

2. 都市内高架橋の設計・施工

—中央環状線西新宿ジャンクション 立体交差部の実施施工報告—

技術委員会 架設小委員会

1. はじめに

西新宿ジャンクションは、現在山手通り（環状第6号線）地下に建設中の中央環状新宿線と甲州街道（国道20号）の上部を通り供用中の高速4号新宿線との郊外方向サービスの連結路で、初台出入口と新宿出入口間にある4号線の上空を跨ぐ立体交差構造となっている。

2. 工事概要

西新宿ジャンクションの橋梁形式は、全区間にわたり鋼製橋脚と鋼床版箱桁を剛結した立体ラーメン橋となっている。本工事の施工範囲は甲州街道のアンダーパス部に3橋脚、これに交わる環6山手通り部に2橋脚と、橋脚に剛結される鋼床版箱桁2連から構成される。

橋脚は、既設高速4号線、地下埋設物及び地表部の歩車道との干渉を避けるため、屈曲部が多く、幾何学的に複雑な形状をしているのが特徴である。

図-1に工事工程表、図-2に構造一般図、写真-1に架設完了後の全景写真を示す。

橋 梁 緒 元

橋 名：西新宿ジャンクション高架橋

工 事 名：SJ32 工区連結路（2-4）上部・橋脚工事

所 在 地：東京都新宿区初台一丁目

橋 長：419.2m

支 間 長：34.54m+55.50m+38.59m+51.77m(ABライン)

34.57m+55.51m+38.58m+89.26m(CDライン)

構造形式：上下部剛結鋼床版箱桁橋（2連）

鋼製門型橋脚（5基）

荷 重：B活荷重

使用鋼材：SM570, SM490Y, SM400, SS400, S10T

事 業 主：首都高速道路株式会社

工 期：基本設計

平成13年 5月～平成14年 3月

詳細設計

平成14年11月～平成19年 4月

施 工

平成15年11月～平成19年 8月

年(平成)	14	15	16	17	18	19	20
実施設計		■			---		
工場製作			■				
A/F・脚架設(R20)				■			
A/F・脚架設(山手通)		■		■			
桁架設(直線部)				■			
桁架設(曲線部)					■		
裏面吸音板取付						■	
縁石・鋼製排水溝設置						■	
排水工						■	
4号復旧工事						■	

図-1 工事工程表(実績)

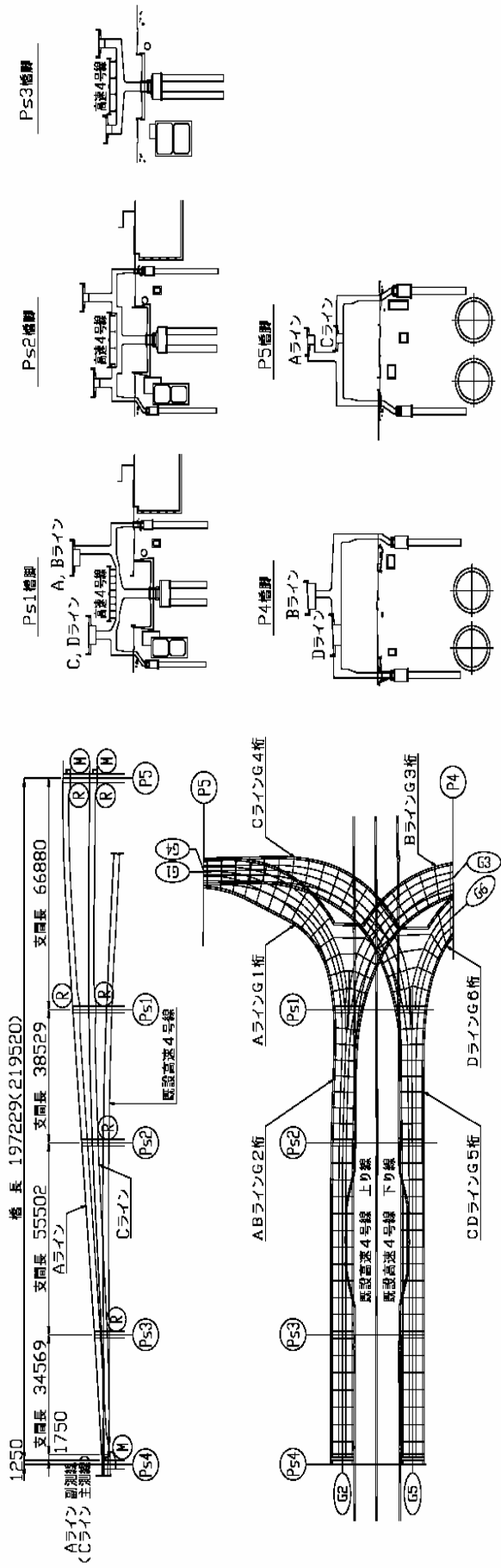


図-2 構造一般図



写真-1 架設完了後全景

3. 設計概要

3. 1 隅角(上下部剛結)部の設計

隅角部の設計に当たり、疲労強度・品質向上のためにウェブに特大のフィレットを設けるなど様々な配慮をしている。

特に、本橋は上下部剛結部は各部材が立体的に結合しており、分離桁の多室箱桁部と重なるため、

- ①剛結部のパネルと中間ウェブとの取り合い
- ②板組の優先度
- ③隅角フィレットを取り付け部材の選定
- ④組立順序

など、円滑な応力伝達が行われるよう工夫をした(図-3)。

また、極厚の鋼板(最大 88mm)を使用に伴い、溶接や非破壊検査の作業性を確保するために、実寸の模型を用いて縦リブ等を後付けにする等の施工性を確認した。

完成図

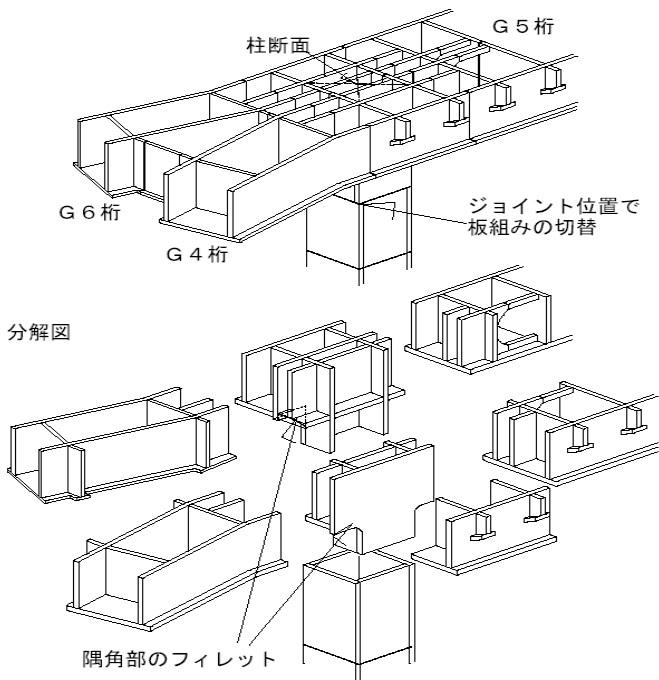


図-3 上下部剛結部板組み

3. 2 架設条件の反映

後に述べる通り、上部工は制約が多く張り出し架設や大ブロック一括架設等が組み合わさった複雑な架設手順となり、完成時の断面力にもその影響が残ることになる。

そのため、実際の架設ステップを想定した立体組みステップ解析(鋼桁架設完了まで全47ステップ)

プ)を行い、より実構造に近い断面力状態を再現し架設手順によって発生する断面力も考慮し、上部工を設計すると同時に、その変形量を段階毎に算出し、架設時の精度管理に用いた。

また、桁架設時の高速4号線の規制回数をなるべく少なくするように、上部工の継ぎ手位置を決定した(図-4)。

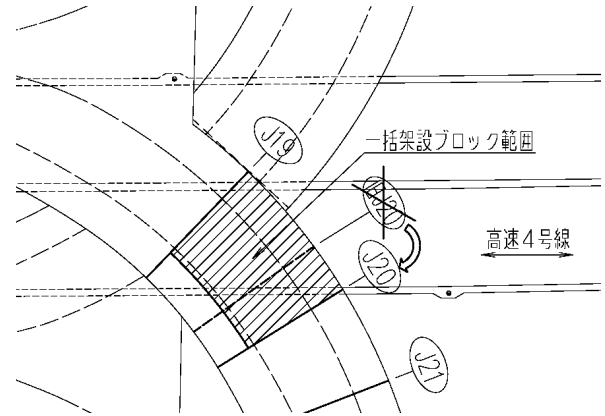


図-4 高速4号線と上部工の継ぎ手

3. 3 耐震設計

本橋の上部工2連は交差点上で分岐、かつ平面的に90度折れ曲がっており、さらに橋脚も屈曲部を持つなど複雑な形状をしており(図-5)、構造物全体の地震時挙動も複雑になることが予想された。

そのため、地震時動的解析においては柱部(非線形部材)を全て2軸曲げや軸力変動の影響を考慮できるファイバー要素でモデル化し、耐震性を評価した。モデル化に当たって、横梁上柱も含めて全ての柱部材をファイバー要素とし、有効破壊長は柱の上下端と屈曲部及びコンクリート充てん部直上とした(図-6)。

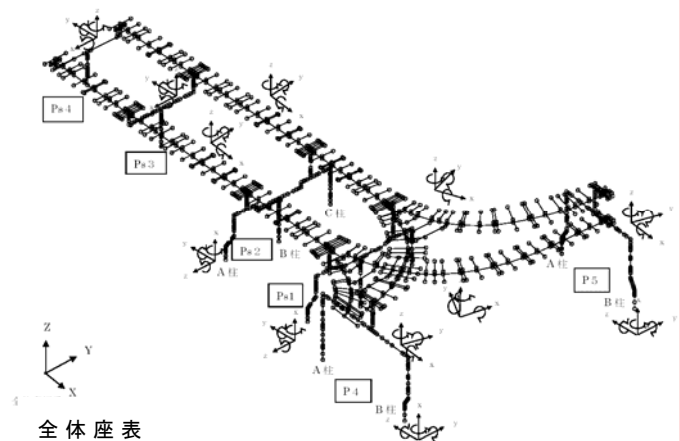


図-5 地震時動的解析の全体骨

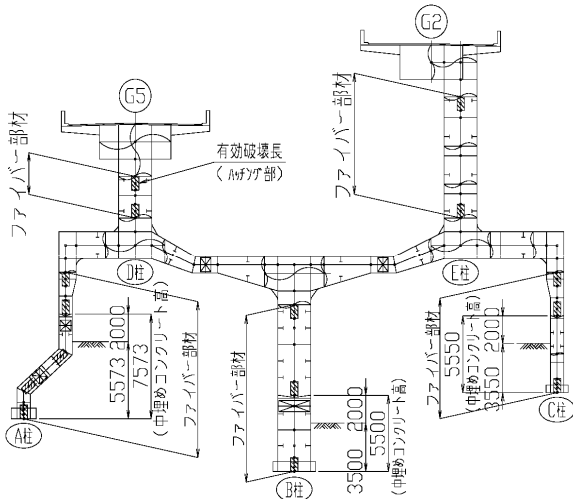


図-6 地震時動的解析の橋脚モデル化(ファイバー要素)

また、架設系の影響により、橋脚の死荷重時断面力状態が無応力架設した場合と異なる。

非線形解析では死荷重時と地震時の応答値を重ね合わせることができないため、動的解析モデルに両者の差分の断面力を外力として与えることで、架設系を考慮した死荷重時の断面力状態を再現することとした(図-7)。

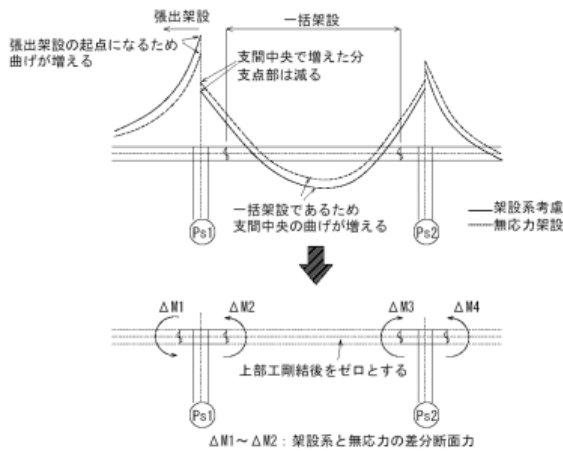


図-7 架設時残留断面力の反映

4. 工場製作

現地条件より、橋脚、主桁ともに架設時期が長期間にわたって分割されていたことから、工場製作も詳細設計の進捗、現地架設時期を考慮しながら分割せざるをえなかった。そのため製作期間も最初の橋脚アンカーフレームの製作開始から、最後の主桁ブロックの塗装完了、現地発送までに約3年余りを要する極めて長期間の工事となった。当然、工場製作もロット分割する必要があり、仮組立単位も約20分割することとなった(写真-2)。



写真-2 主桁分岐部仮組立

また、構造的に立体ラーメンであること、さらに平面的にも分岐構造となっているため、すべての橋脚、主桁が剛結で連続した構造となっている。

このため、橋脚の架設出来形により生じる各径間の径間長の誤差吸収を図るために、主桁の各径間に調整ブロックを設けた(図-8)。

実際には橋脚、桁の架設を進め、調整ブロックの落とし込み部のスパンを実測後、その数値を反映して調整ブロックの切断・添接板の製作を行い、現地に発送した。

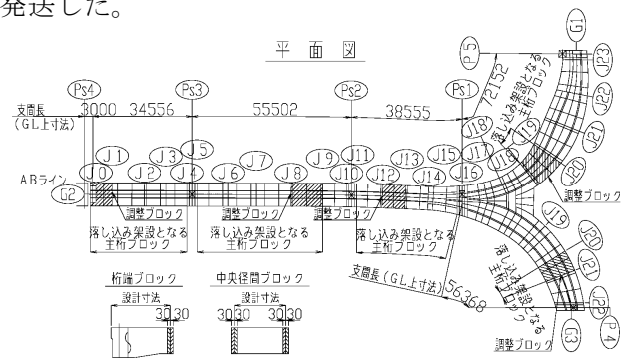


図-8 主桁調整ブロック設定箇所

橋脚は、4号線の既設構造を避けて設置されるため、片持ち等の構造となる。主桁とは剛結構造となっていることからいわゆる隅角部の極めて多い構造となった。製作難易度が高く、その工場製作には非常に苦労した。隅角部については疲労対策上、溶接に対して注意深い施工が必要であることから、開先形状、ビード仕上げの方法を設計図面で明確に図示して完全を期した(図-9)。

また溶接部の非破壊検査については超音波探傷検査を全線に渡って実施し、特に三線交差部については通常の斜角探傷に加えて垂直探傷を併用し、探傷不能部分が生じないようにした。

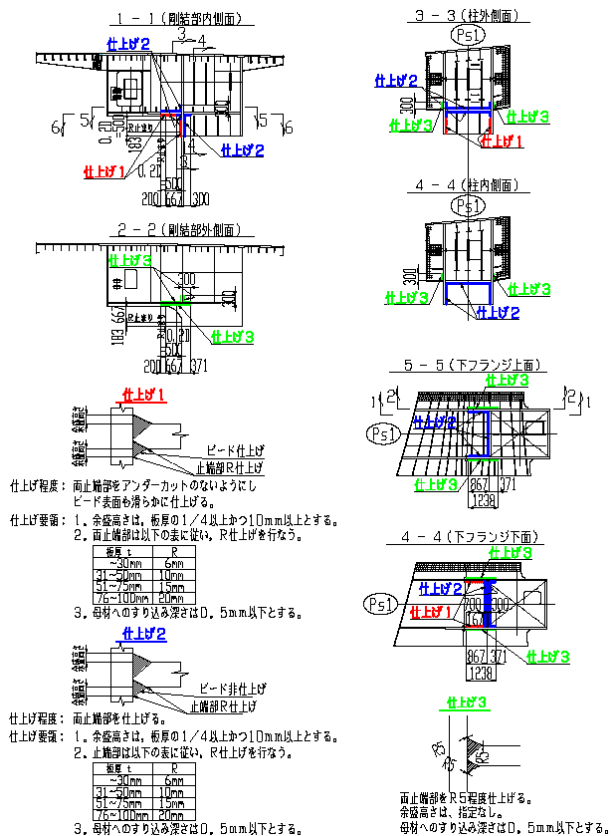


図-9 橋脚隅角部溶接仕上げ詳細図

5. 現地施行概要

5.1 特徴

上部の架設工法は、架設地の地理的条件、橋梁の構造形式、工事の様々な制約条件等を考慮して選定される。西新宿 JCT 建設工事のなかで、SJ32 上部工事の架設地は国道 20 号とこれに交わる環状 6 号山手通りの交差点であり、都内有数の交通渋滞地域である。架設される地上高さ 25 m の橋桁直下には高速 4 号新宿線が通り、その下に国道と山手通り、更にその下にアンダーパス部が通り、地下には京王線が通るといふ多重空間である。

交通規制による渋滞を最小限にするために、架設作業時間は深夜の 0:00 時から翌朝 6:00 という制約を受けるが、交通規制開始・解除に要する作業時間を考えると、実作業時間は 5 時間足らずであった。ベント設置について交差点内に橋桁を支える仮設備設置は不可能であり、山手通り全幅員をまたぐ大掛かりな構造となった。

高速 4 号新宿線の交通止めは回数を最小限に留めることが求められ、継ぎ手位置の車線との関連も考慮して架設ブロック重量・ブロック継ぎ手位置を決定した。

工法選定のポイントは、①交通渋滞の緩和②張り出し架設の撓み管理設備③夜間架設の施工性（継ぎ手部の添接作業）が容易である事④多層構造ゆえの架設ステップであり、上記の制約条件と合わせて検討を行い、脚架設は多軸台車とテーブルリフターによる大ブロック架設・桁架設はトラッククレーンによる相吊り架設及び曲線部の張り出し架設工法を採用した。

5.2 鋼製橋脚の架設

剛構造の鋼製橋脚の架設は、下部の基礎工事との競合となり、アンカーフレーム架設を先行し、下部工躯体の施工後、脚柱の架設を行った。

甲州街道部の橋脚工事は、杭基礎工事の工程、路面下部の公共埋設物の吊り防護工との関連で、脚柱の建て込み開始時期は着工が約 1 年遅れることとなった。

加えて、アンダーパス部は 4 号線下の空間に制限を受け、脚横梁等は大型クレーンによる直接架設が不可能であった。

そのため、山手通りの常設作業帯内で地組立て後、多軸台車にてアンダーパス部に架設部材を搬入し、テーブルリフターを使用してのジャッキアップ架設工法で架設した(写真-3)。



写真-3 多軸台車とテーブルリフターによる横梁架設

その際、架設条件として、国道及び山手通りとも交通量が多い為、運搬時の交通規制も週末に限定される制約を受けた。柱の現場継ぎ手は景観上から殆んど溶接構造であるが、架設ブロックの継ぎ手は現場の施工性から HTB 継ぎ手を採用した。

通常脚柱ブロックの平均重量は約 130 t で

あり、使用クレーンは160t吊りから360t吊りを用いた。

最大ブロックは山手通りを横断するP4 横梁ブロックの210tであり、550t吊りクレーンにて一括架設を行った。(写真-4)

常設作業帯内での地組立て・溶接完了が架設の条件であり、初台交差点の南側にこのヤードが確保できたことが、架設回数削減・渋滞緩和に有効であった。

しかしながら、ブロックの運搬時・アンダーパス交通止め時には周辺道路の渋滞が予想されたため、架設時は必ず、周辺地域対策としての事前広報と作業時の渋滞量調査も実施した。

国道アンダーパス部の横梁一括架設は多軸台車上のテーブルリフター(250t 2・2mストローク)を使用し、路面の縦断勾配にも台車のジャッキで対応した。

また架設ブロック高さが建築限界一杯である為、台車の車輪付油圧サスペンションにて高さ調整(±300mm)を行うとともに、交差点部の信号機を一時切り回し移動した(写真-5・写真-6)。



写真-5 多軸台車による上部工大ブロックの搬入



写真-4 P4 橋脚横梁一括架設



写真-6 相吊りによる大ブロック一括架設

5.3 上部工(直線部)の架設

直線部主桁の架設は、一径間分のブロックを山手通りの常設作業帯内で地組立て・溶接完了後、連結した多軸台車にて架設位置まで運搬し、360t吊りトラッククレーンで相吊り架設を行った。一径間分の主桁には、橋脚間の仕間長計測データを反映した調整ブロックを1ブロック含んでいる(各径間毎に1ブロックの調整ブロック有)。

地組立てヤードが交差点の南側であった為、交差点部・初台陸橋上を多軸台車にて運搬した。

運搬に先立ち、重量物運搬時の陸橋撓み計測も実施し、強度上問題のないことも確認した。

5.4 上部工(曲線部)の架設

直線部桁架設完了後、側床版架設、現場溶接を行い、直線部桁と鋼製脚を一体に剛結したのち、曲線部の張出し架設を行った。

架設ブロック重量は約100tを基本とし、クレーン吊り能力と、4号線の交通止めを最小限に抑えることを条件にブロック割を決定した。

この結果、高速4号線交通止めは、上下線交通止め1回、上り線交通止め2回、下り線交通止め2回の計5回の交通止めで実施できた。

その他は車線規制で対応した。高速の交通止めは1:00~5:00を厳守し、前作業としての準備

工・信号機移動を22:00から実施、クレーン設置・組み立ては23:00～1:00までに行った。

架設ブロックの吊り上げ開始が1:30、添接作業は2:00～4:00の実作業2時間であり、この間に約2000本のボルトを締め付けた。

4:00からクレーン解体を開始し5:30までにクレーンを搬出し、6:00には交通開放を行った。

4号線上の交通止め架設は天候にも恵まれ、18年5月15日から7月24日に予定の広報通り実施できた(図-10)。



写真-7 桁上ベント (G4桁でG3桁を支持)



写真-8 桁上吊り上げ設備 (G3桁からG4桁を吊り上げ)

工種	時期	21:00	22:00	23:00	0:00	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	6:00
山手通り規制工		規制開始		内回り対面通行							規制解除
国道20号線規制工		規制開始		側道通行止め							規制解除
首都高速4号線新橋線規制工				車線変更							規制解除
供養工					先頭測定					先頭測定	
信号・感知器など点検工											
クレーンアウトリガー搬入工											
クレーン設置組立工											
桁運搬工											
吊り具取り付け工											
巻き上げ・降下											
添接作業											
足場組立											
吊り具撤去工											
クレーン解体・搬出											
養生撤去撤去											
片付け											

図-10 夜間架設タイムスケジュールの例

曲線部主桁の閉合は、A・Bライン(上り)C・Dライン(下り)4径間のうち、その構造特性を考慮し、短い径間から実施出来るよう架設順序を決定した。

先に述べたとおり、落とし込み架設する閉合ブロックはその両端を30mm延ばして製作し、仮組立て時は仮スプライスを使って精度を確認した。

閉合ブロックは、実際の遊間と仕口の出入りを光波測距儀にて計測し、その値と架設時期の温度想定による出入りも推測して、工場にて切断を行った(データ計測後約15日で現場搬入)。

張り出し架設という架設系を考慮し、架設時の撓み管理、仕口の座標管理も逐次実施して対応したが、架設時の不測の事態も想定し、セッティングビーム・継ぎ手仕口微調整用の治具も準備して閉合にあたった。張り出しの大きいBライン主桁(G3桁)及びCライン主桁(G4桁)については、撓みを矯正する為、桁上ベント及び桁吊り設備も用いた(写真-7・写真-8)(図-11)。

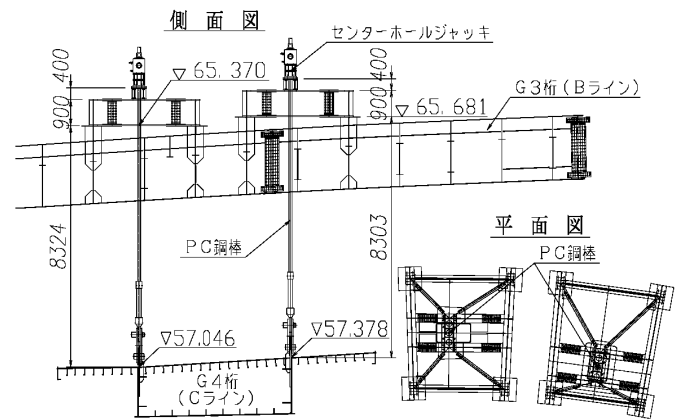


図-11 桁上吊り上げ設備図

架設途中の主桁を支える仮設備としてのベントは山手通りを横断する大掛かりなベント設備(2基設置)となったが、このベント柱部には、タワークレーン用マスト(径2.0m)を使い、マスト頂部から桁受け横梁を吊る構造とした。横梁をロッドで吊り、梁上ベントのジャッキ設備も効かせるという構造が、反力管理・閉合前仕口傾き調整にも有効であった。(写真-9・写真-10)。



写真－ 9 山手通りを横断する門型ベント



写真－ 10 曲線部上部工一括架設

6. おわりに

国道部の脚柱のアンカーフレーム開始（平成17年2月）から、曲線部桁閉合（平成18年12月）まで23ヶ月、夜間交通規制回数は420日、延べ架設回数は150回を越える架設工事となった。架設鋼重4400t、都市型特有の厳しい制約条件の中での工事であり、設計・製作担当の協力と工事関係業者及び周辺住民の協力無しには到達できない工事であったと痛感している。

最後に、交差点部に隣接する SJ 上部工関連の他工区及び、基礎工事関係者他、本工事の計画・設計・施工に尽力いただいた関係者各位に、深く感謝の意を表します。