

図-4. 圧縮強度, 水和比, 容積空隙比と材齢との関係 (水セメント比0.5)

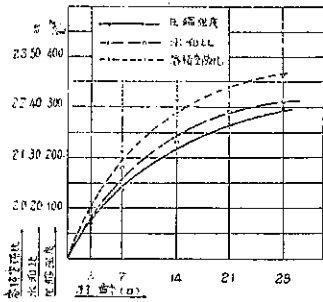


図-5. 水セメント比と容積空隙比との関係

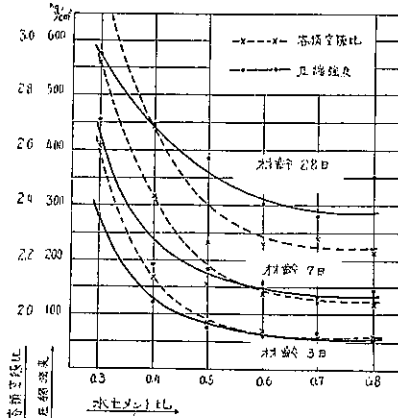
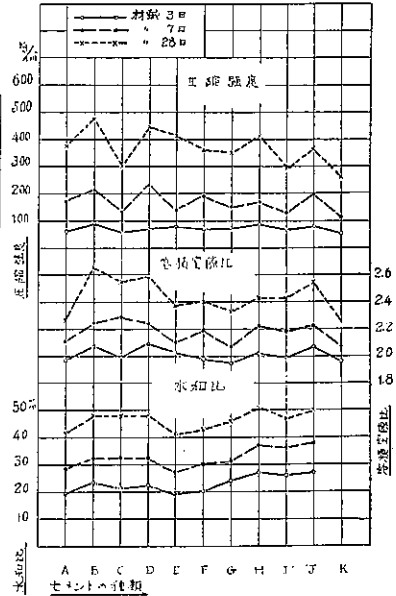


図-6. 各種セメントの水和比, 容積空隙比, 圧縮強度 (水セメント比0.5)



### 4. 総括

10種のポルトランドセメントについて著者が行つた実験から得た結果を總括すれば大体次のやうである。

- (1) セメントの完全水和水量はセメントの種類によつて異なるが、大体使用セメント重量の 32~37% である。
- (2) セメントの水和比は、使用水量と殆ど無関係であるが、材齢と共に著しく増加する。又同一材齢においても、セメントの種類によつて異なる。
- (3) セメントの容積空隙比は使用水量によつて著しく変化するが、水セメント比が 0.5 より大になれば殆ど不変となる。又材齢と共に漸次増加し、セメントの種類によつて異なる。
- (4) セメント糊の水和比及容積空隙比曲線は圧縮強度曲線と極めてよく似てゐる。この事からセメント糊の圧縮強度はセメント糊の水和比及容積空隙比のある函數で表はされるものと思はれる。

## 緩速濾過池に使用せるポーラスラブ

(昭和 13 年 7 月 16 日土木學會第 2 回學術講演會に於て)

會員 鈴木 銀次郎\*

### 1. 緒言

京都市水道にては昭和 9 年以來山科新設浄水場に於て大都市に於ける最初の施設たる濾過池に porous concrete slab を採用し緩速濾過池建設に際して甚大なる經費を要する砂利層を省略し以て建設費の節約を期すると共に比較的清淨豊富なる湖水を水源とする場合の緩速濾過池の操作實績を基として所期の目的を達成せんと努力せる處、築造後 3 年にして最近其の結果に付調査完了を遂げたるを以て此處に大要を述べる。

\* 京都市技手

## 2. 原水の性質

原水の性質は緩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。當市水源は琵琶湖第 2 疏水(隧道)より取水するものにして其の水源湖水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大である。何となれば緩速濾過池の削取直後に於ては濾層上濾膜に相當する何物も形成されて居らないにも拘らず濾過開始と同時に細菌的濾過効力の發見を見て居る事等は砂層内分布汚泥成分が細菌其他微粒子を抑制せる結果濾過の行程に於て洗ひ流される可能性がある。斯く考へる時原水の汚染度が如何に直接間接に濾過効力に影響を及ぼすかを推察せられる。京都市の例に依れば表-1 の如く濁度は他都市の河川表流水とは全然其の性質を異にし、又水中浮游夾雜物が比較的僅少な故沈澱池の設置は無く此の爲濾過操作及濾過効力が如何に安易に如何に理想的濾過水量が得らるゝかと想像出来る。細菌数は 6, 7, 8, 9 月に稍増加するのみにて濁度には全然影響無く平均濁度は平均水温上昇するに従ひ減少し又細菌数は水温上昇するに従ひ増加の徴候を示して居る。表-1 は昭和 12 年 1 年分の原水々質表であるが、化学的性質に於ても何等憂ふ可き點も無き水質と看做す事が出来る。即ち Nitrite, Nitrate, Ammonia, Lead, Odor and Taste 等は不検出して Hardness, Chlorine, Organic matters 等水質試験の結果何ら懸念す可き數値を表明して居ない次第である。

表-1. 原水々質表

(昭和 12 年 1 年分平均値)

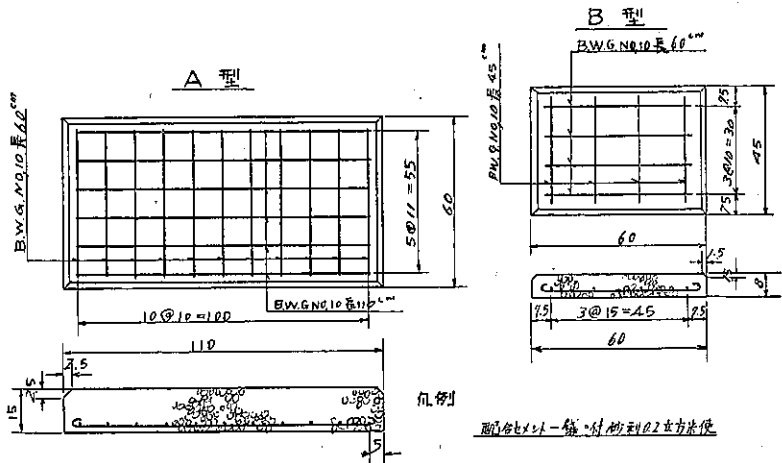
項目	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	平均
濁度	0.20	0.12	0.28	0.10	0.12	0.12	0.12	0.20	0.22	0.22	0.22	0.22	0.18
容 量	1.12	2.22	2.22	2.22	2.22	2.22	2.22	2.22	2.22	2.22	2.22	2.22	2.22
細菌数	12,000	12,000	12,000	12,000	12,000	12,000	12,000	12,000	12,000	12,000	12,000	12,000	12,000
pH	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2
硬度	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120
溶存酸素	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0
有機物	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
硝酸	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
亜硝酸	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
アンモニア	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
鉛	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
臭気	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
味	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

(注)前記の数値はすべて平均値である(編入 377 頁 12.2 頁参照)

## 3. ポーラスコンクリートスラブの構造特長及濾過状況

A. 構造 構造は図-1 に示す如く A 型, B 型の 2 型に區別し, A 型は長 110 cm, 幅 60 cm, 厚 15 cm, B 型は長 60 cm, 幅 45 cm, 厚 8 cm とせり。鉄筋は種々研究の結果亜鉛引 B. W. G. NO. 10 を各々図面の如く加工施行し、以て水圧砂層圧力等の垂直荷重に對してスラブの強度安定を増強せり。然して A 型は中央集水溝の覆蓋に B 型は枝集水溝の覆蓋に各々使用せり。

図-1. 濾過池ポーラスコンクリートスラブ図



B. 製作方法 構成材料は未だ此の種の施行方法が一般に普及せぬ爲、當市に於ては最も此の點に關し種々考究せし結果次の如き材料を以て施行せり。即ちスラブ自体多孔性なるを特徴となすを以て其の製作に當りては砂を混入せずセメント、洗砂利を以て製作せり。セメントは別に特殊の物は用ひず當市規格品に

合格せる物を使用せり。洗砂利は水の浸透に最も密接なる影響あるものにして此の砂利の径の大小が直接濾過作業の容易及困難を左右せるものなる故慎重熟慮の結果砂利の径は 5~12 mm 程度の粒子を使用せり。然して水の配合法は其の多少に応じて直接スラブの空隙を充塞する憂が有り、將又骨材たる洗砂利の乾燥状態に依つても水量に差異を生ずる故製作に當りては別に水量に規定せず製作當時の状況に依て適當に製作せり。混合方法は 7 切練混合機にて約 5 分間混合し取出したる材料は木材にて製作せる型枠内に注入し充分搗固めに留意し、夏季に於ては施行後 25 時間以後に於て取外したり。而して製作の結果水量はセメント重量の 15~20% の硬練が最も宜しく（蓋し冬季に於ては砂利の湿度が大なる故相當水量を減ずる必要あり）又セメント、洗砂利の配合はスラブ 1 m<sup>3</sup> 當りセメント 5.5 袋洗砂利 1.1 m<sup>3</sup> 即ちセメント 1 袋 (50 kg) に付、洗砂利 0.2 m<sup>3</sup> 使ひが理想的なる多孔性スラブを製作し得ると推察せり。

C. 特長 Porous concrete slab の特長は濾過池築造に當りて種々有れ共スラブ自体の機能としては大体下の 3 要件が特筆す可きものと見做す事が出来る、即ち

1. スラブ自体が多孔性なる故容易に水を透す。
2. 濾過砂をスラブの表面より通過せしめない。
3. 強度に於ては上部にかゝる濾過砂及水に對し充分なる支持強度を有す。

D. 配列方法及荷重試験 (1) 配列方法：配列方法は図-2 に示す如く濾過池中央集水溝に向つて煉瓦を縦に配列し其の中心間隔を 60 cm

に布設し其の上に配列す。而して配列されたる多孔性床版は各接合箇所にてセメントモルタルの目地を施行し以て濾過砂の細砂漏れを防げり。

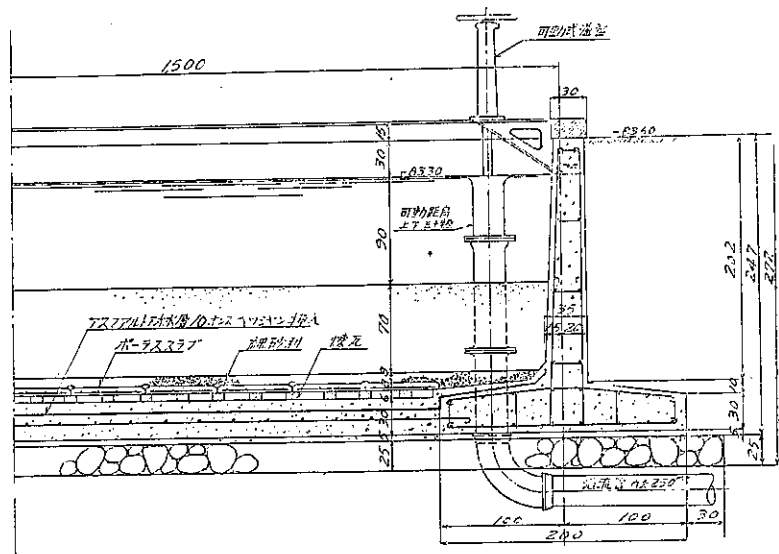
(2) 荷重試験：製作後 5 日目の試験供試体に付荷重試験を行ひしが、試験方法は荷重全部がスラブ全面に作用する物と見做して等布荷重とせり。

而して荷重はセメント 1 袋 (50 kg 入) を順次スラブ上に積上げし處、荷重 700 kg に達するも全然龜裂を生ぜず砂

利層栗石層の代用として充分荷重に對して支持力あるを證明せり。而して破壊状態に迄積載荷重を加へんと欲せしが設備の關係上遺憾乍ら試験不可能なる故後日亦再試験を行ふ豫定なり。

E. 濾過状況 濾過水浸透状況は在來の砂利層施行の場合と比較研究する豫定なるも實驗の結果大体下の如き結果を得た。即ち porous concrete slab 自体が厚さ薄き爲と骨材の粒子が揃へるが爲に砂利層及栗石層設置の場合より總厚に於て大差ある關係上濾過水浸透の分布状態が全面的に等布せられ、延いては濾過層全体を有效的

図-2. 山科浄水場濾過池構造



に使用せる事を證明せり。

#### 4. ポーラスコンクリートスラブを施行せし時と砂利層を施行せし時との比較研究

次に porous concrete slab を使用せし時と在來の如き砂利層を設置した場合とを理論的と實際的とに區別し、各々其の特長及缺點を檢討し今後に於ける緩速濾過池の設計に對し充分なる調査研究を要し度いと考へる。

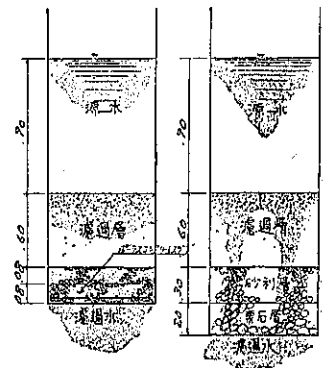
即ち在來緩速濾過池、急速濾過池にも砂利層を相當厚施行する事が上水道關係技術者の習慣と迄成つて居るが、此の建設費に相當大なる豫算を要せる砂利層に変わる可き性能を有し將又經濟的なる材質を懇求せし事は一般技術者の最も痛感せる所にして之が研究には諸權威者が相當苦慮せし所なるが、最近フランスに於て考案せられたる物が多孔性床版にして吾國に於ても二、三都市にて採用せるも未だ其の結果に付公表せぬ時に當り京都市に於て最近其の結果に付得たる材料を一括して porous concrete slab の性能に付論及したいと思ふ。即ち砂利層に替る可き使用材料として先づ第 1 に技術者の最も懸念す可き事項は良く其の材質に對して濾過水が最も抵抗少なく滲透し得る事と其の材質を通して濾過砂か空隙を充塞せしめ無い事及其の材質が相當の圧力度を有し濾過砂及原水に對し充分なる支持強度を有する事が緊要事である。此の點に關し京都市に於て此の多孔性床版を使用せる實績に鑑み批判を加へ度いとと思ふ。多孔性床版の構造、製作方法及配列方法、荷重試験は 3. の A. B. D. 各項目に記載せる故此處に於ては性能に付砂利層と比較論及する。

多孔性床版は其の製作に當つては砂利をセメントにて凝結せしめる結果理論的に考察すれば床版に於ける骨材の空隙が僅少となり滲透水の過程に於て相當憂慮す可き状態と假定せらるゝが、實際に於ては其の製作方法に於て細心の注意を拂ひ床版の下面にセメントペーストを生ぜしめぬ程度の濃度ならば何等空隙に對し懸念す可き點無きを得たり。而して此の多孔性床版の滲透水試験を砂利層施行の場合と區別し各々試験せる結果次の如き結果を得た。

即ち多孔性床版自体が特に限定せる粒子の揃へる骨材より構成せると厚さに於て僅か 8 cm の薄層なる關係と將又製作に於て充分入念に施行せし結果、濾過層を通過せる濾過水は床版に達するに及び其の滲透状態は床版全面に uniform に涉りて透過せり。而して此處に於て注意す可き事項は滲透水が全面的に配布せられたる事にて之を砂利層設置の場合に比較すれば大いに研究す可き事項と考へる。即ち之を從來の砂利層施行の場合を考へる時原水が濾過層を通過して砂利層に達せんか、砂利層其の物が 40~60cm の厚層なる故假令計畫に於て砂利の粒子を略均等なるものを採用すると雖も實際に於て或特定箇所には於ては粒子の相當大なる層が生ぜんと推察せらる。斯の如き箇所が濾過池全面積に幾分か生ぜんか濾過水は其の粒子の大なる層に向つて集中せられる事は想像に難く無い。斯く考ふる時圖-3 の如く粒子の大なる層を形成せる上部濾過層は他の粒子小なる砂利層上部の濾過層より濾過に際し或程度不均一なる濾過作用を強いられる傾向が有ると推察される。

以上の経過を辿れば厚さ薄き多孔性床版は其の性能に於て砂利層より遙かに優れて居る物と断定出来るのである。而して京都市に於ては多孔性床版を濾過池に使用後 3 年経過せるに鑑み床版上面に濾過砂が果して到達せるか否かを調査する爲濾過層を分析せる結果初期の目的通り全然細砂漏れ無く濾過作用を円滑に運行しつつある事を證せられた。

圖-3. 濾過水滲透状況比較圖



斯く考へれば多孔性床版を緩速濾過池に使用する事の疑懼の念は全然無用の事にして、之が研究を一步進め製作方法を改善せば急速濾過池にも応用出来ると推察される。

### 5. ポーラスコンクリートスラブ式濾過池築造費の節約

多孔性床版を緩速濾過池に使用せば砂利層を省略し得る事に依り濾過池自体の高さを節減し得る事は勿謂濾過池建設に附屬せる引入管、引出管、排水管等の掘鑿に直接影響を及ぼす事に成り凡ゆる點に於て經濟的である。

即ち細別すれば、掘鑿工、鉄筋工、コンクリート工、濾過用砂利入工、敷棟瓦工、盛土工、型枠工、アスファルト防水工、外部上塗工、防水モルタル工等總ての工種に於て節減し得るのである。図-4 は京都市に於て施行せる新設濾過池築造に當り多孔性床版を採用せし設計と採用せぬ場合とに於ける金額比較図表にして、之より推定せんか多孔性床版を施行せば濾過池全築造費の約 2 割を節約し得る事に成り將又性能に當りては既述の如く有效的なるに於ては今後浄水場建設に際し築造費を最も要する濾過池に於ては相當思考を要す可き事項と推察するのである。現に京都市第 3 期擴張工事に於ても濾過池に多孔性床版を採用し性能と相俟つて工事費を軽減す可く目下計畫樹立中の状態である。

図-4. ポーラスコンクリートスラブ式及普通濾過池築造費比較表

第 3 期擴張工事に於ける新設濾過池築造費比較表

工種	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
鉄筋工	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
掘鑿工	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
コンクリート工	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
敷棟瓦工	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
盛土工	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
型枠工	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
アスファルト防水工	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
外部上塗工	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
排水モルタル工	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
砂利入工	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
型枠工	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
盛土工	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
掘鑿工	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
アスファルト防水工	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
外部上塗工	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
排水モルタル工	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
砂利入工	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

### 6. 結 語

以上を要約すれば水質の如何を問はず多孔性床版を使用する事は濾過作用の能率上に於ても又建設費の減少に於ても効果的と思はれる。最近京都市に於ては多孔性床版を急速濾過池に使用し得ば此の種築造物に對し新機軸を劃する事に信じ目下研究中にして、最近に於ける調査過程に付て簡単に記載する事にす。即ち職上浄水場内試験濾過池に多孔性床版を施行し砂利層 8 cm、濾過層 65 cm とせり。而して先づ多孔性床版を使用する事に依つて最も注意す可き事は下の 3 要件なり。

- (a) 従來急速濾過池に使用せるストレーナーの如く濾過行程を進捗せしむるか否か
- (b) 濾過層洗滌の場合充分なる圧力を多孔性床版を通して濾過層を攪拌し得るか
- (c) 急速濾過なる爲濾過層中の細砂が砂利層を通過して多孔性床版の空隙を充塞せしめないか

以上 3 項目が円滑に運用せしむるかに付て聊か所見を述べん。

(a) の濾過行程の運用に付ては目下實驗中にして未だ確實なる成績を得る迄に至らざるも、現在迄の成績に於ては概して良好なる濾過行程を持続しつゝあり。(b) に於ては wash pipe の直径が濾過面積に比し過少なる爲水量不足し未だ満足なる結果を得ぬ状態なるも、過去に於ける數度の試験の結果 wash pipe の直径を相當大なる物に改善せば充分なる洗滌能力を發揮し得ると推察される。(c) に於ては未だ濾過層を分析せぬ關係上如何なる状態にあるかは全く判定不可能なり。

斯く考へる時 (b)、(c) に付今後研究調査を重ね急速濾過に於ける多孔性床版の利用價値を計る所存である。