

橋梁の維持管理に思う

Think about Bridge Maintenance Management

(株)橋梁メンテナンス代表取締役社長

President

興石 繁

Shigeru KOSHIISHI



これからは、橋梁の維持管理が大変重要になる時代である。わが国では高度経済成長に伴い、社会資本の整備が急速に進み、橋梁の数が大幅に増大した。特に1954年の第1次道路整備5カ年計画がスタートしてから、その数が急速に増加し、多いときには年間に4,000橋を超える橋梁が架設された年もある。

その結果、現在では15m以上の橋梁だけでも13万橋に達し、なお、毎年2,000橋に近い橋梁が架設されている。このような状況において、初期に架設された橋梁が高齢化し、橋梁の寿命50年と言われる年齢を2005年に迎えようとしている。

かつて、高度成長期には老朽化した橋梁は架け替えたら良いと言う時代もあった。しかし、新設橋の数を遥かに超える架け替え橋梁が発生するとしたなら、これは由々しき問題である。

1. 橋の寿命

橋の寿命は、ただ単に架設年次の順序で決まるものではない。グローバルな見方をすれば、戦場における河川に架かる橋梁が、輸送路分断の標的にされ爆撃により落橋するののも一つの寿命である。橋に責任のないもう一つの寿命は、社会の発展に伴う交通量の増加によって道路の幅員や道路の線形が改良される、いわゆる道路改良による橋梁の架け替えである。これも橋の寿命であり、機能的寿命である。

一般に橋梁の寿命が50年と言われているのは、適当な管理をしていると、この程度で使用に耐えない状況になるであろうということから、減価償却資産として法定耐用年数が50年となっていることから来ているのであろう。

本来の橋梁の寿命は、架設年度の社会的状況、架橋地点の自然環境、あるいは社会環境などによって異なる劣化・損傷に対して保全できないと考えた時である。これ

が、橋梁本来の寿命であり構造的寿命である。

2. 機能寿命から構造寿命へ

「橋を未永く利用していくためには、適切な維持・補修を行っていかねばならない」。このことは誰でも知っていることではあるが、本当に理解している人は少ないのではないだろうか。

これは、これまでの橋梁の平均寿命が40年程度であることから、道路改良に伴う機能的寿命によって架け替えられた橋が大半であり、維持管理をそれほど真剣に考えなくとも構造的寿命を迎えることは少なかったためであろう（写真1、2参照）。

これからは、経済社会の高度成長も期待できず、少子・高齢化社会に向かうことから交通需要の大幅な増加もなく、さらに、道路のインテリジェント化も進む状況において、橋梁の寿命が機能的寿命を迎えることは少なくなるであろう。

これまでに架設された既設橋梁は、橋梁架設時の社会的情况、その後の自然環境・社会環境に適合した維持・補修により、橋梁の延命策を講じ構造的寿命を最大限延ばす必要がある。

3. 構造寿命と社会的情况

橋梁の構造的寿命に大きくかわる架設年次の社会的情况の一つに、橋梁の極度な経済性を追求した1960年代がある。当時、材料費に対比して人件費が安いことから、工事費の縮減のために、加工・施工手間の削減よりも使用材料をいかに少なくするかを追求した時代である。

鋼橋の場合には部材の作用力の変化に合わせるように、部材断面を多数変化させ使用鋼材量が最も少なくなるような設計をした。その極限に達した設計が、現在のデザインコンペに相当する「競争設計」で特定された設



写真1 機能的寿命26年の西羽賀橋



写真2 架け替え後の西羽賀橋

この吊橋（写真1）は昭和36年に架設された橋で、昭和62年には道路改良に伴い架橋位置，幅員構成の変更により斜張橋（写真2）として架け替えられた。

この橋梁の機能的寿命はわずか26年と大変短く，それまでの維持管理として塗装1回程度で架け替えとなり，このような橋が橋梁の平均寿命を40年に押し下げているものであろう。



写真3 「競争設計」特定橋梁の槇木沢橋



写真4 高度成長期の六方沢橋

これら2橋は，いずれも比高200mを超える美しい渓谷を跨ぐ支間190mのアーチ橋であるが，橋梁形式の差以上に架設された社会的背景が表れている橋梁でもある。

槇木沢橋は，1960年代の競争設計で特定された，軽量化を重視した逆ランガー形式で，極度な経済性を追求した時代を背景に架設した橋梁である。

六方沢橋は，デザインの基調として軽快の中にも厚重感を取り入れ逆ローゼ形式を採用した。国立公園内のため色調もグレーで，軽快なコンクリートアーチ橋を思わせる，高度成長期に架設された橋梁である。

計である。正に、「軽かろう，安かろう」が競争に勝つ優れた橋梁の大きな要素の時代である。

しかも，その時代は昭和31年制定の「鋼道路橋設計示方書」によるもので，直接輪荷重を支える鉄筋コンクリート床版の最少厚さが，14cmと大変薄く，さらに，経済性追求の視点から，現在の少数主桁構造と同様，主桁間隔を大きく広げる方向を指向していた。まさに，現在の合理化設計に酷似した思想である。

この時代の橋梁は必要最小限の部材と部材厚で構成され，許容応力一杯に，かつ，交通量の関係から疲労強度の照査もない時代である。その後の経済の発展に伴う交通量の大幅な増加を考えると，この時代の橋梁は現在，大変過酷な状況にある（写真3，4参照）。

すでに，いろいろな補修・補強がなされている橋梁も

あるが，この時代の橋梁は耐力に余裕のない，劣化・損傷しやすい虚弱体質の橋梁であることを認識し管理する必要がある。

4．構造的寿命と自然環境・社会環境

橋梁の構造的寿命に影響を与える架橋地点の自然環境・社会環境として，積雪寒冷地における消雪・凍結防止の融雪剤散布がある。スパイクタイヤが使用禁止になってから散布箇所，散布量ともにその量を増し，特に交通量の多い山間部の平面線形，縦断線形の厳しい道路，あるいは高速道路・自動車専用道路等々は大量に散布されている。融雪剤を毎年大量に散布されている橋梁は，一種の塩害を受ける環境にあり，橋面の排水設備の確実性，伸縮装置の止水性，舗装下面の防水性，等々の性能

の程度によって、橋梁の劣化・損傷の変状に大きな差が生ずる。

この他に、海岸線に位置する橋梁は、海水飛沫あるいは塩分を含む大気にさらされ、自然の塩害を受ける環境にある。海水飛沫に対する対応の仕方によって、橋梁の劣化・損傷の変状に大きな差が生ずることになる。例えば、初動対応として考えられる橋梁洗浄の対応がなされたとするなら、その後の劣化・損傷は大きく改善される。

また、特別な塩害として海砂を使用したコンクリートの劣化・損傷がある。本来、海砂は十分洗浄されたものが使用されるべきであるが、洗浄の度合いに時代性・地域性の差があり、その差によって、コンクリートの劣化・損傷に大きな違いが生ずる。

これらは、どれも自然環境・社会環境に伴う塩害ではあるが、それぞれに適合した異なる対応が必要である。そのほかに、セメントと骨材が反応するアルカリ骨材反応によるコンクリートの劣化・損傷。過積荷重頻度の高い地域性による橋梁の劣化・損傷。穏やかではあるが確実に進行する自然の劣化・損傷。これらの自然環境・社会環境は橋梁の構造的寿命に大きく影響を及ぼす。

5. 構造的寿命と落橋

極めて特殊な橋梁の寿命として設計・製作・施工等の

不良、あるいは部材局部の劣化・損傷による落橋事故がある。これは橋梁の設計・製作・施工のミスや劣化・損傷などが原因で部材断面が作用力に対して不足した結果、疲労亀裂が発生・伸展し破断に至った結果である。これを、日常の維持管理によって未然に防ぐ必要がある。

「他山之石」として、1994年10月に起きた、韓国の首都ソウルの漢江に架かる、聖水（ソンス）大橋（'79年10月竣工）の落橋事故は、設計・施工から維持管理に至る複合的人災と報じられたことがある。

この橋はゲルバートラス橋で、約50mの吊桁が、吊材の破断によって走行中の車もろとも30m下の漢江に落下した事故である。設計上の問題として部材構成に問題はあるが、致命的な原因は吊材フランジのK形突合せ溶接（グループ溶接）の溶け込み不完全と、X線検査の不十分な対応による、と報じられている。

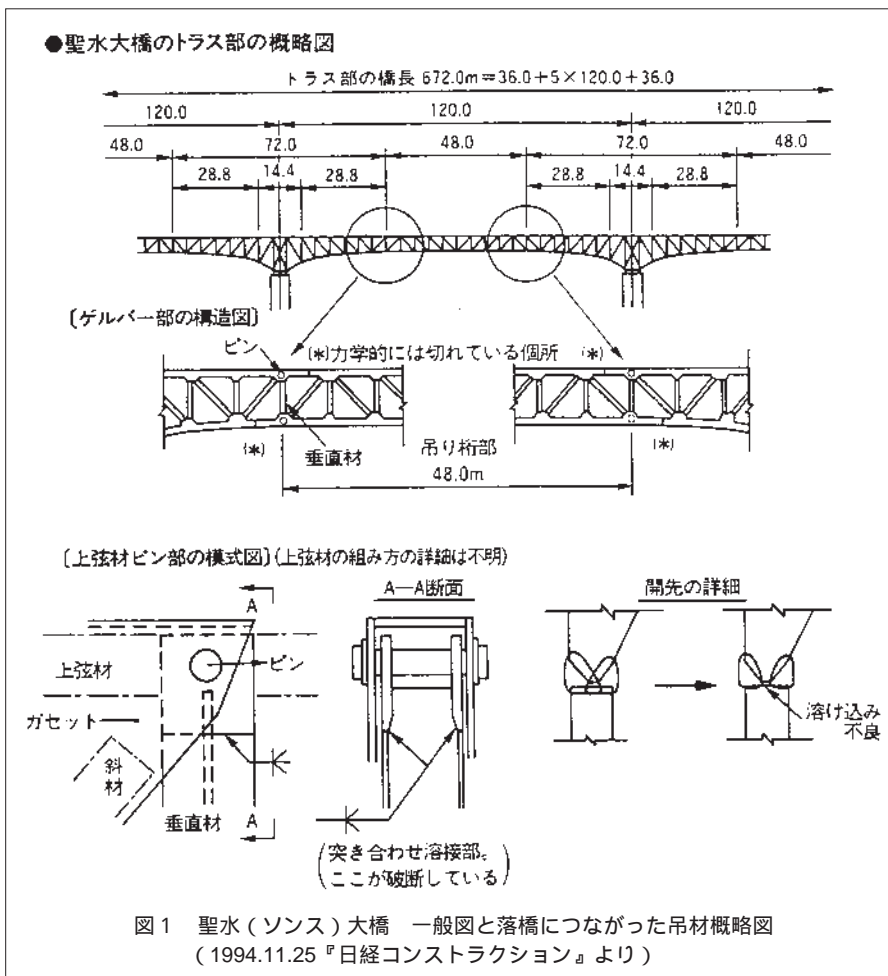
しかし、この事故が竣工後15年経過して起きた事故であることを考えると、この間の維持管理に最大の問題があるように思われる。これは腐食による断面欠損ではなく、製作上の欠陥であるだけに竣工後の発見は大変難しいが、部材は瞬時に切断されるのではなく、亀裂の伸展に伴い破壊に至ることから時間の経過があり、落橋に直結する箇所の集中的管理は見落とせない。しかし、概略図によると、吊材のK形突合せ溶接部がガセットプレートに半分以上隠れ、日常の維持管理の視点から、その発見は大変難しいようにも思える（図1参照）。

橋梁には目視できない部分に致命的な欠陥が潜んでいることも認識すべきであり、このような構造は、1960年代のわが国の鋼材最小化時代にあり得る構造である。この時代の橋梁が高齢化し、これからますます増加する老朽化橋梁の維持管理において、橋梁の設計・製作・施工技術を正確に認識し、的確な点検が必要である。

6. 早期発見・早期補修

橋梁の維持管理は、橋梁が竣工した直後から継続的に行われ、劣化・損傷が発見された時に、適切な補修により保全することが基本である。

人間の健康管理において定期検診による早期発見・早期治療が大切であると同様に、橋梁においても定期点検による早期発見・早期



補修が最も大切である。しかし、一般に初期の劣化・損傷は見過ごしてしまうか、発見しても補修を先送りにしてしまうのが現実である。この典型的なものが、伸縮装置の止水性の問題である。伸縮装置の止水性は、橋梁の機能や構造に全く関係がないものであるが、この止水効果がなくなると、橋梁に致命的な劣化・損傷を与える原因を誘発するものである。

その一つは、積雪寒冷地の橋梁に設置された、櫛型（フィンガー）ジョイントの止水性能が欠落した場合、路面に散布された凍結防止剤は雨水あるいは雪解け水によって路面の土と一緒に橋台のバラベット面、あるいは主桁端部を流れ、橋台・橋脚の天端に塩分濃度の高い土砂を堆積させる。これが、下部工とその天端コンクリートを劣化させ、ひいては沓座の陥没を招く。その結果、支点を失った主桁の異常振動による対傾構等の疲労亀裂、床版のひび割れを誘発することになる。さらに、沓本体の劣化と主桁の腐食を招く結果にもなる。

7. 橋梁の体質改善

人間は日常の鍛錬によって体力を強化し、病気にならない努力をする。これは病気に対する「予防的対応」で、病気の早期発見・早期治療以前の問題であり、理想的な健康管理である。その後年齢とともに老化していくなかで、体力の衰え、あるいは発病による欠陥に対して、定期検診による早期発見、早期治療が必要になる。

橋梁の劣化・損傷に対する「予防的対応」は、劣化損傷のしにくい要素技術の組み合わせによる、長寿命型の橋梁を設計し製作・架設することである。これは新設橋梁への対応であるが、既設橋梁に対しては定期点検により早期発見された劣化・損傷の部材・部品を、長寿命化部材・部品と交換する早期補修により、長寿命化橋梁に体質改善することである。

前述したような、積雪・寒冷地における伸縮装置の止水性に問題が発生したときに、止水性と構造に優れた伸縮装置に交換することができていたなら、その後進行した下部工の劣化損傷、さらには沓座の陥没等々、橋梁機能に多大な支障を来す欠陥は生じなかったはずである。橋梁の体質改善による長寿命化は、劣化・損傷の初期の段階において対応することによって、より少ない費用でより多くの橋梁に対応することができるのではないだろうか。

しかし、この事例においても、伸縮装置本来の性能には特に問題がなく、ただ止水性能が劣化し支障を来している段階において、止水性能に対する長寿命の対応策がない場合には、止水性能に優れた伸縮装置と丸ごと交換する体質改善が、結果的には最善の策ではあるが、現実それが可能だろうか。過去における橋梁の伸縮装置の

止水構造には長寿命の構造が提案されてこなかったことから、大半の橋梁は伸縮装置の止水性に問題があり、橋梁本来の機能に支障を来す橋梁が多くなる可能性がある。

止水性の長寿命化が可能になった現状においては、橋梁の機能支障との対比において、この要素技術を積極的に取り入れ、体質改善を実施すべきであろう。

8. 専門技術者の育成

橋梁の維持・補修技術は、新設橋梁の技術の延長線上にあるととらえて対応しているのが現状である。しかし、維持・補修技術は、新設橋梁の設計・製作・架設の技術が基礎ではあるが、コンクリートの劣化一つ取って見ても、中性化、外的塩害、海砂の内発的塩害、アルカリ骨材反応、凍害、化学的腐食、また、これらの複合作用による劣化など、新設橋梁には直接的にはかかわりのない多くの技術が必要である。

しかも、補修の対象となる橋梁は、鋼構造・コンクリート構造、あるいは、複合構造、そして、上部構造・下部構造、舗装、修景といった技術の複合的対応が必要である。

今後、ますます増加する橋梁の維持・補修に対応する高度な専門技術者、多技能技術者をより多く育成する必要がある。理想的には、これまで新設橋梁の設計・製作・架設に携わり習熟した技術者が、これからは維持管理の時代であり急激に増加する老朽橋の保全に貢献する義務があると理解し、維持・補修に対応する技術者に变身できれば素晴らしいことである。

9. 最後に一言

橋梁の維持・補修の必要性はますます高くなり、これに伴い、橋梁の保全技術の高度化が要求される。これに応えるべく「組織」と「技術」を「結集」し、維持・補修にかかわる工法・製品・材料の開発と、維持管理先進国の技術導入も合わせ強力に推進すべきである。

さらに、維持管理技術は、橋梁の劣化・損傷に対する必要な補修・補強に終始するだけではなく、その原因究明と改善施策の提案が大変重要である。この提案を新設橋梁の計画・設計・製作において具体化することによって、橋梁の超・長寿命化を図ることができる。

視点を変えると、これからますます少子・高齢化が進む社会において、人間の病気に対する予防的対応・医療そして福祉が大変重要であり、成長産業分野の一つであるのと同様に、社会資本の一部である橋梁の維持管理も大変重要であり、その予防的対応をはじめとする維持・補修・補強は、社会資本整備の財政的制約のなかで成長分野の一つである。