

# 参 考 資 料

第十九卷 第十一号 昭和八年十一月

## 砂濾水に関する実験並に公式の誘導

( 報告 デトロイト水道局 R. Hulbert, D. Feben.  
Engineering News-Record Dec. 1. 1932 )

清水が砂層を通過するに要する損失水頭を、或る特定の公式に表示せんとする目的を以て、試験砂を吟味し徑6吋のガラス管を使用して、その実験を行つたのである。

試験砂は標準のもの8種、一般の砂10種を用ひ、これ等の物性は第一表及び第二表に示す如きものである。

第一表 標準試験砂

試験砂 番 號	篩目 番號	砂粒の大小 (mm)		均等度	ポロシテイ %
		カウント・ア ンド・ウエイ法	平均値		
1	48-65	0.289	0.287	1.08	38.7
2	42-48	0.374	0.361	1.03	37.0
3	35-42	0.435	0.420	1.05	36.7
4	32-35	0.510	0.503	1.05	36.3
5	28-32	0.614	0.600	1.04	35.8
6	24-28	0.709	0.700	1.03	35.4
7	20-24	0.899	0.831	1.06	35.3
8	16-20	0.997	1.025	1.05	35.2

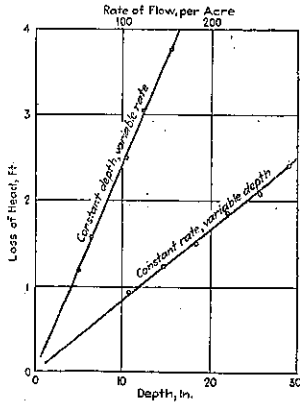
第二表 一般試験砂

試験砂 番 號	産 地	形 状	砂粒の大小 (mm)		均等度	ポロシテイ %
			10 %迄	60 %迄		
9	オッタワ	丸	0.324	0.465	1.43	36.1
10	レッド・ウィング	丸	0.490	0.698	1.42	33.9
11	ファランクス	稍稜	0.621	0.897	1.44	40.4
12	ケーブ・コッド	〃 〃	0.491	0.663	1.35	38.9
13	ケーブ・メイ	〃 〃	0.430	0.780	1.81	35.5
14	マスケータイン	〃 〃	0.595	0.870	1.46	37.0
15	コープレー	稜	0.540	0.765	1.42	48.4
16	オッタワ	丸	0.341	0.544	1.60	34.5
17	混合砂	混 合	0.440	0.670	1.52	42.9
18	混合砂	混 合	0.479	0.730	1.52	45.6

標準砂の実験を基礎としてその結論を列挙すれば

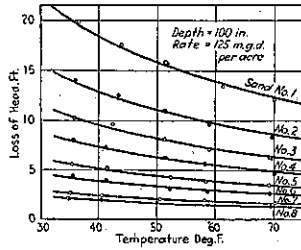
- (1) 損失水頭は通水量及び砂層の厚さに夫々正比例する (第一圖)。
- (2) 損失水頭は水温 (華氏  $t+20.6$ ) に逆比例する (第二圖)。
- (3) 砂粒の大なる程, 損失水頭は少い。即ち  $s^{1.89}$  に逆比例する (第三圖)。

第一圖



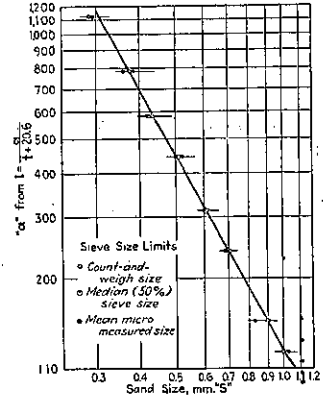
—Under constant conditions of sand character, silt and water temperature the loss of head is directly proportional to depth of bed and rate of filtration.

第二圖



—Loss of head decreases as the water temperature rises, due to the decrease in viscosity.

第三圖



—Under constant conditions of depth, rate and temperature the loss of head through a bed of uniform sand varies inversely as the 1.89th power of the grain diameter.

實測の結果から公式を作れば

$$l = \frac{9.84}{1000} \left[ \frac{dr}{s^{1.89}(t+20.6)} \right]$$

$l$  = 損失水頭 (呎)

$r$  = 通水量 (1日1エーカーに付ミリオン・ガロン)

$d$  = 砂層の厚 (吋)

$s$  = 砂粒の大き (ミリメートル)

然るに本公式は砂の大き及び形の略と均一なる標準砂について言へる事であつて、これを實際の砂即ち形も大きも色々混合して居る場合には直ちに適用し兼ねるものである。そこで面倒ではあるが砂を篩分する。例へば篩目 0.746 mm と 0.930 mm の間に全量の 18% の砂が残溜したとすれば、これを砂粒 0.838 mm のものが砂層の全厚中 18% の厚さに一層として存在するものとして計算し、かくの如く分割計算したものと總和をとつて全損失水頭とするのである。かくして計算したのもも實は架空なものであつて實際はこれ等が混合して居る事、又形の不均一なる事等によつて反つて通水状態が良く損失水頭は少いのである。

即ち實際の砂について計算上の損失水頭と實測せる測失水頭を比較したものは第三表の如くである。

第三表 損失水頭の計算と實測 (通水量エーカー當 1日 125 M. G., 砂層 100 吋)

試験砂番號	水温 (F)	計算上損失 (呎)	實測損失 (呎)	比率係數	ポロシテイ (%)
9		12.82	10.43	0.814	36.1
		8.99	7.58	0.843	
10	{36.4 60.6	5.57	5.00	0.897	38.9
		3.83	3.84	0.871	
11	{35.2 60.5	3.37	2.39	0.708	40.4
		2.32	1.74	0.750	
12	{35.2 60.5	5.63	4.25	0.755	38.9
		3.90	2.94	0.754	

13	$\begin{Bmatrix} 35.7 \\ 60.6 \end{Bmatrix}$	$\begin{Bmatrix} 5.50 \\ 4.00 \end{Bmatrix}$	$\begin{Bmatrix} 4.58 \\ 3.27 \end{Bmatrix}$	$\begin{Bmatrix} 0.832 \\ 0.817 \end{Bmatrix}$	35.5
14	$\begin{Bmatrix} 38.6 \\ 60.8 \end{Bmatrix}$	$\begin{Bmatrix} 3.70 \\ 2.54 \end{Bmatrix}$	$\begin{Bmatrix} 2.96 \\ 1.99 \end{Bmatrix}$	$\begin{Bmatrix} 0.800 \\ 0.784 \end{Bmatrix}$	37.0
15	$\begin{Bmatrix} 35.2 \\ 60.7 \end{Bmatrix}$	$\begin{Bmatrix} 4.48 \\ 3.13 \end{Bmatrix}$	$\begin{Bmatrix} 2.36 \\ 1.62 \end{Bmatrix}$	$\begin{Bmatrix} 0.527 \\ 0.517 \end{Bmatrix}$	48.4
16	$\begin{Bmatrix} 36.1 \\ 60.5 \end{Bmatrix}$	$\begin{Bmatrix} 9.56 \\ 6.57 \end{Bmatrix}$	$\begin{Bmatrix} 7.81 \\ 5.76 \end{Bmatrix}$	$\begin{Bmatrix} 0.817 \\ 0.878 \end{Bmatrix}$	34.5
17	$\begin{Bmatrix} 35.7 \\ 61.3 \end{Bmatrix}$	$\begin{Bmatrix} 5.34 \\ 4.36 \end{Bmatrix}$	$\begin{Bmatrix} 3.48 \\ 2.91 \end{Bmatrix}$	$\begin{Bmatrix} 0.653 \\ 0.667 \end{Bmatrix}$	42.9
18	$\begin{Bmatrix} 45.7 \\ 60.6 \end{Bmatrix}$	$\begin{Bmatrix} 4.60 \\ 3.70 \end{Bmatrix}$	$\begin{Bmatrix} 2.58 \\ 2.12 \end{Bmatrix}$	$\begin{Bmatrix} 0.561 \\ 0.573 \end{Bmatrix}$	45.6

上表によつて一般に、計算上の損失水頭の方が實測せるものよりも大なる事を示すがその程度は porosity の大なる程多いといふ事が解る。そこで實際の損失水頭は計算上の損失水頭〔公式(4)〕に porosity を加味した一つの係数をかければよいといふ事になる。しかもその係数は圖示的に求めて  $C_p = 0.0246(69.45 - p)$  である(第四圖)。

即ち實際の公式は

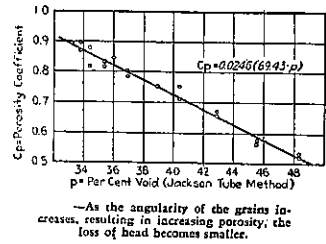
$$l = \frac{0.242}{1000} \left[ \frac{dr(69.45 - p)}{s^{1.89}(t + 20.6)} \right]$$

porosity  $p$  の測定はジャックソン濁度器を用ひ、光づこの目盛ガラスに約 40 種の水を入れ、次いで  $w$  瓦(400瓦位)の砂を極めて徐々に注加し水中に於ける砂の容積  $v$   $\text{cm}^3$  を讀む、砂の比重を 2.65 とすれば

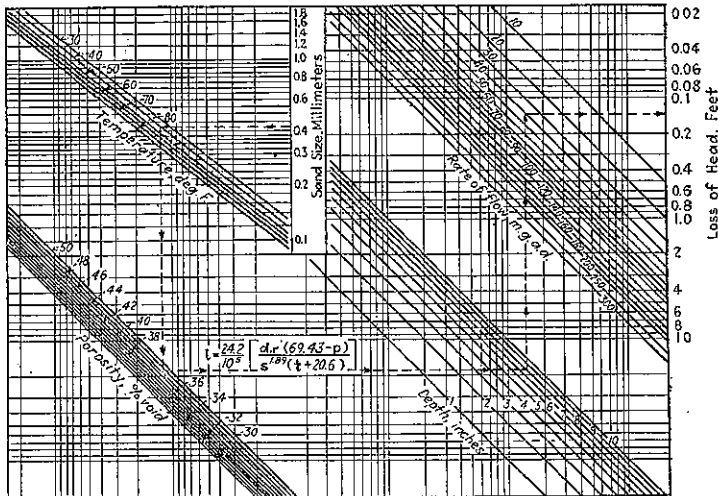
$$\text{porosity } p = 100 - 37.7 \frac{w}{v} \text{ で求める。}$$

損失水頭の計算は次の圖表を用ふれば一層簡便となる(第五圖)。

第四圖



第五圖



従來の公式 Allen Hazen のものと本公式とを比較計算する時は如何に本公式によつて算出せられた數値が實際に近いかといふ事が御了知願へるものと思ふ。

第四表 公式(8)と Hazen 公式との計算比較

(水温、通水量、砂層は第三表と同じ)

試験砂 番 號	損失水頭實測 (呎)	同公式(8)による		同 Hazen 公式 $c=700$ による		同 Hazen 公式 $c=1000$ による	
		(呎)	誤差(%)	(呎)	誤差(%)	(呎)	誤差(%)
9	{ 10.43	10.36	-0.7	17.14	+ 64.3	12.01	+15.1
	{ 7.58	7.37	-4.0	11.37	+ 48.7	7.90	+ 4.2
10	{ 5.00	4.87	-2.6	7.70	+ 54.0	5.39	+ 7.8
	{ 3.34	3.35	+0.4	4.94	+ 47.9	3.46	+ 3.6
11	{ 2.39	2.41	+0.7	4.78	+100.0	3.35	+40.2
	{ 1.74	1.66	-4.8	3.07	+ 86.4	2.15	+23.6
12	{ 4.25	4.22	-0.8	7.58	+ 45.9	5.31	+24.9
	{ 2.94	2.93	-0.3	4.91	+ 67.0	3.44	+17.0
13	{ 4.58	4.59	+0.2	9.29	+102.8	6.51	+42.1
	{ 3.27	3.31	+1.2	6.37	+ 94.8	4.46	+36.4
14	{ 2.96	2.95	-0.3	5.23	+ 76.7	3.67	+24.0
	{ 1.99	2.02	+1.6	3.34	+ 67.8	2.34	+17.6
15	{ 2.36	2.32	-2.0	6.23	+164.0	4.36	+84.7
	{ 1.62	1.62	0	4.07	+251.2	2.85	+75.9
16	{ 7.81	8.15	+4.2	15.75	+101.4	11.04	+41.2
	{ 5.76	5.60	-2.8	10.10	+ 75.3	7.07	+22.7
17	{ 3.48	3.49	+0.2	7.77	+123.2	5.44	+56.3
	{ 2.91	2.85	-2.0	6.13	+110.6	4.29	+47.4
18	{ 2.58	2.69	+4.4	6.55	+153.9	4.59	+77.9
	{ 2.12	2.17	+2.4	5.09	+140.0	3.57	+68.4
平均誤差			±2.1		+ 87.8		+36.6
最大誤差			-4.8		+251.2		+84.7
最小誤差			0		+ 45.9		+ 3.6

(板倉誠 抄譯)

## 電氣抵抗によるコンクリート養生試験

(E. N. R. 誌 Aug. 10, 1933 所載。筆者は Searcy B. Slack 氏。コンクリート舗装面にニート・セメント・ペーストを吹付ける新工法とこれが養生試験に關して説明す。)

F. A. Hipple 氏の考案たるコンクリート舗装面にニート・セメント・ペーストを薄く吹付けてその養生及び硬度に資せんとする新工法はデューヂャ道路局に於て試験を行つた。この工法の目的はコンクリート面の細い孔を充填して氣孔を塞ぎ濕氣の發散を防ぎ自ら養生し而も後日濕氣の吸収を防止すると共に面を硬化するにある。これに要する機械設備は小型空氣壓搾機及び mixing tank である。mixing tank 内に agitator を設けてセメン