

# 縦横リブ交差部における疲労亀裂進展のモニタリング評価

北見工業大学 学生員 高田 直幸 北見工業大学 正 員 山崎 智之  
(株)日本製鋼所 正 員 田中 秀秋 北見工業大学 フェロー 大島 俊之  
北見工業大学 正 員 三上 修一 北見工業大学 学生員 M. S. ラーマン

## 1. はじめに

最近、構造物自体に感知機能や判定機能を持たせ、これをインテリジェント化するという概念が注目されている。このようにインテリジェント化された構造物では、使用中であっても健全性を常に監視(モニタリング)することが可能になり、維持管理の方法を現在と全く異なったものにすることができるだけでなく、欠陥を早期に発見し、補修できるので構造物の耐久性を向上させることに有効である。

本研究では橋梁において疲労亀裂の発生が多いとされる縦横リブの溶接継手部周辺に着目し、感知機能用センサーとして電気抵抗ひずみ計を用いて繰り返し载荷中のひずみ変化に着目し、疲労亀裂の発生・進展を検出することを目指した。また、従来の非破壊検査方法として超音波探傷試験で亀裂の可視化を行い、ひずみのモニタリングによる評価を検証した。

## 2. 実験概要

実験に用いた供試体を図1に、ひずみ変化の着目点を図2に示す。横リブは $200 \times 300 \times 12\text{mm}$ 、縦リブは $100 \times 400 \times 9\text{mm}$ でSS400鋼材を用い、交差部にJ型のスカラップを設け、各部材の交差部はサイズ7mmの隅肉溶接を行った。さらに、スカラップ形状により荷重が横リブに均等に伝達させるために厚さ9mmのデッキプレートを設置した。

着目点は事前にFEM解析を行って、その結果から疲労亀裂が発生すると予測された上スカラップ周辺溶接部の水平方向ひずみ(ゲージ1)と下スカラップ上部溶接部付近の鉛直方向ひずみ(ゲージ2)に設定した。この供試体の横リブを支点間隔200mmで単純支持し、縦リブと横リブ交差部上から最大荷重160kN、最小荷重1kN、振動数10Hzで繰り返し载荷を行った。ひずみの測定はサンプリングレート20Hzで10秒間測定したときの最大値、最小値の変化を調べた。本実験では超音波探傷を行う際、供試体を载荷装置から取り外すため供試体設置条件が変化するので、疲労亀裂によるひずみ変化が少ないと考えられる部分にも着目し、供試体設置前後のひずみと同じになるように調整を行った。

超音波探傷は水浸法による斜角探傷法(入射角 $18.9^\circ$ )で行った。探触子には周波数10MHz、水中焦点距離80mmのものを使用している。探傷は図3に示すデッキプレート下溶接部および上スカラップ溶接部で行い、探傷範囲は $20 \times 30\text{mm}$ 、走査ピッチ0.1mmの画像である。

本実験での画像処理は強度データによるCスコープ画像とし、超音波エコーの振幅を256階調の白黒濃淡で表示しており、白く明るい部分がエコーの高い部分で、黒く暗い部分はエコーが低いか、エコーがない部分である。画像の上部にスケールを示している。

## 3. モニタリングと超音波探傷結果

ゲージ1におけるひずみの変化を図4に、ゲージ2におけるひずみの変化を図5に示す。ゲージ1では引張りひずみ、ゲージ2では圧縮ひずみとなっている。また、図6と図7はデッキプレート下溶接部探傷画像

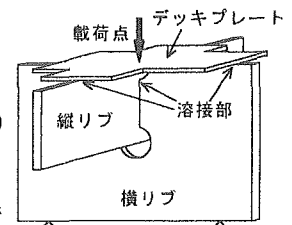


図1 実験供試体

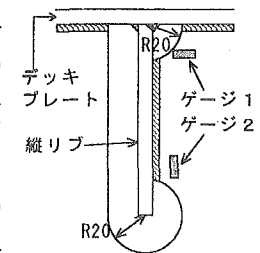


図2 着目点(網掛部)

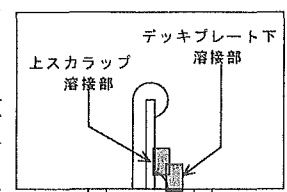


図3 超音波探傷位置

キーワード モニタリング、疲労亀裂、超音波探傷

連絡先 〒090-8507 北海道北見市公園町165番地 Tel 0157-26-9476 Fax 0157-23-9408

と上スカラップ溶接部の探傷画像である。ゲージ1では165万回までひずみが増加する傾向にあったが、165万回の580 $\mu$ を境に一転して減少し230万回までに499 $\mu$ となった。このときの変化を超音波探傷画像で確認すると図6と図7の(a) $\rightarrow$ (b)の変化になる。図6(b)では亀裂からの反射波が捕らえられ、図7(b)では亀裂によって肌すきからの反射波を捕らえることができなくなったことがわかり、デッキプレート下溶接部と上スカラップ溶接部の両方に亀裂を確認することができた。

このことから165万回を過ぎで供試体内部にごくわずかな亀裂が発生し、その後亀裂が進展して230万回程度で、超音波探傷により検出できる亀裂の大きさになったと考えられる。

さらに疲労試験を続けると240万回から255万回までに、ゲージ1では454 $\mu$ から613 $\mu$ へ、ゲージ2では-1229 $\mu$ から-5589 $\mu$ となり、ひずみが急激に増加して行き、245万回では上スカラップ溶接部の亀裂を横リブの片面で目視することができ、255万回までには両面で目視できるようになった。235万回でひずみのピークが見られるがこれは超音波探傷を行うために供試体を取り外したときに現れた変化である。

荷重255万回での探傷画像が図6、図7(c)である。図6からデッキプレート下溶接部では亀裂が発生したが、進展はわずかししか見られなかった。また、図7から上スカラップ溶接部では亀裂が大きく進展し、亀裂の全長は約36mmであった。さらに荷重を続けると縦リブと横リブが切断することが予想できる。

亀裂が発生した部分はゲージ1のひずみ変化を着目した点に近いが、ゲージ2のひずみの方が大きく変化した。これは上スカラップ溶接部で亀裂が進展したために応力がゲージ2の周辺に集中したと考えられる。

#### 4. あとがき

本実験では供試体の着脱を行ったための影響が現れたが、実際の構造物におけるモニタリングには影響がないことである。また、本供試体においては超音波探傷試験を行わないと亀裂の発生位置は特定することはできなかったが、上スカラップ部と下スカラップ上部のひずみをモニタリングすることで亀裂の発生や進展を捕らえることができた。亀裂によって部材中に生じるひずみの変化を十分とらえることができる着目点を選択すれば、モニタリングによって疲労亀裂の発生や進展を把握できると考えられる。また、着目点をさらに増加し、データの記録・監視方法も改良すればさらに精度が向上すると考えられる。本研究の一部は平成9年度文部省科学研究費(代表 大島俊之)の補助を受けて行われました。ここに感謝申し上げます。

#### 【参考文献】

- 1) 土木学会：鋼床版の疲労、鋼構造シリーズ4、1990.9

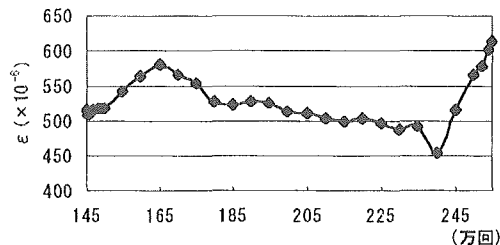


図4 ゲージ1のひずみ変化

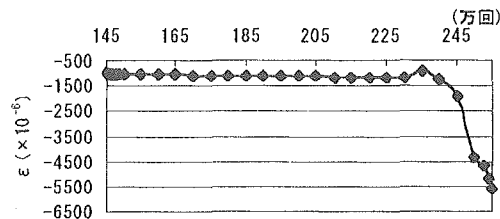
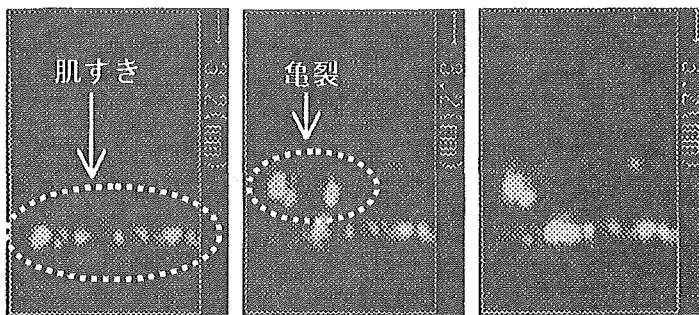
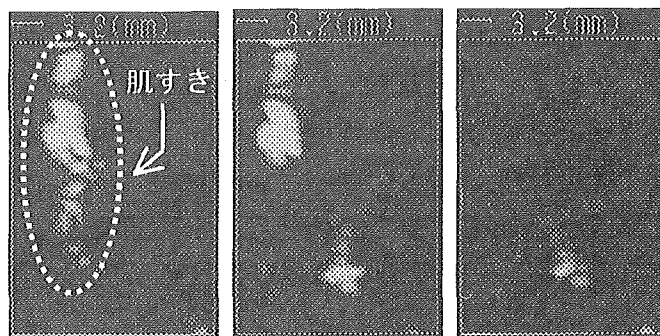


図5 ゲージ2のひずみ変化



(a) 荷重10万回 (b) 荷重230万回 (c) 荷重255万回

図6 デッキプレート下溶接部探傷画像



(a) 荷重10万回 (b) 荷重230万回 (c) 荷重255万回

図7 上スカラップ溶接部探傷画像