

工藤秀昭*1 濱島志伸*2 藤本 治*3 石村知樹*4

By Hideki Kudou, Shinobu Hamashima, Osamu Fujimoto, Tomoki Ishimura

府中四谷橋は3径間連続斜張橋で当社において初めての主塔の製作・架設を含む工事である。主塔については鉛直度、ジョイントのスキマ、断面寸法においてかなりの高精度を要求される。そのため、実施工に先立ってパイロットメンバーを製作し、作業手順を確立した。本稿では、その作業手順に基づいた主塔の工場製作について報告する。

1. はじめに

府中四谷橋は多摩川を渡る3径間連続斜張橋である。かつ水期を利用して架設を行うため、工事は主塔と側径間の1期と中央径間の2期に分かれている。東京都より鋼管・日塔・川田建設工事共同企業体として受注し、当社は1期施工の主塔のP1、側径間主桁のA1～J7、2期施工の中央径間主桁のJ20～J32を製作した。本稿では主塔（P1）の工場製作について述べる。

2. 工事概要

府中四谷橋の主塔骨組み図と標準断面図、全体配置図を図-1に示す。主塔の構造の特徴と工事概要は次のとおりである。

形式：3径間連続斜張橋
橋長：446m
支間：91.5m + 260m + 91.5m
幅員：28.2m
主塔高さ：61m
断面寸法：3m～3.5m × 2.8m

また、主塔の構造の特徴は以下のとおりである。

- ① 接合構造は現場溶接による溶接ジョイントである。
- ② ウェブは塔頂部まで緩やかに断面変化している。
- ③ 斜張橋のロープがセットされるため、ダイヤフラム等が強固な定着部と一般箱構造の一般部に分けることができる。

3. 製作の基本方針

主塔の製作精度は「東京都出来形管理基準」に定められ、次のとおりである。

全長・支間長： $\pm (t_0 + L/10)$

曲り： $\delta \leq L/1000$

鉛直度： $1/1000$

ルート間隔： $-2 \sim +4\text{mm}$

目違い： $\leq 2\text{mm}$

特に鉛直度およびルート間隔と目違いについては製作上重要であると考え、精度向上のため、次のような製作方法を採用した。

- (1) パネル工法の採用と溶接後の2次切断

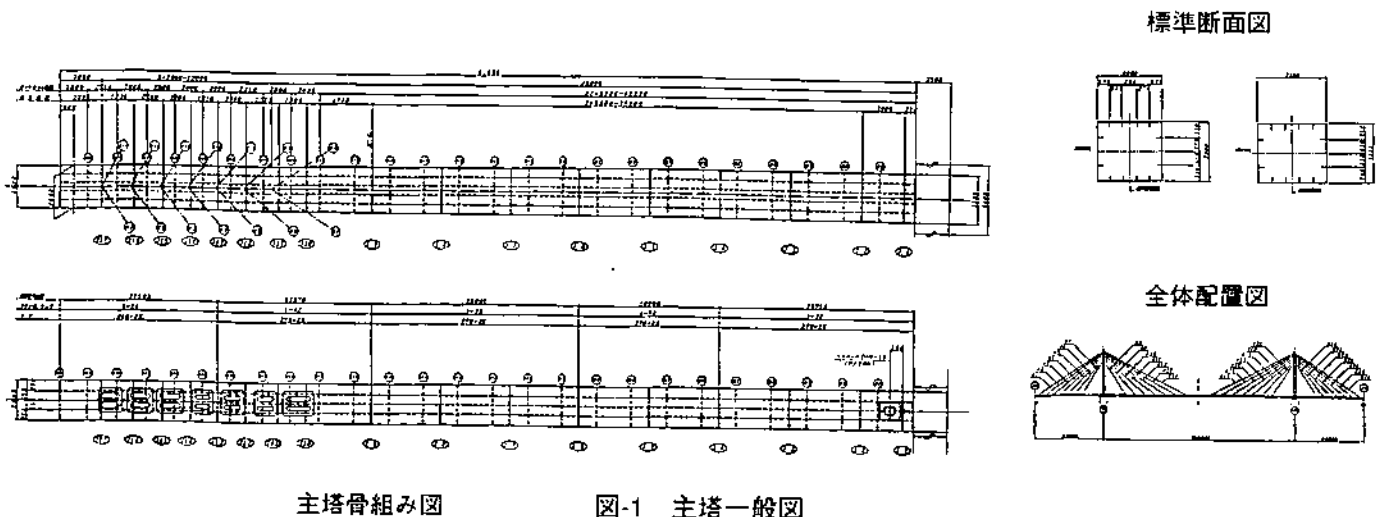
フランジと縦リブ、ウェブと縦リブおよびダイヤフラムと補強材を大組立前に溶接するパネル工法を採用した。また、パネル溶接の歪取りが完了した後に外周や開先加工の2次切断を行い、断面および長さの精度確保に努めた。

- (2) 形状保持ダイヤフラムの採用

大組立時には正規のダイヤフラムと同時に形状保持ダイヤフラムを部材の両端に取り付けて仕口部の精度確保に努めた。

- (3) 縦置きでの芯出し作業

芯出し作業は、架設後の出来形を左右するため、塔の完成形状と同様の縦置きで行い、鉛直精度の向上に努めた。



*1-若松工場 橋梁製造部長 *2-若松工場 橋梁製造部製造課長
*3-若松工場 橋梁製造部鉄構課鉄構係 *4-若松工場 橋梁製造部製造課計画係

(4) 歪取り後の切削

全ての溶接作業の完了後に部材両端の切削を行い、長さ寸法の精度確保に努めた。また、仕上げ切削は部材温度や気温が安定する夜間に行った。

4. 製作

定着部のフランジと縦リブの組立は、縦リブとダイヤフラムが剛構造であるため一括組立とした。下部側の一般部はウェブ、フランジともパネル工法を採用した。

(1) 製作フローチャート

主塔の製作フローチャートを図-2に示す。

(2) 製作のポイント

製作時に留意した点は以下のとおりである。

- a) NCケガキにより縦リブとダイヤフラムのケガキ線は2本ケガキとした。
- b) プライマー除去は、擦り込み過ぎにより断面形状に影響を与えるダイヤフラム部、縦リブ部のプライマー除去は行わなかった。
- c) パネル溶接は多電極溶接装置を使用した。歪矯正にはプレスを使用した。
- d) フランジの幅寸法はパネル溶接後に切断した。
- e) ダイヤフラムおよび形状保持用ダイヤフラムは溶接歪み矯正後に門型の切削装置により外周の4面切削を行った。
- f) 大組立には門型の固定治具を使用した。
- g) 溶接は常に下向きになるようにした。角溶接にはサブマージアーク溶接を採用した。
- h) 縦リブのスプライスプレートは全て仮組立時に孔間寸法を測定し、テンプレートを製作して後孔明けを行った。

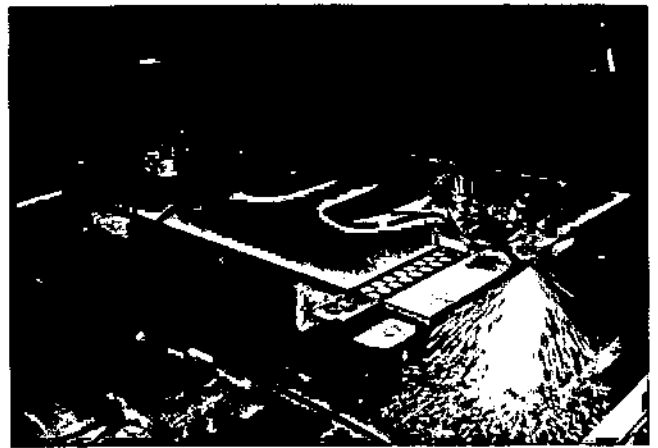


写真-1 パネル溶接後の幅切断

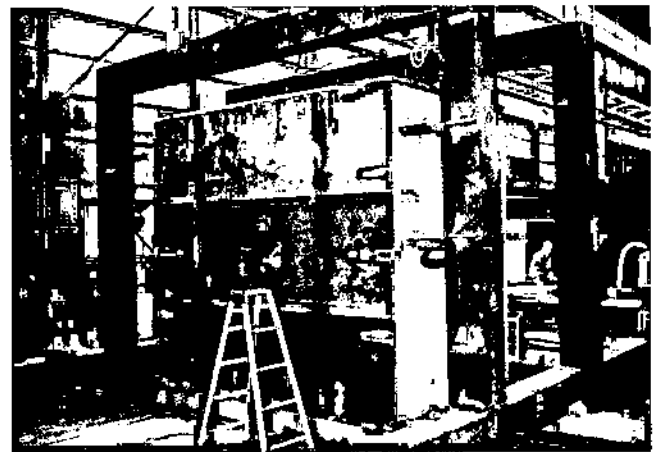


写真-2 大組立状況

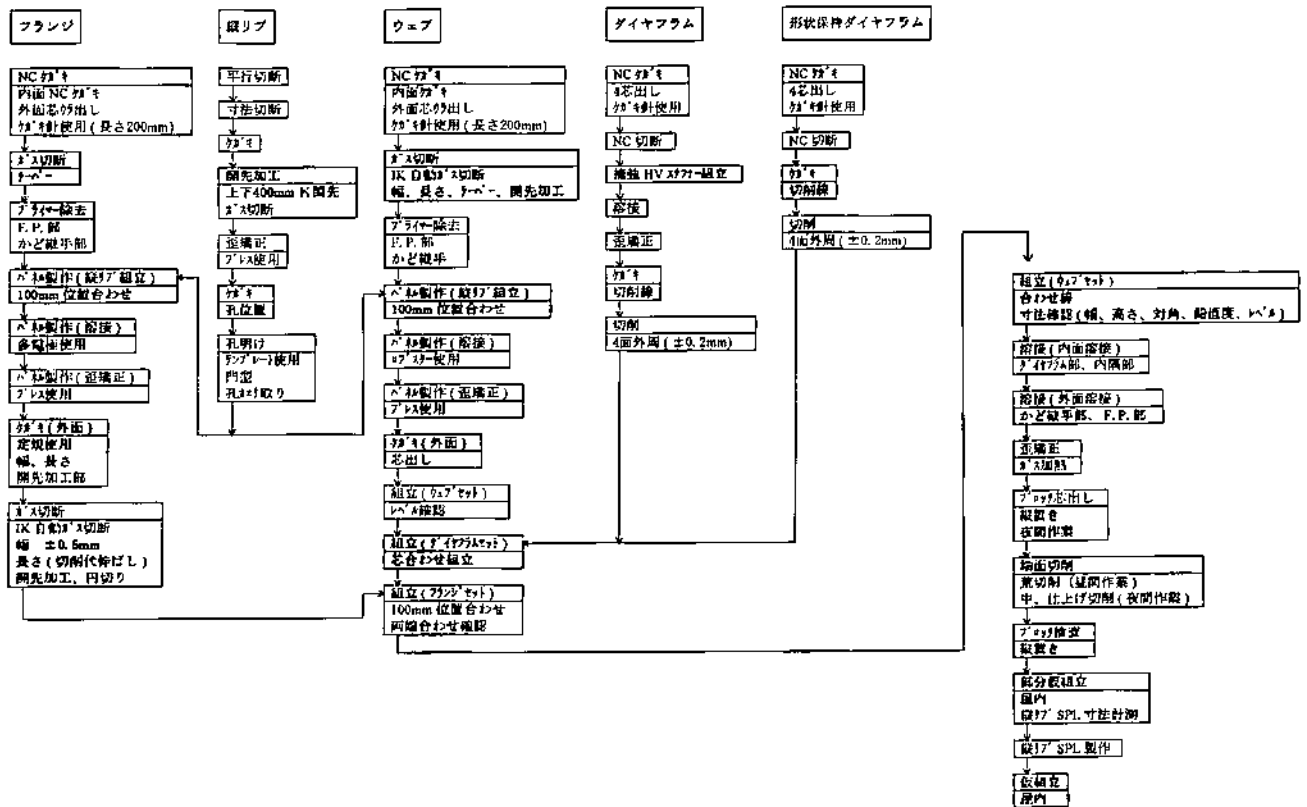


図-2 製作フローチャート

(3) 芯出し

塔柱のような四角柱を積み重ねる場合、四角柱の上面、下面を平行にし、四角柱の中心を合わせながら積み重ねなければ倒れにつながる。鉛直方向に部材の中心を貫通する中心軸を想定し、その中心軸を通すこととした。また、その中心軸を基準にして上面、下面を平行にすることとした。しかし、部材の中心軸を実際にケガくのは不可能である。そのため、その中心軸をそれぞれの側面に投影して、その投影した「芯」を通すこととした。「芯」のケガき出しを芯出し作業とし、そのケガキ線を「芯」とした。

芯は各側面の中心線と同一であると考え、前加工からの製作の段階において芯をケガき、芯を基準に前途の通り製作し、芯をねじらない配慮をした。しかし、溶接などの作業で少なからず芯にねじれが生じていることが考えられるため、そのねじれを補正することを目的として以下のような芯出し作業を行った。また、芯出し作業は、現場の設置状態を考慮して現場と同じ縦置きで行った。

a) 架台の位置

ブロックの下側は現場溶接のため、開先加工を行っているが、架設後にルートギャップを確保するための「コマ」が4点ある。そのコマの位置にユニバーサルジャッキをセットするように配置した(図-4)。ユニバーサルジャッキは油圧により4つのジャッキをコントロールできる芯出し用のジャッキである。また、芯出しの作業中、ジャッキの動きをダイヤルゲージで監視した。

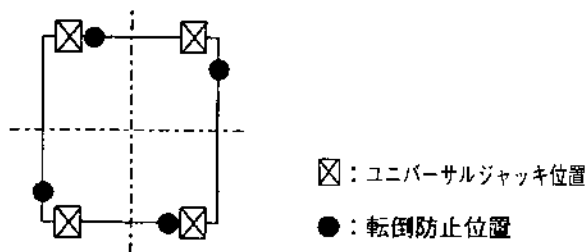


図-4 ブロック受け位置

b) 荷重管理

各ジャッキにかかる荷重を均等に管理することで架設による鉛直度のズレ(自重による倒れ)をなくすようにした。ユニバーサルジャッキにロードセルの荷重計をセットし、ロードセルの示す荷重の誤差は全重量の5%未満とした。ブロックは設計上左右対称になっており、均等荷重にした場合、ブロックは鉛直に立つと予想される。しかし、切断や溶接などによってブロックはわずかに変形しており、均等荷重を5%未満に保ちつつ芯出し作業を行った。

c) セオドライトによる計測

図-5のように上下端面の2等分点をケガき、BC点を通るようにセオドライトとピアノ線を張った状態で移動できる可動地盤を図-6のようにセットした。方法は次のように行った。

- ① B点、C点より下振りを降ろし、高さに注意しながら、それぞれの下振りに可動地盤を合わせる。
- ② セオドライトを地盤上でA点、B点とC点、D点を確認できる位置にそれぞれセットする。
- ③ セオドライトによりA点、B点のズレとC点、D点のズレを計測する。

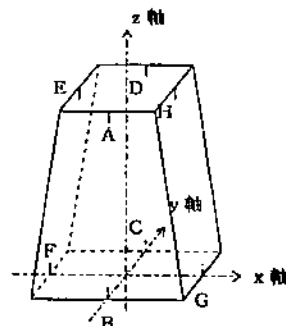
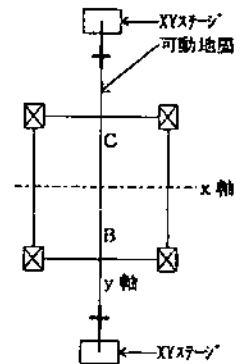


図-5 2等分点のケガキ



+: セオドライト位置

図-6 セオドライトの配置図

d) 芯出し方法 (y z 平面)

B点側セオドライトでB点の鉛直線を基準にしてA点位置の水平方向のズレ量を計測する。C点側でも同様の要領で計測する。測定結果が図-7のようにC点をy軸上に合わせてx座標がマイナス側を領域Ⅰ、x=0を領域Ⅱ、x座標がプラス側を領域Ⅲとして考えると各計測点の位置関係は9通り考えられるが、芯出し方法の考え方としてx z面で見た場合、線分ABと線分CDが交差しない場合と交差する場合に分けることができる。

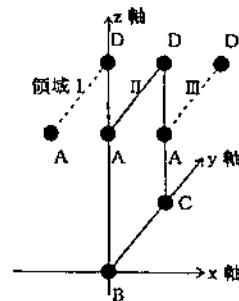


図-7 2等分点の配置

① 交差しない場合の考え方 x y 軸の移動 (線分CDの移動)

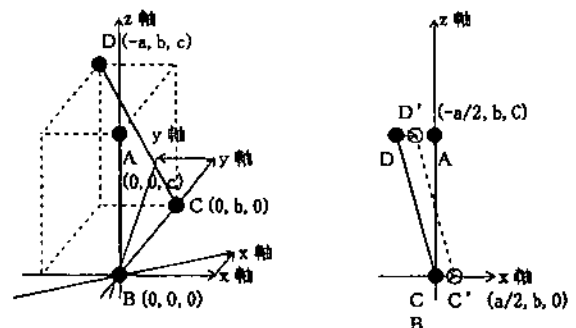


図-8 x y 軸の移動

まず、A点に対するD点のx軸方向の相対誤差aを1/2にするy軸が(-a/2, b, 0)を通るようにx y軸を回転させる。また、線分CDのx座標をa/2したC'点、D'点に移動させる。

②交差する場合の考え方

ねじれのある中心線AB、CDの芯出し

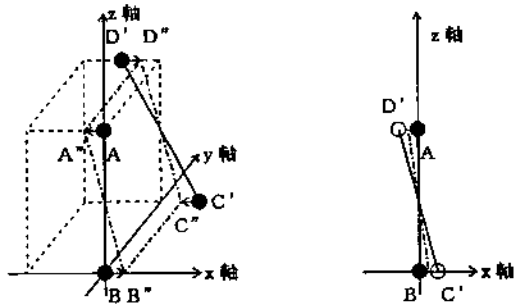


図-9 ABC'D'の移動

A点、B点に対するC'点、D'点のx軸方向の相対誤差 $a/2$ を $1/2$ にする。A点、B点、C'点、D'点のx座標をそれぞれの相対誤差が $a/4$ になる方向に移動させる。移動後の点をそれぞれA''点、B''点、C''点、D''点とすると、線分A''B''、線分C''D''が誤差を $1/4$ に振り分けた中心線となる。以後A''点、B''点、C''点、D''点をA点、B点、C点、D点とする。

e) 芯のケガキ

芯出しによって求めた4面の芯が鉛直になるようにジャッキを操作した。下振りとセオドライトで確認して部材の上下および中央側にケガキを行った。ケガキ線はケガキ針を使用し、消えないようにニス塗布した。

f) 切削線のケガキ

芯出し作業の終了後、その状態のまま切削線のケガキを行った。写真-3のようにブロックの中央部にレベルをセットし、直尺をブロックより垂らしてレベルで確認して切削線を決定した。

(4) 切削

切削もまたブロックの精度を決定する重要な工程である。芯出しによりケガかれた切削線をいかに正確に切削するかで塔の鉛直度が決定される。温度管理や振動管理を十分に行った。そのため、切削の工程を荒切削、中切削、仕上げ切削とに分け、中切削と仕上げ切削は温度などの環境が安定する夜間に行った。

a) 温度管理

気温や部材温度を1時間毎測定し、温度の変化を監視した。また、切削の中切削と仕上げ切削は気温、部材温度の安定する午前2時以降に行った。

b) 振動対策

切削中の振動防止策として次のことを行った。

①縦リブをボルトで連結

切削側の縦リブをボルトで連結した。

②内側のサポート

ブロックの内側にサポートを行った。ただし、サポートによりブロックが変形しないようにした。

③外側のサポート

門型のジグでブロックを囲み、ジャッキで止めた。この場合もジャッキによりブロックが変形しないように注意した。

④切削中の変位の確認

ブロックにダイヤルゲージを取り付け、切削中の部材の変位を監視した。

c) ブロックの据え付け

ブロックの据え付けを次の手順で行った。

- ①レベルで両側より確認しながらブロックの芯を水平にする。
- ②セオドライトによりあらかじめケガいている切削機の通りにブロックの芯を合わせる。
- ③切削機の平行線にセオドライトをセットして切削線を確認する。
- ④切削はルートギャップを確保するため、下面側の現場溶接部のコマより行った。
- ⑤上面側の据え付けも同様に行った。また、切削寸法は棒ゲージによりブロック長を正確に計って決定した。

d) 切削条件

切削条件は次のようにした。また、切削はダウンカットで行い、早送りは一方向送りとした。

表-1 切削条件

	カッター径 刃数	回転数 周速	テーブル送 1刃送り	切込み
荒切削	TME5404Ri $\phi 100 * 5$ 刃	640 201	600 0.19	~6
中切削	TME6004Ri $\phi 100 * 5$ 刃	640 201	600 0.19	0.5 ~0.6
仕上げ切削	MSR04R-P1 $\phi 100 * 1$ 刃	640 201	1500 2.34	~0.05

(5) 仮組立

仮組立は、温度変化の少ない工場内で横置きで行った(写真-4)。府中四谷橋の主塔が現場溶接であり、工場内で仮組立を行っているため不具合にすぐに対処できるなどの理由により、切削後の2段仮組立は行わなかった。



写真-3 切削と芯出し架台へのセット状況



写真-4 仮組立状況

5. 製作結果

(1) 部材検査

部材検査を切削完了後行った。検査項目として、幅、高さ、長さ、断面对角、鉛直度に対する切削面を測定した。塔ブロック製作では断面寸法および鉛直度に注目して製作した。図-10に幅・高さ寸法と断面对角寸法のヒストグラムを示す。これにより断面寸法の精度は満足できる。

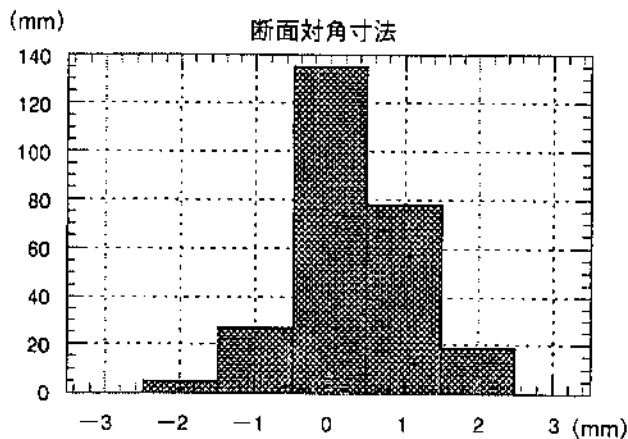
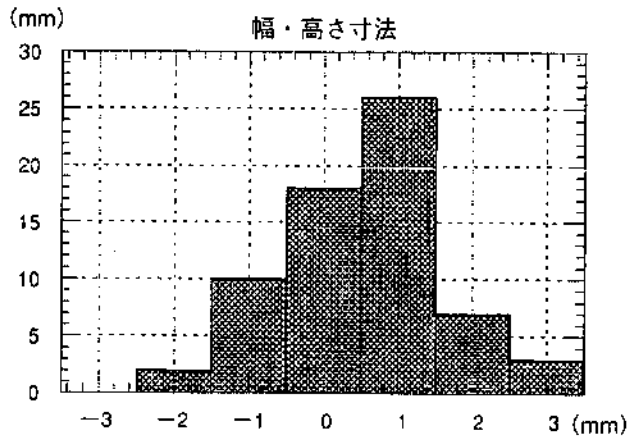


図-10 製作誤差ヒストグラム

(2) 仮組立検査

仮組時の鉛直度J1部を基準にして頭頂部で+2mmであり、許容値 ± 3.5 mmを満足するものであった。また、現場溶接のルートギャップや目違いも満足できる値であった。

6. おわりに

主塔の製作は当社では初めてのことであるため、溶接、芯出し、切削については試行錯誤であった。しかし、主塔製作で精度や品質を確保するための製作方法を見出すことができた。今後は、この経験を一般工事に反映し、品質の向上に努めたい。最後にこの主塔はすでに架設が完了しており、何の問題もなく架設され、平成10年12月に供用されたことも合わせて報告いたします。