

中央環状線「西新宿ジャンクション」立体交差部の設計・施工

Double-Level Overhead Crossing at “Nishi-Shinjuku Junction” of the Central Circular Road Route

志 治 謙 一 物流・鉄構事業本部社会基盤事業部橋梁エンジニアリング部
澤 部 美喜男 物流・鉄構事業本部社会基盤事業部橋梁エンジニアリング部
山 内 桂 良 物流・鉄構事業本部社会基盤事業部橋梁エンジニアリング部 部長

「西新宿ジャンクション」は、国道20号線（甲州街道）の上空に位置する新宿線と環状第6号線（山手通り）の地下に建設される山手トンネルを接続するジャンクションであり、新宿線のさらに上空をまたぐ立体交差構造となっている。橋梁形式は、全区間鋼製橋脚と鋼床版箱桁との剛結立体ラーメン橋で、幾何学的にも複雑な形状をしている。交通量の非常に多い交差点上の架設はすべて夜間に行い、立体交差部の桁上ベントを利用した張出し架設工法を採用するなど、都市内架設特有の工夫を必要とする難工事であった。

“Nishi-Shinjuku Junction” is a flyover type junction forming a part of the Chuou Kanjo Line of the Metropolitan Expressway (CKME) and connects with the Yamate tunnel (CKME) that is located under the Shinjuku Line (Metropolitan Expressway) and Capital Road No. 6 (Yamate-Dori Street). This structure is the rigid space frame type and is supported with steel substructures and steel box girders with an orthotropic steel deck as a superstructure. This bridge incorporates complicated alignments. This project involved the typical difficulties of civil engineering in urban areas. For example, the site was located in a very congested traffic area. Therefore, erection work was conducted only at night, and a special cantilever method with a temporary bent arranged on the deck that was installed previously was applied.

1. 緒 言

首都高速中央環状線山手トンネル（以下、山手トンネルと呼ぶ）は、東京都目黒区青葉台から板橋区熊野町に至る延長約11kmの路線であり、環状第6号線山手通り（以下、山手通りと呼ぶ）の拡幅事業と一体的に整備が進められている。本路線は、沿道の土地利用状況や良好な都市環境の保全および都市空間を有効活用する観点から、ほぼ全線がトンネル構造で建設されているが、新宿線と接続する既設路線は高架構造で建設されているため、ジャンクション部分は高架構造となる。

「西新宿ジャンクション」は、国道20号線甲州街道（以下、甲州街道と呼ぶ）の上空に位置する新宿線と山手通りの地下に建設される山手トンネルを接続するジャンクションであり、新宿線のさらに上空をまたぐ立体交差構造となっている。

「西新宿ジャンクション」の建設によって新宿線の郊外方向（高井戸、中央道方面）と中央環状線（池袋、渋谷方面と渋谷、湾岸方向）とが接続され、利便性のさらなる向上が期待できる。「西新宿ジャンクション」の橋梁形式は、全区間鋼製橋脚と鋼床版箱桁との剛結立体ラーメン

橋となっている。

「西新宿ジャンクション」は、工事区間1050mの上下部構造によって構成されるが、このうち本工事は新宿線および初台交差点（山手通りと甲州街道交差点）の上空に位置する上下2層の4径間連続鋼床版箱桁に該当する。ここでは設計・施工について報告する。

2. 工事概要

本工事の施工範囲の構造は、甲州街道のアンダパス部に3橋脚、これに交わる山手通り部に2橋脚と橋脚に剛結される鋼床版箱桁2連となる。

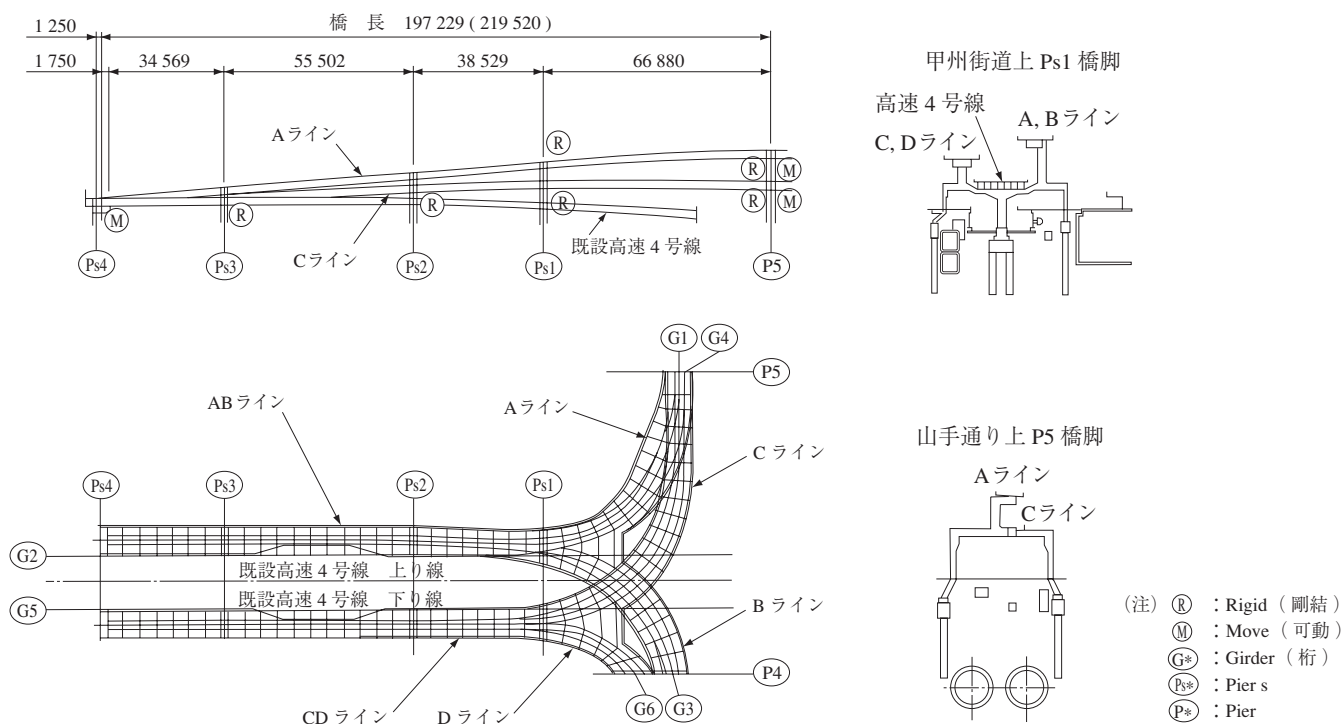
上部構造は、交差点上で平面的に90度分岐する構造であり、橋脚構造は既設新宿線および地下埋設物などとの干渉を避けるため、屈曲部を多くもつ、幾何学的に複雑な形状をしているのが特徴である。

第1図に構造一般図、第2図に架設完了後の全景を示す。

3. 設計概要

3.1 隅角（上下部剛結）部の設計

隅角部の疲労強度・品質向上のため、設計段階からウェ



第 1 図 構造一般図 (単位: mm)
 Fig. 1 General structural arrangement (unit: mm)



第 2 図 架設完了後の全景
 Fig. 2 Completed bridge

ブに特大のフィレットを設けるなど、さまざまな配慮をした。

特に本構造は上下部剛結部が立体的であるほか、分離桁の多室箱桁部と重なるため、円滑な応力伝達が行われるように以下の点に着目して設計図面に反映した (第 3 図)。

- (1) 剛結部の板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る部材の選定
- (4) 組立順序など

また、極厚の鋼板 (最大 88 mm) を使用するため、実

寸の模型を作成して縦りブなどの作業手順を確認し、溶接や非破壊検査の作業性および施工性を確保した。

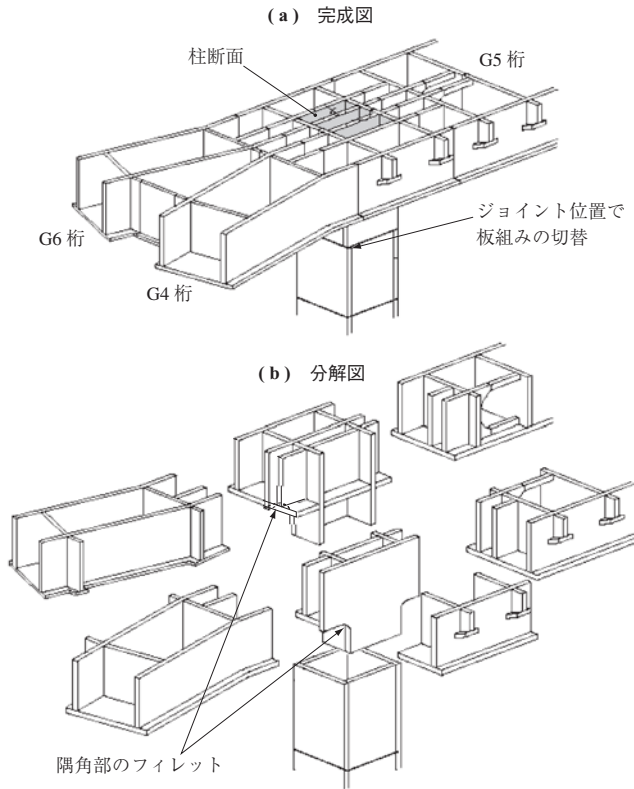
3.2 架設条件の反映

後に述べるとおり、上部工は制約が多く張出し架設や大ブロッカー一括架設などが組み合わさった複雑な架設手順となり、完成時にも架設時に発生した断面力の影響が残ることになる。

上部工を設計と架設時の精度管理には、複雑な架設手順に基づいて作業段階ごとに発生する断面力や変形量を把握する必要がある。そこで、より実構造に近い断面力状態を

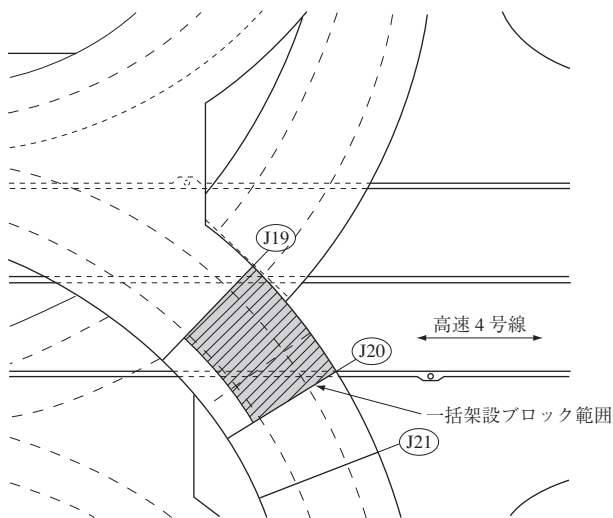
再現するため、実際の架設ステップを想定して立体骨組ステップ解析（鋼桁架設完了まで全47ステップ）を行った。

上部工の継手位置は、架設時および架設後の施工性に大きく影響する。このため、初台交差点上空の桁継手位置は、桁架設時の新宿線の規制回数を極力少なくするよう配慮し、決定した（第4図）。



第3図 上下部剛結部板組検討例

Fig. 3 Examination example of hardness of section joints at temporary assembly



第4図 高速4号線と上部工の継手位置

Fig. 4 Joint position of the upper structure with the elevated highway (Route No. 4)

3.3 耐震設計

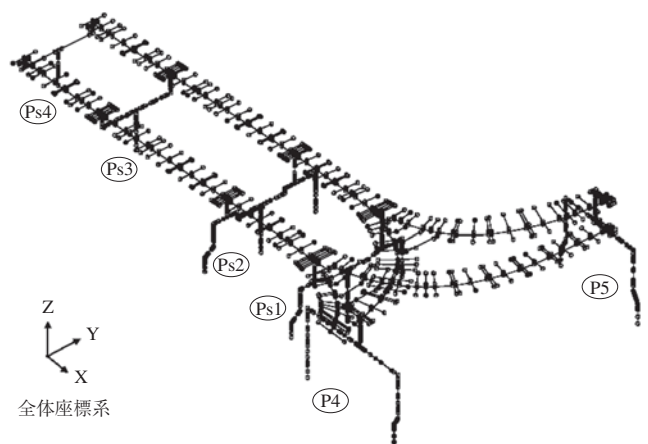
本橋の上部工2連は交差点上で分岐、かつ平面的に90度折れ曲がっており、さらに橋脚も屈曲部をもつなど複雑な形状をしており（第5図）、構造物全体の地震時挙動も複雑になることが予想された。このため、地震時動的解析においては、柱部（非線形部材）をすべて2軸曲げや軸力変動の影響を考慮できるファイバ要素でモデル化し、耐震性を評価した。

屈曲部の多い複雑な構造・形状を評価するため、モデル化は横梁上柱も含めてすべての柱部材をファイバ要素とし、有効破壊長は柱の上下端と屈曲部およびコンクリート充てん部直上とした（第6図）。なお、架設系の影響によって、橋脚の死荷重時断面力状態が無応力で架設した場合と異なるため、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。そこで、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にした（第7図）。

4. 工場製作

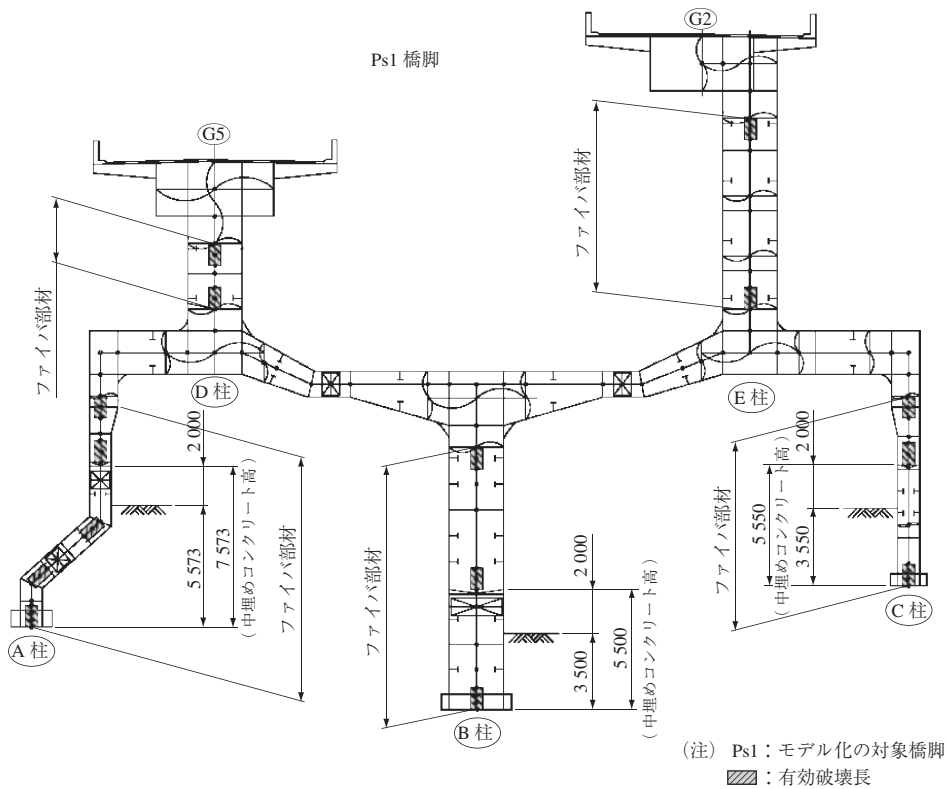
現地の条件より、橋脚、主桁ともに架設時期が長期間にわたって分断されたことから、工場製作も詳細設計の進捗、現地架設時期を考慮しながら分割することにした。

このため、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年を要する極めて長期間の工事となった。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分割することになった（第8図）。

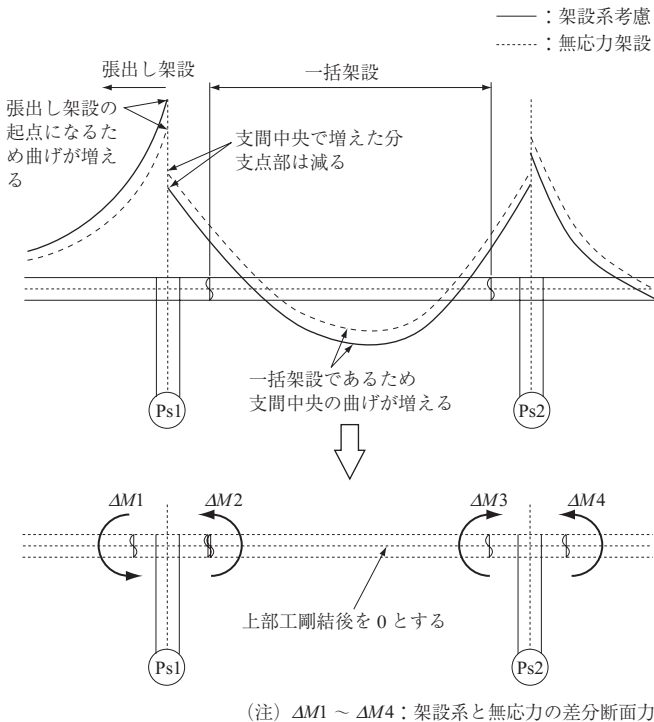


第5図 地震時動的解析の全体骨組図

Fig. 5 Dynamic analysis of whole skeleton diagram for earthquakes



第 6 図 地震時動的解析の橋脚モデル化 (ファイバ要素) (単位 : mm)
 Fig. 6 Dynamic analysis (fiber element) of a pier model for earthquakes (unit : mm)

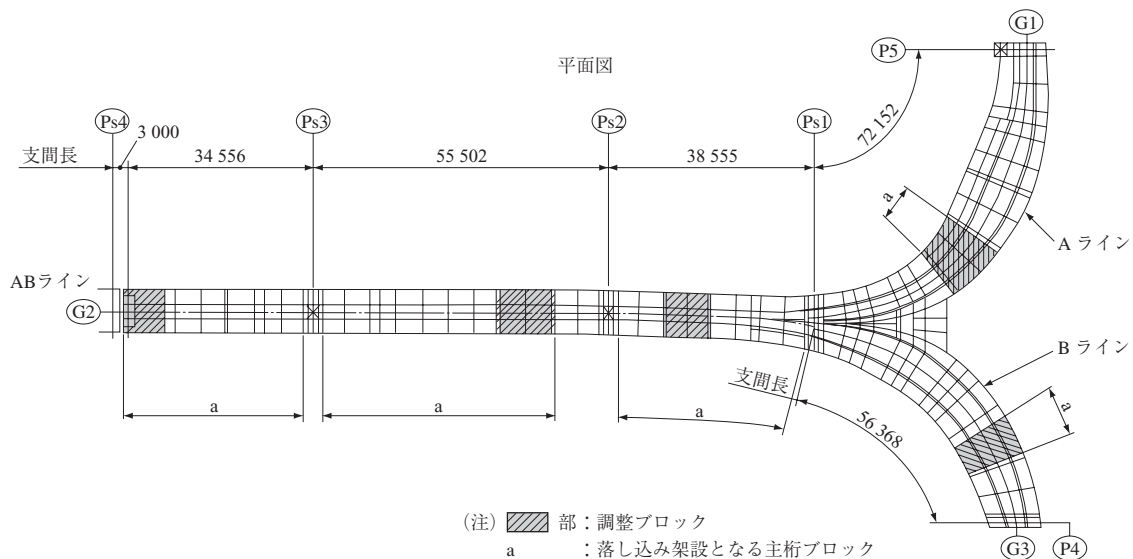


第 7 図 架設時残留断面力の反映
 Fig. 7 Reflection of sectional-force residue when erecting



第 8 図 主桁分岐部仮組立状況
 Fig. 8 Temporary assembly of the main span junction

また、構造的に立体ラーメンであり、さらに平面的にも分岐構造となっている。このため、すべての橋脚、主桁が剛結で連続した構造となっている。このような構造では、橋脚の架設出来形によって各径間の径間長に誤差が発生する。この誤差を吸収するため、主桁の各径間に調整ブロックを設けた (第 9 図)。調整ブロックは、橋脚や桁の前後の架設を待って当該ブロック落とし込み部のスパンを実測後、その数値を反映して切断・添接板の製作を行い、現地



第9図 主桁調整ブロック設定箇所 (単位: mm)
Fig. 9 Block position to adjust the main span (unit: mm)

に発送した。

橋脚は、新宿線の既設構造を避けて設置されるため、片持ちばりなどの構造となる。主桁とは剛構造となっていることから、屈曲部の多い非常に複雑な構造・形状となり、製作難易度の非常に高い構造といえる。

隅角部については疲労対策上、溶接に対して特に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指示して完全を期した(第10図)。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わたって実施し、特に三線交差点については、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。

これ以外にも設計担当者も含めた品質管理パトロールを作業段階ごとに通常より回数を多くし、実施した結果、高品質の製品を完成させることができた。

5. 現場架設

5.1 特徴

上部工の架設工事は、架設地点の地理的条件、橋梁の構造形式、工事のさまざまな制約条件などを考慮して選定される。

「西新宿ジャンクション」立体交差点の架設地点は、都内有数の交通渋滞地域である甲州街道と山手通りが交わる初台交差点を含むエリアにある。架設される地上高さ25mの橋桁直下には首都高速4号線新宿線が通り、その下に甲州街道と山手通り、さらにその下に甲州街道のア

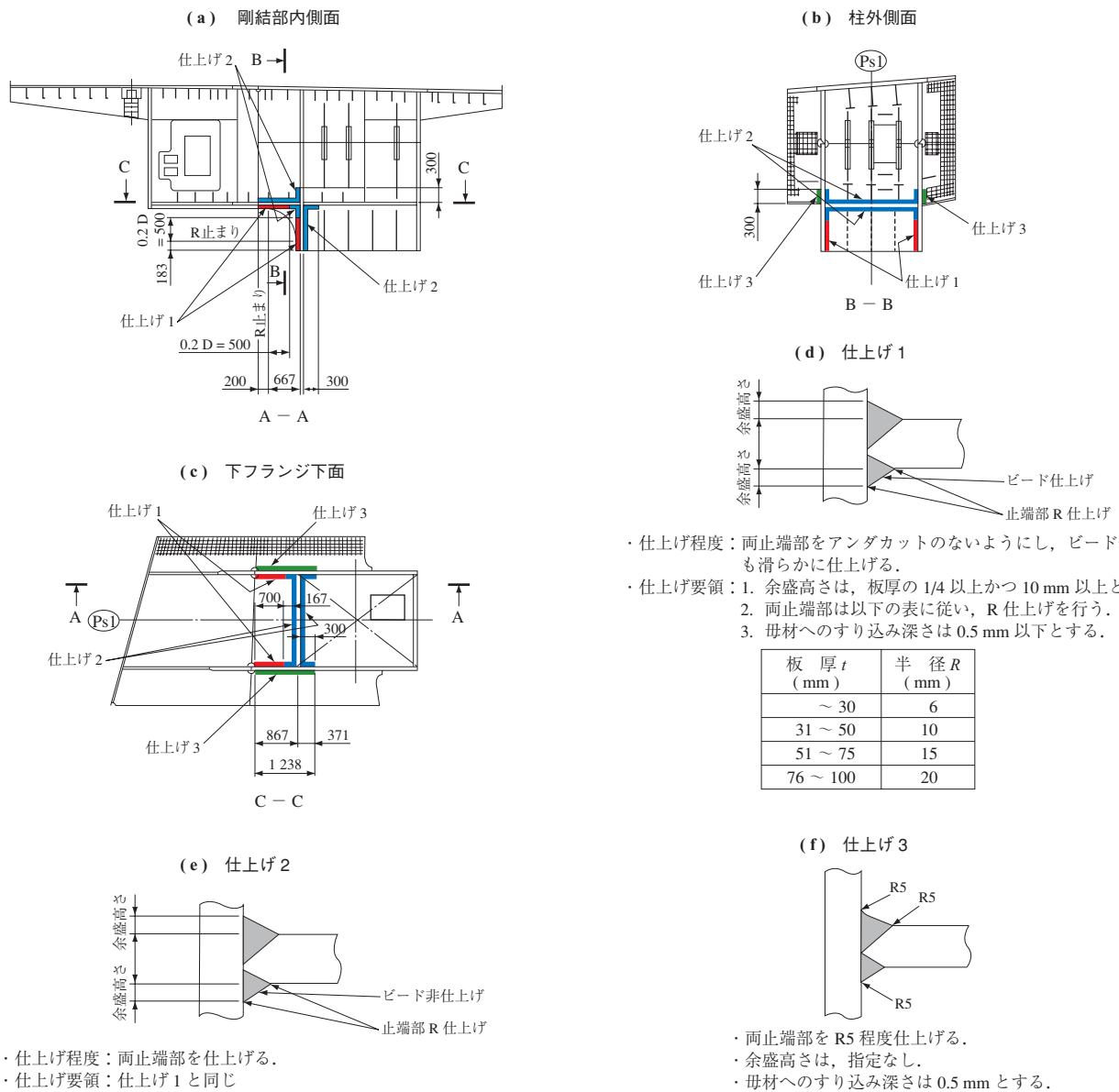
ンダバス部が通り、地下には京王線が通るという多重空間であり、沿道も東京オペラシティなどビルが立ち並ぶ施工ヤードとして狭い非常に厳しい施工環境下にある。

これらの制約条件を整理して以下に示す。

- (1) 交通規制による渋滞を回避し、影響を最小限にするために架設作業は、深夜の0:00時から朝6:00の間に行う必要がある。
- (2) 交差点内に橋桁を支える仮設備設置は不可能である。
- (3) 新宿線の交通止め回数を最小限にする必要がある。

(1)の制約条件で、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が5時間足らずの非常に短い時間となる。(2)に対応するために、大掛かりになるが山手通り全幅員をまたぐ門型ベント構造を採用した。(3)に対しては、新宿線の車線と桁継手位置の関係や架設ブロック重量と架設時間などを整理し、ブロックの分割方法を決定した。

架設工法の選定において配慮すべき点は、①交通渋滞の緩和 ②張出し架設のたわみ管理設備 ③夜間架設の施工性(継手部の添接作業)が容易であること ④多層構造ゆえの架設ステップであり、上記の制約条件に合わせて検討する必要があること、である。この結果、脚架設は多軸台車とテーブルリフタ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および曲線部の張出し架設工法を採用した。



第10図 橋脚隅角部溶接仕上げ詳細図 (単位: mm)
Fig. 10 Details of finish weld at an angle section of the pier (unit: mm)

5.2 鋼製橋脚の架設

剛結構造の鋼製橋脚の架設は、基礎工事と競合しながらアンカーフレーム架設を先行し、下部工躯体の施工後に順次脚柱の架設を行った。

甲州街道部の橋脚工事では、くい基礎工事の工程、路面下部の公共埋設物の吊り防護工との関連で、脚柱の建て込みまでに約1年を要する難工事となった。加えて、甲州街道のアンダパス部は新宿線下の空間に制限を受け、橋脚横梁などは大型クレーンによる直接架設が不可能であった。このため、山手通りの常設作業帯内で地組立後、多軸台車でアンダパス部に架設部材を搬入し、テーブルリフタを使用してのジャッキアップ架設工法を採用した(第11

図)。その際、甲州街道および山手通りとも交通量が多いため、運搬時の交通規制も週末に限定される厳しい制約を受けた。脚柱の現場継手部は、景観上から基本的には溶接構造としているが、架設ブロックの継手部はこのような現場の厳しい制約からHTB(High Tensile Bolts)継手とした。

当該工事の脚柱ブロックの平均重量は約130tであり、使用クレーンは1600kN{160tf}吊りから3600kN{360tf}吊りを用いた。最大ブロックは、山手通りを横断するP4橋脚横梁ブロックの210tであり、山手通りを一時的に交通規制したうえで5500kN{550tf}吊りクレーンによる一括架設を行った(第12図)。



第 11 図 多軸台車とテーブルリフタによる横梁架設
Fig. 11 Beam construction with multi-axial winches and table lifter



第 12 図 P4 橋脚横梁一括架設
Fig. 12 Erection of pier beam (P4)

このような大ブロック架設では、地組立と溶接を事前に完了しておくことが必要であり、当該工事のために、初台交差点の南側に常設作業帯を確保した。このことが架設回数削減・渋滞緩和に有効であったと考えている。なお、ブロックの運搬時および甲州街道のアンダパス交通止め時には周辺道路の渋滞が予想されたため、交通規制を伴う架設時には周辺地域対策としての事前広報と作業時の渋滞量調査を必ず実施した。

甲州街道アンダパス部の横梁一括架設は、多軸台車上のテーブルリフタ（2 500 kN { 250 tf } 載荷、2.2 m 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。

5.3 上部工（直線部）の架設

直線部主桁の架設は、山手通りの常設作業体内で一径間

分のブロックを地組立し、溶接完了後に連結した多軸台車で架設位置まで運搬し、3 600 kN { 360 tf } 吊りトラッククレーンで相吊り架設を行った。

地組立ヤードが交差点の南側であったため、初台交差点部および初台陸橋上を多軸台車で運搬した。運搬に先立ち、重量物運搬時の陸橋たわみ計測も実施し、強度上問題がないことを確認した。また、架設ブロック高さが建築限界一杯であるため、台車の車輪付油圧サスペンションで高さ調整（± 300 mm）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（第 13 図、第 14 図）。

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 100 t を基本とし、クレーン吊り



第 13 図 多軸台車による上部工大ブロックの搬入
Fig. 13 Conveyance of a large girder block by multi axial winches



第 14 図 相吊りによる大ブロック一括架設
Fig. 14 Erection of large block by the double-lifting method

能力と新宿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、新宿線の交通止めは、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回に抑えることができた。

そのほか、側床版ブロックなど小ブロックの架設に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・組立は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には交通開放を行う非常にタイトなスケジュールであった。

新宿線上の交通止め架設は天候にも恵まれ、2006年5月15日から7月24日に広報どおりの期間で実施できた(第15図)。

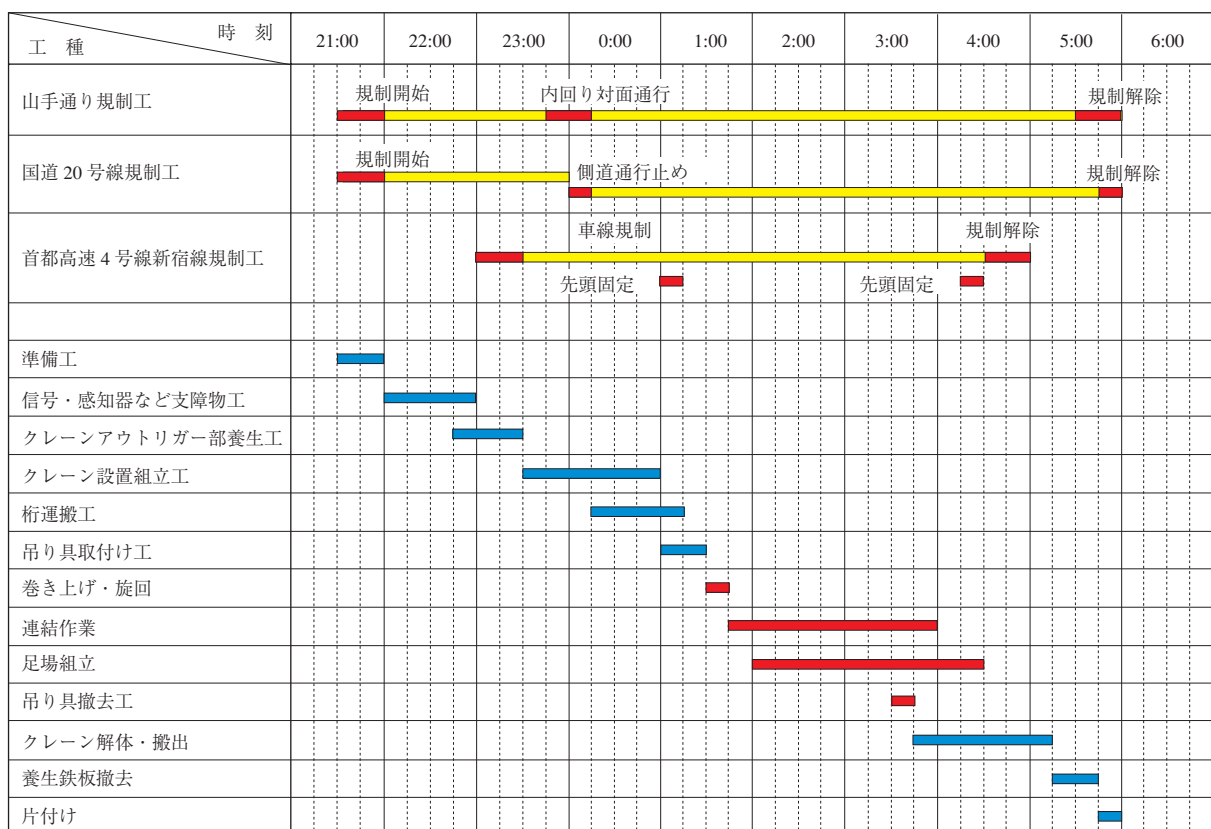
曲線部主桁の閉合は、A・Bライン(上り)、C・Dライン(下り)4径間のうち、その構造特性を考慮し、短い径間から実施できるよう架設順序を決定した。

4章で述べたとおり、落とし込み架設する閉合ブロック

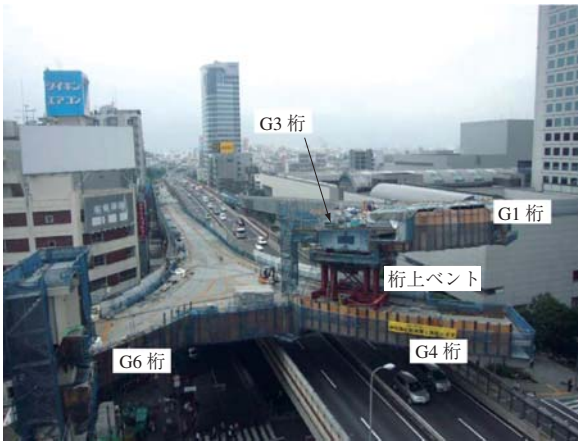
は、その両端を30mm延ばして製作し、仮組立時は仮スプライスを使って精度を確認した。

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で計測し、その値と架設時期の温度想定による出入りも推測して、工場で切断した(データ計測後約15日で現場搬入)。張出し架設という架設系を考慮し、架設時のたわみ管理、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・継手仕口微調整用のジグも準備して閉合に当たった。

張出しの大きいBライン主桁(G3桁)およびCライン主桁(G4桁)については、たわみを矯正するため、桁上ベントおよび桁吊り上げ設備も用いた(第16図～第18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有効であった(第19図、第20図)。



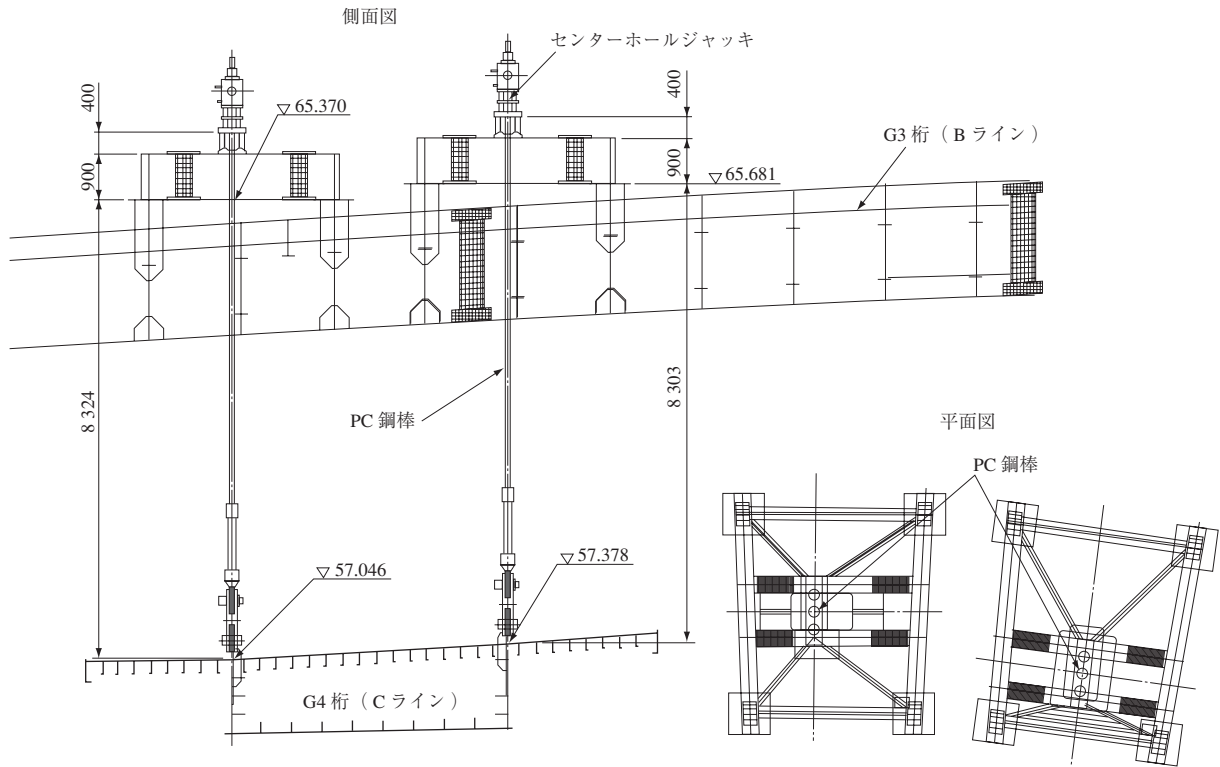
第15図 夜間架設タイムスケジュールの例
Fig. 15 Nighttime schedule



第 16 図 桁上ベント (G4 桁で G3 桁を支持)
Fig. 16 Vent on girder (G3 girder supported with G4 girder)



第 17 図 吊り上げ設備 (G3 桁から G4 桁を吊り上げ)
Fig. 17 Girder-lifting equipment (G4 girder lifted from G3 girder)



第 18 図 桁吊り上げ設備図 (単位: mm)
Fig. 18 Lifting equipment drawing (unit: mm)

6. 結 言

国道部 (甲州街道) の脚柱のアンカーフレーム開始 (2005 年 2 月) から、曲線部桁閉合 (2006 年 12 月) まで 23 か月、夜間交通規制回数は 420 日、延べ架設回数は 150 回を超える架設工事となった。架設鋼重は 4 400 t もあり、かつ、都市型特有の厳しい制約条件のなかでの工事であり、架設計画と綿密な工程管理なしでは、成し得な

かった。

また、本橋は現代社会の複雑な要請にこたえた都市型土木構造物の象徴的なものであり、一般の人の目に触れる機会も多い (第 21 図)。今後、当社の橋梁の技術力を広く世間に示すのに貢献することであろう。

本工事で培った経験を橋梁技術の発展に生かしていく所存である。



第 19 図 山手通りを横断する門型ベント
 Fig. 19 Gate type vent crossing the Yamate-Dori Street



第 21 図 「西新宿ジャンクション」外観
 Fig. 21 Appearance of "Nishi-Shinjuku junction"



第 20 図 曲線部上部工一括架設
 Fig. 20 Erection of upper structure of curved section

— 謝 辞 —

首都高速道路株式会社をはじめ架設協議などで協力していただいた関係機関，関係各社の方々，交差点に隣接する上部工事および基礎工事の関係者，本工事の計画・設計・施工に携わった関係者各位に対し，ここに記し，深く感謝の意を表します。