

日本と米国における取替え鋼床版事例の調査報告

技術委員会 床版小委員会 鋼床版部会
小笠原照夫、井口 進、奥村 学、川畑篤敬
工藤祐琢、齊藤史朗、林 暢彦、松下裕明

1. はじめに

鋼床版は、軽量で架設工期が短いなど多くのメリットを有した床版構造で、最近では、老朽化した都市内高架橋の鉄筋コンクリート床版（以下、RC床版）の取替え用として注目されている。

そこで本稿では、2章で取替え鋼床版のニーズと利点を整理し、3章で日本における取替え鋼床版事例を紹介する。そして、4章では事例が多い米国での取替え鋼床版に関する文献調査結果を、5章では我々が実施した取替え鋼床版に関する米国調査を紹介する。

2. 取替え鋼床版のニーズと利点

2.1 取替え床版のニーズ

我が国では、建設後 40～50 年経過した道路橋の劣化・損傷が顕在化してきている。図-1 より、今後、その様な道路橋が急速に増えてくることが予想されるため、劣化・損傷対策が重要である。鋼道路橋の代表的な劣化・損傷には、大型車交通量の飛躍的な増加と車両の大型化による軸重の増大、さらには塩害や中性化による RC 床版のひび割れとコンクリート片の剥落が

あり、損傷事例の多くを占めている。

これまで、通行車両に影響を与えない RC 床版の補強方法として、縦桁増設や鋼板接着工法が多く用いられてきたが、RC 床版の抜本的な補強が必要になってきたこと、また、主桁や橋脚の耐荷力や耐震性の向上も求められることから、今後、取替え鋼床版のニーズが高まると考えられる。

劣化・損傷により床版の取替えが必要であると診断された場合、新しい床版構造に要求されることは、

- ① 軽量（床版を支持する主構造、支承、下部構造の負荷を軽減し、耐荷力と耐震性を向上）
- ② 供用性（通行車両への影響軽減）
- ③ 施工性（急速施工、分割施工など）

などが挙げられる。

2.2 取替え鋼床版の利点

床版の取替えにおいて検討される主な床版形式には、

- ① 取替え鋼床版
- ② 鋼・コンクリート合成床版
- ③ RC 床版
- ④ PC 床版

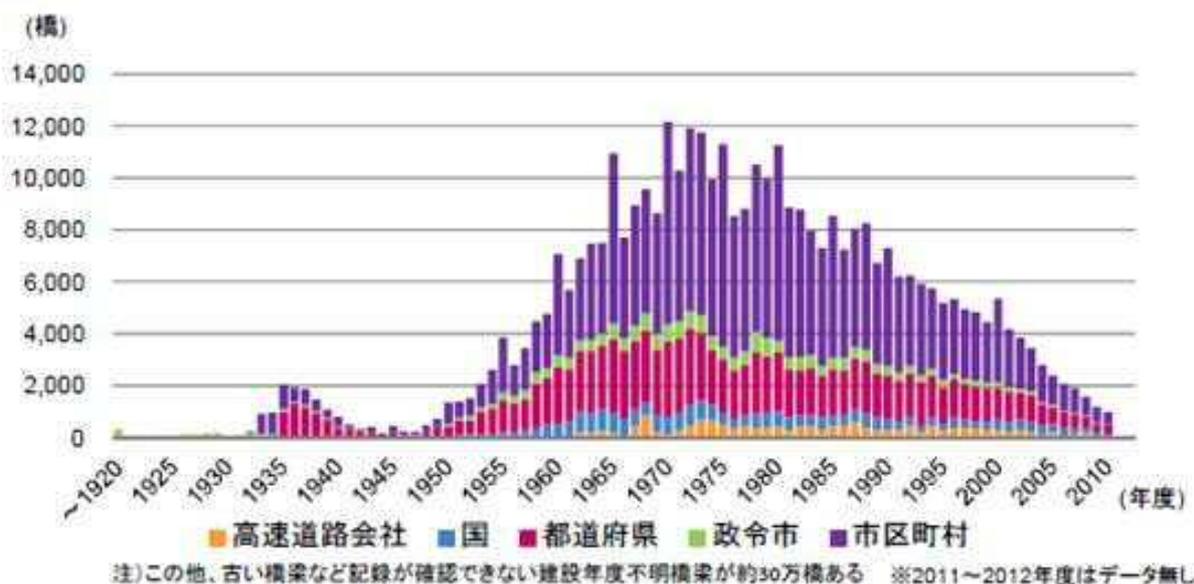


図-1 建設年度別施設数¹⁾

の4種類があり、さらに②～④のコンクリート系床版ではプレキャストと場所打ちがある。

建設後40年以上経過した道路橋のRC床版は、現在の基準で設計したものと比べ、床版厚が薄く鉄筋量も少ない。また、車両荷重がT-14、T-20等小さい活荷重で設計が行われている。さらに、主構造や支承、下部構造の設計においても現行より小さな設計活荷重、設計地震力により設計が行われている。この様なことから、取替え床版に、旧基準に比べて床版厚の大きい現行基準に適合するコンクリート系床版を用いると死荷重が増大するため、主構造や支承、下部構造の補強が大掛かりとなることが容易に予想される。

取替え鋼床版は、

- ① 軽量であるため死荷重を軽減でき、床版を支持する主構造や支承、下部構造の耐荷力と耐震性の向上が図られる。
- ② 鋼床版部材をあらかじめ工場製作し、現場で組み立てるプレハブ工法のため急速施工が可能であり、現場工程の短縮が図れる。
- ③ 分割施工とすることで、走行帯を常時確保できる。
- ④ 曲率の大きな曲線橋や急激な幅員変化等、複雑な線形にも対応可能である。
- ⑤ 床版が軽量であるため、コンクリート系床版と1車線分のコンクリート床版を撤去

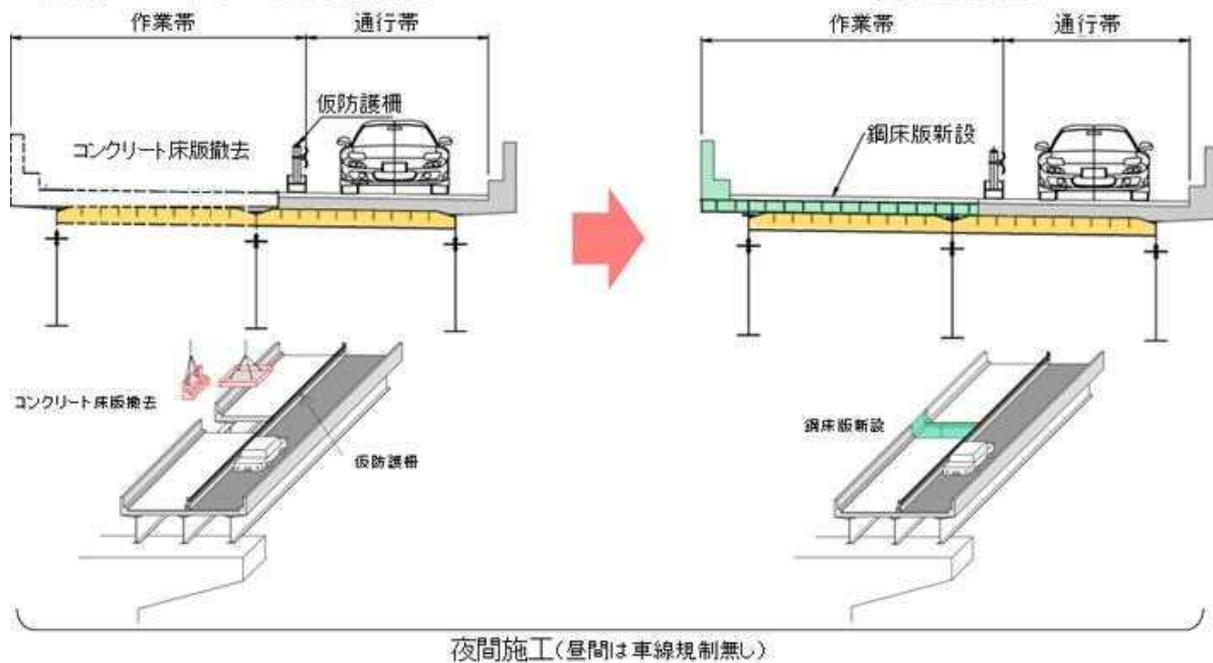


図-2 首都高速3号渋谷線の更新イメージ²⁾

較べて施工に使用する重機が小さくなり、現場の作業性と安全性が向上する。

などの特長を有する。

2. 3 取替え鋼床版のニーズ

取替え鋼床版のニーズの一例として、「首都高速道路の更新計画について」²⁾の中で、RC床版から鋼床版に取替える計画が示されている。

この更新イメージによると、高速道路の通行帯を確保した上で、1車線分のRC床版を部分的に撤去して、鋼床版を順次設置する工法となっている。全て夜間施工であり、昼間の車線規制無しでRC床版から鋼床版に取替える計画である(図-2参照)。

また、その他の高速道路会社や国土交通省地方整備局においても床版取替えの検討が始まっている。

3. 日本における取替え鋼床版事例

このように橋梁の長寿命化においてニーズのある取替え鋼床版について、実橋での耐久性や、施工に際して留意すべき点があるのかを、国内の実橋調査を行うことで確認することとした。

現況調査は、カメラと双眼鏡を用いた目視による簡易調査であり、安全に見ることのできる範囲で行っているため限られた範囲の結果である。さらに近接調査は行っていないので、疲労き裂等近接しなければ見つ

けられない損傷については評価の対象としていない。

3. 1 A橋³⁾

A橋(写真-1、図-3参照)は、1970年に建設された単純非合成鉄桁3連からなる橋梁であり、上下線の並列橋である。東京湾岸のコンテナ埠頭を結ぶ路線にあり、大型車混入率が非常に高い。建設後31年経過し、上り線のRC床版の劣化が進んだこと、および大規模地震時の緊急輸送路確保のため、2001年、床版をRC床版から鋼床版にリニューアルするとともに死荷重を軽減することで耐震性を向上させた橋梁である。



写真-1 A橋 全景

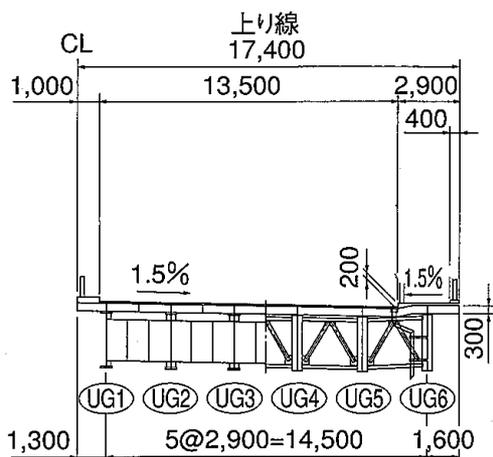
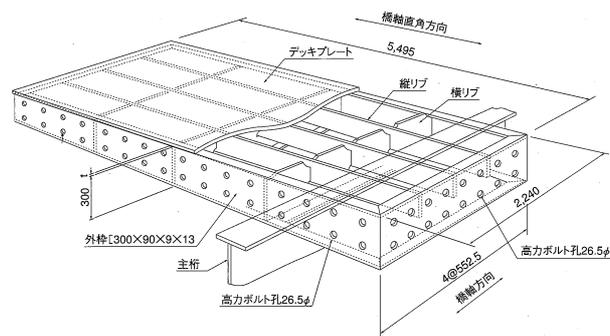


図-3 A橋 断面図³⁾

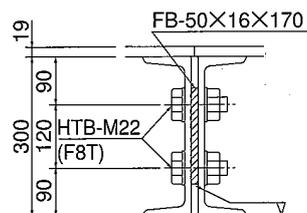
本橋の取替え鋼床版はHKスラブ⁴⁾といい、当協会が主体となって開発した取替え用のプレファブ式鋼床版である。

HKスラブリの概略構造を図-4に示す。デッキ厚は19mm、縦リブと横リブは板リブで、パネルの周囲は剛性の高い溝形鋼で構成されている。隣接パネルとの連結は、周囲の溝形鋼同士を高力ボルトで接合している。既設桁との接合は断続である(断続、連続の意味は巻末の附録参照)。

上下線の橋梁が分離構造となっているため、工事期間中は上り線の車両を下り線に迂回させ、上り線を通行止めして床版取替え工事を行った。HKスラブ設置時



(1) 概略構造図



(2) 連結詳細

図-4 HKスラブ³⁾

の状況を写真-2に示す。フィラープレートの主桁上の橋軸方向に1パネル当たり3~4枚配置している。フィラープレート厚は、旧床版の路面高を再現するため、RC床版を撤去する前と後で高さを計測し、既設桁のたわみの戻り量から設定している。



写真-2 A橋 床取替え工事³⁾

床版取替え後13年間供用した現況を写真-3に示す。舗装にパネルの継手に沿った橋軸直角方向のひび割れが発生している。また、床版下面はめっきに結露が原因と思われる白さびが部分的に生じているものの、異常は認められなかった。

3. 2 B橋

B橋(写真-4参照)は、1962年に建設された単純合成桁橋である。本橋は、鉄道と道路を跨ぐ約410mの陸橋の中の跨道橋部であり、近くに鉄道を横断する跨線橋や地下道がないことから交通量が非常に多い。建設後34年経過し、RC床版の損傷が著しいため、2001年にRC床版から鋼床版への床版取替え工事が行われた。工事は、常時1車線を確保するため分割施工で行われた。



写真-4 B橋 全景

デッキ厚は12mmで、縦リブにバルブプレート(180×9.5mm)を使用している。合成桁であるため、既設桁との接合は連続となっている。また、床版撤去から鋼床版設置までの桁の横倒れ座屈を防止するために架設用のブレースを設置し、完成後も存置している。

既設桁の上フランジと全長に渡って高力ボルトで接合するに当たり、取替え鋼床版が既設桁に馴染まず、既設桁との接合に多くの時間を要した。

床版取替え後18年間供用した現況を写真-5に示す。車輪が通過する位置に縦方向の舗装のひび割れが見られた。このひび割れは、隣接するRC床版の橋梁でも概ね同じであり、床版構造に起因するものではないと考えられる。床版下面は塗装も健全であり、異常は認められなかった。

3. 3 C橋⁵⁾

広島市内に位置するC橋(写真-6参照)は、1961年に建設された連続非合成桁橋であり、手前の歩道



(1) 舗装



(2) 床版下面

写真-3 A橋 現況



(1) 舗装



(2) 床版下面

写真-5 B橋 現況

橋と奥のランプ橋に挟まれている。国道のバイパス道路にあり、交通量が多く大型車混入率も高い。建設後23年経過し、RC床版の損傷が著しいことから、1984年にRC床版から鋼床版への床版取替え工事が行われた。工事は、常時4車線を確保するため分割施工で行われた(写真-7、図-5参照)。

デッキ厚は12mmで、Uリブ(320×240×6mm)を橋軸直角方向に配置した特殊な構造となっている(図-6参照)。

床版取替え後30年間供用した現況を写真-8に示す。



写真-6 C橋 全景



写真-7 C橋 床版取替え工事⁵⁾

重交通路線の橋梁であることから、一部で轆掘れは見られるものの、鋼床版橋梁特有の縦方向の舗装割れは見られなかった。これはUリブを橋軸直角方向に配置しているため主桁上の角折れが生じないためと考えられる。床版下面は、塗装の劣化が進んでいるものの、異常は認められなかった。

3.4 D橋⁶⁾

D橋(写真-9参照)は、1960年頃に建設された2径間連続非合成鈹桁と単純合成鈹桁の橋梁である。工業地帯を結ぶ路線にあり、大型車混入率が非常に高い。

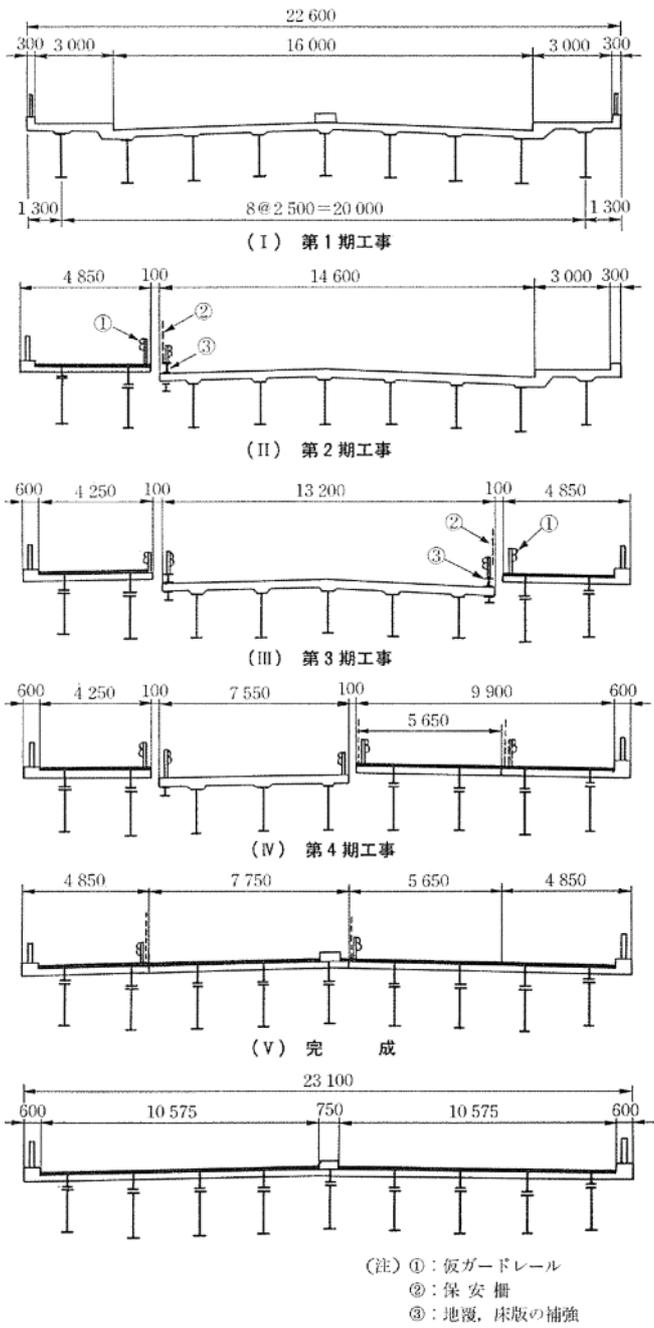


図-5 C橋 施工ステップ⁵⁾

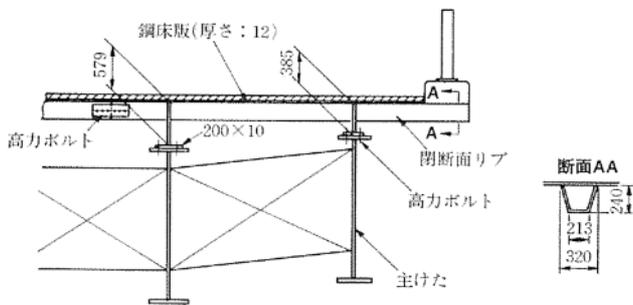


図-6 C橋 断面図⁵⁾



(1) 舗装



(2) 床版下面
 写真-8 C橋 現況

建設後 20 年経過し、RC 床版の損傷が著しいこと、および主桁の耐力が不足していることから、1980 年に RC 床版から鋼床版への床版取替え工事が行われた。



写真-9 D橋 全景

デッキ厚は 15mm で、縦リブに CT 形鋼 (190×199×9×14mm) を使用している。先ず、主桁を補強するため、主桁の上フランジの上に T 形部材を現場溶接にて取り付けました。取替え鋼床版パネルは、主桁と横桁上で現場継手となる大きさとし、主桁とは現場溶接にて、パネル同士はカバープレートで現場溶接で接合する構造とした (図-7 参照)。現在、この構造は疲労の観点から採用されない構造である。なお、鋼床版パネルを載せられるように、横桁 (主桁とボルトにて連結) とブラケット (主桁と溶接にて連結) を新たに追加している。

床版取替え工事の状況を写真-10 に示す。工事は、常時 1 車線を確保するため分割施工で行われた。

床版取替え後 34 年経過した現況を写真-11 に示す。車輪が通過する位置に縦方向の舗装のひび割れや、部分的な舗装の補修跡が見られるものの、大きな損傷は見られなかった。床版下面は、中桁に床版からの漏水跡と、同部位のデッキプレートに溶接による補修跡と思われる箇所が 1 箇所認められたが、その他には異常は認められなかった。

3. 5 E橋

広島市北部に位置する E 橋 (写真-12、図-8 参照) は、1957 年に建設されたゲルバートラス橋である。1984 年、走行中の大型車によって損傷を受けたため、その部分の RC 床版を鋼床版へ取替える工事が行われた。重交通路線の橋梁であるため、早期供用が求められ、取替え鋼床版が採用された。トラス部材の補修も含め、工事は 1.5 ヶ月で完了した。

デッキ厚は 12mm で、縦リブにプレートリブ (110×

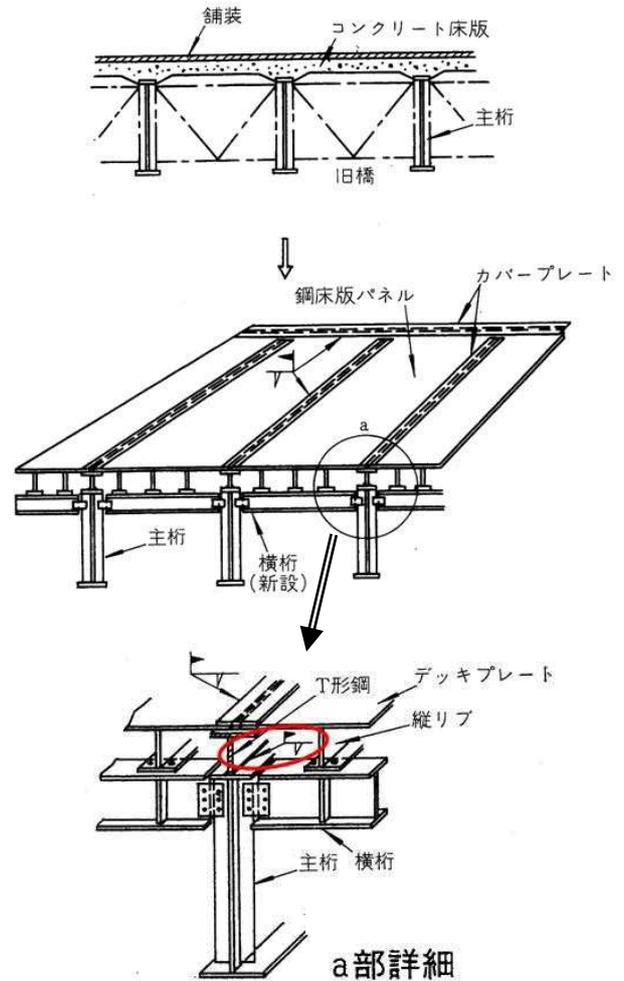


図-7 D橋 取替え鋼床版構造⁶⁾



写真-12 E橋 全景

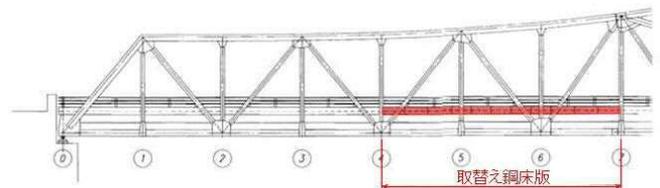


図-8 E橋 鋼床版取替え範囲

22mm) を使用し、横リブ間隔を 0.5m 程度と狭くして、横リブを縦桁に載せて断続で接合する構造となっている。横リブ間隔が狭いのは、床版厚が薄くハンチ高の

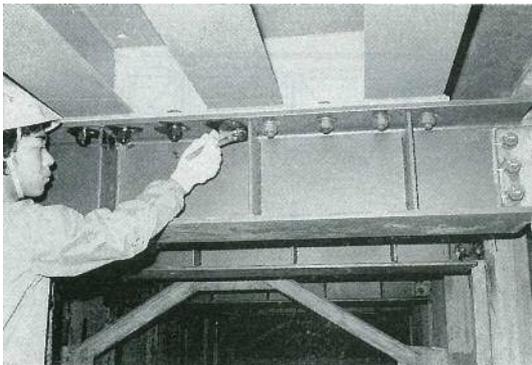
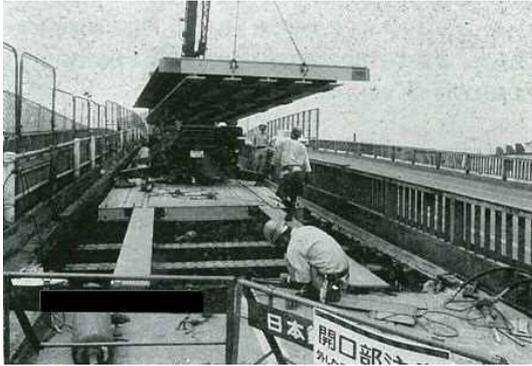


写真-10 D橋床版取替え工事⁶⁾

小さい古いRC床版の構造高に合わせて縦リブ、横リブ断面を決定する必要からと考えられる。

床版取替え後15年経過した現況を写真-13に示す。RC床版との接合部に舗装のひび割れと漏水が見られたが、その他は塗装も健全であり、異常は認められなかった。



(1) 舗装

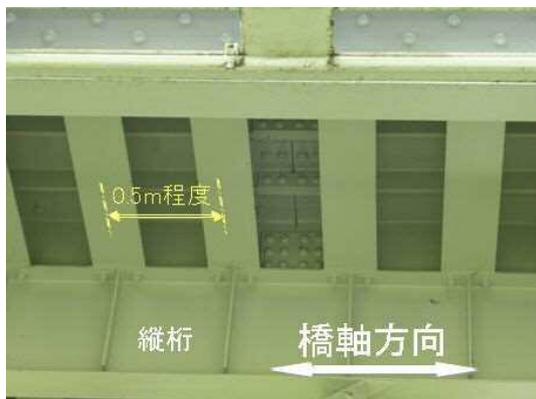


(2) 床版下面

写真-11 D橋 現況



(1) 舗装



(2) 床版下面

写真-13 E橋現況

3. 6 F橋^{7),8)}

F橋(写真-14参照)は、1966年に建設された上路アーチ橋である。採石場が近くにあり、砕石を満載したトラックが頻繁に通行するため、大型車混入率は高いと考えられる。建設後32年経過し、RC床版の損傷が著しいこと、およびA活荷重対応とするため、1998年にRC床版から鋼床版への床版取替え工事が行われた。



写真-14 F橋 全景

デッキ厚は舗装のひび割れに配慮して14mmとし、縦リブにバルブプレート(160×14mm)を使用している。既設桁との接合は、横リブ位置にフィラープレートを入れて縦桁と断続で接合する構造となっている(図-9参照)。

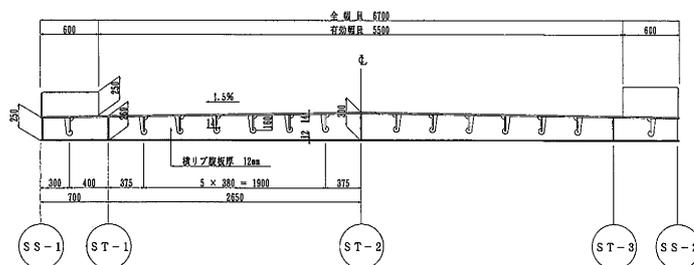


図-9 F橋 取替え鋼床版構造⁷⁾

床版取替え工事の状況を写真-15に示す。昼間は交通を開放する必要があったため、夜間通行止めで工事が行われた。

床版取替え後16年経過した現況を写真-16に示す。パネル継手と思われる位置に橋軸直角方向の舗装のひび割れが部分的に発生している。なお、ダム湖に架かる橋で橋台付近の斜面が急峻のため、床版下面の調査を行うことができなかった。

3. 7 G橋⁹⁾

富山県の山間部に位置するG橋(写真-17参照)は、1958年に建設された吊橋である。建設後33年経過し、



(1) ジャッキビームによる床版撤去



(2) 鋼床版架設状況

写真-15 F橋床版取替え工事⁸⁾



写真-16 F橋 現況

RC床版の損傷が著しいこと、また耐荷力が不足していることから、1991年にRC床版から鋼床版への床版取替え工事が行われた。

本橋は幅員が5.5mと狭いため、工事に当たっては全面通行止めとせざるを得ないことから、工期短縮が求められ、取替え鋼床版を採用することで工事を40日間で完了させた。

デッキ厚は12mm、縦リブにUリブ(320×240×6mm)



写真-17 G橋 全景

を使用し、鋼床版パネルを縦桁と横リブに載せてHTBおよび現場溶接で接合している(図-10参照)。

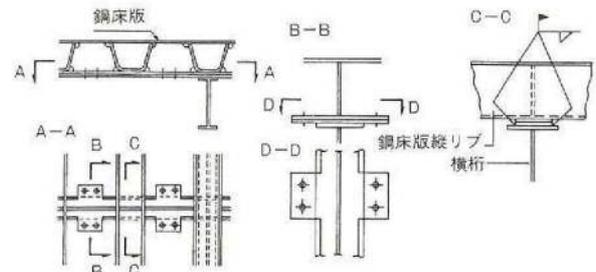


図-10 G橋 取替え鋼床版構造詳細⁹⁾

床版取替え後20年経過した現況を写真-18に示す。舗装には、轆掘れやひび割れは見当たらなかった。また、床版下面も健全であり、異常は認められなかった。

3. 8 H橋¹⁰⁾

H橋(写真-19参照)は、1962年に建設された吊橋である。交通量の増加に伴い、車線数を2車線から4車線に増すため、1990年、RC床版から鋼床版への床版取替え工事が行われた。補剛トラスの上に縦桁を載せる構造となっていたため、縦桁も含めて取替え工事が行われた(図-11参照)。

デッキ厚は12mm、縦リブにバルブプレートを使用している。

床版取替え工事の状況を写真-20に示す。本工事用に門型クレーンを作って、常時2車線確保しながら分割施工が行われた。

床版形式の変更により、死荷重が大幅に軽減するため、床桁の端支点到アップリフトが発生し、その対策が必要となった。また、鋼床版架設時の常時キャンバー管理と舗装熱がキャンバーに与える影響を事前に実験により検討した点などが特徴として挙げられる。

3. 9 I橋

I橋(図-12参照)は、1994年に建設された連続鋼



(1) 舗装



(2) 床版下面

写真-18 G橋 現況



写真-19 H橋全景

床版箱桁橋である。2011年に床版の拡幅工事が行われた。

デッキ厚は12mm、既設橋の縦リブはUリブであるが、拡幅部にはバルブプレート（230×11mm）を使用している。

床版架設時の状況を写真-21に示す。

3. 10 まとめ

調査の結果、取替え鋼床版の採用理由は以下の通りであった。

- ① RC床版の劣化・損傷
- ② 設計活荷重増大（基準の改定）への対応
- ③ 耐震性向上（基準の改定）

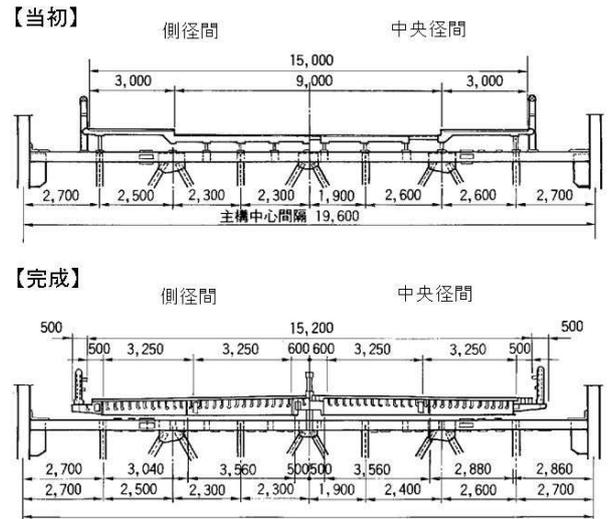


図-11 H橋 取替え前後の鋼床版構造¹⁰⁾



写真-20 H橋床版取替え工事

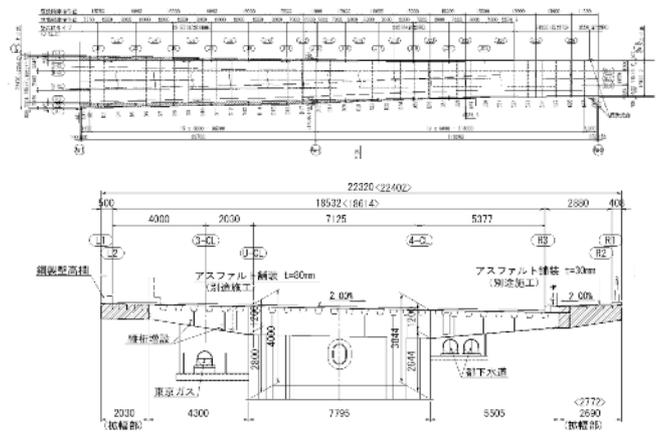


図-12 I橋 構造一般図

- ④ 床版拡幅

また、取替え鋼床版の調査結果一覧を表-1に示す。殆どが大型車混入率の高い重交通路線にあるが、現在



写真-21 I 橋床版拡幅工事

も概ね問題なく供用されている。なお、鋼床版パネルの連結方法により舗装のひび割れや漏水が見られる場合があること、橋面排水についても十分注意することがさらなる耐久性向上につながると考えられる。

RC 床版の劣化・損傷が顕在化してきた橋梁は、建設後 40～50 年経過し、古い基準で設計されているものが多く、活荷重や大規模地震に対する安全性が低い可能性が高い。このような場合、現行基準に適合させるためコンクリート系床版の版厚を大きくして死荷重を増大させると、主構造や支承、下部構造の補強が大掛かりとなることがあり、取替え鋼床版の採用により橋梁全体の補強を軽減することが経済的となる可能性が大きいと考えられる。

床版取替え工事における留意事項をまとめると以

下の通りである。

- ① 工事中の交通確保
- ② 既設桁の出来形確認
- ③ 施工ステップで変化する既設桁の形状への対応と安全確保
- ④ パネル継手の品質確保（疲労、漏水、舗装への配慮等）

4. 米国における取替え鋼床版事例

米国では、長大橋を中心に鋼床版橋梁が多い国の一つである。特に、死荷重低減を目的にコンクリート系床版から鋼床版への取替え事例が多く、取替え鋼床版に関する研究も精力的に行われている。そこで、文献調査を中心に、米国における取替え鋼床版の事例を以下に報告する。

4. 1 Golden Gate 橋¹¹⁾

Golden Gate 橋（写真-22 参照）は、1937 年に竣工し、1985 年に鋼床版に取替えられ今日に至っている。支間長は 343m+1280m+343m である。

図-13 に床版取替え前と取替え後の断面を示す。デッキプレートの橋軸直角方向の継手があるため、新設鋼床版は補剛トラス桁と合成した挙動をしていない。デッキプレートの継手付近は補強されておらず、その上の舗装は劣化している（写真-23 参照）。隙間の空い

表-1 日本における取替え鋼床版調査結果

	A 橋	B 橋	C 橋	D 橋	E 橋	F 橋	G 橋
舗装の状況	パネル継手に沿ったひび割れ	鋼床版特有のひび割れは認められず	鋼床版特有のひび割れは認められず	縦方向ひび割れと部分的な補修跡あり	鋼床版特有のひび割れは認められず	パネル継手に沿ったひび割れ	鋼床版特有のひび割れは認められず
疲労き裂	認められず	認められず	認められず	疲労き裂によると思われる補修跡あり	認められず	—	認められず
腐食・塗膜劣化	めっきの白さびが発生しているが、腐食は認められず	健全	塗膜劣化が進んでいるが、腐食は認められず	健全	健全	—	健全
パネル間の接合	異常なし	異常なし	異常なし	異常なし	異常なし	—	異常なし
主桁との接合	異常なし	異常なし	異常なし	異常なし	異常なし	—	異常なし
留意点	床版撤去時のキャンパーの戻り量	床版撤去時の桁の横倒れ座屈		カバープレートの現場溶接	RC 床版との接合部	昼間交通開放時の路面状態（現場継手部等）と出来形管理	
構造上の特徴	HK スラブ、PL リブ	合成桁、Bulb リブ	Uリブを橋直方向に配置	パネル継手を主桁・横桁上とし、カバープレートにて現場溶接接合、CT 形鋼	RC 床版の部分取替え、PL リブ	デッキ厚 14mm、上路アーチ橋、Bulb リブ	吊橋、Uリブ



写真-22 Golden Gate 橋

デッキパネルは地震の影響を受けやすいことが示されている。

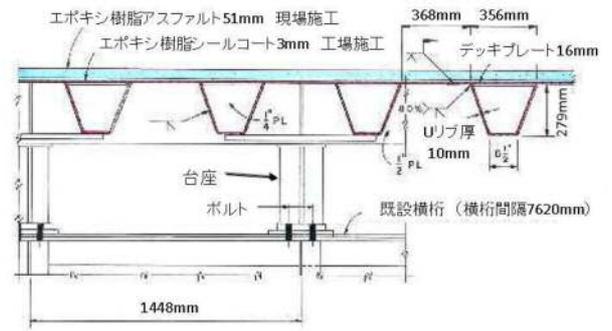


図-14 取替え後の鋼床版の構造詳細¹¹⁾

デッキプレート厚は 16mm で、縦リブは高さ 279mm、厚さ 10mm のUリブであり、横リブを貫通しない構造になっている。デッキプレートは、AASHTO の設計基準の荷重を用いて設計されている。

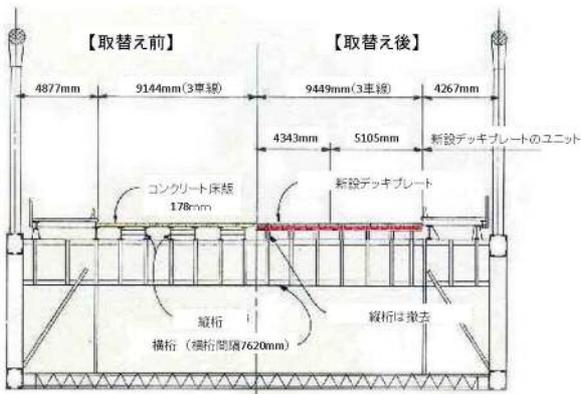


図-13 床版取替え前と取替え後の断面¹¹⁾

4. 2 Williamsburg 橋¹²⁾

Williamsburg 橋 (写真-24 参照) は、1903 年に竣工し、1996 年に鋼床版取替え工事が始まった。鋼床版化することにより、内側車線、外側車線ともに軽量化した。新しいデッキプレートは、横桁に支持されている (図-15 参照)。



写真-23 舗装の劣化



写真-24 Williamsburg 橋

た継手の撤廃、あるいはその数を減らすことが検討されている。

デッキプレートの橋軸方向の連結板に少し錆が見られることを除けば、新設鋼床版は良好な状態である。

図-14 に新設鋼床版の構造詳細を示す。取替え後の鋼床版は、既設横桁の上の台座 (高さ 600mm) を介して支持されている。1991 年の T. Y. Lin International の研究により、高さのある台座に支持された不連続な

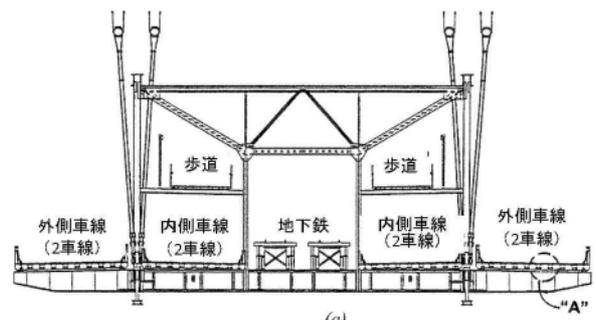


図-15 床版取替え後の断面¹²⁾

外側車線のデッキプレートとブラケットは、ボルト接合することを想定して別々に製作された（図-16 参照）。この設計に対する疲労強度を確認する実験がリーハイ大学で実施され、特徴ある溶接部の詳細を採用することになった（図-17 参照）。リーハイ大学では、鋼床版の詳細構造の検討にあたり、FEM 解析に加えて実物大の鋼床版模型や実橋での載荷試験を実施した。載荷試験では、詳細構造の異なる2つのオプションを比較検討している。オプションAは、横桁側の溶接を下端からエンドタブ25mmを含めて102mmの区間を完全溶け込み溶接とし、その後、最少半径13mmの円弧によりエンドタブ部に滑らかにすりついている。オプションBは、すみ肉溶接によりバルクヘッドおよび横桁ウェブが溶接されており、横桁側は下端6mmが未溶着となっている。検討の結果、実橋にはオプションAが採用された。交差部の詳細を写真-25に示す。

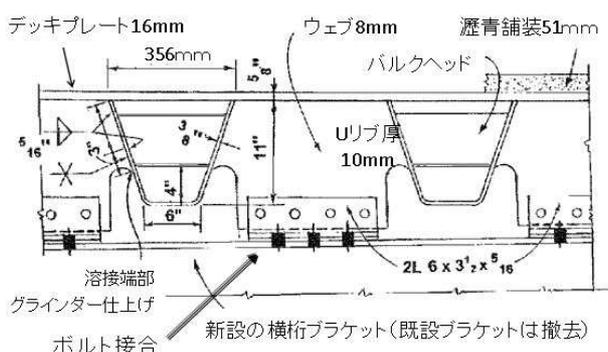


図-16 “A”部（図-15）詳細¹²⁾

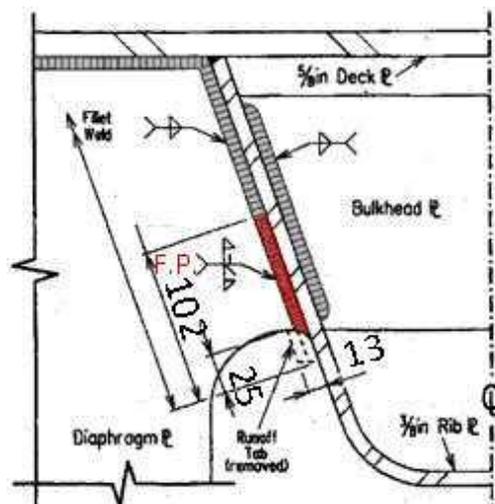
製作の難易度、特別な溶接の詳細および架設の問題のため、新設鋼床版の価格は他の標準的な工事と比べて割高となっている。

4. 3 Bronx Whitestone 橋¹²⁾

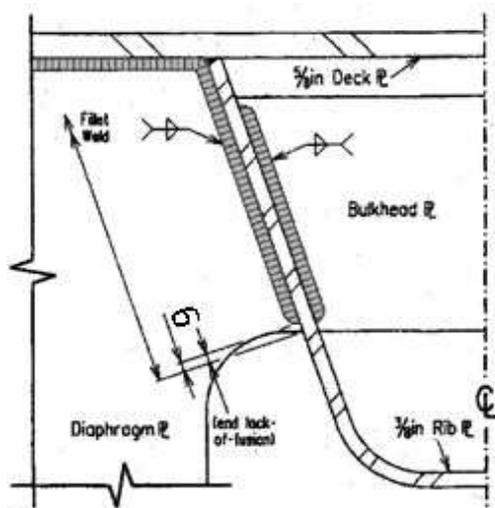
Bronx Whitestone 橋（写真-26 参照）は、当初4車線で設計されたが、後に6車線に拡幅された。

活荷重が増大し、メインケーブルも劣化していたため、床版取替えに当たっては軽量化が最も重要な要求事項であった。

新設鋼床版と既設部材との接合方法は、2通り考えられている。まず、図-18のように、既設横桁の上フランジと新設鋼床版をボルト接合する方法がある。また、図-19のように、既設横桁の上フランジを撤去し、新設鋼床版と既設横桁ウェブと接合する方法もある。



(a) オプションA



(b) オプションB

図-17 溶接部の詳細¹⁴⁾



写真-25 交差部の詳細

図-19の方法で接合すると、縦リブ横リブ交差部の大きな局部応力の発生を防ぐことができる。また、高さのある縦リブを採用することが可能となり、薄い舗装



写真-26 Bronx Whitestone 橋

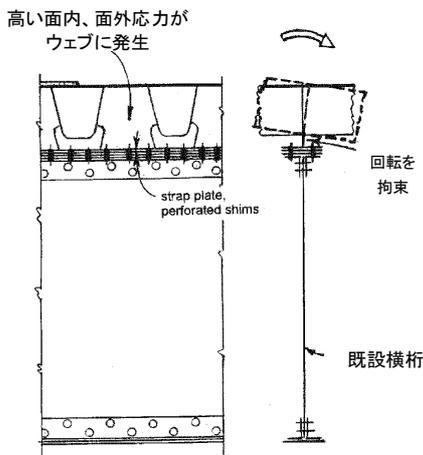
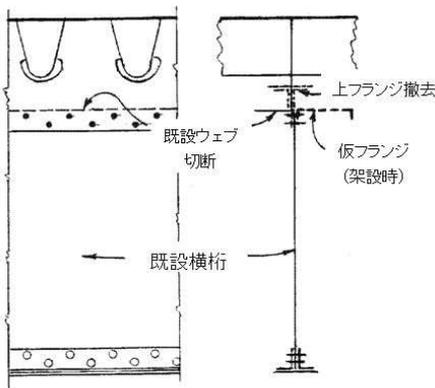


図-18 既設横桁上フランジと接合¹²⁾



利点: 高さのある縦リブを採用可能、
死荷重低減、疲労強度向上

図-19 既設横桁ウェブと接合¹²⁾

を適用するデッキプレートの剛性確保につながる。

交差部の構造詳細を図-20 に示す。従来、閉断面リブの内側にバルクヘッドを設けることが一般的であったが、Bronx Whitestone 橋以降は、バルクヘッドに替えて内リブ設ける構造が採用されている。

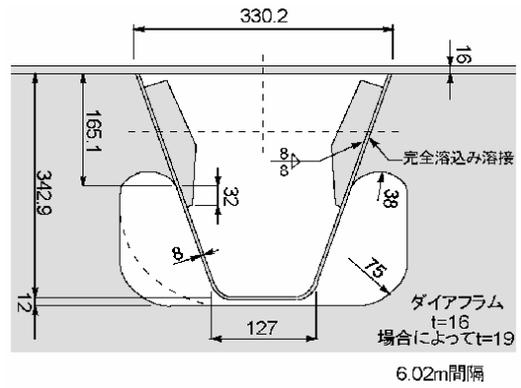


図-20 交差部の構造詳細¹³⁾

5. 取替え鋼床版に関する米国調査

5. 1 調査の概要

前述の通り、米国では主に長大橋における死荷重の軽減を目的として、多くの鋼床版への取替え事例がある。この内ニューヨークでは、Williamsburg 橋や White Stone 橋など、数橋で取替え工事が行われている。

当協会では、このように取替え鋼床版の実績の多い米国のうち、ニューヨーク市を訪問し、鋼床版の疲労に関する情報や取替え鋼床版の事例収集を行うこととした。

今回我々は、ニューヨーク市を中心にニューヨーク・メトロポリタン都市圏における鉄道やバス、橋梁、トンネルなどの公共輸送を運営する、独立公益会社 MTA (Metropolitan Transportation Authority) を訪問した (写真-27 参照)。



写真-27 MTA 訪問

MTA では、図-21 に示すように、ニューヨーク周辺の主な橋梁のうち、マンハッタン島とクイーンズ地区やブロンクス地区等を結ぶ、7つの橋梁と2つのトン

ネルの運営と管理を行っている。

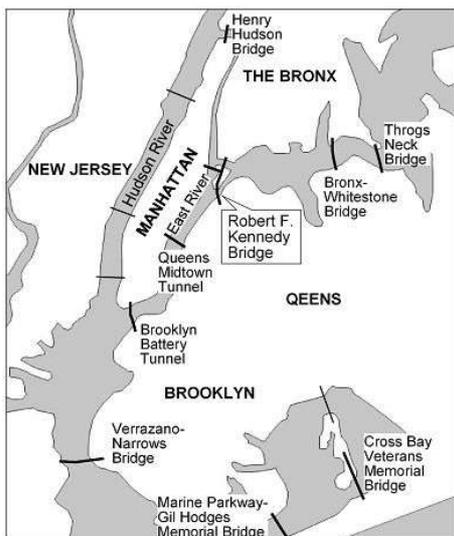


図-21 MTAの運営・管理施設

訪問は、2013年6月にカリフォルニア州で開催された、第3回鋼床版国際会議に先立って実施した。

5.2 現地ヒアリング

現地調査に先立って実施したディスカッションでは、MTA側から維持管理および建設部門の技術者4名が出席して行われた(写真-28参照)。



写真-28 ディスカッション風景

自己紹介の後、MTAから、公社が管理する橋梁のうち、2000年代に鋼床版への取替えがなされたRobert F. Kennedy橋(以下、RFK橋)の工事概要について説明がなされた。

当協会からは、日本における鋼床版の疲労と、これらの問題に対する取り組み、維持点検手法等について紹介を行った。

MTAでは、取替え後の鋼床版では疲労損傷が大きな問題となっていないことから、維持管理面における舗装の劣化と鋼床版の疲労との関係の重要性に、より大

きな関心が示された。

5.3 現地調査

ディスカッションに引き続き、鋼床版への取替えがなされたRFK橋の現地調査を行った。

RFK橋は、旧称をTriborough橋と言い、1936年7月に開通した約5.6kmの道路を構成するQueens吊橋、Bronxトラス橋、Harlem River可動橋の3橋の総称である(写真-29参照)。これらの橋梁は、Randall's島を中心に、マンハッタン、クイーンズ、ブロンクスの各行政区を結んでいる。



写真-29 RFK橋

今回の調査では、これら3橋のうち、Bronxトラス橋の取替え鋼床版の視察(写真-30参照)と、Queens吊橋(写真-31参照)とHarlem River可動橋(写真-32参照)の路面状況の確認を行った。



写真-30 Bronxトラス橋

Bronxトラス橋は、橋長465mの可動橋であり、Bronx地区とRandall's島とを結んでいる。オリジナルの床版構造は、トラス橋部が25mm厚の舗装付きのバトルデッキであった(図-22参照)。バトルデッキとは、I形



写真-31 Queens 吊橋



写真-32 Harlem River 可動橋

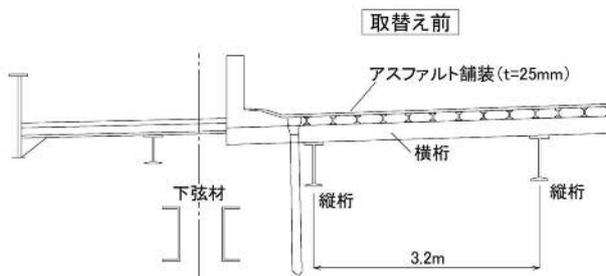


図-22 オリジナルの床版構造

鋼の横桁と縦桁を組み合わせた上に、10mm～19mm 程度の鋼板、すなわちデッキプレートを搭載した床組構造である（図-23 参照）。なお、Harlem River 可動橋部もオリジナルはBronx トラス橋と同様のバトルデッキ、Queens 吊橋部は鉄筋コンクリート床版であった。

開通当初、年間 1,100 万台程度の交通量であったが、現在では、1日 17 万台以上、年間で 6,400 万台もの交通量となり、市内の交通の要所としての機能を有するようになった。そのため、過酷な条件下の床版や床組構造に著しい損傷が生じるようになったことから、1997 年から 5,500 万ドル以上の費用をかけて、大規模

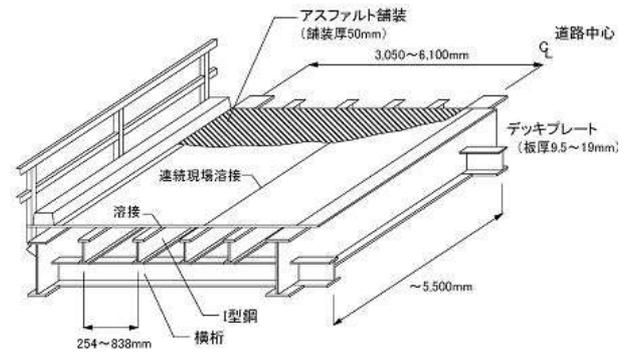


図-23 バトルデッキの構造例

修繕が行われた。また、2002 年からは、鋼床版への取替えが行われた。

Bronx トラス橋では、図-24 に示すような鋼床版構造が導入された。横リブとの交差部位置に 19mm 厚のバルクヘッドを内蔵し、幅 280mm×高さ 203mm×板厚 11mm の Uリブを、16mm のデッキプレートに取付けた鋼床版構造である。縦リブと横リブ交差部の溶接は、上部 38mm がすみ肉溶接で、下部 51mm が完全溶け込み溶接となっている。

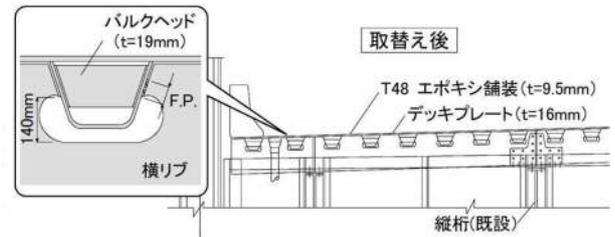


図-24 Bronx トラス橋の鋼床版取り替え

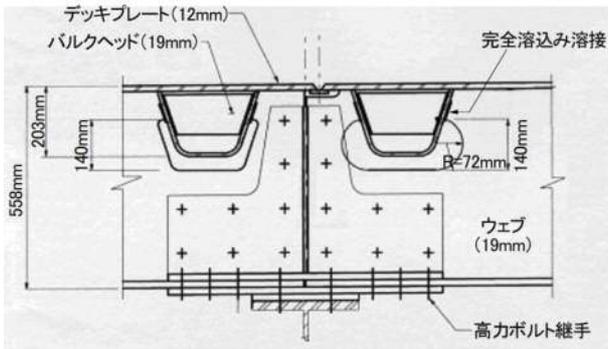
取替え鋼床版は AASHTO に示される HS-25 荷重で設計され、活荷重たわみは、縦横リブに対して L/500 以下、デッキプレートに対して L/300 以下と規定された。

鋼床版構造の検討にあたっては、リーハイ大学において実験的、解析的検討が行われ、詳細構造が決定された（図-25 参照）。

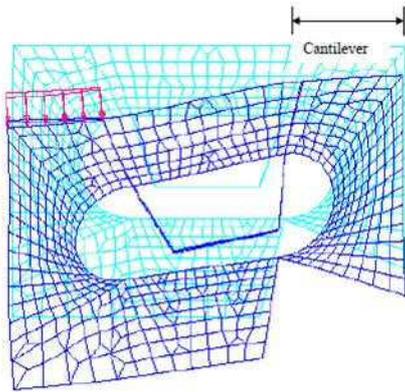
写真-33 は、Bronx トラス橋と同様の鋼床版が導入された、Queens 吊橋での床版取替え工事の状況である。

工事は、全 8 車線のうち 1 車線のみを交通規制しながら、補剛トラス部分にガーダーを設置したクレーンにより、鋼床版パネルを敷設する工法が採用された。

Queens 吊橋では、取替え鋼床版パネル (22,080m²) が、標準寸法 3m×18m、重量 13.6t のパネル約 400 枚に分割され、交通規制が最小限となるよう施工された。取替えに要した費用は 147 億円で、パネルは韓国の現



(1) プロトタイプ鋼床版構造



In-plane bending

(2) 縦リブ横リブ交差部の解析例

図-25 解析的検討例



写真-33 オリジナル床版の敷設

代グループが製造し、アメリカンブリッジ・Skanska Koch JVにより施工された(写真-34 参照)。

写真-35は、Harlem River 可動橋での床版取替え工事の状況である。自走式の門型クレーンが導入され、架設用の梁を用いて取替え鋼床版を現地に敷設している。可動橋部の鋼床版は、上海松尾鋼結構有限公司(当時)で製造されたものである。

3期施工としてBronx トラス橋の床版取替えが行われ、2004年にリニューアル工事は完了している(写真-36 参照)。



写真-34 鋼床版の敷設



写真-35 Harlem River 可動橋の鋼床版取り替え



写真-36 Bronx トラス橋の鋼床版取り替え

Bronx トラス橋における取替え鋼床版の詳細を写真-37 に示す。本橋では、既設の縦桁の上に取替え鋼床版が載る形式となっている。横桁と縦桁の取合い部は、ウェブと縦桁下フランジで連結するタイプと、縦桁フランジを切り欠き、ウェブのみで連結するタイプがある（写真-38 参照）。また、取替え鋼床版のパネル端部の連結部からの漏水により、既設橋の横桁上フランジに錆が発生していた。パネル間のジョイント部については、鋼床版パネルが不連続となり漏水も見られることから構造上の弱点となりやすく、取替え鋼床版の設計にあたっては十分に注意が必要であることを示している。



写真-37 Bronx トラス橋の取替え鋼床版構造

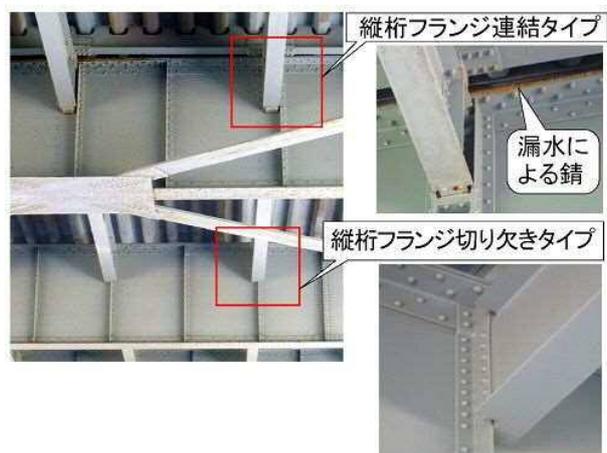


写真-38 縦桁と横桁の取合い構造

MTA によれば、Queens 吊橋の取替え鋼床版において、輪荷重直下の縦桁と横桁の継手部構造が鉛直方向の挙動に対して不十分な構造であることが判明したことから、新しい構造への変更が計画されているとのことであった。

Bronx トラス橋の調査の後、走行車両内から路面の観察を行った（写真-39、写真-40 参照）。これらの取

替え鋼床版の舗装は、9.5mm 厚の T-48 低ポリサルファイド系エポキシポリマーコンクリートが工場施工にて適用されたが、供用後に層状剥離が生じたため、現在は薄層のメチルメタクリレート (MMA) 樹脂舗装に置き換えられている。RFK 橋は、日交通量が 17 万台を超える重交通路線であるが、問題となるような舗装の劣化は確認できなかった。



写真-39 Harlem River 可動橋



写真-40 Queens 吊橋

6. おわりに

以上、日本と米国における取替え鋼床版事例について紹介した。以下に纏める。

- ① 日本では、S48 年道路橋示方書より古い基準で設計された重交通路線の鋼橋で、床版の著しい損傷により床版補修工事が多数行われている。一部では、橋梁本体の安全性（耐荷力、耐震性）も考慮して、鋼床版への取替え工事が行われている。
- ② 米国では、長大橋の死荷重軽減を目的とした鋼床版への取替え工事のニーズが高い。
- ③ 今後日本では、大規模更新工事や古い基準で設計された多くの橋梁で、床版の取替えが必要と

なる。

- ④ 橋梁の安全性、床版拡幅等による使用性能向上、現場工期短縮等から取替え鋼床版のニーズは高まると考えられる。

この様なことから、日本橋梁建設協会では、日米の取替え鋼床版に関するデータを収集、整理し、鋼床版の発展に寄与したいと考えている。

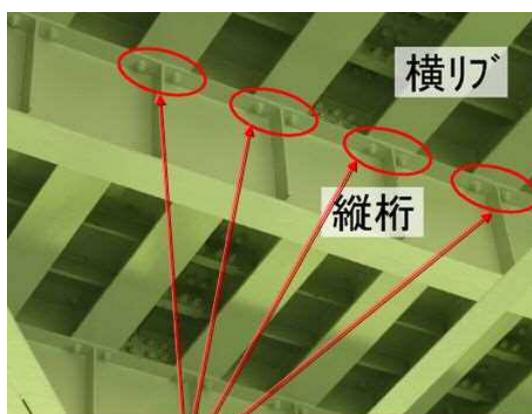
【附録】

本報告では既設桁との接合について、連続と断続という表現をしている。連続とは、**附録写真(1)**の通り、取替え鋼床版に桁高の低い主桁を設け、その主桁と既設桁を全長に渡って接合する構造であり、断続とは、**附録写真(2)**の通り、取替え鋼床版の横リブなどと既設桁を接合する構造である。横リブは既設桁と交差するので、交差する箇所のみ接合することとなる。また、フィラープレート在所々に配置して接合する場合も断続としている。



取り替え鋼床版に主桁(縦桁)を設け、既設の主桁(縦桁)と全長に渡って接合

(1) 連続



直交する横リブと縦桁(主桁)で接合

(2) 断続

附録写真 既設桁との接合

【参考文献】

- 1) 国土交通省道路局：道路構造物の現状（橋梁），国土交通省道路局 HP より
- 2) 首都高速道路株式会社：首都高速道路の更新計画について（平成 26 年 6 月 25 日），首都高速道路 HP より
- 3) 鈴木透、石川正信：既設 RC 床版取替え工法の設計と施工報告，技報まつお No. 42，pp. 74-78，2002. 4.
- 4) （一社）日本橋梁建設協会：HK スラブー取替え鋼床版ーパンフレット
- 5) 新田芳孝：建設省中国地方建設局「新観音橋」床版張替工事，石川島播磨技報第 25 巻第 5 号，pp. 330-335，1985. 9.
- 6) 大日方忠勝，森国夫：鋼床版パネルによるコンクリート床版橋の復旧，橋梁と基礎，pp. 41-45，1985. 4.
- 7) 永見研二，高橋亘：裾花大橋の補修設計について，宮地技報 No. 13，pp. 89-93，1997. 12.
- 8) 冠敬，黛泰宏：橋体の補強および鋼床版への取替工事（裾花大橋），宮地技報 No. 14，pp. 68-73，1998. 12.
- 9) 中崎俊三：連続鋼床版による大渡橋（吊橋）の床版取替工事，川田技報 Vol. 11，pp. 168，1992. 1.
- 10) 宮下泰，坂東正治，加藤靖：若戸大橋の鋼床版拡幅工事，日立造船技報第 52 巻第 1 号，pp. 104-110，1991. 5.
- 11) Roman Wolchuk：ORTHOTROPIC DECKS WITH LONG SPANS，Proceedings, Orthotropic Bridge Conference, Sacramento, 2004.
- 12) Roman Wolchuk：The Use of Orthotropic Decks in Redecking of Bridges, ENGINEERING JOURNAL, FIRST QUARTER, 2001.
- 13) S. Camo and Q. Ye: Design & Testing for the Orthotropic Deck of the Bronx Whitestone Bridge, OBC, pp. 616-624, 2004. 8
- 14) 土木学会：鋼床版の疲労 2010 年改訂版，2010. 12.