

要旨：土の剛性率および減衰比の拘束圧(σ_c)とひずみ(γ)依存性について述べる。そのために、 $\gamma/\sqrt{\sigma_c}$ なる量を用いて、これまでに報告された多数のデータを整理して検討する。また初期剛性率(G_0)は、拘束圧と間げき比(e)の関数として表現される一方、せん断強度との比(G_0/s_u)が議論されることも多い。ゆえに G_0 と σ_c , e , s_u の相互関係を明らかにする。

1. 剛性率の拘束圧とひずみ依存性：土の等価剛性率は、ひずみ振幅の増加とともに減少し、かつその特性が、拘束圧の大小によって異なることがよく知られている。このような等価剛性率(G)の拘束圧とひずみ依存性を整理して明らかにするために、図-1の横軸は $\gamma/\sqrt{\sigma_c}$ で表示してある。

図-1において、 $G/G_0 = 0.5$ に対応する $\gamma/\sqrt{\sigma_c}$ の値を、以下に検討する。

Hardin-Drnevichモデルによれば、

$$\begin{aligned} \frac{G}{G_0} &= 1 / \left\{ 1 + \left(\frac{G_0}{T_f} \right) \gamma \right\} = 1 / \left\{ 1 + \left(\frac{G_0}{\sqrt{\sigma_c}} \cdot \frac{\sigma_c}{T_f} \right) \left(\frac{\gamma}{\sqrt{\sigma_c}} \right) \right\} \\ &= 1 / \left\{ 1 + \alpha \left(\frac{\gamma}{\sqrt{\sigma_c}} \right) \right\} \quad \text{---(1-a)} \\ \alpha &= \left(\frac{\sqrt{\sigma_c}}{G_0} \right) \left(\frac{T_f}{\sigma_c} \right) \quad \text{---(1-b)} \end{aligned}$$

ここに T_f ：動的せん断強度、 α は $G/G_0 = 0.5$ における $(\gamma/\sqrt{\sigma_c})$ である。ところで式(1-a)において、 $G_0/\sqrt{\sigma_c}$ はHardin-Blackその他によって

$$\left. \begin{aligned} \frac{G_0}{\sqrt{\sigma_c}} &= A \cdot F(e) \\ A &= 330 \text{ (kg/cm}^2\text{)}^{1/2} \\ F(e) &= (2.97 - e)^2 / (1 + e) \end{aligned} \right\} \quad \text{---(2)}$$

で表わされることが既に判明している。また同じ土であれば $T_f/\sigma_c = \text{一定}$ とみられるので、結局、式(1-b)で定義した α の値は間げき比の関数になる。

図-2は、これまでに報告された砂質土並びに粘性土について、図-1のような整理をし、 α の値を間げき比に対してプロットしたものである。図-2中の斜線部は砂質土の範囲を示し、それ以外の点は粘性土である。また図中の曲線は、 $T_f/\sigma_c = 0.2$ および 1.0 とし、式(2)で与えられる $G_0/\sqrt{\sigma_c}$ を用いて、式(1-b)を計算したものである。計算曲線は、間げき比が2.0程度までは実験値をカバーできるが、間げき比が2.0よりも大きい、いわゆる超軟弱粘土になると外れてくる。図-2のプロットは、剛性率の低下度 G/G_0 を、式(1-a)のように表現したときの α と間げき比の関数を与えるものであり、土の e と σ_c がわかっているときの動的応力～ひずみ関係を推定する上で参考になると思われる。

2. 減衰比の拘束圧とひずみ依存性：砂質土の減衰比 D とひずみ γ の関係について、Seed-Idriss⁹⁾ は $\sigma_c = 0.2 \sim 4.3 \text{ kg/cm}^2$ の範囲、石原¹⁰⁾ は $\sigma_c = 0.5 \sim 1.0 \text{ kg/cm}^2$ の範囲で多数のデータを集め整理している。それらの結果より、 $D \sim \gamma/\sqrt{\sigma_c}$ の関係にプロット

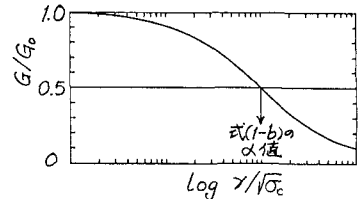


図-1 α 値の説明

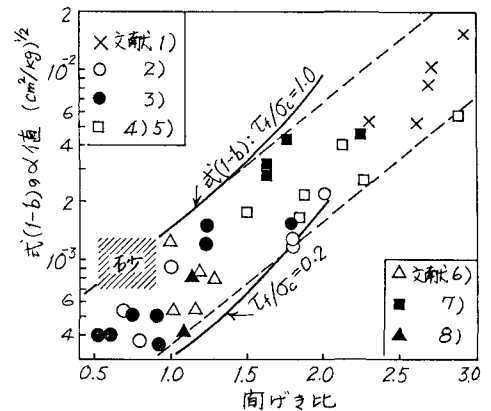


図-2 α 値と間げき比の関係

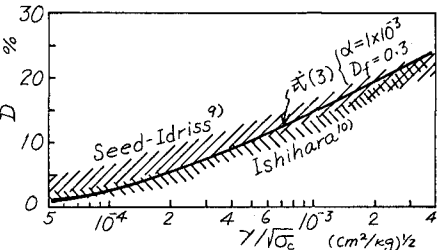


図-3 砂質土の減衰比

し直したものは図-3に示すようであり、比較的せまい範囲に納まっている。

ところで、Hardin-Drnevich モデルによれば、減衰比 D は、

$$D = D_f / \{1 + \alpha (\frac{\sqrt{\sigma_c}}{\gamma})\} \quad \text{----- (3)}$$

ここに D_f : 破壊時での減衰比である。砂質土の α の値は、

図-2にも示したように $\alpha = (1.0 \pm 0.3) \times 10^{-3} (\text{cm}^2/\text{kg})^{1/2}$ と

なるから、式(3)中の $\alpha = 1.0 \times 10^{-3}$ 、かつ $D_f = 0.3$ としたときの計算結果が図中に示されている。これによれば実験結果が割合うまく説明できるとみられる。

次に粘性土に関するデータを、やはり $D \sim \gamma/\sqrt{\sigma_c}$ 関係に示すと、図-4のようである。この場合は、図-2で説明したように、 α の値が間げき比によって変化するので、砂質土のようにまとまった関係は得られない。ただし同じ $\gamma/\sqrt{\sigma_c}$ の値で比較すると、減衰比は粘性土の方が砂質土よりも小さいという結果が読みとれる。

3. 初期剛性率とせん断強度: 静的な非排水せん断強度 S_u と、 G_0 との関係調べた例が多数報告され、それらを総合すると、 $G_0/S_u = 200 \sim 3,000$ 程度の値が求められている。そこで G_0/S_u と、式(2)で表現される σ_c , e の関数としての G_0 との関係を調べてみる。

よく知られているように、粘性土の S_u は圧密圧力 σ_c によってきまるので、その比を K とし

$$S_u / \sigma_c = K$$

で表わす。 K の値は、塑性指数や試験法によっても変るが、およそ 0.3 程度である。ゆえにこの関係と式(2)を用いて G_0/S_u を

表現すると、
$$\frac{G_0}{S_u} = \frac{A \cdot F(e) \sqrt{\sigma_c}}{K \cdot \sigma_c} = \frac{A \cdot F(e)}{K \sqrt{\sigma_c}}$$

である。これを変形して整理すると

$$\frac{(2.97 - e)^2}{1 + e} = \left(\frac{K}{A} \right) \left(\frac{G_0}{S_u} \right) \frac{1}{\sqrt{\sigma_c}} \quad \text{----- (4)}$$

いま $A = 330$, $K = 0.3$ とすれば、右辺の (K/A) は一定値となるので、 (G_0/S_u) の値を設定してやれば、間げき比 e と圧密圧力 σ_c の関係が求まることになる。そこで $G_0/S_u = 200 \sim 2,000$ の間で種々に選り、 e と σ_c の関係を計算して $e \sim \log \sigma_c$ 図上に描くと、図-5中の平行な直線群がえられる。そしてこれら直線群の傾斜を図上で測ると、圧縮指数 $C_c = 0.75$ となることがわかる。このことは、 $C_c = 0.75$ を有する粘土では、圧密圧力が変化しても G_0/S_u の値が一定になることを示している。図みに三笠によれば、大阪地盤の粘土は標準的に $C_c = 0.8$ としており、上記の 0.75 と近似できる値である。また式(4)の計算結果では、図-5にみられるように、 G_0/S_u が小さいほど $e \sim \log \sigma_c$ 直線が上位にきている。一方、 $e \sim \log \sigma_c$ 直線が上位にくるのは塑性の高い粘土であることがわかっているので、高塑性のものほど G_0/S_u は小さいことになる。なお図-5中の斜線部は、大阪沖積粘土の正規圧密領域における範囲を示したものであり、これによると $G_0/S_u = 500 \sim 1,500$ 程度の値となっている。

文献: 1) 原: オ2回地盤工学シンポジウム資料, 建築学会, 昭48. 2) Anderson: Ph. D. 論文, Univ. of Michigan, 1974. 3) Hardin-Drnevich: Tech. Report 26-70-CE2, Univ. of Kentucky. 4) 石原: オ4回日本地震工学シンポジウム, 昭50, p. 423. 5) 石原: オ11回土質工学研究発表会, 昭51, p. 411. 6) 岩崎: オ12回土質工学研究発表会, 昭52, p. 433. 7) 鈴木: 同左, p. 441. 8) 田中: 同左, p. 461. 9) Seed-Idriss: Report of EERC, Univ. of California, 1970. 10) 石原: 土質力学の基礎, 産研出版, 昭51, p. 197. 11) 三笠: 大阪地盤図, 昭41, p. 13.

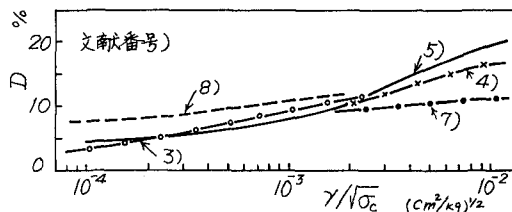


図-4 粘性土の減衰比

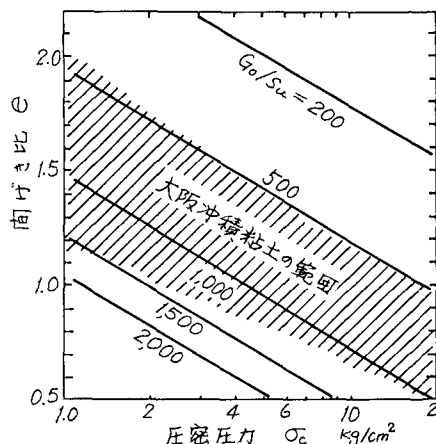


図-5 $e \sim \log \sigma_c$ 図上に示した G_0/S_u の値