

# 富山新港に架かる斜張橋の主塔

～新湊大橋 主塔(P22)下部工事の製作・施工について～

The Shin-Minato Cable-stayed Bridge Pylon

宮西 淳  
Atsushi MIYANISHI

川田工業(株)橋梁事業部技術本部  
大阪技術部技術課

本摩 敦  
Atsushi HOMMA

川田工業(株)橋梁事業部技術本部  
大阪技術部技術課課長

川原 桂史  
Keiji KAWAHARA

川田工業(株)橋梁事業部生産本部  
四国工場橋梁技術課

内田 修平  
Syuhei UCHIDA

川田工業(株)橋梁事業部生産本部  
四国工場次長

笹原 啓  
Akira SASAHARA

川田工業(株)橋梁事業部工事本部  
東京工事部富山工事業

横山 弘則  
Hironori YOKOYAMA

川田工業(株)橋梁事業部工事本部  
東京工事部富山工事業室工事業

新湊大橋は、臨港道路富山新港東西線のうち、富山新港湾口部を跨ぐ位置に架橋される斜張橋である。その西側（P22）主塔の底板から水平梁までの下部について、製作・架設を2006年に受注し、2007、2008年に四国工場にて製作・地組立を行い、2008年に現地施工・竣工した。本報告では、工場製作と現地施工について報告する。

キーワード：斜張橋、主塔、底板、部材切削、大ブロック架設

## はじめに

新湊大橋は、臨港道路富山新港東西線のうち、**図1**に示すように富山新港湾口部を跨ぐ位置に架橋される斜張橋である。本橋は、大空間の航路（幅270m、クリアランス47m）を跨ぐことから、斜張橋として計画された<sup>1)</sup>。長支間になること、路面高さが高い（海面上の最大高さが約50mとなる）こと等から、上部構造の静的および動的安定性を重視して、A型の塔を有する2面吊りケーブル構造とされた。また、コスト削減を図るため、主桁は中央径間を鋼床版箱桁、側径間をPC箱桁とする5径間連続複合斜張橋とされた。自転車歩行者道は、冬季の自転車・歩行者の通行の利便性を考慮して、車道の下に全天候型の吊下げ構造とされた。斜張橋の両側取付部には、6連のアプローチ橋（PC連続箱桁橋）が接続する。

平成14年から施工され、平成20年8月現在、アプローチ橋の下部工および上部工の一部、主塔基礎が施工済みとなっている<sup>2)</sup>。

本稿では、斜張橋の西側主塔（P22）の下部工事の工場製作と現地施工について報告するものである。

## 1. 工事概要

**表1**に本橋梁の諸元および**図2**に工事概要図を示す。本工事の施工範囲は、斜張橋西側主塔（P22）の下部



図1 新湊大橋の完成イメージパース

表1 橋梁諸元

橋梁形式	5径間連続複合斜張橋
橋の重要度	B種の橋
橋長	L = 600.0 m
支間長	58.5 + 60.0 + 360.0 + 60.0 + 58.5m
上部工形式	
主桁 中央径間	鋼床版2主箱桁
側径間	PC3主箱桁
自歩道	吊り下げ方式
主塔	鋼製A型塔
下部工形式	
橋脚 側径間	RC中空壁式橋脚
基礎 主塔	ニューマチックケーソン
側径間	場所打ち杭 φ1200
適用基準	港湾の施設の技術上の基準・同解説（H11.4） 道路橋示方書・同解説 I～V（H14.3）

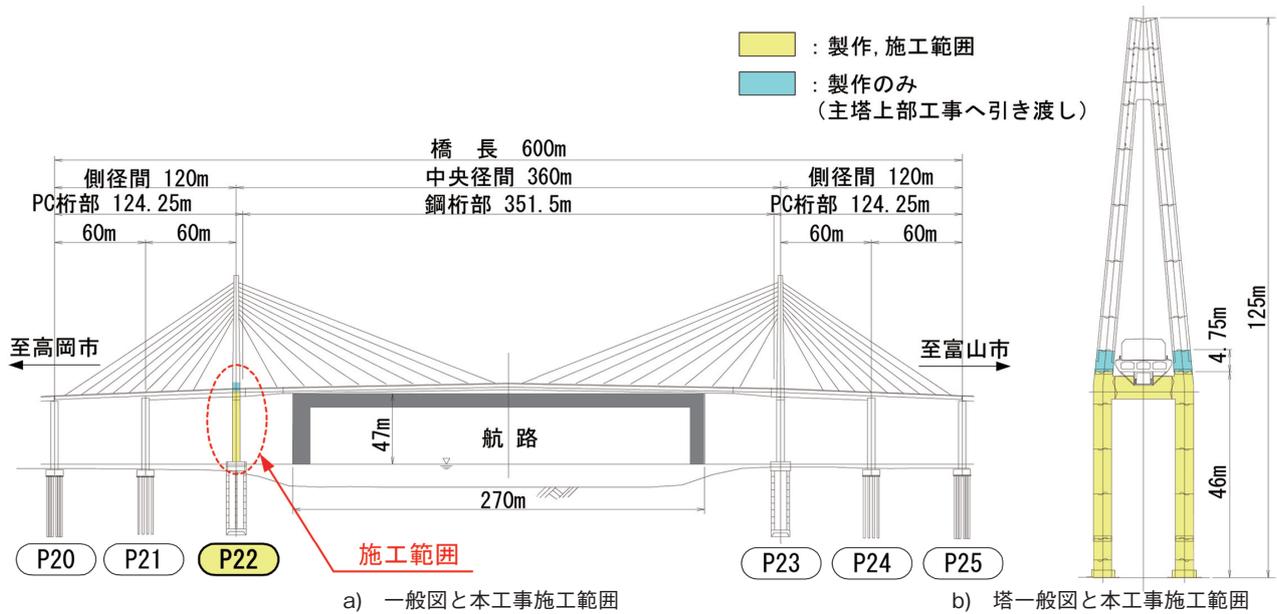


図2 工事概要

の製作・施工である。主塔上部との取り合い部材については本工事において製作を行い、仮組立検査、塗装作業の完了後に主塔上部工事へと引き渡しを行った。

## 2. 受注後の構造改善

本橋梁には、レベル2地震動に対し、主塔や基礎（ケーソン基礎）を設計可能な寸法とするべく、地震時慣性力を低減することを目的に、制振ダンパー、免震支承および弾性拘束ケーブルからなる制振システムが導入されている<sup>1)</sup>。主塔水平梁上に各制振部材が設置されており、部材の断面寸法に制約をうけることから、弾性拘束ケーブルの鋼製架台は、狭隘部が多く、溶接スペースの確保が難しい構造であった。また密閉となる箇所もあり、地震後の異常時点検の際に確認できないなど、維持管理性について改善の余地があった。

そこで、鋼製架台の発生応力状態をFEM解析により把握しながら、構造をシンプルにし、製作時の溶接スペースを確保するとともに、開口部やステップを追加し点検経路を確保した（図3）。

### (1) 改善箇所

- ① 架台付け根部の密閉部分を削除
- ② 架台内部にマンホールとステップを追加

### (2) 改善理由

- ① 工場溶接、非破壊検査時の作業空間確保
- ② 地震後の異常時点検経路を確保

### (3) FEM解析による安全性の確認

構造変更に対する検証は、「変更前」と「変更後」の2ケースに対してFEM解析を行った。どちらのケースについても局所的な応力集中が生じないことを確認するとともに、変更後の断面構成、板組構成について発生

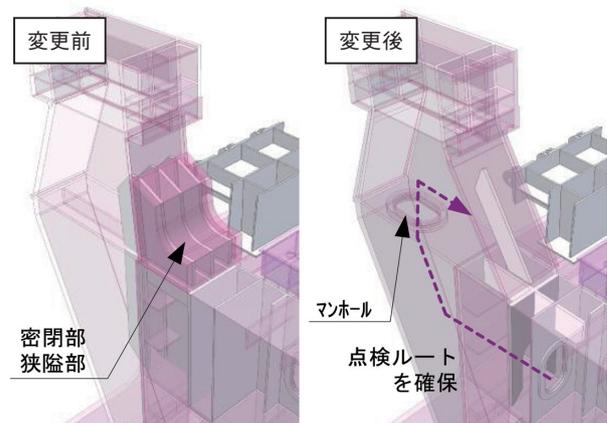


図3 ケーブル架台構造変更

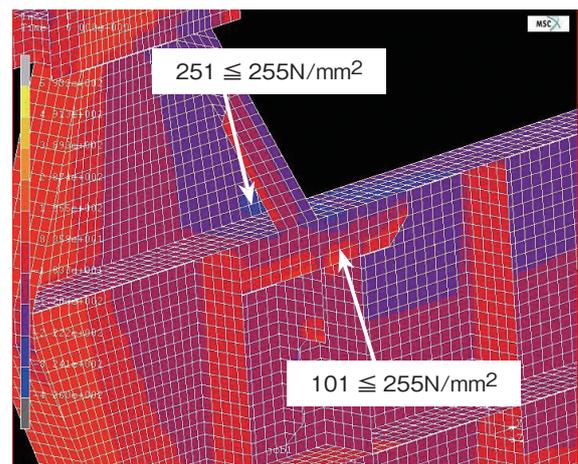


図4 FEM解析応力図

応力値（常時換算値）が許容応力度以内に収まることを検証した。

## 3. 工場製作

### (1) 概要

主塔下部は、起重機船（以下FC）を用いた大ブロッ

ク架設が採用されることから、工場建屋内で製作可能な寸法のブロックを製作後、工場ヤード内で基部ブロックと下部大ブロックの地組立を行った。また、地組立における各部材の継手は、美観に配慮した、溶接継手が採用された。

架設時の主塔鉛直度はH/2 500以下（H：塔高さ）を要求されていたため、工場製作時における地組立溶接完了時の鉛直度はH/4 000以下を管理目標値に設定し、精度の向上に努めた。

ここでは、本工事の特徴である溶接によって地組立を行った主塔の製作について、精度向上に向けた工夫を中心に報告する。主塔の工場製作フローを図5に示す。

## (2) 底板と基部の製作

### a) 底板の製作

底板は4枚の鋼板を板継溶接し、焼鈍により溶接部の残留応力を解放した後に切削を行った。購入板厚は、設計板厚100mmに対して平坦度誤差、溶接角変形および切削代を考慮して125mmとしている。底板両面の平行度が主塔鉛直度に大きな影響を与えるため、製作精度は上下面の傾き3/10 000以内とした。

### b) 底板の切削

底板と基部は応力伝達上メタルタッチが要求されており、また平行度の精度が重要であったため、荒切削中に反転を数回繰り返して精度の確認を行い、最終仕上げ切削を行うこととした。底板切削状況を写真1に示す。

### c) 基部の製作

フランジ・ウェブの最大板厚が92mmと極厚であり、溶接時の変形を軽減させるため、外面側の開先角度を

50°（通常は60°）とし、溶接施工試験にてその妥当性を確認した。

### d) 基部下面の切削

部材上下面の温度差による鋼材の膨張及び、天井クレーンによる切削機械の振動の影響を考慮し、最終の仕上げ切削作業は、より影響の少ない夜間作業とした。基部下面切削状況を写真2に示す。



写真1 底板切削状況



写真2 基部下面の切削状況

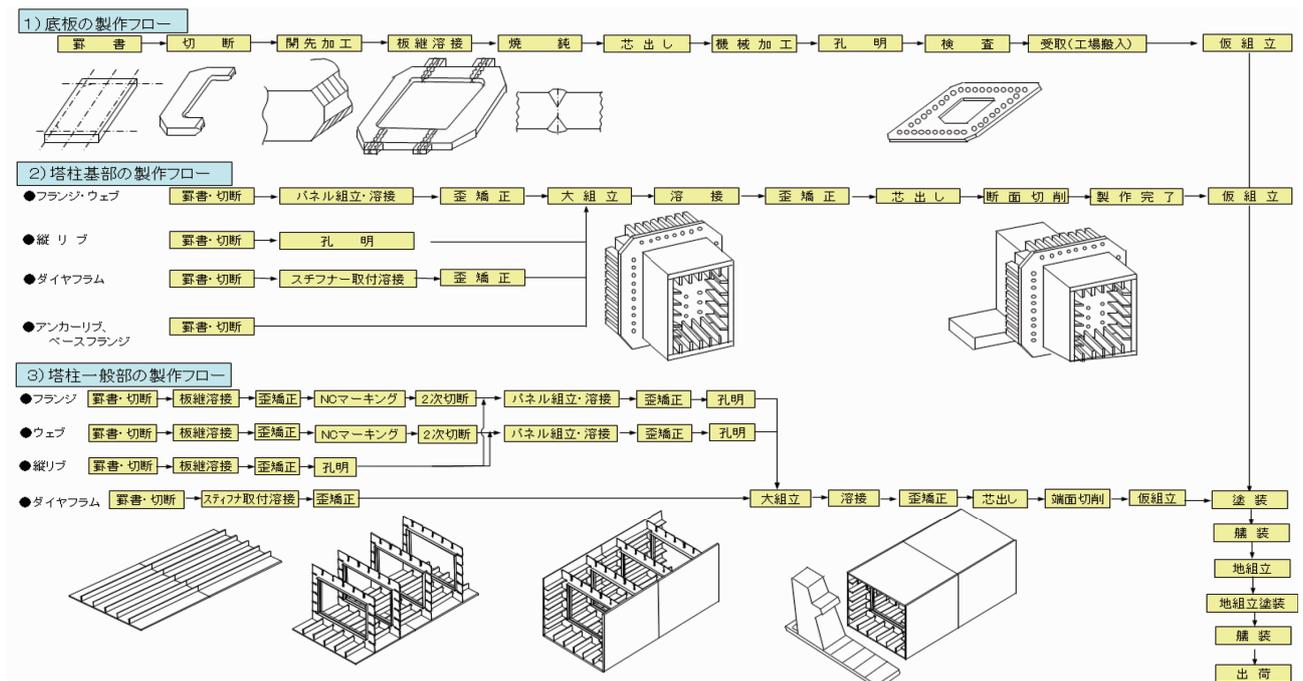


図5 塔製作フロー

### (3) 柱部の製作

塔高さ及び鉛直度の精度を確保するため、各部材の溶接継手部はコーナー部に切削加工面を残し、地組溶接時にメタルタッチさせることで変形を拘束し、不均一な収縮を低減させる構造とした。各部材の端面の直角度は3/10 000を許容値としている。

BOX角溶接の仕上げ層にはサブマージアーク溶接を採用することで溶接外観に配慮した（中間層まではCO<sub>2</sub>半自動溶接を採用）。

### (4) 水平梁と隅角部の製作

水平梁部は、当初計画では2分割としていたが、弾性拘束ケーブルの鋼製架台が取り付く影響で部材重心の偏心量が大きく、天井クレーンの反転能力を越えるため3分割に変更して製作を行った。

隅角部は、水平梁との取り合い部が3線交差構造となるため、溶接交差部分にカット及び開先を設け溶接施工性の改善を行った。超音波探傷試験においては、通常の斜角探傷に加え垂直探傷を実施し、欠陥の見落としの防止に努めた。

### (5) 仮組立

仮組立は底板と基部のメタルタッチ、基部ブロック、下部大ブロックの3回に分けて行った。下部大ブロックの最下段部材は基部ブロック側にも取り合わせる重複仮組立を採用し、現場継手部（J2）の取り合い確認を行った。現場継手部は隙間の許容値±5mmであったが、下部大ブロック架設は基部ブロックに載せ掛ける方法となり、継手部の精度が架設後の鉛直度に大きな影響を及ぼすことから、隙間0mmを管理目標値とした。基部ブロックの仮組立状況を写真3に示す。

下部大ブロックは仮組立後に解体することなく地組立溶接作業に移行するため、仮組立前に部材単品での、先行塗装および内面の先行艤装を行った。また、塔高さ、柱間隔、継手部の目違い、コーナー部のメタルタッチなどを確認し、さらに鉛直度を管理目標値H/4 000以内に管理することで架設時の鉛直度確保に努めた。下部大ブロックの仮組立状況を写真4に示す。

### (6) 地組立

基部ブロックは、仮組立解体後に部材を建起し、単品部材での先行塗装を行った。その後、縦置き状態での地組立を行い、仮組立時の精度を基に溶接前の寸法を再確認し、地組立溶接を行った。

下部大ブロックは、溶接による変形によって塔の精度に大きな影響を与えるため、水平梁中央部から塔下段に向かって溶接を行った。また、溶接作業者の人員配置を調整して、左右の塔をほぼ同時に溶接できるように配慮した。地組立溶接による収縮量は、1継手当たり3mmを考慮している。また、溶接による全体の変形状態を逐次

計測し、所定の地組立精度を確保した。

非破壊検査は、水平梁内の縦リブ溶接部を手動超音波探傷法とし、その他は自動超音波探傷法により、全線検査した。

地組立溶接完了後、塔内縦リブをボルト接合し、地組立溶接部の塗装及び架設足場、間隔調整材、架設用吊り金具などの設置を行った。

また、本工事では水平梁上ゴム支承の設置を工場で行うこととなったため、横倒ししたゴム支承を沓座へ挿入し、組立溶接を行った（本溶接は架設後現場溶接とした）。

基部ブロック架設後に現場継手部の端面の出入り、塔間隔等を現地計測し、下部大ブロックの地組立寸法を用いて架設出来形シミュレーションを行い、出来形の妥当性を確認している。

### (7) 浜出し

下部大ブロックは、2 200t吊FCを用いて浜出しを行った（写真5）。



写真3 基部ブロック仮組立完了



写真4 下部大ブロック仮組立完了



写真5 下部ブロック浜出し状況

## 4. 架設工事

### (1) 架設概要

本架設工事は、底板・基部ブロック・下部ブロックの3回に分けて、起重機船（以下FC）により架設する方法を採用した。

架設箇所となる新湊航路（航路幅270m）は、特定重要港である伏木富山港の主航路となっている。チップ船等が離着岸する海域であり、架設時の航路制限を最少にする必要があった。最も大規模となる下部ブロック架設においては、使用するFCを2200t吊FCとすることで可航幅を90m以上確保し、一般船舶航行に対する安全確保を行った。

塔架設フローを図6に示す。

### (2) 底板の架設

底板架設前に、グラウトとケーソンコンクリートの接着性を高めるために、チップングを行った。チップングの方法は、騒音、振動、プレーカーの衝撃による微細なクラックの発生を考慮してウォータージェット工法を採用した。底板の設置精度（水平度）は、主塔の鉛直度に及ぼす影響が特に大きいため、底板の製作誤差を考慮して40基（1柱あたり20基）のレベリングブロックを設置した（写真6）。

底板は、内航船にて四国工場より海上輸送を行い、国交省作業基地に係留し、在港船である250t吊FC上に底板（重量27t×2枚）を積替え、架設地点まで運搬した後、所定の位置に架設を行った。

その後、底板の平面位置、水平度の調整を行った。平面位置の調整は、50t油圧ジャッキを使用して最大誤差1mmに調整を行った。水平度の調整は、1等水準器、レベリングブロックを使用して高低差0.4mmに調整し、所定の水平度を確保した。

### (3) グラウト工

本橋における、底板と接する基礎コンクリート上面の処理方法は、工程面と経済面からグラウト工法が採用された。

グラウト工は、バグパイプ工法にて行った。バグパイプ工法とは、広面積のグラウト注入方法であり、主塔底面のグラウト工では多くの実績を有する工法である。

バグパイプ工法の施工手順を以下に示す。

- ① 鋼製型枠の設置
- ② バグパイプの挿入
- ③ バグパイプ内グラウト注入（写真7）
- ④ ファイナルグラウト注入（写真8）
- ⑤ 鋼製型枠の解体
- ⑥ グラウト充填率の測定（90%以上）

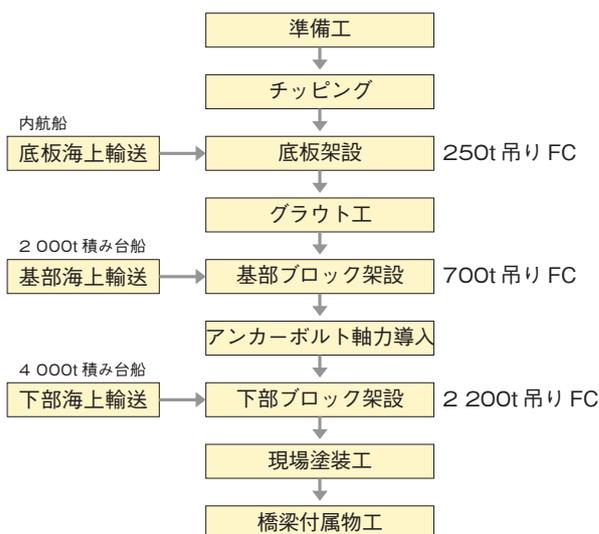


図6 塔架設フロー



写真6 レベリングブロック設置



写真7 バグパイプ内打設完了



写真8 ファイナルグラウト打設状況

#### (4) 塔基部の架設

塔基部は、2 000t 積台船にて四国工場より海上運搬を行い、架橋地点に隣接する国土交通省作業基地に仮泊した。

航路制限時間を短縮するため、仮棧橋北側に2 000t 積台船に係留し、700t 吊 FC により塔基部2 基（重量 200t × 2 基）の架設を行った（写真 9）。

塔基部の平面位置の調整完了後、アンカーボルトに 650t ボルトテンショナーにて所定の軸力（5 200kN/ 本～5 423kN/ 本）を導入した（写真 10）。



写真 9 塔基部の架設



写真 10 650t ボルトテンショナー

#### (5) 塔下部の架設

四国工場にて地組立を行った塔下部ブロック（重量 1 200t）を、4 000t 積台船にて海王丸パーク向かいの岸壁まで海上輸送を行った。架設準備～架設は、以下の日程にて行った。

- 第 1 日 2 200t 吊 FC、4 000t 積み台船の入港、係留
- 第 2 日 ワイヤリング
- 第 3 日 水切り、建起し（写真 11）、台船帰航
- 第 4 日 架設（写真 12）
- 第 5 日 ワイヤリング解体、FC 帰航

第 4 日の架設当日は早朝より作業を開始し、2 200t 吊 FC にて架設地点まで吊曳航した後、架設地点にて FC の前フックと後フックの荷重バランスを確認しながら、塔下部ブロックを鉛直にし、塔基部ブロック上端部にタッチさせた。

その後、間隔調整材及び塔内の油圧ジャッキにて仕口調整を行い、添接板のボルト孔確認後、後フックの荷重を抜き、吊金具の撤去を行った。吊金具撤去後、添接板の取付けを行い、添接作業を行った。

早期に航路制限を解除する必要があったため、事前に塔が自立する添接条件（高力ボルト 3 264 本の一次締め完了）を算出し、その条件に達した時点で FC 荷重を解放した。その結果、航路 IN から航路 OUT までの所要時間を 7.5 時間で完了させることができた。



写真 11 塔下部の建起し



写真 12 塔下部の架設

## 5. あとがき

塔下部は平成 20 年 8 月に架設を完了しており、引き続き側径間の PC 箱桁、塔上部の架設作業が予定されている。

最後に本工事の施工にあたりご指導を賜りました、国土交通省北陸地方整備局伏木富山港湾事務所ならびに、ご尽力頂いた関係各位に紙面を借りて厚くお礼を申し上げます。

### 参考文献

- 1) 吉永、山之内、後藤、板橋、平山、吉澤：新湊大橋（仮称）の計画と設計、橋梁と基礎、pp.31-38、2007.4.
- 2) 大釜、竹内、宮澤、西須：新湊大橋 主塔基礎とアプローチの施工、橋梁と基礎、pp.21-27、2008.7.