

## 鋼床版Uリブ現場継手の疲労き裂と耐久性評価について

名古屋大学 正会員 山田健太郎

名城大学 正会員 近藤 明雅

パシフィックコンサルタンツ株式会社 正会員 肖 志剛

パシフィックコンサルタンツ株式会社 正会員 ○井上 治郎

### 1. はじめに

鋼床版は、コンクリート床版に比べて軽量で、長大橋や都市内高架橋に多く用いられる。最近、この鋼床版に疲労き裂が発生する事例があり、道路管理者でもその原因解明と補修・補強についての検討が行われている。ここでは、鋼床版Uリブの突合せ溶接部の疲労強度、不溶着部を仮定した破壊力学を用いた疲労き裂進展寿命の解析、実測応力範囲頻度分布と軸重計測結果から、疲労き裂の発生の可能性について検討した。

### 2. 鋼床版Uリブの突合せ溶接継手の疲労強度

鋼床版のデッキプレートの現場継手には、高力ボルト摩擦接合や突合せ溶接が用いられるが、舗装の耐久性を考えると突合せ溶接が用いられることが多い。突合せ溶接する場合は、下面のUリブを高力ボルト継手とする場合と、短いUリブをはめ込んで突合せ溶接する場合がある。この溶接は、裏当て金を用いた下面からの上向き溶接となり、溶接欠陥の入りやすい構造である。なお、Uリブには、高力ボルト摩擦接合のためにUリブの板厚を6mmから8mmに上げる部分や、Uリブ間の突合せ溶接も存在するが、これらは通常、工場で行われる。

Uリブの突合せ溶接継手に関しては、1980年代に土木研究所、大阪大学、名古屋大学などで疲労試験が行われた。図1に、名古屋大学で行われたスパン中央にUリブ現場溶接継手を設けた試験体の曲げ疲労試験結果を再録した。Uリブの突合せ溶接は、現場での施工精度を考えると、ルート間隔（Uリブの間隔）を変えて、上向き溶接したものである。この結果、ルート間隔が大きい（3、5、10mm）場合は、裏当て金まで溶接が溶け込むが、0mmの場合は、Uリブ間に不溶着部が生じ、疲労強度が低下することが分かった。図1では、溶け込みが確保された場合の継手等級Eに対して、不溶着部が3mm程度あった場合には、継手等級H程度まで下がることが分かる。

### 3. 破壊力学を用いた疲労き裂進展寿命 $N_p$ の解析による評価

図1に示す破線は、破壊力学を用いた疲労き裂進展寿命の解析結果である。この解析では、実橋で生じた不溶着部（例えば写真1）から疲労き裂が進展すると仮定し、不溶着部の深さを0mm（不溶着部がない場合）、1、2、3、4mmと仮定し、FEM応力解析を行って、応力集中を考慮した  $F_g$  を求めた。さらにJSSC疲労設計指針に示される疲労き裂進展速度式を用いて、0.1mmの初期き裂から、き裂形状  $a/b=1/10$  で進展するとして解析した。

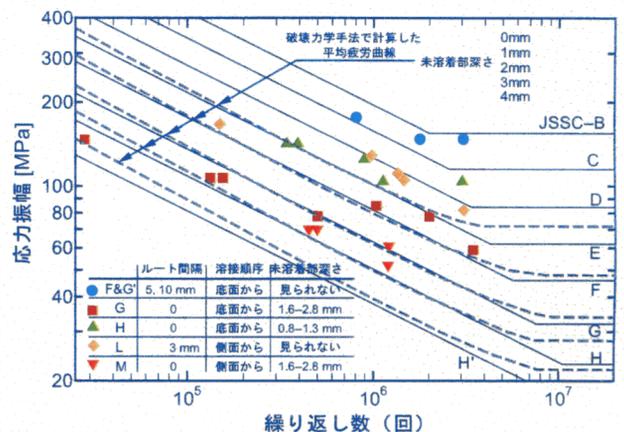


図1 Uリブ突合せ溶接継手の疲労試験結果

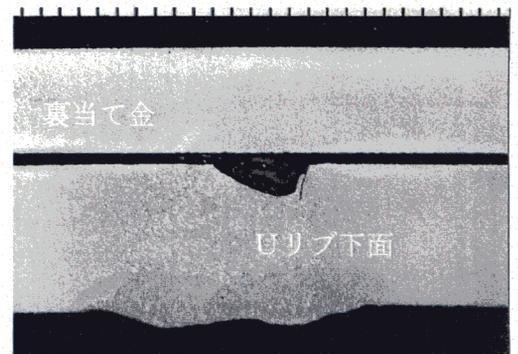


写真1 Uリブ突合せ溶接部分の不溶着部の

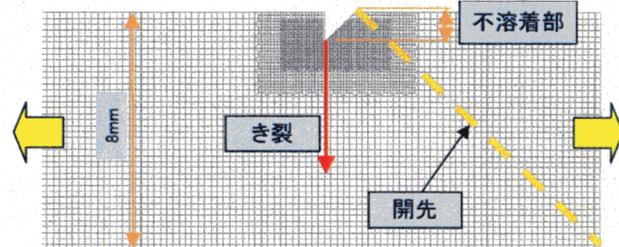


図2 破壊力学による  $N_p$  の解析モデル

キーワード 鋼床版、Uリブ、現場継手、疲労き裂、破壊力学、応力計測

連絡先 〒464-8603 名古屋市千種区不老町 名古屋大学環境学研究科 山田健太郎 TEL 052-789-4618

不溶着部がない状態で、E等級程度、不溶着部が大きくなると疲労強度が低下し、不溶着部が3mmでH等級程度になることが分かる。ちなみに、実橋から切り出したコアにみられる不着部の深さは、2.5mm程度であった。

#### 4. 実測の応力範囲頻度分布と計測軸重データを用いた耐久性評価

Uリブのスパン中央下面で計測された応力範囲頻度分布の例を、図3に示す。この計測では、荷重実態を把握するために、72時間のひずみ波形を計測し、その波形から応力範囲の頻度をレインフロー法で求めたものである。図中の横線は、荷重車として用いた25ton貨物車の後2軸(8.8と7.8ton)が通過したときの応力範囲である。この応力範囲頻度分布を用いて、疲労耐久性を計算した結果を表1に示す。Uリブの不溶着部がない場合のE等級では、現交通量での疲労寿命が約125年（打ち切り限界を考慮しない）であり、設計上十分な耐久性を有する。それに対して、不溶着部が3mmと仮定したH等級では、疲労寿命が約16年程度となり、Uリブの継手内部から疲労き裂が発生、進展する可能性が高いことが分かった。

この解析では、さらに重交通が通過する路線の軸重データを用いて耐久性評価を行った。ここでは、支点反力を利用した軸重計測を行った国道23

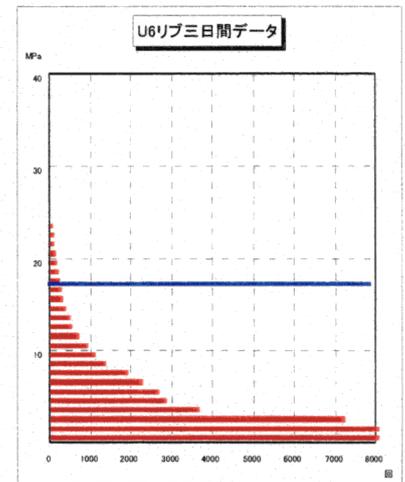


図3 輪重下のUリブ下面で計測された応力範囲頻度分布の例

号四日市市内と東名阪自動車道（高速道路）のデータを用いた。解析では、東名阪自動車道の軸重分布の上限に相当する分布を仮定し、軸重10ton以上のものだけを取り出して、3乗平均値で等価軸重とその繰り返し数を計算した。その結果、等価軸重は、11.1ton、その繰り返し数は、1000軸/日となった。この等価軸重で、鋼床版Uリブの突合せ溶接部がE等級であると仮定すると、疲労寿命は86年となった。国道23号四日市市内のデータを用いると、等価軸重はこれより大きくなり、結果として計算される疲労寿命は、東名阪自動車道の等価軸重を用いたときより短くなる。

表1 実測応力範囲頻度分布から計算された疲労寿命

継手等級	200万回疲労強度 (MPa)	打ち切り限界を考慮(年)	打ち切り限界を考慮しない(年)
E	80	347	125
F	65	112	67
G	50	39	31
H	40	18	16

#### 5. まとめ

疲労き裂発生 の要因には、継手形状、応力範囲、それに繰り返し数がある。鋼床版Uリブ突合せ溶接部は、溶接不溶着部が発生しやすい構造で、1980年代に実施されたUリブ突合せ溶接部の疲労試験でもそのことが実証されている。最近の重交通下での疲労き裂発生の可能性について、コア抜きされたUリブ突合せ溶接部の状況と応力範囲頻度分布から疲労耐久性を評価した。また、最近計測された高速道路、重交通を支える国道の軸重データを用いて、疲労き裂発生の可能性について再検討した。その結果、Uリブ突合せ溶接に不溶着部があり、重交通が通過する場合には、疲労き裂発生の可能性が高いことが分かった。

#### 参考文献

- ・ 近藤、山田、青木、菊池(1983):鋼床版閉断面縦リブ現場溶接継手の疲労強度、土木学会論文報告集、第340号、pp.49-57.
- ・ 小塩、山田、若尾、因田(2003):支点反力によるBWIMを用いた自動車軸重調査と荷重特性の分析、構造工学論文集、Vol.49A、pp.743-753.
- ・ 山田、小塩、因田、八木、実測された軸重データと疲労耐久性評価のための軸重分布、土木学会中部支部研究発表会2004.3.6

表2 実測された等価軸重で計算した疲労寿命

継手等級	200万回疲労強度 (MPa)	等価軸重11.1tonの応力範囲に相当する繰り返し数	疲労寿命予測(年)
E	80	31544810	86
F	65	16919910	46
G	50	7701370	21
H	40	3943100	11