

I-16 つり橋の横方向固有振動について

京都大学工学部 正員 山田 善一

つり橋が橋軸と直角の方向に風、地震その他の動的外力の作用を受ける場合、つり橋が示す性状を把握することは、重要な課題の一つである。たとえば所乗の問題では、地震が橋軸と直角の方向に作用する場合、ケーブルが神剛桁からタワーに加わる力はいかに見積るかは、実際に耐震設計を行なう場合に問題となる。この場合動的な考え方としては、実際に作用する外力を計算に入れて、レスポンスを求めることにするが、概算の性状を求めるためには、固有振動を求めねばならない。

つり橋は力学的に性質の異なる成分から成り立っている。従ってこれを解析する場合に多くに注意を必要とする。たとえば固有振動の解によく用いられる Rayleigh の方法や、Ritz の方法を用いる場合には、その振動型を仮定に多くに注意を必要とする。

本研究では、横方向の固有振動を概算的に把握するため、まずつり橋を有限自由度の質点系で抽象化し、質点系に対する振動の方程式を求めて、振動数と振動型を求めた。ここでは方程式の誘導は省略し、その結果のみを示す。

計算に用いた系は自由度 16 と 32 のものである。なお本研究では、つり橋の中央スパンのみについて行ない、ケーブル、神剛桁はタワーで移動しないように止められているとしている。

自由度 32 の系について、固有値入と振動型、およびこれらに対応する振動周期下を、始めの数モードについて与えたのが図である。前面の都合で高次振動は省略しているが、実際はあまり高次の振動では、抽象化による拘束が大きく、実際の様子を示しているとは考えられる。自由度 16 の系についても同様計算を行なったが、低次の振動ではかなりの近似が得られる。

図からわかるように、振動型では二重振子としての *Coupled motion* が見られる。しかしこれは橋軸方向における *nodes* が必ずしも一致するものではなく、従って同位相型の振動と逆位相型の振動が明りように区別できるものでは無い。このことはまた上下振動を同時に考えた場合、上下振動と水平振動との *Coupled motion* も複雑になることを示している。

実際に耐震の問題をとり扱う場合、振動周期が問題となるが、ここに示したようにつり橋が長大にあれば、その低次振動周期はかなり長くなり、地震の周期とはされてくる。ところが高次振動では、タワーに与える反力は大きくなるから、実際の力はこれらの比較において決定されねばならない。これはここに今後にもこの問題を考えるが、耐震上は、ケーブル、神剛桁からの影響は、タワーに関しては少ないものと思われる。

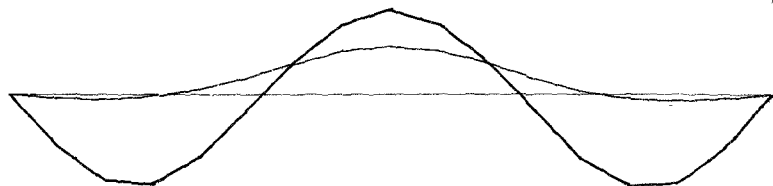
本計算は、明石海峡連絡つり橋案を例にとり、また計算は京都大学電子計算機 KDC-1 によった。

Symmetric Modes



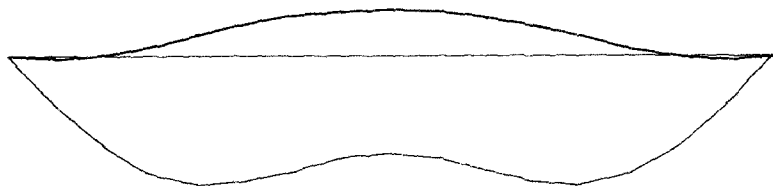
$$\lambda = 0.07459$$

$$T = 23.006 \text{ sec}$$



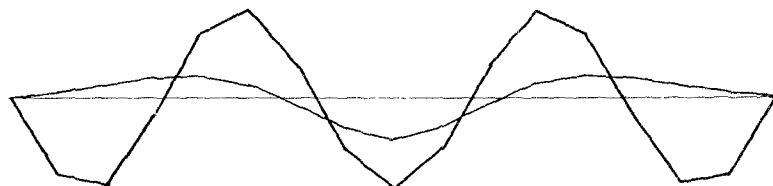
$$\lambda = 0.54355$$

$$T = 8.5223 \text{ sec}$$



$$\lambda = 1.7367$$

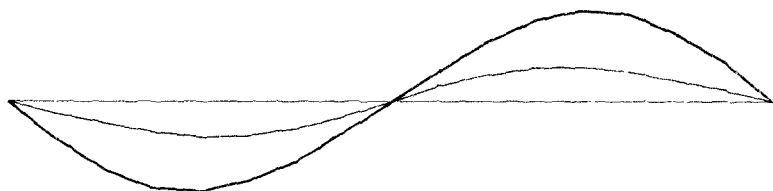
$$T = 4.7650 \text{ sec}$$



$$\lambda = 2.7977$$

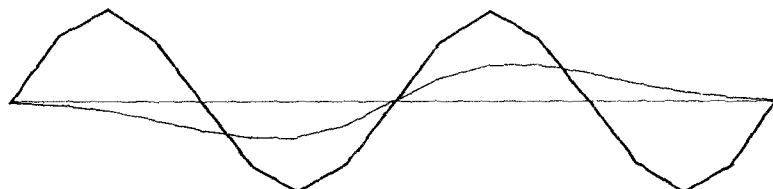
$$T = 3.7564 \text{ sec}$$

Antisymmetric Modes



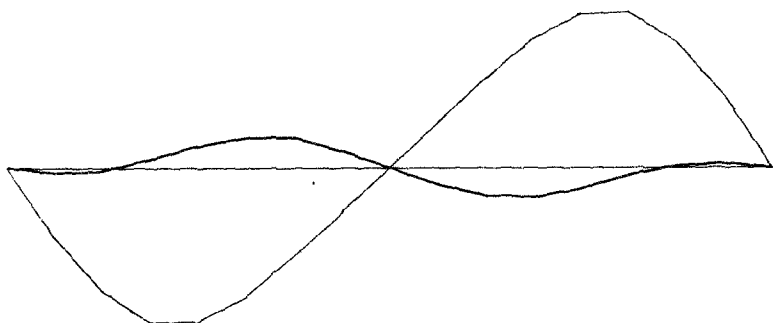
$$\lambda = 0.21335$$

$$T = 12.416 \text{ sec}$$



$$\lambda = 1.3177$$

$$T = 5.4736 \text{ sec}$$



$$\lambda = 2.1643$$

$$T = 4.2514 \text{ sec}$$