

面外変形・逆キャンバーが生じた鋼単純非合成鈑桁橋の健全度評価

パシフィックコンサルタンツ株式会社 正会員 ○荒木 誠司
 パシフィックコンサルタンツ株式会社 正会員 鈴木 剛
 パシフィックコンサルタンツ株式会社 佐藤 喬

1. はじめに

昭和30年代後半の高度経済成長期に建設された橋梁は、合成鈑の積極的な採用などによる合理化や経済性が追求された橋梁形式が多く、本稿の対象橋梁もその内の1橋である。このような橋梁形式においては、床版ひびわれ発生による剛性低下からの耐荷力不足や近年の重交通による振動・たわみ量の増大などから、床版の損傷が進行し全面床版打替えが実施されている橋梁も多く見受けられる。本橋においても昭和56年に全面床版打替えが実施され、この工事の影響などにより主桁の面外変形、逆キャンバーが増加したと想定される。このため、今後の供用性を判定するために載荷試験を実施し、その結果を用いて主桁の健全度を評価した例を報告する。

2. 橋梁諸元

対象橋梁は、下記に示すような構造諸元を有する橋長30.0m、全幅員8.60mの橋梁である。(図1参照)。

- 上部工形式：鋼単純活荷重合成鈑桁
- 下部・基礎工形式：逆T式橋台、直接基礎

3. 主桁の変形状況

(1) 面外変形

主桁の面外変形は、方向性も無く不規則に発生しており、主桁の面外変形による対傾構、下横構ガセットプレートの亀裂は発生していない。外桁の最大面外変形量を表1に示す。

(2) 逆キャンバー

主桁の変形は鉛直方向にも逆キャンバーが発生しており、G1桁及びG4桁ともに支間中央部で59mm発生し、竣工当時から70mm程度下がっていることになる。

4. 主桁の耐荷力

B活荷重を載荷させた場合の格子解析による計算応力度を表2に示す。尚、表2は逆キャンバーによる負荷応力は考慮していない計算値である。

5. 載荷試験

(1) 載荷試験要領

載荷試験は、予め20t程度の重量に調整したダンプトラック2台を用いた静的載荷試験、動的載荷試験及び一般交通下における応力頻度計測を実施した。また、計測は、主桁支間中央部のひずみ(単軸ゲージ)、変位及び主桁ウェブ面外変形部のひずみ(2軸ゲージ)を実施し、載荷方法は表3に示す方法とした。

(2) 載荷試験結果

1) 静的載荷試験

- ① 実測値と格子計算値を比較すると、載荷直下のひずみ、変位は計算値の75～80%程度である(表4参照)。
- ② 荷重分配のない対傾構構造であるが、載荷反対側にもひずみ、変位が発生しており、荷重分配が認められた。

キーワード：鋼単純非合成鈑桁、逆キャンバー、面外変形、床版打替え、健全度評価

連絡先：〒060-0807 札幌市北区北7条西1-2-6 パシフィックコンサルタンツ(株) 北海道支社 TEL011-700-5224 FAX011-700-5221

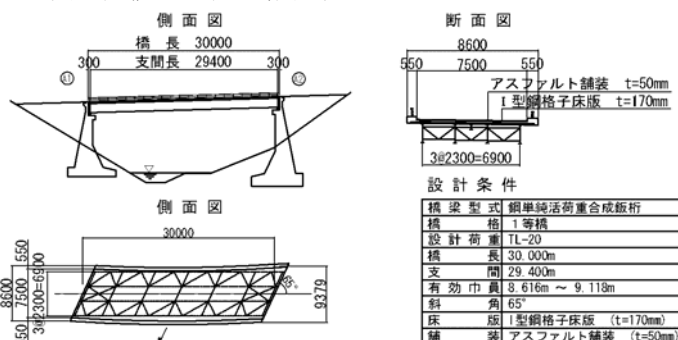


図1 橋梁諸元

表1 外桁の面外変形量

	変形量
G1桁	35mm
G4桁	32mm



表2 B活荷重載荷時の計算応力度表(支間中央)(D+L+CR+DS+T時)

	上フランジ		下フランジ	
G1桁	-2311 ≤ -2470	94%	1599 ≤ 2185	73%
G2桁	-2287 ≤ -2470	93%	2186 ≤ 2185	100%
G3桁	-2103 ≤ -2470	85%	1570 ≤ 2185	72%
G4桁	-2381 ≤ -2470	96%	1321 ≤ 2185	60%

※ G1,3,4桁は、床版打替え時の補強後の断面である。

表3 載荷試験の載荷方法

	載荷方法
静的載荷	支間 1/4 点, 1/2 点, 3/4 点の3箇所に橋軸方向に2台縦列載荷
動的載荷	静的載荷で使用した試験車1台を時速30km/h程度で単独走行
応力頻度	一般車輛走行下における平日72時間(3日間)

- ③ 格子計算においては、斜角の影響によりアップリフトが生じる結果となっているが、載荷試験においては正曲げが生じており、計算仮定よりも分配効果が大きいものと考えられる。表 4 静的載荷試験結果
- ④ 上下フランジのひずみ分布より、中立軸は計算上より上方となっており、合成桁として計算通りに機能している。
- ⑤ ウェブ変形部の凹面側では引張ひずみ、凸面側では圧縮ひずみが発生し、活荷重の載荷により変形が戻ろうという方向に力が作用している。また、荷重除去後は、ほぼ載荷前のひずみ（0点）に戻っているため、通行車輛により変形が増加するおそれは少ないと判断される。

2) 動的載荷試験

- ① 支間中央部のひずみ、鉛直変位は静的載荷試験値の 1/2 ～1/3 程度であり、また、動的波形からも異常波形は確認されない（図 2 参照）。
- ② ウェブ変形部のひずみは静的載荷試験と同様の傾向である。

3) 応力頻度計測

- ① 支間中央部の下フランジには静的載荷試験の約 1.2～1.4 倍の 34～40Mpa の最大応力が生じており、実交通車輛にはかなりの過積載車輛の通行があるものと推測される。
- ② 推定疲労寿命は、全て 200 年以上の長い寿命となっており、疲労亀裂の危険性は無いものと考えられる。
- ③ ウェブ変形部においては、凹面側が引張、凸面側が圧縮と静的・動的載荷試験と同様の傾向である。

位置	部材名		単位	下り線載荷			上り線載荷		
				1/2点載荷			1/2点載荷		
				実測値	格子計算値		実測値	格子計算値	
				分配考慮	分配なし		分配考慮	分配なし	
主桁支間中央ひずみ	G1-	UF	μ	-21	-58 (37%)	-47 (46%)	-3	5 (-)	0 (-)
		LF2	μ	143	176 (81%)	141 (101%)	20	-16 (-)	-0 (-)
	G2-	UF	μ	-18	-30 (59%)	-50 (36%)	-10	-8 (118%)	0 (-)
		LF2	μ	115	143 (81%)	236 (49%)	48	40 (121%)	-0 (-)
	G4-	UF	μ	-6	4 (-)	0 (-)	-22	-59 (37%)	-52 (42%)
		LF2	μ	19	-9 (-)	-0 (-)	108	135 (80%)	132 (82%)
主桁支間中央たわみ	VC-	G1	mm	-11.32	-15.20 (74%)	-12.20 (93%)	-1.66	1.40 (-)	0.00 (-)
		G2	mm	-8.57	-10.90 (79%)	-17.90 (48%)	-4.33	-3.00 (144%)	0.00 (-)
		G4	mm	-1.29	0.90 (-)	0.00 (-)	-10.24	-13.30 (77%)	-13.00 (79%)

* 格子計算値下の（ ）数字は、計算値に対する実測値の比率を示す（実測値/計算値%）。



図 2 下フランジひずみの動的波形

6. 変形原因の推定と現橋の健全度

(1) 変形原因の推定 … 補修履歴や載荷試験の結果などを踏まえた発生原因を以下に示す。

1) ウェブの面外変形

- ・製作時の溶接の熱応力により生じた角変形、版の面外変形の矯正が十分に行われていなかった。
- ・床版打替え時に、必要以上の熱応力（増設横桁取付け用の垂直補剛材溶接時）により変形が増加した。

2) 逆キャンバー

- ・床版打替え時の馬蹄形ジベル撤去時に必要以上の入熱が加えられ、温度降下時に想定以上の収縮が生じた。
- ・片側交互規制下での床版打替えにおいて、対傾構等の拘束、残留ひずみ、上記の入熱によることが原因で、所定のキャンバーに戻らない状態で床版打設が行われ、逆キャンバーが発生した。

(2) 現橋の健全度 … 載荷試験の結果等から以下のことがいえ、今後の供用性に問題はないと判断される。

- ① 計算を上回る横荷重分配が確認されるとともに、実測値は解析値の 75～80%程度であったこと、床版の合成が計算通り確認されたこと等から、本橋は活荷重に対しては設計計算より安全側の応力状態であるといえる。
- ② ウェブ面外変形部においては全ての載荷試験結果において、変形を戻そうとする方向に応力が生じており、活荷重に対しては現在の変形量は大きな心配はないものと判断される。
- ③ 半年後に逆キャンバー量を測定したところ、進行は確認されなかったため、増加する可能性も少ない。

7. おわりに

載荷試験の結果から、現橋の耐荷力不足や今後の面外変形、逆キャンバーの進行は無いものと判断された。しかし、本橋の主桁変形の主要原因は定かではないが、床版打替え時の主桁への必要以上の入熱や半車線規制下でのベント未設置での施工が原因で面外変形が発生しキャンバーがもどりきらなかったことは有力な一要因であると思われる。従って、床版打替え工事における既設主桁への変形に対しては十分留意して行う必要があると考える。

参考文献

(社) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説Ⅱ鋼橋編，2002. 3

(社) 日本道路協会：鋼橋の疲労，1997. 5