

京都大学工学部 学生員 ○駒井 正樹
 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

現代の橋梁の多くは連続橋形式であり、その構造システムは本来的に隣接スパンからの構造的影響を受ける。これは構造システムに「カウンターバランス」の原理が内包されていることを意味しており、連続橋の構造形態を理解する上で基本的かつ重要な点といえる。

本研究では、連続橋の構造形態をカウンターバランスの観点から分析、体系化し、連続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. 基本構造形式

(1) 検討ケース

連続橋におけるカウンターバランスの影響を分析するために、本研究では基本構造形式として「桁橋」「アーチ」「吊り橋」の3タイプのモデルを扱う。これらは橋梁のシステムにおいて、それぞれ「曲げモーメント」「圧縮力」「引張力」が卓越する代表的橋梁形式といえる。また、簡易的に、モデルとして扱う連続橋は2径間連続とする(図2-1)。

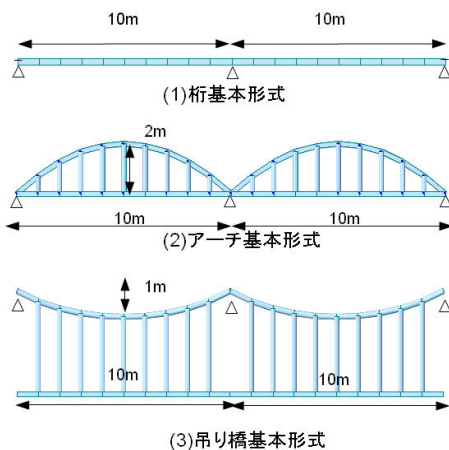


図2-1 基本構造形式

解析は、構造解析ソフト「midas Civil」を用いて、幾何学的非線形解析を行う。

(2) 隣接スパンから受ける影響

a) 重量バランスを図るための付加荷重の比較

カウンターバランスの適用例としては、隣接する支間長が異なる連続橋において、短い方のスパンをより重くするという手法がある。

ここでは、重量バランスを図るために短い方のスパン(左スパン:10m一定)に必要な付加荷重を等分布荷重として与え、橋梁の全重量に対する付加荷重の割合を縦軸に、右スパンの長さを横軸にとってグラフ化した(図2-1)。

この図より、左右のバランスを図るために必要な分布荷重は小さい順に、吊り橋、アーチ、桁橋となっていることが分かる。重量バランスの観点からは、左右のスパン長の違いに対応が容易な形式として、吊り橋、アーチ、桁橋の順であることが分かる。また、この中で桁橋は2次関数的な増加を示しており、スパン長の差が顕著な場合、必要な付加荷重は他の2タイプに比べ、非常に大きくなることも明らかとなった。

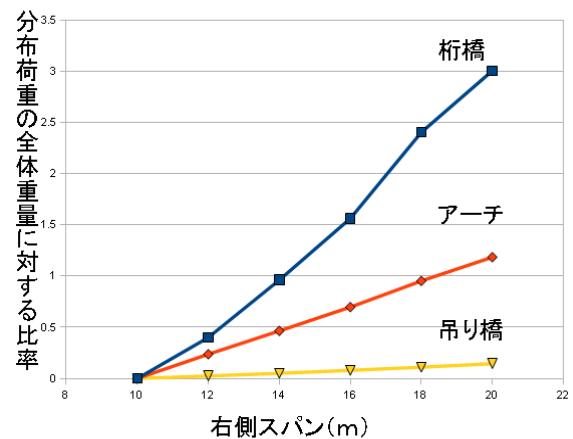


図2-2 左右のバランスを図るための付加荷重

b) 隣接スパンの剛性を高めたときの影響の形式比較

ここでは、モデルとする2径間連続橋において、片方のスパンの剛性を高めた場合に、もう片方のスパンにどのような影響が出るかを分析する。具体的には、右スパンの部材断面積を漸増させ、左スパンのたわみへの影響を調べた。

縦軸には各スパンのたわみの最大値、横軸には部材

断面積に関する左右スパンの比をとった。(図 2-2)

この図より、どの橋梁形式においても、剛性を高めた右スパンはたわみが小さくなっていくのに対し、剛性を変化させなかった左スパンにはほとんど変化が見られないことが分かる。中間支点付近では、左スパンにもたわみに変化が生じていたが、たわみは最大値に重要な意味を持つため、現実的な観点からは、隣接スパンの剛性を変化させることによる他スパンへの影響はほとんどないといえる。

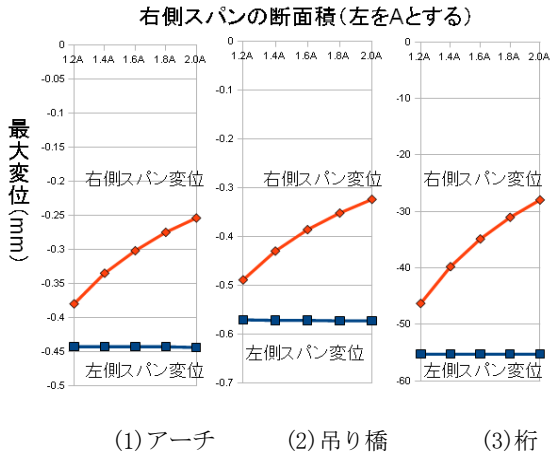


図 2-2 隣接スパンの剛性変化とたわみへの影響

c) ライズとサグの変更による他スパンへの影響

アーチではライズを高くすることで、吊り橋ではサグを大きくすることで支点部の水平力を小さくすることができる。そこで、右スパンが長いモデルで、右スパンのライズもしくはサグを大きくすることで中央支点の水平反力をキャンセルすることができないか調べた。(図 2-3)

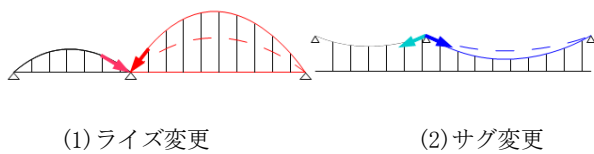


図 2-3 ライズとサグの変更

この結果、アーチにおいては、右スパンのライズを大きくすることで中間支点の水平反力を 0 にすることは現実的には不可能であることが明らかとなった。具体例をあげると、左 10m, 右 14m のスパンをもったアーチモデルでは、現実的なフォルムではないが、右側のライズを 56m 程度にまで上げて水平力をキャンセルすることは不可能であった。また、ライズが 70m になるとアーチ自体が自重によりたわみ、かえっ

て水平力が増加してしまう結果となった。

次に吊り橋のケースでは、左 10m, 右 14m のモデルにおいて、右側のサグを 1.4m から 1.44m にするだけで水平反力をキャンセルすることができた。

この理由としては、今回のモデルにおいて、アーチでは左右のスパンの自重に大きな差があったのに対して、吊り橋ではそれほど差がなかったためであると考えられる。

3. 構造形式の組み合わせ

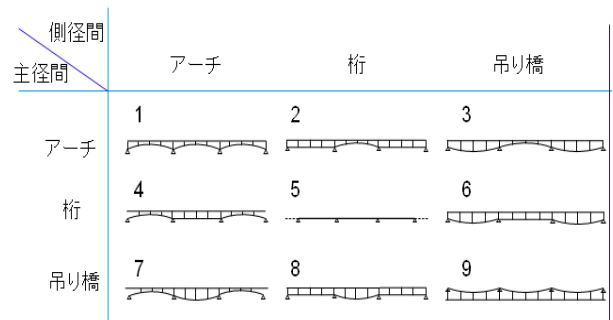


図 3-1 構造形式の組み合わせ

2 章までは同一形式の組み合わせを扱ったが、図 3-1 は構造形式の組み合わせを表している。③, ⑦のアーチと吊り橋の組み合わせでは、連結部での水平反力の方向が同一であるため、構造的には不合理な組み合わせであることが分かる。

4. まとめ

本研究での主な成果は、以下の通りである。

今回のモデルにおけるスパン長の異なる連続橋では、吊り橋、アーチ、桁橋の順に重量バランスが図りやすくなることが分かった。また、剛性の変化は他のスパンにあまり影響を及ぼさないこと、そして、サグやライズの変化は自重が支配要因となるため、大きな重量差がある場合にはバランスを図ることが困難であることが分かった。

また、アーチと吊橋を連続橋として組み合わせることは、構造的な合理性が低いことを示した。

本研究で扱った「カウンターバランス」の原理は、連続橋だけでなく、ゲルバー橋やカンチレバー橋、可動橋などにも見ることができる。橋梁の構造形態の体系的理解をより深めるためには、それらも含めた広範な検討が今後必要であろう。