

モジュラー式伸縮装置の疲労耐久性評価

名古屋大学 学生員 ○八木貴之

名古屋大学 正会員 山田健太郎 小塩達也

日本 Casting 株式会社

小山 博

1. はじめに

橋梁における伸縮装置は、温度変化による主桁の伸縮や地震時の変形を吸収し、路面の連続性を確保する重要な部位であるが、輪荷重を直接受けるためゴム部やモルタルの破損、鋼材の疲労損傷を生じやすい。特に、同部位の寿命を支配する疲労損傷については劣化予測により適切な維持管理を行う必要がある。しかし、これに必要な伸縮装置の疲労耐久性評価手法は確立されていない。

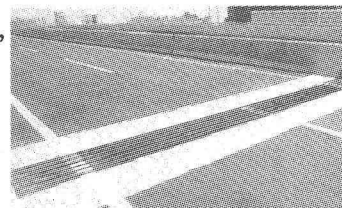


図1 モジュラー式伸縮装置

そこで、本研究では、近年ドイツから技術導入し、次世代型伸縮装置としてわが国でも採用例が増加しているモジュラー式伸縮装置(図1)に注目し、疲労耐久性評価手法の確立を試みる。

2. モジュラー式伸縮装置

基本構造は、図2のように、輪重が伝達される順にセンタービーム、サポートビーム、ベアリングの主要部材と水密性確保のためのシールゴムからなる。疲労破壊は図3のセンタービームとサポートビームの接合溶接部(以下、CS 溶接部)に発生する疲労き裂の進展による¹⁾。発生位置により疲労き裂を TYPE-A, B に分類した。

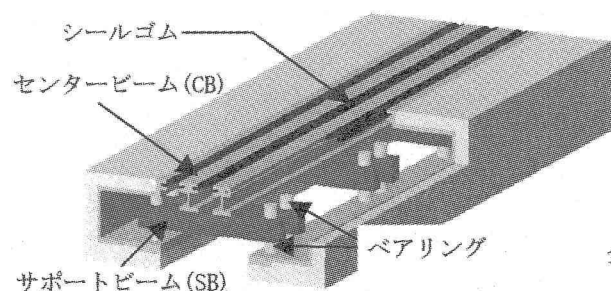


図2 基本構造

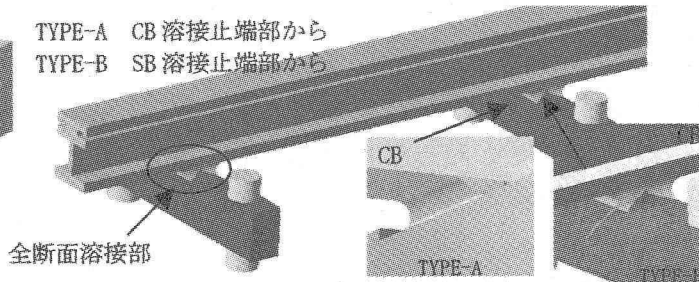


図3 MS 溶接部とき裂発生予想位置

3. 疲労耐久性評価の流れ

疲労耐久性評価のフローを図4に示した。疲労の原因である大型車軸重とその繰返し数に修正を加え、評価軸重として梁モデルへ入力し、アウトプットである評価パラメータと疲労強度(S-N 線図)から疲労寿命を算出する。なお、CS 溶接部の疲労強度については、3次元 SOLID モデルを作成し破壊力学などの考え方をを用いてこれを定義する。

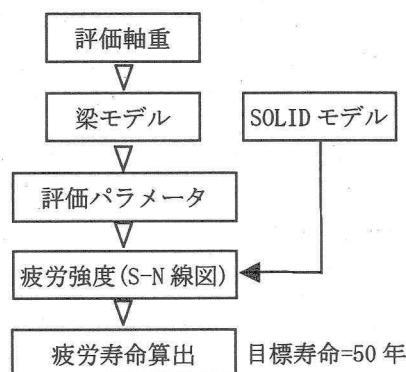
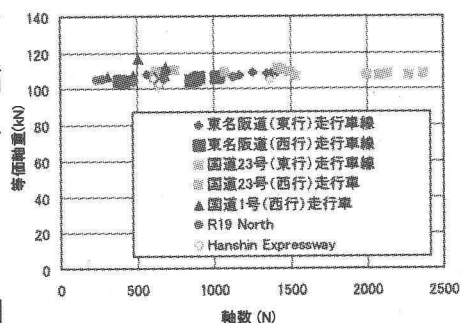


図4 疲労耐久性評価のフロー

評価軸重 W は、Bridge Weigh-in-Motion (以下、BWIM) による大型車軸重の実測データから得た等価軸重 W_{eq} 、等価繰返し数 N_{eq} ($W_{eq}=110\text{kN}$, $N_{eq}=2500$ 軸/日)に、タイヤが伸縮装置に接触する際の衝撃や荷重分担などを加味し、梁モデルへの現実的な入力値としたものである。図5に等価軸重で整理した BWIM の実測データを示す。また、衝撃や荷重分担などの修正項目を以下に示す。



$$W_{eq} = \left(\sum W \times n_i / \sum n_i \right)^{1/3}$$

軸重 100kN 以上の大型車のみ考慮

図5 BWIMによる等価軸重

- 1) 衝撃係数 i ・・・伸縮装置を通過する際の走行試験²⁾などから $i=1.4$
- 2) 横方向分布率 α_{HL} ・・・大型車の横方向(橋直方向)の走行位置が図6のようにばらつくことを考慮した。 $\alpha_{HL}=0.85$
- 3) 荷重分担率 α_s ・・・タイヤ接地長とセンタービーム幅の関係から、伸縮状況により隣接するセンタービーム同士が等価軸重を図7の

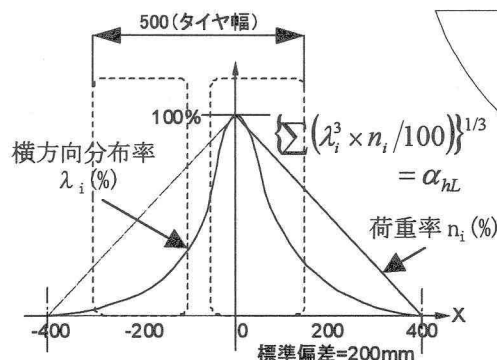


図6 横方向分布率

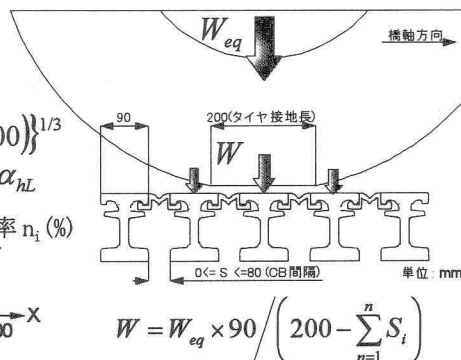


図7 荷重分担率

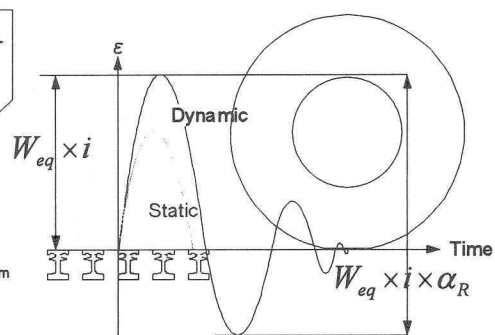


図8 リバウンド係数

ように分担して受け持つと考えた。走行試験，理論式より $\alpha_s = 0.8$ ($S=40$ 平均)。

- 4) リバウンド係数 α_R ・・・走行試験から，軸重通過時のセンタービームのひずみ応答は図8に示すリバウンド現象により増幅することが知られている。過去の走行試験結果などから $\alpha_R = 1.3$ とした。

これらの修正係数を等価軸重 W_{eq} に乗じ，評価軸重 $W = 110 \times 1.4 \times 0.85 \times 0.8 \times 1.3 \approx 136 \text{ kN}$ とした。

5. 梁モデルと評価パラメータ

本研究で作成したセンタービームの梁モデルを図9に示す。センタービームのスパン L には現在わが国で供用中の 1300, 1350, 1400mm をそれぞれ考慮する。また，評価軸重の入力に際しては CS 溶接部の実際の車線上での配置状況を考慮し，入力位置を X 方向に 4 段階ずらし合計 $3 \times 4 = 12$ ケース分とした。本解析により，センタービーム上の各位置でのモーメント (M)，Y 方向変位 (UY)，Z 軸回りの角変位 (RZ) が得られる。これらを評価パラメータとして CS 溶接部の疲労強度 (S-N 線図) を参照し，疲労耐久性評価を行う。

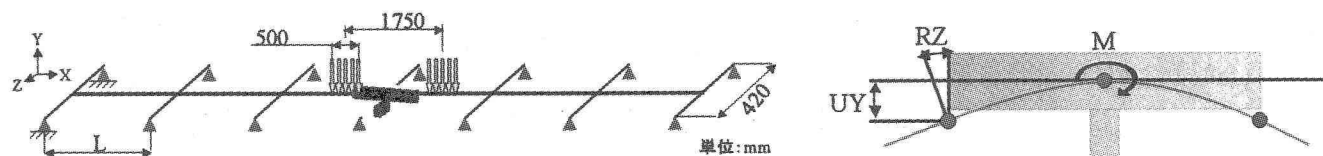


図9 梁モデルと評価パラメータ

6. 疲労強度の算出

本研究では CS 溶接部の疲労強度 (S-N 線図) を新たに定義する必要がある。そのため，CS 溶接部の応力集中状況を分析する目的で図10のような 3 次元 SOLID モデルを作成した。

SOLID モデルへの入力値は境界条件として与える梁モデルの出力 (UY, RZ) である。図11に解析結果の一例を示す。ここでは，図3で示したき裂 TYPE-A, B の原因となる応力集中の様子を確認できる。

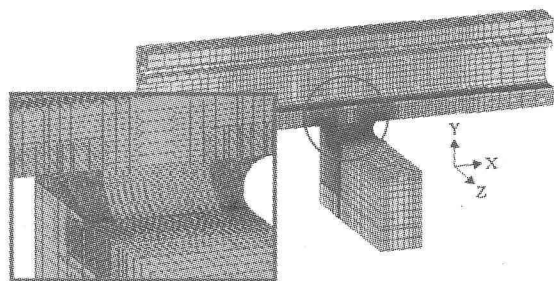


図10 SOLID モデル (1/2 モデル)

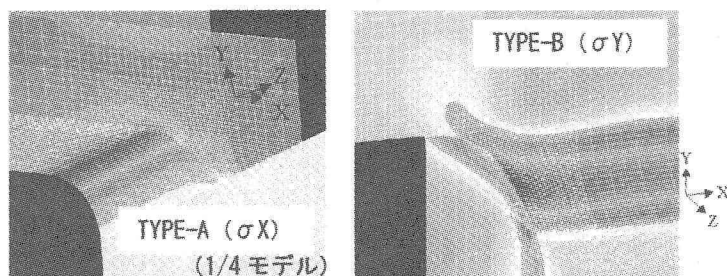


図11 CS 溶接部における応力集中の例

7. 今後の方針

CS 溶接部の疲労強度 (S-N 線図) を定義するため，SOLID モデルへの入力値 (評価パラメータ) に対する応力集中の傾向を分析し，過去の溶接継手疲労試験結果や破壊力学などの手法から S-N 線図を作成する。その後，全解析ケースについて疲労強度評価を行い，モジュラー式伸縮装置の疲労設計についての提案を行う。

参考文献

- 1) Gunter Ramberger : Structural Bearings and Expansion Joints for Bridges, Structural Engineering Documents 6, IABSE, 2002
- 2) R.J.DEXTER, R.J.CONER, M.R.KACZINSKI et.al : Fatigue Design of Modular Bridge Expansion Joints, National Cooperative Highway Research Program, Report402, NATIONAL ACADEMY PRESS, Washington D.C, 1997