

2020-25

早稲田大学大学院理工学研究科

博 士 論 文 概 要

論 文 題 目

2 主桁橋と狭小箱桁橋の実用化
および桁橋の発展性に関する研究

Capabilities of Two-girder and Narrowed-box-girder Bridges
and
Promising Development of Girder Bridges

申 請 者

志 村 勉

Tsutomu Shimura

2000 年 10 月
(西暦)

近年、我が国では経済活動が停滞しているうえ、国民からの公共事業への批判が高まり、投資対効果が厳しく評価されるようになってきたことから、公共事業費の縮減が求められている。この方向は今後さらに進むとの見通しが強い。さらに、最近では耐久性や維持管理コストに加えて、架け替え費用までも考慮に入れたライフサイクルコストで公共事業を評価する方向に向かいつつある。また、社会資本整備に対する国民の期待は環境や景観など、快適な、真に豊かなものへと変化してきている。

この様に、社会情勢の変化に伴う橋梁に対する要求の変化や利用者である国民の要望を、本論では広い意味での社会的ニーズとして捉えている。今後の橋梁建設ではこれらに配慮し、社会的ニーズに整合した橋梁を追求していく必要があると考えられる。

この様な期待に応えることのできる構造として桁橋が考えられる。桁橋は構造が単純であるため、設計から施工に至る各段階で容易に扱え、改善策も講じやすく、経済性や耐久性が期待できる構造である。一方、大きな支間長の橋には適用出来ないため、他の高価な構造を選択してきた。したがって、経済性や耐久性を維持しながら、適用支間長を拡大できれば非常に有益であると思われる。

以上のことを踏まえ、本論文では主桁を1桁2本で構成する「2主桁橋」と、箱幅を狭くし縦桁も省略した「狭小箱桁橋」についての実用化、そして、その桁橋としての発展性について検討している。

具体的には、それらの実用化に向けた研究成果を中心に、構造の優位性や発展性ならびに課題などについて述べている。さらに桁橋は他の構造と複合的に用いることで、適用支間長を拡大できると考えられる。それらの可能性について、事例となった合成桁斜張橋での方策などと併せて述べるものである。

第1章は序論であり、今日の社会ニーズとして特に重要な要件である、ライフサイクルコストの縮減を目指した次世代橋梁形式として、桁橋が優位として対象に選定した背景と、本研究の目的ならびに意義について述べている。

第2章では、欧州と我が国の橋梁技術における発展経緯の差異が現状に与えた影響と、今後の取り組むべき方向性について述べている。

我が国では20～30年前に、経済性の高い新しい形式の構造が模索されたことがある。しかしながら、当時は鋼材費の全工費に占める割合が高かったため、鋼材使用量の縮減を目指すものが大半であった。その後、交通荷重の増加などにより損傷が目立ち始めたため、次第に床版を多くの桁で支持する構造へ逆戻りし、合成桁なども姿を消していった。併せて、床版も取り替えやすい構造を要求する体制が主流となっていった。

我が国とは逆に、欧州では床版に対する徹底した耐久性向上策が施され、少数主桁・合成桁などが一般化し、経済性や耐久性も高い構造へと桁橋が進化してきている。

冒頭の通り、近年、我が国でも橋梁建設コストの縮減要求は再び高まり、事業執行の条件となってきた。その様な状況にあって、新しい鋼材が次々に開発され、積算基準も鋼材の使用量のみならず製作手間を考慮した新しい積算基準も施行されるなど、改革が急速に進められている。また、床版損傷のメカニズムの解明など、耐久性への対策に通じる新たな知見も構築されてきた。これらにより、新たな構造の生まれる土壌が整備されたと考えられる。

第3章では欧州で一般的に普及している2主桁橋を、我が国の交通環境や自然環境の違いに配慮した上で、構造的、経済的な観点でフィージビリティ検討を進めた結果と、我が国で初めてとなった本格的な2主桁橋である事例での検討結果について述べている。

2主桁橋は桁挙動が非常に単純であり、横桁への作用力が小さいために対傾構などの取り付け部への影響が小さい。しかし、床版が重要な位置づけとなり、床版の耐久性向上のため、P C床版や版厚を十分に確保した高い耐久性能を持つR C床版が前提となる。それは、水平力の伝達を担う部材であり、リダンダンシーを含めて構造を成立させる根幹となる部材であるがためである。

水平横構は一般の多主桁橋でも省略の可能性が示されているが、2主桁橋では中間横桁の作用力の緩和など、むしろ省略が好ましい要素もある。また、経済性の観点からは、桁橋における水平横構の部材数が高い比率であることから、省略することが期待される。それに対しては、地震などの水平力は床版によって各支点へ伝達される機構が確認できた。これにより、従来のように床版と水平横構で分担する考えに比べ、分担比などの曖昧な想定を排除し、確実な作用力で設計できる利点を有していると考えられる。

2主桁橋の経済性は、製作時の加工数縮減に留まらず、部材数の低減によって架設時の労務数も縮減でき、架設費全般の低減が期待されるほか、送り出し工法では主桁1本あたりの曲げ剛性が倍増するために、手延べ機が省略でき、大幅な工費の縮減が可能となることなどを確認した。

しかしながら2主桁橋は床版および床版と主桁の接合部の健全性が極めて重要であるため、非合成桁としての扱いには多くの注意点が内在していると考えられる。したがって、安全側に誘導しつつも合成桁とすべきであると考えられる。

以上のように、2主桁橋は高い経済性（支間長60m程度までは最も安価な構造）と耐久性を併せ持ち、単純な構造美を追求することが可能であるため、今後の発展が期待される場所である。

第4章では、先の2主桁橋が適用困難となる大きな支間長や、曲線などの線形条件が厳しい場合において適用できる橋梁形式として箱桁橋に注目し、箱幅を狭くした「狭小箱桁橋」のフィージビリティ検討の結果について述べている。

狭小箱桁橋は箱桁における箱幅を狭くすることで縦リブを減少させ、横リブを省略すること、ならびに先の2主桁橋同様に床版を強化することで縦桁を省略す

ることにより、大幅にコストを削減できる構造である。試算では、3径間連続・支間長60m～80mの橋梁で上部工の建設コストは従来箱桁形式に比較して8～13%低減する結果となった（支間長70～100mで最も安価）。

狭小箱桁橋を対象とした全体モデルによる立体FEM解析と、より詳細な部分モデルにおいて2主桁橋モデルとの比較を含めた立体FEM解析を行った結果、狭小箱桁橋は、床版の大きな曲げ剛性と主桁のねじり剛性によって、非常に高い荷重分配性能を有すること、中間横桁の有無による変形挙動や各部応力の差異は小さいため、中間横桁の省略または簡素化できる可能性があることが示唆された。また、2主桁橋に比べて、床版に生じる曲げモーメントは非常に小さいことが確認でき、床版の合理的な設計や広幅員への展開が期待できるものと考えられる。

さらに狭小箱桁橋では、床版と主桁を接合するジベルに発生する引き抜き力が、解析に用いた荷重と実際との差を勘案しても、大きな課題となり得ないレベルであることが確認できた。また、引き抜き力が卓越するのはウェブやダイヤフラムなど上フランジの下方に作用力を伝達する部材が存在するところに限定される。一方、2主桁橋ではウェブと垂直補剛材の狭い領域で抵抗するため引き抜き力が大きくなることから、十分な注意を必要とすることが確認できた。

以上のことなどから、狭小箱桁橋は十分な経済性と製作性を有し、2主桁橋の適用条件を補完する橋梁構造として期待できるものと考えられる。

第5章では桁橋の発展系としてラーメンや斜張橋、エクストラードーズド橋などを挙げ、本体である桁構造に対してアーチやトラスなどとの複合的な扱い方、また、材料や架設技術の進歩などに合わせて新たな構造が生まれる可能性について論じている。

さらに、桁橋は床版との組合せや桁の本数、形状、補剛方法の変革や、他の構造との複合構造など、多くの構造の発展性を持っていると考えられる。

加えて、成功事例として実際に試みた合成桁斜張橋での施策や構造的な特長についてと、鋼床版の活用による桁橋の発展の可能性に着目し、鋼床版の課題改善提案を行っており、その実用性の検証結果についても論じている。

第6章では発注方法、環境保全、景観、コストと品質および維持管理の面で、今後の橋梁に求められることについて論じている。これまでの我が国の橋梁事業は非常に多くの数の建設に追われ、先の環境や景観への配慮はおろか将来の維持管理の面でも配慮が欠けてきたと考えざるを得ない。今後は、管理のし易さや部材交換の利便性などを考慮した構造とすることと、これまでに起こった損傷事例などに対応した構造が設定できるような（フィードバック）システムを構築すべきとの提案を行っている。

第7章は、結論としてまとめたものであり、本研究で得られた主要な成果を総括するとともに、今後の課題について触れている。