

混合による粒度分布を有する砂層間隙内の流れ剪断力分布

大阪工業大 正員 木原 敏

はじめに： 急速ろ過層は逆洗水篩効果によって砂粒径が上層より下層へ均一成層化されていることになっているが、実際には砂層支持ベッドの構造上のバラツキから混合作用が働いて半成層状態を呈している。したがって、各層はある幅の粒度分布をもつて形成されることになるが、このように半成層化された砂層によつてろ過層は形成される。砂ろ過層でのろ過による浮遊物質の抑止現象をろ層の間隙の側から論議する上では、これら混合状の粒度分布を小さめた間隙中の流れを知ることが重要である。さきに筆者は成層均一状の砂層内の間隙の規模について報告¹⁾したが、今回は混合状の相当有効間隙について報告する。

1 粒径分布をもつ場合の相当有効間隙径

実際池の砂層粒径の分布は図-1のように当初の設計粒度からいく分、水篩成層化され、均等係数が小さくなって分布している。この値はろ層逆洗水流がベッドの構造の不整合に支配され、水理的条件が異なることによるものであろうから、極めて複雑で目下のところモデル化は果されていない。ろ過池面積、水量、阻塞状態等の要素が考えられるので目下データで収集している段階である。現在までの実測値から¹⁾

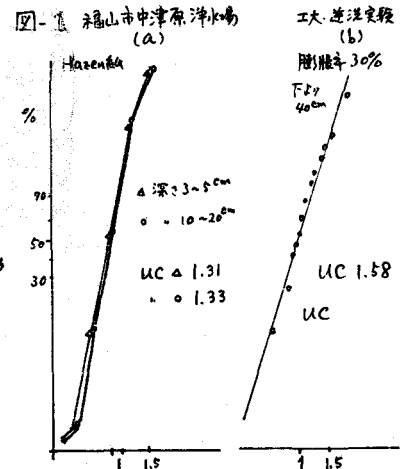
$$\phi_m = (Z/\alpha)^{1/n} \dots\dots(1), \alpha, n \text{ 常数} \quad \sigma_z^2 = aZ + b, \dots\dots(2) \quad a, b \text{ 常数}$$

各層よりのサンプリングによると、砂層は水篩効果を受けただけにもかかわらず、その粒径分布はほぼ対数正規分布とみなし得る²⁾

各層よりの混合状相当有効間隙径、 Z での ϕ_m は Fair 表現によれば、

$$\begin{aligned} \phi_m &= \sqrt{a} \lambda_0 / A_0 \\ &= \frac{1}{\sigma} \frac{k}{k'} \frac{\lambda_0}{(1-\lambda_0)} \bigg/ \frac{1}{\sqrt{2\pi} \sigma_z} \int_{-\infty}^{\phi} \phi_i \exp \left[-\frac{\{\ln(\phi_i/\phi_m)\}^2}{2\sigma_z^2} \right] d\phi_i \end{aligned} \quad \dots\dots(3)$$

ここに λ_0 は $\ln(\lambda_0 - C) = j\phi + k$, j, k 常数 $\dots\dots(4)$
 ϕ_m , σ_z は(1),(2)で表わされる。



2 間隙の規模

砂層間隙は平均的表現として相当有効間隙径として ϕ_m を用いたが、実際には間隙の規模を実測する必要がある。筆者はUC, CSに対応した間隙の規模を実測することと考え、挟着剤で固めたる砂を切断して、切断面を研磨し、実体顕微鏡で面を撮影してその画像から潤辺と面積を求めて径深を算定した。砂はA社山砂で一般市販のろ砂である。これを篩分

けたのち、秤量調合してそれぞれのUC, ES に調整した。接着剤はなるべく粘性の低いものと思つたが、切断時の強度の点から、結局エポキシ系凡用のものに落着いた。ビニール管に填充して2日放置、硬化させたが、填充の条件が、粘性の高い接着剤のため、不揃いで必ずしも自然の3層時の間隙と一致しているとはみえなく、データのバラツキも少なくなかつた。この点改良の余地がある。図-2は切断面のモデルであるが、間隙はかなり分散しており、大小種々である。これを適当に分類して潤辺と面積を求め、それより径深を算出した。この径深と潤辺が浸透時の水理的条件を互配すると思われた。

図-2 砂層切断面モデル

間隙径の分布は実験の範囲ではUC. によつては殆んど変らず、ES によつて変化する。

3. 浸透係数との関係

層流下の摩擦抵抗は浸透層の間隙表面積に比例する。浸透層の摩擦面積と浸透実験から求めたものと、砂層切断面から求めたものと比較するとほぼ近い値を得た。

砂層内の単位体積当りの摩擦表面積 a_0 は次式で表現される。

$$a_0 = \left\{ \lambda_0 / (a / 2\pi z_0)^2 \pi \right\} \frac{a}{z_0}$$

$$= 4\pi z_0 \lambda_0 / a, \quad \text{ここに } a = \left\{ 8Q(2\pi dz)^2 / \pi g \right\} \frac{dz}{dh} \Bigg|^{\frac{1}{2}}$$

Q : 浸透量, a : 浸透間隙1つの間隙表面積 cm^2

$$a_0 = 5.54 \sim 9.15 \text{ cm}^2$$

4 間隙内の摩擦剪断速度

間隙内の z 深さでの摩擦剪断速度 $U_{0*}(z)$ は

$$U_{0*}(z) = (g \tau_e' \int_{\phi_e}^z dh/dz)^{\frac{1}{2}} \dots \dots (1)$$

ここに $\int_{\phi_e}^z dh/dz$

$$p(\phi_m z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\phi_e}} \exp \left\{ -\frac{[\ln(\phi_i/\phi_m)]^2}{2\phi_e^2} \right\} \quad \text{で表される値である。}$$

間隙内の抑止物質が抑止又は排出されるためには物質の定着要素と流れによる外力との相関が求められなければならない。間隙モデルでの定着モデルについて今後検討を進めたい。尚、この研究の実験データに協力した大阪工業大学生、鷲尾健策、中尾芳明、山本良平、松田哲司の各君及び各地の浄水場の3砂サンプルの分析結果を提供していただいた講師上木紀夫氏に感謝したい。尚本研究は一部、大阪工業大中央研究所研究助成金によつた。

文 献

- 1) 木原 敏; 急速3層間隙の水理的特性について, 全口大会研究会講演, 昭和52年度正部17
- 2) 木原 敏, 上木紀夫; 急速3層の補砂粒徑分布, 228個全口水道協会研究費委員会, 昭和52年度
- 3) 木原 敏; 3層有効間隙径の分布について, 12回研究会, 日本工業用水協会, 昭和52年3月