鋼 船 の 底 部 構 造 に 就 て

正員 工學士 小 野 輝 雄

Abstract.

On the Bottom Structure of Steel Ships.

By Teruo Ono, *Member*.

This paper consists of two parts written under the following subjects.

1. Standard of the Strength of Floor Girders.
2. Spacing of Transverse Strength Bulkheads or of Compound Floor Girders.

Now the writer begs to explain briefly the meaning of some terms used in this paper in order to avoid miscomprehension or confusion.

Floor Girder : A girder consisting of a solid floor plate, main and reverse frames, and shell plate in the case of single bottoms, and a girder consisting of similar members together with tank top plate in the case of double bottoms.

Longitudinal Bottom Girder :

- (a) Single Bottom.

A girder consisting of keelson plate, keelson and keel angles, foundation and rider plates, and flat plate keel in the case of centre line bottom girder, and a girder consisting of similar members on the side of the centre line of ships in the case of side bottom girder.

- (b) Double Bottom.

A girder consisting of centre girder plate, top and bottom angles, centre line tank top plate, and flat plate keel in the case of centre line bottom girder, and a girder consisting of similar members on the side of the centre line of ships in the case of side bottom girder.

Compound Floor Girder—A compound girder consisting of two, or three of the floor girders fitted on consecutive frames and connected between the longitudinal bottom girders by an additional short keelson or side girder. The writer's idea of fitting girders of this kind is to specially reinforce the bottom of ships in lieu of a transverse strength bulkhead, and therefore these girders should be used in association with side frames and beams of the lowest deck specially reinforced, together with suitable number of rivets in gusset connection.

First Part.

The scantlings of the floor girders of some lighters, which are rectangular in cross section and have floor girders of constant cross section, are determined in accordance with the requirements of Bureau Veritas Rule for "Steel Vessels intended for Inland

Navigation." The modulus of resistance of the girders are calculated in the usual way. The floor girder is assumed to be a freely supported beam with uniformly distributed load. The head of water corresponding to the allowable load on the girder is calculated upon the basis of the working stress of the material assumed at 7.56 tons per sq. inch. The head is found to vary from $\frac{1}{2}$ of the load draught in small lighters to $\frac{1}{4}$ of the same in large ones, or roughly speaking, it is equal to the light draught of the lighter.

In ships afloat on still water, the lateral load on the floor girder can be measured by the difference between the water pressure and the sum of the weights of hull and cargo in hold. The magnitude of the load is generally indeterminate, and is definite to certain extent when the ship is in full load condition, but is more definite when she is in light condition. Therefore it seems quite reasonable to decide the strength of the floor girder on the basis of the head of water equal to the light draught of the ship.

Second Part.

The deflections, at the centre line and at the line of side keelson or side girder, of the floor girder at the middle of the length of the longitudinal bottom girder i.e., at the middle of the distance between transverse strength bulkheads or compound floor girders, and the deflections at the middle of the length, of longitudinal bottom girders are calculated in accordance with ordinary deflection formulae. Equating the deflections, the value of the spacing of transverse strength bulkheads or compound floor girders is found. This is done in the case of single bottoms. In the case, however, of double bottoms, the moments of inertia and the moduli of resistance of floor girders and longitudinal bottom girders are expressed on the bases of the length of ship and the height of double bottoms. Then the loads on the longitudinal bottom girders are found, they vary according to the spacings of transverse strength bulkheads or compound floor girders and of solid floors. The values of the loads on the longitudinal girders are inserted in the formula for the strength of the floor girder. Finally the relation between the height of double bottom and the spacings of transverse strength bulkheads or compound floor girders and of solid floors is expressed by a formula.

Conclusions.

1. The modulus of resistance of the floor girder, either of single bottoms or double bottoms, at the centre line of ships should not be less than that of a freely supported straight beam of constant cross section, and of a length equal to the moulded breadth of the ship, carrying uniform load corresponding to a head of water equal to the light draught of the ship.
2. The spacing of transverse strength bulkheads or compound floor girders should be decided on the bases of the strengths of floor girders and longitudinal bottom girders, and number of longitudinal bottom girders, and further in cases where skeleton floors are fitted, the spacing of solid floors should be taken into account.
3. In cases where bilge bracket is dispensed with in single bottoms, profound care is to be taken in regard to the construction of the floor girder as a whole.

緒 言

本論文は横肋骨式構造を有する鋼船に於ける底部横桁材の強さの一般原則並底部縦横桁材の deflection より見たる横強力隔壁又は特設底部横桁材の間隔に就て述べんとするものにして、所論は昨秋の本協會講演會に提出したる拙稿「鋼船の横強力に就て」の考察を基礎とす、即ち 1 横材に於ける撓曲は他の横材に傳達せざるものと假定す。

本論文中船體構造材の名稱は大體普通の用語例に依りたるを以て説明を要せざることゝ信ずるも、下記用語は其の意義未確定にして種々に解せられ得るを以て筆者が用ふる意味を簡単に説明せんとす。

(1) 横強力隔壁と稱するは船體の横強力保持の爲めに設くる横隔壁を謂ひ、水密なることを要せず又相當大なる lightening holes を設くるは妨げなきも下部には船の全幅に亙り適當なる強力部を存し置くべきものとす。

(2) 特設底部横桁材と稱するは底部構造の強力保持の爲め横強力隔壁の代りに特設する底部横桁材(後出)を謂ふ。特設底部横桁材は必要に應じ 2 箇以上の實體肋板を連續して設け且つ局部的に側内龍骨又は斷切側桁板を適當に増設して各箇の底部横桁材を結合したるものとす、尙當該部分の船側肋骨及最下層梁は其寸法を増大し従つて gusset connection も亦適當に強大ならしむる必要あるものとす。

(3) 底部横桁材と稱するは、單底構造に在りては實體肋板、之に附する正副肋材及外板より成る桁材を謂ひ、二重底構造に在りては内底板、實體肋板、之に附する正副肋材及外板より成る桁材を謂ふ。

(4) 底部縦桁材と稱するは、單底構造に在りては内龍骨山形材、内龍骨板、礎板、冠板、龍骨山形材(又は外板山形材)及平板龍骨(又は普通外板)より成る桁材を謂ひ、二重底構造に在りては内底板、縦桁板及之に附する縦山形材及平板龍骨(又は普通外板)より成る桁材を謂ふ。

以下底部縦(又は横)桁材を略して單に縦(又は横)桁材と稱することあり。

底部横桁材の強さの標準

B. V. (Bureau Veritas), G. L. (Germanischer Lloyd), L. R. (The Lloyd's Register), N. V. (Det norske Veritas) の構造規則に於ては單底構造の横桁材の寸法は外板を除くの外船の幅及深並満載吃水又は是等の要素を取入れたる第一數を基礎として之を定め、B. C. (The British Corporation Register) 規則に於ては満載吃水より小ならざる一定の水高を用ひ算出したる荷重及船の幅を基礎として之を定む。是等の諸規則に依り寸法を定めたる單底構造の横桁材の船の中心線に於ける截面抵抗率の大體の値は次の算式に依り計算することを得。

$$\frac{I}{y} = \frac{s \times h \times (.39B)^2}{35 \times 3 \times p} \\ \approx \frac{.00145 s \cdot h \cdot B^2}{p} \dots \dots \dots (1)$$

但し

$\frac{I}{y}$: 横桁材の截面抵抗率 $\frac{\text{時の}}{\text{3 乘にて}}$

s : 肋骨心距 $\frac{\text{時}}{\text{にて}}$

h : 水高 $\frac{\text{時}}{\text{にて}}$ 、龍骨上面より測りたる満載吃水及 $.7D$ の中大なるもの、 D は船の型深 $\frac{\text{時}}{\text{にて}}$

B : 船の型幅 $\frac{\text{時}}{\text{にて}}$

p : 材料の常用應力 $\frac{\text{時}}{\text{平方吋}}$

(1) 式中の $.39B$ は餘裕を見込みたる底部横桁材の支點間の距離とす。上記算式は單底構造の横桁材を船の中心線にて固定し、彎曲部肘板の内端に於て guide せらるゝ直梁と假定して誘導したるものなり。

底部横桁材に働く荷重を考ふるに、吃水に基く水高壓力と搭載貨物又は船内重量物の重量とは互に減殺するを以て普通の場合に於て荷重は吃水に基く水高壓力よりも小なるべし。今第 1 圖に示すが

如き方形横截面及構造を有する舢に就き B.V. の河川及内海に使用する鋼船の構造規則に従ひ構造材の寸法を定め (第 1 號表及第 2 號表参照) 底部横桁材は之を兩端に於て單に支へられたる直梁と假定し、撓曲係數の値を 8 とし、又材料の常用應力を毎平方吋 7.56 噸*と假定し、許容荷重に相當する水高を計算するに第 3 號表に示すが如く、小なる舢に在りては満載吃水の約 $\frac{1}{2}$ 、大なる舢に在りては満載吃水の約 $\frac{1}{3}$ にして、舢の大小に應じ満載吃水の $\frac{1}{2}$ と $\frac{1}{3}$ との間に在りて大體空艙吃水を標準とせるものゝ如し。

船が平水に浮べるとき底部横桁材に働く荷重に就き考ふるに、艙内に貨物を積載せる場合に於ては荷重の量は原則として常に吃水に基く水高壓力よりも小なるのみならず絶えず變動すべし。船が満載

* 昭和 3 年萬國工業大會に提出したる拙稿 “On the Scantling of Hull Materials of Rolled Steel” 参照

状態に在る場合には、荷重の量は或る程度迄一定するも貨物の性質に因り必らずしも不變ならず。之に反し船が空艙状態に在る場合には、船體重量の影響は暫く之を度外に措けば横桁材に働く荷重は原則として常に吃水に基く水高壓力に等しく且つ一定なるべし。故に空艙吃水を以て底部横桁材の強さを定むる標準水高と爲すは極めて合理的の假定なりと信ず。

現存船に於ける實蹟に鑑み尙又船級協會規則の規定に徴すれば、一般の航洋船に在りても底部横桁材の船の中心線に於ける強さは舳の底部横桁材に對する上記標準に基き之を定め差支なきものにして約言すれば次のものとなる。

底部横桁材の船の中心線に於ける截面抵抗率の値は截面一定にして船の型幅に等しき長を有し兩端に於て單に支へられたる直梁が船の空艙吃水に等しき水高壓荷重を受くる場合に必要とする截面抵抗率の値よりも小なるべからず。

今 d_t を以て龍骨の上面より測りたる空艙吃水 m を表し其他の記號及略號は既記のものを用ふれば、上記標準は下式に依り表すことを得

$$\begin{aligned}\frac{I}{y} &= \frac{s \times d_t \times B^2}{35 \times 8 \times p} \\ &= \frac{.00357 s \cdot d_t \cdot B^2}{p} \dots \dots \dots (2A)\end{aligned}$$

上式を一般化する目的を以て現存の汽船及發動機船に就き空艙吃水を調査するに船の大きさ、船型、船齡等の相違に因り甚しき差違を生ずるは勿論のことにして殊に極小形船及旅客船等に在りては到底大體の見當さへも付け難き状態なるが、總噸數凡そ千噸以上の貨物船に在りては平均空艙吃水は大體に於て船の長小なるときは満載吃水の $\frac{1}{2.5}$ 、船の長大なるときは満載吃水の $\frac{1}{3.5}$ 、尙詳説すれば船の長と深との割合に依りて變ずるも大體に於て $\frac{1}{L}$ 但し $\frac{1}{3.5}$ より小なることなし。仍て大形船に對しては稍過大となるも船尾 trim を考慮し空艙吃水の一般値として満載吃水の $\frac{1}{2.5}$ を採ることゝす。即ち總噸數凡そ千噸以上の汽船及發動機船に在りては底部横桁材に働く最大荷重は満載吃水の $\frac{1}{2.5}$ に相當する水高壓力となる。既記の如く水高に $.7D$ より小ならざる條件* を附加し d_t の代りに $\frac{h}{2.5}$ を用ふれば (2A) 式は次のものとなる。

$$\begin{aligned}\frac{I}{y} &= \frac{.00357 s \cdot h \cdot B^2}{2.5 \times p} \\ &= \frac{.00143 s \cdot h \cdot B^2}{p} \dots \dots \dots (2B)\end{aligned}$$

(2B) 式と (1) 式とは實質に於て同一と看做し得べきものなり。

實蹟に徴すれば底部横桁材は、單底構造なると二重底構造なるとを問はず又横截面が一定なるや否

* 拙著「鋼船構造論」54 頁參照

や、rise of floor の有無及船側に於ける肘板の有無を問はず、船の中心線に於て (2A) 式 [又は (2B) 式] に依り計算したるものより小ならざる截面抵抗率を具ふることを要するものなり。

横強力隔壁（又は特設底部横桁材）の間隔

茲に間隔と稱するは横強力隔壁間の距離、船の長の方向に於ける特設底部横桁材の長の中央間の距離又は横強力隔壁と特設底部横桁材の長の中央間の距離を謂ひ $X_{\text{横}}$ を以て之を示す。以下 X を底部縦桁材の長と稱することあり。

横強力隔壁（又は特設底部横桁材）の部分に於ては横の方向に於ける底部構造の deflection は實質的に零に等しきものと假定す。

1. 單 底 構 造

A. 特殊構造の船（主として平水を航行する舢舨及類似の船）

B.V. の河川及内海に使用する鋼船の構造規則に依れば 貨艙には肋骨心距の 12 倍以内の間隔に肋板、特設肋骨（小形船に在りては副肋材を附して代ふ）及特設梁より成る強固なる特設横材枠（横強力隔壁に相當す）を設くべきことを規定し尙 39 呎乃至 49 呎の間隔に仕切隔壁（水密なるを要せず）を設くべきことを勧告せり。上記規則は底部構造に關し實體肋板を肋骨毎に設くる場合に於て

(1) 船の幅小なるときは船の中心線の各側に於て肋板の上縁即ち副肋材の上面に 1 條宛の二重山形材より成る簡單なる内龍骨を取附くること。

(2) 船の幅稍大なるときは船の中心線及其各側に 1 條宛 (1) に於けると同様の内龍骨を取附くること。

(3) 船の幅更に大なるときは船の中心線に斷切板を有する内龍骨を又中心線の各側に 1 條宛 (1) に於けると同様の内龍骨を取附くること。

(4) 船の幅著しく大なるときは船の中心線の各側に 1 條宛斷切板を有する内龍骨を又中心線及斷切板側内龍骨の外側に 1 條宛 (1) に於けると同様の内龍骨を取附くること。

を規定し尙

(5) 斷切板を有する内龍骨の代りに

(イ) 同一效力の二重山形材より成る簡單なる内龍骨を取附くること。

(ロ) 肋板に附する副肋材を二重とすること。

の何れかを採用し得ることとせり。

私見を以てすれば上記 (1) 乃至 (4) に記せる肋板の上縁に取附くる簡單なる内龍骨は主として横桁材の上縁の撓動を防止し、併せて横桁材の deflection を制限する目的を以て之を設け、又 (3) 及 (4) に記せる斷切板内龍骨は主として横桁材の deflection を直接に制限する目的を以て之を設くるものと解せらる。

上記規則に於ては單底構造の場合に skeleton floor を設けることを許し下記の構造を規定す。

(1) 肋骨 1 本置きに實體肋板を設くるときは肋板の深を 20% 増し内龍骨は實體肋板の間に斷切板を有するものとし又 skeleton floor の正副肋材は内龍骨の斷切板を貫通せしめ豎山形材を以て之に取附くこと。

(2) 肋骨 2 本置きに實體肋板を設くるときは實體肋板は内龍骨の間に斷切構造とし其の深を適當に増し又内龍骨は貫通板を有するものとし skeleton floor の正副肋材は内龍骨板を貫通せしめ豎山形材を以て之に取附くこと。

第 1 號表中船番號 3 の舢に於て skeleton floor を用ひたる場合の底部縱橫桁材を構成する諸材の寸法等を第 4 號表に掲ぐ。

Skeleton floor を用ふる場合に於ける縱桁材の主たる使命が橫桁材の deflection を制限するに在ることは明かなるべし。

特設橫材枠が底部縱桁材を通し橫桁材の deflection に及ぼす影響を第 1 號表中の船番號 3 の舢に就き數字的に考察せんとす。(第 1 圖及第 4 號表参照)

(1) 肋骨毎に實體肋板を取附く場合。

(イ) 底部橫桁材の deflection は副肋材が單一にして斷切板内龍骨を併用する場合には縱桁材の強さ及長に依りて變動するも、副肋材が二重なる場合には一定なり。故に後者の場合に於ける deflection を先づ計算し其の他の場合に於ける對照の便宜と爲さんとす。

底部橫桁材を兩端に於て單に支へられたる梁と假定し且つ側内龍骨及梁柱の影響を無視し船の中心線に於ける deflection を一般公式 $\delta = \frac{5}{384} \times \frac{Wl^3}{EI}$ に依りて計算すれば次の如し。

$$\begin{aligned}\delta_{f.a.c.} &= \frac{5}{384E \times 97} \times \frac{20}{12} \times 6.50 \times .9 \times \frac{1}{2.97} \times \frac{1}{35} \times 23.50^4 \times 12^2 \\ &= \frac{1}{E} \times 553 \dots \dots \dots (3)\end{aligned}$$

但し

$\delta_{f.a.c.}$: 所要の deflection $\frac{W_c}{E_c}$

$\frac{20}{12} \times 6.50 \times .9 \times \frac{1}{2.97} \times \frac{1}{35} (= .0938)$: 幅 1 肋骨心距、長 1 呎なる面積に對する荷重(橫

桁材の強さに相當する第 3 號所掲の水高を用ふ)。

(ロ) 副肋材が單一なる底部橫桁材か中心線縱桁材に依りて $W_c \frac{W_c}{E_c}$ なる reaction 換言すれば抵抗を與へらるゝものと假定すれば、船の中心線に於ける deflection $\delta_{f.s.c.} \frac{W_c}{E_c}$ は(側内龍骨及梁柱の影響を無視し) 次の如し。

$$\delta_{f.s.c.} = \left(\frac{5}{384E \times 68} \times .0938 \times 23.50^4 - \frac{1}{48E \times 68} \times W_c \times 23.50^3 \right) \times 12^2$$

$$= \frac{1}{E} (787 - 572 W_c) \dots \dots \dots (4)$$

(ハ) 底部縦横桁材は deflection の量を異にする関係上兩者の間に reaction を生ず、而して其の量は縦桁材の端部に於て最大にして中央部に於て最小なり。此の reaction 即ち (ロ) の W_c の量を肋骨毎に正確に計算することは極めて難事なるを以て、縦桁材の端部より中央部迄直線狀に變ずるものと假定す。(第 2 圖参照)

第 2 圖

縦桁材の端部即ち問題の解に於ては特設横材枠の直近に於ける横桁材の船の中心線に於ける deflection 即ち (4) 式に依る $\delta_{f.s.c.}$ が零に等しきものと假定し、且つ縦桁材に依りて與へらるゝ抵抗を $W_{c.e.}$ にて表はせば $W_{c.e.}$ の値は次の如し。

$$W_{c.e.} = \frac{5}{8} \times .0938 \times 23.50$$

$$= 1.377$$

中心線縦桁材を兩端に於て固定せられたる梁と假定すれば其の長の中央に於ける deflection $\delta_{c.g.}$ の概略値は次の如し。

$$\delta_{c.g.} = \frac{1}{320s} \times \frac{1}{EI} \times X^4 \times (3W_{c.e.} + 7W_c) \times 12^2 \dots \dots \dots (5)$$

上式に $s=20$, $I=209$, $W_{c.e.}=1.377$ を入るれば

$$\delta_{c.g.} = \frac{1}{E} \times .000754 \times (.59 + W_c) \times X^4 \dots \dots \dots (6)$$

中心線縦桁材の長の中央に於ける deflection と該箇所における横桁材の deflection とを等しからしむる爲めには (4) 式に依る $\delta_{f.s.c.}$ と (6) 式に依る $\delta_{c.g.}$ とが等しきことを要す。故に

$$W_c = \frac{1.376 - .000000777X^4}{1 + .000001318X^4} \dots \dots \dots (7)$$

$$X=16.67 \text{ するとき } W_c=1.196, \delta_{f.s.c.}=\delta_{c.g.}=\frac{1}{E} \times 103$$

此の場合に於ける中心線縦桁材の固定撓力率 (fixing moment) の概略値は次の算式に依りて表はさる。

$$M_0 = \frac{X^2}{8s} (3W_{c.e.} + 5W_c) \dots\dots\dots (8)$$

但し

M_0 : 固定撓力率

s : 肋骨心距

上式に $X=16.67$, $W_{c.e.}=1.377$, $W_c=1.196$, $s=20$ を入るれば $M_0=17.6$ なり。中心線縦桁材の截面抵抗率は 30.9 なるを以て該材に於ける最大應力^{每平方吋に於て}は $\frac{17.6 \times 12}{30.9} = 6.84$ なり。

(=) (ハ) に於ける X の値小なるは横桁材を兩端に於て單に支へらるゝものと假定し又中心線縦桁材を兩端に於て固定せられたる理論的の梁と假定し、側内龍骨及梁柱の影響を無視したるに因る。

底部横桁材が兩端に於て固定せらるゝものと假定すれば $\delta_{f.s.c.}$, $W_{c.e.}$ 其他の値は次の如く變ず。

$$\begin{aligned} \delta_{f.s.c.} &= \left(\frac{1}{384E \times 68} \times .0938 \times 23.50^4 - \frac{1}{192E \times 68} \times W_c \times 23.50^3 \right) \times 12^3 \\ &= \frac{1}{E} (158 - 143 W_c) \dots\dots\dots (4') \end{aligned}$$

$$W_{c.e.} = \frac{1}{2} \times .0938 \times 23.50$$

$$= 1.102$$

$$\delta_{c.g.} = \frac{1}{E} \times .000754 \times (.47 + W_c) \times X^4 \dots\dots\dots (6')$$

$$W_c = \frac{1.102 - .00000248X^4}{1 + .00000528X^4}$$

$X=25$ なるとき $W_c=.033$, $\delta_{f.s.c.}=\delta_{c.g.}=\frac{1}{E} \times 148$, $M_0=18$ にして中心線縦桁材に於ける最大應力は 7 なり。 X が 25 よりも大なるときは W_c の値は負となる。

上記の場合に於て中心線縦桁材の固定方法に關し或る程度の constraint を見込み尙側内龍骨及梁柱の影響を考慮すれば X の値は更に増大し得べきものと認めらる。

以上の計算及 (ハ) の計算とより判するに X の許容最大値は約 20 即ち肋骨心距の 12 倍なることを推定し得べし。

(2) 肋骨 1 本置きに實體肋板を設け skeleton floor を用ふる場合 (底部縦桁材は中心線及兩側の 3 箇とす)。

引用したる舳に於て中心線縦桁材と側縦桁材との間、側縦桁材と船側との間の距離の割合を 2.5:2 (第 1 圖参照) とし、實體肋板の深は 20% を増すことと定む、

中心線縦桁材及側縦桁材に依りて横桁材に與へらるゝ reaction 即ち抵抗を夫々 $W_{c.g.}$, $W_{s.g.}$ とし、中心線及側縦桁材に於ける skeleton floor の reaction を夫々 $W_{c.f.}$, $W_{s.f.}$ とし何れも噸にて測る。

然るときは底部縦桁材の長の中央に於ける横桁材の側縦桁材に於ける deflection $\delta_{g.a.s.}$ 及中心線縦桁材に於ける deflection $\delta_{g.a.c.}$ は(梁柱の影響を無視し)次の算式に依りて計算することを得。

$$\begin{aligned}\delta_{g.a.s.} &= \left[\frac{1}{24E \times 102} \times .0938 \times 23.50^4 \times \frac{2}{9} \times \left(1 - \frac{2}{9}\right) \left\{ 1 + \frac{2}{9} \times \left(1 - \frac{2}{9}\right) \right\} \right. \\ &\quad - \frac{1}{6E \times 102} \times W_{s.g.} \times 23.50^3 \times \left(\frac{2}{9}\right)^2 \times \left(3 - 4 \times \frac{2}{9}\right) - \frac{1}{48E \times 102} \times W_{c.g.} \\ &\quad \times 23.50^3 \times \left(\frac{2}{9}\right)^2 \times \left\{ 3 - 4 \times \left(\frac{2}{9}\right)^2 \right\} \left. \right] \times 12^2 \\ &= \frac{1}{384E \times 102} \times 23.50^3 \times (2.204 \times 3.242 - 6.672 W_{s.g.} - 4.982 \\ &\quad \times W_{c.g.}) \times 12^2 \dots\dots\dots (9)\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\delta_{g.a.c.} &= \left[\frac{5}{384E \times 102} \times .0938 \times 23.50^4 - \frac{1}{24E \times 102} \times W_{s.g.} \times 23.50^3 \times \frac{2}{9} \right. \\ &\quad \times \left\{ 3 - 4 \times \left(\frac{2}{9}\right)^2 \right\} - \frac{1}{48E \times 102} \times W_{c.g.} \times 23.50^3 \left. \right] \times 12^2 \\ &= \frac{1}{384E \times 102} \times 23.50^3 \times (2.204 \times 5 - 9.964 W_{s.g.} - 8 W_{c.g.}) \times 12^2 \dots\dots\dots (10)\end{aligned}$$

(1) の (ハ) に於けると同じく縦桁材の端即ち特設横材枠に最近き横桁材の中心線及側縦桁材の線に於ける deflection 即ち (9) 式及 (10) 式に依る $\delta_{g.a.s.}$ 及 $\delta_{g.a.c.}$ が零に等しきものと假定し、且つ縦桁材に依りて與へらるゝ抵抗を夫々 $W_{s.g.e.}$, $W_{c.g.e.}$ にて表はせば次の式を得。

$$7.145 - 6.672 W_{s.g.e.} - 4.982 W_{c.g.e.} = 0$$

$$11.02 - 9.964 W_{s.g.e.} - 8 W_{c.g.e.} = 0$$

故に

$$W_{s.g.e.} = .620, \quad W_{c.g.e.} = .604$$

底部縦桁材の長の中央に於ける該材の deflection $\delta_{c.f.}$ の概略値は (5) 式を準用すれば次の如し、

側縦桁材

$$\delta_{a.s.k.} = \frac{1}{320s} \times \frac{1}{EI} \times X^4 \times \left\{ 3 \times \frac{1}{2} (W_{s.g.e.} + W_{s.f.}) + 7 \times \frac{1}{2} (W_{s.g.} + W_{s.r.}) \right\} \times 12^2 \dots (11)$$

中心線縦桁材

$$\delta_{a.c.k.} = \frac{1}{320s} \times \frac{1}{EI} \times X^4 \times \left\{ 3 \times \frac{1}{2} (W_{c.g.e.} + W_{c.f.}) + 7 \times \frac{1}{2} (W_{c.g.} + W_{c.s.}) \right\} \times 12^2 \dots (12)$$

上記 2 式に $s=20$, $I=282$, $W_{s.f.}=.0938 \times 23.50 \times \frac{2+2.50}{2 \times 9}=.551$, $W_{c.f.}=.0938 \times 23.50 \times \frac{2.50}{9}=.612$ 及 $W_{s.g.e.}$ 並 $W_{c.g.e.}$ の上記の値を入れるれば

$$\delta_{a.s.k.}=\frac{1}{E} \times .000279(W_{s.g.}+1.053) \times X^4 \dots\dots\dots(11')$$

$$\delta_{a.c.k.}=\frac{1}{E} \times .000279(W_{c.g.}+1.133) \times X^4 \dots\dots\dots(12')$$

縦桁材の長の中央に於ける横桁材の縦桁材の線に於ける deflection を夫々の縦桁材の deflection に等しからしむる爲めには次の関係を必要とす。

$$\delta_{g.a.s.}=\delta_{a.s.k.}, \quad \delta_{g.a.c.}=\delta_{a.c.k.}$$

故に

$$\begin{aligned} &4.982 W_{c.g.} + \left(6.672 + .000279 \times \frac{384 \times 102}{12^2} \times \frac{X^4}{23.50^3}\right) W_{s.g.} + 1.053 \times .000279 \\ &\quad \times \frac{384 \times 102}{12^2} \times \frac{X^4}{23.50^3} - 7.145 = 0 \\ &\left(8 + .000279 \times \frac{384 \times 102}{12^2} \times \frac{X^4}{23.50^3}\right) W_{c.g.} + 9.964 W_{s.g.} + 1.133 \times .000279 \\ &\quad \times \frac{384 \times 102}{12^2} \times \frac{X^4}{23.50^3} - 11.02 = 0 \end{aligned}$$

故に

$$\begin{aligned} &W_{c.g.} + \left(1.338 + .01522 \times \frac{X^4}{23.50^3}\right) W_{s.g.} + .01604 \times \frac{X^4}{23.50^3} - 1.434 = 0 \\ &W_{c.g.} + \frac{1.246}{1 + .00948 \times \frac{X^4}{23.50^3}} W_{s.g.} + \frac{.01075 \times \frac{X^4}{23.50^3} - 1.377}{1 + .00948 \times \frac{X^4}{23.50^3}} = 0 \end{aligned}$$

今 $X=20$ と置けば $\frac{X^4}{23.50^3}=12.32$ 、故に

$$W_{s.g.}=.299, \quad W_{c.g.}=.780$$

にして deflection の量は次の如し。

$$\delta_{g.a.s.}=\delta_{a.s.k.}=\frac{1}{E} \times 60, \quad \delta_{g.a.c.}=\delta_{a.c.k.}=\frac{1}{E} \times 85$$

縦桁材の長の中央に於ける底部横桁材に働く撓力率 M は船の中心線に於て

$$M=\frac{1}{8} \times .0938 \times 23.50^2 - \left(\frac{2}{9} W_{s.g.} + \frac{1}{4} W_{c.g.}\right) \times 23.50 \dots\dots\dots(13)$$

なるを以て上式に $W_{s.g.}$ 及 $W_{c.g.}$ の値を入れるときは

$$M = 6.48 - 5.90 = .58$$

にして横桁材の截面抵抗率は 14.2 なるを以て船の中心線に於ける應力 $p_{\text{船中}}$ は $\frac{.58 \times 12}{14.2} = .49$ なり。

底部縦桁材に於ける最大撓力率 M_0 の概略値は (8) 式を準用し次の算式に依り計算することを得。

$$M_0 = \frac{X^2}{8s} \times \left\{ 3 \times \frac{1}{2} (W_{c.g.e.} + W_{c.f.}) + 5 \times \frac{1}{2} (W_{c.g.} + W_{c.f.}) \right\} \dots\dots\dots (8')$$

但し上式は中心線縦桁材に對するものとす。

(8') 式に X , $W_{c.g.e.}$ 其他の値を入れ計算すれば

種別	中心線縦桁材	側縦桁材
M_0	13.25	9.71

上式の撓力率に對する縦桁材の應力 $p_{\text{船中}}$ は次の如し。

種別	中心線縦桁材	側縦桁材
p	4.37	3.20

計算の結果に就て見れば X の値は尙大ならしめ得べき餘地を存するも、以上の計算に用ひたる縦桁材の惰率及截面抵抗率には斷切板を貫通板と同様に取扱い算入しあるを以て縦桁材が斷切構造なること且つ實體肋板に附したる正副肋材及 skeleton floor の正副肋材に對する slot を有する點を考慮すれば、 $X=20$ 即ち肋骨心距の 12 倍毎に強固なる横材枠を設くることの至當なるを認め得べし。

(3) 肋骨 2 本置きに實體肋板を設け skeleton floor を用ふる場合。

本號の場合に於ても (2) の場合に於けると同様の方法に依り X の値を計算し得べし。煩を恐れ此處には該計算を省略す。

B. 普通構造の船

A に於ては截面一定なる底部横桁材を有する船の底部構造に就きて述べたるが、以下截面一定ならざる横桁材を有する一般船舶の底部構造に就きて考察せんとす。

假定船の重要寸法、關係主要構造材の寸法等の詳細は第 5 號表及第 6 號表に示す。假定船の横截面は大體方形にして rise of floor を有す。實體肋板の實際の形狀輪廓は第 3 圖及第 5 圖に示すが如くなるも、deflection の考察に當りては底部横桁材の中性軸は一直線を爲すものと假定す。従つて實體肋板の形狀は第 4 圖に示すが如く、船の中心線に頂點を有し少しく内方に凹みたる上下縁を有する菱形のものとなる。

(1) 實體肋板が肋骨毎に取付けられ船側に於て肘板を有せざる場合即ち兩端に於て單に支へらるる場合。(第 4 圖参照)

第 4 圖

側内龍骨は船の幅の $\frac{1}{6}$ 及 $\frac{1}{3}$ の箇所に設くるものとす。底部横桁材自身の構造の相違及底部縦桁材の有無に依り場合を分ち横桁材の deflection を調査するに

(イ) 横桁材が其全長を通じて船の中心線に於ける横断面の形状及寸法を保ち且副肋材が二重にして縦桁材の設けなきものと假定したる場合。

一般公式 $\delta = \frac{Wx(l-x)}{24EI} \{l^2 + x(l-x)\}$ に依り計算したる deflection の量は第 7 號表 1 の欄に示すが如し。

(ロ) 横桁材の形状及寸法が第 6 號表所掲のものにして唯縦桁材の設けなしと假定したる場合。

一般基本公式 $\delta = \int \int \frac{1}{EI} M dx dx$ に依り Simpson' rule を用ひ計算したる deflection の量は第 7 號表 2 の欄に示すが如し。

(ハ) (ロ) の横桁材と共に第 5 號表所掲の寸法を有する縦桁材を設くる場合。

縦桁材の長の中央に於ける横桁材に就き縦桁材に依りて與へらるゝ reaction 即ち抵抗 R_c を次の如く名付く。

中心線縦桁材に依るもの

W_c

第 1 側縦桁材 (船の中心線より $\frac{1}{6}B$ に相當する箇所即ち $\frac{2}{3}$ 截斷點に於けるもの) に依るもの

$W_{s.1.}$

第 2 側縦桁材 (同上 $\frac{1}{3}B$ に相當する箇所即ち $\frac{1}{3}$ 截斷に於けるもの) に依るもの

$W_{s.2.}$

上記の横桁材に $W_c, W_{s.1.}, W_{s.2.}$ なる荷重のみが夫々縦桁材の線に働くものと假定し、横桁材の deflection $\delta_{\frac{1}{3}}, \delta_{\frac{2}{3}}$ 及 δ_0 に於て述べたる基本公式に依りて計算すれば次の如し。

$\frac{1}{3}$ 截斷點に於て

$$\begin{aligned}\delta_{\frac{1}{3}} &= \frac{1}{2592E \times 3012} \times 40^3 \times (67.52 W_{s.2.} + 98.04 W_{s.1.} + 63.81 W_c) \times 12^2 \\ &= \frac{1}{E} \times 75.35 \times (1.057 W_{s.2.} + 1.537 W_{s.1.} + W_c) \dots \dots \dots (14)\end{aligned}$$

$\frac{2}{3}$ 截斷點に於て

$$\begin{aligned}\delta_{\frac{2}{3}} &= \frac{1}{2592E \times 3012} \times 40^3 \times (96.03 W_{s.2.} + 148.73 W_{s.1.} + 96.52 W_c) \times 12^2 \\ &= \frac{1}{E} \times 114.00 \times (.995 W_{s.2.} + 1.541 W_{s.1.} + W_c) \dots \dots \dots (15)\end{aligned}$$

船の中心線に於て

$$\begin{aligned}\delta_0 &= \frac{1}{2592E \times 3012} \times 40^3 \times (103.18 W_{s.2.} + 165.01 W_{s.1.} + 105.40 W_c) \times 12^2 \\ &= \frac{1}{E} \times 124.50 \times (.979 W_{s.2.} + 1.566 W_{s.1.} + W_c) \dots \dots \dots (16)\end{aligned}$$

次に常態に復し一般荷重と共に $W_c, W_{s.1.}, W_{s.2.}$ が横桁材に働くものとすれば、横桁材の deflection の量は (ロ) に於て述べたるものより上記の量を減じたるものとなるべし (第 2 號表参照)、即ち

$\frac{1}{3}$ 截斷點に於て

$$\delta'_{\frac{1}{3}} = \frac{1}{E} \times 777 - \delta_{\frac{1}{3}} \dots \dots \dots (17)$$

$\frac{2}{3}$ 截斷點に於て

$$\delta'_{\frac{2}{3}} = \frac{1}{E} \times 1210 - \delta_{\frac{2}{3}} \dots \dots \dots (18)$$

船の中心線に於て

$$\delta_0' = \frac{1}{E} \times 1328 - \delta_0 \dots\dots\dots (19)$$

縦桁材の端部に於ける横桁材の deflection 即ち上記の $\delta_{\frac{1}{3}}'$, $\delta_{\frac{2}{3}}'$ 及 δ_0' が零に等しきものと假定し、且つ夫々の縦桁材に依りて與へらるゝ抵抗を $W_{s.2.e}$, $W_{s.1.e}$ 及 $W_{c.e}$ と名付くれば其値は次の如し。

$$W_{c.e} = 17.27, \quad W_{s.1.e} = -1.14, \quad W_{s.2.e} = -4.91$$

底部縦桁材を兩端に於て固定せられたる直梁と假定し又荷重が端部に於て $W_{c.e}$, $W_{s.1.e}$, $W_{s.2.e}$ より中央部に於ける W_c , $W_{s.1}$, $W_{s.2}$ に直線狀に變ずるものと假定すれば、各縦桁材の長の中央に於ける deflection $\delta_{\frac{1}{2}}$ の概略値は次の如し。[(5) 式参照]

船の中心線より第2の縦桁材

$$\begin{aligned} \delta_{s.2.g} &= \frac{1}{E} \times X^4 \times \frac{1}{320 \times 24.75 \times 1410} \times \{3 \times (-4.91) + 7 W_{s.2}\} \times 12^2 \\ &= \frac{1}{E} \times X^4 \times (-14.73 + 7 W_{s.2}) \times .0000129 \dots\dots\dots (20) \end{aligned}$$

船の中心線より第1の縦桁材

$$\begin{aligned} \delta_{s.1.g} &= \frac{1}{E} \times X^4 \times \frac{1}{320 \times 24.75 \times 2686} \times \{3 \times (-1.14) + 7 W_{s.1}\} \times 12^2 \\ &= \frac{1}{E} \times X^4 \times (-3.42 + 7 W_{s.1}) \times .00000677 \dots\dots\dots (21) \end{aligned}$$

中心線縦桁材

$$\begin{aligned} \delta_{c.g} &= \frac{1}{E} \times X^4 \times \frac{1}{320 \times 20 \times 11584} \times (3 \times 17.27 + 7 W_c) \times 12^2 \\ &= \frac{1}{E} \times X^4 \times (51.81 + 7 W_c) \times .00000157 \dots\dots\dots (22) \end{aligned}$$

底部縦桁材の長の中央に於ける底部横桁材の $\frac{1}{3}$ 截斷點, $\frac{2}{3}$ 截斷點及船の中心線に於ける deflection の量と側縦桁材及中心線縦桁材の長の中央に於ける deflection の量とを夫々等しからしむる爲めには次の關係を必要とす。

$$\delta'_{\frac{1}{3}} = \delta_{s.2.g}, \quad \delta'_{\frac{2}{3}} = \delta_{s.1.g}, \quad \delta_0' = \delta_{c.g}$$

仍て

$$W_c + 1.537 W_{s.1} + (1.057 + .0000012 X^4) W_{s.2} = 10.32 + .00000252 X^4 \dots\dots\dots (23)$$

$$W_c + (1.541 + .00000042 X^4) W_{s.1} + .995 W_{s.2} = 10.62 + .0000002 X^4 \dots\dots\dots (24)$$

$$(1 + .00000088 X^4) W_c + 1.566 W_{s.1} + .979 W_{s.2} = 10.67 + .00000065 X^4 \dots\dots\dots (25)$$

$X=33$ (肋骨心距の 16 倍) になるとき

$$W_c=2.62, \quad W_{s,1}=3.03, \quad W_{s,2}=1.48$$

にして deflection の量は第 7 號表 3 の欄に示すが如し。

(8) 式に依り底部縦桁材に於ける固定撓力率 M_0 を計算し、之に依り該材に於ける應力 $p_{\text{端に於ける}}$ を計算すれば次の如し。

種別	第 2 側縦桁材	第 1 側縦桁材	中心線縦桁材
M_0	-8	65	326
p	1	5	7

$A-(1)-(=)$ に於けると同じく底部横桁材の兩端に於ける支持の効果及梁柱の影響を考慮するとき X の値は多少増大し得べき餘地を存す。

以上の考察に依り横強力隔壁又は特設底部横桁材の間隔には相當の制限を附する必要があることを認め得べし。

第 5 圖

(2) (1) の實體肋板の兩端船側に $\frac{3}{16}B$ (普通の寸法より稍大なり) に等しき幅の肘板を取付け且つ船の中心線及之と肘板の内端との中央に縦桁材を設くる場合。(第 5 圖参照)

底部横桁材が肘板の内端に於て固定せられ且つ縦桁材の設けなきものとして固定撓力率を計算するに、支點間の長に對する全荷重に對し撓曲係数は約 14.2 なり。船の中心線及中心線と支點との距離の中央 (側縦桁材の線) に於ける deflection の量は夫々 $\frac{1}{E} \times 49$ 及 $\frac{1}{E} \times 27$ なるを以て、此の場合には船體の横強力の見地よりは底部縦桁材を設くることを要せざるものなり。則ち横強力隔壁又は特設底部横桁材の間隔の調整は相當の大さの肘板に依りて代行せられ得べきものなり。

2. 二重底構造

I. 基礎條件 (第 6 圖及第 7 圖参照)

- (1) 船體の横截面の形狀は彎曲部を有し rise of floor を有せざるものとす。
- (2) 二重底縁板は船の中心線より船の幅の .42 に相當する箇所に略垂直に設けられ、有效なる外側肘板及適當に配置せられたる gusset angle 等に依り船側に結合せらるゝものとす。
- (3) 斷切側桁板は各側に於て中心線桁板と縁板との中央に設けらるゝものとす。
- (4) 實體肋板は肋骨 n 本置きに取附けらる。横強力隔壁又は特設底部横桁材の間隔は原則として實體肋板の間隔の N 倍とす。
- (5) 單底構造の場合に於ては底部構造は交叉する獨自の縦横桁材より成るものとし、兩桁材間に

第 6 圖

第 7 圖

於ける reaction は縦桁材の端部に於て最大にして中央部に於て最小なるべきものと假定したるが、二重底構造の場合に於ては底部は主として外板及内底板より成る単一の構造物にして縦横桁材が独自の deflection を生ずるものとは想像し難きを以て、縦横桁材間に於ける reaction は實體肋板なるか skeleton floor なるかに依りて相違するのみにして一々の實體肋板又は skeleton floor に依りては相違せざるものと假定す。

(6) 中心線縦桁材の惰率及截面抵抗率には平板龍骨、中心線桁板及頂板並附屬の縦通山形材を算入す。側縦桁材及横桁材の惰率及截面抵抗率は幅は 1 肋骨心距に等しく厚は普通頂板の厚に等しき上下邊を有する同一形状の桁材の惰率及截面抵抗率に等しきものと假定す。web たる斷切板及實體肋板、其上下取附山形材（横桁材の場合には正副肋材を謂ふ）は之を算入せず。

(7) 以下用ふる記號及略號の意義は次の如し。

L : 船の満載吃水線に於ける長

B : 船の型幅

D : 船の型深

- d : 龍骨の上面より測りたる満載吃水及 $.7D$ の中大なるもの
 h : 二重底の高
 $I_{c.g.}$: 底部中心線縦桁材の横截面の中性軸に対する惰率
 $I_{s.g.}$: 底部側縦桁材の横截面の中性軸に対する惰率
 $I_{fl.}$: 底部横桁材の横截面の中性軸に対する惰率
 R : 底部横桁材の両端支點に於ける reaction
 $R_{c.g.}$: 中心線縦桁材の截面抵抗率
 $R_{s.g.}$: 側縦桁材の截面抵抗率
 $R_{fl.}$: 横桁材の截面抵抗率
 M : 横桁材の中性軸上任意の點に於ける撓力率
 M_0 : 同じく兩端に於ける固定撓力率
 l : 實體肋板の間隔、 $l = \frac{1}{12}s(n+1)$
 l_t : 横桁材の兩端支點間の距離、 $l_t = .84B$
 s : 肋骨心距
 X : 横強力隔壁又は特設底部横桁材の間隔、原則として $X = \frac{1}{12}s(n+1)N = Nl$
 n : 實體肋板間に於ける skeleton floor の數
 N : 常數 (既出)
 w : 横桁材の長 1 呎毎の荷重、 $w = \frac{s}{12} \times d \times \frac{1}{2.5} \times \frac{1}{35} = .000925 sd$
 $w_{c.g.}$: 中心線縦桁材に依りて支へらるゝ長 1 呎毎の荷重にして skeleton floor の reaction に對する抵抗となる
 $w_{s.g.}$: 側縦桁材に依りて支へらるゝ長 1 呎毎の荷重にして skeleton floor の reaction に對する抵抗となる
 W_c : 船の中心線に於て横桁材に働く荷重にして次の如し、

$$W_c = \frac{1}{4}wl_n - w_{c.g.} \times \frac{s}{12}(n+1)$$

W_s : 側縦桁材の線に於て横桁材に働く荷重にして次の如し、

$$W_s = \frac{1}{4}wl_n - w_{s.g.} \times \frac{s}{12}(n+1)$$

u_1, u_2, u_3, v : 係數 [(8) に於て詳説す]

L, B, D, d, l_t 及 X は呎を、 s は吋を、 $w, w_{c.g.}$ 及 $w_{s.g.}$ は毎呎噸を、 M 及 M_0 は呎噸を、 R は噸を、惰率は吋の 4 乗を、截面抵抗率は吋の 3 乗を單位とす。

(8) $I_{c.g.} = u_1 h^2$, $I_{s.g.} = I_{fl.} = u_2 h^2$, $R_{c.g.} = u_3 h$, $R_{s.g.} = R_{fl.} = 2u_2 h$, $v = \frac{u_2}{u_1}$ と置けば長、幅及深の割合、形狀及構造とも普通なる船に在りては大體

$$u_1 = 4.50 \frac{L}{100}, u_2 = 1.45 \frac{L}{100}, v = .31$$

$$u_3 = 6.46 \frac{L}{100} + 4.20 \text{ 但し } L \leq 380 \text{ するとき}$$

$$u_3 = 6.67 \left(\frac{L}{100} + 1 \right) \text{ 但し } L > 380 \text{ するとき}$$

に近し。上部の邊 (upper flange) の寸法と下部の邊 (lower flange) の寸法とが相違する桁材に於て、上下邊の寸法を一定に保ち桁深 (girder-depth) を増減せしむるときは、桁材横断面の惰率及截面抵抗率は増減す。而して其増減は決して桁深の増減に直線的に比例するものに非らず (第 6 號表所掲の例参照) して、上記の u_3 の値は h の値の増大に伴ひ若干程度の増加を生ずるものなり。然れども以下の計算に於ては便宜上 h の増減の程度著しからざる限り、 u_3 の値は一定なるものと仮定す。

(9) 底部横桁材は兩端即ち二重底縁板の線に於て固定せられたるものと仮定す。

(10) 第 8 圖は底部横桁材に於ける荷重の配置及撓力率を示す略圖 (方向は實際とは反對なり) とす。以下撓力率及 deflection を計算する場合には同圖に於ける横桁材の左端を原點とし x を測る。

第 8 圖

II. 底部縦横桁材に於ける撓力率及 deflection.

(1) 底部横桁材

(イ) $0 - \frac{1}{4} l_x$ の間に於ける M

$$M = M_0 + Rx - \frac{1}{2} wx^2$$

然るに

$$-R = \frac{1}{2}wl_t + \frac{1}{2}W_c + W_s \dots\dots\dots (26)$$

なるを以て

$$M = M_0 + \frac{1}{2}w(l_tx - x^2) + \frac{1}{2}W_c x + W_s x \dots\dots\dots (27)$$

(□) $\frac{1}{4}l_t - \frac{1}{2}l_t$ の間に於ける M

$$\begin{aligned} M &= M_0 + Rx - \frac{1}{2}wx^2 - W_s\left(x - \frac{1}{4}l_t\right) \\ &= M_0 + \frac{1}{2}w(l_tx - x^2) + \frac{1}{2}W_c x + \frac{1}{4}W_s l_t \dots\dots\dots (28) \end{aligned}$$

にして尙 M_0 の値は次の如くにして其の量最大なり。

$$M_0 = -\frac{1}{12}wl_t^2 - \frac{1}{8}W_c l_t - \frac{3}{16}W_s l_t \dots\dots\dots (29)$$

deflection に關する基本公式に依り底部横桁材の deflection $\delta_{\tau}^{\text{底}}$ を計算すれば

(ハ) $x = \frac{1}{4}l_t$ 即ち側縦桁材の線に於て

$$\delta_{f.n.s.} = \frac{1}{384EI_{f.t.}} \times l_t^3 \times \left(\frac{9}{16}wl_t + W_c + \frac{5}{4}W_s\right) \times 12^2 \dots\dots\dots (30)$$

(ニ) $x = \frac{1}{2}l_t$ 即ち船の中心線に於て

$$\delta_{f.n.c.} = \frac{1}{192EI_{f.t.}} \times l_t^3 \times \left(\frac{1}{2}wl_t + W_c + W_s\right) \times 12^2 \dots\dots\dots (31)$$

(2) 底部縦桁材

底部縦桁材の長の中央に於ける deflection $\delta_{\tau}^{\text{底}}$ は skeleton floor の reaction に因るものを度外視すれば次の如し。

(a) 側縦桁材

$$\delta_{n.s.g.} = \frac{1}{384EI_{s.g.}} \times X^4 \times w_{s.g.} \times 12^2 \dots\dots\dots (32)$$

(a) 中心線縦桁材

$$\delta_{n.c.g.} = \frac{1}{384EI_{c.g.}} \times X^4 \times w_{c.g.} \times 12^2 \dots\dots\dots (33)$$

底部縦桁材の長の中央に於ける底部横桁材の縦桁材の線に於ける deflection と縦桁材の長の中央に於ける該材の deflection とを等しからしむる爲めには、次の關係を必要とす。

$$\delta_{f.n.c.} = \delta_{n.c.g.}, \quad \delta_{f.n.s.} = \delta_{n.s.g.}$$

上記 2 式を整理し且つ $\frac{I_{s.g.}}{I_{n.}}=1$, $\frac{I_{n.}}{I_{c.g.}}=v$ と置き $w_{c.g.}$ 及 $w_{s.g.}$ の値を見出せば

$$w_{c.g.} = \frac{2wl_t \left(\frac{X^4}{l_t^3} + \frac{1}{8}l \right)}{v \left(\frac{X^4}{l_t^3} \right)^2 + 2 \left(1 + \frac{5}{8}v \right) l \frac{X^4}{l_t^3} + \frac{1}{2}l^2} \dots\dots\dots (34)$$

$$w_{s.g.} = \frac{9wl_t \left\{ v \left(\frac{X^4}{l_t^3} \right)^2 + 2 \left(\frac{1}{9} + \frac{5}{8}v \right) l \frac{X^4}{l_t^3} + \frac{5}{18}l^2 \right\}}{8 \left(\frac{X^4}{l_t^3} + \frac{5}{4}l \right) \left\{ v \left(\frac{X^4}{l_t^3} \right)^2 + 2 \left(1 + \frac{5}{8}v \right) l \frac{X^4}{l_t^3} + \frac{1}{2}l^2 \right\}} \dots\dots\dots (35)$$

上記 2 式に於て $l_t = .84B$ と置くときは

$$w_{c.g.} \doteq Bw \times \frac{\frac{X^4}{B^3} + .074l}{v \left(\frac{X^4}{B^3} \right)^2 + (1.185 + .74v)l \frac{X^4}{B^3} + .175l^2} \dots\dots\dots (34')$$

$$w_{s.g.} \doteq .66Bw \times \frac{v \frac{X^4}{B^3} + (.132 + .74v)l \frac{X^4}{B^3} + .1l^2}{\left(\frac{X^4}{B^3} + .74l \right) \left\{ v \left(\frac{X^4}{B^3} \right)^2 + (1.185 + .74v)l \frac{X^4}{B^3} + .175l^2 \right\}} \dots\dots\dots (35')$$

III. 横強力隔壁（又は特設底部横桁材）の間隔

及實體肋板の配置と二重底の高との關係

鋼材の常用應力を毎平方吋 7.56 噸と假定すれば底部横桁材の強さに關し 7.56 $R_n \leq 12M_0$ なる關係を必要とす。許容最大限度を取れば

$$R_n = 1.587 M_0 \dots\dots\dots (36)$$

に依り横桁材の強さを計算し得べし。上式に於て $R_n = 2u_2h$ と置けば

$$h = \frac{.5474}{\frac{L}{100}} M_0 \dots\dots\dots (37)$$

然るに M_0 の量は (29) 式に示せる如くにして且つ

$$\frac{1}{8} W_c l_t = \frac{1}{32} (wl_t n - 4w_{c.g.} l) l_t \dots\dots\dots (38)$$

$$\frac{3}{16} W_s l_t = \frac{3}{64} (wl_t n - 4w_{s.g.} l) l_t \dots\dots\dots (39)$$

仍て

$$M_0 = -\frac{1}{2} l_t \left\{ wl_t \left(\frac{1}{6} + \frac{5n}{32} \right) - \frac{3}{4} \left(\frac{1}{3} w_{c.g.} + \frac{1}{2} w_{s.g.} \right) l \right\} \dots\dots\dots (40)$$

故に

$$h = \frac{.2737}{\frac{L}{100}} l \left\{ w l \left(\frac{1}{6} + \frac{5n}{32} \right) - \frac{3}{4} \left(\frac{1}{3} w_{c.g.} + \frac{1}{2} w_{s.g.} \right) l \right\} \dots\dots\dots (41)$$

上式に於て $l = .84B$ と置き且つ (34') 式、(35') 式に依る $w_{c.g.}$ 及 $w_{s.g.}$ の値を入れるときは

$$h = \frac{.001785}{\frac{L}{100}} B^2 w \left[18.03 \left(1 + \frac{15n}{16} \right) - l \frac{(32 + 27v) \left(\frac{X^4}{B^3} \right)^2 + (29.63 + 20v) l \frac{X^4}{B^3} + 4.38 l^2}{\left(\frac{X^4}{B^3} + .74l \right) \left\{ v \left(\frac{X^4}{B^3} \right)^2 + (1.185 + .74v) l \frac{X^4}{B^3} + .17 l^2 \right\}} \right] \dots\dots\dots (42)$$

二重底の高の最小限度は底部横桁材の船の中心線に於ける截面抵抗率が (2B) 式に依り計算したるものよりも小なるべからざる條件に依りて定まるものにして、次の關係を必要とす。

$$2u_2 h = \frac{.00143 s.d.B^2}{p} \dots\dots\dots (43)$$

上式に於ては (2B) 式中の h の代りに d を用ひたり。

上式に於て $u_2 = \frac{1.45}{\frac{L}{100}}$, $p = 7.56$ と置けば

$$h = \frac{.0000652}{\frac{L}{100}} s.d.B^2 \dots\dots\dots (44)$$

第 8 號表に掲ぐる重要寸法及件名を有する假定船に就き (42) 式及 (44) 式に依り h の値を計算するに、第 9 號表に示すが如き結果を得たり。

第 8 號表に掲ぐる假定船の B, D 其他は次の條件に依る。

$$B = 21.5 + .075 L$$

$$D = \frac{L}{12}$$

$$d = \frac{4}{5} D = \frac{L}{15}$$

$$s = 17 + .025 L$$

$$w = \frac{s}{12} \times \frac{d}{2.5} \times \frac{1}{35} = .0009525 s d \text{ (既出)}$$

第 9 號表には参照の爲め B.C. 及 L.R. 規則に依る二重底の高を附記したり。

第 9 號表に掲ぐる h の値は多くの假定條件の下に算出せられたるのみならず、該計算には梁柱の影響を度外視せるを以て、素より實際の設計を左右するに足る價值を有せざるものなるが、併も一面

二重底の高は船の重要寸法、吃水の大小、内底板及船底外板の厚に依りてのみ定めらるべきものに非らずして、實體肋板の間隔、側桁板の數及横強力隔壁又は特設底部桁材の間隔をも考慮して定めらるべきものなることを暗示するものなり。

最近の B.C. 及 L.R. 規則竝數年前の（最近のものを参照し得ざりしことを遺憾とす）B.V., G.L. 及 N.V. 規則に依る實體肋板及横隔壁の最大間隔を示せば次の如し。上記の諸規則中横強力隔壁の間隔及實體肋板の配置と二重底の高との關係を規定せるもの一もなし。

(1) 實體肋板の最大間隔

B.C. 船の大きさに拘はらず 12 呎

L.R. 船の大きさに拘はらず肋骨 2 本置き

B.V. 同上

G.L. 小形船に在りては肋骨 3 本置き

N.V. 極小形船に在りては實體肋板を設くることを要せず、稍大なる船に在りては肋骨 5 本置き

(2) 横隔壁の最大間隔

B.C. 100 呎（強力隔壁）

L.R. 不明

B.V. 100 呎（支水隔壁）

G.L. $28m$ 又は $\frac{1}{2}L$ （支水隔壁）

N.V. 不明

結 論

1. 底部横桁材の船の中心線に於ける截面抵抗率の標準値に付ては (2A) 式に依る。
2. 横強力隔壁又は特設底部横桁材の間隔は底部縦横桁材の強さ及底部縦桁材の數を考慮して定むべきものなり又 skeleton floor を用ふる場合に在りては實體肋板の間隔をも考慮する必要あり。
3. 單底構造に於て彎曲部肘板を設けざるときは底部横桁材の設計には特に周到なる注意を必要とす。

(終)

第 1 號表 舢の重要寸法及吃水^記

船番號	長 (L)	型幅 (B)	型深 (D)	吃水 (d)	記 事
1	161	27.50	13.00	11.70	1. d は龍骨の上面より測り $d=.9D$ とす
2	140	25.50	10.50	9.45	2. 龍骨は平板龍骨とす
3	117	23.50	6.50	5.85	3. D が 8.33 呎より小なるときは船體横截面は方
4	107	32.00	6.00	5.40	形にて差支なきものとす
5	94	17.00	6.00	5.40	

第 2 號表 舢の底部横桁材の寸法等

船番號	肋骨心距	船底外板	實體肋板	實體肋板に附 する正副肋材	底 部 横 桁 材			
					副肋材が單一なるとき		副肋材が二重なるとき	
					倍 率	截面抵抗率	倍 率	截面抵抗率
1	22	.26	$9 \times .28$	$2 \times 2 \times .28$	108	15.4	151	23.6
2	22	.24	$8\frac{1}{2} \times .26$	$2 \times 2 \times .26$	83	12.4	116	18.9
3	20	.20	$8 \times .24$	$2 \times 2 \times .24$	68	11.2	97	17.6
4	20	.22	$10\frac{3}{4} \times .28$	$2\frac{1}{2} \times 2\frac{1}{2} \times .28$	160	20.4	221	31.5
5	20	.20	$6\frac{1}{2} \times .20$	$2 \times 2 \times .20$	35	6.7	—	—

1. 距離及寸法は吋を單位とす
2. 倍率は吋の 4 乗を、截面抵抗率は吋の 3 乗を單位とす

第 3 號表 舢の底部横桁材を兩端に於て單に支へられたる直梁と看做し

計算したる荷重水高 (海水) h ^記 と吃水 (d) との比

船番號	1		2		3		4		5
種 別	s	d	s	d	s	d	s	d	s
$\frac{h}{d}$	$\frac{1}{6.0}$	$\frac{1}{3.9}$	$\frac{1}{5.1}$	$\frac{1}{3.4}$	$\frac{1}{3.0}$	$\frac{1}{1.7}$	$\frac{1}{2.6}$	$\frac{1}{1.7}$	$\frac{1}{2.2}$

1. s は副肋材が單一なることを、d は該材が二重なることを示す
2. $3-s$ の $\frac{h}{d}$ の正確なる値は $\frac{1}{2.97}$ とす

第 4 號表 船番號 3 の舢に於ける底部桁行を構成する諸材の寸法等

種 別	寸 法	情 率	截面抵抗率
(1) 肋骨毎に實體肋板を設くるとき			
側 内 龍 骨	$2 \times 2 \times .24 d$	209*	30.9*
中心線内龍骨	$2\frac{3}{4} \times 2 \times .24 d$		
斷 切 板	.24		
實 體 肋 板	$8 \times .24$	68	11.2
正 副 肋 材	$2 \times 2 \times .24 s$		
(2) 肋骨 1 本置きに實體肋板を設くるとき			
側 内 龍 骨	$2\frac{3}{4} \times 2 \times .24 d$	282*	36.4*
斷 切 板	.24		
中心線内龍骨	$2\frac{3}{4} \times 2 \times .24 d$	282*	36.4*
斷 切 板	.24		
實體肋板 (深は 20% 増す)	$9.6 \times .24$	102	14.2
正 副 肋 材	$2 \times 2 \times .24 s$		
Skeleton floor	$2\frac{3}{4} \times 2 \times .26 s$	—	(外板を含み).67
	$2 \times 2 \times .24 s$	—	—
(3) 肋骨 2 本置きに實體肋板を設くるとき			
側 内 龍 骨	$2\frac{3}{4} \times 2 \times .24 d$	422	46.4
貫 通 板	.24		
中心線内龍骨	$2\frac{3}{4} \times 2 \times .24 d$	555	74.6
貫 通 板	.24		
礎 板	$18 \times .24$	186	20.3
實體肋板 (深は假りに 50% 増す)	$12 \times .24$		
正 副 肋 材	$2 \times 2 \times .24 s$	—	(外板を含み).67
Skeleton floor	$2\frac{3}{4} \times 2 \times .26 s$		
	$2 \times 2 \times .24 s$	—	—

* 斷切板を算入す

1. 内龍骨の斷切板又は貫通板を外板に取附くる山形材の寸法は $2 \times 2 \times .24$ とす
2. 寸法は吋を、情率は吋の 4 乗を、截面抵抗率は吋の 3 乗を單位とす
3. s は山形材が單一なることを、 d は該材が二重なることを示す

第 5 號表 假定船の件名等明細表

重 要 寸 法 等	長 (L)	型幅 (B)	型深 (D)	龍骨の上面より測 りたる満載吃水 (d)	肋骨心距 (s)		
	310	40	24	20	24 $\frac{1}{2}$		
構 造 材 の 種 別			寸 法	情 率	截面抵抗率		
船 底 外 板	{ 平板龍骨 其他の外板		44×.68 .51	{ 11584	{ 543		
中心線内龍骨	{ 内龍骨山形材 貫 通 板 礎 板 龍骨山形材		3 $\frac{1}{2}$ ×3 $\frac{1}{2}$ ×.47d .47 14×.47 (各側) 3 $\frac{1}{2}$ ×3×.47d				
	側内龍骨 (各側 2 個)	{ 内龍骨山形材 斷 切 板	3 $\frac{1}{2}$ ×3 $\frac{1}{2}$ ×.47d .47			{ 船の中心線に近きもの 2686 船側に近きもの 1410	{ 150 102
			實體肋板 (船の中心線に於て)				
正 肋 材			3×3×.42 s	{ 3012 (副肋材が二重なる) ときは 4200	{ 150		
副 肋 材			5 $\frac{1}{2}$ ×3×.44 s				

1. L, B, D 及 d は呎を、s 及構造材の寸法は吋を、情率は吋の 4 乗を、截面抵抗率は吋の 3 乗を單位とす
2. 寸法の項 s は単一なることを、d は二重なることを示す
3. 第 1 及第 2 側内龍骨の位置に於ける肋板の深は夫々 22.55 吋及 16.11 吋とす

第 6 號表 副肋材が單一なる場合に於ける假定船の底部横桁材の情率其他

船側線を原点としきBを1として表したる截斷點の位置	肋板の深 (吋にて)	情 率 (吋の4乗にて)	基線より測りたる横截面中性軸の高 (吋にて)	截面抵抗率 (吋の3乗にて)	船側線を原点としきBを1として表したる截斷點の位置	肋板の深 (吋にて)	情 率 (吋の4乗にて)	基線より測りたる横截面中性軸の高 (吋にて)	截面抵抗率 (吋の3乗にて)
0 (船側)	29× $\frac{1}{8}$	3012×.091	2.75	36.7	$\frac{3}{8}$	—	3012×.520	—	—
$\frac{1}{8}$	—	"×.125	—	—	$\frac{5}{8}$	29× $\frac{3}{4}$	"×.536	—	—
$\frac{1}{4}$	—	"×.145	—	—	$\frac{7}{8}$	—	"×.580	—	—
$\frac{1}{2}$	—	"×.170	—	—	$\frac{1}{16}$	—	"×.602	—	—
$\frac{3}{4}$	29× $\frac{1}{2}$	"×.223	4.24	62.5	$\frac{3}{4}$	29× $\frac{5}{8}$	"×.679	7.65	120.5
$\frac{5}{8}$	—	"×.282	—	—	$\frac{1}{4}$	—	"×.695	—	—
$\frac{7}{8}$	—	"×.312	—	—	$\frac{5}{16}$	—	"×.777	—	—
$\frac{1}{2}$	—	"×.347	—	—	$\frac{3}{8}$	—	"×.795	—	—
$\frac{3}{4}$	—	"×.375	—	—	$\frac{7}{16}$	—	"×.830	—	—
$\frac{5}{8}$	29× $\frac{3}{8}$	"×.417	5.90	90.1	$\frac{1}{2}$	—	"×.882	—	—
$\frac{7}{8}$	—	"×.445	—	—	$\frac{5}{8}$	—	"×.895	—	—
$\frac{1}{2}$	—	"×.495	—	—	1 (中点)	29	3012	9.50	150.5

情率のみを記入しある欄の値は曲線より抽出したる概略値とす。

第 7 號表 假定船の底部横桁材の deflection の量 呎

番 號	底部横桁材に関する假定條件	船側線を原點とし $\frac{1}{2}B$ を 1 として表はしたる截斷點の位置			
		$\frac{1}{8}$ (船側に近し)	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{1}{2}$ (中心線)
1	副肋材が二重にして横桁材の截面が一定且つ底部縦桁材の設けなきものと假定したる場合	$\frac{1}{E} \times 273$	$\frac{1}{E} \times 384$	$\frac{1}{E} \times 468$	$\frac{1}{E} \times 539$
2	横桁材の形状及寸法が第 6 號表所掲のものにして縦桁材の設けなきものと假定したる場合	$\frac{1}{E} \times 777$	$\frac{1}{E} \times 1043$	$\frac{1}{E} \times 1210$	$\frac{1}{E} \times 1328$
3	2 の横桁材と共に第 5 號表所掲の縦桁材の設けあり且つ横強力隔壁の間隔を 33.00 呎と假定したる場合	$\frac{1}{E} \times 60$	—	$\frac{1}{E} \times 143$	$\frac{1}{E} \times 116$

第 8 號表 假定船の重要寸法其他

L	B	D	d	s	w
250	40.25	20.83	16.67	23.25	.369
300	44.00	25.00	20.00	24.50	.467
350	47.75	29.17	23.33	25.75	.572
400	51.50	33.33	26.67	27.00	.682
450	55.25	37.50	30.00	28.25	.807
500	59.00	41.67	33.33	29.50	.936
550	62.75	45.83	36.67	30.75	1.074
600	66.50	50.00	40.00	32.00	1.218

第 9 號表 假定船に於ける二重底の高其他

L	(44) 式に 依る h BC 規則 に依る h LR 規則 に依る h	n	N	X	(42) 式 に依る h	I_{T_1} ($I_{S, g}$)	R_{T_1} ($R_{S, g}$)	$R_{c, g}$	$w_{c, g}$	$w_{s, g}$	$\delta_{n.c.g.}$ ($\delta_{T.n.c.}$)	$\delta_{n.s.g.}$ ($\delta_{T.n.s.}$)	底部縦桁材に於ける最大應力の総略値			
													p.c.w.	p.c.r.	p.c.w. + p.c.r.	側 縦 桁 材 p.s.r., p.s.w., p.s.r. + p.s.w., p.s.r.
250	16½	3	8	62.00	27.72	2790	201	8650	.18	.04	$\frac{1}{E} \times 117$	$\frac{1}{E} \times 76$	1.25	.06	1.31	.73
	30½ 34	5	3	34.88	30.70	3410	223	10600	.67	.21	$\frac{1}{E} \times 35$	$\frac{1}{E}$	1.31	.15	1.46	.69
300	20½	2	—	100.00	27.50	3290	239	10210	.06	.01	$\frac{1}{E} \times 202$	$\frac{1}{E} \times 125$	.85	.08	.93	.46
	33 37	3	8	65.32	34.62	5220	301	16400	.26	.06	$\frac{1}{E} \times 110$	$\frac{1}{E} \times 72$	1.41	.11	1.52	.34
350	25½	3	6	51.50	37.40	7100	379	22020	.98	.21	$\frac{1}{E} \times 117$	$\frac{1}{E} \times 79$	2.58	.08	2.64	1.48
	39 40	3	7	60.05	41.00	8520	416	26480	.56	.12	$\frac{1}{E} \times 103$	$\frac{1}{E} \times 67$	1.83	.09	1.92	1.02
400	31	2	10	67.50	38.10	8420	442	26120	.62	.13	$\frac{1}{E} \times 186$	$\frac{1}{E} \times 120$	2.24	.06	2.30	1.34
	44½ 48½	3	5	45.00	42.10	10390	488	31900	1.61	.36	$\frac{1}{E} \times 77$	$\frac{1}{E} \times 54$	2.32	.05	2.37	1.50
450	37½	2	10	70.63	45.70	13620	596	42350	.72	.17	$\frac{1}{E} \times 156$	$\frac{1}{E} \times 114$	2.13	.06	2.19	1.40
	49½ 47	3	4	37.67	43.60	12400	568	39100	2.66	.72	$\frac{1}{E} \times 52$	$\frac{1}{E} \times 44$	2.36	.02	2.38	1.80
500	44½	2	—	68.81	52.40	19880	760	61750	1.25	.26	$\frac{1}{E} \times 171$	$\frac{1}{E} \times 111$	2.83	.05	2.88	1.63
	53½ 50	3	4	39.33	52.60	20050	762	62250	3.09	.72	$\frac{1}{E} \times 45$	$\frac{1}{E} \times 32$	2.27	.02	2.29	1.47
550	53	2	9	69.21	60.40	29140	964	90040	1.70	.36	$\frac{1}{E} \times 163$	$\frac{1}{E} \times 106$	3.12	.05	3.17	1.78
	58½ 53	3	4	41.00	62.00	30700	980	95250	3.66	.96	$\frac{1}{E} \times 41$	$\frac{1}{E} \times 33$	2.29	.02	2.31	1.64
600	61½	2	9	72.00	68.70	41100	1195	127500	2.22	.47	$\frac{1}{E} \times 175$	$\frac{1}{E} \times 115$	3.59	.04	3.63	2.04
	63½ —	3	3	32.00	64.60	36300	1124	112800	4.54	1.74	$\frac{1}{E} \times 16$	$\frac{1}{E} \times 19$	1.54	.10	1.64	1.58

備考 1. 應力は毎平方吋噸を單位とす。 2. p.c.w. 及 p.s.w. は夫々 $v_{c.g.}$ 及 $w_{s.g.}$ に基くものとす。
3. p.c.r. 及 p.s.r. は夫々 skeleton floor の reaction に基くものとす。

討 論

○會長代理(山本武藏君) 唯今の御講演に對し御質問なり御意見のある御方は御述べを願ひます。

○田路 坦君 小野君が随分以前から船體構造に關し解析的御研究をなされ、或は本協會の paper に或は著書に於て御發表に成りました事は、兼ねがね非常に敬服して居りました事で、此の機會に於て深く敬意を表する次第であります。

本論文に就ては緩々研究した上ならでは充分 discuss する事が出来ませんが、茲に氣附いた點を申し上げ且つ御教示を仰ぎたいと思ひます。表題は便宜上鋼船といふ事に成つてゐるが一般貨物船と考へられますが、それにしても、空艙吃水を以て底部横桁材の強さを定むる標準水高と爲す事は (81 page 3~4 行目) 相當危険であると考へられます。只此處で著者が論じて居らるゝ事は analytical のもので、從來の規定による貨物船の構造を分析して見ると斯う成つて居るといふ御話に過ぎないと思ひますが、然らば逆に此等 formulae を用ゐて transverse members の設計を爲すといふ事に成ると、相當危険であると信ずるのであります。ですから designer は單に御明示の様な簡単な算式から transverse member を決定する時は risk が多いから注意せねばならぬと思ふのです。標準水高を空艙吃水とする理由として横桁材に働く荷重が原則として常に吃水に基く水高壓力に等しく且つ一定なるべしと假定されて居ますが、中々そう簡單には參らぬ様に思ひます。一般貨物船とした處、鋼材機械類等の重量物を積んだ時と、綿花、雜貨、穀物、石炭などを積んだ時とは大分差異があります。又本 paper の範圍を越えるかも知れませんが、旅客船の如きでは load が直接 frame member に uniform に懸らぬ場合は澤山あり、又除外例になるかも知れないが、油槽船の如きは ballast を澤山積みますから bottom の受ける pressure は空艙の head とは成りません。ですから此處に示された様な formulae は單に一般貨物船且其中でも相當容積を占める cargo hold の transverse member に就てと極く狭い意味に解釋すべきもので、且つ製圖手などがよく考へないで無暗に斯くの如き公式を設計に用ふる事は危険であるから、注意を要すると思ひます。尙商船でも案外注意を要するものは docking stress です。特に Diesel engine の如き重い機械を積んだものは海上でも往々船體に defect を起す位ですから、特に注意を要します。

次に longitudinal members の effect ですが、之れは本論文の後半で論じられてゐるが、simple beam として取扱ふなれば其 theory の根本假定である material が continuous で homogeneous で Hooke's law に従ふといふ事を忘れては成らない。商船の如く transverse member が獨立で longitudinal member が一般に intercostal なる構造では、兩者の connection が餘程緊りして居ないと、shearing force には差支がないが bending moment は殆んど受けない様な事が起る。實際問題としては此の接合部の構造が一般商船では薄弱の様に思はれるし、故に本文に於けるが如く longitudinal

member も transverse member も相交叉する continuous beams として考へる時には、此の點の構造に就て一層の注意を要すると思ふ。又本文の計算法では reaction を直線的に變化すると假定して formulae から相當面倒な計算を行ふて居るが、自分の經驗では、接合點で deflexion が同一でなければ equilibrium が成立たないといふ簡単な理屈から、先づ縦横兩桁の deflexion を獨立に計算して見から大體何れ位の reaction が交點に働けば兩方の deflexion が同じに成るだらうかと極大體の見當を附けて見る、次に各交叉點に unit load を働かした時、各點に於ける deflexion を縦横桁別々に表に作つて置く。そうすると色々の點に何順置いた時でも直ぐ計算が出来るから、trial and error の方法で兩者の deflexion が等しく成る時の荷重が「メクラ」算で容易に分る。之れが即ち reactions と成り計算も容易で間違ひが少ない。

次に少し一般問題となるが、最近商船の設計は長足の進歩はしたといふものゝ私共軍艦の設計に従事した者から見ると不思議でならない。cruiser stern, stream-line rudder, shaft brackets, bulb-stem などと商船では新式の様に考へらるゝが、20 年も 30 年も前から軍艦では使つて居る。船體構造にした處、今迄の商船設計者は殊々計算もしないで rules に嚙り付いて來た傾向がある。故に商船構造は軍艦構造に比べると今でも頗る幼稚なものが多いと思ふ。此間に小野君の様に構造上の諸問題を常に analytically に研究され發表される事は誠に有益な次第ですが、船級協會の如きでは色々な問題に遭遇するゝ事と存じますから、我田引水の様ではありますが、軍艦構造をも合せて御研究下さつて之れを商船構造にも應用され、又色々な問題解決の資とせられん事を希望いたします。以上只氣附いた事だけを一寸申上げました次第です。

○小野輝雄君 御注意竝に御指示を賜り有難う御座いました。田路君の御話の要領全部を控へ兼ねましたが、控へた分に對して御答へします。

此處に鋼船と云ふのは勿論 merchant ship に就てゝありまして、尙先に申すのを忘れましたが、船の長が 400 呎乃至 500 呎と云ふ範圍では passenger boat には充分の subdivision があり、こんな事は問題ではありません。light draft を standard にする事は設計上危険であると云ふことは心得て居ますが、(2A) 式から (2B) 式を reduce した事は、現在行はれて居る single bottom の I/y が此の程度のものであると云ふことを示したいからであります。要するに私の考へは (2B) 式を主とするので (2A) 式は B.V. に出て居たので reference に持つて來た丈けであります。此の點は御覽になる方の注意を促して置きます。この standard formula は普通の hold の場合で、engine room や boiler room では reverse が二重になるとか色々な事があり、實際には之と離れて來ます。自分としては一般の箇所に就て行つたものであることを申し上げます。intercostal に就ては表中にも本文中にも處々御斷りしてありますが、斯かる數字を使へば斯かる結果になると云ふので、intercostal を有する girder を何の邊迄 effective と考へるか又は continuous として扱ふかと云ふ事は問題であると思ひます。例へば B.V. では floor の深が 8" 以上の時は keelson の intercostal と transverse floor と

を connect する様に爲つて居りますが、普通商船では connect しないでも可い事になつて居ります。強いて vertical angle を require されてゐません。普通の場合に bilge bracket は相當なものが付くから、keelson の intercostal と floor との connection はやかましく言はない様です。軍艦の構造を参考せよと申されましたが、至極結構で、内燃機船調査委員会でも海軍から資料を載いて非常に参考になつて居ります。私の此の論文は極く outline を書いた丈のもので、軍艦の斯様な場合の構造の資料でも田路君から戴ければ私のみならず、斯かる方面の研究者に取つて有益だと思ひます。田路君が何か paper を書いて下さる事を希望します。吾々には海軍から detail が殆んど來ないので造船所に居る人が何程か知つて居る位のものです。機會があつたら何か書いて下さる事を御願ひします。落て居る所は後で書面でも御示し下されば御返事致します。

○會長代理(山本武藏君) 何方か他に御座いませんか。もう御座いません様ですから一寸私から申し上げます。小野君は bottom の floor, girder それ自體及び其 spacing に就て強力上どういふ風に考へ又注意すれば可いかと云ふ事に就て御研究の結果を示されました。最近新造船の bottom の damage に就ては可なり問題になつて居る機會に斯かる御研究は此の方面の研究家に對し貴重な資料を與へるものであると思ひます。今後も引續き研究され、あらゆる機會に其結果の御示しを願ひたいと思ひます。尙田路君から廣い範圍に互つた御討論や御注文がありましたが、夫に就ては小野君が言はれました様に、田路氏御自身何か書いて戴ければ其方面の研究家に取つて頗る有益であると思ひます。此の御講演に對し、諸君と共に拍手を以て感謝の意を表したいと思ひます。(一同拍手)