

# 鋼構造物の疲労寿命診断技術

## Fatigue Life Diagnosis Technology for Steel Structures



村岸 治 Osamu Muragishi  
小林 朋平 Tomohei Kobayashi  
梅田 聡 Akira Umeda  
奥 保政 Yasumasa Oku

橋梁に代表される鋼構造物において、損傷がいつ発生するかをあらかじめ予測できるならば、計画的に保全を行うことが可能となる。溶接構造の、荷重が繰り返し負荷される実運用状態での疲労損傷度に基づく寿命評価を、疲労センサを用いることで実用化した。本稿では疲労センサを用いた溶接構造物の疲労寿命診断技術とその適用事例について紹介する。

### 1 疲労寿命診断技術への取り組み

橋梁、車両、船舶などに代表される鋼構造物は、従来は定期的な検査を行うことでその健全性を確認し、もし損傷が見つければ補修や補強、取替えなどを行うという事後保全により対処してきた。しかしこの方法では予期せぬコストがかかり保全に対する費用計画を成立させ難い。そこで、損傷が発生した後ではなく、損傷がいつ発生するかをあらかじめ予測し、計画的に保全を行う予防保全の考え方が注目されている。また定期的なメンテナンスを施すことにより延命を図りたいという需要も高まる傾向にある。

このような保全を行うには、できるだけ正確に対象の鋼構造物の損傷状況を把握し、寿命を診断する必要がある。溶接継手などの局所の疲労損傷度推定のために、疲労センサ (Fatigue Damage Sensor : FDS, 図1) という金属箔のき裂進展によりその部位の疲労損傷速度を計測できる貼付型ゲージを開発した<sup>1)</sup>。ここではこの疲労センサを用いた予防保全方法を紹介する。

鋼構造物の維持管理では、疲労、腐食、変形、摩耗などそれぞれの損傷度の把握が必要である。

図2には、疲労寿命診断結果などに基づく鋼構造物の評価管理フローを示す。対象とする構造物の現状調査から始まり、疲労損傷度診断で劣化曲線を取得し、その結果を基に今後の保守計画を立てる。他の保守管理項目と併せ、点検、予算、補修・補強などの各計画を踏まえライフサイクルコストと投資効果を鑑みて維持管理手法の選択と実施を行うことで構造物全体の予防保全を行う。

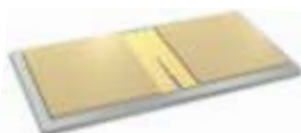


図1 疲労センサ  
Fig. 1 Fatigue damage sensor

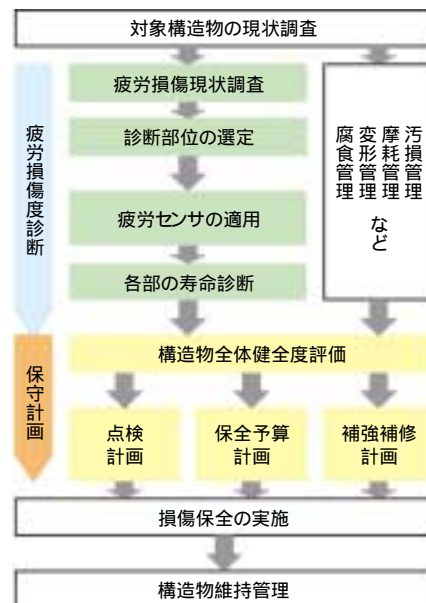


図2 疲労センサによる鋼構造物評価管理フロー  
Fig. 2 Asset management flow of structures with FDS

### 2 疲労寿命診断技術の適用事例

鋼構造物の疲労損傷状況を把握する方法の一つとして、従来はひずみゲージを用いて一定期間ひずみを計測し、データ処理により損傷度を推定する方法があった。しかしこの方法では、信号線の配線や電源が必要なために、計測対象部位の数、計測期間が制限されるなど、橋梁などの構造物全体をカバーし、長期的な計測をすることは現実的ではなく、適用が限定されていた。

疲労センサは犠牲試験片の一種で、長さが十数ミリの金属箔である。溶接継手などの応力集中部近傍に貼付し、当該部に発生している繰り返しひずみによりセンサ上に疲労き裂が生じる。実稼働中の構造物に一定期間貼付、その期

間のき裂進展速度により、疲労寿命曲線の傾きを求め、当該部での疲労損傷発生までの期間、すなわち疲労寿命を予測する<sup>2)</sup>。計測期間は橋梁の場合では数ヶ月程度をとり、その間通常数回のセンサの点検を行う 図3に示すように、疲労センサの診断精度はひずみゲージによる方法と同等であることを実橋で確認した<sup>3)</sup>。

対象構造物の部位ごとの保全計画を作成するには、構造の全体的な負荷状態ではなく、損傷が発生する局所的な応力状態、疲労損傷状態を知る必要がある。この点からも小型の疲労センサは都合がよい。

図4に示す橋梁の例では、構造物全体のうち応力集中のある溶接接合部数十箇所に疲労センサを貼付、各部の疲労損傷度合いを計測した。計測結果は、今後の橋梁の保守管理判断データとして使われることになる。

なお、疲労センサはこのような保全計画の立案ばかりではなく、各種構造物の健全性の判定にも使われており、これまで約70例に適用されている。図5、6は、鉄道の軌道や、船舶の健全度照査に使用された例である。

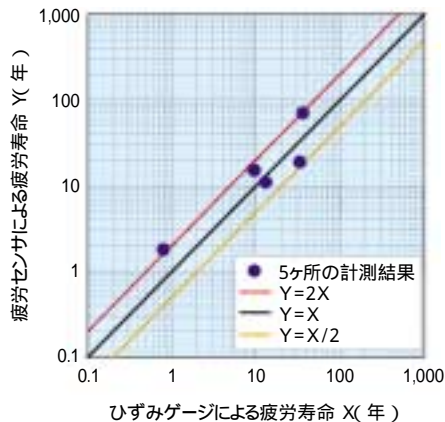


図3 実橋でのひずみゲージと疲労センサによる寿命推定比較  
Fig. 3 Fatigue lives estimated by strain gauges and FDS



図4 実橋への疲労センサ貼付状況  
Fig. 4 FDS application to bridge



図5 鉄道軌道支持構造への貼付状況  
Fig. 5 FDS application to rail support



図6 船舶への貼付状況  
Fig. 6 FDS application to ship

#### 参考文献

- 1) Muragishi, et al. : “ Remaining Life Evaluation by Fatigue Detecting Sensor ”, Structural Health Monitoring and Intelligent Infrastructure, 879-886 (2003)
- 2) 村岸 : “ 疲労センサを用いた疲労余寿命診断 ”, 検査技術, Vol.9, No.7 (2004)
- 3) 川口, ほか : “ 疲労センサによる余寿命診断と応力頻度計測による手法との比較 ”, 土木学会第58回年次学術講演会, I-441 (2003)



村岸 治 小林 朋平 梅田 聡 奥 保政