

## 第3章 輪荷重走行試験（供試体A）

### 3.1 概要

デッキプレート貫通き裂の発生と進展を抑制する策として、デッキプレートの厚板化による鋼床版の疲労耐久性向上に及ぼす効果を確認する目的で、輪荷重走行試験を実施した。（社）日本橋梁建設協会（以下「橋建協」という。）が担当したのは、16mm厚のデッキプレートを有するUリブ1径間分の試験体を用いた輪荷重走行試験である。この試験結果と過年度に橋建協が実施したデッキプレート厚12mmおよび14mmの輪荷重走行試験結果との比較を行うことにより、デッキプレート厚の影響を確認した。

また、本研究と過年度に実施された試験体を対象として、試験では計測できない溶接ルート部の局部応力性状を把握する目的で、FEM解析を実施した。

### 3.2 試験方法

#### 3.2.1 試験機

静的多点載荷試験および輪荷重走行試験は、（株）IHI 所有のクランク式輪荷重走行試験機（写真-3.2.1、表-3.2.1 参照、神奈川県綾瀬市）を使用した。



写真-3.2.1 輪荷重走行試験機

表-3.2.1 輪荷重走行試験機の仕様

項目		仕様
形状・寸法	試験装置寸法	フレーム:高さ約5.8m×長さ約8m フライホイール:直径3.5m
	供試体寸法	標準 幅2.8m×長さ4.5m×厚さ0.16~0.35m (供試体幅 最大5.3m)
	車輪の種類	鉄輪:直径750mm×幅320mm
駆動	電動機	90kW×6P×AC400V×f3×50Hz
	走行範囲	±1.15m(±0.5/±1.0/±1.25m対応可)
	フライホイール回転数	MAX 30rpm
載荷	載荷荷重	12t~50t
	シリンダーストローク	400mm

### 3.2.2 供試体

供試体図面を図-3.2.1 に示す。U リブの支間長は 2,500mm であり、全て SM490 材である。供試体の構造パラメータとして、デッキプレートの板厚 16mm に対して、U リブの板厚構成を 6mm と 8mm に変化させた。

デッキプレートと U リブの溶接は、自走式溶接機による炭酸ガスアーク溶接を行った。溶込み量が U リブ板厚の 75%以上確保されるように、開先角度を 45° とし、2 パスで溶接した。また、デッキプレート側止端部はグラインダ仕上げを行った。

### 3.2.3 試験要領

#### (1) 静的多点載荷試験

静的多点載荷位置図を図-3.2.2 に示し、載荷版形状図を図-3.2.3 に示す。

橋直方向の載荷ラインは、U リブとデッキプレートの溶接部に最も高い応力が発生する場合として、U リブ (t=6mm) ウェブ直上に荷重を載荷することとした。載荷点は、図-3.2.2 に示すように、橋軸方向に 11 点とした。載荷荷重は、溶接近傍の鋼材が降伏しない荷重として 118kN で一定とした。

載荷版形状については、H17 年度に橋建協が実施した輪荷重走行試験と同形状とし、図-3.2.3 に示すように、せん断キーを介して横断方向に可動とした 2 枚の載荷版を硬質ウレタンゴムとベニヤ板で挟み込んだ形状とした。硬質ウレタンゴムについては、接地面の面圧分布が大型車後輪のダブルタイヤに近くなるように、200×10×175mm のものを横断方向に 150mm 間隔で並べたものを使用した。

静的載荷試験は、図-3.2.3 に示す載荷版ブロックの敷き並べ方の違いにより、下記の 2 通りの方法により実施した。なお、①の方法については、図-3.2.2 に示す、C、G、K の 3 点の載荷時に感圧紙を用いて、接地面の面圧分布も合わせて測定した。感圧紙は超低圧タイプ(感度 0.5~2.5MPa) を使用した。

- ① 載荷版ブロック 1 組に、鉄輪で鉛直荷重を油圧により定点載荷する方法 (写真-3.2.2)
- ② 載荷版ブロックを橋軸方向に 13 組敷き並べて、1 枚の敷鋼板上から、鉄輪で鉛直荷重を油圧により定点載荷する方法 (写真-3.2.3)



写真-3.2.2 載荷版ブロックごとの静的多点載荷

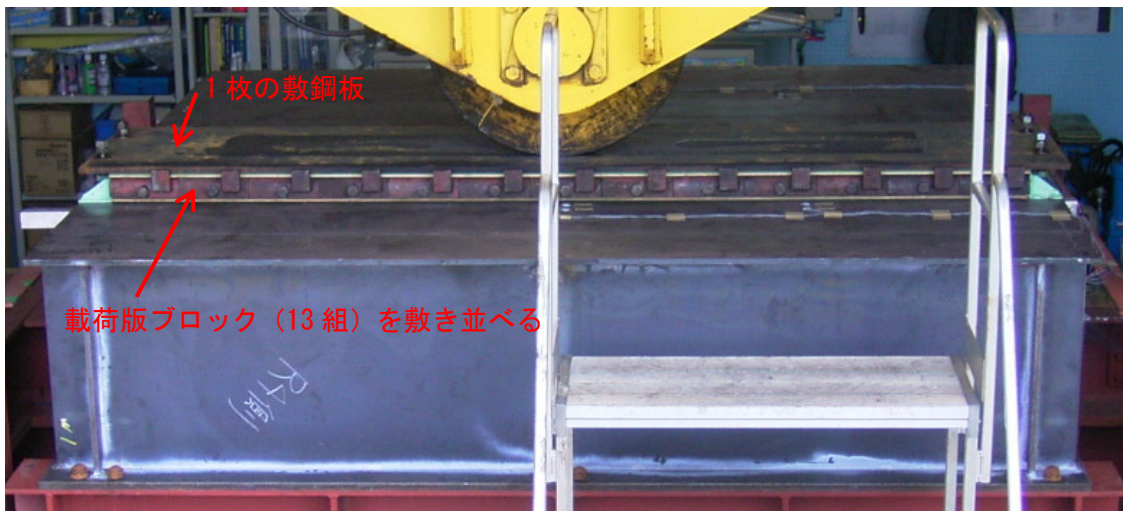


写真-3.2.3 載荷版ブロック (13組) を敷き並べて1枚の敷鋼板上からの静的多点載荷

## (2) 輪荷重走行試験

静的多点載荷後に、輪荷重走行試験を実施した。載荷荷重は 118kN とし、載荷位置は、静的多点載荷時と同様、Uリブ (t=6mm) ウェブ直上とし、載荷版は写真-3.2.3 に示すように、載荷版ブロックを橋軸方向に 13組並べ、走行範囲が 2,000mm となるようにした(図-3.2.2, 図-3.2.3)。載荷速度は片道 40 回 (往復 20 回) /分で、走行回数は片道 300 万回 (往復 150 万回) まで実施した。なお、片道 5 万回毎に走行範囲中央への静的載荷を行い、静的なひずみ・たわみデータの計測を行った。

### 3.2.4 計測項目

表-3.2.2 計測項目 CH 対応表

CH番号	記号	タイプ	位置	CH番号	記号	タイプ	位置
0	荷重			39	ADL-4-oL	1軸	デッキ下面
1	ADL-3-o	1軸	デッキ下面	40	AR4L-o	1軸	Uリブ側面
2	BDL-3-o	1軸		41	BR4L-o	1軸	
3	AR3R-ou	1軸	Uリブ側面	42	ADU-4-o	1軸	デッキ上面
4	BR3R-ou	1軸		43	BDU-4-o	1軸	
5	AR3R-oc	1軸	44	ADU-4-i	1軸		
6	ADL-4-o	1軸	45	BDU-4-i	1軸		
7	AR4L-ou	1軸	Uリブ側面	46	BDL-4-o	1軸	デッキ下面
8	AR4L-oc	1軸		47	BR4L-ou	1軸	Uリブ側面
9	—	—	—	48	ADL3-C1	集中	デッキ下面
10	ADL-4-X	2軸	デッキ下面	49	ADL3-C2		
11	ADL-4-Y	2軸		50	ADL3-C3		
12	ADL-5-X	2軸		51	ADL3-C4		
13	ADL-5-Y	2軸		52	ADL3-C5		
14	ADL-6-X	2軸		集中	53	AR3R-C1	Uリブ側面
15	ADL-6-Y	2軸	54		AR3R-C2		
16	ADL-7-Y	1軸	55		AR3R-C3		
17	AR3L-N-X	3軸	Uリブ側面	56	AR3R-C4	集中	デッキ下面
18	AR3L-N-Y			57	AR3R-C5		
19	AR3L-N-Z			58	ADL4-C1		
20	AR3R-N-X	3軸	Uリブ側面	59	ADL4-C2	集中	デッキ下面
21	AR3R-N-Y			60	ADL4-C3		
22	AR3R-N-Z			61	ADL4-C4		
23	AR3B-X	1軸	Uリブ下面	62	ADL4-C5	集中	Uリブ側面
24	AR4L-N-X	3軸	Uリブ側面	63	AR4L-C1		
25	AR4L-N-Y			64	AR4L-C2		
26	AR4L-N-Z			65	AR4L-C3		
27	AR4B-X	1軸	Uリブ下面	66	AR4L-C4		
28	ADL-3-i	高温	デッキ下面	67	AR4L-C5	変位計	
29	BDL-3-i		Uリブ内面	68	DS-D1		
30	AR3R-i		1軸	デッキ下面	69		
31	BR3R-i	Uリブ側面		70	DS-D3		
32	ADL-3-or	1軸	デッキ下面	71	DS-D4		
33	AR3R-o		Uリブ側面	72	DS-D5		
34	BR3R-o	高温	デッキ下面	73	DS-D6		
35	ADL-4-i		Uリブ内面	74	DS-R1		
36	BDL-4-i	高温	デッキ下面	75	DS-R2		
37	AR4L-i		Uリブ内面	76	DS-R3		
38	BR4L-i	1軸	Uリブ内面	77	DS-R4		

\*黄色着色部のCHについては、動的計測計により、動的なひずみ・たわみデータの計測も行った。

計測装置設置位置図を図-3.2.4~3.2.7 に示す。着目する断面は、断面 A（支間 1/2）および断面 B（支間 1/4）とした。ひずみゲージは、ゲージ長さ 3mm のものを使用した。計測項目（ひずみ・たわみデータ）の CH 対応表を表-3.2.2 に示す。計測は基本的に静的なひずみ・たわみデータであるが、CH 番号 1~4, 6~7, 69, 72 の 8CH については、動的計測計を用いて動的なひずみおよびたわみデータについても計測（周波数設定はサンプリングを 150Hz、フィルタリングを 10Hz とした）を行った。

### 3.2.5 非破壊検査

鋼床版デッキプレートと U リブ溶接部におけるルート部からデッキプレート方向に進展するき裂の成長をとらえるために、超音波による計測を実施した。適用した超音波探傷試験

は、①クリーピング波法、②表面SH波法、③端部エコー法、④垂直探傷法とした。①、②は主にき裂の有無を判定するために用いた。まず、①クリーピング波法により、各溶接線の全長を走査するとともに、②表面SH波により一定間隔(10cm)毎の定点およびクリーピング波法で異常が見つかった部位を検査した。その後、①クリーピング波法、②表面SH波法により、き裂の深さが2mm以上と判断された部位に対して、収束型斜角探触子で屈折角70度のものを用いて③端部エコー法によりき裂深さを計測した。④垂直探傷法は、溶接ビード内部を進展するき裂が発生した場合に適用するものとし参考とした。

非破壊検査を適用する溶接線は、輪荷重直下の溶接線R3Lと、隣接する溶接線R3R、R4Rの3溶接線とした。また、計測する範囲は輪荷重の走行範囲2mを20等分し、10cm間隔に区間を分けて行った。

検査を行う载荷回数は、初期状態、40万回、80万回、100万回、125万回、150万回、200万回、300万回の合計8回とした。

超音波探傷検査の詳細については、付録の「鋼床版デッキプレート-Uリブ溶接部の超音波探傷検査要領」を参照されたい。

### 3.2.6 コア抜き調査

輪荷重走行試験終了後の鋼床版試験体からコアサンプルを採取し、コアの断面マクロ・ミクロ組織観察を実施した。コアサンプルは5箇所から採取しており、それぞれのコアサンプルの採取位置を表-3.2.3に示し、コアの採取状況を写真-3.2.4~3.2.6に示す。なお、コアブローチは、外径40mm×内径32mm(抜き取られるコアの外径は32mm)深さ35mmを用いた。

#### (1) コア外周マクロ観察

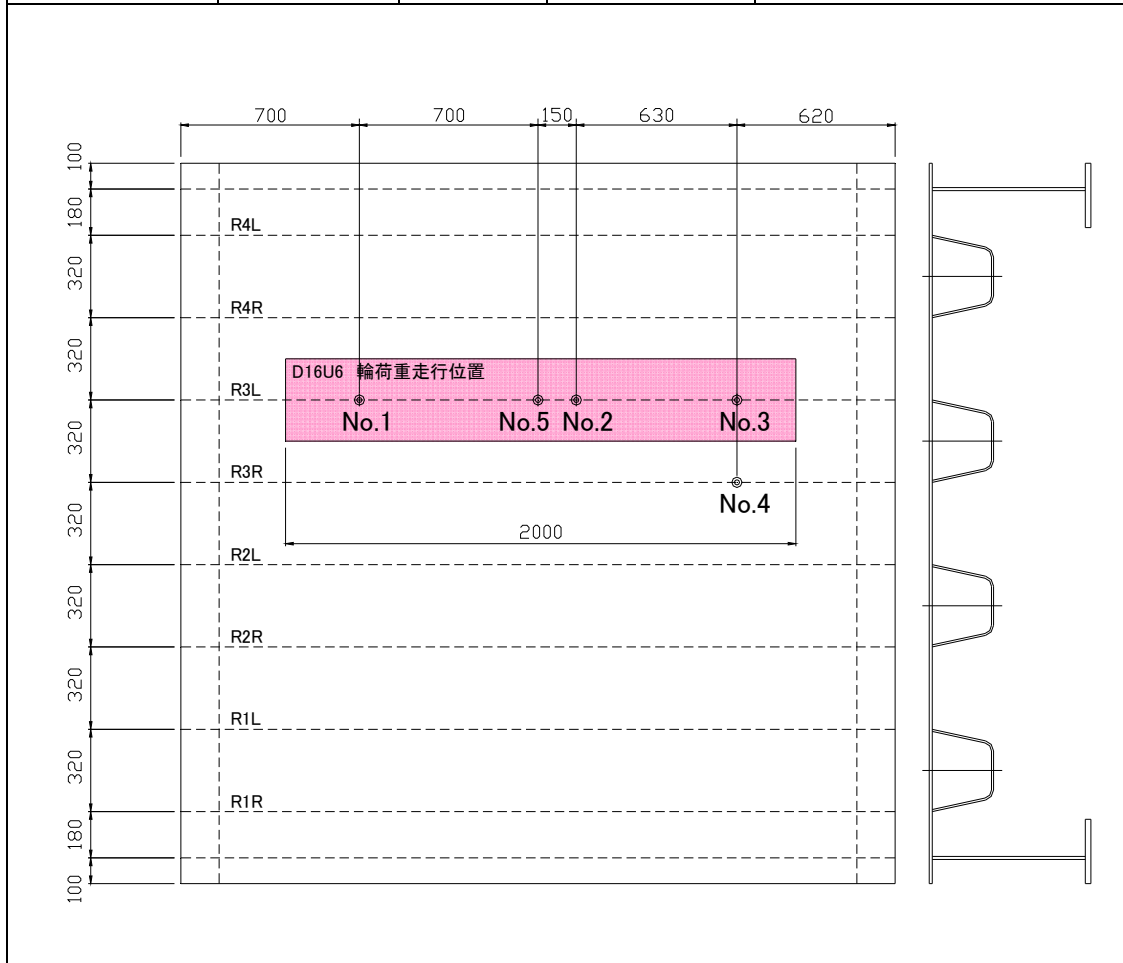
割れ発生部位の溶接状況を調べるため、コア外周のマクロ組織観察を実施した。コア外周は、湿式研磨にて#100~#1000までの研磨を行った後、1 $\mu$ mのダイヤモンドペーストで鏡面研磨を施した。鏡面研磨の後、3%ナイトル溶液を用いて溶接金属部の組織を現出して撮影を行った。抜き取られたコアサンプルの割れ発生状況を観察するため、磁粉探傷試験を実施した。磁粉探傷試験は極間法を用いて湿式蛍光磁粉探傷試験を行った。

#### (2) コア断面組織観察

割れ発生状況を観察するため、コア断面の組織観察を行った。断面の組織観察はコアサンプルを湿式切断機を用いて2分割し、切断されたサンプルの片方を樹脂に埋め込み、湿式研磨にて#100~#1000までの研磨を行った後、1 $\mu$ mのダイヤモンドペーストで鏡面研磨を施し、さらに0.25 $\mu$ mのアルミナ粉末によって詳細な研磨を施した。研磨の後、3%ナイトル溶液を用いて組織を現出してマクロ組織およびミクロ組織観察を行った。なお、観察倍率は、断面マクロ組織観察の場合は10倍、断面ミクロ組織観察の場合は100倍とした。

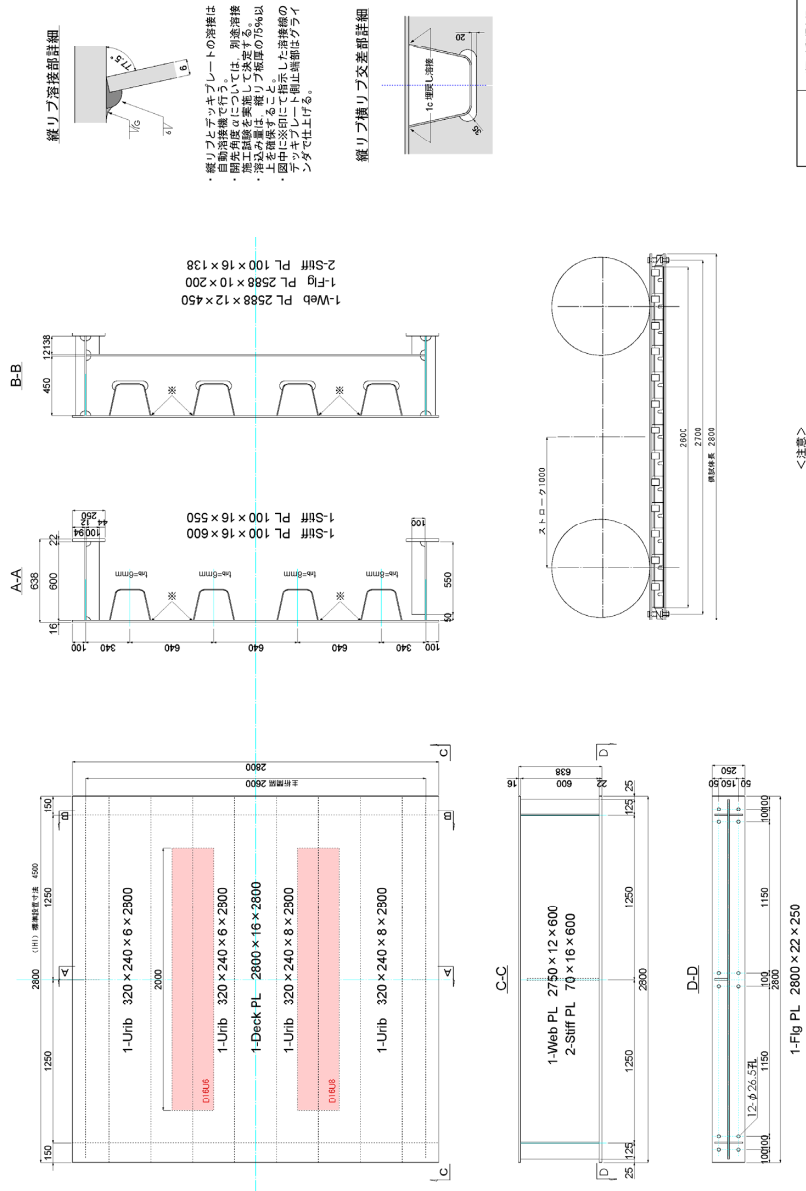
表-3.2.3 コア採取位置

対象溶接線	コア記号	採取位置		採取目的
		超音波 測定番号	採取位置 (mm)	
R3L	No.1	4	700	健全部
	No.2	12~13	1550	き裂検出部
	No.3	18~19	2180	き裂検出部 (仮付溶接)
	No.5	11	1400	センターライン
R3R	No.4	18~19	2180	き裂検出部 (仮付溶接)

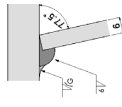


鋼床版移動輪荷重試験供試体（供試体A）

Ver.01

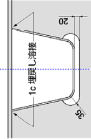


線リブ溶接部詳細



- 線リブとデッキプレートとの溶接は自動溶接機で行う。別添溶接施工記録を添付して送付する。
- 溶込み量は、線リブ振度の75%以上を確保することとし、溶接部の中央部（リフト部）は溶接部のシフトで仕上げる。

線リブ横リブ交差部詳細

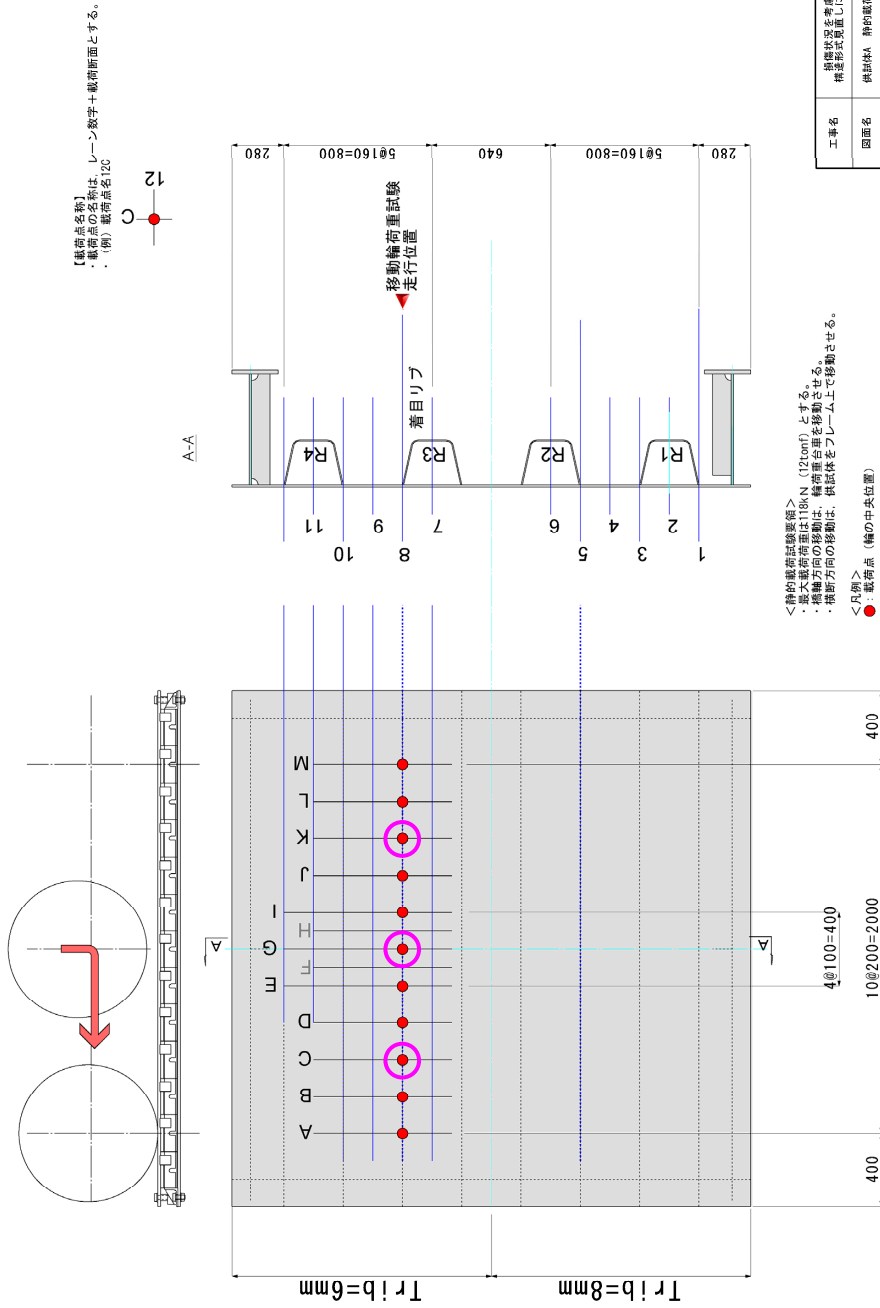


工事名	⑧ 鋼床版の疲労設計に関する共同研究 鋼床版移動輪荷重試験供試体製作		
図面名	鋼床版供試体（供試体A）		
縮尺	1/	図面番号	/
設計			
発注者	（社）日本鋼業建設局 鋼床版設計特別委員会		

- <注釈>
- 鋼床版の構成は材料表に示す。
  - 特定名称材料表に6面は示す。
  - 鋼床版の構成は材料表に示す。
  - 線リブ振度は10mmとし、溶接はV型溶接とする。
  - デッキプレートの溶接は自動溶接機で行う。
  - デッキプレートの溶接は自動溶接機で行う。
  - 溶接は自動溶接機で行う。
  - 溶接は自動溶接機で行う。

図-3.2.1 鋼床版供試体Aの寸法及び諸元

静的多点載荷試験・載荷点



<静的載荷試験試験条件>  
 ・最大載荷荷重は118kN (12tonf) とする。  
 ・横断方向の移動は、線荷重台車を移動させる。  
 ・横断方向の移動は、拱脚体をフレーム上で移動させる。  
 <凡例>  
 ●：載荷点 (輪の中央位置)

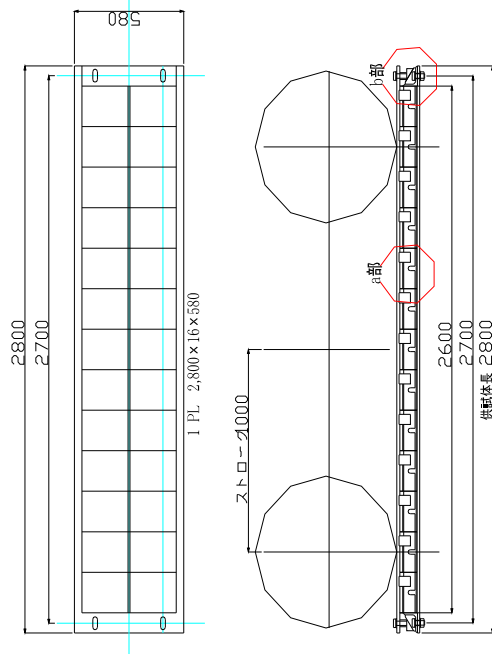
工事名	拱脚架を考慮した橋脚の構造形式並びに両子も共同研究		
図面名	拱脚架A 静的載荷試験 載荷位置		
図尺	1/	図面番号	/
設計			
発注者			

図-3.2.2 静的載荷試験の載荷位置

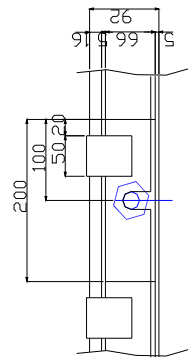


鋼床版移動輪荷重試験 軌道レール図

載荷板

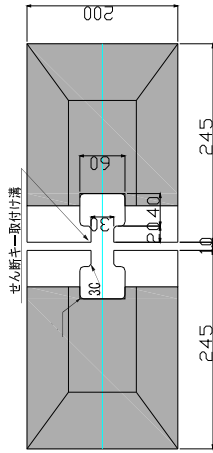


"a部詳細"

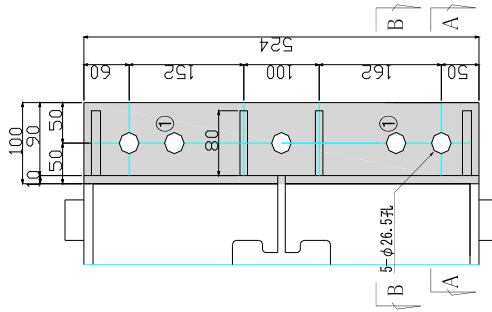


- 1-L 100x75x524 (不等辺山形鋼)
- 4-Rib PL 55x9x80
- 3-H.T.B. M22x65 (F10T)
- 2-H.T.B. M22x150 (F10T)

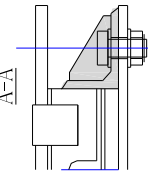
載荷板ブロック (後輪モデル) 全3体製作



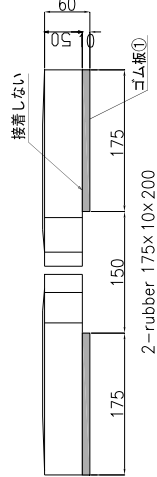
ストッパー 全2体製作



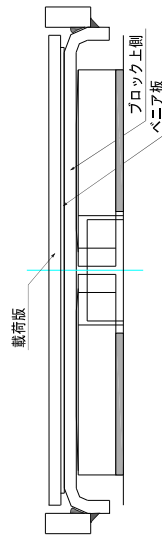
"b部詳細"



【注意】：ストッパーはボルト孔①で、載荷板はボルト孔②でデッキプレートと連結する。



【注意】：せん断キー、載荷ブロックは既存を利用する。  
ゴム板①は、ウレタンゴム (t=10程度) を用いる。



【注意】：ブロック上側、ベニア板は既存を利用する。

<注意>

- ・精配な金属材料種類は全てS400とする。
- ・溶接脚長は4mmとする。

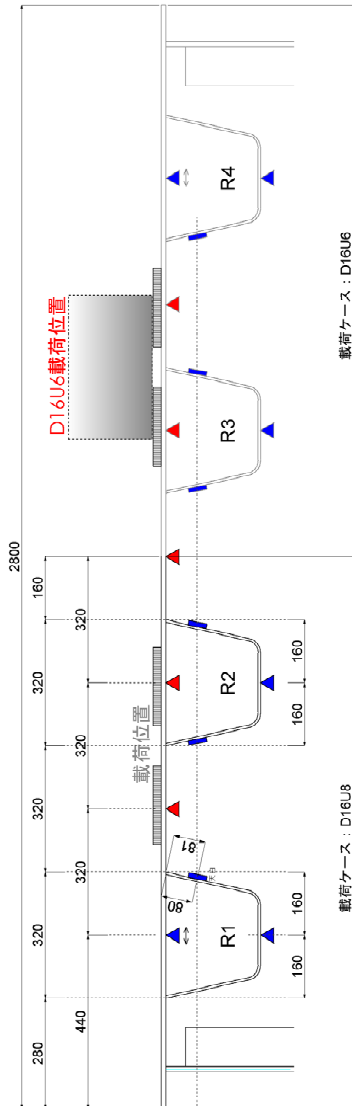
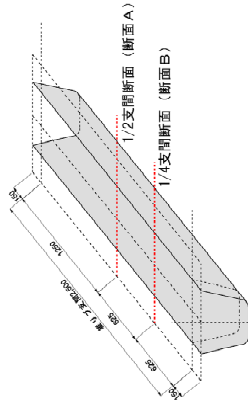
工事名	鋼床版供試体A
図面名	移動輪荷重試験軌道レール図
縮尺	1/
図面番号	1/
設計	1/
発注者	1/

図一3.2.3 鋼床版供試体A 載荷板形状図

鋼床版移動輪荷重試験 センサー設置位置 (T16)  
【供試体 A】

● 一般部ひずみゲージ (断面A)

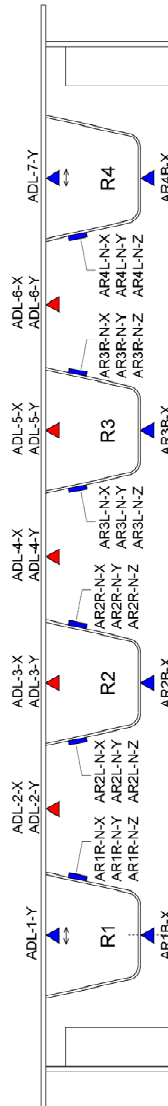
1) 貼付位置



※ 左右対称の位置に貼付する

↓矢印は横断方向が密度方向であることを示す。  
矢印のない場合は、横断方向とする。

2) 名称



3) センサー類 員数

- 供試体 1 体あたり
- ▲ : 1軸ゲージ (FLA-3-11-5LT) × 6枚
  - ▲ : 2軸ゲージ (FCA-3-11-5LT) × 5枚
  - ▲ : 3軸ゲージ (FRA-3-11-5LT) × 6枚

- : FLA-3-11-5LT
- : FCA-3-11-5LT
- : FRA-3-11-5LT

工事名	試験状況を整理し、供試体の構造を位置して行う共同研究		
図面名	供試体A 計測センサー取り付け位置		
縮尺	1/1	図面番号	-
設計			
発注者			

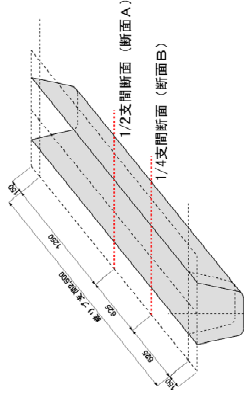
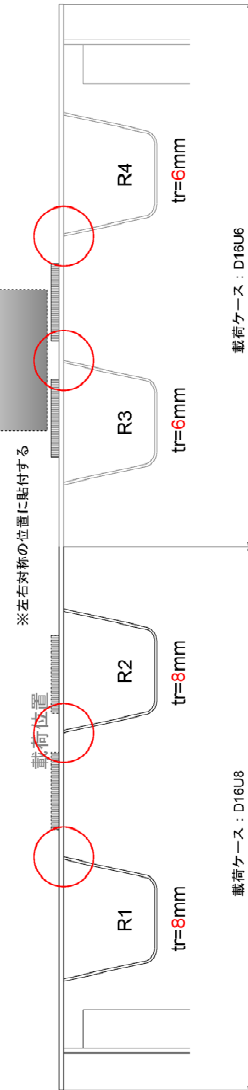
図-3.2.4 鋼床版供試体A センサー設置位置(1)

鋼床版移動輪荷重試験 センサー設置位置 (T16)

【供試体 A】

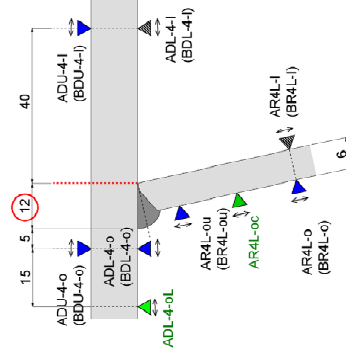
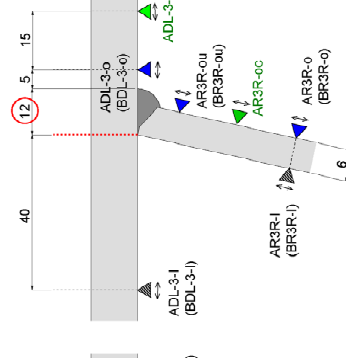
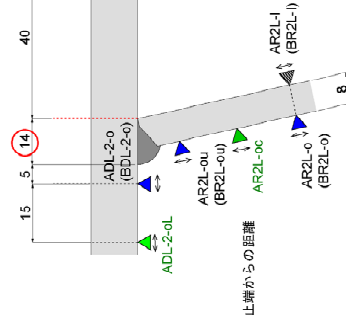
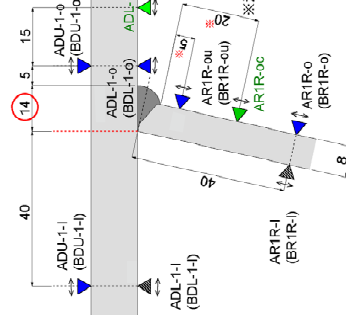
● Uリブ溶接部ひずみゲージ (断面A, 断面B)

1) 貼付位置および名称



載荷ケース : D16U8

載荷ケース : D16U6



2) センサー類 員数

供試体 1 体あたり

- ▲ : 1軸ゲージ (FLA-3-11-5LT) × 32枚
- ▲ : 1軸ゲージA断面のみ追加分 (FLA-3-11-5LT) × 8枚
- ▲ : 高温用ゲージ (ZFLA-3-350-11-4FA-5LT) × 16枚

【注意】

- 1) 本図に示すゲージは全て影線方向を横断方向とする。
- 2) Uリブ内部のひずみゲージは供試体組み立て前に貼付する。
- 3) Uリブ溶接時は、ひずみゲージに影線管を含まないよう留意すること。
- 4) 追加ゲージは、A断面にのみ施工すること。

工事名	鋼床版移動輪荷重試験(鋼床版の構造形式見直し)に関する共同研究
図面名	供試体A 計測センサー取付け位置
縮尺	1/1
図面番号	1/1
設計	
発注者	

図-3.2.5 鋼床版供試体Aセンサー設置位置(2)

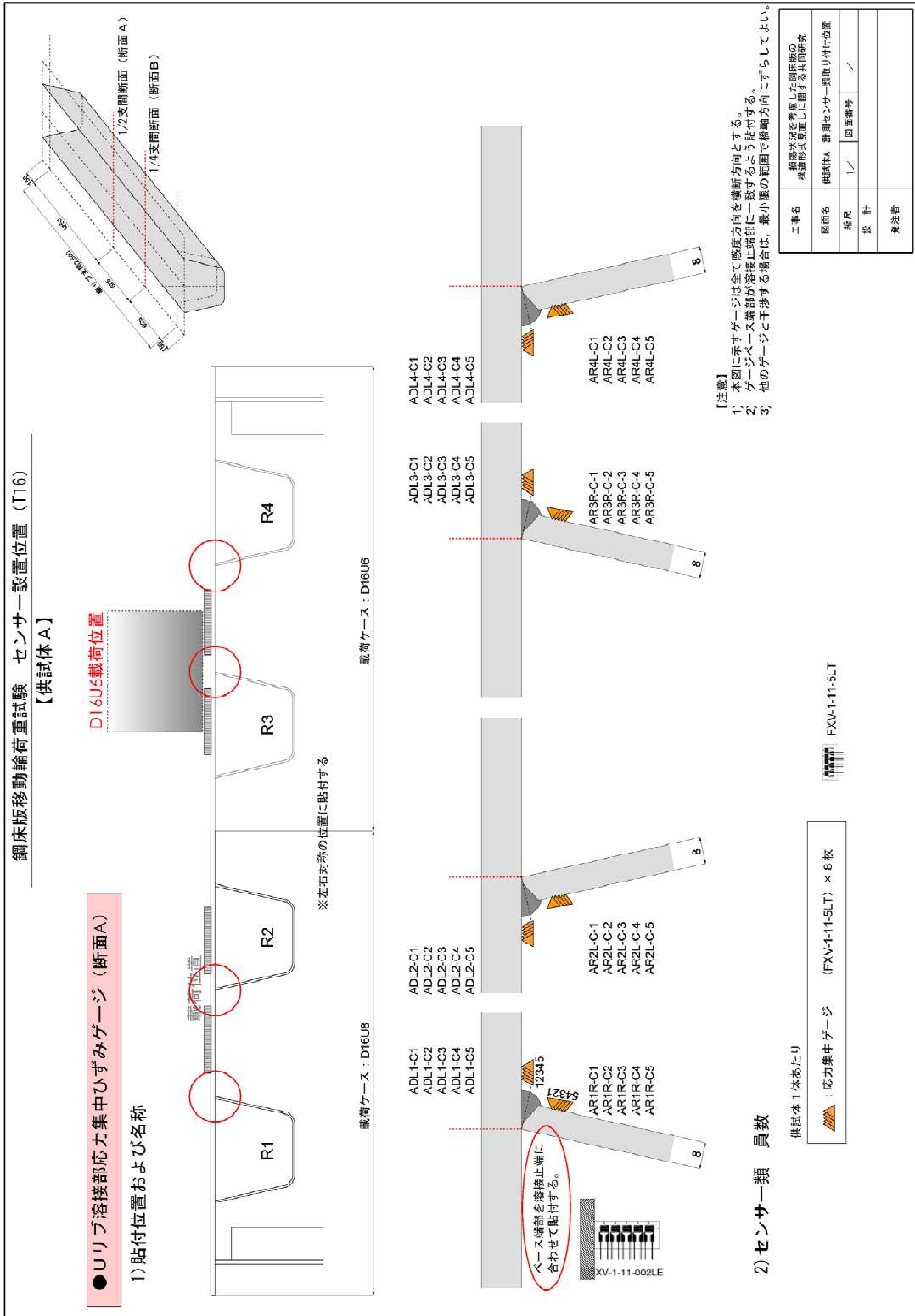


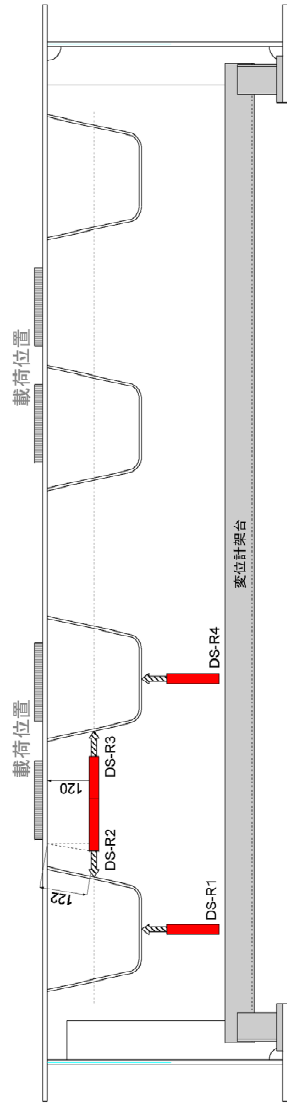
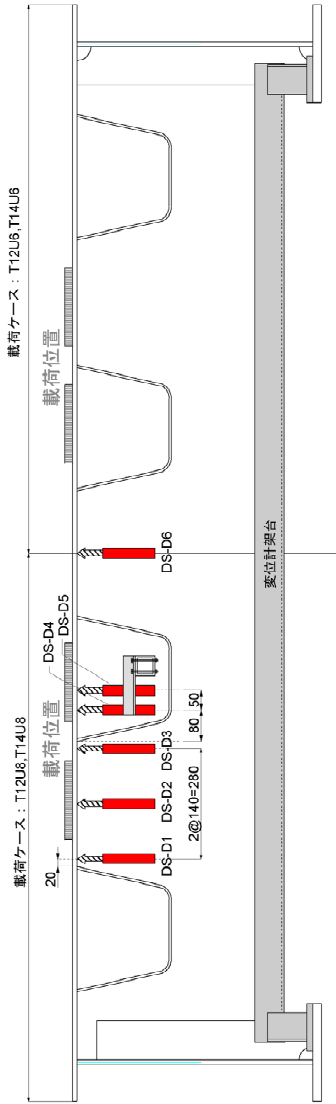
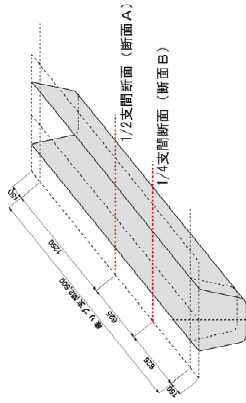
図-3.2.6 鋼床版供試体A センサー設置位置(3)

鋼床版移動輪荷重試験 センサー設置位置 (T16)

【供試体A】

●鋼床版鉛直変位 (断面A)

1) 計測位置および名称



2) センサー類 員数

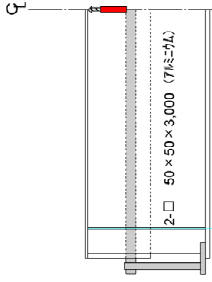
供試体1体あたり

←赤線→ : 変位計 (GDP-25) × 12台  
 ←黒線→ : 変位計は載荷ケース角の活用はしない



GDP-25

Uリブ内変位計架台取付図



Uリブ内部の変位計は、アルミニウム製の角材により架台を製作し取り付ける。

【注意】

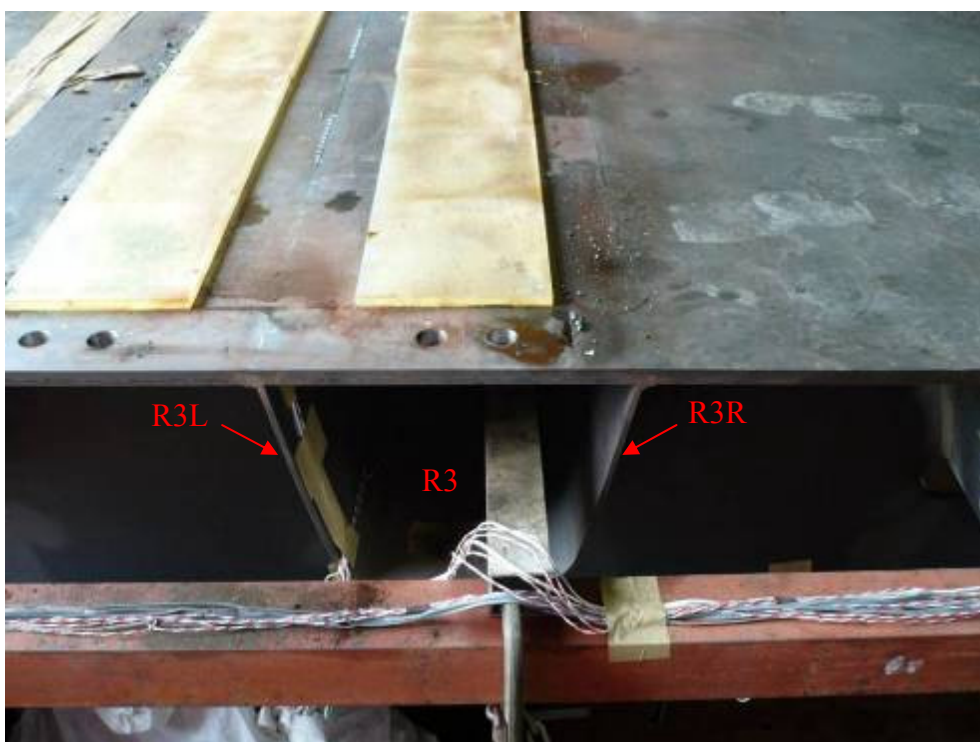
- 1) 変位のゼロ点は主桁下フランジからとるものとする。
- 2) Uリブ内部の変位計以外は、試験ケース箱を対象に配置しなさい。
- 3) 他の変位計やゲージ類と干渉する場合は、最小限の範囲で巻線方向にずらすことよ。

工事名	橋梁はるを修繕した鋼床の構造形式変置しに際する共同研究		
図面名	供試体	計測センサー架台取り付け位置	
縮尺	1/	図面番号	/
数	計		
検査者			

図-3.2.7 鋼床版供試体Aセンサー設置位置(4)



(a) デッキ上面側



(b) 注目リブ(R3部)

写真-3.2.4 鋼床版試験体の外観



(a) 切削油噴霧状況



(b) コア切削状況

写真-3.2.5 コア抜き作業状況



(a) コア切削完了 (デッキ上面側より)



(b) コア切削完了 (デッキ下面側より)

写真-3.2.6 コア抜き完了



### 3.3 試験結果

#### 3.3.1 静的多点载荷結果

##### (1) 静的多点载荷試験：方法①（载荷ブロック1組毎の载荷）

図-3.2.2 に示す橋軸方向の 11 点に静的多点载荷を行ったときの、着目溶接部における横断方向ひずみの橋軸方向影響線を図-3.3.1 に示す。図-3.3.1 より、輪荷重载荷直下の溶接止端から 5mm 位置のデッキ橋直方向応力のひずみ範囲は 1/2 支点 (ADL-3-o), 1/4 支点 (BDL-3-o) で各々, 786, 809  $\mu$  であった。

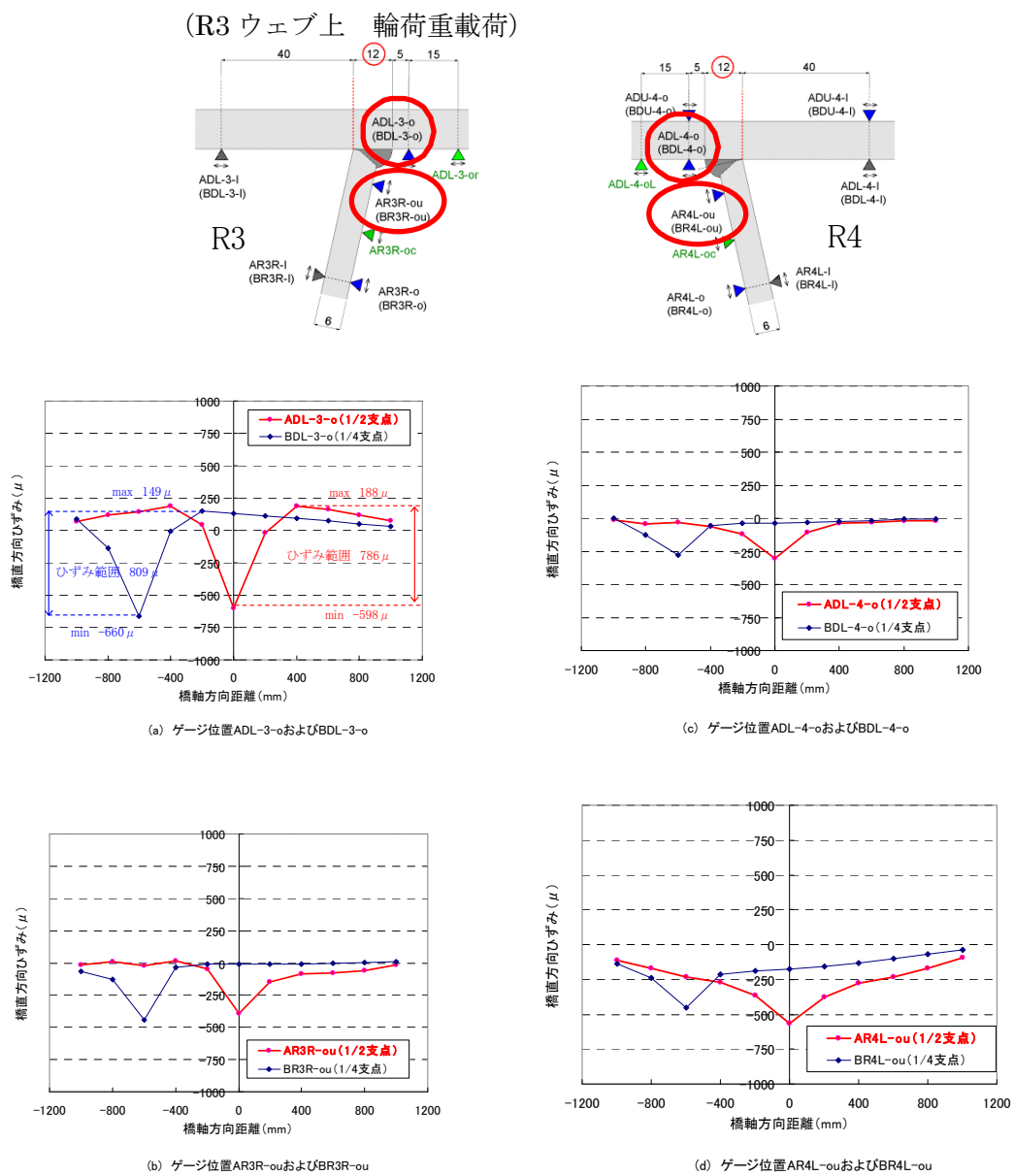


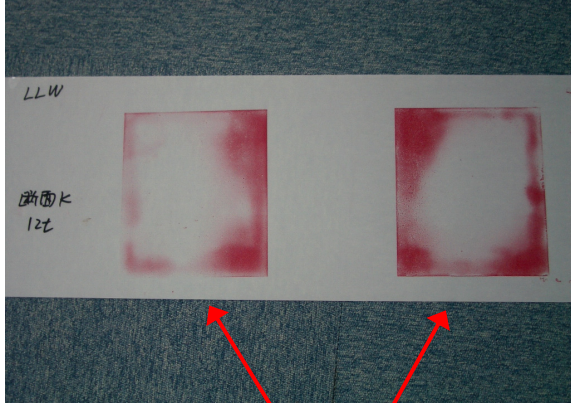


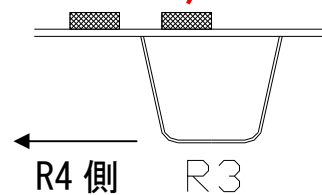
図-3.3.1 着目溶接部における横断方向ひずみの橋軸方向影響線（方法①）

(2) 面圧測定結果

方法①の静的載荷試験における、面圧分布の測定結果を表-3.3.1 に示す。表-3.3.1 より、左右の面圧分布はほぼ同程度になっていることが確認できた。

表-3.3.1 面圧測定結果

荷重載荷断面位置	圧力分布測定結果
C	
G	
K	



(3) 静的多点載荷試験：方法②（敷鋼板上からの載荷）

敷鋼板上から橋軸方向に11点静的多点載荷を行ったときの、着目溶接部における横断方向ひずみの橋軸方向影響線を図-3.3.2に示す。着目部溶接位置のデッキ橋直方向ひずみ（1/2支点（ADL-3-o）、1/4支点（BDL-3-o））について、方法①の静的多点載荷試験結果と比較したものを各々、表-3.3.2、表-3.3.3に示す。これより、敷鋼板自体の剛性と荷重分散効果によりひずみは7割程度に低減することがわかる。

表-3.3.2 着目溶接部における静的載荷結果比較(1) (ADL-3-o)

	①直接静的載荷結果	②敷鋼板上からの静的載荷結果	②/①
max	188	140	0.74
min	-598	-405	0.68
ひずみ範囲	786	545	0.69

表-3.3.3 着目溶接部における静的載荷結果比較(2) (BDL-3-o)

	①直接静的載荷結果	②敷鋼板上からの静的載荷結果	②/①
max	149	104	0.70
min	-660	-451	0.68
ひずみ範囲	809	555	0.69

(R3 ウェブ上 輪荷重載荷)

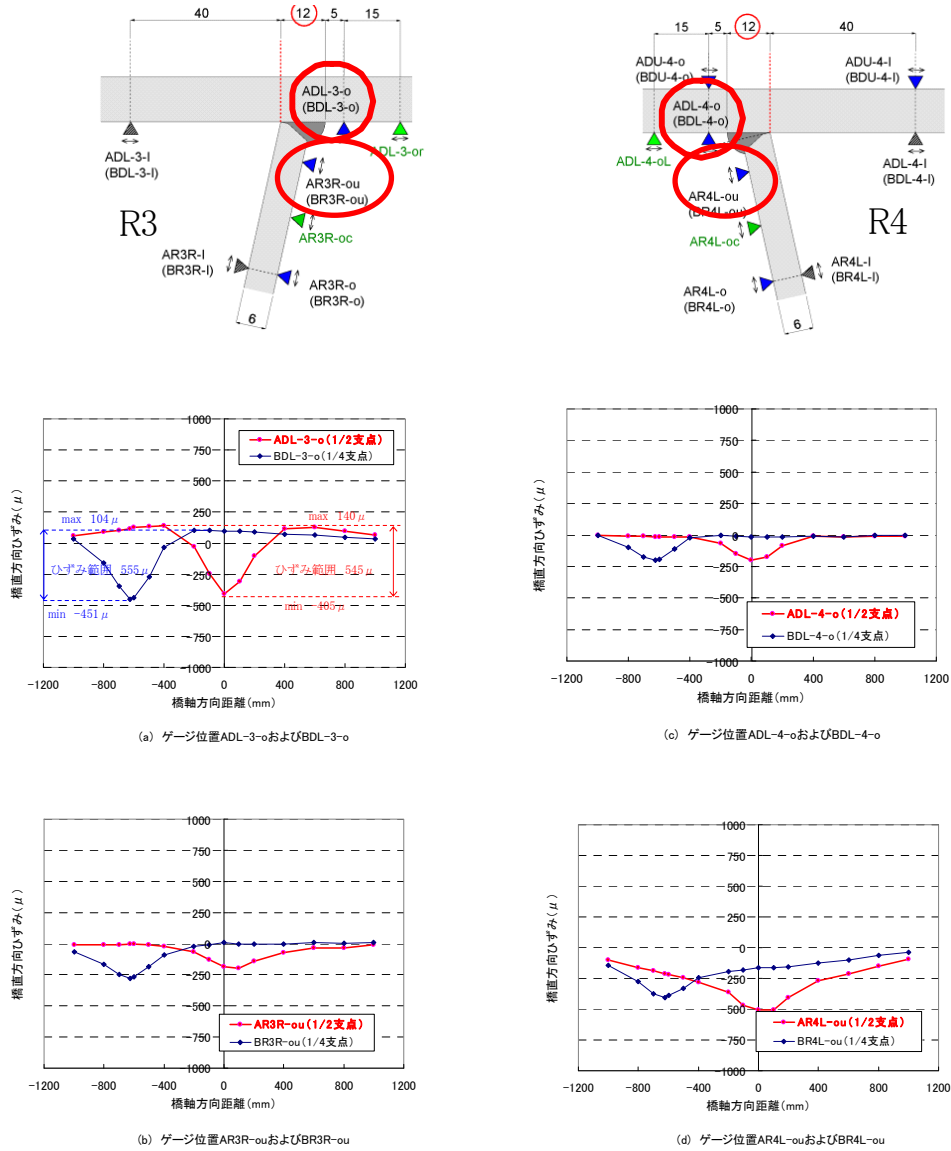


図-3.3.2 着目溶接部における横断方向応力の橋軸方向影響線 (方法②)

### 3.3.2 輪荷重走行試験結果

#### (1) 動的計測による橋軸方向影響線

表-3.2.2 に示す動的計測チャンネル(8CH)の計測結果を下記3ステージに分けて、図-3.3.3～5に示す。

- (a) 走行開始初期時 (片道 30 万回走行終了時)
- (b) 走行中間時 (片道 195 万回走行終了時)
- (c) 走行終了時 (片道 300 万回走行終了時)

図-3.3.3～5 より、1 往復 (周期 3.2 sec 程度) の間に着目点 (1/2 支点 (ADL-3-o), 1/4 支点 (BDL-3-o)) のひずみ範囲は 635～650  $\mu$  程度であった。また、着目点の鉛直変位 (DS-D2, DS-D5) は 1.3～1.5mm 程度の振幅であった。これらは走行開始初期時から走行終了時までほとんど同程度の振幅であり、特に大きな変化は見られていない。

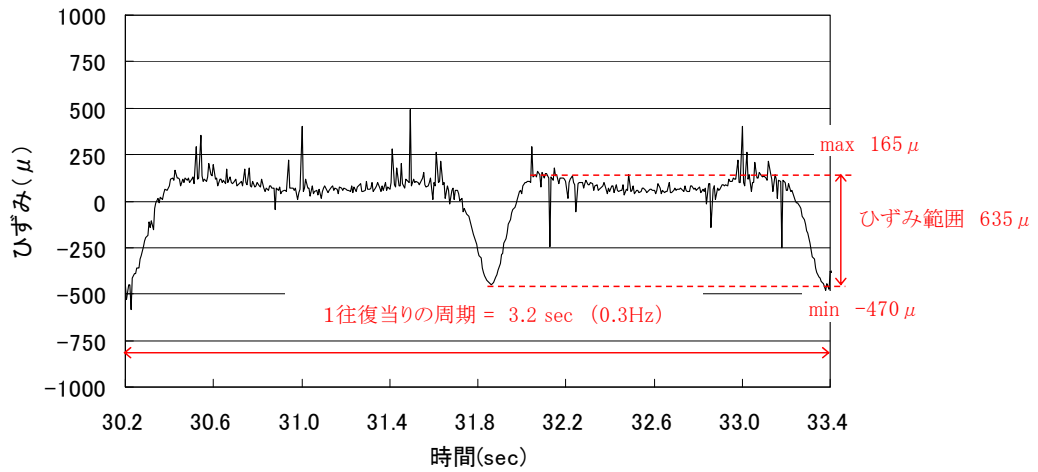
なお、着目部溶接位置のデッキ橋直方向ひずみ (1/2 支点 (ADL-3-o), 1/4 支点 (BDL-3-o)) について、敷鋼板上からの静的載荷結果 (方法②) と比較したものを各々、表-3.3.4 及び 5 に示す。これより、衝撃がひずみ範囲に与える影響は 2 割程度であることがわかる。

表-3.3.4 着目溶接部における静的・動的計測結果比較(1) (ADL-3-o)

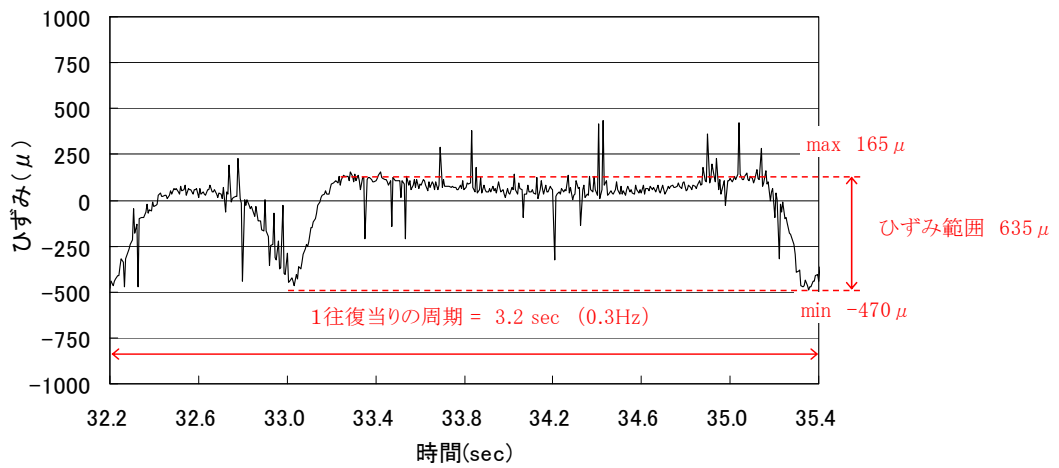
	①敷鋼板上からの静的載荷結果	②動的計測結果 (平均値)	②/①
max	140	190.0	1.36
min	-405	-453.5	1.12
ひずみ範囲	545	643.5	1.18

表-3.3.5 着目溶接部における静的・動的計測結果比較(2) (BDL-3-o)

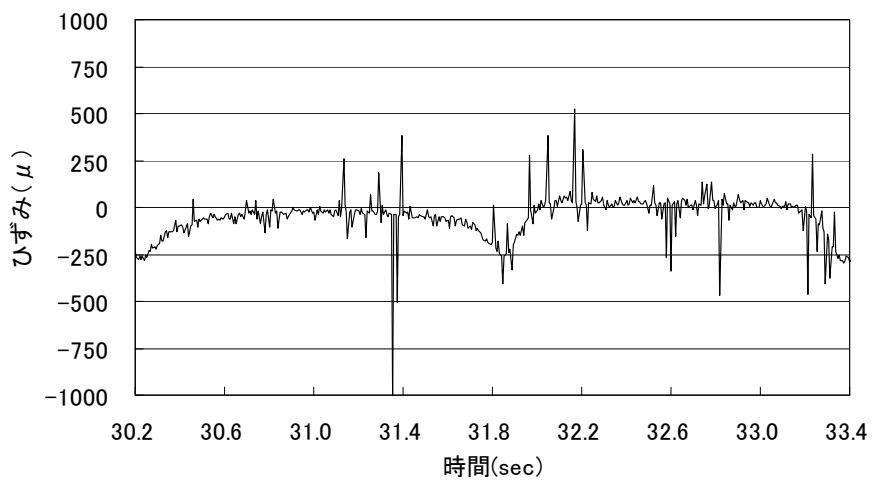
	①敷鋼板上からの静的載荷結果	(平均値)	②/①
max	104	181.5	1.75
min	-451	-456.5	1.01
ひずみ範囲	555	638.5	1.15



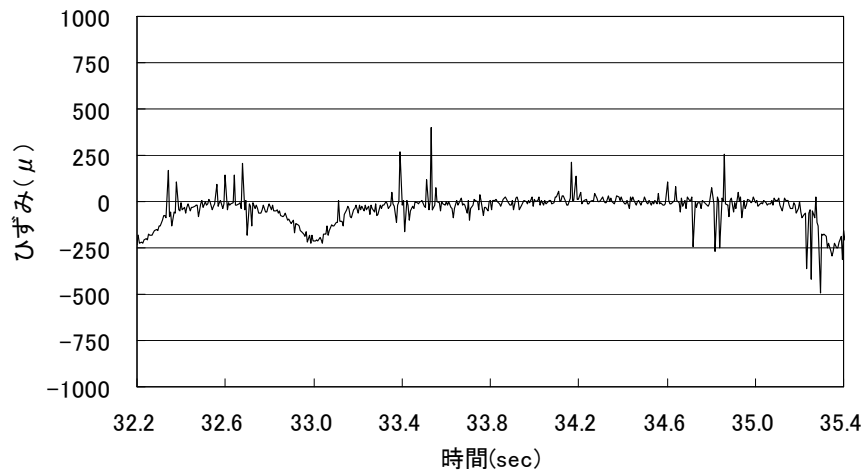
(a) 動的ひずみデータ (ADL-3-O) (30.2~33.4秒表示)



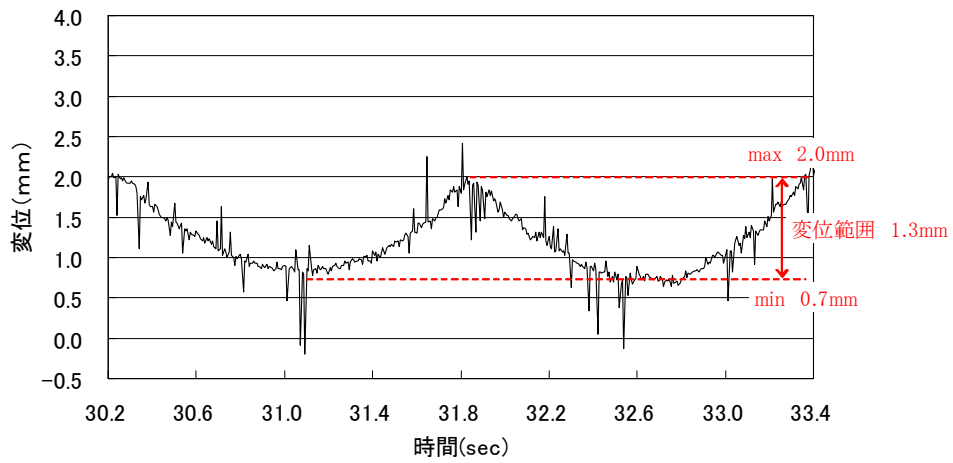
(b) 動的ひずみデータ (BDL-3-O) (32.2~35.4秒表示)



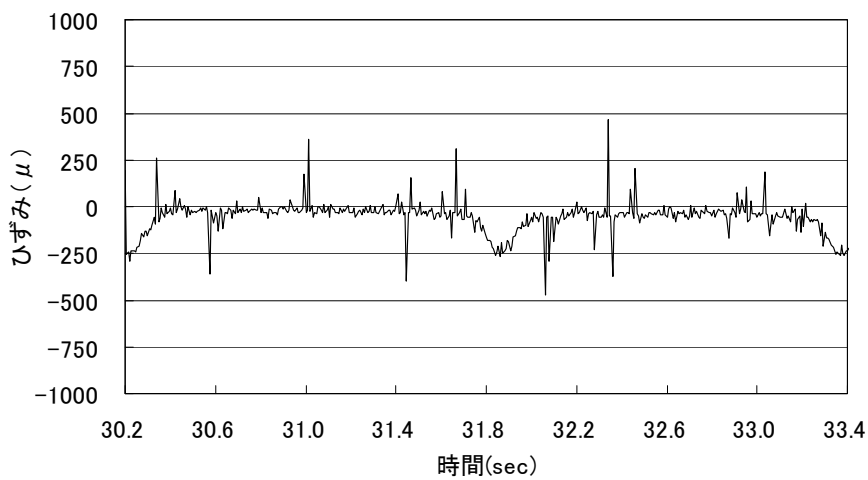
(c) 動的ひずみデータ (AR3R-OU) (30.2~33.4秒表示)



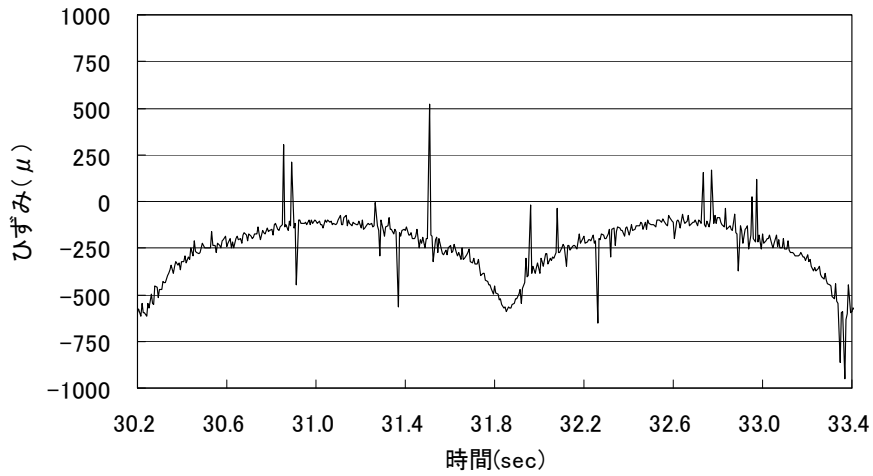
(d) 動的ひずみデータ (BR3R-OU) (32.2~35.4秒表示)



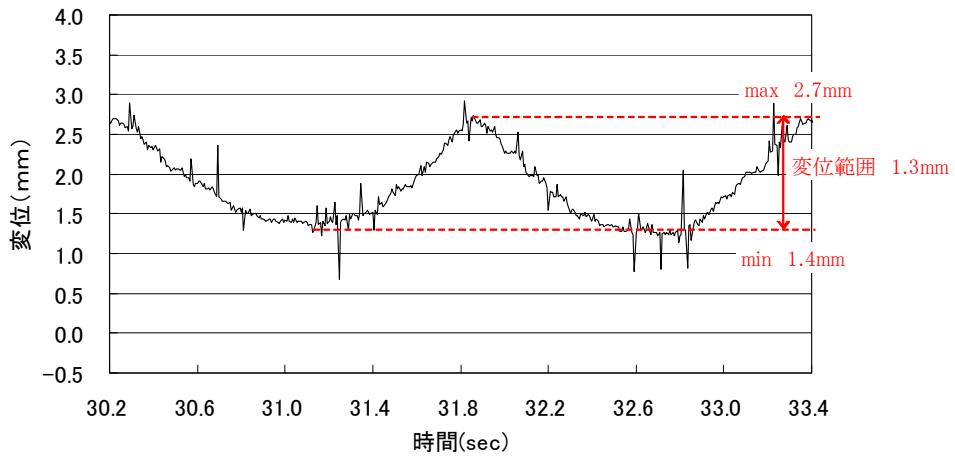
(e) 動的変位データ (DS-D2) (30.2~33.4秒表示)



(f) 動的ひずみデータ (ADL-4-O) (30.2~33.4秒表示)



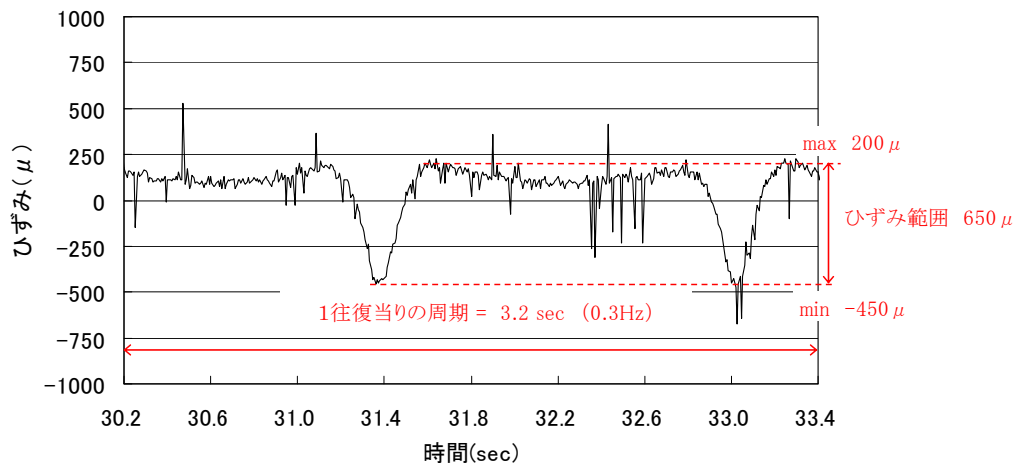
(g) 動的ひずみデータ (AR4L-OU) (30.2~33.4秒表示)



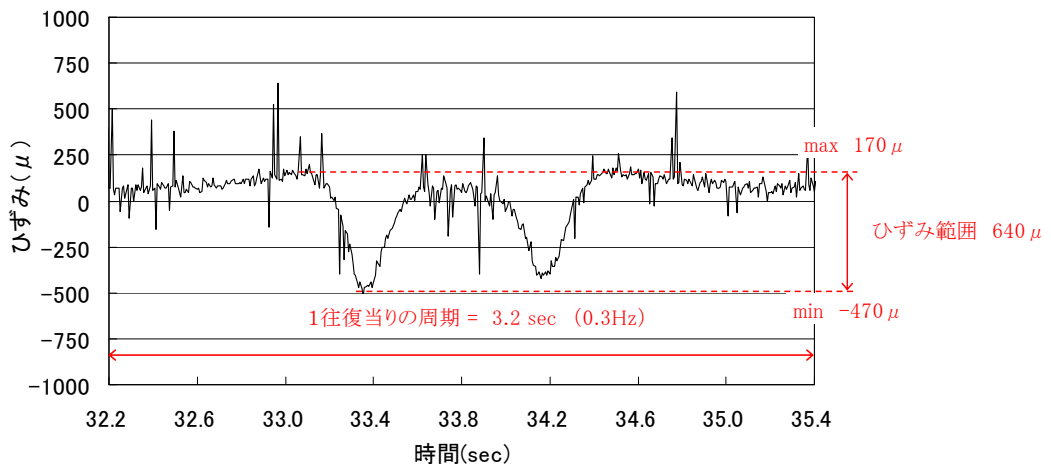
(h) 動的変位データ (DS-D5) (30.2~33.4秒表示)

図-3.3.3 動的計測による橋軸方向影響線 (片道 30 万回走行終了時)

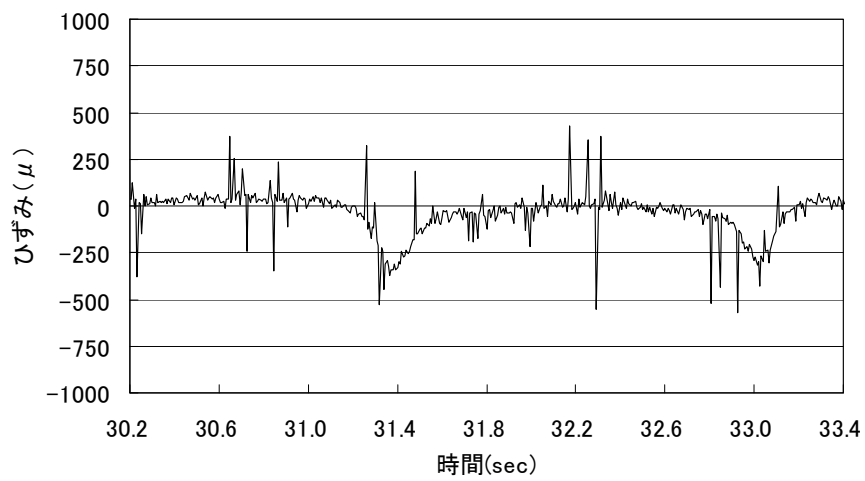




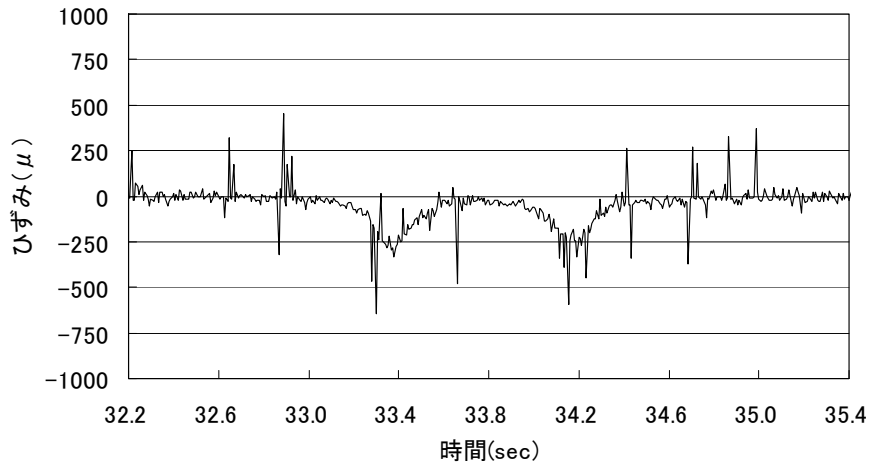
(a) 動的ひずみデータ (ADL-3-O) (30.2~33.4秒表示)



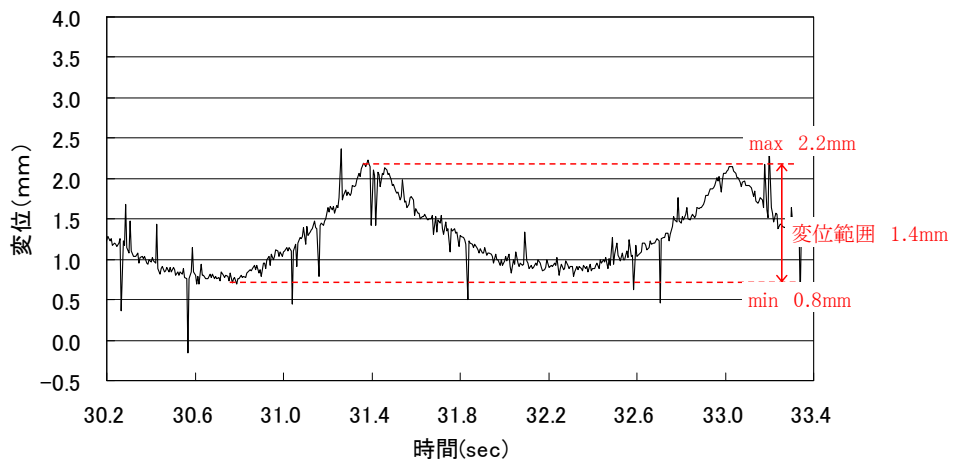
(b) 動的ひずみデータ (BDL-3-O) (32.2~35.4秒表示)



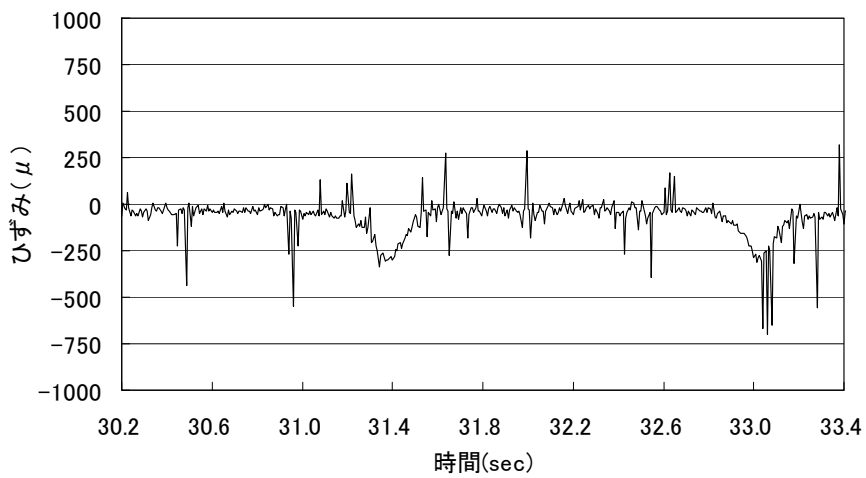
(c) 動的ひずみデータ (AR3R-OU) (30.2~33.4秒表示)



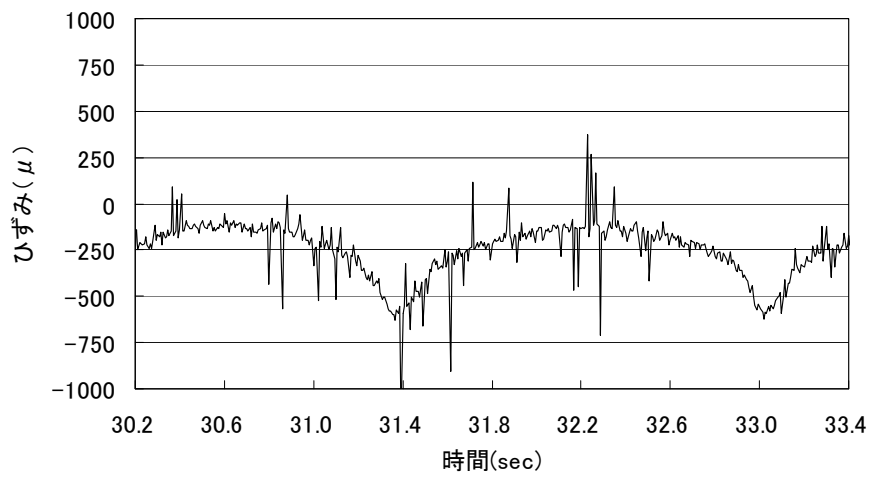
(d) 動的ひずみデータ (BR3R-OU) (32.2~35.4秒表示)



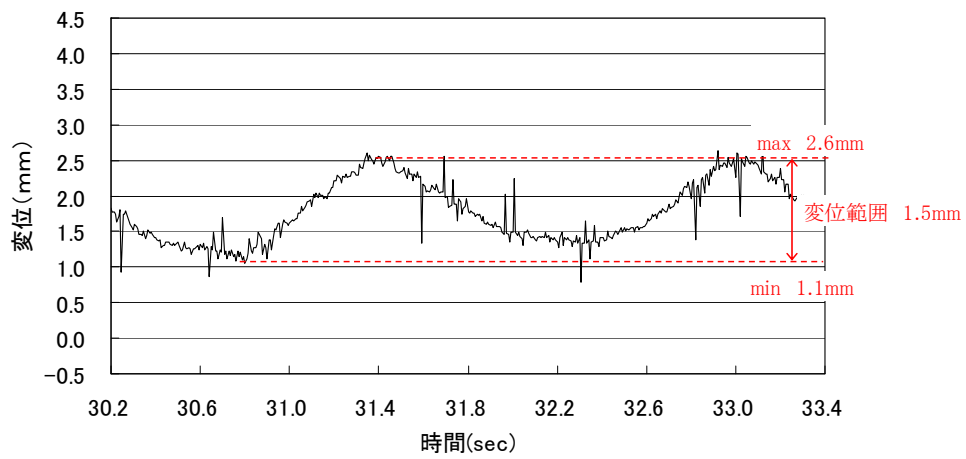
(e) 動の変位データ (DS-D2) (30.2~33.4秒表示)



(f) 動的ひずみデータ (ADL-4-O) (30.2~33.4秒表示)

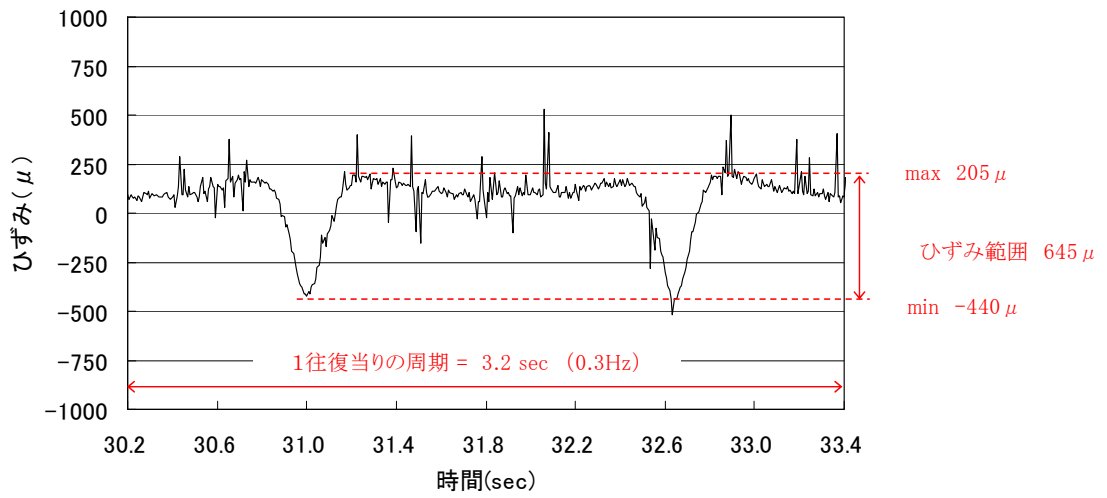


(g) 動的ひずみデータ (AR4L-OU) (30.2~33.4秒表示)

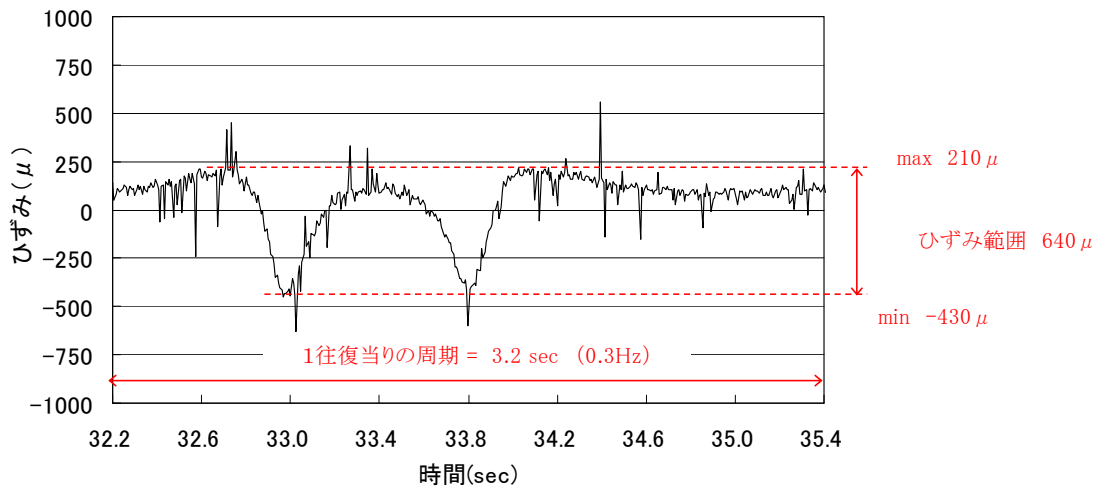


(h) 動的変位データ (DS-D5) (30.2~33.4秒表示)

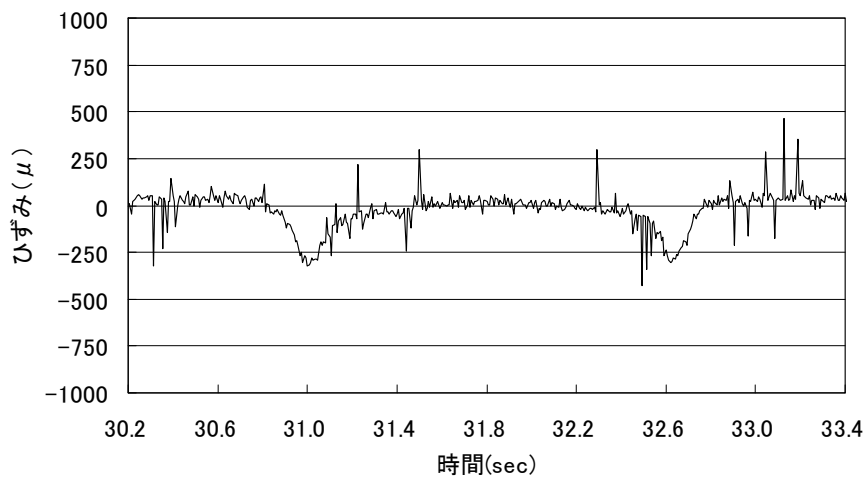
図-3.3.4 動的計測による橋軸方向影響線 (片道 195 万回走行終了時)



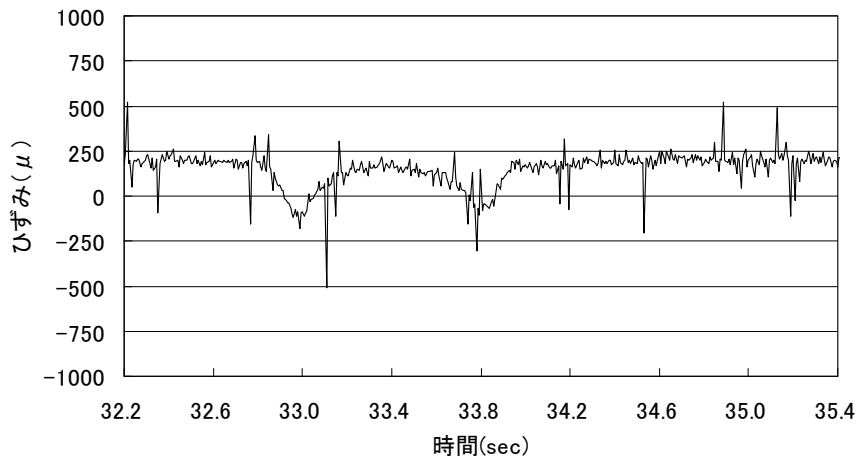
(a) 動的ひずみデータ (ADL-3-O) (30.2~33.4秒表示)



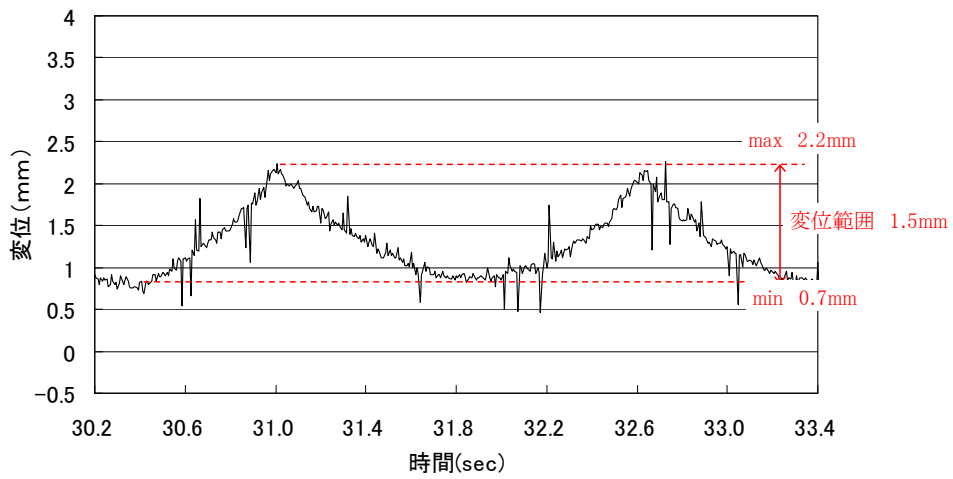
(b) 動的ひずみデータ (BDL-3-O) (32.2~35.4秒表示)



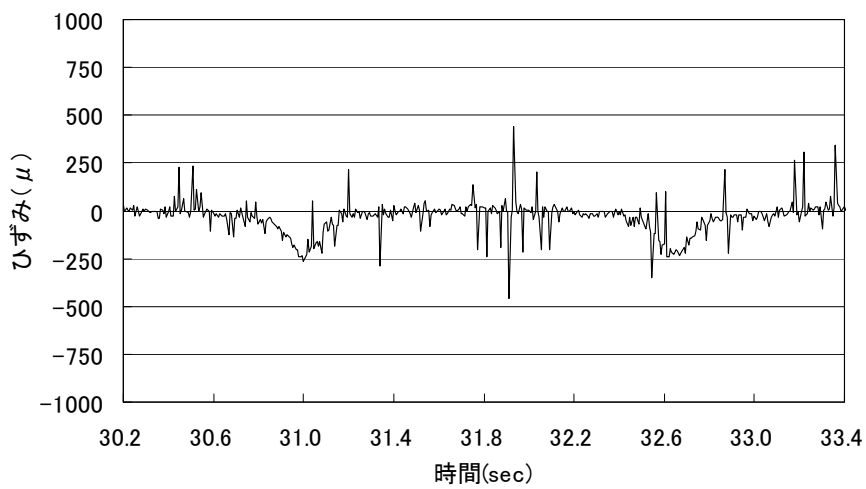
(c) 動的ひずみデータ (AR3R-OU) (30.2~33.4秒表示)



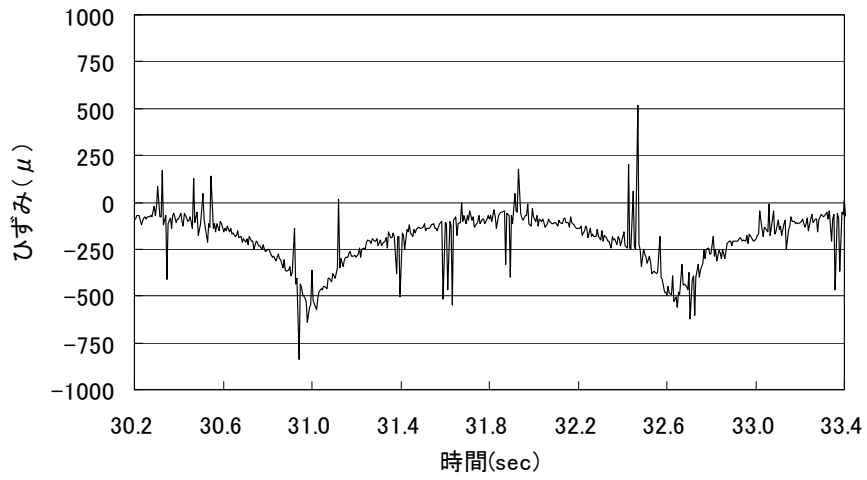
(d) 動的ひずみデータ (BR3R-OU) (32.2~35.4秒表示)



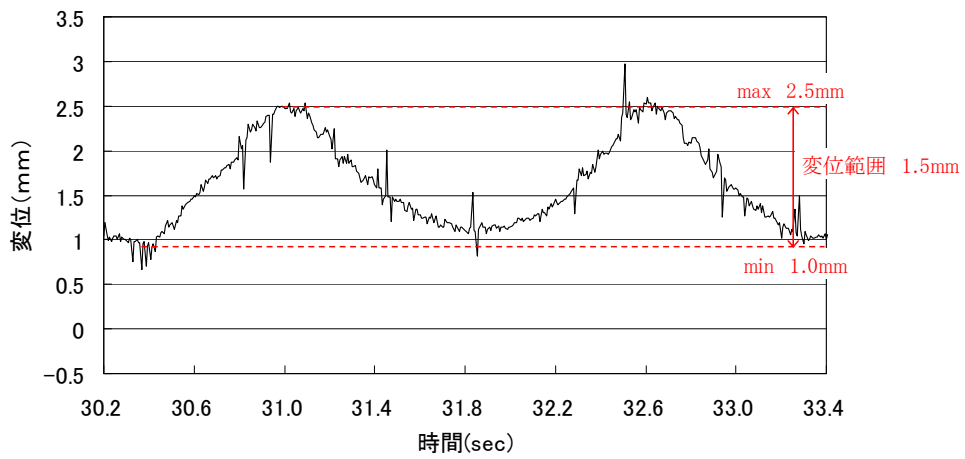
(e) 動の変位データ (DS-D2) (30.2~33.4秒表示)



(f) 動的ひずみデータ (ADL-4-O) (30.2~33.4秒表示)



(g) 動的ひずみデータ (AR4L-OU) (30.2~33.4秒表示)



(h) 動的変位データ (DS-D5) (30.2~33.4秒表示)

図-3.3.5 動的計測による橋軸方向影響線 (片道 300 万回走行終了時)

(2) 走行回数に伴う、ひずみ・変位の推移

5万回走行終了おきに、支間中央に静的载荷を行い、ひずみ・たわみデータを取得しているが、各計測チャンネルにおける静的ひずみ・たわみと走行回数の関係を以下の図に示す。

a) 着目点（動的計測チャンネル（8CH））

動的計測チャンネル（8CH）における静的ひずみ・たわみと走行回数の関係を図-3.3.6～3.3.7に示す。図-3.3.6～3.3.7より、300万回走行終了まで比較的安定して推移しており、床版としての剛性が確保されていることがわかる。

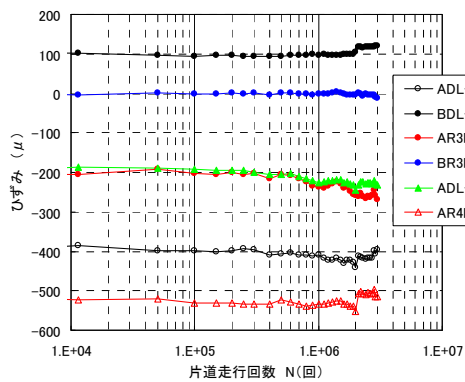
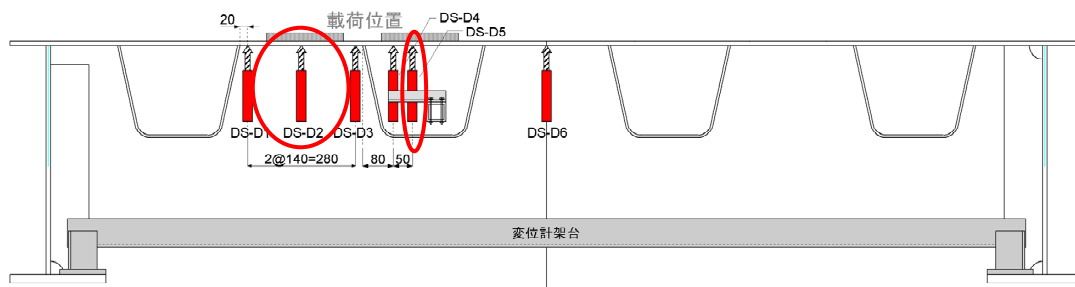


図-3.3.6 応力－走行回数関係

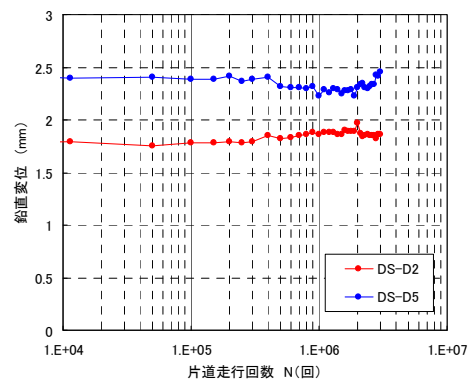


図-3.3.7 鉛直変位－走行回数関係

b) Uリブ溶接部応力集中ひずみゲージ

応力集中ゲージ貼付け箇所における静的ひずみと走行回数との関係を図-3.3.8 に示す。図-3.3.8 より、20 万回前後までは比較的安定して推移しているが、その後は増加する傾向が確認できる。

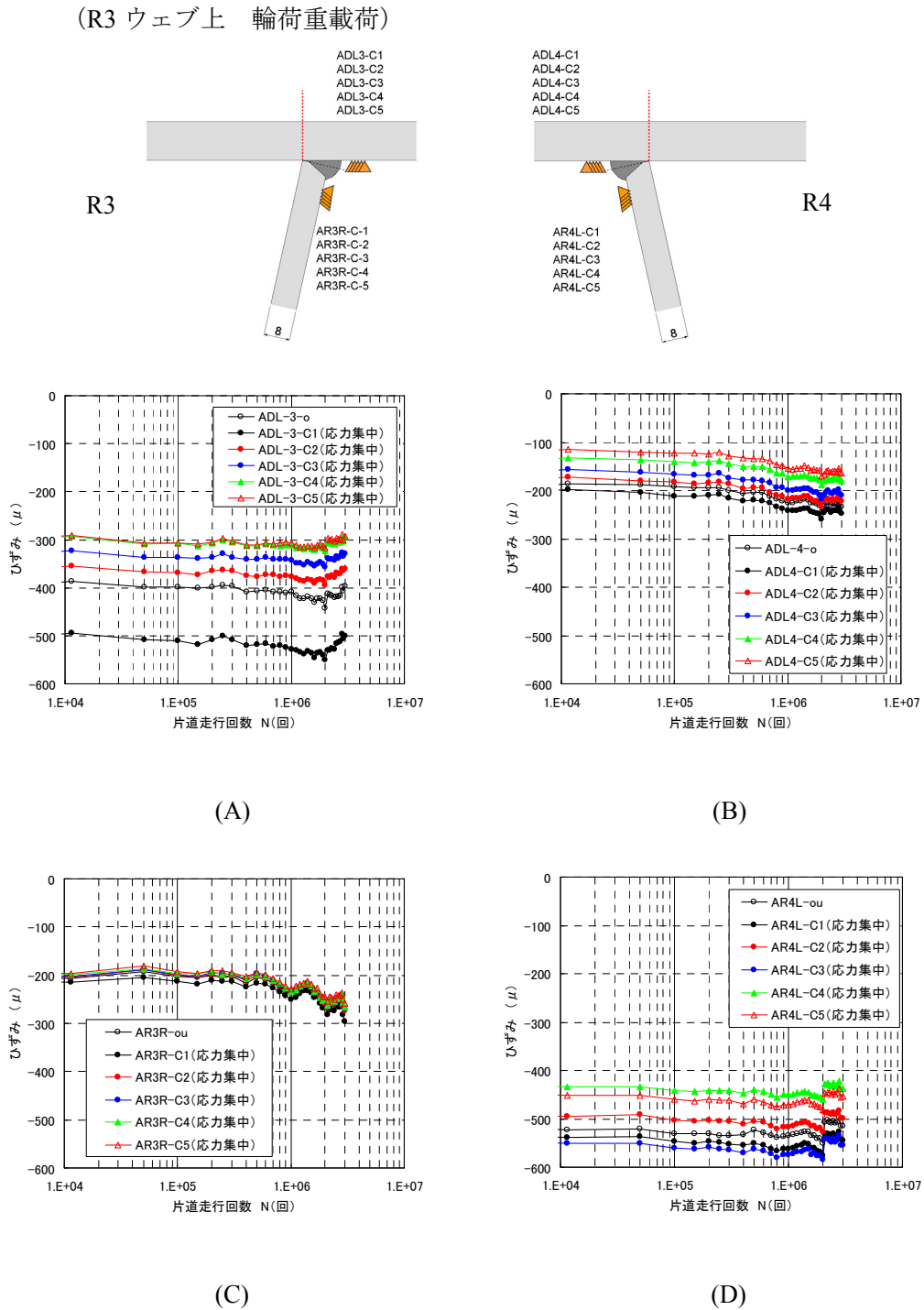


図-3.3.8 応力集中ゲージ箇所のひずみ-走行回数関係



c) Uリブ溶接部ひずみゲージ (着目点以外)

Uリブ溶接部ひずみゲージ貼付け箇所 (着目点以外) における静的ひずみと走行回数との関係を図-3.3.9に示す。図-3.3.9より、300万回走行終了まで比較的安定して推移していることがわかる。

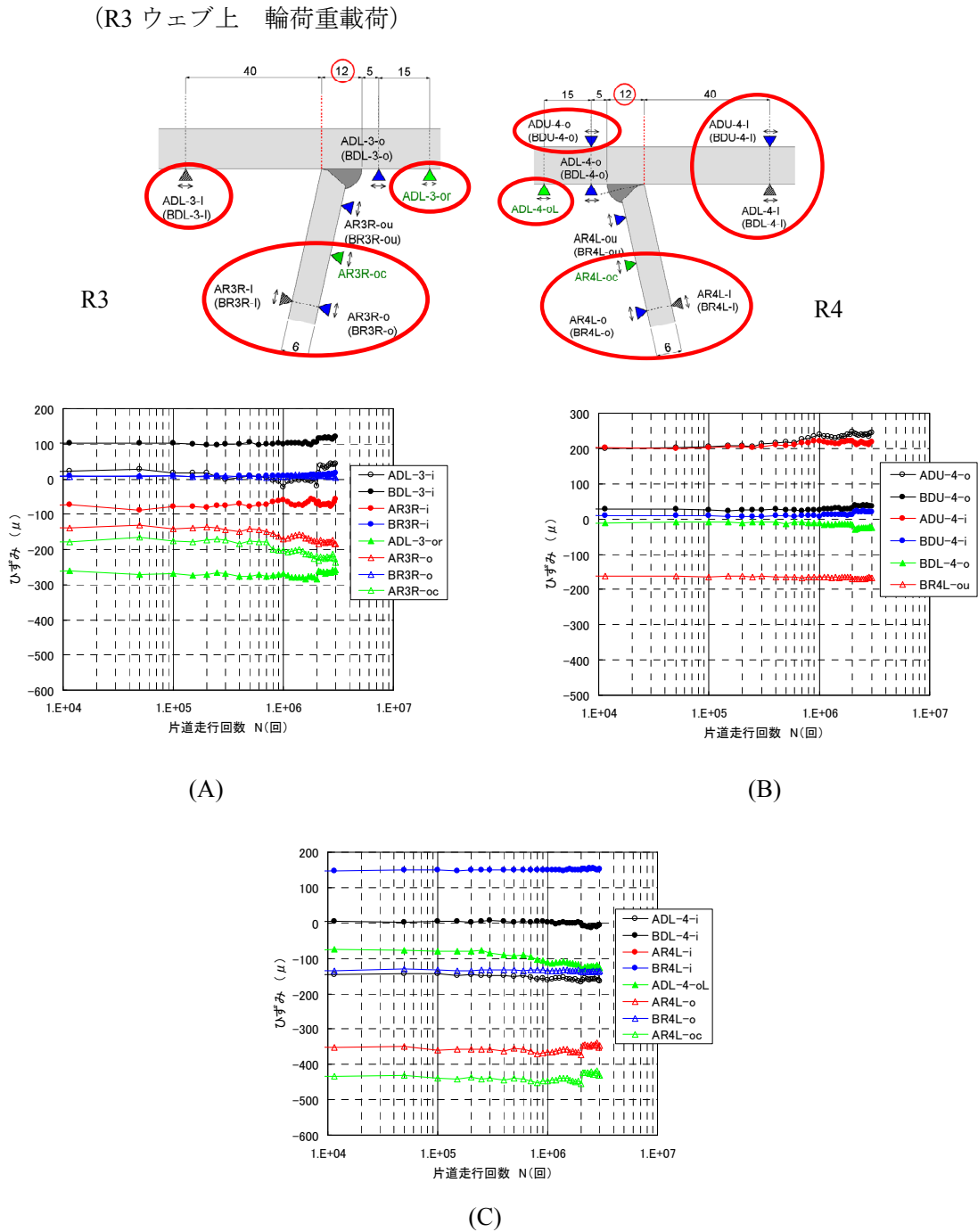


図-3.3.9 溶接部ひずみゲージ箇所のひずみ-走行回数関係

d) 一般部ひずみゲージ (断面 A)

一般部ひずみゲージ貼付け箇所における静的ひずみと走行回数との関係を図-3.3.10に示す。

図-3.3.10より、300万回走行終了まで比較的安定して推移していることがわかる。

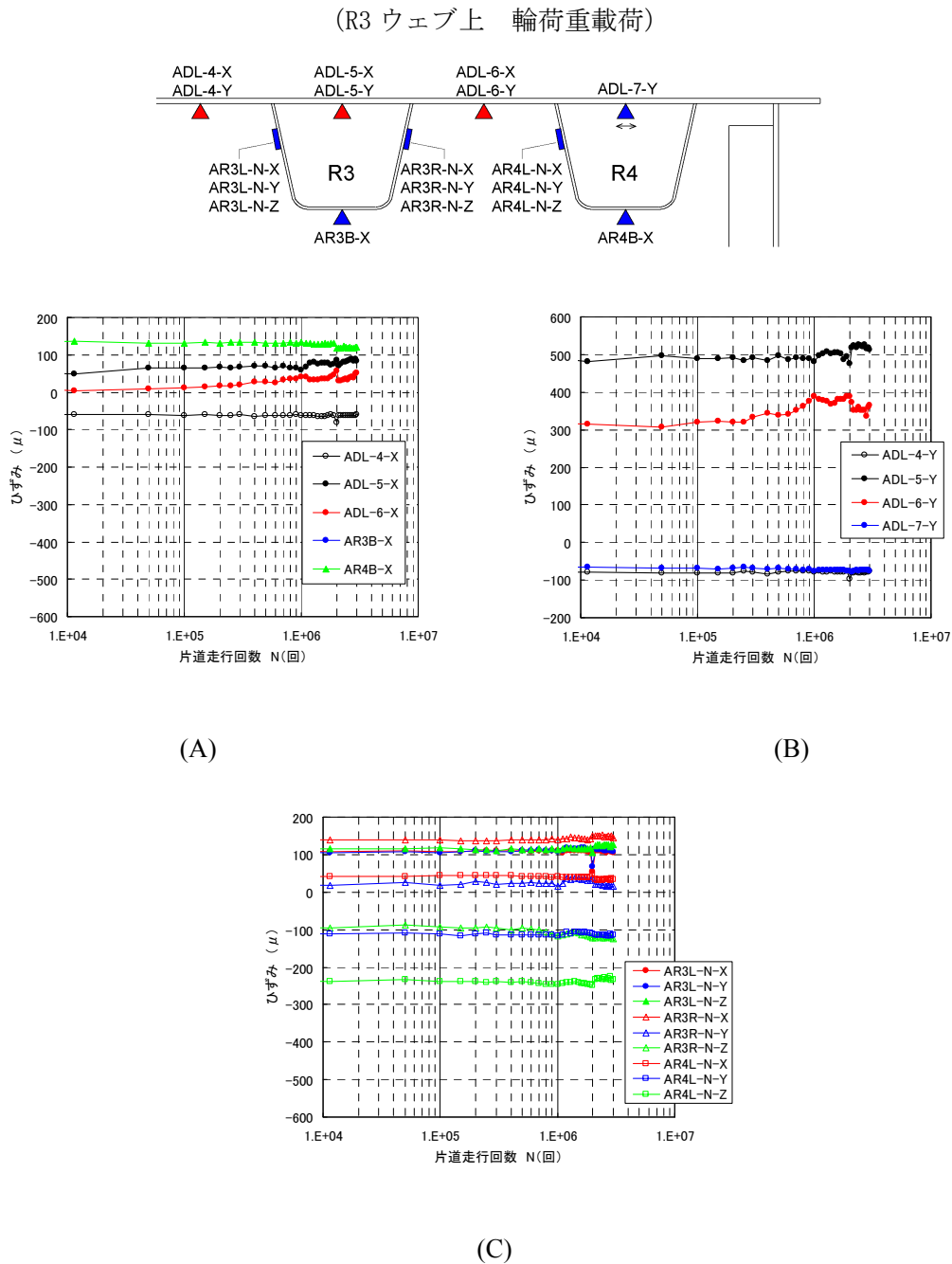


図-3.3.10 一般部ひずみゲージ箇所のひずみ-走行回数関係

e) 鋼床版およびUリブ変位（着目点以外）

変位計取り付け箇所における変位と走行回数との関係を図-3.3.11 に示す。図-3.3.11 より、300 万回走行終了まで比較的安定して推移していることがわかる。DS-D4 については 40 万回走行終了以降、計測機器の問題で正常な計測を実施できなくなったため、計測を行っていない。

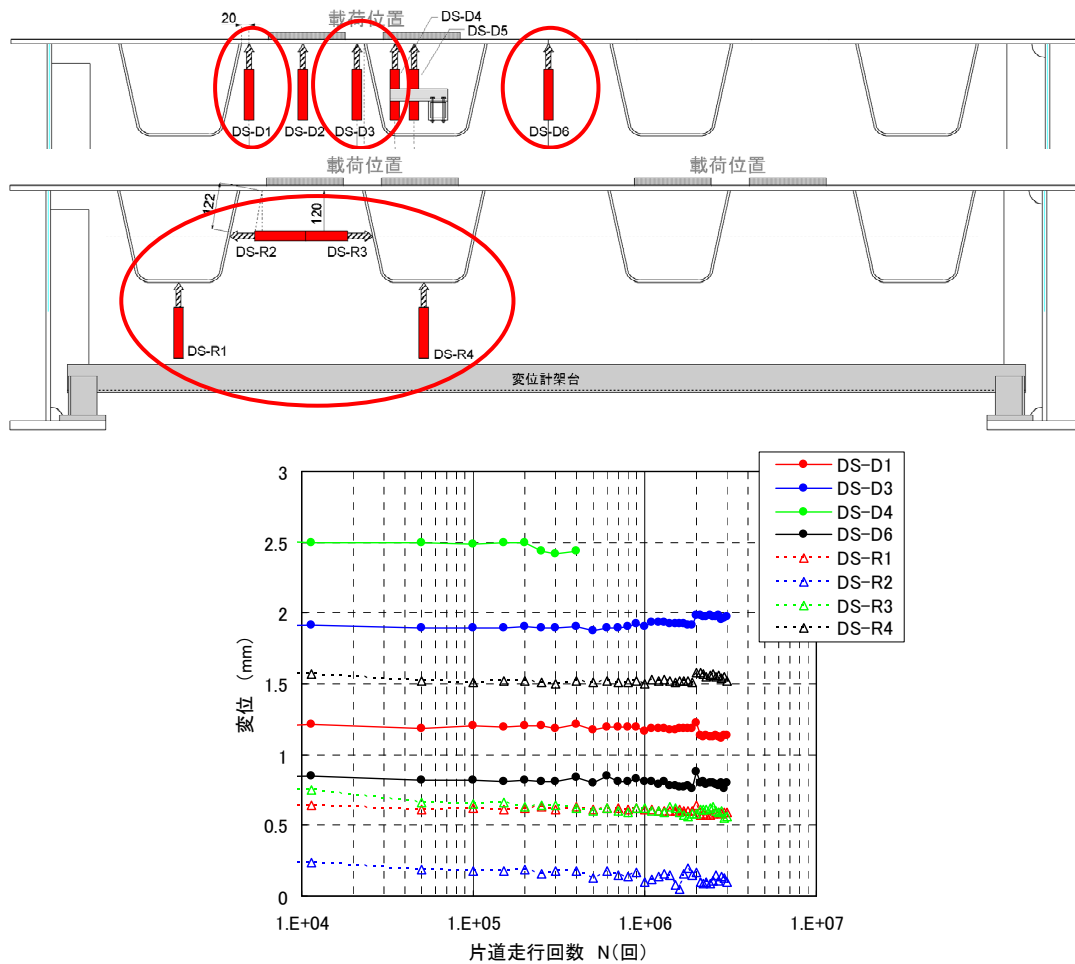


図-3.3.11 変位－走行回数関係（着目点以外）

### (3) 超音波計測結果

図-3.3.12 に輪荷重の走行回数と各溶接線で計測されたエコー高さの推移を示す。図-3.3.12 より、エコーは荷重直下の溶接線 R3L では、U リブ支間中央付近と輪荷重走行範囲の端部に比較的大きなエコーが見られた。隣接する溶接線 R3R では、300 万回の計測時に輪荷重走行範囲の端部にエコーが確認された。

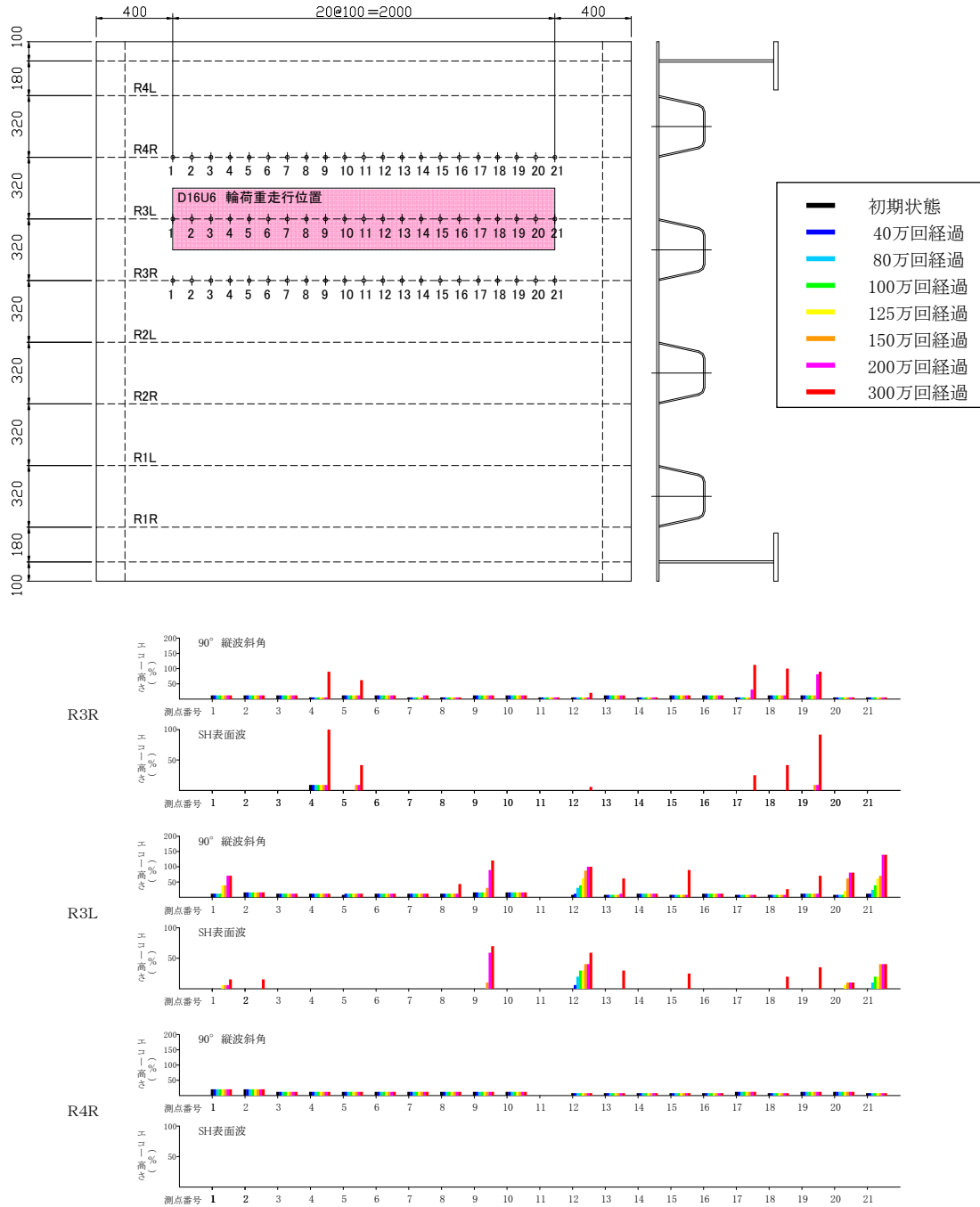


図-3.3.12 エコー高さの推移

このエコー高さから推察される繰り返し载荷回数 300 万回時のき裂の深さ方向の形状を  
 図-3.3.13 に示す。図より予想されるき裂の最大深さは 4.6mm となった。

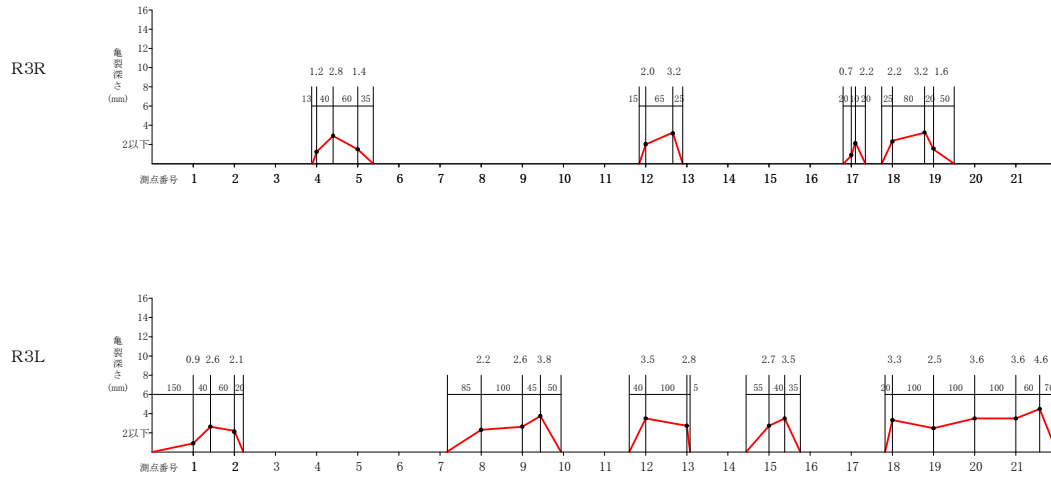


図-3.3.13 き裂深さ (300 万回時)

#### (4) 過年度走行試験結果との比較

着目点（動的計測チャンネル（8CH））の静的ひずみと走行回数の関係について、過年度に実施されたデッキプレート厚  $t = 12\text{mm}$  および  $14\text{mm}$  の走行試験結果<sup>1)</sup>と比較した結果を図-3.3.14 に示す。図中の凡例で D12U8 という表記は、デッキプレート厚  $D = 12\text{mm}$  で、U リブ厚  $t = 8\text{mm}$  上での走行試験結果を示す。D12U8、D14U6 および D16U6 の計測位置記号の対応関係を表-3.3.6 に示す。なお、図中においては、D14U6 および D16U6 の計測位置記号で表記している。

図-3.3.14 より、デッキプレート厚の差はデッキプレート側溶接止端部  $5\text{mm}$  位置のゲージ（ADL-3-o, ADL-4-o）に大きく現れており、デッキプレートを増厚することにより、板厚増厚分の割合の二乗以上、ひずみ低減効果が確認できる。

これらのうち、着目溶接線のデッキプレート側溶接止端部  $5\text{mm}$  位置であり、疲労き裂の発生が確認された ADL-3-o について、各試験の 10 万回走行終了時のひずみ値を基準としたひずみ変化量と変化率の関係を示したのが図-3.3.15 である。図中には、ひずみの変化が直線関係であると仮定し、10 万回と 200 万回時のひずみ値を結んだ劣化曲線も示している。なお、起点を 10 万回時の値を基準としたのは、試験システムが安定するまでのバラツキを考慮したものであり、終点を 200 万回時の値としたのは D12U8 試験体で 200 万回走行終了時に試験荷重を 20%程度上回る過荷重（ $145\text{kN}$ ）を与えた影響を除外するためである。

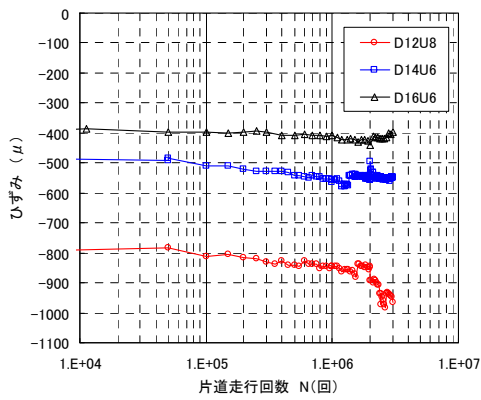
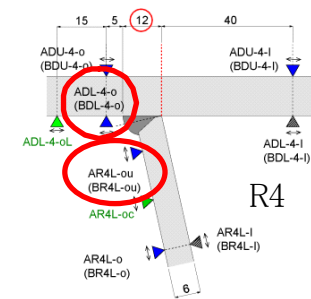
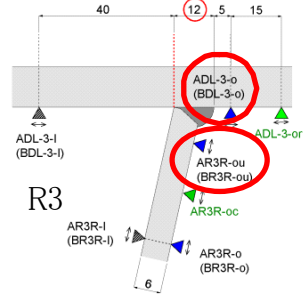
表-3.3.7 は図-3.3.15 の劣化曲線から、10 万回走行終了時のひずみを基準としたひずみの変化率が 5%に至るまでの走行回数を整理した結果である。表-3.3.7 より、ひずみ変化率が 5%に至るまでの走行回数は、D14U6 が最も早く、D12U8、D16U6 の順となっている。また、ひずみの変化量の絶対値をみると、 $D12U8 > D14U6 > D16U6$  となっている。

表-3.3.6 計測位置記号対応表

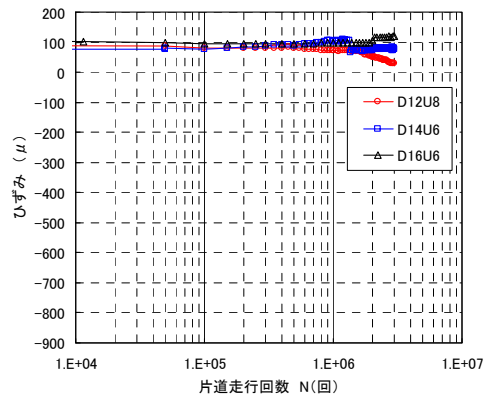
D16U6 D14U6	D12U8
ADL-3-o	ADL-2-o
BDL-3-o	BDL-2-o
AR3R-ou	AR2L-ou
BR3R-ou	BR2L-ou
ADL-4-o	ADL-1-o
AR4L-ou	AR1R-ou
DS-D2	DS-D2
DS-D5	DS-D5

(R3 ウェブ上 輪荷重載荷)

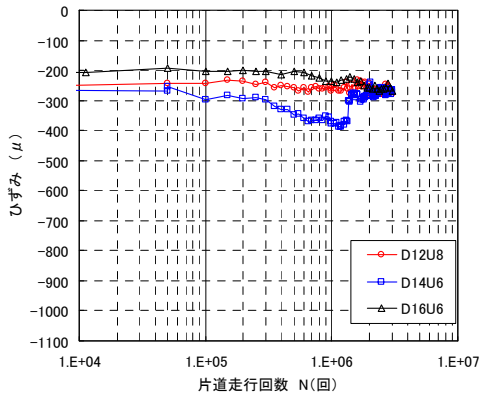
(R3 ウェブ上 輪荷重載荷)



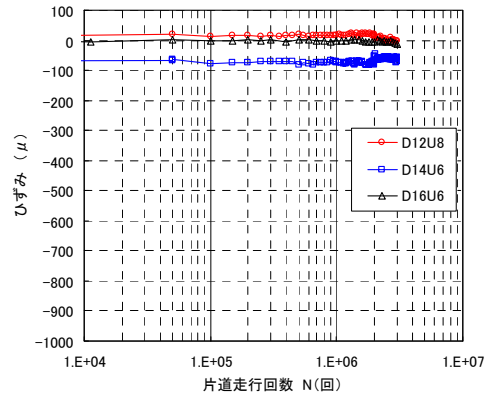
(a) ADL-3-o



(b) BDL-3-o



(c) AR3R-ou



(d) BR3R-ou

図-3.3.14 過年度走行試験結果との比較 (着目点) (その1)

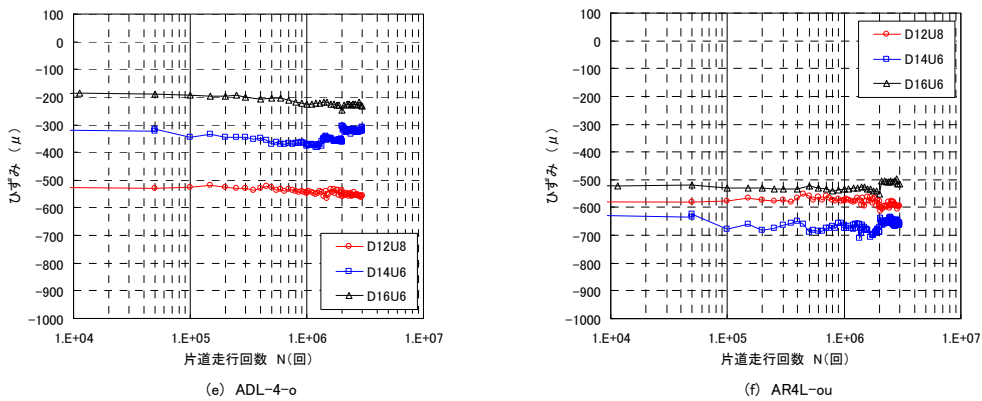


図-3.3.14 過年度走行試験結果との比較（着目点）（その2）

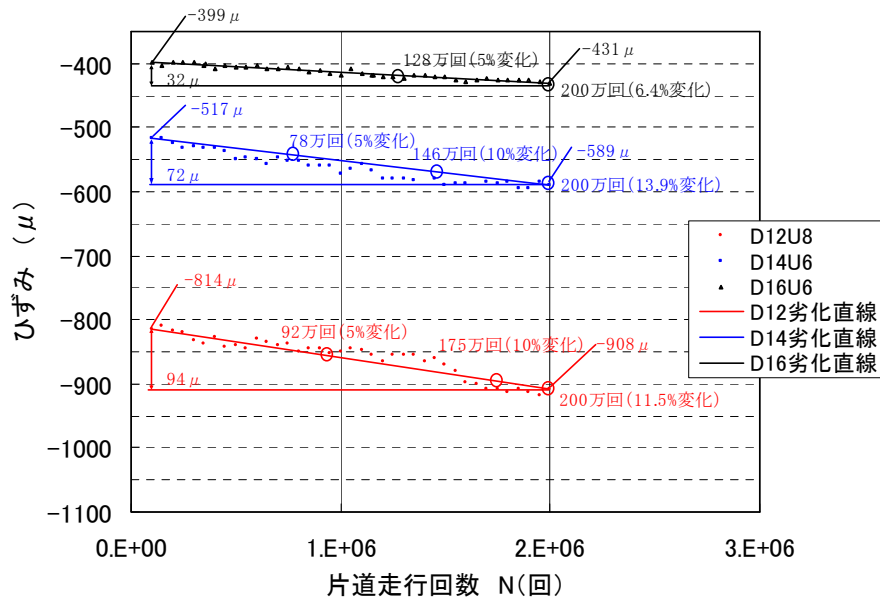


図-3.3.15 ひずみ変化量と変化率（ADL-3-o）

表-3.3.7 ひずみ変化率が5%に至るまでの走行回数とひずみ値（ADL-3-o）

	D12U8	D14U6	D16U6
走行回数 (5%ひずみ変化時)	920,000	780,000	1,280,000
ひずみ値 (10万回走行終了時)	814	517	399



超音波探傷検査の結果についても D12U8, D14U6 の結果と比較を行った。図-3.3.16 は、横軸に載荷回数、縦軸には荷重直下の溶接線 R3L の輪荷重走行距離 2m に対して、①2mm 未満のき裂が確認された溶接線長の割合、②2mm 以上のき裂が確認された溶接線長の割合、③6mm 以上のき裂が確認された溶接線長の割合、④8mm 以上のき裂が確認された溶接線長の割合を示している。き裂深さが、6mm 未満の図の①、②は計測方法の精度を考えると参考値である。図の③より、デッキプレート厚が 16mm の場合には、300 万回まで深さ 6mm 以上のき裂は発生しなかったことがわかる。また、デッキプレート厚さの増加とともに、き裂の進展が小さくなることがわかる。

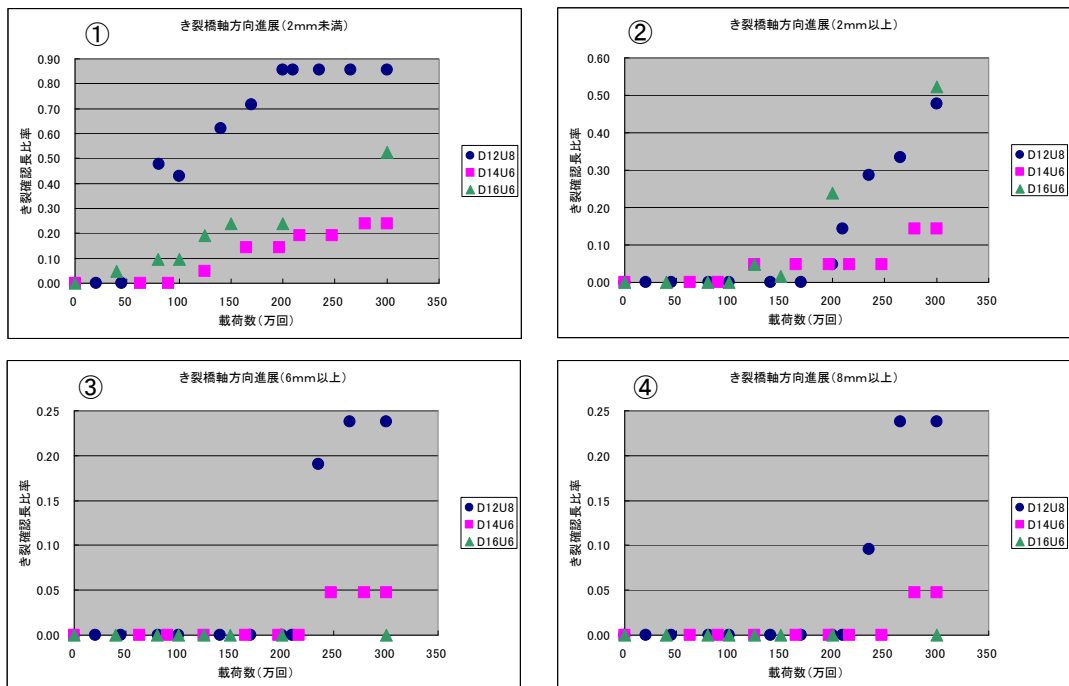


図-3.3.16 デッキプレート板厚とき裂進展

### 3.3.3 コア抜き調査結果

#### (1) コア外周マクロ観察

No.1～5 のコアサンプルを用いて、コア外周マクロ観察を実施した。観察の結果を写真-3.3.1～写真-3.3.5 に示す。なお、き裂はコアサンプル自身が円形を呈しており、光の反射状況によって見えにくいことから、磁粉探傷試験の結果もあわせて示す。

No.4 では、溶接がUリブを突き抜けており、Uリブ内側に出来た溶接の止端部からき裂が発生している。

No.1, No.4 以外について、き裂はいずれもルート部から生じており、溶接止端部側には認められない。き裂の先端はいずれもデッキプレートで停止しており、未貫通き裂であった。

No.4 以外の溶接溶け込み量はUリブ板厚の 68%～77%であり、一部 75%を下回る箇所も確認されたが、き裂発生との相関はみられなかった。

#### (2) コア断面マクロ組織観察

No. 1～5 のコアサンプルの中央部断面を切断し、断面マクロ・ミクロ観察を行った。断面組織観察の結果を写真-3.3.6～写真-3.3.10 に示す。き裂はルート部付近から進展しており、デッキ母材へと進んでいる。

コア断面マクロ組織観察から、き裂長さを測定した結果を表-3.3.8 に示す。

表-3.3.8 断面マクロ組織観察からのき裂長さ測定結果

対象溶接線	コア記号	採取位置		き裂長さ (mm)	き裂深さ (mm)
		超音波 測定番号	採取位置 (mm)		
R3L	No. 1	4	700	0	0
	No. 2	12～13	1550	3.2	3
	No. 3	18～19	2180	3.7	3.5
	No. 5	11	1400	3.9	3.5
R3R	No. 4	18～19	2180	4.7	4.1

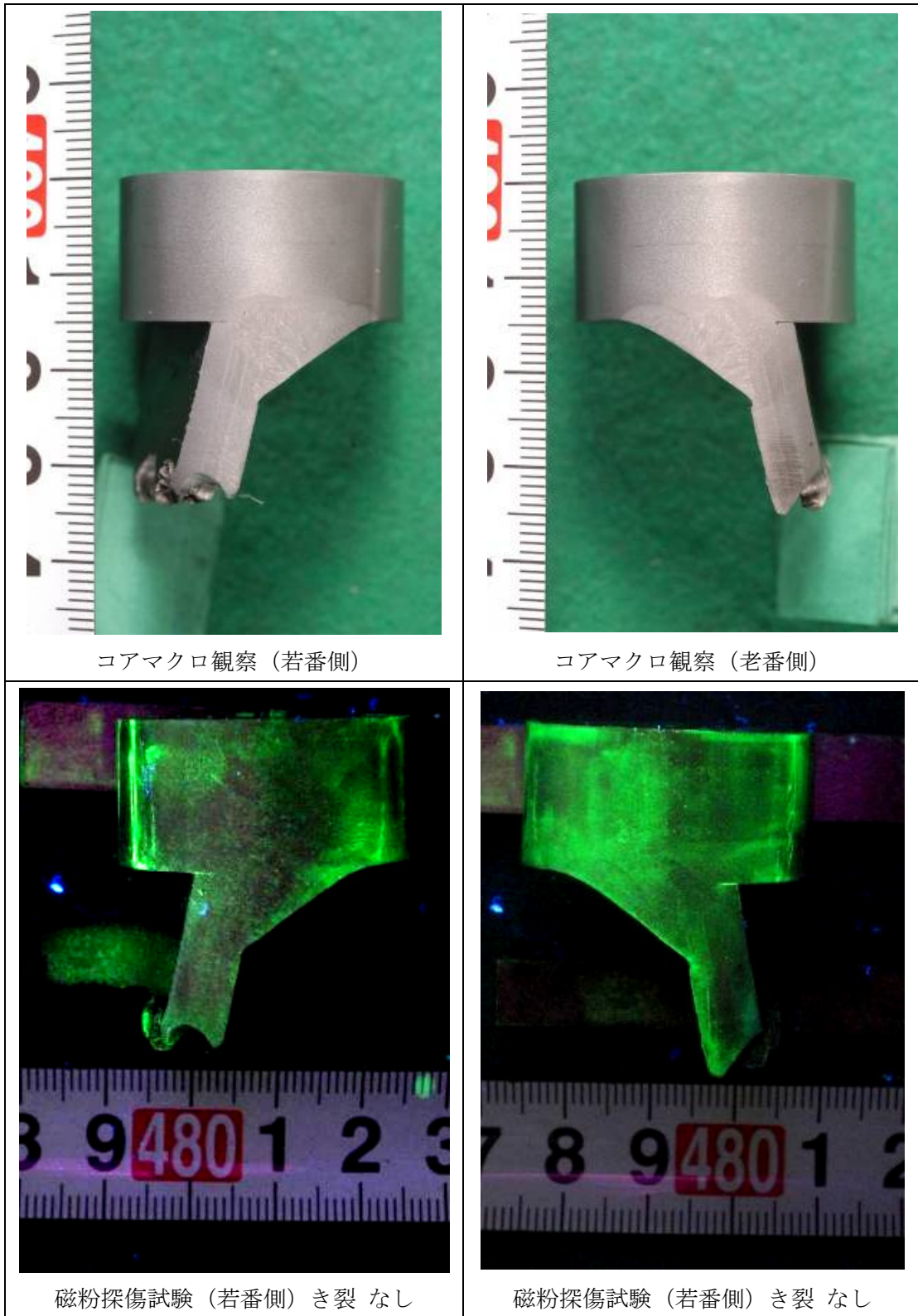


写真-3.3.1 コアマクロ観察および磁粉探傷試験（No.1 試験片）

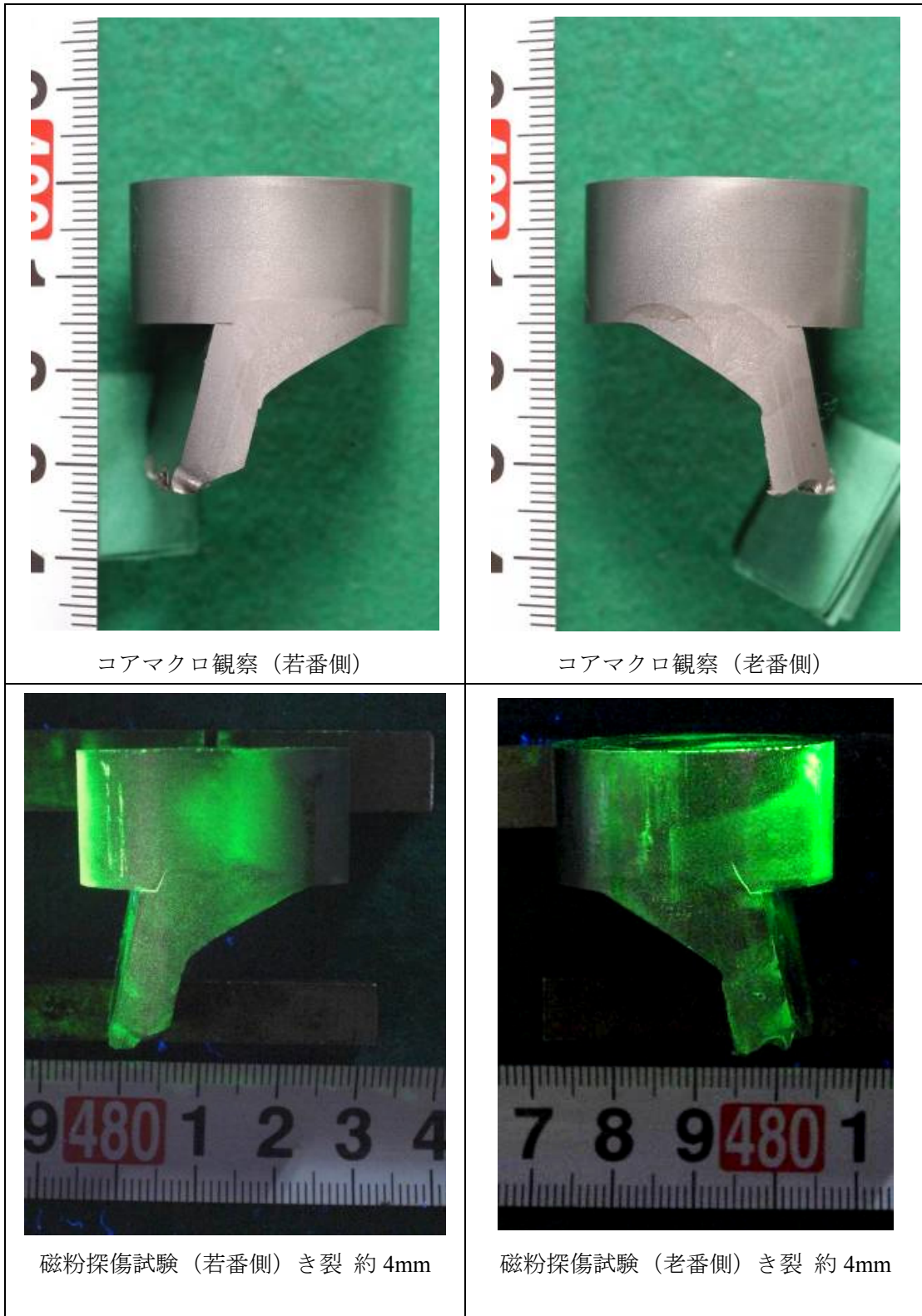


写真-3.3.2 コアマクロ観察および磁粉探傷試験（No.2 試験片）

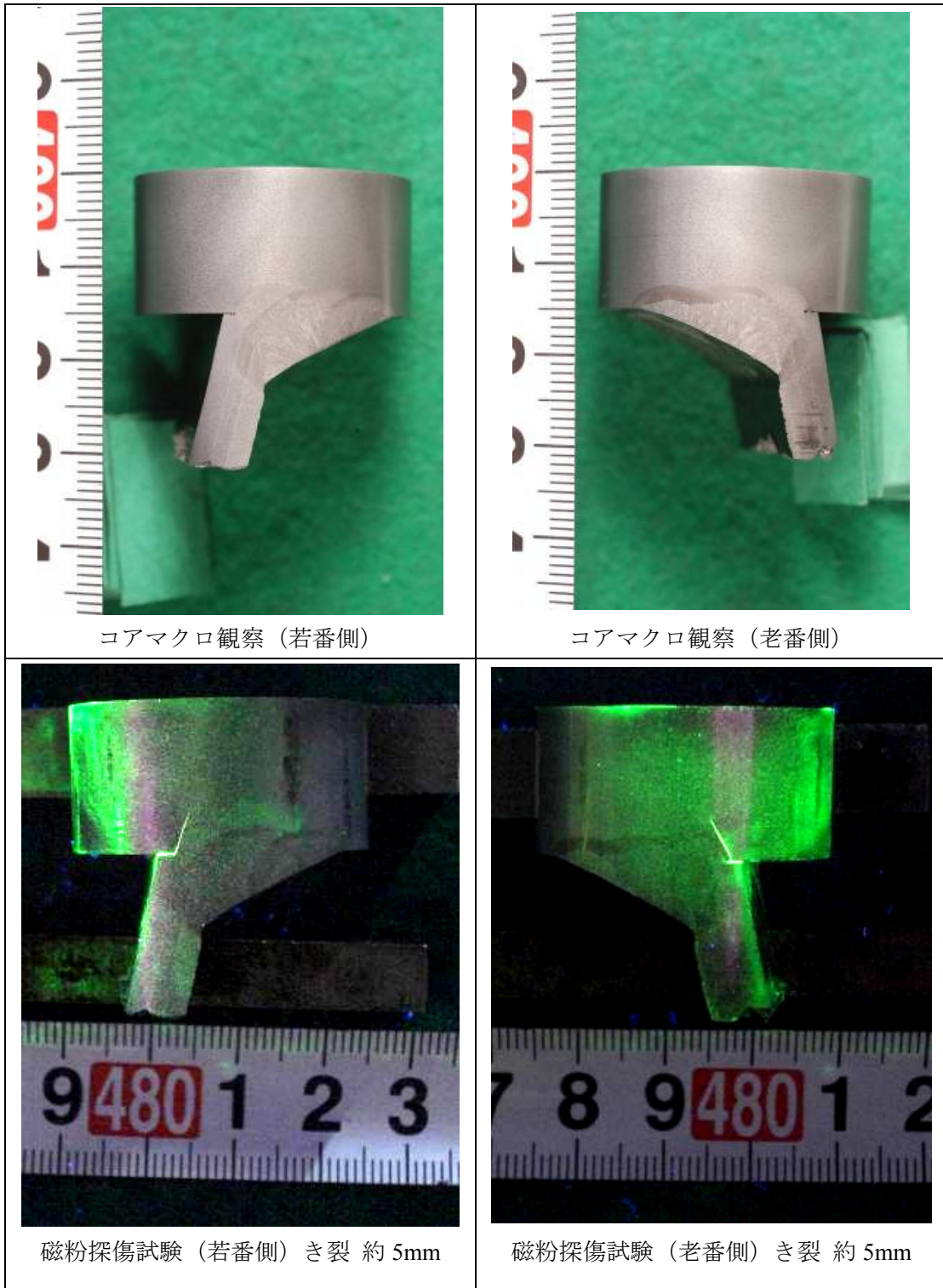


写真-3.3.3 コアマクロ観察および磁粉探傷試験（No.3 試験片）

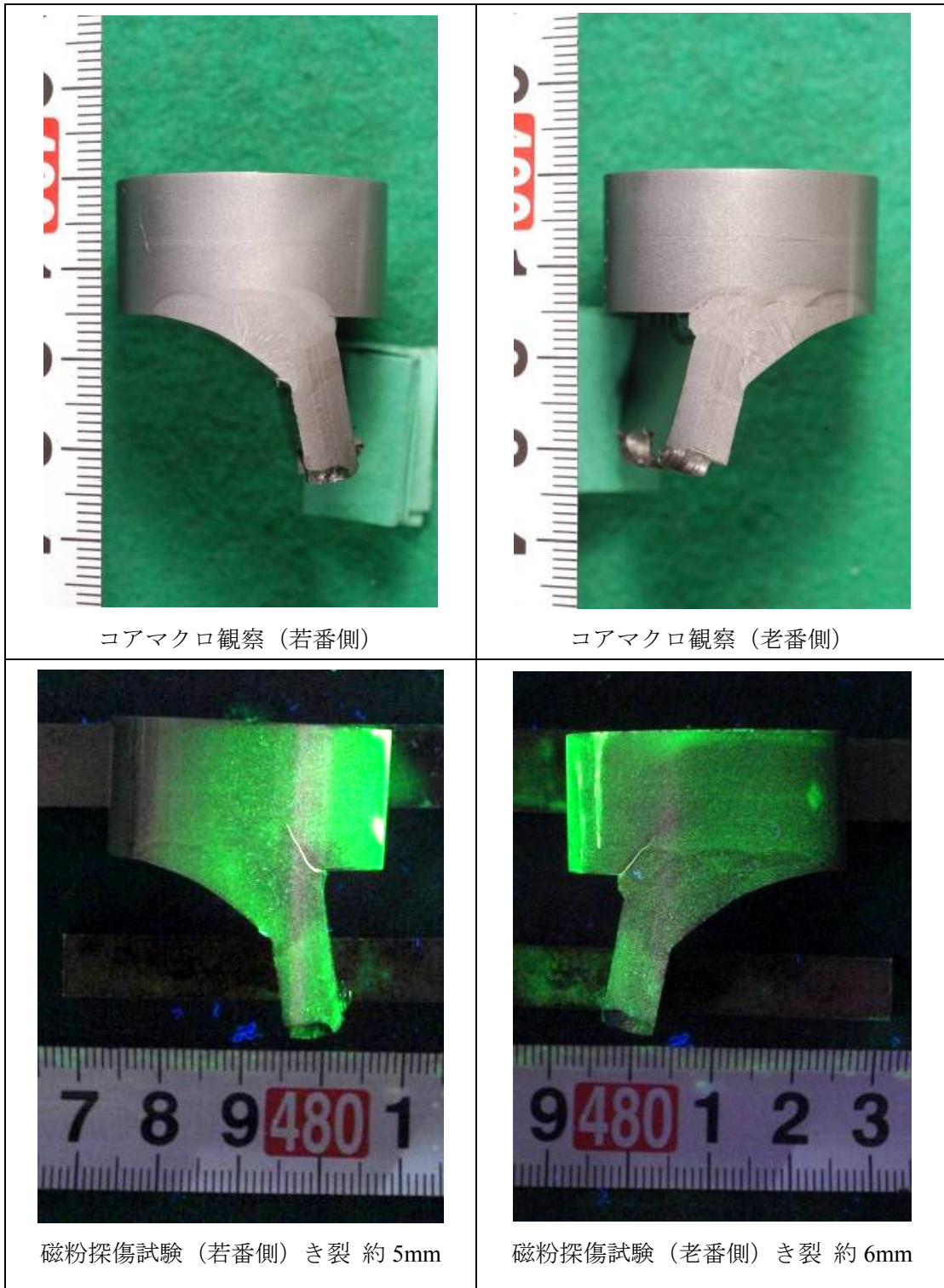


写真-3.3.4 コアマクロ観察および磁粉探傷試験（No.4 試験片）

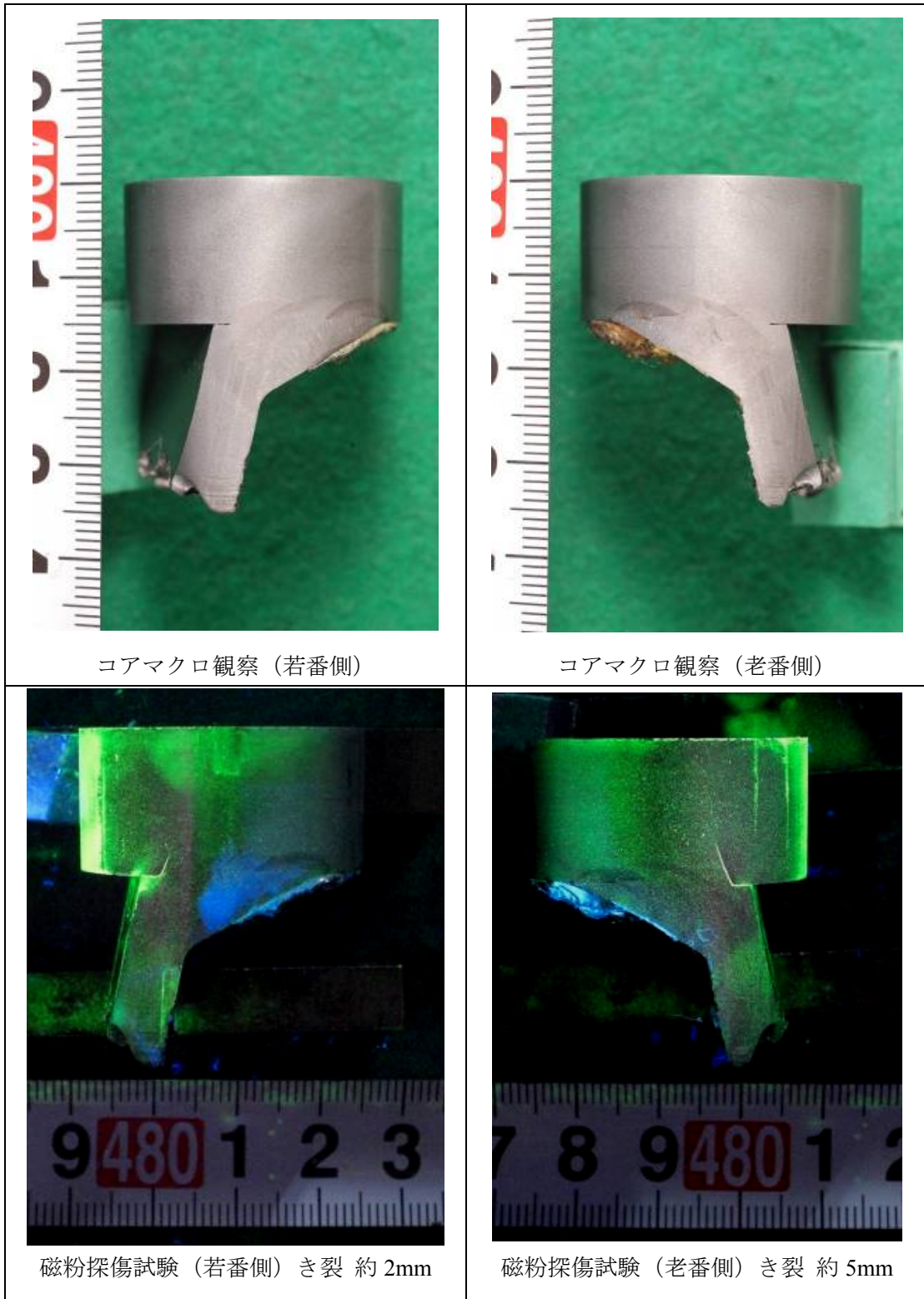


写真-3.3.5 コアマクロ観察および磁粉探傷試験（No.5 試験片）

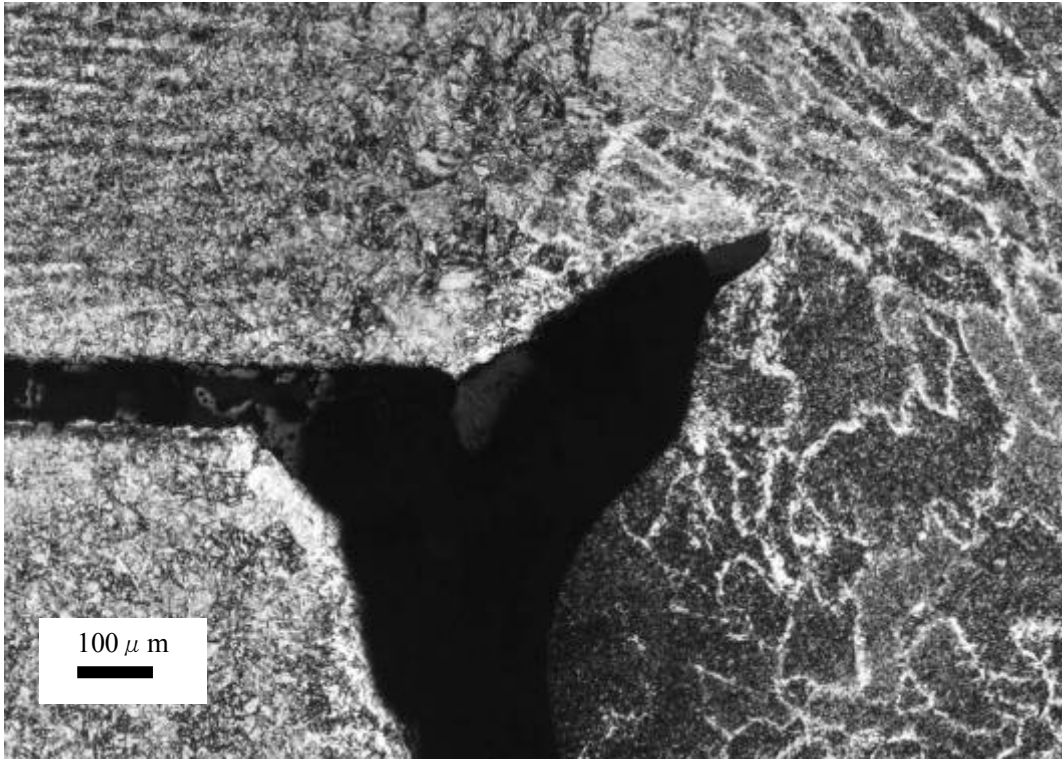
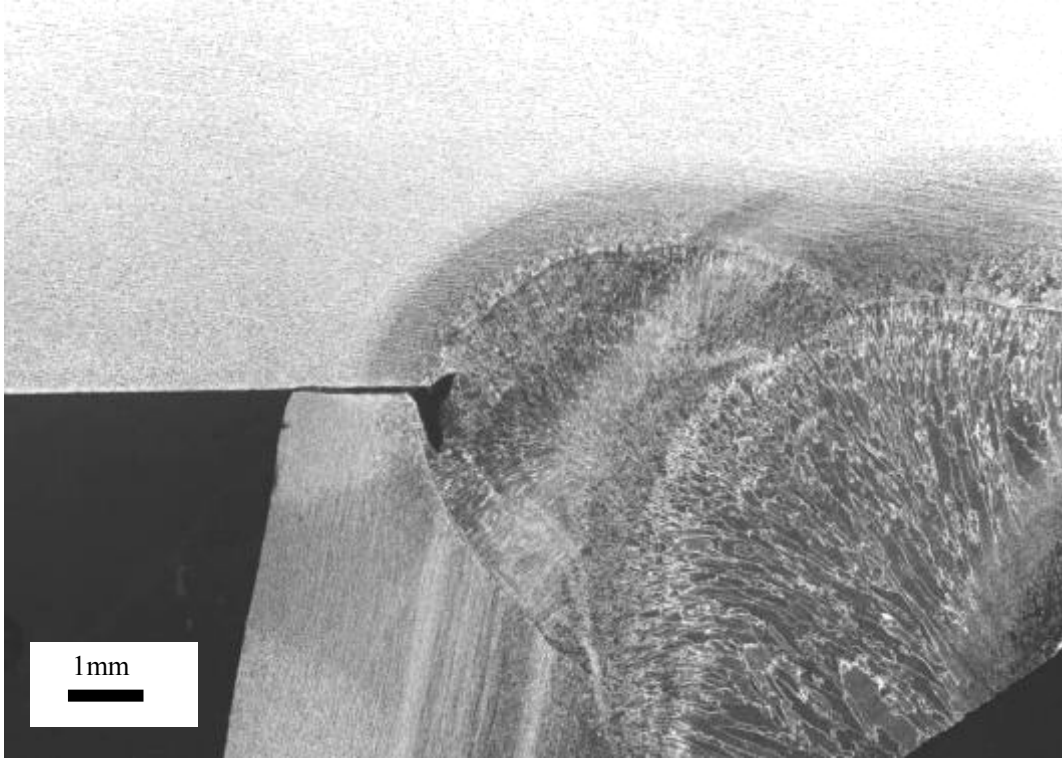


写真-3.3.6 No.1 試験片のルート部組織観察



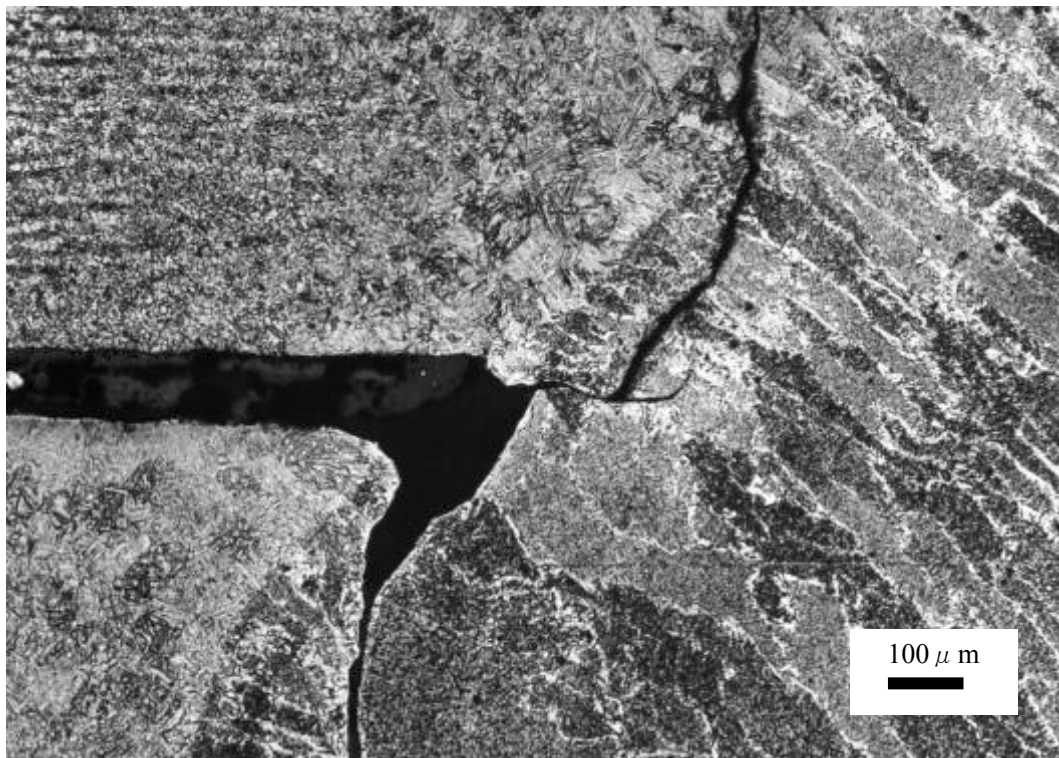
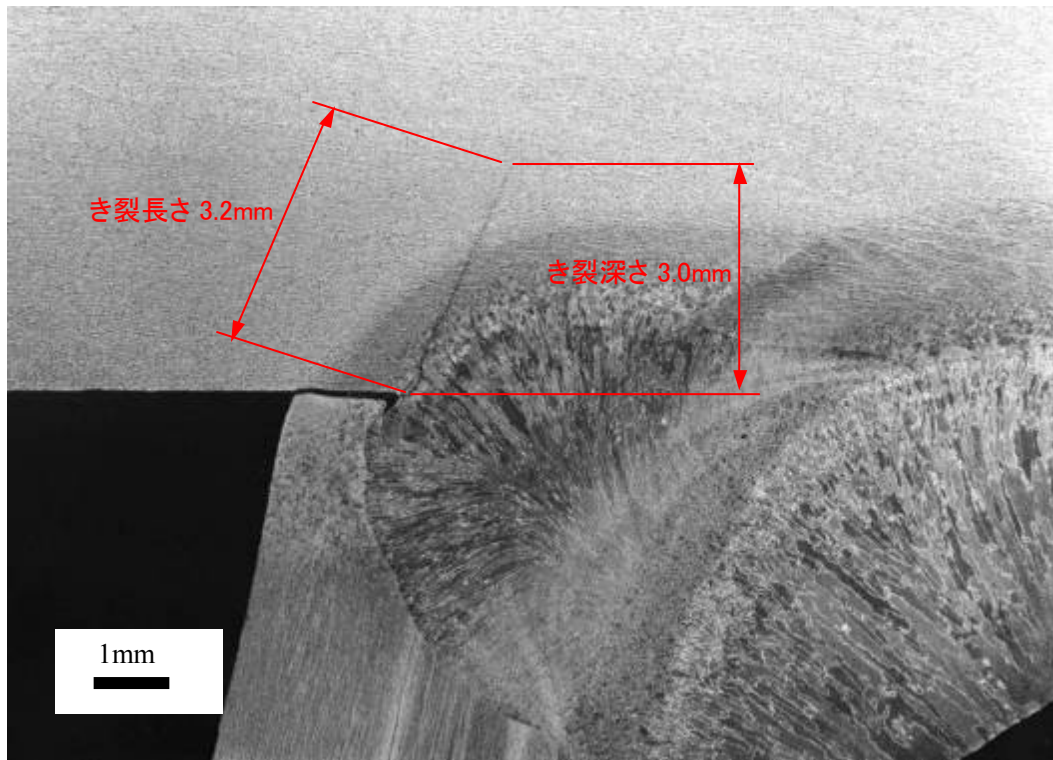


写真-3.3.7 No.2 試験片のルート部組織観察

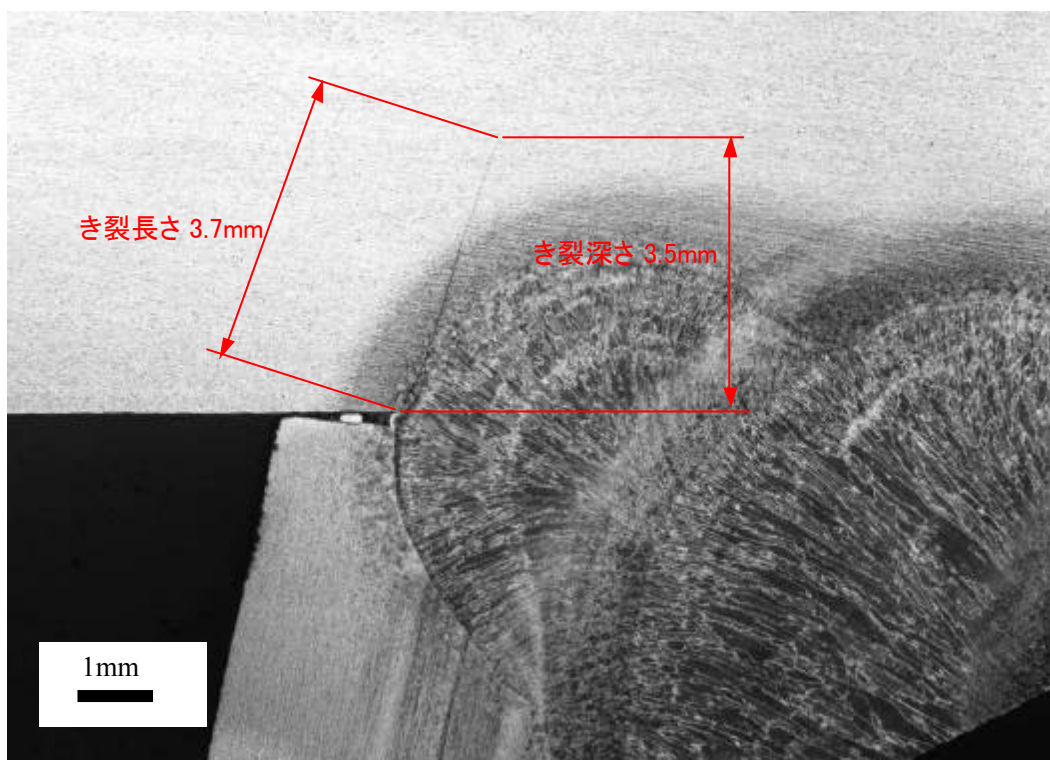


写真-3.3.8 No.3 試験片のルート部組織観察

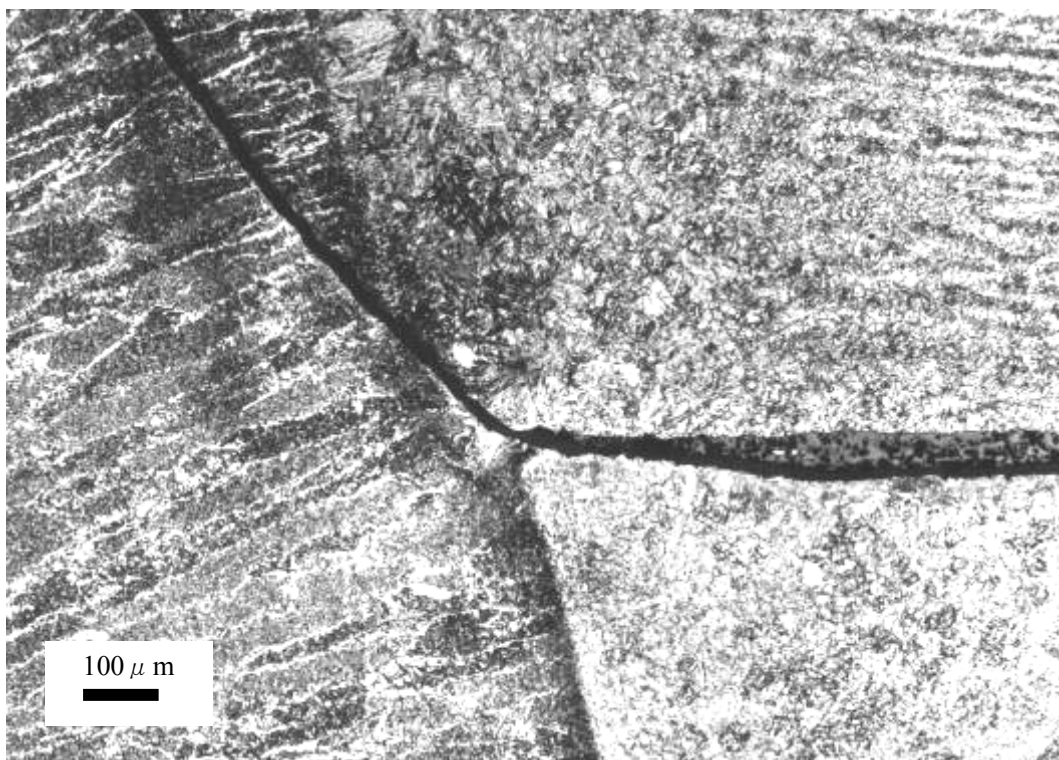
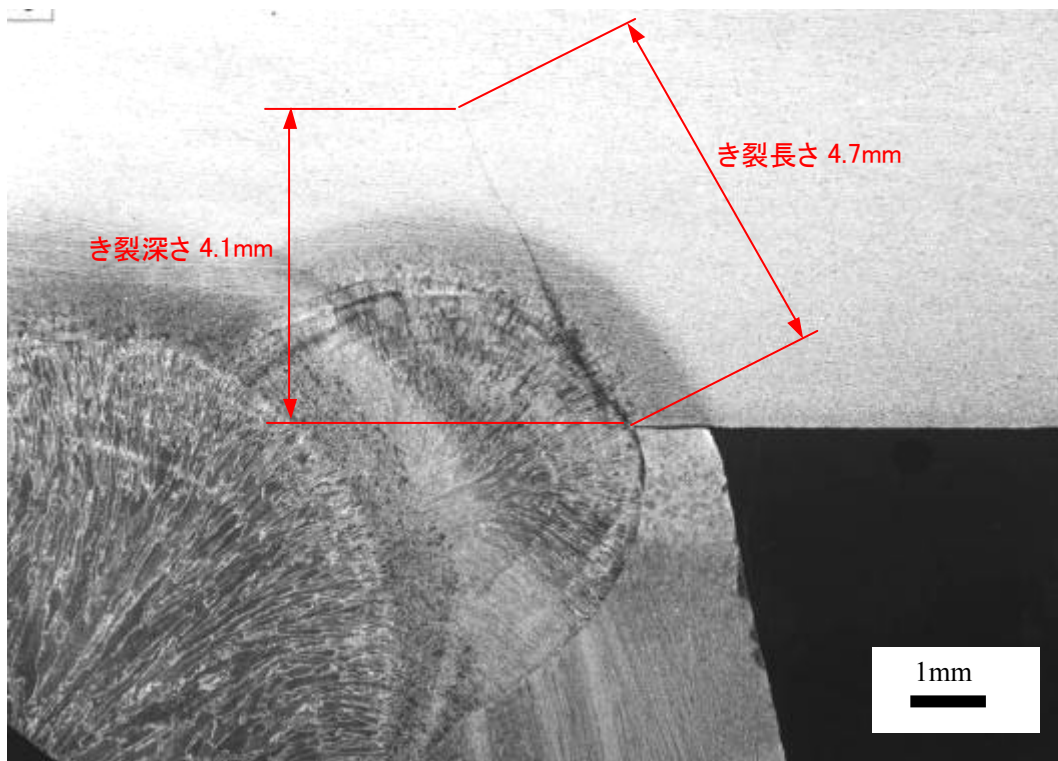


写真-3.3.9 No.4 試験片のルート部組織観察

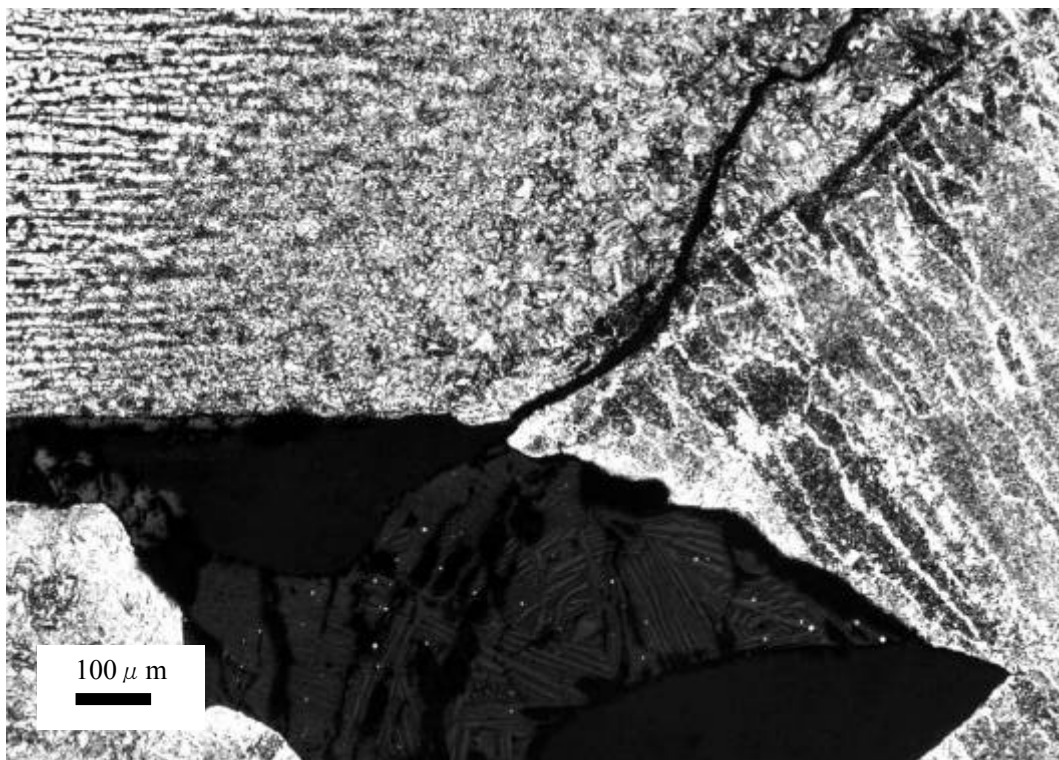
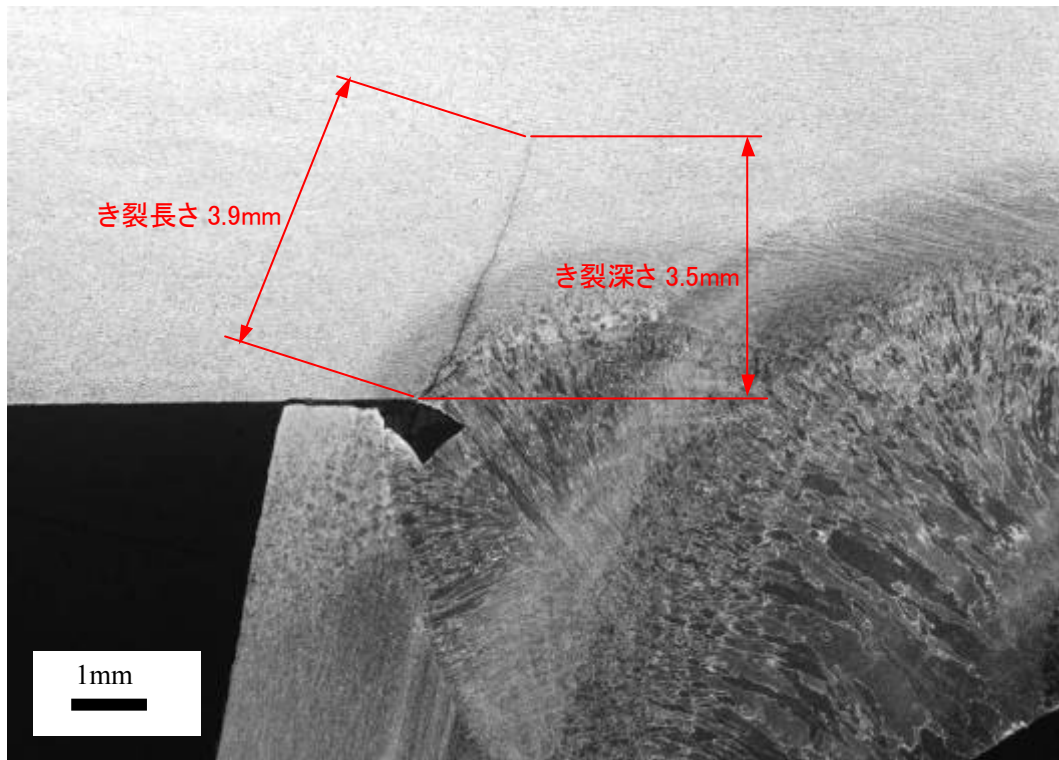


写真-3.3.10 No.5 試験片のルート部組織観察

### 3.4 FEM 解析

#### 3.4.1 検討概要

輪荷重載荷時の溶接ルート部の局部応力性状を把握することを目的とし、試験体Aを対象としたFEM解析を行った。解析的検討では、静的多点載荷結果と比較することにより解析モデルが妥当であることを検証し、局部応力性状を確認した。さらに、過去に橋建協が実施したデッキプレート厚12mm、14mmとUリブ厚6mm、8mmを組み合わせた4種類の試験体の静的多点載荷試験<sup>1)</sup>を対象とした解析も実施し、デッキプレート厚とUリブ厚が溶接ルート部の局部応力性状に与える影響について検討を行った。

#### 3.4.2 解析モデル

##### (1) 基本解析条件

解析は線形弾性解析とし、MSC NASTRAN2007を用いて実施した。解析モデルを図-3.4.1に示す。解析モデルは試験体の他、載荷ブロックによる荷重分散効果やエッジにおける荷重の集中を考慮できるように、載荷ブロックの一部もモデル化している。使用した要素と材料物性値を表-3.4.1に示す。SOLID要素とSHELL要素の結合部の自由度の処理は、図-3.4.2に示すようにSHELL要素を一層埋込むことにより曲げを伝達した。また、デッキプレートとウレタン板間には厚さ0.5mmの弾性係数の小さい要素を挿入し、デッキプレートと載荷ブロックが合成することを回避した。

荷重は載荷ブロック上面に試験状況から判断した一輪あたり100mm×155mmの設置面積を考慮し、118kN（12tf）載荷した。図-3.4.3に載荷状態を示す。なお、拘束条件は主桁下フランジ下面を完全固定としている。

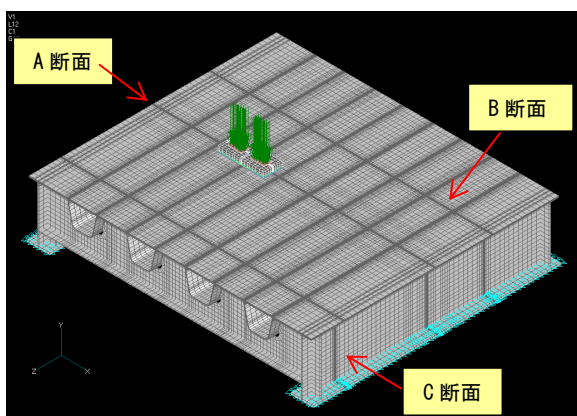


図-3.4.1 解析モデル

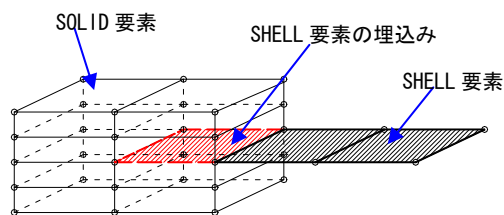


図-3.4.2 SOLID要素とSHELL要素の結合

表-3.4.1 使用要素と材料物性値

材料物性	鋼材	$E=2.06 \times 10^5 \text{N/mm}^2$ , $\nu=0.3$
	ウレタン	$G=9.0 \times 10^3 \text{N/mm}^2$ , $\nu=0.49$
	ベニヤ	$E=5.0 \times 10^3 \text{N/mm}^2$ , $\nu=0.49$
	デッキプレート-ウレタン板間	$E=2.06 \times 10^5 \text{N/mm}^2$ , $\nu=0.3$ (厚さ0.5mm)
使用要素	SOLID	デッキプレート、トラフリブ、載荷板(載荷ブロック、ベニヤ、ウレタン)
	TRUSS	載荷板せん断キー
	SHELL	上記以外の鋼板

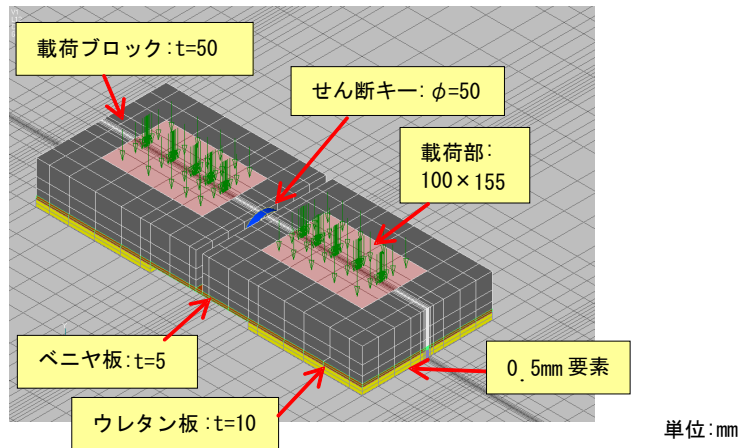


図-3.4.3 載荷ブロック詳細

(2) 着目部近傍のメッシュ分割と着目要素

解析における着目断面は図-3.4.1中に示すように、ひずみ計測を行った縦リブ支間中央 (A断面) と縦リブ支間1/4点 (B断面) に加え、輪荷重走行試験にて疲労き裂が確認された横リブ近傍断面 (C断面) とした。また、ひずみゲージ、および、変位計設置位置には節点を設けた。着目するダブルタイヤに挟み込まれる溶接線近傍のメッシュ分割図を図-3.4.4に示す。

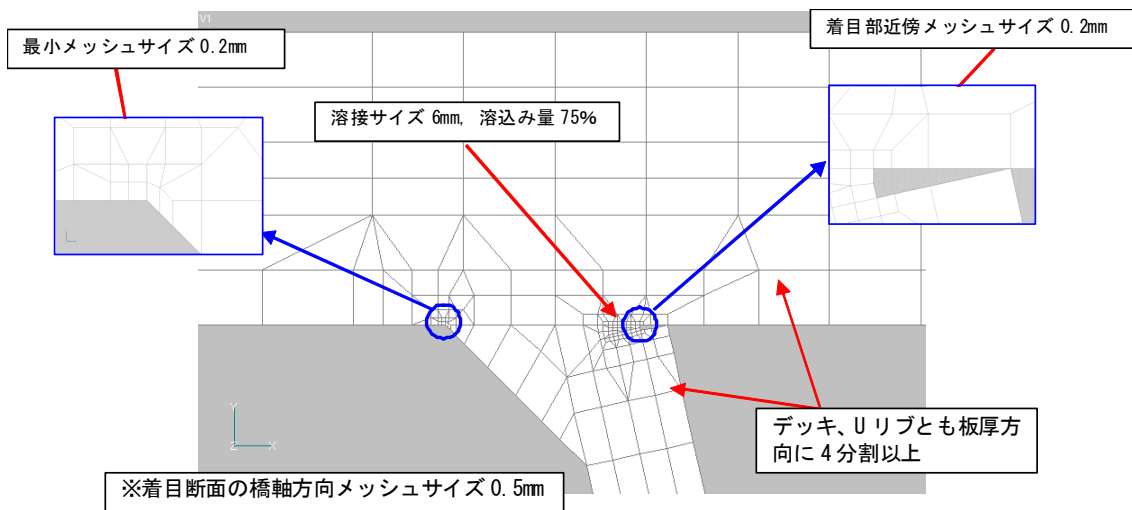


図-3.4.4 着目部近傍メッシュ分割図

### 3.4.3 解析結果

#### (1) 溶接部近傍の横断方向ひずみ

A断面直上（縦リブ支間中央）に載荷した場合のA断面，B断面直上近傍（縦リブ支間中央から600mmの位置）に載荷した場合のB断面における着目溶接線の横断方向ひずみについて，解析結果と計測結果の比較を図-3.4.5(a)-(d)，図-3.4.6(a)-(d)に示す。

A断面，B断面のひずみ分布はほぼ同じである。また，両断面ともに，Uリブ外部と内部の解析結果と計測結果はよく一致している。縦リブ支間中央断面のUリブ外側面において，溶接止端部近傍の応力分布の傾向が解析結果と計測結果で若干異なるようにも見えるが，当該箇所のメッシュ分割が粗いこと，Uリブ側面には直応力と曲げ応力が合成されており荷重位置に対して非常に敏感である<sup>2)</sup>こと等を考慮すると，ここで用いた解析モデルを用いてデッキプレート部の局部応力評価が可能だと考えられる。

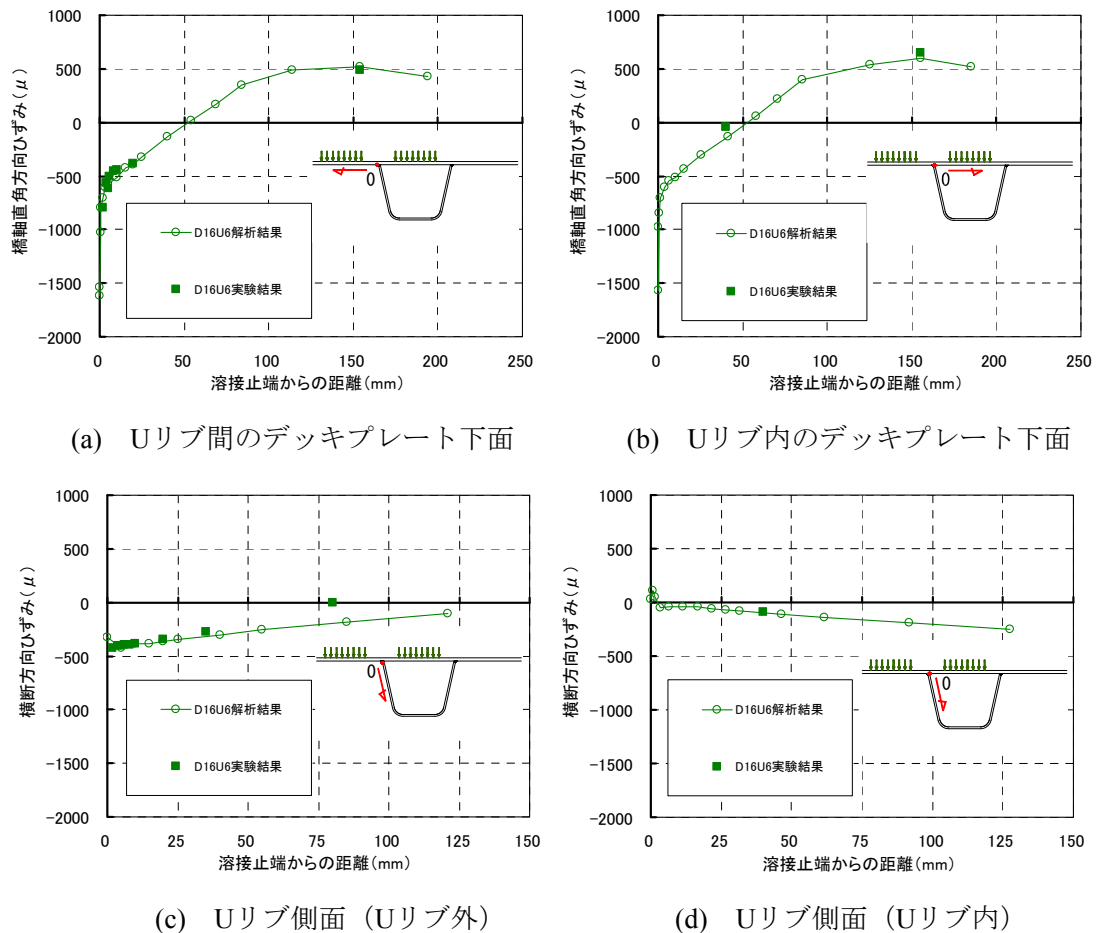


図-3.4.5 A断面の横断方向ひずみ

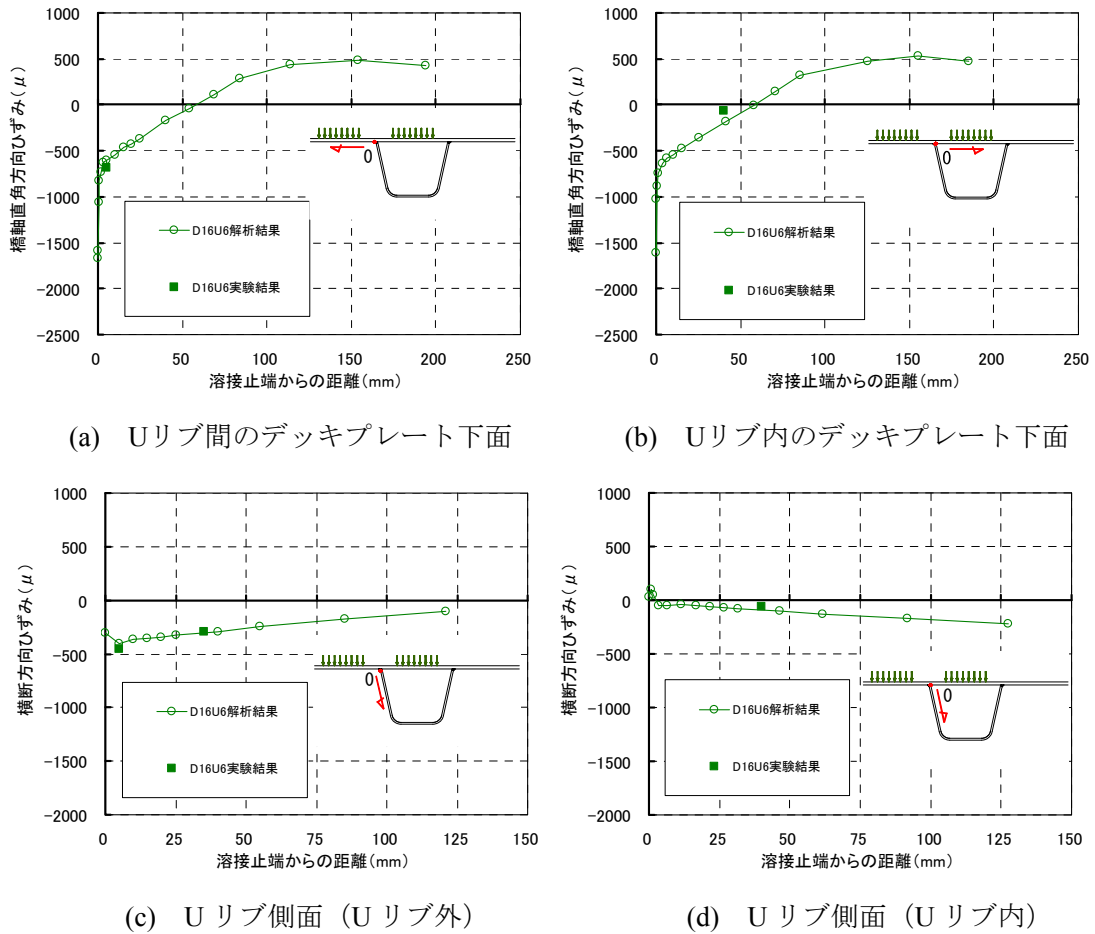
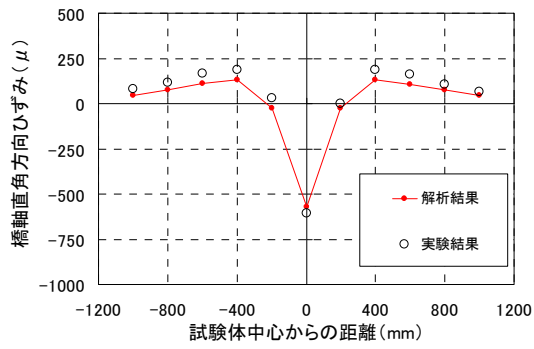


図-3.4.6 B断面の横断方向応力分布

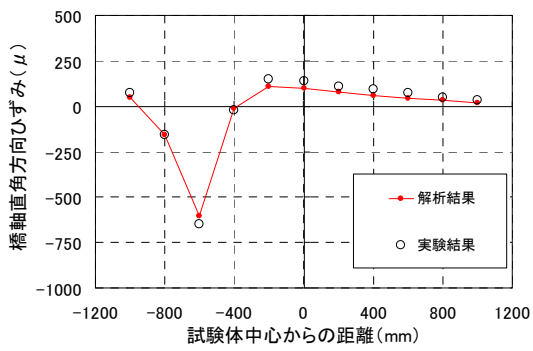
(2) 影響線荷重時のひずみ変動

断面A, B, Cにおける着目溶接線のデッキプレート側溶接部から5mm離れた位置に着目した影響線荷重時の橋軸直角方向のひずみ変動を図-3.4.7に示す。各断面とも、直上に載荷した場合は大きな圧縮ひずみが生じるが、着目断面から荷重が離れると引張ひずみが生じており、その値は400mm程離れた位置に載荷した場合に最大となっている。これらのひずみを断面位置で比較すると圧縮ひずみはC, B, A断面の順に大きく、引張ひずみはA, B, C断面の順に大きい。また、断面A, Bについては計測結果もプロットしているが、解析結果と計測結果はよく一致している。

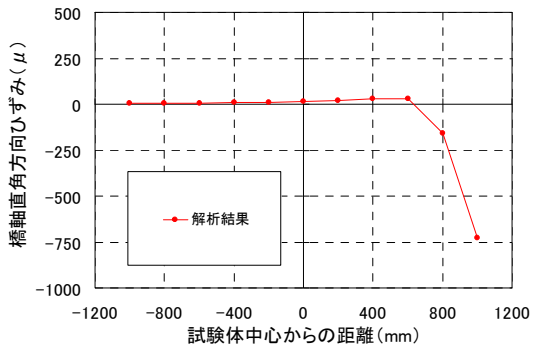




(a) A断面（縦リブ支間中央）



(b) B断面（縦リブ支間1/4点）



(c) C面（横リブ近傍）

図-3.4.7 デッキプレート側溶接部から5mm位置のひずみ変動

### 3.4.4 構造パラメータと局部応力性状

表-3.4.2に、着目溶接線のA（縦リブ支間中央），B（縦リブ支間1/4点），C断面（横リブ近傍）における溶接ルート部局部の橋軸直角方向応力とデッキプレート側溶接止端部から5mm位置の橋軸直角方向ひずみの一覧を示す。表中には本研究で疲労試験を実施したデッキプレート厚16mm，Uリブ板厚6mm（D16U6）に加え，D12U6，D12U8，D14U6，D16U8の解析結果も示している。

全てのケースでA断面とB断面の差は小さい。また，C断面では引張が減少し圧縮が増加する傾向にあり，応力範囲，ひずみ範囲は4～7%増加している。

構造パラメータに着目すると，全ての断面でデッキプレートの板厚が2mm増加すると応力範囲，ひずみ範囲が30%程度低減されることがわかる。Uリブ板厚はデッキプレート厚が薄い場合，若干ではあるが8mmの場合の応力範囲，ひずみ範囲が小さい。

図-3.4.8は構造パラメータ毎に溶接ルート部の橋軸直角方向応力とデッキプレート側溶接止端部5mm位置の橋軸直角方向ひずみの関係を示したものである。図中には，最小二乗法で求めた近似曲線を破線で示しているが，構造パラメータによらず，両者には高い相関性が見られる。溶接溶け込み量やUリブ板厚が異なる場合の溶接条件等については別途検討する必要があるが，本研究で用いた試験体に対し，溶接止端部5mm位置の橋軸直角方向ひずみを用いて疲労強度評価が行える可能性はある。

表-3.4.2 解析結果一覧

試験体	断面	溶接ルート部 橋軸直角方向応力(N/mm <sup>2</sup> )			デッキプレート側溶接止端5mm位置 橋軸直角方向ひずみ(μ)		
		σ max	σ min	Δ σ	ε max	ε min	Δ ε
D12U6	A	74	-716	790	139	-1123	1262
	B	63	-715	778	116	-1139	1254
	C	15	-801	816	23	-1293	1316
D14U6	A	73	-518	591	136	-809	945
	B	62	-523	585	114	-832	946
	C	17	-600	617	26	-972	998
D16U6	A	73	-382	455	132	-572	705
	B	62	-392	454	110	-601	712
	C	19	-463	482	28	-727	755
D12U8	A	54	-674	728	127	-1130	1257
	B	46	-666	712	104	-1141	1245
	C	8	-738	746	18	-1285	1304
D14U8	A	55	-498	552	122	-827	948
	B	46	-497	543	100	-845	944
	C	10	-561	571	20	-973	993
D16U8	A	55	-374	429	116	-597	712
	B	46	-377	424	95	-620	714
	C	12	-436	448	21	-734	755

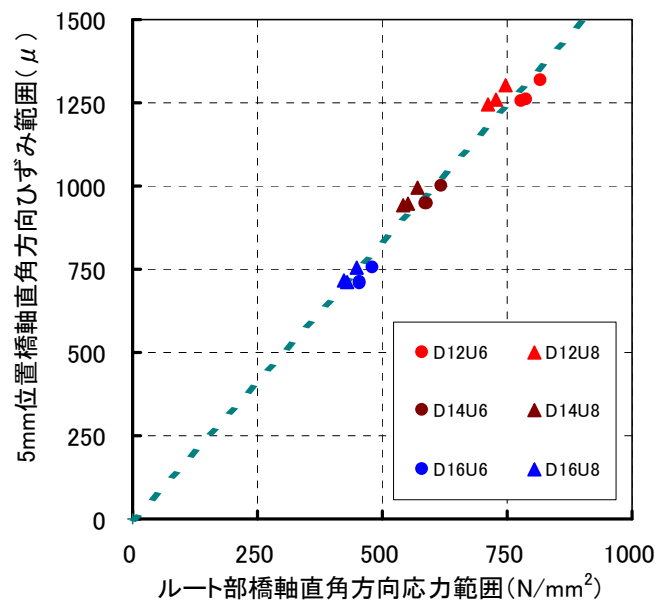


図-3.4.8 外側5mm位置のひずみとルート部局部応力

### 3.5 第3章のまとめ

本章では、デッキプレート厚を 16mm、Uリブ板厚を 6mm (D16U6) とした試験体 A (1 パネル試験体) の静的載荷試験、輪荷重走行試験結果と FEM 解析結果についてとりまとめた。以下に、本章のまとめを述べる。

#### (1) 輪荷重走行試験

輪荷重走行試験では、118kN の荷重を 300 万回載荷したが、床版としての剛性が問題となるような変状は見られなかった。

輪荷重走行試験中に経時的に実施した超音波探傷試験では 6mm 以上のき裂を検知することは出来なかったが、このことは輪荷重走行試験後に実施したデッキプレートのコアサンプルのマクロ試験で、最大き裂深さが 4.1mm であったことと一致していた。なお、コア抜き試験の結果、デッキプレートと Uリブ溶接で溶接が Uリブ内部まで達しているものが確認され、Uリブ内部に形成された溶接ビードの止端部からデッキプレートへ進展するき裂が確認された。

#### (2) 過年度に実施された輪荷重走行試験結果との比較

過年度に実施された同形状で、デッキプレート厚が 12mm で Uリブ板厚が 8mm (D12U8)、デッキプレート厚が 14mm で Uリブ板厚が 6mm (D14U6) の輪荷重走行試験結果との比較では、デッキプレートを増厚することにより、着目溶接線近傍でひずみ低減効果があることを確認した。疲労試験結果の整理ではデッキプレート側溶接止端から 5mm 位置のひずみゲージの疲労き裂発生に起因すると考えられるひずみ変化に着目した。ひずみが 5% 変化するまでの走行回数は D14U6, D12U8, D16U6 の順で早くなり、変化するひずみの絶対値は D12U8, D14U6, D16U6 の順で大きくなることを確認した。さらに、超音波探傷試験の結果も比較し、デッキプレートが厚くなるとひずみの進展が遅くなる傾向にあることも確認した。Uリブの板厚、すなわち溶接条件の違いや疲労試験の結果のばらつきもあり、3 者を単純に比較することは出来ないが、デッキプレートを 16mm とすることにより、疲労き裂の発生と進展を抑制できる可能性を確認した。

#### (3) 解析的検討結果

解析的検討では、本研究と過年度に実施した疲労試験体を対象とし、D12U6, D12U8, D14U6, D14U8, D16U6, D16U8 の 6 種類のモデルを対象とした。その結果、Uリブの板厚が発生応力に与える影響は小さいこと、デッキプレートを増厚することによりひずみの低減が可能であることを確認した。なお、疲労設計曲線の傾きを表す係数  $m=3$  と仮定すれば、デッキプレートを 12mm から 14mm とすることで、疲労寿命が 2 倍以上、16mm とすることで 5 倍前後となる。

また、溶接止端部 5mm 位置の橋軸直角方向ひずみと溶接ルート部の橋軸直角方向応力の比較を行い、溶接止端部 5mm 位置の橋軸直角方向ひずみを用いて疲労強度評価が行える可能性を示した。

**【参考文献】**

- 1) 川畑篤敬, 井口進, 廣中修, 鈴木統, 齊藤史朗: 鋼床版のデッキプレートと縦リブ溶接部を対象とした移動輪荷重試験, 第五回道路橋床版シンポジウム講演論文集, pp.247-252, 2006.7.
- 2) 例えば, 井口進, 寺尾圭史, 西野崇史, 村越潤: 鋼床版 S F R C 舗装施工前の静的載荷試験, 土木学会第 60 回年次学術講演会, CS10-017, 2005.9.

## 【付録】

### 鋼床版デッキプレート-Uリブ溶接部の超音波探傷検査要領

#### 1. 適用範囲

本要領は鋼床版デッキプレートとUリブ溶接部におけるデッキプレート方向に進展する亀裂の調査のための超音波探傷検査について規定する。また参考として溶接部内に発生し溶接表面に向かう亀裂についても監視を行うものとする。

#### 2. 準拠する規格

JIS Z 2344「金属材料のパルス反射法による超音波探傷試験方法」  
JIS Z 2345「超音波探傷試験用標準試験片」  
JIS Z 2350「超音波探触子の性能測定方法」  
JIS Z 3060「鋼溶接部の超音波探傷試験方法」

#### 3. 検査装置および資材

(1) 超音波探傷器	UI-25	菱電湘南エレクトロニクス(株)	
(2) 探触子	クリーピング波法	5C10×5LAD90	ジャパンプローブ(株)
	表面SH波法	5Z5×5HAD90	ジャパンプローブ(株)
	端部エコー法	5C15A70-SF	ジャパンプローブ(株)
	垂直法	FH2E-D	パナメトリクス
(3) 接触媒質	グリセリン(濃度75%以上)およびソニコートSH		
(4) 標準試験片	STB-A1, STB-A2, STB-A3		

#### 4. 検査技術者

検査技術者は(社)日本非破壊検査協会の認定する超音波検査2種以上の資格を有するものとする。

#### 5. 検査対象箇所

鋼床版デッキプレート-Uリブ溶接部 R3R R3L R4R

#### 6. 探傷の準備

##### (1) 装置の調整

使用する検査装置については、探傷に先立ち入射点の測定、STB屈折角の測定を行う。測定範囲は端部エコー法では125mmに、またクリーピング法、表面SH波法垂直法では50mmに調整する。

##### (2) 探傷面の手入れ

探傷に支障となるスパッタ、スケール等がある場合はこれを除去する。

##### (3) 探傷の時期

荷重载荷の前に初期状態のデータを採取する。その後は指定された载荷回数に応じて探傷を行う。

## 7. 探傷方法

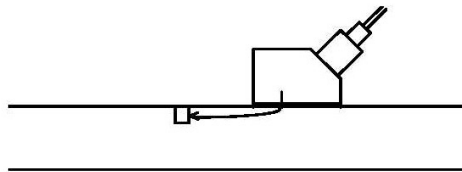
### 7-1 クリーピング波法・表面SH波法

#### 7-1-1 デッキプレート方向に進展する亀裂の調査

##### (1) 探傷感度

クリーピング波法は90° 縦波斜角探触子を用いる。STB-A2のφ4×4の標準穴と探触子前面との距離を15mmに保ち、エコー高さを50%になるよう感度を調整し、6dB感度を高めて探傷感度とする。

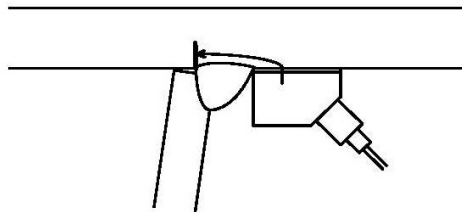
表面SH波法はSH斜角探触子を用いる。STB-A2のφ4×4の標準穴と探触子前面との距離を15mmに保ち、エコー高さを50%になるよう調整し、12dB感度を高めて探傷感度とする。



##### (2) 探触子の走査

下図に示すように探触子をデッキ側に配置し、接近限界付近を溶接線方向に走査する。このとき若干の前後走査、首振走査を行う必要がある。

クリーピング波法は検査範囲全線を走査するものとし、表面SH波法では定められた定点及びクリーピング波法で亀裂が認められた部位について走査を行う。



##### (3) 記録

定められた定点においてルート部付近に得られるエコーはすべて記録する。

##### (4) 評価

初期状態で得られたエコー高さを基本とし、初期状態でエコーのない部位に新たにエコーが出現した場合、あるいは明らかに初期状態よりエコー高さが高くなった場合には亀裂が発生したと評価する。

クリーピング波法ではエコー高さが50%まで、表面SH波法ではエコー高さが30%まではその亀裂深さを2mm以下とする。

いずれか一方でもそれを超えた場合には、後述する端部エコー法により亀裂の深さを測定する。

## 7-1-2 溶接部内を進展する亀裂の確認

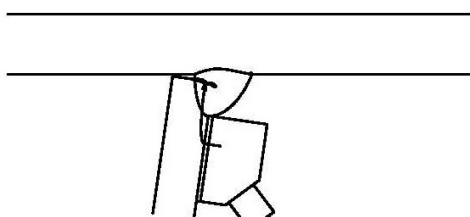
### (1) 探傷感度

前項7-1-1の(1)と同じ探傷感度とする。

### (2) 探触子の走査

下図に示すように探触子をUリブ側に配置し、接近限界付近を溶接線方向に走査する。このとき若干の前後走査、首振走査を行う必要がある。

クリーピング波法は検査範囲全線を走査するものとし、表面SH波法では定められた定点及びクリーピング波法で亀裂が認められた部位について走査を行う。



### (3) 記録

定められた定点においてルート部付近に得られるエコーはすべて記録する。

### (4) 評価

初期状態で得られたエコー高さを基本とし、初期状態でエコーのない部位に新たにエコーが出現した場合、あるいは明らかに初期状態よりエコー高さが高くなった場合には亀裂が発生したと評価する。

亀裂の深さは後述する端部エコー法及び垂直法により測定する。

## 7-2 端部エコー法

### (1) 適用範囲

端部エコー法は、前述のクリーピング波法及び表面SH波法において亀裂と評価され、その深さが2mmを超えると判断された場合に適用する。

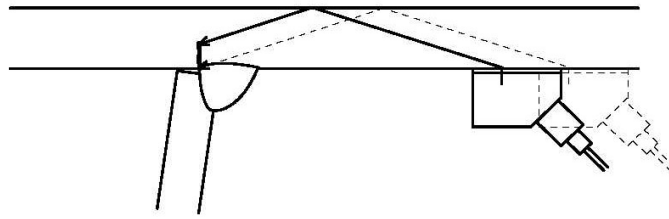
### (2) 探傷感度

集束型斜角探触子で屈折角 $70^\circ$ のものを用い、STB-A2の $\phi 4 \times 4$ の標準穴を0.5スキップで80%に調整し探傷感度とする。この感度はあくまで標準であり、端部エコーが十分確認できるよう増減することができる。

### (3) 探触子の走査

次図に示すように探触子を配置し、亀裂に対し前後走査を行う。





#### (4) 測定方法

前後走査により亀裂の上端部からの端部エコーを検出し、最大エコーが得られる位置での反射源の深さを求め亀裂の高さとする。

### 7-3 垂直法

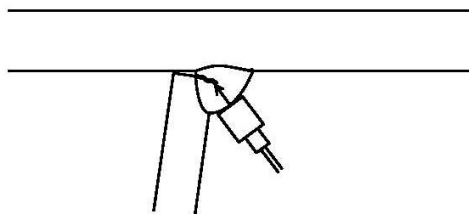
垂直法は、基本的にデッキプレートの亀裂調査には必要ではないが、万が一溶接部内を進展する亀裂が発生し、デッキプレート調査に支障が生じる場合を想定して参考までに行うものとする。

#### (1) 探傷感度

分割型垂直探触子を用い、STB-A2 φ4×4の裏面からのエコー高さを50%に調整した後、6dB感度を高めて探傷感度とする。

#### (2) 探触子の走査

探触子を溶接線上に配置し、検査範囲全線を走査する。



#### (3) 記録

定められた定点においてルート部付近に得られるエコーはすべて記録する。

#### (4) 評価

初期状態で得られたエコー高さを基本とし、初期状態でエコーのない部位に新たにエコーが出現した場合、あるいは明らかに初期状態より距離が短くなった場合には亀裂が発生したと評価する。