

3 径間連続下路トラス橋の腕材取付部変状の発生機構と補修方法について

東海旅客鉄道株式会社 正会員 ○ 大石 裕介
正会員 畑中 達彦
正会員 長縄 卓夫

1. はじめに

東海道新幹線の土木構造物は、列車の安全安定輸送を支える重要な構造物として、1964年の開業以来40年以上もの間、供用されている。土木構造物の中でも鉄けたは、列車荷重により発生する応力度が大きく、また列車荷重の繰返しによる疲労の影響を受けやすいため、適切な維持管理が求められる構造物である。

東海道新幹線では、鉄けたの塗装を概ね8年周期で実施しており、鉄けた塗装時の足場を利用して行う疲労変状に着目した「鉄けた特別検査」により変状の発見に努めている（写真-1）。「鉄けた特別検査」において、新規の変状が発見された場合には、列車走行上の安全性を判断し、必要に応じた緊急処置を検討・実施するとともに、原因究明により変状発生メカニズムを解明することで、同種構造の鉄けたに同様の変状が発生する恐れがないかを把握する。同時に変状発生メカニズムを考慮した対策案を策定し、試験施工を経て効果を確認することで、最終的な対策を決定する。

本稿では、鉄けた維持管理の一環として、トラス橋りょうの橋側歩道を支える腕材をボルトで取り付けるために主構格点ガセットにすみ肉溶接（脚長6mm）されている面外ガセット（以降、腕材溶接部とする）で発生した変状に関する発生メカニズム検討のために実施した調査とその考察について述べる。



写真-1 鉄けた特別検査状況

2. 調査概要

変状が発見された橋りょうの構造形式は、3径間連続の鋼下路トラス橋りょうである。

調査は腕材溶接部に発生する応力状態等を把握するため、トラス橋軸方向の腕材取付位置で、図-1に示す箇所で測定を行った。

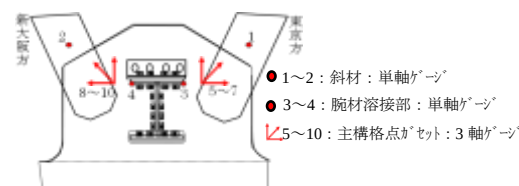


図-1 応力測定箇所

3. 応力測定結果

腕材溶接部の応力範囲が最大となる位置は3径間連続トラス橋の中間支点上L28で（図-2）、最大値は東京方で42.2Mpa、新大阪方で54.4Mpaであった。次にこの測定波形の形状に着目してみると（図-3）、

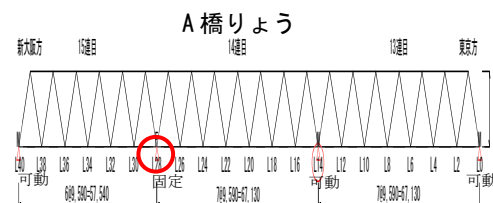


図-2 最大応力発生位置

- ① 東京方から隣接径間の14連目に列車が進入する時に東京方、新大阪方の腕材溶接部に引張りもしくは圧縮力が発生
 - ② 同部を列車が通過する時は微小な振幅を繰り返す
 - ③ 同列車通過後は①と逆位相の波形
- という特徴が見られた。

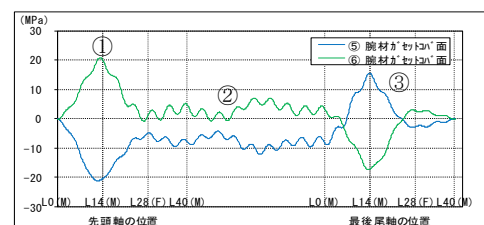


図-3 腕材溶接部応力波形

4. 変状発生機構の推測

腕材は、前述のようにトラス下弦材及び斜材が添接される格点ガセットで斜材に挟まれる状態で取り付けられているため、斜材が同部材に与える影響を検討することとした。具体的には、実測応力波形を基に平面トラスの骨組み解析から算出される静的成分（主構の軸力に起因する成分）と、静的成分より高い周波数成分の動的成分（腕材等の振動成分）

キーワード: 東海道新幹線、3径間連続トラス橋、斜材軸力

連絡先: 〒100-0005 東京都千代田区丸の内 1-9-1 丸の内中央ビル Phone: 03-5218-6274 Fax: 03-3286-5185

を分離、列車通過時の模擬波形を作成し、どちらの成分の影響が大きいと比較した。

図-4 は、中間支点上 L28 の斜材の静的成分の波形であり、青色が東京方、緑色が新大阪方、赤色が左右斜材の軸力差の波形で、列車先頭軸と桁位置との関係を示したものである。この軸力差の波形は、前述の中間支点部当該格点腕材溶接部の実測波形（図-3）と相似となり、この相似性から同部での応力発生は、当該腕材溶接部周辺の局所的な要因は小さく、3 径間連続トラス橋の構造による荷重伝達の影響と推測される。また、歩道腕材の変形モードは実測及び軸力差の波形から、東京方と新大阪方で時刻により逆位相となり、橋軸方向へ曲げられていると推測される。

動的成分による影響は、動的レベルが比較的高い L18 格点部の腕材溶接部の動的応力波形とその周波数スペクトル（図-5、6）から、動的応力の周波数成分は部位により差があるものの、列車に起因される基本載荷周波数である 2.93Hz の整数倍であり、荷重による強制載荷振動ではあるが東京方と新大阪方との間に同位相・逆位相関係は認めがたく、これによる腕材の振動モードは弱いと思われる。

以上のことから、腕材の挙動は、斜材軸力が主構格点ガセットから腕材溶接部に伝達される時間差に支配されるという 3 径間連続トラス橋の構造的な要因が影響していると推測できる。

5. 疲労損傷度の評価

現状のすみ肉溶接された腕材の面外ガセットについて、変動振幅応力以下の応力範囲の打ち切り限界を適用した、修正マイナー則による累積被害則に基づく疲労寿命を推定した。

図-7 に疲労限を超えた部位の応力頻度図を例示した。図の赤色は疲労限以上の応力レベルを示し、青色は疲労損傷に寄与しない応力レベルを示す。

着目部位は応力頻度図に示すように、疲労損傷度がほぼ最大応力範囲の 1 回で決定される。図-8 は疲労損傷度から算出される疲労寿命の予測値の一例であり、現状での累積疲労を 0 とした場合、腕材溶接部の疲労寿命は現状の強度等級 F（図-9）で 50 年以上の寿命が期待される。

これら疲労損傷度の評価結果から、継手強度を向上する必要性は低く、変状が発生した場合、現在のすみ肉溶接と同等以上の再溶接をすることで十分対処できるものと考えられる。

6. まとめ

今回のトラス腕材の挙動は、斜材軸力の伝播という 3 径間連続トラスの構造的要因によって規定されているというメカニズムが明らかとなった。

開業以降 40 年以上に亘る累積疲労や建設時の溶接状態等により、今回の変状部位に一部で疲労による損傷が発生している。疲労損傷度の評価結果からは再溶接による対処が可能であるが、これも 8 年周期の鉄けた特別検査の継続が前提となる。また、同溶接部は斜材軸力の差という構造的要因に規定される外力を受けることから、他の同種下路トラス橋についても同様の取扱いが可能と考えられる。

以上のことから、経済的且つ施工性の良い補修として変状部の溶接除去と再溶接による補修を基本として、設計細部を検討し、補修を実施していく方針である。

〈参考文献〉 鈴木佑、杉崎英司、畑中達彦：東海道新幹線下路トラス橋腕材取付部亀裂の発生機構に関する現地測定、第 64 回土木学会全国大会年次学術講演会、2009.9

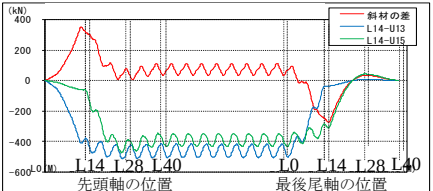


図-4 斜材の静的成分波形



図-5 腕材溶接部の動的成分波形

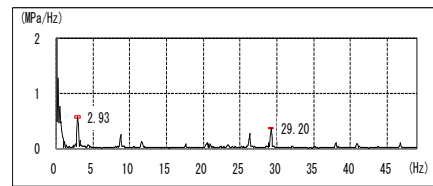


図-6 動的応力の周波数スペクトル

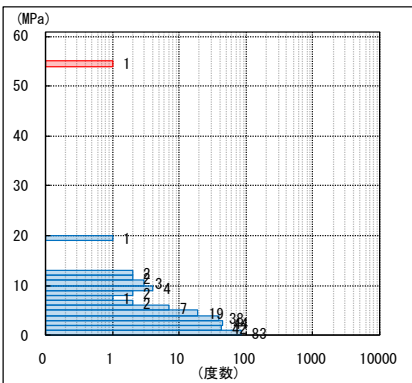


図-7 応力頻度図

		耐久年数	
		疲労強度 (Mpa)	
L18	東京方	422	
	新大阪方	64	
L28	東京方	98	
	新大阪方	54	

図-8 疲労寿命予測値

継手種類		強度等級	疲労限 (MPa)
非溶接継手	検査対象方向の応力を伝えない高力ボルト締め孔を有する母材	B	155
	すみ肉溶接 径100mm	G	32
面外ガセット	開先溶接 径100mm	止端仕上げ	F
		非仕上げ	G
	荷重非伝達型	すみ肉溶接	D
		止端仕上げ	E
	完全溶込み溶接	止端仕上げ	D
		非仕上げ	E
	荷重伝達型	すみ肉溶接	E
		止端破壊	F
十字溶接継手	部分溶込み	非仕上げ	E
	ルート破壊	H	23

図-9 継手種類と疲労限度