

## 固化土杭により補強した複合土の一面せん断強度

(株)フジタ 技術センター ○北島 明・福島伸二  
 (株)フジタ 土木本部 石黒和男  
 農業工学研究所 谷 茂・田頭秀和

### § 1. まえがき

小規模な貯水用ダムや河川堤防などの堤体は、築造年代が古く老朽化し早急に補強を必要とされているものが多い。しかし市街地化が進んだ地域では、住宅や民地が迫り押え盛土・腹付け盛土の用地がない、盛土材や遮水材を周辺で確保しにくい、など堤体の補強が困難な状況にある。このような場合に堤体断面を変えることなく堤体を効果的に補強するには、セメント等の固化材を原位置で攪拌混合した固化土杭を打設する補強法が考えられる。ここではこのような固化土杭による堤体補強を合理的に行うために、固化土杭を含む複合地盤の強度特性を調べるために実施した一面せん断試験による基礎的実験の一部を報告する。

### § 2. 固化土杭による堤体補強法

固化土杭による堤体補強は図1に示すように無補強時の最小安全率を与えるすべり面を横断するように固化土杭を打設して、その領域の堤体強度を増加させ、このすべり面を杭長より深い領域に追いやって、すべり面長や拘束圧の増大化によるすべり抵抗力の増加を図ることにより、堤体の安定性を向上させるものである。

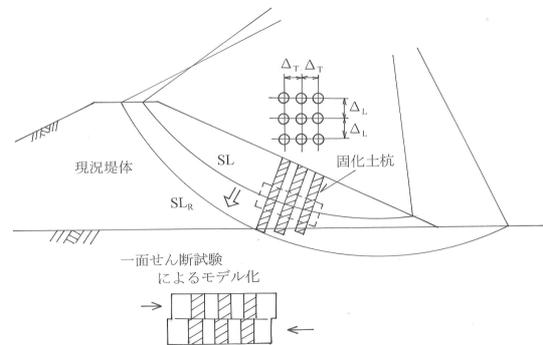


図1 固化土杭による堤体補強の概念図

### § 3. 一面せん断試験による複合土の強度試験

以上のような無補強時のすべり面付近における固化土杭の状態は一面せん断試験により再現が可能である。そこで固化土杭を含む複合地盤の強度特性を調べるために行った一連の一面せん断試験（供試体寸法：D/H=100(mm)/50(mm)，200/300，1,600/800の3種類で実施）による基礎的実験のうち、今回は図2に示す超大型一面せん断試験機（供試体寸法D/H=1,600mm/800mm）による試験結果を報告する。試験では供試体の中に設置する固化土杭と杭周辺砂部分にそれぞれ独立に上載圧 $\sigma_{sp}$ と垂直応力 $\sigma_z$ を加えられる载荷ピストンを内蔵したキャップを使用している。なお、せん断リング内面には薄く塗ったシリコングリースで厚さ $t=0.25\text{mm}$ のゴムシートを貼り付け、周面摩擦を軽減した。

試料は、浜岡砂( $\rho_s=2.75\text{g/cm}^3, D_{max}=2.0\text{mm}, U_C=2.31, e_{max}=0.940, e_{min}=0.597$ )を使用した。また固化

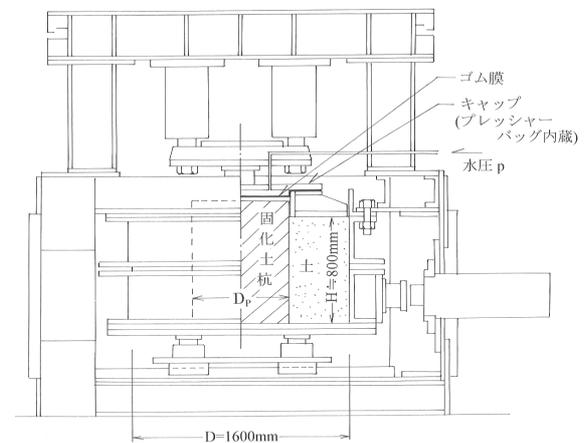


図2 超大型一面せん断試験機

土杭は所定の一軸圧縮強さ $q_{up}$ になるように浜岡砂に水とセメントを混合して作製した。複合土の供試体は固化土杭をせん断リング内に配置してから、相対密度 $D_r=50\%$ になるように空中落下法により作製した。複合土供試体中に占める固化土杭の割合は供試体せん断面に対する杭断面の割合、つまり杭補強率 $\alpha_p=[(D_p/D)^2]$ により表示する。

キーワード 一面せん断試験，固化土杭，複合土，強度，堤体補強

連絡先 〒243-0125 神奈川県厚木市小野 2025-1 (株)フジタ技術センター土木研究所 TEL046-250-7095

§ 4. 固化土杭で補強した複合土の強度特性

図3に  $D_p \doteq 700\text{mm}$  の固化土杭 ( $q_{up} \doteq 1.0\text{MN/m}^2$ ) を設置した複合土の  $\sigma_z^{\text{TOP}} \doteq 49, 98, 196\text{kN/m}^2$  における  $\tau_{zx} \sim \delta X$  関係を示す。  $D_p \doteq 500\text{mm}$  ( $\alpha_p \doteq 0.10$ ) や砂単体の試験結果と比較して  $D_p \doteq 700\text{mm}$  ( $\alpha_p \doteq 0.20$ ) では初期剛性が大きいことがわかった。また、応力～変位曲線が滑らかでなく、急激に強度が低下している点が見られるが、これは固化土杭が破壊したためと考えられる。しかし  $D_p \doteq 500\text{mm}$  の試験ではこのような急激な強度低下は見られなかった。

また、ここで示す  $\sigma_z^{\text{TOP}}$  は供試体上端面での載荷応力であるが、固化土杭と周りの砂の剛性の違いから生じる周面摩擦のため、せん断面付近の拘束圧を正しく表していない。そこで以下の補正式を使ってせん断面付近の垂直応力を算定し、 $\sigma_z^{\text{MID}}$  として結果の整理を行った。補正式の算出方法については参考文献を参照されたい。

$$\sigma_z^{\text{MID}} = \sigma_z^{\text{TOP}} \cdot (1 - m) / (1 + m)$$

$$m = \pi \cdot D_p \cdot (H/4) \cdot K_0 \cdot \tan \phi_s / [A \cdot (1 - \alpha_p)]$$

図4に載荷応力  $\sigma_z^{\text{TOP}} \doteq 98 \text{ kN/m}^2$  における  $D_p \doteq 500\text{mm}$ ,  $700\text{mm}$  の固化土杭を含む複合土と、同様の相対密度における砂単体の試験結果を示す。この図からも  $\alpha_p$  が小さい場合は砂単体に対して剛性の大きな固化土杭を含む複合土もせん断時の全体剛性が砂単体に近い挙動を示すことがわかる。

図5に今までに行った複合土の小型～超大型一面せん断試験の一連の結果を示す。小型一面せん断試験の結果から固化土杭を設置することにより粘着力  $c$  のみが付加され内部摩擦角  $\phi$  は増加しないと考えられたが、中型一面せん断試験の結果では  $c$  よりもむしろ  $\phi$  が増加しその割合も  $\alpha_p$  に応じて増えるようである。今回行った超大型一面せん断試験の結果は両者の中間の傾向を示している。

実際の堤体に固化土杭を打設したときの挙動により近いのは、杭径がほぼ同じの超大型試験であると思われるが、実際の堤体補強では法尻付近に打設するのが有効であるため、より低拘束圧での試験を行った結果で判断したい。

【参考文献】

- 1) 北島ら：固化土杭により補強した土の一面せん断強度，第37地盤工学研究発表会，2002（投稿中）

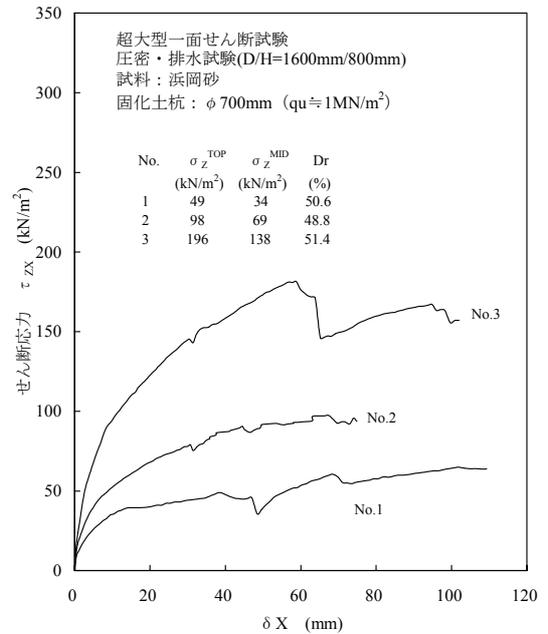


図3 せん断応力～変位曲線 ( $D_p \doteq 700\text{mm}$ )

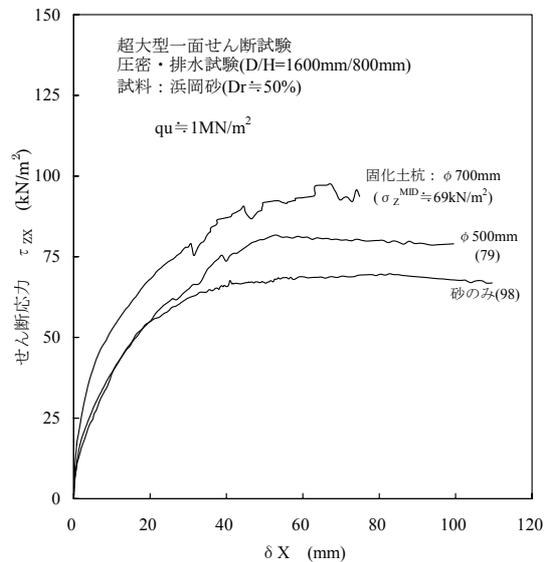


図4 せん断応力～変位曲線 ( $\sigma_z^{\text{TOP}} = 98\text{kN/m}^2$ )

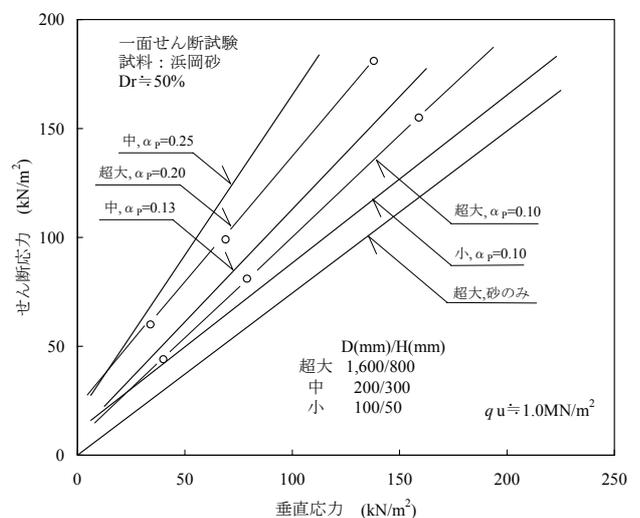


図5 各供試体サイズの一面せん断試験結果