

を確立させる必要がある。

本報告は「永く使う」を一応「300年」と設定し、このときの橋のイメージを調査、検討したものである。結論的に言えば、「局部応力が問題となるような部材は極力排除し、その代わりに主部材は少し厚めにしたシンプルな橋がロングライフにつながる。そしてこれが結果的にエコノミカルに通じる」ということである。

鋼系橋梁のシンプル化は10年前からフランスを中心とした欧州で具体的な事例となって現れている。我が国でも日本道路公団において検討が開始され、具現化しつつある。これらの動きは省力化による建設費のコストダウンを主眼に置いている。

本論で企図したところは、橋の機能には本質的な変化がないという前提の中で

- (1) 長寿命橋が社会的に意味があることを論理的に明らかにする、
 - (2) そのためにシンプル化が工学的必然であることを示す、
 - (3) 長寿命疲労設計の考え方を示す、
 - (4) シンプル化に伴う現行基準との齟齬、新たなる技術的検討課題を明示する、
- ことである。

日本道路公団で始まった鋼系橋梁のシンプル化と結果的には重なることも多いが、この設計パラダイムの変化を道路橋示方書に縛られた一般橋梁の変革の足がかりに成ることを願って取りまとめている。

第2章 ロングライフブリッジの合理性

2.1 橋梁技術のパラダイムの変遷

我国の橋梁技術も、明治維新・戦後復興という二つの社会的フェーズの中で、急速な外来技術の受容から、おびただしい建設の経緯を経て、独自の技術を創出する段階に至ったわけであるが、基本的には世界の技術発展史と軌を一にした歩みである。

この歴史の中で、橋梁設計論には一定のパラダイムが形成されてきた。一つの要素は材料の高度化とその有効利用である。今一つの主要なパラダイムは、危険要因の発見とその克服、すなわち安全性の向上である。近年では、環境への影響、景観の問題などが要素として付け加えられつつある。橋梁の将来像を論ずる際に、こうした橋梁設計のパラダイムが今後どのように変貌してゆくかへの洞察を欠くことが出来ない。

材料の品質向上、製作・施工精度向上、安全管理手法の高度化、コンピューター利用の進展等々、構造工学の発展に資する材料は数多い。こうした方向の成果は、例えば可能最大支間長の増加（ロングスパンブリッジ）などといったことに最も象徴的に実ってくるであろうし、また様々な複雑な形状、過酷な使用条件といった、設計への要求の多様化に応えるといった側面でも発展は期待できる。

反面、我が国の橋梁工学の発展を支えてきた、ここ1世紀余りの急激な社会の進歩、社会基盤整備への集中的な投資は、そろそろ成熟の段階に入ってきているのではないかという認識も一方ではある。生活関連施設など、まだまだ欧米先進国に比べ立ち遅れている面もあるが、経済活動の規模では世界の中核となっており、国を挙げて経済成長を志向していた時代とは明らかに状況が異なる。また、高齢化社会の到来は目前のものであり、社会基盤に投資しうる公の予算の総額も割合も減少していくことは確かである。

成熟社会の社会資本整備状況の中では、既存の構造物を維持管理により「長持ちさせる」技術が重要なものとなる。また、新設の構造物についても、従来以上に長期の寿命を、より少ない維持管理のもとで確保することが求められるようになるだろう。こうした要求は、橋

梁設計のパラダイムに新しい側面を供給する。すなわちそれが本報告書のロングライフブリッジの概念である。

2. 2 我国の橋の現状^{*)}とロングライフブリッジの必然性

これまでに建設された道路橋の更新調査に拠ると、おおよそ50年でほぼ半数の橋が架替えられている。注意すべき事は、物理的寿命以外の理由で架替えられたものが多いことである。橋の架替え理由の大半が、道路改良などによる機能の陳腐化によるものであることから、橋の寿命は物理的に決まることは希であり、あまり長期間もつように設計しても無駄であるという考え方がある。しかし、橋の寿命には維持管理のあり方が非常に大きく影響し、その良し悪しでいわゆる物理的な寿命は2倍にも3倍にも（あるいは無限にも）延ばしうる。どんなに頑張っても150年を超えることは不可能であると考えられている「人の寿命」とは違うのである。

昭和30年代のように社会資本が未整備な状況では、将来における道路の機能を予測することが困難であるという事もあったかも知れない。事実、我国の自動車の保有台数は、昭和30年当時の数十倍になり、自動車の性能向上も相俟って多くの橋をはじめとする道路構造物が、機能的陳腐化による改良を余儀なくされている。しかし、現在のように、かなりの程度社会資本ストックが蓄積された状況にあっては、将来の交通政策の立案に当たって、現存の資本をいかに活用するかという事に影響されるはずである。また、欧米先進国における道路交通の推移についても多くの知識を得ている。従って、現在及び将来において整備が行われる橋が、これまでのように短期間のうちに機能的に陳腐化することは考えられないし、もしあるとすれば、道路計画の立案者の能力が疑われることになる。

2. 3 構造物の「供用期間」と「耐用期間（寿命）」の関係

橋を含めた土木構造物全般に対して、利用者である社会の側は、これまでも半永久的に使用されるものという認識をもっていたと考えるのがむしろ自然である。建設技術者の側も、供用期間50年といった論理に触れる機会があっても、こと構造物の寿命に関しては漠然と半永久的であるかのように感じている人が多いと思われる。50年という長さを半永久的と受けとめるのか、供用期間と寿命の関係性に、そういう理解を与える要素があるのか、いずれにしても曖昧なところがあるといえる。

橋のロングライフ化は、明確な意図のもとに寿命をコントロールしようとする思想であり、そのために多少の初期コストの増加を認めていこうとするものである。初期コストの増加が、ライフタイムコストの観点からすれば合理的であるという議論は次節で触れることになるが、現状認識との対比に説得力を持たせるためにも、上記の曖昧さに関わる部分について考えておく必要がある。

土木構造物の耐用年数として「経済的耐用年数」、「機能的耐用年数」、「物理的耐用年数」、の3種の見方が一般的であるが、物理的耐用年数が本WGの研究対象である。橋梁を含む道路、鉄道の路線はひとたび建設されれば半永久的な利用が前提となる。物理的（あるいは機能的）耐用限界に達すれば、個々の施設は（路線全体を放棄しない限り）更新されることになる。すなわち、供用期間を利用期間と同義に解釈すれば、これは半永久的ということになる。個別の構造物ということだけでなく、システムの一部を分担する要素機能の側面で捉えた「供用期間」でもあるとも言える。

2. 4 ライフサイクルコストからみたロングライフブリッジの合理性

西川^{*)}は供用期間を200年間にとって床版交換、防錆等に関連させて橋梁（上部構造）のライフサイクル（ライフタイム）コストを試算している。この試算ではロングライフ化

*) 西川和廣：土木学会論文集、No. 501, pp. 1-10, 1994. 10

による初期コストの増加は見込まれていないが、実際には、ある程度の初期コストアップはあると考えるのが自然であろう。本報告書の第8章では防食システムの選択肢が示されているが、耐候性鋼+鍍安定化处理のオプションを選べば、10%弱のコストアップとなる。また第9章や第10章の設計例ではシンプル化の議論が中心で、コストアップについては余り具体的に触れていないが、ある程度は覚悟しなくてはならない。また、下部構造やシステム全体にも、ロングライフ構造に相応しい耐震性が求められるなど、全体のバランスをとるため、本WGの提案技術の外側のコストアップ要因が生じてくることも考慮に入れておく必要があるであろう。しかし、ロングライフのための経費は二次部材の省略などの橋構造そのもののシンプル化でかなりの分が吸収出来ると考えている。

西川の試算では再建設費用は初期コストの3倍を見込んでいるが、ここには撤去費用なども含まれているはずであり、再建設までの期間、構造物が供用されないことによる外部不経済を取り込む考え方みれば、むしろ遠慮した仮定といえるかもしれない。構造物のロングライフ化のもたらすメリットの一つは、構造物が補修、再建設される間の負の効果（外部不経済）を小さくできることである。土木構造物の経済的価値を計測するのは、極めて困難な問題である。道路の開通に伴う経済波及効果等は、ここでは考える必要はない。一定の時間が経てば波及効果は一人歩きするし、限界効用低減の法則により、後から建設されるものほど有り難みは薄れてくる。

2. 2で述べたように、全ての橋をロングライフ化していくことが本来あるべき姿であり、それが可能ならそれに越したことはない。首都機能の生命線や全国の物流の動脈たる最重要路線は、機能低下・停止に伴う負のコストが大きいと考えられ、高い耐震性と同時に付加されるべき品質として、ロングライフ性を考えるべきである。また一方で、メンテナンスの手間がなかなかまわらない地方公共団体の所有するふつうの橋こそロングライフにしたくもなる。どのような橋にロングライフを付加すべきかは今後さらに議論すべき事項である。

一方、「すべての橋のロングライフ化」を困難にさせるかも知れない財政上の問題点として、初期建設費の償還もまた後世に託す負の遺産であることから、利子率を考えねばならない点が挙げられる。昨今のような低成長ないしデフレ環境下では、当面の必然性の小さい設備投資は極力抑制し、高金利時代の債務残高の縮小に優先性を持たせるというのが賢明な経済活動であることは論を待たない。首都高速道路の近況に見られるように、土地収用費がプロジェクト総費用の90%以上を占めるような条件下では、プロジェクト自体の収支査定が厳密に行われねばならず、ロングライフ化のための建設費の上乗せの可否というのは、相対的に小さい問題であるかも知れない。しかしそうであったとしても、実質的な利子率（＝名目利子率－インフレ率）を考慮に入れて支出の時間差効果を評価に入れ、それでもなお後年の維持管理・更新費用をカバーするという説得力は求められている。このことについての考察は本文に詳述しておいた。