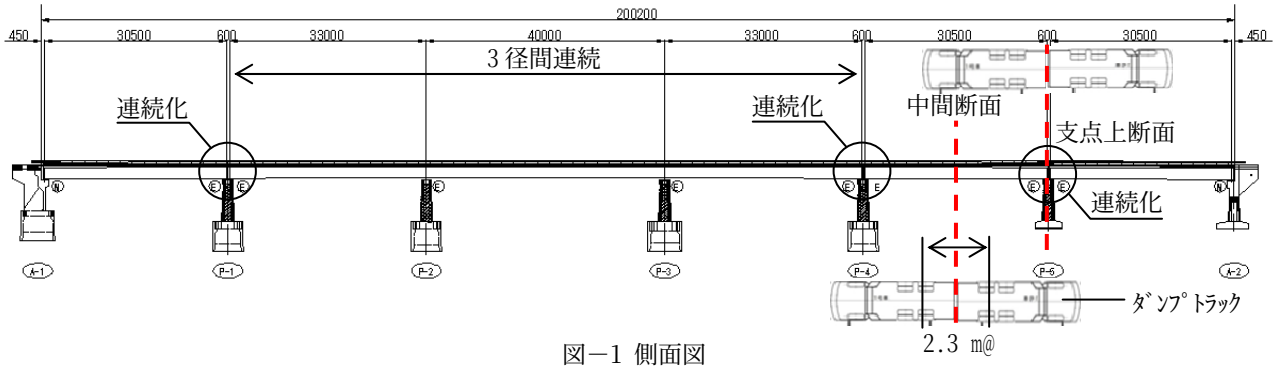
鋼・コンクリート合成サンドウィッチ床版を用いた橋梁の載荷試験による床版有効幅

Effective width of the floor slabs by the loading test of the bridge using the steel-concrete sandwich composite floor slabs

(株)砂子組　○正会員　近藤　里史　(Satoshi Kondo)
(株)砂子組　正会員　平島　博樹　(Hiroki Hirashima)
(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 200 m 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 30.5 m 1 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。

本橋梁においては、コンクリート床版を取り壊した後に合成床版を架設したことから、非合成桁が完全合成桁となったと考えられる。このことから、橋梁全体の剛性は上がったと解釈できるが、輪荷重が桁上に作用したとき桁と一体となった床版の横断方向ひずみがどの様に分布しているか（床版有効幅）を把握する必要がある。

一般的には釣り鐘状（ベルシェープ）に分布されると言われているが、サンドウィッチ構造のため既設床版より薄くなったことからトラック載荷試験を行い、事前に計測したコンクリート床版との比較を行った。

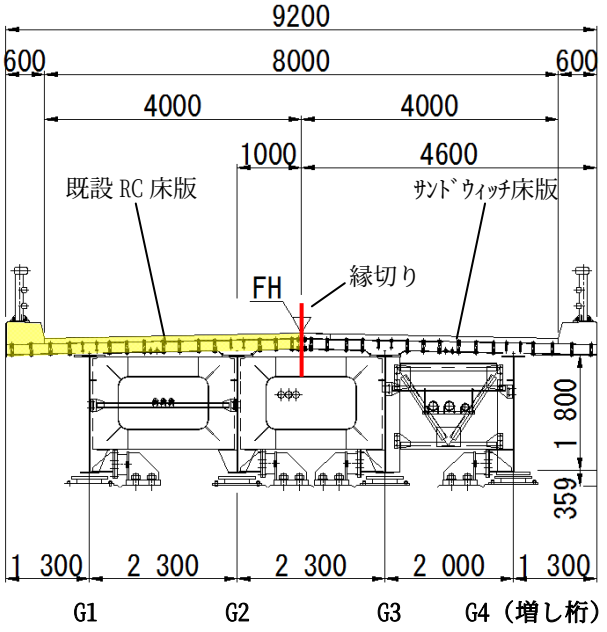
２．測定位置および測定項目

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

横断方向の位置は、図-2 に示した G1 側地覆直下～G1 の張り出し幅を 3 等分した 2 点，G1～G2 の主桁間隔を 8 等分した 7 点，G2～FH▽を 3 等分した 2 点である。測定歪み方向は橋軸方向である（床版下面）。

載荷方法は、全重量 20 tf に調整したダンプトラックを、測定断面と後輪位置が 2.3 m となるように断面前後に対称に配置した。

全桁の上下フランジ伸び歪みと、G1，G2 ウェブ中間における伸び歪みも測定している。



図－2 横断図

３．有効幅計算方法および結果

道路橋示方書.同解説.鋼橋編に従い、測定データによる有効幅λは、次式で計算した[1)]。

$$\lambda = \frac{\int_0^b \sigma(y)\, dy}{\sigma_0} \qquad (3.1)$$

ここに、

λ　：有効幅（mm）

σ_0　：桁直上の床版の橋軸方向応力（歪み）

y　：橋軸直角方向

σ(y)：y 方向の床版の橋軸方向応力（歪み）分布

b　：腹版間隔の 1/2 または片持部の突出幅（mm）

図-3，4 に床版打ちかえ前後での RC 床版とサンドウィッチ床版の、σ(y)の分布を示す。なお図中の G1，G2 上の値は、桁の上下フランジとウェブ歪みから中立軸を求め、フランジ歪みを床版下面の歪みに換算したものである。グラフより数値的に式(3.1)を計算した結果は、以下である。

(1) 打ちかえ前 RC 床版の有効幅

(1-1) 支間中央断面

G1： 556 mm

G2：1141 mm

(1-2) 支点上断面

G1： 467 mm

G2：1073 mm

(2) 打ちかえ後 ｻﾝﾄﾞｳｨｯﾁ床版の有効幅

(2-1) 支間中央断面

G1：1145 mm

G2：1238 mm

(2-2) 支点上断面

G1： 950 mm

G2： 950 mm

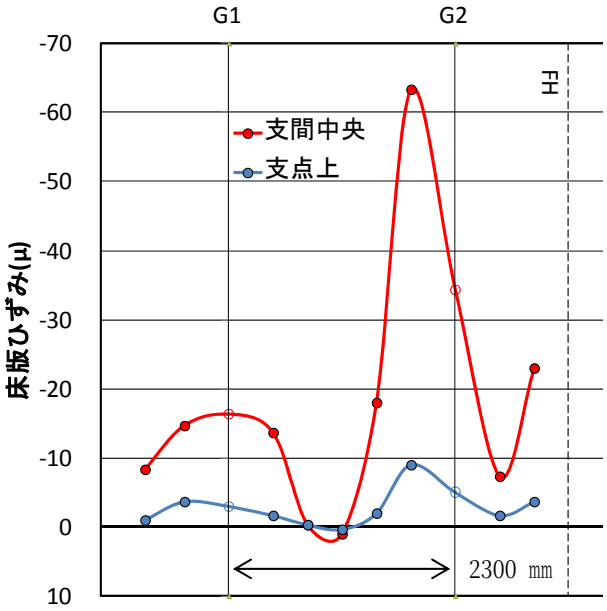
4．道路橋示方書における有効幅

道路橋示方書.同解説.鋼橋編の推定式による有効幅[2]は連続桁の支間中央の場合、等価支間長 L＝0.6×30.5＝18.3 m，b＝2.3/2＝1.15 m なので、b/L＝0.063（0.05＜0.063＜0.30）となり、λ_c＝(1.1－2b/L)b＝1120 mm となる。支点上では、L＝0.2×(30.5+30.5)＝12.2 m，b/L＝0.094（0.02＜0.094＜0.30）となり、λ_s＝(1.06－3.2 b/L+4.5(b/L)^2)＝918 mm となる。

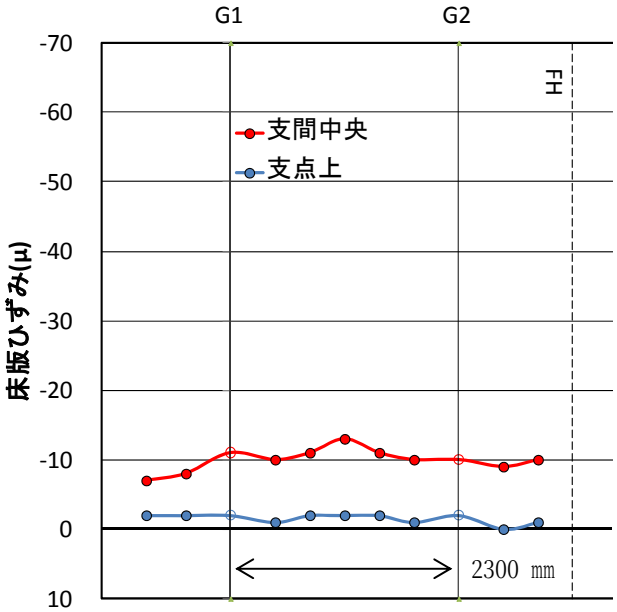
5．床版の横断方向歪み分布

打ちかえ前の RC 床版では図-2 に示したように、施工の都合上、幅員中央で床版を切断した状態での測定となった。このとき既に G1 は、ウェブをスプライス・プレートで連結する形で、P4，P5 において連続化されている。

幅員中央で床版を縁切りしたため図-3 に示したように、G1，G2 への応力配分のバランスが偏ったと考えられるが、この影響で 3.(1).(1-1)，(1-2)では、G1 側の実測有効幅が特に小さくなり、また全体として道路橋示方書の推定値に達していない。ただし G2 側の有効幅は、



図－3 打ちかえ前 RC 床版



図－4 打ちかえ後 サンドウィッチ床版

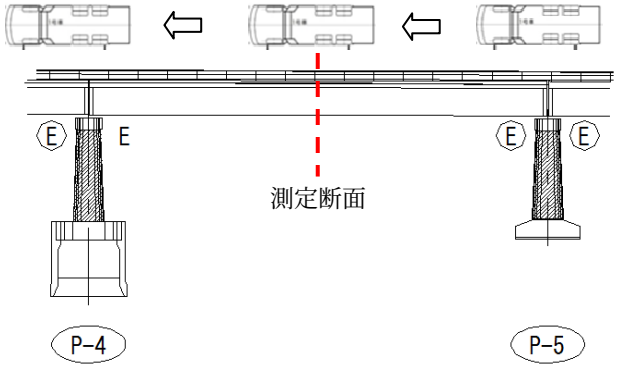
道路橋示方書の値にかなり近いと考えられる。

床版打ちかえ前の RC 床版は設計上非合成なので、有効幅が道路橋示方書の推定値になっていなくても問題はない。

しかしながら図-3 の歪み分布は、概ね G1，G2 を中心とした釣り鐘状（ベルシェープ）をしており、主桁間隔中央で歪みがほぼ 0 となる事からも、道路橋示方書で想定される力学モデル[3]と定性的には良く一致している。

この事から打ちかえ前の RC 床版は、一部合成桁として機能していた可能性がある。

図-4 の合成化されたサンドウィッチ床版では、明確なベルシェープは現れず、桁間でほぼ一様な歪み分布となる。このため実測有効幅は、道路橋示方書の推定値を多少上回るものになった。



図－5 移動載荷試験

6．移動載荷試験の結果

次に移動載荷試験の結果を示す。移動載荷試験は全重量 20 tf 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て行った。移動ステップは支間 30.5 m を覆う 32 m の区間を 2 m で分割し、測定は支間中央である。

図-5 は、RC 床版に対する移動載荷全 17 ケースの結果である。載荷位置により歪みの大きさは変化するが、全体の傾向は、図-3 と同じである。

図-6 に、代表ケースとして支点上載荷（P5，P4），支間 1/4 載荷（P5 側，P4 側），支間中央載荷（P5，P4 中央）の結果を示す。

図-7 は、図-5 に示した各ケースを各ケースの歪みの最大値で規格化し、点線はその全ケースの平均を取ったものである。

RC 床版では移動載荷による結果も、概ね G1，G2 を中心とした釣り鐘状（ベルシェープ）をしており、主桁間隔中央では歪みがほぼ 0 となる。道路橋示方書で想定される力学モデル[3]と定性的に良く一致している。

図-7 の平均と、式(3.1)に基づいて算出した実測有効幅を以下に示す。3.(1).(1-1)とほとんど変わらない結果である。

(1) 打ちかえ前 RC 床版の有効幅（移動載荷）

(1-1) 支間中央断面

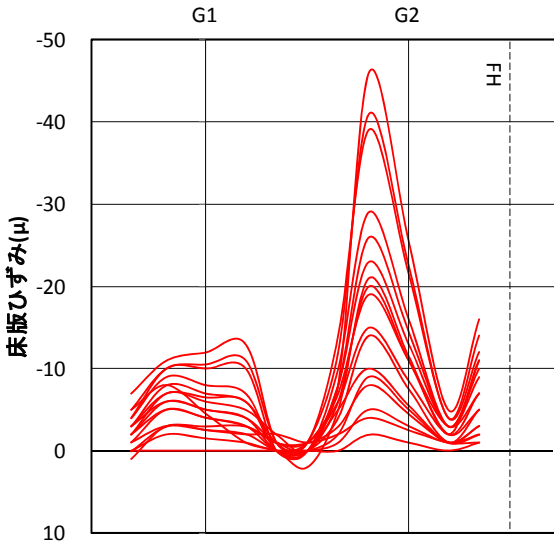
G1： 641 mm

G2：1141 mm

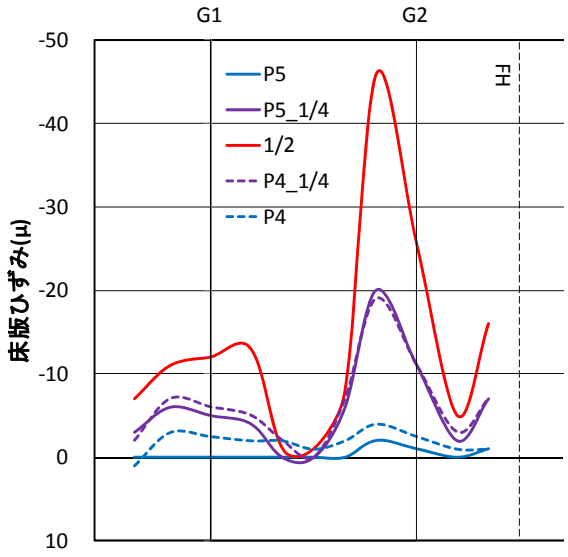
図-8 は、サンドウィッチ床版に対する移動載荷全 17 ケースの結果である。全体の傾向は図-4 と同様に、桁間でほぼ一様な歪み分布となり、床版合成が高く、かつ合成桁構造を成すので、歪み値は RC 床版の 1/5 程度に抑えられている。

図-9 に、代表ケースとして支点上載荷（P5，P4），支間 1/4 載荷（P5 側，P4 側），支間中央載荷（P5，P4 中央）の結果を示すが、サンドウィッチ床版は RC 床版と比較して、橋軸方向の載荷位置に対して橋軸方向歪みが対称に発生しておらず、当橋梁では桁端により近い P5 よりも、より遠い P4 側に歪みが偏る傾向がみられる。

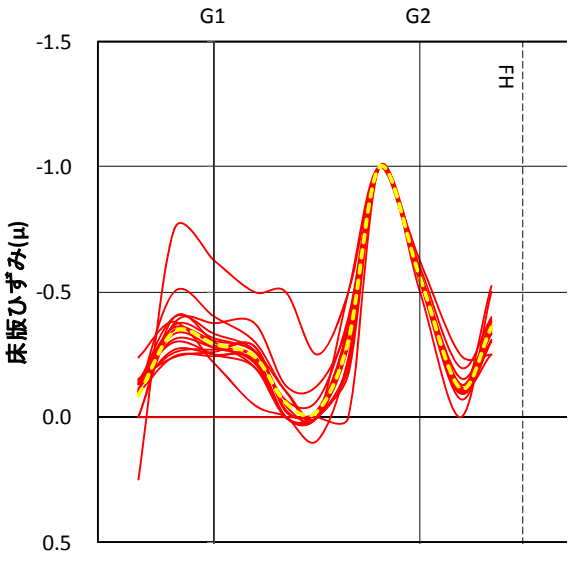
点線（Max）で示した歪み分布ピークの位置も、支間中央から P4 側に支間の約 1 割ずれている。



図－5 RC 床版 全ケース（移動載荷）



図－6 RC 床版 支点上，1/4，中央載荷



図－7 RC 床版 規格化および平均（全ケース）

図-10 は、図-8 に示した各ケースを各ケースの歪みの最大値で規格化し、点線はその全ケースの平均を取ったものであるが、規格化する事によりサンドウィッチ床版では、載荷位置による歪み分布のばらつきが、規則性はあるものの大きい事がわかる。

平均と式(3.1)に基づく実測有効幅は以下である。

(2) 打ちかえ後 ｻﾝﾄﾞｳｨｯﾁ床版の有効幅（移動載荷）

(2-1) 支間中央断面

G1： 925 mm

G2： 949 mm

サンドウィッチ床版では、支間中央付近の載荷で横断方向歪み分布がほぼ一様になるが、支点に近づくに従い桁間中間部の歪みが端部と逆転する傾向が見られ、全体としては単純なベルシェープよりも複雑な分布性状を示す。結果として平均では、端部載荷の分布形状が優勢となり、(2).(2-1)は 3.(2).(2-2)と同程度となった。

この原因として、サンドウィッチ床版は高剛性かつ版厚も薄い事から来る、RC 床版よりも大きな荷重分配効果が考えられる。

7．まとめ

今回の測定では RC 床版，サンドウィッチ床版いずれに対しても、測定に基づく有効幅の値は、道路橋示方書の推定値に近いものとなったが、定性的には両者にかなりの違いが見られた。

RC 床版では設計上非合成にも関わらず、道路橋示方書が想定する力学モデルに、定性的には良く一致する床版の歪み分布が得られた。一方、サンドウィッチ床版の歪み分布は、設計上も合成であるにも関わらず、先の力学モデルに必ずしも一致するものではなかった。

またサンドウィッチ床版の歪み分布には載荷位置に対する偏りが見られ、支間中央と端部の載荷では、分布性状に明らかな違いがあり、単純なベルシェープよりも複雑な分布性状が得られた。

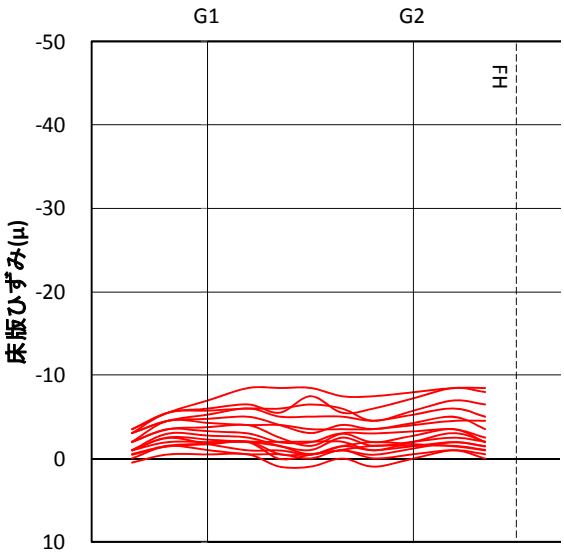
サンドウィッチ床版を用いた合成桁に関しては、今後も測定等を行い、有効幅の推定方法を検証していくのが望ましいと考えられる。

8．あとがき

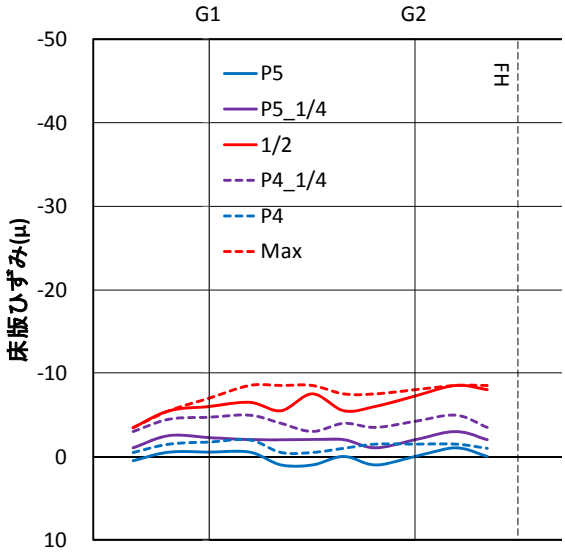
現場を提供して頂いたとともに適切な指導を頂いた札幌開発建設部深川道路事務所の皆様に感謝いたします。

参考文献

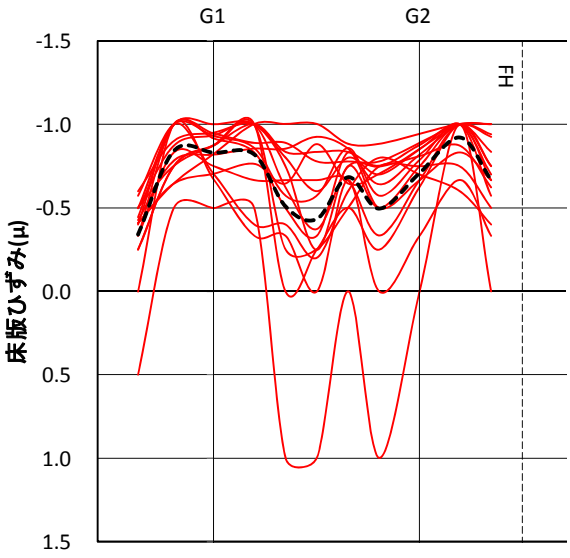
1) 道路橋示方書．同解説Ⅱ．鋼橋編．pp.313，（解 11.3.1），平成 24 年 3 月，日本道路協会.
2) 同.pp.312～313.(11.3.1)，(11.3.2)，表－11.3.1.
3) 同.pp.314～315.



図－8 ｻﾝﾄﾞｳｨｯﾁ床版 全ケース（移動載荷）



図－9 ｻﾝﾄﾞｳｨｯﾁ床版 支点上，1/4，中央載荷



図－10 ｻﾝﾄﾞｳｨｯﾁ床版 規格化および平均（全ケース）