

鋼トラス橋格点部の局部応力に関する研究

名古屋大学 学生会員 ○土屋 啓佑 学生会員 花木 麻衣子 正会員 舘石 和雄

1. はじめに これまで鋼トラス橋の格点部には疲労損傷は発生しないものと考えられており、設計時にも疲労照査は行われていない。しかしトラス格点部は様々な部材を複雑に接合して構成されており、溶接線が交差する箇所が存在することや、米国ミネソタ州の落橋事故によりトラス格点部は橋梁全体の崩壊をもたらす起点となり得ることが明らかにされたことから、格点部の疲労強度を確認する必要があると考えられる。そこで本研究では、鋼トラス橋格点部の溶接部に着目し、有限要素解析により格点部の溶接部周辺に生じる応力場を明らかにした。さらに、その結果をもとにホットスポット応力を用いた疲労照査を行った。

2. 対象橋梁および解析手法 対象橋梁を図-1に示す。対象橋梁は国道23号線に架かる木曾川大橋とした。供用開始から40年以上が経過した2主構の単純トラス橋であり、2007年6月に腐食による斜材の破断が発見された橋梁である。

本研究では2段階の応力解析を行うことにより格点部におけるホットスポット応力(以下HSSと呼ぶ)を算出した。まずT荷重(200kN)が移動載荷することを想定したトラス解析を行い、それぞれの部材に生じる断面力を計算し影響線を求めた。なお対象橋梁が2主構であるため、荷重が等分に分配されていることを想定してT荷重の半分の値である100kNが作用するものとした。次に着目する格点部のみを取り出し、格点部の板組みを忠実に再現したFEM解析モデル(以下詳細モデルと呼ぶ)を作成した。解析コードにはAbaqusを用いた。この詳細モデルを用いて、トラス解析により得られた断面力を詳細モデルの切り取り面における境界条件として与え、詳細モデルにて求めた部材交差部近傍の応力値からHSSを算出した。

3. 有限要素解析によるホットスポット応力の算出 詳細モデルと境界条件を図-2に示す。支承上に位置する支点格点部近傍および中間格点部近傍を取り出したモデルを作成した。要素には4節点シェル要素を用い、部材が重なり合っている部分は板厚を変化させることにより表現した。ただし溶接部のモデル化は行っていない。弾性係数は200GPa、ポアソン比は0.3とした。この詳細モ

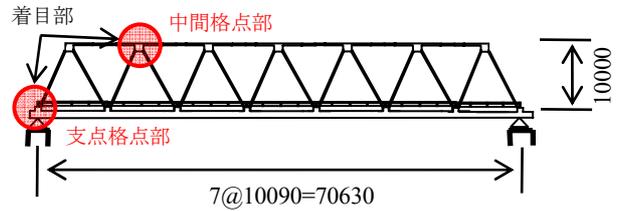
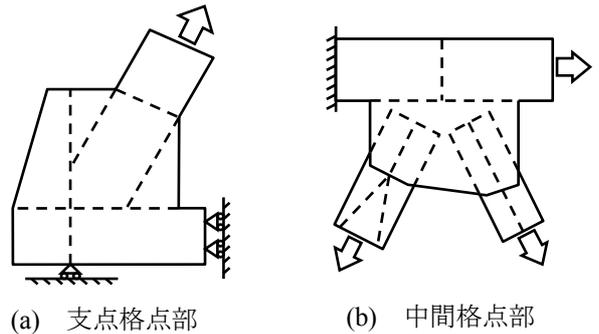
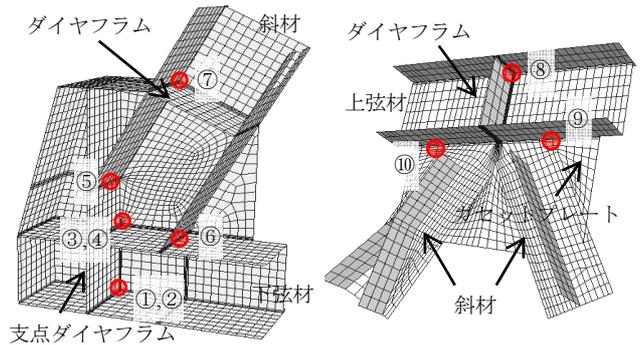


図-1 対象橋梁 (unit:mm)



- 下弦材下フランジと支点ダイヤフラムの交差部
 ①: 下弦材下フランジ側止端部 ②: ダイヤフラム側止端部
 下弦材上フランジと支点ダイヤフラムの交差部
 ③: 下弦材上フランジ側止端部 ④: ダイヤフラム側止端部
 斜材上フランジと支点ダイヤフラムの交差部
 ⑤: ダイヤフラム側止端部
 斜材下フランジと上弦材上フランジの交差部
 ⑥: 斜材下フランジ側止端部
 斜材とダイヤフラムの交差部
 ⑦: 斜材ウェブ側止端部
 上弦材上フランジとダイヤフラムの交差部
 ⑧: 上弦材上フランジ側止端部
 ガセットプレートと上弦材上フランジの交差部
 ⑨, ⑩: ガセットプレート側止端部

図-2 詳細モデルおよび境界条件

キーワード 鋼トラス橋, 格点部, ホットスポット応力, 疲労照査

連絡先 〒464-8603 愛知県名古屋市千種区不老町 名古屋大学大学院工学研究科 TEL 052-789-4620

表-1 簡易な疲労照査結果

疲労照査位置 (図-2 参照)	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
ホットスポット応力範囲 (T-60) (MPa)	64.5	67.1	14.3	20.5	25.0	10.9	26.6	15.7	8.1	8.5
詳細な疲労照査の要否 () 内は打ち切り限界	E 等級 (62MPa)	要	要	否	否	否	否	否	否	否
	F 等級 (46MPa)	要	要	否	否	否	否	否	否	否
	G 等級 (32MPa)	要	要	否	否	否	否	否	否	否
	H 等級 (23MPa)	要	要	否	否	要	否	要	否	否

表-2 詳細な疲労照査結果

疲労照査位置 (図-2 参照)	①				②				⑤	⑦
	E	F	G	H	E	F	G	H	H	H
疲労強度等級	E	F	G	H	E	F	G	H	H	H
ホットスポット応力範囲 (MPa)	21.5	21.5	21.5	21.5	22.4	22.4	22.4	22.4	8.3	3.6
2×10 ⁶ 回基本許容応力範囲 (MPa)	80	65	50	40	80	65	50	40	40	40
年数 (年数)	628	337	153	78	555	298	135	70	1347	16268

デルを用いた解析から部材交差部における HSS の分布を求め、HSS が大きくなる箇所を洗い出した。なお HSS の算出には 2 点外挿法を用いた。参照点は IIW の疲労設計指針を参考に、部材交差部から 0.4t と 1.0t (t : 板厚) 離れた位置とした。

ホットスポット応力の影響線を求めた位置を図-2 に、得られた影響線を図-3 にそれぞれ示す。高い応力が発生する位置として、支点格点部では 7 箇所、中間格点部では 3 箇所に着目した。

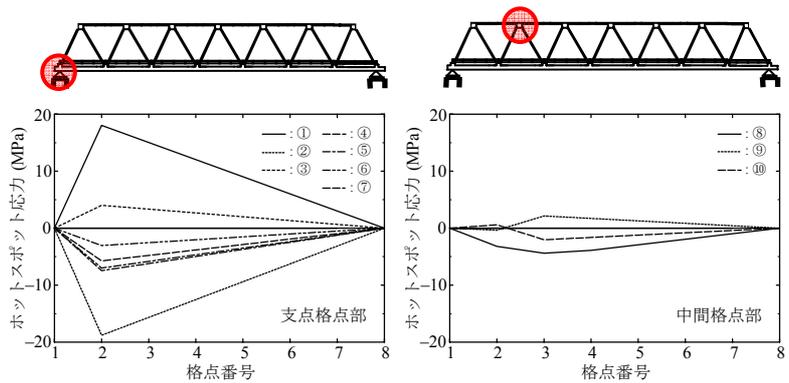


図-3 ホットスポット応力の影響線の例

着目した。支点格点部においては格点 2 に、中間格点部においては格点 3 にそれぞれ荷重が載ったときに最大値 (もしくは最小値) となることが分かる。この影響線から HSS の変動範囲を求め、対象橋梁の疲労照査を行った。

4. ホットスポット応力による疲労照査 疲労照査は鋼道路橋の疲労設計指針(2002)に従い行った。まず一定振幅応力下での応力の打ち切り限界を用いた簡易な疲労照査を行った。この照査でさらに詳しい照査が必要と判断された場合に限り変動応力下での詳細な照査を行った。簡易な疲労照査を行うにあたって、荷重は T-60 荷重 (600kN) を用い、同時乗荷係数および衝撃の影響も考慮した。

簡易な疲労照査の結果を表-1 にまとめる。下弦材下フランジと支点ダイヤフラムの交差部 (①, ②) にて 60MPa 以上の応力が発生しており、その他の位置では大きくても 27MPa 程度である。一般に HSS で評価する場合 E 等級の強度曲線を用いるが、溶接施工性の悪さ等による溶接欠陥の可能性を考慮し E 等級に加え F, G, H 等級についても疲労照査を行った。その結果今回着目した箇所の中では下フランジとダイヤフラムの交差部 (①, ②), 斜材上フランジと支点ダイヤフラムの交差部 (⑤), 斜材とダイヤフラムの交差部 (⑦) 以外の継手部は十分な疲労強度を有していると考えられる。しかし着目位置①, ②, ⑤, ⑦については詳細な照査を行う必要があるという結果になった。

国道 23 号線の日大型車交通量は約 3 万台/日を越えていると言われていたことから一車線あたりの日大型車交通量を 1.5 万台/日とし、寿命 (年数) を計算した。照査結果を表-2 にまとめる。当然のことであるが、HSS が最も大きい下弦材下フランジとダイヤフラムの交差部 (②) で、H 等級を適用した場合に寿命は最も短くなる。しかし、その場合でも 70 年という結果であり、トラス格点部に疲労損傷が生じる可能性は低いといえる。

5. まとめ 本研究では鋼トラス橋における支点格点部、中間格点部の溶接部に着目し、ホットスポット応力を用いてその疲労照査を行った。今回対象とした箇所においては疲労損傷の発生する可能性は低いと考えられる。

謝辞: 本研究は日本鉄鋼連盟の鋼構造研究・教育助成を受けて行ったものであり、関係各位に感謝します。