

振動法によるケーブル張力実用算定式の補正

頭井 洋¹・新家 徹²・濱崎義弘³

¹正会員 工博 摂南大学教授 工学部土木工学科 (〒572 寝屋川市池田中町17番8号)

²正会員 工博 神戸市立工業高等専門学校教授 都市工学科 (〒650 神戸市西区学園東町8-3)

³正会員 工修 株式会社 神戸製鋼所都市環境本部構造技術部 (〒650 神戸市灘区岩屋中町4-2-15)

斜張橋やニールセン橋などケーブル構造物の架設の際に一般的に利用されている振動法によるケーブル張力計測に関して、著者等は以前曲げ剛性を考慮した実用算定式を提案した。今回、その精度を改善するため一部修正を加えるとともに、適用範囲外になっていたケーブル長が短くかつケーブル張力が小さい場合についてあらたに張力算定式を作成した。これにより、ケーブルの1次ないし2次の起振が可能なすべてのケーブルに対し、計測した固有振動数よりただちにケーブル張力を求めることができる。また、ケーブルが非常に長く1次および2次振動の起振が容易でない場合について、高次振動モードに対する算定式を作成し、常時微動のフーリエ解析よりケーブル張力を求められるようにした。

Key Words : cable bridges, cable tension, vibration method, practical formula, natural frequency, bending rigidity, sag

1. まえがき

計測した固有振動数よりケーブル張力を算定する振動法による張力計測は、その簡便さのゆえに斜張橋やニールセン橋などの架設の際に最も一般的に利用されている。著者等は先に、ケーブルの曲げ剛性やサグの影響を考慮して、ケーブルの固有振動数より張力を算定する実用式¹⁾を提案した。この式によると、計測したケーブルの1次ないし2次の固有振動数よりただちにケーブル張力を求めることができるので、よく利用されている。しかし、ケーブル長が短くかつケーブル張力が小さい場合には適用できないなど、適用範囲に制限を設けている。具体的には、ケーブル張力(T)、ケーブルの曲げ剛性(EI)、ケーブル長さ(l)より決まるケーブルの横方向剛性に関する無次元パラメータ $\xi = \sqrt{T/EI} \cdot l$ を導入し、1次振動の場合 $3 \leq \xi$ 、2次振動の場合 $10 \leq \xi$ を適用可能範囲としていた。ケーブルの力学的性状が弦に近いとき、 ξ は大きくなり、はりに近いときには ξ は小さくなる。ニールセン橋の端ケーブルのように径に比し長さが短い場合、実用算定式の適用範囲外となることもあり、そのような場合にも適用できるよう張力算定式の拡張が望まれていた。また、実用算定式は適用範囲内であっても場合により精度がやや低下するという問題があった。そこで、これらの点を改善するため、 ξ が小さい場合を対象とした張力算定式をあらたに作成し、さらに先の実用算定式の一部を修正して、 ξ が零の場合(両端固定のはり)から ξ が十分に大きく弦とみなせる範囲のすべてに適用できる算定式を提案する。なお、この算定式は人力

により容易に加振できる1次および2次振動を対象としている。長大斜張橋の上段ケーブルのように、ケーブルが長く1次および2次振動の起振が容易でない場合には、常時微動のフーリエ解析によらねばならない。その場合、低次のモードより高次モードが卓越することが多い。島田は、曲げ剛性と振動による張力変動を考慮して傾斜ケーブルの振動方程式を導き、振動次数や張力の大きさ、ケーブル長にかかわらず、測定振動数から張力を求める方法を報告している²⁾。しかし、非線形方程式を解くためコンピュータの利用が不可欠になる。本文では、高次モードについては、 $200 \leq \xi$ の場合を対象として、より簡便な算定式を作成する。

2. ケーブル張力と固有振動数の関係

ケーブルを張力 T が導入された両端固定はりともみなした時の振動数方程式は次式で表される。

$$2(\alpha l)(\beta l) \{1 - \cos(\alpha l) \cosh(\beta l)\} + \{(\beta l)^2 - (\alpha l)^2\} \sin(\alpha l) \sinh(\beta l) = 0 \quad (1)$$

$$\alpha l = l \sqrt{\sqrt{\zeta^4 + \gamma^4} - \zeta^2} \quad (2)$$

$$\beta l = l \sqrt{\sqrt{\zeta^4 + \gamma^4} + \zeta^2} \quad (3)$$

ここで $\zeta^2 = \frac{T}{2EI}$, $\gamma^4 = \frac{ww^2}{gEI}$, w はケーブルの固有円振動数, w はケーブルの単位長さ当りの重量, g は重力加速度である。

なお、図-1に示すようにケーブルが傾斜しサグのある場合についても、ケーブル形状を放物線で近似し、ケーブル軸直角方向の変位のみを考慮し、かつ振動に

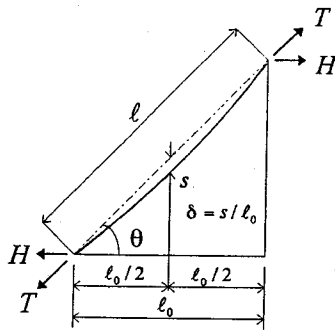


図-1 サグおよび傾斜を有するケーブル

よる張力変化を無視できる2次振動などの非対称振動を対象にすると、式(1)と同じ振動数方程式が得られる²⁾。したがって、非対称振動に限定すれば、式(1)はケーブルが傾斜しサグのある場合にも適用できる。また、対称振動モードであっても、高次振動になるにつれ振動による張力の変化の影響は小さくなるので、式(1)が適用可能になる。これらの点については、有限要素法による計算値との比較により明らかにする。

先の実用算定式では、ケーブルの固有振動数 $f = \omega/2\pi$ を弦の n 次の固有振動数 $f_n^* = \frac{n}{2l} \sqrt{\frac{Tg}{w}}$ で除した無次元値 $\eta_n = f/f_n^*$ を導入して、式(2),(3)を

$$\alpha l = \frac{\xi}{\sqrt{2}} \sqrt{\sqrt{1 + \left(\frac{2n\pi\eta_n}{\xi}\right)^2} - 1} \quad (4)$$

$$\beta l = \frac{\xi}{\sqrt{2}} \sqrt{\sqrt{1 + \left(\frac{2n\pi\eta_n}{\xi}\right)^2} + 1} \quad (5)$$

と表し、これらを式(1)に代入して

$$2n\pi\eta_n(1 - \cos \alpha l \cosh \beta l) + \xi \sin \alpha l \sinh \beta l = 0 \quad (6)$$

と変形した。式(6)は振動数に関して非線形の方程式であり、簡単に振動数より張力を算定できない。そこで、1次、2次振動に範囲を限定して、厳密解を1%以内の精度で満足する近似式を次のように導いた¹⁾。

$$\eta_1 = \frac{\xi}{\xi - 2.2} \quad (17 \leq \xi) \quad (7)$$

$$\eta_1 = 1.08 \sqrt{1 + \left(\frac{6.6}{\xi}\right)^2} \quad (3 \leq \xi \leq 17) \quad (8)$$

$$\eta_2 = 0.99 \frac{\xi}{\xi - 3.1} \quad (10 \leq \xi) \quad (9)$$

ここに、式(7)(8)は1次振動(対称1次)、式(9)は2次振動(逆対称1次)の近似式である。

これらの近似式の適用範囲は、 ξ の小さい範囲を除外している。そこで、 ξ が小さい場合について、両端固

定ばりの振動数

$$f_n^B = \frac{\alpha_n^2}{2\pi l^2} \sqrt{\frac{EIg}{w}} \quad (n=1, 2) \quad (10)$$

$$\alpha_1 = 4.73, \quad \alpha_2 = 7.85$$

で無次元化した関係式を導くことにする。

そのため、式(1)を、無次元パラメータ

$$\varphi_n = f/f_n^B \quad (11)$$

を用いて変形する。

軸力が0($\xi=0$)のとき $\varphi_n = 1$ となる。

式(2),(3)に式(11)を代入すると

$$\alpha l = \frac{\xi}{\sqrt{2}} \sqrt{\sqrt{1 + \left(\frac{2\alpha_n^2}{\xi^2} \varphi_n\right)^2} - 1} \quad (12)$$

$$\beta l = \frac{\xi}{\sqrt{2}} \sqrt{\sqrt{1 + \left(\frac{2\alpha_n^2}{\xi^2} \varphi_n\right)^2} + 1} \quad (13)$$

式(1)を、式(12),(13)を用いて変形すると

$$2\alpha_n^2 \varphi_n (1 - \cos \alpha l \cosh \beta l) + \xi^2 \sin \alpha l \sinh \beta l = 0 \quad (14)$$

が得られる。式(14)は、非線形の方程式となるが ξ に特定の値を与えると、解くことができる。

両端固定はりの静的変位を求める際に用いられる換算剛性式 $EI' = EI \left(1 + \frac{Tl^2}{4\pi^2 EI}\right) = EI \left(1 + \frac{\xi^2}{4\pi^2}\right)$ を参考に1次、2次振動のそれぞれに対し、式(14)の解を近似する $\varphi_n - \xi$ の簡単な関係式を導びくと、次式が得られる。

$$\varphi_1 = \sqrt{1 + \frac{\xi^2}{42.0}} \quad 1 \text{次振動} \quad (15)$$

$$\varphi_2 = \sqrt{1 + \frac{\xi^2}{85.0}} \quad 2 \text{次振動} \quad (16)$$

式(15),(16)より与えられる近似解は、1次振動の場合 $\xi \leq 7$ の範囲で、2次振動の場合 $\xi \leq 17$ の範囲で0.4%以内の精度で厳密解と一致し、精度の高い近似式になっている。

ケーブルが長く1次および2次振動の起振が容易でない場合には、常時微動の高次モード成分の振動数より張力を算定する必要がある。そのような場合、 $200 \leq \xi$ になることがほとんどなので、式(6)の近似式として、式(7)と同じ

$$\eta_n = \frac{\xi}{\xi - 2.2} \quad (200 \leq \xi) \quad (17)$$

を、誤差0.4%以内の精度で用いることができる。

3. 振動法によるケーブル張力算定式

式(15),(16)の近似式をもとに、 ξ が小さい場合の張力算定式を作成し、式(7),(8),(9)より得られる従来の張力算定式を精度向上のため一部修正したものと合わせて示すと次のようになる。

(i) 対称1次振動を対象とする場合 (サグはほとんどない場合 $3 \leq \Gamma$)

$$T = \frac{4w}{g} (f_1 \ell)^2 \left\{ 1 - 2.20 \frac{C}{f_1} - 0.550 \left(\frac{C}{f_1} \right)^2 \right\} \quad (17 \leq \xi) \quad (18)$$

$$T = \frac{4w}{g} (f_1 \ell)^2 \left\{ 0.865 - 11.6 \left(\frac{C}{f_1} \right)^2 \right\} \quad (6 \leq \xi \leq 17) \quad (19)$$

$$T = \frac{4w}{g} (f_1 \ell)^2 \left\{ 0.828 - 10.5 \left(\frac{C}{f_1} \right)^2 \right\} \quad (0 \leq \xi \leq 6) \quad (20)$$

(ii) 逆対称1次振動を対象とする場合 (サグがある場合 $\Gamma \leq 3$)

$$T = \frac{w}{g} (f_2 \ell)^2 \left\{ 1 - 4.40 \frac{C}{f_2} \right\} \quad (60 \leq \xi) \quad (21)$$

$$T = \frac{w}{g} (f_2 \ell)^2 \left\{ 1.03 - 6.33 \frac{C}{f_2} - 1.58 \left(\frac{C}{f_2} \right)^2 \right\} \quad (17 \leq \xi \leq 60) \quad (22)$$

$$T = \frac{w}{g} (f_2 \ell)^2 \left\{ 0.882 - 85.0 \left(\frac{C}{f_2} \right)^2 \right\} \quad (0 \leq \xi \leq 17) \quad (23)$$

ここに、 f_1, f_2 は計測した1次、2次の固有振動数、 $C = \sqrt{\frac{EIg}{w\ell^4}}$ 、 $\Gamma = \sqrt{\frac{w\ell}{128EA\delta^3 \cos^5 \theta} \left(\frac{0.31\xi + 0.5}{0.31\xi - 0.5} \right)}$ である。ただし、 EA はケーブルの伸び剛性、 δ はサグ比 ($= s/\ell_0$)、 θ はケーブルの傾斜角を表す (図-1)。これらの式は、従来の算定式が厳密解を1%以内の誤差で近似するよう求められたのに対し、厳密解との差が0.4%以内に収まるよう改善されている。

さらに、ケーブルが長く1次および2次振動の起振が容易でない場合に高次モード振動数より張力を算定する式は、式(17)より次のようになる。

(iii) 高次振動を対象とする場合 ($2 \leq n, 0.6 \leq \Gamma$)

$$T = \frac{4w}{n^2 g} (f_n \ell)^2 \left\{ 1 - 2.20 \frac{nC}{f_n} \right\} \quad (200 \leq \xi) \quad (24)$$

1次および2次振動の起振が容易でない場合に、 $\xi \leq 200$ となることはあまりない。ただ、ケーブル長が長くなるにつれサグが大きくなり、対称振動にその影響がでてくる。そこで、適用範囲を $0.6 \leq \Gamma$ とした。式(24)は、 $200 \leq \xi$ かつ $0.6 \leq \Gamma$ であれば、振動次数 n に関係なく共通に使用できる。また、振動による張力の変動が無視できる場合の厳密解との誤差が0.4%以内になる近似式に基づいており、代数式で与えられているので高精度で簡単に張力が計算できる。

表-1 計算に用いたケーブルの諸元

ケーブル長 m	単位重量 $w(tf/m)$	曲げ剛性 $EI(tf \cdot m^2)$
7.15, 9.95	0.012	2.4
3.40, 31.5	0.0147	3.52
301.9	0.1049	38.804

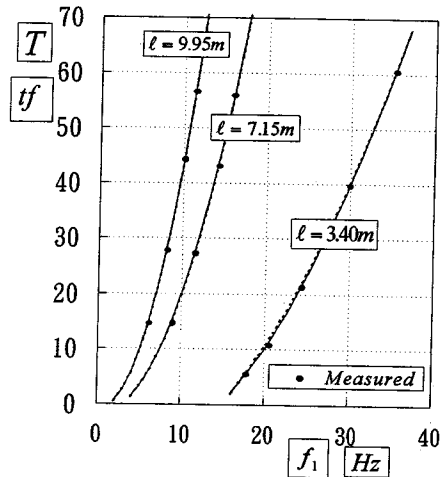


図-2 張力 T と振動数 f_1 の関係 ($\xi < 50$)

4. 実験値および有限要素法によるケーブル張力算定式の検証

前章で提案した新しい張力算定式は、適用範囲の制限なしに、計測した固有振動数より張力を算定できる。ここでは、文献1)および2)に示された実験値および有限要素法による計算値と算定式による値とを比較することにより、その精度を検証してみる。表-1に、用いたケーブル諸元をまとめて示す。

ケーブル長が短く、サグのほとんどない場合の例を、図-2に示す。実線が今回の提案式より計算した値を示している。ケーブル長は、3.40m、7.15mおよび9.95mの3種である。図-2の実験値は、文献1)に示したものである。同じく図-2の破線は文献1)で報告した従来の提案式による値を示している。今回の提案式は、先の提案式と図でみるかぎり差はあまりみられないが測定値とよく一致しており精度が改善されている。

図-3は、ケーブル長が比較的長い31.5mの場合の提案式と文献1)に示した実験値との比較を示している。図中の数字は振動次数を表している。サグがある ($\Gamma \leq 3$) 場合には、1次振動では振動に伴う張力変化の影響が現れ、2次振動による必要があること、提案式は実験値とよく一致していることがわかる。

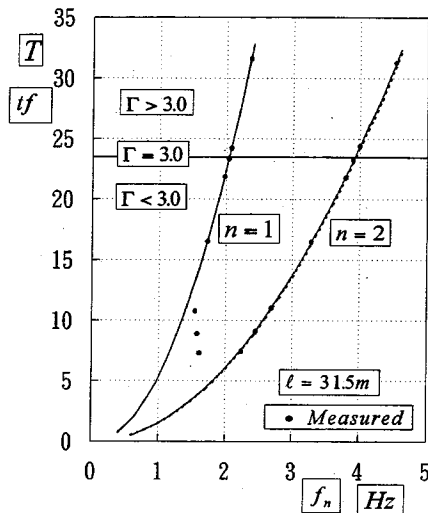


図-3 張力 T と振動数 f_n の関係 ($45 < \xi < 100$)

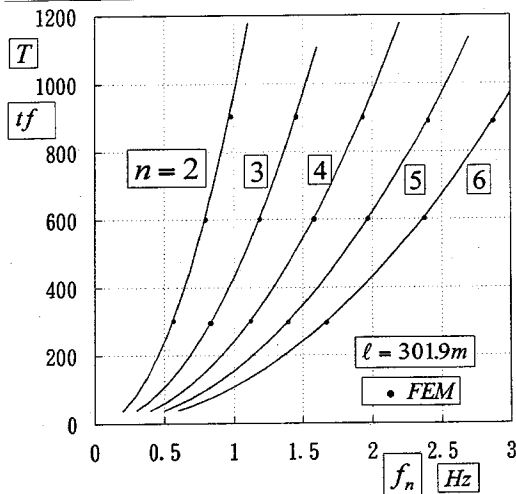


図-4 傾斜ケーブルの張力 T と振動数 f_n の関係 ($800 < \xi$)

最後に、長大斜張橋の上段ケーブルのように、1次および2次振動の起振が容易でない場合の例として、ケーブル長 301.9m、傾斜角が23度の場合について、提案式と有限要素法による計算値²⁾との比較を図-4に示す。図中の数字は振動次数を表している。この場合も提案式は計算値とよく一致していることがわかる。

5. あとがき

本文では、著者等が先に提案した振動法によるケーブル張力の实用算定式¹⁾の一部を修正して精度を改善するとともに、適用範囲外になっていたケーブル長が短くかつケーブル張力が小さい場合に対しあらたに張力算定式を作成し、1次ないし2次の振動が起振可能なケーブルであれば、すべてのケーブルに適用できる張力算定式を作成した。振動による張力の変動が無視できる場合の厳密解との誤差が0.4%以内になる代数近似式に基づいているので、高精度で簡単に計測振動数より張力を算定できる。また、人力による起振が難しい長い傾斜ケーブルに対しては、2次以上の高次振動に対する張力算定式を作成した。実験値および有限要素法による計算値との比較により、張力算定式が実用上十分な精度を有することを確認した。なお、本文では、ケーブルの曲げ剛性については既知としているが、実際の適用に際しては複数の振動モードを用いてのキャリブレーションが必要になる。

参考文献

- 1) 新家 徹, 広中邦汎, 頭井 洋, 西村春久: 振動法によるケーブル張力の实用算定式, 土木学会論文報告集, 第294号, pp.25-34, 1980.
- 2) 島田忠幸: ケーブルの高次振動モードの固有振動数測定値からの張力測定法について, 土木学会論文集, 第501号/I-29, pp.163-171, 1994.

(1995. 4. 13 受付)

IMPROVED PRACTICAL FORMULAS FOR ESTIMATION OF CABLE TENSION BY VIBRATION METHOD

Hiroshi ZUI, Tohru SHINKE and Yoshihiro HAMAZAKI

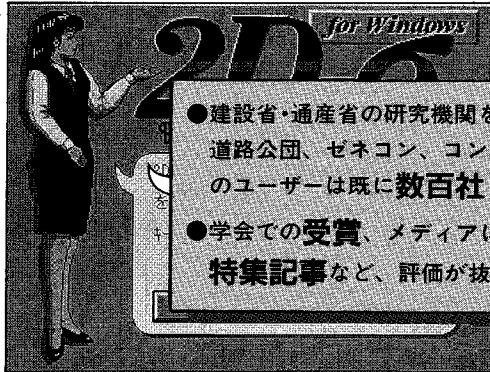
The vibration method is usually utilized on the measurement of cable tension during construction of cable bridges such as Nielsen bridges or cable stayed bridges. Practical formula for the vibration method previously proposed by authors is often used where bending rigidity is taken into account. These formula, however, have a certain limit of application and do not yield good results when the cable is not slender or not enough tensioned. The practical formula is modified to improve the accuracy and new formulas are made. The new practical formulas are applicable to any cables, regardless of its length and tension in it. The accuracy is confirmed through comparison of the values obtained by practical formulas with measured values and calculated values by F.E.M.

2D-6 for Windows

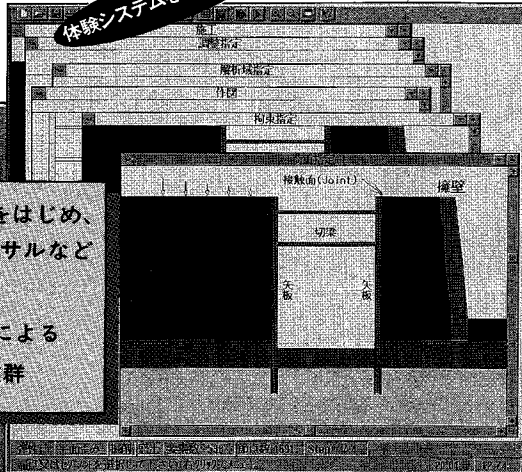
世界をリードする
夢の土木構造解析システム

ツー ディー シグマ

体験システムを無料提供



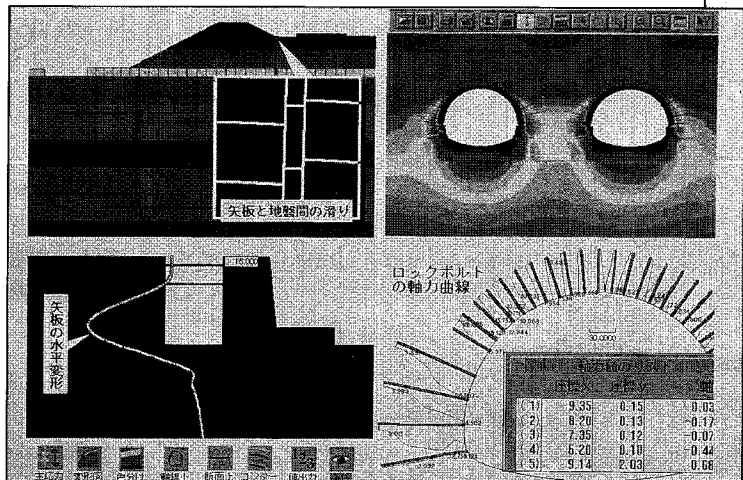
- 建設省・通産省の研究機関をはじめ、道路公団、ゼネコン、コンサルなどのユーザーは既に**数百社**
- 学会での**受賞**、メディアによる**特集記事**など、評価が抜群




斬新なコンセプトと驚異の自動化・高速化・大容量。

大型機で数日間かかった解析がパソコンでわずか数十分間で / 有限要素を意識せず、誰でも、どこでも、低コストで簡単に / 一般技術者のノートPCによる現場解析も楽々 /

- 有限要素の概念は一切表に出ない。解析の条件とプロセスを内蔵の高性能CADで作成した図面へ直感的に与えるのみ。
土木構造解析特有の面倒な解析に特に有効(ステップ施工、掘削、盛土、支保・近接・拡幅、接触問題など)
- 膨大な解析容量(1万節点以上)と驚異の演算速度(たとえば5000節点前後の解析は66MhzのPCでも2、3分間で完了。)
- 豊富な入出力画面に編集を加え、説明文やキャプションを付けた上、ワンタッチで高品質の最終成果物が得られる。ワープロや表計算などの他のソフトにも図面と数値を転送できるので設計技術者が夢見る調査・設計・評価の一括自動化を実現。
- 土木解析に必要な機能のほとんどに対応(非線形、弾塑性、接触面・弱面、熱応力、地震慣性力、自動ステップ解析、掘削、盛土)

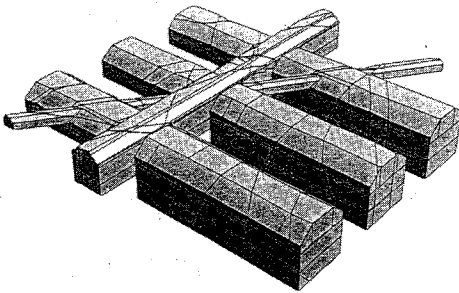
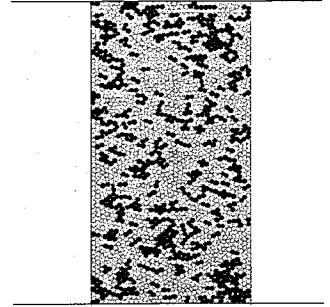
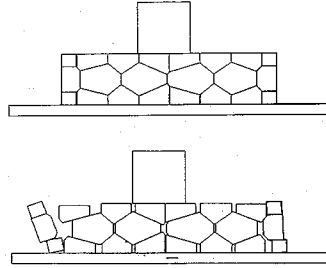
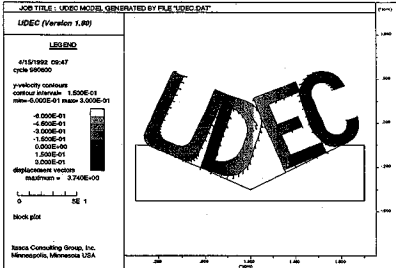


土木業界で大好評
詳細資料提供

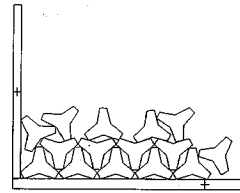
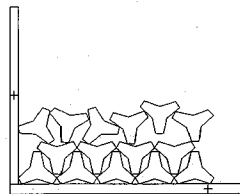
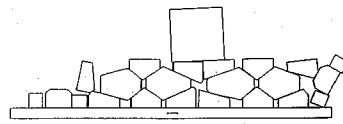
開発・販売  ソフトプレーン(株) お問い合わせは 03-3592-7659
本社：〒001 札幌市北区北37条西4丁目 王陽ビル Tel 011-736-7009 Fax 011-736-7449

個別要素法プログラムシリーズ

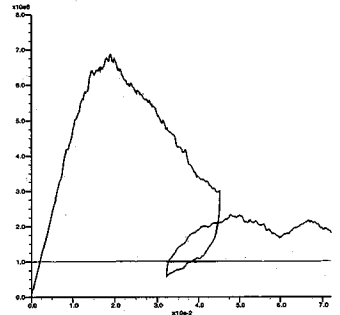
■開発元 Dr.Cundall (ITASCA社)



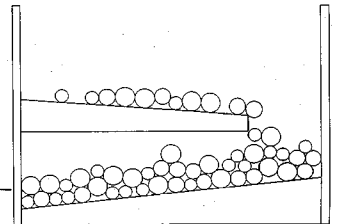
3DEC



BFLOW



PFC-2D



BALL-Poly

■価格

●ロード・モジュール

- ・UDEC SUN/IBM-PC(標準バージョン)110万円
(Barton-Bandis Optionを含む場合)160万円
- ・3DEC SUN/IBM-PC550万円
- ・PFC-2D SUN/IBM-PC70万円

●ソース・コード

- ・UDEC SUN/IBM-PC(標準バージョン)190万円
(Barton-Bandis Optionを含む場合)240万円
- ・BFLOW SUN190万円

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

TEL.03-3437-2164 FAX.03-3437-2652

〒105 東京都港区虎ノ門5-1-4 東都ビル6F

(株)システムネットワーク内

地盤の非線形解析プログラム

■開発元 Dr.Cundall (ITASCA社)

FLAC-2D/3D (Fast Lagrangian Analysis of Continua)

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・剝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。陽解法のため歪み軟化解析が容易です。
- 複雑な3次元地盤をモデル化するため、優れたジェネレーター機能をそなえています。
- 機能追加のための開発ツールFISHプログラミング言語を備えていますので、機能追加が容易です。

要素ライブラリー

- 2次元平面歪/応力要素(2D)
- ソリッド要素(3D)
- ビーム要素(2D)
- ロックボルト要素(2D, 3D)

適用分野

- 斜面・盛土の設計及び安定解析
- 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
- 地下水、圧密、液状化解析(2D)

構成則

- 等方性、非等方性弾性
- 弾塑性(Mohr-Coulomb, Drucker-Prager)
- 偏在ジョイント・モデル(Ubiquitous joint)
- 歪硬化/軟化 ●ヌル要素
- 液状化FINNモデル(2D)等

その他の構成則の機能追加も可能です。

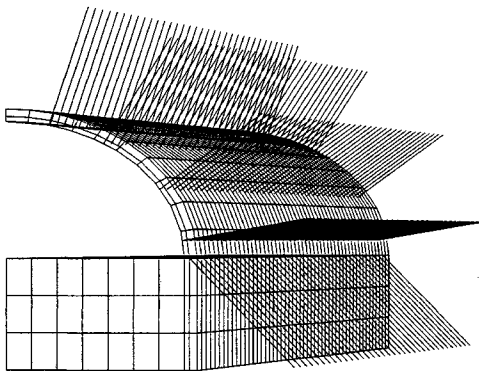
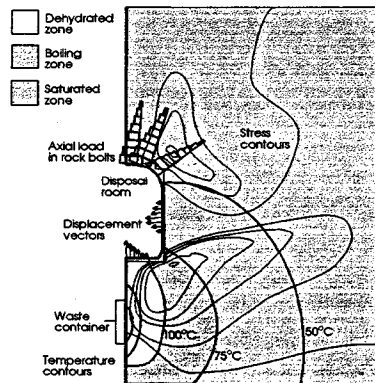


Figure 5 Steel bolt pattern for Method 2



Thermomechanical conditions five years after nuclear waste emplacement.

■価格(ロード・モジュール)

- FLAC-2D SUN/IBM-PC(標準バージョン)80万円
(Dynamic, Cr場合)110万円
- FLAC-3D SUN/IBM-PC 日本技術開発株式会社190万円

プログラムはいずれも最新バージョンを提



地盤非線形プログラムの開発も行っています。 司からITASCA社の販売代理店をしています。

OKL 株式会社 工学研究室

TEL.03-3437-2164 FAX.03-3437-2652
 〒105 東京都港区虎ノ門5-1-4 東都ビル6F
 株システムネットワーク内

土と水の連成逆解析プログラム

未来設計企業



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

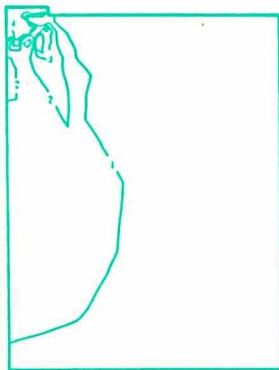
出力項目

- 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
- 豊富な図面処理
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・ブラガー、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)

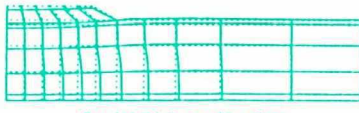
(荷重)



応力増分コンター(Dσ V)
(10日後)



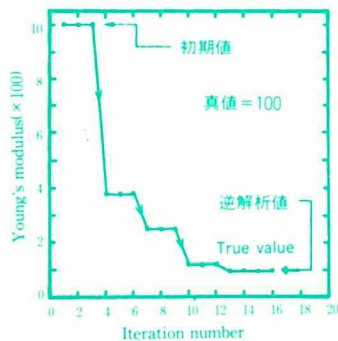
変位ベクトル図(40日後)



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

西日本事業部

〒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