

水量測定用円形オリフィスの流量係数

(続 報 1)

富 永 保 夫

Discharge Coefficients of Circular Tank-Orifices used
for Water Flow Measurements. (Contin.Rept.1)

Yasuo TOMINAGA

I. 要 旨 昭和25年日本機械学会で講演発表し、同年の名古屋工業大学学報（第2号）に掲載したものの続報である。第1表は1886年来人々に知られていた Hamilton Smith のものに代った Standard Orifice Coefficients である。その計算式の単位をメートル制にした式に書き直し、更に流量係数を算出しやすい式に代えて解説した。なお従来の旧 J.E.S. 式に形の似た式も作って比較に便ならしめた。この式を富永式と仮称することとした。第4表には利用に便利なメートル単位の流量係数の標準値をのせ、富永試算表とした。

II. はじめに

(1) Medaugh and Johnson の実験値を基にして旧来の日本標準規格公式に形の似た式を(1)式とし、他の式と区別するため富永式とする。

$$C = 0.592 + 0.00066 \left(\frac{1}{d\sqrt{H}} \right)^{0.77} \quad \text{m, s単位} \dots\dots (1)$$

(2) Medaugh and Johnson の式をm, s単位の式で示したものを(2)式と(3)式にする。

$$d \leq 0.0254\text{m}$$

$$C = 0.5880 + \frac{0.00038884}{d^{2/3}} + \frac{0.0041407 + 0.032143 \times 10^{-35.039d}}{\sqrt{H}} \quad \dots\dots (2)$$

$$d \geq 0.0254\text{m}$$

$$C = 0.5880 + \frac{0.0025938}{d^{0.15}} + \frac{0.0042511 + \frac{10}{1811.3} \times 0.021928 \times \frac{1}{d}}{\sqrt{H}} \quad \dots\dots (3)$$

(3) Standard Orifice Coefficients としての試算を第4表にのせた。

III. 本 論

(2)式と(3)式は一見複雑に見え計算が面倒に思われるが、各々のオリフィス直径 dについて整理すればかんたんな式となって使用しやすく精度も高い。第3表に

第1表 Discharge Coefficients for Vertical Sharpedged Circular Orifices.

For water at 60° F discharging into air at same temperature

Head in Feet	Orifice Diameter in Inches					
	0.25	0.50	0.75	1.00	2.00	4.00
0.8	0.6468	0.6268	0.6156	0.6093	0.6031	0.6010
1.4	0.6352	0.6192	0.6101	0.6052	0.6009	0.5995
2.0	0.6287	0.6153	0.6073	0.6031	0.5998	0.5987
4.0	0.6206	0.6094	0.6032	0.6000	0.5976	0.5968
6.0	0.6167	0.6068	0.6014	0.5986	0.5965	0.5958
8.0	0.6144	0.6052	0.6003	0.5978	0.5959	0.5953
10.0	0.6128	0.6042	0.5995	0.5972	0.5955	0.5949
12.0	0.6116	0.6034	0.5990	0.5968	0.5952	0.5947
14.0	0.6107	0.6028	0.5985	0.5965	0.5950	0.5945
16.0	0.6100	0.6023	0.5982	0.5963	0.5949	0.5944
20.00	0.6090	0.6016	0.5977	0.5959	0.5946	0.5942
25.0	0.6079	0.6009	0.5972	0.5955	0.5942	0.5938
30.0	0.6071	0.6004	0.5969	0.5952	0.5940	0.5936
40.0	0.6061	0.5997	0.5964	0.5949	0.5938	0.5934
50.0	0.6054	0.5992	0.5960	0.5946	0.5936	0.5933
60.0	0.6049	0.5989	0.5958	0.5944	0.5934	0.5931
80.0	0.6041	0.5984	0.5954	0.5942	0.5933	0.5928
100.0	0.6036	0.5980	0.5952	0.5940	0.5931	0.5928
120.0	0.6033	0.5978	0.5950	0.5939	0.5931	0.5920

Source: F.W. Medaugh and G.D. Johnson, Civil Engg., July, 1940 P.424.

第2表 $C = 0.5920 + 0.00066 \left(\frac{1}{d\sqrt{H}}\right)^{0.77}$ 富永式と Medaugh and Johnson 式の比較

H(m) d(mm)	0.25	0.36	0.49	0.64	0.81	1.00	1.44	1.96	2.25	4.00	6.25	9.00	16.00	20.25	25.00	36.00
6.35	-122	-177	-196	-196	-187	-172	-137	-128	-82	± 0	+67	+121	+203	+234	+262	+307
6.4	-111	-167	-188	-189	-181	-167	-133	-123	-79	+2	+67	+121	+203	+233	+259	+305
6.5	-87	-148	-170	-174	-168	-156	-124	-115	-73	+5	+68	+121	+200	+230	+257	+301
7.0	+9	-66	-99	-144	-113	-107	-87	-80	-47	+17	+72	+117	+187	+215	+240	+278
7.5	+83	-2	-46	-65	-72	-72	-60	-55	-29	+24	+71	+112	+175	+196	+239	+257
8.0	+138	+45	-15	-30	-42	-45	-40	-26	-17	+28	+70	+106	+162	+186	+205	+240
9.0	+205	+103	+46	+13	-5	-13	-17	-16	-5	+28	+60	+90	+138	+157	+174	+202
10.0	+233	+128	+67	+31	+10	-2	-11	-10	-5	+20	+47	+72	+113	+130	+144	+209
11.0	+235	+131	+69	+33	+11	-3	-14	-15	-12	+8	+31	+52	+89	+104	+118	+141
12.0	+220	+120	+60	+23	+1	-12	-24	-25	-23	-7	+14	+34	+69	+80	+93	+114
12.5	+209	+110	+52	+17	-5	-19	-31	-32	-31	-15	+2	+24	+56	+69	+82	+99
13.0	+195	+99	+39	+9	-13	-27	-38	-40	-38	-23	-4	+15	+45	+59	+69	+89
14.0	+163	+74	+21	-11	-31	-44	-55	-55	-40	-20	-4	+26	+36	+49	+68	+87
15.0	+128	+45	-4	-34	-52	-63	-72	-74	-72	-56	-39	-22	+6	+18	+29	+47
16.0	+92	+14	-30	-57	-73	-84	-91	-91	-88	-74	-55	-37	-16	+1	+11	+47
17.0	+53	-17	-57	-79	-95	-103	-112	-109	-105	-89	-71	-55	-28	-17	-3	+10
17.5	+36	-32	-70	-92	-106	-113	-118	-118	-113	-95	-79	-62	-35	-24	-15	+2
18.0	+17	-47	-83	-104	-116	-123	-127	-127	-121	-104	-86	-70	-42	-32	-22	-6
20.0	-52	-104	-132	-148	-156	-160	-160	-159	-151	-132	-69	-97	-70	-59	-50	-35
22.0	-114	-155	-176	-187	-191	-193	-190	-188	-179	-156	-137	-120	-94	-84	-74	-59
24.0	-167	-197	-214	-221	-223	-221	-214	-213	-201	-176	-158	-140	-114	-104	-95	-79
25.0	-189	-217	-230	-235	-236	-236	-226	-224	-211	-187	-166	-150	-124	-113	-104	-90
26.0	-202	-227	-237	-241	-241	-238	-230	-227	-214	-190	-170	-153	-126	-116	-108	-93
28.0	-202	-225	-234	-236	-235	-232	-223	-219	-208	-183	-163	-167	-122	-113	-104	-91
30.0	-191	-212	-222	-224	-223	-221	-212	-210	-198	-176	-157	-141	-118	-108	-100	-88
32.0	-174	-196	-206	-210	-209	-208	-200	-198	-184	-168	-149	-136	-113	-105	-98	-60
35.0	-141	-173	-178	-184	-185	-184	-180	-179	-170	-153	-139	-126	-106	-99	-92	-81
40.0	-81	-112	-130	-139	-144	-146	-145	-147	-147	-131	-121	-109	-96	-89	-84	-74
45.0	-24	-61	-83	-97	-105	-111	-116	-116	-117	-111	-104	-97	-85	-76	-76	-69
50.0	+30	-14	-42	-60	-72	-80	-89	-90	-94	-94	-90	-85	-77	-73	-70	-64
55.0	+77	+27	-4	-26	-41	-52	-65	-68	-75	-79	-78	-75	-70	-67	-65	-60
60.0	+120	+65	+28	+5	-15	-27	-43	-51	-57	-66	-67	-67	-67	-62	-61	-57
65.0	+158	+97	+57	+29	+10	-6	-26	-29	-42	-55	-58	-56	-59	-58	-57	-54
70.0	+193	+126	+83	+53	+29	+14	-9	-14	-28	-44	-51	-54	-55	-55	-54	-53
75.0	+222	+152	+106	+73	+49	+31	+6	+1	-17	-35	-44	-48	-51	-51	-51	-51
80.0	+250	+178	+128	+91	+67	+47	+19	+6	-6	-28	-38	-43	-48	-49	-49	-49
90.0	+297	+217	+162	+125	+95	+73	+41	+35	+12	-14	-27	-35	-42	-44	-45	-47
100.0	+337	+251	+193	+151	+119	+94	+54	+53	+27	-3	-19	-28	-38	-41	-43	-46

注 +100 は + 0.00100 で富永式が小さいことを示す。

第3表

d (m)	A	B/√H	C の範囲
0.010	0.596377	0.018456/√H	0.5994→0.6388
0.015	0.594393	0.013724/√H	0.5967→0.6222
0.020	0.593277	0.010543/√H	0.5950→0.6146
0.025	0.592548	0.0084173/√H	0.5939→0.6096
0.030	0.592391	0.0072223/√H	0.5936→0.6070
0.040	0.592204	0.0062019/√H	0.5932→0.6048
0.050	0.592065	0.0057666/√H	0.5930→0.6037
0.060	0.591956	0.0055319/√H	0.5929→0.6032

$C = A + \frac{B}{\sqrt{H}}$ の形の式をのせた。

例えば $d = 0.01m$ のとき、

$$C = 0.596377 + \frac{0.018456}{\sqrt{H}} \text{ となる。}$$

Medaugh and Johnson の流量係数式(2)式と(3)式は、第1表にある実験値 114 個について平均して -0.0000113 程度で、平均の実験値 0.60122 に対して -0.02% 以下でよく合う。

第2表はオリフィスの直径 d を 6.35mm より 100mm まで 38 種類とその水頭 H を 0.25m より 36m まで 16 種類、計 608 個の計算値の差を示したものである、+100 とあるの

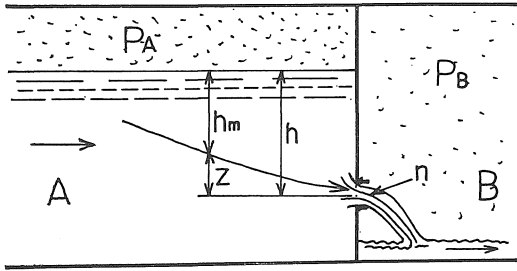
第4表 Standard Orifice Coefficients. (富永試案)

d (mm) H (m)	10mm	15mm	20mm	25mm	30mm	40mm	50mm
0.25	0.6333	0.6218	0.6142	0.6094	0.6068	0.6043	0.6031
0.50	0.6224	0.6139	0.6079	0.6045	0.6026	0.6011	0.6004
1.00	0.6148	0.6081	0.6036	0.6010	0.5997	0.5986	0.5982
1.50	0.6115	0.6056	0.6017	0.5994	0.5983	0.5974	0.5970
2.00	0.6095	0.6041	0.6005	0.5985	0.5975	0.5967	0.5963
3.00	0.6071	0.6023	0.5991	0.5974	0.5966	0.5959	0.5955
4.00	0.6057	0.6012	0.5983	0.5968	0.5960	0.5954	0.5951
5.00	0.6047	0.6005	0.5978	0.5963	0.5956	0.5951	0.5949
6.00	0.6041	0.6000	0.5974	0.5959	0.5953	0.5949	0.5946
7.00	0.6035	0.5996	0.5971	0.5957	0.5951	0.5946	0.5944
8.00	0.6029	0.5992	0.5968	0.5955	0.5949	0.5945	0.5942
9.00	0.6026	0.5989	0.5966	0.5953	0.5948	0.5943	0.5940
10.00	0.6023	0.5987	0.5964	0.5952	0.5947	0.5942	0.5940
12.00	0.6018	0.5983	0.5961	0.5950	0.5945	0.5940	0.5933
15.00	0.6012	0.5979	0.5958	0.5947	0.5943	0.5939	0.5936
20.00	0.6006	0.5974	0.5954	0.5944	0.5940	0.5936	0.5934
25.00	0.6001	0.5971	0.5952	0.5942	0.5939	0.5935	0.5933
30.00	0.5998	0.5968	0.5950	0.5941	0.5937	0.5933	0.5931

は +0.00100 の意味で Medaugh and Johnson 式(2)と(3)式の方が富永式(1)よりそれだけ大きいことを表している。184 個が ⊕ で 423 個が ⊖ で 零は 1 つで平均 -38.8 となり単一の式ではよく合う式であり、数字も並んでおり、おぼえやすいと思う。

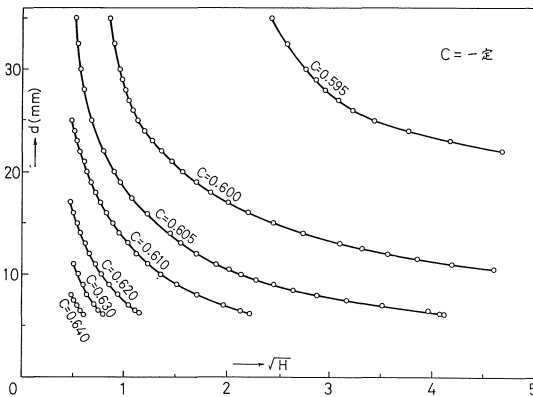
第4表はメートル単位の Standard Orifice Coefficients であり、富永試案として始めて提出した

第1図 オリフィスの構造

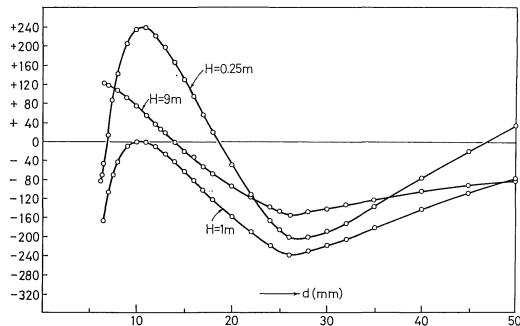


ものである。オリフィス直径 d を 10mm, 15mm, 20mm, 25mm, 30, 40mm, 50mm の 7 種でオリフィス水頭 H は 0.25m から 30m まで 18 種類に分けその数値を示してある。第 1 図に水槽オリフィスの一般構造を示した。

第 2 図は $d - \sqrt{H}$ の線図で $C =$ 一定を示したもので $C = 0.595, 0.600, 0.605, 0.610, 0.620, 0.630, 0.640$ の 7 種が示されている。また第 3 図は $C - d\sqrt{H}$ 図で(2)式(3)式と(1)式との差の関係を示したものである。差士を縦軸に直径を横軸にとったものである。



第 2 図



第 3 図

IV. おわりに

今少し時間をかけて計算をやり直しより完全なものにしたい。オリフィス径を 4 種類変えて水頭 H の小範囲についての実験はしたことがあるがもっと広範囲にわたって実験もしたいと思う。

V. 文 献

- (1) 富永保夫; 名古屋工業大学報
第 2 号 (82~89 頁)
「流量測定用円形水槽オリフィスの流量係数について」
- (2) King, Wisler, Woodburn; Fifth
Edition Hydraulics P.128
- (3) Medaugh and Johnson;
“Investigation of the Discharge and
Coefficient of small Circular Orifices”
Civil Engg. (N.Y). July.1940. P.422~424
- (4) King, Brater; Handbook of Hydraulics
Fifth Edition. Section. 4. P.4~6
- (5) Handbook of Applied Hydraulics
Third Edition, DAVIS, SORENSEN
“Discharge Coefficients Circular Sharp-
edged Orifices, varying Head”