

日本船舶振興会昭和46年度補助事業  
“船舶の構造・性能に関する基礎的研究”

研究資料 No. 159

## 第127研究部会

### 船殻部材歪量の船体強度に 及ぼす影響に関する研究

報 告 書

昭和47年3月

社 团 法 人

日 本 造 船 研 究 協 会

## は し が き

本報告書は、日本船舶振興会の昭和46年度補助事業「船舶の構造・性能に関する基礎的研究」の一部として日本造船研究協会第127研究部会においてとりまとめたものである。

本研究部会の委員は次のとおりである。

### 第127研究部会委員名簿（敬称略、順不同）

部会長	木原 博(日本溶接協会)	安東重美(三井造船)
幹事	藤田 譲(東京大学)	上田幸雄(大阪大学)
	池田 一夫(神戸製鋼所)	栗田剛利(三菱重工業)
	門田数登(三菱重工業)	三村道夫(日本钢管)
	桑山則男(住友金属工業)	田代新吉(日本海事協会)
	佐藤邦彦(大阪大学)	堀岡正毅(日本钢管)
	長沢 準(船舶技術研究所)	松石正克(日立造船)
	満喜良男(日本钢管)	安川 度(川崎重工業)
	矢田敏夫(石川島播磨重工業)	山口勇男(日本海事協会)
	築 毅(石川島播磨重工業)	矢口弘道(三井造船)
	山越道郎(九州大学)	
	西畠作太郎(石川島播磨重工業)	
委員	仰木盛綱(佐世保重工業)	有田喜久雄(船舶技術研究所)
	井下重光(石川島造船化工機)	笠井眷次(佐野安船渠)
	小林三蔵(名村造船所)	相馬宏二(函館ドック)
	中井茂(三井造船)	永元隆一(三菱重工業)
	三沢敏夫(住友重機械工業)	宮崎精治(川崎重工業)
	矢島 浩(三菱重工業)	堀之北克朗(運輸省)

# 船殻部材歪量の船体強度に及ぼす影響に関する研究報告書

## 目 次

1. まえがき .....	1
2. 船殻部材の歪量に関する研究 .....	2
2.1 船殻部材の歪量に関する調査研究 .....	2
2.1.1 目的 .....	2
2.1.2 歪量計測実施方法 .....	2
2.1.3 集計の方法 .....	4
2.1.4 データ集計結果 .....	4
2.1.5 考察 .....	4
2.1.6 まとめ .....	5
2.2 歪防止工作法、歪取工作法に関するアンケート調査結果 .....	26
2.2.1 概要 .....	26
2.3 歪防止工作法確立のための予備実験結果 .....	57
2.3.1 概要 .....	57
2.3.2 実験の方法 .....	57
2.3.3 結論 .....	75
2.3.4 溶接条件等 .....	75
3. 船殻部材の歪量と構造強度との関連に関する研究 .....	86
3.1 板材の工作歪と強度 .....	86
3.1.1 目的 .....	86
3.1.2 研究内容 .....	86
3.1.3 文献調査 .....	86
3.1.4 統計的手法の検討 .....	91
3.1.5 むすび .....	94
3.2 柄材の工作歪と強度 .....	98
3.2.1 まえがき .....	98
3.2.2 柄材の工作歪と強度 .....	98
3.2.3 研究内容 .....	99
3.2.4 文献調査 .....	99
3.3 柱部材の工作歪と強度の関係についての予備実験および予備調査 .....	112
3.3.1 まえがき .....	112
3.3.2 予備調査 .....	112
3.3.3 実験概要 .....	113
3.3.4 実験結果および考察 .....	115
3.3.5 結論 .....	125
3.4 二次部材の歪量に関する研究 .....	125
3.4.1 試験目的 .....	125

3. 4. 2 実船に使用されている内構材二次部材寸法の実体調査	126
3. 4. 3 模型実験	126
3. 4. 4 実験結果および考察	132
3. 4. 5 結論	135
4. 船殻部材の歪量と材料強度との関連に関する研究	136
4. 1 建造中に発生する歪の解析と防止法に関する研究	136
4. 1. 1 概要	136
4. 1. 2 実験	136
4. 1. 3 試験結果と考察	142
4. 1. 4 まとめ	142
4. 2 初期歪が疲労強度および脆性破壊におよぼす影響に関する研究 ( 突合せ溶接継手の溶接角変形が疲労強度におよぼす影響 )	143
4. 2. 1 目的	143
4. 2. 2 試験方法	143
4. 2. 3 試験結果	144
4. 2. 4 考察	144
5. むすび	145

## 船殻部材の歪量が船体強度に及ぼす影響

船殻部材の歪量が船体強度に及ぼす影響はかなり重要な問題であるが、現在まで、これに関する系統的な研究結果は少ないようである。たとえば、船殻構造部材に関する J.S.Q.S.\*は主として、従来の実績をもととして定められた数値であり、最近のように、急速に大型化したいわゆる巨大船に対しては、必ずしも妥当でない場合もある。

そこで、日本造船研究協会第127研究部会は、最近の建造船の歪量を調査し、その実態を分析し、また、船殻部材の強度の面から、部材の歪許容量を理論的に検討し、合理的な歪許容量を決定することを目的として、下記の項目について研究を行なつた。なお、本研究は、本年度を第1年度として、3カ年間にわたつて継続される予定のものである。

### 1) 船殻部材の歪量に関する調査

最近、建造された船舶の船殻部材の歪量を計測し、これを電子計算機を利用して集計分析した。また、現在行なわれている歪防止工作法や歪取り工作法に関する現状調査を行ない、歪発生の少ない工作法や標準的な歪取り工作法を確立するための検討を行なつた。

### 2) 船殻部材の歪量と構造強度との関連

船殻部材の歪量が構造強度に及ぼす影響を調査するため、今まで発表された関連の研究結果についての調査を行ない、平板や防撓板などの板材、横桁や縦通材の桁材、支柱、肘板や防撓材などの二次部材などの各構造要素についての模型による予備試験を行ない、初期撓みによる座屈強度や最終強度の低下率などを求めるための準備を行なつた。

### 3) 船殻部材の歪量と材料強度

溶接接手に生ずる変形の機構を調査するため、大型の模型試験板を用いた実験を行ない、建造中に発生する歪の防止対策についての研究を行なつた。また、各種の溶接変形が疲労強度に及ぼす影響を調査するため、軟鋼、高張力鋼を供試材とした角変形接手の疲労実験を行ない、材質による差異をも検討した。

\* Japan Shipbuilding Quality Standards

## 2. 船殻部材の歪量に関する調査研究

### 2.1 船殻部材の歪量に関する調査研究

#### 2.1.1 目的

船殻構造を構成する船殻部材に発生する歪量の実績を定量的に把握し、発生した歪量とその部材の構造強度ならびに材料強度との関連を調査するための資料を作成する。

その目的に沿つて、最近建造された、あるいは、建造中の船舶の部材の歪量を全国の造船所において計測し、そのデータを電子計算機を利用して統計的に集計し歪量の分析を行なう。

#### 2.1.2 歪量計測実施方法

- (1) 歪量計測実施造船所 24 造船所  
(2) 計測実施期間 昭和46年8月～12月（5ヶ月間）  
(3) データ数 12,089個

データは予め造船所に上記計測実施期間内に計測しうる船舶数および部材等の調査をアンケート形式にて行ない、部材毎にデータ数200～300を確保するよう各造船所に割当て、計測を実施した。

#### (4) データ記入

データシートの内容は下表の通り。

また、データシートは次頁のような統一形式とした。

No.	COLUMN No.	項目	備考
1	1	データ修正コラム	データの修正を行なう場合、データ番号を同一番号として*を記入する。
2	2～3	造船所コード番号	各造船所に定められたコード番号を記入する。
3	4～7	データ番号	造船所毎に一貫番号をつける。
4	8	船の種類	BULK CARRIER, TANKER, ORE CARRIER 一般貨物船等の区別をつける。
5	9～10	建造年	西暦下ヶタを記す。
6	11	船の大きさ	1. 120M以下 2. 120Mを超える150M 3. 150 " 180 " 4. 180 " 210 " 5. 210 " 240 " 6. 240 " 270 " 7. 270 " 300 " 8. 300Mを超える船
7	12	船級協会	
8	13	計測実施時期	1. 船体完成検査後 2. " 前 3. ブロック完成検査後
9	17～54	部材寸法	板厚、巾、等を記入する。
10	55～	歪量	

日 月

PAGE OF

## DATA SHEET

測量統計

## (5) 計測要領

計測の実施にあたつては、計測要領を作製し各造船所に配布した。この中には各部材毎に計測の方法を図示し測定法の統一をはかつた。その1例を次に示す。

パネル部材のヤセ馬は下記の要領で計測する。

計測用具：張糸とスケール

$\delta_0$  : 差越量

$\delta'$  : 差越線からの計測値

$$\therefore \text{歪量 } \delta = \delta' - \delta_0$$

### 2.1.3 集計の方法

下記の段階で集計を行なう。

第1段階 各部材毎に歪量の分布状態をチェックする。

第2段階 前記の分布状態から船種別、大きさ別に板厚、巾等の歪量に影響を与える要因と歪量の相関関係を見出す。

本年は集計用プログラムを作製し、まずパネル部材の歪量のデータを集計した。次年度以降計測を続行してデータ数の拡充をはかるとともに詳細な解析を実施する予定である。

### 2.1.4 データ集計結果

パネル部材の歪量の集計結果を図2.1.1～図2.1.2.1に示す。表2.1.1はパネル部材の歪量の集計結果であり、表中には比較のためJ.S.Q.S.71年版の資料も併記した。

### 2.1.5 考 察

以下各パネル部材の計測実施時期による分布の変化について記す。

#### (1) 外 板 図2.1.1, 2, 3

- (a) 中央部船底、前後部外板とも、完成検査後の方が完成検査前、ブロック検査時と比較して $\bar{x}$ ,  $\sigma$ もともに大きい値を示している。ブロック検査時の $\bar{x}$ ,  $\sigma$ が小さい値を示すのは、ブロックの周囲からの拘束が少いためと思われる。また、船体完成検査後の歪量が大きいのは外板では歪取りを実施することとは比較的少ないので歪が累積する可能性があるためと思われる。
- (b) 前後部外板の $\bar{x}$ ,  $\sigma$ の値が大きいのは板厚がうすいことおよび船首尾におけるブロック周囲からの拘束の大きいことを考慮すると、定性的には妥当であると考えられる。
- (c) J.S.Q.S.との比較では、今回のデータの方が $\bar{x}$ については大きく、これは船舶の大型化の影響とも考えられるが、 $\sigma$ についてはほぼ同程度である。

#### (2) 二重底頂板

- (a)  $\bar{x}$ ,  $\sigma$ の値が外板の場合と同様の傾向で、完成検査後の値が大きい。
- (b) J.S.Q.S.の数値は、船体完成検査後の値とほぼ一致する。

#### (3) 隔 壁

- (a) 完成検査後の数値は $\bar{x}$ ,  $\sigma$ の値が外板の場合と異り小さいのは、検査時点で手を加えることが多いためであろう。
- (b) J.S.Q.S.との比較では、今回のデータの方が下廻つている。

#### (4) コルゲート隔壁、第2甲板、裸部、非裸部

データが100個に達しなかつたので、一応 TOTAL の場合のみ記した。

#### (5) 上 甲 板

- (a) いわゆる裸部については、完成検査後の $\bar{x}$ ,  $\sigma$ が大きいのは外板と同様の傾向である。
- 非裸部については、隔壁と同様検査時に指摘を受けやすいためか逆の傾向となつている。

(b) J.S.Q.S. の比較では、 $\bar{x}$ については今回の集計の方が値が大きい。 $\sigma$ についてはほぼ同程度である。

(6) 船樓甲板、上部構造甲板、室壁

(a) 検査前の手直しの影響が顕著である。また、裸部の方が非裸部に対してより手当を行なつている。

(b) J.S.Q.S. との比較では、 $\bar{x}$ ,  $\sigma$ の値は今回の集計のケースの方がやや大きい。また、室壁の非裸部の値が他の部分に比して小さい。

(7) GIRDER WEB, TRANS. WEB, FLOOR,

J.S.Q.S. の項目には含まれていない。今回、パネル部材として加えたものである。

内構部材であるためが上部構造隔壁と異り、歪取り等の手直しの度合が少いようである。

### 2.1.6まとめ

本年度の計測結果から明らかとなつた事項は、以下の通りである。

(1) 今回実施した歪量計測の方法は、ほぼ初期の目的を達成し妥当であることが確認され、次年度以降の歪量計測についての見通しが得られた。

(2) 集計のためのプログラムを作製し、パネル部材についてその有効性の確認を行なつた。

(3) 今回パネル部材についてのみ歪量の集計を行ない、J.S.Q.S. のデータと比較したが、このデータから次の事項が推定される。

(a) 船舶の大型化のための外板の歪量は増加の傾向にあるが、標準偏差はほぼ同程度である。

(b) 各部材別に検査前に手直しの行なわれている部材と、比較的手直しの行なわれていない部材との間にはステージ別の歪量の傾向に差があることが認められる。

これ等の歪量の傾向については、今後更に分析を進める予定である。

表 2.1.1 パネル部材歪量分布一覧表

部材コード	部材	項目	船体完成検査後	船体完成検査前	ブロック検査後	計	J.S.Q.S. 1971年版
101	中央部船側外板	N 個	123	86	119	328	1,300
		$\bar{x}$ mm	3.0	1.5	1.8	1.9	1.69
		$\sigma$ mm	1.8	1.2	1.1	1.2	1.22
102	中央部船底外板	N	124	134	55	363	1,300
		$\bar{x}$	2.9	1.8	1.8	2.0	1.66
		$\sigma$	1.7	1.3	1.2	1.3	1.22
103	前后部外板	N	82	103	69	254	1,300
		$\bar{x}$	3.28	3.14	2.78	3.1	2.47
		$\sigma$	3.32	2.42	2.92	1.85	1.82
104	二重底頂部	N	154	86	73	313	1,300
		$\bar{x}$	2.4	1.88	2.2	2.04	2.37
		$\sigma$	1.8	1.29	1.25	1.2	1.78
105	BULK HEAD (PLANE)	N	62	72	87	221	*1 131 *2 137
		$\bar{x}$	2.5	2.8	2.1	2.7	3.61 3.30
		$\sigma$	1.55	1.73	1.87	1.73	1.96 1.98
106	BULK HEAD (CORRUGATE)	N				38	
		$\bar{x}$				1.8	
		$\sigma$				1.74	
107	第2甲板裸部	N				95	1,100
		$\bar{x}$				3.6	3.15
		$\sigma$				2.43	2.05

(続き)

部材コード	部材	項目	船体完成検査後	船体完成検査前	ブロック検査後	計	J.S.Q.S. 1971年版
108	第2甲板非裸部	N 個				30	700
		$\bar{x}$ $\text{mm}$				3.5	3.37
		$\sigma$ $\text{mm}$				2.6	2.15
109	上甲板中央部	N	172	110	95	377	1,300
		$\bar{x}$	1.9	1.9	1.1	1.5	1.53
		$\sigma$	1.46	1.36	1.05	1.11	1.23
110	" 前後部	N	206	155	45	406	900
		$\bar{x}$	4.75	2.8	3.78	2.94	2.09
		$\sigma$	1.4	1.84	1.61	1.85	1.59
111	" 非裸部	N	201	143	48	392	900
		$\bar{x}$	2.6	3.14	3.17	2.86	2.41
		$\sigma$	1.64	1.88	1.9	1.86	1.91
112	船樓甲板裸部	N	131	56	13	200	1,200
		$\bar{x}$	2.2	4.3	8	2.96	2.22
		$\sigma$	1.64	3.98	7	2.66	1.52
113	" 非裸部	N	90	41	6	137	1,200
		$\bar{x}$	3.44	4.3	5.1	3.78	2.72
		$\sigma$	2.8	2.5	3.1	2.66	2.21
114	上部構造裸部 甲板	N	146	132	24	302	1,300
		$\bar{x}$	3.01	4.6	5.25	3.9	2.44
		$\sigma$	2.26	4.14	3.32	3.44	1.76
115	" 非裸部	N	146	145	34	335	1,300
		$\bar{x}$	2.96	4.0	1.34	3.66	2.92
		$\sigma$	2.92	3.16	1.86	3.0	2.20
116	室壁、外壁	N	132	138	20	270	1,300
		$\bar{x}$	1.98	3.4	3.0	2.7	2.94
		$\sigma$	1.73	3.32	2.09	2.65	1.55
117	室壁、内壁	N	141	127	13	281	1,100
		$\bar{x}$	2.6	3.8	4.6	3.2	1.94
		$\sigma$	1.82	2.19	2.47	2.07	1.60
118	室壁非裸部	N	81	140	12	233	800
		$\bar{x}$	2.2	3.35	2.8	3.4	2.83
		$\sigma$	1.26	2.26	1.9	2.22	2.20
119	GIRDER WEB	N	78	85	19	182	
		$\bar{x}$	1.95	1.8	2.37	1.93	
		$\sigma$	1.18	1.1	1.22	1.16	
120	TRANS. WEB	N	96	48	48	192	
		$\bar{x}$	2.7	1.9	2.3	2.3	
		$\sigma$	1.85	1.18	1.7	1.64	
121	FLOOR	N	93	31	17	141	
		$\bar{x}$	3.17	2.0	1.15	2.75	
		$\sigma$	1.86	1.4	0.87	2.1	

※1 縦通隔壁を示す。

※2 横置 "

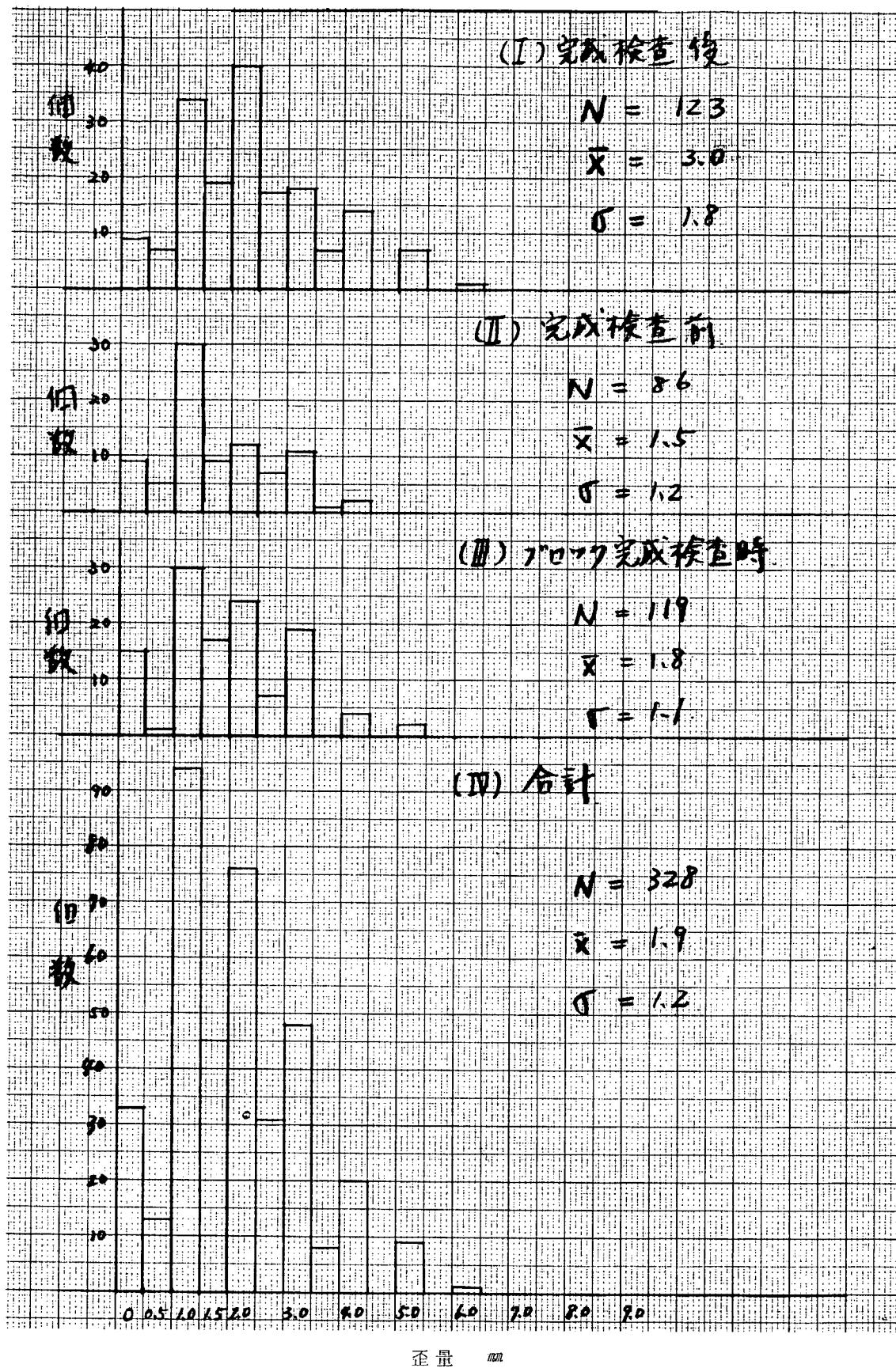


図 2.1.1 中央部船側外板 (101)

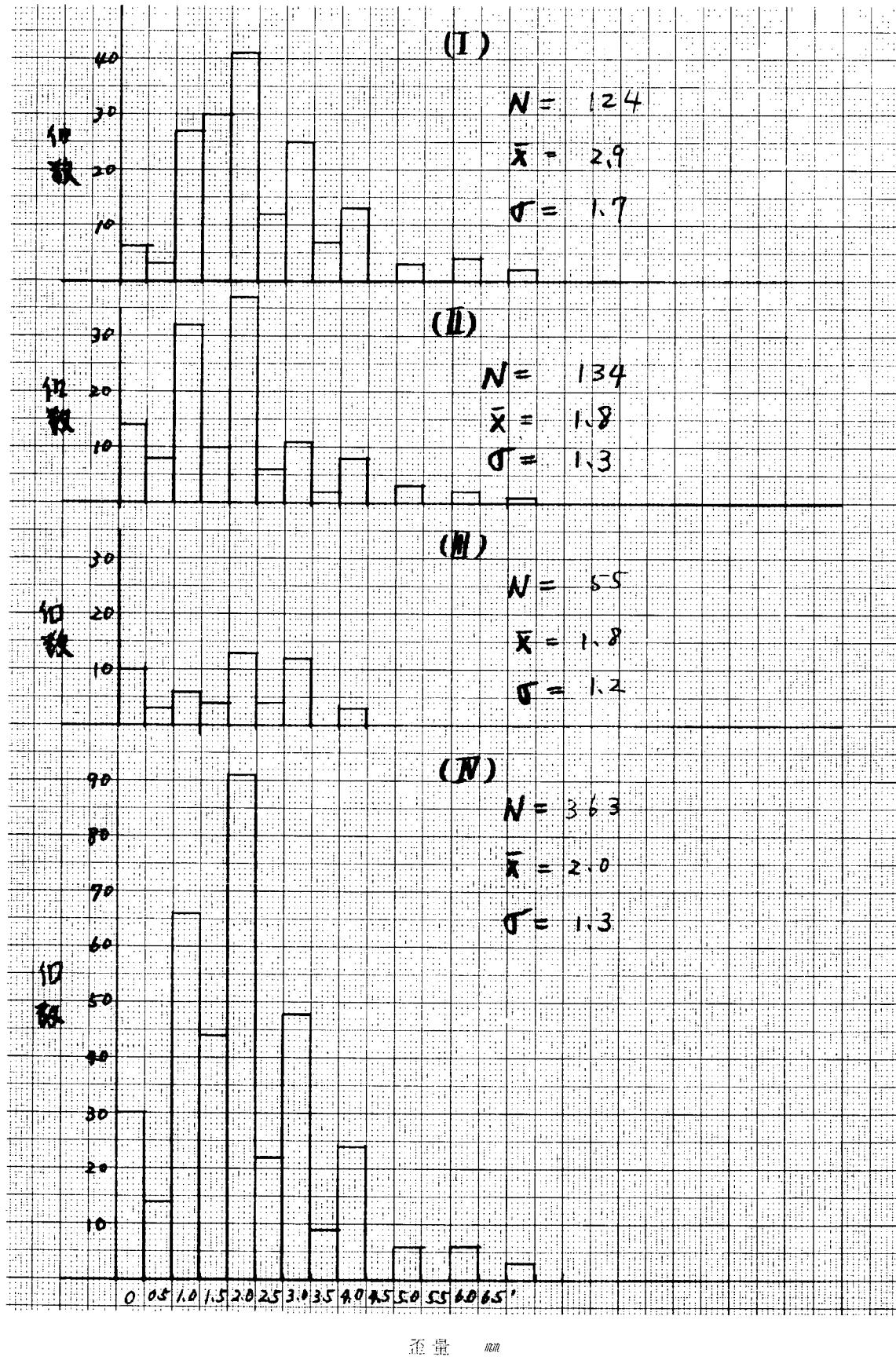


图 2.1.2 中央部船底外板 (102)

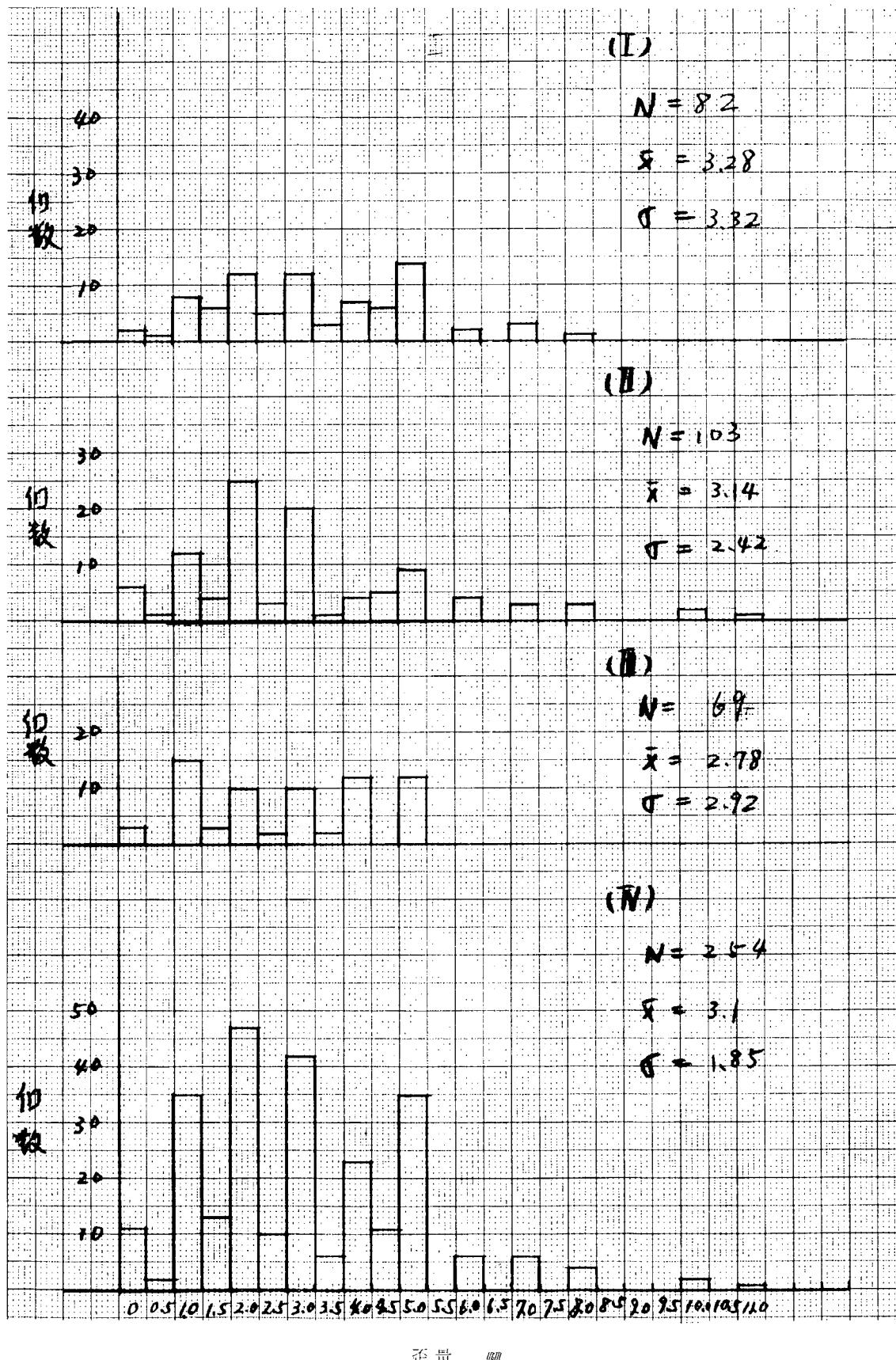


図 2.1.3 前後部外板 (103)

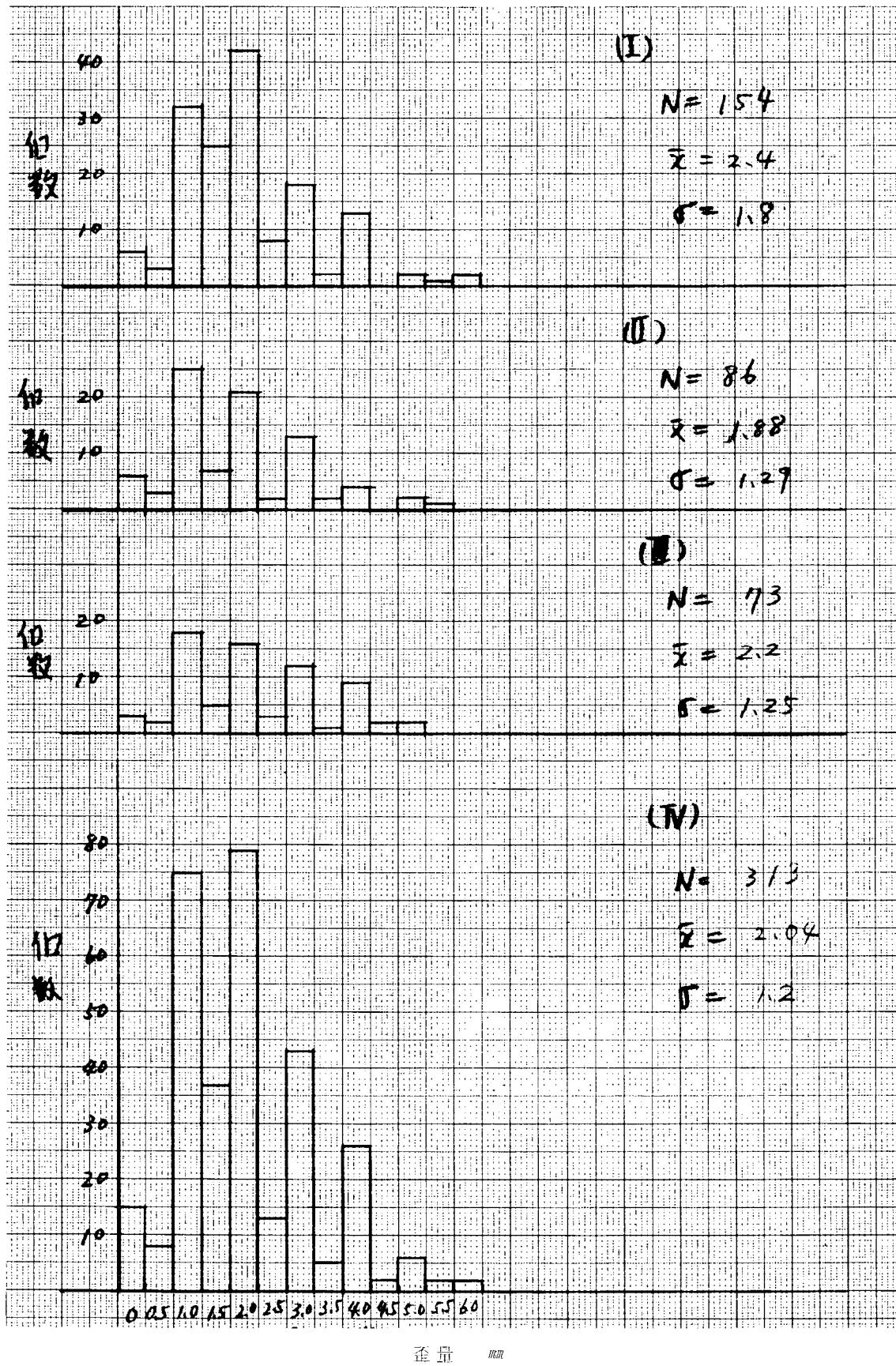


图 2.1.4 二重底顶板 (104)

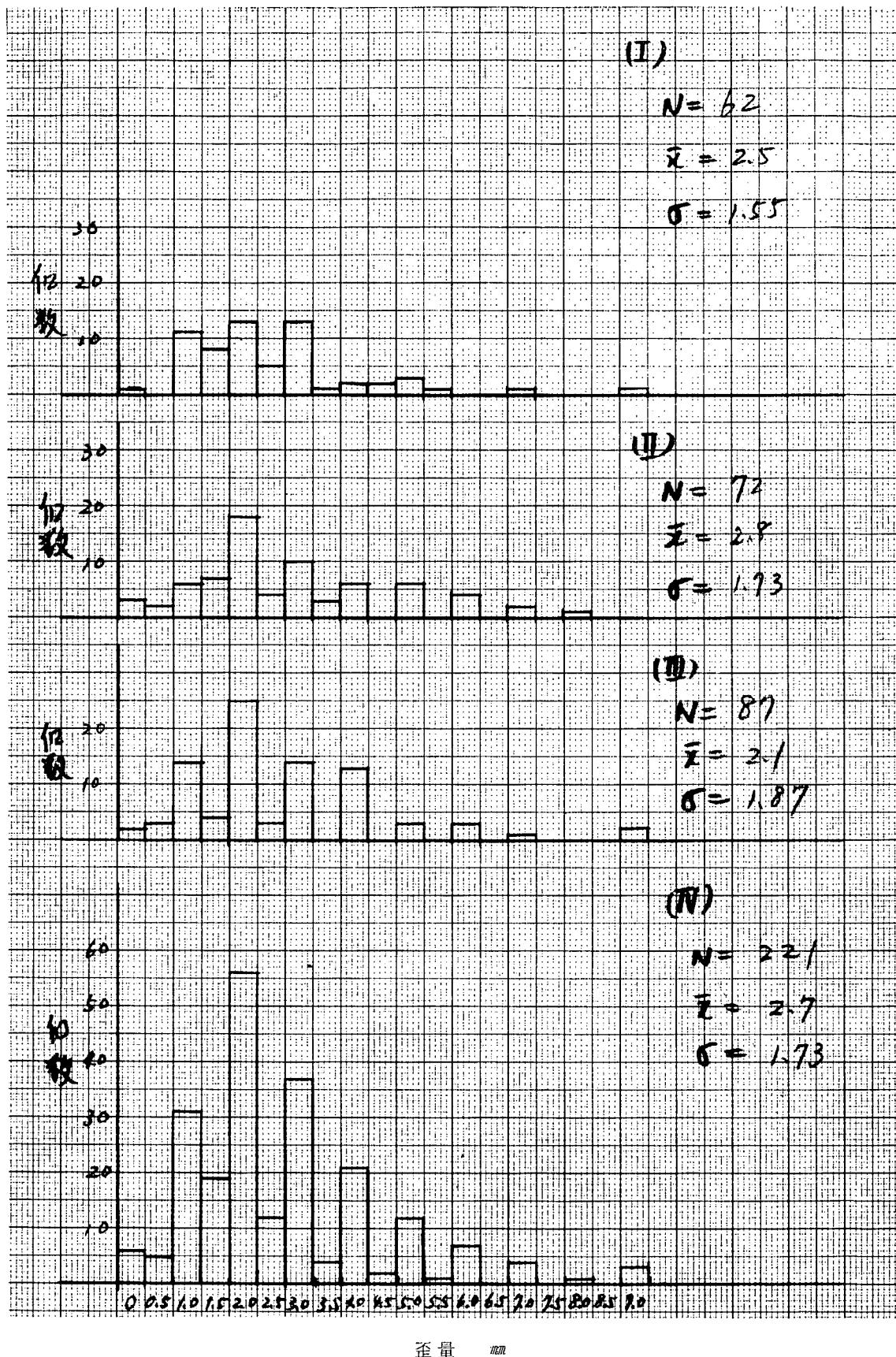


図 2.1.5 BULK HEAD (PLANE) (105)

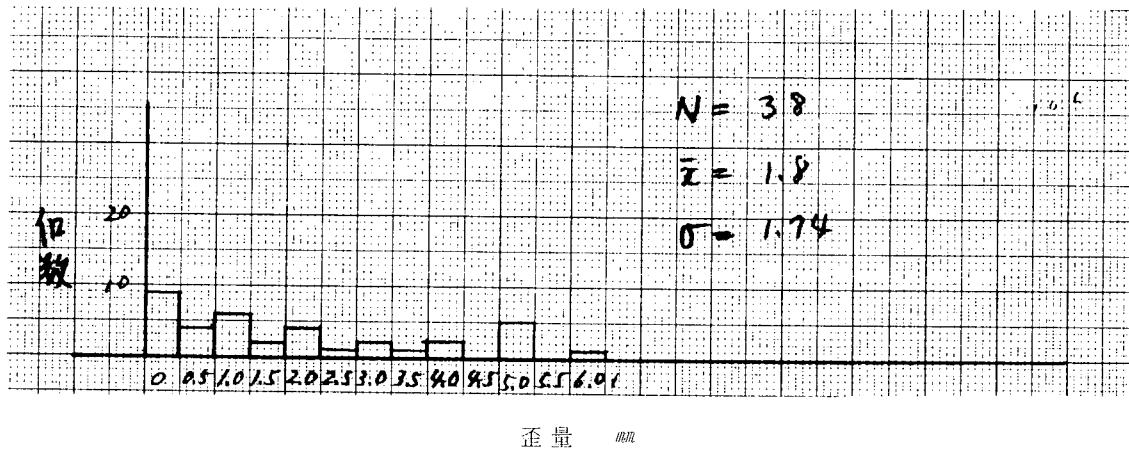


図 2.1.6 BULK HEAD (CORR.) (106)

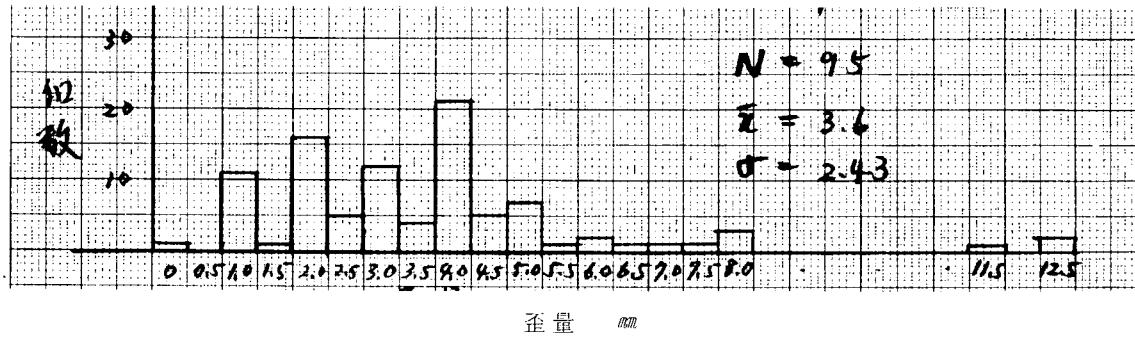


図 2.1.7 第 2 甲板 裸部 (107)

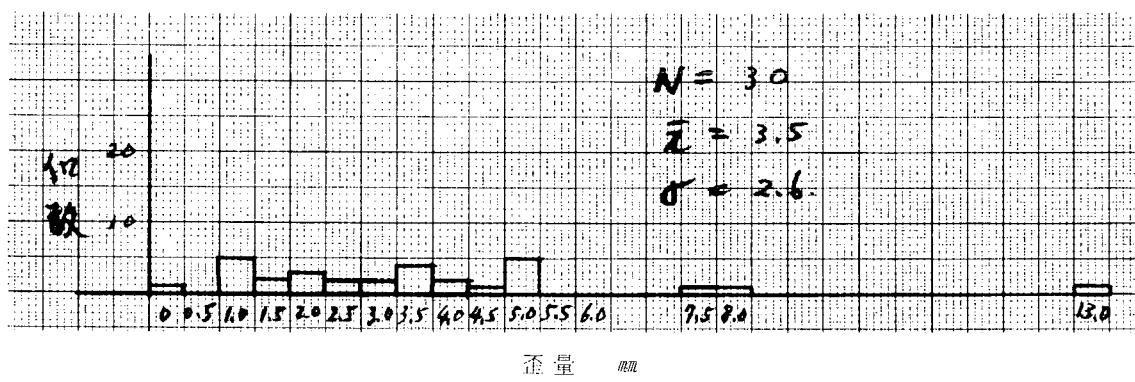
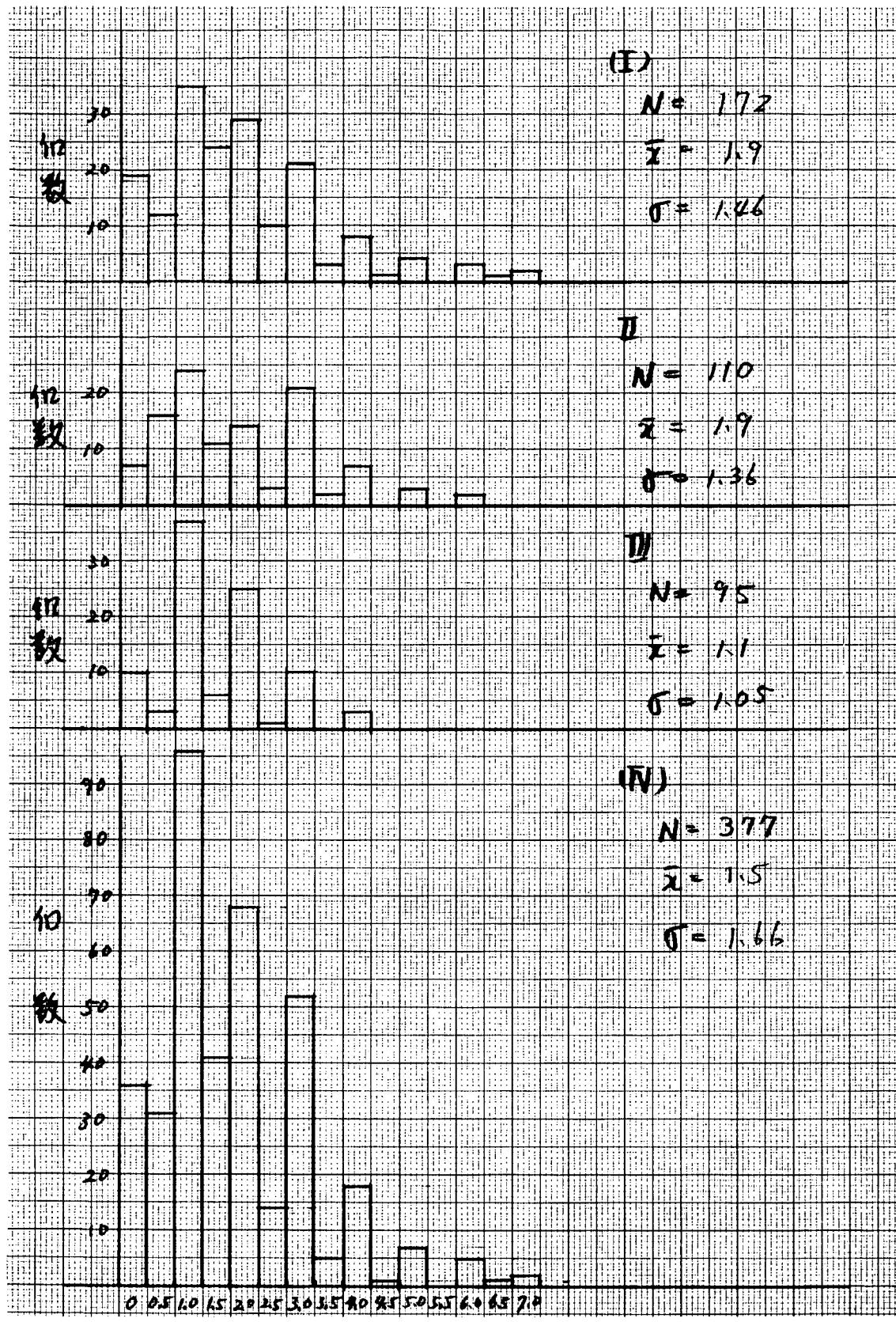
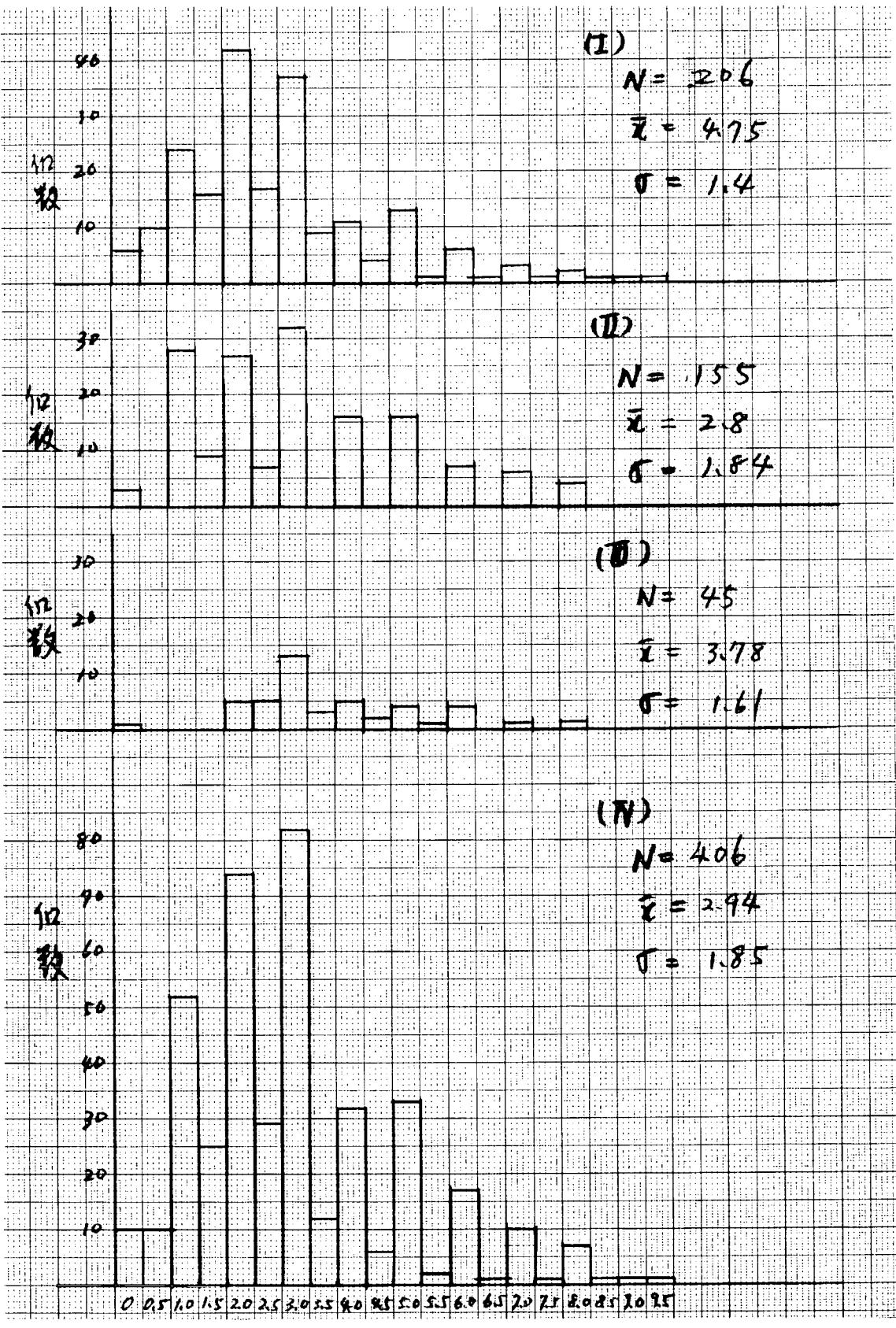


図 2.1.8 第 2 甲板 非裸部 (108)



垂量 mm

图 2.1.9 上甲板中央部 (109)



直量      mm

図 2.1.10 上甲板前後部 (110)

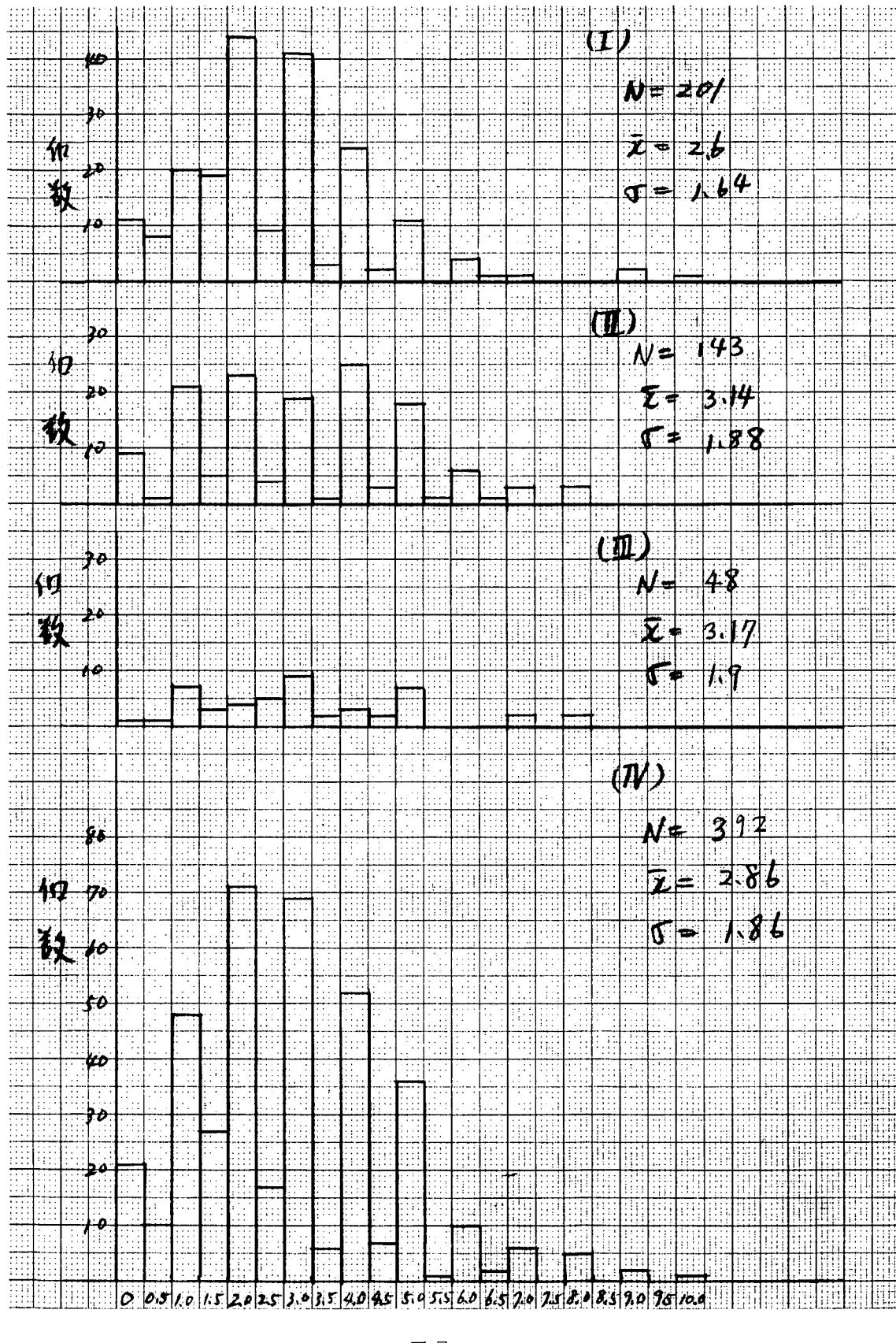


図 2.1.11 上甲板非裸部 (111)

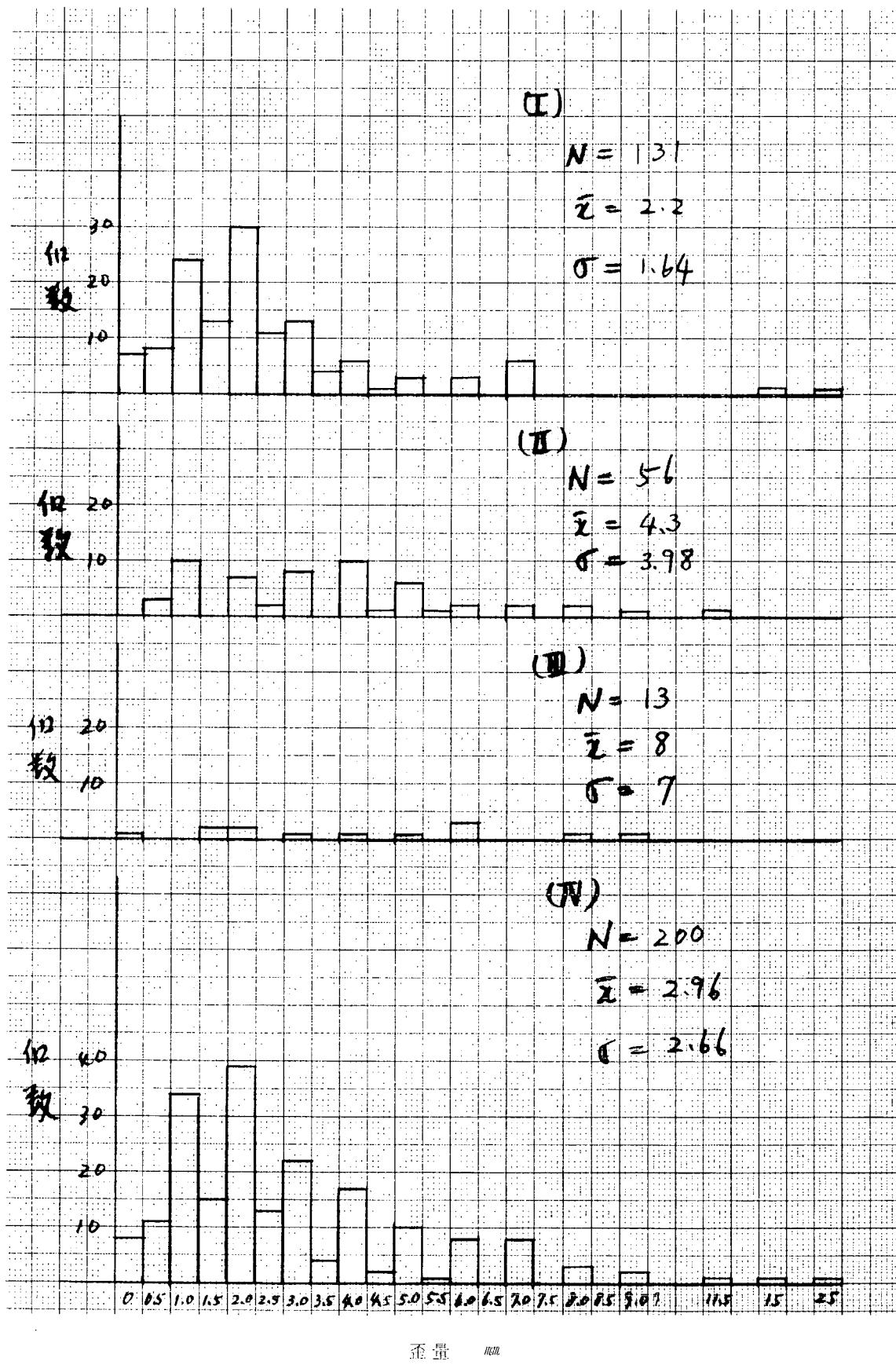


図 2.1.12 船 横 甲 板 裸 部 (112)

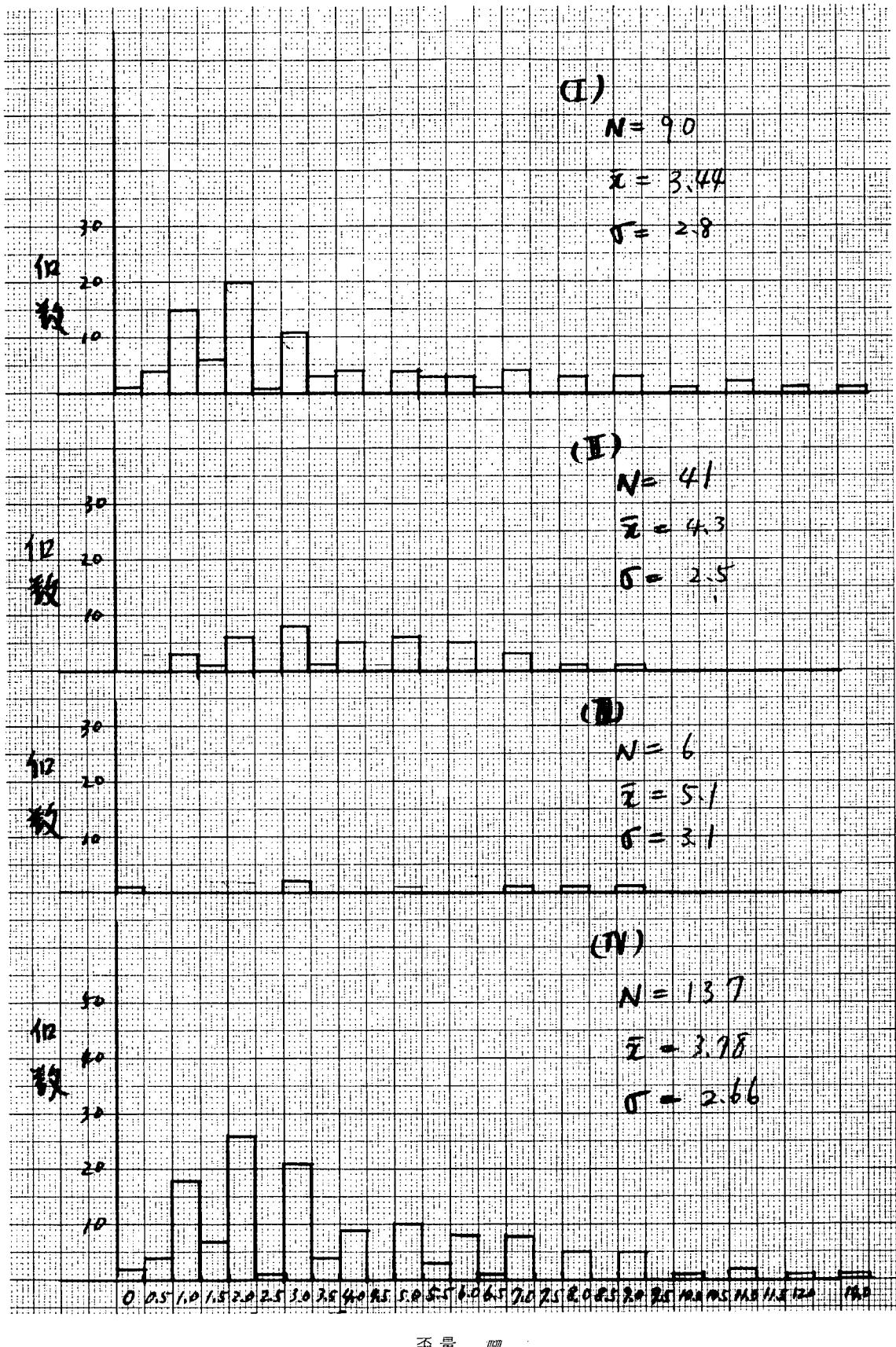


図 2.1.1.3 船 楼 甲 板 非 裸 部 (113)

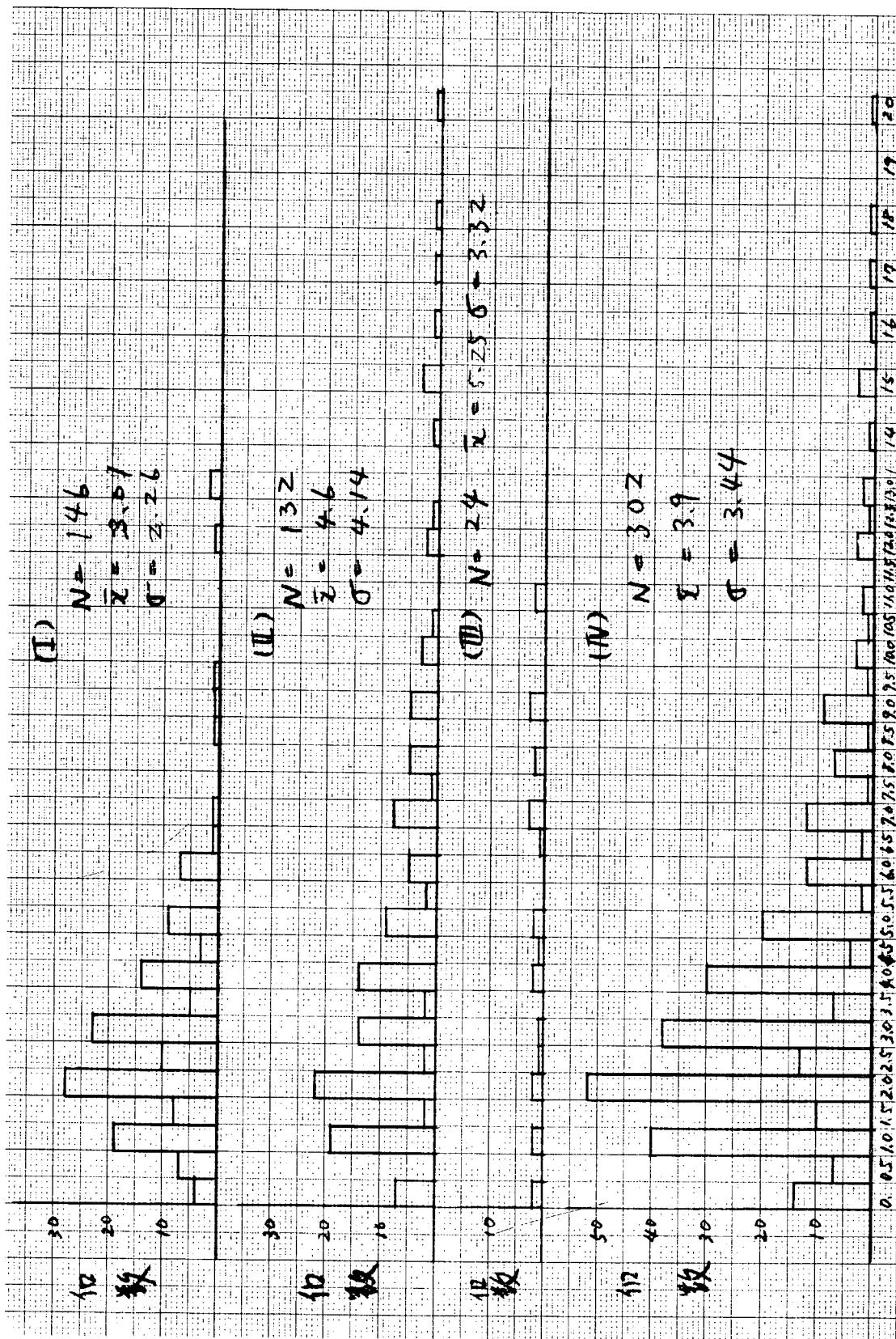


圖 2.1.14 上部構造甲板裸部 (114)

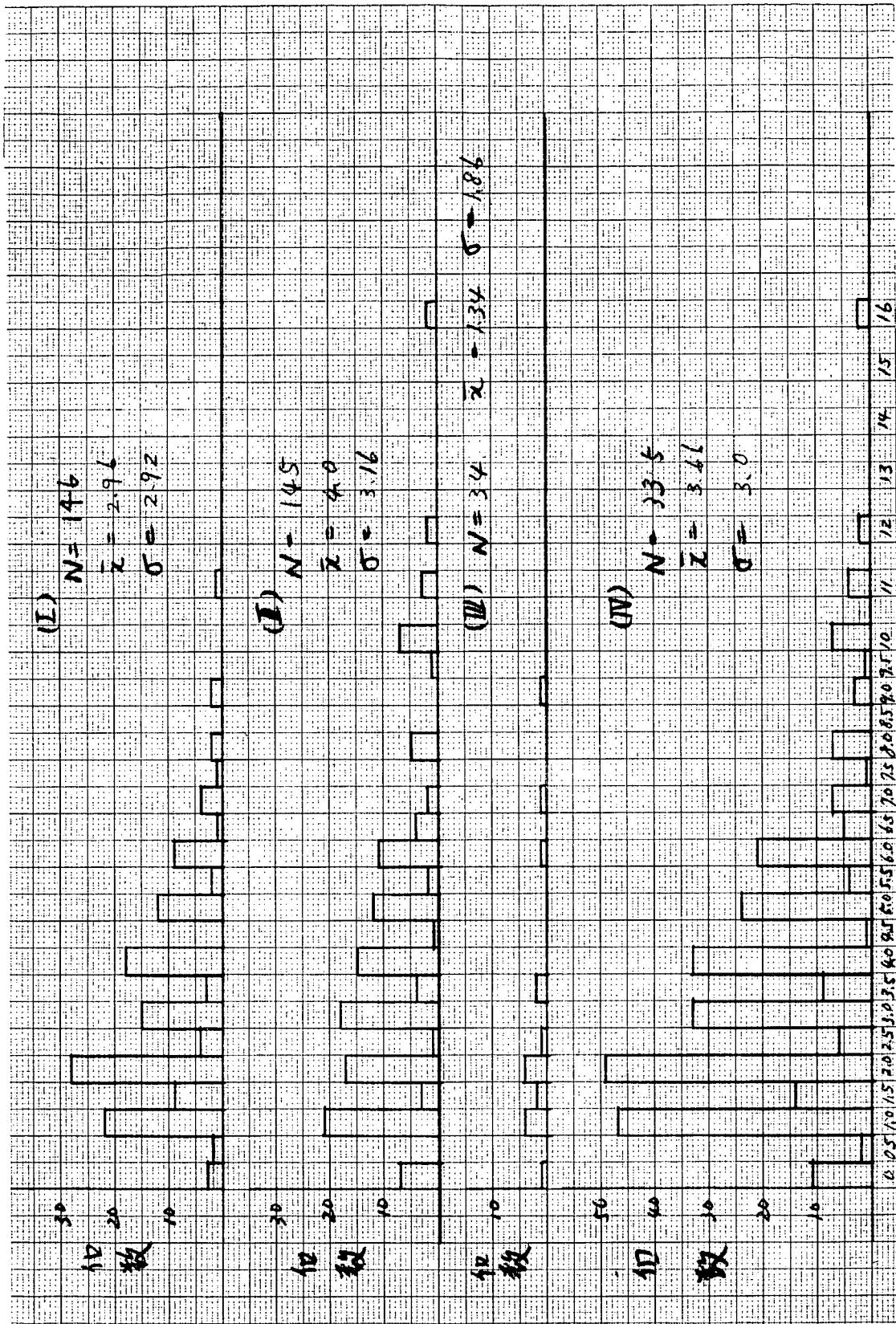


图 2.1.15 上部構造甲板非裸部 (115)

至量 mm

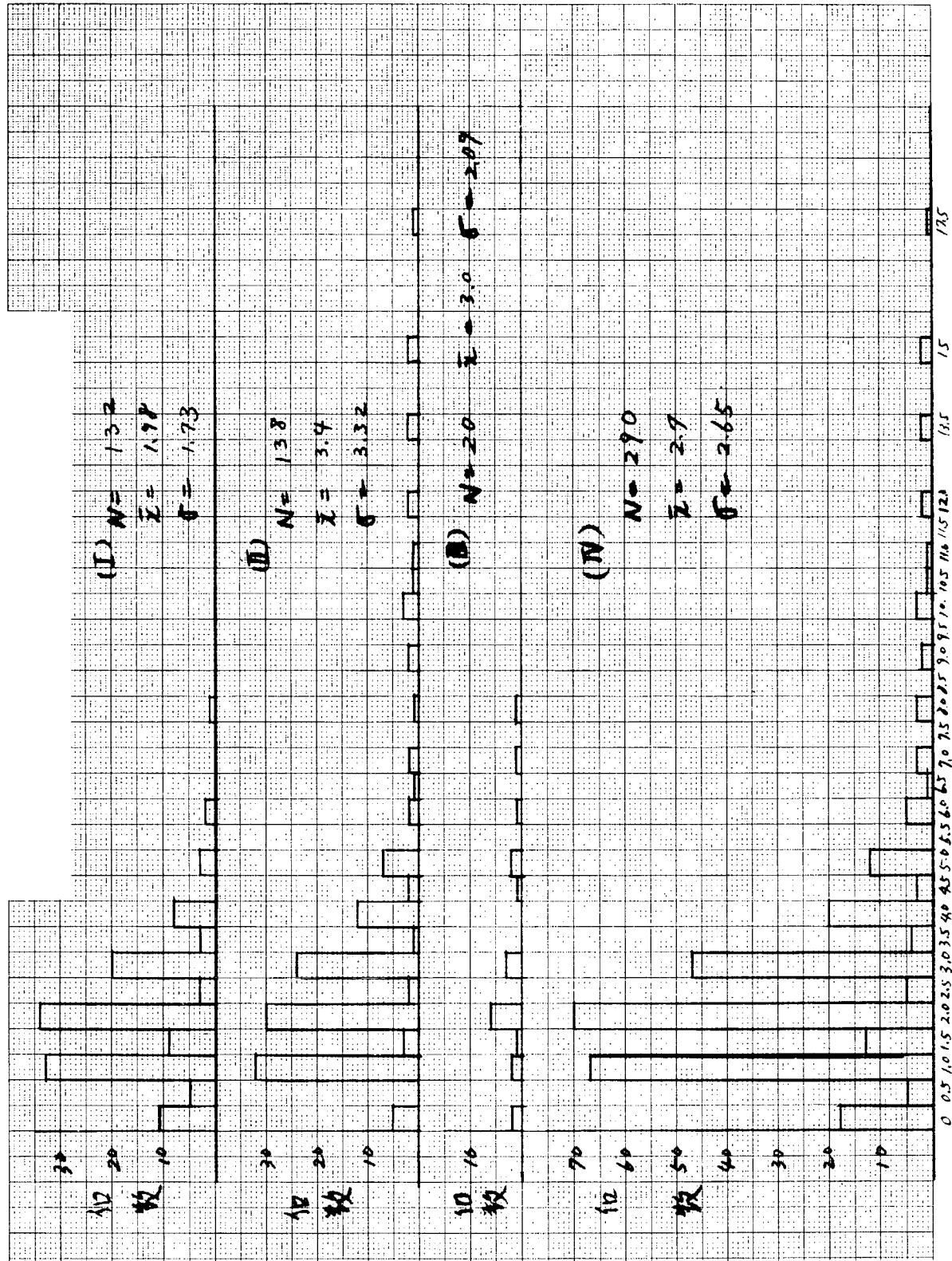


図2.1.16 室壁（外壁）（116）

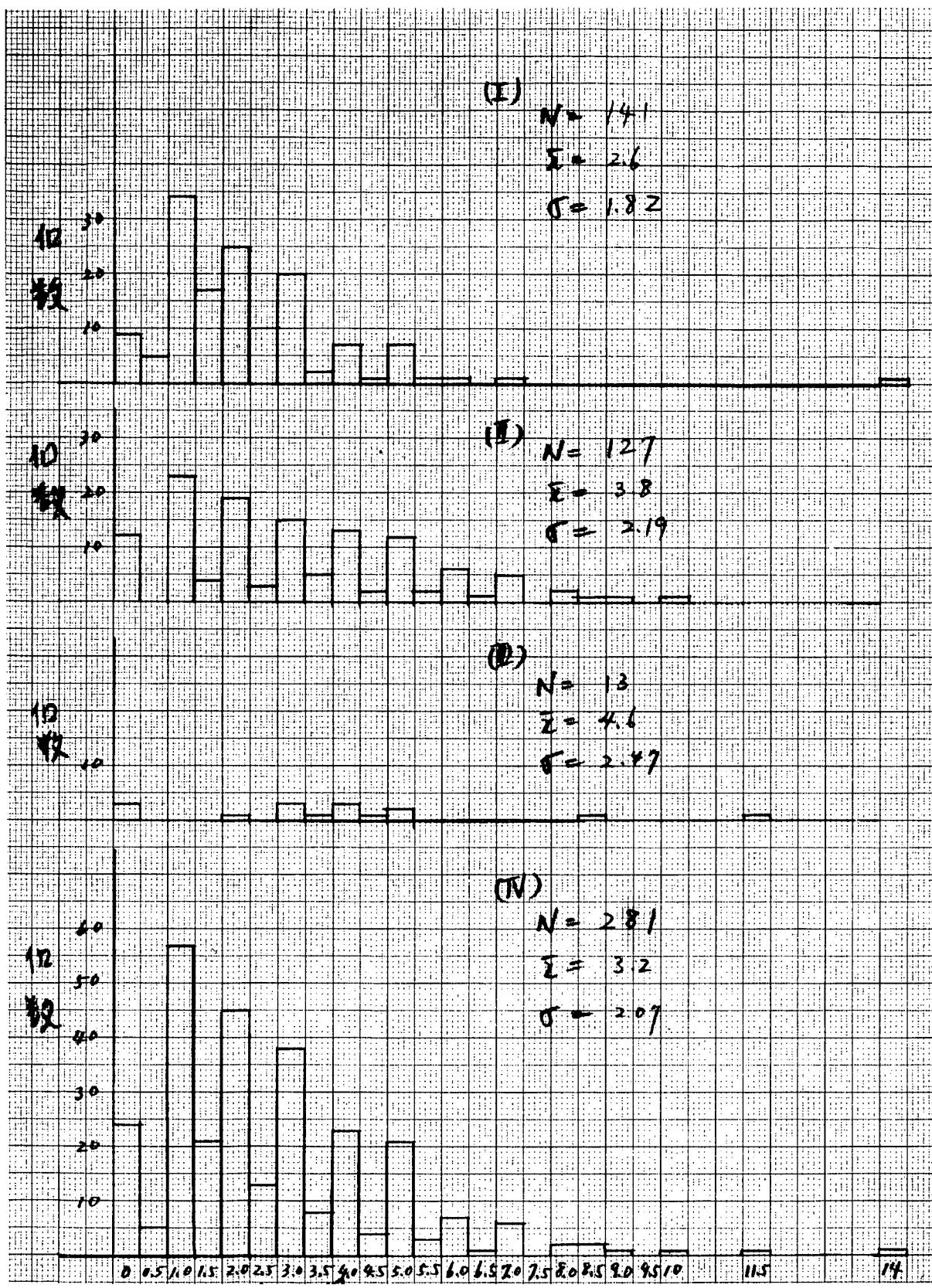
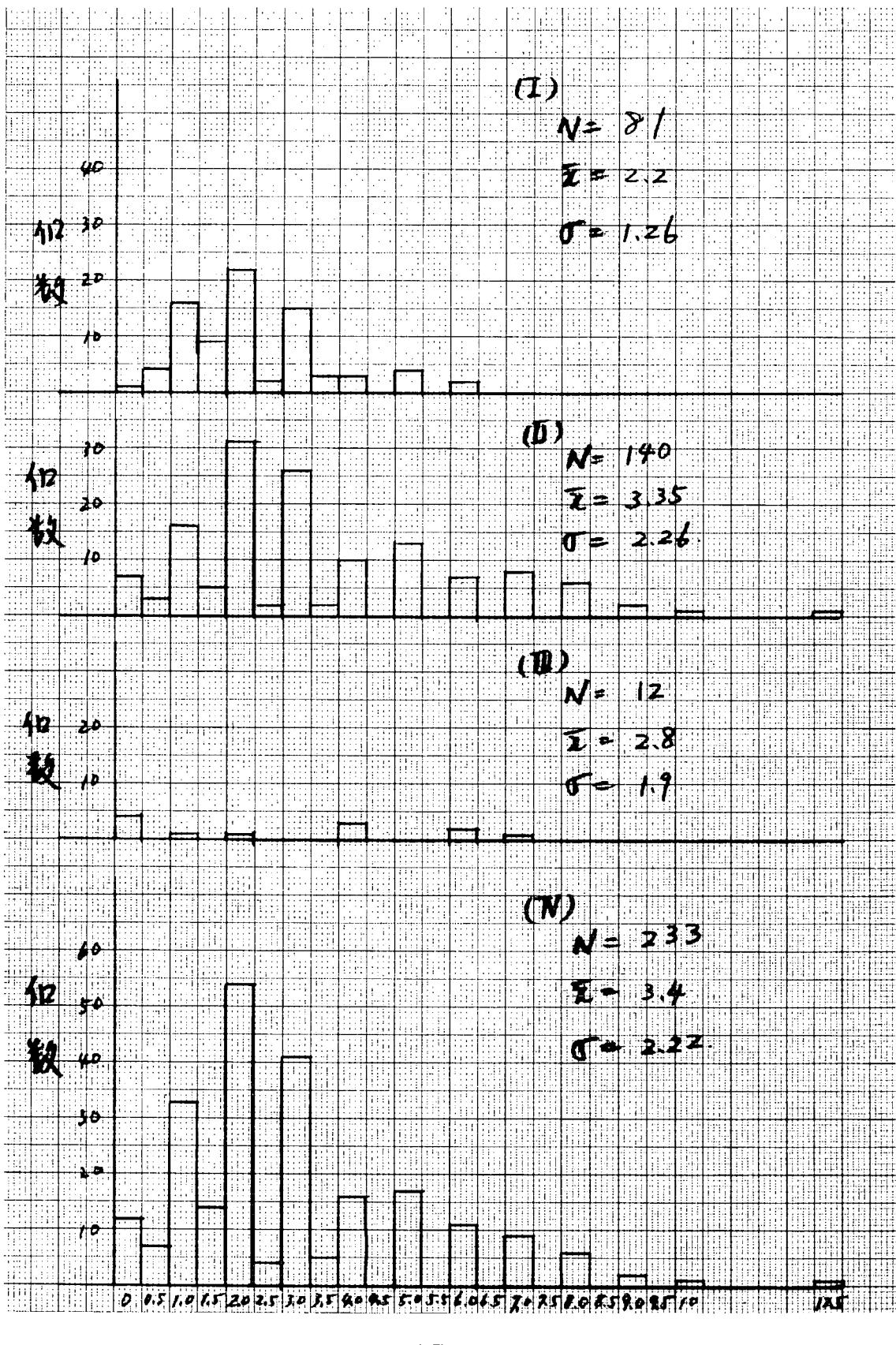


図 2.1.17 室 壁 (内壁) (117)



重量

図 2.1.18 室壁 非裸部 (118)

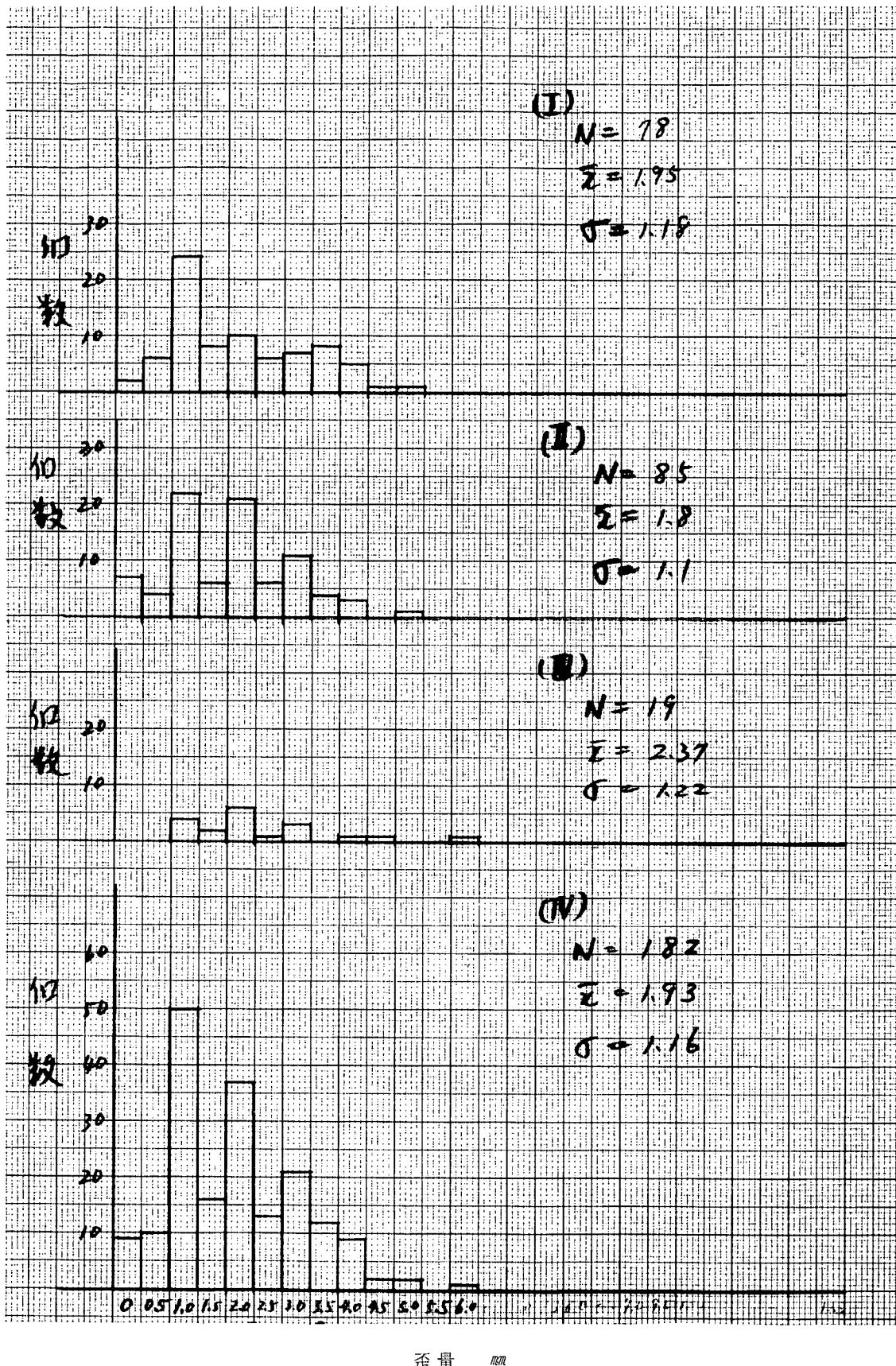
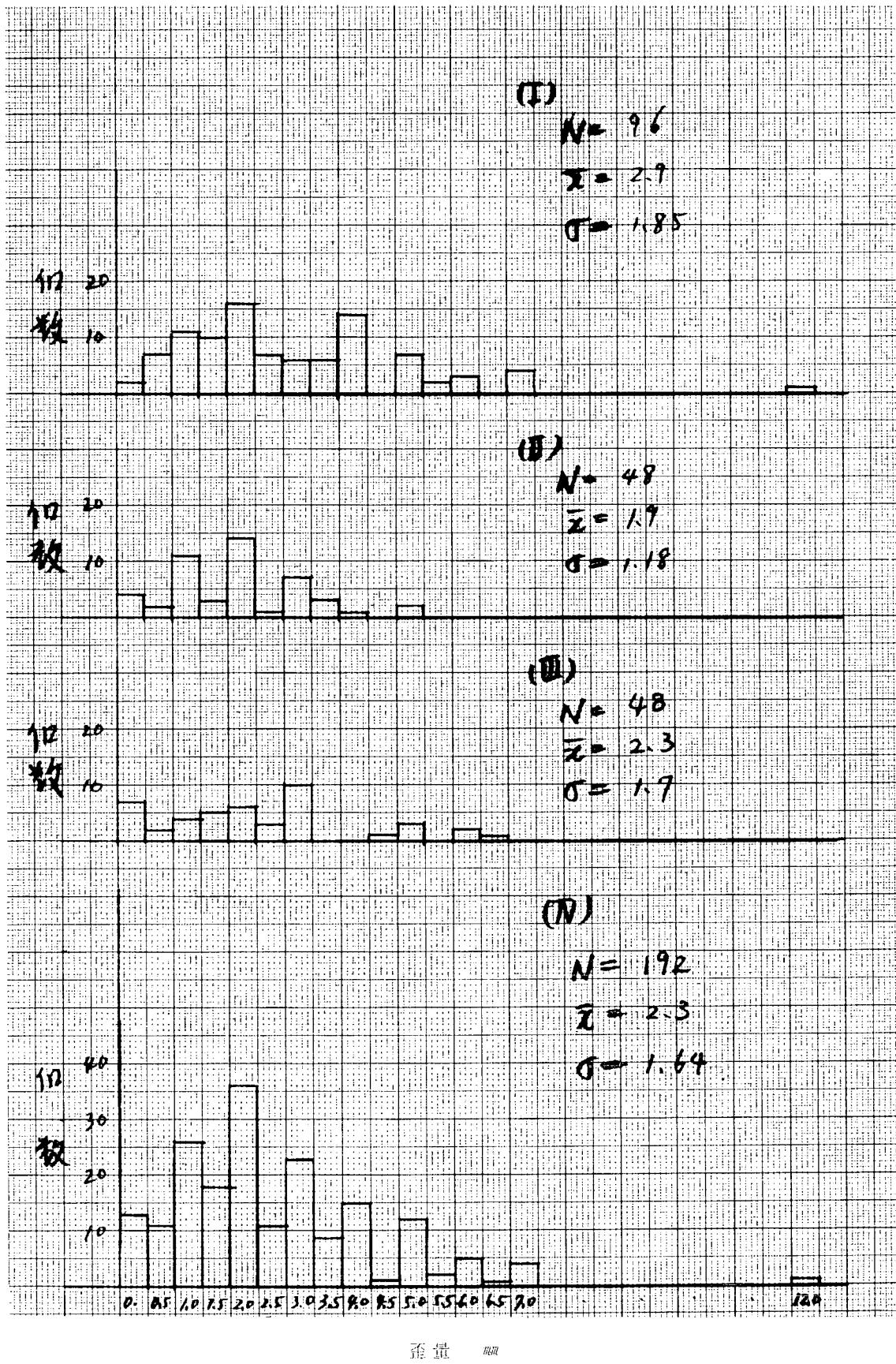


図 2.1.19 GIRDER WEB (119)



重量 mm

図 2.1.20 TRANS. WEB (120)

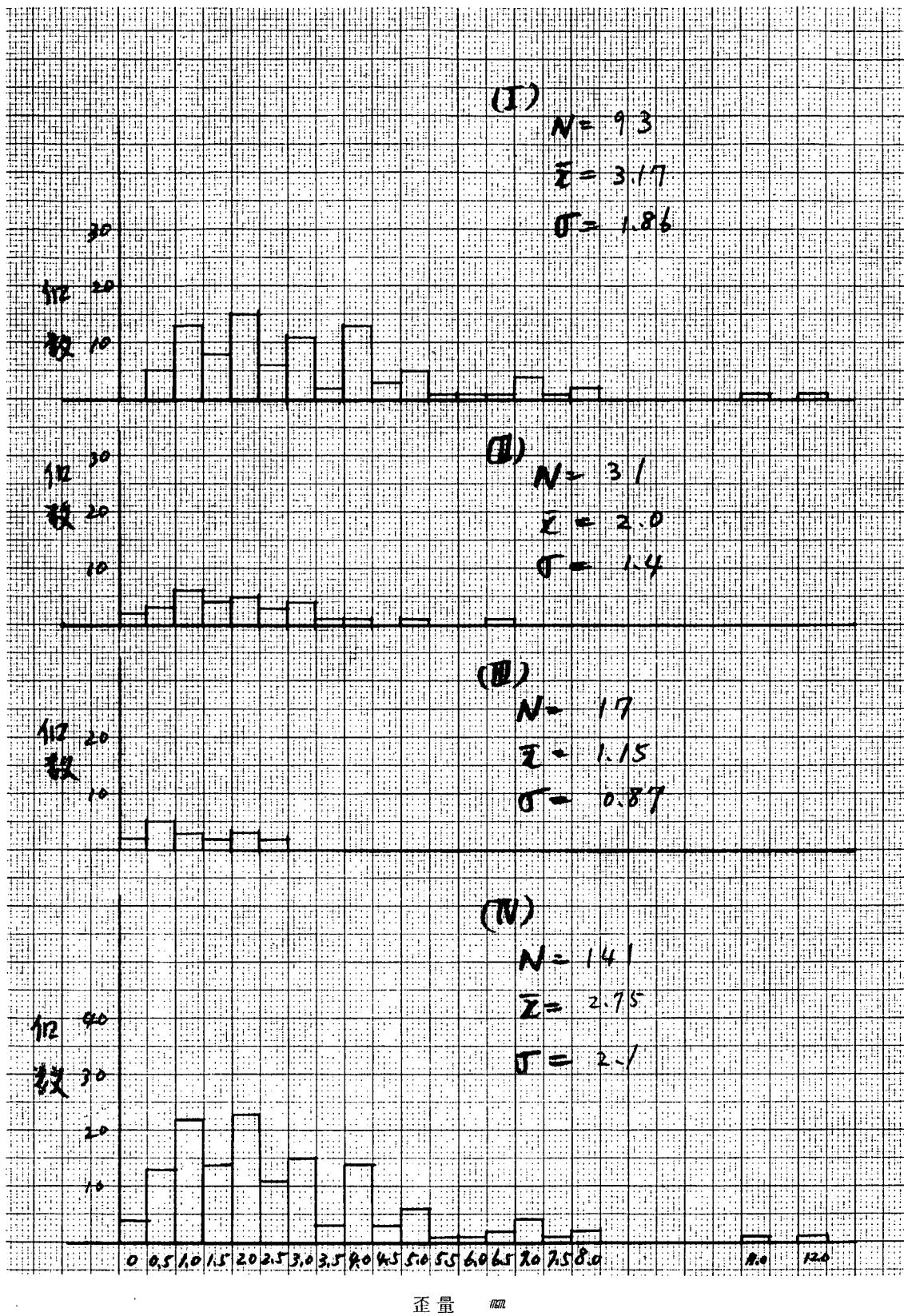
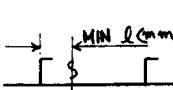
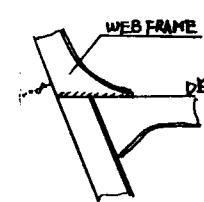


図 2.1.2.1 FLOOR (121)

## 2.2 歪防止工作法、歪取工作法に関するアンケート調査結果

### 2.2.1 概 要

S R 1 2 7 部会の主旨にもとづいて、表題の件を各造船所 25 所に回答してもらい集計を取つた。この結果と予備実験の結果を来年度の本実験に入れる。

大区分	中区分	小区分	質問項目	回答項目	施行率 / 25	備考
歪 防 止 を 目 的 と し た 設 計	中央部構造	1	LONG <sup>L</sup> , TRANS. S.P. で設計要求しているか?		0/25	歪防止の立場から要求しているわけではない。
		2	角変形防止の為の接手の位置について。 	考慮せず。 $\ell < 100$ $100 \leq \ell < 150$ $150 \leq \ell < 300$	9/25 1/25 5/25 10/25	歪防止の立場と同様、溶接作業性の理由がある。
		3-a, b	棚構造 LAP JOINT の採用は?	資料参照		歪防止よりも能率精度に関する理由で採用しているもの。
		3-c	BLOCK 内接手をなくしているか?	要求せず。 要求する。	19/25 6/25	
		4	BLOCK 長制限をつけているか?	なし。	25/25	歪防止の為に BLOCK 長に制限をつけることはない。
		5	CARLING の特別配置を行なつているか?	船艤構造 機械室壁類 BHD 類 上部構造 S. SHELL U. DK 取り付けず。	1/25 1/25 8/25 10/25 1/25 2/25 7/25	板厚の薄い部分(12.7 以下)に多い。 * 1社でダブつている項目あり。
	前後部構造	6	将来の構想についてどうか?	特になし。 LAP 接手としたい。 ブロック内接手を無くしたい。 その他	18/25 3/25 3/25 1/25	ただし、これらの構想は歪防止を主眼にしたものとは思われない。
			BUTT JOINT を少くする構造を採用しているか?	特になし。 あり。	5/25 20/25	
	5		歪防止の CARLING をどういう場所に取付けているか?	行なつてない。 行なつている。	16/25 9/25	
	上部構造	甲	1. LONG <sup>L</sup> or BEAM SPACEについて。	FRAME SPACE に合せてている。	25/25	特別に FRAME SPACE を考慮していないと思われる。
		板	2. MIN. THICKNESS について。	$t < 6.0 \text{ mm}$ $6.0 \leq t < 7.0$ $7.0 \leq t < 8.0$ $8.0 \leq t < 9.0$ $9.0 \leq t < 10.0$	1/25 5/25 8/25 10/25 1/25	1社 10.0 mm を考慮中あり。

大区分	中区分	小区分	質問項目	回答項目	施行率(%)	備考
歪 防 止 を 目 的 と し た 設 計	上 部 構 造 壁	甲 板	3. LONG L or BEAM の MIN. SIZE は?	特に決めてない。 L 150 × 90 × 9 L 125 × 75 × 7 L 100 × 75 × 7 L 75 × 75 × 6	2 / 25 5 / 25 10 / 25 7 / 25 1 / 25	不等辺山型鋼 等辺山型鋼
			4. 歪防止のカーリングを設け る板厚は?	設けない。 設けている。	9 / 25 16 / 25	
			5. 溶接は主として、軽連続か、 SHORT TACK か、 LONG TACK か?	軽連続である。 SHORT TACK LONG TACK 兼用。	10 / 25 8 / 25 4 / 25 3 / 25	4が多い(5もある)。 詳細は資料参照
		乙 室	6. 将来の構想	特になし。 板厚増加 CARLINGにより防止 溶接ラップ化	19 / 25 2 / 25 2 / 25 2 / 25	
			1. STIF. SPACE は?	750 ~ 850. 851 ~ 900 その他	15 / 25 5 / 25 5 / 25	800 mmが多い。 HAT WALL or FRAM SPに合せる。
			2. MIN. THICKNESS	6 mm 7 mm 8 mm その他	11 / 25 7 / 25 5 / 25 2 / 25	ただし、CORRUGATE WALL に 6 mm を使用する所 多し。
		丙 壁	3. STIF. の MIN. SIZE はどうか?	設けず(特になし) 型鋼 75 × 75 × 6 程度。 F. B を使用。	2 / 25 18 / 25 5 / 25	L 100 × 75 × 6 の型鋼もある。 90 × 9 程度。
			4. 歪防止のカーリング	設けていない。 DK 間に 2 条設ける。 —〃— 3 —〃— その他	10 / 25 8 / 25 3 / 25 4 / 25	2 条～3 条設けている場合が 多い。
			5. 溶接の種類は?	軽連続主体 SHORT TACK 主体 LONG TACK 主体 その他(兼用)	6 / 25 9 / 25 6 / 25 4 / 25	
		丁 壁	6. 将来の構想は、	特になし。 棚構造としたい。 CORRUGATE 化	4 / 25 17 / 25 4 / 25	
			7. CORRUGATE はどこに 使用しているか?	採用せず。 FRONT WALL 以外 全面に 一部分にのみ	3 / 25 } 8 / 25 14 / 25	

大区分	中区分	小区分	質問項目	回答項目	度数( )/25	備考
歪 防 止 の た め の 施 行 法	内 業 加 工 工 程	素材 の 歪 取 り に つ い て	1.板厚何mmまで歪取りローラーに通しているか?	通さない。 板厚 8mm以下 板厚 20mm以上 全部通す。 歪の特に大きいもの 全部。	16/25 3/25 2/25 3/25 1/25	ローラー設備なし。
			2.板継後に歪取りローラーに通すか?	通す。 通さない。	2/25 23/25	ほとんど通していない。
		切 断 歪 防 止 に つ い て	1.水冷切断を行なつているか?	行なつている。 行なつてない。	19/25 6/25	
			2.拘束して切断しているか?	拘束している。 拘束していない。	3/25 22/25	
			3.加熱法を採用しているか?	行なつている。 行なつてない。	21/25 4/25	
	小 組 立 工 程	逆 キ ヤ ン バ ー 等 を 行 な つ て い る か?	1.逆キヤンバー等を行なつて いるか?	行なつている。 行なつてない。	6/25 19/25	FLOOR類に適用しているが 逆歪量の基準はない。
			2.変形防止用として補強材を 利用しているか?	利用している。 利用していない。	22/25 3/25	
	大 組 立 工 程	突 合 せ 接 手 の 変 形 防 止	1.STRONG BACKを使用 しているか?	使用している。 使用していない。	19/25 6/25	
			2.周辺固着法を用いているか?	用いている。 用いていない。	10/25 15/25	
			3.逆キヤンバーを行なつてい るか?	行なつている。 行なつていない。	4/25 21/25	厚板 SEAM 曲り外板等に行 なつている。
	組 立 工 程	隅 肉 接 手 の 変 形 防 止	1.弾性逆歪法をどの様に用い るか?	経験的に。 定量的に。 行なつていない。	{ 12/25 13/25	経験的に行なつている。
			2.塑性逆歪を行なつているか?	行なつている。 行なつていない。	6/25 19/25	プレスで行なつている。
			3.補強材によつて変形防止を 行なつているか?	いる。 いない。	23/25 2/25	大体決つた BLOCK について 補強している。
			4.周辺固着による方法を取つ ているか?	行なつている。 行なつてない。	21/25 4/25	
			1.溶接順序を考慮しているか?	考慮する。 考慮しない。	4/25 21/25	
			2.溶接待ちを行なつているか?	いる。 いない。	13/25 12/25	
	搭 載 工 程	尖の 合 変 せ 形 溶 防 接 止	1.ストロングバックを使用し ているか?	いる。 いない。	21/25 4/25	

表1-1

項目	A	B	C	D	E	F
正防止 構造等 特別な記入下さい	正防止として板厚相違 する特徴なし	正防止のため特別な記入下さい	正防止のため特別な記入下さい	正防止のため特別な記入下さい	正防止のため特別な記入下さい	正防止のため特別な記入下さい
1 LONG & TRANS. SPACE について 持ては設計に要示しているか	特に要示していない。 かつUPPER DECK CROSS-SEAPLATE TRANS E構造も3種申し入れた。	特に要示していない。	板厚の薄い場所 事のみ	特に要示していない。	特に要示していない。	特に要示していない。
2 角部防止のため接合の位置と板厚を標準の薄い場所 考慮しているか	特にない	板厚の薄い場所 事のみ	100mm程度	特に考慮せず	作業性(例) 200mm程度	特に考慮せず
3 BUTT JOINT デザインのようす 造り採用しているか	150mm程度 標準	150mm程度 標準	100mm程度	0/0 76	0/0 160	0/0 160
止水 (a) 横構造 止水 (b) LAP JOINT MIDSHIP 断面と書いてある と ECTION JOINT 設計	(a) 横構造 止水 (b) LAP JOINT MIDSHIP 断面と書いてある と ECTION JOINT 設計	(a) 横構造 止水 (b) LAP JOINT MIDSHIP 断面と書いてある と ECTION JOINT 設計	(a) 横構造 止水 (b) LAP JOINT MIDSHIP 断面と書いてある と ECTION JOINT 設計	(a) 横構造 止水 (b) LAP JOINT MIDSHIP 断面と書いてある と ECTION JOINT 設計	(a) 横構造 止水 (b) LAP JOINT MIDSHIP 断面と書いてある と ECTION JOINT 設計	(a) 横構造 止水 (b) LAP JOINT MIDSHIP 断面と書いてある と ECTION JOINT 設計
目的 構 造 と 設 計	貫通船体作つて造船 種(ECTION JOINT 設計) 全接合接手	貫通船体作つて造船 種(ECTION JOINT 設計) 全接合接手	貫通船体作つて造船 種(ECTION JOINT 設計) 全接合接手	貫通船体作つて造船 種(ECTION JOINT 設計) 全接合接手	貫通船体作つて造船 種(ECTION JOINT 設計) 全接合接手	貫通船体作つて造船 種(ECTION JOINT 設計) 全接合接手
4 正防止(変形)の見地から BOOK LENGTH 制限とつ けているか	内接手ではなくして し	内接手ではなくして し	内接手ではなくして し	内接手ではなくして し	内接手ではなくして し	内接手ではなくして し
5 正防止の見地 CARRING 等 特別な取付いか 取付いかという場所か 持ては上部構造 FLOOR PANTING STRINGER (C) 機械室壁類	(a) 鋼鉄構造 取付いかという場所か 持ては上部構造 FLOOR PANTING STRINGER (C) 機械室壁類	(a) 上部構造 取付いかという場所か 持ては上部構造 FLOOR PANTING STRINGER (C) STIFF SPAN(鋼鉄大屋上部構造) 取付いかという場所か 持ては上部構造 FLOOR PANTING STRINGER (C) 機械室壁類	(a) 上部構造 取付いかという場所か 持ては上部構造 FLOOR PANTING STRINGER (C) STIFF SPAN(鋼鉄大屋上部構造) 取付いかという場所か 持ては上部構造 FLOOR PANTING STRINGER (C) 機械室壁類	(a) 上部構造 取付いかという場所か 持ては上部構造 FLOOR PANTING STRINGER (C) STIFF SPAN(鋼鉄大屋上部構造) 取付いかという場所か 持ては上部構造 FLOOR PANTING STRINGER (C) 機械室壁類	(a) 上部構造 取付いかという場所か 持ては上部構造 FLOOR PANTING STRINGER (C) STIFF SPAN(鋼鉄大屋上部構造) 取付いかという場所か 持ては上部構造 FLOOR PANTING STRINGER (C) 機械室壁類	(a) 上部構造 取付いかという場所か 持ては上部構造 FLOOR PANTING STRINGER (C) STIFF SPAN(鋼鉄大屋上部構造) 取付いかという場所か 持ては上部構造 FLOOR PANTING STRINGER (C) 機械室壁類

表 1 - 2

表 1 - 3

	N	O	P	Q	R	S	T
特別ななし	至防止のため特別に要求しない	至防止のため特別に要求しない	至防止のため特別に要求しない	至防止のため特別に要求しない	至防止のため特別に要求しない	至防止のため特別に要求しない	特別なし
相構造は端手	相構造は端手	相構造は端手	SKINの複合端手	TRANVERSE BOW (WATER TEST) VITICAL STIFF.の複合端手	相構造は端手	板厚の端手	
一般的には複合端手と採用している	相構造は端手と採用している	相構造は端手と採用している	相構造は端手と採用している	相構造は端手と採用している	相構造は端手と採用している	相構造は端手と採用している	
相構造はBHD, BHD STOOLを採用している	LAP JOINTを採用している	LAP JOINTを採用している	LAP JOINTを採用している	LAP JOINTを採用している	LAP JOINTを採用している	LAP JOINTを採用している	
LAP端手は大骨では採用しない							
BLOCK構造は至防止の見地で要求している	BLOCK構造は至防止の見地で要求している	BLOCK構造は至防止の見地で要求している	BLOCK構造は至防止の見地で要求している	BLOCK構造は至防止の見地で要求している	BLOCK構造は至防止の見地で要求している	BLOCK構造は至防止の見地で要求している	BLOCK構造は至防止の見地で要求している
LAP JOINTは強度が2mm以内の場合には、强度の少ない骨の端手を採用していい	相構造の端手は強度が2mm以内の場合には、强度の少ない骨の端手を採用していい	相構造の端手は強度が2mm以内の場合には、强度の少ない骨の端手を採用していい	相構造の端手は強度が2mm以内の場合には、强度の少ない骨の端手を採用していい	相構造の端手は強度が2mm以内の場合には、强度の少ない骨の端手を採用していい	相構造の端手は強度が2mm以内の場合には、强度の少ない骨の端手を採用していい	相構造の端手は強度が2mm以内の場合には、强度の少ない骨の端手を採用していい	相構造の端手は強度が2mm以内の場合には、强度の少ない骨の端手を採用していい
上部構造は至防止の見地で要求している	上部構造は至防止の見地で要求している	上部構造は至防止の見地で要求している	上部構造は至防止の見地で要求している	上部構造は至防止の見地で要求している	上部構造は至防止の見地で要求している	上部構造は至防止の見地で要求している	上部構造は至防止の見地で要求している
DEATH骨は端手	DEATH骨は端手	DEATH骨は端手	DEATH骨は端手	DEATH骨は端手	DEATH骨は端手	DEATH骨は端手	DEATH骨は端手
他の骨の端手は強度の端手	他の骨の端手は強度の端手	他の骨の端手は強度の端手	他の骨の端手は強度の端手	他の骨の端手は強度の端手	他の骨の端手は強度の端手	他の骨の端手は強度の端手	他の骨の端手は強度の端手
骨はSTIFF.と取扱っておこう	骨はSTIFF.と取扱っておこう	骨はSTIFF.と取扱っておこう	骨はSTIFF.と取扱っておこう	骨はSTIFF.と取扱っておこう	骨はSTIFF.と取扱っておこう	骨はSTIFF.と取扱っておこう	骨はSTIFF.と取扱っておこう
場合ある	場合ある	場合ある	場合ある	場合ある	場合ある	場合ある	場合ある

表 1-4

	U	V	W	X	Y	Z
上部構造のDIVISION WALL 6mm~8mm : SIZE UP L2 ↓	×	✓				
垂防止のため特別に要するといひ、垂防止のため特別に要するといひ、垂防止のため特別に要するといひ、垂防止のため特別に要するといひ						
左						
特に考慮している 角型形状上にため雷平面溶接 マテと接用						
考慮している 角型形状上にため雷平面溶接 マテと接用						
(c) LAP JOINT は使用しない (d) 相構造はBULK CARRIERの 下図の箇所が使用 他はすべて BUTT JOINT						
現湯たては極力LAPを 相構造は使用しない マテと接用						
現湯たては極力LAPを 相構造 TRANS. BWD の上下、及び SIDE TANK TRANS. BWD の 内側に横板方式も採用						
LAP JOINT は使用しない						
左						
右						
右						
右						

表2-1

6. 将來の構想について		7. YOLIE		8. 建物上部構造のない場合におけるLAP Jointの採用しない場合		9. 将來の構想について	
中 央 部	LAP JOINTの工作法について 採用していないか あらかじめ決めていなか る	CASE 1: LAP JOINTの採用 の場合は MOULD LINEを あらかじめ決めていなか る	CASE 2: LAP JOINTの採用 の場合は MOULD LINEを 決めていなかない	特になし	特になし	特になし	特になし
防 止 部	LONG & TRANS. SPACE = 200 (特に設計に要求しているか)	200 (obst) 200 (obst)	200 (obst)	LAP JOINTを採用する場合 LAP JOINTを採用しない場合	LAP JOINTを採用する場合 LAP JOINTを採用しない場合	LAP JOINTを採用する場合 LAP JOINTを採用しない場合	LAP JOINTを採用する場合 LAP JOINTを採用しない場合
止 留 目 的 部	2. 開放形防護のため接着位置 考慮しているか	前 3. BUTT JOINTを採用する場合 採用しているか	後 3. BUTT JOINTを採用する場合 採用しているか	WEB FRAME 特に考慮せず 100 mm自厚にしてある 150 mm自厚にしてある	WEB FRAME 特に考慮せず 200 mm自厚	WEB FRAME 特に考慮せず 100 mm自厚にしてある 150 mm自厚にしてある	WEB FRAME 特に考慮せず 200 mm自厚
上 部 計 算 部	4. 建物上部 CARLING等と持 続する サビ止め	5. 建物上部 CARLING等と持 続する サビ止め	6. 建物上部 CARLING等と持 続する サビ止め	特になし 行っている (被水方法)	特になし 行っている (被水方法)	特になし 行っている (被水方法)	特になし 行っている (被水方法)
下 部 構 造 部	7. LAP JOINTの工作法について 採用していないか あらかじめ決めていなか る	7. LAP JOINTの工作法について 採用していないか あらかじめ決めていなか る	7. LAP JOINTの工作法について 採用していないか あらかじめ決めていなか る	LONG STIFFENER & WEB取合 GUELL D.E.	LAP JOINTを採用する場合 LAP JOINTを採用しない場合 (a) JOGLE + SHIFT (b) WEB取合 19mm x T 拘っていな	LAP JOINTを採用する場合 LAP JOINTを採用しない場合 (a) JOGLE + SHIFT (b) WEB取合 20mm x T 拘っていな	LAP JOINTを採用する場合 LAP JOINTを採用しない場合 (a) JOGLE + SHIFT (b) WEB取合 20mm x T 拘っていな
<p>6. 将來の構想について</p> <p>LAP JOINTの工作法について 採用していないか あらかじめ決めていなか る</p> <p>7. LAP JOINTの工作法について 採用していないか あらかじめ決めていなか る</p> <p>8. 建物上部構造のない場合におけるLAP Jointの採用しない場合</p> <p>LAP JOINTの工作法について 採用していないか あらかじめ決めていなか る</p> <p>9. 将來の構想について</p> <p>LAP JOINTの工作法について 採用していないか あらかじめ決めていなか る</p>							
<p>6. 将來の構想について</p> <p>LAP JOINTの工作法について 採用していないか あらかじめ決めていなか る</p> <p>7. LAP JOINTの工作法について 採用していないか あらかじめ決めていなか る</p> <p>8. 建物上部構造のない場合におけるLAP Jointの採用しない場合</p> <p>LAP JOINTの工作法について 採用していないか あらかじめ決めていなか る</p> <p>9. 将來の構想について</p> <p>LAP JOINTの工作法について 採用していないか あらかじめ決めていなか る</p>							
<p>6. 将來の構想について</p> <p>LAP JOINTの工作法について 採用していないか あらかじめ決めていなか る</p> <p>7. LAP JOINTの工作法について 採用していないか あらかじめ決めていなか る</p> <p>8. 建物上部構造のない場合におけるLAP Jointの採用しない場合</p> <p>LAP JOINTの工作法について 採用していないか あらかじめ決めていなか る</p> <p>9. 将來の構想について</p> <p>LAP JOINTの工作法について 採用していないか あらかじめ決めていなか る</p>							

表2-2

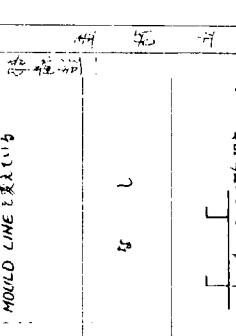
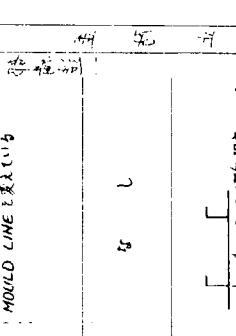
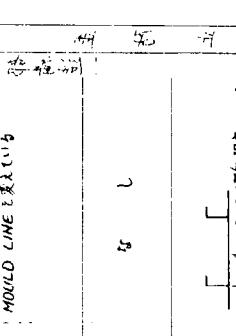
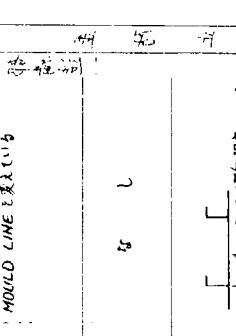
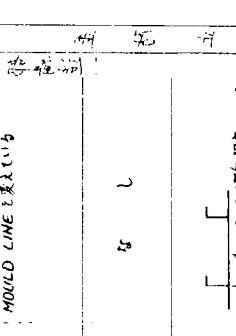
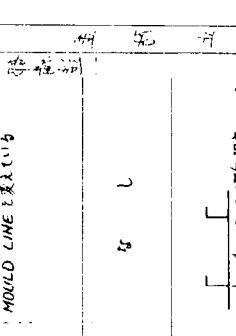
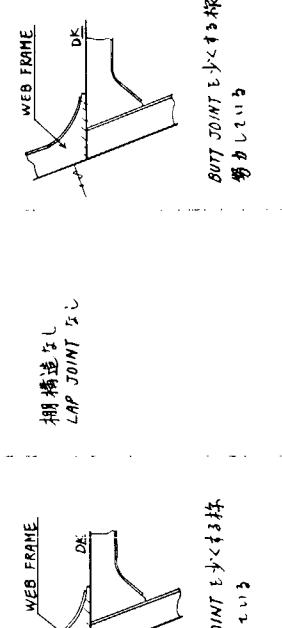
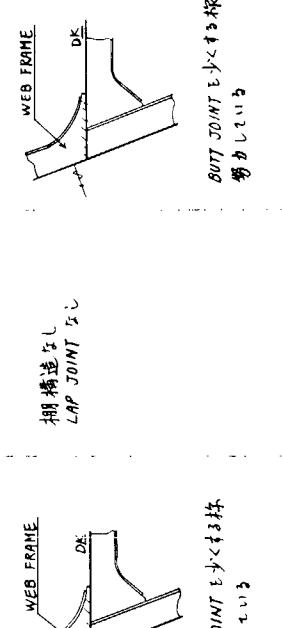
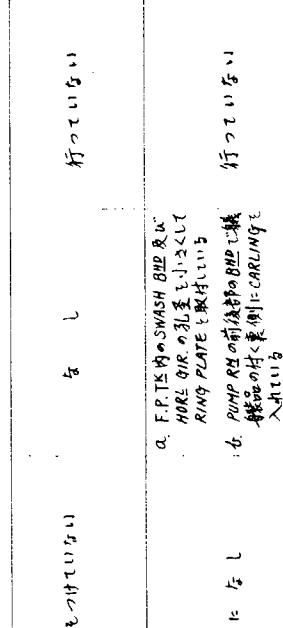
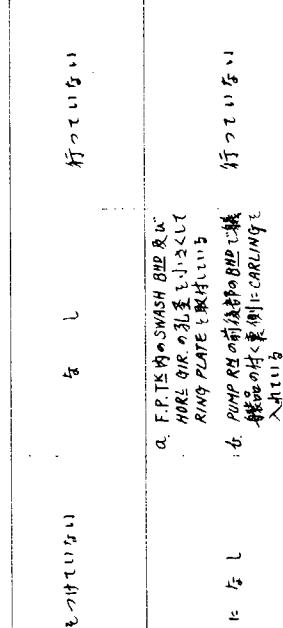
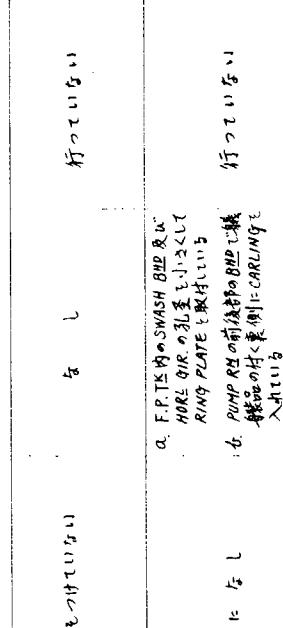
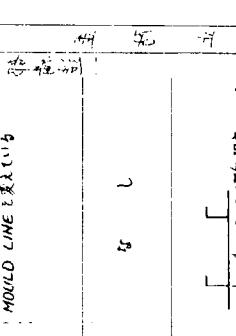
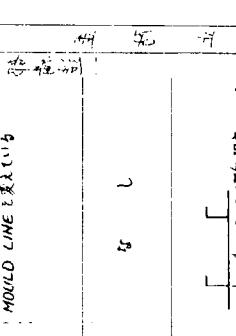
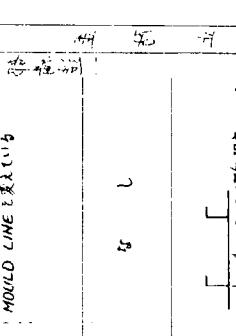
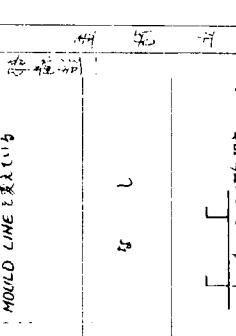
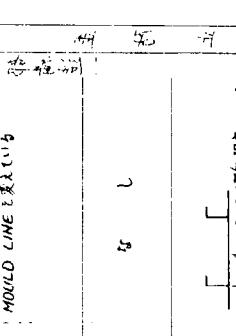
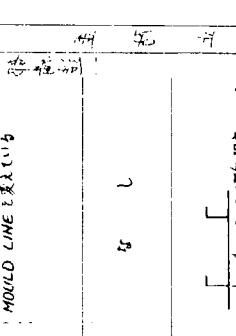
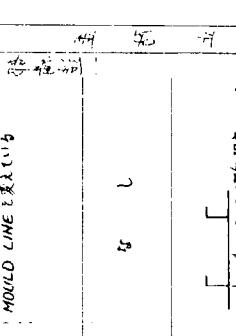
F	アプローチ内接手ひびき付 BLOCK内接手ひびき付	特になし	具体的な仕なし		接つていな	接つていな	接つていな	接つていな	接つていな	接つていな	
H	BLOCK内接手ひびき付 BLOCK内接手ひびき付	特になし	具体的な仕なし		接つていな	接つていな	接つていな	接つていな	接つていな	接つていな	
J	BLOCK内接手ひびき付 BLOCK内接手ひびき付	特になし	特別に要求しない		接つていな	接つていな	接つていな	接つていな	接つていな	接つていな	
K	BLOCK内接手ひびき付 BLOCK内接手ひびき付	特になし	特に考慮しない		接つていな	接つていな	接つていな	接つていな	接つていな	接つていな	
L	BLOCK内接手ひびき付 BLOCK内接手ひびき付	特になし	特に考慮しない		接つていな	接つていな	接つていな	接つていな	接つていな	接つていな	
M	BLOCK内接手ひびき付 BLOCK内接手ひびき付	特になし	特に考慮しない		接つていな	接つていな	接つていな	接つていな	接つていな	接つていな	
<hr/>											
F.P.TE A.P.TE & DEEP FLOOR : CARLING E.R.F.T.E.I.B.	I. 上図の様にWEBの塊場構手は II. 外板の張りと張力の下様 (標準的のは50~70mm~100mm MAX. 150 mm)	行つていな	行つていな		接つていな	接つていな	接つていな	接つていな	接つていな	接つていな	
F.P.TE A.P.TE & DEEP FLOOR : CARLING E.R.F.T.E.I.B.	I. 上図の様にWEBの塊場構手は II. 外板の張りと張力の下様 (標準的のは50~70mm~100mm MAX. 150 mm)	行つていな	行つていな		接つていな	接つていな	接つていな	接つていな	接つていな	接つていな	
F.P.TE A.P.TE & DEEP FLOOR : CARLING E.R.F.T.E.I.B.	I. F.P.TE の SWASH BUTT 及び HORN OR RING PLATE 小さくて RING PLATE と取扱い II. RUMPS RX の接合部の BUTT で接 接合部の材質側は CARLING で 入る。	行つていな	制限もつけていない		接つていな	接つていな	接つていな	接つていな	接つていな	接つていな	
F.P.TE A.P.TE & DEEP FLOOR : CARLING E.R.F.T.E.I.B.	I. a. 梁厚 UP b. BLOCK内接手ひびき付 c. 梁厚の接合部を強化する JRC強度	持つまし	具体的な仕なし		接つていな	接つていな	接つていな	接つていな	接つていな	接つていな	
F.P.TE A.P.TE & DEEP FLOOR : CARLING E.R.F.T.E.I.B.	I. a. 梁厚 UP b. BLOCK内接手ひびき付 c. 梁厚の接合部を強化する JRC強度	持つまし	持つまし		接つていな	接つていな	接つていな	接つていな	接つていな	接つていな	
<hr/>											
<hr/>											
G	BLOCK内接手ひびき付	特になし	特に考慮しない		接つていな	接つていな	接つていな	接つていな	接つていな	接つていな	
H	BLOCK内接手ひびき付	特になし	特に考慮しない		接つていな	接つていな	接つていな	接つていな	接つていな	接つていな	
I	BLOCK内接手ひびき付 BLOCK内接手ひびき付	特になし	特に考慮しない		接つていな	接つていな	接つていな	接つていな	接つていな	接つていな	
J	BLOCK内接手ひびき付 BLOCK内接手ひびき付	特になし	特に考慮しない		接つていな	接つていな	接つていな	接つていな	接つていな	接つていな	
K	BLOCK内接手ひびき付 BLOCK内接手ひびき付	特になし	特に考慮しない		接つていな	接つていな	接つていな	接つていな	接つていな	接つていな	
L	BLOCK内接手ひびき付 BLOCK内接手ひびき付	特になし	特に考慮しない		接つていな	接つていな	接つていな	接つていな	接つていな	接つていな	
M	BLOCK内接手ひびき付 BLOCK内接手ひびき付	特になし	特に考慮しない		接つていな	接つていな	接つていな	接つていな	接つていな	接つていな	
<hr/>											
<hr/>											

表2-3

	O	P	Q	R	S	T
骨組のブロック内接着	なし	なし	なし	なし	なし	なし
大骨にLAP JOINT & L	なし	一般的には接着	接着	LAP JOINTは全然やってない LAP JOINTなし	やっていない	なし
接着なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし
接着には接着	なし	一般には接着	SKNの現場接着	TRANSVERSE STIFF IN WING TEE VERTICAL STIFF. の接着の場合	接着なし	接着なし
a. 一般的には接着	なし	100mm以上	300mm以上	300mm以上	100mm以上	100mm以上
b. 梁構造はBHD, GBD STEEL と接用している	なし	600mm以上	600mm以上	600mm以上	600mm以上	600mm以上
c. LAP接合は大量に接用せず	なし	100mm以上	100mm以上	100mm以上	100mm以上	100mm以上
接着上に見地から接着を範囲は 接着限界LAP又は相板と接 用しない	なし	接着	接着	BUTT JOINT. となるくとも接 接着していい	接着していい	接着していい
BLOCK LENGTHは直角上の見 地より中央部より短いといふ	行ってない	なし	なし	行っていない	なし	なし
骨組のブロック内接着	なし	なし	なし	なし	なし	なし
大骨にLAP JOINT & L	なし	一般的には接着	接着	接着	接着	なし

表2-4

なし	✓	X	具体化している
接着	LAP JOINT $t_g$	LAP JOINT $t_g$	LAP JOINT $t_g$ 構成していい
$t_g$	$t_g$	$t_g$	$t_g$
			接合部止止め骨 片面溶接 マテル採用
			直角形構造のため骨 片面溶接 マテル採用
			上図の構造 LAP JOINT がつかない 直角のためより取付精度向上 のためある
			接合部止止め骨 片面溶接 マテル採用
			上部構造以外は考へない 外板、BUDGETECTION JOINT 部に取付していい
			接着していい
			不 明
			接着していい
			LAP JOINT $t_g$
			接着していい

表3-1

A 造船所		B		C		D		E		F	
1. LONG. OF BEAM SPACE IS ついた	一般的は 750 mm (FR. SPACE IS: 800 mm)	一般的は 800 mm (FR. SPACE IS: 800 mm)	一般的は 800 mm (FR. SPACE IS: 800 mm)	一般的は 800 mm (FR. SPACE IS: 800 mm)	一般的は 800 mm (FR. SPACE IS: 800 mm)	一般的は 940 mm (FR. SPACE IS: 800 mm)	一般的は 800 mm (FR. SPACE IS: 800 mm)	一般的は 800 mm (FR. SPACE IS: 800 mm)			
2. MIN. THICKNESS IS: ~110	MIN. 7 mm	MIN. 7 mm	(WITHE PART 8 mm)	MIN. 8 mm	MIN. 7 mm	MIN. 7 mm					
3. LONG. OF BEAM SIZE IS MIN. 125 x 75 x 7	MIN. 100 x 75 x 7	MIN. 125 x 75 x 7	MIN. 100 x 75 x 7	MIN. 100 x 75 x 7	MIN. 125 x 75 x 7						
4. 至船上 CARLING 部	DE 8 mm 逆付 (CARLING F.B. 9 x 90)	DE 8 mm 逆付 (CARLING F.B. 9 x 90)	DE 8 mm 以上は付けない	DE 9 mm 逆付 (CARLING F.B. 9 x 90)	DE 10 mm 逆付 (CARLING F.B. 10 x 110)	DE 9 mm 逆付 (CARLING F.B. 9 x 90)	DE 9 mm 逆付 (CARLING F.B. 9 x 90)	DE 9 mm 逆付 (CARLING F.B. 9 x 90)	DE 9 mm 逆付 (CARLING F.B. 9 x 90)	DE 10 mm 逆付 (CARLING F.B. 10 x 110)	DE 10 mm 逆付 (CARLING F.B. 10 x 110)
5. 浮橋の種類 目構	普通型 LONG TACK 81 LONG TACK 6113-300	普通型 SHORT TACK 41 SHORT TACK 6113-300									
6. 将来的構想	特 1: 在 L	特 2: 在 L	特 3: 在 L	特 4: 在 L	特 5: 在 L	特 6: 在 L	特 7: 在 L	特 8: 在 L	特 9: 在 L	特 10: 在 L	特 11: 在 L
7. その他	特 1: 在 L 標準付	特 2: 在 L 標準付	特 3: 在 L 標準付	特 4: 在 L 標準付	特 5: 在 L 標準付	特 6: 在 L 標準付	特 7: 在 L 標準付	特 8: 在 L 標準付	特 9: 在 L 標準付	特 10: 在 L 標準付	特 11: 在 L 標準付
8. 1. STIFF. SPACE IS 該	一般的は 750 mm (FR. SPACE IS: 800 mm)	一般的は 800 mm (FR. SPACE IS: 800 mm)	一般的は 800 mm (FR. SPACE IS: 800 mm)	一般的は 800 mm (FR. SPACE IS: 800 mm)	一般的は 800 mm (FR. SPACE IS: 800 mm)	一般的は 800 mm (FR. SPACE IS: 800 mm)	一般的は 900 mm (FR. SPACE IS: 800 mm)				
9. 2. MIN. THICKNESS IS: ~110 該	MIN. 7 mm CORROGATE WALL 6 mm	MIN. 7 mm CORROGATE WALL 6 mm	MIN. 7 mm CORROGATE WALL 6 mm	MIN. 7 mm CORROGATE WALL 6 mm	MIN. 7 mm CORROGATE WALL 6 mm	MIN. 7 mm CORROGATE WALL 6 mm	MIN. 7 mm CORROGATE WALL 6 mm	MIN. 7 mm CORROGATE WALL 6 mm	MIN. 7 mm CORROGATE WALL 6 mm	MIN. 7 mm CORROGATE WALL 6 mm	MIN. 7 mm CORROGATE WALL 6 mm
10. 3. STIFF. & MIN. SIZE IS 該	75 x 75 x 6 mm の 型鋼を使用していい	75 x 75 x 6 mm の 型鋼を使用していい	75 x 75 x 6 mm の 型鋼を使用していい	75 x 75 x 6 mm の 型鋼を使用していい	75 x 75 x 6 mm の 型鋼を使用していい	75 x 75 x 6 mm の 型鋼を使用していい	75 x 75 x 6 mm の 型鋼を使用していい	75 x 75 x 6 mm の 型鋼を使用していい	75 x 75 x 6 mm の 型鋼を使用していい	75 x 75 x 6 mm の 型鋼を使用していい	75 x 75 x 6 mm の 型鋼を使用していい
11. 4. 至船上 CARLING	DE 間 1: 2 級 逆付 DE 間 1: 2 級 逆付	FRONT WALL の付く 逆付									
12. 5. 浮橋の種類 目構	普通型 LONG TACK 81 LONG TACK 6113-300	普通型 SHORT TACK 41 SHORT TACK 6113-300									

G	H	I	J	K
一般: 750~800 mm (FR. SPACE: 1/2 to 1/3)	FRAME SPACE: 1/2 to 1/3	一般: 850~950 mm (FR. SPACE: 1/2 to 1/3)	一般: 900 mm (FR. SPACE: 1/2 to 1/3)	一般: 700~750 mm (FR. SPACE: 1/2 to 1/3)
20型船は MIN. 8 mm 特殊船は エコノハット	MIN. 6 mm	MIN. 9 mm	MIN. 7 mm	MIN. 6 mm
MIN. 125 x 75 x 7	MIN. 75 x 75 x 6	MIN. 125 x 75 x 7	MIN. 150 x 90 x 9	MIN. 100 x 75 x 7
DS は 8 mm以上は設けない 又は構造上近い船手は 平行に設けることある	6 mmの DS SIDE は: 又は構造上近い船手は 平行に設けることある	DS は 6 mm以上は設けない 又は構造上近い船手は 平行に設けることある	甲板 DS は 400 mm (1) 前後 CARLING 位置 S WALL	DS 7.5 mm以上は設けない 又は構造上近い船手は 平行に設けることある
安全地帯の LAP BAR	特: 6 L	特: 6 L	特: 6 L	特: 6 L
一般: 750~800 mm (FR. SPACE: 1/2 to 1/3)	FRAME SPACE: 1/2 to 1/3	一般: 850~950 mm (FR. SPACE: 1/2 to 1/3)	一般: 900 mm (FR. SPACE: 1/2 to 1/3)	一般: 700~750 mm (FR. SPACE: 1/2 to 1/3)
20型船は MIN. 7 mm CORRUGATE WALL 6 mm	MIN. 6 mm	MIN. 8 mm CORRUGATE WALL 6 mm	MIN. 6 mm CORRUGATE WALL 6 mm	MIN. 6 mm CORRUGATE WALL 6 mm
100 x 9 FLAT BAR 上 使用している	75 x 75 x 6 m以上の型鋼 上に設けている	100 x 75 x 7 m以上の型鋼 上に設けている	100 x 75 x 7 m以上の型鋼 上に設けている	75 x 9 FLAT BAR 100 x 75 x 7 m以上の型鋼 上に設けている
DS は 6 mm以上 DS 間は 2 手 設けている	DS は 6 mm以上 DS 間は 2 手 設けている			
SHORT TACK は 1/3 S 1/600-1/200	LONG TACK を 使用している S 4.5 A 25-300	軽連続していい TACK W. 1/2 to 1/3	TRACK W. 1/2 to 1/3	軽連続していい SHORT TACK を 使用している S 4.5 A 25-300
一般: 800 mm (FR. SPACE: 1/2 to 1/3)	一般: 800 mm (FR. SPACE: 1/2 to 1/3)			
20型船は MIN. 8 mm 特殊船は エコノハット	MIN. 6 mm	MIN. 6 mm	MIN. 6 mm	MIN. 6 mm
MIN. 125 x 75 x 7	MIN. 75 x 75 x 6	MIN. 125 x 75 x 7	MIN. 150 x 90 x 9	MIN. 100 x 75 x 7
DS は 8 mm以上は設けない 又は構造上近い船手は 平行に設けることある	6 mmの DS SIDE は: 又は構造上近い船手は 平行に設けることある	DS は 6 mm以上は設けない 又は構造上近い船手は 平行に設けることある	甲板 DS は 400 mm (1) 前後 CARLING 位置 S WALL	DS 7.5 mm以上は設けない 又は構造上近い船手は 平行に設けることある
安全地帯の LAP BAR	特: 6 L	特: 6 L	特: 6 L	特: 6 L
一般: 750~800 mm (FR. SPACE: 1/2 to 1/3)	FRAME SPACE: 1/2 to 1/3	一般: 850~950 mm (FR. SPACE: 1/2 to 1/3)	一般: 900 mm (FR. SPACE: 1/2 to 1/3)	一般: 700~750 mm (FR. SPACE: 1/2 to 1/3)
20型船は MIN. 7 mm CORRUGATE WALL 6 mm	MIN. 6 mm	MIN. 8 mm CORRUGATE WALL 6 mm	MIN. 6 mm CORRUGATE WALL 6 mm	MIN. 6 mm CORRUGATE WALL 6 mm
100 x 9 FLAT BAR 上 使用している	75 x 75 x 6 m以上の型鋼 上に設けている	100 x 75 x 7 m以上の型鋼 上に設けている	100 x 75 x 7 m以上の型鋼 上に設けている	75 x 9 FLAT BAR 100 x 75 x 7 m以上の型鋼 上に設けている
DS は 6 mm以上 DS 間は 2 手 設けている	DS は 6 mm以上 DS 間は 2 手 設けている			
SHORT TACK を 使用している S 1/3	LONG TACK を 使用している S 4.5 A 25-300	軽連続していい TACK W. 1/2 to 1/3	軽連続していい TRACK W. 1/2 to 1/3	軽連続していい SHORT TACK を 使用している S 4.5 A 25-300

表3-3

	N	O	P	Q	R	S
一般的な高さは 900 mm (FR. SPACE 1: 合計 113)	一般的な高さは 800 mm (FR. SPACE 1: 合計 113)	一般的な高さは 900 mm (FR. SPACE 1: 合計 113)	一般的な高さは 900 mm (FR. SPACE 1: 合計 113)	一般的な高さは 770 mm (FR. SPACE 1: 合計 113)	一般的な高さは 800 mm (FR. SPACE 1: 合計 113)	一般的な高さは 800 mm (FR. SPACE 1: 合計 113)
MIN. 8 mm/m	MIN. 7 mm/m	MIN. 7 mm/m	MIN. 8 mm/m	MIN. 6 mm/m	MIN. 7 mm/m	MIN. 6 mm/m
MIN. 150 x 90 x 9 設けられない	MIN. 100 ANGLE (100 ANGLE)	MIN. 150 x 90 x 9 設けられない	MIN. 150 x 90 x 9 設けられない	DS 8 mm/m, MF 1: 約 75 x 7 設けられない	DS 8 mm/m, MF 1: 約 75 x 7 設けられない	DS 8 mm/m, MF 1: 約 75 x 7 設けられない
軽連続としている 設けられない	設けられない	設けられない	設けられない	SHORT TACK V.L. 113 LONG TACK V.L. 113 5 A 75-140	LONG TACK V.L. 113 軽連続としている 4 5 A 75-140	軽連続としている 4 5 A 75-140
設けなし	設けなし	設けなし	設けなし	a) MIN. THICKNESS 8 mm/m b) FR. SPACE 2.5M X 1.5M 1: 壁止用 CARLING (P.T.P) F.B.両端 SNIP) L.A.T.K. 組合せ OR. SPACE 3.5M X 1.5 1: 入れ替える	設けなし	設けなし
一般的な高さ FR. SPACE 1: 合計 113	MIN. 8 mm/m CORRUGATE WALL 6 mm/m	内壁 7 mm/m 外壁 8 mm/m	一般的な高さ FR. SPACE 1: 合計 113			
a. 平板(通路面) b. CORRUGATE 壁止用の平板	MIN. 7 mm/m	MIN. 7 mm/m	MIN. 7 mm/m	75 x 75 x 6 以上の型鋼 100 x 75 x 7 以上の型鋼を 使用している	75 x 75 x 6 以上の型鋼 100 x 75 x 7 以上の型鋼を 使用している	一般的な高さ FR. SPACE 1: 合計 113
設けていない	設けない	DS 間隔 1 = 3 条 設けられない	DS 間隔 1 = 2 条 設けられない	DS 間隔 1 = 2 条 設けられない	DS 間隔 1 = 2 条 4 条 5 A 600-1200	DS 間隔 1 = 2 条 4 条 5 A 75-225
軽連続としている 設けられない	設けなし	LONG TACK V.L. 113 5 A 600-1200	SHORT TACK V.L. 113 LONG TACK V.L. 113	LONG TACK V.L. 113 5 A 75-140	SHORT TACK V.L. 113 LONG TACK V.L. 113	軽連続としている 設けられない

表3-4

Y	V	W	X	
一般: 900 mm (FR. SPACE: 1/8~1/13)	一般的: 800 mm (FR. SPACE: 1/8~1/13)	FRAME SPACE: 1/8~1/13 (原則) & FR. SPACE: 1/8~1/13)	一般的: 850 mm (20%) 900 mm (25%) (原則) & FR. SPACE: 1/8~1/13)	一般的: 750 mm (原則) & FR. SPACE: 1/8~1/13)
MIN. 8 mm	MIN. 8 mm	4.0 ~ 6.5 mm	MIN. 8 mm	MIN. 8 mm (10mm: UP & 下基中)
MIN. 100 x 25 x 7	MIN. 125 x 25 x 7	MIN. 100 x 75 x 7	MIN. 150 x 90 x 9	MIN. 150 x 75 ANGLE
設けていない	板等は一様に規定され むしろ内張用 CARLING の直角 の設けられない	DS も 8.5 mm 設けてない	設けてない	設けてない
軽連続レール 5 GEAR SIZE 1/2~1/3	軽連続レール 4 GIRDER も多く配置して直角 止用レール	軽連続 SHORT TACK } 軽連続レール 4 TACK W. を多用している L 形の方法と 接頭部		
持 = 垂 L	持 = 垂 L	持 = 垂 L	持 = 垂 L	持 = 垂 L
一般的: 900 or 940 (FR. SPACE: 1/8~1/13)	一般的: 800 mm (FR. SPACE: 1/8~1/13)	FRAME SPACE: 1/8~1/13 (原則) & FR. SPACE: 1/8~1/13)	一般的: 850 mm (20%) 900 mm (25%) (原則) & FR. SPACE: 1/8~1/13)	一般的: 750 mm (原則) & FR. SPACE: 1/8~1/13)
MIN. 8 mm (CORRUGATE WALL or MIN. t) (E 6 mm x V 13 or 7 mm x 13)	MIN. 6 mm	MIN. 6 mm	MIN. 6 mm	MIN. 6 mm
100 x 25 x 7 以上の型鋼 を使用している	75 x 75 x 6 以上の型鋼 を使用している	75 x 75 x 6 以上の型鋼 を使用している	100 x 75 x 7 以上の型鋼 を使用している	90 x 9 FLAT BAR 上 で使用している
設けていない	特に設けられない	設けてない	設けてない	設けてない
Long TACK を使用している 5 1600~1200	軽連続を使用している	SHORT TACK を使用している 4.1 75~300	SHORT TACK を使用している 4.1 75~300	SIDE SCUTTE 4.1 75~300

表 4 - 1

表 4 - 2

M	全面的に相隔達を採用した 現船主の了解を得て国内船 にて採用している	全般的に PRESS WALL を採用 FRONT WALL の結合と相隔達 (船主も納得させたい)	PARTITION WALL を採用する COMPASS DIRECTION にて 船体構造のない壁の WALL 領域 CONTRASTIVE E.C.C. にて	PARTITION WALL を採用する FRONT WALL を採用する COMPASS DIRECTION にて FRONT WALL にて採用する CONTRASTIVE E.C.C. にて
J	全面的に相隔達を採用した 現在船主の了解を得て国内船 にて採用している	全面的に相隔達を採用した PARTITION WALL を採用して SANTARY SPACE のみ採用 (当工場は極力採用しない)	PARTITION WALL を採用して SANTARY SPACE のみ採用 (当工場は極力採用しない)	PARTITION WALL を採用する FRONT WALL を採用する COMPASS DIRECTION にて FRONT WALL にて採用する CONTRASTIVE E.C.C. にて
I	外壁(国内船)及び内壁 上に採用している	板厚 20mm 以下のものを通す 接板等を行き板の通す 通孔等	接板等を行き板の通す 通孔等	接板等を行き板の通す 通孔等
H	a. DE の概化(一部採用者) b. LAP 接手の採用	各 DE 相隔達である DE	FRAME PLANNER 框全般 ORDER 事の切口に適用 a. 三角形の板全般に適用	FRAME PLANNER 框及く ORDER 事の切口に適用 板厚 6 mm の板
G	a. DE の概化(一部採用者) b. LAP 接手の採用	DE	FRAME PLANNER 框及く ORDER 事の切口に適用 b. 三角形の板全般に適用	FRAME PLANNER 框及く ORDER 事の切口に適用 板厚 6 mm の板
F	FLAT BAR 総合全部既成品 購入している	行っていいなし	行っていいなし	行っていいなし
E		行っていいなし	行っていいなし	行っていいなし
D		行っていいなし	行っていいなし	行っていいなし
C		行っていいなし	行っていいなし	行っていいなし
B		行っていいなし	行っていいなし	行っていいなし
A		行っていいなし	行っていいなし	行っていいなし

表 4 - 3

表 4-4

	X	Y	Z	
全面的に垂下構造を採用している 現在船主の了解を得て国内船にて採用している	全面的に垂下構造を採用している 現在は使用していない	全面的に垂下構造を採用している 現在は使用していない	全面的に垂下構造を採用している 現在は使用していない	全面的に垂下構造を採用している 現在は使用していない
FRONT WALL を構成する全面上に採用の予定である				
FRONT ROLLER なし	FRONT ROLLER の設置なし	FRONT ROLLER の設置なし	FRONT ROLLER の設置なし	FRONT ROLLER の設置なし
行つていいない	行つていいない	行つていいない	行つていいない	行つていいない
FRAME PLANNER 切断部材に採用している 板厚は特別に考慮している				
行つていいない	行つていいない	行つていいない	行つていいない	行つていいない
FRAME PLANNER 切断部材で半剛面版及び直角の半剛面版を構成する場合に適用している				
行つていいない	行つていいない	行つていいない	行つていいない	行つていいない

表 5 - 1

表 5 - 2

G	H	I	J	K	L	M
行つていなし	行つていなし	行つていなし	行つていなし	行つていなし	行つていなし	行つていなし
2種BLOCKの小組合せを行つ る	2種BLOCKの小組合せを行つ る	全部FREEで溶接している 組合せの安全性考慮してか ら溶接がある	全部FREEで溶接している 組合せの安全性考慮してか ら溶接がある	鉛油船のFLOOR weight FREEで溶接している 組合せある	鉛油船のFLOOR weight FREEで溶接している 組合せある	行つていなし
BOILER SEAT KITは適用しない BOILER SEAT KITは適用しない	BOILER SEAT KITは適用しない BOILER SEAT KITは適用しない	BOILER SEAT KITは適用しない BOILER SEAT KITは適用しない	BOILER SEAT KITは適用しない BOILER SEAT KITは適用しない	FLOOR ORDER TRANS ENGINE BED	FLOOR ORDER TRANS ENGINE BED	行つていなし 行つていなし 行つていなし 行つていなし 行つていなし 行つていなし 行つていなし 行つていなし
2) HATCH WALLの補強材 a) 2種取付 b) PRESS WALLの補強 c) CORROUGATE BEDの補強 d) T.S. TRANS. e) HAT WALL f) DOORの補強	a) 板PANEL SUB板へ適用 CORROUGATE BED 变形防止 x FLAT BAR 2 上部構造のDISC 等 上部構造のSIDE WALL b) CORROUGATE BEDの補強 c) ELEVATOR TRUNK の補強 d) CORROUGATE BED (床面) e) DOORの補強	② 上部構造T-WALL TOP x 1/4折れ板張りL1113 ③ CORROUGATE WALL T-壁上 L=2/3折れ板張りL1113 ④ CORROUGATE BED L=3/4折れ板張りL1113	a) TOP SIDE TSのSTAYの埋設 接合部FLAT BAR L1113 b) CORROUGATE BED 変形防止 x ANGLE BRKT L=1113 c) CORROUGATE BED (床面) L=1113	a) CORROUGATE BED BACKと使用L1113 b) CHAIN LOCKER 補強 L1113 c) ENGINE BED等の厚板に手溶接 溶接による周辺固着 L1113 d) ENGINE BED等の厚板に手溶接 溶接による周辺固着 L1113 e) ENGINE BED等の厚板に手溶接 溶接による周辺固着 L1113 f) ENGINE BED等の厚板に手溶接 溶接による周辺固着 L1113	a) 鋼構造に對してSTRONG BACKと使用L1113 b) CHAIN LOCKER 補強 L1113 c) ENGINE BED等の厚板に手溶接 溶接による周辺固着 L1113 d) ENGINE BED等の厚板に手溶接 溶接による周辺固着 L1113 e) ENGINE BED等の厚板に手溶接 溶接による周辺固着 L1113 f) ENGINE BED等の厚板に手溶接 溶接による周辺固着 L1113	a) 鋼構造に對してSTRONG BACKと使用L1113 b) CHAIN LOCKER 補強 L1113 c) ENGINE BED等の厚板に手溶接 溶接による周辺固着 L1113 d) ENGINE BED等の厚板に手溶接 溶接による周辺固着 L1113 e) ENGINE BED等の厚板に手溶接 溶接による周辺固着 L1113 f) ENGINE BED等の厚板に手溶接 溶接による周辺固着 L1113

表 5 - 3

表5-4

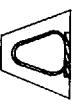
U	✓	W	X	Y
行つていなし	行つていなし	行つていなし	行つていなし	行つていなし
行つていなし	行つていなし	行つていなし	行つていなし	行つていなし
		すべてFREEで溶接している		
なし	なし	なし	なし	なし

二重 FLOOR PLATE 等に通  
板端部等について溶接により  
主折れも考慮している

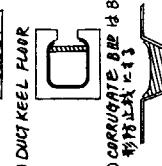
板端部 CORROUGATE BACKも使用 現在 CORROUGATE BACKは引  
かがる場合は下回り板等に取  
付している



a) STOOL 8#D の TRANS の下側には  
90×90×7~10 ANGLE を構  
成する



b) Duct KEEL FLOOR



c) CORROUGATE BACKは8#Dを支  
持する止付ねじ等



STRONG BACKは殆んど  
使用しない

STRONG BACKは費用面等で  
船底外板平BLOCKの曲りに使  
用する程度である(FR. 焊工法)  
（ガラス・アスベスト等による  
使用不可）

板厚15mm以上の船外板に STRONG BACKは最も近づかない

板厚とPITCHの関連性をし  
て

ENGINE BED 等の厚板で溶接  
溶接により周辺鋼材1203

溶接部の逆取付  
（止付工法）

ENGINE SEAT）全面固着  
主体BLOCK 1113

溶接により  
溶接部の逆取付  
（止付工法）

行つていなし  
行つていなし

溶接部の逆取付  
（止付工法）

溶接部の逆取付  
（止付工法）

行つていなし  
行つていなし

SIDE SHELL BLOCKで溶接  
約2.5m程度逆差を行  
う

SIDE SHELL BLOCKで溶接  
約2.5m程度逆差を行  
う

陽圧接手の変形防止については  
特に考えていない  
むしろ強化溶接は考慮されてお  
らず

行つていなし

行つていなし

表6-1

項目	船外	A	B	C	D	E	F	
2. 塑性逆止法	2. 塑性逆止法: どういきなう。 BLOCKを適用して 逆止の量はどの様か どの様にして量を定めているか							
3. 植強材: どういきなう。 BLOCKを適用して その植強材の大きさは どの様にして量を定めているか	(2) BIP 200A 200A 200A 200A	(2) ENGINE SEAT TOP PLAT $t = 25\text{mm}$ (2) STERN FRAME BLOCK BOSS PLATE	(2) CORRUGATE BIP 800 125A 250A SHELL & STAY (適用している) (2) WEB FRAME 200A 200A 200A 200A	(2) CORRUGATE BIP 800 125A 250A SHELL & STAY (適用している) (2) BULK TOP SIDE TS TRANS BIP 200A 200A 200A 200A	(2) CORRUGATE BIP 800 125A 250A SHELL & STAY (適用している) (2) BULK TOP SIDE TS TRANS BIP 200A 200A 200A 200A	(2) CORRUGATE BIP 800 125A 250A SHELL & STAY (適用している) (2) BULK TOP SIDE TS TRANS BIP 200A 200A 200A 200A	(2) CORRUGATE BIP 800 125A 250A SHELL & STAY (適用している) (2) BULK TOP SIDE TS TRANS BIP 200A 200A 200A 200A	(2) CORRUGATE BIP 800 125A 250A SHELL & STAY (適用している) (2) BULK TOP SIDE TS TRANS BIP 200A 200A 200A 200A
4. 用辺固着: どういきなう。 BLOCKを適用して その固着方法は どの様にして量を定めているか	(4) 用辺固着: どういきなう。 BLOCKを適用して その固着方法は どの様にして量を定めているか	(4) 用辺固着: どういきなう。 BLOCKを適用して その固着方法は どの様にして量を定めているか	(4) 用辺固着: どういきなう。 BLOCKを適用して その固着方法は どの様にして量を定めているか	(4) 用辺固着: どういきなう。 BLOCKを適用して その固着方法は どの様にして量を定めているか	(4) 用辺固着: どういきなう。 BLOCKを適用して その固着方法は どの様にして量を定めているか	(4) 用边固着: どういきなう。 BLOCKを適用して その固着方法は どの様にして量を定めているか	(4) 用辺固着: どういきなう。 BLOCKを適用して その固着方法は どの様にして量を定めているか	
5. FREE: 行き方法 BLOCKを適用して どの様にして量を定めているか								
6. 波浪吸収: 波浪吸収について 考慮している点がどういきなう。 とくに下述	6. 波浪吸収: 波浪吸収について 考慮している点がどういきなう。 とくに下述	6. 波浪吸収: 波浪吸収について 考慮している点がどういきなう。 とくに下述	6. 波浪吸収: 波浪吸収について 考慮している点がどういきなう。 とくに下述	6. 波浪吸収: 波浪吸収について 考慮している点がどういきなう。 とくに下述	6. 波浪吸収: 波浪吸収について 考慮している点がどういきなう。 とくに下述	6. 波浪吸収: 波浪吸収について 考慮している点がどういきなう。 とくに下述	6. 波浪吸収: 波浪吸収について 考慮している点がどういきなう。 とくに下述	
その他 雨蓋が附止のため波持うち を行っているか	その他 雨蓋が附止のため波持うち を行っているか	その他 雨蓋が附止のため波持うち を行っているか	その他 雨蓋が附止のため波持うち を行っているか	その他 雨蓋が附止のため波持うち を行っているか	その他 雨蓋が附止のため波持うち を行っているか	その他 雨蓋が附止のため波持うち を行っているか	その他 雨蓋が附止のため波持うち を行っているか	
7. STRONG BACK: 波止の波具と 搭合: 使いか 載荷: 变形 工法	7. STRONG BACK: 波止の波具と 搭合: 使いか 載荷: 变形 工法	7. STRONG BACK: 波止の波具と 搭合: 使いか 載荷: 变形 工法	7. STRONG BACK: 波止の波具と 搭合: 使いか 載荷: 变形 工法	7. STRONG BACK: 波止の波具と 搭合: 使いか 載荷: 变形 工法	7. STRONG BACK: 波止の波具と 搭合: 使いか 載荷: 变形 工法	7. STRONG BACK: 波止の波具と 搭合: 使いか 載荷: 变形 工法	7. STRONG BACK: 波止の波具と 搭合: 使いか 載荷: 变形 工法	

表6-2

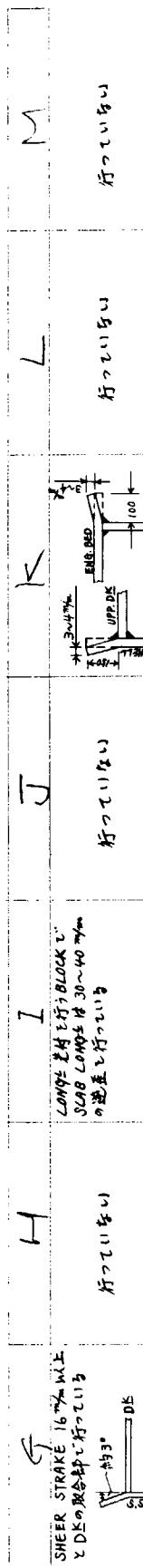
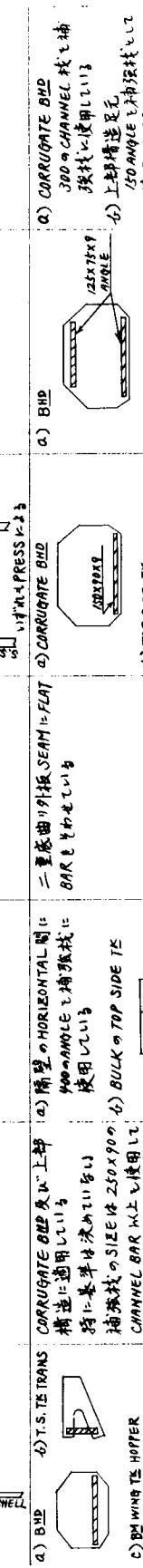
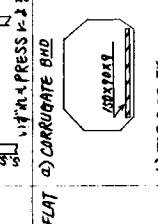
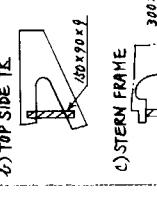
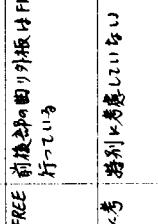
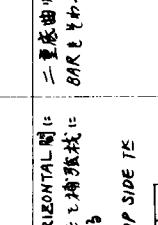
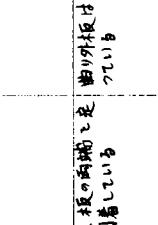
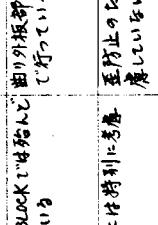
H	I	J	K	L
SHEER STRAKE 16 mm W.E. Y DESの角度で行っている	Length 24t 5t BLOCK SLAB LONG 18 30~40 mm の適度で行っている	行っている	行っていない	行っていない
				
a) BHD b) T.S. TRANS CORRUGATE BHD 及び上部構造は適用している 持ては基本は決していい 補強材のSIZEは250x900 6) BULK or TOP SIDE TS	a) 傾きのHORIZONTAL 間に HOOPOLEと補強材は 使用している CHANNEL BAR以上で使用して いる	二重底曲り板SEAM=FLAT BIRもやかせている 使用している	二重底曲り板SEAM=FLAT BIRもやかせている 使用している	a) CORRUGATE BHD 300x CHANNEL 等を用いて 持ては適用している 150 ANGLEと補強材にて 使用している
c) DE WING TS HOPPER d) L型補強材 e) L型補強材				
f) TOP SIDE TS g) STERN FRAME				
持てはあらが全部固定している いは	LONGSと半付時板の兩端とも 曲り板接合で固定している いは	LONGSと半付時板の兩端とも 曲り板接合で固定している いは	LONGSと半付時板の兩端とも 曲り板接合で固定している いは	a) BHD 250x75x9 ANGLE b) 上部構造足元 使用している
持てはし	TRANS等から板端まで長い 合で適用する	前後部の曲りBLOCKは始めてFREEで 行っている	前後部の曲りBLOCKは始めてFREEで 行っている	a) CORRUGATE BHD 300x CHANNEL b) 上部構造足元 使用している
持てはし	歪防止のため特に考慮 していい	歪防止のために特別に考慮 していい	歪防止のために特別に考慮 していい	a) CORRUGATE BHD 300x CHANNEL b) 上部構造足元 使用している
持てはし	曲げ剛性FRAME、LONGSと現場 組合時に片側溶接している いは	二重底BLOCK 溶接等 適用する	二重底BLOCK 溶接等 適用する	a) CORRUGATE BHD 300x CHANNEL b) 上部構造足元 使用している
持てはし	800~1000 mm PITCHでBLOCK 700~800 mm PITCHでBLOCK 500~1000 mm PITCHでBLOCK	約1000 mm PITCHでBLOCK 700~800 mm PITCHでBLOCK 500~1000 mm PITCHでBLOCK	約1000 mm PITCHでBLOCK 700~800 mm PITCHでBLOCK 500~1000 mm PITCHでBLOCK	800~1000 mm PITCHで STRONG BACKを取付ける BLOCKと現場は特に PITCHとBLOCKの間隔は特に 考慮しないが、曲りの深い箇 所ではPITCHとBLOCKの間隔は特に 考慮しない

表6-3

<p>P 行っていい Q 行っていい R 行っていい S 行っていい T 行っていい</p>	<p><b>主機台 TOP PLATE</b> 二重底 TOP PLATE</p> <p>主機台 TOP PLATE は、 GIRDERS 合計の板厚 <math>\kappa 6/100</math> 達成していい。 <math>2 \sim 3 \text{ mm}</math> の逆差を付けて いい。</p>
<p><b>a) 適用 BLOCK</b></p> <p>L型 BLOCK CORROUGATE BND 上部構造 BUCK &amp; TOPSIDE TS WEB</p> <p>b) 相手材の大きさ BND が <math>30^\circ</math> ANGLE を使用。 他の 1/2 部を接続する TOP SIDE TS WEB は承 入構造にしている</p>	<p>a) CORROUGATE BND</p> <p>b) BULK &amp; TOP SIDE TS</p> <p>c) 上部構造 等に適用している 補強材は <math>350 \text{ ANGLE}</math> 以上を 使用している</p>
<p>D<small>ouble</small> B<small>lock</small>, 強縦構造主体。横に止めた複合型 BLOCK では、 固定着は補強材にて固定して、接 続する補強材にて固定している。 上部構造及び平面 BLOCK は適用している。 適用している</p>	<p>a) CORROUGATE BND L型 BLOCK CHANNEL &amp; 使用している</p> <p>b) BULK &amp; TOP SIDE TS ANGLE &amp; 使用している</p>
<p>BLOCK の中央より START し、 両 SIDE に向って流れる</p>	<p>a) CORROUGATE BND L型 BLOCK CHANNEL &amp; 使用している</p>
<p>一部で行っている</p>	<p>a) <math>\theta \leq 15^\circ</math> の場合 EJECTION が上向き 落持ちらんす か) <math>\theta &gt; 15^\circ</math> の場合 がて落持す</p>
<p>曲の大きい箇所等特に変形 が発生する箇所については、 STRONG BLOCK を使用している。</p>	<p><math>\theta \leq 15^\circ</math> の場合 の場合は 原則として行なわれ 行っていい</p>
<p>約 <math>1000 \text{ mm}</math> PITCH で取付けて ある強い筋板と板厚約 <math>12 \text{ mm}</math> の筋板の組合せで、 PITCH を <math>600 \sim 1000 \text{ mm}</math> の筋板と板厚約 <math>12 \text{ mm}</math> の筋板の組合せで、 PITCH を <math>12 \text{ mm}</math> で取付けて いる。</p>	<p>曲の大きい箇所等特に変形 が発生する箇所については、 STRONG BLOCK を使用している。 特別に板厚と PITCH の関係を考慮 する場合は、板厚と PITCH は同じく適度 に大きめに選定する。</p>

表6-4

	U	V	W	
行っている	✓	✓	X	行っていない
行っていない			✓	行っていない
a) CORRUGATE BUTT	a) BEAD	a) CORRUGATE BUTT JIS K 2371 ANGLE 使用 大盤で必要となる 入出しが多い	a) CORRUGATE BUTT JIS K 2371 ANGLE 使用 大盤で必要となる 入出しが多い	
b) BULKのTOP SIDE TS	b) BULKのTOP SIDE TS	b) BULKのTOP SIDE TS	b) BULKのTOP SIDE TS	
c) 上部構造	c) STOOL BLOCKの下部 等に補強材を使用している	c) STOOL BLOCKの下部 等に補強材を使用している	c) STOOL BLOCKの下部 等に補強材を使用している	
囲いのみ接着する	a) 植木の茎のBLOCK b) 鋼板の通方が盤式は横に集 中しているBLOCK (STOOL BLOCK) (COFFERDAM BLOCK)	a) 植木の茎のBLOCK b) 鋼板の通方が盤式は横に集 中しているBLOCK c) 外部でFREEで行っている 茎防止のために特別な考慮 考慮している	a) 植木のBLOCK b) 鋼板の通方が盤式は横に集 中しているBLOCK c) 外部でFREEで行っている 茎防止のために特別な考慮 考慮している	
行っていない	全然行っていない	採用している	曲り部に行っている	全然行っていない
STRONG BACK & TRANS BUTT	原則としてSTRONG BACK & LONGUE BUTTの先端に 1~2枚使用している 盤厚とPITCHは別々考慮している	曲りが大きくなる場合 PITCHは500~1000mm PITCHで使用している 盤厚1.5mm以上	曲りが大きい場合 PITCHは500mm以上 PITCHで使用している 盤厚1.5mm以上	STRONG BACK & TRANS BUTT 原則としてSTRONG BACK & LONGUE BUTTの先端に 1~2枚使用している 盤厚とPITCHは別々考慮している

表7-1

造船所		工法		構造	
1. 造船所	2. 其の外				
3. 特別の方法があるかないか					
4. 安全構造の考え方					
5. 構手の考え方					
6. 載物形態					
A	B	C	D	E	F
1. 外板 BUTT 板厚10mm以下	2. 地上 STAFF IN TO BLOCK 接着部の間に着火させないが 船底板は止水止と考慮	3. 特になし	4. 特になし	5. 特になし	6. 特になし
7. 溶接順序、溶着法について 考慮している点がありまし て、構造士が下書きして 教えて下さい	1. SKINの安全と溶接 2. 内構造同志の溶接 3. SKINと内構造の溶接 の順序である 後退法と下進法	1. 特別に渠は構じない 上部構造に於ける内構造 と大板の安全な接手より先行 していい	2. 上部構造に於ける内構造 特に考慮しない と構造士が下書きして	3. 特になし	4. 特になし
8. の					
E					
1. 長さ、CAMBERのため甲板 K について、隅因答海の開美形 も考慮して曲げ加工を行わない め、構造士に於ける回答 下書き	a) 構造 b) 甲板 接手 法	1. LONG-BEAM 構造と SIZE UP(7300→920)して大きさ 防止する 2. TRANS-BEAMの構手で構 造化	3. 上部構造 FRONT WALLの 構構造化 DE DE wall		



表7-3

N	P	Q	R	S	T
BUTT及びSEAMの接合方法 骨より選択せよ	主発生防止材として先行 鋼板加熱と被工いも はこのための用板方式にて なし	主板の発生防止材として先行 鋼板加熱と被工いも はこのための用板方式にて なし	TANKER等はTRANS板の 船底材により船底外板 完全接合を施すSTIFF. SEAMの変形防止している なし		
					

内部構造と主板溶接の強度  
として出来たが、使用する方法と  
ついては、あくまで溶接順序は  
は主板先行である  
上部構造の溶接順序は  
1. HOUSE WALLの足元  
2. DSの継手  
3. HOUSE WALLのBUTT  
といふ

なし

なし

なし

なし

なし

なし

表 7 - 4

<span style="font-size: 2em;">Y</span> <span style="font-size: 1.5em;">W</span> <span style="font-size: 1.5em;">V</span> <span style="font-size: 1.5em;">U</span>	<span style="font-size: 1.5em;">X</span> <span style="font-size: 1.5em;">S</span> <span style="font-size: 1.5em;">A</span> <span style="font-size: 1.5em;">T</span>	<span style="font-size: 1.5em;">Z</span> <span style="font-size: 1.5em;">N</span> <span style="font-size: 1.5em;">P</span> <span style="font-size: 1.5em;">R</span>
<p>特比台し</p> <p>特比台し</p> <p>特比台し</p> <p>特比台し</p>	<p>特比考慮していひ</p> <p>特比台し</p> <p>特比台し</p> <p>特比台し</p>	<p>特比台し</p> <p>特比台し</p> <p>特比台し</p> <p>特比台し</p>
<p>な</p> <p>な</p> <p>な</p> <p>な</p>	<p>な</p> <p>な</p> <p>な</p> <p>な</p>	<p>な</p> <p>な</p> <p>な</p> <p>な</p>
<p>な</p> <p>な</p> <p>な</p> <p>な</p>	<p>な</p> <p>な</p> <p>な</p> <p>な</p>	<p>な</p> <p>な</p> <p>な</p> <p>な</p>
<p>な</p> <p>な</p> <p>な</p> <p>な</p>	<p>な</p> <p>な</p> <p>な</p> <p>な</p>	<p>な</p> <p>な</p> <p>な</p> <p>な</p>

## 2.3 歪防止工作法確立のための予備実験結果

### 2.3.1 概 要

今回は船体構造部材のうち、比較的薄板の隅肉手溶接による自由角変形を大型試験片と小型試験片を用いて求めた。それと同時に歪量の測定方法を検討するため、従来のピアノ線、ダイヤルゲージ等による機械的な計測方法と、モアレ等高線による方法を併行し、その両方の比較検討を行なつた。また、小型試験については、約1年前に当所が行なつた資料を加えて参考とした。（参考図1，2）

本実験の溶接歪に対するパラメーターは4個である。

- (a) ベースプレートの板厚 (6 mm, 8 mm, 10 mm)
- (b) 脚長（指示値） (3.5 mm, 6 mm)
- (c) スチフナのスペース (600 mm, 900 mm)
- (d) 溶接の種類 (ショートタック、ロングタック)

これら4種類のパラメーターと歪量( $\tan \theta$ )の相関をつけ一応の結論を得た。

\* ( $\tan \theta$ )については後述。

### 2.3.2 実験の方法

#### (1) 実験組合せと試験片の形状

実験の組合せについては表2.3.1参照のこと。表2.3.1でNo.1～No.11までは大型実験を、No.12～No.14までは小型実験を表す。次に大型および小型試験片の形状を図2.3.1、図2.3.2に示す。

#### (2) 歪量計測方法

大型のスチフナ・スペースが600の場合の歪量計測方法を図2.3.3に、同スチフナ・スペース900の場合を図2.3.4に示す。また、小型試験片の場合の計測方法は、大型の場合と大略同様であるので図示は略す。ただし、モアレ縞計測の方法等については表2.3.2, 3, 図2.3.5(1), (2)および写真2.3.1に示してある。

表2.3.1 実験組合せ表

実験番号	プレート板厚	指示脚長	スチフナスペース	溶接の種類	繰返記号	繰返数
No. 1	6.0 mm	6.0 mm	600 mm	連続	A, B, C	3
No. 2	8.0 "	6.0 "	— " — "	"	"	"
" 3	10.0 "	6.0 "	— " — "	"	A, B, C	3
" 4	6.0 "	3.5 "	— " — "	"	A, B	2
" 5	8.0 "	3.5 "	— " — "	"	"	"
" 6	10.0 "	3.5 "	600 "	"	"	"
" 7	6.0 "	6.0 "	900 "	"	"	"
" 8	8.0 "	6.0 "	— " — "	"	"	"
" 9	10.0 "	6.0 "	— " — "	連続	"	"
" 10	8.0 "	6.0 "	600 "	<u>6</u> <u>80-350</u>	"	"
" 11	8.0 "	6.0 "	— " — "	<u>6</u> <u>240-810</u>	A, B	2
" 12	8.0 "	6.0 "	134 "	連続	A, B, C	3
No. 13	12.5 "	6.0 "	— " — "	"	"	"
No. 14	16.0 mm	6.0 mm	134 mm	連続	A, B, C	3

\* 註) 2. No. 1～No. 11までは大型試験片を表す。  
No. 12～No. 14 " 小型 "

NO1.~NO6. NO10 NO11

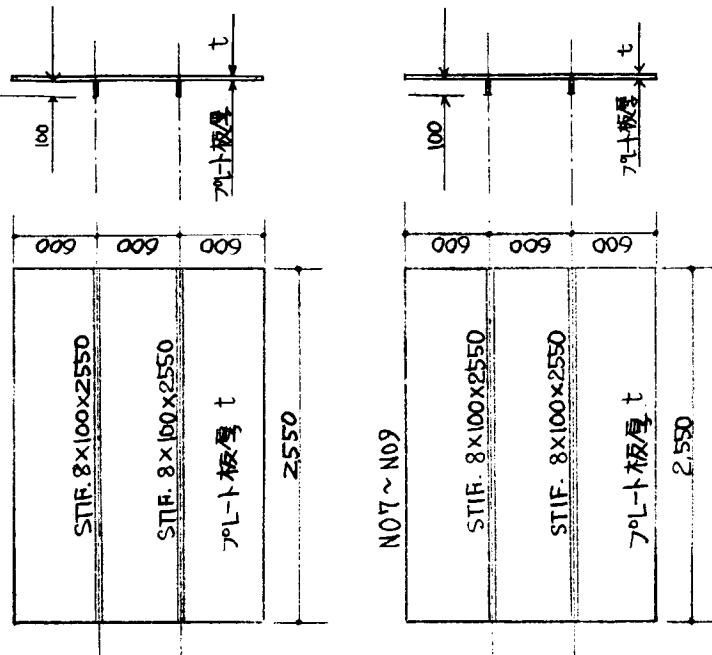


図 2.3.1 大型試験片形状

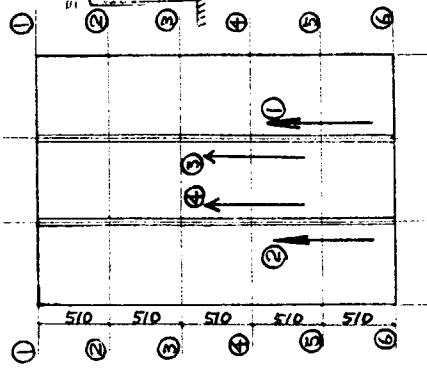


図 2.3.3

(b) 大型 スチナスベース 900 の場合

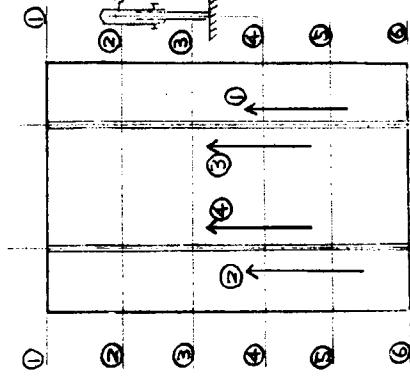
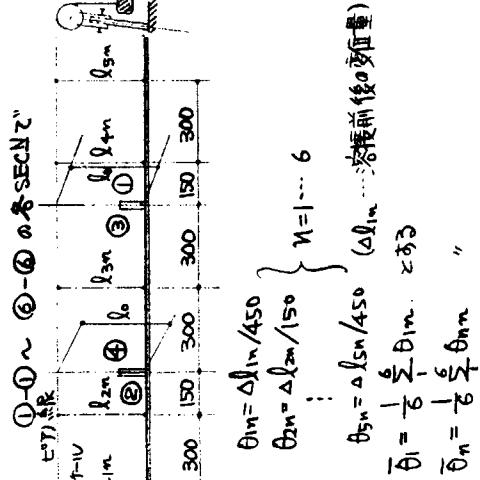


図 2.3.4



$$\theta_{1n} = \Delta \theta_{1n} / 450 \quad (\Delta \theta_{1n}: 減量前後の変化量)$$

$$\theta_{2n} = \Delta \theta_{2n} / 150 \quad \{ n=1 \sim 6 \}$$

$$\bar{\theta}_1 = \frac{1}{6} \theta_{1n}, \quad " \quad \bar{\theta}_3 = \frac{1}{6} \theta_{3n}, \quad "$$

$$\bar{\theta}_n = \frac{1}{6} \theta_{n_n}, \quad "$$

表 2. 3. 2

1) 撮影物体  $400 \times 600 \text{ mm}^2$ 

処理	供試料 No.	露光時間	フィルム No.		露光時間	フィルム No.	
溶接前	No. 12 a 角度 $\angle \alpha$	F 4, 30"	(No. 1) 6	平行	F 4, 30"	10	
"	" "	1'	7	"	1'	11	
"	" "	2'	8	"	2'	12	
"	" "	3'	9				
"	No. 12 b "	F 4, 30"	13	"	F 4, 30"	17	
"	" "	1'	14	"	1'	18	
"	" "	2'	15	"	2'	19	
"	" "	3'	16				
"	No. 12 c "	F 4, 30"	20	"	F 4, 30"	(No. 2) 2	
"	" "	1'	E	"	1'	3	
"	" "	2'	SAFETY	"	2'	4	
"	" "	3'	(No. 2) 1				
溶接後	No. 12 a'	"	F 4, 30"	5	"	F 4, 30"	9
"	" "	1'	6	"	1'	10	
"	" "	2'	7	"	2'	11	
"	" "	3'	8	"	2'	12	
"	No. 12 b'	"	F 4, 30"	13	"	F 4, 30"	17
"	" "	1'	14	"	1'	18	
"	" "	2'	15	"	2'	19	
"	" "	3'	16				
溶接前	No. 13 a "	F 4, 5"	S	"			
"	" "	10"	(No. 3) 1	"	F 4, 10"	4	
"	" "	20"	2	"	20"	5	
"	" "	30"	3	"	30"	6	
"	No. 13 b "	F 4, 10"	7	"	F 4, 10"	10	
"	" "	20"	8	"	20"	11	
"	" "	30"	9	"	30"	12	
"	No. 13 c "	F 4, 10"	13	"	F 4, 10"	16	
"	" "	20"	14	"	20"	17	
"	" "	30"	15	"	30"	18	
溶接後	No. 12 c "	F 4, 10"	(No. 4) 1	"	F 4, 10"	4	
"	" "	20"	2	"	20"	5	
"	" "	30"	3	"	30"	6	
溶接前	No. 14 a "	F 4, 10"	7	"	F 4, 10"	10	
"	" "	20"	8	"	20"	11	
"	" "	30"	9	"	30"	12	
"	No. 14 b "	F 4, 10"	13	"	F 4, 10"	16	

処理	供試料 No.	露光時間	フィルム No.		露光時間	フィルム No.
溶接前	No. 14 b 角度 $\angle \alpha$	F 4, 20"	14	平行	F 4, 20"	17
"	" "	30"	15	"	30"	18
"	No. 14 c "	F 4, 10"	19	"	F 4, 10"	(No. 5) S
"	" "	20"	20	"	20"	1
"	" "	30"	E	"	30"	2
溶接後	No. 13 a "	E 4, 10"	3	"	F 4, 10"	6
"	" "	20"	4	"	20"	7
"	" "	30"	5	"	30"	8
"	No. 13 b "	F 4, 10"	9	"	F 4, 10"	12
"	" "	20"	10	"	20"	13
"	" "	30"	11	"	30"	14
"	No. 13 c "	F 4, 10"	15	"	F 4, 10"	18
"	" "	20"	16	"	20"	19
"	" "	30"	17	"	30"	20
"	No. 13 a "	F 4, 10"	E			
"	" "	20"	SAFETY			
"	" "	10"	1	"	F 4, 10"	4
"	" "	20"	2	"	20"	5
"	" "	30"	3	"	30"	6
"	No. 14 b "	F 4, 10"	7	"	F 4, 10"	10
"	" "	20"	8	"	20"	11
"	" "	30"	9	"	30"	12
"	No. 14 c "	F 4, 10"	13	"	F 4, 10"	16
"	" "	20"	14	"	20"	17
"	" "	30"	15	"	30"	18

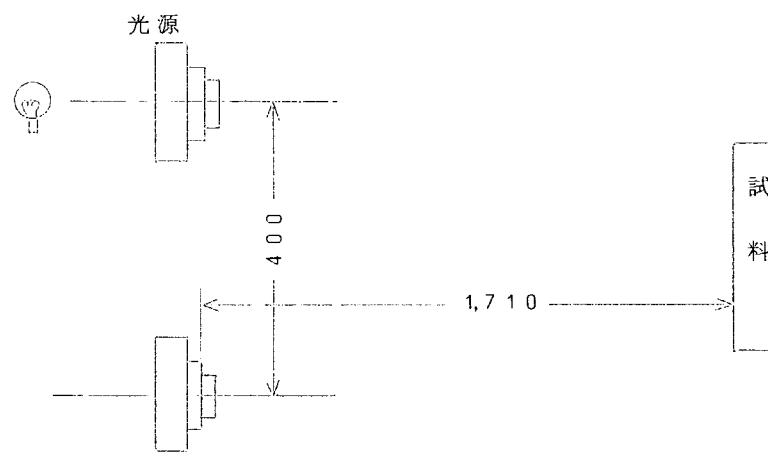


図 2.3.5(1)

モアレカメラ: F 8

撮影カメラ: 開放

b : 1,710

ℓ : 800

f : 250

T₀ : 0.2

モアレ・ジマの深さ  $h_N$  を示す。

モアレ・ジマ No. ..... 1.000000000 E

モアレ・ジマ深さ  $h_1$  ..... 5.007822842 A

$h_1 - h_0$  ..... 5.007822842 A

モアレ・ジマ No. ..... 2.000000000 E

モアレ・ジマ深さ  $h_1$  ..... 1.0058904473 A

$h_1 - h_0$  ..... 5.051081631 A

3.000000000 E

15.143307957 A

5.084403484 A

4.000000000 E

20.264862064 A

5.121554107 A

5.000000000 E

25.423961029 A

5.159098965 A

表 2.3.3

2) 撮影物体  $1,800 \times 2,550 \text{ mm}^2$

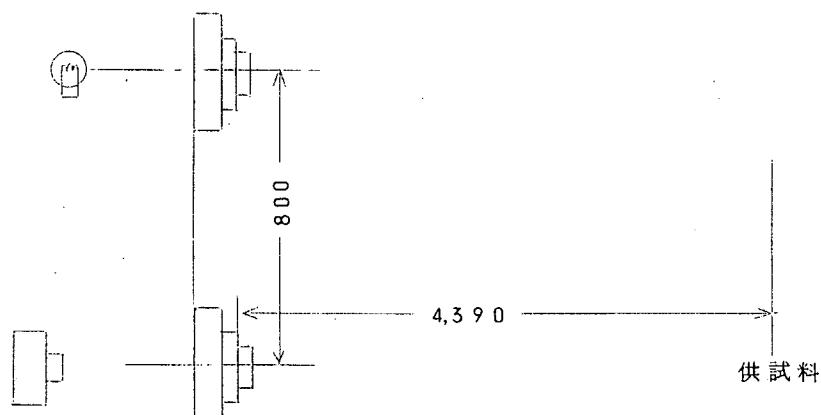


図 2.3.5(2)

b : 4,390

l : 800

f : 250

$P_0$  : 0.2

モアレカメラ：開放

撮影カメラ：F 8

供試料： $1,800 \times 2,550$

処理	供試料 No.	露光時間 及び絞り	撮影場所	フィルム No.
溶接前	No. 1 - A	F 8, 4'	No. 1 - A	No. 1, 2, 3
"	No. 2 - A	"	No. 2 - A	4
溶接後	No. 1 - A	"	No. 1 - A	5
溶接前	No. 7 - A	"	No. 7 - A	6
溶接後	No. 2 - A	"	No. 2 - A	7

処理	供試料 No.	露光時間 及び絞り	No. 1 - A	撮影場所	No. 1 - B	ファイル No.
溶接後	No. 2 - A	F 8 , 4'		No. 2 - A		No. 2 1
"	No. 7 - A	"	No. 7 - A			2
"	"	"		No. 7 - A		3
"	"	"		No. 7 - A		4
溶接前	No. 11 - B	"	No. 11 - B			5
"	"	"		No. 11 - B		6
"	No. 11 - A	"		No. 11 - A		7
"	"	"	No. 11 - A			8
"	No. 10 - B	"		No. 10 - B		9
"	"	"	No. 10 - B			10
溶接後	No. 11 - A	"	No. 11 - A			11
"	"	"		No. 11 - A		12
"	No. 11 - B	"		No. 11 - B		13
"	"	"	No. 11 - B			14
溶接前	No. 10 - A	"	No. 10 - A			15
"	"	"	No. 10 - A			16
"	"	"		No. 10 - A		17
"	No. 5 - B	"		No. 5 - B		18
"	"	"	No. 5 - B			19
"	No. 5 - A	"		No. 5 - A		20
"	"	"	No. 5 - A			E
"	No. 2 - C	"		No. 2 - C		No. 3 ..
"	"	"	No. 2 - C			S
"	No. 2 - B	"		No. 2 - B		1
"	"	"	No. 2 - B			2
"	"	"	No. 2 - B			3
溶接後	No. 10 - A	"	No. 10 - A			4
"	"	"		No. 10 - A		5
"	No. 10 - B	"	No. 10 - B			6
"	"	"		No. 10 - B		7
溶接前	No. 8 - A	"		No. 8 - A		8
"	"	"	No. 8 - A			9
"	No. 3 - A	"	No. 3 - A			10
"	"	"		No. 3 - A		11
"	No. 9 - A	"		No. 9 - A		12
"	"	"		No. 9 - A		13
"	"	"	No. 9 - A			14

処理	供試料 No.	露光時間 及び絞り	撮影場所	フィルム No.
溶接前	No. 4 - A	F 8 , 4'	No. 4 - A	15
"	"	"	No. 4 - A	16
"	No. 6 - A	"	No. 6 - A	17
"	"	"	No. 6 - A	18
"	No. 7 - B	"	No. 7 - B	19
"	"	"	No. 7 - B	20
"	No. 3 - B	"	No. 3 - B	E
"	"	"	No. 3 - B	S
"	No. 8 - B	"	No. 8 - B	No. 4 1
"	"	"	No. 8 - B	2
"	No. 1 - B	"	No. 1 - B	3
"	"	"	No. 1 - B	4
"	No. 1 - C	"	No. 1 - C	5
"	"	"	No. 1 - C	6
"	No. 4 - B	"	No. 4 - B	7
"	"	"	No. 4 - B	8
"	No. 9 - B	"	No. 9 - B	9
"	"	"	No. 9 - B	10
"	No. 3 - C	"	No. 3 - C	11
"	"	"	No. 3 - C	12
"	No. 6 - B	"	No. 6 - B	13
"	"	"	No. 6 - B	14
"	"	"	No. 6 - B	15
"	"	"	No. 6 - B	16
"	"	"	No. 6 - B	17
溶接後	No. 3 - A	"	No. 3 - A	18
"	"	"	No. 3 - A	19
"	No. 8 - A	"	No. 8 - A	20
"	"	"	No. 8 - A	E
"	No. 9 - A	"	No. 9 - A	No. 5 S
"	"	"	No. 9 - A	1
"	No. 4 - A	"	No. 4 - A	2
"	"	"	No. 4 - A	3
"	No. 6 - A	"	No. 6 - A	4
"	"	"	No. 6 - A	5
"	No. 5 - A	"	No. 5 - A	6
"	"	"	No. 5 - A	7

処理	供試料 No.	露光時間 及び絞り	撮影場所	フィルム No.
溶接後	No. 1 - B	F 8, 4'	No. 1 - A	8
"	"	"	No. 1 - B	9
"	No. 8 - B	"	No. 8 - B	10
"	"	"	No. 8 - B	11
"	No. 2 - B	"	No. 2 - B	12
"	"	"	No. 2 - B	13

モアレ・ジマ No. ..... 1.000000000E

モアレ・ジマ深さ  $h_1$  ..... 18.250155644A

$h_1 - h_0$  ..... 18.250155644A

モアレ・ジマ No. ..... 2.000000000E

モアレ・ジマ深さ  $h_2$  ..... 36.670538742A

$h_2 - h_0$  ..... 18.420383098A

3.000000000E

55.250012404A

18.579473662A

4.000000000E

73.995184172A

18.745171768A

5.000000000E

92.908273978A

18.913089806A

図 2.3.6 に等高線写真を示す。この写真によると変形方向および変形量が認められる。

図 2.3.7 に前方に 5° 27' 傾けた等高線を示す。また、その方法図を図 2.3.8 に示す。

### 計算値

$$h_N = \frac{b(b-f)NP_0}{f\ell - (b-f)NP_0}$$

モアレ・ジマ No. ..... 1.000000000E

3.000000000E

基準より  $h_1$  までの深さ ..... 5.029277292A

15.195930591A

$h_1 - h_0$  ..... 5.029277292A

5.098390958A

2.000000000E

4.000000000E

10.097539633A

20.327822194A

5.068262341A

5.131891603A

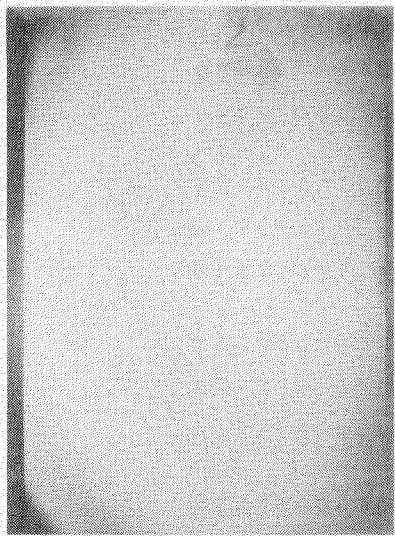
モアレ・ジマ <sub>16</sub> .....	5.000000000E	11.000000000E
基準より $h_1$ までの深さ .....	25.493534395A	57.216483800A
$h_1 - h_0$ .....	5.165712201A	5.375589652A
	6.000000000E	12.000000000E
	30.693391256A	62.628252591A
	5.199856861A	5.411768791A
	7.000000000E	13.000000000E
	35.927721017A	68.076555277A
	5.234329761A	5.448302686A
	8.000000000E	14.000000000E
	41.196856160A	73.561751292A
	5.269135143A	5.485196015A
	9.000000000E	15.000000000E
	46.501133478A	79.084204824A
	5.304277318A	5.522453532A
	10.000000000E	
	51.840894148A	
	5.339760670A	

$$b = 1,900 \text{ mm}$$

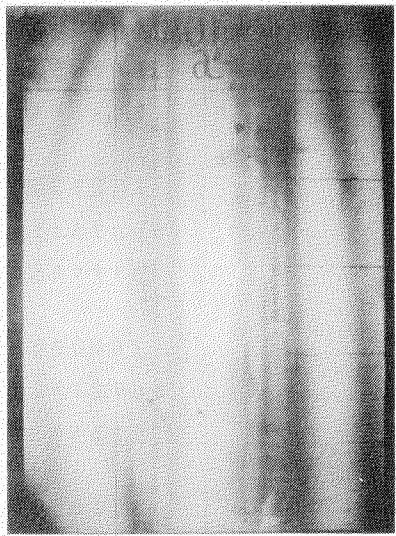
$$f = 250 \text{ mm}$$

$$P_0 = 0.2 \text{ mm}$$

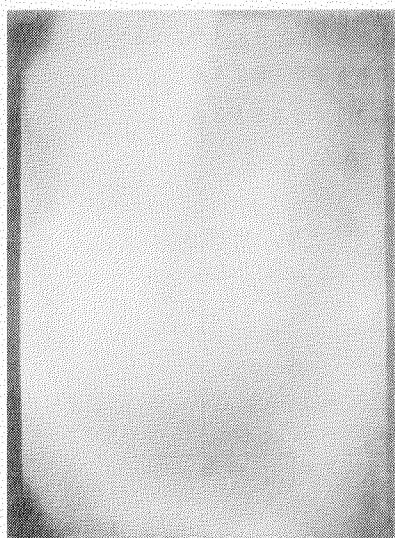
$$\ell = 500 \text{ mm}$$



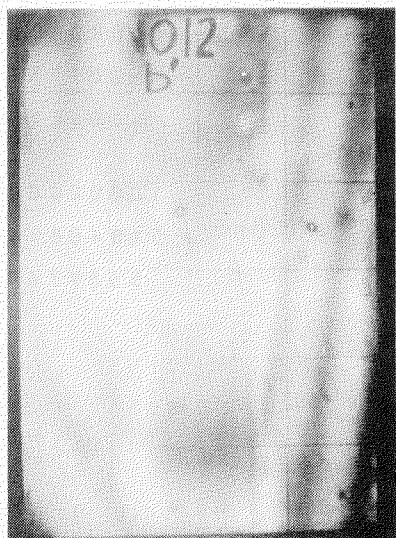
No. 12 - A  
溶接 前



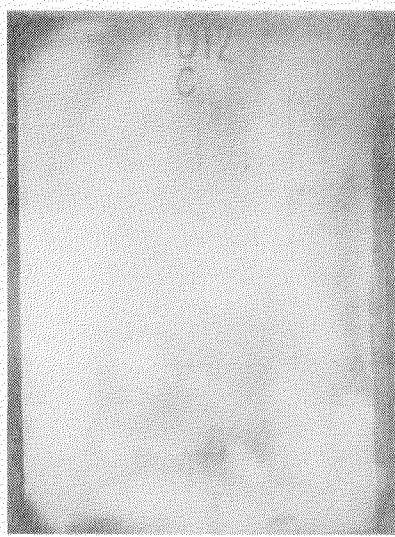
No. 12 - A  
溶接 後



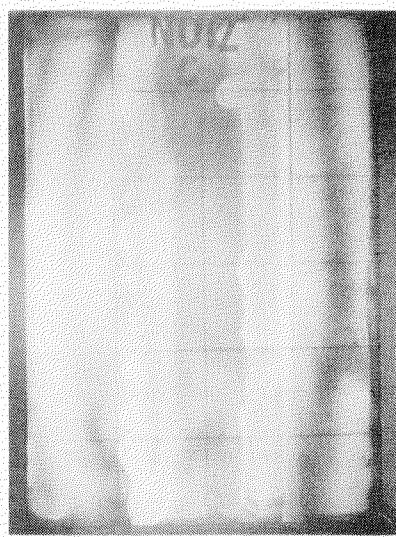
No. 12 - B  
溶接 前



No. 12 - B  
溶接 後

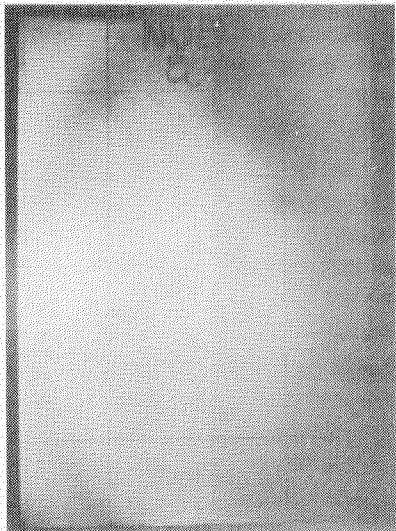


No. 12 - C  
溶接 前

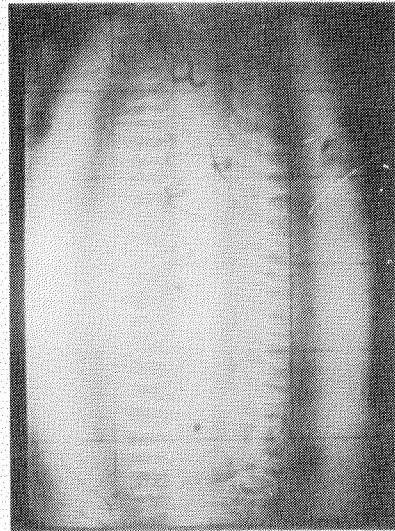


No. 12 - C  
溶接 後

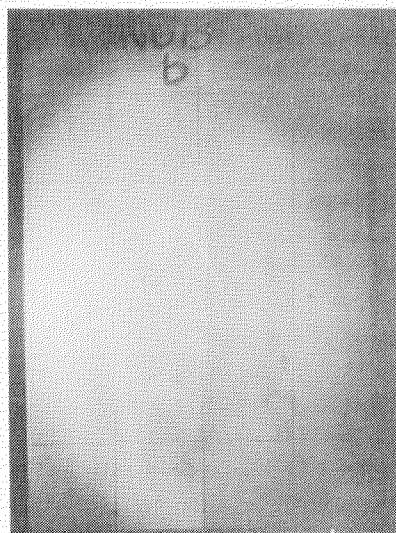
写真 2.3.1 (I)



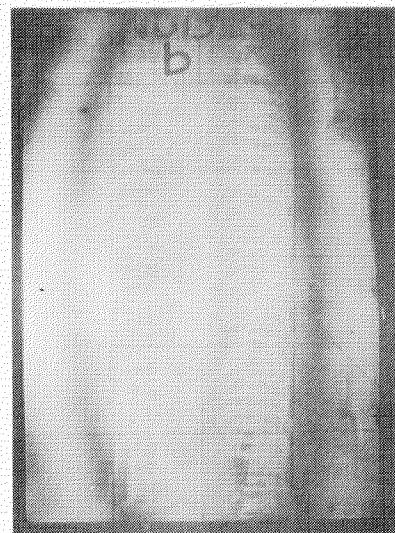
No. 13 - A  
溶接 前



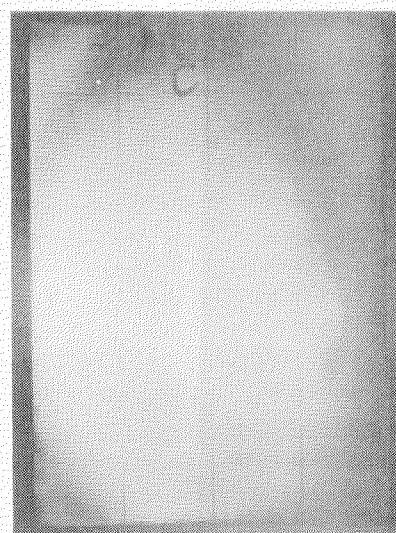
No. 13 - A  
溶接 後



No. 13 - B  
溶接 前



No. 13 - B  
溶接 後

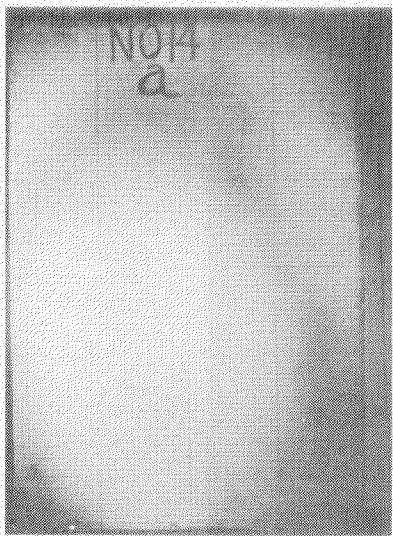


No. 13 - C  
溶接 前

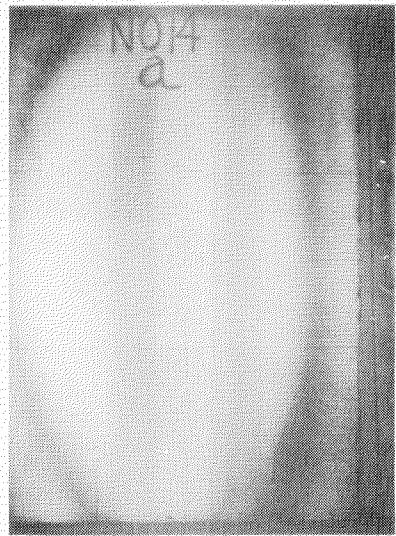


No. 13 - C  
溶接 後

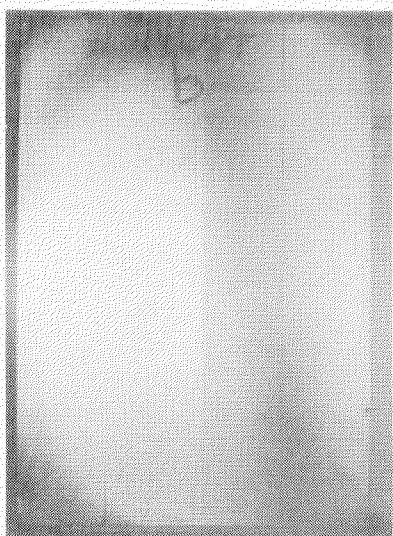
写真 2, 3, 1 (2)



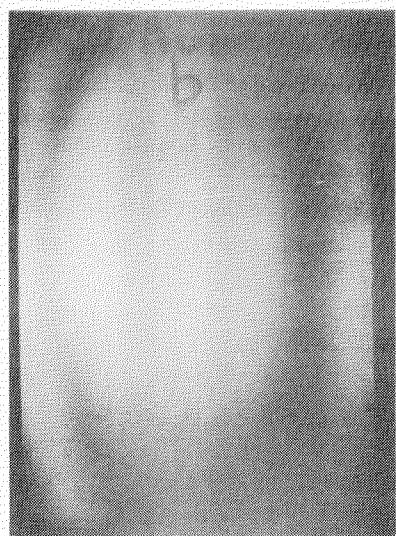
No. 14 - A  
溶接 前



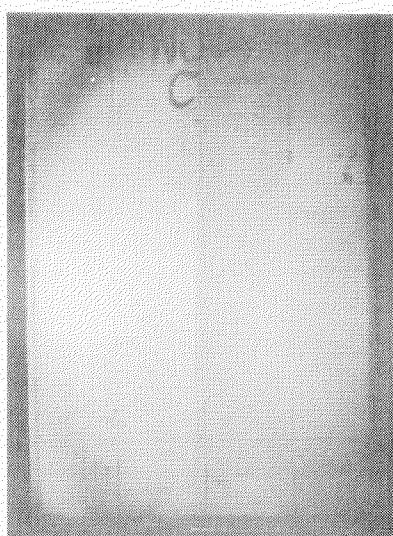
No. 14 - A  
溶接 後



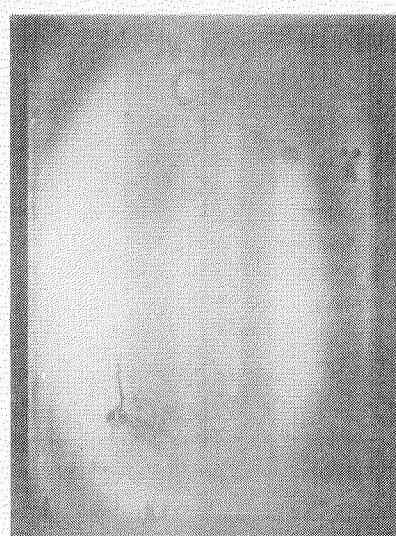
No. 14 - B  
溶接 前



No. 14 - B  
溶接 後

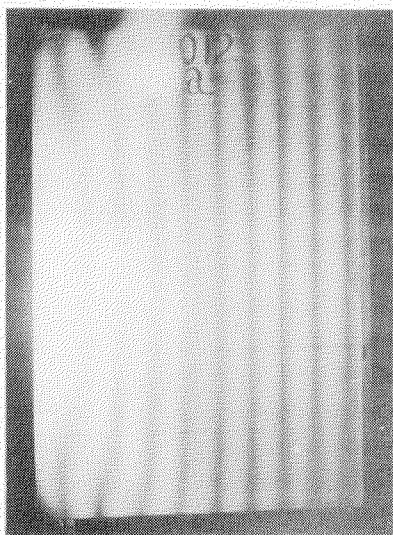


No. 14 - C  
溶接 前

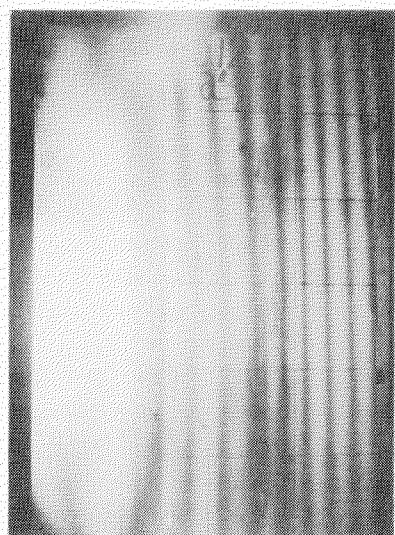


No. 14 - C  
溶接 後

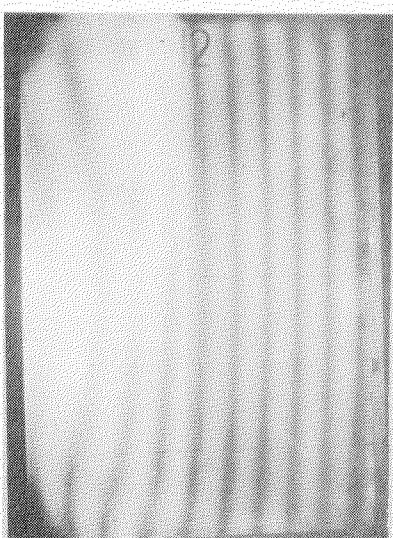
写真 2, 3, 1 (3)



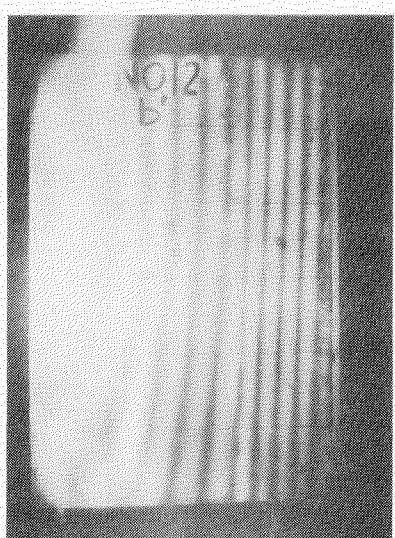
No. 12 - A  
溶接 前



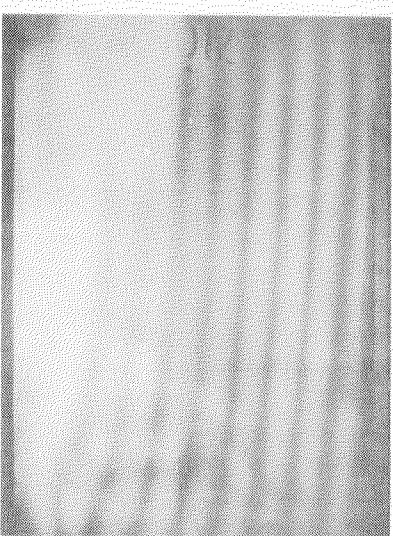
No. 12 - A  
溶接 後



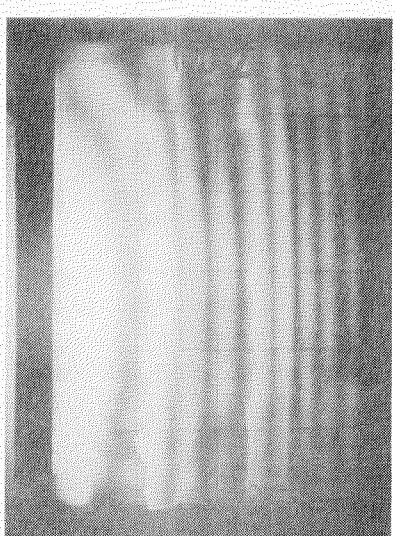
No. 12 - B  
溶接 前



No. 12 - B  
溶接 後

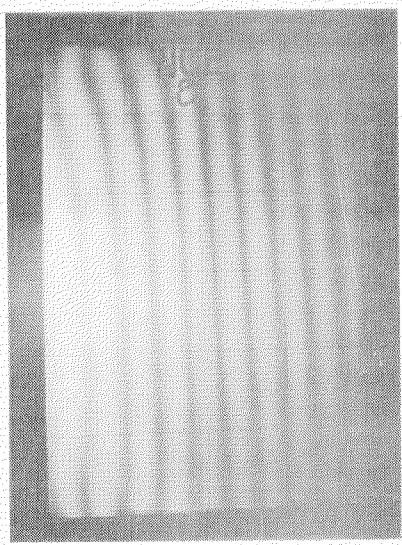


No. 12 - C  
溶接 前

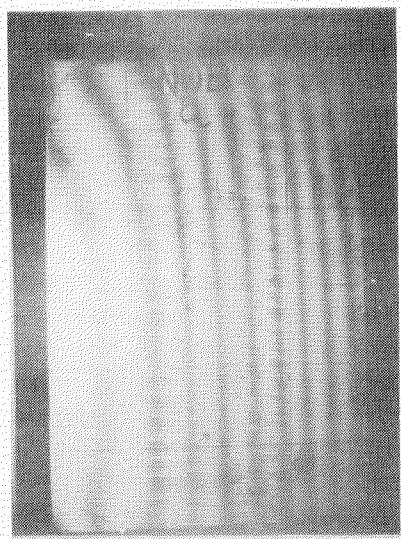


No. 12 - C  
溶接 後

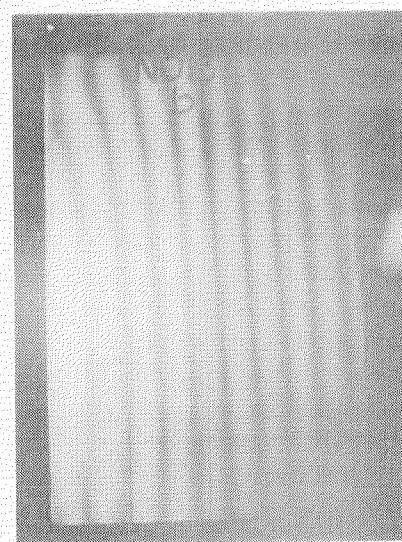
写真 2. 3. 1 (4)



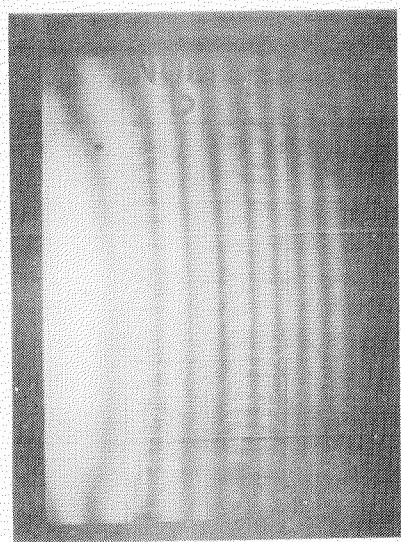
No. 13 - A  
溶接 前



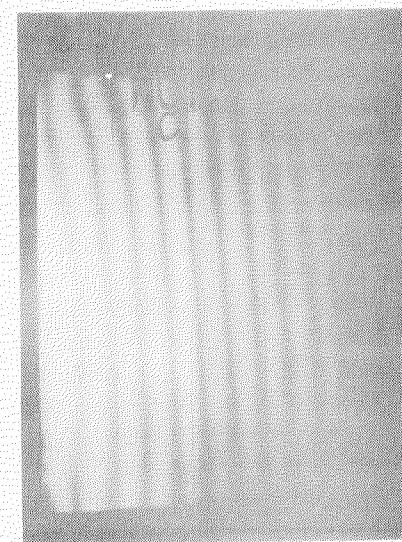
No. 13 - A  
溶接 後



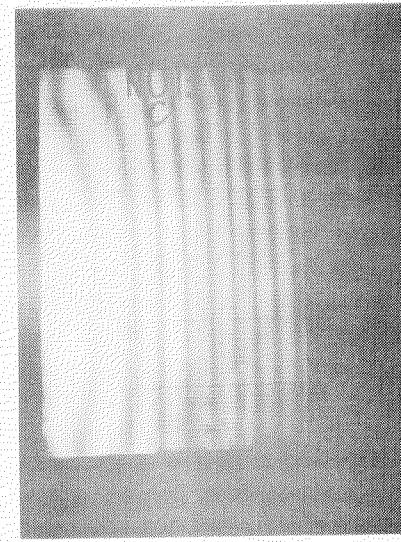
No. 13 - B  
溶接 前



No. 13 - B  
溶接 後



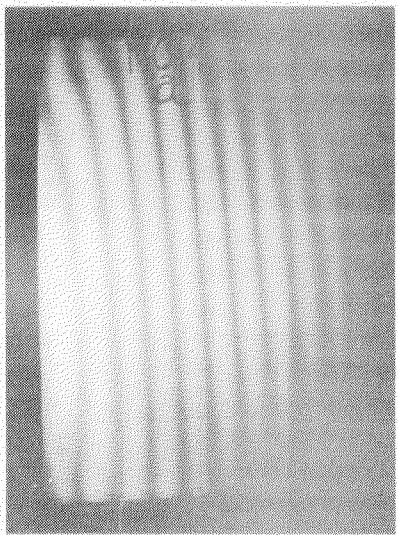
No. 13 - C  
溶接 前



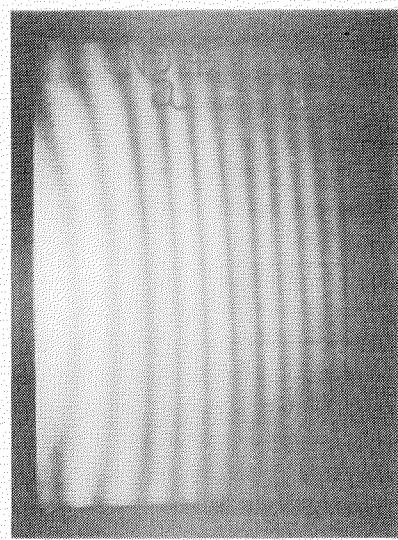
No. 13 - C  
溶接 後

写真 2, 3, 4 (5)

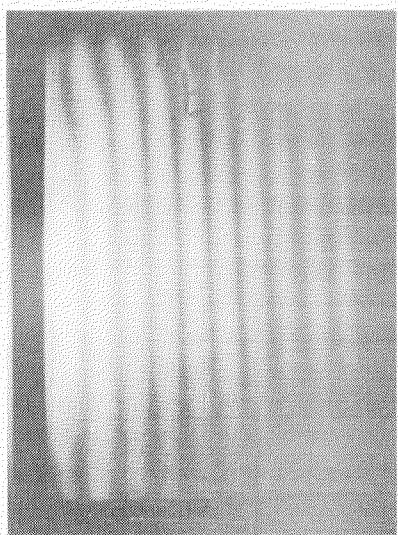
No. 14-A  
溶接前



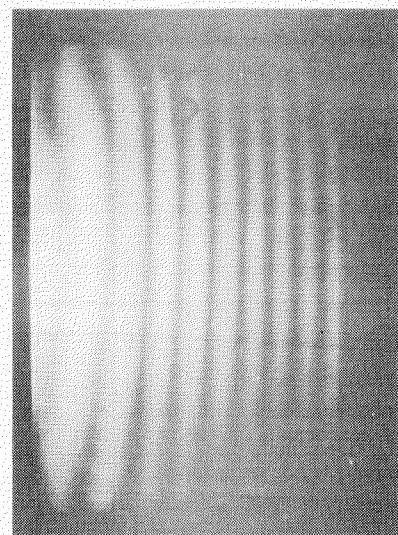
No. 14-A  
溶接後



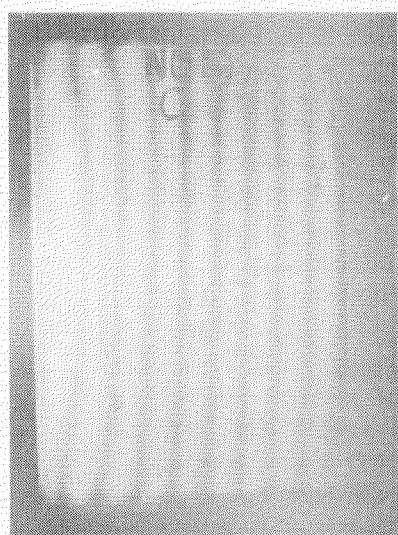
No. 14-B  
溶接前



No. 14-B  
溶接後



No. 14-C  
溶接前



No. 14-C  
溶接後

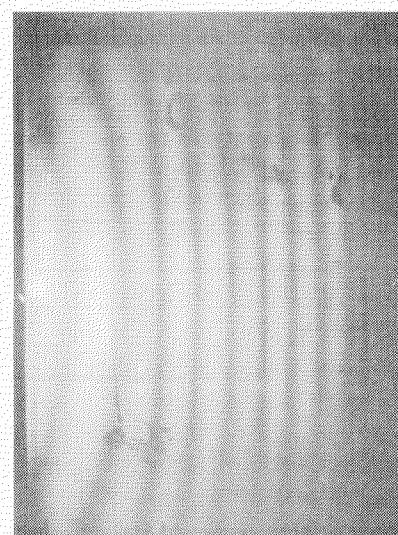


図2.3.6 等高線写真

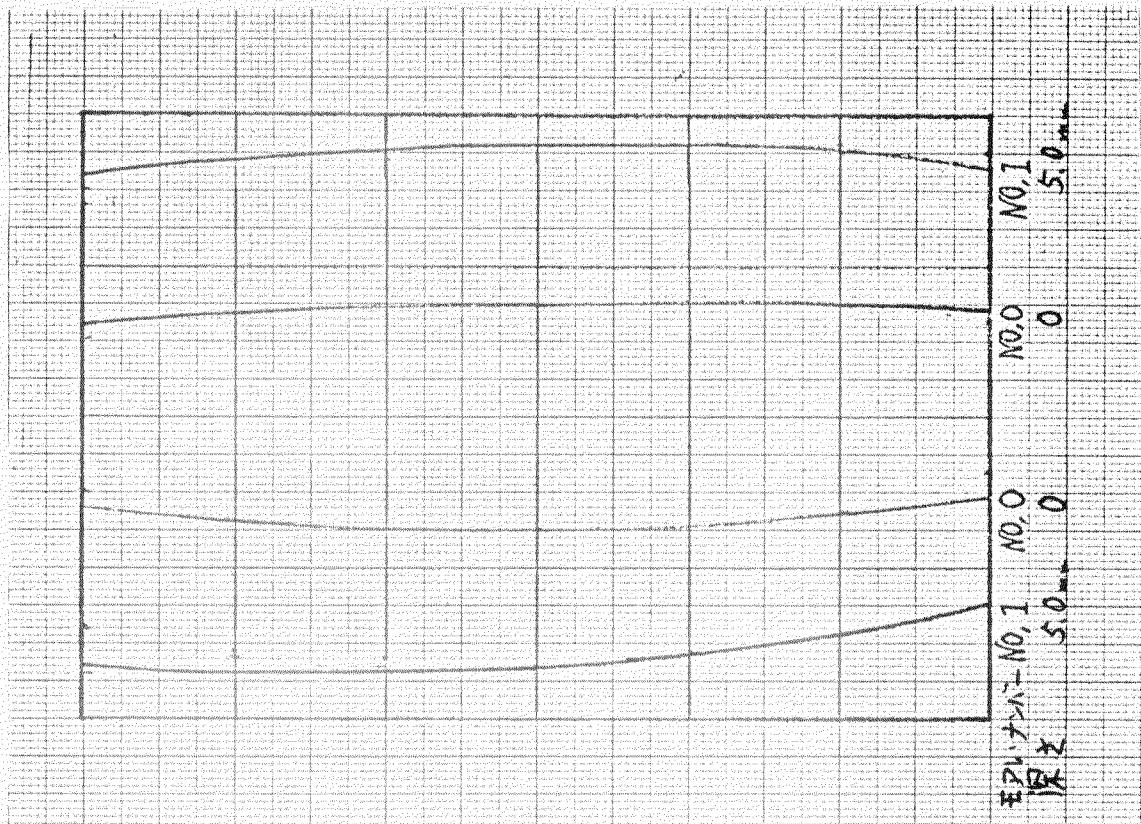
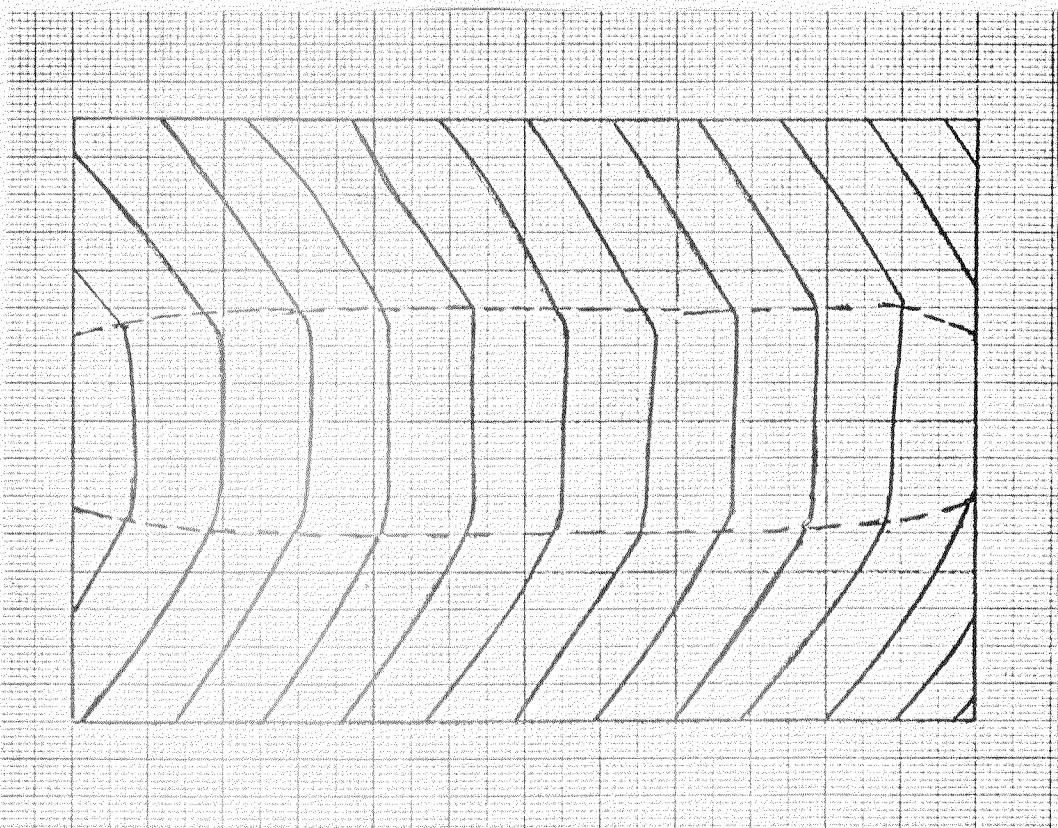
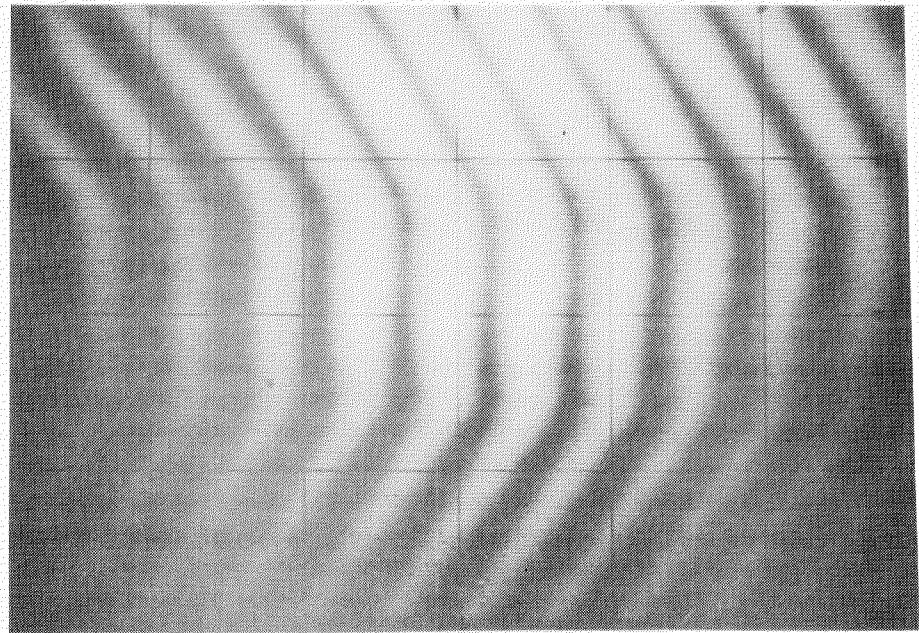


図2.3.7 前方に $5^{\circ}27'$ 傾けた等高線写真



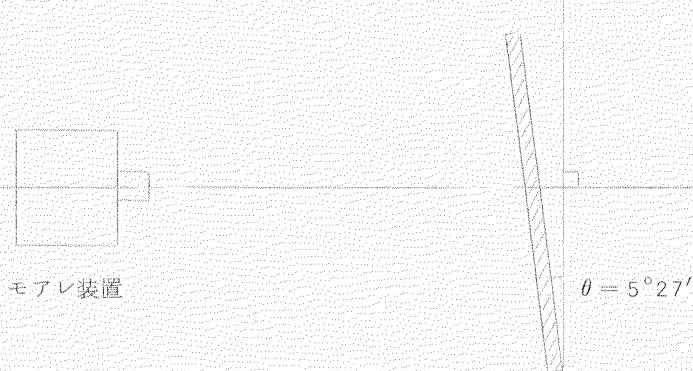
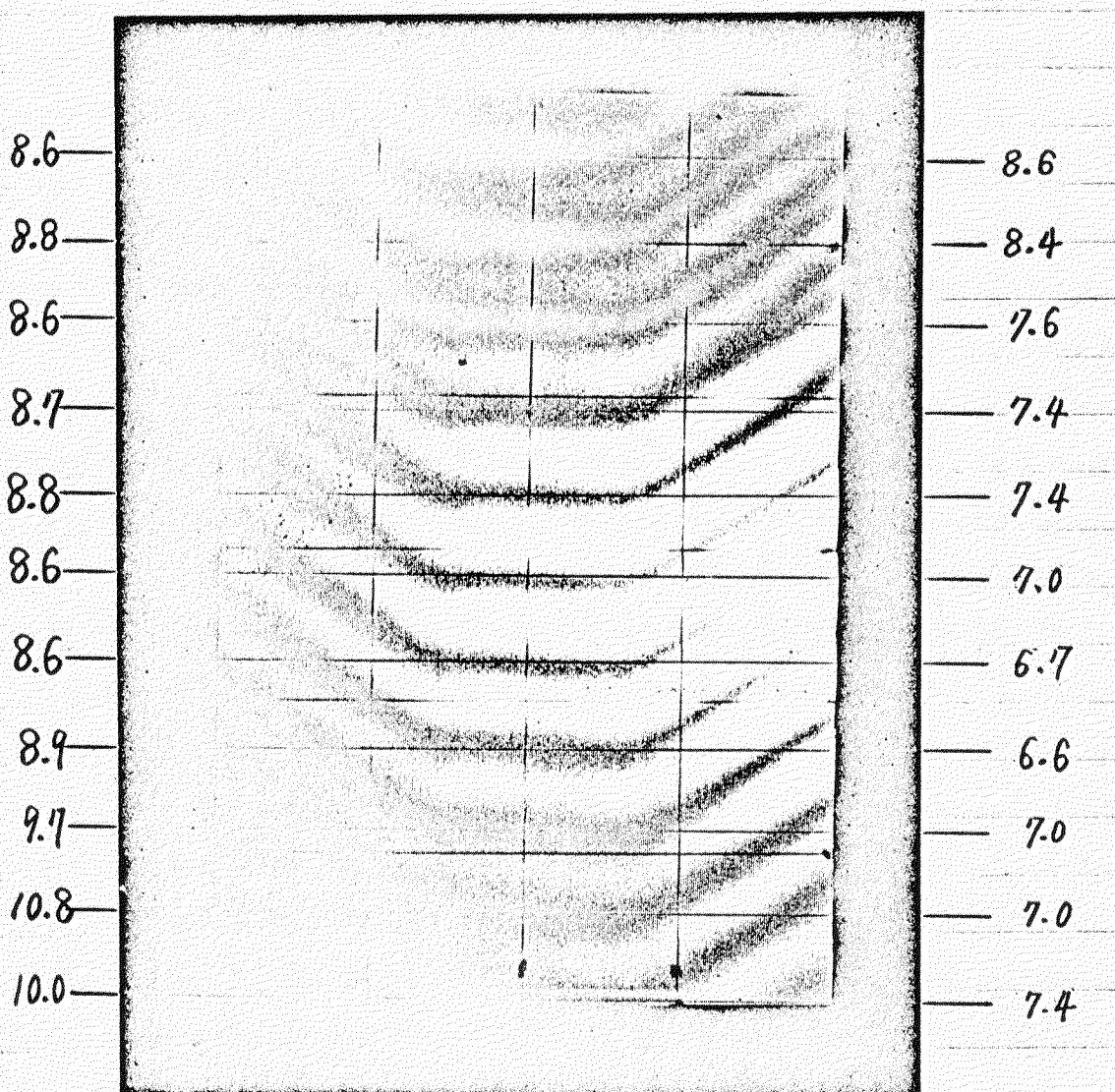


図 2.3.8

#### 計算値による変形量

赤線部分の基準点よりの深さを示す。示してある数値は中心部を零とした時の縁の部分の変形を示す値である。



縮少率約  $1/5$  であるので精度的にも  $1/5$  であると考えている。この場合には土  $2\text{ mm}$  とを考えることにする。  
また、モアレ・ジマ深さについては 1 本約  $5.0\text{ mm}$  として比例計算を行なつてある。

### 2.3.3 結論

#### (1) 歪発生状況

今回の予備実験の範囲では次のような。

##### (a) 板厚と変位角の関係

- (i) 6 mm～10 mmの板厚ゾーンでは、スチフナの中央の変位角  $\text{TAN } \theta$  は板厚の増加とともに減少し、その量もスチフナの外側に比べて相当に少ない。
- (ii) 6 mm～10 mmの板厚ゾーンでは、スチフナの外側の変位角  $\text{TAN } \theta$  は板厚の増加とともに増大して、板厚10 mmでの最大値は  $\text{TAN } \theta$  で約  $4.5 \times 10^{-2}$  ほどである。
- (iii) (i)および(ii)についての事実は、スチフナのスペースが600～900 mmについて成立する（ただし、スチフナスペース900 mmの△, ▲はこの限りではない）。

以上は図2.3.9、図2.3.10を参照のこと。

##### (b) スチフナスペースと変位角の関係

- (i) スチフナの中央の変位角は900スペースのほうが600スペースに比べわずかに大きい。
- (ii) スチフナ外側の変位角も板厚10 mmでは、900スペースのほうが600スペースに比べてわずかに大きいが、6 mm、8 mmについては両方に  $\text{TAN } \theta$  の変化が見られない。以上図2.3.9、図2.3.10参照のこと。

##### (c) 脚長と変位角の関係

- (i) スチフナの内側、外側ともに脚長3.5 mmのものは6 mmのものに比べ約半分の変位角となつている。以上図2.3.9、図2.3.11参照のこと。

##### (d) 溶接の種類と変位角の関係

- (i) 両方にその差がみられない。以上図2.3.12参照。
- (ii) タック溶接と連続溶接とを比較すれば、タック溶接の変位角は大幅に小さくなつている。以上図2.3.9、図2.3.10、図2.3.11、図2.3.12参照。

#### (2) 歪計測方法の検討結果

小型試験片による本方法の結果では、モアレ等高線による歪量と従来の方式の歪量は1.0 mmの精度で良く一致している。以上図2.3.13～2.3.21参照のこと。

### 2.3.4 溶接条件等

#### (1) 今回行なつた試験片の溶接条件

今回行なつた試験片の溶接条件を表2.3.4に示す。

#### (2) 当所が行なつた1年前の溶接条件

表2.3.5に示す。

表 2.3.4 溶接条件

実験番号	電流 (平均) (AMP)	速度 (平均) (mm/min)	上肉 (平均) (mm)	下肉 (平均) (mm)	
No. 1	185	200	6.0	6.5	
" 2	"	"	"	"	
" 3	185	200	6.0	6.5	
" 4	140	250	4.0	4.5	
" 5	"	"	"	"	
" 6	140	250	4.0	4.5	
" 7	185	200	6.0	6.5	
" 8	"	"	"	"	
" 9	185	200	6.0	6.5	
" 10	185	220	5.0	5.5	*
" 11	185	220	5.0	5.5	* タック溶接
" 12	185	190	6.5	7.0	**
" 13	"	"	"	"	**
No. 14	185	190	6.5	7.0	** 小型実験

表 2.3.5

## a) 自動溶接脚長 6 mm 溶接条件

電極	電流 (A)	電圧 (V)	速度 (cm/min)	棒径 (mm)
先行	350	33	900	2.4
後行	700	36		4.0

## b) 自動溶接脚長 9 mm 溶接条件

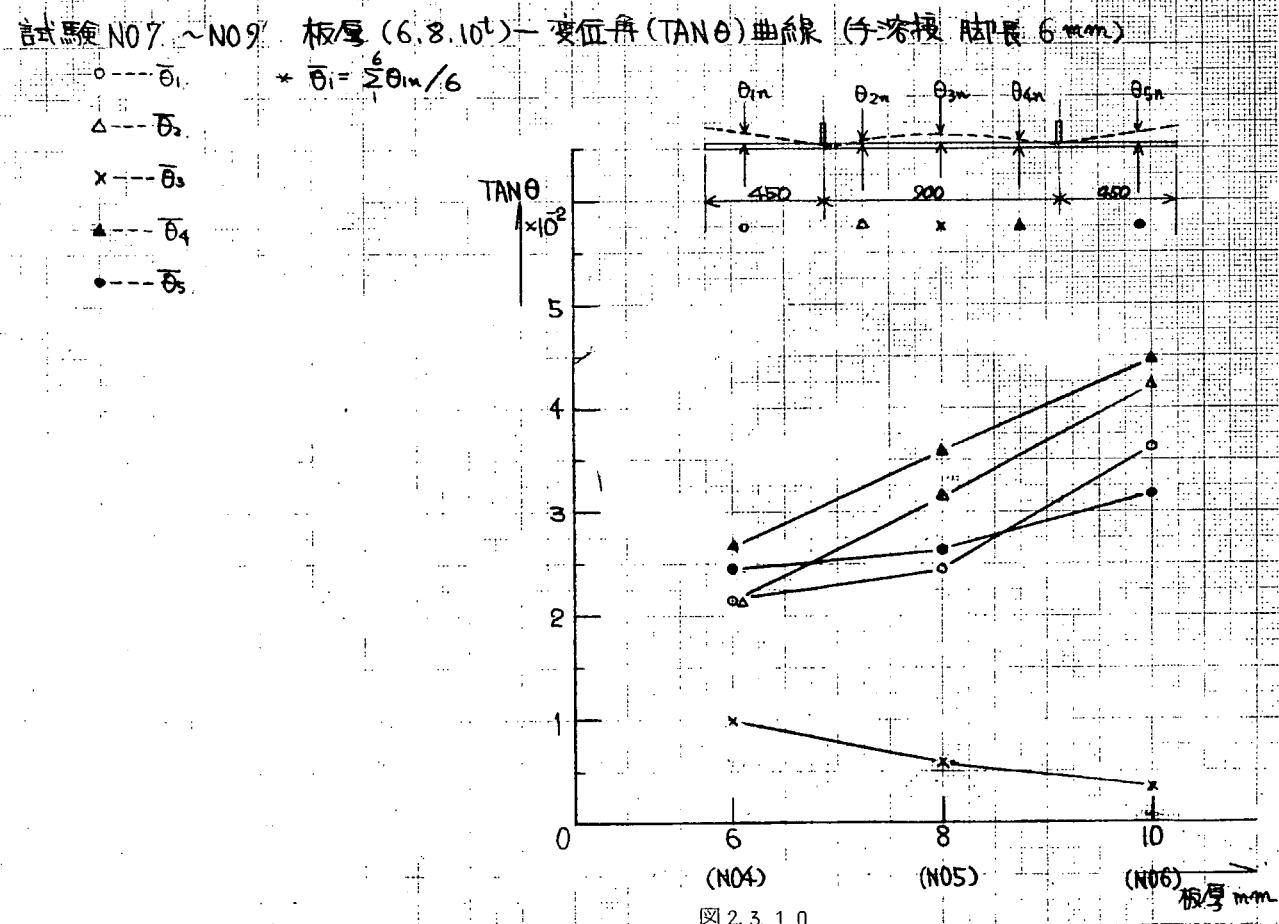
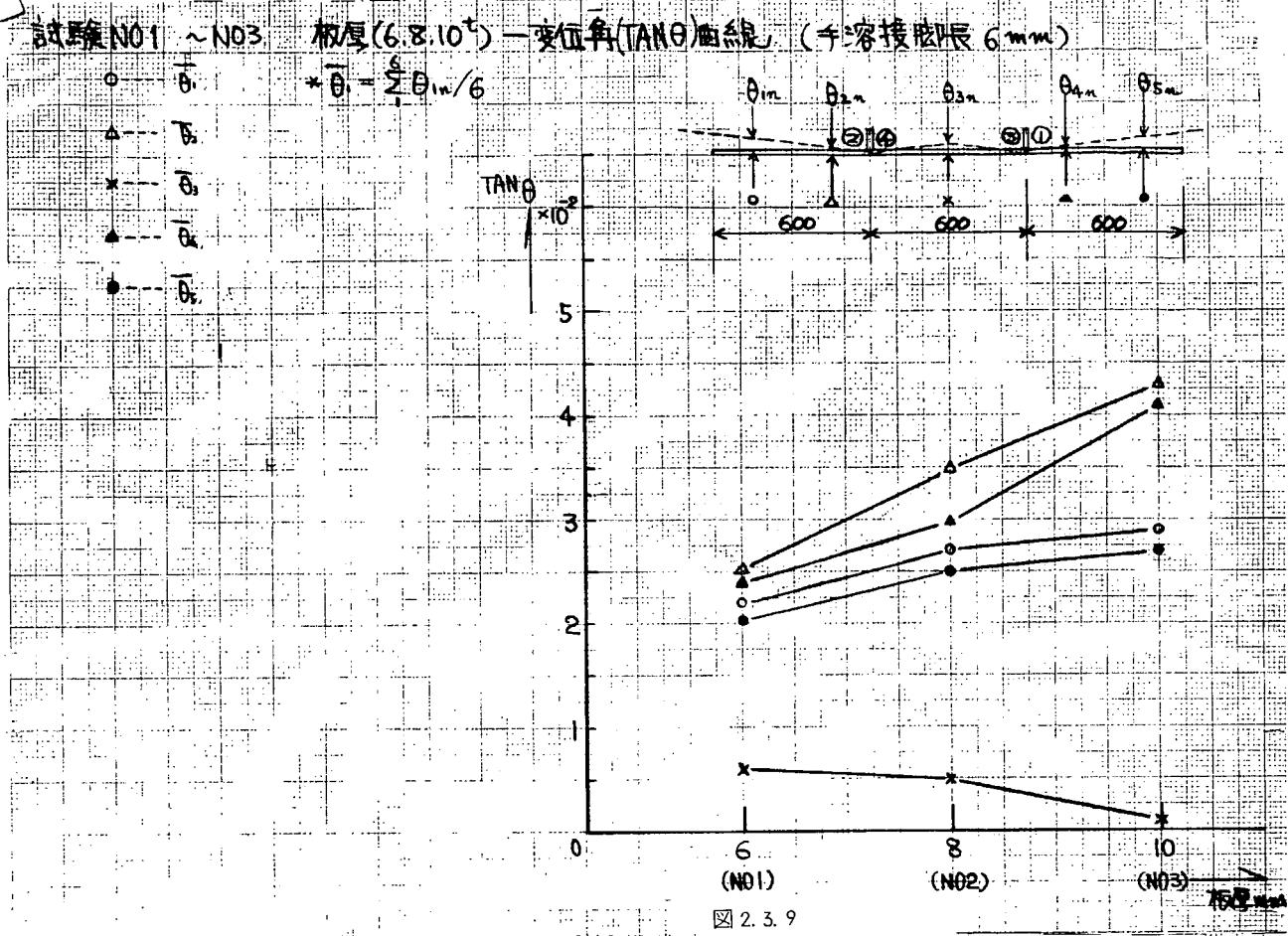
電極	電流 (A)	電圧 (V)	速度 (cm/min)	棒径 (mm)
先行	700	38	700	3.2
後行	500	38		3.2

## c) 手溶接 (MS. 50 H.T.) 脚長 6.9 mm

脚長	電流 (A)	電圧 (V)	速度 (cm/min)	棒径 (mm)
6	250	30	40	5.5
9	310	30	35	6.4

\*\*\* HTについて LTB 52

MS " KS 300



試験 NO4 ~ NO8 板厚 (6.8, 10<sup>4</sup>) - 变化角 (TANθ) 曲線 (手縫機 脚長 3.5 mm)

TANθ  
 $\times 10^2$

5

4

3

2

1

0

図 2.3.1.1

(NO4)

(NO5)

(NO6)

試験 NO10 ~ NO11 SHORT TACK, LONG TACK の差

TANθ  
 $\times 10^2$

5

4

3

2

1

0

図 2.3.1.2

30-350

200-810

(NO10)

(NO11)

N012A

板厚 8mm

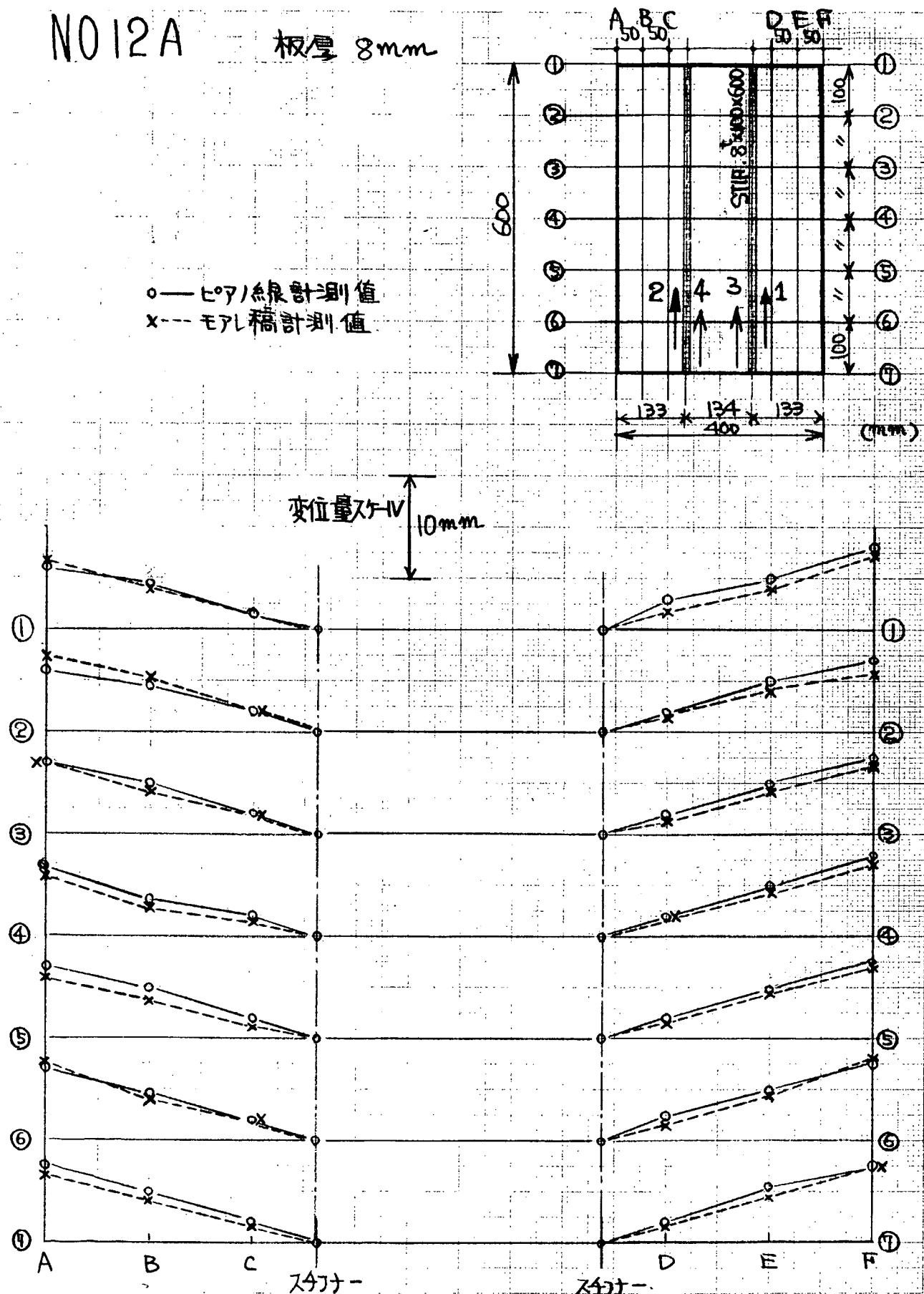


図 2.3.1.3

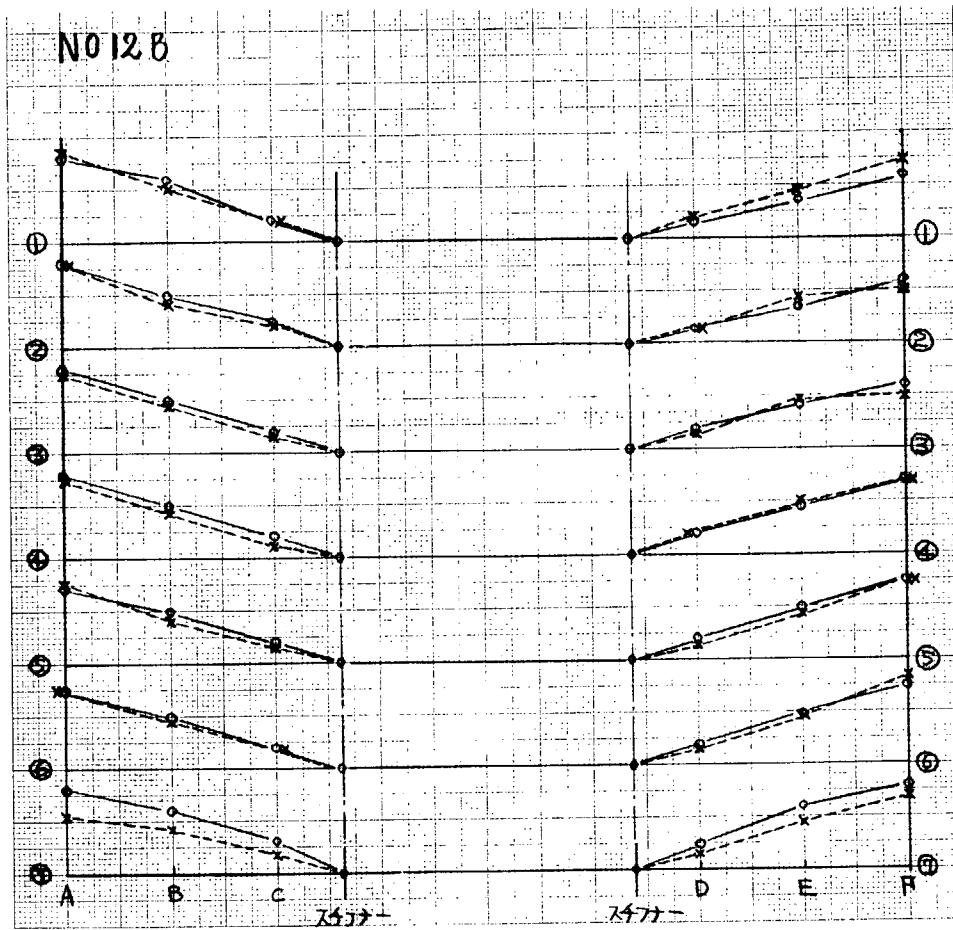


図 2.3.14

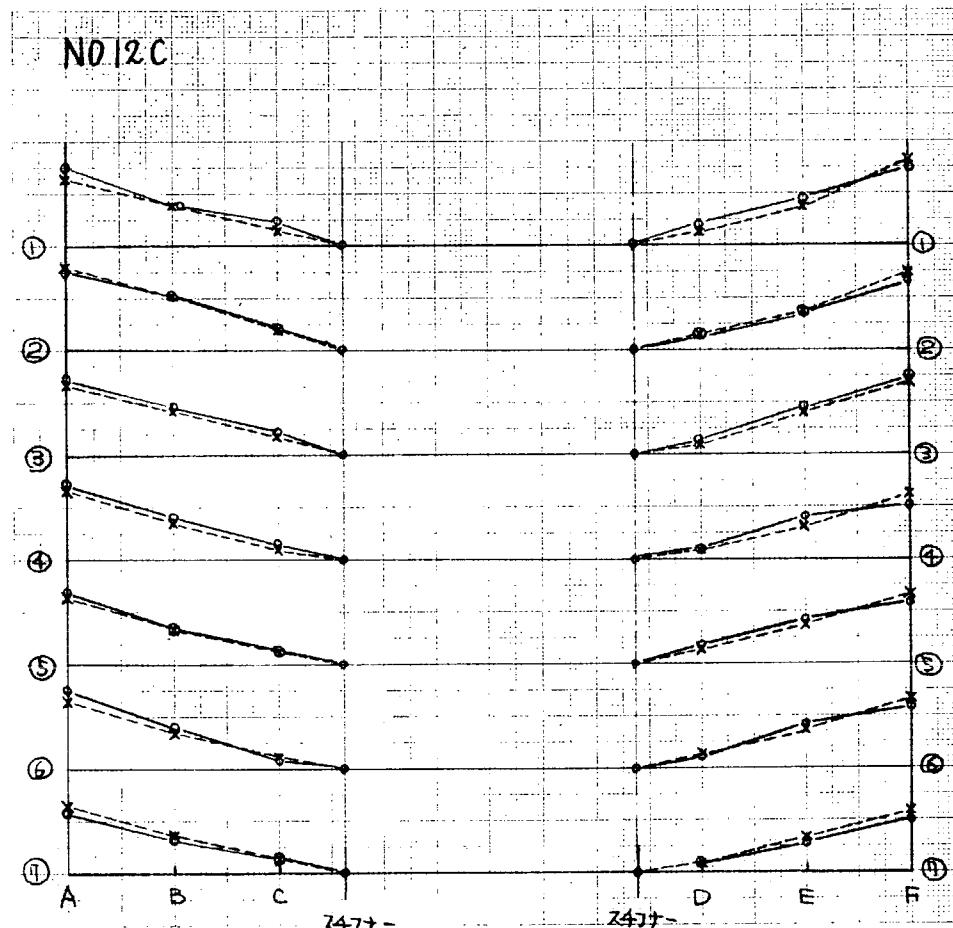


図 2.3.15

N013A

板厚 12.5 mm

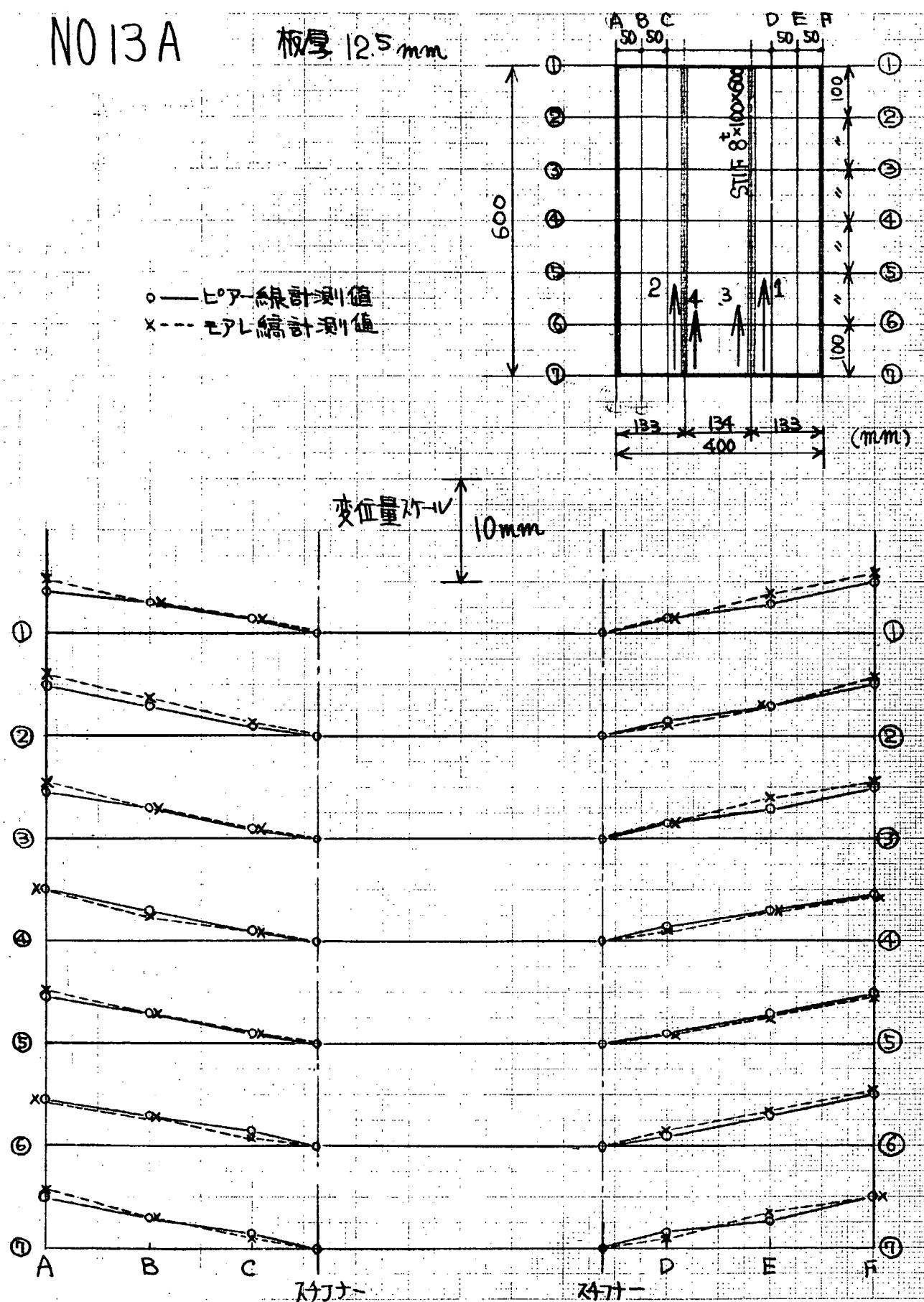


図 2.3.16

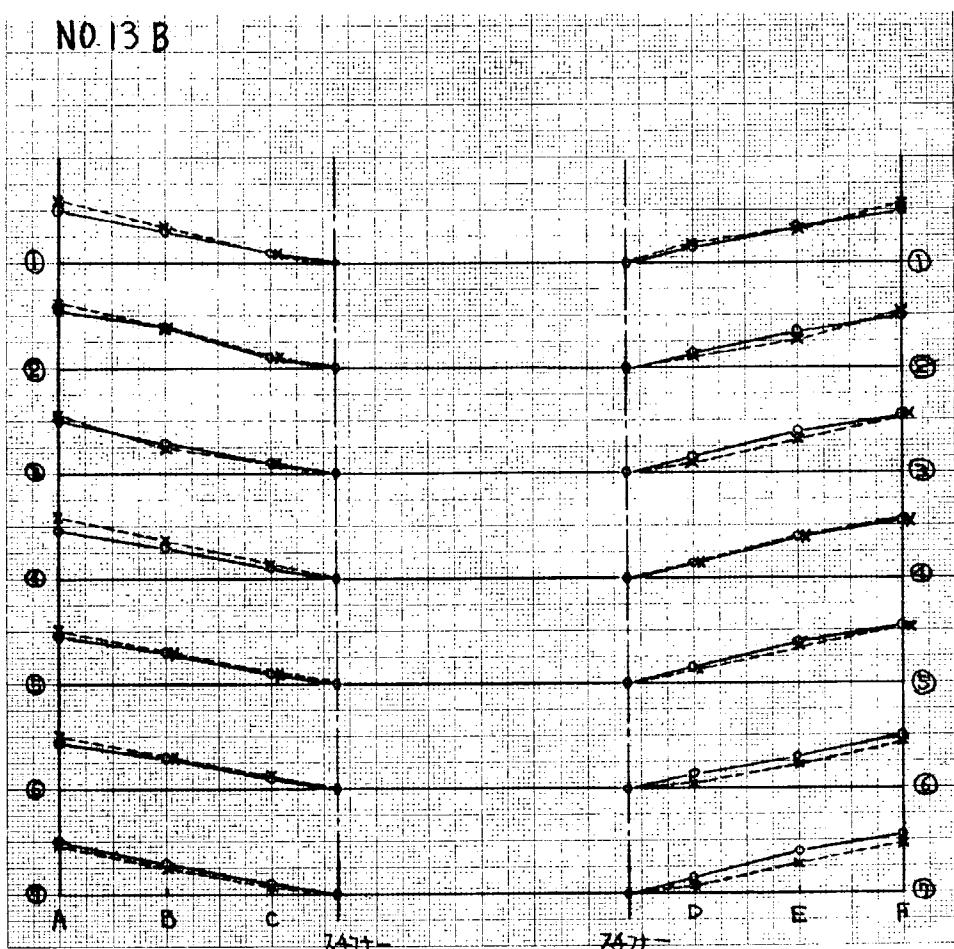


図 2.3.1.7

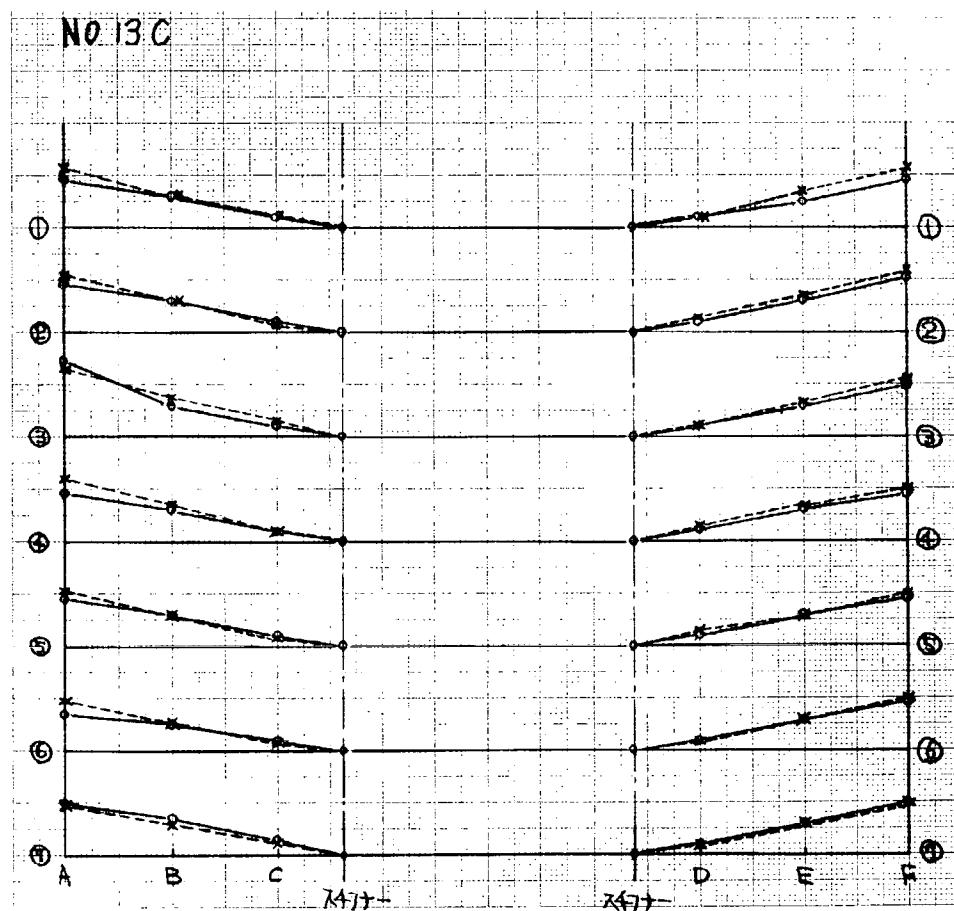


図 2.3.1.8

NO 14A 板厚 16

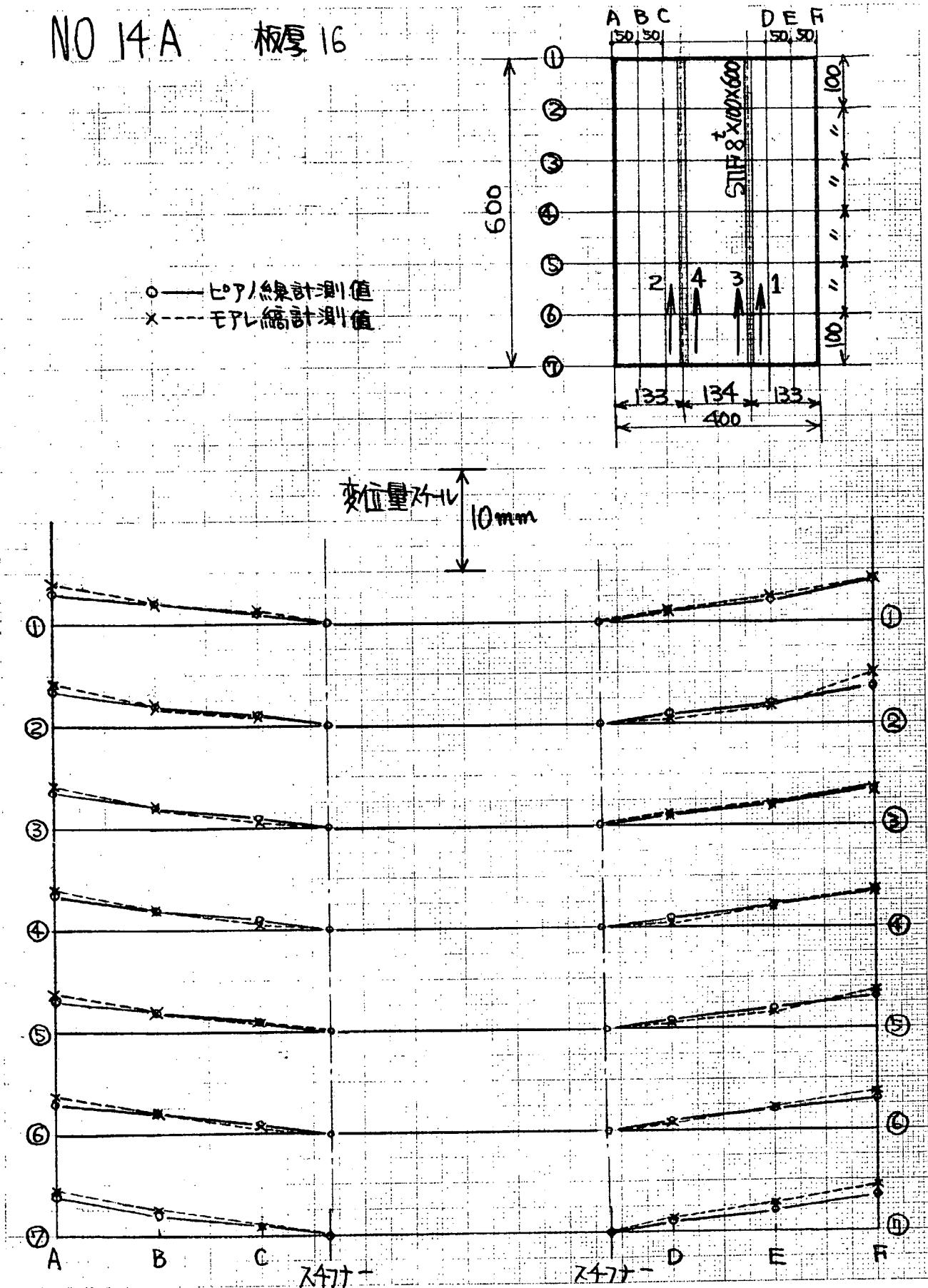


図 2.3.19

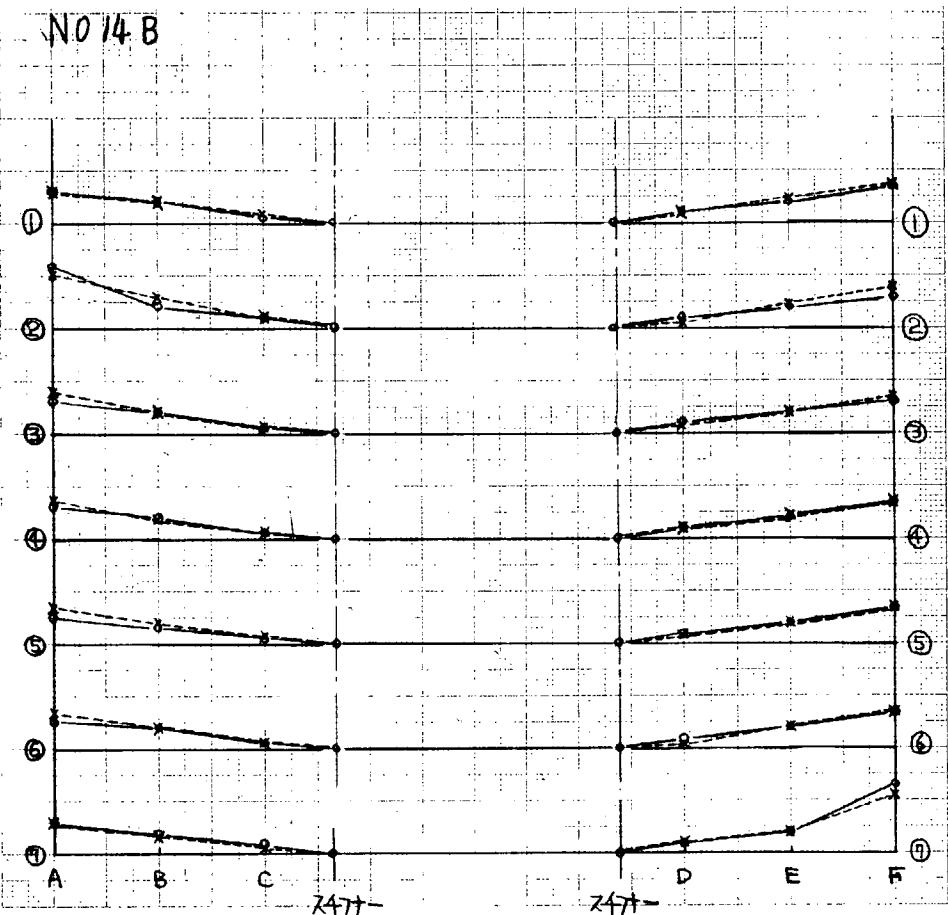


図 2.3.20

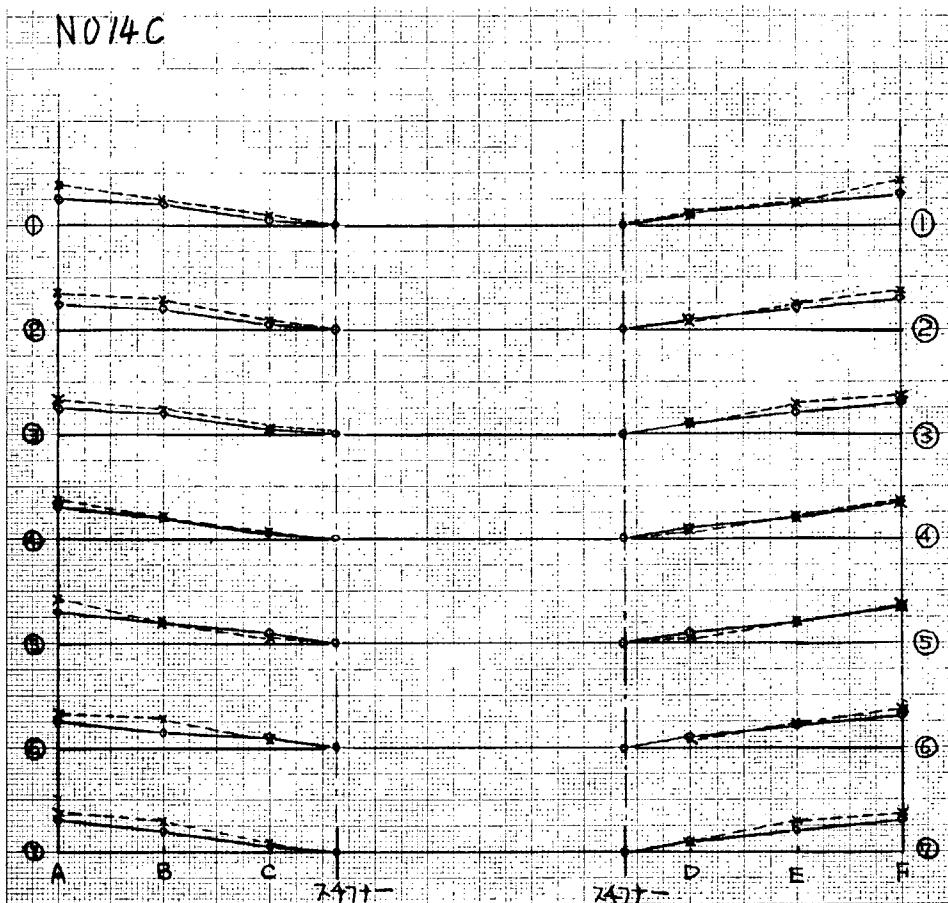
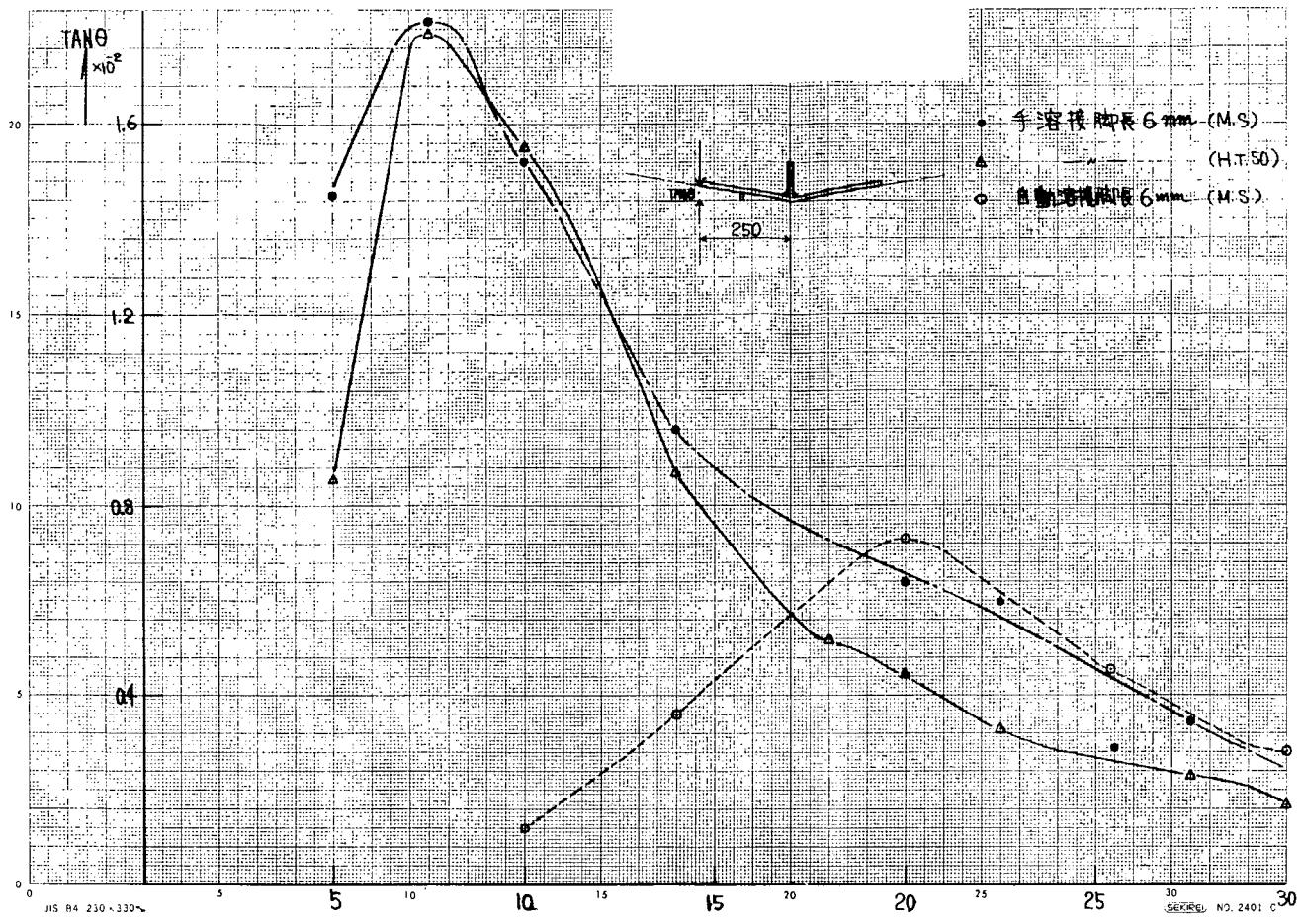
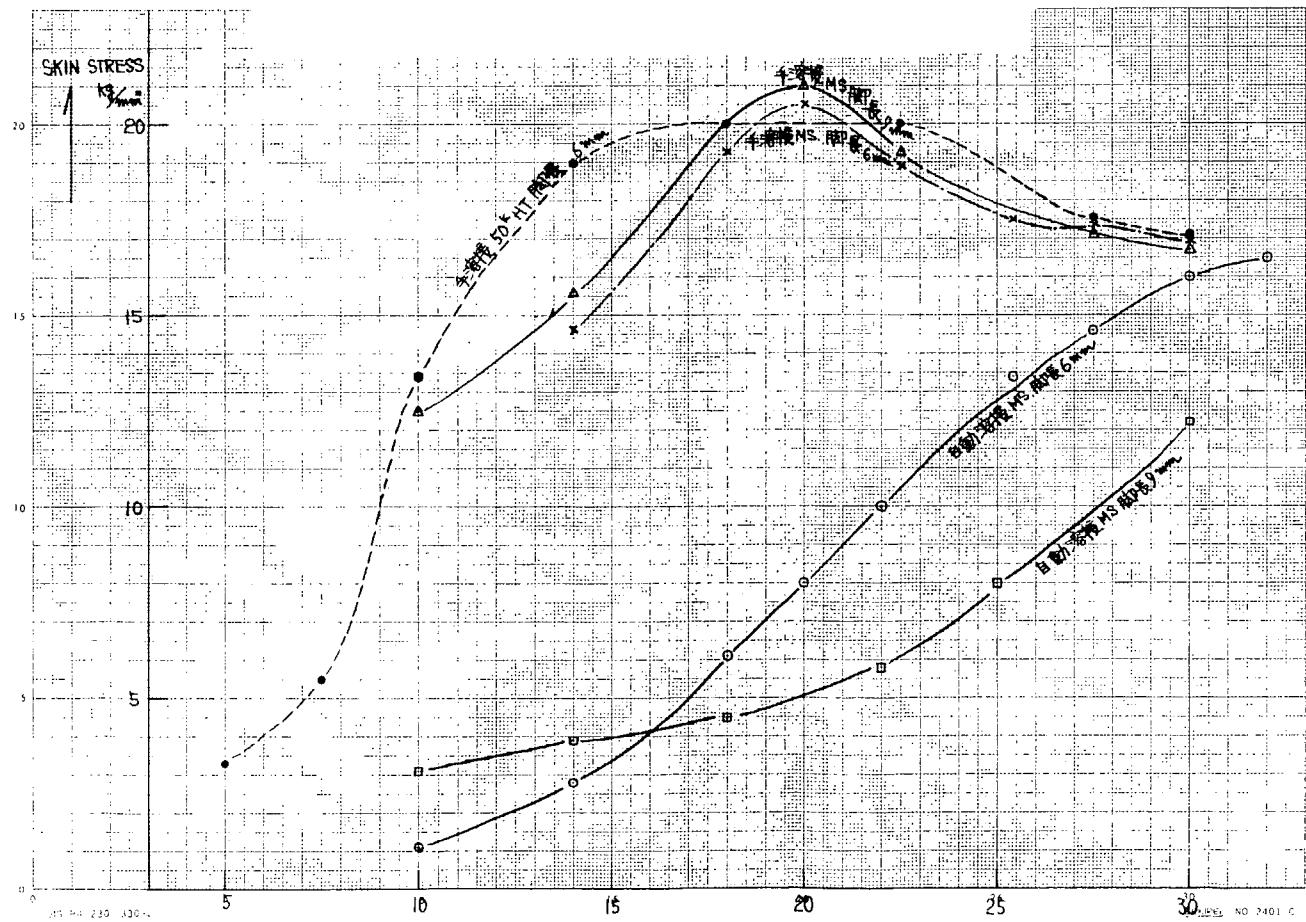


図 2.3.21



参考図1 当所実験データ



参考図2 残留変形をなくす剛性逆歪量と板厚の相関

46年1月～46年9月 実験データ

### 3. 船殻部材の歪量と構造強度との関連に関する研究

#### 3.1 板材の工作歪と強度

##### 3.1.1 目的

船殻部材の歪の許容量は、その部材の強度の観点から、あるいは、もし必要であれば外観上の制約から検討されねばならない。

勿論、歪量が小さいことは品質管理が行きとどいていることにもなり望ましいが、製品の性能に無関係なまでに、その量の精度を追うのは意味がない。したがつて、理論に裏付けされた歪の許容量をみいだす必要がある。

本研究は、板材の歪量が強度に及ぼす影響を理論的ならびに実験的に検討し、歪量の統計的調査資料を勘案して、工作基準設定のための基礎資料を得ることを目的とする。

##### 3.1.2 研究内容

本研究では、まず初期撓みを有する板材に対する安全性を評価するために確率統計的手法を用い、これらを工作基準とどのように結びつけるかを検討してゆく。

そのために初年度（昭和46年度）は初期撓みを有し、面内圧縮を受ける板材の力学的挙動を文献により調査する。それと並行して信頼性問題関係の文献調査も行ない、これを応用できる形にまとめ、次年度研究計画の布石とする。

次年度（昭和47年度）は主として初期撓みを有し、面内圧縮を受ける板材の力学的挙動とその統計的性質を調査するために実験を行なう。また、前年度と同様に信頼性関係の Survey を続ける。

これらをもとに最終年度（昭和48年度）は危険の確率を検討し、工作精度の面から、あるいは設計基準の面から Approach し、工作基準を設定する形にもつてゆく。

##### 3.1.3 文献調査

主として初期撓みを有し、面内圧縮を受ける板材に関連した文献を収集し、これらを検討、要約した。

なお、文献の調査範囲を以下に示す。

(1) AIAA Journal	1960～1972年
(2) The Aeronautical Journal	1970～1972年
(3) The Structural Engineer	1968～1972年
(4) ASME	1956～1972年
(5) ASCE	1960～1972年
(6) VDI	1960～1972年
(7) 日本造船学会論文集	1954～1972年（昭和29年～昭和47年）
(8) 日本機械学会論文集	1965～1972年（昭和40年～昭和47年）

文献は次のような各項目に分け、整理した。

(1) 表題	(2) 著者	(3) 出典	(4) 構造および様式	(5) 解析手法（その特徴）
(6) 計算結果	(7) 実験	(8) 結論		

(1) 表題	Postbuckling Behavior of Rectangular Plates with Small Initial Curvature Loaded in Edge Compression
(2) 著者	Noboru Yamaki
(3) 出典	Journal of Applied Mechanics Vol.26 (1959), Vol.27 (1960), Vol.28 (1961)
(4) 構造および様式	形狀：正方形板 ( $w_{0\max} = 0.0 h, 0.1 h$ )

境界条件: I. 四辺開辺支持 II. 荷重辺支持、他辺固定 III. 荷重辺固定、他辺支持

IV. 四辺固定

Side Edge:

a) x 方向の周辺変位拘束

b) "自由

解析の対象: 座屈後の挙動(幾何学的非線形)

荷重: 一様圧縮

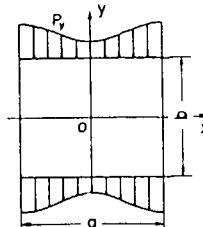


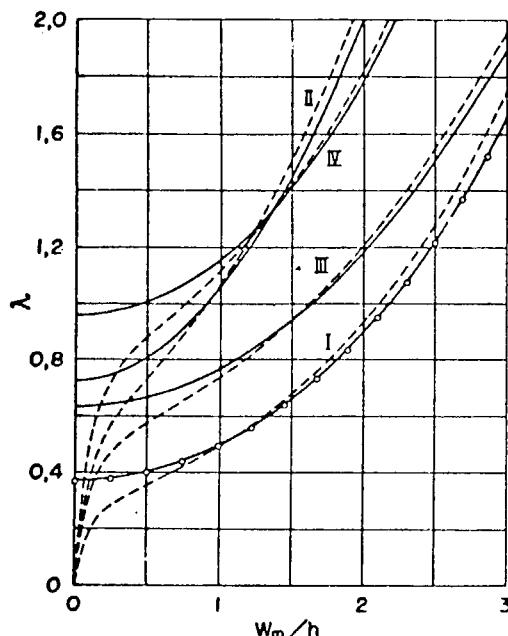
図 3.1.1

#### (5) 解析手法

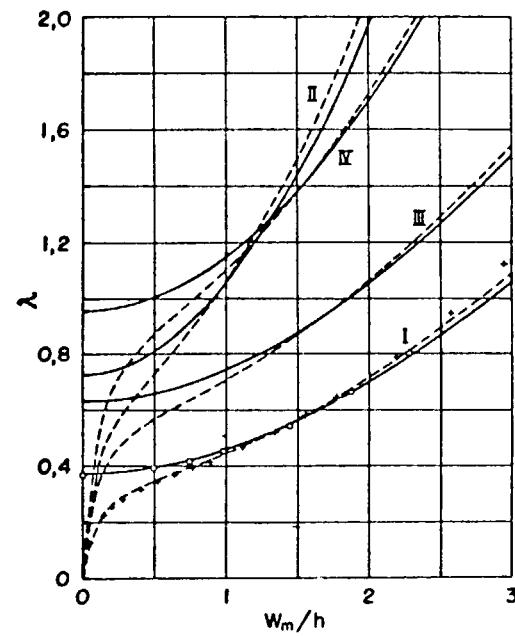
変位を未定係数に含むフーリエ二重級数に展開し、ガラーキン法により Marguerre の基礎方程式を解く手法。

#### (6) 計算結果

正方形板  $w_{0\max} = 0.0 h$  (実線)、 $0.1 h$  (破線)に対する計算結果を図 3.1.2 に示す。



Relation between load and maximum deflection for Case (a):  
 $\nu = 1/3$  (○ denotes the Levy results obtained for Case I(a) with  $a_{11} = 0$ ,  
 $\nu = 0.316$ )



Relation between load and maximum deflection for Case (b):  
 $\nu = 1/3$  (○ and + denote the Coan results obtained for Case I(b) with  $a_{11} = 0$  and  $0.1$ , respectively;  $\nu = 0.316$ )

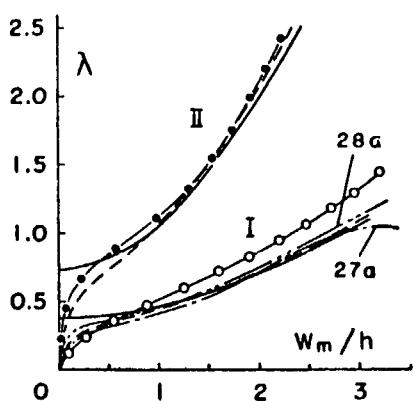
図 3.1.2

#### (7) 実験

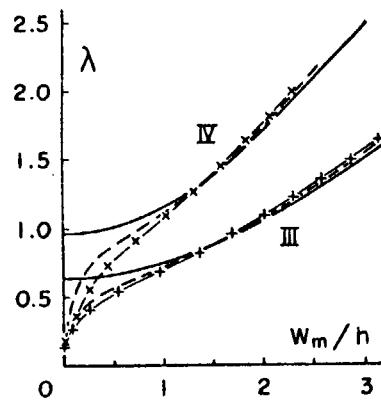
実験結果を図 3.1.3 に示す。実験結果と理論値とはかなりよく一致しているが、Case I, II の撓みが低めでいるのは荷重辺回転自由の条件が満足されていないためである。なお、図中 27a, 28a は Hoff の実験結果である。

#### (8) 結論

- (a) Case a) の撓みは常に Case b) の撓みより小さい。
- (b) Case II では y 方向(図 3.1.1)に 2 波長で座屈しているため、edge の拘束による影響は非常に小さい。
- (c) 初期撓みを有する板 ( $w_{0\max} = 0.1 h$ ) の荷重 - 撓み曲線の Inflection point はほぼ Critical load に対応する。



Load-deflection relations for Cases I and II



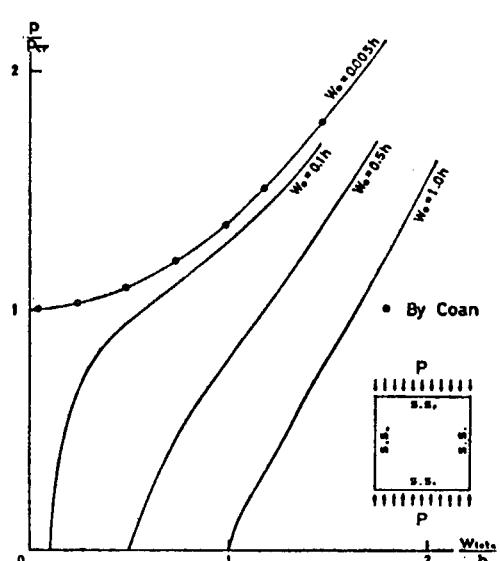
Load-deflection relations for Cases III and IV

図 3.1.3

- (1) 表題 平板の非線形挙動の解析(第1報)
- (2) 著者 上田幸雄 他2名
- (3) 出典 日本造船学会論文集 第126号 昭和44年
- (4) 構造および様式 形状: 正方形板 ( $a/b = 1.0$ ,  $W_{0\max} = 0.0 h, 0.1 h, 0.5 h, 1.0 h$ )  
矩形板 ( $a/b = 2.0$ ,  $W_{0\max} = 0.0 h, 0.1 h, 0.5 h, 1.0 h$ )  
境界条件: 周辺単純支持  
解析対象: 座屈後の挙動(幾何学的非線形)  
荷重: 一様圧縮
- (5) 解析手法  
板の弾性大撓み挙動を支配する基礎方程式を荷重増分法の考え方をもとにして線形化し、面内圧縮が作用する場合をガラーキン法を用いて解析。

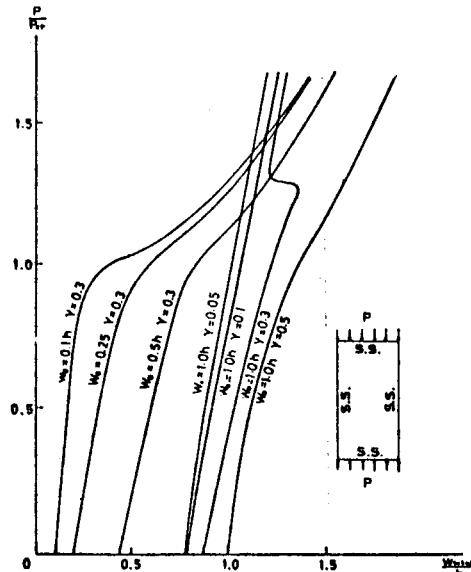
#### (6) 計算結果

正方形板 ( $a/b = 1.0$ ) および矩形板 ( $a/b = 2.0$ ) について計算結果を図3.1.4および図3.1.5に示す。



荷重～最大挠み曲線 ( $a/b=1.0$ , 面内圧縮荷重)

図 3.1.4



荷重～挠み曲線 ( $a/b=2.0$ , 面内圧縮荷重)

図 3.1.5

(7) 実験なし。

(8) 結論

正方形板 ( $a/b = 1.0$ ) の場合

(a) Coan がエネルギー法で求めた解とよく一致している。

(b) 初期撓み量が大きくなるにつれて、座屈荷重付近での急激な撓みの増加はみられなくなる。

矩形板 ( $a/b = 2.0$ ) の場合

(a) 最大初期撓み量が微少の場合は、座屈点付近で撓み形は座屈波形である 2 波形に変わるが、初期撓みが大きくなると ( $w_{0 \max} = 1.0 h$ ) 座屈点付近で 2 波長に変化し始める。

さらに荷重が増大すると波形は再び 1 波長に変わり、以後そのままの形で撓みが増大する。

(b)  $w_{0 \max} = 1.0 h$  とし、初期撓み形を変えると、初期撓み形が 1 波長に近い場合は撓みは 1 波長のまま増大し、初期撓み形が 2 波長に近い場合は、撓みは最初から 2 波長のまま進展する。

(1) 表題 平板の弾塑性大たわみ問題の一解法

(2) 著者 大坪英臣

(3) 出典 日本造船学会論文集 第 130 号  
昭和 46 年 12 月

(4) 構造および様式 形状：正方形板

( $w_{0 \max} = 0.0 h, 0.05 h, 0.1 h, 0.5 h, 1.0 h$ )

境界条件：周辺単純支持

解析対象：塑性変形を考慮した平板の大たわみ

荷重：一様圧縮

(5) 解析手法

塑性解析に対して初期ひずみ法を適用し、変分原理にもとづいて、横たわみに適合する面内変位を平面応力場の有限要素法を用いて求め、さらに横たわみは Rayleigh-Ritz 法によって解析。

(6) 計算結果

正方形板 ( $a/b = 1.0$ ) に対する計算結果を図 3.1.7 に示す。

また、 $h/a = 0.04$  の場合、初期撓みによつて最高荷重がどの程度低下するかを図 3.1.8 に示す。

(7) 実験

解析結果を確かめるために正方形板の圧縮実験を行ない、理論値と実験値がかなりよく一致していることを確認している（図 3.1.9）。

(8) 結論

(a)  $h/a = 0.01$  の場合

弾性座屈現象が生じ、大きく撓んだ後、塑性変形が生じ最高荷重に達する。

(b)  $h/a = 0.015$  の場合

(a) と同様に弾性座屈後に塑性変形が生じるが、(a) より最高荷重は弾性座屈荷重に近い値である。

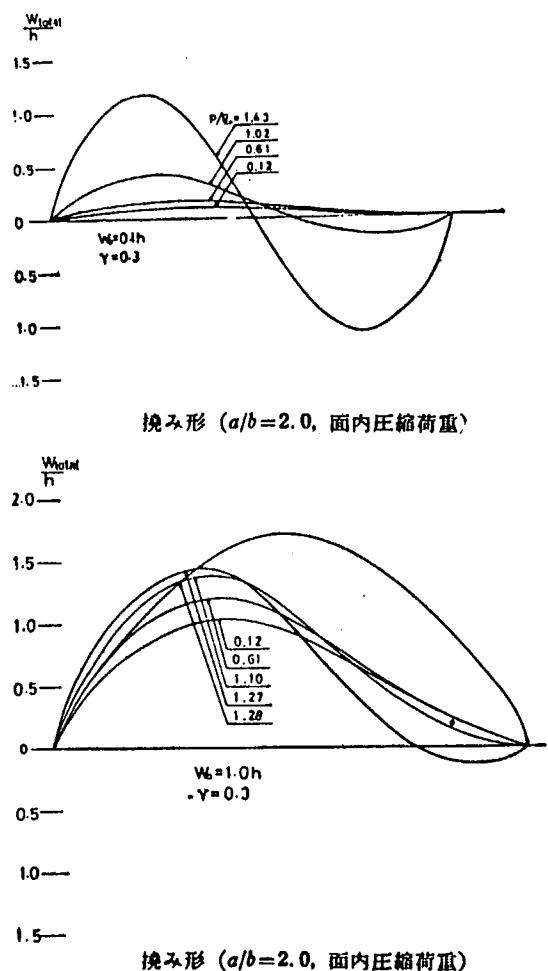


図 3.1.6

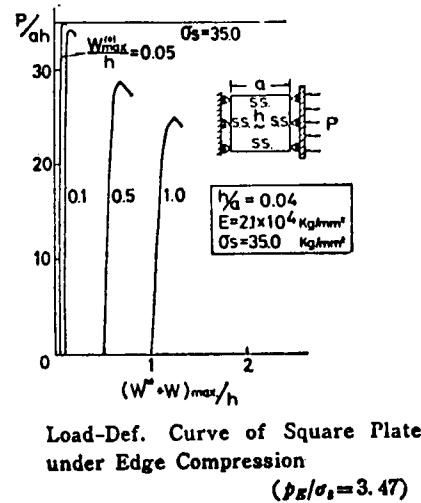
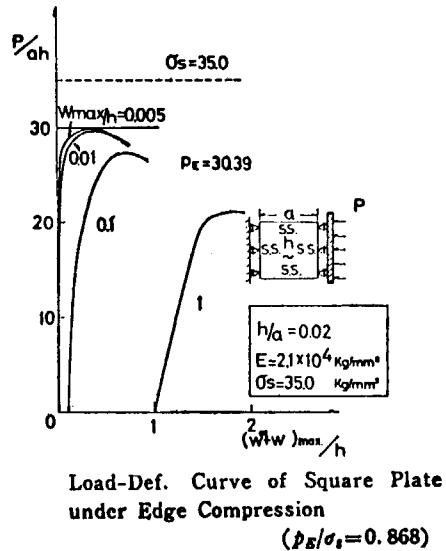
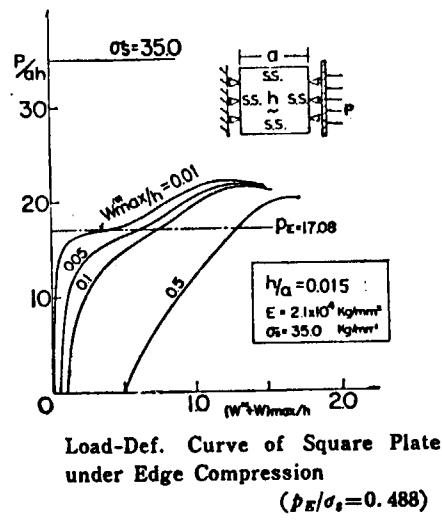
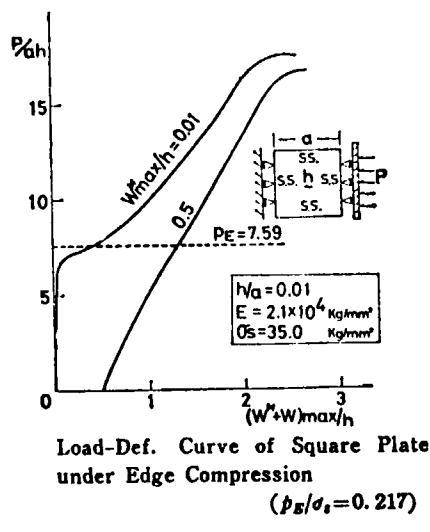


図 3.1.7

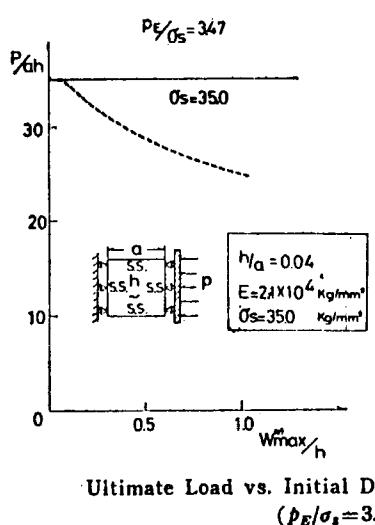


図 3.1.8

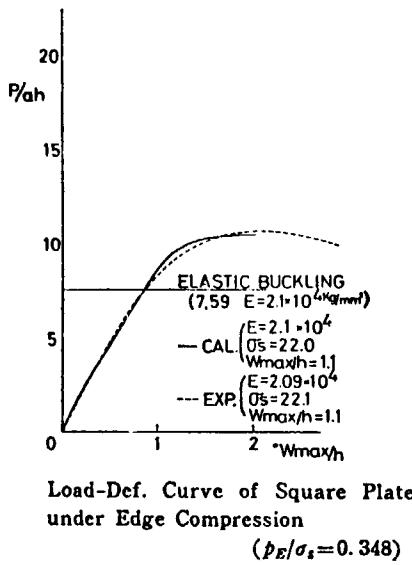


図 3.1.9

(c)  $h/a = 0.02$  の場合

弾性座屈現象が始まると同時に塑性変形が生じる。また、初期撓みが比較的小さくても、最高座屈荷重を超えることはできない。

(d)  $h/a = 0.04$  の場合

典型的な塑性座屈現象が現われ、横たわみがほとんど生じることなしに、最高荷重に達する。

図 3.1.10 は板厚および初期撓みによって、最高平均応力がどのように変化するかを示す図であるが、これにより次のようなことが言える。

(1) 板厚が厚く  $\sqrt{\frac{\sigma_s}{E}} \cdot \frac{a}{h}$  が約 1.9 以下であるときは、初期たわみが小さいほど最高応力は降伏応力に近づく

(2)  $\sqrt{\frac{\sigma_s}{E}} \cdot \frac{a}{h}$  が 1.9 から 2.1 程度までは、最高応力はたかだか弹性座屈応力値である。

(3) 2.1 程度以上であるなら、板は弹性座屈した後、塑性変形し、最高応力値に達する。

(4) 板厚が薄くなると最高応力値は板厚、つまり弹性座屈値によつて大きな影響を受けない。

(5) 初期撓みが大きいほど、板厚による最高応力値の変動は小さい。

### 3.1.4 統計的手法の検討

初期撓みを有する板材の挙動に関する文献調査および実験と並行して、その安全性を評価するための確率統計的手法について検討しているが、その概要を報告する。

#### (1) 理論

構造物が一定の使用状態のもとで、一定時間その機能を損なわずに使命を達成する確率を信頼性または安全性といふ。

いま、1つの構造系を取り出し、その部材強度を  $R (> 0)$  、荷重による挙動を  $S (> 0)$  とすれば、これらはいずれもある分布法則にしたがう確率変数と考えられる。また、一般に動的解析を伴わないで設計できる構造物では  $R$  および  $S$  は相互に独立な事象である。

ところで構造物に破壊を生ずるのは、

$$R - S < 0 \quad \dots \quad (3.1.1)$$

または、

$$\frac{R}{S} = \nu < 1 \quad \dots \quad (3.1.2)$$

の場合である。すなわち、破壊の確率は、

$$P_F = P_r \{ R - S < 0 \} \quad \text{または}, \quad P_r (\nu < 1) \quad \dots \quad (3.1.3)$$

で与えられる。前者の表現では、図 3.1.11 でハッチした部分の面積で表わされ、逆に信頼性  $P_L$  は残りの面積  $(1 - P_F)$  で表わされる。いま、  $R$  および  $S$  の確率密度関数を  $p_R(x)$  ,  $p_S(x)$  , 確率分布関数を  $P_R(x) = \int_{-\infty}^x p_R(x) dx$  ,  $P_S(x) = \int_{-\infty}^x p_S(x) dx$  で表わせば、  $S$  が  $x$  と  $x + dx$  の間の値をとる確率は  $p_S(x) dx$  、このとき  $R$  がこの  $x$  より小さい確率は  $P_R(x)$  であるから互いに独立な事象の垂法定理により破壊の確率は、  $P_R(x) \cdot p_S(x) dx$  となる（図 3.1.12 参照）。

これを  $x$  の全領域にわたつて積分したものが破壊の確率  $P_F$  であり、

$$P_F = P_r \{ \nu < 1 \}$$

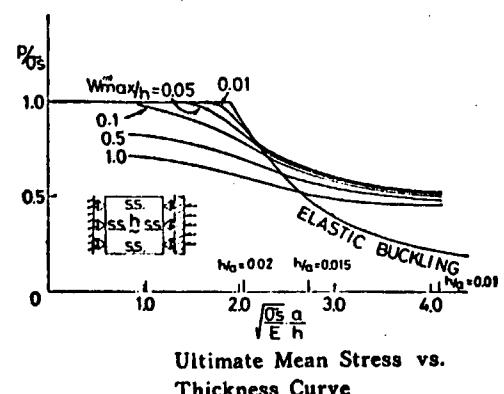


図 3.1.10

Ultimate Mean Stress vs.  
Thickness Curve

ELASTIC BUCKLING

$w_0 = 0.02$   $w_0 = 0.015$   $w_0 = 0.01$

$a/h = 0.05$   $a/h = 0.01$

$a/h = 0.1$   $a/h = 0.5$   $a/h = 1.0$

$a/h = 2.0$   $a/h = 3.0$   $a/h = 4.0$

$\sqrt{E/h}$

$P_U/\sigma_s$

1.0

0.5

0

1.0

2.0

3.0

4.0

$\sqrt{E/h}$

$w_0 = 0.02$   $w_0 = 0.015$   $w_0 = 0.01$

$a/h = 0.05$   $a/h = 0.01$

$a/h = 0.1$   $a/h = 0.5$   $a/h = 1.0$

$a/h = 2.0$   $a/h = 3.0$   $a/h = 4.0$

$\sqrt{E/h}$

$P_U/\sigma_s$

1.0

0.5

0

1.0

2.0

3.0

4.0

$\sqrt{E/h}$

$w_0 = 0.02$   $w_0 = 0.015$   $w_0 = 0.01$

$a/h = 0.05$   $a/h = 0.01$

$a/h = 0.1$   $a/h = 0.5$   $a/h = 1.0$

$a/h = 2.0$   $a/h = 3.0$   $a/h = 4.0$

$\sqrt{E/h}$

$P_U/\sigma_s$

1.0

0.5

0

1.0

2.0

3.0

4.0

$\sqrt{E/h}$

$w_0 = 0.02$   $w_0 = 0.015$   $w_0 = 0.01$

$a/h = 0.05$   $a/h = 0.01$

$a/h = 0.1$   $a/h = 0.5$   $a/h = 1.0$

$a/h = 2.0$   $a/h = 3.0$   $a/h = 4.0$

$\sqrt{E/h}$

$P_U/\sigma_s$

1.0

0.5

0

1.0

2.0

3.0

4.0

$\sqrt{E/h}$

$w_0 = 0.02$   $w_0 = 0.015$   $w_0 = 0.01$

$a/h = 0.05$   $a/h = 0.01$

$a/h = 0.1$   $a/h = 0.5$   $a/h = 1.0$

$a/h = 2.0$   $a/h = 3.0$   $a/h = 4.0$

$\sqrt{E/h}$

$P_U/\sigma_s$

1.0

0.5

0

1.0

2.0

3.0

4.0

$\sqrt{E/h}$

$w_0 = 0.02$   $w_0 = 0.015$   $w_0 = 0.01$

$a/h = 0.05$   $a/h = 0.01$

$a/h = 0.1$   $a/h = 0.5$   $a/h = 1.0$

$a/h = 2.0$   $a/h = 3.0$   $a/h = 4.0$

$\sqrt{E/h}$

$P_U/\sigma_s$

1.0

0.5

0

1.0

2.0

3.0

4.0

$\sqrt{E/h}$

$w_0 = 0.02$   $w_0 = 0.015$   $w_0 = 0.01$

$a/h = 0.05$   $a/h = 0.01$

$a/h = 0.1$   $a/h = 0.5$   $a/h = 1.0$

$a/h = 2.0$   $a/h = 3.0$   $a/h = 4.0$

$\sqrt{E/h}$

$P_U/\sigma_s$

1.0

0.5

0

1.0

2.0

3.0

4.0

$\sqrt{E/h}$

$w_0 = 0.02$   $w_0 = 0.015$   $w_0 = 0.01$

$a/h = 0.05$   $a/h = 0.01$

$a/h = 0.1$   $a/h = 0.5$   $a/h = 1.0$

$a/h = 2.0$   $a/h = 3.0$   $a/h = 4.0$

$\sqrt{E/h}$

$P_U/\sigma_s$

1.0

0.5

0

1.0

2.0

3.0

4.0

$\sqrt{E/h}$

$w_0 = 0.02$   $w_0 = 0.015$   $w_0 = 0.01$

$a/h = 0.05$   $a/h = 0.01$

$a/h = 0.1$   $a/h = 0.5$   $a/h = 1.0$

$a/h = 2.0$   $a/h = 3.0$   $a/h = 4.0$

$\sqrt{E/h}$

$P_U/\sigma_s$

1.0

0.5

0

1.0

2.0

3.0

4.0

$\sqrt{E/h}$

$w_0 = 0.02$   $w_0 = 0.015$   $w_0 = 0.01$

$a/h = 0.05$   $a/h = 0.01$

$a/h = 0.1$   $a/h = 0.5$   $a/h = 1.0$

$a/h = 2.0$   $a/h = 3.0$   $a/h = 4.0$

$\sqrt{E/h}$

$P_U/\sigma_s$

1.0

0.5

0

1.0

2.0

3.0

4.0

$\sqrt{E/h}$

$w_0 = 0.02$   $w_0 = 0.015$   $w_0 = 0.01$

$a/h = 0.05$   $a/h = 0.01$

$a/h = 0.1$   $a/h = 0.5$   $a/h = 1.0$

$a/h = 2.0$   $a/h = 3.0$   $a/h = 4.0$

$\sqrt{E/h}$

$P_U/\sigma_s$

1.0

0.5

0

1.0

2.0

3.0

4.0

$\sqrt{E/h}$

$w_0 = 0.02$   $w_0 = 0.015$   $w_0 = 0.01$

$a/h = 0.05$   $a/h = 0.01$

$a/h = 0.1$   $a/h = 0.5$   $a/h = 1.0$

$a/h = 2.0$   $a/h = 3.0$   $a/h = 4.0$

$\sqrt{E/h}$

$P_U/\sigma_s$

1.0

0.5

0

1.0

2.0

3.0

4.0

$\sqrt{E/h}$

$w_0 = 0.02$   $w_0 = 0.015$   $w_0 = 0.01$

$a/h = 0.05$   $a/h = 0.01$

$a/h = 0.1$   $a/h = 0.5$   $a/h = 1.0$

$a/h = 2.0$   $a/h = 3.0$   $a/h = 4.0$

$\sqrt{E/h}$

$P_U/\sigma_s$

1.0

0.5

0

1.0

2.0

3.0

4.0

$\sqrt{E/h}$

$w_0 = 0.02$   $w_0 = 0.015$   $w_0 = 0.01$

$a/h = 0.05$   $a/h = 0.01$

$a/h = 0.1$   $a/h = 0.5$   $a/h = 1.0$

$a/h = 2.0$   $a/h = 3.0$   $a/h = 4.0$

$\sqrt{E/h}$

$$\begin{aligned}
&= \int_0^\infty P_R(x) p_S(x) dx \\
&= \int_0^\infty P_R \{ S > x \} \cdot P_R \{ R = x \} \\
&= \int_0^\infty [1 - P_S(x)] \cdot p_R(x) dx
\end{aligned}$$

で表わすことができる。

ところで  $R$  と  $S$  の理論分布が判つたとすれば、一般に設計においては作用荷重  $S$  は大きめに、部材強度  $R$  は小さめに見積るのが普通である。いま、

$$p = P_R \{ R < R_p \}, \quad q = P_R \{ S > S_q \} \quad \dots \quad (3.1.4)$$

はともに小さい確率であるとすれば、

$$\bar{\nu} = \frac{R_p}{S_q} \quad \dots \quad (3.1.5)$$

がいわゆる設計安全率である ( $S_q$ ・ $R_p$  は特性値とも呼ばれる)。

次に、構造物に作用する外力あるいは、材料強度のばらつきなどを表わすのによく用いられる確率の理論分布をあげれば、

正規分布	瞬間風速の頻度分布、初期撓みの分布
レイリー分布	海洋波の振巾分布
対数正規分布	品質管理の高い製品のバラツキ
ガンマ分布	部品の寿命分布(パラメーターにより正規分布にもなる)
ワイブル分布	材料強度のバラツキ(パラメーターにより正規分布にもなる)

等があげられるが、われわれが扱う実際の現象は正確にこれらの理論分布と一致することはなく、最も適当と思われるものにあてはめ(fitting)てやらねばならない。

いま、簡単のために fitting 後に  $R$  および  $S$  が、ともに正規分布になつたとする。すなわち、 $R$  および  $S$  の分布をそれぞれ  $N_R(\bar{R}, \sigma_R^2)$ 、 $N_S(\bar{S}, \sigma_S^2)$  とすれば  $(R - S)$  の分布は  $N_{(R-S)}(\bar{R} - \bar{S}, \sigma_R^2 + \sigma_S^2)$  となる。したがつて、 $(R - S) / \sqrt{\sigma_R^2 + \sigma_S^2}$  の分布に直せば  $N[(\bar{R} - \bar{S}) / \sqrt{\sigma_R^2 + \sigma_S^2}, 1^2]$  で、座標を移すことにより図 3.1.13 の標準正規分布となる。

したがつて、破壊の確率  $P_F$  は、

$$P_F = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{x_a}^\infty e^{-\frac{x^2}{2}} dx \quad \dots \quad (3.1.6)$$

$$\text{ここで、 } x_a = \frac{\bar{R} - \bar{S}}{\sqrt{\sigma_R^2 + \sigma_S^2}}$$

また、正規分布の場合、特性値は、

$$R_p = \bar{R} - k_p \cdot \sigma_R$$

$$= \bar{R} \left( 1 - \frac{\sigma_R}{\bar{R}} \cdot k_p \right)$$

$$= \bar{R} (1 - \delta_R \cdot k_p)$$

$$S_q = \bar{S} + k_q \cdot \sigma_S$$

$$= \bar{S} \left( 1 + \frac{\sigma_S}{\bar{S}} \cdot k_q \right)$$

$$= \bar{S} (1 + \delta_S \cdot k_q) \quad \dots \quad (3.1.7)$$

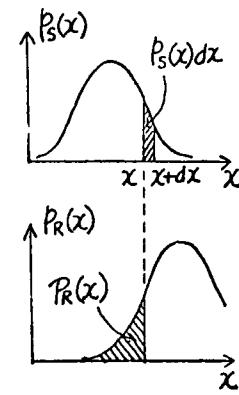


図 3.1.12

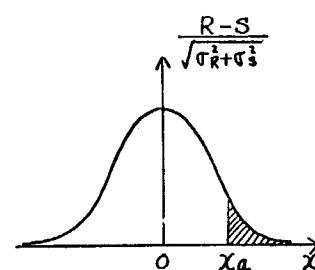


図 3.1.13

で表わすことができる。ここで  $k_p$  は図 3.1.1.4 に示すように  $\bar{R}$  と  $R_p$  の間の偏差が標準偏差  $\sigma_R$  の  $k_p$  倍ということを示す係数で、 $p$  の値が与えられれば正規確率数表より求められ、

$$k_p = \phi^{-1}(1-p) = -\phi^{-1}(p)$$

で表わすことができる。

一方、破壊の確率  $P_F$  は式(3.1.6)で与えられるので、

$$\frac{\bar{R} - \bar{S}}{\sqrt{\sigma_R^2 + \sigma_S^2}} = \phi^{-1}(1-P_F) = k_{PF} \quad \dots \quad (3.1.8)$$

したがつて、式(3.1.7)を式(3.1.8)に代入すれば、

$$R_p = \frac{1 - k_{PF}^2 \delta_S^2}{1 - k_{PF} \sqrt{\delta_R^2 + \delta_S^2 - k_{PF}^2 \cdot \delta_R^2 \delta_S^2}} \left( \frac{1 - k_p \cdot \delta_R}{1 + k_q \cdot \delta_S} \right) \cdot S_q$$

$$\text{ただし、 } \bar{R} > \bar{S} \quad \dots \quad (3.1.9)$$

となり、式(3.1.5)より式(3.1.9)の右辺  $S_q$  の前にかかつている部分が安全率  $\gamma$  に相当することが判る。

## (2) 数値計算例

初期撓み  $f_0$  をもち、軸圧縮荷重 ( $P \ll P_e$ ) を受ける柱について危険の確率および安全率を求める。

### (a) 部材強度 $R$ の統計的性質

材料強度のバラツキについては文献(V)より S S 4 1 に関するデータを借用した(表3.1.1)。左欄の A, B, …, H は各メーカーを表わし、各々別個に任意個の標本より降伏点の平均値および標準偏差を求めてある表である。

表3.1.1 S S 4 1 ミルシート値

	標本数	降伏点 ( $\text{kg/mm}^2$ )	
		平均値	標準偏差
A	53	29,226	3,225
B	22	29,545	3,003
C	58	29,397	2,626
D	42	28,857	2,054
E	9	28,778	2,484
F	43	28,116	1,979
G	20	29,450	2,578
H	84	29,083	1,971

### (b) 荷重による挙動 $S$ の統計的性質

図3.1.1.5のごとき初期撓み  $f_0$  を有する柱に荷重  $P$  が作用するときの撓み(Total)は、

$$f = f_0 / \left( 1 - \frac{P}{P_e} \right) \quad \dots \quad (3.1.10)$$

ただし、 $P \ll P_e$ ,  $P_e$  : オイラーの座屈荷重

で表わされる。また、柱に作用する最綫応力  $S$  ( $s$  に相当) は、

$$S = P/A + Pf/Z$$

$$= S_0 \left[ 1 + \alpha / \left( 1 - \frac{S_0}{S_e} \right) \right] \quad \dots \quad (3.1.11)$$

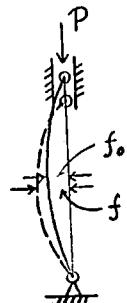


図3.1.1.5

である。ここで、

$Z$  : 断面係数       $A$  : 断面積

$$S_0 = P/A, \quad S_e = P_e/A, \quad \alpha = f_0 \cdot A/Z$$

いま、柱は薄肉中空柱と仮定し、これを  $\ell/k$  ( $k$  : 回転半径) で、初期撓みを  $f_0/\ell$  で無次元化すれば、次式を得る。

$$S_0 = P_e/A$$

$$= \pi^2 E / (\ell/k)^2 \quad \dots \quad (3.1.12)$$

$$\alpha = f_0 \cdot A/Z$$

$$= \sqrt{2} \cdot (f_0/\ell) \cdot (\ell/k) \quad \dots \quad (3.1.13)$$

いま、式(3.1.11)で  $S_0$  および  $\alpha$  がある平均値および分散をもつ変数とすれば、 $S$  は非線形関数となるが、この  $S$  の平均および分散は  $S_0$  および  $\alpha$  のそれぞれの平均値のまわりでテーラー展開することにより得られる。

したがつて、

$$\bar{S} = \bar{S}_0 \quad \dots \quad (3.1.14)$$

$$\sigma_S^2 = \sigma_{S_0}^2 + \frac{2 S_0^{-2}}{\left[ \frac{\bar{S}_0}{1 - \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{\ell}{k}\right)^2}} \right]^2} \cdot \left( \frac{\ell}{k} \right)^2 \sigma_{f_0/\ell}^2 \quad \dots \quad (3.1.15)$$

ただし、平均作用応力  $S_0 : N_{S_0} (\bar{S}_0, \sigma_{S_0}^2)$   
初期撓み  $f_0/\ell : N_{f_0/\ell} (0, \sigma_{f_0/\ell}^2)$

また、安全率と破壊の確率の関係は、次式で表わされる。

$$\nu = \frac{1 - k_p F \cdot \delta_S^2}{1 - k_p F \sqrt{\delta_R^2 + \delta_S^2} - k_p F \delta_R^2 \delta_S^2} \left( \frac{1 - k_p \cdot \delta_R}{1 + k_q \cdot \delta_q} \right) \quad \dots \quad (3.1.16)$$

数値計算には以下の値を用い、また、初期撓みは便宜上正のみを考慮した。

表 3.1.2 平均値および標準偏差

	平均値 $Kg/mm^2$	標準偏差 $Kg/mm^2$
荷重による挙動	$\bar{S}_0 = 10.0$	$\sigma_{S_0} = 1.0$
部材強度	$R = 29.0$	$\sigma_R = 2.4$

なお、部材強度は表 3.1.1 の平均値より得られた値を用いた。また、特性値は  $R_p = 23.0 Kg/mm^2$  とし、 $S_q$  はパラメターとして与えた。

図 3.1.16～図 3.1.19 は  $q$  (すなわち、 $S_q$ ) をパラメターにとり、安全率と  $\ell/k$  (細長比) との関係を表わしたものである。 $q$  を減らす (すなわち、 $S_q$  を増やし、最大期得荷重の再現期間の長いものまで考慮する) と安全率が下がることが判る。なお、図中、 $\sigma_{f_0/\ell}$  は無次元化した初期撓みの標準偏差を示す。

図 3.1.20 は破壊の確率と  $\ell/k$  との関係を表わす。本図を設計面からみると、いま、従来の強度計算によつて  $\ell/k$  が 120 で設計されているとする。一方、柱の歪量の実績から、その初期撓みの標準偏差が  $\sigma_{f_0/\ell} = 0.001$  になつたとし、また、破壊の確率も他の基準から  $10^{-5}$  に決つたとすれば、本図より、 $\ell/k = 110$  前後であることが要求される。したがつて、現存の構造物に対して  $\ell/k$  を 120 から 110 に変更する必要がある。ちなみに、 $\ell/k = 120$  で設計された構造物の破壊の確率は、この場合  $10^{-8}$  前後である。

次に、これを工作精度の面からみれば、例えは、柱の  $\ell/k = 110$  および破壊の確率  $P(-) = 10^{-5}$  が a priori に与えられ、歪量の実績から  $\sigma_{f_0/\ell} = 0.004$  であつたとすれば、この  $\sigma_{f_0/\ell}$  が現実に許容される確率をもつようにするには、図より  $\sigma_{f_0/\ell} = 0.001$  であるから、初期撓みの分散を小さくしてやらねばならない。すなわち、 $\sigma_{f_0/\ell} = 0.004$  から  $\sigma_{f_0/\ell} = 0.001$  まで下げる必要があり、この場合には工作精度をあげて、初期撓みのバラツキを小さくする必要があるという結果になる。

### 3.1.5 むすび

船殻部材の歪に関する現象はきわめて多数の要因の同時的集合から成り立つてゐるために、これら個々の現象をミクロ的にとらえて個々の要因を追求するよりも、むしろこれらをマクロ的にとらえて確率現象とみなし、確率論を導入して、これらを管理しようとする方が実際的には有効である。

この考え方のもとに初年度（昭和 46 年度調査研究）は初期撓みを有し、面内圧縮を受ける板材の挙動に関する文献を調査し、これらを安全性評価の資料とすることを目的としたが、本件に関する文献は非常に少なく、その中で比較的ま

とまつたものは3件であつた。

本研究の目的により実際的にアプローチするためには面内荷重と横たわみの統計的資料より、これらの関係に数式化をほどこす必要があり、またこれら統計的資料は実験により得られるものであるが、この種の実験は殆んど行なわれておらず、したがつて本研究の過程でこれを実施する必要がある（昭和47年度研究計画）。

また、これにより安全性の評価は一応できるものと思われるが、これから得られた数値をより確実なものにするためには、不規則現象の統計的資料の整備が必要であり、また短期間では極めて困難であるので資料の整備に伴い、逐次この数値を改善するようつとめなければならない。

一方、信頼性関係では、現在の段階では統計的情報はすべて確率の概念でモデル化できるとしているが、現実にはランダムでない不確実量の介入や解析計算の上のモデル化による誤差等、統計量として取り扱うことのできないものもある。このような不確実量は別途、技術上の判断によつて主観的に取り扱い得るので、安全率を要因ごとに分けるなどしてさらに検討していかねばならない問題である。

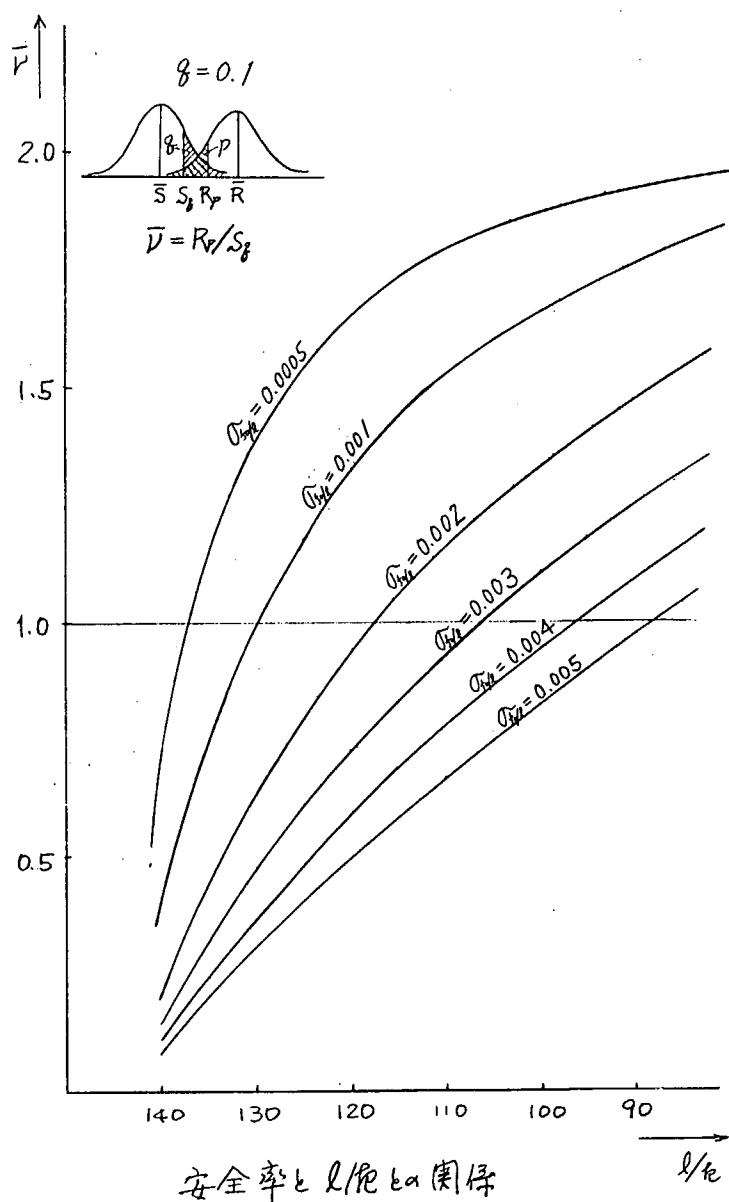


図3.1.1.6

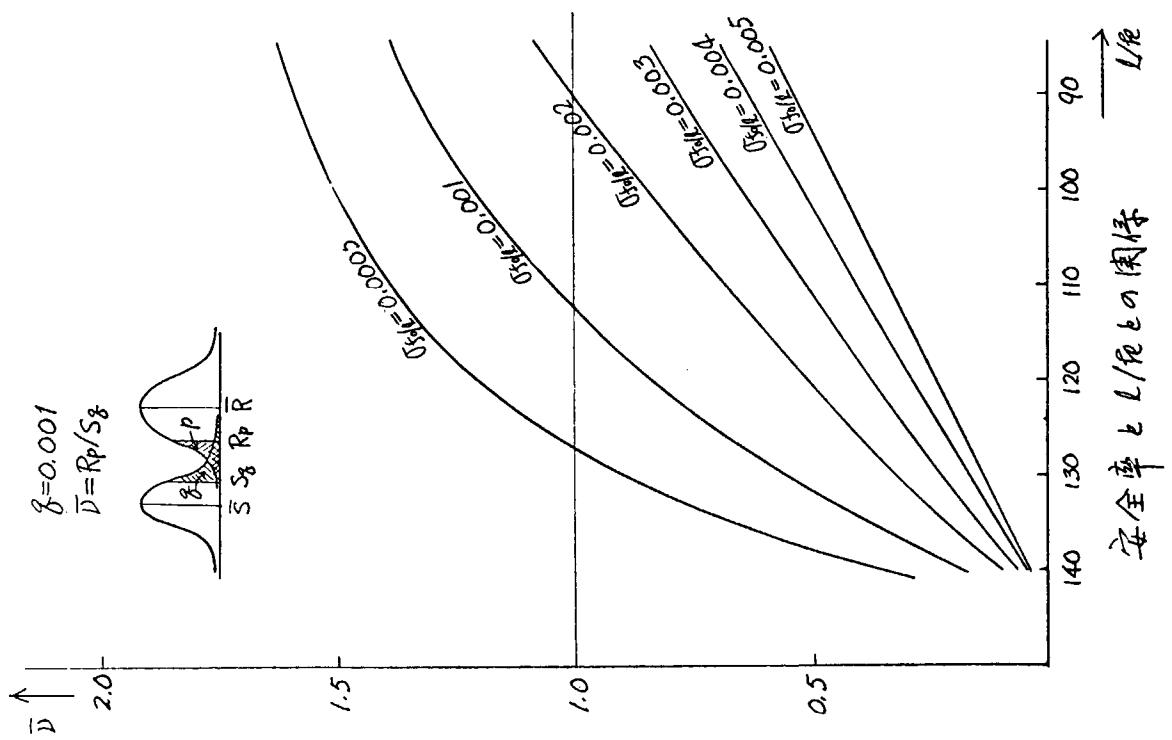


図 3.1.18

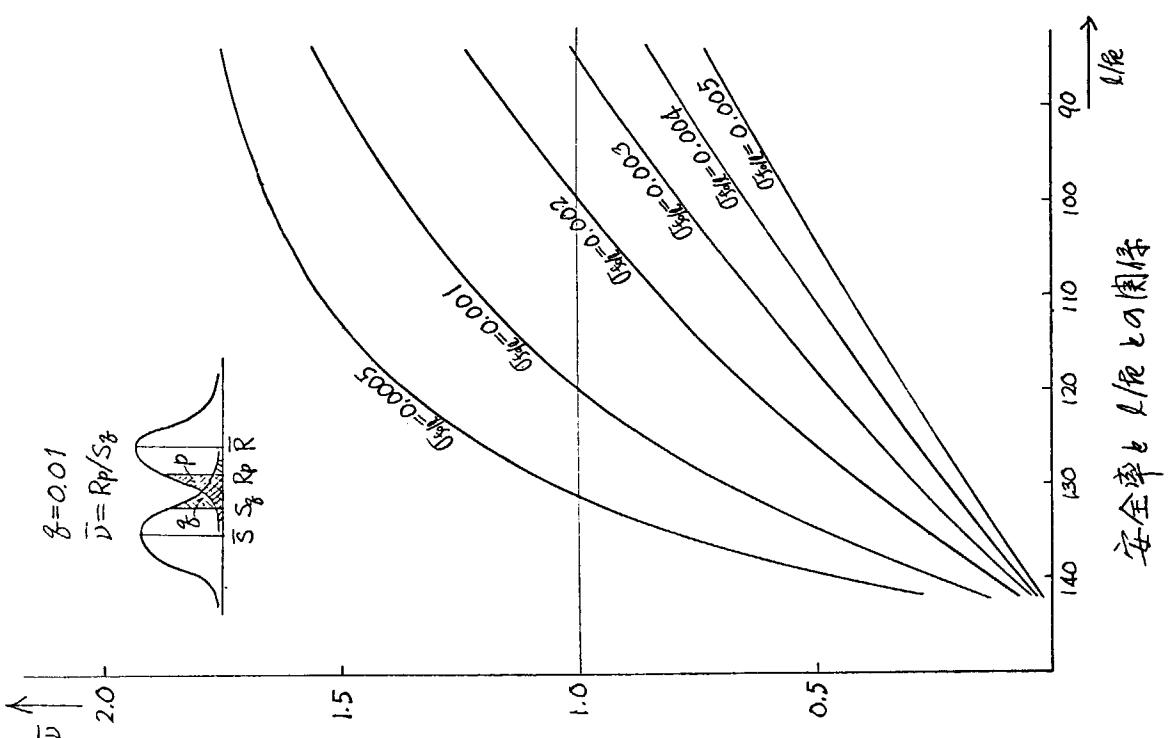


図 3.1.17

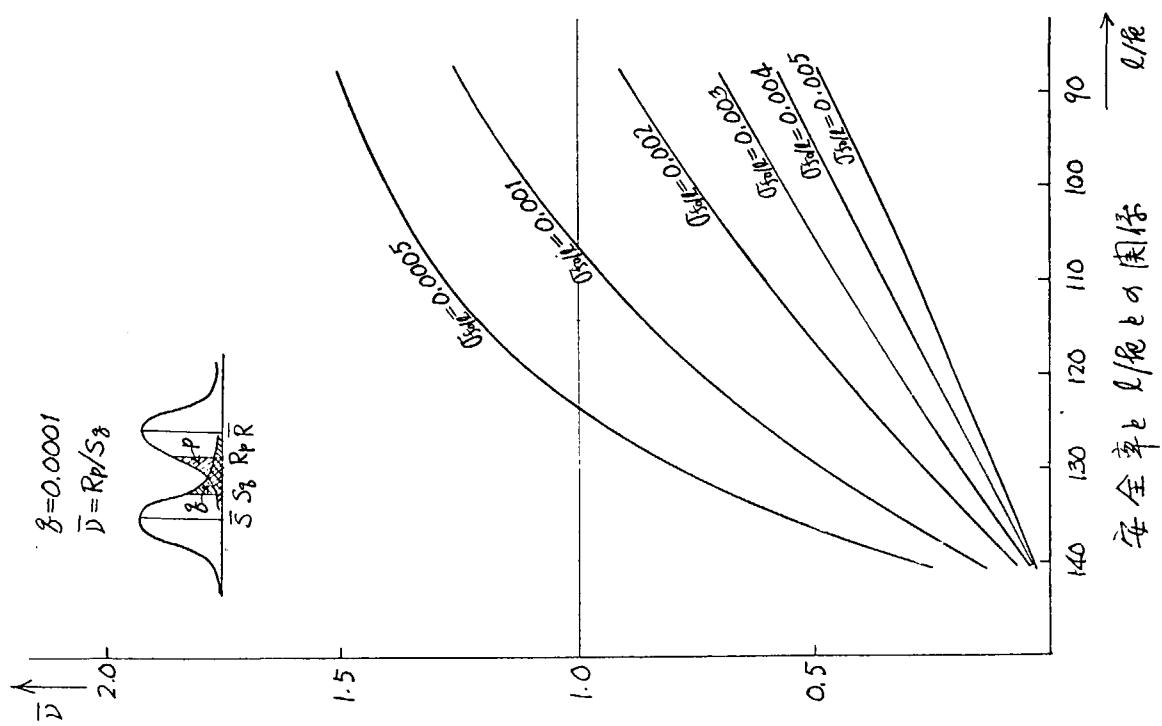


图 3.1.19

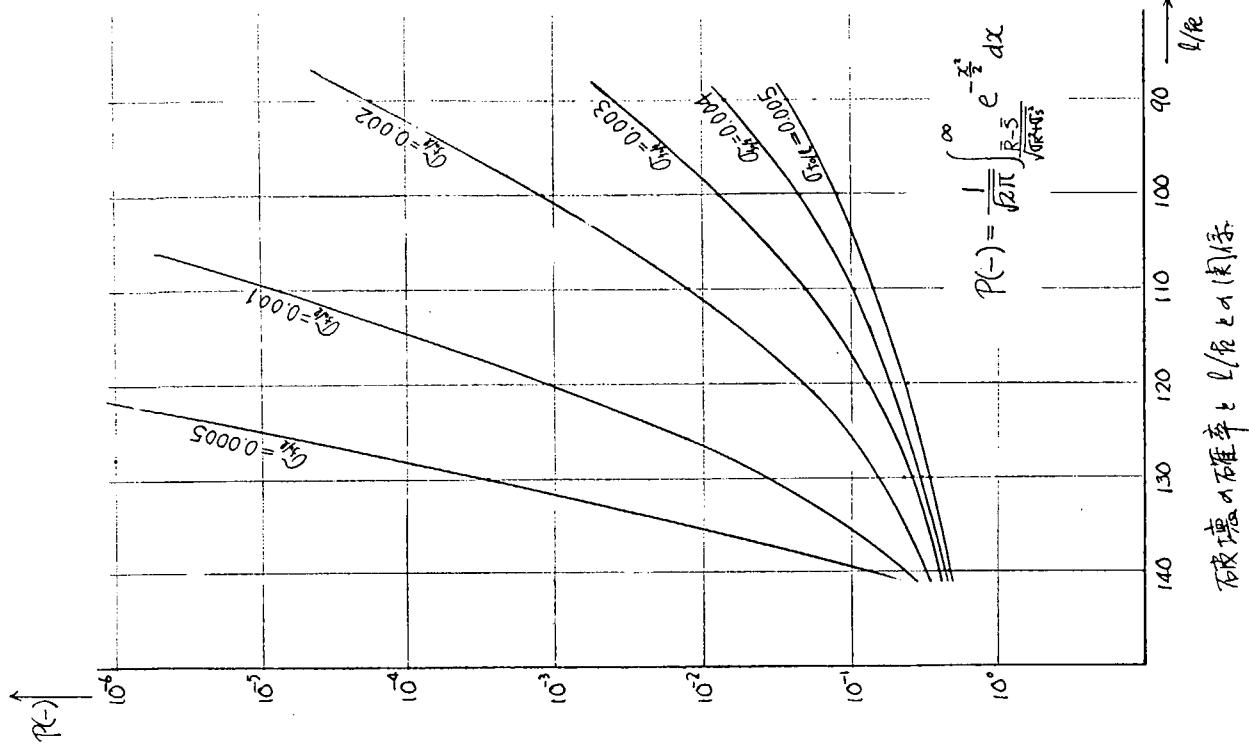


图 3.1.20

破壊の確率と  $1/R_e$  の関係

## 参考文献（信頼性関係）

- (i) V. V. Bolotin "Statistical Methods in Structural Mechanics"  
Holden-Day, INC. 1969
- (ii) A. M. Freudenthal, J. M. Garrelts & M. Shinozuka "The Analysis of Structural Safety"  
J. of Structural Division, ASCE, ST1, Feb. 1966
- (iii) A. H. S. Ang & M. Amin "Safety factors and probability in structural Design"  
J. of Structural Division, ASCE, ST7, July, 1969
- (iv) A. H. S. Ang & B. R. Ellingwood "Critical Analysis of Reliability Principles Relative to Design"  
Conference on Applications of Statistics and Probability to Soil and Structural Engineering  
Hongkong, 13-17 Sept. 1971
- (v) 西村 昭 "ミルシート値とチェックテスト値との関係について"  
JSSC, Vol. 5, No. 38, 1969

### 3.2 桁材の工作歪と強度

#### 3.2.1 まえがき

桁材に工作歪が存在する場合、その歪量が構造強度に及ぼす影響を検討するための調査研究として、従来の研究に対する調査を行ない、次年度以降の実験および理論解析に対する検討を行なつた。

#### 3.2.2 桁材の工作歪と強度

船体構造部材の桁材の構造様式および従来の研究の調査を行ない、桁材の強度に及ぼす工作歪の影響因子を検討する。

##### (1) 初期変形の影響

構造部材に初期変形が存在すると、その強度は低下することが予想される。

初期変形が構造部材の最終強度に及ぼす影響に関する従来の研究は数少ないが、文献3\*の研究結果では初期撓みの大きさによつては桁材の最終強度が大幅に低下する

可能性のあることが報告されている。図3.2.1に強度低下の1例を示す。

##### (2) 残留応力の影響

溶接組立構造物には必然的に溶接による残留応力が生じる。残留応力の存在により桁部材の横倒れ座屈強度、したがつて、最終強度が低下する。船体構造の桁部材に存在する残留応力がその強度に及ぼす影響に関する研究は見当らないが、文献10\*では残留応力の大きさと分布形状によつては溶接I型部材の耐荷力を相当低下させる結果を報告しており、その1例を、図

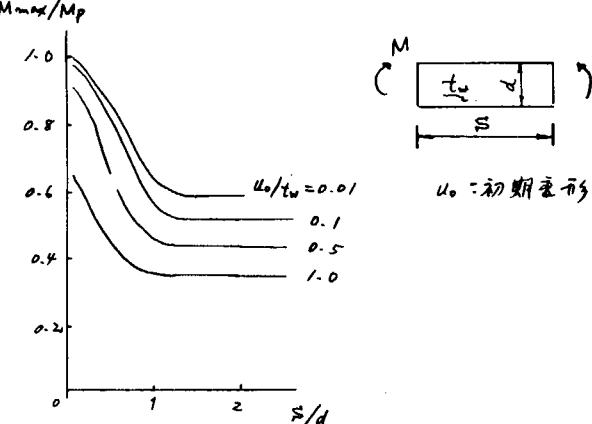


図3.2.1 初期変形の影響

\* 3.2.4項参照

3.2.2 に示す。

### (3) 桁の崩壊型式の影響

桁を構成するウェブ、面材、ステイフナおよびトリップングブラケットの形状寸法等によつて桁の崩壊型式が異なることが考えられる。すなわち、

- (a) ステイフナで囲まれたウェブの局部座屈発生後、桁が横倒れして崩壊する型式
- (b) ステイフナで囲まれたウェブの局部座屈と桁の横倒れが同時に生じて崩壊する型式
- (c) ウエブの局部座屈なしに桁が横倒れして崩壊する型式

桁の最終強度はその崩壊型式によつて相当影響を受けるものと考えられる。

### 3.2.3 研究内容

以上のごとく、工作歪を有する桁材の強度に関しては解決しなければならない問題が多い。

そこで、本研究では工作歪が桁の強度低下に及ぼす影響を次年度以降に実験的ならびに理論的に検討する。

47年度には主として初期変形および残留応力が桁の強度低下に及ぼす影響を検討し、48年度には実船の桁構造にできるだけ近い模型を用いて桁の崩壊型式の影響、すなわち、ウェブの局部座屈、桁の横倒れ座屈の混在した問題に取組む予定である。

### 3.2.4 文献調査

従来の研究に対する調査を行ない、その要約を以下に示す。

- (1) 著者名
- (2) 出典
- (3) 対象構造
- (4) 対象荷重
- (5) 対象現象
- (6) 解析手法
- (7) 実験
- (8) 結論

文献調査は過去10年間に日本造船学会、日本建築学会、日本土木学会および米国土木学会(ASCE)に報告された論文について行なつた。

#### 文献1 桁板構造の最終強度に関する研究(その1)

- (1) 著者名  
新田 頸
- (2) 出典  
日本造船学会論文集 第122号 昭和42年6月
- (3) 対象構造  
端部変断面を有する单一桁部材
- (4) 対象荷重  
曲げ、剪断、軸力
- (5) 対象現象

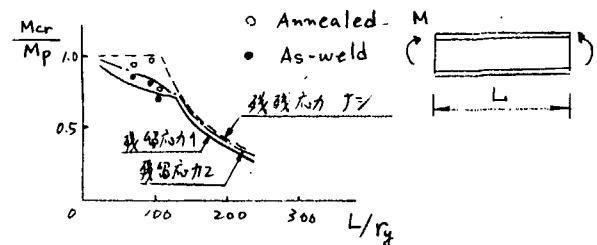


図 3.2.2 残留応力の影響

塑性崩壊荷重および塑性スパンポイント (塑性崩壊荷重 : 同一)

#### (6) 解析手法

##### (a) 塑性崩壊時の応力分布(直応力、剪断応力)の仮定

フランジ : 引張り(圧縮)降伏応力

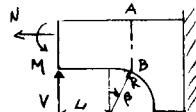
ウエブ : 直応力 :  $\mu \sigma_y$  } 一様  
剪断応力 :  $\tau$

$$\mu = \sqrt{1 - \left(\frac{\tau}{\tau_y}\right)^2}$$

##### (b) 降伏条件

$$\sigma^2 + \alpha^2 \tau^2 = \sigma_y^2$$

$$\alpha = \sigma_y / \tau_y$$



##### (c) 平衡方程式

$$\text{上下} \quad \frac{\tau}{\tau_y} = \frac{v - \alpha c_2 \sin \beta}{1 + \rho (1 - \cos \beta)}$$

$$\text{水平} \quad N = \int_{t_P} \sigma_{F_1} dz + \int_d \sigma_w dz + \int_{t_f} \sigma_{F_2} dz$$

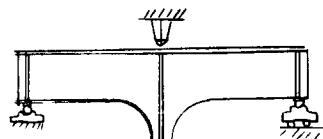
を満足し、かつ、外力モーメント  $m(v, \beta, \xi)$  と塑性モーメント  $m_p(v, \bar{n}, \beta)$  が等しくなる荷重  $v$  の最小値  $v^*$  を求めると塑性崩壊荷重および塑性関節断面が決る。

#### (d) 前提条件

塑性崩壊に先行する座屈崩壊(面材の局部座屈、桁の横倒れ座屈)が生じないように、桁は補強されている。

#### (7) 実験

##### 実験装置



塑性崩壊荷重および塑性スパンポイント位置について計算結果と実験結果の比較

#### (8) 結論

(a) 平行部の長さが極めて短い場合、ウエブの剪断歪硬化現象を伴つて剪断崩壊する。

(b) 平行部の長さが比較的長い桁の場合、剪断と曲げの相関関係を満足する変断面桁の塑性モーメントまで耐えうる。

#### 文献2 桁板構造の最終強度に関する研究(その2)

##### (1) 著者名

新田 順

##### (2) 出典

日本造船学会論文集 第124号 昭和43年12月

##### (3) 対象構造

両端に変断面部を有する桁

##### (4) 対象荷重

曲げ、剪断、軸力

\*  $v = v/v_p$ ,  $\xi = L/R$ ,  $\bar{m} = \bar{N}/N_p$

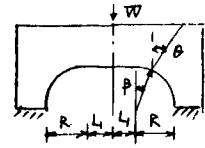
(5) 対象現象

塑性崩壊荷重および塑性スパンポイント

(6) 解析手法

(その1) JSNA Vol. 122 の解法を一般化した。

すなわち、横桁および縦桁からなる枠形構造の変断面部における塑性関節は、コーナー部を中心角  $\beta$  における下面材と、横桁の深さ方向と角度  $\theta$  のウェブの断面および上面材に生ずると考えて崩壊荷重を算定。



(7) 実験

47,000 DWT タンカーの船底横桁の 1/6 模型崩壊荷重と塑性関節の位置を確認

(8) 結論

(a) 縦桁と横桁の接合端部に生ずる塑性関節の位置および方向を理論的に求める解析方法を導いた。

(b) 平行部の短い桁の場合は、ウェブに剪断核が生じ、次に面材の降伏を伴つて塑性関節が形成される剪断崩壊をする。

一方、平行部が比較的長い場合、下面材から降伏を開始し、ついでウェブに塑性域が拡大する曲げ剪断変形を示す。

### 文献3 枠板構造の最終強度に関する研究(その3)

(桁の横倒れ不安定現象について)

(1) 著者名

新田 順

(2) 出典

日本造船学会論文集 第127号 昭和45年6月

(3) 対象構造

船体構造の桁部材(一様断面)

(4) 対象荷重

軸力と一様曲げ

(5) 対象現象

弾性、塑性の圧縮、曲げ、捩り、変形

(6) 解析手法

(a) 応力～歪 完全弾塑性、塑性流れ理論にもとづき歪除荷の影響を考慮

(b) 面材：微少帯板要素に分割

ウェブ：長さ方向帯板、深さ方向帯板の相持ち格子構造とみなす。

(c) 平衡方程式

$$\text{ウェブ～帯板} \quad \bar{M}_f + \frac{A B^2}{12 E} \bar{M}_s - (C + D \bar{\phi}) (\bar{N}_f + \frac{1}{E} \bar{N}_s) + Q \left\{ \frac{\bar{\phi}}{1} / \phi^* \right\} = 0$$

$$\text{軸力} \quad E \bar{N}_f + \bar{N}_w + F \bar{N}_p - (1 + E + F) \bar{N} = 0$$

$$\text{モーメント} \quad N_f (d + \frac{1}{2} t_f) + M_w - N_p \frac{t_p}{2} = M + N_e$$

上式より下記の項目について、桁の最終強度に及ぼす影響を調査している。

- (i) 桁の相当長スパン  $(\kappa \equiv \frac{\pi d}{S})$   
(ii) 桁の断面形状寸法  $(\theta \equiv b/d, \tau \equiv t_w/d, \tau \equiv t_f/b)$   
(iii) ウエブ防撓材(深さ方向)の寸法  $(\eta \equiv I_1/I_2, \mu \equiv Z_{P_2}d/I_2)$   
(iv) 面材の横方向初期撓みの大きさ  $(\delta \equiv u_0/t_w)$   
(v) 桁に作用する軸力の大きさ  $(\bar{N} = N/(b t_f + d t_w + b_p t_p) \sigma_Y)$

## (7) 実験

計算結果と実験結果の比較より、本解析法の妥当性を確認。

荷重：純曲げ

試験片：一様断面梁

パラメーター：スパン、ウエブスチフナ(縦、水平)

初期撓み： $\delta/t_w \approx 0.08$

## (8) 結論

比較的深さの大きい板つき桁が、その強軸まわりの曲げモーメントとウエブ面内に作用する軸力とを受ける場合について解析を行ない、桁の耐え得る最大モーメントを求めた。

- 桁の最終強度に及ぼす軸力の影響は、ほぼ直線状。
- 桁の最終強度は、その面材の初期撓みの存在により著しく低下する。
- 桁の断面形状寸法のうち、横倒れ最終強度に最も影響を及ぼすものは面材の幅であり、他の影響は小さい。
- ウエブに設けた堅防撓材の剛性および塑性モーメントの大きさを増すと、最終強度は極めて増大する。

## 文献4 Post Lateral Buckling Behavior of Beams

### (1) 著者名

Gerald Zamost, A. M., Russell Johnston, Jr.

### (2) 出典

ASCE, EM4, Ang., 1971

### (3) 対象構造

片持矩形断面梁

### (4) 対象荷重

集中荷重

### (5) 対象現象

横倒れ座屈後の弾性大変形

### (6) 解析手法

横倒れ座屈後の平衡方程式は、

$$\begin{bmatrix} C_{11} & C_{12} & C_{13} \\ C_{21} & C_{22} & C_{23} \\ C_{31} & C_{32} & C_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \frac{d\theta}{ds} \\ \frac{d\psi}{ds} \\ \frac{d\phi}{ds} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -P(y_0 - y) \\ P(x_0 - x) \\ 0 \end{bmatrix}$$

ここで、 $P$  : 集中荷重

$\theta, \psi, \phi$  : オイラー角度

$s$  : 梁の図心のアーチ長さ

$x_0, y_0, z_0$  : 端部の図心の座標

$C_{11} \sim C_{33}$  : 係数

これより座屈後の変形を計算する。

ただし、曲げ捩り剛性は考慮されていない。

#### (7) 結論

片持矩形断面梁の横倒れ座屈後の弾性変形の計算式を導いた。数値計算例を示している。

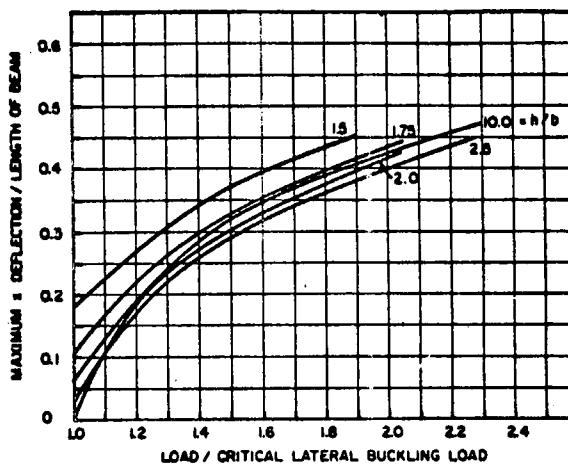


FIG. 9.—MAXIMUM  $x$  DEFLECTION AS FUNCTION OF LENGTH, LOAD, AND CRITICAL LATERAL BUCKLING LOAD

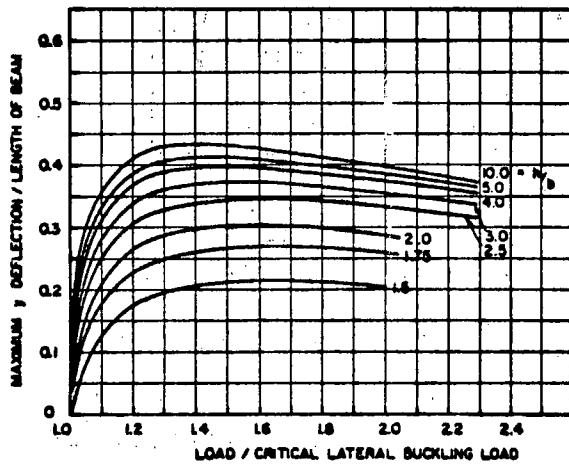


FIG. 10.—MAXIMUM  $y$  DEFLECTION AS FUNCTION OF LENGTH, LOAD, AND CRITICAL LATERAL BUCKLING LOAD

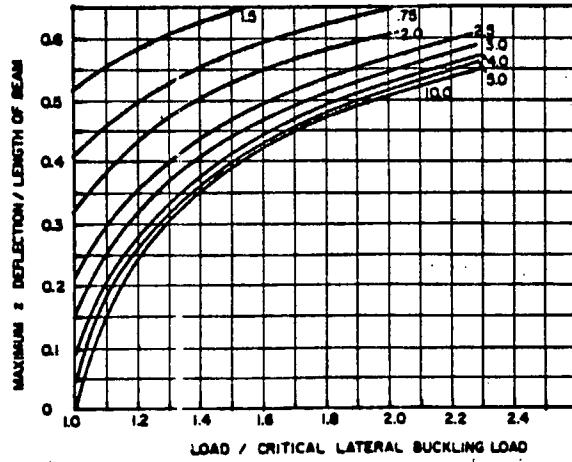


FIG. 11.—MAXIMUM  $z$  DEFLECTION AS FUNCTION OF LENGTH, LOAD, AND CRITICAL LATERAL BUCKLING LOAD

## 文献 5 残留応力を有する H 形鋼梁の横たおれ座屈試験

### (1) 著者名

久光脩文、奥戸行一郎

### (2) 出典

日本建築学会近畿支部研究報告集 昭和46年5月

### (3) 対象構造

H 形梁（カバープレート有、無）

### (4) 対象荷重

純曲げ

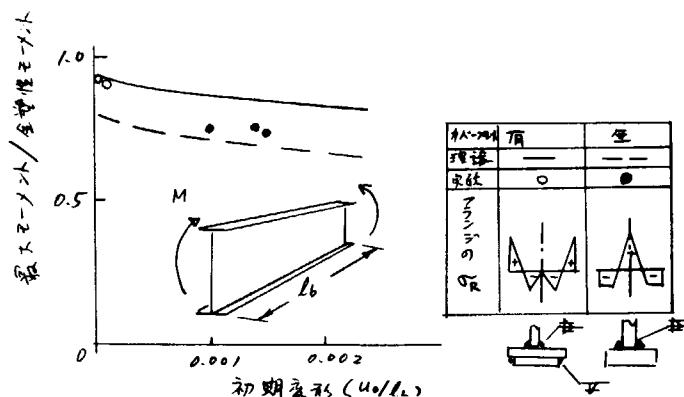
### (5) 対象現象

残留応力が横倒れ座屈強度に及ぼす影響を実験的に究明。

### (6) 解析手法

久光、奥戸「残留応力を有する H 型鋼柱の強さ」、日本建築学会近畿支部研究報告集、昭和44年5月に報告。

### (7) 実験



### (8) 結論

- (a) カバープレートを溶接したことによりフランジ端に引張の残留応力を生ぜしめた H 形鋼梁は、カバープレートがなくフランジ端に圧縮残留応力のあるものに比し、約 15 % 高い横倒れ座屈強さを示した。
- (b) 初期撓みと残留応力を考慮した横倒れ座屈強さの解析は実験結果を比較的よく説明できた。

## 文献 6 Post-Buckling Strength of Wide-Flange Beams

### (1) 著者名

G. C. Lee & T. V. Galambos

### (2) 出典

ASCE, EM1, Feb. 1962

### (3) 対象構造

広幅フランジを有する短長 I 型梁（ロール材）

### (4) 対象荷重

純曲げ

### (5) 対象現象

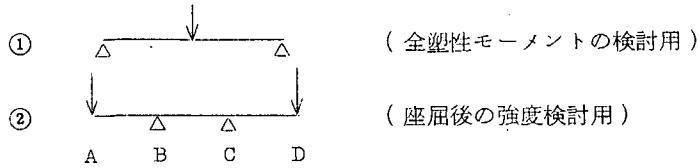
（横倒れ座屈が発生する前に）塑性関節が生じる限界部材長 ( $L_{cr}$ ) の決定、および塑性関節が生じた部材の横倒れ座屈後の強度、および梁の崩壊を誘起する最大要因。

### (6) 解析手法

## なし（実験的研究）

### (7) 実験

#### (a) 実験の種類



#### 実験条件

	B or C点	A or D点
垂直たわみ	固定	自由
回転	拘束	自由
横たわみ	固定	固定
捩り	固定	固定
断面反り	拘束	自由

#### (b) 実験結果の一般的傾向

- (i) 弹性域：上下フランジの歪の絶対値は等しく、中性軸は梁の深さの中央にある。
- (ii) 塑性域出現後：中性軸が引張フランジの方向に移動（残留応力の存在による上下フランジの非対称降伏）
- (iii) 全塑性モーメント達成：横倒れ座屈の発生（フランジの横たわみ、およびフランジ先端の歪より判明）
- (iv) 崩壊：圧縮フランジの局部座屈の開始よりモーメント減少

#### (c) モーメント～曲率関係

曲率の計測：上下フランジの歪より算出

モーメント～曲率関係の一例を Fig. 1 に示す。

塑性関節形成後、直ちに横倒れ座屈し、その後、定荷重（全塑性モーメント）で相当大きな回転変形を示す。

#### (d) 垂直たわみ

一例を Fig. 2 に示すが、横倒れ座屈後も相当大きな垂直たわみを示す。

#### (e) 横たわみ

一例を Fig. 3 に示すが、横たわみは横倒れ座屈後徐々に生じる。

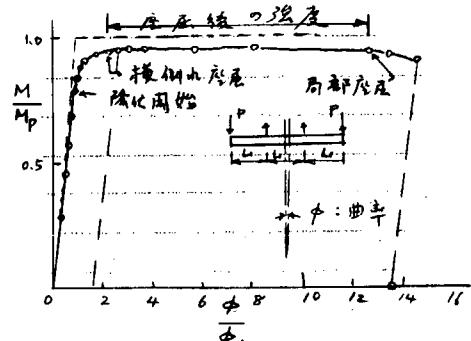


Fig. 1 モーメント～曲率曲線  
( $LB^{-10}$ ,  $L = 45\text{ ry}$ )

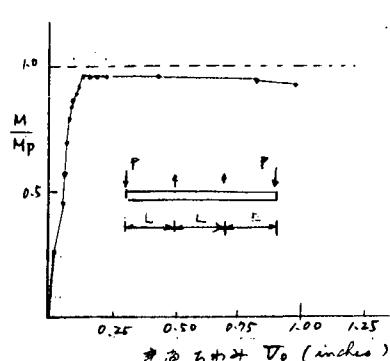


Fig. 2 モーメント～垂直たわみ  
( $LB^{-10}$ )

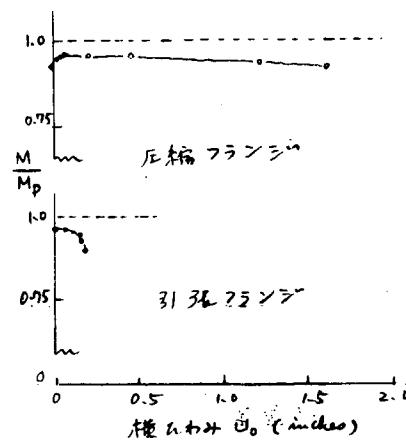


Fig. 3 スパン中央の横たわみ  
( $LB^{-10}$ )

(8) 結論

- (a)  $L \leq 45 r_y$  ならば、塑性関節形成後、大変形をして最後に圧縮フランジに局部座屈が生じて梁は崩壊する。局部座屈発生時の歪は歪化開始時の値 ( $\epsilon_{st}$ ) に等しい。
- (b)  $L > 45 r_y$  ならば、横倒れ座屈後の強度はなく、横倒れ座屈後、塑性関節を形成せず直ちに崩壊する。

文献7 Deformation of Geometrically Imperfect Beams

(1) 著者名

Nicholas S. Trahair

(2) 出典

ASCE ST7, July. 1969

(3) 対象構造

両端単純支持のI型梁

(4) 対象荷重

純曲げおよび中央集中荷重

(5) 対象現象

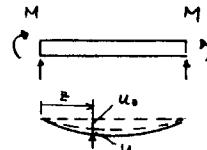
初期変形（横たわみあるいは捩れ）を有する梁の横倒れ—捩れ座屈荷重（弹性）を実験結果より推定する方法に關し、既報の理論式を実験結果と比較し、新たに実験式を提案した。

(6) 解析手法

- (a) 初期変形を有する梁の挙動

(i) 純曲げ

$$\left. \begin{aligned} -EI_y \frac{d^2 u}{dz^2} &= M(\phi + \phi_0) \\ GJ \frac{d\phi}{dz} - EI_w \frac{d^3 \phi}{dz^3} &= M \left( \frac{du}{dz} + \frac{du_0}{dz} \right) \end{aligned} \right\}$$



$$\text{境界条件} : \phi = \frac{d^2 \phi}{dz^2} = 0$$

$$u = \frac{d^2 u}{dz^2} = 0 \quad \text{at both ends}$$

初期変形

- 1) 横たわみおよび捩れ角 : 正弦波
- 2) 横たわみ : 二次式
- 3) 捷れ角 : 一定

について、荷重～変形式を解析的に求めた。

例 初期変形 1) 横たわみおよび捩れ角 : 正弦波

$$\theta = \left( \frac{\delta_0}{\frac{h}{2} \frac{r}{\pi K}} + \theta_0 \right) \frac{\left( \frac{r}{r_c} \right)^2}{1 - \left( \frac{r}{r_c} \right)^2}$$

$$\delta = \left[ \delta_0 + \frac{h}{2} \frac{r}{\pi K} \left( \frac{r_c}{r} \right)^2 \theta_0 \right] \frac{\left( \frac{r}{r_c} \right)^2}{1 - \left( \frac{r}{r_c} \right)^2}$$

$\theta$  : 摆れ角

$\theta_0$  : 初期撆れ角

$\delta$  : 横たわみ

$\delta_0$  : 初期横たわみ

$r$  : 曲げモーメント

$r_c$  : 横倒れ座屈モーメント

(ii) 中央集中荷重

$$\left. \begin{aligned} -EI_y \frac{d^2u}{dz^2} &= \frac{Pz\phi}{2} \\ GJ \frac{d\phi}{dz} - EI_w \frac{d^3\phi}{dz^3} &= \frac{P}{2} \left[ (u+u_0)_{L/2} - (u+u_0) + z \left( \frac{du}{dz} + \frac{du_0}{dz} \right) \right] \end{aligned} \right\}$$

境界条件 :  $\phi = \frac{d^2\phi}{dz^2} = 0$        $u = \frac{d^2u}{dz^2} = 0$

at both ends

初期変形

1) 横たわみ : 2次式

$$(1-1) \text{ 曲げ撆り剛性 } (EI_w) = 0 \quad GJ \neq 0$$

$$(1-2) \text{ 撆り剛性 } (GJ) = 0 \quad EI_w \neq 0$$

2) 偏心荷重

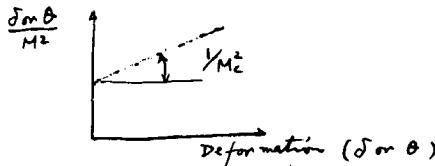
(b) 横倒れ一撆れ座屈(弾性)荷重推定法

(i) 初期変形が横たわみあるいは撆れ角のどちらか一方の場合

(Massey の方法—理論式)

$M_c$  : 横倒れ座屈モーメント

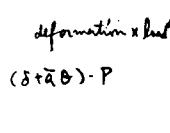
$$\frac{\delta}{M^2} = \frac{\delta}{M_c^2} + \frac{\delta_0}{M_c^2}$$



(ii) 初期変形に横たわみおよび撆れ角がある場合

(著者の方法—実験式)

$a$  : 荷重作用点と図心の距離



(7) 実験

- 細長I型梁(アルミ)
- 両端単純支持中央集中荷重(上フランジに作用)
- 荷重～(上フランジの横たわみ、撆れ角)を計測して実験的に座屈荷重を求めた。

(8) 結論

(a) I型梁の初期変形は等価な正弦波の変形に変換が可能

(b) 著者の提案した座屈荷重推定法は、実験的に座屈荷重を求める方法としては優れている。

文献8 プレートガーダの腹板の曲げ座屈強度

(1) 著者名

福本勝士他

(2) 出典

第23回土木学会年次学術講演会概要集 昭和43年10月

(3) 対象構造

溶接プレートガーダ

(4) 対象荷重

純曲げ

(5) 対象現象

腹板の弾性座屈強度および腹板の座屈、フランジのねじれ座屈、フランジの水平曲げ座屈とそれぞれ単独の座屈強度との比較、検討

(6) 解析手法

腹板の微小たわみ変形の平衡方程式

$$\nabla^2 \nabla^2 w = \frac{N}{D} \left( 1 - \alpha \frac{y}{b} \right) w_{xx}$$

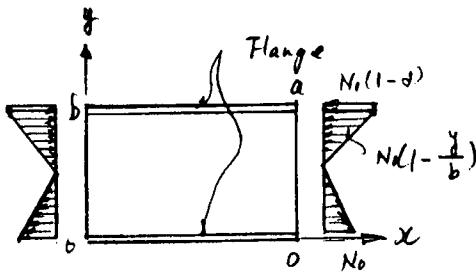
B.C. :

$$y = 0 ; \quad w = \partial w / \partial y = 0$$

$y = b$  ; フランジの水平方向の曲げ剛性による弾性支持、同ねじれ剛性による弾性回転支持と考えて、

$$B \frac{\partial^4 w}{\partial x^4} = D \left\{ \frac{\partial^3 w}{\partial y^3} + (2 - v) \frac{\partial^3 w}{\partial x^2 \partial y} \right\} - A_f \cdot \sigma_x \frac{\partial^2 w}{\partial x^2}$$

$$C \left( 1 - \frac{\sigma_x I_0}{C} \right) \frac{\partial^3 w}{\partial x^2 \partial y} = D \left( \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + v \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} \right)$$



座屈形として、

$$w = \sum_{m=1}^{\infty} \left\{ \sum_{n=0}^{\infty} a_n \left( \frac{y}{b} \right)^n \right\} \sin \frac{m\pi x}{a}$$

座屈荷重は、 $B/bD$ ,  $C/bD$ ,  $A_f/A_w$  を与えて解いている。

(7) 実験

検証はアルミ合金材を用いて行なつた。

(8) 結論

$C/bD$  が小さくなると急激に座屈荷重は低下し、ガーダは全体的な横倒れ座屈を示していく。

文献 9 I 形断面ばかりの横倒れ座屈強度

(1) 著者名

福本 勝士 他

(2) 出典

第 22 回土木学会年次学術講演会概要集 昭和 42 年 5 月

(3) 対象構造

溶接 I 形断面ばかり

(4) 対象荷重

純曲げ

(5) 対象現象

残留応力分布をも考慮した弾塑性域における横倒れ座屈強度

(6) 解析手法

曲げおよびねじれに対し、単純支持されたばかりの非弾性域における横倒れ座屈強度

$$M_{wcr} = \frac{\pi \sqrt{By}}{L} \sqrt{\left( C_T + \int_A \sigma S^2 dA \right) + \left( \frac{\pi}{L} \right)^2 C_w}$$

ここに、 $B_y$  :  $y$  軸回りの曲げ剛度

$C_T$  : 純ねじり剛度

$C_w$  : 曲げねじれ剛度

$\int_A \sigma S^2 dA$  : 断面のせん断中心回りの付加トルクに関する項

## (7) 実験

材質 SM 50 A で長さ 4 m, 4.5 m の 2 種、合計 12 体。うち半分は残留応力除去。油圧ジャッキによる 2 点載荷によって純曲げを負荷。

## (8) 結論

- (a) 残留応力分布が横倒れ座屈強度に与える影響が顕著に認められた。
- (b) 加工時に発生する初期変形が比較的大きく、これによる強度低下がかなりあつた。

## 文献 10 溶接 I 形部材の横倒れ座屈に関する実験的研究

### (1) 著者名

福本勝士他

### (2) 出典

土木学会論文報告集 第 189 号 1971 年 5 月

### (3) 対象構造

桁高の低い ( $H = 250 \sim 300 \text{ mm}$ ) 溶接 I 形梁および溶接プレートガーダ ( $H = 800 \sim 1,000 \text{ mm}$ )

### (4) 対象荷重

一様曲げ

### (5) 対象現象

- (a) 横倒れ座屈実験と各種計算値との比較検討
- (b) 溶接による残留応力分布が横倒れ座屈強度に与える影響
- (c) 初期変形が横倒れ座屈強度に与える影響
- (d) plate girder の耐荷力と腹板座屈強度との関連
- (e) 設計基本式への提案

### (6) 解析手法

等曲げを受ける I 型部材の弾性横倒れ座屈荷重 (両端単純支持)

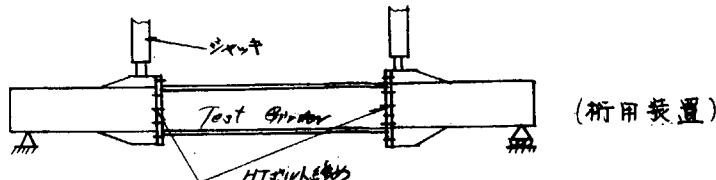
$$M_{cr} = \frac{\pi}{L_e} \sqrt{EI_y G J \left( 1 + \frac{EI_y}{GJ} \cdot \frac{\pi^2 d^2}{4 L_e^2} \right)}$$

ここに、 $L_e$  : 単純支持されている支間長

$J$  : ねじれ定数

$G$  : せん断弾性係数

## (7) 実験



## (8) 結論

- (a) 横倒れ座屈実験値と各種計算値の比較検討が行なわれた。
- (b) はりタイプの供試体について残留応力の除去焼純を行なうと、S M 5 0、H T 8 0 部材の平均値は約11%の強度の向上がみられた。
- (c) 試験片の初期変形は小さく ( $\delta = 0.1$ )、これによる強度低下は小さかつた。
- (d) 腹板の座屈は桁の耐荷力に直接関連性はない。

## 文献 11 プレートガーダの曲げ弾性座屈

### (1) 著者名

小西一郎他

### (2) 出典

土木学会論文集 第143号 昭和42年7月

### (3) 対象構造

垂直補剛材を有するプレートガーダ

### (4) 対象荷重

一様曲げ

### (5) 対象現象

- (a) 補剛板と腹板を一体と考えて、直交異方性板として、それがフランジで弹性固定されている場合、座屈荷重方程式を誘導する。
- (b) 圧縮フランジの水平曲げおよびねじり剛さが座屈荷重に及ぼす影響を理論的に考察する。
- (c) 座屈実験値と理論値の比較検討

### (6) 解析手法

- (a) 腹板部分が座屈したときのたわみ曲面の微分方程式

$$D_x \frac{\partial^4 w}{\partial x^4} + 2H \frac{\partial^4 w}{\partial x^2 \cdot \partial y^2} + D_y \frac{\partial^4 w}{\partial y^4} = N_0 \left( 1 - \alpha \frac{y}{b} \right) \frac{\partial^2 w}{\partial x^2}$$

ここで、

$$H : \kappa \sqrt{D_x \cdot D_y}$$

$N_0$  :  $y = 0$ における単位長さ当たり最大軸方向力

$\alpha$  : 中立軸の位置によつて決まる定数

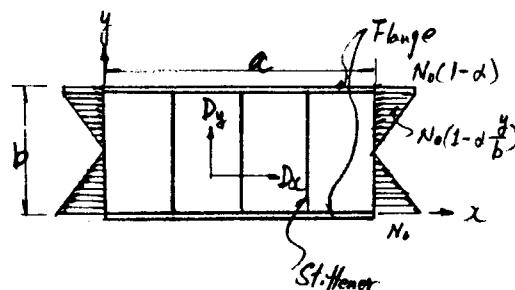
- (b) 境界条件

- (i)  $x = 0$ ,  $x = a$ , で単純支持
- (ii)  $y = 0$  で、 $w = 0$ , および  $\partial w / \partial y = 0$
- (iii)  $y = b$  で、

$$\text{弹性支持} : B_b \frac{\partial^4 w}{\partial x^4} = D_y \frac{\partial^3 w}{\partial y^3} + (4C_b + \nu_x D_y) \frac{\partial^3 w}{\partial x^2 \partial y} + F \frac{N_0 (1-\alpha)}{h} \cdot \frac{\partial^2 w}{\partial x^2}, \quad \text{および}$$

$$\text{弹性固定} : C_b \frac{\partial^3 w}{\partial x^2 \partial y} = D_y \left( \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + \nu_x \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} \right)$$

ここで、



$B_b$  : I Flange 水平曲げ剛さ

$C_b$  : " ねじり剛さ

$F$  : " 断面積

$h$  : " 腹板厚

$\nu_x$  :  $x$  方向ボアソン比

$2C_P$  : 直交異方性板のねじり剛さ

(c) 座屈形

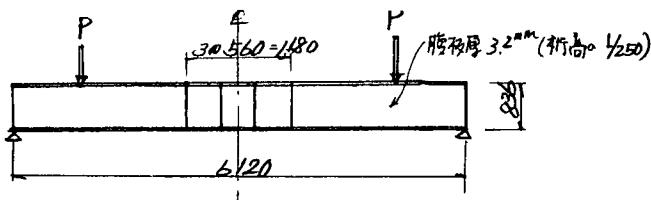
$$w = \sum_{m=1}^{\infty} f(y) \cdot \sin \frac{m\pi x}{a}, \quad y = b\eta$$

$$f(y) = \sum_{n=0}^{\infty} a_n \eta^n$$

(d) 上記の諸式から求まる座屈荷重方程式

$$\begin{vmatrix} D_{21}, & D_{31} \\ D_{22}, & D_{32} \end{vmatrix} = 0$$

(7) 実験



(8) 結論

- (a) 腹板と補剛材が一体となつて座屈する場合の座屈理論式を、上フランジの水平曲げ剛さおよびねじり剛さを考慮して誘導し、広範囲の数値計算を行なつて座屈荷重を求める図を作成した。
- (b) 垂直補剛材の剛度が増大するにしたがい座屈荷重は増大する。 $D_y/D_x$  ( $D_y$ :  $y$  方向の弾性定数、 $D_x$ :  $x$  方向の弾性定数) が 500 前後まではその変化が著しく、それ以上の値においては、大体  $D_y/D_x$  の値に比例して増大していく。
- (c)  $C_b/bD_x$  の値が 100 前後までは  $C_b$  の影響が著しく、それ以上にねじり剛さを増大しても座屈荷重は余り増大しない。
- (d)  $B_b/bD_x$  の値が 300 程度までは座屈荷重の増加が著しく、それ以上は  $B_b$  に大体比例して増加する。

文献 12 横補剛されたはりの横倒れ座屈

(1) 著者名

福本 嘴士 他

(2) 出典

第 25 回土木学会年次学術講演会概要集 昭和 45 年 11 月

(3) 対象構造

横構を有する溶接プレートガーダ

(4) 対象荷重

曲げ、せん断

(5) 対象現象

2本の並列主桁を横構などにより連結した構造系の曲げによる横倒れ座屈強度を調べ、横構などによる桁の横倒れ座屈に対する補剛効果を明らかにする。

#### (6) 解析手法

エネルギー法を用いて解析している。図のような構造系における全ポテンシャルエネルギー、

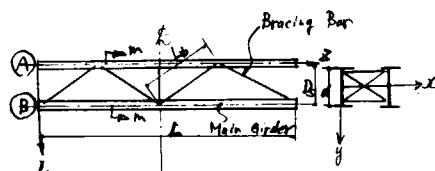
$$U = V + U_w + D \quad \dots \dots \dots \quad (1)$$

ここに、

$V$  : 桁のひずみエネルギー

$U_w$  : 外力によるポテンシャルエネルギー

$D$  : 横補剛材のひずみエネルギー



横補剛材の軸方向力、および曲げによるひずみエネルギーを並列桁の水平変位、ねじれ角によつて表わし、主桁は両端固定支持とし、座屈形を次式のように仮定。

$$\left. \begin{aligned} U_{A_i} &= \sum_{n=1}^{\infty} a_n \left( 1 - \cos \frac{2n\pi z_i}{L} \right), & \beta_{A_i} &= \sum_{n=1}^{\infty} c_n \left( 1 - \cos \frac{2n\pi z_i}{L} \right) \\ U_{B_j} &= \sum_{n=1}^{\infty} b_n \left( 1 - \cos \frac{2n\pi z_j}{L} \right), & \beta_{B_j} &= \sum_{n=1}^{\infty} d_n \left( 1 - \cos \frac{2n\pi z_j}{L} \right) \end{aligned} \right\} \quad \dots \dots \dots \quad (2)$$

(1)式の全ポテンシャルエネルギーを各構造要素に対して求め、Rayleigh-Ritz 法により係数行列式を作成し、これを  $\det = 0$  となる限界曲げモーメント  $M_{cr}$  を求めている。

#### (7) 実験

主桁に圧延H形鋼 H-200 × 100 × 5.5 × 8 (SS41) を使用。また、主桁は ( $L = 3,500 \text{ mm}$ ,  $D_s = 500 \text{ mm}$ ) と ( $L = 6,000 \text{ mm}$ ,  $D_s = 900 \text{ mm}$ ) の2種類を用い、横補剛材としては丸棒 ( $9\phi$ ,  $19\phi$ ) を使用。載荷は2本の主桁に等曲げモーメントが作用するように、2点集中載荷。

#### (8) 結論

主桁の  $L/r_y$  が小さい範囲であつたために、補剛材による効果は余り大きくなかつたが、座屈後の変形能に効果が認められた。

### 3.3 柱部材の工作歪と強度の関係についての予備実験および予備調査

#### 3.3.1 まえがき

船殻部材のうちのストラットにつき、その工作歪と強度の関係を調査・検討するが、本年度はその予備調査として関連文献の収集調査を行ない、また、予備実験としてI断面に組み立てた柱の圧縮実験を行なつた。

#### 3.3.2 予備調査

軸力材の強度と初期不整に関する過去の研究について、その文献を収集した。下に調査検討を行なつた文献のリストを記す。

来年度は、この文献を参考にして、実験結果を解析でき、かつ、実船ストラットの圧縮強度を計算できる手法を開発する。

- (1) 藤田（東大）：「柱の不安定現象に及ぼす残留応力の影響について」 造船協会論文集 第107号
- (2) 西野、奥村（東大）：「大型圧延H型鋼の曲げについて」 塑性設計委員会資料
- (3) 藤田（東大）：「残留応力を有する塑性域における座屈について」 造船協会論文集
- (4) 安藤、長沢、有田、青木（船研）：「曲げと圧縮を受ける梁の塑性強度（第一報）」 日本造船協会論文集 第126号
- (5) 藤田、大坪、湯原（東大）：「構造物の塑性設計（その11） 構造物の最高荷重について」 日本造船学会論文

### 集 第129号

- (6) 久光脩文、奥戸行一郎(住友金属)：「残留応力を有するH型鋼柱の強さ」 建築学会研究報告集 S.44.5
- (7) 久光脩文、奥戸行一郎：「残留応力を有するH型鋼梁の横倒れ座屈試験」 建築学会近畿支部研究報告集 S.46.5
- (8) 奥村敏恵(東大土木)：「曲げモーメントと軸圧縮力を受ける部材の安定」 土木学会論文集 第3-3巻
- (9) 友田政陳(九大)：「プレートガーダに於けるウェブプレートの許容圧縮板座屈応力度の考察」 建築学会研究報告 第47号 (昭33)
- (10) 仲威雄、加藤勉(東大)：「一軸対称開断面材の座屈実験」 建築学会論文報告集 第60号 (昭33)
- (11) 三見秀雄、藤本盛久、杉山圭二(東工大)：「2C軽量形鋼柱の座屈実験」 建築学会論文報告集 第60号 (昭33)
- (12) 結城朝恭：「両端固定せる鋼柱が偏心荷重を受ける場合の弾性破損」 土木学会誌 第23巻第1号 (昭12.1)
- (13) 稲田(九大)：「長柱の挫屈と之に及ぼす弾性横抵抗の影響並びに鉄道軌道の張出に関する考察」 土木学会誌 第20巻第11号
- (14) 伊藤文人(鉄道技研)：「残留応力と圧縮柱の強度」 溶接学会誌 第36巻4号 (昭42.4)
- (15) 内山和人(東大)：「I型圧縮材の局部座屈について」
  - その1 建築学会研究報告集 第37巻
  - その2 " 論文 " 第54巻
  - その3 " 研究 " 第39巻

#### 3.3.3 実験概要

各種の工作精度を一度に解析することはできないので、供試体は同一断面で細長比 slenderness ratio 3種、正弦波形で与えた初期撓み3種を組み合わせた計9体とし、焼純を施して残留応力影響を除いた。試験は弱軸廻りの曲げ座屈を対象として行なつた。実験装置を図3.3.1、写真3.3.1に示す。

##### (1) 供試体

供試体寸法形状は図3.3.2および表3.3.1に示す。

初期撓みは正弦波形  $y_0 = \delta \sin(\pi/\ell) x$  で与え焼純(680°C 30分)を行なつて残留応力を除去した。材質はSS41である。初期撓みの計測値を図3.3.5中破線で示す。

##### (2) 試験方法

端部治具(軸および軸受け)により両端は強軸廻り拘束、弱軸廻り回転自由とし、荷重は油圧シャンキにより徐々に圧縮荷重を加えた。

##### (3) 計測

応力分布の計測には、電気抵抗線歪計を、また、撓みの計測には30極ダイアルゲージを用いた。計測点配置を図3.3.3に示す。

計測器は、

digital strain indication SD5F (共和電業製)  
automatic scanning box ASB-60N ( " )  
" ASB-60P ( " )

を用いた。

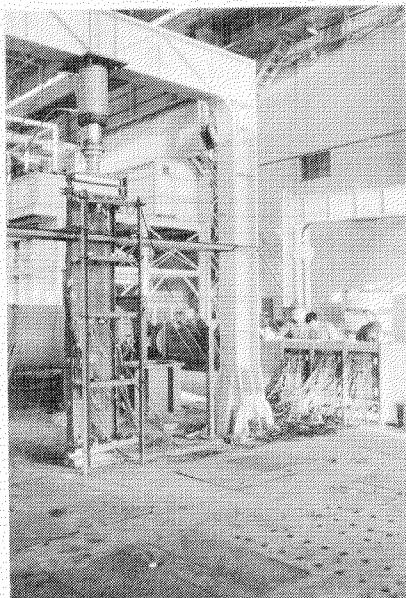


写真3.3.1 実験概要

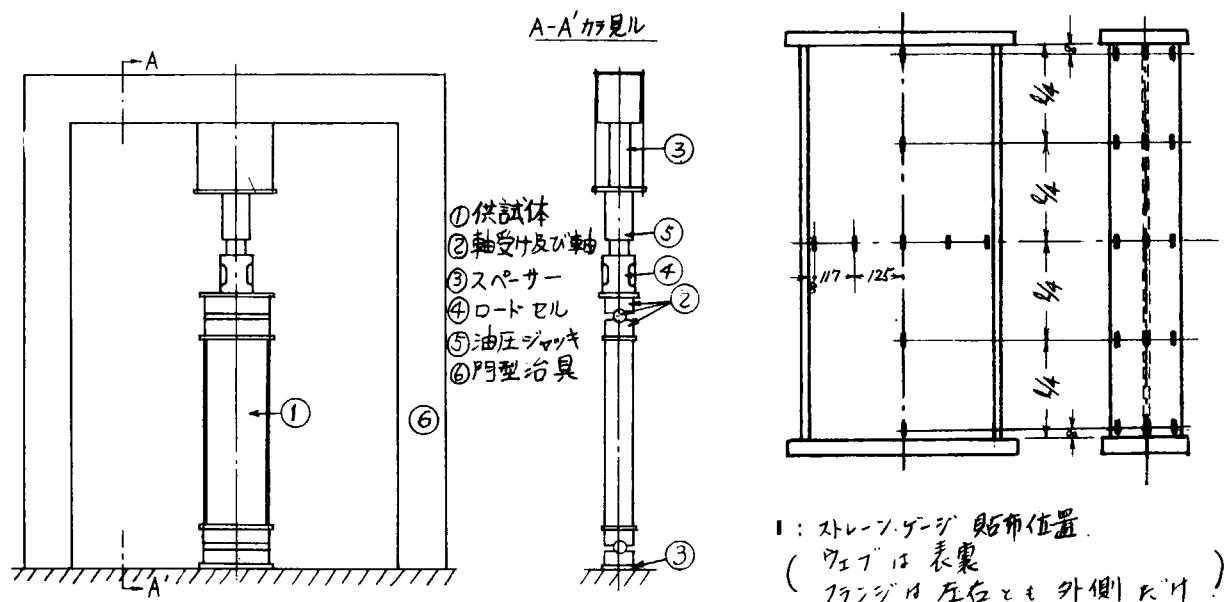


図 3.3.1 実験概図

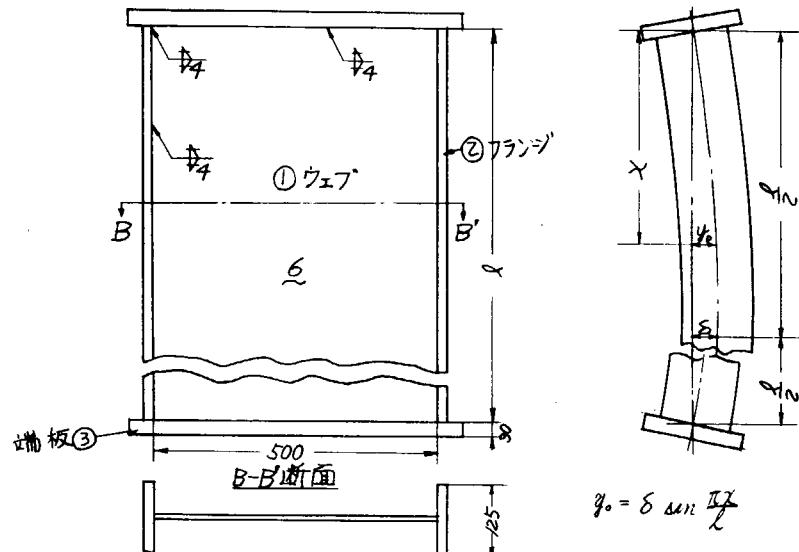


図 3.3.2 供 試 体

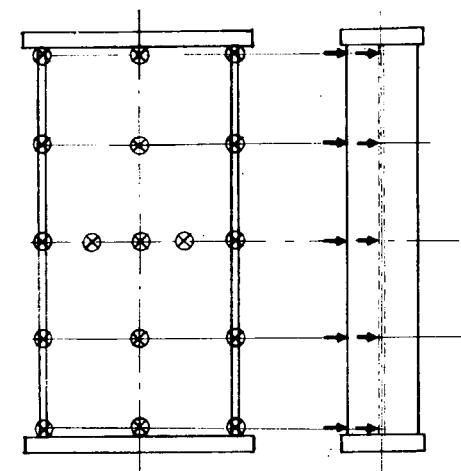
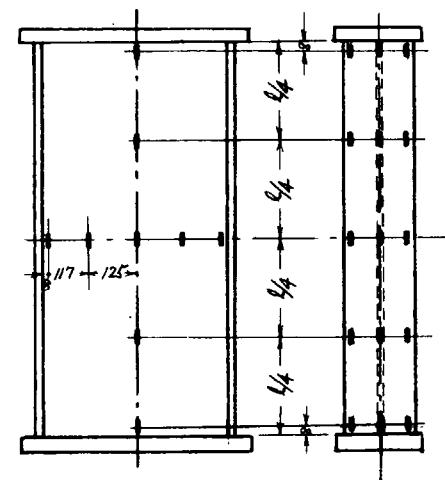


図 3.3.3 計測点

### 3.3.4 実験結果および考察

#### (1) 材料引張試験

供試体に用いた材料(S S 4 1)について引張試験を行なつた。その結果を表3.3.2に示す。試験片は、鋼板製作の際のロール方向とその直角方向、および焼鈍前後の比較を行なうため、8種24体である。

表中、A：焼鈍前、B：焼鈍後

a：ロール方向、b：ロールと直角方向

を意味する。

ロール方向とその直角方向では、強度にはほとんど差がなく、焼鈍前後では、板厚12mmの板ではほとんど影響が見られないが、板厚6mmの板については約1割降伏応力が低下した。

なお、引張試験片の焼鈍は供試体と同時に行なつた。

#### (2) 圧縮試験

試験結果を図表に示す。

図3.3.4 荷重一変位曲線

ウェブ中央点(○)、フランジ中央点(●)の横撓み量と荷重の関係を示す。

図3.3.5 変位分布

荷重 0Ton すなわち、初期撓み(×、破線)、

50Ton (○、実線)、

100Ton または最高荷重、変位計取り外し時の荷重(●、一点鎖線)

におけるウェブ中央線上およびフランジの横撓み量分布を示す。

図3.3.6 応力分布

荷重 50Ton (○、実線)、

100Ton または最高荷重(●、一点鎖線)

におけるウェブおよびフランジの応力分布を示す。

表3.3.3 最終破壊状態

各供試体の破壊状況の概要を示す。

#### (3) 古典理論による計算

軸力材の圧縮強度・座屈強度について理論的および実験的にいろいろな解析が行なわれている。正弦波形(半波長)の初期撓みを持つ柱の中心軸圧縮に対する解析解として、下の式を用いて計算した。

$$P_c = \sigma_c \cdot A \quad \dots \quad (3.3.1)^*$$

$$\sigma_y = \sigma_c \left\{ 1 + \frac{a}{s} \frac{1}{1 - \frac{\sigma_c \lambda^2}{\pi^2 E}} \right\}$$

$\sigma_y$  : 降伏応力

a : 最大初期撓み量

s : 核半径 core radius

$\lambda$  : 細長比 slenderness ratio

$\sigma_c$  : 平均応力

A : 断面積

\* (文献1)

これは、断面の一部が降伏応力に達する際の荷重を微小変形理論で求めるものである。表3.3.4の $P_c$ は初期撓み

表3.3.1 供試体寸法

model	$\ell$ (length)	$\delta$ (max. initial deflection)	$\lambda$ (slenderness ratio)	$c = \delta / \ell$
H 400	1,020 mm	1.0 mm	39.2	0.001
H 405	1,020	7.9	39.2	0.008
H 410	1,020	11.7	39.2	0.011
H 700	1,780	4.0	68.5	0.002
H 705	1,780	12.0	68.5	0.007
H 710	1,780	20.5	68.5	0.012
H 1000	2,550	2.3	98.1	0.001
H 1005	2,550	13.4	98.1	0.005
H 1010	2,550	25.0	98.1	0.010

表3.3.2 材料引張試験結果

名 称		標点距離 mm	板厚 × 巾 mm	降伏応力 $Kg/mm^2$	引張強さ $Kg/mm^2$	伸 び %	降伏応力 (平均)
A 6 a	1	50	6.5 × 25.0	44.0	51.1	31.8	44.6
	2	50	6.4 × 25.0	45.0	52.3	32.4	
	3	50	6.5 × 25.0	44.7	51.4	25.6	
A 6 b	1	50	6.5 × 25.0	45.9	52.3	29.7	45.5
	2	50	6.5 × 25.0	45.7	52.2	29.6	
	3	50	6.5 × 25.0	44.9	52.4	28.8	
B 6 a	1	50	6.4 × 25.0	39.9	48.9	35.4	40.2
	2	50	6.4 × 25.0	40.7	49.1	34.0	
	3	50	6.4 × 25.0	39.9	48.8	35.8	
B 6 b	1	50	6.4 × 25.0	41.6	49.4	34.0	41.3
	2	50	6.5 × 25.0	41.2	48.6	35.4	
	3	50	6.4 × 25.0	41.1	49.0	35.2	
A 12 a	1	50	12.2 × 25.2	32.6	47.2	41.0	32.2
	2	50	12.2 × 25.0	31.5	47.5	41.6	
	3	50	12.2 × 25.2	32.5	47.1	43.6	
A 12 b	1	50	12.2 × 25.0	32.8	47.1	41.4	32.5
	2	50	12.1 × 25.0	32.3	46.9	40.4	
	—	—	—	—	—	—	
B 12 a	1	50	12.1 × 25.2	32.3	46.4	40.6	32.2
	2	50	12.1 × 25.1	32.6	46.5	41.8	
	3	50	12.1 × 25.2	31.7	46.0	42.6	
B 12 b	1	50	12.2 × 25.0	31.9	45.9	41.4	31.8
	2	50	12.2 × 25.0	32.1	45.8	43.8	
	3	50	12.2 × 25.1	31.5	45.6	40.0	

( 5 号試験片 )

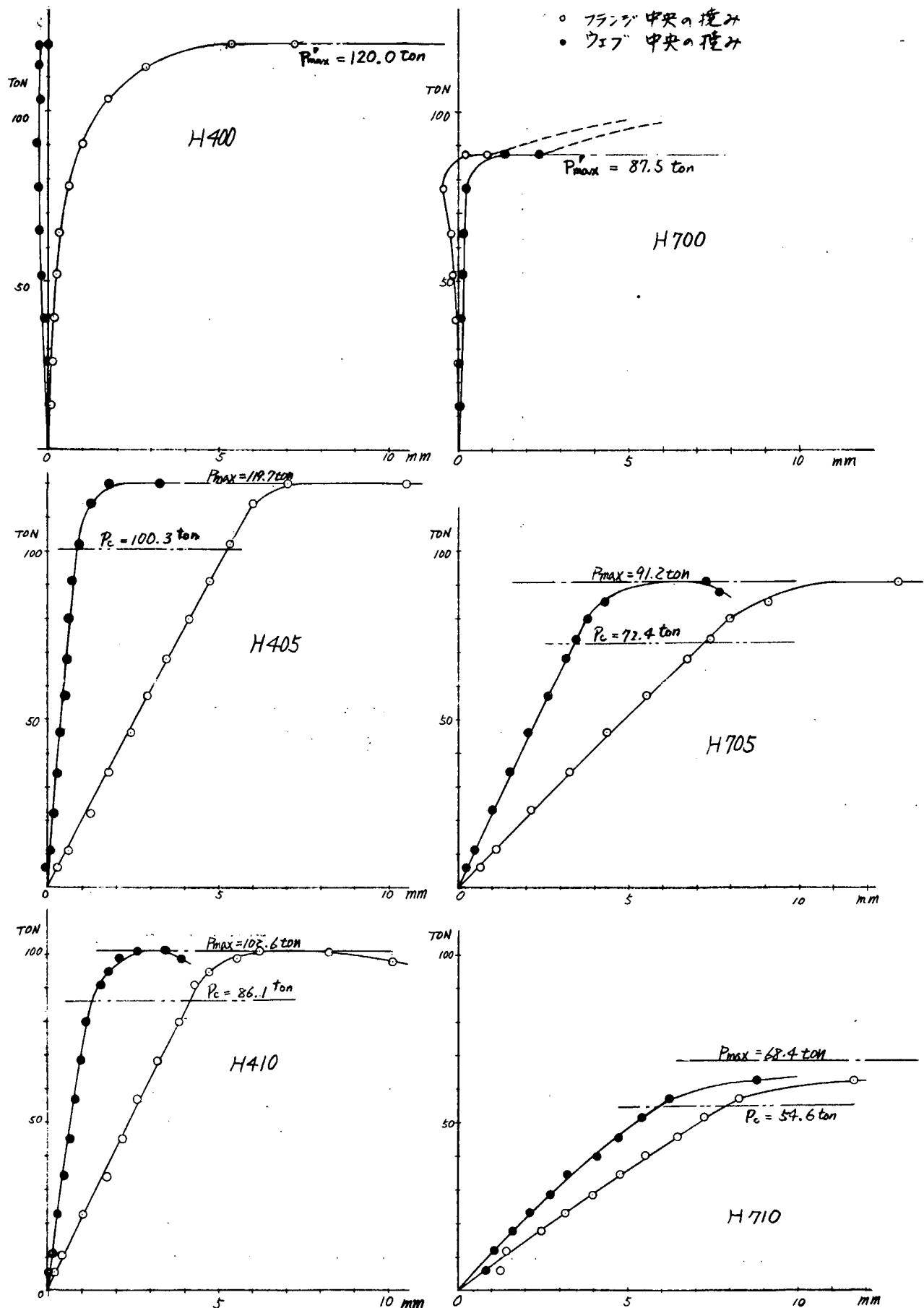


図 3.3.4(1) 荷重・変位曲線

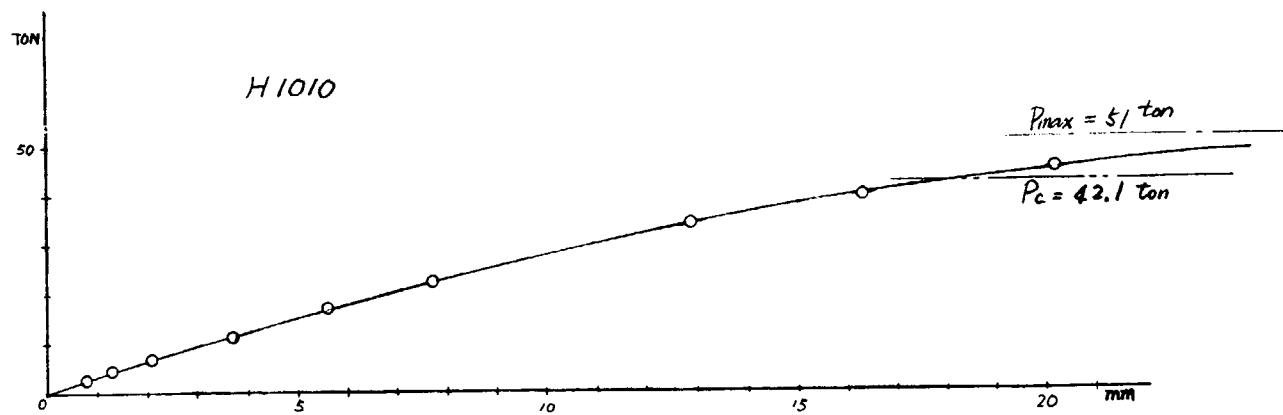
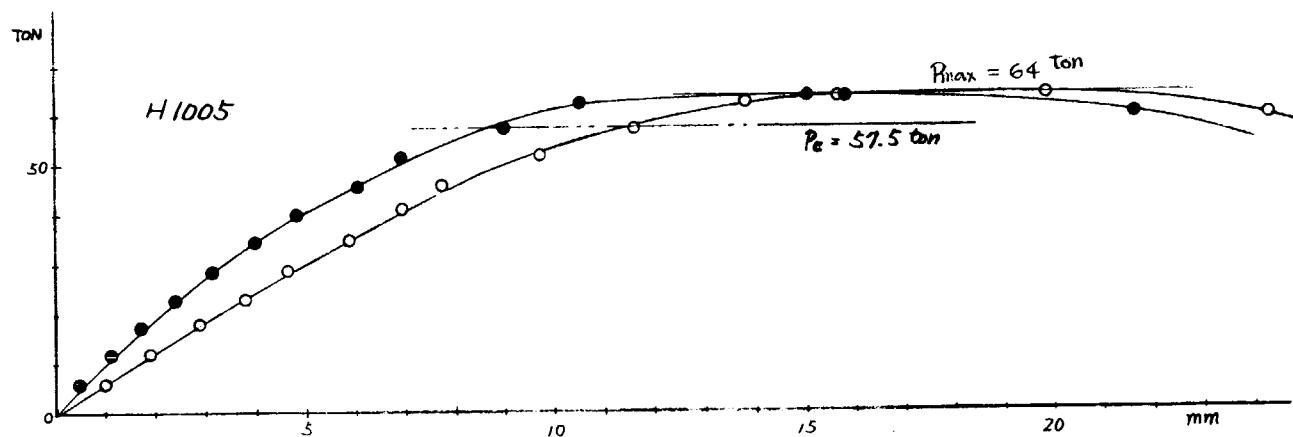
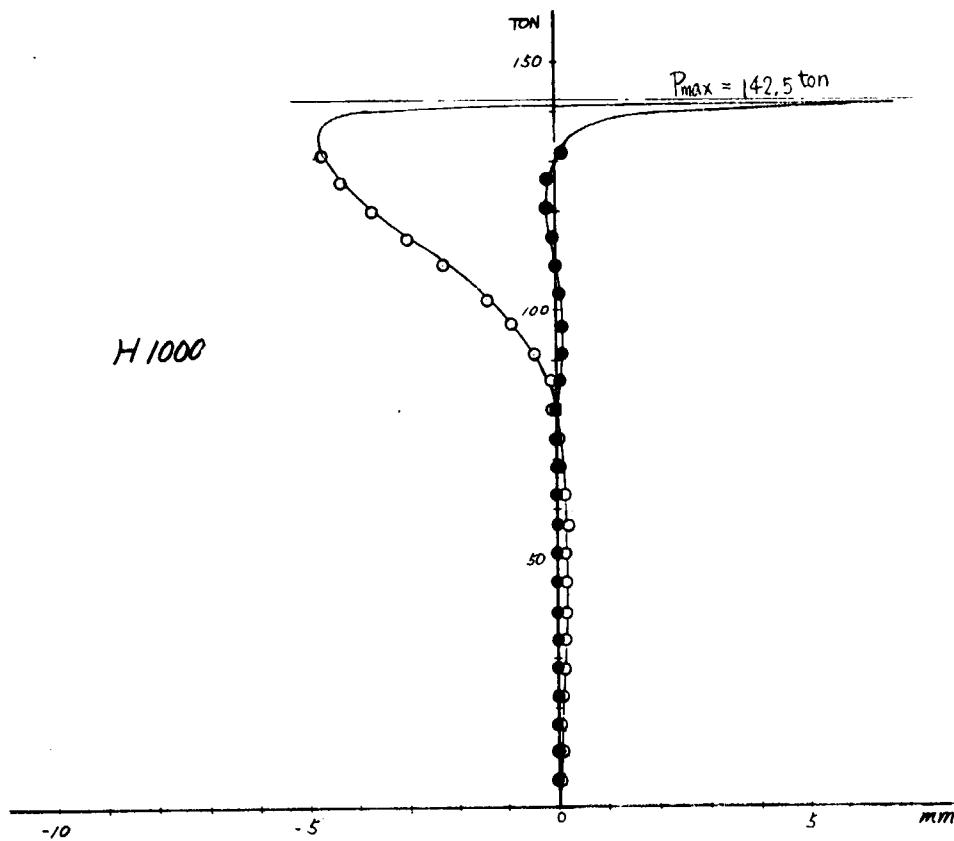
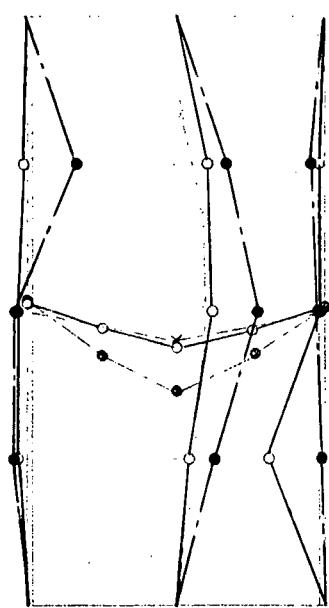


図 3. 3. 4 (2)

H40C

- 50 ton
- 100 ton
- ×— 初期挾み

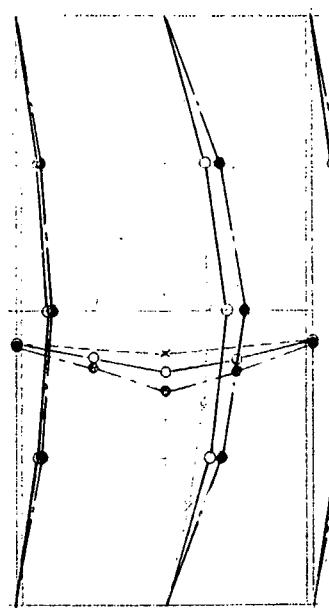


0 2 4 mm

図 3.3.5(1) 横挾み分布

H405

- 50 ton
- 100 ton
- ×— 初期挾み

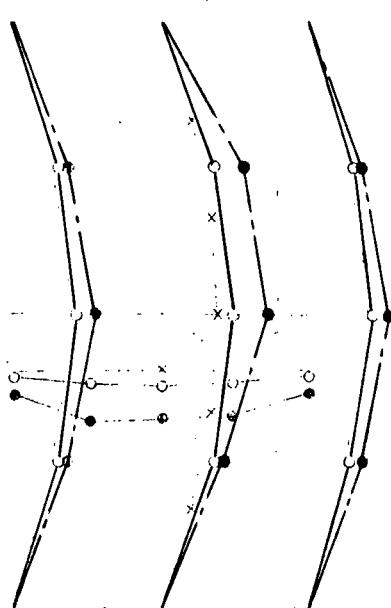


0 10 20 mm

図 3.3.5(2)

H410

- 50 ton
- 100 ton
- ×— 初期挾み

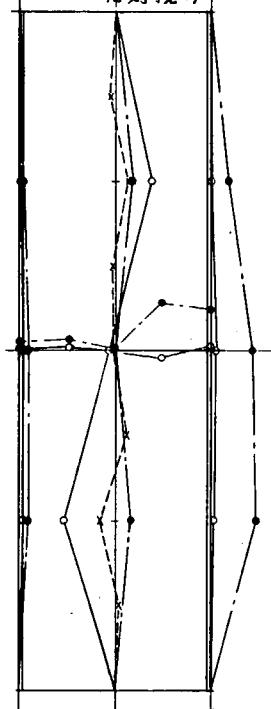


0 10 20 mm

図 3.3.5(3)

H700

- 50 ton
- 87.5 ton
- ×— 初期挾み

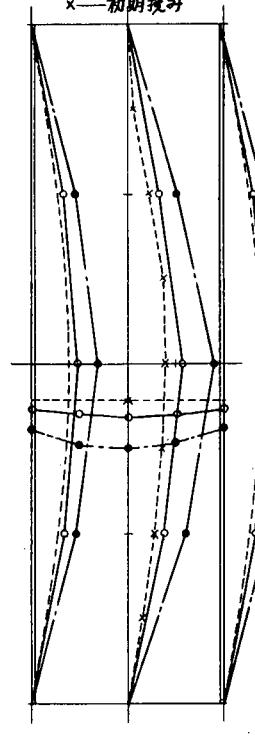


0 2 4 mm

図 3.3.5(4)

H705

- 50 ton
- 91.2 ton
- ×— 初期挾み

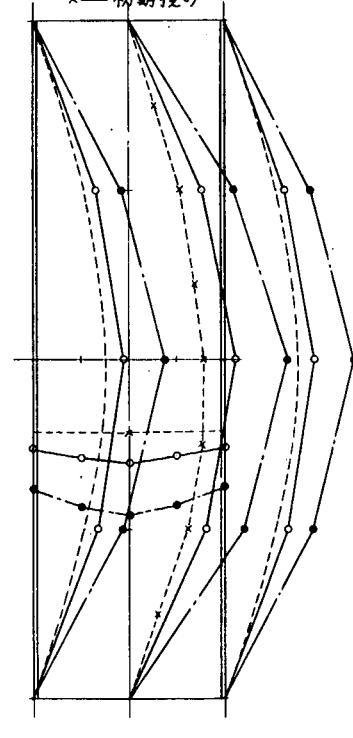


0 10 20 mm

図 3.3.5(5)

H710

- 50 ton
- 68.4 ton
- ×— 初期挾み



0 10 20 mm

図 3.3.5(6)

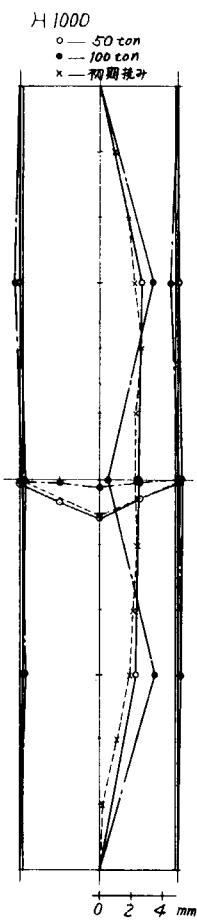


図 3.3.5 (7)

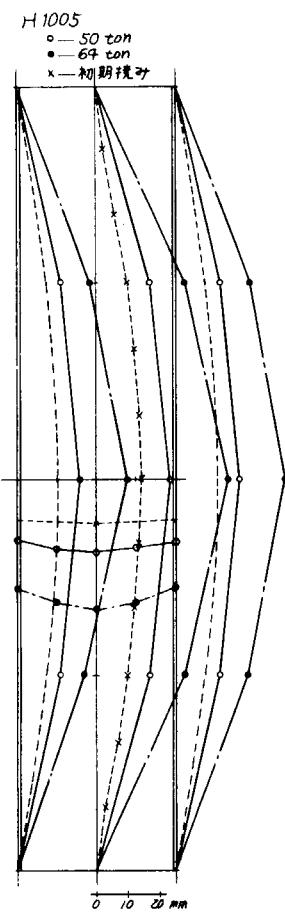


図 3.3.5 (8)

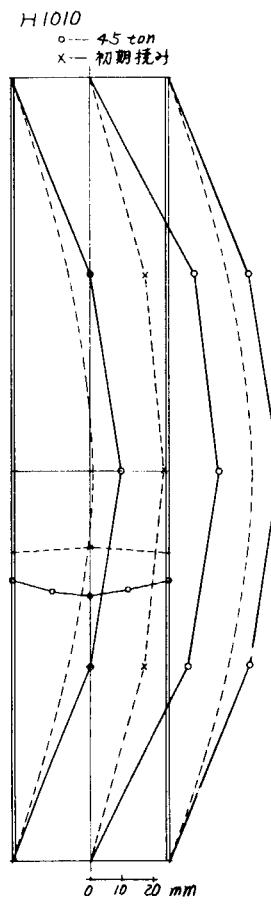


図 3.3.5 (9)

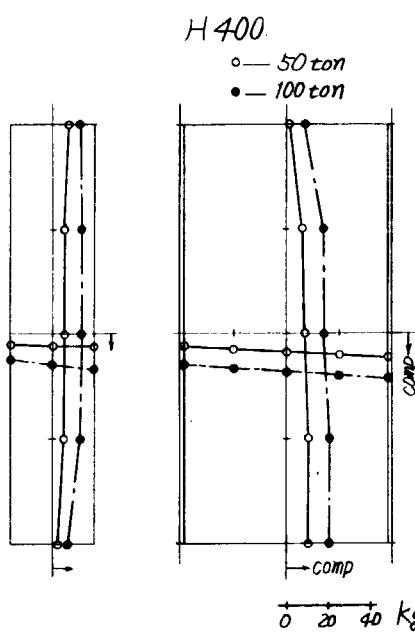


図 3.3.6 (1)

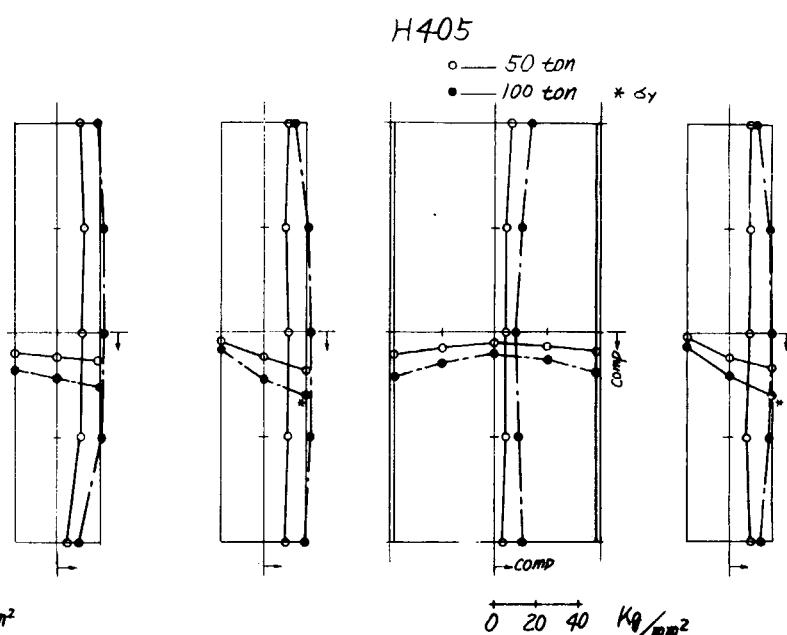


図 3.3.6 (2)

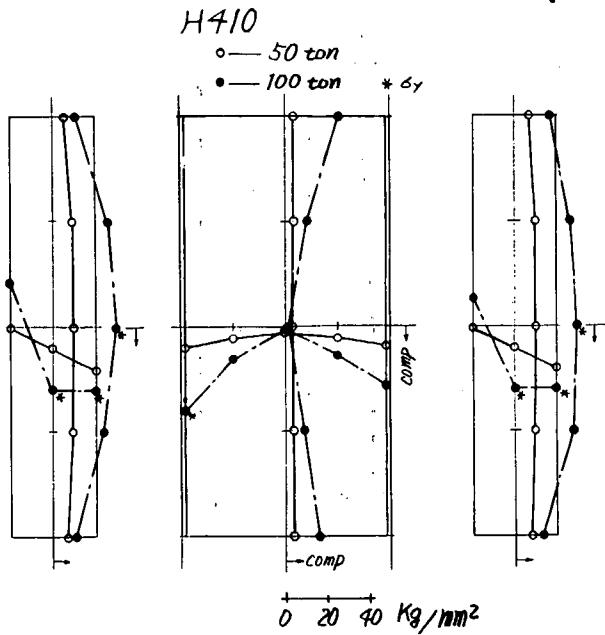


図 3.3.6 (3)

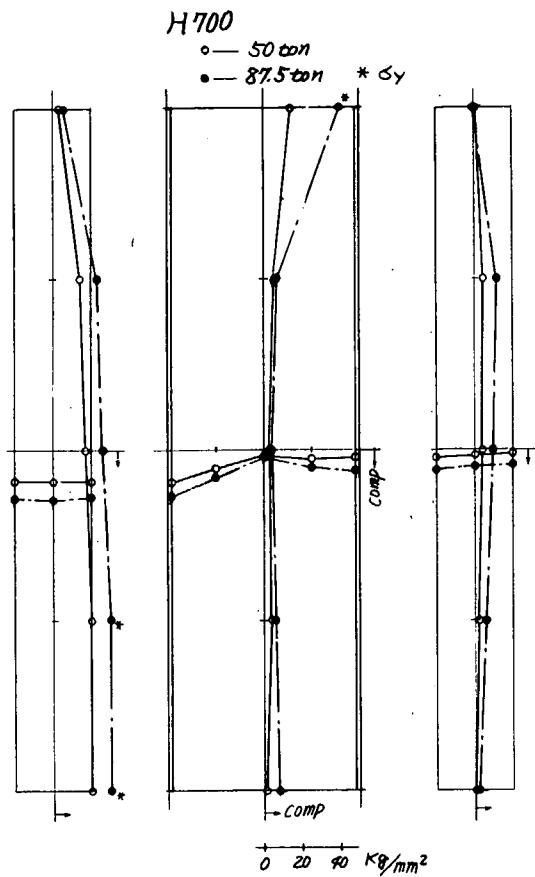


図 3.3.6 (4)

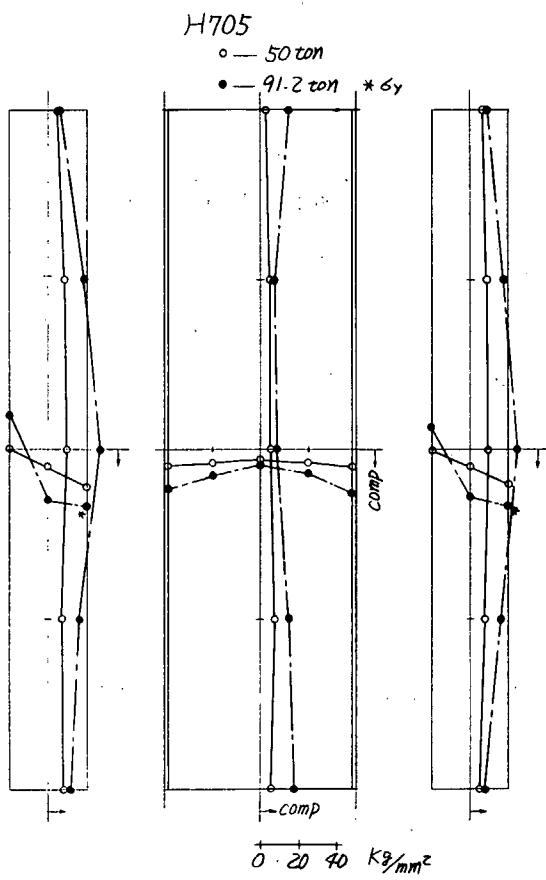


図 3.3.6 (5)

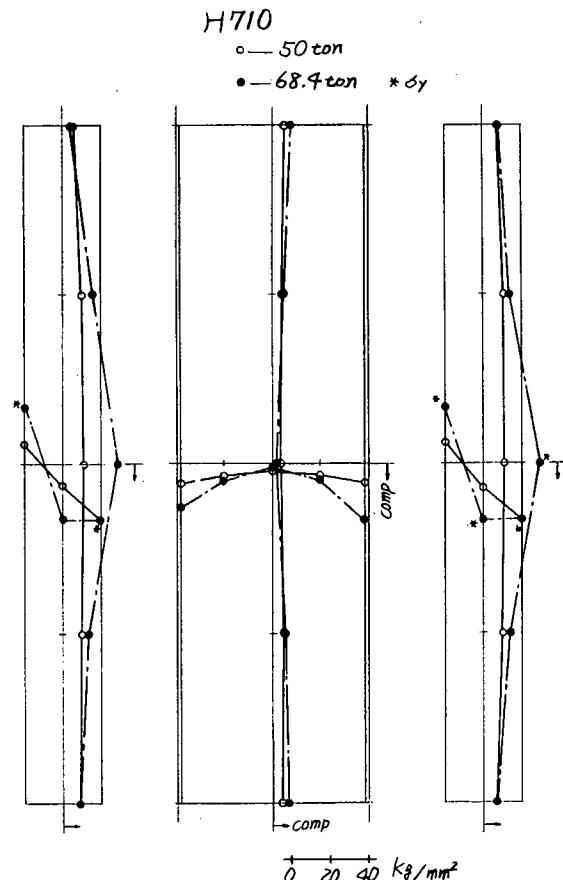


図 3.3.6 (6)

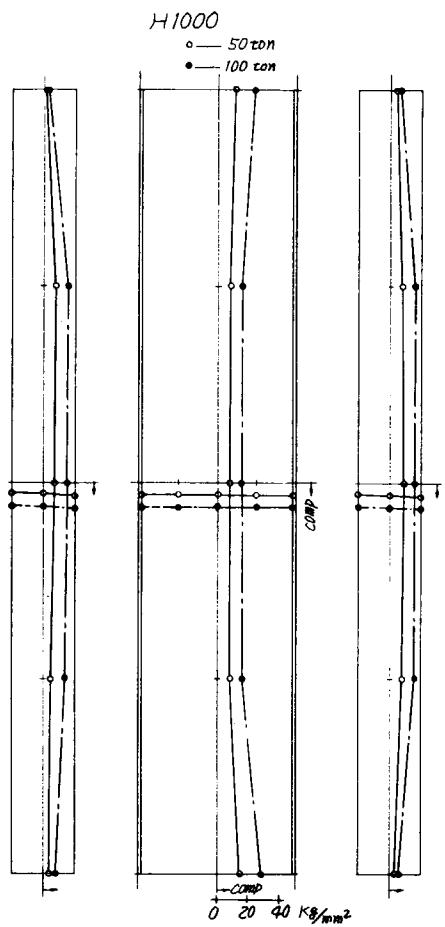


図 3.3.6 (7)

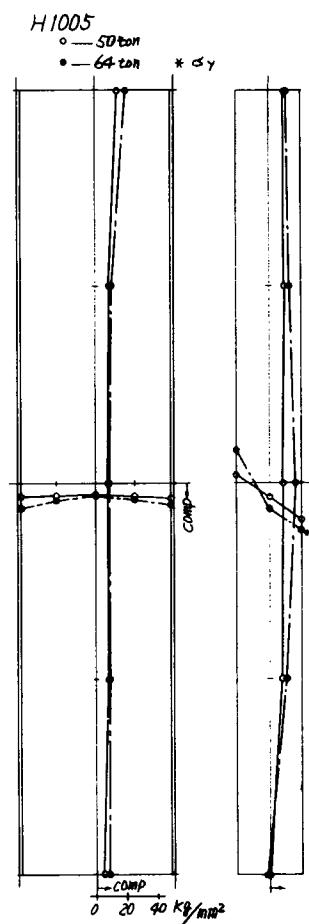


図 3.3.6 (8)

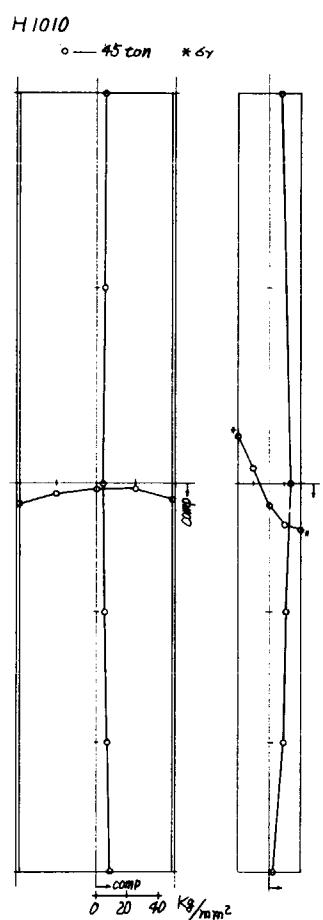


図 3.3.6 (9)

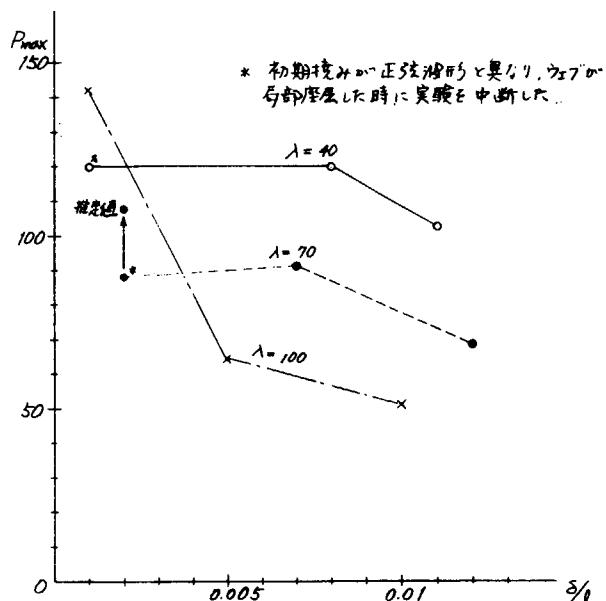


図 3.3.7 最終強度実験値

を計測した最大撓み量が最大値となる正弦波形と仮定して計算したものである。降伏応力  $\sigma_y$  はフランジ材料の降伏応力  $32 \text{ Kg/mm}^2$  を採つた。

初期撓みがないと仮定して座屈計算を行ない表 3.3.4 に併せて示す。

長柱の座屈 Euler の式より、

両端が回転端の場合

$$P_{e1} = \min \left( \frac{\pi^2 EI}{\ell^2}, \sigma_y A \right) \quad \left. \begin{array}{l} \\ \text{両端が固定端の場合} \end{array} \right\} \quad (3.3.2)$$

$$P_{e2} = \min \left( \frac{4\pi^2 EI}{\ell^2}, \sigma_y A \right)$$

ただし、

$\min ( , )$  は ( ) 内の最小の値を意味する。

また、ウェブを初期撓みのない板として座屈するとすれば、I断面内の応力分布が一様と仮定して、

$$P_{bp1} = k_1 \sigma_{cr} \cdot A \quad | \quad (3.3.3)$$

$$P_{bp2} = k_2 \sigma_{cr} \cdot A$$

ただし、

$$\sigma_{cr} = \frac{E \pi^2}{12(1-\nu^2)} \left( \frac{t}{b} \right)^2$$

$k_1, k_2$  は、それぞれ周辺支持、周辺固定の場合の  $k$  値であつて、文献 2) より引用した。この値も表 3.3.4 に併せて示す。

表 3.3.4 実験最終荷重と理論降伏または座屈荷重の比較

model	P <sub>max</sub>	P <sub>c</sub>	P <sub>bp1</sub> *	P <sub>bp2</sub> *	P <sub>e1</sub>	P <sub>e2</sub>	P <sub>max</sub> /P <sub>c</sub>
H 400	120.0 Ton (170.4)	Ton (170.4)	66 Ton (2)	135 Ton (3)	188 Ton	188 Ton	(0.70)
H 405	119.7	100.3					1.19
H 410	102.6	86.1					1.19
H 700	87.5*	(113.1)	66 (3 or 4)	125 (5)	188	188	0.77
H 705	91.2	72.4					1.26
H 710	68.4	54.6					1.25
H1000	142.5	(100.7)	66 (5)	125 (7 or 8)	127	188	(1.41)
H1005	64.0	57.5					1.11
H1010	51.0	42.1					1.21

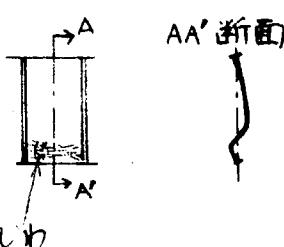
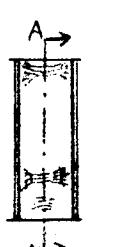
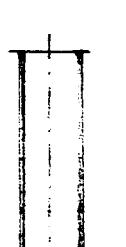
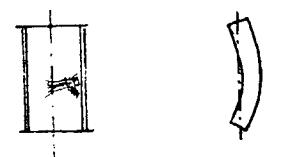
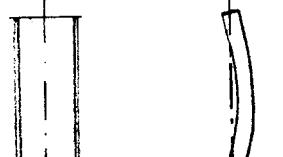
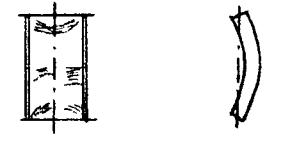
\* ( ) 内は長手方向の半波長の数を示す。横手方向はすべて半波長。

\* ウエブ局部座屈の際の荷重

#### (4) 考 察

- (a) 初期撓みが半波長の正弦波形に近い供試体については、弾性限荷重計算値 P<sub>c</sub> と最高荷重実験値 P<sub>max</sub> が極めて良好な対応を見せている。実際には、ウェブの横撓みはフランジよりも大きく、断面不变の仮定は成立していないため（式 3.3.1）が物理現象を正確に表現しているとは言えない。しかし、本予備実験の供試体は I 型断面であり、その弱軸廻りの曲げ座屈であるから、ウェブは中立軸上にあつて、板厚も薄い。したがつて、強度はフランジに支配され、2枚のフランジだけの構造物と考えることができ、（式 3.3.1）によつて妥当な解が得られたのであろう。（表 3.3.4、図 3.3.4 参照）。

表3.3.3 最終破壊状態

$\lambda$	細長比 slenderness ratio		
$\delta/\ell$	40	70	100
0 %	$P_{max} = 120.0 \text{ Ton}$  <p>フランジはほとんど撓まずウエブが局部的に座屈する。その形状は初期撓みのモードによく似ている。</p>	$P_{max} = 87.5 \text{ Ton}$  <p>フランジはほとんど撓まず、ウエブは初期撓みと同じ約3波長のモードで局部座屈した。</p>	$P_{max} = 142.5 \text{ Ton}$  <p>ウエブの局部変形は肉眼では発見できなかつた。ウエブはフランジに比べ撓みが大きいが、全体で柱として挙動するようである。</p>
0.5 %	$P_{max} = 119.7 \text{ Ton}$  <p>ウエブには局部変形があり、その部分の撓みが特に大きい。フランジは全体的に折れ曲がつた。</p>	$P_{max} = 91.2 \text{ Ton}$  <p>ウエブの局部変形は肉眼では発見できなかつた。ウエブはフランジよりは撓みが大きいが、全体で一本の柱として挙動するように見えた。</p>	$P_{max} = 64 \text{ Ton}$ <p>同 上</p>
1 %	$P_{max} = 102.6 \text{ Ton}$  <p>ウエブに局部変形があり、フランジよりは撓みが大きいが、局部的な座屈はない。フランジは全体的に曲がる。</p>	$P_{max} = 68.4 \text{ Ton}$ <p>同 上</p>	$P_{max} = 51 \text{ Ton}$ <p>同 上</p>

(b) 初期撓みがほとんどない供試体は、全体座屈およびウエブの局部座屈が問題となる。H1000は、初期撓みの量も小さく細長比が100で全体座屈を起こし易くなっている。最終破壊状態を見るとウエブの撓みはフランジよりも大きいが大した差はない、全体座屈と見なせる。最高荷重はウエブの板としての座屈値（周辺支持および固定）を越え、I断面柱の両端回転端オイラー座屈値よりも大きい。したがつて、ウエブは局部座屈するだけの応力が働いたが、それ以上の力はフランジが分担し、かつ、両端は摩擦のために回転拘束の影響が現われたと思われる。H400, H700では、初期撓みは小さいが一様ではない。また、ウエブが小さいために周辺の拘束が大きく、応力の分配が不均一になり応力集中を起こし、そのためにウエブの座屈が最終破壊につながつたのであろう。なお、H400, H700は、実験中、ウエブの局部座屈現象が大きく現われた際に荷重減少が見られ、その段階で計測を中止したが、フランジも崩壊する荷重はさらに大きいと思われる。

実際のストラットでは、こういう極端な局部座屈現象は起こらないと考えられ、来年度、本実験では、できるだけ全体座屈に近い現象を取り扱えるようにする予定である。

### 3.3.5 結論

最終荷重実験値と初期撓み、細長比の関係を表3.3.3および図3.3.7に示す。

半波長の正弦波形の初期撓みを与えたI形組立柱の弾性限荷重は概算でき、実験と妥当な対応を見せている。しかし、実際のストラットではウエブに相当する部分が中性軸から離れて存在し、これを無視しては物理現象と異なつた解析になり、また、初期撓みが半波長の正弦波形で与えられるとは限らない。巾に比べて厚みが小さい、いわゆる板は面外方向の剛性が弱く、初期撓みの影響が極めて大である。したがつて、構造物を構成する板は、それぞれの初期撓みに応じて挙動が異なつてくる。すなわち、梁理論の基本仮定の断面不变もそのまま適用することはできない。また、面外撓みが出ると面内応力分布も変化し、その解析は容易ではない。

初期撓みのない柱の座屈荷重は古典的理論により概算できるし、最近は電子計算機がめざましく発達し、より複雑な構造物の座屈荷重をより精度良く求める手法が開発されつつある。

初期撓みのあるストラットの強度分析をするには荷重を増加しながら応力を逐次計算し、変形を求めていく荷重増分法などによるのが電算機の発達した今日、最良と考えられる。しかしながら、断面変形、部材によつて異なる初期不整等まで考慮することは極めて困難である。

したがつて、初期不整量の強度に及ぼす影響を実験的に詳しく調査するとともに、それを参考にしたモデル化を行なつての理論形成、それによる計算を行なうのが妥当であろう。

## 参考文献

- 1) Timoshenko & Gere "Theory of Elastic Stability"
- 2) Schleicher "Die Knickspannungen von eingespannten rechteckigen Platten"

## 3.4 二次部材の歪量に関する研究

### 3.4.1 試験目的

内構部材に取付けられる二次部材に初期撓みがある場合、その初期撓みが内構部材の強度に及ぼす影響を把握する。初年度は予備試験として、二次部材にウエブ付ステイフナフロアー付ステナ、トリッピングプラケットを選び、全国代表的造船所で建造されている、大型船の内構材の実態を調査し、試験体の寸法を決定し、ウエブ付ステイフナ、トリッピングプラケットについては、初期撓みによる横倒れ座屈強度の低下状況を、フロアー付ステイフナに関しては、初期撓みによる圧縮座屈強度の低下状況を実験的に追求する。

### 3.4.2 実船に使用されている内構材二次部材寸法の実体調査

#### (1) 二次部材の寸法調査

二次部材の歪量に関する研究で試験体寸法設定のため、内構部材に取付けられる二次部材ウェブ付ステイフナ、プロア付ステイフナ、トリッピングブラケットの寸法の実体調査アンケートを、大型船を建造している造船所13社を対象に実施した。

アンケート取りまとめを整理した結果を図3.4.1、図3.4.2、図3.4.3に示す。

#### (2) 試験体寸法の設定

試験体の原形は、アンケート取りまとめ整理した結果より、フラットバーおよび補強またはフランジなしのブラケットで  $b/h$  の比較的小さいものを選択した。この原形に対し、試験機の荷重能力を考慮し試験体二次部材の板厚を  $6\text{ mm}$  に設定し、これと原形の二次部材の板厚の比により各寸法を縮小して試験体の寸法を決めた。

試験体寸法図を、図3.4.4、図3.4.5、図3.4.6に示す。

### 3.4.3 模型実験

#### (1) 実験概要

内構部材に取り付けられる二次部材に初期撓みが存在する場合、初期撓みが内構部材の強度に及ぼす影響を検討した。ウェブ付ステイフナおよびプロア付ステイフナに関しては初期撓みによるウェブプレートおよびプロアプレートの強度の低下状況を、トリッピングブラケットに関しては初期撓みによるブラケット自体の強度の低下状況を実験的に追求した。

各試験体の試験状況を写真3.4.1～3.4.3に示す。

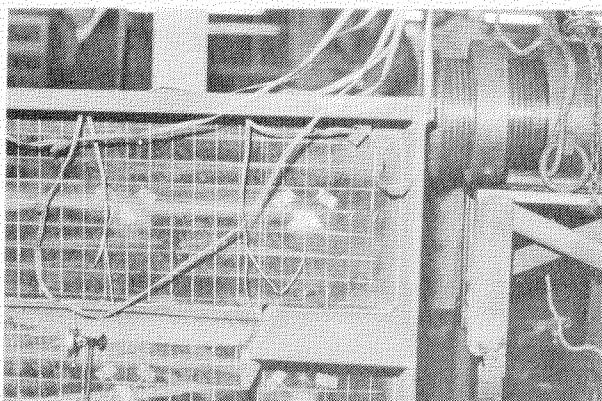


写真3.4.1 Web付Stiffener試験

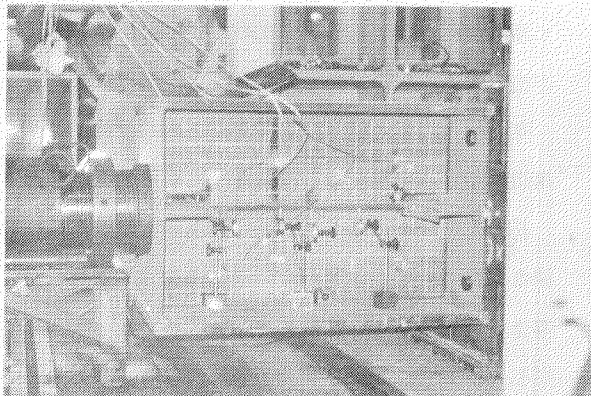


写真3.4.2 Floor付Stiffener試験



写真3.4.3 Tripping Bracket試験

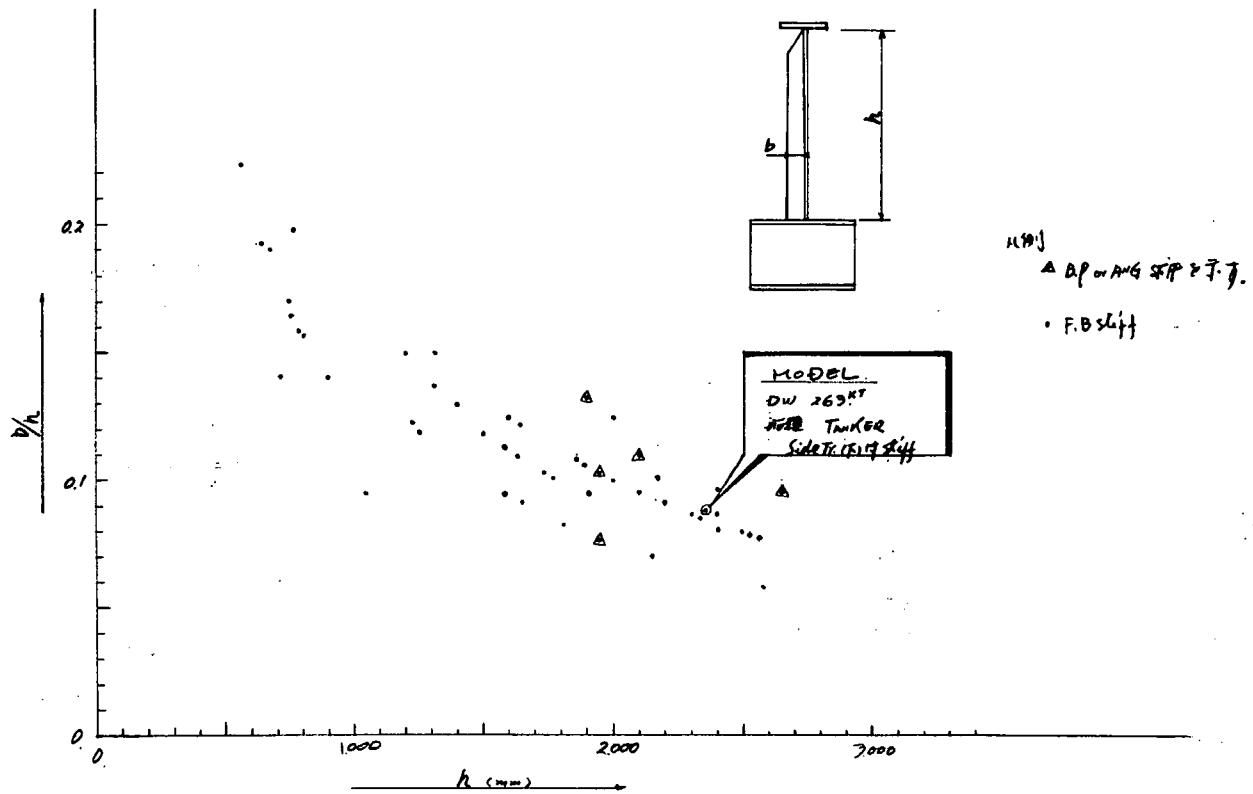


図 3.4.1 Web 付 Stiffener の寸法実績

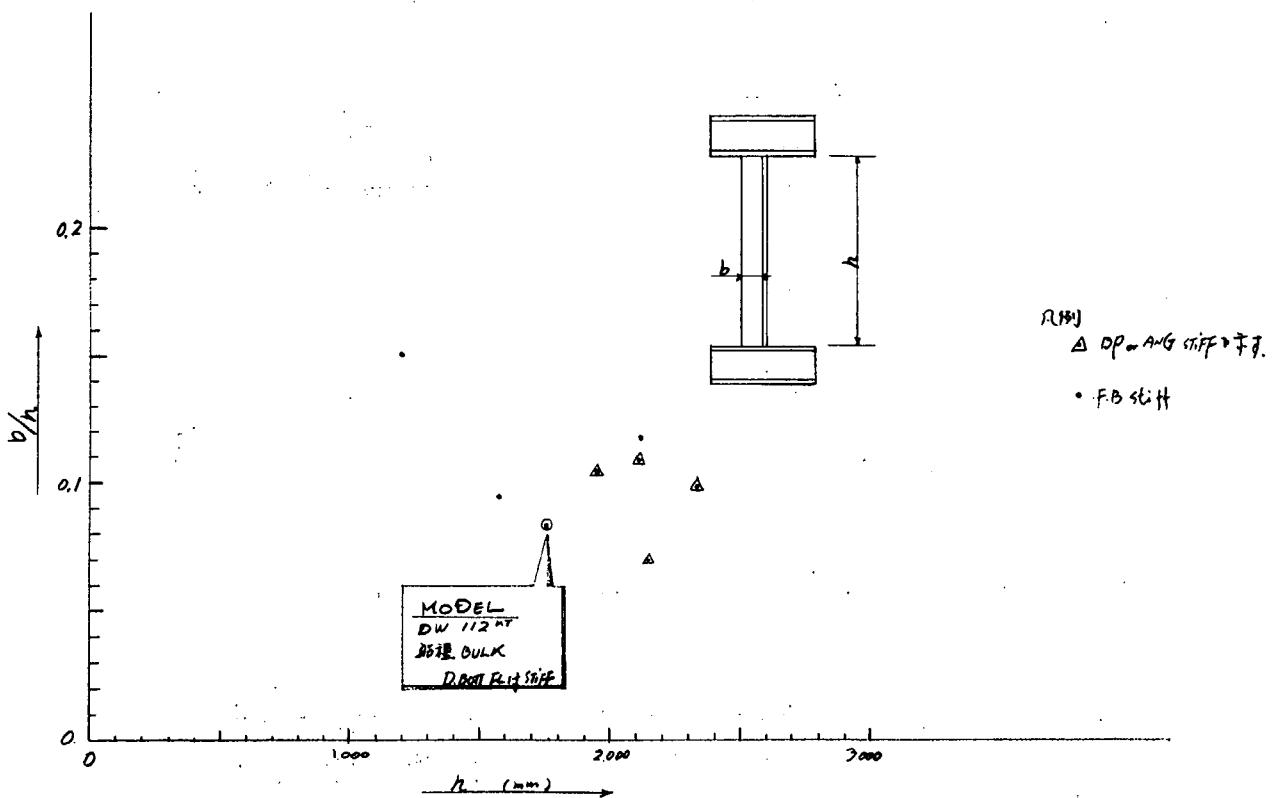


図 3.4.2 Floor 付 Stiffener の寸法実績

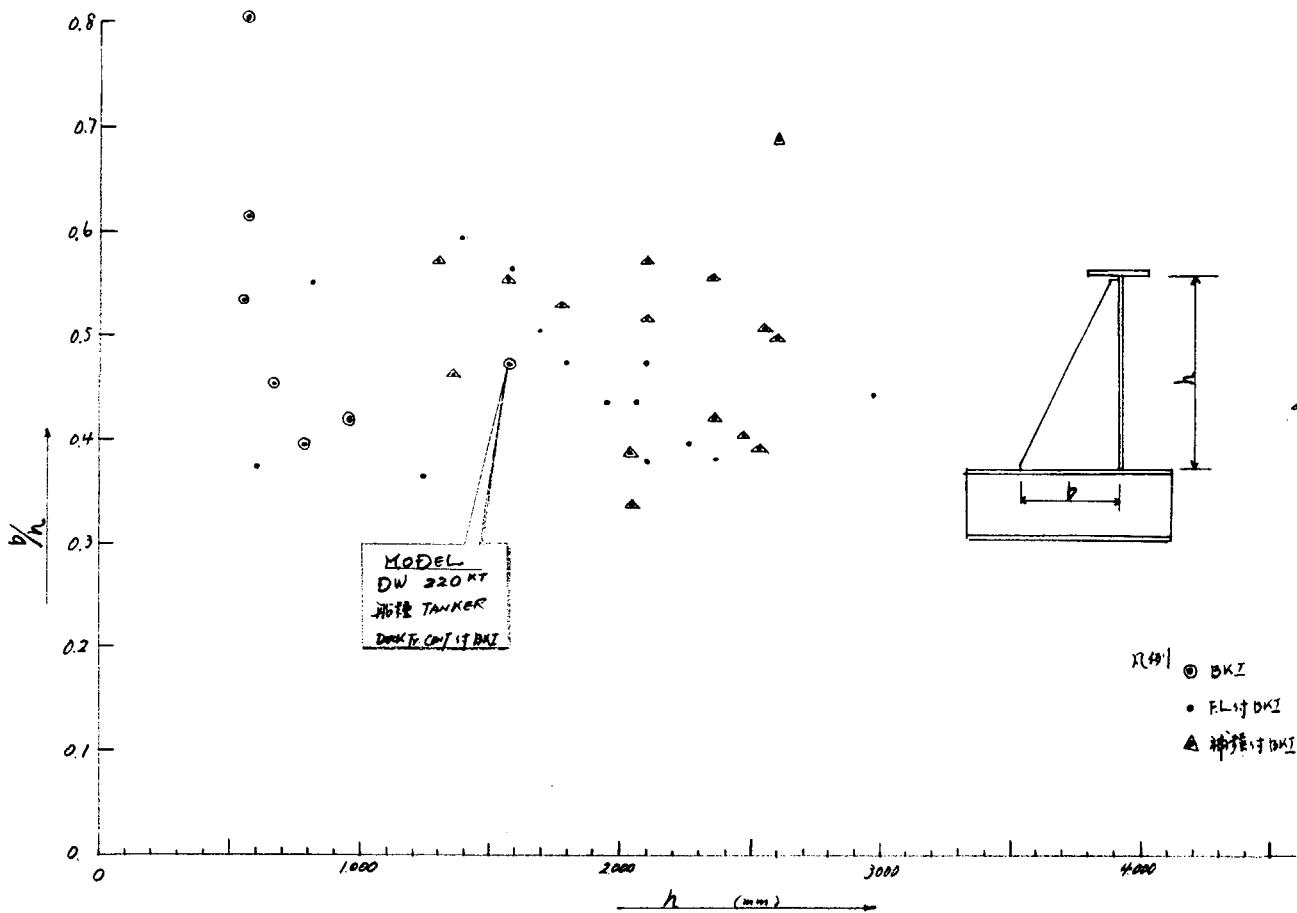


図 3.4.3 Web 付 Bracket の寸法実績

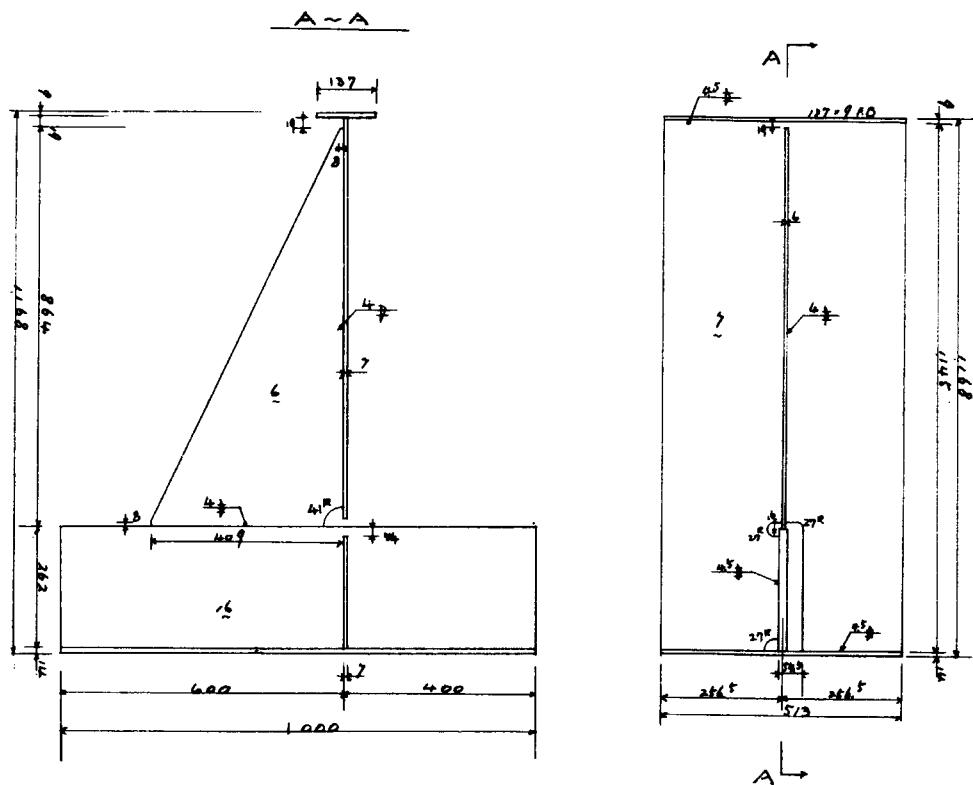


図 3.4.4 Web 付 Stiffener 試験体寸法図

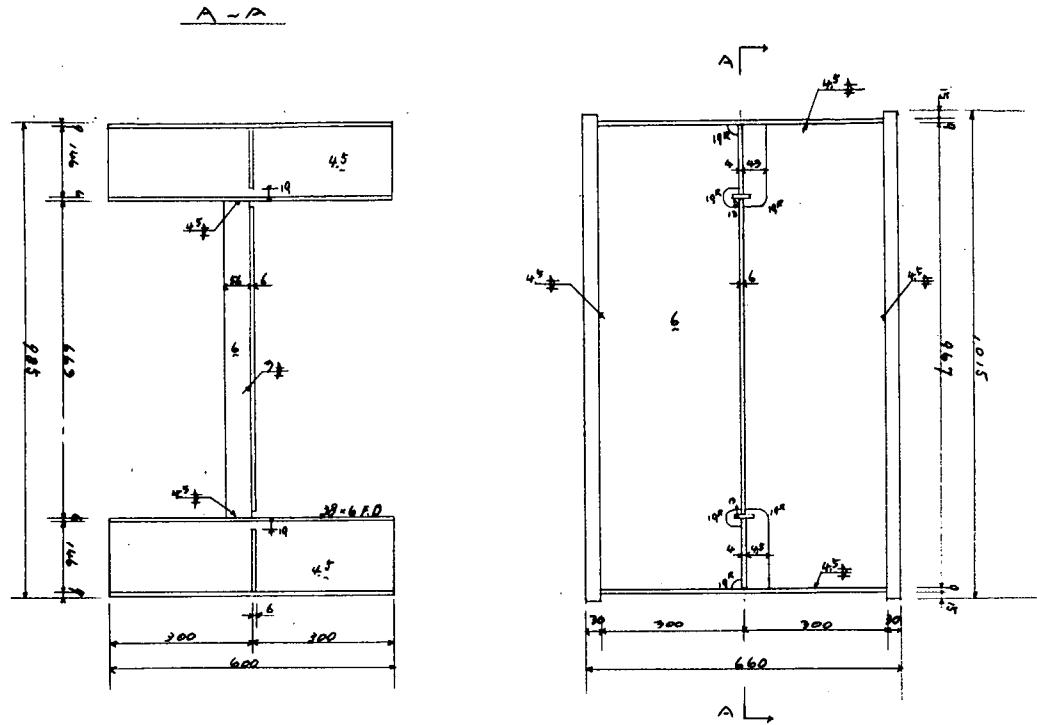


図 3.4.5 Floor 付 Stiffener 試験体寸法図

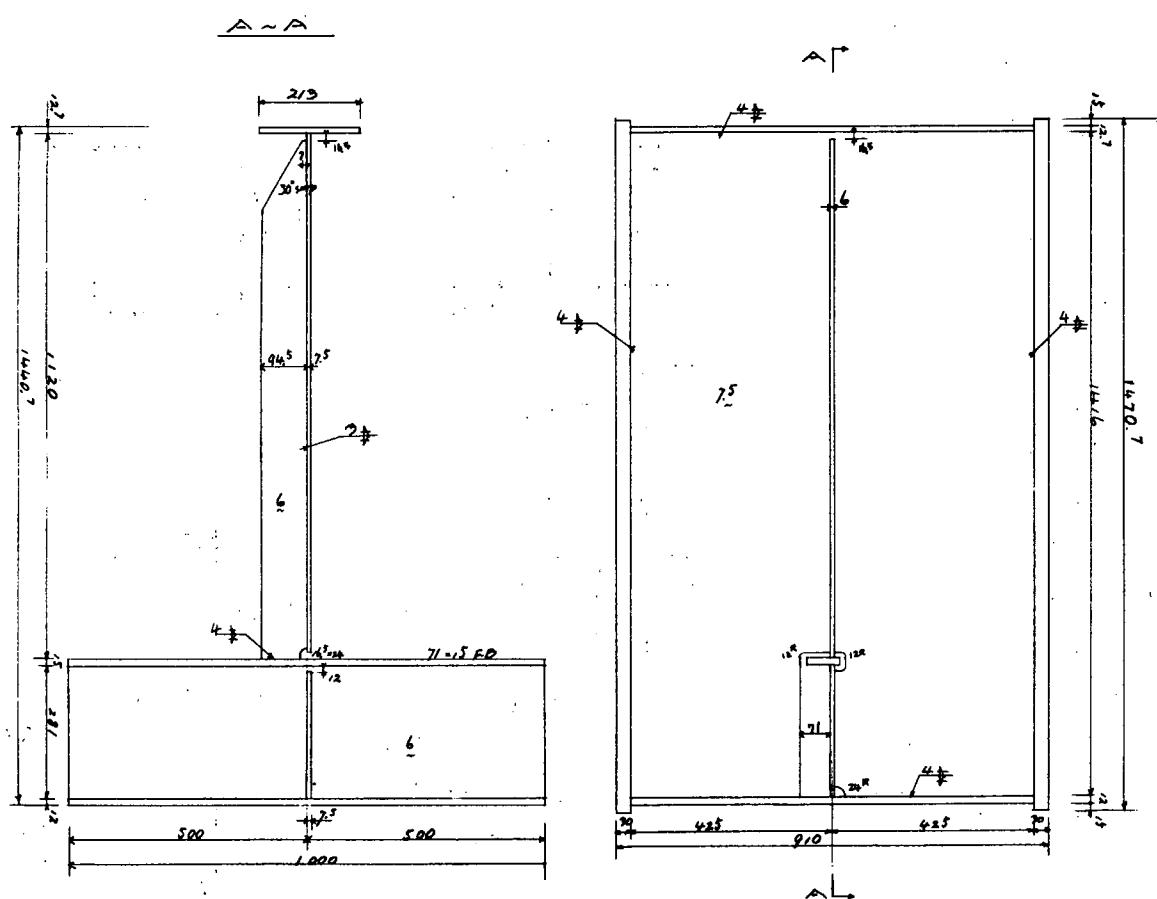


図 3.4.6 Tripping Bracket 試験体寸法図

## (2) 試験体

供試体主要寸法は、図3.4.4、図3.4.5、図3.4.6に示す如くである。初期撓みは、試験体組体後ガスバーナで修正し、試験体は残留応力を除去するため焼純（600°C、2 hr以上、その後炉中冷却）を行なつた。

各試験体の系列、二次部材の自由縁の最大初期撓み量は表3.4.1に示すとくであり、また、自由縁の初期歪の形状は図3.4.7に示すとくである。

試験に用いた材料は、造船用圧延鋼板でその焼純後の機械的性質の一例を表3.4.2に示す。

表3.4.1 供試体系列及び初期撓み量

Model		板厚 t [mm]	最大初期撓み量 $\delta_0$ [mm]	$\delta_0 / t$
Web付 Stiffener	WS1	6	0	0
	WS2	6	3.0	0.50 (1/2)
	WS3	6	4.5	0.75 (3/4)
	WS4	6	8.0	1.33 (4/3)
Floor Stiffener 付	FS1	6	0	0
	FS2	6	5.0	0.83 (5/6)
	FS3	6	9.5	1.58
	FS4	6	14.0	2.33 (7/3)
Tripping Bracket	TR1	6	3.0	0.50 (1/2)
	TR2	6	3.0	0.50 (1/2)
	TR3	6	8.5	1.47
	TR4	6	11.5	1.92

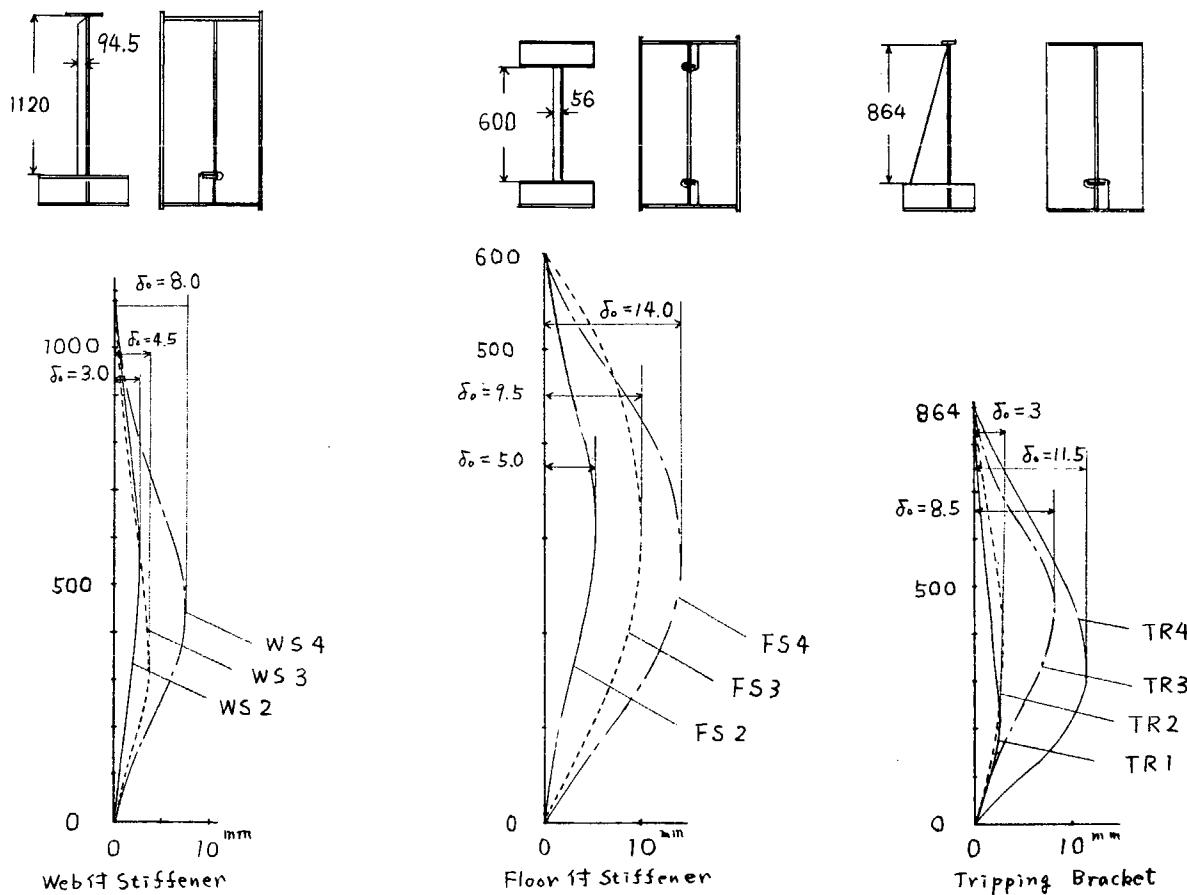


図3.4.7 試験体 初期撓み

表3.4.2 材料引張試験結果

名 称	標点距離 mm	板厚×巾 mm	降伏点 (kg/mm <sup>2</sup> )	引張強さ (kg/mm <sup>2</sup> )	伸び (%)
Web Plate	200	7.46 × 40.25	26.8	44.4	24.5
Floor Plate	200	6.20 × 40.25	34.7	50.7	26.8
Bracket	200	6.52 × 40.30	32.5	45.7	19.3

## (3) 計測

写真3.4.1～3.4.3に示すとく。荷重はオイルジャッキにてかけ、横撓みはダイヤルゲージにより測定した。測定は、荷重を段階的に増加してその荷重に対するダイヤルゲージの読みを記録した。

また、応力分布をストレインゲージにより測定した。図3.4.8、図3.4.9、図3.4.10は、各試験体の荷重点および計測位置を示す。

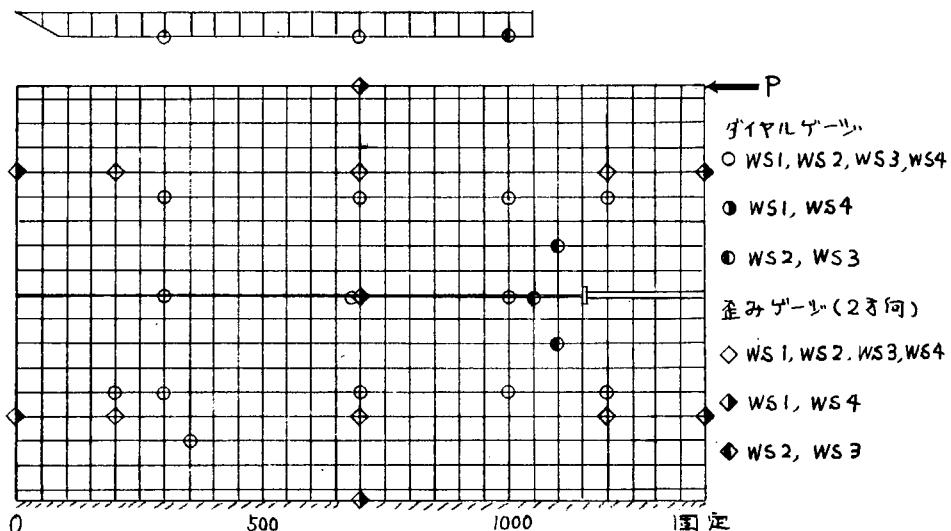


図3.4.8 Web付 Stiffener 計測位置

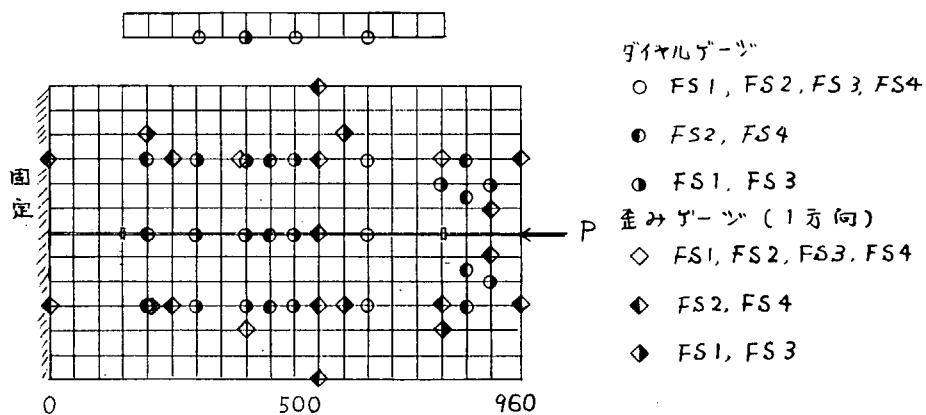


図3.4.9 Floor付 Stiffener 計測位置

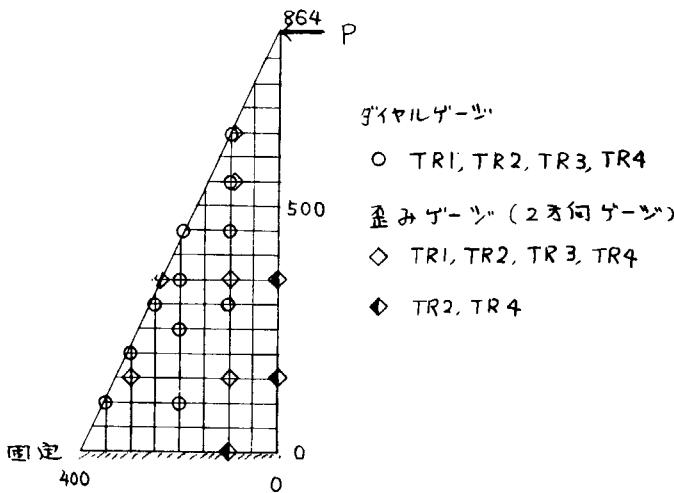


図 3.4.10 Tripping Bracket の計測位置

### 3.4.4 実験結果および考察

#### (1) ウエブ付ステイフナ試験体

図 3.4.1 は、各初期撓みの場合の荷重と横撓み量の関係を示す。

ウェブプレートは、荷重点と対称な位置に屈部的な座屈を生じ、小さい荷重の増加により大きな横撓み量が生じる。そして座屈の範囲が周囲に広がつて行くが、近い距離にある底板に達すると、横撓みは荷重増加によつても増加せず。座屈していないような挙動を示す (WS2, WS3, WS4)。そして再び大きな荷重に達すると座屈が進行し始める。ウェブプレートに生じる局部的座屈現象は、目視により容易に観察することができ、図 3.4.1 1 の横撓み量は、座屈の中心に最も近いダイヤルゲージの読みである。

図 3.4.1 2 は、座屈荷重と初期撓みとの関係を示す。座屈荷重は、 $P \sim \delta^2$  法により決定した。ステイフナの初期撓みが増すと、ウェブプレートの座屈荷重は小さくなる。これは、ステイフナの初期撓みが増すとステイフナの剛性が小さくなり、ウェブプレートの荷重負担分が多くなるためであろう。しかし、 $\delta_0 < \frac{t}{2}$  ならば初期撓みは、座屈荷重に大きな影響を及ぼさないと云えよう。

また、ステイフナの横撓み量の増加は、座屈荷重においても最大 2.5 mm 程度であり、問題となる撓み量ではない。

#### (2) フロアー付ステイフナ試験体

図 3.4.1 3 に各初期撓みの場合の荷重と横撓み量の関係を示す。

座屈は、フロアープレートのスロット部開口側に生じ、目視により容易に観察できる。図 3.4.1 3 の横撓み量は、座屈の中心に最も近いダイヤルゲージの読みである。

荷重に対して、横撓み量は、最大値を持ち、これ以上の荷重に耐えられなくなる。この荷重を最高荷重と名づける。

図 3.4.1 4 は、ステイフナの初期撓み量が大きくなるにつれて、最高荷重が減少していく様子を表わしている。最高荷重は、初期撓み量にかなり影響を受け、 $\delta_0 = t$  の場合は、 $\delta_0 = 0$  の場合の 78 % の最高荷重になる。この場合も、ステイフナの初期撓みが増すと、ステイフナの剛性が小さくなり、フロアープレートの荷重負担金が多くなることによると考えられる。

図 3.4.1 4 には、座屈荷重とステイフナ初期撓み量の関係を示す。座屈荷重は、 $P \sim \delta^2$  法により決定した。ステイフナの初期撓み量が増すと、フロアーの座屈荷重は小さくなる。

$\delta_0 = 0$  の場合、最高荷重は 9.6 ton であり、座屈荷重は 8.9 ton である。しかし、この差は  $\delta_0$  が大きくなると小さくなつている。このことは、 $\delta_0$  が大きくなるとステイフナの受持つ荷重が小さくなるためであろう。

ステイフナの横撓み量の増加は、最高荷重においても最大 0.5 mm であり、問題となる撓み量でない。

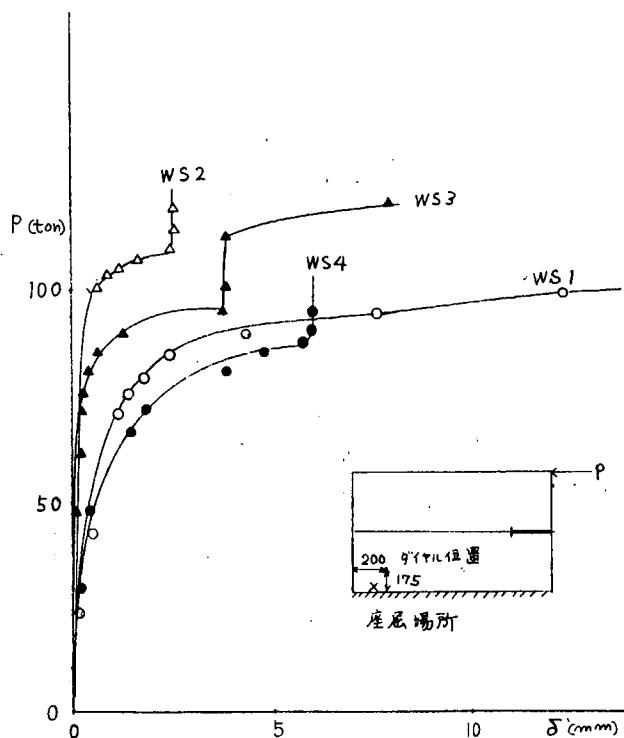


図 3.4.11 Web 付 Stiffener 荷重～撓み曲線

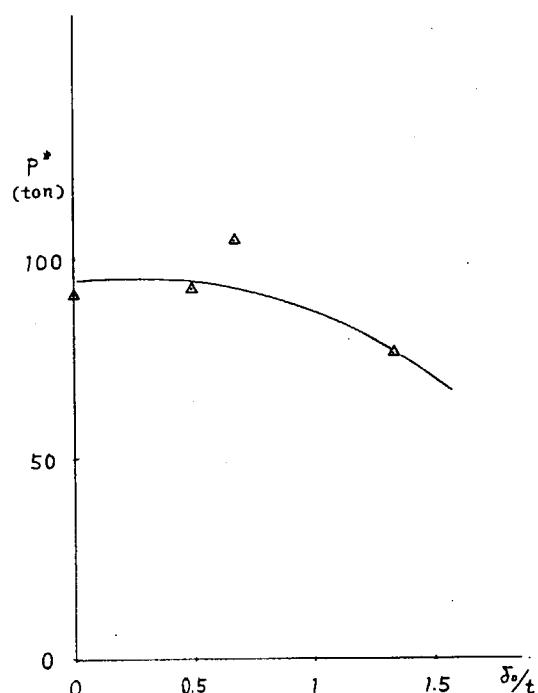


図 3.4.12 Web Stiffener の初期撓みと Web Plate の座屈荷重関係

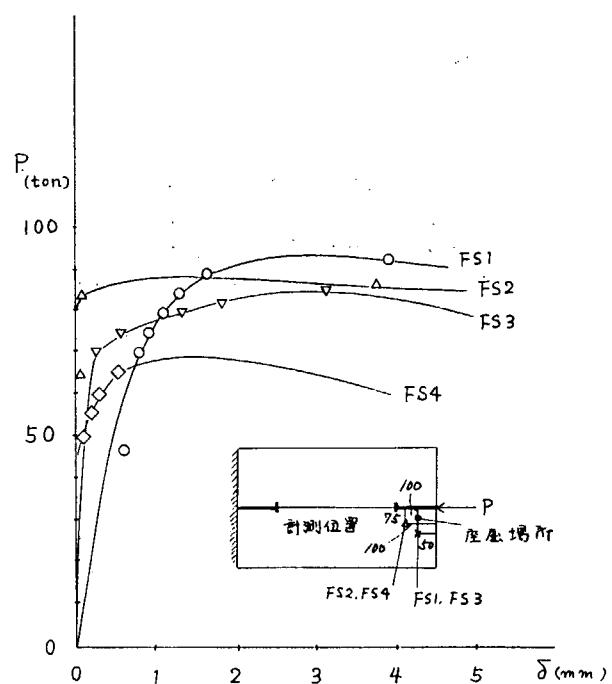


図 3.4.13 Floor 付 Stiffener 荷重～撓み曲線

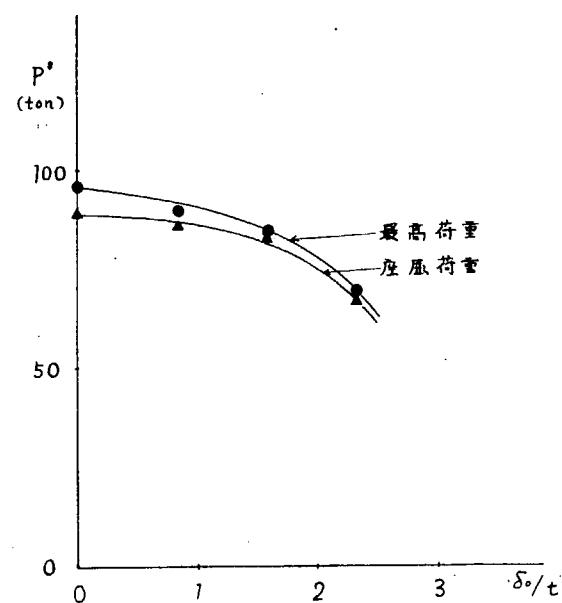


図 3.4.14 Floor Stiffener の初期撓みと Floor の最高荷重及び座屈荷重との関係

(3) トリッピングプラケット

図3.4.15は、各初期撓みの場合の荷重と横撓み量の関係を示す。ただし、TR3については最高荷重は求まらないかつた。

TR1, 2, 4試験体については、プラケットの自由端上方より2/3あたりに座屈を生じ、目視により観察できた。

図3.4.16は、 $\delta_0 = \frac{t}{2}$  (WS2) の場合の自由端の横撓み量を各荷重に対して示している。横撓みは、最大で30mm以上にもなる。

図3.4.17は、プラケットの初期撓み量と最高荷重の関係を示す。

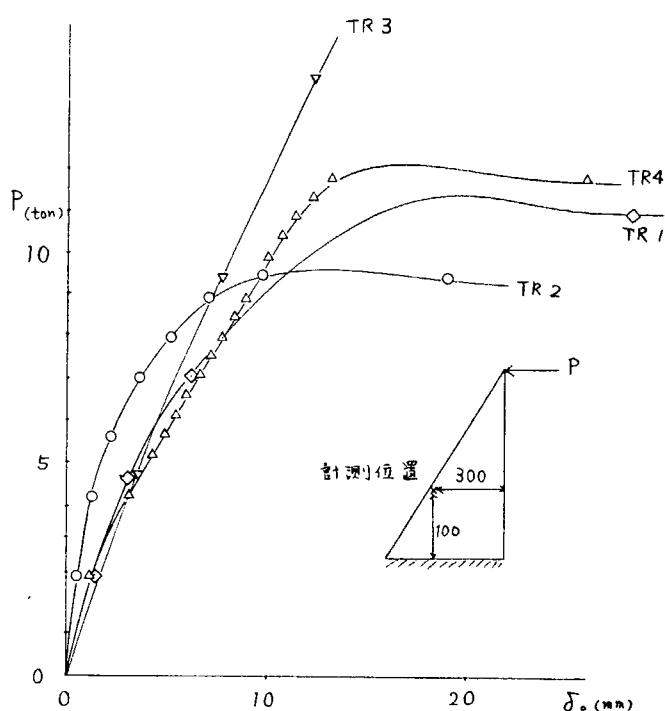


図3.4.15 Tripping Bracket の荷重～横撓み曲線

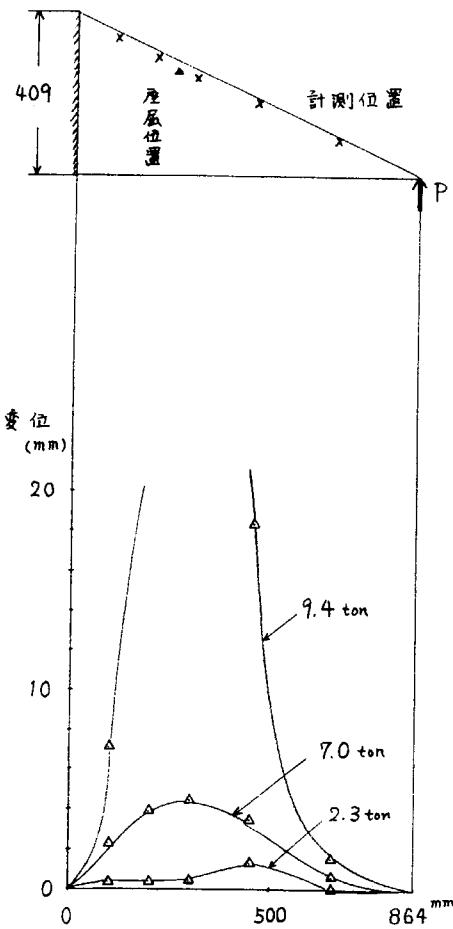


図3.4.16 Tripping Bracket のFree edge  
の各荷重における撓み曲線 (TR2)

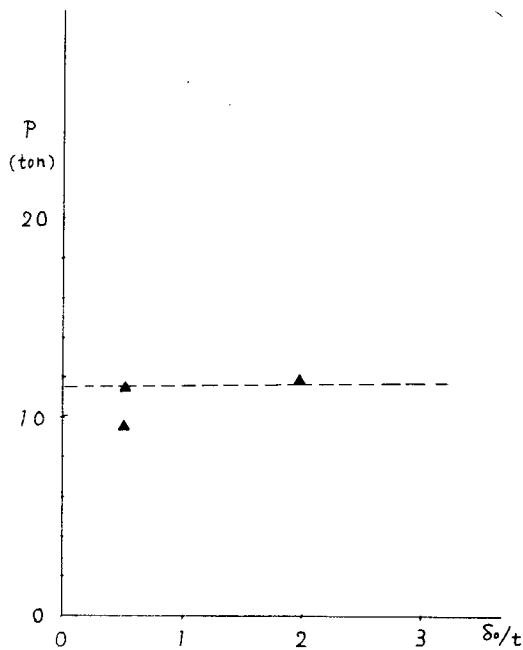


図3.4.17 Tripping Bracket の初期撓みと  
最高荷重との関係

トリッピングプラケットの場合、 $\delta_0$  の変化に対して、最高荷重の差が出ないようであるが、この試験体は前の2つとは違つてウェブプレート両側がフリーであるので、この影響が出たものと考えられる。プラケットについては次年度もさらに研究を行なう。

### 3.4.5 結論

ウェブ付スティフナ、フロアー付スティフナ場合は、Web Plate, Floor Plate の座屈荷重と Stiffener の初期撓み量との関係が求り、二次部材の初期撓み量による座屈強度の低下の程度が明らかになつた。

どこまでを許容限界にするかは、今後の検討を必要とする。

トリッピングプラケットについては、一応、最高荷重とプラケットの関係が出たが、試験体の固着方法等に問題があるようで、さらに次年度の詳細な検討を行なう。

## 4. 船殻部材の歪量と材料強度との関連に関する研究

### 4.1 建造中に発生する歪の解析と防止法に関する研究

溶接により生じる歪は、構造の美観あるいは構造強度的な機能に影響する場合があるほかに、部材の取りつけ工数あるいはひずみとり工数を著しく増大させるため、溶接歪の防止に関する研究は重要である。

溶接歪量の定量化、防止対策については従来から多くの研究が行なわれているが、個々の溶接方法に適用することはかなり困難を伴い、基礎的なデータを集積することが必要である。近年、船殻が大型化するに伴い、大電流を用いる高能率溶接法が広範囲に使用されるに至つたが、この種の溶接法については溶接歪に関するデータは少く、今後の研究が待たれる。

このような見地から今年度研究においては、高能率板継溶接法である片面自動溶接の溶接変形について実験を行ない、基礎的な資料を得た。

#### 4.1.1 概要

船殻建造におけるブロックの大形化が進むにつれ、外板や甲板の板継の規模が大きくなつてきた。鋼板が大形につれ板の両面からの溶接作業が困難となるため片面溶接の利点は大きい。しかしながら、板厚が比較的薄い鋼板の突合せ溶接を行なう場合には、大きな面外変形を生じ、板の取つけ作業に困難を伴う場合があり、面外変形の軽減対策を検討することは有用であろう。

面外溶接変形は溶接線方向の縦曲り変形とこれに直角方向の横曲り変形よりなると考えられるが、本研究では縦曲り変形に対する溶接試験片の剛性が面外溶接変形に及ぼす影響について実験的に調べた。

なお、片面自動溶接は溶接入熱が大きく、また溶接速度も大きいため、溶接長さが1 mから2 mの大形試験片を用いて実験計測を行なつた。

#### 4.1.2 実験

##### (1) 実験の内容

板厚1.2 mmのSS41鋼板を片面自動溶接し、主として縦曲げ剛性が面外溶接変形に及ぼす影響について調べた。

溶接端の变形防止を考慮して端部の拘束の効果について検討した。

##### (2) 試験片および拘束状態

表4.1.1に使用した試験片の形状と拘束状態の一覧を示す。試験片の板巾は800 mmとし(A-5, 6は700 mm)、板長さは2,000 mmおよび1,000 mmである。板長さ2,000 mmのものを符号A、1,000 mmのものをBとする。試験片B-1～6、A-1～4は外的拘束からは自由であるが、試験片A-5, 6は縁部を拘束されている。

図4.1.1に試験片の形状の詳細を示す。スチフナつきの試験片についてはスチフナは全て高さ100 mm、厚さ1.2 mmであり、長さを変化させている。スチフナはピッチ200 mm、長さ25 mmのナドリ溶接で取りつけ、さらに倒れ止めのプラケットを設けている。ただし、プラケットは鋼板およびスチフナに点づけ溶接するにとどめた(溶接長15 mm、脚長4 mm)。

##### (3) 溶接条件

表4.1.2に示す溶接条件によりFAB-1裏当方式(ブラックスアスペストバッキング)を用いて1層片面溶接を行なつた。

##### (4) 変形の計測

ストレートエッヂおよびダイヤルゲージを使用して、(1)仮つけ状態、(2)溶接後十分冷却した時点、(3)スチフナ等除去の後変形計測を行なつた。ただし、スチフナ等の取りはずしは全てグラインダを用いて行なつた。

変形計測は変接線に平行な線上(縦曲り)、これに直角な方向(横曲り)の2方向について行なつた。

表4.1.1 試験条件の一覧

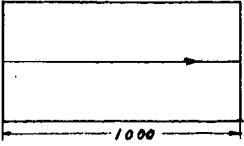
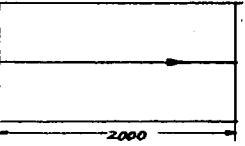
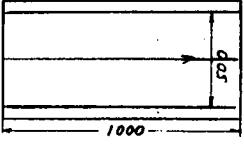
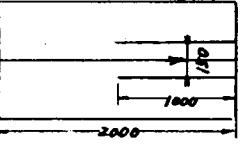
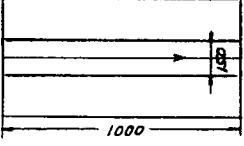
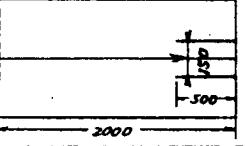
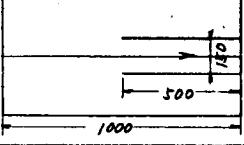
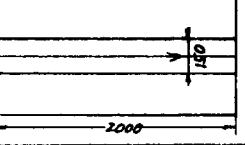
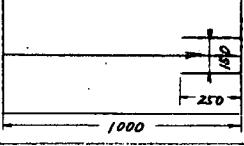
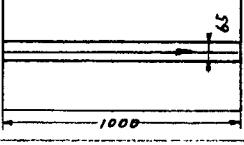
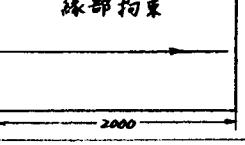
符号	試験片	符号	試験片
B-1		A-1	
B-2		A-2	
B-3		A-3	
B-4		A-4	
B-5		A-5	
B-6		A-6	

表4.1.2 溶接条件

電極	電流 (Amp)	電圧 (V)	速度 (cm/min)	電極傾斜 (°)	鉄粉充填	開先形状	フラックス	溶接芯線	裏当て方式	裏当て方法
1電極	900	34	34	0	RR-2	50° V	PFH-45	US-43 48φ	FAB-1	マグネット

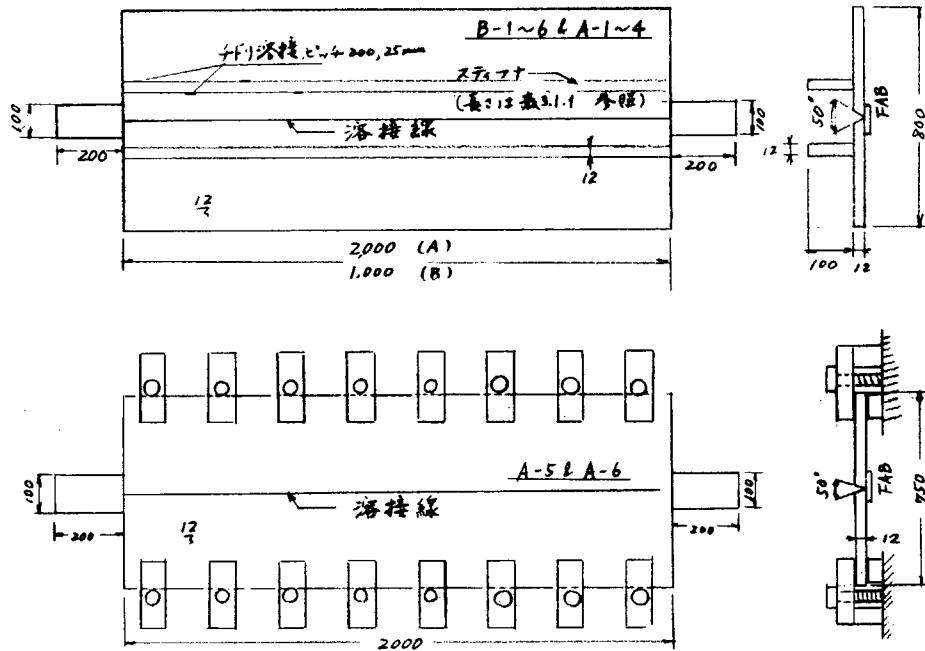


図 4.1.1 試験片形状および拘束状態

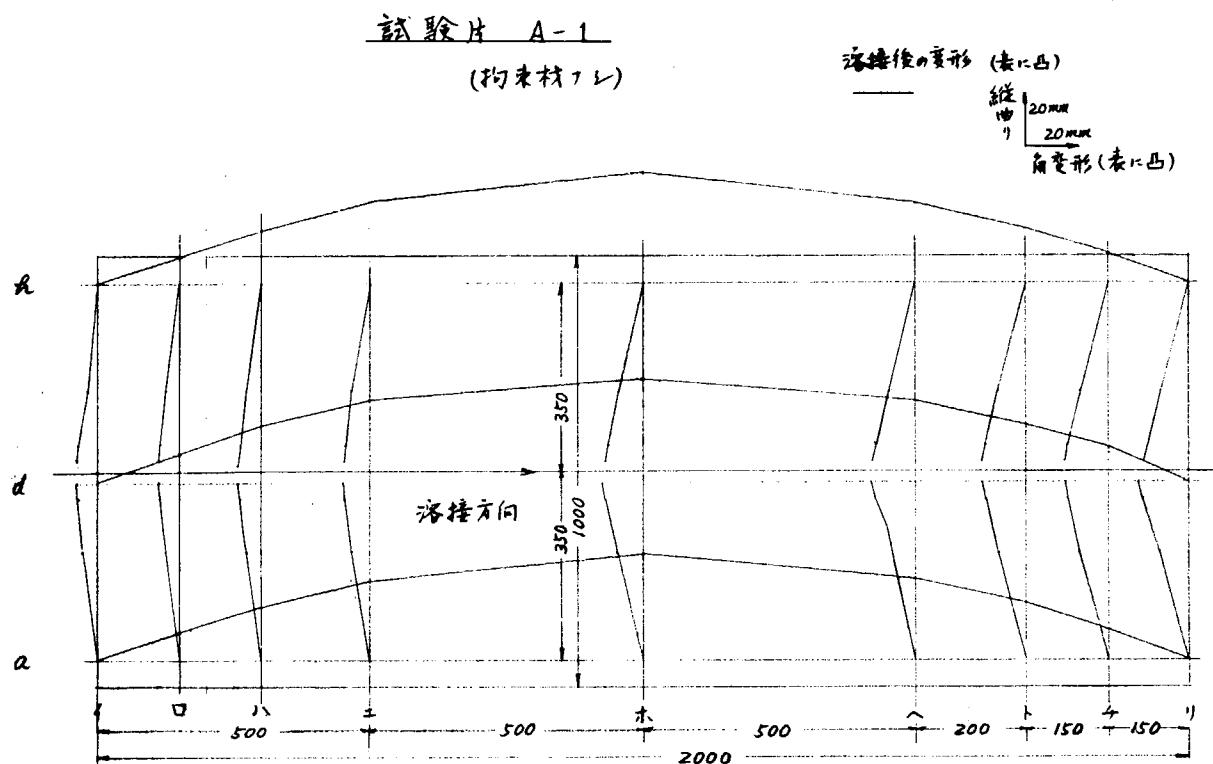


図 4.1.2 (a) 面外変形状態の計測例-(1)

試験片 A-2

(ステッフ 1000 mm)

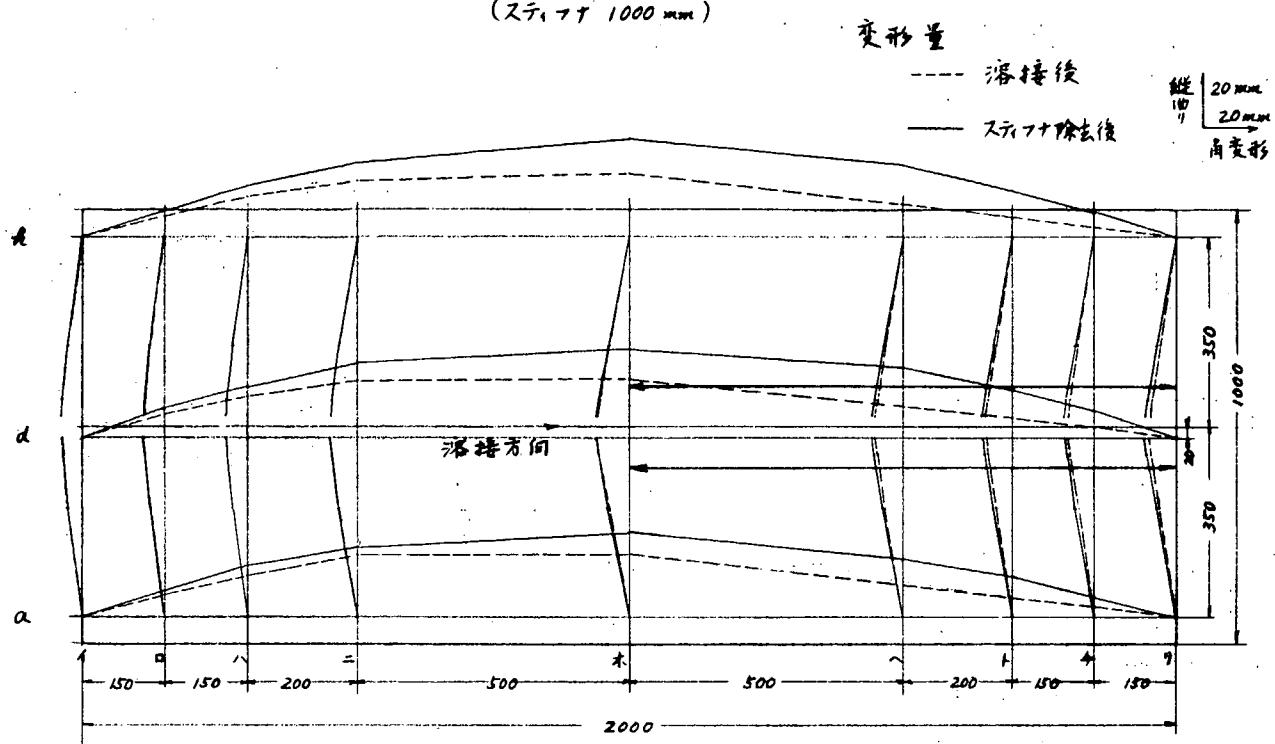


図 4. 1. 2 (b) 面外変形状態の計測例-(2)

試験片 A-4

(ステッフ 2000 mm)

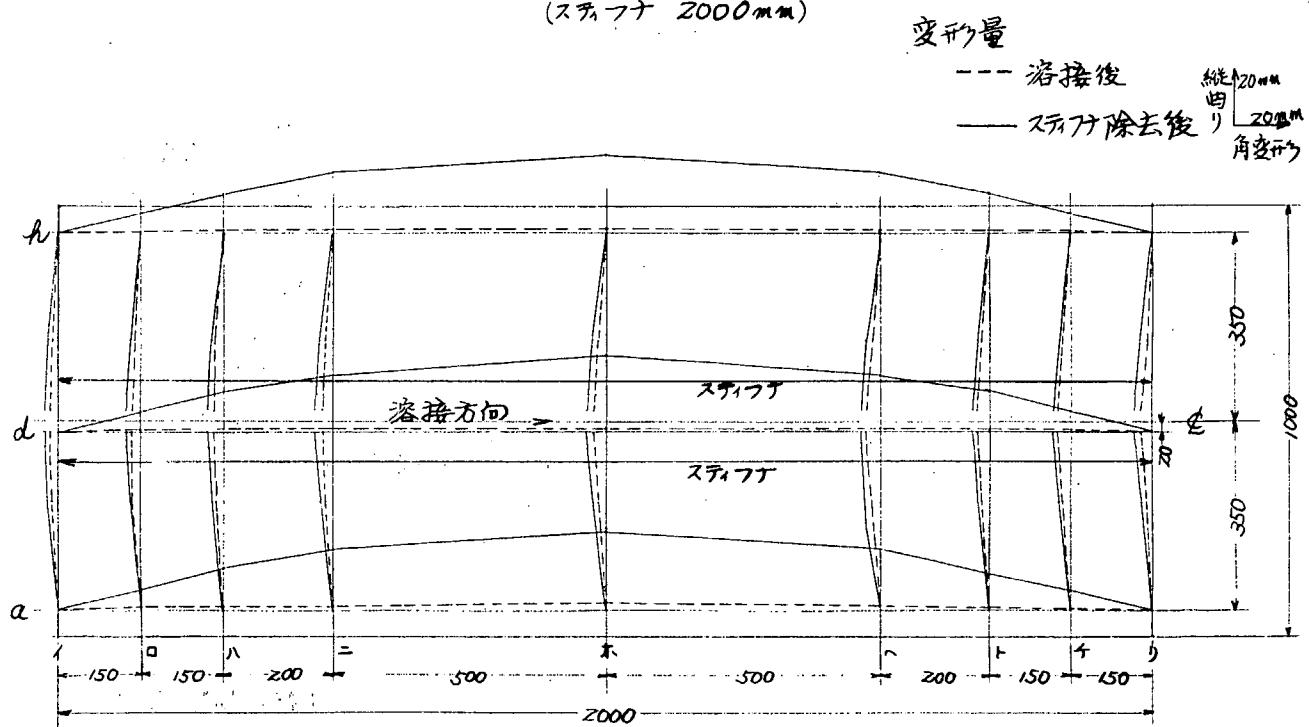


図 4. 1. 2 (c) 面外変形状態の計測例-(3)

試験片番号 B-3

ステラット 1000 mm

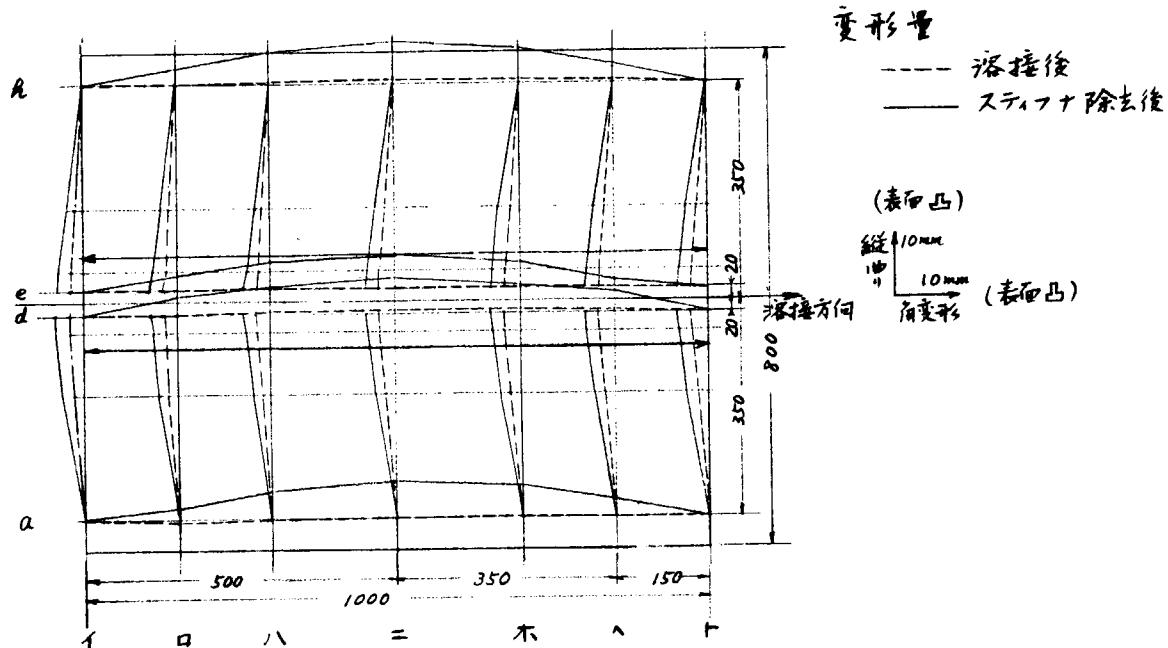


図 4.1.2 (d) 面外変形状態の計測例-(4)

試験片 B-6

(ステラット 1000 mm 間隔 65 mm)

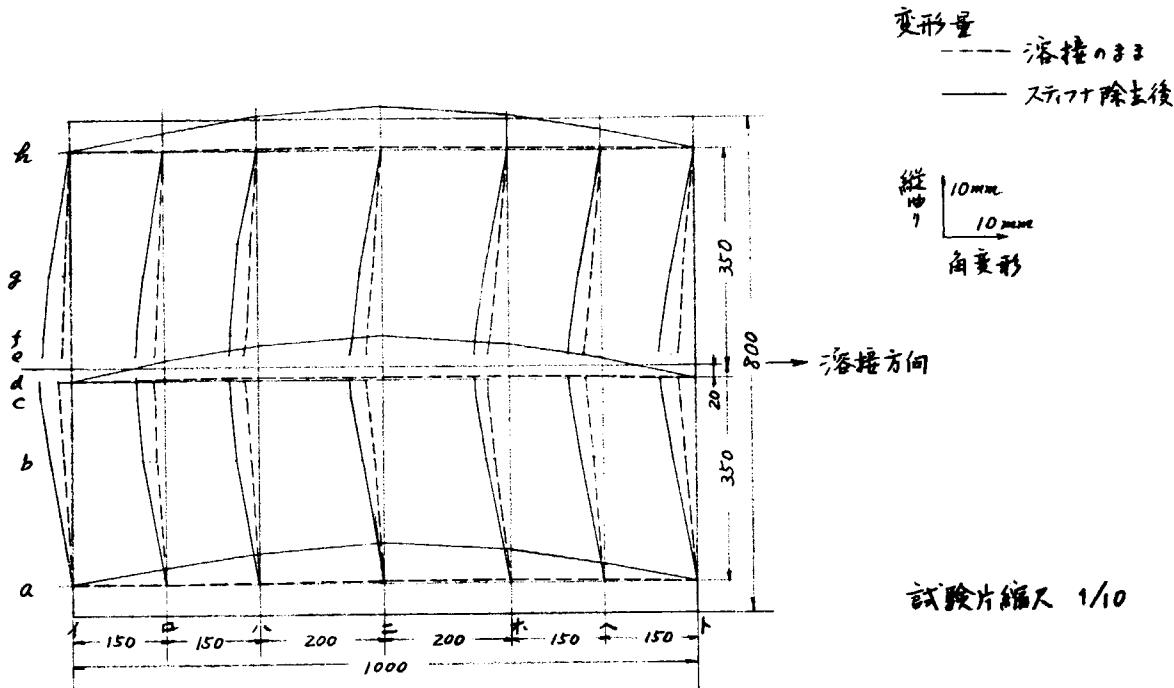
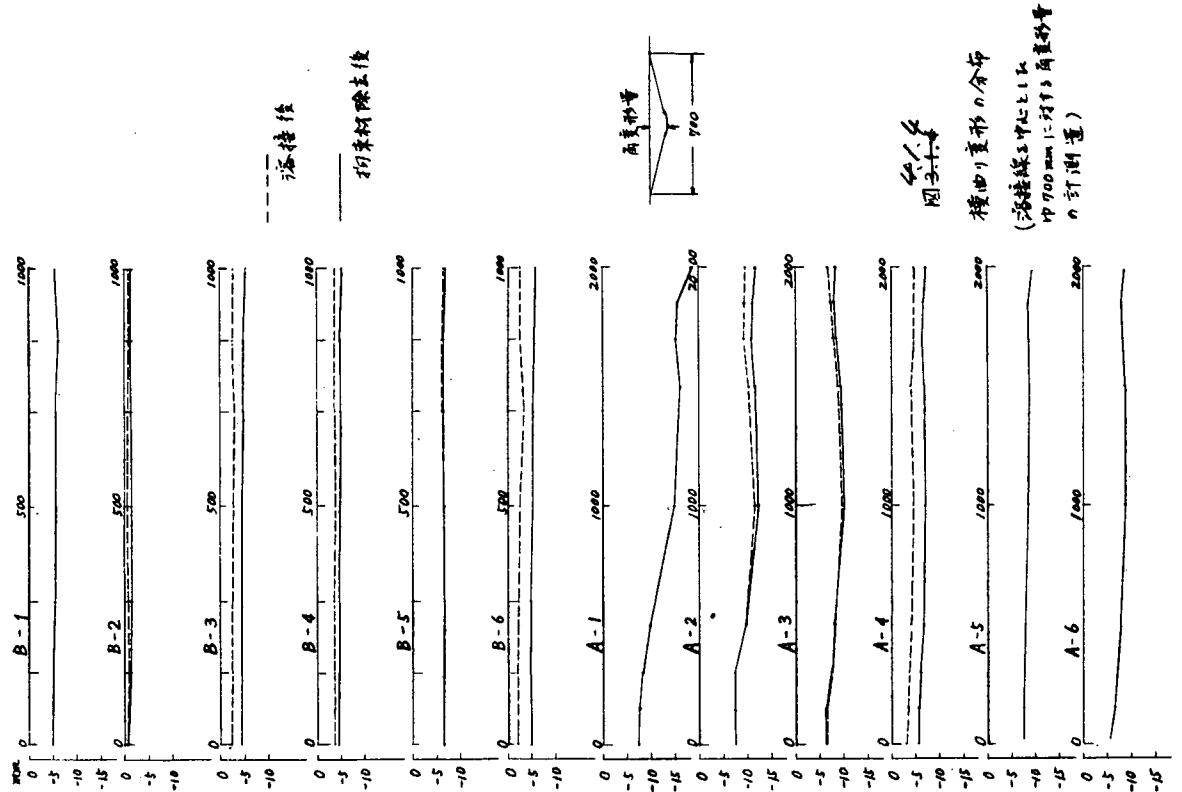
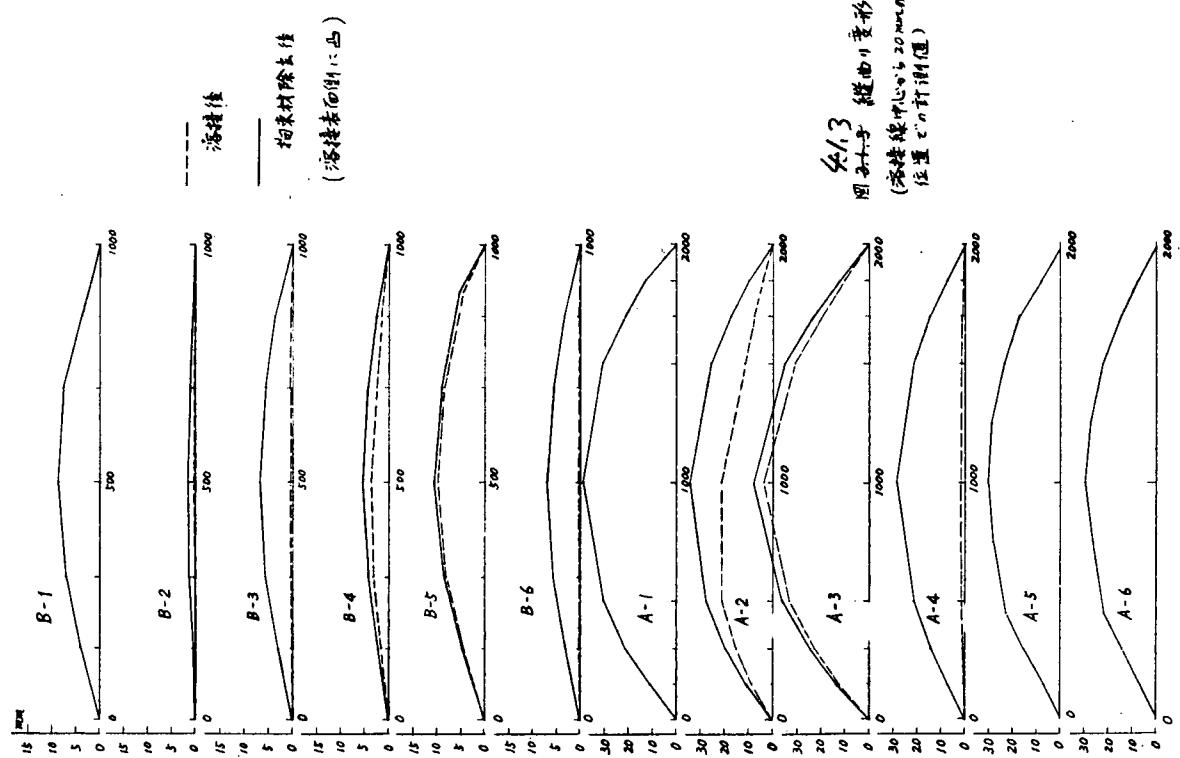


図 4.1.2 (e) 面外変形状態の計測例-(5)



#### 4.1.3 試験結果と考察

試験片の溶接変形の計測例を図4.1.2に示す。図4.1.3には縦曲り変形状態を各試験片について示す。図4.1.2で認められるように縦曲り変形は本実験では巾方向に一様であるので図4.1.3では溶接中心線から20mmの位置の計測値を用いている。図4.1.4には各試験片につき計測された横方向変位の最大値の分布を示す。図4.1.3および図4.1.2から縦曲りについて、スチフナの効果が著しく大きいものであることが判る。板の曲げ剛性にくらべてスチフナつき板の曲げ剛性が約100倍であり効果が著しいことは自明といふべきであろうが、スチフナの除去後大きな縦曲りが現れるることは、この種の変形がほとんど弾性変形として生じるものであることを示している。図4.1.4および図4.1.2で認められるようにスチフナは横曲り変形量も低減させるので、予め板の縦曲げ剛性を大きくしておくことは、この点でも面外変形の防止に有効である。しかし、剛部材を除去したときその効果は小さい。また、端部の変形を減少させるためには端部から1m程度の範囲の剛性を大にすることが有効と考えられる。

#### 4.1.4 まとめ

本研究により、薄板の片面溶接による面外変形は溶接される鋼板の縦曲げ剛性を大きくすることにより軽減できるが、固有溶接変形に及ぼす効果は小さい。

したがつて、拘束材を除去する以前に次の工程に移るか、もし可能であれば板縫溶接に先立ち一部の防撓材を配材しておくことが変形防止の点で有効である。

## 4.2 初期歪が疲労強度および脆性破壊強度に及ぼす影響に関する研究

突合せ溶接継手の溶接角変形が疲労強度に及ぼす影響

### 4.2.1 目的

船体構造が大型化されるにつれて溶接継手の工作誤差の許容値を明確にさせることが重要な問題となつてきた。

本実験は、突合せ溶接継手に生じた角変形は実際の溶接構造物にどれだけ許容されるかを検討するとともに変形継手部の安全性を確認するために S M 4 1 鋼および S M 5 0 鋼板を主体として角変形継手をもつ突合せ溶接継手試験片を作成し、片振引張りによる一定荷重疲労試験を行なつた。

### 4.2.2 試験方法

#### (1) 試験片

試験片の形状、寸法は図 4.2.1 に示すとおりであり角変形のあるものと、角変形のないものとの 2 系列である。

表 4.2.1 はこの内訳をしめす。

供試鋼材は軟鋼 S M 4 1 A、50 キロ高張力鋼 S M 5 0、H T 6 0 の 3 系列で、その化学的成分および機械的性質を表 4.2.2 にしめす。

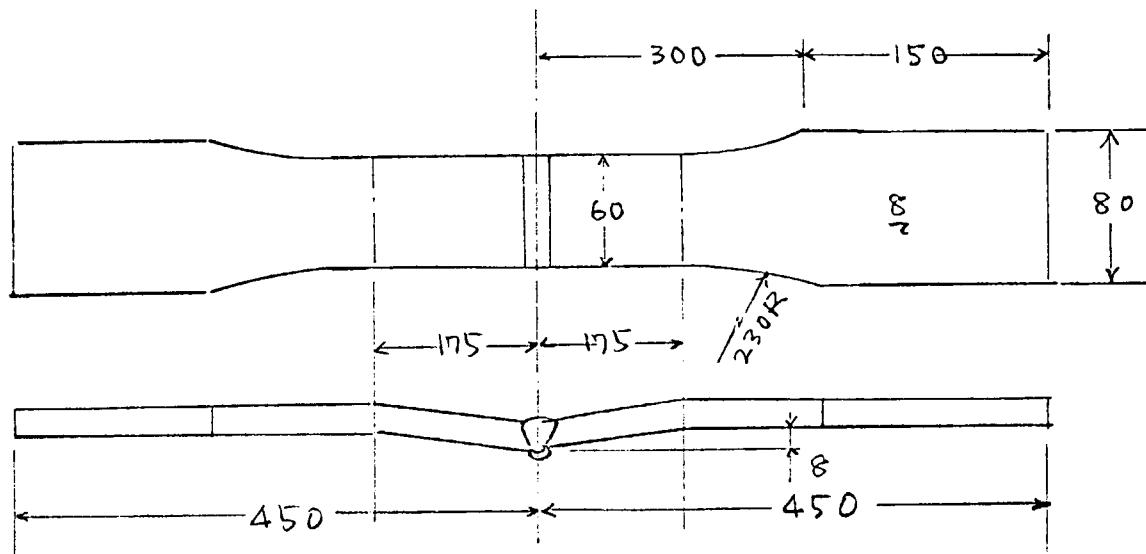


図 4.2.1 試験片寸法

表 4.2.1

T No.	角変形量 $W_0$ スパン $2\ell = 350 \text{ mm}$	板厚 $\text{mm}$	鋼材	溶接棒
A	0	8 $\text{mm}$	S M 4 1 A	J I S D 4 3 1 6
5 A	0	8 $\text{mm}$	S M 5 0 A	J I S D 5 0 1 6
6 A	0	8 $\text{mm}$	H T 6 0	J I S D 6 0 1 6

表 4.2.2

鋼材	ヒート No.	化 学 成 分 %								引張試験			曲げ試験
		C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Nb	Y.P. $\text{kg}/\text{mm}^2$	T.S. $\text{kg}/\text{mm}^2$	E.L. %	
S M 4 1 A	16917	.17	.06	.56	.014	.017	—	—	—	26	44	31	良
S M 5 0 A	14511	.17	.47	1.28	.020	.018	—	—	—	35	53	26	良
H T 6 0	14203	.15	.52	1.44	.021	.010	.72	.75	.04	50	67	30	良

## (2) 試験機

使用した試験機は、アムスラー型油圧万能試験機で繰返し荷重速度は300 c p m、荷重サイクルは片振引張、最低荷重は2 Tonとした。

### 4.2.3 試験結果

角変形付突合せ継手の片振疲れ強さを図4.2.2にしめす。実験値は、素材の断面積を基準とする公称応力で示してある。図中で実線で示した値は、角変形を有しない標準突合せ継手の片振疲れ強さである。

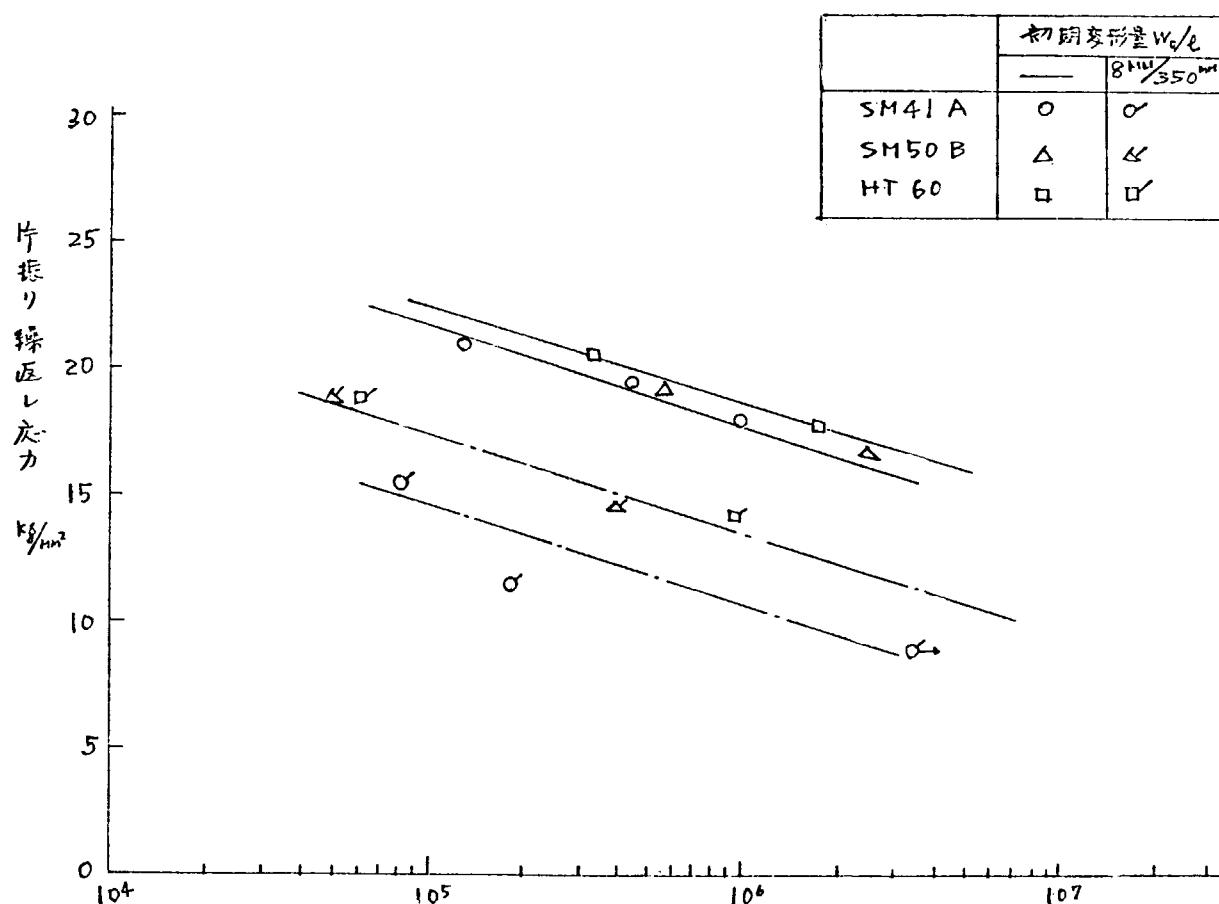


図4.2.2 角変形付突合せ継手の片振疲れ強さ

### 4.2.4 考察

実験の結果よりつきのことがわかる。

- (1) 角変形が  $8/350 \text{ mm/mm}$  ( $W_0/t = 1.0$ ) 程度の突合せ溶接継手部では、角変形のない標準突合せ継手に比べたとえば、 $10^5$  回における耐久時間疲れ強さは、素材 S M 4 1 A について約30%低くなっている ( $22 \text{ kg/mm}^2 \rightarrow 15 \text{ kg/mm}^2$ )。
- したがつて、継手部に角変形があると繰返し疲れ強さはかなり低下する。
- (2) 試験片の破断位置はすべて凹入側の溶接止端であり、板の引張方向にはほぼ直角に入つている。
- (3) 高張力鋼 S M 5 0 B および H T 6 0 においては、非調質形の材料であれば、 $8/350 \text{ mm/mm}$  程度の角変形があつても S M 4 1 A に比べて同一応力レベルで高い繰返し数に耐えうるようであるが、非調質高張力鋼に関しては、次年度においてさらに詳細に実験を行なう。

## 5. むすび

昭和46年度は、次年度以降の本格的研究調査のための予備的な調査研究が行なわれ、今後の研究実施のための準備と問題点の摘出が行なわれた。大要は以下の通りである。

### 5.1 船殻部材の歪量に関する研究

- (1) 最近の建造船の船殻部材の歪量を知るため、全国的規模による統一的歪計測を実施し一万点以上のデータを集め整理を試みた。その結果、今回実施した方法の有用性が確かめられたので、次年度以降同一方式で更に計測点数の充実をはかり、詳細な分析に進む予定である。
- (2) 歪防止工作法に関するアンケートを行ない、設計から工作建造にわたる歪防止対策の実情を明らかにした。また、歪防止工作法確立のための予備実験として比較的薄板の隅肉手溶接による自由角変形量を大型試験片と小型試験片を用いて求めるとともに、歪測定法の検討も行ない、板厚と変位角、脚長と変位角、ステイフナースペースと変位角の相関が得られ、また歪の測定法としてのモアレ法の有用性を確認した。

### 5.2 船殻部材の歪量と構造強度との関連に関する研究

- (1) 板材の工作歪量がその強度に及ぼす影響を調査するための準備として本年度は従来の研究文献の調査を行ない、次年度以降の研究計画の布石とともに、初期撓みをもつ板材に対する安全性の評価に確率統計的手法を用いるための基礎的考察を行ない、破壊の確率と部材寸法との関連など信頼性工学の立場から検討し、歪基準を設定するための手法を考察している。
- (2) 桁材の工作歪と強度に関しては、初年度は文献の予備調査のみを行ない、次期の実験計画の基礎とした。問題点としては、(a)初期変形の影響、(b)残留応力の影響、(c)崩壊形式の影響などが主要なものであることが明らかにされた。
- (3) 柱部材の工作歪と強度に関しては、特に横強度部材のストラットにつき初期撓みと圧縮強度との関連に重点をおき、本年度は関連文献の調査と、予備実験として9本の初期撓みを有するI形柱の圧縮実験を行なつた。その結果、初期変形の柱の強度に及ぼす影響の大きさを確認するとともに、本実験のための基礎資料を得ることができた。
- (4) 内構材に取りつけられる二次部材に初期撓みがある場合の強度に及ぼす影響を調査するため本年度は、ウェブ付ステイフナー、フロア付ステイフナー、トリッピングブラケットの予備実験を行なつた。その結果、初期歪量と強度との比較的よい相関が得られたが、次年度以降の本実験と併せて今後詳細に検討が行なわれることになつている。

### 5.3 船殻部材の歪量と材料強度との関連に関する研究

- (1) 建造中に発生する歪の防止に関しては、近年多用されつつある高能率板継溶接法である片面自動溶接の溶接変形、特に縦曲げ変形に対する溶接試験片の剛性の効きについて実験を行ない、最も有効な方法は出来うれば板継ぎに先だつて一部の防撓材を配材しておくこととする等の歪防止に関する基礎資料を得た。
- (2) 初期歪が疲労強度に及ぼす影響に関しては、実際に発生する突合せ溶接継手の工作による角変形の許容量を求めるための基礎研究として、SM41, SM50およびHT60鋼板を用いて角変形をもつ突合せ継手試験片を作成し、片振り引張りによる定荷重疲労試験を実施し、角変形が0.02程度の溶接継手の $10^5$ 回における時間強度は、SM41で約30%、SM50, HT60では20%程度の低下を示し十分注意する必要のあることが示された。次年度は調質型の鋼材についても実験を実施する予定である。