

京都大学防災研究所 ○足立 紀尚
京都大学大学院 小川 豊和

1. はじめに

地盤材料はひずみ硬化・軟化と弾・塑性係数かつダイレイション挙動と時点依存性を有する材料と考えられる。ここではひずみ硬化・軟化について考えてみる。

2. 大谷石による実験結果の構成式^{(1), (2)}

図-1は大谷石を用いた排水三軸圧縮試験結果である。

図-1(a)に示すように拘束圧 σ_m の大小によってひずみ硬化あるいはひずみ硬化・軟化の挙動を示している。

図-2は構成式を決定するために準備した応力比とダイレイション比を示したものであるが $\sigma_m = 5 \text{ kg/cm}^2$ の場合で明らかにどのように荷重・膨張にかかわらず硬化が生ずることである。図-2の関係と associated flow rule をもとにして、降伏関数を決定した。

$$f = \sqrt{2} - \frac{C^*}{1 - \alpha^*} (\sigma_m' + A^*) \left\{ 1 - \left(\frac{\sigma_m' + A^*}{\sigma_{mys} + A^*} \right)^{\frac{1 - \alpha^*}{\alpha^*}} \right\} \quad (1)$$

式中の σ_{mys} は硬化・軟化パラメータである。

3. 硬化・軟化

構成式を確定するには硬化・軟化パラメータを決定しなければならない。通常、硬化・軟化パラメータは塑性仕事と等価塑性ひずみと関数とされるが、土質材料に対する Cambridge 等価塑性仕事ひずみと圧縮、膨張で硬化、軟化をそれぞれ対応させている。しかし、上述のように塑性仕事膨張でも硬化を示すのでこの考え方は用いられない。図-3は塑性仕事と塑性仕事ひずみの関係を与えるが、塑性仕事は硬化・軟化に

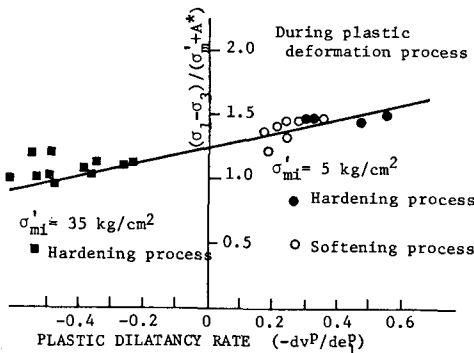
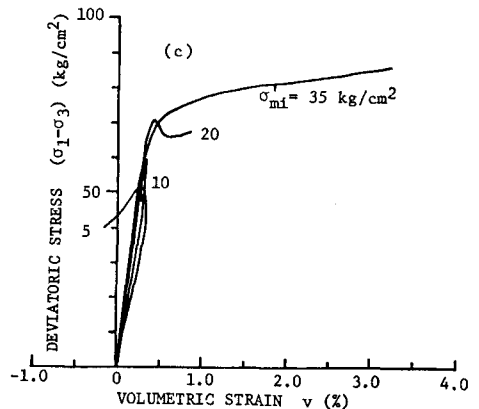
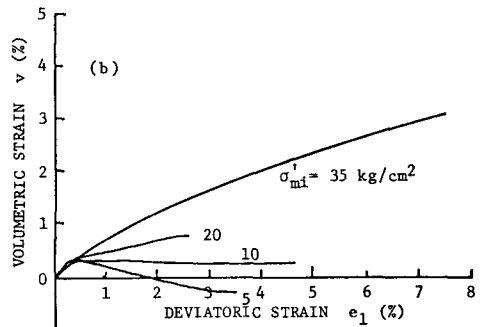
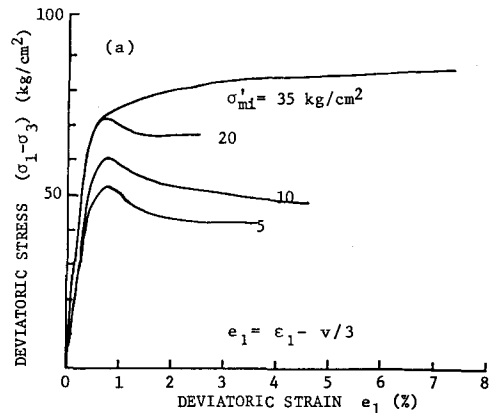


図-2

図-1

かゝる単純増強で、軟化を W^p の関数と考えると材料の
固定した関数形を考へる必要があつて一般性が失われる。

図-4、図-5、図-6は11式中の σ_{mys} と W^p の関係、すなわち W^p の
影響を σ_{mys} の関数として与えている。図-4と図-5は一
部重複する関係図である。とくに図-4の関係から硬化-軟
化の塑性履歴 W^p の関数として

$$\sigma_{mys} = \sigma_{mys0} + f|W^p|(\delta^2 - W^p)^2 \quad (2)$$

の関数を考へれば、図-5、図-6 から、セグメント関数形
を考へることが統一的に説明できようである。

図-7 には上記軟化の各力経路と各履歴量 W^p から σ_{mys}
 $\sigma_{mys} = 75 \text{ kg/cm}^2$ に対する11式で与えられる降伏面を示して
いる。縮差 W^p は、履歴 W^p の総力履歴の初期の弾性性か
らの離散量を $Q^p = 0$ 、 $W^p = 0$ としたが、そのいずれの初期降
伏を与えるにはバラツキが大きいためである。必ず硬化
-軟化パラメータの決定とともに予め問題が多い。

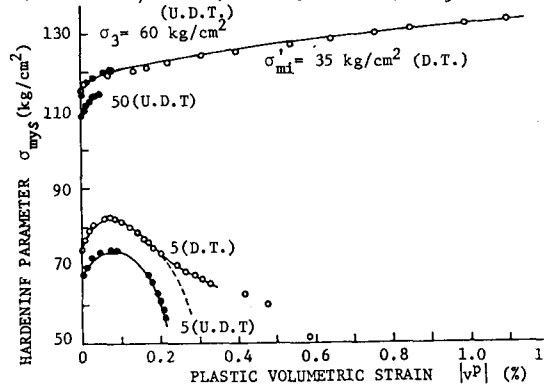


図-4

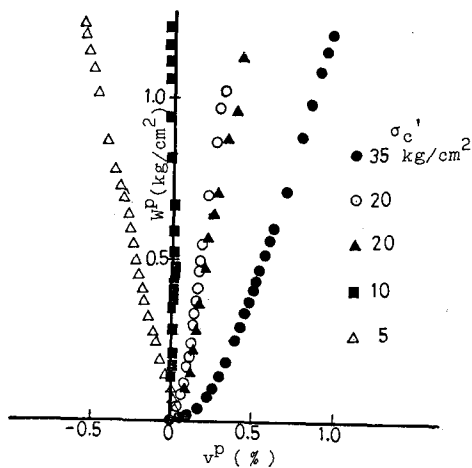


図-3

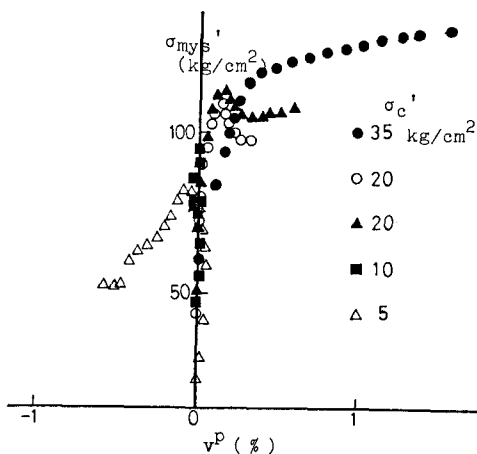


図-5

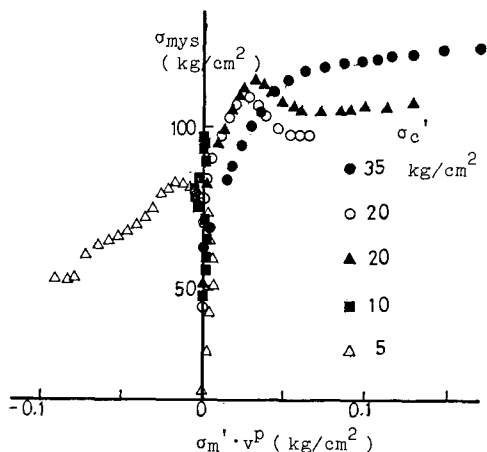


図-6

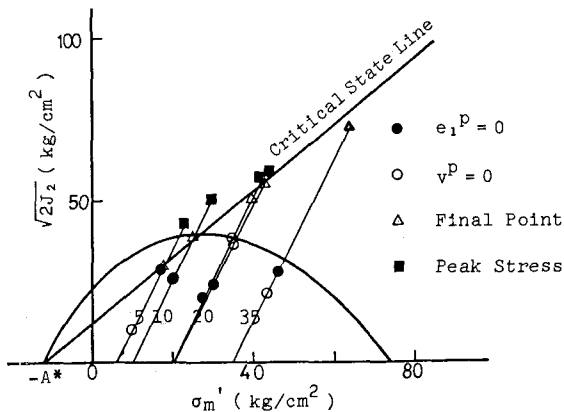


図-7

参考文献 1) 赤井, 定主, 藤村: 軟化の構成式, 第11回土工学会研究発表講演集, 1976, pp. 929~932 -

2) 赤井, 定主, 藤村: Constitutive Equations for Geomechanical Materials Based on Elasto-Viscoplasticity (9th. I.C.M.E.E.)