

第I部門

2024年9月5日(木) 14:40 ~ 16:00 A105(川内北キャンパス講義棟A棟)

診断・補修・補強(2)

座長：宇野 州彦（五洋建設）

15:30 ~ 15:40

[I-170] 落橋により主桁が変形した鋼桁の再利用の検討

*窪田 利幸¹、平林 雅也¹、吉川 正治¹ (1. 東日本旅客鉄道株式会社)

キーワード：鋼桁、落橋、主桁の変形、再利用、解析、実橋測定

河川増水などにより鉄道橋の鋼桁が落橋した場合、鋼桁を再利用することで列車運行の早期再開に繋げることができる。実際に落橋して主桁が変形した鋼桁において、解析や試運転列車での実橋測定などにより安全性を確認することで再利用した事例を示した。

落橋により主桁が変形した鋼桁の再利用の検討

東日本旅客鉄道株式会社 正会員 ○窪田 利幸
 東日本旅客鉄道株式会社 正会員 平林 雅也
 東日本旅客鉄道株式会社 正会員 吉川 正治

1. はじめに

河川増水などにより鉄道橋の鋼桁が落橋した場合、鋼桁を再利用することで列車運行の早期再開に繋げることができる。本稿では、落橋により主桁が変形した鋼桁を再利用した事例について述べる¹⁾。

2. 損傷状況

当該橋は、支間 22.3m の上路プレートガーダーが 11 連架設されており、図-1 に示すように、河川増水による洗掘により 4 号橋脚が倒壊し、5 連目の鋼桁が落橋した。落橋した当該桁は、図-2 に示すように、河床に落下した起点側の左右主桁が橋軸直角水平方向に面外変形し、横構や対傾構などの二次部材も大きく変形した。

3. 再利用判断と補修方法

当該桁の面外変形は、図-3 に示すように、左主桁の上フランジ側が最も大きく、桁端から 4150mm の位置を折れ点として右側へ 113mm 変形していた。変形量が支間長の 1/200 以下であれば鋼桁自体の耐荷性への影響は少ないことから²⁾、この面外変形は補修せずに再利用することとした。ただし、面外変形している箇所は靱性低下を改善させるための熱処理は行うこととし、列車荷重による主桁のねじれや偏心に対する影響については、解析や試運転列車による実橋測定で確認することとした。

4. 解析による安全性の確認

解析では、汎用三次元骨組解析プログラムを用いて、主桁の支間中央部や面外変形の起点となる折れ点での上下フランジの合成応力度や鉛直変位、支点部での支点反力に着目し、当該桁の安全性を確認した。

4. 1 解析モデル

解析モデルは、図-4 に示すように、主桁、横構、対傾構、および橋側歩道を要素とし、境界条件は主桁の支点部に設けた。主桁は中立軸付近に要素を設け、節点は横構と対傾構の取付け位置に設けた。横構や対傾構は幾何学的な形状を再現するために、主桁の節点から主桁上下フランジの位置まで剛部材を鉛直方向に剛結し、軸力のみを伝えるトラス要素とした。また、橋側歩道が右主桁に取り付けられていることから、剛部材を主桁から橋側歩道の水平方向の重心まで剛結した。なお、剛部材を除く各要素は線形部材として、弾性係数を 200,000N/mm²、ポアソン比を 0.3 とした。

面外変形は、左右主桁およびその上下フランジでそれぞれ変形形状が異なっていたが、解析モデルでは、折れ点の桁端からの距離と桁端での変形量は全て同じ値（実橋での最大値）に設定した。

列車荷重には、製作時の設計荷重である KS-16 を適用し、車軸位置は、そ



図-1 被災状況（全景）

表-1 桁の構造諸元

構造形式	単線式上路プレートガーダー
支間	22.3m
斜角	直
使用鋼材	SS41
設計荷重	KS-16
製作年	1965年
下部工	石積橋脚 直接基礎

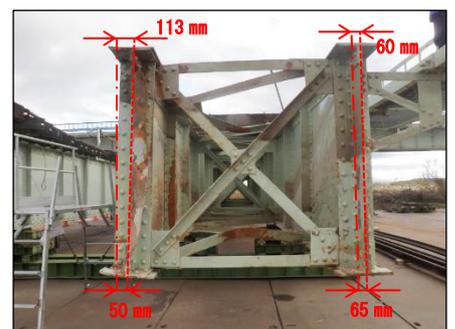


図-2 損傷状況

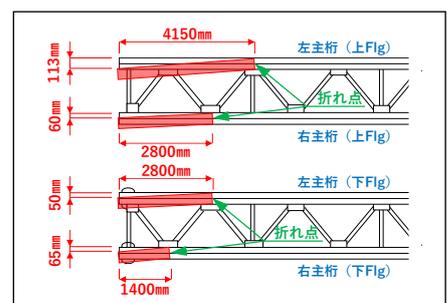


図-3 面外変形量

キーワード：鋼桁、落橋、主桁の面外変形、再利用、解析、実橋測定

連絡先：〒141-0031 東京都品川区西五反田 3-5-8 東日本旅客鉄道株式会社 構造技術センター TEL 03-6878-0017

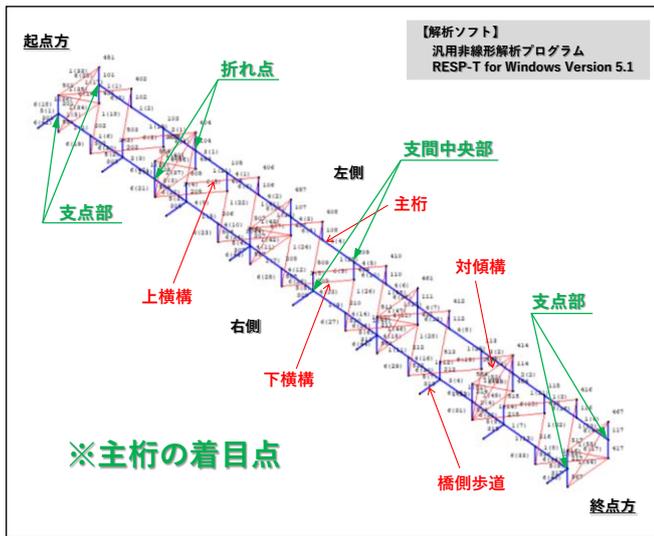


図-4 解析モデル

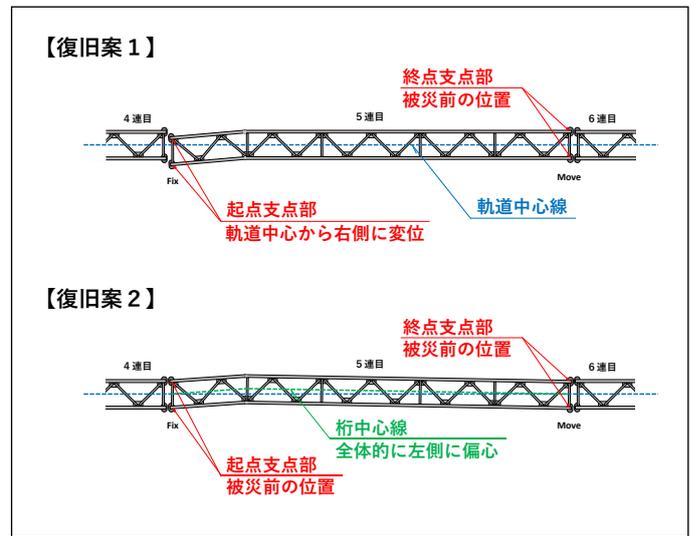


図-5 桁の据付条件

それぞれの着目点に応じて曲げモーメントあるいは支点反力が最大となる位置を設定した。また、載荷する荷重は、当該桁の据付条件として、図-5 に示すような復旧案1と復旧案2を設定し、車軸位置での偏軌量に合わせた値を設定した。

4. 2 解析結果

被災前および復旧案1、復旧案2の解析値を表-2 に示す。復旧案1、復旧案2ともに、主桁の支間中央部や折れ点での主桁上フランジの合成応力度や鉛直変位、支点部での支点反力は、許容値あるいは制限値以下であった。これにより、当該桁の安全性は確保できると判断した。なお、復旧案1と復旧案2の解析値をそれぞれ被災前の値と比較すると、復旧案1の方がその増加率が高いものが多いことから、復旧案2の方が面外変形の影響が小さいことが分かる。

5. 試運転列車での実橋測定による安全性の確認

当該桁を架設後、試運転列車による実橋測定で安全性を確認した。測定項目と測定結果を表-3 に示す。桁たわみ量、支点沈下量、および応力度は、設計限界値や保守限応力度から算出した限界値以下であることが確認でき、左右主桁の桁たわみ差も生じなかった。そのため、当該桁は供用再開可能と判断した。

6. まとめ

落橋により主桁が変形した当該桁の再利用にあたって、解析と試運転列車による実橋測定でその安全性を確認することができた。架設から約1年経過しているが、面外変形の影響と考えられる変状等は発生していない。

参考文献

- 1) 窪田利幸, 平林雅也, 吉川正治: 落橋により主桁が変形した鋼鉄道橋の再利用, インフラメンテナンス実践研究論文集, 3巻1号, 213-222, 2024
- 2) 中山太士, 木村元哉, 池田学, 北健志, 長嶋文雄, 松井繁之: 衝突により局部変形した鋼鉄道橋の運転再開評価法の策定, 土木学会論文集 A vol.66 No.3, 467-476, 2010.8

表-2 被災前と復旧案の解析値

条件	主桁	合成応力度 (上Flg) (N/mm ²)		鉛直変位 (mm)		支点反力 (kN)	
		支間中央部	折れ点	支間中央部	折れ点	起点	終点
許容値・制限値		119.9	117.8	44.6	27.0	685.5	685.5
被災前	左	109.6	99.7	31.9	18.9	544.1	547.9
	右	110.4	100.6	32.1	19.0	566.9	570.7
復旧案1	左	110.8	102.9	32.4	19.4	619.0	566.5
	右	110.0	97.8	31.9	18.8	494.5	555.0
復旧案2	左	108.4	100.1	31.8	18.9	555.2	530.5
	右	112.4	100.6	32.4	19.1	546.3	591.1

表-3 試運転列車による実橋測定結果

	限界値	換算値	測定値
桁たわみ量 (主桁支間中央部) mm			
左主桁	44.6	12.5	3.5
右主桁	44.6	12.5	3.5
支点沈下量 (主桁支点部)			
起点左	3.00	0.80	0.03
起点右	3.00	0.80	0.00
終点左	3.00	0.80	0.01
終点右	3.00	0.80	0.02
応力度 (主桁支間中央部) N/mm ²			
左主桁上フランジ	122.9	34.6	13.4
右主桁上フランジ	122.9	34.6	14.1
左主桁下フランジ	166.9	47.0	14.5
右主桁下フランジ	166.9	47.0	15.0
応力度 (主桁折れ点) N/mm ²			
左主桁上フランジ	126.2	35.6	10.9
右主桁上フランジ	126.9	35.8	11.1
左主桁下フランジ	171.4	48.3	12.0
右主桁下フランジ	174.8	49.3	12.5
※測定列車: キハ110系 (2両) 35km/h			
※限界値: 設計限界値または保守限応力度から死荷重応力度を差し引いた値			
※換算値: 限界値を試運転列車の荷重と実速度に換算した値			