

### Ⅲ-12 高松港湾域の上部更新統土の繰返し変形・強度特性

愛媛大学工学部                      フェロー会員○森 伸一郎  
愛媛大学工学部                      学生会員 河田 浩介  
高松港湾空港技術調査事務所    正会員 下元 幸夫  
㈱東建ジオテック                   正会員 田仲 伊一

#### 1. はじめに

本研究では高松港湾域で採取された上部更新統土の不攪乱試料を用いて繰返し変形特性試験を行い変形特性と拘束圧や物理特性との関係を検討した。また、繰返し強度試験を行った。

#### 2. 試料

本研究では香川県高松市の高松港湾域で採取された不攪乱試料を用いて試験を行った。表-1 に不攪乱試料の物理特性を示す。図-1 に粒径加積曲線を示す。使用した試料のうち細粒分含有率が 50 %以上の試料は地盤工学会基準の大分類により粘性土に分類され、それ以外の試料は砂質土に分類される。また砂分を 50～80 % 含み、塑性指数  $I_p$  が NP～30 までの土は中間土と定義されており、この定義によれば先ほど砂質土に分類した試料のうち B-41 を除く試料が中間土に分類される。表-2 に S 波速度とせん断剛性の表を示す。表には試料の深さ、原位置での拘束圧、繰返し変形特性試験で行った拘束圧と S 波から求めたせん断剛性  $G^*$ 、試験により求めたせん断剛性を示している。概ね S 波から求めた剛性と試験で求めた剛性が近い値を示しており、試験品質は高い。また B-12 の試料に関しては拘束圧 200kPa でのみ試験を行っているので  $G$  は大きい値を示している。また本研究使用した試料の地質年代は B-2, B-7A は完新世のものでそれ以外は後期更新世のものである。

#### 3. 実験方法

本研究では油圧制御方式中空ねじり試験機を用いた。供試体はサンプルチューブから押し出した直径 8 cm の試料を切り出し、トリミング法により外径 7 cm, 内径 3 cm, 高さ 12 cm の中空円筒状に作製した。飽和は  $CO_2$  置換後、脱気水を通水させ背圧をかけて行った。圧密は等方圧密で供試体側面に設置したろ紙により圧密促進をした。また圧密終了は 3t 法により決定した。圧密終了後、地盤工学会基準によりステージテストを行った。試験中のねじり変位は上蓋の回転角度ポテンショメータ、微小変位ギャップセンサーを併用して測定した。また本研究では多段階

表-1 不攪乱試料の物理特性

| 試料名   | 湿潤密度<br>$\rho$ (g/cm <sup>3</sup> ) | 塑性指数<br>$I_p$ | 細粒分含有率<br>$F_c$ (%) | 粘土分含有率<br>$P_c$ (%) | 間隙比<br>$e$ |
|-------|-------------------------------------|---------------|---------------------|---------------------|------------|
| B-2   | 2.094                               | 19.4          | 30.7                | 15.0                | 0.49       |
| B-7A  | 2.021                               | 24.1          | 32.4                | 19.5                | 0.57       |
| B-12  | 1.878                               | 9.8           | 40.3                | 8.5                 | 0.77       |
| B-26B | 1.863                               | 30.1          | 41.0                | 12.3                | 0.91       |
| B-29  | 1.752                               | 35.0          | 83.2                | 50.5                | 1.30       |
| B-33B | 1.955                               | 15.2          | 35.3                | 15.0                | 0.57       |
| B-41  | 2.008                               | NP            | 20.1                | 8.6                 | 0.58       |

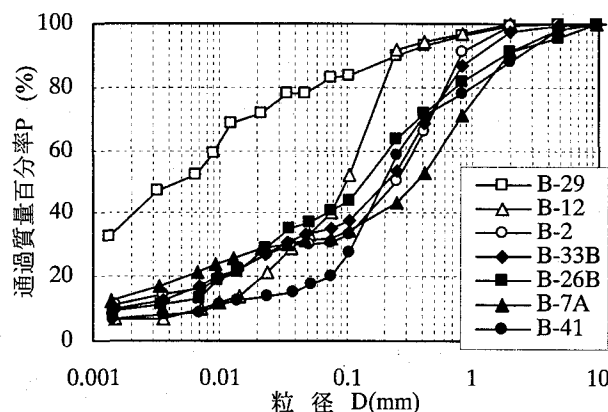


図-1 不攪乱試料の粒径加積曲線

表-2 S 波速度とせん断剛性

| 試料名   | 試料上端の深さ(m) | 原位置の拘束圧(kPa) | 試験時の拘束圧(kPa) | S波速度(m/s) | せん断剛性       |           |
|-------|------------|--------------|--------------|-----------|-------------|-----------|
|       |            |              |              |           | $G^*$ (MPa) | $G$ (MPa) |
| B-2   | 19.76      | 41           | 50           | 202       | 85          | 49        |
| B-7A  | 20.36      | 51           | 50           | 202       | 82          | 56        |
| B-12  | 21.86      | 69           | 200          | 182       | 62          | 95        |
| B-26B | 24.14      | 95           | 100          | 182       | 62          | 76        |
| B-29  | 24.56      | 100          | 100          | 163       | 47          | 45        |
| B-33B | 25.25      | 103          | 100          | 163       | 52          | 65        |
| B-41  | 26.47      | 117          | 100          | 201       | 81          | 76        |

※ $G^*$ は S 波速度より算出したせん断剛性

拘束圧載荷法により試験を行った。

#### 4. 繰返し変形特性の結果と考察

図-2に例としてB-2のせん断剛性 $G$ 、減衰比 $h$ とせん断ひずみ $\gamma$ の関係を示す。図中のプロットされている点は実験値であり、実線は双曲線モデルによってフィッティングしたものである。また塗りつぶしが $G$ で、白抜きが $h$ である。図より、拘束圧の増加に伴い $G$ が増加していることがわかる。 $\gamma=0.001\%$ より大きい $\gamma$ では、拘束圧の増加に伴い僅かではあるが $h$ が低下していることがわかる。このことから、この試料は $G$ と $h$ に拘束圧依存性があるといえる。この傾向は他のすべての試料においてみることができた。図-3にB-2の $G \sim \sigma_c$ の関係を示す。様々なせん断ひずみでの $G$ の拘束圧依存性を検討するために、図には複数のせん断ひずみにおける $G \sim \sigma_c$ の関係を示している。図より、せん断ひずみが大きくなると $G$ と $\sigma_c$ の直線の傾き $a$ が増加することがいえる。この関係は他の試料に関しても同様のことがいえた。図-4に $G \sim F_c$ の関係を示す。塗りつぶしが $\gamma=0.001\%$ のときの $G$ で、白抜きが $\gamma=0.01\%$ のときの $G$ である(以下同様)。図より、 $F_c$ の増加に伴い $G$ が低下しており、せん断ひずみが小さいほどその影響は大きい。

#### 5. 繰返し強度特性

物理試験からは粘性土質砂に分類される上部更新統砂層Ds層の土(B-12, 13, 15: CDL-21.8~22.9m)について中空ねじり試験により繰返し強度試験を行った。図-5に繰返し強度曲線を示す。DA=5%で見ると、 $N_c=20$ で繰返し強度比は0.36となる。 $N$ 値が小さい<sup>1)</sup>割には、液状化強度はそれほど小さくない。また、三軸試験による強度よりやや大きい値を得た。

#### 6. 結論

本研究で得られた知見は以下の通りである。

- (1)せん断剛性と拘束圧の関係を表す傾きは、せん断ひずみが大きくなるほど増加する。
- (2)せん断剛性は細粒分含有率、粘土分含有率、間隙比が増加するほど低下する。
- (3)液状化強度は $N$ 値が小さい割には小さくない。

#### 参考文献

1)田仲 伊一, 森 伸一郎, 河田 皓介, 下元 幸夫:高松港湾域の上部更新統土の土質特性, 第61回土学会年次学術講演会, 2006

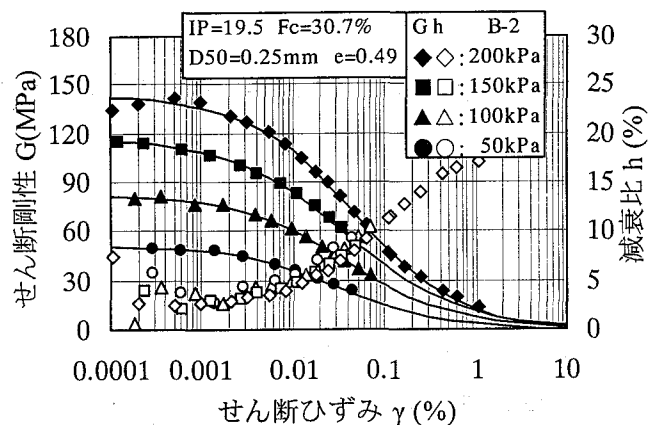


図-2 B-2の $G, h \sim \gamma$ の関係

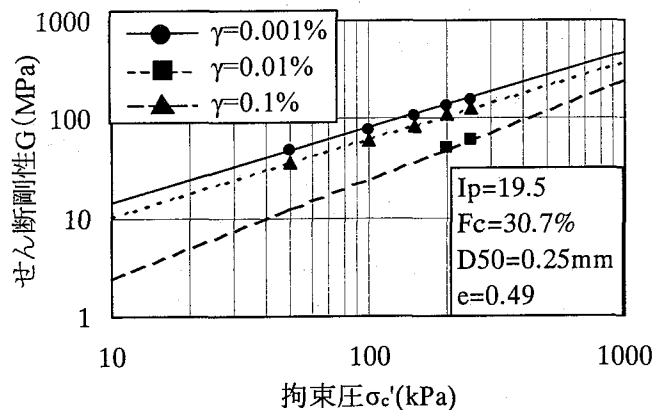


図-3 B-2の $G \sim \sigma_c$ の関係

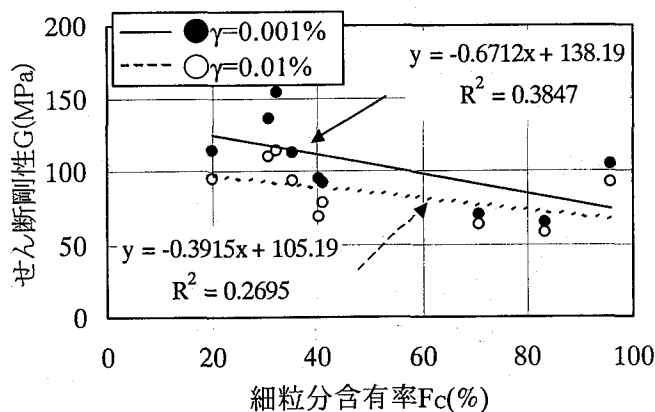


図-4  $G \sim F_c$ の関係

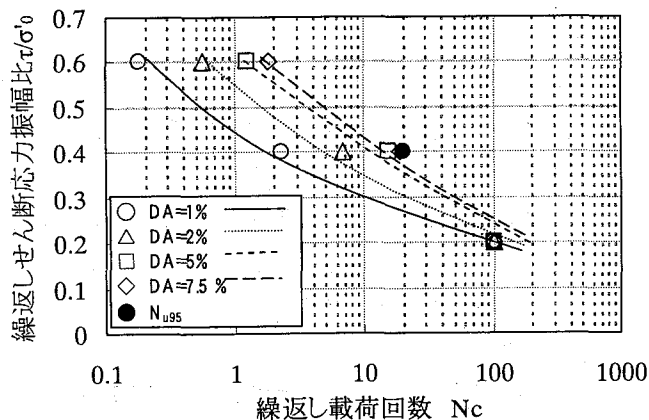


図-5 上部更新統土Ds層の繰返し強度曲線