

新豊橋の製作と架設

～隅田川に名を連ねた32番目の新橋梁～

Fabrication and Construction of Shin-Toyo Bridge

田中 寛泰
Hiroyasu TANAKA

川田工業(株)橋梁事業部技術本部
四国技術部設計三課

秋谷 由則
Yoshinori AKIYA

川田工業(株)橋梁事業部工事本部
東京工事部工事課係長

上野 哲也
Tetsuya UENO

川田工業(株)橋梁事業部工事本部
東京工事部工事課工事長

大成 隆
Takashi OHNARU

川田工業(株)橋梁事業部生産本部
四国工場橋梁技術課

高桑 正直
Masanao TAKAKUWA

川田工業(株)橋梁事業部工事本部
東京工事部工事課係長

新豊橋は、歴史的価値の高い橋梁が数多く存在する隅田川に、32番目に建設された橋梁である。橋梁の計画およびデザインは、学識経験者、地域の住民代表者および都市再生機構の専門家等で構成された「隅田川渡河橋景観委員会」にて検討・審議され、他に類例を見ない、鋼単純箱桁+アーチ複合橋という新しい形式が採用された。本橋の視覚的特徴であるアーチリブは、ライズ： $f=8\text{ m}$ 、アーチ支間： $L=74.4\text{ m}$ 、ライズ比： $f/L=1/9.3$ というライズ比の小さいスレンダーな形状が設定され、また現場継手部が目立たぬよう、全断面溶接が採用された。現場の施工にあたっては、航路の確保および作業ヤードの制約から、アーチ形式の道路橋では異例の送出し工法が採用された。本文は、新豊橋の構造および製作・架設の概要について報告する。

キーワード：隅田川、デザイン、新形式橋梁、現場溶接、送出し工法

1. はじめに

新豊橋は、東京都北区と足立区の間を流れる隅田川の上流域に、足立区側で進められている住宅市街地開発事業に伴い整備される都市計画道路の一部として建設された橋梁である。隅田川には様々な形式の橋梁が架けられており、永代橋や清洲橋をはじめとする隅田川橋梁群は「橋の博物館」とも呼ばれ、歴史的価値が高く、また東京の観光名所として広く親しまれている。本橋は、この隅田川橋梁群に第32番目に名を連ねることとなった、名誉ある橋梁である。



写真1 新豊橋完成写真

橋梁の計画およびデザインは、学識経験者、地域住民の代表者および都市再生機構の専門家等で構成された「隅田川渡河橋景観委員会」や住民懇談会等にて検討および議論が重ねられ、桁橋の曲げモーメントが大きくなる中央付近をアーチで補剛した、「鋼単純箱桁+アーチ複合橋」という、新しい橋梁形式が選定された。

架設は航路の確保および作業ヤードの制約から、アーチ形式では異例の送出し工法を採用した。

本文では、新豊橋の構造および製作・架設概要について報告する。

2. 構造諸元

以下に、本橋の構造諸元を示す。

形式：鋼単純箱桁+アーチ複合橋、床版：鋼床版

道路規格：第4種第2級

設計速度：50 km/h

活荷重：B活荷重

橋長：105.0 m

支間長：102.7 m

幅員：全幅員 22.0 m

有効幅員 3.75 m (歩道) + 9.0 m (車道)

+ 3.75 m (歩道)

図1に橋梁一般図を示す。

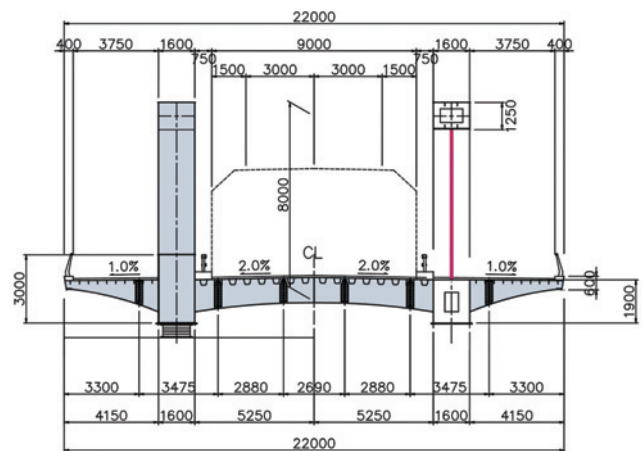
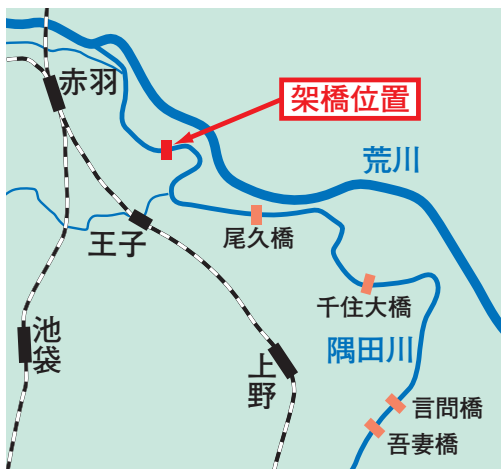
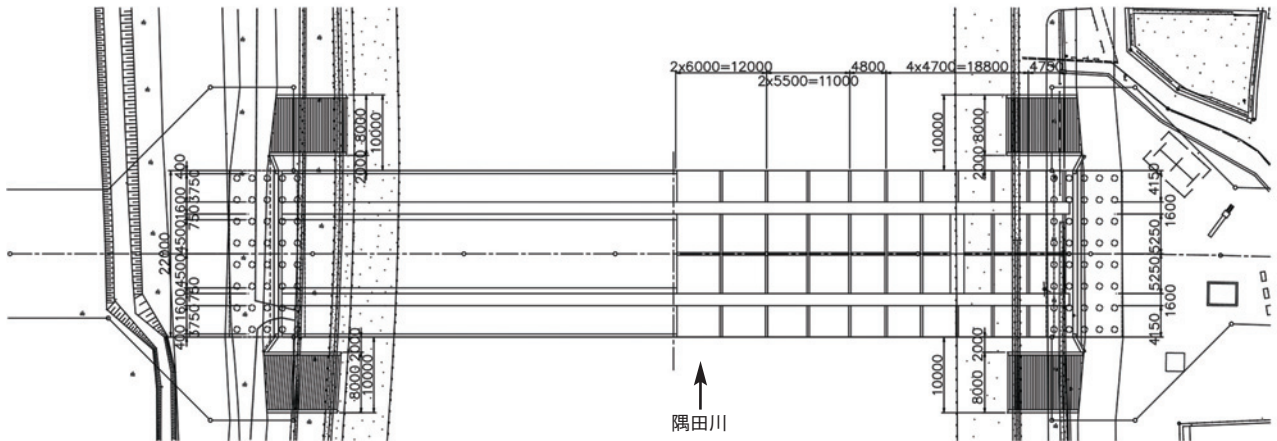
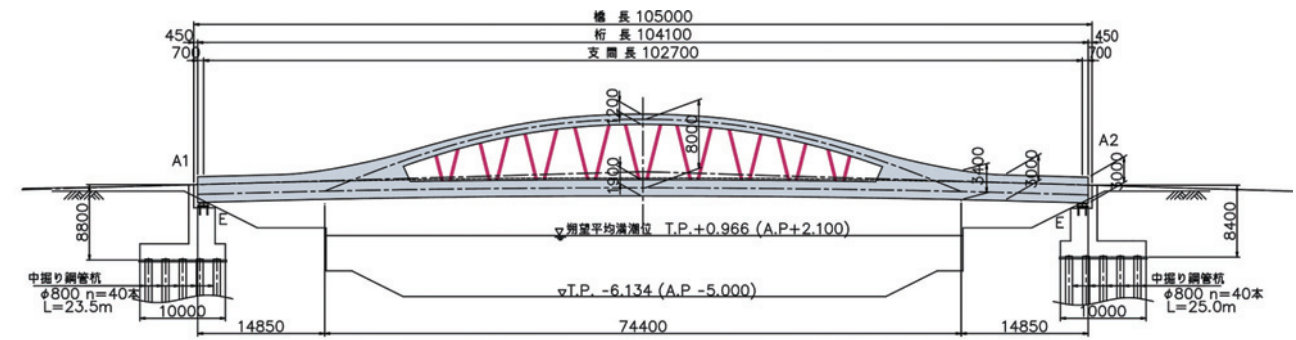


図1 橋梁一般図

3. 構造概要

本章では、本橋のデザインおよび橋梁形式に関して、参考文献から引用させていただき、その要点を紹介する¹⁾。

本橋の計画およびデザインは、学識経験者、地域住民の代表者、東京都、北区、足立区、都市再生機構の専門家で構成された「隅田川渡河橋景観委員会」（委員長：篠原修 東京大学大学院教授（当時））にて検討・審議され、決定された。また、設計の進捗に応じて「隅田川渡河橋住民懇談会」が開催され、橋梁形式の選定、架設

工法、橋梁の色彩、細部デザインおよび橋名等について、地域住民への説明と意見交換が実施された。

文献¹⁾では、本橋のデザインおよび橋梁形式に関して、以下のように記されており、要点を紹介させていただく。

デザインコンセプト

本橋には、歴史と品格のある隅田川に架橋する橋としてふさわしいデザインコンセプトが以下のように設定された。

- ①地域住民にとって日常的な道具としての美しさを備えた橋とする。
- ②人のぬくもりや時代のメッセージを感じるような橋とする。
- ③時代の先端技術や新しい発想を取り入れた橋とする。
- ④川を軽やかに渡る意識や開放感、透過性などの、通常生活空間とは異なる橋上空間を演出する。
- ⑤生活空間に密着し、地域住民が安心して集い憩える橋詰空間等を創出する。

橋梁形式

橋梁形式の選定に際しては、現地に適用可能と考えられる橋梁形式であることはもちろんのこと、設定されたデザインコンセプトに合致するか否かという観点から検討された。その結果、「鋼単純箱桁＋アーチ複合橋」という、新形式橋梁が採用された。

本橋の視覚的特徴であるアーチの形状については、デザインコンセプトとコストの双方をトライアルした結果、アーチ支間は74.4 m、ライズは8 mと設定された。また、主要部材の現場連結は、側面からの視点、アーチ横を渡る歩行者の視点等から、「スムーズに連続する自然な曲線」が見られるよう、全断面溶接が採用された。

色彩選定

新豊橋の本体や各部材の色彩は、景観委員会＋住民懇談会の場で、デザイナーが提案する数種類の候補色を大型パネルによる色見本やサンプル製品を用いて、現地確認を行い、オープンな議論のもと決定された。

主構には、目立つ色彩により本橋の形態を阻害しないよう、比較的彩度の低い「DIC 日本の伝統色：N-947 銀鼠色（ぎんねずいろ）」が採用された。

ケーブルは、全体に対して細い部材であるが、支間中央付近の桁とアーチを結ぶ重要な部材でもあり、また桁とは異なる存在であることを示すために、「N-727 臘脂色（えんじいろ）」が採用された。



写真2 主構およびケーブルの色彩

4. 現場連結方法の検討事項

本橋の現場連結は、補剛桁、アーチリブおよび鋼床版のデッキプレートが現場溶接であるため、溶接による収縮の考え方や製作キャンパーの設定に十分な検討を要した。以下に検討した内容の概要を報告する。

4.1 溶接順序および溶接収縮の考え方

(1) 地組立および溶接順序

現場での地組立および現場溶接の順序は下記のとおりである。

- ①補剛桁および鋼床版を地組立の後に現場溶接
- ②補剛桁上にベント設備を設置
- ③アーチリブを両隅角部から順に架設・現場溶接
- ④アーチクラウン部材を架設・現場溶接

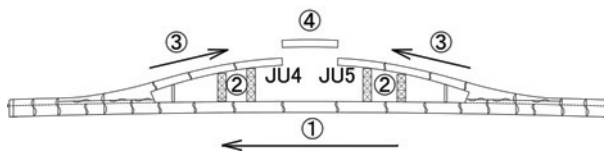


図2 溶接順序

(2) 溶接収縮の考え方

- ①補剛桁および鋼床版デッキプレート（橋軸直角方向）の連結は全断面現場溶接であり、ほぼ均等に平行収縮するものとする。
- ②アーチリブも全断面現場溶接であるため、アーチ軸線方向に平行収縮と考える。
- ③アーチクラウン部材が落とし込みとなるため、アーチ閉合時の溶接収縮による影響について考慮する必要がある。

4.2 アーチクラウン部の溶接収縮による影響

アーチ閉合時における、アーチクラウン部の溶接収縮による影響についての評価は、平面骨組解析により実施した。解析モデルにおけるアーチクラウン部の連結位置（JU4・JU5）に微小要素を設け、その要素に溶接による収縮量に相当する温度変化を与えた。その結果、溶接収縮により支間中央部にて、アーチリブは8.6 mm、補剛桁は7.3 mm下向きに変形することが分かった。なお、アーチクラウン部の1溶接線あたりの溶接収縮量は、過去の事例等から1.5 mmとした（図3参照）。

この変形についての対応として、まずアーチクラウン部の落とし込みに際し、アーチ形状を広げるような予変形をアーチリブに与えた後、クラウン部材を架設・溶接して閉合する方法が考えられる。しかし、本形式はアーチリブの剛度が比較的大きく、また補剛桁上でアーチリブを架設する施工手順により、現場にてこの変形を与え

るのが困難であるため、本工事では工場製作時に溶接による影響をキャンパーとして考慮することとした。

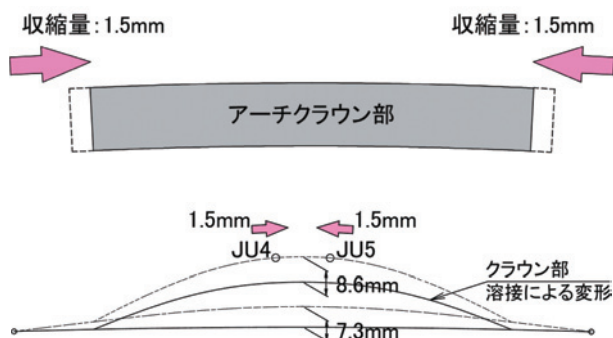


図3 アーチクラウン部の溶接による変形

5. 工場製作

本工事は、3社JVでの受注工事であり、当社の製作範囲は、鋼重で457 ton、全体の約40%であった（図4参照）。当社製作範囲の仮組立全景を写真3に示す。本橋の構造の特色、施工方法を考慮して、工場製作の出来形精度確保のため、以下の方法で管理を行った。

5-1 仮組立

仮組立は、補剛桁・鋼床版とアーチリブとを別々に作り、仮組立重複部材を設けて、取り合い確認を行う。ただし、JV間の部材移動による重複仮組立は行わないこととした（図4参照）。

そこで、工区境の精度管理の方法を次のように行うこととした。

- ①工区境の断面寸法を規格値の1/2で管理する。
- ②全長の規格値を各社の製作長で案分し、仮組立時の管理値とする。
- ③腹板間隔、Uリブピッチ等は、定規に実寸法を写し取り、JV間で受け渡して、相互確認を行う。

5-2 アーチクラウン部材

アーチクラウン部材（落とし込み閉合部材）を製作するにあたり、下記について留意する必要がある。

- ①閉合部材のため、高い精度が必要である。
- ②最終架設となる閉合部材のため、累積誤差を吸収する必要がある（先行で施工する補剛桁・鋼床版の溶接収縮量の誤差等）。

これらについての対応として、本工事ではアーチクラウンの部材長は、現地計測結果を反映して決定することとした。

現場計測のタイミングは、最終のアーチクラウン部材の閉合のみを残した状態で行うことが望ましいが、現場の工程上不可能であったため、本工事ではアーチリブ架

設前の隅角部材間距離の計測結果を用いなければならなかった。そのため、以下の対応を行った。

- ①各社のアーチリブ仮組立計測値をもとに、当社にて机上でシミュレーションを行い、それに現地計測結果を加味してアーチクラウン部材長を決定した。
- ②一部の現場溶接収縮量は、既に施工済み箇所の実績値から予測した。



写真3 仮組立全景

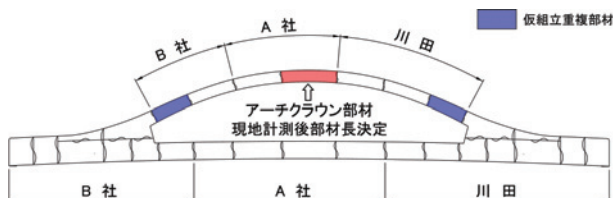


図4 仮組立範囲図

6. 現場施工

6-1 架設概要

本橋では架設方法の選定にあたり、下記の条件をクリアしなければならなかった。

- ①水上バスおよびタンカー船等の船舶の往来があることから、架設中も航路の確保が必要となる。
- ②北区側（右岸）は、取付道路等の工事が本橋架設と並行して施工されるため、作業ヤードを確保できない。諸条件を加味し、アーチ形態の道路橋としては異例の「送出し工法」を採用した。送出し架設に際しては、河川中央部に幅30 mの航路を確保し、その両側に水中ペント2基を設け、足立区側（左岸）地組ヤード（ヤード長：70 m）にて桁本体の地組立を行った。

6-2 補剛桁およびアーチ部の地組・架設

桁本体の地組は、送出し架設用の軌条設備を施工した後、台車付ペントを配置し50～100 ton吊トラッククレーンにて行った。なお、地組ヤード長の関係から、全体形状を一度に組上げることが不可能であるため、図5に示すとおり架設ステップを4段階に細分し、桁地組と送出し架設を繰り返しながら橋梁全体を組上げた。

送出し架設完了後、水中ベント直上となる桁間鋼床版および張出部のパネルは、水中ベント解体及び杭引抜きの支障となるため、水中ベント撤去完了後にトラックレーンにより落とし込み架設を行った。

アーチリブの架設は前記のとおり、連結作業の完了した補剛桁上にベント設備を設け、両隅角部から順に架設し、最終の落とし込みアーチクラウン部は調整ブロックとして製作・架設した。

6-3 現場連結

本橋の現場連結方法は、デザインコンセプトに基づき、補剛桁およびアーチリブをはじめとする主要部材はすべて全断面溶接を採用しており、外観上目に触れる溶接ビードは全てグラインダーにて平坦仕上げを行う仕様となっていた。

塗装完了後でも溶接継手跡が極力目立たないようにすることが要求されたため、本工事では現場溶接時の開先管理値として、特に目違いについては通常許容値の1/2で管理した。また、現場溶接施工試験に合わせ、溶接ビード試験片をグラインダー仕上げしたものを数パターンサンプリングし、実際に現場にて使用する塗装を塗布することで事前確認を行い、その結果を現場溶接施工に反映した。

6-4 送出し架設

送出し架設方法は、桁本体形状が支間中央からそれぞれ約3%の縦断勾配を有する円弧(R=1 698 m)を描いているため、どのような軌道で送出しするかが焦点となった。

下記に送出し方法を選定するまでの問題点と解決策を示す。

【問題点】

- ①通常の水平もしくは直線軌道での送出しでは、桁本体が円弧形状であるため、送出しの過程で常に支点上において鉛直方向の変位が発生する（桁支点部と支間中央との高低差：775 mm）。これにより、円滑な送出しに支障が出る。
- ②桁本体が塗装完了した状態で送出しをするが、その塗装面にダメージを与えない支点構造とすることが必要である。

【解決策】

- ①A1橋台センターラインを頂上とする、桁本体と同じ線形の円弧(R=1 698 m)を軌道線とし、送出し過程で鉛直方向の調整作業を低減させる。
- ②送出し受け点となる、A1橋台上と2基の水中ベント上には、キャタピラー式のエンドレスジャッキを配備する。

上記の軌道を描く送出し架設であることから、軌条設備の勾配に対し確実な推進が得られるよう、送出し台車に水平クレビスジャッキ(200 kN×ストローク1 000 mm)+

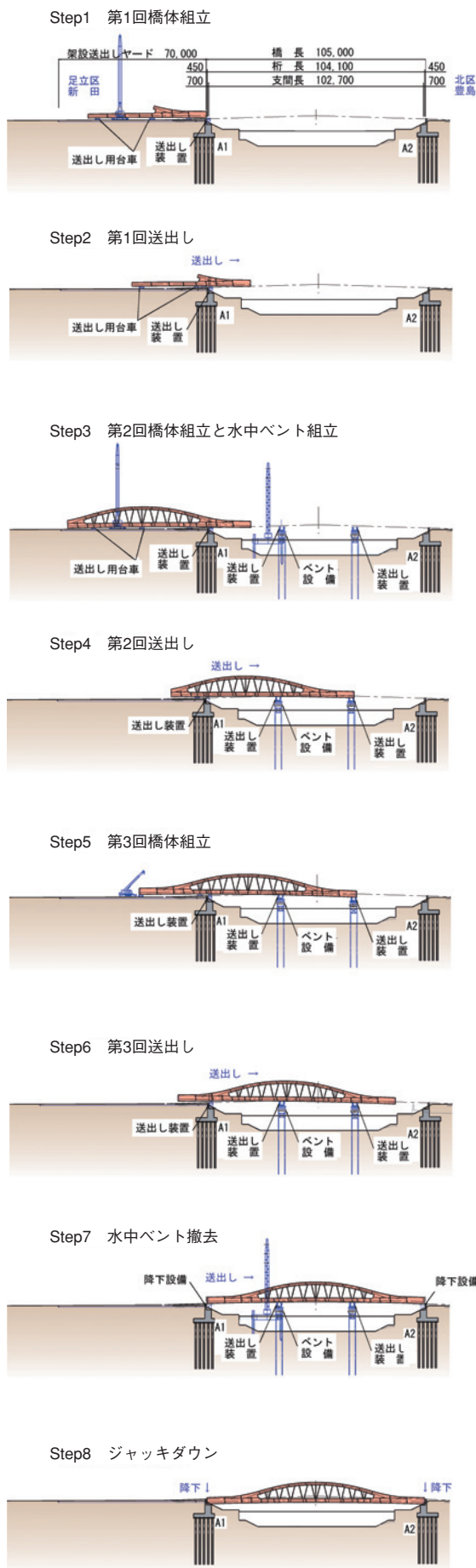


図5 架設ステップ



写真4 アーチリブ架設状況



写真5 エンドレスジャッキ



写真6 第2回送出し状況



写真7 送出し架設完了

レールクランプジャッキ (Cap: 500 kN) を装着し、これを4系統とする推進システムで送出し架設を行った。

送出し最中の反力管理は、各支点上のエンドレスジャッキに掛かるオイルプレッシャー値を無線LANで送信し、これらの情報をセンターで一括管理する方法で行った。

6-5 桁降下

送出し架設および水中ベント撤去完了後、A1橋台上で約4.2 m、A2橋台上で約0.7 mの桁降下作業を行った。

降下作業は、桁下フランジ側に鉛直ジャッキ (Cap: 2 000 kN×ストローク200 mm) を装着し、A1橋台側から150 mmずつ最終支承位置まで降下し、その後A2橋台側を同じく150 mmずつ降下し、支承への据付を行った。

6-6 ケーブル架設

ケーブルは、アーチリブ架設および溶接作業完了後、ステップ図に示す第2回送出し架設前に、トラッククレーンにて架設した。

導入張力は、補剛桁のたわみ量軽減のほか、送出し架設中のケーブル張力変化、それに伴う定着部ブラケットの耐力、補剛桁とアーチリブとを繋ぐ送出し架設補強用仮支柱への発生軸力などから総合的に判断し、設計張力の約80%を1次張力として導入した。

架設完了時における張力調整は、日照の影響がなく、また橋体温度とケーブル温度がほぼ一定となる時間帯に行う必要がある。そこで、本工事では調整作業前に温度計測をし、これらの温度差が微小であることを確認したうえで、張力測定を振動法にて行い、測定データから算出された定着部シム調整量を挿入することで最終張力の導入を行った。

7. おわりに

新豊橋は平成19年3月に無事供用が開始された。本橋は、長い歴史と伝統を持つ隅田川橋梁群にふさわしい橋梁である。隅田川を挟む北区と足立区とが結ばれ、円滑な交通の確保および利便性の向上はもちろんのこと、周辺環境と調和した景観を活かし、地域生活の拠点となることを願う。

最後に、本工事の施工にあたり、ご助言・ご指導いただいた関係者各位に厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 北島, 長曾我部, 田村, 高楊, 池田, 高桑: 新豊橋のデザインと施工, 橋梁と基礎, Vol.41, pp.5-11, 2007.5