

進化論から見た橋梁計画について

中日本高速道路 フェロー会員 上東 泰

1. はじめに

本文は、橋の進化の歴史を俯瞰し、橋の進化がラマルクの進化論と合致していることを示すことで、今後の橋梁計画において、橋の進化の目的とそれを達成するためのシナリオの必要性について考察するものである。

2. 橋と進化論

高速道路橋の変遷を図に示す。橋の黎明期の名神建設事業では、欧米の先進的な橋を模写するところから始まり、東名ではそれに改良を加え、以降、欧米の影響は受けるものの我が国独自の進化を遂げ、現在に至る。私はこの図をダーウィン以前の古典的な進化論であるラマルクの『用不用説』に合致すると考え、“橋のシナリオ（≒目的論）に基づく進化系統図”と呼ぶ。この進化論は、「よく使う器官は発達し、使わない器官は次第に衰えてゆき、その変化が遺伝する」というもので、文字どおり「用」は”用いる（使う）”を意味する。また、用不用の選択には、使うための「目的」が存在することから、『目的論』として捉えられる。一方、ダーウィンの『種の起源』は『自然選択（自然淘汰）説』を提唱し、突然変異により生まれたものが環境に適合して生き残り、遺伝するというもの。よく語られる話だが、キリンの首を用不用説で説明すると「高い木の葉を食べるために首が徐々に伸び、それが遺伝していく」となるが、首が伸びる途中の化石は未発掘であり、突然変異による自然選択説の方がより論理性があると考えられている。近年、人間の両親から引継がれるDNAは、約1%の確率で突然変異が起こることも知られており、このことから自然選択説の優位性が示される。

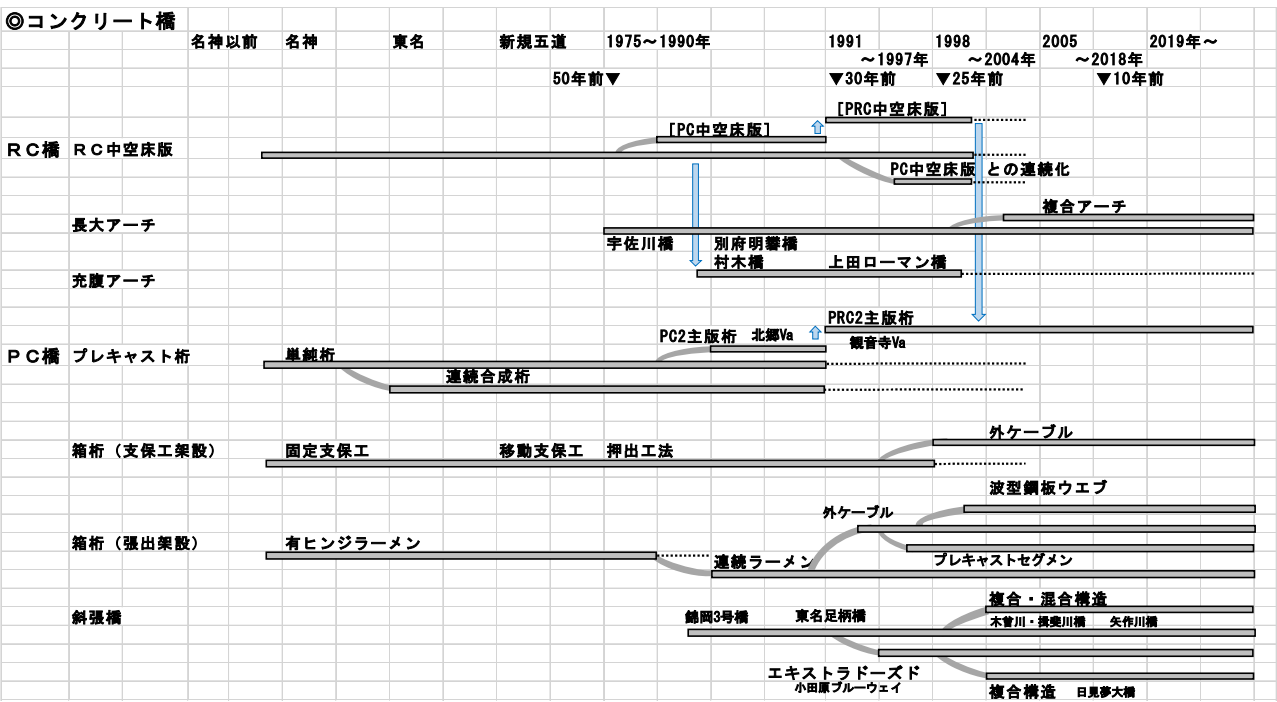


図 高速道路の橋の変遷（コンクリート橋）

ところが、進化の過程で人が絡むと、自然選択説では説明出来ない事象もある。絶滅危惧種の“サイ”の例では、角が漢方薬として高値で取引されるため、密猟者が角を抉り根元から奪うことで個体が少なくなり、突然変異の角が無いサイの割合が高くなる傾向がある。この事象をダーウィニズムの信仰者は自然選択と主張するが、見方を変えると角の無いサイに密猟者は興味を示さないため、結果として角の無いサイの割合が高くなったとも考えられる。前者を擁護すると、これも「環境に適合」の一つであると言えなくもないが、

キーワード 橋梁計画，進化論，ラマルク，シナリオ

連絡先 〒460-0003 名古屋市中区錦 2 - 18 - 19 三井住友銀行名古屋ビル TEL 052-222-1225

### 3. 橋の進化の目的とシナリオ

ラマルクの進化論は、生物に限らず、人の知識の進化に対して親和性が高いと考えられる<sup>1)</sup>。橋の進化の過程では、構造計画、設計・施工および維持管理に携わる人の関与が必要不可欠で、橋の変遷から、目的を持った進化であることが分かる。

一例で、死荷重軽減のためコンクリート床版内に中空の円筒型枠を配置したRC中空床版を挙げる。この形式は、名神の一期では、掛違い部にピアアバットを有する支間15mの5径間連続構造の標準高架で、二期には支間17mの下部構造もスレンダーな構造に進化している。東名では、更に走行性と耐震性等の観点から、10径間連続構造の多脚固定の標準高架として、独自の進化を遂げる。また、円筒型枠も名神では木製の所謂“木樽”でコンクリート打設時の浮力で浮きやすく、金属製の型枠を結束バンドで固定する方法に改良された。ところが、浮力により上床版が薄くなる傾向が防止出来ないこと、円筒型枠内の点検が困難であること、供用中に上床版が部分的に陥没する事象も確認されたこと等から、2000年には新たな採用を禁止（絶滅）し、PRC2主版桁が取って変わった。

この例での橋の主な進化は、使用性（走行性）、維持管理性の改善（多径間連続化、連続径間長の増、伸縮装置の削減等）である。その他の大きな進化は、維持管理の弱点となる支承や伸縮装置の廃止を目的とした上・下部構造の剛結、および経済性（効率性、省力化を含む）・安全性（耐震性を含む）を目的とした上部構造の軽量化（複合・混合構造、波形ウェブ、バタフライウェブ等）、上部構造の合理化（少本数桁、プレキャストセグメント、プレキャスト床版、大偏心ケーブル等）などが挙げられ、安全性や耐久性の向上（長寿命化）と共に、結果としてLCCやLC-CO<sub>2</sub>の低減に繋がったと考えられる。

以上のように過去を振り返ってみると、橋の進化は目的論のラマルクと符合しており、ダーウィンの突然変異はFRP橋が該当するくらいで、その後の発展はもう一つであると思慮される。

以上から、これまでの橋の進化の目的は、“人のためとなる要求性能の向上”と考えられる。ここで、要求性能は、「安全性」、「使用性」、「経済性」、「維持管理性」およびそれらの「耐久性」に纏めることができる。

### 4. 今後の橋梁計画について

橋の進化は、「人のため」の目的が存在し、これを達成するためのシナリオに基づき進化したと結言でき、今後に求められる橋は“人のためになる要求性能の更なる高度化”となる。このためのキーワードは、「材料と構造の最適化」と思慮され、蓄積されたデータを活用し、作用と応答に対して最適な構造物や部材を創造するアプローチが望ましいと考えられる。この際、材料の製造や施工時の「CO<sub>2</sub>削減」の視点も重要である。また、リダンダンシーを確保のうえ、高強度材料や高降伏点鋼板、ニッケル系高耐候性鋼、ステンレスクラッド鋼など安全性や耐久性に優れた新材料の活用等により、「外乱に対して冗長性」がある橋とする視点が重要である。

更に、持続可能な発展の観点からは、「自己診断橋」など維持管理性の高い橋梁とすることも重要と思慮される。例えば、米国では、古くから Smart structure として、主にヘルスマonitoringやインテリジェンス材料を活用したセンサなどの研究が行われている。我が国でも、ヘルスマonitoringや鋼橋の疲労亀裂検知機能を持つ塗装材、モアレ技術等を活用したセンサおよび自己治癒材料などが開発されている。今後は、これらを総合的に活用した広義の自己診断橋の実現を期待したい。

以上の実現には、周知を集め、不易流行を知り、既存技術を再評価することが必要不可欠と考えられる。

最後に、FRP橋のような突然変異の橋の出現を、許容出来る仕組みや人材作りが重要と考えている。

### 5. おわりに

本文は、ラマルクの進化論を基に橋梁の進化のシナリオを考察したものである。本文で示したように、橋梁の進化には目的とそれを達成するためのシナリオが必要であると考えられる。そのため、橋梁計画において今後の橋梁の進化の方向を模索するには、過去からの進化のシナリオを紐解き、新たな目的を設定し、そのシナリオを策定することが近道と考えている。本文が、今後の橋梁計画を行ううえでの一助となれば幸いである。

**参考文献** 1) 佐倉統：進化論から見た創造と創発，人口知能学会誌，20巻，1号，2005.1