



地盤工学会論文賞を受賞して

野田 利弘 (のだ としひろ)

名古屋大学大学院教授 工学研究科
社会基盤工学専攻

浅岡 顕 (あさおか あきら)

名古屋大学名誉教授
助地震予知総合研究振興会

中野 正樹 (なかの まさき)

名古屋大学大学院教授 工学研究科
社会基盤工学専攻

このたびは、SOILS AND FOUNDATIONS, Vol. 48, No. 6 に掲載の論文「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)」に対して、栄誉ある平成21年度地盤工学論文賞を授賞していただきましたこと、誠に光栄に存しております。著者ら3名はもちろんのこと、研究室全体が大いに励まされており、心よりお礼申し上げます。

著者らは、これまで、構成式に著者らによる SYS Cam-clay model を搭載した水～土骨格連成の(準)静的有限変形解析を行い、①砂から中間土、粘土まで土と地盤の種類を問わず (All Soils)、また②変形を通じて破壊に至るまでのすべての力学状態を (All State)、時刻歴に、単一の理論体系の下で解析を進めてきました。単一の理論体系というのは、二つの事柄を意味しています。一つは SYS Cam-clay model が、砂から中間土、粘土まで稠密に存在する様々の土を、過圧密の解消速度、構造の劣化速度、誘導異方性の進展速度の三つの速度を操作することによって、すべて同じ理論の枠組みで扱えるという意味です。単一の理論体系の二つ目の意味は、力のつり合い式の増分形を作るときに現れるいくつもの幾何的非線形項を基礎方程式の段階から正しく取り入れた有限変形解析が、通常の圧密変形のように外力仕事の増分が正の Stable State の解析だけにとどまらず、荷重がピークを過ぎたあとの支持力問題のように外力仕事の増分が負 (Unstable State) に転じてゆく過程をも連続して計算できるという意味です (SOILS AND FOUNDATIONS, Vol. 40, No. 2, pp. 285～301等を参照ください)。

受賞論文では、この「単一の理論体系」の延長線上で、(準)静的問題というしほりを取り払い、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、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ものです。以上の①～③によって、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こるかの時刻歴解析が可能になりました。従来は同じ地盤

を対象にしながら、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ました。しかしこのような専用コードは、専用であるがゆえにどの一つも、地盤に何が起こるのかについては答えることができません。地盤に何が起こるのか、本論文の地盤解析コードの目的はこれを実現することにあります。本論文が、Terzaghi 以来長い間、透水・圧密・支持力・土圧など問題ごとの専用理論の集積となってきた土質力学を、新しい統合的な方向に向ける一つのきっかけになればと考えています。

さて静的・動的を区別せずと言っても、本論文は既存の「動的解析」手法とは異なる新たな定式化と時間に関する差分法を提示しています。まず混合体理論に基づいて $u-p$ formulation で定式化した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 (固相) 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たに書き下しています。これは支配方程式の段階から幾何的非線形性を考慮するためであるとともに、土骨格の速度型構成式の素直な使用も可能にしている、ごく自然な計算力学のアプローチだと考えています。つぎにこれを二相系の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」とも言うべき計算方法を示しています。これらの算法が上述①～③の三つの“All”の下支えをしています。

本論文では、砂の部分排水動的／静的三軸試験を取り上げ、供試体やその内部での締固めと液状化、さらに液状化後の圧密の様子を示していますが、これは方法論を述べる論文の適用事例としては最単純がよいと考えたからです。なお、粘土／砂の自然堆積地盤、砂混じり粘土 (中間土) からなる埋立地盤、そして盛土等土構造物の地震中・地震後の変形・破壊照査などに対して本論文の解析技術を適用していますが、その事例について興味のある方は次の URL (国交省 HP: <http://www.mlit.go.jp/common/000037000.pdf>, <http://www.geoasia.jp/> 等) をご覧いただけると幸いです。

(原稿受理 2010.5.22)