

京大・防災研 正 柴田 徹
京大・院(現・日揮) 中村 健之

要旨：不攪乱マサ土を非排水状態で繰り返しせん断したとき、応力～ひずみ関係(骨格曲線)を三軸試験によって調べた。正規圧応の領域では、種々の圧応拘束圧力や繰り返し回数に対する骨格曲線のdegradation(軟化現象)が、有効応力を考慮して修正したHardin-Drnevichモデルで説明できることが示された。この裏に關する限りでは、繰り返しを受ける不攪乱マサ土が、砂や粘土と特に異なった挙動をするわけではないといえる。

1. 実験方法と試料：それらの概要を、下記の表に一括して示す。

採取	鳥取県岩美郡岩美町(領家型マサ土)。ブロック・サンプリング(30×30×30 cm)。
試料	先行荷重：1.0～1.3 kgf/cm ² 。真比重：2.653，かさ比重：2.330，PL：24.6%，LL：32.5%
試験	三軸CUの繰り返し，ひずみ振幅一定(各σ _c で3種類)，ひずみ速度：0.2%/min.， σ _c ：1.0～4.0 kgf/cm ² 。B値≈0.8。φ 5.0 cm，h 10.0 cm。凍結して成型，セル内で融解。

2. 結果と考察：図に従って説明する。

図-1：ひずみ振幅一定で、両振りの繰り返し(γ=0.6%の例)を行じ、繰り返し回数Nの増加とともに、せん断抵抗τが減少し、いわゆるdegradationの現象がみられる。

図-2：有効応力経路で、各サイクル毎のτのピーク値を結ぶと、等ひずみ線が描かれる。この例では顕著ではないが、有効応力が減少してゼロ近くなると、cyclic mobilityを示すようになる。

図-3：拘束圧σ_cを4種類に変えたときの骨格曲線のdegradation。すなわち各σ_cに対して、Nが1～2回目から10回目までに、τの低下する範囲が描かれている。丸印を結ぶ縦の太線が、与えたひずみ振幅の位置である。

図-3では、骨格曲線が拘束圧と繰り返し回数によって異なっている。これらが単一の曲線で表わせないかについて検討する。そのために、通常の砂と粘土を対象とした既報の手法⁽¹⁾⁽²⁾を適用してみる。

手法の骨子は、Hardin-Drnevich(以下H-Dと略称)の双曲型骨格曲線

$$\frac{1}{\tau} = \frac{1}{G_0} \left(\frac{1}{\gamma} \right) + \frac{1}{\tau_f} \quad \dots\dots(1)$$

をベースとし、有効応力を考慮して導いたもので、

$$\frac{\sigma'}{\tau} = \frac{1}{\alpha} \frac{\sqrt{\sigma'}}{\gamma} + \frac{1}{\beta} \quad \dots\dots(2-a)$$

$$\alpha = G_0 / \sqrt{\sigma_c}, \quad \beta = \tau_f / \sigma_c$$

ここにτとγ；せん断応力とせん断ひずみ振幅，σ'；平均有効主応力，σ_c；有効拘束圧，G₀；初期剛性率，τ_f；せん断強度である。式(2-a)を変形して、

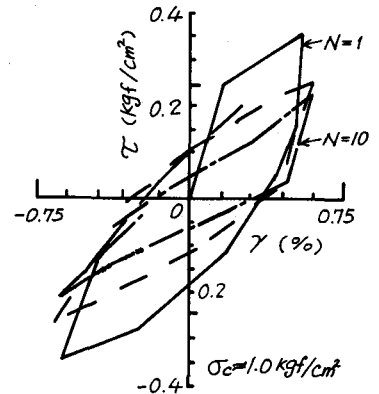


図-1 応力～ひずみ曲線

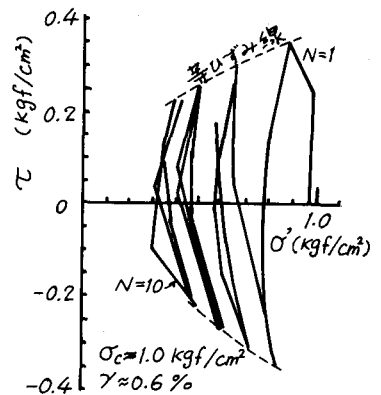


図-2 有効応力経路

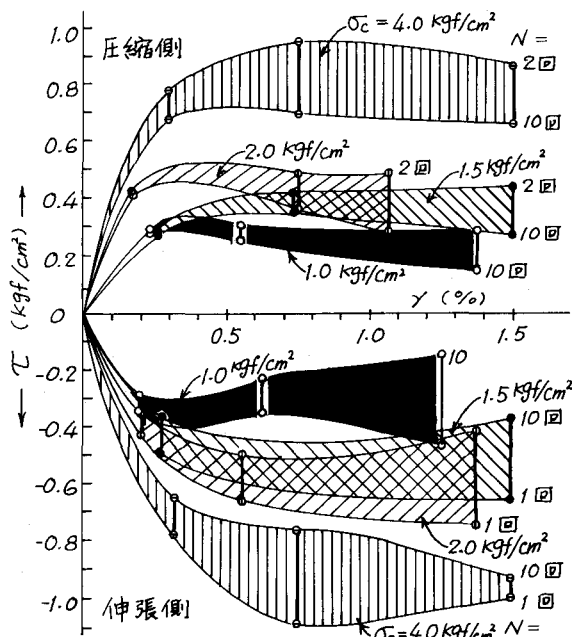


図-3 骨格曲線

$$\frac{\sqrt{\sigma'}}{G} = \frac{1}{\alpha} + \frac{1}{\beta} \left(\frac{\gamma}{\sqrt{\sigma'}} \right) \quad \dots (2-b)$$

∴ $G = \tau/\gamma$ で等価剛性率。

式(1)のオリジナルH-Dモデルと、式(2)の修正モデルとを対照すれば、各項は次のように対応していることになる。式(1)→式(2)。

$$\tau \rightarrow \tau/\sigma', \quad \gamma \rightarrow \gamma/\sqrt{\sigma'}$$

$$G_0 \rightarrow \alpha = G_0/\sqrt{\sigma_c}, \quad \tau_f \rightarrow \beta = \tau_f/\sigma_c$$

図-4：不攪乱マサ土に対する、式(2)の検証結果である。ひずみレベルが比較的低い範囲では、拘束圧や繰り返し回数の違いに拘らず、式の直線関係が成立している。これより式中の α と β が求まり、初期剛性率 G_0 に係わる α は圧縮と伸張側で等しいが、 β ($= \tau_f/\sigma_c$) は伸張側でやや小さい。因みに別途行った単調載荷の $\bar{C}U$ 試験では、 β (圧縮) $\approx 0.8 \sim 0.9$ 、 β (伸張) $\approx 0.6 \sim 0.7$ という値が得られている。

図-5：修正H-Dモデルによる骨格曲線の表示で、図-3と対応する。すなわちそれぞれ幅をもち、形も違) $\tau \sim \gamma$ 曲線(図-3)は、 $\tau/\sigma' \sim \gamma/\sqrt{\sigma'}$ (図-5)にプロットすれば、この程度のひずみ振幅のレベルでは、単一の曲線で表わすことができる。なお図-2で触れた $\tau - \sigma'$ 座標における等ひずみ線についても、式(2)によって説明が可能である。

付記：過圧密領域での挙動、繰り返し載荷による過剰間隙水圧の蓄積パターンなども同時に調べたが、紙数の都合で省略した。いずれにしても定性的には、特殊土としてマサ土の特徴といえるものは見当たらない。

本研究は、自然災害特別研究(マサ土地帯における土砂災害の予測と防止、代表：鋼千敬博)の一部である。

文献：1) 柴田, Soelarno: 繰返し載荷を受ける砂質土の応力-ひずみ特性, 土木学会論文報告集, 239号, 1975, pp. 57-65.

2) 同上: 繰返し載荷を受ける粘性土の応力-ひずみ特性, 土木学会論文報告集, 276号, 1978, pp. 101-110.

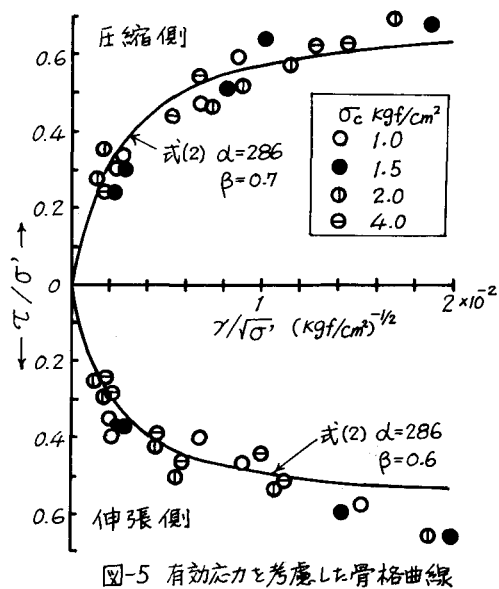


図-5 有効応力を考慮した骨格曲線

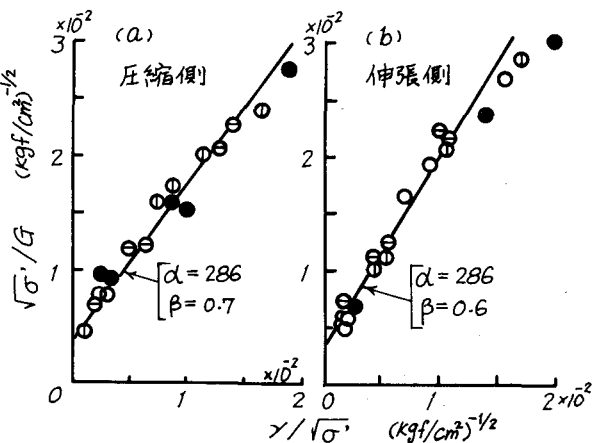


図-4 式(2)の検証(記号は図-5参照)