

大成建設株式会社 正会員 ○石 野 和 男
 " " 花 村 哲 也
 埼玉県企業局 浅 見 太 吉

1. はじめに

近年、地震等の災害時に使用する目的の浄水を貯える大型の浄水池が建設されている。これらの浄水池は従来の浄水池より規模が大きく、貯水池としての機能を持たせるために滞留時間が長く、また水位がほぼ満水位に近い状態で一定である等の特徴を持っている。そのために従来はあまり考えられなかった問題すなわち浄水池内に停留域が発生し、残留塩素の低下及びそれに伴う水質の悪化の恐れが生じてきている。本報告は、埼玉県広域第一水道用水供給事業PC浄水池内の水流に関し拡散水理模型実験による浄水の交換状況の解明及び定常時浄水池内平均残留塩素濃度の推算を試みたものである。

2. PC浄水池について

本浄水池は図-1に示す様に、内径42m、有効水深14.5m、有効貯水量20,000 m^3 /基の円筒式プレストレストコンクリート側壁、球型RCドーム型であり、常時流入水量は10,000 m^3 /日である。浄水の流入方式は、底面に配置された14本のノズル（各本毎に水平面と水平及び45°の角度を持ち、浄水池中心方向に向けられている）を持つ多孔管より流入し、上部壁面円周に設けられた越流セキより流出する方式を本実験により検討し採用した。

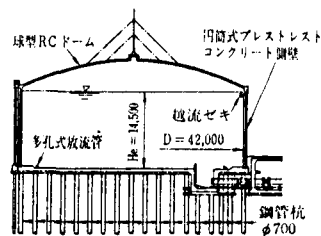


図-1

3. 浄水池内の水交換率と残留塩素に関する理論的考察

浄水池内に流入した浄水は流入方法、流入量等により任意の割合で流出すると考えられる。また浄水が静止している場合の浄水の残留塩素濃度は一定の割合で減少することが認められている。

ここで浄水の流入出の割合すなわち水交換率を実験で求め、静止浄水の残留塩素濃度減衰率が流動浄水のそれに適用できるという仮定を用いれば以下に示す定常時浄水池内平均残留塩素濃度の推算が可能であると考えられる。

(a) 仮定条件

①流入水量は一定とする。②静止浄水の残留塩素濃度減衰率が流動浄水のそれに適用できるものとする。③PC浄水池におけるコンクリート等による残留塩素濃度への影響は未知のため無視し、②の減衰性のみを考える。

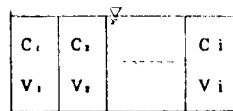


図-2

(b) 残留塩素濃度推算理論

定常時の浄水池内には、図-2の様にti時間に流入した流量QのうちViが残っており、その残留塩素濃度は流入後ti時間経過しているためCiとなっていると考えられる。よって定常時の浄水池内の平均残留塩素濃度 $\bar{C}_\infty$ は(1)式で表わされる。

$$\bar{C}_\infty = \lim_{i \rightarrow \infty} \frac{\sum_{i=1}^{\infty} C_i V_i}{V_{\text{total}}} \quad (1) \quad \text{ここで } V_{\text{total}} = \sum_{i=1}^{\infty} V_i : \text{浄水池容量}$$

本実験では、水交換率という形式で、塩水の入った模型浄水池の中へ、塩水を含まない水道水を流入させ、流入し始めてからti時間後に水道水と塩水の量の比がどれくらいになったか、すなわち塩水との水交換率

$A(t)$ がどれくらいになったかを求めている。

図-3より $A(t_i)$ は(2)式で表わされる。

$$A(t) = \frac{D_x - D_0}{D_{x0} - D_0}$$

$$1 - A(t_i) = (V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_i) / V_{\text{total}} \quad (2)$$

D_0 : 流入水電導度

D_{x0} : 初期浄水池内電導度

D_x : t時間後の浄水池内電導度

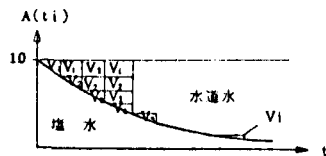


図-3

(2)式に微分操作を行なうと

$$\lim_{i \rightarrow \infty} \frac{V_i}{V_{total}} = - \lim_{i \rightarrow \infty} \frac{A(t_i) - A(t_i - \Delta t)}{\Delta t} \cdot \Delta t = \frac{dA(t)}{dt} dt \quad (3)$$

$$\bar{C}_\infty = \lim_{i \rightarrow \infty} \sum_{i=1}^{\infty} C_i \left[- \frac{dA(t)}{dt} dt \right] = - \int_0^\infty C(t) \frac{dA(t)}{dt} dt \quad (4)$$

(c)静止浄水の残留塩素濃度の時間的減衰率 $C(t)$ の決定

埼玉県大久保浄水場で求められた実験値は図-4でありこれを定式化すると(5)式となる。

$$C(t) = 10^{\alpha - \beta t} \quad (5) \quad \text{ここに } C(t): \text{ppm}, t: \text{分単位 } \alpha = 0.017, \beta = 2.61 \times 10^{-5}$$

(なお実験条件は、冷暗所に設置された密封式メスシリンダー内にて)

(d)水交換率 $A(t)$ の決定

本実験で求められた実験値は図-6でありこれを定式化すると(6)式となる。

$$A(t) = 10^{-rt} \quad (6) \quad \text{ここに } r: \text{水交換率係数}, t: \text{分単位}$$

(e)定常時浄水池内平均残留塩素濃度 $\bar{C}_\infty$ の決定

(5)(6)式を(4)式に代入し積分操作を行なうと(7)式となる。

$$\bar{C}_\infty = \frac{r}{\beta + r} 10^\alpha \quad (7)$$

4. 相似則及び模型縮尺

本実験の相似則については、①浄水池内の流れという点に着目すると、自由水面を持つ流れということからフルード則に従うものとする。②噴流拡散という点に着目すると、ノズルから出る流れ、すなわち噴流が原型に近い拡散連行能力をもつ様にする。よってノズルにおけるレイノルズ数を出来る限り原型に近づけることが要求される。MITにおける実験¹⁾によるとノズルのレイノルズ数を1,500以上にすれば拡散能力の著しい低下がないことが指摘されている。従って上記の2つの条件をもとに模型縮尺を決定すると $L_r \geq (1500/105000)^{2/3} \geq 1/17$ となり本実験では、表-1に示す条件で行なった。

5. 実験結果及び考察

(a)浄化池内の水交換状況について

図-5より、浄水流入直後から浄水池内の水は一様に交換され、また実験開始後、2,500分(原型の時間で約7日)で流入水の98%が交換された。本実験条件では浄水池内の水は停留せず常に新しい水に入れ変ることが判明し、多孔管による流入方式及び越流セキの有効性が確認された。

(b)水交換率と残留塩素濃度に関する実験結果の検討

水交換率の実験結果を $\log A(t) \sim t$ の関係で整理すると図-6となり実験式は(8)式となる。 $A(t) = 10^{-6.1 \times 10^{-4} t}$ (8)

ここで(8)式は実験値を用いているため原型には相似側を用いて換算する必要がある。フルード則での時間縮尺は(9)式で示される。 $Tr = \sqrt{L_r} = \sqrt{1/17}$ (9) よって、原型の水交換率係数 r' は(10)式となる。 $r' = Tr \cdot r = -1.48 \times 10^{-4}$ (10) 以上の結果より定常時浄水池内平均残留塩素濃度 $\bar{C}_\infty$ を流入水残留塩素濃度との比で表わすと、

$$\bar{C}_\infty / C_0 = r / (\beta + r) = 0.847$$

となり流入浄水の約85%程度までしか減衰しないことが推算された。

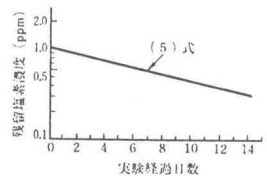
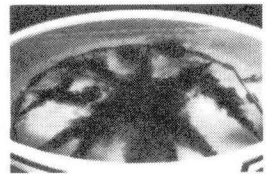


図-4



	原 型	模 型
幾何縮尺 L_r	1	1/17
時間縮尺 Tr	1	$\sqrt{1/17}$
浄水池直径	4.20 m	2.47 m
有効水深	1.45 m	0.85 m
有効貯水量	20.000 m ³	4.07 m ³
日 流 量	10.000 m ³ /day	8.39 m ³ /day
ノズル径	0.10 m	0.006 m
ノズル流速	1.04 m/sec	0.25 m/sec
ノズルレイノルズ数	105,000	1,500

表-1

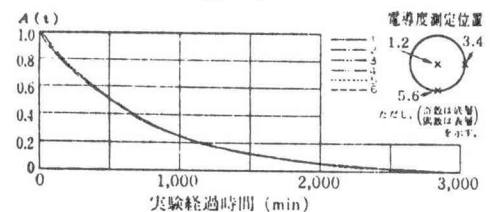


図-5

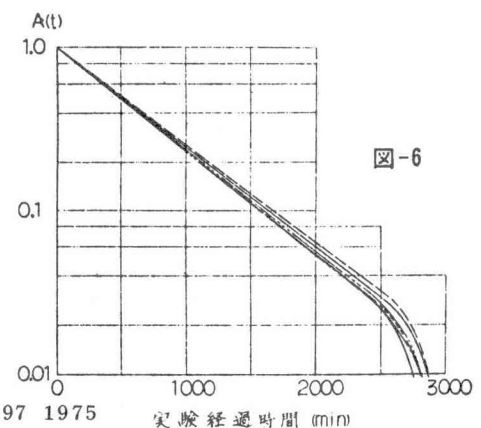


図-6

参考文献 Ungate, Harlemam, Jirka MIT Report 197 1975