

連動ジャッキを用いた橋桁(1,600t)の 台船一括架設工法

— 荒川横断橋梁 —

小池 照久・反町 毅

荒川横断橋梁（仮称）は、荒川河口の上流約3kmに架かる3径間連続鋼斜張橋である。主桁約1万tのうち、側径間水上部の主桁3ブロック（最大重量1,600t）はリフトアップバージを用いた一括架設工法を採用して架設した。

- ① 水上輸送経路にある障害物のため輸送時の主桁高さを低く抑える必要があり、架設時に最大5.5mのリフトアップが必要であること、
 - ② 橋脚-ベントの間隔が狭く、搭載重量に対して小さい3,000t積み台船しか進入できないこと、
 - ③ 桁の剛性が高くリフトアップ量の管理が厳しいこと、
 - ④ 営団地下鉄東西線に近接しており、台船の係留、移動は正確に行う必要があること、
- など、数々の問題点があったが、リフトアップ量の相対誤差を5mm以内に収める制御、台船のバラスト調整、油圧ウインチを用いた係留など、様々な技術を結集し、3ブロックの架設を無事完了することができた。

キーワード：連動ジャッキ、橋梁、大ブロック一括架設、鋼斜張橋、リフトアップ、台船、バラスト、揺動計算

1. 緒言

荒川横断橋梁（仮称）は、都道放射16号線の一部であり、荒川河口部から約3km上流に位置する。営団地下鉄東西線鉄橋下流側に隣接する形で架橋される、鋼3径間連続斜張橋である（図-1参照）。主桁重量約1万tのうち、側径間水上部の

主桁3ブロック（最大重量1,600t、計4,300t）の架設工法は、架設地点300m下流側に東京電力架空線が水面約16m上を横断しており、大型起重機船の進入が不可能であったため、連動ジャッキを用いた「台船一括リフトアップ工法」を採用した。リフトアップ量は約5.5mであり、水上で行ったリフトアップ工事としては国内最大級のものとなった（図-2参照）。

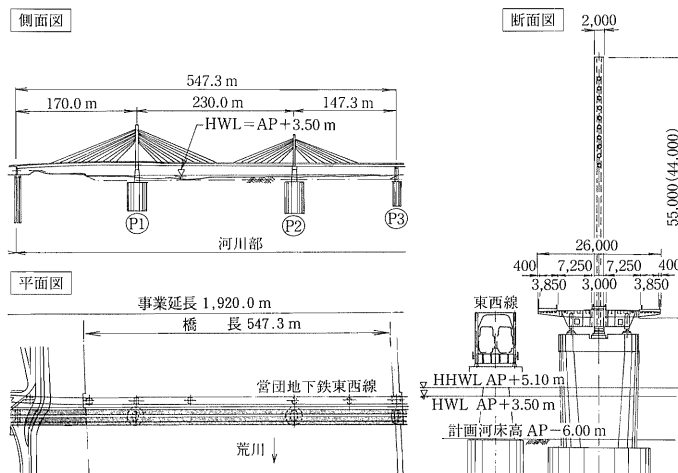


図-1 荒川横断橋

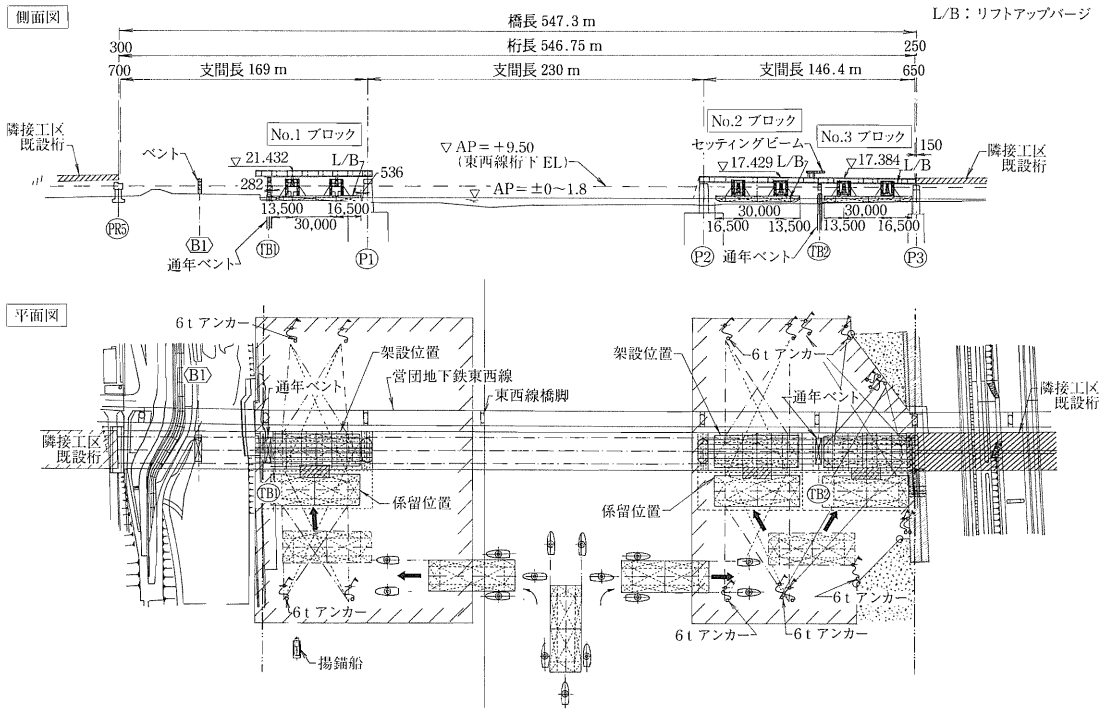


図-2 台船一括リフトアップ工法

2001年2月8日～3月9日にかけて3回の架設を行い、スケジュール通り無災害で完了することができた。工事は2001年6月現在、中央径間の桁張り出し架設を行っており、2002年3月に竣工の予定である。良好とはいえない架設条件の下で、3ブロックともスムーズに架設を完了することが出来た背景にある、リフトアップに使用した大型ジャッキの連動制御、バラスト制御、台船の操船ウィンチ制御等、さまざまな機械設備の技術を組合せた架設計画を本報文中で紹介する。

2. リフトアップ設備の設計

(1) 設備高さ及びリフトアップ量の決定

リフトアップ量決定に際して、下記の制約条件

があった。

- ① 架設地点の約300 m下流側に東京電力の横断架空線がある。架空線との必要離隔をとるため、主桁大ブロックを搭載した台船が架空線下を通過する際の高さを低く抑える必要が生じた(図-3参照)。
- ② 3ブロックの架設高さの差が最大で4 mある。単純に一番高いブロックを架設可能になるように設備高さを決定すると、一番低いブロックを架設した後に台船の離脱が不可能となる。
- ③ ベント設置位置を、東西線橋脚と同じラインに設置しなければならなかったため、結果として、橋脚とベント間の距離が狭くなり、その間に進入できる台船は最大のもので

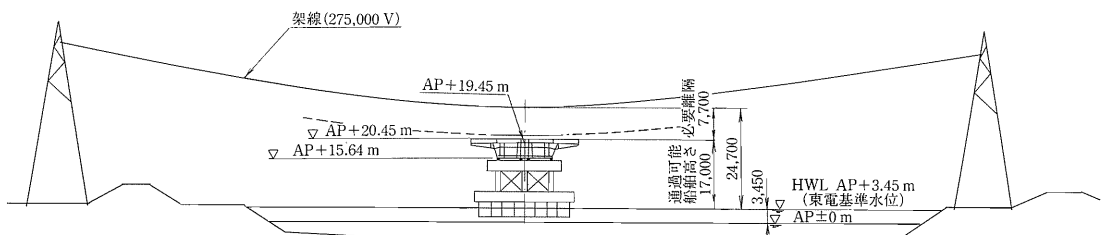


図-3 高さの制限

3,000 t積級となり、積載重量(1,600 t)に対して小さくなった。台船の揺動計算におけるメタセンターの余裕量が厳しくなり、設備の重心高さの制約が大きくなった。

以上の条件を満足するために、設備高さと揺動計算を繰返した結果、下記のような結果となった。

- リフトアップ量：最大5.5 m (No.1 ブロック)
最小1.8 m (No.3 ブロック)
- リフトアップ設備高さ(図-4 参照)：台船甲板
上12 m

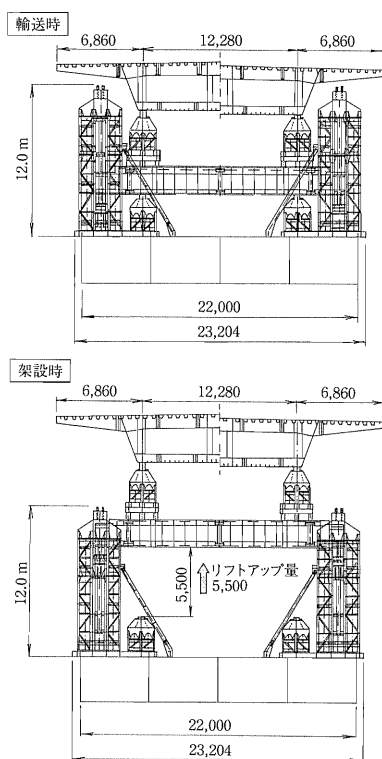


図-4 リフトアップ設備

ただしリフトアップ設備だけでは、架設および離脱が不可能なため、潮の干満の利用、バラストによる吃水を下げる工法を併用した。この2点については後章で詳しく記載する。

(2) リフトアップ設備の仕様決定

(a) ジャッキ設備

- 上載荷重 主桁大ブロック：1,600 t
リフトアップ設備：200 t
計1,800 t

この荷重に対して、200 tのセンターホールジャッキを16台設置した。桁受点1箇所あたり4台のジャッキを配置した(図-5参照)。吊り材としてはφ110 mmのテンションロッドを11.5 m使用し、5.5 mのリフトアップ量を確保した。本工事の一番のポイントである、ジャッキ16台の変位制御についてここで記述する。

今回架設する主桁大ブロックは通常橋梁の数倍のオーダで桁剛性が高い。それゆえにリフトアップ時の桁の受点(4箇所)の扛上高さにはばらつきがあると、受点反力に大きな変動が生じる(計算の結果、1箇所が1 mm遅れるとその対角の受点反力は10 t増加する)。桁の受点・リフトアップ設備の耐力、ジャッキ吊上げ能力等、これらのばらつきを抑えることが至上命題であり、水上での工事であるにもかかわらず、ジャッキ変位のシビアな制御が要求された。また、上記以外に、台船の揺動によっても荷重変動が生じ、より条件が悪い。これらを総合的に検討、計算し変位制御の規格値を下記のように決定した。

- セット間 ±2.5 mm
- グループ間 ±5 mm (セット, グループの説明は図-5参照)

この制御を可能にするため、リフトアップ制御システムを構築した(図-6参照)。主桁ブロックにエンコーダを取付け変位情報をパソコンに取り込み、それをジャッキの油圧制御と連動させた。同時に油圧も常に監視することで、各ジャッキの荷重、変位情報を常に把握しコントロールすることで、水上での5.5 mのリフトアップを可能にした。実際、制御室のモニターを見ながらmm単位での桁の上げ下げを行い、橋脚およびベントに桁を預ける際には、沓と主桁のセットに難なく成功した。

(b) リフトアップ設備

台船の揺動計算により、曳航時、架設時の設備に作用する付加荷重を求め、設備の設計に反映させた。本設備の特徴として下記の点が挙げられる。

- ① ジャッキを逆さジャッキとした。これにより、設備高さを抑えることができ桁と干渉しない。同時にロッド定着部には球座を設け、台船揺動による水平力が作用してもロッドに

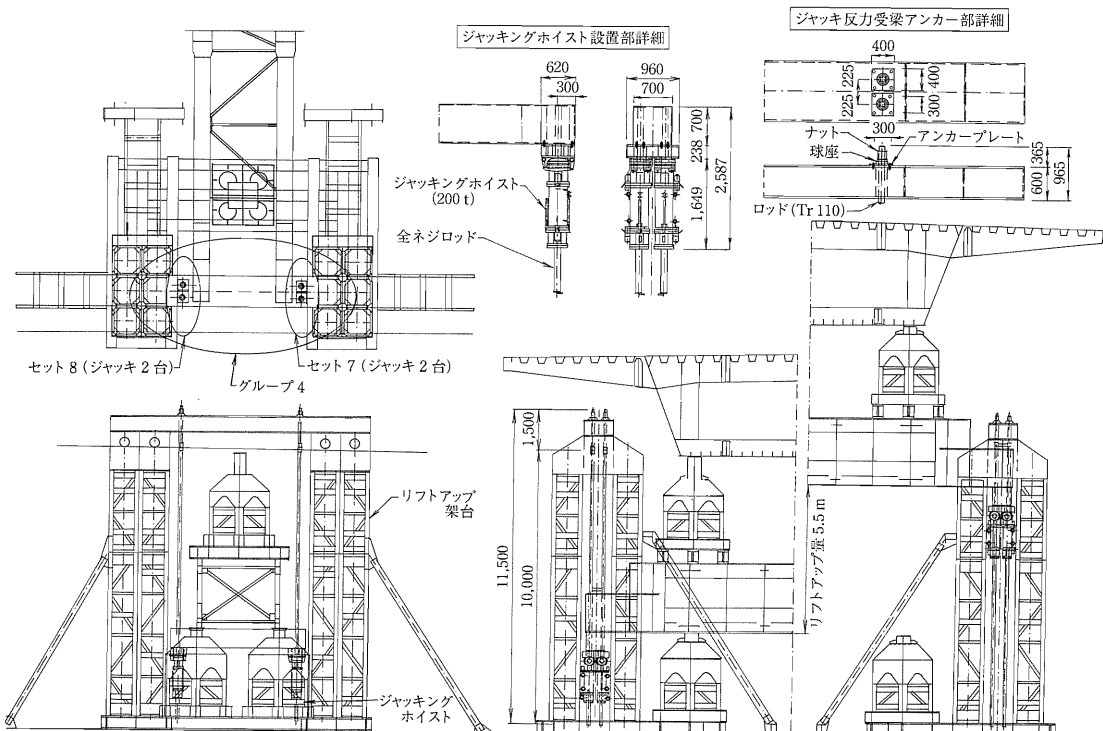
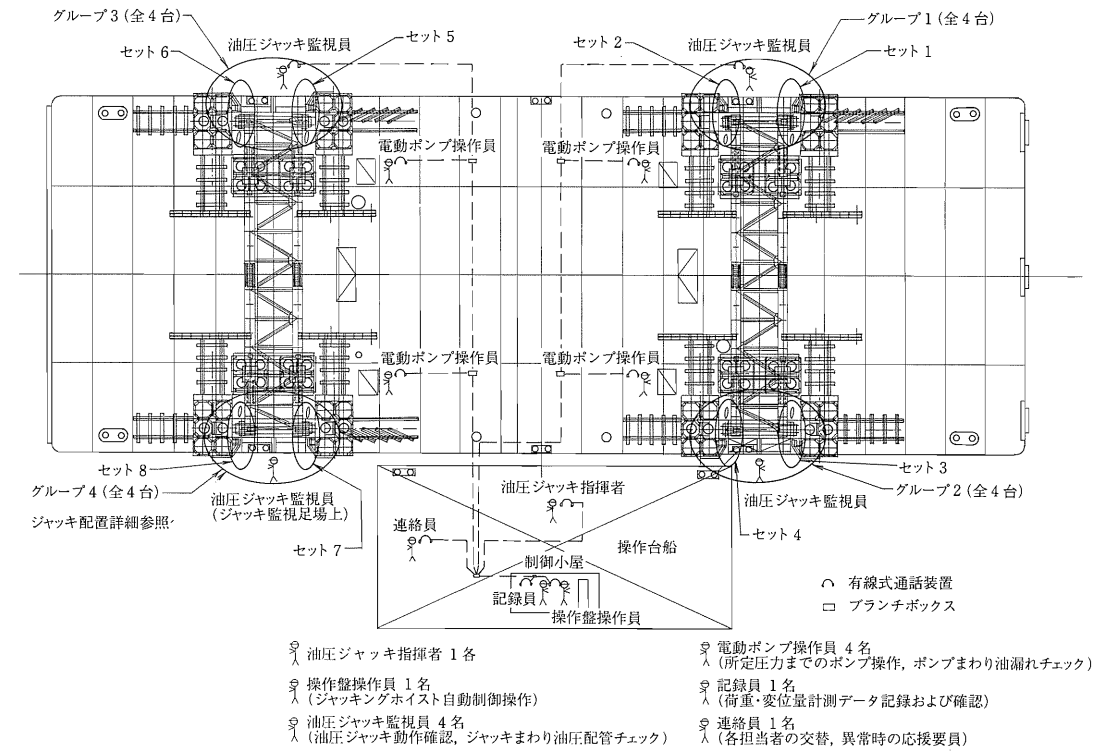


図-5 ジャッキの配置

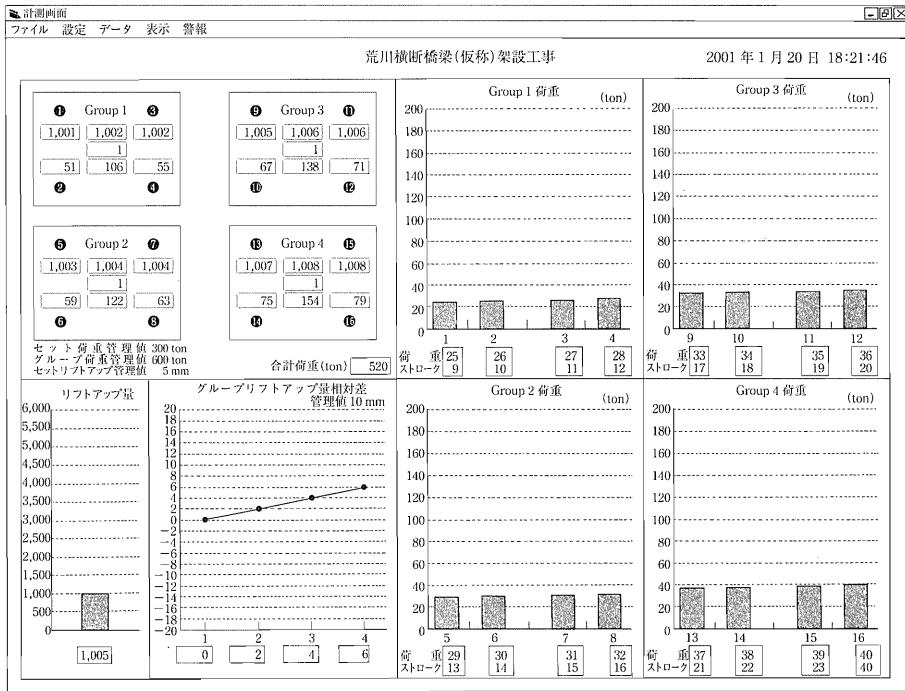


図-6 リフトアップ制御システム

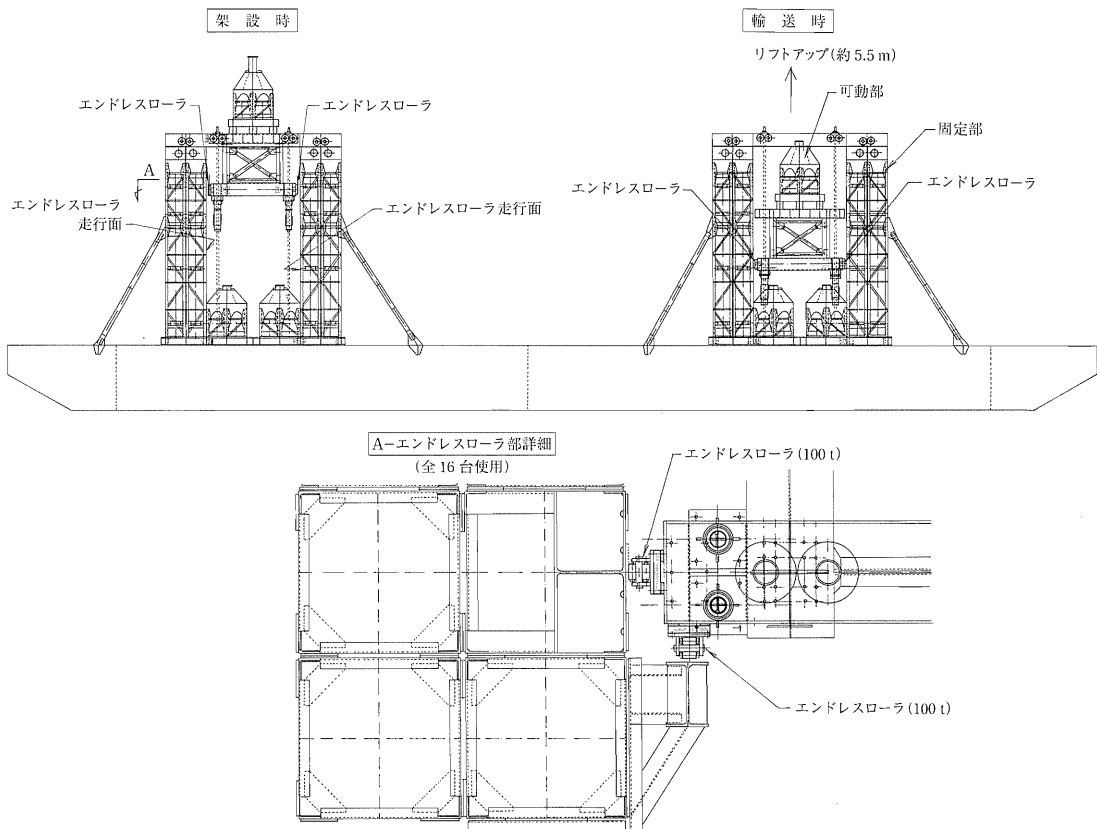


図-7 エンドレスローラ

曲げが作用しないようにした。

- ② 扛上扛下時のガイドとしてエンドレスローラを使用した。これにより設備の固定部と可動部のクリアランスを狭くすることが出来、台船揺動時の水平力に慣性がつくのを防ぐことができた。同時に可動部の摩擦がほぼゼロとなりジャッキにかかる付加荷重を低減できた(図-7参照)。

3. 台船バラスト設備

本橋の架設作業においては、台船の船室内に水を注水するいわゆるバラスト作業が必要不可欠である。

- ① 台船のトリム、ヒールを修正する

主桁大ブロックを、台船に積込む時、脚とベントに預けて台船から荷重が抜ける時、台船が大幅にトリム、ヒールする。これを修正するためにバラスト作業を行う。

- ② 荷重の盛替わりを助ける

主桁大ブロックを脚とベントに預けると台船が浮上がる。この時にバラスト作業をすることで台船の浮上がり量が多少抑制され、荷重がスムーズに盛替わる。

- ③ 台船の離脱を助ける

架設終了後 No.2, No.3 ブロックは架設高さが低いいため、台船が離脱しようとしてもリフトアップ設備が桁下フランジに干渉して離脱できない。

バラスト作業を行い台船の吃水を強制的に下げること、離脱を可能とした。

どこのバラストタンクにどのくらいの量(m³)バラストすれば台船の傾き、吃水がどう変化するのか、所定量注水するための時間はどれくらいか等を算出し、架設のタイムスケジュールに乗せるため、水中ポンプの仕様・台数を決定した。また既設のバラストタンクではデリケートなバラスト制御ができないと判断し、台船に改造を施しバラストタンクの数を増やした(図-8参照)。

4. 台船係留・操船設備

本工事における台船の係留、操船設備は非常に重要である。理由は下記のとおりである。

- ① 荒川河口部の河川の流速が最大3.5ノットあり、かつ冬季架設のため北風が非常に強い。したがって台船の係留力が大きなものを求められる。
- ② 前述のとおり、架設地点へ台船が進入、離脱する際の、ベントと橋脚のクリアランスが非常に狭い(約300mm)。そこで台船の正確な操船が求められる。

以上より、台船の係留・操船設備として、油圧の複胴ウィンチを選定した。

- ・ウィンチ仕様：6t引き、無段階変速、4台8ドラム使用

高性能ウィンチと高い操船技術のおかげで、狭

	No.1			No.2			No.3		
	実施有無	注水量	きつ水変化量	実施有無	注水量	きつ水変化量	実施有無	注水量	きつ水変化量
空荷状態			103 cm			103 cm			103 cm
積込後トリム調整注水	○	72 m ³	6 cm	○	110 m ³	9 cm	○	185 m ³	17 cm
リフトダウン前注水				○	248 m ³	20 cm	○	247 m ³	20 cm
盛替え補助注水	△	75 m ³	6 cm	△	80 m ³	6 cm	△	85 m ³	6 cm
離脱補助注水				○	1,478 m ³	112 cm	○	1,503 m ³	111 cm
合計		147 m ³	12 cm		1,916 m ³	147 cm		1,835 m ³	154 cm

離脱時きつ水 115 cm

離脱時きつ水 250 cm

離脱時きつ水 257 cm

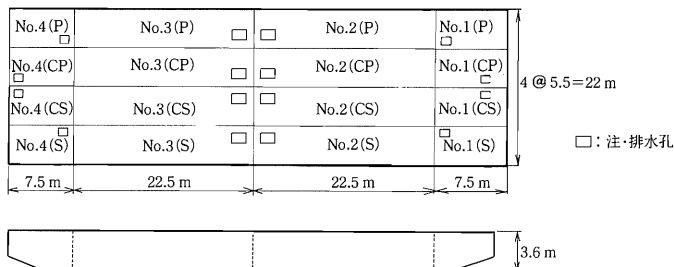


図-8 バラスト制御

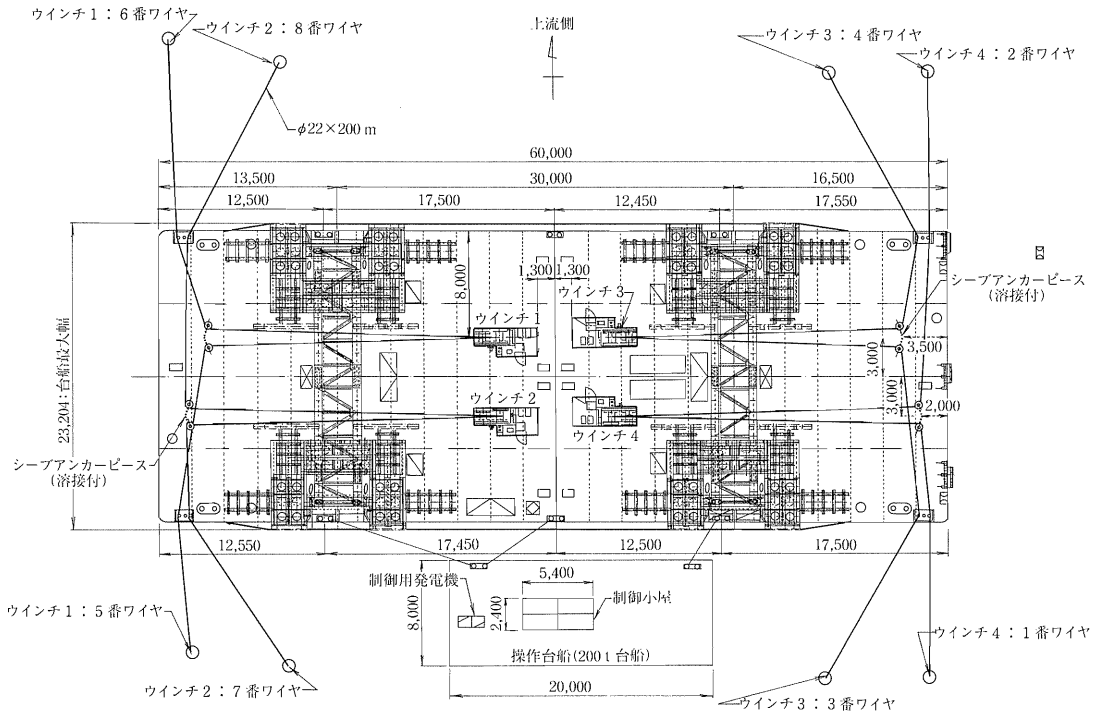


図-9 操船ウインチの配置

隘な箇所への進入，離脱も全く問題なく行うことが出来た（図-9 参照）。

5. 潮の干満

前述のとおり，本架設は潮の干満を最大限利用することが不可欠であった。当然干満の激しい大潮を狙った架設となり，潮高変化率の大きい中での架設作業となった。荒川河口部の潮汐データは公式にはないため，事前に現地に独自の潮汐計を設置し，日々データを採り潮汐カーブを作成した。また現場付近の新砂水門の潮汐データも参考とし，潮汐カーブの精度アップに努めた。

6. 現地架設

(1) 工程

浜出し～現地架設までの工程は表-1のとおりである。1回目の浜出し後には，リフトアップ設備に実際の桁ブロックを搭載した状態での試験扛上扛下を行い，設備の健全性を再確認した。

(2) 現地タイムスケジュール

大潮を狙った架設のため，各作業時間が決められたタイトなスケジュールとなる。現地架設で一番重要な桁の詳細位置決めのために，潮止まりの時間に合わせ，台船が潮の影響を受けないように設定した。No.1ブロックとNo.2ブロックのタイムスケジュールを表-2に示す。

(3) 主な作業

(a) リフトアップ

前述のジャッキを用いた桁大ブロックの扛上作業を写真-1に示す。

リフトアップ速度は3.3 cm/分であった。

(b) 台船進入，位置決め

油圧複胴ウインチを用いて，台船を架設地点まで進入させる作業である。進入後，正規位置から±50 mmまでは台船のウインチで位置決めをした。合わないときは桁引込み装置の能力を考慮し，必ず上流側にずらすように位置決めをした（写真-2参照）。

(c) 桁引込み装置取付け，詳細位置決め

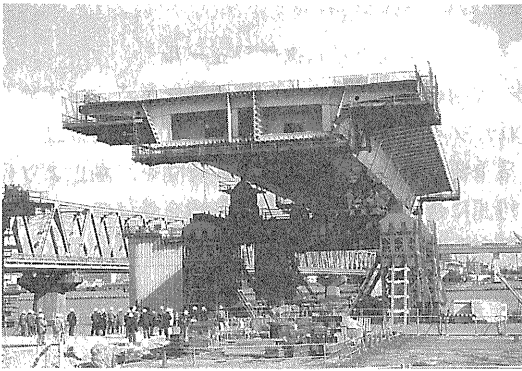
橋脚・ベント上に設置した引込み装置を使用し，最終的な桁ブロックの据付け位置を決定した

表一 全体工程

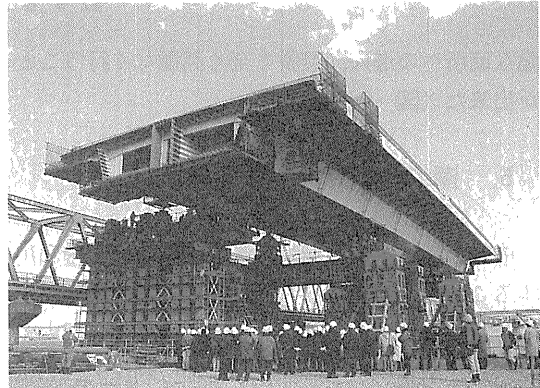
No.1 ブロック	2月1日(木)		2月2日(金)		2月3日(土)		2月5日(月)		2月6日(火)		2月7日(水)		2月8日(木)				2月9日(金)		
	AM	PM	AM	PM	AM	PM	AM	PM	AM	PM	AM	PM	4	8	12	16	20	24	AM
FC (2,200 t)	回航・係留 横須賀→横浜		ワイヤリング		つり天吊取付 天吊地組は田部基礎		積込作業		つり具 解体・移動		待機								
3,000 t 載装台船	試験上打下 (ISCにて)		回航・係留 ISC→横浜		引込み設備取付		積込作業		ラッシング (橋直方向)		試験上打下 ラッシング (橋軸方向)		海上輸送		架設				
操作台船	試験上打下 精線ぼらし		回航・積込 横須賀→ISC		待機		移動・係留 結線作業		試験上打下 精線ぼらし		曳航		結線・確認				架設		

No.3 ブロック	2月16日(金)		2月17日(土)		2月19日(月)		2月20日(火)		2月21日(水)		2月22日(木)		2月23日(金)				2月24日(土)		
	AM	PM	AM	PM	AM	PM	AM	PM	AM	PM	AM	PM	4	8	12	16	20	24	AM
FC (2,200 t)	待機				ワイヤリング		つり天吊取付		積込作業		つり具 解体・移動		待機						
3,000 t 載装台船	待機						引込み設備段取替え		積込作業		ラッシング		海上輸送		架設				
操作台船	待機						待機				曳航		結線・確認				架設		

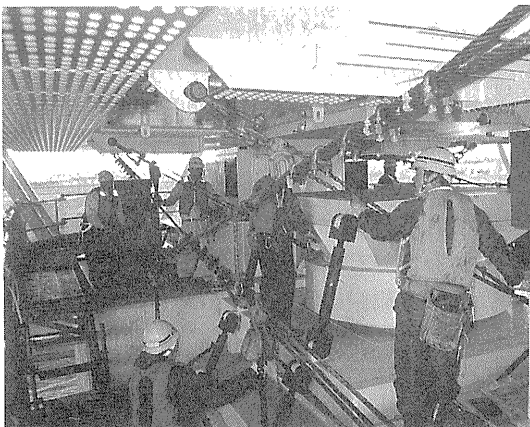
No.2 ブロック	2月28日(水)		3月1日(木)		3月2日(金)		3月3日(土)		3月5日(月)		3月6日(火)		3月7日(水)				3月8日(木)		
	AM	PM	AM	PM	AM	PM	AM	PM	AM	PM	AM	PM	4	8	12	16	20	24	AM
FC (2,200 t)	待機				ワイヤリング		つり天吊取付		積込作業		つり具解体・回航 横浜→横須賀								
3,000 t 載装台船	待機						引込み設備段取替え		積込作業		ラッシング		海上輸送		架設				
操作台船	待機						待機				曳航		結線・確認				架設		



写真一 リフトアップ



写真二 台船進入

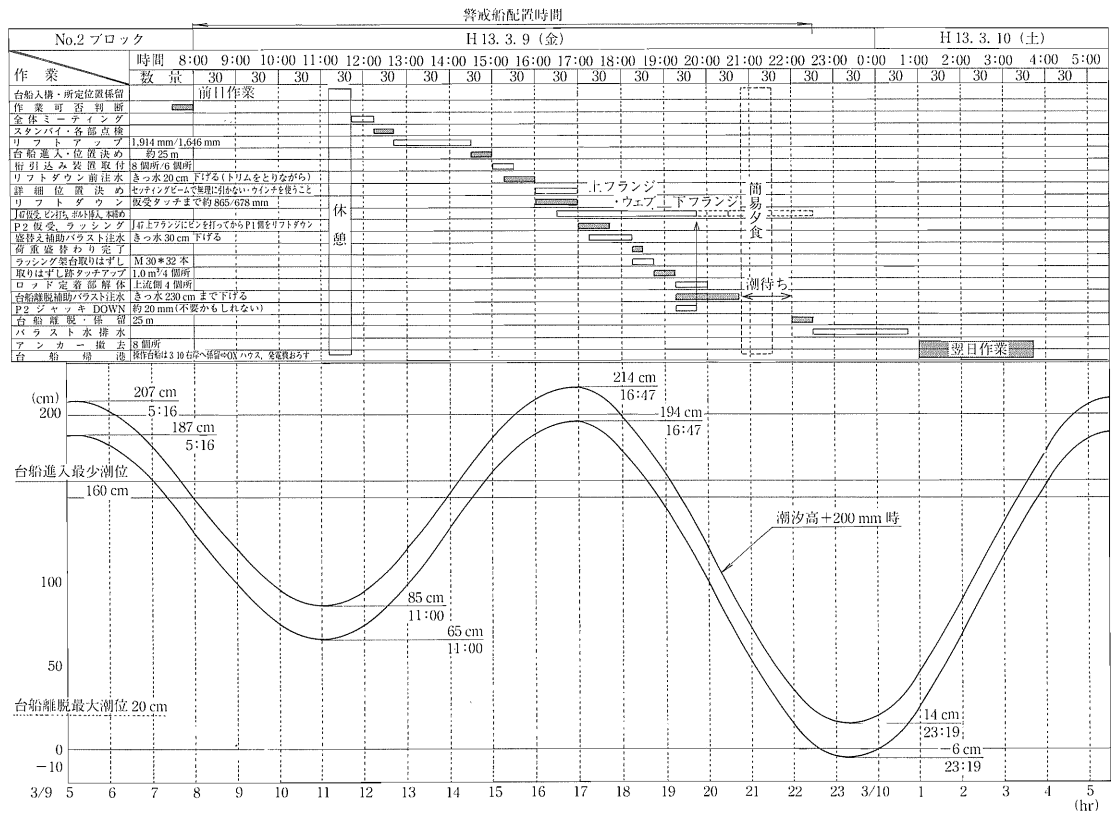
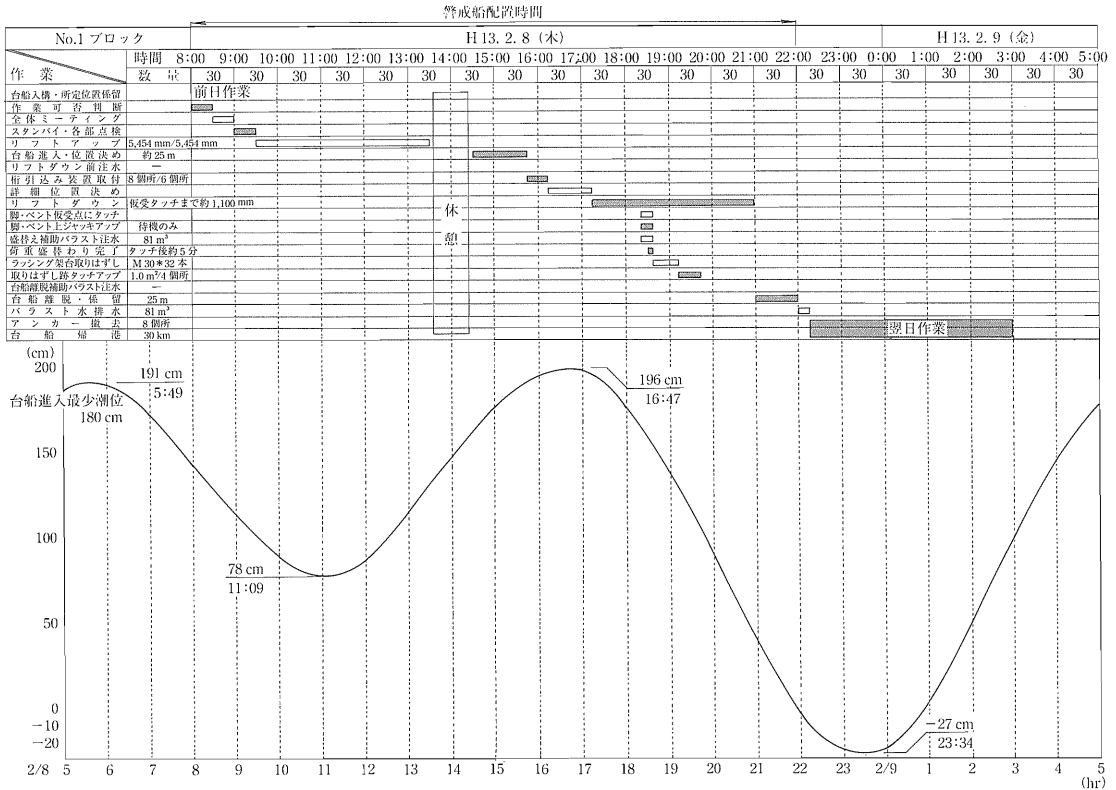


写真三 桁引込み装置



写真四 台船離脱

表-2 現地架設のタイムスケジュール



(写真—3 参照)。

(d) リフトダウン

ジャッキを用いた桁大ブロックの扛下作業である。桁ブロックが橋脚、ベントにタッチするまでは、緩扛下モード（桁自重だけで下ろす）で扛下した。タッチした後は、戻し側に油を送って強制的にダウンさせる急扛下モードで扛下した。

リフトダウン速度：2.0 cm/分（緩）
3.6 cm/分（急）

(e) 台船離脱補助バラスト注水

No.2, No.3 ブロックの架設終了後、台船を離脱させるために吃水を強制的に下げる作業を行う。この作業が終了後、潮が最干になるのを待って離脱作業を行った。

(f) 台船離脱

リフトアップ設備天端と、桁下フランジのクリアランスを確認した時点で、台船の離脱を行った。離脱は進入と同様、油圧複胴ウィンチ4台を用いて行った（写真—4 参照）。

7. 結 言

「荒川横断橋梁（仮称）」の架設工事のうち、側径間水上部の主桁架設についての概要を紹介した。1,600 t という大ブロックの、河川上での 5.5 m のリフトアップ工事という、国内最大級の架設工事は、多くの関係者の努力により、全くのトラブル無しで成功裡に終わった。当初懸念されてい

た、河川上での台船の揺動による悪影響も、考えていた中で最低のレベルで収まり、かえって海上で行った試験扛上扛下時が一番の難関であった。

揺れる河川上での mm 単位での大型ジャッキの変位制御と、台船の傾きを自由にあやつれるバラスト制御、そして高精度の揺動計算でそれぞれをサポートすることで、今後の河川上、海上での大ブロック架設について、本工法の適用対象工事の拡大が期待される。

謝 辞

本工事の施工にあたり、東京都第五建設事務所および建設共同企業体構成会社の関係各位から多くのご指導とご協力をいただきました。深く感謝いたします。

【筆者紹介】

小池 照久（こいけ てるひさ）
石川島播磨重工業・宮地鉄工・川田工業
建設共同企業体
現場代理人



反町 毅（そりまち つよし）
石川島播磨重工業・宮地鉄工・川田工業
建設共同企業体
技術課
課長

