

$$\mathbf{D}^e = \frac{E_t}{(1+\nu_t)(1-2\nu_t)} \begin{bmatrix} (1-\nu_t) & \nu_t & \nu_t & 0 & 0 & 0 \\ & (1-\nu_t) & \nu & 0 & 0 & 0 \\ & & (1-\nu_t) & 0 & 0 & 0 \\ & & & (1/2-\nu_t) & 0 & 0 \\ \text{対称} & & & & (1/2-\nu_t) & 0 \\ & & & & & (1/2-\nu_t) \end{bmatrix} \quad (5.2.41)$$

Duncan - Chang モデルは簡単であるため、約 30%の地盤解析に用いられてきた²⁰⁾。

(2) 破壊接近度法（電中研方式）

破壊接近度法では、変形係数 D 、ポアソン比 ν の非線形特性は、Mohr の応力円と破壊基準とから破壊接近度（破壊余裕度） R' を定義して、 R' を指標として設定される。

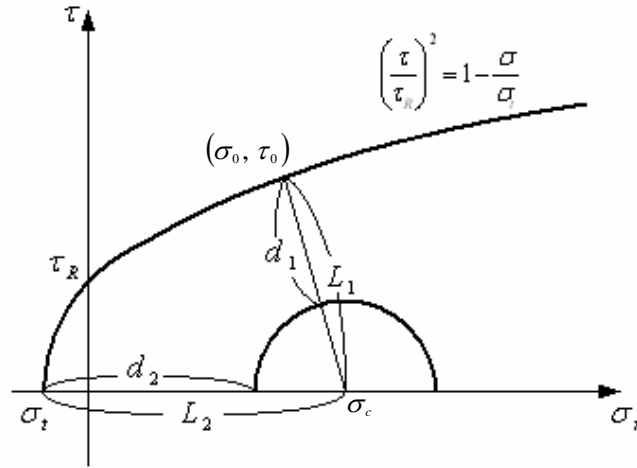


図 5.2.4 破壊基準と破壊余裕度

破壊接近度法では、せん断強度は、式 (5.2.42) で表される。

$$\tau = \tau_R \left(1 - \frac{\sigma}{\sigma_c} \right)^{\frac{1}{a}} \quad (\sigma_i < 0) \quad (5.2.42)$$

図 5.2.4 より、式 (5.2.43) ~ (5.2.46) の関係が導かれる。

$$L_1 = \sqrt{(\sigma_c - \sigma_0)^2 + \tau_0^2} \quad (5.2.43)$$

$$d_1 = L_1 - \sigma_R \quad (5.2.44)$$

$$L_2 = |\sigma_c - \sigma_i| \quad (5.2.45)$$

$$d_2 = L_2 - \sigma_R \quad (5.2.46)$$

破壊接近度（破壊余裕度） R は、各計算ステップで発生している応力と破壊基準から式 (5.2.47) より定義される。

$$R = kR' = k \min \left\{ \frac{d_1}{L_1}, \frac{d_2}{L_2} \right\} \quad (5.2.47)$$

ここで k は緩み定数である。

変形係数 D およびポアソン比 ν は、破壊接近度（破壊余裕度） R を用いてそれぞれ式（5.2.48）および式（5.2.49）のように表現される。

$$\frac{D-D_f}{D_0-D_f} = \begin{cases} 1 & (R \geq 1.0) \\ R^m & (0 < R < 1.0) \\ 0 & (R \leq 0.0) \end{cases} \quad (5.2.48)$$

$$\frac{\nu-\nu_f}{\nu_0-\nu_f} = \begin{cases} 1 & (R \geq 1.0) \\ R^n & (0 < R < 1.0) \\ 0 & (R \leq 0.0) \end{cases} \quad (5.2.49)$$

ここで D_0 は初期変形係数、 D_f は破壊時変形係数、 ν_0 は初期ポアソン比、 ν_f は破壊時ポアソン比（通常 $\nu_f = 0.45$ を用いる。） m と n は非線形特性指数（通常 $n = m/2$ とする。）である。なお、これらの特性値は、岩石試験結果より設定されることが多い。また、Duncan-Chang モデルと同様に、構成マトリックスが得られる。

地山の安定性は、地山の各要素の応力状態と破壊基準との関係から求められる破壊接近度（破壊余裕度） R' 、局所安全係数 F_L 、それらに基づいて設定される緩み領域の広がり等から検討される。局所安全係数は式（5.2.50）により定義される。

$$F_L = \min \left\{ \frac{L_1}{L_1 - d_1}, \frac{L_2}{L_2 - d_2} \right\} = \frac{1}{1 - R'} \quad (5.2.50)$$

5.2.3 弾完全塑性モデル

節 5.1.3 に述べたように、土には荷重を除去したあとも非回復的なひずみが存在する。このようなひずみは塑性ひずみと呼ばれる。図 5.2.5 に示すような応力 - ひずみ関係を考えてみよう。載荷時の非線形関係は、非線形弾性か塑性挙動かを決定することができないが、除荷時には、弾性材料は載荷時と同様な経路を戻り、塑性材料は別の経路をたどるため、非線形弾性か塑性挙動かを直ちに区別することができる。また、図 5.2.5 に示すように、ひずみが、除荷すると元に戻る弾性ひずみと、除荷しても回復できない塑性ひずみの和で表されると仮定する。ひずみ増分についても、同様な仮定をする。すなわち、ひずみ増分が、弾性ひずみ増分と塑性ひずみ増分の和で表される。

$$d\epsilon = d\epsilon^e + d\epsilon^p \quad (5.2.51)$$

多くの材料は降伏応力が存在する。応力が降伏応力より低い場合には、応力 - ひずみ関係は線形あるいは非線形弾性である。降伏後は、図 5.2.6 に示すように、完全塑性、硬化、および軟化的な挙動を有することが考えられる。