

土木学会第1回年次学術講演會講演

(上下水道之部 No. 2)

急速濾過池の運行に就て

准員 松見三郎*

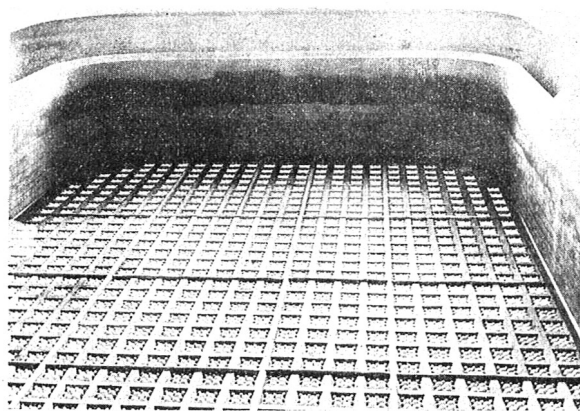
1. 緒言

近來都市人口の増加集中に伴ふ給水量の激増に對して建設費並に用地費の小なる急速濾過池の建設多く、6大都市を始めとして全國都市中急速濾過池を有するものは20餘に達してゐる。之等の池の型式、構造、能力等は區々で其の建設並に運行に關しては一律に論じられないが、各都市共にその經濟的運行に大いに心を砕いてゐる。我名古屋市は急速濾過池建設後現在迄3ヶ年を經過したが、此の間の操作實績を基として比較的清淨豊富な河水を水源とする場合の急速濾過池の運行に關して述べて見たいと思ふ。

2. 急速濾過池の概況

濾過池は其の數14(内2池豫備)にして、各池の有効濾過面積は85m²で、池周には溢流堰を有し之の外側に導水渠をめぐらし未濾水の流入と洗滌汚水の排出に用ひる。濾過層は砂層750mm(有效径0.42mm, 均等係數1.6), 砂利層700mm(2.4~25mm), 濾床は図-1の如く、ホイラー型ストレーナーで白磁無釉陶丸径76mm5個, 径32mm9個を裝填してゐる。鉄管は總て中央廊下の地下室に4段に配置し、其の種類、管径は次の如くである。即ち流入管(本管1250mm, 支管500mm), 洗砂管(本管800mm, 支管500mm2本), 流出管(本管1250mm, 支管500mm)並に排水管(本管500mm, 支管400mm)で、各流出支管にはベンチュリー式流量調節器を設置してゐる。その他混藥渠, 第1沈澱池, 第2沈澱池(兩者並列, 縦列の連絡は自由である)各2池を配し、洗砂水頭は濾池堰上最大12.55m, 最小10.05mで、洗砂本管は径800mm, 長さ約150mを有し之に2臺の洗砂槽用ポンプを連絡する。附屬建屋には硫酸礬土混入室, 塩素混入室, 水質試験室等を設けてゐる。

図-1. 名古屋市急速濾過池ホイラー型濾床



3. 濾過用材並に原水の性質

濾過層厚は砂750mm, 砂利700mmで、砂は有效径0.42mm, 均等係數1.6であるが、之を米國での實例に較べるに米國各都市では有效径最大0.70mm, 最小0.26mm, 平均0.43mmで均等係數は平均1.52である。名古屋市の濾過砂は木曾川を始め庄内川, 矢田川並に伊勢灣沿岸地方約120種の砂に就て砂篩試験を行ひ、同時

* 工学士 名古屋市水道局勤務 (昭和12年4月10日講演)

に其の物理的性質、化学的性質並に減磨率等を調べ、此の結果庄内川産の前記のものを採用した。砂層厚は本邦では 400~900 mm, 平均 730 mm, 又米國では 600~1250 mm, 平均 780 mm である。

原水の性質は急速濾過池の構造並に操作方法に大なる影響を及ぼすものである。従つて水源河川の個性的な濁度の消長並に之に對する處理方法の研究が極めて重要である。名古屋市の例によれば、最近 10 ヶ年間に於ける木曾川(犬山)の濁濁は 7 月が最大で約 30%, 7,8,9 の 3 ヶ月に約 60% を占め、4 月雪融期にて約 10% を示し、濁濁の大半は雨期から夏期に掛けて起り而も之の継続は上流各所に於ける堰堤の影響を受けて長時間に亙る。然し其の他の月に於ては概して清澄で、之が取水され鳥居松沈澱池を介して濾過池構内分水井に至る時は表-1 の如く 10 ヶ年平均 4.35 度で、4 月を除き平均濁度は平均水温に従ひ増加してゐる事が察せられる。又細菌數も比較的僅少である。

表-1. 原水水质表(昭和元~10年平均, 分水井)

月 別	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
水 温	4.45	5.09	7.41	11.98	16.95	20.83	24.53	26.36	22.60	16.65	11.43	7.12
濁 度	1.72	1.43	2.45	6.19	4.33	4.75	7.32	7.32	8.33	4.73	2.31	1.80
細菌數	A	42.7	18.7	26.4	156.4	70.9	79.9	202.5	169.0	106.9	211.1	68.2
	G	858	835	708	1 094	358	489	3 292	225	307	459	844

(A: 寒天 37°C, 24 時間培養。G: 膠質 20°C, 48 時間培養)

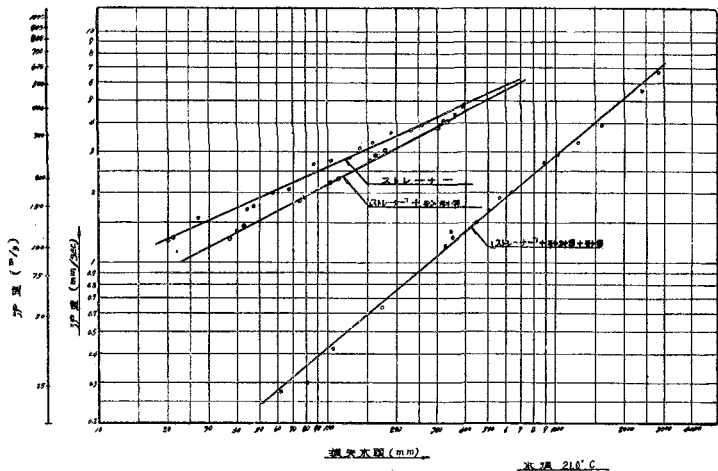
4. 濾過作業

扱て急速濾過池の設計並に運行上研究す可き事項は數多あるが、此の中濾過作業に就ては濾過速度と濾過層による損失水頭(初水頭)並に操作時間経過に伴ふ損失水頭の増加(閉塞率)が重要な問題と考へられる。之等 2 項目に就て名古屋市で行つた實驗の結果に就て述べると次の様である。

1. 初水頭: 濾速と濾層による損失水頭との關係については既に研究され殊に砂層中の流れに就ては Darcy 氏式, A. Hazen 氏式, Baldwin Wisemans 氏式, Hulbert & Feben 氏式の如く數多發表されてゐる。本市に於ては急速濾過池操作開始に先立ち、(1) ホイラース

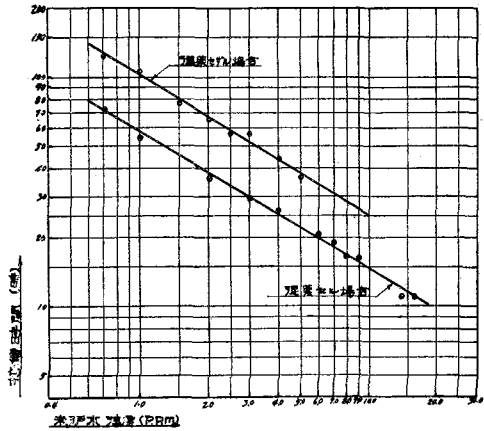
トレーナー, (2) 同上と砂利層, (3) 濾過層全部, の各場合に就て實測を行つたが、此の結果は図-2 の如くで、濾過層全体の損失水頭は $H = 281.9 V^{1.20}$ (H : mm, V : mm/sec) にて表され、砂層のみの損失水頭は $H = 249.0 \times V^{1.13}$ にて表される。此の結果は R. Ehrenberger 氏の實驗式 $H = C' V^{1.134}$ と近似してゐる。又濾速 1.5 mm/sec 即ち約 140 m/day 以内では $H = 250 V$ にて表し得る故、普通各都市にて行はれる急速濾過では砂層内の流れは Darcy 氏式にて表し得る事が窺はれる。

図-2. 濾速と濾過層による損失水頭



2. 濾過持続時間 前項の初水頭は水温、濾速、濁度等により変ずるが、更に一定濾速にて濾過を継続する場合は、時間の経過と共に濾層は閉塞され損失水頭は次第に増加する。而も之は原水の濁度並に混入薬品量に依る外、水温に依ても左右される。此の濾過持続時間と原水の濁度との関係（但し濾速 120 m/day, 濾過水頭 2.4 m とする）を現在迄の實驗成績により求むれば、**図-3** の如く大体 $D=CT^{-0.62}$ (D : 持続時間, T : 濁度 p.p.m) に示されるものゝ如く、混薬した場合は混薬しない場合の約半分の持続時間しか有しない事を示してゐる。而して各都市は夫々水質、豫備処理、濾池構造其の他を異にする關係上一律には言ひ難いが、上の如き關係を求めて之を濾池操作の 1 指針とする事は適當と考へられる。更に濁度、水温等一定な場合の時間的損失水頭の増加即ち閉塞率 (crogging rate) と濾速との關係を求める時は、前述の初水頭をも用ひ與濾過水頭に對する最大濾水量を得可き經濟濾速の選定を爲す事が出來、又逆に水質に依る一定の濾過速度より最も適當な濾過水頭の推定を爲し得る事と思ふ。

図-3. 未濾水濁度と濾過持続時間
(濾過速度 120 m/day, 有效水頭 2.400 m)



3. 水温と薬品處理 急速濾過作業上薬品處理が必須なるは言ふまでもないが、比較的清潔な原水の濾過に當つては薬品處理について再考する必要がある。最近までの試験結果に基けば水温 10°C 以下の場合には少量の混薬を要するも、此の時期は表-1 の如く濁度少く、15°~20°C の間では原水濁度 5 度まで、又 20°C 以上の場合には濁度 0 度まで、共に混薬を見合はすも比較的好成績を示してゐる。此の理由に關しては濾過砂面の汚泥の熟成度及其の包含力等に就ての研究が必要だが、幸にも濁濁期が大体水温 20°C 以上であるため、若し之が許されるならば礬土量の節約と濾過持続時間の延長とを見、従つて洗砂水量其の他を節して濾過能率を増進し急速濾池運行上非常に有益である。

5. 洗砂作業

濾過損失水頭が所定限度に達する時は濾過を停止して濾層の洗滌を行ふ。名古屋市に於ては圧力水のみを用ひて洗滌をなしてゐるが、此の場合洗砂速度と砂層の膨脹並に濾層全体による損失水頭の關係を知れば、適當な洗砂速度及必要な洗砂水頭等が推定せられ、更に洗砂時間をも知る事が出来る。

1. 洗砂速度と砂層膨脹率並に損失水頭 試験装置並に濾過池に於て實驗した結果、**図-4** に示す如く砂粒は洗砂速度の増加と共に次第に浮揚し、従つて砂層は膨脹する。又水温により著しく左右されるものゝ如く、同一洗砂速度に對しては冬季の方が砂の膨脹率は大である。次に砂層のみの損失水頭は洗砂速度の増加と共に一定限度までは急激に増加するが、其れ以上は増加の傾向は緩となる。之は當初密實な砂層が速度の増加と共に浮揚膨脹して一定限度で完全に浮揚状態に達する事を示してゐる。一方ストレーナーによる損失水頭は洗砂速度と共に著しく増大する故、濾層全体としては**図-4** の如き状況で増加する。以上の結果より有效径 0.4 mm 程度、均等係數 1.5~2.0 程度の砂層 750 mm 乾絨 450 mm のホイラー式急速濾過池に於ては、約 50% の膨脹率を生ぜしめば宜しく、之を生ずるための洗砂速度は 11~13 mm/sec で充分の様子に察せられる。従つて濾層全体の損失水頭を知り又各濾池への洗砂層の配列より管内並に附屬具の損失水頭は豫め知り得るを以て洗砂水槽の高さ(既洗砂水頭)も

自然決定される。

2. 洗砂時間並に洗砂水量 一定速度にて洗砂を行ふ場合必要な洗砂時間は原水の濁度、濾過持続時間、水温等に左右される。之の指針を求めため洗砂時の濁度の時間的变化曲線を求め、濁度が一定限度となる迄の時間を見、之と濁度、持続時間、水温の關係を求めた。之の時間 $W(\text{min})$ は $W=2.72 \times \sqrt[3]{\frac{TP}{F}}$ (F : 水温, $^{\circ}\text{C}$) で表され、之に前後操作餘裕時間(約 0.5 min.)を加へる時は必要洗砂時間を知り、從つて洗砂水量も知り得る。現在までの実績では洗砂水量は濾水量の 1.70% である。

3. 砂層の狀況 急速濾過池の砂層の狀況に就て濾過操作 1 年後深さに応じ篩分調査した結果完全に粒径に応じて層状をなし、**図-5** の如く表面は極く細粒で深さと共にその大きさを増し、表面より 200 mm の深さまでは均等係数 1.36 にて非常に均一な粒子の分布をなし、深さを増すに従ひその均等係数も粒大も次第に増大する。

斯く急速濾過池では砂粒の配列が細粒より大粒へと整然とし、更に逆水洗により濾層中に集結する空氣が完全に逸出されるため之が濾過效力發生上重要な役割をなすものゝ如く、又損失水頭も緩速濾過池の場合に比し小である。又濾層内に於ける泥汚の分布は洗砂前は直角双曲線狀の分布をなし、砂層内汚泥含有率は表層にて乾燥重量で 3%、深さ 500 mm に達すれば 0.1% に近いが、洗砂後(洗砂速度 11 mm/sec, 終末濁度 40 度)表層に於て 1.5% で深さ 50 mm にて僅かの汚泥を留めるのみである。又 mud ball の形成は現在では殆ど發見されず、砂粒の有効径、洗砂速度も現在採用せるものにて充分なものゝ如く察せられる。

6. 結 語

以上により比較的清浄な原水を有する都市に於ける急速濾過池の運行に就ては次の如く述べる事が出来る。濾過砂の大きさは有効径 0.4 mm 程度のものが適當であり、特に石英砂を指定する必要はない。薬品處理は水温を考慮して行へば非常に經濟的であり、殊に水温高き時期に於て之の運行が適切であれば混藥量を節約し得ると共に濾過能率を増進し得る。尙濾過水頭及洗砂水頭は濾過池の構造、濾過層、配管、附屬設備、水質等により一樣には論じ得ないが、實驗結果より見れば従來各所に採用せられるものよりも今少し小なるも充分でないかと思はれる。

圖-4. 洗砂速度と損失水頭並に砂膨張率

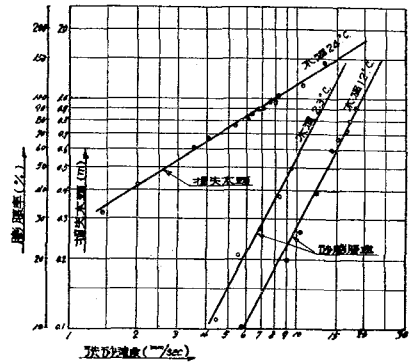


圖-5. 急速濾過池に於ける砂層の狀況

(昭和 11 年 2 月 8 日, 8 號池採取)

