

### 道路橋モジュラー型伸縮装置溶接部の疲労照査法に関する研究

山崎, 信宏 / YAMAZAKI, Nobuhiro

---

(開始ページ / Start Page)

1

(終了ページ / End Page)

110

(発行年 / Year)

2018-03-24

(学位授与番号 / Degree Number)

32675甲第434号

(学位授与年月日 / Date of Granted)

2018-03-24

(学位名 / Degree Name)

博士(工学)

(学位授与機関 / Degree Grantor)

法政大学 (Hosei University)

(URL)

<https://doi.org/10.15002/00014633>

博士学位論文  
論文内容の要旨および審査結果の要旨

氏名	山崎 信宏
学位の種類	博士 (工学)
学位記番号	第 661 号
学位授与の日付	2018 年 3 月 24 日
学位授与の要件	本学学位規則第 5 条第 1 項(1)該当者(甲)
論文審査委員	主査 教授 森 猛 副査 教授 溝渕 利明 副査 教授 藤山 知加子 副査 (学外) 名古屋大学名誉教授 山田 健太郎

道路橋モジュラー型伸縮装置溶接部の疲労照査法に関する研究

## 1. 論文内容の要旨

道路橋に用いられる伸縮装置は、主桁と主桁あるいは主桁と橋台に生じる遊間を車両が円滑に走行できるように橋桁端部に設けられる装置である。また、伸縮装置は、主桁の温度変化による伸縮、コンクリート桁の乾燥収縮やクリープ、車両等の活荷重による桁端の角変形や地震による桁の移動に対処する役割を有する。さらに、車両等が支障なく通行できるように、路面平坦性の確保も要求される。

伸縮装置は、一般に静的な荷重で設計される。しかし、床版遊間部を通過する車両の輪荷重を繰返し直接支持することから、疲労耐久性に問題が生じることがある。疲労損傷により路面に段差が生じた場合には、走行車両の安全性に支障をきたす恐れがあるほか、路面上に破断した部材などが残されていた場合、その部品を走行車両が巻上げることになれば人的被害をもたらしかねない。また、伸縮装置の補修や補強を行う場合には、路面上からの作業が必要となることが多い。その場合には車線規制や通行止めを伴うこととなり、社会的な影響も大きなものとなる。このようなことから、伸縮装置には疲労耐久性能が求められるとともに、その照査手法が必要となっている。

伸縮装置にはいろいろな種類のものがあるが、この研究では図 1 に示すミドルビームとサポートビームの接合に溶接を用いるモジュラー型伸縮装置を対象としている。この装置は、1971 年にドイツより技術導入され、現在 3,500 基以上が供用されている。この伸縮装置は、主として橋軸直角方向に配置される ミドルビームとそのミドルビームを支持するサポートビーム、サポートビームを上下で支持するベアリング、そして橋軸方向の両端に配置されるエンドビームなどで構成されている。ミドルビームの本数を増やすことにより、大き

な伸縮量に対応することができる。サポートビームは、ボックスと呼ばれる鋼製の箱の中に格納されている。一つのボックスの中に格納されているサポートビームの本数はミドルビームと同じである。そして、一本のサポートビームは、一つのミドルビームのみに溶接接合されている。

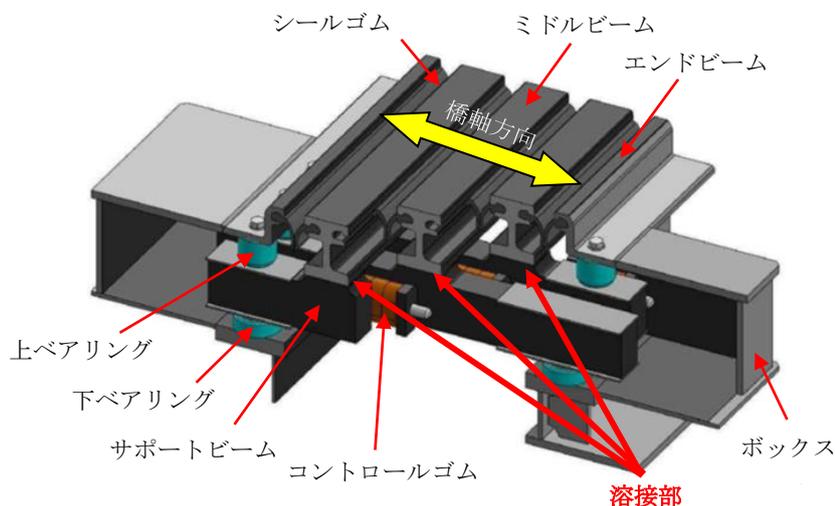


図1 ミドルビームとサポートビームの接合に溶接を用いるモジュラー型伸縮装置

ミドルビームを支えるサポートビームの間隔は1.0～1.4m程度とされている。ミドルビームとミドルビーム間（遊間）にはシールゴムが嵌め込まれている。それにより、伸縮装置内への雨水等の浸入を防いでいる。サポートビームの上側および下側にはベアリングが設置されている。これにより、サポートビームの跳ね上がりを防止している。また、サポートビームがその間を滑ることで桁端の角変形や桁の移動に対応する。

ミドルビームとサポートビームの接合は、ドイツより技術導入された1971年以降2002年まで、すみ肉溶接であった。しかし、2002年のすみ肉溶接のルートを起点とした疲労き裂を契機として、完全溶け込み溶接に変更されている。しかし、2012年には、重交通路線で比較的大型車混入率の高い箇所において、図2に示すように、完全溶け込み溶接部に疲労き裂が検出されている。

疲労き裂に対して耐久性を確保するためには、疲労照査による検証が必要である。疲労耐久性を評価する場合の溶接部の疲労強度は、日本鋼構造協会の「鋼構造物の疲労設計指針・同解説」や日本道路協会の「鋼道路橋の疲労設計指針」等に示される継手の強度等級分類によることが一般的である。しかし、モジュラー型伸縮装置の継手形状は、それらに示されるものに当てはめることが難しい。さらに、



図2 疲労損傷事例

疲労照査を行うためには、適切な疲労荷重を定める必要がある。そして、その疲労荷重により溶接部に生じる公称応力の求め方も定める必要がある。しかし、モジュラー型伸縮装置を対象とした疲労設計荷重は明確には示されていない。

この研究では、ミドルビームとサポートビームの接合に溶接を用いるモジュラー型伸縮装置の疲労耐久性評価手法の基本的な考え方を示すことを目的として、疲労照査を行うために不可欠な溶接部の疲労強度を明らかにするとともに、疲労荷重や応力計算法、疲労照査法の考え方について検討している。すなわち、疲労強度については、完全溶込溶接に生じる疲労き裂に対して、溶接部の寸法と形状の異なる試験体の疲労試験と応力解析で検討し、疲労荷重や応力計算法、疲労照査法の考え方に対しては、各国の耐久性評価基準や既往の研究を踏まえ、走行試験でモジュラー型伸縮装置の挙動を確認するとともに、現在の活荷重実態から求めた等価荷重とその頻度を示した。疲労荷重により求める溶接部の公称応力は、モジュラー型伸縮装置の構造を可能な限り再現できるようにミドルビームとサポートビームの上下位置を考慮した三次元骨組で解析的検討を行っている。

本論文は 6 章で構成されており、各章の概要は以下に示す通りである。

第 1 章「序論」では、道路橋に用いられる伸縮装置の役割と構造による分類について述べるとともに、荷重支持型に分類される伸縮装置のうち、ミドルビームとサポートビームの接合に溶接を用いるモジュラー型伸縮装置の構造と部品の変遷、疲労損傷事例を示している。また、モジュラー型伸縮装置の溶接部の疲労強度や疲労照査法の考え方に関する各国の基準や既往の研究、事例を整理し、現状の課題をまとめるとともに、研究の目的と本論文の構成を示している。

第 2 章「伸縮装置の断面設計と疲労照査」では、モジュラー型伸縮装置の現行の断面設計の方法と溶接部に対する耐久性評価方法を示すとともに、これまでの方法を申請者なりに改良した疲労照査法を示している。この疲労照査法では、疲労照査に必要な疲労荷重、応力計算法、疲労強度、疲労照査法の考え方を示すとともに、衝撃係数やリバウンド係数、荷重分担率、そして荷重走行位置の影響などの考え方を示している。

第 3 章「完全溶け込み溶接の疲労強度」では、モジュラー型伸縮装置溶接部のミドルビームあるいはサポートビームの溶接止端の疲労強度を明らかにする目的で、溶接部の寸法や形状の異なる試験体による疲労試験ならびに有限要素応力解析を行っている。そして、疲労耐久性評価に不可欠な疲労強度を明らかにし、JSSC 指針に示される強度等級分類との関係を検討している。そして、JSSC 指針に示される継手の強度等級に分類すると、溶接部を整形し、止端をそのままとした場合で E 等級、R15 の止端仕上げとした場合で C 等級であることを示している。

第 4 章「部分溶け込み溶接によるルート疲労破壊の防止と疲労強度」では、モジュラー型伸縮装置の溶接部を現在の完全溶け込みから部分溶け込みに変更した場合に、ルート疲労き裂を防止する溶接詳細と疲労強度を明らかにすることを目的としている。具体的には、ミドルビームとサポートビームの接合にすみ肉溶接を用いたモジュラー型伸縮装置のミド

ルビーム側溶接部（M 溶接部）の疲労破壊の起点の特定に対する有効切欠き応力概念の適用性を明らかにするため、止端部形状の異なるすみ肉溶接試験体を用いた疲労試験と有効切欠き応力を求めるための試験体の応力解析を行っている。また、溶接止端の曲率半径と溶接脚長、溶け込み深さをパラメータとしたモデルの応力解析を行い、部分溶け込み溶接で M 溶接部のルート疲労破壊を防止できる溶接詳細について検討している。さらに、第 3 章で示した溶接止端の疲労強度に基づき、部分溶け込み溶接を用いた場合の M 溶接部の疲労強度について検討している。そして、モジュラー型伸縮装置の M 溶接部に発生する疲労き裂の起点は、有効切欠き応力概念により概ね特定できるという結果を示している。また、溶接脚長と溶け込み深さを大きくすることにより、M 溶接部のルート疲労破壊を防止できるという結果を示している。そして、その場合の疲労強度は、JSSC 指針に定められる C 等級になるとしている。

第 5 章「疲労照査例」では、第 2 章で示した疲労荷重と応力計算法、疲労照査法の考え方と第 3 章と第 4 章で示した疲労強度に基づき、モジュラー型伸縮装置溶接部の疲労照査例を示している。

第 6 章「結論」では、この研究で得られた成果をまとめて示している。

## 2. 審査結果の要旨

伸縮装置は、橋梁を構成する上で欠くことのできない構造物であるが、附属物として扱われることが多く、また橋梁本体とは異なる業者が製作するのが一般的であるために、作用と抵抗を比較することにより行うべき、疲労設計が製品検査のような形で行われているのが現状である。この研究は、このような状況を打破するために、伸縮装置の疲労設計の考えた方とその基礎となる疲労強度を詳細な実験と解析をもとに明らかにしている。また、疲労設計のもう一つの柱となる疲労荷重について、現状の知見をまとめて、その設定方法を提案している。ここで示されている成果は、今後の伸縮装置の疲労設計の基礎となりうるものである。

以上のように、ここでの成果は今後の伸縮装置の疲労設計法の確立に大きく寄与するものであり、工学的に高い価値を有するものと判断される。よって、本審査小委員会は全会一致をもって提出論文が博士（工学）の学位に値するという結論に達した。