鋼鉄道トラス橋 マクラギが縦桁上フランジに及ぼす影響について

㈱BMC　正会員　○丹羽 雄一郎　㈱BMC　正会員　相田 亨
西日本旅客鉄道㈱　正会員　近藤 拓也　西日本旅客鉄道㈱　正会員　中山 太士
㈱レールテック　正会員　松本 健太郎　関西大学　正会員　坂野 昌弘

1．はじめに

鋼鉄道トラス橋（リベット構造）の縦桁上フランジ山形鋼コーナー部に沿って発生するき裂がある（**写真-1**）．この主な原因に，軌道位置が縦桁腹板と偏心しているために生じるマクラギのたわみや縦桁の横倒れの影響による上フランジ山形鋼の曲げがあり，これにはマクラギと上フランジの接触状態が大きく影響すると考えられている[1,2,3]．今回，**表-1** に諸元を示す実橋にて木マクラギを合成マクラギに更換したため，マクラギによる上フランジ山形鋼の曲げへの影響について検討した．

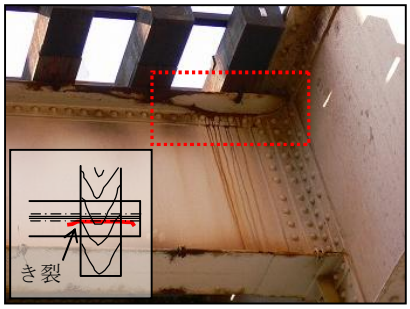

写真-1 縦桁上ﾌﾗﾝｼﾞ山形鋼のき裂

2．調査概要

(1) 縦桁上フランジ山形鋼の応力測定

上フランジ山形鋼の曲げの程度を把握するため，**図-1** に示す上フランジ下面にひずみゲージを貼付し，山形鋼コーナー部橋軸直角方向の局部応力をマクラギ更換前後で測定した．測定範囲はき裂の発生していない 1 格間 1 縦桁のマクラギ載荷箇所，内側・外側の山形鋼計 26 箇所とした．

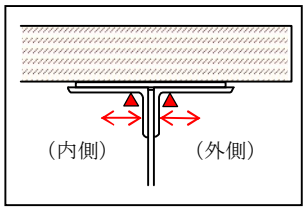

図-1　応力測定箇所

表-1　調査橋梁諸元

構造形式	リベット構造 複線下路プラットトラス
製　　作	明治 33 年（明治 34 年開通） 米国 ペンコイド社
支 間 長	31.623m （縦桁支間 6.325m×5 格間）
設計荷重	2060001b 機関車×2 ＋30001b/ft（KS-14.6 相当）
縦桁 U-Flg 諸元	不等辺山形鋼　150×90×12 （カバープレート溶接補強）

(2) マクラギと縦桁上フランジの接触状態

マクラギと上フランジの接触状態と応力の関係を調べるため，マクラギ下面の隙間・磨耗などについて調査した．

3．調査結果

表-2 応力測定結果と木マクラギ・上フランジの接触状態
（各セル上段：最大応力，下段：最小応力，単位：MPa，正：引張，負：圧縮）

		①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬
内側	更換前	1.2 **-42.0**	2.6 **-35.2**	4.2 -22.0	3.0 -4.3	1.5 -8.6	5.9 **-64.3**	9.6 -4.6	5.5 -5.0	5.8 -2.1	3.0 -4.8	1.9 -5.9	1.6 -3.5	3.5 -17.9
	更換後	5.3 **-52.4**	5.5 -6.2	3.0 -10.3	4.0 -14.0	4.7 -2.8	2.9 -5.7	12.4 -4.2	6.0 -3.4	3.2 -6.1	4.0 -2.8	1.7 -5.3	4.7 -2.7	4.6 -2.1
		マｸﾗｷﾞ接触箇所 隙間発生箇所					RJ							
外側	更換前	1.4 **-44.5**	4.8 **-35.8**	2.9 -19.4	8.2 **-38.9**	9.6 -22.4	2.9 **-36.0**	5.4 -12.4	9.9 -18.2	10.5 -16.8	13.7 -18.6	7.2 -25.8	4.0 -17.6	15.6 **-40.6**
	更換後	7.7 **-54.3**	6.2 **-36.7**	5.4 -27.3	4.3 **-56.1**	3.8 -28.2	5.0 -20.6	5.0 -23.8	5.5 -19.6	3.7 **-43.0**	6.8 -4.5	3.2 -12.2	4.8 -15.8	1.5 **-42.8**

表-2 に応力測定結果と，更換前のマクラギと上フランジの接触状態を示す．全体的な傾向として，桁端部の方が応力大となっており，また，大きさに差はあるが，内・外側ともに山形鋼が下方へ押し曲げられている箇所がほとんどである．桁端部で応力大となっていることは，既往の研究[1]や，これまでに確認されているき裂発生実績とも一致している．次に，更換前後の特徴について述べる．

(1) マクラギ更換前（木マクラギ）

⑦～⑬のように外側に偏って接触している箇所では，（例外はあるが）外側山形鋼の応力が大きくなる傾向にあった．また，全体的に接触している箇所では内・外山形鋼ともに同程度の比較的大きな応力が発生している箇所があるが，それらの

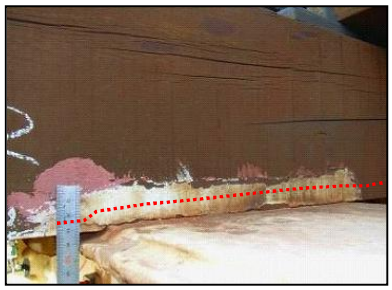

写真-2　木マクラギ下面の磨耗

キーワード　鋼鉄道橋，トラス橋，縦桁，上フランジ，疲労き裂，マクラギ
連絡先　〒261-7125 千葉県千葉市美浜区中瀬 2-6WBG ﾏﾘﾌﾞｳｪｽﾄ 25 階 ㈱BMC　TEL043-297-0207，FAX043-297-0208

箇所は**写真-2** に示すように，マクラギ下面（上フランジ接触面）が磨耗しフランジが食い込んでいる箇所もみられた．また，**図-2** は同一マクラギ箇所の内･外側山形鋼の応力波形であるが，同じタイミングで応答がみられることから，内･外側山形鋼の曲げは車軸載荷時に同時に発生していることがわかる．

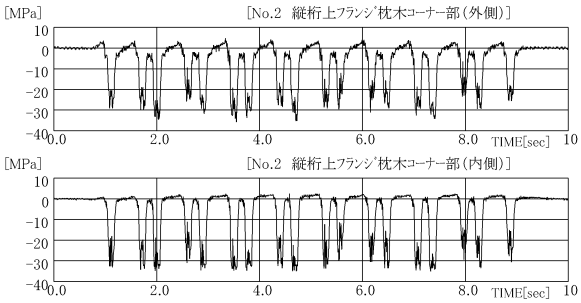

図-2 内･外側山形鋼の応力波形（同一ﾏｸﾗｷﾞ箇所）

(2) マクラギ更換後（合成マクラギ）

合成マクラギ化後の接触状態は**表-2** 中には示していないが，**写真-3** に示すように，全体的に外側に偏って接触しており，全ての箇所で外側の応力の方が内側より大きくなった．

4．考察

(1) 上フランジ山形鋼の曲げ発生メカニズム

これまで述べたように，マクラギと上フランジの接触状態が上フランジ山形鋼の曲げに影響すると考えられるが，今回の調査結果より，木マクラギと合成マクラギではその性状に違いがあるといえる．

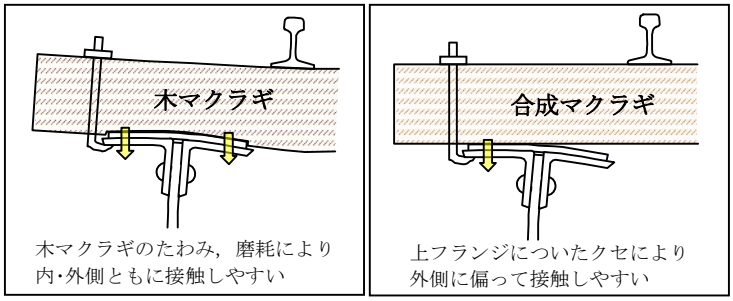

図-3　木マクラギ・合成マクラギによる山形鋼の曲げメカニズム

木マクラギでは，内･外側ともに大きな応力が発生している箇所があることや，フランジの食い込み状況（**写真-2**）から，**図-3 左図**に示すように木マクラギのたわみとフランジ接触面の腐朽･磨耗による影響で，内･外側ともに強く曲げられる場合があると考えられる．

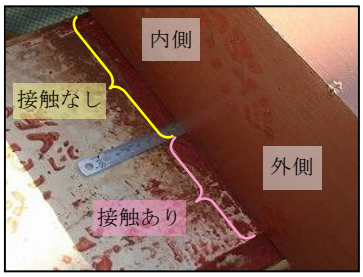

写真-3 合成ﾏｸﾗｷﾞの接触状態

合成マクラギでは，**写真-3** に示すようにほとんどの箇所で外側に偏ってマクラギが接触していることや，合成マクラギは曲げ強さが高いためたわみが小さいことから，**図-3 右図**に示すように外側山形鋼が強く曲げられる傾向にあると考えられる．外側に偏った接触の原因としては，これまでの山形鋼曲げや縦桁横倒れの繰返しにより，上フランジにクセ（微小な変形）がついていることが考えられる．

(2) 山形鋼の曲げの疲労き裂への影響

山形鋼の疲労強度等級を腐食部材のためC等級，応力範囲の打切り限界を無しとして，実働応力から疲労寿命を概算し，最大応力範囲との関係を**図-4** に示す．応力範囲が 50MPa 程度を超えると疲労寿命が短くなっており，山形鋼の曲げが疲労き裂発生に影響することがわかる．合成マクラギ化後も依然として大きな応力が発生しているため，今後もき裂発生の可能性があると考えられる．

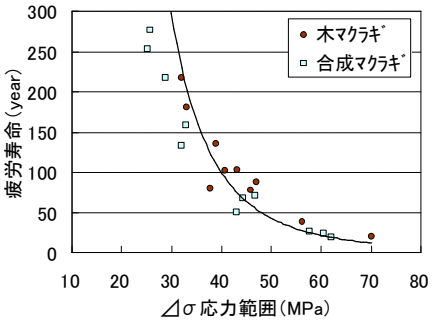

図-4 応力範囲と疲労寿命の関係

5．まとめ

縦桁上フランジ山形鋼のき裂発生原因について，実橋応力測定を実施し検討した結果，次の見解が得られた．

(1) 縦桁上フランジ山形鋼は，内側・外側ともにマクラギにより下方へ押し曲げられる傾向がある．

(2) マクラギ種によらず，上フランジとの接触状態が偏ると，上フランジ山形鋼は強く押し曲げられる．

(3) 木マクラギは腐朽・磨耗が進行すると，上フランジ山形鋼を強く押し曲げる場合がある．

(4) 合成マクラギをクセのついた上フランジに載せる場合，合成マクラギは曲げ強さや硬さが大きいため接触が偏りやすく，上フランジ山形鋼を強く押し曲げる場合がある．

合成マクラギの鋼橋への敷設は比較的最近の事例で，磨耗等の経年劣化については明らかではない．本橋梁においても敷設後間もないため，今後の経過について観察しその影響について検討していく予定である．

参考文献

1)徳永他：経年 100 年を越えた鉄道下路トラス桁の疲労亀裂に関する一考察，土木学会第 58 回年次学術講演会，Ⅰ-420，2003.9
2)松本,坂野他：鋼鉄道下路トラス橋縦桁端部上フランジのき裂発生に対する原因究明，平成 20 年度土木学会関西支部年次学術講演会，第Ⅰ部門，2008.5　　3)(財)鉄道総合技術研究所：鋼構造物補修･補強･改造の手引き，1992.7