

第 404 工区(江辻)高架橋の設計・施工

有村 英樹¹⁾ 東 博年²⁾ 長谷川 敏之³⁾
今林 弘一⁴⁾ 三上 秀明⁵⁾

福岡都市高速道路 4 号線は、博多市街地から 1 号線を経由し、九州縦貫自動車道福岡 IC を結ぶ路線である。本橋は 4 号線の一部であり福岡 IC の手前である江辻地区に建設される上下部一体構造の 3 径間連続鋼床版箱桁橋である。また、本橋は国道 201 号(福岡東バイパス)上に計画されており、側径間部(4P117-4P118)に JR 香椎線、中央支間部(4P118-4P119)は 1 級河川多々良川が位置していることから、特に架設工法の選定に留意した。

本文では第 404 工区(江辻)高架橋工事における設計上の留意点と現場架設に際して特徴的であった内容について報告する。

キーワード：3 径間連続鋼床版箱桁，剛構造，架設時解析

まえがき

第 404 工区(江辻)高架橋上下部工(鋼橋)は、江辻地区内に施工する全長 320m の上下部一体構造の橋梁である。上部工は中央部が支間 140m，両側径間が 89.5m で構成する 3 径間連続鋼床版箱桁橋であり、下部工は上部工と剛結する 1 本柱の鋼製橋脚である。本橋は鋼床版箱桁橋では規模が大きく、福岡北九州高速道路公社では数少ない上下部一体の剛構造としている。

本橋の架設では、中央径間および老番側の側径間をクレーンベント工法、若番側の側径間の架設は横取り工法を採用している。

ここでは上下部工の設計および現場施工について報告するものである。

1. 工事概要

本工事の概要は次のとおりである。

工事箇所：福岡県粕屋郡粕屋町江辻地区内
形式：3 径間連続鋼床版箱桁 ---- 1 連
鋼製橋脚(剛結) ---- 2 基

道路規格：第 2 種 第 2 級

設計速度：V=60km/h

設計荷重：B 活荷重

橋 長：320m

支 間 割：89.5 + 140 + 89.5m

有効幅員：8.00+8.00m(標準部)

9.75+9.77m(拡幅部)

斜 角：90°

鋼 重：3,848ton

本橋の位置図を図-1に、一般図を図-2に示す。

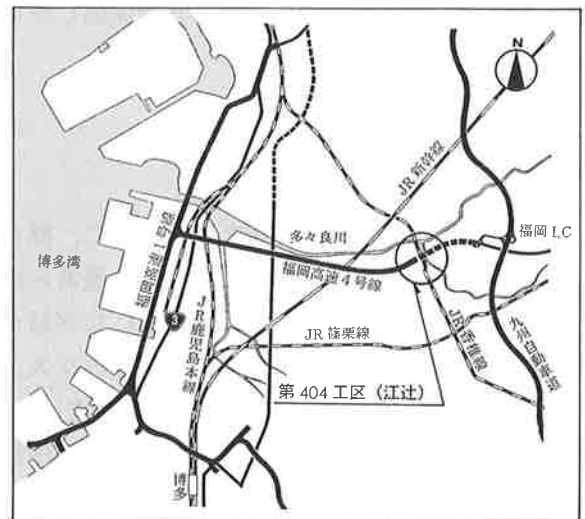


図-1 位置図

1) 橋梁設計部大阪設計一課係長 2) 橋梁設計部大阪設計一課 3) 橋梁設計部次長 4) 橋梁工事部大阪計画課
5) 橋梁工事部大阪工事一課係長

2. 設 計

(1) 構造上の特徴

本橋は、橋長 320m と同種橋梁では規模が大きい鋼床版箱桁橋である。架設上の制約条件や景観に配慮され、下記のような構造上の特徴を有する。

- ①鋼床版箱桁と鋼製橋脚との剛結構造
- ②側径間は 2.5 ～ 4.5m に桁高変化
- ③中央径間は 4.5 ～ 3.2 ～ 4.5m に桁高変化
- ④輸送を考慮して桁高 3.5m 以上のブロックを分割し水平継手（高力ボルト）を設置
- ⑤鋼床版上の縦シームは工期短縮を図るため現場溶接を採用

設計に際しては、構造形式、架設地点の条件、その他の特性に配慮して解析、照査を行った。

(2) 動的解析

本橋のような 3 径間連続の剛結構造は、地震時の挙動が複雑な橋として分類される。本橋では道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編に基づいて動的解析により耐震設計を行った¹⁾。解析のフローを図-3に、解析モデルを図-4に示す。

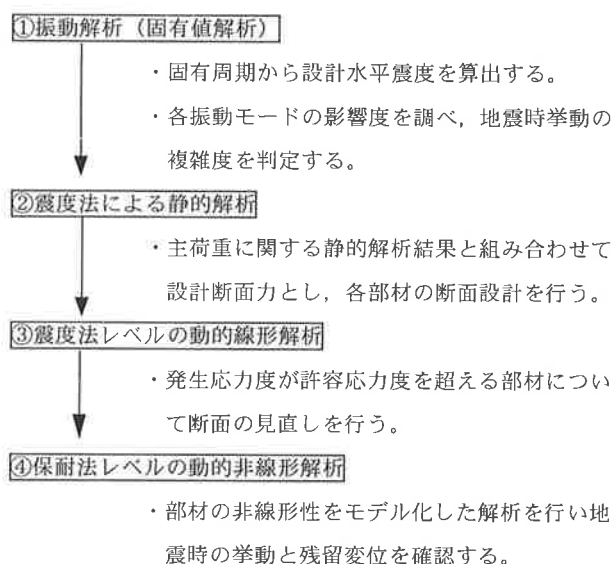


図-3 動的解析のフロー

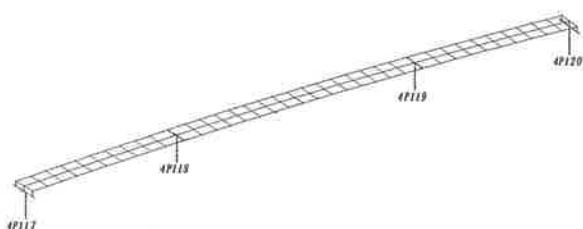


図-4 解析モデル

1) 線形動的解析結果

立体静的解析での設計断面力の抽出結果と本解析で得られた最大断面力とを比較し、超過した箇所について照査を行うこととした。

- ①主桁：断面設計の対象としている断面力（ M_x , S_z , T_x , N_x ）では超過する箇所はない。このため線形動的解析の断面力でピックアップした結果での断面アップはない。
- ②横桁：6 断面力とも超過する箇所はない。
- ③橋脚：両橋脚とも超過する箇所はない。

以上の照査の結果、上部工、橋脚とも本解析による断面アップは行わないものとした。

2) 非線形動的解析結果

線形動的解析で使用した応答スペクトル法は、過去に発生した地震の特性を簡便に反映できる線形解析手法である。断面力の算出には各振動モードの断面力を足し合わせて、非同時性を考慮している。しかし、この方法では大地震時における部材の非線形性や入力地震動に即した変位や断面力を算出することはできない。

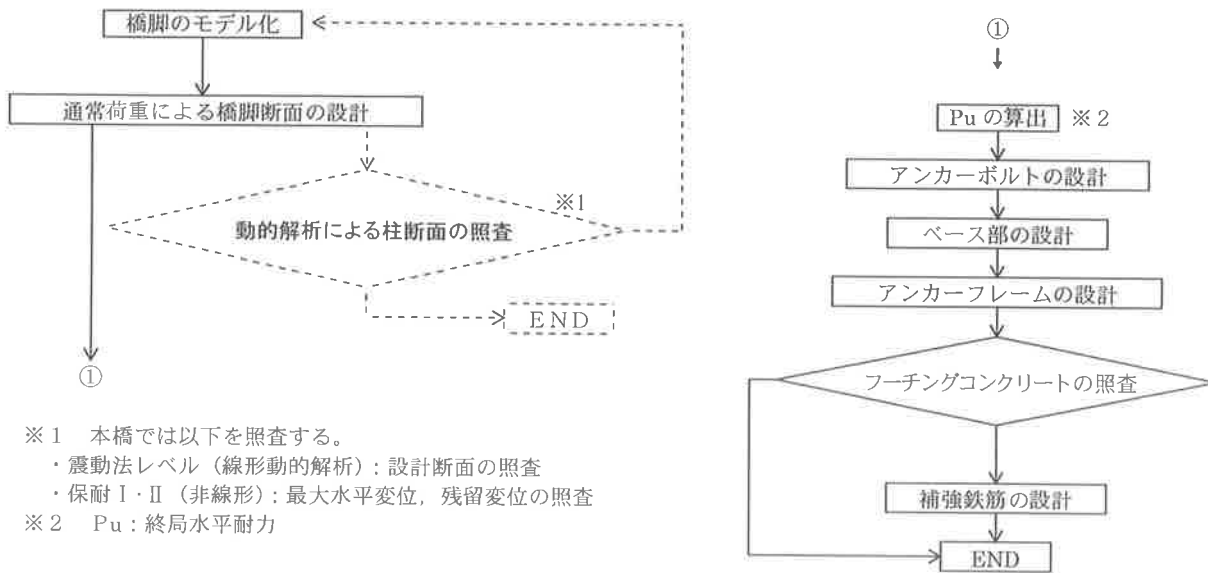
そこで、大地震時における橋梁全体の挙動を精度良く推定し、各部材における変形および断面力を検討して構造の安全性を確認することを目的として、部材の非線形性を考慮した時刻歴応答解析を行った。

本解析では「設計基準第 2 部」および「福岡都市高速 1 号線 設計の手引き」に従い、非線形動的解析により本橋の安全性を評価した。図-5に示す設計フローを用い、静的立体解析によって設計された断面に対して立体モデルによる非線形動的解析により本橋の安全性を照査するものである^{2), 3)}。

①最大応答曲率の評価

橋軸方向の解析では Type-I, II 地震動とも全ての部材において降伏しないことから、安全であることが確認された。

橋軸直角方向の解析では、Type-I 地震動で全ての部材において降伏しないことから、安全であることが確認された。Type-II 地震動では 4P118, 4P119 橋脚とも基部から柱中間部の部材が塑性化しているが、許容曲率以内に収まっており安全である。



※1 本橋では以下を照査する。
 ・ 震動法レベル（線形動的解析）：設計断面の照査
 ・ 保耐 I・II（非線形）：最大水平変位，残留変位の照査
 ※2 Pu：終局水平耐力

図-5 橋脚の設計，解析フロー

②最大水平変位の評価

Type-I 地震動での解析では橋軸方向，橋軸直角方向とも許容変位 $3.5\delta_v$ を満足しており，Type-II 地震動での解析では橋軸方向，橋軸直角方向とも許容変位 $4.5\delta_v$ を満足しており安全である。

③残留変位の評価

Type-I，II 地震動での解析において橋軸方向，橋軸直角方向とも許容残留変位 $\delta_r \leq h/100$ を満足している。

以上の解析の結果，4P118，4P119 橋脚とも最大応答曲率，最大水平変位，残留変位の規定を満足しており，本橋の地震時における保耐レベルでの安全性が確認された。

(3) 架設ステップを考慮した解析

1) 架設工法概要

本橋では架設時の道路切りまわしの関係より，4P117-4P118 間では G2 桁直下のみのベント設置しか行えないため，セッティングビームを用いて各桁を横取り架設するよう計画した。なお，4P118-4P119 橋脚間および 4P119-4P120 橋脚間はベント架設としている。

2) 設計計算への反映

4P117-4P118 間の架設工法と 4P118-4P120 間の架設方法が異なるため，図-6 に示すように鋼重載荷時と後死荷重載荷時のモデルに分け，設計を行った。解析ステップの概要は以下の通りである。

3) 4P117-4P118 での架設ステップ

本橋の側径間（4P117-4P118）の架設ステップを下記に示す。

架設 STEP-1：各桁を横取り架設
 この場合，主桁断面で鋼重に抵抗する。

架設 STEP-2：鋼床版・横桁架設
 この場合，抵抗断面は主桁のみとなる。
 （荷重としては鋼床版，横桁分を載荷する）

架設 STEP-3：4P117 ジャッキアップ，ダウン
 J8 の仕口を合わせるために 4P117 側をジャッキアップする。仕口を連結後ジャッキダウンする。

架設 STEP-4：中，外鋼床版の連結
 （現場溶接・HTB 本締め）

4) 解析ステップ

上記のため鋼重に対する抵抗断面が架設ステップ毎に変化する。主桁のキャンバー，鋼床版のキャンバーにも影響するので，死荷重状態を図-6 に示す 2 ステップに分ける。

解析 STEP1：荷重状態は鋼重のみ
 4P117～4P118：端横桁剛度+主桁剛度
 4P118～4P120：完成系剛度
 解析 STEP2：荷重状態は後死荷重
 4P117～4P118：完成系剛度
 4P118～4P120：完成系剛度

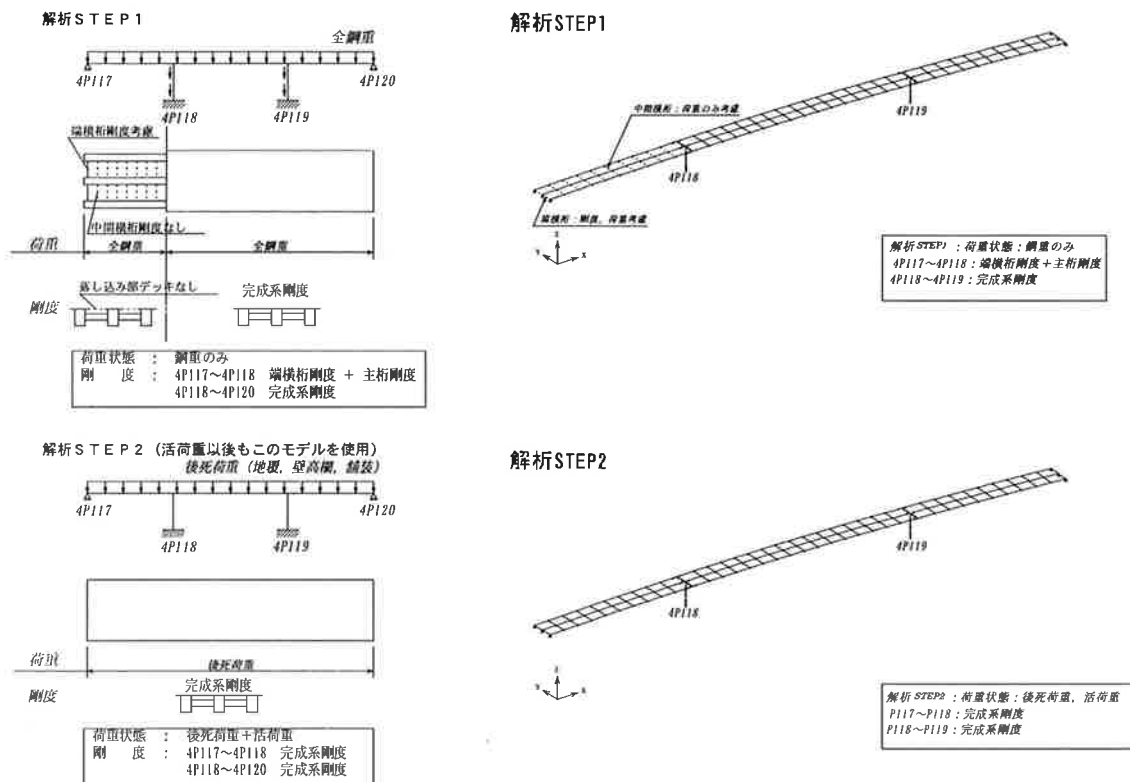


図-6 解析ステップおよび解析モデル

5) 応力度の算出

応力度は以下の要領にて算出する。

- ① 4P117 ~ 4P118 : 解析STEP-1, 2での応力度の足し合わせ
- ② 4P118 ~ 4P120 : 解析STEP-1, 2での応力度の足し合わせ

(4) 架設時の照査

1) 照査概要

本橋の架設工法では、架設時に一時的な状態として4P118橋脚が自立した構造系、および、4P117-4P118間の主桁がセッティングビームで脚にあずけられた構造系がある。この状態における安全性を確認するために図-7に示す内容および解析モデルで照査を行った。

照査の結果、必要な箇所については断面補強を行う方針とした。

2) 解析条件

①荷重条件

4P117 ~ 4P118間の主桁および4P118橋脚に鋼重のみを載荷する。

②剛度

主桁:4P117 ~ 4P118間の各桁架設時剛度

横桁 : S1 上端横桁剛度のみ考慮

橋脚 : 4P118橋脚の梁, 柱剛度

3) 照査結果

完成系で設計された断面に対して、下記項目を照査した結果、全ての断面で許容値を満足しており、この系での断面補強の必要が生じないことを確認した。

- ① 4P117 ~ 4P118間の主桁応力度照査
- ② 4P118橋脚応力度照査

※①, ②とも架設時割増 1.25 を考慮した。

(5) 耐風安定性の照査

一般に鋼桁橋では、斜張橋や吊橋に比べ耐風対策が問題になることは少ない。しかし、本橋のように支間が長い場合には、耐風対策の検討が必要である。そこで道路橋耐風設計便覧⁴⁾により、本橋の耐風安定性を照査した。

①たわみ発散振動の照査

$$L \times U_d / B = 252.9 < 330$$

→たわみ発散振動の照査は不要となるため、問題ない。

②渦励振(たわみ)

発現風速 30.7m/s < 照査風速 32.7m/s

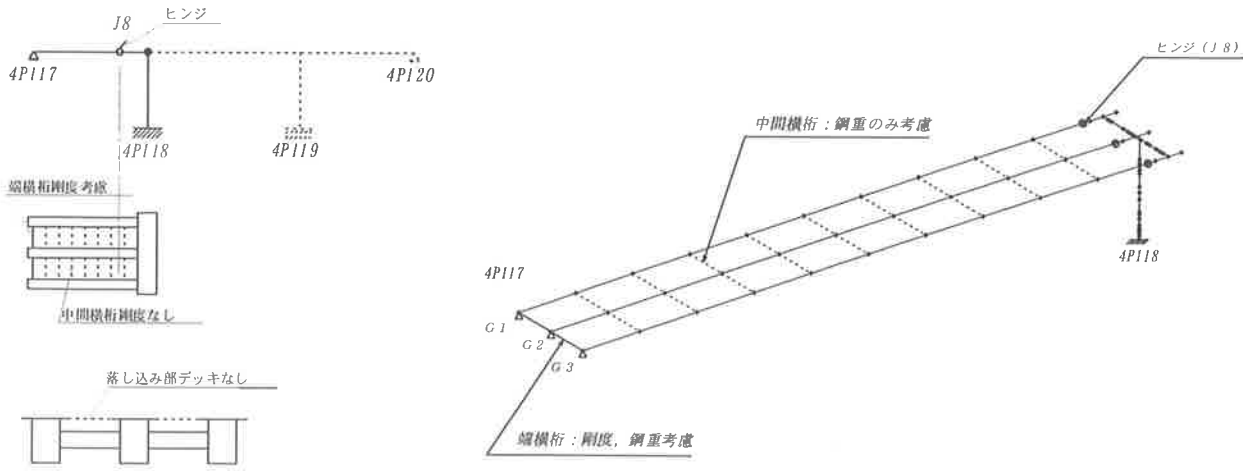


図-7 架設系照査時解析モデル

→たわみ振幅 (49mm)が許容振幅 (50mm)
以下であるため問題ない。

③渦励振 (ねじれ)

発現風速 40.2m/s > 設計基準風速 32.7m/s
→発現風速が設計基準風速以上であるため、
渦励振 (ねじれ) は発現せず問題ない。

検討の結果、たわみ発散振動・渦励振 (たわみ、ねじれ) とも問題ないと考えられ、本橋耐風性の評価として安全であることを確認した。

(6) 既設橋梁 (東大川橋) の照査

本橋は国道 201 号線上での架設となるが、4P118-4P119 中央径間はベントを設置しての施工となる。桁下には PC 桁の東大川橋があり、ベントを設置した場合の PC 桁の安全性照査が必要であった。また、ベント配置計画の検討が必要であったため、下記の解析ケースを設定した。

- CASE-1：オールベント
- CASE-2：PC 桁下部工上ベント
- CASE-3：PC 桁下部工上ベント+門型ベント
- CASE-4：門型ベント(街路部横断)
- CASE-5：大型搬送車による上部工架設

照査の結果、CASE-1,2,5 では PC 桁の作用断面力が許容断面力を超過し、CASE-3,4 で満足する結果となった。CASE-3 では、CASE-2 に門型ベントを追加したことによりベント反力の分散化が行われ、許容断面力を満足した。CASE-4 では門型ベントが大型化するため、架設工法としては CASE-3 を採用した。

3. 施工

(1) 架設概要

本橋の架設フローを図-8に示す。

上部工は、中央分離帯を利用しベントを設置し、国道 201 号を夜間道路規制して架設した。

橋脚は、油圧式クレーンにて一部ベントを使用し、所定の位置に据付・架設を行った。

上部工の架設順序は、仮栈橋を架ける多々良川の濁水期との関係で 4P118-4P119 間→4P117-4P118 間→4P119-4P120 間の順に変更して行った。

4P118-4P119 間の架設は、本径間が東大川橋 (PC 橋) 上にあり、道路上に大型重機が据付けられないことから、道路桁下の多々良川に栈橋を設置し、クローラクレーンベント工法にて行った。

4P117-4P118 間の架設については、位置的に福岡都市高速道路 4 号線粕屋出入口があること、また JR 香椎線を横断していることなどから、セッティングビームを使用したトラッククレーンベント (横取り併用) 工法で行った。

4P119-4P120 間の架設は、中央分離帯を使用し、ベントの設置・桁架設・重機の移動据付を繰り返しながら順次架設を行うトラッククレーンベント工法を採用した。

なお、主桁添接部の高力ボルト締付けは鋼床版現場溶接の熱影響のため、上部1/3程度は仮ボルトを残し鋼床版溶接後残りの高力ボルト締付けを行った。

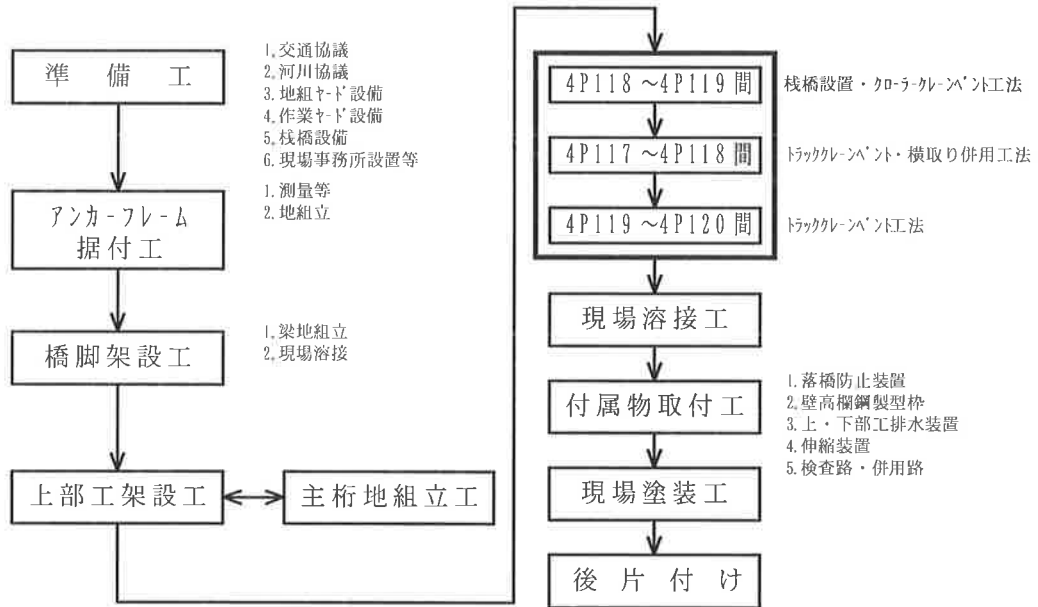


図-8 架設フローチャート

(2) 鋼製橋脚および剛結部横梁の架設

架設着工前に精密な平面測量と水準測量を行い、アンカーフレームの据付出来形位置、下部工フーチング施工高を測量し、出来形が橋脚架設に支障のないことを確認した。

橋脚の架設は、油圧式クレーンにて行い、横梁部にはベントを設置した。本橋は上下部一体の剛結構造であり、横梁の架設精度が直接路面高に影響

響するため、架設は特に慎重に行った。架設の状況を写真-1に示す。

(3) 上部工の架設

1) 4P118-4P119間の架設

本径間は、4P118、4P119 両橋脚から中央に向かって架設した。主桁は上下2分割されているため、仮栈橋上で地組立をし、クローラークレーンで架設した。両側からの架設のため、桁端の仕口の間隔やシフト量、高さの計測を実施し、桁の調整を行った。最終ブロックは現地計測をもとに、桁長を調整した。

架設の状況を写真-2に示す。

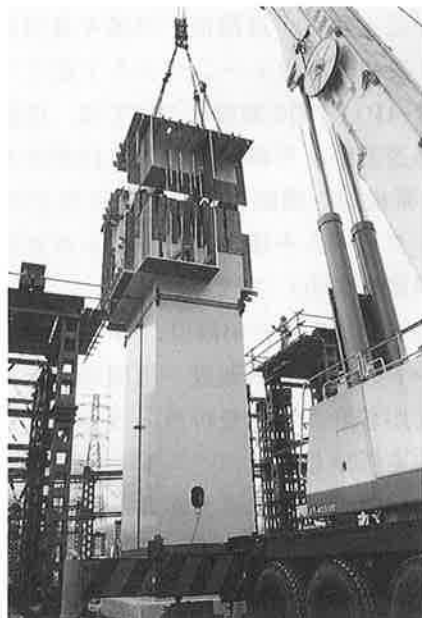


写真-1 剛結部横梁の架設



写真-2 4P118-4P119中央径間の架設

2) 4P117-4P118 間の架設

まず、作業帯内にベントを組み立て、4P117 橋脚上と 4P118 鋼床版上に横取り・降下設備を設置した。架設手順としては、まず、G3 桁を 4P118 から 4P117 へ架設し、4P118 側にセッティングビームを取付け後、所定の位置に横取り作業を行うこととした。引き続き、G2 桁の架設→G3 桁側への横取り→G1 桁の架設→所定の位置に横取り→ベント設備解体→G2 桁の再度横取り→所定の位置への設置の架設順序とした。

本径間は、主桁と 4P118 橋脚横梁とをモーメント連結とするため、桁を降下させて 4P118 側の主桁添接 J8 を合わせ、高力ボルト締付け後セッティングビームを撤去した。

なお、桁間の鋼床版は桁上に上げた 35t 吊ラフタークレーンを使用し、4P118 側から 4P117 側への架設とした。最後に横取り・降下設備撤去後、4P117 側を所定の位置に降下した。

3) 4P119-4P120 間の架設

本径間の架設については、トラッククレーンを使用し、4P119 側からベント架設、道路上での桁地組、桁架設を繰り返しながら架設を行った。4P120 側に近づくにつれ隣接桁との関係で作業スペースが狭くなり、また高圧電線があることから、桁の吊り上げについて慎重に行った。

本橋の側径間部は架設時の道路切りまわしの関係より、4P117-4P118 間ではベント架設が行えないため、セッティングビームを用いて各桁を横取り架設する必要があったが、設計・製作および架設の各部門の協力により解決することができた。

また国道 201 号線上の架設であることや、渇水期の関係から中央径間のベント設置期間が限られていたことが課題であったが、関係者の積極的な協力が得られ、無事所定の工期内で施工することができた。

最後に本工区を含めた事業全体の成功と、本橋が福岡 IC から博多方面への交通手段として市民に愛されることを期待してやまない。

本工事の施工にあたり、設計当初より多大なご指導とご協力を賜った福岡北九州高速道路公社の方々ならびに関係者各位に感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編，1996.12.
- 2) 福岡北九州高速道路公社：設計基準第 2 部，1997.10.
- 3) 福岡北九州高速道路公社：福岡都市高速 1 号線設計の手引き，1998.2.
- 4) 日本道路協会：道路橋耐風設計便覧，1991.7.

あとがき

本橋は平成 14 年 1 月 31 日に無事竣工した。

本橋は上下部一体の剛構造であり、架設上の制約条件も多く非常に難易度の高い工事であったが、所定の工期内で竣工することができた。完成写真を写真-3に示す。



写真-3 完成写真