

京都大学工学部 学生員 ○大川 雄三
 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

曲線橋の三次元的な構造形態は、「ねじりモーメント」の存在に大きな影響を受けている。それにより、形態と構造の関係性がより複雑なものとなっている。しかし近年、特に海外の歩道橋においてユニークな曲線吊橋の建設がみられるようになってきた(図 1)。曲線吊橋には、三次元的な新たな発想によって新しい構造形態の創造をもたらすことができる可能性がある。

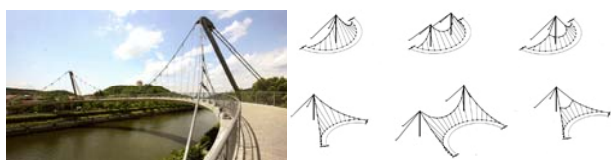


図 1 曲線吊橋の例¹⁾

本研究では、曲線吊橋の構造形態を断面力の観点から分析し、曲線吊橋のデザインを考える上での基礎的知見を得ることを目的とする。

2. 研究手法

本研究では複数の構造パターンを組み合わせた曲線吊橋のモデルを取り扱い、断面力に着目して構造形態を分析した。ここでは単径間の曲線吊橋を対象とし、自重のみを考慮したモデルで検討を行った。構造解析ソフト「midas Civil」を用いて、幾何学的非線形解析を行った。

3. 検討対象モデル

(1) 橋桁の曲率変化による影響

図 2 に示すように、一般的な直線吊橋におけるケーブル形状を固定したまま橋桁の偏心量 c を増大させていくことによって、橋桁と吊材に生じる各断面力の変化を考察する。

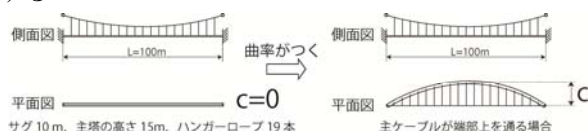


図 2 橋桁の曲率を変化させたモデル

なお、ハンガーロープは橋桁のセンターラインに沿っ

て取り付けものとする。図3～6は主ケーブルが橋桁の両端部上を通り、 $c=\{0, 2, 4, 5\}$ mの時の各断面力のグラフである。

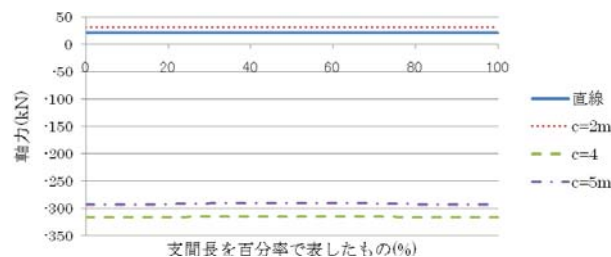


図3 橋桁の曲率と軸力の関係

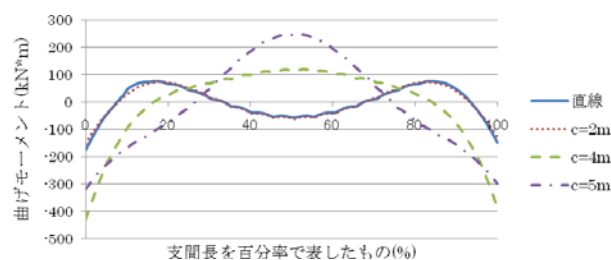


図4 橋桁の曲率と曲げモーメントの関係

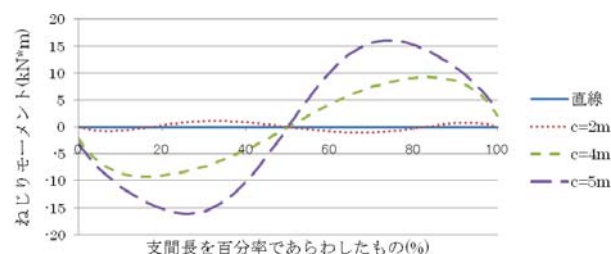


図5 橋桁の曲率とねじりモーメントの関係

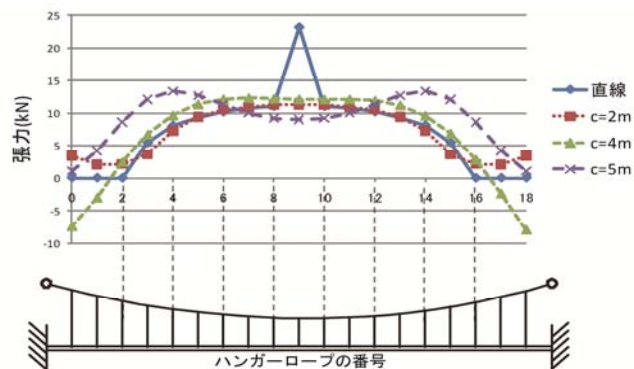


図6 各ハンガーロープの軸力と曲率の関係

c=2~4mの間で、橋桁の軸力が引張力から圧縮力へと大きく変化した。曲げモーメントにおいては、曲率が小さいとき、直線吊橋の場合と同じような概形を示していたが、曲率が増加するにつれて、桁橋の場合と同じような曲げモーメントの概形が得られた。ねじりモーメントは橋桁の曲率が小さい場合、支間中央部分と支間長の約4分の1点の位置において0になった。曲率が一定値を越えると、ねじりモーメントの概形は曲線桁橋の場合と同様になった。これは、主ケーブルの効果が最も強く現れる支間中央付近において、それが支点のような効果をもたらしているということが考えられる(以降、これを「擬似支点」と呼ぶ)。各ハンガーロープの張力は支間中央で大きな値を示した。曲率が大きくなるとハンガーロープが傾斜し有効に機能しなくなる為、擬似支点は消失したものと考えられる。

(2) 繰り返し決定計算によるケーブル形状の影響

直線吊橋では、一般的に主ケーブルのサグ比が約10分の1だと力学的に効率が良いことがわかっているように、曲線吊橋にも最適なケーブル形状が存在しうることが考えられる。本研究では桁に一定の曲率(c=5m)を与え、主ケーブルを直線的に張った状態をphase0とし、構造解析を行う。それにより変形したケーブル形状をインプットとし、生成されたモデルを再度解析することを数回繰り返す(図7)。ハンガーロープは橋桁のエッジの内側に取り付けられ、ケーブルは橋桁の両端部上を通るモデルを扱った。

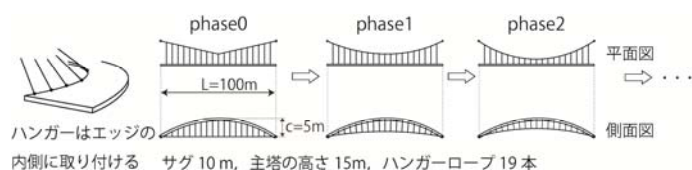


図7 繰り返し決定計算の流れ

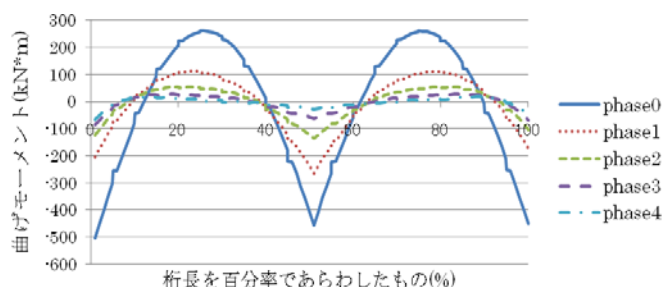


図8 橋桁の曲げモーメント

phaseが進むにつれて桁の曲げモーメントが減少した(図8)。ねじりモーメントはハンガーロープを橋桁のセンターラインに沿って取り付けただけの場合は、全体的に減少

することになるが、図9に示すように、エッジの片側に取り付けた場合は、支間中央部分でねじりモーメントの値が大きく変化していたものが緩和された。ただし、支間中央のねじりの値は減少するが、端部では値が増加した。

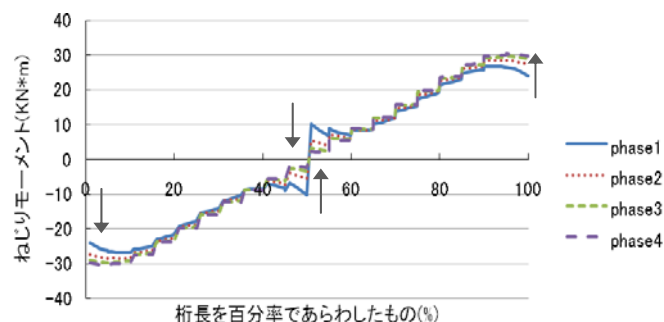


図9 ねじりモーメント

図10より、各ハンガーロープの張力を比較すると、支間中央のハンガーロープの張力が大きかったものが、より均等に近く働くことがわかった。

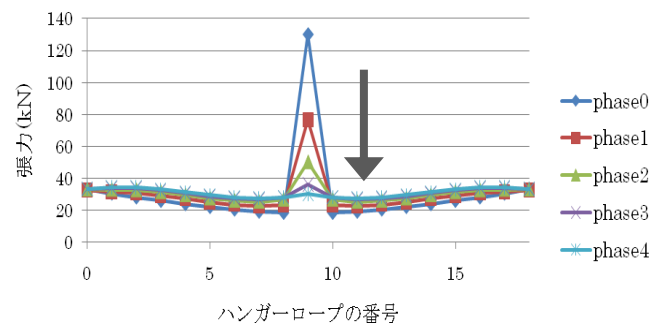


図10 各ハンガーロープの張力

4. まとめ

本研究での主な成果は、以下の通りである。

橋桁の曲率を変化させていくプロセスでは、ケーブルの形状によって、ねじりモーメントに特徴的な影響がみられた。なかでも、橋桁に擬似支点が生じ、短スパン化の効果があらわれることがわかった。

ケーブルの繰り返し決定計算によって、ねじりモーメントを中心とする断面力の性状と曲線吊橋の合理的な形態を示すことができた。せん断力、曲げモーメントは減少したが、ねじりモーメントについては支間中央が減少し、端部が増加した。ハンガーロープの張力の大きさの偏りが解消されることもわかった。

参考文献

- 1) Ursula Baus, Mike Schlaich, Wilfried Dechau : " *Footbridges: Construction, Design, History* ", Birkhauser Boston, 2007