

# 10年経過したFRP合成床版の実橋載荷試験 (松久保橋)

## Field Loading Tests for Decade-Old FRP-RC Composite Slab (Matsukubo Bridge)

久保 圭吾<sup>\*1</sup> 林 暢彦<sup>\*2</sup>  
Keigo KUBO Nobuhiko HAYASHI

### Summary

The durability of the FRP composite slab has already been certified through the fatigue test under the wheel running machine, which simulates actual moving wheel load. Also, the decrease of the stiffness of the FRP slab in actual bridge after the using of 2.5 years is confirmed to be less in comparison with the RC slab. Deterioration due to loss of rigidity is minimal in such bridges after being in service for a 2.5 years later. Field loading tests were performed using a test car at the Matsukubo Bridge of the Kochi Expressway. The test car was used on the Matsukubo Bridge which had been in service for 10 years during the hours when the expressway was closed to traffic for the night. The field loading tests showed that rigidity in the decade-old FRP composite deck was resistant to deterioration and that the fatigue deterioration level in actual bridges corresponded to that of the wheel running tests.

キーワード：合成床版、FRP、実橋載荷試験

### 1. はじめに

松久保橋（上り線）は、**図-1**に示すように、高知自動車道新宮IC付近の4車線化にともない建設された橋梁であり、暫定供用されていた下り線と分離した構造となっている。**(写真-1)**このため、本橋では、下り線で散布された融雪剤が車の走行により飛散し、床版下面でも塩分の影響を受けることが懸念されたことから、耐食性に優れたFRP合成床版が試験的に適用されたものであり、平成10年に供用されている。

FRP合成床版は、これまでの輪荷重走行試験などの結

果より、従来のRC床版と比べてFRP型枠がコンクリートのひび割れ進展を抑制する効果により、耐久性が向上することが検証されている<sup>1)</sup>。本橋の床版では、実橋における経年変化を確認するため、建設初期および供用後2年半経過した時点で載荷試験を実施しているものの、この供用期間では実際の交通荷重による変化を評価するには不十分と考えられるため、継続的な調査を実施することとしていた<sup>2)</sup>。このため、供用後10年経過した平成20年3月に本橋が夜間通行止めとなった機会をとらえ、試験車を用いた載荷試験を実施した。ここでは、この載荷試験の結果について報告する。



図-1 位置図



写真-1 松久保橋の現況

\*1(株)宮地鐵工所 技術本部設計部技術開発グループ課長代理

\*2(株)宮地鐵工所 技術本部設計部技術開発グループ係長

## 2. 試験の概要

道路橋の床版では、交通荷重によるひび割れなどにより剛性が低下し、たわみが増加することがこれまでの実験等により確認されている<sup>2)</sup>。このため、建設当初、供用2年半後および、供用10年後での載荷試験による床版のたわみを比較することで、交通荷重による剛性の変化を調査することとした。また、RC床版との比較を行うため、FRP合成床版を適用した松久保橋と同一路線で床版支間、床版厚の等しいRC床版を有する柿ノ下橋についても載荷試験を実施した。

### (1) 計測位置

床版たわみの計測は、床版に桁作用による引張力が発生せず、主桁間の相対変位が少ないと考えられる支間中央のパネルで行うものとした。また、壁高欄の剛性が床版の挙動に影響を及ぼすと考えられるため、この影響が比較的少ないG2-G3間にて計測を実施した。このときの計測位置を、**図-2**に示す。

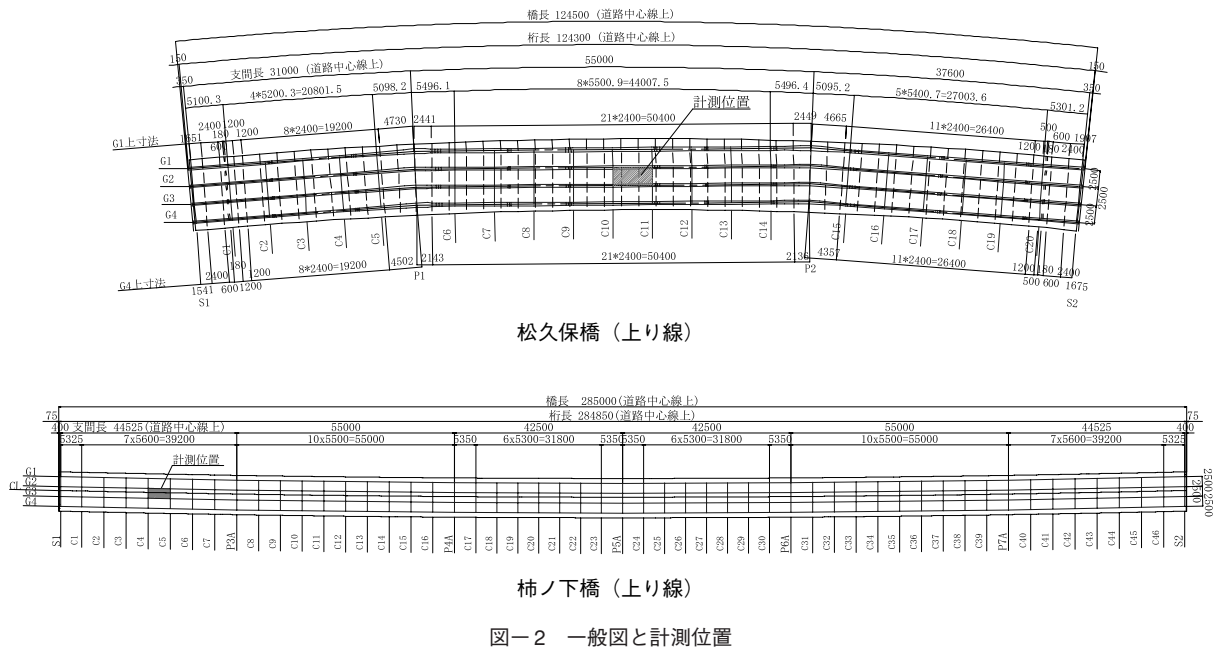


図-2 一般図と計測位置

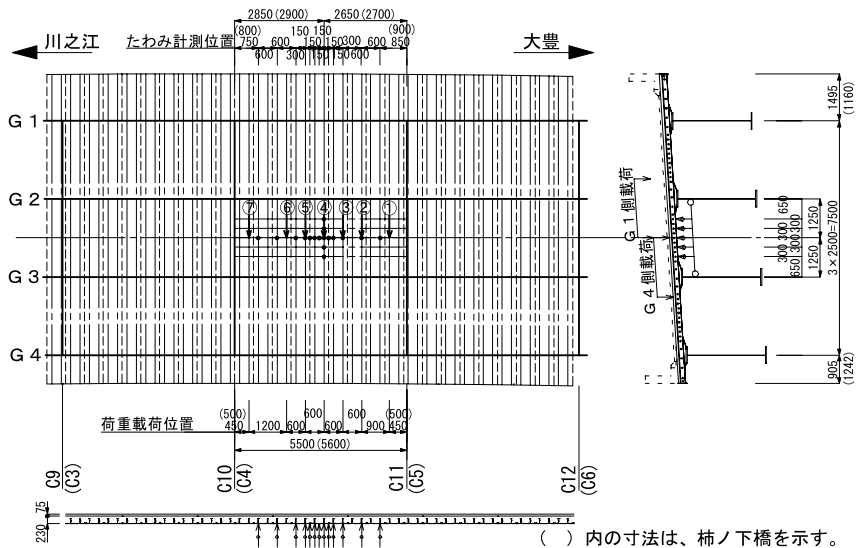


図-3 荷重載荷位置およびたわみ計測位置

## (2) 計測方法

たわみの計測は、主桁との相対たわみを計測するため、**写真-2**に示すように、主桁の垂直補剛材に取付けた支持梁上に変位計を設置した。ただし、支持梁に主桁変形の影響を与えないため、支持梁の取付け部はピン構造とした。このときの、変位計の取付け位置を**図-3**に示す。

## (3) 載荷荷重

載荷は、車輛の軸重を予め計測した**図-4**に示す軸重分布を有する総重量約20tのダンプトラックを用いて、静的に行った。また、載荷位置は、**図-3**に示すように、橋軸方向には、タンデム軸前輪を基準にして7カ所を移動させ、橋軸直角方向には、G2-G3主桁の中心線上に1輪を載荷し、残り1輪をG2側とG3側の2通りとした。

## (4) 路面の状況

載荷試験による床版のたわみは、床版の剛性だけでなく舗装の剛性も寄与すると考えられる。また、舗装の剛性は温度により大きく変化するため、載荷試験時の気温も確認しておく必要がある。**表-1**に、載荷試験時の路

面状況を示す。なお、松久保橋の建設当初の載荷試験は舗装前に実施しており、柿ノ下橋では、試験を実施していない。また、松久保橋では、10年後の載荷試験の前に舗装がアスファルト舗装から、排水性舗装に打ち替えられている。



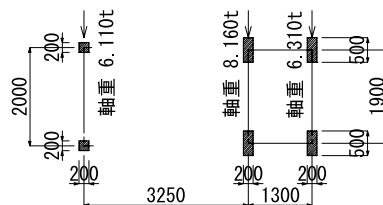
写真-2 変位計取付け状況

表-1 載荷試験時の路面状況

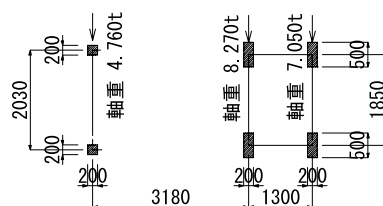
	舗装		気温
	松久保橋	柿ノ下橋	
建設当初	なし	—	—
2.5年後	アスファルト舗装	アスファルト舗装	18℃
10年後	排水性舗装	アスファルト舗装	4℃



建設当初



供用2.5年後



供用10年後

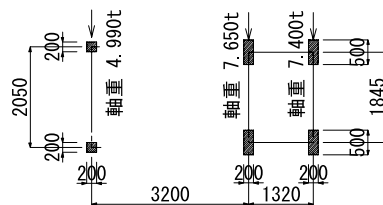


図-4 載荷試験状況と試験車の重量

### 3. 試験結果

#### (1) 試験時の解析

床版のたわみは、当初は引張り側コンクリートも有効（全断面有効）に作用し、輪荷重のくり返し走行の影響などにより、コンクリートにひび割れが進展し、引張側コンクリートを無視した理論たわみに到達した時を使用限界とする考え方が<sup>4)</sup>ある。このため、本橋の理論たわみを求めるため、直交異方性版による解析を実施した。表-2に解析で用いた材料特性を、図-5に解析時のメッシュ割りを示す。なお、載荷試験では、主桁との相対変位を計測しているため、解析では、主桁を剛な部材として取り扱い、載荷荷重は、試験時期により若干異なるものの、計測誤差なども含むため、図-5に示すモデル化した荷重を用いた。

表-2 解析時の材料特性

	気温 (°C)	弾性係数 (Mpa)
アスファルト舗装	18	4000
	4	8000
排水性舗装	18	4000
コンクリート	—	24800

#### (2) 載荷試験結果

図-6に建設当初載荷試験における、主な載荷位置のたわみを示す。図中には、コンクリートの全断面を有効とした解析値も併記した。この結果、各載荷位置のたわみは、概ね解析値と一致していることがわかる。このとき、たわみは、G1側に載荷したときより、G4側に載荷したときの方が小さくなっているが、この理由としては、横断勾配の影響や、壁高欄の剛性の影響などが考えられる。

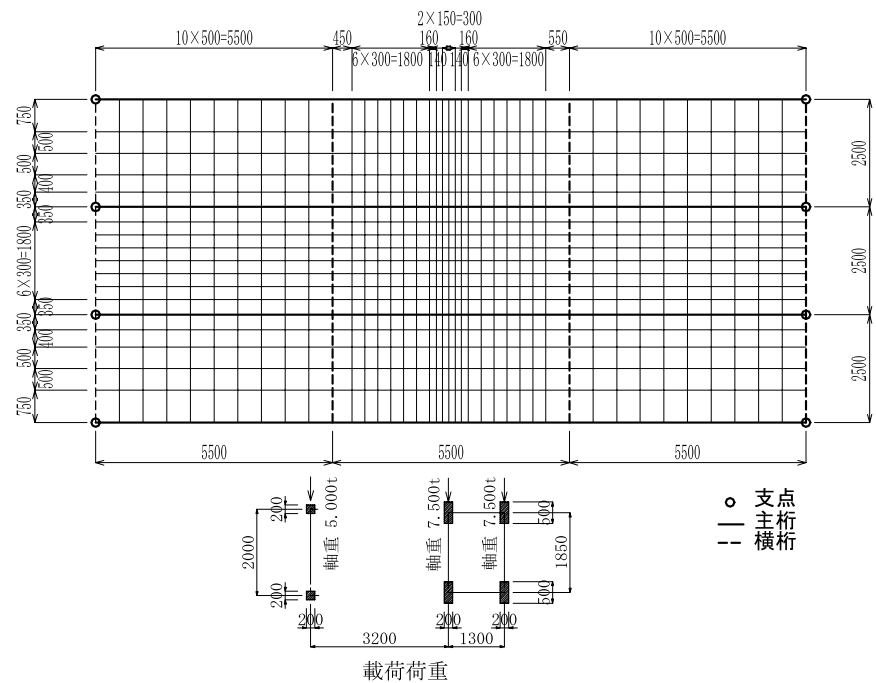


図-5 解析メッシュと載荷荷重

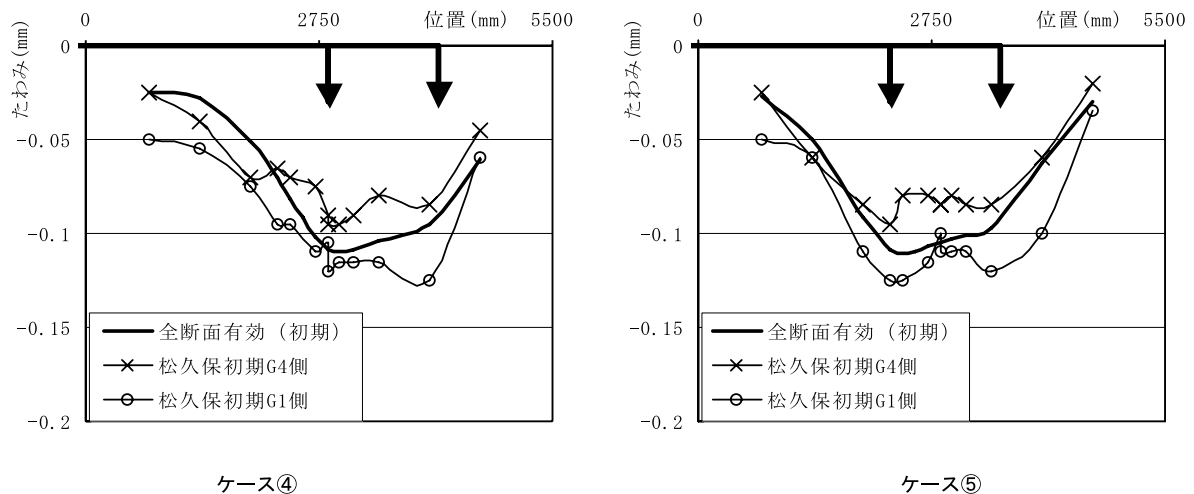


図-6 載荷試験によるたわみ (建設当初)

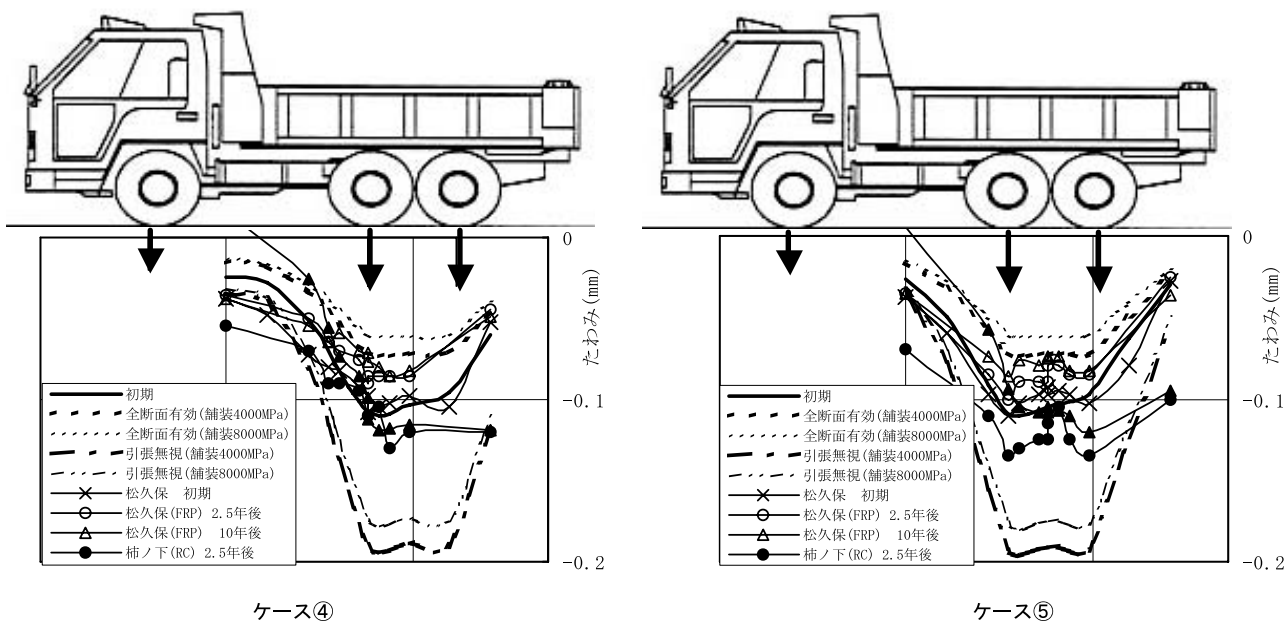


図-7 荷重試験によるたわみ

図-7に、主な荷重位置のたわみを、各荷重時の全断面有効の解析値および引張無視の解析値とともに示す。なお、各荷重時のたわみは、横断勾配の影響や壁高欄の剛性の影響を除去するため、G1側荷重とG4側荷重の平均値で表示した。

これより、FRP合成床版（松久保橋）における2.5年、10年後のたわみは、舗装の影響により建設当初より若干小さい傾向が見られ、舗装を考慮した全断面有効の解析値と概ね等しくなっている。したがって、FRP合成床版では、供用後10年経過しても、剛性の低下はほとんどないと推定できる。

一方、RC床版（柿ノ下橋）のたわみは、舗装の剛性を考慮した全断面有効の解析値と比べてたわみが大きくなっており、剛性が低下していることが確認できる。また、たわみ分布は、供用後2.5年後に比べ、10年後のものの方が尖った分布形状となっている。これは、床版下面に橋軸直角方向のひびわれが多く生じていたことから判断して、このひびわれの影響により橋軸方向の剛性が低下したことに起因していると考えられる。

### (3) 耐久性評価

床版の耐久性は、輪荷重のくり返し走行後の活荷重たわみとコンクリートの全断面を有効とした理論たわみとの差を、引張側コンクリートを無視した理論たわみと全断面有効の理論たわみとの差で除した(1)式により算出される値を劣化度により評価できるという考え方がある<sup>4)</sup>。

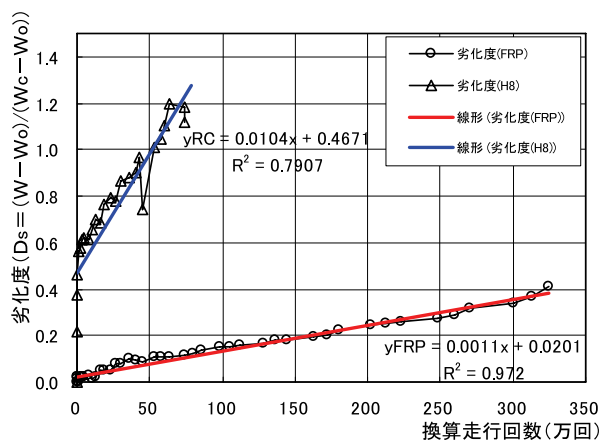


図-8 輪荷重走行試験の結果

$$D_s = (W - W_0) / (W_C - W_0) \dots (1)$$

ここで、 $D_s$  : 劣化度

$W$  : 測定値

$W_0$  : コンクリートの全断面を有効とした理論たわみ

$W_C$  : 引張側のコンクリートを無視した理論たわみ

FRP合成床版に対しては、過去の輪荷重走行試験の結果から、図-8に示す劣化度曲線<sup>2)</sup>が示されており、FRP合成床版の疲労劣化はRC床版と比べ非常に緩やかとなることがわかっている。

そこで、10年経過後の載荷試験結果を用いることにより、(1)式にて劣化度を算出すると、FRP合成床版では、ほぼ $D_0 = 0$ 、RC床版の場合、 $D_0 = 0.3 \sim 0.5$ 程度となった。これを、図-8の劣化度に当てはめると、高知自動車道における約10年の車輛走行は、輪荷重走行試験における初期の段階であるが、劣化度の傾向は、実際の交通荷重においても輪荷重走行試験と同様の傾向となることがわかった。なお、10年間の車輛走行による劣化が小さいのは、高知自動車道の交通量（15,000台/日）が比較的少なく、大型車混入率（8%）も低い<sup>5)</sup>ことに起因していると考えられる。

#### 4. まとめ

供用後10年経過した載荷試験により、RC床版では若干の剛性低下が見られるものの、FRP合成床版では剛性の低下はほとんどないことが確認された。また、実橋における床版の疲労劣化傾向は、輪荷重走行試験と同様の傾向となることがわかった。

床版の経年変化を継続的に調査している事例は少なく、今後、更に供用年数を重ねた後にも、同様の載荷試験を実施し、実橋での剛性の低下や劣化の有無について確認する必要がある。

**謝辞：**本載荷試験を実施するにあたりご指導を賜りました、西日本高速道路株式会社四国支社の関係各位に感謝の意を表します。

#### <参考文献>

- 1) 石崎, 久保, 松井:FRP永久型枠を用いたRC床版の静的強度・疲労耐久性に関する研究, 土木学会構造工学論文集 Vol.40A, pp.1413-1424, 1994.
- 2) 望月, 花田, 石崎, 久保, 松井:FRP合成床版の実橋への適用例と疲労耐久性評価, 土木学会第1回FRP橋梁に関するシンポジウム, pp.65-72, 2001.
- 3) 土木学会鋼橋床版の調査研究小委員会:道路橋の新技術と性能照査型設計, pp.3-7, 2002.
- 4) 前田, 松井:道路橋RC床版の劣化度判定法に関する研究, 土木学会関西支部, 既設橋梁構造物およびその構成部材の健全度、耐久性の判定に関するシンポジウム論文集, 1983.
- 5) 高速道路調査会:高速道路と自動車, Vol.52, No.2, pp.72, 2009.

2009.3.30 受付

### グラビア写真説明

#### 松浜橋

本橋は阿賀野川に架かる橋梁です。新潟市津島屋～名目所間の交通渋滞の緩和（阿賀野川断面の交通容量の向上を図る）を目的として、阿賀野川河口付近に架かる国道113号松浜橋と国道7号阿賀野川大橋との間の阿賀野川大橋寄りの位置に架橋されます。

桁架設工事は、非出水期間（10月～5月）となるため、約3000tの桁架設工事をH20.10～H21.5までの1非出水期間で行っているところです。桁架設は、計13径間のうち、8径間を径間毎に台船架設工法、4径間を一括横取り架設工法、1径間をクレーンベント架設工法で行います。

風が非常に強く天候も変わりやすい厳寒期での現場施工となるため、工程管理が非常に難しい現場ではありますが、関係者の努力により安全に且つスムーズに施工は進捗しております。（菊地 秀貴）

#### 大川橋

由良川を渡河する大川橋は、昭和28年に架設されましたが、老朽化が著しく、また幅員が狭小で大型車の離合が困難な状況にあるため、平成11年度から橋梁架替と併せて、舞鶴市藤津地内の幅員が狭小で急カーブの区間を解消する総延長約1.2kmのバイパス事業に着手しています。特に新大川橋の床版施工は、積雪寒冷地での冬季施工という事もあり、気象条件も厳しい中での施工となりましたが、立派で華やかな橋として完成し、今後大変自然豊かな地域で、観光・海水浴又は帰省時にはこの橋が沢山の方々に活用される事を期待しております。（三橋 裕）