

大久保禎二 和多田康男 共著 “エネルギー原理およびSQPによるトラス構造物の材料非線形解析法に関する研究”への討議・回答

(土木学会論文集, 第374号/I-6 1986年10月掲載)

▶ 討議者 (Discussion)

杉本博之 (室蘭工業大学)

By Hiroyuki SUGIMOTO

本研究においては、材料の非線形性を考慮する構造物の解析を、エネルギー原理に基づくポテンシャルエネルギーおよびコンプリメンタリーエネルギーの停留値問題として定式化し、それを著者達のSQPで解いています。その結果、結論として、ポテンシャルエネルギー最小化による方法は収束性が悪く、反復計算回数が多くなり、実際に適用するのが困難である。一方、コンプリメンタリーエネルギー最小化による方法は、収束性がよく、実用的な解析法であるとしています。

これらの結論を得るためには、エネルギーの停留値問題を解く最適化手法の選択およびその内容が重要な点だと思われませんが、著者達のSQPには以下の点に疑問があります。

3. (2) のポテンシャルエネルギー最小化は、無制約最小化問題ですが、ポテンシャルエネルギー  $\Pi_p$  (式(6)) を  $Q_p$  として2次近似(式(13))し、 $\Pi_p$  の最急降下方向に  $Q_p$  を最小化しています。確かに、 $Q_p$  を最小化することにより直線探索が不要になっていますが、 $Q_p$  の最小化を繰り返すことにより  $\Pi_p$  の停留点を得られるという保証はなく、まして、繰り返しの初期には  $Q_p$  の近似度は非常に悪いので、収束性は極端に悪くなると考えられます。やはり  $Q_p$  ではなく  $\Pi_p$  を最小にする解を求めるべきではないでしょうか。

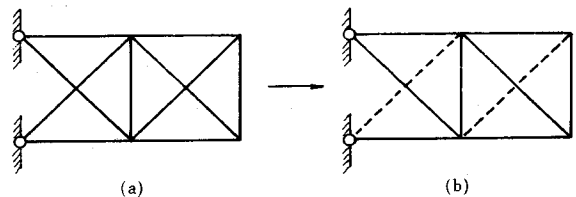
また、探索方向を  $\Pi_p$  の最急降下方向としている点ですが、無制約最小化問題に対しては、最急降下法より可変計量法の方がすぐれているのはもはや常識といえます。探索方向は、 $-\nabla \Pi_p$  ではなく  $-H_p^{-1} \cdot \nabla \Pi_p$  とすべきと思われます。 $H_p^{-1}$  は、DFPあるいはBFGSにより、 $H_p$  の更新と同様にして得ることができます。

以上を総合しますと、本論文の3. (2) は可変計量法を用いる方が収束性はよく、計算例において収束性が悪かったのは、ポテンシャルエネルギーを最小化したためではなく、著者達のSQPに問題があったのではないかと考えられますがいかがでしょうか。

3. (3) のコンプリメンタリーエネルギー最小化は、線形等式制約条件下の最小化問題ですが、これを、コンプリメンタリーエネルギー  $\Pi_c$  (式(7)) を、 $Q_c$  として2次近似(式(18))し、 $\Pi_c$  の最急降下方向に  $Q_c$  を最小化しています。

ここでも、 $Q_c$  ではなく  $\Pi_c$  を直線探索法により最小化した方が、全体の収束性は向上すると考えられます。

また、この問題は、静定基本系の概念を導入することにより、以下のように設計変数の数が不静定次数である無制約の最小化問題に縮小できると考えられます。



図一A 静定基本系と不静定部材への分離

つまり、構造を静定基本系と不静定部材に分けることにより(たとえば、図一A)、式(12)は

$$P - [C_1 C_2] \cdot [N_1 N_2]^T = 0 \dots\dots\dots (i)$$

となり、これを解くことにより、静定基本系の部材力  $N_1$  は、

$$N_1 = C_1^{-1} (P - C_2 N_2) \dots\dots\dots (ii)$$

と  $N_2$  のみで表現されます。ここで、添字1は静定基本系(図一A (b) の実線の構造)に対応し、2は不静定部材(図一A (b) の点線の部材)に対応します。 $C_1$  の正則性が保証されているのはいうまでもありません。これにより、式(12)の下での  $\Pi_c(N)$  の最小化問題は、無制約条件下で  $\Pi_c(N_2)$  を最小化する問題に変換され、前記の可変計量法を応用して効率よく解を得ることができると考えられますがいかがでしょうか。

さらに、式(ii)を用いれば、初期許容解を求めるのも容易であると考えられます。(1987.3.9・受付)

## ▶回答者 (Closure)

大久保禎二 (愛媛大学)・和多田康男 (宇部興産)

By Sadaji OHKUBO and Yasuo WATADA

著者らの論文に対し、貴重なご討議をいただきお礼申し上げます。

まず、ご討議の第一点は、全ポテンシャルエネルギー最小化問題に対して可変計量法がより効率的ではないかのご指摘ですが、本研究では、可変計量法における直線探索過程の複雑さ、および多変数を含む最小化問題に対する信頼性の低下などを考慮いたしまして、あえて全ポテンシャルエネルギー( $\Pi_p$ )を二次形式に近似し、最小点までの変化量が解析的に求められ直線探索を必要としない本論文の方法により最小化を繰り返すことにより解を求めたわけであります。なお、この最小化問題の解法を選択の問題に関しましては、われわれも研究の過程で種々検討いたしております。可変計量法では、本論文の方法に比べて最終解を決定するために必要なヘッセ行列の改良回数は少なくすみますが、直線探索に多くの計算時間を必要とし、結果的には本論文の方法の方が能率的に最終解を決定しています。また、自由度(可動節点変位の数)が多くなるにつれて、可変計量法では正解と大きく異なる値に収束したりして、正解が得られにくくなりましたが、本論文の方法では、自由度の増加とともに反復改良回数は増加しましたが正解に収束しております。

以上のことより、 $\Pi_p$ の最小化問題に対して、可変計量法は必ずしも信頼性があり、かつ能率的であるとはいえません。これに対して本論文で適用している方法では、

二次形式の反復改良回数は多くなりますが、アルゴリズムが複雑でかつ計算時間を多く要する直線探索の過程がなく、改良のための変化量がきわめて単純に解析的に求めることができ、改良を繰り返すことにより確実に正解に収束しており、可変計量法と比較して信頼性・収束性・アルゴリズムの単純さなどすべてにおいて優れていると結論づけることができると思います。

次に、ご討議の第二点は、コンプリメンタリーエネルギー最小化問題を、静定基本系の概念を用いて、未知変数の数を不静定次数と等しくし、無制約最小化問題として解く方法についてであります。本論文の方法では力のつり合い条件式を考慮していますので、ご討議の式(i)および(ii)のような表現にはなっていませんが、本質的には不静定力を独立変数として最小化を行っていることと同等であり、計算例からも明らかのように、収束性もきわめて良好であります。一方、ご討議にありますように不静定力を独立変数として考慮すれば、確かにコンプリメンタリーエネルギー最小化問題を無制約最小化問題に変換することができ、また次元数も減少しますが、不静定力の選択方法等により解法の一般性がなくなり、汎用性を原則とする構造物の非線形解析法としては大きな欠点となります。また、計算効率や収束性なども、本論文の方法と比較して向上はみられないと予想されますが、今後検討してみたいと思っています。

(1987.7.31・受付)

---

内容紹介

## 軸対称正多角形トラスドーム構造物の分岐現象の群論による記述 (英文)

池田清宏・鳥居邦夫

[土木学会論文集 第386号/I-8 pp.21~31 1987.10]

本論文は軸対称正多角形トラスドームの分岐現象を二面体群により調べたものである。正多角形トラスドームの分岐現象が二面体群により支配されることを証明し、二面体群の適用性を示した。さらに、ドームの節点の鉛直変位に加え、回転・半径方向変位をも考慮する理論展開を採用し、正多角形ドームの分岐モードとその階層構造を求めた。最後に3種類の正六角形トラスドームのつり合い経路を数値解析により求め、これらの妥当性を示した。

## 群論によるトラスドーム構造物の分岐点の一研究 (英文)

池田清宏・鳥居邦夫

[土木学会論文集 第386号/I-8 pp.33~42 1987.10]

回転対称性を有する正多角形トラスドームの分岐座屈点を二面体群を用いて分類した。数値解析により求めた種々のトラスドームのつり合い経路上の分岐点を調べた結果、主つり合い経路の対称群と分岐経路の対称群の間の群の指数が偶数の時対称分岐点に、奇数の時非対称分岐点になることが明らかになった。また、分岐点における分岐経路の個数は指数の2倍であった。

## 曲げとせん断を考慮した二次元切頭くさび形モデルを用いたフィルダムの固有振動数解析 (英文)

岸 徳光・能町純雄・松岡健一・木田哲量

[土木学会論文集 第386号/I-8 pp.43~51 1987.10]

矩形状の谷に位置するフィルダムの固有振動特性を検討するために、天端からの高さの $n$ 乗に比例するせん断剛性を仮定した二次元不均質切頭くさび形モデルを考え、曲げモーメントおよびせん断力を考慮した振動数方程式の定式化を行っている。解析は有限差分法を用いて行い、諸パラメーターによる固有振動数、振動モードへの影響について検討を行なっている。数値解析結果より、実フィルダムの動的解析のための解析手法として二次元不均質せん断ばり理論が十分適用可能であることを確認している。

## 薄肉断面部材の非弾性有限変位解析 (英文)

長谷川彰夫・Kithsiri K. Liyanage・野田 勝・西野文雄

[土木学会論文集 第386号/I-8 pp.53~60 1987.10]

線形化有限変位理論に基づいて、非弾性薄肉断面直線部材の接線剛性方程式を誘導した。非弾性解析では、断面主軸、図心、せん断中心が刻々と変化するため、本論文では、単一の任意軸線を基準軸とした。さらに、非線形構成方程式を解析に反映するため、各増分段階で常にひずみ量の評価が必要となり、その目的で断面力増分とひずみ増分の関係を求めた。直応力のみならずせん断応力の降伏条件に与える影響も考慮し、I形断面片持ばりの面内非弾性挙動および面外非弾性挙動を数値計算例として検討した。

## 断面変形を考慮した曲線多室箱桁橋の理論と解析 (英文)

白木恒男

[土木学会論文集 第386号/I-8 pp.61~71 1987.10]

従来のはりを構成する板要素の母線ごとの曲率の変化を考慮した曲線ばりの理論は断面変形の発生を許さない。しかし、実際は大きなねじり力を受ける曲線多室箱桁に断面変形を考慮することは意義がある。そこで、本論文では、「はりの理論」を用いて、曲線多室箱桁の曲げ、ねじり、そして断面変形を並列に扱ってその支配方程式を誘導し、変形量および断面力などの状態量に関する連立一階常微分方程式をせん断変形を考慮しつつ与えた。

---

### 縦方向溶接継手のブローホールからの疲労亀裂進展解析 (英文)

三木千寿・森 猛・坂本謙二・佐々木利視

[土木学会論文集 第386号/I-8 pp.73~81 1987.10]

部分溶け込み縦方向溶接継手のルート部に生じるブローホールの寸法および形状が疲労強度に及ぼす影響について疲労試験および破壊力学の手法を用いた疲労亀裂進展解析から検討した。解析においては、ブローホールおよび疲労破面の詳細な観察結果に基づき、ブローホールを微小な亀裂を伴う回転階円体形の空洞とみなした。また、簡便な方法で疲労寿命を予測することを目的とし、ブローホールを円形の亀裂に置き換える方法を提案した。

---

### 軸線の伸張変形を考慮した平面円弧ばりの楕円積分解 (英文)

後藤芳顯・山下時治・松浦 聖

[土木学会論文集 第386号/I-8 pp.83~93 1987.10]

平面棒材の有限変位問題の閉じた解が楕円積分で表されることは、古くからエラスティカの名で知られている。しかしながら、従来の解は軸線の不伸張変形を仮定した直線材に関するもののみで、しかも、多くは片持ばりに代表される単純な構造に限定されている。

ここでは、より一般性を持った解を提示することを目的として、軸線の伸長変形ならびに一定の初期曲率を考慮した楕円積分表現の一般解を誘導し、さらに標準形に変換する方法について検討した。

---

### プレストレスト・プレキャストコンクリート床版を用いた合成桁の自動車走行のもとにおける耐久性(英文)

中井 博・竹中裕文・喜田 浩

[土木学会論文集 第386号/I-8 pp.95~103 1987.10]

本文は、プレキャストコンクリート床版および現場施工によるRC床版を用いた模型桁5体をプレストレスの与え方などを変えて製作し、自動車走行装置による移動繰返し載荷実験を行った結果を報告するものである。プレキャスト床版合成桁では、①50万回走行後も合成桁として機能すること、②プレストレスを導入したプレキャスト床版は、RC床版と比較してひびわれが発生しにくく、疲労耐久性に優れていること、などが明らかになった。

---

### 振動感覚を考慮した歩道橋の最小重量設計 (英文)

杉本博之・梶川康男・Garret N. Vanderplaats

[土木学会論文集 第386号/I-8 pp.105~113 1987.10]

本論文は、振動感覚を考慮した歩道橋の最小重量設計を効率的に行うために、近似振動使用性照査法および2段階最適化手法を研究し、その応用を提案するものである。まず前者については、固有振動モードおよび最大応答変位振幅を近似的に求めるための種々の工夫が説明され、後者では、最適化を構造レベルと部材断面レベルに分けることにより、構造レベルの問題を縮小し、要する構造解析の回数を減らせることが示されている。

---

### I型並列合成桁橋の対傾構部材力の解析 (英文)

増田陳紀・三木千寿・柏木洋之・街道 浩

[土木学会論文集 第386号/I-8 pp.115~124 1987.10]

対傾構が取付けられた主桁の垂直補剛材上端の溶接部およびその周辺の疲労亀裂発生に及ぼす、構造形式および荷重条件の影響を評価することを目的とした、対傾構部材力の簡易解析方法を提案する。床版は薄板要素、主桁は偏心骨組要素、対傾構は平面骨組として評価した剛性行列を床版面内の節点自由度のみを残して縮約した対傾向要素、によりそれぞれモデル化し、橋梁全体を補剛板とみなす解法により得られた結果は、最大軸力に関し実測値と10~20%以内の誤差で一致する。

---

---

## 道路橋の疲労照査のための活荷重実応力比 (英文)

三木千寿・豊福俊靖・吉村洋司・村越 潤

[土木学会論文集 第386号/I-8 pp.125~133 1987.10]

活荷重に対して実際に生じる応力と設計で用いられる方法により計算される応力の比(実応力比)を、合成桁、トラス橋およびコンクリート橋の合計7橋について検討した。実応力比は総重量が約20tの試験車の通過時の応力および通常の交通荷重下における24時間の等価応力範囲について求めた。活荷重により実際に橋梁部材に生じる応力は計算応力よりかなり低く、疲労を照査する場合の実応力比は0.65を近似的に用いることができる。

---

## 静的不安定性を有する構造物の動的破壊 (英文)

中島章典・倉西 茂・阿部英彦

[土木学会論文集 第386号/I-8 pp.135~144 1987.10]

本論文は、静的不安定性を有する構造物が動的荷重を受ける場合の破壊のメカニズムを明らかにするため、1自由度系について解析的な考察を行い、また、固有振動数、静的荷重、粘性減衰、動的荷重の大きさなどが動的終局状態における応答値やエネルギー量に及ぼす影響を数値計算によって検討した。

その結果、静的不安定性を有する構造物の動的終局状態を規定する最も重要なパラメーターは有効エネルギー入力であることが明らかとなった。

---

## 構造用鋼の繰返し塑性のモデル化 (英文)

皆川 勝・西脇威夫・増田陳紀

[土木学会論文集 第386号/I-8 pp.145~154 1987.10]

繰返し荷重を受ける構造用鋼の弾塑性挙動を推定するための構成モデルを提案する。本モデルは、Popovらによって提案された多曲面塑性モデルを基本とし、新たな材料特性および状態変数としての累積相当塑性ひずみの新たな評価方法を導入するなどの改良を加えたモデルである。提案モデルによって推定される引張圧縮履歴応力-ひずみ関係と、著者らが実施した実験によって得られたそれを比較し、提案モデルの有効性を示す。

---

## 道路橋における疲労亀裂進展 (英文)

三木千寿・村越 潤・坂野昌弘

[土木学会論文集 第386号/I-8 pp.155~164 1987.10]

道路橋で生じるような低応力側に極端に偏った頻度分布をもつシミュレーション変動応力下において疲労亀裂進展試験を行い、特に疲労亀裂進展下限界値 $\Delta K_{th}$ 近傍を中心に進展性状を検討した。その結果、一定振幅応力下で求めたParis則と $\Delta K_{th}$ を用い線形被割則を適用すれば、 $\Delta K_{th}$ 以下の応力繰返しによる影響を含めて、変動応力下の疲労亀裂進展を十分な精度で推定できることが明らかとなった。

---

## 入力地震動の周波数特性と継続時間が構造物のエネルギー応答に及ぼす影響 (英文)

平尾 潔・沢田 勉・成行義文・笹田修司

[土木学会論文集 第386号/I-8 pp.165~174 1987.10]

本研究は、道路橋示方書の平均加速度応答スペクトル倍率に適合する二、三の模擬地震動を作成し、一自由度系に対する応答解析結果をもとに、マグニチュード、震央距離、地盤条件による入力地震動の周波数特性および継続時間の相違が、入力エネルギー、履歴吸収エネルギー等、構造物のエネルギー応答に及ぼす影響について比較検討し、若干の考察を加えたものである。

---

## 強震動スペクトルと不均質断層モデルから推定される震源特性 (英文)

神山 眞

[土木学会論文集 第386号/I-8 pp.175~184 1987.10]

わが国で得られた強震記録 228 成分から応答スペクトルを求め、これらの応答スペクトルに対してダミー変数の概念を用いた重回帰分析を施した。このような重回帰分析により震源スペクトルの統計的スケールリング則を導いた。さらに、この結果を不均質断層モデルから比較・考察して、不均質断層における断層パラメーターの地震マグニチュード  $M$  による相似則を明らかにした。

## 横等方性体に関する Elliott の解の一般化とその応用 (英文)

奥村 勇

[土木学会論文集 第386号/I-8 pp.185~195 1987.10]

横等方性弾性問題に対する Elliott の解を一般化した一つの解が、円柱座標において述べられている。その解は、5 つのポテンシャル関数からなり、4 つの弾性定数から成る 2 次方程式の 2 つの根が等根になった場合に対する新しい解を含んでいる。横等方性体の弾性定数が等方性体のそれらで置き換えられたとき、その解は、等方性体の一般解に正確に一致する。その解の一応用例として、側面に帯状圧力を受ける短円柱が解析されている。

## ケーブルのたわみ振動におけるモード減衰性状 (英文)

山口宏樹・藤野陽三

[土木学会論文集 第386号/I-8 pp.197~205 1987.10]

ケーブルのたわみ振動におけるモード減衰について、模型テーブルの自由減衰振動実験より対数減衰率を求めて考察を加え、同時に固有振動時の変動ひずみを数値解析により算出してモード減衰との関連を示した。その結果、面内対称モード減衰はモード遷移領域内のサグ比の場合に他のモード減衰よりかなり大きくなること、ケーブルのモード減衰には変動ひずみが支配的であること等が明らかとなった。減衰の初期張力依存性、振幅依存性等についても言及している。

## Voigt 型粘弾性体固定矩形板の過度曲げ振動解析

石川清志・夏目正太郎

[土木学会論文集 第386号/I-8 pp.211~219 1987.10]

時間に任意な集中荷重を受ける Voigt 型粘弾性体固定矩形板の過度曲げ振動問題に対して、Giencke および Stokes の理論を導入し、この有用性を示した。これは近似解析であるが、自由線を除いた大部分の境界条件に適用できるもので、単純支持板の Lévy 解と同様に処理できる容易いさをもつこと。また、時間の 1 階微分演算子を含む運動方程式の解析に極めて有効であることを示した。

## トラス圧縮材の構面内極限強度特性

西村宣男・小松定夫・西出俊亮

[土木学会論文集 第386号/I-8 pp.221~226 1987.10]

トラス圧縮材の構面内極限強度に対する隣接部材による拘束効果および剛節による二次曲げの効果を精度よく評価できるストラットモデルを考案した。このモデルの弾塑性有限変位解析により、極限強度を拘束パラメーター、偏心パラメーターおよび部材の基本細長比パラメーターの関数で表わした修正係数を導入して圧縮材の基本強度曲線に関係付けた。提案式により弦材から服材まで統一的にトラス圧縮材の極限強度を評価することができる。

---

## 一様せん断変形を受ける円孔を有する正方形板の弾塑性座屈強度

上野谷 実・大村 裕

[土木学会論文集 第386号/I-8 pp.227~236 1987.10]

中心に円孔を有する正方形板が面内にせん断荷重を受ける場合の断塑性座屈解析を行った。面内の弾塑性応力は有限要素法で求め、座屈解析は Rayleigh-Ritz 法で行った。载荷条件は一様せん断変形あるいは一様せん断応力とし、円孔の直径  $d$  と辺長  $l$  の比  $d/l=0.15, 0.3, 0.5, 0.7, 0.85$  に対する解析を行った。弾塑性座屈強度は、円孔によって著しく低下すること、一様せん断変形载荷が一様せん断応力载荷より大きいことを明らかにした。

---

## 確率有限要素法と要素分割

鈴木 誠・石井 清

[土木学会論文集 第386号/I-8 pp.237~245 1987.10]

確率有限要素法で構造信頼性解析を行うとき、材料定数の空間的な相関特性をもつ確率場を考慮することが重要である。本研究では、確率場から要素に変換するときに局所平均を用いたシミュレーション法を適用して、要素分割数と相関特性の関係を、解析モデルとして各要素のひずみの和で表現できる変位の精度をもって検討した。さらに一次ガウス近似法を用いた確率有限要素法の適用性を検討した。

---

## 合成 I 桁橋の主桁と横桁の取合部の疲労

松本 信二・堀川 浩甫・北沢 正彦

[土木学会論文集 第386号/I-8 pp.247~255 1987.10]

都市内高速道路において、合成 I 桁橋の主桁と分配横桁、主桁と中間対傾構との取合部の亀裂損傷が数多く報告されている。本研究では旧・現標準設計に則った実橋に近い試験桁を製作し、疲労試験を行って全体剛性が疲労に及ぼす影響、ならびに細部構造の適性を比較検討し主桁上フランジの首振りによる影響が大きいこと、また、旧設計基準においては床剛性が小さいために亀裂が生じた、などの知見を得た。

---

## 活性な制約面の選択を主眼にした最適化問題の解法

平田 恭久・伊藤 文人

[土木学会論文集 第386号/I-8 pp.257~266 1987.10]

最適設計に用いられる非線形計画法の一番の問題点は不等号制約条件の処理である。本論文では、LP のシンプレックス法と双対法での考え方を取り入れ、活性な制約面を選択するアルゴリズムを開発した。このアルゴリズムを基に探索プログラムを作成し、活荷重合成桁の主桁断面決定を探索例として、この方法の実用性を示した。従来からある非線形最適化手法との簡単な比較を行い、この方法が設計的な用途で優れていることを示した。

---

## 弾性高速を受ける I 形断面ばりの極限強度評価式

西村 宣男

[土木学会論文集 第386号/I-8 pp.267~274 1987.10]

並列桁構造の主桁の横継ぎ材間における横ねじれ座屈強度に対する隣接主桁および横継ぎ材の拘束効果を弾塑性有限変位解析によってパラメトリックに調査した。その結果を用いて主桁の拘束点間横ねじれ座屈強度に関して、拘束効果をはりの基本強度の修正係数としてまとめ、実務設計に使いやすい強度算定式を提案した。

---



---

## 面内曲げと圧縮を受ける鋼板の極限強度特性に関する研究

奈良 敬・小島治雄・津田 真・小松定夫

[土木学会論文集 第386号/I-8 pp.275~283 1987.10]

本研究は、面内曲げと圧縮を受ける鋼板を対象として、弾塑性有限変位解析法による数値計算結果に基づいて、極限強度特性について論じたものである。幅厚比、縦横比、応力勾配、初期たわみの大きさと波形および残留応力といった、極限強度に影響を与えるパラメーターを変化させて、弾塑性有限変位挙動と極限強度の変化について述べた。さらに、幅厚比パラメーター  $R$  を変数とする極限強度の相関曲線を用いた評価法の有効性を示唆した。

---

## RC床版の耐用性評価システムに関する基礎的研究

白石成人・古田 均・馬野元秀・川上宏一郎

[土木学会論文集 第386号/I-8 pp.285~291 1987.10]

本研究は、RC床版の耐用性評価に対するエキスパートシステムの開発を目的としている。本システムの特徴として次のものが挙げられる。①プロダクションシステムを用いて推論を実行している。②約900個のルールが使用可能である。③曖昧な知識あるいは情報を扱うために確信度係数を用いている。④ルールベースを分割している。⑤耐用性評価指標として、損傷パターン、損傷進行パターン、損傷原因を用いている。

---

## 半無限弾性体上の円板の水平・ロッキング連成振動

東原 紘道

[土木学会論文集 第386号/I-8 pp.293~300 1987.10]

半無限弾性体上の剛体円板の振乱のうち、実用上の意義の高い水平・ロッキング連成モードを、直接積分方程式によって定式化し、これを用いて、既往の研究では近似的にしか扱われなかった接触条件を厳密に解析する。この方程式の積分核は簡潔な積分表示で与えられるので、高い精度の計算が可能である。次にこれを実行してコンプライアンス関数を決定する。さらにこれによって既往の結果の適用性が明らかにされる。

---

## 限界状態確率に基づく設計荷重の組合せと荷重係数の一決定法

篠塚正宣・久保雅邦

[土木学会論文集 第386号/I-8 pp.301~310 1987.10]

組合せ荷重を受ける種々の構造物の安全性或使用性の大きさを限界状態確率によって表わし、これが目標値のまわりに均等化するようにして、必要な設計荷重の組合せおよび荷重係数の値を決定する手法をまとめた。計算例として死荷重、活荷重、風荷重および地震荷重の荷重強度を正規分布によってモデル化し、手法の実用性を検討するとともに、本手法によって得た設計照査式を適用することによって構造物の信頼性がよく均等化することを確認した。

---

## 局所移動座標の選択が平面骨組の有限変位解析の精度に及ぼす影響

後藤芳顯・春日井俊博・西野文雄

[土木学会論文集 第386号/I-8 pp.311~320 1987.10]

剛体変位除去の手法による有限変位解析では、剛体変位を除去するために局所移動座標が導入される。この局所移動座標として、平面骨組の解析では通常2通りのものが採用されるが、いずれを選択するかにより解析精度が異なる。本論文では局所移動座標の影響を中心に、局所系の支配方程式および回転角評価式の差が平面骨組の解析精度に与える影響について、理論的かつ詳細に検討し、効率的な解析を行うための一般性のある指針を提示する。

---

---

## 鋼管片持ばりの衝撃吸収エネルギーに関する基礎的研究

斎藤英明・石川信隆・大野友則・水山高久

[土木学会論文集 第386号/I-8 pp.321~328 1987.10]

本研究は、まず衝撃荷重を受ける鋼管片持ばりの衝撃吸収エネルギーを実験的に求め、鋼管径（断面係数）と衝突速度が衝撃吸収エネルギーに及ぼす影響について考察した。次に局部変形を考慮した2質点系モデルを用いた衝撃応答解析により衝撃吸収エネルギーを求め、実験結果と比較することにより解析法の妥当性を検証し、本解析法により十分な精度で衝撃吸収エネルギーを求められることを示したものである。

---

## 表面疲労亀裂検出に対する各種非破壊試験の適用性

三木千寿・深沢 誠・加藤昌彦・大睦久雄

[土木学会論文集 第386号/I-8 pp.329~337 1987.10]

疲労亀裂の発生は橋梁構造物の中ではきわめて局所的な現象であり、それを早期に発見し、適切な補修を行うならば、その後も安全に供用し続けることができる。この場合、疲労亀裂を確実に検出すること、および精度よく寸法を推定することが必要となる。本試験では、隅肉溶接止端部に発生する表面亀裂について一般的に行われている各種の非破壊試験を適用し、亀裂検出能力と寸法推定精度について検討した。

---

## 曲線I形桁におけるフランジ局部座屈と幅厚比制限

藤井 堅・大村 裕

[土木学会論文集 第386号/I-8 pp.339~347 1987.10]

曲線桁では曲げに伴ってねじりが連成し、フランジには反り応力が発生する。これが曲線桁フランジの局部座屈に大きく影響するのはいうまでもない。本研究では、曲げとともに連成する反り応力がフランジ局部座屈におよぼす影響について解明するとともに、直桁に関するパラメーターを曲線桁をも含めて表現可能な形に拡張することによって、現行のフランジ幅厚比規定を大幅に変更しなくても曲線桁に適用できることを示した。

---

## 耐震壁付きRC橋脚の耐震解析

吉田 巖・金光 宏・山下理雄・樋口康三

[土木学会論文集 第386号/I-8 pp.349~358 1987.10]

本論文は耐震壁付きI形断面RC橋脚の耐震設計に関する諸問題のうち、特に壁部のせん断剛性の劣化に主眼を置き考察したものである。すなわち、壁部のせん断剛性の劣化の程度の評価および劣化に伴う応力・変形状態について模型実験、弾塑性FEMにより解析し、終局状態までの耐震性能を評価した。

この結果、この種の構造物の耐震設計においては壁部のせん断剛性の劣化を考慮することが合理的な設計につながる事がわかった。

---

## 空間・時間分布特性を有する地震動シミュレーション

星谷 勝・石井 清・栗田博昭

[土木学会論文集 第386号/I-8 pp.359~367 1987.10]

長大構造物の耐震安全性を確率論手法を用いて検討する場合、構造物の各支点到作用する空間・時間分布特性を有する地震動の適切な確率過程モデルが重要となる。

本論文は、現在、多くの研究者により研究されている地震動の空間・時間分布特性を表す統計確率モデルの既存の研究成果に基づき、星谷・渋沢により提案された効率よい確率論的応答解析手法の入力として組み込むことが可能なARモデルを用いて、多点地震動をシミュレートし、その妥当性を数値計算例により示したものである。

---

---

## 近接加振源からの波動入射を受ける矩形剛構造物周辺の地表面振動

北村 泰寿

[土木学会論文集 第386号/I-8 pp.369~375 1987.10]

本研究は、建設工事や交通機関等による周辺地域の振動を想定して、近接した加振源からの波動入射を受ける半無限弾性地盤表面の矩形剛構造物周辺の地表面振動について調べたものである。加振振動数が高くなるとともに、構造物の後方で振動遮断が生じており、遮断効果は空溝の場合と類似の傾向を示している。一方、構造物の共振振動数付近では、周辺地盤の振動に増幅がみられ、水平変位成分においてその増幅が顕著である。

---

## 粘弾性平衡多層地盤の調和 SV 波動応答

佐藤 誠

[土木学会論文集 第386号/I-8 pp.377~386 1987.10]

粘弾性平行多層地盤に平面調和 P または SV 波が任意角度で入射した場合の、非均質波動による応答を解明するために、Haskell の方法に層定数として粘性パラメーター  $Q$  値を導入し、 $Q$  値が極めて大きいという仮定を設けず一般化された Snell の法則を適用した。

実際の粘弾性地盤に対する水平動と上下動の振動数応答関数を示し、弾性地盤および特別な仮定を設けた粘弾性地盤のそれとも比較し、非均質波解析の実用性と必要性を示した。

---

## 震災時ライフラインの相互影響を考慮した復旧過程の機能評価法

星谷 勝・大野春雄

[土木学会論文集 第386号/I-8 pp.387~396 1987.10]

実際の地震防災計画（特に復旧計画、被害軽減対策等）における有効な計画指標の導出を目標に、本研究で示した復旧予測・機能評価の理念に基づいた機能評価モデルの定式化について詳述し、より現実的なライフライン機能の評価法の提案を行った。本機能評価モデルの特徴は過去に著者らが求めたライフライン機能の定性的な相互連鎖モデルを基礎としてライフライン間（電力と上水道）の被害影響波及の関係をモデル内に反映させたこととネットワークの連結性や復旧戦略等をモデルに組み込んだことが挙げられる。

---

## 非線形構造系の地震時挙動特性の同定

星谷 勝・丸山 収

[土木学会論文集 第386号/I-8 pp.397~405 1987.10]

本研究は、構造系に対する地震入力波形と応答波形を観測データとして得たときに、その構造系の地震時非線形特性を同定する手法を開発し、数値シミュレーションによりその有効性を示したものである。ここでは、拡張カルマンフィルターに Bouc および Wen らの提案する多面型 (Versaik) の復元力特性モデルを用いた状態方程式の定式化を行った。そして、この状態方程式に基づいて、構造系の地震時非線形挙動を同定するための一手法を示した。

---

## ハイブリッド実験による修復・補強 RC 部材の地震時剛性劣化過程

山田善一・家村浩和・伊津野和行・大本 修

[土木学会論文集 第386号/I-8 pp.407~416 1987.10]

本研究では、エポキシ樹脂注入などによる修復・補強 RC 部材の地震応答実験結果をもとに、その剛性劣化過程に関して考察を行った。実験に用いたシステムは、HYLSER とよばれるハイブリッド実験手法である。修復・補強工法として、エポキシ樹脂注入、主鉄筋添接、鋼板接着の3種類を採用し、その耐震性状を検討した。また、剛性劣化過程を表す指標として除荷時の剛性を考え、オリジナル供試体と修復供試体の比較を行った。

---

---

## 振り切れた倍強震計記録の修復波形による長周期応答スペクトル

山田善一・野田 茂・嶋田三朗・吉田隆治

[土木学会論文集 第386号/I-8 pp.417~426 1987.10]

本研究は、振り切れた気象庁1倍強震計記録の修復法を振動台実験を通して開発し、実際の振り切れた記録7成分からやや長周期領域(5~15秒)の応答スペクトルを求めたものである。ここで求めた応答スペクトルにはやや長周期領域の設計地震動に関する各種の基準値をかなり上回るものも見られた。また、大型タンクのスロッシング観測波高より求めた応答スペクトルとの比較から、本手法の実記録に対する妥当性が確かめられた。

---

## かど溶接ルート部に発生する疲労亀裂検出に対する非破壊試験の適用性(和文報告)

田島二郎・福井崇博・三木千寿・深沢 誠

[土木学会論文集 第386号/I-8 pp.427~434 1987.10]

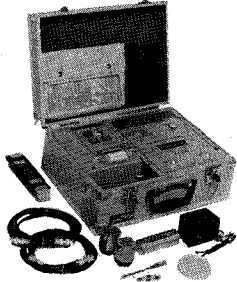
部分溶け込み溶接継手のルートブローホールから発生する疲労亀裂検出に対する各種非破壊試験の適用性について検討した。試験の結果内部亀裂の寸法推定には超音波端部エコー法が有効であり、検出限界は8mm $\Phi$ 、精度は $\pm 1$ mm以内であった。一方、表面開口亀裂に対しては、磁粉探傷試験、渦流探傷試験が有効であり浸透探傷試験では検出できない場合のあることが判った。

---

# NEW MARUIの

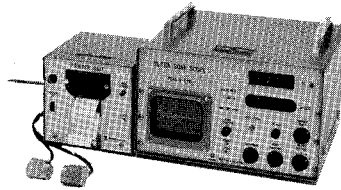
## コンクリートの耐久性用 試験機器のご紹介

U.S.T (超音波非破壊試験器)



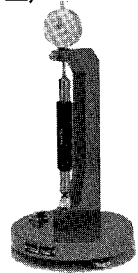
(構造物劣化診断用)

ウルトラソニスコープ



(構造物劣化診断用)

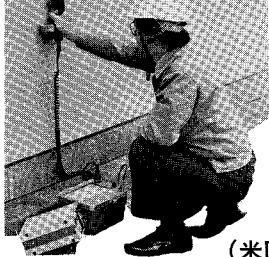
モルタルコンパレーター  
(4×4×16cm型)



(アル骨反応性測定用)

自記式Rメーター

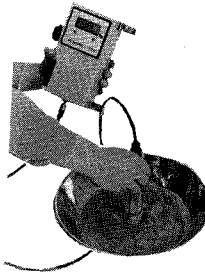
(自記式鉄筋探査器)



(米国製)

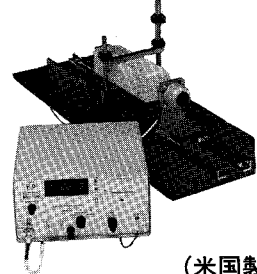
(配筋のカブリ厚さ・径の探査用)

ソルテスター(塩分濃度計)



(細骨材、生コンの塩分測定用)

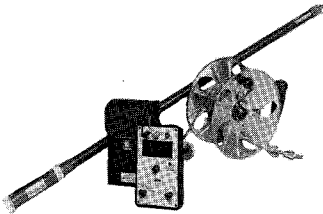
オートスキャン式動ヤング率測定器



(米国製)

(アル骨反応性早期測定用)

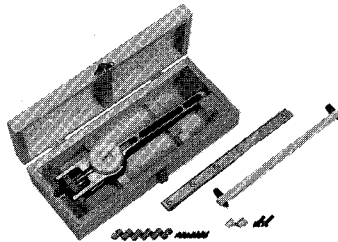
M・C・M (鋼材腐食モニター)  
ASTM C876-80適合



(米国製)

(鉄筋腐食の診断器)

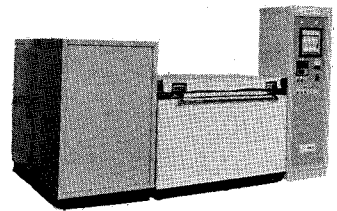
フンボルト式ひずみ計(ホイットモアー)



(米国製)

(構造物の伸縮測定用)

凍結融解試験機



(熱サイクル型劣化測定用)

(カタログ、資料は下記営業所へご請求下さい。)



—試験研究のEPをめざす—

株式会社 **マルイ**

- 東京営業所 〒105 東京都港区芝公園2丁目9-12  
TEL (03) 434-4717(代) ファクシミリ(03) 437-2727
- 大阪営業所 〒536 大阪市城東区中央1丁目11-1  
TEL (06) 934-1021(代) ファクシミリ(06) 934-1027
- 名古屋営業所 〒453 名古屋市中村区太閤1丁目20-13  
TEL (052) 452-1381(代) ファクシミリ(052) 452-4367
- 九州営業所 〒812 福岡市博多区博多駅南1丁目3-8  
TEL (092) 411-0950(代) ファクシミリ(092) 472-2266
- 貿易部 〒536 大阪市城東区中央1丁目11-1  
TEL (06) 934-1023(代) テレックス(06) 529-5771

# 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**

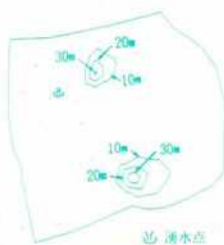
スピーディな同定・安価な解析



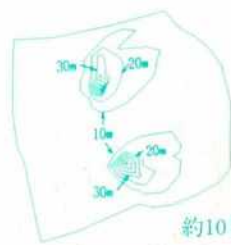
初期状態の地下水流



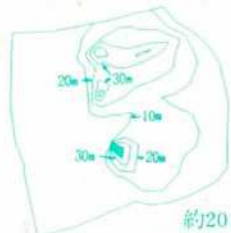
トンネル掘削開始直後



約4日後



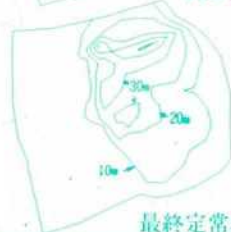
約10日後



約20日後



約30日後



最終定常状態

- 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帯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、中屋

昭和三十七年五月二十八日 第三種郵便物認可  
昭和六十二年十月十五日 印刷(毎月一回)  
昭和六十二年十月二十日 発行(二十日発行)  
土木学会論文集

○ 土 木 学 会 論 文 集 ○

定 価 二 五 〇 〇 円