

コスト最小規準による PC 斜張橋の最適斜材張力 決定法に関する研究

OPTIMIZATION OF CABLE STAY FORCES IN PRESTRESSED CONCRETE CABLE STAYED BRIDGES UTILIZING MINIMUM COST CRITERION

古川浩平*・角谷 務**・新井英雄***・春日昭夫****
By Kohei FURUKAWA, Tsutomu KADOTANI, Hideo ARAI and Akio KASUGA

One of the problems to be clarified today is how to determine the values of cable stay forces to be introduced when designing the prestressed concrete cable stayed bridges. In the previous study, the authors proposed a method of optimization of cable stay forces where the minimum strain energy criterion was adopted from the structural point of view. Considering the economic aspects of the design, this paper presents another criterion based on the minimum cost. It also discusses a comparison between two criteria. The result shows that the minimum strain energy and minimum cost criteria give almost the same cable forces and costs when span lengths are adequately proportioned.

Keywords : optimization, cable stay force, prestressed concrete, cable stayed bridge, optimality criteria

1. 緒 言

近年プレストレストコンクリート斜張橋が数多く計画され架設されている。しかしPC斜張橋の最適斜材張力決定問題に関する過去の研究はほとんどなく、著者らがひずみエネルギー最小化という最適性規準¹⁾を用いて斜材張力を決定する手法²⁾を示しているのがみられる程度である。

PC 斜張橋の特徴である斜材張力と主桁内プレストレスという 2 つの応力調整機構は線形的にリンクしており、スパンや部材寸法等の構造系が決まれば、ひずみエネルギー最小規準により一義的に斜材張力が決まる²⁾。これは、コンクリート部材である主桁・主塔のひずみエネルギーを最小にすることでクリープによる変動を抑えようとするものである。しかし、部材の許容値の範囲内で両者の補強分担率をいかに決めるかが、全体工費に影響を与える。

斜張橋の最適化で目的関数に工費を選んだとすると、鋼橋の場合は斜材重量と主桁鋼材重量の最適分担率を求める問題となる。これに対してPC斜張橋の場合は、斜材張力と主桁剛性をパラメーターにする場合と、斜材張力と主桁内プレストレス量をパラメーターにする場合の2段階に分けられる。前者の最適化では主桁剛性は構造細目がアクティブな制約となって決まることが多く、コスト最小規準の効果はあまり大きくない。そこで本研究は、主桁剛性を固定した後の斜材張力と主桁内プレストレス量という2つの応力調整機構の最適分担率をコスト最小規準から求め、ひずみエネルギー最小規準の経済性と比較検討を行ったものである。

2. コスト最小規準の定式化

斜材と主桁内 PC 鋼材は、許容応力度が異なるだけでなく、単位重量当たりの単価にも差がある。一般に斜材の単価の方が高いので、主桁応力度の許容範囲内で斜材よりも主桁内 PC 鋼材で主桁を補強した方がより経済的といえる。

いま、コストを表わす量として、次式を用いる。

ただし、 W_1 は斜材重量、 W_2 は主桁内 PC 鋼材重量、 α は単価の違いを考慮して定める任意の係数とする。この

* 正会員 工博 山口大学助教授 工学部土木工学科
(〒755 山口県宇部市鶴岡 2557)

** 正会員 工修 日本道路公団東京第一建設局建設第二部
構造技術課・課長代理 (〒105 港区虎ノ門 1-18-1)

*** 正会員 住友建設(株) 大阪支店新丹波大橋作業所
(〒623 京都府綾部市味方町中ノ坪)

***** 正会員 住友建設(株) 土木部設計第二課
(〒160 新宿区荒木町13-4)

とき、 W_1 , W_2 は以下の式で表わされる。

ここで、 ρ_1 は斜材の単位体積重量、 F_s は安全率、 σ_{pu} は斜材の引張強度、 L_s は斜材長、 P は斜材張力、 ρ_2 は主桁内PC鋼材の単位長さ当たりの重量、 L_c は主桁部材長、 n_o 、 n_u は部材に配置される上下縁のPC鋼材本数とする。ただし、主桁内PC鋼材の安全率はその有効緊張力 P_e で考慮されており、 n_o 、 n_u に含まれる。このとき、PC鋼材本数は $P=0$ での主桁内プレストレス量 C と単位斜材張力当たりの主桁内プレストレス変化量 K の1次式で表わされる²⁾。

① 上下両縁に PC 鋼材を配置する場合

$$(n_o + n_u)P_e = D \{ (A_{22} - A_{21})C_o + (A_{11} - A_{12})C_u \} \\ - D \{ (A_{22} - A_{21})K_o^T + (A_{11} - A_{12})K_u^T \} P \\ \dots \dots \dots \quad (4)$$

$$\left. \begin{array}{l} D \{(A_{22} - A_{21})C_0 + (A_{11} - A_{12})C_K\} / P_e = C \\ D \{(A_{22} - A_{21})K_0 + (A_{11} - A_{12})K_K\} / P_e = K \end{array} \right\} \dots\dots\dots(5)$$

② 上縁にのみ PC 鋼材を配置する場合

$$\left. \begin{array}{l} n_0 P_e = (C_0 - K_0^T P) / A_{11}, \quad n_u = 0 \\ C_0 / A_{11}, P_e = C_0, \quad K_0 / A_{11}, P_e = K \end{array} \right\} \dots \quad (6)$$

③ 下縁にのみ PC 鋼材を配置する場合

$$\left. \begin{array}{l} n_u P_e = (C_u - K_u^T P) / A_{22}, \quad n_0 = 0 \\ C_u / A_{22} P = C_u K_u / A_{22} P = K_u \end{array} \right\} \dots \dots \dots (7)$$

④ PC 鋼材を配置しない場合

$$n_1 = n_2 = 0 \quad \text{xxxxxxxxxxxxxx} \quad (8)$$

一〇六

$$\left. \begin{aligned} D &= 1/(A_{11}A_{22} - A_{12}A_{21}) \\ A_{11} &= 1/A + e_o/Z_0, \quad A_{12} = 1/A + e_u/Z_0 \\ A_{21} &= 1/A + e_o/Z_u, \quad A_{22} = 1/A + e_u/Z_u \\ C_0 &= \sigma_{cta} - \frac{1}{A} (N_D + N_{L,\min}) - \frac{1}{Z_0} (M_D + M_{L,\min}) \\ C_u &= \sigma_{cta} - \frac{1}{A} (N_D + N_{L,\max}) - \frac{1}{Z_u} (M_D + M_{L,\max}) \\ K_0 &= N_s/A + M_s/Z_0, \quad K_u = N_s/A + M_s/Z_u \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

であり、 Z_0 、 Z_u は上側、下側の断面係数、 e_0 、 e_u は上下縁主桁内 PC 鋼材の偏心距離、 P_e は主桁内 PC 鋼材 1 本当たり有効緊張力、 M_s 、 N_s は単位斜材張力による断面力の影響値、 M 、 N は曲げモーメントおよび軸力であり、その下添字 D 、 L, \max 、 L, \min はおののおの死荷重、活荷重曲げモーメント最大・最小を意味する。これを式(3)に代入して

したがつて式(1)は次式となる.

コスト最小規準の解は、この W を適当な制約条件の下で最小にする斜材張力を求めることにより得られる。

3.2 斜材モデルにおける最適張力の検討

図-1に示すタイプ1~3の2斜材モデルを考える。このモデルでは主塔の曲げモーメントゼロの制約条件があるため、左右の水平力が等しいという条件から、結果的には1変数問題となる。この張力を0から順に与えてコストおよびひずみエネルギーを計算し、最適張力の検討を行う。タイプ1は左右対称の構造系、タイプ2、3は左右非対称で左側スパンの死荷重強度を変化させている。部材の諸元はスパン長、斜材断面積以外は3タイプすべて共通である。計算に用いた活荷重強度は分布荷重が2.5 t/m、線荷重が36 tであり、他の諸元は以下のとおりである。

主桁の断面積 $A_c = 3.6 \text{ m}^2$, 断面 2 次モーメント $I = 0.19 \text{ m}^4$, 弹性定数 $E = 3.5 \times 10^6 \text{ t/m}^2$, 断面係数 $Z_u^0 = \pm 0.54 \text{ m}^3$, 偏心距離 $e_u^0 = \pm 0.25 \text{ m}$, PC 鋼材有効緊張力 $P_e = 50 \text{ t}$, クリープ係数 $\varphi = 2.0$ を用いる。主塔に関しては $A = 3.0 \sim 10.0 \text{ m}^2$, $I = 0.6 \sim 3.3 \text{ m}^4$, $E = 3.0 \times 10^6 \text{ t/m}^2$, $\varphi = 2.0$, 斜材に関しては $A = 0.00527 \sim 0.01054 \text{ m}^2$, $E = 2.0 \times 10^7 \text{ t/m}^2$, $\varphi = 0$, 橋脚に関しては $A = 10.0 \text{ m}^2$, $I = 3.3 \text{ m}^4$, $E = 3.0 \times 10^6 \text{ t/m}^2$, $H = 10.0 \text{ m}$ とする。

コストを算出するときの、式(1)の係数 α は2.0、式(2)の ρ_1 は7.85 t/m³、 F_s は3.0、式(3)の ρ_2 は6.31 kg/mとし、また以下の図-2～図-4中の矢印で示した点が最小点であり、●はコスト最小規準、○はひずみエネルギー最小規準による解²⁾を示す。

(1) タイプ1における計算例および考察

図-2はタイプ1のモデルで、横軸に2本の斜材張力

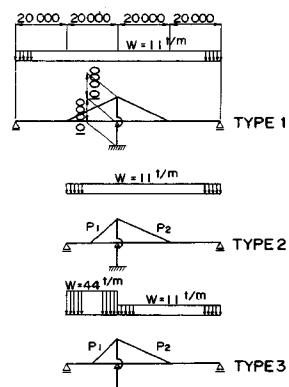


図-1 計算例に用いた2斜材モデル

の和、縦軸にそのときのコストとひずみエネルギーを描いた図である。最適張力は、コスト最小規準では $P_1 = P_2 = 546\text{ t}$ 、ひずみエネルギー最小規準では $P_1 = P_2 = 609\text{ t}$ であり、斜材張力には 10% 程度差がある。しかし、図-2 をみてもわかるように、●で示すコストの曲線は非常にフラットであり両最適解でのコストの差はほとんどなく、どちらの規準を用いても結果には大きな差はない。

(2) タイプ2における計算例および考察

図-3 にタイプ2の斜材張力とコストおよびひずみエネルギー相関図を示す。図から明らかなように他のタイプに比べて、コスト最小規準とひずみエネルギー最小規準の最適張力の差が大きい。これは、構造系がアンバランスなためで、斜材張力に対する主桁内PC鋼材の変化の度合が、他のタイプに比べて小さい。したがって、図-3 にも示すように、 W_2 の傾きが小さくなり、 W_1 がコストに及ぼす影響は鈍くなり、逆に W_1 が及ぼす影響が大きくなるため両規準の最適解の間に差ができるものと思われる。この場合でも、タイプ1の例と同じくコストの曲線はフラットで、コストの差は小さいが張力にはかなり差がある。よって、アンバランスな構造系では特に意思決定者が状況に応じて、2種の最適性規準を使い分ける必要がある。

(3) タイプ3における計算例および考察

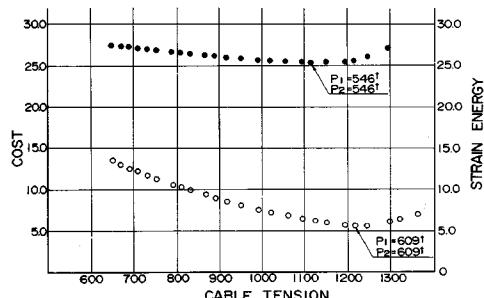


図-2 タイプ1における斜材張力とコスト・ひずみエネルギー相関図

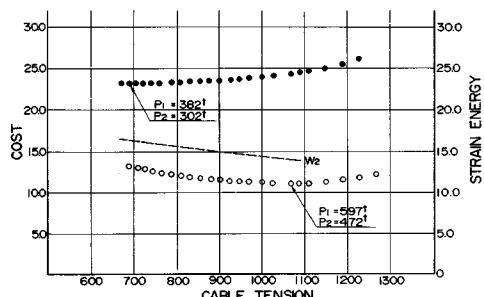


図-3 タイプ2における斜材張力とコスト・ひずみエネルギー相関図

図-4 にタイプ3の斜材張力とコストおよびひずみエネルギー相関図を示す。タイプ2に比べ、死荷重強度を変化させて左右スパンのバランスを好転させているため、コスト、ひずみエネルギーともタイプ2に比べ小さくなっている。これは、主桁自重が増加する分だけ斜材張力、つまり斜材重量は増えるが、アンバランスを補う主桁内PC鋼材重量の減少分がより大きくなるためである。また、コスト最小規準とひずみエネルギー最小規準による最適張力の差も小さい。図-4の W_2 の傾きをみてもわかるように、タイプ2よりも主桁内プレストレスはコストに対して敏感になっている。この図-4のコスト曲線も設計で考えるべき張力範囲内で非常にフラットであり、いずれの規準による解を用いてもそのコスト差はほとんどないものと考えられる。

4. マルチタイプモデルでの最適張力の検討

図-5 に、3径間対称構造のマルチタイプモデルを示す。断面諸元は次のとおりとし、活荷重は TT-43 を考慮する。主桁は、断面積 $A = 13.1\text{ m}^2$ 、断面2次モーメント $I = 7.6\text{ m}^4$ 、弾性定数 $E = 3.5 \times 10^6\text{ t/m}^2$ 、断面係数 $Z_b = 9.4\text{ m}^3$ 、 $Z_u = -5.1\text{ m}^3$ 、偏心量 $e_b = 0.66\text{ m}$ 、 $e_u = -1.36\text{ m}$ 、主桁内PC鋼材有効緊張力 $P_e = 50\text{ t}$ 、有効係数 $\eta = 0.85$ 、死荷重強度 $\omega = 40\text{ t/m}$ 、クリープ係数 $\varphi = 1.4$ 、乾燥収縮度 $\varepsilon_s = 14 \times 10^{-5}$ 、コンクリートの許容引張応力度 $\sigma_{cta} = 0\text{ t/m}^2$ とする。主塔は $A = 13.0 \sim 35.0\text{ m}^2$ 、 $I = 15.0 \sim 86.0\text{ m}^4$ 、 $E = 3.0 \times 10^6\text{ t/m}^2$ 、 $\varphi = 1.4$ で、斜材は $E = 2.0 \times 10^7\text{ t/m}^2$ 、安全率 $F_s = 3.0$ 、引張強度

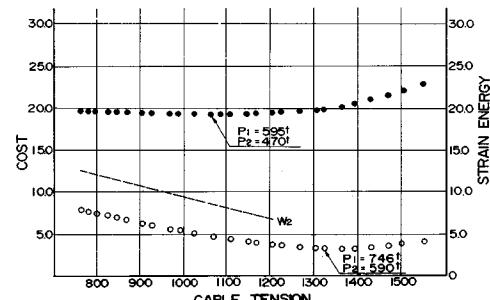


図-4 タイプ3における斜材張力とコスト・ひずみエネルギー相関図

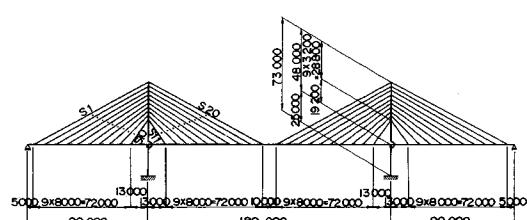


図-5 計算例に用いたマルチタイプモデルPC斜張橋

$\sigma_{pu}=175 \text{ kg/mm}^2$ である。また式(1)の係数 $\alpha=2.0$, 式(2)の $\rho_1=7.85 \text{ t/m}^3$, 式(3)の $\rho_2=6.31 \text{ kg/m}$ とする。

制約条件として、最下段の斜材以外は、左右の水平力が等しくなるように等号条件をつける。さらに、このモデルは、片持ち架設を想定して、各施工段階における補強用PC鋼材を上縁に配置する。よって、その偏心モーメントおよび軸力を考慮する。

表-1に両最適性規準による最適解を、図-6, 7に最適解における主桁の死荷重時曲げモーメントを示す。

これらをみて明らかなように、最適解は両規準とも同じような傾向になっているが、コスト最小規準によるものが、主塔付近の斜材張力をやや緩めた状態になっている。その結果主桁の曲げモーメントおよびそのクリープによる変化量は、ひずみエネルギー最小規準の方がかなり小さく抑えられている。

また、両最適性規準のコストを比較すると、コスト規準での401.5tに対して、ひずみエネルギー規準では411.6tとその差は2.5%である。よって、本モデルのようなスパン割の3径間斜張橋はどちらの規準で最適化を行ってもコストにはほとんど差がなく、意思決定者の選好に応じて最適解を求めることができる。

5. 結論

本研究の結果は以下のようにまとめられる。

(1) PC斜張橋の最適張力が、コスト、ひずみエネ

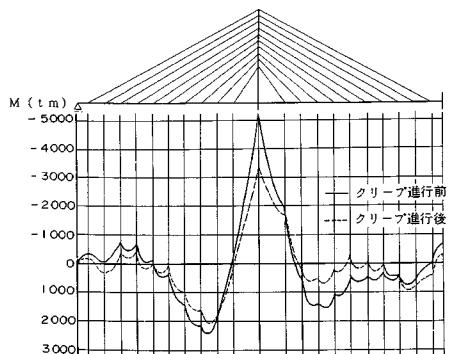


図-6 コスト最小規準による主桁の曲げモーメント図

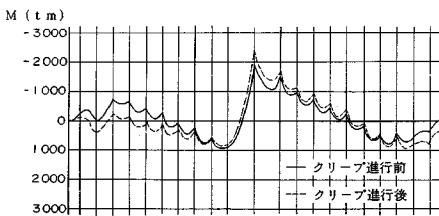


図-7 ひずみエネルギー最小規準による主桁の曲げモーメント図

表-1 マルチタイプモデルにおける最適斜材張力(t)

	コ 料 最 小 規 準				歪 エ ネ ル ギ ー 最 小 規 準			
	P _t	P ₀	P _y	P ₀ +P _y	P _t	P ₀	P _y	P ₀ +P _y
S 1	60.8	359.8	-34.2	325.4	49.0	283.0	-22.8	260.2
S 2	860.2	733.7	-81.5	702.2	824.3	864.2	-21.5	842.7
S 3	988.0	874.5	-28.8	845.7	839.2	902.3	-19.8	883.0
S 4	841.5	822.4	-22.8	793.9	648.4	702.8	-18.7	688.1
S 5	603.2	534.4	-11.1	523.3	618.4	616.1	-12.0	604.1
S 6	845.8	811.8	6.8	818.6	640.3	652.6	-6.2	646.4
S 7	571.9	486.0	33.6	519.6	578.4	543.1	-0.7	542.4
S 8	412.3	321.0	60.0	381.0	426.2	567.6	3.2	570.8
S 9	851.3	100.0	67.2	187.2	901.3	414.0	1.8	415.8
S 10	-610.0	100.0	30.0	130.0	-475.8	100.0	-20.2	79.8
S 11	-21.4	339.8	42.1	381.9	108.5	379.5	-18.2	361.3
S 12	584.4	100.0	70.0	170.0	542.2	414.0	-9.8	404.2
S 13	477.1	321.0	55.7	376.7	487.6	587.6	-3.2	564.4
S 14	542.8	486.0	37.8	523.8	540.3	543.1	3.9	547.0
S 15	876.8	811.8	20.0	831.8	675.9	652.6	8.3	661.4
S 16	581.5	534.4	8.1	543.5	589.1	616.1	10.7	626.8
S 17	735.6	822.4	0.2	822.6	804.3	702.8	8.5	711.3
S 18	781.2	974.5	-8.5	986.0	679.8	902.9	1.7	804.6
S 19	2132.8	733.7	-20.2	713.5	2108.1	864.2	-9.6	854.6
S 20	-871.3	859.8	-97.4	322.2	-809.5	283.0	-25.8	257.2
	$U=180.3 \text{ tm}$				$W=401.5 \text{ t}$			
	$U=159.1 \text{ tm}$				$W=411.6 \text{ t}$			

ルギー最小規準という2種類の最適性規準を用いて決定できることを示した。これにより、意思決定者の選好に応じた最適化が可能になった。

(2) 斜材コストと主桁内PC鋼材コストの和で表わされるコスト曲線は、設計で考慮すべき斜材張力範囲内においてはほぼフラットな曲線となる。よって、構造系がアンバランスでない限り、コスト最小規準とひずみエネルギー最小規準により得られた最適張力、コストに大きな差がなく、どちらの最適性規準でも合理的な解が求まる。しかし、主桁の応力状態はコスト最小規準よりひずみエネルギー最小規準の方が良好であり、主桁断面の応力に対する余裕等、他の条件も考えたうえでどちらの最適性規準を用いるか決定する必要がある。

(3) 構造系がアンバランスな場合は、コストが大きくなり、かつ、コスト最小規準とひずみエネルギー最小規準による最適張力の差が大きい。そのため、カウンターウェイトでバランスさせてその差を小さくし、かつ、コストも安くしたうえで最適化を行う必要がある。

本研究の一部は斎藤記念プレストレストコンクリート技術研究奨励基金の補助を受けて行ったものであり、記して謝意を表する。

参考文献

- 1) 山田善一・古川浩平・江草 拓・井上幸一：斜張橋ケーブルの最適プレストレス量決定に関する研究、土木学会論文集、第356号／I-3, pp. 415~423, 1985年4月.
- 2) 古川浩平・角谷 務・熊谷紳一郎・新井英雄：プレストレスコンクリート斜張橋の最適斜材張力決定法に関する研究、土木学会論文集、第374号／I-6, pp. 503~512, 1986年10月.

(1987.4.21・受付)

土木情報処理の基礎

—FORTRAN 77に即して—

土木情報システム委員会 編
教育問題小委員会

B5判 350ページ 定価 3300円
会員特価 2900円 (￥350円)

本書は、次のような方針で編集されています。

- FORTRANの使用を中心とした土木情報処理の入門書とする。
- 例題は土木の各分野に関連のあるものを使用する。
- FORTRAN言語の文法については、実際に使用する範囲を中心に《文法のまとめ》として巻末にまとめ、例題の解釈やプログラミングの際に随時参照しやすい形とする。このテキストによる教育終了後も、実際の仕事としてプログラミングを行う際の参照にも耐える内容とする。

本書の主要な構成要素の概要は次の通りです。

基礎プログラミング：

●基礎-2.1～2.5

簡単な問題をまず自分で解くことによって、コンピュータやFORTRANによるプログラミングに慣れることを第一の目的としている。プログラム構造は主プログラムのみの単一構造で構成されている。ここまでの一例題を理解することによっても、実際に現われる問題の多くをFORTRANを利用することにより解決することが可能である。

●基礎-2.6

基礎-2.1～2.5の一例題に現れるFORTRAN文法項目を中心としてFORTRANの文法を取りまとめ、FORTRANによるプログラミングの基礎についてわかりやすく概説する。

●基礎-2.7～2.13

FORTRANのより高度な機能を用いる例題によって、書式制御、配列、プログラムのモジュール化、文字処理、ファイル処理、倍精度計算、複素数の扱いについて示す。

応用プログラムI：

FORTRAN文法の基礎を習得した上で、各種の問題解決をはかるときに現れるデータ処理の方法、各種数値解析手法およびプログラムテクニックが含まれる比較的簡単な例題を取り上げる。

応用プログラムII：

土木各分野での問題解決を目的とした応用プログラムを中心に、実際の研究・業務でも使用されることのあるようなプログラム例を集め、実際問題への適用事例を通して、土木分野での情報処理の一端を紹介する。

《文法のまとめ》：

JIS-FORTRAN X3001-1982（上位水準）の内容を、プログラミング時に頻繁に参照される範囲を中心に参考しやすい形にまとめ、プログラミング作業時に際しての便をはかる。

本書の基礎プログラミング編は、情報処理初心者を対象とした教育で使用するテキストとして企画しましたが、応用プログラム編には、実務での情報処理でも使用可能な高度な問題も多く収録されているので、それらを参考することは、ある程度FORTRANを理解し、実務を処理している技術者にとっても十分参考になると考えていますので広くご利用下さい。

●お申込みは土木学会または全国主要書店へ●

Mr SOIL がさらに機能を充実

地盤の非線形解析ソフト

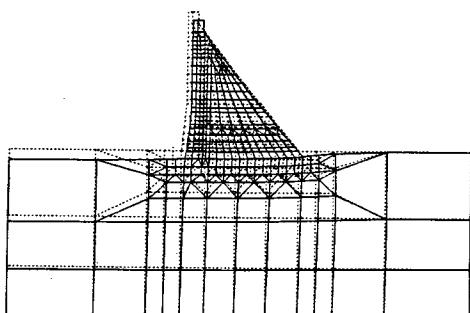
Mr. SOIL

《機能》

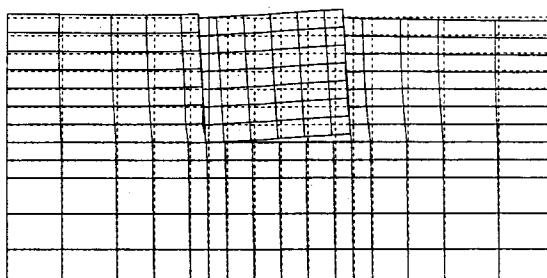
- 弹性及び弾塑性解析が可能。
- 削機能、盛土機能がある。
- 地盤の不連続性や、構造物との相互作用が扱える。
- 各種要素の準備(三角形要素、四角形要素、棒要素、梁要素、JOINT要素)
- 大型モデルはそのままCRCネットワークで、メインフレーム処理が可能。
- 地震荷重、分布荷重が扱える。*
- 荷重の段階的載荷が可能。*
- 弹性解での安全率(モール・クーロン基準)評価。*
- 充実したグラフィック機能(変形図・応力ベクトル図・応力センター図・拡大機能など)。*

*印はVersion-2による追加機能

販売価格：64万円 機種：NEC PC-9801シリーズ、IBM 5550



静水圧によるダムの解析



不連続性を考慮した地盤と構造物の解析

CRC センチュリリサーチセンタ 株式会社

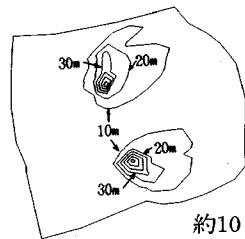
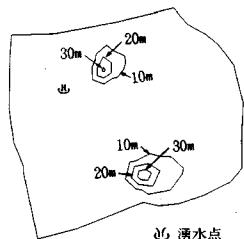
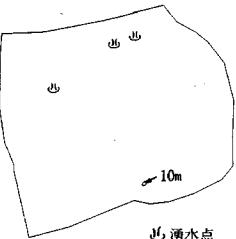
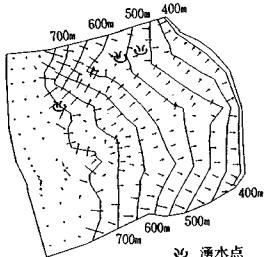
大阪市東区北久太郎町4-68
(06-241-4121)担当：岩崎・古川

地下水解析のことなら **CRC**

日本初!!逆解析手法による
地下水変動解析プログラム

UNISSF

スピーディな同定・安価な解析



初期状態の地下水流

トンネル掘削開始直後

約4日後

約10日後

特長 ○有限要素法による準3次元解析を中心とした
地下水の流れのトータルシステムです。

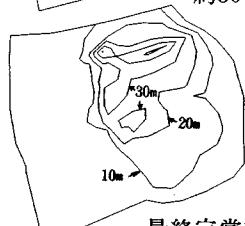
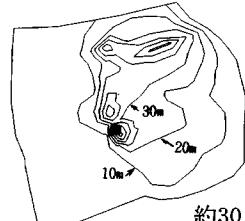
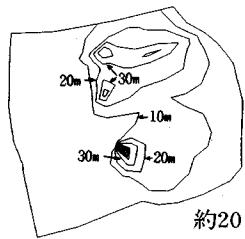
○観測水位と計算水位より、非線形最小二乗法を用いて
帶水層定数の同定が可能です。(逆解析手法)

○建設・土木工事(掘削・ディープウェルその他)の
解析に対応する多くの機能を備えています。

○メッシュ・ジュネレータにより、
モデル(要素分割)作成の手間を軽減できます。

○図化処理プログラムにより、
結果の確認が容易に行えます。

機種: FACOM-Mシリーズ, HITAC-Mシリーズ
IBM303X, 308X, 43XX, CRAY
NEC ACOSシリーズ, DEC VAX11 他



このシステムは、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。

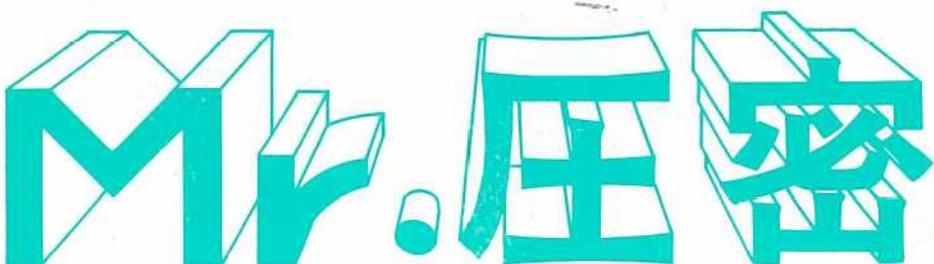
IPA 情報処理振興事業協会

CRC センチュリリサーチセンター株式会社

大阪市東区北久太郎町4-68
(06-241-4121) 担当: 岩崎、中屋

圧密解析ソフトパソコンに上陸!!

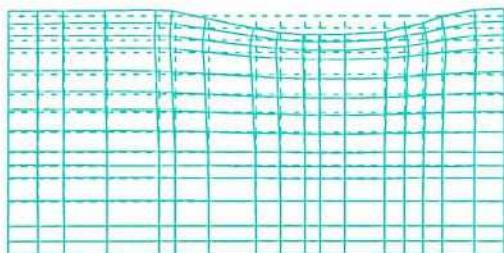
地盤の非定常圧密解析プログラム



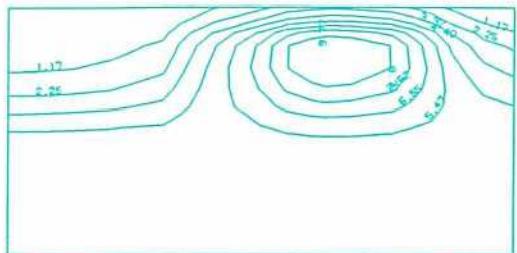
(特長)

- 非定常FEMによる線形弾性解析(christian系の解法)。
- 二次元平面歪解析。
- 要素として三角形・任意四角形が扱える。
- スケーリングをしているので安定して解が求まる。
- リスタート機能の完備。
- 入力はわかりやすいコマンド形式を採用(フリーフォーマット)。
- 図化処理(プロッタ、画像出力)等、豊富な機能を持つポストプログラムを完備。
- ジェネレート機能(長方形要素)により簡単にモデル作成が可能。
- 大モデルはそのままCRCネットワークでも(ホスト処理)可能。

販売価格：60万円 機種：NEC PC9800シリーズ 他



変形図



過剰間隙水圧センター図

*EWS、汎用機用の圧密解析プログラム(逆解析も可能)として"UNICON"も用意しております。

CRC センチュリリサーチ センタ 株式会社

大阪市東区北久太郎町 4-68
(06-241-4121)担当:岩崎・榎原