

4. 解析方法

解析は、Hardin-Drnevich のモデル式を利用して動的弾性係数についてのみ定式化を行なった。図-3 に示すようにヒステリシスループが与えられ、接線弾性係数 μ_t 、割線弾性係数 μ_s が図のように定義されたとき、破壊強度 σ_u として規準ひずみ ϵ_r は $\epsilon_r = \sigma_u / \mu_t$ なる式で表わされる。Hardin-Drnevich によれば ϵ_a なるひずみに達したとき

$$\frac{\mu_s}{\mu_t} = \frac{1}{1 + \epsilon_a / \epsilon_r} \quad (1)$$

なる式が成立する。この式を利用して動的弾性係数 E_d を次のように定式化する。

$$\frac{E_d}{E_0} = \frac{1}{1 + \Delta \epsilon_1 / \epsilon_r} \quad (2)$$

ここで (E_d : 動的弾性係数, E_0 : 微小ひずみ時の動的弾性係数,

$\Delta \epsilon_1$: 動的軸ひずみ振幅, ϵ_r : 規準ひずみ)

(2) 式を変形して

$$\frac{1}{E_d} = \frac{1}{E_0} + \frac{1}{E_0 \epsilon_r} \Delta \epsilon_1 \quad (3)$$

ここで、 $1/E_d \sim \Delta \epsilon_1$ 関係を各平均主応力 σ_m ごとについて求め、最小自乗法を用いて各 σ_m について E_0 および ϵ_r を決定する。一方、微小ひずみ時の動的弾性係数 E_0 は

$$E_0 = K \cdot \sigma_m^n \quad (K, n: \text{定数}) \quad (4)$$

で与えられるので、最小自乗法によって定数 K, n を決定する。次に規準ひずみ ϵ_r を各平均主応力別にプロットすると図-6 のようになっているため、各平均主応力に対する平均値として算出した。したがって、定数 K, n, ϵ_r が求まったことになる。ここで、(2) 式に (4) 式を代入して

$$E_d = K \cdot \sigma_m^n \frac{1}{1 + \Delta \epsilon_1 / \epsilon_r} \quad (5)$$

となり、 E_d を σ_m および $\Delta \epsilon_1$ の関数として表わすことができる。さらに静止土圧係数に相当するパラメータ K_0

$$K_0 = \frac{\sigma_3}{\sigma_3 + \alpha} \quad (\sigma_3: \text{側圧}, \alpha: \text{静的応力レベル}) \quad (6)$$

の影響が認められる場合は、(5) 式を K_0 の一次式の形で補正することによって

$$E_d = K \cdot \sigma_m^n \frac{1}{1 + \Delta \epsilon_1 / \epsilon_r} (\alpha K_0 + \beta) \quad (\alpha, \beta: \text{定数}) \quad (7)$$

となる。このようにして動的弾性係数 E_d の定式化を行なった。

5. 試験結果

図-4 は平均主応力 $\sigma_m = 10.86 \text{ kg/cm}^2$ の場合について $1/E_d \sim \Delta \epsilon_1$ 関係を示したもので、図中にその時の E_0, ϵ_r の値を示した。図-5, 6 は各平均主応力別に求めた E_0, ϵ_r の値をプロットしたもので、 $E_0 \sim \sigma_m$ の関係から式 (4) の定数 K, n は $K = 4078, n = 0.560$ となった。また、 $\epsilon_r \sim \sigma_m$ の関係から平均規準ひずみ ϵ_r は $\epsilon_r = 23.992 \times 10^{-4}$ となった。したがって、(5) 式は

$$E_d = 4078 \cdot \sigma_m^{0.560} \frac{1}{1 + (\Delta \epsilon_1 / 23.992 \times 10^{-4})} \quad (5')$$

となる。さらに静止土圧係数に相当するパラメータ K_0 の一次式を用いて (5) 式を補正すると次のように定式化された。

$$E_d = 4078 \cdot \sigma_m^{0.560} \frac{1}{1 + (\Delta \epsilon_1 / 23.992 \times 10^{-4})} \{1 - 0.946(K_0 - 0.295)\} \quad (7')$$

図-7 は平均主応力 $\sigma_m = 10.86 \text{ kg/cm}^2$ の場合の $E_d \sim \Delta \epsilon_1$ の実測値と式 (7') による計算値を実線と破線で示したもので、(7') 式の計算値と実測値がかなり一致していることが認められる。

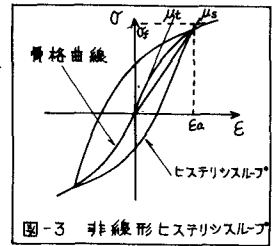


図-3 非線形ヒステリシスループ

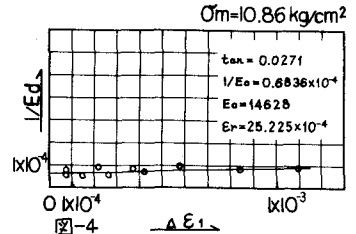


図-4

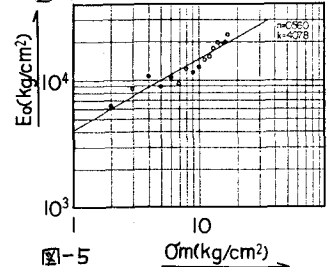


図-5

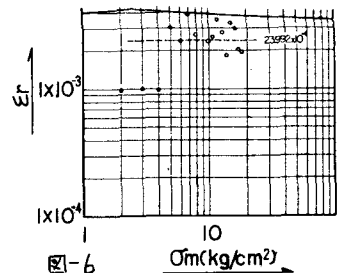


図-6

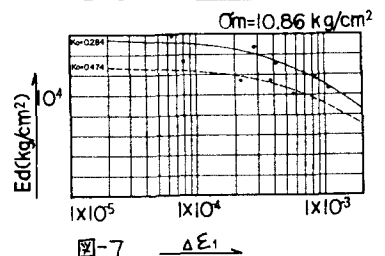


図-7

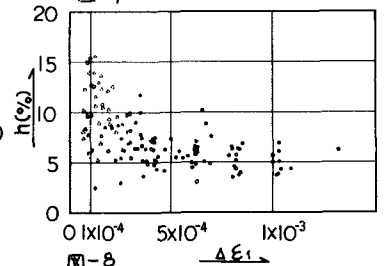


図-8