

Ⅲ-A33 砂の定圧リングせん断試験における上下リングの隙間及び変位速度の影響

九州大学大学院 正 大野司郎 F 落合英俊
九州大学大学院 正 安福規之 学 郭シ'ン敏

はじめに 著者らは、場所打ち杭の周面摩擦力の評価に関する検討を行い、土の限界状態の摩擦角 ϕ_{ov}' を設計パラメータとして用いれば、合理的な支持力算定ができることを示した¹⁾。その算定法は、極限支持力と規定される際の杭の周面摩擦力がひずみ 10%以上の大変形時に発現する杭と地盤間の摩擦抵抗力であるという考察に基づいている。その検証のため、杭と砂地盤の摩擦特性を把握することを目的としてリングせん断試験を設計・製作した。リングせん断試験は、連続したせん断面を利用して大変形時の強度が測定できる直接せん断試験であり、最大せん断強度及び大変形時の強度の把握を目的として実施される。近年、直接型せん断試験の方法と適用が盛んに調べられ²⁾、砂を用いた直接せん断型試験の種々の影響要因が報告されている。特に、リングせん断試験は、せん断リング内の摩擦や境界面で変形が拘束されるため、供試体体積の膨張・収縮、試料のもれによってせん断強度が過大あるいは過小評価される恐れがある。本報では、試験方法の確立のため、豊浦砂を用いて定圧リングせん断試験を実施し、試験結果に著しい影響がみられた上下リングの隙間及び変位速度の影響について報告する。

リングせん断試験装置と試験方法

図-1 に製作したリングせん断試験装置の概略図を示す。試験装置は、一面せん断試験および中空ねじりせん断試験の知見を参考に、リングの周面摩擦の影響や半径方向のひずみの不均一性を考慮した構造となっている。載荷圧はジャッキ⑦

を介し載荷盤④より供試体⑥に加わる。ダイレイタンシーなど変形を拘束する周面摩擦力は②で計測され、供試体⑥の下部に設置している土圧計によって供試体にかかる鉛直荷重を確認している。供試体を設置する上下のリングはそれぞれ外径 $r=300\text{mm}$ 、内径 $r_0=200\text{mm}$ 、高さ 400mm で、上リングがトルク計測⑤のため固定され、下リングの回転(正転・逆転が可能)によりせん断力を生じさせる。せん断力は、トルク力 T により平均的なせん断力 τ ($=3T/(2\pi(r^3-r_0^3))$) として求められる。

試料は豊浦標準砂($\rho_s=2.640\text{g/cm}^3$, $e_{\max}=0.985$, $e_{\min}=0.606$, $D_{50}=0.16$, $U_c=1.6$)を用い、初期相対密度 $Dr=40, 60, 80\%$ の供試体を締固めにより作成し、鉛直応力 $\sigma_v=100, 200, 300\text{ kPa}$ を与えた。実験条件として、隙間(spacing)の影響をみるために $0.2, 0.3, 0.5, 0.6, 1.0\text{mm}$ の隙間を、変位速度 ϵ の影響をみるために外周において $0.1, 0.5, 1.0, 5.0, 10.0\text{mm/min}$ の変位速度を与えた。

リングせん断試験結果の特徴

図-2 はせん断変位 9.42rad (1回転半)の範囲の正転・逆転時の典型的なせん断強度～せん断変位角の関係($Dr=78\%$, $\sigma_v=100\text{kPa}$, $\text{spacing}=0.3$, $\epsilon=1.0\text{mm/min}$)である。せん断初期に最大せん断強度を示し、軟化後、一定の残留強度を保持している。逆転の場合も同様

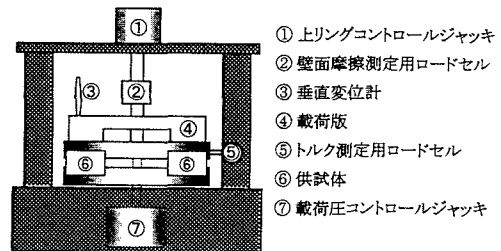


図-1 リングせん断試験の概略図

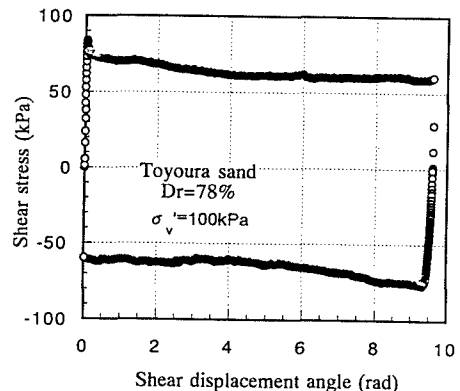


図-2 リングせん断試験によるせん断力～変位角の関係

砂、リングせん断試験、せん断強度、残留強度、スペーシング、変位速度

〒812-8581 福岡市東区箱崎 6-10-1 Tel.092-642-3285 Fax.092-642-3285

に初期せん断強度を持ち、正転の場合と絶対値の等しい残留強度を保持することがわかる。この残留強度を求める際には鈴木らの研究³⁾を参考に、双曲線近似によって試験を打ち切る時間を適当に定めた。

上下リングの隙間の影響 隙間を設ける際の一面せん断試験の知見では、0.2~0.5mm 程度空ければよいこと、試料のものを防ぐために箱の隙間を作る部分の内側にメンブレンをグリースで貼ること（以後、Skirt）等が提案されている。リングせん断試験ではせん断の進行とともに土粒子が回転接線方向に移動する特性があり、メンブレンでは極初期しか土粒子を保持しないため、今回は Skirt として若干の拘束を無視し 0.1mm の OHP フィルムをテフロンテープで固定した。図-3、図-4 はリング間の隙間 0.2~1.0mm 設けた場合の最大せん断応力、残留応力である。図-3 に示した最大せん断強度は、Skirt の有無によらず相対密度毎でほぼ強度が決定するのに対して、図-4 の残留強度は Skirt の有無の条件毎に概ね一定の強度が得られるものの、Skirt の無い場合にやや低い強度となった。なお、今回の条件で実施した隙間の範囲では 0.6mm 以上において土粒子が Skirt を破って外にこぼれ、試験実施が不可能であった。

変位速度の影響 図-5、図-6 はそれぞれ最大せん断強度、残留強度に及ぼす変位速度の影響を調べたものである。図-5 をみると、一般的なせん断試験において報告されているように、砂の最大せん断強度はこのような変位速度の範囲では変位速度の影響はほとんどみられず、相対密度毎にほぼ最大せん断強度がほぼ決まっていることがわかる。しかし、図-6 の残留強度は、変位速度が 1.0mm/min を越えると大きな残留強度を与える影響が現れることがわかる。残留強度を調べるためには、変位速度は 1.0mm/min 以下でなければ強度を過大評価する恐れがある。

おわりに 豊浦砂を用いて、リングせん断試験を実施する際に設定する実験方法について検討した。以下にまとめると、1) 最大せん断強度を求める際には上下リング間の隙間は 0.2~0.5mm 設け、変位速度は 10mm/min 以下に条件を設定すればよい。2) 残留強度に着目するときは、変位速度を 1.0mm/min に設定し、隙間は 1) の条件に加えて隙間にリングの内周に Skirt を付ける必要がある。

参考文献 1) N.Yasufuku, H.Ochiai and Y.Maeda(1997) Geotechnical analysis of skin friction of cast-in place piles, 14th ICSMFE, Hamburg, Vol.2, pp.921-924. 2) 土の一面せん断試験方法検討委員会（1995）直接型せん断試験の方法と適用に関するシンポジウム発表論文集，土質工学会，p.296. 3) 鈴木素之，梅崎健夫，川上浩（1997）リングせん断試験における粘土の残留強度とせん断変位の関係，土木学会論文集，No.575/Ⅲ-40，pp.141-158.

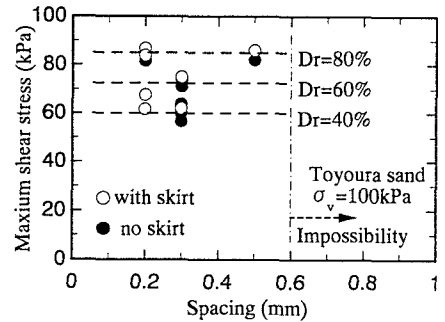


図-3 最大せん断強度に及ぼすスペーシングの影響

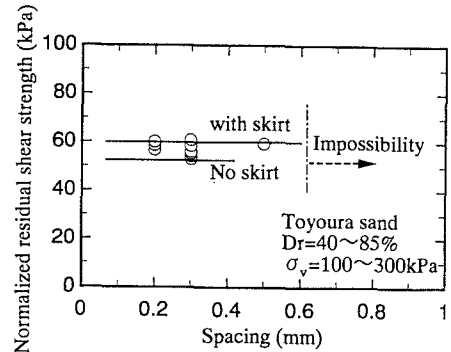


図-4 残留強度に及ぼすスペーシングの影響

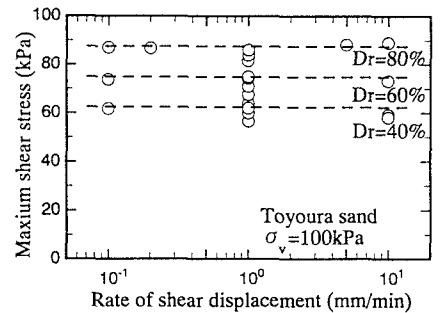


図-5 最大せん断強度に及ぼす変位速度の影響

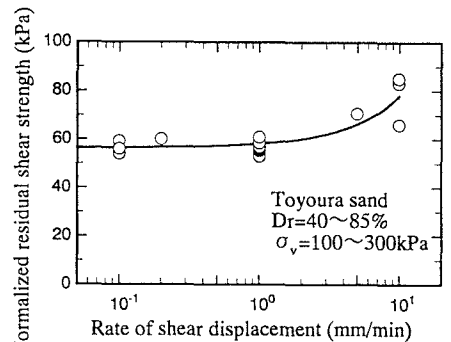


図-6 残留強度に及ぼす変位速度の影響