

東関東自動車道鳥羽田橋の工事報告

CONSTRUCTION OF TORIHATA BRIDGE

沢田 一郎¹⁾ 畑 稔朗²⁾ 山内 隆³⁾
 Ichiro Sawada Toshiro Hata Takashi Yamauchi

1. まえがき

鳥羽田橋は、東関東自動車道の茨城空港北インターチェンジ (IC) ～茨城町ジャンクション (JCT) 間に位置する3径間連続2主1桁複合ラーメン橋である。本橋の側面図、平面図、断面図を図-1～図-3に示す。

本橋の中間支点部 (P1,P2) においては、県道上の支承取り替え作業が困難であることから、維持管理を含めたトータルコストメリットを考慮し、鋼桁とRC橋脚の複合剛構造としている。また、A1,A2部には延長床版を採用し、騒音および振動軽減を図っている。

本報告では、主に剛結部の設計概要および構造詳細を述べるとともに、剛結部の製作方法、ならびに、現場架設の施工概要について報告する。

2. 工事概要 (鳥羽田橋)

工事名：東関東自動車道茨城ジャンクション橋
 (鋼上部工) 工事

工事箇所：茨城県茨城町大字鳥羽田

構造形式：3径間連続2主1桁複合ラーメン橋

橋長：116.68m

支間長：28.85+54.93+31.1m

有効幅員：9.76m

平面線形：R=2,500m

縦断勾配：0.3%

工期：平成20年5月22日～平成22年3月12日

施主：東日本高速道路(株)関東支社水戸工事事務所

鋼材重量：242t (HTBは除く)

床版コンクリート：410m³ (σ_{ck}=40N/mm²)

延長床版コンクリート：本体37m³ (σ_{ck}=40N/mm²)

底版71m³ (σ_{ck}=30N/mm²)

※本工事には、鳥羽田橋以外に、茨城町JCTのランプ橋(約329t)の製作および架設を含んでいる。

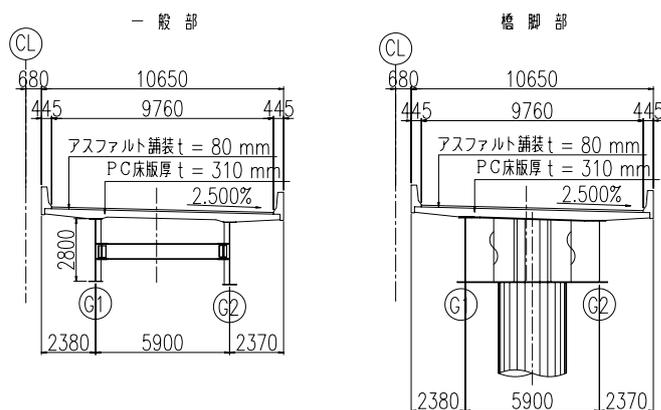


図-3 断面図

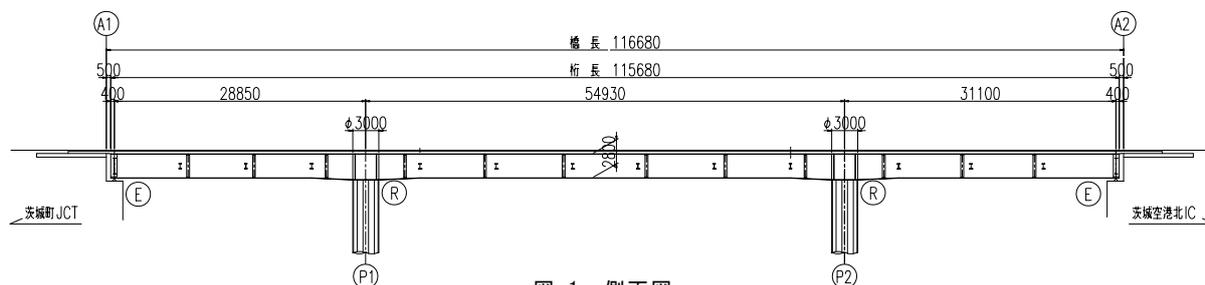


図-1 側面図



図-2 平面図

1) 工事グループ 橋梁工事部 工事2課
 2) 和歌山工場
 3) 技術グループ 橋梁設計部 東京設計課

3. 設計方針

3.1 骨組解析

(1) 骨組モデル

解析に用いた骨組モデルを図-4に示す。剛結部の発生断面力を適正に評価するため、三次元モデルとした。

横梁と柱の交差部は隅角部構造となるため、剛結部境界面（柱と横梁仕口位置）に作用する断面力を用いて、隅角部の照査を行う必要があった。橋脚は円形断面を図-5に示すようにモデル化し、解析を行った。

剛域については、実際のコンクリート充填範囲を考慮し、柱と梁の交差部までとして設定した。

(2) ブロック割の検討

P1～P2間のブロック割の決定に際し、P1～P2間を斜横断する主要地方道茨城・鹿島線の交通規制を、大ブロック一括架設時のみに限定させる制約があった。このため、先行架設する剛結ブロックは、県道から俯角75°の範囲外とする必要があった。

図-6に橋脚からの張出量の制限値を示す。剛結部のブロック長の検討は、ブロック割を2分割あるいは3分割とした場合の比較を行い、現場溶接長、分割方法による現場溶接部の品質確保およびブロック重量を考慮して、図-7の3分割構造が最適であった。具体的には輸送条件を踏まえ橋脚からの張出長は4.5mにて決定した。

主桁の横桁配置は、上記で決定した主桁ブロック割で継手に干渉しない位置となるように設定した。

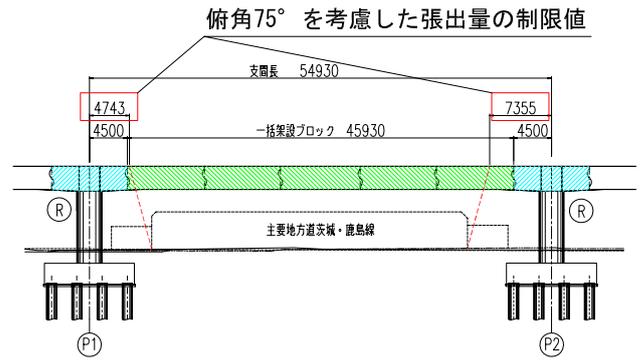
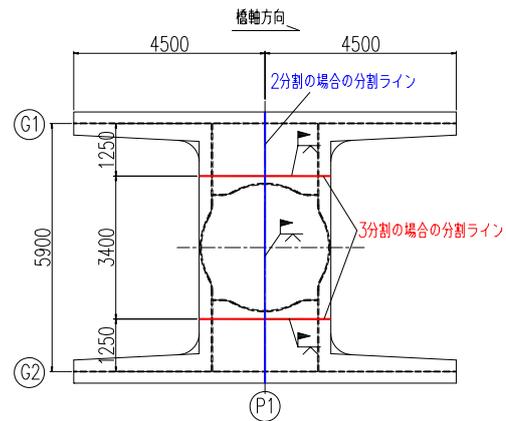


図-6 県道上の俯角とブロック割り



	2分割	3分割
現場溶接長	49m	45m
長所、短所	剛結部の現場溶接の施工性に問題がある。(鉄筋貫通孔部を溶接する.)	現場施工性が良い。

図-7 剛結部分割方法の比較

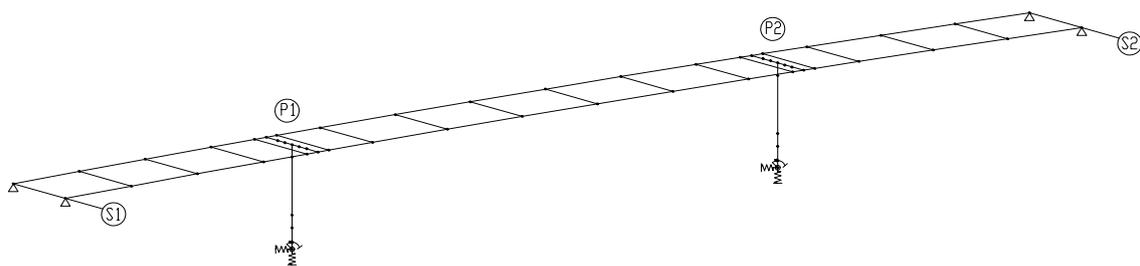


図-4 骨組モデル図

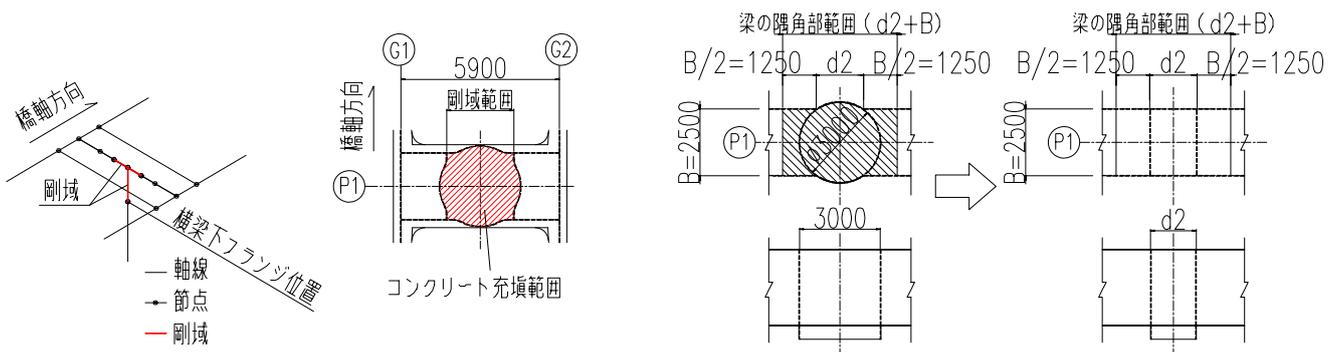


図-5 橋脚のモデル化

3.2 横梁剛結部の設計

(1) 作用力の伝達機構

剛結部の作用力伝達機構は「鉄筋貫通定着形式」を採用した。曲げモーメント (M) による引張力は横梁内ダイヤフラムから下部工橋脚鉄筋に伝達，圧縮力および軸力 (N) はダイヤフラムから孔あき鋼板ジベル (以下，PBLという) を介して充填コンクリートに伝達，せん断力 (S) およびねじり (Tq) は横梁下フランジに設けるH形断面の鋼製せん断キーにより伝達させる。作用力の伝達機構を図-8に示す。

既設橋脚が円形柱のため，橋軸および橋軸直角方向の両方向に均等に力が作用すると考え，軸力と曲げモーメントの合力に対して，PBLは全数有効として設計した。

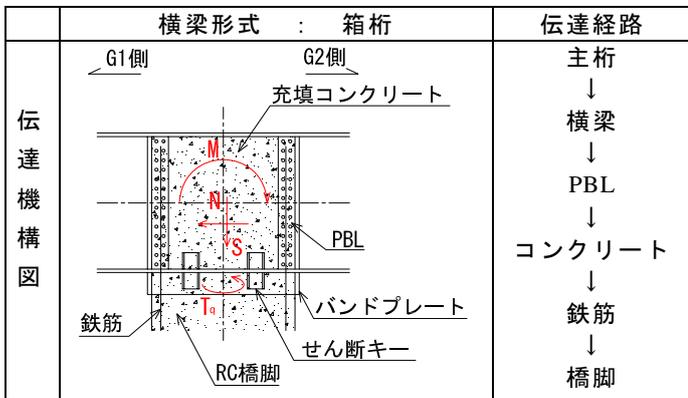


図-8 作用力の伝達機構

(2) 主桁と横梁との交差部フランジ幅の設定

主桁と横梁交差部については，断面の急変による応力集中緩和のため，角部にフィレットを設けるとともに，主桁フランジ幅を1:5以上に变化させて擦り付ける構造とした。フィレット寸法の決定にあたっては，疲労耐久性を最も期待出来る構造とすることを基本方針とし，フィレット付きの切抜きガセットを有する母材の疲労強度等級C等級を確保するため， $R/D=1/5$ 程度 (R: フィレット半径，D=横梁幅) となるように決定した²⁾。

断面計算上の主桁フランジ有効幅については，図-9のとおり，3断面にて照査を行った。

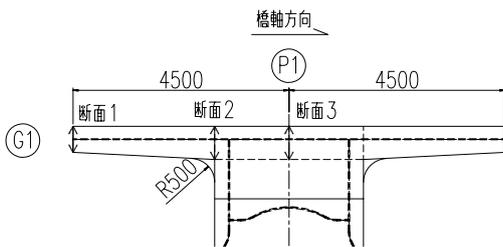


図-9 主桁と鋼製横梁の交差部の構造

(3) 鋼製横梁とRC橋脚との境界部

鋼製横梁とRC橋脚の境界部は横梁下フランジへの支圧応力によるコンクリートの局所的な欠け落ち防止のため，バンドプレートを設置した。バンドプレートは，母材と同厚，同材質とし，境界部にはシール材を施工することで，防錆への配慮を行った (図-10)。

バンドプレートの高さの設定にあたっては，既往の研究結果によると，橋脚コンクリートの割裂破壊に対する必要高さは500~600mm程度の高さとなっている^{3) 4)}。よって，本工事では，低床式セミトレーラの輸送制限を配慮し，横梁の全体の高さが3450mm以下に収まるように，500mmとした。

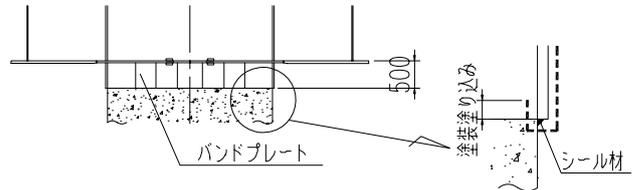


図-10 鋼製横梁とRC橋脚との境界部の構造

3.3 PRC床版の設計

(1) 横梁部の設計

横梁上は，東京外環自動車道 (三郷JCT~三郷南IC) の成果⁴⁾によると，横梁上および近傍部 (主桁支間の3/4) は，横梁の拘束によるプレストレスロスが30%生じる。よって，PC鋼材の配置を30%増しで配置した (一般部500mmピッチに対して，375mmピッチで配置) (図-11)。

また，横梁上のPCケーブルは床版の反り変形防止のため，直線配置とした。なお，横梁による拘束を最小限にとどめるため，床版との接合はスラブアンカーのみとした。

横梁部の床版打ち下ろし範囲は，PCケーブルの直線配置による活荷重抵抗性の低下を軽減するため，横梁ウェブから3,000mm (主桁間隔の1/2の範囲) とした。

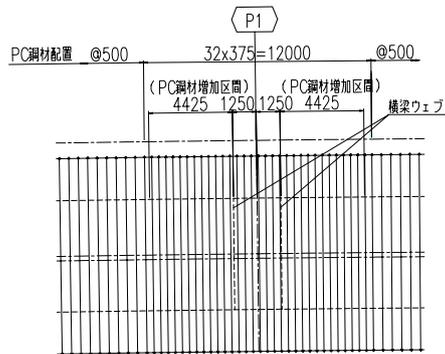


図-11 横梁上のPCケーブル配置

(2) 合成桁挙動への対応

本橋の主桁は非合成桁として設計しているが、主桁上フランジ上に設置した頭付スタッドと床版の付着により、実挙動は合成桁としての挙動を示すことが考えられるため、下記の対応を行った⁵⁾。

- ・主桁断面は、非合成にて設計を行うが、合成断面としての照査を行う。
- ・中間支点部近傍 $0.15L$ （ L ：支間長）の範囲の配力筋は、床版断面積の2%以上を最小鉄筋量として配置する。
- ・支点付近の床版には、せん断力の円滑な伝達のため、せん断補強筋を配置する（図-12）。

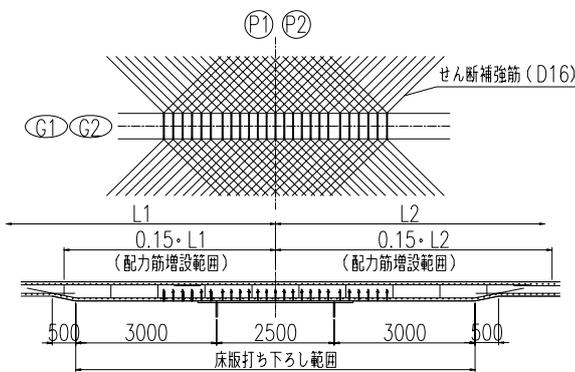


図-12 せん断補強筋の配置と床版打ち下ろし範囲

4. 工場製作

4.1 応力伝達に配慮した剛結部の板組み

鋼桁と剛結構造となる RC 橋脚は円形柱のため、上部工側も円筒形とする必要があった。基本設計では円柱に仕口を取り付け主桁へ応力伝達する構造であったが、腹板とダイヤフラムの溶接を確実なものとし、脚柱からの応力をスムーズに伝達させるため、横梁腹板とダイヤフラムが直交する板組みとした（図-13）。また、腹板とダイヤフラム、腹板とフランジは T 形の溶接継手形状となることから、板厚方向の割れの発生が懸念されたため、耐ラメラテア鋼（SM570-Z25S）を採用した。

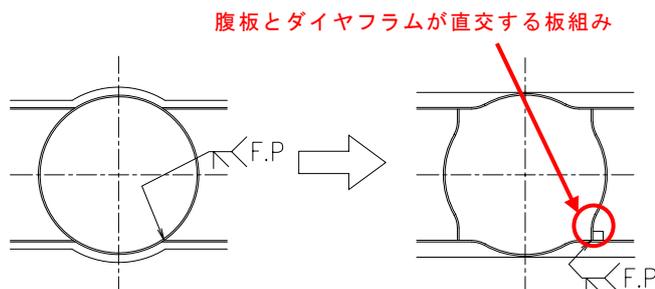


図-13 剛結部の板組の変更

4.2 溶接施工試験の実施

板組み構造の変更に伴い、剛結部は隅角部を有する箱桁断面となった。そのため腹板、フランジ、ダイヤフラムの三線が交差する部位の溶接施工性を確認するため、実物大模型を製作し（写真-1）、溶接施工試験を実施した。また、溶接後は「鋼製橋脚隅角部施工要領（橋建協）」に準拠し、三線交差部は斜角探傷と垂直探傷を併用した超音波探傷検査の妥当性も併せて確認を行った。



写真-1 溶接施工試験体

4.3 RC 橋脚主鉄筋の貫通孔

剛結部応力を確実に伝達させる上で、横梁下フランジに設ける鉄筋貫通孔位置決めが重要であった。そのため、橋脚鉄筋の出来形を全数実測し、実測結果の座標位置を製作孔位置に反映することとした。

実測は鉄筋天端位置、横梁下フランジ位置、橋脚コンクリート天端の3断面で実施し、同時に鉛直度を確認した。

鉄筋孔径の決定にあたっては、架設時の干渉を避けるため、90～130mmの10mmピッチで設定し、貫通鉄筋との隙間を最小で10mmとした（写真-2）。



写真-2 鉄筋貫通孔反映状況

5. 現場施工

5.1 剛結部の落とし込み架設

横梁剛結部の落とし込み架設状況を写真-3に示す。剛結部は3分割構造で、現場にて溶接による地組立作業を完了した後に架設を行った。特に溶接の熱影響による部材の継ぎ折れが生じた場合、大ブロック一括架設時の落とし込みおよび添接作業に影響をおよぼすため、溶接手順・方向・入熱量などを確認しながら継ぎ折れ防止ワイヤーの緊張具合を調節することにより精度良く地組立を行った。

架設時の橋軸方向および橋軸直角方向の位置決めは事前測量時に中心線をプロットしておき、架設時には3方向からトランシットで視準し、柱頭ブロックの仕口方向・立ち・出入り差を中心線から誤差1mm以内になるよう正確に位置決めを行った。また、橋脚鉄筋とダイヤモンドフレームの干渉を避けるため、荷吊りはあえて1%程度の勾配を設けた状態で吊り上げ、所定位置に架設を行った。橋脚鉄筋の貫通孔への落とし込みは、鉄筋位置の全数実測を行ったことで、干渉することなく短時間で完了することが出来た。



写真-3 落とし込み架設状況

5.2 高流動コンクリート打設

横梁剛結部の高流動コンクリート打設状況を写真-4に示す。高流動コンクリート打設に際し実物大の(1/4片)供試体を製作し、充填性確認試験を実施した。剛結部構造は鉄骨量が中程度に分類されたがスランプフロー値、間隙通過性とも良好で隅角部まで充填可能であった。実施工時においても低勾配側から高勾配側へ十分に流動する様子が確認出来た。

横梁内の充填確認は、上フランジ上面に予め打設孔と充填確認用ホース(透明ホース)を設け、低勾配側から順次透明ホースにコンクリートが充填されていくことを、目視にて確認することで行った。



写真-4 高流動コンクリート充填状況

5.3 夜間一括架設(県道上)

夜間一括架設状況を写真-5に示す。中央径間一括架設ブロックはP1およびP2剛結部コンクリートの打設後の架設作業であり、架設精度の管理が重要であった。事前検討、施策として、一括架設5ブロックのうち両端部を剛結部コンクリート打設後の現場実測を反映する調整ブロック構造として対応した。

図-14に調整ブロックの切断長決定フローを示す。



写真-5 夜間一括架設状況

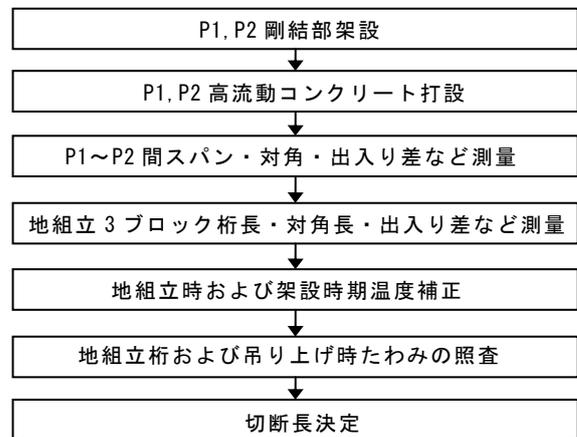


図-14 切断長決定フロー

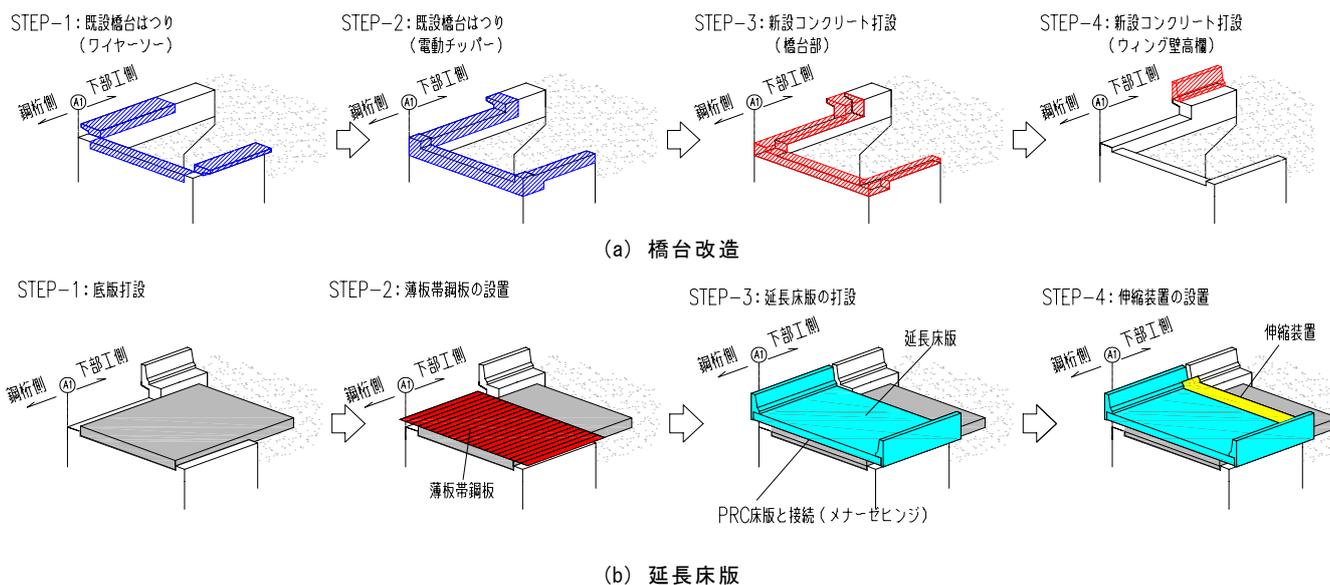


図-16 施工ステップ図

6. 延長床版の施工

6.1 延長床版の概要

本橋では騒音軽減，振動防止を目的として，A1，A2橋台部に延長床版システムを採用した．延長床版の形式としては，プレキャスト形式よりも経済性に優れた場所打ち形式を採用した．すべり面の構造は，場所打ち形式で実績のある延長床版下面に設置した薄板帯鋼板と底版コンクリート面が接触する構造とした．薄板帯鋼板は，1枚あたりの幅を 500mm とすることで，底版コンクリートとの密着性を確保するとともに，施工性にも考慮している．鋼板同士の継手は，防水気密テープによりノロ漏れ防止を図った．延長床版の概要図を図-15 に示す．土工部区間に設置する伸縮装置は，走行性および騒音軽減を目的として，アルミ合金鋳物性ジョイントを採用した．

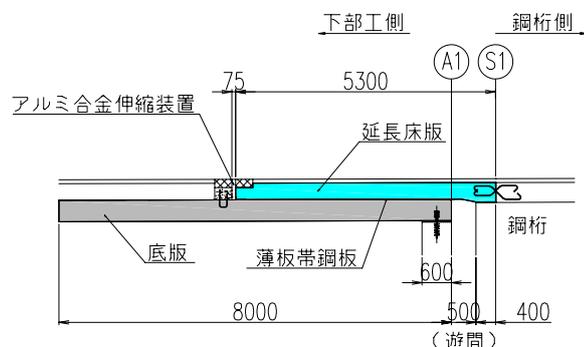


図-15 延長床版概要図

6.2 施工ステップ

延長床版設置のための橋台の改造および延長床版の施工ステップを図-16 に示す．橋台の改造においては，既設構造物のひび割れ防止の必要性を重視し，ワイヤーソーとブレーカ，電動チッパーを併用してコンクリートのはつり作業を行った．

底版のすべり面の形成にあたっては，薄板帯鋼板との良好なすべり面確保を目的として，コンクリート面の平坦性を確保する必要があったため，金ゴテによる仕上げを行い，凹凸 10mm 以内の精度を確保した．

7. あとがき

本報告では，鳥羽田橋の設計，工場製作，架設および現場施工までの概要を報告した．なお，本路線は茨城空港の開港に合わせて，工期内の平成 22 年 3 月 6 日に無事開通した．

最後に，本工事において，ご指導，ご協力を賜った東日本高速道路株式会社関東支社水戸工事事務所の関係各位に，この場を借りて厚く御礼申し上げます．

参考文献

- 1) 東日本高速道路株式会社：設計要領第二集，2007.8.
- 2) 日本道路協会：鋼道路橋の疲労設計指針，2002.3.
- 3) 土木学会：複合構造物の性能照査例，2006.1.
- 4) 築山，田中，長瀬，志村：鋼 2 主鉄桁と RC 橋脚の剛結構造の設計および施工，ハイウェイ技術，2002.10.
- 5) 高速道路技術センター：長支間場所打ち PC 床版の設計施工マニュアル（案），2002.3.