

I - B68 2箱桁/1箱桁を併用した超長大吊橋（4車線案）の耐風性に関する検討

川崎重工業 正 員 野上 千秋
同 上 正 員 小川 一志
同 上 正 員 下土居秀樹

1. はじめに 紀淡海峡架橋計画をはじめとする将来の海峡横断プロジェクトの実現のためには、経済性と耐風安定性に優れた超長大橋の開発が必要と考えられる。筆者らは、これらへの適用を想定した新しい橋梁形式として2箱桁/1箱桁併用吊橋を提案し、これまで支間2500m、6車線の橋梁を対象とした検討を実施してきた。^{1), 2), 3), 4)}一方で、この海峡横断プロジェクトに関しては、建設コストの低減のため車線数を減らした、4車線橋梁としてのプロジェクト計画の方向性も示唆されている。ここでは、2箱桁/1箱桁併用吊橋の4車線案に対する適用性について、耐風性の面から検討を行った。

2. 検討の概要 本形式は、図-1に示すように、橋梁全体系の耐風性に対し支配的となる主径間中央付近の補剛桁として、耐風安定性に優れた2箱桁を用いてフラッタ安定性の向上を図るとともに、塔付部には鋼重の小さい1箱桁を用いることで、鋼重の増加を抑えることを意図したものである。本検討では、図-2に示すような補剛桁断面（2箱桁部）を対象とし、①2次元パネ支持試験によるフラッタ特性の確認と、②三分力試験による静的空気力の計測および自由振動法による動的空気力の評価を行い、③得られた各空気力を用いたフラッタ解析により橋梁全体系のフラッタ安定性の評価を行った。

3. 検討結果 ①表-1には、2次元パネ支持試験により得られた、4車線案および6車線案の2箱桁断面に対するフラッタ限界風速を示す。なお、各断面のフラッタ限界風速については、パネ支持試験と同じ条件のもとでの、Selberg式による平板翼のフラッタ限界風速に対する比率として整理を行っている。この結果より、断面のフラッタ安定性としては、6車線案に比べ4車線案のほうが高く、特に正負の高迎角領域においても、優れたフラッタ特性を有することが確認された。

②表-3には、4車線吊橋および6車線吊橋に対する固有値解析結果の比較を示すが、橋梁全体系のフラッタ特性に対し支配的となる、曲げ、ねじれ最低次モードの固有振動数に関しては、4車線案についても6車線案とほぼ同様の値が得られている。一方で、フラッタに対するもう一つの支配モードとなる、桁のねじれを伴う水平曲げモード（対称2次）に関しては、6車線案に比べ約15%の低下が認められる。なお、本解析においては、表-2に示すような補剛桁、ケーブルの断面性能を仮定した。

③図-3には、計測された静的空気力を用いた、風荷重による静的変形解析結果を示す。この結果より、気流傾斜角 $\alpha=0^\circ$ のもとでの4車線吊橋における補剛桁の回転変形量としては、風速80m/sにおいて約 -5° となり、6車線吊橋とほぼ同様の回転変形量となっている。

④図-4には、計測された動的空気力ならびに静的空気力を用いたフラッタ解析結果を示す。なお、本解析においてはモード組合せ法を用い、振動モードとして低次側50次までのモードを考慮した。また、気流傾斜角としては $\alpha=0^\circ$ とし、風荷重による桁の回転変形の影響について考慮した解析としている。この結果によれば、4車線案の2箱桁/1箱桁併用吊橋のフラッタ限界風速としては90m/s以上の風速が得られており、6車線案と同様、高いフラッタ安定性を確保し得ることが確認された。

4. まとめ 本検討の結果、2箱桁/1箱桁併用吊橋は、車線数の減少による建設コストの低減を意図した4車線吊橋案への適用を想定した場合にも、十分なフラッタ安定性を有することが確認された。今後は、詳細な構造検討も含め、本形式の実橋への適用のための各種検討を継続する予定としている。

なお、本検討は、建設省土木研究所、本州四国連絡橋公団、(財)土木研究センターおよび民間企業8社からなる『耐風性および経済性に優れた超長大橋の開発に関する共同研究』の一環として実施したものである。

- 参考文献：1) 小川, 下土居, 他: 新形式の超長大吊橋の振動特性に関する一考察, 風工学会年次研究発表会, 1995
 2) 小川, 下土居, 橋本: 2箱桁と1箱桁を併用した超長大吊橋のフラッタ特性, 第14回風工学シンポジウム, 1996
 3) 下土居, 小川, 野上: 2500m級超長大橋に適合した箱桁形状の研究, 第52回土木学会年次講演会, 1997
 4) 野上, 小川, 下土居, 岸田: 2箱桁/1箱桁を併用した2500m級超長大吊橋の耐風安定性, 第52回土木学会年次講演会, 1997

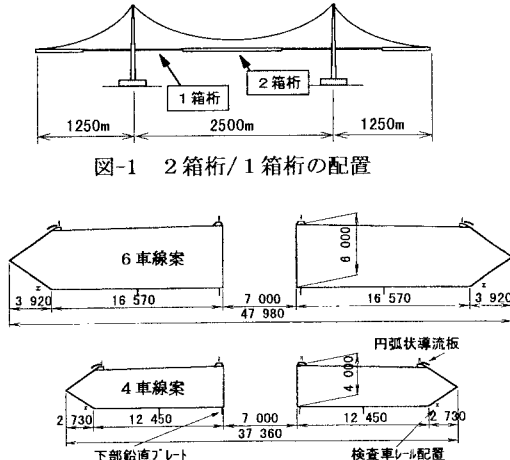


図-2 補剛桁断面形状（2箱桁部）

表-1 2箱桁断面のフラッタ特性

迎角 α	平板翼に対するフラッタ風速比		②/①
	①6車線案	②4車線案	
-10deg.	—	2.08	—
-7deg.	1.16	1.97	1.70
-5deg.	1.53	1.91	1.25
-3deg.	1.48	1.85	1.25
-1deg.	—	1.93	—
0deg.	1.43	2.00	1.40
1deg.	—	2.10	—
3deg.	1.42	2.08	1.46
5deg.	1.32	2.16	1.64

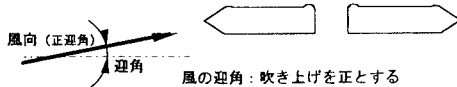


表-2 解析条件の比較（断面性能）

	①6車線案	②4車線案	②/①
補剛桁（1箱桁）			
断面積	1.289 m ²	0.954 m ²	0.74
鉛直曲げ剛性	9.542 m ⁴	3.164 m ⁴	0.33
水平曲げ剛性	133.333 m ⁴	51.474 m ⁴	0.39
ねじり剛性	19.753 m ⁴	4.856 m ⁴	0.25
重量	35.690 tf/m	23.912 tf/m	0.67
極慣性モーメント	2795 tf·m ² /m	1034 tf·m ² /m	0.37
補剛桁（2箱桁）			
断面積	1.516 m ²	1.141 m ²	0.75
鉛直曲げ剛性	9.660 m ⁴	3.378 m ⁴	0.35
水平曲げ剛性	263.326 m ⁴	113.437 m ⁴	0.43
ねじり剛性	20.979 m ⁴	5.730 m ⁴	0.27
重量	40.120 tf/m	26.880 tf/m	0.67
極慣性モーメント	5100 tf·m ² /m	2091 tf·m ² /m	0.41
メインケーブル			
断面積	0.685 m ²	0.475 m ²	0.69

表-3 振動特性の比較

	①6車線案	②4車線案	②/①
鉛直曲げ対称1次			
振動モード次数	2次	2次	—
固有振動数	0.053 Hz	0.053 Hz	0.993
等価質量	4.004 tf·s ² /m	2.669 tf·s ² /m	0.667
水平曲げ対称1次			
振動モード次数	8次	8次	—
固有振動数	0.101 Hz	0.085 Hz	0.846
等価極慣性モーメント	26088 tf·s ²	19981 tf·s ²	0.766
ねじれ対称1次			
振動モード次数	20次	20次	—
固有振動数	0.155 Hz	0.149 Hz	0.960
等価極慣性モーメント	2345 tf·s ²	890 tf·s ²	0.380

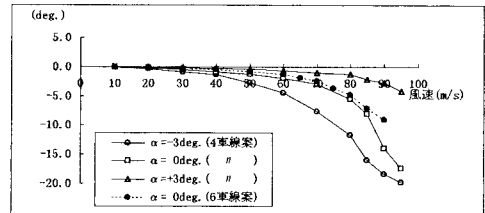


図-3 静的変形解析結果（主径間中央部回転変位）

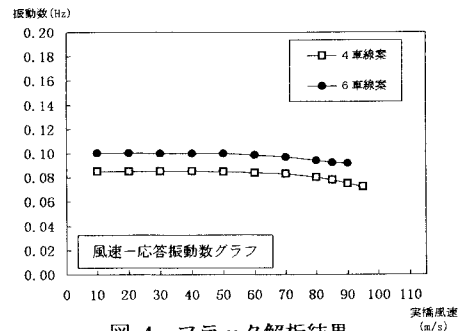
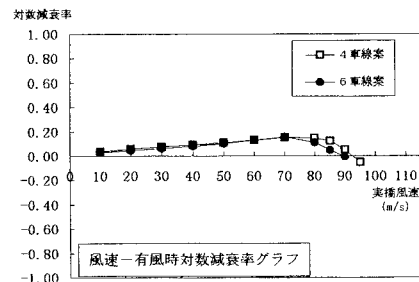


図-4 フラッタ解析結果（気流傾斜角：0deg.）