

第 8 3 研 究 部 会

巨大船の船体横強度に関する研究

報 告 書

昭和 4 5 年 3 月

社 団 法 人

日 本 造 船 研 究 協 会

は　じ　め　に

本報告書は日本船舶振興会の昭和44年度補助事業「巨大船に関する調査研究」の一部として日本造船研究協会第83研究部会がとりまとめたものである。

第83研究部会委員名簿（敬称略，五十音順）

部会長	吉　　識　雅　夫（日本学術振興会）	
幹　事	藤　田　　　讓（東京大学）	山　口　勇　男（日本海事協会）
委　員	秋　田　好　雄（石川島播磨重工業）	綾　　　日天彦（三井造船）
	安　藤　文　隆（船舶技術研究所）	臼　井　久　益（三菱重工業）
	宇田川　貞　夫（運輸省）	上　田　幸　雄（大阪大学）
	梅　崎　一　夫（三菱重工業）	大　井　　　浩（三菱重工業）
	仰　木　盛　綱（佐世保重工業）	岡　田　弘　明（佐野安船渠）
	岡　部　利　正（三菱重工業）	尾　川　宣　之（日本鋼管）
	小　林　三　蔵（名村造船所）	酒　戸　恒　男（住友重機械工業）
	杉　浦　邦　雄（日本鋼管）	郷　田　国　夫（船舶技術研究所）
	田　代　新　吉（日本海事協会）	竹　中　重外志（佐世保重工業）
	寺　田　泰　治（日本海事協会）	中　川　万　蔵（三菱重工業）
	中　田　宣　久（三井造船）	中　野　　　毅（三井造船）
	中　村　昭　和（川崎重工業）	長　沢　　　準（船舶技術研究所）
	永　元　隆　一（三菱重工業）	西　牧　　　興（日立造船）
	西　村　武　文（昭和海運）	新　田　　　顕（日本海事協会）
	野　沢　　　登（函館ドック）	服　部　堅　一（住友重機械工業）
	萩　原　孝　一（三菱重工業）	原　　　洋　一（日立造船）
	樋　口　道之助（日本鋼管）	藤　井　登喜夫（石川島播磨重工業）
	藤　得　利　博（笠戸船渠）	古　田　和　久（石川島播磨重工業）
	本　間　康　之（東京大学）	真　能　　　創（防衛大学校）
	八　木　順　吉（大阪大学）	安　川　　　度（川崎重工業）
	山　越　道　郎（九州大学）	
討議参加者	大　浦　啓　義（佐世保重工業）	鍛　地　楯　生（日本海事協会）
	片　座　泰　治（日立造船）	小　林　英　昭（日本鋼管）
	小　椋　一　郎（石川島播磨重工業）	堺　　　由　輝（川崎重工業）
	清　水　作　造（石川島播磨重工業）	関　浜　昌　弘（日立造船）
	高　橋　隆　治（住友重機械工業）	高　張　研　一（佐世保重工業）
	筒　井　康　治（日本海事協会）	原　田　耕　次（日立造船）
	船　岡　宏一郎（三菱重工業）	堀　　　　徹（日立造船）
	前　田　　　恂（石川島播磨重工業）	松　田　隆一郎（川崎重工業）
	諸　岡　隆　吉（三菱重工業）	

目 次

1. 概 要	1
2. 電子計算機による50万トンタンカーの船体横強度シリーズ計算	2
2.1 ま え が き	2
2.2 平 面 計 算	2
2.3 簡易立体計算	5
2.4 計算結果および検討	6
2.5 ま と め	7
3. 有限要素法によるウィングタンク下部を張りつめたトランスバースリングの横強度解析	33
3.1 ま え が き	33
3.2 計 算 状 態	33
3.3 計算条件その他	33
3.4 計算結果および考察	34
3.4.1 トランスリングの形状変化	34
3.4.2 面材の応力および外板の応力分布	34
3.5 ま と め	35

1. 概 要

本研究は、巨大船に関する調査研究の一環として、最近の船舶の巨大化に対処するため、昨年度に引続き第83研究部会が調査研究を行なったものである。

本年度実施した各項目の調査内容はつぎのとおりである。

(1) 電子計算機による50万トンタンカーの船体横強度計算

昨年度までに簡易立体プログラムを完成し、さらにそれを使用して20万トンタンカーについてシリーズ計算を行ってきた。

本年度はその延長として、50万トンタンカーについてシリーズ計算を行なって下記の項目について検討した。

(i) 平面計算

50万トンタンカーのトランスバースリングの構造様式(中心線桁板、中心線縦通隔壁、支材、船側横桁等)を変化させたときの横部材の応力を検討した。

(ii) 簡易立体計算

50万トンタンカーにおいて中心線桁板の有無による相対撓みの変化および昨年度までに行なった20万トンタンカーシリーズ計算の船型を延長した船型の相対撓みおよびそれにもとづく横部材の応力について検討した。

(2) 有限要素法によるウイングタンク下部を張りつめたトランスバースリングの横強度解析

トランスバースリングの構造様式のうち、ウイングタンクの下部ストラットと船底横桁との間に板を張りつめた場合の横強度を有限要素法によつて検討した。

以上の調査研究により、巨大船とくにタンカーの船体横強度計算法が一応完成されたと同時に船体横強度部材の応力におよぼす各種因子の影響が明らかにされ、経済的船殻設計のための有用な基礎資料が得られた。

特にトランスバースリング構造の横強度計算プログラム(T-SAP)が開発され、電子計算機による応力計算は勿論、プロッターにより曲げモーメント、剪断力および各応力を作画できることが容易となったことは業界におよぼす影響が大きいと考えられる。

2. 電子計算機による50万トンタンカーの船体横強度シリーズ計算

2.1 ま え が き

本委員会においては、昨年度までに簡易立体プログラムを完成し、さらにそれを使用して20万トンタンカーについてシリーズ計算を行ってきた。

本年度はその延長として、50万トンタンカーについてシリーズ計算を行なって下記の項目について検討した。

(1) 平面計算

50万トンタンカーのトランスバースリングの構造様式(中心線桁板、中心線縦通隔壁、支材、船側横桁等)を変化させたときの横部材の応力を検討する。

(2) 簡易立体計算

50万トンタンカーにおいて中心線桁板の有無による相对撓みの変化および昨年度までに行なった20万トンタンカーシリーズ計算の船型を延長した船型の相对撓みおよびそれにもとづく横部材の応力変化について検討する。

2.2 平面計算

50万トンタンカーとしては、これまで運輸省試設計A船、B船、LR、NA、三菱重工業等で試設計船が発表されている。本委員会ではこれらの試設計船について種種検討の結果、50万トンタンカーシリーズ計算の基準船として運輸省試設計A船を取ることとし、表2.2.1にNK50-1~7として示す如く構造様式を変化させた。これらの各船の対応状態を図で示したものが図2.2.1である。なお、昨年度まで行なってきた20万トンタンカーシリーズ計算の延長としてNK50-8の如き主要寸法を持つ50万トンタンカーを設計した。各船の設計は日立造船、石川島播磨重工業、川崎重工業、三菱重工業、住友重機械工業の各社で分担して行なわれた。構造寸法はNKルールにもとづいて最小重量になるように行なった後、各船の構造様式、寸法等のフェアリングを行なった。

このようにして得られた試設計船を図2.2.2~2.2.5に示す。

表2.2.1 50万トンタンカーシリーズ計算構造様式

	船側より縦通隔壁 までの距離	センタータンク	ウイングタンク	$L \times B \times D \sim \alpha$ (肋骨心距)
NK 50 - 1	B / 3	中心線桁板なし	船側縦桁 (2条)	
" - 2			支材 (2本)	
" - 3	B / 4	中心線桁板あり	船側縦桁 (1条)	$390^m \times 65 \times 38 \sim 27$ (500)
" - 4			船側縦桁 (2条)	
" - 5			支材 (2本)	
" - 6			支材 (2本)	
" - 7			支材 (3本)	
" - 8	B / 3.5	中心線桁板あり	支材 (2本)	$41448^m \times 69.08 \times 35.62 \sim 25.58$ (668)

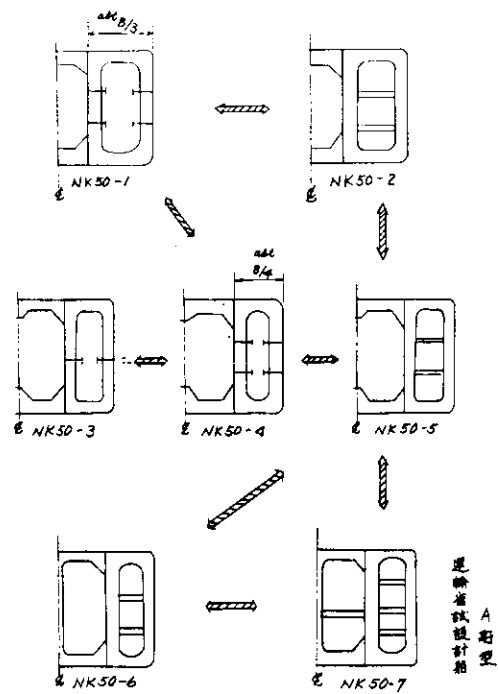
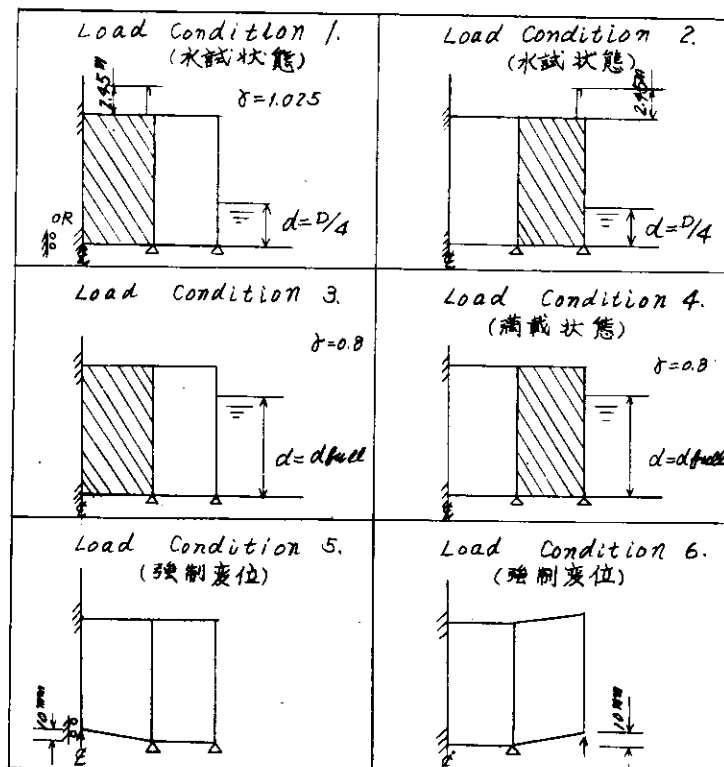


図 2.2.1 構造様式対応図

(1) 荷重条件

荷重条件は下表の 6 ケースである。



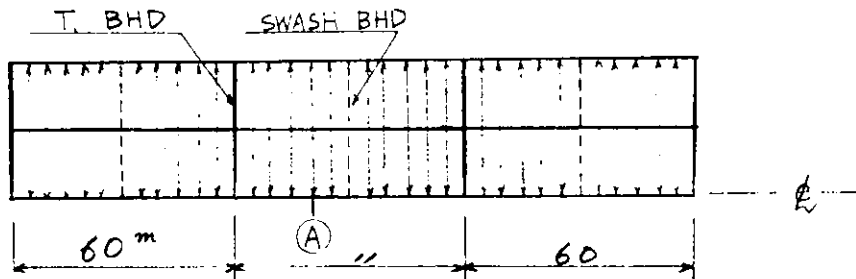
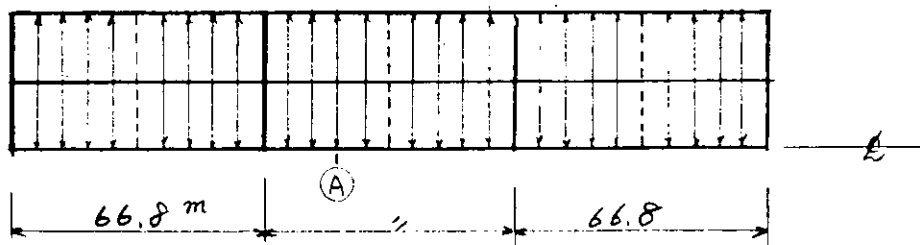
注； 中心線桁版がないときはセンタータンク船底横桁の中心線における支持条件は であり、また、Load Condition 5 は計算しない。

2.3 簡易立体計算

(1) 計算対象船

50万トンタンカー簡易立体計算として、NK50-2、NK50-5、NK50-8の3ケースを検討する。

NK50-2とNK50-5とは前項でシリーズに平面計算を行なったNK50-1~7から代表的なものとして選んだものであり、NK50-8は20万トンタンカーを延長して50万トンタンカーにした時の相対撓みの量およびその影響を調べるために取り上げたものである。各ケースのタンク配置は下表に示す通りである。

NK50-2 NK50-5	
NK50-8	

(2) 荷重条件

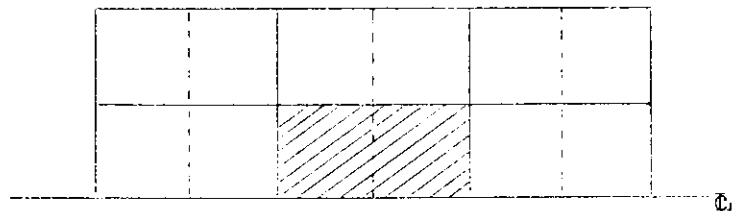
荷重条件としてはつぎの4つのケースを考える。なお、図中でハッチングしてあるところが載荷されているタンクである。

Load Condition 1.

(水試状態)

$$d = D/4$$

$$r = 1.025$$

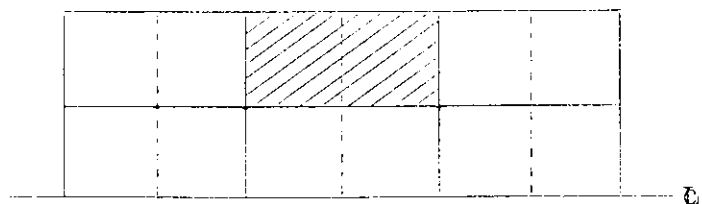


Load Condition 2.

(水試状態)

$$d = D/4$$

$$r = 1.025$$

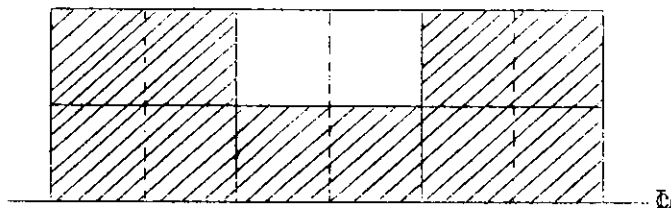


Load Condition 3.

(満載状態)

$$d = D_{full}$$

$$r = 0.8$$

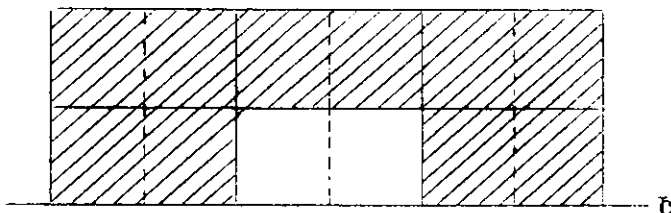


Load Condition 4.

(満載状態)

$$d = D_{full}$$

$$r = 0.8$$



2.4 計算結果および検討

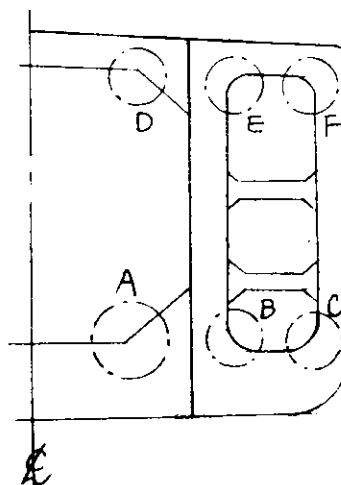
前項までの部材寸法および荷重条件によって横強度解析を行なった。その結果を図 2.4.1 ~ 2.4.11 に示す。グラフで直応力は面材を基線として垂直の方向にプロットされている。剪断応力は外形線を基線としている。

(1) 応力全般について

トランスバースリングの応力状態を代表するものとして右図のA~Fの6個所のコーナー部の最大応力を取り出して図示したものが図 2.4.12 ~ 2.4.20 である。

全般的に見てLoad Condition 1.& 3.すなわちセンタータンクの水試状態および満載でウイングタンク空倉の状態に高応力が出ている。

高応力の場所としてはBおよびDすなわち、トランスバースリングの縦通隔壁上下のコーナー部が顕著で荷重状態によってはAすなわち、センタータンク船底横桁のコーナー部でもやや高い応力があらわれている。



(2) ウイングタンクの船側横桁と縦通隔壁横桁とを支材で結合した場合と船側縦通桁で支えた場合とでは

Load Condition 1で支材の場合が高応力になっているが、他の荷重条件ではほとんど同じ応力レベルである。

(cf. 図 2.4.12 ↔ 2.4.13, 図 2.4.15 ↔ 2.4.16)

(3) 縦通隔壁が船側より B/3 の位置にあり中心線桁板の無い船と縦通隔壁が船側より B/4 の位置にあつて中心線桁板を有する船とを比較すると、

a) ウイングタンクを船側縦通桁にした船では中心線桁板の無い船の方がやや高応力になっている。

(図 2.4.12 ↔ 2.4.15)

b) ウイングタンクを支材にした船ではほとんど同じ応力レベルである。(図 2.4.13 ↔ 2.4.16)

- (4) ウイングタンクを1条あるいは2条の船側縦通桁で構成した船では1条の船の方が特に船底横桁のコーナー部で高応力を示している。(図2.4.14 ↔ 2.4.15)
- (5) 中心線桁板の有無および中心線縦通隔壁とで応力レベルにほとんど差異はない。
(図2.4.13 ↔ 2.4.16 ↔ 2.4.17)
- (6) 運輸省の試設計による50万トンタンカーのA船型では高応力は認められない。
- (7) 昨年度までにシリーズ行なった20万トンタンカーを延長した構造配置を持っているNK50-8では相対撓みの影響を入れたときに Load Condition 1 および 4 で (A) の応力すなわち、センタータンク船底横桁のコーナー部の応力が高くなるのが注目される。(図2.4.19, 2.4.20)
- (8) 剪断変形にもとづく相対撓みの量はタンク巾との比で約 $1.1/1000$ であつて、20万トンタンカーとくらべてほぼ同じといえる。(図2.4.9, 2.4.10)
- (9) トランスバースリングの基準状態における応力と相対撓みにもとづく応力とを縦通隔壁下部三又部の直応力を取り上げて比較したものが表2.4.1である。

ウイングタンクの船底横桁のコーナー部ではセンタータンクの相対撓みによる応力とウイングタンクの相対撓みによる応力とが互に相殺し合つて、最終応力はほぼ基準応力に等しい。ところがセンタータンクの船底横桁については、センタータンクの相対撓みによる応力が支配的で、これを基準応力とかさね合わせると最終応力は基準応力よりかなり高くなっている。

2.5 ま と め

50万トンタンカーシリーズ計算結果から巨視的に見た横強度上からは20万トンタンカーと同じような傾向が見られる。それゆえ、腹板の補強方法あるいは挫屈等局部的な問題を別とすれば50万トンタンカーにおいても20万トンタンカーのシリーズ計算により得られた結果を拡張して適用できるのではないかと思われる。

表 2.4.1 相対撓みにもとづく応力の比較表

	δ_0/b_0	δ_0	δ_w/b_w	δ_w	A				B			
					σ_0	σ_C	σ_w	$\sigma_C + \sigma_w$	R (%)	σ_0	σ_w	$\sigma_C + \sigma_w$
LOAD COND. -1	NK 50-1		$\times 10^{-4}$ 7.1	21.50	$\frac{kg}{mm^2}$ 17.2		$\frac{kg}{mm^2}$ -1.8	$\frac{kg}{mm^2}$ -1.8	-10.5	$\frac{kg}{mm^2}$ -14.6	$\frac{kg}{mm^2}$ -6.4	$\frac{kg}{mm^2}$ -6.4
	-2		6.354	13.66	21.1		-1.6	-1.6	-7.6	-25.0	-5.1	-5.1
	-3	-15.0	10.0	17.50	17.0	$\frac{kg}{mm^2}$ 17.6	-6.5	11.1	65.3	-15.9	-12.1	0.3
	-4	-15.0	10.0	17.50	14.3	18.0	-6.7	11.3	79.3	-15.0	-12.6	-0.9
	-5	-16.193	9.863	17.26	20.5	19.2	-6.7	12.5	61.0	-26.2	-11.2	2.2
	-6	-10.0	10.0	17.50	23.6	14.1	-7.9	6.2	26.3	-27.5	-9.5	-3.6
	-7	-10.0	10.0	17.50	11.5	12.9	-6.7	6.2	53.9	-8.2	-9.8	-4.5
	-8	-16.189	11.171	22.23	21.0	18.3	-7.3	11.0	52.4	-22.4	-10.4	0.2
LOAD COND. -4	NK 50-1		- 8.0	- 21.5	-13.8		2.1	2.1	-15.2	3.0	7.4	7.4
	-2		- 8.251	-17.74	-15.5		2.1	2.1	-13.6	7.1	6.6	6.6
	-3	15.0	-10.0	-17.50	-13.4	-17.6	6.5	-11.1	82.8	6.5	-12.4	-0.3
	-4	15.0	-10.0	-17.50	-10.6	-18.0	6.7	-11.3	106.6	5.2	-11.7	0.9
	-5	15.667	-10.914	-19.10	-13.4	-18.6	7.4	-11.2	83.6	9.5	-12.9	-0.5
	-6	10.0	-10.0	-17.50	-17.1	-14.1	7.9	-6.2	36.3	10.0	-5.9	3.6
	-7	10.0	-10.0	-17.50	-9.5	-12.9	6.7	-6.2	65.3	2.9	-5.3	4.5
	-8	15.574	-11.558	-23.00	-14.0	-17.6	7.5	-10.1	72.0	7.8	-10.2	0.6

δ_0 ; 船体中心線における相対撓み

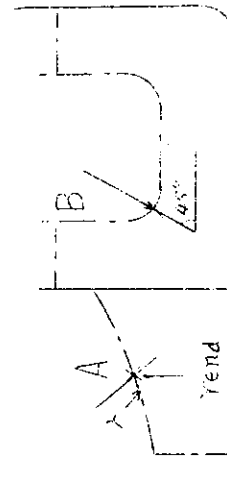
δ_w ; 船側における相対撓み

σ_0 ; 基準状態における面材の直応力

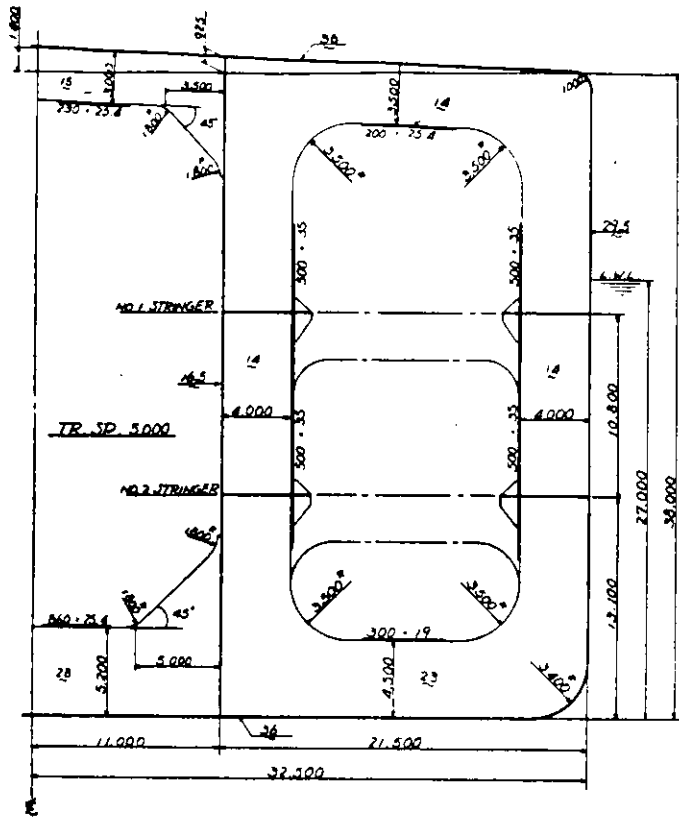
σ_C ; δ_0 にもとづく面材の直応力

σ_w ; δ_w にもとづく面材の直応力

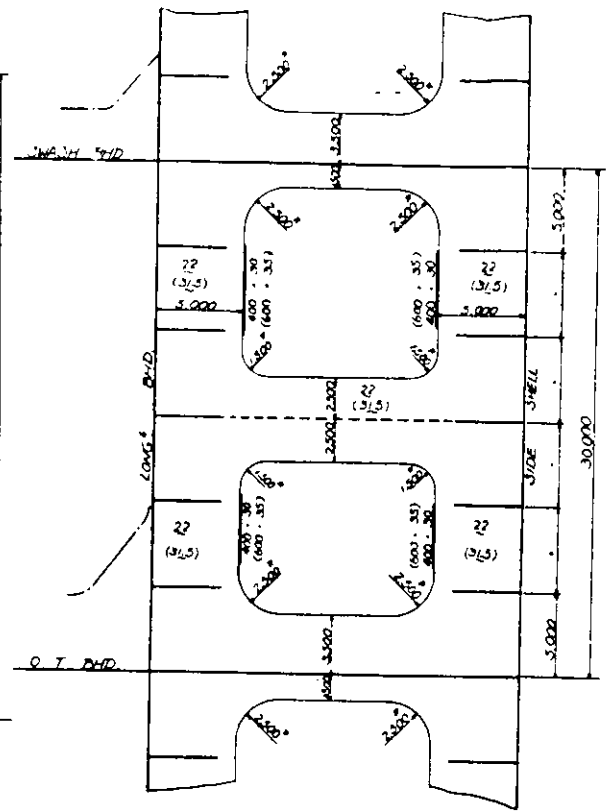
$$R = \frac{\sigma_C + \sigma_w}{\sigma_0}$$



NK 50-1 CENTERGIRDERLESS 2 STRINGERS TYPE

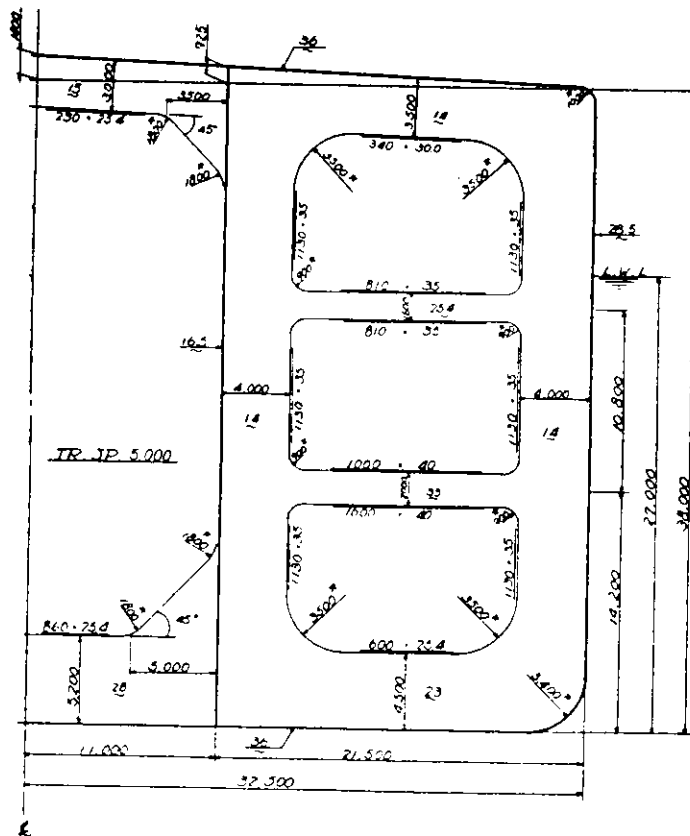


NK 50-1



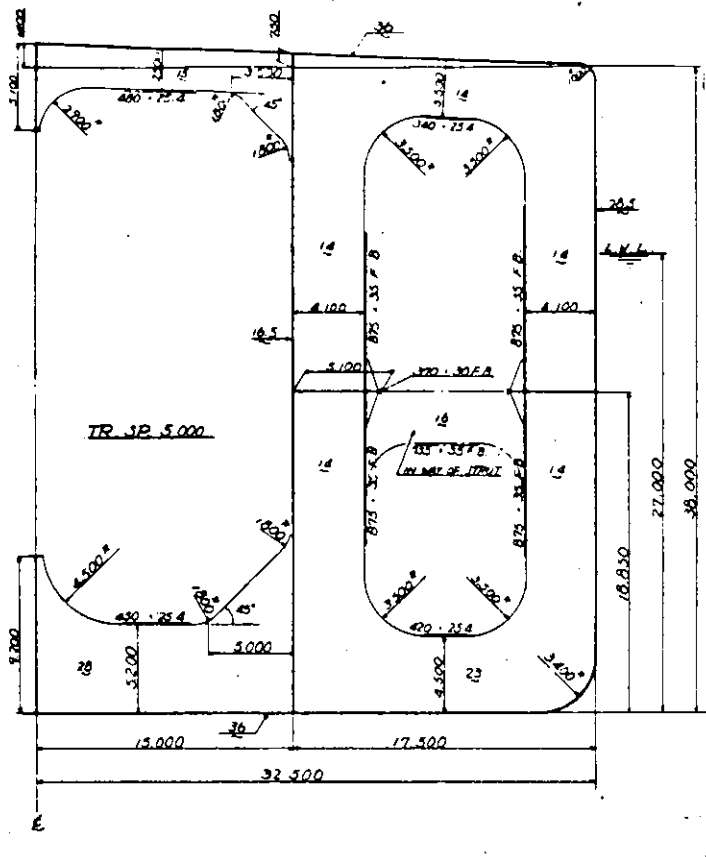
注) () 内寸法は、下部縦桁と付打り表示。

NK 50-2 CENTERGIRDERLESS 2 STRINGERS TYPE

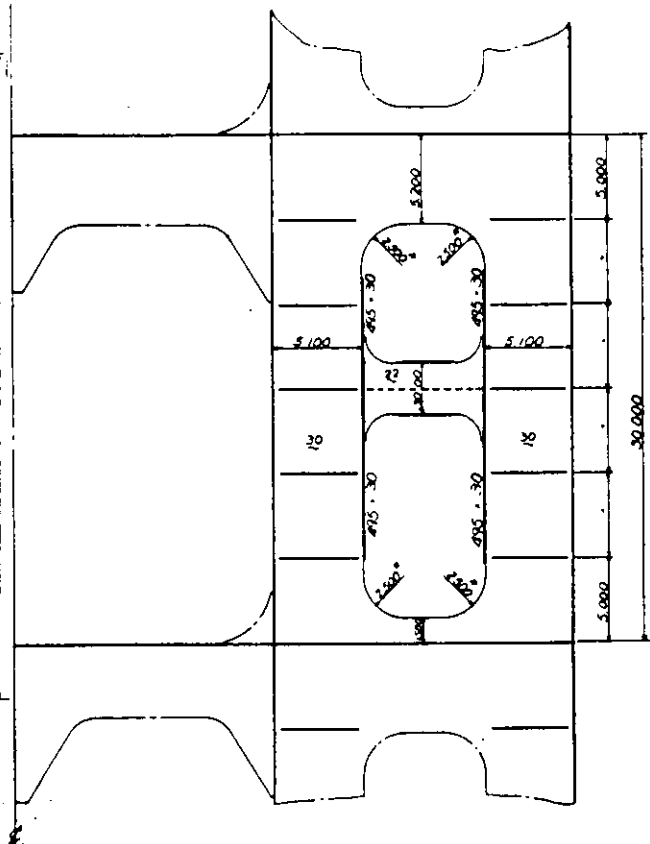


2.2.2

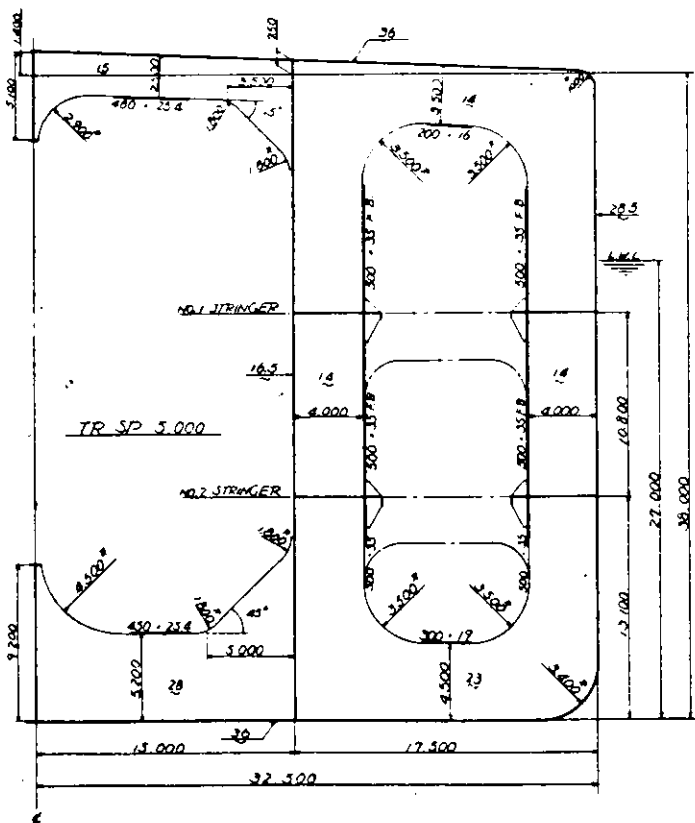
NK 50-3 CENTER RIGID 1 STINGER TYPE



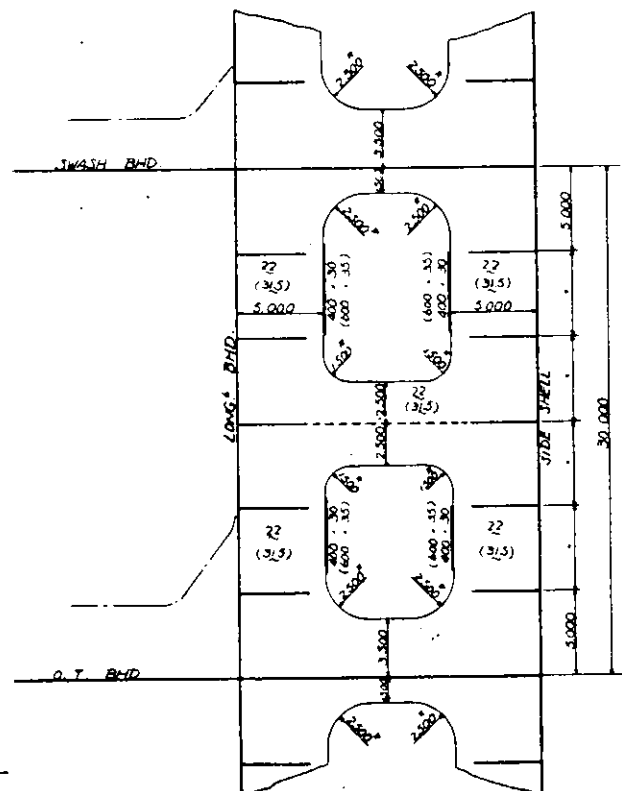
NK 50-3



NK 50-4 CENTRGIRDER 2 STRINGERS TYPE

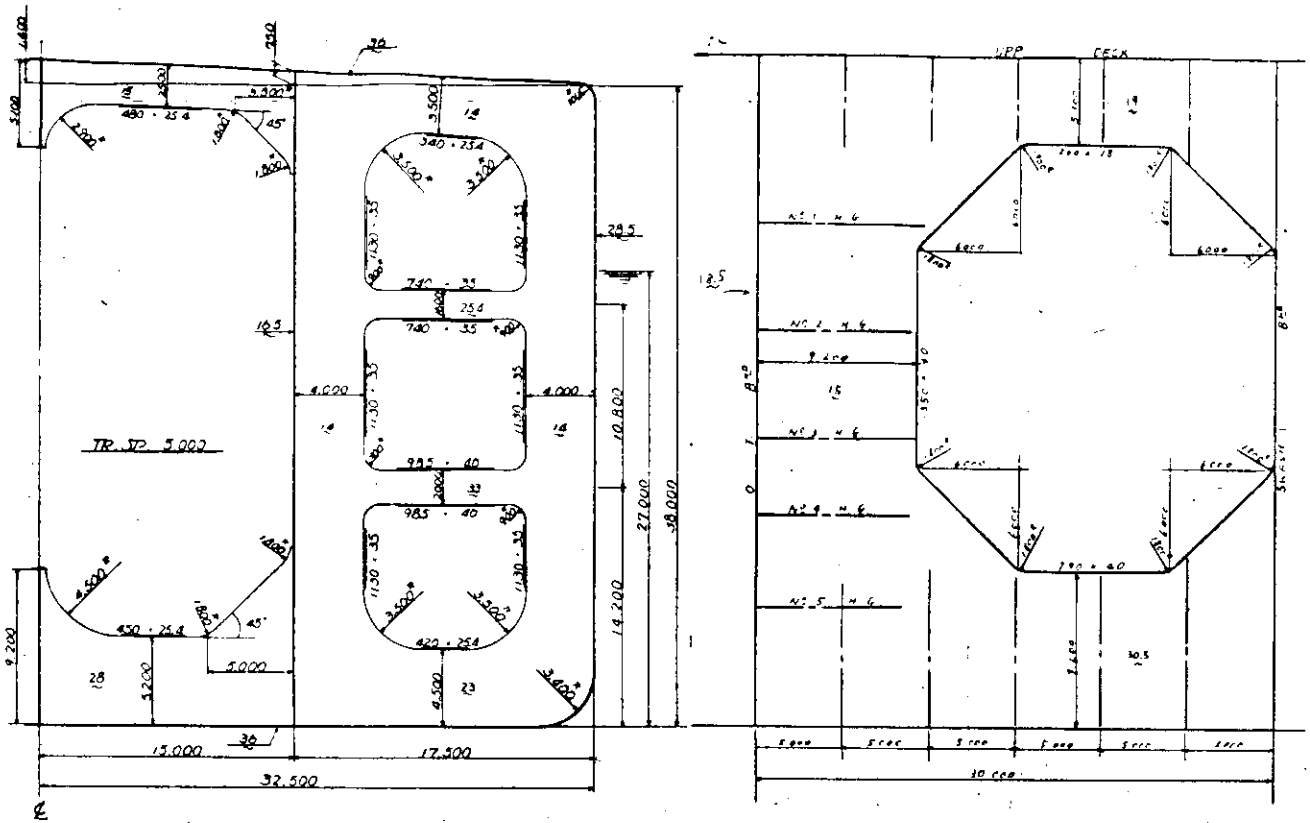


NK 50 - 4

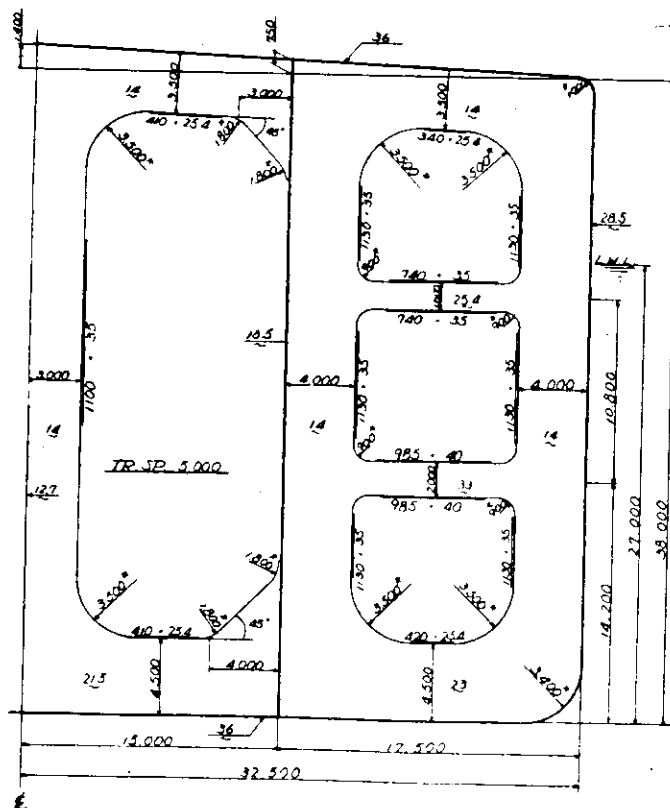


NK 50-5 CENTERGIRDER 2 STRUTS TYPE

NK 50-5



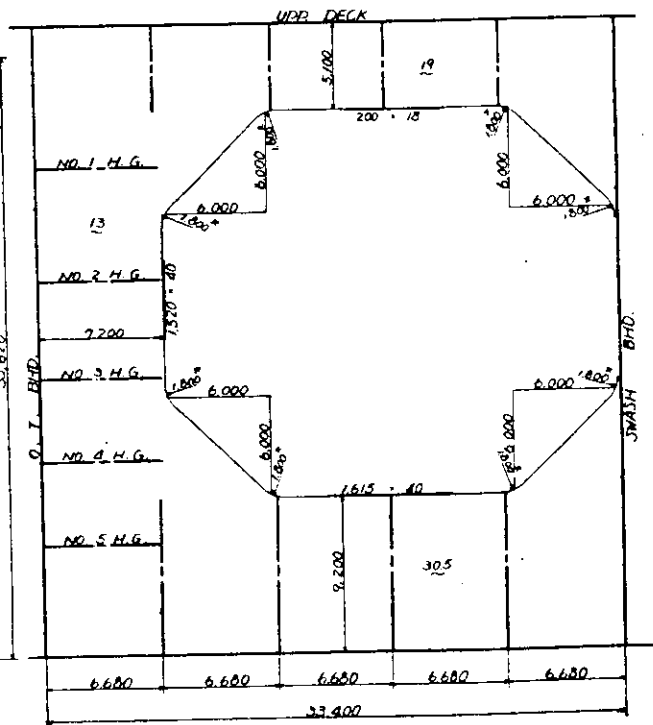
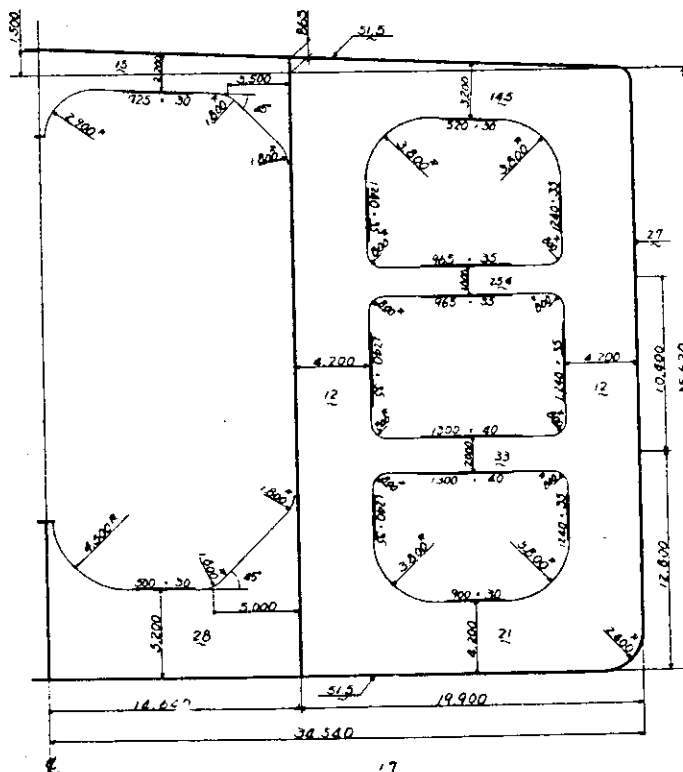
NK 50-6 3 LONG. BHD 2 STRUTS TYPE



2.2.4

[illegible]

NK 50 - 8



- 12 -

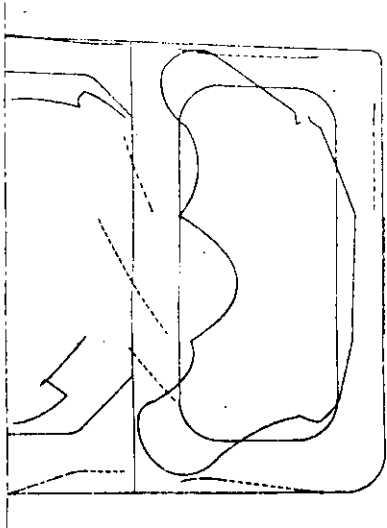
SHEARING STRESS AND NORMAL STRESS DIAGRAM

NK50-1; CENTERGIRDERLESS 2 STRINGER

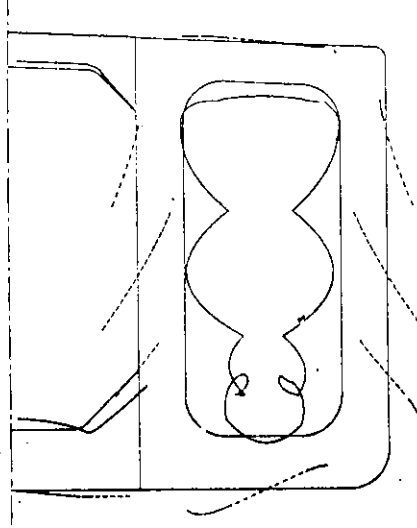
— NORMAL STRESS (FACE)
 SHEARING STRESS (WEB)

0	10	20	30 KG/MM ²
0	10	20	30 KG/MM ²

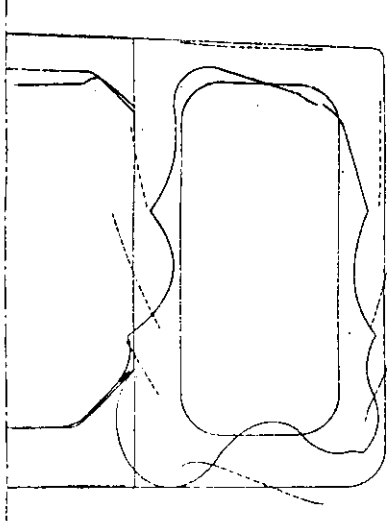
LOAD CONDITION 1



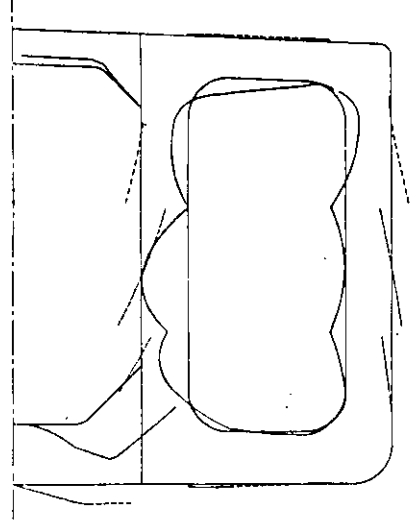
LOAD CONDITION 2



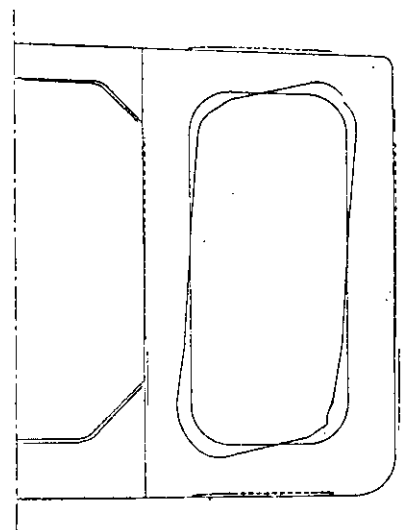
LOAD CONDITION 3



LOAD CONDITION 4



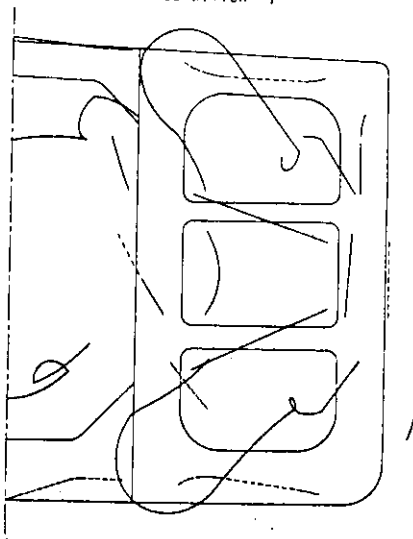
LOAD CONDITION 6



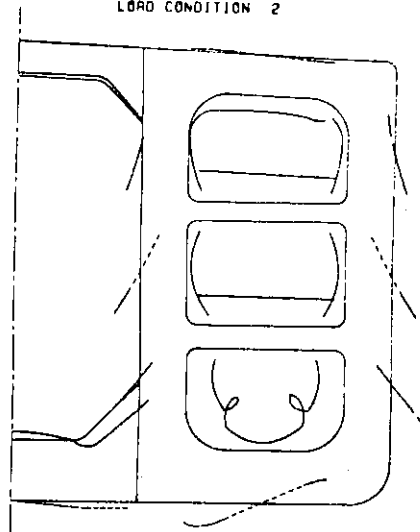
☒ 2.4.1

NK 50-2 CENTERGIRDERLESS 2 STRUTS

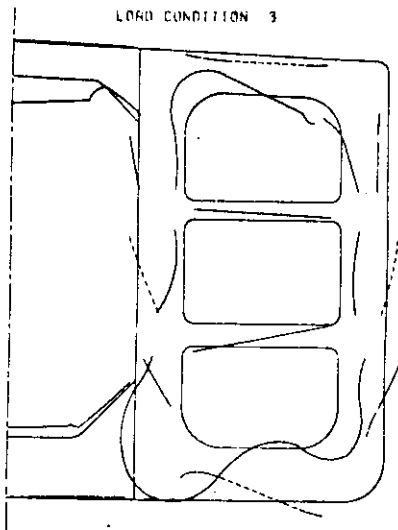
LOAD CONDITION :



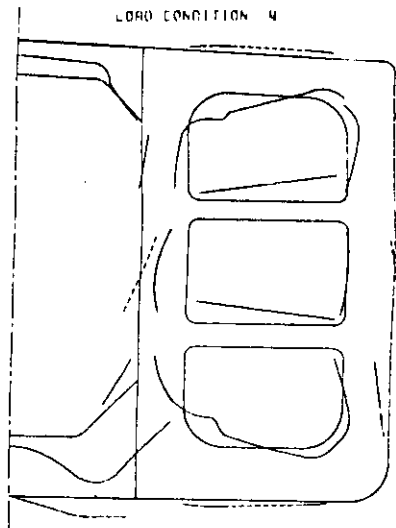
LOAD CONDITION 2



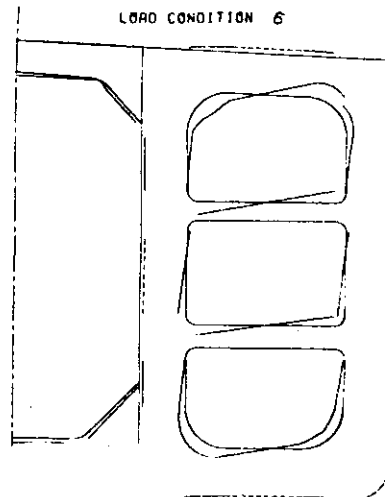
LOAD CONDITION 3



LOAD CONDITION 4



LOAD CONDITION 6



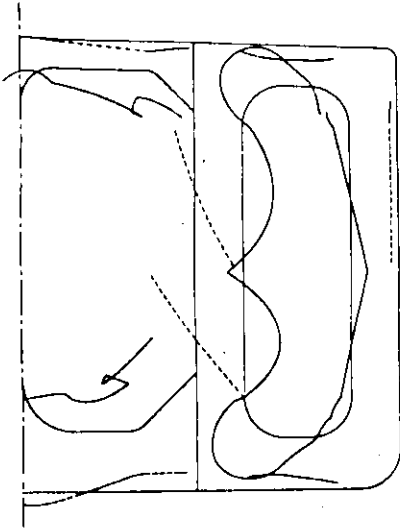
SHEARING STRESS AND NORMAL STRESS DIAGRAM

NK 50-3 CENTERGIRDER 1 STRINGER

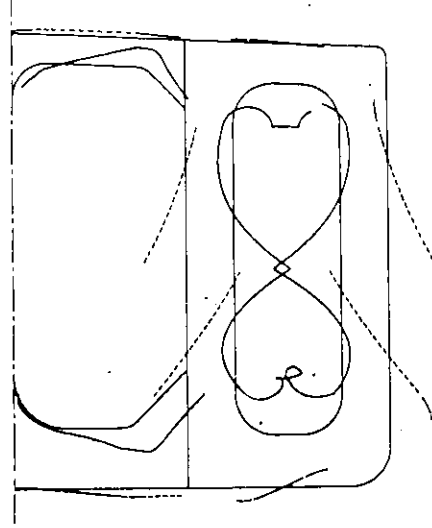
— NORMAL STRESS (FACE)
 - - - - - SHEARING STRESS (WEB)

0	10	20	30 KG/MM ²
0	10	20	30 KG/MM ²

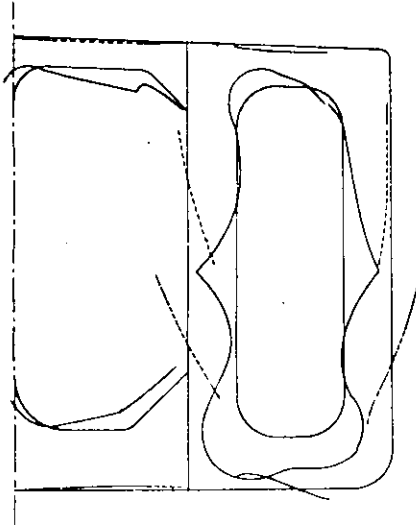
LOAD CONDITION 1



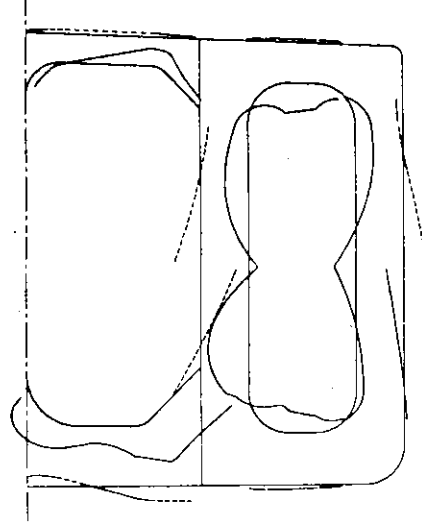
LOAD CONDITION 2



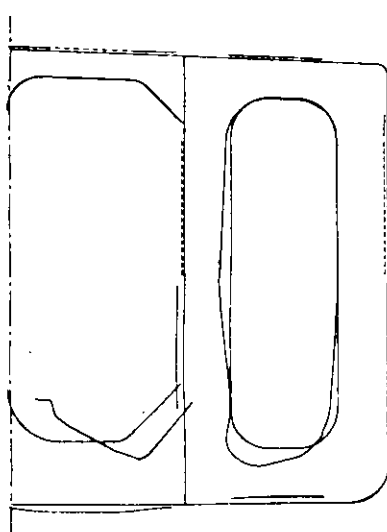
LOAD CONDITION 3



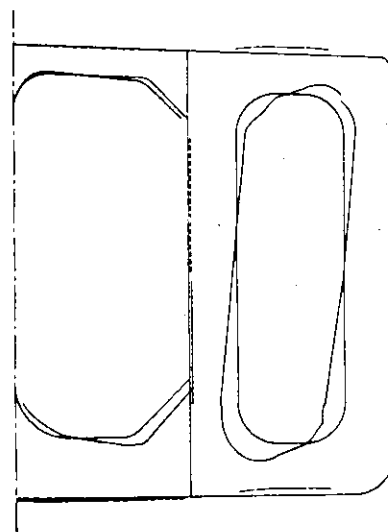
LOAD CONDITION 4



LOAD CONDITION 5



LOAD CONDITION 6



2.4.3

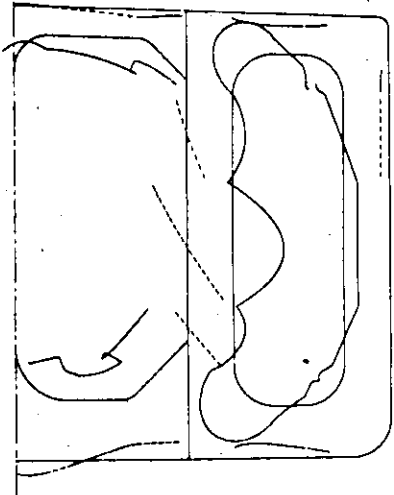
SHEARING STRESS AND NORMAL STRESS DIAGRAM

NK 50-4 CENTERGIRDER 2 STRINGERS

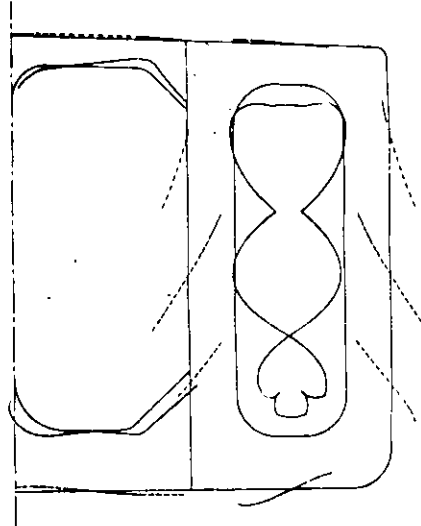
— NORMAL STRESS (FACE)
 SHEARING STRESS (WEB)

0	10	20	30 KG/MM ²
0	10	20	30 KG/MM ²

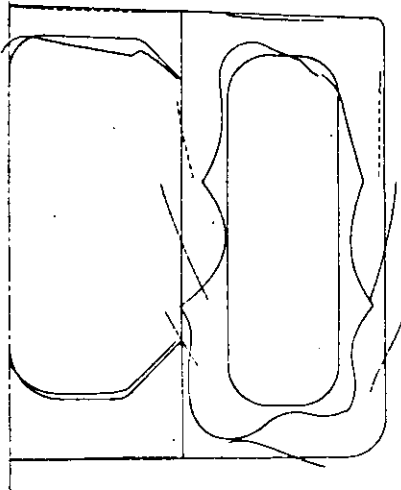
LOAD CONDITION 1



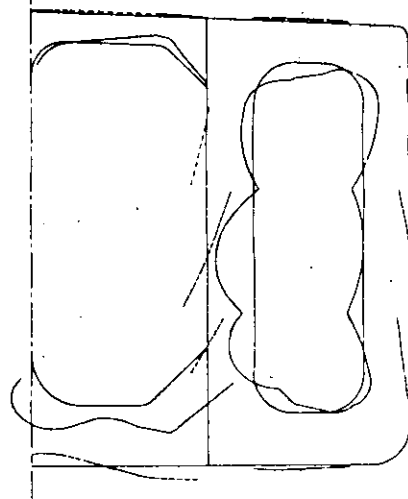
LOAD CONDITION 2



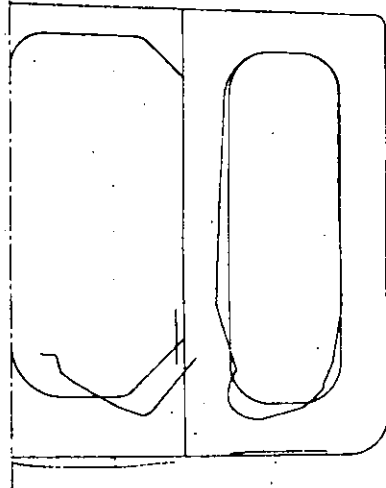
LOAD CONDITION 3



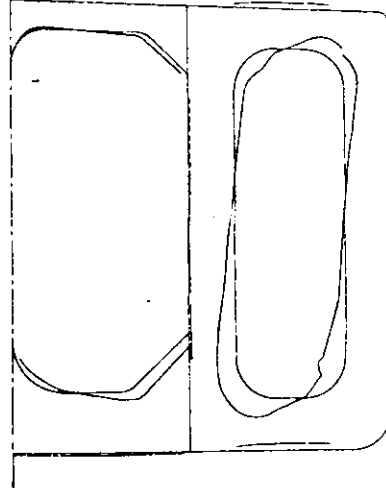
LOAD CONDITION 4



LOAD CONDITION 5



LOAD CONDITION 6



2.4.4

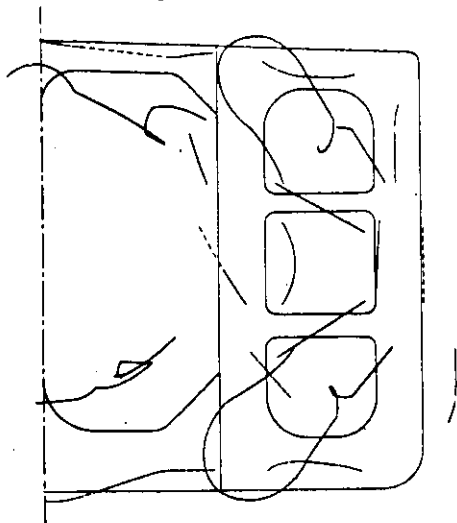
SHEARING STRESS AND NORMAL STRESS DIAGRAM

NK 50-5 CENTERGIRDER 2 STRUTS TYPE

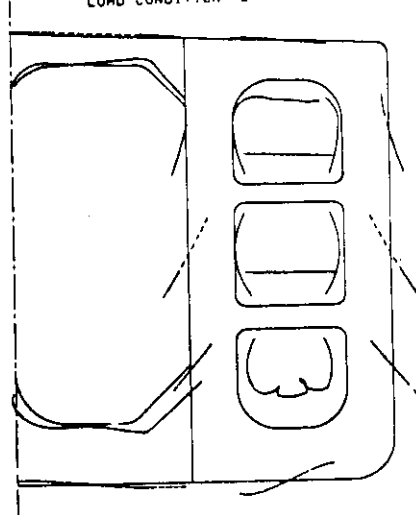
— NORMAL STRESS (FACE)
 - - - - - SHEARING STRESS (WEB)

0	10	20	30 KG/MM ²
0	10	20	30 KG/MM ²

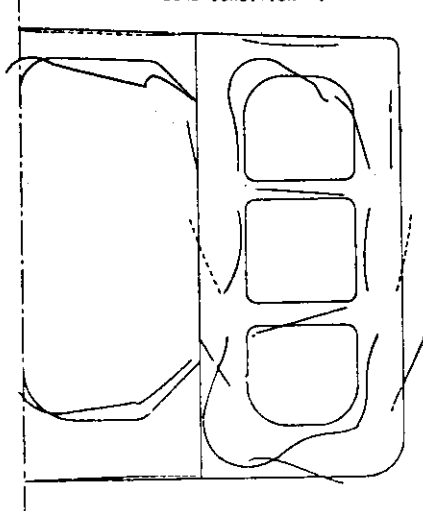
LOAD CONDITION 1



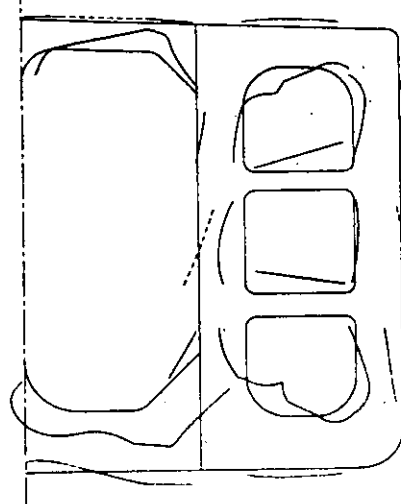
LOAD CONDITION 2



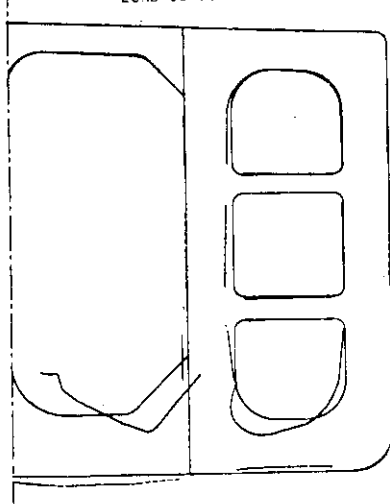
LOAD CONDITION 3



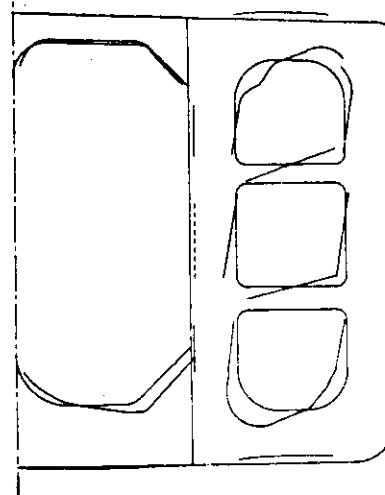
LOAD CONDITION 4



LOAD CONDITION 5



LOAD CONDITION 6



2.4.5

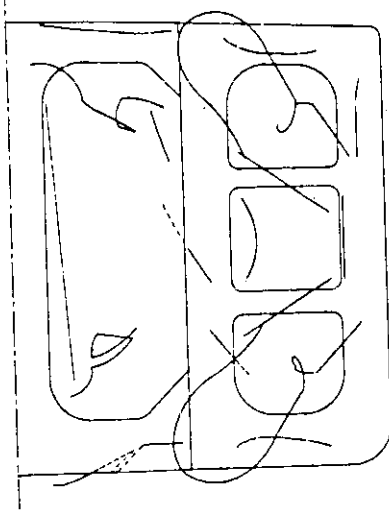
SHEARING STRESS AND NORMAL STRESS DIAGRAM

NK 50-B 3 LONG BHD 2 STRUTS TYPE

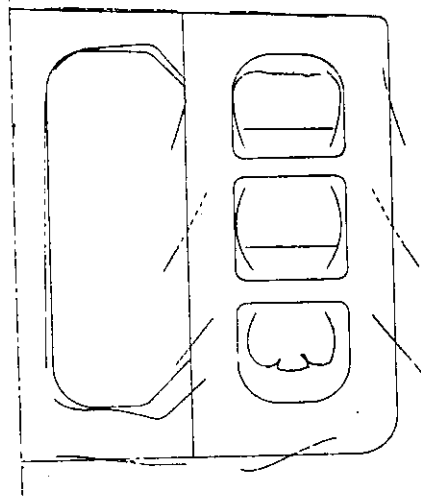
—— NORMAL STRESS (FACE)
 SHEARING STRESS (WEB)

0	10	20	30 KG/CM ²
0	10	20	30 KG/CM ²

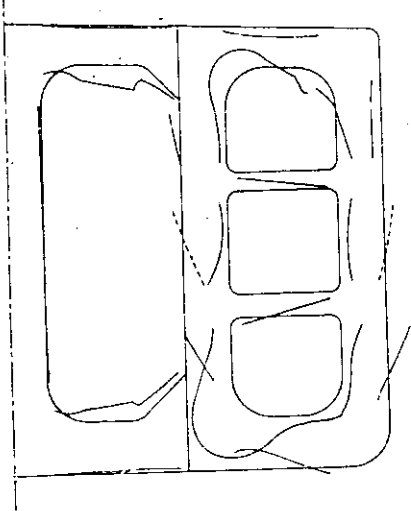
LOAD CONDITION 1



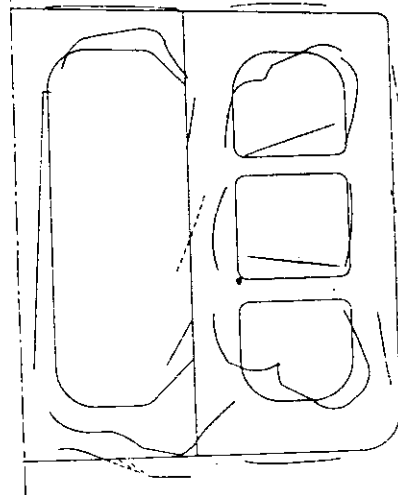
LOAD CONDITION 2



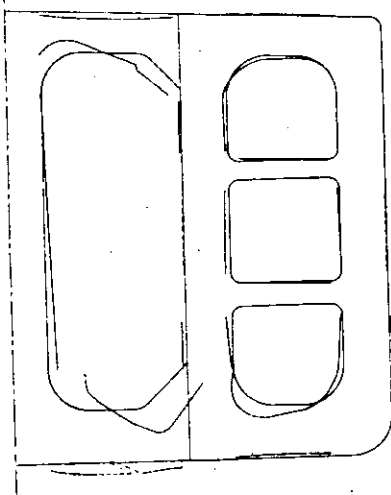
LOAD CONDITION 3



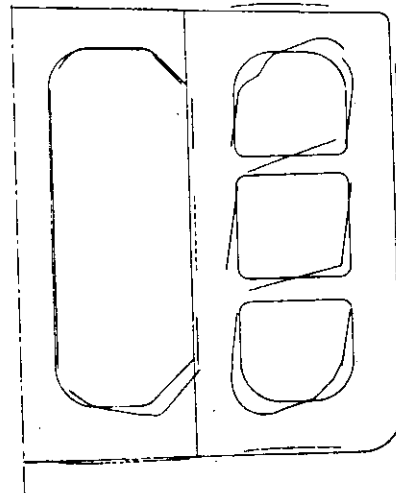
LOAD CONDITION 4



LOAD CONDITION 5



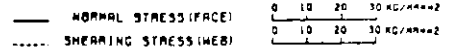
LOAD CONDITION 6



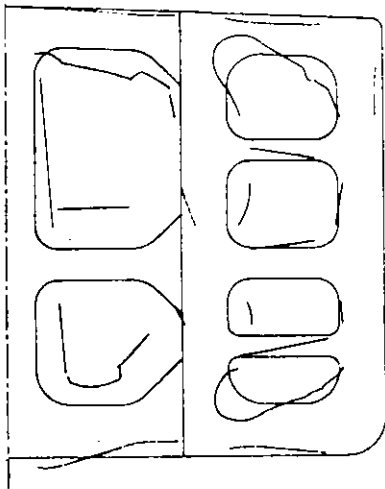
2.4.6

SHEARING STRESS AND NORMAL STRESS DIAGRAM

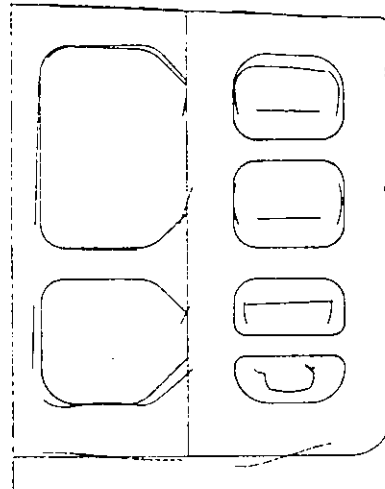
NK 50-7 3 LONG BHD 3 STRUTS TYPE



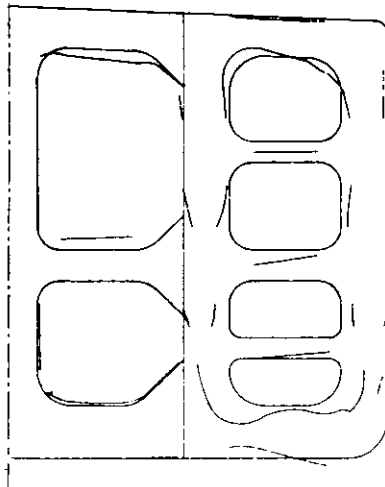
LOAD CONDITION 1



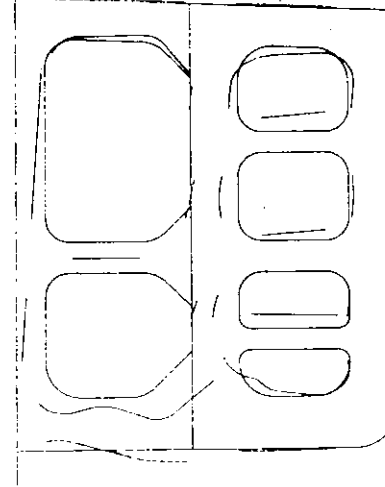
LOAD CONDITION 2



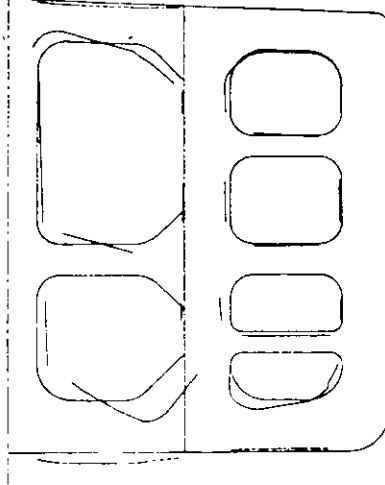
LOAD CONDITION 3



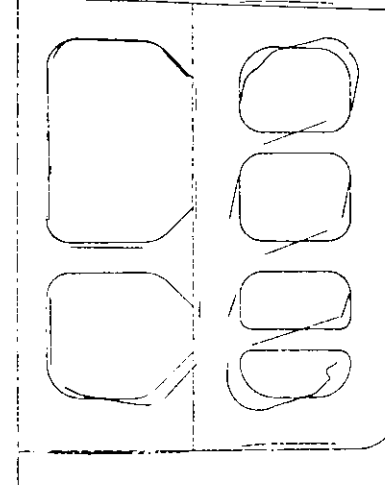
LOAD CONDITION 4



LOAD CONDITION 5



LOAD CONDITION 6



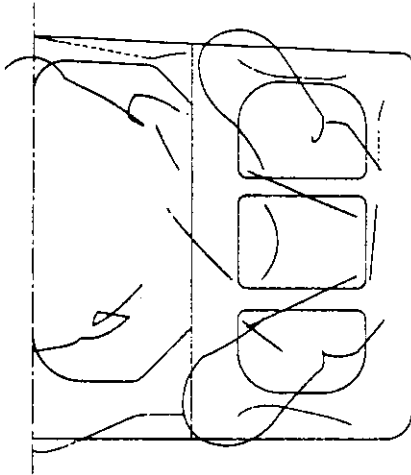
SHEARING STRESS AND NORMAL STRESS DIAGRAM

NK 50-B CENTERCUTTER 2 STRUTS TYPE

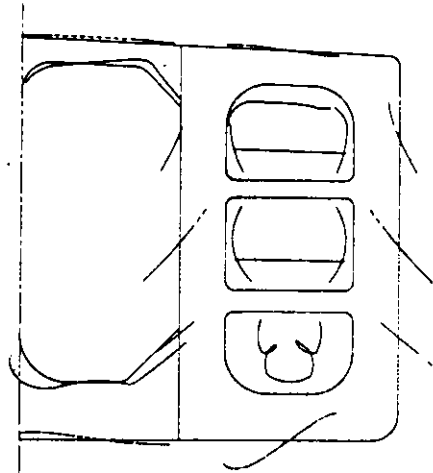
— NORMAL STRESS (FACE)
- - - - - SHEARING STRESS (WEB)

0 10 20 30 KG/CM²
0 10 20 30 KG/CM²

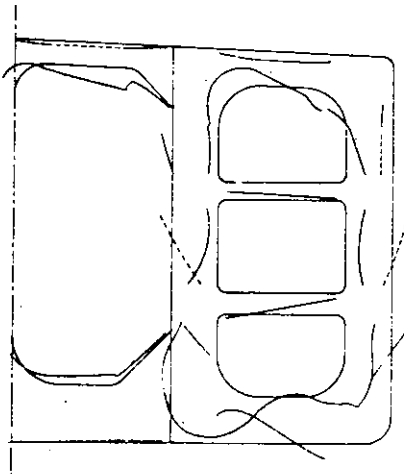
LOAD CONDITION 1



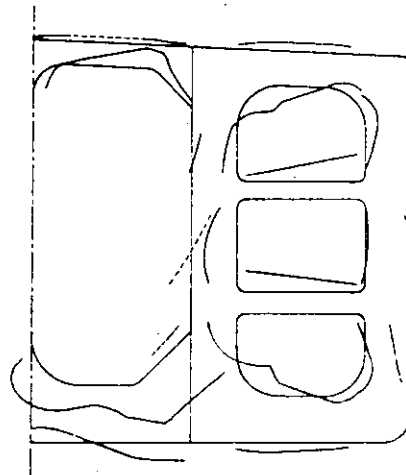
LOAD CONDITION 2



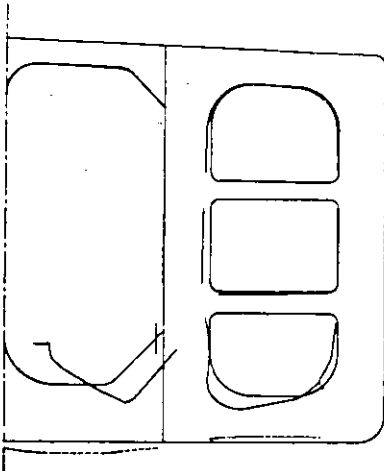
LOAD CONDITION 3



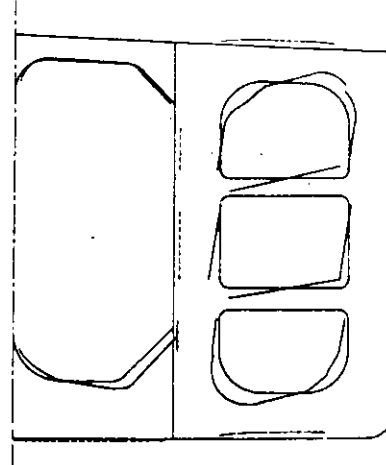
LOAD CONDITION 4

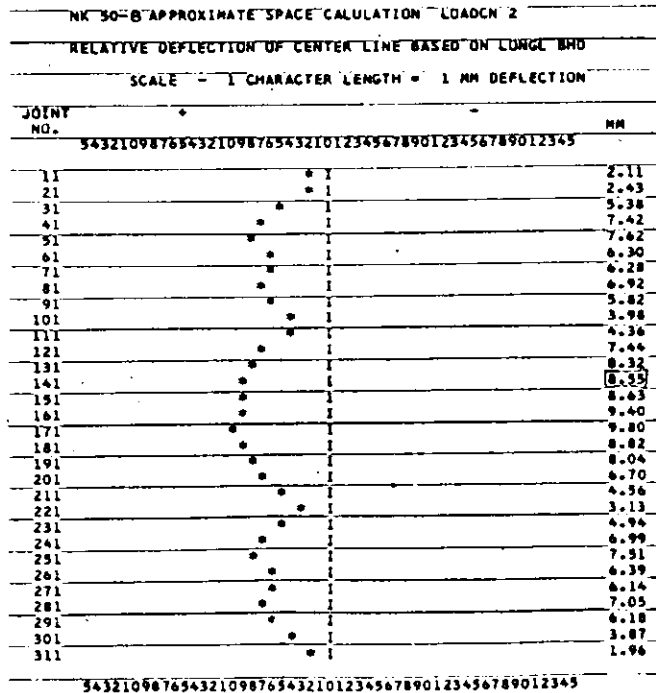
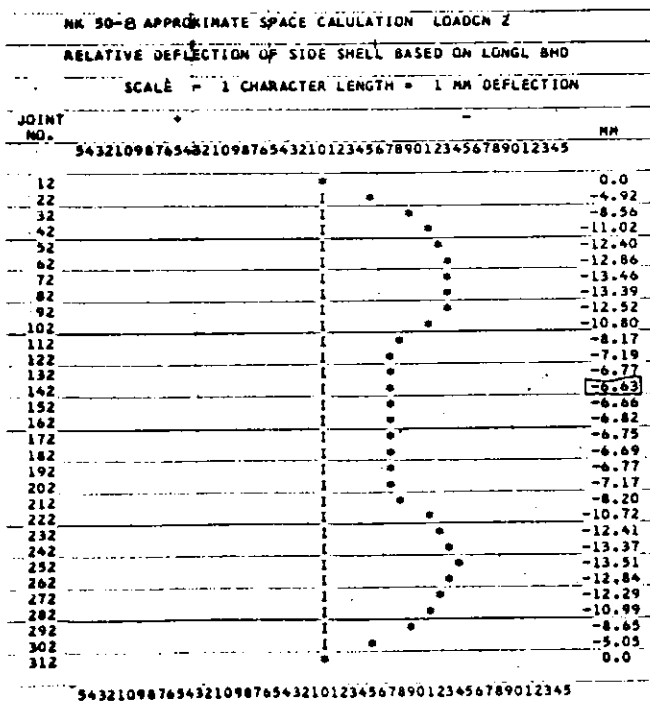
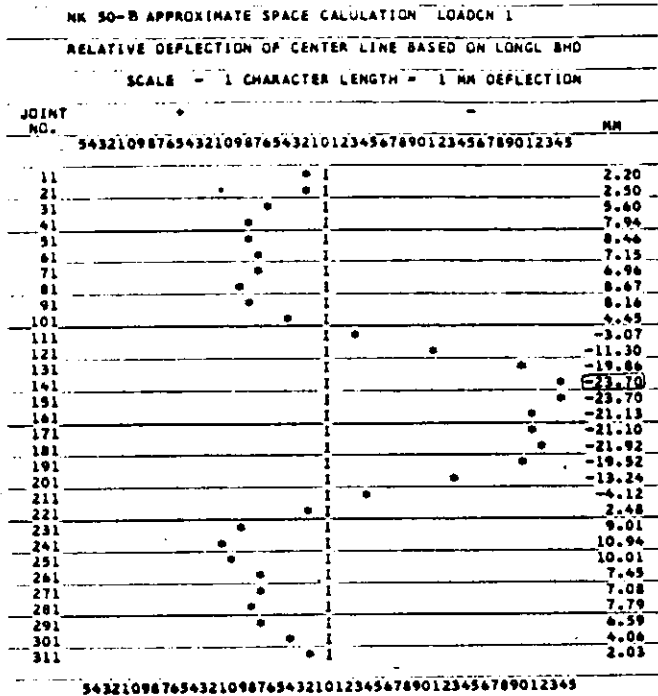
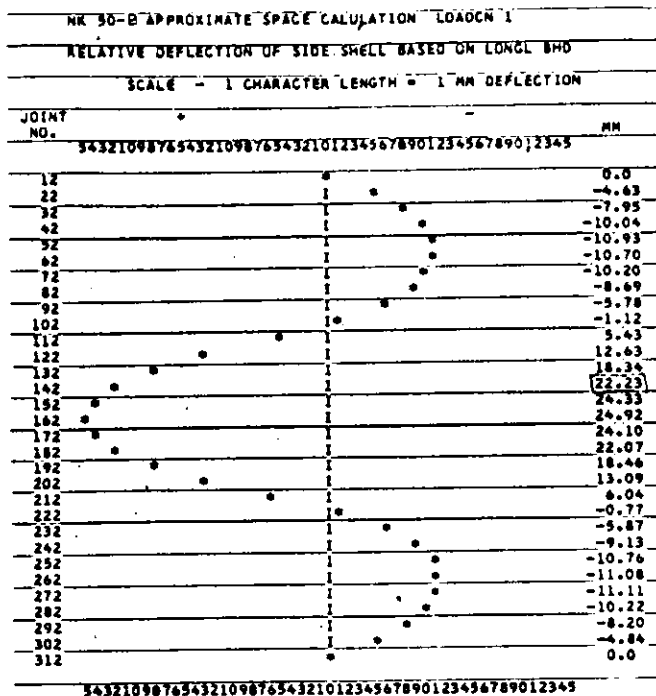


LOAD CONDITION 5



LOAD CONDITION 6





2.4.9

NK 50-B APPROXIMATE SPACE CALCULATION LOADCN 3

RELATIVE DEFLECTION OF SIDE SHELL BASED ON LONGI BHD

SCALE - 1 CHARACTER LENGTH = 1 MM DEFLECTION

JOINT NO.	MM
54321098765432109876543210123456789012345	
12	0.0
22	0.80
32	1.47
42	2.01
52	2.45
62	2.80
72	2.90
82	2.80
92	2.50
102	2.00
112	1.00
122	-0.30
132	-1.10
142	(-1.60)
152	-1.50
162	-1.10
172	-1.40
182	-1.50
192	-1.30
202	-0.40
212	1.00
222	2.00
232	2.50
242	2.80
252	2.80
262	2.70
272	2.44
282	2.01
292	1.46
302	0.80
312	0.0

543210987654321098765432101234567890123456789012345

NK 50-B APPROXIMATE SPACE CALCULATION LOADCN 3

RELATIVE DEFLECTION OF CENTER LINE BASED ON LONGI BHD

SCALE - 1 CHARACTER LENGTH = 1 MM DEFLECTION

JOINT NO.	MM
543210987654321098765432101234567890123456789012345	
11	-0.17
21	0.04
31	-0.02
41	-0.15
51	-0.22
61	-0.20
71	-0.20
81	0.40
91	1.20
101	1.30
111	-0.70
121	-2.90
131	-1.50
141	(-0.60)
151	-0.90
161	-2.80
171	-3.20
181	-1.20
191	-0.60
201	-0.90
211	-0.90
221	0.60
231	1.30
241	0.80
251	0.0
261	-0.40
271	-0.26
281	-0.15
291	-0.03
301	0.02
311	-0.17

543210987654321098765432101234567890123456789012345

NK 50-B APPROXIMATE SPACE CALCULATION LOADCN 4

RELATIVE DEFLECTION OF SIDE SHELL BASED ON LONGI BHD

SCALE - 1 CHARACTER LENGTH = 1 MM DEFLECTION

JOINT NO.	MM
543210987654321098765432101234567890123456789012345	
12	0.0
22	0.55
32	0.95
42	1.19
52	1.25
62	1.03
72	0.35
82	-0.78
92	-2.60
102	-5.30
112	-9.20
122	-15.20
132	-19.80
142	(-23.00)
152	-24.60
162	-24.60
172	-24.30
182	-22.90
192	-20.10
202	-15.60
212	-9.60
222	-5.50
232	-2.50
242	-0.52
252	0.65
262	1.27
272	1.42
282	1.35
292	1.05
302	0.40
312	0.0

543210987654321098765432101234567890123456789012345

NK 50-B APPROXIMATE SPACE CALCULATION LOADCN 4

RELATIVE DEFLECTION OF CENTER LINE BASED ON LONGI BHD

SCALE - 1 CHARACTER LENGTH = 1 MM DEFLECTION

JOINT NO.	MM
543210987654321098765432101234567890123456789012345	
11	-0.24
21	0.01
31	-0.18
41	-0.52
51	-0.82
61	-0.84
71	-0.67
81	-0.77
91	-0.40
101	1.10
111	4.80
121	10.70
131	19.00
141	(22.80)
151	22.60
161	19.50
171	19.40
181	21.30
191	19.40
201	13.60
211	5.50
221	1.20
231	-1.50
241	-1.95
251	-1.63
261	-1.07
271	-0.90
281	-0.45
291	-0.33
301	-0.11
311	-0.23

543210987654321098765432101234567890123456789012345

SHEARING STRESS AND NORMAL STRESS DIAGRAM

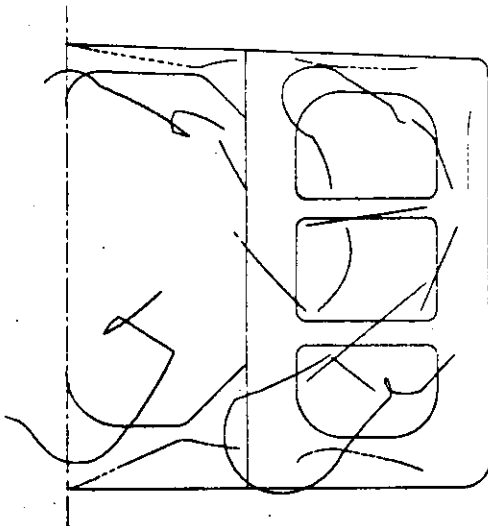
NK 50-0 CENTERGIRDER 2 STRUTS TYPE

(INCLUDING THE EFFECT OF RELATIVE DEFLECTION)

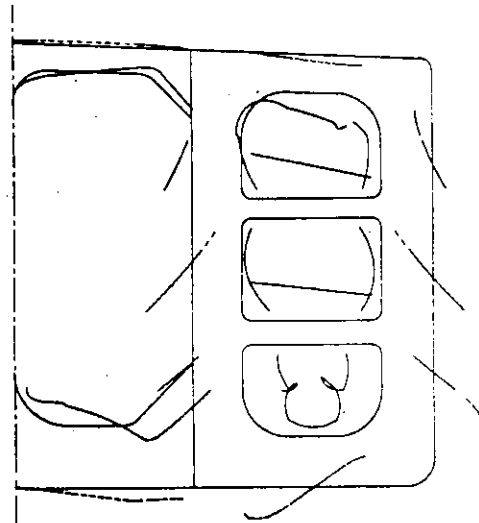
— NORMAL STRESS (FACE)
 SHEARING STRESS (WEB)

0	10	20	30 KG/MM ²
0	10	20	30 KG/MM ²

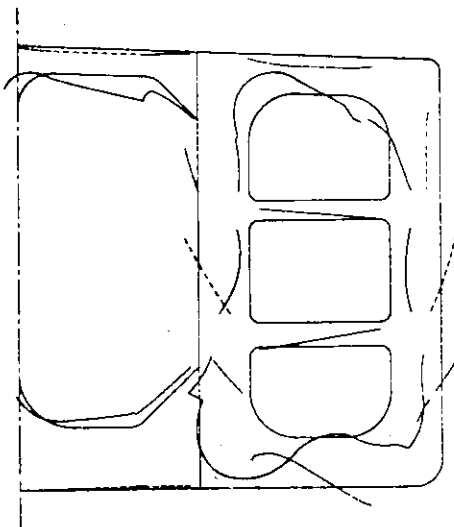
LOAD CONDITION 1



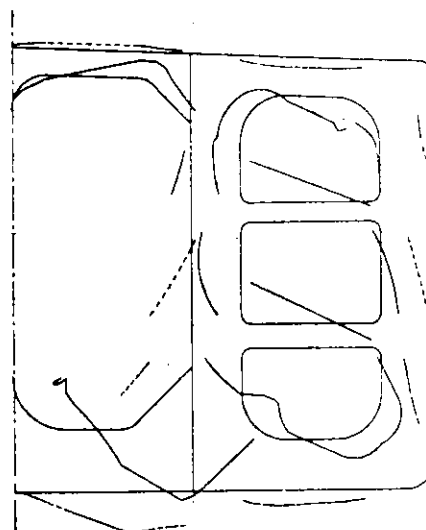
LOAD CONDITION 2



LOAD CONDITION 3

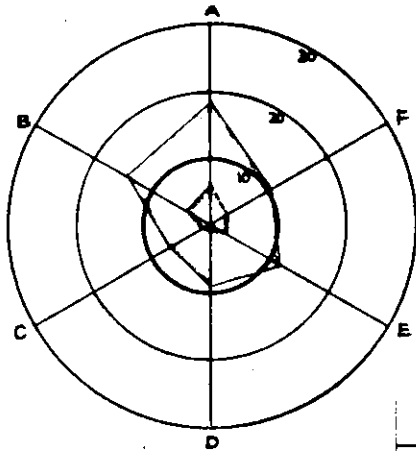


LOAD CONDITION 4

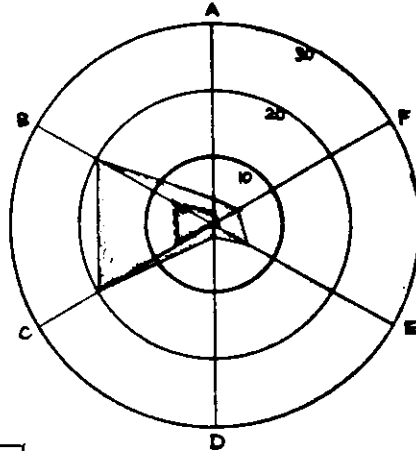


2.4.1.1

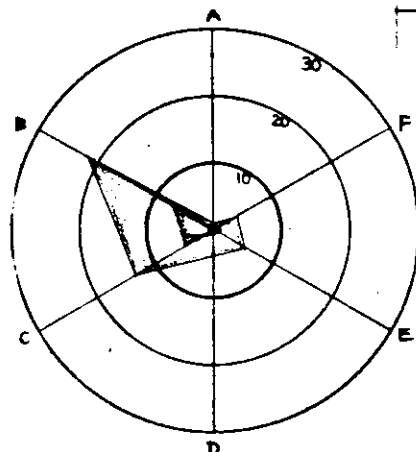
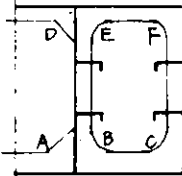
NK50-1



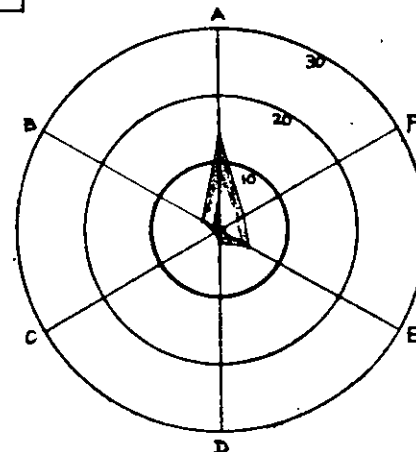
L-1



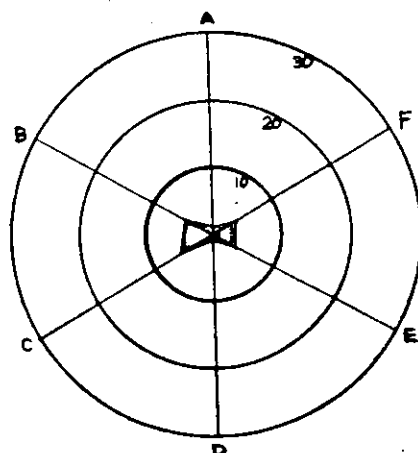
L-2



L-3



L-4



L-6

☒ 2.4.1 2-

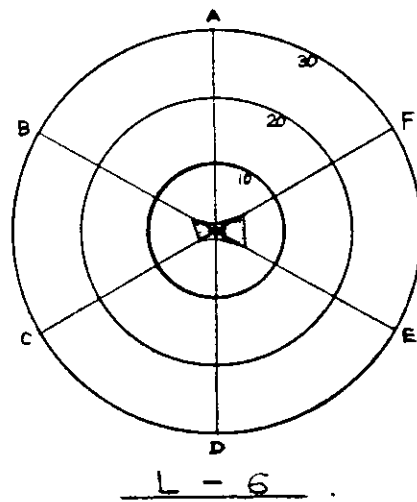
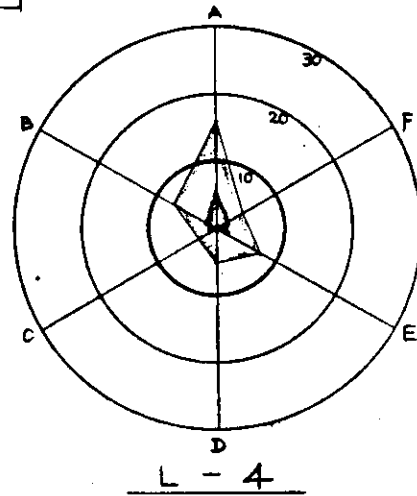
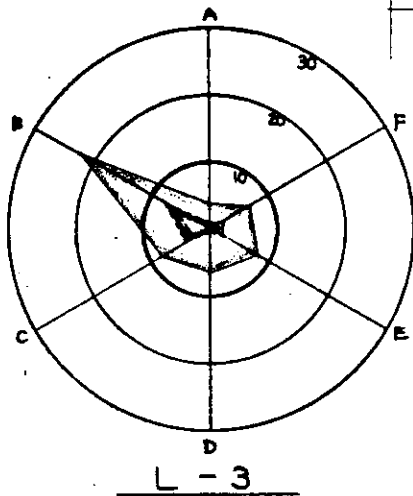
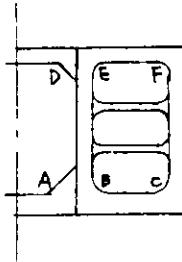
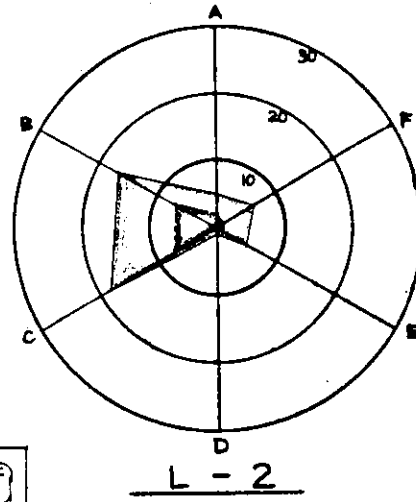
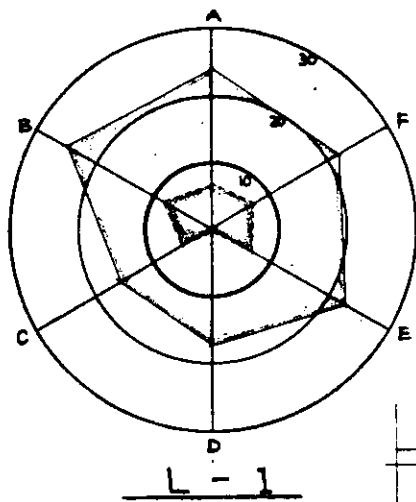
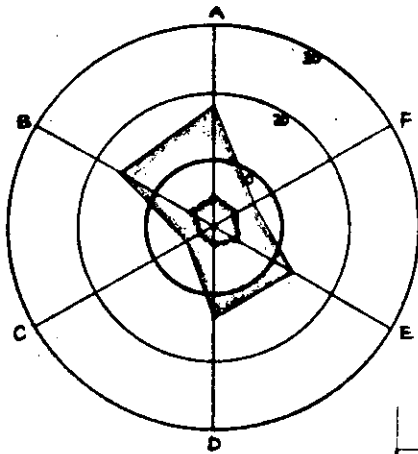
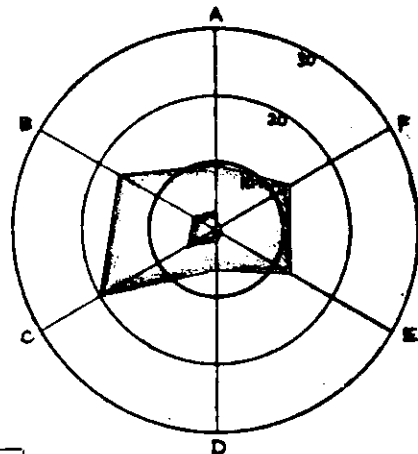


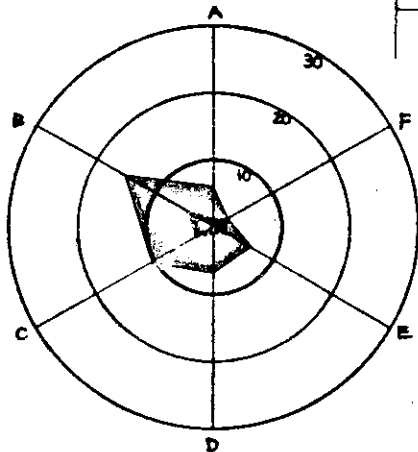
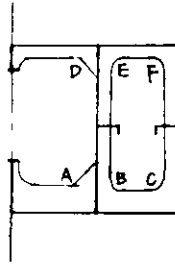
图 2.4.1 3



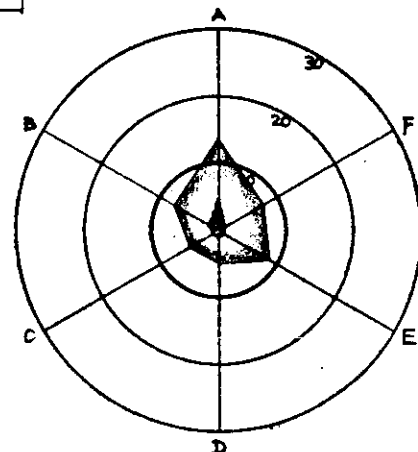
L - 1



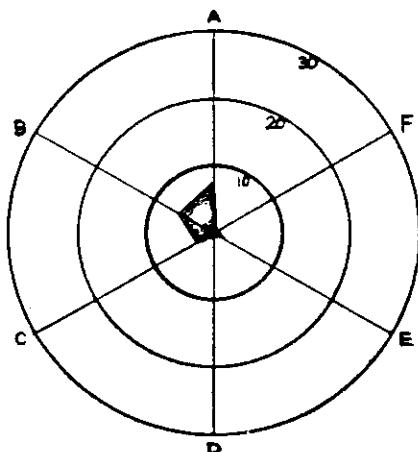
L - 2



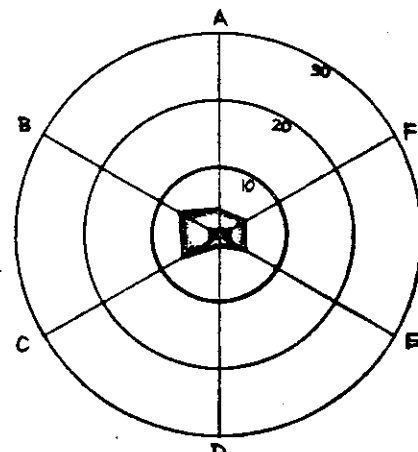
L - 3



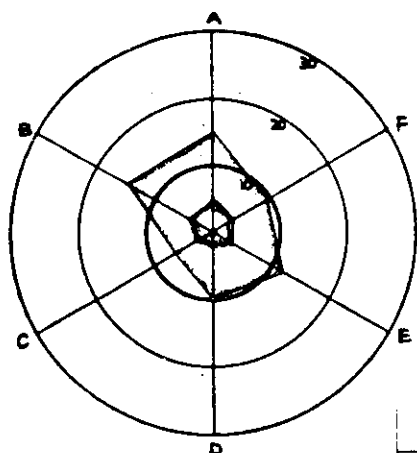
L - 4



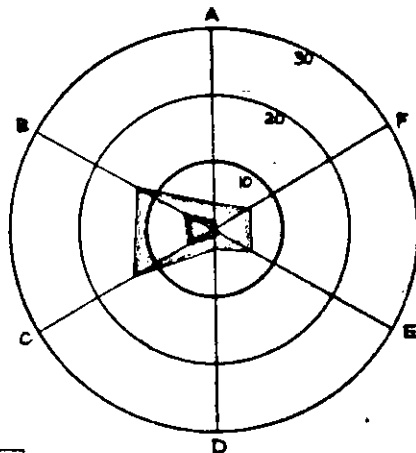
L - 5



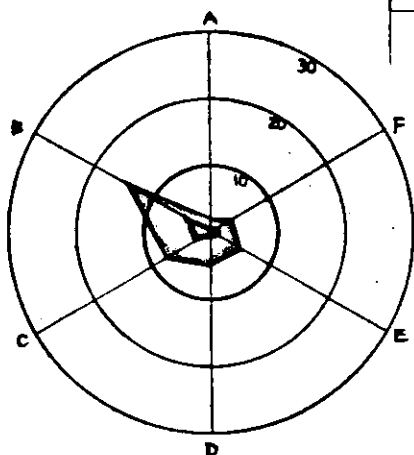
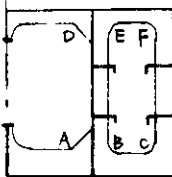
L - 6



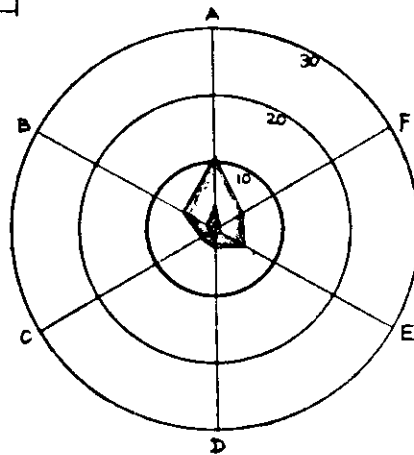
L - 1



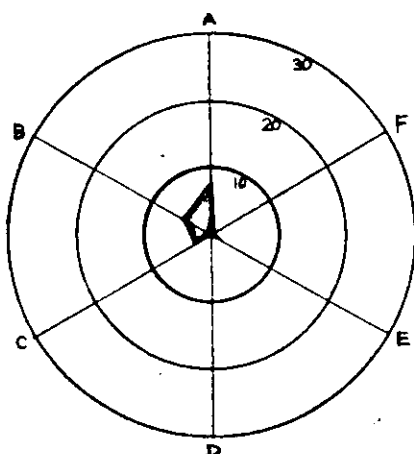
L - 2



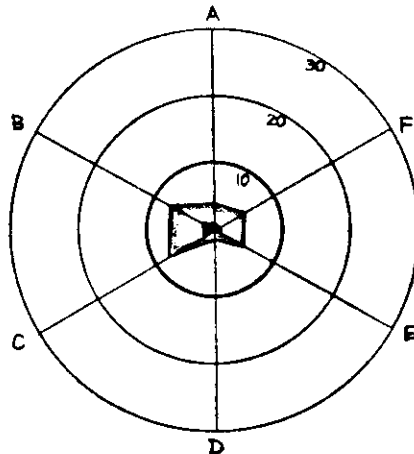
L - 3



L - 4

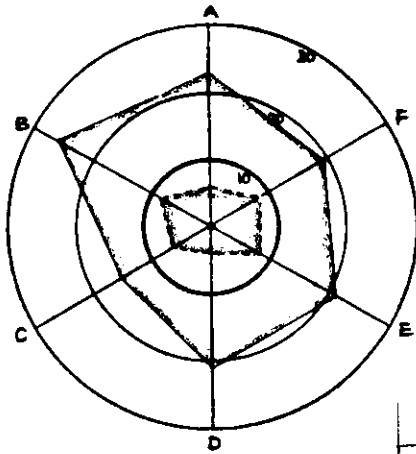


L - 5

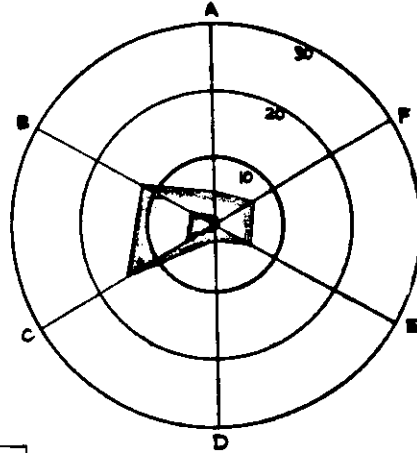


L - 6

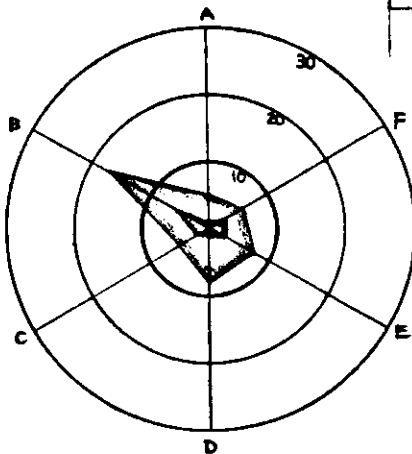
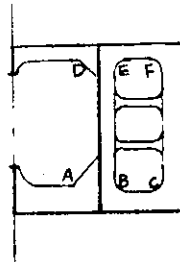
NK50-5



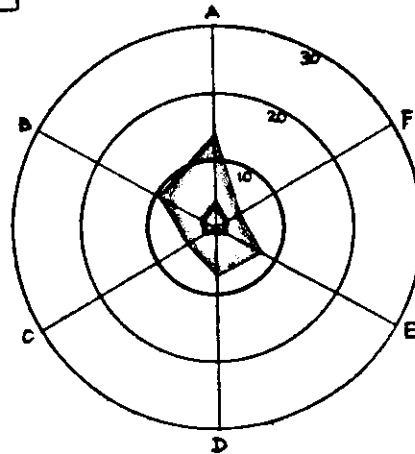
L - 1



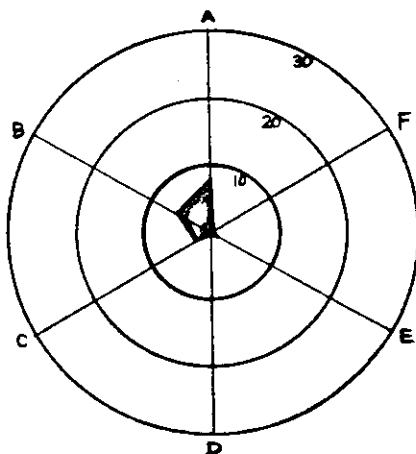
L - 2



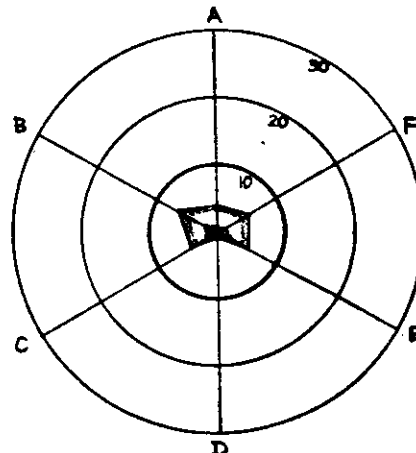
L - 3



L - 4

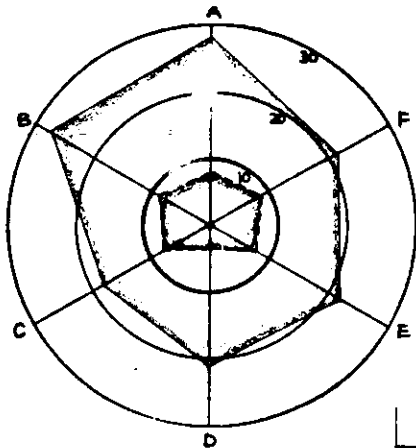


L - 5

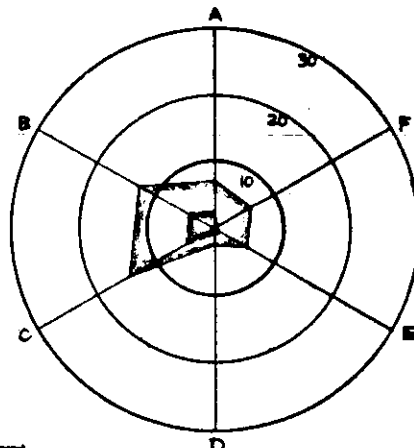


L - 6

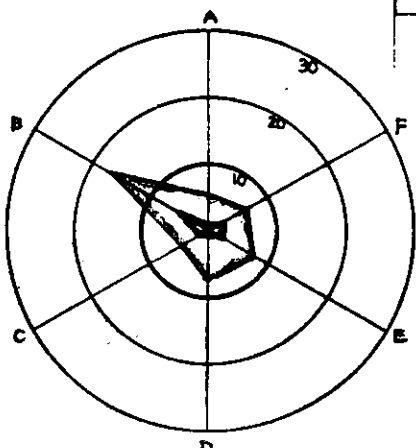
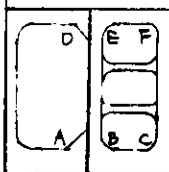
2.4.16



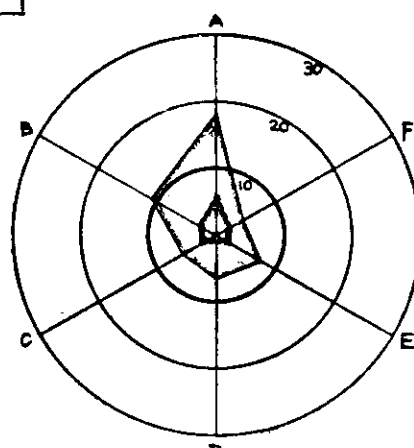
L - 1



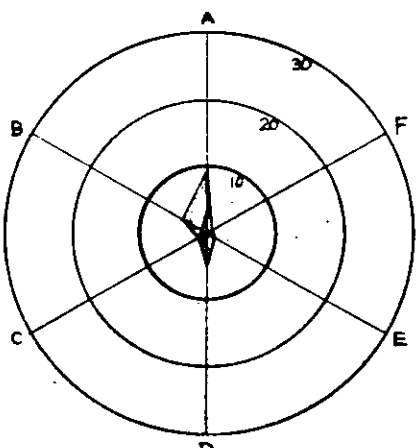
L - 2



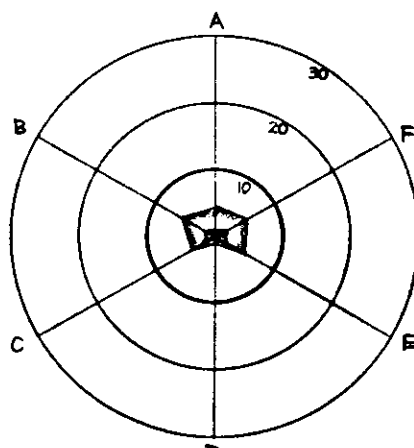
L - 3



L - 4



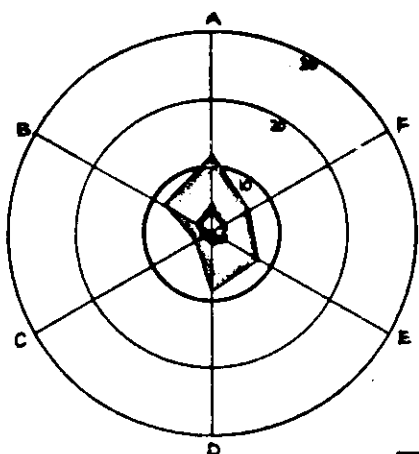
L - 5



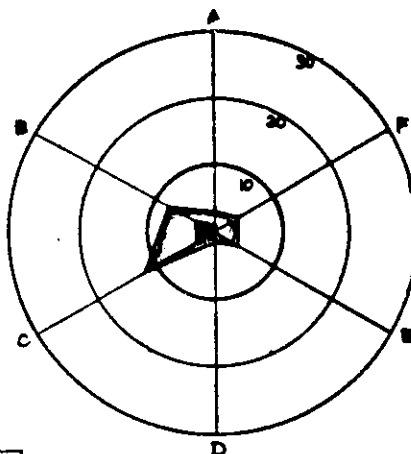
L - 6

2.4.17

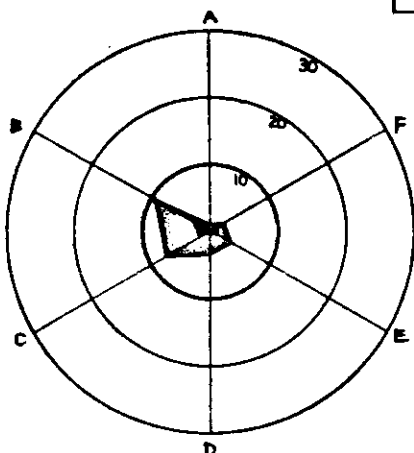
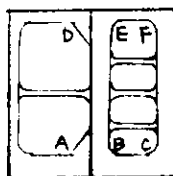
NK50-7



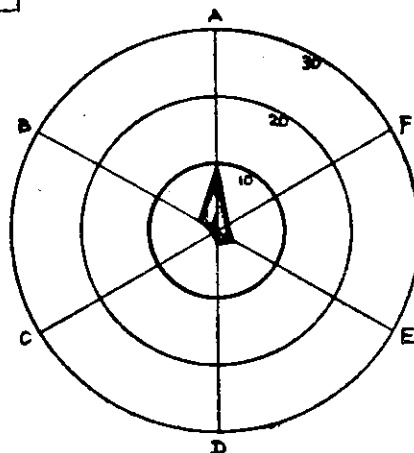
L - 1



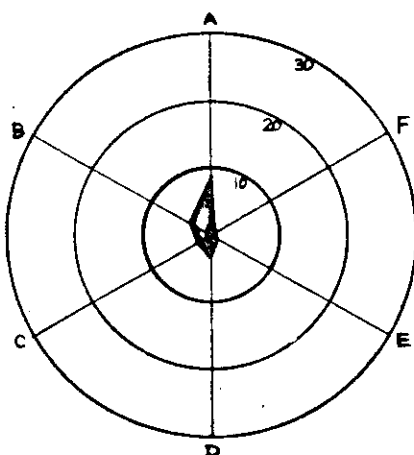
L - 2



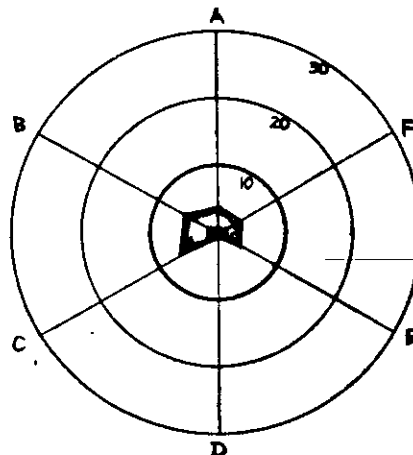
L - 3



L - 4

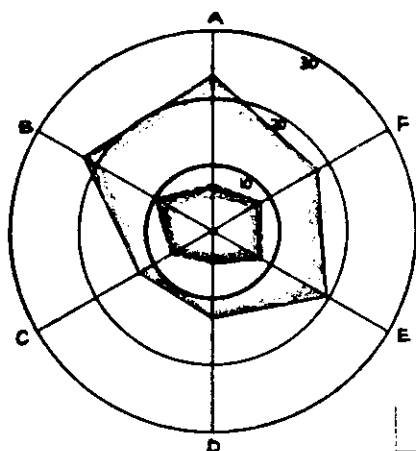


L - 5

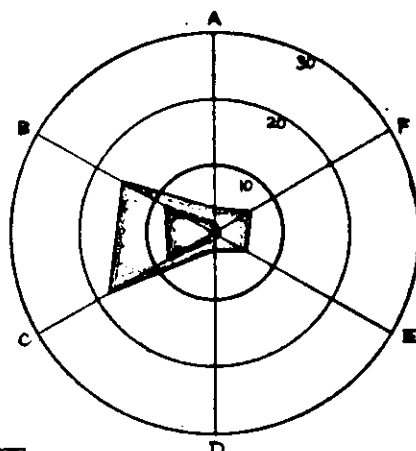


L - 6

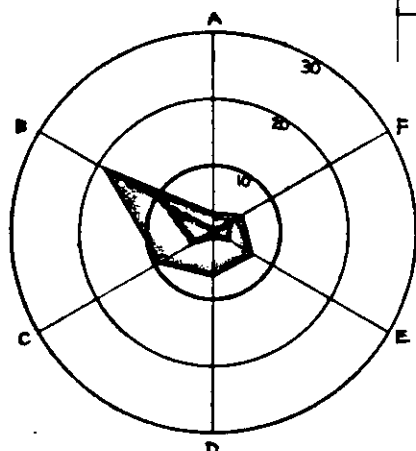
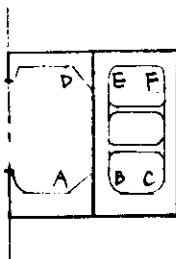
☒ 2.4.18



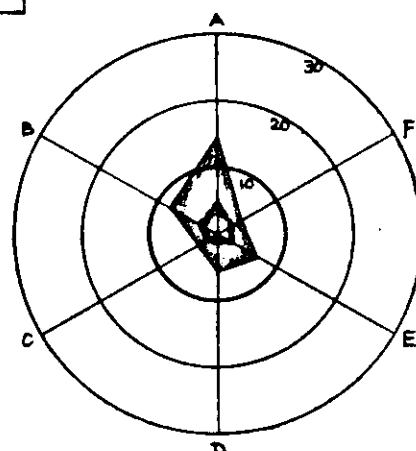
L-1



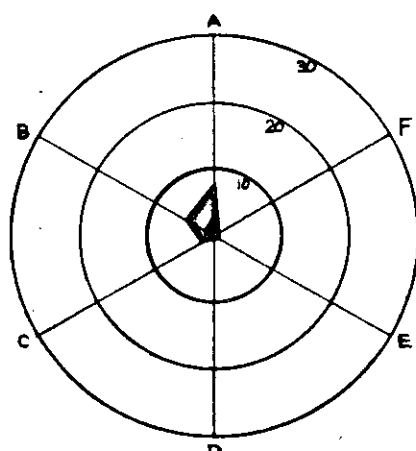
L-2



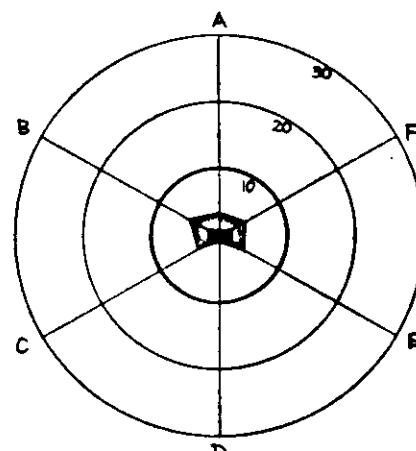
L-3



L-4



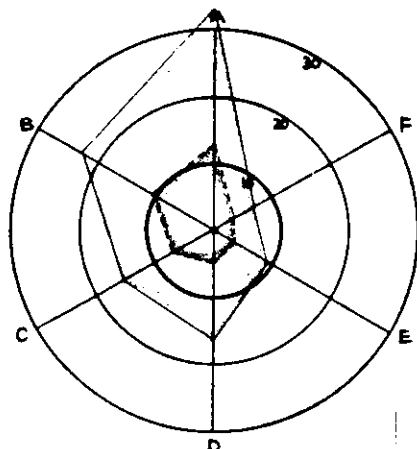
L-5



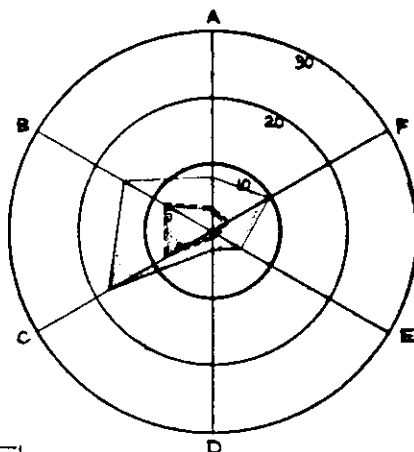
L-6

图 2.4.19

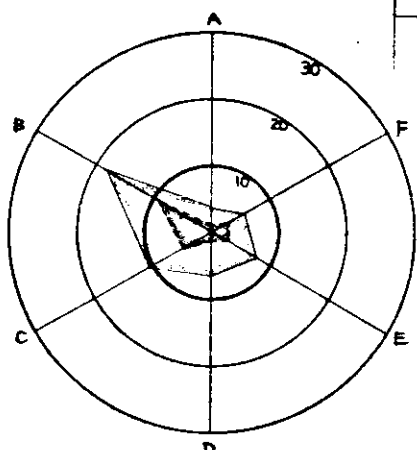
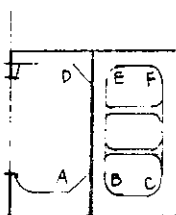
NK50-8



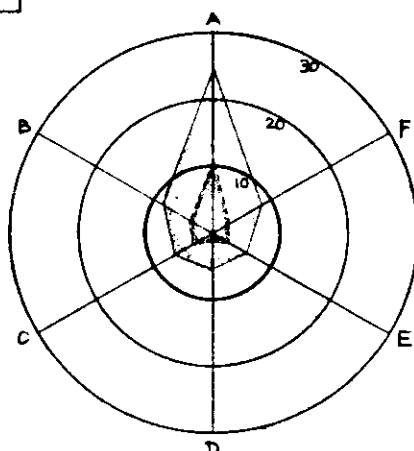
L - 1



L - 2



L - 3



L - 4

图 2.4.2 0

3. 有限要素法によるウィングタンク下部を張りつめた トランスバースリングの横強度解析

3.1 ま え が き

昭和43年度研究において、12 & 20万D/Wの実船計測を行なった油送船につき、有限要素法により解析を行ない、梁理論をもってしては解明できない。スロットウェブスチフナー等の大骨材の局部補強材の影響および Trans Ringの形状を変化させた場合の影響を調査したが、形状変化の影響が計算Case不足のため不十分であった。本年度はこの点を明らかにするため、43年度の研究に追加計算を行なったので、43年度に計算ずみの結果を含めてTrans Ringの形状変化の影響の調査という見地よりまとめた。

3.2 計算状態

昭和43年度の研究に使用した20万D/WのTankerのTrans Ring ($L \times B \times D \times d = 310 \times 48.4 \times 23.6 \times 16.5$ 船級NV)をBaseにTrans Ringの形状を次のように変化させた。

Case 1 : 実船状態 (Web Stiffener Tripping BKTを取り除いた場合、ただし、甲板、船底、船側、縦通隔壁付LongiおよびSlotは実船の構造通りにする)

Case 2 : Wing Tank の上下、両隅の B^{KT} を図3.2.1の-----のようにした場合

Case 3 : Wing Tank 下部両隅の B^{KT} を図3.2.1の-----のように大きくした場合

Case 4 : 図3.2.1 ----- で示すようにWing Tank 下部を半ハリツメとした場合

Case 5 : 図3.2.2に示すごとく最下部 Strut のFace上面までハリツメ構造とした場合

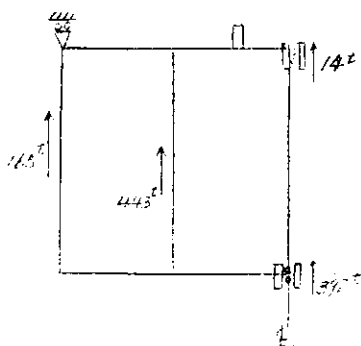
Case 6 : Case 3の状態で $C \cdot T^K$ の $L \cdot B^{HD}$ 側の B^{KT} を図3.2.1の-----で示すように大きくした場合。

Case 2, 3, 4 & 6については、Trans Ringの形状のみを変化させ部材の寸法はCase 1の実船と同じとした。また、Case 5のハリツメ式については、ハリツメ部の部材の寸法はNK Swash B^{HD} のRule (第28編29条)を満足するよう適当に決定した。なお、ハリツメ部以外の部材の寸法はCase 1と同じである。

各ケースの計算は三角形要素の有限要素法により行なったが、Case 5のハリツメ式については骨組構造としての計算も行ない、有限要素法による結果と比較した。Case 1およびCase 4, 5の分割図およびCase 5の骨組構造としての構造モデルを図3.2.3~図3.2.5にそれぞれ示す。

3.3 計算条件その他

載荷条件、境界条件および部材の剛性の取り方は昭和43年度研究と同じであるが、その主なものを示すと次のとおりである。



$$C \cdot T^K \text{ Head} = 24.18^m$$

$$W \cdot T^K \text{ Head} = 0$$

$$\text{Draft} = 5.20^m \rightarrow 8.10^m$$

すなわち、載荷条件はTrans Ringに対して最も過酷となる。 $C \cdot T^K$ Structurel Test状態にほぼ対応する実船計測を行なった状態である。

また、1トランスリングを切り出した時の不平衡力は縦強度部材(Side Shell, $L \cdot B^{HD}$, Bottom & Deck Gir)により受けもたれているが上図に示す値はCase 1の実船状態における三菱重工開発の立体強度計算結果より求めたものであり、トランスリングの形状を変化させた各ケースについてもこの値を採用した。トランスリングの形状を変化させた場合、不平衡力の各縦強度部材への分配率は変化するが、本計算ではこの影響は考慮していない。

3.4 計算結果および考察

3.4.1 Trans Ringの変形状態

各ケースのTrans Ringの変形状態を図3.4.1～図3.4.3に示す。また、Trans Ringの主な点の垂直方向の変位をWing Tankの下部重量(体積)で整理したものを図3.4.4に示す。図3.4.4のCase 5以外は全てWeb Stiffener, Tripping B^{KT} 等の局部補強部材の重量を含まない値であり、Case 5はこれらの値を含んだものである。これらの図より次のことがわかる。

- 1) Trans Ringの変形状態はWing Tank下部の重量にほぼ比例して変化する。すなわち、変形量はCase 5のハリツメ式Trans Ringで一番小さくCase 1の実船状態で最も大きくなっている。
- 2) Wing TankとCenter Tankの形状を同時に変化させたCase 6とWing Tankの形状のみをCase 6と同じだけ変化させたCase 3を比較することにより、Bottom Girの変位はかなり大きく変化しているが、他の点の変位はほぼ同程度であることがわかる。
- 3) Wing Tank下部を半ハリツメ式としたCase 4では重量が大きく増加しているにもかかわらず、Trans Ringの変形はあまり小さくならず、Case 3とほぼ同程度である。
- 4) 前述のごとくハリツメ式のTrans Ring Case 5の重量には局部補強材の重量が入っており、局部補強材の重量を取り除いた板および面材の重量のみの場合はCase 1よりも軽くなる。したがって、Wing Tankの下部とハリツメすることはトランスリングの変形をおさえるのに有効である。
- 5) 図3.4.3では、有限要素法による計算と骨組構造とした場合のTrans Ringの変形量を比較しているが、有限要素法による計算結果の方がかなり大きい。この原因としては骨組構造としての計算時Wing Tank下部ハリツメ部を図3.2.5に示すごとく短形の剛体と考え、その部の剛性を大きく取り過ぎたことに原因があると考えられる。

3.4.2 面材の応力および外板の応力分布

各ケースの応力状態を図3.4.5～図3.4.10に示す。また、 $L \cdot B^{hd}$ 下部3材結合部附近の応力をWing Tank下部重量で整理したものを図3.4.11に示す。

図3.4.11(a)の応力はそれぞれの部材近傍の応力の最大値をプロットしたものであり、図3.4.11(b)は図3.2.1に示す①、②、③点の応力をプロットしたものである。これらの図より次のことがわかる。

- 1) Trans Ring各部の応力は、ほぼウイング・タンク下部の重量に逆比例の関係で増減するが、最大応力はコーナー部の応力集中個所で生じており、図3.4.11(a)よりわかるように重量の変化により、最大応力はあまり変化せず重量投入にもかかわらず応力が大きくなる場合もある。
- 2) Wing Tankの形状変化とともにCenter TankのBottom Transの $L \cdot B^{hd}$ 側の B^{KT} を大きくしたCase 6では $C \cdot T^K$ B^{KT} の応力は大巾に下っており、非常に有効であることがわかる。
- 3) 図3.4.11(a)の $L \cdot B^{hd}$ の応力はWing Tank下部の重量が増加するにつれて、わずかながら増加しているが

この原因は Wing Tank 下部の剛性が上るにしたがって、 $L \cdot B^{1/4}$ 付 Vert・Webの曲げ成分が減少したためと考えられる。

4) Wing Tank B^{KT} 近傍の最大応力の比較では(図 3.4.11(a)・印) Case 2 が最も大きくなっており、応力集中が著しいことがわかる。また、Case 5 の Strut Corner についても同様のことがいえる。

5) ハリツメ式 Trans Ring の Case 5 で有限要素法による計算と骨組構造と仮定した場合の応力比較を行なっているが、(図 3.4.9 参照)両者はかなり良く一致している。

3.5 ま と め

Trans Ringの形状を種種変化させた場合につき、有限要素法および骨組構造としての計算を行なったが、主な結論をまとめてみると、

- 1) Wing Tank の下部をハリツメとする構造は Trans Ring の剛性を上げるのに非常に有効である。
- 2) Trans Ring 面材の最大応力を下げるためには著しい応力集中を起すような形状をさけることが必要である。
- 3) 骨組構造による計算結果は部材剛性を正しく取れば、変形・応力(応力集中部は除く)ともほぼ有限要素法による計算結果と一致する。

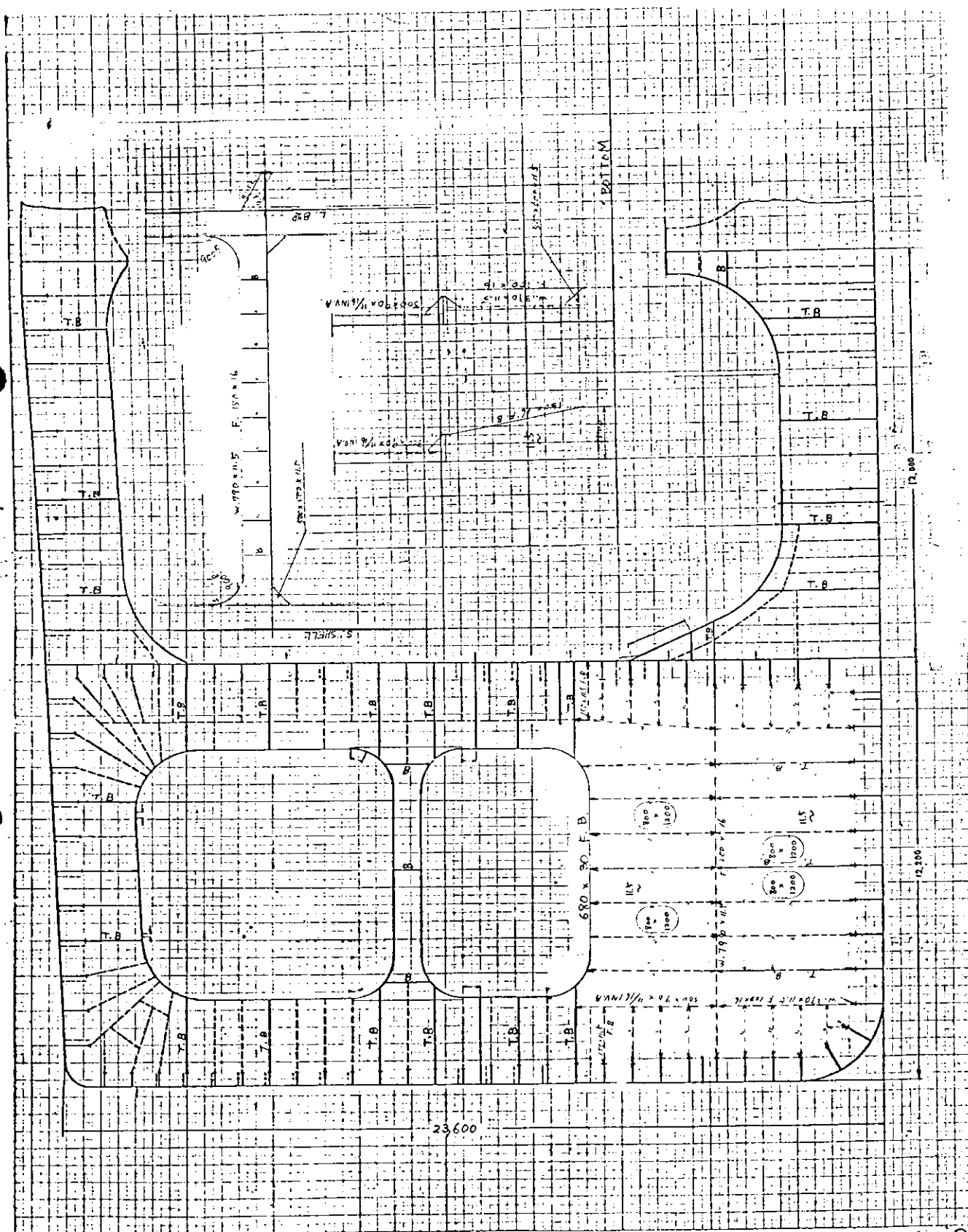


図 3.2.2 ハリツメ式トランスリング構造 (Case 5)

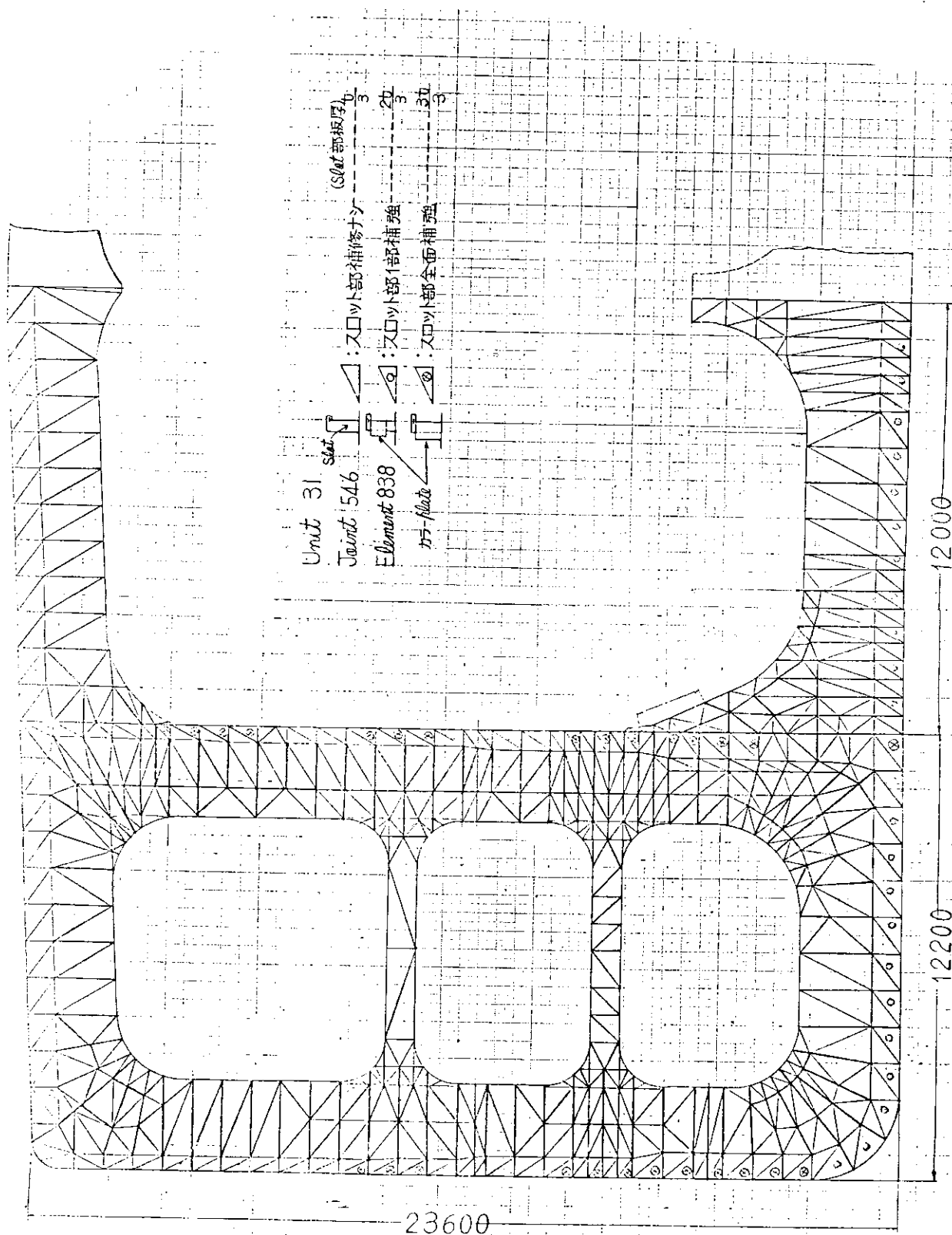
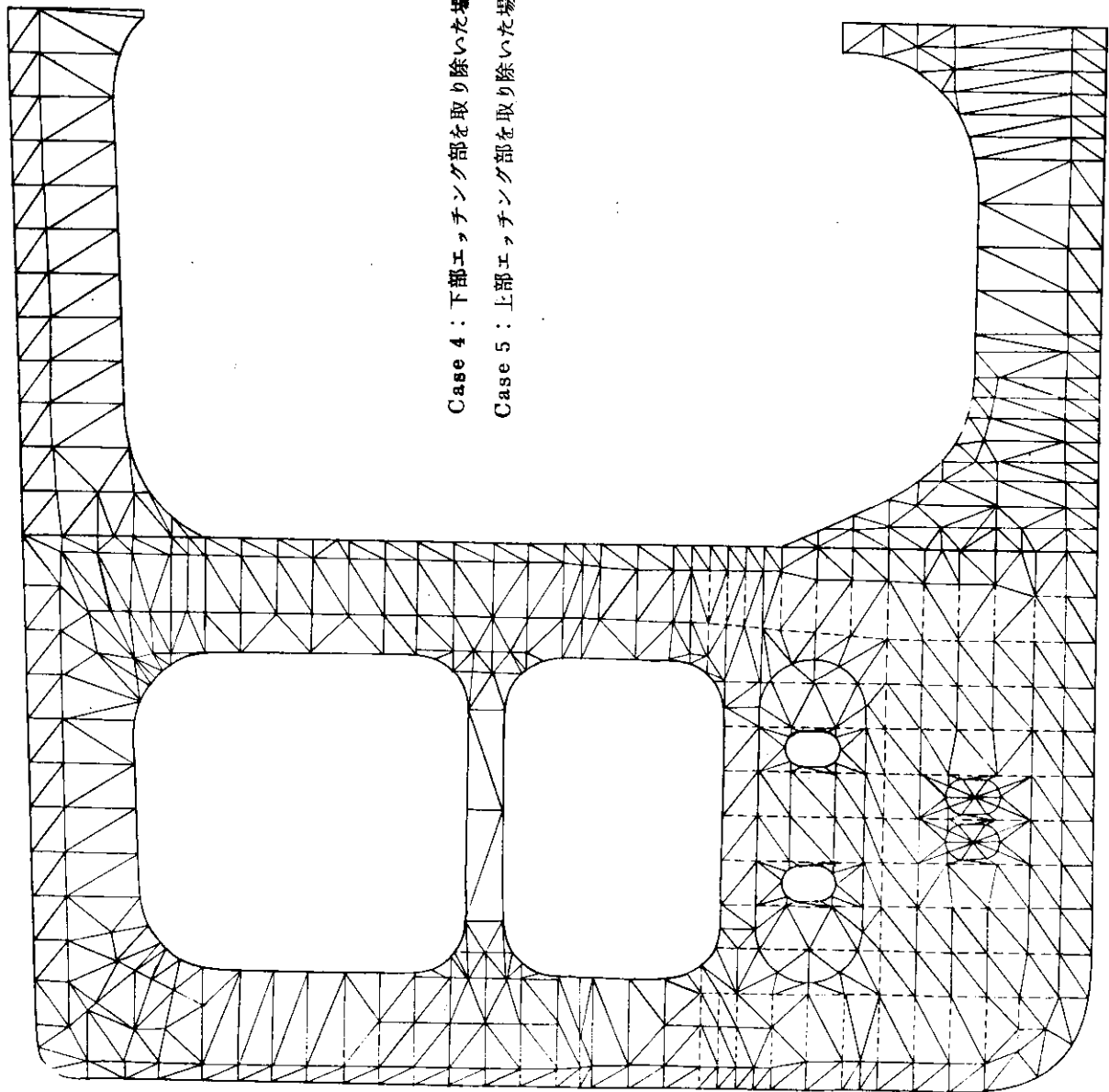
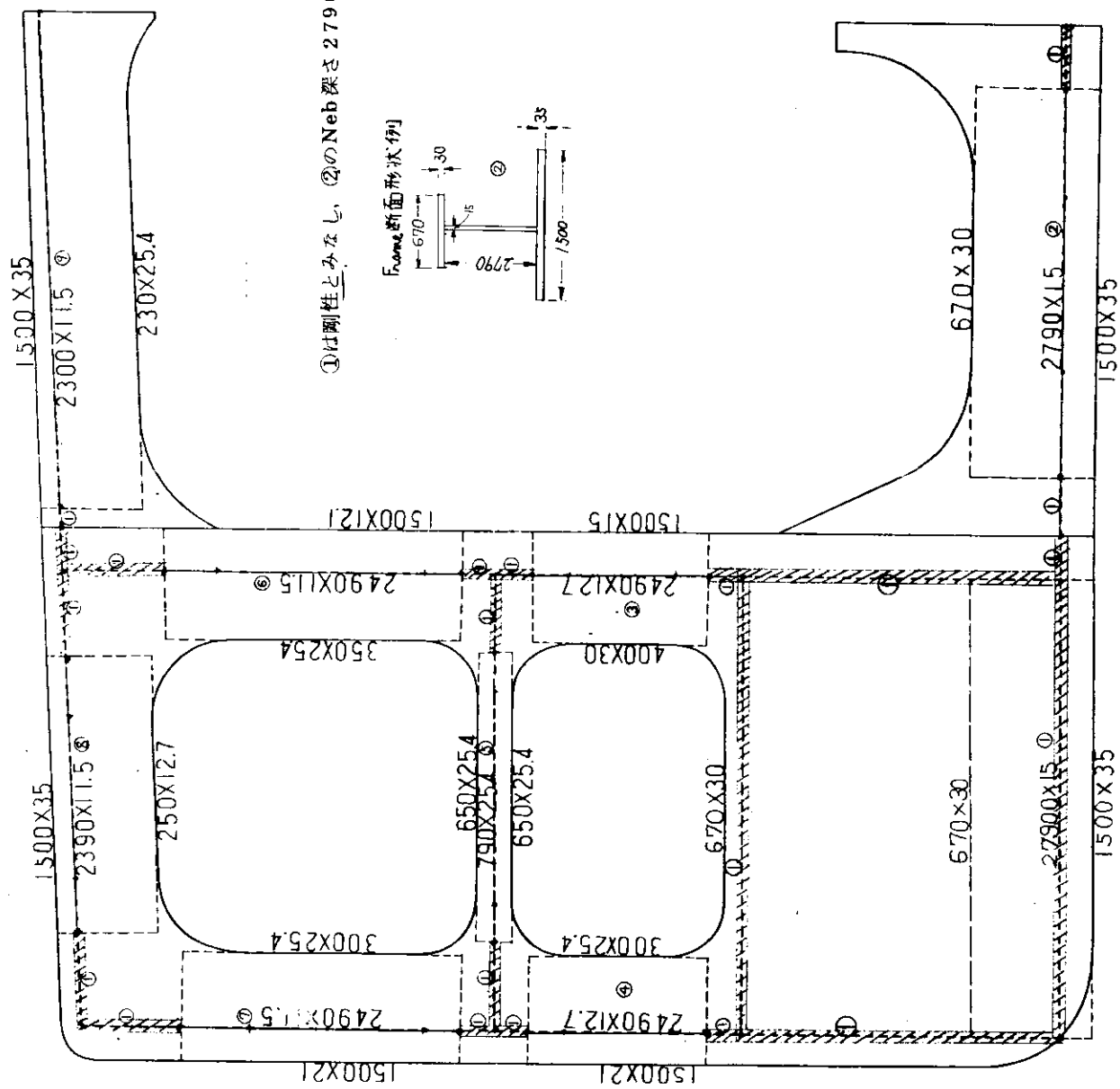


図 3.2.3 有限要素法計算時要素分割 (Case 1)



	JOINT	ELEMENT
Case 4 : 下部エッチング部を取り除いた場合 (ハリツメ式)	582	930
Case 5 : 上部エッチング部を取り除いた場合 (半ハリツメ式)		

図 3.2.4 有限要素法計算時要素分割 (Case 4 & 5)



①は剛性とみなし、②のNeb深さ2790mmの10倍の値を用いた。

図 3.2.5 骨組構造モデルおよび形状寸法

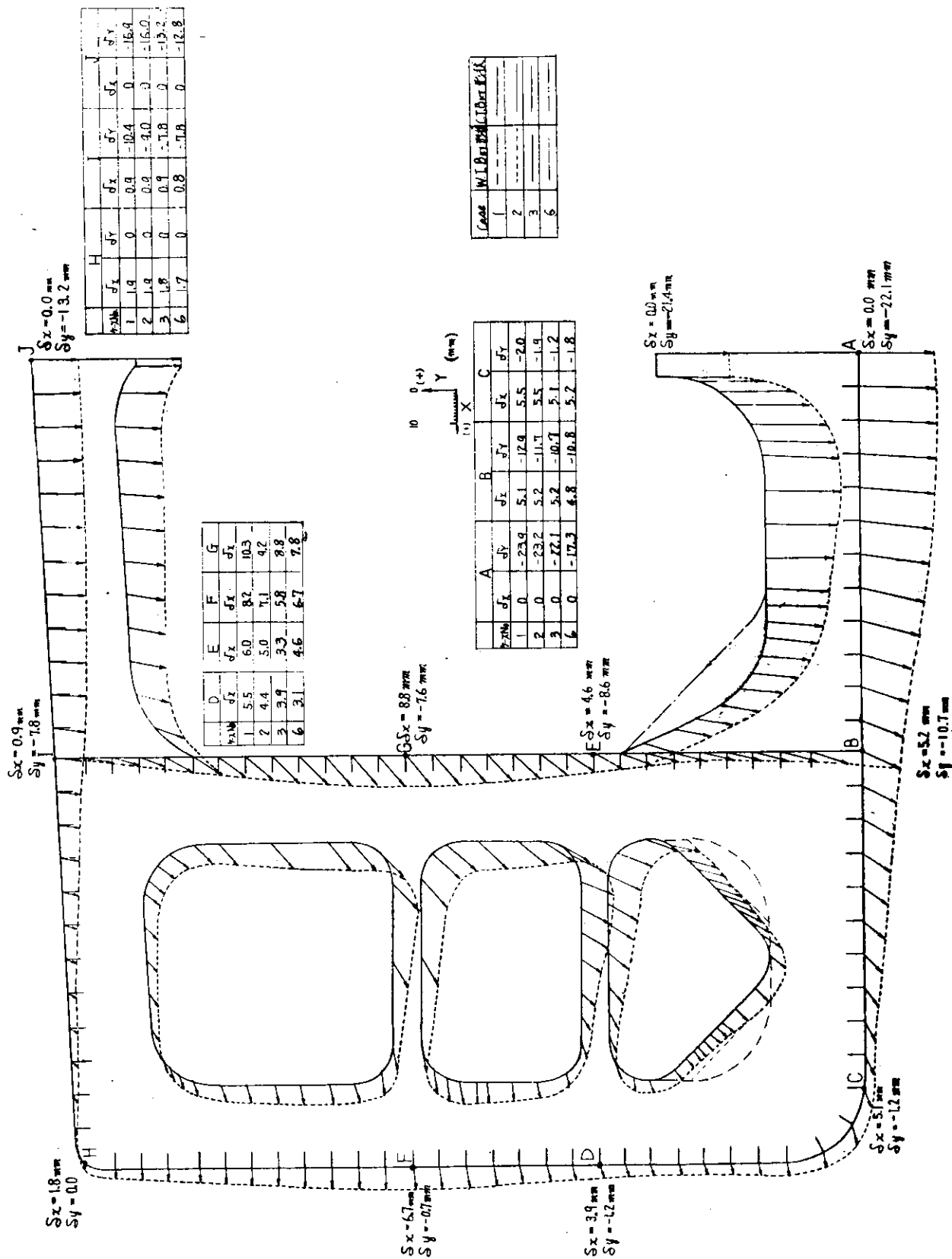


図 3.4.1 トランスリングの変形状態 (Case 1, 2, 3 & 6)

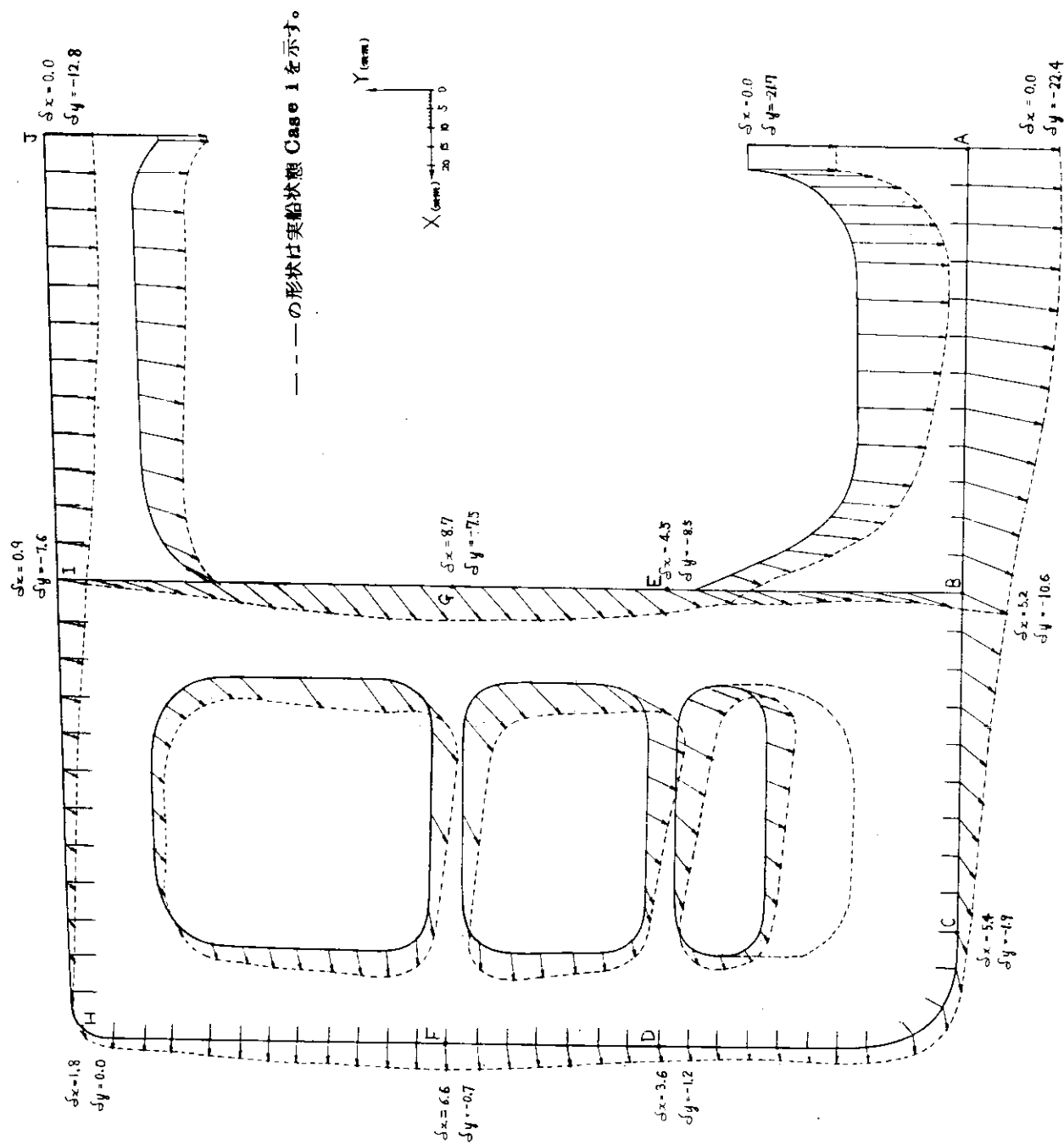


図 3.4.2 トランスリングの変形状態 (Case 4)

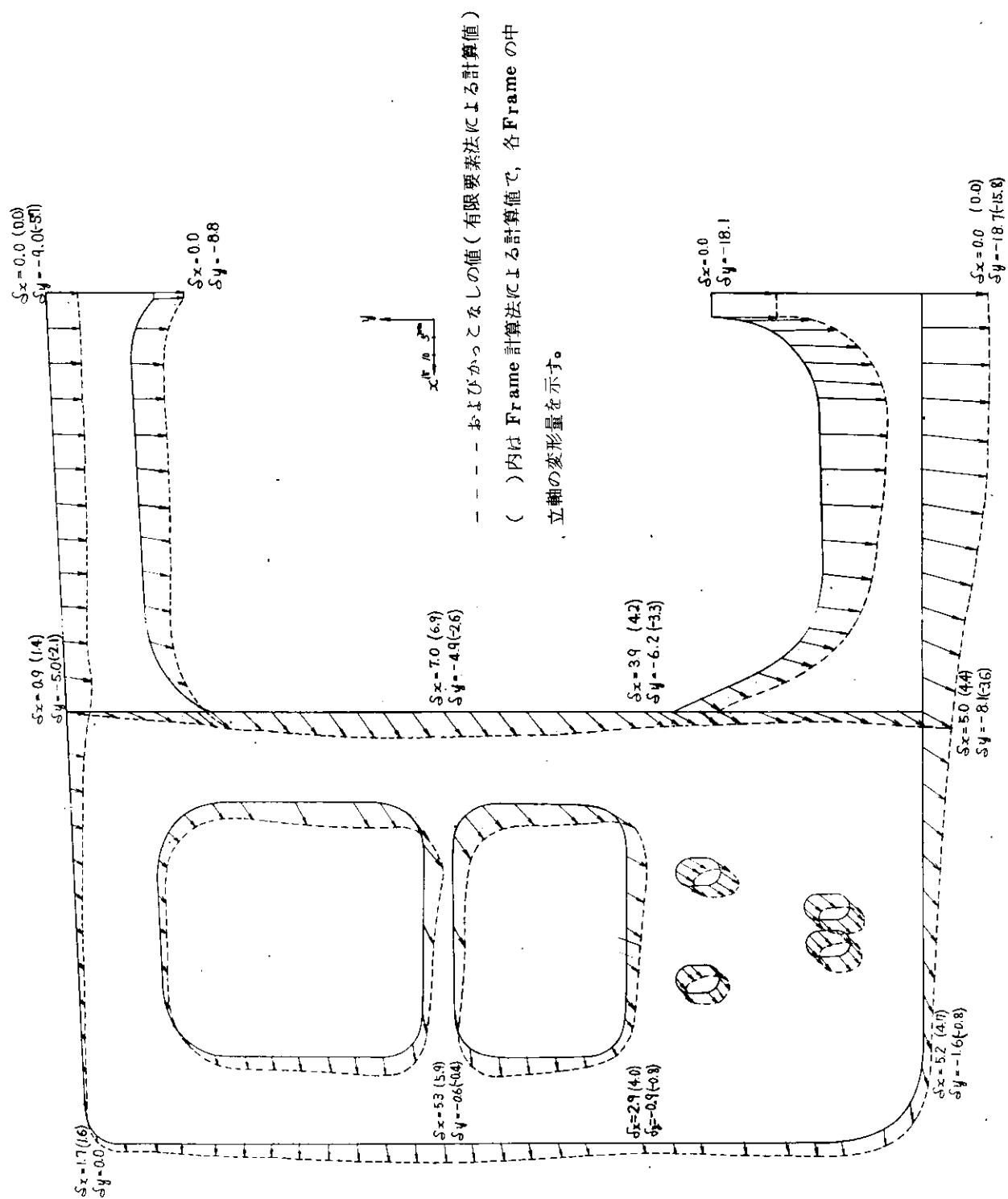


図 3.4.3 トランスリングの変形状態 (Case 5)

トランスリングの各部における変形量 (mm)

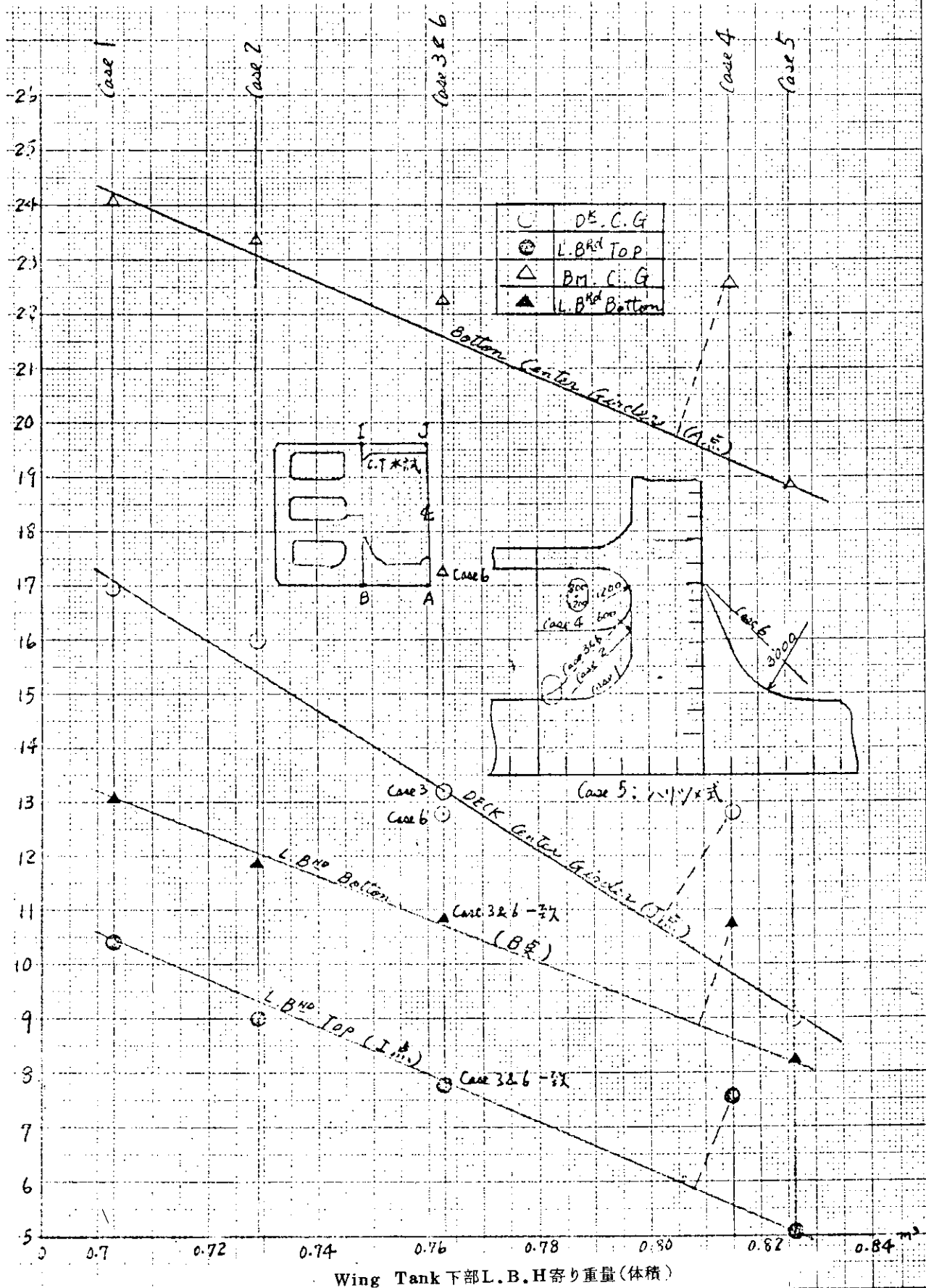


図 3.4.4 Wing Tank 下部形状変化による深さ (y) 方向変位比較

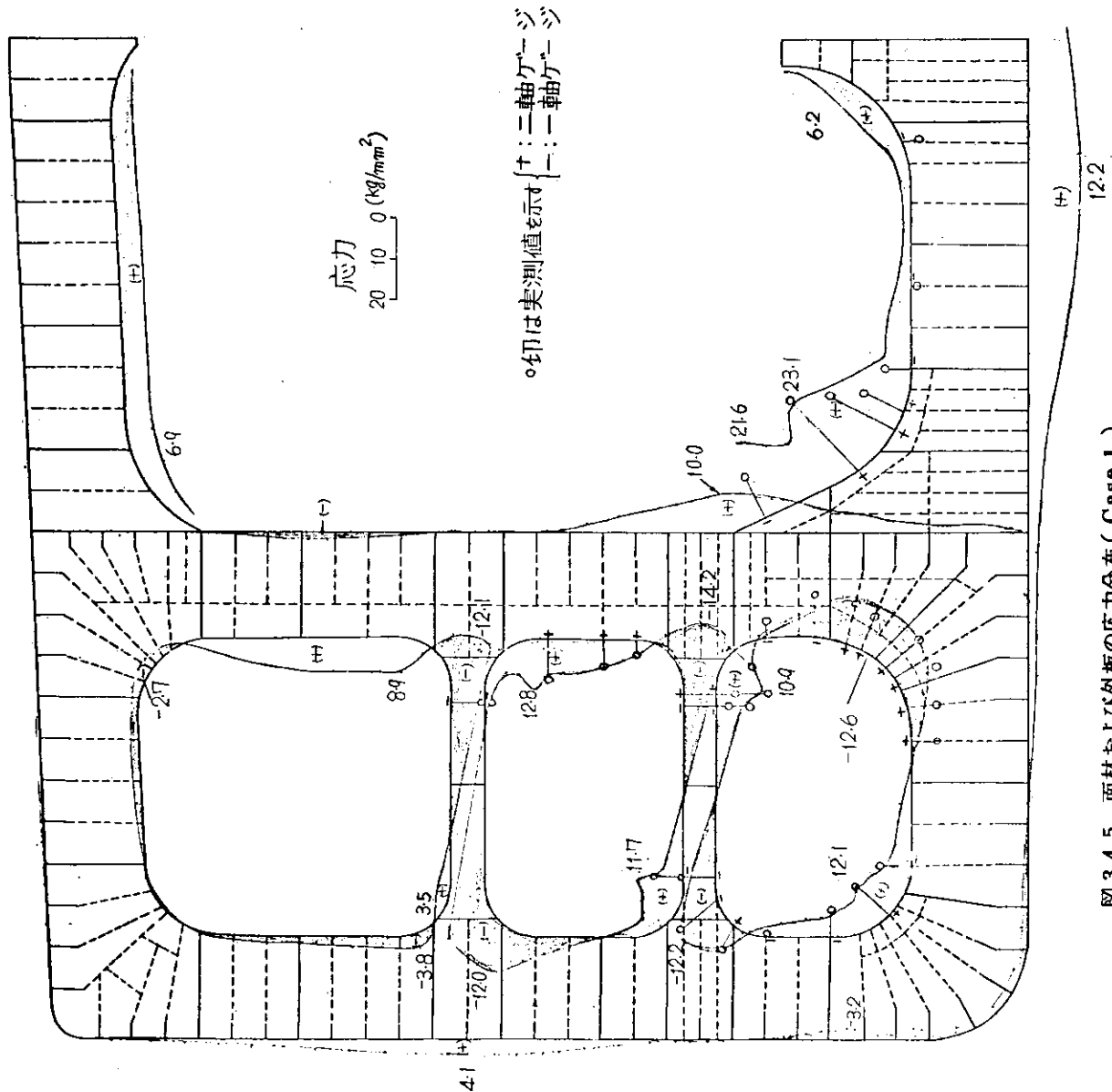


図 3.4.5 面材および外板の応力分布 (Case 1)

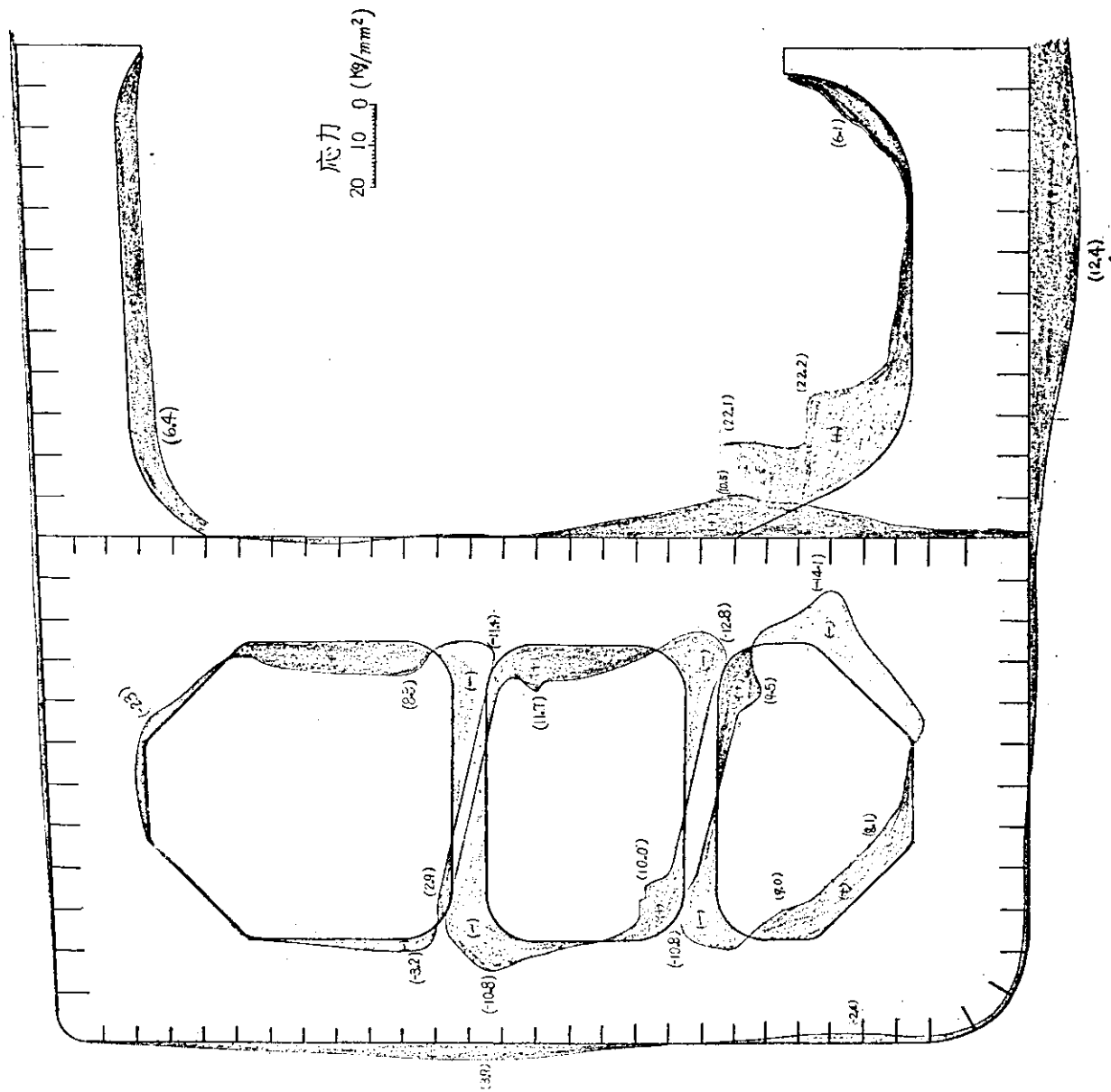


図 3.4.6 面材および外板の応力分布 (Case 2)

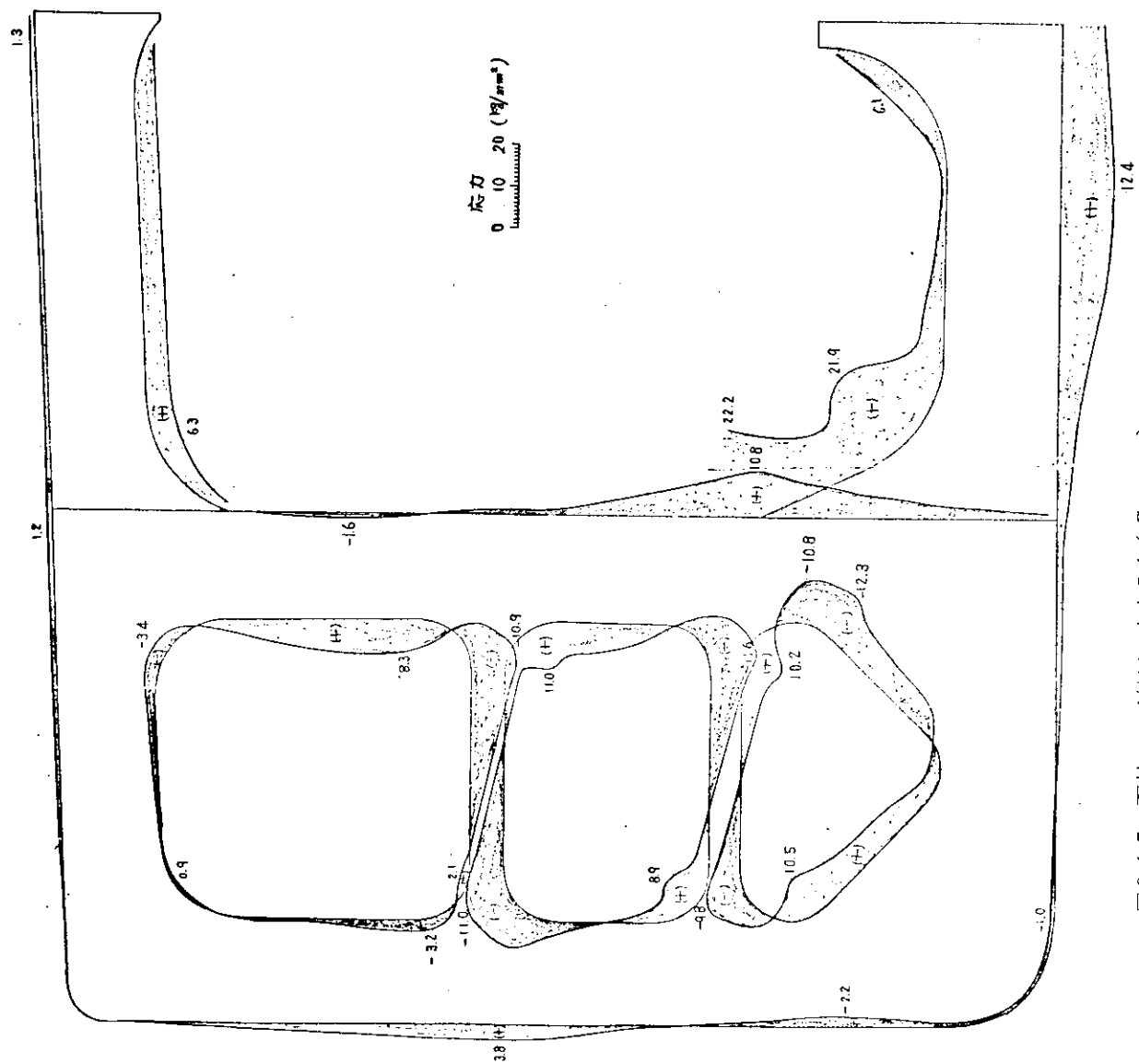


図 3.4.7 面材および外板の応力分布 (Case 3)

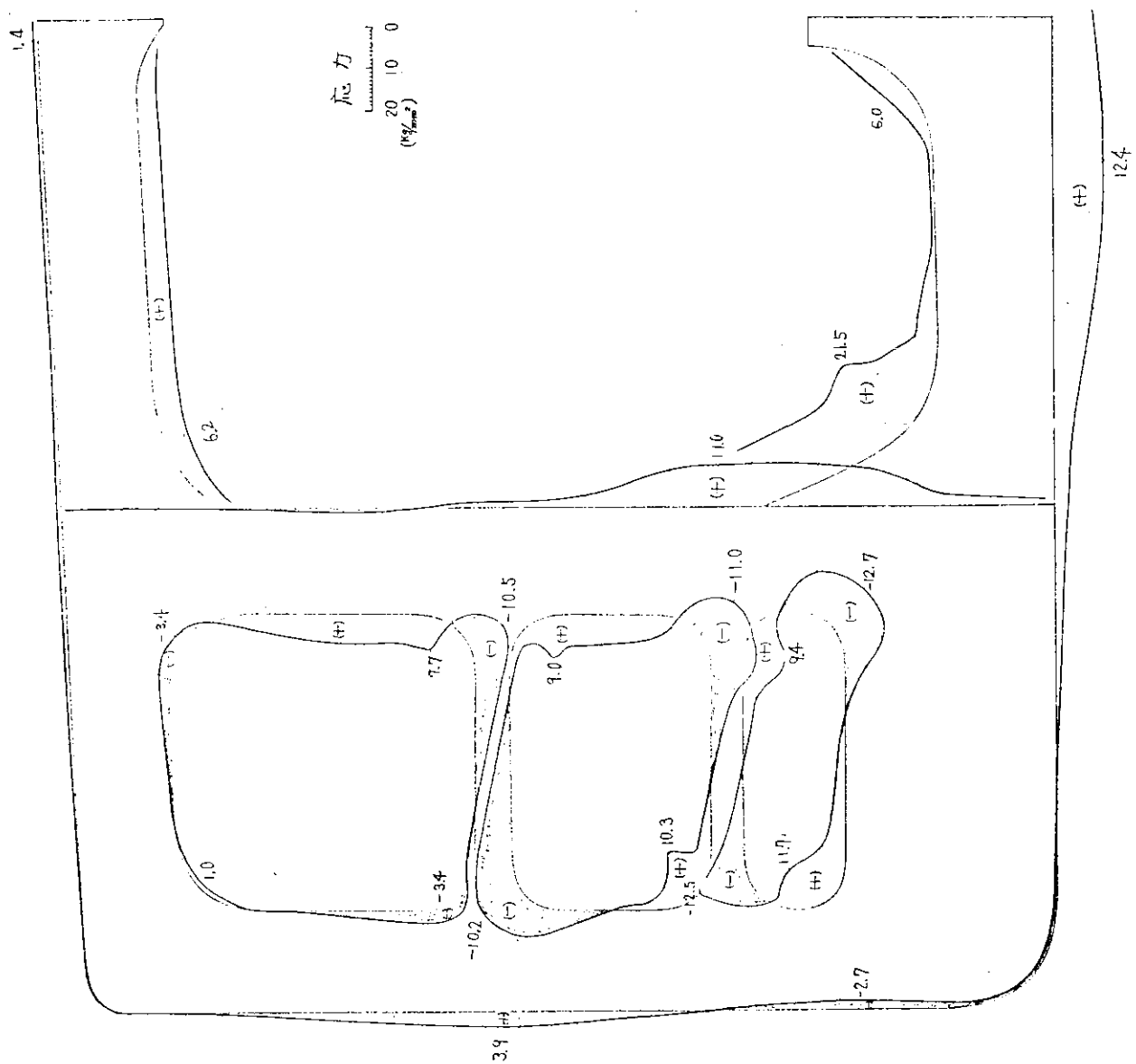


図 3.4.8 面材および外板の応力分布 (Case 4: 半ハリツメ式)

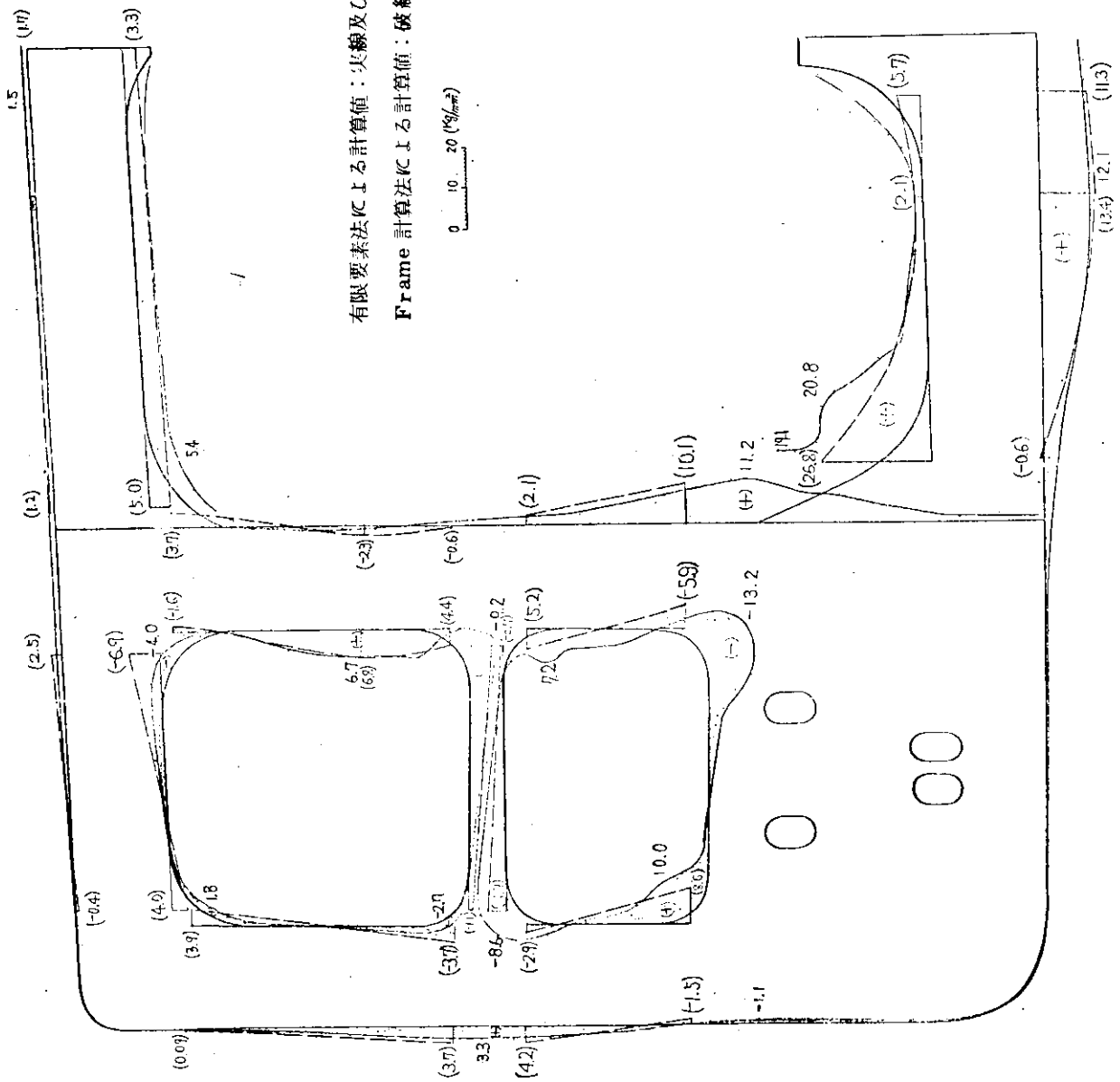


図 3.4.9 面材および外板の応力分布 (Case 5: ヘルツメ式)

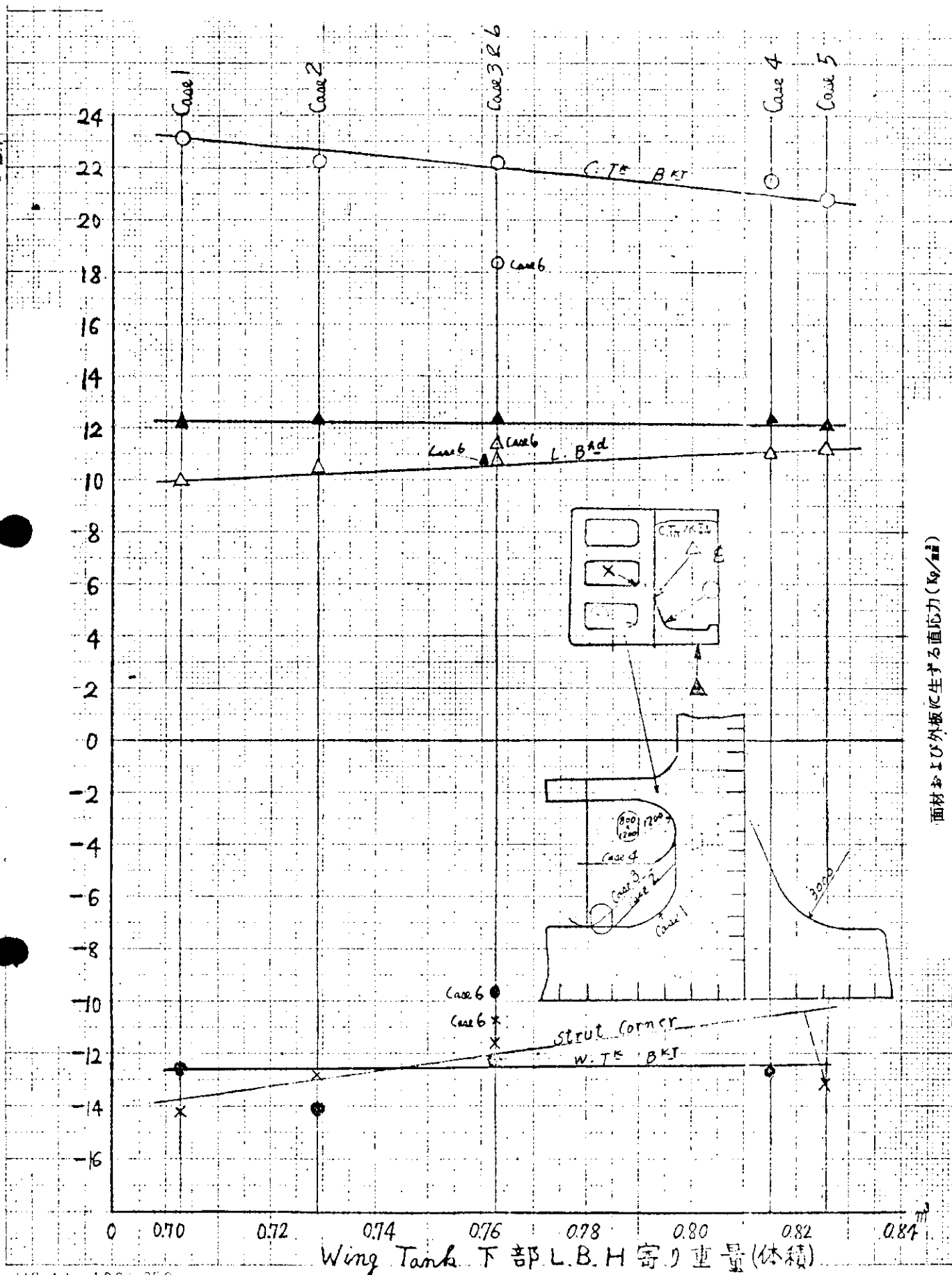


図 3.4.1 1(b) Wing Tank 下部形状変化による面材

