

築地大橋の施工

道 菅 裕 一

築地大橋は、東京都第五件建設事務所が建設した、隅田川の最下流部に位置する鋼中路式アーチ橋である。平成26年5月、施工を担当したIHI・川田建設共同企業体にて、海上起重機船を用いて大ブロック一括架設を行った。大ブロック一括架設は、1連の連続したアーチ橋を3つの大ブロックに分割し、すべて3000ton級の海上起重機船を用いて連続架設を行っている。本稿は、今回の架設で採用した、中路アーチ橋の海上起重機船による大ブロック一括架設工法の工夫と、その架設手順を報告するものである。

キーワード：アーチ橋、大ブロック一括架設、隅田川

1. はじめに

築地大橋（以下、本橋）は、隅田川最下流部に新たな第一橋梁として新設されるアーチ橋である。本橋を含む環状第2号線は、東京都江東区有明を起点とし、中央区、港区などを経て千代田区神田佐久間町を終点とする全長約14kmの都市計画道路である（図-1）。本路線の整備により、臨海部と都心部を結ぶ連絡を強化し、並行する晴海通りの渋滞緩和による地域交通の円滑化や臨海部の避難経路が多重化されることによる地域の防災性の向上が期待される。本橋の施工時の工事名称は、隅田川橋りょう（仮称）であった。鋼けた製作・架設工事は、IHI・川田建設共同企業体にて施工され、平成23年12月に着工し、平成26年10月に竣工した。中央径間部は、平成26年5月、架橋地点

の隅田川下流域にて船舶通航止めを行い、海上起重機船を用いた大ブロック一括架設工法にて架設を実施した。

本稿は、今回の架設で採用した、中路アーチ橋の海上起重機船による大ブロック一括架設工法の工夫と、その架設手順を報告するものである。

2. 工事概要

本橋の構造一般図を、図-2に示す。本橋は、橋長245mの鋼3径間連続中路アーチ橋で中央径間の支間長は145mである。床版形式は鋼床版で、幅員は中央部に向けて拡幅し、最大幅員は48mである。補剛桁は、斜材ケーブルによりアーチから支えられる。ケーブルには、最大直径105mmの平行線ケーブルを片側21本使用し、傾いたアーチ主構と同じ面に配置している。アーチ主構の外側にはプラケットで張り出した歩道があり、歩道部と車道部の鋼床版は連続していない。アーチリブは、上空に向けて外側に14度傾斜角度をもつめずらしい形状である。架橋位置は、水上バスの往来が多く、現地の交通負荷を軽減させるため、大ブロック一括架設工法を採用した。大ブロック一括架設工法は、架橋位置とは別の箇所で橋梁地組を行い、それを大ブロックとして海上運搬し、海上起重機船にて一括で架設する工法で、架橋位置での工程を大幅に短縮することが可能となる。

[工事概要]

- ・工事名：環状第2号線隅田川橋りょう（仮称）
鋼けた製作・架設工事 Q3 五-環2）



図-1 橋梁位置図

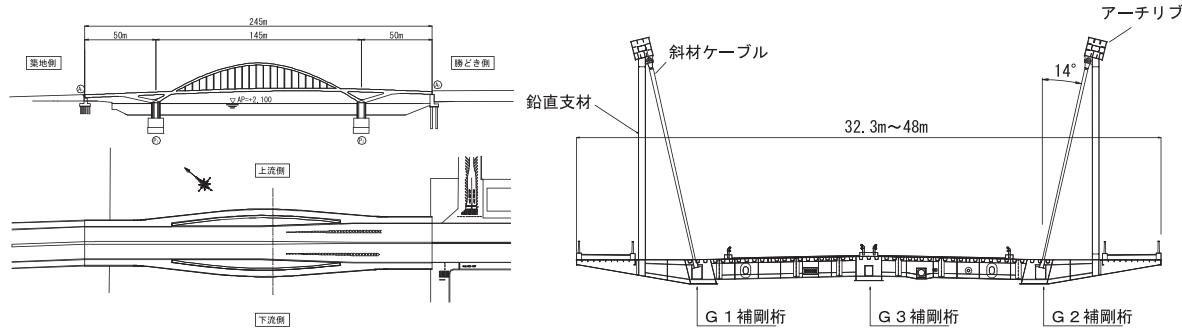


図-2 構造一般図

- ・所在地：東京都中央区勝どき五丁目地内から同区築地五丁目地内
- ・事業主：東京都第五建設事務所
- ・設計：大日本コンサルタント(株)
- ・施工：IHI・川田建設共同企業体
- ・工期：平成23年12月～平成26年10月
- ・形式：鋼3径間連続中路アーチ橋
- ・橋長：245m
- ・支間長：49.85m + 145m + 49.85m
- ・幅員：4m(歩道) + 2 × 10.25m(車道) + 4m(歩道)
- ・総鋼重：5,525ton

3. 一括架設の考え方と架設順序

(1) 大ブロック分割位置

図-3に大ブロックの分割位置を示す。大ブロックの架設順序は、最初に築地側側径間の架設を実施し、次に勝どき側側径間の架設を実施した。その後、中央径間大ブロックを両側径間に落とし込むことで閉合した。3つの大ブロックは、台船輸送時、つり上げ時にそれぞれの場面にて単独で自立しなければならない。本橋の構造形式は、中路のアーチ形式であることから、側径間・中央径間ともアーチリブを有している。側径間の支点部は、橋脚に据え付けて初めて左右の両主構が橋脚を介して連続する構造となるため、単独では自立することができない。また、アーチと補剛桁の交差部には隅角ブロックと横梁があるが、大ブロックに分割した状態でも、側径間、中央径間ともそれぞれ横梁が必要となる。そこで図-4に示すように、大ブロック分割位置を、ちょうど隅角中央で分割し、横梁も中央径間と側径間の両方に分割することとした。横梁断面には箱内部にウェブを2枚追加し、架設時は中央のセルに縦縫手を設けることとしている。これにより、架設時は横梁を分割し、完成時には横梁は見かけ上1本になるようにすることで、設計当初の本橋の外観を変更しないように配慮している。また、

側径間の支点部には、吊り上げ時の構造安定性を向上させるため、両主構の基部をつなぐ“連結材”を仮設材として設置した。繋材は、地組時に設置し、架設完了後に撤去している(図-5、写真-1)。

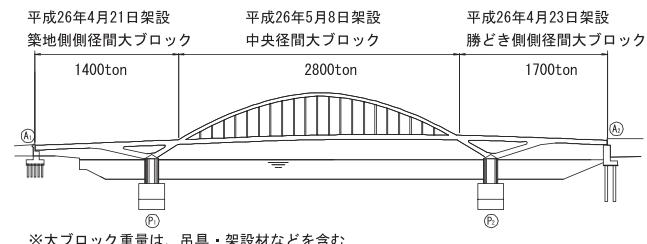


図-3 大ブロック分割

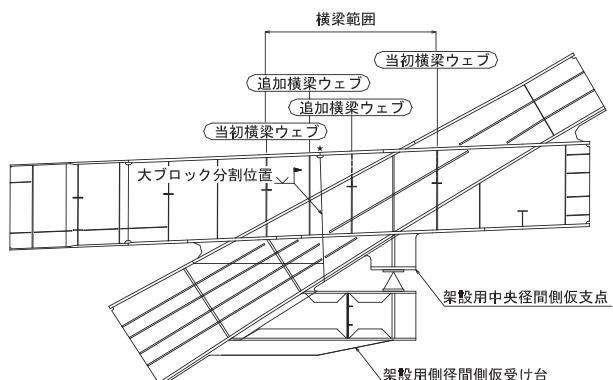


図-4 隅角ブロック分割位置

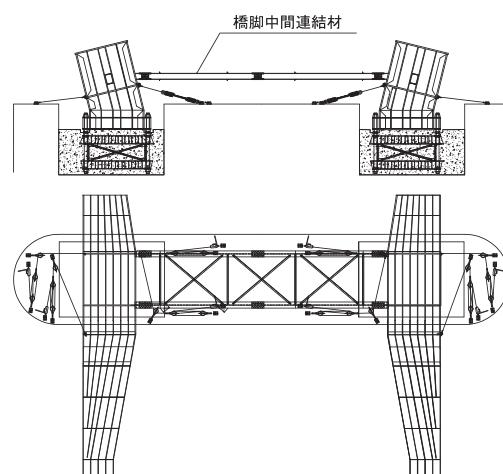


図-5 連結材構造図



(2) 断面力調整

本橋は、固定式の中路アーチ橋であるため、完成時は中間支点上に水平反力が期待され、隅角部には曲げモーメントが作用する。一方で、3分割の架設を実施すると、大ブロックジョイント部は中央径間の大ブロック仮受け段階でゲルバー構造となるため、隅角部には曲げモーメントが作用せず、また中間支点部には水平反力も発現しないため、結果的に、中間支点付近のアーチリブに大きな負の曲げモーメントが残る。そのため、完成時は、架設時に橋体に残留した断面力を調整して、固定式中路アーチ橋の断面力性状に近づける必要がある。そこで、大ブロック架設の完了後に、以下の順序で断面力調整を行う計画とした。

まず、側径間側の端支点部を中間支点固定後に築地側で30 mm、勝どき側で60 mm ジャッキダウンすることとした。これは端支点に強制変位荷重を入れることで、側径間架設時の正曲げを緩和させ、同時に中間支点付近のアーチリブの負曲げを緩和させることを目的としている。具体的には、ジャッキダウン量を予め製作そりとして、端支点にそれぞれ30 mm、60 mm の上げ超しを設定し、架設時は海上起重機船に吊り上げた状態で、中間支点を固定し、その後吊り荷重を開放することで端支点の強制変位を与えていた。中間支

点の固定方法は、アンカーボルトのナットを締め込むことで行った。中央径間大ブロック架設後の中間支点上の反力は、正反力が卓越し、回転固定が起因となる曲げモーメントは基部に作用するが、アンカーボルトに死荷重状態での引張軸力は作用しない。

次に、中央径間大ブロックの落とし込み架設後、側径間と中央径間の間に水平ジャッキを設置し、側径間と中央径間の間に水平方向軸力を導入した。水平方向軸力はG1 およびG2 補剛桁に作用させ、1 主構あたり2500 kN 与えている。現場溶接にて側径間と中央径間を閉合する時も、水平ジャッキは作用させたままとするため、この水平方向軸力は、そのまま中間支点における水平死荷重反力として残ることとなる。

これらの断面力調整をした結果、ほぼ架設系を考慮しない死荷重断面力を再現させることが可能となったが、必ずしも死荷重断面力を完全に一致することはできない。そこで、架設系を考慮した死荷重断面力をもとに、活荷重や地震時に作用する断面力を合わせて、供用時の断面照査を全部材に対して実施し、必要に応じて、主構・ケーブルの増強を行った。また、製作時に設定する製作そりも、この架設系を考慮した断面力を反映させた。

(3) 架設工程

図一6 および図一7 にそれぞれ側径間大ブロックと中央径間大ブロックの架設工程を示す。大ブロックは一括架設の事前に、中央径間大ブロックを横浜磯子地区にて、側径間ブロックを四国の多度津港にて地組をしている。地組した大ブロックは、台船輸送にて東京湾まで運搬した。側径間の大ブロック2 基は、1 隻の台船に搭載し運搬している(写真一2)。台船運搬された大ブロックは、架設の前日に豊洲ふ頭にて台船から海上起重機船に盛り換え、豊洲ふ頭から架橋位置までは海上起重機船による吊り曳航にて運搬している。中央径間大ブロックは、先行して架設された側径

	平成26年 4月																										
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26								
	火	水	木	金	土	日	月	火	水	木	金	土	日	月	火	水	木	金	土								
川田工業 四国工場 (側径間大ブロック 地組場所)	搬出し(大ブロック2基)																										
	海上輸送																										
豊洲ふ頭 (大ブロック水切り場)																					●大ブロック水切り						
																				●大ブロック水切り							
隅田川架設現地																				★据付精度測量							
																				▼勝どき側架設							
																				▼築地側架設							
																				架設予定日(予備日含む)							

図一6 側径間大ブロックの架設工程

	平成26年 4月										平成26年 5月									
	25	26	27	28	29	30	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
	金	土	日	月	火	水	木	金	土	日	月	火	水	木	金	土	日	月	火	
IHI 横浜工場 (中央径間 大ブロック地組場所)	端部調整切断											浜出し								
	海上輸送											海上輸送								
豊洲ふ頭 (大ブロック水切り場)												●大ブロック水切り								
隅田川架設現地																▼中央径間第ブロッキー括架設				
																架設予定日(予備日含む)				

図-7 中央径間大ブロックの架設工程



写真-2 側径間大ブロックの台船搭載



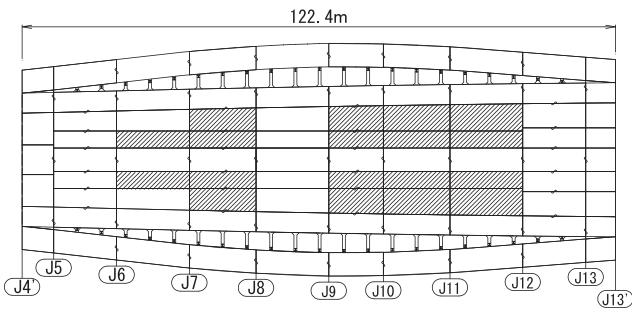
写真-3 レインボーブリッジを通過する起重機船

間ブロックの間に落とし込み架設される。側径間大ブロックの架設誤差を考慮して、中央径間大ブロックの端部は、50 mm の余長を持って製作し、両側径間大ブロック架設完了後、渡海測量を行いその寸法に合わせて余長の切断を行った。本橋の現場継手部は、橋梁の景観を考慮して現場溶接継手が採用されている。側径間大ブロックと、中央径間大ブロックの継手構造も、他の部位と同様に現場溶接継手となっている。余長の切断後、地組場所で開先成形を行った。

(4) 海上起重機船

海上起重機船は、本橋の架橋地点である隅田川下流に東京湾からアプローチする。このため、海上起重機船はレインボーブリッジの桁下を通過できなければならない。また、隅田川流域は水深が浅いことから、吃水の浅い起重機船を選定する必要があった。以上の条件に合致する海上起重機船として、3000 ton 級の船を選定している（写真-3）。

3000 ton 級の起重機船であっても、架設機材・吊具・余裕荷重を考慮すると、部材重量は2400 ton 以下にする必要がある。ところが中央径間ブロックの総重量は、鋼床版を含めて2600 ton であった。そこで、図-8に示す様に、鋼床版の一部を大ブロック一括架設時にはずし、後架設する工法を採用した。後架設し



*斜線部は、後架設鋼床版

図-8 後架設鋼床版配置図

た鋼床版は、220ton である。後架設する鋼床版は、中央径間大ブロックの一括架設が完了して側径間との現場溶接を終了させた後、単材で架設を行った。本橋は、勝どき側に向けて幅員が広くなるため、中央径間のブロックも重心が勝どき側に偏っている。そこで後架設鋼床版は、勝どき側を多くすることで、中央径間ブロックの重心をほぼ中央とする様に配慮した。これにより、一括架設時の海上起重機船の操船を容易にすることが可能となった。

4. 側径間の大ブロック一括架設

(1) 海上起重機船の配置

本橋の一括架設に先立ち、海上起重機船の進入に対して問題がないか、架設地点の水深測量を実施している。本橋架設地点の計画河床はAP-6 m であるが、河

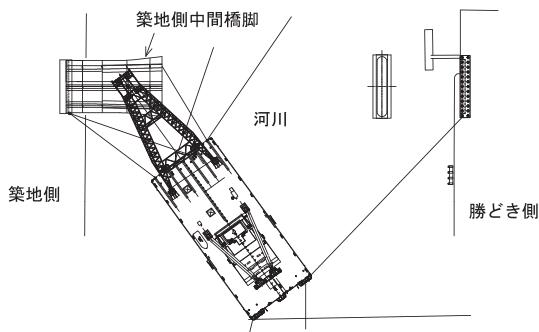


図-9 築地側側径間架設時の海上起重機船配置



写真-4 勝どき側側径間大ブロック架設状況

床の堆積物のため、測量の結果、現状の河床はAP-42 m程度であった。海上起重機船の進入には、AP-56 mは必要であるため、河口から架橋地点まで、深さ方向に約14 m程度の浚渫を実施した。記述の通り浚渫を行っても、中間橋脚付近は河川堤防近くとなり、河川中央と比較すると水深が浅い。そのため、海上起重機船は、側径間架設時に中間橋脚付近に接近することができない。大ブロック架設時は、側径間大ブロックに対して海上起重機船の位置を直角（河川に対して平行）に設置することが、最も据付時の操船を容易にするが、側径間大ブロック架設箇所の水深が浅いため、海上起重機船を定位位置に設置することができない。このため、図-9に示すように、海上起重機船を水深の浅い箇所に進入させることなく、架設位置に対して船を斜めに配置することとした。築地側、勝どき側とも側径間大ブロックは、架橋地点の上空で海上起重機船のワインチにより回転させ、回転させた状態のまま、据付を行った（写真-4）。

(2) アンカーフレームへの落込み

側径間大ブロックの基部は、河川内の橋脚にアンカーボルトで定着される構造である。大ブロック架設に先立ち、橋脚の上端にはアンカーボルトをコンクリートで埋設した。すなわち、側径間大ブロックの架

設では、大ブロックとして一体化された基部を、橋脚上端のアンカーボルトに貫通させた上で据え付ける必要がある。アンカーボルトは、G1側とG2側に2群あり、1群あたり36本あるため、合計72本のアンカーボルトを大ブロックの袴に位置するアンカーボルト孔に貫通させる必要がある。アンカーボルト1本に着目すると、ボルト径は200φで、ボルト孔径は袴構造のリブ配置からの制約で235φであるため、孔遊間は片側17.5 mmとなる。この架設精度を実現させるために、以下の3つの対策を実施した。

まず第1に、橋脚上のアンカーフレーム据付時は、地組工程に於いてすでに側径間地組がおよそ完了しているため、現地でのアンカーフレーム据付位置は、この大ブロック地組の出来型を計測し、これを反映して据付を行った。

次に、大ブロックの基部に引込み金具を設置し、それを橋脚にアンカーをとるワイヤーにて引き込むことで大ブロックの動搖を抑制し、徐々に大ブロックを降下させた。

最後に、アンカーボルトねじ部の保護目的とあわせて、ボルトの先端に鉛筆状の鋼製キャップを設置し、これをガイドとして大ブロックの誘導を行った（写真-5）。鋼製キャップ自体の外径は、207 mmとしたため、実質、アンカーボルト孔の遊間は14 mmまで狭められる。実際の架設では、大ブロック基部が若干このキャップ型のガイドに接触したが、ねじ部に基部が接触することなく、スムーズに架設することができた。



写真-5 鉛筆状アンカーボルトガイド治具

5. 中央径間の大ブロック一括架設

(1) 鉛直材の役割

一般的なアーチ橋の大ブロック架設では、台船運搬時に、台船の大きさより大ブロックの大きさの方が大

きいため、仮支点を隅角部に持ってくることができない。この場合、隅角部で仮支持できないため、架設時には軸力で自立するアーチ橋独特の断面力構成を期待できない。このため、アーチと補剛桁の間に仮支柱を設置することで、大ブロックに作用する曲げモーメントを低減させるのが一般的である。

ところが本橋は、鉛直材が設置されているため、架設時にこの仮支柱を設ける必要がない。アーチ大ブロックに仮支柱を設置しなくとも、台船運搬や吊り上げができるることは、海上起重機船の吊り能力に余裕を与えることになる。

写真一6に、中央径間大ブロックの吊り上げ状況を示す。中央径間の吊り上げでは、補剛桁を16点で吊り上げた。大ブロックの吊り金具は、G1側とG2側の両補剛桁とし、中央のG3補剛桁には、吊り金具は設置していない。この吊り金具の位置は、台船輸送時の受け架台位置と一致させた。吊り上げ時は海上起重機船のワイヤー張力が均等となるため、吊り点位置に若干の上下方向の変位が生じるが、基本的には輸送時と吊り上げ時に、橋体に作用する架設時断面力は同じとなる（写真一7）。

（2）仮受け台構造

側径間架設後、中央径間大ブロックは、側径間大ブ



写真一6 中央径間大ブロックの吊り上げ状況



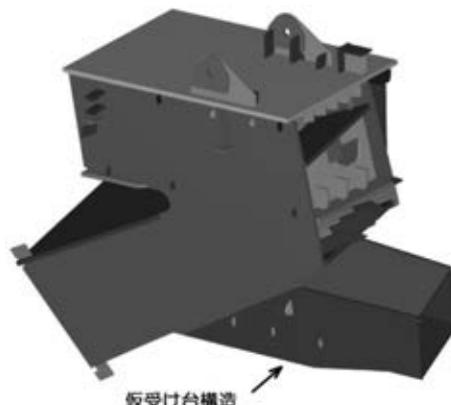
写真一7 中央径間の台船搭載状況



写真一8 側径間側に設置した仮受け台

ロックに一時的に仮置きし一括架設完了後に現場溶接にて一体化させる。そのため、側径間ブロックには中央径間の荷重を一時的に仮受けする構造が必要となる。通常、このような架設工法を選択する場合は、仮設部材としてセッティングビームが採用される。しかしながら、本橋の分割位置はちょうど隅角中心であるため、アーチリブ自体がセッティングビームに干渉するため、上フランジ側にセッティングビームを設ける場所がない。そこで、架設後に現場溶接のギャップ調整を行うことも勘案して、側径間ブロックの隅角下方にアゴ形状の仮受け台を設ける構造とした（写真一8）。

この仮受け台は、中央径間大ブロックの現場溶接完了後に撤去している。受け台の取り付く隅角ブロックは、アーチ断面が傾斜していると同時に、下路部のスレンダーなアーチ箱断面から橋脚に向けて大型のアーチ箱断面に断面変化している箇所である。そこに取り付く受け台を水平に向けて取り付けるため、箱断面構造は複雑な3次元形状となっている。これらを設計段階から3次元原寸システムを用いて構造検討を行い、側径間側の仮受け台と、中央径間側の仮支点部が整合することを確認している（図一10）。



図一10 仮受け台構造の3次元CAD図

(3) ガイド装置

中央径間の落とし込み架設時において、閉合部の遊間は溶接ギャップの12 mmとした。これに対して、海上起重機船の操船による据付精度は、500 mmに設定した。中央径間大ブロック仮置き後の正規の位置から上下左右500 mm 以降の大ブロックの誘導は、引込ワイヤーとガイド装置によって行われる。橋軸直角方向のガイド装置は、側径間大ブロックの幅員方向中央にノーズ受け台（写真—9）を設置し、中央径間大ブロックの同じ位置に、ノーズ受け台にはまり合うノーズを設置している。この中央径間に設置したノーズは、側径間架設完了後にノーズ受け台を現地にて設置した後に測量を実施し、そのノーズ受け台位置の測量結果を反映して、中央径間地組場所で設置した。さらに橋軸方向のガイドとして、ジャッキとチルタンクを組み合わせた橋軸ガイド装置を製作した。この橋軸ガイド装置は側径間側に設置し、中央径間側にはその反力がとれるようH鋼でレール上のガイド受け台を設置した。この橋軸ガイド装置は、築地側・勝どき側の上下流に合計4箇所設置した。以上により、大ブロック架設は、おおよその位置合わせを海上起重機船の操船にて、微調整を引込ワイヤーにて、最終的な調整を



写真—9 側径間に設置したガイド装置（ノーズ受け台）



写真—10 中央径間閉合状況



写真—11 中央径間一括架設状況

これらのガイド装置で実施することで、中央径間大ブロックを側径間大ブロックに閉合した（写真—10, 11）。

J C M A

[筆者紹介]

道菅 裕一（どうかん ゆういち）
株式会社インフラシステム 橋梁技術部 管理課
課長

