

## 安家ほたる橋 (波形鋼板ウェブPC橋) の支保工施工に伴う検討

(株)ピーエス三菱 東北支店 PC事業部技術部 正会員 ○古村 豊  
 (株)ピーエス三菱 東北支店 PC事業部工事部 正会員 濱田 昌宏  
 (株)ピーエス三菱 九州支店 PC事業部工事部 正会員 田中 稔大  
 岩手県宮古地方振興局 岩泉土木土木事務所 道路都市課 西村 貴之

### 1. はじめに

本橋は、平成13年度に岩手県主要地方道路整備工事の一環として久慈市～岩泉町を結ぶ路線に位置する安家川に架設された橋長113.5mの橋梁である。本橋の構造形式はPC2径間連続波形鋼板ウェブ箱桁橋であり、岩手県としてPC波形鋼板ウェブ橋を採用したのは本橋が最初である。

施工方法は、固定支保工を使用した分割施工であり、施工区分は中間支点部を挟む46.2m区間が1次施工、残りの両側径間部を2次施工とした。施工途中においては中間支点部を仮固定しないため、2次施工中においても1次施工区間の支保工は解体しないで施工した。また、主ケーブルには内ケーブルと外ケーブルを併用している。このため、1次施工時および2次施工時において各主ケーブルを緊張する際には、主桁の変形と発生応力に着目して施工を行う必要があった。また、波形鋼板ウェブ橋は通常のPC箱桁橋と比べてせん断剛性が小さいため、せん断変形を考慮して施工する必要がある。せん断剛性を考慮した主桁の変形に着目する場合には、通常の平面骨組解析では困難であるため、FEM解析を用いて主桁の変形挙動を検討して上げ越し管理を行った。また、主ケーブル緊張時における主桁の挙動と発生応力をFEM解析によって照査して、適切な主ケーブルの緊張順序を検討した。

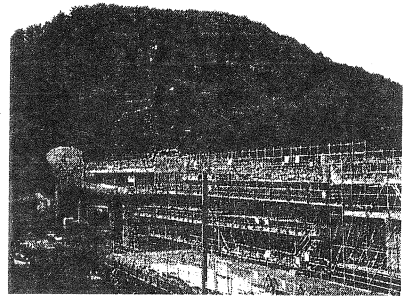


写真-1 施工時写真

### 2. 施工概要

#### 2.1 橋梁概要

本橋の橋梁概要は、以下のとおりである。

工事名：安家4号橋 (仮称) 上部工工事  
 構造形式：PC2径間連続波形鋼板ウェブ箱桁橋  
 橋長：113.500m  
 設計基準強度：40N/mm<sup>2</sup>  
 波板材質：SMA490AW  
 床版接合：アングルジベル接合 (上下)  
 波板接合：現場すみ肉溶接接合

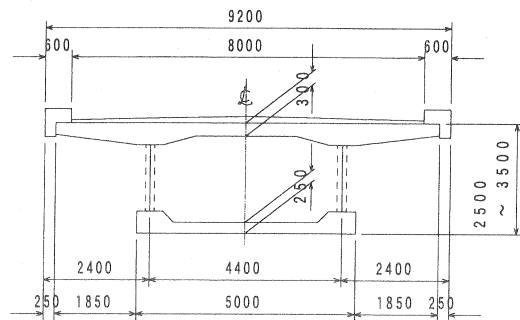


図-1 主桁断面図

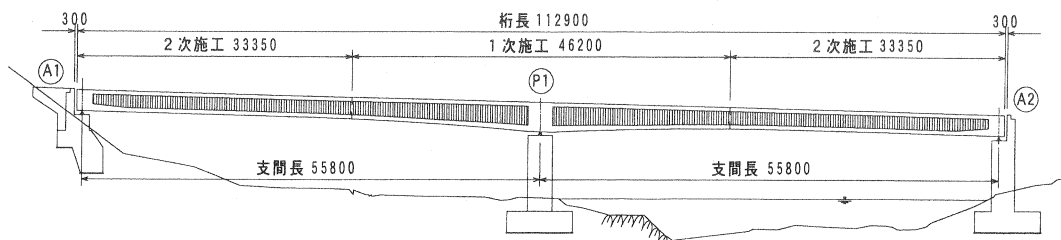


図-2 側面図

## 2. 2 全体施工概要

波形鋼板ウェブ橋の固定支保工架設では上、下床版コンクリートを分割打設することになる。特に橋体を一括施工する場合には下床版打設から上床版打設までの期間が長くなり、施工中に下床版にひび割れが発生することが懸念された。このため本橋では上下床版施工の時間差を短縮し早期にプレストレスを導入するため、図-3 のように分割施工を採用した。また、分割施工目地位置は上床版ケーブルの配置に合わせて決定した。

次に主ケーブルの配置図を図-4 に示す。内ケーブルは下床版に 12S12.7 を突起定着により 1 径間当り 10 本配置し、上床版には 12S12.7 を 1 次施工区間に 16 本配置した。ただし、上床版ケーブル 16 本のうち、6 本は施工目地端部に定着されるケーブルであり、残り 10 本は突起定着である。外ケーブルについては、19S15.2 を 1 径間当り 6 本配置し、中間支点横桁で定着した。

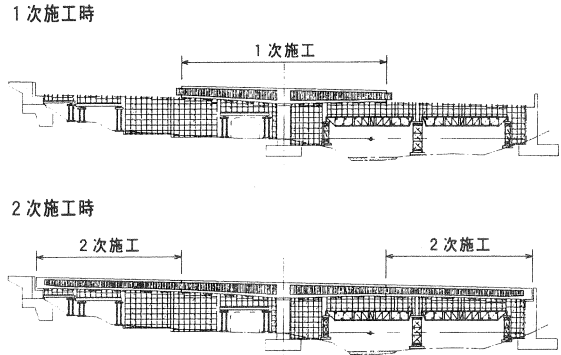


図-3 施工ステップ図

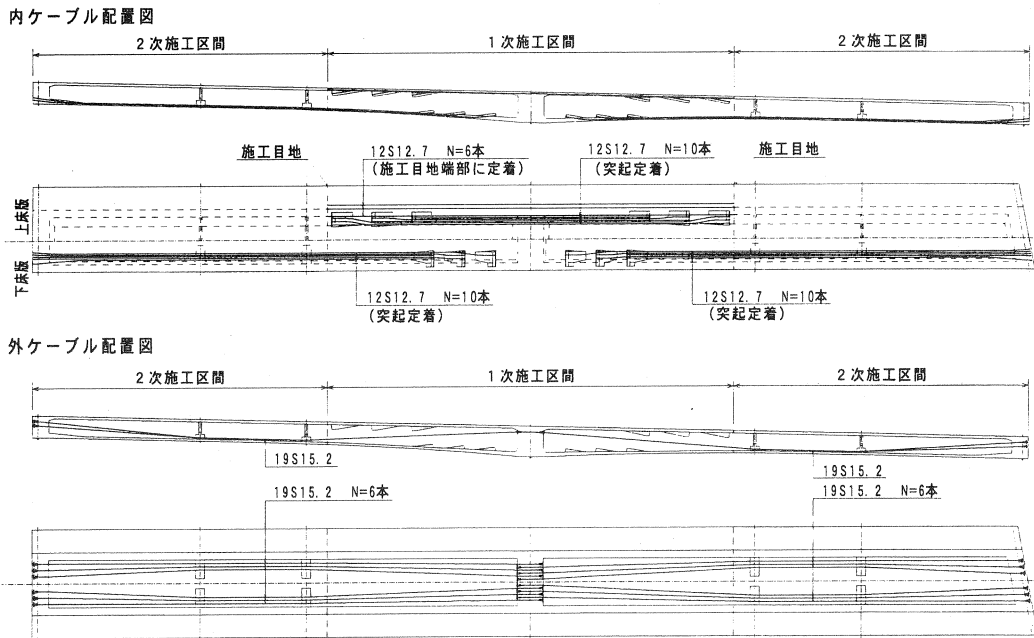


図-4 主ケーブル配置図

## 2. 3 施工上の課題点

施工上の課題点としては、主に以下のことが挙げられた。

- 1) 1次施工時において、施工目地端部に定着されるケーブルは必然的に1次施工で緊張しなければならないが、緊張により主桁が支保工より浮き上がった場合、構造的に不安定な状態となる。
- 2) 2次施工時において上、下床版の内ケーブルを緊張後に主桁が支保工より浮き上がらなかった場合、主桁には主桁自重による曲げ圧縮応力が作用しないため、下床版定着突起背面にはP C鋼材緊張による橋軸方向引張応力が大きく発生し、それによるひび割れの発生が懸念された。

3) 波形鋼板ウェブ橋は、通常のPC箱桁橋と比べてせん断剛性が小さくせん断変形を考慮する必要があるが、桁高変化を有する場合についてはその影響が小さいなどの報告<sup>1)</sup>もあり不確定要素が大きく、現場のたわみ管理上事前検討を行う必要があった。

### 3. 検討事項

#### 3.1 主ケーブル緊張に伴う検討

##### (1) 1次施工における検討

1次施工時の構造系をFEMによりモデル化して、全ての上床版ケーブルを緊張する条件で解析した結果、主桁は支保工から浮き上がる結果となった。そこで施工目地端部に定着される上床版ケーブルのみを緊張した場合での主桁の変形を照査した(図-5参照)。その結果、主桁は施工目地先端で約13mm程度下向きに変形する結果が得られた。従って、主桁は緊張後も支保工に支持される状態となる。また、緊張力のみでの主桁の発生応力は、上床版が $3.0\text{N/mm}^2$ 、下床版が $-0.5\text{N/mm}^2$ 程度であり、ひび割れの発生も低いと考えられた。従って、実施工においても1次施工時に緊張するケーブルを施工目地端部に定着されるケーブルのみとして施工し、主桁が支保工に支持された安定した状態を支持できた。

##### (2) 2次施工における検討

構造系完成後の2次施工時における内ケーブルと外ケーブルの緊張作業の順序は、緊張時のジャッキセット等の施工性を考慮し内ケーブル先行とした。

内ケーブルの緊張順序を検討するにあたり、2次施工時の構造系をFEMによりモデル化して内ケーブル全本数を緊張した場合の主桁の変形を照査した。その結果、内ケーブルのみでは主桁が支保工から浮き上がらなかったため、FEMにより内ケーブル全本数の緊張力のみによる主桁の応力照査を行った。その結果、下床版ケーブルの緊張力の影響により、下床版突起背面の下床版断面に $3.0\text{N/mm}^2$ 程度の引張応力が発生した(図-6参照)。

その対策として、内ケーブルを全て緊張する前に支保工をダウンさせて主桁下縁に曲げ圧縮応力を作用させた後、残りの内ケーブルを緊張することを試みた。表-1は平面骨組解析により上床版ケーブルを全本数緊張し、下床版ケーブル10本/径間のうち4本、6本、8本、10本を緊張した場合の主桁の合成応力度の結果である。この結果に基づき、再度FEMにより上床版ケーブルを全本数緊張し、下床版ケーブルを6本緊張した場合の主桁の応力照査を行った。照査の結果、下床版突起背面の下床版断面に発生する引張応力を $2.0\text{N/mm}^2$ 程度まで低減し、

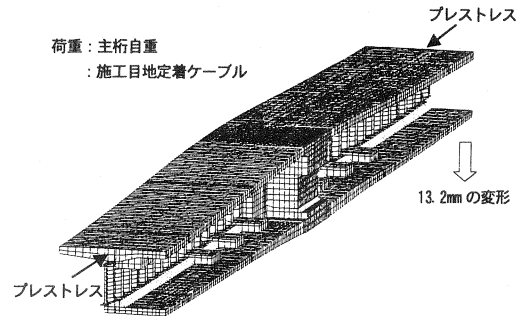


図-5 1次施工時のFEM解析

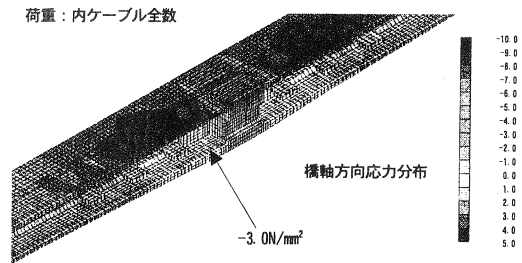


図-6 2次施工時のFEM解析(1)

表-1 支保工ダウン後の応力比較表

	(N/mm <sup>2</sup> )			
	支間中央		中間支点部	
	上縁	下縁	上縁	下縁
全本数緊張	4.1	0.3	0.9	6.4
8本緊張	3.9	-0.9	0.3	7.2
6本緊張	3.7	-2.0	-0.3	8.0
4本緊張	3.5	-3.3	-1.0	8.8

注) 表中の緊張本数は1径間当たりとして表記

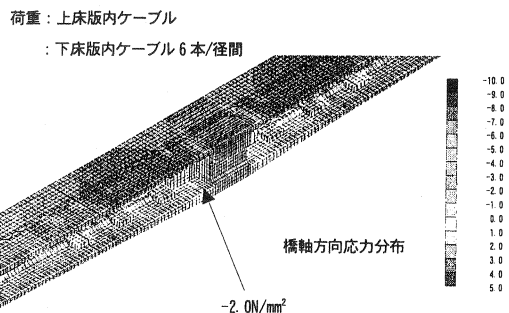


図-7 2次施工時のFEM解析(2)

ひび割れ発生限界応力値以下であることを確認した。照査断面には発生引張力より補強鉄筋量を算定して補強鉄筋を配筋した。以上の検討より、主ケーブルの緊張に伴う施工ステップを図-8に示す。よって、下床版ケーブルを1径間当り6本緊張し、支保工をダウンさせ主桁に曲げ圧縮応力を作用させてから、残りの下床版ケーブルを緊張する施工手順で施工した。結果、懸念した下床版へのひび割れの発生はなかった。

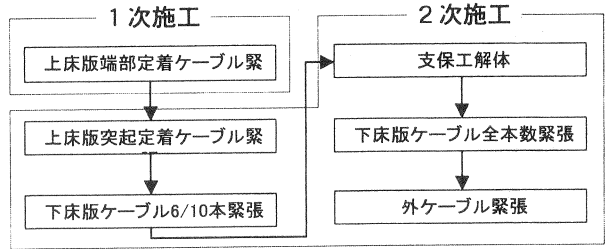


図-8 緊張ステップ

### 3. 2 主桁たわみに伴う検討

主桁のたわみについては、波形鋼板ウェブのせん断変形分を考慮するため FEM 解析により各施工時の構造系をモデル化し、主桁自重、プレストレス、橋面荷重を載荷して各荷重の弾性たわみ量を算出した。クリープ分の変形量については現場の実工程より各施工ステップでのクリープ係数を算出してクリープ変形量を算出した。

図-9 は平面骨組解析により算出した外ケーブル緊張時における主桁の鉛直方向弾性変形量と FEM 解析により算出した外ケーブル緊張時における主桁の鉛直方向弾性変形量の比較図である。本橋において FEM 解析によりせん断変形分を考慮して主桁の変形を確認した結果、平面骨組解析結果の約 1 割程度大きく変形する結果となった。

図-10 は実施工における外ケーブル緊張による主桁の鉛直方向弾性変形量と FEM 解析により算出した主桁の鉛直方向弾性変形量の比較図である。変形量が最大となる支間中央部で両者を比較した場合、解析値が 21mm に対して実測値は 25mm 程度となり、計算結果に概ね近似する結果となった。

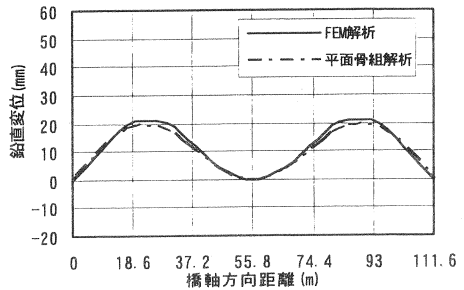


図-9 主桁の変位図(1)

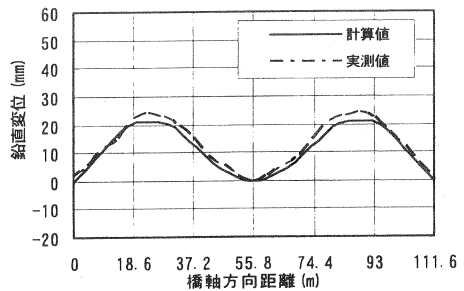


図-10 主桁の変位図(2)

### 4. おわりに

本橋は、平成 14 年 2 月に上部工工事が開始され、平成 14 年 12 月に無事に竣工を迎えた。近年、P C 波形鋼板ウェブ橋への注目度は高まり、その実績も徐々に増えてきている。本報告が、少しでも今後の同種工事の設計・施工の参考になれば幸いである。

最後に、本橋の施工に際しては、岩泉土木事務所道路都市課を始め、多くの工事関係者各位から貴重なアドバイスを頂きながら竣工に至ったものであり、この場をかりてあらためて感謝の意を表する次第である。

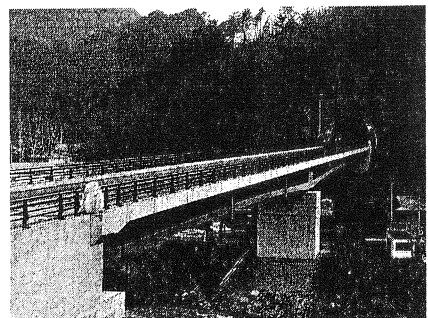


写真-2 完成写真

### 参考文献

水口, 芦塚, 佐藤, 桜田: 本谷橋(波形鋼板ウェブP C変断面箱橋)のたわみに関する検討, 第9回 PC シンポジウム論文集, 1999.10