

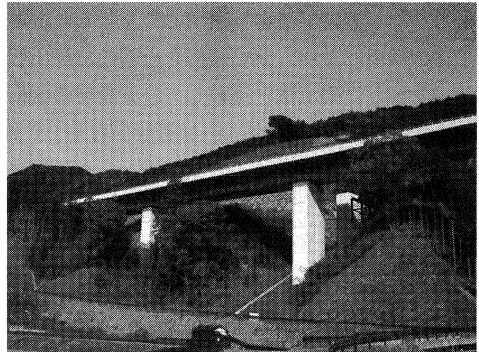
押し出し架設を行う波形鋼板ウェブ橋における埋込み接合の適用
 — 第二東名高速道路 桂島高架橋 —

三井住友建設㈱ 土木事業本部	PC設計部	正会員	○諸橋 明
日本道路公団 静岡建設局	構造技術課	正会員	青木 圭一
三井住友建設㈱ 土木事業本部	土木技術部	正会員	益子 博志
三井住友建設㈱ 技術研究所	土木研究開発部	正会員	浅井 洋

1. はじめに

第二東名高速道路桂島高架橋は、静岡IC（仮称）から藤枝岡部IC（仮称）の間に建設される橋長216mの4径間連続PC箱桁橋である。本橋は、有効幅員16.5mの広幅員構造に対して、主桁重量の低減を図るため、一室箱桁構造のリップ・ストラット付波形鋼板ウェブ構造を採用している。

架設工法は、架橋位置が起伏の大きな山間部であることから支保工の設置が不要な押し出し架設工法を採用した。本橋では、押し出し架設工法の合理性を追求し、断面分割施工法を採用した。これは、張出し床版を除いた断面（＝コア断面）にて押し出し架設を行うものである。この結果本橋は、「押し出し工法により架設されるリップ・ストラット付波形鋼板ウェブ箱桁橋」という世界でも類を見ない構造を有した橋梁となっている（写真－1）。^{1) 2)}



写真－1 桂島高架橋の全景

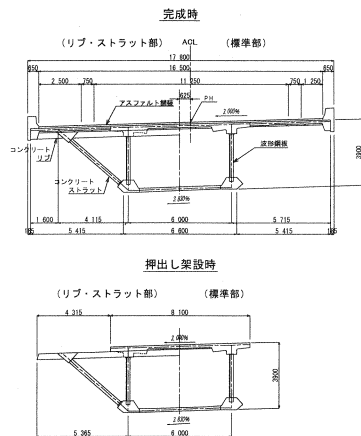
また本橋では、波形鋼板ウェブと下側コンクリートとの接合に埋込み接合を用いている。埋込み接合は、波形鋼板をそのままコンクリートに埋込む接合方法で、波形鋼板のずれ止めブロック機構と孔あき鋼板ジベルによるずれ止め機構により水平せん断力に抵抗するものであり、アングルジベル接合などと比べフランジやアングルジベルの設置が不要であることや、コンクリートの打込み性能が向上するなどの特長を有している。ところが、押し出し架設を行う波形鋼板ウェブ橋に埋込み接合を用いた場合、作用力の状態が水平せん断力と異なることとなり、事前に検討を行うこととした。

本稿は、押し出し架設を行う波形鋼板ウェブ橋に、埋込み接合を用いた場合の適用性について報告するものである。

2. 橋梁概要

本橋は、従来の波形鋼板ウェブ箱桁橋の上床版をリップとストラットによって支持する構造である。張出し床版を長くすることができ、箱桁の底版幅を狭くすることが可能となるため、上部工重量を低減できるとともに橋脚幅を狭くすることが可能となる。また、押し出し架設時の重量を低減するため、主桁を断面方向に分割して製作することとし、張出し床版を除いた主桁断面（＝コア断面）にて押し出し架設を行う工法を採用している。

主桁断面図を図－1に示す。



図－1 主桁断面図

3. 押し出し架設の概要

本橋は、リブ・ストラット構造の採用により張出し床版を長くしていること、波形鋼板を用いることによりウェブ重量が低減されていることから、張出し床版部重量の全体重量に占める割合が約35%と比較的大きい。よってコア断面で押し出し架設を行うことで、押し出し時主桁重量の大幅な低減効果が見込まれる。そこで、本橋では、世界でも類を見ない断面分割施工方式による押し出し架設工法を採用することとした。本工法の採用により、PC箱桁を全断面で押し出し架設を行う従来工法と比較して、架設時の主桁重量を約50%に低減でき、架設設備費やPC鋼材量を大幅に低減することを可能とした。特に、押し出し架設時におけるジャッキ反力を13,000kN以下とすることができ、分散方式での標準タイプ鉛直ジャッキ(6,500kN)2台にて押し出し架設することができた。

押し出し架設は、4径間の主桁を1径間ずつ4ブロックに分けて製作し、その都度、1径間(5.4m)分を押し出す方法で行った。押し出し架設のステップを図-2に、押し出し架設時の全景を写真-2に示す。

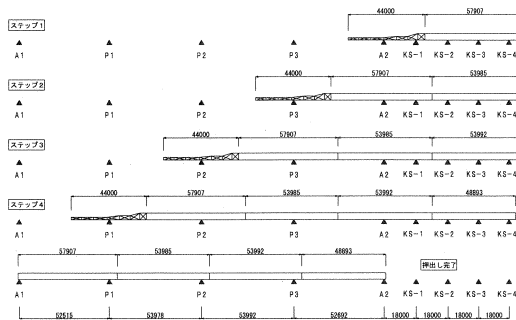


図-2 押し出し架設ステップ

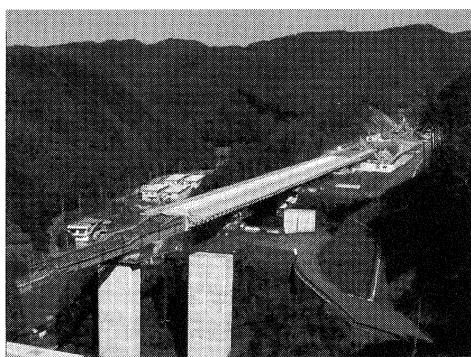


写真-2 押し出し架設時の全景

4. 埋込み接合部の検討

埋込み接合部は、完成時において接合部に作用する水平せん断力に対して設計される。これに対して押し出し架設時におけるジャッキ直上においては、接合部に鉛直方向のせん断力が作用することとなるため、埋込み接合部のせん断耐力照査を行った。作用せん断力Sは、押し出し架設時の最大反力状態におけるコンクリート下フランジ部が分担するせん断力とした(FEM解析による)。また、埋込み接合部のせん断耐力 Q_u (式(1))は、コンクリートが負担できるせん断力 Q_{u1} (式(2))と孔あき鋼板ジベルのせん断耐力 Q_{u2} の和とした。ここで孔あき鋼板ジベルのせん断耐力 Q_{u2} は式(3)および式(4)³⁾により算出することとした。

$$Q_u = Q_1 + n \cdot Q_2 \tag{式(1)}$$

$$Q_{u1} = A_c \times \tau_a \tag{式(2)}$$

$$Q_{u2} = \gamma (1.85A - 106.1) \tag{式(3)}$$

$$A = \{ \pi/4 \times (d^2 - \phi_{st}^2) \times f'_{ck} + \pi/4 \times \phi_{st}^2 \} \times 10^{-3} \tag{式(4)}$$

ここに、

n : 1mあたりのジベル個数(=7.5個)

A_c : コンクリート下フランジ部の断面積(=0.6 m^2)

τ_a : コンクリートの負担できる平均せん断応力度(=0.7N/ mm^2)

γ : 安全係数(=0.33 \times 1.25, 使用状態照査時の値に架設時割増しを考慮した)

d : コンクリートジベルの孔径(=60mm)

ϕ_{st} : 貫通鉄筋の鉄筋径(22mm)

f'_{ck} : コンクリートの設計基準強度(N/mm²)

f_{st} : 貫通鉄筋の引張強度 (=490N/mm², SD345)

上式により算出した埋込み接合部のせん断耐力は、

$$Q_u = 2032 \text{ kN}$$

となり、作用せん断力

$$S = 1890 \text{ kN}$$

を上回っており、安全性を確認している。

5. 埋込み接合部の計測

5.1 計測の目的

埋込み接合において、主桁標準部を対象とした水平せん断に対するずれ止め機構については、各種の実験成果があり明確になっている。ところが、押出しジャッキの直上においては、鉛直方向に作用するせん断力が孔あき鋼板ジベルを介して波形鋼板ウエブに伝達されるものと考えられる。

FEM解析においては、波形鋼板はプレート要素でモデル化しており、コンクリートとの接触面は剛結合としている。このためジャッキ支圧プレートから受ける鉛直力は、コンクリート部から埋込み部波形鋼板の付着により、波形鋼板ウエブ部に伝達している。これに対して実際の構造では、孔あき鋼板ジベルを介して伝達するため、FEM解析と機構が異なる。これは、ひずみを計測することにより確認でき、ジベルの耐力が十分であれば波形鋼板ウエブ部における応力状態は、解析とほぼ同様になるものと考えられる。

よって本計測は、波形鋼板ウエブ箱桁橋において、埋込み接合を用いて押出し架設を行う際の、応力伝達機構を確認することを目的とした。

5.2 計測計画

ひずみの計測は、波形鋼板と孔あき鋼板ジベル貫通鉄筋について行うこととした。

計測位置は、横桁や波形鋼板接続部などを避け、主桁の標準部に近い位置として第3ブロックにおける押出し架設時に比較的大きな反力を受ける断面付近とした。図-3にひずみゲージの設置箇所を示す。

5.3 計測結果と考察

計測は、押出しジャッキ支持による影響を把握するため、架設ケーブル緊張後を初期値とし、計測位置を押出しジャッキで支持した状態までの変化量を測定した。鉛直ジャッキが図-4のCの直上に位置した状態における波形鋼板の鉛直方向応力分布の計測値と解析値の比較を図-5に示す。実測値は解析値より若干小さく現れているものの、概ね一致しており、付着切れがないものとしてモデル化したFEM解析の妥当性が確認できたといえる。また、貫通鉄筋の伸びがほとんど生じていないことから、ずれが生じていないものと考えられる。

波形鋼板の鉛直方向応力は、埋め込まれた部分において小さくなっており、この部分ではコンクリートの鉛直方向力分担率が大きいのがわかる。

波形鋼板の鉛直方向応力は、埋め込まれた部分において小さくなっており、この部分ではコンクリートの鉛直方向力分担率が大きいのがわかる。

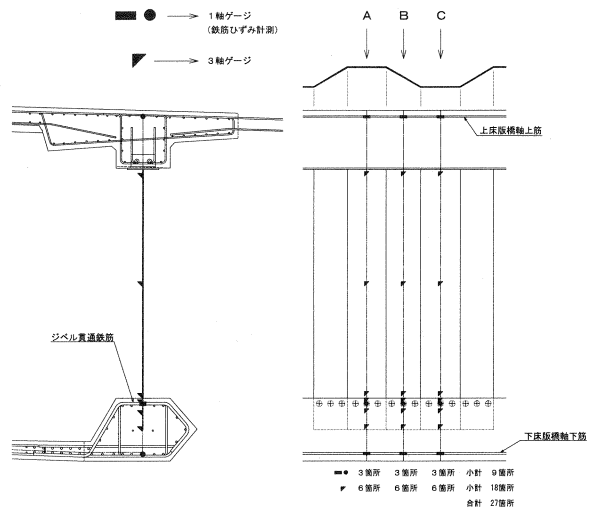


図-3 ひずみゲージ設置箇所

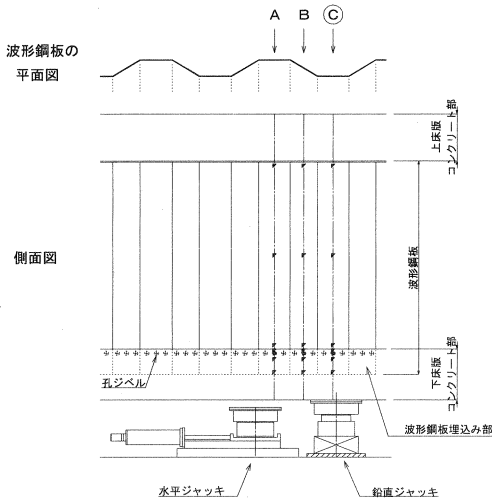


図-4 押しジャッキの状態

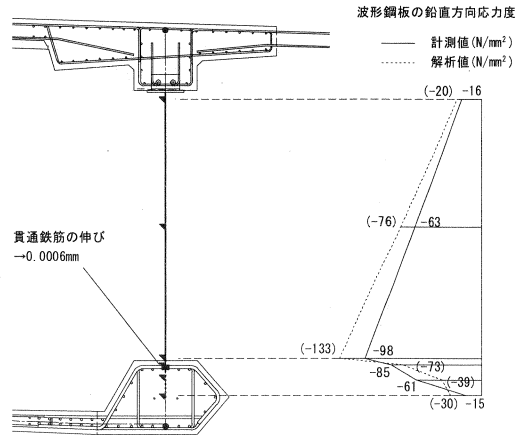


図-5 波型鋼板の鉛直方向応力度分布

6. まとめ

押し架設時の検討を行い、下記の所見を得た。

- 1) 鉛直方向にせん断力が作用する場合の埋込み接合部のせん断耐力として、鋼あき孔板ジベルのせん断耐力を式(1)～(4)により算出し、FEM解析より算出した作用力より上回ることを確認した。
- 2) 埋込み接合部のひずみ計測結果
 - ① 波型鋼板の鉛直方向応力度は、コンクリート埋込部において急激に減少しており、ジャッキから受ける鉛直力はコンクリートジベルを介して波型鋼板に伝達されているものと考えられる。
 - ② 貫通鉄筋の伸びはほとんど発生しておらず、ジベル部にずれは生じていない。
 - ③ 実測値は FEM 解析値に近い値を示しており、波型鋼板とコンクリートを剛結としたものとして解析を行っても問題はないと考えられる。

以上より、押し架設を行う波型鋼板ウェブ橋における埋込み接合の適用について、確認することができた。

桂島高架橋は、2004年11月に最終押し架設完了後、架設ケーブルの転用、張出し床版部の施工を行い、2005年5月に完成した。

本稿が、今後の波型鋼板ウェブ橋の計画、設計および施工の一助となれば幸いである。

[参考文献]

- 1) 青木, 和田, 松本, 中村: 桂島高架橋の設計と施工 —世界初のリブ・ストラット付き波型鋼板ウェブPC箱桁橋の押し架設—, 橋梁と基礎 (01/2005 vol.39)
- 2) 青木, 和田, 櫻澤, 諸橋: リブ・ストラット付き波型鋼板ウェブPC箱桁橋の設計と施工— 第二東名高速道路 桂島高架橋 —, プレストレストコンクリート vol.47 No.3
- 3) 複合構造物の性能照査指針 (案), 土木学会 2002年4月