鋼床版デッキプレート貫通疲労き裂の発生・進展性状

法政大学 学生会員 〇末金 大地、川崎 靖子、原田 英明 法政大学 正会員 森 猛 日本橋梁建設協会 正会員 内田 大介

1. はじめに

近年、重交通路線に位置する鋼床版橋梁において、デッキプレートとトラフリブの溶接ルート部よりデッキ プレートの板厚方向へ進展するき裂の発生事例が報告されている。このき裂は、デッキプレートを貫通したと しても、デッキプレート上面に舗装があるために検出することが難しく、過度に進展すれば、デッキプレート の陥没が危惧される。このき裂の発生原因や対策を考える上で、き裂の発生・進展性状を明らかにすることは 不可欠であるが、未だ十分には明らかとされていない。

本研究では、モデル試験体の疲労試験、ひずみ測定試験、超音波探傷試験とモデル試験体を対象とした有限 要素応力解析を行うことにより、デッキプレート・トラフリブ溶接のルートを起点としてデッキプレートに進 展する疲労き裂の発生・進展性状を明らかにすることを目的とする。

2. 疲労試験

供試鋼材は、SM490YA である。試験体は、幅 1700mm、 長さ 300mm、高さ 612mm であり、トラフリブ 2 つ(ト ラフリブ間隔 320mm)、横リブ1つで構成されている。 その形状と寸法を図1に示す。板厚はトラフリブが6mm、 横リブは 12mm である。試験体は、交差部のスカーラッ プの有無とデッキプレートの板厚(12mm、16mm)を組 み合わせた4体である。これらの試験体を、それぞれ、

S-D12U6、N-D12U6、S-D16U6、N-D16U6(S:スカーラ

ップあり、N:スカーラップなし、D:デッキプレート厚 (mm)、U:トラ フリブ厚(mm))と呼ぶ。溶接の溶け込み深さは、トラフリブ厚の75%程度 である。

疲労試験は、動的能力 300kN の電気油圧サーボ式試験機を用いて、繰り返 し荷重を10kN~110kNとして行った。荷重の位置は図1に示すとおりであり、 載荷面積は 200mm×200mm である。

ルート部から生じたき裂の大きさを調べる目的で、デッキプレート下面 (トラフリブ内側から 5mm 位置) にゲージ長 3mm のひずみゲージを橋軸直角方向に貼付し、荷重繰り返し に伴うひずみの上限値と下限値の差(以下、ひずみ範囲)の変化を調べた。1つの試験体で4箇所にゲージを 貼付している。また、S-D16U6試験体については、超音波探傷試験も行っている。

疲労試験終了後、試験体を切断し、疲労き裂の進展性状を観察した。その例を写真1に示す。疲労き裂は、 溶接ルート部から発生し、デッキプレート板厚方向に対して 30 度程度トラフリブ外側に傾いている。さらに 進展するとき裂の傾きが緩やかとなり、板厚の70%程度まで進展するとその傾きが大きくなっている、これ は、実橋で観察された疲労き裂の進展経路をよく再現している。

3. 疲労き裂の進展性状

疲労試験時のひずみ範囲測定結果の例(S-D16U6試験体)を図2に示す。図1に示したように、試験体1 体につき、4か所に疲労き裂が生じる恐れがあるが、すべての試験体で4か所に疲労き裂が観察された。図の 縦軸は試験開始時のひずみ範囲で無次元化している。ひずみ範囲は繰返し荷重載荷直後に急激に減少し、荷重

キーワード 鋼床版、デッキプレート、トラフリブ、疲労き裂進展性状、スカーラップ

連絡先 〒162-0843 東京都新宿区市谷田町 2-33 法政大学デザイン工学部 TEL 03-5228-1453 E-mail mori@hosei.ac.jp



図1 試験体の形状と寸法



写真1 疲労き裂の進展性状

繰返し数とともに、減少の程度が緩やかとなっている。このようなひ ずみ範囲の減少は、疲労き裂の存在によりデッキプレート下面の応力 が伝達されにくくなることによる。

このような挙動を再現する目的で溶接ルート部に図3に示すような 疲労き裂を導入した各試験体の解析モデルを作成して FEM 応力解析 を行った。応力解析は、試験体の対称性を考慮し1/4 モデルとし、ま た交差部近傍をソリッド要素でその他をシェル要素でモデル化した ハイブリッドモデルを用いて行った。シェル要素とソリッド要素の結 合は、シェル要素をソリッド要素に1要素貼り付けることによって行 った。解析より求めたひずみ範囲とき裂深さの関係の例(S-D16U6 試 験体)を図4に示す。この関係に図2に示した関係を適用することに より、き裂深さと荷重繰返し数の関係を求めた。

以上のようにして求めた各試験体のき裂深さと荷重繰返し数 の関係を図 5(a)~(d)に示す。いずれの試験体においても繰返し荷 重載荷直後に疲労き裂が発生し、荷重繰返し数に比例して進展し ている。そして、き裂が長くなるにしたがって、進展速度が遅く なっている。通常の疲労き裂の進展はき裂が長くなるにしたがっ て速くなるが、これとは逆になっている。き裂発生後のき裂の進 展速度は、スカーラップを設けることにより、またデッキプレー トを厚くすることにより低くなっている。図 5(d)には、超音波探

A-O (π) • A-I • B-I み範囲 • B-O 喬軸直角方向ひず 0.5 S-D16U6 100 0.0L 200 300 荷重繰り返し数 (x10⁴) 図2 ひずみ範囲と 荷重繰返し数の関係



傷試験から求めたき裂深さと荷重繰返し数の関係も示している。これらにくらべて、ひずみ変動範囲を用いて 推定したき裂深さは小さくなっている。この原因としては、解析でき裂の傾きを考慮しなかったこと、またト ラフリブとデッキプレートの接触を考慮しなかったこと、超音波探傷試験の測定精度などが考えられるが、現

(a) S-D12U6

15.0





15.0

(b) N-D12U6

4. まとめ

デッキプレート・トラフリブ溶接から 発生し、デッキプレートを進展する疲労 き裂の発生寿命は非常に短く、その進展 はき裂が深くなるにしたがって遅くな る。