

鋼ランガートラス桁橋横桁取り付け部におけるき裂の発生原因に関する解析的検討

長崎大学大学院 学生会員 ○福岡優吾
長崎大学大学院 正会員 奥松俊博

長崎大学大学院 正会員 中村聖三
長崎大学大学院 正会員 西川貴文

1. はじめに

近年、供用中の橋梁における損傷発見・報告件数は年々増加する傾向にあり、これらの橋梁の多くは架け替えもしくは補修の時期を迎えている。供用されてから年数を経ている鋼橋の中には、経済成長の影響による交通量の増大および重車両の通過により当初の予想をはるかに上回る応力条件下に置かれており、応力の繰り返し作用を受けることによって破壊に至る疲労現象が確認されている。そのような中、長崎県内の鋼ランガートラス桁橋の横桁と鉛直材の取り付け部にき裂の発生が確認された。本研究では、き裂発生原因を究明することを目的に、活荷重として 20ton 車両を想定した車両載荷解析を実施し、橋梁全体および局所的な挙動を確認することで、き裂発生原因として想定される活荷重の損傷への寄与度の判定を実施したのでその概要について報告する。

2. 損傷概要および原因推定

対象橋梁は、橋長 227m、幅員 7.5m、最大支間 153m の鋼ランガートラス桁橋（道路橋）である。当該橋梁のき裂発生状況の一例を図-1 に示す。損傷原因として、温度変化に伴う応力変動や風等による振動なども考えられるが、多くの場合疲労損傷の主な原因は活荷重であるため、車両走行によって生じる曲げモーメントの作用ではないかと推察した。

3. 解析概要

(1) 要素を用いた橋梁全体系の解析

車両走行時における発生公称応力範囲を求めるために、梁要素を用いた樺島大橋の 3DFE モデルを作成し、図-2 に示すような橋軸方向位置に T 荷重を載荷した。橋軸直角方向の載荷位置としては、片側載荷として長崎側から樺島側へ向かう車線の中央 (case1)、樺島側から長崎側へ向かう車線の中央 (case2)、さらには両側載荷 (case3) を想定した場合の 3 パターンを考慮した。

(2) シェル要素を用いた部分構造の解析

局部応力を算定するため、シェル要素を用いたき裂発生位置近傍の局部解析モデルを作成した (図-3)。全体モデルとの境界になる鉛直部材の上下端、横桁端部には、梁要素を用いた全体橋梁系の解析結果で得られた対応する節点の変位、回転を境界条件として与えた。

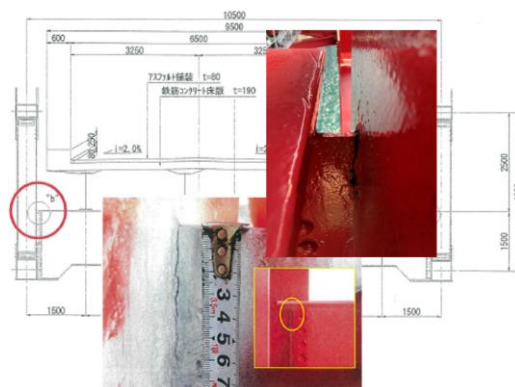


図-1 き裂発生状況

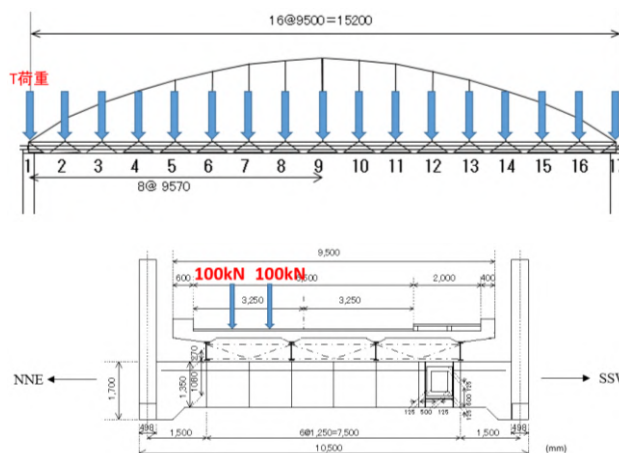


図-2 荷重位置(上：一般図/下：断面図)

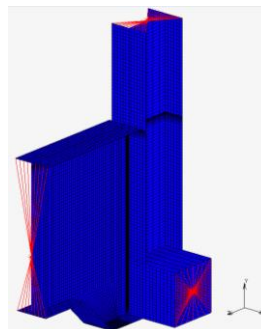


図-3 横桁の部分構造解析モデル

4. 解析結果

(1) 発生応力

全体橋梁系の解析によって得られた、き裂発生箇所に対応する横桁端部（例として荷重位置 3 の横桁端部 NNE 側の結果を示す）における発生公称応力を荷重位置ごとに示したグラフが図-4 である。どの解析結果も 3 ケースとも照査した横桁の真上に荷重した場合の応力が最大に近い値となった。局部解析を行い HSS で照査した結果、同様に荷重位置 3 での発生応力が最大となる傾向を示した（図-5）。また、横桁端部と鉛直材の接合部に応力が集中することが分かり、挙動としては面内曲げよりも面外曲げが大きいことが分かった（図-6）。

(2) 疲労寿命の推定

公称応力範囲は小さく、変動応力振幅に対する打ち切り限界以下であるため、HSS による疲労照査を実施することにした。解析結果の応力分布より、照査位置から 0.5t および 1.5t (t: 板厚 9mm) の点における位置要素応力を用いて線形外挿により HSS を算出する。疲労寿命を評価する際、JSSC 疲労設計指針より、荷重伝達型十字継手のすみ肉溶接継手 (F 等級) の S-N 線図を用いた。設計で用いる F 等級は実験結果の下限值に対応すると考えられることから、より平均的な寿命を予測するために、1 つ上の E 等級を仮定した場合の疲労寿命も推定した（図-6）。その結果を表-1 に示す。F 等級を仮定した場合、繰り返し回数を本橋における 1 日の大型車の交通量 117 台で除して年数換算すると、case1 では 1.4×10^6 (約 32.7 年)、case2 では 1.8×10^6 (約 42 年)、case3 では 2.5×10^5 (約 5.9 年) の疲労寿命が推定される（表-1）。本橋が供用されてから約 33 年ということを考慮すると、走行荷重が疲労損傷の主たる要因だと推察される。

5. まとめ

本研究では、き裂発生原因を究明するために荷重車走行を想定した解析的検討を行い、曲げモーメントによる応力集中の照査を行った。実際にき裂が発生している横桁と鉛直材の接合部に応力集中が確認され、損傷への寄与度を見出すことができた。また、ホットスポット的応力の算出により、損傷が発生するまでの疲労寿命が評価でき、本橋の供用年数との比較をすることで活荷重が疲労損傷への影響の 1 つであると推察された。今後においては、より詳細なモデル化、支承部での疲労損傷の原因の推定が必要だと考えている。

参考文献

- (1) 竹之内ほか：鋼トラス橋横桁取付け部の疲労損傷と対策，土木学会論文集 No. 570/I-40, 141-151, 1997. 7

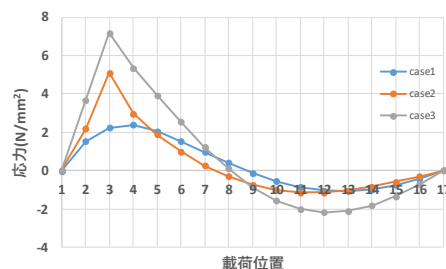


図-4 橋梁全体系の発生公称応力

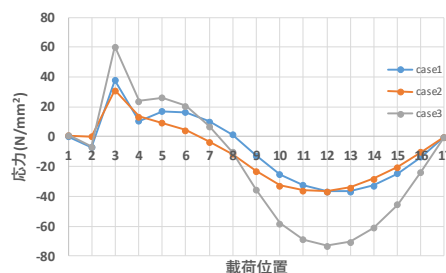


図-5 局部挙動のホットスポット応力

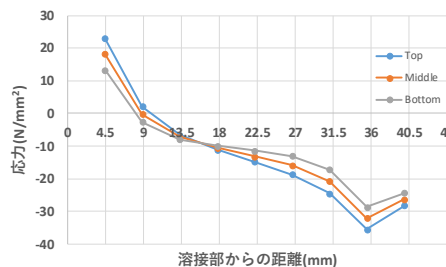


図-6 荷重位置 3 の横桁端部の HSS

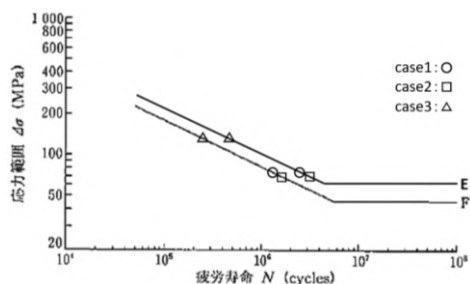


図-6 HSS による疲労寿命推定

表 1 疲労寿命

		case1	case2	Case3
E等級	繰返し回数	2.5×10^6	3.2×10^6	5.0×10^5
	疲労寿命	約58.5年	約75年	約11.7年
F等級	繰返し回数	1.4×10^6	1.8×10^6	2.5×10^5
	疲労寿命	約32.7年	約42年	約5.9年