

溶接構造物の疲労の基礎

— 道路橋について —

Fatigue Assessment of Welded Structures
— Highway Bridges —

中日本ハイウェイ・エンジニアリング名古屋株式会社 編
Ph.D. 山田 健太郎 著

コロナ社

まえがき

繰返し荷重を受ける鋼構造物では、しばしば疲労が問題になる。疲労損傷は、構造物に荷重が繰返して作用することで、構造部材に疲労き裂が発生し、それが進展して破壊に至ることが、その物理的なプロセスである。したがって、鋼構造物の設計や維持・管理に関わる技術者は、繰返して作用する荷重や設計する構造部材の疲労耐久性を知って、供用期間内に疲労損傷が生じないことを確認する必要がある。そこで、本書では、鋼構造物の溶接継手を対象に、その基本的な疲労挙動を疲労試験の結果を示しながら解説する。対象は、筆者が関与してきた鋼道路橋であるが、読者が道路橋以外の溶接構造物に適用することも可能である。

本書をまとめる契機は、いくつかあった。その一つは、研究者と実務者としての立場の違いであった。筆者は、名古屋大学という恵まれた環境で疲労の研究を続けることができた。研究では、その分野の最先端をねらったテーマを選ぶことが多い。その間、実際の鋼構造物の疲労損傷の相談を受ける機会があった。その時に感じたのは、道路管理者や実務に携わるコンサルタントや補修・補強に関わる技術者の疲労に対する基礎知識の不足であった。相談内容も、結論だけを聞きたいというのも多かった。2010年に名古屋大学を退職した後も、中日本ハイウェイ・エンジニアリング名古屋株式会社においてテクニカルアドバイザーとして、道路橋の疲労損傷に関する実務に関わることができた。

疲労の研究者ということで、学会や協会、あるいは講演会で、実務者向けに、道路橋の疲労に関する講義も行ってきた。その際、講義の中身を、先駆的な研究の話にするか、基礎的な内容に重点を置くか迷うことが多かった。受講者が構造力学や疲労に関する基礎的な知識が不明なことがその理由である。そのとき、疲労損傷の原因追及と補修・補強の検討では、基礎的な知見を、その構造物に応用するのが一番の近道であると考えた。そこで、繰返し外力を受ける溶接継手の基礎的な疲労挙動を重視した内容として、本書をまとめることにした。いわゆる「急がば回れ」である。

その準備の過程で、名古屋大学で実施した疲労の研究を見直して、疲労試験データを丁寧に説明することでその目的が達せられることに気がついた。疲労試験は、多くの時間と労力を必要とする。名古屋大学では、自前で疲労試験することを心掛けた。また、同じ方法で疲労試験を実施してきたので、データの比較が容易になった面もある。

基礎的なデータを示すには、つぎの3点に着目した。

- 1) 溶接継手では、疲労き裂が発生し、それが進展することで疲労寿命が決まる。そのため、種々の方法を用いて、そのプロセスがわかるような疲労試験を実施した。
- 2) 形状の異なる溶接継手に対しては、目的に応じて疲労試験を行い、それらが相互に比較

できるように、同じS-N曲線の座標を用いて図示することにした。

- 3) 図中の文字には、英語を用いた。これは、英語で書くことで、諸外国の研究者や研究を始める学生が理解できるのではないかと、この思いである。

筆者は、縁があって1972年に渡米して米国のMaryland大学で研究生活を送ることができた。本書で、1970年代の疲労試験結果を引用しているのはそのためである。指導教官であるPedro Albrecht教授が言われた「データに語らせよ (Let data talk)」をかみしめながら、自分たちのデータを見直すことは、楽しい作業であった。

溶接構造物、特に道路橋の溶接継手の疲労を考えると、その基礎的な挙動から見直していくことで、より理解が深まると思われる。本書がその助けになれば、幸いである。

2023年8月

山田健太郎

目 次

第 I 部 溶接された鋼構造物の疲労強度 —基礎的な考え方—

1. 溶接鋼構造物の疲労

1.1 はじめに —道路橋を取り巻く環境—	1
1.2 溶接構造物の疲労 —疲労損傷に備えて—	3
1.3 疲労照査の必要性 —設計から維持・管理まで—	5
1.4 溶接構造物の疲労に関する 12 の疑問	7
1.5 本書の構成	9

2. 溶接構造物の疲労照査 —疲労照査へのアプローチ—

2.1 疲労の 3 要素と疲労照査 —継手の形状, 応力範囲, 繰返し数—	12
2.2 疲労強度曲線 (S-N 曲線) の求め方	14
2.3 作用する応力範囲と繰返し数の求め方	17
2.4 疲労耐久性の評価の流れ —道路橋を対象にして—	18
2.5 疲労対策について —疲労強度向上法と補修・補強—	21

第 II 部 各種の溶接継手の疲労挙動 —基礎から応用へ—

3. 引張を受ける溶接継手の疲労挙動 —溶接止端からの疲労き裂—

3.1 溶接継手の形状と作用荷重の方向	24
3.2 リブ十字すみ肉溶接継手の疲労挙動 —疲労き裂の発生・進展挙動—	25
3.3 面外ガセット溶接継手の疲労挙動 —応力集中の重なり—	31
3.4 リブと面外ガセットを組み合わせた溶接継手 —疲労き裂の発生位置—	34
3.5 面内ガセット溶接継手の引張疲労試験 —応力集中の影響—	37
3.6 残留応力と拘束応力の影響について	39
3.7 主応力に斜めに溶接された継手の疲労挙動	47
3.8 鋼管構造に用いられる溶接継手	51

4. 溶接金属で荷重を伝達する継手の疲労挙動

4.1 溶接内を進展する疲労き裂について	56
4.2 内部に不溶着部を有する突合せ溶接継手 —角度の影響—	58
4.3 荷重を伝達するすみ肉溶接を用いた十字継手	60
4.4 裏当て金を用いた鋼床版 U リブの突合せ溶接継手の疲労挙動	63
4.5 溶接による疲労き裂の補修について	65

5. 板曲げを受ける溶接継手の疲労挙動

5.1 板曲げ疲労試験について —引張との違いと板厚効果—	68
5.2 すみ肉溶接継手の板曲げによる疲労試験 —止端に生じる疲労き裂—	71
5.3 面外ガセット溶接継手の板曲げ疲労試験 —鋼床版箱桁の垂直補剛材上端のモデル—	74
5.4 材辺に直角に溶接された T 継手の疲労挙動 —実橋への適用について—	77

6. 鋼床版のデッキプレート近傍の溶接継手の疲労試験

6.1 鋼床版の疲労問題の背景	85
6.2 垂直補剛材上端の疲労き裂 —面外ガセット溶接継手との関係—	88
6.3 デッキプレートを貫通する疲労き裂について	89
6.4 U リブのすみ肉溶接内を進展する疲労き裂	92
6.5 鋼床版の溶接継手の疲労耐久性の照査 —継手の S-N 曲線を用いる方法—	93

7. 溶接継手の疲労強度向上法

7.1 疲労強度向上法の基本的な考え方	98
7.2 ICR 処理による疲労強度向上法 —溶接止端に高い圧縮残留応力を導入—	100
7.3 ICR 処理による疲労き裂の補修と延命化 —き裂を閉口させる効果—	102

8. 変動荷重による溶接継手の疲労挙動

8.1 変動荷重による疲労試験の例 —荷重が一定でない場合—	108
8.2 周期的な過荷重 (periodic OL) による疲労試験	111
8.3 変動ブロック荷重 (VA-block loading) による疲労試験	112

8.4 変動荷重 (VA loading) の分布形の影響	114
-------------------------------	-----

9. 破壊力学を用いた疲労き裂進展寿命の解析

9.1 疲労き裂進展解析の歴史的な背景	119
9.2 疲労き裂進展解析の適用例とその手順	124
9.3 溶接継手の ΔK と疲労き裂進展の計算例	127
9.4 変動荷重による疲労き裂進展挙動の計測と解析	138

第Ⅲ部 道路橋の使われ方と損傷事例 —作用する繰返しの外力と疲労き裂—

10. 実構造物に作用する荷重と応力範囲のモニタリング

—道路橋と付属構造物—

10.1 作用する応力範囲の実態調査 —疲労との関わり—	140
10.2 作用応力範囲と繰返し数の計測 —疲労耐久性の評価—	142
10.3 BWIM による走行荷重の実態調査 —bridge weigh-in-motion—	148

11. 道路橋の疲労損傷事例と対策 1 —構造的な問題で疲労損傷—

11.1 道路橋の疲労損傷の事例 —過去, 現在, 未来—	154
11.2 斜角のある上路アーチ橋の損傷事例	155
11.3 鋼床版箱桁のダイヤフラムの構造変更と疲労き裂の補修	158

12. 道路橋の疲労損傷事例と対策 2 —溶接継手の疲労耐久性の不足—

12.1 鋼床版 U リブの突合せ溶接の疲労き裂	164
12.2 鋼床版箱桁の垂直補剛材上端の疲労き裂	167
12.3 鋼床版のデッキプレートを貫通する疲労き裂	172

13. 道路橋の疲労損傷事例と対策 3 —疲労照査してこなかった部材—

13.1 疲労照査してこなかった部材について	177
13.2 伸縮装置の疲労損傷と耐久性の予測 —フィンガージョイント—	178
13.3 伸縮装置の疲労損傷の例 —ビーム型伸縮装置—	185
13.4 照明柱, 標識柱の疲労照査について	187

付 録

付録 1 溶接継手の疲労試験について —過去, 現在, 未来—	
付録 1.1 疲労試験の歴史とその背景について	192
付録 1.2 溶接継手の疲労の研究 —国際的な協力—	193
付録 2 溶接継手の疲労試験と疲労き裂の検出について —実験室での試み—	
付録 2.1 溶接継手の疲労試験	193
付録 2.2 疲労き裂の検出とモニタリングのテクニック	194
付録 3 疲労試験機について	
付録 3.1 筆者が用いた疲労試験機の例	195
付録 3.2 板曲げ疲労試験機の開発の経緯 —安く, 早く, 省エネで—	197
付録 4 疲労強度曲線 (S-N曲線) の求め方	
謝 辞	203
引用・参考文献	204
索 引	212

第 I 部 溶接された鋼構造物の疲労強度 —基礎的な考え方—



1. 溶接鋼構造物の疲労

1.1 はじめに —道路橋を取り巻く環境—

繰返し荷重が作用する鋼構造物では、しばしば疲労損傷が問題になる。船舶や車両、建設機械、走行クレーンなどは、稼働することで繰返し荷重が作用する。道路橋や鉄道橋、クレーン走行桁は、自身では動かないが、その上を走行する荷重が繰返し作用する。そのような繰返し荷重を受ける鋼構造物は、適切な疲労照査が必要である。

本書では、筆者らが実施した溶接継手の疲労試験結果を中心に、後述する**疲労の3要素**から疲労耐久性を評価する考え方について示す。また、道路橋で過去に発生した疲労き裂について、その原因の検討や補修・補強方法を示す。

読者が別の溶接構造物を対象に疲労照査する場合には、その構造物の設計の考え方、作用する荷重とその繰返し数について調べて、同様に検討するとよい。溶接継手の疲労強度に関しては、本書で示す疲労試験結果が参考になる。

それでは、本書で参考とする道路橋の一生を振り返ってみよう。道路橋を取り巻く環境を図1.1に示す。道路橋の一生には、道路計画から始まり、設計や製作、架設、維持・管理、補修・補強、更新など、さまざまな段階がある。そのうち、設計では、外力（自重や交通荷重、地震、風、温度変化など）に対して、十分なレベルで安全が確保されることを考慮する。この場合、道路橋示方書で基準が決められており、その基準を満足するように設計、製作、架設される。このように設計、製作、架設された橋の耐久性は十分長い、と考えられてきた。

ところが、橋を取り巻く環境は時代とともに変化する。例えば、1960年代以降に日本は道路整備が急速に進んで、橋りょう数が増加した。ところがその割には維持・管理の予算が増えないという制約があった。鋼橋で塗替え塗装が必要な間隔で行われなかったために、腐食による損傷が顕著に見られるようになったのは、その影響と考えられる。ほかにも、貨物輸送が鉄道から道路にシフトしたことで、大型車の交通量が増加して、繰返し荷重による疲労損傷の事例が増えたことも、時代の変化の影響と見ることができる。

2 1. 溶接鋼構造物の疲労

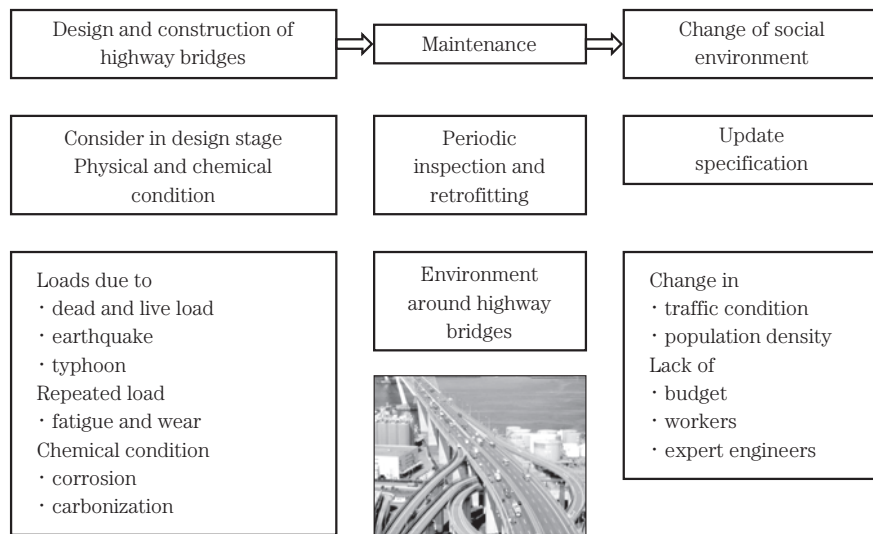


図 1.1 道路橋を取り巻く環境

また、21 世紀に入って、少子高齢化や人手不足などが社会問題化してきた。そのため、鋼橋に限らず、社会インフラの劣化に対応する技術者不足の問題が生じている。既設の社会インフラを健全な姿で次世代につなげることが重要な課題となってきた。

筆者が関わる道路橋について、日本の道路整備やその維持管理の問題点を少し詳しくみてみよう。日本では、第二次世界大戦後に道路網の整備が社会的に要請され、1960 年頃からの名神高速道路や東名高速道路、都市高速道路、それにつながる国道や地方道が急速に整備された。それに伴い、貨物輸送が鉄道から道路にシフトして、大型車の交通量が大幅に増加した。1980 年代になって鋼橋やコンクリート床版に繰返し荷重による疲労損傷の事例が見られるようになった。損傷の早期発見、早期治療を目指して、国道では 1988 年から 10 年ごとの定期点検が始まった。その結果、相当数の過度な腐食や疲労損傷事例が見つかった。安全のために 2014 年からは 5 年ごとの近接目視を伴う点検に変更された。

鋼橋で生じた主な劣化と損傷は、過度な腐食と疲労損傷であった。腐食を防ぐためには、塗装の防食性能を適正に維持すること、すなわち定期的な塗替え塗装が必要であった。しかし前述したように、残念ながら維持・管理の予算不足で、必ずしも設計時に想定した周期で塗替え塗装がされてこなかった。それが、腐食による損傷が多い理由の一つである。

疲労損傷に関しては、道路橋の設計時には疲労照査が長年要求されてこなかったことが原因の一つであろう。疲労照査を省略したのは、1960 年代に疲労照査の要否を検討した結果、「道路橋の主桁、主構では疲労照査は不要」とされたことによる。そのため、橋りょう技術者に「道路橋には疲労が存在しない」との誤解が生じたと考えられる。その後、1980 年代から幹線道路や都市内高架橋の部材に疲労損傷が見つかるようになった。それらの損傷事例に対する事例検討が実施されるのと並行して、疲労に関する実験的、解析的な検討が進められた。その結

果、欧米の疲労設計指針を参考にして、1993年に日本鋼構造協会（JSSC）の疲労設計指針がまとめられた。また、道路橋に対しては、それまで限定された部材の疲労に対する注意はあったが、2002年に道路橋示方書に積極的な疲労照査が導入された。

疲労損傷は、荷重の繰返し载荷によって生じる応力範囲とその繰返し数が要因となる。そこに疲労強度の低い継手があると、疲労損傷が早期に発生する。道路整備に伴い、道路による貨物輸送が増えたことで、道路橋の荷重と繰返し数は増加する傾向にある。そのため疲労損傷の事例が今後も増加するのは自明で、疲労に対する基礎的な知識の習得が必要とされる。

【ちょっと寄り道】自分がなぜ疲労試験を？

私は大学受験のときに、自然を扱う分野であることとスケールの大きい構造物にあこがれて土木工学科を選んだ。卒業研究で研究室を選ぶとき、なんとなくスマートに思われた構造系を選んだ。菊池洋一先生の研究室で高張力鋼（HT80）の鉄道の溶接I桁の疲労試験を行った。先輩と助手の先生が敷いたレールに乗っただけで、よくわからないまま卒業論文を書いた。このとき、圧縮側の水平補剛材の端部に疲労き裂が発生した。後に溶接による引張残留応力が原因とわかるのだが、そのときは理由が自分ではよくわからなかった。しかし、それを何とかしたいと思ったことが、溶接継手の疲労の研究を長く続けるきっかけとなった。

1.2 溶接構造物の疲労 —疲労損傷に備えて—

鋼橋の疲労に関しては、1960年代から米国で行われた溶接継手の疲労試験が参考になる。その中心になったのがリーハイ（Lehigh）大学で、その結果はNCHRPレポートとして公表されている。さらに米国で生じた鋼橋の疲労損傷と対策の事例が参考になる^{a)†}。この背景には、米国で疲労による損傷事故がいくつか生じたことが挙げられる。例えば、1967年のSilver Bridgeでは、吊材として用いられたアイバーに発生したき裂が進展して吊橋が落橋して、多数の死傷者を伴う惨事となった。溶接継手ではないが、疲労の認識と点検技術の向上の必要性が指摘された。同様なき裂は、2009年にサンフランシスコとオークランドを結ぶBay Bridge（トラス橋）のアイバーにも発見された。これは、自碇式の吊橋に架け替える工事の過程でき裂が見つかったもので、幸い事故にはならなかった。

東アジアでは、1994年に発生した韓国ソウルの漢江に架かる聖水（ソンス）大橋の落橋事故がよく知られている。ゲルバートラスの吊材の不溶着部から疲労き裂が進展して、早朝の渋滞中に車両とともに吊桁が落下し、多数の死傷者が出た。日本でも、疲労き裂が発生・進展した事例は多い。ゲルバートラスの受け部が損傷した大垣大橋（1991年）がある。幸い吊トラスは落下しなかったが、路面に生じた段差のため、長期の通行止めが必要になった。主桁の腹板に大きなき裂が見つかった山添橋（2006年）も、疲労損傷の事例である。こちらも幸い事

† 肩付き数字・アルファベットは、巻末の引用・参考文献の番号を表す。

4 1. 溶接鋼構造物の疲労

故になる前にき裂が発見されて対策できた。しかし、発見されたき裂がかなり長いものであったことで、詳細な定期点検の重要性と点検技術の向上の必要性を示唆した事例であった。

1980年代には、日本で都市内高架橋の構造部材に疲労き裂が見つかり大きな問題となった。それらの疲労き裂は、対策が完了するまで道路管理者が情報を公表しなかったこともあり、一般にあまり知られなかった。その点で対応が遅れたことは否めない。そのこともあって、土木学会の鋼構造委員会でも情報収集と分析のための小委員会がもたれて、鉄道橋も含めて当時の疲労損傷事例と対策について公表した^{b), c)}。その後、同種の損傷の点検と対策に資するために、かなり積極的に損傷事例が情報開示されるようになった。なお、筆者が原因の調査と補修・補強対策に関与できた事例のうち、参考になると思われる疲労損傷を11～13章にまとめる。

参考に鋼道路橋で生じた疲労損傷のいくつかを図1.2に示す。

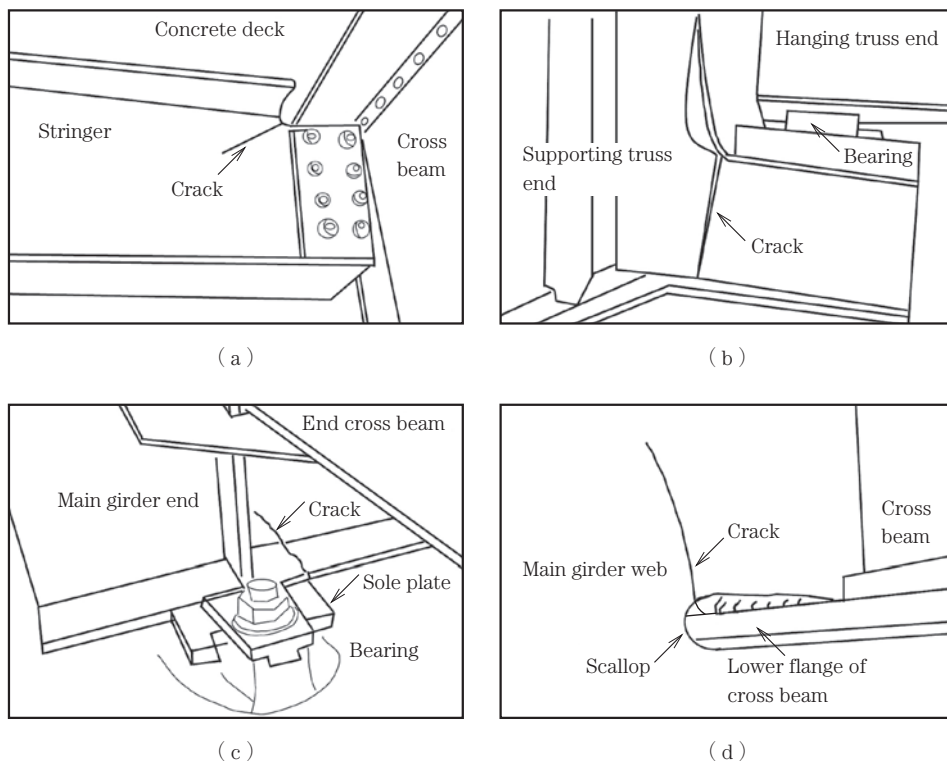


図1.2 鋼道路橋に生じた疲労損傷の例

- a) コンクリート床版の補強のために増設された縦桁のウェブ上端から疲労き裂が生じた例
 - b) ゲルバートラス橋の吊桁の支承を支持する構造に不備があり、疲労き裂が生じた例
 - c) 桁橋の支承のソールプレート前縁に疲労き裂が発生して、主桁腹板に進展した例
 - d) 主桁腹板のスカールップを貫通する横桁下フランジの端部から発生した疲労き裂の例
- その他に、鋼床版のデッキプレートに主桁の垂直補剛材が溶接された部位に発生した疲労き裂の例もある。これらの疲労き裂については、その継手の疲労強度を求めるとともに、作用す

る応力範囲やその繰返し数を知ることで、原因の追及の助けになる。

1.3 疲労照査の必要性 —設計から維持・管理まで—

本書では、① 溶接継手の形状、② そこに作用する応力範囲、および③ その繰返し数を**疲労の3要素**と呼ぶことにする。詳細は、2章以降に示す。筆者は、図1.2に示すような疲労損傷の原因を検討する際に、この疲労の3要素を明確にすることを勧めている。損傷の要因とその結果として発生する疲労き裂が理解しやすいからである。

溶接継手の疲労の物理的な現象は、疲労き裂が発生し、それが徐々に進展するプロセスである。き裂の大きさが限界値を超えると破損する。この挙動を図1.3に模式的に示す。縦軸には、進展する疲労き裂の大きさ a (crack size)、横軸には、繰返し数 N (number of cycles) を示す。また、年間の繰返し数がわかれば、 N は耐久性(年数)としてもよい。

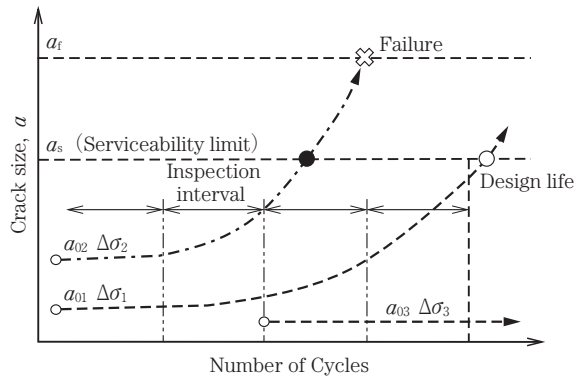


図1.3 疲労き裂に対する安全性、耐久性を確保する考え方

ある鋼構造物の溶接継手に、許容値以下の不具合 a_{01} が存在し、そこに応力範囲 $\Delta\sigma_1$ が作用する場合を考える。ここでは、 a_{01} を初期き裂 (initial crack) と考える。年月が経過すると、 $\Delta\sigma_1$ が繰返し作用することにより a_{01} が徐々に進展する。設計寿命 N_{design} (design life) までこの a_{01} が進展しないか、進展しても使用限界値 a_s (serviceability limit) を超えなければ、この設計はOKとなる。

仮に、許容値より大きい不具合 a_{02} があるか、作用応力範囲 $\Delta\sigma_2$ が大きい場合には、疲労き裂が早く進展して早期に使用限界値 a_s を超えて、破損や破壊に至ることがある。そのようなケースを防止するため、適切な周期で点検する必要がある。

ある点検で、疲労き裂 a_{03} が発見されたとしてそのき裂の進展を考える。初期の a_{01} と同程度で $\Delta\sigma_1$ も同じなら、そのき裂は進展していないと想定される。例えば、図1.4に示すように点検で見つかったき裂 a_{03} で、 $a_{03} > a_{01}$ ならき裂は進展している。また、応力範囲が増加して $\Delta\sigma_3 > \Delta\sigma_1$ であれば、疲労き裂は進展して、早く使用限界値 a_s に達する可能性があるので、

索 引

	【あ】		【こ】		【と】
ICR 処理	89, 100	高機能繊維補強コンクリート	95	T 継手	77
	【い】	高サイクル疲労	7		
異種金属接触腐食	182	鋼床版	85	等価応力範囲	19
板厚効果	70	鋼繊維補強コンクリート	95		
板曲げ疲労試験	68	拘束応力	39	【は】	
1 mm 法	201			バルブプレート	85
一定荷重	6	【さ】		ハンマーピーニング	100
印象材	29	最小応力	13		
	【う】	最大応力	13	【ひ】	
打切り限界	6	残留応力	39	ビーチマーク試験	194
裏当て金	57, 63			非破壊検査	56
	【え】	【し】		ビーム型伸縮装置	185
S-N 曲線	6	JSSC 疲労設計指針	14	疲 労	12
エフェクティブノッチ応力	200	軸 重	148	疲労強度曲線	6
	【お】	止端角	29	疲労強度向上法	98
応力拡大係数	119	止端半径	29	疲労き裂進展の遅延現象	110
応力拡大係数範囲	119	十字すみ肉溶接	60	疲労限	16
応力集中	12	修正マイナー則	20	疲労の 3 要素	5
応力聴診器	143	小規模降伏	110		
応力範囲	12	衝撃き裂閉口処理	89	【ふ】	
応力範囲頻度計	140	ショットブラスト	100	フィンガージョイント	178
応力比	13			不溶着部	56
遅れ遅延現象	110	【す】		ブローホール	57
	【か】	スラグ巻込み	57		
過荷重	42			【へ】	
荷重伝達すみ肉溶接継手	57	【そ】		平均応力	13
干渉効果	109	総重量	148	変動荷重	7, 109
	【き】			変動ブロック荷重	109
き裂閉口効果	110	【た】			
	【く】	耐候性鋼	30	【ほ】	
Griffith き裂	119	ダイマーキング	26, 194	放射線透過試験	65
				ホットスポット応力法	200
		【ち】			
		超音波探傷試験	65	【ま】	
		超重量トラック	149	マイナー則	20
		【て】		【め】	
		低サイクル疲労	7	面外ガセット溶接継手	31
				面内ガセット溶接継手	37

【ゆ】		溶接補修	65	【わ】	
有効応力拡大係数範囲	134	溶接まま	38	ワンサイドボルト	166
Uリブ	85	溶接割れ	57		
		予防保全	106		
【よ】		【り】			
溶接金属	56	リブ十字すみ肉溶接継手	25		

【A】		【I】		【S】	
as-welded	38	ICR treatment	100	SFRC	95
		in-plane gusset	37	S-N curve	6
【B】		【L】		strain checker	143
backing bar	57	LOP	56	stress intensity factor	119
BWIM	148	【M】		stress range	12
【C】		Miner's rule	20	stress relieved	42
CA	6	【N】		stress	12
constant amplitude loading	6	number of cycles	5	【T】	
constraint stress	39	【O】		T joint	77
crack closure effect	110	OL	42	【U】	
crack size	5	one-millimeter method	201	UHPFRC	95
cruciform joint	25	orthotropic steel deck	85	UIT	100
cut-off limit	6	out-of-plane gusset	31	U rib	85
【E】		overload	42	【V】	
effective notch stress	200	【R】		VA	7
【H】		residual stress	39	variable amplitude loading	7
hot spot stress	200				

— 著者略歴 —

1969年 名古屋大学工学部土木工学科卒業
1971年 名古屋大学大学院工学研究科修士課程修了（土木工学専攻）
1975年 米国メリーランド大学土木工学科博士課程修了，Ph.D.
1976年 名古屋大学助手
1978年 名古屋大学講師
1979年 名古屋大学助教授
1988年 名古屋大学教授
2010年 名古屋大学名誉教授
2010年 名古屋産業科学研究所 上席研究員
中日本ハイウェイ・エンジニアリング名古屋株式会社顧問
2019年 同社テクニカルアドバイザー
現在に至る

溶接構造物の疲労の基礎 — 道路橋について —

Fatigue Assessment of Welded Structures

— Highway Bridges —

©中日本ハイウェイ・エンジニアリング名古屋株式会社 2023

2023年10月18日 初版第1刷発行



検印省略

編者 中日本ハイウェイ・エンジニアリング名古屋株式会社
著者 山田健太郎
発行者 株式会社 コロナ社
代表者 牛来真也
印刷所 新日本印刷株式会社
製本所 有限会社 愛千製本所

112-0011 東京都文京区千石 4-46-10

発行所 株式会社 コロナ社
CORONA PUBLISHING CO., LTD.

Tokyo Japan

振替00140-8-14844・電話(03)3941-3131(代)

ホームページ <https://www.coronasha.co.jp>

ISBN 978-4-339-05280-0 C3051 Printed in Japan

(田中)



JCOPY <出版者著作権管理機構 委託出版物>

本書の無断複製は著作権法上での例外を除き禁じられています。複製される場合は、そのつど事前に、出版者著作権管理機構(電話 03-5244-5088, FAX 03-5244-5089, e-mail: info@jcopy.or.jp)の許諾を得てください。

本書のコピー、スキャン、デジタル化等の無断複製・転載は著作権法上での例外を除き禁じられています。購入者以外の第三者による本書の電子データ化及び電子書籍化は、いかなる場合も認めていません。落丁・乱丁はお取替えいたします。