

琉球大学工学部 正員 ○渡嘉敷直彦

琉球大学工学部 正員 大城武

名古屋大学工学部 正員 川本 脩 万

1. 諸 言

電子計算機の高速度化、大容量化にともない、有限要素法による解析モデルは、大型で複雑なケースが多くなっている。このようなモデルを解析する場合、必要な入力データは膨大な量となり、解析のためのデータの作成に多大の労力と経費を費やしているのが現状である。H. Nooshin¹⁾は構造物の系統的な図式処理法として formex 手法を提案している。ここでは、formex 手法を2次元有限要素モデルに適用し、解析データを効率よく発生させ、電子計算機を利用する際の入力作業の省力化と経済性を計るものである。

2. formex 手法の概念

formex 手法は、土木・建築の分野において種類の幾何学的な形状を表示する目的で考えられた数学体系である。図形処理の数学的道具として formex 代数が用いられる。図-1に示すように、formex は一般に図形の集合を表わしており、個々の図形を cantle と呼ぶ。cantle は、index と呼ばれる整数値より成る signet

REPRESENTED OBJECT	ABSTRACT OBJECT	ALGEBRAIC FORM	NOTES:
configuration: (interconnections) 	FORMEX F	$\{b_1, b_2, \dots, b_k, \dots, b_r\}$	r = number of cantles = 'order'
individual elements: ○ joint, load, beam, bar 	CANTLE b_k	$[t_1, t_2, \dots, t_{ij}, \dots, t_m]$	m = number of signets = 'plexitude'
reference points: node, end of element 	SIGNET t_{ij}	$[i_1, i_2, \dots, i_{ij}, \dots, i_n]$	n = number of indices = 'grade'
identification components; coordinates 	INDEX i_{ij}	INTEGER	e.g. -3, 0, 999, $m, n^2 - m$; m, n = integers

図-1 formex の定義

で構成される。通常 signet は整数座標系における座標位置を表わす。一つの signet の index の個数を grade と呼び、整数座標系の次元を示し、index は各座標軸上の値となる。formex の一般的な形は、次式で表わされる。

$$F = \{ b_1, b_2, \dots, [i_{11}, i_{12}, \dots, i_{1n}; i_{21}, i_{22}, \dots, i_{2n}; \dots, i_{r1}, i_{r2}, \dots, i_{rn}] \dots, b_r \} \quad (1)$$

同じ grade を持つ複数の formex の和は

$$F = \left[\sum_{i=1}^n F_i = F_m \# F_{m+1} \# \dots \# F_n \right] \quad (2)$$

と表わされ、与えられた formex の cantle を順次並べることにより和の演算が行われる。式(2)は、各 formex で示される図形の集合を意味する。構造物は一般にモデルになるパターンのくり返しで構成される。したがって、formex の公式によって基本的パターンを定義すれば、図-2に示すような移動・回転・拡大等の formex function により、全体の形態へ展開することができる。formex F から新しい formex F' を作ることを次のように表わす。

$$F' = \phi \mid F \quad (3)$$

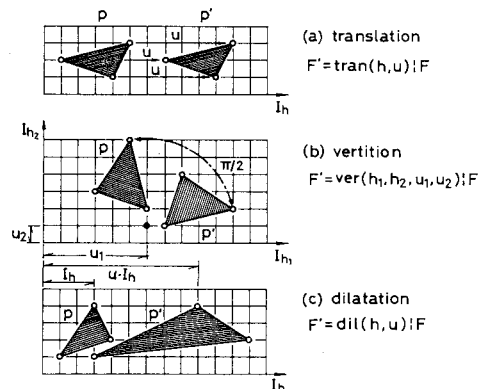


図-2 formex function の例

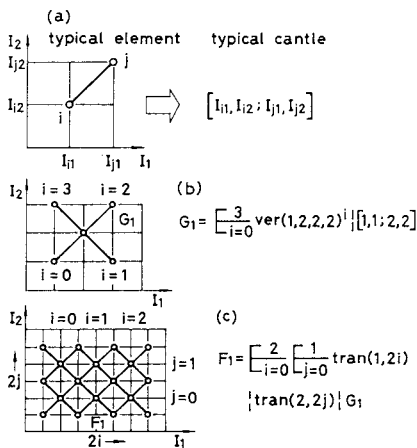


図-3 formex の図式化

ここで、 ϕ は formex function を表わす。図-3 は、棒要素を展開して F' の図形を得るプロセスを示している。

3. 有限要素解析モデルへの適用

2次元有限要素解析モデルへの適用例として、トンネルおよび切土斜面の解析データを作成した。図-4 に斜面のメッシュ図、要素番号および節点番号を示す。この場合基本となる図形は三角形、四角形要素であり、パターンの移動等により全体の図形が得られる。一例として、四角形要素の移動は、次の formex function により与えられる。

$$\phi = \text{grid}(i, j, l, m) \quad (4)$$

ここで、 i, j, l, m は整数であり、式(4)は与えられた formex を I_1 方向に i 個、 I_2 方向に j 個展開した図形をそれぞれ l, m 移動する。節点番号は、cipher function を用いて

$$F' = \text{cip}(g) \mid F \quad (5)$$

により与えられる。ここで、 g は座標値の並びを与える formex であり、 g に関して F の並びを照査しその位置を与える。同様な方法で要素番号は、節点番号に関する formex から要素番号に関する formex を作ることににより得られる。実際の座標データは、formex の座標値を metric 座標系に座標変換することにより与えられる。

図-5 は、トンネルの要素モデルを表示している。ここで、同心円状の図形は、別の簡単な formex を極座標変換することにより発生させている。

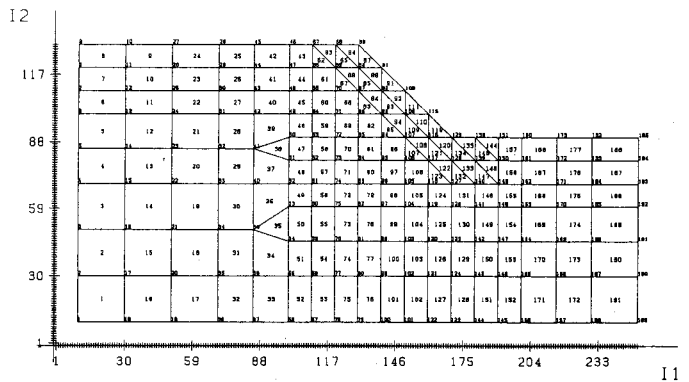


図-4 斜面要素分割図

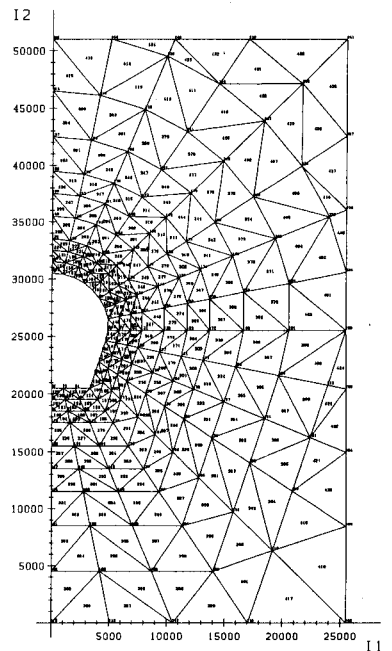


図-5 トンネル要素分割図

4. 結 言

formex 手法を有限要素モデルに適用する場合、比較的規則性のある要素分割を念頭におけば、解析データを簡単な方法で作成することができる。formex 手法の機能を拡張することにより、要素モデルの材料定数、荷重条件および境界条件のデータ作成も可能である。

参考文献 1) H. Nooshin; Formex formulation of double-layer grids, University of Surrey, England, 1978.