

鋼構造と橋に関するシンポジウム

鋼橋の大規模修繕・大規模改築に関する 調査研究小委員会

委員会活動報告

平成28年8月4日

水口 和之

委員会設置の目的と背景

【背景】

- 国内外における、鋼橋の長寿命化、機能向上などを目的とした大規模な修繕や改築工事の増加と各道路管理者における大規模修繕・更新への取り組みの開始
- 既設橋の修繕・改築事業は、一般に構造物を活かしながらの施工となるため、工法に限られたり、施工プロセスが複雑
- 各施工段階での安全性や使用性を、下部工への影響も含めたうえで確保しなければならないため、高度な設計技術や判断が必要
- 作業空間や作業時間の制約、通過車両や歩行者の安全の確保、周辺への環境対策など、施工にあたって種々の配慮が必要

【小委員会の目的】

上記のような高度で多面的な技術は、過去の経験から学べるところが大きいことから、国内外で行われた大規模修繕・大規模改築の事例を収集、分析したうえで、工法選択の考え方、設計の考え方、具体的な施工法、困難を克服するための技術や工夫などを整理し、大規模修繕・更新の計画や設計を行う技術者へ情報を提供してとりまとめることを目的に設置された

委員会構成と活動経緯

- 委員長 水口 和之
- 幹事長 石井 博典
- 連絡幹事 芦塚 憲一郎

○委員

【大学】
長山 智則、宮下 剛、田井 政行

【高速道路会社】
森 健太郎、築山 健二、松井 陸行

【建設コンサルタント】
熊谷 清貴、羽根 航、前田 和裕

【橋梁、鉄鋼、支保メーカー】
江崎 正浩、末峰 弘樹、今井 隆、大坪 恭
北川 淳一、高嶋 純一、高木 優任、橋 肇、渡辺 陽二

【前委員】
岡 俊蔵、加藤 寛之、西端 紀次、吉川 正城

平成25年7月より3年間、上記のメンバーにてほぼ3ヵ月に1度のペースで委員会を開催

委員会報告書の内容

【解説編】

第1章 鋼橋の大規模修繕・大規模更新について

- 1.1 大規模修繕・大規模更新の背景
- 1.2 鋼橋の大規模修繕・大規模更新の定義
- 1.3 各インフラ管理者における大規模修繕・大規模更新の検討
- 1.4 鋼橋の大規模修繕・大規模更新工事の特徴
- 1.5 鋼橋の大規模修繕・大規模更新の意思決定と将来動向

【事例編】

第2章 大規模な構造改良工事の事例

第3章 大規模な床版取替工事の事例

第4章 海外における大規模な構造改良工事・床版取替工事の事例

「大規模更新」「大規模修繕」の定義について

	大規模更新	大規模修繕
首都高速	○既存の構造物を全て新たな構造物に作り替える工事 (2年以上)	○既存の構造物を構造種別単位 (床版) で新たな構造物に作り替える工事 ○既存の構造物を構造部材単位 (支保、高欄等) で新たに作り替える工事
NEXCO	○既存の構造物を構造種別単位 (床版) で新たな構造物に作り替える工事 (1年程度)	○損傷した構造物の性能・機能を回復するとともに、新たな損傷の発生を抑制し、構造物の延命化を図る工事
阪神高速	補修を実施しても、長期的には機能が保てない本体構造物を再施工することにより、本体構造物の機能維持と性能強化を図るもの。	本体構造物を補修・補強することにより性能・機能を回復するとともに、予防保全の観点も考慮し、新たな変状の発生を抑制し、本体構造物の長寿命化を図るもの。
国土交通省	古い設計基準により建設された構造物等で構造物の健全性低下が極めて著しく、必要水準まで引き上げるため全体的に更新を行う行為 (代替路整備を前提、1年程度の交通規制を伴う行為)	古い設計基準により建設された構造物等で健全性低下が著しく、必要水準まで引き上げるため大規模な修繕や部分的に更新を行う行為。また、新たな損傷発生を抑制し長寿命化を図る行為 (1週間~6ヶ月程度の交通規制を伴う行為)
国土交通省	橋梁の架替など、構造物の再施工により、性能・機能の維持・回復・強化を図るもの	橋脚の補強など、構造物の一部の補修・補強により、性能・機能の維持・回復・強化を図るもの

大規模修繕・大規模更新の背景

ワトキンス調査団 (昭和31年)

日本の道路は信じがたいほど悪い。工業国にして、これほど完全にその道路網を無視した国はない。



↓

終戦直後の日本の道路の状況

- 本格的な道路整備の始まり
- 道路特定財源の制度化 (昭和29年)
- 高速自動車国道の整備スタート (昭和32年)

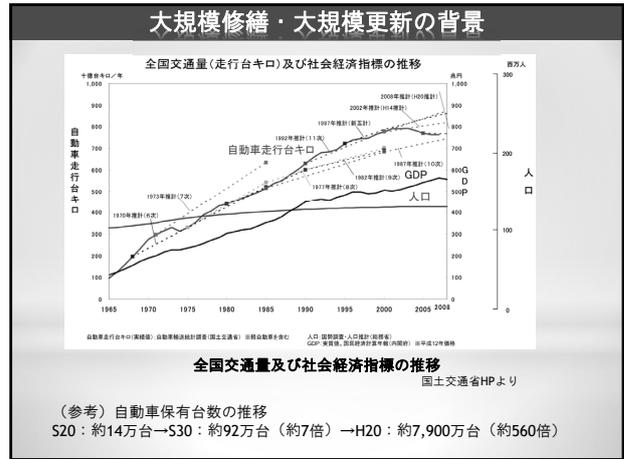
出典: 「ワトキンス調査団名古屋・神戸高速道路調査報告書」

(参考) 一般国道改良率S30: 35.0%
一般国道舗装率S30: 13.6%

大規模修繕・大規模更新の背景

	閣議決定	背景	基本目標	開発方式等
全国総合開発計画(一全総)	昭和37年10月5日	○高度成長経済への移行 ○進大都市圏、所得格差の拡大 ○所得倍増計画(太平洋ベルト地帯構想)	地域間の均衡ある発展	拠点開発方式
新全国総合開発計画(新全総)	昭和44年5月30日	○高度成長経済 ○人口、産業の大都市集中 ○情報化、国際化、技術革新の進展	豊かな環境の創造	大規模開発プロジェクト構想
第三次全国総合開発計画(三全総)	昭和52年11月4日	○安定成長経済 ○人口、産業の地方分散の兆し ○国土資源、エネルギー等の限られた環境の顕在化	人間居住の総合的環境の整備	定住構想
第四次全国総合開発計画(四全総)	昭和62年6月30日	○人口、諸機能の東京一極集中 ○産業構造の急速な変化等により、地方圏での雇用問題の深刻化 ○本格的国際化の進展	多極分散型国土の構築	交流ネットワーク構想
21世紀の国土のグランドデザイン	平成10年3月31日	○地球時代(地球環境問題、大競争、アジア諸国との交流) ○人口減少・高齢化時代 ○高度情報化時代	多軸型国土構造形成の基礎づくり	参加と連携 一多様な主体の参加と地域連携による国土づくり

全国総合開発計画の比較
国土交通省HPを参照



大規模修繕・大規模更新の背景

経済成長を支えるための道路インフラの整備とともに、東名高速道路や一般国道でのRC床版の損傷が顕在化

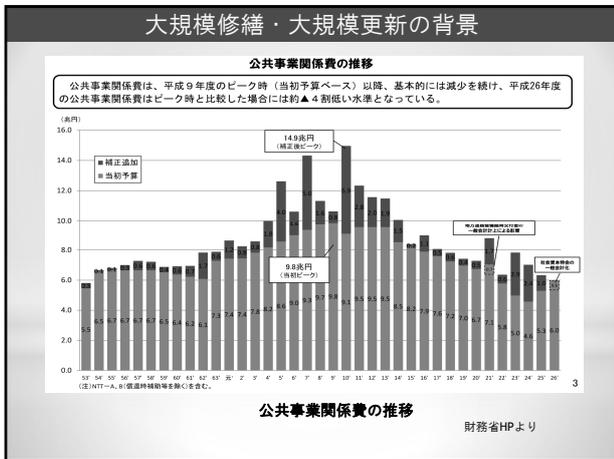
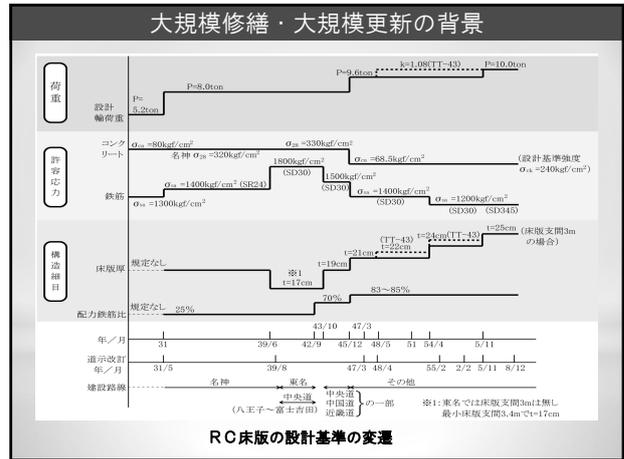
RC床版、桁や二次部材の疲労損傷、防食など、現場での損傷実態や維持管理に関する調査研究成果を技術基準に反映し対応

現在の技術基準は、耐用年数100年を実現するため、耐久性・維持管理性に配慮した内容となっている。

一方で、過去に建設された膨大なインフラストックを適切に維持・修繕・更新し、できるだけ少ない国民負担で、「安全なインフラ」を提供することが求められている

RC床版の損傷

予防保全的維持管理の概念を導入した「大規模修繕・大規模更新」の検討・導入



大規模修繕・大規模更新の背景

道路の老朽化対策に関する取組みの経緯

- 電子トンネル天井板落下事故[H24.12.2]
- トンネル内の道路附属物等の緊急点検実施[H24.12.7] : ジェットファン、照明等
- 道路ストックの集中点検実施[H25.2~] : 第三者被害防止の観点から安全性を確認
- 道路法の改正[H25.6] : 点検基準の法定化、国による修繕等代行制度創設
- 定期点検に関する省令・告示 公布[H26.3.31] : 5年に1回、近接目視による点検
- 道路の老朽化対策の本格実施に関する提言[H26.4.14]
- 道路メンテナンス会議 設立[H26.4~] : 地方公共団体の取組みに対する体制支援
- 定期点検要領 通知[H26.6.25] : 円滑な点検の実施のための具体的な点検方法を提示
- 定期点検に関する省令・告示 施行[H26.7.1] : 5年に1回、近接目視による点検開始

国土交通省における道路の老朽化対策の経緯
国土交通省HPより

鋼橋の大規模修繕・大規模更新工事の特徴

1. 鋼橋の劣化現象

桁端部の腐食 主桁の疲労き裂 大地震による桁端の変形

車両衝突による変形 火災による損傷 高力ボルトの遅れ破壊

突発的な事象、ボルト継手に限定された損傷を除けば、代表的な劣化は腐食と疲労

適切な維持管理によりこの2つを防止すれば、鋼は材料の劣化は生じない。

鋼橋の大規模修繕・大規模更新工事の特徴

2. 鋼橋の劣化曲線

(1) 一般的な劣化曲線 (2) 補強を伴った鋼橋の劣化曲線

- 腐食、疲労を防止すれば、材料自体の経年劣化はない。
- 補修により新設時と同程度の性能とすることが可能。
- 補強により新設時以上の性能とすることも可能。

適切な維持管理により新設時の性能を維持し続けること、
新設時以上の性能を付与できることが鋼橋の特徴

鋼橋の大規模修繕・大規模更新工事の特徴

3. 鋼橋の補修補強

溶接による補修 高力ボルトによる腐食部の補修・補強 高力ボルトによる疲労き裂の補修・補強

- 補修補強時の部材接合方法として、主に溶接接合と高力ボルト接合がある。
- 補修補強現場での溶接接合は姿勢、材料、振動など比較的、難易度が高い。
- 高力ボルト接合は現場接合方法として実績も多く、品質も安定。
- 今後は接着接合などの新技術にも期待。

鋼橋の大規模修繕・大規模更新工事の特徴

4. 高力ボルト接合を生かした補修・補強工事

鋼製橋脚への補強板の取付例 鋼床版縦リブの取替事例

- 現場継手として数多くの実績がある。
- 姿勢や作業者の技量に寄らない。
- 摩擦面を適切に処理すれば、被接合材の材質に左右されにくい。
- 現場での施工性が良好である。既設部材の切断、孔明けが容易である。
- 溶接継手で問題となる疲労強度が高い。

既設鋼構造物の補修・補強を比較的容易に、高品質にできる！
(いわゆる切った、貼ったができる！)

鋼橋の大規模修繕・大規模更新工事の特徴

4. 高力ボルト接合を生かした補修・補強工事

著しい腐食部への当て板事例

高力ボルト接合により、損傷部に補強材を取り付けることで、
新設時の性能以上とすることも可能

鋼橋の大規模修繕・大規模更新工事の特徴

4. 高力ボルト接合を生かした補修・補強工事

取替前：腐食した連続する単純桁の桁端部 取替後：桁端部を全て取替、連続化

腐食した桁端部の取替、単純桁の連続化事例

既設橋の一部を切断、撤去し、新たな部材を高力ボルトで
取り付けることで、部材の一部を完全に取替えることも
比較的容易にできる。

鋼橋の大規模修繕・大規模更新工事の特徴

4. 高力ボルト接合を生かした補修・補強工事

Step I 水平鋼材系直線鋼材の取付け
Step II バイパス板の取付け (取付けは高力ボルトにて施工する)
Step III 鋼材にストッパーを施工 鋼橋長さの確保
Step IV 腐蝕フランジ切断
Step V 取替と部材の取付け 鋼橋鋼材取替後の下フランジ増長 高力ボルトにて鋼橋鋼材取替後のバイパス板取付
Step VI 下フランジにカバープレートを取付け

腐食した主桁の一部のバイパス工法による取替

鋼橋の大規模修繕・大規模更新工事の特徴

4. 高力ボルト接合を生かした補修・補強工事

➢ RC床版取替時、特に合成桁では主桁上フランジスタッド周りのコンクリート撤去が困難

床版と主桁上フランジ、ウェブの一部を同時に撤去（ウェブをガス切断）。ウェブで新規部材と高力ボルト接合することにより、施工性が著しく向上。

鋼橋の大規模修繕・大規模更新工事の特徴

5. 軽量という特徴を生かした補修・補強工事

➢ 鋼の比重はコンクリートより大きい、単位面積当たりの強度が大きく、同一性能を有する部材や構造物単位ではRCやPCに対して軽量である。

➢ 例えば鋼床版はRC床版と比較して重量が1/2~1/3と軽量であるため、RC床版取替時に新設床版に鋼床版を採用することで、耐震性が向上する、幅幅が可能になるなど、大きなメリットがある。

鋼橋の大規模修繕・大規模更新工事の特徴

5. 軽量という特徴を生かした補修・補強工事

➢ 鋼床版への取替事例：美川大橋

鋼橋の大規模修繕・大規模更新工事の特徴

5. 軽量という特徴を生かした補修・補強工事

➢ 鋼床版への取替事例：若戸大橋（報告書表紙参照）

鋼橋の大規模修繕・大規模更新工事の意思決定要因

1. 報告書で収集した50事例における工事理由

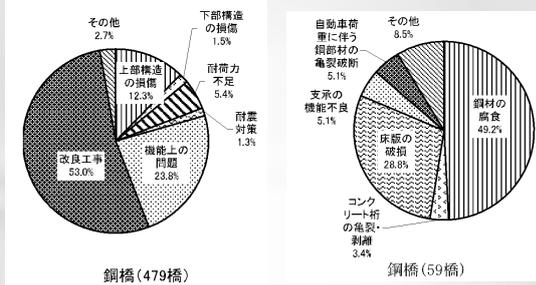
	大規模工事を実施した理由				合計	
	A	B	C	D		
全体(国内+海外)	17	12	14	7	50	
国内事例	構造改良	4	7	8	6	25
	床版取替	4	2	2	0	8
	合計	8	9	10	6	33
海外事例	9	3	4	1	17	

【工事理由】
 A:老朽化にともなう機能回復・修繕
 B:道路改良にともなう改築
 C:道路改良+老朽化にともなう改築
 D:その他(耐震補強、震災・火災復旧ほか)

➢ 国内の大規模工事事例の原因の多くをB:道路改良とC:道路改良+老朽化が占める。
 ➢ 床版取替については半数の4件が老朽化が理由であるが、構造改良については老朽化のみを理由にしたものは少ない。

鋼橋の大規模修繕・大規模更新工事の意思決定要因

2. 鋼橋の架け替え理由



- 国内の鋼橋架替え理由の多くを道路改良、機能上の理由が占める（77%）。損傷によるものは約14%。
- 損傷による架替え理由では、腐食が約50%と最も多い。床版の損傷が約3割。
→ 腐食は適切な維持管理で防げたはず・・・

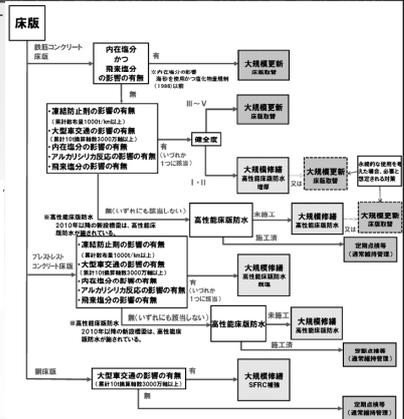
鋼橋の大規模修繕・大規模更新工事の意思決定要因

3. 床版取替の意思決定フロー (NEXCOのケース)

塩分の影響、健全度、ASRの影響、大型車交通量から、「定期点検対応」、「大規模修繕」、「大規模更新」を判断。

【健全度の区分】

健全度	変状や劣化の進行
I	問題となる変状がない
II	軽微な変状が発生している
III	変状が発生している
IV	変状が著しい
V	深刻な変状が発生している



今後の大規模修繕・大規模更新に向けての課題

- 事業マネジメント
全体計画の最適化と定期的な見直しによるコスト縮減、費用の平準化
- 道路管理者間の連携と地域住民への理解・協働の促進
大規模な交通規制を伴う可能性もあるため、周辺の道路管理者との協力や地域住民、観光産業などへの理解
- 橋梁点検の強化
効率的な事業の実施のため、健全性評価、将来の劣化予測の高精度化
- 技術開発の促進
耐久性の高い材料、構造の開発。工期短縮に向けた施工工法の開発
人員不足に対応するためのモニタリング技術、ロボット技術の開発
- 設計手法の高度化
必要最小限の対策で最大の結果が得られるよう、部分係数設計法の導入など、設計手法の高度化

今後の大規模修繕・大規模更新に向けての課題

- コスト縮減・工期短縮・事業効果の早期発現
社会影響の軽減のため、急速施工技術の開発、プレキャスト化、施工計画の工夫
- 技術力の確保および地方公共団体への支援
技術者確保、技術向上のための資格整備や技術者登録制度の充実。地方公共団体への支援制度の確立
- 選択的な維持管理計画
社会情勢の変化に応じた橋梁の集約化や撤去、選択と集中