

土のダイレイタンシー特性がコーン貫入抵抗に及ぼす影響に関する数値解析的検討

コーン貫入抵抗
ダイレイタンシー
境界条件

東北大学 学 久保田光太郎 学○神馬光健 国 風間基樹
国 河井正 国 金鍾官
名古屋大学 国 野田利弘

1. はじめに

1.1 研究の背景

コーン貫入試験 (Cone Penetration Test : CPT) は、原位において地盤の情報を深さ方向に連続的に得ることができる試験であり、その単純さからよく用いられている地盤調査法の一つである。元々は粘性土のような軟らかい地盤を対象としていたが、現在では機械による貫入能力の向上などにより、砂地盤にまで拡大適用されている。標準貫入試験から得られる N 値と同様に、CPT から得られるコーン貫入抵抗を用いて土の強度などの地盤定数を推定することが行われている。しかし、N 値やコーン貫入抵抗といった貫入試験の測定値は材料特性のみならず、地盤の応答を反映したものであり、地盤定数と直接関連付けて推定を行うには問題があると考えられる。

コーン貫入抵抗は地盤材料そのものの特性である強度定数やダイレイタンシー特性などの影響と、対象とする地盤周辺の境界条件や排水条件、地盤深さなどの影響の両方の影響を受けることは自明である。CPT の結果を用いて土の強度の推定を行う際、これらの影響のうち地盤深さ、すなわち拘束圧については考慮されているが、その他の条件についてはほとんど考慮されていない。

1.2 研究の目的

本研究では、貫入抵抗に影響すると考えられる種々の地盤条件のうち、土のダイレイタンシー特性に着目し、どの程度コーン貫入抵抗に影響するかを明らかにすることを目的として、地盤解析総合プログラム GEOASIA を用いた数値解析的検討を行った。また、その前段として、GEOASIA で CPT の解析を行う場合のコーン先端およびロッド周面の地盤挙動を適切にモデル化するため、パラメトリックスタディによる検討を行った。GEOASIA の詳細については、例えば文献 1 を参考にされたい。

2. コーン貫入の数値モデル化

2.1 数値解析モデルの作製

モデルは軸対称とし、高さは 1m、半径は 2.2m とした。すべてのケースにおいて水面高さは地盤高さに等しく、完全に飽和しているものとする。上下の層からの影響を確認するために、三層地盤とし、中間の密な砂層へのコーン貫入抵抗について主に検討した。数値解析モデルを図-1 に示す。

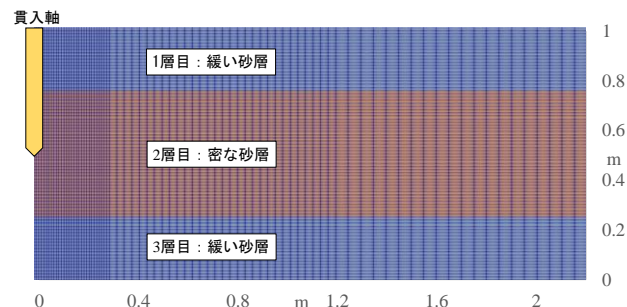


図-1 数値解析モデル

2.2 コーン先端およびロッド周面の地盤挙動のモデル化 (鉛直変位)

GEOASIA による CPT の数値解析のために行った事前検討について図-2 に示す。コーン先端周辺地盤における水平変位はコーン半径に等しいが鉛直変位の大きさは自明ではないため、水平変位に対する鉛直変位の比をケースごとに変えた検討 (検討 1) を実施した。また同様に、ロッド周面の土が周面摩擦によって生じる鉛直方向の変位の程度も不明であるため、コーン周面との境界部の節点に強制的に鉛直変位を与え、その値を変えての検討 (検討 2) も実施した。

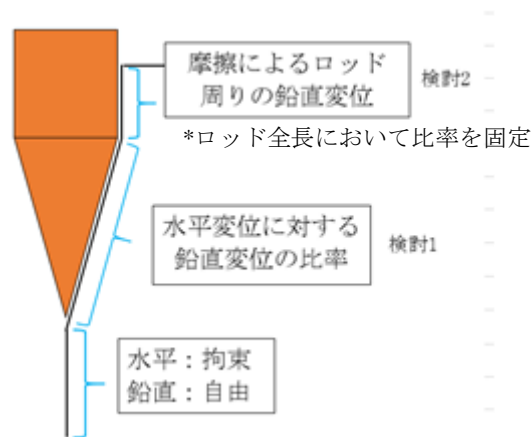


図-2 コーン先端およびロッド周面における鉛直変位

本稿では、前者の検討により、コーン先端部の鉛直変位は水平変位の 50% となるように与え、後者の検討により、コーン先端部の鉛直変位の 8% (コーン先端の水平変位 $\times 0.5 \times 0.08$ となる) をロッド周面の鉛直変位として与えることとした。

3. 土のダイレイタンス特性が貫入抵抗に与える影響について

コーン貫入抵抗に影響する条件のうち、ダイレイタンス特性の影響を調べるために、ほぼ同じせん断応力-せん断ひずみ関係を持つが膨張性が異なる3種類の材料（紙面の都合上、パラメータ設定値は割愛し、ダイレイタンス特性を図-3に、せん断応力-せん断ひずみ関係を図-4に示す）を地盤モデルの2層目に用いてそれぞれの場合で解析を行った。解析対象全長は1mであるが、地盤モデルの拘束圧が地表面から深さ9~10mになるように、被り厚さ9m相当の上載圧がモデル上面に与えられている。設定した材料のせん断応力-せん断ひずみ関係は図-4の通り τ_{max} の値が同じであるため、地盤工学的には内部摩擦角が等しいと考えられる。コーン貫入抵抗と土の強度が直接関連付けられるのであれば、ダイレイタンス特性が異なってもコーン貫入抵抗は変わらないと考えられる。図-5にそれぞれのダイレイタンス特性(図-3参照)に対する貫入抵抗の深度分布の結果を示す。図-5より、同じ強度であっても膨張しやすい材料ほどコーン貫入抵抗は大きくなっていることが分かる。したがって、CPTの貫入抵抗は、境界条件と土のダイレイタンス特性の影響を考慮することなしに、直接的に内部摩擦角と関係づけることは出来ないことが示された。

4. 結論と今後の展望

土のダイレイタンス特性がコーン貫入抵抗に与える影響を調べるために、GEOASIAによる数値解析を行った。本研究で得られた知見を以下に示す。

- (1) 同じ強度だがダイレイタンス特性が異なる材料を用いた解析を行った。土の強度が同じであっても、ダイレイタンス特性の相違によってコーン貫入抵抗に大きな差が生じた。
- (2) 今後は、境界条件、排水条件、飽和・不飽和の違いなどと、土のダイレイタンス特性の組み合わせがコーン貫入抵抗に与える影響を把握し、貫入抵抗値から地盤物性を推定する際の精度向上に資する検討を行う。

参考文献：

- 1) Noda, T., Asaoka, A. and Nakano, M.(2008) : Soil-water coupled finite deformation analysis based on a rate-type equation of motion incorporating the SYS Cam-clay model, Soils and Foundations, Vol. 48, No. 6, pp. 771-790.

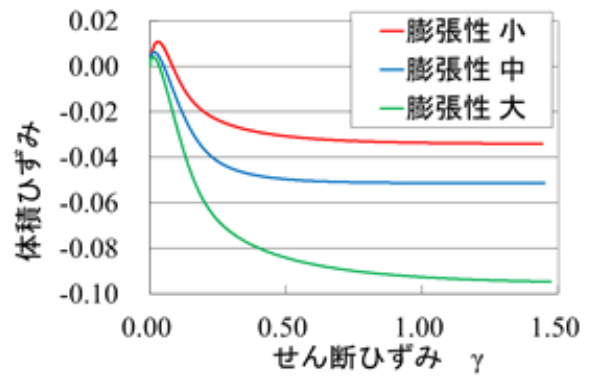


図-3 ダイレイタンス特性

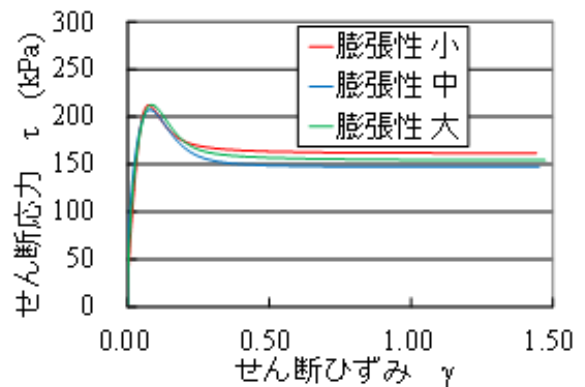


図-4 せん断応力-せん断ひずみ関係

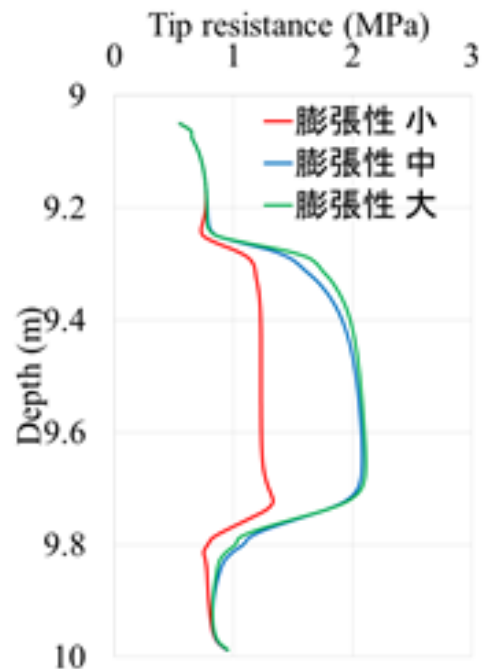


図-5 二層目のダイレイタンス特性が異なる場合の貫入抵抗