

# 長支間鋼 2 主鈹桁橋の場所打ち床版の支保工

牧野卓也<sup>1</sup>・佐藤秀行<sup>2</sup>・高橋慶成<sup>3</sup>・清水健介<sup>4</sup>

<sup>1</sup>日本道路公団 静岡建設局 建設部 (〒420-0857 静岡県静岡市御幸町11-30エクセルワードビル14階)

<sup>2</sup>日本道路公団 東京建設局 水戸工事事務所 (〒311-4153 茨城県水戸市河和田1-1814-1)

<sup>3</sup>日本道路公団 本社 企画部 (〒100-8979 東京都千代田区霞ヶ関3-3-2 新霞ヶ関ビル)

<sup>4</sup>JFE工建(株) 橋梁・構造計画部開発室 (〒230-0045 横浜市鶴見区末広町2-1)

第二東名高速道路 駒瀬川橋は、施工や維持管理における省力化と合理化を追求した広幅員の鋼連続2主鈹桁橋である。本橋の場所打ち床版施工時の支保工に採用した腹板孔明け工法は主桁の腹板にボルト孔を明けて架設時や床版打設時、さらに供用後の維持管理時などに目的に応じた治具を取付けることで経済性・作業性の向上を図ると共に、従来工法での桁への吊り金具の溶接を行わないことで桁の疲労寿命低下を避けることもできる。さらに、本橋施工において開発された「ノ口止めビード」はコンクリート床版と鋼桁上フランジ端部の接触面において、床版打設時には接触面の隙間を密封してモルタル分(ノ口)の流出を防ぎ、PC鋼線緊張時には床版と上フランジの間に発生する応力集中・剥離を解消するものである。

キーワード：腹板孔明け工法、鋼連続2主鈹桁橋、ノ口止めビード

## 1. はじめに

第二東名高速道路駒瀬川橋<sup>1)</sup>は、静岡県沼津市愛鷹山麓の駒瀬川を跨ぐ橋梁で、施工や維持管理における省力化と合理化を追求した広幅員の鋼連続2主鈹桁形式<sup>2)</sup>の橋梁である(写真-1, 図-1, 2)。



写真-1 駒瀬川橋 (北側橋下より望む)

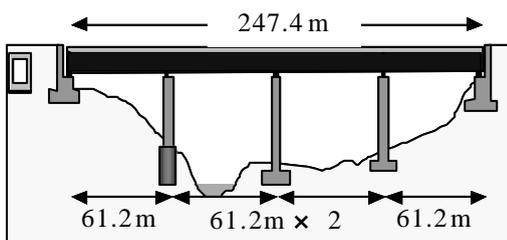


図-1 駒瀬川橋 (橋梁諸元 1)

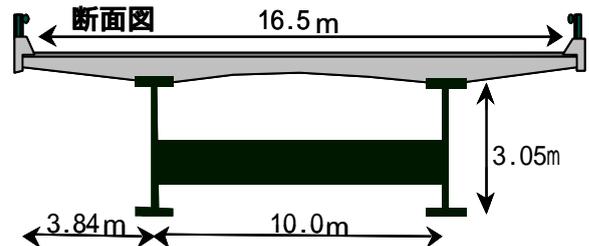


図-2 駒瀬川橋 (橋梁諸元 2)

## 2. 腹板孔明け工法

### (1) 概要

少数鋼桁の吊り金具は架設時や塗装塗替え等の維持管理時に必要不可欠な金具であるが、桁外面に設置される場合の景観性や、溶接で主桁に取付けた場合の疲労が問題とされ、また、大量の小片部材の桁への溶接はコストを押し上げる要因にもなっている。さらに、吊り金具は近年のPC床版採用に伴う張出しの長大化に対応した床版型枠支保工の支持金具としての機能も期待され、従来よりも大きな金具の設置が必要とされているが、従来型の吊りボルト用金具を設置すると一部かぶりを侵す場合があるなどの問題も生じている。

以上より本橋では架設時や維持管理時に目的に応じた型枠・足場用治具を主桁腹板にボルトで取付け

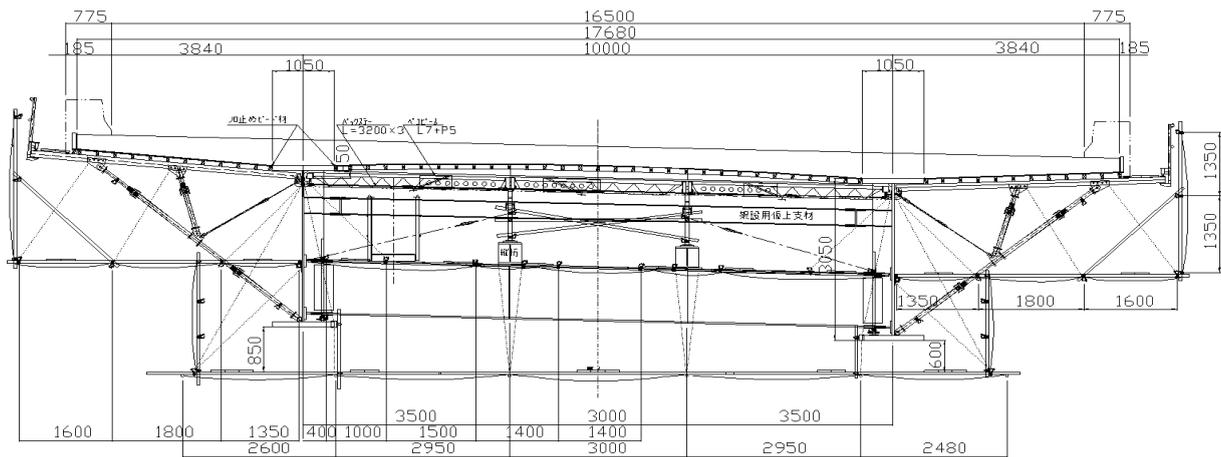


図-3 腹板孔明け工法(床版支保工)

る腹板孔明け工法(図-3,写真-2,3)を採用することで吊り金具や小片部材の加工・組立て・溶接を省略し,コスト削減・作業性の向上を図り,さらに溶接による桁の疲労強度低下も避けることを可能にした。

(腹板)本体に明けた腹板孔に足場用兼型枠用治具を取付けて支保工および型枠を設置したのちコンクリートを打設する。上段のボルト孔は主桁間及び,張出し側の大引き材を固定するもので,下段のボルト孔は中段足場用である。金具は橋軸方向に600mmピッチで配置し,腹板への取付けは高力ボルトM22(F10T)を使用した。また,孔部は将来のメンテナンス用足場設置の際にも使用できるように,桁と同色のシリコンゴム製化粧栓で孔埋めして防水及び景観性に考慮した(従来の鋼製化粧ボルトと違い主桁本体は無傷のまま保たれる)。

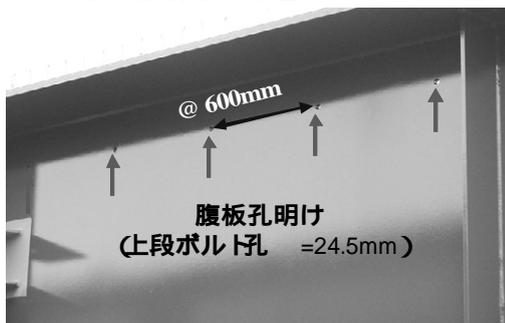


写真-2 腹板孔明け状況



写真-3 張出し支保工組立て状況

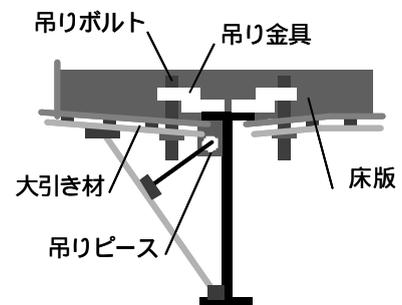


図-4 吊りボルト工法(従来工法)

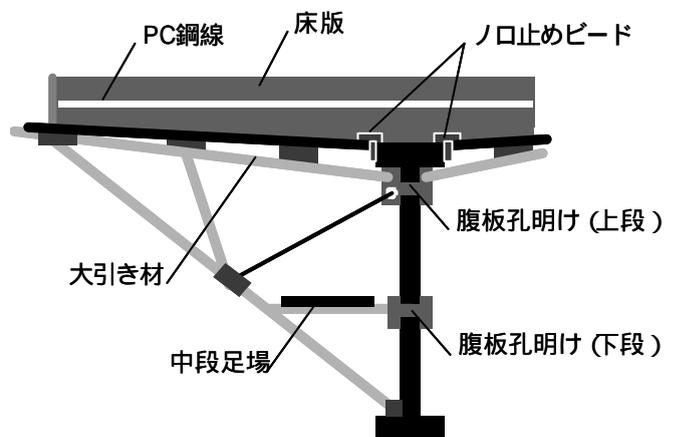


図-5 腹板孔明け工法

## (2) 従来工法との比較

従来工法と腹板孔明け工法の比較を図-4,5に示す。従来の一般的な吊りボルト工法は,まず上フランジに吊り金物を溶接し,型枠を固定するための吊りボルトを取付けて大引き材を吊下げる。次に腹板・上フランジに溶接された吊りピースを利用して支保工が変形しないよう吊りチェーン等で引込み,型枠を取付けた後にコンクリート床版を打設する。一方,腹板孔明け工法は吊りピースの溶接を省略し,主桁

### (3) 面外変形量・発生応力の検討

#### a) FEM解析による検討

実施工の前に床版打設時において主桁に許容値を超える面外変形及び、応力が発生しないことをFEM解析により確認した。解析ではフランジと垂直補剛材に囲まれた腹板1パネルを想定し、3m×3mの四辺単純支持パネルに水平補剛性材を加えてモデル化した(図-6,7)。パネル厚はウェブ厚をもとに21,25,29,35,39mmとし、床版打設時の型枠配置時における金具への作用力を荷重としてパネル上端から孔明け高さに合わせて250mmの部分に橋軸方向600mmピッチで作用させた。

解析の結果、腹板の変形量は表-1のようになり、面外変形量が最大であった腹板厚21mmの場合の最大応力は112.3 N/mm<sup>2</sup>で、許容応力度262.5 N/mm<sup>2</sup>(SM490Yの許容応力度210 N/mm<sup>2</sup>の割増率+25%)に対しては十分小さいことが確認された。ただし、このケースにおいては桁面外方向への腹板変形量が許容値として目安とされる板厚の1/2に達したため、各金具位置で変位方向とは逆に水平力が0となるようバックステーで主桁間を引寄せする構造とした(写真-4 張力は約20kN)。その結果、解析では腹板の変形量は1.81mmにまで減少した(表-1,図-7)。

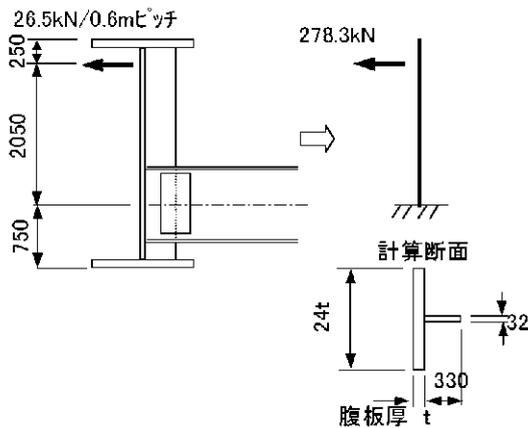


図-6 横桁フレームの変形計算モデル

表-1 腹板の変形量(桁面外方向) mm

腹板厚	21.0	25.0	29.0	35.0	39.0	21.0 (水平力調整時)
変形量	10.5	6.24	4.06	2.37	1.74	1.81

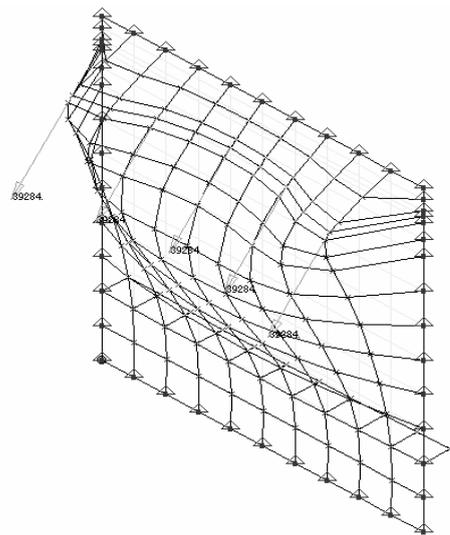


図-7 解析メッシュ例



写真-4 バックステーによる主桁間の引寄せ(床版裏)

#### b) 実物大実験による検討

面外変形量・発生応力に関してFEM解析で腹板孔明け工法の妥当性を確認した後、実施工で使用する桁を用いて事前に実物大実験を行った。供試体は主桁腹板に型枠及び足場用治具をボルトで取付けたものを用い(写真-5)、実際に打設するPC床版と同じ重量のコンクリートブロックを積載して(写真-6)、桁の各箇所における腹板及び固定支保工の挙動を計測した。

実験の結果、床版固定型枠支持時において主桁に想定外の有害な変形、及び応力が発生しないことと、腹板にボルト孔を設けた場合に主桁の強度に有害な影響を及ぼさないことが確認された。その例としてG2桁側における変位と応力を示す(図-8~11)。



写真-5 実物大実験供試体

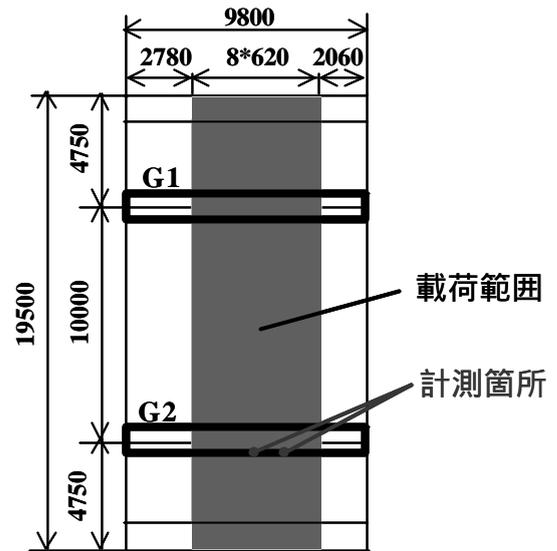


図-9 測定位置(G2側 ライン, 平面図)



写真-6 コンクリートブロック載荷

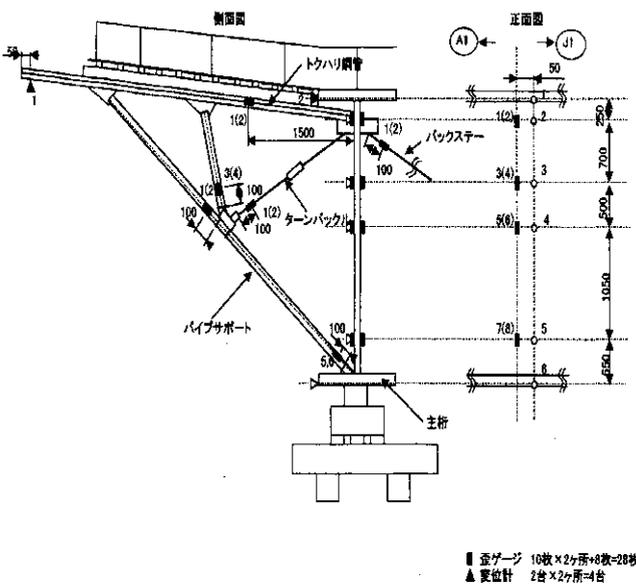


図-8 測定位置(断面図)

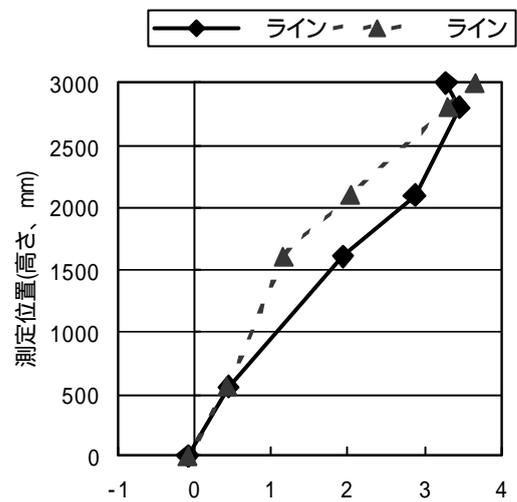


図-10 計測結果(変位 mm +が桁外方向)

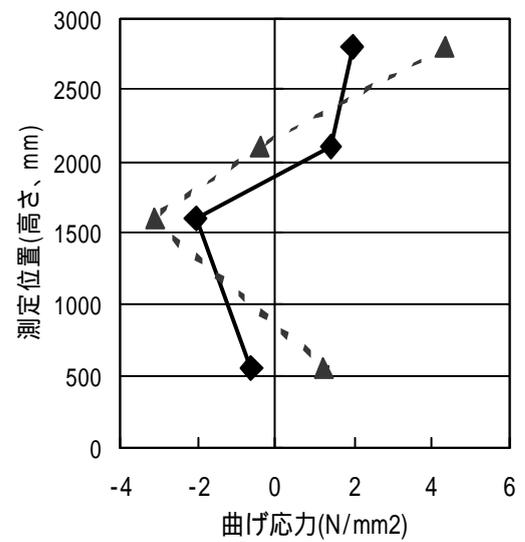


図-11 計測結果(曲げ応力 N/mm²)

#### (4) ボルト孔の腹板への影響

腹板にボルト孔を明けることによる影響について、ボルト孔の有無による応力状態の比較をもとに検討した。解析では橋軸方向に桁の応力状態が最も厳しくなる中間支点部の断面(上フランジ厚94mm, 下フランジ厚95mm, 腹板厚39mm)を想定して、支点から1パネル分(3m×3m)の主桁フランジ・腹板・水平補強材をモデル化した(図-12)。拘束条件はモデルの右側のフランジ・腹板を完全拘束とし、もう一方に荷重を作用させる片持ち梁とした。載荷荷重は支点部の断面力(曲げモーメント, せん断力)が実構造と等価になるように設定した。また、ボルト孔は実構造と同様に橋軸方向600mmピッチで上段と下段に設けた(孔径はM22を想定して25mmとした)。

解析の結果、腹板に生じる最大せん断応力度(表-2, 図-13, 14)はボルト孔の有無によりほとんど変化せず、せん断応力の分布に注目すると、ボルト孔有りの場合は支持点部近傍でせん断応力の乱れが生じ、ボルト孔近傍においても応力集中が発生するが、発生応力はボルト孔無しの場合の最大せん断応力とほぼ同程度の許容応力度内であり、強度上問題を与えるものではないことが分かった。直応力に関しては最大直応力がボルト孔無しの場合に対してボルト孔有りの場合は2割程度局所的に大きくなったが、応力分布はせん断応力分布の場合と同様にボルト孔有りの場合は支点近傍での応力の乱れが生じ、ボルト孔無しの場合に最大応力が生じていた上フランジの支点部でさらに応力が大きくなる結果が得られた。

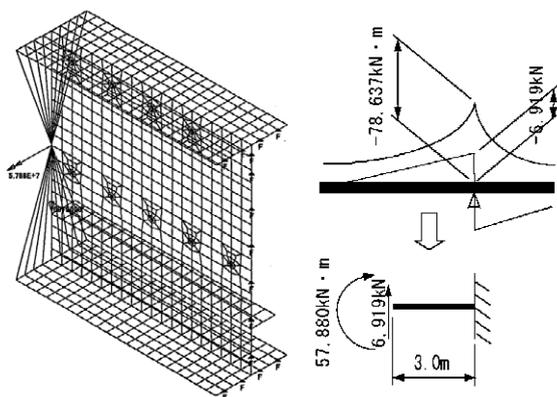


図-12 解析モデル

表-2 腹析結果

	ボルト孔無	ボルト孔有	許容応力度
最大せん断応力度	131.0	138.6	145.0 (せん断応力)
最大直応力度	205.6	247.5	255.0 (直応力)

N/mm<sup>2</sup>

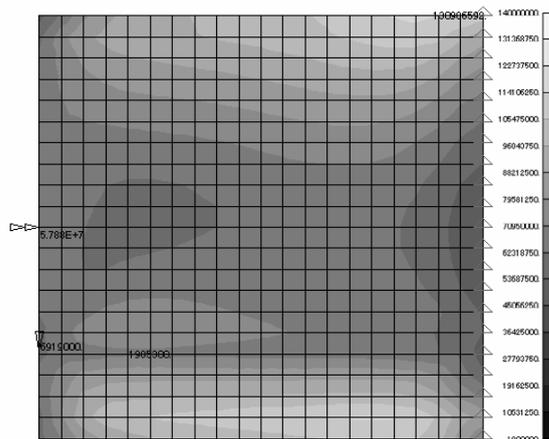


図-13 最大せん断応力(孔無  $\times 10^{-6}$ N/mm<sup>2</sup>)

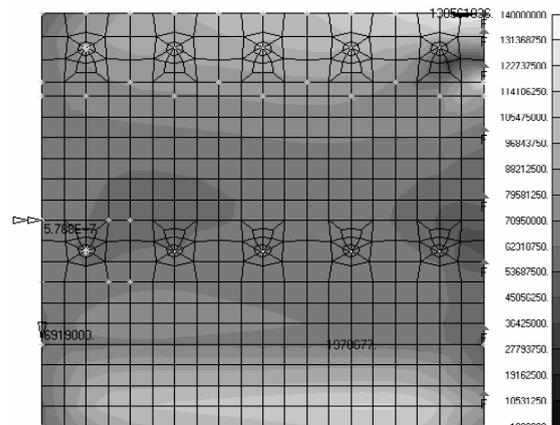


図-14 最大せん断応力(孔有  $\times 10^{-6}$ N/mm<sup>2</sup>)

### 3. ノロ止めビード

本橋では床版張出し量・主桁間隔が大きい為、フランジが厚く、床版は上フランジ上面コバ部から立ち上がっている。このため型枠が上下動しやすい構造であり、コンクリート床版と鋼桁との接触面では床版打設時の型枠材の移動(1~2mm程度)による型枠材と上フランジの隙間からのモルタル分(ノロ)流出が懸念される(図-15, 写真-7, 現在対策として接点部にスポンジや樹脂パット等を利用する工法もあるが、モルタル分の流出を完全に止めるものは無い)。また、PC鋼線緊張後に床版と上フランジの間に若干の隙間が発生する<sup>3)</sup>(図-16)ことが懸念される。さらに架設時の当て傷処理の不足や漏水の影響、結露等によるコンクリート床版と鋼桁の接触面近傍の塗膜剥離が懸念される。本橋ではこれら ~ の問題を同時に解決するために塩化ビニール製のノロ止めビード(写真-8 床版打設後はコンクリート内に残置可能)を開発した。

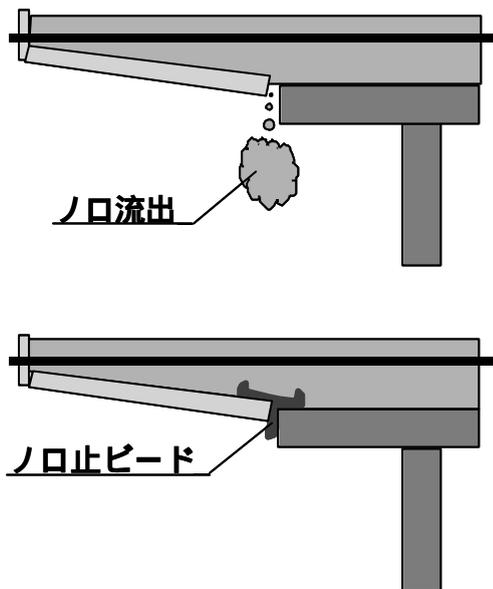


図-15 ノロ止めビードによるノロ流出防止

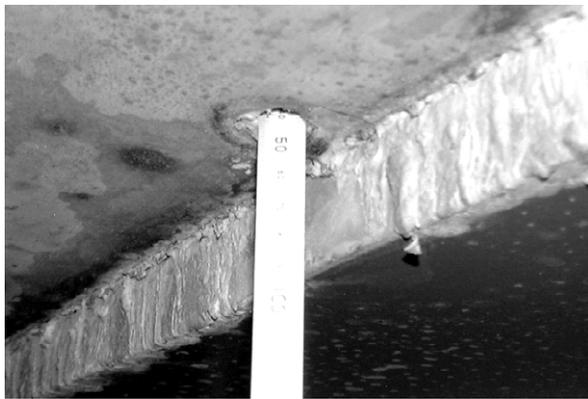


写真-7 ノロ流出

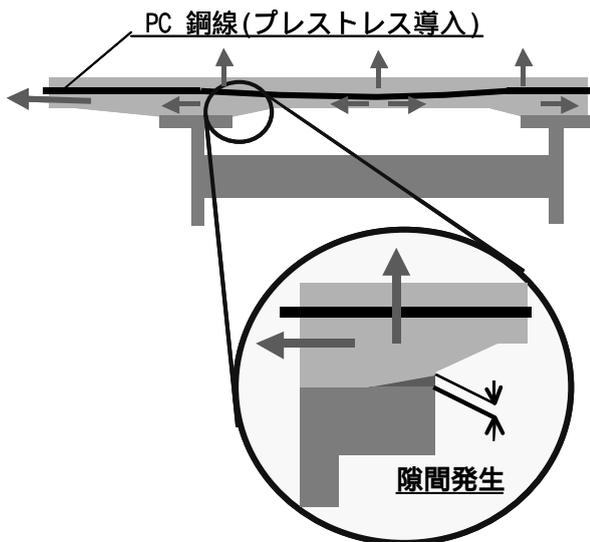


図-16 床版と上フランの隙間



写真-8 ノロ止めビード設置状況

#### 4. まとめ

腹板孔明け工法及びノロ止めビードの採用により実際の施工では、FEM解析や実物大実験で事前に確認されたとおり主桁に許容値以上の変形や応力は発生しなかった。また、床版打設時の型枠材と上フランジの隙間からのモルタル分流出は全く無く、PC鋼線緊張後に床版と上フランジの間に隙間が発生することもなかった。

このように、腹板孔明け工法及びノロ止めビードは現場における高い品質管理と作業効率性に寄与することが明らかとなった。これらの工法は広幅員床版少主桁だけでなく、従来形式のPCまたはRC床版を有する桁橋にも適用できるものである。本報告が今後の床版工の施工性およびコスト縮減に役立てば幸いである。

#### 参考文献

- 1) 村山他 「エアキャスター」を送出し架設に用いた新工法 橋梁と基礎, 2004.8
- 2) 端本他 連続合成2主桁橋(大津呂川橋)の静的載荷試験 土木学会第57回年次学術講演会報告集, Vol1 I-733 (2002)
- 3) 鹿島他 PC床版合成2主桁橋の床版施工時における鋼桁-床版結合部応力測定, 土木学会第54回年次学術講演会講演概要集, CS-181, 1999年9月