

(I) 2次要素近似を用いた有限要素法による高炉内ガス流れの解析

東北大学選鉱製錬研究所
工博 八木 順一郎

○ 工藤 純一
工博 大森 康男

1. 緒言

1次要素近似を用いた有限要素法による高炉のガス流れと伝熱に関する2次元な定式化および数値解析法はすでに報告¹⁾した。ここでは、圧力のみならず流束の連続性を得るため、2次要素近似を使用して、高炉内ガス流れの2次元解析の定式化を行い、2,3の数値解析結果を得たので報告する。

2. 基礎式および数値解析法

ガスに関する流動方程式としては前報²⁾と同様に、Ergunの式を多次元化した次式を使用した。

$$-\text{grad } P = (f_1 + f_2 |G|) G \quad (1)$$

この式と連続の式を組みあわせて得られた基礎式に変分原理を適用し、高炉内を区切って得られた微小要素に関して、要素方程式を求めた。この際、従来の1次近似では(2)式で示されるように、要素内の圧力を節点値の1次関数として近似したが、ここでは(3)式のように2次関数で近似した。

$$P = \sum_{i=1}^3 P_i N_i \quad (2)$$

$$P = \sum_{i=1}^3 N_i (2N_i - 1) P_i + 4 (N_1 N_2 P_4 + N_2 N_3 P_5 + N_3 N_1 P_6) \quad (3)$$

これによって、流束の連続性が得られるが、Fig. 1に示したように、6節点を有する三角形要素を考慮することになり、要素方程式は従来の1次要素の場合3×3のマトリックスであったが、2次要素では6×6のマトリックスとなった。本研究では要素の大きさを従来の1次要素の場合と同じにしたため、計算精度は向上したが、計算時間は長くなった。

3. 結果

1次要素近似と2次要素近似を比較すると、圧力についてはほとんど変化しなかったが、ガスの流量の計算については計算精度がかなり向上していることがわかった。Fig. 2に計算結果の1例を示した。その他、融着層の形状や装入物の粒度分布等を変化させた計算も行い、1次要素の場合との比較で健全な数値解が得られた。

P: 圧力, G: 流速, N_i: 自然座標

1) 八木ら: 鉄と鋼, 66 (1980), p 1888.

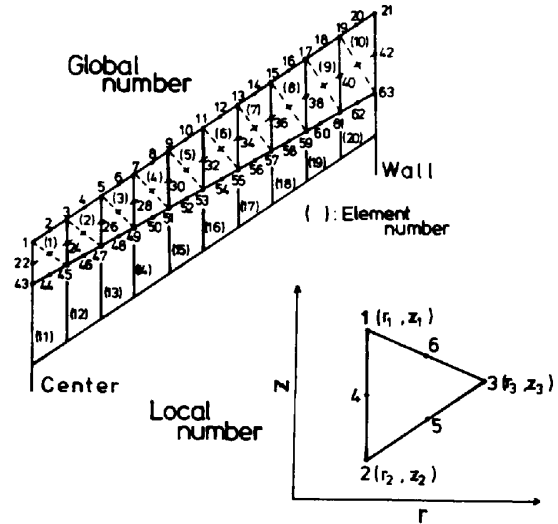


Fig. 1 Numbering of nodes for quadratic triangular element.

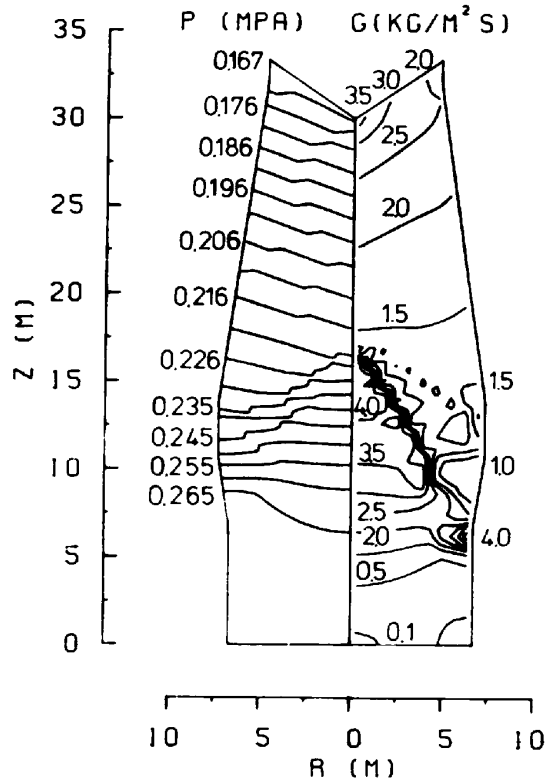


FIG. 2 ISOBARS AND CONTOUR LINES OF AVERAGED MASS VELOCITY OF GAS