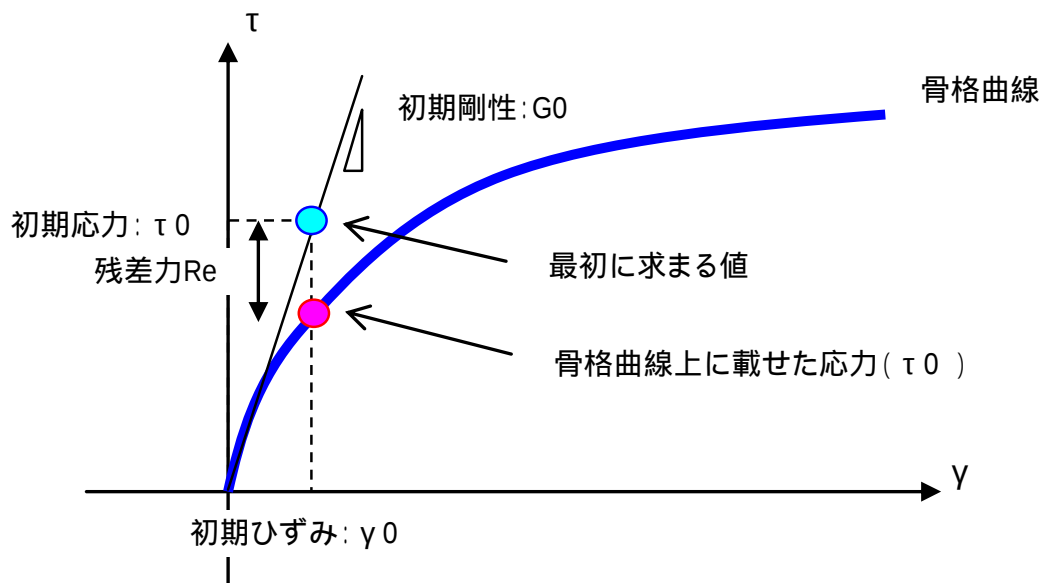


GHE モデル 履歴モデルへの初期応力の乗り移り方法改良

GHE モデルにおいて、履歴モデルへの初期応力の乗り移り方法を Soil Plus 2011 以前の処理方法から改良した。

○ Soil Plus 2011 の初期応力の乗り移り方法



初期応力 τ_0 に対して、初期剛性 G_0 により初期ひずみ γ_0 を算出する。

$$\gamma_0 = \tau_0 / G_0$$

骨格曲線上に載せるため τ_0' (●印) から履歴モデルがスタートする。

初期応力 τ_0 からの釣合いを考えると、残差力 $R_e = \tau_0 - \tau_0'$ が発生してしまう。

運動方程式で考えた場合の不釣り合い力の処理

- 増分系運動方程式（数値積分法 Newmark β 法の場合で記載）

増分変位 Δu を以下の式より算出する。

$$t = t + \Delta t$$

$$M \cdot \ddot{u}_{t+\Delta t} + C \cdot \dot{u}_{t+\Delta t} + \int_V B^T \cdot \sigma_{t+\Delta t} dV = f_{t+\Delta t}$$

$$K_e \cdot \Delta u = \Delta f + R_e + M \left(\frac{1}{\beta \Delta t} \dot{u}_t + \frac{1}{2\beta} \ddot{u}_t \right) + C \left\{ \frac{1}{2\beta} \dot{u}_t + \left(\frac{1}{4\beta} - 1 \right) \Delta t \ddot{u}_t \right\}$$

ここで、

M, C : 質量マトリックス、減衰マトリックス

K_e : 増分系運動方程式の実行マトリックス

f : 荷重ベクトル

$\ddot{u}, \dot{u}, u$: 加速度、速度、変位

R_e : 残差力ベクトル

- 残差力

残差力は、トータル荷重と内力（慣性力、減衰力、復元力）の差より算出する。

地震荷重による釣合いを考えるため、復元力 $P(u_t)$ は初期応力を差引いた値で考える。

$$R_e = f_t - (M \cdot \ddot{u}_t + C \cdot \dot{u}_t + P(u_t))$$

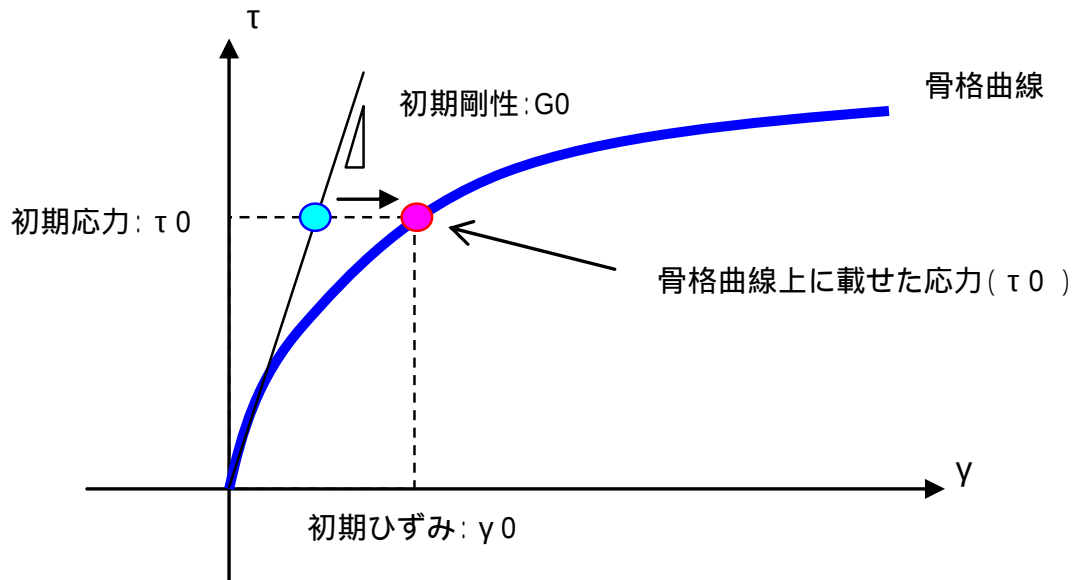
$$P(u_t) = \int_V [B]^T \{\sigma_t\} dV - \int_V [B]^T \{\sigma_0\} dV$$

- 初期せん断応力が大きい場合の問題点

トータル荷重と内力が釣合っていたとしても、必ず毎ステップ初期応力に対する

残差力 $R_e = \tau_0 - \tau_0'$ が不釣り合い力として発生してしまう。

○ Soil Plus 2012 の初期応力の乗り移り方法



初期応力 τ_0 と骨格曲線上の交点を初期ひずみ γ_0 とする。

骨格曲線上に載せた τ_0' (●印) から履歴モデルがスタートする。

$\tau_0' = \tau_0$ となるため、残差力 $R_e = 0$ となる。

初期応力に対する残差力はゼロとなるため、地震荷重との釣合いだけを考えることになる。

地震荷重にゼロが続けば、初期応力の値に収束していく。

Soil Plus 2012 は、Soil Plus 2011 に対して収束性が良くなる。
初期応力が大きくない場合は、それ程影響がない。