(昭和 35 年 11 月造船協会秋季講演会において講演)

玄 塙 放 水 口 の 流 量 係 数

正員 富 武 満* 正員 菱田敏男**

正員 平 野 進** 正員 根角幸明*

Coefficient of Discharge of Freeing Port

By Takemitsu Tomi, *Member*, Toshio Hishida, *Member*,
Susumu Hirano, *Member*, Yukiharu Nekado, *Member*.

Summary

It is needful in design of the freeing ports to know discharge coefficients of them. Results of experimental studies now conducted are as follows.

1. The fundamental coefficients for full-sized ports (Fig. 1), standing and upright, are shown in Figs. 2~5.
2. The coefficient, when ports, small-sized, are standing and upright, is approximately independent of arrangement of deck houses.
3. If ports roll, the coefficient will be somewhat decreased at a high water-head and moderately increased at a low head, so long as the ports are situated on the both sides of a well. Of ports along side passages, this tendency will be feeble.
4. Orbital motion of a ship does not affect so much to the coefficient.
5. We can use in some allowance the coefficient for an uprightly standing port.
6. Continuous ports on the both sides of a well, found on cargo ships etc., will discharge water between the top of the bulwark and the upper edge of the port within one period of rolling. A port along a side passage will show the same capacity, if it has an area required by the "Free-board Rule".
7. Deducing the size of port, the coefficient get larger.
8. A slant port (Fig. 20), bored in an inclined plane inside a bulwark lest the port-door may open and patter with ship's rolling or by wind, proves some increment even in discharge.

1. 緒 言

海難審判裁決録を見ると放水口（以下口と略称）の排水効果不良が転覆の一因ではないかと思われる船がかなりある⁽¹⁾。海水の打込を妨げまたは実質上乾玄を補い得る玄塙を設けることと、海水を放出するためにそれに孔を明けることとは相反する要求であるから、口の大きさ・形・配置は、予想される打込海水量、復原性および動揺性能などを勘案して決定せらるべきものであるが、この場合基本的な資料の一つとして口の流量係数（以下係数と略称）が必要になってくる。

口は、甲板上の水頭が高いときは一種のオリフィスであり、それが口上縁より低くなれば堰と考えることができる。普通のオリフィスや堰の係数については多くの実験資料があるが、口としてはなお i) 蓋の, ii) 甲板上構造物の, iii) 口縁の形状（切りつばなし）の影響があり、さらに iv) このオリフィスは動揺するのである。このような場合に対する係数はやはり造船家が出さねばならないであろう。

この小文は、そのため次のプログラムのもとに行われた実験結果の報告である。

- 1) 実物大の口について、基本的な係数を出す。直立、蓋付および無し、また口輪廓の形を変える。

原稿受付昭和 35 年 6 月 17 日

* 日立造船株式会社技術研究所

** 大阪府立大学工学部

- 2) 小型模型によつて甲板上構造物の影響を調べる。直立，蓋無し。
- 3) 同上により横揺れの影響を見る。蓋無し。
- 4) 中型模型を加えて，Reynolds 数の影響を見る。直立。
- 5) 中型模型において，傾斜型放水口の効果を調べる。直立。
- 6) 以上の結果を用いて排水時間と口面積の関係を出してみる。

2. 実物大放水口

幅×高さ×奥行=3.46×1.43×2.99 m なる鋼板製水槽の正面板を取替式とし，これに種々の実船に装備されていた1図のごとき口を明ける。

Door, hinge	$a = 0.204 \text{ m}^2$	0.242	0.266	0.182	0.091	0.051
No door	1A 	2A 	3A 	4A 	5A 	6A
With door	1B $f = 0.05$	2B $f = 0.115$	—	—	—	Key.
Top hinges	1C	—	3C $e = f = 0.1$	4C $e = 0.05$	5C $e = 0.05$	—
Side hinges	$e = f = 0.05$	—	—	—	—	—

Fig. 1

水槽と口の寸法から見て接近水頭および側壁影響は無視出来よう。蓋のヒンジは蓋および玄壁に取付けられた鋼管と，その中でルーズに廻る黄銅ピン（径 2 cm）よりなるが，その摩擦モーメントは摩擦係数をすべりに対する値 0.3 として，蓋の開き角 1° のときの蓋自重がヒンジの周りに作るモーメントのオーダーである。

満水から連続放水し，時間 t と水頭 H の関係を計測する。 H は厚さ 6・幅 100 mm の 2 枚の銅板電極（交流）間の水の電気抵抗に変換して測る。 Δt 時間内の水面降下量を ΔH とし，流量係数 C を次式で定義する。

$$C = \frac{A}{a\sqrt{2gH}} \cdot \frac{\Delta H}{\Delta t} \quad (1)$$

ここに A , a はそれぞれ水槽水面および口面積， g は重力加速度。 H の取り方は種々あるが，口下縁からとる。また H が口の高さ h より小さく堰の状態になつた場合にも， a をそのまま用いることにする。 Δt は口 No. 1～5 では 1 秒に，6 では 4 秒にとられた。これらの間の ΔH は最大 8 cm であつた。 C の値を 2～5 図に示す。

Fig. 2

Fig. 3

Fig. 4

Fig. 5

これらから次のことが知れる。

i) 2図, ヒンズが側縁にある 1C は蓋無しに比し約 1 割 C 値が小さい。これは イ) 蓋の厚さだけ口面積が減り, ロ) 蓋自身の上部が内部に入り流れを乱す, ハ) 蓋内面ヒンズ線上に半丸棒スチフナーがあり面積が減り, ニ) 流れを乱し, ホ) 蓋の自重が流れを妨げるものと考えられる。しかし一方へ) 流れの上面は蓋に沿うから *vena contracta* は緩和せられるであろう。ヒンズの位置だけを上縁へ移した 1B は兩者の中間にある。ホ) の妨害は増加するがイ)ロ) が消えへ) の傾向も強まるからであろう。また図には 1A と相似で寸法が半分の 6A が併記されている。6A は 1A より C が大きいがこのについては § 5 で述べる。6A は平水航路の小型客船のように玄墻高が 0.5m 程度の場合のものである。

ii) 3図, 2B は 2A より約 1 割 C が小さい。2B のヒンズは上縁であるが, スチフナーは平鉄で蓋の高さの中点を通り水平に取付けられ, 平鉄の蓋面よりの凸高は上の半丸棒と同じである。

iii) 4図, 1A, 1C の関係によく似ている。

iv) 5図, スチフナーなし, 3~5% 減に留っている。また No. 4 は No. 5 を 2 個並べたものであるが C はほとんど同じである。

v) $H/h > 2$ では C はほとんど一定であり, 蓋無しで 0.6, スチフナーのない蓋付で 0.57, スチフナー付では 0.53 程度になっている。ことに蓋無しでは口形に余り関係がない。

図中破線で示した C' は, 後にオフィスの資料と比較するためのもので, (1) で H の代りに $H' = H - h/2$ とおいて得られる係数である。

なお上よりヒンズ側縁は好ましい位置ではないが, ことに口の幅/蓋の厚さが大きくなると水圧のため蓋が反り開閉不能となるからスチフナーが必要になる。本実験ではこの比が 100 以下ではスチフナーなしでよかった。ヒンズ上縁でも波浪の外部衝撃を考慮すればスチフナーは必要であろう。

3. 甲板上構造物の影響

構造物の配置を変え, また後に動揺の影響を見るため 6 図に示すアクリライト製の小型模型が用いられた。四周の側板は, 動揺時にも口の流量だけを測りたいため, 玄墻相当高より高くなっている。構造物模型はやはりアクリライト製の十数個の箱よりなり, 種々に組替えて用いる。配置の変化は 7 図の 30 種 (図で ABCD のような矩形が各一種の甲板平面で, 黒く塗った部分が構造物) である。

Fig. 6

Fig. 7

このような小型放水口の流量を測定する方法は幾通りか考えられるが、ここでは次の2法によつた。

i) 上と同じく連続放水し、 H 対 t の関係を計測する。甲板の幅の中心から艀壁の外へ連通管を引出し水面降下を映画に撮る。実験としては簡単であるが、 C を出すに当つてどうしても数値微分の過程を経なければならぬから、小型模型ではバラツキが大きく多数回の平均をとることが必要である。したがつて手数がかかりことに動揺時には用いられないから、実物大口の結果および動揺時の C との比較の目的で1, 2の状態に適用するに止めた。

ii) 水が静止の状態から、突然口を開き Δt 後に閉じ、この間の流量 ΔQ を測定する。連続放水で得られる

Fig. 8

C と H の関係は一般に8図のような傾向になる。 $i-j$ は過渡状態で、本法では常に i 近傍のやや低目の C が得られることになる。これは慣例に反するし、動揺時のものとは直接比較できない欠点がある。しかし尺度影響のためいづれにしても小型模型の C 値はそのまま用いられないから、 ΔQ の計測が正確にでき、簡単である点を買ひここでは本法が採用された。ただしなお2つの欠点がある。 C に入る過渡影響が構造物配置および Δt の大小の影響を受けるかも知れないこと、(1)で H として Δt 間の平均水頭をとることになるが C は $H^{-1/2}$ に関係するから ΔH

が十分小さくとれないと(口を開閉する間に口の面積は0から a まで変るから、開閉に要する時間に比し Δt を余り小さくとると口の形の影響が入るであろう) C は平均水頭における真の値ではなく修正が必要になることである。しかし前者は一定の熟練した者が口を開閉することによつて Δt を極力一定に保たれた結果後述のようにほとんど影響のないことが認められ、後者の修正は理論上最大数 % (7図「24」) であつた。

ii) 法では口を開閉する装置が必要であるが、実際の型の蓋を使うことは非常にむづかしいから、6図の引戸式シャッターを採用した。口としては蓋なしの状態になる。各舷3個のシャッターを連続しさらに両舷を端棒によつて連結して棒を前後の2人が交互に引いて開閉を司る。 Δt および流れを映画上で調べる。流出水は大きな容器に受け上皿天秤で計る。シャッターよりの洩水は涙の程度で十分無視可能。シャッターによる口の開放面積と t の関係を9図に示す。この Δt 間の ΔQ は数百 cc のオーダーであつた。7図の配置の内、 A/a の最も小さい「24」でも20であるから、接近水頭は無視できる。

Fig. 9

ii) 法による結果を10図に示す。すなわち30種の状態における C は悉く図の太線の中に納るのであつて本実験精度(置点のバラつき少くよく曲線が通る)の範囲では構造物の形・配置の影響は現われないのである。

Fig. 10

Fig. 11

つぎに i) 法により「22」「42」について実験が行なわれた。結果は11図の曲線22, 42である。ただ2つの状態ではあるがやはり構造物の影響は現われておらない。また破線は10図の平均で、22・42との差は過渡影響を示すものと考えられる。さらに図中実物大1Aの C 値が記入されているが、22, 42にはかなりの尺度影響が見られる。

4. 横揺れの影響

小型模型に横揺れとさらに orbital motion を与え上の ii) 法によつて実験が行なわれた。状態は1表のごとくである。

運動は特別に作られた機械によつて与えられ、横揺れと orbital motion の相対位相は(任意に変えられるが)

1 表

甲板上構造物の配置	横 揺 周 期 $T_r(\text{sec.})$	横 揺 振 幅 $\theta_0(\text{deg.})$	Orbital motion の半径 (cm)	横揺中心から甲板迄の高さ (cm)
11, 12	1.7	15	0	15.8
13	1.7	15	0	15.8
	1.9	10	0, 5.7	5.5
21, 22, 23, 24	1.7	15	0	15.8
41	1.7	10	0	15.8
	1.9	10	0, 5.7	5.5
42~46	1.7	10	0	15.8
51~57	1.7	10	0	15.8
58	1.7	10	0	15.8
	1.9	10	0, 5.7	5.5

Fig. 12

Fig. 13

Fig. 14

理論上の同調横揺れの位相にとられた。一周期の間の ΔQ を測定し、(1)において H の代りに H_0 (甲板上の水頭、ここでは $H+0.5\text{cm}$ 、水頭が口下縁より低くても放水がある) において係数 C_0 を出し、 ΔH_0 の大きい場合はやはり理論的修正を施した。結果は 12 図~16 図である。横揺れ振幅 θ_0 が大きくなると、実際の玄塙ではこれを越す流れがあるから、ここでは最大 15° にとどめられた。

12 図の C_0 は直立時 (11 図より) に比し H_0/h の大きい所で減少、小さい所で増加し、すなわち H_0/h による変化が平坦になつてゐる。また C_0 は配置 11, 12 および群 13, 21……, 24 の順に直立よりの変化が大きい。13~24 はほとんど同じ値で、これらはいずれも横に水面が通つているに反し、12, 11 では順に水面の幅が狭くなつてゐる。

横揺れによつて C_0 が変化するのは

- 甲板が傾き、水頭は静的に片玄で高く他玄で低くなる。
- さらに加速度のために水面が傾く。
- 水面に波ができ、両玄の水頭が変わる。
- 水が甲板に対して相対速度を持ち、接近水頭となつて放水速度が増加する。

などの原因が考えられる。

いま簡単のために b) の内の甲板に沿う方向の横加加速度だけと a) を考慮し、13 の場合について近似計算をやつてみよう。a) による水面の傾斜は甲板に対して θ で、横加加速度によつては近似的に

$$\psi \doteq -\tan^{-1} \frac{l\ddot{\theta}}{g}$$

だけ傾く。ここに $l=l_0+H_0$ 、 l_0 は横揺中心から甲板までの高さ、 H_0 は直立静止のときの水頭である。ゆえに

Fig. 15

Fig. 16

Fig. 17

水面は甲板に対して $\theta + \phi$ だけ傾き、(17 図左) 一方の舷側では $-\frac{B}{2} \tan(\theta + \phi)$ だけ水頭が高まり (B は甲板の幅)、他

舷では低くなる。ただし低くなる側では $H_0 - \frac{B}{2} \tan(\theta + \phi)$

< 0 ならば放水はないものと仮定する。 $\theta = \theta_0 \sin \frac{2\pi}{T_r} t$ とおき、trial and error 法で一周期間の H_0 の減少量 ΔH_0 を近似積分し、これから C_0 を出して実験値と比較すると 2 表のようになる。

2 表

平均の H_0/h	θ_0 (deg.)	Tr (sec.)	C_0		直立静止の C_0
			計 算	実 験	
4.52	15	1.7	.51	.59	.64
1.90			.56	.57	.38

計算値は直立の C_0 と比較して増減の向きは実験値と同じであつて、これから次のことが云える。 H_0/h が大きく本来の C_0 がほとんど一定の所では、両舷の水頭の増減量が同じでも、流量に対し水頭はその平方根で利くから、総流出量は

直立のときより減少する。しかし H_0/h が小さい所では、 H_0 に対し水頭の変化量 $\frac{B}{2} \tan(\theta + \phi)$ の割合も大きいし、 C_0 が H_0 とともに増加するから、水頭は 1 乗より大きい割合で利き、総流出量は増加するのである。また計算値と実験値は、 $H_0/h = 1.9$ では比較的近いが、 $H_0/h = 4.52$ でかなり違うのは次のような理由によるものと思われる。計算では諸種の近似がある外に、実際の水面は平面ではなく c) の波ができ、17 図 (右) のようになる。ゆえに両舷の差は緩和され直立静止の場合に近づき、 $C_0 = .51$ の方は若干増え、.56 の方は多少減る。次に d) の影響によつていずれも増えると実験値に接近してくることになる。しかしこれらを数量的に取扱うことは困難である。

以上のように見れば、11 や 12 で水幅の狭い場合、動揺の影響が少い理由も説明できる。

13 図 14 図では左右舷の放水口が連通ではあるが、一部が構造物によつて側路となつた場合の 41, 58 を、水面が横に通つた代表 13 と比較してある。13 では 3 組の放水口はいずれも横に通つた水路に面するが、58, 41 では 3 組の内それぞれ 2 組および 1 組だけがそうである。 C_0 の直立時からの変化は 13 よりこの順に少ない。

15 図は前 2 図を比較したものである。構造物の配置が同じであれば、横揺の程度が大きい程、 C_0 の直立時からの変化は大きいであろう。 C_0 曲線を並べ、動揺の程度を表わすパラメーターとして $\theta + \phi$ の極大値に似た $\phi_0 = \theta_0 \left(1 + \frac{4\pi^2 l_0}{g T_r^2} \right)$ を採り付記すると、曲線はまず大体この大きさの順に並び、これが大きい程変化が大きいことがわかる。

かくして横に通つた水路が多い程放水効果は大きく、放水口はその両舷に集めた方がよい。例えば前後部旅客室を隔てる中央通路、あるいは船橋を持った貨物船の船橋前端両舷の隅など。

なお 40 代および 50 代のほかの構造物配置の場合も、それぞれ 41 および 58 と大同小異であるから図は省略する。

最後に 16 図は orbital motion を加えた場合であるが、 C_0 は余り orbital motion の影響を受けないことがわかる。ただ H_0 の小さい所では C_0 が増加する傾向がある。

これら動揺の影響については、さらに実験を重ね、より普遍的な解析を行なう必要があるが、ごく大雑把に云えば、実際の船のような甲板上構造物配置の場合、波上における C_0 は直立時の値をとつておけばやや安全側にあるのではなからうか。なお実船では 15° 以上にもなると舷壁を越える流れが加わるから実際の放水量はさらに増加する筈である。

5. 尺度影響

尺度影響としては、幾何学的寸法・水の表面張力・Reynolds 数 (R 数) が関係するであろうが、ここでは R 数だけを取上げ他は省略する。

実物大と小型の 2 種について C 値が出されたから、今一点中間のものをを出すため、幅・高さ・奥行共 50cm の木製水槽 (内面トタン張) の正面に 25×7 cm の口をつけ、連続放水法によつて実験が行なわれた。この結果を 18 図 (普通型、曲線 1, 2, 5) に示す。蓋付は若干蓋無しより C が小さいが、その差は僅かである。これはスチフナーがないためと考えられ

Fig. 18

る。図には実物大 3A (幅・高さ比が最も近い) の C 値が付記してある。

さて後にオリフィスと比較するため、蓋無しについて、流量係数 C' を次式のような R 数に対して置点すると 19 図のようになる。

$$R = \frac{r_h \sqrt{gH'}}{\nu} \quad (2)$$

ここに ν は水の動粘性係数、 r_h は口の水力半径すなわち $a \div$ 口縁の長さ、 H' は口の高さの中心からの水頭である。(1) において H の代りに H' とおいた係数が C' である。一般に一つの口については (オリフィスでも同じ) C' と H' の関係はやはり 8 図のようになり、ある H' で C' は極大を示す。19 図はこの極大 C' を 2~5 および 11・18 図から読み当該 H' の R 数上に置点したものである。図にはさらに鋭縁オリフィス⁽²⁾の C' を置点しておいたが、(矩形オリフィスの縦横比は 1~1/20) これは極大値ではなく、任意の H' に対する値で、したがって置点の上側の包絡線が極大 C' に相当する。

オリフィスの場合、 C' はその形に無関係であり、 R 数の小さい程 C' は大きい。口は鋭縁でないから縮流は不完全であり C' は大きいが R 数に対する傾向は同じである。ただ中型の C' はやや過大のようであるが理由は不明。また各種の口縁は厚さ、粗さともに相似でないから C' にはこの影響も入っているであろう。前記相似の 1A, 6A

Fig. 19

の C' 値の差違も主として R 数によるものと考えることができよう。

6. 傾斜型放水口

玄 内にある普通の口の蓋は、船が傾斜すれば自然に開き防水効果が悪くなる。また動揺や風のために蓋が口縁を叩き不快な音を立てる等の欠点がある。これを除くため 20 図のように内方へ傾斜した面内に口を設けた

Fig. 20

いわば傾斜型が工夫され、これについても上の中型水槽によつて実験が行なわれた。なおこの型ではスチフナーは蓋外面に取付けることができ、流れを妨げることはない。口面積 (の鉛直面への投影) は普通型と同じである。結果は 18 図 (曲線 3, 4) に併記されている。 C 値は (1) によつたもので a としては投影面積がとつてある。

傾斜型は蓋付、無し共普通型より C が大きい。これは想像と逆で、流れは 21 図のように、その向きがある程度上方に傾き、口の大きさは投影面積としてよりもある程度実面積側へ傾いた大きい面積で利き、これが内方へ突き出た縁材が流れを妨げる影響を上廻るものと考えられる。ゆえに投影面積が同じであれば傾斜型は放水効果も良いのである。

7. 放水口面積と排水時間

上のようにやや安全側にある直立時の C を用いて排水時間を計算してみよう。口下縁より H なる水頭から H_2 まで排水するに要する時間 T は、水面積 A が H にかかわらず一定と仮定すると

$$T = \frac{A}{a\sqrt{2g}} \int_{H_2}^H \frac{dH}{C\sqrt{H}} \quad (3)$$

2~5 図によれば H が小さい所では $C \propto H$ であるから、 $H_2=0$ まで排水するには $T=\infty$ を要する。ゆえにここでは玄 頂一杯 ($H=H_1$) からある $H_2(>0)$ まで排水するものとする。この時間を T_{H_2} とすれば

$$T_{H_2} = \frac{A}{a\sqrt{2g}} \lambda_{H_2}, \quad \lambda_{H_2} = \int_{H_2}^{H_1} \frac{dH}{C\sqrt{H}} \quad (4)$$

さらに T_{H_2} を横揺周期 T_r の倍数で表わし、 $T_{H_2} = \alpha T_r$ とおけば、 $T_r = 2\pi KB/\sqrt{gGM}$ であるから

Fig. 21

$$\frac{A}{na\sqrt{2}}\lambda_{H_2} = \alpha 2\pi \frac{KB}{\sqrt{GM}} \quad (5)$$

この α は、ある船 (A, KB, GM) に面積 a の口を n 個明ければ、同調横揺付近では、玄墻一杯の水が H_2 まで減るのに何周期かかるかを表わす係数である。

鋼船構造 (または満載喫水線) 規程が、滞溜水がウェルを成形する場合に要求する片玄の口面積 $a'(\text{m}^2)$ は、($a' = na/2$)、各玄墻の長さ $l(\text{m})$ につき

$$a'/l = .061, \quad (6)$$

ただし、 $l \leq 20\text{m}$ では

$$a' = .0305l + .604. \quad (7)$$

一方 a' として取り得る最大値は玄墻全長にわたる全通型放水口であつてその高さを $h = .23\text{m}$ (危険防止のため $.23\text{m}$ 毎に横棒をつけるよう勧告している同規程になら) と仮定すればは

$$a'_{\max}/l = .23, \quad (8)$$

$a'_{\max}$ は規程の約4倍になるわけである。

これらの口面積がどれ程の α に相当するかを見てみよう。

1) ウェルの場合。 $A = \beta \cdot IB$ で表わすと β は主として艀口その他があるため1より小さく0.7位、 K は平均0.4位、口が両玄にあることを考慮して(5)より

$$a'/l = 0.10 \frac{\sqrt{GM} \lambda_{H_2}}{\alpha} \quad (9)$$

普通の高さの玄墻 (1m 位) につき $H_1 = 0.9\text{m}$ とし、これに (8) の最大面積の全通放水口をつけた場合数種

Fig. 22

の GM 値につき α と H_2 の関係を計算すれば22図のようになる。ここで口は蓋なしで、2～5図から知つたように C はどれでもほとんど同じであるから、No. 2A をとつてある。

ウェルを有する船はほとんど貨物船であり、海水の打込易い満載状態では $GM < 2\text{m}$ (大型油槽船では $GM > 2\text{m}$ もあるが、これは open rail になつてゐるから除外し) と見てよい。水面が口上縁より低くなると排水効果は著しく悪くなるので今 $H_2 = h$ とすれば22図から $GM = 2\text{m}$ に対して $\alpha = 1$ となる。すなわちある瞬間片玄から玄墻頂一杯まで打込んだ水が、 T_r の後同玄へ次の打込がある

までに口上縁まで排水され、 GM がそれより小さければもつと下まで排水されるわけである。 $H_2 = h$ のとき λ_{H_2} は1.6であつて玄墻高が多少変わつても λ_{H_2} は余り変らない。

(9) に $\lambda_{H_2} = 1.6$, $GM = 2\text{m}$, $\alpha = 1$ を入れると

$$a'/l = .23$$

となり(8)と一致する。ゆえにウェルの部分では全通型放水口を採用すれば T_r 以内に排水されることになる。

2) 玄側通路の場合。 $A = lb$ (b は通路の幅) とおき、客船の平均として $K = 0.45$ とおけば

$$a'/l = 0.25 \frac{\sqrt{GM} \lambda_{H_2}}{\alpha} \cdot \left(\frac{b}{B} \right) \quad (10)$$

$b/B = 0.1$ と仮定すれば、 a'/l は(9)の約1/4となる。ゆえに玄側通路に規程の面積の口を設けることは、ウェルに全通型を設けることと略々同等の排水効果を期待することになる。

以上はかなり安全側の計算であつて、実際には H_1 はもつと低く、玄墻を越す流れもあること等々、適切な口面積の決定にはなお今後の研究にまつべきところが多いが一応の目安が得られたものと考えられる。

8. 結 言

以上の要点を列記すれば次のようになる。

1) 直立静止した放水口（口）の流量係数（係数）は、甲板上構造物の配置にほとんど無関係である。

2) a) 横揺れする口の係数は、直立時より水頭が大きい所で僅か減少し、それが小さい所では逆に増加する。すなわち水頭による変化は平坦になる。

b) 両玄の口が横に通つた水路の両端にあれば、横揺れによつて放水効果は増大するが、玄側通路・艀口側にある口ではその程度が低い。

c) Orbital motion の影響は小さい。水頭の低い所では係数は増加の傾向はあるが、他はほとんど変化しない。

d) 波上における係数は、直立静止の値をとればやや安全側にあるであろう。

3) 実物大口についての実験によれば、直立静止時の係数 C は（水頭を口下縁から計り）次の程度である。

（2～5図）

a) 蓋のない口では、口の高さの2倍以上の水頭ではほとんど一定で $C \approx 0.6$,

b) 蓋内面に水平スチフナーを1本取付けた場合には $C \approx 0.53$,

ヒンジを側縁に持った蓋では（好ましい構造ではないが）、蓋の厚さに比し口の幅が大きいときには（100倍以上）スチフナーを付けないと水圧のため板が反り開閉困難となる。

c) スチフナーのない蓋付の口では $C \approx 0.57$ 。

4) a) 貨物船等で滯溜水がウエルを形成する場合、全通型放水口（高さ 0.23m）を設ければ、その効果は玄塙頂まで一杯の水を一横揺周期の間に口上縁まで排水する程度であり、まず十分と見てよいであろう。

b) 玄側通路に構造規程の定める面積の口を設置することは a) と同等の効果をもたらす。

5) 船の傾斜によつて口蓋が自然に開き防水効果を悪くし、また蓋が口縁をたたいて不快な音を発する欠点を改善するために工夫された傾斜型放水口（20図）は、

a) 係数も（蓋の有無にかかわらず）普通の直立型よりやや大きい。

b) またスチフナーを蓋外面に取付けることができ流れを阻害しない。

終りに、本研究費の一部は日本造船研究協会 43 部会の研究費に負うことおよび実験および解析の一部は大阪府立大学学生卒業論文⁽³⁾として行なわれたものであることを付記する。

註 （1） 例えば屋島丸（昭和 26 年 9 月沈没）、第 8 東丸（28, 6）、第 10 日進丸（31, 2）第 8 あさひ丸（30, 7）第 2 八幡丸（28, 8）幸運丸（30, 8）等

（2） 物部長穂著、「水理学」

（3） 増田克哉、岡田逸雄、「放水口の流量係数に対する上部構造物の影響」、昭和 35 年 3 月