

東京大学工学部 正会員 伊藤 学
同 正会員 大竹 完治
建設省 正会員 杉山 雅英

1. ま え が き

構造物はその架設途中においては完成時よりも剛性が低く、安全性に特に十分な注意を払う必要がある。特に完成系において耐風性が設計を支配することの多い長径間吊橋においては架設中の耐風性に配慮しなければならぬ。一般の橋梁にくらべて架設期間が長く、強風の襲来を受けた可能性の高いこともその理由の一つである。吊橋の架設中の耐風性に関する既往の研究には、三菱重工業が行われたもの¹⁾、英国物理研究所でセバーン橋を対象として行われたもの²⁾がある。前者は小型の全橋模型を用いて、塔からスパン中央に向かって補剛げに架設して行く場合を扱い、後者は部分模型実験結果にもとづく理論計算によって、逆にスパン中央から塔に向かって架設する場合を扱っている。両者とも結論として、架設中のある段階において完成時よりフラッター限界風速の低下することを示している。吊橋の補剛げには一般に非流線形で複雑な断面を有し、かつ架設中は構造特性も特異であるので、できれば全橋模型風洞実験による耐風性の検証が必要と考える。

本研究では、東京大学の全橋模型実験用大型風洞(幅16m×高さ1.9m)を用いて、風の作用を受ける架設中の吊橋の挙動を考察すること、ならびに今後この種の風洞実験を実施するにあたって考慮すべき点を探ることを目的としており、本州四国連絡橋公団より東京大学への委託研究の一部として行われた。

2. 吊橋模型とその動的特性

原型は本州四国連絡橋計画のうち、主径間1780mの明石海峡大橋案の中央径間部のみをとり出したものである。縮尺は $1/125$ で、相似を保つことに努めたが、模型製作上の制約から鉛直曲げ剛性は所要値よりも低かった。

実験の対象とした架設条件は図-1に示すように、完成時を含めて8種類である。解析は多質点系に置換して行った。予備実験として実施した静的載荷試験の結果では、架設段階Ⅲ～Ⅶで曲げ変形が大きく、架設段階Ⅱ、Ⅲで大きいねじれ変形が認められた。

架設進行とともに基本固有振動数の変化は図-2のようになって、ここに示したのは理論値であるが、これら低次振動では実験結果とかなりよい一致を見た。図-2に見るように、予想されたとおり架設段階が進むにつれて固有振動数は一般に高くなる。しかしこの傾向は鉛直および横たわみ振動においてはそれほど顕著ではない。このことは図-3に示した振動モードの様相からもうかがえることでもある。

模型の自由振動における対数減衰率はいずれの場合も0.01から0.06の範囲にあり、これも概して架設が進むにつれて増大する傾向が認められる。しかし、横たわみ振動の減衰率はそれほど変化はなく、

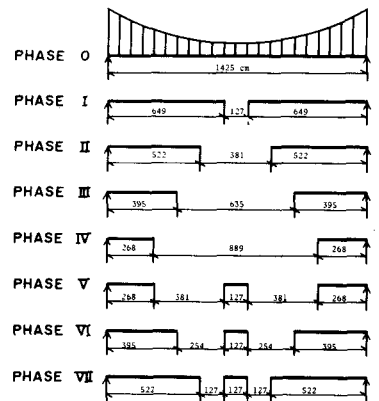


図-1 対象とした架設段階

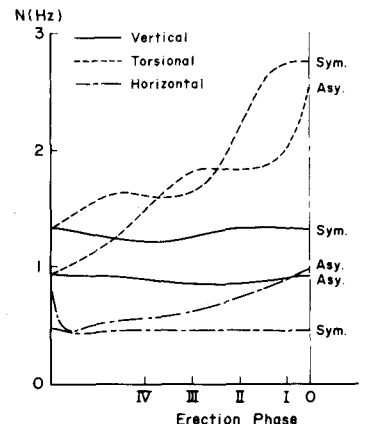


図-2 基本固有振動数

他方本実験では逆対称ねじれ振動においてはまったく逆の傾向が見られた。文献¹⁾に報告されている模型実験結果では鉛直曲げ、ねじれともに架設の進行と共に減衰率は増大しており、この点さらに綿密な実験が必要と思われる。

架設段階Ⅶ～Ⅷの状態では、中央に吊下げられたブロックの剛体としての揺り運動を考慮する必要がある。

3. 風洞実験

原設計(以下形式Oと名付ける)は風洞風速7m/sec(実橋換算約80m/sec)まで不安定な振動の発生は見られなかったが、橋床グレーチング部と高欄とを塞いだ形式Hの模型についても風洞実験を行った。

図-4は各架設段階における補剛げたの風(風速1m/secに換算)による曲げモーメント(水平)を示したもので、架設途中では完成時の最大曲げモーメントより大きい値を示すことはない。しかし、補剛げたの最大横たわみは架設初期の方が大きい。

上述のように、断面形式Oでは実橋換算風速80m/secまで不安定な振動を生ずることはなかったが、形式Hの模型では各架設段階ともねじれフラッターも生じやすい。しかもその振動モードは架設段階に応じて対称、逆対称のいずれかが支配的であった。このように架設段階に応じて支配的なモードが異なることは既往の研究¹⁾においても指摘されている。別に、スパン中央に孤立したブロックがある風速ねじれ振動を始め、これに誘発される系全体のフラッターが発生することが認められた。

フラッター発生の限界風速は架設段階Iなどではやはり完成時より低いが、Ⅲ、Ⅳではむしろ高く、また架設段階Ⅴでは完成時の半分以下という低い風速で振動が発生した。さらに、増速時の発振風速と減速時のいわゆる quench point に対応する限界風速との間にかなりの差があることが認められた。

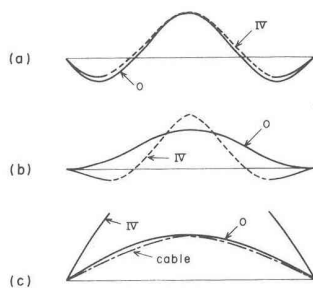
4. おすび

架設中の吊橋の静的、動的諸特性、ならびに風の作用を受けた場合の挙動について模型実験を中心として検討を行った。特にこのような架設途中における耐風性の検証には全橋模型による風洞実験がきわめて有意義と考えられるが、実験の精度などまだ今後に残された問題がある。

振動特性の理論的検討にあたって、当時東大学生であった稲垣義孝君(現国鉄)に負うところ大であった。種々助言を頂いた宮田利雄助教授らと合せ、謝意を表す。

参考文献

- 1) Yamaguchi et al. : Proc. 3rd Int'l. Conf. Wind Effects on Buildings and Structures, 1971.
- 2) Smith, I.P. : NPL Aero Report 1105, May 1964.



(a) 鉛直, (b) ねじれ, (c) 横たわみ
図-3 対称1次振動モードの比較

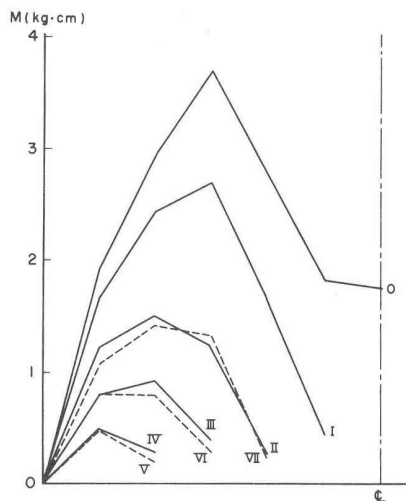


図-4 補剛げたの横曲げモーメント

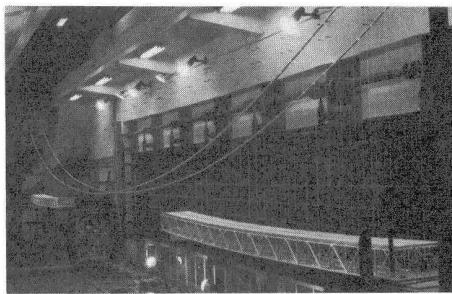


図-5 風洞内の模型(架設段階Ⅲ)