

大阪工業大学 正員 木原 敏
 大阪工業大学 正員 上木 紀夫
 大阪工業大学短期部 正員 勳道 千歳

急速ろ過でのろ層再生のための逆洗浄によって生じる水流効果は、粒径の大小を分離と混合を同時的に行い、半成層下する。従来、初期ろ層の閉塞圧損失に対する式は、充填材の代表的径を用いた。砂層中の粒子群は、粒径の異なる集合体であるので、たとえば、10%有効径であるとか、等価平均径を単一に代表させることに無理がある。実際には、ろ層のような粒子群の間隙を通過するときの圧損失は、直接的に間隙内を流れるマサツ抵抗と要素として導くべきであり、筆者はさきに間隙の規模 d_{40} より、浸透係数を定義することと試み、式(1)を報告した。

$$k = \frac{\alpha}{2} \frac{\epsilon_0 g}{\nu} d_{40}^2 \dots \dots \dots (1)$$

ここに α は砂の形状、接触によって異なる無次元数で、 $\nu =$

ϵ_0 : 砂層間隙率、 d_{40} は平均的な間隙の有効動径であり、 $d_{40} = \frac{\epsilon_0}{A_{VT} S}$

A_{VT} : 単位容積当りの粒子表面積の総計、 S : 有効面積率、砂と砂と接触して、死水の部分の割合

$$A_{VT} = 6(1-\epsilon_0) \frac{\phi_s}{\phi_v} \int \left\{ \xi(X) / D_{pi} \right\} d(X)$$

ϕ_s : 面積補正係数、 ϕ_v : 体積補正係数、 $\xi(X)$: 粒径 D_{pi} の分布函数、 X : 分布が正規分布のときは、

$\ln D_{pi} = X$

$$(1) \text{は、又、} k = \left(\frac{\alpha}{2} \frac{\phi_s}{\phi_v} \right) \frac{g}{\nu} \frac{\epsilon_0^3}{(1-\epsilon_0)^2} \int \left\{ \xi(X) / D_{pi} \right\} d(X) \dots \dots \dots (2)$$

$$\xi(X) \text{ は、対数正規分布の場合、} \xi(X) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_0} \exp\left[-\frac{(\ln(D_{pi}/D_{pm}))^2}{2\sigma_0^2}\right] \dots \dots \dots (3)$$

σ_0 は標準偏差の対数値、 $1/\sigma_0$ が、平均径 D_{pm} 、 σ_0 の2つの値で固定される。

α は、砂の間隙の不規則性を示す係数で、内容については理論的な定義ができていないが、間隙が円管であったとすれば、 $\alpha = 0.5$ 、実際にはこの値より、小さく、 $0.36 \sim 0.15$ 、

d_{40} 、 k_0 値について、 ϵ_0 、 D_{pm} 、 σ_0 に対応して演算を行ない、報告した。

1. ろ層のタテ方向砂分布

逆洗浄によって水流効果を受けし砂は、比重と、粒径の大小の相乗結果から、沈降速度による分別が行われる。しかし、逆洗は、かなり強い混合効果もあるので、完全な成層化はない。筆者らが各地の浄水場で調査した結果でも、ろ床の構造、支持層(砂利層)の構成によってかなり差があり、法的的な見解を見出すことは難かしい。

又間隙率は充分締め固められた。(実験筒において、振動を与え、沈下が全くなかったような状況)場合と、飽和状態(逆洗を停止させて、膨張している砂をもとの状況に戻し、水の中を静かに沈下静置したような場合)とでは、極端な場合間隙率は1.5~1.8倍の差がある。このような飽和間隙率は、測定の度毎に変化する一定値を示さない(充分締め固めるときの間隙率——最終間隙率——はほぼ一定値になる。)しかし、粒径の小さい砂程、間隙率は大きいから、さらに(飽和間隙率/最終間隙率)が大きくなる。ろ過時の間隙率は飽和間隙率に近く、間隙率は大きい。砂層がある深さで構成されている場合、下層の砂の厚さのため、押えられ、上層の砂層間隙より小さい。さらにろ過が開始され、表面に近いところに閉塞を生じると、それぞれに圧損失に対し、

1) 本年度、関西支部発表会で報告

7. 加圧された圧密されて、間隙率は変化する。

$D_{pm} \neq \sigma_{0d}$ は、逆洗前の設計 C_u, D_e によって異なるが、ほぼ、各深さでの値は経験的に知られる。最近、3速の高速化に伴い、粒径も大きくなる傾向があり、既知のデータでは不足であるので、実験による補正を行なう。 $\epsilon_{02}, D_{pm2}, \sigma_{02}$ については、測定結果を当日発表する。

2. 平均浸透係数 k_m

実際の3層は、斜方向についても、 $\epsilon_0, D_{pm}, \sigma_0$ が異なり、浸透係数は、均一でない。これは設計時の混合状況での設定と若干相異し、値となる。

特に、3速による閉塞が開始されると、均一混合の場合と、半成層下とで全く性格が変わる。

半成層化した状態での全体の層の圧損失は、厳密には、各層毎の圧損失を積分することになる。全体の層の浸透係数の平均化した値を k_m とすると、Darcyの法則を

$$\text{Darcy式は } U = k_m \frac{H_0}{Z_0} \dots \dots (4) \quad H_0: \text{全損失水頭} [cm] \quad Z_0: \text{砂層厚} [cm]$$

k_m : 平均的浸透係数。

$$1/k_m = \int_0^{Z_0} \left\{ \alpha z / k_s (\epsilon_0, D_{pm}, \sigma_0) \right\} dz \dots \dots (5)$$

Z_0 に対応する $\epsilon_0, D_{pm}, \sigma_0$ を知ることで、 k_m を求めることができる。

(5)は、砂層厚の深さに対応したそれぞれの $\epsilon_0, D_{pm}, \sigma_0$ より、間隙規模 d_{90} から得られた浸透係数によって平均的浸透係数は求められる。 k_m は、(2)より求めることができる。

この結果は、層流域で使用することできる。普通一般の浸透現象は、砂層で層流域である。浸透現象についての臨界値としては、浸透のレイノルズ数 $Re_f = U_f d_{90} / \nu$ (ここに d_{90} 相当有効径) ≈ 3 の臨界値としているが、間隙径から $Re_d = U_0 d_{90} / \nu$ (ここに U_0 : 間隙流速 (cm/s), d_{90} : 相当間隙径 = ϵ_0 / S_{ht}) をとると、流速が過でも5を超えない。したがって恒に層流であると考えてよい。

3. 間隙内の死水部の存在

砂層間隙のような複雑な空間内を流下する場合、層流下でも死水域が数多く存在する。したがって、間隙内をすべて有効に流下するのではなく、一部では二次の流れを生じる。この死水部の取扱いをどのように扱うかは、今後の問題として、ここでは二次流れの割合(分配率 m)はトレーサーを用いた拡散実験から求められる可能性があることを報告する。トレーサーによる浸透抵抗の時間濃度曲線は、2つの拡散曲線の重ね合わせであり、これを分離することにより、分配率 m を求めることができる。ただし、非常に多くの空間の合成による場合は、分離が困難である。

このような死水域の把握は間隙規模の理論的通用の精度を向上させたことに有効である。有効動深 d_0 は間隙の平均的スケールであり、間隙の不規則性との関連を含んでいる。死水域の統計的把握は今後、この部分の検討に使われる。

4. 結 果

砂層間隙を解析する場合の隙内の流れを前述として、隙内の圧損失を検討してきた。計算結果は従来の代表径よりの結果より、かなり広い領域で、実験値とよく一致する。ただし、死水部の分配率 m が、流れの物理的条件と関連が深い模様で、隙内の条件を同一にしましても、流速によって変化する。(Sが不安定)

砂の形状、角張りの状況等が影響を及ぼすと思われる。これらの要因は単に間隙率にのみ関係するのでなく、微細な死水域の形成に著しい影響をもたらし得ることが考えられる。