

中央大学 理工学部
八千代エンジニアリング
茨城県庁

正員 岡内 功
鈴木 直人
市村 正義

1. まえがき

吊橋構造の耐風設計法に関して、2つの考察を行った。1つは、強風による補剛桁の横たわみ変形を弾塑性論的に検討したものであり、もう1つは、斜張ケーブル（タワースティ）による補剛効果を検討したものである。以下にその結果を概略的に報告する。

2. 吊橋の風荷重による横たわみ変形について

2.1 解析方法

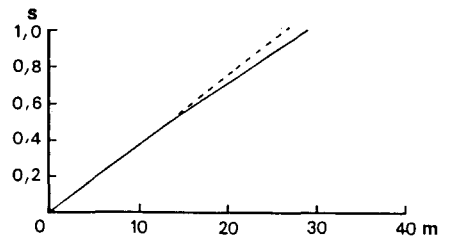
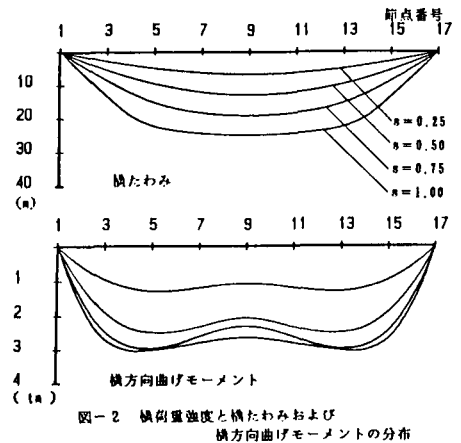
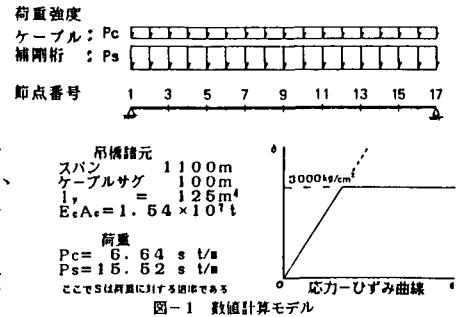
通常の場合、吊橋の補剛桁に作用する風荷重の一部は吊材を介して主ケーブルに伝えられるので、この横方向荷重を受け止める構造形式も一種の吊橋としてみなすことができる。従って、主ケーブルや吊材の応力が降伏点を越えなければ、補剛桁の一部が降伏しても一挙に変形が進行することはないと予想されるのであるが、この点を明らかにするため、補剛桁材料を弾塑性体として扱いながら風荷重強度と横たわみ量の関係を検討した。

基礎方程式には、横荷重を受ける吊橋の膜理論に基づく釣合方程式を用いたが、今の場合、応力-ひずみ関係が非線形であり、部材応力の大きさによってスパンの途中で材料のヤング率が変化することを考えなければならないので、スパンを適当に分割し、分割した各区間ではそれぞれの部材応力に対応するヤング率による曲げ剛性を補剛桁がもつものとして、問題を扱った。すなわち、各部材毎に剛性方程式をたて、さらに、これらの方程式に座標変換を施し各節点毎に重ねあわせて全体系の剛性方程式を求めて、これより変位を求める方法を基本としたのであるが、その際、材料の降伏の影響は、曲げ剛性を曲げモーメントの関数で表し、分割区間毎の曲げモーメントの値により曲げ剛性を変化させることにより取入れている。

2.2 解析結果

以上の方法により、単純支持補剛桁をもつ単径間吊橋に対して等分布風荷重が満載される場合の、風荷重強度と横たわみ量との関係を数値的に検討した。ここで補剛桁は図-1に示される応力-ひずみ特性をもつ理想的弾塑性材料で作られ、またH型断面をもつとした。

風荷重強度を漸増した各段階で計算された補剛桁の横たわみおよび横方向曲げモーメントの分布図を図-2に示す。同図より、最大たわみはスパン中央点に生じ、また曲げモーメントはスパン中央点に関して対称な2つの最大値をもつ曲線状に分布することが知られる。さらに、曲げモーメントが増加し塑性域を生じた部分では曲げ剛性が低下し曲率が増加する様子や、荷重強度の増加に従って曲げモーメントの最大値は支点方向に移行し、それに伴い塑性域が支点方向に拡大する傾向も認められる。しかし、図-3に示した荷重強度増加による最大横たわみ量の変化状態から、補剛桁部材の一部が塑性域に入った後も横たわみ変形は一挙に進行しないことがわかる。



3. 斜張ケーブルの補剛効果について

3.1 解析方法

吊橋の耐風性を向上する手段として、断面形の改良とともに剛性の増加があげられることは、従来よりよく知られていることである。そこで、タワースティと呼ばれる斜張ケーブルの取り付けによる補剛効果を曲げとねじりの両作用について静的と動的の両面から検討した。

数値解析に当っては、斜張ケーブルをその取り付け位置に設けられたバネ支承に置き換えて問題を扱っている。すなわち、静的解析では、吊橋のたわみ理論における基礎方程式に上述のバネ支承の影響を表す項を加えて変位を求め、一方、動的解析では、吊橋系のひずみエネルギーにバネ支承のひずみエネルギーを加え、Rayleigh-Ritzの方法を用いて固有振動数および固有振動モードを求めたのである。なお、これらの解析方法の精度を検討するため、中央スパン4.5mの小型模型による実験も試みている。

3.2 解析結果

まず、図-4に、数値解析結果と実験結果の比較を示す。これより、静的および動的の結果は、曲げとねじりの両作用に対してかなりよく一致しており、上述の解析方法が概ね妥当であると認められた。さらに、図-4に示した影響線や振動モードなどの様子から、斜張ケーブルの補剛効果を十分明確に認めることができるであろう。

次いで、以上のような補剛効果には、斜張ケーブルの本数、取り付け位置、断面積などが特に大きく関係すると考えられるので、これらの要因の影響度を考察しているが、その結果、ケーブル本数の影響は最大変位や最低次固有振動数には比較的小さいこと、本数を1本とした時、補剛効果はケーブル取り付け角度が水平から30~35度程度の場合に最も大きくなること、などが見出された。さらに、ケーブル断面積については、図-5のような傾向が認められて、断面積をある程度増加すると、それ以上増加しても補剛効果の増加はあまり見られなくなることが知られた。

4 まとめ

以上の吊橋の耐風設計法に関連した2つの考察にはなお検討すべき余地が若干認められるのであるが、これらの考察の結果、

(1) 吊橋補剛桁の静的風荷重による横たわみ量は、補剛桁材料の降伏後も、荷重強度の増大に対して著しくは増加しない。

(2) 斜張ケーブルの適切な取り付けにより、吊橋の曲げとねじれ剛性をかなり増加することができる。などの事項が総括的に認められた。これらの事項は、吊橋の耐風設計法の合理化に対して一つの資料を提供するであろうと考えている。

