

(昭和 35 年 5 月造船協会春季講演会において講演)

大型船における縦通隔壁の有効性に 関する実験的研究

正員 守 屋 公 平* 正員 木 下 昌 雄**
 正員 西 牧 興** 正員 寺 田 泰 治*
 正員 浦 田 昭 典**

On the Effectiveness of the Longitudinal Bulkhead

By Kohei Moriya, *Member* Masao Kinoshita, *Member*
 Kō Nishimaki, *Member* Yasuharu Terada, *Member*
 Akisuke Urata, *Member*

Abstract

This paper describes the results of a series of experiments on the effectiveness of the longitudinal bulkhead which have been carried out with five simplified ship models. These models are fitted with longitudinal bulkheads of different lengths, number of rows, stiffening of bulkhead plates, end construction etc.

From these experiments, the following conclusions have been obtained:

- (1) The shear-lag effect is remarkable only within the range approximately equal to 1.2 times the depth of the longitudinal bulkhead from the bulkhead end. The remaining middle part is fully effective and the distribution of longitudinal bending stresses on the ship in this region can be obtained from beam theory.
- (2) Maximum shearing stresses in side shells and bulkhead plates near the end of bulkhead are considerably larger than those of the middle part.

1. 緒 言

最近タンカーの船型は大型化しその構造方式も益々合理的なものが要求されてきた。縦通隔壁に関する問題も大型船の構造法に関する研究の一課題として重要なものであり、すでに H. A. Schade が有効幅の理論よりその有効断面係数を導き、また “Neverita” 等の実船計測例がある。これらは縦通隔壁が船体中央部においても梁理論に従わずいわゆる shear lag を伴うことを指摘している。しかし一般的にいつて縦通隔壁端部では構造の不連続のため船長方向応力の垂直断面内での分布は直線ではなく S 字状を呈することは明らかであるが、この現象がどの程度のものであり、またはたして船体中央部にまでおよぶものであるか否かという問題に対してははまだ結論が得られていない。また船体に働く剪断力が最も大きくなるような位置に有効度の低い縦通隔壁端部があり、この附近における側外板および縦通隔壁の剪断応力の分布もまた重要な問題である。

この報告はこれらの諸問題につき実験的に調査を行なうとともに、どのような構造法が縦通隔壁の有効度を向上させるか等を研究したものである。

なおこの研究は運輸省造船技術審議会の答申に基づく超大型船の構造法に関する研究の 1 部として行なつたものである。

原稿受付 昭和 35 年 1 月 9 日

* 日本海事協会

** 日立造船技術研究所

2. 記 号

- L : 縦通隔壁の長さ B : 模型の幅 D : 模型の深さ
 I : 模型中央部断面の慣性モーメント
 I_H : 縦通隔壁を除いた中央部断面の慣性モーメント
 I_B : 縦通隔壁のみの慣性モーメント
 $2A_S$: 側外板の断面積 A_B : 縦通隔壁の断面積 t : 板厚
 M : 模型に作用せしめた外力モーメント
 M_H : 縦通隔壁を除いた部分の受持つ曲げモーメント $\left(M_H = \frac{I_H}{I} M\right)$
 M_B : 梁理論により縦通隔壁が受持つ曲げモーメント $\left(M_B = \frac{I_B}{I} M\right)$
 m : 縦通隔壁が実際に受持つ曲げモーメント $\left(m = \int_{-D/2}^{D/2} \sigma_{xz} t_B y_2 dy_2\right)$
 F : 模型全体に作用する剪断力
 F_B : 縦通隔壁が完全に有効な場合の隔壁の受持つ剪断力
 $2f_S$: 側外板の受持つ剪断力
 f_B : 縦通隔壁の受持つ剪断力 $(F = 2f_S + f_B)$
 ε_x, σ_x : 船長方向の歪および応力
 ε_y, σ_y : 船長方向に直角な方向の歪および応力
 σ_{xy}, τ_{xy} : 剪断歪および剪断応力
 η : 縦通隔壁の縦強度に対する有効率 $\left(\eta = \frac{m}{M_B}\right)$
 ζ : 縦通隔壁の剪断力の分担率 $\left(\zeta = \frac{f_B}{F}\right)$
 ρ : 縦通隔壁の剪断に対する有効率 $\left(\rho = \frac{f_B}{F_B}\right)$
 $(x_1, y_1), (x_2, y_2), (x_3, y_3)$: 側外板, 縦通隔壁, 甲板 (船底外板) の座標, ただし x 方向は船長方向にとる。

3. 実験の概要

実験は5種類の鋼製模型を用いて行なつた。実験の種類とその使用模型は第1表に示す通りである。これらの試験模型および負荷方法の概要は次の通りである。

1. A 型 模 型

A型模型は Fig. 1 に示すように均一断面部の長さ 6,800mm, 幅 1,700mm, 深さ 0.850mm の中空箱型模型でこの両端部にそれぞれ長さ 1,700mm の負荷部分が接続されており, 実際の 65,000 DWT 型タンカーの大略 1/20 の断面寸法とした。また模型の断面を補剛するためには実船の横隔壁の間隔に相当する 660mm 毎に模型断面の外側四周に 50×6 F.B. の横置防撓材をとりつけ, 更にその間に側外板のみに実船の船側横桁に相当するものとして 220mm 間隔に同寸法の防撓材をとりつけた。また模型の内側には甲板部および船底部に 140mm 間隔に 32×6 F.B. を全長にわたつて縦通させ, これと縦通隔壁とをボルトにて取付け得るようにした。この場合模型本体と縦通隔壁の相対的なスリップを防止するため実験の際には縦通隔壁端部のみは溶接した。

荷重は均一断面部の両端を試験機にてささえ, 負荷部の外端を押し均一断面部に単純曲げモーメントが作用するようにした。

2. B 型 模 型

B型模型は Fig. 2 および Fig. 3 に示すように全長 7,800mm, 幅 1,200mm, 深さ 0.600mm の箱型断面梁でその中央部 3,600mm 間に B-1 型模型では中心線縦通隔壁を1条, B-2 型模型では船側よりそれぞれ 300mm の位置に2条の縦通隔壁をとりつけたものである。更に B-1 型には縦通隔壁間に 600mm おきに 30×4.5 F.B. を模型内部4周および縦通隔壁に設け, これにそれぞれ横隔壁を溶接し横隔壁を配置した場合の実験を行ない得

第1表 実験の種類と使用模型

実験の種類	実験番号	使用模型	模型の構造及状態
縦通隔壁の長さに関する実験	Exp. 1-1	A型	縦通隔壁なし 横隔壁なし
	Exp. 1-2	"	中心線縦通隔壁/条 L=6,600mm "
	Exp. 1-3	"	" L=5,280mm "
	Exp. 1-4	"	" L=3,960mm "
	Exp. 1-5	"	" L=2,640mm "
縦通隔壁の条数及び配置に関する実験	Exp. 2-1	A型	縦通隔壁2条(//:/:/) L=5,280mm 横隔壁なし
	Exp. 2-2	"	" 2条(//:2:/) "
	Exp. 2-3	"	" 3条(//:/:/:/) "
縦通隔壁端の横隔壁の剛性を変えた場合の実験	Exp. 3-1	A型	中心線縦通隔壁/条 L=5,280mm 端部横隔壁付(幅 b_c)
	Exp. 3-2	"	" (幅 $\frac{2}{3}b_c$)
	Exp. 3-3	"	" (幅 $\frac{1}{3}b_c$)
横隔壁が縦通隔壁の有効性に及ぼす影響に関する実験	Exp. 4-1	B-/型	中心線縦通隔壁/条 L=3,600mm 横隔壁なし
	Exp. 4-2	"	" 端部にA型横隔壁付
	Exp. 4-3	"	" 端部にB型横隔壁付
	Exp. 4-4	"	" 600mm間隔に横隔壁付
縦通隔壁と外板との結合条件を変えた場合の実験	Exp. 5-1	B-2型	縦通隔壁2条(//:2:/) L=3,600mm 横隔壁なし
	Exp. 5-2	"	端部横隔壁付
	Exp. 5-3	"	Exp. 5-2において縦通隔壁を外板迄延長 延長部300mm
船接端部に縦通隔壁に対応する位置に縦壁を設けた場合の実験	Exp. 6-1	C型	縦通隔壁/条 L=3,000mm 横隔壁500mm間隔, 船尾横内縦壁700mm
	Exp. 6-2	"	" 船首横内縦壁600mm
	Exp. 6-3	"	" 船横内縦壁なし
	Exp. 6-4	"	縦通隔壁端部肘板付
縦通隔壁端に肘板を設けた場合の実験	Exp. 7-1	D型	縦通隔壁 L=3,600mm 端部肘板なし
	Exp. 7-2	"	" 端部肘板 300 x 300mm
	Exp. 7-3	"	" " 200 x 200
	Exp. 7-4	"	" " 150 x 150
	Exp. 7-5	"	" " 100 x 100
	Exp. 7-6	"	" " 300 x 200
	Exp. 7-7	"	" " 300 x 150
	Exp. 7-8	"	" " 300 x 100
	Exp. 7-9	"	" " 300 x 50
縦通隔壁端部を適當の範囲補剛した場合の実験	Exp. 8-1	D型	縦通隔壁 L=3,600mm 端部水平防撓材800mm
	Exp. 8-2	"	" " 400mm
	Exp. 8-3	"	" 水平防撓材3条全通
	Exp. 8-4	"	" 5条全通
同 上	Exp. 9-1	D型	縦通隔壁 L=3,600mm 端部垂直防撓材 / 本
	Exp. 9-2	"	" " 2本
	Exp. 9-3	"	" " 3本
	Exp. 9-4	"	" " 4本
	Exp. 9-5	"	" " 5本
	Exp. 9-6	"	" " 6本

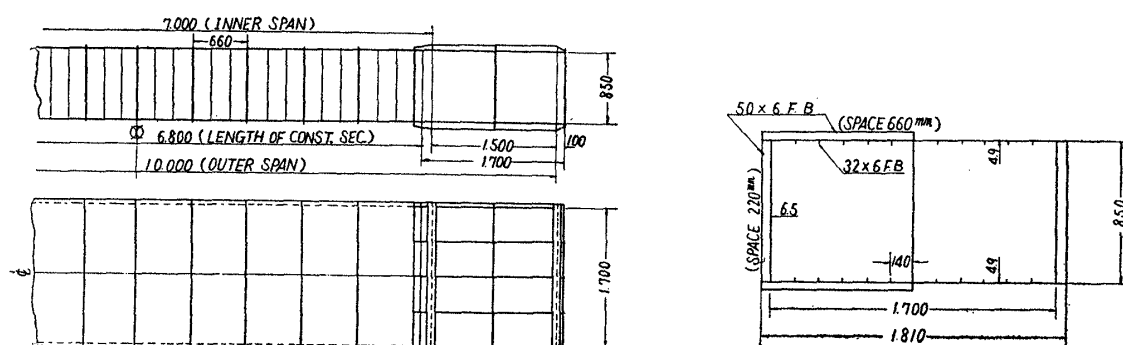


Fig. 1 Model A

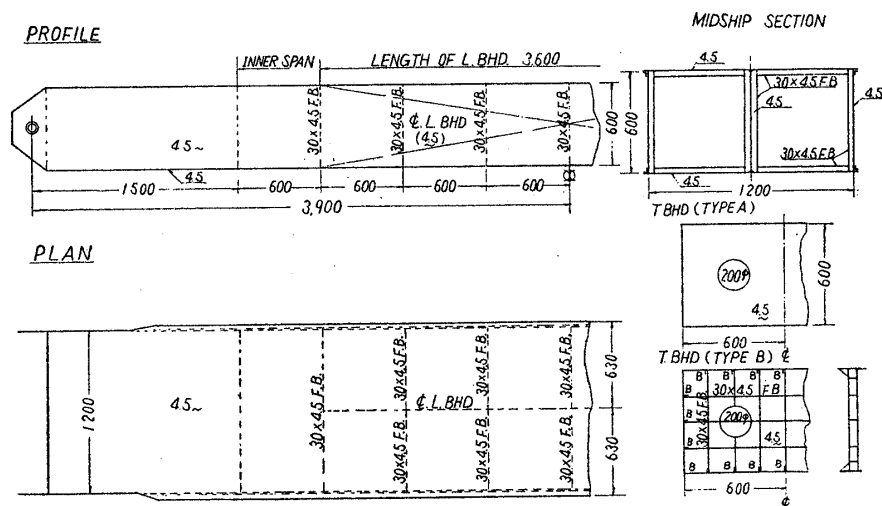


Fig. 2 Model B-1

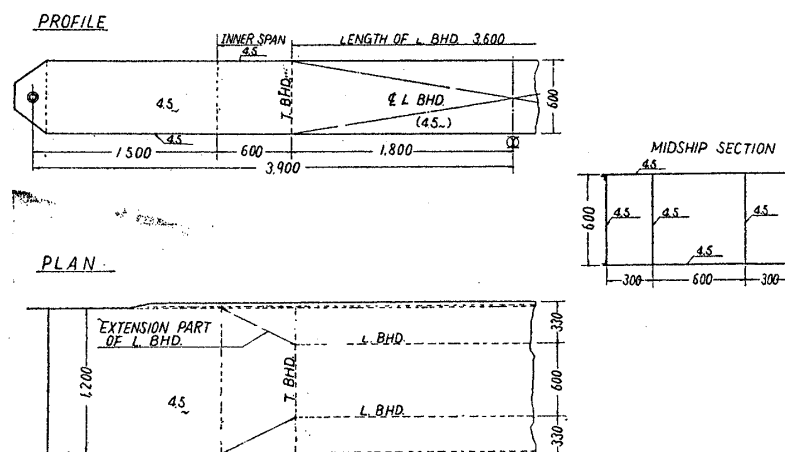


Fig. 3 Model B-2

るようにした。また B-2 型では 2 条の縦通隔壁を斜めに外板まで延長接続し得るようにした。

荷重は模型端部の中立軸の位置に丸棒をカンヌキ状に通してささえ、端部より 1.500 m および中央に負荷し単純曲げモーメントと中央集中荷重の 2 種類の荷重を作用せしめた。中央集中荷重の場合は側外板および縦通隔壁に全荷重が等分されるようにした。

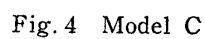
3. C 型 模 型

C 型模型は Fig. 4 に示すように全長 6.000 m、幅 1.200 m、深さ 0.600 m の箱型断面梁でその中央部 3.000 m 間に中心線縦通隔壁を設け、またこの間には 500 mm 間隔にて横隔壁が配置されている。この模型の上甲板上にはそれぞれ船首楼、船尾楼が設けられ各々の甲板間高さは 200 mm である。これらの船楼内端部には中心線に縦壁を有し、船首楼内では縦通隔壁端部より始まりその長さを 600 mm とし、船尾楼内では縦通壁端と 100 mm ラップさせてその長さを 700 mm とした。船楼甲板は船楼側外板および縦壁と皿ビスにより取り付けた。

荷重は模型両端の底部をささえ B 型と同様な方法により中央集中荷重を作用せしめた。

4. D 型 模 型

D 型模型は Fig. 5 に示すように長さ 7.200 m、高さ 600 mm、幅 350 mm の I 型断面梁のフランジの両側に縦通隔壁に相当する試験板を取り付け、この I 型梁に縦曲げを与えてこれにより試験板に曲げモーメントが作用するようにしたものである。試験板は Fig. 5 に示すように長さ 3.600 m、深さ 600 mm の平板でその上下両辺には 4,800 m の平鋼を設け、試験板と I 型梁とはこの平鋼に 6φ の皿ビスを 30 mm のピッチに配して取り付けた。D-1 試験板にはその両端に肘板が設けられるようになっており、D-2 試験板は端部に水平防撓材を設け、また D-6 試験板は端部に垂直防撓材の数を順次 1 本より 6 本まで取り付けただものである。



NII-Electronic Library Service

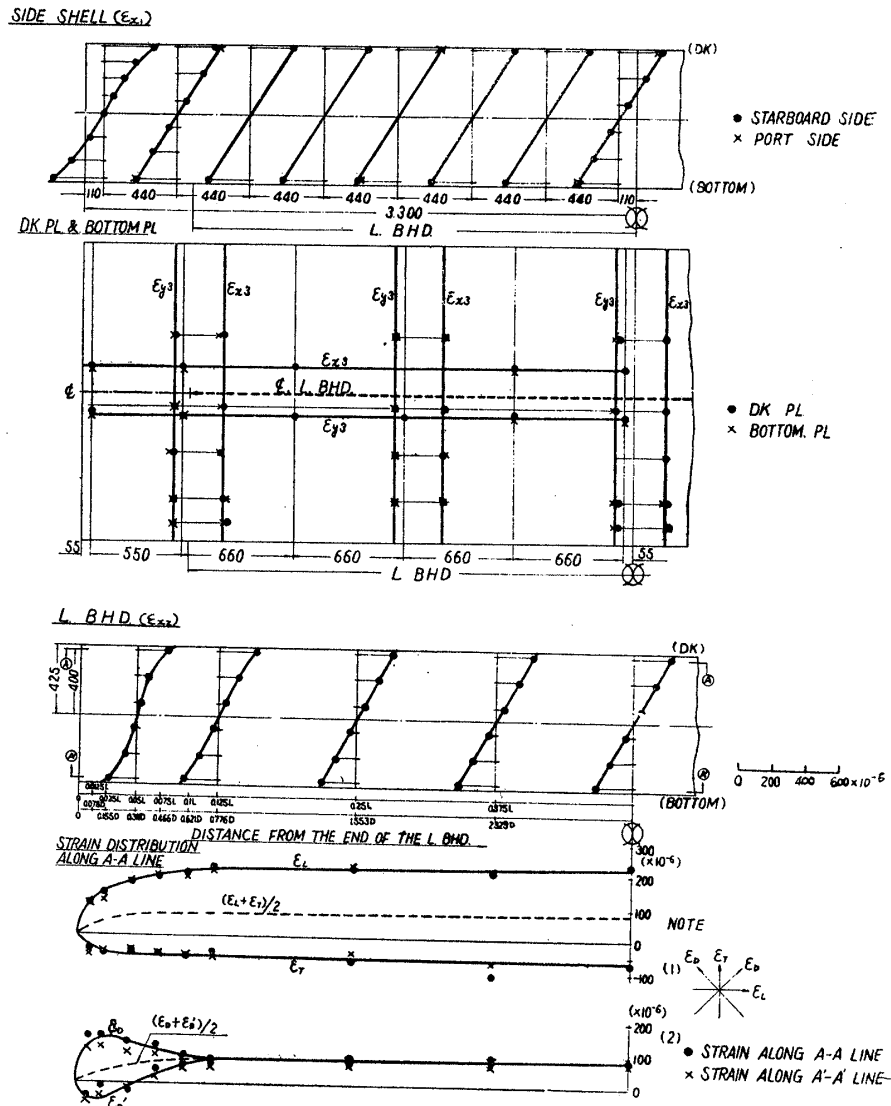


Fig. 6 Strain Distribution of the Model A in case of Exp. 1-3.
($L=5.280$ m, Pure Bending)

型, 中心線縦通隔壁 1 条, $L=5.280$ m) の場合の側外板, 甲板 (船底外板) および縦通隔壁の単純曲げモーメント $M=60$ t-m に対する歪分布である。この場合縦通隔壁には中性軸よりそれぞれ 400 mm 離れた AA および A'A' に沿って同図に示したように互に 45° をなす 4 方向の歪 $\varepsilon_L, \varepsilon_T, \varepsilon_D$ および $\varepsilon_{D'}$ を計測し

$$\varepsilon_L + \varepsilon_T = \varepsilon_D + \varepsilon_{D'}$$

なる関係により実測値の精度が十分であることを確認した。Fig. 7 は Exp. 6-1 (C型模型, 船尾楼内縦壁 700 mm) の場合の中央集中荷重 ($M_{\max}=14.5$ t-m) に対する各部の歪分布図である。また Fig. 8 は Exp. 7-3 (D-1 試験板, 端部肘板 200×200 mm 付) の中央集中荷重 ($M_{\max}=20.4$ t-m) および単純曲げモーメント $M=20$ t-m に対する歪分布図である。

ここに示した図は全実験の 1 例にすぎないが, 実験全体を通じて次のことを推論することができる。

(1) 甲板および側外板の歪分布 甲板および側外板の船長方向に直角な断面の歪 ε_{xx} の分布はいずれの場合も直線分布をなす。A 型模型中央部における甲板面上の歪の計測値と梁理論から求めた値を比較すると第 2 表のように比較的よく一致している。

縦通隔壁端部では縦通隔壁の有効率が低下し, 有効な慣性モーメントは $I_e = I_H + \eta I_B$ となり幾何学的な慣性モーメント I よりも減少する。したがって甲板面上の応力はそれだけ大きくななければならない。しかし本実験に用いた各模型では I_e/I の値は縦通隔壁 3 条の場合で最小 0.9 程度であり, 甲板面上の応力の増加も高々

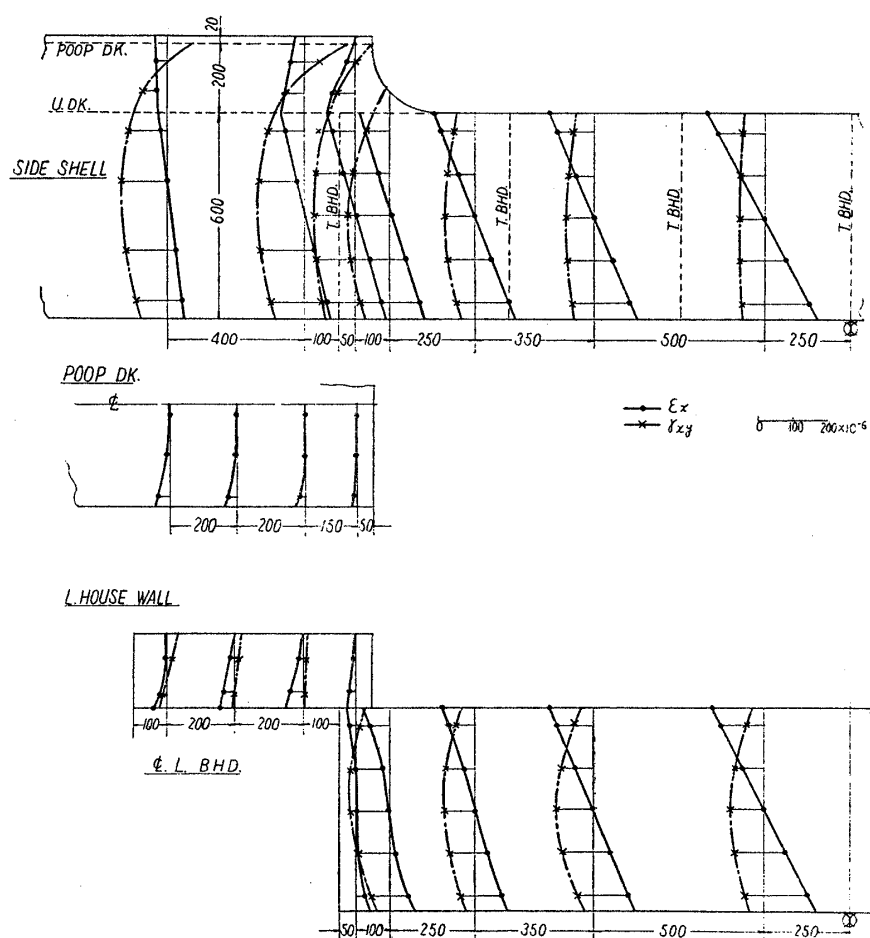


Fig. 7 Strain Distribution of the Model C in case of Exp. 6-1 (Center Load)

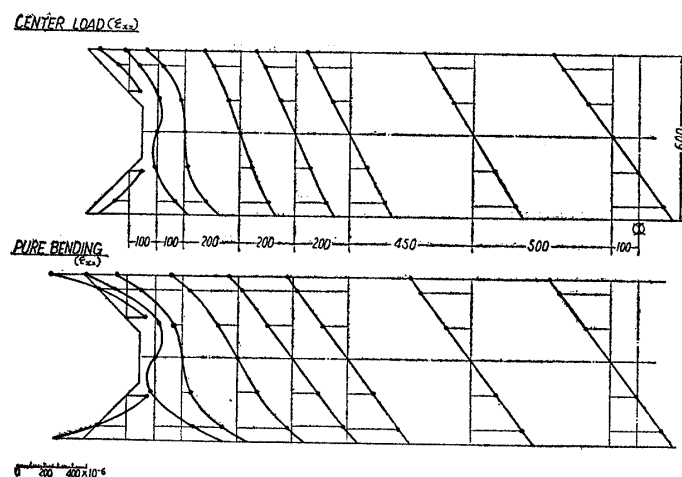


Fig. 8 Strain Distribution of the D-1 Specimen in case of Exp. 7-3 (End Bracket 200×200 mm)

10%である。またこの附近の σ_{xx} の船幅方向の分布も理論上は直線分布ではなくなるが、本実験においては船側における応力と縦通隔壁上における応力の差は小さいことが認められた。したがって縦通隔壁を除く船殻構造の応力は梁理論で計算して十分正しく、また甲板および船底外板では普通の場合 shear-lag を考慮しなくてもよいものと考えられる。

なおC型模型では船楼側外板および船楼甲板の応力は上甲板より船楼甲板にゆくにしたがって減少し船楼が有効に働いていないことを示している。

(2) 縦通隔壁の歪分布 縦通隔壁の船長方向の歪 ε_{x2} は中央部では直線分布をなすが、端部附近は構造の

第2表 甲板面における歪の計算値と計測値の比較 (A型模型)

	縦通隔壁なし	縦通隔壁1条	縦通隔壁2条	縦通隔壁3条
断面の慣性モーメント: I ($\times 10^8 \text{mm}^4$)	46.13	47.87	49.61	51.35
中性軸と甲板面との距離: e ($\times 10^2 \text{mm}$)	4.25	4.25	4.25	4.25
外力の曲げモーメント: M ($\times 10^6 \text{kg}\cdot\text{mm}$)	60	60	60	60
甲板面における応力, 計算値 σ_s (kg/mm^2)	5.53	5.33	5.14	4.97
甲板面における歪, 計算値 $\varepsilon_{\text{cal}} (\times 10^{-6})$	263	254	244	236
" 計測値 $\varepsilon_{\text{exp}} (\times 10^{-6})$	255~260	240~250	240~250	230~240

ただし $E=2.1 \times 10^4 \text{kg}/\text{mm}^2$ とした。

不連続のためいわゆる shear-lag を生じ S 字状分布をなす。この S 字状分布をなす範囲は全実験を通じて縦通隔壁端よりその深さの約 1.2 倍までの範囲である。したがって縦通隔壁は最低その両端部 1.2D の長さを除いた部分は完全に有効に働き応力は梁理論と一致するが、隔壁端部に強力な水平桁あるいは肘板を設ければ有効に働く範囲は広がる。肘板を設けた場合の隔壁端部附近の歪分布は Fig. 8 に示すように設けない場合と異なつた歪分布をなす。

4.2 縦通隔壁の縦強度に対する有効性の考察

前節に示したように縦通隔壁の端部附近の応力分布は S 字状をなすが、これは縦通隔壁が縦曲げに対して完全に有効に働いていないことを示すものである。それで今縦通隔壁の有効性を論ずる場合、有効率を

$$\eta = \frac{\text{縦通隔壁が実際に受持つ曲げモーメント}}{\text{梁理論により縦通隔壁の受持つ曲げモーメント}} = \frac{m}{M_B}$$

と定義し、この η の大小により有効性を判断することとする。

(1) 縦通隔壁の長さを変えた場合

Exp. 1-1~Exp. 1-5 において縦通隔壁の長さを変えた場合の隔壁の

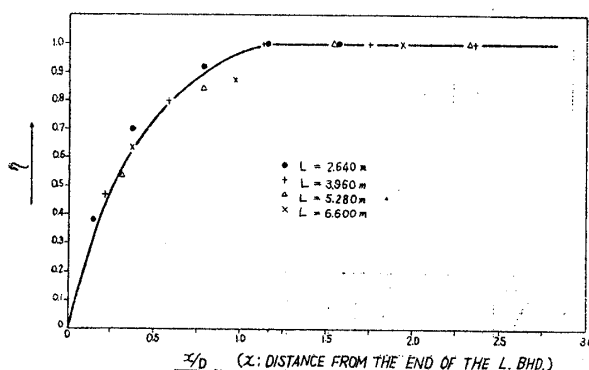


Fig. 9 Factor of Effectiveness of the L. BHD. in case of Exp. 1-1~Exp. 1-5

歪分布から η を求め x/D (x : 縦通隔壁端からの距離) を横軸にとつて図示すれば Fig. 9 のように縦通隔壁の長さに無関係に 1 つの曲線上にのりようである。この図より隔壁端から隔壁の深さの 1.2 倍離れた断面より中央部では、隔壁は 100% 有効に働き、 x/D が 1.2 より端部では η は急激に小さくなる。実験における最も短い縦通隔壁は $L=2.640 \text{m}$, すなわち $L/D=3.1$ であるからこの種の実験より縦通隔壁がその深さの約 3 倍以上あれば有効率は長さに無関係であることが判る。これは縦通隔壁が中心線に 1 条の場合の実験であるが 2 条, 3 条の場合にも適要できるものと思われる。

(2) 縦通隔壁の条数および配置を変えた場合

Exp. 2-1~Exp. 2-3 の場合の歪分布より η を求め各々の場合を比較すると第 3 表のようになる。これより明らかなように隔壁端に近い所では配置を変えた影響が顕著に現われている。今、 $x/D=0.311$ の断面における歪分布図から隔壁の深さの中央より 300 mm の位置における歪 ε_{x2} と、隔壁が 100% 有効に働いた場合の同じ位置における歪 $\varepsilon_{x2}(\eta=1)$ との比を模型の幅に対して置点すると Fig. 10 のようになる。すなわち隔壁の条数が多くなる程、また隔壁が船側に近づく程歪量は上昇し有効に働くことがわかる。

(3) 縦通隔壁端に横隔壁を設けた場合

実船における縦通隔壁の一端は cofferdam に結合されており、cofferdam の内部には水平桁が設けられているのが現状である。ここではこのような端部構造が縦通隔壁にどのように影響するかということに注目

第3表 縦通隔壁の条数および配置を変えた場合の有効率 η

縦通隔壁端からの距離	縦通隔壁1条	縦通隔壁2条		縦通隔壁3条	
		(1:1:1)	(1:2:1)	側壁	中心壁
0.311 D	0.54	0.53	0.64	0.63	0.58
0.776 D	0.84	0.83	0.86	0.84	0.84

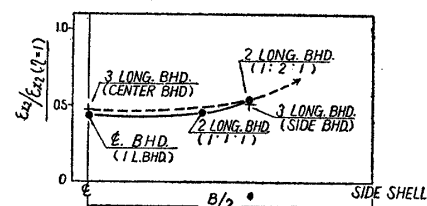


Fig. 10 The Strain Ratio of ε_{x2} to $\varepsilon_{x2}(\eta=1)$ at $x/D=0.311$ (On the Horizontal Line at a Distance 300mm from the Neutral Axis)

し、Fig. 11 に示すような端部横隔壁相当構造物(以下単に端部横隔壁と呼ぶ)を設け、水平桁の幅 b を順次変化させた場合の実験を行なった。これらの実験結果より η を求めて図示すれば Fig. 11 に示すようになり、これを同図の点線と比較すると端部横隔壁を設けることにより、縦通隔壁の端部付近では有効率は非常に良くなっていることが認められる。

ここで実船の cofferdam の水平面内の曲げ剛性が本実験で使用した模型の端部横隔壁のどの程度のものに相当するかを調べてみる。端部横隔壁の縦通隔壁におよぼす影響を表わす因子として横隔壁板およびこれに取りつけられた水平桁より成る構造のばね常数 k を考えることとする。このような端部構造を模型的に示せば Fig. a のようになる。いま水平桁一枚は Fig. a で斜線を施した部分 h の縦通隔壁からの力 P に対して抵抗するものと考ええる。実船の例として 47,000 DWT 型タンカーと模型の水平桁構造 1 本のばね常数 k を示すと第 4 表のようになる。添字 m および a はそれぞれ模型および実船を示すこととし、いま模型と実船の船長方向応力が等しいと考える。すなわち

第 4 表 模型および実船の水平桁構造のばね常数

	模 型			実 船	単 位
	$b=b_0$	$b=2/3 b_0$	$b=1/3 b_0$		
i	6.912×10^6	2.048×10^6	0.256×10^6	4.234×10^9	mm^4
Ei	14.515×10^{10}	4.301×10^{10}	0.538×10^{10}	8.891×10^{13}	$\text{kg} \cdot \text{mm}^2$
$\delta l/2$	$40.830 P_m \times 10^{-4}$	$137.80 P_m \times 10^{-4}$	$1,102.4 P_m \times 10^{-4}$	$1.613 P_a \times 10^{-3}$	mm/kg
k	245	72.5	9.07	620	kg/mm

但し、 i ：水平桁構造 1 本の中性軸に対する慣性モーメント
 $\delta l/2$ ：水平桁構造のスパンの中央の撓み
 k ：ばね常数（水平桁構造の中央を水平方向に 1 mm 撓ませるに要する力）

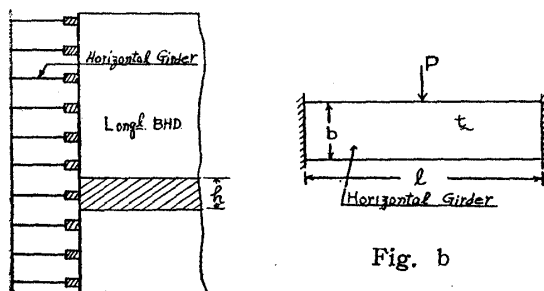


Fig. a

Fig. b

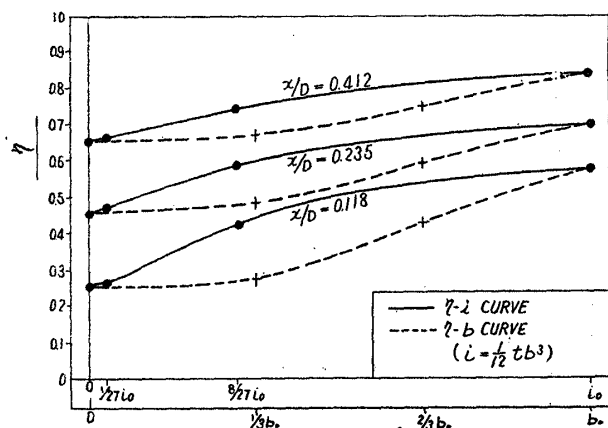


Fig. 12 Relation Between the Factor of Effectiveness of the L.B.H.D. and b & i of the End B.H.D.

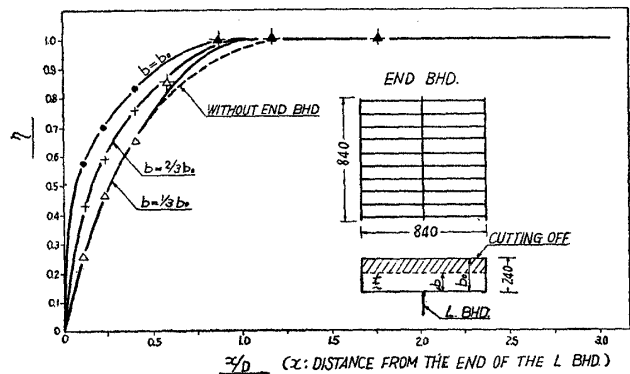


Fig. 11 Factor of Effectiveness of the L. B.H.D. in case of Exp. 3-1~Exp. 3-3.

$$\sigma_{x,m} = \sigma_{x,a}$$

とすると、この応力により縦通隔壁が水平桁構造におよぼす力 P はそれぞれ

$$P_m = \int_{-h_m/2}^{h_m/2} \sigma_{x,m} t_m dh_m, \quad P_a = \int_{-h_a/2}^{h_a/2} \sigma_{x,a} t_a dh_a$$

したがって

$$\frac{P_m}{P_a} = \frac{t_m \cdot D_m}{t_a \cdot D_a}$$

上述の 47,000 DWT 型タンカーを例にとれば

$$P_m/P_a = 1.62 \times 10^{-2}$$

となり第 4 表の数字を用いると

$$\begin{aligned} \delta l/2 &= 1.613 \times 10^{-3} \cdot P_a = 1.613 \times 10^{-3} \cdot \frac{t_a \cdot D_a}{t_m \cdot D_m} \cdot P_m \\ &= 0.996 \times 10^{-1} P_m \end{aligned}$$

$$\therefore k = 10.04$$

すなわち実船の cofferdam のばね常数 k は模型の端部横隔壁の幅を $b = 1/3 b_0$ とした場合にほぼ等しい。

さて実験結果より得られた有効率 η を水平桁構造の幅 b および慣性モーメント i に対して置点すると

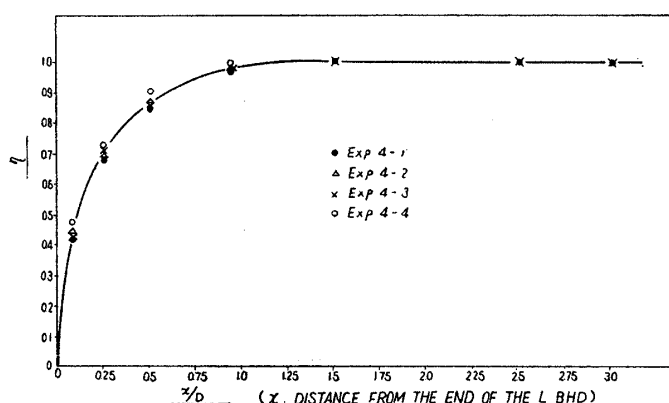


Fig. 13 Factor of Effectiveness of the L. BHD. in case of Exp. 4-1~Exp. 4-4 (Centre Line L. BHD)

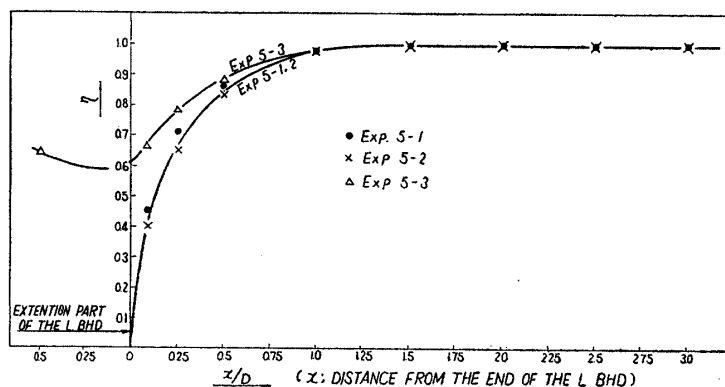


Fig. 14 Factor of Effectiveness of the L. BHD. in case of Exp. 5-1~Exp. 5-3 (2L. BHD. 1:2:1)

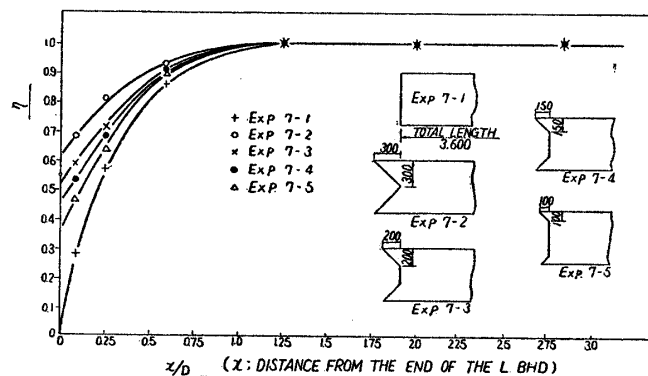


Fig. 15 (a) Factor of Effectiveness of the L. BHD. with the End Bracket.

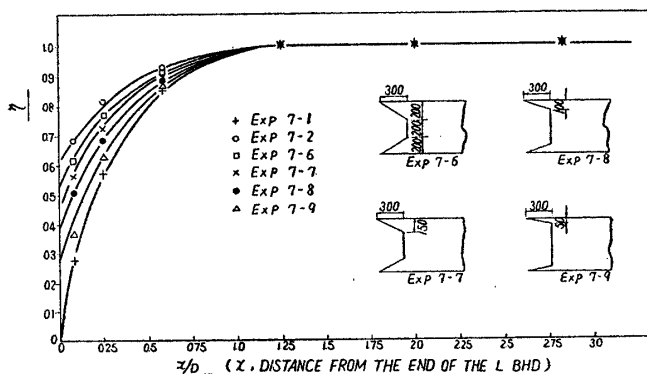


Fig. 15 (b) Factor of Effectiveness of the L. BHD. with the End Bracket.

Fig. 12 のようになり幅が $1/3 b_0$ の場合は横隔壁のない場合の η の値とほとんど変わらない。したがって実船の cofferdam が現状程度の構造では縦通隔壁の効きを高めることに対してはほとんど期待できない。

(4) 縦通隔壁に横隔壁を設けた場合
Exp. 4-1~Exp. 4-4 の場合の実験結果より η を求めて図示すれば Fig. 13 に示すようになる。これからわかるように縦通隔壁の端部にのみ横隔壁を入れた場合は横隔壁のない場合と大差ないが、横隔壁を 600 mm の間隔で密に入れた場合は若干大きな η の値を示している。

(5) 縦通隔壁と外板との結合条件を変えた場合
Fig. 14 は B-2 型模型により縦通隔壁と外板との結合条件を変えた場合の隔壁の有効率を示したものである。縦通隔壁端が自由である場合と、端部横隔壁にて外板と結合した場合の η の値はほとんど変わらないが、縦通隔壁を斜めに外板まで延長接続した場合の有効率は非常に良くなっている。また延長部の η は船側に近づくにつれて上昇する。したがってかかる構造が設計上可能であれば有利な方法の一つである。

(6) 船楼内に縦壁を設けた場合
縦通隔壁端部構造の連続性を良くするため、船楼内において縦通隔壁の真上に縦壁を設けた場合、この縦壁が縦通隔壁の効きにどの程度影響するかを検討したが、ここに述べた実験の範囲内では縦壁の有無にかかわらず η の値はほぼ等しく縦壁は何ら縦通隔壁の有効性には影響をおよぼさないことが判明した。これは Fig. 7 にみられるように船楼そのものが有効に働いておらずまた縦壁自身もその端部に shear-lag を生じるためと思われる。

(7) 縦通隔壁端に肘板を設けた場合
Fig. 15(a) は縦通隔壁端に 2 等辺 3 角形状の肘板を設けた場合の隔壁の有効率を、Fig. 15(b) は水平腕長を一定にして深さを種々変えた肘板を設けた場合の有効率を示したものであるが、肘板のない場合 (Exp. 7-1) と比較すればいずれも肘板の大きい程有効率 η の値は大きくなり、 $\eta=1$ となる位置は端部に近よる。今肘板の形状と有効

率の関係を調べるため肘板の腕長と深さの積 ($a \times b$) を横軸にとつて図示すると Fig. 16 のようになる。すなわち肘板の面積が大きくなる程 η も大きくなるが、同一面積の肘板では深さの深い肘板の方がより効果が大いことを示している。

(8) 縦通隔壁の端部を補剛した場合 縦通隔壁端部に垂直防撓材を1本より順次増加させた場合の隔壁の有効率 η と防撓材の数との関係を図示すると Fig. 17 のようになる。防撓材の数が3本までは防撓材のない場合に比して η は若干増大するが3本以上防撓材を増しても η は大した変化をしない。したがって縦通隔壁端部附近の極く狭い範囲を補剛すれば十分であると思われる。この実験では防撓材3本目の位置は $x/D=1/3$ である。

なお端部に水平防撓材を設けた場合の実験結果はこれを設けない場合と変わらず、縦通隔壁のききになんら貢献しない。

なお以上述べた各実験は中央集中荷重と単純曲げモーメントを加えた場合の2種類の負荷状態に対して行なつたが、 η の値はほぼ等しく曲げモーメントの分布状態には無関係のように思われる。

4.3 剪断力および剪断応力に関する考察

(1) 剪断力について

模型に加えた外力により生ずる剪断力 F は側外板および縦通隔壁のみが受持つとすれば

$$F = 2f_s + f_B$$

である。したがって縦通隔壁の剪断力の分担率は

$$\xi = \frac{f_B}{2f_s + f_B}$$

で表わし得る。B-1 型模型およびC型模型の中央集中荷重の場合に対する ξ を求めて図示すれば Fig. 18 のようになる。ここで Exp. 6-1~Exp. 6-4 の場合の ξ の値はほぼ等しいのでこれら各々の ξ の平均値を示した。またこれを Exp. 4-4 と比較すると後者の方が若干小さい値を示している。Exp. 4-4 は船楼のない場合であるが、Exp. 6 は上甲板上に船楼があるため若干の差が生じたものと思われる。

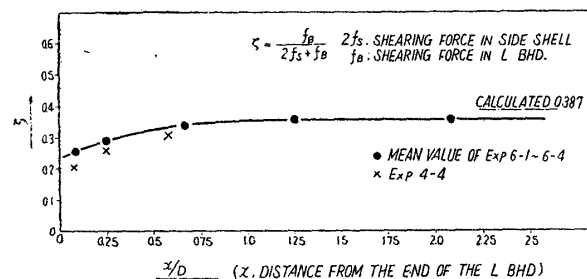


Fig. 18 Shearing Force Ratio of the L.BHD.

附近より中央部では一定となる。この図では縦通隔壁が完全に有効な場合の分担率を計算値の $\xi_{\infty}=0.387$ と実験値の $\xi_{\infty}=0.355$ の両者に対する値を示した。

つぎに横隔壁が ξ におよぼす影響を調べるため Exp. 4 の場合について考察すると、Fig. 21 に示すように横隔壁の全くない場合 ξ はほとんど零に近い。端部に横隔壁を設ければやや大きくなり、次に横隔壁を 600 mm

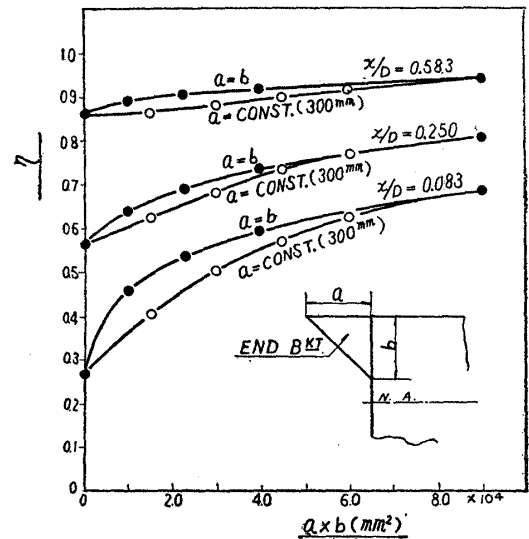


Fig. 16 Relation Between Factor of Effectiveness of the L.BHD and Form of the End Bracket.

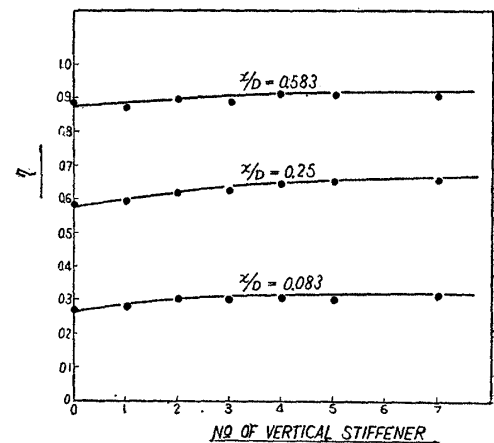


Fig. 17 Factor of Effectiveness of the L.BHD. with Vertical Stiffeners at the End Part.

一方縦通隔壁が完全に有効なものとして剪断流理論により ξ を計算すれば、C型模型の中央部では $\xi=0.387$ となる。Fig. 18においては縦通隔壁の中央部で $\xi=0.355$ となり計算値に近い値を示している。しかし縦通隔壁の端部では ξ の値は小さくなる。

つぎに縦通隔壁の剪断力による有効率を

$$\rho = \frac{f_B}{F_B} = \frac{f_B}{\xi_{\infty} F}$$

と定義しこれを図示すれば Fig. 19 に示すようになる。

端部では ρ の値は可なり小さくなるが、 x/D が約 0.9

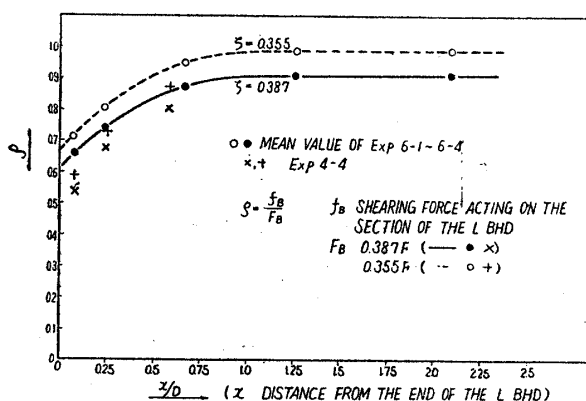


Fig. 19 Factor of Effectiveness for the Shearing Force of the L. BHD.

(2) 最大剪断応力について

剪断力の分担率と共に最大剪断応力についても十分考慮する必要がある。Fig. 20 に縦通隔壁および側外板の

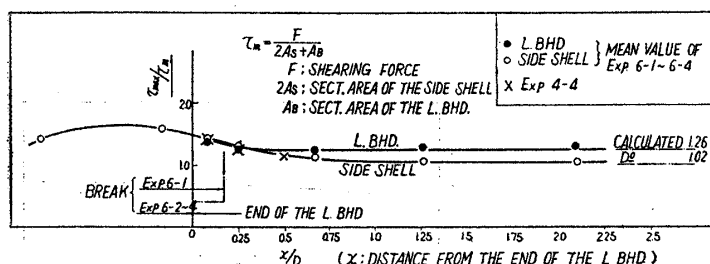


Fig. 20 Max. Shearing Stress in the L. BHD. and the Side Shell.

で 1.02 であるが実験値はこれと極めて良く一致している。

Exp. 4 の場合について横隔壁の有無による縦通隔壁端附近の最大剪断応力の変化の状態をみるため、Fig. 22 および Fig. 23 に示すように深さの中央における剪断応力と甲板面直下におけるそれと比較すると、横隔壁のない場合は甲板面直下の方が大きく横隔壁を設けるといく分緩和されて端部附近を除けば深さの中央における剪断応力が最大となる。

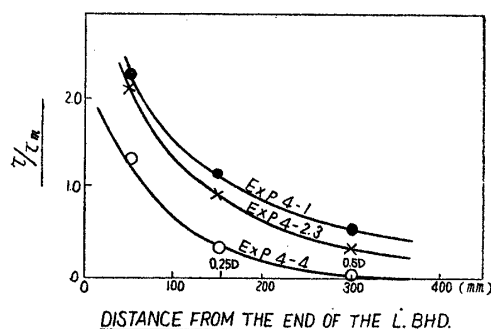


Fig. 22 Shearing Stress along the Top & Bottom of the L. BHD.

の間隔に設けると更に η は増大する。これは横隔壁が剪断力の伝達に大きな役割を果たしていることを意味するものである。

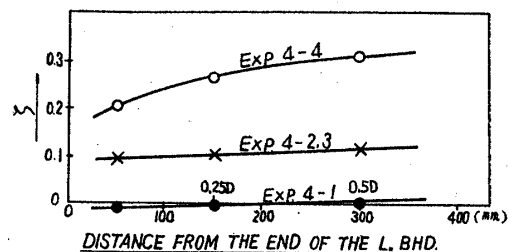


Fig. 21 Shearing Force Ratio of the L. BHD.

最大剪断応力 τ_{max} と平均剪断応力 $\tau_m (= F/(2A_s + A_b))$ との比を示した。 x/D が約 0.9 より中央部では τ_{max}/τ_m の値は一定であるが、縦通隔壁端にゆくに従い大きくなる。また側外板の最大剪断応力は縦通隔壁端を越えても大きくなりやがて再び小さくなる。前記の剪断流による計算では縦通隔壁が完全に有効な部分についての τ_{max}/τ_m の値は縦通隔壁で 1.26、側外板

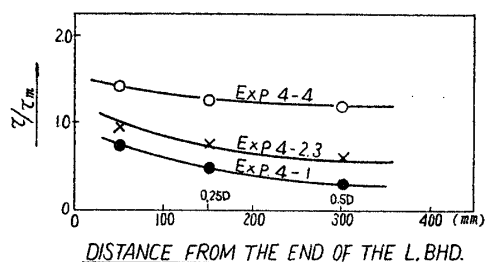


Fig. 23 Shearing Stress along the Neutral Axis of the L. BHD.

5. 結 言

以上縦通隔壁の有効性を種々の場合につき実験的に調査し大方の結論を得た。これを要約すれば次の通りである。すなわち縦通隔壁の有効性を η で論ずれば

- (1) 縦通隔壁附近では η はかなり小さいが、端部より深さの約 1.2 倍の位置より中央部では $\eta=1$ となる。
- (2) 縦通隔壁の条数が多い程 η は大きく、また船側に近い程有効に働く。
- (3) 横隔壁は縦通隔壁の有効率を増大せしめるが、その剛性が相当大きくない限り η におよぼす影響は小さ

い。横隔壁は剪断力の伝達に大きな役割を果す。

(4) 縦通隔壁を外板まで斜めに延長させる構造は η を増大せしめ有効である。

(5) 船楼内に縦壁を設けても縦通隔壁の有効率は良くならない。

(6) 端部の肘板は有効率を増大せしめるに極めて有効である。肘板は大きい程良くその形状は深さの深いもの程効果的である。

さらに剪断力、剪断応力の見地より考察すれば

(7) 縦通隔壁では剪断力の分担率は小さくしたがつても ρ 小さい。端部より $0.9D$ 附近より中央部ではお ρ および η は一定となり有効に剪断力を分担する。

(8) 縦通隔壁端では最大剪断応力は増大し甲板面直下に可成り大きな剪断応力が生じる。

これらの実験に用いた模型は超大型タンカーにほぼ相似であり、以上の実験結果は大体実船の場合にも適要されるものと思われる。

最後に本実験を遂行するに当り種々困難な作業に従事された日本海事協会技術研究所および日立造船(株)技術研究所の各位に深く感謝する次第である。