

疲労き裂損傷調査への応力聴診器の適用について (その1)

東京測器研究所 正会員 福田 浩之  
 岐阜大学 正会員 村上 茂之  
 維持管理工房 正会員 古市 亨

1. 目的

近年、車両の大型化，自動車交通量の増大，供用年数の延長などから，鋼床版箱桁や鋼製橋脚に代表される鋼構造物の疲労損傷事例が多数報告されている．これらの疲労損傷は道路のサービス水準の低下を招くために，適切な詳細調査を実施し，原因究明を行った上で，対策工法の選定が必要である．これらの疲労損傷（き裂）の調査においては，磁粉探傷試験が頻繁に用いられているが，調査時には塗膜除去，ケレン作業が必要であるため，作業工程が多くなり，時間とコストが増加する傾向にある．このため，一般的に鋼構造物のひずみ計測を行う場合には，接着剤を用いて対象物にひずみゲージを貼付する必要があるが，より簡易にひずみ測定を行うために，①塗膜の除去，脱脂，接着の必要がないため，現場での作業を大幅に短縮できる，②測定後の修復が不要である，③繰り返し利用が可能のため，長期的に考えれば経済的である，等の効果が期待できる応力聴診器<sup>1)</sup>を用いることに着目した．応力聴診器は既存の摩擦型ゲージ<sup>2)</sup>を鋼構造物にマグネットで吸着し，図-1に示すように受感部を押しあてることができるように改良したもので，図-2に示す応力聴診器では，各種実験を実施し，良好な結果を得ている<sup>3)</sup>．本文では，鋼床版箱桁橋のダイヤフラム端部に発生した疲労き裂を対象として，応力聴診器による疲労損傷発見の可能性についての検討を行った．

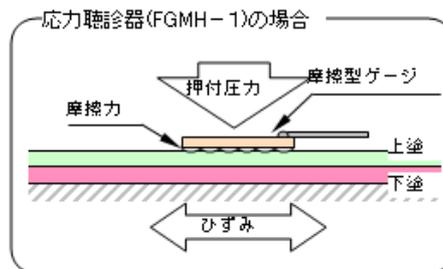


図-1 応力聴診器の設置

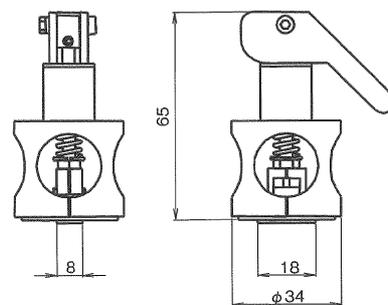


図-2 応力聴診器

2. 調査対象橋梁と計測方法

対象橋梁は昭和31年鋼道路橋設計示方書で設計された1961年竣工の橋長が422m(3径間連続2連)の鋼床版箱桁橋である．車道が3車線（歩道もあり）のため，幅員が14.25mあるが，箱桁のウェブ間が5.5m（桁高2.83m）の1BOXであり，張出長が長く，経済設計が行われた年代でもあり，ダイヤフラムの剛性も小さい．また，昭和50年代は日交通量も25,000程度であったが，近年は50,000台程度まで増加している．近年，ダイヤフラム端部に疲労き裂が発見されたため，詳細調査，現場計測，FEM解析，原因分析と補強設計は実施されており，次年度に補強工事が予定されている．

磁粉探傷試験の結果，本橋のき裂に関しては，ダイヤフラムのフランジが完全に破断しているものはなかったため，今回は表-1に示す3箇所のき裂が発生しているダイヤフラム端部と近傍の損傷が発見されなかったダイヤフラム端部の溶接止端から20mmの箇所に応力聴診器を設置し，き裂損傷の有無による一般走行車両の動的ひずみ波形を採取し，ダイヤフラム端部のき裂の有無によるひずみ波形の変化を確認することとした．

表-1 調査箇所の損傷状況

NO.	損傷区分	損傷区分
D13	損傷小	フランジ中央にき裂あり
D16	損傷中	フランジ中央にき裂あり
D38	損傷大	片側フランジ破断

キーワード 応力聴診器，疲労，き裂，非破壊

連絡先 〒542-0062 大阪市中央区上本町西 5-3-19 (株)東京測器研究所 TEL 06-6762-9837

図-3にダイヤフラム端部での応力聴診器設置状況を示すが、従来型聴診器では溶接止端から約20mmの箇所にはしか設置できない。また、対象としているのはダイヤフラム端部の初期に損傷が発生する中央部分である。なお、本来は塗膜上からの計測を原則とするが、今回は磁粉探傷調査のためにすでにケレンが実施されていたため、鋼材に直接設置している。

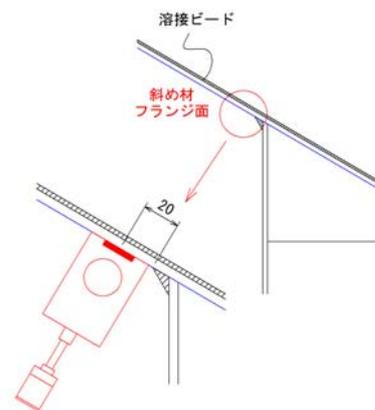


図-3 設置イメージ

### 3. 応力聴診器による計測結果

表-1に示す3箇所のき裂発生箇所と近傍の損傷が確認されていないダイヤフラム端部それぞれの一般車両走行時の動的ひずみ波形を図-4に示す。

図(a)に片側のフランジが完全に破断していたD38と損傷が確認できなかったD37のダイヤフラム端部の動的ひずみ波形を示すが、D37では走行車両の車軸毎の波形を示しているが、損傷が顕著であったため、D38では、全くひずみが発生しなかった。

図(b)に磁粉探傷試験でき裂損傷が確認されたD16と損傷が無いD18の比較を示すが、D18の動的ひずみ波形は軸重毎の波形(圧縮)を再現しているが、損傷が確認されたD16の動的波形はD18とは逆の引張側の符号で、かつD18の10%程度の値しか発生していない。なお、動的波形の最大値位置が異なっているのは橋軸方向の計測箇所間の距離によるものである。

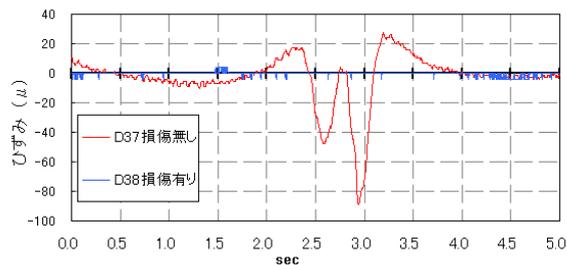
図(c)に磁粉探傷試験では、ほぼD16と同様のき裂長さが確認されたD13と損傷が無いD14の比較を示すが、損傷があるD13と損傷が無いD14の動的ひずみ波形はほぼ同様の形状を示している。

### 4. 本結果の総括と今後の展望

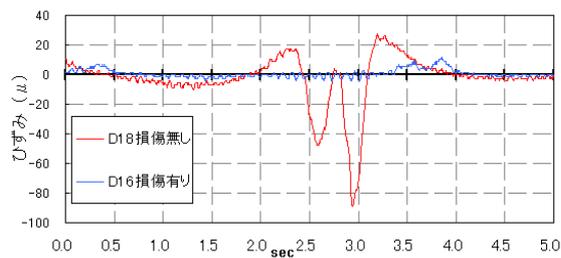
今回の計測結果より、き裂がある程度深い場合(D16)には、応力聴診器で採取した動的ひずみ波形は通常とは異なることがわかった。ただし、D13のように、き裂深さが浅いと推測される場合には、既存の応力聴診器はその形状から計測可能な溶接止端から最も近い20mm程度離れた箇所では、応力は正常に流れていた。ただし、実際にき裂が発生している場合には、発生するひずみに必ず何らかの変化が生じるが、今回の20mmの箇所ではその変化が確認できなかった。このため、今後は溶接止端から20mmより近傍の応力発生状況を確認するとともに、試作段階ではあるが、溶接止端から5mm程度の位置まで計測が可能のように改良した応力聴診器を用いた照査を行っていく。

### 参考文献

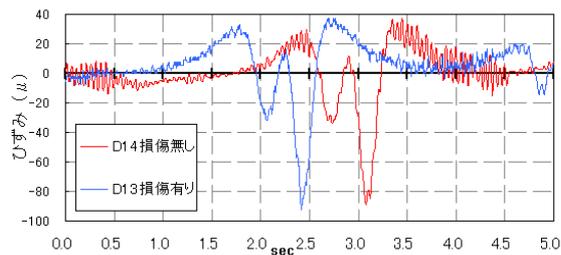
- 1) 小塩達也, 山田健太郎, 齋藤好康, 椎名政三, 摩擦型ひずみゲージによる応力聴診器の開発と構造物の健全度診断への応用, 第60回土木学会年次学術講演会概要集, 第VI部門, 6-128, pp. 255-256, 2005.
- 2) 大井光四郎: 摩擦型抵抗線ひずみ計, 日本機械学会誌, 第62巻 第484号, 昭和34年5月.
- 3) 古市亨他: 摩擦型ゲージ(応力聴診器)の現場適用性に関する試験結果, 土木学会第61回年次学術講演会, 1-169, 2006-9, pp. 337-338.



(a) 損傷大



(b) 損傷中



(c) 損傷小

図-4 採取した動的ひずみ波形