

注水土槽を用いたベーンせん断試験

九州工業大学 大学院 学生員 ○規矩大義
 同 上 工学部 正 員 安田 進
 正 員 永瀬英生
 学生員 石川利明

※はじめに※

液状化時の構造物被害や、永久変位に代表される地盤の大変形問題に関する研究においては、液状化地盤自体の持つ強度、変形特性を知ることが重要である。地盤が液状化を起こすと、せん断強度や剛性が失われ、強度的には液体とみなせることに疑いの余地はない。筆者ら¹⁾は、かつて、振動台とベーン試験装置を用いて、液状化地盤のせん断強度が初期地盤の数百分の1以下になる結論を得ている。また、繰返しねじりせん断試験装置を用いた研究では、液状化後の地盤の初期せん断剛性が、液状化前の地盤の約1/1000程度になる結果を得ているが、それによって、全ての被害形態を説明し得るには至っていない。特に、液状化層の上部付近では、過剰間隙水圧の上昇に加えて、下層から伝搬してくる浸透流の影響で、さらに剛性が低下している可能性もあると考えられる。本研究では、注水機能を持った小型円筒型土槽とベーンせん断試験装置を組み合わせ、注水圧の大きさを变化させた模型地盤において、ベーンせん断強度を求める実験を行った。以下に報告したい。

※実験装置※

図-1に実験装置を示す。注水土槽は、内径27cm、高さ50cmの円筒型をしており、下部に設けられた注水孔から圧搾空気による加圧水を送り込めるようになっている。さらに、注水によって水位が上昇し、水圧原点が移動するのを防ぐため、土槽の上部に余水口を設けて、加圧水をオーバーフローさせるようにした。ベーン試験装置の载荷枠には、回転用のモーターとトルクセル、目盛円盤にポテンシオメーターを取り付けて、トルクと回転角を測定し、羽根は土槽の大きさにあわせて、幅2.5cm、高さ5cmのものを使用した。

※実験方法と実験条件※

地盤試料には豊浦標準砂を用い、水を張った土槽中に乾燥砂を空中落下法により堆積させた。その後、ベーンを試料中に貫入させ、ベーン貫入によって発生した過剰水圧が消散するのを待ってから実験を開始した。

実験は、注水バルブを開き、レギュレーターで注水圧力を調整した後、所定の過剰間隙水圧比になったことを確認してから载荷を行い、回転角とトルクを測定した。ベーンの回転は6.0 (deg/秒) の変位制御とした。

実験ケースは、地盤密度と貫入深さの違う11ケースの模型地盤に対して、過剰間隙水圧比で、0.0, 0.3, 0.6, 1.0, 1.0以上の5回のステージテストを行なった。このうち、水圧比1.0以上のケースは、浸透流の影響を見るためのものである。

※結果と考察※

回転角-トルクの関係は、初期の地盤(水圧比0.0)では比較的急激な立ち上がりを見せ、せん断角の小さい部分でピークを迎える。水圧比を上げていくと、トルクの絶対値が小さくなってきて、ピークの位置も明瞭でなくなる。そして、完全液状化時には、少しの立ち上がりしか見られない。さらに、水圧を上げ、浸透流を与えてやると、地盤は大きく攪乱され、ピーク強度も得られなかった。静的なせん断強度は、地盤密度のみ

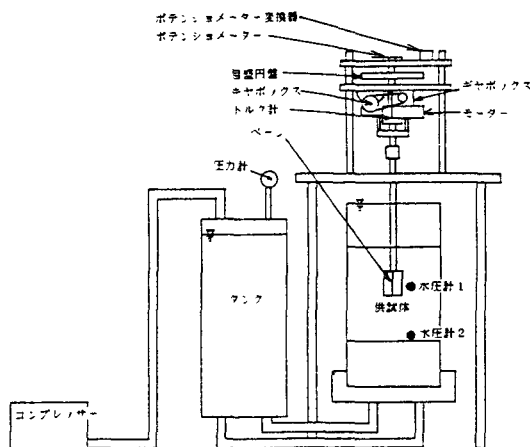


図-1 試験装置

でなく貫入深度の違いによる有効拘束圧の影響も受けるので、相対密度、或いは有効拘束圧で一義的に関係づけることは出来ない。そこで、図-2に地盤の相対密度とベーン試験より得られたせん断強度を有効拘束圧で除したせん断強度比を示す。有効拘束圧が異なるため、多少ばらつきはあるが平均的な曲線を引くことが出来る。次に、各水圧比段階での試験結果より求めた、液状化過程におけるせん断強度の低下率の変化を図-3に示す。液状化の進行に伴う強度の低下率は、地盤条件に関わらずほぼ同じであるといえてよく、その傾向も振動台を用いた既往の研究と概ね一致する。図-4は、水圧比 1.0、1.0以上のケースでの強度の低下率を模式的に示したものであるが、液状化により約1/60~1/100程度に低下したせん断強度が、下方からの浸透流を受けることで、さらに激しく数百分の1程度にまで低下している。図-5には、液状化時、及び浸透流を加えた時の強度低下率を初期地盤のせん断強度で整理している。初期の強度が大きい程、強度低下率は大きくなっていく結果となっている。水圧比1.0の値は、拘束圧に依存するが、浸透流の圧力は一定ではないので、直線関係で結んでよいかは定かではない。

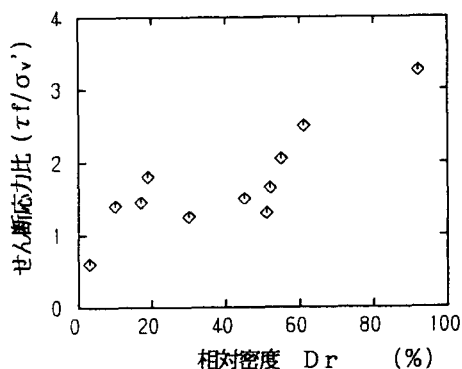


図-2 相対密度とせん断応力比

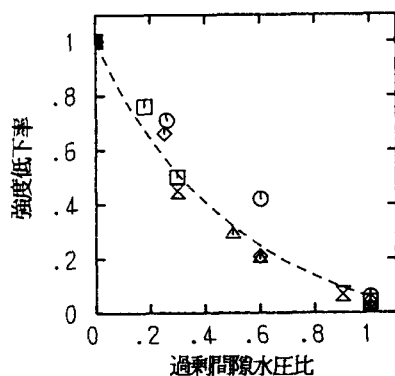


図-3 液状化過程の強度低下率

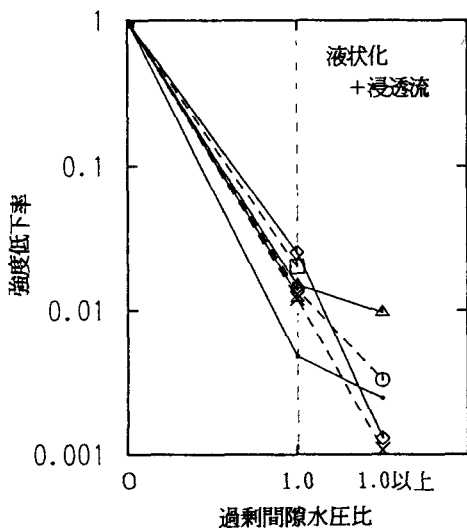


図-4 浸透流による強度の低下

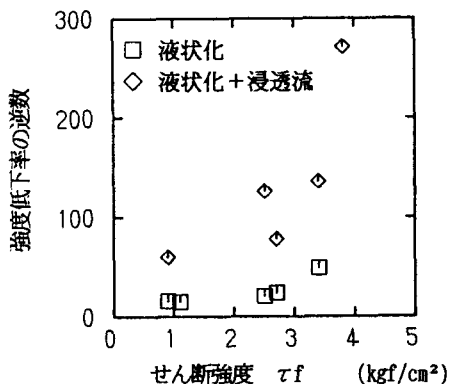


図-5 地盤の初期強度による整理

※あとがき※

ボイリングによって液状化時に浸透流を付加したベーンせん断試験を行なってみた。その結果、浸透流によって強度が大きく低下することが判った。但し、ボイリングが元来もつ問題点や浸透圧の設定法など、残された問題も多い。今後、振動台との組合せによる検討も行ないたい。

※参考文献※

- 1) 安田・永瀬・規矩：液状化による地盤の永久変位の簡易解析法、第8回日本地震工学シンポジウム、1990