

部分定着式長大斜張橋の力学特性

九州大学 工学部 正 員 大塚 久哲

九州大学 大学院 学生員 〇吉田 武

九州大学 工学部 正 員 太田 俊昭

九州大学 工学部 正 員 今井富士夫

1. 緒言

斜張橋の主桁支持方式としては自己定着式(自定式)、完全定着式(完定式)及び部分定着式(部定式)の3方式が考えられる。このうち、部定式が最も経済的で長大橋に有利な支持方式であることは既に指摘されている^{1), 2)}。本研究は、部定式斜張橋の力学特性をより厳密に把握するため、マトリックス構造解析により実橋諸元での解析を行い上記3方式間で比較を行ったものである。

2. 構造モデルと解法

自定式はケーブルを主桁に定着する方式であり、主桁には軸力として圧縮力が作用する(図-1(a))。完定式は塔の真下で主桁を切断し、主桁を3個の単純梁に置き換えた構造である。ケーブルをアンカレイジに定着するため主桁には軸力として引張力が作用する(図-1(b))。部定式は軸力を伝達しない伸縮継手を側径間に挿入した構造である。ケーブルの一部をアンカレイジに定着し残りを主桁に定着するため、塔近傍の主桁には圧縮力、側径間端部及び中央径間中央部の主桁には引張力が作用する(図-1(c))。

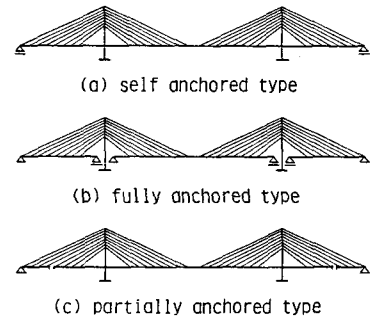


図-1. 3タイプの主桁支持方式

本研究では斜張橋を2次元構造物として解析しており、各節点では水平変位、鉛直変位及びたわみ角の3つの変形を考慮した。部定式の側径間に挿入する伸縮継手は半剛性節点としてモデル化したので、部材端に伸縮継手を有する部材の剛性行列を誘導した³⁾。これにより、モーメントを完全に伝達する伸縮継手からモーメントを全く伝達しない伸縮継手までの構造モデルの解析がパラメトリックに行なえるようになった。ケーブルプレストレス量の決定にあたっては、死荷重作用時に主桁-ケーブル定着点の鉛直変位を零とすることを制約条件とした。固有値解析にあたっては、質量マトリックスとして集中質量マトリックスを用い、ケーブルの剛性マトリックスにはケーブルの張力を考慮したものを用いた。

3. 数値計算結果と考察

スパンが240m、500m、1100m及び1500mの4つの斜張橋を対象にして、数値計算を行った。スパン1100mに対する一般図を図-2に示す。部定式の伸縮継手は側径間の5本目と6本目のケーブル間に挿入し、モーメントを完全に伝達する伸縮継手($k=\infty$)とモーメントを全く伝達しない伸縮継手($k=0$)の2種類を考慮した。

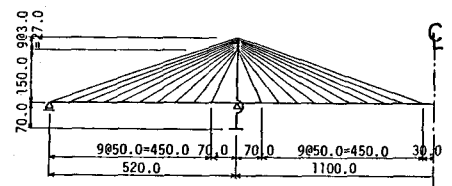


図-2. 解析モデルの一般図

(1) 死荷重、プレストレス及び活荷重が作用した系の静的特性

図-3は、中央径間中点と側径間の伸縮継手位置における主桁の鉛直変位を各支持方式間で比較したものである。縦軸は自定式の鉛直変位を1としたときの各支持方式の鉛直変位の比率、横軸はスパンである。これらの図より、主桁の鉛直変位は、スパンが長くなるほど、完定式、部定式が自定式よりも有利になることがわかる。また、部定式の側径間の伸縮継手がモーメントを伝達しない場合、伸縮継手位置での鉛直変位が大きくなるが、これはスパンが長くなるにつれてモーメントを伝達する部定式との差が無くなる。また、主桁の水平変位に関しては、完定式は塔の真下で大きな水平変位を生じ、部定式は側径間の伸縮継手位置に不連続部を生じる。この不連続量は偏載荷重になると更に大きくなることがわかった。

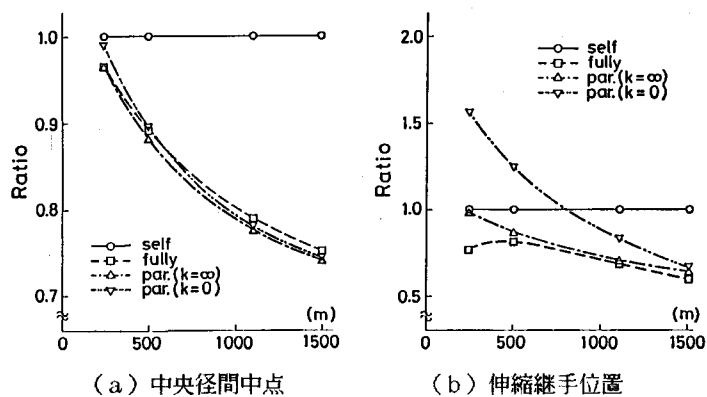


図-3. 鉛直変位の比較

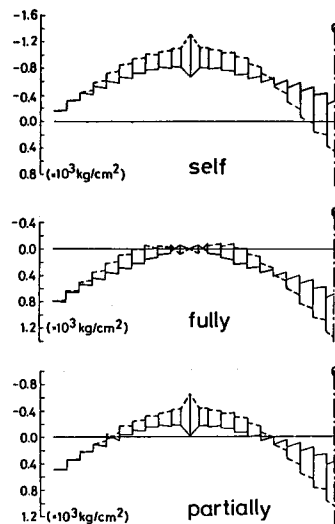


図-4. 主桁の応力

図-4に、スパン500mのモデルの軸力と曲げモーメントによる主桁応力を示す。実線は上縁応力、破線は下縁応力を示し、それぞれケーブル定着点における主桁応力を結んだものである。部定式は k の値の如何に関らず主桁応力はほぼ同じであった。主桁応力は、短径間では曲げ応力が支配的であるが、スパンが長くなるにつれて軸力による応力の方が支配的であった。したがって、長大橋における部定式の設計応力は、自定式、完定式と比べて大幅に減少し、経済的な構造になると思われる。

(2) 死荷重及びプレストレスが作用した系の固有振動特性

図-5は、1次と2次の固有周期を各支持方式間で比較したものである。縦軸は自定式の固有周期を1としたときの各支持方式の固有周期の比率、横軸はスパンである。これらの図より支持方式による固有周期の差はスパンが短いほど大きいことがわかる。その差は、240m級で約20%、500m級で約10%ほど存在するが、スパンが長くなるにつれ小さくなり、1000m級では約5%程度である。鉛直振動モードは、2次までは側径間の伸縮継手位置付近を除いて各支持方式間では

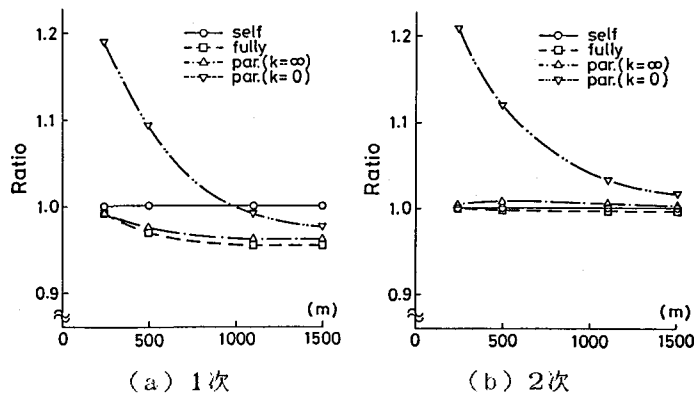


図-5. 固有周期の比較

ほとんど差が無い。ただし、3次以上の振動モードにはかなり明確な差がある。また、水平振動モードでは、2次、4次などの偶数次において、部定式の方が自定式よりかなり大きくなる。以上のことから、斜張橋の動的応答は各支持方式により異なることが予想される。

【参考文献】

- 1) Gilsanz, R.E. and Biggs, J.M.: Cable-Stayed Bridges: Degrees of Anchoring, Proc. of ASCE, Journal of Structural Engineering, Vol. 109, No. 1, January, 1983, pp. 200-220.
- 2) Ohtsuka, H., et al.: Optimum Anchoring for Long Span Cable-Stayed Bridges, Proc. of JSCE, Structural Engineering/Earthquake Engineering, Vol. 1, No. 2, Oct. 1984, pp. 742-764
- 3) リブスレイ (山田、川井 共訳): マトリックス構造解析入門、培風館、1968.