

ベーン試験装置を用いた液状化地盤強度

九州工業大学 大学院 学生員 ○規矩大義

九州工業大学 工学部 正 員 安田 進

同 上 正 員 永瀬英生

同 上 学生員 伊藤素生

※はじめに※

液状化地盤の持つ強度や変形特性を知ることは、液状化が地中埋設管に与える影響や、液状化後に発生する大変形問題を考える上で重要なことである。地盤が液状化を起こすと、その剛性を失い、液体のような性状を呈することは知られている。液状化した地盤のせん断抵抗は、確実に減少するが、その値はゼロではないことも事実である。実際に強度低下がどの程度のものなのかは、明確な結論が出ていないのが現状である。筆者らはかつて、液状化に伴って埋設管に対する地盤拘束力がどのように低下するかについて、模型実験を行なっている¹⁾が、地盤そのものの強度、変形特性については、確認を行なっていない。本研究では、小型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を直接的に求めてみたので、以下に報告したい。

※実験装置※

図-1に実験に用いた試験装置を示す。この装置は、振動台上に設置した小型土槽(100×60×70cm)のさらに上部に固定できるようになっている。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た。ベーンの回転は、交流モーターで制御し、振動台加振中にも外部からの電気信号で操作ができるようになっている。ベーンの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。また、土槽内には、間隙水圧を測定するための水圧計を設置した。

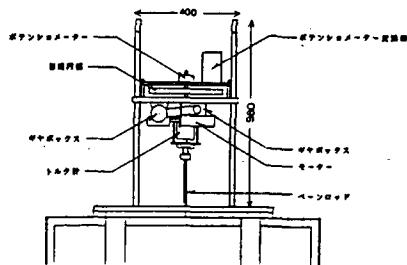


図-1 実験装置

※実験方法と実験条件※

実験方法は、土槽内に模型地盤を水中落下法で作成した後、水位を調節してから、ベーンを地盤に貫入させた。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、ベーンを回転させ、回転角とトルクを測定した。その後、振動台を加振して液状化を発生させてから再び、測定を行なった。ベーンの回転は変位制御とし、液状化の継続時間を考慮して、6.0 (deg/秒)とした。実験は、地盤密度と貫入深さを変えて22ケースの静的実験と6ケースの動的实验を行なった。

※結果と考察※

図-2(a)~(d)に代表的なケースでの回転角とトルクの関係を示す。このうち(c)、(d)は液状化地盤でのベーン試験結果である。非液状化時の結果を見ると、地盤密度が高い時は、回転開始と同時にトルクが立ち上がり、最大トルクを発揮した後、トルクは下がり摩擦が切れたような形になっている。

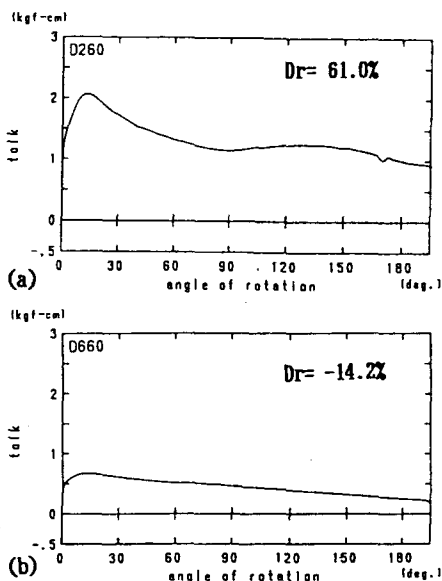


図-2 回転角-トルクの関係

一方、密度が低いときは、トルクはやはり増加していくが、ピークは明瞭でなく、変位（ひずみ）が大きくなってもトルクの低下はなだらかである。液状化時の結果を見ると、地盤がせん断強度を失っているため、ほとんどトルクが発生していない。密度の違いによるトルクの出方の違いもほとんど無いようである。ピークは載荷直後よりも、比較的ひずみが大きくなってから発生している。これは、ピーク強度というよりはむしろ、正のダイレタンスによって、せん断強度が回復してトルクが増加したものと考えられる。本論文では割愛するが、静的なベーン試験の、相対密度と最大トルク（最大せん断力に対応）の関係は、地盤密度が同じでも最大トルクの値に大きな幅があった。これは貫入深度の違いによる、拘束圧の差違に起因している。同様に、有効拘束圧と最大トルクで整理を行ってみたが、やはり一義的な関係は見られなかった。そこで、相対密度と最大トルクより求めた最大せん断力を有効拘束圧で除したせん断応力比で整理した結果が図-3である。これらより、ベーン試験で得られた地盤のせん断強度は、地盤の密度、或いは有効拘束圧だけでは、評価し難いといえそうである。

次に、初期地盤での各ケースのせん断応力比と液状化による、せん断強度の低下率の逆数（ τ_1/τ_0 ）の関係を図-4に示す。このうち、実線で示したのがそれぞれの地盤で測定された静的強度との比（パターンA）、破線で示したのが図-3より換算で求めた静的強度との比である。（パターンB）さらに、静的強度でピークを迎える15度付近での動的強度の値を用いて整理したのがパターンCである。これより、液状化地盤では、初期のせん断強度に対して数十分の一から数百分の一にまで低下している。さらに、この低下率は初期の地盤のせん断応力比に比例的に増加していく結果となった。

※あとがき※

液状化地盤のせん断強度を直接求めるために、ベーン試験装置を用いて実験を行ってみた。その結果、液状化した地盤では、せん断強度が初期の地盤の、数十分の一から数百分の一にまで低下することが判った。但し、モデルの大きさや載荷速度、ロッドのフリクションの考慮など、残された問題も多い。今後も検討を行いたい。なお、本研究は文部省科学研究費（一般B）の補助を受けている。

※参考文献※

- 1) 規矩・安田・吉田：埋設管に対する地盤の拘束力と液状化程度の関係、第20回地震工学研究発表会講演概要、1989

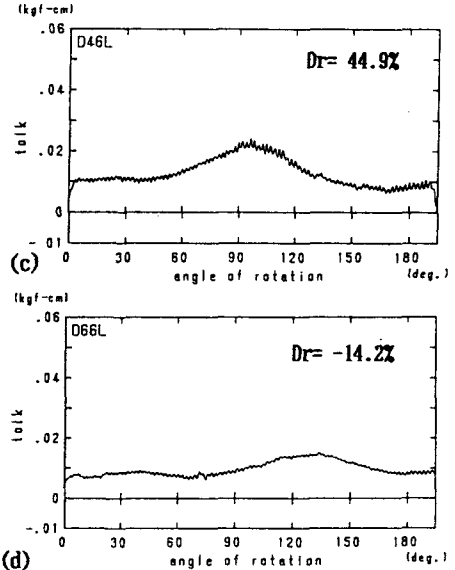


図-2 回転角-トルクの関係

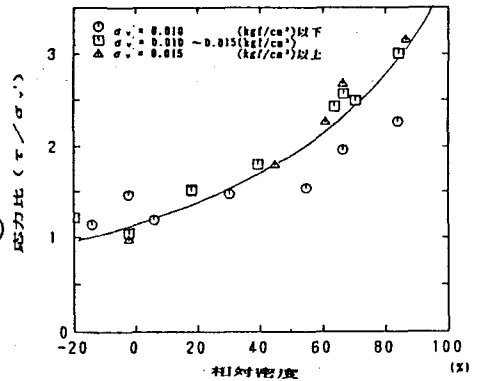


図-3 地盤密度とせん断強度

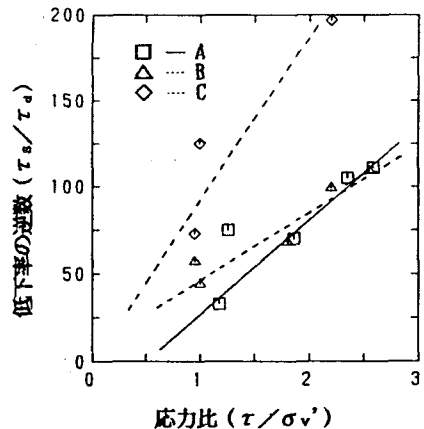


図-4 せん断強度の低下率