

長大橋全橋模型におけるハンガー曲げ剛性の影響

独立行政法人土木研究所	正会員	麓 興一郎
本州四国連絡橋公団	正会員	楠原 栄樹
本州四国連絡橋公団	正会員	○花井 拓
本州四国連絡橋公団	正会員	平野 茂

1. はじめに

本州四国連絡橋公団は、平成13年8月に「本州四国連絡橋耐風設計基準(2001)・同解説」を制定した。この中で超長大橋の耐風性は、世界最長の吊橋である明石海峡大橋で実施した調査結果をもとに、大型風洞による全橋模型試験と対風応答解析（フラッター解析およびガスト応答解析）により総合的に評価する必要があるとしている。これまで、土木研究所と本四公団は、超長大吊橋の耐風設計法を確立するための共同研究を実施してきており、その課程で全橋解析を実施する場合の新たな知見を得たので報告する。

2. 検討の経緯

吊橋を解析モデル化する場合、主ケーブルとハンガーロープは曲げに抵抗しない部材すなわち棒要素を用い、その他の部材（主塔、補剛桁）は軸力の他に曲げ、ねじれも伝達する梁要素を用いるのが一般的である。これまでの長大橋の解析では、上記の様なモデル化により解析が実施されており、実橋振動試験結果と整合することを確認している。

一方、全橋模型試験では、ハンガーロープ断面積が全体振動特性に及ぼす影響は小さいことから、風荷重を相似させることに重点をおいて、実橋よりも太い径のハンガーを使用してきた。しかし、図-1に示すように、ハンガーロープ長が短い中央径間中央付近では、ハンガーロープ自体の持つ曲げ剛性が無視し得ないことが懸念された。そこで、ハンガー曲げ剛性の影響を把握するため、ハンガーロープについて曲げ剛性を有する梁部材でモデル化したときの振動性状の変化と実際に全橋模型で使用する材料の曲げ剛性を確認した。

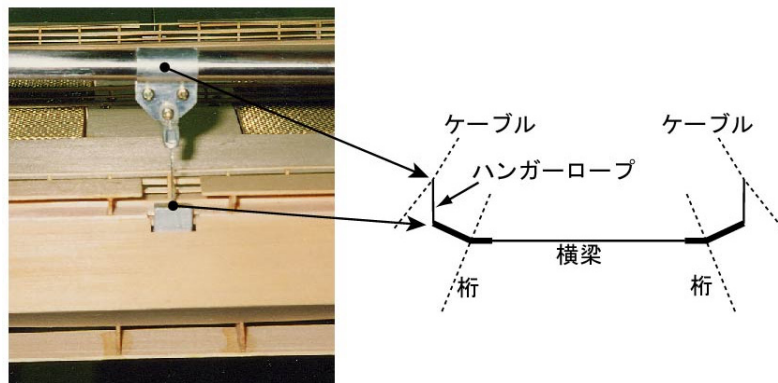


図-1 全橋模型におけるハンガーロープ

3. ハンガーの曲げ剛性を考慮した固有振動解析

今回の解析対象は、大型風洞で検討中の超長大橋である。ハンガーロープの曲げ剛性が不明であることから、直径1mmの円柱の曲げ剛性を基本に、その係数(α)倍した場合に、固有振動数がどのように変化するかを検討した。ここで、実際のハンガーロープの変形形状と解析上の変形形状が整合するように、梁要素でモデル化したハンガーロープは8等分割した。

解析結果は図-2に示すとおりである。鉛直振動に対しては $\alpha=1.0$ とした場合でほとんど振動数が変化しないのに対して、ねじれ振動に対しては $\alpha=0.1$ 程度であっても振動数が10%程度上昇する結果を得た。なお図は添付していないが、水平振動にも影響は無いことを確認している。

キーワード 全橋模型, 超長大橋, 固有振動特性

連絡先 〒651-0088 兵庫県神戸市中央区小野柄通 4-1-22 本四公団 長大橋技術センター Tel:078-291-1071

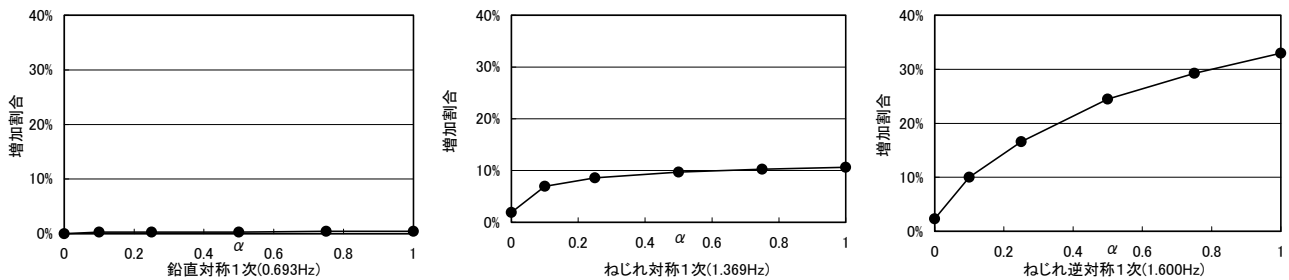


図-2 ハンガーロープ曲げ剛性の影響

4. ハンガーロープの曲げ剛性確認試験

3. でハンガーロープの曲げ剛性が、全橋模型のねじれ振動数に影響を与えることが明らかとなったことから、実際の全橋模型で使用しているハンガーロープ部材の曲げ剛性の確認試験を実施した。部材は直径 0.6mm のワイヤーロープで、写真-1 に示すように 4 本のハンガーにより桁と同じ質量の剛体を吊すことにより、全橋模型と同じ状況を再現した。試験結果は、図-3 に示すとおりであり、直径 0.6mm の円柱の曲げ剛性に対して 1/10 程度の値となることを確認した。

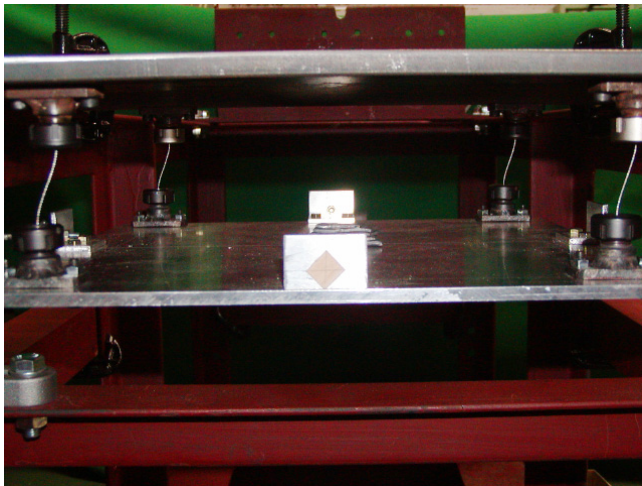


写真-1 曲げ剛性確認試験状況

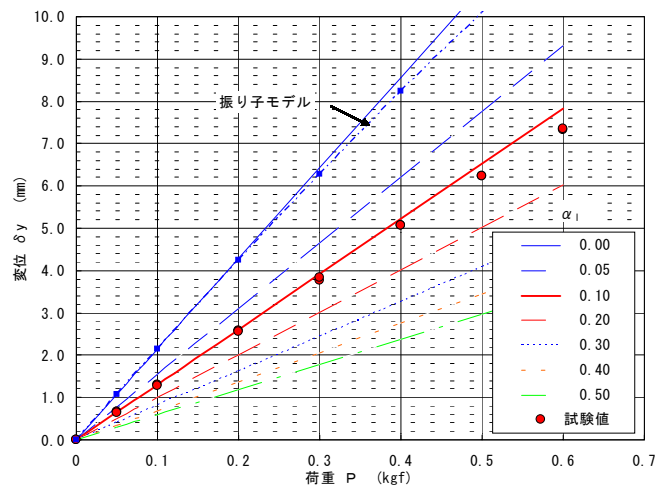


図-3 比較解析結果

5. 実験結果を反映した固有振動解析

全橋模型の解析モデルに対し、4. の実験結果を考慮して固有振動解析を実施した結果、曲げ剛性のない棒要素の場合に比べ、ねじれ対称 1 次振動数が 7%、ねじれ逆対称 1 次振動数が 8% 上昇する結果となった。なお、明石海峡大橋の実橋諸元の解析モデルに対して、ハンガーロープを同じ径の鋼棒とした場合の曲げ剛性を考慮（上述の $\alpha=1.0$ ）した解析を実施したところ、振動数の増加は 1% 程度と僅かであることを確認しており、ねじれ剛性の高いトラス形式または一箱桁形式を採用したこれまでの橋梁においては影響が少なかったと考えられる。

6. まとめ

今回の検討の結果、ハンガーロープの曲げ剛性が吊橋の固有振動特性に影響を与える可能性があることが明らかとなった。ただし、従来の手法は耐風性照査の面では安全側の評価を与えていると考えられ、当面は従来のモデル化で耐風性の推定を行っても支障無いと考えられる。なお今回は、全橋模型レベルでの検討結果を紹介するにとどまっているが、実橋諸元においてどの程度影響があるのかを確認する必要がある。