

**討議** (和文)

**DISCUSSION  
/CLOSURE**

[討議・回答]

清宮 理  
山田昌郎 共著

# “上部開放断面を有する長大ケーソンのねじれ特性”への討議・回答

(土木学会論文集, No. 466/V-19, pp. 41~50, 1993年5月掲載)

▶ 討議者 (Discussion)

佐伯 昇 (北海道大学)

Noboru SAEKI

## 1. まえがき

沈埋トンネル, 防波堤用ケーソンなどの建設において, 大型作業機械による省力化あるいは能率化などをはかるため, 構造体は陸上で大型化されあるいは合成部材化されて, 施工されることが行われつつある。

大型ケーソンにおいて曳航中の動揺, 地盤の不等沈下, 不陸などによりねじり荷重作用が起こり, またこれに対応するためのハイブリッド部材の使用法, 隔壁の設置方法などが問題となっている。

対象論文ではRC, PC部材あるいは鋼・コンクリートで合成部材を混合して用いたU字開放断面のねじり解析及び載荷実験を行って検討している。ねじり解析においてはSaint-Venantによる単純ねじり理論およびそりが拘束されて軸方向応力が生じる曲げねじり理論(拘束ねじり理論)を考慮してこれらの応力を合成して解析を行っている。これを混合ねじり理論と呼んでいるが, 一般的に曲げねじり理論として総称されている。コンクリートのひびわれ発生前においては従来の弾性理論を用いることができるので, 解析は比較的容易であるが, ひびわれ発生後になると曲げねじり解析はまだ確立されていなく解析は容易ではない。また鋼とコンクリートの合成部材ということもあり, さらに解析が難しい。

発表論文の著者らは最近の情報あるいは多くの仮定を用いながら現段階で可能な解析を試みていて, 貴重なデータとなっている。ただデータの整理, 仮定の用い方などに判りづらい点があるのは残念である。さらに実験解析を行い, 一般的に応用できる方向にさらに研究を進めることを期待する。

## 2. コンクリートのひびわれ発生前の解析について

### (1) 隔壁がある場合の条件

発表論文中の式(7)にあるHsuらの式(1)

$$EI_{ww}\phi'' = GJ_D b_D \phi' \quad (1)$$

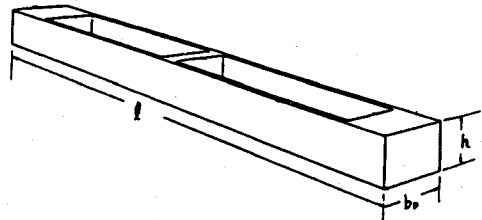


図-1 U字形断面

は, 一般的には隔壁を板としての性質で表示している次式<sup>2)</sup>の方が判りやすい。

$$M_w = D(1-\mu)\Omega\phi'(x_D) \quad (2)$$

ここで,

$$M_w = -EI_{ww}\phi''(x_D) \quad (3)$$

$$D: (\text{隔壁の曲げ剛性}), \frac{Et^3}{12(1-\mu^2)} \quad (4)$$

$\Omega$ : 板の面積の2倍

$x_D$ : 隔壁のある位置

この表示であれば, 鋼材による隔壁など材質が違う場合にも応用がしやすい。

端部隔壁のみの場合は, 式(2)を用いる事によって解を求めやすいが, 任意の位置に中間隔壁が入った場合にはフーリエ級数などによって求める方が容易である(図-1)。

一般にねじり角の解を下式におくと,

$$\phi(x) = C_0 + \sum_{n=1}^{\infty} C_n \sin \frac{n\pi}{l} x + \sum_{n=1}^{\infty} C'_n \cos \frac{n\pi}{l} x \quad (5)$$

式(2)の条件は次式のようになる。

$$\begin{aligned} & \sum_{n=1}^{\infty} C_n \left( \frac{n\pi}{l} \right) \left[ D(1-\mu)\Omega \cos \frac{n\pi}{l} x_D \right. \\ & \quad \left. - \frac{n\pi}{l} EI_{ww} \sin \frac{n\pi}{l} x_D \right] - \sum_{n=1}^{\infty} C'_n \left( \frac{n\pi}{l} \right) \\ & \quad \left[ D(1-\mu)\Omega \sin \frac{n\pi}{l} x_D + \frac{n\pi}{l} EI_{ww} \cos \frac{n\pi}{l} x_D \right] \\ & = 0 \quad (6) \end{aligned}$$

これらの隔壁による境界条件と、ねじり角、ねじり率あるいは荷重条件を用いてフーリエ級数の定数を決定すればよい。ケーソンなどの大型開断面においては隔壁の位置、数が重要であり、発表論文においてもこの問題をさらに扱う必要がある。

また隔壁には板の理論より、単位長さ当たりねじりモーメント  $T_D$  が作用する。

$$T_D = -D(1-\mu) \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y} \dots\dots\dots (7)$$

ここで、 $\frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y} = -\phi'(x_D)$  であるから<sup>2)</sup>

$$T_D = D(1-\mu) \phi'(x_D) \dots\dots\dots (8)$$

これにより隔壁のねじり応力を求めることができ、隔壁にひびわれが入る荷重を決めることができる。

(2) ねじり剛性および曲げねじり剛性について  
St-Venant のねじり応力によると矩形の断面の場合、長辺の中央の表面に最大せん断応力  $\tau_{max}$  が生じる。

$$\tau_{max} = G\phi't \left\{ 1 - \frac{8}{\pi^2} \sum_{n=1,3,5}^{\infty} \frac{1}{n^2 \cosh(n\pi h/2t)} \right\} \\ = \beta_1 G\phi't \dots\dots\dots (9)$$

$\beta_1$  は  $h/t$  が 5 以上になると  $\beta_1 \cong 1$  と見なせる。

またせん断応力分布は断面中央で 0 となる三角形分布と近似的に仮定され、発表論文の式 (10) のような式を用いて St-Venant のねじり剛性の解析が可能となる。ただし発表論文の式 (9) に St-Venant の反り  $u = \phi' \psi$  によるひずみ  $\phi' \frac{d\psi}{dz}$  が無視されており、厚さが大きくなるほど考慮する必要がある。

厚さを一定にしておいて、長さ方向に  $g = G_s/G_c$  倍だけ鋼板の面積を割増する仮定も考えられる。これらは発表論文の Fig. 17 から検証が可能であり、これを行ってみる必要がある。

発表論文の式 (4) に発表論文の式 (5)~(8) の境界条件を用いた解は一般に次のように表される。

$$T = \beta_2 \bar{\phi} \dots\dots\dots (10)$$

また、反りねじり剛性 ( $I_{ww}$ ) を算定する際に、反り応力が曲げ応力状態と相似である事から、鋼板の断面積を縦弾性係数の比によって断面の厚さ方向に換算する仮定はほぼ妥当と考えられる。これによりひびわれ前の弾性状態のねじり剛性および曲げねじり剛性の算定法を照査することができる。また、発表論文の式 (19) から求まる 2 次せん断流によってさらにせん断変形が生ずる。これを考慮するとさらに厳密な解<sup>3)</sup>となる。

### 3. ひびわれ発生後の剛性、応力の算定について

(1) ねじり剛性および曲げねじり剛性について  
ひびわれの発生後の挙動を解析するのは容易ではな

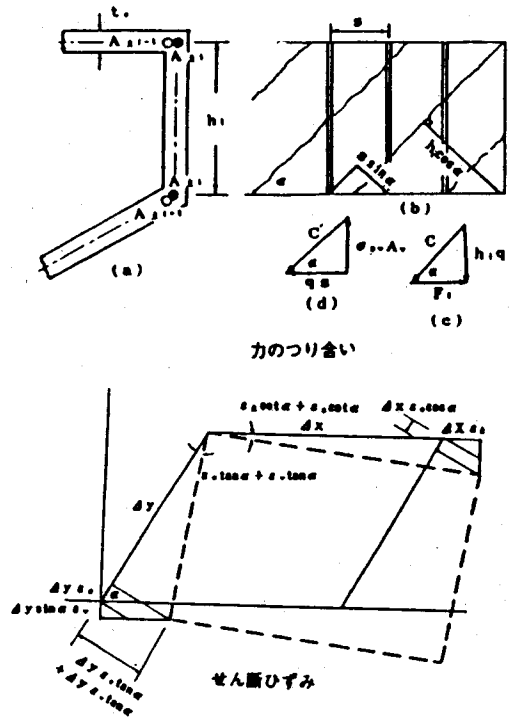


図-2 力のつりあい、せん断ひずみ<sup>3)</sup>

く、種々の仮定の上に算定が行われている。従って実験との照査を行いながら仮定を確認する必要がある。発表論文においてこの照査検討が少ないのは残念であり、仮定の妥当性がはっきりしない点がある。

ひびわれ後のねじり剛性については充実断面を鉄筋で囲まれた部分が有効とする立体トラスモデルを用いるのが一般的であり、St-Venant のねじりから Bredt のねじり理論に変わることになる。有効厚さの取り方にむずかしい問題がある。発表論文のように  $0.75A_0/P_0$ <sup>4)</sup> を用いる場合、 $t/6$ <sup>5)</sup> あるいは鈎合条件、適合条件に合致するように有効厚さ ( $t_d$ ) を繰り返し計算で、算定する場合<sup>6),7)</sup> もある。

一般に Bredt のねじり剛性は次式のようになる。

$$GJ = \frac{m_t}{\frac{1}{2A_0} \oint r ds} \dots\dots\dots (11)$$

$A_0$  : せん断流の中面の面積

$r$  : せん断ひずみ

$m_t$  : 一次ねじりモーメント、又はねじりモーメント (単純ねじり理論の場合)

一番簡単な  $r$  の取り方の一例として次の式<sup>8)</sup> が考えられる。図-2 に力のつりあい、ひずみ図を示す。

コンクリート、軸方向鉄筋、横方向鉄筋および鋼板がある場合の鋼板のせん断ひずみを  $r_c, r_1, r_0, r_s$  とするとそれぞれ次のようになる。

$$r_c = q / (E_c t_d \cos^2 \alpha \sin^2 \alpha) \dots\dots\dots (12)$$

$$r_t = q a_0^2 \cot^2 \alpha / (E_s A_t) \dots\dots\dots (13)$$

$$r_o = q s \tan^2 \alpha / (E_s A_o) \dots\dots\dots (14)$$

$$r_s = q / (t_s G_s) \dots\dots\dots (15)$$

ここで、

$$q = \frac{m_t}{2 A_0} \dots\dots\dots (16)$$

ひびわれ角は次式となる<sup>4),8)</sup>。

$$\tan^4 \alpha = \frac{\frac{a_0^2 t_d}{A_t} + n}{\frac{s t_d}{A_o} + n} \dots\dots\dots (17)$$

ハイブリッドにおいて  $a_0'$  をかえる必要がある。

$a_0'$  は一般にはせん断流の中心線の周長であるが、ひびわれ発生後矩形断面においては、軸方向鉄筋の中心を結ぶ周長が用いられる。ハイブリッド断面では鋼材厚の中央を通り、軸および横方向鉄筋の中央を通る周長が考えられるが、実験によって確認する必要がある。

$E_c, E_s$  はそれぞれ塑性域に入るとその領域での割線弾性係数を用いることになる。ねじりひびわれ発生後の反りねじり剛性(曲げねじり剛性)の計算に、Hsuらの仮定するバイマテリアルモデル<sup>11)</sup>(コンクリートの曲げ解析と同様に、引張部コンクリートを無視し、弾性係数比により鋼材断面積をコンクリート断面積に換算)を適用することは一解析手法として考えられる。

種々の仮定によって剛性を算定し、ねじり角を計算し、発表論文中の Fig. 17 によるひびわれ発生後のねじり剛性と比較する事によってこれらの仮定の妥当性が確かめられる。

(2) 応力の算定

ひびわれ後のねじり剛性と曲げねじり剛性を用いることにより、弾性理論と同様に1次ねじりモーメント  $m_t$ 、と2次ねじりモーメント  $\bar{m}_t$ 、および反りモーメント(曲げねじりモーメント)  $M_w$  が求まる。

$$m_t = GJ\phi' \dots\dots\dots (18)$$

$$\bar{m}_t = -EI_{ww}\phi'' \dots\dots\dots (19)$$

$$M_w = -EI_{ww}\phi'' \dots\dots\dots (20)$$

発表論文においては、 $m_t, \bar{m}_t$  によってせん断ひずみを求め、鋼材の降伏を求める手法を取っているが、ひびわれ後においては一般に立体トラスモデルの釣合条件から鉄筋応力が求まる。一番簡単な式を挙げると、軸方向鉄筋、横方向鉄筋、コンクリート応力およびハイブリッドの場合の鋼材応力を  $\sigma_{st}, \sigma_{sv}, \sigma_c, \tau_s$  とすると  $m_t$  による応力は外壁がハイブリッドの場合は  $a_0'$  をかえる必要があるが、それぞれ下式のようになる。

$$\sigma_{st} = q a_0^2 \cot \alpha / A_t \dots\dots\dots (21)$$

$$\sigma_{sv} = q s \tan \alpha / A_o \dots\dots\dots (22)$$

$$\sigma_c = q / (t_d \sin \alpha \cos \alpha) \dots\dots\dots (23)$$

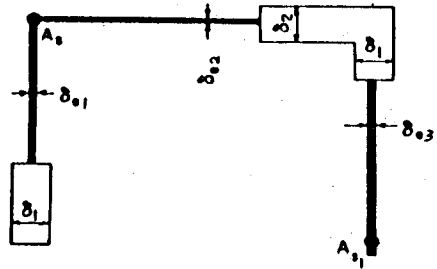


図-3 バイマテリアルモデル<sup>11)</sup>

$$\tau_s = q / t_s \dots\dots\dots (24)$$

$\bar{m}_t$  による2次せん断流  $\bar{q}$  が部材厚さ方向に一樣な分布で生じるとすれば、次のように求めることができる。

$$\bar{q} = \frac{\bar{m}_t}{I_{ww}} Q_w \dots\dots\dots (25)$$

外壁がハイブリッド構造の場合はRC部材のみかけ上のせん断弾性係数  $G_{RC}$ 、鋼板のせん断弾性係数  $G_s$  とし、 $n' = G_s / G_{RC}$  とするとRC部には  $\bar{q}_{RC} = \bar{q} \frac{A_c}{n' A_s + A_c}$ 、鋼板には  $\bar{q}_s = \bar{q} \frac{n' A_s}{n' A_s + A_c}$  が分布すると仮定される。式(21)、(22)、(23)を多少修正して  $q$  に  $\bar{q}_{RC}$  を代入することにより鋼材およびコンクリートの応力が求まる。また式(24)の  $q$  に  $\bar{q}_s$  を代入する事により鋼板のせん断応力が求まる。 $m_w$  については軸応力  $\sigma_x$  が次式のようになる。

$$\sigma_x = \frac{m_w}{I_{ww}} w \dots\dots\dots (26)$$

この場合、図-3に示すようなバイマテリアルモデル<sup>11)</sup>から  $w, I_{ww}$  が求められる。また、発表論文中の式(25)はひびわれ後において、 $a = \sqrt{\frac{GJ}{EI_{ww}}}$  がかなり小さく、さらに固定端の場合に用いられる仮定で、一般的でないことに留意する必要がある。

4. 実験について

外壁の構造がハイブリッド、PC構造であり、また隔壁の材質が鋼板、鉄骨、RC部材であることから、それぞれの解析が必要である。これらに対する検討結果が十分報告されていない。その故に推定によって実験結果を考察するしかなく、貴重なデータに対する有効な利用が行われづらい状況にあるのは残念である。特に発表論文 Fig. 17, Fig. 19 に対する解析結果との比較照合がなされていない。

荷重段階から見ると、初期荷重レベルにおいてひびわれ発生がなく弾性理論との比較となる。次にRC部材の端部隔壁あるいは中間隔壁にひびわれが入る場合と桁部からひびわれが入る場合がある。それぞれに対応して剛性を低下させる必要がある。

ひびわれ発生条件は、発表論文の式(11)による1次

ねじりモーメントによるせん断応力, 式 (19) による 2 次ねじりモーメントによるせん断力, 式 (18) による曲げねじりモーメントによる軸応力による主応力を計算し, それがコンクリートの引張強度を越えるとひびわれが発生することになる。Table. 4 ではひびわれ発生を反り曲げとねじりせん断と分けているが, それぞれが部材位置によって卓越しているとの理由からとしているが, 全体のひびわれ状況を調べる上からも主応力によって計算する必要がある。破壊モードとしては, スターラップ, 軸方向鉄筋, コンクリート, 鋼板 (この破壊は少ないと思われる) によるものが考えられる。スターラップについては式 (22), 軸方向鉄筋では式 (21), (26), コンクリートについては式 (23), 鋼板については式 (24), (26) が適用され, 耐力が求められる。コンクリートの強度は斜めひびわれに囲まれた強度であるために強度, ひずみに対して低減する必要がある。これらの実験においてひびわれ発生部の材の順番, 位置, それに対応する解析, 破壊における鉄筋降伏の順番, 破壊時の破壊パターンの分類を明記してほしかった。立体トラス理論から, コンクリートの圧縮応力分布あるいは材料の塑性を考慮するなどさらに発展したものについて Collins<sup>6)</sup>, Hsu<sup>7)</sup> の解析があり, さらに厳密に解析するにはこれらの応力, ひずみの関係を用いる必要がある。

▶ 回答者 (Closure)

清宮 理・山田昌郎 (運輸省)  
Osamu KIYOMIYA and Masao  
YAMADA

著者らの論文に対して貴重なご討議をお寄せいただき深く感謝致します。ケーソンのねじりに関し, より理解を深められ, 今後の研究の方向性を得ることができました。以下ご討議に対し順を追ってご回答致します。

1. まえがきについて

第 2 段落で, ねじり荷重作用に対応するための隔壁の設置方法が問題となっていると記述されていますが, 現状の設計では隔壁は主として水圧により面外曲げを受ける外壁を支持するために設置しており, ねじりに対して抵抗することは期待していません。実験では隔壁の影響により 1 割程耐力の上昇がありました。この差をねじりの設計に直ちに考慮すべきか判断に迷う所です。解析ではケーソンを棒部材として取り扱ったためこの影響を解析的に確認できませんでした。隔壁の影響を考慮する手法について今後検討を進めたいと思います。

2. ひびわれ発生前の解析について

発表論文の式 (7) は端部壁を棒部材として表現しており, ハイブリッド製の端部壁のねじり剛性としては発

参 考 文 献

- 1) Hwang, C.S. and Hsu, T.T.C. : Mixed Torsion Analysis of Reinforced Concrete Channel Beams-A Fourier Series Approach, *ACI Journal*, pp.377~386, Sep.-Oct. 1983.
- 2) V Z ウラソフ・奥村敏恵外共訳: 薄肉弾性ばりの理論, 技報堂, pp.132~135.
- 3) 佐伯 昇: 二次せん断変形を考慮した曲げねじり理論と数値計算, 土木学会論文集, 第 209 号, pp.27~36, 1973.
- 4) Krpan, P. and Collins, M.P. : Predicting Torsional Response of Thin-Walled Open RC Members, *Journal of the Structural Division, Proceedings of the American Society of Civil Engineers*, Vol.107, No.ST6, pp.1107~1127, June 1981.
- 5) Thurlimann, B. : Torsional Strength of Reinforced and Prestressed Concrete Beams-CEB Approach, *ACI*, SP59-7.
- 6) Collins, M.P. and Mitchell, D. : Shear and Torsion Design of Prestressed and Non-Prestressed Concrete Beam, *PCI*, pp.23~100, Sept.-Oct. 1980.
- 7) Hsu, T.C.C. : Nonlinear Analysis of Concrete Torsional Members, *ACI Structural Journal*, pp.674~682, Nov.-Dec. 1991.
- 8) 佐伯 昇・高田宣之・藤田嘉夫: ねじり荷重を受ける鉄筋コンクリート部材の耐力, 土木学会論文集, 第 390/V-8, pp.123~130, 1988.

(1993. 11. 24 受付)

表論文の式 (16), Fig. 5, Fig. 8 の仮定を用いています。せん断弾性係数  $G$  と縦弾性係数  $E$  の関係式を討議の式 (4) に代入して, さらに板の曲げ剛性  $D$  を討議の式 (2) に代入すれば, 討議の式 (2) と発表論文の式 (7) とが等価であることがわかります。ただし一般に港湾のケーソンでは端部壁には曲げおよびせん断力が作用しませんが, 他の構造物では作用する場合もあると考えられますので, 端部壁を板部材として取り扱う方が一般性があると認めます。その場合には, ひびわれ発生前後のハイブリッド板部材のねじり剛性を仮定する必要が生じます。

発表論文の式 (3) を解くためにフーリエ級数を使用する方法は, Hsu らにより詳しく述べられています<sup>1)</sup> ので, 発表論文では言及しませんでした。任意の位置に中間隔壁が入った場合フーリエ級数の使用が有効とのご指摘ですが, フーリエ級数はケーソンが 1 方向に長く棒部材とみなすことができ, ねじり回転角の分布が連続関数になる場合のみに適用可能であり, 反り拘束効果が無視できないようなねじり剛性の高い隔壁が, ケーソンの幅あるいは高さと同程度以下の間隔で設置されるような場

合には、隔壁間の側壁および底板を棒部材ではなく板部材とみなして解析する方が、フーリエ級数を用いるよりも妥当と考えます。今回の模型では中間隔壁自体のねじり剛性は小さく、その反り拘束効果は無視できると考え、中間隔壁を無視して棒部材のねじり理論を用いました。ただし中間隔壁の厚さ分だけ上部開放断面部の長さが短くなるので、同一条件では中間隔壁が厚い方が見かけ上ねじり剛性が高く算定されました。

ねじり剛性について、厚さを一定にしておいて、 $g = G_s/G_c$  倍だけ鋼板の面積を長さ方向に割増する仮定も考えられる、とのご指摘ですが、長さ方向がどの方向なのか不明確です。長さ方向を発表論文 Fig.5 中の断面幅  $b$  の方向とすると、せん断応力の分布が実際と異なり、発表論文の方法に比べて優れているとは思えません。

### 3. ひびわれ後の解析について

ねじり剛性を発表論文の Fig.17 により検証可能とのご指摘ですが、Fig.17 の結果から St. Venant ねじり (1次ねじり) と反りねじり (曲げねじり, 2次ねじり) を分離するのは不可能なので、この検証には発表論文 p.43 左段下3行に記したように部材レベルのねじり載荷試験が必要です。現在ハイブリッド板の St. Venant ねじり剛性算定法の検証のために、鉄筋量をパラメータとしてハイブリッド板のねじり載荷実験を行っています。また反りねじり剛性算定法の検証のために、鋼板厚をパラメータとしてハイブリッド板の面内曲げ載荷実験を行っています。これらの実験により仮定を検証ないしは修正したいと考えています。

討議の式 (25) は発表論文の式 (19)、討議の式 (26) は発表論文の式 (18) とそれぞれ等価です。発表論文の式 (25) はご指摘の通り  $a$  がかなり小さく固定端の場合に用いられる仮定です。

### 4. 実験について

外壁がハイブリッド部材である模型 No.1 について、

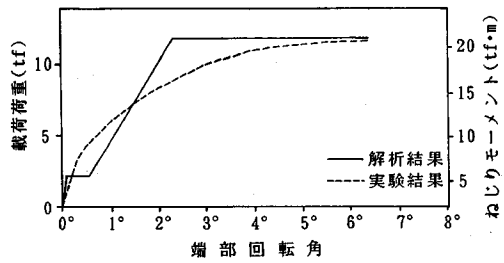


図-1 載荷荷重と端部回転角の関係 (模型 No.1)

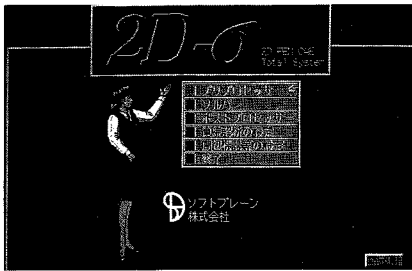
解析結果と Fig.17 の実験結果とを比較すると、図-1 のようになります。ひびわれ発生前の剛性は解析結果より実験結果の方が小さくなっています。この原因については前述のように、板要素の実験により今後検討したいと考えています。解析では荷重 2.11 tf の時点で端部壁にひびわれが発生し、境界条件が変化します。すなわち端部壁の剛性としてひびわれ後の剛性を用いることになります。その新しい境界条件で側壁の応力を求めるとひびわれ発生応力を超えるので、外壁についてもひびわれ後のねじり剛性を用いることになります。ひびわれ発生から鉄筋降伏まで、実験結果はなめらかな曲線であるのに対し、解析結果は階段状になっています。これはひびわれの進展とともに徐々に剛性が低下していく過程及びひびわれにはさまれたコンクリートの弾性係数の低下を考慮していないことによります。今後検討していきたいと思います。なお今回外壁が PC の模型については、最大荷重は発表論文の 2.(4) の方法で予測しましたが、変位については予測できませんでした。今後の課題したいと思います。

### 参考文献

- 1) 討議参考文献1) に同じ。

(1994.6.7 受付)

# パソコン用土木構造解析CAEシステム



■システムマネージャー（動画、音声）

ツーディーシグマ

## 2D-σ

TOTAL SYSTEM

土木業界で大好評

「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

詳細資料提供

数日間かかった解析がわずか数十分間で！  
 だれでも、どこでも、低コストで、簡単に。  
 斬新なコンセプトで設計のあり方が変わる！

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

有限要素的な指定は存在しない。システムはCAD上の情報から全てのデータを自動的に生成する。

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、熱応力など）

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）

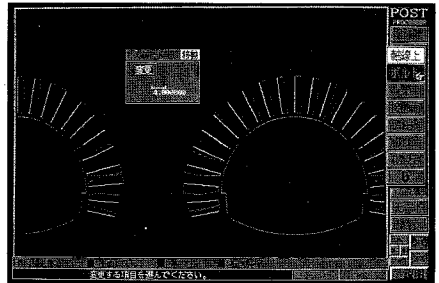
EWS並みの大規模解析能力と高速演算。（3000節点、拡張可、1400節点の演算はCPU486DXで約2分間）

独自のウィンドウズシステム、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。

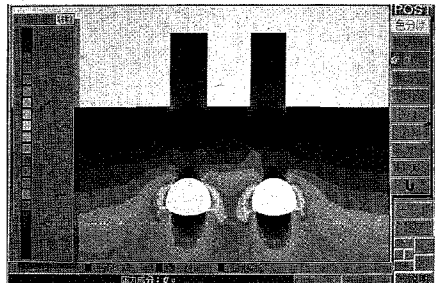
任意断面の成分分布曲線



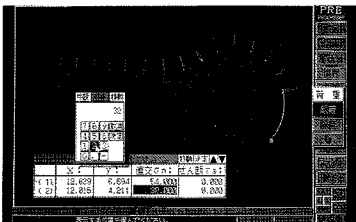
ワンタッチでM・Q曲線



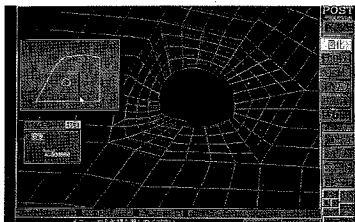
応力/ひずみの分布状態



■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



開発・販売



ソフトブレン(株)

お問合せは 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

販売代理 株式会社CRC総合研究所

# 土と水の連成逆解析プログラム

未来設計企業  
**CRC**

# 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

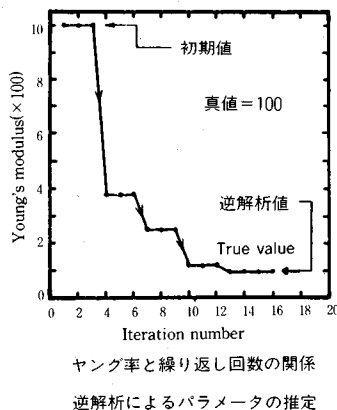
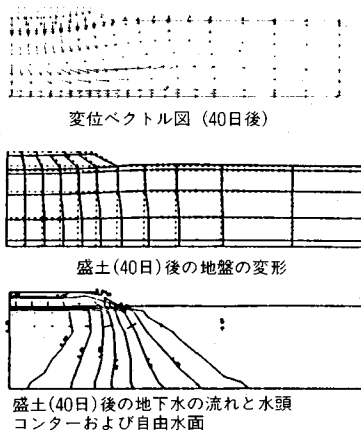
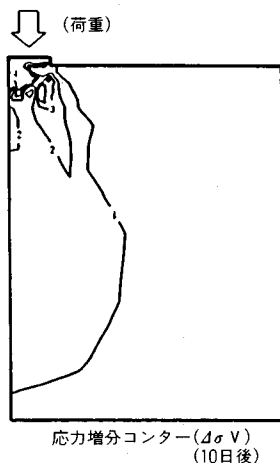
盛土・掘削

## 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・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)



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 大阪府中央区久太郎町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

有限要素法  
CRC

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。

### 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。(薬工施工のモデル化)
- 節点数制限のUP。(約3000節点が可能)

#### 出力部

- 線画だけでなく画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。

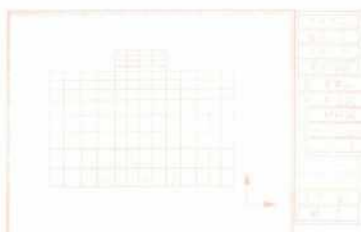
#### 動作環境

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、改良により少くなる場合があります。

新価格 ¥980,000  
(当社比40%オフ)

※Windowsは、北沢社よりライセンス取得済みです。



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 西日本事業部

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