

論 說 報 告

第27卷第9號 昭和16年9月

本邦海港の水深に関する基本的研究

(昭和16年6月9日 陸軍運輸部検閲済)

正會員 工 藤 久 夫*

要 旨 本邦港湾の基準面には帝國海軍水路部發行の海圖の基準面が最も適切なるを認め、此の設定方針を示し、海工學上、潮位に對する定義の不明確を潮汐學により匡し、港湾として必要な最少水深を決定する上に必要な船舶の龍骨以下の餘裕は、接岸施設の前面、錨地或は航路別に變化せしめて定むるを合理的となした。港湾には夫々の特殊事情があるので、之を統一することは出来ないが、基本的的の指針を與へんと試みたものである。

目 次

- | | |
|---|------------------------|
| I 緒 言 | 1) 我國港湾に採用せられて居る基準面の現状 |
| II 潮位の名稱と港湾工學上の使用價値 | 2) 港湾基準面の決定方法 |
| 1) 平均水位 (M.S.L.) | 3) 基準面の選定に對する結論 |
| 2) 最高及最低潮位 (H.H.W.L. 及 L.L.W.L.) | IV 港湾の最小水深決定に就て |
| 3) 春秋分大潮高及低潮位 (H.W.E.S.T. 及 L.W.E.S.T.) | 1) 船舶吃水の概説 |
| 4) 大潮平均高及低潮位 (H.W.O.S.T. 及 L.W.O.S.T.) | 2) 總噸數別最大吃水の選定 |
| 5) 平均高及低潮位 (M.H.W.L. 及 M.L.W.L.) | 3) 吃水に對する水深の餘裕説 |
| 6) 小潮平均高及低潮位 (H.W.O.N.T. 及 L.W.O.N.T.) | 4) 船舶の伏航 (squatting) |
| III 港湾の基準面と基準潮位の選定に就て | 5) 冬期滿載吃水線と水深の關係 |
| | 6) 港湾水深の船舶吃水に對する餘裕私見 |
| | V 結 論 |

1. 緒 言

我國港湾として必要な最小水深決定に關する研究は、發表せられたもの未だ極めて尠なく、水深の基準面の現状は時として統一を缺き、水位の表示方法も區々な場合がある。

港湾の潮汐研究には、調和常數を用ふる方法が最も便利且つ合理的であるが、港湾技術者が直接に受持港の潮汐を調和分解することは、實際上可成の困難がある。それで調和常數の他に、檢潮の結果から統計によつて求めた非調和常數たる色々の水位が定義されて居る。

この非調和常數の中には、調和常數から理論上直接に計算され得るものがあるので、兩者を比較した結果、水位表示方法に不十分な場合があるのを明らかにせられ、今更乍ら、之を統一するのが極めて必要であることを痛感した。

本篇は此の研究と共に船舶の吃水並に、運航及接岸の際の事象をも考慮に入れて、港湾として必要な最小水深に就て基本的な研究を行つたものである。

2. 潮位の名稱と港湾工學上の使用價値

港湾に於て用ひられて居る潮位の名稱は概ね次の如きものがある。

* 内務技師 工學士 内務省大阪土木出張所

最高潮位 (H.H.W.L.)	小潮平均低潮位 (L.W.O.N.T.)
春秋分大潮高潮位 (H.W.E.S.T.)	平均低潮位 (M.L.W.L.)
大潮平均高潮位 (H.W.O.S.T.)	大潮平均低潮位 (L.W.O.S.T.)
平均高潮位 (M.H.W.L.)	春秋分大潮低潮位 (L.W.E.S.T.)
小潮平均高潮位 (H.W.O.N.T.)	最低潮位 (L.L.W.L.)
平均水位 (M.S.L.)	基本水準面 (± 0.0)

1. 平均水位 (M.S.L.)

自記検潮器で海面の昇降を紙上に描いた潮候曲線と基線線間の、毎日午前零時から翌日午前零時に至る 24 時間の面積をプランメーターで測定し、其れを 24 時間に相當する横線の長さで除して、日平均水位とし、或は 1 時間毎の海面の高さをとり出してその平均値を以て之を定め、1 箇年の日平均水位の和を平均せるものを年平均水位と稱し、年平均水位の平均を以てその港の平均水位とするもので、我が陸地測量部では中等潮位と稱して居る。

M.S.L. に對して、1 年間の高潮位の總平均 (M.H.W.L.) と低潮位の總平均 (M.L.W.L.) との平均を以て平均海面を示す場合があり、之を M.W.L. の記號で假りに示せば兩者の差は一般に極めて少ないので、實用上兩者を混同して居る場合もある。

廣島港に於ける實例を示せば表-1 の如くである。

表-1. 廣島港に於ける月別 M.S.L. と M.W.L. (昭和 13 年) (單位 cm)

記事 \ 月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	昭和 13 年 平均水位
M.S.L.	6.3	1.5	8.1	13.1	27.3	34.6	30.6	44.0	40.9	35.3	24.1	14.6	23.4
M.W.L.	5.6	0.2	5.3	10.9	24.4	31.2	27.8	41.4	39.3	31.8	23.5	13.9	21.4
差	0.7	1.3	2.9	2.2	2.9	3.4	2.8	2.6	1.6	3.5	0.6	0.7	2.0

零點は陸地測量部の零點と一致

日本近海の月平均水位は夏秋に高く、冬春に低く、極大極小の差は 30~60 cm もあり、日平均水位の高さも絶えず變化して、平均 10~20 cm の高低があることは珍しくない。

廣島港に於ける年平均水位の變化の一例を示せば表-2 の如く、1 年間の平均水位の高さは嚴密には一定のものではなく、年々不規則に僅か乍ら昇降して居る。

表-2. 廣島港に於ける平均水位の變化 (單位 cm)

年次 (昭和)	1	2	3	12	13	14
平均水位	21.6	20.7	19.6	20.1	21.4	24.3

この平均水位の長年昇降は、陸地測量部が北海道、本州、九州及臺灣の沿岸 12 箇所で連続検潮をした結果によつても極めて不規則であつて、其の原因は未だ充分明かにされて居ないが、工學的には年平均水位の高さは場所によつて略一定と見做すことが出来る。

數年間又はそれ以上の年平均水位の高さが知れて居れば、その平均値を以て、港の固定した M.S.L. と決定して差支がない。

明治 6 年 6 月~同 12 年 12 月に至る 6 箇年半に互つて、東京隅田川口靈岸島で連続検潮の記録から平均水位を決定して、東京灣中等潮位と名付け、北海道、本州、四國及九州に於ける陸地測量の高さに對する基準面となし、樺太では本斗の 3 箇年の平均水位を、臺灣は基隆の平均水位を以て夫々の陸地測量の基準面に採用して居ることは衆知の事實で、海軍水路部發行の潮汐表の基準面は各地の平均水位に連絡を付けて定められてゐる。

從て港灣の水深決定上には、平均水位を利用するのが極めて便利で、半潮升では M.S.L. を最低潮面として直接利用せらるゝ等、海工學上にも最も重要な水面の一つである。

2. 最高及最低潮位 (H.H.W.L. 及 L.L.W.L.)

檢潮期間中又は記録によつて定め得た異常潮位の極値であるから、防潮上又は航行上、航路又は錨地の水深に對し安全の程度を知るのに必要な水位であるが、海工構造物の設計圖には一般に表示されぬことが多い。外國では防波堤の構造圖に記入された例がある。

3. 春秋分大潮高及低潮位 (H.W.E.S.T. 及 L.W.E.S.T.)

春秋朔望の頃には、太陽が赤道附近に在るから日潮不等が少く、潮汐は規則正しい。この春秋分の潮差が最大になつた日の満潮 (L.W.) の高さの年平均又は干潮 (L.W.) の高さの年平均を以て夫々 H.W.E.S.T. 及 L.W.E.S.T. と定める。

我國公有水面埋立法に對する行政上の取扱では、埋立地と公有水面の境界は春分及秋分に於ける満潮位を標準とすることに定められて居るので、埋立の設計圖には H.W.E.S.T. が必要となるが、L.W.E.S.T. は港灣工學上に餘り重要な意味を持たない。

日潮不等のある港でも大潮の潮差は春秋分共に殆んど同じであるが、春と秋では日平均水位に差がある爲めに、春分の大潮満潮位は秋分の夫れに比して低いので、平均値を採つて埋立地と公有水面の境界と定めてある。

4. 大潮平均高及低潮位 (H.W.O.S.T. 及 L.W.O.S.T.)

我國ではこの記號で表示される水位の解釋が色々行はれて統一を缺く憾が多い。

i) 工學文獻に現はれた方法

坂岡博士は測量學講義後卷で、L.W.O.S.T. を海水の深淺を定むる基面となし、これを定むるには、新月及満月の前後1週間に於ける日々の最低潮位の平均を取るを以て充分であるとされた。

廣井博士も同様の方法を其の著、築港前篇に説述せられ、H.W.O.S.T. 及 L.W.O.S.T. の差を以て大潮干満の差と教へられて居る。

更に鈴木博士は港工學によつて、大潮の満潮面を大潮高潮面或は朔望満潮面と言ひ、その干潮面を大潮低潮面或は朔望干潮面たるを圖を以て示され、その圖の主旨は右に示す 圖-1 と同じ根據によるものと解せられる。

土木學會では H.W.L.O.S.T. (普通大潮高水位) とは1年を通じ大潮時の前後の最高潮を平均した水位と定義して居る。

一方、調和解を基調として居る水路部發行の潮汐表の解説では潮位の表示方法として 圖-1 の内容のもの

を掲げて居る。圖の新規定の方は大正 8 年 6 月倫敦に開催せられた國際水路會議の決議により、大正 11 年潮汐表より採用されたもので、水深の基準面を除いては各國とも新規定を採用する傾向である。

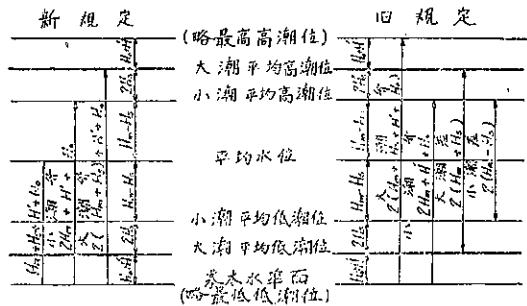
ii) H.W.O.S.T. 及 L.W.O.S.T. の吟味

港灣工事に屢々用ひられる重要なこの水位が、種々な方法で或は之に個性をさへ加へて決定される状態である。

此は結局、大潮の定義が稍々不明確な爲めに端を發したもので、潮汐に對して學問的に對切な解決を與へて居る調和解の方法が稍々難解なものと、手数が非常に必要な爲めに之を敬遠し、所謂統計的な非和常數をのみ用ふる習慣を生じ、檢潮記録のない場合には渺茫其嚮ふ所を知るに苦しみ、自己流の解釋からこの水位を決定して居る場合が時としてあるのではなからうか。

先づ大潮 (spring tide) とは土木學會の用語では、新月期又は満月期の潮汐と定義され、俗間唱ふる大潮廻りの如く解することも出来るが、潮汐學の教ふる様に、大潮とは潮差が最大の日の潮汐のことを指すとすれば最も

圖-1.



明確である。

この大潮は朔（月齡 0 日）及望（月齡 14 日頃）の後 1~3 日の間に起るのが普通である。

1 日 2 回潮の場合に 1 日中の 2 つの高潮の高さ、或は 2 つの低潮の高さに差違がない場合、又は僅少な時は何等疑問を生じないが、相次ぐ 2 つの高潮の高さ又は相次ぐ 2 つの低潮間の高さに差異の多い、所謂日潮不等が甚だしい港灣では圖 1 で示す H.W.O.S.T. は大潮の日の高い方の高潮即高高潮 (higher high water) の平均を、L.W.O.S.T. を決定するには、その日の低い方の低潮即低低潮 (lower low water) の相加平均を計算したのでは不都合を生ずる。其の理由は次の説明で了解し得られよう。

潮汐は多種の週期性の分潮の組合つたものであるから、その週期性の運動は凡て幾つかの單弦運動の和即フーリエ級数で示され、その係数を決めるのが調和分解であつて、現在では 27 個の短週期分潮と 5 個の長週期分潮、合計 32 個の分潮の調和常數が得られる様になつたが、實際上の目的からは此等 32 個の約半數を、例へば我國で用ひられるケルビン式潮候推算器では 15 個の分潮を用ひて充分とされて居る。その内

$$M_2 = \text{主太陰半日週潮} \quad \text{その半潮差 } H_m$$

$$S_2 = \text{主太陽半日週潮} \quad H_s$$

$$O_1 = \text{主太陰日週潮} \quad \text{"} \quad H_o$$

$$K_1 = \text{日月合成日週潮} \quad \text{"} \quad H'$$

の 4 分潮は潮汐の大勢を決定する最も主要な分潮である。

大潮は M_2 潮の高潮時と S_2 潮の高潮時が一致した時で、其の他の分潮の位相は毎大潮の時に種々異つた状態にあるから、多數の大潮に就て潮差の平均を求むれば、結局 M_2 潮と S_2 潮丈が残り他の分潮は消去されてしまうので圖-1 の如く

$$\text{大潮差} = 2(H_m + H_s)$$

$$\text{小潮差} = 2(H_m - H_s)$$

で求められる。

即 H.W.O.S.T. を求めるには潮和分解の主旨から、大潮の日の高高潮と低い方の滿潮位たる低高潮 (lower high water) の相加平均であり、L.W.O.S.T. は大潮の日の低低潮と高低潮 (higher low water) の相加平均であることに特に注意を要する。

廣島港の昭和 9~14 年の 6 個年間の檢潮記録より上に述べた方法で求めた。

$$\text{H.W.O.S.T.} = 166 \text{ cm.}$$

$$\text{L.W.O.S.T.} = -120 \text{ cm}$$

$$\therefore \text{大潮差} = 286 \text{ cm}$$

となる。

本港の調和常數たる $H_m = 103 \text{ cm}$, $H_s = 42 \text{ cm}$, $\therefore 2(H_m + H_s) = 288 \text{ cm}$ と良く一致して居る。

廣島港に於ける大潮の日の日潮不等の一例を昭和 13 年の潮候曲線より求むれば表-3 の如く、

表-3. 廣島港に於ける大潮の日潮不等量 (單位 cm)

月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12												
朔	●	○	●	○	●	○	●	○	●	○	●	○												
望	○	●	○	●	○	●	○	●	○	●	○	●												
高潮	29	19	19	7	2	6	23	34	42	43	47	44	42	54	27	13	5	5	1	20	25	30	42	32
低潮	86	90	67	41	10	10	42	70	93	91	126	94	124	74	80	33	32	16	13	64	73	111	90	150

表中 ●, ○ は暦日と一致せず

日潮不等の最も少いのは分點潮たる 3 及 9 月で、高潮では不等殆んどなく、低潮でも凡 10cm に過ぎないが、最も不等の甚しい回歸潮たる 6 及 12 月では高潮にて 40~50 cm, 低潮では 130~150 cm の不等を示して居る。

斯くの如く日潮不等のある港では、大潮の日又は其の前後の高高潮中の最高潮位の年平均を H.H.W.O.S.T., 同じく低低潮中の最低潮位の年平均を L.L.W.O.S.T. を以て定義することにすれば、廣島港に於ては

H.H.W.O.S.T. は H.W.O.S.T. に對し凡 30cm 高く

L.L.W.O.S.T. は L.W.O.S.T. に比し凡 50cm 低い

結果となる。

鈴木博士が示された大潮差の定義は、調和常數による大潮差と一致するように考へられるので、日潮不等のある港では H.W.O.S.T. 及 L.W.O.S.T. は大潮の日の相次ぐ 2 つの満潮の高さ、或は相次ぐ 2 つの干潮の高さの少くとも 1 年、出来るなら数年間の相加平均でなければならぬ。

廣井博士が示された L.W.O.S.T. の求め方は、潮汐學で定義する L.W.O.S.T. と一致するのは日潮不等の程度が特別な値を採る港にのみ偶然起る方法で、一般的に用ふべき方法でないことを了解し得られた。

iii 本邦港灣に常用せらるる潮差の實狀

潮位に関する定義の一部に明確を缺いたものがあつた爲め、各港灣で常用せらるる潮差も或る特殊の個所を除いては可成亂雜になつて居る。

港灣工事報告として發表又は公定せられて居る常用潮差と、理學的に決定し得る $2(H_m + H_s)$ で示される大潮差と新舊兩規定による大潮升とを計算して比較すれば、手元に資料のある調査港 39 港中、

常用潮差が大潮差に等しきか又は略近きもの	4 港
大潮升(新規定)に等しきか又は近きもの(差 10% 以内)	13 港
舊規定大潮升	14 港
何れにも屬せざるもの	8 港

の如く常用潮差に對し、我國全體から見て統一のない事を知られる。

この内大潮差に比較して、常用潮差が極端に差異のある 7 港を除いても、残り 32 港の常用潮差は大潮差より凡 33% 大であつて、大潮差を潮差とせぬもの最も多く、舊規定大潮升より大なるもの 10 港を算する實狀であるから本邦港灣の潮汐に對する考察上の趨勢を知られよう。

5. 平均高及低潮位 (M.H.W.L. 及 M.L.W.L.)

1 年又は数年間の高潮及低潮を夫々相加平均したもので、此の兩水位の差が平均潮差と稱され調和常數 $2H_m$ でも求められる。

港灣工學上、閉船渠の或るものに、又は外國の河港には M.L.W.L. を基準水面として水深を示す場合がある外は、餘り利用される水面ではない。

6. 小潮平均高及低潮位 (H.W.O.N.T. 及 L.W.O.N.T.)

大潮平均高潮位を決定したと同様の手段で、小潮の高潮又は低潮の平均を求めて得られる。

H.W.O.N.T. は潮差が大きくて、閉船渠を築造する必要がある港では、閘門運用の最低水面を決める基準となる重要な水面であるが、閉船渠は干満の差凡 3.5m を以て古い時代には築造限界とされて居たが、近來は閘門通過の煩を避ける爲め此の限界を超過する傾向となり、潮差 5m 以上では閉船渠の利益捨て難きにもかゝらず、最大潮差 7.5m 以下の港では近い將來に潮船渠に變らうとするようであるから、我國一般の港灣では此の水位の調査を特別に必要とせぬ場合が多いが、潮差の大なる處では工事施行上時として必要なことがある。

3. 港灣の基準面と基準潮位の選定に就て

1. 我國港灣に採用せられて居る基準面の現狀

我國港灣の基準面の實際は各所區々で、雜然たる状態にある爲め、中川博士が日本國內の港灣の基本水準面は陸地測量部の基準面と連絡を付くことを要望せられてより、各港灣に於ては之を實行せらるるに至つた。

然し港灣の基準面は

- イ) 或る年の實測最低潮位によるもの又は略之に近いもの
- ロ) 1 個年の大潮平均低潮位によるもの
- ハ) 東京灣中等潮位に等しきもの
- ニ) 數個年の大潮平均低潮位
- ホ) 大潮平均低潮位以下一定値
- ヘ) 海圖の基準面と一致又は略又に近いもの

の如く多種であり、此の中でも L.W.O.S.T. を L.L.W.O.S.T. と混同したり又は独自の決定法を行つたりしたものがあるので、この種別は更に多くなる。

最近の如く、色々の目的の爲めに急速に港灣施設の造成が企畫される必要を生じて來る場合は、何れに依るべきか判断に苦しむに至る。

L.L.W.O.S.T. が基準面としての適性吟味

年によつて潮位は幾分變化するが大勢を知る爲めに水路部發行の潮汐表より日本近海の標準海港 20 に對し H.H.W.O.S.T. 及 L.L.W.O.S.T. を算出し、それよりも高い潮又は低い潮位の起る回数を潮位別に調べると表-4 の如く、

異常なる氣象の影響又は海面の短週期昇降等を加味しなければ最干潮が

L.L.W.O.S.T. 以下 10cm 迄降るもの	2 港
" 20cm "	4 港
" 30cm "	2 港
" 40cm "	4 港
" 50cm "	2 港

表-4. 標準海港に於ける高潮及低潮位の極値附近の潮位別起回数

1) 横須賀港 { L.L.W.O.S.T. $\pm 0.1m$
 H.H.W.O.S.T. $\pm 1.7m$ } 2) 宮古港 { L.L.W.O.S.T. $\pm 0.1m$
 H.H.W.O.S.T. $\pm 1.3m$ }

H.W. (m)				月	L.W. (m)				總回数	H.W. (m)				月	L.W. (m)				總回数
總回数	1.9	1.8	1.7		0.1	0.0	-0.1	-0.2		總回数	總回数	1.5	1.4		1.3	0.1	0.0	-0.1	
60			1	1	4	8	3	60	60			12	1	5	7	59			
54			1	2	7	2	2	54	53			4	2	7	3	54			
60			3	3	5			60	59			1	3	7		59			
58			3	4	5	5		58	58			—	4	5	7	58			
60			2	5	3	7	4	60	60			9	5	8	5	3	59		
58			3	6	2	6	3	2	58	58		7	8	6	7	4	58		
60			16	7	3	6	2	60	60			12	18	7	6		60		
60	1	13	13	8	3			60	59	3	10	26	8	—			59		
57	6	16	10	9	—			58	57			17	17	9	—		57		
60	7	15	12	10	—			60	59			12	16	10	2		60		
58	1	15	13	11	3	2		58	58			9	13	11	3	2	58		
60			20	12	5	2		60	60			8	9	12	8	3	60		
705	15	59	97	計	40	38	17	2	706	701	3	75	133	計	58	31	3	701	
	15	74	171	累計	97	57	19	2			3	78	211	累計	92	34	3		

3) 小豆島(坂手) {L.L.W.O.S.T. ≙ 0.2m
{H.H.W.O.S.T. ≙ 1.7m

4) 神戸港 {L.L.W.O.S.T. ≙ 0.1m
{H.H.W.O.S.T. ≙ 1.5m

(H.W.) (m)			月	L.W. (m)				総回数	H.W. (m)					月	L.W. (m)				総回数	
総回数	1.9	1.8		1.7	0.2	0.1	0.0		-0.1	総回数	1.8	1.7	1.6		1.5	0.1	0.0	-0.1		-0.2
59			—	1	6	7	9	2	60	58			—	1	4	6	4	2	58	
54			—	2	9	6	3		54	52			—	2	7	2	3		52	
60			—	3	9				60	57			1	3	2	3			57	
58			—	4	7	2			58	55			3	4	6	3			55	
60			10	5	8	6			60	59			7	5	6	1	3		59	
58		10	8	6	7	4			58	58		6	14	6	4	3	1		58	
60	5	10	6	7	4				60	57	4	16	9	7	3				58	
60	10	8	11	8	—				59	56	13	13	8	8	—				56	
58	5	15	13	9	—				58	56	2	7	12	13	9	—			56	
60		7	16	10	2				60	58	2	8	16	10	3				58	
58		1	10	11	5	3	2		58	57			9	11	1	2	3		57	
60			2	12	7	9	3	4	60	60			2	12	4	5	1	3	59	
705	20	51	76	計	64	37	17	6	705	683	2	26	55	82	計	40	25	15	5	683
	20	71	147	累計	124	60	23	6			2	28	83	165	累計	85	45	20	5	

5) 吳港 {L.L.W.O.S.T. ≙ 0.1m
{H.H.W.O.S.T. ≙ 3.6m

H.W. (m)				月	L.W. (m)					総回数	
総回数	3.9	3.8	3.7		3.6	0.1	0.0	-0.1	-0.2		-0.3
60				—	1	4	6	2			60
54				—	2	1	1	3			54
60				3	3	4	3				60
57				2	2	2	—	3			58
60				3	1	5	—	2	—	2	60
58				3	2	6	1	1	3		58
60				6	3	7	3				60
60				5	5	5	—				60
58	1	4	6	7	9	—					57
60	1	2	4	2	10	2	2	2			60
58				2	2	11	2	—	2	2	58
60				3	12	—	2	1	1	2	60
705	2	11	31	30	計	19	17	14	6	2	705
	2	13	44	74	累計	58	39	22	8	2	

6) 下關港 {L.L.W.O.S.T. ≒ 0.0m
H.H.W.O.S.T. ≒ 2.5m

總回数	H.W. (m)					月	L.W. (m)				總回数
	2.9	2.8	2.7	2.6	2.5		0.0	-0.1	-0.2	-0.3	
60					—	1	4	4	5	2	60
54					—	2	6	2	2	2	54
60					5	3	4	5	1		60
58				3	4	4	2	0	3		58
59				5	4	5	2	1	2		60
58				4	13	6	2	2			58
60			3	12	8	7	1				60
60		5	8	8	8	8	—				60
58	2	5	7	8	7	9	—				58
60			8	7	10	10	3	1			59
58				2	6	11	2	2	2		58
60					—	12	4	2	2	2	60
705	2	10	26	49	65	計	30	19	17	6	705
	2	12	38	87	152	累計	72	42	33	6	

7) 輪島港 {L.L.W.O.S.T. ≒ 0.0m
H.H.W.O.S.T. ≒ 0.3m

總回数	H.W. (m)		月	L.W. (m)			總回数	備 考
	0.5	0.4		0.0	-0.1	-0.2		
60		—	1	20	9		59	内 0.0 ≧ H.W. にて 14回 " " " 7回
53		—	2	26	21		53	
58		—	3	31	41		58	
58		—	4	34	28	1	58	
60		—	5	20	9		59	
58		13	6	6			58	
57	10	38	7	—			57	
56	15	40	8	—			57	
56	2	48	9	—			56	
60		29	10	—			60	
58		6	11	5			58	
60		—	12	14			60	
693	27	174	計	156	108	1	693	
	27	201	累計	265	109	1		

8) 大湊港 (L.L.W.O.S.T.±0.0m
H.H.W.O.S.T.±0.7m)

9) 佐世保港 (L.L.W.O.S.T.±0.0m
H.H.W.O.S.T.±0.6m)

H.W. (m)				月	L.W. (m)			H.W. (m)					月	L.W. (m)					
總回数	0.9	0.8	0.7		0.0	-0.1	總回数	總回数	3.4	3.3	3.2	3.1		3.0	0.0	-0.1	-0.2	-0.3	總回数
60		3		1	13		59	60					1	5	4	2	1	60	
54			5	2	17		55	54					2	2	1	2	1	54	
60				3	25	6	60	60			1	4	3	4	3			60	
58				4	22	11	58	58			3	3	4	2	2	1		58	
60				5	18	6	59	59			2	4	5	2	1	2		60	
58			20	6	6		58	58			3	7	6	0	3			58	
60		20	25	7			60	60			2	8	7	3				60	
60	5	27	20	8			60	60		5	6	5	7	8				60	
58		27	16	9			58	58	2	4	2	10	10	9				58	
59		9	24	10	3		60	60		2	2	3	2	10	2			59	
58			18	11	7		58	58			2	3	11	1	2	2		58	
60			5	12	12		60	60					12	2	1	2	2	60	
705	5	83	136	計	123	23	705	705	2	11	12	37	49	計	21	17	11	4	705
	5	88	224	累計	146	23			2	13	25	62	111	累計	53	32	15	4	

10) 那覇港 (L.L.W.O.S.T.±0.1m
H.H.W.O.S.T.±2.0m)

11) 基隆港 (L.L.W.O.S.T.±0.1m
H.H.W.O.S.T.±0.9m)

H.W. (m)					月	L.W. (m)					H.W. (m)					月	L.W. (m)				
同數總	2.4	2.3	2.2	2.1		0.1	0.0	-0.1	-0.2	-0.3	總回数	同數總	1.1	1.0	0.9		0.1	0.0	-0.1	-0.2	總回数
60					1	4	5	5			60	59			1	7	9	8		60	
54				2	2	7	2	2			54	54			2	7	9	2		54	
60				2	3	5	4				60	60			3	13	2			60	
58					4	7	5	2	1		58	58		10	4	9	4			58	
60					5	3	5	2	2	1	60	60		6	5	10	5			60	
58				3	6	7	0	2	3		58	58	1	15	6	5	5			58	
59			8	12	7	2	3				60	60	10	14	7	5				60	
60			12	7	8						60	60	6	30	8					59	
58	1	8	7	9	9						58	58	2	20	9					58	
60	1	8	7	12	10	2	2				60	60		7	10	6				60	
58			1	3	11	0	2	2	2		58	58		1	11	7	3	4		58	
60				3	12	5	4	0	4		60	60			5	9	9	2	4	60	
705	2	16	35	53	計	42	32	15	12	1	706	705	20	93	157	計	78	46	16	4	705
	2	18	53	106	累計	102	60	28	13	1			20	13	270	累計	144	66	20	4	

12) 馬公港 (L.L.W.O.S.T.±0.2m
(H.H.W.O.S.T.±2.5m)

13) 大泊港 (L.L.W.O.S.T.±0.2m
(H.H.W.O.S.T.±1.3m)

L.W. (m)					月	H.W. (m)				總回数	H.W. (m)			月	L.W. (m)						
總回数	3.1	3.0	2.9	2.8		0.2	0.1	0.0	-0.1		總回数	總回数	1.5		1.4	1.3	0.2	0.1	0.0	總回数	
60				—	1	5	9			60	54		10	7			1	7			53
54				4	2	4	2			54	47			5			2	4			48
60			3	5	3	1				60	54			—			3	6			54
58		1	4	5	4	2	3			58	53			—			4	6	7	1	53
60			6	3	5	5	2	3		60	57				6		5	10	5	3	57
58			2	6	6	6	2	2	2	58	58			6	6		6	8	4		58
60			3	15	7	2	2	2		60	54	2	6	6			7	8	1		54
60		3	12	11	8	1				60	52		3	7			8	3			50
58	3	8	9	9	9	—				58	50			—			9	3			50
60	3	5	10	9	10	1				60	54			3			10	4	4		55
58		4	6	6	11	2	3	1		58	56			3	2		11	6	4		56
60			3	6	12	1	1	4	1	60	60	4	2	10			12	7	3		60
706	6	21	58	79	計	30	24	12	3	706	649	6	30	52	計		72	28	4		648
	6	27	85	164	累計	69	39	15	3			6	36	88	累計		104	32	4		

14) 幌筵島(千島) (L.L.W.O.S.T.±0.1m
(H.H.W.O.S.T.±1.5m)

15) 釜山港 (L.L.W.O.S.T.±0.0m
(H.H.W.O.S.T.±1.3m)

H.W. (m)			月	L.W. (m)			H.W. (m)			月	L.W. (m)				
總回数	1.9	1.8		0.1	0.0	總回数	總回数	1.5	1.4		1.3	0.0	-0.1	-0.2	總回数
60	3	22	1	3		60	60			—	1	21			60
54		13	2	—		54	54			3	2	13	7		54
60		—	3	—		60	60			6	3	16	8	1	60
58		3	4	2		58	58			7	4	7	8	1	58
60		11	5	8	3	59	60			6	5	5	5		60
58		12	6	5	7	58	57			3	6	5			58
60		4	7	7	3	60	60	2	10	14	7	—			60
60		—	8	1		60	60	9	12	10	8	—			60
58		—	9	—		58	58	6	15	8	9	—			58
60		—	10	3		60	60		6	15	10	7			59
57		7	11	6	4	58	58			5	11	8	3		58
60	2	16	12	4	5	60	60			3	12	7	4		60
705	5	88	計	45	22	705	705	17	46	87	計	88	35	2	705
	5	93	累計	67	22			17	63	150	累計	125	37	2	

16) 群山港

$$\begin{cases} \text{L.L.W.O.S.T.} \approx 0.0\text{m} \\ \text{H.H.W.O.S.T.} \approx 6.5\text{m} \end{cases}$$

総回数	H.W. (m)						月	L.W. (m)						総回数	
	7.1	7.0	6.9	6.8	6.7	6.6		0.0	-0.1	-0.2	-0.3	-0.4	-0.5		
60						—	1	4	4						60
54						2	2	6	0	1	2	1			54
60						4	3	3	0	2	3	1	1		60
58			2	1	1	1	4	1	3	1	3	1			58
60		2	1	1	0	1	5	1	1	0	3				60
58			3	0	1	1	6	2	0	2					58
60				2	4	2	7	2							60
60			2	1	1	5	8	—							60
57	1	1	1	3	2	1	9	4	1						58
60	1	2	0	1	1	2	10	1	3	0	2				60
58		1	2	0	1	1	11	2	0	0	2	2			58
60					2	1	12	0	0	2	0	2	1		60
705	1	6	11	9	13	21	計	26	12	8	15	7	2		706
	1	7	18	27	40	60	累計	70	44	32	24	9	2		

17) 仁川港 (棧橋)

$$\begin{cases} \text{L.L.W.O.S.T.} \approx 0.0\text{m} \\ \text{H.H.W.O.S.T.} \approx 9.0\text{m} \end{cases}$$

総回数	H.W. (m)					月	L.W. (m)						総回数		
	9.4	9.3	9.2	9.1	9.0		0.0	-0.1	-0.2	-0.3	-0.4	-0.5			
60					—	1	4	1	1						60
54					1	2	1	1	1	1	1				54
60					3	3	1	1	1	2	2	1			60
58		2	0	1	1	4	0	2	1	1	1	2			58
60	1	1	1	1	0	5	0	1	0	1	2				60
58		1	2	0	1	6	0	2	1						58
60		2	0	3	2	7	—								60
59		2	2	2	1	8	—								60
58		2	2	1	2	9	2	3							58
60	1	2	0	0	1	10	2	1	0	2	1				60
58		1	1	1	0	11	0	0	1	1	0	2			58
60				1	1	12	1	0	1	1	1	1			60
705	2	13	8	10	13	計	11	12	7	9	8	6			706
	2	15	23	33	46	累計	53	42	30	23	14	6			

18) 鎮南浦港 (L.L.W.O.S.T. ≒ 0.4m, H.H.W.O.S.T. ≒ 5.9m)

總回数	H.W. (m)					月	L.W. (m)					總回数
	6.3	6.2	6.1	6.0	5.9		0.4	0.3	0.2	0.1	0.0	
59					—	1	6	6	2	1		60
55					—	2	4	3	4	2		54
60					—	3	4	0	4	4		60
58				1	2	4	1	3	4	1		58
59			3	1	1	5	4	1	2			60
58		3	0	4	2	6	3					58
60	1	2	4	2	2	7	—					60
60		2	3	3	1	8	—					60
58				2	7	9	1					58
60			2	1	1	10	3	3	1			59
58				2	1	11	2	3	1	3		58
60					2	12	4	2	2	2	1	60
705	1	7	12	16	19	計	32	21	20	13	1	705
	1	8	20	36	55	累計	87	55	34	14	1	

19) 大連港 (L.L.W.O.S.T. ≒ 0.4m, H.H.W.O.S.T. ≒ 3.4m)

20) 香港 (L.L.W.O.S.T. ≒ 0.3m, H.H.W.O.S.T. ≒ 2.3m)

總回数	H.W. (m)						月	L.W. (m)					總回数	總回数	
	3.9	3.8	3.7	3.6	3.5	3.4		0.4	0.3	0.2	0.1	0.0			
60					—	1	14	13	5			60	60	60	
54					—	2	11	5	4	1		54	54	54	
60					—	3	3	5	5	1		60	58	59	
58			3	1		4	4	4	5			58	88	58	
60		2	1	1	5	5	5	2	2			60	60	60	
58		3	2	3	4	1	4					58	58	58	
60	1	3	4	3	2	3	—					60	60	60	
60		1	3	5	4	5	—					60	60	60	
58			1	5	6	9	5					58	57	57	
60			1	2	1	10	3	5	3			60	57	56	
58			2	2		11	5	5	2	2	2	58	58	58	
60				2	2	12	9	8	2	1	4	60	60	60	
706	1	7	11	14	25	26	計	63	47	28	5	6	706	700	700
	1	8	19	33	58	84	累計	149	86	39	11	6			

で、著しく降下する最後の 2 港は群山、仁川で潮差が大で開船渠を考慮すべき所なるが故に別として、潮船渠とする本邦港灣では船納の吃水に對して相當な餘裕を見込めば、水深の基準面として適當な水面の一つである。

因に中川博士は、數年或は 10 數年の檢潮記録の存する場合は、此の記録より期望に於ける最大干潮位を採つて平均し、以て港灣の基準面とすれば可なりと説べられて居るが、この水位は既に説述した通り、一般に日潮不等の多い處では L.L.W.O.S.T. 又は之に近いものと解せられる。

L.L.W.O.S.T. は非調和常數であるから、少くとも 1 個年繼續して檢潮を行つた後でなければ、決定することが出来ないので、急速に新しい地點に港灣施設を行ふ必要が生じた場合には適しない。

調和常數から決められる大潮差と、表-5 で示す様に潮汐表を利用して標準海港の H.H.W.O.S.T.~L.L.W.O.S.T. 間の潮差を計算した結果を比較すれば、その差は平均 36% に及ぶが、大潮升と較ぶれば近似するといふ性質があるのを知られる。

表-5. 潮汐表より算出した標準海港の潮差比較表 (潮位の單位 m)

港名	(H) H.H.W. L.O.S.T.	(L) L.L.W. O.S.T.	潮差 (H)-(L)	大潮差 $\frac{1}{2}(H_m+H_s)$	$100\left(\frac{(H)-(L)}{\text{大潮差}}-1\right)$ (%)	大潮升 (潮信潮より)	$100\left(\frac{(H)-(L)}{\text{大潮升}}-1\right)$ (%)	標準港に對する 潮高改正數 (max)
横須賀	1.7	0.1	1.6	1.27	26	1.7	6	1.48 蒲那名古屋
宮古	1.3	0.1	1.2	0.83	45	1.2	0	1.19 荻濱港
神戸	1.5	0.1	1.4	0.96	34	1.4	0	1.09 土佐泊
小豆島	1.7	0.2	1.5	ca. 1.00	50	1.5	0	1.35 地藏崎
吳	3.6	0.1	3.5	2.90	21	3.4	3	1.68 青濱
下關	2.5	-0.0	2.5	2.16	16	2.5	0	1.05 御厨
輪島	0.3	0.0	0.3	0.16	87	0.3	0	4.50 油谷灣
大湊	0.7	0.0	0.7	0.57	23	0.7	0	1.50 沙首岬
佐世保	3.0	0.0	3.0	2.46	22	2.9	4	1.96 住ノ江港
那覇	2.0	0.1	1.9	1.64	16	2.0	5	1.42 鹿兒島港
基隆	0.9	0.1	0.8	0.49	63	0.8	0	2.0 汕頭港
馬公	2.8	0.2	2.6	2.20	18	2.7	4	2.80 興化水道
梶尾島	1.8	0.1	1.7	ca. 0.90	89	1.6	6	1.1 加熊別灣
大泊	1.3	0.2	1.1	0.59	86	1.0	10	1.8 間宮海峽
釜山	1.3	0.0	1.3	1.16	12	1.3	8	1.75 鎮海灣
群山	6.5	0.0	6.5	5.74	13	6.2	5	1.01 竹島
仁川	9.0	0.0	9.0	8.10	11	8.7	3	1.02 牙山
鎮南浦	5.9	0.4	5.5	4.83	14	5.5	0	1.60 杭州灣
大連	3.4	0.4	3.0	2.56	17	3.0	0	1.90 大鹿島
香港	2.3	0.3	2.0	1.22	64	1.8	11	2.80 マドラス

備考 零點は海圖の零點と同高

2. 港灣基準面の決定方法

長年の L.L.W.O.S.T. は水深の基準面として適當な水面の一つなるは前節で既に述べた。

更に表-4 によつて、水路部發行の海圖の基準面が本邦港灣の基準面として、より以上に適切な事を見出される。

航海者が海圖によつて航行するは、陸上旅行者が陸地測量部發行の地形圖を頼りにするのと軌を一にして居る。船舶によつて利用せらるゝ港灣水深の基準面が海圖と等しかるべきは理の當然で、然も之は日本近海に於ては港灣の基準面としても亦適當せるを知り得た。

從來港灣の基準面の大部分が海圖の零と一致せしめなかつたのは、潮汐の調和分解の方法が築港技術者に親しみ難いものとせられたのと、歐洲諸港灣の基準面がハンブルグ、ロッターダム、アムステルダム等の如く各港獨自

の基準面を用ひ海圖の零と一致せしめず、且つ又外國の築港工學書も水位の取り極めに對し潮汐學との連絡上不
充分なりしとに歸因するものと考へられる。

我國近海の各地で潮汐の常數が計算發表せられたものは、シベリヤ方面 33 港、日本 569 港、滿洲國 15 港、
中華民國 20 港、南洋群島 42 港、東印度諸島 35 港、計 710 餘港に及び、調和常數の既知の點數が多いこと及
該點數の密度の大なることは世界第一と稱されて居る。この事は我々技術者として誠に恵まれたことと云はねば
ならぬ。それで現今では、潮汐學の僅かの知識を有しきへすれば、築港の基準面を海圖の基本水準面に一致せし
むることが比較的容易である。

海圖の基本水準面を求むるに第一に必要なのは平均水位 (M.S.L.) の決定である。M.S.L. の年次異動は極めて
微量で實用上各地先で一定なることは既に示した。檢潮記録のある處では數年の平均値から求むればよく、又平
均水位は地域的にもその他の非調和常數に比較して變化が少いので、新しい地先に築港をする時でも中川博士が
提唱せられて以來、各港とも陸地測量部の零點と M.S.L. の連絡が付いて居る筈であるから、附近港灣からその
高さを判斷することが出来る。

海圖の基本水準面は M.S.L. から測つて

$$H_m + H_s + H' + H.$$

丈下位に採つてあるから、調和常數が決まつた港灣では直ぐ計算が出来るし、陸地測量部の基準面との關係も知
られる。

調和常數が未知な港灣では、その港の潮候曲線が調和常數の既に決まつて居る港の潮候曲線と、時の尺度を同
一にし、高さの尺度を適當に伸縮して描いた時に、時間を適當にずらせば兩潮候曲線が大凡重なり合ふ様な場合
には、その參考とする港灣を標準港として、その港の M.S.L. より測つた基本水準面の深さは、

$$\text{基本水準面の深さ} = (\text{標準港の基本水準面の深さ}) \times (\text{潮高改正數})$$

$$\text{但し 潮高改正數} = \frac{(\text{大潮差})}{(\text{標準港の大潮差})}$$

茲に大潮差 $= 2(H_m + H_s)$ で一年以上の檢潮記録があれば、調和分解をしなくても、既に説いたことで決まるも
のである。

檢潮記録が全然無い處では、附近の潮汐の模様が似寄つた港を選んで、東京灣中等潮位に連絡のあるその地點
の平均水位の關係を判定し、補間法で M.S.L. を得られる。次に潮汐表の潮信欄から平均水位の高さを求めて、海
圖の基準面を設定し、大潮升の 1/2 を平均水位より上下に振り分けて、H.H.W.O.S.T. と L.L.W.O.S.T. の近似
値を求められ、檢潮繼續と共に、研究補正すれば更に良い結果が得られる。

3. 基準面の選定に對する結論

i) 海港の場合、航海者が海圖を利用して港灣に出入する點から、港灣の基準面と海圖の基準面が一致するの
が好都合であるとの觀念上のことばかりで無く、港灣工事の本質に鑑み、本邦港灣基準面は定説となつて居る
L.W.O.S.T. を採用する方法より、理論的にも實際的にも、帝國水路部發行の海圖の基準面と一致させるのが都合
が良い。

ii) 潮汐學の定義する L.W.O.S.T. を港灣の基準面に決めるときは、日潮不等が多い港灣では、それより低い
潮位が頻發して具合が悪い。

我國では大潮の平均干潮位を決めるのに色々の定義があるが、之を潮汐學の定義と一致した L.W.O.S.T. にす
るには、大潮の日の低々潮と高低潮の相加平均を採らねば理論上不都合を生ずる。

iii) L.L.W.O.S.T. を基準面にするのは海圖の零點を基準面にするのに近い良い方法であるが、L.L.W.O.S.T.
を求めるには非調和常數の本質として、少くとも 1 個年の繼續檢潮をしなければ決定の方法がない不便がある。

iv) 港灣工事に用ひるには、調和常數から決まる大潮差は、日潮不等の多い處では不適當であるから、工事の設計圖

に用ひる干満兩潮位は本邦の各港一定の基準によつた方が綜合的に好都合である。それに對し干潮位 (L.W.L.) には L.L.W.O.S.T. を満潮位 (H.W.L.) としては H.H.W.O.S.T. を用ひ、常用潮差としては此の兩水面の差を用ふことに定義されるれば便利であらう。

v) 港灣の平均水位は必ず陸地測量部の零點と連絡し、自港又は新しく修築さるべき港の參考に供するがよい。調和常數が決定せられると、M.S.L. から $H_m + H_s + H_0 + H'$ 丈、測り下れば本邦港灣の基準面として適當な海圖の零點が知られ、且つ陸地測量部とも連絡が付けられたことになる。

vi) 檢潮記録の無い處で接岸施設を新しく急造する必要がある時は、附近の潮汐の模樣が似寄つた港で、陸地測量部に連絡のある永年測定した平均水位を求め、補間法で當該地先の M.S.L. を推定し、之を水路部發行潮汐表中、潮信欄に記載せる平均水面と同高と見做し、海圖の基準面を求めて、新港灣の基準面となし、H.W.L. 及 L.W.L. の代表として茲に提案せる L.L.W.O.S.T. 及 H.H.W.O.S.T. は矢張り潮信欄で知つた大潮升の半分を平均水位から上下に振り分けると近似的に得られる。檢潮が繼續されるに伴つて之を補正すれば、次第に精度の高い結果に近付いて来る。

4. 港灣の最小水深決定に就て

港灣の要件の一は出入船舶の吃水に對し充分なる水深を有することで、本篇は専ら潮船渠に於ける總噸數 1000t 級以上の船舶に對し必要な水深の研究をなすものである。

1. 船舶吃水の概説

船舶の吃水は造船工學上、型吃水、前部吃水、後部吃水、平均吃水等の區別があるが、船の長さの中央に於て龍骨の上面より夏期滿載吃水線に至る吃水を示す型吃水と、單に吃水とて之に龍骨の厚さを加へた船の吃水線以下の眞の深さを示すものとが、港灣の吃水決定に最も關係が深いものである。

龍骨は木船時代には、力材として角材による方形龍骨を用ひて居たが、鋼船となるに及び其の跡を止めず専ら平板龍骨を用ひ、船體構造材料の配置が改善された今日では、標準の厚さは比較的小にされ、

$$t = 0.109 L + 6.9$$

$$t = \text{平板龍骨の厚 (mm)}, L = \text{船の長さ (m)}$$

なる公式により計算すれば、船の長さ 100, 150, 200, 250 m に對し夫々 18, 23, 29 及 34 mm の程度で、之は吃水に對する水深の餘裕に比較して極めて少ないから、港灣の水深決定に必要な吃水は日本船名錄に用ひられて居る、型吃水を以て代へても實用上支障がない。

2. 總噸數別最大吃水の選定

商港の船座長は實在の船舶の長さの總噸數別平均値を採つて、それに凡 10% の餘裕長を加へて決定すれば、噸數が同じでも、大小交々の船が繋がる譯であり、餘裕長も相當に大であるから支障はないが、水深を決定する吃水の標準としては平均値を採らず、吃水が例外的に大なる二、三の船を除外して、凡そ最大吃水を包括したものを以て築港用の吃水と定めた方が合理的であらう。

我國港灣では國際港以外の港では考ふべき大型船は總噸數 1 萬噸未滿であらうから、日本船名錄より本邦汽船の總噸數別吃水圖を作製し、總噸數別最大吃水を決定すれば表-6 となる。

表-6. 總噸數別最大吃水 (昭和 10 年日本船名錄より作製)

總噸數 (t)	1 000	2 000	3 000	4 000	5 000	6 000	7 000	8 000	10 000
最大吃水 (m)	5.0	6.2	7.0	7.5	7.9	8.3	8.5	8.7	9.0
最大最小吃水差 (m)	1.0	1.1	1.2	1.0	0.8	0.7	0.6	0.6	0.4

同じ噸數でも、輕吃水の方が澤山あるので、參考の爲めに表-6 に總噸數別最重、最輕吃水差の概數を併記

した。

3. 吃水に対する水深の餘裕説

i) 港口に對し

港口の水深は靜穩な潮船渠では、最低潮位を基準とし、50 cm の餘裕を採ることが推賞せられ、以て船底が海底に接せざらしめ、波浪のある場合には Otto Schulze はその著海工學に、小型又は中型の船は波高の凡 2/3、大型船は波高の 1/2 を餘裕として加ふべきことを説き、我國でも此の説が受け入れられて居るようである。

ii) 錨地に對し

Otto Schulze は漁船や沿岸航路の小型船舶は、海底が軟土の場合は、異常干潮の時には船底が海底に接觸しても良く、且つ潮差の大なる時はむしろ普通のことであるとなして居るが、大型船舶は常に浮込せしむべきを説き、此の爲めには潮船渠では船底から 50 cm 以上の餘裕を付け、波浪に對しては港口と同様の考慮を促して居る。

廣井博士は之に對し 30 cm、若島博士は港内の最大波浪に 60 cm、鈴木博士は本邦港灣にては波浪を考へて錨地の水深を出した例は稀で、滿載吃水に次の餘裕を付け

$$100 \sim 500 \text{ t} = 0.3 \text{ m}$$

$$1000 \sim 8000 \text{ t} = 0.4 \text{ m}$$

$$8000 \sim 55000 \text{ t} = 0.5 \text{ m}$$

帆船、漁船、港外舄には 0.3 m、港内舄には 0.2 m の餘裕を推奨されて居る。

4. 船舶の伏航 (squatting)

船舶が航行する際に船殻表面と海水間の摩擦の爲めに、船殻に接して居る水の分子は船の進行する方向に流れる傾きを生じ、其は船の後部に行くに従つて段々と増加する。之の流れを伴流 (wake) と云ふ。伴流は船殻に近い處では速力が早く、船體を離るゝに従ひ減ずるは勿論であつて、伴流の速度は船の速度 V の比の αV で表はし得られる。

此の α は伴流係數と云はれ造船學上、航の計算には R. E. Froude は $\alpha = 0.1$ に採り、 α は船の方形肥脊係數 (排水量を船長、最大船幅及吃水の相乗積で除した値) に正比例することは Luke の公式

$$\text{双螺旋の場合 } \alpha = -0.2 + 0.55 \times \text{方形係數}$$

$$\text{單螺旋の場合 } \alpha = -0.05 + 0.5 \times \text{方形係數}$$

が示して居る。

この伴流速度が発生する爲めに、海水面が自由な時は速力水頭の影響により水の表面が低下し、且つ又 α は艫に行く程増加し、更に其の他の複雑な原因によつてツリムを生じ、港灣の水深決定の立場からは靜水位に對し船の吃水が増加したと同じ結果となる。この現象を伏航 (squatting) と稱される。

廣島港に於て葛城丸 (總噸 8.27 t、船長 11.58 m、幅 3.03 m、深 1.15 m) を直線護岸の沖合 60 m の處を護岸に平行して航行せしめ、陸岸よりレベルを以て船艫に立てた函尺を航行の前及航行中に讀み取り、その差から伏航量を計算すれば表-7 となる。

伏航の量は巨船が淺い航路を全速で航行する際に大なることは航海者に早くから認められたもので、紐育港の航路を淺瀬した當時は、航行中の船底が時々海底に接觸し、然もその船を棧船に繋留した時の吃水は航路の推定した深さより小さかつたので、初めは淺瀬を掘り残したのではなからうかと考へられたが、結局伏航の爲めと明かにされた。

上海港の將來計畫案として、滬浦局の技師長 H. Von Heidenstam は 1919 年に揚子江々口の長さ 55 km に及ぶ淺瀬を航路として改良する爲め、當時パナマ運河が船の吃水 11.3 m に對し 0.6 m の餘裕を有するに鑑み、伏航と風波に對し更に最小 0.9 m を加へ 12.8 m の水深案を提出したのに對し、6 大海運代表が上海港の改善に關し、1921 年に審議をした時は、近い將來に太平洋航行の船舶の最大吃水は 10 m に増大すべきが故に、揚子江

表-7. 葛城丸伏航調

(1) 水深 3.2~3.4 m, 風速 1~2 m/sec S.W., 船速は 200 m の平均

回轉數 (r.p.m.)	時 速 (節)	秒速 (m/sec)	艀伏量 (cm)	艀伏量 (cm)	備 考
520	7.5	3.8	9.0	13.5	吃 水 { 艀 45 cm 中央 106 cm 艀 160 cm
370	5.5	2.8	7.5	12.0	
240	4.5	2.3	6.0	9.0	

(2) 水深 1.8 m, 風速 3~4 m/sec W., 船速は同上

回轉數 (r.p.m.)	時 速 (節)	秒速 (m/sec)	艀伏量 (cm)	艀伏量 (cm)	備 考
520	6.0	3.1	8.0	28.5	艀吃水 140 cm
370	5.5	2.8	6.0	24.0	
240	4.5	2.3	4.0	12.5	

口の淺瀬の水深は、小潮平均低潮位以下、風浪に對し 0.9 m, 伏航に對し 0.3 m を見込み、11.2 m を以て航路深たらしむべしと決議された例がある。

蘇士運河ではこの伏航量が

航速 6 節にて	0.3 m
" 9 節 "	1.2 m

に達したといふ観測値が發表されて居る。

蘇士運河の最小幅員は 60 m で、河積と最大排水断面との比は一般海港の淺い航路に於けるものに比して極めて小であるから、伏航量も大であると推測される。

兎もあれ伏航は

- イ) 深水よりも淺瀬に大で、或る範圍の水深では龍骨以下の水深に逆比例し
- ロ) 速度に略比例して増加し
- ハ) 艀より艀に大にして
- ニ) 船殼構造により變化する

ものであるから、航路の淺深、掘込式の長大な錨地の水深には、この事も考慮に入れて水深の餘裕を定めねばならぬ。

我國に於ける航速制限に關する行政上の取扱は、開港々則を適用する港灣ではその施行規則第 11 條に、汽船は港界内及港内附近に於ては他船に危害を及ぼさざる程度に速度を減じて航行すべきことを規定し、その他の港灣に於ても道府縣で大部分港灣取締規則が定められ（之の規則の決定なきもの 13 縣に及ぶ）、その規則中の多くは開港々則施行規則に準じた港内速度の制限規定があり（特に明記なきもの 10 港あり）、運航上之の規定を半速（凡 6 節）と解釋されて居る。

故に港内錨地に於ける伏航量は 30 cm を超過することが無い譯であるが、運航上速度の高い程艀の效率が良いので、接岸施設と港口が隔つて然も高速度の汽船が出入する港では、バースより離れた港口附近では更に大なる伏航量を考慮せらるべき場合も生じよう。

5. 冬期滿載吃水線と水深の關係

表-6 で示した總噸數別最大吃水は夏期滿載吃水に對するもので、船舶滿載吃水線規定によれば、日本沿岸の内北緯 35°~50° 間の日本海は 12 月 1 日~2 月末迄、太平洋岸は北緯 35° 北以は 10 月 16 日~4 月 15 日迄を冬期となし（北緯 35° 以南は常時夏期帶）、冬期乾舷は夏期乾舷に之に相當する吃水の 1/48 を加ふべきであるから、夏期吃水 9, 8, 7, 6, 5 m の船舶は夫々 18.7, 16.7, 14.6, 12.5 及 10.4 cm 丈吃水を減ずべき譯になる。

日本海の標準海港たる輪島港の最低潮位は3月、太平洋北部季節冬期帯の標準港たる宮古港の最低潮位は5月、横須賀港は6月、大湊港は3~6月、大泊港は4~5月、幌筈島は5~7月が夫々最低潮位の起きる月であるから、最低潮期と冬期が大體に於て合致しない爲め冬期船舶の吃水の減少は、港灣の水深決定上考慮すべき重大要素とはなり得ない。

6. 港灣水深の船舶吃水に對する餘裕私見

商港が潮船渠である場合、その使命の最も重要なものは、港を利用する船が時に關係なく安全に港内に碇泊又は接岸荷役を爲し得るにある。之の爲めには吃水に對して餘裕の多い程、船舶には都合が良いが、淺海に築港する時はその爲めに著しく工費と工期を要するので、最小限度を定める必要が起つて来る。

1) 繫船岸前面の水深

吃水に對する水深の餘裕は、船舶の標準吃水の選定方法、港灣の基準面の採り方、接岸施設の構造、接岸速度、海底の地質、潮差、港灣に特有な船足及波浪の状態等によつて決定せらるべきものと考へる。

イ) 船舶標準吃水の選擇

船舶の總噸數別に平均吃水を求めれば、總噸數が同じでも、構造により最大吃水との間には表-6を參考にして20~60cmの差異がある。之に對して表-6の如く略最大吃水を包括するものを標準吃水として選べば、更に餘裕を考へる事はいらぬ。

連絡船の如く特定の船舶丈を發着せしむるバースに對しては、その船舶独自の吃水を考慮すべきは勿論であり、又港の性質上、滿載船の出入が絶対にないと思定し得らるゝ場合には、特にその港の船足を慎重に研究の上、總噸數別吃水を別に決定するのは實際上極めて必要である。

ロ) 港灣の基準面の採り方に對し

本邦港灣の基準面として海圖の零點を採用するのが合理的なるは既に説いた。この時は異常潮位にあらざる限り

大泊、幌筈島、鎮西浦、大連、香港を標準港とする場合は基準面以下に潮位が下降すること稀なるべく	
宮古、小豆島、大湊、馬公の諸港は基準面以下	10 cm
横須賀、神戸、輪島、基隆、釜山港は	" 20 cm
吳、下關、佐世保、那覇港は	" 30 cm
群山、仁川港は	" 50 cm

以下に下降するのは稀であらう。群山、仁川港の如く潮差の極めて大なる港は別問題として、潮船渠に對しては海圖の零點を基準面に選んで、それ以下に下降する低潮に對し20~30cmの餘裕を見込めば一般に満足し得られよう。

L.L.W.O.S.T. 或は L.W.O.S.T. を以て港灣の基準面とした時は更に海圖の零點の差丈を加算すべきは勿論である。

ハ) 接岸速度

接岸速度は、貨客船等による船舶の種類、繫船岸の構造及海底の地質と密接な關係がある。

船舶が繫船岸壁に繫留する時は岸壁線より30~40m以内の距離に於て殆んど岸壁に平行に位置し、遅速度を以て接岸するものである。

此の時船と岸壁との間にある海水が自由に逃げ出さねば、岸壁の船を牽き付けるのに困難し時間を空費するので、船底と海底間には運航側の希望として、吃水の30%以上も要求される場合がある。

茲に操船上最も難點の多い垂直式岸壁の場合を考へる。吃水 d (m) の船が v (m/sec) の速度で岸壁に牽き寄せる時は、船と岸壁間の海水が岸壁線に平行に流れる量を無視すれば、船の長さ l m に對し、船底を潜つて

$$Q = dv \text{ (m}^3\text{/sec)}$$

の水が流れることになる。龍骨下面と海底間の餘裕を xd で表せば、この龍骨下の潜流速度

$$V_a = Q/xd = v/x$$

d に関係なく v に比例し x に逆比例する。

表-8. 潜流速度 V_a (m/sec)

v (m/sec) \ x (%)	5	10	20	30	30 m を牽付くる秒数 (sec)
0.05	1.0	0.5	0.25	0.17	600
0.1	2.0	1.0	0.5	0.3	300
0.2	4.0	2.0	1.0	0.7	150
0.3	6.0	3.0	1.5	1.0	100

鐵道省の連絡船の如きは x が大である爲めに $v=0.3$ (m/sec) で接壁し得るが普通の貨物船等を着ける接岸施設は x が小なる爲め $v=0.1$ (m/sec) 以下の事が多く、我國では小樽港が $v=7$ (m/min) $\Rightarrow 0.1$ (m/sec) 以内たらしむべき規定を設けた例がある。

吃水が等しい場合は、潜流の流速を一定にするために（海底地質により洗掘防止の爲めには一定の許容速度がある）吃水餘裕 xd を變化すると繫岸に要する仕事量は v に比例するが、此に反し龍骨下の餘裕 xd を一定にし、然も潜流速度を一定にすると流速は V_a^2 に比例し、 V_a は v に比例するので繫岸に要する仕事量は v の凡そ 3 乗に比例する。

故に船舶を容易に且つ迅速に接岸せしめ、然も岸壁前面の海底土砂を動かさず、従て船舶の冷汽器の水を濁らさぬには吃水下の餘裕が大なる程良い譯である。

高速度の船舶を數分間丈早く接岸する目的丈で x を大にすることは、壁高の凡自乘に比例して工費を増し岸壁費を増すことになるから、一般商港では海底が荒されぬ程度の x と v を選ばばよく、満船の場合では表-8 より最少 $x=5\%$ を必要と考へる。

特殊な目的から接岸時間の損失を少くし度い時も、岸壁前面の海底を洗掘されぬ様根固を施し、 x は 10% 位に留め絞輦の馬力を増加して接岸速度を補ふ方法を探つた方が総合的に經濟な場合があらう。

二) 潮差と水深

バース前面の水深は、基準面を海圖と一致せしむれば、

a) 日本海の如く潮差の少い處では、例へば輪島港の低潮位は -0.2 m は年 1 度、 -1 m になるのは年 108 回に及ぶ程度であるから、接岸速度をも考慮に入れ表-6 の吃水に 5%、最小 30 cm の餘裕を必要とすべく

b) 瀬戸内海の内でも、例へば廣島港の如く比較的潮差の大なる非國際港で、然も 6 月又は 12 月の回歸潮の際に最低潮位が起きる處では、海圖の零以下に下る時間も潮差の大なる程少く、1 日の中 2 時間以内であるし、然も其の時に満船で離又は接岸する場合は極めて稀な場合であるから、表-6 に示した吃水を以て岸壁の最小としても實際上我慢が出來よう。

ホ) 波浪と水深

暴風の時には船舶は離岸し、錨地に碇泊するのが普通であるから、特別の場合の他は波浪に對し考慮の必要がないことが多い。

ii) 錨地の水深

基準面以下に潮位が降下することに對し 20~30 cm、更に港内が奥深い港では航速増加による伏航並に冷汽器用水の濁度の減少をも考慮して 30 cm、合計 50~60 cm の餘裕は最小限度として要求せらるべく、海底が堅質の時は更に異常干潮に備へて 20~30 cm は加へ度いものである。

港内錨地の波浪は、防波堤によつて遮斷すべきであり、又波浪の高い時は氣壓の具合で最低潮位を上昇せしめ

ることが多く、且つ單錨で碇繋又は舳艫ブイ掛けでも其の方向が波浪の進行方向と一致して居る時は、1000t 級以上の汽船は港内錨地では波頂 2 以上に乗る爲め、動搖が少いので波浪を特別に考慮の必要はないが、小型船舶は波谷に沈むことがあるから、航行中のピッチングの影響をも考慮して波高の 1/2 以上の餘裕を必要とする場合も起る。

iii). 航路の水深

静穏な航路では、基準面以下の異常潮位が起る程度に應じて、その餘裕と船舶の最大吃水及全速に對する伏航量の合計を以て船底が接觸の危険のない最小水深となるが、船舶の經濟速度を得る爲めには更に水深の増加を要求される。

波浪が襲來する處では、波長と波高の比と船の長さにより又は波浪の進行方向が航路の方向となす角度により或は船のピッチングと波の週期の相互關係等により、最大船舶が必ずしも最大水深を要求するとは限らない。又暴風の際避難港として適性如何によつても考慮すべき波浪の程度が異なるべきで、一般基準を設定するのは極めて困難となる。

巨浪に對して相當考慮を拂つた時は、波浪と異常低潮位の一致が大體に於て起らぬであらうから、基準面を海圖の零と一致せしめた時はその餘裕は省略し得られよう。

航路の波濤費を省く爲め、上海港の如く大船に限つて潮位が高い時丈出入せしむる場合は、錨地或は岸壁前の水深は却つて航路の水深より深くなることもある。

航路の水深は港の特殊性を総合的に考慮の上、慎重研究の結果航海經濟と築港經濟の調和點に立脚して決定されるべきものである。

5. 結 論

1) 本邦海港にして、潮船渠式の水深を示す基準面は、平均水位以下 $H_m + H_s + H_0 + H'$ 丈下位なる帝國海圖の基準面と一致せしむるを最善となし、L.L.W.O.S.T. を用ふるは之に亘ぎ、潮汐學の定義する L.W.O.S.T. は日潮不等の多い港では基準面としては適當でない。海港でも凍結港で然も最低潮位が多期に起る場合は之の限りでない。

2) 港灣の常用潮差は、本邦の現状では必ずしも統一されて居ないから、潮船渠たる海港では H.H.W.O.S.T. を以て構造物設計横断面圖に用ふる満潮位 (H.W.L.) を代表し、L.L.W.O.S.T. を以て同じく干潮位 (L.W.L.) を示し、その兩水面の差を以て常用潮差となす如く、我國海港に對して定義を統一されるならば、彼我比較上便利が多く又斯くすることが適當なるべきを信ずる。

3) 商港の水深決定の對象とすべき船舶の吃水は、總噸別平均値を選ぶことなく、數の少い特異な二、三の重吃水の船舶を除き、最大吃水を包括し得べき吃水を用ひたがよい。

但し港に特有な船足があつて、満載船の出入が絶対にないと想定せらるゝ時は、それに適當した總噸數別吃水を定むべきは勿論である。

4) 繫船岸の前面と、之と著しく隔つた錨地とは航行船舶の伏航量をも考慮に入れて、異りたる船底以下の餘裕水深を決め、これは潮差の大小海底の地質等によりても變化するが合理的である。

5) 水深の充分なる天然の良港を求めて築港をした時代は、水深の僅かの差異は格別問題にならなかつたらうが、淺海に築港する必要を生じた場合には、水深決定が經濟上誠に重大な意味を持つに至る。

船舶の吃水に對する港灣水深の適當なる餘裕の研究は益々必要となつて來よう。