

第 部門

活荷重作用を考慮した鋼製フィンガージョイントの設計法に関する基礎的研究

大阪市立大学工学部	学生員	疋田 雅也
大阪市立大学大学院工学研究科	正会員	松村 政秀
大阪市立大学大学院工学研究科	正会員	北田 俊行
大阪市立大学大学院工学研究科	正会員	山口 隆司
川口金属工業(株)	正会員	吉田 雅彦

1. 研究背景および目的

道路伸縮装置は、温度変化に伴って伸縮する桁間に対し、車両の円滑な走行、車両通行時の荷重伝達といった重要な役割を果たしている。また、衝撃を伴う輪荷重が直接載荷されることから、十分な耐久性を有する機能が要求される。昨今、ノージョイント化の実施や、桁の連続化に伴う連結桁端支点の伸縮量増大に対応すべく、伸縮装置の中でも鋼製フィンガージョイントが採用されている。しかし、フィンガージョイントの地震時の干渉が問題となっている。また、これらに関する研究事例やデータは少なく、フィンガージョイント自体の性能（耐荷力挙動や段差、疲労による影響）は明確でない。本研究では、フィンガージョイントの力学特性を明らかにする事を目的として、縮小模型を用いた静的実験を実施する。

2. フィンガージョイントの設計法と試設計

フィンガースの厚さ t 、および取り付けボルト本数 n_b は、()温度変化(-10 ~ 50)による桁の伸縮量と()活荷重をモデル化した輪帯幅 500mmに鉛直作用する線荷重 P_l を基準に次式により設計される。

$$P_l = \frac{P}{2} (1+i) \quad (1)$$

ここに、 P :設計荷重(100kN)、 i :衝撃係数($i=1.0$)
式(1)の右辺の分母はかみ合う 2 本のフィンガーで均等に分配されることを想定しているが、実際は段差等により荷重 P は均等に分配されていない。また、実際は線荷重ではなく、タイヤによる面圧荷重が作用する。さらに、フィンガージョイントの段差走行試験¹⁾で、衝撃係数は約 2.0 が適当であるという結果を得ている。すなわち、設計式である式(1)と実際の活荷重作用に相違があるため、設計式の有効性や、フィンガー自体の詳細な耐久性に関して不明な

点が多い。

実際の伸縮装置を対象とした現場計測や実寸法模型を用いた載荷実験の実施は載荷装置の載荷能力から都合上困難であるため、本研究では、試設計したフィンガースの縮小模型を用いて載荷実験を行い、フィンガーへの荷重作用および耐久性能を検討する。対象橋梁(橋長 150m, 鋼 4 径間連続桁橋)に適用可能なフィンガースを阪神高速道路の設計(フェイスプレートにM22 高力ボルトにより固定する方式²⁾)に従い設計した。実験供試体の縮小模型にはM12 高力ボルトを用いており、縮小率は 12/22 である。

3. 実験概要

実験供試体を図-1 に示す。また、図-3 に示す位置にひずみゲージを貼付する。段差量(e)に着目し、設計荷重 100kN(縮小模型に対して 29.75kN)が作用した際の爪による荷重分担を調べた。段差量は点検時の損傷判定基準を参考にして 3 段階に設定した。表-1 には実験パターンの内訳を示す。なお、文献³⁾を参考に、シングル・ダブルタイヤによる面圧荷重(タイヤ荷重)は、載荷板の下に所定の厚さの天然ゴムを介して載荷する。

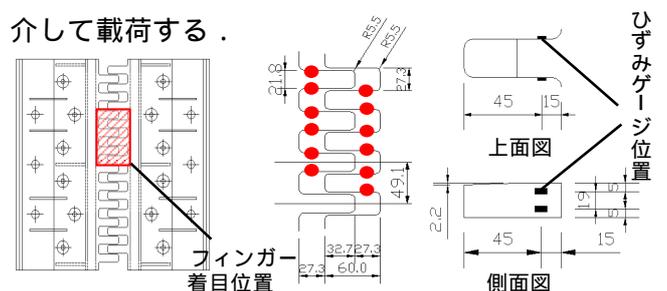


図-1 実験供試体上面図 図-2 爪寸法 図-3 ひずみゲージ位置

表-1 実験パターン

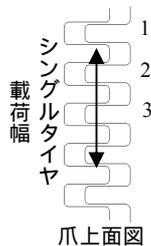
実験パターン	段差量	縮小寸法
e_0	S	0mm
	D	0mm
e_3	S	5.5mm
	D	3mm
e_6	S	11mm
	D	6mm
片側	S	∞
	D	∞

4. 実験結果

各試験パターンにおいて計測したフィンガーの爪のひずみから各爪が分担する荷重(分担荷重) p を算出する。シングルタイヤを載荷した場合には、載荷幅中央に近い爪ほど荷重分担が大きく、爪1本で最大約2.9kNを分担していることがわかる(表-2)。しかし、面圧荷重29.75kNに対し、フィンガーの爪片側1本には2.9kNとわずか10%しか負担せず、設計荷重が29.75kNであることを踏まえると、フィンガーの爪の破損や折損は段差による衝撃や疲労が原因であると考えられる。なお、ダブルタイヤの場合にはシングルタイヤが2列並んだのと同じ結果を得た。

表-2 段差別 p の値

パターン	爪1	爪2	爪3(p_{max})
e_0	0	156	1380
e_3	0	424	1649
e_6	0	687	1977
片側	0	894	2917



5. FEM 解析

汎用弾塑性解析プログラムABAQUSを用いて、フィンガーの爪に、表-2の p_{max} を与えた際の応力分布を調べた。得られたコンター図を図-4に示す。

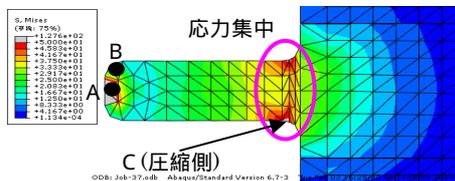


図-4 応力分布図(上面図)

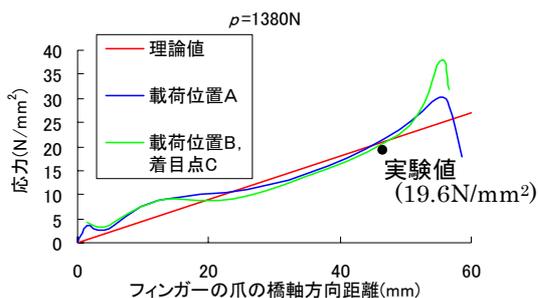


図-5 距離と応力の関係

解析結果と実験値の比較を図-5に示す。図中の実験値は、爪3で得られた4つのひずみの平均より求めた応力値である。A地点に載荷させると、理論値と比較してフィンガーの付け根に応力集中がみられる。それは計算で算出される理論値の約1.2倍になる。また、載荷位置をBに変更し、ねじれを作用させるとC地点の応力が最大となり、その値は理論値の約1.5倍増大する。さらに衝撃係数 $i=2.0$ を考慮す

ると動的応力 σ_d は計算値の約3倍となる。これらの結果を表-3に示す。

表-3 実験と解析の結果

パターン	p_{max} (N)	σ (N/mm ²)	σ_d (N/mm ²)
e_0	1380	24.9	74.7
e_3	1649	29.8	89.4
e_6	1977	35.7	107.1
片側	2917	52.7	158.1

現在の設計法では、爪の許容応力 σ_a は125N/mm²である。衝撃を考慮しても段差10mm以内では、 $\sigma_a > \sigma_d$ となるので、破損の原因は疲労であると考えられる。また、段差が10mmを超えると σ_d が増大するので、フィンガーの爪が破損する恐れが高まり、危険である。「道路維持修繕要綱」(昭和53年7月:日本道路協会)によると、点検時の判定基準は、フィンガーの段差目標値は自動車専用道路で10mm以内、一般道で15~30mmとしているが、一般道でも段差目標値を10mmに設定することが望ましい。

6. まとめ

本研究の実験および解析の結果から、(1)各フィンガーが負担する最大荷重は輪荷重全体のわずか10%であり、破損原因は段差による衝撃や疲労であると考えられる。(2)フィンガーの付け根の部分に応力集中が発生し、その応力は理論値の最大約1.5倍に相当する。(3)段差10mmを超えると、フィンガーの爪が破損する恐れが高まる。(4)段差の乗り上げを想定しているが、車両の通行方向を考えると必ずしも乗り上げのみとは限らないこと、大型車両から軽車両まで幅広く走行していることを今後考慮していく必要がある。

謝辞 本研究は、科学研究費補助金基盤研究(A)(課題番号20246077)の助成を受け行いました。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 當尊俊治: 橋梁伸縮継手部の段差損傷量と車両走行時発生音との関係に関する実験的研究, 大阪市立大学卒業論文, 2007年2月。
- 2) 阪神高速道路公団(現阪神高速道路株式会社): 付属構造物標準図集, 第1章伸縮装置, 2003年3月。
- 3) 貝沼重信, 尾上聡史, 三浦健一, 井口進, 川畑篤敬, 内田大介: 鋼床版のデッキプレートとUリブの溶接ルート部の疲労き裂に対する試験システムの構築, 土木学会論文集A, Vol.64No.2, pp.297-302, 2008年4月。