

モジュラー型伸縮装置（スィベルジョイント）溶接部の耐久性に関する実験的検証

日本鑄造(株) 正会員 ○石山 昌幸 山崎 信宏 朝倉 康信
非会員 稲田 大輝 白 龍

1. はじめに

道路橋伸縮装置は、車両の輪荷重を繰返し直接支持するため、疲労耐久性が問題となる場合がある。そこで筆者らは、日本の高速道路会社3社が示す製品ジョイントの耐久性の照査方法（以下、照査方法）¹⁾に準じ、図1に示すスィベルジョイントの耐久性を検証している。本報では、ミドルビームとミドルビームの跳ね上がり防止板（以下、跳ね上がり防止板）のすみ肉溶接部の耐久性について述べる。

2. 試験体

試験体の形状寸法を図2に示す。3本のミドルビームと4本のサポートビームを組合せたスィベルジョイントで既報²⁾の試験体を続けて用いた。ミドルビームと跳ね上がり防止板のすみ肉溶接接合部（以下、鋼材溶接部）の形状を図3に示す。ミドルビーム長手方向の回し溶接部は、跳ね上がり防止板にフィレットを設けてすり合わせている。ミドルビーム幅方向の溶接脚長は平均14mmである。その止端部は円弧状に仕上げており、曲率半径は平均10mmである。

3. 荷重載荷位置の検討

既報²⁾の疲労試験では、伸縮装置全体の耐久性に着目し、試験体中央に荷重を載荷した。本試験では、鋼材溶接部の耐久性に着目するため、その近傍に荷重を載荷することとした。載荷位置の設定にあたっては、鋼材溶接部に生じる

曲げ応力度が最大となる箇所を確認するため、三次元骨組構造によるFEM解析を実施した。有限要素解析用プリポストソフトウェア Femap2020.2 で作成した解析モデルの形状と寸法を図4に示す。ミドルビームとそれを支持するサポートビーム、そしてミドルビームに溶接される跳ね上がり防止板は梁要素でモデル化した。要素寸法は50mmであり、弾性係数は $2.0 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$ 、ポアソン比は0.3である。スプリングとベアリングはバネ要素でモデル化した。それらの剛性は、本来荷重に伴い変動するが、ここでは線形弾性体として考え、設計値をY方向のみに与えた。

荷重の大きさは道路橋示方書³⁾に示されるT荷重の1輪（輪重：100kN）に衝撃係数($i=0.4$)を考慮して140kNとした。載荷位置は、ミドルビームの端から50mmピッチで移動させた。照査位置は、ミドルビームと跳ね上がり防止板の各鋼材溶接部近傍とした（図4中のI～IV）。応力計算は、汎用解析プログラム Simcenter Nastran 2020.1で行った。

解析により得られた各照査位置における曲げモーメント（正曲げ着目）と輪重の中心位置の関係を図5に示す。図5より、本試験の荷重の載荷位置は、曲げモーメントの大きくなる照査位置IIの付近とし、その中心位置は、図6に示すように、跳ね上がり防止板のミドルビーム長手方向の

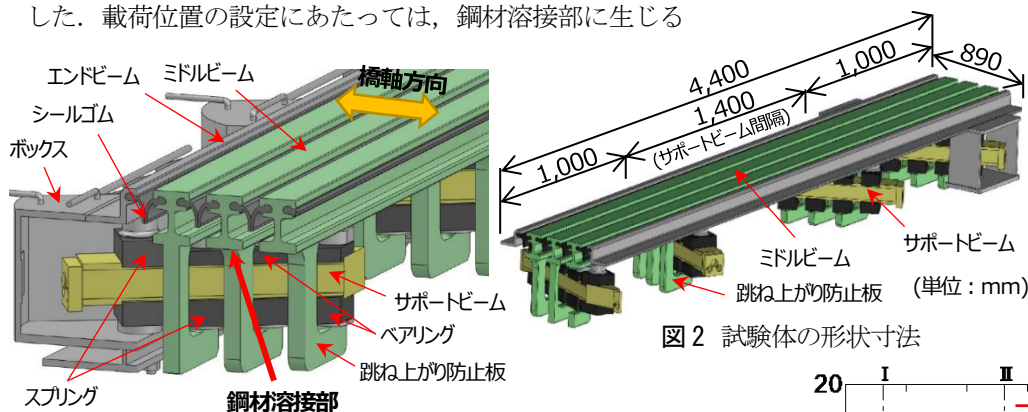


図1 スィベルジョイント

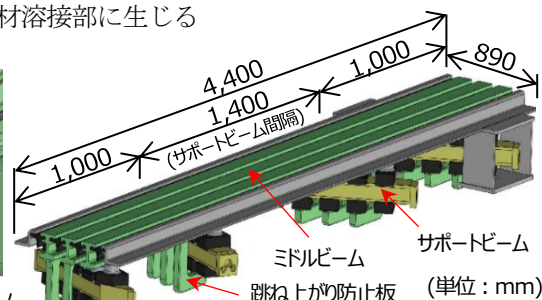


図2 試験体の形状寸法

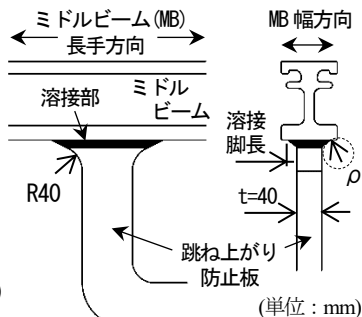


図3 鋼材溶接部の形状

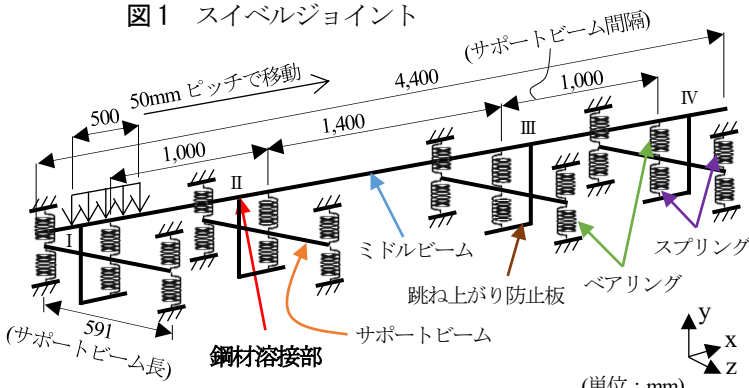


図4 三次元骨組構造モデル

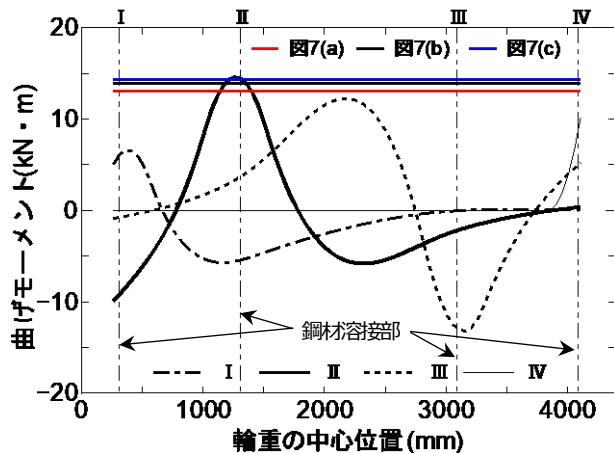


図5 曲げモーメントと輪重の中心位置の関係

キーワード：伸縮装置，スィベルジョイント，モジュラー型，疲労試験，耐久性評価
連絡先：〒210-9567 神奈川県川崎市川崎区白石町2番1号

日本鑄造(株)鋼構造技術部 TEL：044-355-5033

中心から、南側に 50mm 離れた場所とした。なお、スイベルジョイントのサポートビーム間隔は、おおよそ 1,000~1,400mm 程度とするため、図 5 には、図 7 に示すサポートビーム間隔として T 荷重を作用させた場合の解析で得られた曲げモーメントの最大値も示している（荷重以外の条件は図 4 の試験体モデルと同様）。実橋モデルは一例であるものの、それらの曲げモーメントの最大値は、試験体モデルの照査位置 II とおおむね同程度であることがわかった。

4. 疲労試験の方法

載荷荷重は輪重を想定し、載荷面の寸法は、ミドルビーム長手方向に 500mm、その直角方向に 200mm とした。ミドルビームの幅は 90mm であり、隣り合うミドルビームとの遊間（隙間）は中立寸法の 40mm としたため、3 本のミドルビームに荷重が作用する。載荷位置は、図 6 に示したとおりである。試験体には、応力とひずみの関係を確認するため 68 枚のひずみゲージを貼付した。それらのうち、中央のミドルビーム下面のひずみゲージ位置を図 8 に示す。疲労試験中は、繰返し数 5,000 回ごとに測定する鋼材溶接部近傍のひずみ値でき裂発生有無を確認した。試験ケースは既報²と同様で、表 1 に示すケース 1 と 2 の疲労試験とそれぞれの疲労試験前後に実施した静的載荷試験である。

5. 疲労試験結果

ケース 1 の疲労試験は、荷重範囲 140kN、繰返し数 1,050 万回の載荷で行った。この試験条件の考え方は、既報²のケース 1 と同様であり、高速道路会社 3 社の照査方法に示される衝撃係数(i)とスイベルジョイントの設計で用いる衝撃係数(i)の差異を考慮して設定した。

疲労試験は、載荷荷重 140kN の静的載荷試験を実施して

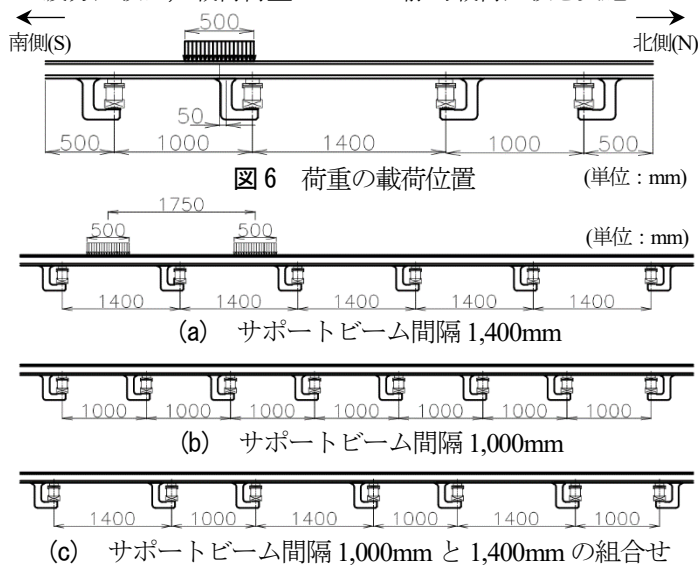


図 7 実橋モデルの例

表 1 疲労試験条件

	荷重(kN)			繰返し数 (万回)	繰返し速度 (Hz)
	範囲	上限	下限		
ケース 1	140	142	2	1,050	2.5
ケース 2	200	202	2	360	2.0

から行った。疲労試験中に測定したミドルビーム下面のひずみの変化は少なかったため、き裂は生じていないと判断した。疲労試験前後の静的載荷試験結果を図 9 (a) に示す。縦軸の曲げ応力度は、測定したひずみに弾性係数 ($2.0 \times 10^5 \text{N/mm}^2$) を乗じて求めた。疲労試験後の曲げ応力度は、1 割程度増加する箇所もみられたが、他の測定値は 5% 程度以下であり、また鋼材溶接部に対して実施した非破壊検査でもき裂はみられなかったため、試験を終了した。

ケース 2 の疲労試験は、高速道路会社 3 社の照査方法に示される荷重範囲 200kN、繰返し数 360 万回の条件とし、ケース 1 の疲労試験を行った試験体をそのまま用いて、静的載荷試験を行ってから開始した。ケース 1 と同様、疲労試験中のミドルビーム下面のひずみの変化が少なかったため、き裂は生じていないと判断した。図 9 (b) は疲労試験前後に実施した静的載荷試験の結果である。疲労試験前後の曲げ応力度の変化は 5% 程度であった。ケース 2 の疲労試験終了後には試験体を分解し、鋼材溶接部に対して非破壊検査を実施し、き裂のみられないことを確認している。

6. まとめ

本試験において、スイベルジョイントの鋼材溶接部は、耐久性を有していると確認した。

謝辞

一連の試験を実施するにあたり、法政大学の内田大介教授には多くのご助言を賜りました。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 東日本高速道路(株), 中日本高速道路(株), 西日本高速道路(株): 構造物施工管理要領, 令和 2 年 7 月.
- 2) 山崎 ほか: モジュラー型伸縮装置 (スイベルジョイント) の耐久性に関する実験的検証, 土木学会第 76 回年次学術講演会, I-347, 2021.9.
- 3) 日本道路協会: 道路橋示方書・解説, I 共通編, 平成 29 年 11 月.

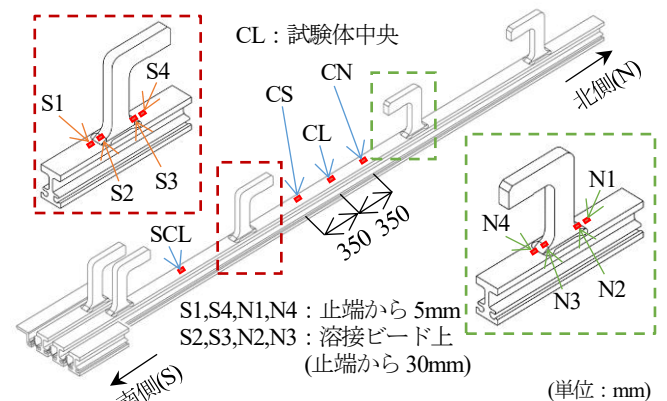
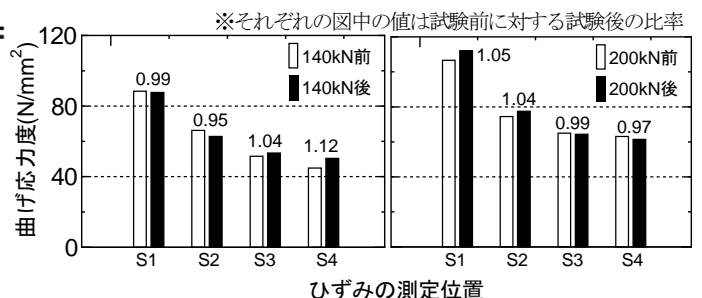


図 8 ひずみゲージの貼付位置



(a) ケース 1 (b) ケース 2

図 9 静的載荷試験の結果