

# YK42 工区 (2) ・ YK43 工区 (B(2) ・ D(2) ・ F(1) ・ H 連結路) 上部 ・ 橋脚工事

## CONSTRUCTION OF THE NAMAMUGI JUNCTION WORKING AREA(2) OF YK42 ・ 43

井藤 一彦\* 園部 歩\*\* 下村 康一郎\*\*\* 桜井 宏之\*\*\*\*  
Kazuhiko Ito Ayumu Sonobe Kouichiro Shimomura Hiroyuki Sakurai

### 1. まえがき

これまで生麦ジャンクション（以下、生麦 JCT）は、首都高速神奈川 1 号横羽線（以下、横羽線）と神奈川 5 号大黒線（以下、大黒線）を結ぶ JCT であったが、新たに神奈川 7 号横浜北線（以下、横浜北線）が開通し、生麦 JCT で横羽線、大黒線と繋がることにより、横浜方面、横浜北線方面を加えた全方向をつなぐ JCT へと機能拡張されることになる（図-1）。本工事では、この生麦 JCT の改良工事において、横羽線、大黒線、横浜北線を結ぶ新規連結路の建設および改築工事を実施した。完成後の全景を写真-1 に示す。

本報告では、「既設門型鋼製橋脚の改築」および「Y 型の分岐部を含んだ DH 分流路」の設計および施工について記載する。

横羽線改築 単純鋼桁橋の一部桁撤去  
大黒線上り改築 単純合成鋼桁橋 2 連の一部撤去・改築  
大黒線下り改築 単純合成鋼桁橋 2 連の一部撤去・改築



図-1 位置図

### 2. 工事概要

工事概要を以下に示す。

工事名：YK42 工区(2)・YK43 工区(B(2)・D(2)・F(1)・H 連結路)上部・橋脚工事

路線名：高速神奈川 7 号横浜北線，神奈川 5 号大黒線

工事箇所：神奈川県横浜市鶴見区生麦 1 丁目～2 丁目

工期：自 平成 23 年 9 月 1 日

至 平成 28 年 6 月 25 日

施工主：首都高速道路株式会社 神奈川建設局

構造形式：BF 合流路 4 径間連続鋼床版箱桁橋+5 径間の内 3 径間連続鋼床版箱桁橋

BF 連結路 3 径間連続鋼床版箱桁橋+3 径間連続鋼床版鋼桁橋

DH 分流路 4 径間連続鋼床版箱桁橋の内 2 径間+3 径間連続鋼床版箱桁橋

DH 連結路 5 径間連続 RC 床版非合成鋼桁橋+3 径間連続 RC 床版非合成鋼桁橋

本線内回り 5 径間連続鋼床版箱桁橋

本線外回り 5 径間連続鋼床版箱桁橋

鋼製橋脚 15 基



写真-1 生麦 JCT 改築後の全景

### 3. 既設門型鋼製橋脚の改築に関する設計検討

#### 3.1 概要

生麦 JCT の機能拡張のため、昭和 62 年に建設され、平成 10 年に耐震補強された P22 門型鋼製橋脚へ、新設の PN 本 17 橋脚を一体化させて図-2 に示す 3 本柱の門型鋼製橋脚への改築を行った。

\* 工事本部 橋梁工事部 工事 2 課  
\*\* 技術本部 橋梁設計部 東京設計課

\*\*\* 製造本部 鉄構設計部 設計課  
\*\*\*\* 工事本部 橋梁工事部 計画 1 課

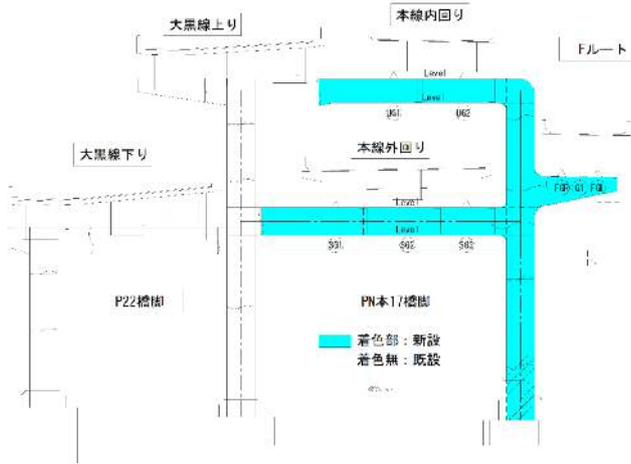


図-2 既設門型橋脚改築後の全体図

3.2 設計条件

P22 門型鋼製橋脚建設時と本工事において設計条件が異なる項目を以下に示す。

(1) 横浜北線上部工形式

建設当初：RC 床版鋼鈑桁

本工事：鋼床版箱桁

(2) 上部工活荷重

建設当初：TL-20

本工事：B 活荷重

(3) 耐震設計

建設当初：レベル 1 地震動による照査

改築：レベル 2 地震動(保有水平耐力)による照査

本工事：レベル 2 地震動(動的解析)による照査

前述の異なる点を踏まえて、本工事の設計条件にて常時・地震時に対する照査を行い、補強が必要と判断した部位に補強部材の設置を検討した。本工事における設計フローを図-3 に示す。

3.3 設計解析結果について

(1) 静的解析結果

前述の設計条件の変更により死荷重を低減できたことから、B 活荷重であっても全て許容値に収まった。

(2) 動的解析結果

本線、BF、DH 連結路、大黒線の上部工を掲載したモデルとして動的解析を実施した。その結果より、塑性化する既設部材に対し、座屈パラメータを満足するように図-4 に示す A：縦リブ増設補強、B：横リブ増設補強、C：既設横リブ補強（当て板補強）を実施した。これは局部座屈を防いで、じん性を確保するためである。

(3) 隅角部の構造安全性の検証

既設橋脚の隅角部を動的解析断面力で照査すると、補強だけでは満足せず、主要部材の断面見直しが必要となるため、ファイバー・シェル要素を用いたプッシュオーバー解析を用いて隅角部の耐力を評価し、構造安全性を検証した。

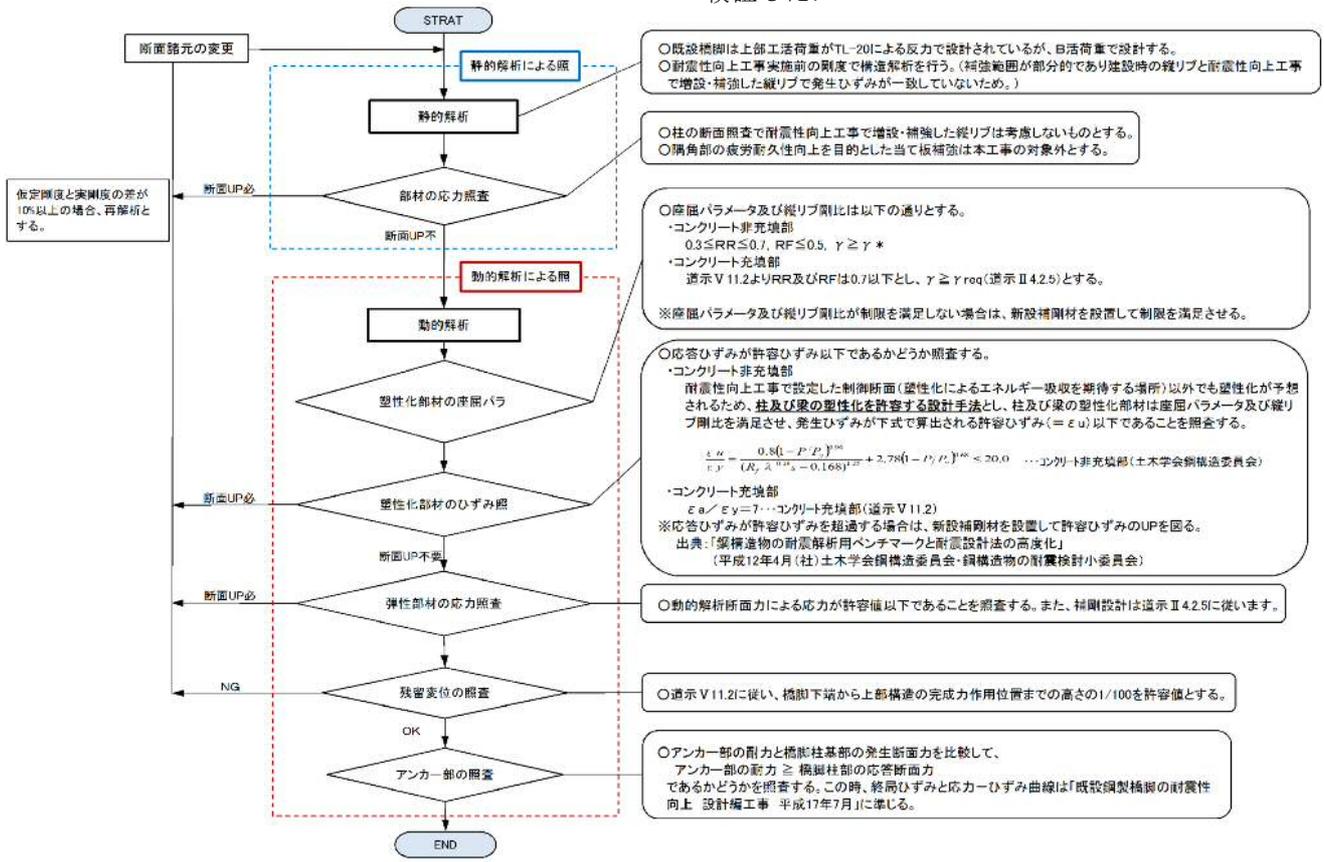


図-3 門型橋脚改築に関する設計フロー

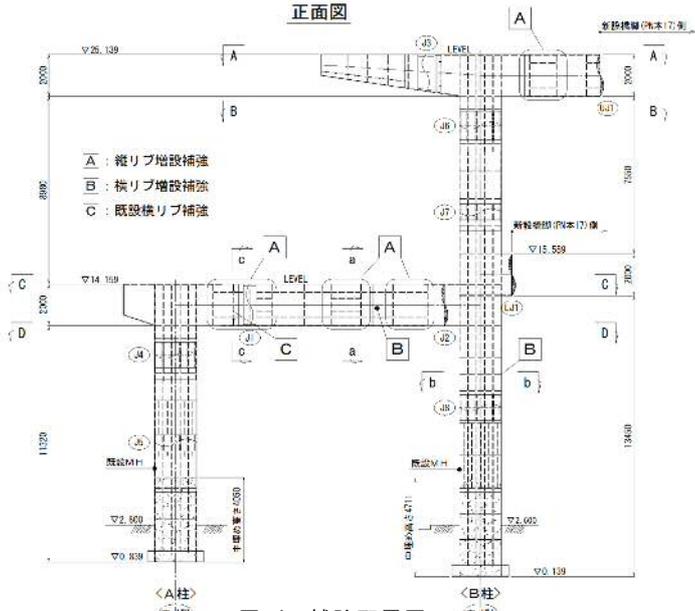


図-4 補強配置図

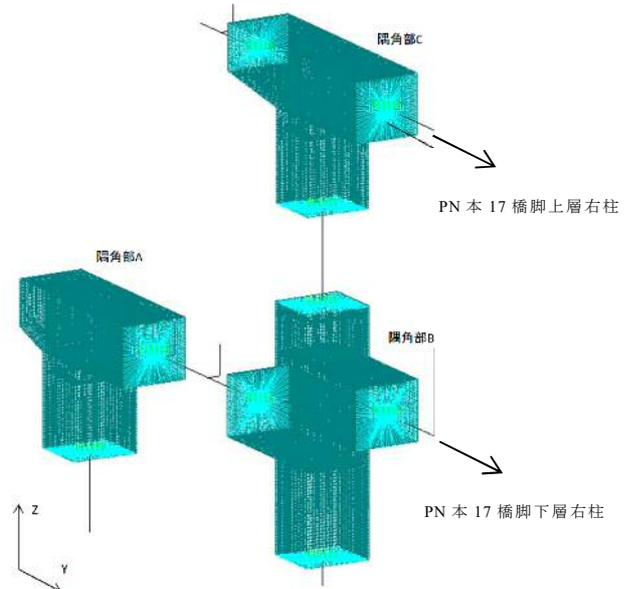


図-6 P22橋脚隅角部モデル図

3.4 有限要素解析による構造安全性の検証

(1) 使用プログラム

土木構造物汎用解析プログラムは midas Civilを用いた。

(2) 解析モデル

解析モデル図は図-5に示す。各部材の要素は下記分類で定義した。

①P22橋脚の隅角部：非線形シェル要素(図-6)

②柱部およびP22橋脚の梁部：非線形ファイバー要素

③PN本17橋脚の隅角部および梁部：線形梁-柱要素

また、モデルの違いが解析結果に影響しないことを確認するために、全ての隅角部を梁-柱モデルとした解析も行った。

(3) プッシュオーバー解析結果の考察

プッシュオーバー解析による柱基部の面内曲げモーメントと橋脚天端の変位の関係を、動的解析の結果と比較し(図-7)、ほぼ同じ結果を示したことから、同程度の断面力が生じているものと判断し、隅角部の耐力を判定した。

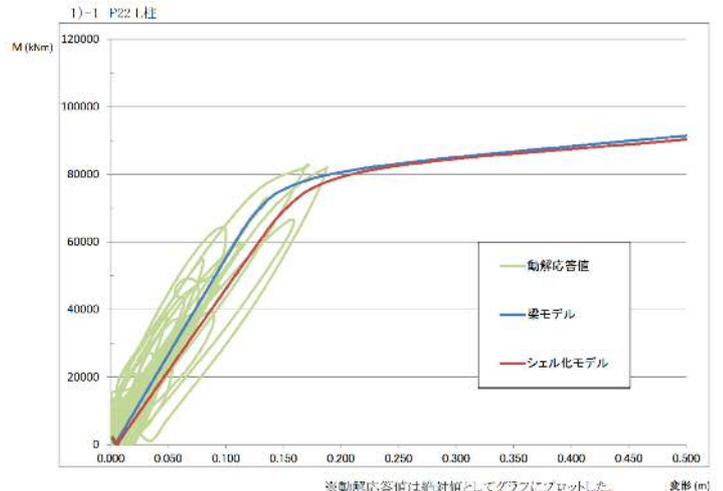


図-7 柱基部曲げモーメントと橋脚天端変位グラフ

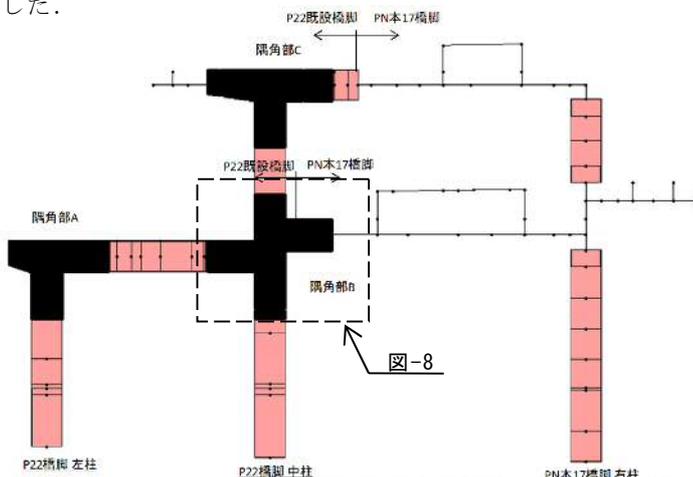


図-5 解析モデル図

※赤色部:ファイバー要素, 黒色部:シェル要素, 実線:線形梁-柱要素

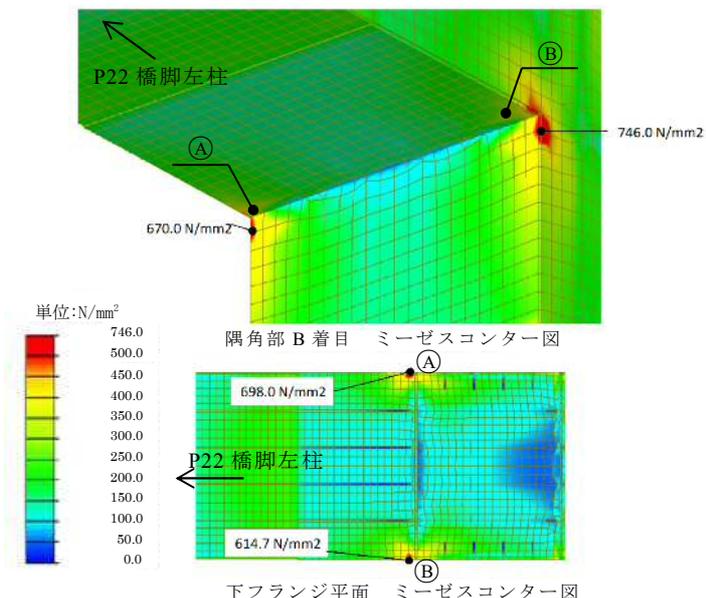


図-8 隅角部Bミーゼスコンター図

(4)隅角部の考察

図-8 に示すとおり、隅角部で降伏に至る箇所は、ウェブとフランジの交差範囲に留まり、隅角部全体への降伏域の広がりも小さいため、動的解析断面力結果による補強を行わなくても隅角部が一部損傷する可能性はあるが橋脚の構造は保持できると判断した。

3.5 架設計画

(1) 3次元計測を反映した設計・施工

既設橋脚に新設梁部材を連結するため、既設橋脚の中間梁の仕口の位置を正確に把握する必要があった。既設橋脚の設置状況を写真-2 に示す。



写真-2 P22 既設橋脚

仕口の計測は路下規制の制約と工場製作の工程を踏まえ、トータルステーションを用いた3次元計測を用いて形状を決定し、部材は仕口調整可能な構造にて製作した後、足場設置後に再計測により仕口調整を行う手順とした。

3次元計測と再計測の比較を行うと梁軸方向はほぼ一致したが、梁軸直角方向は上梁で5mm（設計値とは35mm）、下梁では20mm（設計値とは30mm）異なっていた。新設柱の架設後に既設柱梁部仕口、新設柱梁部仕口を計測した結果、新設柱と既設柱の仕口の向きの誤差が上梁では66mmあり（図-9）、製作済み部材の仕口角度を調整代にて工場にて形成し接合した。

また、梁のずれは事前の想定範囲であり、梁の上部工支点位置の想定ずれ量に合わせ、拡張した支承台座を製作し架設を完了した。

(2) 制限された時間での架設

中間梁の架設地点は市道大黒橋通り上であるため、以下に示す制約条件の中で架設する必要があった。

- 1) ベント設置不可
- 2) 通行止めは 22:30～05:00
- 3) 架設地点には地組ヤード無し

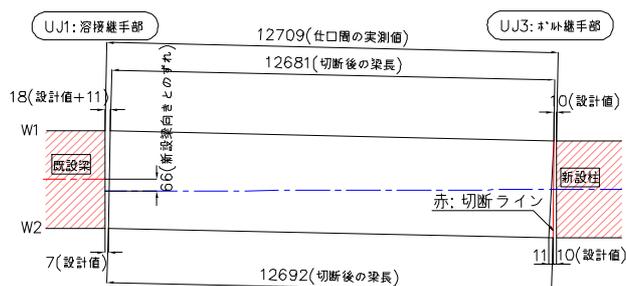


図-9 PN本17 梁平面概要図

架設工法は多軸自走台車を使用したクレーン一括架設工法を採用した（写真-3）。また、作業時間の短縮のため以下の対策を採用した。

- 1) 地組ヤードから架設地点付近の街路を規制したヤードへ多軸自走台車で事前移動
- 2) 梁の連結部は新設側を現場溶接から HTB ボルト継手へ変更

夜間架設当日は、新設側の連結部のボルト部の孔合わせと必要ボルト本数を本締めし、既設側の溶接部は図-10に示すように後日開先の調整が可能ないようにセッティングビームと引き込み設備にて仮固定した。



写真-3 PN本17 梁架設（新設脚）

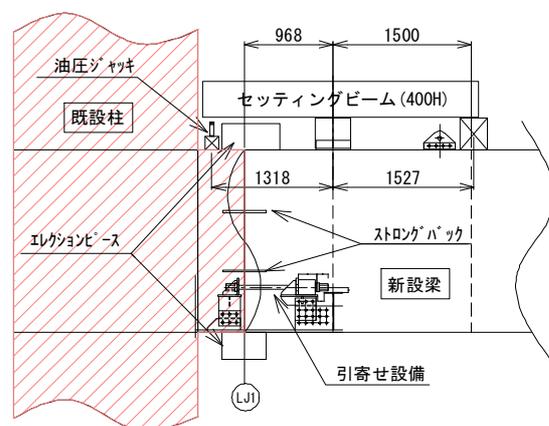


図-10 既設脚側固定用設備図

4. DH 分流路

4.1 概要

DH 分流路は図-11 に示すように横羽線から大黒線と横浜北線に分流する分岐部を含み、1 箱桁から 2 箱桁へ桁数が増える鋼床版箱桁橋である。構造が複雑であるため、製作を考慮した設計と桁数が増える構造の安全性の確認を行った。

また、本工事で採用した限られたヤード内での大ブロック架設工法と、ベントが無い場合の架設方法について報告する。

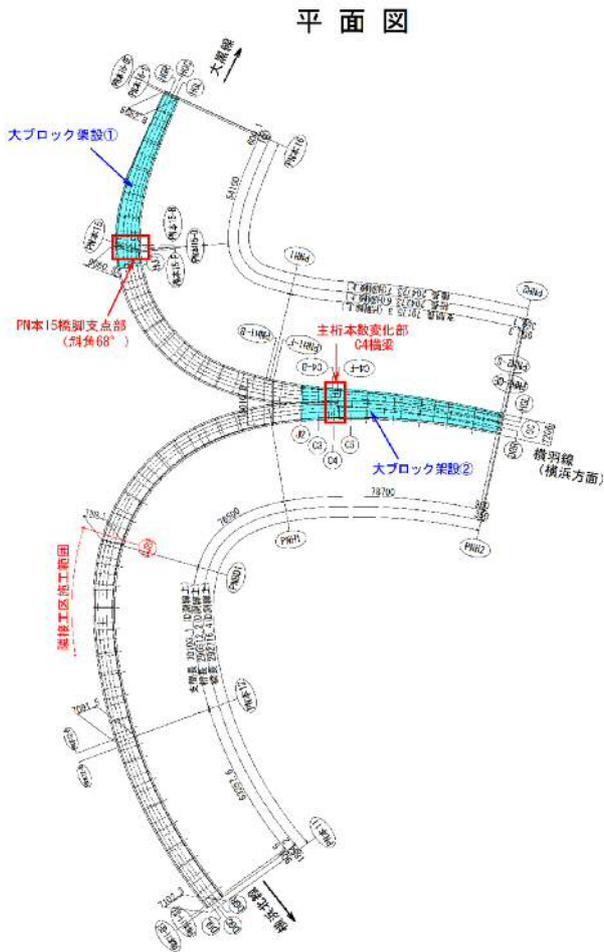


図-11 DH 分流路平面図

4.2 製作性を考慮した設計

(1) 異なる横断勾配が交差するデッキプレートの製作

本橋梁は曲率が最小  $R=50m$  と小さく、分岐部においては 10%と 1.5%の横断勾配が交差しており、鋼床版のデッキプレートの折れ角が大きいため、曲率に合わせて鋼床版のデッキプレートを折り曲げることが困難であった。そこで図-12 に示すように、ブロック間でデッキプレートを折り曲げるラインを直線補完して製作した。直線補完した場合の曲率に対する平面でのサグ量は 120mm であり、サグ量に対して舗装が增厚になる量は 10mm 程度

であったため、直線補完しても問題無いと判断した。なお、縦リブが鋼床版デッキの折曲げラインを跨ぐ場合は、デッキプレートの折曲げ形状に合わせて縦リブを製作するため、バルブ PL から板リブに変更した。

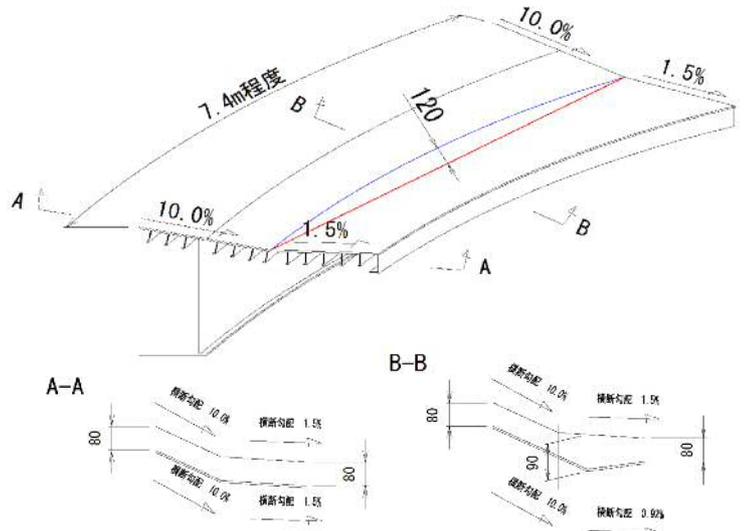


図-12 鋼床版デッキプレートの折り曲げ方針

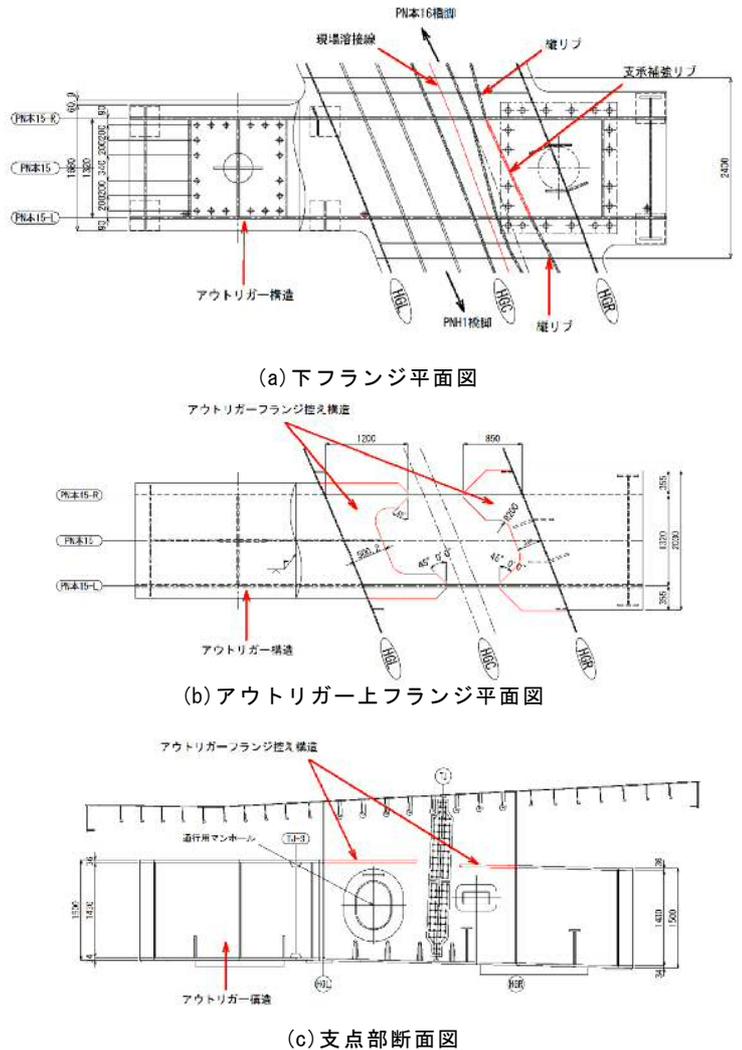


図-13 DH 分流路の PN 本 15 橋脚上支点部構造図

(2) 斜角が小さいPN本15橋脚の支点構造

横浜北線の本線を支持するPN本15橋脚は本線に合流するDH分流路の支点も兼ねるため、68°の斜角を有し、負反力が生じることから、アウトリガー構造を採用した。そこでアウトリガーフランジの裏控え材や支点上補剛材、ダイヤフラム、ジャッキアップ補剛材、縦リブ、支承補強リブの主要部材に加え、現場溶接線もあり、製作性、施工性、取合いを考え、部材を兼用するなど合理的な構造検討を行った。

1) 縦リブと支承補強リブの兼用

図-13(a)に示すように橋軸直角方向の支承補強リブと下フランジの縦リブを兼用させ、支点周りの煩雑さを解消した。

2) アウトリガーフランジ控え材の構造

維持管理時の通行性、横リブ、縦リブの取付作業空間を確保するために、図-13(b)に示すように裏控え材に切欠きを設けた。

4.3 主桁本数変化部の応力性状確認

1箱桁から2箱桁に変化する部分では断面が急変し、応力分布が複雑となるため、格子解析では確認できない応力性状を有限要素解析で確認した。

(1) 解析モデル

1) 解析モデルの範囲

有限要素解析を行う範囲は1箱桁から2箱桁へ変化する横梁C4を中心とし、前後の格点C3~C5の約10mの区間としてモデル化を行った(図-14)。

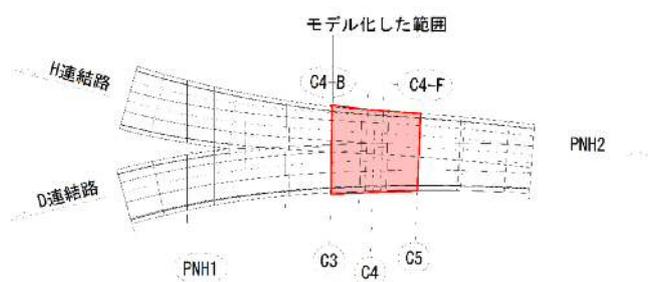


図-14 有限要素解析モデルの範囲

2) 有限要素解析モデル

C3~C5間の主桁は全てはシェル要素でモデル化し、鋼床版のバルブリブは簡略化のために板リブとしてモデル化した。また、モデル化した部材端部に格子解析で求めた断面力を与えることによって、つり合い状態を担保して解析を行うこととした(図-15)。

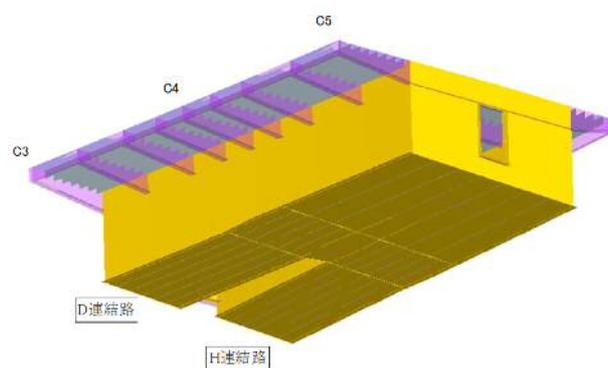


図-15 解析モデル

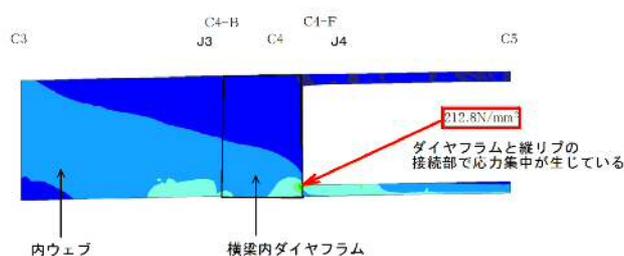
(2) 解析結果および考察

1) 格子解析と有限要素解析結果の比較

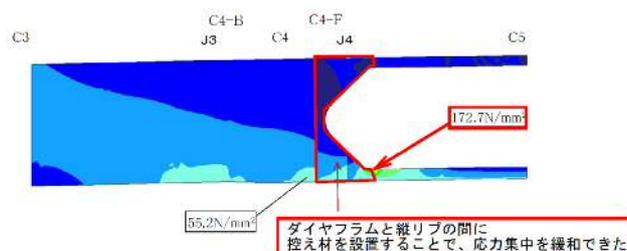
有限要素解析と格子解析の結果を比較すると、発生応力度の分布傾向はほぼ一致していたが、横梁部は格子解析に比べ有限要素解析の値が、曲げ応力度で30%、せん断応力度ではほぼ0N/mm<sup>2</sup>(格子解析では50N/mm<sup>2</sup>)と小さくなり、主桁ウェブと下フランジ、デッキプレートについては20%程度大きくなる傾向を示した。格子解析では1箱桁→C4横梁→2箱桁でモデル化しているためC4横梁で断面力を伝達しているが、有限要素解析では横梁を介さず主桁でも断面力を伝達しているためと考えられる。

2) 断面急変部の応力集中について

縦リブから主桁ウェブに断面変化する部位において図-16(a)に示すように応力集中が生じていたので、断面の急変を防ぐため図-16(b)に示すように緩衝部材を設けて応力集中を改善した。



(a) 対策前



(b) 対策後

図-16 FEM 解析結果

4.4 大ブロック架設

(1) PN 本 15～16 間

本橋梁の架設地点は既存の横羽線上に位置するため、夜間通行止めの限られた時間内で架設する必要があった。また、本橋梁架設時点においては上層の本線の主桁架設が完了しており、限られたスペース内での架設作業となった。

そこで架設工法は短時間で施工を実現するため、地組位置から吊上げ位置まで自走台車で移動させ、大ブロックによる一括架設工法を採用した(写真-4)。また、図-17に示すように横羽線本線部からPN本15の下層梁と上層梁の間に大ブロックを差し込み、所定位置へ移動して吊りワイヤーと上層桁が干渉しないように架設を行った。

(2) PNH1～2 間

本橋梁の架設地点はキリンビール株式会社横浜工場敷地内であり、以下の制約条件があった。

- ①敷地内への進入可能日は工場の操業に影響の少ない日のみとする。
- ②1250t吊りクレーンの能力によりブロックを2分割する必要があるため、敷地内にベントが必要である。
- ③敷地内でのベント設置と撤去は限定日のみで行う。

そこで、その対策として2分割した地組ブロックを受け、一日で設置撤去が可能となる写真-5に示す自走台車上にベントを設置した移動ベントを採用した。写真-6に架設状況を示す。



写真-4 PN 本 15～16 一括架設



写真-5 移動ベント

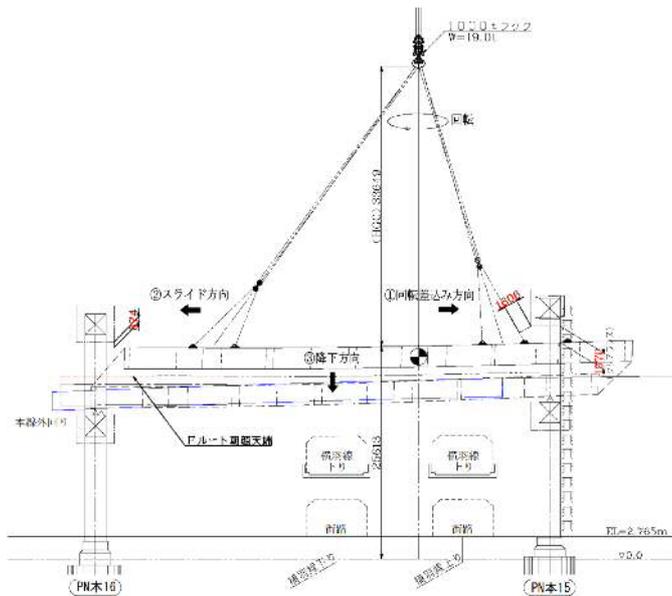


図-17 PN 本 15～16 間架設時計画図



写真-6 PNH1～2間の架設状況

(3) 完成系に合わせた架設工法の採用

以下に主桁の架設順序とその時の支持状態を記載し、DH 分流路全体を図-18に示す。

- ①PN 本 15～PN 本 16 支点支持
- ②PNH1～PNH2 支点支持
- ③PNH1～PNBD1 多点支持
- ④PNH1～PN 本 15 多点支持

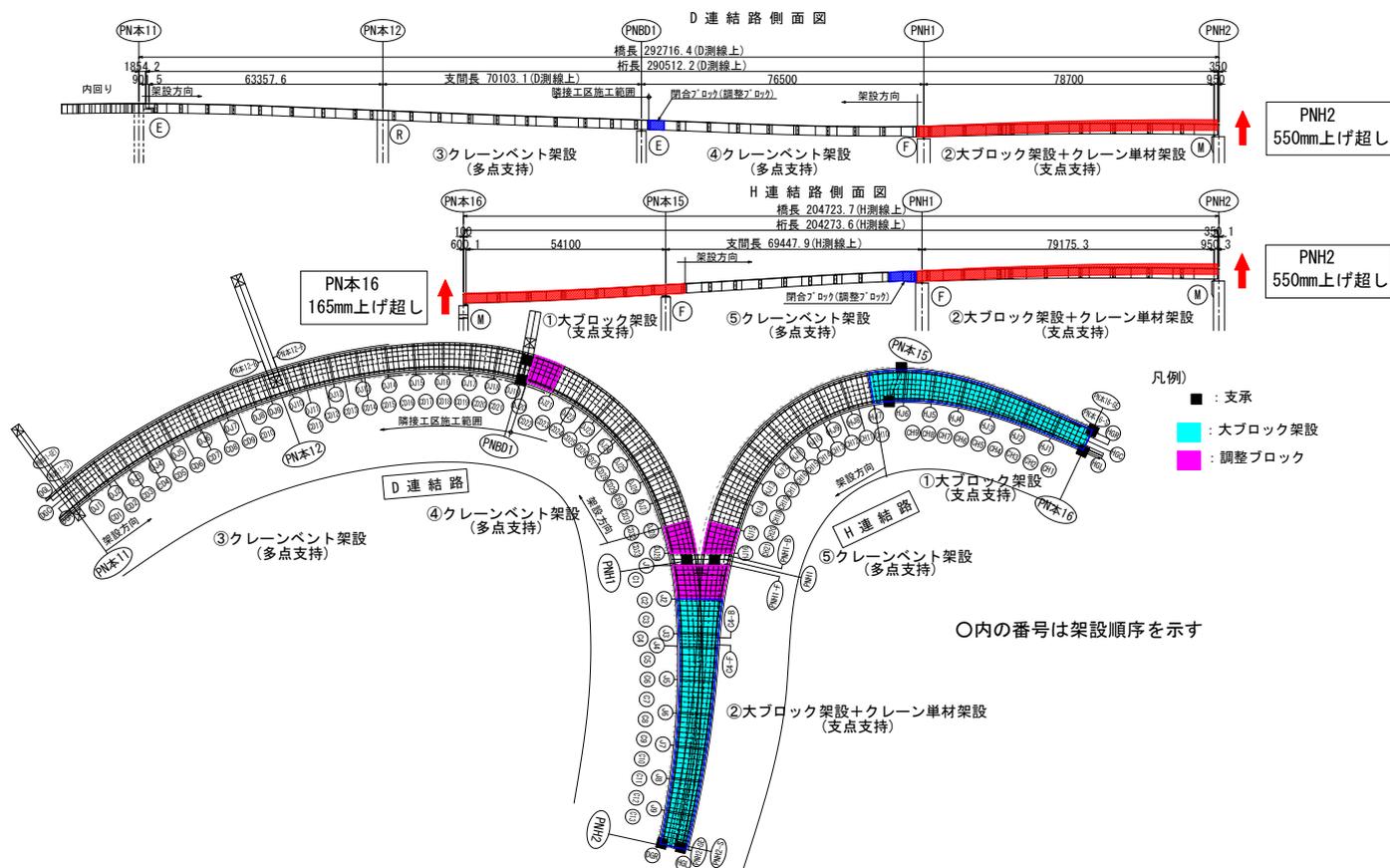


図-18 DH分流路とモーメント連結対策

本橋は設計時に架設条件が決められず、完成系で設計されている。しかし架設条件を調査・決定した結果、全ての径間で多点支持は採用できず設計条件と一致させることができなかつた。そのため、完成系の断面力と一致する施工方法を検討し、③④の施工を行う前に PNH1～PNH2 の PNH2 でジャッキアップし、同様に⑤の施工を行う前に PN 本 15～PN 本 16 の PN 本 16 でジャッキアップし、併合後にジャッキダウンする工法を採用した。併合時のデッキ高さは規格値を満足する結果であった。

(4) 架設時の安全対策

事前の解析で PNH1～2 間は曲線桁の影響でベント解放時に PNH1 支承部で大きな水平力(1000kN 程度)が発生するため、ベント解放前に支承を固定し、安全性を確保した。

5. あとがき

本橋の施工においては、首都高速横羽線の通行止め 18 回、産業道路、大黒橋通りの通行止め 17 回を実施し、1250ton 吊りクローラクレーンを使用しての大ブロック架設を 12 回実施した大規模架設であった。また、架設地点の大部分は首都高速道路、街路(市道幹線 23 号線大黒橋通、県道 6 号産業道路、市道 218 号)、キリンビール株式会社横浜工場敷地内の上空という厳しい条件であったため、大半の作業は夜間施工かつ、狭隘な場所での施工のため難易度は非常に高かつた。さらに、既設桁、既設橋脚を改築して、新設桁、新設橋脚を連結するといった施工もあり、多種多様な施工方法・技術を駆使した現場であった。

このような厳しい条件ではあつたが、無事完成することができ、この現場で得られた経験・技術は当社としてかけがえの無いものとなつた。

最後に、本橋の施工に伴い、ご指導とご協力をいただいた首都高速道路株式会社および関係各位に深く感謝いたします。