

ダイバージェンス型吊橋の耐風安定性について

徳島中央高校	正員	○尾 島 暁
徳島大学工学部	正員	宇都宮 英彦
徳島大学工学部	正員	長 尾 文 明
フジタ工業K.K.		見 市 善 紀

1. まえがき 2,000m級の超長大橋になればねじれの固有振動数がかなり小さな値となり、フラッター現象が起こりやすくなる。

このため、流線型の箱桁断面でも板厚を増しねじれ剛性を確保する必要がある。トラス型においても、箱桁断面より実現の可能性があるとはいえ、抗力が大きいので水平たわみに対して横構などによる剛性の増加が必要となる。桁断面の剛性を増すことは鋼重が大きくなり経済的に大きな問題となる。このような観点からねじれ剛性の向上によりフラッターに対する安定性を確保するのでなくねじれとたわみの固有振動数比(f_α/f_η)を1に近づけて、フラッター現象を本質的に回避することにより限界風速を向上させるというダイバージェンス型吊橋の耐風性について検討を行う。

2. ダイバージェンス型吊橋 フラッター現象を避け、限界風速をダイバージェンス発振風速まで高める吊橋として、Twin Bridge(図-2)が考えられた。これは二つの独立な桁を剛な横桁で一体化することにより、ねじれとたわみの固有振動数比を1に近づけるものである。空気力学的にはスリット付平板断面と同じであるが、横桁による一体化の効果がねじれ剛性にどのような影響を与えるかなど、現実化するにはまだ問題点がいくつか残されている。以上のような点を考慮し、ここでは偏平箱桁断面を基本として、構造特性を変化させ固有振動数比を1に近づけて、限界風速を向上させることの可能性について調べた。

ダイバージェンスとは、空気力による構造物のねじれ変形のためにさらに空気力が大きくなり、変形が発散していく現象である。

そして、その限界風速は同一のねじれ剛性を持っている場合には、一般にフラッター限界風速を上回っている。(図-3)

ダイバージェンスの発振風速は次式で表わされる。

$$V_{cr} = \sqrt{2k\phi / \rho \cdot S_t \cdot b^2} \quad (1)$$

ここで、 $k\phi$: ねじれ剛性、 S_t : C_M 曲線の勾配、 ρ : 空気密度、 b : 断面の幅とする。

上式より限界風速を上げるには C_M (ピッチングモーメント係数) 曲線の勾配を小さくしてやれば良い。そこで、静的空気力特性をフェアリングなどを用いて改善することにより限界風速を向上させることの可能性についても調べた。

3. 風洞実験

1) 静的空気力特性の改善について

図-4に示すように基本断面に種々の空気力対策を施して静的空気力特性に優れた断面を調べた。風洞実験より得られた空気力係数から C_M の勾配を求めると、タイプ(a)が S_t が小さくなり改善

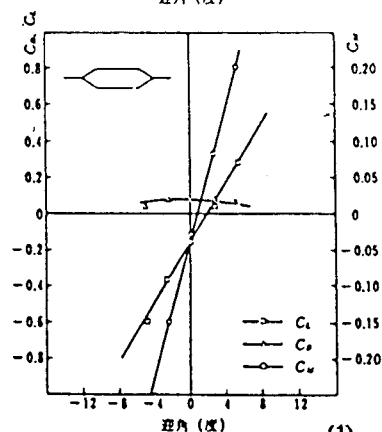
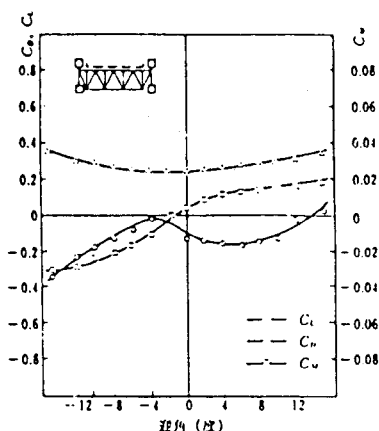


図-1 空力三分力係数



図-2 TWIN BRIDGE

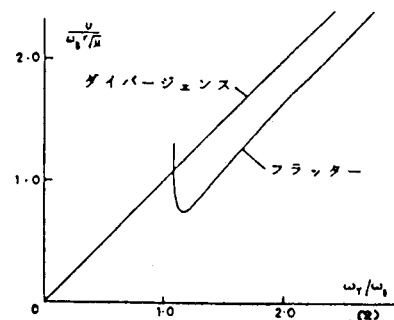


図-3 限界風速の比較

されていることが分かる。

表-1は図に示す各断面に対する限界風速値を理論式及び振動実験によって求めたものである。これより、限界風速が C_M 勾配 S_t に大きく影響されていることが分かる。一般にトラス型の C_M は平板や箱形に比べて小さくなっている。

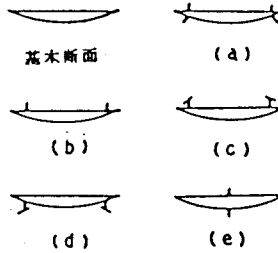


図-4 各種断面形

TYPE	F_d/F_n	S_t	理論	実験
(a)	0.973	1.112	15.67	13.63
(b)	0.961	1.194	14.73	13.27
(c)	0.974	1.280	14.23	13.24
(d)	0.974	1.300	13.94	12.18
基本断面	0.959	1.317	13.65	11.65
(e)	0.987	1.361	13.58	11.35

表-1

る。これは上流側のトラスで流れが乱され揚力が小さくなったためと考えられる。限界風速を求める実験でも基本断面により改善された(a)タイプの断面についても同様な事が考えられる。すなわち上流側のフェンスによって流れが剥離し、橋床面の流れが乱されることによる効果が現われているものと考えられる。

2) 固有振動数比による限界風速の変化 $f\alpha/f\eta$ を1に近づけ限界風速の推移を調べる実験は二つの方法が考えられる。たわみ振動数の増加は望めないで、一つはねじれ剛性を低下させ、ねじれ振動数を減少させる方法である。このことは、現実にはねじれ剛性を減少させていくというTwin Bridgeに近い考え方である。もう一つは、付加重量を増加させることによりねじれ振動数を減少させる方法である。

図-5よりねじれ剛性を変化させたとき、本実験では振動数が最大の $f\alpha/f\eta = 1.821$ の場合に最も高い限界風速を示した。これはねじれ剛性を高めることが発振風速を高めることを立証している。 $f\alpha/f\eta = 1$ を境にして振動特性が大きく異なった。1より大きいところでは曲げねじれ連成フラッターが見られ、1より小さいところでは剛性の低下に伴うねじれが卓越した振動であった。また、ねじれ剛性の低下と共にダイバージェンス発振風速が低下し、限界風速の向上が望めなかった。ねじれ剛性を単純に減少させる方法ではダイバージェンス型吊橋の耐風性の向上は期待できないことがわかる。極慣性を変化させたときは図-6のように $f\alpha/f\eta = 1$ 付近において急激に限界風速が高くなり振動特性も変化した。 $f\alpha/f\eta = 1.1$ 以上で見られたフラッター振動と異なり、ねじれをたわみが吸収するような振動を示した。強制的に断面中心のたわみを固定すると、ダイバージェンスと思われる激しいねじれが確認された。フラッターを避けダイバージェンス型にするにもある程度のねじれ剛性が必要であると思われる。以上より、極慣性モーメントを増加させて固有振動数比を1に近づけてやると限界風速が向上することが確かめられた。

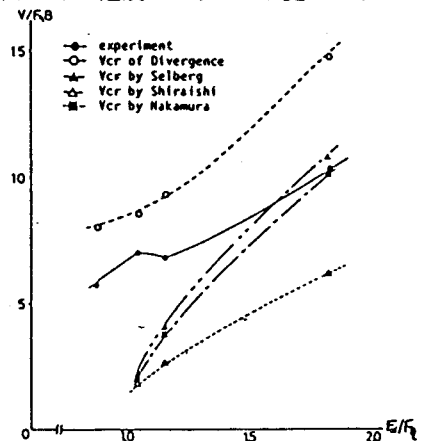


図-5

すなわち、ダイバージェンス型吊橋では、ある程度の剛性を確保した上で、桁中心部の重量を減らし軽減された重量を断面の側端部に配置してやれば耐風安定性の向上が望める。

4. むすび C_M 曲線を小さくしたり、極慣性を変化させ固有振動数比を1に近づけると、限界風速が向上することが確かめられた。これは、ダイバージェンス型吊橋が耐風安定性に優れていることを示すものである。今後、実現化のためにはねじれ剛性の低下による低風速における振動、ガストによる応答などの諸問題が残されている。

参考文献

- (1) 岡内 他: 耐風構造, 丸善1977
- (2) T. Richardson; The Development of the Concept of the Twin Suspension Bridge, NMI R125, 1981

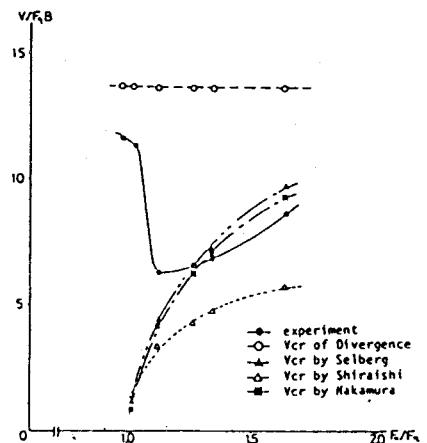


図-6