

I - A100

複雑構造システムにおける分散構造同定法に関する研究

茨城大学 学生員 三宅博之 三井建設 正会員 滝上宣行
 茨城大学 正会員 呉 智深 正会員 原田隆郎 福島高専 710- 岩松幸雄

1. はじめに

近年の土木技術の発展により大規模かつ複雑な構造を有する構造物が増加している。大規模で安全性や機能面でいかに優れた構造物を建設しても、構造物には経年或使用または自然環境に伴い剛性が劣化していく。この構造劣化は、構造物の各部分部分においてその場所・度合いともに様々である。そこで、本研究ではこのような構造物の劣化場所・劣化度を特定し、劣化状況を把握することを目的とし、有限要素法の拡張手法である部分構造法を用い大型構造物を幾つかの小さな部分部分に区切ることで、小さな構造物の集合体として構造物をとらえ、全体を組み立てるという分散の概念を取り込み複雑構造物を解析する。そして従来の手法との精度の違いを比較、検討する。

2. 境界の設定

分散構造同定法の数値解析モデルの開発にあたり重要になることが、構造物の分割に際しての境界条件の取り扱いである。つまり、図-1で示すように構造物を部分構造*i*と部分構造*j*に分けたとき、部分構造*i,j*の相互影響をなくす事である。これには、部分構造*i,j*を互いに独立したものと取り扱う必要がある。この対処法として、部分構造*i,j*の共有節点をなくすこと、境界部分を構造物の健全部にとることにより部分間相互の影響を少なくしようとする二点に留意する。ここでは、境界を部分*i*に影響される境界部分を K_{iB} 、部分*j*に影響される部分 K_{jB} 、本来の境界の K_{BB} の各剛性に分けることにより各境界節点での相互作用による影響の減少化が期待できる。

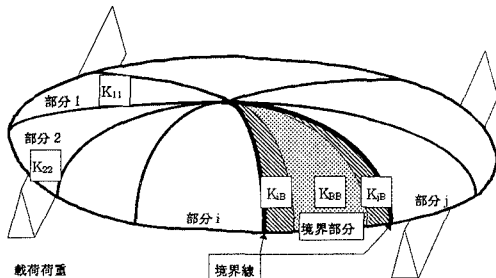


図-1 分散構造同定の概念図

3. 支配方程式の定式化

$[K_{ii}]$, $[K_{jj}]$ は、部分構造として完全に独立した剛性マトリックスで、 $[K_{BB}]$ は境界点のみに関する剛性マトリックスである。

支配方程式によって、境界と各部分ごとの剛性、変位と力の関係が分かる。よって以上の事を利用して劣化度 δ をいれた剛性を求める逆解析の一般式を作る。

$$[K_{ii}][\delta_i][u_i] + [K_{iB}][u_B] = \{f_i\} \cdots (1)$$

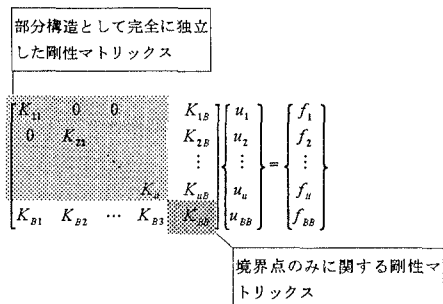


図-2 分散構造同定法の支配方程式の定式化

4. 解析手法の概要

手順として、図-3のようなフローチャートの流れで δ_i （部分構造の劣化度）を同定する。ここで初期条件として構造物の境界の剛性 K_{iB} は劣化部に左右されず常に一定値であると設定され、 u_B は測定、 f_i は既知の値であるので K_{ii} , u_i の値に健全時の値を与えると δ_i が出力される。また、 u_i を剛性劣化度0の初期変位から変化させ、繰り返し計算することにより、 δ_i が一定値に収束したとき対象構造物の剛性、変位の値

キーワード：複雑構造、分散構造同定、部分構造法、境界条件

〒316 茨城県日立市中成沢町 4-12-1 TEL 0294-38-5172 FAX 0294-35-8146

が分かる。ここで組み合わせ最適化問題として Hopfield 型ニューラルネットワークを用い、非線形最適化問題の式(2)を用い Hopfield 型モデルのエネルギー関数と比較し、重みとしきい値を設定することによりパラメータの同定を行う。部分構造 i の組み合わせ最適化問題の目的関数は、

$$J_i = \frac{1}{2} \sum_{j=1}^{nl} \left\{ \left(\sum_{k=1}^{m} K_{ij,k} \cdot \delta k_j \cdot u_k + \sum_{j=m+1}^{ne} K_{ij,j} \cdot u_j + \sum_{j=ne+1}^{pe} K_{ij,j} \cdot u_j \right) + K_{iB} \cdot u_B - f_i \right\}^2 \cdots (2)$$

i : 部分構造番号 s, t : 自由度の番号 nl : K_{ii} の剛性マトリクスの次元 (総自由度数)
 $1 \sim m$: 同定要素数 $m+1 \sim ne$: 同定可能要素数 $ne+1 \sim pe$: 非同定要素

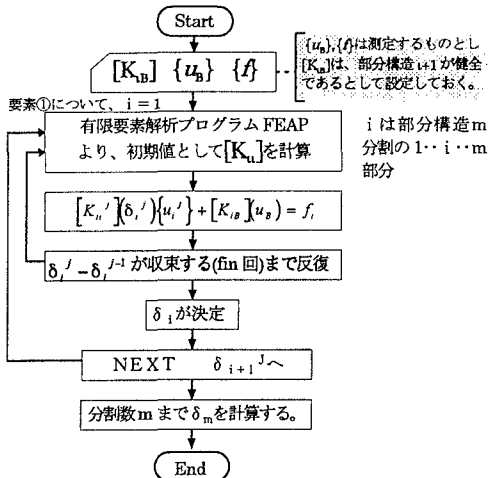


図-3 数値解析のフローチャート

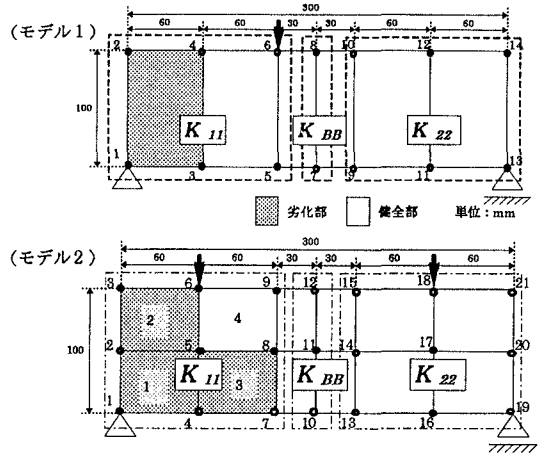


図-4 解析モデル1, 2

5. 解析モデル

解析に用いるモデルは、図-4に示す2次元6要素の単純梁と、2次元12要素の単純梁の2つのモデルを用意してシミュレーションをおこなう。モデル1では、部分構造2要素のうち1要素を同定し、モデル2では、部分構造4要素のうち全ての要素を同定した。

6. 解析結果

ここに解析結果を図-5に示す。解析条件は、表-1に示す。劣化度は、弾性係数の低下に対応しているので、健全度が60%であるとして設定した。本研究では、1要素同定であるため推論値は、繰り返し回数5回で収束し、設定値に近似している。

7. おわりに

本研究の解析結果を見ると多少の誤差が見られるが、これは数値解析におけるプログラム上の誤差もあると考えると妥当なものであると思われる。従って、分散構造同定手法の構築に成功したと言えよう。このことは、構造同定において、境界部の情報を用いる事により部分構造の劣化場所、劣化度を表すことができた。これにより複雑構造物を同定するとき、入力パラメータ数の減少化に結びついたといえるだろう。

表-1 解析条件

項 目		数 値
モデル1	健全時の弾性係数 (kg/mm ²)	2.45×10^4
	劣化時の弾性係数 (kg/mm ²)	$1.47 \times 10^4 (60\%)$
モデル2	健全時の弾性係数 (kg/mm ²)	2.45×10^4
	劣化時の弾性係数 (kg/mm ²)	要素1 $1.22 \times 10^4 (50\%)$ 要素2 $1.22 \times 10^4 (50\%)$ 要素3 $2.20 \times 10^4 (90\%)$ 要素4 2.46×10^4
	荷 重 (N)	980
	板 厚 (mm)	1.0

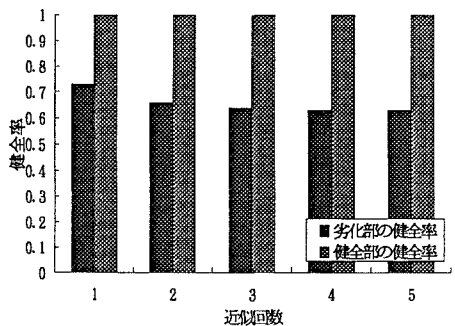


図-5 モデル1の設定値と解析値