

投稿論文 (和文ノート)

**TECHNICAL
NOTE**

地震時地盤の同定問題に適用する 非線形最適化手法の比較

辻原 治*・沢田 勉**・平尾 潔***

本研究では、重複反射理論により周波数領域で定式化された成層地盤同定問題の特徴について考察するとともに、非線形最適化手法として Gauss-Newton 法、DFP 法および著者らが提案した改良 SLP 法を適用し、それらの有効性を比較した。数値計算により、改良 SLP 法は、解の収束性で Gauss-Newton 法と同程度の効率を期待でき、大域的収束性でも優れていることを示した。

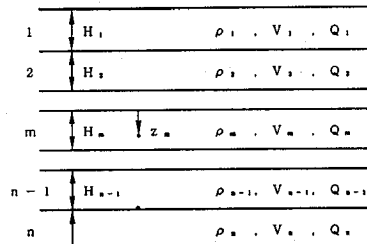
Key Words : identification, dynamic soil properties, nonlinear programming algorithm

1. まえがき

近年、国内外で種々の目的により、地表及び地中に設置した地震計による地盤震動の同時観測が多く実施されるようになった。このようなアレー観測記録の利用法として、地震時地盤の動特性の同定が考えられる。地震時の実地盤の動特性については、現在でも不明な点が多いため、鉛直アレー観測記録を用いて実地盤を同定することは耐震工学上有用であると考えられる。

地盤を含めた各種振動系の同定問題は、観測記録より得られるある種の物理量とモデルの残差平方和を目的関数として、これを最小化するという最適化問題として定式化できる。目的関数は、一般に、同定すべきパラメータの非線形な関数であり、これを最小化するために非線形最適化手法が用いられる。そのような最適化手法はこれまで種々提案されているが、それぞれ長所・短所があり、対象とする最適化問題に応じた手法を適用することが重要である。著者らは、SLP 法（反復線形計画法；Successive Linear Programming）におけるアルゴリズムの簡便性、利便性、安定性に着目し、これらの長所を生かしたまま、短所である解の収束性を改善するため、目的関数の 2 次微係数まで扱えるように手法を改良した¹⁾。

本論文は、地震時地盤の同定において、参考文献 1) で提案した MSLP 法（改良 SLP 法）の有効性（収束性、ノイズの影響、初期値の影響）を、GN 法（Gauss-Newton 法）および DFP 法（Davidon-Fletcher-Powell 法）と比較することにより検証することを目的とする。



図—1 水平成層地盤モデル

2. 地盤同定問題

図—1 に示すような水平成層構造をもつモデル地盤において、各層の層厚 H_m および密度 ρ_m を既知として、S 波速度 V_m と Q 値 Q_m を同定する問題を考える。いま、地盤の第 m 層内および基盤（第 n 層）上面で、地盤震動加速度の同時観測記録が得られているとする。これらの記録のフーリエスペクトルを $X_m(f)$ 、 $X_n(f)$ とし、SH 波の重複反射を仮定すると、それらと地表面加速度の複素振幅 $X_0(f)$ の間にはつぎの関係がある²⁾。

$$X_m(f) = \gamma_m(f; \alpha) X_0(f) \dots \dots \dots (1)$$

$$X_n(f) = \gamma_n(f; \alpha) X_0(f) \dots \dots \dots (2)$$

ここで、 f は振動数であり、 $\alpha = (\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_N)$ は同定すべきパラメータ V_m 、 Q_m を一般的に表したものである。また、 $\gamma_m(f)$ 、 $\gamma_n(f)$ は地表面に対する加速度スペクトル振幅の低減率である。 α が正しい値の場合には、式 (1) および (2) は厳密に成立するが、一般には α は未知であるので、それらは近似的にしか成り立たない。

そこで、つぎに示す目的関数を採用し、これを最小化することにより、パラメータ群 α を推定することとする。

$$S(\alpha) = \sum_{i=1}^N \{ |X_m(f_i)/X_n(f_i)| - |\gamma_m(f_i; \alpha)/\gamma_n(f_i; \alpha)| \}^2 \rightarrow \min \dots \dots \dots (3)$$

* 正会員 工修 和歌山工業高等専門学校助教授 土木工学科
(〒644 御坊市名田町野島 77)
** 正会員 工博 徳島大学助教授 工学部建設工学科
*** 正会員 工博 徳島大学教授 工学部建設工学科

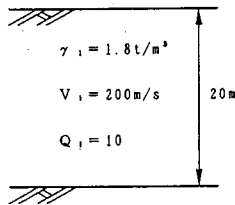


図-2 1層地盤モデル

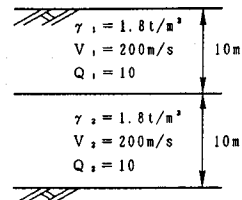


図-4 2層地盤モデル

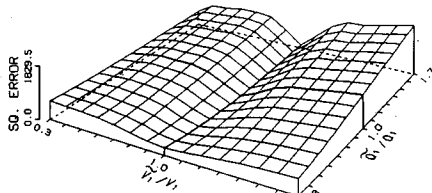


図-3 目的関数の断面図 (V_1-Q_1)

ここに、 f_i は対象とする振動数領域を分割したときの i 番目の振動数点、 Nf はそのときの振動数点の総数である。以下の数値計算では、0.1~10.0 Hzの周波数帯を対象とし、 $Nf=101$ とする。

3. 地震時地盤同定問題の特徴

最適化手法の適用性を比較する前に、地盤同定問題の特徴とくに目的関数の形状について若干の考察を加える。

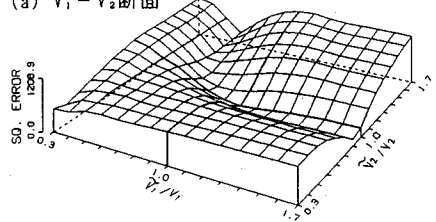
(1) 1層地盤における目的関数の形状

図-2に示す基盤上の1層地盤において、地表と基盤 (GL-20 m)での振動のスペクトルをそれぞれ式(3)の $X_m(f)$, $X_n(f)$ とし、 V_1 , Q_1 が種々の推定値 \tilde{V}_1 , \tilde{Q}_1 をとるときの目的関数(式(3))を計算した。これを図-3に示す。ただし、 $X_m(f)$, $X_n(f)$ は実際の観測記録から求めたものではなく、基盤加速度スペクトルの振幅を1とし、図-2の地盤係数(以後、真値とよぶ)により地表加速度をシミュレートして用いている。また、式(3)の中での γ_m , γ_n は、 \tilde{V}_1 と \tilde{Q}_1 を用いて重複反射理論より計算した。図-3における横軸は真値で基準化したS波速度とQ値の推定値 \tilde{V}_1/V_1 , \tilde{Q}_1/Q_1 である。図より、目的関数は、Q値にかかわらず、 $\tilde{V}_1/V_1=1.0$ 付近で明確な谷をもつことがわかる。一方、 \tilde{Q}_1/Q_1 軸方向では、目的関数はなだらかに変化し、S波速度が真値から少しずれると、山や谷のない単調な増減となっている。これらのことから、S波速度とQ値は互いに性質が異なるパラメータであり、Q値の同定精度はS波速度のそれに依存するところが大きいといえる。

(2) 2層地盤における目的関数の形状

図-2に示す地盤モデルを同じ層厚をもつ2層に分け、別々の層であるものとして、未知変数と目的関数の関係を考察する。図-4に地盤モデルを示す。ここでも、

(a) V_1-V_2 断面



(b) Q_1-Q_2 断面

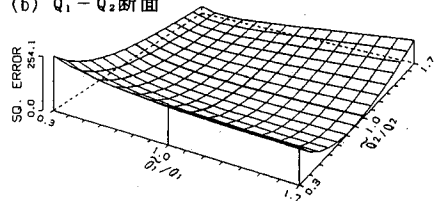


図-5 目的関数の断面図

(1)と同様に、地表と基盤での観測記録をシミュレートして用いた。図-5の(a)に、Q値を真値とし($\tilde{Q}_i=Q_i$)、S波速度の推定値 \tilde{V}_1 , \tilde{V}_2 が種々の値をとるときの目的関数を示す。この図から、目的関数は明確な谷をもち、 $\tilde{V}_1/V_1=\tilde{V}_2/V_2=1.0$ で最小になることがみてとれる。また、同図(b)には、S波速度を真値とし($\tilde{V}_i=V_i$)、Q値の推定値 \tilde{Q}_1 , \tilde{Q}_2 が種々の値をとるときの目的関数を示す。図の(a)と比較して、目的関数の断面が大変浅くなめらかであることより、目的関数に及ぼすQ値の影響はS波速度に比べてかなり小さいことがわかる。

以上のように、式(3)の目的関数に及ぼすS波速度とQ値の影響が異なることより、パラメータの収束性という点から効率のよい最適化手法の適用が望まれる。

4. 地盤同定問題に対する非線形最適化手法の適用性

前述の地盤同定問題にMSLP法、GN法およびDFP法を適用し、その有効性(収束性、ノイズの影響、初期値の影響)を比較する。なお、MSLP法については文献1)、GN法とDFP法については成書³⁾にその説明をゆずる。

(1) 収束性の比較

図-4に示す2層地盤において、基盤加速度を有帯域

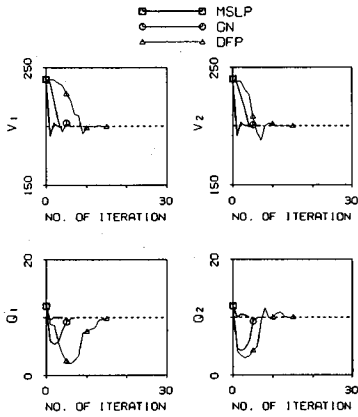


図-6 S波速度とQ値の収束状況(ノイズなし)

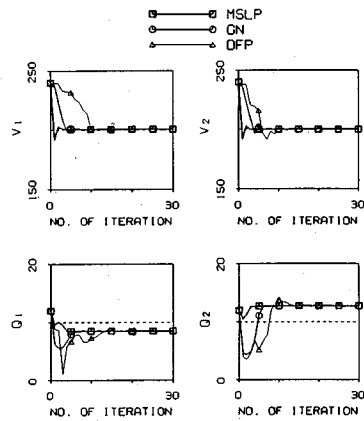


図-8 S波速度とQ値の収束状況(ノイズあり)

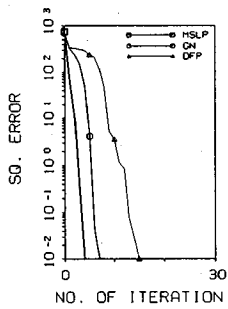


図-7 残差平方和(ノイズなし)

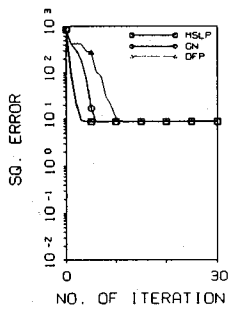


図-9 残差平方和(ノイズあり)

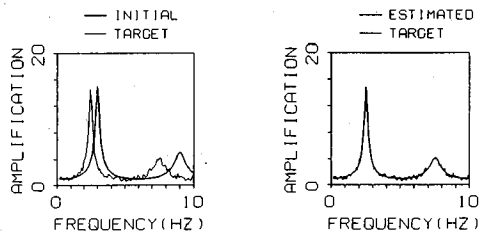


図-10 周波数応答倍率(ノイズあり)

ホワイトノイズ(帯域幅0.1~10.0 Hz, $\Delta t=0.01$ sec, 継続時間 20.48 sec)とし, パラメータの真値より地表での加速度を重複反射理論とフーリエ変換によりシミュレートし, 観測波形として用いた。

S波速度, Q値の初期値は真値の1.2倍の値として, 式(3)の目的関数を用いて同定を行った。MSLP法において move limit を規定する係数 ξ , c および d はそれぞれ 0.1, 0.9, 0.01 とした。GN法およびDFP法においては, 収束安定性に対する配慮から, 各反復過程での一次元探索における変数の修正量の自乗和の平方根が20を越えないようにしている。図-6に各手法によるS波速度とQ値の収束状況を示す。横軸は反復計算回数であり, 図中の破線は各変数の真値に対応する。図より, 未知変数はどの手法を用いても真値に収束しているのがわかる。図-7には反復過程における残差平方和(式(3)の目的関数の値)を示す。収束判定基準とした 10^{-2} を満足するのに要した反復計算回数は, MSLP法が最も少なく, つづいてGN法, DFP法の順であり, 計算時間はそれぞれ26秒, 84秒, 166秒であった(エプソンPC-386を使用)。MSLP法における move limit, GN法とDFP法における一次元探索の方法や修正量の上限の設定の仕方によって, 収束速度に多

少違いが生じるが, MSLP法はGN法と同程度あるいはそれ以上の効率が期待できることがわかった。

(2) ノイズの影響の比較

記録に含まれるノイズの影響を検討するために, (1)でシミュレートした加速度波に, それぞれの最大振幅の10%の振幅をもつホワイトノイズを付加して, 観測記録の代わりに用いた。ただし, それらから周波数応答倍率を求める際, 波形より得られるスペクトルは平滑化していない。図-8にS波速度およびQ値の収束状況を示す。各層のS波速度は, 適用した手法によらず, ほぼ真値に収束している。Q値については, 従来の研究で指摘されたように⁴⁾, ノイズの影響を受け真値には収束していないが, 3手法ともほぼ同じ値に収束している。また, 図-9の残差平方和は, MSLP法, GN法およびDFP法でそれぞれ5回, 6回および11回程度の反復計算の後一定の値に収束している。図-10に, 周波数応答倍率の目標値(TARGET)と, 初期値(左図のINITIAL)およびMSLP法を適用した場合の収束値(右図のESTIMATED)による周波数応答倍率を示す。

このように, 記録に含まれるノイズが各手法に及ぼす影響の程度については, あまり差がみられなかった。なお, ノイズの影響を軽減するための方法としては著者らによる別の報告⁵⁾がある。

(3) 初期値の影響

図-11に示す基盤上の5層地盤において, S波速度

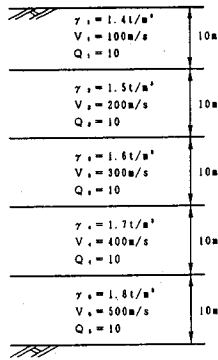


図-11 5層地盤モデル

表-1 初期値による同定の成否

初期値	手法	MSLP法	GN法	DFP法
0.60		×	×	×
0.70		○	×	×
0.80		○	×	×
0.90		○	○	○
1.10		○	○	○
1.20		○	○*	×
1.30		○	○	×
1.40		○	×	×
1.50		○	×	×

V_i および Q 値 Q_i に種々の初期値を与えて同定を行い、MSLP 法、GN 法および DFP 法による解の精度と収束性を比較した。ここでも、前述の 2 層地盤の同定の場合と同様に、基盤加速度と地表での応答をシミュレートして観測記録のかわりに用いるが、ノイズは付加しない。

表-1 に、 S 波速度と Q 値の初期値をそれぞれの真値により基準化した値と、各手法による同定の成否を示す。 S 波速度および Q 値が真値に収束したケースには○印、それ以外のケースには×印を付した。ただし、表中の*印は、GN 法と DFP 法での一次元探索において、変数の修正量の自乗和の平方根を 5 以下としたときに成功したケースであることを示す。表より、MSLP 法は、GN 法および DFP 法に比較して、初期値の影響を受け難いことがわかる。

5. まとめ

本研究では、重複反射理論に基づいて定式化した地盤同定問題を対象として、未知変数と目的関数との関係を考察するとともに、非線形最適化手法として MSLP 法、GN 法および DFP 法を適用し、それらの有効性を比較した。以下に得られた結果を要約する。

(1) S 波速度と Q 値は互いに性質が異なるパラメータであり、 Q 値の同定精度は S 波速度のそれに大きく依存する。また、 S 波速度が真値に収束していても、 Q 値の感度が小さいため、収束性という点で効率のよい非線形最適化手法を適用することが重要である。

(2) MSLP 法は、未知変数の収束性という点で、GN 法と同程度あるいはそれ以上の効率が期待できる。

(3) ノイズが同定精度に及ぼす影響は、各手法とも同程度である。

(4) MSLP 法は、未知変数の初期値の影響を最も受け難い。

このように、MSLP 法は、解の収束性、ノイズや初期値の影響、また、アルゴリズムの簡便性等から、地盤構造の同定問題に適用する最適化手法として実用的な手法であると考えられる。

参考文献

- 1) 沢田・辻原・平尾・山本：地盤の S 波速度と Q 値の同定問題における SLP 法の改良とその適用，土木学会論文集，No. 446 / I-19，pp. 205~213，1992.
- 2) 土岐：新体系土木工学 11 建造物の耐震解析，技報堂出版，pp. 80~91，1982.
- 3) Dixon, L. C. W. (松原訳)：非線形最適化計算法，培風館，1974.
- 4) 辻原・沢田・谷：鉛直アレー観測記録による地盤振動特性値の同定，構造工学論文集，Vol. 36 A，pp. 747~756，1990.
- 5) 辻原・沢田・平尾・岡本：地盤の S 波速度と Q 値の同定精度に及ぼすスペクトルの平滑化の影響，構造工学論文集，Vol. 39 A，pp. 783~792，1993.

(1993. 5. 24 受付)

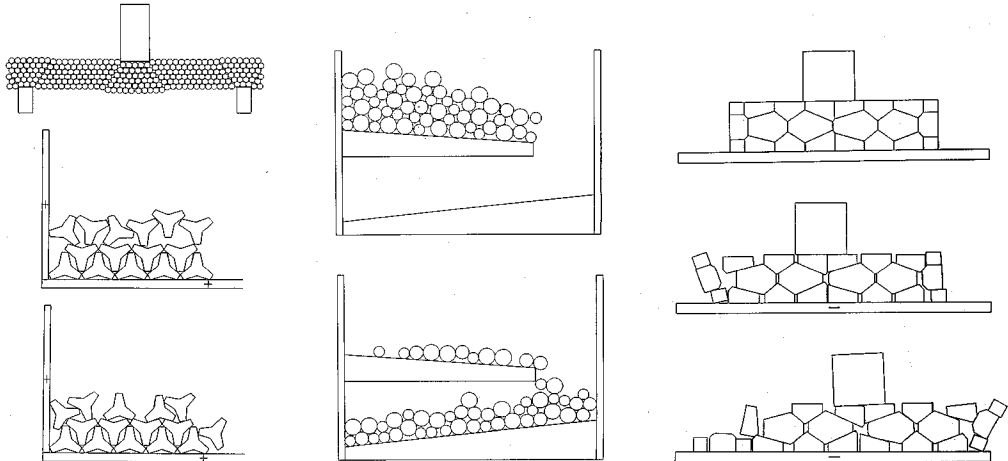
COMPARISON OF SOME NONLINEAR PROGRAMMING ALGORITHMS IN IDENTIFICATION OF DYNAMIC SOIL PROPERTIES

Osamu TSUJIHARA, Tsutomu SAWADA and Kiyoshi HIRAO

The performance of gradient methods such as Gauss-Newton method, Davidon-Fletcher-Powell method and modified Successive Linear Programming is compared for the solution of identification of dynamic soil properties. The identification problem is formulated on the basis of multiple reflection and refraction theory. Through numerical analysis, we showed that modified Successive Linear Programming is as good as Gauss-Newton method on the speed of convergence of the solutions, and is superior to others on the property of global convergence.

個別要素法プログラムシリーズ

■開発元 Dr.Cundall (ITASCA社)



UDEC

個別要素、差分要素を基本とする汎用2次元コードです。

- ・転倒、滑落解析
- ・地震応答解析
- ・地盤、不連続性岩盤の安定解析
- ・岩盤の掘削解析
- ・コンクリートの亀裂進行解析
- ・流れ解析 (Coupled flow-mechanical analysis)
- ・熱解析 (Coupled thermal-mechanical analysis)

BALL2D/3D

解析対象を円あるいは球でモデル化する手法のコードで、この手法は数多くの個別要素法プログラムに採用されています。

BALL2D-Polygon

BALL2Dに多角形ブロックを機能追加したバージョンです。任意剛体壁境界あるいは、飛翔体等を多角形ブロックとし、円ブロックとの相互作用解析が可能です。

BFLOW

解析対象を任意多角形でモデル化する手法のコードで、接触判定ロジック、特に凹型のブロックの接触判定の難点を解決したものです。

UDECではやや困難な完全崩壊、流動解析に適します。

CASK-3D

キャスク等の3次元円筒構造物の地震時の転倒解析コードです。

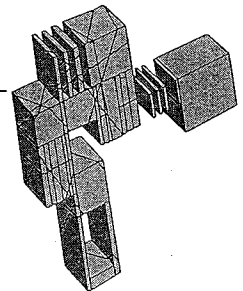
3DEC

UDECの3次元バージョンです。充実した3次元グラフィック機能をもっています。

- ・転倒、滑落解析
- ・地震応答解析
- ・地盤、不連続性岩盤の安定解析
- ・岩盤の掘削解析
- ・コンクリートの亀裂進行解析

■価格

●UDEC	SUN/IBM-PC (Barton-Bandis Model等の機能追加も可能です。)	ソース・コード	260万円
●BALL2D/3D	SUN/IBM-PC/FACOM/HITAC	ソース・コード	各200万円
●BALL2D-Polygon	SUN/IBM-PC	ソース・コード	260万円
●BFLOW	SUN/IBM-PC	ソース・コード	260万円
●CASK-3D	SUN/IBM-PC	ソース・コード	200万円
●3DEC	SUN/IBM-PC	ロード・モジュール	680万円



プログラムはいずれも最新バージョンを提供いたします。また、問題に応じた個別要素法プログラムの開発も行っています。

* 当社は1988年7月からITASCA社の販売代理店をしています。

OKL 株式会社 応用工学研究室

〒151 東京都渋谷区上原2-2-7 カマタビル201
TEL. (03) 3485-9360 FAX. (03) 3485-6955

FLAC-2D (Fast Lagrangian Analysis of Continue)

1950年代に有限要素法が出現し、コンピュータの発展と共に進歩をとげていったのと並行して、衝撃分野での解析を目的に始まった差分法に基づく、“Hydrocodes”もすくなくならぬ成功をおさめていました。応力波伝播を基本とする弾塑性固体の大変形、スライド・ライン手法による滑り・剥離挙動の解析には目覚ましいものがありました。しかし、これらを取り扱うプログラムの多くは公的機関での開発のため、公開されたものは余りありませんでした。FLAC-2Dはこの流れをくむ地盤非線形解析プログラムです。

プログラムの特徴

- ・幾何学的大変形及び材料非線形を取り扱うことができます。微小変形・歪解析も可能です。
- ・要素の大きなゆがみの発生からくる数値不安定を避けるため3角形差分要素を採用しています。
- ・要素間の滑りを考慮できるスライド・ライン機能(大変形)を備えています。

要素ライブラリー

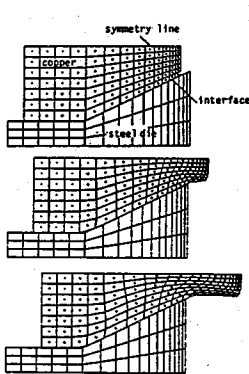
- ・2次元平面歪/応力要素
- ・ケーブル要素
- ・ビーム要素
- ・ロックボルト要素(point anchor/grouted)

適用分野

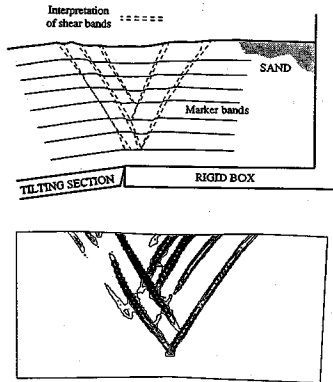
- ・斜面・盛土の設計及び安定解析
- ・浅/深基礎解析
- ・アースダム及びコンクリートダム解析
- ・トンネル、鉱山掘削解析
- ・圧密、流れ解析
- ・固体と流体の相互作用解析

構成則

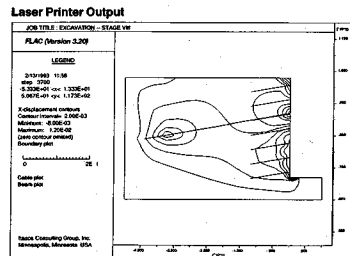
- ・等方性、非等方性弾性
 - ・弾塑性(Mohr-Coulomb, Von Miseses, Drucker-Prager等)
 - ・偏在ジョイント・モデル(Ubiquitous joint)
 - ・歪硬化/軟化
 - ・ヌル要素
 - ・体積歪依存の間隙水圧発生モデル 等
- その他の構成則の機能追加も可能です。



スライド・インターラクション



断層解析



地盤安定解析

■価格

- FLAC-2D SUN/IBM-PC ロード・モジュール 標準バージョン……80万円
- ※追加オプションとして、動解析、クリープ解析及び熱解析があります。
- 追加オプションを含む一括購入の場合……150万円

プログラムはいずれも最新バージョンを提供いたします。また、問題に応じた地盤非線形プログラムの開発も行っています。

*当社は1988年7月からITASCA社の販売代理店をしています。

OKL 株式会社 応用工学研究室

〒151 東京都渋谷区上原2-2-7 カマタビル201
TEL.(03)3485-9360 FAX.(03)3485-6955

パソコン用土木構造解析CAEシステム

ツデーシグマ 2D-σ TOTAL SYSTEM

「噂は聞いているが、ここまでできると思わなかった!」
「これなら私にも使える!」「もう他のソフトは使えない。」

—よく聞くユーザーの声



■システムマネージャー（動画、音声）

全く新しいコンセプトで開発されたこのシステムは今までに考えられなかった高度な自動化を実現し、静かなブームを呼んでいます。

高性能CADを内蔵、全ての情報はCAD図面に直接指定。（境界・荷重条件、掘削、盛土、支保等）

システムはCAD図面から自動的に有限要素データを生成するのでユーザーは直感的な操作をするだけ。

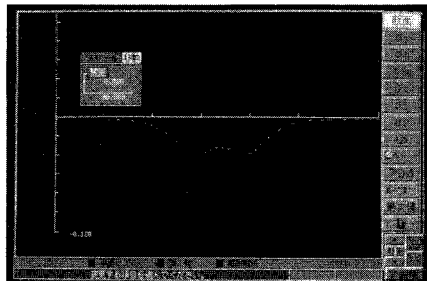
土木解析に必要な機能のほとんどに対応。（非線形、弾塑性、ジョイント、掘削、盛土、支保、熱入力など）

高度なステップ解析機能により、施工中の力学的変化をリアルに再現。（前ステップのデータは自動的に継承されユーザーは図面上で「施工」する感じ）

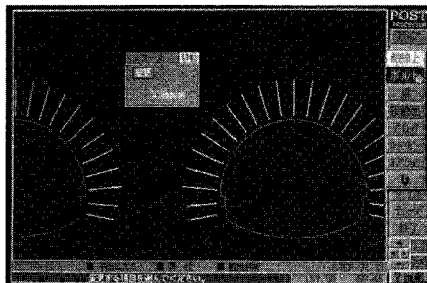
EWS並みの大規模解析能力と高速演算。（3000節点、拡張可、1400節点の演算はCPU486DXで約2分間）

独自のウィンドウシステム、音声サポート、オンラインヘルプ、豊富で高品質な出力など。

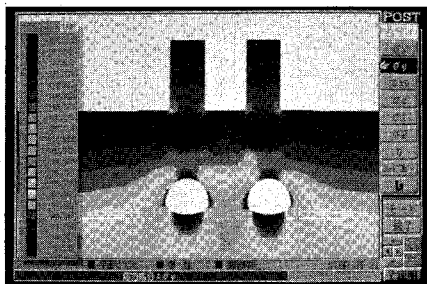
■任意断面の成分分布曲線



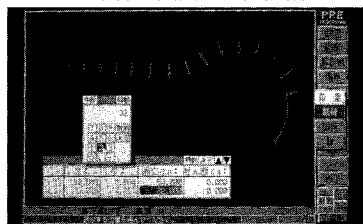
■ワンタッチでM・Q曲線



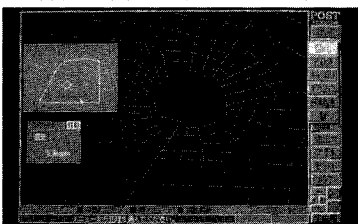
■応力/ひずみの分布状態



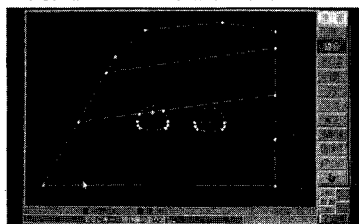
■全ての条件は図面上に直接指定



■断層・弱面の挙動はリアルに再現



■高性能CADで図面を素早く入力



土木業界で大好評

詳細資料提供

ソフトブレイン株式会社

お問い合わせは 03-3592-7659

本社 〒001 札幌市北区北37条西4丁目王陽ビル

Tel 011-736-7009 Fax 011-736-7449

土と水の連成逆解析プログラム

UNICOUP

応力解析と浸透解析がドッキングした!

軟弱地盤の解析に!

海洋開発・埋立

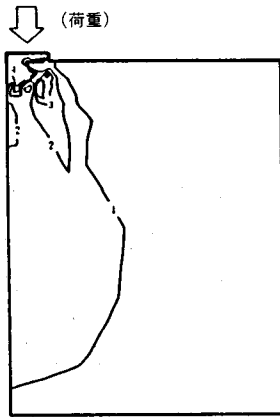
盛土・掘削

出力項目

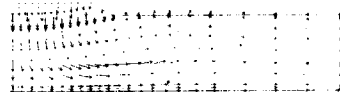
- 各節点での変位、各要素での応力
- 各節点での全水頭・圧力水頭 他
- 豊富な図化処理
変位図、変位ベクトル図、応力ベクトル図、応力コンター図、安全率コンター図、水頭コンター図、圧力水頭コンター図

プログラムの特長

- 応力と地下水の流れをカップルさせた問題が解析可能です。(圧密含む)
- 地下水の流れは飽和・不飽和域を対象としています。
- 多段掘削・盛土や降雨等が扱えます。
- 梁や連結要素も扱え実用的です。
- 経時観測記録(変位・水位)があれば、非線形最小二乗法に基づき変形係数や透水係数が逆解析できます。(順解析、逆解析がスイッチにて選択可能です。)
- 弾性・非線形弾性・弾塑性・弾粘塑性を示す地盤が扱えます。
非線形弾性(電中研式、ダンカン・チャンの双曲線モデル)
弾塑性(ドラッカー・プラガー、モール・クーロン、カムクレイモデル、ハードニング、ソフトニング)
弾粘塑性(関口・太田モデル)



応力増分コンター ($d\sigma V$)
(10日後)



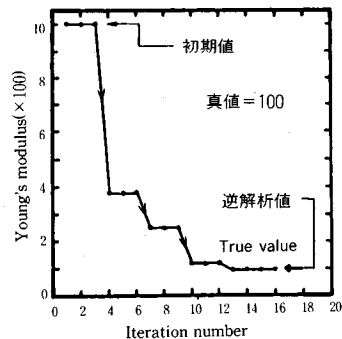
変位ベクトル図 (40日後)



盛土(40日)後の地盤の変形



盛土(40日)後の地下水の流れと水頭
コンターおよび自由水面



ヤング率と繰り返し回数の関係
逆解析によるパラメータの推定

この製品は、情報処理振興事業協会の委託を受けて開発したものです。
通商産業省 特別認可法人

IPA 情報処理振興事業協会

株式会社 CRC 総合研究所 西日本支社

〒105 東京都港区芝公園三丁目1番38号
TEL. (03) 3437-2301

問合せ先

〒541 大阪市中央区久太郎町4丁目1-3
(06) 241-4121 営業担当: 岩崎
(03) 3665-9741 本社窓口: 菅原

地盤の有限要素法解析ソフト

未来設計企業

CRC

3月リリース
開始

世界標準のソフトウェア

Mr.SOIL Ver.3.0 WINDOWS 版

Mr. SOILの新バージョン (Ver.3.0) はWindows*で稼働する強力なシステムに生まれ変わり大モデルも扱えるようになりました。

また、マウスを使ったメニュー形式の導入、画面上での出力が可能になるなどの新機能により、すぐれた操作性をもたらします。

*Windowsは、米国マイクロソフト社の登録商標です。

バージョンアップ項目

入力部

- モデル作成のためのメッシュジェネレート機能。
- モデル図を参照しながら荷重条件、境界条件、材質条件、はり、棒要素のデータをメニュー画面のテーブルにより入力することが可能。

ソルバー部

- 強制変位。
- 解析途中の材質の変更。(薬注施工のモデル化)
- 節点数制限のUP。(約3000節点が可能)

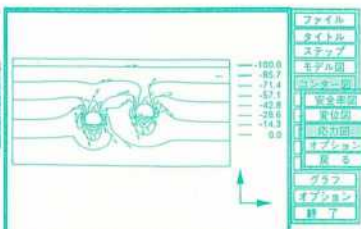
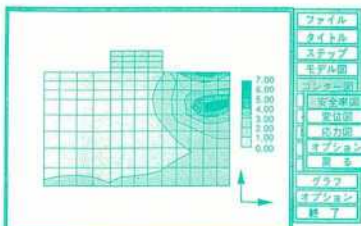
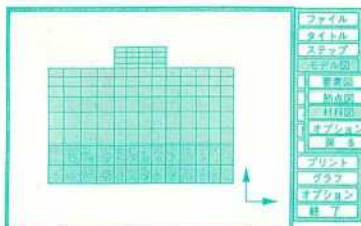
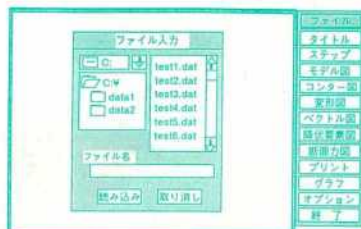
出力部

- 線画だけでなく両面塗りつぶし処理が可能。
- マウス入力とメニュー型式による操作性の大幅な向上。

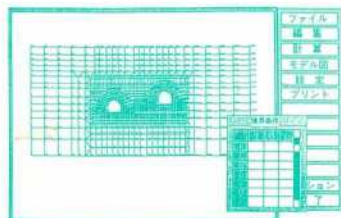
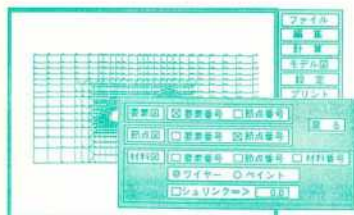
動作環境

CPU 80386 以上 (推奨 80486 以上)
Windows 3.1 以上
メモリ 640Kbyte + 7Mbyte (プロテクトメモリー)
ハードディスク 10Mbyte以上

以上のメモリーは今後、改良により小さくなる場合もあります。



製品版は、一部異なる場合があります。



株式会社 **CRC** 総合研究所 西日本支社

大阪市中央区久太郎町4丁目1-3
(06)241-4121 担当/村中 一意