

(47) 構造化充填層内の流れに対する一般化D'Arcy式の提案

東大・工・金属 ○吉沢 昭宣・天辰 正義・佐久田博司

高炉などの不均一（構造を有する）充填層内の流れについては、Ergun式¹⁾を拡張した(1)式を運動方程式とする解析法が広く行なわれている。(R=6D_p/φ・ε/(1-ε))は動水半径、μは粘度、ρは密度、

$$-\nabla p = (150 \mu / R^2 + 7/4 \cdot \rho |\mathbf{v}| / R) \mathbf{v} \quad \dots (1) \quad [p \text{ は圧力, } \mathbf{v} \text{ は速度ベクトルである。}]$$

(1) 内第1項はBlake-Kozeny式²⁾による粘性項で、第2項はRe大の領域のための補正項と考えられるが(1)式では局所的圧力勾配と局所的平均流の方向が必ず一致することにあり、D'Arcyの法則³⁾ $-\nabla p = \mathbf{A} \cdot \mathbf{v}$ が、圧力勾配と流れの方向が局所的動水半径の変化によっては必ずしも一致しないとしているのに対して、狭い近似になっている。(流通抵抗テンソル \mathbf{A} をスカラーにとれば(1)式になる。)

そこで、動水半径勾配が存在する場合について、 \mathbf{v} の方向が ∇p の方向と ∇R の方向の両者に依存すると仮定して考察すると、すべての条件を満たす最も簡単な \mathbf{A} のテンソル形として次式が得られる。

$$\mathbf{A} = \left(150 \frac{\mu}{R^2}\right) \mathbf{I} + \left(\frac{7}{4} \frac{\rho |\mathbf{v}|}{R}\right) \left[\mathbf{I} - \frac{\alpha}{2} \left\{ \frac{\mathbf{v}}{|\mathbf{v}|} \left(\frac{\nabla R}{|\nabla R|}\right)^T + \left(\frac{\nabla R}{|\nabla R|}\right) \left(\frac{\mathbf{v}}{|\mathbf{v}|}\right)^T \right\} \right] \quad \dots (2)$$

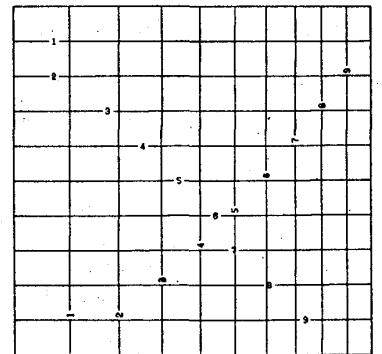
(I: 単位テンソル
上添字Tは転置を表わす)

αは未知の摩擦係数であるが、とりあえずαを定数パラメータとしてSMAC法²⁾によりpと \mathbf{v} を構造化充填層について求めた例の等圧線と流線を図・1~4に示す。図は、左端でε=0.4、右端で0.5とした1mm^φの粒子充填層で、0°Cの空気が下端から等圧流入し、上端から等圧流出している10cm×10cmの2次元の場合であるが、Re_p ~ 1ではα=0.4でもテンソル項の影響が全く見られるのに対し、Re_p ~ 14, 100, 1200 と上昇するにつれて、流線はε大の側へ傾き、等圧線が流線と斜交する傾向が現われて来る事がわかる。

(2)式の意味のある式かどうかは、実験的な証明を必要とするが、Re_p大の領域で(1)式の計算結果は実験値から外れて来るという傾向もあるようなので、テンソル解析による形式論に基づいて(2)式を提案したものである。筆者らは目下実験を計画しており、αの値を決定できると期待している。(2)式の導出と、SMAC法による数値計算の詳細については、当日、報告したい。

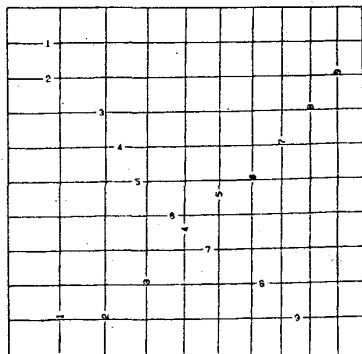
文献(1) Bird 他 "Transport Phenomena" (Wiley, 1960) p.150, 196-200, 730

(2) Amsden, A.A. & F.H. Harlow; "The SMAC Method" LA4370 (Los Alamos, 1970-5)

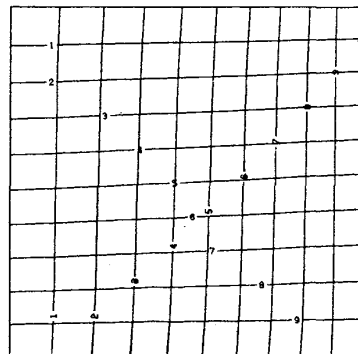


図・1 Re_p ~ 1, α=0.4, Δp=0.121 cm-水柱, $\bar{v}_0 = 1.314 \text{ cm/sec}$

図・2 Re_p ~ 14, α=0.2, Δp=2 cm*水柱
 $\bar{v}_0 = 18.78 \text{ cm/sec}$



図・3 Re_p ~ 100, α=0.2
Δp=34.75 cm*水柱, $\bar{v}_0 = 133.4 \text{ cm/sec}$



図・4 Re_p ~ 1200, α=0.4, Δp=34.74 m*水柱, $\bar{v}_0 = 16.04 \text{ m/sec}$

