

国 鉄 正員 逸見 穰
法政大学 正員 大地 羊三

1. はじめに 本研究は、変形法あるいは有限要素法における、格点数の増加に伴う行列の大型化を、最小限に押える解析というものを根拠としたとき、境界条件とく線形拘束条件をもつ場合の実用的な解法を示すものであります。また、この解法は、計算機に特有な定数と剛性行列要素を関係づけた無限大数を採用するのが特徴であり、種々の例題を通して本解法の妥当性を確かめるものであります。

2. 理論 線形拘束条件をもつ構造系の解式については、すでに発表済み(第33回全国大会)なので、ここは簡単に申し上げます。まず線形拘束条件式を(1)のように表わすと、実際に構造物を解く時には、結局式(2)を解かねばならない。

$$\nabla X = 0 \quad \text{---(1)} \quad \nabla: \text{拘束付加条件行列} \quad X: \text{変位ベクトル}$$

この式(2)は、係数行列の対角要素に0があるために、直接解くことが困難である。

$$\begin{bmatrix} K & \nabla^T \\ \nabla & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ \lambda \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} P \\ 0 \end{bmatrix} \quad \text{---(2)}$$

{ K: 拘束なしの剛性行列
λ: ラグランジュの定数

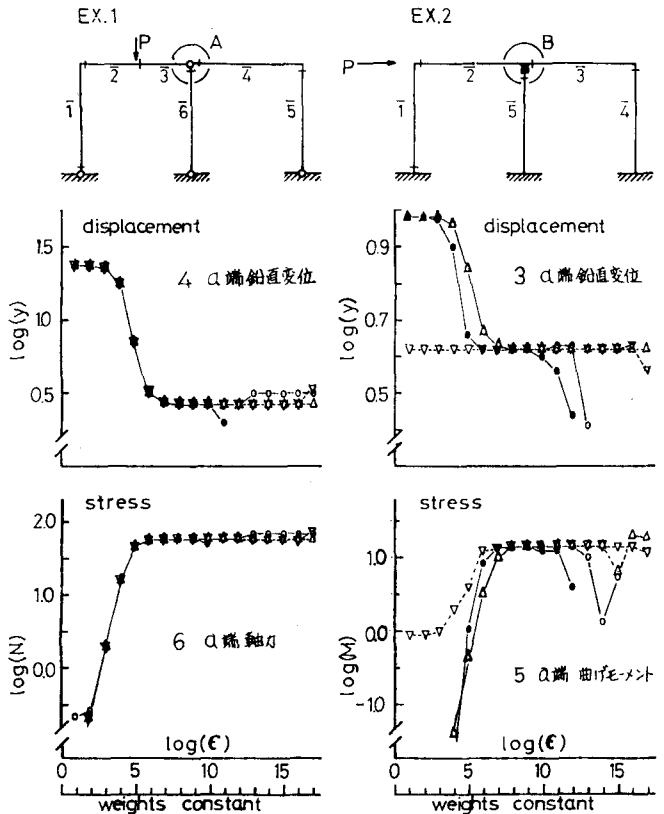
そこで、0の代りに微小な係数εに置き換え、さらに、εを消去すると式(3)を得る。

$$(K + \nabla \epsilon^{-1} \nabla^T) X = P \quad \text{---(3)}$$

この解式は、拘束をもたない構造系にバネ定数εを加えた系の解式であることを示している。従って、このεを十分に小さくすることと理論的には正解に近づくと思われる。また、式(3)を得られたXをもとにして、さらに正確なXを求めるということも何回か繰り返す。Felippaの方法への拡張も考えられる。

3. 数値実験 拘束条件に対する最適バネ定数εを見つけるために、式(3)のεの値を色々に変化させてみた。また、計算機の有効桁数と、処理言語の違いにより解の変化が予想されたので、4機種に対して、同様の実験を行なった。機種と処理言語は次のとおりであった。ACOS-600, FACOM-230-45Sに対してFORTH, SUDO社M200, YHPに対しては、BASICを採用している。

4. 結果および考察 解析モデルとしてEX.1は変形法を採用しており、A部をヒンジ処理に対する付加条件、同法でEX.2は、B部で剛域部材としての付加条件をもつラーメン構造系である。両方とも、εを含む節点、部材の変位、応力に着目し



FORTRAN [-O- ACOS-6
 -●- FACOM230-45S

BASIC [-Δ- SUDO
 -▽- YHP

図-1

て得た結果が、図1である。理論式においては、バネ定数を無限大にすればする程、正解に近づくと思われたが、ある値から大きな誤差を生じ、最適はバネ定数には、有限なものがあり、この最適範囲は計算機種特有であり、有効桁数・処理言語との関係は右下の表のとうりであった。また、言語・機種に関係なく、ほぼ 1×10^6 程度から正解を与えており、これはヤング率のオーダーに匹敵する。さらに、バイト数の等しいACOSとSODO(72バイト)が初期において、同じような解の手え方をしていることから、バネ定数は計算機の有効桁数に関与していることは、明らかである。一方、ACOSとSODOの最適値が異なるのは、言語の違いだけでなく、コンパイラの性能の違いによるものと思われる。

計算機種	有効桁数	最適値	処理言語
SODO	16 (D)	14	BASIC
YHP	12	10	BASIC
ACOS	18 (D)	6	FORTRAN
FACOM	16.5 (D)	4	FORTRAN

(D)は倍精度演算採用

小型計算機に属するSODO, YHPの方が最適値は大きく、この種の問題に対しては有効と思われる。最適値の一番小さいFACOMに対しては、Felippaの方法を2~3回適用することで、最適値は容易に拡張できる。実際問題としては、最小は最適バネ定数を知ることと十分であり、これはほぼ、拘束をもたない構造系の剛性行列対角要素の最大のオーダーを用いることで、どの種の例題に対しても正解を与えた。したがって、最小最適バネ定数があらかじめ未知な計算機に対しても、剛性行列の要素から予知することが出来る。EX.3は、本解法を用い、一様なじり荷重に対して薄肉弾性はり理論によるトラスの立体解析を行なった。この理論では、支点における条件は、より一層複雑となり、自由度も8個と多いことから、支点での剛性行列は、 16×16 と大きくなる。

しかしながら、本研究の実用的解法は、自由度、拘束条件数にあまり左右されないのが特徴であるため、これらの支点においても容易に解決でき、メモリーも少なく済む。EX.3では、支点におけるバネ定数を剛性行列要素の最大値を用い、他の変位、応力の正確さを期すため、Felippaの方法で2回繰り返して計算をして、変形法との比較を試みた。図2で認められるように、従来の変形法と良く一致しており、バネ定数の最適さと、実用的解法としての精度の良さを示していると言えよう。

5. おわりに 本研究により、拘束をもつ構造系に対する実用的解法が明らかにされ、特に、小型計算機に対しては、大変有用と思われる。すなわち本解法を用いれば、従来の拘束をもつた支点での剛性行列を作り換える汎用プログラムを省略することができ、また、計算機特有の定数を使用することで、他の構造物の剛性行列そのものを多用化できるよう作り直すことで、適用範囲の広い汎用プログラムの作成が可能である。

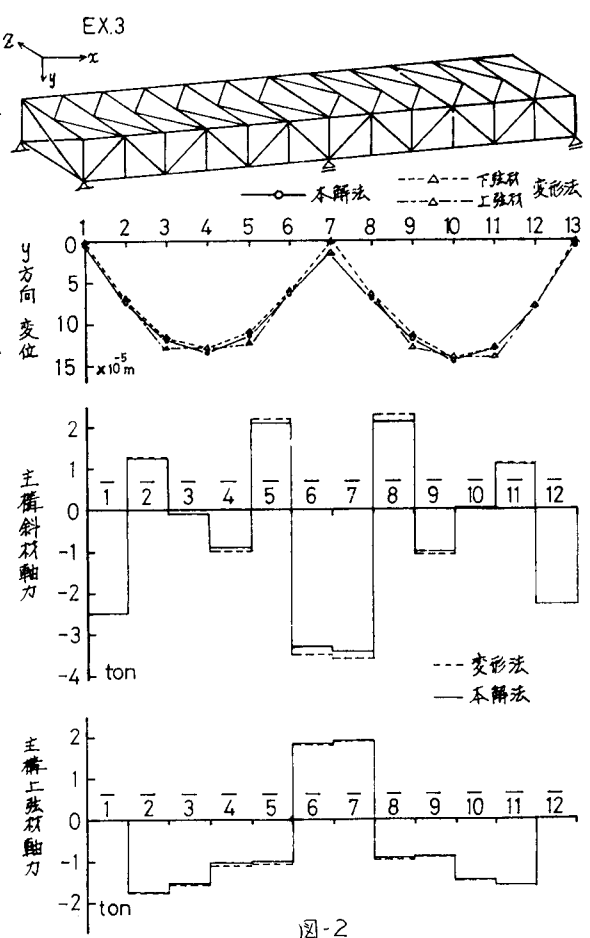


図-2