

## 複合地盤要素の一面せん断強度

愛媛大学工学部 横 明潔・八木 則男・矢田部 龍一  
同大学院 田坂 嘉昭

## 1. まえがき

密な砂杭で軟弱粘性土地盤を改良して造られた複合地盤は、原地盤に比べて支持力が大きく圧密沈下量が少ないことが知られている。これらの改良効果は上載荷重による鉛直応力の砂杭への集中によって説明されるのが普通で、実用されている複合地盤の支持力の設計法<sup>1)</sup>でもこの考え方から応力分担比n（砂杭に作用する鉛直応力 $\sigma_v$ と杭間の粘性土に作用する鉛直応力 $\sigma_v'$ の比）が大きいほど複合地盤の非排水せん断強度が増加する形の式が用いられている。そして、応力分担比nとしては経験的に3～5の値が用いられる。

しかし、既に著者等が指摘している<sup>2)</sup>ように、この考えは複合地盤が一面せん断を受ける場合を除いては成立せず、単純せん断や三軸圧縮的せん断を受ける場合にはせん断開始時のnが大きいほど砂杭は破壊に近い応力状態からせん断されるため複合地盤のせん断強度が見かけ上低下することが予想され、事実、吉国等<sup>3)</sup>も複合地盤要素（一本の砂杭を含む円柱状の要素）の圧密非排水三軸圧縮試験によりこの強度の低下を報告している。ここでは、複合地盤要素の非排水一面せん断試験によりせん断開始時のnと複合地盤のせん断強度の関係を調べる。

## 2. 複合地盤要素の非排水一面せん断試験の装置と方法

図-1に実験装置の概略図を示す。これは通常の下部可動式的一面せん断試験機を改造して、φ6cmの粘土中に設けたφ3cmの砂杭に任意の鉛直圧力 $\sigma_v$ を与えられるように載荷板内に水圧シリンダーを組み込んだものである。試料は油粘土 ( $c_v = 0.05 \text{ kgf/cm}^2$ ) と乾燥状態の豊浦標準砂 (dense:  $e_d = 0.70$ ,  $\phi = 38.4^\circ$ 、loose:  $e_d = 0.9$ ,  $\phi = 32.8^\circ$ ) を用いた。

複合地盤要素は、よく練り返した油粘土をせん断箱に詰め載荷してせん断箱と密着させたのち除荷し、φ3cmの薄肉パイプを中心挿入しパイプ内の粘土を取り出してからパイプを引き抜き、孔内に砂を流下して突き固めて作製した。初期置換率は25%である。せん断に先だって載荷板で砂杭と粘土それぞれに所定の鉛直圧を与える内外の載荷板の沈下が落ち着いたのち、1.2 mm/minでせん断した。せん断中、せん断力、せん断変位、内外の載荷板の沈下量を測定した。

## 3. せん断試験結果

## (1)せん断後の砂杭の形状

せん断後に複合地盤要素を二つ割りにして砂杭の変形状態を調べた。複合地盤要素全体を一面せん断しているにもかかわらず、どの場合でも砂杭はかなり一様な単純せん断変形を受けている。

## (2)複合地盤要素の応力～歪関係

looseな砂杭で $\sigma_{v'}$ を $0.5 \text{ kgf/cm}^2$ の一定とし n を 1～5 に変化させた時の、複合地盤要素の平均的なせん断応力 $\tau$ ・砂杭の鉛直歪 $\epsilon_{vv}$ とせん断変位 $\delta$ の関係を図-2に示す。nが大きいほど（砂杭の鉛直圧力 $\sigma_v$ が大きいほど）せん断強度が増加しており、初期に既に砂杭が圧縮破壊していると考えられ、実際に大きな初期鉛直歪が観察されているn=5の場合でもせん断強度の増加が見られる。しかし、図中のⒶで示したよ

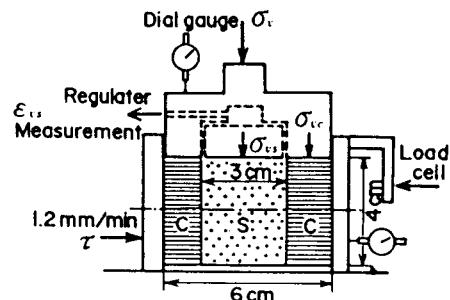


図-1 応力分担比可変の一面せん断装置

うに  $n$  の大きい場合にはせん断強度の非常に小さな結果も時には見られ、何等かの試験条件の影響と考えられるが非常に不安定な状態にあるとも考えられる。

### (3)複合地盤要素のせん断強度と応力分担比の関係

複合地盤要素のせん断強度  $\tau_{max}$  と砂杭への鉛直圧力  $\sigma_v$  の関係について、応力分担比  $n$  をパラメータとして、looseな砂杭の場合を図-3に、denseな砂杭の場合を図-4に示す。図中、●は全上載圧を  $0.75 \text{ kgf/cm}^2$  の一定値とした場合、○は粘土への上載圧  $\sigma_v$  を  $0.5 \text{ kgf/cm}^2$  の一定値とした場合（したがって全上載圧は  $\sigma_v$  の増加とともに増加する）を示す。付した数値は  $n$  である。また、図中の実線は砂杭の  $\sigma_v \cdot \tan\phi$  と粘土の  $c_u$  を面積比例で加えた計算値で、複合地盤支持力の実用設計法による値に相当する。両図よりこのような複合地盤要素の一面せん断について以下のことがわかる。

①複合地盤要素の  $\tau_{max}$  は砂杭と粘土の一面せん断強度の面積比和よりかなり小さい。②  $\tau_{max}$  は  $\sigma_v$  の増加とともに増加するが、 $n$  が大きい場合には増加の度合いが小さくなる。③せん断開始時の  $n$  が大きいほど  $\tau_{max}$  が見かけ上低下する現象は明らかでなかった。

## 4. 結論

複合地盤要素の非排水一面せん断試験によりせん断開始時の  $n$  と複合地盤のせん断強度の関係を調べたが、予想した  $n$  が大きい

ほどせん断強度が低下する現象は明らかには現れず、 $n$  の増加にしたがいせん断強度の増加の度合いがわずかに低下するにとどまった。これが実験条件によるのか、あるいは事実なのかは今後より詳細な複合地盤要素にたいする同様の実験と単純せん断試験および三軸圧縮試験によって明らかにしたい。

## 参考文献

- 1)曾我部隆久：サンドコンパクションパイル工法の設計・施工の技術的課題、土木学会第36回年次学術講演会研究討論会資料、pp. 39~50、1981.
- 2)八木・榎・矢田部：砂杭を用いた複合地盤の力学特性に関する模型実験、土質工学会複合地盤の強度および変形に関するシンポジウム発表論文集、pp. 147~152、1984.
- 3)吉国・前・松方：砂柱を含む粘土供試体の非排水三軸圧縮試験、土質工学会複合地盤の強度および変形に関するシンポジウム発表論文集、pp. 119~124、1984.

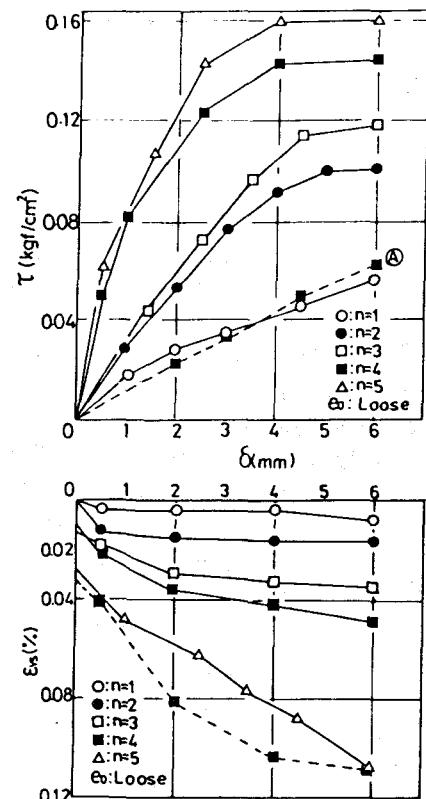


図-2 せん断応力、砂杭の鉛直歪とせん断変位の関係

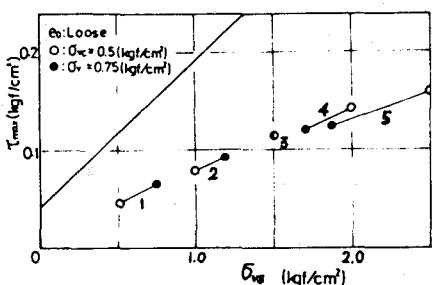


図-3  $\tau_{max}$  と  $\sigma_v$  の関係 (loose)

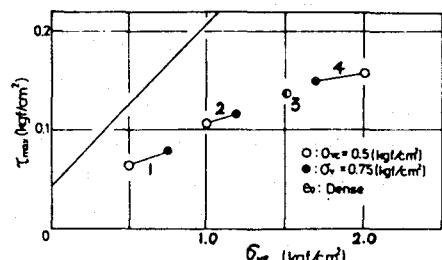


図-4  $\tau_{max}$  と  $\sigma_v$  の関係 (dense)