

I - B54

暴風時質量付加型超長大吊橋の試設計と2, 3の考察

川田工業 正会員 中崎 俊三

埼玉大学 正会員 山口 宏樹

1. まえがき 超長大吊橋の耐風安定化策として構造力学的方法, 空気力学的方法, アクティブコントロール法などに分類される種々の方法が提案されている。本文は構造力学方法としての暴風時質量付加型吊橋について, まず, 耐風安定性向上に対し最適な質量付加位置を選定し, それを基に試設計を行い従来形式と比較したものである。また, 有風時剛性変化の影響など構造特性に関する若干の考察を行った。

2. 検討および試設計の条件 中央径間長 2,500m の吊橋を対象とし, 箱桁断面中央部分には暴風時のみ一次的に海水などが貯えられるように隔壁が設けられている(図—1)。暴風時の主ケーブルの許容応力度は常時の 82kgf/mm^2 に対し, 弾性限界程度の 107kgf/mm^2 とした。また, 連成フラッターの照査風速は 85m/s とした。連成フラッター解析の解析理論は拡張 Bleich 理論および直接積分法¹⁾である(図—2~4は直接積分法による)。主桁には平板の非定常空気力を, 主桁と主ケーブルには抗力による準定常空気力を考慮している。

3. 最適質量付加位置と付加質量の大きさの選定 質量の大きさを 20tf/m とした最適質量付加位置の一次選定では図—2に示すケース1とケース2がフラッター発現風速の向上に対し有利であったが, 更に質量を大きくしていくとケース2は逆に低下した。結局, ケース1が主ケーブルの応力もケース2よりかなり小さいことなどからケース1を選定した。質量の大きさは 30tf/m 以上としてもフラッター発現風速の向上効果が小さいことから 30tf/m を選定した。 30tf/m の質量付加によりフラッター発現風速は 9m/s 程度上昇した。

4. 試設計の結果および考察 表—1により質量付加型は従来型に比べ, 吊構造部の鋼重で 12%減少している。主塔の応力照査を行ったが従来型に比べて鋼重増にはならなかった。表中に, 暴風時の主ケーブルの作用応力度を示すが, 質量付加型の場合 91kgf/mm^2 と, 当初設定した許容値 107kgf/mm^2 に比べ余裕がある。

図—3は質量付加型吊橋の質量付加に伴う空力応答の変化を示す。中央径間中央の変位の時刻歴応答をみると質量付加前ではねじれと面内たわみには有意な位相差がみられるが, 質量付加後ではほとんどその位相差はなくなる。次に, 揚力のなす仕事をみると, 質量付加の有無に関わらず側径間の減衰特性には変化ないが, 中央径間の場合, 中央部の凸状のものが凹状に変わり, 質量付加が大きく影響していることがわかる。

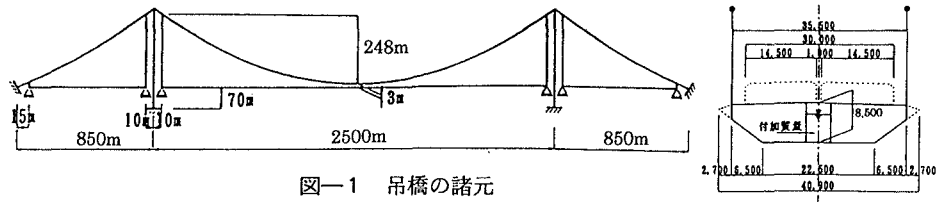
表—1の試設計の結果は質量付加による幾何剛性の変化は考慮しているが, 風荷重による変化は考慮していない。これに対し, 有風時の剛性変化の影響を検討したのが図—4である。質量付加型の場合, フラッター発現風速の低下およびモードの変化とも小さい。一方, 従来型の場合, 発現風速がかなり低下する場合 (-8.6m/s) と少し低下する場合 (-1.1m/s) の2ケース存在した。前者の場合は, 発現後しばらくして消滅しており, 吊橋の対数減衰率 0.02 を考慮すれば発生しなく, 後者の場合は急激にフラッターが発達する。フラッターモード(ねじれ変位最大時に着目)をみると, 前者の場合は大きな面外たわみモードを伴ない面内たわみモードはねじれモードに近くなるが, 後者の場合は少し面外たわみモードを伴うが無風時にほぼ等しい。

5. まとめと今後の課題 以下のことが言える。①質量付加の最適位置は中央径間中央の 25%領域である。②質量付加によるフラッター発現風速は 9m/s 程度で, その他の構造力学的方法とほぼ同等である。③質量付加による吊構造部の鋼重減は 12%であった。④有風時の剛性変化を考慮すると質量付加型吊橋が更に有利となる。今後はダイバージェンス型吊橋に質量付加を行うなど(図—5)その有効性を更に検討したい。

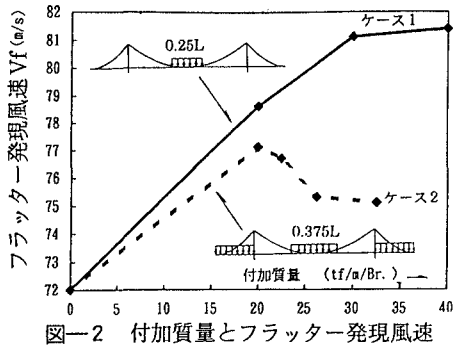
【参考文献】1) 中崎俊三, 山口宏樹: 暴風時質量付加型吊橋における橋軸方向質量付加位置に関する検討, 第14回風工学シンポジウム論文集, 1996, 12。

キーワード: 超長大吊橋, フラッター, 質量付加, 試設計, 有風時の剛性

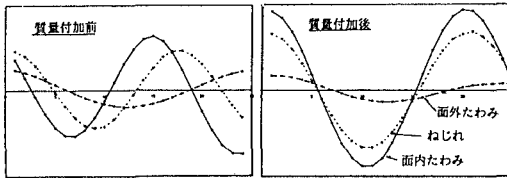
〒114 東京都北区滝野川1-3-11 技術開発本部 TEL 03-3915-3301 FAX 03-3915-3771



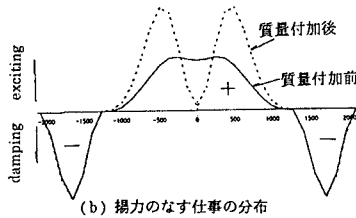
図—1 吊橋の諸元



図—2 付加質量とフラッター発現風速



(a) 中央径間中央における変位の時刻歴応答



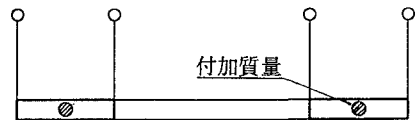
(b) 縄力のなす仕事の分布

図—3 ケース1における質量付加の効果

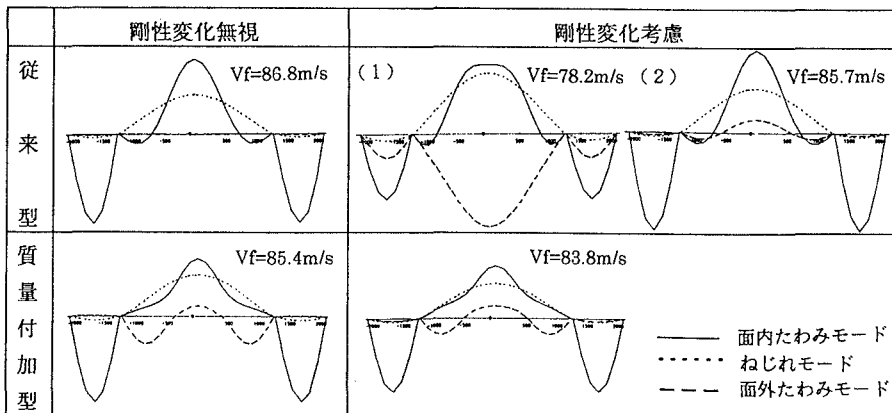
表—1 試設計の結果

		従来型	質量付加型
死荷重	付加質量	tf/m/Br.	30
	ケーブル部	tf/m/Br.	20.489
	吊橋造部	tf/m/Br.	28.929
	合計	tf/m/Br.	49.418
	(鋼索)	tf/m/Br.	42.418
主ケーブル	鋼重比率	1.000	0.879
	断面積	m ² /Br.	2.175
	極慣性モーメント	tf・m ² /m	659
	水平張力	tf/Br.	153196
	最大張力	tf/Br.	167058
ブル	応力度	kgf/mm ²	77
	断面積	m ² /Br.	1.9
	面内断面二次モーメント	m ⁴ /Br.	26.4
	面外断面二次モーメント	m ⁴ /Br.	245.5
	ねじれ定数	m ⁴ /Br.	61.7
桁	極慣性モーメント	tf・m ² /m	364
	フラッター発現風速	m/s	86.8
			85.4

(注) ケーブルの水平張力・最大張力は暴風時の値



図—5 ダイバージェンス型吊橋に対する質量付加



図—4 有風時剛性変化の影響（フラッター発現風速，フラッターモード）