

埼玉大学大学院 学生員 高橋雅裕
 埼玉大学工学部 正会員 山口宏樹
 （株）長大 早川光夫

1. はじめに 斜張橋の動的設計において経験的に仮定されるモード減衰比を、理論的に評価することを目指し、これまでに減衰データの得られている生口橋（複合斜張橋、490m）についてモード減衰解析を行い、エネルギーに基づくモード減衰比の理論的推定法の妥当性を検討した¹⁾。しかし、その解析においてケーブルのひずみエネルギー評価に疑問が残ったため、本研究ではケーブルの解析精度が結果に及ぼす影響について考察を加えると同時に、構造が比較的簡単な2径間P C斜張橋である清雲橋（53.5m）についても減衰解析を実施して、その妥当性を検討した。

2. 生口橋のモードエネルギー比におけるケーブル振動の影響

図1に、各振動モードにおける桁・タワー・ケーブルのひずみエネルギーの総ポテンシャルエネルギーに対する比の分布を示す。図には、ケーブルの採用モード数が5次の場合と1次の場合を比較しているが、高次モードにおいてケーブル採用モード数が5次までの場合の方がひずみエネルギー比が小さくなっているのがわかる。

そこで、各モードについて、桁・タワー・ケーブルの連成状況とひずみエネルギー比との関係を詳しく検討した。図2は、例としてねじれ逆対称1次モードについて、ひずみエネルギー比を振動モードと共に示したものである。ケーブルの採用モード数によって振動モードにおけるケーブルの連成状況が大きく異なり、これによってひずみエネルギー比が大きく違ってくるといえる。

3. 清雲橋のモードエネルギー特性 清雲橋は2径間斜張橋であるため、図3に示すように、対称モードと逆対称モードでタワーの連成性が極端に異なり、減衰にも大きな差を生じている。そこで清雲橋についてもエネルギー解析を行い、モードエネルギー比を算出した。結果を図4に示す。(a)がモードひずみエネルギー比、(b)がモードポテンシャルエネルギー比である。鉛直たわみ対称1次モードはケーブルの連成状況が異なる2つのモード（27次、35次）が求められている。タワーの連成が見られる逆対称1次モード、逆対称2次モードではタワーのひずみエネルギー比が桁と同程度に大きく、ケーブルの連成が大きいモードではポテンシャルエネルギー比が大きいなどの特徴が認められよう。

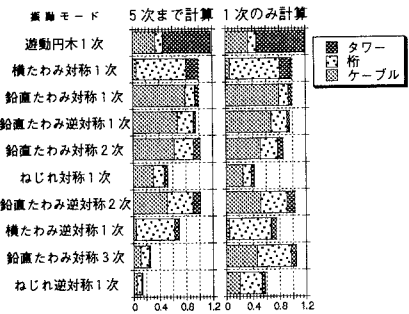


図1 生口橋のひずみエネルギー比

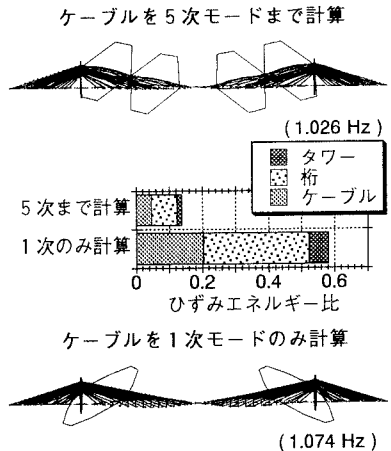


図2 ねじれ逆対称1次のひずみエネルギー比

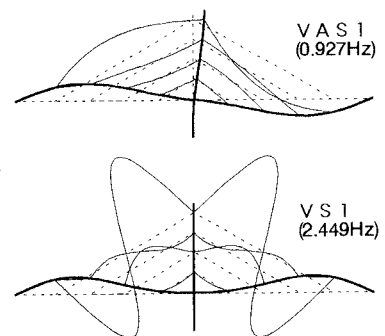


図3 清雲橋の振動モード例 (VAS1, VS1)

4. モード減衰解析の妥当性の検討 生口橋について、図1に示したひずみエネルギー比と実橋での振動実験報告²⁾にあるモード減衰比から、各構造要素のロスファクターを推定した結果を図5に示す。これはモード減衰比のエネルギー的定義に基づき、桁、タワー、ケーブル3つの構造要素のロスファクターを実験で得られている減衰値3つを用いて推定するものであり、図の横軸は3つの条件式の組み合わせケースである。推定値にはばらつきが大きくロスファクターが負値になる場合もあるが、組み合わせによっては、例えば鉛直曲げモードのみを用いた場合にはある程度良い結果となっている。つまり、鉛直曲げとねじれとを同一データとして扱うとうまくいかない。その他、ばらつきの原因としては、支承部の摩擦による減衰や空力減衰を減衰評価式で考慮していないことなどの影響が考えられる。

また、清雲橋において、図4に示したひずみエネルギー比と振動実験で得られたモード減衰比³⁾(VAS1 0.012, VS1 0.006, VAS2 0.018, VS2 0.007)からロスファクターを推定した結果を図6に示す。推定値にはばらつきがあるが、タワーのロスファクターが桁のロスファクターに比べて大きい傾向がいくらか認められ、タワーが連成する逆対称モードで減衰が大きいという実験結果と対応しているように思える。

5. まとめ 斜張橋の減衰の理論的評価を目的として生口橋を対象としたモード減衰解析を再度行った。その結果、ケーブルの連成が大きいモードではケーブルの採用モード数がひずみエネルギー比に及ぼす影響が大きいことがわかった。また、清雲橋のモード減衰解析において、タワーの連成が減衰にプラスに作用するような傾向が見られた。ロスファクターの推定結果には依然としてばらつきが見られるが、この1つの理由として評価式で考慮されていない要因の影響が考えられる。今後、減衰の各種要因の影響を明らかにすることが必要と考えられる。

参考文献 1) 山口他: 斜張橋のモードエネルギー特性とそれに基づく減衰解析、土木学会年次講演会、pp.1132-1133、1994。

2) 藤原他: マルチケーブル複合構造形式斜張橋の固有振動特性、構造工学論文集39A, pp.831-839、1993。

3) Obata, T., et al.: Vibration Experiments and Natural Vibration Analysis of Prestressed Concrete Cable-Stayed Pedestrian Bridge, the 1st Sino-Japan Workshop on Cable-Stayed Bridges, Sapporo, pp.71-76, 1992。

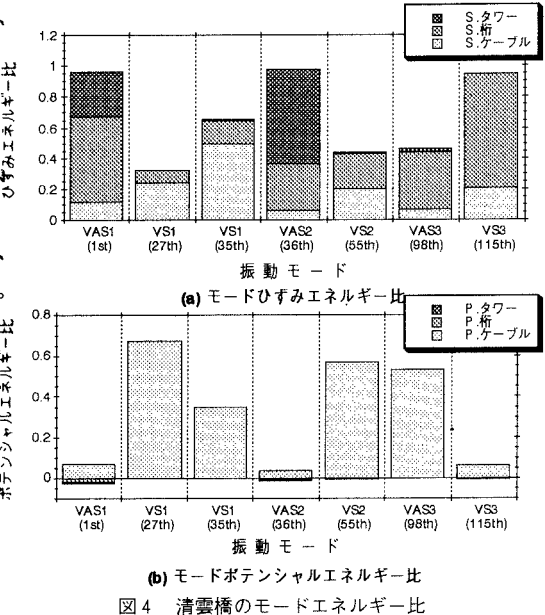


図4 清雲橋のモードエネルギー比

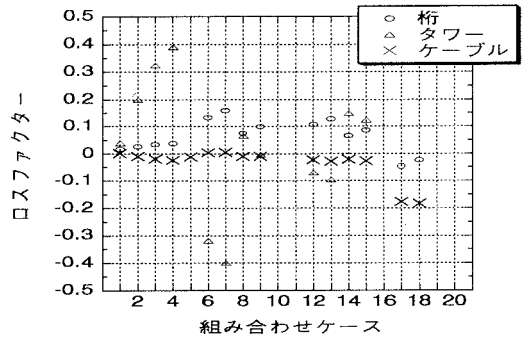


図5 生口橋におけるロスファクターの推定値

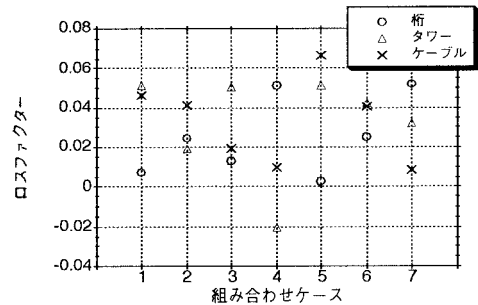


図6 清雲橋におけるロスファクターの推定値