

PSⅢ-6

粒状裏込材の主動土圧実験と弾塑性FEMによる予測

群馬大 ⑤ 鶴飼恵三, アリゾナ大 C. S. Desai

1. まえがき

高さ48cm,幅96cm,奥行5cmのアルミ棒積層体（直径3mmと1.6mmを重量比2:3で混合）を作成し、主動土圧と裏込材の変形量を測定した（図. 1. 文献（1））。別に要素試験を行い、簡便な粒状体の構成モデルの仮定のもとでパラメータ値を決定し、弾塑性FEM計算を行った。理論と実験は良い一致を見た。

2. 簡便な粒状体の力学モデルと要素試験（図. 2）

裏込材は、Roweのダイレイタンシー式

$R = \sigma_1 / \sigma_2 = K(-d\varepsilon_1^p / d\varepsilon_2^p)$ と双曲線応力歪関係式 $R = 1/K_0 - \gamma^p / (a + b\gamma^p)$ に従うと仮定した。 K_0 は要素試験での静止土圧係数。 $\gamma^p = \varepsilon_1^p - \varepsilon_2^p$ は最大塑性せん断歪。要素は、5cm高さごとにしめ固めて作成した。これは土圧実験の裏込材の作成方法と同じである。しかし、要素試験では $K_0 = 0.53$ に対し、土圧実験では0.98となった。この違いは後述のFEM計算では考慮されている。要素試験の結果は前述の構成式に十分適合した。要素試験では上下圧（ σ_1 ）を一定とし、側圧（ σ_2 ）を減少させ、主動土圧実験での裏込内の応力状態を再現するよう工夫した。このとき σ_1 は裏込内の平均圧に近い値に設定すべきだが、低拘束圧下では上下・側面板とアルミ棒との間の摩擦の影響が大きくなるので、それを打ち消すべく $\sigma_1 = 527.4 \text{ gf/cm}^2$ で実験した。なお、 $\sigma_1 + \sigma_2$ は減少するので圧密の影響はない。

3. 弾塑性FEM

メッシュ分割の一部を図. 1に示す。裏込材と壁面の間には弾完全塑性ジョイント要素を置いた。壁面の摩擦角 $\phi_j = 15^\circ$ は別の実験より決定した。壁面のダイレイタンシー角 $\psi_j = 0^\circ$ とした。関連流れ則を仮定すると $\psi_j = 15^\circ$ だが、後述のごとく $\psi_j = 15^\circ$ にすると裏込内の最大せん断歪 γ を小さく見積もってしまう。ジョイント要素の弾性係数 $E_j = G_j = 1 \times 10^6 \text{ gf/cm}^2$ とした。これは壁面と裏込間にすきまが生じないように大き目にとった。

裏込材のヤング率 E とポアソン比は要素試験の応力歪曲線の初期勾配より求めた。また E は初期拘束圧の平方根に比例すると仮定した。 E の応力依存性に関する理論式がある（文献（2））が、低拘束圧下での依存性については明確でない。後述の如く、初期の弾性係数は土圧と壁変位の関係に大きく影響するので、その値の決定には注意を要する。他の定数 K , a , b は拘束圧に無関係に一定とした。関連流れ則を仮定する

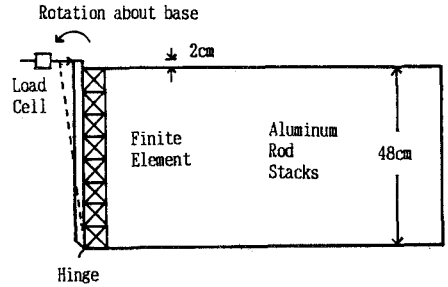


図. 1 土圧実験装置

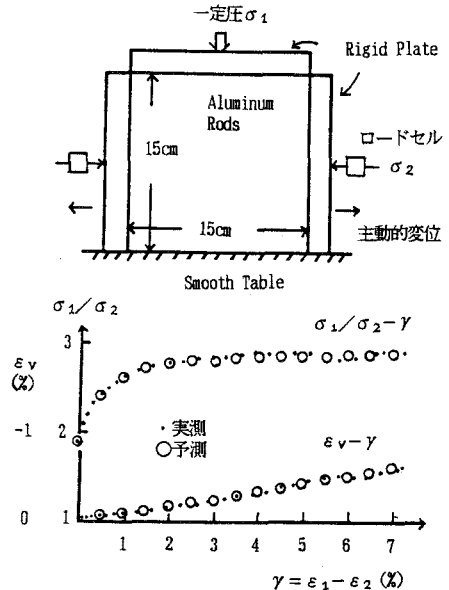


図. 2 要素試験と得られた応力-歪関係

と $K=1$ とすべきであるが、後述の如くこれに近い状態では裏込材の表面沈下量を相当小さく見積もってしまう。bは ϕ' の関数だが、粒子破碎の起こらない低拘束圧下では一定と言われている(文献(3))。aは応力・（塑性）歪曲線の初期勾配に反比例する量である。以上を要約すると裏込材の塑性変形挙動は拘束圧に依存しないと仮定したことになる。

4. 実験結果と考察

図. 3に高さ50cmの位置で測定された擁壁土圧 P と水平変位 δ 、及びFEM計算結果を示す。両者は良く一致している。 δ が大きいとき計算値が少し大きくなるのは、メッシュ分割が少し粗いためである。メッシュ分割を細かくすると、ほぼ実測値に一致し、Coulomb土圧値に近い値に収束するであろう(文献(4))。裏込材のヤング率 E を変えると初期勾配が変化するが収束値は変化しない(図. 3)。図. 3中の Δ は E が拘束圧に比例すると仮定したときの計算結果である。この仮定は3.の最後の仮定と合わせると、要素試験で得られた応力歪曲線(σ_1/σ_3 - γ 関係)の形が拘束圧に依存しないという仮定と同じであるが、破線の初期勾配は実測値よりかなりゆるい。図. 4(a),(b),(c)は裏込内の最大せん断歪 γ の分布である(擁壁の水平変位2cmのとき)。(a)は実測値、(b)は計算値であり両者は良く一致する。壁面のジョイント要素に関連流れ則($\psi_j=15^\circ$)を仮定すると γ の計算値は全体的に0~3%小さ目になる。また裏込材に関連流れ則に近い状態($K=1.5$)を仮定すると裏込内の塑性化部分の勾配が急になる((c)図)。すなわち関連流れ則は変形を正確に予測できない。図. 5は裏込表面の沈下量である(水平変位2cm)。実測と計算の対応は悪くない。この場合も裏込材に関連流れ則に近い状態を仮定すると沈下量を相当小さく見積もってしまう(図. 5の $\times$ 印)。(③ $K=1$ のとき関連流れ則仮定となるが、FEM計算が途中で発散するため $K=1.5$ とした)

5. 参考文献

- (1) 鶴飼他；第24回土質研究発表会(1503-1504) (2) Lade et al. ; Computers & Geotechnique, Vol.7(1989) (3) Pradhan, 龍岡, 堀井; S & F, 28-3(1988) (4) 鶴飼; S & Fに投稿中

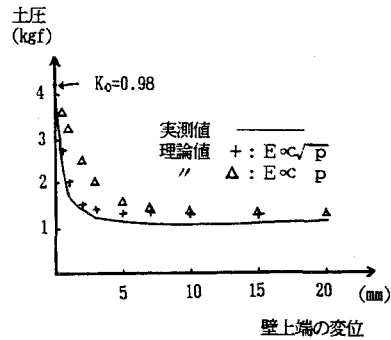


図. 3 土圧と壁上端の水平変位の関係



図. 4 最大せん断歪 (%)

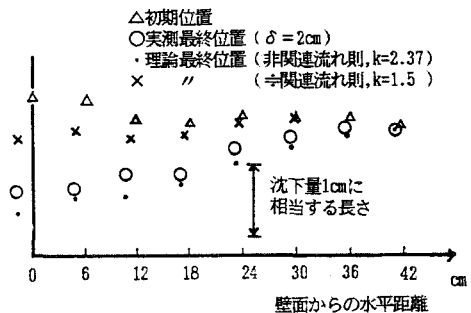


図. 5 裏込表面の沈下