

力学的相関性に着目した橋梁形式の整理方法

石川島播磨重工業（株） 正会員 久保田 善明

1. はじめに

橋梁の形式は、一般的に橋の規模や現地の条件、経済性、施工性、景観、維持管理などを総合的に勘案して決定される。しかし、「形式」という呼び名が表しているように、それらはトラス、アーチ・・・、上路、下路・・・などと、あらかじめ区分されたものであるかのように扱われている。本稿は、各橋梁形式を力学的な相関性により結びつけ、さらにそれらを統一的に表示することで、橋梁形式に対する本質的かつ柔軟な理解を得るための一資料とすることを目的としている。

2. 構造システムと材料効率

まず、本稿で考察する「橋梁形式」とは、橋梁の側面形状、つまり、主にスパンを渡るといふ目的のための構造であるものと定義しておく。一般的に橋梁部材に作用する力は、①曲げモーメント、②せん断力、③軸力、④ねじりモーメントに大別されるが、④ねじりモーメントは橋梁形式を決定づける主要な要因となることは稀なため、本稿ではこれを除外して考える。

あるスパン上に構造物を造る場合、構造物の形態には様々な可能性が考えられるが、基本的にそれらは曲げに抵抗する部材を中心とした構造システム（曲げ抵抗系：桁橋）と、軸力に抵抗する部材を中心とした構造システム（軸力抵抗系：アーチ、トラス、吊橋）、およびその中間的な性質の構造システムで構成される。曲げ抵抗系は曲げモーメントとせん断力を同時に伝達し、軸力抵抗系は圧縮力または引張力を主に伝達する。曲げ抵抗系と軸力抵抗系には互換性と連続性があり、模式的に図1のように表される。

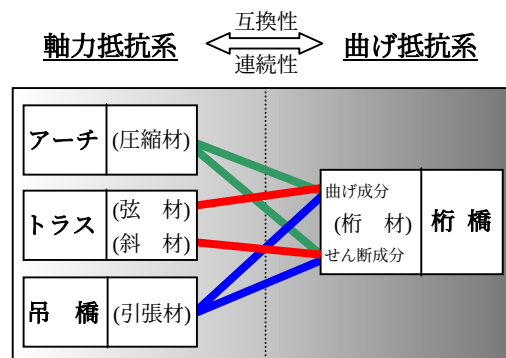


図1 軸力部材と曲げ部材の関連性

ところで、軸力部材は断面内にほぼ一定の応力が作用するのに対して、曲げ部材は中立軸からの距離にしたがって発生応力が変化する。そのため、一般的には軸力部材の方が材料を有効に使用できることが多く、材料パフォーマンスに優れている。そのため、橋梁の規模が大きくなり荷重の影響が増すにしたがって、トラス、アーチ、吊橋など軸力抵抗系の橋梁形式が優位となる。

3. 施工性と経済性

材料効率の観点から見れば、すべてを軸力部材で構成すれば最も効率のよい構造が実現されることになるが、すべてを軸力部材にすると場合によっては部材が細くなり過ぎることから施工的な困難さが増すことに加え、工数が増加し不経済となる。したがって、現実には施工性および経済性を含めた最適解が選ばれる。特に、比較的規模の小さな橋では桁橋など曲げ抵抗系の橋梁形式とすることが多い。

4. 橋梁形式の力学的相関性

アーチ橋を例に考える。アーチ橋は、補剛桁とアーチ部材の曲げ剛性の比率により、ランガー橋、ローゼ橋、タイドアーチ橋などに分類される。図2を用いて説明すると、これらは図中の「桁の曲げ剛比」を表す円弧上にプロットされる。また、斜材ケーブルによりせん断剛性の向上を図ったニールセンローゼ橋は、ローゼ橋とトラス橋を結ぶ「斜材の効果」を表す直線（半径）上にプロットされる。そうすることで、下路アーチ系の橋梁形式は、力学的相関性のもとにすべて図中の扇形内部に分布させることが可能となる。このように、アーチ、トラス、桁という構造形式を力学的に一連のものと考えることによって、各形式の性格や位置づけをより明確に理解する

キーワード：橋梁形式、力学的相関性、構造システム

連絡先：〒135-8731 東京都江東区豊洲 2-1-1 IHI 東京エンジニアリングセンター別館

TEL：03-3534-3227 FAX：03-3534-3220

ことが可能となる。

ケーブル系の橋梁についても同様の表現を試み、また、路面と主構造の配置（上路，中路，下路）は任意と考えてよいものとする。図2は図3に示すような半円筒形に拡張して表すことができる。これにより、ほぼ全ての基本的な橋梁形式は、この半円筒形内部に分布させることが可能となる。

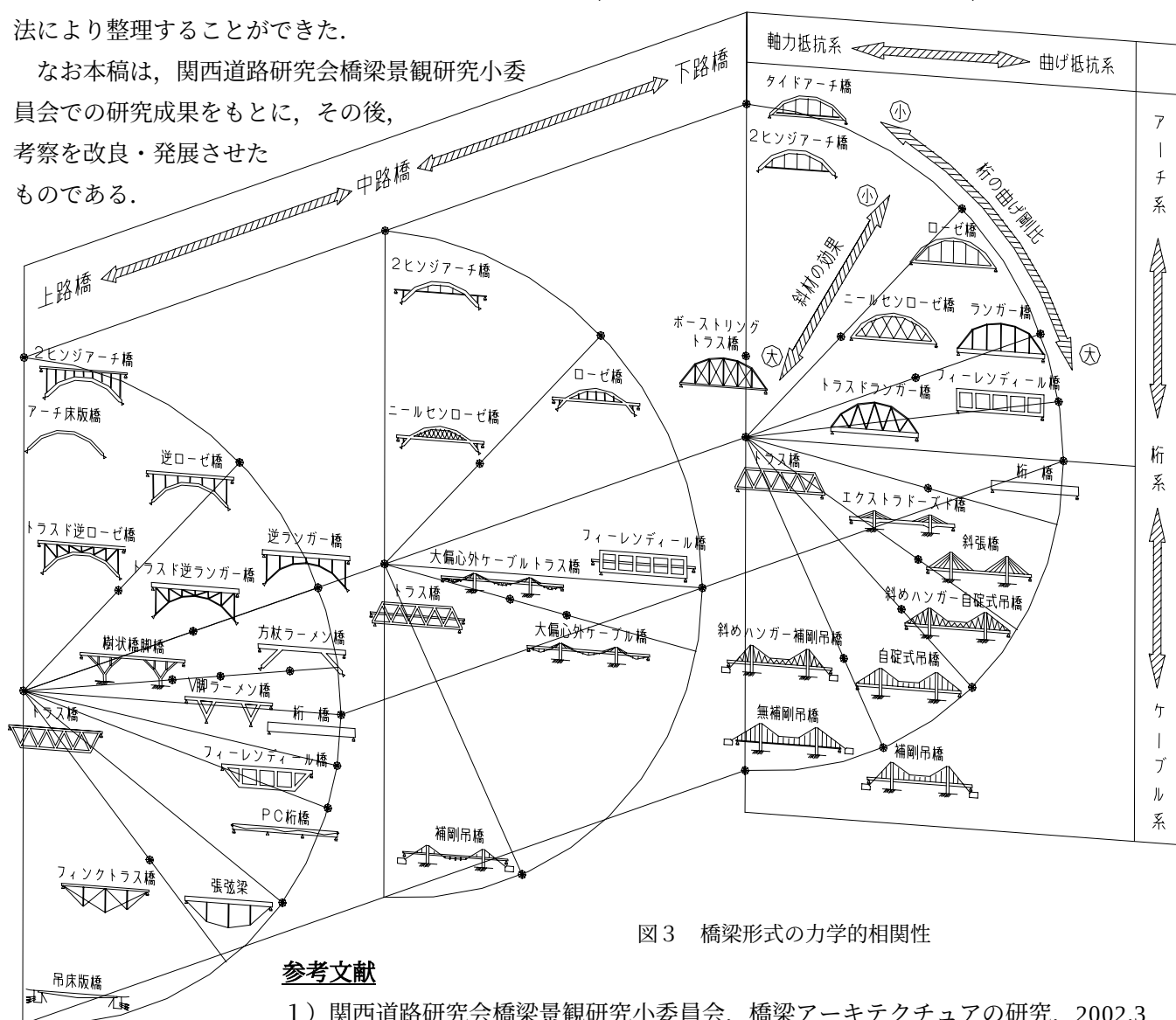
5. 新しい橋梁形式への発展と創造

図3の半円筒形内部に新しい点をプロットすると、そこに新しい橋梁形式が生まれる。古くは斜張橋やニールセンローゼ橋、近年ではエクストラードスト橋や大偏心外ケーブル橋などは、時代に応じた合理性を生み出す新しい点がプロットされてきたとも考えることができる。また、空間内の異なる2点に位置する橋梁形式を組み合わせることで、新しい形式を生み出すこともできる。（eg.タイドアーチ橋+自旋式吊橋=レンズ橋）

6. まとめ

スパンを渡るといふ共通の目的に対して、橋梁の形式は互いに力学的に無関係で不連続に存在しているわけではない。これは別段新しい考え方ではなく、従来より橋梁技術者の間では認識されてきたことであるが、それを統一的に分かりやすく整理したものは少ない。本稿では、ほぼすべての基本的な橋梁形式を、力学的に明解な方法により整理することができた。

なお本稿は、関西道路研究会橋梁景観研究小委員会での研究成果をもとに、その後、考察を改良・発展させたものである。



参考文献

- 1) 関西道路研究会橋梁景観研究小委員会，橋梁アーキテクチャの研究，2002.3