

タイ国・ノンタブリ橋のレトロフィット工事

道路・交通部 部長 佃 誠太郎

道路・交通部 上席調査役 保田 敬一

1. はじめに

バンコク市内を流れるチャオプラヤ川に架かるノンタブリ橋(Nonthaburi Bridge)は 1958 年に架橋された。ノンタブリ橋はタイ交通省 (Ministry of Transportation: MOT) 道路局 (Department of Highways: DOH) が管理している国道上にある橋であり、交通量も多く、近隣に離宮があるなど重要な橋梁であるが、建設後 62 年が経過し、損傷の進行が顕著になってきている。架け換え案も検討されたが、予算的な制約や新橋を架ける場合の用地取得の問題、架け替える際のアプローチ部との取り合いの関係(高さ制限等)などから、補修・改修工事(DOH では「補修・レトロフィットプロジェクト」と呼んでいる)を行うこととなった。

本報ではDOHの案内により、このノンタブリ橋・レトロフィットプロジェクトを現地視察する機会を得たので、その結果を紹介する。

2. ノンタブリ橋・レトロフィットプロジェクトの概要

プロジェクトの概要を表－1に示す。また、ノンタブリ橋の位置図を図－1および図－2に示す。

ノンタブリ橋は、チャオプラヤ川を横過する主径間に鋼単純トラス 4 連(支間長:65m×4 連)、取付部橋梁は右岸側・左岸側ともに PC 単純 I 桁橋が 2 連(支間長:25m×2 連)となっている。

DOH 側の説明によると、国道 307 号線の交通量は 10 万台/日とのことであったが、現場を見る限りそれほど交通量があるという印象はうけなかった。

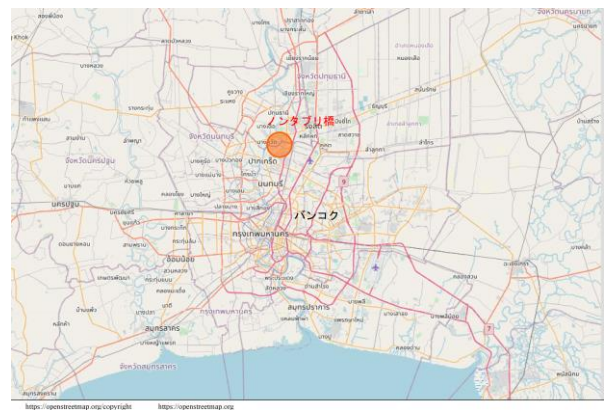
3. 工事に関する所見

(1) 主径間

現地視察の前に、DOH によるプロジェクト工事の概要説明があった(写真－1参照)。

表－1 プロジェクトの概要

事業主体	交通省 (MOT: Ministry of Transportation) 道路局 (DOH: Department of Highways)
事業名	Nonthaburi Bridge Repair and Retrofit Project
施工業者	共同企業体 (DSK建設, シタデル社)
路線名称	国道307号線
形式	主径間: 鋼単純トラス橋4連 (4@65m=260m) 側径間 (右岸側・左岸側共): PC単純I桁橋2連 (2@25m=50m)
幅員	道路幅員: 11.7m, 橋梁幅: 16.4m
橋梁位置	ノンタブリ州とバトゥムターニー州の境 (チャオプラヤ川を横過)
事業費	1億4,694万9千バーツ (約5億1,300万円)
工期	2019年4月30日～2020年10月20日 (540日間)
事業内容	アスファルト・オーバーレイ, 伸縮装置の交換, アプローチ部橋梁のひび割れ補修, コンクリート台座および支承の交換, 主橋梁部の鋼材プラスト・再塗装, ガードレールの塗装, トラス橋の鉛直部材補修, EIAの実施など



図－1 ノンタブリ橋位置図(1)



図－2 ノンタブリ橋位置図(2)

橋の全景を写真－2に、トラス桁部分の橋面を写真－3に示す。下路橋は拡幅が容易にできないため、片側4車線で使用している車線部を上下線時間帯で切り替えて工事期間中は3車線で使用している。トラス弦材付近の工事用スペースは両側同時施工すると3車線確保ができないため、片側ずつ工事している。

鋼単純ワーレントラスは最近では採用されることはなく、今では珍しいリベット構造である(写真－4参照)。床組より上の部位は孔食の発生している鉛直部材を除いて、水・土砂堆積や腐食もほとんどなく、水も溜まりにくい構造になっており、腐食損傷発生の可能性は低いと思われる(写真－4参照)。しかし、全体的に塗装は劣化が進行していて、塗膜割れ、錆発生などが目立つ

ようになってきている(写真－5参照)。また、床組より下の部分(斜材および桁端部)も腐食が発生していた(写真－6、写真－7参照)。

トラス部分で目立つ損傷はトラス鉛直材の孔食である(写真－8、写真－9参照)。しかも、発生部位が床版付近に集中しており、上方には孔食は発生していない。トラス鉛直材の半数以上がこういった局所的な孔食が発生している。トラス橋の場合、格点部に水が滞水することがあり、排水構造には注意を要するが、このノンタブリ橋の場合、現場で確認できる範囲内では格点部(滞水し易い下弦材と斜材との交点部)に水が滞水しているようなことはなかった。ノンタブリ橋で発生している孔食も、日本で2007年に発生した国道23号の木曽川



写真－1 DOHによる工事概要説明



写真－2 ノンタブリ橋の全景(桁下から)



写真－3 トラス桁部分の橋面



写真－4 トラス部斜材と上弦材の交点付近
(ほとんど腐食無し)

大橋のトラス斜材破断のような斜材と RC 床版との接合部における不具合(腐食など)と類似している。コンクリートと鋼材との接合部というのはどうしても弱点になり易い。接合部の隙間は経年から水や劣化因子が侵入し易くなるためである。接合部には水が入ってこないように止水する、あるいは鋼材と RC 部材とを縁切りして水が流れるような処理をするなどをすれば延命化も可能になると思われる。また、再塗装の際の素地調整は重要である。ブラスト、1 種ケレンまで適正に実施しないと

直ぐに腐食が発生するようになるため、延命化の際は注意を要する事項である。さらに、長寿命化のためには塗装系の見直し(A 塗装系～C 塗装系)も検討すべきであろう。

説明者の DOH:Dr. Sukit Yindeesuk によると、単純ワーレントラス部の鋼部材孔食の原因は釣り人が放置(仮置き)する餌に含まれる塩分と推察されるとのことである。日本のように冬期に凍結防止剤の散布はなく、この地点は海岸線からかなり離れているため、塩害の影



写真-5 斜材の塗膜劣化



写真-6 トラス橋のリベット構造
(トラス下弦材より下、支承付近)



写真-7 トラス桁の桁端部

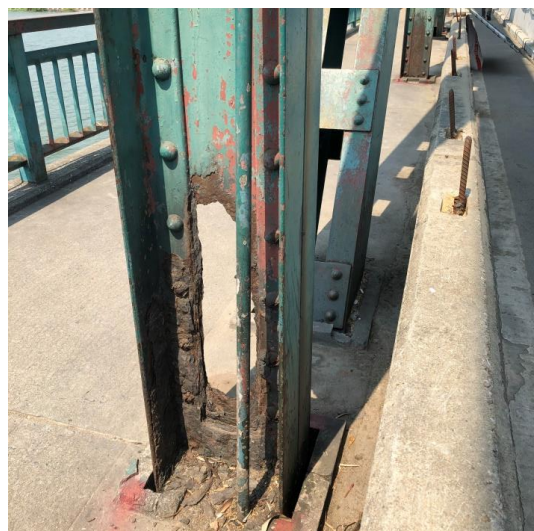


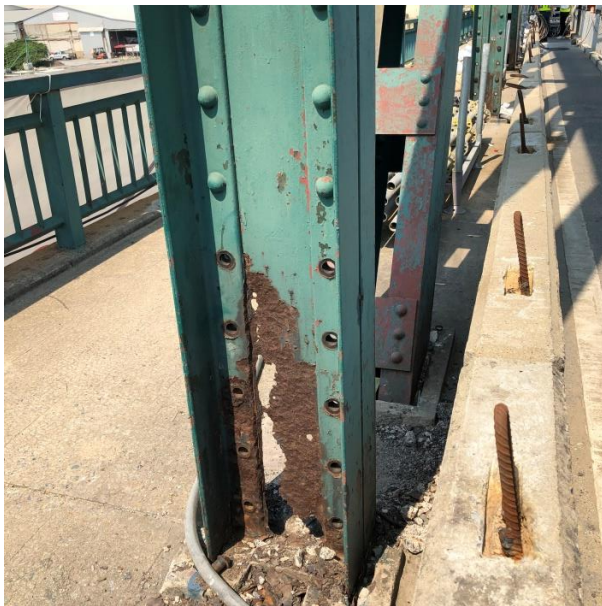
写真-8 トラス鉛直材の孔食(1)

響はほぼないといってよい。また、孔食発生部位が鉛直部材に多い原因は不明とのことである。ただし、鉛直材だけでなく、斜材の床版周辺にも進行した腐食が確認されているため(写真－10)、放置すると鉛直材を同様に孔食が発生する可能性は高いと思われる。

補修は特殊な工法を使っているわけではなく、オーソドックスに孔食部分の除去、当て板補強(ボルト添接)で行われていた(写真－11参照)。

また、車両の衝突による部材の変形も少なからず確認された(写真－12参照)。DOH の説明によると、こういった変形は放置しても強度面からは問題はなく、かつ、補修することが難しいので対処しないとのことである。

単純ワーレントラス部の支承は写真－13に示す鋼製ピンタイプ(固定)と鋼製ピンローラー(可動)であるが、ピンタイプの支承は腐食等発生がなく、機能は保



写真－9 トラス鉛直材の孔食(2)



写真－10 トラス部の斜材の腐食状況



写真－11 鉛直材補強用の当て板



写真－12 衝突による部材の変形

持していると思われる。ただし、今後の塗装塗り替えは必要である。

(2) アプローチ部

アプローチ部の PC 橋補修は進行するひび割れ損傷への対処という名目である。桁端部の近接目視の結果、経過年数(62 年)の割に主桁コンクリート部分は健全である。写真－14に示すように損傷は横桁や桁端部に集中している(主にひび割れ)。横桁コンクリートのひび割れ対策はエポキシ樹脂注入にて補修している。

既存のゴム支承は機能不全(材料劣化)になっており、本プロジェクトでも交換が予定されている。支承取り換えのためのジャッキアップ工事が行われており、桁を

支える鋼製台座の写真を写真－15に示す。

(3) その他

工事現場主任の説明によると、レトロフィットの工程管理は概ね順調で、少しの遅れが発生している程度である。

交換予定の伸縮装置(鋼製)が事務所に仮置きされていたが(写真－16参照)、交換には片側交互通行規制が必要で、かなり時間がかかると予想される。全面通行止めにできれば交換工期は格段に早くなる。

DOH の説明では、今回のレトロフィット工事により 30～40 年の延命化が可能になるということであった。

一般的にレトロフィットの方が架け替えよりもコストは



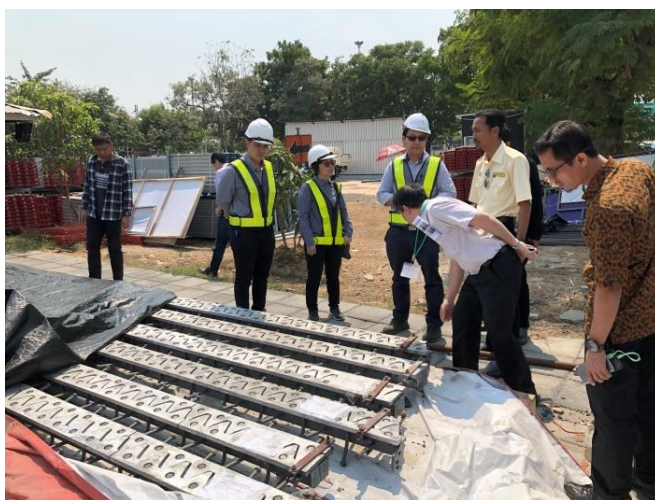
写真－13 トラス部の鋼製ピンタイプ(固定)支承



写真－14 PC 桁・横桁部のひび割れ箇所(補修済み)



写真－15 コンクリート桁用の鋼製台座



写真－16 交換される予定の鋼製伸縮装置(仮置き)

縮減できる。DOH の説明でも今回の大規模補修で架け替え案とレトロフィット案を比較したが、レトロフィット案の方が安価になったことが大きな要因とのことであった。また、1 章でも述べたように、架け替える場合、迂回路の設定も難しいという問題もある。しかしレトロフィット案を採用する場合、その寿命が問題となる。今回のレトロフィットにより一定程度の機能回復は期待できるが、今後どこまで寿命を延ばすことができるかは DOH のメンテナンス体制に依存すると思われる。延命化の方策として、事前の説明では今後ヘルスマonitoringシステムの導入を考えているとのことであったが、近接目視点検を頻繁にやらないとまだモニタリングシステムの代替にはならないと思われる。

また、説明資料では橋脚が損傷をうけているということであったが、現場での確認はできなかった。

タイではレトロフィットという名称を使用しているが、日本では元の状態に戻すことを補修(リペア)といい、ある種の機能を付加し、アップグレードすることをレトロフィットと定義している¹⁾。鋼製の支承を減衰が期待できるゴム製弾性支承に取り換えることは橋全体の構造系を改善し、振動に対する抵抗を付加するという意味でアップグレード、すなわち、レトロフィットといっても差し支えないであろう。この点は今後 DOH にも確認する必要がある。

4. 更なる情報収集に向けて

レトロフィットは工事にあたっての様々な制約条件、部材の劣化状況などが現場ごとに異なるため、かなり難易度は高いと想定される。ノンタブリ橋の場合は交通供用下における補修工事作業と品質確保であろう。今後、我々技術者が海外におけるレトロフィット工事にて参考となる情報を共有していくためにも、以下に示す内容について更なる情報収集を図っていきたいと考える。

- ・ノンタブリ橋のレトロフィット案、架け替え案を比較した際の両者の概算費用

- ・交通供用下での補修は工事の品質に影響を与える

ため、橋全てを通行止めして補修する案での品質と交通供用下での品質の差の検証:また、車両通行による振動の影響はもとより、応力発生下での溶接や部材接合は残留応力を増加させることが懸念される。日本の都市高速道路では1つの路線(約10km)を10日間全て通行止めにして所定の施工品質を確保している。これまでの都市高速道路での経験から、交通供用下で補修するより通行止めして補修する方が施工の品質が向上することが確認されている。

- ・日本では橋の寿命を100年と想定し、その間に延命化工事、長寿命化工事をしている。タイでの橋の寿命の設定方法

- ・今回の現地視察では床版より上を中心に見学し、補剛桁より上方の部材は鉛直材下部の孔食を除いて健全であるという印象をうけた。トラス橋のような下路形式の橋ではRC床版より下にある床組み(横桁、横構など)に腐食や亀裂が発生するケースがよく見受けられるが、ノンタブリ橋ではそのような損傷は顕在化しているか。

- ・供用年の長い橋ではよくRC床版の損傷が問題になる。特に交通量が多いとされるノンタブリ橋のトラス部のRC床版では損傷(ひび割れ、剥離、鉄筋露出、遊離石灰など)は顕在化しているか。また、これまでの点検でRC床版の損傷が発生したという記録の有無

- ・ノンタブリ橋のトラス部の鉛直部材、斜材の孔食は今回のレトロフィット工事で補修・部材取り換えを行うが、再発防止策(例えば、釣り人用に餌を橋の上に直接置いたり、放置したりしないような案内を設置)は考えているか。

- ・想定している塗装の塗り替え周期

- ・タイで他にレトロフィットを計画している橋の概要

- ・モニタリングシステムの概要に関する情報収集:一般的にはレトロフィット工事をした橋は補修の前後で橋の剛性や挙動が変化するので、工事後の経過観察としてひずみ測定、変位計測などを継続的に行うが、そのようなモニタリングシステムの計画の有無

- ・タイの橋の維持管理シナリオ(予防保全で管理され

ているのか、事後保全で管理されているのか)

- ・ノンタブリ橋における下部工や基礎の損傷の有無、顕在化と損傷進行の程度

- ・点検マニュアル(タイでは長大橋ごとに点検マニュアルを作成しているか)

- ・過去の支承取り換え履歴: ノンタブリ橋・鋼トラス桁の支承は鋼製(ピン形式、ローラー形式)であるが、これまでに支承の取り換えはしているのか、また、今回のレトロフィット工事で鋼製からゴム支承への取り換えは検討したのか。なぜなら、日本における橋の長寿命化工事では支承をゴム形式に取り換える事例が多いためである。

- ・工事における安全対策

5. おわりに

交通供用下でのレトロフィット工事は様々な制約があり、品質面、工期面など問題が多い。諸外国でのレトロフィットの事例を収集することにより、本邦技術の向上、様々な条件ごとにクリアしなければならない課題と対策の整理に繋がることが期待できる。こういった工事に関する情報は海外工事に携わる技術者・関係者間で共有することが望まれる。

なお、今回のレトロフィット工事の案内は時間の制約から、十分な情報を取得できとは言えないため、引き続いて情報収集に努めていきたいと考えている。

謝辞

ノンタブリ橋のレトロフィット工事の説明および現場見学を快く引き受けてくれたタイ国・DOH の Dr. Sukit Yindeesuk、Dr. Pattharin Sarutipand、Ms. Kamolthip Yoojaroensuk、Dr. Bhanitiz Aursudkij にはここに記して謝意を表する。

参考文献

- 1) 三木千壽: 橋梁のアセットマネジメントとレトロフィット、JICE REPORT、Vol.18/10.12、pp.1～17、2010