急速ろ過ろ層再生のための最適対象深度を考慮した膨張率と均等係数

大阪工業大学　正員　木原　　敏

1. ろ層内深度方向の粒度分布と膨張率

急速ろ過の逆洗は流動中での粒子衝突率を最大にする膨張率，すなわち最適膨張率を与えることが望ましいと藤田は提案している。最適膨張率 e_{most} について、藤田[1]は式（1）を示している。

$$e_{most}=(0.6\ \varepsilon_0)/0.4 \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(1)$$

しかし、ろ層内の砂粒子粒径は不均一で、ある分布をもっており、さらにそれは逆洗の水篩によって粒径別に成層化しているものであるから、それぞれの深さでの各粒径に対してそれぞれの膨張率をもっている。したがって、もし最適膨張率 e_{most} をある深さに適用すれば他の砂層では最適膨張率を得ることは不可能になる。したがってどの層に最適膨張率を与えるか、さらに他の層にもどの程度の膨張率を与え得るかという問題が存在する。言い換えれば、他の層にある程度の膨張率，衝突率を与えようとするならば、その面から、その層の粒径が決まってくることになる。

このようにしてそれぞれのろ層に必要な膨張率を与えるためには、それに対応した粒度分布が必要であって、したがって均等係数に制約を与えることになる。

2. 表面洗浄の影響深度Ｚcと最適膨張率の適用範囲

急速ろ過池での閉塞による抑止汚泥分布は表面に最大であるが、この部分の汚泥は表面洗浄による。したがって、最適膨張率の適用深度を表面洗浄の影響が切れる位置，ほぼ７～１５(cm)とする。

今、この適用深度を Z_c とすれば、その深度の砂の粒度加積分率 $E(X_c)$ は

$$E(X_c)=Z_c/Z_0 \quad \cdots\cdots\cdots\cdots(2)$$

$E(X_c)$ に対応する X_c 値をHastingの近似式により求めれば Z_c における粒径 ϕ_c は

$\phi_c=\phi_{50}\exp(X_c\cdot\sigma_0)\cdots\cdots(3)$ ，　ここに $\sigma_0=0.651509\cdot\ln(C_u)\cdots\cdots(4)$ [2] ，　C_u；均等係数

ϕ_c の粒子に膨張率 e_{most} を与える逆洗流速 U_w は

$$U_w/W_1=\varepsilon_e^{\,n}=\{(\varepsilon_0+e_{most})/(1+e_{most})\}^n \quad \cdots\cdots\cdots(5)$$

nはRichardsonによって修正されたFairのnで、Re数($=W_1\cdot\phi_c/\nu$)によって変わり

$Re\leq0.2$ で $n=4.65$ ，$0.2<Re\leq1$ で $n=4.36\cdot Re^{-0.03}$，　$1<Re\leq500$ で　$n=4$.

U_w に対して粒径大の下部の膨張率は最適膨張率 e_{most} より当然小さくなる。そこで、 X_{84} の粒径 ϕ_{84} を比較の代表対象にすることとする。

ϕ_{84}, Z_{84} $0.84\cdot Z_0$ の深度の膨張率 e_{84} は

$$e_{84}=[(U_w/W_{84})^{1/n}-\varepsilon_0]/[1\ (U_w/W_{84})^{1/n}] \quad \cdots\cdots(6)$$

$$S_e=e_{84}/e_{most}\cdots\cdots(7)$$

S_e が0.6を割るとろ層下部の洗浄は必ずしも完全でなくなる。しかし、Z_c の深さに最適膨張率を適用すると、均等係数 C_u をかなり１に近ずけなければならない。

多くの浄水場では仕様が「1.4~1.5以下」となっていることが多く、実際には C_u 1.32 ~1.38にある。また逆洗流速は筆者の考えるような、最適衝突率を対象深度に適用すると、必要な値よりやや多い流速、膨張率になっている。従って実際には全層を対象とした膨張率 e_B では藤田の説より少ない値で可いという事になる。実際の浄水場での膨張率は10~20%が多く、その理由は一律ではないが，その中には膨張率が小さい方が良く洗えるという意見がある。この意見は筆者の意見と類似点がある。

Satoshi　KIHARA

3. ZcとZ84での衝突率の比較

流動化している砂層Z_iの粒子相互間の衝突回数N_uは

$N_u=(1/3)\cdot n_e^2\cdot\phi_i^3\cdot G_v$ [1] ····(8), $n_e=6(1-\varepsilon e)/\Psi_v\cdot\pi\cdot\phi_i^3$ ·····(9)

Ψ_v:体積補正係数=0.96~0.98 , $G_v=(P\cdot g/\mu)^{1/2}$ ·····(10)

$P=U_w\cdot\varepsilon_0\cdot h_b/(1+e_i)dZ_{ie}$ ····(11), $h_b=dZ_{ie}(1-\varepsilon_0)\{(\rho_s-\rho_0)/\rho_0\}$···(12)

$dZ_{ie}=(1+e_i)dZ_i=(1+e_i)Z_0\cdot f_i\cdot d\phi$ ····(13)

Z_c, Z_{84}それぞれのϕ_c, ϕ_{84}の単子粒当たり, 単位時間当たりの衝突回数N_{pc}, N_{p84}は

$N_{pc}=N_{uc}/n_{ec}$ ···(14), $N_{p84}=N_{u84}/n_{e84}$ ···(15),

N_{pc}に対するN_{p84}の減少率をSN_pとすると

$SN_p=N_{p84}/N_{pc}$ ···(16)

4. 逆洗による全層の膨張率

最適膨張率$e_{c,most}$の逆線流速U_wqを与えると ろ層全体の膨張率e_{0most}は

$$e_{0most}=(Z_e-Z_0)/Z_0=(Z_e/Z_0)-1$$

$$=\sum_{i=1}^{m}\left[\{(U_wq/W_i)^{1/n}-\varepsilon_0\}f_i\Delta\phi/\{1-(U_wq/W_i)^{1/n}\}\right]-1 \quad \cdots\cdots (17)$$

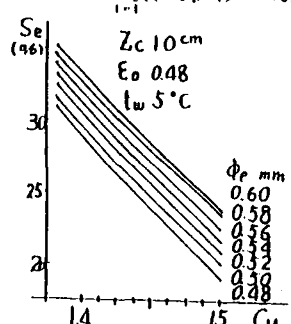

図1

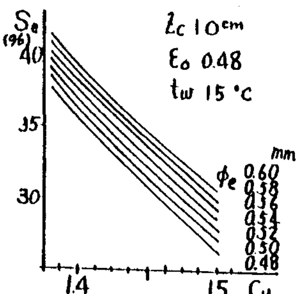

図2

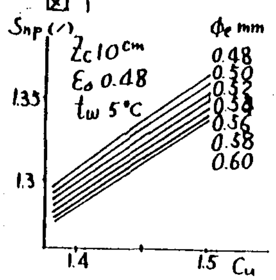

図3

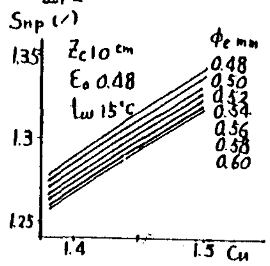

図4

4. 考　　　察

(1)均等係数Cuが大きくなると膨張比Seは小さくなる。すなわち膨張率の差は大きくなる。 (2)有効径ϕ_eが大きくなると膨張比Seは大きくなる。(3)Cuが大きくなると衝突率比S_{np}はSeと逆に大きくなる。(4)表面洗浄の影響深度Zcが大きくなるとSeは小さくなり、S_{np}は小さくなる。(5)水温twが大きくなるとSeは大きくなり、S_{np}は小さくなる。(6)膨張前間隙率すなわち、ろ砂の特性値としてのε_0が大きい方がSeは小さくなるが、S_{np}はあまり変わらない。(7)最適膨張率の適用という面からだけでみれば全層に対する膨張率e_0は藤田の説より小さくて可いのではないか。

1)藤田賢二;急速ろ過池における洗浄に関する諸元の水理学的考察, 水道協会雑誌, 第455号, pp2~31, 昭. 48. 8
2)木原　敏;ろ過砂粒度分布の統計的表現, 第15回研究発表会講演要旨, 日本工業用水協会, pp107~109, 昭. 55. 3. 13