

鋼・コンクリート合成サンドウィッチ床版を用いた橋梁補修の計測による剛性評価

Measurement and rigidity evaluation for repairing the bridge using the steel sandwich composite floor slabs

(株)砂子組	正会員	平島 博樹	(Hiroki Hirashima)
(株)砂子組	正会員	近藤 里史	(Satoshi Kondo)
(株)砂子組	非会員	丸山 欣一	(Kinichi Maruyama)
(株)砂子組	正会員	田尻 太郎	(Taro Tajiri)
(株)砂子組	正会員	佐藤 昌志	(Masashi Sato)

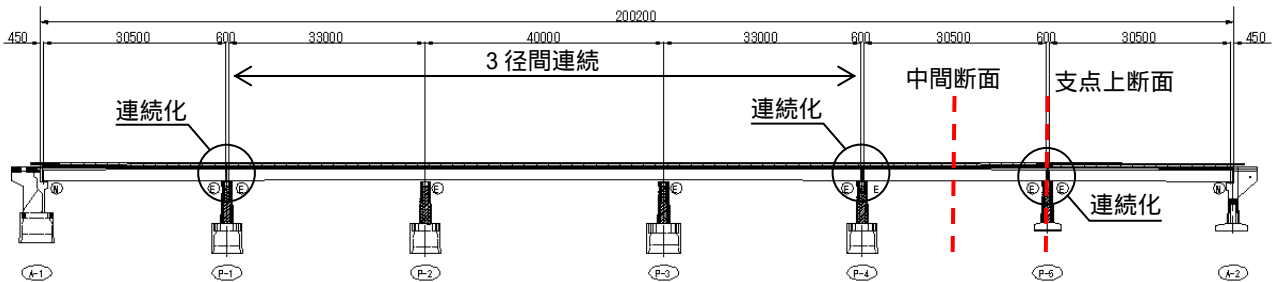


図 - 1 側面図

1. はじめに

一般国道275号竜水橋は石狩川の支流である雨竜川にかかる橋長約200mの橋梁で、中央径間は3径間連続桁、側径間は非合成単純板桁の左岸30.5m1連、右岸側2連で構成されている(図-1,2参照)。

コンクリート床版の劣化が著しかったことから昨年の半車線改修施工に引き続き今年度も、上流川を施工して完成形となるものである。

一般国道275号は重車両混入率が高い事、さらには狭小幅員であったことから、床版を比較的剛性が高いと言われている鋼・コンクリート合成サンドウィッチ床版に交換したほか、非合成単純板桁の連続化および増し桁(6径間連続桁)を行っている。

当該橋梁では、コンクリート床版をサンドウィッチ床版に交換したときの剛性を評価する目的で、桁ひずみ及び撓みを計測した。

本論文においては、トラック載荷重試験(2m置きに荷重点を変えた影響線)の結果から、これまで事例の少ない桁と床版の合成効果による合成桁としての剛性評価を行い、事前計測したコンクリート床版の結果と比較した。また振動試験も行い、振動数による評価も試みた。

2. 測定位置および測定項目

歪み測定は、支間中間と支点上断面として、図-1に示したP4, P5支間の中央断面と、P5上断面で行った。

トラック載荷重試験の載荷方法は、全重量20tfに調整したダンプトラックを、P5側からP4方向に順次移動させ、移動ステップは支間30.5mを覆う32mの区間を2mに分割して行った(図-3)。

歪み測定は、G1とG2の上下フランジ伸び歪み、ウエ

ブ中間点の歪みである。桁たわみは、全桁の下フランジ下面の変位を測定した。

以後、代表断面としてP4, P5支間中央断面に注目する。

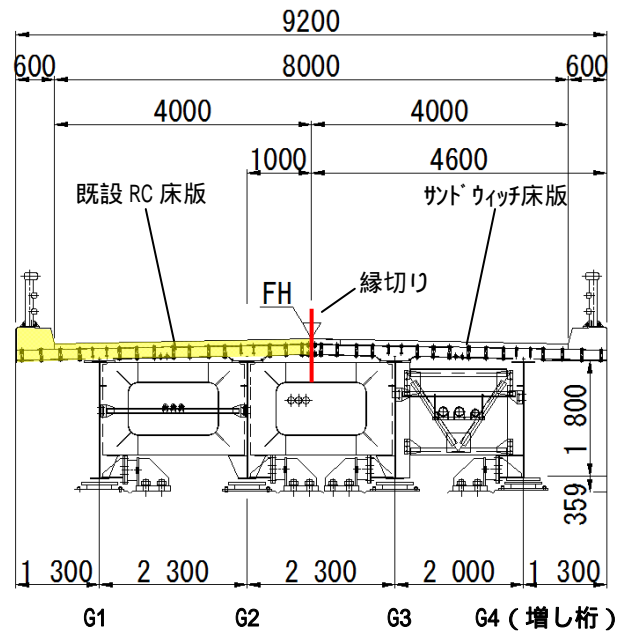


図 - 2 横断面図

3. 床版交換前の桁中立軸

床版交換前のRC床版の時点で当該橋梁は、設計上非合成である。ただし改修施工の都合上、図-2に示したようにRC床版を幅員中央で切断し、G1~G3はウェブをスプライス・プレートで連結する形で、P1, P4, P5において連続化されている状態での測定となった。

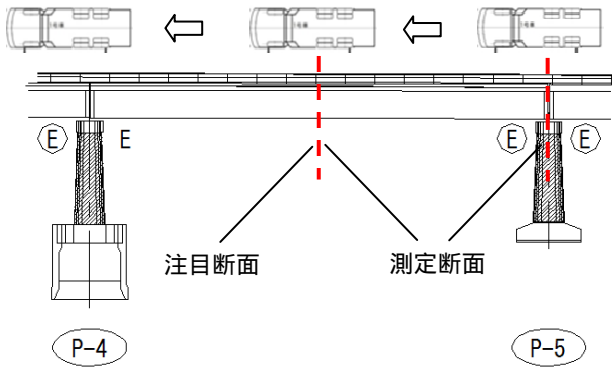


図 - 3 トラック載荷重試験

図-4, 5 は、トラック載荷重試験全 17 ケースの桁高方向の歪み分布を表す。図の横軸は桁高を 1 とし、左端が下フランジ、右端が上フランジ位置になる。

僅かなばらつきはあるものの、どの載荷ケースにおいても歪みは桁高方向に直線分布し、完全に梁として機能している。しかし G1, G2 の断面寸法は、G1 が U.F. : 250×19, W.P. : 1800×9, L.F. : 500×28、G2 が U.F. : 220×19, W.P. : 1800×9, L.F. : 500×25 であり、完全非合成とした中立軸位置は、G1, G2 とともに桁高の 0.35 付近にある。しかし測定における中立軸は G1 で 0.85, G2 で 0.63 付近である。

当橋梁は直線橋であり、かつ縦横断勾配を持たない。従って温度等の影響を除けば、理論上の軸力作用はなく、中立軸の位置ずれは床版の剛性効果だと期待できる。

桁歪み測定と別途同時に行われた床版下面の歪み測定結果によれば、RC 床版は一部合成桁として機能していた可能性が確認されている。その際の実測有効幅は、G1 に対して $789 + 641 = 1430$ mm, G2 に対して $1141 + 486 = 1627$ mm である。設計上の RC 床版厚は 180 mm, 地覆 200 mm となる。

実測有効幅および設計床版厚に基づく、ヤング係数比 15 を仮定した合成桁としての中立軸位置は、G1, G2 とともに 0.61 となる (G1 については地覆考慮)。

合成桁の理論的中立軸位置は G2 については、ほとんど実測と一致するが、G1 では非合成桁と実測の中間程度に位置する。しかしながら G1 で合成桁中立軸を妥当と仮定し、軸力が作用したもとして計算すると、軸応力は最大で 4 N/mm^2 程度であり、温度等の影響も考えられる。

4. 床版交換後の桁中立軸

床版交換後のサンドウィッチ床版の時点で当該橋梁は、設計上合成である。図-6, 7 に RC 床版と同じ図を示す。

サンドウィッチ床版においても歪みは桁高方向にほぼ直線分布し、ばらつきは RC 床版よりも小さい。測定における中立軸は G1, G2 とともに 0.90 付近にある。

実測有効幅は、G1 に対して $789 + 925 = 1714$ mm, G2 に対して $949 + 1150 = 2099$ mm である。設計上のサンドウィッチ床版構成は、 $t = 6$ mm 鋼板, 厚 162 mm, 地覆 330 mm となる。

実測有効幅および設計床版厚に基づき、合成断面の計

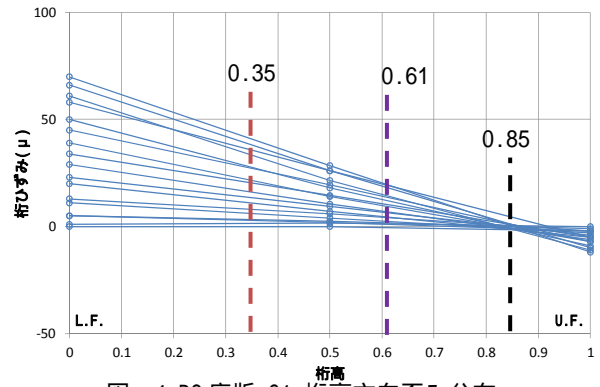


図 - 4 RC 床版 G1 桁高方向歪み分布

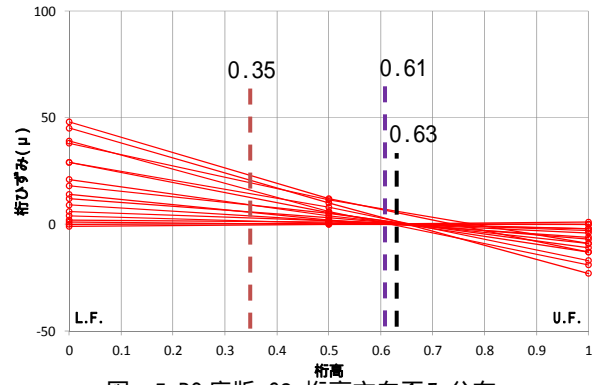


図 - 5 RC 床版 G2 桁高方向歪み分布

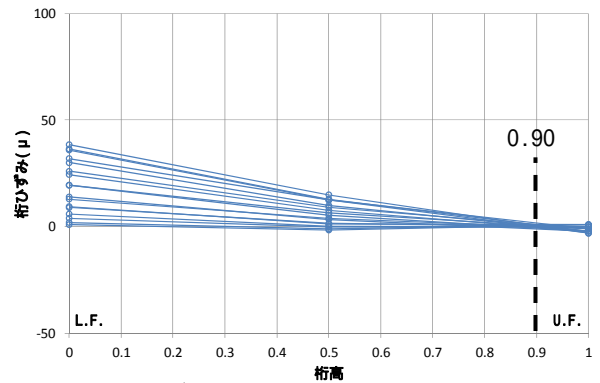


図 - 6 サンドウィッチ床版 G1 桁高方向歪み分布

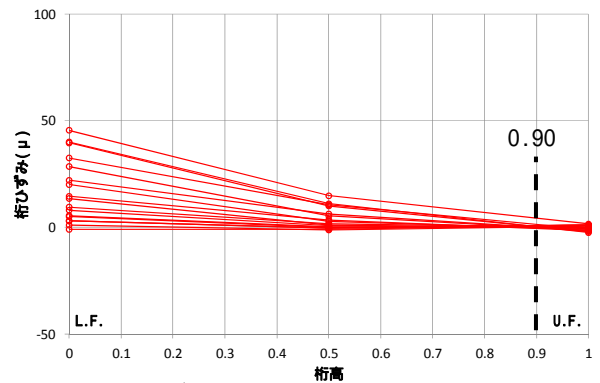


図 - 7 サンドウィッチ床版 G2 桁高方向歪み分布

算上の中立軸が実測中立軸位置と一致するようにヤング係数比を逆算すると、G1 に対して $n_1 = 1.7$, G2 に対して $n_2 = 3.0$ となる。

床版歪みの測定結果によればサンドウィッチ床版の場合、規則性はあるものの有効幅は、載荷位置による偏り

を持つので、ここではサンドウィッチ床版のヤング係数比 n として、 n_1 と n_2 の平均 $n=2.5$ 程度を想定する（構造計算用）。

$n=2.5$ を仮定した場合、合成桁としてのサンドウィッチ床版を含めた断面剛性は、RC 床版と比較して G1 は 1.5 倍、G2 は 1.6 倍の断面剛性となる。

5. 桁たわみ

図-8, 9 に、RC 床版とサンドウィッチ床版の桁たわみ影響線を示す。図の横軸は、P4 と P5 の支間距離を 1 とした載荷位置を表し、左端が P4、右端が P5 である。

図-10 は、同一地点における図-8, 9 のたわみ比で、[RC 版時のたわみ値/サンドウィッチ版時のたわみ値]の値を表す。ただし端部載荷では比の計算が、0/0 に近いものとなったため、端部 2 点の比の値は除外した。

図-9 で (G1, G2) と (G3, G4) が同一挙動を示さない理由は、RC 床版では幅員中央で床版を切断した状態での測定であり、サンドウィッチ床版では G1~G4 に対称に床版が打設された状態での測定であった事が考えられる。RC 床版とほぼ同じ載荷状態と考えられる (G1, G2) は、同一挙動を示す。

図-10 の (G1, G2) でたわみ比が一定とならない理由は先に述べたように、サンドウィッチ床版の有効幅は載荷位置による偏りを持つためだと考えられるが、支間中央載荷では、RC 版時のたわみがサンドウィッチ床版時のたわみの 1.7 倍程度となり、前節で想定したサンドウィッチ床版のヤング係数比から導かれる、断面剛性比に近い値となっている。

6. 振動試験結果

図-11 に、振動測定用の加速度計配置を示す。振動試験は、G1, G2 側車線の P4, P5 支間ほぼ中央において、総重量を 20 tf に調整したダンプトラックの後輪を高さ 30 cm 程度の角材に乗り上げさせ、ダンプが発進する事によって、後輪が角材から落下する時の衝撃で加振したものである。なお当該試験は、床版交換後に行われた。

図-12~14 に、振動試験より求めた固有振動モードを示す。赤は G4 側（上流）、青は G1 側（下流）の振動モードで、下流側の最大振幅を 1 に規格化している。図中の同色の 4 本のラインは、振動 1 周期における 0, 1/4, 1/2, 3/4, 1 のフェイズを表す。

3 次までの固有周期は 3.17, 4.70, 6.59 Hz で、当橋梁の剛性重量比、支間長から考えて、妥当な範囲にある。

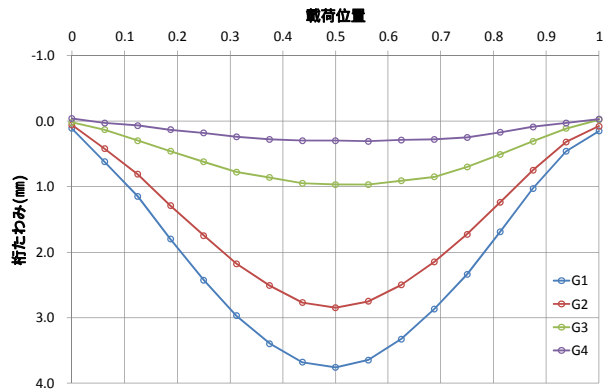


図 - 8 RC 床版 桁たわみ影響線

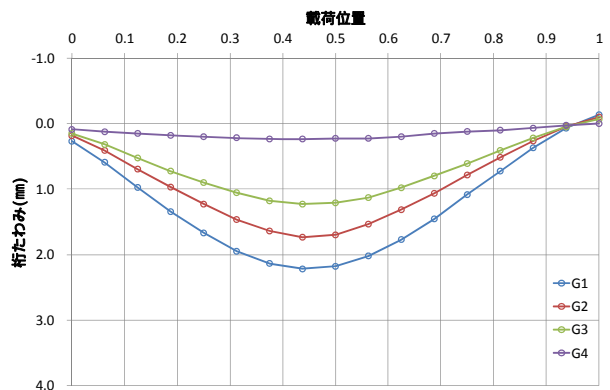


図 - 9 サンドウィッチ床版 桁たわみ影響線

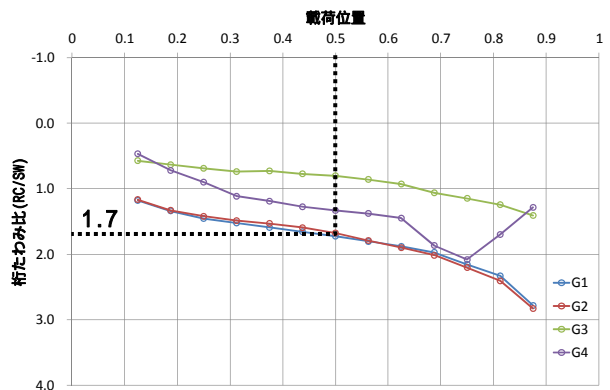


図 - 10 桁たわみ比 (RC/SW)

1 次モードは、既設の連続桁である P3~P4 の振動が励起されている。2 次モードでは逆に、単純桁を連続化した P4~A2 部分が主に励起される。

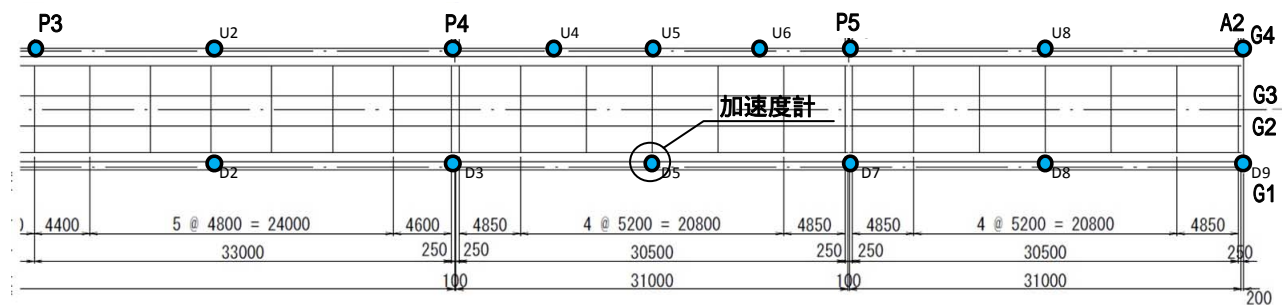


図 - 11 加速度計位置

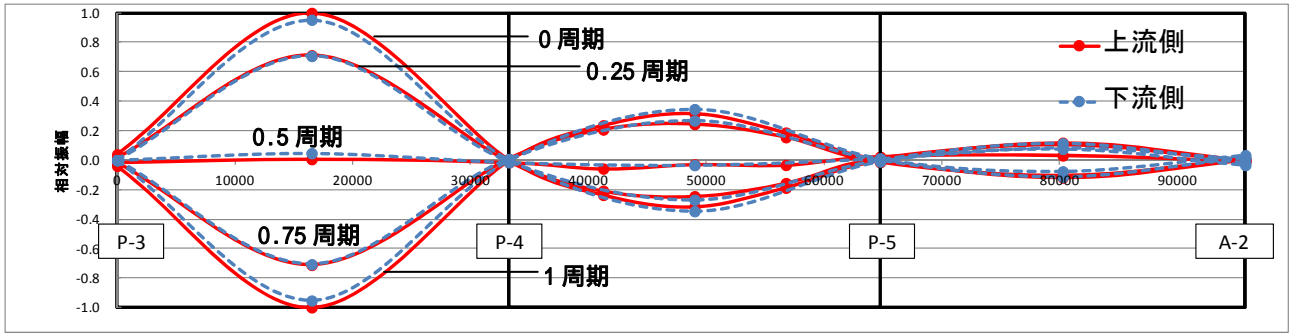


図 - 12 1次振動モード 3.17 Hz

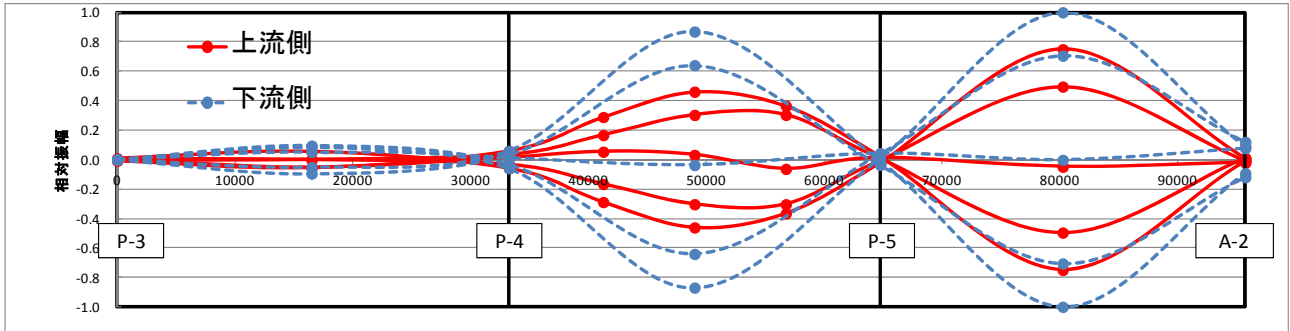


図 - 13 2次振動モード 4.70 Hz

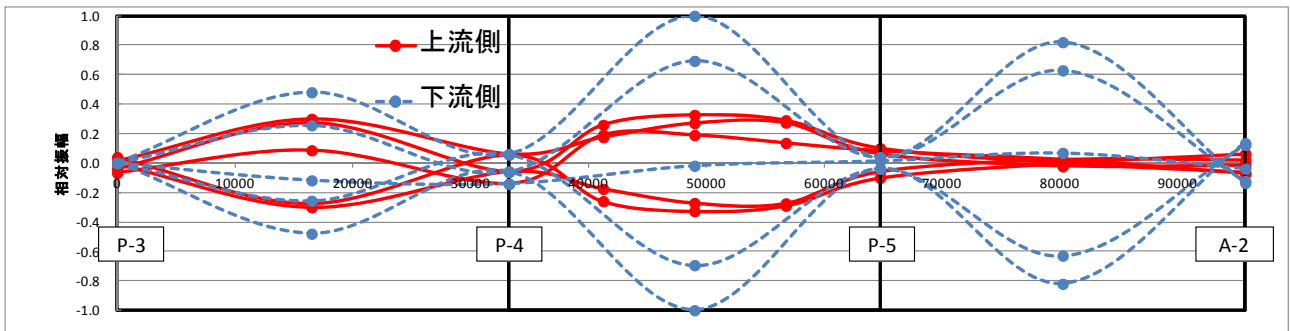


図 - 14 3次振動モード 6.59 Hz

3次モードは概ね、P3, P4支間とP4, P5支間の連成と考えられる。

連続化された下流側 P4~A2は本来単純桁であり、断面構成が既設連続桁部分とは若干違っているのが実情である。そのために既設連続桁部分が主となる1次モードと、旧単純桁部分の振動が主となる2次モードが、固有モードとして分離されたと考えられる。

一方、上流側、下流側の違いに注目すると、既設連続桁部分の1次モードはほとんど同じであるが、旧単純桁部分の2次モードは下流側の方がかなり大きく、増し桁である上流側 G4の剛性が相対的に大きい事を示唆する。

増し桁であるG4は、当初から6径間連続桁として計画され、既設連続桁部分に近い断面構成となっている。

3次モードは両者が連成し、旧単純桁部の剛性の違いから既設連続桁部分でも、モードに対する等価剛性に違いが生じたと考えられる。

7. まとめ

当論文では、床版交換と増し桁による改修工事の影響を調べる目的で行った、改修前後での桁歪み、桁撓み測

定結果および、改修後に行った振動試験結果をとりまとめた。

桁歪み、桁撓み測定によって明らかになった、中立軸位置から推測されるサンドウィッチ床版(鋼板厚6mm×2)のヤング係数比は2.5程度となり、RC床版に比較してサンドウィッチ床版は非常に高剛性である事が示唆される。

振動試験結果からは、連続化された下流側6径間連続桁(G1~G3)と、新設された上流側6径間連続桁(G4)における、無視できない剛性の相違が示唆され、剛性の相違により、上流側と下流側の変位差は、無視できない大きさになる可能性がある。

変位差は、高剛性サンドウィッチ床版が吸収すると思われるが、サンドウィッチ床版の負担の程度は、今後の橋梁点検等で注目に値すると思われる。

8. あとがき

現場を提供して頂いたとともに適切な指導を頂いた札幌開発建設部深川道路事務所の皆様に感謝いたします。