

レジリエントな橋梁維持管理の課題整理

大日本コンサルタント株式会社 正会員 ○堀口 武寛
 一般社団法人リペア会 正会員 廣瀬 彰則
 香川大学 正会員 岡崎 慎一郎
 香川大学 名誉会員 白木 渡

1. 目的

道路橋示方書 (H29. 7) の改定では、「部分係数設計法」を採用することで、多様な設計が可能となったが、新設橋梁を対象としており、既設橋を含めた耐久性能照査は適用外とされている。一方、供用年数が50年を超える橋梁が増加する中、橋の機能低下、部材の劣化・損傷に伴う性能低下に対しては、旧道路橋示方書 (H24. 3) や設計マニュアルなどに基づいて、補修・補強設計が行われている。また補修・補強設計の対象橋梁の選定は、定期点検結果と各自治体が策定した長寿命化修繕計画により実施されているものの、機能・性能低下の評価見や補修済箇所の再劣化発生などに伴い、順序や対策内容の見直し、さらには遅延が生じており、橋梁管理者にとっては課題となっている。本論では、現状の課題や対応方針について整理し、既設橋梁における維持管理のあり方ならびに方策について、レジリエンスエンジニアリングの観点から考察する。

2. 我が国の橋梁と管理者の状況

全国には、約73万橋の橋梁があり (図-1)、約半数の32万橋が、溝橋 (土盛り厚1m未満のボックスカルバート)、RC床版橋、H形鋼橋などの橋長/支間長2m~10m程度の小規模橋梁である。また、H30年道路種別別橋梁数データによれば、全橋梁の約65%は市町村が管理する橋梁であり、推定でも約23万橋 (市町村管理橋梁の2橋に1橋) が小規模橋梁に該当するため、少子高齢化、コロナ禍の社会条件の下では、橋梁維持管理費確保が厳しい状況にあり、対策工事のさらなる遅延により事故発生が懸念されている。

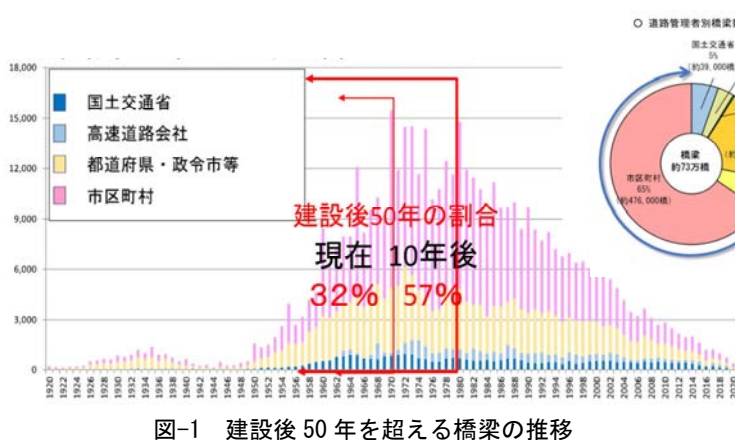


図-1 建設後50年を超える橋梁の推移

表-1 単純RCT桁橋の調査/照査結果

設計条件	調査/照査結果	
コンクリート圧縮強度	14N/mm ²	
中性化深さ	70mm>純かぶり	
鉄筋の純かぶり	20mm	
設計当時の活荷重 (推定)	400貫/坪荷重≒450kg/m ²	
照査で用いた大型車荷重	T-20 (輪荷重)	
曲げ応力度	復元設計	111N/mm ² <120N/mm ² (OK)
	T-20照査	177N/mm ² >120N/mm ² (OUT)

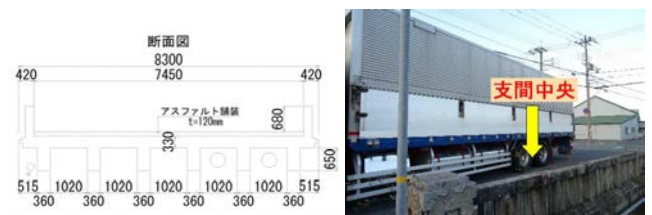


図-2 単純RCT桁橋の構造及び荷重状況

3. 100年経過した橋梁の延命化の課題

(1) 健全度評価と対策上の課題

ここでは事例として、表-1及び図-2に示す橋梁を考える。この単純RCT桁橋は、国道に架かる河川橋 (L=10m, W=8.3m, 400貫/坪荷重≒450kg/m²) として1918年に架設された。その後、国道新設に伴い、現在は市道として管理されている。運送会社が近傍にあり、本橋以外に大型車通行可能な迂回路は無く、A2橋台背面の交差点では一時停止の際、大型車後軸が支間中央に荷重される状況となっている。損傷は、T桁下面にひびわれ、外桁下面は雨水の影響によるはく離・鉄筋露出が確認されたが、鉄筋自体の腐食減耗は無く、橋梁健全度評価は“判定Ⅲ”であった。既設上部工の大型車荷重 (T-20) 荷重条件での耐力照査結果では、許容値超過を確認したことから“要補強”と判定したが、本橋での対策方針は長寿命化修繕計画での条件から、段階的な対策手順が採用され、『STEP①：補修対策、STEP②：補強対策、STEP③：新設橋架替え』と計画した。

キーワード 既設橋, 管理シナリオ, レジリエンスエンジニアリング, セーフティⅡ

連絡先 〒541-0058 大阪府大阪市中央区南久宝寺3-1-8 TEL 06-6121-5501

(2) “機能, 性能, 安全” の確保を行う上での課題

道路法では『道路管理者は、道路を常時良好な状態を保つよう維持し、修繕し、一般交通に支障を及ぼさないよう努めなければならない』と定められており、橋梁の寿命は概ね 50 年（減価償却資産の耐用年数などに関する大蔵省令（昭和 43 年））として論じられてきた。しかし、103 年経過した本橋では、運送会社が存続し、大型車の代替路線が確保されるまでは、現橋の“機能, 性能, 安全”の確保は必須である。このため補修・補強費用、架替え費用は、長寿命化修繕計画に最新データとして更新されるが、本橋以外にも想定外の対応、再劣化等を理由とする費用増が発生する傾向にあり、長寿命化修繕計画のスムーズな運営の障害となっている。さらに組織や個人の“無意識のバイアス”が優先度・対策に影響を及ぼすことが想定され、課題である。

4. レジリエンスエンジニアリングに基づく維持管理方針への移行

既設橋の維持管理は、道路橋示方書などの同一基準で“機能, 性能, 安全”を確保する方針に基づいており、レジリエンスエンジニアリングでは、従来の安全確保に基づいた“Safety-I”（表-2）に相当する。しかし、想定外の再劣化・費用増・順序見直し等が、従来の安全確保の障害となり、対策遅延に繋がっていると考える。

ここでは、レジリエンスエンジニアリングの“Safety-II”（表-2）に基づいた橋梁ごとの“管理シナリオ”の作成を提案する。ここで示す“管理シナリオ”とは、“機能, 性能, 安全”を確保のため、これまで通り補修・補強設計は実施するが、固有条件に応じて対策の優先度（早期, 先送り, 経過観察）を整理し、管理する手法である。この管理方針により、補修・補強工事費用を個々で適正に見直し、対象橋梁全体での予算再配分が可能になり、総額での増加を抑え、管理対象橋梁全体での“機能, 性能, 安全”を継続的に確保できる。

具体的には、塩害対策はかぶり厚さ・塩分浸透・鋼材発錆の関係は“Safety-I”より判定する。しかし、稀に鋼材発錆限界以上の塩化物イオン含有量がある場合でも、鋼材腐食が無い状態（厳密には不動耐皮膜破壊、微細孔食はある）が確認される場合がある。また、『塩害橋梁維持管理マニュアル（案）H20.4 橋梁塩害対策検討委員会/北陸地方整備局』では、“供用開始 30 年”、“鋼材腐食の有無”を補修方針の指標として整理されている。このような“損傷の実態に基づく管理”は、許容値を超過しても耐久性や一定限度の安全性が確保できる“Safety-II”の思想に基づいており、補修費用低減や合理的な管理に有効である。さらに、“供用開始 30 年”の設定など、不具合が確認されれば、見直しを行うことでレジリエントな対応も可能となる。

ただし、“Safety-II”の思想は、設計許容値や対策の先送りを安易に緩和するものではなく、現況での性能、耐荷力を可能な限り正確に把握する必要があるため、取り扱いには十分な注意が必要である。

表-2 Safety-I と Safety-II の安全概念（案）

Safety-I		Safety-II	
概念	”管理”に基づく安全	概念	”創造”に基づく安全
悪い結果が少ない状態	事故が無い状態	良い結果が多い状態	事故が無い状態
すべてが想定されたとおりに働き、人々が手順書に従うこと	完璧に安全な行為系列の確率、遵守、管理する対応	物事がうまくいくことを確実にすること	想定外により不完全な行為系列や効率要求により実行不可能な行為系列へ創造的対応
失敗事例に学ぶ	失敗事例に学ぶ	成功事例に学ぶ	失敗事例、成功事例に学ぶ
行為系列の欠落および確率	行為系列の欠落および確率	物事がうまくいくこと	創造的対応

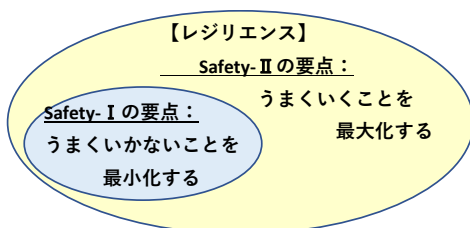


図-3 Safety-I と Safety-II との関係

5. まとめ

維持管理は損傷や耐力不足を遅滞なく補修・補強するのが理想かつ目標である。しかし、管理者（市町村）の予算・人材の不足を理由に対応が遅延が生じている。今後は、『予算・人材不足により遅延』⇒『課題と理由の明確化、優先・重要度に基づいた合理的対応』への移行が必要であり、架橋条件などによっては『未対策、使い切り、架替え、廃止』といった“新たな管理シナリオ”に基づいて補修・補強対策を実施し、既存の地域インフラ強靱化（地域レジリエンス向上）を目指し、橋梁の維持管理方針の共有化を図ることが大切である。

参考文献

- 1) 国土交通省, 政策・仕事: 道路: 維持管理: 道路の老朽化対策: 老朽化対策の取り組み, 2021年1月.
- 2) 枝廣: レジリエンスとは何か, 東洋経済新報社, 2015年3月. 3) E. Hollnagel (原著), 北村正晴 (翻訳), 小松原明哲 (翻訳): Safety - 1 & Safety - 2—安全マネジメントの過去と未来, 日科技連, 2015年11月. 4) E. Hollnagel 他 (編), 北村正晴 (監訳): レジリエンス・エンジニアリング—概念と指針—, 日科技連, 2012年11月.