

## 長谷川橋 (波形鋼板ウェブPC箱桁橋) の設計

極東工業(株) 技術本部 技術部 正会員 ○谷慎太郎  
 日本道路公団 四国支社 大洲工事事務所 金田洋治  
 日本道路公団 四国支社 大洲工事事務所 白須敏成  
 極東工業(株)・常磐興産ピーシー(株)共同企業体 正会員 平田雅也

### 1. はじめに

長谷川橋は、四国横断自動車道の大洲南IC～宇和IC間に架かる本線橋で、愛媛県大洲市の西側に位置する肱川の支流である長谷川を跨ぐ橋長395.5m(下り線)のPC5径間連続ラーメン橋である。本橋梁は、急峻な地形への対応や、コスト縮減、施工の省力化および耐久性の向上を図るため以下のような特徴を有している。

- ①上部工構造形式は波形鋼板ウェブPC箱桁橋。
- ②下部工構造形式は鋼管・コンクリート複合橋脚。
- ③上部工架設工法は全外ケーブル方式による張出し架設工法。
- ④曲線半径R=600mが橋梁内で反転するS字曲線橋。

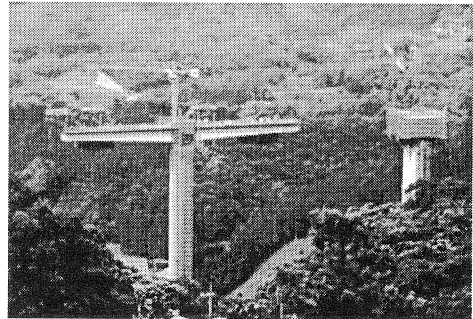


写真-1 施工状況

本稿においては、長谷川橋上部工工事の詳細設計のうち、架設ケーブルの定着突起形状の検討と、ねじりに対する検討についての報告を行う。

### 2. 橋梁概要

以下に長谷川橋の橋梁概要を示す。また、図-1、2にそれぞれ主桁断面図、橋梁一般図を示す。

- ・路線名：高速自動車国道 四国横断自動車道
- ・橋長：391.500m(上り線) 395.500m(下り線)
- ・有効幅員：2@8.500m
- ・平面線形：A=350, R=600m
- ・横断勾配：-5.92%~6.50%(上り線) -6.03%~6.50%(下り線)
- ・張出ブロック：6@4.0m+3(4)@4.8m ( )内は側径間
- ・工事期間：平成14年9月～平成16年4月

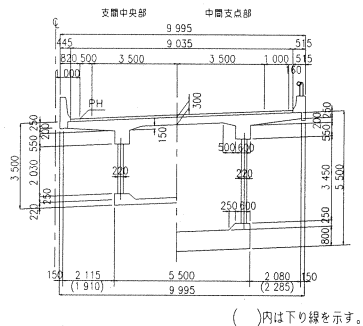


図-1 主桁断面図

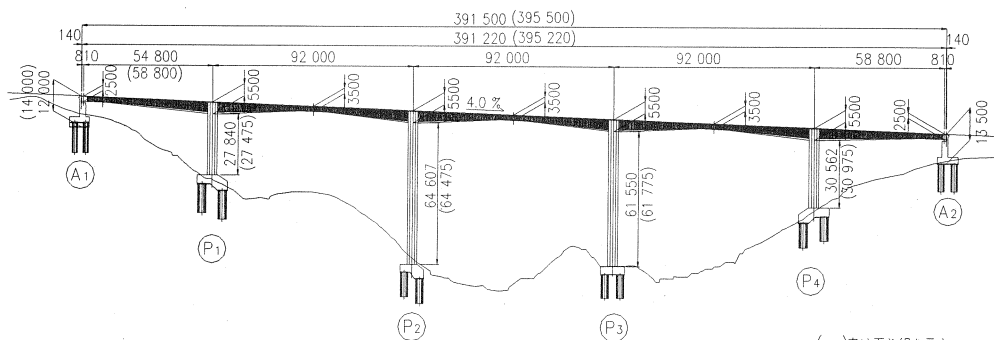


図-2 橋梁一般図

### 3. 架設ケーブルの定着突起形状の検討

#### 3.1 検討概要

本橋は張出し架設時に大容量ケーブル (19S15.2) を上床版下面に突起定着する。波形鋼板ウェブPC橋で突起定着を行う場合、ウェブ軸方向剛性が極めて小さいという構造特性より、外ケーブル突起定着部近傍の部材には定着による局部応力の影響が大きいと考えられる。そのため、定着突起構造形式の選定を検討し、3次元線形FEM解析による定着突起部材の設計を行い、安全性について確認を行った。

#### 3.2 定着突起構造について

現在、国内の波形鋼板ウェブPC橋における外ケーブルの定着突起構造形式の実績は、図-3に示す2種類のものがある。これらのうち、本橋では次の理由よりコンクリートエッジ方式を採用した。

- ① コンクリートエッジ方式は鉛直リブ方式と比較し、定着突起を設置するブロックについては、1ブロックあたりの重量が軽い。使用ワーゲン (能力250tf・m) を考慮し、ブロック割の検討を行った結果、コンクリートエッジ方式の方が張出し施工ブロック数を1ブロック減じることができた。
- ② 主方向の設計より連続ケーブルが多数配置 (最大19S15.2-12本) されるため、配置位置の自由度が高いコンクリートエッジ方式の方が連続ケーブルによるプレストレスの効率が良い。

#### 3.3 定着突起形状について

定着突起形状は、外ケーブル配置より決定される必要寸法およびFEM解析による局部応力照査、せん断伝達耐力を確保する形状とした。図-4に定着突起形状図を示す。定着突起の橋軸方向長さについては、外ケーブルを突起内で偏向配置とするため、所定の直線長および曲線区間長が確保できる長さとした。(図-5参照。) 張出しブロック長によって外ケーブルの偏向角度が異なり、外ケーブル配置上必要な定着突起長さが異なるため、ブロック長毎の2種類にグループ化した。

#### 3.4 定着部近傍の局部応力について

図-6にFEM解析による主引張応力度のコンター図を示す。定着位置が上床版およびコンクリートエッジから偏心していることにより、各部材から離れようとする変形が生じる。そのため、各部材との接合部付近においては極狭い範囲に $5\text{N/mm}^2$ 程度の主引張応力が生じた。箱桁内定着突起側面には、外ケーブルの偏向力により、 $2\text{N/mm}^2$ 程度の鉛直方向の主引張応力が生じた。引張応力が生じる箇所については、全引張力に対して鉄筋で補強できる範囲であったため、鉄筋による補強を行った。補強鉄筋量の算出は、有害なひびわれの発生を抑制するため、鉄筋の許容引張応力度を $\sigma_{sa}=120\text{N/mm}^2$ として算出した。FEM解析結果による引張応力に

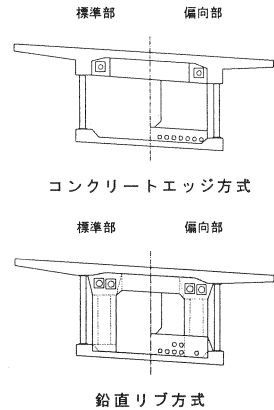
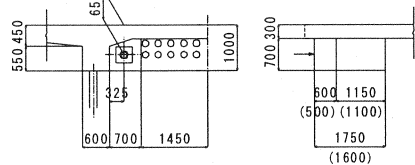
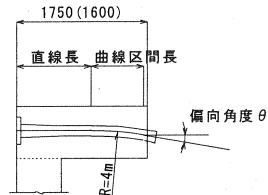


図-3 定着突起構造形式



( )内は4.8mブロックのものを示す。

図-4 定着突起形状図



( )内は、4.8mブロックのものを示す。

図-5 定着突起部ケーブル平面図

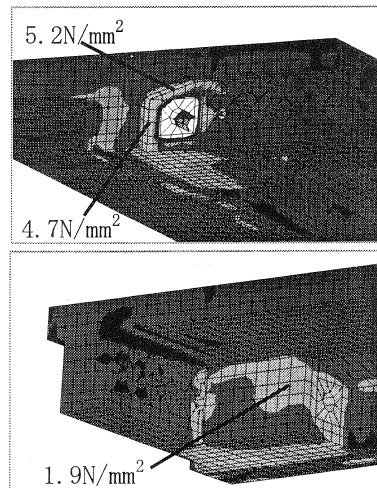


図-6 FEM解析応力コンター図

対する補強およびせん断伝達耐力の確保で決定した配置鉄筋要領を図-7に示す。配置鉄筋はコンクリートの打設性を考慮して、125mmピッチを基本間隔とし、鉄筋径をD16~D22の範囲とした。

4. ねじりに対する検討

4.1 検討概要

波形鋼板ウェブPC橋においては、通常のPC箱桁橋と比べて、ウェブの軸方向剛性が小さいことによりねじりに対する断面変形が大きくなることが知られている。<sup>1)</sup>また、本橋においては最小曲線半径600mを有するS字曲線橋であるため、ねじりの影響が大きいと判断した。

ねじりに対する部材設計は、平面格子解析で算出した断面力に対し、波形鋼板ウェブPC橋計画マニュアル(案)<sup>2)</sup>に準じてせん断応力度を算出した。この算出式は純ねじり挙動を基本としているから、ねじりにより生じる断面変形を抑制する必要がある。そのため、支間内の隔壁箇所数をパラメータとし、3次元線形FEM解析によるねじり挙動についての検証を行った。隔壁箇所数については、隔壁がない場合、外ケーブルの偏向に必要なデビエータとしての隔壁が2箇所ある場合、さらに15~20m程度の間隔で2箇所追加した場合(計4箇所)において検討した。

4.2 FEM解析概要

検討対象とした部位は、図-8に示す剛な横桁に挟まれる1スパン(中央径間)とし、片勾配*i*=6.5%一定の単曲線R=600mを有する擬似構造をモデル化するものとした。なお、FEM解析のモデル化については、支間中央に橋軸方向対称条件を用い、1/2支間モデルとした(図-9)。载荷荷重については、単位荷重として  $w=100\text{kN/m}^2$  の偏載荷重を平面曲線外側に鉛直方向に载荷した(図-10)。解析ケースは、先に述べた隔壁箇所数をパラメータとした3ケースに加えて、断面形状がねじり剛性に及ぼす影響を把握するため、隔壁を4箇所設置し、コンクリートエッジと定着突起を無しとした1ケースの合計4ケースとした。図-11に各ケース断面図、図-12に各ケース隔壁位置を示す。

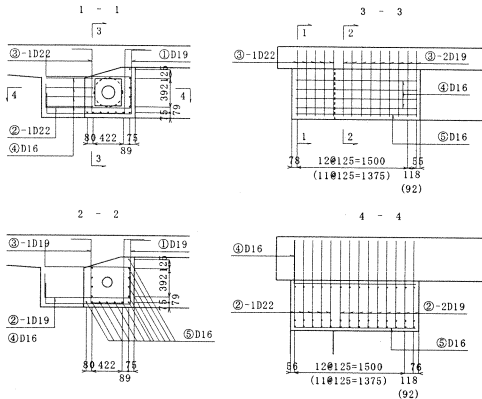


図-7 定着突起配置鉄筋要領

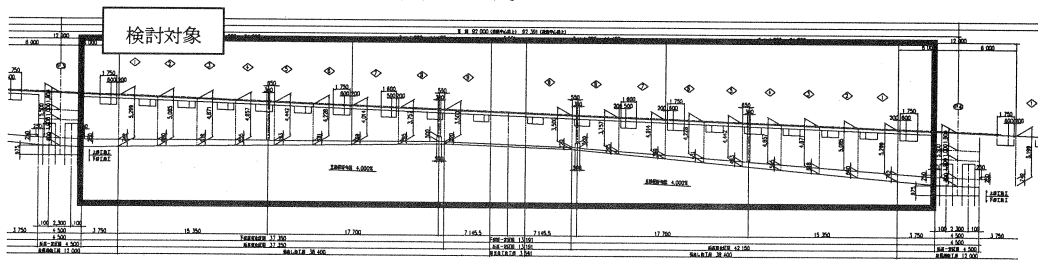


図-8 検討対象

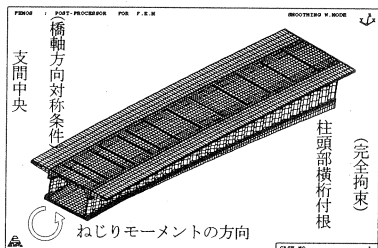


図-9 解析モデル図

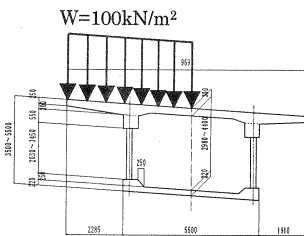


図-10 荷重図

### 4.3 解析結果および考察

図-1 3に解析結果による橋軸方向位置でのねじり角をプロットしたグラフを示す。ここで、理論値とは以下に示すBathoの公式で算出される値としている。<sup>3)</sup>

$$\frac{d\theta}{dx} = \frac{T}{GK}$$

ここに、 $\theta$  : ねじり角 T : ねじりモーメント

G : せん断弾性係数 K : ねじり定数

なお、解析結果におけるねじり角は上床版と下床版のねじり角の平均値とした。本検討においては、ねじり角に影響を与えるねじり定数とねじりモーメントが橋軸方向位置によって変化するため、グラフは曲線形状を示す。

隔壁無しとしたケース1および隔壁を2箇所としたケース2のねじり角をプロットしたグラフは、理論値と一致しておらず、相似形をも示していない。このことより、純ねじり挙動を示していないことがわかる。

隔壁を4箇所としたケース3は、全域に渡って理論値より小さな値を示しているが、理論値を83%にするよう回転させたものと良く一致している。このことは、純ねじり挙動を示していると同時に、みかけのねじり剛性が理論値に対して $1/0.83=1.20$ 倍程度大きいことを表している。これは、理論値におけるねじり定数Kの算出では考慮されないコンクリートエッジ部等の剛性が、実際にはねじり剛性に寄与しているためと考えられる。

コンクリートエッジ・定着突起が無いケース4は、ねじり角がケース3より理論値に近づき、95%としたものと良く一致している。理論値よりねじり角が5%程度小さいのは、ウェブ上下端で床版厚を厚くしているため、それがねじり剛性に寄与しているためと考えられる。

以上のことより、支間内15~20m程度の間隔で隔壁を設置することで純ねじり挙動となることを確認し、隔壁配置を決定した。

### 5. おわりに

本稿は、極東工業(株)・常磐興産ピーシー(株)共同企業体による長谷川橋上部工詳細設計において行った検討を報告したものである。最後に本橋の設計、施工にあたり多大なるご指導、ご協力を頂いた皆様に、感謝の意を表します。

#### <参考文献>

- 1) 依田, 大浦 : 波形鋼板ウェブを用いた合成PC箱桁のねじり特性について, 土木学会構造工学論文集, Vol. 39A, 1993. 3
- 2) 波形鋼板ウェブ合成構造研究会 : 波形鋼板ウェブPC橋計画マニュアル(案), 1998. 12
- 3) 中井博, 北田俊行 : 橋梁工学[上], 森北出版株式会社, 1999. 9

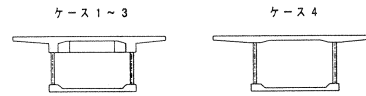


図-1 1 各ケース断面図

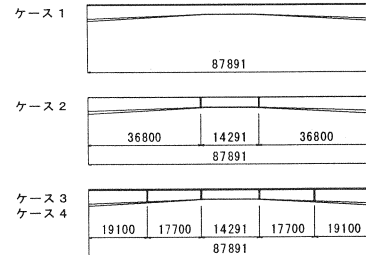


図-1 2 各ケース隔壁位置

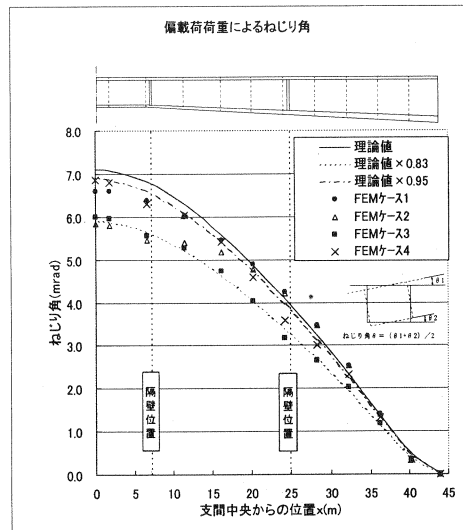


図-1 3 各断面位置でのねじり角