

大阪工業大学 正会員 岡村宏一
五洋建設 正会員 中川大輔東洋技研コンサルタント 正会員 ○島田 功
国際興業 正会員 寺園めぐみ

1. まえがき：筆者はすでに、曲げ、あるいは面内力を受ける大型、かつ高精度の四辺形平板要素の剛性マトリックスを提案し[1]、剛性法によって接続する多格間平板構造の解析に、選点法とリラクセーション法を用いた分配法により、全体ならびに局所の挙動を実用的に解析する方法を示した[2]。本報告は、この手法を、さらに幾何学的非線形の問題の解析に発展させたものである。

2. 幾何学的非線形の解式：板の支配方程式は、次のようになる[3]。

$$D \Delta \Delta w = q + N_x \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + N_y \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + 2 N_{xy} \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y}$$

$$\Delta \Delta \phi = E \left\{ \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y} \right)^2 - \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right\} \quad (1)$$

ここに、 w は板のたわみ、 ϕ は応力関数、 D は板剛度、 E はヤング率である。幾何学的非線形解析においては、式(1)右辺の非線形項を板内の有限領域に分布する分布力として扱った。

3. 解析例

(1) 全面等分布荷重が作用する平板の問題

図1に示すように、相対2辺を完全固定した板を、9個の正方形大形要素が連結したモデルで解析した。板内の非線形項を処理する

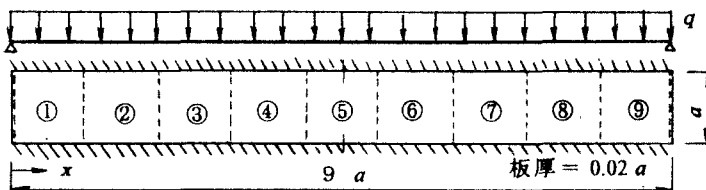


図1 解析モデル($\nu = 0$)と要素の結合

q_{∞} , w_{∞} ：固定部が降伏するときの荷重、たわみの線形解

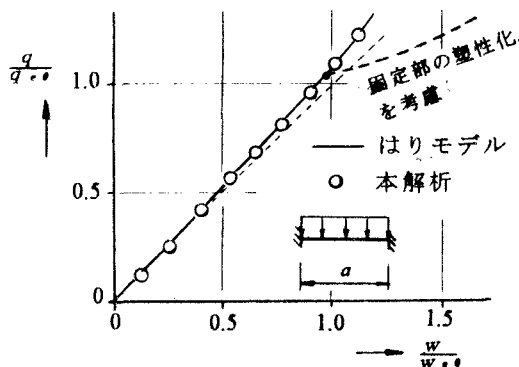


図2 荷重-たわみ曲線

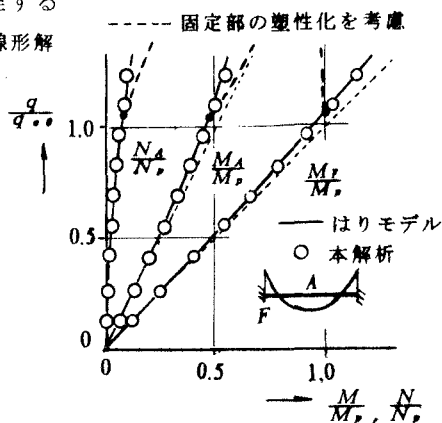


図3 モーメントと軸力の変化

選点、およびリラクセーションにより分配する節線上の選点は、それぞれ、5等分割して与えた。本問題は、板の中央断面においては、はりに近似できるものである。図2は、はりモデルの非線形解析と、本解析結果を中央点のたわみについて比較したものである。同

Hirokazu OKAMURA, Isao SHIMADA, Daisuke NAKAGAWA, Megumi TERAZONO

様に、図3は、曲げモーメントと軸力について、はりモデルによるものと本解析結果を比較したものである。両者の結果は良く一致している。ここに、 M_p 、 N_p は、降伏モーメントと降伏軸力である。なお、リラクセーション法の収束性は良好であった。

(2) 部分分布荷重が作用する平板の問題

図4に示すように、15個の正方形大形要素を連結し、③および⑬の要素の中央に50cm×50cmの部分分布荷重が作用する対

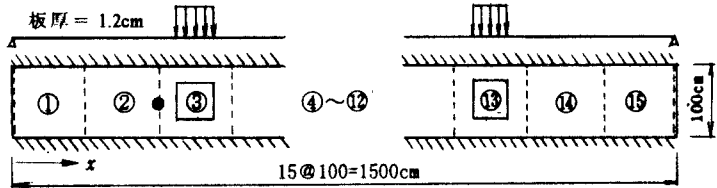


図4 解析モデル($\nu = 0.3$)と要素の結合

称な問題である。図5は、節線のリラクセーション法におけるたわみの収束性を示したものである。図5は、節線のリラクセーション法におけるたわみの収束性を示したものである。

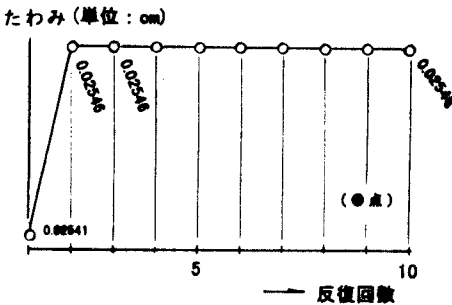


図5 リラクセーションの収束性

るが、3回の繰り返して3桁の収束値を得た。図6は、たわみの分布を示したものであるが、対称性も満足している。図7は、荷重直下、荷重近傍、および荷重から離れた点の荷重-たわみ曲線を示したものである。荷重直下および近傍で生ずる膜作用も、格間程度離れると膜作用がほとんど生じていないことがわかる。したがって、部分荷重に対しては、支持支間程度以上離れると非線形を無視した解析でよいことになる。

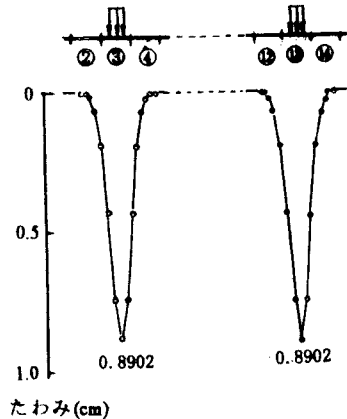


図6 たわみの分布

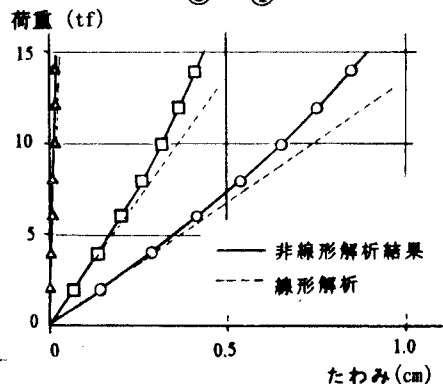


図7 3点の荷重-たわみ曲線

ところで、解析に必要な自由度を大型要素の1つの節線の変位に制限し、リラクセーション法を用いる本解法は、解析対象となる領域をすべて要素分割し、直接剛性法で解くFEMと比較した場合、計算容量を著しく低減することができる。また、簡単な例題ではあるが、本報告を通じて、逐次計算を要する非線形問題においても、十分な精度の結果が得られるようであり、本解法の有用性がうかがわれる。

[1]岡村、石川、古市：曲げ、あるいは面内力を受ける大形の任意4辺形平板要素の剛性方程式、土木学会論文集、No. 465/I-23、PP.67～76、1993。

[2]正木、石川、岡村、古市：全部材を大形板要素で構成した鋼床版箱桁橋の立体解析、土木学会関西支部年講、PP.I-67-1～4、1994。

[3]岡村、吉田：大たわみ、およびリブの補剛を考慮した長方形鋼板の弾塑性解析、土木学会論文報告集、No.196、PP.29～43、1971。