

Ⅲ - A29

種々の主応力方向に繰り返しせん断を受けた豊浦砂の変形特性

東京工業大学 正会員 ○桑野 二郎
東京工業大学 学生会員 中村 勇平 橋本 聡
大成建設（株） 正会員 渡辺 和明 福嶋 研一
山梨大学 正会員 後藤 聡

1. はじめに

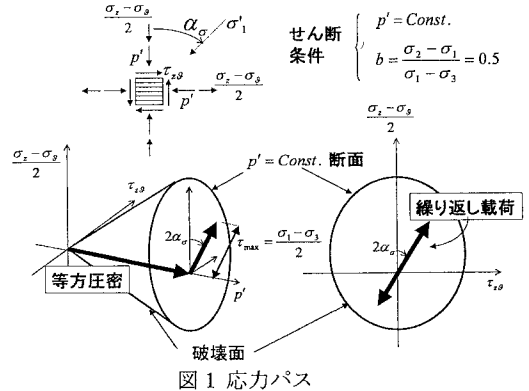
中空ねじり試験装置を用いて、いくつかの主応力方向に繰り返しせん断試験を行い、 10^{-5} 程度の微小ひずみレベルから 10^2 程度までの広範囲なレベルにおける、豊浦砂の等価せん断弾性係数を求めることにより変形特性のせん断方向依存性を調べた。

2. 試験方法

本研究で用いた中空ねじり試験装置では σ_r , σ_θ , σ_z , $\tau_{z\theta}$ の4つの応力成分が独立に制御できる。また、ひずみについても4つの成分を独立に測定することができる。鉛直ひずみ ϵ_z とせん断ひずみ $\gamma_{z\theta}$ は、キャップに取り付けられたギャップセンサーから求めており、円周方向のひずみ ϵ_θ と半径方向のひずみ ϵ_r については、供試体と中空部の排水量から求めている（中村ら, 1998）。供試体の寸法は、高さ $h = 10\text{cm}$ 、内外半径は $r_i = 3\text{cm}$, $r_o = 5\text{cm}$ である。試料は豊浦砂を用い、供試体は空中落下法によって作製し、相対密度 D_r は約 50% と 80% の2通りに設定した。供試体を二重負圧法と背圧（196kPa）によって飽和させた後、図1に示すような応力経路によって、圧密およびせん断を行った。まず平均有効応力 $p' = 49.1\text{ kPa}$ または、98.1 kPa まで等方圧密する。その後、排水条件下で、中間主応力係数 $b = (\sigma_2 - \sigma_3)/(\sigma_1 - \sigma_3) = 0.5$, $p' = \text{Const.} = 49.1\text{ kPa or } 98.1\text{ kPa}$ 、および、主応力方向角 $\alpha_o = \text{Const.}$ の条件の下で、最大せん断応力 $\tau_{\max} = (\sigma_1 - \sigma_3)/2$ を少しずつ増加させて繰り返しせん断を行った。 α_o は、0deg (90deg.), 22.5deg. (-67.5deg.), 45deg. (-45deg.) の3通りで実験を行った。試験ケースを表1に示す。

3. 実験結果と考察

図2は、 $D_r = 80\%$, $\alpha_o = 45, -45\text{deg.}$ の場合の繰り返しせん断中の応力と各ひずみとの関係を表したもので、応力はねじりせん断応力 $\tau_{z\theta}$ のみを変化させた。 ϵ_z , ϵ_θ は $\tau_{z\theta}$ の変化に対して似たような挙動を示し、小さなひずみ振幅では収縮しているが、大きなひずみ振幅では膨張に転じている。これに対して ϵ_r は、 $\tau_{z\theta}$ の振幅が大



相対密度 $D_r(\%)$	50, 80
平均有効応力 $p'(\text{kPa})$	49.1, 98.1
主応力方向角 $\alpha_o(\text{deg.})$	(0,90),(22.5,-67.5),(45,-45)

表1 試験ケース

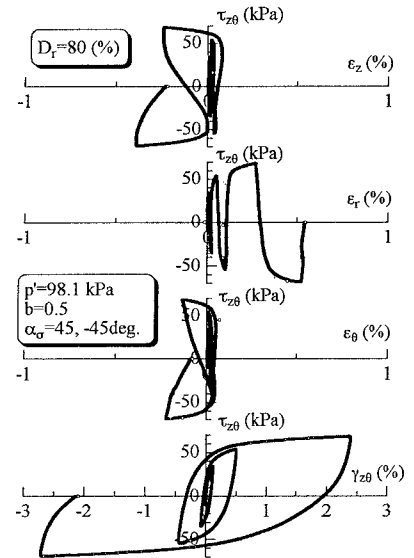


図2 $\tau_{z\theta}$ と ϵ_z , ϵ_r , ϵ_θ , $\gamma_{z\theta}$ の関係
($\alpha_o = 45, -45\text{ deg.}$, $D_r = 80\%$)

キーワード 中空ねじり試験装置 繰り返しせん断試験 等価せん断弾性係数

連絡先 〒 152-8552 東京都目黒区大岡山 2-12-1 東京工業大学工学部土木工学科 TEL 03-5734-2593

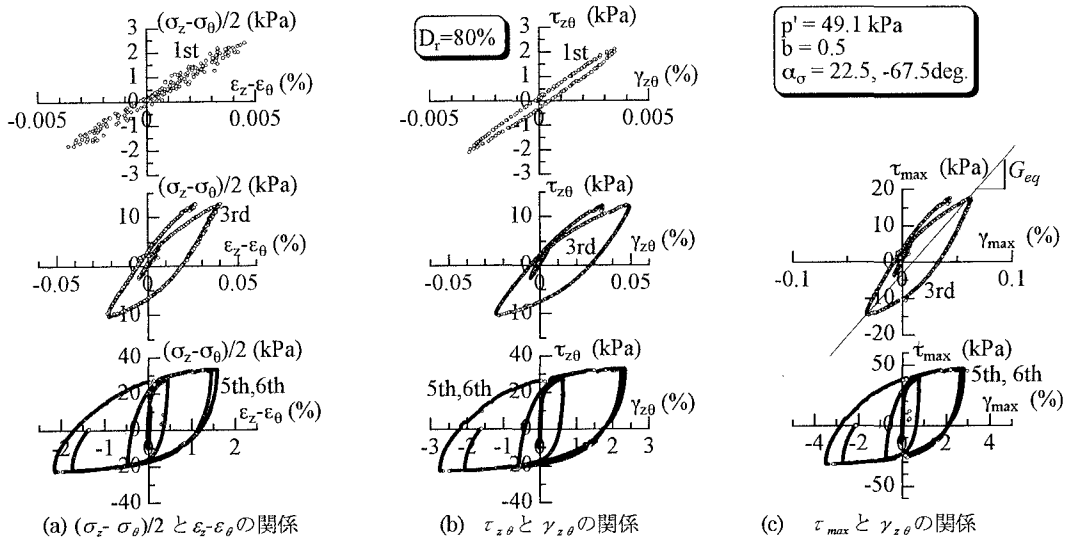


図3 各ひずみレベルにおける応力～ひずみ関係 ($\alpha_\sigma = 22.5, -67.5\text{deg.}$, $D_r = 80\%$)

きいとかなり収縮した。せん断方向の異なる他のケースについても $\sigma_r = \text{Const.}$ であるにも関わらず、同様に ε_r は収縮傾向を示した。

図3は、鉛直方向とねじり方向に同時に等しいせん断応力を加えた $\alpha_\sigma = 22.5, -67.5\text{deg.}$ の繰り返し載荷試験の結果である。得られた γ_{max} のひずみレベルは、1サイクルから5, 6サイクルまで順に0.005, 0.008, 0.05, 0.8, 3%程度であった。なお、最後の一番大きな応力振幅では、2回繰り返し載荷を行った。図(a)が、鉛直方向の応力～ひずみ関係、図(b)が、ねじり方向の応力～ひずみ関係、図(c)が、最大せん断応力～最大せん断ひずみ関係である。ひずみ量に多少のちがいはあるものの、方向によるループの形状にあまり違いは見られなかった。

図4は、図3(c)のようなループから求めた等価せん断弾性係数 G_{eq} の値である。横軸にはひずみの片振幅 $(\gamma_{max})_{SA}$ をとっている。 $D_r = 80\%$, 50%どちらの場合も平均有効応力 p' の大きな方が、 G_{eq} は小さくなっている。また、ひずみレベルが大きくなるにつれて G_{eq} は小さくなった。本研究で用いた中空ねじり試験装置によって、本研究と同じ供試体について 10^{-5} のひずみレベルにおける等価弾性係数 $E_{z\text{eq}}, E_{\theta\text{eq}}$ を求めたところ、 $E_{z\text{eq}} > E_{\theta\text{eq}}$ という明瞭な異方性が見られた（橋本ら, 1998）。ところが、 G_{eq} については、同じ平均有効応力、相対密度のものに関しては、せん断方向による違いはあまり顕著には見られなかった。

【参考文献】

- (1) 中村勇平, 橋本聡, 桑野二郎(1998): 広範囲なひずみレベルでの測定が可能な中空ねじり試験装置について; 第33回地盤工学研究発表会講演集
- (2) 橋本聡, 中村勇平, 桑野二郎(1998): 豊浦砂の弾性的変形特性の異方性; 土木学会第53回年次学術講演会

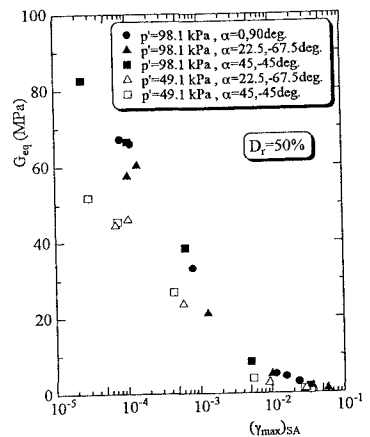
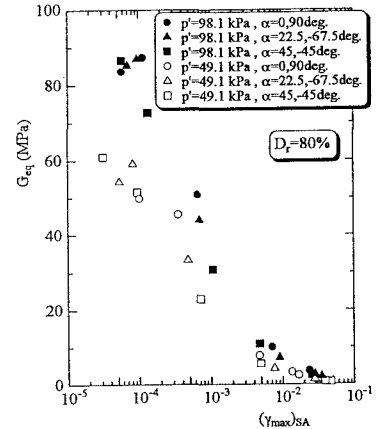


図4 G_{eq} と $(\gamma_{max})_{SA}$ の関係