

第4章 解析による検討

4.1 解析の概要

3章の定点載荷試験の結果から、特定のトラフリブ形状・大きさを持つ鋼床版のタイプに対して、横桁交差部のトラフリブとデッキプレートの縦方向溶接を起点とするデッキプレート貫通き裂の発生・進展に対する疲労耐久性の大小の傾向がその部位を構成するトラフリブとデッキプレートの板厚のそれぞれの板厚を指標として定性的な相対比較を行った。

溶接継手の疲労耐久性は一般に同じ荷重載荷に対する各部の応力変動振幅の大小関係と関連づけられるとされていることから、ここでは3章までに検討した定点載荷試験で用いたトラフリブとデッキプレートの板厚の組み合わせをもつ鋼床版部分モデルについて数値解析を行い、トラフリブとデッキプレートの板厚の組み合わせの相違と定点載荷試験による疲労耐久性の相違との関係についてその要因について検討する。

4.2 モデル化方法

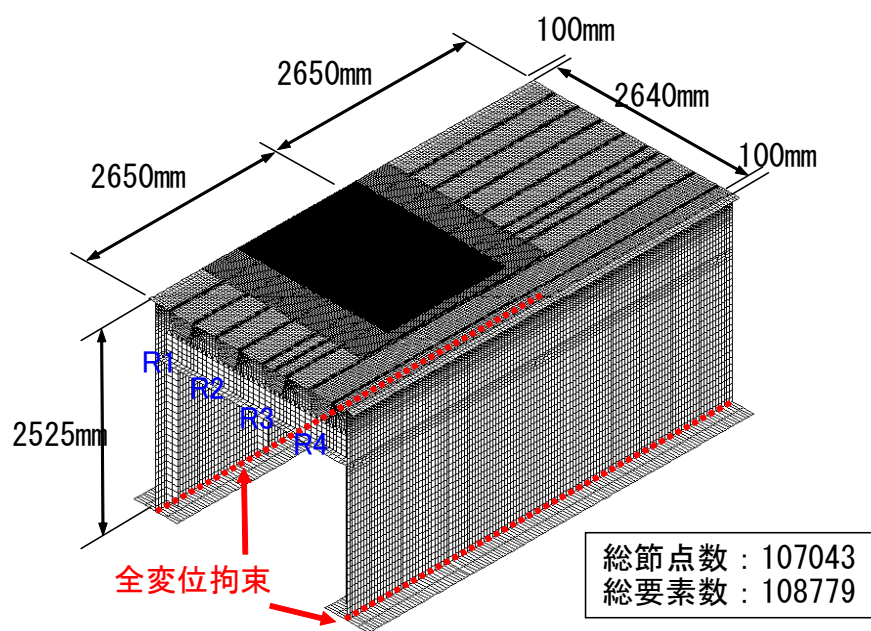
4.2.1 解析モデル

解析モデルは、横桁を2パネル含む鋼床版からなる桁単体モデルとし、デッキプレートの板厚を12mm, 14mm, 16mm, 19mm, トラフリブの板厚を6mmと8mmとし、計8ケースに対して解析を実施する。

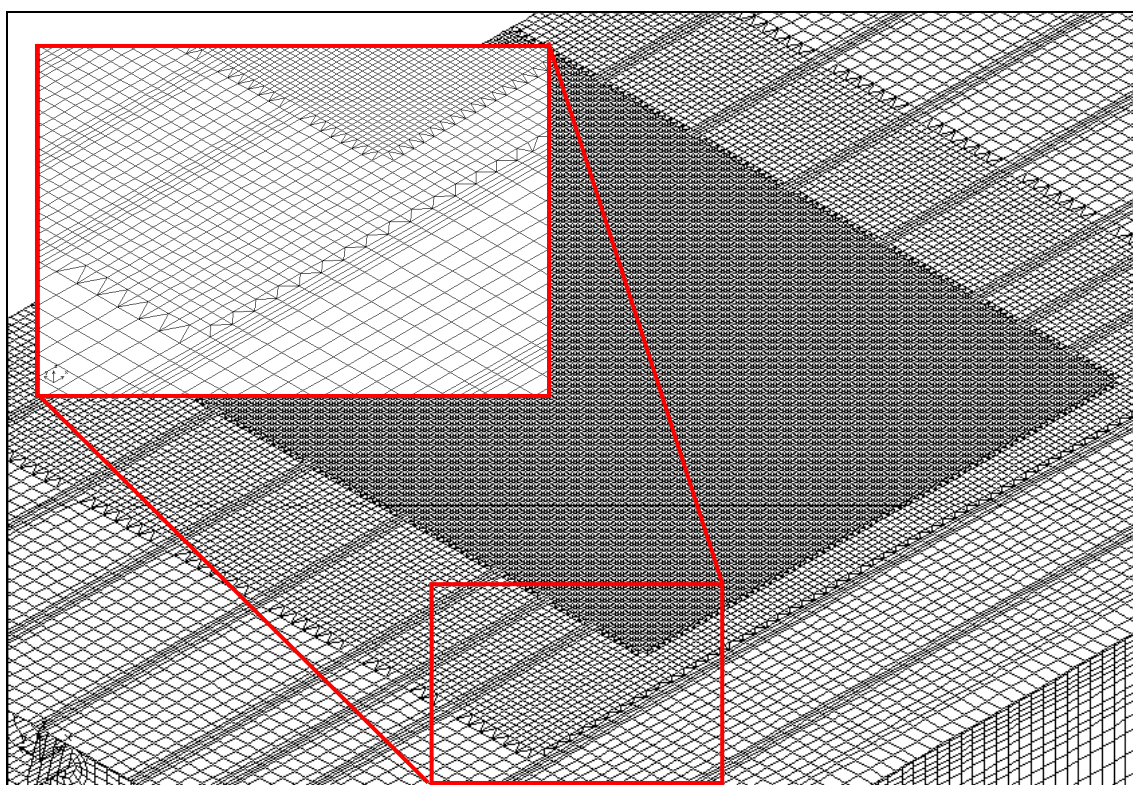
解析には、汎用FEM解析プログラムCOSMOSを使用した。使用要素は全てシェル要素とし、要素サイズは、対称性を考慮して横リブを含む支間1/2程度の載荷位置近傍範囲について10mm程度とし、その他領域は最大で40mm程度までの要素とした。

モデルの境界条件は、主桁の下フランジとウェブの縦方向溶接の位置にて全方向変位拘束条件とした。

図4.2.1及び表4.2.1, 4.2.2に解析モデル図とその諸元を示す。

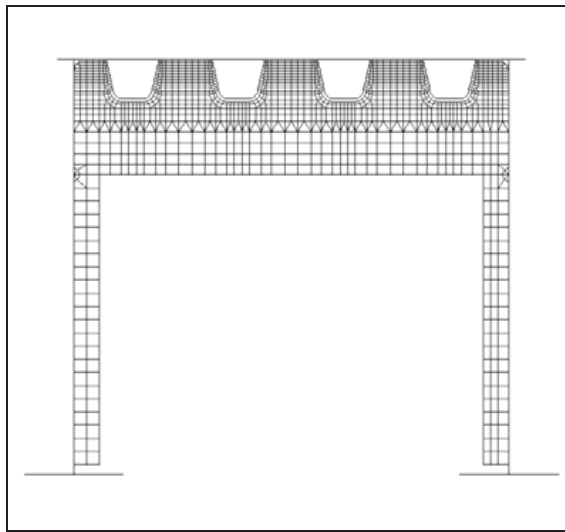


(a) 全体

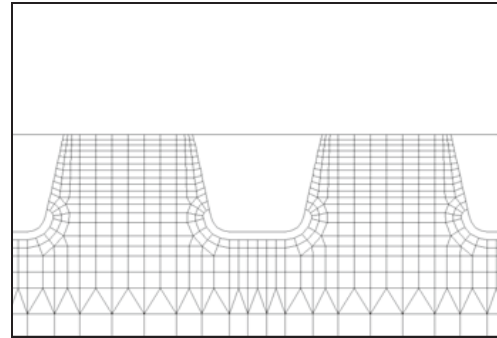


(b) 細部拡大

図 4.2.1 解析モデル全体概要

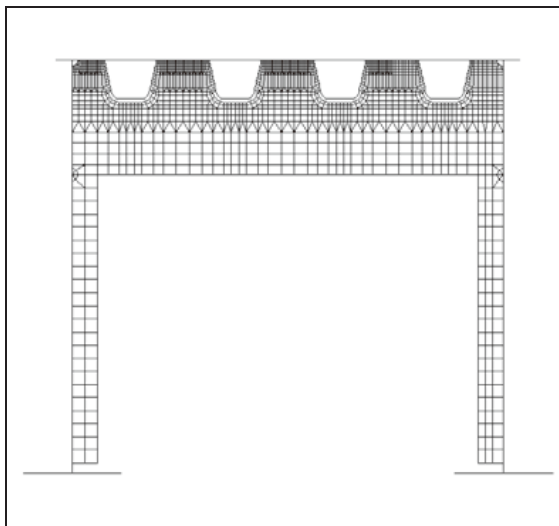


(a) 横げた部断面

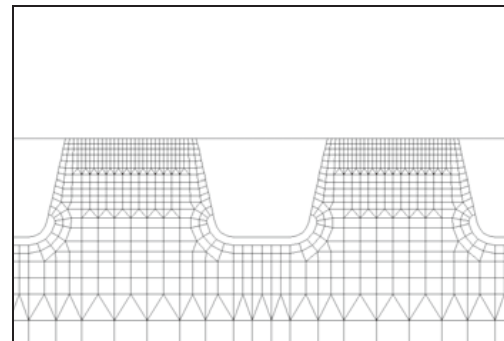


(b) トラフリブ貫通部拡大

図 4.2.2 端横げた部モデル詳細



(a) 横げた部断面



(b) ラフリブ貫通部拡大

図 4.2.3 中間横げた部モデル詳細

表 4.2.1 解析モデルパラメータ

デッキプレート厚	12,14,16,19mm
トラフリブ寸法	320×240×6
	320×240×8
主桁ウェブ	板厚12mm×高さ2525mm
主桁下フランジ	板厚50mm×幅600mm
横桁ウェブ	板厚9mm×高さ705mm
横桁下フランジ	板厚10mm×幅220mm
垂直補剛材	板厚12mm×高さ1760mm

表 4.2.2 材料特性

材質	ヤング率 : E (N/mm ²)	ポアソン比 : ν
鋼材	2.1E+05	0.3

4.2.2 載荷位置

載荷荷重は、大型車の中・後輪のダブルタイヤを想定した 150kN(1 タイヤあたり 75kN)とした場合とダブルタイヤの片側のみを想定した 75kN とした場合の 2 ケースとする。

ダブルタイヤを想定した荷重は、デッキプレート上に等分布面荷重として載荷し、載荷面は 1 タイヤ 200mm×200mm、ダブルタイヤの間隔は 100mm とした。橋軸直角方向の載荷位置はトラフリップのウェブをダブルタイヤが跨ぐ載荷状態とし、橋軸方向の載荷位置は、始点側端部横桁位置から中央横桁位置まで 625mm ピッチで載荷する。以下に荷重載荷図を示す。

表 4.2.3 荷重載荷ケース一覧

荷重載荷ケース	載荷位置	荷重
LC1	端部横桁	ダブルタイヤ片側 (75kN)
LC2	支間1/4	
LC3	支間中央	
LC4	支間3/4	
LC5	中間横桁	
LC11	端部横桁	ダブルタイヤ (150kN)
LC22	支間1/4	
LC33	支間中央	
LC44	支間3/4	
LC55	中間横桁	

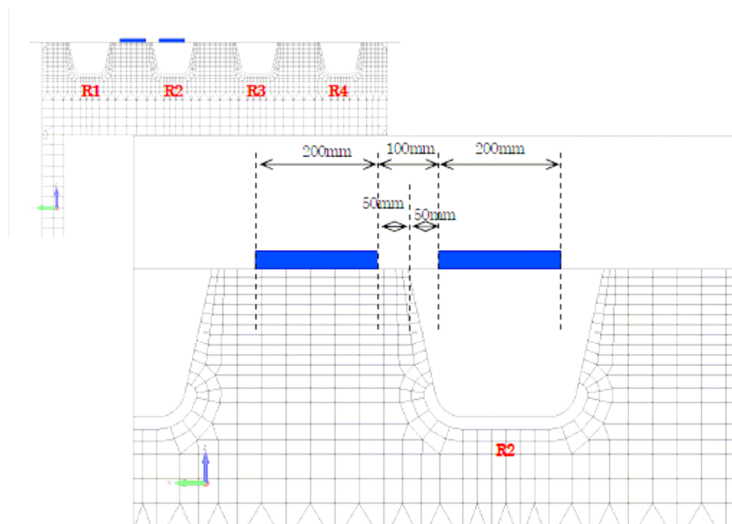


図 4.2.4 橋軸直角方向荷重載荷図

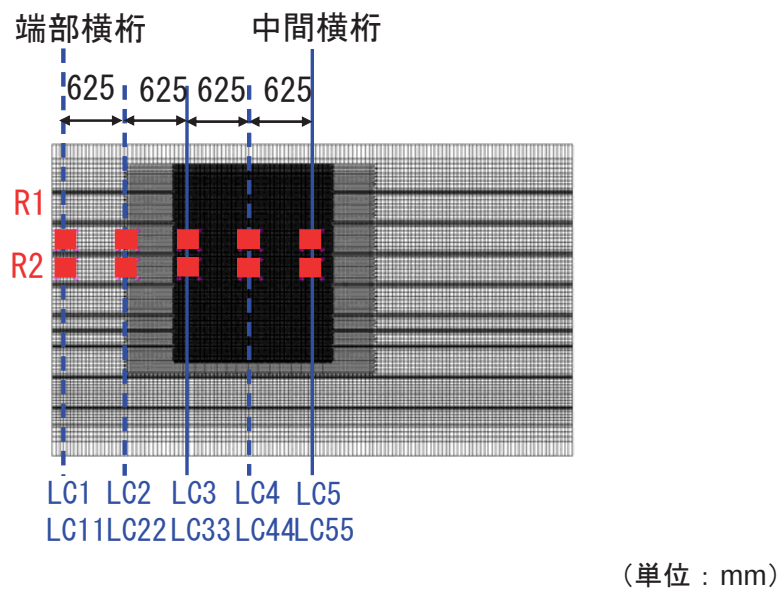


図 4.2.5 橋軸方向荷重載荷図

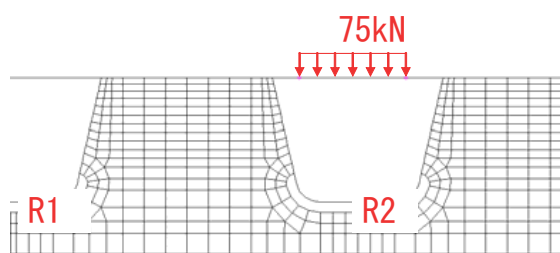
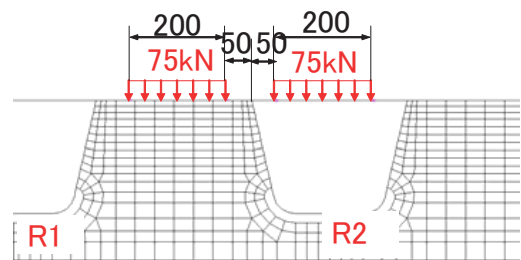


図 4.2.6 ダブルタイヤ片側載荷図



(寸法単位: mm)

図 4.2.7 ダブルタイヤ載荷図

4.2.3 評価位置

解析結果は、実験におけるひずみゲージ貼付位置とほぼ同じ位置となるように、横桁位置と支間中央それぞれのトラフリブ R2 とデッキプレートの縦方向溶接の直近のトラフリブとデッキプレートの一般部とした。

本解析はシェル要素でモデル化しており溶接ビードは考慮されていない。疲労試験体の実測結果を参考に脚長相当の 8mm 程度をデッキプレートとトラフリブの板厚中心の交差部から離間した位置を溶接ビード端と仮定し、その位置からさらに 5mm 離れた位置を評価位置とすることを基本とした。橋軸方向にはデッキプレートと横桁の溶接ビードを考慮して、横げた表面から 5mm 離れた位置を評価位置とする。

なお、所定のひずみ算出位置に要素中心がない場合は、隣接する要素の中心のひずみから線形補間によって所定位置のひずみを算出する。

図 4.2.6 に線形補間による任意位置のひずみの算出方法を示す。すなわち要素 ID-I のひずみを A、要素 ID-II のひずみを B とすると、計測位置のひずみ C は、要素 ID-I の要素中心から $x1$ 、要素 ID-II の要素中心から $x2$ として次式により算出する。

$$\text{ひずみC} = \frac{\text{ひずみB} - \text{ひずみA}}{x1 + x2} \times x1 + \text{ひずみA}$$

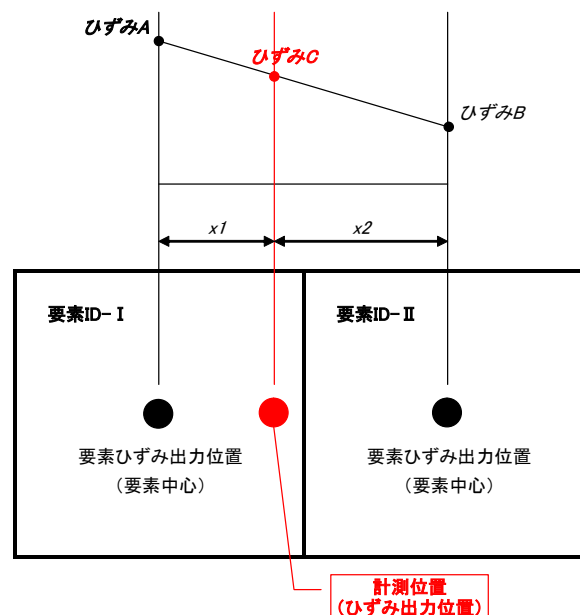


図 4.2.8 線形補間によるひずみの算出方法

図 4.2.9 に解析モデルのひずみ評価位置、図 4.2.10 に解析モデルと定点載荷試験におけるひずみゲージ貼付位置の関係を示す。

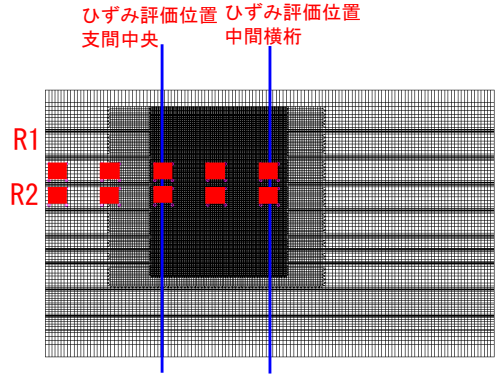


図 4.2.9 橋軸方向ひずみ計測位置

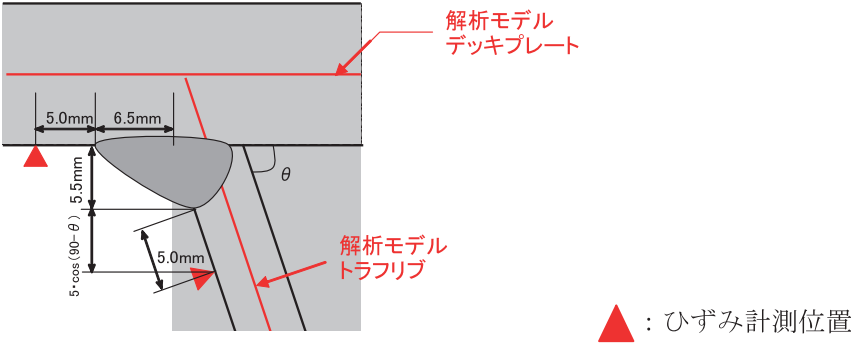


図 4.2.10 デッキプレート止端部・トラフリブ止端部のひずみ計測位置

本解析結果は、要素座標系にて出力を行っており、デッキプレートとトラフリブの要素座標系は以下の通りである。本報告書では解析結果は全体座標系の名称にて表記する。

表 4.2.4 要素座標系と全体座標系の関係

要素座標系	全体座標系
デッキプレート要素座標系 x 方向	橋軸方向
デッキプレート要素座標系 y 方向	橋軸直角方向
トラフリブ要素座標系 x 方向	橋軸方向
トラフリブ要素座標系 y 方向	下図参照（鉛直方向）

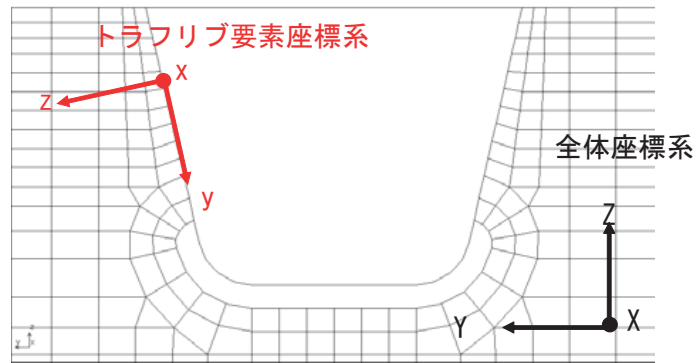


図 4.2.11 トラフリップ要素座標系

4.3 解析結果

4.3.1 解析結果

デッキプレートとトラフリップそれぞれ全体座標系における x, y, z 方向のひずみ振幅算出結果を表 4.3.1～8, 図 4.3.1～12 に示す。表中の負値は圧縮ひずみ振幅の場合である。
また, 図 4.3.13～20 に代表的な載荷状態のひずみコンターを示す。

(1)横桁位置

表 4.3.1 ダブルタイヤの片側載荷 (75kN) デッキプレートのひずみ

着目位置		橋軸方向					橋軸直角方向				
載荷位置		LC1	LC2	LC3	LC4	LC5	LC1	LC2	LC3	LC4	LC5
解析ケース	D12U6	2.41	19.39	31.22	30.44	63.45	-1.39	-26.62	-48.44	-62.69	-732.29
	D12U8	2.95	20.71	33.32	33.22	58.06	-1.33	-20.74	-37.09	-46.04	-569.39
	D14U6	1.93	12.63	19.42	16.15	43.21	-1.35	-23.86	-43.84	-57.48	-609.10
	D14U8	2.43	14.61	22.85	20.87	42.40	-1.33	-18.75	-33.79	-42.64	-497.43
	D16U6	1.54	7.69	10.71	5.54	26.88	-1.30	-21.50	-39.82	-52.78	-507.58
	D16U8	2.00	10.02	14.91	11.43	28.70	-1.33	-17.10	-31.04	-39.69	-428.72
	D19U6	1.07	2.58	1.64	5.60	9.69	-1.23	-18.49	-34.57	-46.38	-390.02
	D19U8	1.48	5.10	6.36	1.19	13.42	-1.32	-14.99	-27.42	-35.57	-340.80

表 4.3.2 ダブルタイヤの片側載荷 (75kN) トラフリップのひずみ

着目位置		橋軸方向					鉛直方向				
載荷位置		LC1	LC2	LC3	LC4	LC5	LC1	LC2	LC3	LC4	LC5
解析ケース	D12U6	1.75	23.74	42.82	49.82	54.31	0.83	15.52	29.59	43.16	122.74
	D12U8	2.20	22.77	39.86	44.17	17.75	0.92	14.83	28.21	41.55	248.68
	D14U6	1.38	18.44	33.91	41.05	51.65	0.70	12.71	24.42	35.67	18.02
	D14U8	1.81	17.91	31.77	36.23	23.50	0.88	13.31	25.45	37.50	130.77
	D16U6	0.54	9.54	18.49	27.17	44.68	0.54	9.54	18.49	27.17	-44.68
	D16U8	2.00	10.02	14.91	11.43	28.70	0.76	10.94	21.06	31.25	53.07
	D19U6	0.74	10.50	20.42	27.77	42.05	0.28	4.97	9.69	14.39	-98.19
	D19U8	1.09	10.30	19.01	23.74	24.76	0.51	6.94	13.50	20.39	-19.40

表 4.3.3 ダブルタイヤの両側載荷 (150kN) デッキプレートのひずみ

着目位置		橋軸方向					橋軸直角方向				
載荷位置		LC1	LC2	LC3	LC4	LC5	LC1	LC2	LC3	LC4	LC5
解析ケース	D12U6	4.90	34.35	53.53	44.84	11.40	-2.48	-43.05	-75.69	-89.37	-745.25
	D12U8	6.02	36.38	56.61	50.30	5.28	-2.34	-32.95	-56.92	-64.84	-591.60
	D14U6	3.90	22.35	32.61	19.83	0.11	-2.31	-38.25	-67.40	-79.20	-620.15
	D14U8	4.90	25.60	38.34	28.94	-0.86	-2.20	-29.31	-50.77	-57.40	-513.72
	D16U6	3.09	13.54	17.15	1.21	-9.95	-2.16	-34.24	-60.36	-70.33	-518.34
	D16U8	3.98	17.48	24.48	12.62	-7.75	-2.10	-26.39	-45.74	-51.13	-442.31
	D19U6	2.14	4.33	0.95	-18.26	-20.39	-1.96	-29.26	-51.53	-58.97	-401.02
	D19U8	2.89	8.77	9.54	-5.03	-15.78	-1.96	-22.78	-39.43	-43.08	-352.67

表 4.3.4 ダブルタイヤの両側載荷 (150kN) トラフリップのひずみ

着目位置		橋軸方向					鉛直方向				
載荷位置		LC1	LC2	LC3	LC4	LC5	LC1	LC2	LC3	LC4	LC5
解析ケース	D12U6	4.29	44.32	78.06	94.77	60.34	1.61	25.44	47.31	68.50	126.55
	D12U8	5.38	42.47	71.67	82.42	26.57	1.85	24.42	44.97	64.94	239.79
	D14U6	3.53	35.01	62.55	78.33	53.78	1.41	21.20	39.65	58.11	26.24
	D14U8	4.53	33.96	57.88	68.12	27.67	1.79	22.13	40.83	59.10	127.69
	D16U6	2.92	28.16	51.00	66.07	47.68	1.14	16.32	30.76	45.92	-35.60
	D16U8	3.84	27.54	47.40	57.20	26.63	1.57	18.45	34.15	49.87	52.75
	D19U6	2.19	20.82	38.63	52.97	40.82	0.69	9.12	17.33	27.16	-91.01
	D19U8	3.00	20.55	35.92	45.20	24.23	1.11	12.14	22.56	33.76	-19.06

(2)支間中央位置

表 4.3.5 ダブルタイヤの片側載荷 (75kN) デッキプレートのみずみ

着目位置		橋軸方向					橋軸直角方向				
載荷位置		LC1	LC2	LC3	LC4	LC5	LC1	LC2	LC3	LC4	LC5
解析ケース	D12U6	-1.17	-22.20	-89.08	-20.82	-2.64	5.56	96.21	-653.16	83.12	10.21
	D12U8	-0.80	-22.46	-91.68	-21.37	-2.90	5.97	87.75	-580.74	78.23	11.14
	D14U6	-0.99	-17.63	-64.41	-16.60	-2.21	5.46	91.22	-459.33	78.86	10.17
	D14U8	-0.66	-18.14	-69.68	-17.33	-2.46	5.82	82.63	-428.15	73.38	11.05
	D16U6	-0.88	-14.15	-45.76	-13.37	-1.87	5.35	85.83	-328.01	74.50	10.09
	D16U8	-0.58	-14.80	-52.58	-14.19	-2.10	5.67	77.64	-316.90	68.91	10.94
	D19U6	-0.77	-10.33	-25.11	-9.79	-1.47	5.15	77.54	-201.63	67.88	9.86
	D19U8	-0.50	-11.10	-33.31	-10.69	-1.68	5.45	70.36	-203.85	62.66	10.72

表 4.3.6 ダブルタイヤの片側載荷 (75kN) トラフリップのみずみ

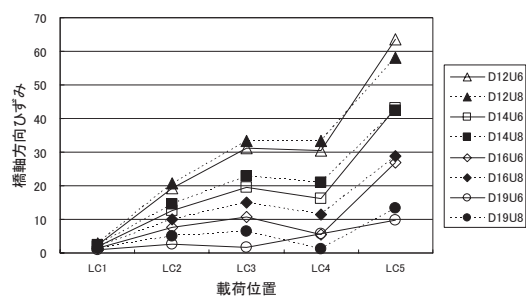
着目位置		橋軸方向					鉛直方向				
載荷位置		LC1	LC2	LC3	LC4	LC5	LC1	LC2	LC3	LC4	LC5
解析ケース	D12U6	-1.45	-13.97	-22.93	-13.33	-1.91	5.47	53.79	404.51	60.49	8.67
	D12U8	-1.06	-16.24	-24.96	-15.58	-2.20	5.59	56.52	541.18	60.62	9.25
	D14U6	-1.30	-9.62	-15.66	-9.24	-1.51	5.29	49.66	232.14	55.14	8.91
	D14U8	-0.95	-12.01	-19.43	-11.60	-1.79	5.60	54.63	351.93	58.03	9.63
	D16U6	-1.20	-6.41	-9.19	-6.22	-1.20	5.07	45.02	129.09	49.56	9.13
	D16U8	-0.88	-8.83	-14.20	-8.57	-1.46	5.49	50.93	231.83	53.80	9.91
	D19U6	-1.12	-3.05	-1.15	-3.01	-0.85	4.74	38.40	41.15	41.92	9.36
	D19U8	-0.83	-5.41	-7.34	-5.29	-1.07	5.22	44.30	123.60	46.65	10.20

表 4.3.7 ダブルタイヤの両側載荷 (150kN) デッキプレートのみずみ

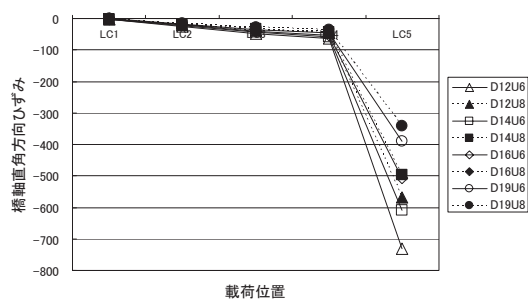
着目位置		橋軸方向					橋軸直角方向				
載荷位置		LC11	LC22	LC33	LC44	LC55	LC11	LC22	LC33	LC44	LC55
解析ケース	D12U6	-1.82	-44.05	-87.47	-42.09	-4.98	10.21	154.86	-1292.70	129.95	11.90
	D12U8	-1.16	-44.12	-90.07	-42.69	-5.51	11.14	127.82	-1330.76	111.25	13.94
	D14U6	-1.52	-35.43	-61.00	-34.00	-4.21	10.17	152.18	-880.63	128.43	12.05
	D14U8	-0.93	-36.04	-68.18	-35.06	-4.70	11.05	124.61	-927.29	108.32	13.76
	D16U6	-1.33	-28.82	-38.95	-27.78	-3.59	10.09	147.15	-614.11	125.30	12.19
	D16U8	-0.80	-29.87	-49.51	-29.17	-4.05	10.94	120.75	-663.21	105.29	13.65
	D19U6	-1.17	-21.50	-12.29	-20.80	-2.87	9.86	137.31	-364.49	118.67	12.31
	D19U8	-0.69	-22.96	-26.48	-22.51	-3.29	10.72	113.91	-412.48	100.12	13.52

表 4.3.8 ダブルタイヤの両側載荷 (150kN) トラフリップのみずみ

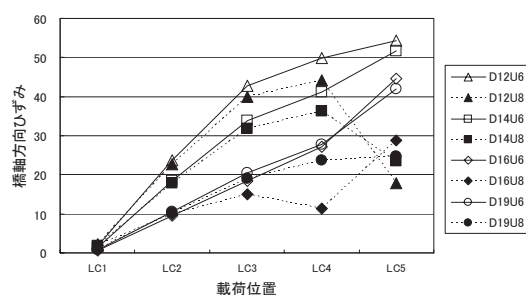
着目位置		橋軸方向					鉛直方向				
載荷位置		LC11	LC22	LC33	LC44	LC55	LC11	LC22	LC33	LC44	LC55
解析ケース	D12U6	-2.40	-26.99	-80.39	-26.38	-3.73	8.67	-52.15	-392.13	-32.99	9.12
	D12U8	-1.71	-31.30	-91.43	-30.64	-4.32	9.25	3.49	-226.48	13.98	11.32
	D14U6	-2.13	-19.19	-55.43	-18.99	-3.01	8.91	-51.78	-392.23	-35.30	8.97
	D14U8	-1.51	-23.79	-68.83	-23.50	-3.56	9.63	-2.40	-237.92	7.14	11.31
	D16U6	-1.97	-13.34	-36.01	-13.41	-2.44	9.13	-48.91	-385.91	-34.97	8.86
	D16U8	-1.40	-18.12	-50.94	-18.06	-2.95	9.91	-6.31	-243.82	2.21	11.20
	D19U6	-1.85	-7.01	-14.05	-7.26	-1.78	9.36	-42.73	-369.22	-31.87	8.79
	D19U8	-1.32	-11.89	-30.34	-12.01	-2.24	10.20	-9.66	-245.44	-2.51	10.95



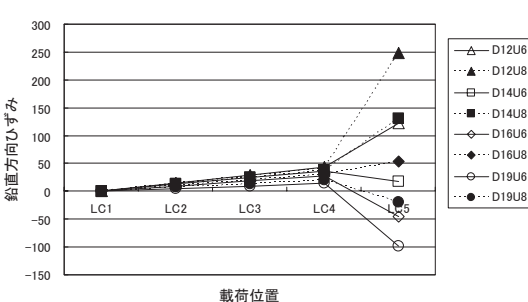
(a) デッキプレート（橋軸方向）



(b) デッキプレート（橋軸直角方向）

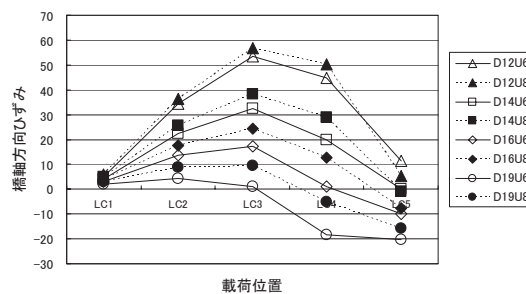


(c) トラフリップ（橋軸方向）

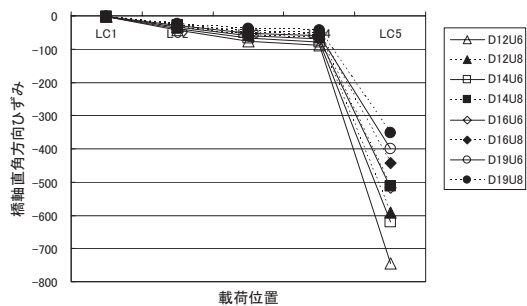


(d) トラフリップ（鉛直方向）

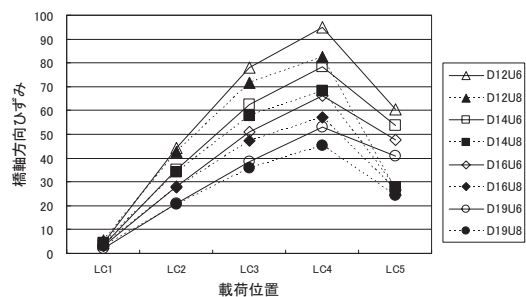
図 4.3.1 横げた位置のひずみ（片側载荷）



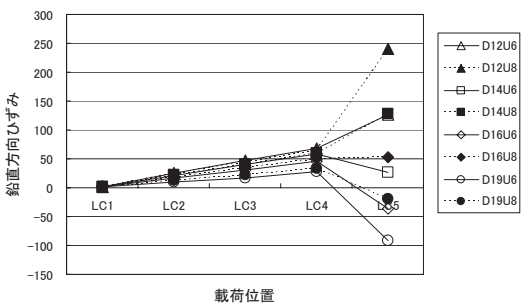
(a) デッキプレート（橋軸方向）



(b) デッキプレート（橋軸直角方向）

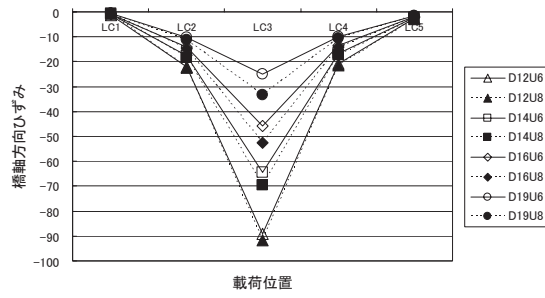


(c) トラフリップ（橋軸方向）

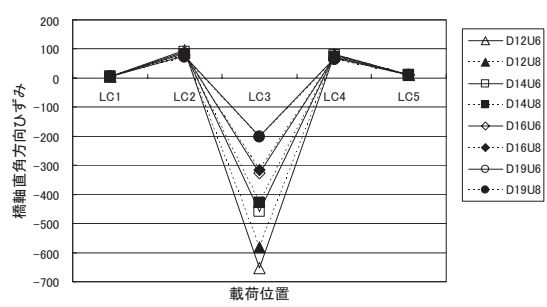


(d) トラフリップ（鉛直方向）

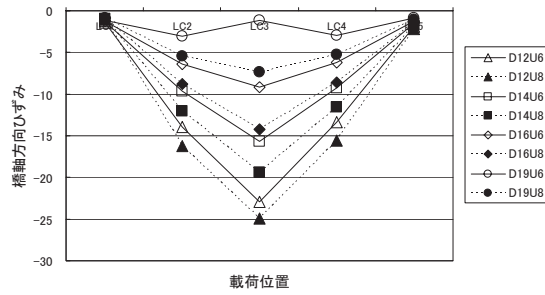
図 4.3.2 横げた位置のひずみ（両側载荷）



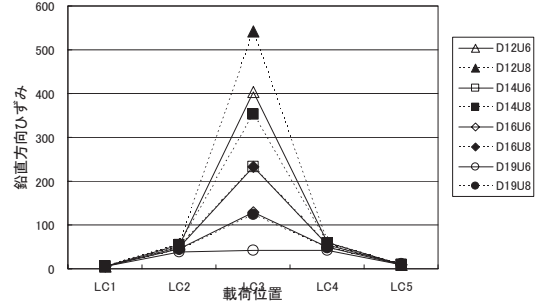
(a) デッキプレート（橋軸方向）



(b) デッキプレート（橋軸直角方向）

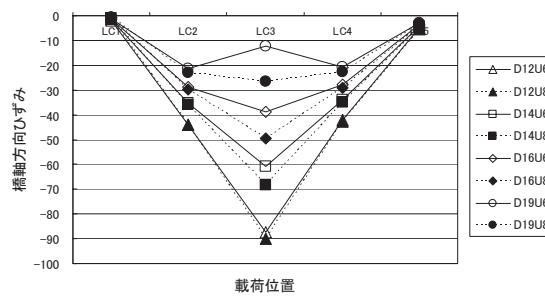


(c) トラフリップ（橋軸方向）

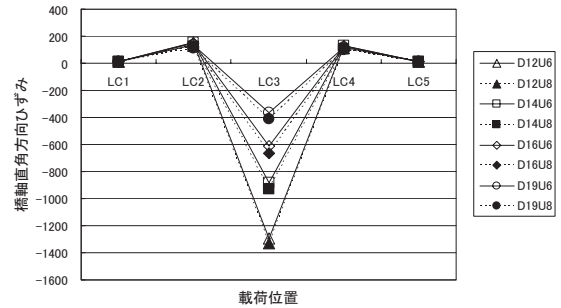


(d) トラフリップ（鉛直方向）

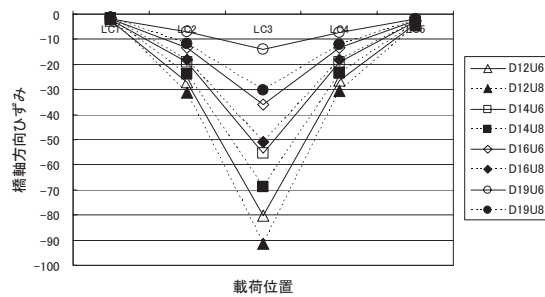
図 4.3.3 支間中央位置のひずみ（片側载荷）



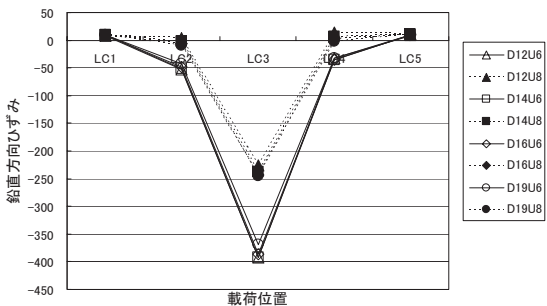
(a) デッキプレート（橋軸方向）



(b) デッキプレート（橋軸直角方向）

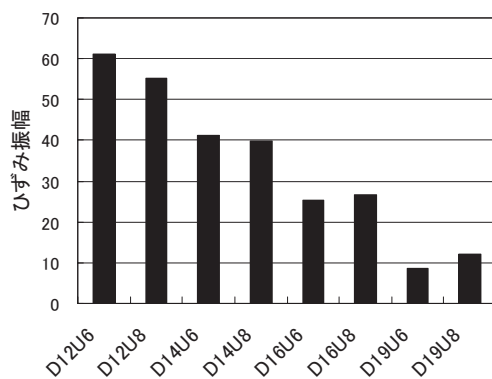


(c) トラフリップ（橋軸方向）

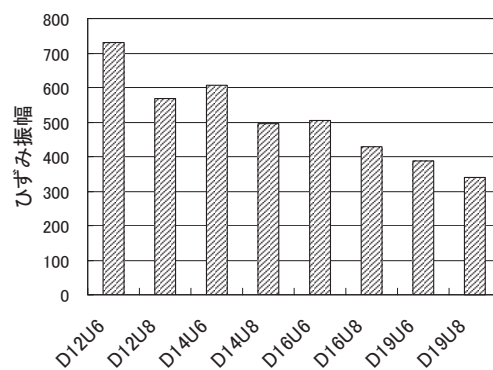


(d) トラフリップ（鉛直方向）

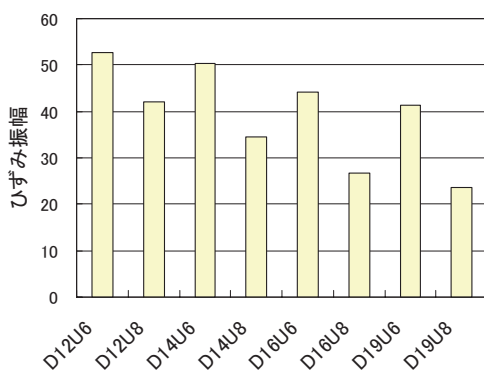
図 4.3.4 支間中央位置のひずみ（両側载荷）



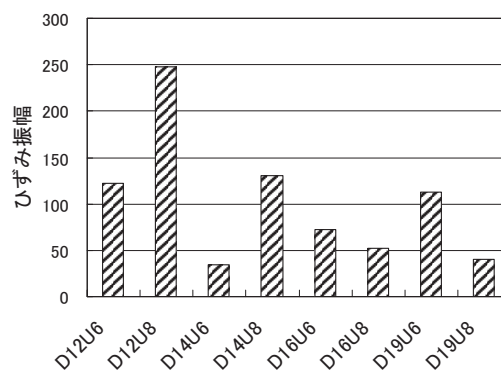
(a) デッキプレート (橋軸方向)



(b) デッキプレート (橋軸直角方向)



(c) トラフリブ (橋軸方向)



(d) トラフリブ (鉛直方向)

図 4.3.5 横げた位置のひずみ振幅 (片側載荷)

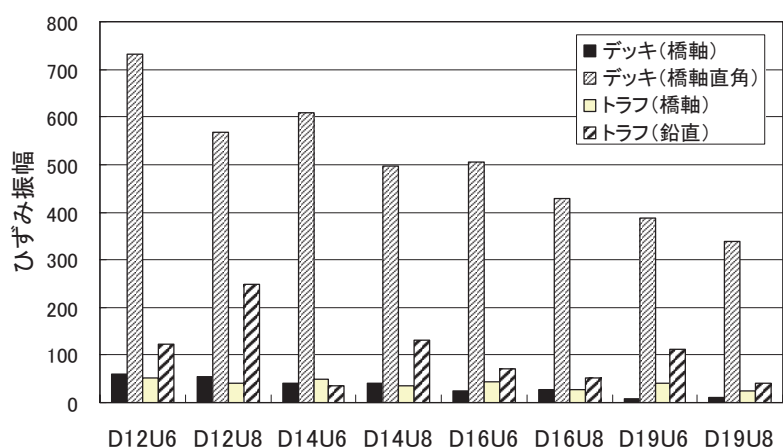
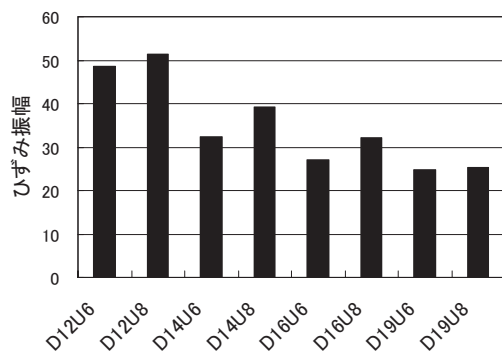
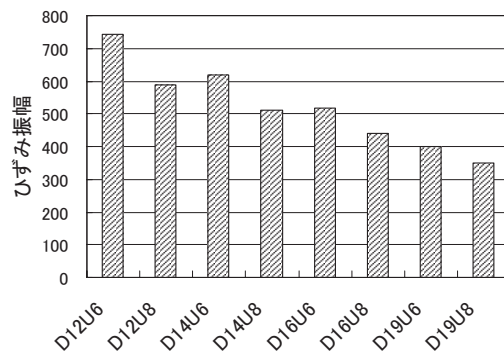


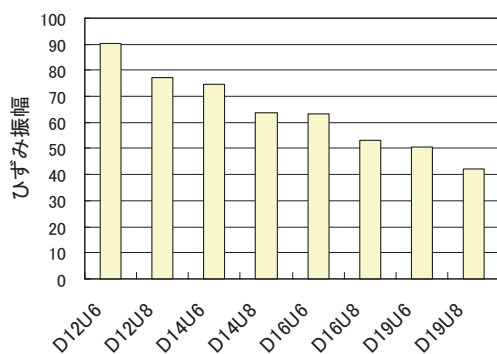
図 4.3.6 横げた位置のデッキプレートとトラフリブのひずみ振幅の比較 (片側載荷)



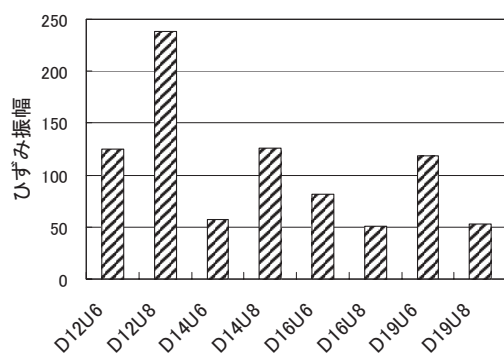
(a) デッキプレート（橋軸方向）



(b) デッキプレート（橋軸直角方向）



(c) トラフリブ（橋軸方向）



(d) トラフリブ（鉛直方向）

図 4.3.7 横げた位置のひずみ振幅（両側載荷）

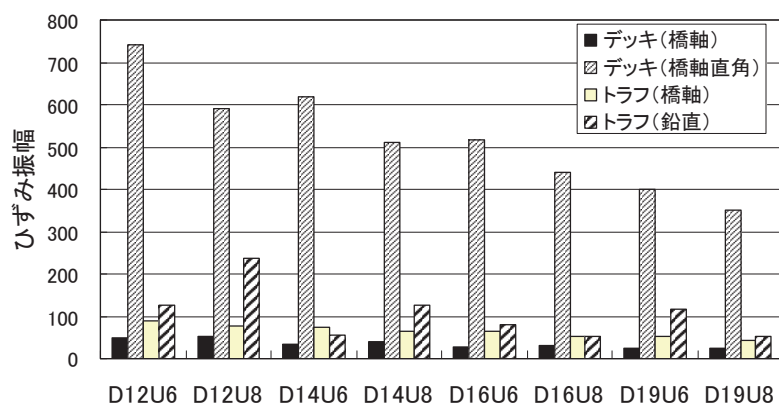
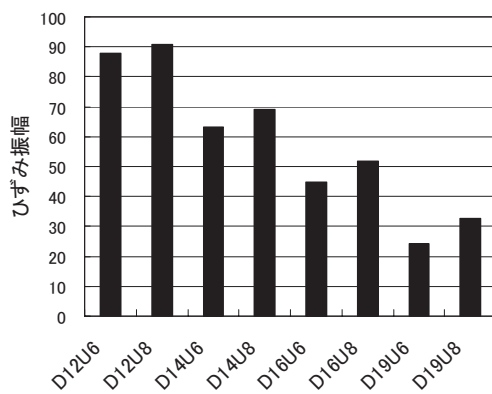
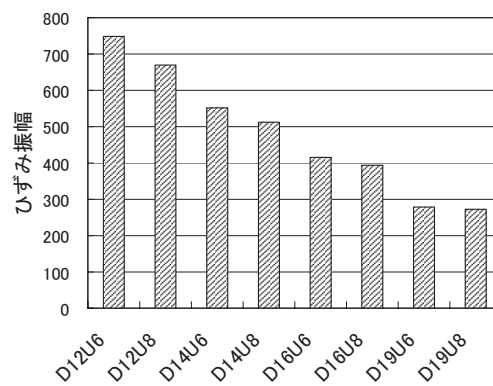


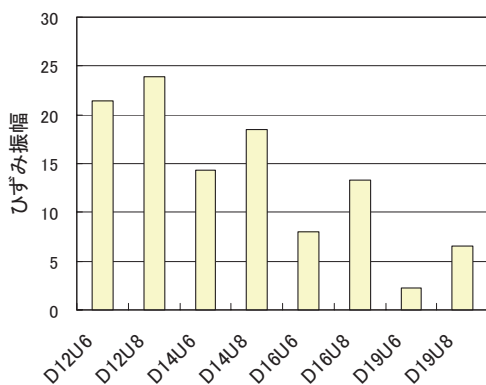
図 4.3.8 横げた位置のデッキプレートとトラフリブのひずみ振幅の比較（両側載荷）



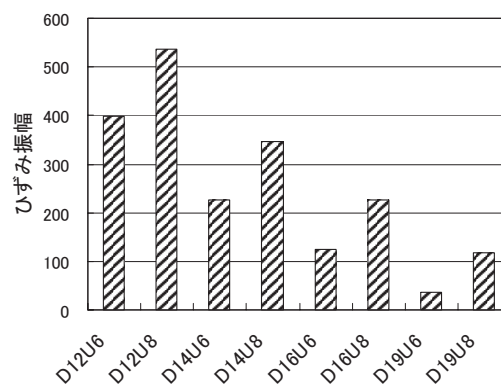
(a) デッキプレート（橋軸方向）



(b) デッキプレート（橋軸直角方向）



(c) トラフリブ（橋軸方向）



(d) トラフリブ（鉛直方向）

図 4.3.9 支間中央位置のひずみ振幅（片側載荷）

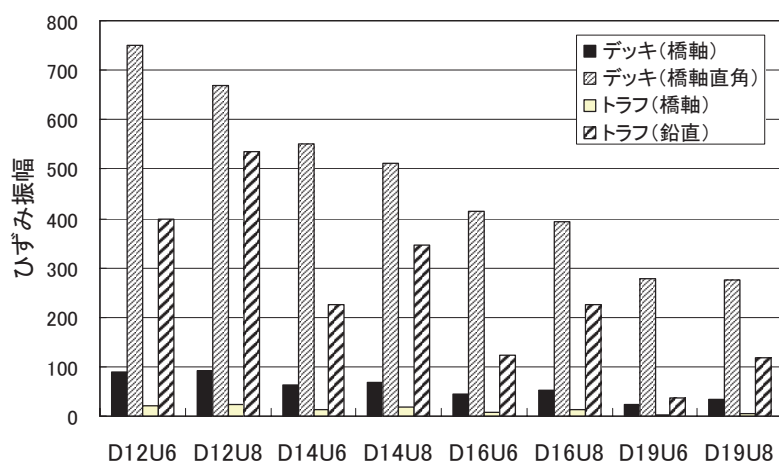
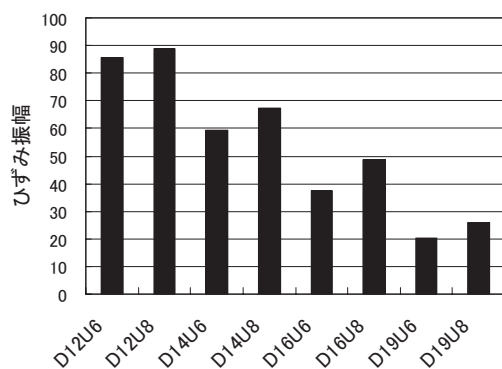
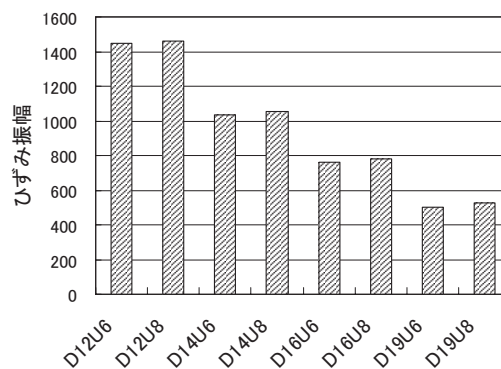


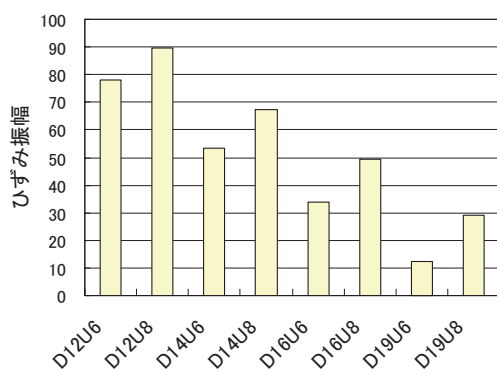
図 4.3.10 支間中央位置のデッキプレートとトラフリブのひずみ振幅の比較（片側載荷）



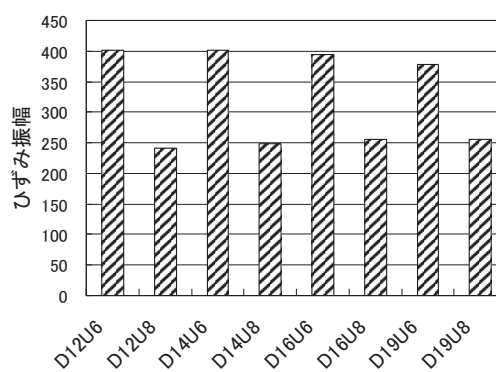
(a) デッキプレート（橋軸方向）



(b) デッキプレート（橋軸直角方向）



(c) トラフリブ（橋軸方向）



(d) トラフリブ（鉛直方向）

図 4.3.11 支間中央位置のひずみ振幅（両側載荷）

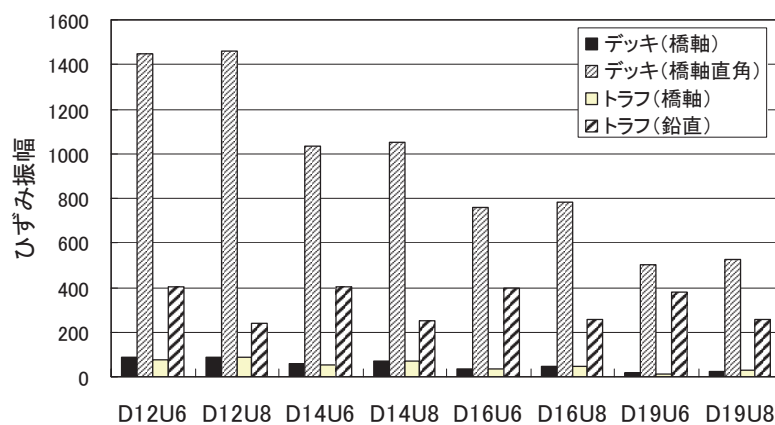
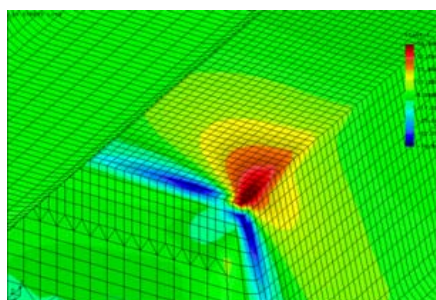
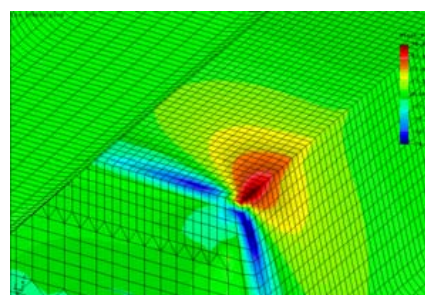


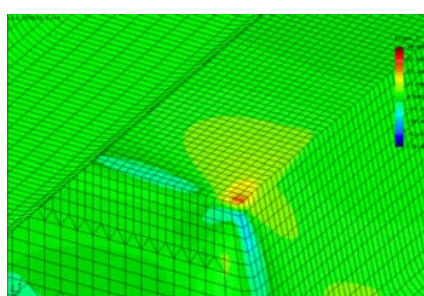
図 4.3.12 支間中央位置のデッキプレートとトラフリブのひずみ振幅の比較（両側載荷）



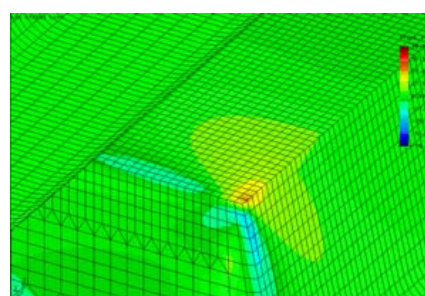
D12U6



D12U8

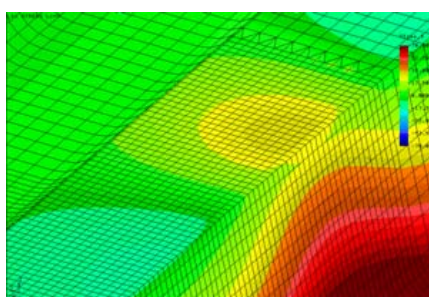


D19U6

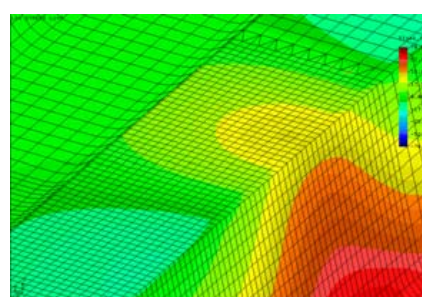


D19U8

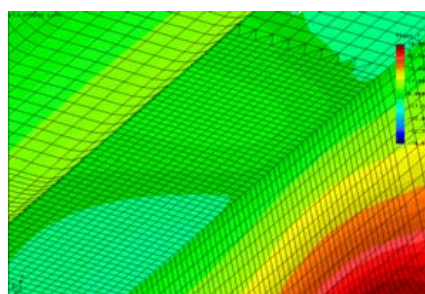
(a) 横げた位置 (横げた位置載荷 LC5)



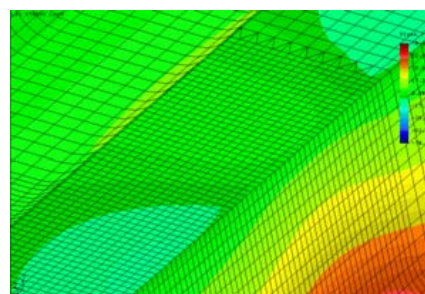
D12U6



D12U8



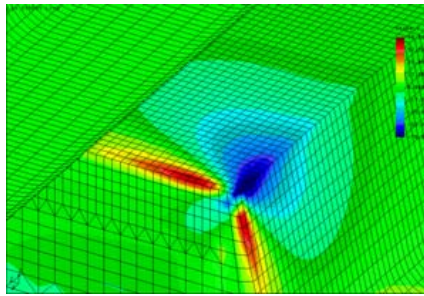
D19U6



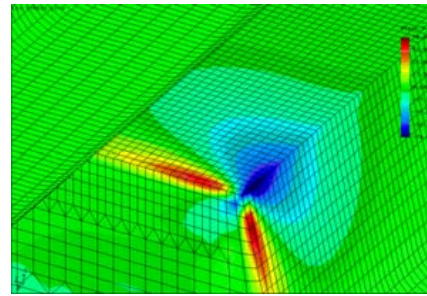
D19U8

(b) 支間中央位置 (支間中央位置載荷 LC3)

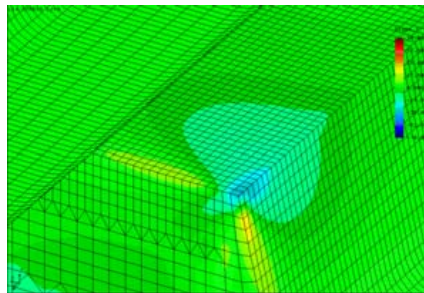
図 4.3.13 片側載荷時・橋軸方向ひずみコンター (デッキ上面・トラフ外面)



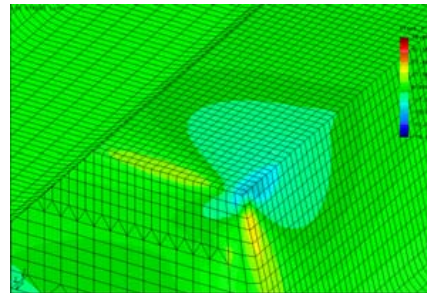
D12U6



D12U8

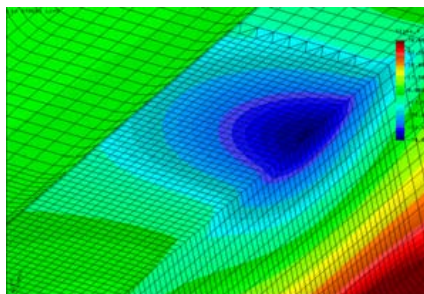


D19U6

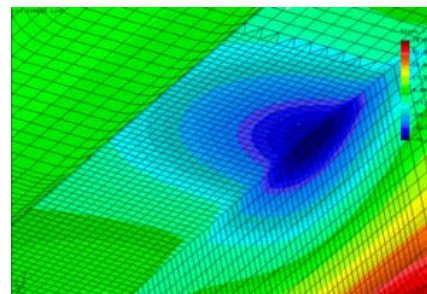


D19U8

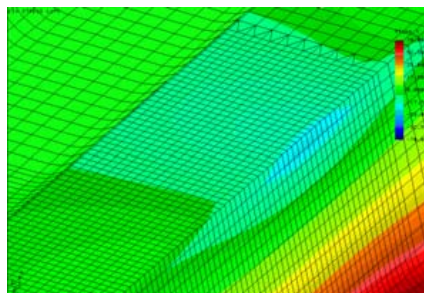
(a) 横げた位置 (横げた位置載荷 LC5)



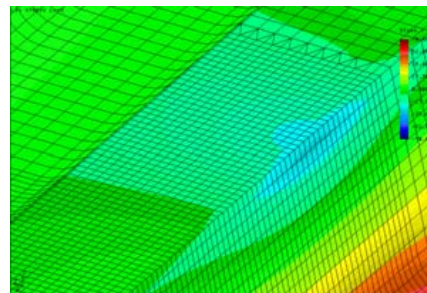
D12U6



D12U8



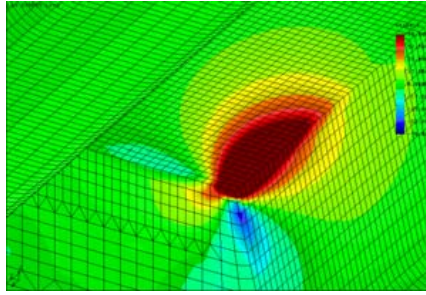
D19U6



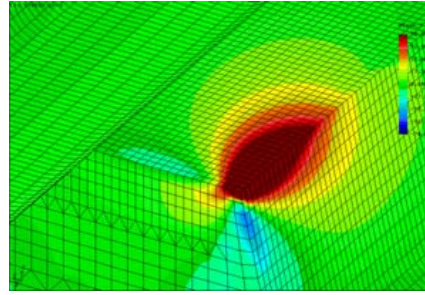
D19U8

(b) 支間中央位置 (支間中央位置載荷 LC3)

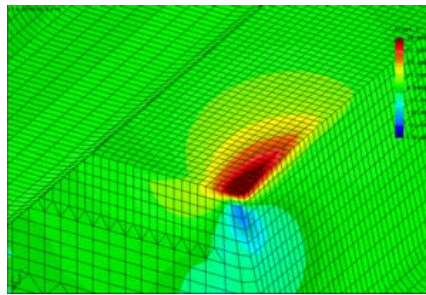
図 4.3.14 片側載荷時・橋軸方向ひずみコンター (デッキ下面・トラフ内面)



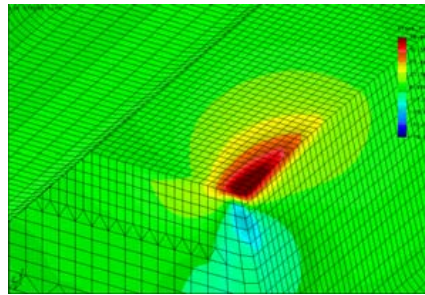
D12U6



D12U8

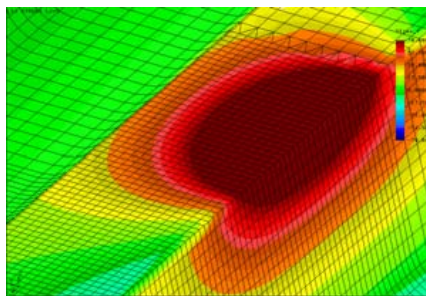


D19U6

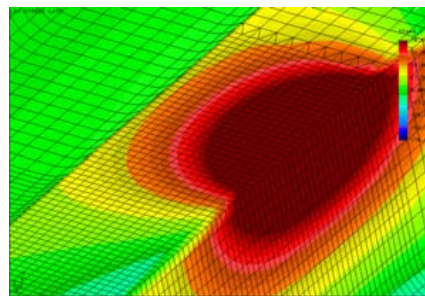


D19U8

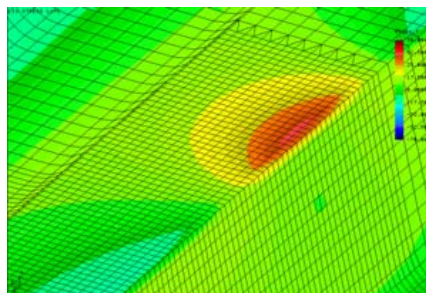
(a) 横げた位置 (横げた位置載荷 LC5)



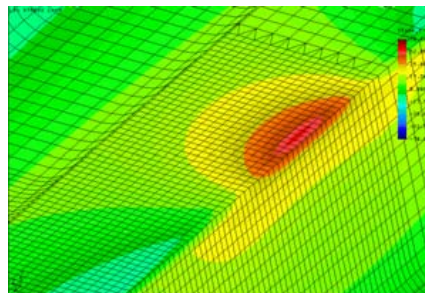
D12U6



D12U8



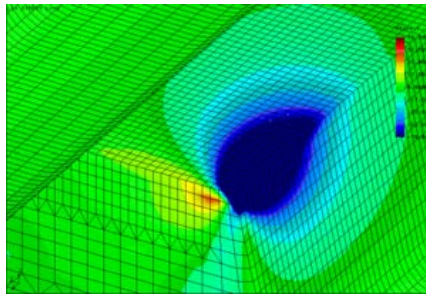
D19U6



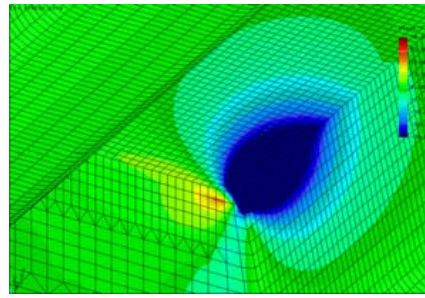
D19U8

(b) 支間中央位置 (支間中央位置載荷 LC3)

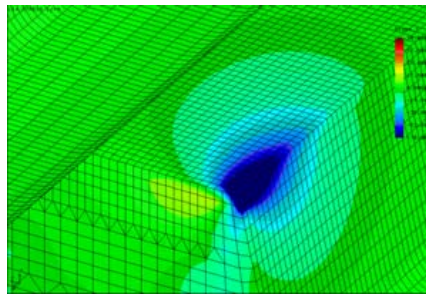
図 4.3.15 片側載荷時・橋軸直角、鉛直方向ひずみコンター (デッキ上面・トラフ外面)



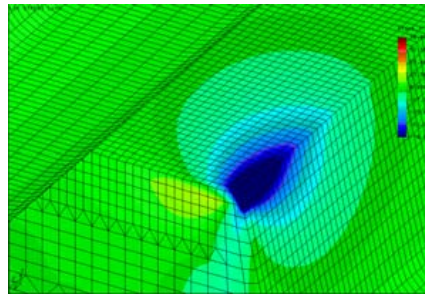
D12U6



D12U8

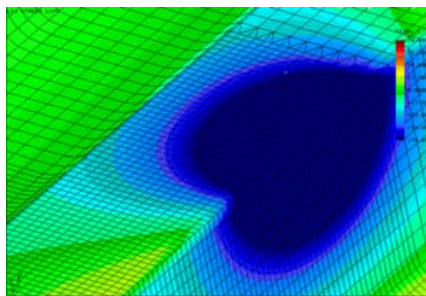


D19U6

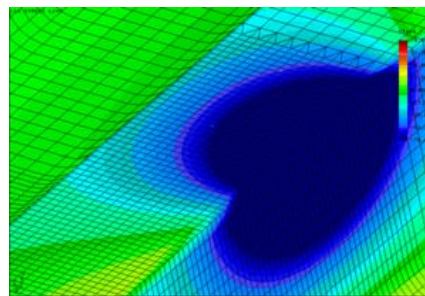


D19U8

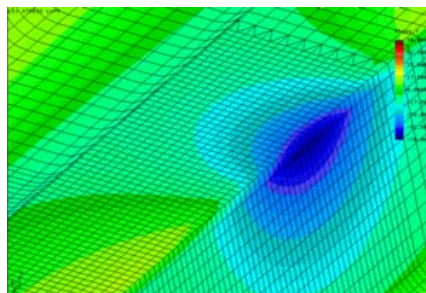
(a) 横げた位置 (横げた位置載荷 LC5)



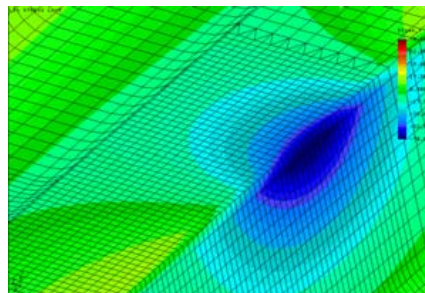
D12U6



D12U8



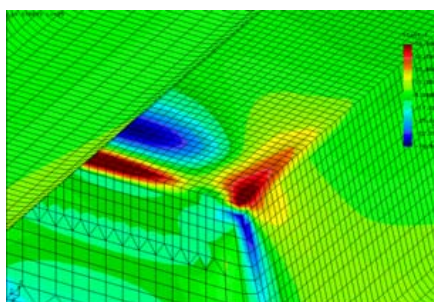
D19U6



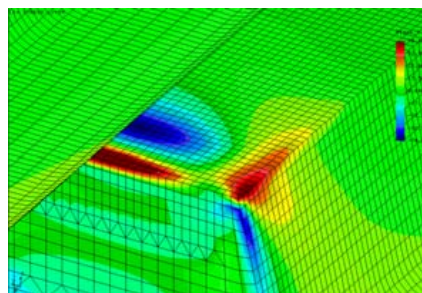
D19U8

(b) 支間中央位置 (支間中央位置載荷 LC3)

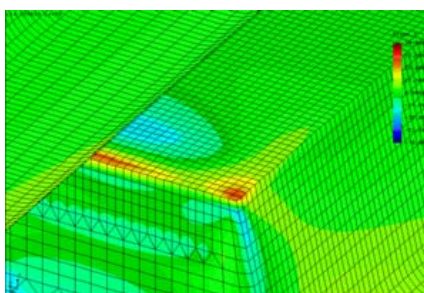
図 4.3.16 片側載荷時・橋軸直角、鉛直方向ひずみコンター (デッキ下面・トラフ内面)



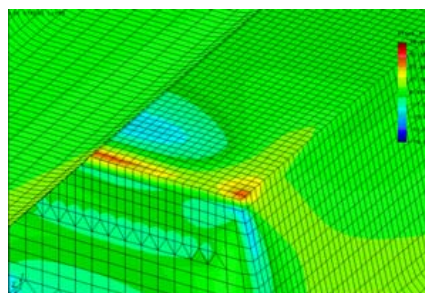
D12U6



D12U8

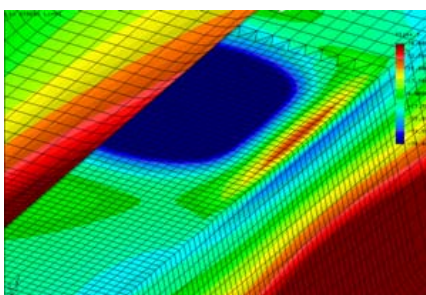


D19U6

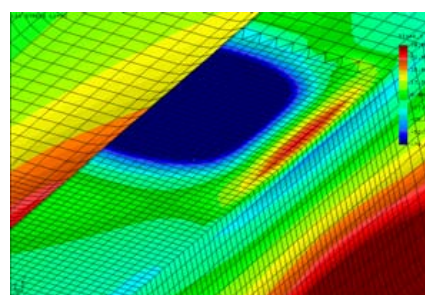


D19U8

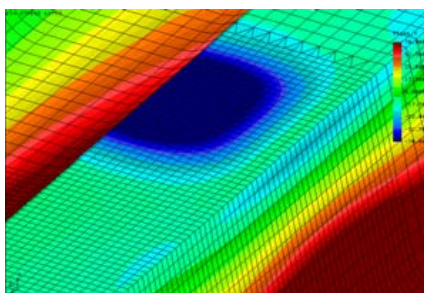
(a) 横げた位置 (横げた位置載荷 LC55)



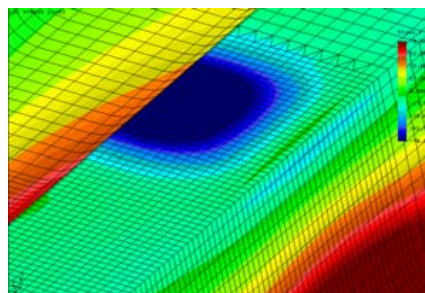
D12U6



D12U8



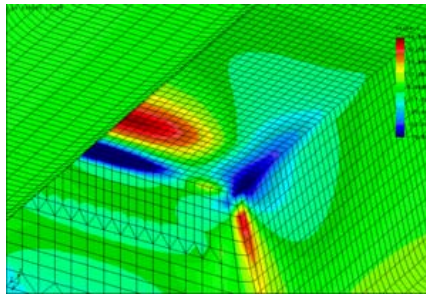
D19U6



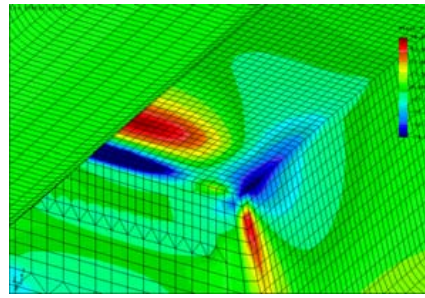
D19U8

(b) 支間中央位置 (支間中央位置載荷 LC33)

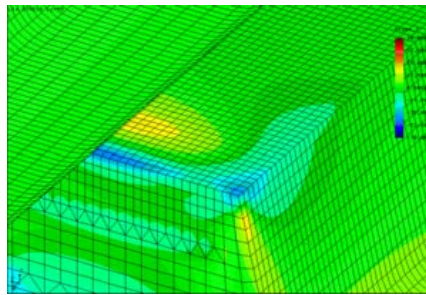
図 4.3.17 両側載荷時・橋軸方向ひずみコンター (デッキ上面・トラフ外面)



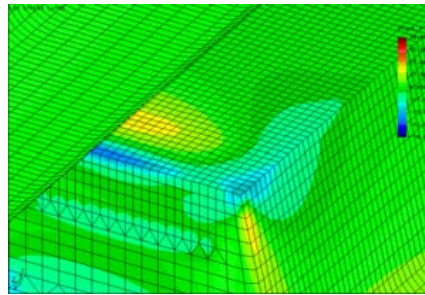
D12U6



D12U8

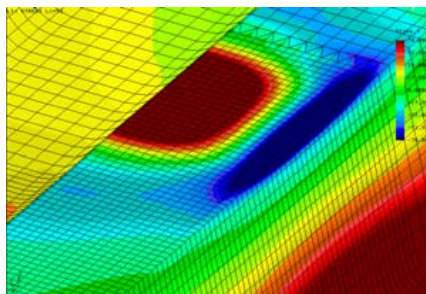


D19U6

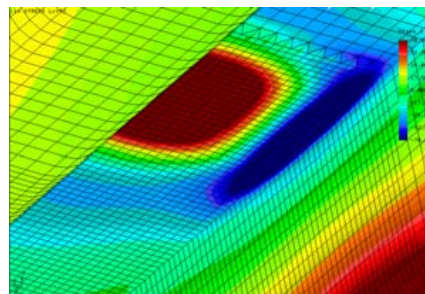


D19U8

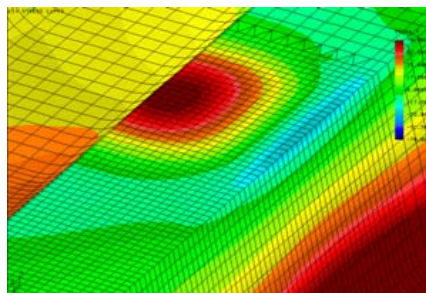
(a) 横げた位置 (横げた位置載荷 LC55)



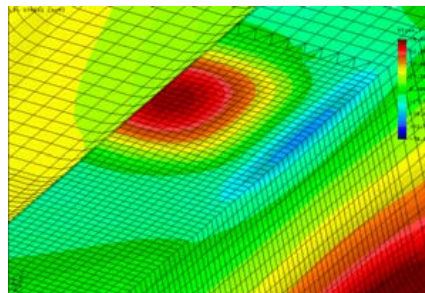
D12U6



D12U8



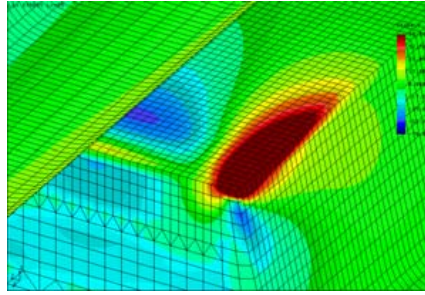
D19U6



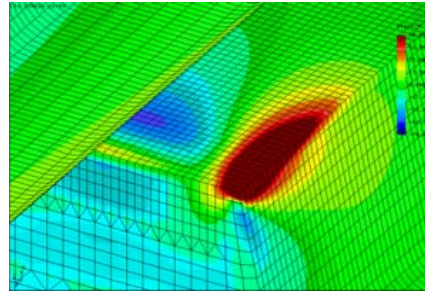
D19U8

(b) 支間中央位置 (支間中央位置載荷 LC33)

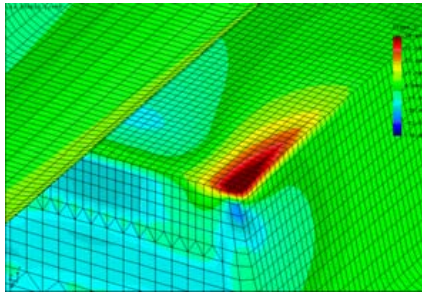
図 4.3.18 両側載荷時・橋軸方向ひずみコンター (デッキ下面・トラフ内面)



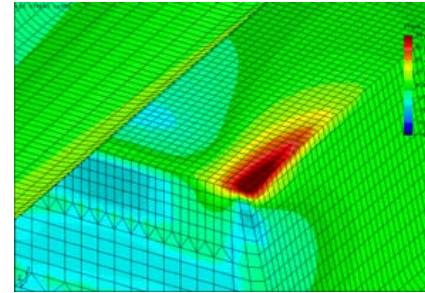
D12U6



D12U8

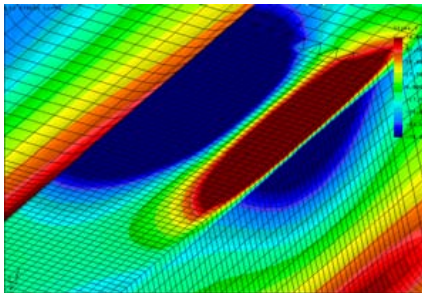


D19U6

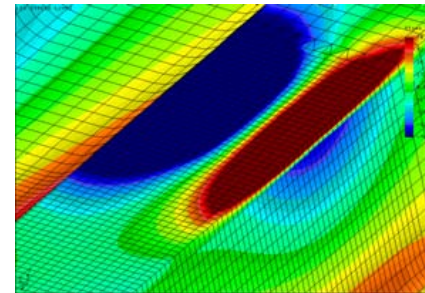


D19U8

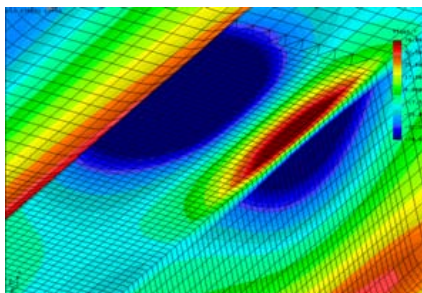
(a) 横げた位置 (横げた位置載荷 LC55)



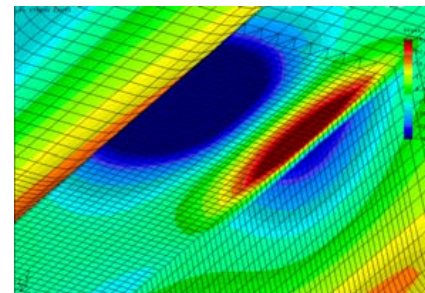
D12U6



D12U8



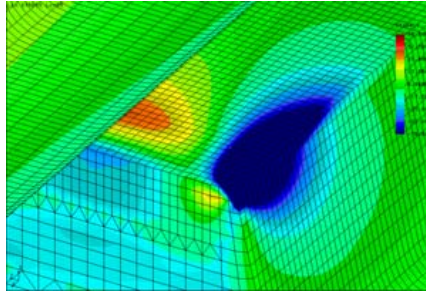
D19U6



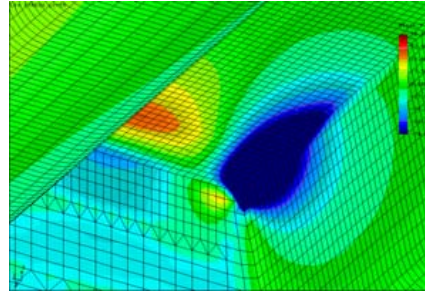
D19U8

(b) 支間中央位置 (支間中央位置載荷 LC33)

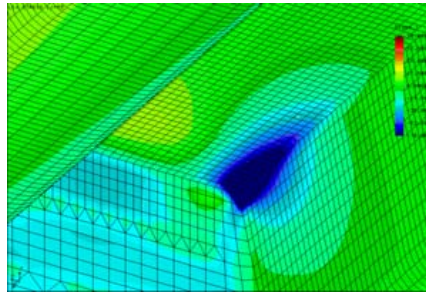
図 4.3.19 両側載荷時・橋軸直角・鉛直方向ひずみコンター (デッキ上面・トラフ外面)



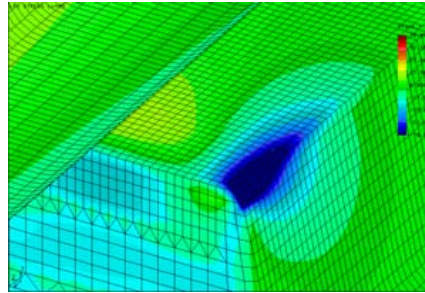
D12U6



D12U8

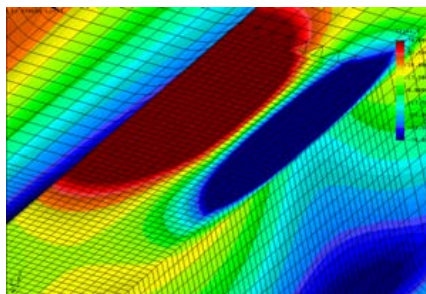


D19U6

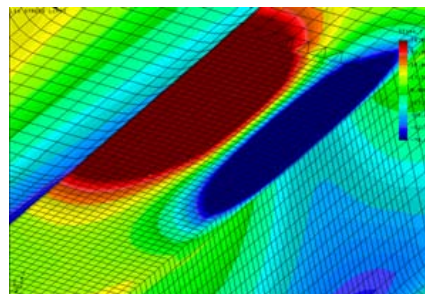


D19U8

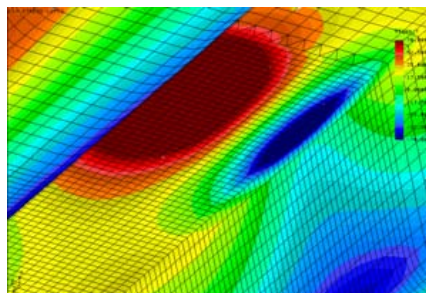
(a) 横げた位置 (横げた位置載荷 LC55)



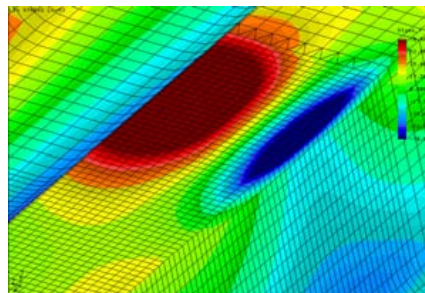
D12U6



D12U8



D19U6



D19U8

(b) 支間中央位置 (支間中央位置載荷 LC33)

図 4.3.20 両側載荷時・橋軸直角・鉛直方向ひずみコンター (デッキ下面・トラフ内面)

図 4.3.1～4 の整理から見られた主な特徴を以下に整理する。

まず、横げた位置のひずみの特徴は以下の通りである。

- ・片側載荷では、デッキプレートひずみは橋軸方向、橋軸直角方向ともに荷重載荷位置に近いほど絶対値は大きくなり、橋軸直角方向ひずみでその傾向は顕著である。
- ・片側載荷では、トラフリブひずみは橋軸方向には一貫して引張ひずみであり絶対値は載荷位置が横リブに近いほど大きくなる傾向がある。ただし横リブ直上載荷にトラフリブ板厚によって値の変化傾向が大きく異なり、8mm に対して 6mm のケースのひずみが大きく上回る結果となった。橋軸直角方向では、横リブ直上載荷以外ではひずみの絶対値が小さくケース毎の差は明確でなく、横リブ直上載荷状態においてトラフリブ板厚 8mm のケースで引張側にひずみが卓越するのに対して、トラフリブ板厚 6mm のケースでは同じデッキプレート板厚で 8mm のものに比べて顕著にひずみが圧縮側になる傾向がみられる。
- ・両側載荷では、デッキプレートの橋軸方向ひずみはトラフリブ支間中央付近への載荷時に大きな引張ひずみが現れ、載荷位置が横リブに近づくにつれ引張ひずみは減少しデッキプレートが大きいケースでは圧縮ひずみとなる。
- ・両側載荷におけるトラフリブひずみの傾向は片側載荷の場合と同様の特徴がみられた。

つぎに、支間中央位置のひずみの特徴は以下の通り

- ・片側載荷と両側載荷ともに載荷位置が直上にあるときひずみの絶対値は最大となるケースがほとんどであり、デッキプレート板厚とトラフリブリブ板厚のそれぞれより大きい方がひずみの絶対値は小さいという関係がみられる。なお片側載荷時のトラフリブの橋軸方向ひずみ、両側載荷時のデッキプレート橋軸方向ひずみにおいてデッキプレート 19mm トラフリブ 8mm のケースのみ他と傾向が異なり直上載荷時にひずみの絶対値が僅かではあるが小さくなる結果となった。

以上のような解析結果から図 4.3.5～12 に示した各ケースのひずみ振幅の比較では、載荷方法や位置によっては同じデッキプレート板厚の場合にトラフリブ板厚が大きいケースの方が小さいケースよりひずみ振幅が大きくなるものもある。ただし、横げた位置、支間中央位置いずれも直上載荷時のデッキプレート橋軸直角方向のひずみの絶対値がトラフリブのひずみやデッキプレート橋軸方向ひずみの絶対値に対して卓越しており、デッキプレートの橋軸直角方向ひずみがデッキプレートとトラフリブの縦方向溶接継手の疲労耐久性には最も支配的な影響をもつ可能性が高いものと考えられる。

4.3.2 ひずみ振幅の合成

4.3.1 の解析結果の整理からは、デッキプレートとトラフリブの縦方向溶接継手のデッキプレート貫通き裂に対する疲労耐久性にはデッキプレートの橋軸直角方向のひずみ振幅が支配的な影響をもつ可能性が高いことが伺える。一方、同時に計測されるデッキプレートの橋軸方向ひずみ、トラフリブの橋軸および鉛直方向のひずみではデッキプレートの橋軸直角方向ひずみと载荷位置の変化に対する変化傾向やデッキプレートとトラフリブ板厚との相対関係は必ずしも同じではない。

このような複雑なひずみ変化の特徴は、デッキプレートとトラフリブの交差部となる縦方向溶接部で生じる複雑な応力変動を代表しているものと考えられることから、ここでは図-4.3.21 に示すように定義した、着目部位のデッキプレートとトラフリブの x , y , z 方向それぞれのひずみ振幅を、式 4.3.1 によって一つの合成ひずみ振幅として代表させることとし、その大小関係と実験でみられたデッキプレートとトラフリブ板厚の組み合わせの相違によるデッキプレート貫通き裂に対する疲労耐久性の大小関係の関連性について検討する。

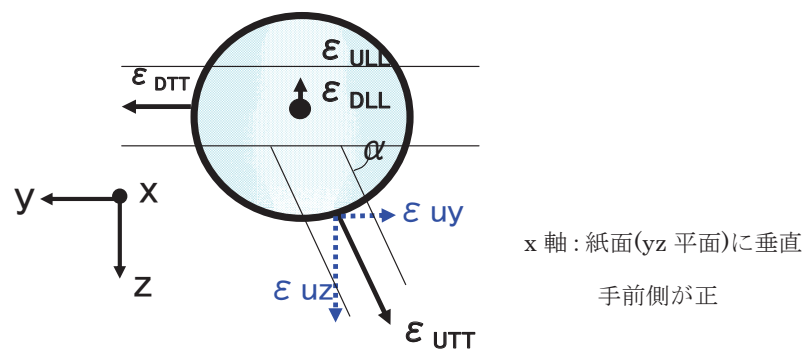


図-4.3.21 合成ひずみ振幅

$$E = \frac{1}{3} \sqrt{\{(\varepsilon_{DTT} + \varepsilon_{UY})^2 + (\varepsilon_{UZ})^2 + (\varepsilon_{ULL} + \varepsilon_{DLL})^2\}} \quad \dots \dots (4.3.1)$$

$$\begin{aligned} \text{ここで, } \varepsilon_{UZ} &= \sin\alpha \cdot \varepsilon_{UTT} \\ \varepsilon_{UY} &= \cos\alpha \cdot \varepsilon_{UTT} \end{aligned}$$

表4.3.9及び表4.3.10に、それぞれ横げた位置と支間中央位置におけるひずみ振幅とそれから算出した合成ひずみ振幅を示す。

また、図4.3.22及び図4.3.23に方向別と全体にそれぞれの合成ひずみ振幅の算出結果を示す。

表4.3.9 合成ひずみ振幅（中間横桁）

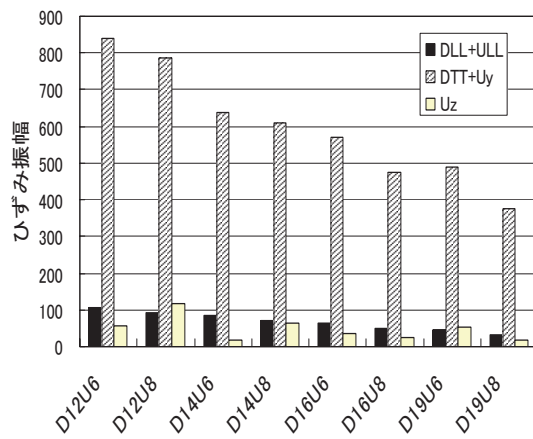
		一移動載荷あたり応力振幅				合成応力振幅			
		デッキプレート		トラフリブ		x	y	z	x y z の合成 (⑤ ² +⑥ ² +⑦ ²) ^{0.5/3}
		橋軸	橋軸直角	橋軸	鉛直	DLL+ULL	DTT+Uy	Uz	
		①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	
片側載荷	D12U6	61.0	730.9	52.6	121.9	107.2	838.0	58.2	282.3
	D12U8	55.1	568.1	42.0	247.8	92.0	785.7	118.3	266.6
	D14U6	41.3	607.8	50.3	35.0	85.4	638.5	16.7	214.8
	D14U8	40.0	496.1	34.4	129.9	70.2	610.2	62.0	205.8
	D16U6	25.3	506.3	44.1	71.9	64.1	569.4	34.3	191.3
	D16U8	26.7	427.4	26.7	52.3	50.2	473.4	25.0	158.9
	D19U6	8.6	388.8	41.3	112.6	44.9	487.7	53.8	164.2
	D19U8	12.2	339.5	23.7	39.8	33.0	374.4	19.0	125.5
両側載荷	D12U6	48.6	742.8	90.5	124.9	128.1	852.5	59.7	288.1
	D12U8	51.3	589.3	77.0	237.9	119.0	798.3	113.7	271.7
	D14U6	32.5	617.8	74.8	56.7	98.2	667.7	27.1	225.1
	D14U8	39.2	511.5	63.6	125.9	95.1	622.1	60.1	210.7
	D16U6	27.1	516.2	63.2	81.5	82.6	587.8	38.9	198.3
	D16U8	32.2	440.2	53.4	51.2	79.1	485.2	24.4	164.1
	D19U6	24.7	399.1	50.8	118.2	69.3	502.9	56.4	170.3
	D19U8	25.3	350.7	42.2	52.8	62.4	397.1	25.2	134.3

注) 「⑤DLL+ULL」: $\varepsilon_{ULL} + \varepsilon_{DLL}$ 、 「⑥DTT+Uy」: $\varepsilon_{UTT} + \varepsilon_{Dy}$ 、 「⑦UZ」: ε_{UZ}

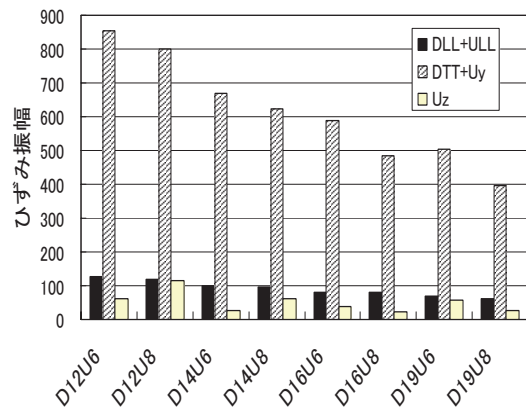
表-4.3.10 合成ひずみ振幅（支間中央）

		一移動載荷あたり応力振幅				合成応力振幅			
		デッキプレート		トラフリブ		x	y	z	x y z の合成 (⑤ ² +⑥ ² +⑦ ²) ^{0.5/3}
		橋軸	橋軸直角	橋軸	鉛直	DLL+ULL	DTT+Uy	Uz	
		①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	
片側載荷	D12U6	87.9	749.4	21.5	399.0	106.8	1099.9	190.6	373.8
	D12U8	90.9	668.5	23.9	535.6	111.9	1139.0	255.8	390.9
	D14U6	63.4	550.5	14.4	226.8	76.0	749.8	108.4	253.8
	D14U8	69.0	510.8	18.5	346.3	85.3	815.0	165.4	278.7
	D16U6	44.9	413.8	8.0	124.0	51.9	522.8	59.2	176.2
	D16U8	52.0	394.5	13.3	226.3	63.7	593.4	108.1	202.2
	D19U6	24.3	279.2	2.2	37.2	26.3	311.8	17.8	104.5
	D19U8	32.8	274.2	6.5	118.4	38.5	378.2	56.5	128.1
両側載荷	D12U6	85.7	1447.6	78.0	401.2	154.2	1800.1	191.7	605.6
	D12U8	88.9	1458.6	89.7	240.5	167.7	1669.8	114.9	560.7
	D14U6	59.5	1032.8	53.3	401.2	106.3	1385.3	191.6	467.5
	D14U8	67.2	1051.9	67.3	249.2	126.4	1270.9	119.0	427.6
	D16U6	37.6	761.3	34.0	395.0	67.5	1108.3	188.7	375.4
	D16U8	48.7	784.0	49.5	255.0	92.2	1008.0	121.8	339.8
	D19U6	20.3	501.8	12.3	378.6	31.1	834.4	180.8	284.8
	D19U8	25.8	526.4	29.0	256.4	51.3	751.6	122.5	254.4

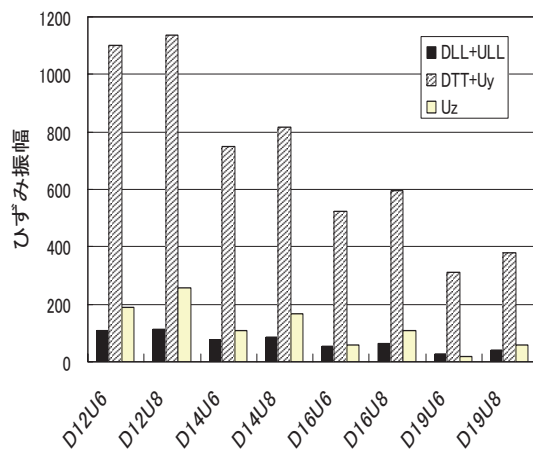
注) 「⑤DLL+ULL」: $\varepsilon_{ULL} + \varepsilon_{DLL}$ 、 「⑥DTT+Uy」: $\varepsilon_{UTT} + \varepsilon_{Dy}$ 、 「⑦UZ」: ε_{UZ}



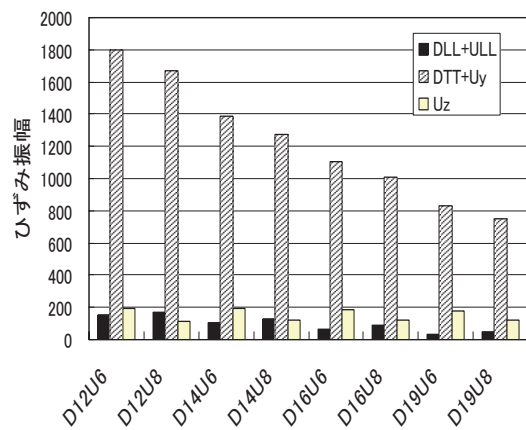
(a) 横げた位置 (片側載荷)



(b) 横げた位置 (両側載荷)

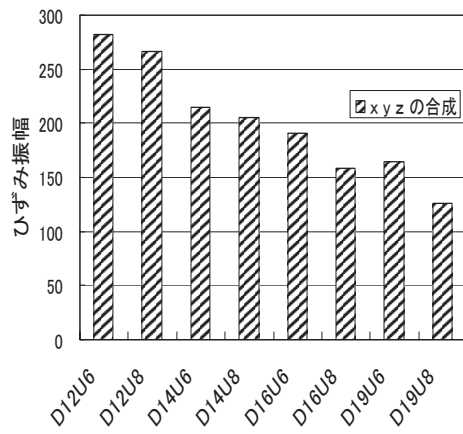


(c) 支間中央位置 (片側載荷)

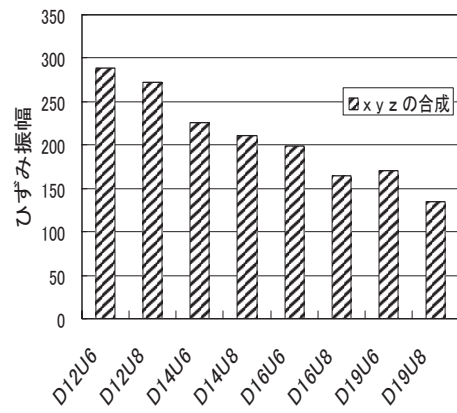


(d) 支間中央位置 (両側載荷)

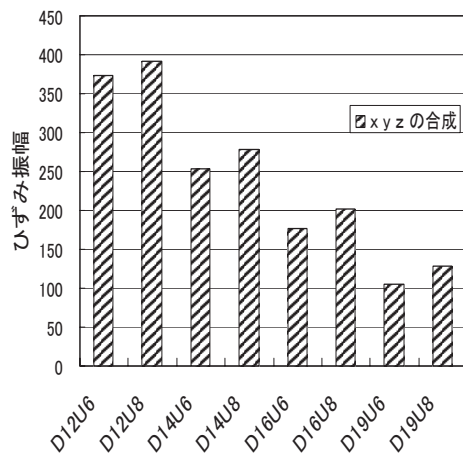
図 4.3.22 方向別合成ひずみ振幅



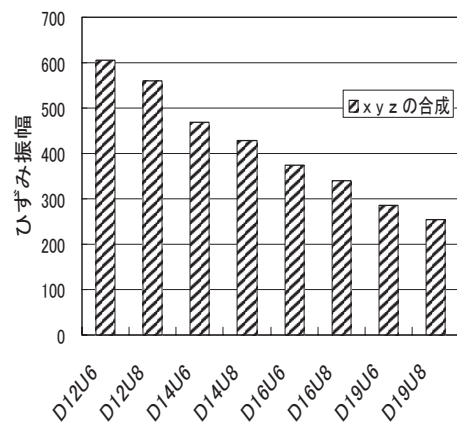
(a) 横げた位置 (片側載荷)



(b) 横げた位置 (両側載荷)



(c) 支間中央位置 (片側載荷)



(d) 支間中央位置 (両側載荷)

図 4.3.23 合成ひずみ振幅

以上のように、方向別で合成したひずみ振幅では、載荷方法、着目位置によらず橋軸直角方向の合成ひずみ振幅の値が他の方向に卓越する。そして橋軸直角方向ひずみ振幅については、片側載荷の支間中央位置では同じデッキプレート板厚ではトラフリブ板厚が大きい方がひずみ振幅が大きい傾向があるものの、それ以外の条件ではデッキプレート板厚とトラフリブ板厚は共に大きいほどひずみ振幅が小さくなり、ひずみ振幅の低減効果はデッキプレート板厚の影響がトラフリブ板厚の影響に卓越している。

全ての方向を統合した合成ひずみ振幅においても、他の方向に卓越する橋軸直角方向のひずみ振幅の影響が支配的となるため、橋軸直角方向の合成ひずみ振幅と同様の傾向となっている。

4.4 まとめ（実験結果との比較）

図 4.4.1, 図 4.4.2 に解析結果と 3 章で検討した定点載荷試験の実測結果のひずみ振幅について対比して示す。

デッキプレートとトラフリブの板厚の組み合わせの異なる各ケース間での合成されたひずみ振幅の相対関係はよい一致を示している。

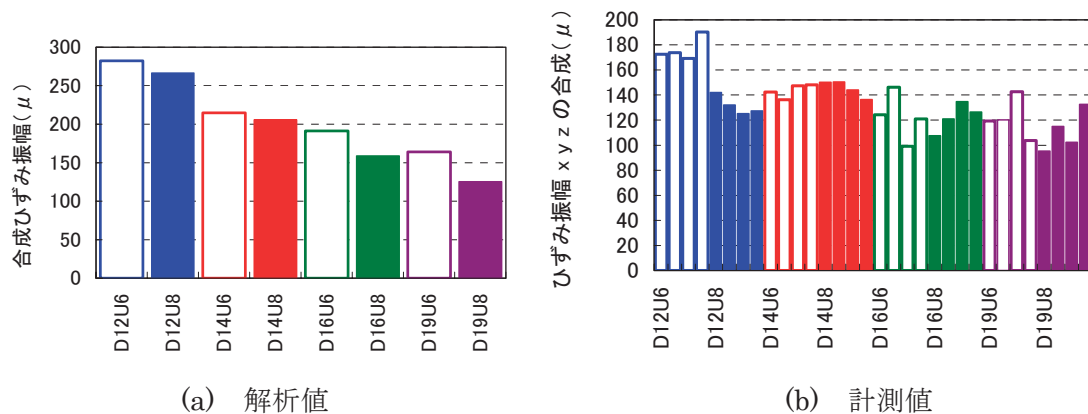


図 4.4.1 合成ひずみ振幅の解析と実験結果

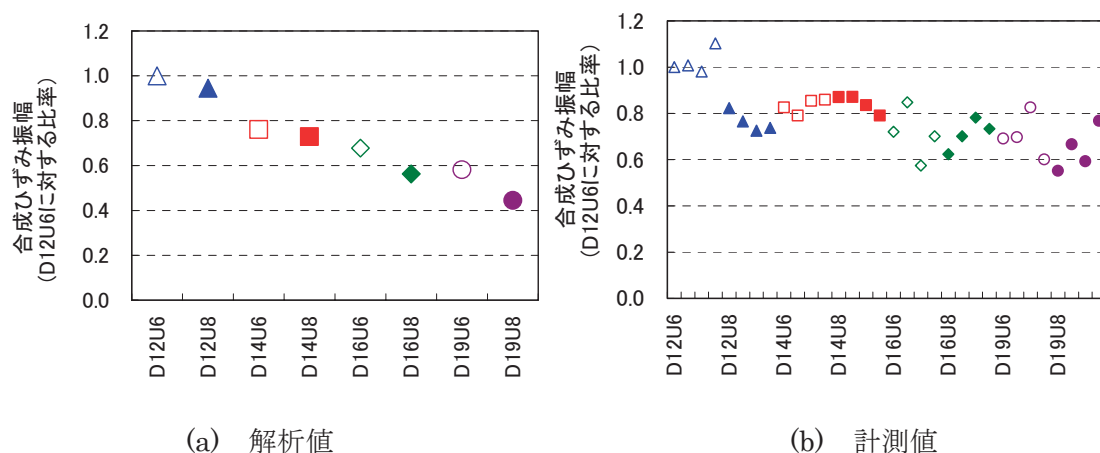


図 4.4.2 合成ひずみ振幅の相対関係（D12U6 の値との比）の解析と実験結果

図 4.4.3 に各方向のひずみ振幅（実験結果は初期のひずみ振幅）を組み合わせ平均化した合成ひずみ振幅と 3 章で定義した疲労き裂の発生進展に伴う状態変化点 B（実験においてゲージ③のひずみ振幅が 5% 変化した時期）までの載荷回数の関係を対比して示す。

両者の傾向はよい一致を示しており、デッキプレート貫通型き裂の発生進展に伴って構造系が変化するまでの寿命（載荷回数）が、鉛直方向の載荷に伴うデッキプレートとトラフリブの縦方向溶接継手近傍のひずみ振幅の規模と相関関係が高いことが伺える。また同

じ鉛直荷重に対するこのひずみ振幅の規模にはデッキプレートとトラフリブ双方の板厚が密接に関係している。そして 3 章の結果と合わせて、いずれも板厚が大きいほどひずみ振幅が抑制され、特にデッキプレートの板厚増の効果がトラフリブの板厚増の効果に比べて顕著に大きい。

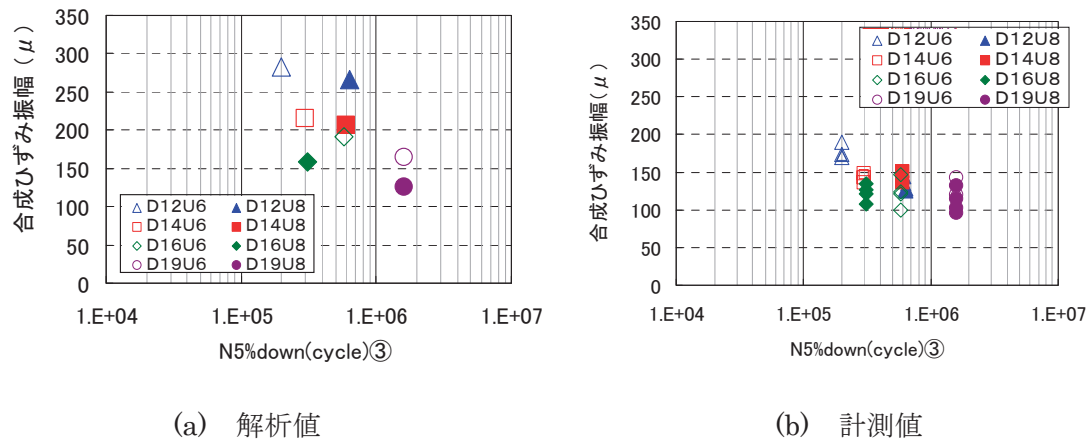


図 4.4.3 合成ひずみ振幅と実験の状態変化点 B（ゲージ③の変化率 95%）までの
 载荷回数関係の解析と実験結果

なお、ここで示す解析結果のひずみ振幅は载荷位置を変えて得られる最大最小のひずみから求めた振幅がベースとなっており、定点载荷の実測結果とは定義は一致しないものの実験結果・解析結果ともにひずみは直上に荷重が载荷されたときに突出して大きな値を示し、载荷位置が離れるにつれて値は顕著に小さくなるため解析結果では定点载荷で得られるひずみ振幅とほとんど差がない。