

東海道新幹線下路トラス橋縦桁端部首溶接部変状の発生原因の推定

東海旅客鉄道株式会社 正会員 中越 正幸
 正会員 高木 俊介
 江口 博康

1. はじめに

東海道新幹線の土木構造物は、1964年の開業以来、45年間以上にわたり供用され、安全安定輸送を支えている。特に鉄桁は、土木構造物の中でも列車荷重により発生する応力度が大きく、また疲労の影響を受けやすいことから、適切な維持管理が求められる。そのため、鉄けたの維持管理を専任で行う現業機関である「新幹線構造物検査センター」を、東京、静岡、名古屋、大阪の4地区に設け、専門技術者を配置している。また、鉄けた塗り替え時の足場を利用し、ケレン前に桁に接近してくまなく検査する鉄けた特別検査を行い、適切な維持管理に努めている。検査の結果、措置が必要と判定された変状があれば、当社技術開発部、部外有識者、橋梁工事会社、コンサルタント会社などの専門技術者を交え、原因究明や補修対策の方法等を策定する体制を確立している。



写真-1 下路トラス橋りょう

2. 変状の概要及び発生傾向

今回報告対象とした変状は、下路トラス橋りょう(写真-1)の床組を構成する縦桁と横桁が連結されている箇所の縦桁端部で上フランジが腹板に溶接されている部位(以下、首溶接部という)から発生したものである(写真-2,3)。この変状は全て腹板側の溶接趾端部から発生しており、外力により発生したと考えられる。



写真-2 縦横桁連結部



写真-3 縦桁端部首溶接部亀裂

この変状については、H5年から発生原因の推定はされていたが、同橋に特化した変状で、他の橋りょうでの発生事例は稀であり、変状発生の際に溶接部を補修し、上フランジの剛性を高める補強を実施してきた。しかし、近年の検査で同様の変状が発見されたことから、再度変状発生原因を推定するため調査を行った。

この変状は発生傾向に特徴があり、他の下路トラス橋と比べ変状の発生数に偏りがあり、特にA橋りょうに集中している(表-1)。A橋りょうは60m×3径間の連続トラスが5つ設置された全15連の溶接下路トラス橋である。同橋においては13~15連目の連続トラスに、橋りょう全体の7割以上の変状が集中して発生している(表-2)。当該橋りょうの特徴としては、まくらぎ受台が設置されておらず、過去には上フランジへの列車通過時の衝撃低減のために、まくらぎ自体を一部切欠いたり、枕木と上フランジの間に鉄板(5mm)を挿入するといった対策を一部で実施してきた。(図-1,2)

表-1 橋りょう別変状発生数

橋りょう名	A	B	C	D	E
変状発生数	22	1	0	0	0

表-2 A橋りょう連別変状発生数

連数	1~3	4~6	7~9	10~12	13~15
変状数	2	0	1	3	16

3. 調査項目

(1) 応力測定

縦桁端部首溶接部の局部応力(図-3)を単軸歪ゲージで測定した。同応力は腹板表裏に歪ゲージを設置し、面外・面内応力を算出した。測定位置は、変状が集中している14連目と変状の少ない2連目とし、併せて前述のまくらぎ対策の効果を確認するため、対策の実施箇所と未実施箇所も比較することとした。

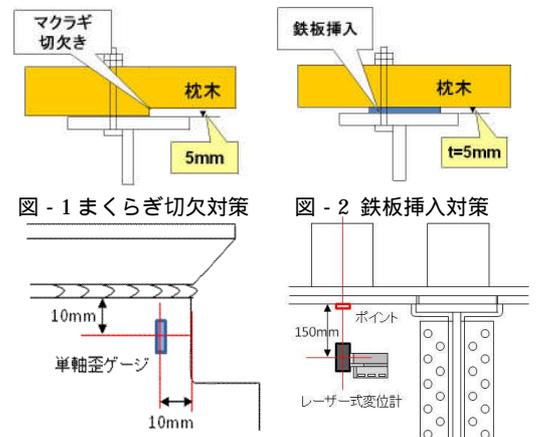


図-3 局部応力測定概略図

図-4 変位測定概略図

キーワード: 縦桁端部首溶接部、趾端亀裂、応力測定、枕木対策、面外曲げ応力

連絡先: 〒453-0013 名古屋市中村区亀島 2-3-2JR 東海亀島ビル 2F 052-453-2782 Fax052-453-2783

(2) 変位測定

この変状の原因は、列車が通過する際に縦桁上フランジに生じる面外曲げによる、首溶接部への応力集中と以前から考えられていた。よって今回は、発生応力の高い箇所と低い箇所縦桁上フランジの線路直角方向の変位測定(図-4)を行い、変位と発生応力の関係を確認することとした。

4. 測定結果及び考察

14連目と2連目の応力測定を比較した結果、応力振幅値は、全体的に14連目が大きくなっており、当該継手の疲労強度等級であるF等級(荷重伝達型十字溶接)の疲労限46MPaを超える、65MPaを示す値が1箇所確認された(表-3)。14連目には変状が集中しており、今回の応力測定結果の傾向と合致している。

表-3 発生応力順位表(2連目、14連目)

連番	測定箇所		外側				内側			
	縦桁	横桁	引張 MPa	圧縮 MPa	範囲 MPa	順位	引張 MPa	圧縮 MPa	範囲 MPa	順位
14連目	S2	F24	11.8	-19.1	30.9	1	3.4	-31.3	34.7	2
14連目	S1	F22	16.6	-14.3	30.9	2	5.0	-60.6	65.6	1
14連目	S2	F18	15.0	-7.4	22.4	3	1.2	-24.4	25.7	3
14連目	S4	F18	12.8	-9.1	21.9	4	2.5	-11.8	14.2	16
14連目	S4	F22	7.5	-10.7	18.3	5	1.7	-18.2	19.9	9
14連目	S2	F20	2.3	-15.8	18.1	6	1.1	-12.8	13.8	17
14連目	S1	F18	11.5	-4.9	16.5	7	1.3	-9.4	10.7	19
2連目	S4	F22	5.2	-11.3	16.4	8	1.4	-14.4	15.7	13
2連目	S3	F18	6.0	-9.3	15.3	9	1.4	-8.7	10.2	23
14連目	S4	F20	11.5	-3.7	15.2	10	3.8	-17.6	21.4	6

また、面外曲げ応力を算出した結果から、応力振幅が大ききな値を示した表-3中のS1-F22では、曲げ応力波形から台車通過に対応した曲げモードが卓越しており、測定箇所は曲げ変形を繰り返していることが分かった(図-5)。

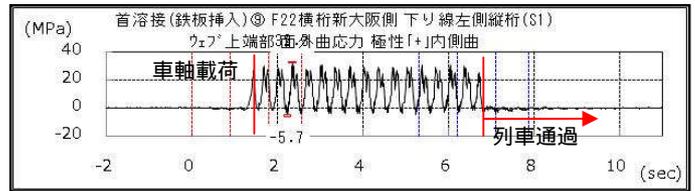


図-5 面外曲げ応力波形(14連目S1-F22)

また測定結果からは、応力振幅値の大きな箇所は対策未実施箇所が上位を占めており、対策実施箇所は発生応力が全体的に小さい傾向にあることを確認した(表-4)。まくらぎ対策は、縦桁・横桁への衝撃の低減効果があったと推測できる。しかし、応力振幅値が上位の数ヶ所以外は、対策・未対策共に小さな値を示していることから、発生する応力が大きくなった場合に効果が表れるものと考えられる。

表-4 発生応力順位表(枕木対策実施・未実施)

連番	測定箇所		マクラギ対策	外側				内側			
	縦桁	横桁		引張 MPa	圧縮 MPa	範囲 MPa	順位	引張 MPa	圧縮 MPa	範囲 MPa	順位
1連目	S3	F4	未対策	41.1	-14.3	55.4	1	9.8	-46.3	56.1	1
1連目	S4	F4	未対策	13.3	-9.4	22.7	2	10.3	-24.0	34.2	2
1連目	S4	F8	未対策	14.3	-7.2	21.5	3	2.7	-21.4	24.2	4
15連目	S3	F36	未対策	13.2	-7.2	20.4	4	2.3	-5.1	7.5	44
15連目	S3	F38	未対策	11.9	-7.3	19.2	5	5.3	-4.4	9.7	35
1連目	S2	F4	マクラギ切欠	2.4	-16.5	18.9	6	11.2	-7.9	19.0	11
1連目	S4	F10	未対策	8.4	-10.1	18.5	7	1.0	-15.1	16.1	14
15連目	S4	F34	未対策	9.4	-8.9	18.3	8	1.2	-12.3	13.5	20
15連目	S2	F36	鉄板挿入	11.6	-6.5	18.1	9	0.9	-8.4	9.3	37
15連目	S2	F32	鉄板挿入	8.3	-9.5	17.8	10	4.5	-3.6	8.1	43

上フランジの変位と発生応力については、発生応力の大小と変位量に相関性は見受けられず、変位量が多い箇所であっても発生応力は小さい箇所もあった。また、応力波形と変位波形を比較しても、縦桁外側の応力が腹板を支点に、圧縮・引張の交互となっているのに対し、変位量は片振りとなっており、波形の発生状況からも応力と変位の発生原因は異なっていると考えられる(図-6,7)。今回の結果から、首溶接部の発生応力の原因は上フランジの首振りだけではなく、異なる原因が加わり応力が高くなっていると推測される。つまり、前述のように、変位が小さくても、応力測定位置では面外曲げ応力の発生が見られるため、上フランジ以外の挙動が影響していると考えられる。この原因として、縦桁腹板上部の局所的な面外座屈や、横桁を貫通し縦桁を接続するモーメントプレートと横桁、縦桁との接続状態により発生する、首溶接部への局所的な衝撃・振動の影響等が考えられる。

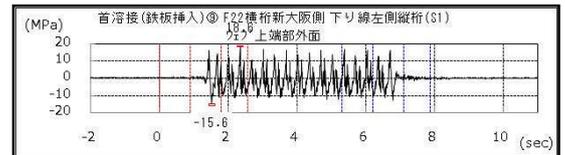


図-6 発生応力波形(14連目S1-F22)

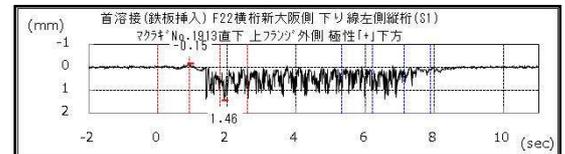


図-7 上フランジ変位波形(14連目S1-F22)

5. まとめ

今回の測定で得られた知見から、変状発生原因の究明に一步近づくことができた。今後も引き続き、面外曲げ応力の発生メカニズムを探るために、縦桁の変形挙動やモーメントプレートの拘束状態を把握し、有効な対策を策定・実施し、適切な鉄けたの維持管理に努めたい。

参考文献

- 1) 財団法人鉄道総合技術研究所: 鉄道構造物等設計標準・同解説 - 鋼・合成構造物