

平成21年度 論文賞

Soil-water coupled finite deformation analysis based on a rate-type equation of motion incorporating the SYS Cam-clay model

(SYS Cam-clay modelを搭載した速度型運動方程式に基づく水～土連成有限変形解析)

Soils and Foundations, Vol.48, No.6, pp.771-790, Dec., 2008.



野田利弘¹⁾



浅岡 顕¹⁾



中野正樹¹⁾

¹⁾ 名古屋大学

これまで著者らが「単一の理論体系化」を目指して進めてきた

①砂から中間土、粘土まで土と地盤の種類を問わず (**All Soils**)、

②変形を通じて破壊に至るまでの全ての力学状態 (**All States**)

を対象にした、SYS Cam-clay model^{*}を搭載した(準)静的解析を拡張的に発展させ、

③静的・動的を区別せずあらゆる外力形態 (**All Round**)に対応できるように、

慣性力対応の水～土骨格連成の有限変形解析の方法を新たに示した。

^{*} SYS Cam-clay model: 土の骨格構造(構造, 過圧密, 異方性)の働きに着目し, 粘土～中間土～砂を同一理論体系で記述する土の弾塑性構成式

解析手法の特徴

何が新しいのか

①運動方程式の定式化:

$u-p$ formulationに従う間隙水と土骨格の二相混合体の運動方程式に対して土骨格から見た物質時間微分をとり、**土骨格の躍度(加速度の時間微分)項を有する飽和土の速度型運動方程式**を新に書き下している。
→支配方程式の段階から幾何的非線形性を考慮してup-dated Lagrangian法に基づく計算を行うためであり、土骨格の速度型構成式の素直な使用も可能にしている。

②時間に関する差分解法:

上記運動方程式を二相系連成場で解くために、弱形式と有限要素離散化の結果得られる常微分方程式の陰的差分解法として、加速度ではなくてその微分の躍度について**「線形躍度法」とでも言うべき計算方法**を示している。

どのような解析が可能となったか！

例えば地震前・地震中・地震後のように、**地盤に作用するあらゆる外乱の時刻歴**に対応して、**圧密が起こるのか締固めなのかあるいは液状化か、また地震や液状化の後には何が起こるのか等々、つまり地盤に次々と何が起るかの時刻歴解析が可能**になった。

これに対し、従来の専用解析では・・・

従来は同じ地盤を対象にしながらも、例えば、圧密が起こると考えるから圧密専用コードを、破壊すると考えるから支持力専用コードを、液状化すると考えるから液状化専用コードを使ってきた。
→このような専用解析コードは、地盤に何が起こるのかについては、答えることができない。

論文中で示した方法論の適用事例

最単純の事例として、「砂」の側圧一定・部分排水動的/静的三軸試験を取り上げ、供試体やその内部で締固めと液状化、さらに液状化後の圧密の様子を示した。

計算条件: 有限要素メッシュ図など

単調非排水せん断時には図2(a)の挙動を示す供試体に対して、荷重制御で図2(b)の低周波と高周波の20回繰り返しせん断(振動)を与えた後、放置した。

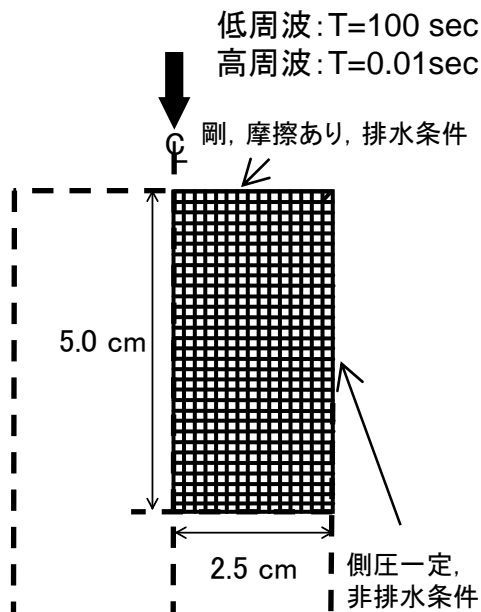


図1 「1/4断面」供試体

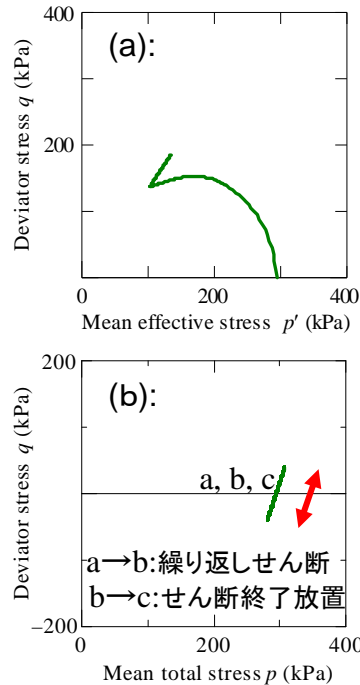


図2 軟化後硬化挙動と荷重条件

計算結果: 供試体の締固めと振動後圧縮※1

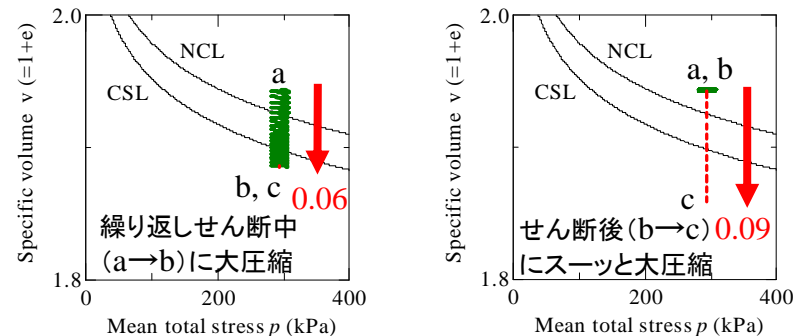


図3 低周波: 締固め 図4 高周波: 液状化とその後の沈下 次の図(比体積変化)をクリックして下さい。動画が再生されます。

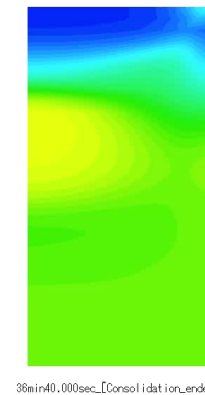
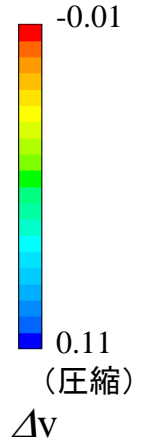


図5 低周波



図6 高周波



※1 土要素の挙動は論文をご覧ください。

※2 本論文の計算技術はすでに、粘土/砂の自然堆積地盤、砂混じり粘土(中間土)からなる埋め立地盤、そして盛土等土構造物の地震中・地震後の変形・破壊照査に使われている。国交省HP: <http://www.mlit.go.jp/common/000037000.pdf>, <http://www.geoasia.jp/>等参照。