

ダイバージェンス型吊橋の耐風安定性に関する実験的研究

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

徳島大学大学院
 金沢大学大学院

学生員 ○佐野 演秀
 学生員 細矢 知秀

はじめに 吊橋の耐風性を剛性の確保により安定させる従来の設計方法に代わる方法として、J.R.Richardsonの提案したTwin Bridge の概念¹⁾を基に振れと撓みモードの固有振動数比 (f_{α}/f_{η}) を1.0 として曲げ振れフラッターを回避し、支配的な空力現象を静的な現象であるダイバージェンスだけにしようとするダイバージェンス型吊橋が考えられ、その耐風性が検討されてきた。これまでダイバージェンス型吊橋の空力安定性は、ダイバージェンスの発現風速 $V_D = (2 \cdot K_t / \rho \cdot S_t \cdot b^2)^{1/2}$ を式中の空力モーメント係数 (C_M) 曲線の勾配 S_t を0に近付けることによって高めることにより確保されるとされてきた。しかし、図1のように S_t が0に近付くと撓みの不安定な振動が発生することが報告されている²⁾。本研究はこの撓み振動の原因を探り、ダイバージェンス型吊橋の耐風安定性を検討するものである。

実験概要 実験模型は、図2に示されるような二次元剛体模型を使用した。また、 S_t が0に近い値であると振れフラッターが発生することが報告されており³⁾、対象とする撓み振動が振れフラッターに伴って生じたものと仮定し検証のために実験を行った。振れフラッターは、 S_t が負の値の場合に発生し易いため、図3に示されるように空力モーメント係数 (C_M) 曲線が、迎角 0° 付近で迎角に対して負の勾配を持つ模型断面を選定し、迎角が負の勾配の範囲で実験を行った。更に、振動数比、極慣性モーメント、振れ剛性等の構造特性の影響を調査するため表1に示すような4つのケースについて実験を行った。

実験結果および考察 図4～図7を参照して、まず、ダイバージェンス型の応答図について説明を加えると、ケース2とケース4は振れフラッターのSelf Starting Point を持たないという結果になっているが、高風速域になると図1と同様に振れ振幅はほぼ一定であるのに対して撓み振幅の増大が著しいという現象が見られる。それとは対比的にケース3ではSelf Starting Point を持ち、比較的低風速域で発散している。各構造パラメータを比較すると、換算風速に対する応答は振れ剛性で基準化しているので振れ剛性に関係無く極慣性モーメントの大きいものがSelf Starting Point が出現しないという安定な挙動を示したのに対し、極慣性を減少させたケース3はSelf Starting Point が出現するという結果となった。この応答の相異は振れの慣性エネルギーの大小という構造的な要因と考えることができる。また、振動数比の影響を調べる為にケース1とケース2の応答図を比較すると、ケース1では極慣性モーメントが大きい値であるにも関わらず振れフラッターのSelf Starting Point を持っている。以上の実験結果より撓みと振れの振動数比が1.0 に近く、極慣性モーメントがある程度の大きさを持つ場合に図1に見られる撓みの不安定振動は、振れフラッターに起因するものであると考えられる。振れ運動が撓み運動として現われる原因は以上の実験より明らかにすることは難しいが、このような構造特性の場合に、振れ振動のエネルギーが撓み振動のエネルギーに系を乗り越えて変換される、または、振れの回転中心が断面前方に移動したことにより振れ振動が見掛け上撓み振動として検出されていると考えることができ、現象の解明にはこれら2つのアプローチより研究を進める必要がある。

結論 本研究では、ダイバージェンス型吊橋において S_t が小さい値の場合に生ずる撓みの不安定振動は振れフラッターに起因するものであることがわかった。さらに振れ運動が撓み運動として現われる原因を明確にすると共に、ダイバージェンス型吊橋の耐風安定性の確保に必要な S_t の値の定量化を行う必要がある。

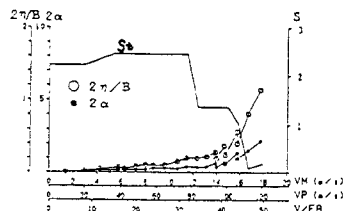


図1 各風速における応答振幅

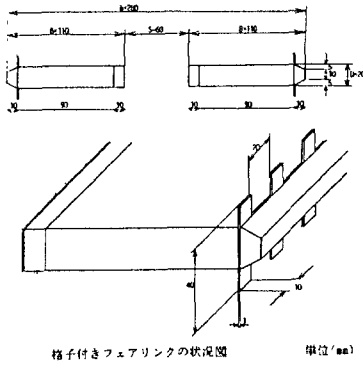


図2 模型断面

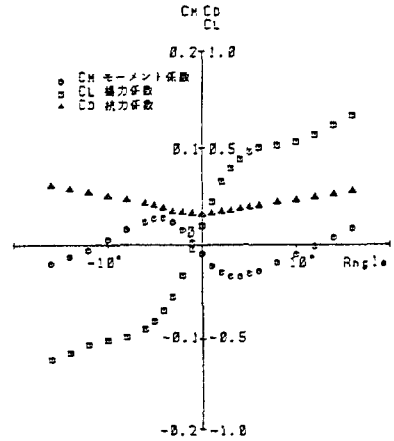


図3 模型断面の空気力特性

表1 各ケースの構造特性

ケース	阪神自由山度			橋み自由山度			振動数比 γ/γ_n
	振動剛性 $K_g/m/rad$	換算性モーメント $K_g \cdot m^2/rad$	固有振動数 f_n/Hz	換算剛性 K_g/m	質量 m/kg	固有振動数 f_n/Hz	
1	0.647	2.25×10^3	2.697	17.8	0.150	1.733	1.560
2	0.525	1.83×10^3	2.692	45.9	0.151	2.778	0.969
3	0.631	9.99×10^4	4.000	97.7	0.136	4.259	0.939
4	0.238	1.93×10^3	1.762	18.2	0.139	1.818	0.969

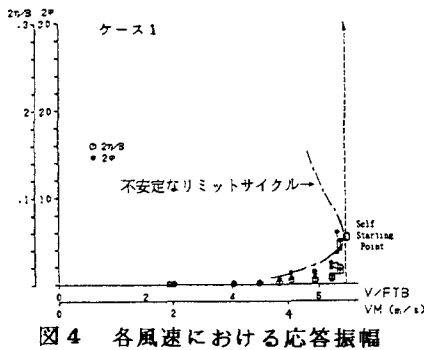


図4 各風速における応答振幅

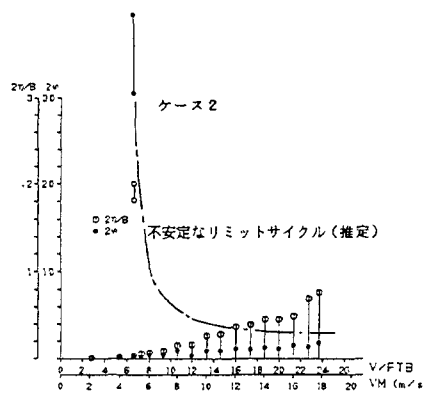


図5 各風速における応答振幅

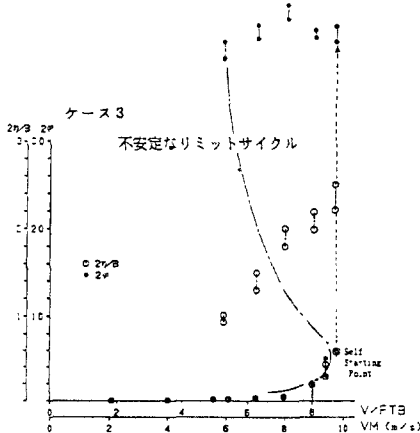


図6 各風速における応答振幅

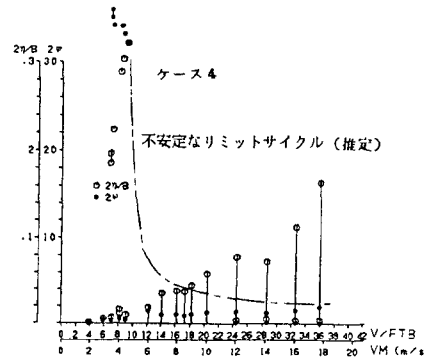


図7 各風速における応答振幅

<<参考文献>>

- 1) Richardson, J.R.: The development of the Concept of the Twin Suspension bridge, NRI, R125, Oct. 1981.
- 2) 宇都宮英彦、長尾文明、川上剛司、佐野演秀：ダイバーゼン型吊橋の耐風性(Ⅳ)，土木学会，第41回中国四国支部研究発表会講演概要集，I-11, 1989, 5.
- 3) 阪神高速道路公団、財団法人 防災研究協会：斜張橋断面のパフエーティング振動に関する研究調査 大阪港周辺における自然強風の耐風工学特性に関する研究調査 昭和50年度報告書，昭和51年3月