

(33)

移動層における粒子の運動

東京大学生産技術研究所 ○ 桑野 芳一 館 充
千葉工業大学 大学院生 浅村 淳

I 緒 言 高炉の融着帯や滴下帯の装入物にかかる荷重を推定するため、移動層コールドモデルを製作し、試作した荷重計によつて、移動層内の応力を直接測定した。以下はこれらの報告である。

II 装置と方法

1) 装置 (1) 直接一面剪断試験機 (2) 移動層半さいモデル (3) 移動層三次元モデル

2) 方法 (1) ガラスビーズ、試験高炉に使用するコークス、焼結鉄、ペレットについて内部摩擦角、壁面摩擦角、嵩密度を測定する。(2) 充填構造が比較的安定しているガラスビーズについて粒子の流れパターンを半さいモデルで測定する。(3) 移動層三次元モデルを用いて、流れパターンの測定と同じ条件下で、応力(垂直、水平)を測定する。(4) 高炉の装入物について(2)、(3)の測定を行う。

III 結果と考察

1) 内部および壁面摩擦角の測定 : 内部、壁面の各摩擦角は密充填の場合は大きくなり、疎充填の場合は小さくなる。そしてこれらは粒度に依存し、粒径が大きくなると逆に小さくなる傾向がみとめられる。

2) 粒子の流れパターンと応力分布 : Fig.1 は装入物にガラスビーズを使用して、移動層半さいモデルと移動層三次元モデルの中心部で測定した粒子の流れパターンと、それに対応する応力分布である。これより (i) 粒子の流れは排出口の中心線に対し左右の対称性が非常によい。(ii) 壁際の層には剪断力が作用して、粒子の降下に遅れが生じる。(iii) 壁際で層が剪断される位置は(層高/管径=1.8 以下 $Z/D=1.8$ という)のレベルまでは炉の中心方向に進行する。この領域内での応力は指数関数的に増加し、 $Z/D=1.8$ 付近に最大値が現われる。この領域を過渡領域という。(iv) $Z/D=1.8 \sim 3.2$ の範囲では壁際で層が剪断される位置が一定になる。この領域内での応力は減少し、 $Z/D=3.2$ 付近で極少になる。この領域を延性破壊領域という。(v) $Z/D=3.2$ 以上の層内では粒子は排出口の中心に向つてホッパー状に降下する。この領域内での応力は急激増加し、最大値を示したのち減少して、排出口レベルで零になる。

3) 移動層内における応力の推定 : Fig.2 は移動層が限界応力状態で、かつ法総応力が全断面均一と仮定し、次式によつて算出した垂直応力と、測定値(垂直、壁圧)の比較である。ここで嵩密度(ρ)、壁摩擦係数(μ_w)、

$$\sigma_z = \frac{De}{4\mu_w k} \left(1 - e^{-\frac{4\mu_w k}{D} \cdot h} \right)$$

内部摩擦角(ϕ_i)、垂直圧力/水平圧力の比(k)は一定として測定値を使用する。これによると移動層内の応力は $Z/D=1.8$ の過渡領域内までは上式に適正な定数、すなわち移動層での値を採用すれば推定が可能である。固定層と移動層の側圧は移動層の方が高くなる。おそらく垂直/水平の応力分配比が変つているものと推定される。また比較的粒径の大きい試験高炉の装入物についてもガラスビーズと同じ挙動を示した。

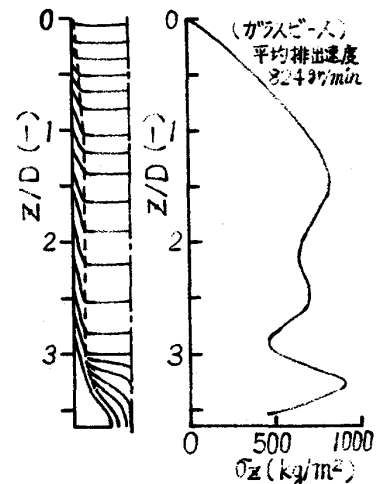


Fig.1 粒子の流れパターン及び垂直荷重分布

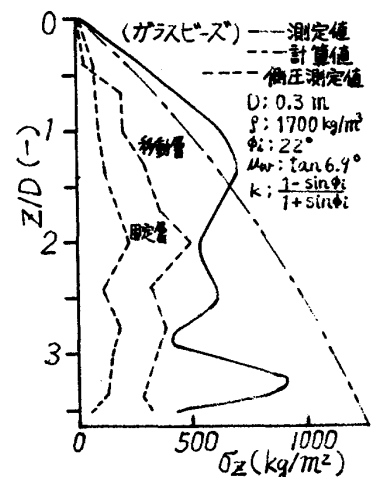


Fig.2 移動層に於ける垂直荷重(測定値)と計算値(固定層)との比較