

I - B58

スピンドルタイプ補剛桁超長大吊橋の強風時応答特性について

横浜国立大学大学院 正員 辻 文彰

横浜国立大学 正員 宮田利雄

横浜国立大学 正員 山田 均

1. まえがき

海峡部における架橋計画においては、浅海域に主塔を建設することによって経済性を考慮することによる支間長の長大化から、従来からの補剛桁形式とは異なった新形式補剛桁についての検討が必要となってくる。

これまでの検討結果より、上下車線床版を分離して並列させた並列二箱桁形式の補剛桁は、静的不安定現象の発生の可能性が考えられるものの、耐フラッター性に関しては、着目すべき安定性を示している¹⁾。また、構造物の振動の発生メカニズムを空力的に検討することにより、効果的に耐風安定性を向上できることが明らかとなっている²⁾。

これを踏まえ、本研究では、耐風性、経済性に優れた補剛桁形式を持った超長大橋として、従来形式の補剛桁では加振力が作用して応答に支配的な影響を及ぼす中央径間の中央部のみに、並列二箱桁を配した図1のようなスピンドルタイプ（紡錘型）補剛桁超長大吊橋を提案し、その耐風安定性について検討を行った。

2. 動的応答特性

表1 各モデル基本諸元とフラッター限界風速

	全径間 一箱桁	スピンドル タイプ	全径間 並列二箱桁
支間割 (m)	1750 + 3500 + 1750		
サグ比	1/10		
ケーブル間隔 (m)	36.0		
ケーブル断面積 (m ² /Br.)	2.2	2.8	3.0
ケーブル重量 (tf/m/Br.)	17.27	21.98	23.55
たわみ固有振動数 (Hz)	0.0479	0.0507	0.0463
ねじれ固有振動数 (Hz)	0.1353	0.0875	0.0806
フラッター 限界風速 (m/s)	48.3	69.1	56.9

表2 補剛桁構造諸元

	一箱桁部	並列 二箱桁部
桁高 (m)	7.0	7.0
桁幅 (m/Box)	42.0	24.0
桁断面積 (m ² /Box)	1.81	1.09
ねじれ剛性 (m ⁴ /Box)	59.07	25.40
水平剛性 (m ⁴ /Box)	246.24	42.12
鉛直剛性 (m ⁴ /Box)	18.78	9.96
補剛桁重量 (tf/m)	20.62	28.88
補剛桁極慣性 (tfm ² /m)	3622.39	20794.31

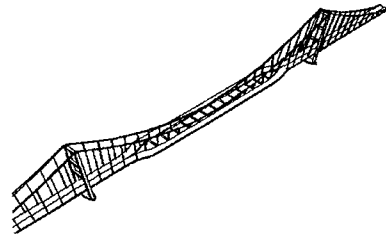


図1 スピンドルタイプ補剛桁超長大吊橋イメージ図

スピンドルタイプ補剛桁を持つ超長大吊橋と共に、全径間において従来からの一箱桁としたタイプ、全径間において並列二箱桁としたタイプ、それぞれについて中央径間を3500 mとして試設計を行い、3次元立体骨組みモデルを作成し、風洞試験によって得られた非定常空気力³⁾を作用させたフラッター解析を行った。表1、表2に構造諸元とともにフラッター限界風速を示す。解析結果より、スピンドルタイプモデルでは、全径間一箱桁モデル、および全径間並列二箱桁モデルで見られる従来の中央径間の振動が卓越した対称形モードは負減衰へと発達せず、側径間の振動が卓越した逆対称形モードによってフラッターが発生することが明らかとなった。スピンドルタイプモデルの風速-対数減衰率図、フラッターモード形、加振力・減衰力の橋軸方向分布を図2～4に示す。加振力・減衰力分布においても、支配的な加振力は側径間に働き、従来形式補剛桁とは異なった特性を示した。

超長大橋、スピンドルタイプ、動的空力弾性解析、耐風設計

〒240 横浜市保土ヶ谷区常盤台79-5 TEL 045-339-4042 FAX 045-331-1707

これにより、さらなる耐風安定性の向上を図る対策として、支間比を 4:10:4 と変化させた。図 5 の結果より、側径間卓越モードは負減衰となる風速が上昇し、限界風速の上昇が認められた。

さらに、スピンドルタイプ補剛桁の経済的な耐風安定性の向上度を把握するため、全径間一箱桁モデルにおいて単純な鋼重増加によって剛性を増加させ、その耐フラッター性についてスピンドルタイプモデルと比較した。図 6 より、全径間一箱桁では、スピンドルタイプ補剛桁と同程度の鋼材料を用いても、フラッター限界風速はスピンドルタイプ補剛桁に劣り、スピンドルタイプ補剛桁の採用により、経済的にも効果的に耐風安定性の向上が可能となったことが明らかとなった。

3. 静的応答特性

静的風荷重を載荷させた静的解析を行った。ねじれ変形を図 7 に示す。その結果、並列二箱桁を採用した場合には作用する空力モーメントの影響により、低い風速域から変形が生じたが、これはトラス桁を採用した場合の全径間一箱桁タイプと同程度であった。また静的不安定現象については全径間一箱桁モデルの場合が風速 65 m/s を超えて発生し、スピンドルタイプモデルの風速 85 m/s よりも低い発生風速となったが、これは一箱桁部、並列二箱桁部それぞれの空力モーメント係数の勾配の相違が原因と思われる。

4. 結論

スピンドルタイプ補剛桁は、従来からの一箱桁形式に比べ、経済的にも優れた耐フラッター性を示すことが明らかとなった。これはフラッターモードが変化したことによるものであり、その変化したモードに対して対策を施すことにより、更なる耐風安定性の向上を図ることが可能である。

静的応答に関しては作用する空力モーメントの影響より、従来タイプに比べ変形量は大きいものの、不安定現象は高い風速で発生することが明らかとなった。

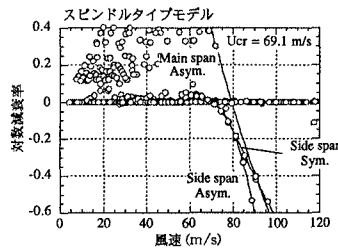


図2 風速-対数減衰率関係図

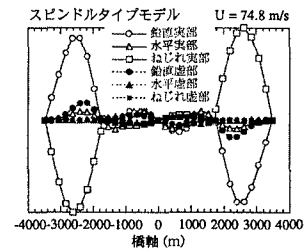


図3 フラッターモード形

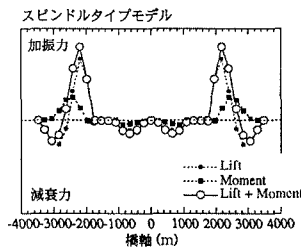


図4 加振力・減衰力分布

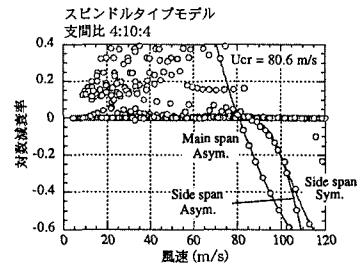


図5 支間比変化モデル
風速-対数減衰率関係図

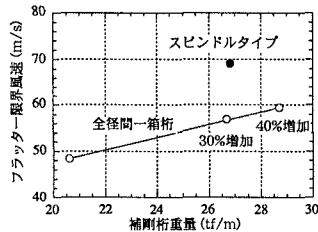


図6 補剛桁重量と限界風速

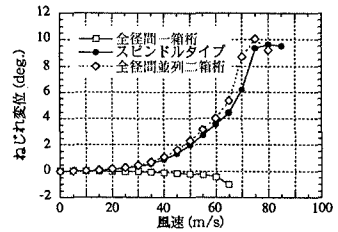


図7 静的ねじれ変位

参考文献 1) 大瀧、宮田、山田；二床版無補剛タイプ長大吊橋桁の空力応答に関する基礎実験、土木学会第50回年次学術講演会、1995年 2) 風間、宮田、山田；超長大吊橋のフラッター制御に関する考察、土木学会第50回年次学術講演会、1995年 3) 山田、宮田、山田；超長大スパン新形式補剛桁構成案の空力弾性特性について、土木学会第52回年次学術講演会、1997年