

北関東自動車道 鬼怒川橋の設計と施工

三井住友建設・川田建設・日本ピーエスJV 正会員 ○浅井 宏隆
 日本道路公団 東京建設局 宇都宮工事事務所 博士(工学) 野村 謙二
 日本道路公団 東京建設局 宇都宮工事事務所 土橋 徹
 三井住友建設(株) PC設計部 正会員 中村 収志

1. はじめに

北関東自動車道 鬼怒川橋は栃木県上三川町に位置し、既に供用中の上三川ICと建設中の真岡ICの間に位置する鬼怒川を跨ぐ橋梁である。橋長は1005m, 有効幅員9.665mの上下線で、波形鋼板ウェブとしては連続桁長が世界最長となる16径間連続波形鋼板ウェブPC箱桁橋である。

波形鋼板ウェブPC箱桁橋はコンクリートウェブPC箱桁橋に比較して、軽量化が図れ下部工への負担が軽減できるというメリットがある。本橋においては工期短縮、品質確保を追求して、プレキャストリブ・PC板を採用し、施工サイクルの短縮、片持ち張出し施工の効率化を図った合理化施工方法を採用している。これについては参考文献¹⁾を参照されたい。ただし、このようなメリットが期待できる一方、鋼とコンクリートの接合部における課題として、中間支点横桁コンクリートと波形鋼板ウェブ接合部の応力集中や、波形鋼板下フランジ下のコンクリートの充填性とその確認方法などがある。本稿では、それらの課題と対応策について報告する。

2. 工事概要

本橋の工事概要を以下に、また全体一般図を図-1に示す。

工事名：北関東自動車道 鬼怒川橋 (PC上部工) 工事
 道路規格：第1種 第2級 B規格 (設計速度V=100 km/hr)
 構造形式：16径間連続波形鋼板ウェブPC箱桁橋
 橋長：1005.000 m(45.75+4@46.90+61.70+9@71.90+60.55)
 有効幅員：9.665 m×上下線 平面曲線：R=∞

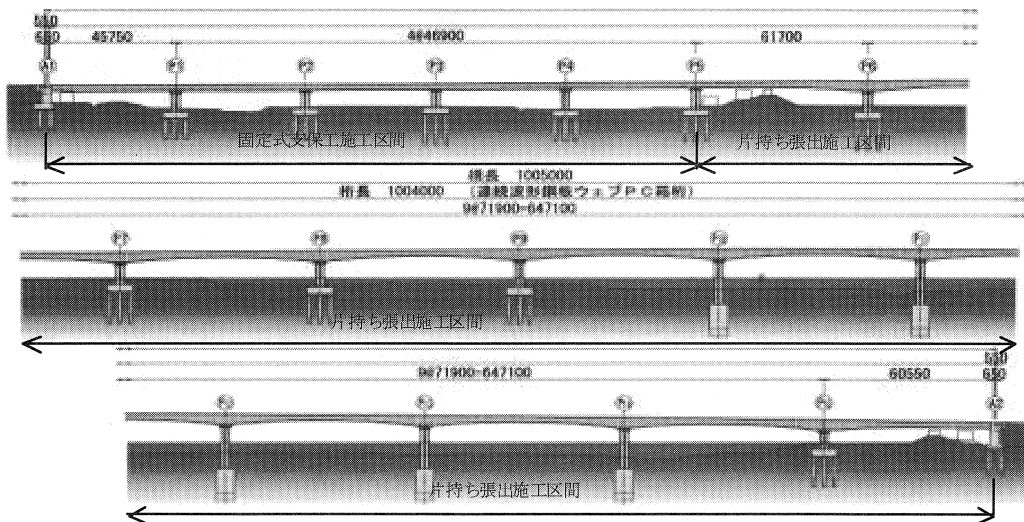
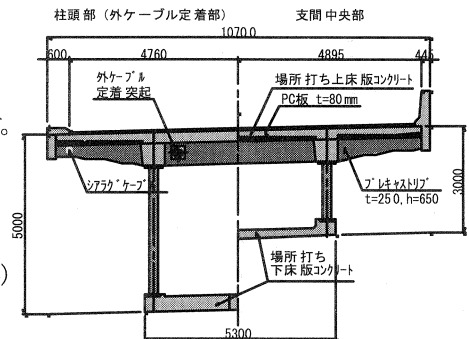


図-1 全体一般図

3. 中間支点横桁コンクリートと波形鋼板ウェブ接合部の応力集中に対する対応

3.1 鋼部材とコンクリートによるハイブリッド接合

波形鋼板ウェブ箱桁構造は曲げに対して平面保持して抵抗することが知られており、設計上はその仮定に従っている。しかし、中間支点横桁付近では負の曲げモーメントにより、図-2に示すように局部的にせん断変形が生じ、コンクリートと波形鋼板ウェブの接合部付近の床版には付加曲げ応力が発生し、平面保持の仮定より算出した応力とは異なる応力状態となる。本橋ではこの付加曲げ応力を緩和することを目的に波形鋼板同士の接合方法として開発された鋼部材とコンクリートによるハイブリッド接合²⁾を採用することとした。ハイブリッド接合は波形加工の凸部に対して内側にコンクリートを充填するスペースを設けるよう鋼板を溶接し、コンクリート面に接する内側2面に溶植したスタッドを介してせん断力を伝達する構造である(図-3)。鋼板に囲まれ、鉄筋補強されたコンクリートはその拘束効果によりせん断耐力が向上するとともに、せん断力の伝達を緩やかに行うことが可能となる。

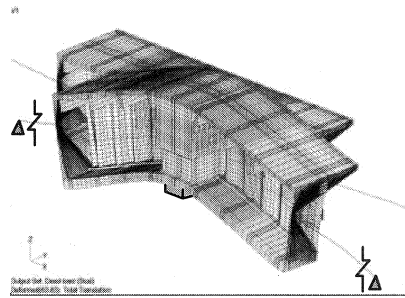


図-2 せん断変形による床版付加曲げ

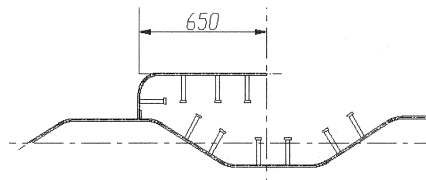


図-3 ハイブリッド接合の構造

3.2 せん断変形による床版付加曲げ応力に対する有効性

床版に発生する付加曲げ応力を把握するために、図-4に示すような3次元FEM解析と平面保持の仮定による棒解析を行い、死荷重作用時の橋軸方向曲げ応力度を比較した。付加曲げ応力は両者の差として算出される。ハイブリッド接合の有効性を確認するためにハイブリッドの有無について比較を行った。

ハイブリッド接合無しの場合に対して、有りの場合ではせん断変形による床版の局部的な変形が低減しているのが分かる(図-4)。表-1に示すように付加曲げ応力度は上床版に3N/mm²程度生じているがハイブリッド接合を採用することでこれを20%程度低減することができる。

3.3 終局荷重時における接合形式の違いによるせん断伝達性状

ハイブリッド接合は横桁コンクリート境界面で1ウェブ当たり2接合面を有し、スタッド本数も2倍溶植できるメリットがある。終局時における波形鋼板のせん断力の伝達状況についてハイブリッド接合の有無しで比較した3次元FEM解析結果を図-5に示す。ハイブリッド接合無しの場合には横桁コンクリート面の上方に局部集中していることが分かる。これに対して、ハイブリッド接合有りの場合はハ

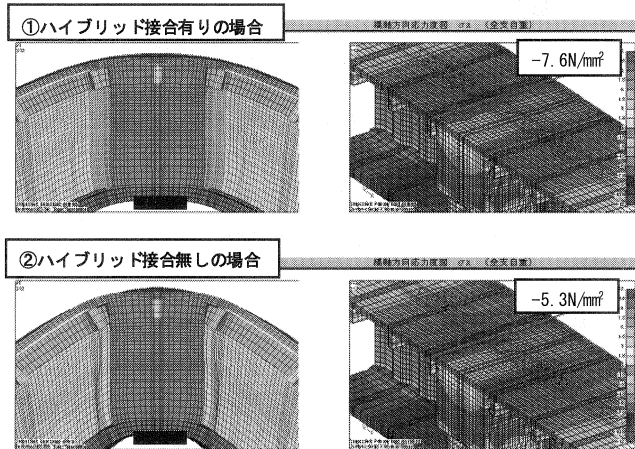


図-4 死荷重時橋軸方向応力度図

表-1 付加曲げ応力度 [N/mm²]

	床版橋軸方向応力度		付加曲げ応力度	
	上縁	下縁	上縁	下縁
棒解析(平面保持)	-5.3	7.5	-	-
FEM解析 ①ハイブリッド接合有り	-7.6	10.2	-2.3 (1.0)	2.7 (1.0)
FEM解析 ②ハイブリッド接合無し	-8.1	11.0	-2.8 (1.2)	3.5 (1.3)

イブリッド構造区間 650mm にせん断力の負担が移行し、応力集中の範囲が緩和される。

4. 波形鋼板下フランジ下のコンクリートの充填性とその確認

4.1 概要

本橋では、波形鋼板ウェブPC箱桁橋の上下コンクリート床版と波形鋼板ウェブとの接合方法は図-6に示すような鋼製フランジを有するアングルジベル接合としている。鋼製下フランジ下面へのコンクリート打設について、図-7に示すように部分的に逆打ちするような状況となり、コンクリートが十分に充填できないことが懸念された。そこで、接合部界面の気泡を除去することを目的として、図-8に示すスペーシングの方法を検討し、現場にて打設試験を行い、実作業に対する再現性・施工性を確認することとした。

4.2 打設試験による気泡残留対策の有効性の確認

下フランジの代わりにアクリル板を使用し、実橋と同じ断面寸法・配筋状態である接合部の模擬試験体を作製し、本工事で使用するコンクリートを使用して、現場ヤードにて打設試験を行った。模擬試験体は、図-9に示すようにA~Fにブロック分けした。Aブロックは気泡残留対策なしでコンクリートを打設した。B~Fブロックには気泡残留対策として、シート状のスペーシング材の引き抜きを実施した。コンクリート硬化後にアクリル板を取り除き、コンクリート表面を観察し、残留気泡率を算出した。コンクリート打設時の気泡残留対策条件の違いによる残留気泡率の状況を表-3に示す。無対策の場合に比較して、気泡残留対策を施した場合は残留気泡率が減少しているのが分かる。スペーシング材の引き抜き速度については、早く引き抜いた方がゆっくり引き抜くよりも残留気泡率を減少させる結果となった。波形鋼板下フランジ下面に予めシート状のスペーシング材を取り付け、コンクリート充填後にこれを引き抜く方法は、気泡量を著しく減少させ、界面状況を大きく改善できることが確認できた。(写真-1)

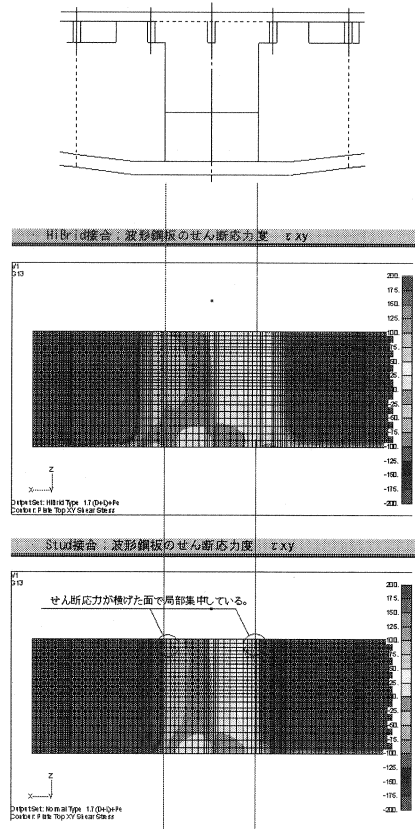


図-5 FEM 解析によるせん断力の伝達状況

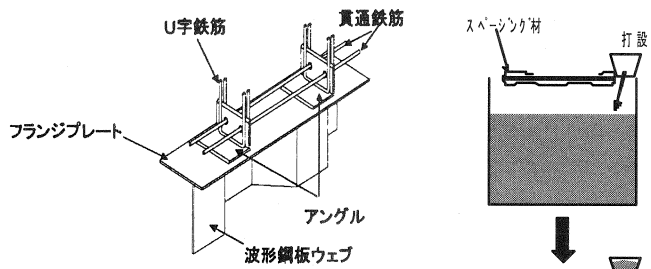


図-6 アングルジベル接合

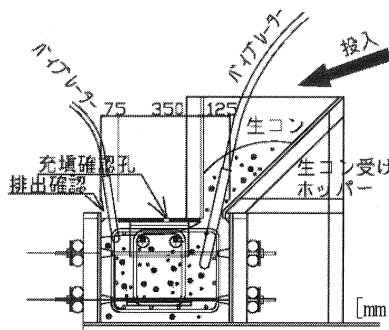


図-7 コンクリート打設方法

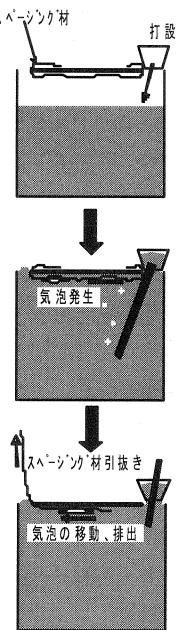


図-8 気泡残留対策

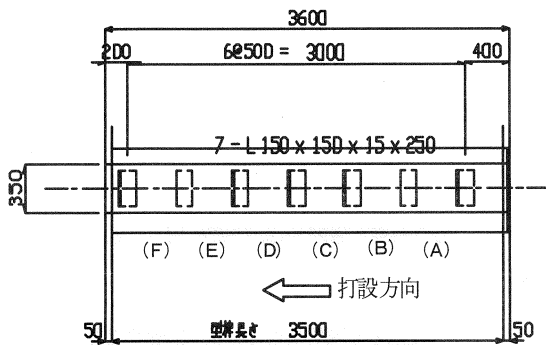
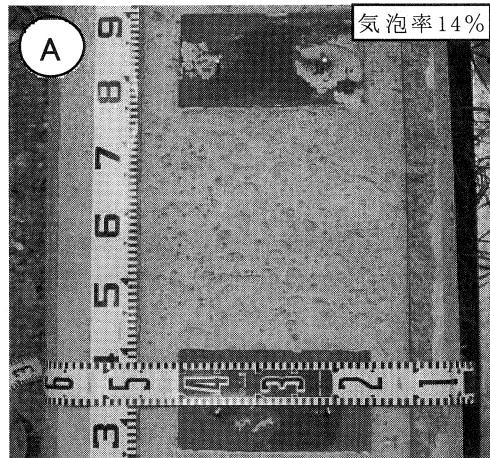


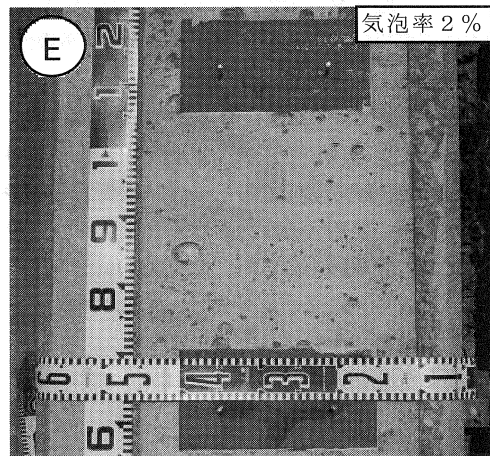
図-9 模擬試験体平面図

表-3 気泡残留対策条件違いによる残留気泡率

ブロック	対策の有無	不織布シート引き抜き条件	残留気泡率
A	無	-	14%
B	有	A社作業員、ゆっくり引き抜き	8%
C	有	A社作業員、ゆっくり引き抜き	5%
D	有	B社作業員、ゆっくり引き抜き	5%
E	有	B社作業員、早く引き抜き	2%
F	有	JV職員、ゆっくり引き抜き	6%



(1) Aブロックのコンクリート表面-対策無



(2) Eブロックのコンクリート表面-対策有

5. おわりに

本橋は平成16年1月より脚頭部工事に着手し、同7月に移動作業車を10基使用して張出し架設を開始した。本年5月に上り線の本体施工を完了し、現在その橋面上から下り線を施工中である。(写真-2)平成18年11月の竣工へ向けて、橋面工・付属物工の施工予定である。最後に本工事の計画・検討に当たり、多大なるご指導、ご協力を頂いた関係各位に対し、深く謝意を表す次第である。

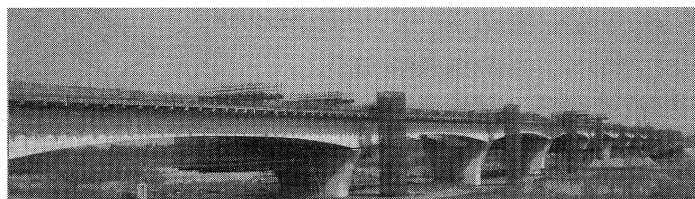


写真-2 施工状況写真

〈参考文献〉

- 1) 村尾・宮内・毛利・田中・佐川・西村：信楽第七橋、津久見川橋の設計と施工-施工の合理化、急速施工を図った波形鋼板ウェブ橋一、橋梁と基礎(2004.2)
- 2) 紙永・春日・永元・梅津：波形鋼板ウェブの新しい継手方法に関する実験的研究、第11回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集、(2001.11)
- 3) 浅井・野村・今里・谷口：波形鋼板ウェブ PC 箱桁橋における波形鋼板下フランジ接合部のコンクリート充填性、コンクリート工学年次大会講演概要集、(2005.6)