

## セメントと粘土で作成した模擬供試体による動的変形試験について

九州産業大学 工学部 正会員 石堂 稔 学生員 森 孝志  
九州電力㈱ 総合研究所 正会員 永津忠治 正会員 江藤義孝

## 1. まえがき

自然岩石は、それ自身の硬さや割れ目の分布状況などが一様でない。そのため、自然岩石の力学試験を行うと供試体にばらつきがあり、その力学特性を明らかにすることが困難な場合がある。そこで筆者らは、セメント、粘土及び水の配合比を変え、目標一軸圧縮強度  $10, 30, 80 \text{ kgf/cm}^2$  の3種類の軟岩を模擬したばらつきの少ない供試体を作成し、静的及び動的力学試験を実施し軟岩の静的、動的力学特性及びそれらの相関性に關する基礎的研究を行っている。本報告は、その中で模擬供試体の静的力学特性、動的変形特性及び供試体表面の乾燥の影響等を述べたものである。

## 2. 供試体及び試験方法

作成した3種類の模擬供試体をA, B, Cに区別し、それらの配合比、物理性状、一軸圧縮強度及び圧密降伏応力を表-1に示す。なお供試体寸法は直径5cm, 高さ10cmとし、養生方法は6ヶ月間の中水養生とした。静的三軸圧縮試験はA, B, Cについてゲージ貼付のため一日程度室内で自然乾燥させた供試体(以下「不飽和」供試体と呼ぶ)でCU試験を、またAについては水から上げた状態の供試体(以下「飽和」供試体と呼ぶ)でCU, CD試験を行った。せん断速度はCU試験で  $0.5 \text{ %/min}$ , CD試験で  $0.01 \text{ %/min}$ とした。動的変形試験は、油圧サーボ型振動三軸圧縮試験機を用い不飽和及び飽和供試体について非排水条件で振動数  $0.5 \text{ Hz}$ で行い、せん断弾性係数等の算出には繰り返し回数10回目のデータを用いた。

## 3. 静的三軸圧縮試験結果

不飽和CU, 飽和CU及び飽和CD試験を実施した模擬供試体Aについて、代表例として側圧  $8 \text{ kgf/cm}^2$ の軸差応力-間隙水圧とひずみ曲線を図-1に示す。なお不飽和CU試験では間隙水圧の発生はなかった。また軸差応力とひずみの関係を面対数上にプロットすると不飽和CUと飽和CD試験では初期降伏点が見られ飽和CU試験では見られない。この初期降伏点を応力径路上にプロットしたのが図-2である。同図より不飽和CU及び飽和CD試験とも初期降伏点は、原点及び平均有効主応力  $\sigma_m$  軸上の圧密降伏応力  $P_c = 18 \text{ kgf/cm}^2$  付近を通る曲線を描いていることが、また最大せん断強度も一つの直線を描いていることがわかる。以上より、今回行った不飽和CU試験は飽和CD試験と同様な試験状態(排水コックを閉じていても閉塞系内で排水

表-1 供試体の配合比、物理性状及び力学特性

| 供試体名 | 配合比<br>(セメント:粘土:水) | 比重   | 含水比<br>(%) | 湿密度<br>( $\text{g/cm}^3$ ) | 間隙比   | 一軸強度<br>( $\text{kgf/cm}^2$ ) | 圧密降伏<br>応力<br>( $\text{kgf/cm}^2$ ) |
|------|--------------------|------|------------|----------------------------|-------|-------------------------------|-------------------------------------|
| A    | 1:4:0.90           | 2.75 | 84.5       | 1.490                      | 2.460 | 11.8                          | 18                                  |
| B    | 1:2:0.75           | 2.75 | 66.0       | 1.587                      | 1.876 | 38.6                          | —                                   |
| C    | 1:1:0.70           | 2.71 | 55.5       | 1.621                      | 1.601 | 87.4                          | —                                   |

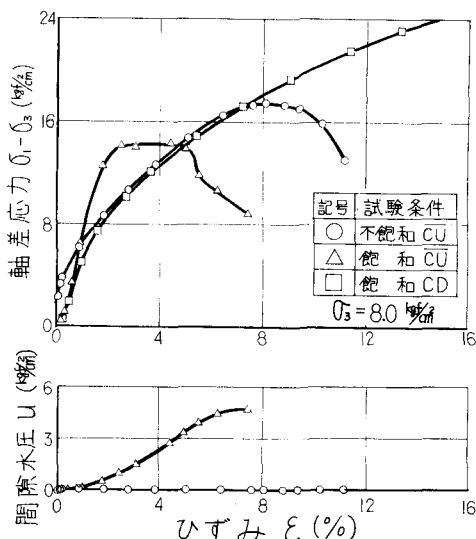


図-1 軸差応力、間隙水圧とひずみの関係

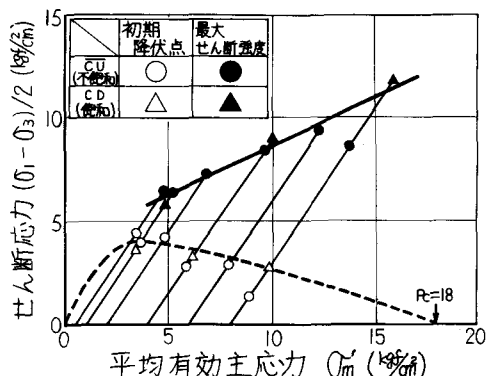


図-2 初期降伏点及び最大せん断強度

している状態)であったと考えられる。なおこの図-2に示すような傾向は、岡本ら(泥岩  $P_c \approx 3.5 \text{ kgf/cm}^2$ )あるいは、宮北ら(珪藻質軟岩  $P_c \approx 2.7 \text{ kgf/cm}^2$ )の軟岩の飽和CD試験でも見られている。したがって、今回用いた供試体の静的変形特性は軟岩をある程度模擬したものだと考えられる。

#### 4. 動的変形試験結果

飽和供試体で多段階動的変形試験(1本の供試体で側圧を  $0.5 \sim 8 \text{ kgf/cm}^2$  変化させ試験を行う。ただしひずみは  $1 \times 10^{-4}$  程度までとする。)を、また不飽和供試体で一側圧一供試体の動的変形試験を実施しポアソン比を測定した。試験結果のうち多段階Aの動的弾性係数E減衰定数hとひずみとの関係を図-3に、Eと側圧  $\sigma_3$  の関係を図-4に、また不飽和供試体Aのポアソン比  $\nu$  と  $\epsilon$  の関係(静的三軸圧縮試験及び動的変形試験による結果)を図-5に示す。なお、表-2に飽和及び不飽和供試体の超音波伝播速度試験結果を示すが、この表内のEの値も図-4にプロットしてある。以上より、模擬供試体A、B、Cに共通して次の考察が得られる。①hは  $\epsilon$  が  $1 \times 10^{-4}$  以下の範囲では、ひずみ依存性はほとんどないが、 $\epsilon$  が  $1 \times 10^{-4}$  以上では、ひずみ依存性が見られる。(図-3) ②飽和供試体A、B、Cの  $\sigma_3$  とEの関係は  $E = a\sigma_3^b$  の形で表わすとbの値はA、B、Cともに0.10となり拘束圧依存性は模擬供試体A、B、Cともに差はない。(図-4) ③Eは、一日程度の自然乾燥により低下する傾向にあり、その割合は  $\sigma_3$  が小さい程大きい。(図-4) ④超音波伝播速度試験によるEを  $\sigma_3 \approx 0 \text{ kgf/cm}^2$  の値と考えると、そのEの値は動的変形試験によるEの値よりもかなり大きい。(図-4) ⑤静的三軸圧縮試験と動的変形試験によるポアソン比は  $\epsilon$  が  $5 \times 10^{-4}$  程度はほぼ同じ値になり連続性が認められる。(図-5) ⑥ポアソン比は、 $\epsilon$  が  $1 \times 10^{-4} \sim 5 \times 10^{-4}$  の範囲(動的変形試験の範囲)では、ひずみ依存性及び拘束圧依存性ともほとんどないが、 $\epsilon$  が  $5 \times 10^{-4}$  以上の範囲(静的三軸圧縮試験の範囲)では、ひずみ依存性及び拘束圧依存性ともに認められる。(図-5)

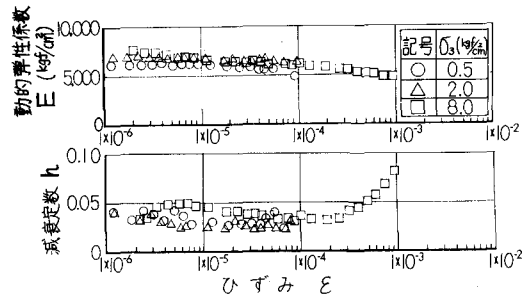


図-3 動的弾性係数、減衰定数とひずみの関係

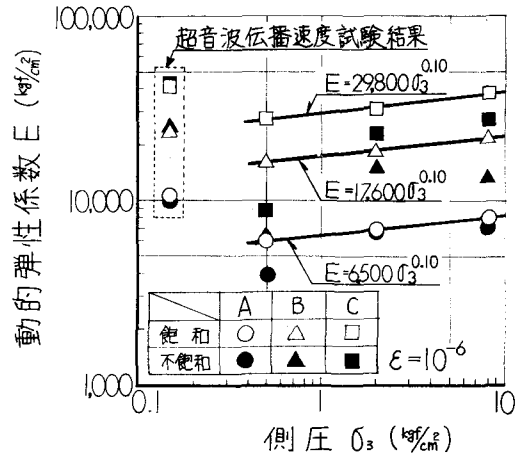


図-4 動的弾性係数と側圧の関係

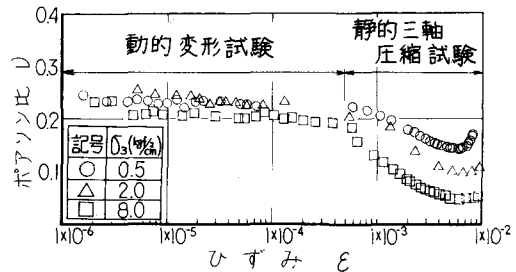


図-5 ポアソン比とひずみの関係

(参考文献)

- 1) 岡本敏郎ほか「泥岩の力学的特性に関する研究 その1 せん断特性」電力中央研究所研究報告: 382011 1982
- 2) 宮北 啓ほか「珪藻質軟岩の強度特性」第17回 土質工学研究発表会 1982

表-2 供試体の超音波伝播速度試験結果

| 供試体名 | 飽 和             |                 |                |       | 不 飽 和           |                 |                |       |
|------|-----------------|-----------------|----------------|-------|-----------------|-----------------|----------------|-------|
|      | $V_p$<br>(km/s) | $V_s$<br>(km/s) | E<br>(kgf/cm²) | $\nu$ | $V_p$<br>(km/s) | $V_s$<br>(km/s) | E<br>(kgf/cm²) | $\nu$ |
| A    | 1.35            | 0.50            | 10800          | 0.42  | 0.99            | 0.51            | 9900           | 0.32  |
| B    | 1.74            | 0.75            | 25000          | 0.39  | 1.59            | 0.78            | 25500          | 0.34  |
| C    | 2.07            | 0.97            | 42500          | 0.36  | 1.94            | 1.01            | 42600          | 0.31  |