

討

義

土木學會誌 第十八卷第六號 昭和七年六月

緩速濾過池に於ける濾過速度の研究

(第十七卷第十一號所載)

會員 植 村 倉 藏

筆者の討議の要點は第二章(2)(3)及び(6)に渉るものにて之れを要約すれば、著者が東京市水道境浄水場にて擴張せる濾過池の濾速を將來50尺迄出す事の出来る計畫とし目下の處は30尺にて使用せる事に對し一般的に濾過水の水质検査の結果のみに重きを置き過ぎたのでは無からうかと言ふ點と、今一つは其の濾過池の集水渠の改良に關する點で之れは神戸市水道上ヶ原緩速濾過池の集水渠と外觀上頗る似て居るが實際的には異り居りて何れが可であるか不可であるかを論じて見たい、此の二點である。

概括的に考ふれば緩速濾過速度は頗る緩慢であるから夫れを増加する事が出来ないものであらうかとは急速濾過が始まつてから一般的に暗示を與へられたもので、緩速濾過速度は目下斯界で一大問題となつて居る。

急速濾過が400尺、500尺と言ふ濾速に依り浄水に何等の支障無きより考察すれば緩速濾過で假令へ濾過装置方法の注意の精球、集水渠の設備方法の差異並に沈澄方法が異り居りても今少しく其の速度を増すことを得るであらうとの概念は一般に拘はるゝ處で之れに對して其の試験を試み濾過水の検査を爲し、給水上支障の有無を検せしは斯界を裨益せることの大なる功績と存じます。

然し乍ら一步退きて考ふれば其の増大せる速度により得たる浄水の検査をする前に踏む可きステップがあるではなからうか。濾過速度の増加が目下斯界の一大問題であると共に、増大せる速度に依り生じたる浄水の水质検査のみで差支無いものであらうか夫れが筆者の抱ける疑問であり同時に仰教する處である。

濾過速度は成る可く濾過池の能率の最大なるものを可とす。

筆者が水道の教科書に依りて得たる知識は濾過池の能率は緩速濾過池では速度が高くなればなる程能率は悪くなると言ふものであつたが會員島崎孝彦氏が本誌第十七卷第十一號に掲載せる、"上水道に於ける二重濾過試験並に微生物の消長に就ての考察"なる論文中濾過池の能率に就て $\text{濾過池の能率} = x/(x+2)$ なる式に依り數學的に考ふるに、 x 即ち濾過繼

濾過日数を大にすればする程濾過池の能率は大きくなるので、換言すれば濾過速度を小にすればする程能率は良くなる事は同氏の論ぜられた如くである。

然し斯くすれば建設費は是非共騰くならなければならぬ。

經濟が伴ふ様にせんとすれば成る可く α を小にしなければならぬ。即ち濾過速度を大に爲さなければならぬ。斯くすれば能率は不良となり濾過池を多く遊ばせなければならぬ。其處に矛盾が起る。濾過池を遊ばせない様にして濾過速度を大にする様にするか、エコノミカルか、能率は不良でも速度を大にする方が得であるかはトライアルの設計に依りて決めなければならぬことと思ふ。

斯くして決めた濾過速度なるものが即ちファースト・ステップであらねばならぬ、そして其の速度に對して濾過水質検査をするのが順序ではあるまいか。但し以上の論法の基礎は2なる常數即ち濾過床の鋤取り掃除及び放水に要する日数を不動のものとしてのものであるから此の常數を變化することが出来れば問題は又根本的に異つて来る。即ち

濾過速度決定の分界點は掃除方法の如何に在り。

先づ現在の斯界では緩速濾過の濾床の掃除即ち鋤取り及び放水日數に就き特別に考案されたる方法は未だ聞かない。

島崎孝彦氏が之れを2と假定したのは何れの水道でも先づ大なる連算の無い處と考へらるるが、假りに之れを幾分にも小さくすることが出来れば、換言すれば掃除方法の改良が可能にして之れを縮小する事が出来れば α は小にしても濾過能率は大にすることが出来る、否能率を良くするには α を成る可く小にして常數を成る可く小にすることに在る、其の極限の例は急速濾過床である。緩速濾過にて凡ての條件が一致せる場合濾過繼續日數と濾速との積が略常數であることは急速濾過迄延長することが出来るのではあるまいかと想像される。斯く考ふれば緩速濾過池では掃除をする濾床を除きて他の濾床は皆働きて居る様に設計せる濾過池は能率の最上のものでなければならぬ。而して夫れに依り始めて必要なる濾過速度が生れて来る。(擴張工事に依りて濾過池を増加する場合は例外であるが全體としての割合は尙保たれなければならぬ) 夫れが第一歩でなければならぬ、而して其の水質の検査が必要となつて来る。

濾過池を二つ以上遊ばせて居ても尙濾過速度を増大した方が利益とは島崎孝彦氏の論文に依るも考へられないが實驗して見れば原水に依りては反對の結果が生るゝかも知れず之れも濾過水の水質検査をする前のステップである。

濾過速度の決定は其の地水道原水の最も不良なる季節の如何に在り。

要するに濾過速度は其の水道の原水の如何に依り決せらるゝものなることは言ふ迄もない。平常水が其の濁色度共に餘り高からざるため大なる速度を出し得るとするも洪水時又は

洪水後濁色度の高き場合は濾床が直ちに閉塞する憂があるから掃除を簡単に爲す方法無き限り速度を過度に増大することは望まれざる處と思ふ。

筆者は現在の多くの緩速濾過池の濾速が10尺内外に採れて居るに關らず、斯かる場合に尙且大なる困難に遭遇せる實例を屢々耳にする。假りに河川の水を直ちに水源とするものは洪水が止めば比較的早く其の濁色度を平時の状態に近きものに回復するが是とても尙數日間は相當高き度を保有し、而かも夫れが清淨になるには漸次に一種の曲線に依り回復するから濾過床の閉塞は相當速かに來る。貯水池を水源とする原水にありては場合に依りては半箇月乃至一箇月に涉りて濁色度の高き原水を濾過池に送らねばならぬことが屢々ある、而も洪水は概して6月とか9月とか比較的給水量の最大なる季節に起る。斯かる時期に速度の大なる濾過池にて閉塞に差支無く掃除が間に合ふ様にせんとせば豫備池を澤山置かねばなるまい。其の時期が長ければ長き程濾過速度を高めても餘り効果が無きのみならず給水不能に陥る憂が起る。水源貯水池の容積の決定が過去の最大濁水時を目標として決定するが如く、濾速の決定は最大濁色度の時期並に其の場合の閉塞状況を考慮に入れて決定しなければならぬと考へます。

速度を増大して最も有利と考へらるゝ場合は原水の常時大なる變化無き地下水、洪水用放水路を有する水源貯水池又は琵琶湖の如く其の水質が時期に依り大なる變化を起さざる原水を水源とする水道の如きもの若しくは特別なる豫備的淨水方法即ちピュエシヤバル式濾過場、特別能率の高き沈澄方法の如きものゝ設備があつて水質の悪化せる場合之れ等にて平常水と大なる變化無き水質に改良して濾床に送水する事の出来る設備ある水道に限ると考ふ。大阪市水道にて二重濾過の試験中なるは矢張り斯かる暗示も含まれて居るでないかと拜察する。而して之れに依りて掃除の方面より許容さる可き最大速度が決る。其の最大速度に依り得たる淨水の水質を検査すると言ふ順序であるまいか。著者が境淨水池に來る原水に就き最大濁色度の時期を表示されて夫れに對して許容され得る速度を定め、其の速度に依り得たる濾過水の水質検査を發表致されたならば一層貴重なる研究調査と拜察致します。

同巻同號に於ける島崎孝彦氏の論文も折角濁色度より濾過繼續日數の雄大なる調査研究を發表せられ乍ら其處迄徹底して居ないのが心淋しく感じたのであります。

次に著者が境淨水場の濾過池擴張に當り濾床を數多の單位に區劃して濾過の均等を計る爲集水渠の改造を企圖致されたのは同感に耐へない。是は濾床が大なる面積を有るとか濾過速度が大なるとか言ふ場合は是非共考慮さる可きもので濾過膜、砂層、砂利層を通過するときの損失水頭を成る可く均等にする爲に有效と思惟す。神戸市水道上ヶ原淨水場の緩速濾過池も尙此の考案に依り實施されてある。プリンシプルも形式も能く似て居るが其の詳細なる意匠に至つて大なるギャップがある。其の優劣論は後廻しとして先づ其の異なる要點を摘出すれ

ば、

單位面積の大小。 神戸市上ヶ原緩速濾床の面積は一池約 800 坪で夫れを區劃せる單位面積は 76 面坪にて一池を 64 單位に區分してあるが、東京水道境浄水場にて擴張せる濾過床は一池の面積約 1400 坪にて之れを 1512 單位とし、一單位は 0.93 面坪であり單位面積に大なる隔りがあり其の吸込口の密度に大なる差がある。

吸ひ込み口の型式が異つて居る。 神戸市上ヶ原濾過池の集水渠の起點即ち吸ひ込み口は何等の方法が考案されて居ない。普通在來の緩速濾床の集水渠の上面を單に密閉したに止り暗渠の入口共の儘である。濾過水は何等の抵抗を受けず吸込口に入るのであるが、境浄水場の擴張濾過池の集水渠の吸込口は特別なるストレーナーを考案され微妙なる構造とされ急速濾過集水渠の吸込口を聯想さす。

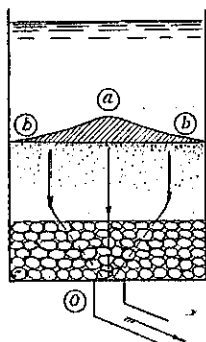
上ヶ原緩速濾過池は最大速度を 1 日 16 尺を目標として設計されたものであるが、境の擴張濾過池は最大速度 1 日 50 尺を目標として設計されたものである。

斯くの如く双方を較べて見れば筆者は如何に英式、米式又は緩濾型、急濾型の間隔があるかと言ふ感を懐かざるを免れ得ないのである。備て異つた要點は此の位として次は優劣論であるが之れは筆者が優劣論をする丈夫れ丈深く設計の奥傳に達して居るとの自信が無いから疑問として仰教を願ふ次第である。先づ

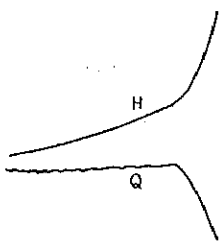
境浄水場濾過池の單位面積を斯く迄に小さく區分する必要があるだらうか。 元來濾過に依る損失水頭は大部分は濾膜に依り左右せられ、砂層の損失水頭之れに次ぎ、砂利層の損失水頭に至りては殆んど問題とならない。處で砂層の損失水頭のみで就て考ふときは著者の設計の如く單位面積は 1 坪以内にする必要が起るであらう。砂層間の速度を定むるハーゼン氏の式より考査するも明かに斯くする必要がある。處が損失水頭の大部分を支配する濾膜の損失水頭は砂層の損失水頭より一層複雑なる關係を有するものではあるまいか。元來砂層間の流速は假りにハーゼン式に依るとするも種々のファクトルを假定して計算し併も結果に於ては辛じて近似數を出すことを得る程度のものである。濾膜の損失水頭に至りては未だラショナリーの研究の發表を聞かない。之れは或はラショナリーには解式することは不可能ではなからうかと筆者は心配して居る。處が實際問題として現在の緩速濾過場にては面積の廣大なるものは別として小都市の小濾過池に至りては殆んど悉くが 1 單位として設計されて居るが、大なる支障を起さずに經過して居る。之れは如何なる原理に基くであらうか。

筆者は次の様に解釋して居る。即ち第一圖に於て a 點は b よりも膜が早く厚くなりて砂層の速度を調節する膜の厚薄がありても浄水には大なる支障無きのみならず却而其の爲に一樣なる浄水を得ることになる。假りに濾膜が全部一樣の厚さとせば濾過の開始後の浄水と時間とを多く經たる後の浄水とは其の程度が著しく異つて來る。而して其の厚薄が一樣ならずと

第一圖



第二圖



し薄き膜を通過せる浄水は厚き膜を通過せるものより劣れりとせば其の程度が一樣の膜を有するものよりも平均して軽くなる、而かも單位面積として場所に依りて膜の厚薄の程度は決して大なるものではない。其の理由として或一定の損失水頭以上になるときは流出量は急激に減少し、損失水頭は急激に増加する。

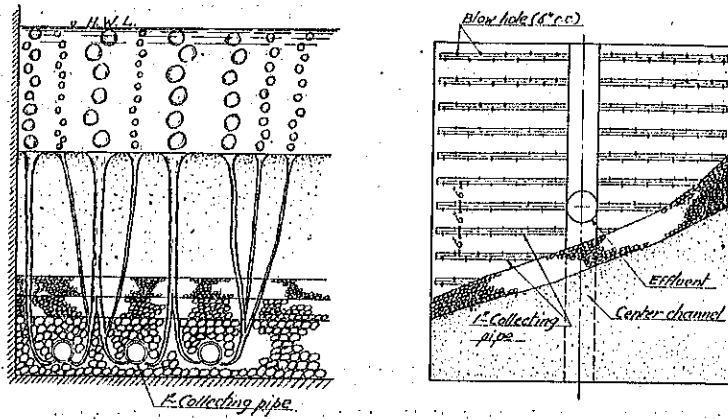
是は急速濾過池でも同様の結果を示して居る。即ち第二圖の如き損失水頭を示して居る。假りに膜の厚薄の程度が場所に依り大なる差ありとせば損失水頭の増加及び流出量の減少は急激には來ない筈である。

又筆者は濾床の入水管の方面が却而出水管の方面より膜の厚きを屢々目撃することがあるが之れは濾過池内の沈澱作用が出水管方面の濾過作用に打勝つた結果であらうと觀察する。斯く觀察るときは餘り砂層の損失水頭に重きを置き過ぐる必要はあるまいかと觀察される。此の觀察は同時に著者の第二章(2)(3)項に對する愚見の陳述である。掃除の爲のエヤーのブロー又はウォッシュ・ウォーターのための必要より起る吸込口の無數にあるのとは其の趣が異なるものと考へらる。東京市境の濾過池にては掃除の際に隣池の浄水を利用して逆流水に依り洗滌する設備の由であるから之れと兼用させたものと拜察するが、神戸市上ヶ原急速濾過の實例より推察すれば同池の濾床面積は 920 平方尺であり、之れに要する洗滌水は 1 回 6 000 立方尺を要する。東京市境の濾床は 1 400 坪 (50 400 平方尺) であるから約 54 倍である。今假りに濾膜は同程度のものとし上ヶ原と同量の洗滌水を要するとせば 324 000 立方尺の浄水を要することになり約 2 日分の濾過量に相當し、隣池の分を合すれば 4 日分の水量が給水上欠損となる様に考察さる。尙隣池との水面の差は僅に數尺であり乍ら排水渠迄の距離は甚だ遠隔であり、洗滌用水量は 1 日 30 尺又は 50 尺の速度でなければならぬから掃除が非常に困難であるまいかと拜察さる。

次は吸込口であるが斯くデリケートのストレーナーを設置するの必要があるかと考へます。急速濾過では種々の特許を有するストレーナーを種々比較優劣論を戦はして居るが是も僅にブローの場合の壓搾空氣並に壓力水の使用量の大小、壓力の高低ブローのユニホーミチイのための優劣位に止るもので是とても其の差は大なるものでなく大問題ではなき様に考へらる。砂層のブローの密度に至りては何れも可否の判断に苦むのである。神戸市水道奥平野急速濾過池では第二回擴張の場合に試験的に第三圖の如く何等のストレーナーを用ひずコレ

第三圖

Supposed figure of the blow.



クチング・パイプに徑 $1/8$ 吋の穴を穿ちたるに止めたものを幅 12 尺、長 24 尺の濾床に實施し昭和 3 年以來使用して居るが幾分ブローに壓力の高いのを要する位である。即ち同所の他の池に使用せるストレーナーはパターンソン型のものであるが之れは 4.5 封度の壓力であるが此の方は 5.5 封度を要する。ブローの密度には大なる差異あるを認めない。ウォッシュの結果には別に異つた處はない。全體の空氣量は同一である。是は此の型式が不良のためか或は穴の数が幾分少な過ぎたのか又は此の濾床迄の送風管の距離が遠いのではないだらうかとも考へて居る。濾過する場合は何等の異狀がない。

斯く考へ來ればブローの必要無き緩速濾過池に左程吸込口を急速型化する必要はなき様に考へられます。