

# UC-1 地盤解析シリーズ

特集2

フォーラムエイトでは、地盤解析分野における高度解析ソフトウェアの製品化に取り組み、この2004年4月にUC-1新シリーズとして「地盤解析シリーズ」第1弾、第2弾の製品を発表致しました。解析部には先進的な研究と豊富な実績を有する「群馬大学鵜飼研究室」の地盤解析プログラムを用いています。以下にその概要を紹介いたします。

## ■新シリーズ提供の背景

フォーラムエイトでは、高度数値解析を実設計に取り入れ「性能設計」を支援するツールを積極的に提供しています。コンクリートの構造物については、東京大学コンクリート研究室のWCOMDの製品化をはじめ、UC-win/FRAME(3D)など現在もさらなる高度化要求に応えるソフトウェアを提供しております。

地盤解析シリーズは、地盤解析分野における先進的な研究と豊富な実績を有する「群馬大学鵜飼研究室」の解析プログラムを弊社が製品化したものです。UC-win/UC-1シリーズと同様に、ローコスト、ハイパフォーマンスな優れた製品となっています。2004年3月25日、UC-1地盤解析シリーズの発表セミナーを、東京本社GTタワーセミナールームにて開催いたしました。新シリーズ発表を記念して解析部開発者である群馬大学工学部鵜飼恵三教授をお招きし、記念講演も実施しています。「3次元地すべり解析について」は、鵜飼恵三教授、「地盤の動的有効応力解析について」は、蔡飛助手にご講演いただきました。当日は年度末多忙な時期にもかかわらず、多くの弊社ユーザ様にご参加いただき、高い関心が伺われました。

## ■地盤の動的有効応力解析(UWLC)

現在、設計で用いられている液状化判定方法には、以下のものがあります。

1)簡単な判定方法(土質調査、試験結果をもとにした簡易判定)

1-1)限界N値法…港湾の施設の技術上の基準

1-2)FL値法…道路橋示方書耐震設計編、建築基礎構造設計指針

2)詳細な判定方法(地震応答解析による詳細判定)

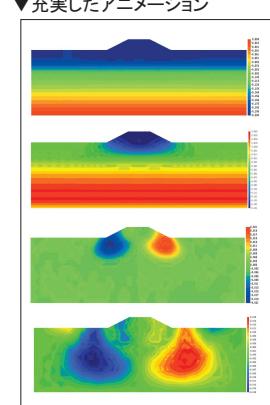
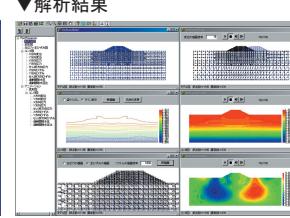
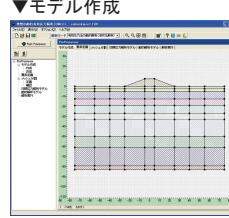
2-1)1次元動的有効応力解析により求まる過剰隙間水圧比などによる判定

2-2)1次元全応力解析により繰り返しせん断応力比を求め、室内液状化試験

により液状化強度比(動的せん断強度比)を求め、両者の比をとって液状化に対する安全率FLを算出する。

上記1-2)については、N値、粒径、細粒分含有率、塑性指数、土の単位重量、地下水位などから推定式により動的せん断強度比R、地震時せん断強度比Lを求めて、両者の比であるFL( $=R/L$ )を安全率として判定の指標とするもので、各種基準に記述があることや、その簡便性から実務において数多く利用されています。ただし、地形や地盤条件が複雑で、簡易な判定方法では液状化判定が難しい場合には、構造物の重要度に応じて、上記2)に示す詳細な判定方法を適用する必要があります。

また、上記2-2)の簡易計算としてSHAKE(カリフォルニア大学で開発された、等価線形化法を適用した水平成層地盤の地震応答解析プログラム)を利用した液状化判定が行なわれることが多いですが、本製品では、1次元解析において有効応力法および非線形全応力法による地震応答解析をサポートしているため、上記2-1)、2-2)の両者の方法による詳細な液状化判定を行なうことができます。詳細は当社ホームページ <http://www.forum8.co.jp/product/uc1/jiban/pdf/uwlc.pdf>をご覧ください。



## ■3次元地すべり斜面安定解析(LEM3D)

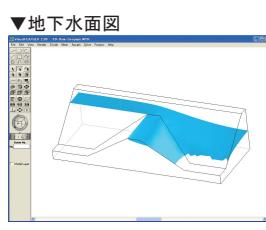
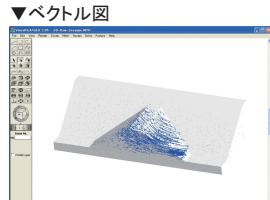
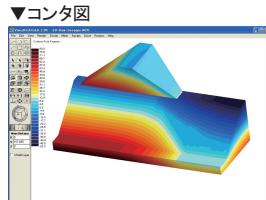
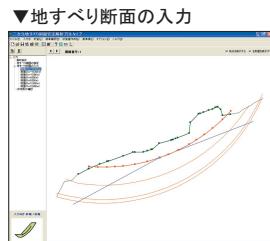
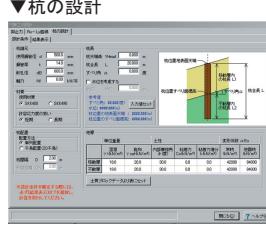
これまで斜面の安定計算は二次元平面ひずみ状態を仮定して行うのが普通でした。一方、実際の斜面は地形やすべり面が三次元形状を示すため、三次元斜面安定解析が必要になる場合がしばしばあります。三次元斜面安定解析を行う利点として次の3点が考えられます。

(1)三次元効果は意外に大きい: 実際の崩壊斜面では、三次元安全率が二次元安全率の1.2~1.3倍程度になることが十分あります。この差異は異なった二次元解析法(たとえば簡便分割法と簡易ビショップ法)の間の違いにより大きい。

(2)逆算強度定数の過大評価: 地すべりなどですべり面の強度定数c、φを逆算する場合、二次元仮定ではc、φを過大評価してしまう。

(3)経済性: 一般に三次元安全率は二次元安全率より大きいので、設計上二次元安全率を用いると不経済になる可能性がある(たとえば、破壊幅があらかじめ予測できる山間部のフィルダムや狭い掘削などで)。

以上は、極限平衡法の立場からの利点ですが、変形を考慮する場合には、より多様な利点が考えられます。たとえば、抑止杭を計画する場合、最も危険な断面付近に杭を密に配置し、すべり領域の端部付近では疎に配置することが効率的と考えられます(ただし、このような抑止杭の配置計画は、厳密には地盤と杭の変形まで考慮した解析(たとえばFEM)を行うことで可能になります)。



## ■3次元浸透流解析(VGFlow)

地盤の中には地下水が流れていますが、地盤形状の変化、地下水自体の変動、降雨などによって、地下水の流れが変わります。地下水の変動による影響などを解明するには、土中水の挙動を的確に把握しなければなりません。

有限要素法は土中水の挙動を把握するための有力な方法のひとつです。有限要素法による浸透流解析がZienkiewicz & Cheungにより最初に提案され、繰返し計算により地下水水面の位置が決定されました。彼らの提案した方法は、飽和領域内の地下水の挙動だけを対象とした解析であるために、地下水面上より上部の不飽和領域(毛管水帯、懸垂水帯など)は考慮されていません。しかし、降雨などが斜面や地すべりの地盤内に侵入するとき、不飽和領域を通して侵入するため、不飽和領域内の浸透を考えなければなりません。このため、不飽和領域を考慮した有限要素法による浸透の解析手法が研究されてきました。

この解析手法は地盤の不均質性の導入が容易であり、境界での水位の変動や降雨条件にも簡単に導入できるなど利点を有していますが、不飽和領域も解析の対象としているために、不飽和領域内の浸透特性である不飽和浸透特性と体積含水率との関係、体積含水率と負の圧力水頭の関係が必要となります。一方、斜面や地すべり地盤内の定常状態の地下水水位を計算するときには、降雨などの水の浸入が無いため、地下水の分布が飽和の透水係数だけに影響されることが明らかにされてきました。したがって、不飽和透水係数と飽和透水係数の割合を $10^{-3}$ のような小さな小さい値と仮定すれば、メッシュが固定される有限要素法による地下水水面を求める解析方法と同じになります。したがって、現在では有限要素法による飽和-不飽和浸透流解析が最もよく用いられている方法です。

今日、計算機は高速化や大容量化が進み、パソコンでも有限要素法による高度な解析が十分行えるようになり、計算に要するコストが大幅に低下した。ユーザーにフレンドリーなプリポストを付ければ、入出力が短時間で完成でき、実際の設計にも使えるようになると考えられます。

## ■3次元弾塑性地盤解析

群馬大学鵜飼研究室のGA3Dをベースに製品化。

(1)線形弾性解析 (2)せん断強度低減法によるすべり面の想定と安全率の算出 (3)段階的の変位による地盤の挙動解析 (4)段階的の荷重による地盤の挙動解析 (5)施工ステップを考慮した線形弾性解析 (6)施工ステップを考慮した弾塑性解析 (7)施工ステップを考慮した弾塑性解析とせん断強度低減法による安全率の算出

・外部メッシュデータの読込にも対応予定。

・オートメッシュ機能。リメッシング機能。・汎用メッシュジェネレータVisualFEAによるモデル作成。

・掘削・盛土などの施工段階を考慮した解析に対応。リストア機能。・PrePost部はVisualFLUX(¥250,000 ※税込 ¥262,500)を使用。

・降伏基準にMohr-Coulomb式、塑性ポテンシャルにDrucker-Prager式を用いた非関連流れ則を適用。地盤の挙動を精度良く表現。

UC-1地盤解析シリーズ製品	定価	リリース
① 地盤の動的有効応力解析(UWLC)	¥580,000.(¥609,000)	2004年3月
② 3次元地すべり斜面安定解析(LEM3D)	¥300,000.(¥315,000)	2004年3月
③ 3次元浸透流解析	¥480,000.(¥504,000)※	2004年8月
④ 3次元弾塑性地盤解析	¥480,000.(¥504,000)※	2005年(予定)

※ 解析部のみの価格。プレポスト機能の利用は、VisualFEA(別売: 25万円)が必要。