

ボーリング孔を利用したせん断強度測定に関する研究

九州電力(株) 正会員 溝上 建 ○今林 達雄

1. まえがき

地盤の安定性を検討する際に不可欠な地盤のせん断強度(粘着力, 内部摩擦角)は, 一般にテストピットやボーリング等により不攪乱試料を採取し, 室内試験により求めているが, この方法では多大な費用と時間を要する。このため, 原位置(ボーリング孔内)でせん断試験を行い地盤のせん断強度を求めることを目的に, ボーリング孔を利用した原位置せん断試験装置の研究開発を行っている。本報告では, 孔内せん断試験装置及び試験方法の概要としらす, まさ土地盤を対象とした試験装置の適用性試験結果について報告する。

2. 孔内せん断試験装置及び試験方法

図1に孔内せん断試験装置の概要図を示す。試験は, ①鋼製のせん断プレート(図2)を内蔵したゾンデを所定の深度にセットする, ②垂直圧用ジャッキの圧力を徐徐に上げて, せん断プレート上の高さ2mmの歯を地盤内に完全に貫入させせん断プレート面からジャッキ圧を地盤内に均等に伝達させる, ③せん断試験の所定の垂直応力にジャッキ圧を調整し(試験垂直応力が歯の貫入圧力よりも小さい場合にはジャッキ圧を下げ, 大きい場合には引き続きジャッキ圧を上げる), 垂直圧供給用油圧ポンプのバルブを閉じる, ④孔口のセンターホールジャッキによりゾンデ(せん断プレート)を2mm/分の速度で引き上げ, 歯で囲まれた地盤を強制せん断する, の手順で行う。以上の操作を試験深度, 垂直応力を変えて行い地盤のせん断強度を求める。なお, 同一深度でゾンデを90°回転させることにより2回の試験ができ, また, せん断プレートが小型のため深さ方向に10cm間隔で試験ができることから数多くの試験が可能であるという特長がある。

3. 室内模擬せん断試験

3. 1 試験の目的

当試験装置においては, 歯を完全に地盤内に貫入させ, せん断プレートから地盤に垂直応力を確実に伝達させるとともに, 地盤内にせん断面を形成させることが不可欠で, 歯の貫入が不完全な状態では試験が成立しない。逆に, 必要以上に過大なジャッキ圧を作用させ歯を貫入させた後に, 低い垂直応力下のせん断試験を行う場合, この歯貫入時に作用させた垂直応力が先行荷重となり, せん断強度を大きく評価してしまうことも懸念される。すなわち, 試験対象地盤に応じて過不足のない歯の貫入圧力(高さ2mmの歯が完全に地盤内に貫入したときの垂直応力で, ここではシーティング圧と呼ぶ)を把握することが重要となる。更に, せん断時に3枚の歯先を通り地盤内に強制せん断面が形成されることも当試験方法の成立条件である。以上のシーティング圧の把握及びせん断破壊面の確認を目的として, 図3に示す室内模擬せん断試験装置による基礎試験を行った。

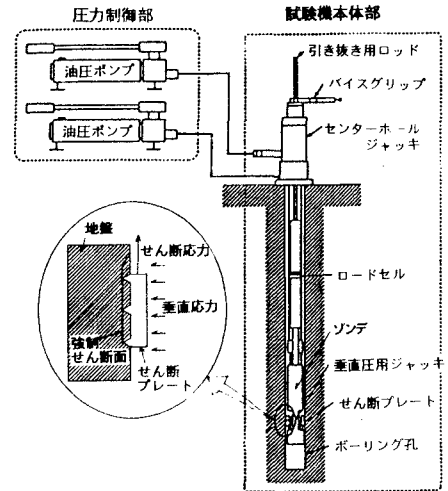


図1 孔内せん断試験装置概要図

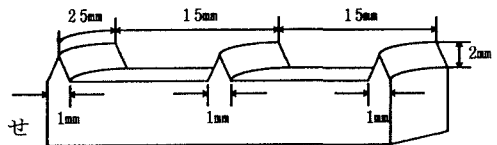


図2 せん断プレート寸法諸元

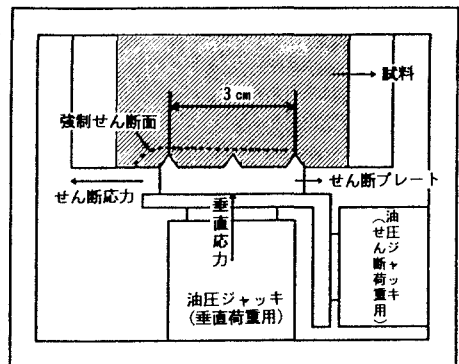


図3 室内模擬せん断試験装置概要図

3. 2シーティング圧測定結果

垂直応力を加えてせん断プレート在地盤に押しつけた時の垂直応力 σ と垂直変位 δ の関係を模式的に示すと図4のようになり、歯が完全に貫入しせん断プレートが地盤に密着すると直線の傾きが変化する。この変曲点がシーティング圧となる。

図5にこの方法で求めたシーティング圧と調査ボーリング時の地盤のN値との関係を示す。N値とシーティング圧には高い相関性があり、N値からシーティング圧の推定が可能である。

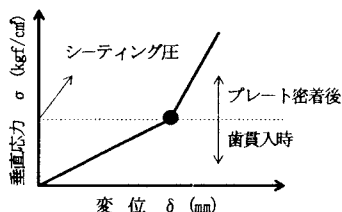


図4 シーティング圧算出図

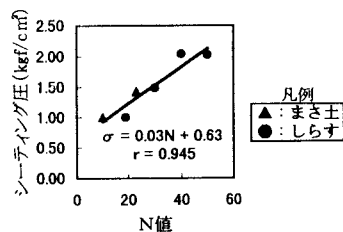


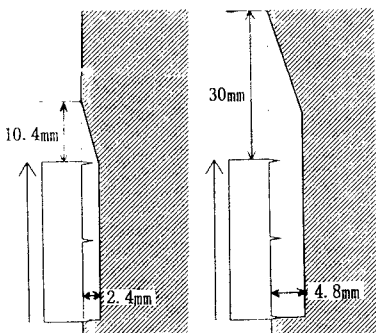
図5 N値とシーティング圧の関係

3. 3破壊形態

室内模擬せん断試験終了後に、破壊面をスケッチして破壊形態を調べた。その代表例（宮崎県都城市のN値=30のしらす及び福岡市のN値=23のまさ土地盤）を図6に示す。破壊面はせん断プレート直下部の地盤内に、概ね歯先を通りせん断プレート面に平行に形成されているが、せん断プレート前趾側の歯の前面地盤にも破壊面が形成されている。これは当試験装置のせん断機構上避けられないが、このせん断プレート前趾側の歯の前面地盤のせん断抵抗も含めてせん断応力を評価することになるため、この付加的な抵抗力について評価し、せん断プレート面直下のせん断領域（25mm×30mm）のみのせん断応力を検討する必要がある。

4. 孔内せん断試験結果

前述のしらす、まさ土地盤を対象とした孔内せん断試験及びサンプリングコアによる三軸圧縮試験結果を図7、図8に示す。孔内せん断試験の方がやや大きな強度を示しているが、これは前述の、せん断プレート前趾側の歯の前面地盤の付加的なせん断抵抗力が原因のひとつと考えられる。



しらす(N値=30) まさ土(N値=23)
 $\sigma_N = 1.3 \text{ kgf/cm}^2$ $\sigma_N = 4.7 \text{ kgf/cm}^2$
 $\tau = 1.1 \text{ kgf/cm}^2$ $\tau = 3.7 \text{ kgf/cm}^2$

図6 試験後の破壊形態

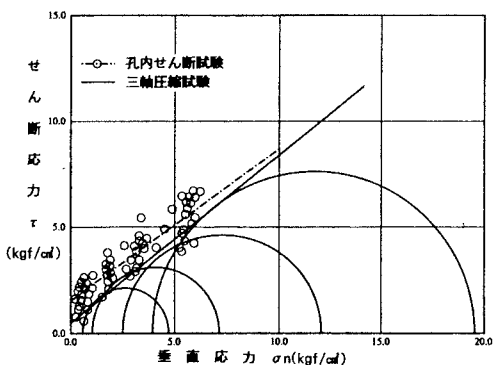


図7 しらす地盤試験結果

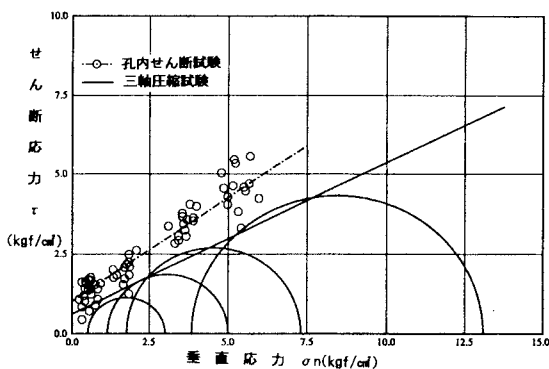


図8 まさ地盤試験結果

5. まとめ

以上のように、せん断プレート前趾側の歯の前面地盤の付加的なせん断抵抗の評価という課題はあるものの、地盤内にせん断破壊面が形成されており試験方法としては基本的に問題はないこと、原位置試験結果は三軸圧縮試験と良い対応をしていること等、実地盤への適用性は十分に有していることが認められた。今後も引き続き種々の地盤を対象とした適用性試験を実施し、実用化を図る予定である。