

遊楽部川橋 (PBL ジベルを用いた波形鋼板ウェブPC橋) の設計・施工

ドーピー建設工業(株) 北海道本店 正会員 ○吉田 政宏
 日本道路公団 北海道支社 東田 典雅
 日本道路公団 北海道支社 中村 元
 ドーピー建設工業(株) 北海道本店 正会員 金子 人之

1. はじめに

ユウラップがリバス

遊楽部川橋は北海道縦貫自動車道に架設されるPC3径間連続箱桁橋である。本橋は現地立地条件により最大斜角68度を有し、主桁断面は波形鋼板ウェブ箱桁断面としている。床板と波形鋼板の接合は、現在標準的に使用されているアングルジベル接合に変え、パーフォボンドリブジベル接合(以下PBLジベルとする)としている。施工については、側径間部(約76m)を冬季の河川渇水期に固定支保工にて行った後に、中央径間部を張り出し架設により施工を行う。

本論文は、これらの特長についての設計・施工を報告するものである。

2. 橋梁概要

以下に遊楽部川橋の橋梁概要を示す。また図-1,2に側面図および断面図を示す。

構造形式 : PC3径間連続波形鋼板ウェブ箱桁橋
 橋長 : 236.366m
 支間 : 65.659m + 102.512m + 65.895m
 幅員 : 総幅員 11.440m
 平面線形 : R=2600m ~ A=900m
 斜角 : A1=78° 58'19"、P1=74° 46'09"
 P2=73° 18'23"、A2=67° 59'13"

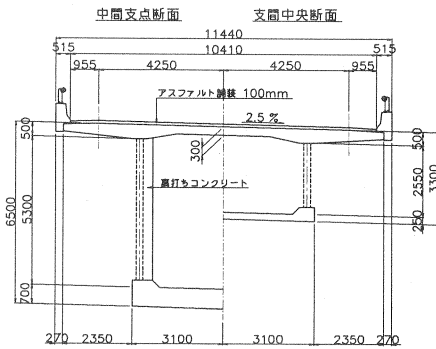


図-1 断面図

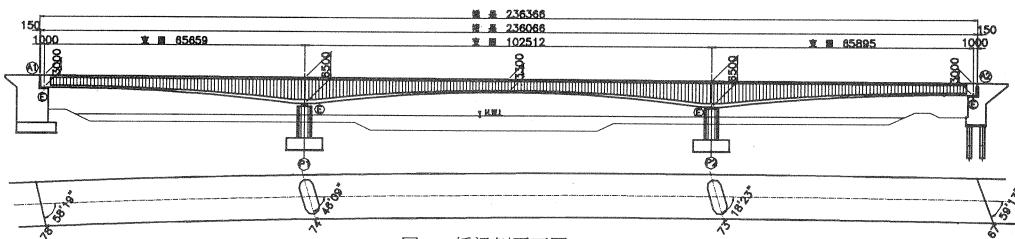


図-2 橋梁側平面図

3. 波形鋼板ウェブと床板接合部の設計

波形鋼板ウェブと上床版の接合は、図-3に示すようなPBLジベルを2枚併用したツインパーフォボンドリブ接合(以下Twin-PBLとする)とした。これはPBLジベルを2枚設ける事により、橋軸方向のずれせん断耐力の向上と、橋軸直角方向の床板の首振りモーメントに対して有効に抵抗させるためである。

また下床板との接合は、コンクリート打設により発生するブリージングの影響を考慮し、図-4に示す様な、1枚のPBLジベルとスタッドジベルを併用した構造とした。

3-1 ずれせん断力に対する設計

上床版接合部は、Twin-PBL ジベルの孔1箇所当りのせん断耐力を、土木学会式¹⁾により算出した。また先行して行った Twin-PBL の押し抜き実験から、Twin-PBL の耐力は PBL ジベル 1 枚の耐力に比べ約 15% 程度の耐力低下が確認されたため低減係数 α として 0.85 を乗じるものとした。以上により算出した Twin-PBL のせん断耐力が、ずれせん断力以上となるようにした。

$$Q_{\text{twin}} = N \cdot q_u \cdot \alpha > S_H \quad \dots\dots\text{式 (1)}$$

ここに、

- Q_{twin} : Twin-PBL のせん断耐力 (KN/m)
- q_u : 土木学会式による PBL 孔 1 箇所当りのせん断耐力 (KN)
- N : 橋軸方向 1m 当りに配置される PBL 孔数
- α : Twin-PBL の耐力低減係数
- S_H : ずれせん断力 (KN/m)

下床版接合部は、押し抜き実験により、PBL ジベルとスタッドジベルの累計効果が確認されたため、それぞれの耐力の合計をせん断耐力とした。なおスタッドジベルのせん断耐力は道路橋示方書より算出した。

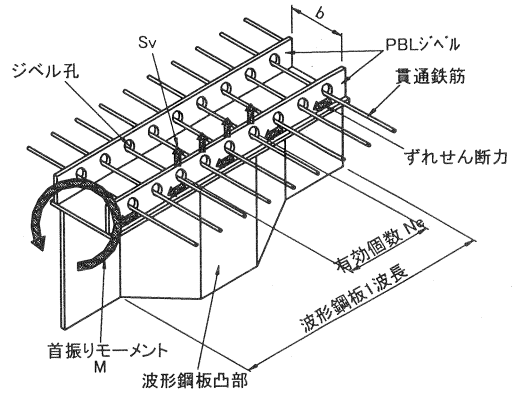


図-3 上床版接合部

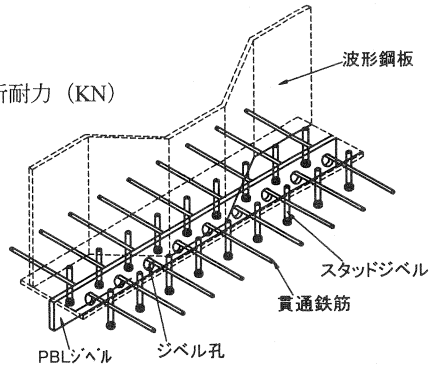


図-4 下床版接合部

3-2 首振りモーメントに対する設計

首振りモーメントに対する設計は、3-1 により算出した片側の PBL ジベルのせん断耐力 (低減係数 α を考慮しないもの) が、首振りモーメントにより発生する鉛直せん断力以上となるようにした。また先行して行った、Twin-PBL の首振りモーメントに対する静的載荷実験から、波形鋼板の凸側 (引張り側) に配置される PBL ジベルが有効となる事が確認された。そこで遊楽部川橋の波形鋼板形状にて FEM 解析を行い、有効な PBL ジベル孔を 5 個とした。(図-5)

$$Q_V = N_e \cdot q_u > S_V = \frac{M}{b} \quad \dots\dots\text{式 (2)}$$

ここに、

- Q_V : Twin-PBL の鉛直方向せん断耐力 (KN/波長)
- N_e : 波形鋼板 1 波長当りの PBL 有効個数 (個)
- S_V : 首振りモーメントによる鉛直せん断力 (KN/波長)
- M : 首振りモーメント (KN・m/波長)
- b : PBL 間隔 (m)

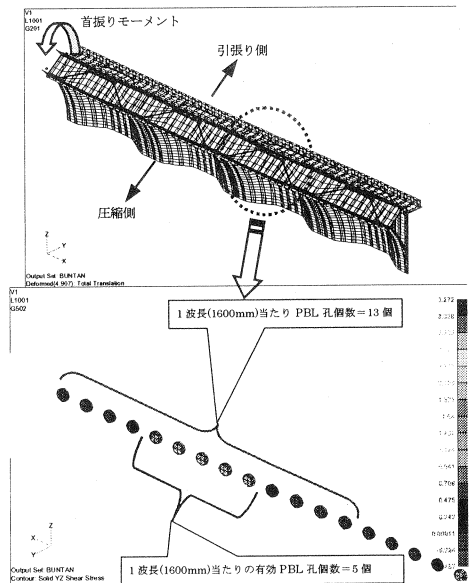


図-5 遊楽部川橋の PBL 有効個数

4. せん断座屈に対する検討

4.1 検討概要

本橋は現地立地条件により最大斜角 68 度を有しており、斜角の影響によるねじりモーメントが大きく発生すると考えられた。また波形鋼板の面外変形は座屈耐力に影響をおよぼし、波高の小さいものについては座屈荷重より低い部分で非線形性が現れ、変形量が大きくなるという報告²⁾がある。そこでねじりモーメントが卓越する A2 端支点部付近に着目し、座屈に対する検討を行う事とした。座屈解析は、弾塑性有限変位解析による 3 次元 FEM 解析とした。解析モデルは図-6 に示すような片持ち梁モデルとし、荷重として式-1 に示す各荷重と、支承反力とを載荷した。解析は、前述した荷重を式-1 に示すような荷重増分係数 α の初期値を 1.0 とし、これを漸増させ、鋼板に作用するせん断応力度と変位の確認を行った。座屈に対する安全性の確認は、鋼板がせん断降伏を開始する時点の α が、道路橋示方書で示す終局荷重時の荷重係数 1.7 以上を確保できているかを確認した。

$$\alpha \cdot (D1 + D2 + L) + PS1 + PS2 \quad \dots \dots \text{式 (3)}$$

ここに、D1：主桁自重、D2：橋面荷重、PS1：有効プレストレス 1 次力、PS2：有効プレストレス 2 次力、L：活荷重

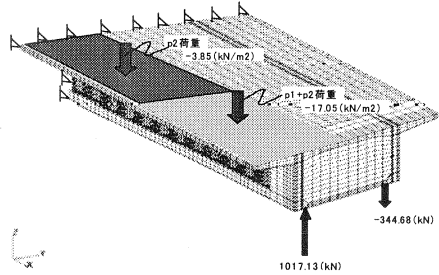


図-6 解析モデルおよび荷重載荷状態

4.2 検討結果

図-7(a)は $\alpha=1.4$ 時点での塑性域図であり、赤に着色されている要素のコンクリートにひび割れが発生している。図 7(b)は $\alpha=4.4$ 時点であり、赤に着色されている鋼板の要素が降伏している。図-8 は α とパネル 45 位置でのせん断応力度の解析結果を示しており、 $\alpha=4.2$ 付近からせん断降伏が始まる挙動となっており、終局時の波形鋼板の座屈に対して安全である。

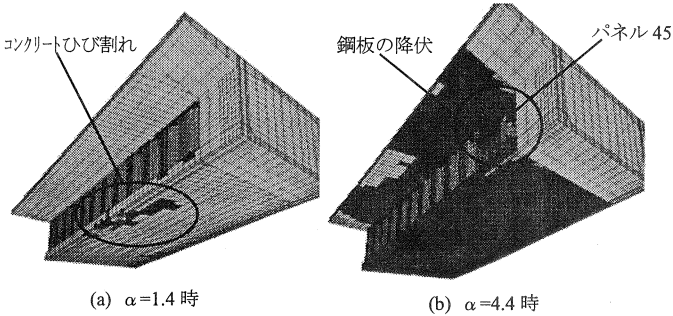


図-7 塑性域図

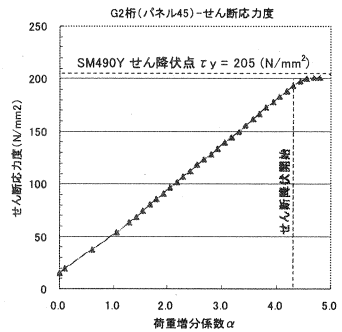


図-8 荷重増分による波形鋼板のせん断応力度

4. 施工について

4-1 施工要領

本橋の施工概要を図-9 に示す。本橋は遊樂部川内での施工となり、側径間部 (A1~P1 および P2~A2) は、河川渇水期に固定支保工で施工した。この為、側径間部は冬期施工となり、橋体を防寒囲いで覆って施工した。

河川上となる P1~P2 径間は、完成した側径間部を資材搬入路として、ワーゲン (波形用 250t・m) 2 基で張出し架設する。

張出し架設終了後、中央閉合部を吊支保工で

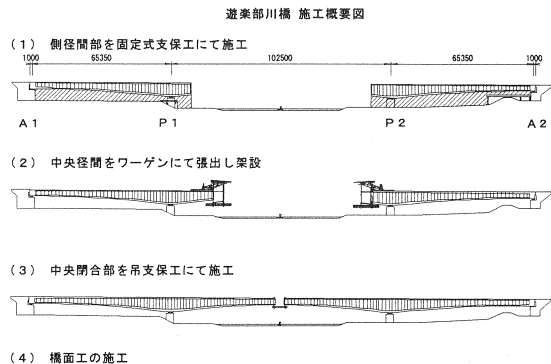


図-9 施工要領

施工する。その後、橋面工を行い完成する。

4-2 側径間部支保工および防寒囲い

側径間部の支保工は、クサビ結合式支保工（堤防部は梁式支保工を併用）で、防寒囲いを兼ね側足場は、枠組支保工で施工した。

（写真-1）屋根は、波形鋼板の架設で開閉する必要があったので、屋根パネル（幅2.5m、長さ15m）を採用した。また、防寒囲い側面は防炎シートを使用した。

コンクリート養生は、温風式給熱器（75,000kcal/h）を13台使用して、養生囲い内温度5℃以上を確保した。

4-3 波形鋼板の架設

波形鋼板は、底型枠組立後に桁高の大きな中間支点部より端支点に向かって、クレーンにより順次架設した。架設された波形鋼板は、上床版張出し部の支保工を利用して、橋軸直角方向に架設したH鋼より吊下げて支持した。

波形鋼板の接合はトルシア形高力ボルトで行い、左右の波形鋼板を形状保持材により連結した。また、外ケーブル定着鋼板も同様に架設した。この形状保持材は上床版支保工組立前に撤去した（写真-2）。

4-4 パーフォボンドリブの施工

下床版パーフォボンドリブ接合部は、波形鋼板の架設後に貫通孔に鉄筋を通して組立て後に、下床版側枠を組立てた（写真-3）。

波形鋼板と型枠の隙間が狭く、十分なコンクリート打設口が確保できないため、打設口に合わせたシュートを製作し、波形鋼板のフランジプレートに設けた空気孔（φ30）で充填を確認しながら、入念に締めてコンクリートを打設した。

上床版パーフォボンドリブ接合部は、床版型枠組立後に貫通孔に鉄筋を通して組立てた。

4-6 張出し部の施工

張出し部は河川上となるため、波形鋼板を吊下げるに十分なトラス高で、据付用ホイストを設置したワーゲンを使用する。

側径間部からの資材搬入は中間支点上までに制限して、以降は門型クレーンにより波形鋼板を運搬する（写真-4）。

おわりに

本橋は平成15年6月現在、張出し架設施工中であり、10月には中央閉合する予定である。本橋梁の設計、施工報告が今後の参考になれば幸いである。

参考文献

- 1) 土木学会：新形式の鋼・コンクリート複合橋梁調査研究小委員会孔開き鋼板ジベル WG：孔あき鋼板ジベル設計マニュアル（案），2001年11月
- 2) 角谷務、青木圭一、富元信、狩野正人：波形鋼板ウェブのせん断耐力評価、プレストレストコンクリート、Vol. 43, No. 1, 2001

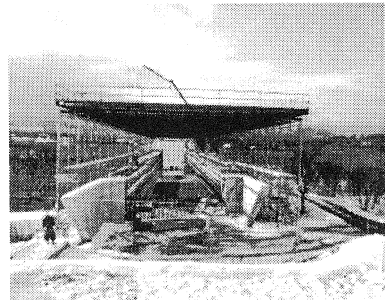


写真-1 支保工および屋根

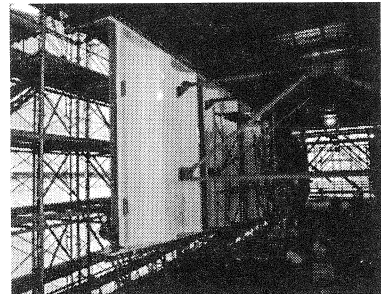


写真-2 波形鋼板の架設

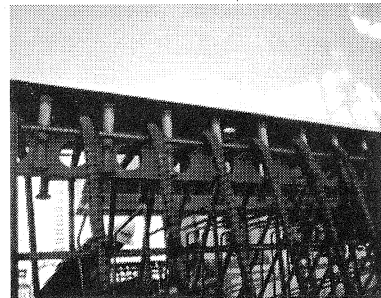


写真-3 下床版接合部

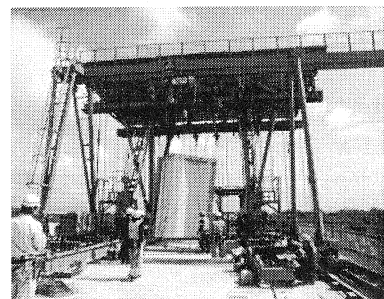


写真-4 張出し部の施工