

I-84

実橋における鋼合成サンドウィッチ床版の桁作用効果と施工報告

ショーボンド建設(株) ○正員 近藤 千秋
 ショーボンド建設(株) 正員 温泉 重治
 北海道開発局開発土木研究所 正員 池田 憲二
 (社)北海道開発技術センター 正員 新山 惇

1. はじめに

従来、橋梁床版にRC構造を採用しているのが一般的であるが、今回、一般国道5号線の長万部橋にハーフプレハブ化した鋼合成サンドウィッチ床版を適用した。

この構造の特徴を略記すると、①コンクリート打設時に型枠支保工不要。②RC構造と比較し、軽量で高い耐力とじん性を有する。③連続合成桁として適用が可能。④橋梁のトータルコストの縮減と工期の短縮が図られる。

本橋は、三径間連続活荷重鋼合成桁として設計したものである。しかしながら、ハーフプレハブ化したサンドウィッチ床版と主桁を結合後、コンクリート打設荷重に対しても、上下鋼板が桁作用として合成効果があるものと考えられる。そこで実橋での有効性を調べるため、ひずみ測定を行った。

本報告では、ひずみ測定の結果を得られた知見について述べると共に、現場でハーフプレキャスト化したサンドウィッチ床版の新しい架設方法と、内部に充填する高流度コンクリートの打設方法についても紹介するものである。

2. 実橋で採用した各部構造の詳細

2. 1 サンドウィッチ合成床版パネルの割付

サンドウィッチ合成床版のパネル割付は、輸送可能な大きさとする必要があり、図-1のように橋軸方向長さは11.5m、幅は主桁間隔で2.75mとしている。

2. 2 主桁との連結

サンドウィッチ合成床版と主桁の連結は、図-2に示すように、高ナットを利用した専用高力ボルトにて直接連結する方法を採用している。高ナットは、工場製作時にナット止め金具を用い、あらかじめ床版内に配置している。

2. 3 上下鋼板の連結

サンドウィッチ床版の連結は、図-3に示すように高力ボルトによる添接とし、ナットは工場製作時にナット止め金具を用いあらかじめ床版内に配置している。



図-1 パネル割付概要図

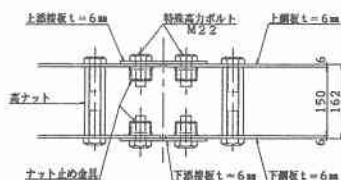


図-2 主桁との連結部断面

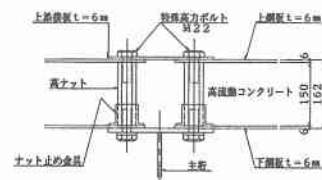


図-3 床版との連結

Beam-action Effect of Sandwiched Steel-Concrete Composite Slab on Existing Bridge, and Construction Report
 by Chiaki KONDO, Shigeji ONSSEN, Kenji IKEDA, Makoto NIYAMA

2. 4 主桁上フランジの添接

主桁上フランジの添接は、サンドウィッチ床版が架設されるため上面をフラットとし、図-4に示す現場グルーブ溶接を採用した（合成床版の鋼板に切り欠きは設けない）。また、上フランジ以外の添接は、高力ボルトによる一般的な添接としている。

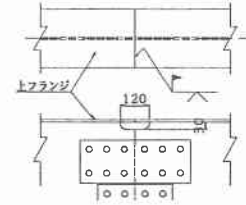


図-4 主桁上フランジの添接

3 実橋における主桁と版のひずみ測定試験

3. 1 試験概要

コンクリート打設前に主桁と結合されたプレハブサンドウィッチ床版の上下鋼板が、コンクリート打設荷重に対し、主桁断面としてどの程度合成作用をするかについての確認のため、主桁および床版上下鋼板のひずみを測定した。

なお、実橋の設計は、通常の活荷重合成桁としているため、コンクリート打設時は床版鋼板を考慮していない。

3. 2 試験方法

ひずみ測定位置は図-5に示す断面のG2、G3桁とし、G3桁については側径間 $l/4$ 断面、側径間中央断面、中間支点上の3断面とし、G2桁については側径間中央断面にて測定した。

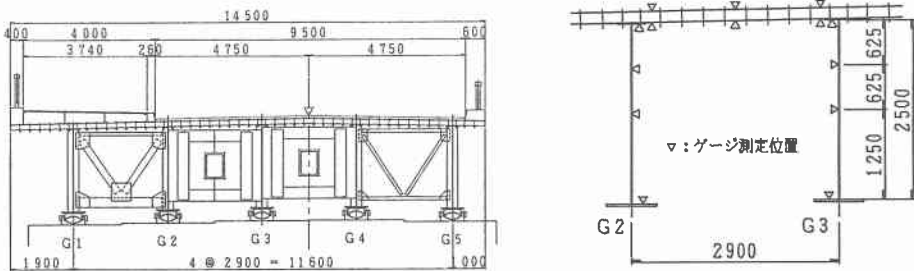


図-5 橋梁断面およびひずみ測定位置

3. 3 試験結果

実測値の橋軸方向の応力度分布および理論計算上の非合成桁としての応力度分布、非合成桁に床版下面鋼板を考慮した場合の応力度分布、床版の上下鋼板を考慮した場合の応力度分布を図-6～9に示す。

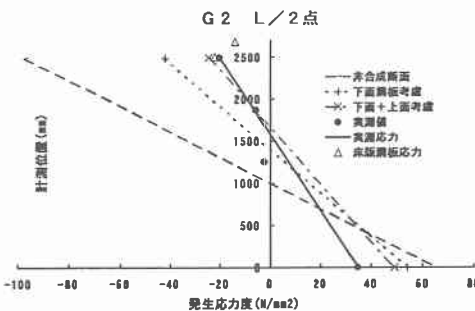


図-6 G2 $l/2$ 点応力度分布図

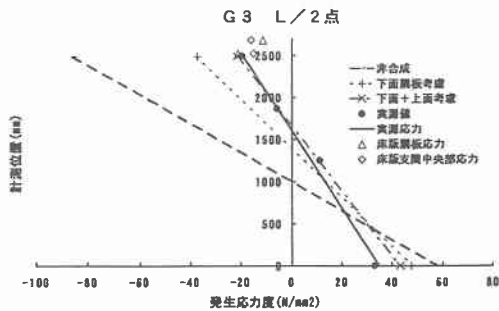


図-7 G3 $l/2$ 点応力度分布図

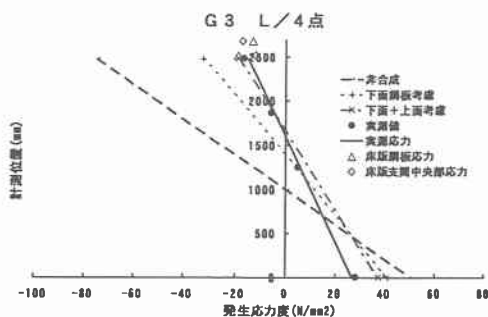


図-8 G3 L/4点応力度分布図

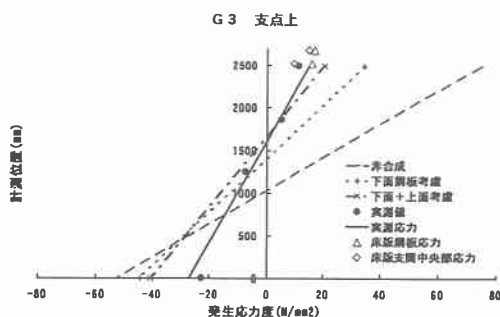


図-9 G3 中間支点上応力度分布図

また、別橋で鋼サンドウィッチ床版を用い、非合成桁として設計した橋梁についても桁・床版ひずみ測定値も合わせて図-10、図-11に示す。

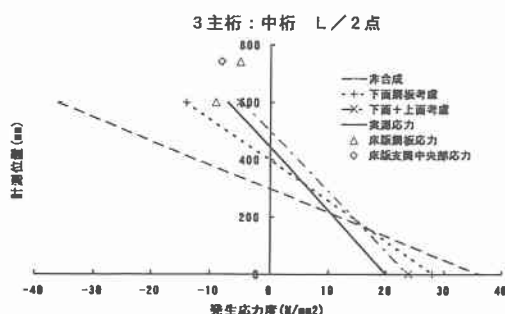


図-10 3主桁：中桁 L/2点応力度分布図

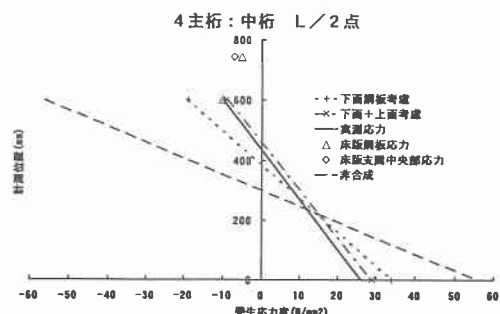


図-11 4主桁：中桁 L/2点応力度分布図

(1) 主桁作用としての上下鋼板の影響

- ① 主桁の測定応力は、上下鋼板を考慮した計算値より、上フランジで約25%、下フランジで60%の発生応力しかない。
- ② 桁の作用として中立軸で見ると、設計時非合成断面より著しく異なり、上下2枚の鋼板を考慮した計算値に近い。
- ③ 主桁上フランジ応力と比較すると、サンドウィッチ床版の主桁と接している下面鋼板応力は、10～15%程度大きい。また、上面鋼板応力は10～15%小さい。
- ④ サンドウィッチ床版の上下鋼板応力は、主桁との接合部より、床版支間中央部は30%程度小さい（主桁上フランジ応力より15～20%程度小さい）。

(2) 床版作用としての上下鋼板の影響

ハーフプレキャスト化したサンドウィッチ床版に主桁と結合した後、現場でコンクリートを打設したときの上下鋼板のひずみ分布を図-12に示した。

ひずみの分布状態は上下鋼板とも引張応力を受け、上鋼板ほど大きく（20～40 μ ）、下鋼板は支間中央部で上鋼板と同じであるが、桁端付近では著しく小さく10 μ 以下である。

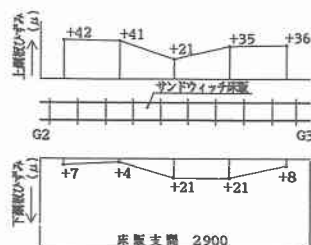


図-12 床版の橋軸直角方向・ひずみ分布図

4. 考 察

4. 1 主桁作用

- ① 桁作用としての中立軸は、上下鋼板を考慮したものに近いが、上鋼板の応力が下鋼板の応力よりも小さいことから完全な一体化とはいえない。

しかし、主桁の測定応力は、下鋼板の全部と上鋼板の半分以上を考慮したものに近いことから、設計に反映するとすれば、少なくとも下鋼板全部を考慮しても危険側とにならないものと考えている。このことは別橋で測定した実測値からも同じことがいえる。

- ② 主桁の上フランジ応力よりも、サンドウィッチ床版の桁と接している下鋼板応力が増大しているのは、主桁と床版の下鋼板を固定しているボルトとボルトの中間部であることから、局部的に増大しているためと考えられる。しかしながら絶対値は小さいことから、設計上は無視できるものと考えている。
- ③ 下鋼板応力が桁と接している部分よりも、床版中央部の方が応力で30%程度小さくなっているのは、版として当然の帰結である。

4. 2 床版作用

上下鋼板がいずれも絶対値は小さいものの引張力を受け、特に上鋼板が下鋼板より大きい応力を受けている。この理由として、ハーフプレキャスト部材として、上下鋼板とボルトで結合された構造となっていることから、曲げ剛性が小さく、かつ主桁とは30cmピッチで高力ボルトで結合されているため、全体的に引っ張られた構造となった。

特に上鋼板は、下鋼板のように主桁と直接固定されていない、下鋼板から突き出た長い高力ボルトで固定されているため、より顕著に現れたのではないかと考えている。

5. 鋼サンドウィッチ床版の施工

5. 1 ハーフプレハブ化したサンドウィッチ床版の製作

中空鋼サンドウィッチ床版の製作には、始めに版の自重（鋼、コンクリート舗装重量）によるたわみを実験により求め、（本橋の場合、床版支間2.9mで支間中央において11mm）15mmのそりを鋼板の曲げと、高力ボルトを用いて与えている。

また、鋼板の切断、穴明けは高い精度が必要なため、すべてレーザー加工によって行い、さらに高力ボルトの締め付け管理は、ボルト回しのため回転角法で行い、所定の軸力 $16 \pm 2\text{tf}$ を導入した。

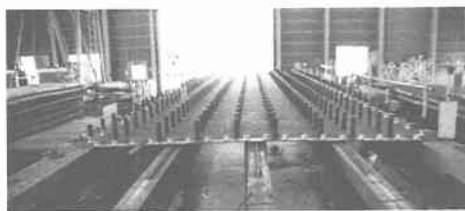


写真-1 下鋼板のボルト設置



写真-2 キャンバー付版の組立

5. 2 ハーフプレハブ化したサンドウィッチ床版の架設

陸上から架設可能な範囲は、版の自重が約4tf近くあることから45tfラフタークレーンで行い、水上部はあらかじめ陸上部で6ブロック全部を仮組みし（この場合、全幅員14.5m、1ブロックの長さ11.5m全

部)、図-13に示すような新しく開発した搬送装置を用いて送り出し工法で行った。
 この搬送装置は、仮組みした版を桁上で複数の車輛の付いたジャッキで版全体を浮上させ、モノレールのような搬送押し機で版を所定の位置まで送り出し、次にジャッキで浮上させていたものを桁上に下げ、さらに版の微調整をレバーブロックで行った。

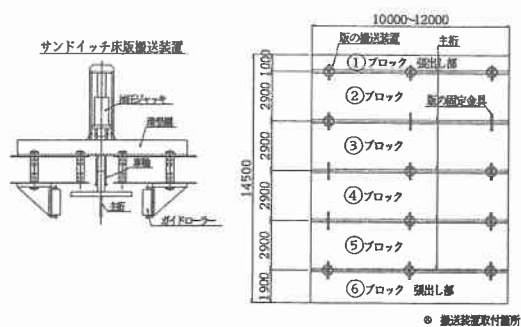


図-13 搬送装置による架設方法

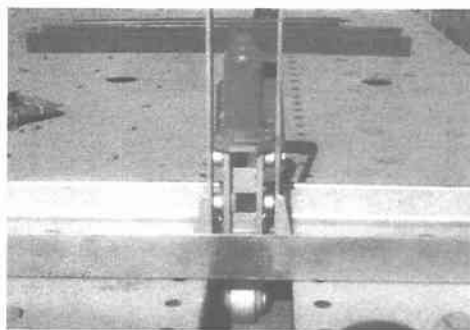


写真-3 車輛はジャッキで版の浮上



写真-4 搬送装置による版の移動

5.3 高流動コンクリートの充填

コンクリートの充填は、サンドウィッチ床版の上面鋼板に2㎡当り約1個の割りにコンクリート充填と空洞防止の穴、φ120mmと、さらに充填状況を確認するためのφ12mm穴を明けた。

次にハーフプレハブ化したサンドウィッチ床版にコンクリートの充填方法としては、図-14に示すように、コンクリート充填用円筒状の筒と、さらに充填以外の版の穴にも空洞防止用の円筒状の筒を配置した。こうすることによって、コンクリート充填筒に圧力を掛けて注入することができ、空洞防止筒から、コンクリートが20～40cm程度圧力で上り、版の内部に十分コンクリートを充填させることができる。また、高流動コンクリートはパイプレーターを掛けずに約8m程度流すことができるため、充填用筒の移動として1枚の版（2.9m×11.5m）に3回程度であった。

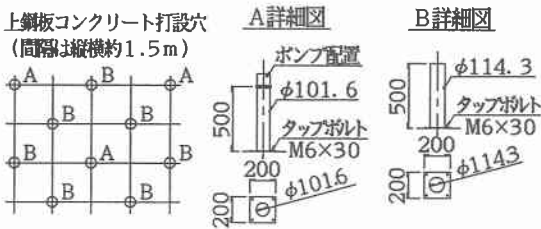


図-14



写真-5 ポンプ車による高流動コンクリートの打設

6. 今後の課題

本床版の開発・設計・施工を通じ、以下のような課題を考えている。

① 本橋は、鋼サンドウィッチ床版と主桁とはボルト結合によって合成桁として設計している。

したがってサンドウィッチ床版の穴と主桁の穴を一致させるため、主桁の仮組み時、および架設完了時の穴の測量と版の設置の検討に多大な時間と努力を費やした。

このことから今後、省力化をするための検討が早急に望まれる。

② ハーフプレハブ化したサンドウィッチ床版を合成桁としたとき、コンクリート打設荷重に対し、上下鋼板を主桁断面に算入するときの有効度の確立。

③ 橋梁完成後、載荷試験を行い、活荷重合成桁としての効果についても調べる予定である。

7. おわりに

今回、長万部橋の設計および施工を実施し、大規模な実橋におけるサンドウィッチ床版の施工例としては国内で初めてであり、いくつかの課題を残しつつも施工はほぼ完了することができた。

これもひとえに御支援いただいた関係各位の賜であり、大阪大学大学院 松井繁之教授には衷心より感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 伊藤浩・三好章仁・今野久志・佐藤昌志：建設コストの縮減と耐荷力向上を目指した長万部橋の設計計画、土木学会北海道支部論文報告集 第54号(A) 1998.2
- 2) 古内仁・上田多門・温泉重治・佐藤政勝：ダイバーを用いたフルサンドイッチ合成床版の終局耐力について、コンクリート工学年次論文報告集 Vol.21 No.3 1999
- 3) 近藤千秋・温泉重治・三田村浩・松井繁之：ハーフプレハブ化した鋼合成サンドウィッチ床版、第4回複合構造物の活用に関するシンポジウム 1999.11
- 4) 近藤千秋・佐々木康博・小林将・温泉重治：著しい損傷を有するRC床版の鋼合成サンドイッチによる補強、土木学会第53回年次学術講演会講演概要集 第5部 1998.10 pp1176～1177
- 5) 佐藤昌志・温泉重治：鋼合成コンクリートサンドウィッチ床版の施工技術に関する開発、橋梁&都市 Vol.35 1999.12 pp22～30