

京都大学工学部 学生員 ○ 村野 文哉  
 京都大学大学院工学研究科 正会員 久保田 善明  
 京都大学大学院工学研究科 正会員 川崎 雅史

## 1. 研究の背景と目的

アーチ橋では、通常、路面が置かれた桁を支持する鉛直材や吊材（本稿ではこれらを腹材と総称する）が存在するが、アーチ橋の設計実務においては、「(A)アーチリブの曲線形状」と「(B)腹材の配置構成」の関係性は独立して扱われることが多い。しかし、本来、(A)と(B)は力学的に関連性があり、原理的には、腹材の配置パターンは、アーチリブの最適形状に何らかの影響を与えることが考えられる。したがって、アーチ橋の構造形態原理を考える上では、これらを独立して扱うことは妥当とはいえない。構造形態の原理を考えることは、当該形式（本研究ではアーチ橋）の理解をより深めるだけでなく、既存橋梁の解釈や新規デザインの発想に寄与し得るものと考えられる。そこで本研究では、(A)と(B)の2要素を同時に考慮しながら、アーチ橋の構造形態のヴァリエーションについて検討し、その構造形態原理について基礎的な考察を加えることを目的とする。なお、本研究で得られるアーチ橋に関する知見は、構造形態の対称性から、基本的に吊橋にも適用可能である。

## 2. 研究手法

### 2.1 実験

本研究ではアーチリブと腹材に軸力のみが卓越している条件下での、(A)と(B)の具体的な形状の対応関係を再現できるような実験装置を開発した。開発した実験装置を用いて、(A)と(B)の対応関係のヴァリエーションを検討し、アーチ橋の構造形態の基本的性質を実験的に明らかにすることを試みた。

#### (1) 実験装置

この装置では吊橋のケーブル構造のようなメカニズムが再現されており、曲線を描く1本のケーブル（主ケーブル）に、錘の吊るされた9本のケーブル（副ケーブル）が接合されている。

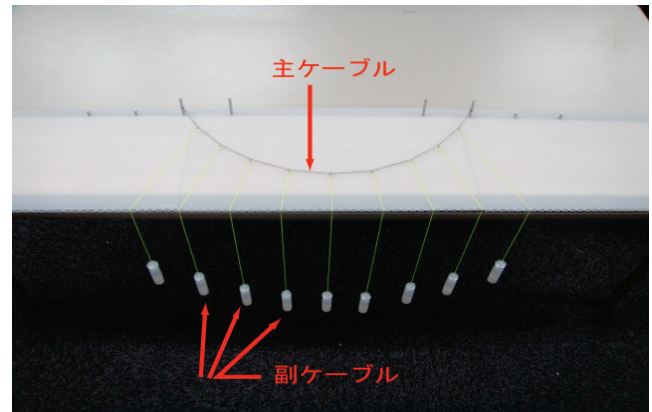


写真1 実験装置

副ケーブルの配置と、当該ケーブル先端に取り付けられた錘の重さの調節により、桁に作用する鉛直下方向の等分布荷重（死荷重+仮想活荷重）を再現できる。そして、この荷重条件を維持したまま、副ケーブルの配置法をいくつかのパターンで変化させ、それぞれに対応する主ケーブルの形状変化を記録する。図1に実験装置とアーチ橋の構造形態との対応図を記す。

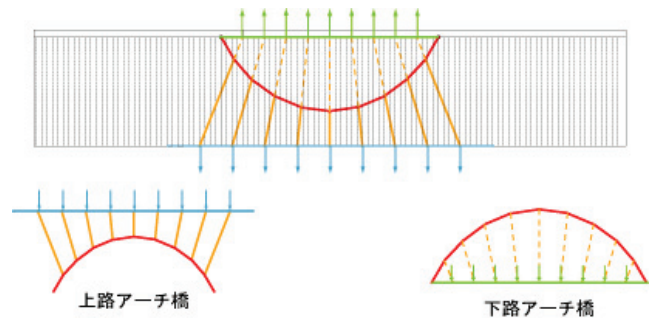


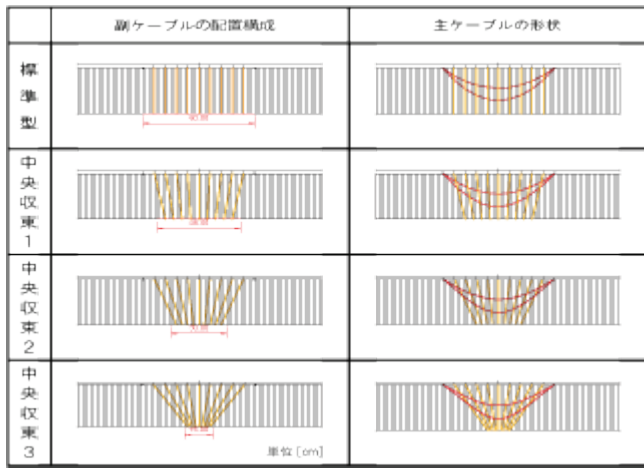
図1 実験装置とアーチ橋の対応図

#### (2) 実験ケース及び実験結果

副ケーブルの配置構成は、本実験装置では無数に選択できるが、その中でもある程度の規則性をもたせ、以下の5つのパターンを定義し、検証を行った。

- ①中央収束型 ②中央放射型  
 ③偏心収束型 ④偏心放射型 ⑤斜平行型

例として、図表1に①中央収束型の実験ケース及び実験結果を示す。

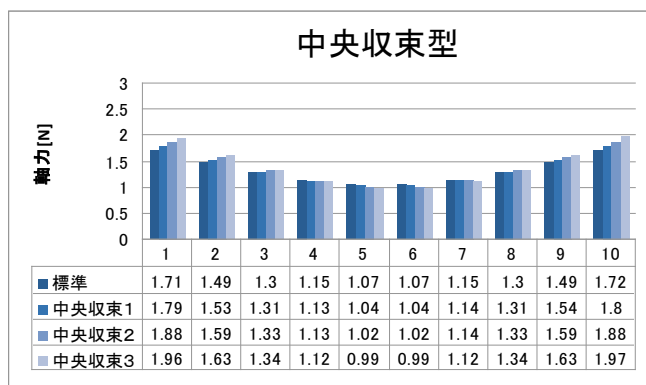


図表 1 ①中央収束型における実験結果

①のケースにおいては、主ケーブルの曲線形状は放物線から徐々に山形の形状へと変化した。主ケーブルと副ケーブルの接合点が主ケーブル中央に集中した結果、主ケーブル端部側が直線化することで、このような変形を行ったと考えられる。

## 2. 2 解析

実験では、ケーブルの形状変化は計測できるが、ケーブル内に作用する力の大きさについては直接計測することが困難である。そこで、構造解析プログラム MIDAS/civilを用いて、プログラム上に実験状態を再現し、実験装置では測定できない主ケーブルに発生する軸力の値を求めた。主ケーブルは副ケーブルとの接合点で10本のケーブル要素に分割されており、各ケーブル要素に作用する軸力の値を計測した。例として、グラフ 1 に①中央収束型における解析結果を示す。



グラフ 1 ①中央収束型における軸力値の変遷

収束の程度を強くするに従って、主ケーブル中央付近に発生する軸力は減少、主ケーブル端部側に発生する軸力は増加した。主ケーブル全体としては軸力の偏りが大きくなる傾向を示した。副ケーブルの配置が中央へと収束することで、主ケーブルにはケ

ーブル中央向きの水平力が発生し、その主ケーブルの曲線形状から、主ケーブル端部側がその反力を受け持ったことが前述の軸力の増減の要因と考えられる。

## 3. デザインへの応用

以上で得られた知見をもとに、以下に 2 種類の新たな橋梁デザインを提案する。



図 2 斜張橋の要素を取り入れた吊橋

実験ケース①中央収束型を活用した例 (図 2). 吊橋と斜張橋を組み合わせた構造形態. 主ケーブルが負担する桁部分の延長が短くなるため、アンカーレッジを小規模にすることができる. あるいは、長支間化が期待できる。

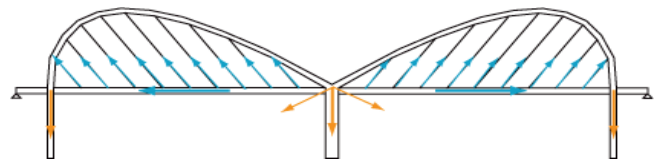


図 3 左右非対称のアーチリブをもつ下路アーチ橋

実験ケース⑤斜平行型を活用した例 (図 3). 左右非対称のアーチリブを対称にふたつ連ねた下路アーチ橋. 左右非対称のアーチリブを組み合わせることで、中間支点部に発生するアーチリブからの水平力を相殺し、さらにアーチリブの端部が鉛直方向に向くことから、端支点部でも水平力が発生しない. ただし、桁はアーチリブに直接固定されていないものとする. 桁に作用する軸力も左右の径間である程度バランスする。

## 4. 結論

本研究では、設計実務において個別に扱われることの多い「(A)アーチリブの曲線形状」と「(B)腹材の配置構成」を同時に考慮した構造形態原理について、実験と解析による基礎的考察を行った。本研究では、腹材の配置を収束型、放射型、斜平行型などに分類し、腹材の配置パターンがアーチリブの最適形状に与える影響を明らかにすると同時に、アーチリブに生じる圧縮力の増減傾向とアーチリブ形状との相関関係を明らかにした。また、得られた知見をもとに、いくつかの新しいデザインの提案を行った。