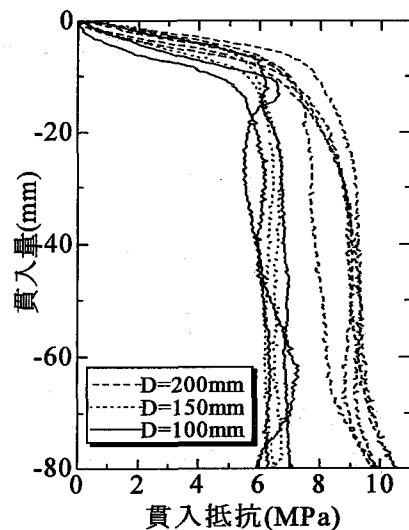


図-3 荷重-沈下曲線

($Dr=79\sim85\%$, $B=12\text{mm}$)

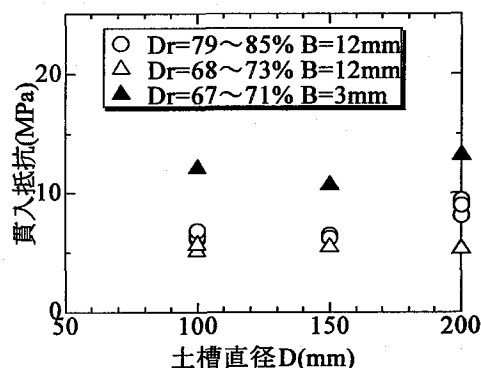


図-4 貫入抵抗への側壁の影響

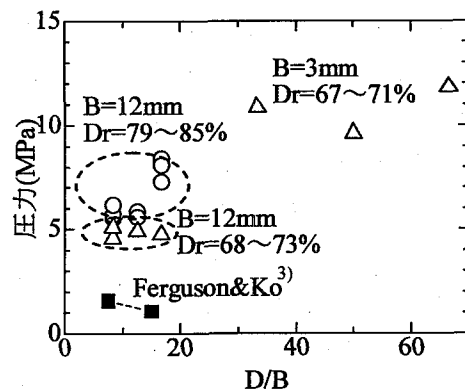


図-5 q_c と D/B の関係

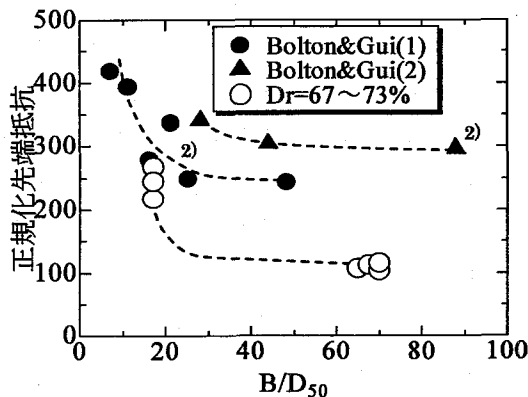


図-6 正規化した先端抵抗に及ぼす粒子寸法効果の影響