

III-308

液状化に伴う地盤の強度・変形特性の変化

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
新日本製鉄㈱ 島 宏
同 上 小野敏孝
九州工業大学 工学部 伊藤泰生

※まえがき※

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も重要である。液状化した地盤のせん断抵抗は確実に減少するが、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¹⁾は、液状化時の、埋設管に対する地盤拘束力の低下に関する模型実験を行なっているが、液状化地盤そのものの強度、変形特性については、確認していない。本研究では、ベーン試験装置や繰返しねじりせん断試験装置を用いて、液状化地盤の強度・変形特性を求めてみた。以下に報告したい。

※ベーンせん断試験※

液状化に伴う地盤の強度低下を調べるために、液状化地盤中でベーンせん断試験を行った。図-1に試験装置を示す。この装置は、振動台上に設置した小型土槽の上部に、载荷枠ごと剛結できようになっている。载荷枠には各種変換器が取り付けられ、外部からの電気信号で制御できるようになっている。ベーンには幅2.5 cm、高さ5 cm のものを使用し、地盤試料には豊浦標準砂を用いた。まず、土槽内に模型地盤を水中落下法で作成した後、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、測定を開始した。引き続いて振動台を加振し、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、貫入深さを変えた静的実験と過剰間隙水圧比を変えた動的实验を行なった。

静的・動的实验の結果から、液状化地盤のせん断強度の低下率の逆数(τ_d/τ_i)を求めたものを図-2に示す。ここで動の強度は、静的試験でピーク強度を発揮した回転角15°以前のピーク値を読み取って用いた。図中、●で示したのが実測強度(A)、破線と▲が、平均曲線より求めた強度(B)、実線と■が、ロットの摩擦を考慮した強度(C)をそれぞれ用いて低下率を求めた結果である。これより、完全液状化した地盤では、せん断強度が初期地盤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事がわかる。さらに、この低下率は初期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。次に、図-3に、中間的な液状化過程での強度低下率を、過剰間隙水圧比で整理したものを示すが、初期の液状化過程においても地盤強度は大きく低下するこ

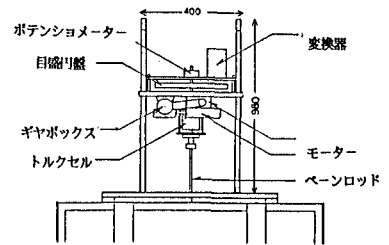


図-1 実験装置

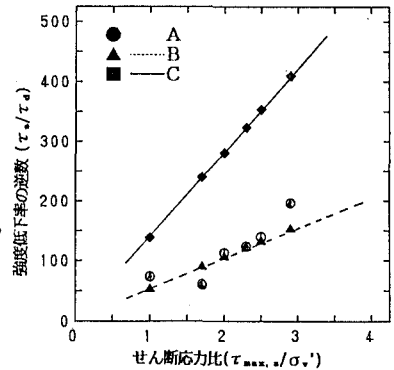


図-2 せん断強度の低下

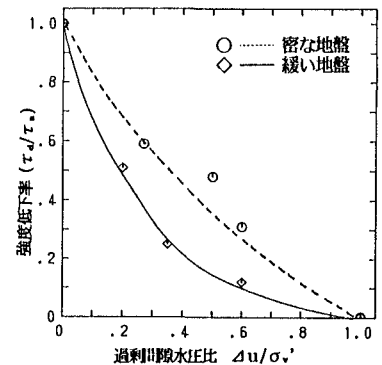


図-3 強度低下率の変化

とが見てとれる。また、その低下率は、地盤の密度によって違い、緩い地盤の方が液状化初期から剛性は早く失われることが判った。

※繰返しねじりせん断試験※

次に、繰返しねじりせん断試験装置を用いて、液状化させた後の供試体に対して、静的単調载荷を行なって、応力～ひずみ関係を求め、液状化による変形特性の変化を調べた。また、過剰間隙水圧比が1.0に到達する以前の間隙液状化状態での強度特性についても実験を行なった。図-4に载荷パターンを示す。試料には豊浦標準砂を用い、空中落下法により落下高さ一定のもとで供試体を作成した。各供試体の相対密度は、30～40%の範囲内であった。そして背圧 2 kgf/cm^2 、有効拘束圧 0.5 kgf/cm^2 のもと、周波数 0.1 Hz の正弦波による繰返し载荷を行い、供試体が所定の過剰間隙水圧比に達してから、静的载荷に移行した。静的载荷は $0.1 \text{ \%/min.}$ のひずみ制御で行なった。

図-5に各ケースの $\gamma \sim \tau$ 、 $\gamma \sim \Delta u/\sigma_v'$ の関係を示す。静的载荷直前の過剰間隙水圧比が大きなものほど、応力～ひずみ曲線の傾きは小さくなっている。また、完全液状化したケースでも、ひずみが増加していくと過剰間隙水圧が低下してきて、有効応力が回復してくる。この強度回復に要するひずみ量は初期の過剰間隙水圧比に比例し、完全液状化時にはひずみが約10%程度までは、有効応力は増加しないで、ひずみだけが增大する、steady state 状態になっている。また、実験結果より求めた、過剰間隙水圧と初期せん断弾性係数の関係を図-6に示す。これより、過剰間隙水圧比の増大に伴って初期弾性係数は低下し、その低下率は、水圧比 0.0 の時に比して、完全液状化時では約 $1/1000$ となる結果が得られた。

※あとがき※

液状化地盤の強度・変形特性を原位置試験的な方法と室内試験の両方から求めてみた。その結果、地盤の強度は液状化の発生により、初期の値の数百分の一に低下することが判った。さらに、初期せん断弾性係数は約 $1/1000$ にまで低下することが判った。今後も、条件の設定を変えるなどして研究を続けたい。

※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
- 2) 規矩・安田・島・小野・伊藤：ペーン試験装置を用いた液状化地盤の強度特性、第25回土質工学研究発表会、1990（投稿中）

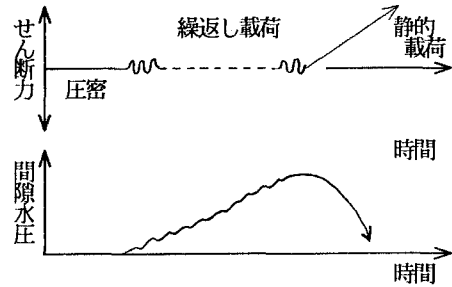


図-4 载荷パターン

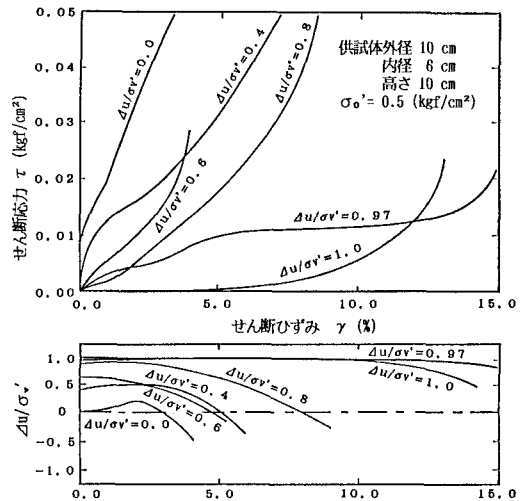


図-5 応力～ひずみ関係

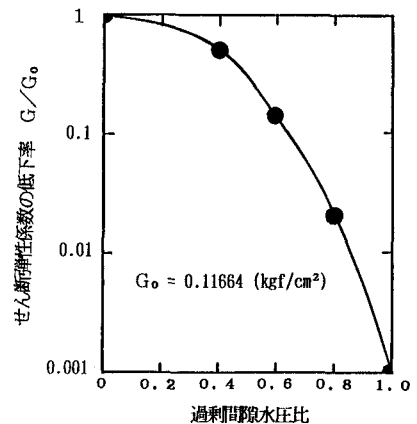


図-6 初期せん断弾性係数の変化