

話題提供・事例紹介

東京都の橋梁長寿命化計画

Bridge length life plan of Tokyo

高瀬 照久*

Teruhisa Takase

1. はじめに

道路橋を始めとして我が国の社会基盤施設は高度経済成長期に整備されたものが多く、これらの施設の高齢化が進み、その影響が急速に顕在化する恐れが高まっている。

東京都は、平成 26 年 3 月末現在で指定区間外国道や都道に架かる道路橋約 1, 200 箇所を管理している。橋梁の建設年次を見ると、図-1 に示すとおり主に関東大震災の復興期と東京オリンピックを契機とした高度成長期の二つのピークがあり、特に大きなピークとなっている高度成長期に建設された橋梁は、建設後 40 年を超え、急速に高齢化が進んできている状況にある。仮に供用年数 50 年を超える橋梁を高齢化橋梁とすると、10 年後には約 5 割を超え、20 年後には約 7 割を超える割合となる。

東京都の橋梁の高齢化の速度は、全国の道路橋に比べ 10 年程度早いことから、先進的な予防保全型管理への転換と道路橋更新のピークの平準化に取り組むこととした。

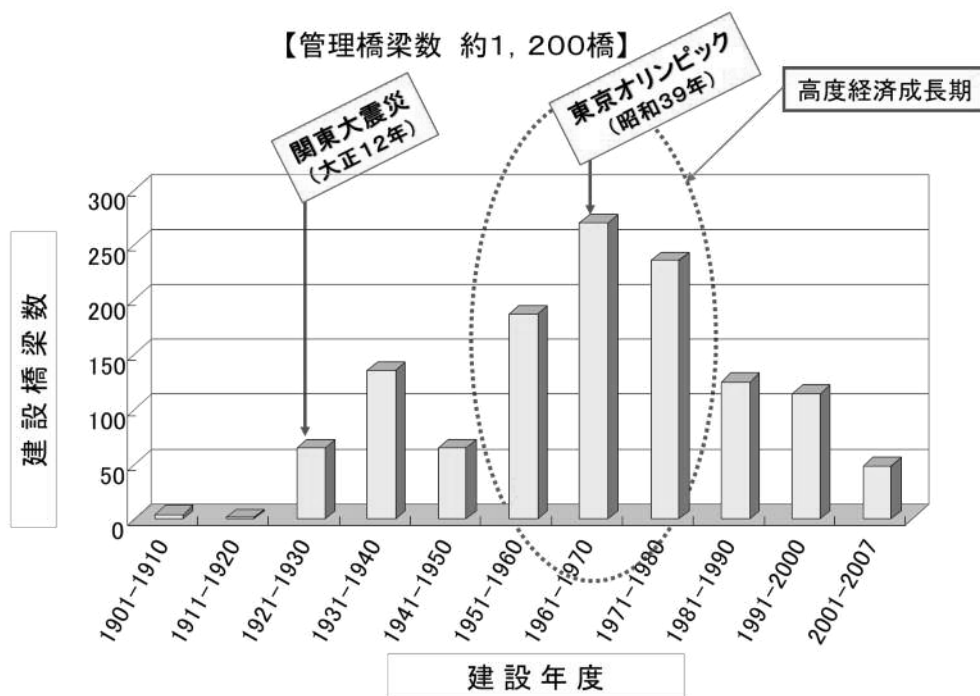


図-1 東京都の橋梁建設分布

2. 東京都で進めている予防保全型管理の概要

供用している道路橋を常に良好な状態に保つために最も重要なことは、適切な点検実施とそれに基づく定量的な診断である。定期的に点検を行うことによって、部材に発生する損傷を早期に発見することが可能で、安全性や耐久性を保つために必要な処置を講じることが可能になる。

* 東京都 第六建設事務所 橋梁構造専門課長 (〒120-0025 東京都足立区千住東二丁目)

東京都における橋梁の架替えの現状を見ると、機能的寿命（街路事業、河川事業等の改良に伴う架替え）から橋梁を架替える事例が多く、物理的寿命（老朽化など）で架替える事例は稀であった。

これは、昭和 62 年から全国に先駆け、都独自で規定した「橋梁の点検要領」に基づき、すべての橋梁に対して、5年に1度継続的に定期点検を実施し、その都度損傷が発見されれば、適切な対応を行い一定の管理レベルを保ってきた結果であるといえる。（対処療法型）

しかし、これまでの対処療法型の維持管理方法を続けていくと高度成長期に集中的に整備してきた橋梁の更新が一時期に集中することは明らかである。このため、東京都では橋梁の更新時期の平準化や延命化を図るための計画として「橋梁の管理に関する中長期計画」を 2009 年（平成 21 年）に策定した。

本計画は、東京都建設局が管理する橋梁 1247 橋（平成 20 年 4 月 1 日現在）を対象として、道路橋の重要度等により長寿命化対象、一般管理対象、小橋梁対象の 3 つに分類し（図-2）、30 年の間で、適切な時期に最新の技術などにより、必要な対策を行うものとして計画した。（予防保全型）

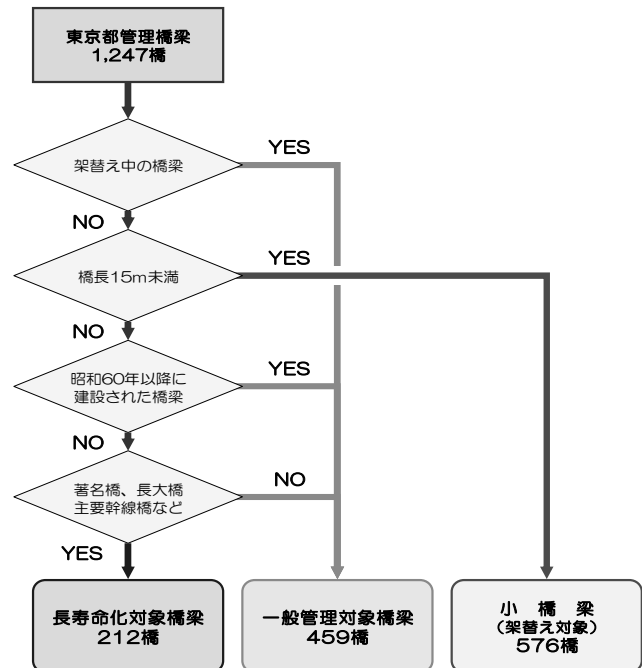


図-2 対象橋梁の計画の流れ

3. 長寿命化とは

橋梁の管理に関する中長期計画の主要な柱である長寿命化対象橋梁とは、国の重要文化財である清洲橋・永代橋・勝鬨橋や関東大震災復興橋梁である蔵前橋・白鬚橋など将来に貴重な財産として残さなければならない著名橋、架替え時に多額の費用と周辺への多大な影響が予測される長大橋、跨線橋・跨道橋、主要な幹線道路に架かる橋梁などである。

本計画で言う長寿命化とは、当初設定されていた設計耐用年数を効率的・効果的な様々な対策を行うことで必要な期間まで橋梁の寿命を延ばすことである。

具体的には、劣化調査及び定期点検や目視点検の診断結果と最新の道路橋示方書（以下道示という）、指針、便覧などの基準に適合するための性能照査の結果とを総合的に勘案して、最適な対策を選定し、100年以上の延命化を図ることを目標としている。

具体的な事例として、神谷陸橋の事例を紹介する。

4. 神谷陸橋の長寿命化について

神谷陸橋は、主要幹線道路である環七通りに架かる跨道橋（図-3）で、しゅん工は昭和 43 年、橋長 260m、単純 PC 中空床版と単純合成桁橋（鈑桁、箱桁橋）が連なっている。平成 21 年に行った定期点検の結果では、5 段階評価の中間に位置する C（やや注意）判定。日常的に点検していれば問題ないレベルで、早急に補修・補強が必要な段階ではないものの、1 日約 4 万 5 千台もの交通を支え、しゅん工後 40 歳を超えていることなどから予防保全として長寿命化対策を行うこととした。

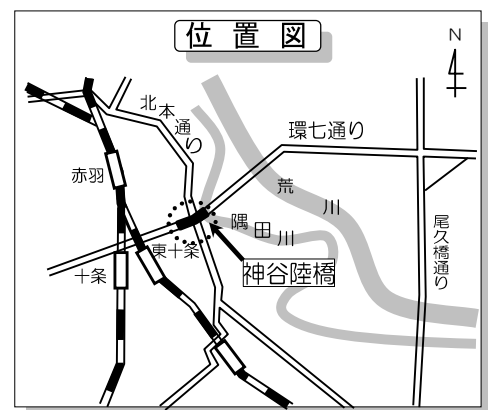


図-3 位置図

4.1 橋梁概要

上部工：単純PC中空床版橋，単純合成鈹桁橋，3径間ゲルバー式箱桁橋＋鋼鈹桁橋
 下部工：逆T式橋台（A1），RCラーメン式橋脚（P1～P4，P7～P11），鋼製ラーメン橋脚（P5，P6）
 基礎工：場所打ち杭φ1000
 橋長：260m 幅員：14m～28.5m
 路線名：主要地方道環状七号線（第318号）環七通り
 建設年：昭和43年3月
 交通量：約4万5千台/日
 補強履歴：

| | | |
|------|-----------|------------------------------------|
| H4年 | 床版補強 | 増設縦桁設置（P6～P11） |
| H5年 | 床版補強 | 増設縦桁設置（P2～P6） |
| H8年 | 落橋防止装置等設置 | 縁端拡幅，落橋防止設置 |
| H10年 | 橋脚耐震補強 | 中詰めCo充填（P5，P6）RC巻き立て（P1～P4，P7～P11） |

4.2 長寿命化対策

長寿命化対策としては、目視点検等の結果と平成14年道示等の性能照査の結果から、上部工については、単純桁及びゲルバー桁の連続化・支承の取替え・床版補強（アラミド繊維補強），下部工については、炭素繊維による巻き立て・底版増し厚・増し杭などを行うこととした。（図-4）

工事は、平成22年度に基礎の補強工事に着手。その後、主桁連続化・支承取替え・床版補強などを行い、平成26年6月にすべての工事が完了した。

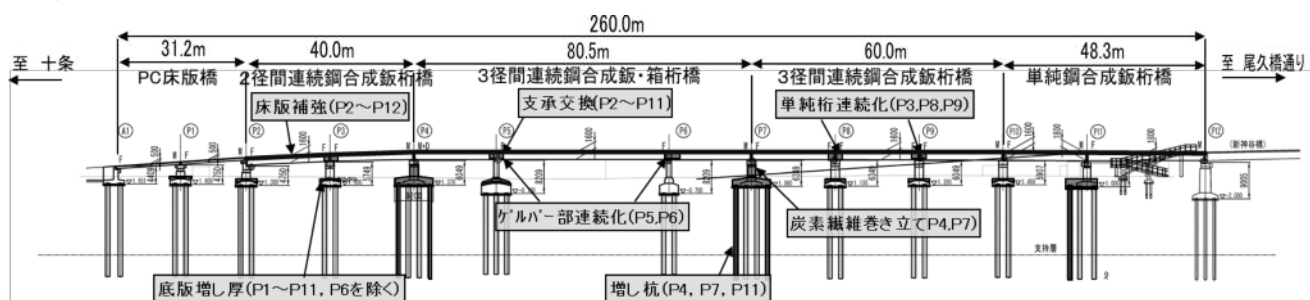


図-4 長寿命化対策概要図

(1) 下部工の対策

① 橋脚柱の耐震補強

神谷陸橋の橋脚脚柱は、平成10年度に行った耐震補強工事で、RC巻き立てと鋼管柱の中詰めコンクリート打設により既に補強が行われている。適用基準は平成8年道示で、平成14年道示の保有水平耐力の算定方法は基本的には同じであるため、構造変化がなければ既設脚柱の耐震性能は満足する。しかし、長寿命化対策により桁連結による単純桁方式が連続桁方式に変更することから、P4・P7橋脚のみが直角方向の水平力がせん断耐力より上回る結果となったためせん断補強を行った。補強工法としては、既設の橋脚がすでにRC巻き立てにより補強されているため自重や剛性の増加を避けるため、炭素繊維による補強とした。

② 基礎の補強（底版増し厚・増し杭）

従前の耐震補強では、落橋防止と脚柱の巻き立てなどの補強が主であり、基礎部分の耐震性能向上を行う補強は稀であった。しかし、東京都の長寿命化対策では、橋梁全体の性能を基準に適合することを目的としているため、橋脚基礎のレベル2地震動に対する照査を行った。性能照査の結果、ほとんどの橋脚で底版の曲げ耐力が不足していることやゲルバー部の連続化に伴い水平力が増すP4・P7橋脚の基礎と既設杭の配筋量が他と比べて少ないP11橋脚の基礎の補強が必要となった。

底版補強については、底版の剛性を高める最も一般的な上面増し厚による補強とした。また、増し杭においては、既設の杭が場所打ち杭であることから、同種の場所打ち杭φ800を採用した。施工にあたっては、桁下高が低いことから、トップドライブリバーズリ工法（TBH工法）を採用し、施工機械としては、狭小空間での移動を伴う事から、全国にも数台しかない自走式のMPD-25を使用した。



写真-1 増し杭施工

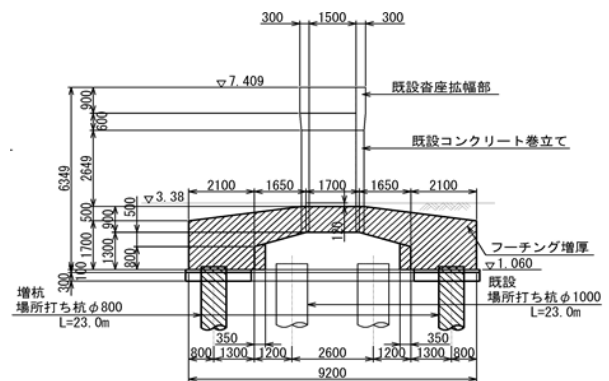


図-5 基礎補強断面図

(2) 上部工の対策

① 単純鈹桁の連続化

連続桁は単純桁に比べて耐震性に優れること、伸縮装置を撤去することにより車両の走行性を改善し騒音振動問題を低減すること、伸縮装置からの漏水を防ぎ桁端部や支承部の劣化損傷を解消することを目的として、単純鈹桁を連続化した。主桁配置が同一であるP2～P4間、P7～P10間を対象とし、連続化箇所はP3、P8、P9とした。

設計は「桁連続化の設計例と解説 平成12年7月 日本橋梁建設協会」を参考にウェブのみを連結することとした。本構造は、中間支点に生じる負の曲げモーメントに対して、モーメントプレートおよびシャーププレートのみで成立する断面として設計している。

施工上の工夫として、連続化する主桁ウェブの目違いを解消するため、事前計測を行いフィラーを挿入した。また、支点上補剛材間のモーメントプレートは温度変化による桁の伸縮を考え事前計測による長さよりも数mm短い部材を製作し、部材設置時に隙間を埋めるシムプレートを挿入した。

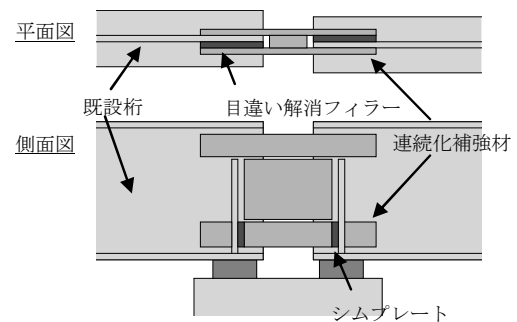


図-6 単純鈹桁の連続化

② ゲルバー桁の連続化

P4～P7間は、直線鈹桁とP5～P6間の曲線箱桁をP5、P6支点部にある横梁(箱断面)から突き出た「桁受台」に「鈹桁切欠き部」を支持する3径間のゲルバー桁橋となっている。ゲルバー構造は耐荷性、耐震性、耐久性の観点から解消することが望ましいと判断し、鈹桁と横梁を連結する連続化構造へ変更した。

一般的には、曲線箱桁と直線鈹桁を連続化することは困難である。本工事では、曲線箱桁の端部の横梁を補強することで剛性を高め、曲線桁から生じるねじりモーメントを横梁で吸収させることで、連続化構造を成立させた。

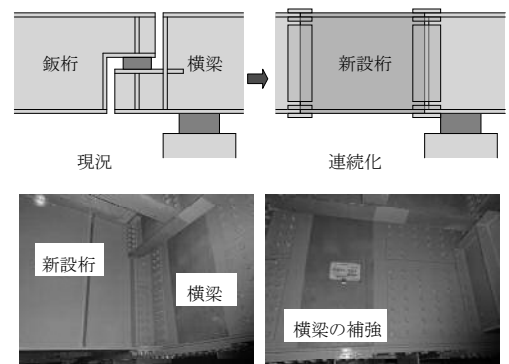


図-7 ゲルバー部の連続化

③ 床版連続化

主桁連続化を行う P3、P5、P6、P8、P9 上については、伸縮装置を撤去し、床版を連続化した。主桁連結部に発生する負の曲げモーメントに対しては、連結板のみを有効断面として成立するように設計しているが、床版に有害なひび割れを生じさせないように、連続合成桁の中間支点としての設計を行った。

前述のゲルバー連続化および床版連続化施工では常設作業帯を設置し、4車線を2車線に交通規制し、3ステップで施工を行った。

交通規制に伴う渋滞が懸念されたため、東京都のHPでの周知や各種団体へのチラシ配布、広範囲に渡る横断幕の設置などにより、渋滞緩和に努めた。

規制期間短縮および品質確保の観点より、当初計画からいくつかの変更を行った。

まず、床版配力筋の継手を重ね継手からスリーブ圧着継手(FD グリップ)へ変更した。これにより、床版のはつり範囲が減少し、規制期間が短縮でき、また、近隣住民へ与える騒音も緩和することができた。突合せアークスタッド溶接継手への変更も検討したが、施工が天候に左右されること、検査の容易性などからFD グリップを採用した。

次に、連続化床版コンクリートには数時間で設計強度に達する超早強コンクリートを使用することで、養生期間を大幅に短縮することができた。施工に際しては、被膜養生を十分にを行い、ひび割れ発生防止に努めた。

以上の変更により、当初計画では6週間であった1期分の規制期間を2週間程度に抑えることができた。



写真-2 床版連続化コンクリート打設

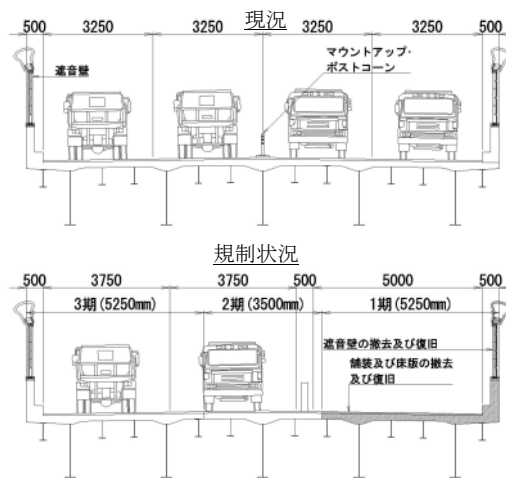


図-8 規制状況図

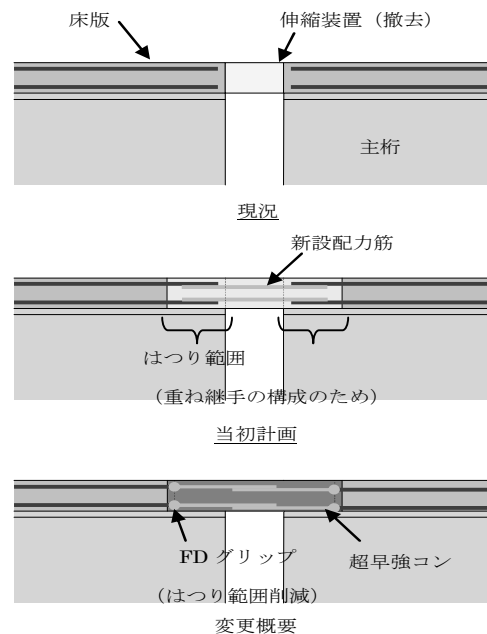


図-9 床版連続化の構造変更概要

④ 支承取替え

現況の支承については、下沓周辺の防護モルタルの剥離や軽微なひびわれがあるのみで、支承本体に特に損傷等は見受けられない。しかし、現況支承の耐震性照査を行った結果、レベル1の地震動に対しても耐震性が確保されていないことや今後の支承回りの維持管理のしやすさを考慮し、タイプBの支承に取替えを行うこととした。支承選定にあたっては、桁下遊間が150mm程度と低いことから、荷重支持板(HIPS)付のゴム支承とした。

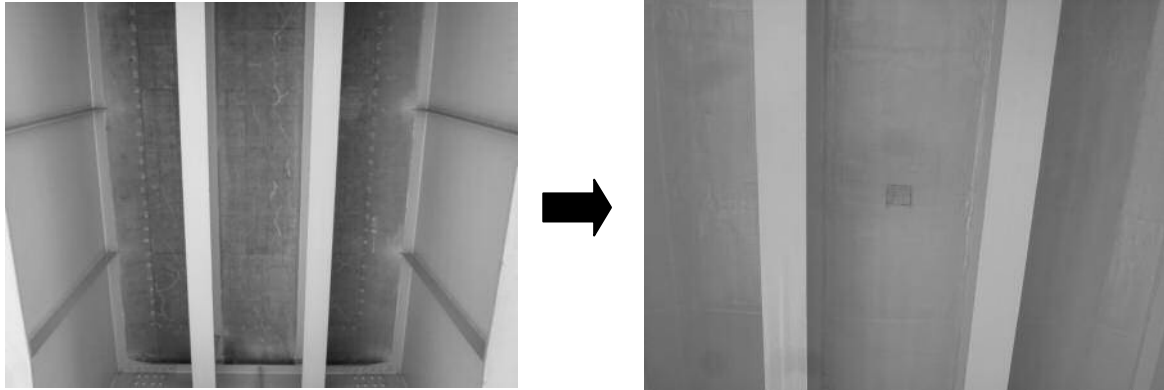


写真-3 支承取替え

⑤ 床版補強（アラミド繊維補強）

現況床版については、床版厚が 18 cm であることから、「道示Ⅱ 鋼橋編」で規定されている「8.2.5 床版の最小全厚」を 4 cm 満足していない。このため、当初は今後 100 年に及ぶ耐久性を確保できないものとして現況床版を撤去し、合成床版に取り替える案を検討していた。しかし、床版の取替えは大規模工事となり、工期も相当長期に及ぶこと、現況床版のひびわれは増設縦桁設置前に発生したひびわれの進展が限定的であること、現行基準による耐荷力としても満足していることなどから、今後の耐久性を向上させることを目的として、アラミド繊維シートによる補強工法を採用した。

施工にあたっては、今後のひびわれの進展を観測するための点検窓を設けた。



写真－4 アラミド繊維貼り付け前後

⑥ その他

通常の維持補修で行う工事も同時に施工した。

連続化を行わない桁間の伸縮装置を非排水型の伸縮装置に取替えを行ったとともに、全径間の舗装打ち替えについて塗膜系防水を施したのち耐久性の高いポリマー改質アスファルトⅢ型-Wにより施工した。

また、現在の塗装が白亜化してきていることから、耐久性の高いふっ素系塗装により全面塗装を行うとともに壁高欄や取付け擁壁のコンクリート部には劣化塗装を施した。

以上のように 5 年の歳月をかけ、今後 100 年の延命化を図るための考えられるすべての対策を施し、神谷陸橋はリニューアルされた。



写真－5 リニューアルされた神谷陸橋

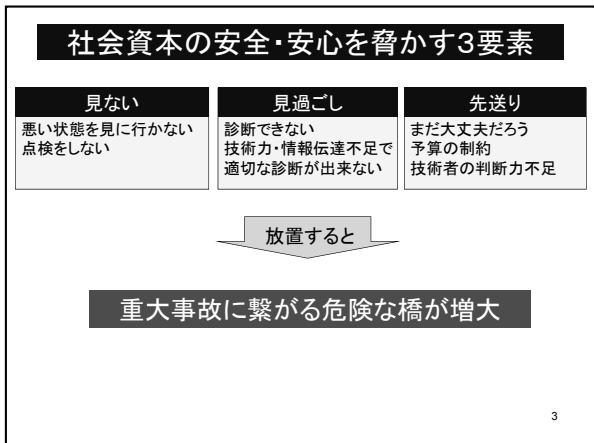
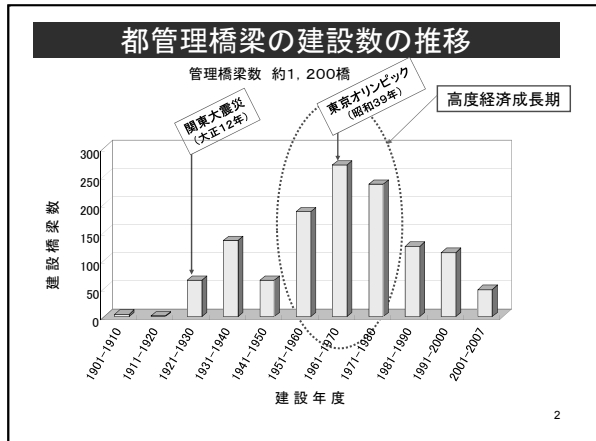
5. おわりに

東京都は、橋梁など膨大な道路施設のストックが負の遺産とならないように、これまでの対処療法型管理から予防保全型管理へ転換し、損傷が軽微の段階で延命化を図るための長寿命化対策を行っている。本報告は、橋梁の予防保全型管理の概要と長寿命化対策を行っている一例を紹介した。

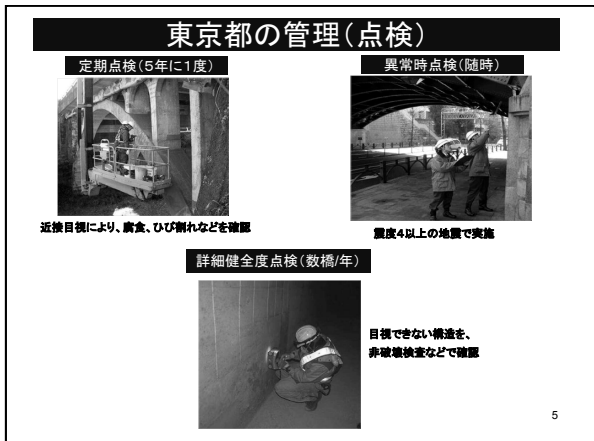
現在、関東大震災復興橋梁などの著名橋の長寿命化工事を進めているが、後世に良質なインフラを引き継いでいくためには、安全と安心を実感できる対策を今後も継続的に進めることが重要であると考える。

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，平成 21 年 3 月
- 2) 高瀬照久，市毛滋之，石川誠：橋梁の長寿命化 - 神谷陸橋長寿命化 - ，土木施工，2013. 7



- ## 東京都の管理(点検から補修・補強)
- ### 「点検」
- ・主要橋梁に対して昭和46年度から点検開始
※全国初
 - ・昭和54年度から4か年で一定の基準による点検を実施
※橋梁台帳作成
 - ・昭和62年度から全橋梁を5年に1回定期点検実施
※全国初の要領作成
 - ・日常的な点検や異常時の点検も実施



- ## 東京都の管理(点検から補修・補強)
- ### 「診断」
- ・一定の技術力を有した資格者による定期点検の義務化
 - ・定量的な判断基準を設け、5段階で適切に評価

東京都の管理(診断)

| 構造部材 | 診断項目 | |
|------|---------|-------------------------|
| 上部工 | 鋼橋 | 主桁等の亀裂・座屈・変形・破断等 |
| | コンクリート橋 | ひびわれ、剥離、鉄筋破断、遊離石灰等 |
| | 鋼床版 | 亀裂、座屈、変形、破断、腐食等 |
| | RC・PC床版 | ひびわれ、剥離、鉄筋破断、遊離石灰等 |
| 下部工 | 支承 | 破損、沓座モルタル破損、アンカーbolt脱落等 |
| | 鋼製橋台・橋脚 | へこみ、ふくらみ、亀裂、破断、腐食等 |
| | RC橋台・橋脚 | ひび割れ、剥離、洗掘、鉄筋破断等 |
| | 基礎 | 移動、傾斜、周囲の変状など |

| 判定区分 | 状況 | 措置 |
|--------|----------------------|---------|
| a 健全 | 損傷が特に認められない | — |
| b ほぼ健全 | 損傷が小さい | 記録 |
| c やや注意 | 損傷がある | 記録、動態観測 |
| d 注意 | 損傷が大きい | 記録・確認 |
| e 危険 | 損傷が著しい、第三者への影響の可能性あり | 確認・緊急補修 |

東京都の管理(点検から補修・補強)

「計画的な補修・補強の実施」

- ・d,eランクの橋梁は、計画的に補修
- ・橋の耐力に影響を及ぼすような基準改訂があった場合には、計画的に補強
- ・塗装の塗り替えや舗装の打替えなどは、定期的実施

東京都の管理(計画的補修補強)

- ・耐震補強計画
緊急輸送道路等に架かる耐震対策が必要な橋梁401橋に対して、平成7年度から実施し今年度末で対策が完了する予定。
- ・耐荷補強計画
道路構造令の一部改正に伴う25t車対応が必要な橋梁53橋に対して、平成6年から実施し平成23年度末までに52橋が完了。残る1橋は架け替えで対応。
- ・PCT桁橋間詰床版補修計画
間詰床版を有する橋梁55橋に対して、平成14年度から実施し平成24年度末までに52橋が完了。残る3橋については、長寿命化工事で実施。

東京都の管理(点検から補修・補強)

点検

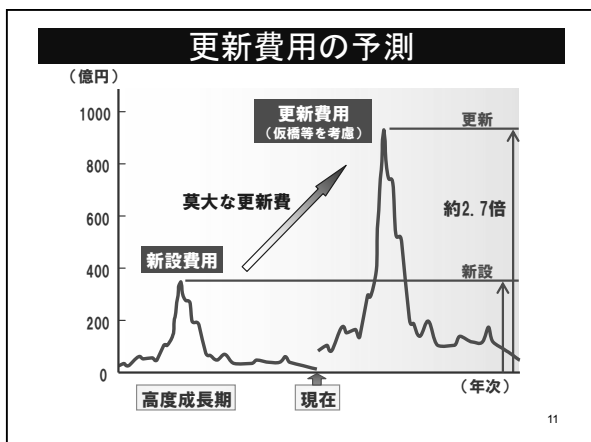
→

診断

→

補修・補強

一定の管理レベルを保ち
都民に安全安心を提供



戦略的なメンテナンスへの転換

対症療法型管理

【点検結果に基づく補修】
損傷や劣化の度合いに応じ、その都度、補修を実施

↓

予防保全型管理

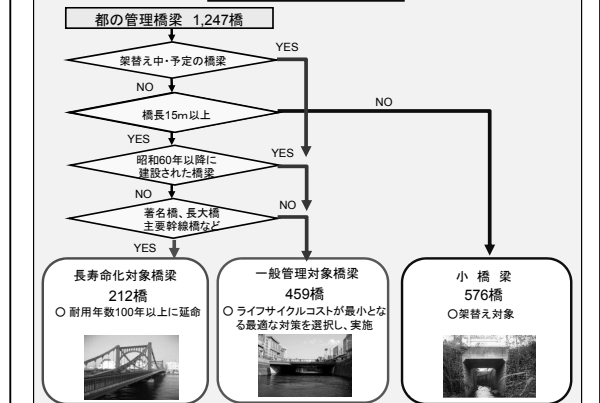
【悪くなる前に計画的に補修・補強】
将来の損傷や劣化を予測し、最適な時期に適切な対策を実施

「橋梁の管理に関する中長期計画」

- 計画のフレーム
 - ・全ての管理橋 (1,247橋) ※を対象
 - ・橋梁の長寿命化に加え、耐震補強、小橋梁の架替えも包含する橋梁の総合計画 ※(平成20年4月)
- 計画の目的
 - 予防保全型管理の推進
- 計画期間
 - 平成21年度～50年度の30年間

13

計画橋梁の区分



中長期計画の柱「橋梁の長寿命化」

どのような橋を長寿命化するのか



文化財的価値の高い橋
(著名橋など)



架け替えに多額の事業費が必要な橋
(長大橋など)



架け替え工事が都民生活に大きな影響を与える橋
(幹線道路橋など)

15

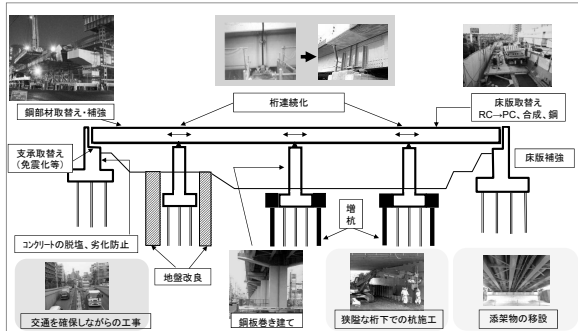
橋梁長寿命化の基本的な考え

- 対象橋梁すべてを最新の基準(道路橋示方書等)に適合
- 耐用年数を補強後、100年以上に延命



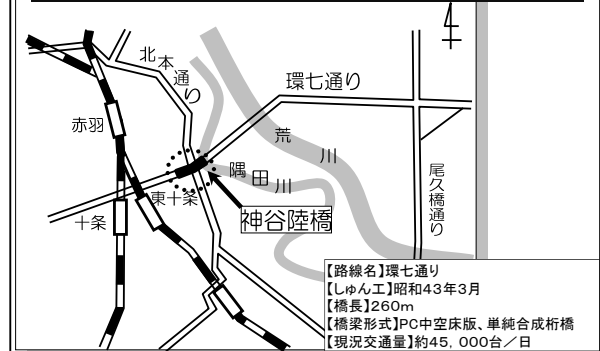
16

長寿命化対策の例

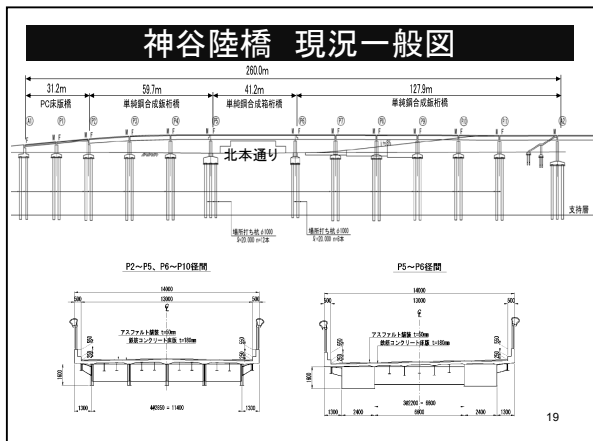


17

神谷陸橋の長寿命化事業



18



神谷陸橋 補強履歴

| | | |
|------|--------|--------------------------------------------|
| H4年 | 床版補強 | 増設縦桁設置 (P6~P11) |
| H5年 | 床版補強 | 増設縦桁設置 (P2~P6) |
| H8年 | 落橋防止装置 | 縁端拡幅, 落橋防止設置 |
| H10年 | 橋脚耐震補強 | 中詰めCo充填 (P5, P6) RC巻き立て (P1~P4, P7~P11) |

縦桁増設

RC巻き立て

落橋防止ケーブル

20

神谷陸橋 定期点検結果

総合判定 C (損傷は限定的)

床版ひびわれ

壁高欄ひびわれ

支承台座モルタルひびわれ

21

神谷陸橋 既設橋の現状

定期点検の結果や基準改訂に伴う
補修・補強を実施

↓

一定の管理レベルを保つ

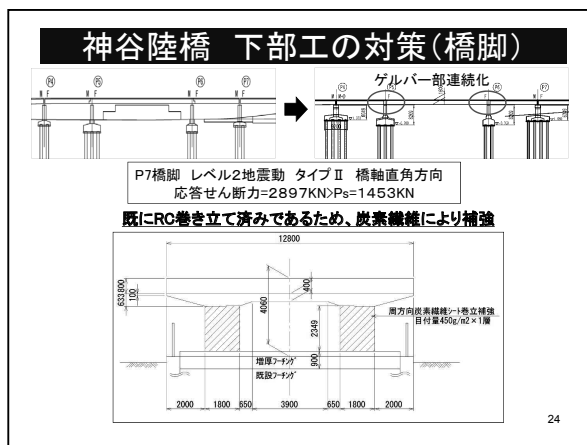
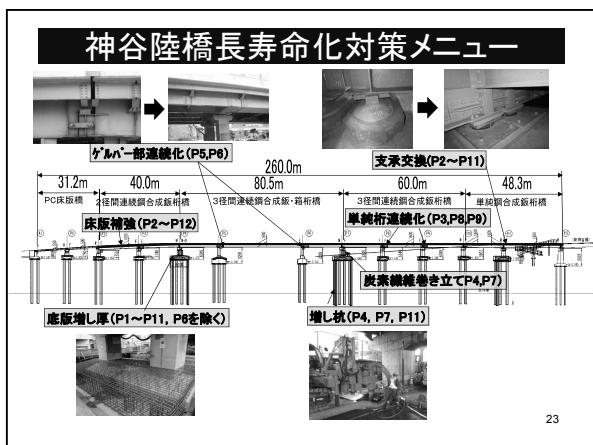
↓

1日4万5千台もの交通を支え、
しゅん工後40歳を超えている

↓

予防保全として長寿命化対策を実施

22



神谷陸橋 下部工の対策(基礎)

・P6以外の橋脚の底版の曲げ耐力不足

底版補強:上面増し厚(30cm以上)

新旧コンクリートを一体化させるため、
コンクリート面のチッピングと鉄筋の定着

既設コンクリート疊立て
既設資産幅幅部
フォーテング増厚
φ1.130
橋脚打ち杭φ1000
L=23.0m

25

神谷陸橋 下部工の対策(基礎)

・ゲルバー連続化に伴い橋脚剛性に大きな差が生じたため、
P4及びP7橋脚の基礎が降伏(応答塑性率で照査)

杭補強:場所打ち杭φ800(TBH工法)

桁下空間が低い
移動のしやすさ
自走式の機械で施工

既設資産幅幅部
既設コンクリート疊立て
フォーテング増厚
φ1.050
橋脚打ち杭φ800
L=23.0m

26

神谷陸橋 上部工の対策(桁連続)

・連続桁は、単純桁に比べて耐震性に優れる
・伸縮装置撤去により、騒音振動問題を低減
・伸縮装置からの漏水を防ぎ桁端部、支承部の劣化損傷の解消

主桁配置が同一であるP2~P4径間、P7~P10径間を連続化

・連結部はウエブのみを連結
・連結板は上下モーメントプレート及び
シャーププレートで構成

27

神谷陸橋 上部工の対策(ゲルバー連続)

・ゲルバー構造は耐荷性、耐震性、耐久性の観点から解消

28

神谷陸橋 上部工の対策(ゲルバー連続)

横桁(剛性の高い箱構造)

29

神谷陸橋 上部工の対策(床版連続)

・主桁連続化を伴うP3,P5,P6,P8,P9上の床版を連続化

負曲げに対しては、連結版のみを有効断面として設計
→
床版に有害なひび割れを生じさせないように、
連続合成桁の中間支点としての設計

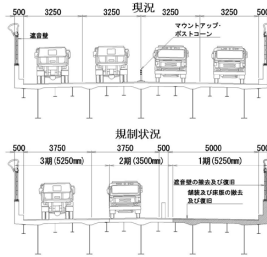
【設計項目】
・床版配力筋について、最小鉄筋量の照査(2%以上確保)
周長率の照査(0.004mm/mm²以上確保)
・主桁作用と床版作用による重ね合わせに対する照査
・床版と鋼桁の温度差、乾燥収縮に対する照査
・降伏に対する安全性照査
・ひびわれ幅の照査

【設計結果】
・構造細目規定に従って算定した結果、床版配力鉄筋量は、現況の2倍程度

30

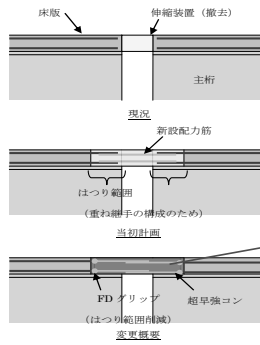
神谷陸橋 上部工の対策(床版連続)

規制状況図



31

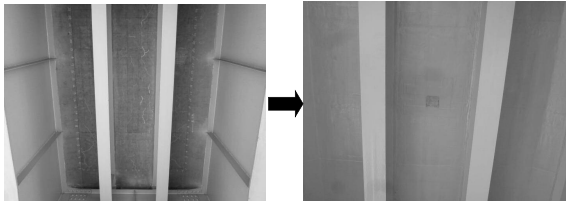
神谷陸橋 上部工の対策(床版連続)



32

神谷陸橋 上部工の対策(床版補強)

床版の最小全厚の規定を4cm満足していない
⇒ 耐久性向上を目的としてアラミド繊維シートによる補強



33

神谷陸橋 完了



34