

## ソールプレート前面溶接部のルートき裂の再現

### RECREATION OF ROOT CRACKS IN TRANSVERSE WELDS BETWEEN SOLE PLATE AND BOTTOM FLANGE

○平井 隆嗣\*<sup>1</sup>      坂野 昌弘\*<sup>2</sup>      一ノ瀬 伯子ルイザ\*<sup>3</sup>  
Takahide HIRAI\*<sup>1</sup>      Masahiro SAKANO\*<sup>2</sup>      L. H. ICHINOSE \*<sup>3</sup>

**ABSTRACT** Both of toe cracks and root cracks are developed in fillet welds between sole plate and bottom flange of steel girders. Since root cracks were initiated inside fillet welds, those discovery were difficult. When root cracks appear on the weld bead surface, they can be long inside. These cracks are so dangerous that can penetrate weld bead and finally break out bottom flange. The purpose of the study is to reproduce root cracks in transverse welds between sole plate and bottom flange of steel girders using small specimens. As a result, root cracks can be recreated on the bead of the fillet welds

**Keywords:** ルートき裂, すみ肉溶接, ソールプレート, 疲労試験, 非破壊試験  
root crack, fillet weld, sole plate, fatigue test, non destructive testing

#### 1. 目的

すみ肉溶接部に生じる疲労き裂には、止端き裂とルートき裂がある[1]。ルートき裂は内部から進展するため検出が難しく、き裂が表面に現れた時にはかなりの長さになっている場合が多いため、早期の発見が必要である。

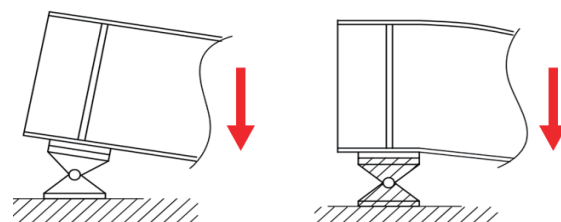
本研究では、ルートき裂を早期に発見するための非破壊検査法の検証に使用する目的で、ソールプレート前面溶接部を対象として、小型の試験体を用いてルートき裂の再現を試みた。

#### 2. 方法

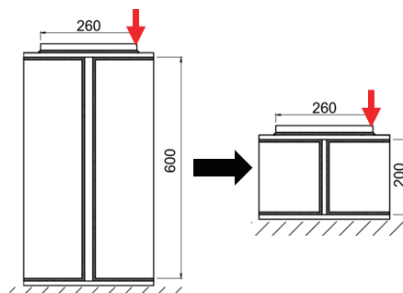
##### 2.1 試験体

実橋では図1のように支承の回転機能が低下し、ソールプレート端に応力が集中することによって疲労き裂が発生している。図2に既往の研究[2]と本研究の試験体を比較したものを示す。図3に試験体の形状と寸法を示す。前報[2]に比

べてさらに小型の試験体を用いた。試験体のソールプレートの寸法と下フランジの幅は実橋のものと同じである。鋼材はSM400Aを用いた。き裂が発生しやすいようソールプレートと下フランジのギャップを3mm開けて溶接した。なお、载荷の都合上、実物とは上下を逆にした。試験体は2体製作した。



(1) 回転良好      (2) 回転不良  
図1 実橋での支承の可動不良のイメージ



(1) 既往の研究      (2) 本研究  
図2 試験体の比較

\*<sup>1</sup> 関西大学大学院 理工学研究科 環境都市工学専攻

(〒564-8680 大阪府吹田市山手町3丁目3-35)

\*<sup>2</sup> 第2種正会員

工博 関西大学 環境都市工学部 都市システム工学科教授

\*<sup>3</sup> 修士(工学) (株)日本工業試験所 営業部部长

(〒553-0002 大阪府大阪市福島区鷺洲2丁目12-17)

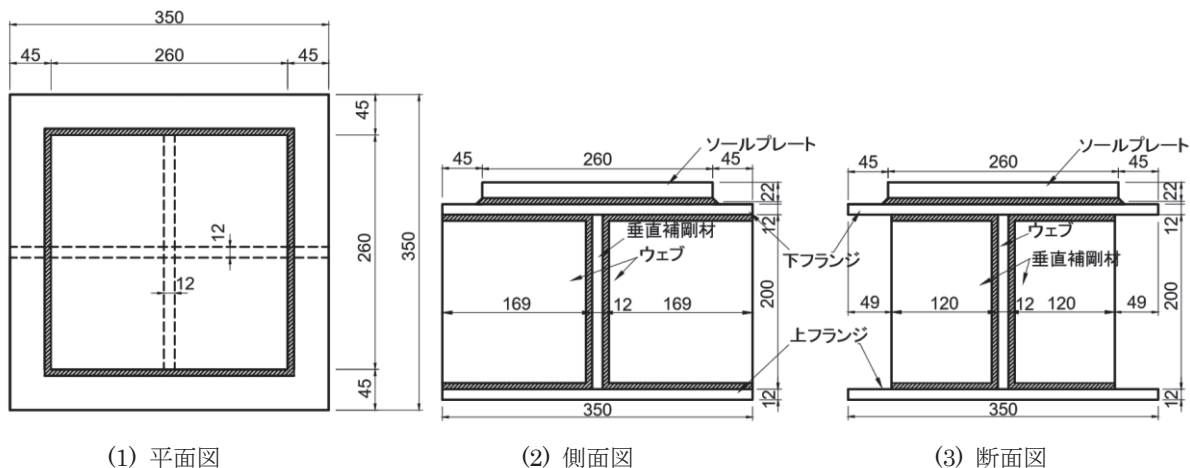


図3 試験体の形状と寸法

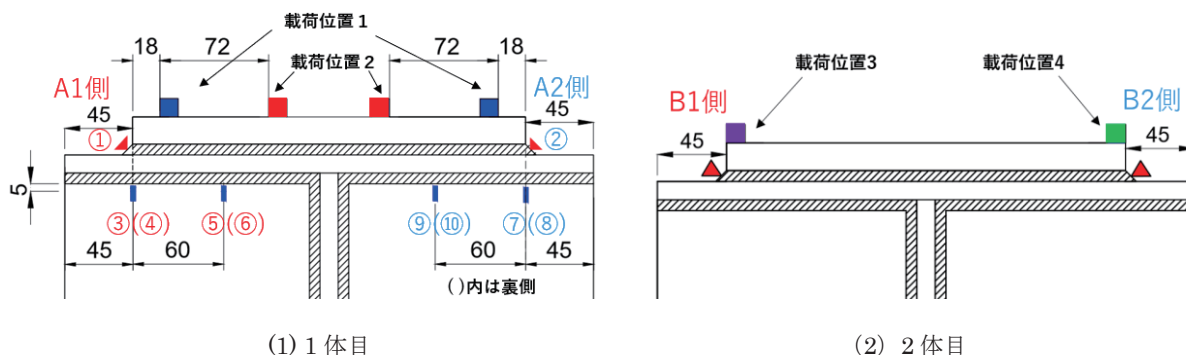


図4 ひずみゲージの貼付位置と荷重位置

## 2.2 ゲージの貼付け位置

図4にひずみゲージ貼付位置と荷重位置を示す。試験体1体目では、ルートき裂の検出用に溶接ビード表面に1軸5mmゲージ、ソールプレートのウェブ直下に応力が集中していることを確認するために、ウェブの下フランジとのすみ肉溶接の直下に1軸3mmゲージを貼付けた。試験体2体目では、ビード表面のみに貼り付けた。

## 2.3 荷重方法

それぞれ、12mm角で長さ50mmの荷重棒を用いて図4のように荷重した。写真1に荷重の状況を示す。また、疲労試験には動的容量±400kNの電気油圧式疲労試験機を用いた。試験体1体目では、疲労試験の荷重位置は静的荷重試験により決定した。最小荷重を40kNとした。繰返し速度は6Hzである。

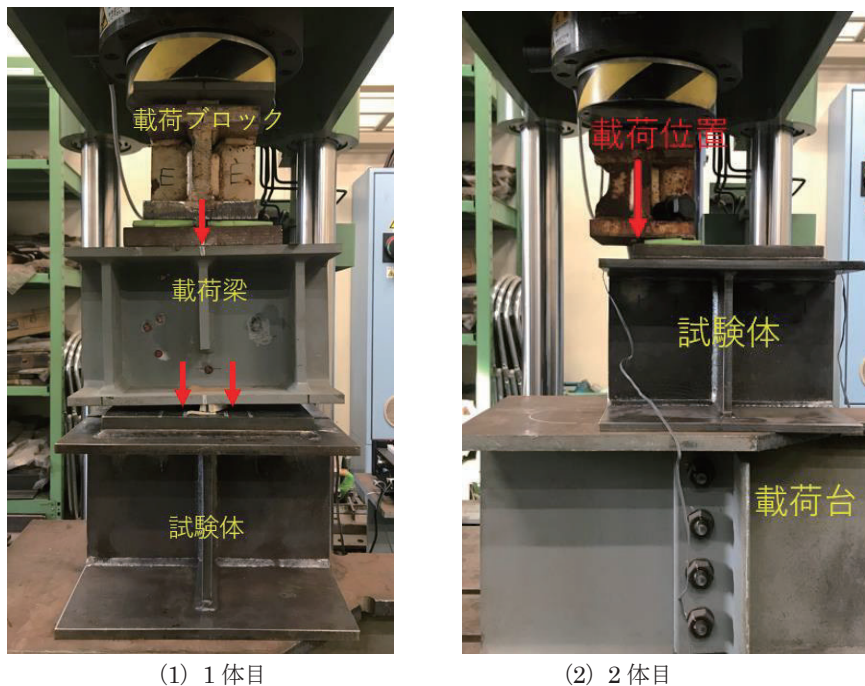
試験体2体目は、より実橋に近い荷重条件で疲労試験を行うこととした。実橋では支承の可動不良により、応力がソールプレート前面溶接部に集中し、大きな圧縮応力を生じていると考えられて

いる[3]。そのため、疲労試験の荷重位置は片側のソールプレート端のみとし、ソールプレート前面溶接部に圧縮力をかけた。荷重範囲は、最小荷重を30kNとし、100kNに設定した。繰返し速度は4Hzである。また、試験体2体目のB2側は小さなき裂を発生させるため、繰返し荷重1万回ごとに磁粉探傷試験(MT)によりき裂の検出を行った。

## 3. 結果と考察

### 3.1 静的荷重試験結果

図5に示すように、荷重位置がソールプレート前面から離れるにつれてビード表面のゲージ①と②のひずみは大きくなり、ウェブの③④⑦⑧のひずみは小さくなった。疲労試験の荷重棒の位置は、①②のひずみが比較的大きく、③④⑦⑧のひずみも大きい荷重位置1と、③④⑦⑧のひずみは減少するが、①②のひずみが最大となる荷重位置2で行った。



(1) 1体目

(2) 2体目

写真1 載荷状況

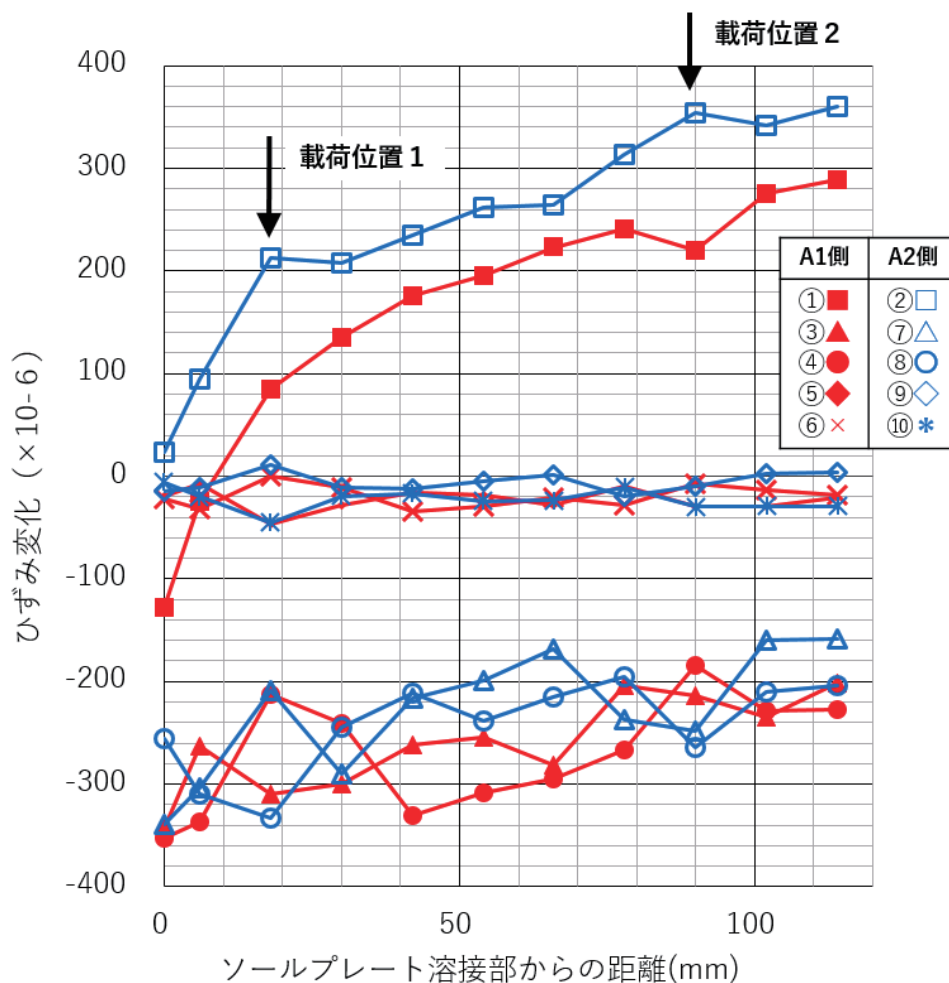


図5 ひずみ変化とソールプレート溶接部からの距離の関係

### 3.2 疲労試験結果

#### 3.2.1 試験体1体目

試験体1体目のひずみ変化と繰返し载荷の関係を図6に示す。ひずみ変化は最大荷重時と最小荷重時のひずみの差である。载荷位置1で $\Delta P=100\text{kN}$ で100万回の载荷を行ったが、ひずみ変化は見られなかったため、次に载荷位置2で120万回の载荷を行ったところ、わずかにひずみが増加した。そこで、 $\Delta P$ を160kNに上げて50万回の载荷を行ったところ、ひずみ変化が収束する傾向が見られたので、さらに $\Delta P$ を200kNに上げて24万回の载荷を行ったところ、①のひずみが大きく低下したため超音波探傷試験(UT)を行ったが、き裂を発見することはできなかった。磁粉探傷試験(MT)を行ったところ、ソールプレートの前面および側面のすみ肉溶接部4か所全てで、ビード表面にき裂が確認された(写真2,3,4,5)。き裂の発生位置を図7に示す。A2ではき裂はウェブの直上から外れた位置に発生した。

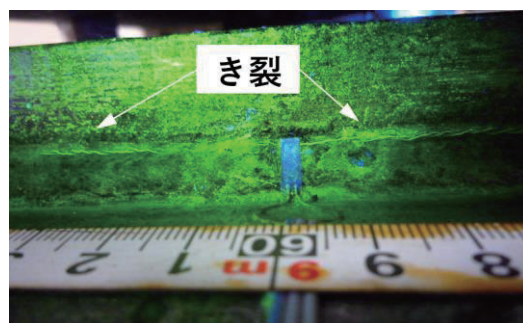


写真2 疲労き裂 (A1, N=304万回)

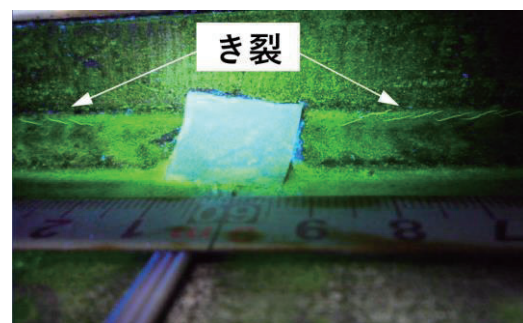


写真3 疲労き裂 (A2, N=304万回)

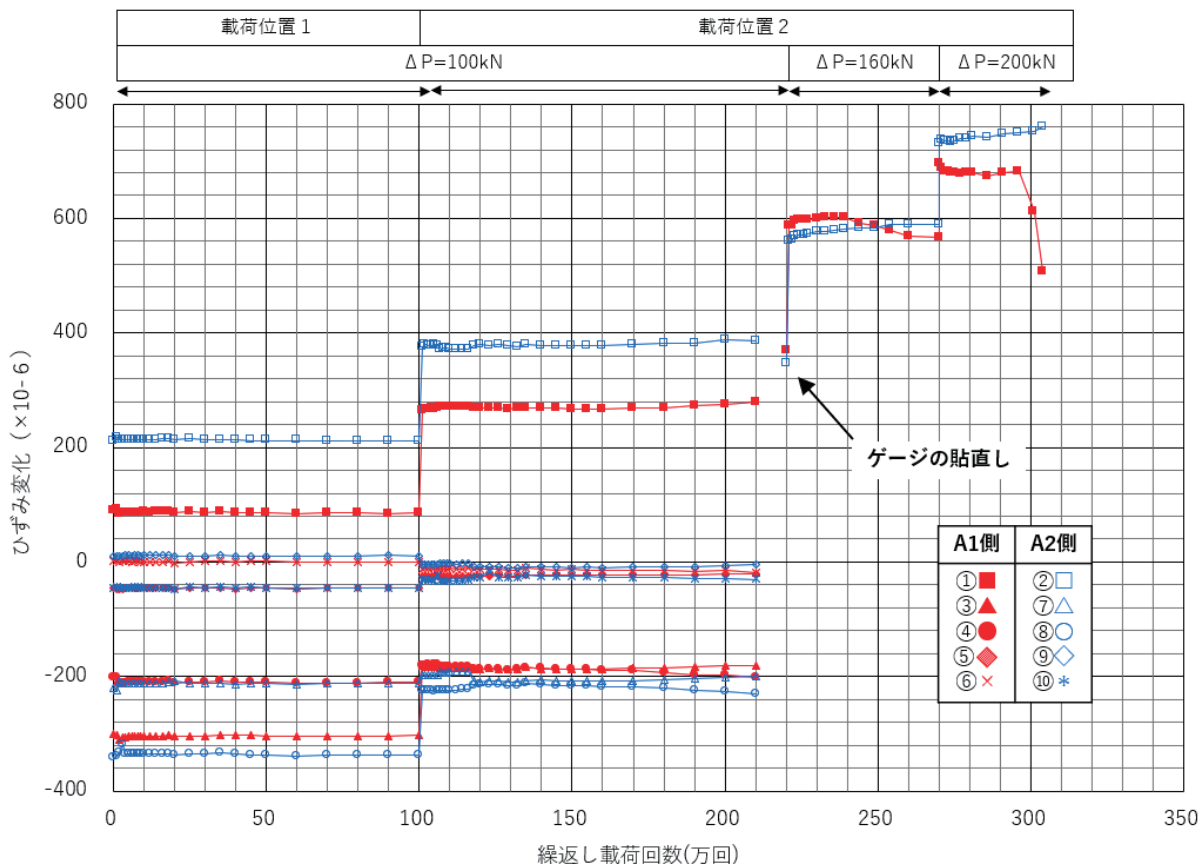


図6 ひずみ変化と载荷回数(1体目)



写真4 疲労き裂 (A3, N=304万回)

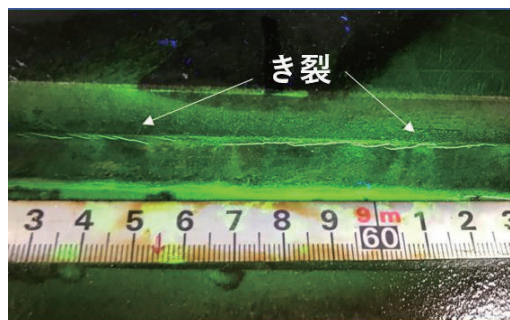


写真5 疲労き裂 (A4, N=304万回)

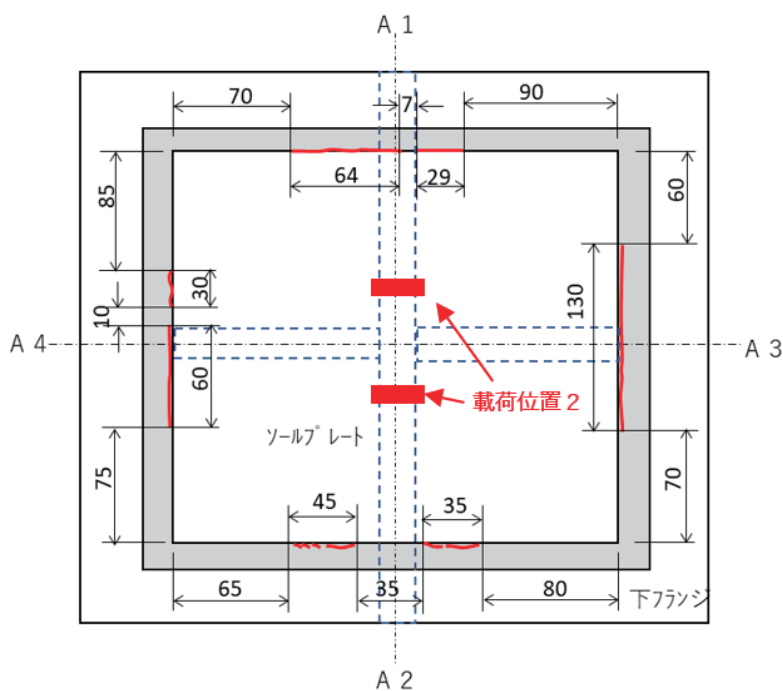


図7 き裂発生位置(1体目)

### 3.2.2 試験体2体目

試験体2体目のB1側のひずみ変化と繰返し载荷の関係を図8に示す。繰返し载荷の初期からひずみ変化は減少し続け、7万回から9万回まで増加した後、11万回以降に大きく減少した。写真6に試験体2体目の13万回载荷後のき裂の状況を示す。き裂は止端とビード表面両方に確認できる。ビード表面のき裂は、ルート部から発生し、ビード表面に貫通したものと推定される。なお、ひずみ変化が3万回の時に大きく減少したのは、試験機の不調により過大な荷重がかかったためである。

試験体2体目のB2側のひずみ変化と繰返し载荷の関係を図9に示す。繰返し载荷回数N=0から1万回でひずみ変化は急激に減少し、1万回から4万回でひずみ変化が急激に増加した。4万回载荷後、ビード表面にき裂が発生していることが確認された。写真7にき裂の状況を示す。き裂は止端とビード表面に発生した。試験体2体目のき裂の発生位置を図10に示す。B1、B2側のウェブの直上で、き裂は発生した。

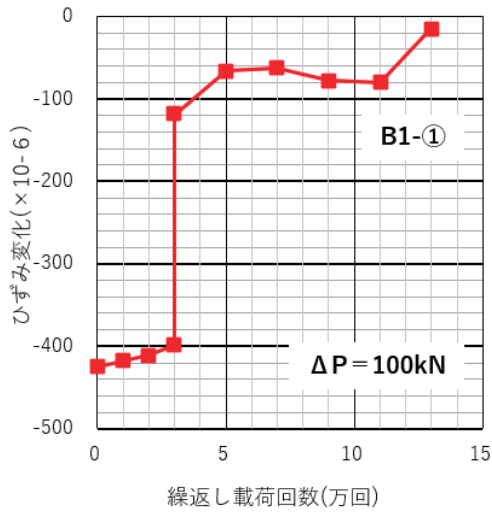


図8 ひずみ変化と载荷回数(関係B1)

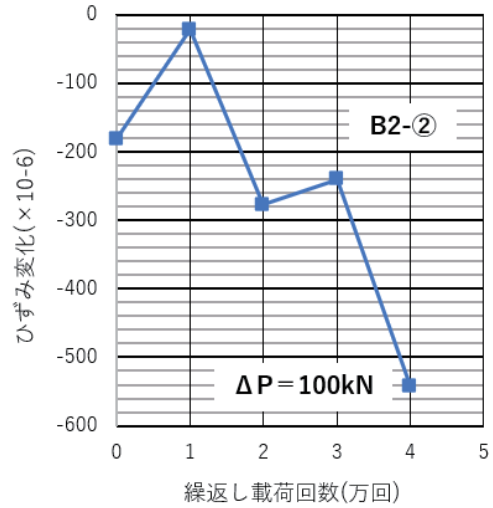


図9 ひずみ変化と载荷回数(関係B2)

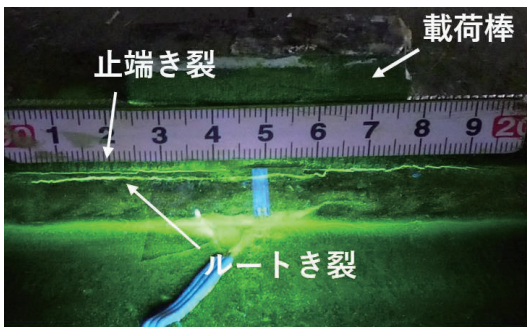


写真6 疲労き裂 (B1, N=13万回)

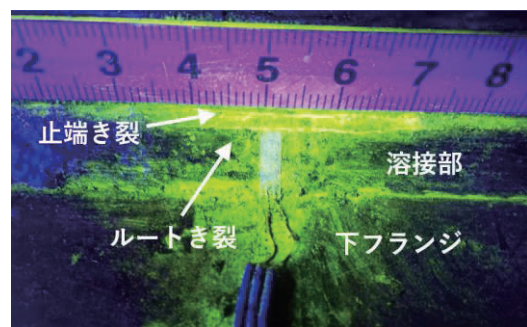


写真7 疲労き裂 (B2, N=4万回)

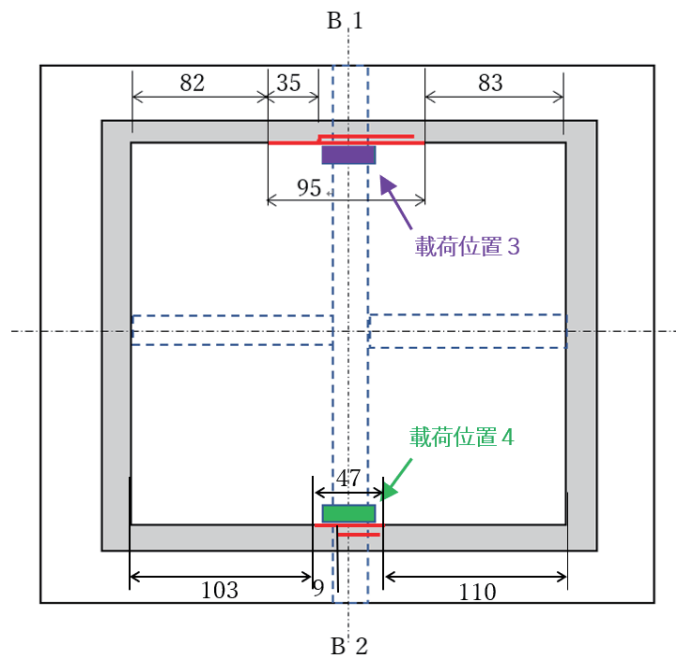


図10 き裂発生位置 (2体目)

#### 4. 結論

より小型の試験体を用い、実橋に近い荷条件で疲労試験を行うことで、ソールプレート前面溶接部に発生するルートき裂を再現することが出来た。

今後、このようなき裂を用いて、非破壊検査法によるき裂の検出を試みる予定である。

#### 参考文献

- [1] 阪神高速道路管理技術センター：阪神高速道路における鋼橋の疲労対策(三訂版), pp.75-79, 2012.3.
- [2] 奥山亮太, 坂野昌弘：垂直補剛材上端部とソールプレート前面溶接部の疲労き裂の再現：第15回機械、構造物の強度設計・安全性評価に関するシンポジウム, 材料学会, pp.9-12, 2017.11.
- [3] 丹羽雄一郎, 松本健太郎, 矢島秀治, 小林祐介：鉄道合成桁ソールプレート溶接部の疲労対策, 構造工学論文集, Vol.58A, pp.611-621, 2012.3.