

固化土杭を含む複合土の中型一面せん断試験による強度特性

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

§ 1. まえがき

ため池のような灌漑用ダムや河川堤防などの盛土は築造年代が古く老朽化し早急に補強を必要とされるものが多い。しかし、宅地化が進んだ地域では住宅が堤体に迫り押え・腹付け盛土の用地がない、堤体盛土材をその周辺で入手できないなど堤体の補強対策がしにくい状況にある。このような場合に押え・腹付け盛土のよう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によ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土の強度特性を中型一面せん断試験により調べた結果を報告する。

§ 2. すべり面付近にある固化土杭を含む複合土の再現

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すべり面を横断させて固化土杭を打設し、その領域の堤体強度を増加させてすべり面を杭先端の土中奥に追いやり、すべり面の延長や高拘束圧化によるすべり抵抗力の増大により堤体安定性を向上させるものである。無補強時のすべり面付近における固化土杭の状態を図2に示す中型一面せん断試験機により再現した。この装置は、供試体の直径を $D=200\text{mm}$ 、高さを堤体内のすべり面を挟んだ不動部とすべり移動部に固定された固化土杭の状態を再現するために背高の $H=300\text{mm}$ とした。さらに直径 $D=200\text{mm}$ の供試体の中に設置した固化土杭(直径 D_p ×高さ H_p 、断面積 A_{sp})と杭周辺土部分にそれぞれ独立に軸応力 σ_{sp} と垂直応力 σ_z を加えられる载荷ピストン(有効断面積 A_p)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。

固化土杭周辺の土部分は試験結果を評価しやすいように、粘着力のない浜岡砂($\rho_s=2.75\text{g/cm}^3$ 、 $D_{\max}=2.0\text{mm}$ 、 $U_c=2.31$ 、 $e_{\max}=0.940$ 、 $e_{\min}=0.597$)を使用した。また固化土杭は所定の一軸圧縮強さ q_{sp} になるように含水比 $w=10\%$ の浜岡砂にスラリー化した普通セメント(水セメント比 $w/c=1.0$)を添加混合

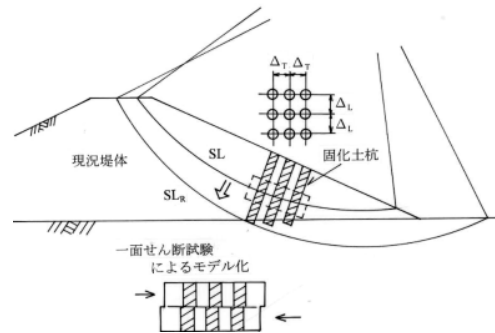


図1 固化土杭による堤体補強の概念

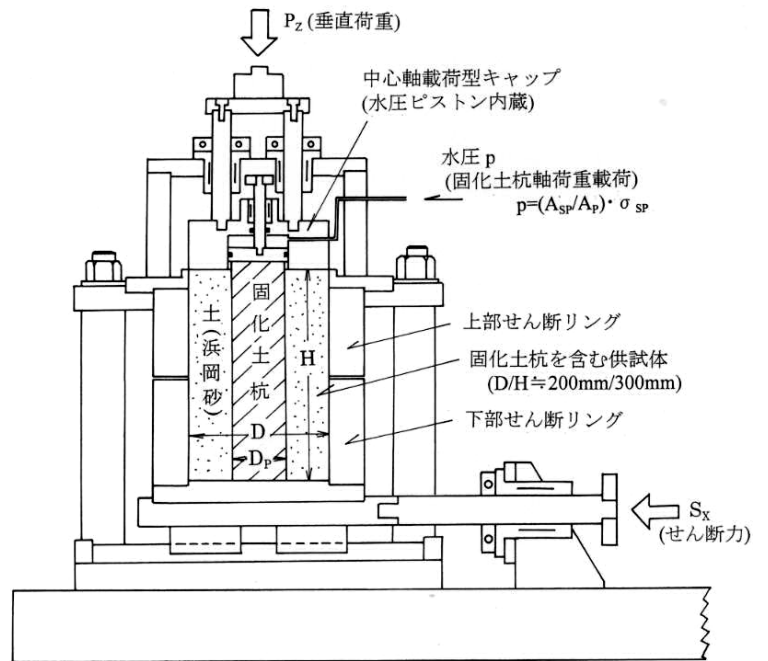


図2 固化土杭を含む供試体の一面せん断試験装置

キーワード：固化土杭、堤体補強、複合土、一面せん断、強度

連絡先 (〒243-0125 厚木市小野 2025-1 TEL0462-50-7095 FAX 0462-50-7139)

し、塩ビパイプ内で養生固化させて作製した。複合土供試体は所定位置に固化土杭を設置し、空気乾燥状態にある浜岡砂を出口寸法 $2\text{mm} \times 50\text{mm}$ の砂撒き漏斗から相対密度 $D_r=50\%$ になるように自由落下させて作製した。供試体中に占める固化土杭の割合は供試体断面積 A に対する杭の割合、つまり杭補強率 $\alpha_p=(D_p/D)^2$ により表示する。

§ 3. 固化土杭で補強した複合土の強度特性

図3には砂単体の一定の σ_z でのせん断応力 $\tau_{zx} \cdot \Delta Z \sim$ せん断変位 δX 関係を示す。最大応力比 ($\tau_{zx\max} \sim \sigma_z$ 関係) を直線近似して求めた強度パラメータは $c_s \doteq 0\text{kN/m}^2$ 、 $\phi_s \doteq 36.9^\circ$ であった。図4には $D_p \doteq 72\text{mm}$ の固化土杭 ($\alpha_p \doteq 0.13$ 、 $q_{up} \doteq 1000\text{kN/m}^2$) を設置した複合土の $\tau_{zx} \cdot \Delta Z \sim \delta X$ 関係を示す(固化土杭軸応力は $\sigma_{sp} = \sigma_z$ とした)。なお、 σ_z^{sp} は固化土杭周面摩擦 $\tau (= \sigma_x \cdot \tan \phi_s = K_0 \cdot \sigma_z \cdot \tan \phi_s, K_0 = 1 - \sin \phi_s)$ の補正を行ったせん断面での垂直応力である。複合土と砂の $\tau_{zx} \sim \delta X$ 関係を比較すると、複合土ではせん断中に τ_{zx} が急激に低下する現象があるが、これは固化土杭の抵抗力がせん断破壊により失われたためと考えられる。しかし、複合土は τ_{zx} 急低下時の δX は砂の ($\tau_{zx\max}$ 時の δX に近く、砂に比較して剛性の高い固化土杭を含んでいても全体剛性は砂に近い挙動を示している。これは砂中に占める固化土杭の割合が少ない、つまり α_p が小さいためと思われる。次に、図5に砂と複合土の破壊線 ($\tau_{zx})_{\max} \sim \sigma_z$ を示すが、複合土の強度は砂単体より内部摩擦角の増加もあるものの、全体的には見掛け上粘着力だけが增加したような破壊基準となることがわかる。

§ 4. あとがき

低補強率の固化土杭を含む複合土の強度特性を、固化土杭に軸応力を加えられる一面せん断試験により調べた。今後はさらに補強率の大きい固化土杭を複数にした試験や、さらに大型の一面せん断試験を実施し、複合土の補強機構や面積平均強度式の適用性について調べる予定である。

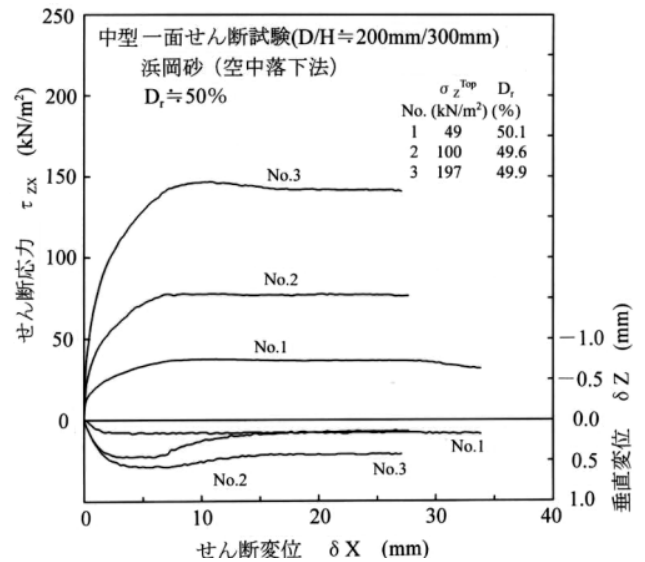


図3 せん断応力～せん断変位関係(浜岡砂のみ)

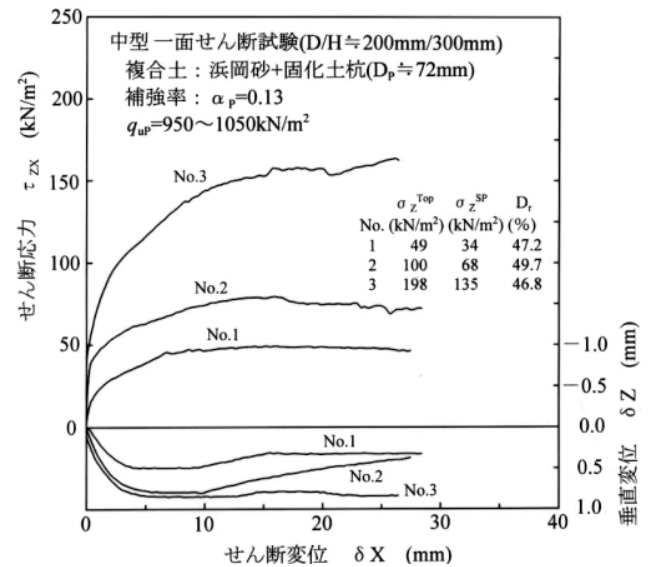


図4 せん断応力～せん断変位関係(浜岡砂+固化土杭)

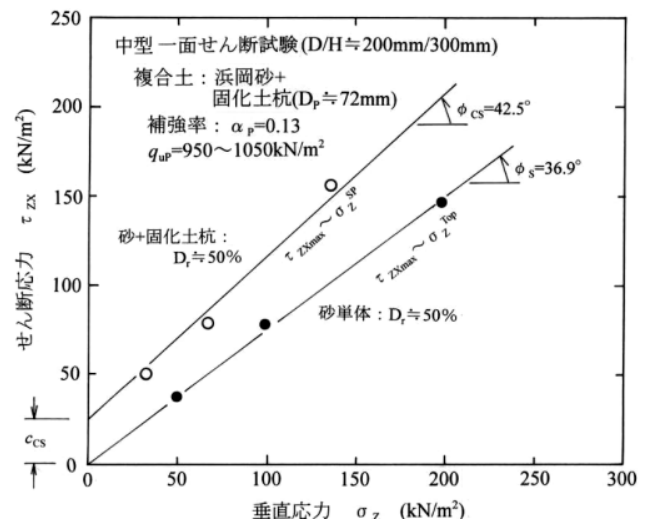


図5 砂と複合土の破壊線