

片持ち式フィンガージョイントの疲労耐久性について

中日本ハイウェイ・エンジニアリング名古屋 (株)

正会員 山田健太郎

1. フィンガージョイントの疲労照査について

道路橋の重要な部材である伸縮装置の設計に関しては、1960年代の東名、名神高速道路の建設時に現行の設計方法が固まったと思われる。吊橋や斜張橋などの長大スパンの橋は別として、当時は橋長が短い橋が多く、伸縮装置の遊間量は小さいものが多かった。その後、桁の連続化によって橋長が伸びて必要遊間量が大きくなってきたが、一部を除いて、設計法の見直しはされなかった。そこで、大型車交通量の多い路線に適用する疲労荷重を提案し、道路橋示方書に従ってフィンガージョイントの疲労照査した結果を示す。

2. フィンガージョイントの設計について (静的な耐荷力)

現行の設計では、静的な耐荷力の照査を行う。照査に用いられる輪重は、床版や床組の設計に用いられる輪重 100kN に衝撃値 $i=1$ を考慮して、200kN としている。この輪重は、タイヤ幅 500mm に相当するフィンガーで分布して支持されるとして、1本あたりの応力を求め、それが許容応力以下になるように設計している。なお、荷重は前後のフィンガーで分担して支持するとして、片方のフィンガーの先端には 100kN を作用する。載荷方法は、図-2に示すように、橋建橋と NEXCO では異なる。

伸縮装置の設計に用いる衝撃値の $i=1.0$ は、1960年代当時に決められた。輪重を直接受けるので主桁の最大値 0.4 より大きいだろうこと、 $i=1.0$ としてもそれほど結果が変わらないこと、などを勘案して決められたようだ。

3. 疲労照査に用いる輪重について

疲労照査には、荷重とその繰返し数、および要求寿命を与える必要がある。また、設計時の疲労照査では、できるだけ計算が簡単になるようにすると良い。そこで、ここでは、比較的大型車交通量が多い路線を対象に、等価輪重 50kN、その繰返し数 2000 回/日を設定した。この設定にあたっては、次の3つの観点を考慮した。

(1)計画断面交通量が 64,000 台/日、片側 3 車線で大型車混入率が 40%の路線を例にとる。大型車は、走行車線にその 1/2 が走行すると仮定する。大型トラックの平均の軸数を 3 軸と仮定する。また、走行大型車のうち、輪重が 50kN (軸重で 100kN) に相当するものは、全軸数の 10%と仮定すると、走行輪数は以下ようになる。

$$64,000 \times 1/2 \times 1/2 \times 0.4 \times 0.1 \times 3 \text{ 軸} = 1920 \text{ 輪/日}$$

(2)NEXCO 総研が製品ジョイントの疲労試験で用いる疲労荷重を 200kN、120,000 回/年としている。これを、 $50(1+i)=100\text{kN}$ に換算すると、2630 回/日に相当する。

(3)重交通下の国道 23 号で支点反力法を用いた BWIM で計測した 95kN 以上の軸重 (図 3) を用いて計算した等価軸重が 110kN で約 2000 回/日であった。これは、輪重 50kN では 2600 輪/日に相当する。

キーワード 伸縮装置, フィンガージョイント, 疲労, 耐久性, 輪重

連絡先 〒460-0003 名古屋市中区錦 1-8-11 TEL 052-212-4577



図1 フィンガージョイントの例

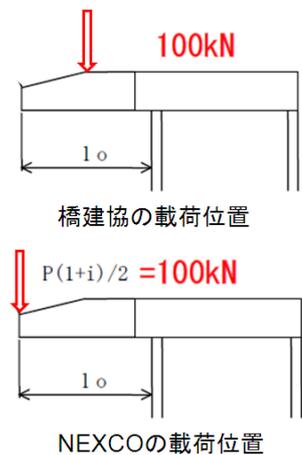


図2 設計荷重の載荷位置

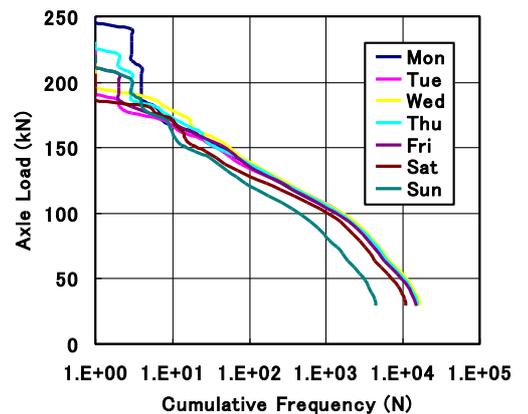


図3 軸重の計測結果の例 (国道 23 号)

4. 疲労耐久性の試算

図4には、フィンガージョイントの形状を斜め上と下から見た略図を示す。疲労き裂が生じる可能性がある個所については、全て疲労照査する必要がある。フィンガの櫛の破損については、疲労き裂は、①ウェブのすみ肉溶接部、②フィンガの根元のR部、③上面の滑り止めの凹部、から発生する可能性が考えられる。

そこで例として、①のすみ肉溶接止端からのき裂について道路橋示方書に従って疲労照査を試みる。疲労強度としては、継手等級はE、フィンガの曲げによる圧縮応力の繰返しを考慮して疲労強度は1.3倍と仮定する。前述した等価輪重50kN、その繰返し数は1日2000回と仮定し、輪重の載荷方法は、NEXCOの静的設計の方法を参考にした。i=1として、疲労寿命を求めた結果を表1に示す。

計算結果を見ると、いずれも比較的短い疲労寿命になった。また、SM400Cに比べて、SM520Cで設計されたフィンガージョイントの疲労寿命はさらに短くなった。SM520Cを用いると、静的な許容応力が高いので断面を小さくすることができる。その分、輪重によって発生する応力範囲が大きくなるが、溶接部の疲労強度は変わらないため、疲労寿命が短くなる。なお、この計算では板厚効果の補正係数は考慮していないが、考慮すれば寿命はさらに短くなる。

今回モデルとしたのは、実際に供用後10年程度で疲労損傷を生じたフィンガージョイントである。当時の設計では、フィンガの根元はウェブのすみ肉溶接止端に近接しており、また、根元のR部もR=10mm程度であった。いずれも、疲労の観点からは何らかの検討とディテールの見直しが必要な部位である。また、今回対象とした下面のウェブのすみ肉溶接については、グラインダ仕上げ、UIT、ICR処理などの疲労強度向上法を適用することも考えても良い。

5. まとめ

桁の連続化と騒音対策、コスト削減などの理由で、桁の連続化に伴って橋長が伸びる傾向にある。そのため用いられる伸縮装置の遊間が大きくなってきた。疲労試験で耐久性を確保する試みも一部行われたが、設計は従来の静的な設計を踏襲してきた。そこで、伸縮装置の疲労照査のための等価輪重とその繰返し数を設定し、道路橋示方書に従って、片持ち式のフィンガージョイントの溶接部を対象に疲労照査を行った。その結果、特にSM520Cを用いたものの疲労耐久性が低い結果となった。

伸縮装置の疲労照査では、輪重とその繰返し数は、計画交通量と大型車混入率から設定が可能である。計算された疲労耐久性は、衝撃値iの影響が大きかった。衝撃値は、路面の凹凸やフィンガの設置状況に影響され、路面凹凸を減らすことで伸縮装置の損傷を減らすことが可能と言った意見もある。これまで、フィンガの長い伸縮装置の衝撃値についての調査は行われておらず、不明な点が多い。計画的な計測によって、疲労照査に用いる衝撃値を求めることで、より精度の高い疲労耐久性の予測が可能になる。

参考文献

- ・日本道路協会, 道路橋示方書・同解説, 2012年.
- ・日本橋梁建設協会, 平成21年9月鋼橋伸縮装置設計の手引き
- ・日本道路ジョイント協会, 伸縮装置設計の手引き 2010.
- ・NEXCO 総研, 設計要領 2012年.
- ・たとえば, 柿市, 石川, 山田, すみ肉溶接継手の溶接止端に発生した疲労き裂のICR処理による補修・補強, 構造工学論文集 Vol.59A, 2013.3.

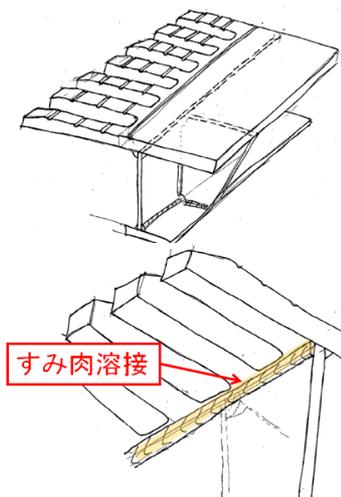


図4 フィンガの溶接継手の例

表1 疲労耐久性の評価結果(下限値)

項目	旧	仕上げ	旧	仕上げ
フェースプレートの鋼材	SM400C	SM400C	SM520C	SM520C
疲労の等価輪重 kN	50	50	50	50
繰返し数 輪/日	2000	2000	2000	2000
フィンガ長 mm	520	520	520	520
後輪(後輪)の幅 mm	500	500	500	500
鋼材の許容応力 MPa	140	140	195	195
疲労強度等級 E or D MPa	80	100	80	100
圧縮の繰返し数の補正 CR	1.3	1.3	1.3	1.3
板厚の補正係数 Ct	1	1	1	1
衝撃係数 i	1.0	1.0	1.0	1.0
疲労寿命 (年)	9.2	18.4	3.4	6.7