

II-361

急速ろ過逆洗流動層中の表面付着汚泥の剥離について

大阪工業大学 正員 木 原 敏

急速ろ過池の再生のための逆洗操作を設計するために必要な逆洗時間は、ろ層内の抑止汚泥の存在状況と量に支配される。汚泥の抑止パターンは大別して次の三つに分けられる。

① ろ層表面のろ過膜 ② ろ砂層内間隙の架橋フロック ③ ろ過砂の表面に生物的、または化学的に付着した粒子表面こう着汚泥

このうち①、②の表面ろ過膜と間隙内架橋フロックは逆洗洗浄による攪乱により、それぞれの位置より流動層内、あるいは砂上排水流中をそれぞれの乱流効果を受け乍ら、排水トラフを経て排泥される。

③の砂表面にこう着した汚泥は単に水流による攪乱を受けただけでは砂表面から離脱しない。①②の汚泥は比較的離脱し易い形態のものであるのに対し、③のパターンの汚泥は全体の汚泥に占める割合が少ないにもかかわらず、離脱し難い。したがって逆洗の作業の目標はこのパターンの付着汚泥に焦点を合わせなければならない。

さて、この付着汚泥の離脱に対しては衝突回数を最多にするための最適膨脹率を導いた藤田理論¹⁾がある。今回はこの藤田理論より、衝突により剥離する汚泥量をモデル化して演算した。

1 流動層下での衝突または擦合せによるろ砂表面付着汚泥の剥離確率

流動層下でのろ砂粒子が相互に衝突する現象は確率的に生じる。

まず、最初の衝突によって、すなわち、処女状態での剥離は、ろ材粒子のどの面に衝突してもほぼ同様に生じるが、一度衝突によって剥離した部分に当たった場合とそうでない部分とでは当然異なる。

最初の衝突による剥離の確率は

$$\xi_1 = 1.00 \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$\text{剥離面積 } \Delta a_1 = \Delta a_0 \cdot \xi_1 = \Delta a_0 \quad \left. \vphantom{\Delta a_1} \right\}$$

2回目の衝突による剥離の確率は

$$\xi_2 = (a_p - \Delta a_1) / a_p \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$\text{剥離面積 } \Delta a_2 = \Delta a_0 \cdot \xi_2 = \Delta a_0 (1 - \Delta a_0 / a_p) \quad \dots\dots (3)$$

n回目の衝突による剥離の確率は²⁾

$$\xi_n = \{a_p - (\Delta a_1 + \Delta a_2 + \dots + \Delta a_{(n-1)})\} / a_p \quad \dots (4)$$

$$\text{同剥離面積 } \Delta a_n = \Delta a_0 (1 - \Delta a_0 / a_p)^{n-1} \quad \dots\dots\dots (5)$$

$$\text{ここに、} a_p = \pi \cdot \Psi_a \cdot \Phi_s^2 \quad \dots\dots\dots (6)$$

Ψ_a : ふるい分析で表現されたるろ材粒子直径 Φ_s の円球に対する表面積補正係数, Δa_0 : 処女状態の汚泥砂の表面に1回の衝突によって剥離する面積 (cm^2)

図-1のように粒子の表面に付着した汚泥が、ほぼ均一に表面に存在するとして Δa_0 は

$$\Delta a_0 = \pi \cdot \alpha^2 \cdot \Phi_s^2 / 16 \quad \dots\dots\dots (7)$$

$$\alpha = 4 \tan^{-1} \left(\frac{r_s \cdot \delta_f / 2 - \delta_f^2 / 4}{2 r_s^2 + 3 r_s \cdot \delta_f / 2 + \delta_f^2 / 4} \right)^{1/2} \quad \dots\dots\dots (8)$$

δ_f : ろ砂表面に付着している汚泥膜の厚さ (cm), $r_s = \Phi_s / 2$ 粒子半径 (cm)

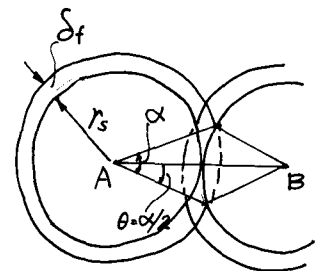


図-1 ろ材粒子の衝突剥離面積

2 流動層内での衝突回数

逆洗中の流動層内での衝突回数は藤田説¹⁾によるとして

$$N_u = n_e \cdot \Phi_s^3 \bar{G} / 3 \quad \cdots \cdots (9), \quad N_u: \text{流動層下の膨脹時の単位体積中の粒子群が単位時間}$$

内に衝突する回数 (1/sec cm³), $\bar{G}$: 流動層下でのその層の速度勾配値 (1/sec), $\bar{G} = p g / \mu$

$$p = u_w \rho_0 h_B / Z_e, \quad Z_e = Z_0 (1 + e), \quad h_B = (1 - \varepsilon_0) (\rho_s - \rho_0) Z_0 / \rho_0$$

$$u_w = u_t \cdot \varepsilon_e^{4.5}, \quad u_t: \text{粒子終端沈降速度 (cm/sec)}, \quad \varepsilon_e: \text{膨脹している逆洗層の間隙率}$$

$$\varepsilon_e = (\varepsilon_0 + e) / (1 + e), \quad \varepsilon_0: \text{ろ層の間隙率}, e: \text{膨脹率}$$

単粒子に対して、0 ~ t_w までの衝突の総回数 N_{pt} は

$$N_{pt} = n_e \cdot \Phi_s^3 \bar{G} \cdot t_w / 3 \quad \cdots \cdots (10), \quad t_w: \text{逆洗経過時間 (sec)}$$

n_e : 流動下、膨脹時の単位体積当りの粒子数で

$$n_e = 6(1 - \varepsilon_0) / \{ \pi \cdot \Psi_v^3 \Phi_s^3 (1 + e) \} \quad \cdots \cdots (11)$$

3 衝突による剥離によって離脱する汚泥量

逆洗によってろ砂相互が衝突して、剥離してゆく汚泥量は逆洗経過時間 t_w では単位時間、単位体積当り、 C_{0t} として

$$C_{0t} = M_{0t} / \varepsilon_f \cdot 10^6 \quad \cdots \cdots (12)$$

$$M_{0t} = N_u \cdot \Delta a_n \cdot \delta_f (1 - \varepsilon_f) \rho_f \quad \cdots \cdots (13)$$

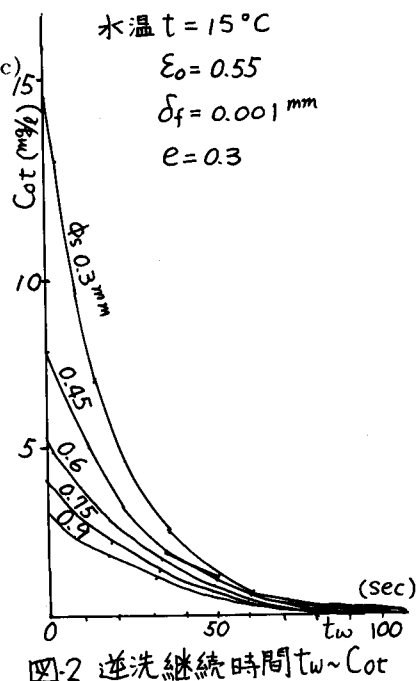
Δa_n は式(6)の $n = N_{pt}$ として

$$\Delta a_n = \Delta a_0 (1 - \Delta a_0 / a_p)^{(N_{pt}-1)} \quad \cdots \cdots (14)$$

(12)は整理すると

$$C_{0t} = \delta_f (1 - \varepsilon_f) \rho_f \cdot n_e \cdot \Phi_s^3 \bar{G} \cdot \Delta a_0 \cdot (1 - \Delta a_0 / a_p)^{(N_{pt}-1)} / 3 \varepsilon_f \cdot 10^6 \quad \cdots \cdots (15)$$

演算結果の一例を図-2に示した。



4 考 察

汚泥の剥離量 C_{0t} の時間変化は指数曲線となった。

砂粒径 Φ_s が小さくなる膨脹時の粒子数は極端に少なくなるが排出汚泥量は逆に大きくなる。膨脹率 e が増加することにより、単位体積中の粒子数は小さくなり、汚泥量 C_{0t} は低くなる。水温については低い程、剥離が早く終了する。すなわち最初は大量に剥離を生じ、後半では剥離残部が小さくなって剥離汚泥量も少なくなる。砂粒表面の汚泥膜の厚さ δ_f が小さくなると離脱速度は小さくなり、洗浄時間を大きくしないと離脱汚泥濃度は低くならない。

このモデルでは1回の衝突によってその部分の付着汚泥は一度剥離したと考えている。しかし、厳密にはそうではない。また剥離量を衝突回数だけの関数にしたが、衝突のアクションを考慮しなければならぬかも知れない。これらについては今後検討を加えたい。

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的考察

水道協会雑誌, No455, pp2~31, 昭47.8

2) 木原 敏；逆洗流動層中の粒子衝突による付着汚泥の剥離のモデルについて

水道協会関西支部講演集 pp21~24, 昭60.11.20