

# 100 年を経た合成床版を有する鋼 2 主 I 桁橋（明治橋）の静的載荷試験

Vehicle Loading Test of the 100 Years Old I-girder Bridge; MEIJI BASHI Bridge with Composite Decks

山口浩平\*, 高林和生\*\*, 内田大介\*\*\*, 日野伸一\*\*\*\*

Kohei YAMAGUCHI, Kazuo TAKABAYASHI, Daisuke UCHIDA and Shinichi HINO

\*博（工学），九州大学大学院助手，工学研究院建設デザイン部門（〒812-8581 福岡市東区箱崎 6-10-1）

\*\*工修，松尾橋梁（株）技術開発室（〒550-0005 大阪市西区西本町 3-1-43）

\*\*\*工修，三井造船（株）鉄構・物流事業本部（〒104-8439 東京都江戸川区西葛西 8-4-6）

\*\*\*\*工博，九州大学大学院教授，工学研究院建設デザイン部門（〒812-8581 福岡市東区箱崎 6-10-1）

MEIJI BASHI bridge was the old I-girders bridge with composite decks in Japan, and it was constructed to a present location (Oita Prefecture Ono-gun Notsu-cho) in 1902. Then, investigation of the structure and the degree of damage, and a vehicle loading test were done as part of the preservation activity of the bridge in March 2004. In this paper, the vehicle loading test was stated. As the result, distortion action and composite degree of composite decks and I-girder were clarified.

*Key Words: MEIJI BASHI bridge, Composite deck, Vehicle loading test*

キーワード：明治橋，合成床版，静的載荷試験

## 1. はじめに

明治橋は，国内最古の合成床版を有する鋼 2 主 I 桁橋であり，1902 年（明治 35 年）に現在の位置（大分県大野郡野津町）に施工された橋梁である．1961 年まで道路橋として供用された後は歩行者専用橋に転用され現在に至るが，架設当時の原形をとどめており，歴史的，文化的に貴重な橋梁である<sup>1), 2), 3), 4)</sup>．

本橋は，鋼桁の腐食，床版のひび割れおよび陥没，対傾構の座屈など橋梁の損傷は著しく，今後の保存のためにはなんらかの補修補強対策を施す必要がある．そこで 2004 年 3 月に，本橋の保存活動の一環として，詳細な構造調査，損傷状況調査，静的載

荷試験が行われた．

本論文は，今回実施した調査活動のうち，静的載荷試験の結果についてまとめたものである．静的載荷試験では，床版および桁の変形性状に着目して，両者の損傷が著しい場所などを特定し，補修・補強を検討するための基礎データの蓄積を行った．これらの結果に加え，目視検査および構造・損傷度調査との比較考察を報告する．

表-1 明治橋の概要

架橋位置	大分県大野郡野津町
橋梁形式	単純鋼2主桁橋・2連
橋長	32.5m (2 x 16.25m)
全幅員	5.4m
床版形式	合成床版
床版厚	180mm, 90mm
主桁間隔	4.8m
主桁高	1.4m

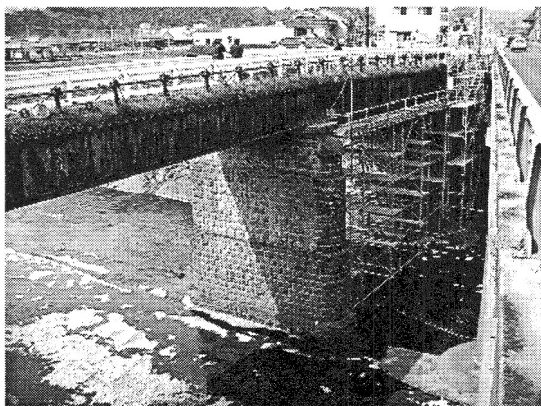
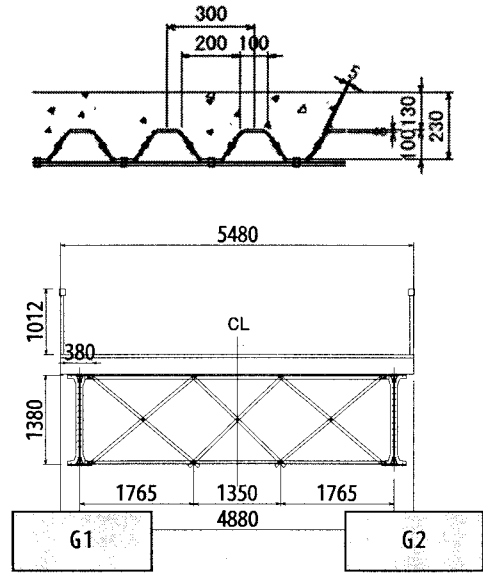


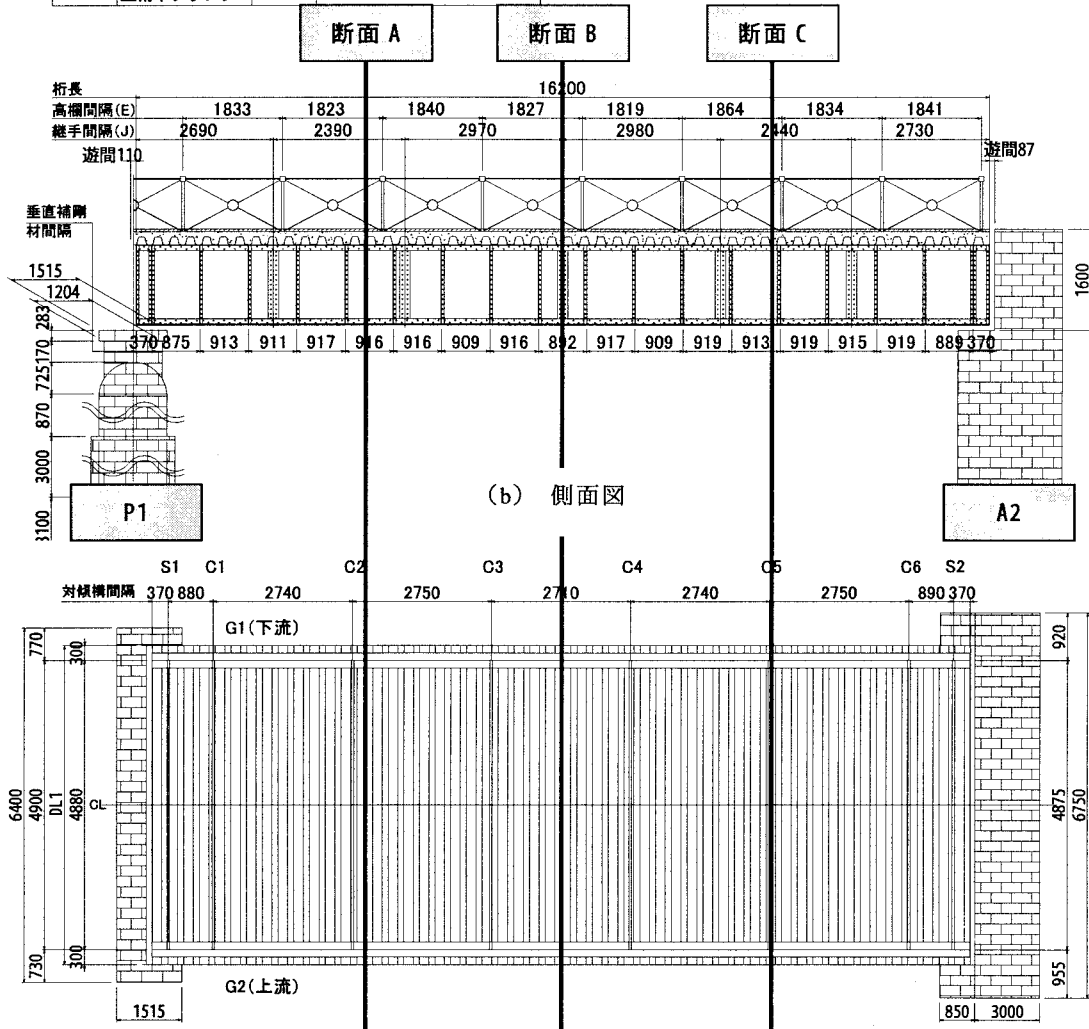
写真-1 橋梁概観および静的載荷試験状況

表-2 計測項目および使用センサー

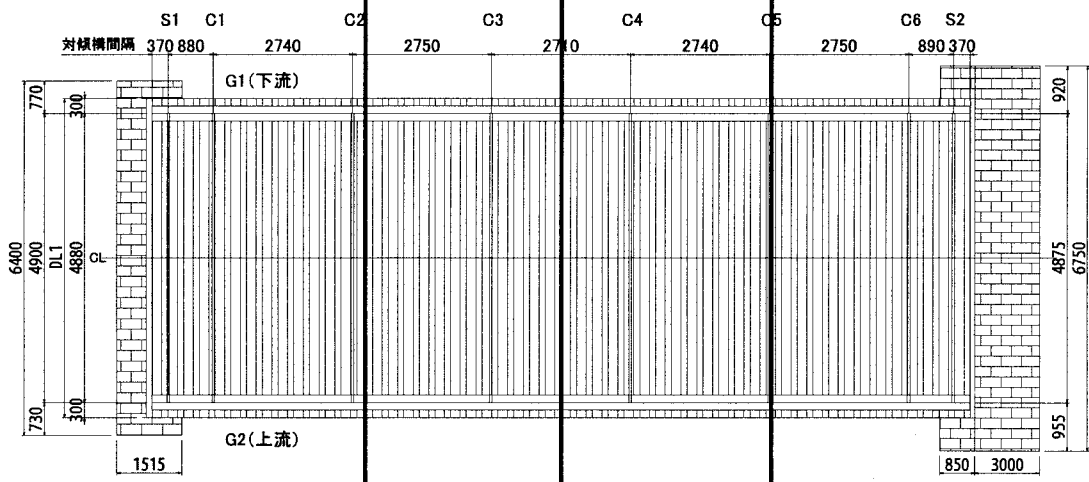
	測定部材	断面	センサーの種類と感度方向
変位	主桁	A	ひずみ型変位計 (鉛直)
		B	
		C	
	桁端	A2	ひずみ型変位計 (鉛直)
		P1	
床版		A	ひずみ型変位計 (鉛直)
		B	
		C	
		D	
ひずみ	主桁上フランジ	A	1軸ひずみゲージ (橋軸)
		B	
	主桁下フランジ	A	1軸ひずみゲージ (橋軸)
		B	
	主桁ウェブ	A	3軸ひずみゲージ (基: 橋軸)
		B	
	鋼床版	A	2軸ひずみゲージ (橋軸・橋軸直角)
		D	
	床版コンクリート表面	A	1軸ゲージ x 2方向 (橋軸・橋軸直角方向)
		B x 2	
対横構	B	1軸ひずみゲージ (軸力)	
	B		
高欄	B	1軸ひずみゲージ (軸力)	
	B		
スレ	床版下面	B	πゲージ (橋軸)
		B	
ひび割れ	主桁-床版間	-	ひずみ型変位計 (橋軸)
		-	
温度	主桁上フランジ	-	mゲージ (ひび割れ直角)
		-	
	主桁下フランジ	B	簡易接触型温度計



(a) 断面図



(b) 側面図



(c) 平面図

図-1 計測位置

## 2. 試験概要

### 2.1 調査対象区間

表-1 に明治橋の橋梁概要を示す。静的載荷試験の対象範囲は、構造・損傷度調査と同様<sup>5)</sup>、全面的に床版が損傷していた A1 橋台-P1 橋脚間を避け、一部に比較的健全と予想される箇所が残る P1 橋脚-A2 橋台間の 1 径間とした。

なお、該当区間には、河床より全面足場を設置した。橋梁概観および静的載荷試験状況を写真-1 に示す。

### 2.2 計測項目および位置

計測項目は、床版コンクリート・トラフ状底鋼板・桁のたわみ、ひずみ、床版-トラフ状底鋼板-桁の水平ずれ、床版コンクリートのひび割れ幅の増加量、橋体の温度である。計測項目を表-2 に示す。

図-1 に計測位置を示す。主として調査対象区間の

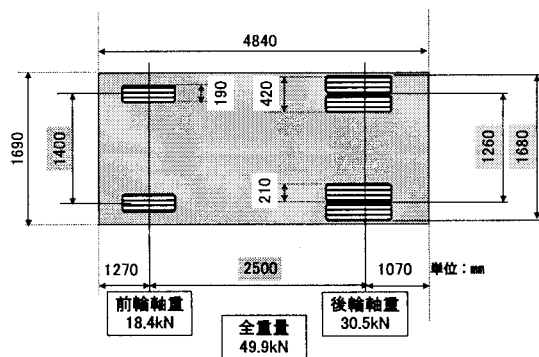


図-2 載荷車両諸元

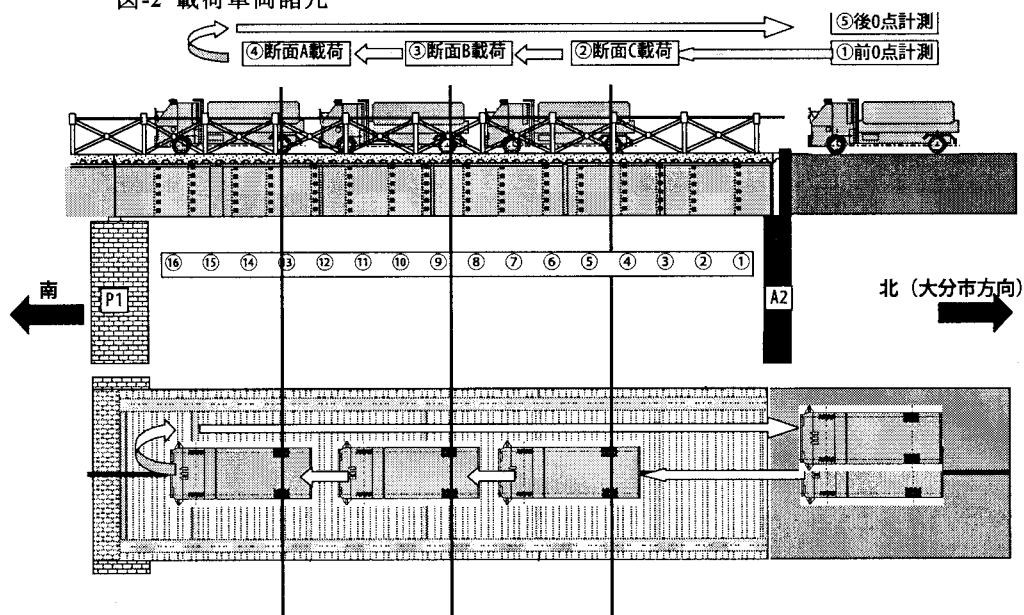


図-3 載荷パターン

3 断面を選択し、断面 A は床版の損傷が大きい箇所、断面 B はスパン中央、断面 C は床版が比較的健全な箇所である。

桁のたわみは、G1 および G2 桁の断面 A~C に加え、桁両端部で測定した。床版のたわみは、断面 A~C において、床版支間中央と両側の支間 1/4 点の 3 箇所計測を行った。

桁のひずみは、G1 桁の断面 A, B の上フランジ下面、ウェブ (3 箇所)、下フランジ上面を計測した。床版のひずみは、断面 A, B の床版支間方向に 2 箇所 (1/4 断面、中央断面) を計測した。

床版のたわみは主桁を基準とした相対たわみとし、図-1 (a) に示すとおり、断面 A~C において、床版支間中央とその両側の支間 1/4 点の 3 ケ所で計測を行った。温度は、G1 および G2 桁の断面 B の上下フランジ部を計測した。

### 2.3 載荷車両諸元および載荷パターン

載荷は、全重量 49.9kN の散水車を用いて行った。図-2 に車両諸元を示す。軸重は後輪が 30.5kN、前輪が 18.4kN である。

載荷パターンは各断面のたわみとひずみ性状に着目に着目したパターン 1、たわみの影響線に着目したパターン 2 の 2 種類で各 2 回ずつ計測を行った。

図-3 に載荷要領の概念図を示す。なお、計測時刻は、パターン 1 は 9:20~11:34、パターン 2 は 11:45~12:30 および 16:30~17:15 であった。

#### ■パターン 1

「前 0 点」→「断面 C」→「断面 B」→「断面 A」→「後 0 点」を 4 回繰り返し、走行毎に 2 回計測 (計 8 回の計測)

■パターン2

「A2」→「①」→・・・→「⑩」→「P1」を2回繰り返り、その後「P1」→「⑩」→・・・→「①」→「A2」を2回繰り返す

2.4 橋体温度

載荷試験と並行して、橋体温度を計測した。計測箇所は、G1 および G2 桁の断面 B の上下フランジである。結果を図-4 に示す。

同図より、午前東側の G1 桁の温度が高いが、午後から夕方にかけては、西側の G2 桁の温度が高いことがわかる。終日にわたり直射を受ける下フランジの温度が高いことがわかった。また、外気温度と橋体温度は、あまり差がないことがわかる。

2.5 床版コンクリートおよび鋼材の強度特性

使用されていた材料の特性を確認するために、床版コンクリートをコア抜きし、圧縮強度試験を実施

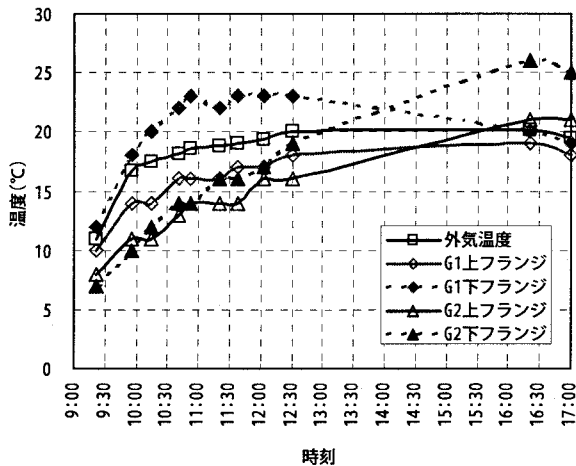
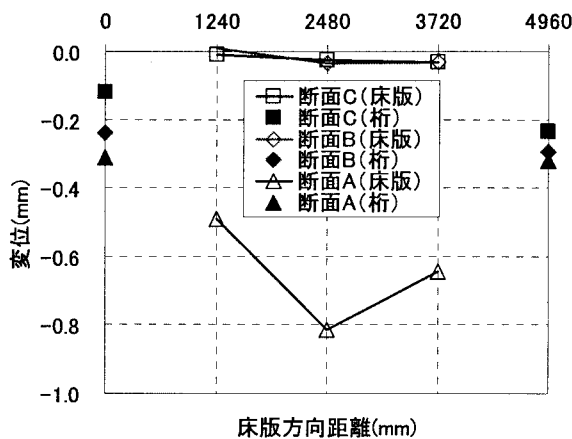
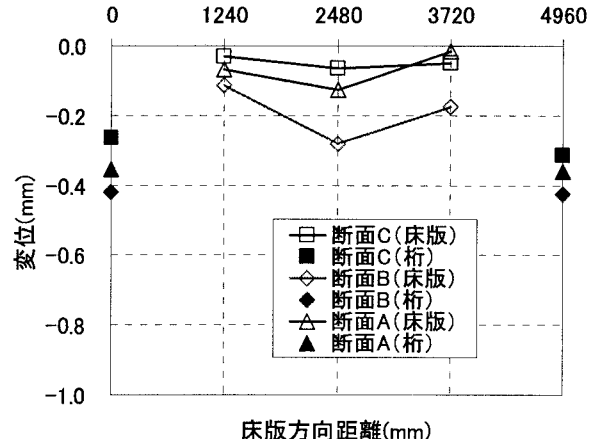


図-4 橋体温度



(a) 断面 A 載荷時



(b) 断面 B 載荷時

図-5 床版および桁のたわみ分布

した。また、対傾構斜材を一部採取して、鋼材の引張強度試験を実施した。その結果を表-3 に示す。コンクリートの圧縮強度はばらつきはあるが 20N/mm<sup>2</sup> 程度であり、現在のコンクリートと比較して圧縮強度に対するヤング率が低めであることがわかる。鋼材は、現在の SM400 クラスであることがわかる。

3. 結果および考察 (パターン 1)

3.1 床版作用

(a) たわみ性状

図-5 に断面 A, B 載荷時の床版の桁に対する相対たわみ分布を示す。横軸は、床版支間距離 (G1:0, G2:4960) を示す。

同図より、作用曲げモーメントが最大となるスパン中央載荷 (断面 B 載荷) 時よりも、断面 A 載荷時の方が、たわみ量が多いことがわかる。これは構造損傷度調査から、断面 B, C の床版は比較的健全であったが、断面 A 近傍はトラフ状底鋼板自体が下

表-3 強度試験結果

(a) 床版コンクリート

圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> )	ヤング率 (x10 <sup>4</sup> N/mm <sup>2</sup> )
18.7	1.11
18.9	1.44
18.6	1.43
19.7	0.56
25.4	1.61
24.8	1.68
24.6	1.48

(b) 鋼材

上降伏点 (N/mm <sup>2</sup> )	下降伏点 (N/mm <sup>2</sup> )	引張強さ (N/mm <sup>2</sup> )	伸び (%)
299	296	430	31

方向に陥没していること、さらに床版コンクリート上面に、亀甲状のひび割れが集中していることが明らかにされている<sup>5)</sup>。よって、床版の損傷が著しい断面 A 載荷時のたわみ量が、著しく大きかったと考えられる。

床版支間方向の変形形状は、床版支間中央に対してほぼ対称となっており、床版の損傷の偏りおよび床版と桁の合成度の違いはないものと推測される。

(b) ひずみ性状

図-6 に断面 A 載荷時の床版上下面の床版支間方向ひずみ分布を示す。横軸は床版支間距離の 1/2 (G1:0, 床版支間中央:2480) である。また、トラフ状底鋼板であるため、床版厚は 97~187mm と変化するが、図中の値は床版厚が 187mm の箇所の値である。床版厚が 97mm の箇所では、ひずみはほとんど発生しなかったが、これは完全合成断面として考えた場合、中立軸がひずみ測定位置に近かったため

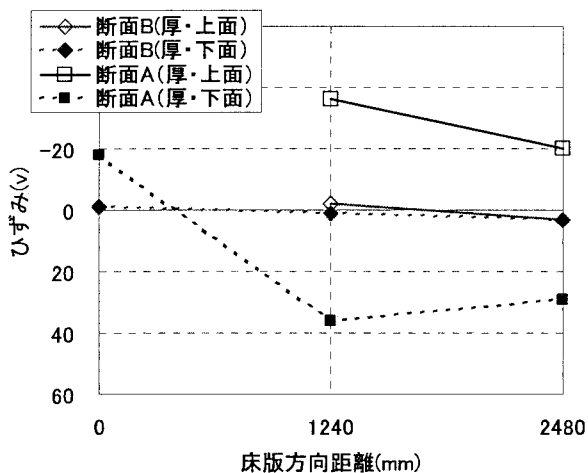
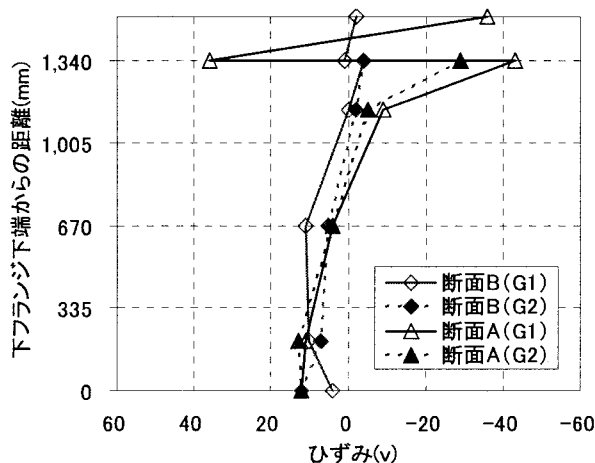
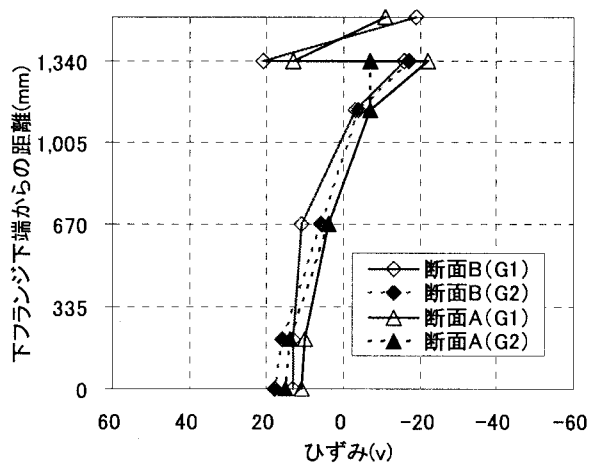


図-6 床版の床版支間方向ひずみ分布 (断面 A 載荷時)



(a) 断面 A 載荷時



(b) 断面 B 載荷時

図-7 床版および桁の橋軸方向ひずみ分布

であると考えられる。

同図より、ひずみの最大値は約 40 μ であること、また断面 B はほとんどひずみが発生していないことがわかる。

3.2 桁作用

(a) たわみ性状

図-5 に断面 A, B 載荷時の桁のたわみを示す。横軸の 0 は G1, 4960 は G2 を示す。

同図 (b) より、断面 B 載荷時の断面 A と断面 C のたわみ量は、断面 A の方が大きいことがわかる。このことから断面 A 近傍が痛んでいることがわかる。また、G1, G2 ともたわみはほぼ同値で、損傷の偏りはないものと推測される。

(b) ひずみ性状

図-7 に断面 A, B 載荷時の床版および桁の橋軸方向ひずみ分布を示す。図の縦軸は下フランジ下端からの距離 (下フランジ下端:0, 上フランジ上端:1340) である。なお、床版のひずみは、G1 側 (図-1 (a) 中の 1/4 断面) のみ計測した。

同図 (a), (b) より、断面 A の上フランジのひずみは G1 の方が若干大きいですが、総じて G1 と G2 に差はないものと思われる。

断面 B 載荷時の断面 B のひずみ量 (上フランジ約 -20 μ) と断面 A 載荷時の断面 A のひずみ量 (同約 -40 μ) を比較すると、後者の方が明らかにひずみが大きいことがわかる。

同図 (a) より、トラフ状底鋼板と上フランジのひずみの不連続は、床版と桁の不完全合成度を意味し、また、中立軸位置は断面 B の方が床版側にあることがわかる。これは、断面 A の床版損傷度が大きいことを示唆するものである。

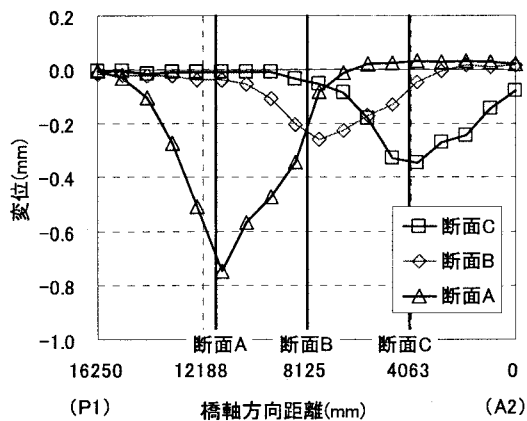


図-8 床版のたわみの影響線

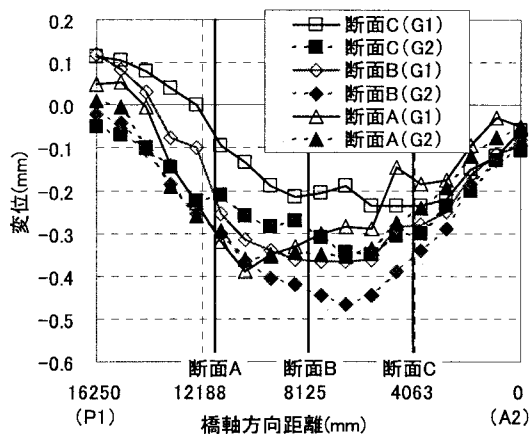


図-9 桁のたわみの影響線

#### 4. 結果および考察 (パターン 2)

##### 4.1 床版のたわみの影響線

図-8 に床版のたわみ (床版支間中央位置) の影響線を示す。図の横軸は、橋軸方向距離 (A2:0, P1:16250) を示す。

断面 A, C は、スパン中央に対して対称となっておらず、断面 A の方が変位量は著しく大きいことがわかる。同図には示していないが、床版の陥没が最も大きかった断面 D (断面 A と P1 の間) のたわみ量は、断面 A の約 3 倍であることがわかった。

##### 4.2 桁のたわみの影響線

図-9 に桁のたわみの影響線を示す。図の横軸は、橋軸方向距離 (A2:0, P1:16250) を示す。

同図は、A2→P1 へ走行した際の結果であるが、載荷車両が走行し終えた P1 位置にある時に、断面 A, B, C の G1 のたわみ量は 0 ではなく、桁のたわみが残留し、上方向に反り上がっていることがわかる。P1→A2 へ走行した場合にも、載荷車両が走行し終えた A2 位置にある時に、G2 のたわみ量は 0 ではなく、同様の現象が見られた。これは、床版コンクリートの損傷や載荷車両の偏心などの影響によるものと考えられる。

#### 5. まとめ

静的載荷試験結果について以下にまとめる。

- (1) 橋軸方向の床版たわみ形状は、スパン中央載荷時において対称ではなく、最も損傷が著しい断面 A 載荷時に最大たわみとなる。
- (2) 床版支間方向の床版たわみ形状は、床版支間中央に対してほぼ対称である。

- (3) トラフ状底鋼板の床版支間方向ひずみは、厚い断面にはひずみは発生するが、薄い断面にはひずみはほとんど発生しない。
- (4) トラフ状底鋼板と上フランジのひずみの不連続は、床版と桁の不完全合成度を意味し、また、中立軸位置は断面 B の方が床版 (上) 側にあることがわかる。これは、断面 A の床版損傷度が大きいことを示唆するものである。
- (5) 静的載荷試験結果および別途報告する損傷度調査結果を基に、明治橋の補修補強方法の検討を進めるための基礎データが蓄積できた。

#### あとがき

明治橋構造・損傷度調査および静的載荷試験は明治橋保存活動の一環として、(社) 土木学会鋼構造委員会道路橋床版の調査研究小委員会、(社) 日本橋梁建設協会、日立造船 (株) が共同で実施したものである。

#### 謝辞

明治橋の現地調査を行うにあたり、野津町、(社) 日本橋梁建設協会床版研究委員会、日立造船 (株) にご協力を頂いた。ここに記して感謝の意を表す。

#### 参考文献

- 1) 松井, 嶽下: 日本最古の合成床版を用いた鋼橋—明治橋—見聞録, 第 3 回道路橋床版シンポジウム論文報告集, 2003.5
- 2) 岡崎文雄: 架設から百年—明治橋を保存しよう, 大分合同新聞, 2002.2
- 3) 岡崎文雄: 明治橋はなぜ鋼橋なのか, 土木学会第 4 回道路橋床版シンポジウム, 2004.11
- 4) 土木学会: 日本の近代土木遺産, 2001.3
- 5) 杉原伸泰他: 100 年を経た合成床版を有する鋼 2 主 I 桁橋 (明治橋) の構造・損傷度調査, 土木学会第 4 回道路橋床版シンポジウム, 2004.11