

静的載荷試験による九年橋の補修後挙動調査

Behavior research after the repair in Kunen bridge by the static loading test

○千葉 陽子* 大西 弘志** 岩崎 正二*** 佐々木 健史郎**** 出戸 秀明*****
Yoko CHIBA Hiroshi ONISHI Shoji IWASAKI Kenshiro SASAKI Hideaki DETO

ABSTRACT For damage caused by the aging of Kunenbashi in Iwate Prefecture Kitakami (8-span steel simple second main girder +9 span steel simple 4 main girder), replacement of the RC slab to the PC slab, from a simple girder structure changes to the continuous girder, are working to extend the service period by carrying out a large-scale renovation of the repair and reinforcement such as corrosion damage point of steel girder. In this study conducted a static loading test using 20tf track after the renovation of Kunenbashi, in which revealed the mechanical behavior from the results.

Keywords: 静的載荷試験, 補修・補強, 力学的挙動鋼構造

Static loading test, repair and reinforcement, mechanical behavior

1. はじめに

近年、既設橋に対して大規模改修を実施する例が出てきており、改修後の挙動を調査することによる構造性能や挙動の変化を確認することは大規模改修後の橋梁を維持管理する上で非常に重要である。岩手県北上市にある九年橋は床版や主桁の劣化が著しく、橋梁長寿命化修繕事業の一環として大規模修繕工事（床版取替え、主桁補強および連続化、ゴム支承取替え、幅員拡幅等）を平成 25 年～27 年に実施した。本研究では 20tf トラックを用いた静的載荷試験を実施し、大規模修繕工事後のひずみや変位の実測結果から現在の九年橋の力学的挙動の検討を行った。

2. 対象橋梁の概要

修繕工事前の九年橋は橋長 334m の単純鋼鈹桁橋(17 連)〔奥州市側 9 径間：単純 2 主鈹桁橋（昭和 8 年架設）、盛岡市側 8 径間：単純 4 主鈹桁橋（大正 11 年架設）〕で、修繕工事後は 9 径間連続 2 主鈹桁橋（9@16.8m）+8 径間連続 4 主鈹桁橋

（8@21.5m）、幅員 7.698m である（図-1, 2）。

今回の大規模修繕工事で主桁の連続化を実施する際には隣り合う 2 つの支承をゴム支承 1 つに置き換えると同時に床版も RC 床版（ $t=200\text{mm}+\text{コンクリート舗装 } 50\text{mm}$ ：2 主鈹桁部、 $t=230\text{mm}+\text{コンクリート舗装 } 50\text{mm}$ ：4 主鈹桁部）を 4 主鈹桁部はプレキャスト PC 床版（ $t=160\text{mm}$ ）に、2 主鈹桁部は軽量骨材プレキャスト PC 床版（ $t=160\text{mm}$ ）に取替を行っている。



写真-1 九年橋 側面写真

*（一財）橋梁調査会東北支部（〒980-0014 仙台市青葉区本町 2-1-29）

**博士(工学)岩手大学工学部社会環境工学科教授(〒020-8551 盛岡市上田 4-3-5)第 2 種正会員

***博士(工学)(株)昭和土木設計(〒020-0891 紫波郡矢巾町流通センター南 4-1-23)第 2 種正会員

****岩手大学大学院工学研究科社会環境工学専攻(〒020-8551 盛岡市上田 4-3-5)

*****博士(工学)岩手大学工学部社会環境工学科教授(〒020-8551 盛岡市上田 4-3-5)

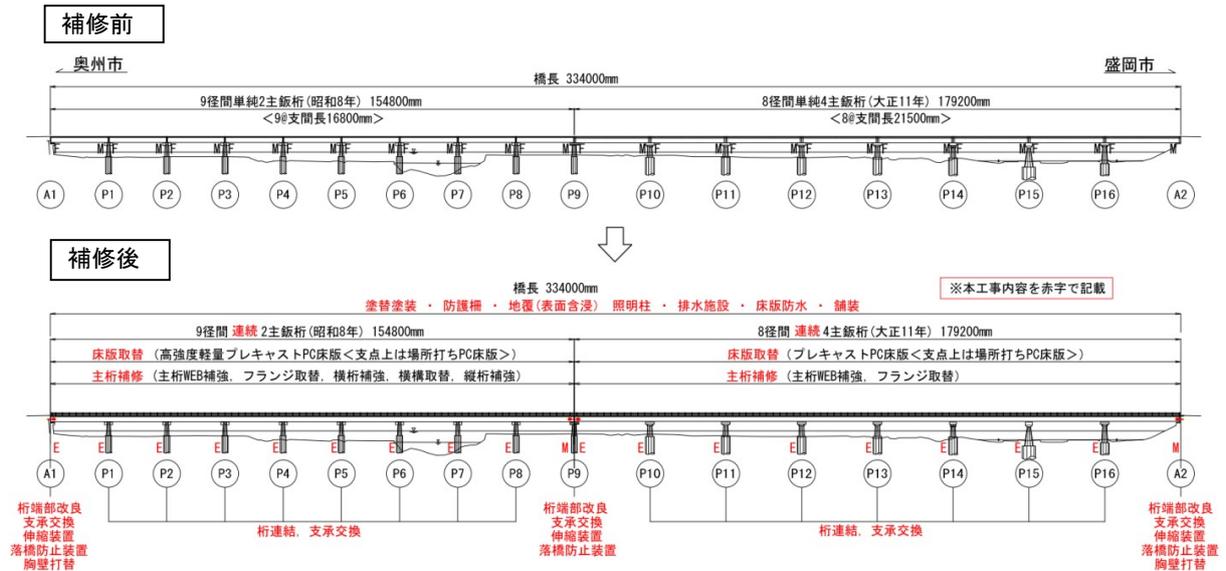


図-1 九年橋 側面図(補修前・補修後)

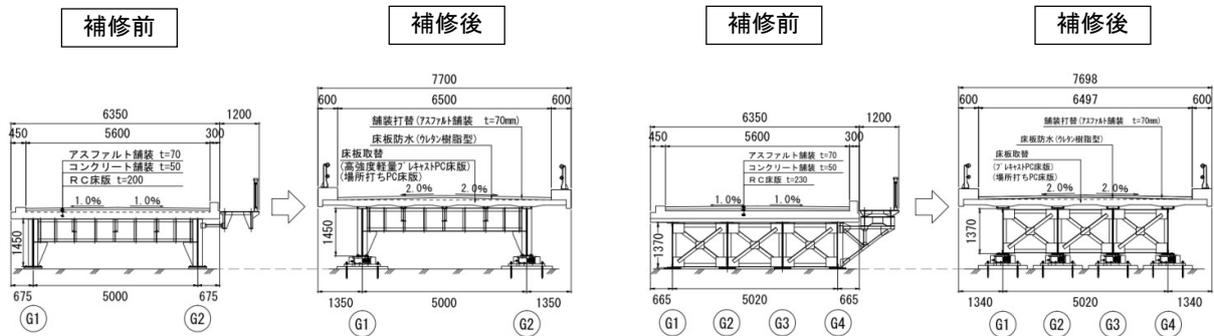


図-2 九年橋 断面図(補修前・補修後)

3. 静的載荷試験の概要

本研究では4主鈹桁部の第11径間と2主鈹桁部の第3径間に着目して静的載荷試験を実施した。載荷パターンは20tトラック1台と2台を対象径間の支間1/4, 1/2断面に、幅員中央や端部寄りに載荷する場合(8パターン)と対象径間の隣径間中央断面の幅員中央に載荷する計9パターンの試験を行った。

ひずみは主桁の支承中心断面及び支間1/4, 1/2, 3/4断面にひずみゲージを下フランジの橋軸方向に貼り計測した。

変位は1/4, 1/2, 3/4断面の主桁下フランジ及び各ゴム支承周辺部に変位計を設置し計測した。

図-3に4主鈹桁部、図-4に2主鈹桁部の計測位置図を示す。

図-5、図-6に20tトラックの載荷パターン図を示す。

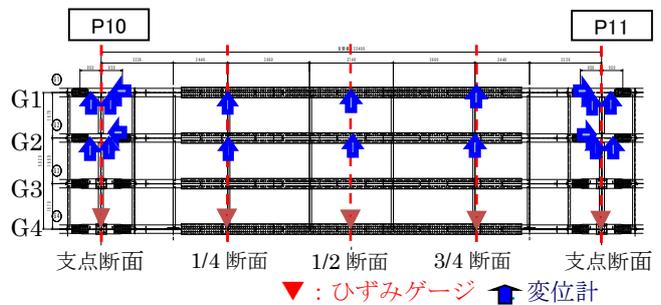


図-3 計測位置図(4主鈹桁部)

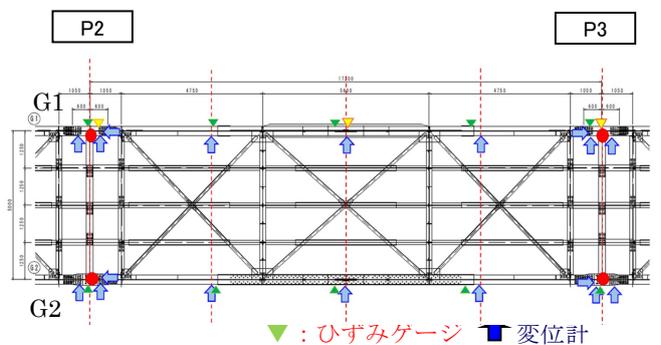
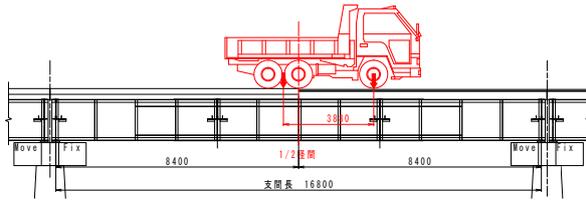
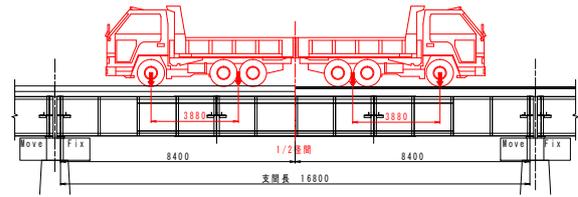


図-4 計測位置図(2主鈹桁部)

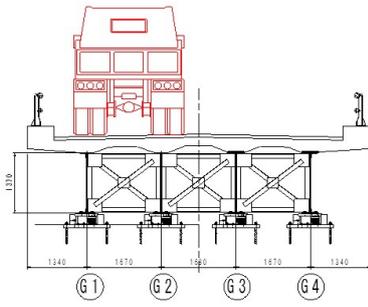


(1)トラック 1 台載荷図

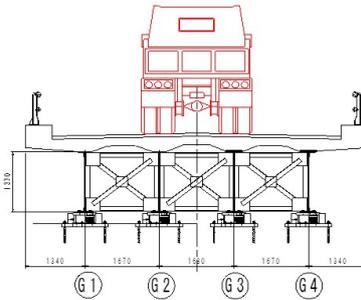


(2)トラック縦列 2 台載荷図

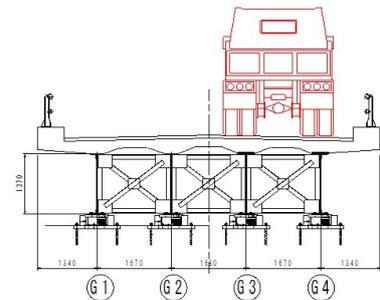
図-5 載荷パターン (橋軸方向)



(1)トラック 1 台 G1 桁側載荷



(2)トラック 1 台幅員中央載荷



(3)トラック 1 台 G4 桁側載荷

5. 解析値の算出

実測値と比較検討するために、解析値を算出した。解析は 3 次元フレームモデルとし、支承条件は、設計図書のパネ定数を採用した。

本橋は非合成桁であるが、床版打ち替え時にスタットジベルを多数設置しており、実際には合成断面として挙動すると考えられることから、合成桁としてモデル化した。鋼桁と床版コンクリートのヤング係数比は 7 とした。

横分配は、橋梁の横桁の構造から、4 主桁は横分配無し、2 主桁は横分配有りとした。

4. 静的載荷試験結果と考察

4. 1 4 主鋼桁部

4 主鋼桁部の第 11 径間に着目して、載荷試験の結果を以下に示す。20tf トラックを縦列に 2 台並べて支間中央断面の幅員方向 G1 桁側寄り、中央、G4 桁側寄りに載荷した場合の G4 桁下フランジにおけるひずみ分布を図-7 に示す。図-8 に、同じ載荷状態の解析値を示す。

ひずみは G1 桁側から G4 桁側に載荷するに従い増加した。G4 桁側寄りに載荷した時のひずみと比較して G1 桁側寄りに載荷した時のひずみは 12% 程度、幅員中央に載荷した時のひずみは 50% 程度であり、荷重分配効果が低い結果となった。

図-6 載荷パターン図 (橋軸直角方向)

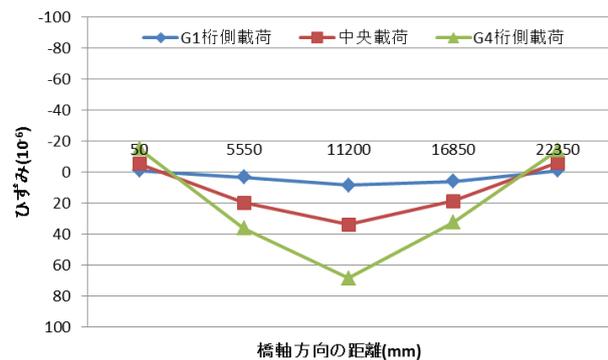


図-7 実測値 G1 桁側,中央,G2 桁側に橋面中央縦列 2 台載荷時の静ひずみ分布 (G4 桁着目)

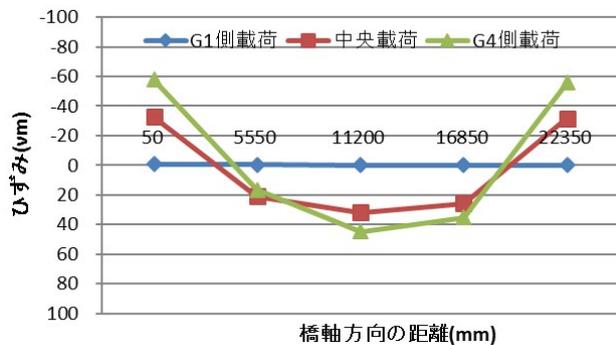


図-8 解析値 G1 桁側,中央,G2 桁側に橋面中央縦列 2 台載荷時の静ひずみ分布 (G4 桁着目)

解析値は、G4 桁側寄りに载荷した場合のひずみと比較して G1 桁側寄りに载荷した時のひずみは 0.4%程度、幅員中央に载荷した時のひずみは 71%程度で、実測値の方が横分配効果がある結果となった。4 主桁部には分配横桁が無く、荷重分配は主に床版によるものと考えられる。

また、G4 桁側寄りに载荷した場合、支点断面の圧縮ひずみは、支間中央断面の引張ひずみの 20%程度しか発生していないが、解析値では支間中央断面の引張ひずみの 1.3 倍となった。

実橋では連続化部の床版剛性の影響やゴム支承の影響により、解析値より小さい値になっていると考えられる。

図-9 に示す G1 桁のたわみ分布についても、横分配はひずみ分布と同様の傾向となった。

図-10 は 20tf トラック 1 台を隣接径間 (10, 12, 13 径間) の橋面中央に载荷した場合、計測径間 (11 径間) の G4 桁下フランジの実測ひずみ分布を表したものである。図-11 にその解析値を示す。

実測値、解析値とも载荷径間 (10, 12 径間) 側の支点断面には圧縮ひずみが生じ、反対側支点断面では引張ひずみが発生している。推定であるが、隣接径間 (10 径間, 12 径間, 13 径間) 载荷時の計測径間 (11 径間) のひずみを、隣接した径間のひずみと仮定し連続表示した実測値を図-12 に示す。連続梁のひずみ分布になっている。

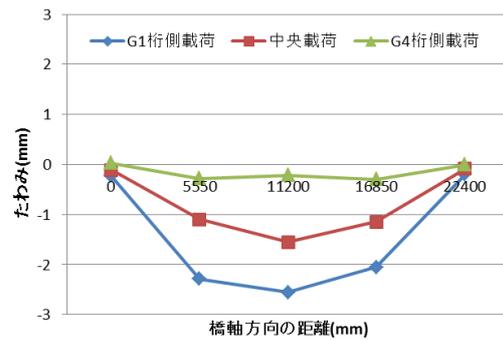


図-9 実測値 G1 桁側,中央,G2 桁側に橋面中央縦列 2 台载荷時のたわみ分布(G1 桁着目)

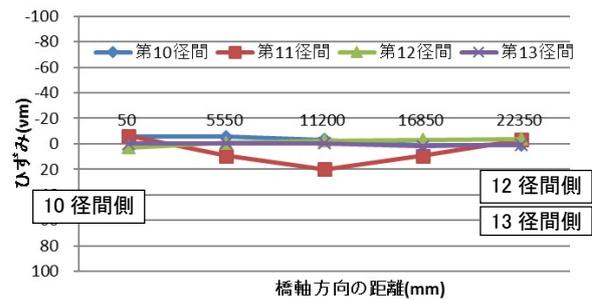


図-10 実測値 左右隣接径間に橋面中央 1 台载荷時の静ひずみ分布(G4 桁着目)

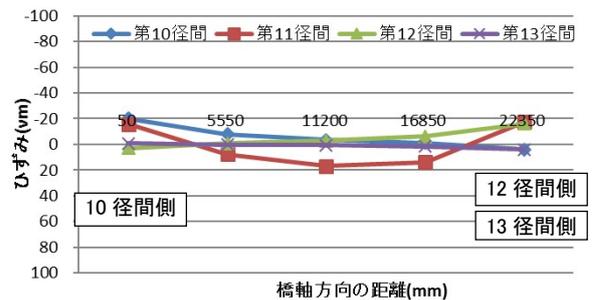


図-11 解析値 左右隣接径間に橋面中央 1 台载荷時の静ひずみ分布(G4 桁着目)

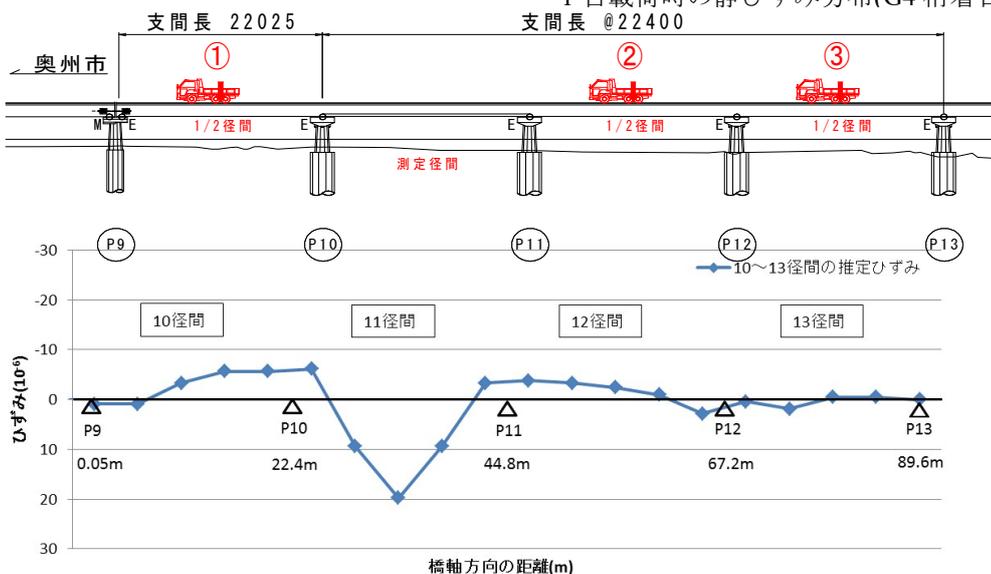


図-12 実測値 隣接径間载荷時の静ひずみを隣接した径間のひずみとして仮定し連続表示

図-13 は補修前と補修後の橋面中央縦列 2 台
 載荷時の G4 桁下フランジの静ひずみ分布の比
 較である。補修後の支点断面の実測圧縮ひずみ
 は補修前の 20%程度に減少し、支間中央の引張
 ひずみは約 1.6 倍となった。

補修後の実測値と解析値を比較すると、支間
 中央の引張ひずみは差がないが、支点断面の実
 測圧縮ひずみは解析値の 15%程度となった。

補修前は支承腐食により拘束され圧縮ひずみ
 が生じていたが、ゴム支承取替えにより拘束が
 解消されたことによる。また、引張ひずみの増
 加は、床版取替えの床版厚減による剛性の低下
 が考えられる。

表-1 は第 11 径間に載荷した時のゴム支承の
 水平及び鉛直変位の結果をまとめたものであ
 る。数値は小さいがゴム支承は側径間側に変位
 し、鉛直変位は沈下する結果となった。

試験内容 計測径間(11径間)に載荷	P10支承(G1桁)		P11支承(G1桁)	
	水平変位	鉛直変位	水平変位	鉛直変位
左側(G1桁)に載荷、縦列2台載荷	0.244	-0.233	-0.191	-0.196
橋面中央に載荷、縦列2台載荷	0.105	-0.114	-0.075	-0.089
橋面中央に載荷、並列2台載荷	0.136	-0.125	-0.094	-0.099

水平変位: +左方向, -右方向 鉛直変位: +上方向, -下方向

表-1 計測径間載荷時の支承の水平変位と鉛直変位

4. 2 2 主鉄桁部

2 主鉄桁部の第 3 径間に着目して、載荷試験
 の結果を以下に示す。

図-14, 15 は 20tf トラック 1 台及び 20tf トラ
 ック縦列 2 台を幅員中央載荷した場合と主桁
 G1, G2 側に偏載荷した場合の主桁 G2 の下フラ
 ンジのひずみ分布を比較したものである。1 台
 及び 2 台載荷において支間の 1/4 点と 3/4 点の
 ひずみ値が対称になっていない。特にその傾向
 は 2 台載荷時に顕著に表れている。原因として
 静ひずみゲージを下フランジ上側に貼ったた
 め、複雑な補強材の関係で下フランジ上側に伝
 わる応力の影響が各計測点で異なっていた可能
 性が考えられる。また、静的載荷試験時に載荷
 位置がずれていた可能性も考えられる。

図-16, 18 は、支間中央の幅員中央に 1 台載
 荷及び縦列載荷、並列載荷した場合のそれぞ
 れの主桁 G1, G2 の橋軸方向のたわみ分布を示
 したものである。20tf トラック 1 台載荷時及
 び 2 台載荷時ともにひずみ計測と同様に主桁
 G1, G2

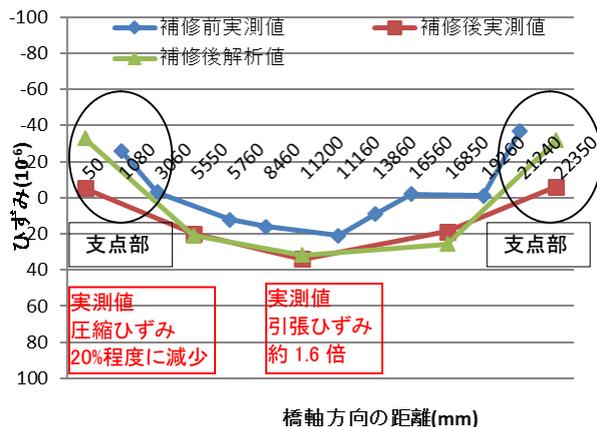


図-13 補修前と補修後の橋面中央縦列 2 台載荷時
 の静ひずみ分布の比較(G4 桁着目)

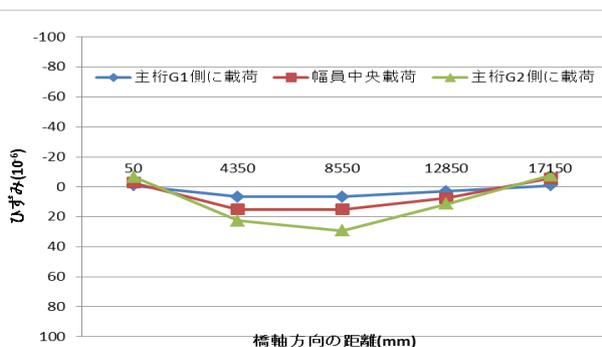


図-14 各載荷試験における 1 台載荷時
 のひずみ分布

が同じ傾向を示したわんでいるが、主桁 G2 に比べて主桁 G1 のたわみは大きく出ているようである。特に、支間中央付近で差が大きく出ている。改修工事の際に第 3 径間の主桁 G1 は健全であるため補強は行わず、腐食が目立つ主桁 G2 については補強を行った。静的たわみ分布から主桁 G2 の剛性が高く、補強効果が認められた。

たわみの解析値を図-17、図-18 に示す。実測値の方が大きい値を示しているが、同程度の値となっている。

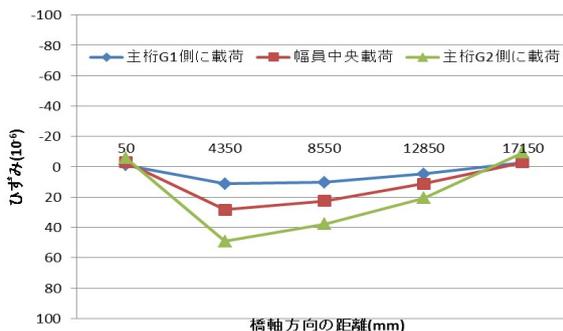


図-15 各载荷パターンにおける 2 台载荷時のひずみ分布

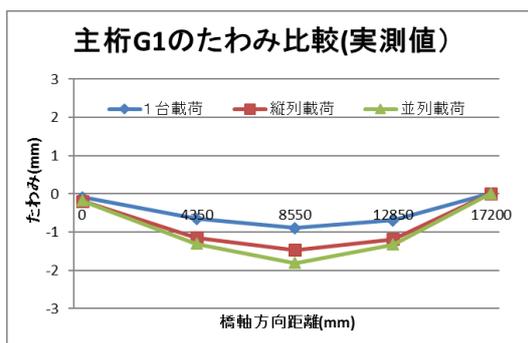


図-16 実測値 各载荷パターンの主桁 G1 のたわみ分布

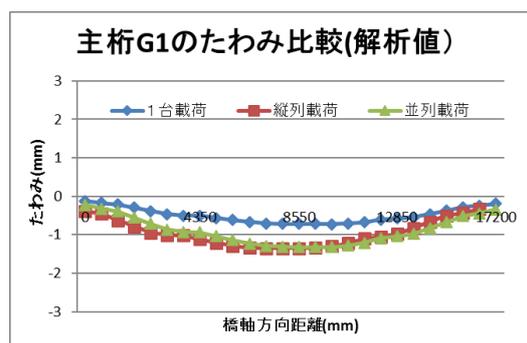


図-17 解析値 各载荷パターンの主桁 G1 のたわみ分布

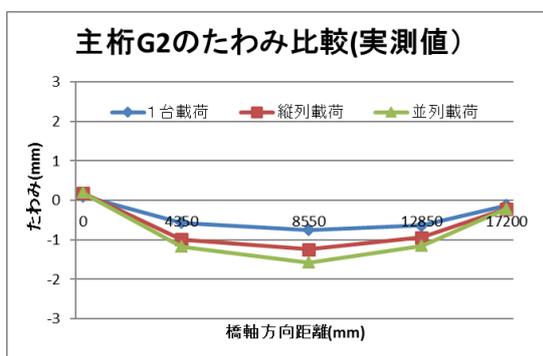


図-18 実測値 各载荷パターンの主桁 G2 のたわみ分布

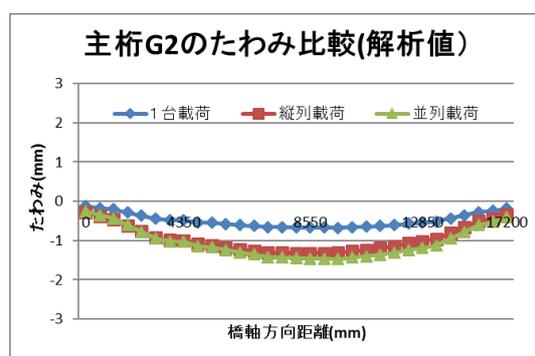


図-19 解析値 各载荷パターンの主桁 G2 のたわみ分布

5. まとめ

今回の大規模修繕工事の実施に伴い、九年橋の全体的な挙動としては支承腐食による拘束の影響が解消されているものと認められた。従来の桁連続化は橋脚上の単純桁で使用していた支承を流用して桁連結を行う事例が多いが、今回の修繕工事で 1 つの支承へ集約した結果、修繕工事後の挙動は連続桁のそれと差がなく、健全な状態に回復させることに成功したものと判断できた。

ただし、2 主桁のひずみに関しては、解析値との整合がとれていない箇所もあり、今後の検討課題とする。