

### III-26 多段階拘束圧下での砂質土の繰返し変形特性試験

愛媛県土木部 正会員 ○岡崎 健  
愛媛大学工学部 フェロー 森 伸一郎  
愛媛大学大学院 学生会員 松下 怜

#### 1. はじめに

現在、土の繰返し変形特性試験は、一つの拘束圧下で実施される。しかし、拘束圧依存性の強い砂質土に対しては、同一の供試体で複数の拘束圧下での繰返し変形特性が求められることができれば、地震応答解析の高精度化に繋がるため有益であると考えられる。そのような多段階拘束圧下での試験の可能性は、先行する拘束圧下での応力履歴や密度変化の影響を把握することにより検討が可能と考えられる。

本研究では、剛性が微小ひずみ時のその 1/2 となる際のひずみ（規準ひずみ）までの繰返し変形特性を対象に、多段階拘束圧法の適用性を検討した。

#### 2. 実験の条件と方法

本研究で供試体に用いた試料は、豊浦砂と竹内シルトである。竹内シルトとは、2000 年鳥取県西部地震の際に大規模に液状化した埋立地の竹内団地で採取した噴砂であり、非塑性シルトである。

本実験では、油圧制御方式の中空ねじり試験機を用いた。供試体は、外径 10 cm、内径 6 cm、高さ 12 cm の中空円筒状である。供試体作成は、豊浦砂で圧密前の相対密度が 50 % になる空中落下法によった。CO<sub>2</sub> 置換の後、脱気水を注入して飽和化を図った。所定の拘束圧で等方圧密した後、0.1 Hz の正弦波で荷重制御により非排水で繰返しねじりせん断荷重を行った。ねじり変位は、ギャップセンサーとポテンシオメータを併用し、供試体上部加圧盤の変位を測定した。軸荷重計、トルク計は、セルの中に設置されている。

繰返しねじりせん断は、既往の方法である一つの拘束圧  $\sigma_c$  の下で行うステージテストと複数の拘束圧下でステージテストを行う多段階拘束圧法によった。1 つのステージでは一定のせん断応力で 11 サイクル載荷して 10 サイクルのせん断応力  $\tau$  とせん断ひずみ  $\gamma$  の履歴ループからせん断剛性  $G$  と減衰比  $h$  を求めた。異なる拘束圧での変形特性を検討するために、微小ひずみでのせん断剛性  $G_0$  で正規化する。データには平滑化のため Hanning ウィンドウを施した。多段階拘束圧法は、 $G/G_0$  が初めて約 0.5 に達したステージで 1 段階を終了し、排水コックを開け次の高い拘束圧で等方圧密を行い、ステージテストを行うというサイクルを繰り返すという手順で行った。比較試験の対象とした拘束圧は 50, 100, 200, 350 kPa である。表-1 に実験条件を示す。拘束圧が対応する比較対象となる供試体間の差は、相対密度で、豊浦砂では 1~4 %, 竹内シルトでは 3~7 % である。

表-1 実験条件

|       | 供試体 No. | $\sigma_c$ (kPa) | 圧密後相対密度 D <sub>rc</sub> (%) | 圧密後間隙比 $e$ |
|-------|---------|------------------|-----------------------------|------------|
| 豊浦砂   | TY1     | 50               | 55.6                        | 0.760      |
|       | TY2     | 100              | 53.5                        | 0.769      |
|       | TY3     | 200              | 57.5                        | 0.754      |
|       | TY4     | 50               | 51.8                        | 0.774      |
|       |         | 100              | 56.3                        | 0.758      |
|       |         | 200              | 58.4                        | 0.751      |
| 竹内シルト | TS1     | 50               | 51.6                        | 1.251      |
|       | TS2     | 100              | 52.1                        | 1.247      |
|       | TS3     | 200              | 57.5                        | 1.202      |
|       | TS4     | 350              | 57.0                        | 1.206      |
|       | TSS     | 50               | 44.6                        | 1.310      |
|       |         | 100              | 47.3                        | 1.287      |
|       |         | 200              | 50.3                        | 1.262      |
|       |         | 350              | 53.5                        | 1.235      |

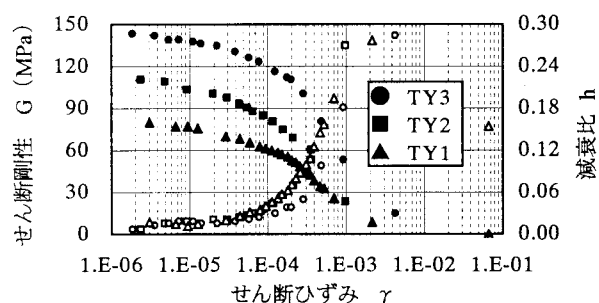


図-1 1段階法による豊浦砂の各拘束圧での  $G$ ,  $h \sim \gamma$  の関係

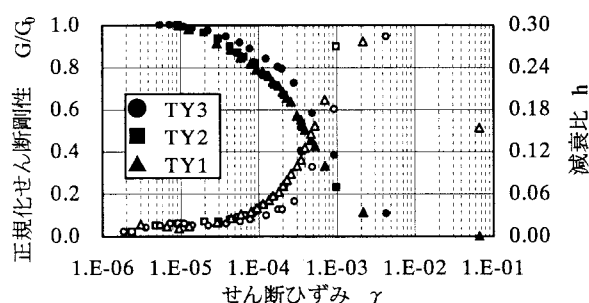


図-2 豊浦砂での 1 段階法による各拘束圧での  $G/G_0$ ,  $h \sim \gamma$  の関係

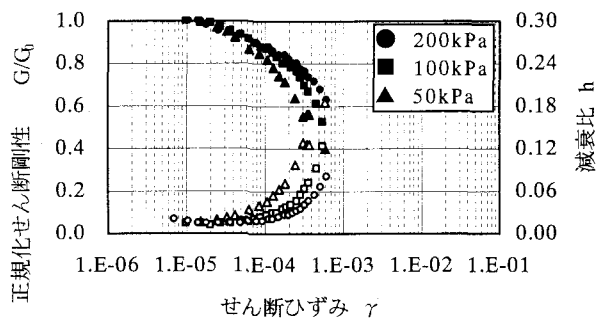


図-3 豊浦砂での多段階拘束圧法での  $G/G_0$ ,  $h \sim \gamma$  の関係

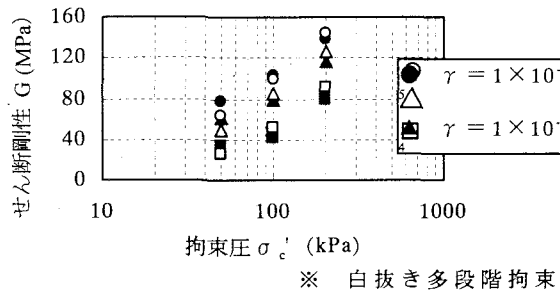


図-4 2つの方法による豊浦砂の各ひずみにおける  $G \sim \log \sigma_c$  関係

### 3. 実験結果

図-1 に 1 段階法による豊浦砂の各拘束圧での  $G$ ,  $h \sim \gamma$  の関係を示す。図中のマークで、塗りつぶしは  $G$ 、白抜きは  $h$  である（以下同様）。これらは拘束圧に依存している。図-2 に 1 段階法による各拘束圧での  $G/G_0$ ,  $h \sim \gamma$  の関係を示す。 $G/G_0$  は拘束圧が大きいほど剛性の低下の割合は小さい（基準ひずみが大きい）。図-3 に多段階拘束圧法での  $G/G_0$ ,  $h \sim \gamma$  の関係を示す。図-2 と比較すると 50kPa ではほぼ同じであるが、拘束圧が 100, 200 kPa と大きくなるにつれて多段階拘束圧法の方がひずみに依存して剛性が低下する割合がやや小さい。図-4 に 2 つの方法による豊浦砂の各ひずみにおける  $G \sim \log \sigma_c$  関係を示す。各せん断ひずみでこれらはおよそ一直線上に並ぶがその傾きはほぼ等しいか多段階法の方が僅かに大きい。多段階履歴の影響は小さい。

図-5 に 1 段階法による竹内シルトの各拘束圧での  $G$ ,  $h \sim \gamma$  の関係を示す。これらに拘束圧依存性が認められるが、減衰については豊浦砂より顕著である。図-6 に正規化した  $G/G_0$ ,  $h \sim \gamma$  の関係を示す。 $G/G_0$  は拘束圧が大きいほど剛性の低下の割合は小さく、その傾向は滑らかである。図-7 に多段階拘束圧法における  $G/G_0$ ,  $h \sim \gamma$  の関係を示す。2 つの方法に、高拘束圧の大きいひずみでわずかに差はあるものの大差はない。図-8 に 2 つの方法による竹内シルトの各ひずみにおける  $G \sim \log \sigma_c$  関係を示す。多段階履歴の影響は小さいと言える。

### 4. 結論

豊浦砂、非塑性シルトと 2 つの材料に対して通常の 1 段階拘束圧下でのステージテストと提案する多段階拘束圧法による繰返し変形特性試験を比較した結果、剛性が微小ひずみ時の 1/2 に低下する程度まででは、両方法による結果に大差はなく多段階拘束圧法の適用性が高い。

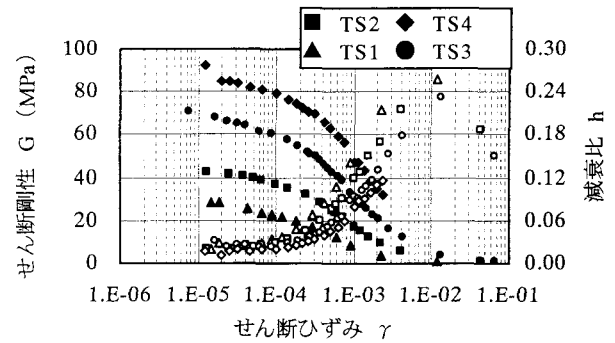


図-5 1 段階法による竹内シルトの各拘束圧での  $G$ ,  $h \sim \gamma$  の関係

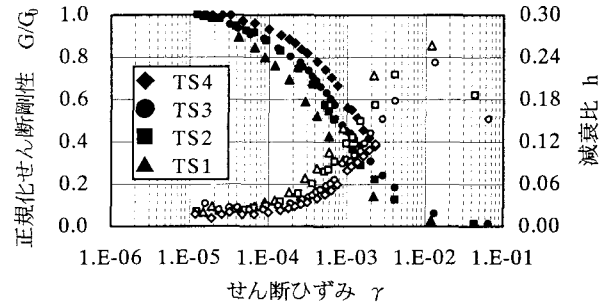


図-6 竹内シルトでの正規化した  $G/G_0$ ,  $h \sim \gamma$  の関係

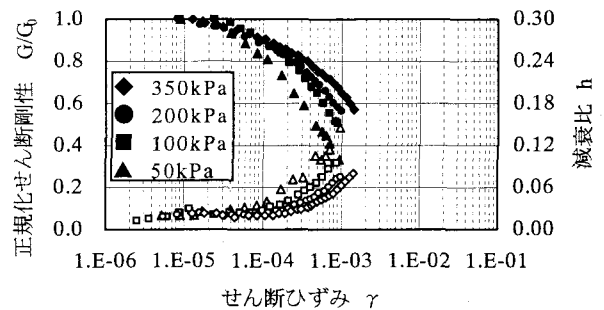


図-7 竹内シルトでの多段階拘束圧法における  $G/G_0$ ,  $h \sim \gamma$  の関係

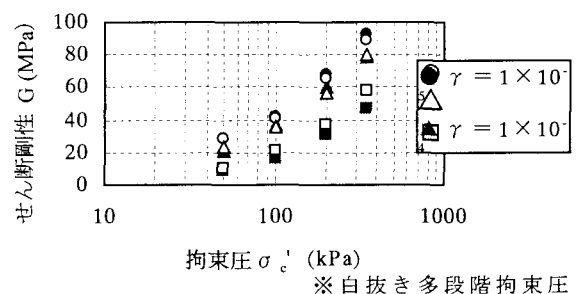


図-8 2 つの方法による竹内シルトの各ひずみにおける  $G \sim \log \sigma_c$  関係