

平成28年6月22日 11:30 ~ 12:00
「鋼構造物の長寿命化技術」に関する講習会

【第1部】

鋼構造物の長寿命化に関する調査、診断、劣化予測、長寿命化対策の基本

鋼構造物の対策技術

土木学会 鋼構造委員会
構造物の長寿命化技術に関する検討小委員会
WG3主査 重松 勝司(神奈川県)

1

土木学会 鋼構造委員会
構造物の長寿命化技術に関する検討小委員会

WG3〔鋼構造物の長寿命化技術〕

- | | |
|-----------|----------------------|
| • 芦塚 憲一郎 | 西日本高速道路株式会社 |
| • 阿部 雅人 | 株式会社ビーエムシー |
| • 大塚 洋 | 防食溶射協同組合 |
| • 小郷 政弘 | 株式会社ケー・アイ・ティ |
| • 柿沼 努 | 横河工事株式会社 |
| • 菅野 通孝 | 川田工業株式会社 |
| • 重松 勝司 | 神奈川県 |
| • 丹波 寛夫 ※ | 特例財団法人阪神高速道路管理技術センター |
| • 内藤 靖 ※ | 株式会社オリエンタルコンサルタンツ |
| • 広瀬 剛 | 東日本高速道路株式会社 |
| • 茂呂 拓実 | 特例財団法人阪神高速道路管理技術センター |
| • 山田 潤 | JFEエンジニアリング株式会社 |

(※は当時の委員)

2

WG3の成果

1. 鋼構造物の対策技術の現状

リスクマトリクスの視点から長寿命化に関する対策技術を把握する方法論を検討し、この視点から鋼構造物の補修・補強 技術を整理することを試みた。

2. 長寿命化技術の設計

長寿命化技術としての補修・補強に着目し、これらの設計に求められることを検討した。

3. 長寿命化対策の施工に関する留意事項

鋼道路橋について、設計された長寿命化技術を適切に施工するための留意事項を抽出・整理した。

4. 鋼構造物の長寿命化対策事例

予防保全型と事後保全型それぞれの長寿命化対策事例と、長寿命化のニーズを解決するために用いられた新たな技術シーズの適用事例を紹介した。

3

1. 鋼構造物の対策技術の現状

～長寿命化に関する対策技術の現状を把握する手法として
リスクマトリクスの視点を導入することを提案～

- なぜ長寿命化が求められるのか
 - ☑ 供用期間中には、寿命を阻害する様々な要因が発生
 - ☑ これらにより寿命を阻害されることがないように
- いつ長寿命化するか
 - ☑ 新規に構造物を計画・設計・施工する段階
 - ☑ 建設された構造物を維持管理する段階
- どのように長寿命化するか
 - ☑ [新規] 技術的基準に示される標準的考え方で計画・設計・施工
 - ☑ [維持管理] 設計当時に想定した要求性能や供用期間の変化、設計時には必ずしも明らかでなかった外力などの作用による早期の性能低下などに対して、点検や対策※を実施

※点検: 調査、性能評価、対策の要否判定
対策: 維持、監視、補修、補強、使用制限、取替など

4

• 何を把握すればよいか

☑ 寿命を阻害する要素が鋼構造物に影響を及ぼす強さ

... **リスク事象の発生確率**を知る

- ・要求性能の変化
- ・供用期間の変化
- ・外力などの作用による性能の低下

☑ リスク事象を受けた場合の影響の程度

... **リスクによる損失額**※を知る

〔※物質的な損失の他、社会経済に及ぼす影響も含む〕

• どのように対策技術の現状を把握するか

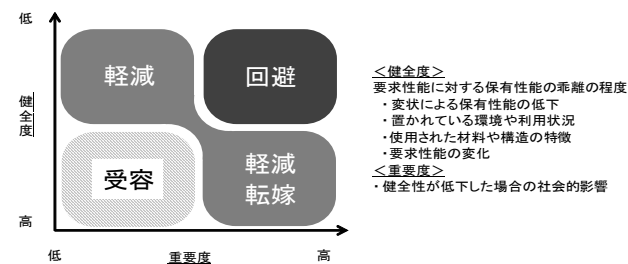
☑ リスクマトリクスで把握することを提案

・リスク事象の発生確率

≡ **要求性能に対する保有性能の乖離の程度** (健全度)

・リスクによる損失額

≡ **健全性が低下した場合の社会的影響** (重要度)



• どのように対策技術の現状を把握するか

☑ リスクマトリクスの4つのカテゴリー

【軽減】

構造物や構造物を構成する部材（以下、「構造物等」という）の保有性能が要求性能に対して低い状態であり、このまま対策をとらなければ将来的に致命的になることが予測される状態。
変状により低下した保有性能を補修するなどして回復させたり、置かれている環境や利用条件を変更したりするなどの対応をとる。

【受容】

構造物等の保有性能は要求性能に対して然程悪くなく、重要度も比較的に低レベルにある状態である。
措置を行わずに、定期点検を行うなどして、リスクを受容。

【回避】

構造物等の重要度が最高レベルでかつ、構造物等の保有性能が要求性能に対して著しく低い状態。
このカテゴリーになることが想定される場合、このカテゴリーになることをあらかじめ回避。

【軽減】

構造物等の保有性能は要求性能に対して然程悪くないもの（健全度は低～中）、構造物等の重要度が中～高レベルにある状態。
構造物等の機能的な位置付けを見直すなどの対応をとる。

【転嫁】

構造物等の保有性能は要求性能に対して然程悪くないもの、構造物等の重要度が中～高レベルにある状態。
万一のリスクの顕在化に備えて保険をかけたり、外部機関に運用を委託するなどの対応をとる。

• 長寿命化技術の選定の考え方

☑ 構造物等がリスクマトリクスのどこに位置するか

... **点検、調査技術等を駆使して状態を特定するとともに、機能的な重要度を把握**

☑ 将来的にはどこに移動していくか

... 将来どのような状態になるか **診断や劣化予測技術を駆使して予測**

☑ 最適な対策技術を選定

... **コスト、改善効果**(どれだけ性能が向上できるか)、**効果の持続性**(何年寿命を延ばせるか)などを考慮

... **類似構造物に対して、あらかじめ対策を検討することも**

- リスクマトリクスによる主なメリット
 - ☑ 構造物のおかれている**状況を客観的に把握**
(どのような対策が求められるのか)
 - ☑ 新たな**対策技術の開発**
(どのような状況に対して、どのように効くのか
どのような対策を組み合わせると効果的か など)
 - ☑ 相対的な**対策の優先性を評価**しやすい
- 課題
 - ☑ **計測すべき統一的指標**
 - ・健全度 → リスク事象の発生確率
 - ・重要度 → リスクによる損失額
 - ☑ **診断基準と予測手法の確立**
 - ☑ **対策技術の適用性や効果などの明確化**
(設計に求められることは何か)

2.長寿命化技術の設計

～鋼構造物の寿命を阻害する様々な要因に対して要求性能を満たすための**補修・補強設計に求める7項目を提案**～

- [現状] 設計において設計者が念頭に置くべきことが不明確
⇒ 一定の品質を確保するためには、
設計に求めることを整理する必要がある

- [提案] 補修・補強設計に求める7項目
(議論のたたき台として)

- ① **当該技術によりどれだけ長寿命化を図れるか明確にすること**
- ② **作用を適切に設定すること**
- ③ **当該技術の効果を評価する方法を明確にすること**
- ④ **設計計算を行う場合は解析手法を明確にすること**
- ⑤ **設計の前提となる材料や施工の条件を明確にすること**
- ⑥ **ライフサイクルコストを評価すること**
- ⑦ **維持管理方法を明確にすること**

…ご意見や反論など、多くの反響があることを期待します

(1) 当該技術によりどれだけ長寿命化を図れるか明確にすること

- ・新たに補修や補強技術を開発する際には、どのような条件のもとで
どれだけ寿命を長くできるかを明確にすべき。
- ・既存の補修や補強技術についても再評価を行うなどして、これらを
明確にすべき。

⇒あるいは、導入しようとする補修・補強技術に関して、過去の実績等
から目標とする標準的な年数を設定しつつ、そこに近づいたら詳細
調査を行うといったような、維持管理の考え方を明示すべき。

(2) 作用を適切に設定すること

- ・現に適用された材料の自重、環境特性、使用履歴などを供用期間中に
ある程度把握できる
- ⇒新規構造物を設計する際に存在していた各種の不確定さがある程度は
小さくできることを適切に考慮して設定

(3) 当該技術の効果を評価する方法を明確にすること

- ・寿命を阻害する要因に対して、その程度やメカニズムを踏まえながら、
どのようにしてその要因を解消できるのか、その考えは何によって
担保し得るのかを明確化。

⇒理論的に考案された解決策を適用し、その後の維持管理を通じて
確認してきた実績により効果を検証できる場合は、この範囲において
当該技術の効果が担保。

⇒新技術では実績が無いため、研究段階で蓄積したデータの公表や、
それらにかかる公的機関での技術認定等が重要。

⇒当該技術の適用に伴う、他の部位や構造全体への影響、さらには
周辺環境へ及ぼす影響についても、適切に評価。

(4) 設計計算を行う場合は解析手法を明確にすること

・設計計算により効果を評価する場合は、変状の状態に応じて、新設当初とは異なる部材の材料特性や構造の幾何学的特性、支持条件等、実態を適切に評価して、外的作用に対する構造物の挙動を適切に再現できる解析手法を選定していることを明示

⇒有限要素解析で得られる応力の算出結果の設計への反映方法等、解析方法ごとに結果の取扱いやその評価の方法について十分な検討が必要

(5) 設計の前提となる材料や施工の条件を明確にすること

・使用する材料は所要の特性を有するとともに、安定した品質が確保されていることが確認できること、それらを実現するための施工方法が確立されていることが、使用上の前提条件

13

(6) ライフサイクルコストを評価すること

・補修や補強対策後に実施すべき維持管理のシナリオを可能な限り明確に想定して、それらの費用を積算

⇒個々の構造物の変状や作用環境、構造形式や使用材料にかかる特徴などを踏まえて劣化予測

⇒個々の部材・部位の補修・補強対策だけに着目してLCCを評価するだけでなく、構造物全体として経済的となるよう配慮すること、さらには、当該構造物を含むシステム全体(例えば橋梁でいえば、「当該橋梁を含む区間や路線全体」として経済的となるよう配慮

14

(7) 維持管理方法を明確にすること

・導入しようとする補修・補強技術に関して、過去の実績等から目標とする効果(どれだけ寿命を長くできるか、どれだけ性能を回復できるか等)を設定し、その後の維持管理を通じてこの効果をチェックすることが重要

⇒当面はこのようにして長寿命化技術の導入を推進し、技術開発や設計体系の見直しに活用できるデータを蓄積していくこと

⇒維持管理において、何に着目して、どの程度の頻度で、何をどのように確認するか(どのような計測機器を用いて、どのようなデータを計測するか)など、維持管理方法をあらかじめ明確に設定すること

15

3.長寿命化対策の施工に関する留意事項

～長寿命化技術を適切に施工するための留意事項を鋼橋で例示～

- 補修・補強工事の特殊性

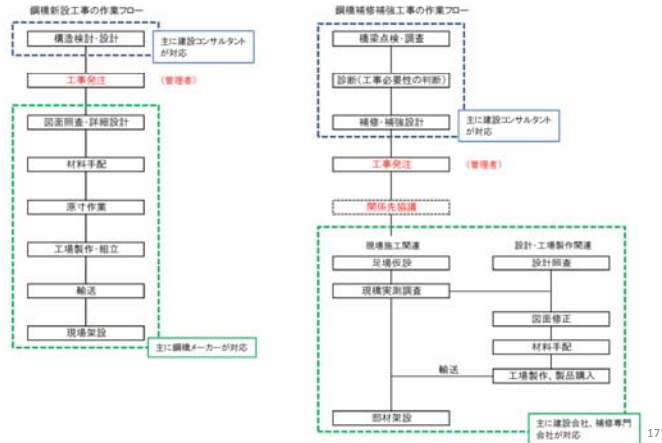
- ☑ 供用されていること(使用を中断できない)
- ☑ 高度な専門性(新設の設計・製作・架設、過去の技術基準、当時の材料や施工技術など)
- ☑ 様々な施工上の制約
 - ・小規模、短時間
 - ・作業空間、作業姿勢
 - ・夜間作業
 - ・機材の運搬、設置
 - ・関係機関協議 など

16

3.長寿命化対策の施工に関する留意事項

● **補修・補強設計の段階で留意すべき事項**

☑ **新設工事と補修・補強工事の作業フローの違い**



17

3.長寿命化対策の施工に関する留意事項

☑ **実測寸法の反映, 製作段階での柔軟な変更対応**

(ボルト位置の計測)

(孔位置の写真計測)



- ☑ **鋼材や製品の**手配期間**の確保**
 - ・通常2~3ヶ月の入荷期間を考慮
 - ・2次製品の鋳型製作期間を考慮

18

3.長寿命化対策の施工に関する留意事項

☑ **添架物や部材の**取り合い**に配慮**

(箱桁内の状況)



(作業足場と干渉する配管類)



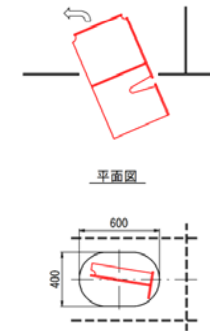
19

3.長寿命化対策の施工に関する留意事項

● **施工計画の段階で考慮すべき事項**

☑ **作業スペース(作業姿勢, 機材運搬・設置位置)**

(箱桁内へのマンホールからの部材取り込み)



20

3.長寿命化対策の施工に関する留意事項

☑ 部材の運搬

(足場上の運搬台車)



- ・重機が使用できない
- ・運搬経路にも制約がある

(トロリーによる引き込み)



☑ 品質管理基準

⇒作業の安全性, 効率性, 品質などの確保を

21

まとめ(WG3の成果)

1.鋼構造物の対策技術の現状

リスクマトリクスの視点から長寿命化に関する対策技術を把握する方法論を検討し、この視点から鋼構造物の補修・補強技術を整理することを試みた。

2.長寿命化技術の設計

長寿命化技術としての補修・補強に着目し、これらの設計に求められることを検討した。

3.長寿命化対策の施工に関する留意事項

鋼道路橋について、設計された長寿命化技術を適切に施工するための留意事項を抽出・整理した。

4.鋼構造物の長寿命化対策事例

予防保全型と事後保全型それぞれの長寿命化対策事例と、長寿命化のニーズを解決するために用いられた新たな技術シーズの適用事例を紹介した。

22