

佐藤鉄工(株)	正会員	勝俣 徹
丸誠重工業(株)		平石 敏明
山梨大学工学部	正会員	杉山 俊幸
長岡技科大建設系	正会員	長井 正嗣
東京大学工学部	正会員	藤野 陽三

1. はじめに

斜張橋は、横浜ベイブリッジ等の完成に伴い、その形態の美しさ、構造力学的な効率の良さなどから近年特に脚光を浴びている橋梁形式である。この斜張橋の設計に関しては、困難とされてきた構造解析は、コンピュータの導入により複雑な構造形式でも高精度の解析が可能になってきているが、その形式選定に際しては、美観・構造特性・経済性等幾つかの要因との関連性を考慮しなければならず、他の橋梁形式と比較して検討項目がかなり多いことから、経験豊富な技術者の判断に頼らなければならないのが現状である。専門技術者の豊富な経験や知識が必要とされる分野にはエキスパートシステムの導入が望ましいとの認識が高まっていることを考慮して、著者らは数年前から斜張橋の知識があまりない人でも基本設計を行えるようなエキスパートシステムの開発を試みてきている。そして、これまでに基本設計における静的検討までのプロセスがカバーできるようにしてきている。具体的には、ユーザーが橋長・幅員・径間割といった斜張橋の設計に最低限必要な橋の規模に関する情報を入力すると、システムが最もふさわしい橋梁形式を選定するだけでなく、ユーザーが必要とする場合には、ケーブル形式にはこういったものがあるのか、橋の規模によってどのような主桁の断面が適しているのかなどを、説明用画面で図を織りまぜながら解説を加え、ユーザーの理解を助けるようになっている。そして外部プログラムの組み込みにより、主桁に生じる断面力等を算出し、図1に示す静的な検討までを行えるようになっている¹⁾。

本研究では、これまで構築してきたシステムにさらに耐風安定性に関する情報の説明を組み込むと同時に、外部プログラムによりフラッター限界風速を求めることによって、耐風安定性の検討がある程度行えるようにすることを目的としている。

2. 耐風安定性に関する情報の組み込み

今回新たに組み込んだ耐風安定性に関する情報・内容等は以下の3つである。

1) 風洞実験の必要性やしくみを図も使いながら説明することにより、何のために風洞実験を行うのか、どのようなことを風洞実験であるのかがよく理解できるようにしてある（図2参照）。

2) フラッターや渦励振とはどのような振動であるのか、また、どのようにしてそれらの振動が発生するのか等、空力弾性振動について理解できるようになっている。

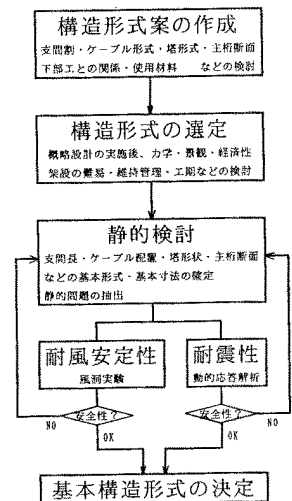


図1 斜張橋の基本設計までのフローチャート

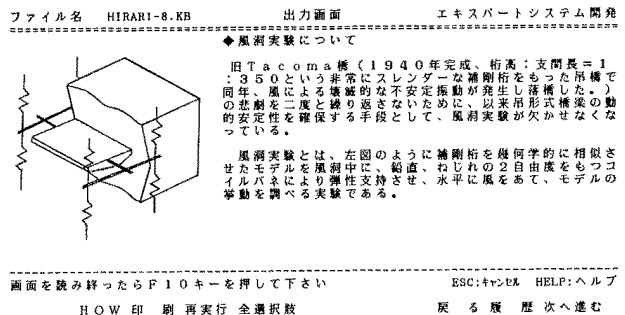


図2 風洞実験に関する説明画面

3) 翼の状態変化の様子を図示するなどして、翼理論に関する情報が得られるようになっている（図3参照）。

3. 斜張橋のフラッター限界風速を求める外部プログラムの組み込み

吊形式橋梁の耐風安定性を考慮する際に重要となるのがフラッター限界風速であり、翼理論によると、この風速での風圧力下でねじれとたわみの固有円振動数が一致し、大振幅振動になり得る連成フラッターが生じる。斜張橋の基本設計においては、このフラッター限界風速を求め耐風安定性を評価することがしばしば行われる。そこでここでは、エキスパートシステムによって決定された橋梁形式に対し、翼理論により展開された公式を用いて、鉛直・ねじれの固有円振動数、ダイバージェンス限界風速を求め、Selbergの式よりフラッター限界風速が算出できるような外部プログラムを作成した。また、どの位置のケーブルのバネ定数を計算に使用したかがディスプレイ上

に表示できるようにした。実行画面の一例を示したのが図4である。また、この外部プログラムを用いてフラッター限界風速を橋長1000m、幅員20mの場合について算出した一例を示したのが図5である。同図は、ケーブル面数を2、径間割を3径間、ケーブル配置を塔に対して非対称にした場合で、主塔片側のケーブル本数を横軸に、フラッター限界風速を縦軸に取ってプロットしてある。図5より、ケーブル本数の増加に伴ってフラッター限界風速が上昇していること、中央径間長が長くなると、フラッター限界風速が小さくなっていることがわかる。

4. まとめ

本研究では、これまで構築してきた斜張橋基本設計用エキスパートシステムに風洞実験の必要性や空力弾性振動等の耐風安定性に関する情報を組み込み、さらに、フラッター限界風速が計算できるような外部プログラムを作成した。今後は、パソコンの容量との関係で可能かどうかの判断は難しいが、耐震性に関する情報や簡単な動的応答解析が可能な外部プログラムを組み込んでいく予定である。

〔付記〕本研究は、鋼橋技術研究会・技術情報部会（部会長：藤野陽三東大教授）のメンバーの方々の御協力を得て遂行している。

〔参考文献〕1) 勝俣他：斜張橋の基本設計用エキスパートシステムの開発、第49回土木学会年次学術講演会講演概要集I-383, 平成6年9月。

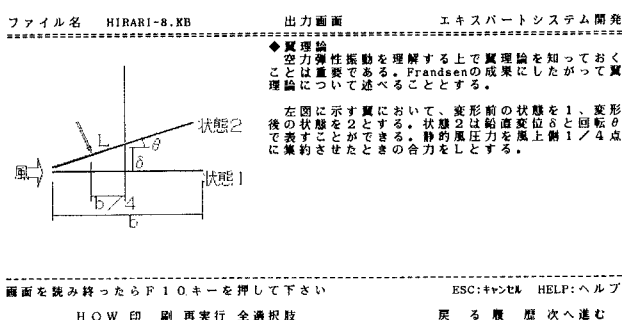


図3 翼理論に関する説明画面の一例

v=lc/lg関係（資料参照）から、 α の値を求めて下さい。
 $v = 0.500$
 $lc/lg = 2.255$
 $\alpha = 1.0$
 主塔間ケーブルのバネ定数（塔より外側から）
 $k[0] = 5.601296$
 $k[1] = 8.063643$
 $k[2] = 9.880008$
 $k[3] = 12.274487$
 $k[4] = 15.417780$
 $k[5] = 19.411882$
 $k[6] = 24.018101$
 $k[7] = 28.166367$
 上記のバネ定数より、最も塔より近い着目点（p点）における
 $k[0]$ の値を計算値とします。
 鉛直固有円振動数 ωv は、0.108619（Hz）
 ねじれ固有円振動数 ωt は、0.188134（Hz）
 ダイバージェンス限界風速 $v d$ は、172.38（m/s）
 フラッター限界風速 $v f$ は、73.19（m/s）

図4 フラッター限界風速算出用外部プログラムの実行例

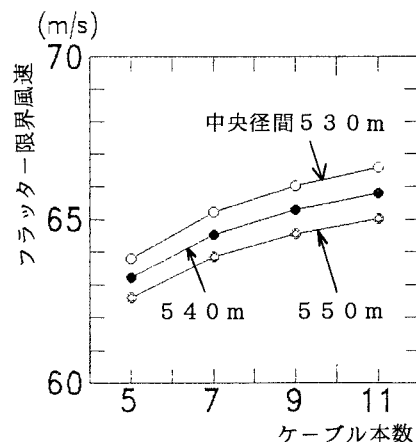


図5 フラッター限界風速 vs. ケーブル本数（橋長1000m、幅員20m）