

東京都の長寿命化事業について

— 音無橋長寿命化工事の事例 —

高瀬 照久*1・荒川 良明*2・大澤 誠*3・渡辺 浩良*4

これまで、東京都は、管理するすべての橋梁を対象に5年に一度の定期点検（昭和62年度から開始）や職員自らによる日常点検などを行い、その都度適切な補修・補強を実施することで損傷による事故を未然に防いできた。しかし、これまでの管理を続けていくと、都の管理する橋梁の多くは、近い将来一斉に更新時期を迎え、すべての橋梁に適切な対応をすることが困難になることから、架替え時期の平準化と総事業費の縮減を図る必要があった。そこで都は、道路アセットマネジメントを活用し、予防保全型管理への転換を図ることにした。このため、平成20年1月30日に学識経験者等で構成する「東京都橋梁長寿命化検討委員会」（委員長：東京工業大学 三木千壽 教授）を設置し、平成20年4月23日に「橋梁の戦略的予防保全型管理に向けて」と題する答申を得た。そして、この答申を踏まえ平成21年3月に「橋梁の管理に関する中長期計画」を策定した。

本稿では、「橋梁の管理に関する中長期計画」を基にした東京都の長寿命化事業について概説するとともに、大正から昭和初期にかけて全国各地で多数の橋梁を設計した橋梁技術者である増田淳の設計による音無橋（コンクリートアーチ橋）の長寿命化への取組について具体的に紹介する。

キーワード：長寿命化、音無橋、コンクリートアーチ橋、増田 淳

1. はじめに

東京都が管理する橋梁は、昭和39年の東京オリンピックを契機として、昭和30年、40年代に多く建設されたことから、現在供用年数が50年を超える橋梁が34%程度あり、10年後には55%程度、20年後には76%程度となることがわかっている。一方、国土交通省が管理している橋梁の高齢化の割合は、現在6%程度、10年後には20%程度、20年後は47%程度に推移するといわれている。このことから都が管理する橋梁の高齢化の速度は、国管理の橋梁より10年以上早く、早期の高齢化対策が求められている。

近年、国内外で橋梁の重大損傷事故が発生し、とりわけ40年程度経過した橋梁で大きな損傷が発見されており、わが国でも、重大事故発生への危惧が現実のものとなってきたことから、都は、これまでの対症療法型管理から予防保全型管理への転換を図るため、平成21年3月に「橋

梁の管理に関する中長期計画」（以降、中長期計画とする）を策定した。中長期計画では、都の管理する橋梁を長寿命化対象橋梁、一般管理橋梁、小橋梁（架替え対象橋梁）の3つに区分し、それぞれ対応方法を変えて管理することにした。

本稿で紹介する音無橋は、中長期計画において長寿命化対象橋梁に位置づけられていて、平成22年度から長寿命化事業を実施してきた。音無橋は、昭和5年に完成した3径間連続鉄筋コンクリートアーチ橋で、設計者は増田 淳である。

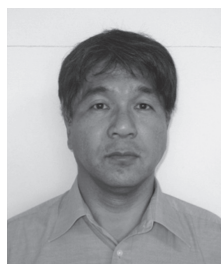
増田 淳は、1883年（明治16年）香川県生まれの民間技術者である。東京帝国大学土木工学科を卒業後1908年（明治41年）に渡米し、米国の橋梁設計会社に入社、以後約15年間、米国で橋梁の設計・施工に携わった。帰国後は、1922年（大正11年）に東京に橋梁設計事務所を設立し、自治体の嘱託として、全国に約80橋の橋梁を設計した。当時、橋梁の設計は主に内務省や東京市などのインハ



*1 Teruhisa TAKASE

東京都 建設局
道路管理部 保全課

*2 Yoshiaki ARAKAWA

東京都 第六建設事務所
補修課

*3 Makoto OOSAWA

東京都 第六建設事務所
補修課

*4 Hiroyoshi WATANABE

東京都 第六建設事務所
補修課

ウスエンジニアが行っており、民間の技術者が手掛けるのは珍しかったという。東京都にある増田 淳が設計した橋梁としては、ほかに千住大橋や白鬚橋が有名である。

以下に、東京都の長寿命化事業について概説するとともに、この歴史的名橋の長寿命化への取組について具体的に紹介する。

2. 東京都の長寿命化事業について

2.1 中長期計画の目的

東京都の橋梁は、図 - 1 に示すように二つの建設ピークがあり、とくに大きなピークとなっている東京オリンピックから高度経済成長期末までの橋梁は、建設後 40 年を超え、急速に高齢化が進んできている。これまで、東京都における橋梁の架替え状況を見ると、機能的寿命（街路事業、河川事業等の改良に伴う架替え）から架替える事例が多く、物理的寿命（老朽化など）で架替える事例はまれであった。これは、昭和 62 年から全国に先駆け定期点検を実施し、その都度損傷が発見されれば、適切に対応し一定の管理レベルを保ってきた結果であるといえる（対症療法型）。しかし、これまでの対症療法型の管理手法では、高度成長期に集中的に整備してきた橋梁の物理的寿命が一斉に訪れ、橋梁の更新が一時期に集中することは明らかである。

そこで都は、管理するすべての道路橋を対象とし、戦略的な予防保全型管理を推進することを目的に中長期計画を立案した。予防保全的な対策として補修・補強を適切な時期に行うことにより事故を未然に防ぐとともに、安全性、使用性を確保し、一定レベルの維持管理を続けることによって使い続けることができるようになる。

2.2 東京都が管理する橋の概要

(1) 橋梁に使われる材料

東京都の橋梁に使用されている主な材料は、鋼材、コンクリート、石など多種にわたる。橋梁に用いられる材料に

よる区分は、図 - 2 のとおりである。橋梁は、主として以下の3種類の材料が基本で建設されており、“その他”は、それらが組み合わされてできた橋梁を示している。

鋼 橋：鋼鉄でできている橋梁

RC 橋：鉄筋で補強されたコンクリートの橋梁

PC 橋：PC 鋼線（ピアノ線）で補強されたコンクリートの橋梁

その他：鋼とコンクリートが複合している橋梁ほか

橋長や橋面積では、55 % 程度が鋼橋であるが、橋数では PC 橋に RC 橋を加えたコンクリート橋が 52 % 程度、650 橋程度あり、長大橋や幅員の広い橋に鋼橋が多いのに対し、中小規模橋梁ではコンクリート橋が多いことがわかる。

(2) 構造形式

構造形式は、一般的な桁橋、トラス橋、アーチ橋、斜張橋、吊橋などさまざまである。

鋼橋系では、震災復興橋梁のアーチ橋である永代橋や自碇式チェーン吊橋である清洲橋、震災復興橋梁ではないがシカゴ型双葉跳開橋である勝鬃橋の重要文化財に指定されている歴史的に貴重な橋梁などを管理している。

コンクリート橋系では、スイスの橋梁技術者マイヤールの橋を参考に設計した 3 ヒンジアーチ橋の坪沢橋（写真 - 1）のような珍しい橋や、PC 4 径間連続複合トラス橋である永田橋（写真 - 2）など最新の橋も管理している。

2.3 長寿命化対象橋梁の選定

東京都の管理するすべての橋梁を対象に、図 - 3 に示すように、長寿命化対象、一般管理対象、小橋梁（架替え対象橋梁）の 3 つに区分する。この区分は、「東京都長寿命化検討委員会」の答申に基づいている。架替え中の橋梁や昭和 60 年以降に建設された橋梁は、当面架替えする可能性が低いことから、長寿命化対象橋梁から除外した。また、近年開発が進んだ高度な技術や新材料を利用できるようになったことから、橋長 15 m 未満の橋梁は、短い工期

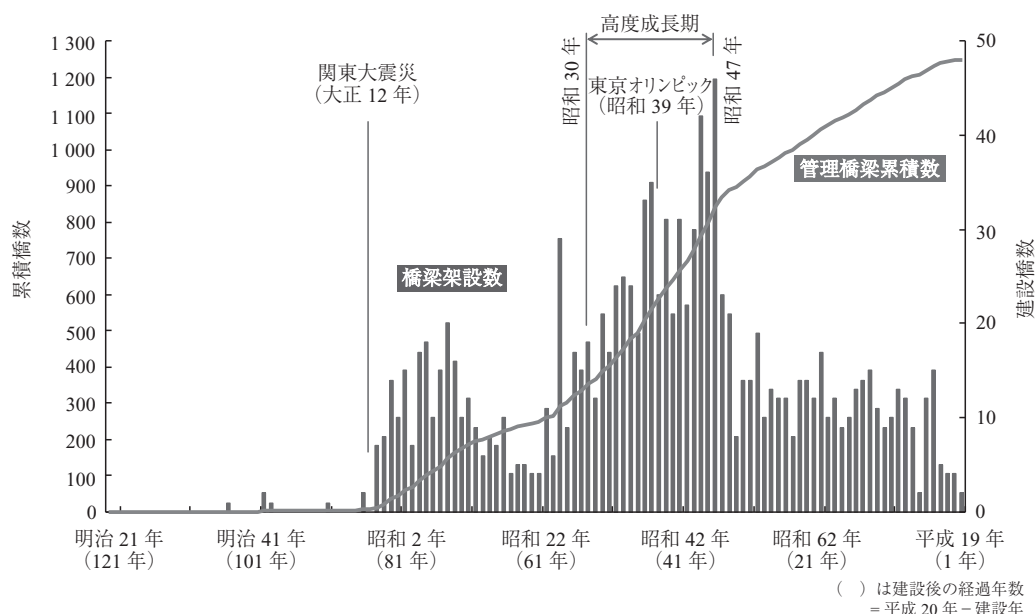


図 - 1 東京都の橋梁建設分布

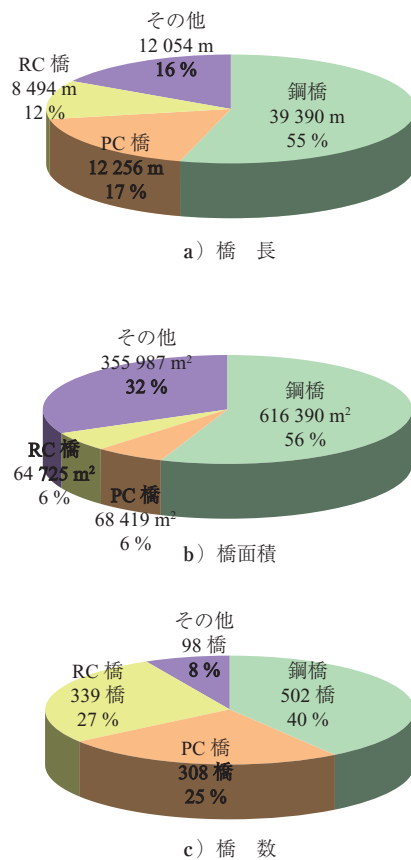


図 - 2 東京都の管理する橋梁の材料別割合

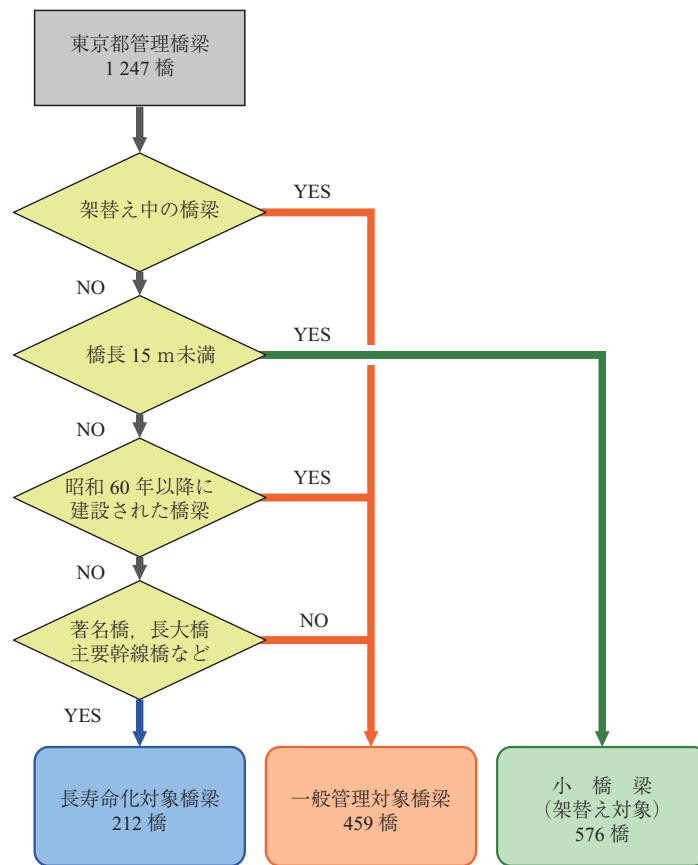


図 - 3 対象橋梁区分の流れ



写真 - 1 奥多摩湖に架かる坪沢橋



写真 - 2 多摩川に架かる永田橋

で架替えが可能なことおよび周辺への影響も低いことから、原則、長寿命化は行わないことにした。そして、それらを除いた橋の中から著名橋、橋長 100 m 以上の長大橋、跨線橋・跨道橋、主要幹線橋を選定し長寿命化対象橋梁とした。

長寿命化対象、一般管理対象、小橋梁、それぞれの対応を以下に示す。

① 長寿命化対象橋梁

著名橋や、長大橋、跨線橋・跨道橋、主要幹線橋の 5 種類の重要な橋で、これらは架替え費用や、交通渋滞による

社会的損失が大きいため、100 年以上の長寿命化を行う。

② 一般管理対象橋梁

橋梁ごとにライフサイクルコストを算出し、そのライフサイクルコストが最小となる対策を選択し実施する。

③ 小橋梁（架替え対象橋梁）

物理的寿命により、ボックスカルバートなどの維持管理が最小となる構造物への架替えを行う。

2.4 長寿命化事業の流れ

(1) 概 要

長寿命化事業のフローを図 - 4 に示す。既設橋の長寿

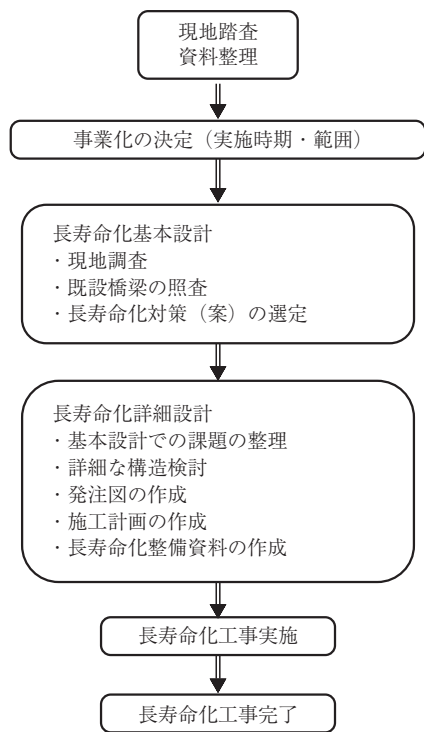


図-4 長寿命化事業の流れ

命化は、既設構造物の状態を把握、既存図書や定期点検結果を調べるなど、事前の調査が重要となる。その後、実施時期や範囲を決めた後、事業化を決定し、設計委託を発注することになる。ここまでの、行政技術者としての業務のひとつであり、高度な判断が必要となる。

設計委託を発注後は、主に設計コンサルタントが行政技術者の代わりに①現地調査、②既設橋梁の照査、③長寿命化対策（案）の提案、などの業務を行う。その間、打合せ等を通じて行政技術者の設計意図をコンサルタントに伝え、長寿命化対策工法を決定する最終判断を行政技術者が下す。

長寿命化工事を実施中には、既設構造物の状態が当初のしゅん工図と異なっていたり、埋設物が発見されたりと、当初設計で想定していたものとは異なる事態に対して、すみやかで適切な判断が求められる。

(2) 長寿命化基本設計

東京都の長寿命化設計は、基本設計と詳細設計の2段階で行うことを標準とする。

基本設計では、既存資料調査、現地調査等を実施し、設計条件を整理したうえで既設橋梁の性能照査を行い、要求性能を満足させるための部位・部材における対策工法を検討する。基本設計時に行う現地調査には、コンクリートの耐久性照査に必要なコンクリート圧縮強度試験や中性化試験を含み、必要に応じて、コンクリート中の塩化物含有量試験や応力頻度測定などを行う。また、既設橋梁の架橋の状況に応じて必要な調査を実施する。

長寿命化対策（案）は、部位・部材における対策工法を組み合わせる橋梁全体系としての比較一覧表を作成し、本庁協議を実施したうえで決定する。

(3) 長寿命化詳細設計

詳細設計では、基本設計での課題（追加ボーリングなど）を整理したうえで、基本設計で決定した長寿命化対策（案）に対して詳細な構造検討を行い、確実に施工できる施工計画を立案し、長寿命化対策を決定する。なお、詳細設計で決定した長寿命化対策と維持管理を行っていくうえでの留意事項や申送り事項、これまでに行った補修・補強履歴などを記載した長寿命化整備資料を作成するものとする。

(4) 長寿命化対策の選定

長寿命化事業における対策工法の選定にあたっては、対象橋梁の現況把握を十分に行った後、以下の要件を総合的に考慮して実施することを基本とする。

- ① 橋梁の外部的諸条件（関係機関協議など）を満足する対策工法を選定する。
- ② 橋梁ごとに設定される目標耐用年数におけるライフサイクルコストによって対策工法を選定する。
- ③ 性能設計は最新の基準類によって行うことを基本とし、橋梁全体系として必要な耐荷性・耐震性・耐久性などの要求性能を満足するようにする。
- ④ 性能設計においては、個々の橋梁が有する条件に応じた適切な維持管理・補強レベルを設定し、現実的な対策工法を選定するとともに将来に向けての持続的な設計コンセプトにも配慮する。
- ⑤ 性能設計においては、維持管理の容易性を考慮する。
- ⑥ 補修・補強対策工法の検討にあたっては、景観に対して十分に配慮する。
- ⑦ 第三者に対する被害を未然に防止することを配慮した対策工を選定する。
- ⑧ 人・車などの移動の円滑化に向けて、道路構造令での規定およびバリアフリーなど福祉の観点にも配慮する。

3. 音無橋の長寿命化事業

3.1 音無橋について

音無橋は、東京都北区滝野川二丁目地内から王子本町一丁目地内に架かる3径間連続RCアーチ橋で、昭和5年11月に都市計画事業の一環として架設されたものである。音無橋の概要を表-1に、一般図を図-5に示す。

表-1 音無橋の概要

橋 種	3径間連続RC固定アーチ橋	
路線名	特例都道本郷赤羽線第455号（本郷通り）	
竣 工	昭和5年11月（1930年）	
適用示方書	道路構造に関する細則案 大正15年6月 内務省土木局（推定）	
橋 長	51.515 m	
幅 員	全幅 19.395 m	
基礎形式	P1 橋脚、P2 橋脚、A2 橋台	直接基礎
	A1 橋台	杭基礎
地盤種別	I 種地盤	
桁下条件	音無川親水公園、石神井川分流	

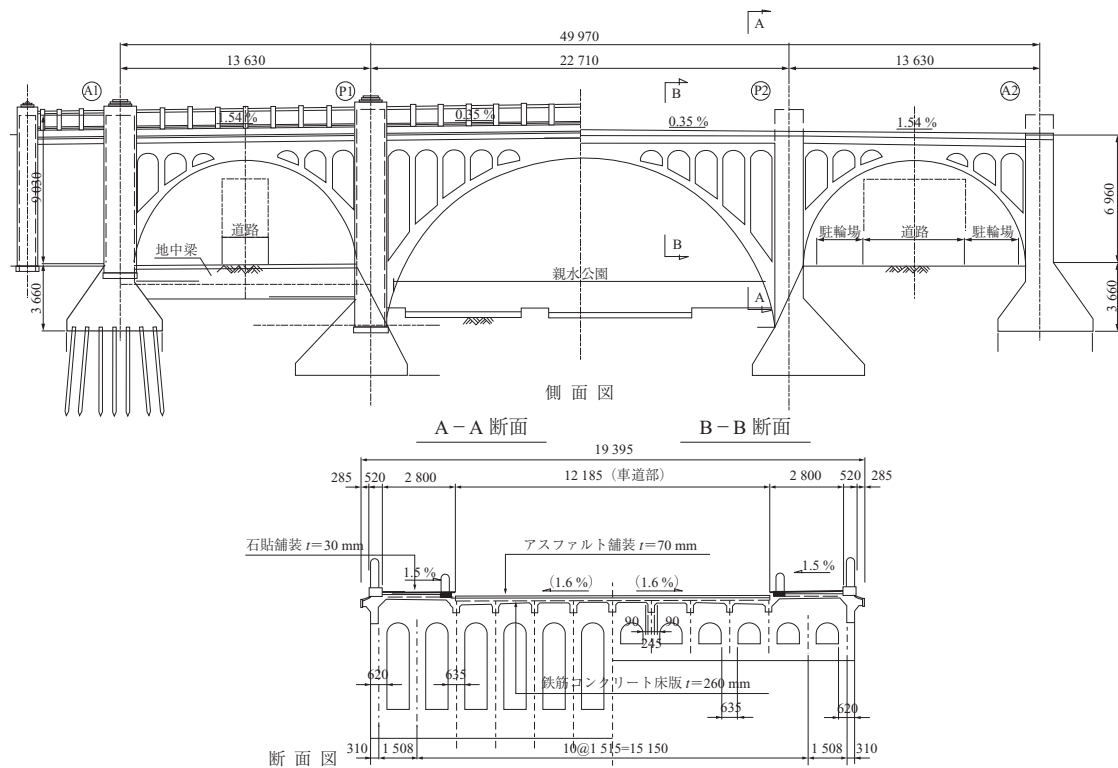


図 - 5 音無橋の一般図

本橋の設計は、橋梁設計技術者として有名な増田 淳である。当時、橋梁の設計は主に自治体などの組織が直接行っていたが、増田は大学卒業後アメリカの橋梁設計会社に勤務し設計技術を学び、帰国後東京に設計事務所を開設計し、自治体の嘱託として橋梁を設計していた。

音無橋は、主要幹線に架かる橋として長寿命化対象橋梁に選定されている。

3.2 音無橋長寿命化設計について

3.2.1 既存資料および現地調査

まず初めに、しゅん工図や新設時の設計計算書を調査した。その後、既存の定期点検結果や補修・補強履歴を確認し、それを基に目視による外観調査を行った。外観調査では、損傷箇所の確認や排水状況など水周りの確認を重点的に行った。

3.2.2 劣化度調査

コンクリートの劣化度を調査するため、中性化試験や鉄筋の配筋状況およびかぶり厚の調査を行った。

3.2.3 既設橋梁の照査

既設橋梁を照査する場合、モデル化が重要である。当初設計と同じモデルを使用しては、照査荷重が大きくなっている分、許容値を満足しないのは当然である。それを元に補強対策を策定した場合、既設構造物に補強のための孔を開けたりする機会が多いため、かえって構造物を傷つけてしまうこともある。したがって、モデル化するには現地をよく見て、背面土圧や平面アーチ形状など現場条件を適切に反映できるモデルを設定する必要がある。

(1) 耐荷性能の照査

耐荷性能の照査では、復元設計を行い最新の基準に対し

て各部材を照査した。

(2) 耐震性能の照査

軸力変動の影響を直接考慮できるファイバーモデル要素によって構成されたモデルを用いて、レベル2地震動の加速度波形を入力し動的解析により照査した。

(3) 耐疲労性の照査

本橋のしゅん工時の床版厚は13 cmであったが、昭和63年に上面増厚補強しているため、増厚した床版厚を用いて照査した。ただし、両者のコンクリート強度が異なるため、コンクリート強度がすべて24 N/mm²であるとして換算した厚さで照査した。

(4) 耐久性の照査

コンクリートの中性化深さについて「コンクリート標準示方書〔維持管理編〕土木学会」に準じて照査した。本橋では、昭和62年にも中性化深さの調査を行っているため、中性化の進行度も判明した。

また、現地調査において、防水工や排水処理が十分でない箇所があることが判明し、雨水の浸透抑制や滞水箇所の改善が必要であることが分かった。

3.2.4 長寿命化対策

耐荷性能の照査により、補剛桁およびクラウン部付近の鉛直材の曲げ応力度が許容値を満足しない結果となった。また、耐震性能の照査により補剛桁およびアーチクラウン部のアーチ部材と鉛直材の耐震性能が満足していないことが判明した。長寿命化対策として、3案を比較した結果、車道部分の補剛桁をRC構造からSRC構造に打ち換えて曲げおよびせん断耐力を向上させ、クラウン部の鉛直材の間をコンクリートで充填する補強対策を決定した。

長寿命化対策の決定に際し、経済性や施工性はもちろんのこと写真 - 3 に示す既設構造物の歴史的景観性をあまり変化させない点も重視した。また、長寿命化工事は既設橋梁を補強するため、周囲の環境や渋滞等社会的損失の最小化および地元や関係機関との協議結果を基にした施工計画の立案が重要となる。



写真 - 3 音無橋の外観

3.3 音無橋長寿命化工事について

3.3.1 概要

補剛桁の打換えは車道を3分割して2車線の通行を確保しながら施工した。

3.3.2 補剛桁床版コンクリート撤去工

補剛桁床版コンクリートの撤去に際し、写真 - 4 に示すように床版部分をブロック化して撤去した。切断時には、発生する切断水の落下・飛散を最小限とするため2回に分けて行った。

鉛直材・横梁直上はブレイカーにて人力で撤去した。



写真 - 4 床版切断状況

3.3.3 型枠・支保工

型枠・支保工は、アーチリブの上に木角材を置き、レベルにした上にパイプサポートを設置した。

3.3.4 鋼材組立工

補強鉄筋を定着するために、あらかじめ既設コンクリートに削孔した。定着用鉄筋を挿入し、注入パイプとエア抜き用パイプを設置し、エポキシ樹脂を注入して定着した。写真 - 5 に示すように、I ビームは、段取り筋を配置

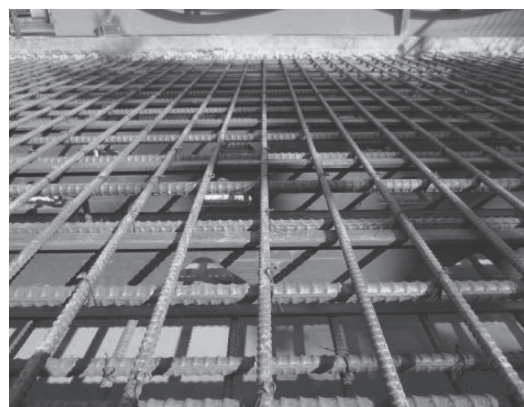


写真 - 5 SRC 床版配筋状況

したうえで、かぶりが確実に確保されるように設置した。

橋軸直角方向鉄筋は、各分割区間で設置する必要があるが、重ね継手では各期に継手長分の空間を確保しなければならず、規制時の車両の通行幅が狭くなるため、継手長を短くすることができる充填式のスプライススリーブ継手を使用した。

3.3.5 コンクリート打設工

コンクリートは、クラウン部および床版部を同時に打設した。コンクリート強度は $\sigma_{ck} = 27 \text{ N/mm}^2$ でスランプは高性能 AE 減水剤を用いて 10 cm で打設した。3 分割施工で打設箇所横では車両が通行していることから、振動の影響を軽減するため早強ポルトランドセメントを使用した。

3.3.6 防水工および舗装工

床版上には橋面防水として塗膜系防水層を施工した。各期の継ぎ目部分には防水が途切れないように 10 cm 程度の重合せ部分を設けた。本橋は、明治通りへの交差点に近く、橋上に停止線があることから舗装は、基層部分に塑性変形抵抗性と耐水性に優れたポリマー改質アスファルトⅢ型-W を 40 mm 施工し、表層部分に同様なポリマー改質アスファルトⅢ型-W を 30 mm 施工した。

4. おわりに

これまで、東京都のコンクリート橋の長寿命化事業の流れについて報告してきた。音無橋については、今後アーチリブの断面修復および表面劣化防止補修を行って長寿命化工事を完了する予定である。

われわれは、新設橋梁を建設するだけでなく、貴重な都市基盤である橋梁を良好な状態で次世代に引き継いでいく責務がある。本報告が、より安全・安心な橋梁の実現と効率的な維持管理に役立てば幸いである。

参考文献

- 1) 東京都建設局：橋梁の管理に関する中長期計画 ～戦略的な予防保全型管理の実現に向けて～, 2009
- 2) 東京都橋梁長寿命化検討委員会：橋梁の戦略的予防保全型管理に向けて 答申, 2008

【2013 年 8 月 30 日受付】