

土 木 研 究 所 資 料

鋼床版横リブの静的載荷試験 および疲労試験

昭和63年 7 月

建設省土木研究所
構造橋梁部橋梁研究室

Copyright © (1988) by P. W. R. I.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted,
nor translated into a machine language without the written permission of the Director General of P. W. R. I.

この報告書は、土木研究所長の承認を得て刊行したものである。したがって、本報告書の全部又は一部の転載、複写は、土木研究所長の文書による承認を得ずしてこれを行ってはならない。

鋼床版横リブの静的載荷試験 および疲労試験

橋梁研究室	室	長	藤	原	稔
	主任研究員		西	川	和廣*
	研 究 員		滝	沢	晃
	部外研究員		小	田	訓男

要 旨

縦リブとしてトラフリブを有する鋼床版の耐荷力およびスリットR部の疲労特性を把握するため、トラフリブと交差部を有する横リブの部分供試体および大型供試体を用いて静的載荷試験および疲労試験を行った。その結果、横リブ腹板のスリットのR部および横リブと縦リブの交差部の溶接部は疲労に対する配慮が必要であること、およびこれらの部分の応力集中を軽減するには、横リブ腹板高を高くすることが有効であることが明らかとなった。

キーワード：鋼床版，横リブ，スリットR部，疲労特性

まえがき

近年、鋼床版の縦リブは、鋼重の軽減、デッキプレートとの取付溶接長が短くてすむなどの理由から、平鋼やバルブプレートにかわりU断面リブ(トラフリブ)が主に使用されている。鋼床版の縦リブにトラフリブを用いる場合、横リブとの交差部では、切欠き(スリット)を設けて縦リブを貫通させるが、横リブ腹板のスリットのR部周辺に応力集中が生じ、疲労に対する配慮が必要となる。

道路橋示方書においては鋼床版の設計では疲労の影響を考慮する必要があるとしているが、上記のような縦リブにトラフリブを用いた場合の横リブとトラフリブの交差部に対する具体的な疲労の影響の考慮の仕方が示されていない。

本報告は、トラフリブを用いた鋼床版の疲労設計法に関する基礎資料とするために、昭和58年度に実施した部分供試体による静的載荷試験、昭和59年度に実施した同じく部分供試体による静的載荷試験および疲労試験、昭和61年度に実施した大型供試体による静的載荷試験および疲労試験の結果をまとめたものである。

目 次

まえがき

1. 部分供試体による静的載荷試験	1
1.1 目 的	1
1.2 供試体の形状寸法	1
1.3 ひずみおよびたわみの測定位置	4
1.4 試験方法	4
1.5 試験結果	8
1.5.1 たわみの測定結果	8
1.5.2 応力の測定結果	13
(1) 横リブ下フランジおよびデッキプレート of 応力分布	13
(2) スリット部周辺の応力分布	17
1.5.3 破壊性状	33
2. 部分供試体による静的載荷試験および疲労試験	40
2.1 目 的	40
2.2 供試体の形状寸法	40
2.3 ひずみの測定位置	40
2.4 静的載荷試験の方法	43
2.5 静的載荷試験の結果	43
2.6 疲労試験の方法	47
2.7 疲労試験の結果	47
2.7.1 クラックの発生状況	47
2.7.2 スリット部の疲労強度	47
2.8 部分供試体による静的載荷試験および疲労試験結果のまとめ	51
3. 大型供試体による静的載荷試験および疲労試験	52
3.1 目 的	52
3.2 供試体の形状寸法	52
3.3 ひずみの測定位置	52
3.4 静的載荷試験の方法	57

3.5 静的载荷試験の結果	57
(1) 縦リブの応力度	57
(2) 横リブの応力度	60
(3) 主桁の応力度	60
(4) スリット部の応力度	62
(5) 溶接接合部の応力度	68
3.6 疲労試験の方法	69
3.7 疲労試験の結果	69
3.8 大型供試体による試験結果のまとめ	71

あとがき

参考文献

1. 部分供試体による静的載荷試験

1.1 目的

本試験では、トラフリブを用いた鋼床版の横リブと縦リブの交差部におけるスリット周辺の応力状態を把握するために、部分供試体を用いて静的載荷を行った。

また、横リブと縦リブの交差部の静的な耐荷力を把握するために、部分供試体に破壊に至るまで載荷を行った。

1.2 供試体の形状寸法

鋼床版桁橋における主桁間中央部および張出し部の横リブを想定した部分供試体を、それぞれ2体合計4体製作した。

供試体No 1 およびNo 2 (図-1.1)は主桁間中央部を想定した部分供試体であり、それぞれ板厚12mmのデッキプレート(1m×3.54m)にJ S C規格¹⁾の300×220×6.0mmの縦リブを30cm間隔で溶接している。横リブの支間長は両供試体とも3.3mである。横リブ腹板高は供試体No 1は48cm、No 2は36cmである。

供試体No 3 およびNo 4 (図-1.2)は張出し部を想定した部分供試体であり、張出し部先端に載荷した状態と荷重が等価になるように、デッキプレート側で単純支持して載荷できるようにしたものである。いずれも板厚12mmのデッキプレート(1.26m×2.22m)に供試体No 1 およびNo 2と同じ縦リブを30cm間隔で溶接している。張出し長さは2.1m(支間長の1/2)を想定している。張出し部先端(支点上)の横リブ腹板高は、供試体No 3は40cm、No 4は33cmである。材質は、すべてS S 4 1である。それぞれの部材の材料試験結果を表-1.1に示す。

表-1.1 材料試験結果

試験片 記号	板厚 (mm)	降伏点 (Kg/cm ²)	引張強さ	伸び (%)	使用箇所
T1-1	11.8	32	46	32	デッキプレート フランジ
T1-2	11.8	34	45	30	"
T1-3	11.9	31	45	31	"
T2-1	8.7	37	49	27	ウェブ
T2-2	8.9	36	48	28	"
T2-3	8.7	37	49	26	"
T3-1	5.9	39	48	25	縦リブ
T3-2	5.9	38	49	25	"
T3-3	5.9	40	48	25	"

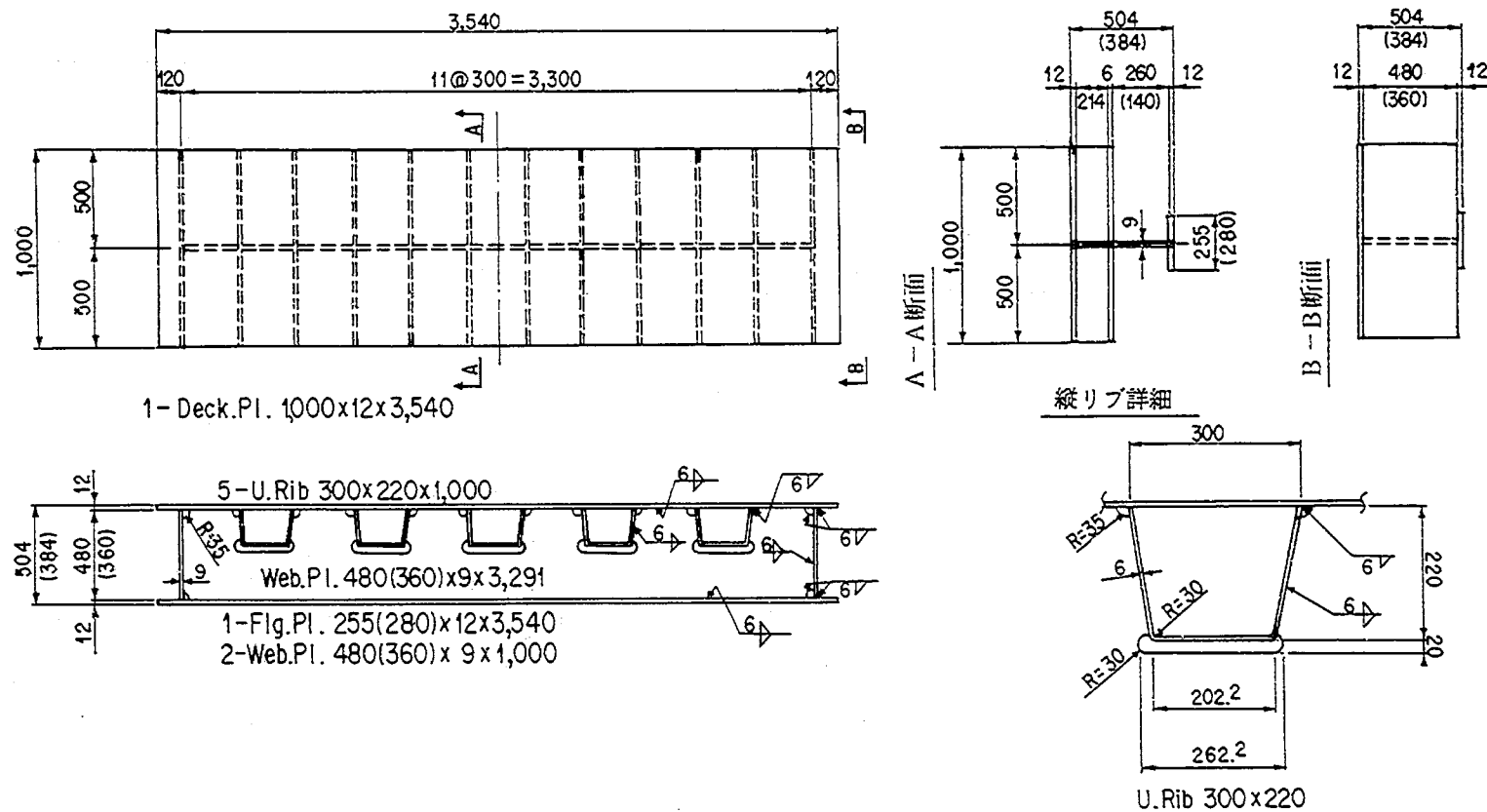


図-1.1 静的載荷試験用部分供試体 (No. 1 および No. 2：主桁間中央部の横リブを想定)

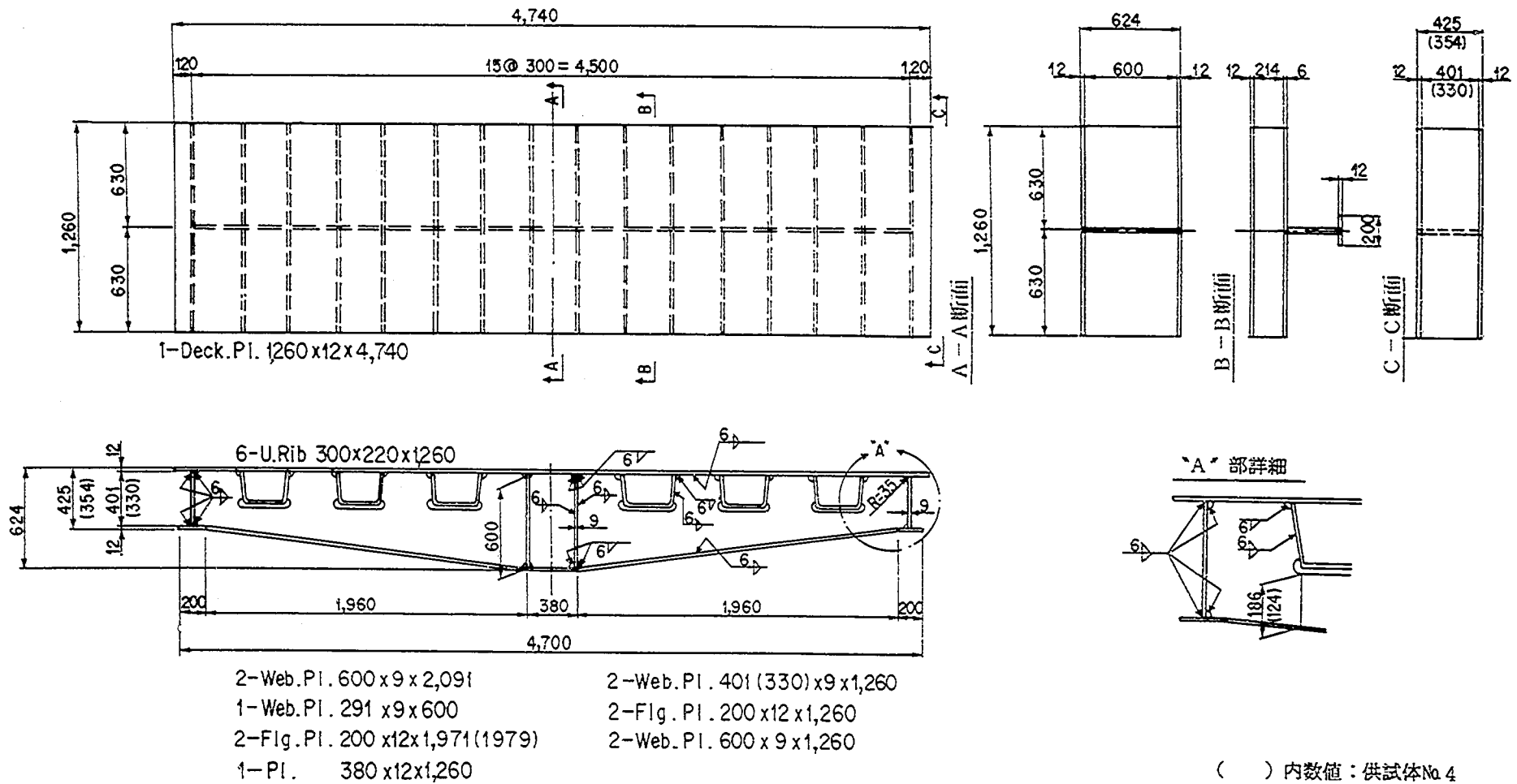


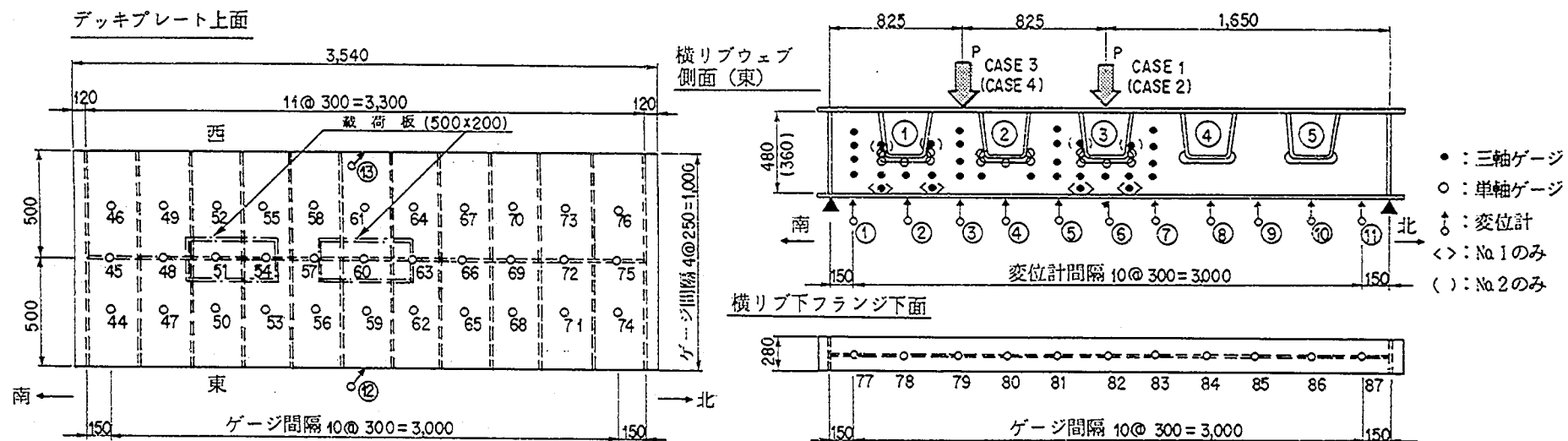
図-1.2 静的載荷試験用部分供試体 (No.3 および No.4 : 張出し部の横リブを想定)

1.3 ひずみおよびたわみの測定位置

供試体No 1 およびNo 2 のひずみおよびたわみの測定位置を図-1.3に、供試体No 3 およびNo 4 のひずみおよびたわみの測定位置を図-1.4にそれぞれ示す。デッキプレート、横リブ下フランジおよび縦リブスリットR部には単軸ゲージを、横リブ腹板には主応力を求めるため三軸ゲージをそれぞれ貼付けた。たわみの測定は変位計を設置して行った。

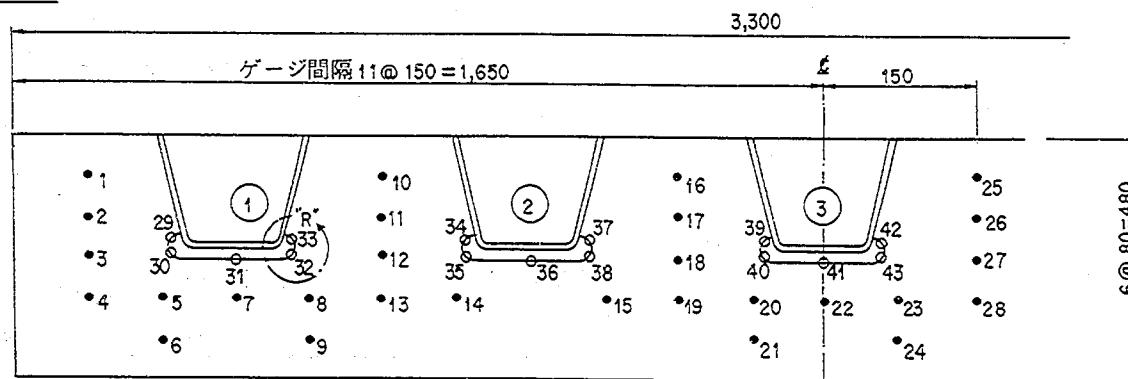
1.4 試験方法

荷重はT荷重を考へ、 $200 \times 500 \text{ mm}$ の長方形等分布荷重を与えるようにした。荷重載荷ケースを表-1.2に、荷重載荷段階を表-1.3にそれぞれ示す。すなわち供試体No 1 の $l/2$ 載荷をCASE 1, $l/4$ 載荷をCASE 3, 供試体No 2 の $l/2$ 載荷をCASE 2, $l/4$ 載荷をCASE 4 とし、供試体No 3, 4 の載荷をそれぞれCASE 5, 6とした。供試体No 1, 2 の $l/2$ での載荷(CASE 1, 2)は2 tonピッチで弾性域内(ここで、弾性域内とは道路橋示方書に示されているS S 4 1 材の降伏点 2400 kg/cm^2 以内をいう)で応力が最大となるまで行い、 $l/4$ での載荷(CASE 3, 4)は供試体が破壊するまで載荷した。供試体No 3, 4 の載荷では供試体が破壊するまで載荷した。

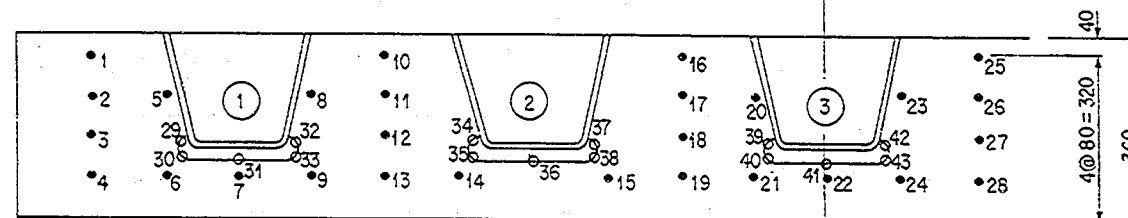


横リブウェーブゲージ位置詳細

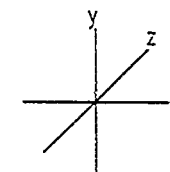
供試体 No. 1



供試体 No. 2



三軸ゲージ貼付方向



“R”部ゲージ貼付位置

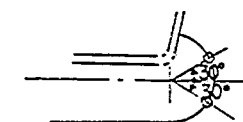
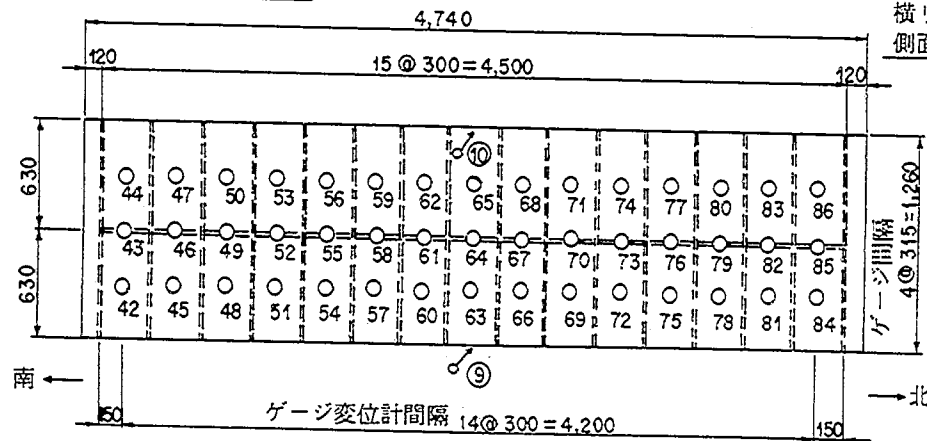


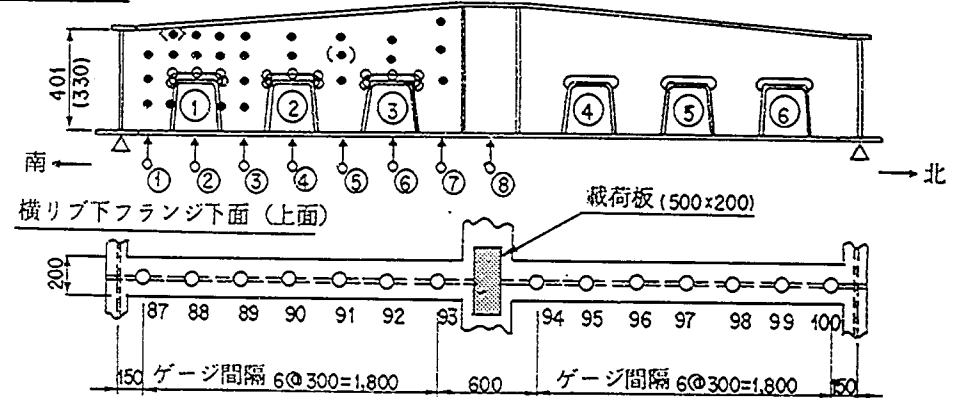
図-1.3 供試体 No. 1 および No. 2 のひずみおよびたわみの測定位置

デッキプレート上面(下面)



横リブウェブ
側面(東)

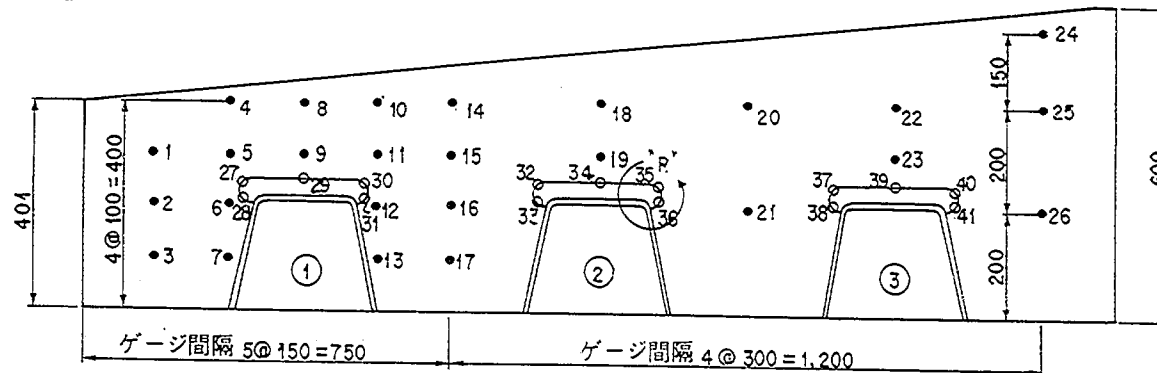
<>: No. 3のみ
(): No. 4のみ



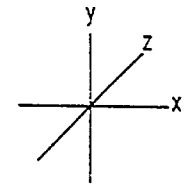
•: 三軸ゲージ
○: 単軸ゲージ
↑: 変位計

横リブウェブゲージ位置詳細

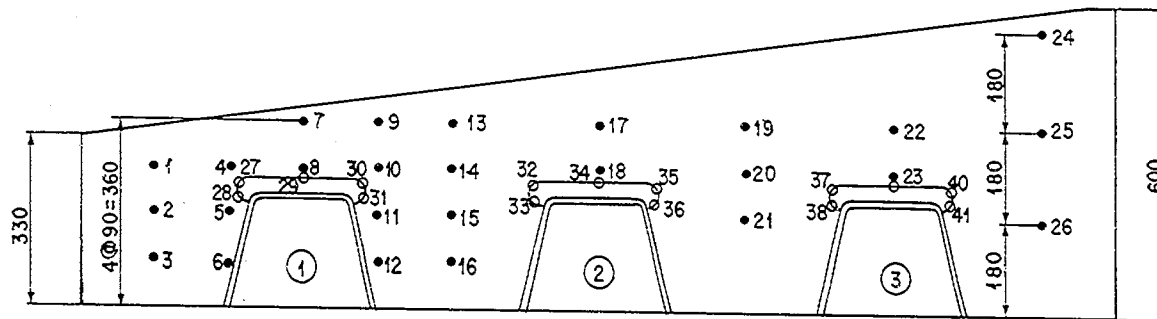
供試体No. 3



三軸ゲージ貼付方向



供試体No. 4



"R"部ゲージ貼付位置

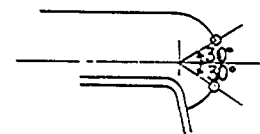


図-1.4 供試体No. 3およびNo. 4のひずみおよびたわみの測定位置

表-1.2 荷重載荷ケース

荷重載荷ケースNo	供試体No	載荷位置	
CASE 1	No. 1	$\ell/2$	
CASE 2	No. 2	$\ell/2$	
CASE 3	No. 1	$\ell/4$	
CASE 4	No. 2	$\ell/4$	
CASE 5	No. 3	$\ell/2$	
CASE 6	No. 4	$\ell/2$	

表-1.3 荷重載荷段階

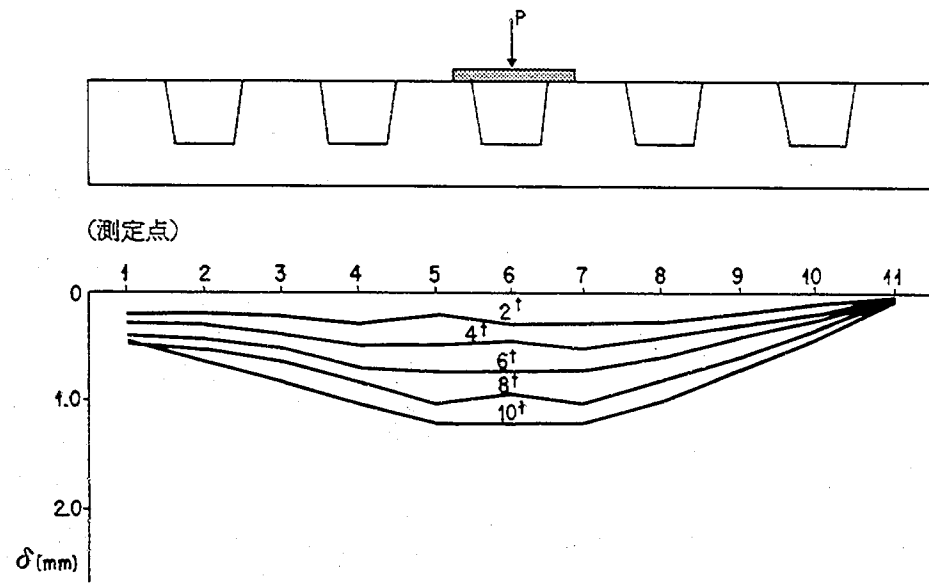
TEST NUMBER	CASE1 (ton)	CASE2 (ton)	CASE3 (ton)	CASE4 (ton)	CASE5 (ton)	CASE6 (ton)
1	0	0	0	0	0	0
2	1	1	6	5	5	5
3	2	2	10	10	10	10
4	4	3	15	15	15	15
5	6	4	20.5	20	20	20
6	8	5	25.5	24	26	25
7	10	6	29.6	27	32	30
8		6.6	35.5	30	36	35
9			40	33	38	40
10			45	35	42	42.5
11			50	37	46	45
12			55	38	48	47.5
13			60	39	54	50
14			62.5	40	58	52.5
15				41	62	55
16					66	57.5
17					68	60
18					70	62.5
19					72	66
20					74	67.5
21					76	71.8

1.5 試験結果

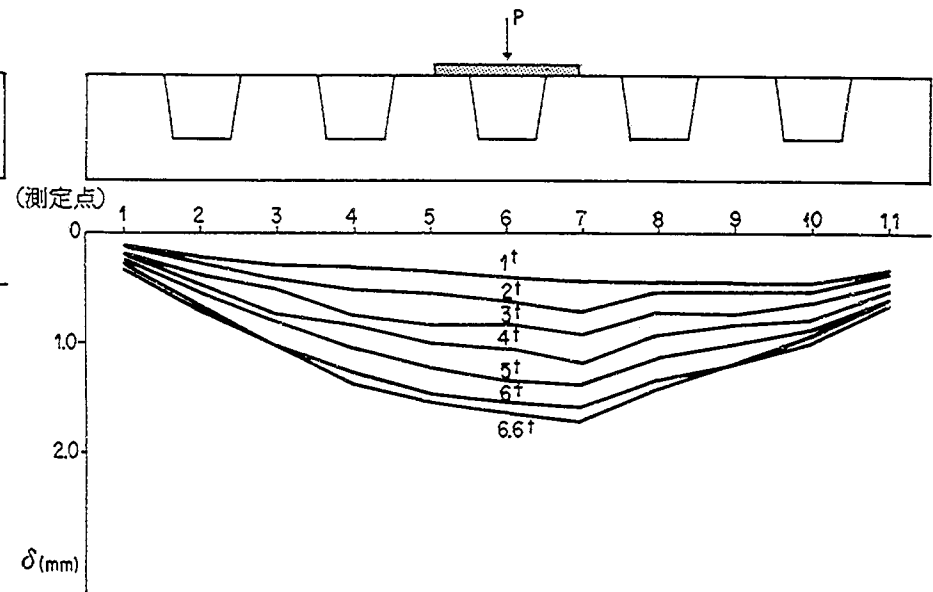
1.5.1 たわみの測定結果

CASE 1, 2 (いずれも $l/2$ 載荷)の横リブのたわみ曲線をそれぞれ図-1.5 (1), (2) に示す。CASE 3, 4 (いずれも $l/4$ 載荷)の横リブのたわみ曲線をそれぞれ図-1.6 (1), (2) に示す。また, CASE 5, 6の横リブのたわみ曲線をそれぞれ図-1.7 (1), (2) に示す。

CASE 1, 2での横リブ下フランジ中央点(測定点6)とCASE 3, 4での載荷点直下の下フランジ(測定点3)の荷重-たわみ曲線をそれぞれ図-1.8, 1.9に, またCASE 5, 6での張出し先端の荷重-たわみ曲線を図-1.10に示す。たわみの実測値と横リブ腹板の断面欠損の影響を無視した計算値を比較すると, 全載荷ケースとも計算値より実験値のたわみがかなり大きくなっており, 横リブ腹板の断面欠損により曲げ剛性が低下していることがわかる。すなわち, 横リブ支間中間部では, 横リブ腹板を全断面有効と仮定して計算した曲げ剛性の80%程度, 張出し部では同じく50%程度の曲げ剛性となっている。



図－1.5(1) 供試体No.1のたわみ曲線 (CASE 1)



図－1.5(2) 供試体No.2のたわみ曲線 (CASE 2)

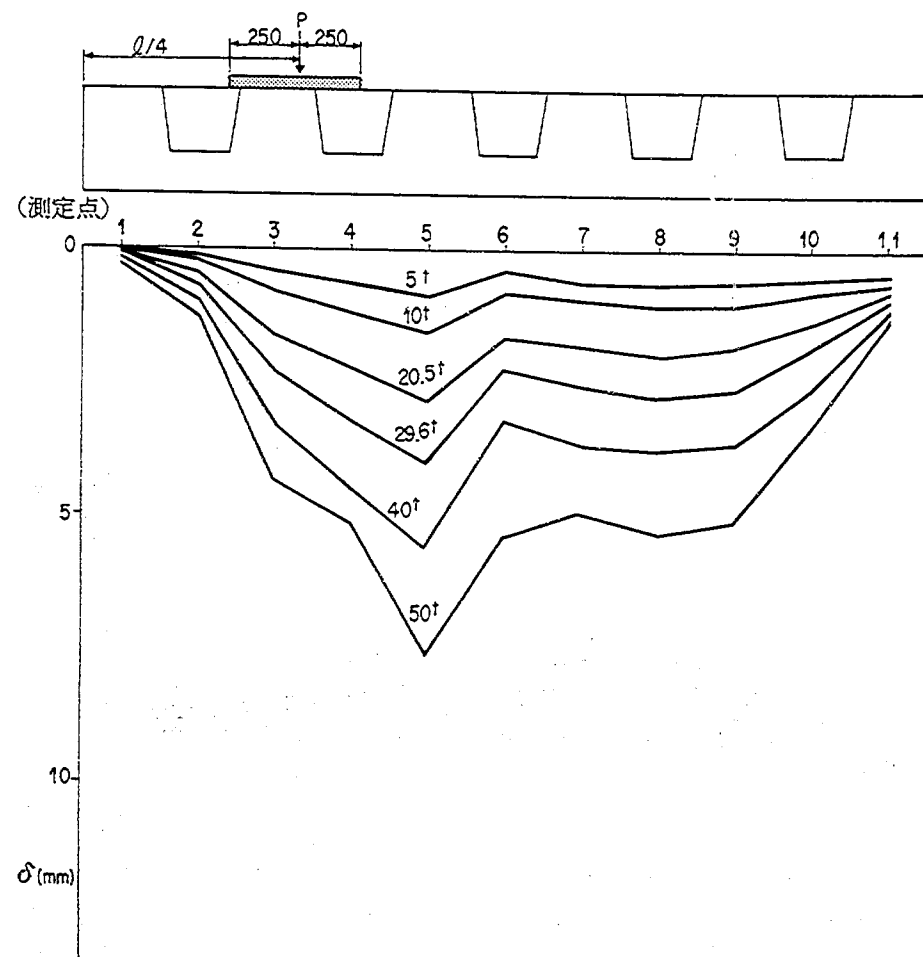


図-1.6(1) 供試体No.1のたわみ曲線 (CASE 3)

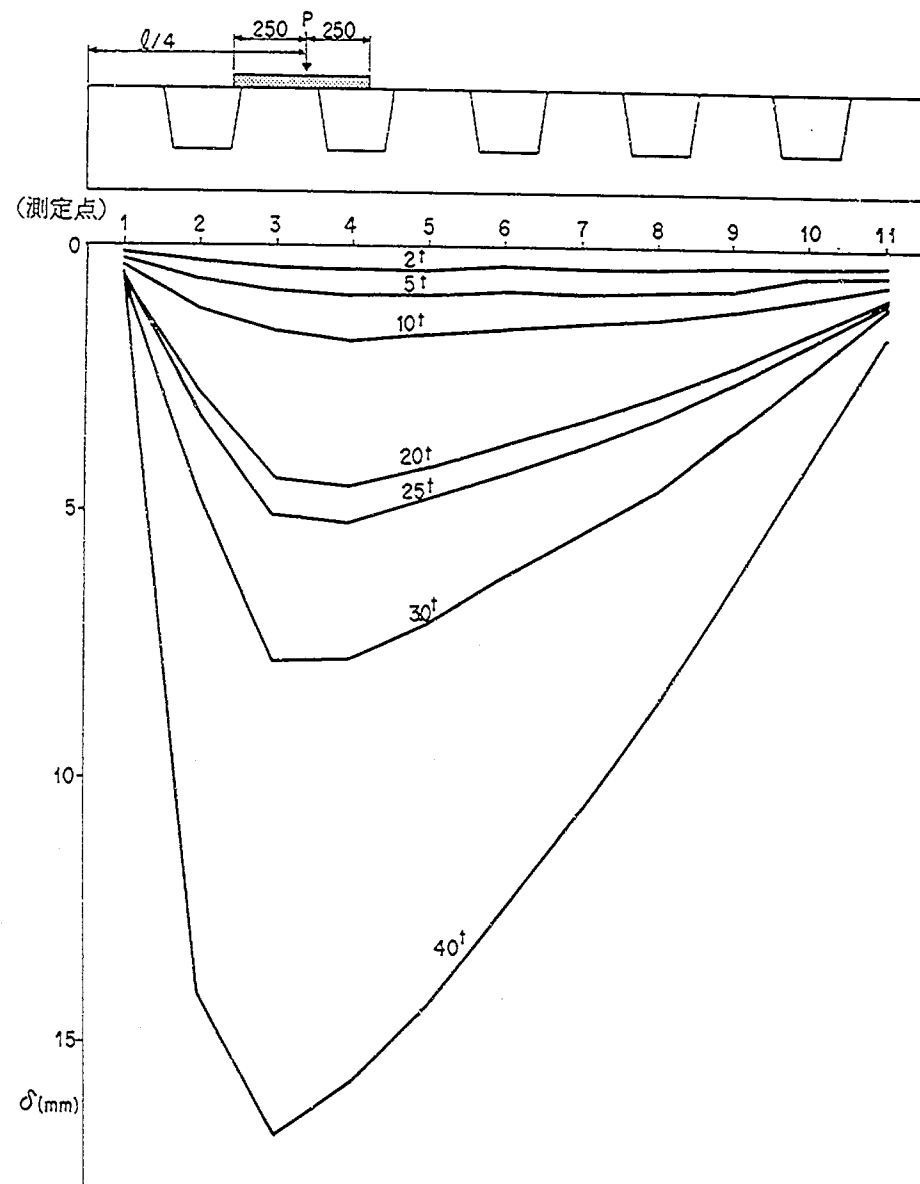


図-1.6(2) 供試体No.2のたわみ曲線 (CASE 4)

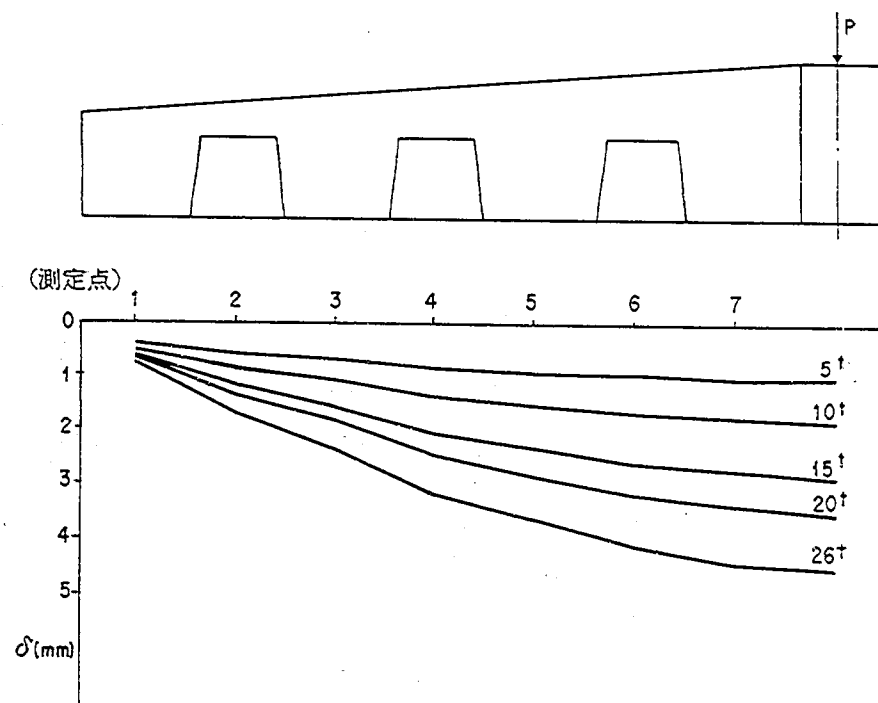


図-1.7(1) 供試体No.3のたわみ曲線 (CASE 5)

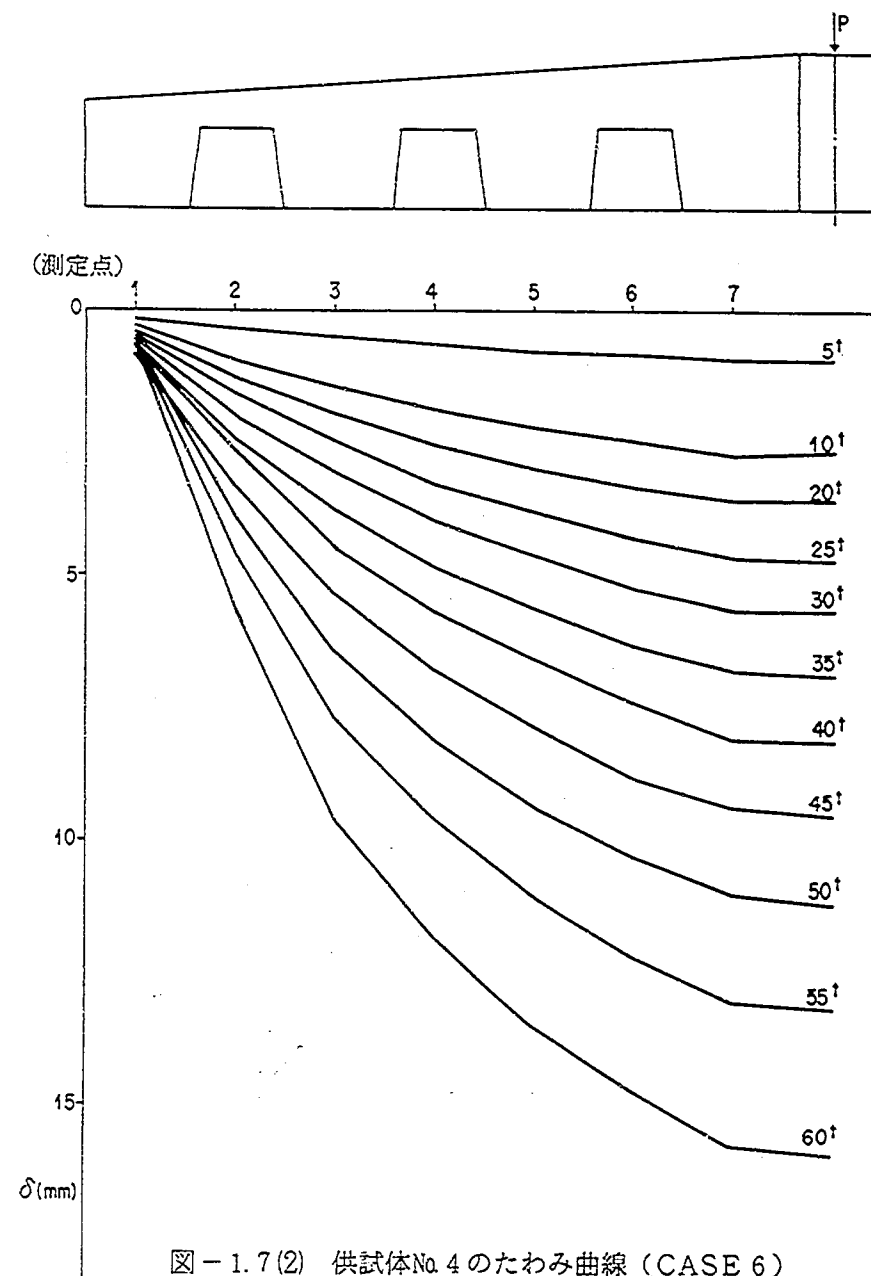


図-1.7(2) 供試体No.4のたわみ曲線 (CASE 6)

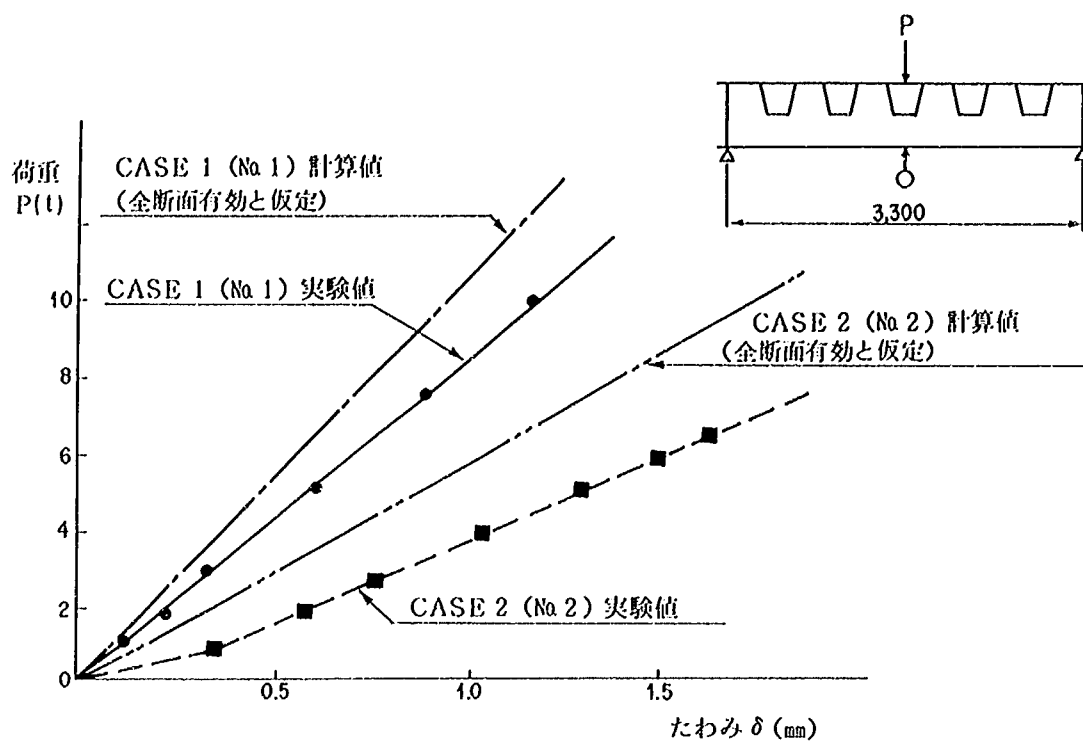


図- 1. 8 供試体No. 1 およびNo. 2 の荷重-たわみ曲線 (CASE 1, 2 : 弾性範囲内の載荷)

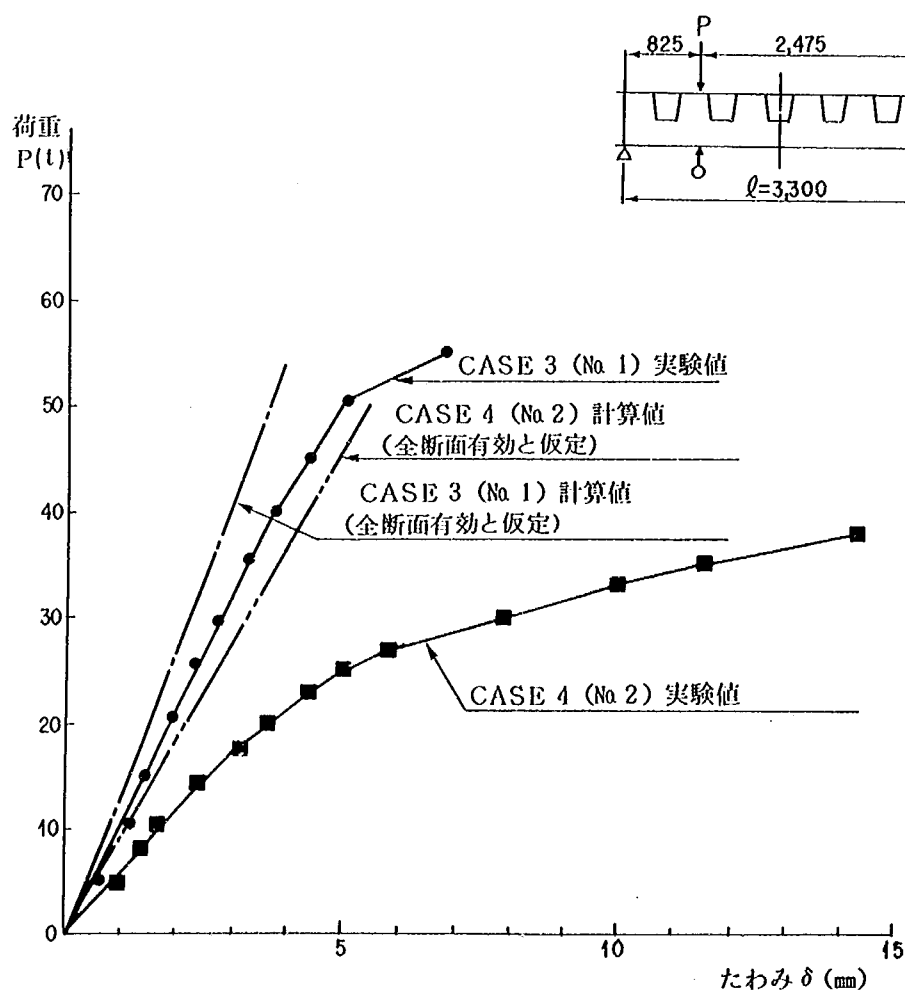


図- 1. 9 供試体No. 1 およびNo. 2 の荷重-たわみ曲線 (CASE 3, 4 : 破壊に至るまでの載荷)

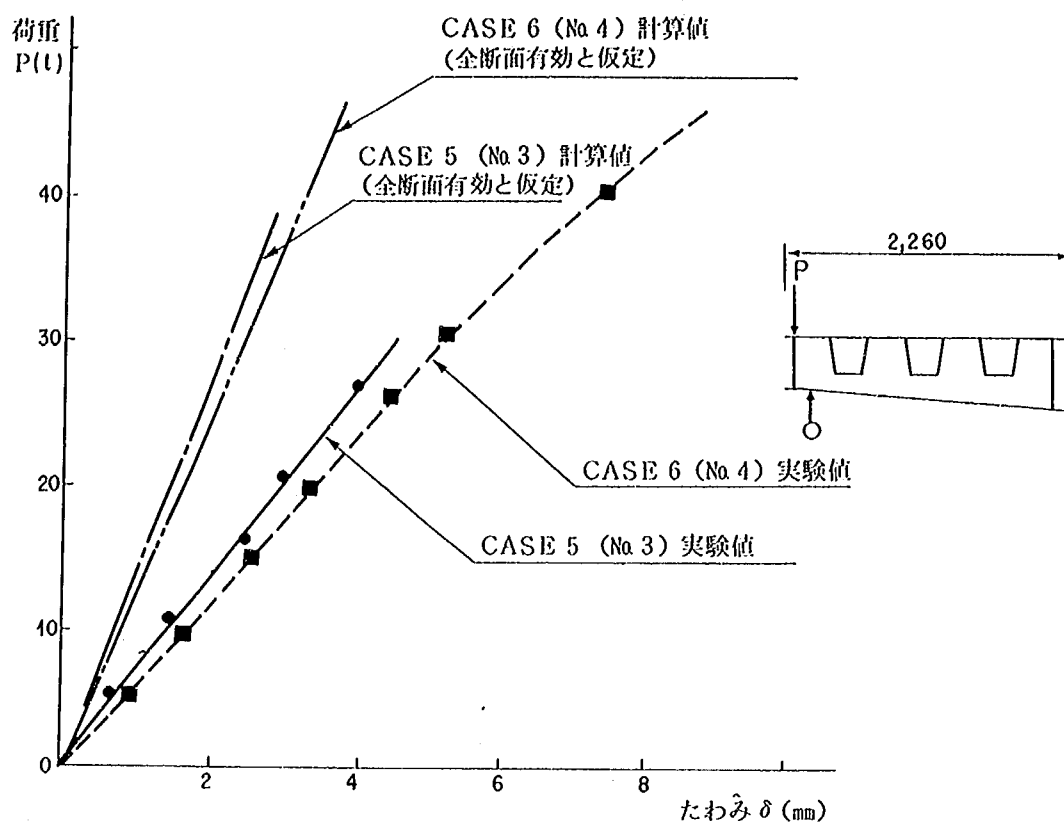


図-1.10 供試体No.3およびNo.4の荷重-たわみ曲線 (CASE 5, 6:破壊に至るまでの載荷)

1.5.2 応力の測定結果

(1) 横リブ下フランジおよびデッキプレートの応力分布

図-1.11 (1), (2)にCASE1, 2(6t載荷時)の応力分布を, 図-1.12 (1), (2)にCASE3, 4(10t載荷時)の応力分布を示す。また, 図-1.13 (1), (2)には, CASE5, 6(20t載荷時)の応力分布を示す。

これらの結果によると, いずれの載荷ケースにおいても載荷点直下の横リブ下フランジの応力度が乱れており, とくにCASE3, 4ではこの傾向が著しく, 大きめの値となっている。これは横リブ腹板の断面欠損の影響と考えられる。

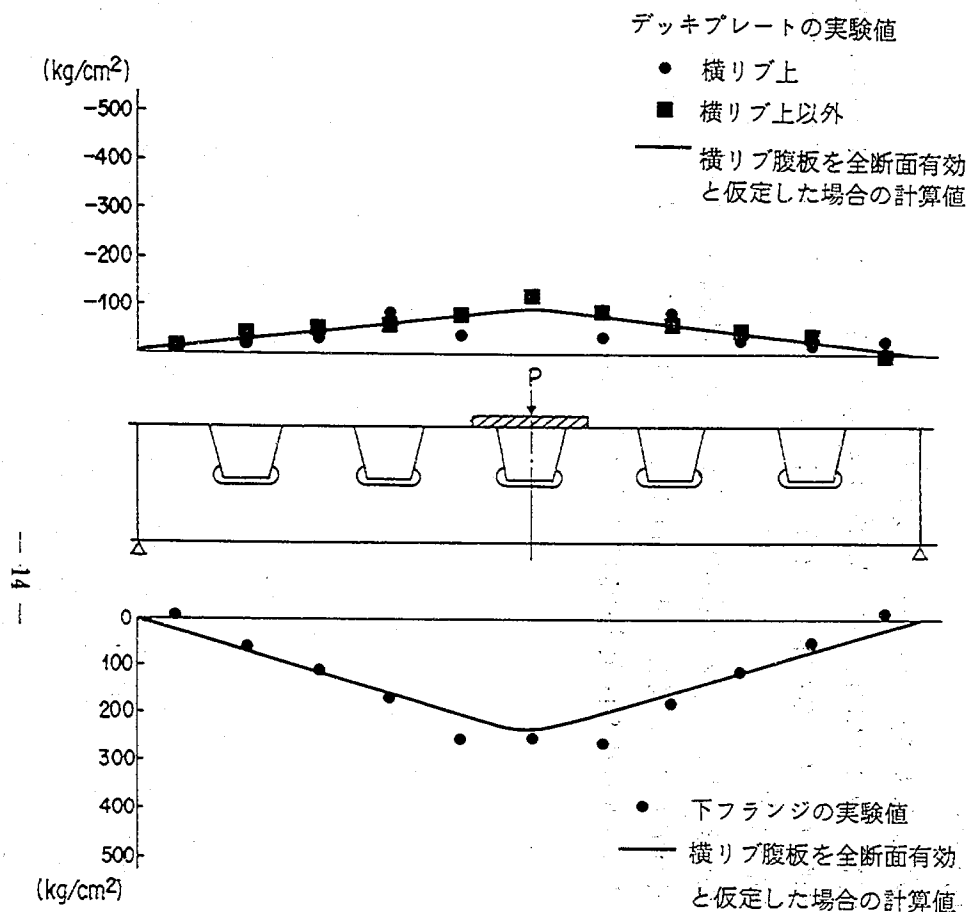


図-1.11(1) 供試体No.1の横リブ下フランジおよびデッキプレートの応力度
(CASE 1 供試体No.1, 6t 載荷)

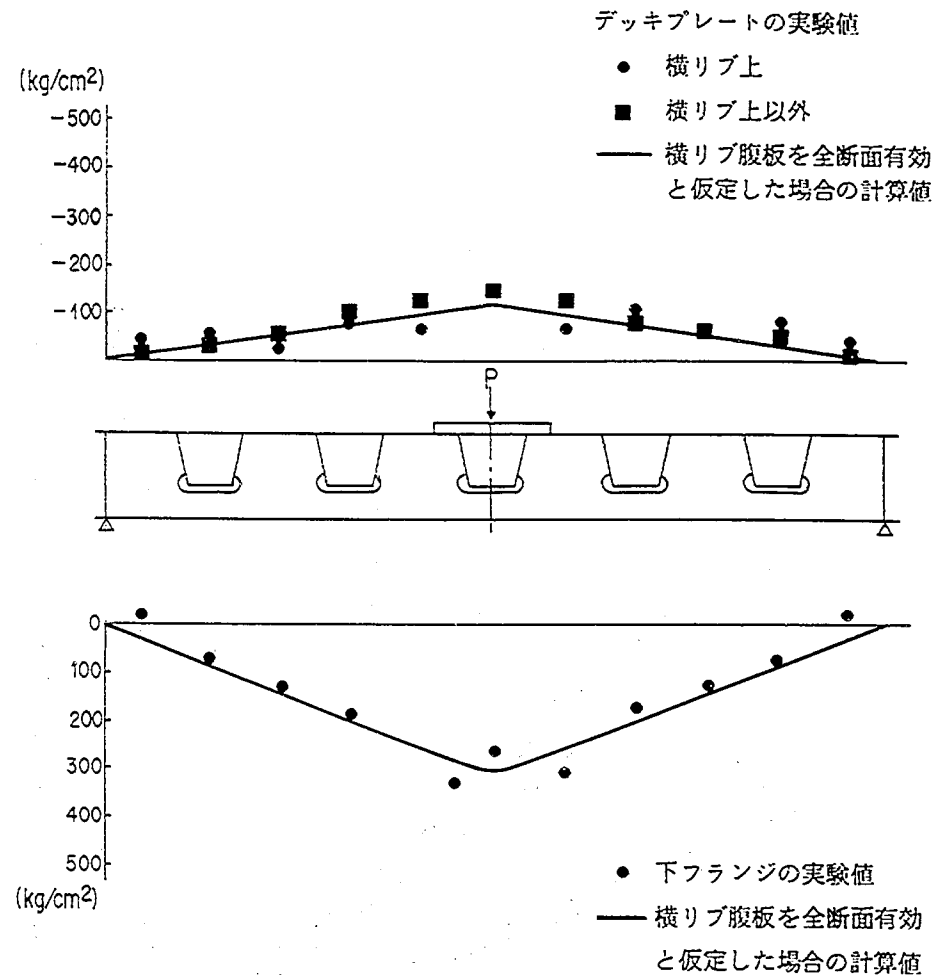


図-1.11(2) 供試体No.2の横リブ下フランジおよびデッキプレートの応力度
(CASE 2 供試体No.2, 6t 載荷)

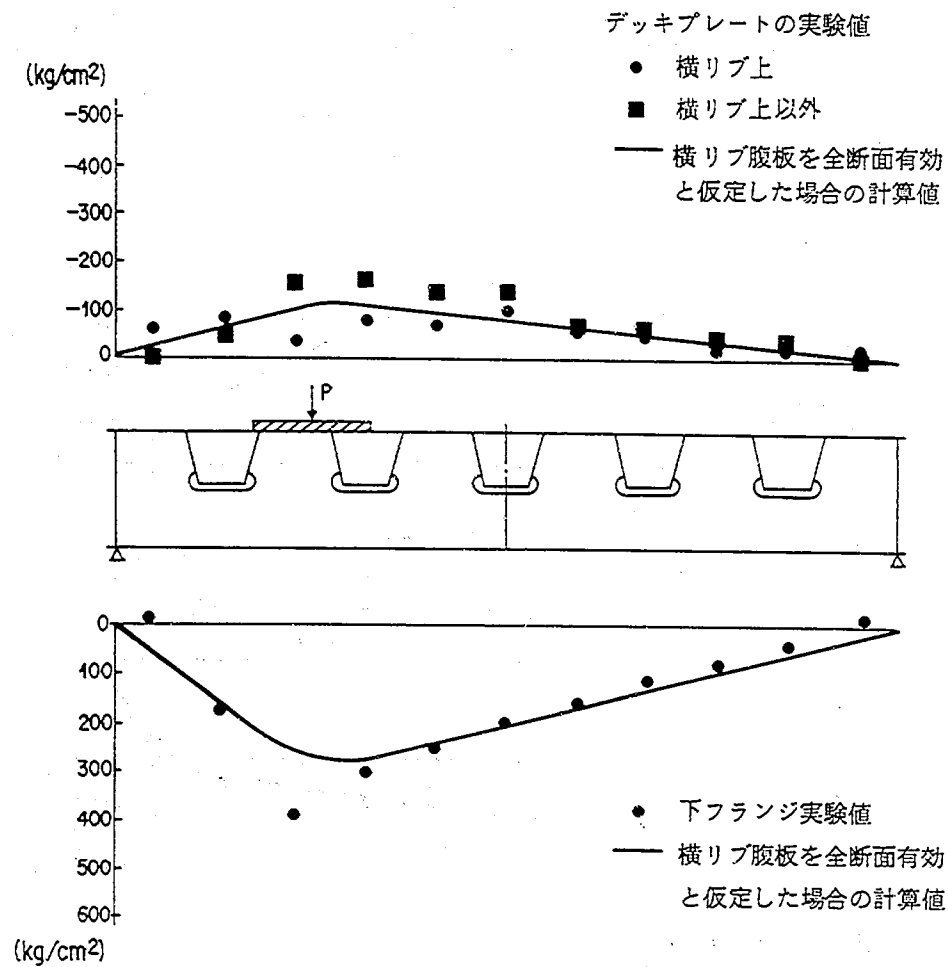


図-1.12(1) 供試体No. 1の横リブ下フランジおよびデッキプレートの応力度
(CASE 3 供試体No. 1, 10t 載荷)

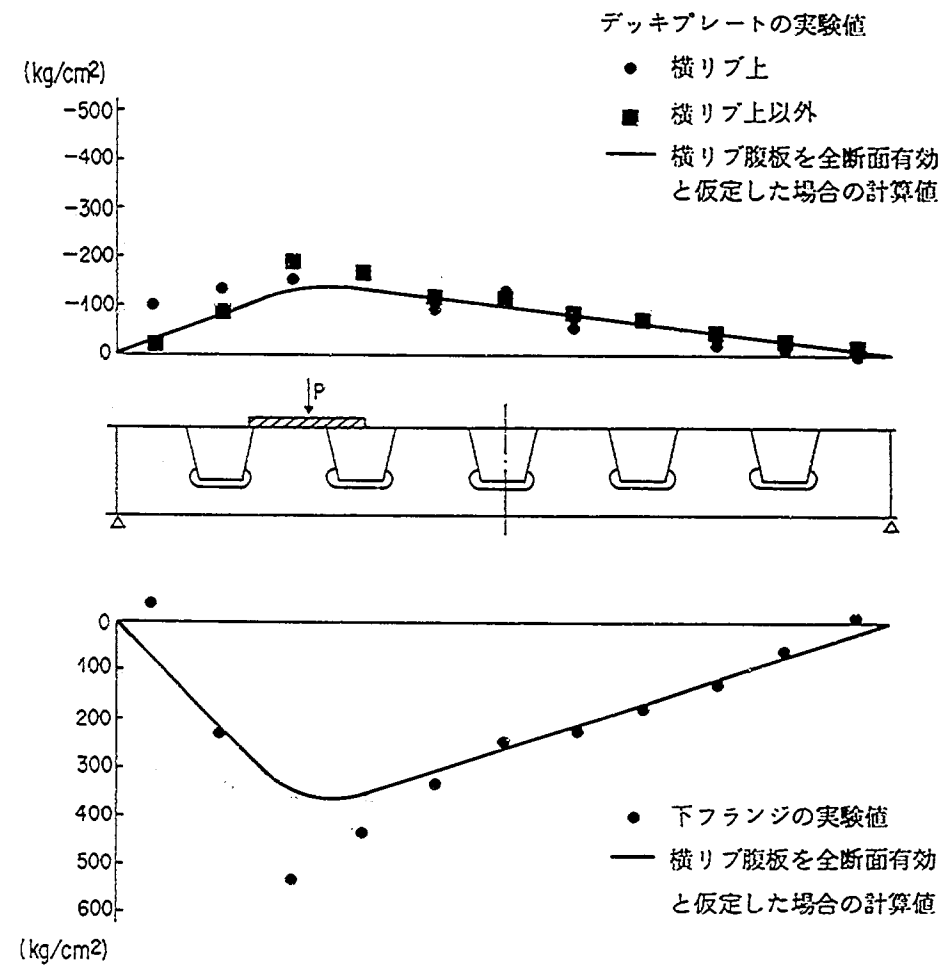


図-1.12(2) 供試体No. 2の横リブ下フランジおよびデッキプレートの応力度
(CASE 4 供試体No. 2, 10t 載荷)

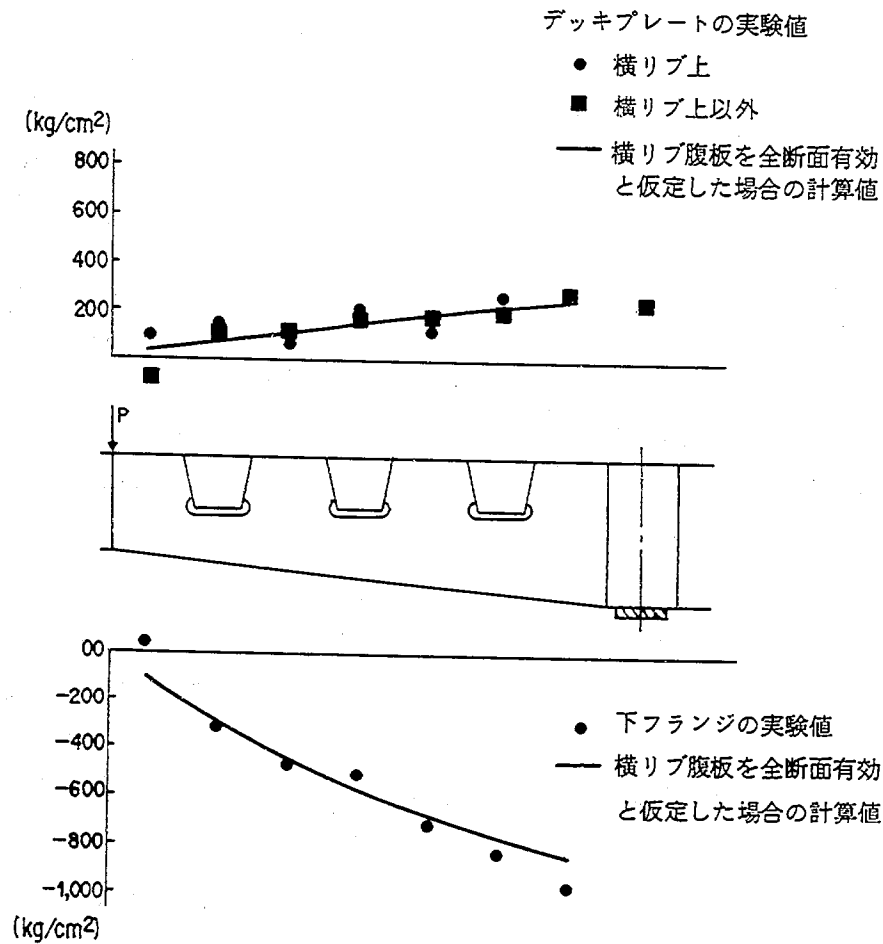


図-1.13(1) 供試体No. 3の横リブ下フランジおよびデッキプレートの応力度
(CASE 5 供試体No. 3, 20t 載荷)

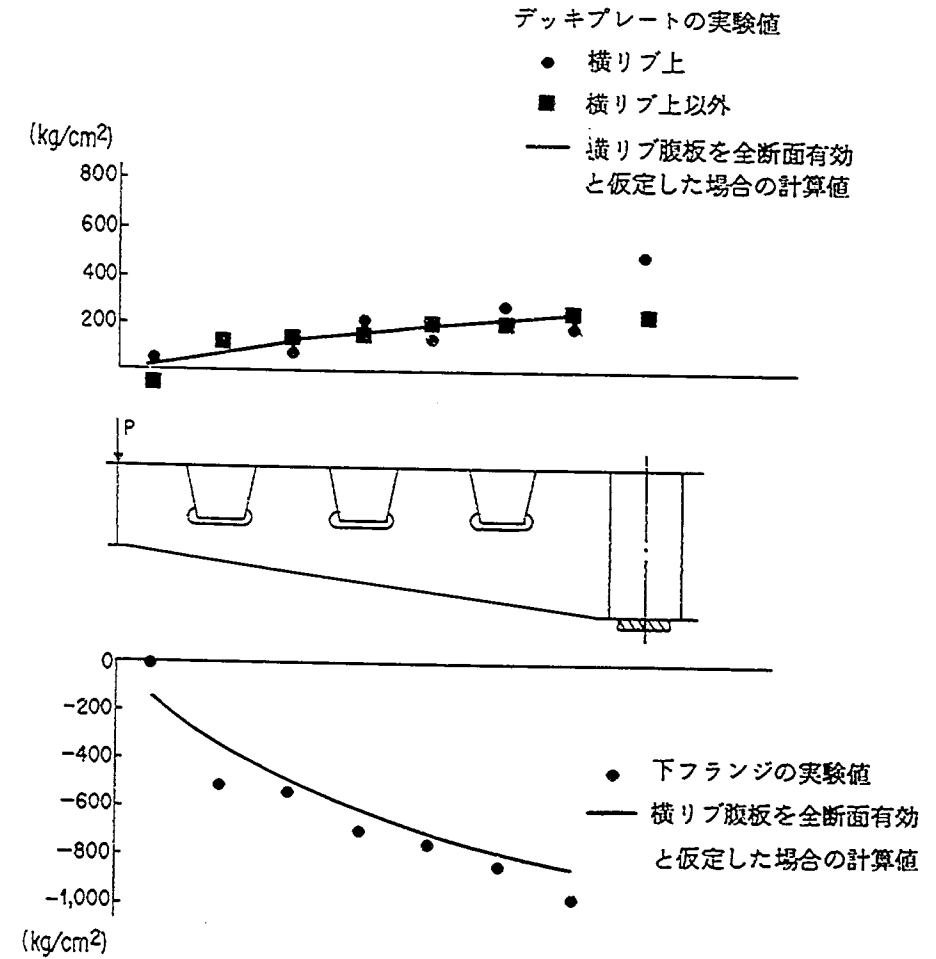


図-1.13(2) 供試体No. 4の横リブ下フランジおよびデッキプレートの応力度
(CASE 6 供試体No. 4, 20t 載荷)

(2) スリット部周辺の応力分布

それぞれの荷重ケースにおけるスリットR部の応力度の測定値とR部に最も近い位置に貼付した三軸ひずみゲージ(例えば、供試体No.1ではゲージ番号5,8,14,15,20,23)から測定した曲げ応力度と最大せん断ひずみエネルギー説により求めたせん断応力度を表-1.4~1.9に示す。また、これらの曲げ応力度およびせん断応力度とスリットR部の応力度の関係をCASE1, 2, CASE3, 4, CASE5, 6に対してそれぞれ図-1.14, 図-1.15, 図-1.16に示す。

CASE1, 2の応力状態をみると(表-1.4, 1.5),荷重が載っている縦リブのスリットR部(表中の断面5)よりも支点到近い縦リブのスリットR部(表中の断面2, 3)の応力度が大きくなっている。また、スリットR部の応力度は、同断面に作用するせん断応力度に比例して大きくなっている(図-1.14)。

CASE3, 4(表-1.6, 1.7)もCASE1, 2と同様な傾向を示し、支点付近の縦リブのスリットR部ほど応力集中が大きくなっている。このケースでは荷重を横リブ支間端部に載荷していることから、CASE1, 2に比べ支点付近(断面1, 2)のせん断応力度が大きくなっており、それに比例するようにスリットR部の応力度も大きくなっている(図-1.15)。

CASE5, 6(表-1.8, 1.9)では、スリットR部に近い位置に貼付したゲージは断面1, 2のみであったため、この断面しか比較できなかったが、CASE1~4と同じ傾向を示している(図-1.16)。

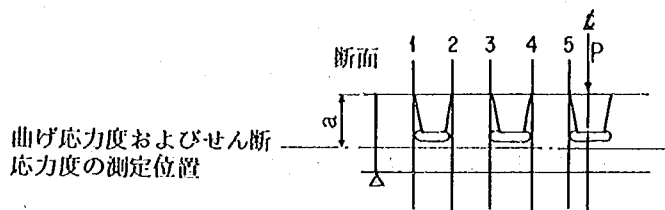
スリットR部の荷重-ひずみ曲線を図-1.17~1.19に示す。これらの図には比較のために横リブ下フランジの荷重-ひずみ曲線も示してある。これらの荷重-ひずみ曲線が示すように、スリットR部の応力度は縦リブの左右で正負が異なる傾向にある。また、支点到近い縦リブのスリットR部ほどひずみが大きく、曲線の勾配はゆるやかになっている。

供試体No.1の横リブ腹板高は48cmと供試体No.2の36cmより約30%程度大きく、弾性域内での供試体No.1のスリットR部の応力度は、供試体No.2より約25~40%程度軽減されている。したがって、腹板高を大きくすることがスリットR部の応力度軽減に有効と考えられる。

図-1.20~1.22に供試体No.1~4の横リブ腹板の主応力分布を示す。どのケースも、支点到近いスリット周辺の応力度が大きいことがわかる。

表-1.4 スリットR部の応力度 (CASE 1)

		(kg/cm ²)				
断 面		1	2	3	4	5
4 t	スリットR部の応力度	708	853	840	764	190
	曲 げ 応 力 度	23	55	6	46	36
	せ ん 断 応 力 度	80	118	113	99	11
6 t	スリットR部の応力度	1,044	1,256	1,237	1,117	317
	曲 げ 応 力 度	36	80	11	63	53
	せ ん 断 応 力 度	124	172	166	143	17



a = 320 (CASE 1)
280 (CASE 2)

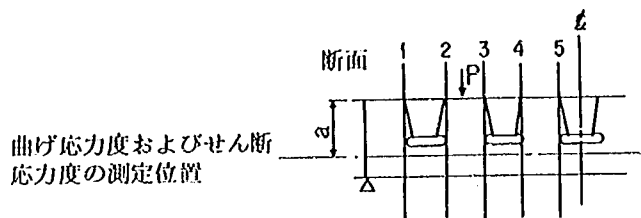
表-1.5 スリットR部の応力度 (CASE 2)

		(kg/cm ²)				
断 面		1	2	3	4	5
4 t	スリットR部の応力度	842	1,295	1,176	1,281	191
	曲 げ 応 力 度	155	86	176	53	111
	せ ん 断 応 力 度	147	147	122	126	36
6 t	スリットR部の応力度	1,128	1,602	1,468	1,592	254
	曲 げ 応 力 度	239	128	273	65	168
	せ ん 断 応 力 度	202	233	179	206	57

表-1.6 スリットR部の応力度 (CASE 3)

(kg/cm²)

断 面		1	2	3	4	5
10 t 載 荷	スリットR部の応力度	2,001	2,522	806	588	930
	曲 げ 応 力 度	29	23	11	21	92
	せ ん 断 応 力 度	313	323	118	61	155
20 t 載 荷	スリットR部の応力度	—	—	1,674	1,176	1,964
	曲 げ 応 力 度	109	53	42	67	197
	せ ん 断 応 力 度	680	666	224	141	307



a = 320 (CASE 3)
280 (CASE 4)

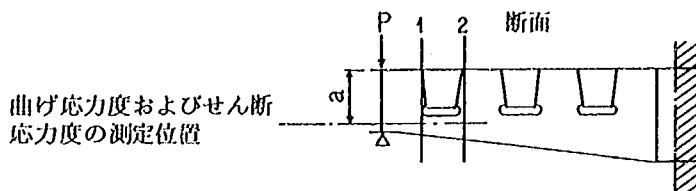
表-1.7 スリットR部の応力度 (CASE 4)

(kg/cm²)

断 面		1	2	3	4	5
10 t 載 荷	スリットR部の応力度	—	—	1,334	1,285	1,598
	曲 げ 応 力 度	668	412	21	305	65
	せ ん 断 応 力 度	582	483	130	143	231
20 t 載 荷	スリットR部の応力度	—	—	2,751	2,167	3,249
	曲 げ 応 力 度	—	1,178	103	649	151
	せ ん 断 応 力 度	1,128	817	315	225	496

表-1.8 スリットR部の応力度 (CASE 5)
(kg/cm²)

断 面		1	2
10 t 載 荷	スリットR部の応力度	2,029	1,659
	曲 げ 応 力 度	151	69
	せん断応力度	265	298
20 t 載 荷	スリットR部の応力度	—	—
	曲 げ 応 力 度	319	122
	せん断応力度	584	596



a = 300 (CASE 5)
270 (CASE 6)

表-1.9 スリットR部の応力度 (CASE 6)
(kg/cm²)

断 面		1	2
10 t 載 荷	スリットR部の応力度	2,516	1,781
	曲 げ 応 力 度	342	184
	せん断応力度	332	353
20 t 載 荷	スリットR部の応力度	—	—
	曲 げ 応 力 度	329	416
	せん断応力度	859	781

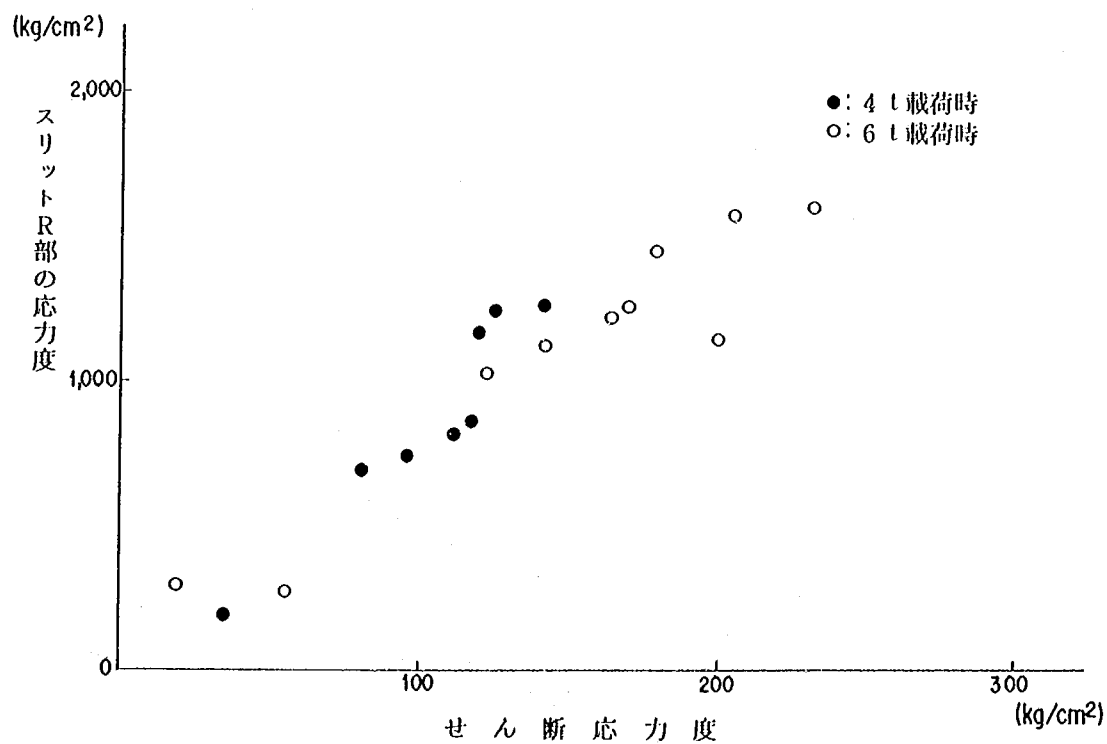
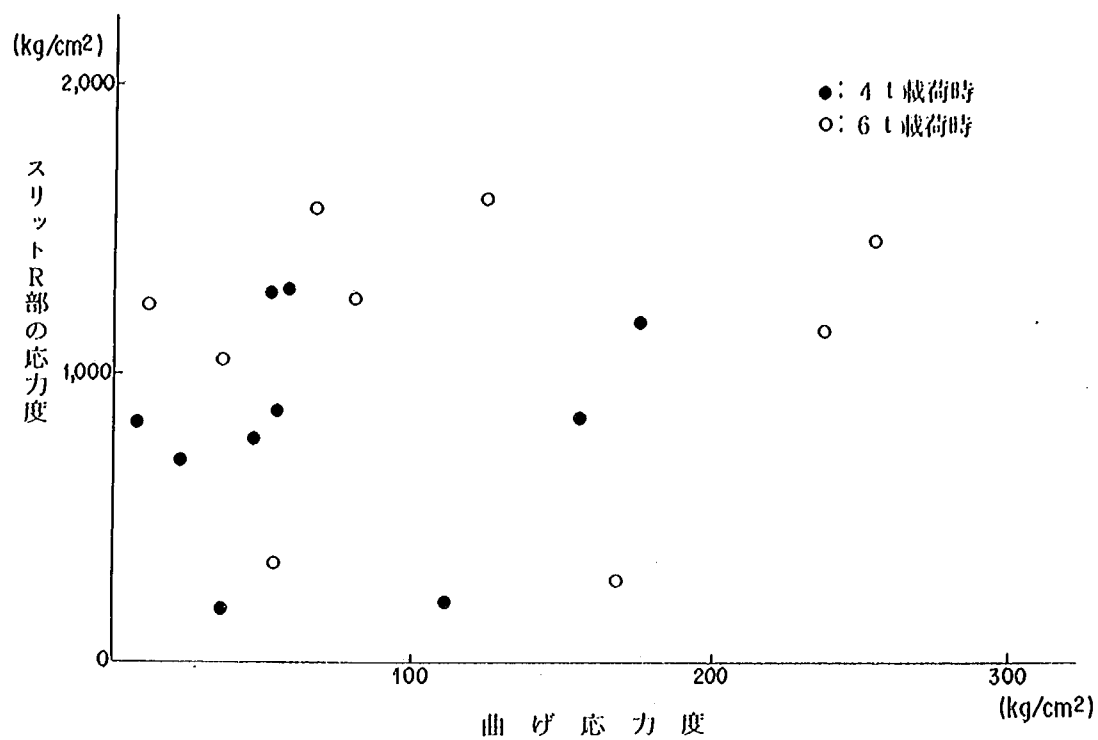


図-1.14 スリットR部の応力度と曲げ応力度およびせん断応力度との関係 (CASE 1, 2)

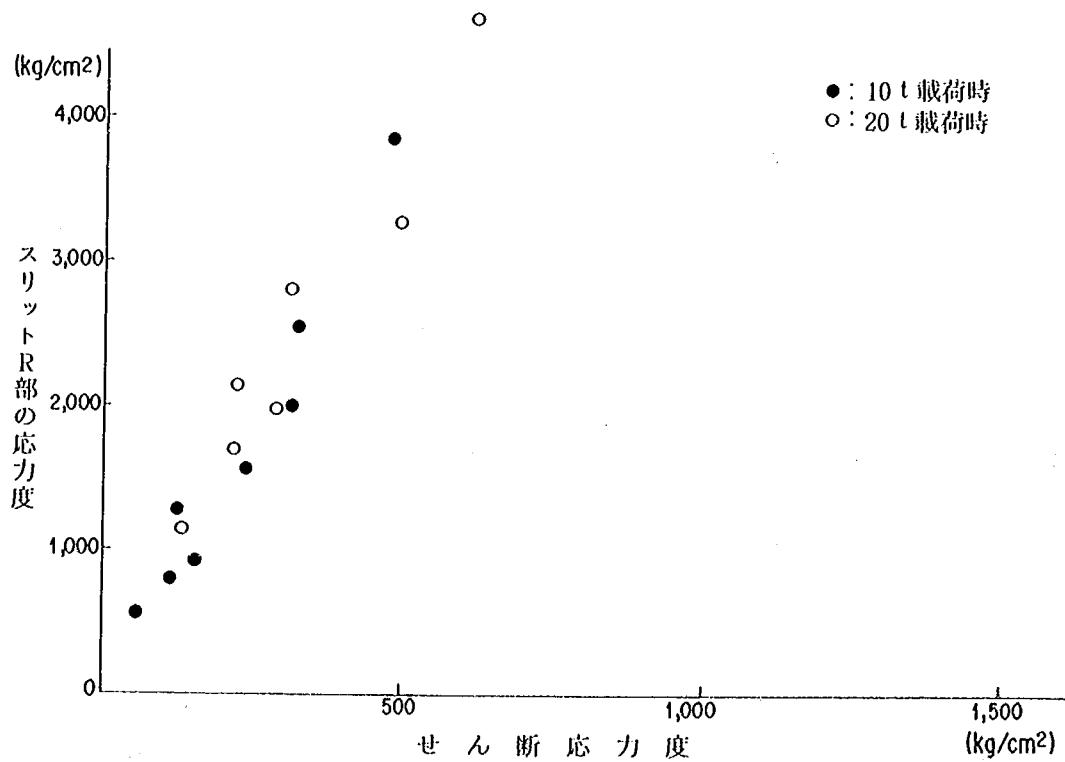
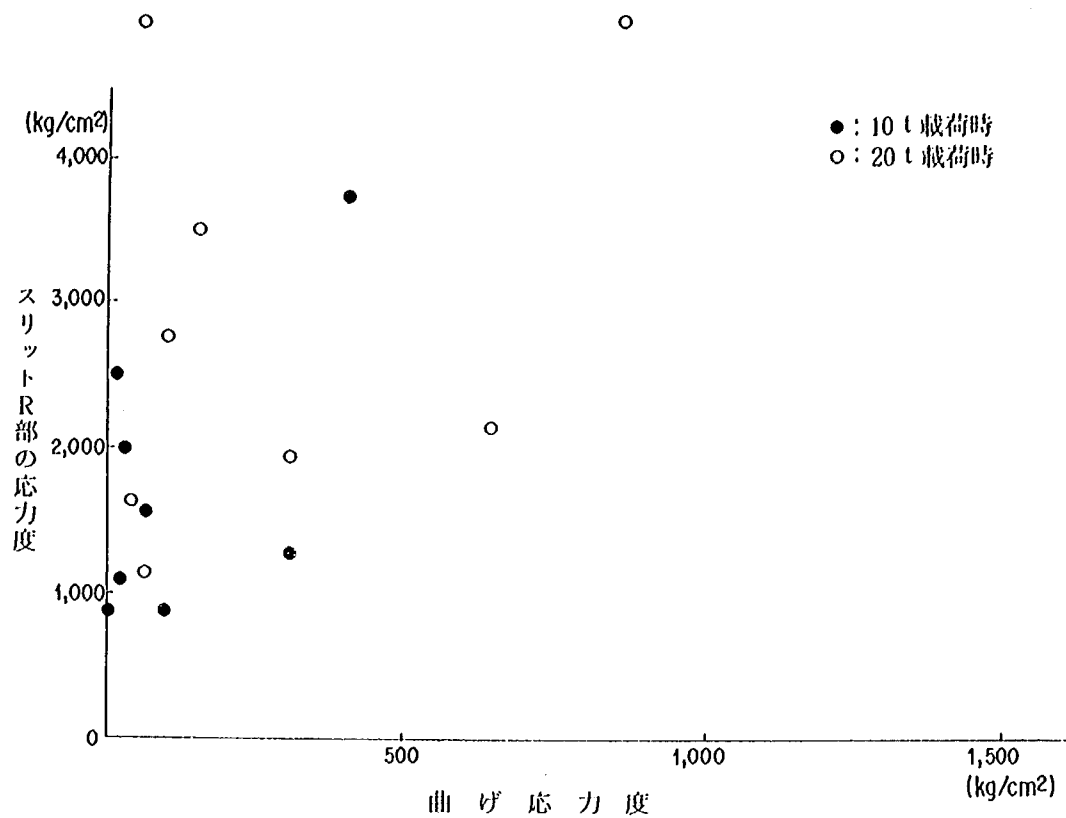


図-1.15 スリットR部の応力度と曲げ応力度およびせん断応力度との関係 (CASE 3, 4)

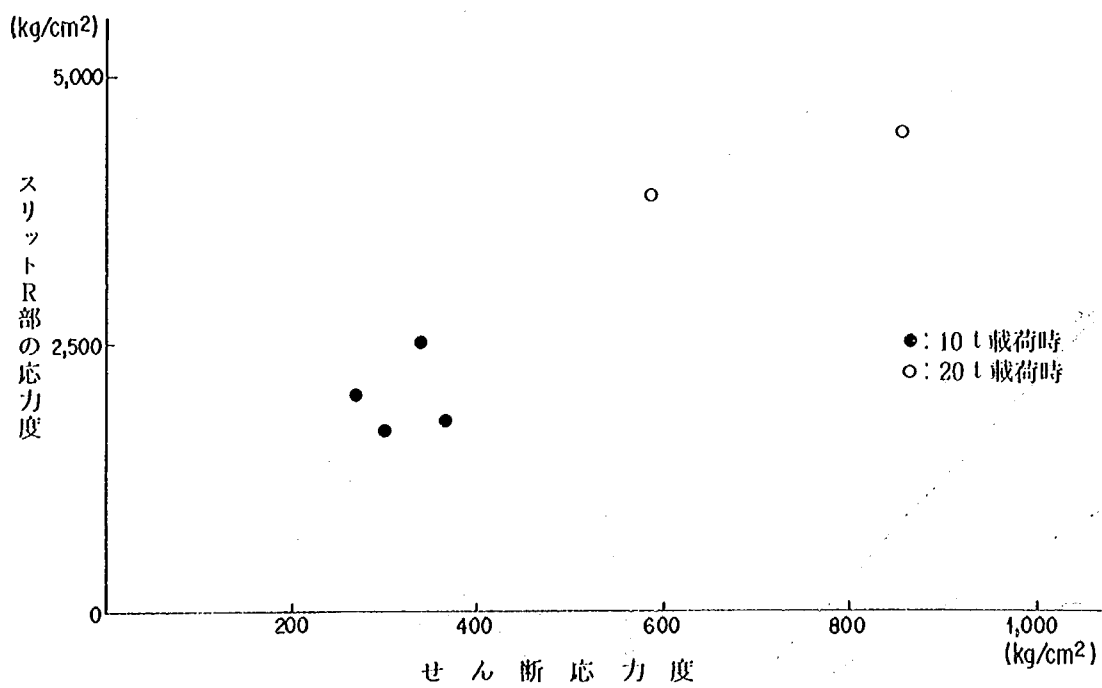
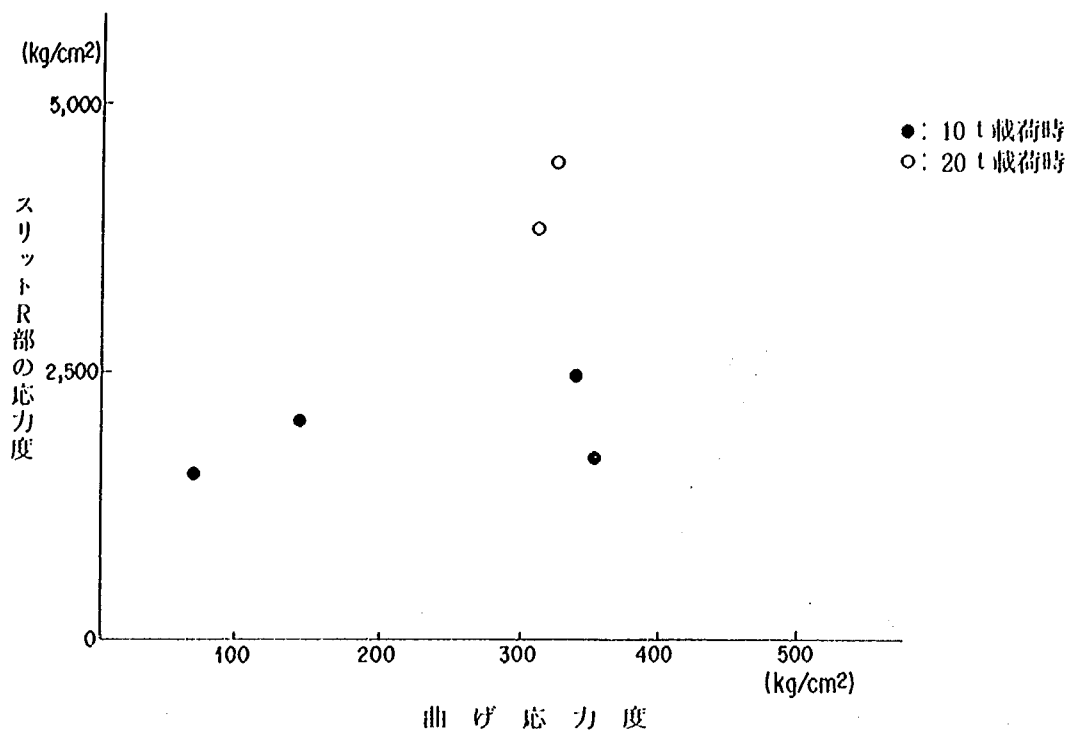


図-1.16 スリットR部の応力度と曲げ応力度およびせん断応力度との関係 (CASE 5, 6)

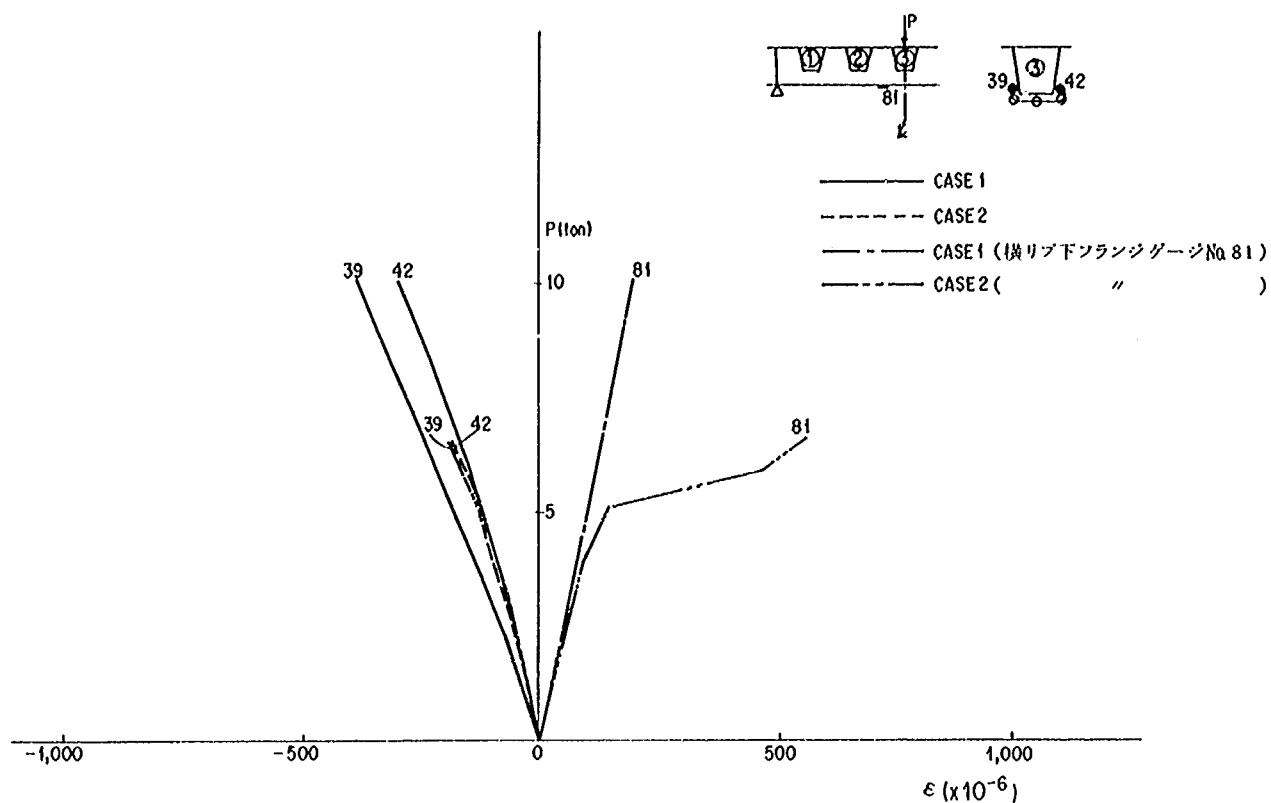


図-1.17(1) スリットR部の荷重-ひずみ曲線 (CASE 1, 2: ゲージNo 39, 42)

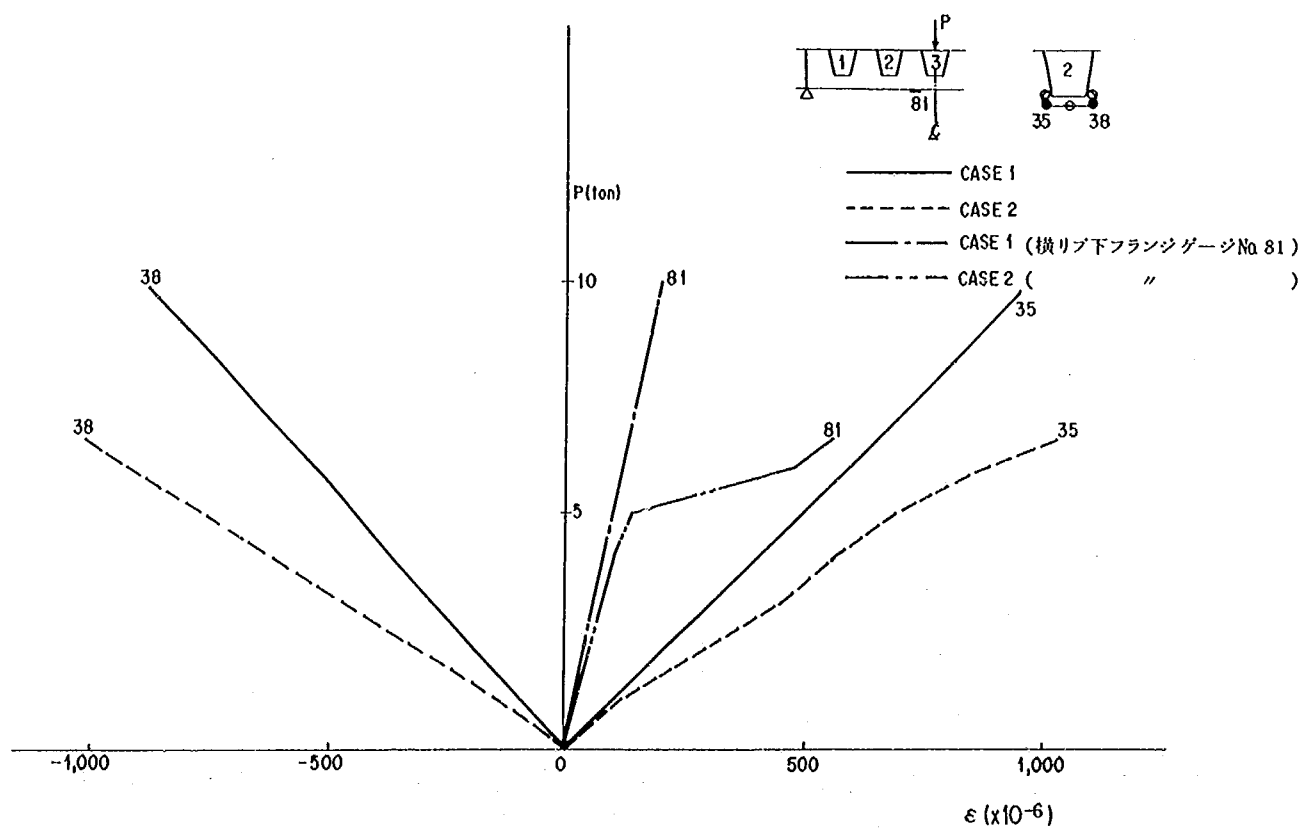


図-1.17(2) スリットR部の荷重-ひずみ曲線 (CASE 1, 2: ゲージNo 35, 38)

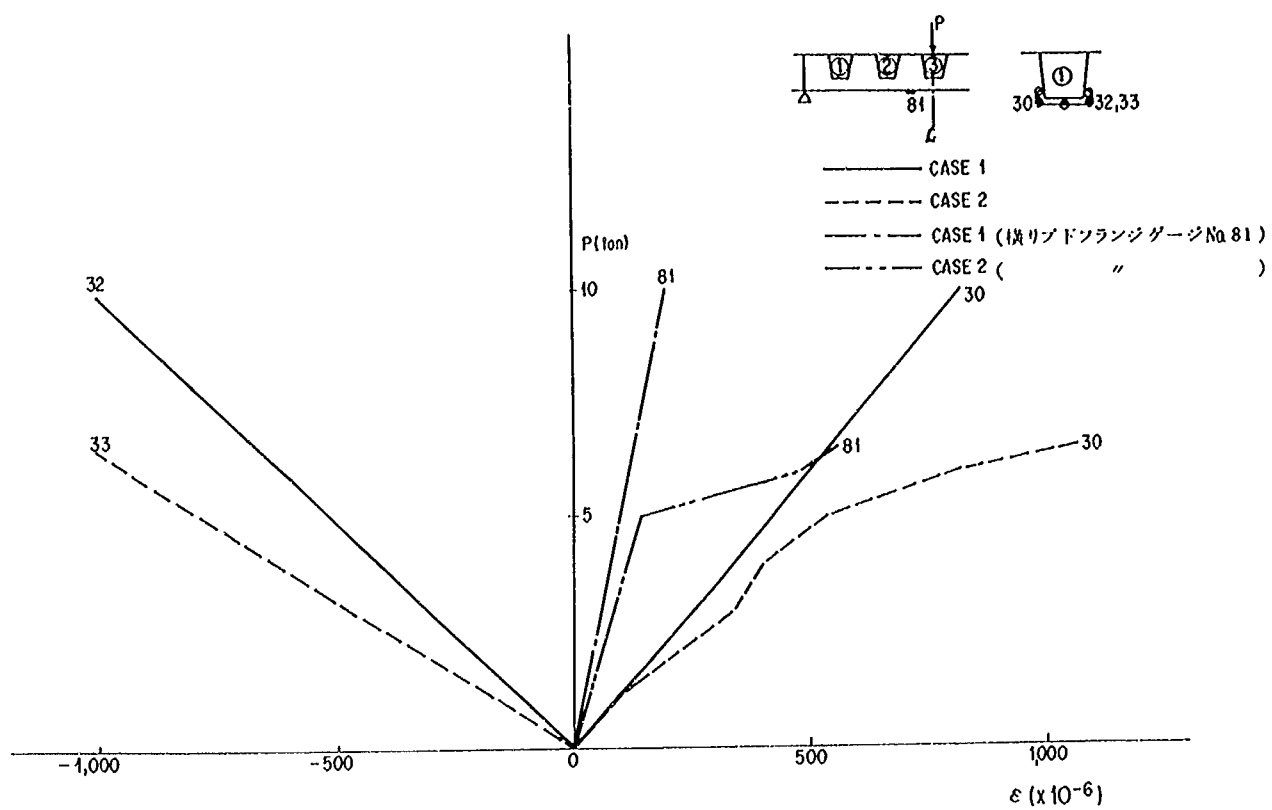


図 - 1.17(3) スリット R 部の荷重 - ひずみ曲線 (CASE 1, 2: ゲージ No. 30, 32, 33)

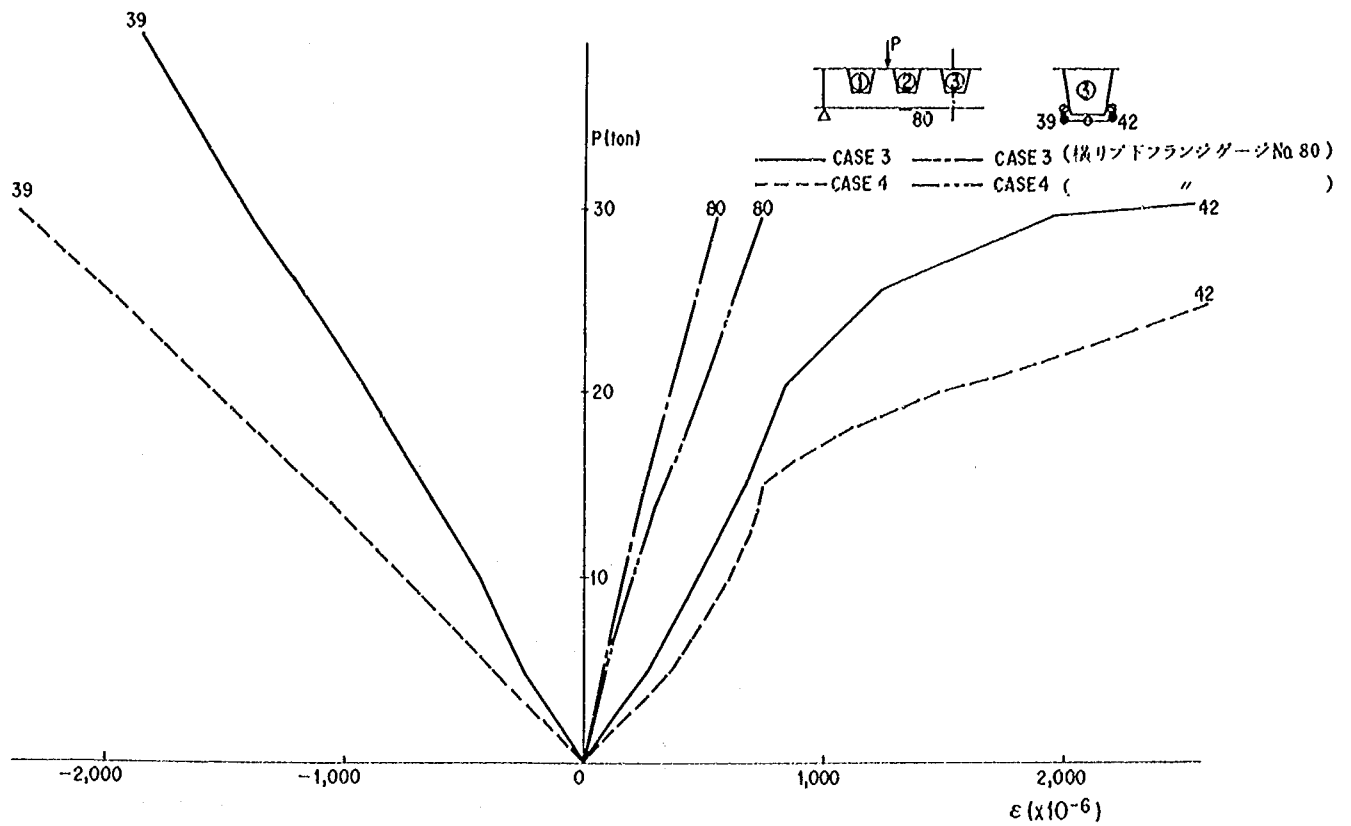


図-1.18(1) スリットR部の荷重-ひずみ曲線 (CASE 3, 4: ゲージNo.39, 42)

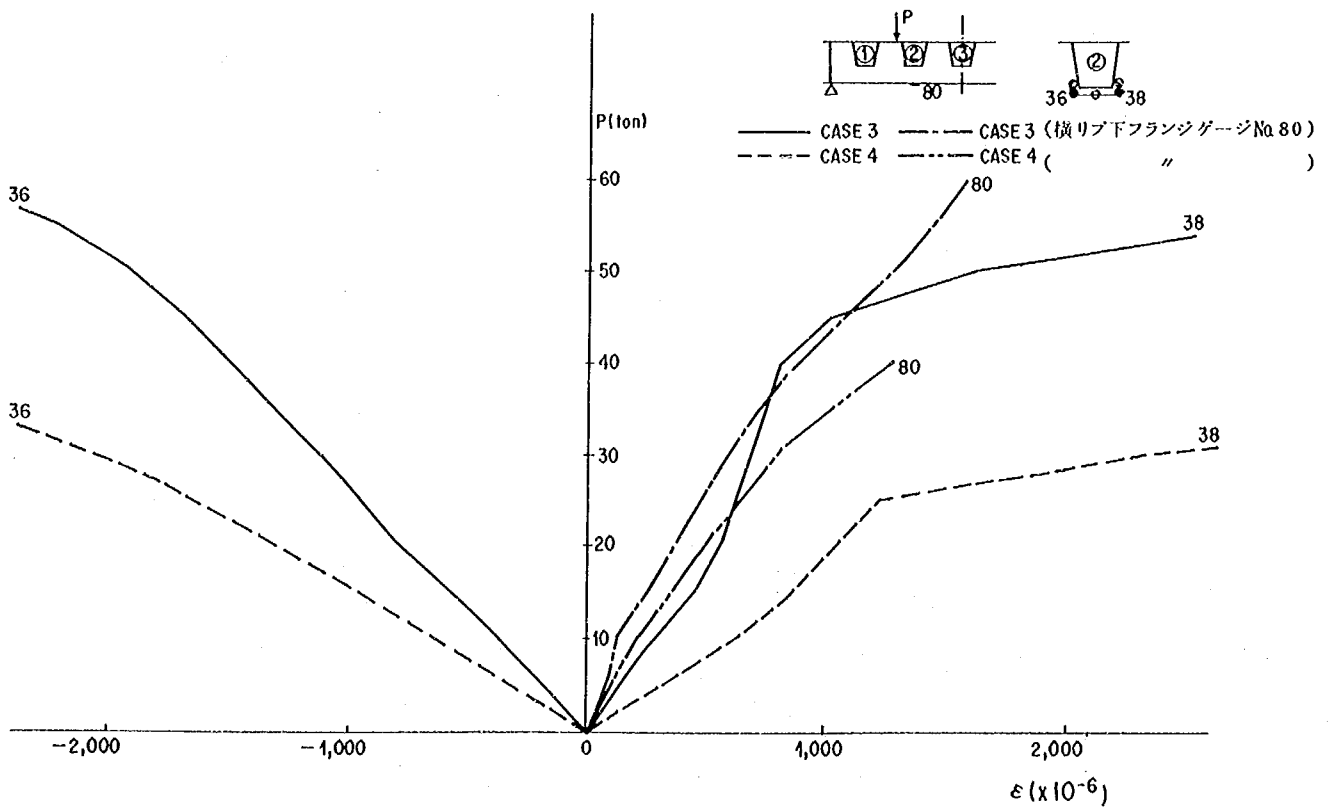


図-1.18(2) スリットR部の荷重-ひずみ曲線 (CASE 3, 4: ゲージNo.36, 38)

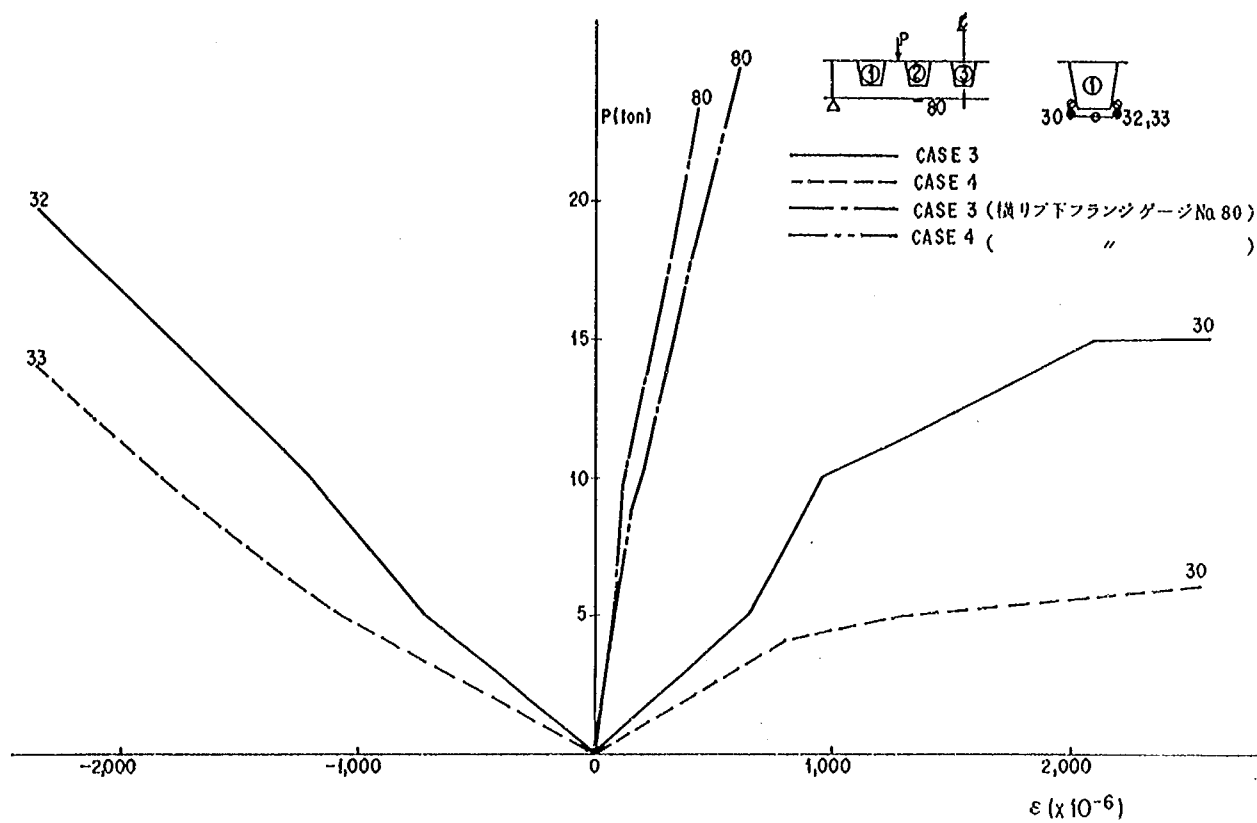


図-1.18(3) スリットR部の荷重-ひずみ曲線 (CASE 3, 4: ゲージNo.30, 32, 33)

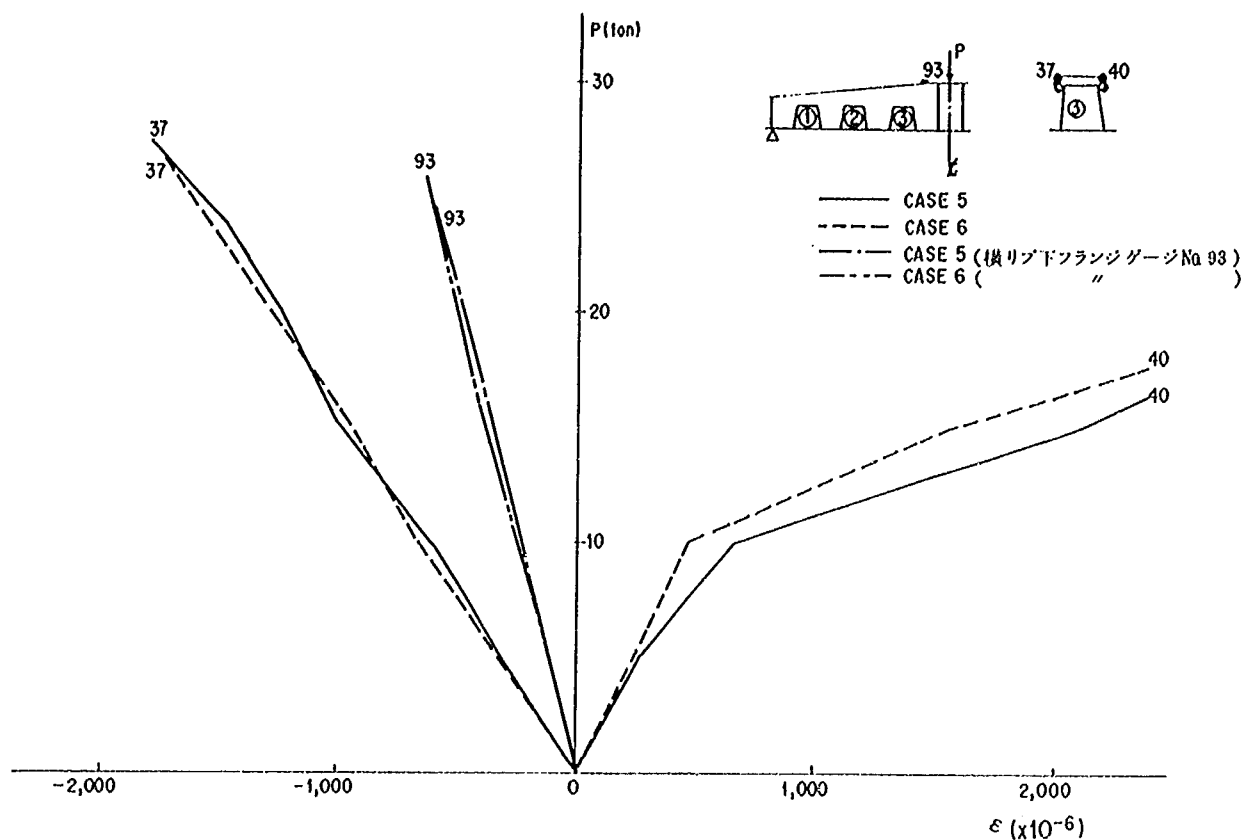


図-1.19(1) スリットR部の荷重-ひずみ曲線 (CASE 5, 6 :ゲージNo.37, 40)

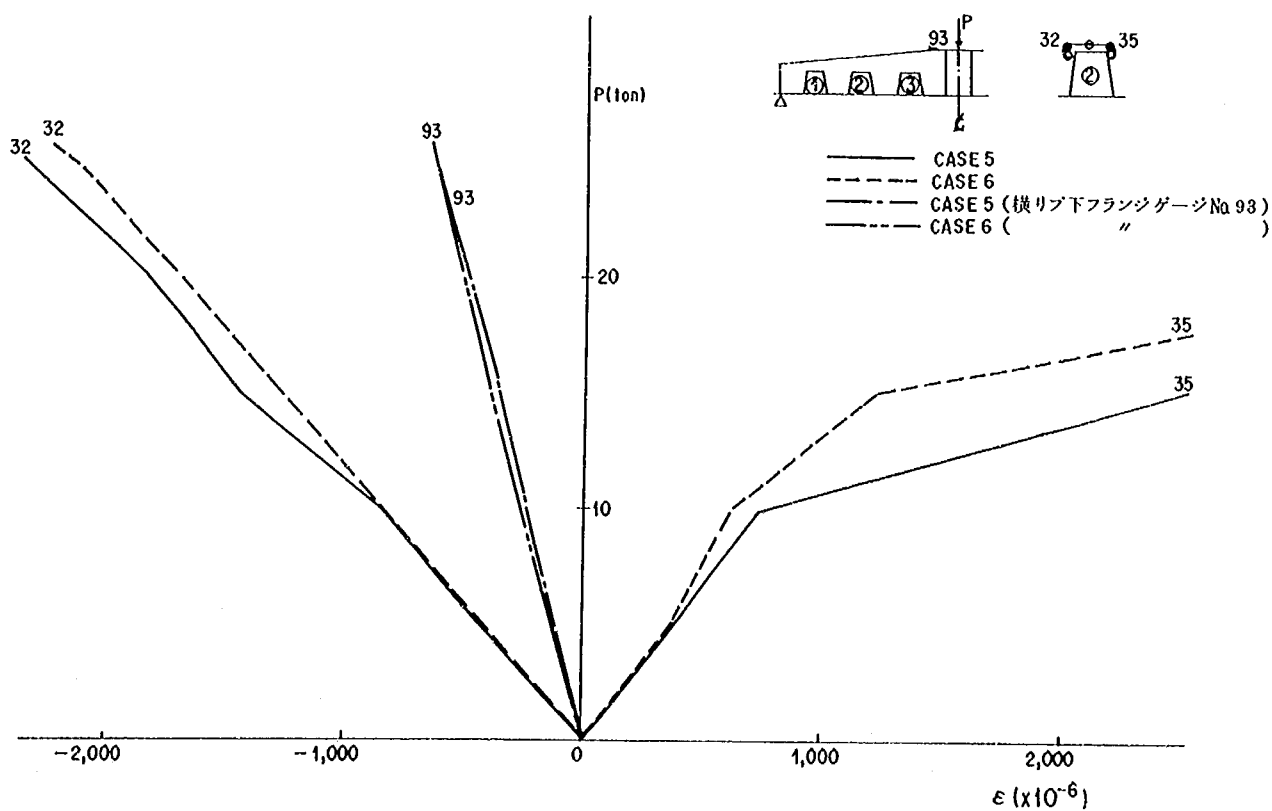


図-1.19(2) スリットR部の荷重-ひずみ曲線 (CASE 5, 6 :ゲージNo.32, 35)

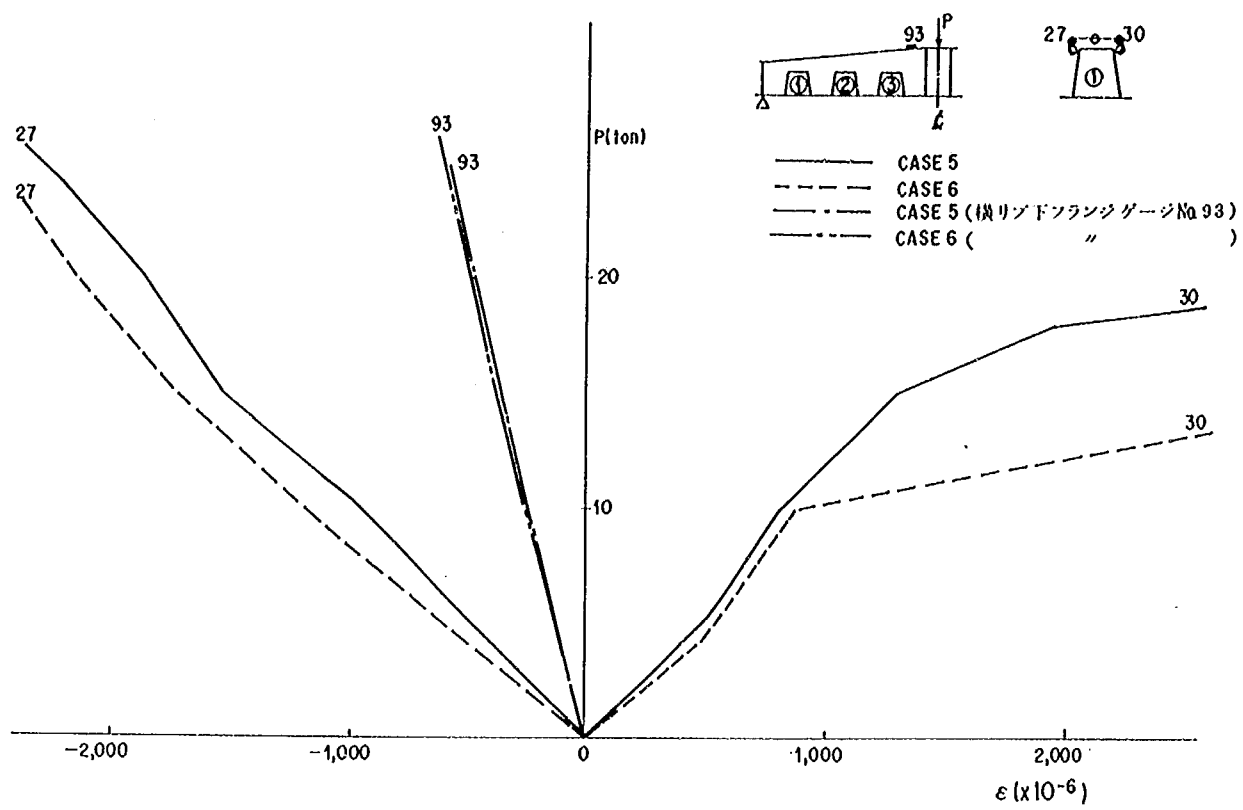
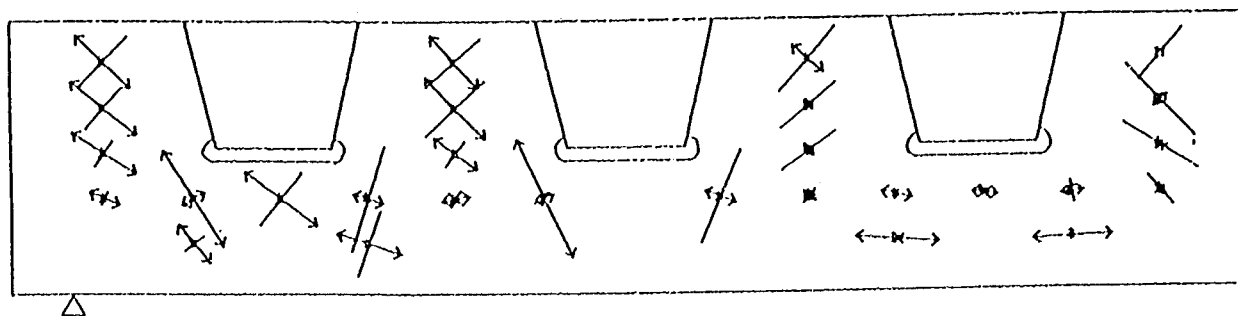
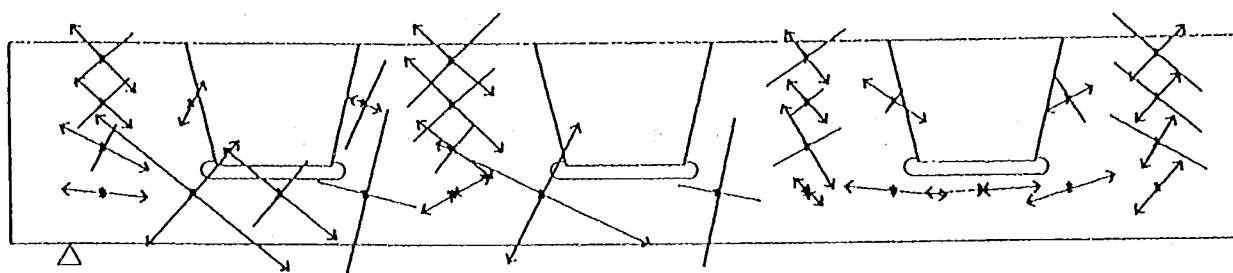


図-1.19(3) スリットR部の荷重-ひずみ曲線 (CASE 5, 6:ゲージNo.27, 30)



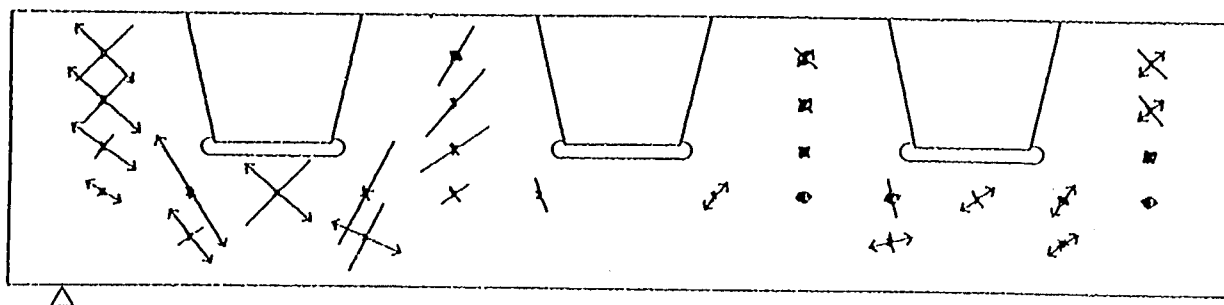
(a) CASE 1 (6ton)

$\longleftrightarrow$ 引張 3 kg/mm^2
 $\longleftrightarrow$ 圧縮 -3 kg/mm^2



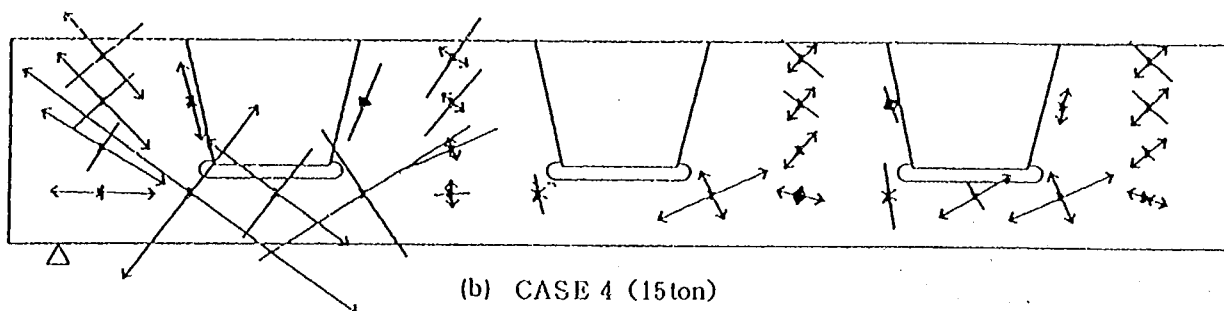
(b) CASE 2 (6ton)

図-1.20 供試体No. 1 およびNo. 2 の主応力分布 (CASE 1, 2)



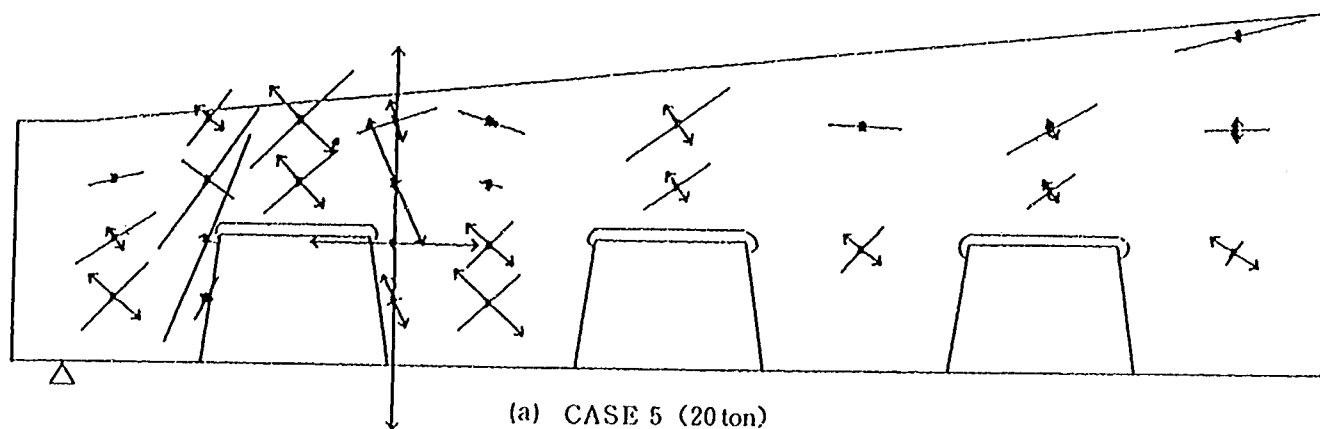
(a) CASE 3 (15 ton)

$\longleftrightarrow$ 引張 10 kg/mm^2
 $\longleftrightarrow$ 圧縮 -10 kg/mm^2



(b) CASE 4 (15 ton)

図-1.21 供試体No. 1 およびNo. 2の主応力分布 (CASE 3, 4)



$\longleftrightarrow$ 引張 10 kg/mm^2
 $\longleftrightarrow$ 圧縮 -10 kg/mm^2

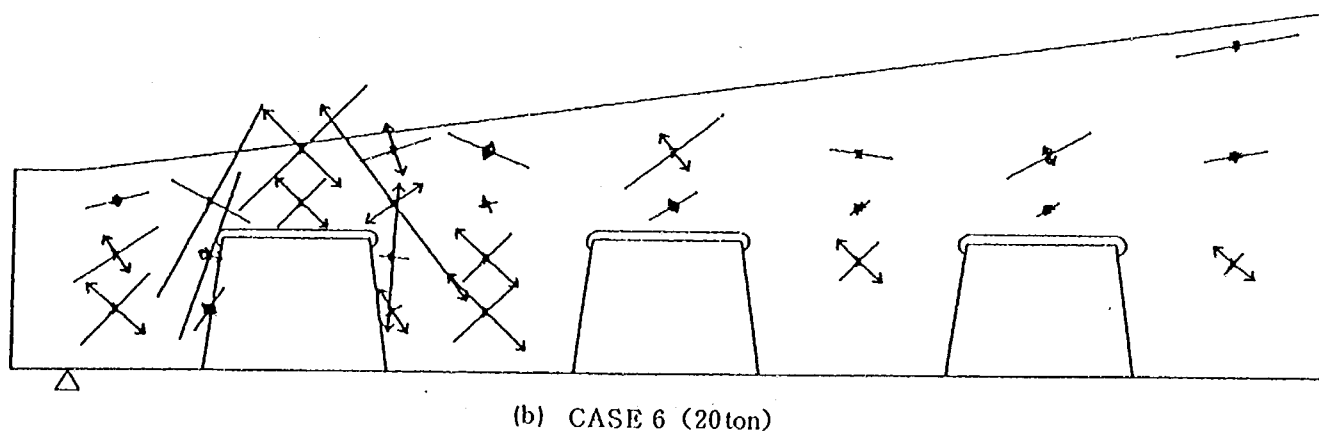


図-1.22 供試体 No.3 および No.4 の応力分布 (CASE 5, 6)

1.5.3 破壊性状

供試体No 1～4の破壊性状をそれぞれ図－1.23～1.26に示す。

供試体No 1の最大荷重は、62.7tonであった。これは腹板を全断面有効として許容応力度を用いて計算した曲げモーメントに対する荷重(46.2ton)の約1.36倍、全塑性曲げモーメントに対する荷重(59.4ton)の約0.8倍である。また、供試体No 2の最大荷重は41.0tonであり、これは同じく腹板を全断面有効として許容応力度を用いて計算した曲げモーメントに対する荷重(34.8ton)の1.2倍、全塑性曲げモーメントに対する荷重の約0.7倍である。供試体No 1の横リブの腹板高さは48cmと供試体No 2の36cmより約30%大きく、供試体No 1の最大荷重は供試体No 2に比べて約1.5倍程度大きくなっている。

破壊性状を観察すると、供試体No 1は、縦リブ直下の腹板の座屈により破壊しているが、腹板高の小さい供試体No 2では、かなり大きな引張応力が発生していた支点隣接のスリットR部が引き裂かれて一挙に破壊に至っている(写真－1.1, 1.2参照)。この箇所は図－1.21からわかるように腹板の主応力も大きく、亀裂は最大主応力方向に直角に入っている。

供試体No 3, 4の最大荷重は、それぞれ76.3ton, 71.2tonであった(張出し部先端にかかる荷重としては38.2tonおよび35.6ton)。これは、曲げに対する許容荷重(63.7tonおよび61.9ton)のそれぞれ1.2倍, 1.15倍程度である。

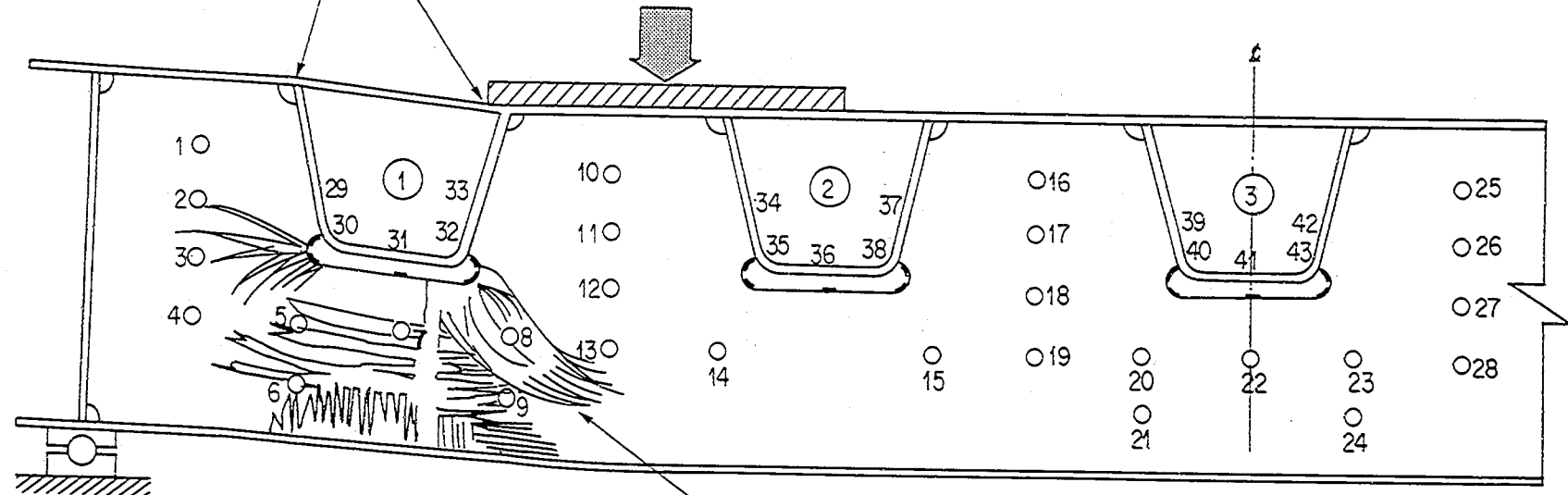
供試体No 3, 4ともに破壊の主因は、腹板の弾性座屈後の横リブ下フランジ(本試験では、上側)のねじれ変形によるものと思われる(写真－1.3, 1.4参照)。

横リブ付根と載荷板端部で大きく折れ曲り横リブが大きく変形した。

○：三軸ゲージ

—：一軸ゲージ

(数字はゲージ番号)



水平方向、鉛直方向 45° 方向ともに黒皮の
ひび割れが大小無数に発生している。

45° 方向にゲージ貼付側に膨らむ形で波を打っている。
黒皮は殆んど剥落し地肌が見える。

図-1.23 供試体No.1の破壊状態 (CASE 3, 最大荷重 62.7 t)

荷重上昇中はさほど変形の急激な進行はなかったが、41 t に達しひずみ計のスキanning中に変形が進みはじめ、No 30 ゲージ付近の R 部が引き裂かれて、一気に破壊した。

○：三軸ゲージ
 —：一軸ゲージ
 (数字はゲージ番号)

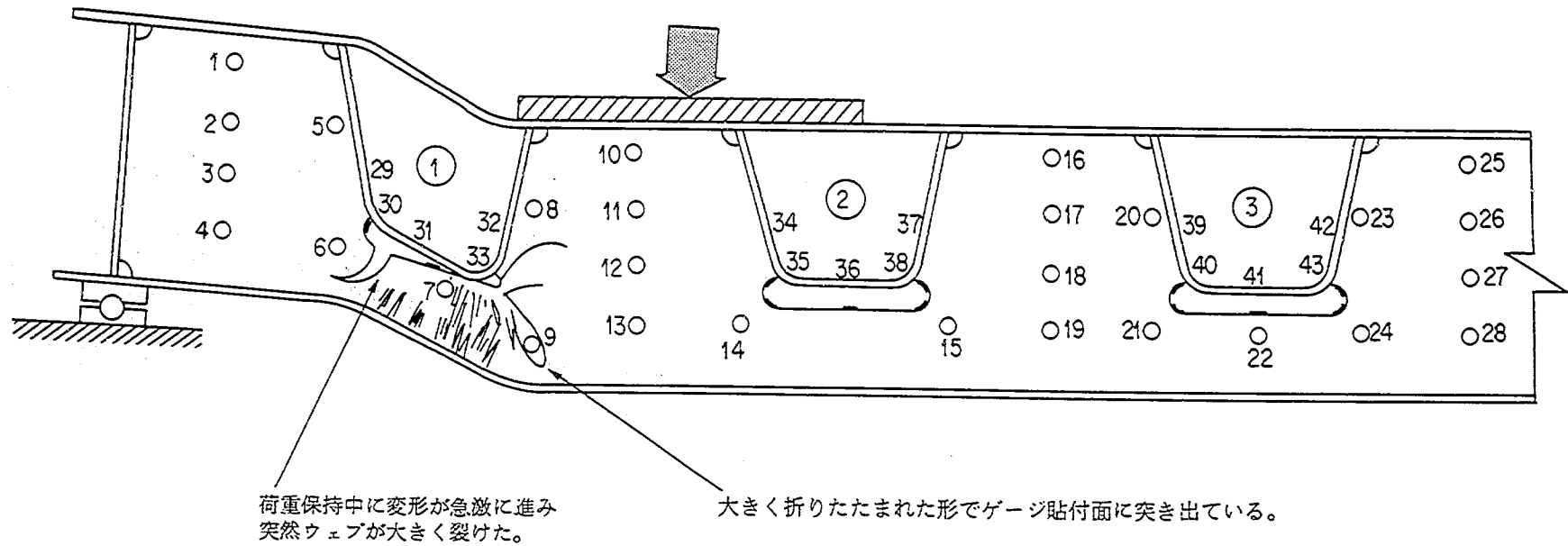


図-1.24 供試体No.2の破壊状態 (CASE 4, 最大荷重 41 t)

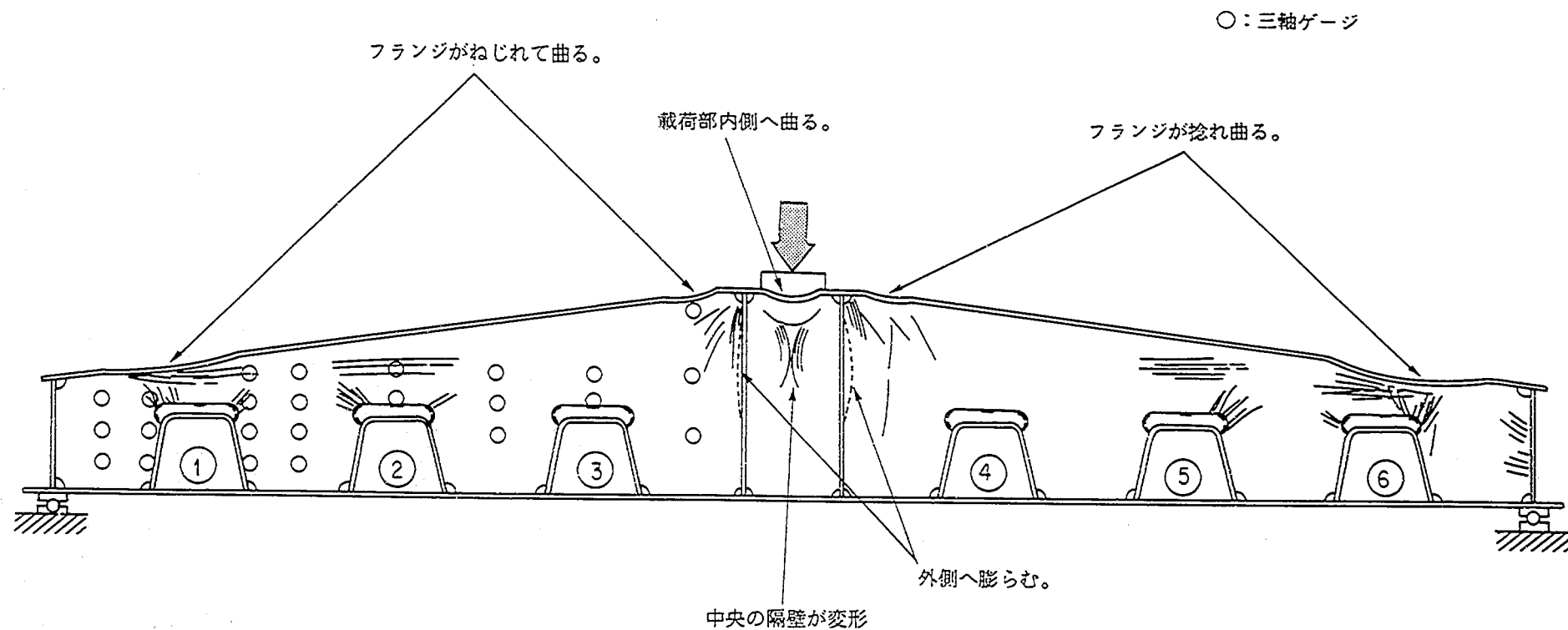


図 - 1.25 供試体No. 3 の破壊状態 (CASE 5, 最大荷重 71.2 t)

○：三軸ゲージ

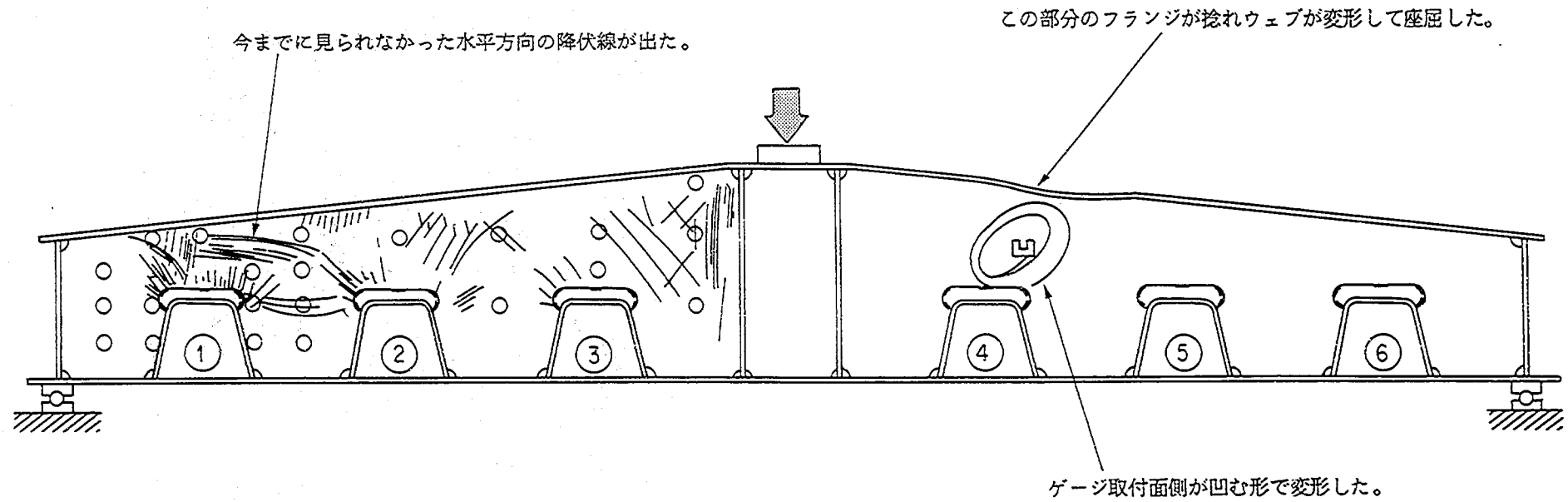


図-1.26 供試体No.4の破壊状態 (CASE 6. 最大荷重 76.3 t)

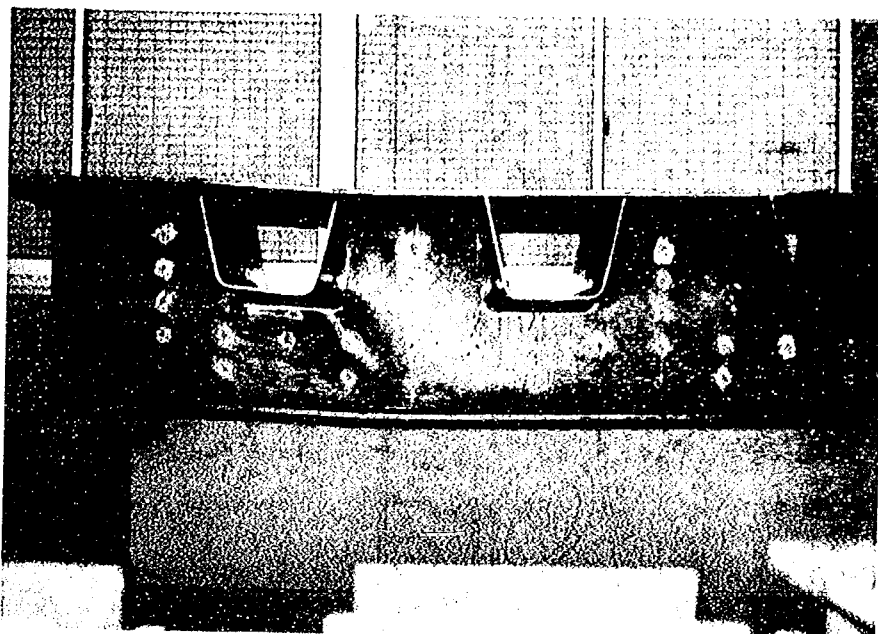


写真 - 1.1 供試体No. 1 の破壊状態

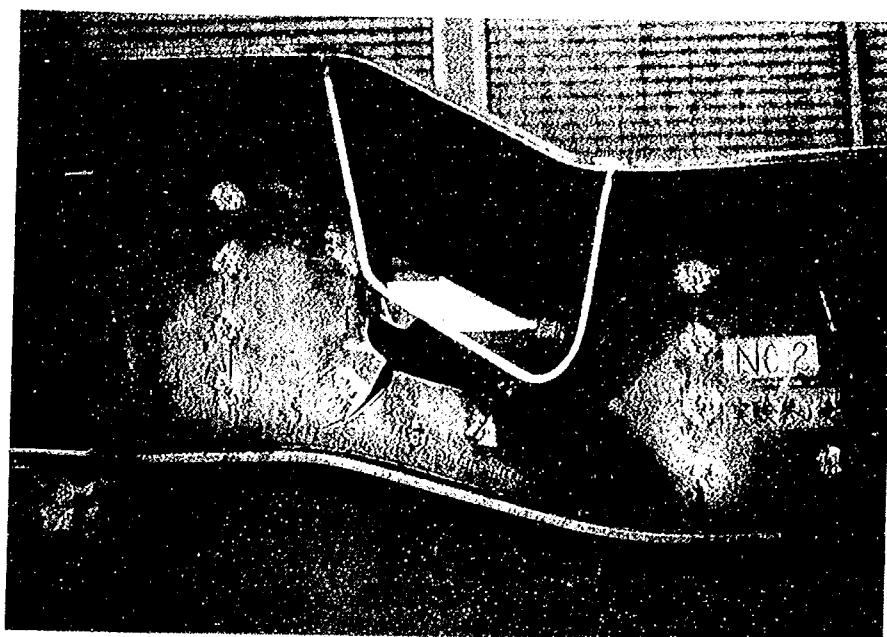
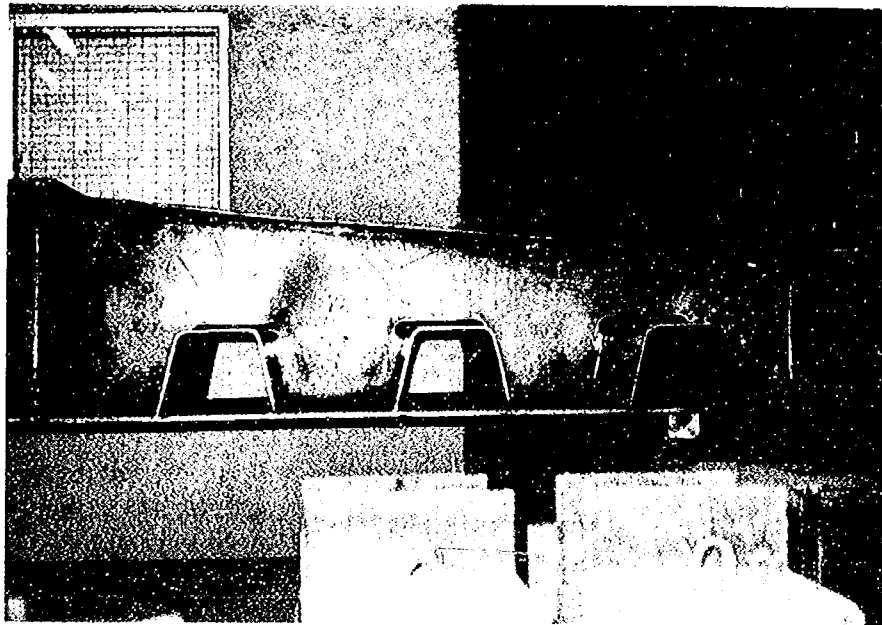


写真 - 1.2 供試体No. 2 の破壊状態



写真－1.3 供試体No. 3の破壊状態

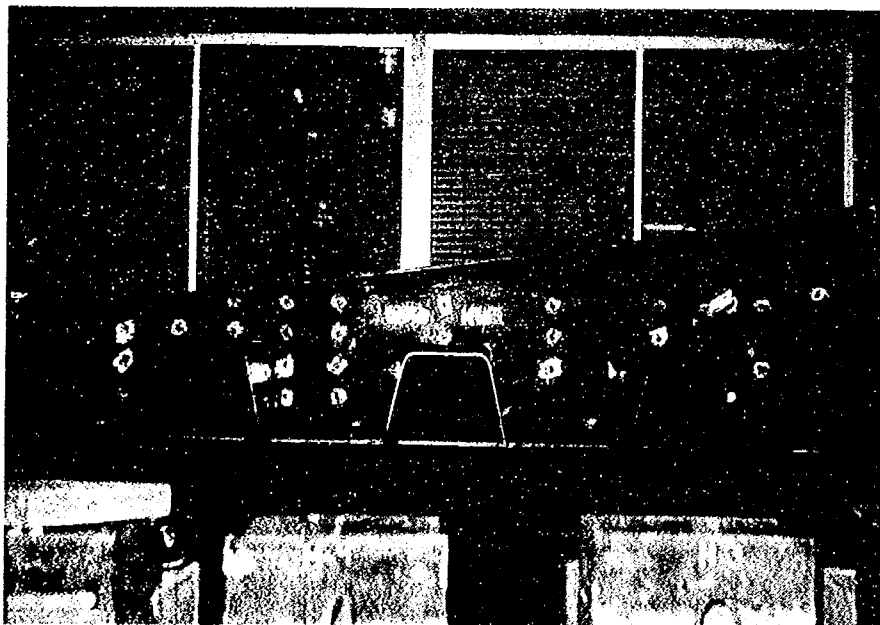


写真 1.4 供試体No. 4の破壊状態

2. 部分供試体による静的載荷試験および疲労試験

2.1 目的

本試験ではトラフリブを用いた鋼床版の横リブと縦リブの交差部におけるスリット周辺の応力状態と荷重の載荷位置の関係を得るために、部分供試体による静的載荷を行い、また同交差部の疲労強度を把握するために部分供試体を用いて疲労試験を行った。

2.2 供試体の形状寸法

鋼床版箱桁橋における主桁間中央部の横リブを想定した部分供試体を3体製作した(図-2.1)。

供試体はいずれも板厚12mmのデッキプレート(1.0m×3.54m)にJSSC規格¹⁾の縦リブ(300×220×6.0mm)を30cm間隔で溶接している。供試体の支間長はいずれも3.3mである。腹板高は供試体No.1では48cm, No.2は36cm, No.3では72cmであり, No.1およびNo.2は, 前章で用いた供試体と同じ寸法である。供試体を使用した材質はすべてSS41である。それぞれの部材の材料試験結果を表-2.1に示す。

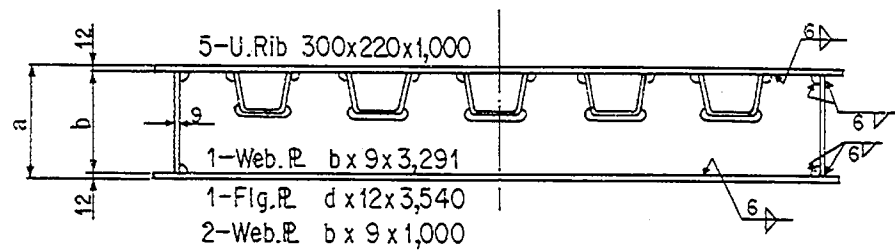
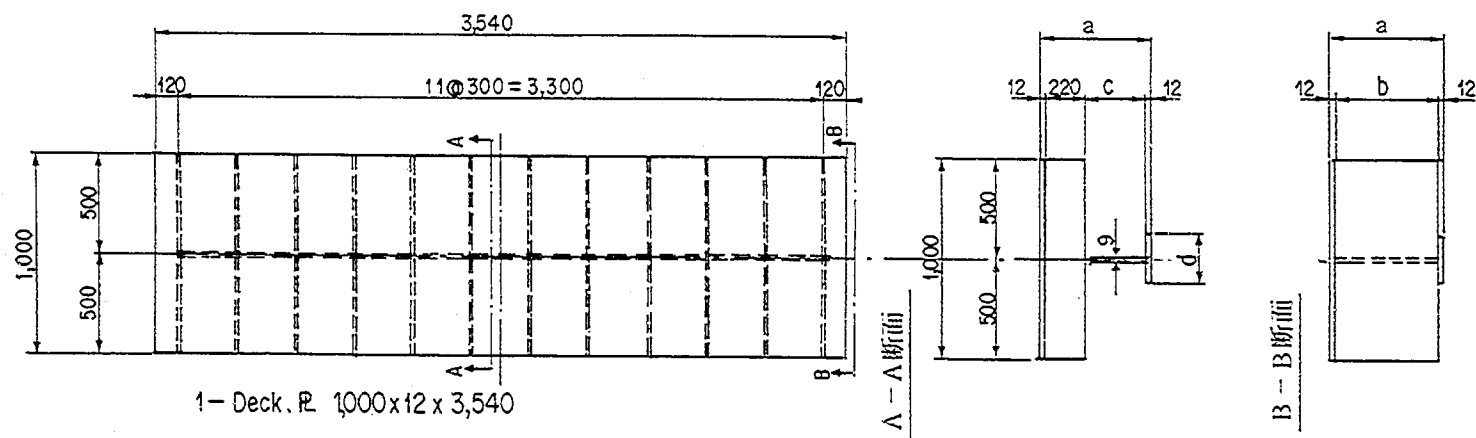
表-2.1 材料試験結果

試験片 記号	板厚 (mm)	降伏点 (kg/mm ²)	引張強さ (kg/mm ²)	伸び (%)	使用箇所
T1-1	11.9	28	41	34	デッキプレート フランジ
T1-2	11.8	31	41	34	"
T1-3	11.9	29	41	32	"
T2-1	8.7	31	45	31	ウェブ
T2-2	8.9	33	45	33	"
T2-3	8.7	32	45	33	"
T3-1	5.9	38	48	25	縦リブ
T3-2	5.9	37	46	27	"
T3-3	5.9	37	47	25	"

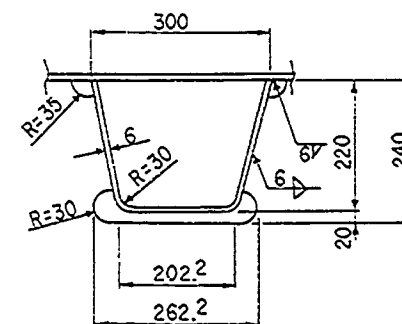
2.3 ひずみの測定位置

図-2.2にひずみゲージ貼付位置を示す。

各供試体ともスリットR部に発生する応力(ひずみ)のみに着目して, 全スリットR部に単軸のひずみゲージを貼付けた。

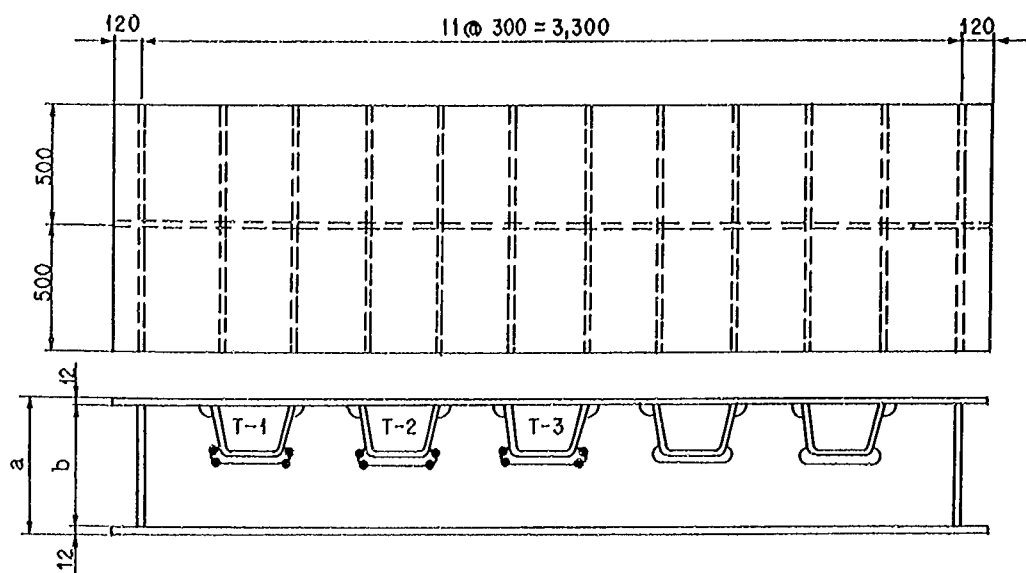


縦リブ詳細



	a	b	c	d
供試体No. 1	504	480	260	255
供試体No. 2	384	360	140	280
供試体No. 3	744	720	500	210

図-2.1 供試体の形状寸法 (供試体No. 1, 2, 3)



	a	b
供試体No. 1	504	480
供試体No. 2	384	360
供試体No. 3	744	720

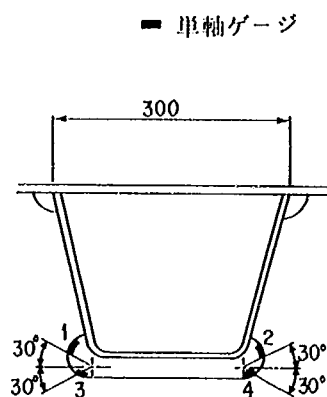


図 2.2 ひずみゲージ貼付位置

2.4 静的載荷試験の方法

荷重の載荷位置がスリットR部の応力集中に与える影響を把握するため、表-2.2に示す5ケースの載荷位置に対して静的載荷試験を行った。荷重は輪荷重を想定し接地面積200×500mmの等分布荷重を弾性域内で載荷した。

表-2.2 静的試験载荷ケース

載 荷 方 法	載荷ケース	載 荷 位 置
	1	$L/2$
	2	$L/4$
	3	$L3=600$
	4	$L2=450$
	5	$L1=300$

2.5 静的載荷試験の結果

各供試体のスリットR部に発生した応力度を載荷ケースごとにまとめたものを表-2.3に示す。また、それぞれのスリットR部に発生した最大応力度および最小応力度を表-2.4に示す。なおこれらの表に示した応力度はすべて荷重4.0tonのときの値である。

スリットR部上側(ゲージNo. 1, 2)の最大応力度は、供試体1では $+496\text{kg}/\text{cm}^2$ (載荷ケース5, T-1リブゲージNo. 1), 供試体2では $+680\text{kg}/\text{cm}^2$ (載荷ケース4, T-1リブゲージNo. 2), 供試体3では $+691\text{kg}/\text{cm}^2$ (載荷ケース3, T-1リブゲージNo. 1)であり、最小応力度は、供試体1では $-1296\text{kg}/\text{cm}^2$ (載荷ケース5, T-1リブゲージNo. 2), 供試体2では $-905\text{kg}/\text{cm}^2$ (載荷ケース3, T-1リブゲージNo. 2), 供試体No. 3では $-674\text{kg}/\text{cm}^2$ (載荷ケース3, T-1リブゲージNo. 2)である。

またスリットR部下側(ゲージNo.3, 4)の最大応力度は, 供試体1では $+1073\text{kg}/\text{cm}^2$ (載荷ケース2, T-1リブゲージNo.3), 供試体2では $+1638\text{kg}/\text{cm}^2$ (載荷ケース2, T-1リブゲージNo.3), 供試体3では $+479\text{kg}/\text{cm}^2$ (載荷ケース1, T-2リブゲージNo.3)であり, 最小応力度は, 供試体1では $-1208\text{kg}/\text{cm}^2$ (載荷ケース2, T-1リブゲージNo.4), 供試体2では $-1798\text{kg}/\text{cm}^2$ (載荷ケース2, T-1リブゲージNo.4), 供試体3では $-1025\text{kg}/\text{cm}^2$ (載荷ケース3, T-1リブゲージNo.4)である。

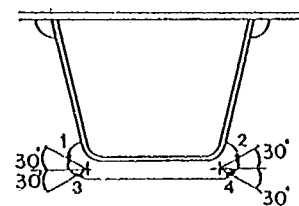
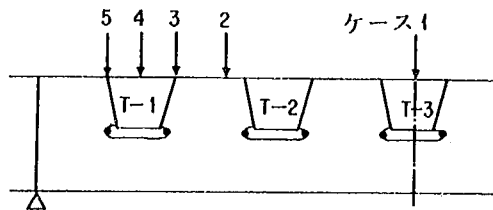
スリットR部の応力度の絶対値は、上側よりも下側のほうが大きいことから、疲労に対しては、スリットR部の下側が厳しいものと思われる。

図-2.3にスリットR部下側の応力分布を載荷ケースごとに表わす。この図が示すように、載荷位置にあまり関係なく、せん断力の影響が大きくなる支点隣接のT-1リブのスリットR部に応力が集中していることがわかる。応力度は、縦リブの左側のR部では引張、右

表-2.3 スリットR部の応力度 (荷重: 4.0 t)

(kg/cm²)

供試体	桁高	縦リブNo	T-1				T-2				T-3			
		ゲージNo	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
		載荷ケース												
1	480	1	193	36	708	-853	323	-172	840	764	-189	298	-36	-162
		2	321	-33	1073	-1208	-346	59	-363	260	-137	158	-426	458
		3	-615	25	-342	-32	-31	134	-147	76	-92	149	-149	57
		4	-202	-779	412	-649	116	183	-80	118	-130	252	-229	95
		5	496	-1296	1025	-722	242	218	-113	153	-168	336	-307	122
2	360	1	172	-386	842	-1296	378	-376	1176	-1281	-191	-216	-61	-80
		2	422	59	1638	-1798	-225	147	-561	567	-212	166	-645	615
		3	353	-905	—	-1747	67	67	-334	475	-260	126	-538	443
		4	107	680	720	-972	19	29	-242	332	-191	82	-376	302
		5	527	88	-296	0	86	8	-212	208	-120	42	-225	179
3	720	1	267	-214	370	-504	244	101	479	-351	-263	-521	-40	-477
		2	414	-130	477	-607	-447	103	-450	200	95	145	-211	240
		3	691	-674	445	-1025	158	78	-4	86	-13	92	-101	141
		4	59	674	55	-802	130	50	67	88	-50	86	-116	145
		5	557	137	-649	-118	8	44	-48	92	300	44	-97	97



ゲージ位置

表-2.4 スリットR部の最大応力度および最小応力度 (荷重: 4.0 t)

(kg/cm²)

	縦 リ ブ	T - 1				T - 2				T - 3			
	ゲージNo	1, 2		3, 4		1, 2		3, 4		1, 2		3, 4	
供試体	桁 高	最大値	最小値	最大値	最小値	最大値	最小値	最大値	最小値	最大値	最小値	最大値	最小値
1	480	496	-1296	1073	-1208	323	-346	840	-363	336	-189	458	-426
2	360	680	-905	1638	-1798	378	-376	1176	-1281	166	-260	615	-645
3	720	691	-674	477	-1025	244	-447	479	-48	300	-521	240	-116

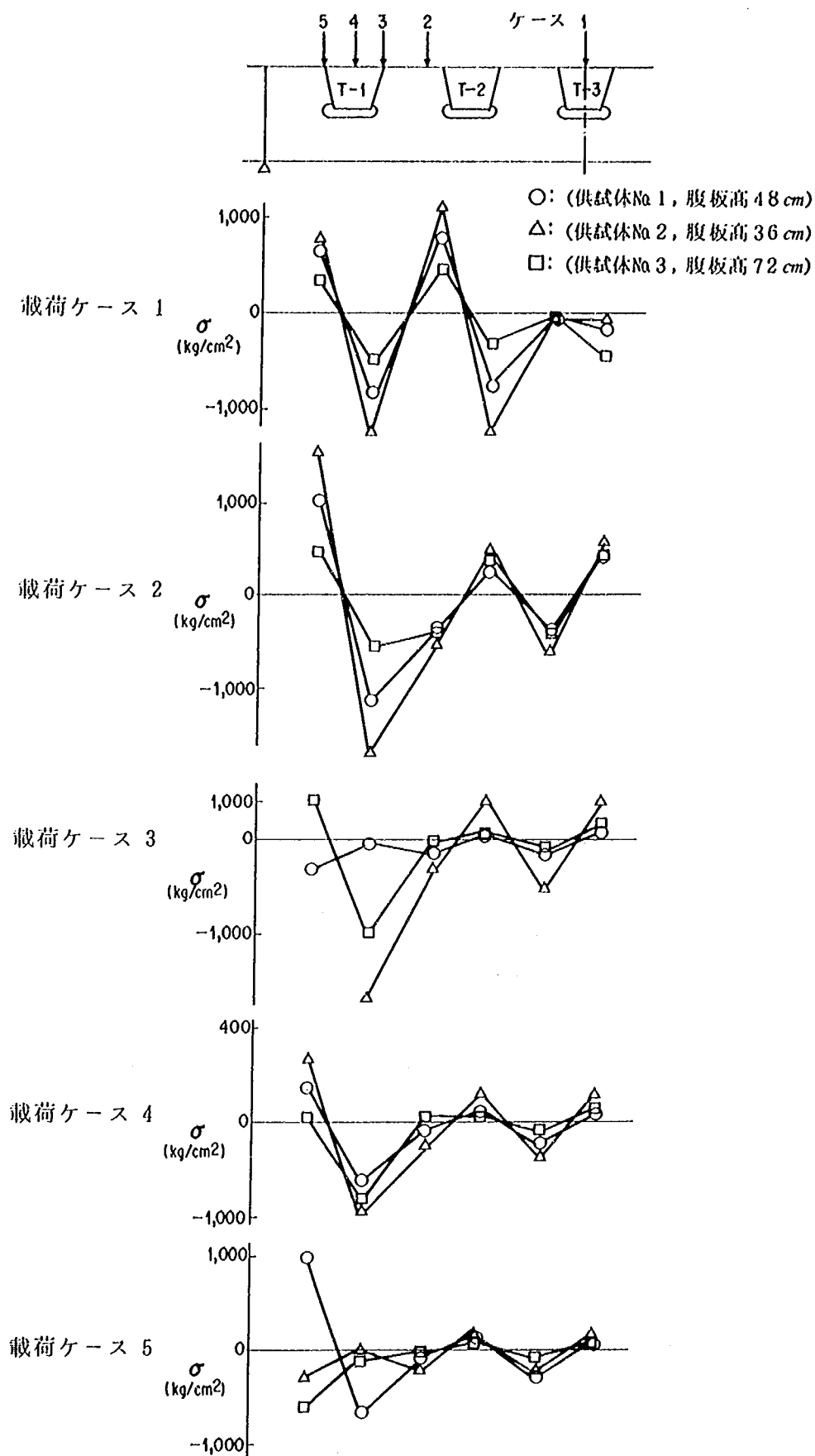


図-2.3 スリットR部下側の応力分布 (荷重はすべて 4 ton)

側のR部では圧縮となる傾向を示しているが、圧縮応力の絶対値の方が引張応力の絶対値よりも大きい傾向にある。

供試体No.2の腹板高36cmに対して腹板高が48cmと約30%大きい供試体No.1ではスリットR部の応力度は約30%小さく、また腹板高が72cmと約50%大きい供試体No.3ではスリットR部の応力度は約60%小さくなっている。このことから、スリットR部の応力集中を軽減させるには、横リブ腹板高をある程度大きくすることが効果的であると思われる。

2.6 疲労試験の方法

疲労試験は、静的載荷試験によりスリットR部に最も大きな応力度が生じた載荷ケース3に対して行った。荷重は輪荷重8tonを想定して上限9ton下限1tonとし、載荷波形は正弦波、繰返し速度は1Hzで、繰返し回数400万回まで繰返し載荷した。使用した疲労試験機は150/200ton疲労試験機である。

2.7 疲労試験の結果

2.7.1 クラックの発生状況

表-2.5に疲労試験結果を示す。ここに、応力範囲 $\Delta\sigma$ はクラック発生位置の近傍のひずみゲージによって測定した値であり、繰返し回数 N_c は鋼材表面に疲労クラックが目視できた時の値である。

それぞれの供試体に発生したクラックおよびその性状は次に示すとおりである。

(1) 供試体 No.1

クラックは、スリットR部や溶接部等いずれからも発生しなかった。

(2) 供試体 No.2

T-1リブの左側のスリットR部下側に330,400回でクラックが発生し、横リブ下フランジ方向へ角度45°で進展して腹板と下フランジとの溶接ビードに接触した後、溶接ビードに沿って支点方向へ伸び、最終的に支点近傍で下フランジ母材に接触し停留した(写真-2.1参照)。

また、同リブの右側のスリットR部下側にも674,000回でクラックが発生し、横リブ下フランジ方向へ約60°の角度で進展し自然停留した(写真-2.2参照)。

この他、同リブ右側の廻し溶接部の縦リブ側の溶接ビード止端部に760,000回でクラックが発生し、横リブ腹板厚の中心線より両側へほぼ同じ速度で進展した後、両側のクラックとも縦リブに進展した。さらに、その一方のクラックは、縦リブに進展してゆくクラックと横リブ腹板の溶接ビード止端に沿ってゆくクラックに枝分かれしたが、すべて自然停留した(写真-2.3参照)。

(3) 供試体 No.3

T-1リブの右側のスリットR部上側に1,935,000回でクラックが発生し、斜め上(角度88°)方向に進展し自然停留した(写真-2.4参照)。

この他、同リブ右側の廻し溶接部の縦リブ側の溶接ビード止端部に3,079,500回でクラックが発生し、ビード止端部に沿って進展し自然停留した。

2.7.2 スリット部の疲労強度

これらのデータからでは正確な疲労強度を推定することは難しいが、スリットR部(特に、下側)および縦リブと横リブの廻し溶接部は、疲労に対して十分注意を要する個所である。

表 - 2 . 5 部 分 供 試 体 に よ る 疲 勞 試 験 結 果

供 試 体 No.	載 荷 ケ ー ス ^{注1)}	上 限 荷 重 (t)	下 限 荷 重 (t)	クラックの発生位置	クラック発見時の繰返し回数 N_c (回)	クラック近傍の応力 範囲 $\Delta \sigma$ (kg/cm ²)
1	3	9	1	繰返し回数400万回までクラック発生せず		
2	3	9	1	T-1リブ左側のスリットR部下側	330,400	3,000
				T-1リブ右側のスリットR部下側	674,000	3,570
				T-1リブ右側の廻し溶接部	760,000	1,856
3	3	9	1	T-1リブ右側のスリットR部上側	1,935,000	2,089
				T-1リブ右側の廻し溶接部	3,079,500	1,497

注1: 表-2.1 参照

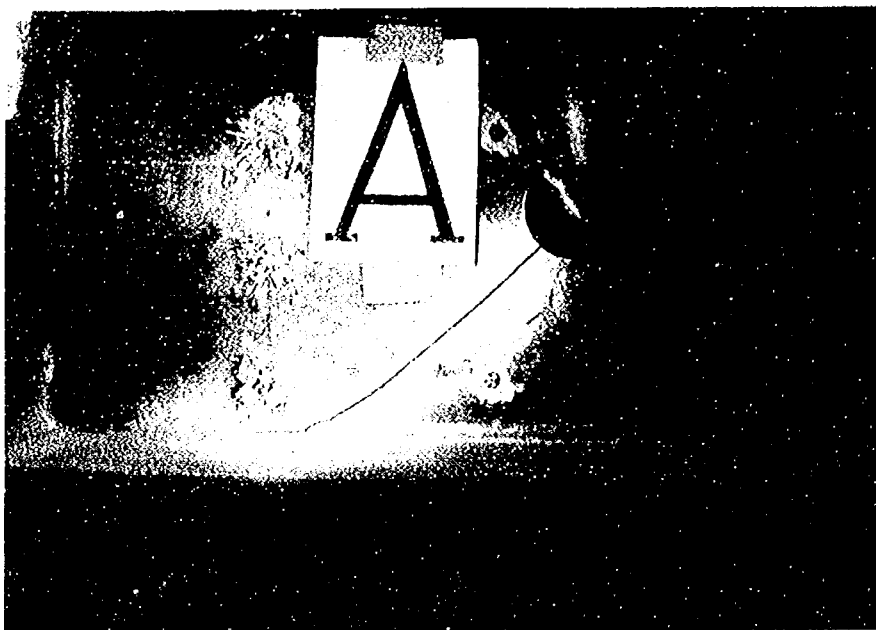


写真-2.1 クラック TYPE-A

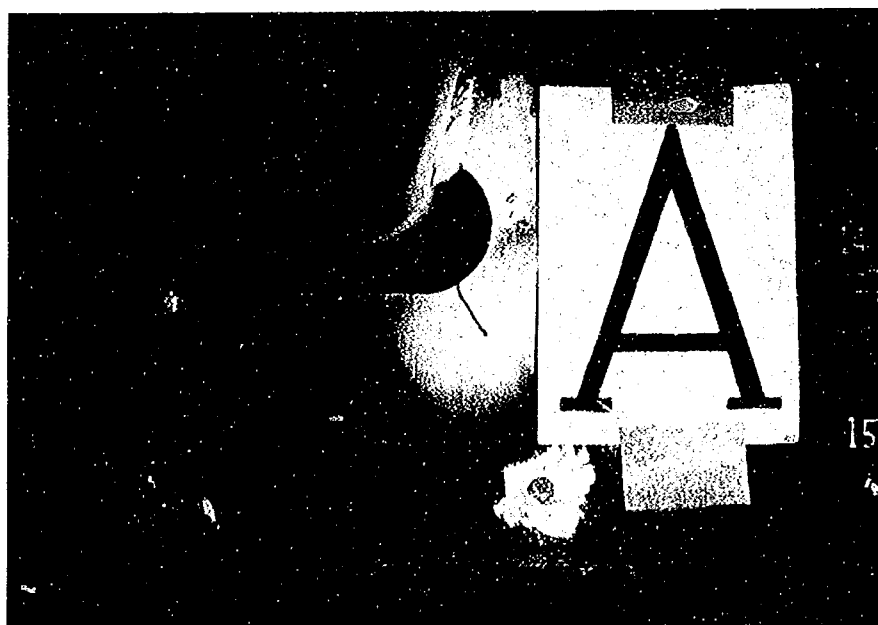


写真-2.2 クラック TYPE-B



写真-2.3 クラック TYPE-C

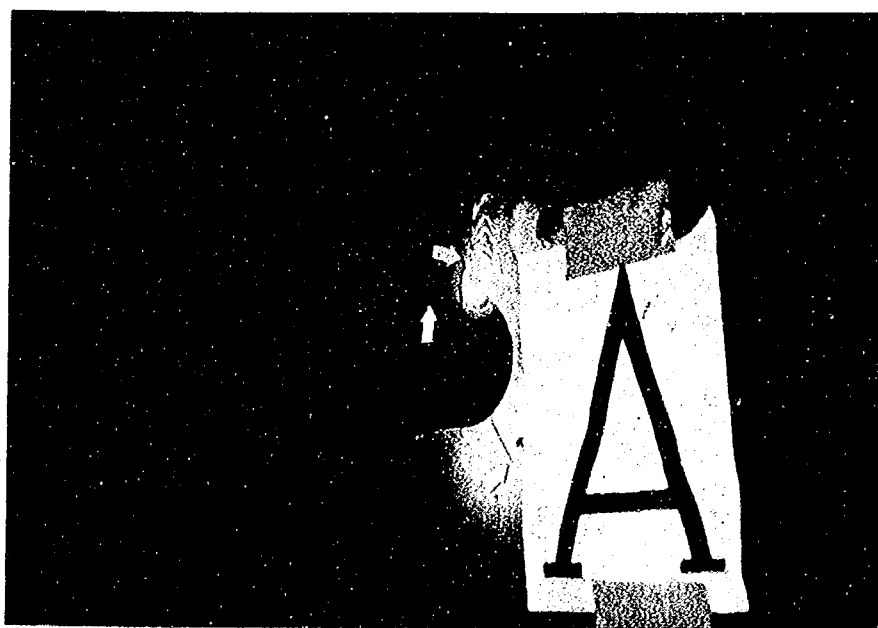


写真-2.4 クラック TYPE-D

2.8 部分供試体による静的載荷試験および疲労試験結果のまとめ

本試験から得られた結果を以下に示す。

- (1) 応力度が最も高いところはスリットR部であり、載荷位置に関係なく、支点に隣接した縦リブ(T-1)のR部(特にR部下側)が大きい。
- (2) 横リブの腹板高を大きくすることにより、スリットR部の応力度は軽減される。
- (3) 疲労試験の結果、クラックはスリットR部および縦リブと横リブの廻し溶接部より発生しており、これらの箇所は疲労に対して注意を払う必要がある。

3. 大型供試体による静的載荷試験および疲労試験

3.1 目 的

本試験ではトラフリブを用いた鋼床版の横リブと縦リブの交差部におけるスリット周辺の応力状態と荷重の載荷位置の関係を得るために大型供試体を用いて静的載荷を行い、また同交差部の疲労強度を把握するために大型供試体を用いて疲労試験を行った。

3.2 供試体の形状寸法

供試体の形状寸法を図-3.1に示す。主桁の高さは60cm、主桁の支間は6.0m、主桁間隔は2.7mであり、これに0.96mの張り出し部があり、デッキプレートの幅は3.78mである。デッキプレートの板厚は12mmであり、これに部分供試体と同じJSSC規格の300×220×6.0mmのトラフリブが30cmピッチで溶接されている。横リブの腹板高は30cm、間隔は3.0mである。使用した鋼材の材質は、すべてSS41である。

3.3 ひずみの測定位置

ひずみ測定位置は、図-3.2～3.4に示すように全部で113点である。スリットR部のひずみは、全縦リブのスリットR部において測定し(図-3.3参照)、さらに主桁隣接部のT-1、T-4リブでは、縦リブと横リブの溶接接合部のひずみも単軸ゲージにより測定した。また張り出し部のT-5リブは、デッキプレートと縦リブのスリットR部のひずみも測定した。その他、主桁と横リブとの溶接接合部のひずみも測定した。

主桁隣接部の縦リブ(T-1)のスリット部の全域のひずみ分布を測定するため、C'-C'断面においてスリットのR部に集中ゲージを、スリットのR部以外には単軸ゲージをそれぞれ貼付けた。また、縦リブと横リブの廻り溶接部近傍には三軸ひずみゲージを貼付けた(図-3.4参照)。

さらに、主桁下フランジと縦リブ下面のそれぞれ支間中央部に単軸ゲージを貼付け、B-B断面の横リブ中央部下フランジにも単軸ゲージを貼付けた。

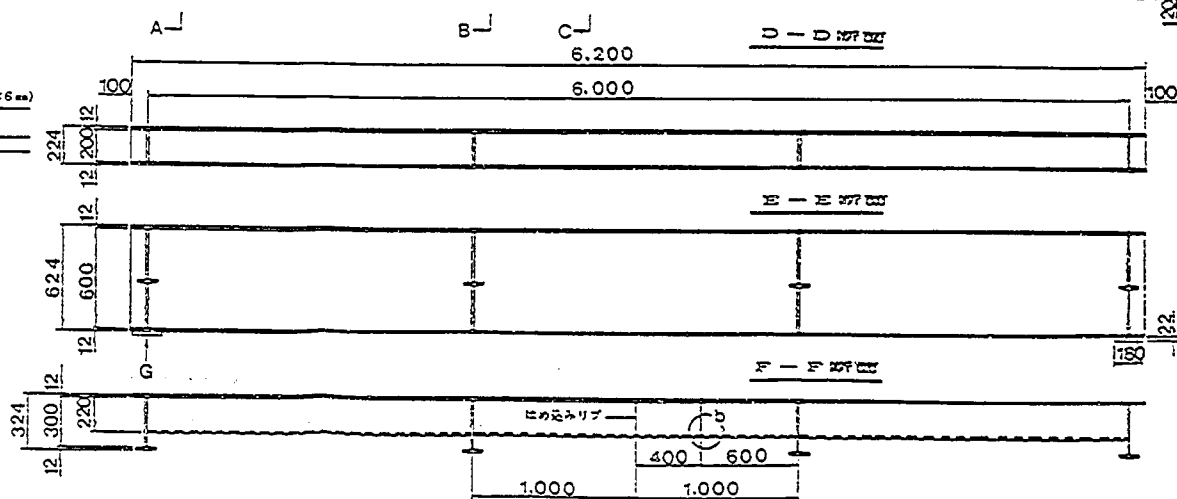
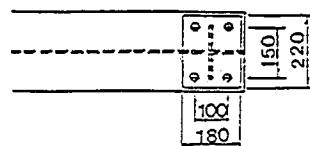
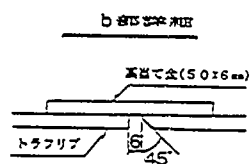
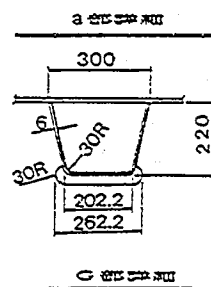


图-3.1 大型供試体一般図

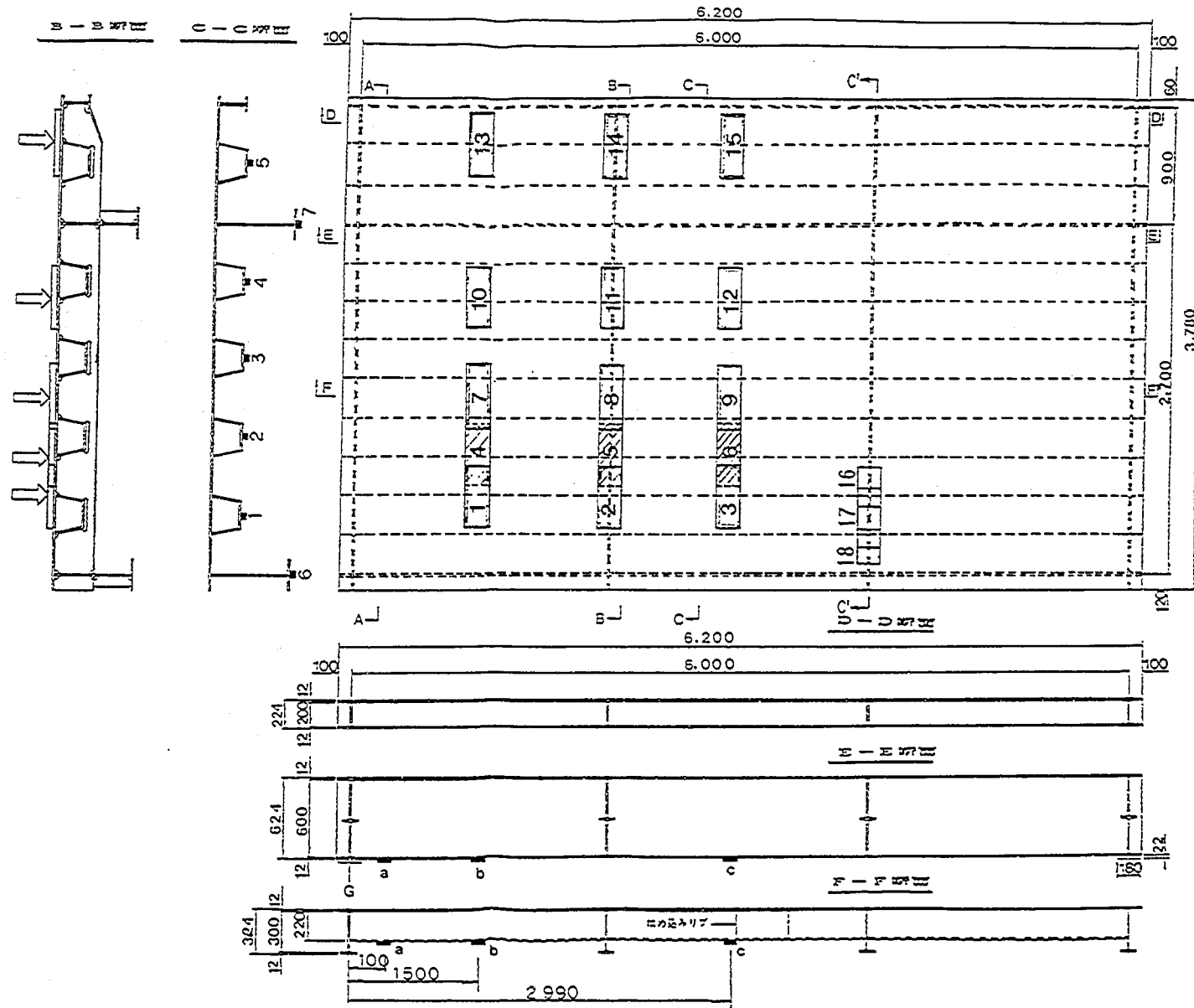
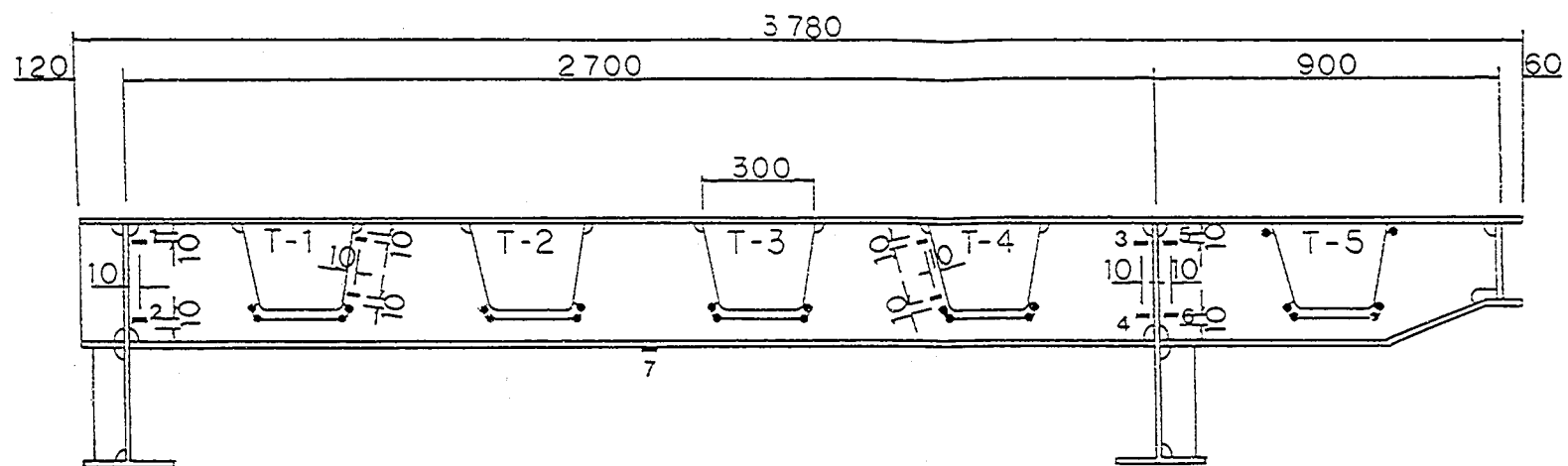


図-3.2 大型供試体ひずみゲージ貼付位置および载荷位置



● 単軸ゲージ

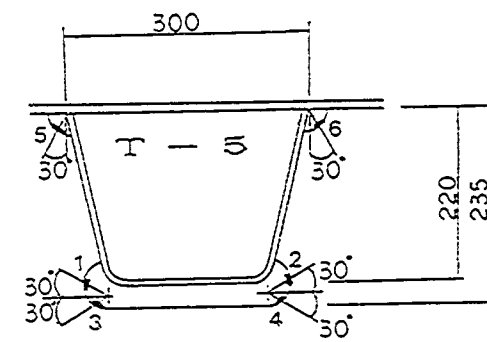
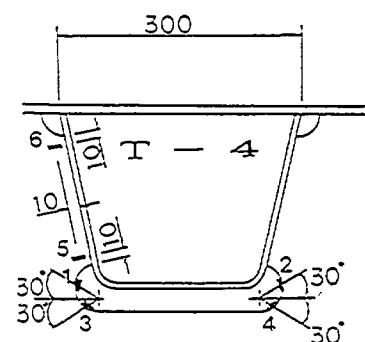
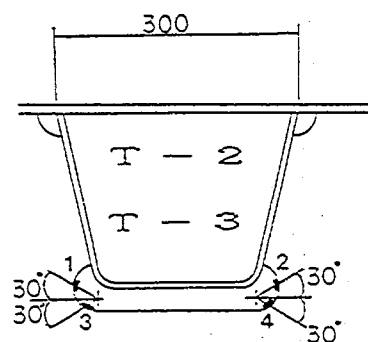
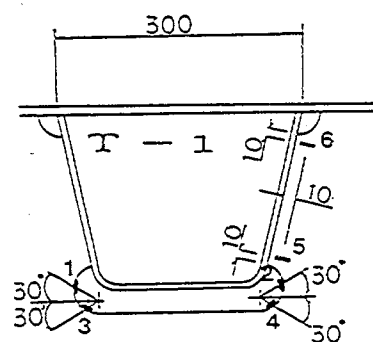
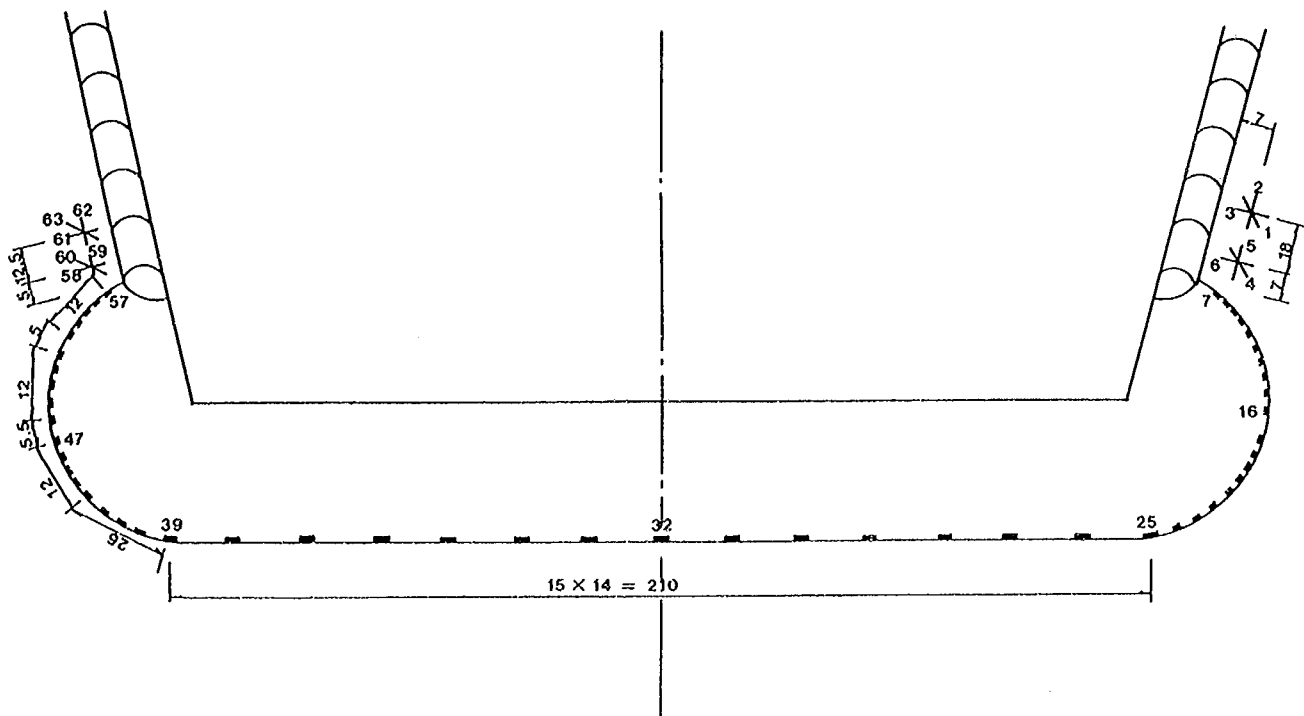


図-3.3 横リブ (B-B断面) ゲージ貼付位置



ゲージ No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
	3線ゲージ		3線ゲージ		集 中 ゲ ー ジ														単 軸 2 mm ゲ ー ジ																					
	(5 mm)		(5 mm)																																					
ゲージ No	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63																	
	2mm		集 中 ゲ ー ジ														3線ゲージ		3線ゲージ																					
																	(2 mm)		(5 mm)																					

図-3.4 C'-C'断面縦リブT-1スリット部のゲージ貼付詳細

3.4 静的載荷試験の方法

載荷ケースは、図-3.2 に示すように合計18ケースである。なお、このうち載荷ケース16~18に対してはC'-C'断面の縦リブT-1のスリット部全域のひずみ分布を測定した。

いずれの載荷ケースにおいても、荷重は計測しているひずみが弾性域の範囲内とし、最大6ton(載荷ケース16では最大4ton)まで載荷した。使用した試験機は、構造物繰返し載荷試験装置(静的 ± 75 t, 動的 ± 50 t.)である。

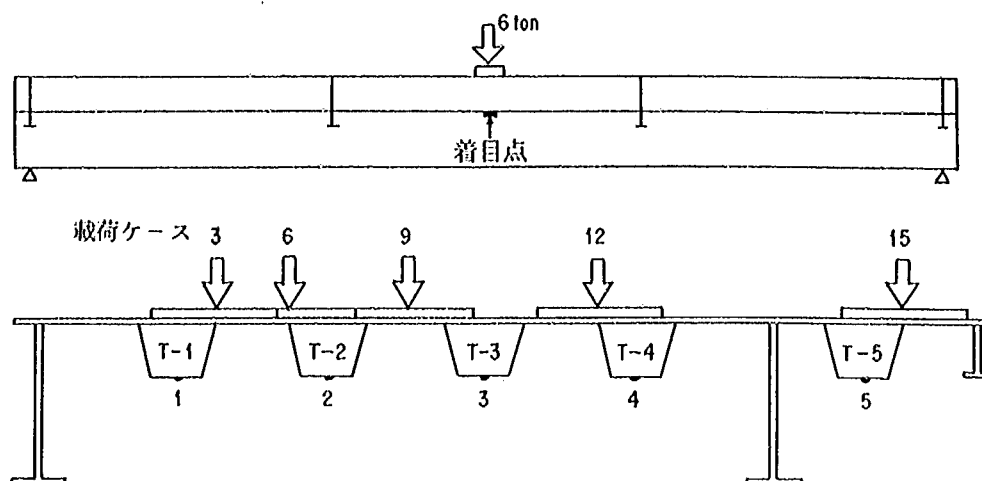
3.5 静的載荷試験の結果

(1) 縦リブの応力度

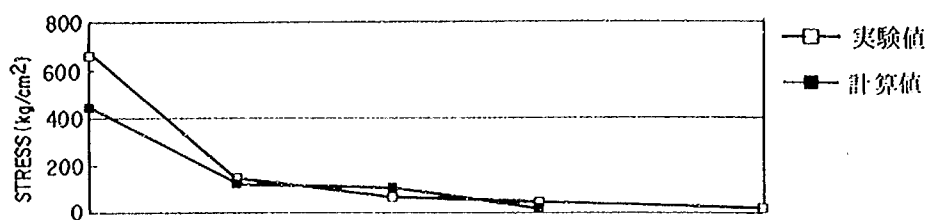
荷重が主桁支間中央において橋軸直角方向に移動した場合(載荷ケース3, 6, 9, 12, 15)の各縦リブ支間中央下面の実験値及び計算値の応力度を表-3.1および図-3.5に示す。計算値は、Pelican-Essligerの方法で求めたものである。

表-3.1 縦リブ中間支間中央部下面の応力度

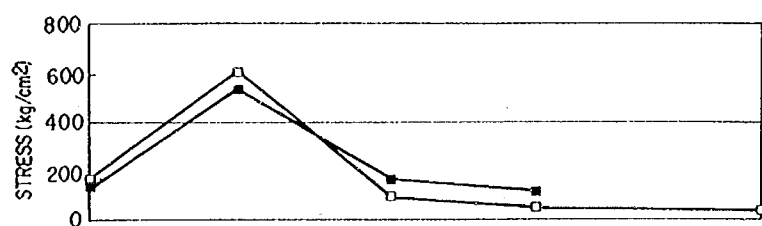
載荷ケース	3					6					9					12					15				
ゲージ番号	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
縦リブ	T-1	T-2	T-3	T-4	T-5	T-1	T-2	T-3	T-4	T-5	T-1	T-2	T-3	T-4	T-5	T-1	T-2	T-3	T-4	T-5	T-1	T-2	T-3	T-4	T-5
実験値 σ (kg/cm ²)	664	141	67	38	4	172	605	90	46	13	74	367	416	67	23	38	71	155	580	42	13	17	27	36	697
計算値 σ_d (kg/cm ²)	438	138	117	35	—	145	577	156	135	—	156	418	418	156	—	35	117	138	438	—	—	—	—	—	616
$\sigma/\sigma_d \times 100$ (%)	147	102	57	109	—	118	105	43	34	—	47	88	99	43	—	109	61	112	132	—	—	—	—	—	113



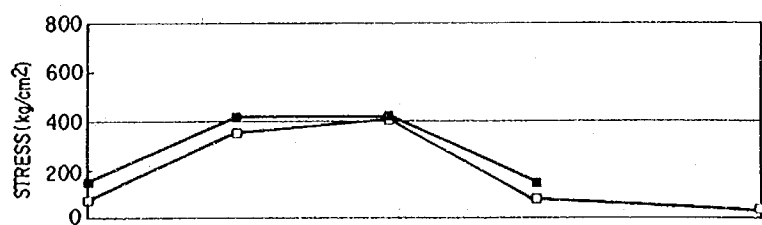
載荷ケース 3



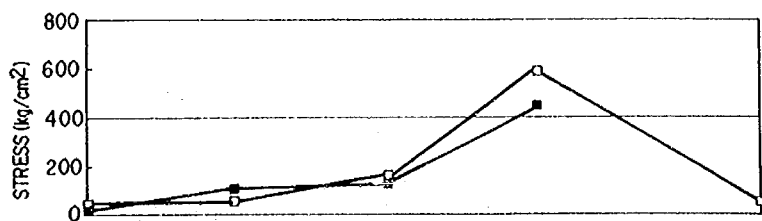
載荷ケース 6



載荷ケース 9



載荷ケース 12



載荷ケース 15

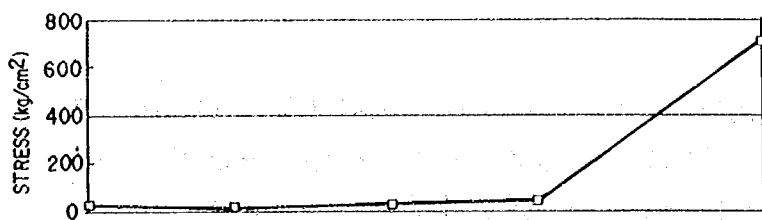


図-3.5 縦リブ中間支間中央部下面の応力度

(2) 横リブの応力度

荷重が主桁間中央を橋軸方向に移動した場合（載荷ケース7，8，9）のB-B断面の横リブ支間中央部下フランジ下面の実験値及び計算値の応力度を表-3.2および図-3.6に示す。

計算値はPelican-Essligerの方法で求めたものである。

表-3.2 横リブ支間中央部下フランジ下面の応力度

載 荷 ケ ー ス	7	8	9
実験値 σ (kg/cm ²)	220	336	235
計算値 σ_d (kg/cm ²)	191	317	249
$\sigma/\sigma_d \times 100$ (%)	115	106	94

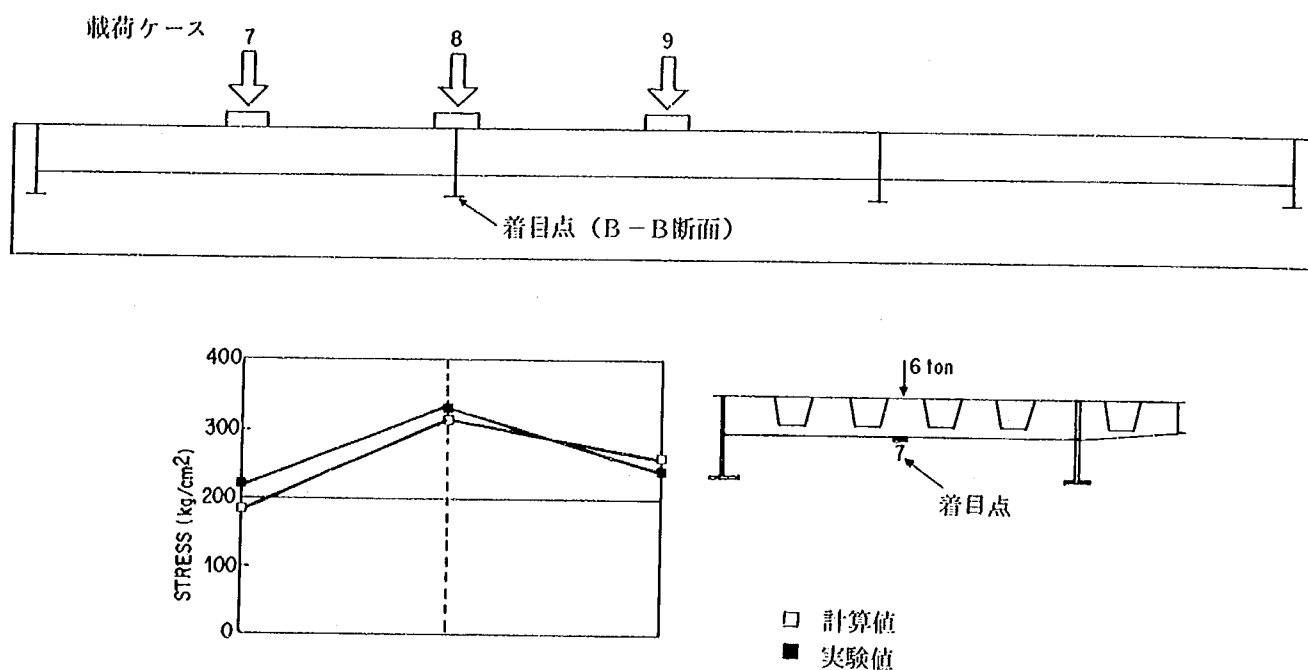


図-3.6 横リブ支間中央部下フランジ下面の応力度

(3) 主桁の応力度

荷重が主桁直近の縦リブ上を橋軸方向に移動した場合（載荷ケース1，2，3および載荷ケース10，11，12）の各主桁支間中央部下フランジ下面の実験値及び計算値の応力度を，表-3.3 および図-3.7 に示す。計算値はフランジの有効巾を道示8.3.4に従って求めたものである。

表- 3.3 主桁支間中央部下フランジの応力度

主 桁	G ₁			G ₂		
載 荷 ケ ー ス	1	2	3	10	11	12
実 験 値 σ (kg/cm ²)	84	153	181	69	126	151
計 算 値 σ_d (kg/cm ²)	88	178	260	86	171	250
$\sigma/\sigma_d \times 100$ (%)	95	86	70	80	74	60

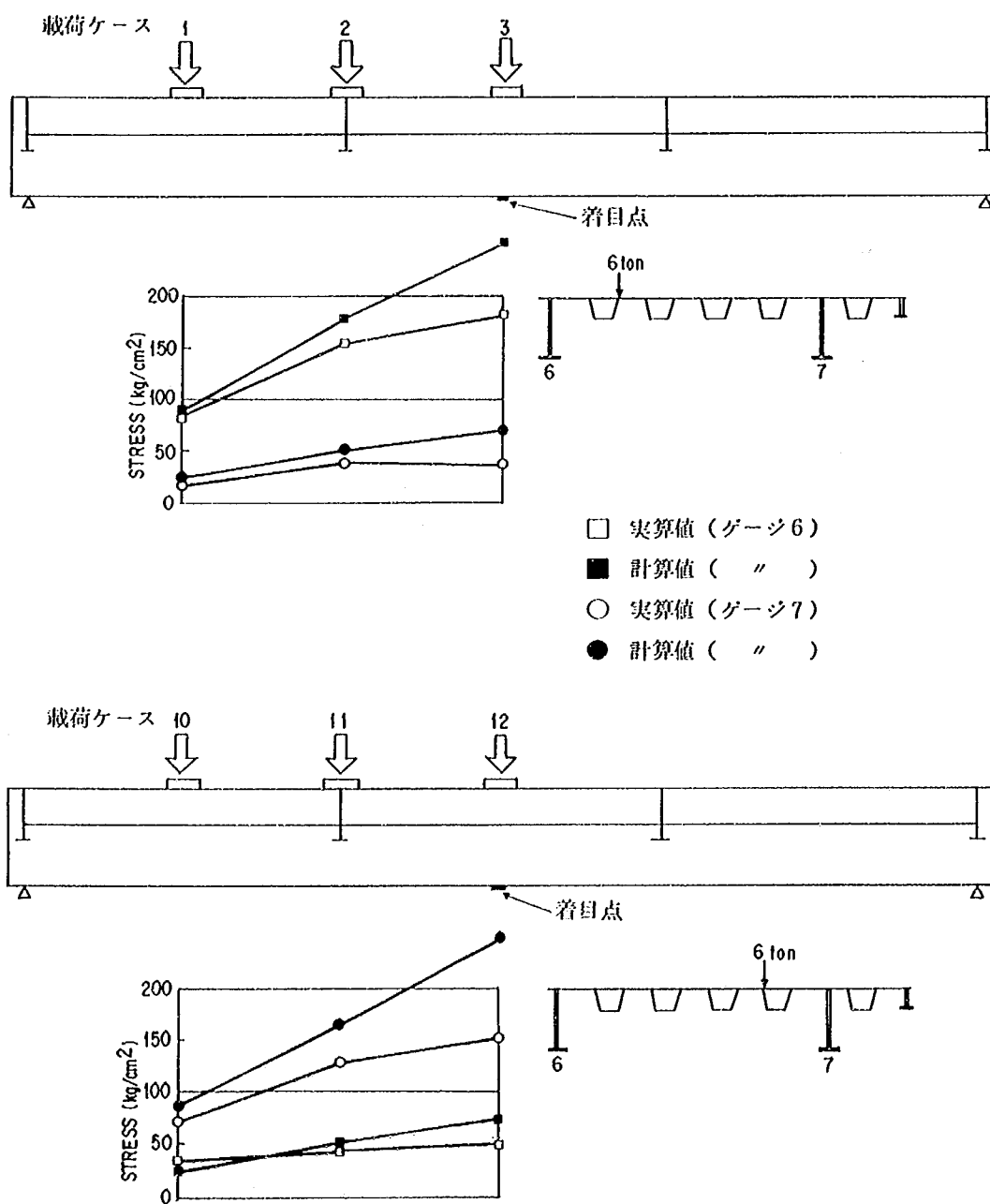


図- 3.7 主桁支間中央部下フランジの応力度

(4) スリットR部の応力度

載荷ケース1~15において荷重6tonによって生じた各スリットR部の応力度を表-3.4に示す。また、これから求めた各スリットR部の最大および最小応力度を表-3.5に示す。スリットR部の上側(ゲージNo 1, 2)の応力度は、最大+664kg/cm²(CASE2 載荷ケース15), 最小-2549kg/cm²(CASE2 載荷ケース11)であり、スリットR部の下側(ゲージNo 3, 4)の応力度は最大+2535kg/cm²(CASE2 載荷ケース11), 最小-2094kg/cm²(CASE2 載荷ケース2)である。また、張出し部のデッキプレート側のスリットR部の応力度は、最大+981kg/cm²(CASE2 載荷ケース14), 最小-76kg/cm²(CASE2 載荷ケース11)である。

図-3.8(a)および(b)に、スリットR部上側(ゲージNo 1, 2)および下側(ゲージNo 3, 4)の応力度をそれぞれ示す。

スリットR部上側ではR部の左右で引張応力度と圧縮応力度がほぼ交互に生じているが、全体的に圧縮応力度が卓越している。また、主桁に隣接した縦リブのスリットR部の応力度が他の縦リブのスリットR部の応力度よりも大きい傾向にある。

スリットR部下側でも上側と同様にR部の左右で引張応力度と圧縮応力度がほぼ交互に生じているが、全体的に引張応力が卓越している。また同様に主桁に隣接した縦リブのスリットR部の応力度が他の縦リブのスリットR部の応力度よりも大きい傾向にある。

図-3.9(a)~(c)に、載荷ケース16~18におけるC'-C'断面の縦リブT-1のスリット部の全領域の応力分布を示す。その結果、載荷ケース16(図-3.9(a))のときスリットR部が最も厳しい状態となり、また、これらの応力分布から圧縮・引張応力がそれぞれ最大となる位置は、スリットR部が横リブ下フランジとちょうど平行になる位置であることがいえ、この部分の最大値はゲージNo 40(図-3.4参照)の引張応力度2037kg/cm²(荷重4ton)とかなり大きなものであった。載荷ケース18の場合(図-3.9(c))をみると、スリットの応力度は載荷ケース16, 17に比べかなり小さい値となっている。

表-3.4 スリットR部の応力度 (荷重: 6ton)

		(kg/cm ²)																							
横軸方向の 載荷位置	リブ No.	T - 1				T - 2				T - 3				T - 4				T - 5							
	ゲージ No.	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	5	6		
	載荷ケース																								
CASE 1	1	281	-695	1166	-1151	-229	101	-693	733	-212	80	-439	500	-118	-367	78	365	46	-36	99	-99	-4	-2		
	4	468	-445	1350	-1334	-414	-153	-235	416	-323	149	-762	867	-225	-651	143	659	29	-25	67	-63	-13	0		
	7	330	-313	951	-924	147	-451	1229	-897	-565	90	-922	1069	-359	-1092	237	1100	15	-17	44	-38	-29	0		
	10	134	-134	391	-380	94	-204	611	-454	143	-260	798	-643	-722	-1365	191	1371	-36	13	-52	67	-57	6		
	13	-185	183	-464	460	-101	212	-567	422	-88	231	-523	399	-31	-502	267	332	313	-557	1115	-1176	525	-34		
CASE 2	2	632	-1065	2136	-2094	-183	191	-1044	1077	-250	103	-569	641	-126	-441	90	433	107	-74	216	-227	0	6		
	5	664	-464	1896	-1873	-687	-90	-832	1018	-466	195	-1052	1199	-305	-882	185	888	71	-55	151	-153	-17	-4		
	8	418	-422	1226	-1184	334	-565	1995	-1522	-834	296	-1682	1877	-498	-1451	313	1455	63	-48	141	-137	-29	-2		
	11	126	-130	409	-386	109	-227	729	-540	241	-158	1145	-966	-1178	-2549	485	2535	-34	13	-50	69	-76	8		
	14	-252	248	-624	624	-134	286	-754	563	-132	315	-712	544	-67	-733	372	498	565	-1004	1869	-1974	981	-44		
CASE 3	3	378	-708	1359	-1317	-250	113	-706	766	-225	78	-479	544	-132	-435	90	426	97	-69	197	-202	0	-4		
	6	517	-500	1485	-1453	-430	-158	-300	449	-367	141	-821	937	-263	-766	164	760	74	-59	153	-1581	-13	-4		
	9	353	-363	1035	-997	137	-517	1258	-932	-605	101	-945	1111	-414	-1214	267	1214	50	-40	107	-105	-27	0		
	12	124	-139	401	-380	82	-204	624	-447	139	-244	808	641	-731	-1501	199	1522	-19	6	-27	42	-52	4		
	15	-212	202	-506	512	-118	233	-611	460	-115	254	-569	443	-59	-588	300	412	420	-697	1245	-1338	565	0		

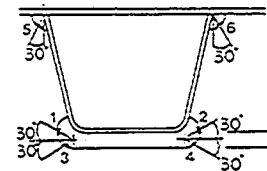
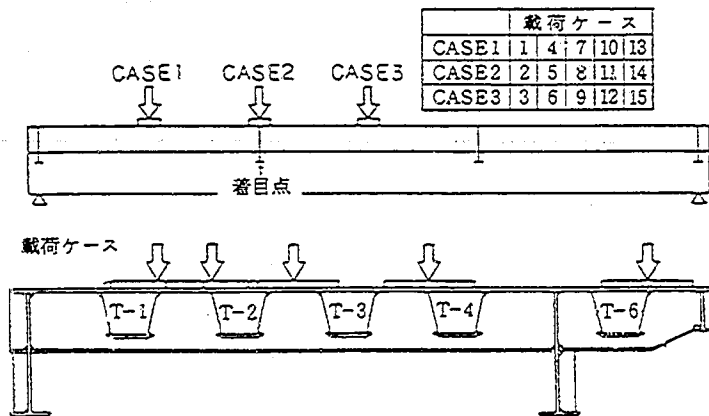
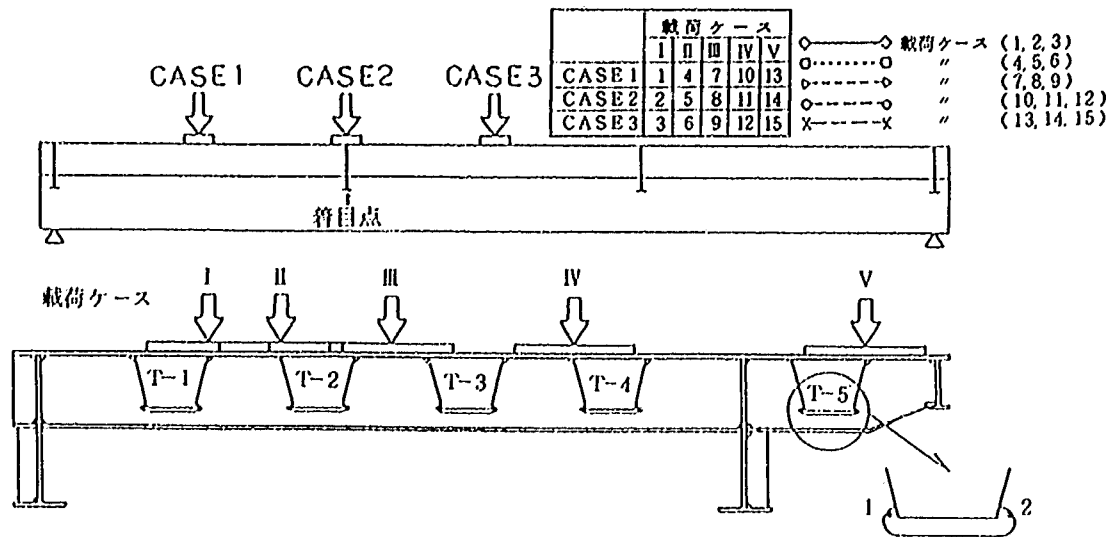


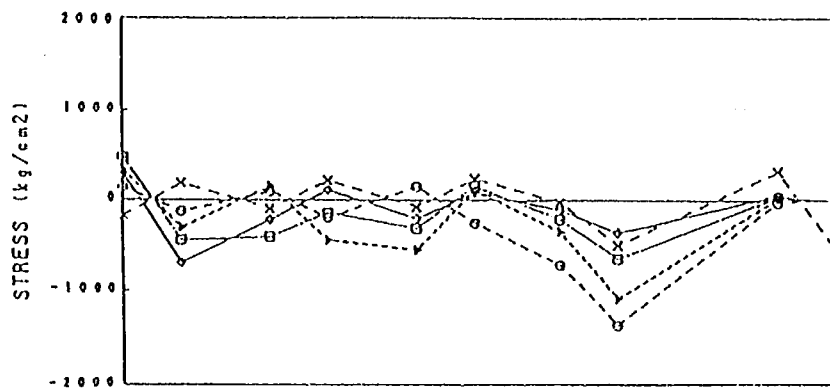
表-3.5 スリットR部の最大応力度および最小応力度

縦リブNo.	T-1				T-2				T-3				T-4				T-5					
	1. 2		3. 4		1. 2		3. 4		1. 2		3. 4		1. 2		3. 4		1. 2		3. 4		5. 6	
	最大値	最小値	最大値	最小値	最大値	最小値	最大値	最小値	最大値	最小値	最大値	最小値	最大値	最小値	最大値	最小値	最大値	最小値	最大値	最小値	最大値	最小値
CASE 1	468	-695	1350	-1334	147	-451	1229	-897	231	-565	1069	-922	-31	-1365	1371	78	313	-557	1115	-1176	525	-57
CASE 2	664	-1065	2136	-2094	334	-687	1995	-1522	269	-834	1877	-1682	-67	-2549	2535	90	565	-1004	1869	-1974	981	-44
CASE 3	517	-708	1485	-1453	233	-517	1258	-932	141	-605	1111	-945	-59	-1214	1522	90	420	-697	1245	-1338	565	-52

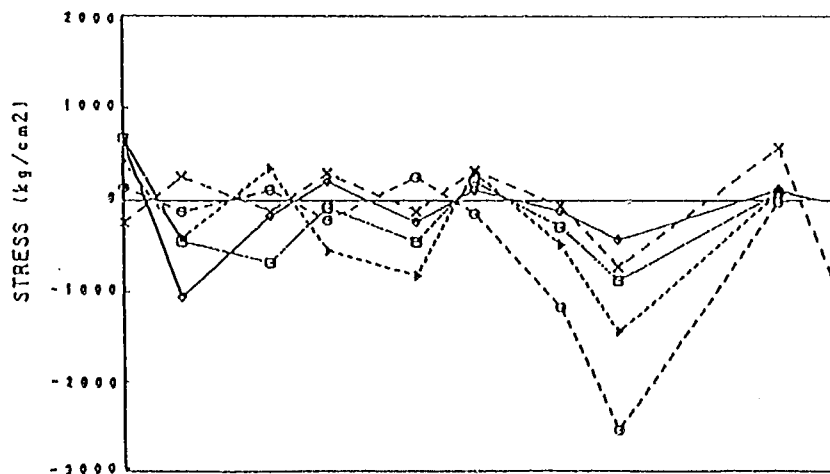
(kg/cm²)



CASE 1



CASE 2



CASE 3

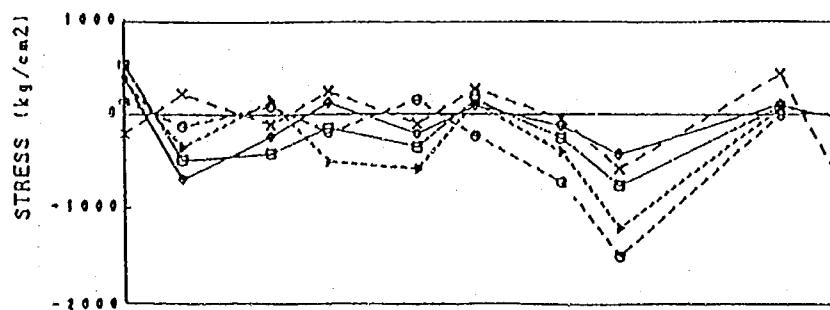
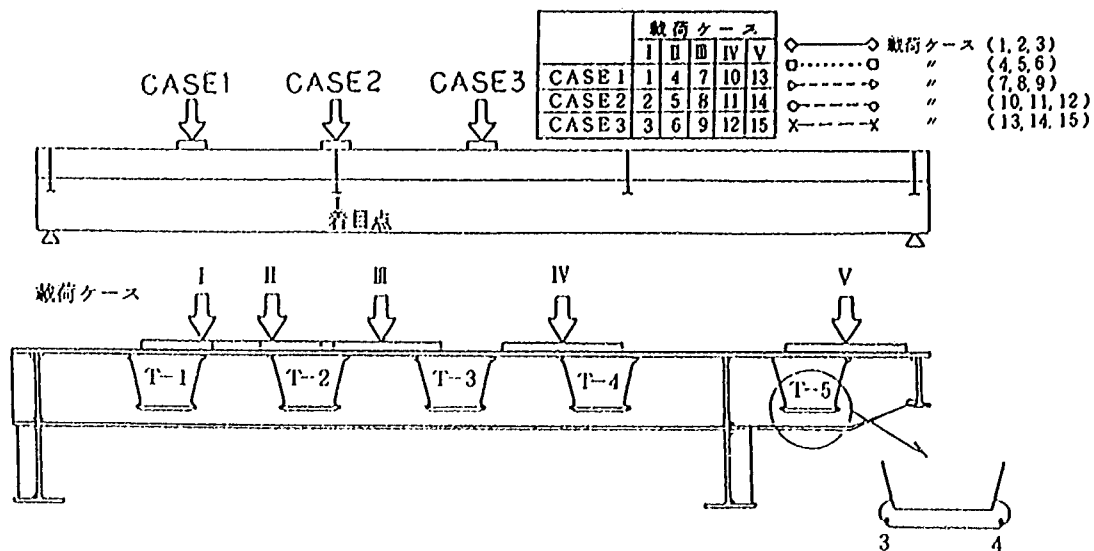
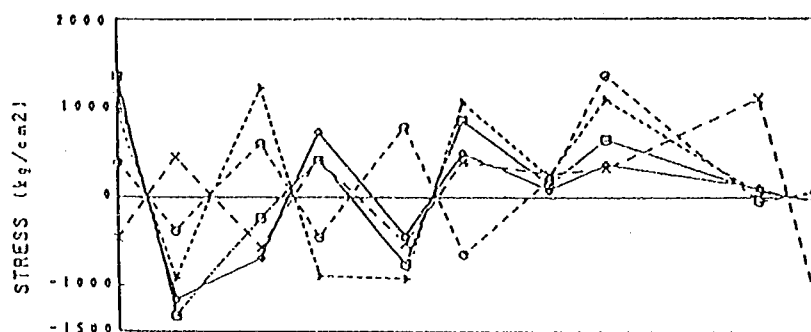


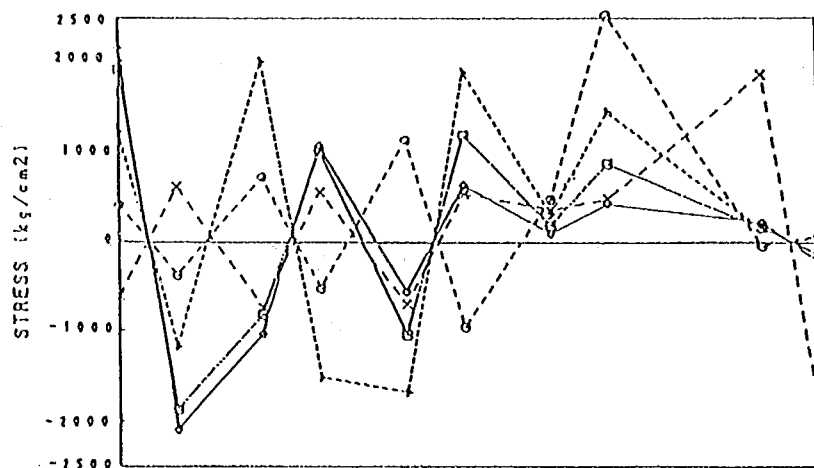
図-3.8(a) スリットR部上側 (ゲージNo.1, 2) の応力分布 (荷重: 6 ton)



CASE 1



CASE 2



CASE 3

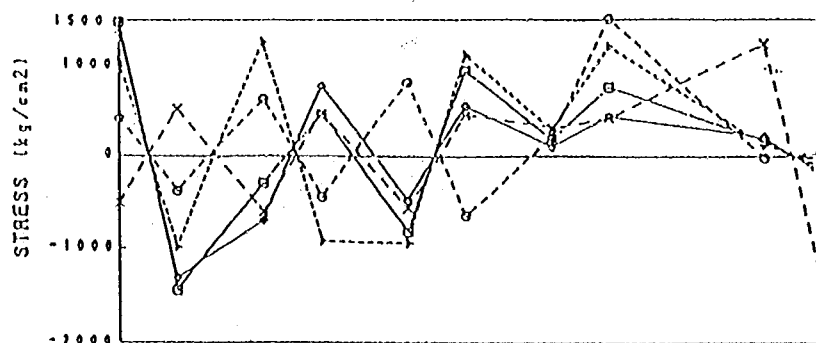


図-3.8(b) スリットR部下側 (ゲージNo.3,4) の応力分布 (荷重: 6 ton)

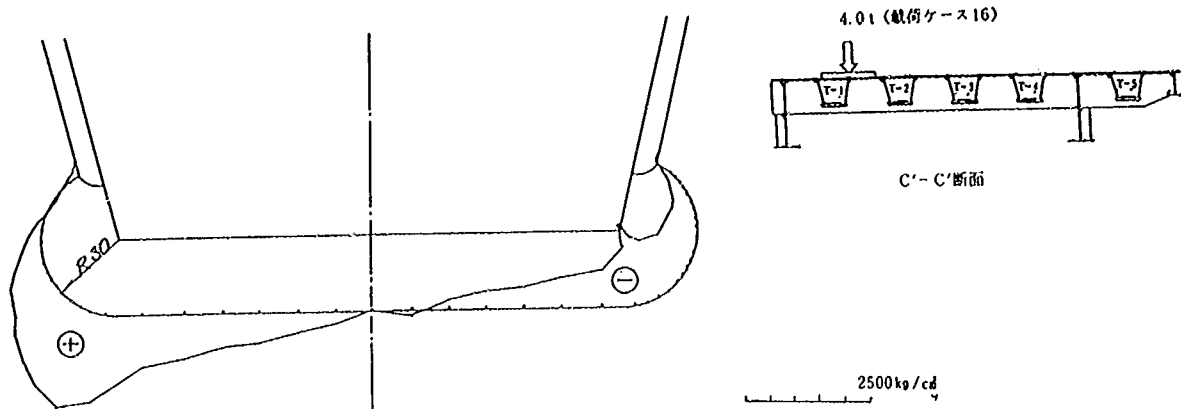


図 3.9 (a) スリット R 部全域の応力分布 (載荷ケース 16)

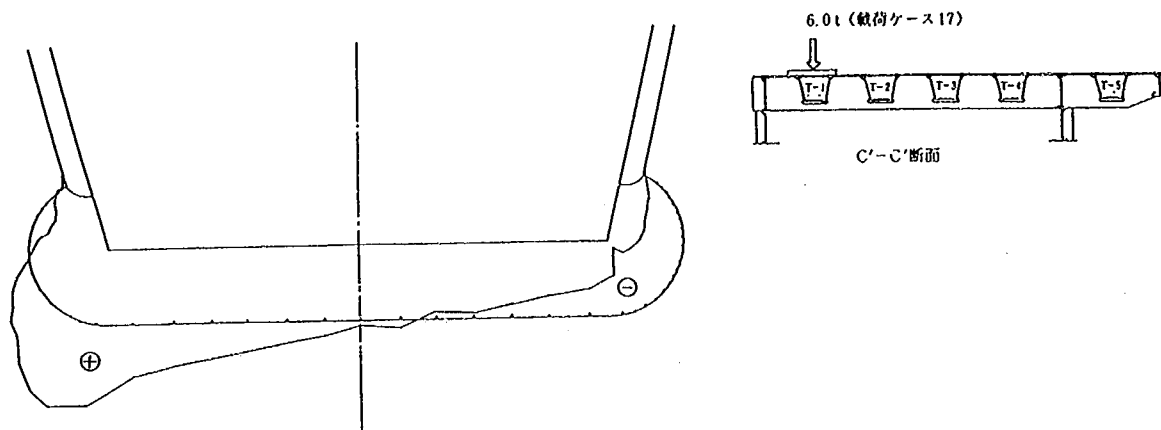


図 - 3.9 (b) スリット R 部全域の応力分布 (載荷ケース 17)

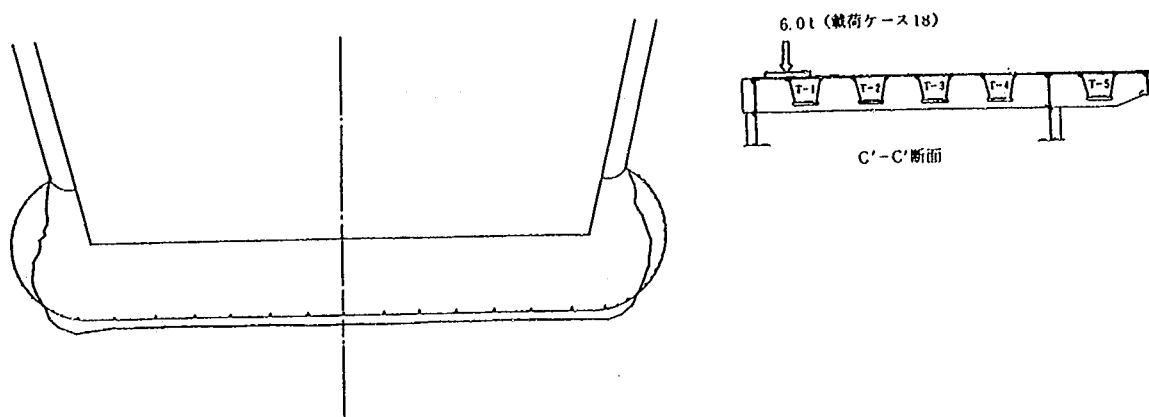


図 - 3.9 (c) スリット R 部全域の応力分布 (載荷ケース 18)

(5) 溶接接合部の応力度

主桁と横リブの溶接接合部および縦リブと横リブの溶接接合部の載荷ケース2, 11, 14における応力度を図-3.10に示す。各溶接接合部近傍の応力度は、スリットR部の応力度に比べてかなり低い値となっている。

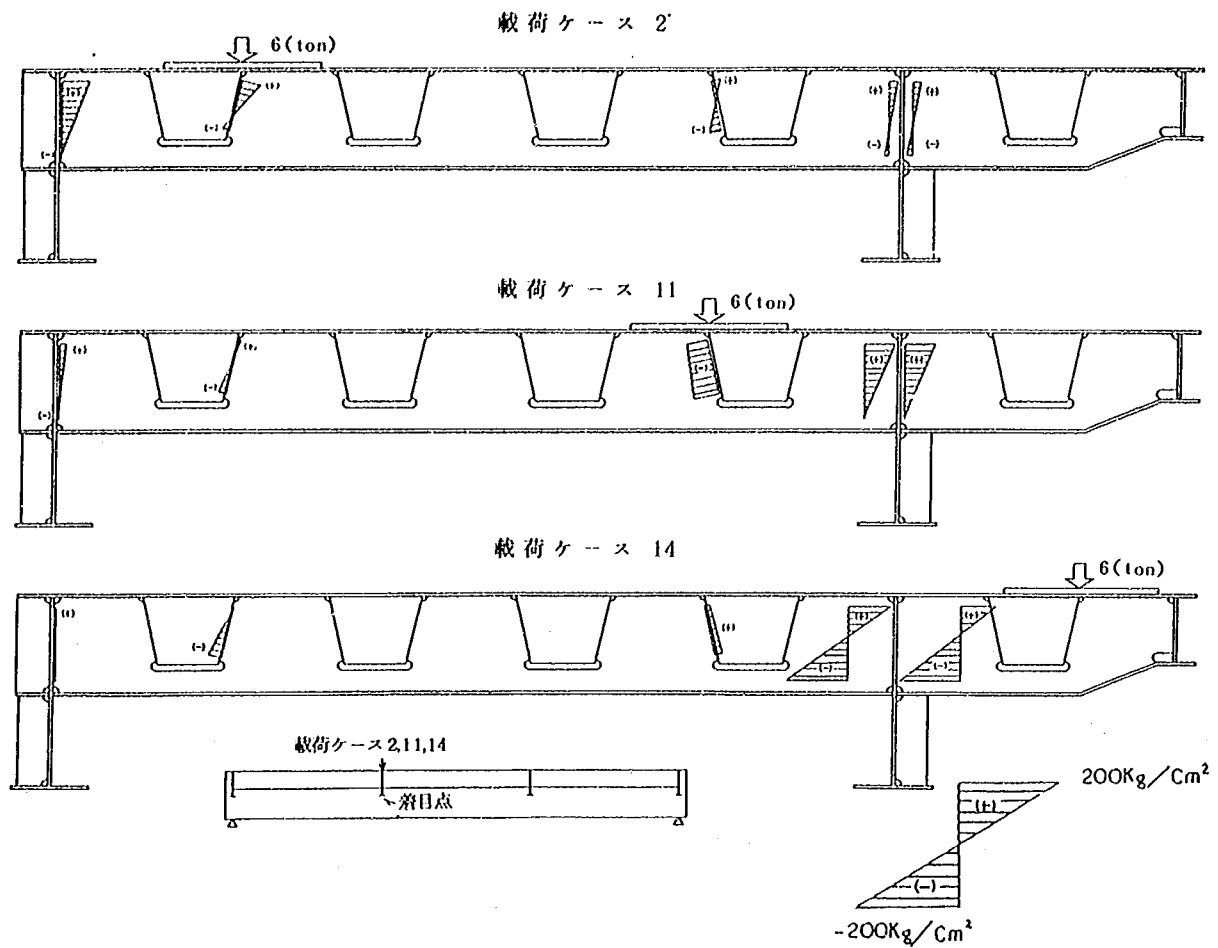


図- 3.10 溶接接合部の応力度

3.6 疲労試験の方法

疲労試験は、静的試験においてスリットR部に大きな応力集中が発生した載荷ケース2, 11, 14を対象として、上限6.5t, 下限0.5tの片振り載荷によって繰返し速度4Hz(正弦波)で、繰返し回数400万回まで繰返し載荷した。

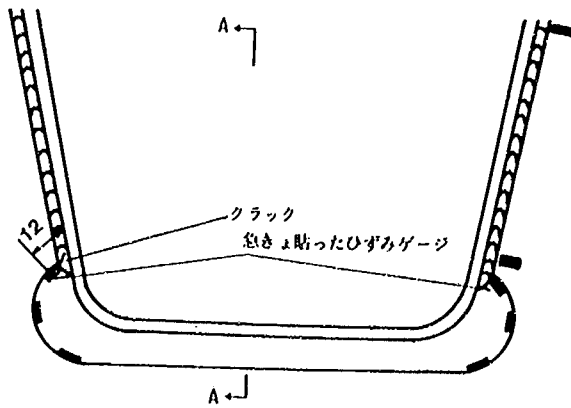
その後、載荷ケース16を対象として、上限荷重8.5t, 下限0.5tの片振り載荷によって、繰返し速度4Hz(正弦波)で繰返し載荷を行った。

使用した疲労試験機は構造物繰返し載荷試験装置(動的50ton)である。

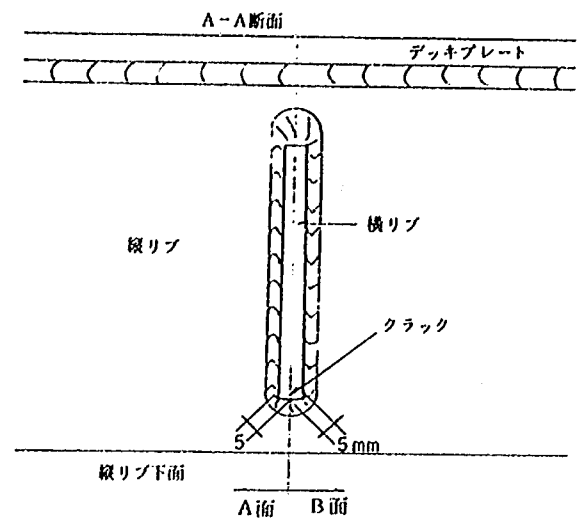
3.7 疲労試験の結果

載荷ケース2(上限6.5ton下限0.5ton)において、B-B断面の縦リブT-1と横リブとの廻し溶接部の横リブ腹板側の止端部に、繰返し回数27万回でクラックが発見された(図-3.11.12参照)。この位置のひずみは計測していなかったため応力度を確認するために、急きょクラックの始端であるスリットR部と、対称である反対側の縦リブと横リブの廻し溶接部のスリットR側の近傍にひずみゲージを貼り(図-3.11参照)、疲労試験の上限と同じ6.5tonを静的に載荷して応力度を測定した結果、スリットR部は最大で $-50\text{kg}/\text{cm}^2$ 程度、廻し溶接部近傍は $-150\text{kg}/\text{cm}^2$ 程度でいずれも圧縮応力度であった。その後、疲労試験を再開したところ、クラックは縦リブ方向へゆっくり進展し、最終的には縦リブに接触して繰返し回数3,483,610回でクラックの伸びが15.3mmになった時点で、自然停留した(写真-3.1参照)。

載荷ケース2, 11, 14においても順次400万回ずつ上限6.5ton, 下限0.5tonの荷重範囲で繰返し載荷を行ったが、クラックの発生はなかった。引き続いて行った載荷ケース16では、荷重を上限8.5ton, 下限0.5tonと大きくして、同じく400万回まで繰返し載荷を行ったが、クラックは発生しなかった。



図－3.11 クラック発生状況



図－3.12 クラック発生状況



写真－3.1 廻し溶接部に発生したクラック

3.8 大型供試体による試験結果のまとめ

試験結果から次のようなことが明らかになった。

- (1) 応力度が最も大きいのは主桁に隣接した縦リブT-1リブ，T-4リブスリットR部である。
- (2) スリットR部全域の応力計測した結果、複雑な応力状態であり、載荷位置により応力の大きさや分布形状が変化している。
- (3) 疲労試験の結果，縦リブと横リブの廻し溶接部よりクラックが発生した。

あとがき

一連の鋼床版の部分供試体および大型供試体による静的載荷試験および疲労試験の結果、鋼床版の横リブスリット周辺及び縦リブと横リブの交差部の応力状態を把握することができた。これらの結果から、スリットR部および縦リブと横リブの交差する溶接部については疲労に対して注意を払う必要があること、およびスリットR部の応力集中の軽減には、横リブ腹板高を大きくすることが有効であること、が確認できた。

参考文献

- 1) 日本鋼構造協会「日本鋼構造協会鋼床版用U形鋼規格」JSSC, No.169, 1980年3月
- 2) 伊藤 文人 : 実働荷重による疲労寿命設計, 鋼構造の研究, 1977年6月 技報堂
- 3) 国鉄建造物設計標準解説, 1983年5月, 土木学会
- 4) 国広 哲男, 藤原 稔, 武田 亘弘 : 鋼床版隅肉溶接部の疲労試験結果, 土木技術資料, Vol.16 No.2, 1974年2月
- 5) 国広 哲男, 藤原 稔 : 直方異方性板理論による鋼床版実用設計法, 土木研究所報告第137号の1 昭和44年8月
- 6) 篠原 洋司, 西川 和廣, 滝沢 晃 : 疲労損傷を受けた合成H形鋼橋の応力頻度測定, 土木研究所資料第2344号, 昭和61年3月
- 7) 藤原 稔, 西川 和廣, 滝沢 晃, 小田 訓男 : 鋼床版試験橋の静的載荷試験, 土木研究所資料第2534号, 昭和63年1月
- 8) 藤原 稔, 西川 和廣, 滝沢 晃, 小田 訓男 : 水郷大橋の応力頻度測定, 土木研究所資料第2556号, 昭和63年2月
- 9) 藤原 稔, 西川 和廣, 滝沢 晃, 小田 訓男 : 鋼床版横リブの疲労強度に関する実験的研究, 第17回日本道路会議一般論文集, 昭和62年10月, 日本道路協会
- 10) 道路橋示方書・同解説 I 共通編, II 鋼橋編, 日本道路協会 昭和55年2月

鋼床版横リブの静的載荷試験
および疲労試験

ISSN 0386-5878
土研資料第2643号
昭和63年7月(1988)
建設省土木研究所橋梁研究室
藤原 稔, 西川和廣
滝沢 晃, 小田訓男

要 旨 縦リブとしてトラフリブを有する鋼床版の耐荷力およびスリットR部の疲労特性を把握するため、トラフリブと交差部を有する横リブの部分供試体および大型供試体を用いて静的載荷試験および疲労試験を行った。その結果、横リブ腹板のスリットのR部および縦リブの交差部の溶接部は疲労に対する配慮が必要であること、およびこれらの部分の応力集中を軽減するには、横リブ腹板高を高くすることが有効であることが明らかとなった。

キーワード：鋼床版，横リブ，スリットR部，疲労特性

郵便はがき

四十円切手
をはいて
さい。

305-□□

茨城県つくば市大字旭一番地

建設省土木研究所

橋梁研究室 御中

033

No. _____

No. 033

配布先氏名

配布先住所

○

土木研究所資料第 2643 号 部

上記のとおり受領しました。

所 属 (住所)

氏 名

印