

橋梁基本断面の剝離流フラッターに関する実験的研究

京都大学工学部 正員 白石 成人  
 京都大学工学部 正員 松本 勝

京都大学大学院 学生員 岡南 博夫  
 京都大学大学院 学生員 小島 治久  
 京都大学大学院 学生員 小林 修二

1. まえがき

長大吊橋補剛桁の空気力学的不安定振動に対して、従来より多くの貴重な研究報告が行われている。しかし特に流れの遅れが原因となる破壊的大振幅に到達する剝離流フラッターに関して、その発生メカニズムについては不明な点が未だに数多く残されている。本研究は補剛桁の基本タイプとしてH型断面及び *Old Tacoma Narrows* 断面（以下T-N断面と称す）を対象として風洞実験を行ない、その結果について簡単な考察とともに報告するものである。

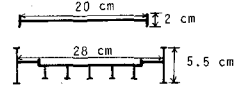


図-1

Table 1

Section	Span (m)	Height (m)	$\alpha$	$C_D$	$C_L$	$C_M$	$C_{M1}$	$C_{M2}$	$C_{M3}$
H-section (d/b=0.1)	0.55	0.20	0.352	0.629	4.59	2.02	2.26	3.095	
Tacoma Narrows	0.55	0.10	0.236	0.453	5.08	4.22	1.50	0.030	
Parameter	*	*	$\alpha$ (rad)	$C_D$	$C_L$	$C_M$	$C_{M1}$	$C_{M2}$	$C_{M3}$

2. 風洞実験

実験に使用したモデルはH断面 ( $d/b = 0.1$ ) 及びT-N断面 ( $d/b = 0.2$ ) の2次元模型であり、断面寸法は図-1に示すとおりである。また両断面模型の諸量を表に示す。表中初期減衰定数は倍振幅 0.05 rad におけるものであるが、これは初期減衰率が振幅に関して非線形であるために<sup>(1)</sup>この振幅における値を参考として示したものである。次にH及びT-N断面の静的空気力係数を図-2及び3に示す。両断面共にピッチングモーメント係数は迎え角 $\alpha$ 付近において負勾配領域が存在し、準定常理論的な説明によれば不安定な流れ振動が発生するものと考えられる。図-4はH断面のねじれ振動に関するA-V曲線であり、初期迎え角 $0^\circ, 4^\circ, 6^\circ, 8^\circ$ の4通りについて行なった実験結果を示したものである。これによれば $0^\circ, 4^\circ$ の場合にはほとんど同一の応答曲線となっているが、 $6^\circ, 8^\circ$ の場合には増励振動と思われる限定振動が発生し、その後徐々にフラッター振動に移行するという全く異なった特性を示すようになる。これは図-2の $C_M$ 曲線の勾配が $10^\circ$ 付近を境に大きく変化することから推定できる。次に図-5はT-N断面に関するねじれのA-V曲線である。図中には参考としてF. B. Farquhason<sup>(2)</sup>による実験結果も示しておく。Farquhasonの結果ではねじれの増励振動が表われているが、今回の部分模型実験では明らかにねじれの限定振動が存在している。図-6は同様にたわみのA-V曲線であり、共振領域が換算風速1及び2付近の2箇所が存在しているが、Farquhasonの結果では換算風速2付近の増励振動のみを観測している。また、図-5,6における乱流中での実験とは、風洞上流部にVACA0012翼を6枚並列に設置し、その翼列をVandom加振することによ

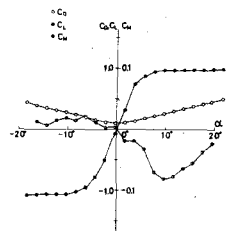


図-2

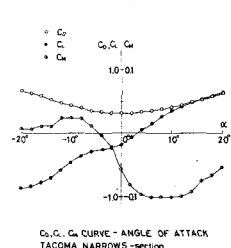


図-3

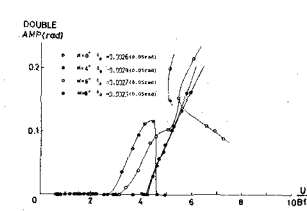


図-4

り乱流を発生させと行なったものである。乱れの強さは主流方向、主流鉛直方向共に約4%、乱れのスタイルは主流方向、主流鉛直方向共に単位時間当たりの流体塊の流下距離の約10%である。図-5, 6より一様流中と乱流中の応答特性に関し、乱れの強さがかなり小さいため、顕著な差は認められないうちがある。また Funguhasan の実験は、初期減衰率が今回対象としたものに比して1桁程度大きいために、図-5の応答にはかなりの差異が見つけられるが、フラッターの発振風速に関して顕著な差は見られないのは興味深いことと思われる。次に実橋との相似則を換算風速のみに依るものとすれば、Tacoma 橋の落橋した風速  $19 \text{ m/sec}$  に対応する模型実験における換算風速は、たわみの振動数  $36 \text{ rpm}$  に対し  $2.66$  となり図-6より、たわみの渦励振動領域に含まれることになる。実際にはその後振動モードの選択と行ない、逆対称1次のストールフラッターにより落橋したものと考えられる。T-V断面の場合、風速の増加に伴いはほとんどすべての風速領域において、はじめもしくはたわみの渦励振動、あるいはストールフラッター振動が観測され、きわめて危険な断面であると結論される。

### 3. 非定常空気が

模型の運動方程式と  $\ddot{\varphi} + 2\zeta\omega_0\dot{\varphi} + \omega_0^2\varphi = A_1\dot{\varphi}$  とおいた場合、付断面についての空力減衰項として無次元非定常空気係数  $A_1^*$  と、初期迎え角  $\theta_0, \theta'$  に対して求めたのが図-7, 8である。図では4種類の振幅に対して非定常空気係数を求めたが、振幅の变化による非線形性はかなり小さい。しかし、初期減衰率が非線形であることから振動時における減衰率も非線形となる。初期迎え角が  $8^\circ$  の場合には換算風速が4以上になると急激な減少変化特性が認められる。これは図-4のA-V曲線において、渦励振動と考えられる限定振動の応答ピーク値付近の換算風速に対応しており、初期迎え角が  $6^\circ$  の場合にもこの顕著な特徴が認められる。また換算風速が増大するにつれて、ストールフラッターに移行することから高風速に対する  $A_1^*$  曲線は再び急激に増大するものと考えられる。次に図-9はT-V断面のねじれのA-V曲線があり、ストール係数が  $0.44$  及び  $0.74$  において共振現象が認められ、その後すみやかにストールフラッタータイプの振動に発達することがわかる。

### 参考文献

- 1) 糸川節形式橋梁等の耐風性に関する研究 東大橋梁研報告 No. 74-201, 1974年
- 2) F.B. Funguhasan "Aerodynamic Stability of Suspension Bridges Part I", 1941, Oct.

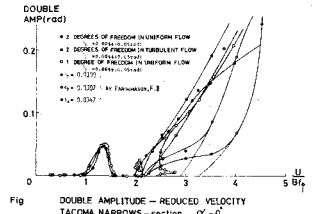


図-5

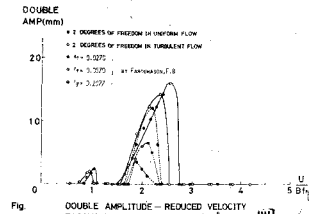


図-6

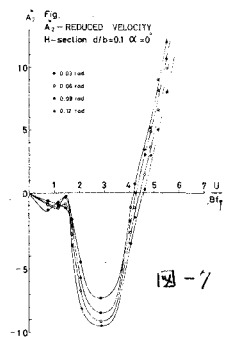


図-7

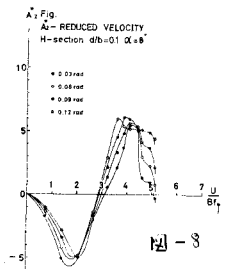


図-8

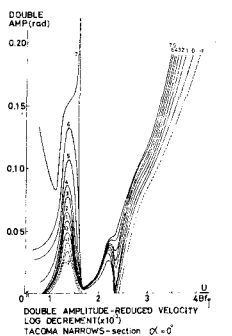


図-9