

PS I-13 アングル材の空力不安定振動

金沢大工学部 正員 岡島 厚、○阿部 彰人
日本鉄塔(株) 原田 博志、矢野 勝義

1. 緒言

アングル材(angle section)は送電鉄塔、アンテナ支柱、橋梁等の構造物の構成要素として頻繁に用いられている。アングル材のように鈍い断面形状の場合、流れによって励起される振動は、耐風設計の上で重要である。しかし、流れにさらされたアングル材の空力弾性的不安定性に関する研究例は少ない。そこで本研究では、一様流中に置かれたアングル材の空力弾性的不安定性について、アングル材模型の姿勢および減衰係数を変え、その振動特性を風洞実験によって調べた。

2. 実験装置と実験方法

実験には、測定断面 $0.8 \times 0.8\text{m}$ のゲッチンゲン型風洞装置(乱れ0.25%以下)を使用した。供試模型は図1に示すように、風洞測定部内に設置された模型支持装置(測定部断面 $0.3 \times 0.8\text{m}$)に取り付けられ、支持装置の外側に両端をコイルバネで弾性支持される。振動系の減衰係数の変化は、支持装置外壁に取り付けた電磁ダンパを用いて行う。供試模型は、断面形状 $H=50\text{mm}$ 、厚さ 5mm 、スパン長さ $l=296\text{mm}$ で、バネ取付部において迎え角が調整できる。表1に、供試模型の振動系特性を示す。表中、振動模型系の曲げモー

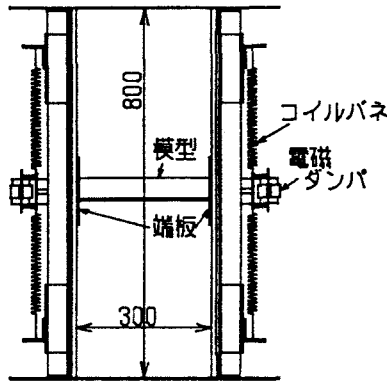


図1. 模型支持装置

表1. 供試模型の振動系特性

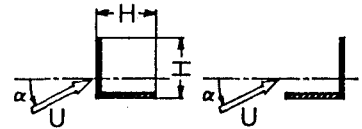
固有振動数	$f_{NB}(\text{Hz})$	5.08
	$f_{NT}(\text{Hz})$	9.18
周波数比	α	1.81
バネ定数	$k(\text{N/m})$	625
等価質量	$m(\text{kg})$	0.613
対数減衰率 $\times 10^{-3}$	δ_B	5.22
スルット数	Sc	6.97

ドの固有振動数を f_{NB} とし、ねじりモードの固有振動数を f_{NT} とする。 δ_B は曲げモードの対数減衰率、 m は供試振動模型の等価質量、 ρ は空気密度、 $Sc(=2m\delta_B/\rho H^2 l)$ はスルット数を表す。また、レイノルズ数(Re 数)は $Re=UH/\nu$ (U は一様流速、 ν は空気の動粘性係数)である。実験は、この供試模型を図2のように、(a)上流側に対して閉じた形(Close)、または(b)上流側に対して開いた形(Open)で流れに直角に配置し、各々の場合について迎え角 α を $-10^\circ \sim +10^\circ$ の範囲で与え、その都度、構造減衰も変化させて振動アングル模型の曲げモード応答振幅 η (H に対する応答変位のRMS値の%)と後流のストローハル数 $St=f_w H/U$ (f_w は後流変動周波数)を調べた。

3. 実験結果および考察

本研究における実験と測定方法の妥当性を確認するために、まず円柱を用いて自由振動実験を行った。図3に円柱の共振振幅とスルット数との関係を示す。本実験の結果は文献(1)の実験結果によく一致している。従って、本研究の実験の妥当性が確認された。

3.1 Close配置のアングル材の振動応答: アングル材模型を



(a) Close 配置 (b) Open 配置

図2. 模型の姿勢と迎え角の定義

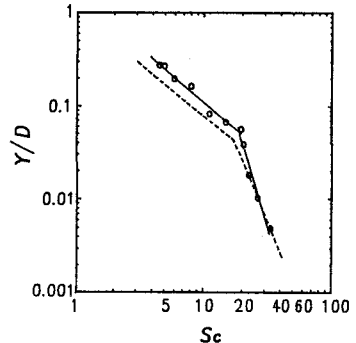


図3. 円柱の共振振幅とスルット数との関係

— 本実験, ---- 文献(1)

図2(a)のように配置した場合の振動応答について、図4に応答振幅 η と無次元風速 $\bar{U}(=U/f_N B H)$ との関係を表す。図の η - $\bar{U}$ 曲線はそれぞれ約60点の測定点からなる。アングル材に働く定常空気力⁽²⁾から予測されるように、構造減衰が比較的小さい場合にはギャロッピング振動の発生が認められる。迎え角が $\alpha=+10^\circ$ の場合には $\bar{U}=13$ 付近より、その他の場合には共振風速付近より応答振幅 η が急増し、ギャロッピング振動が発生している。また、迎え角 $\alpha=+10^\circ$ を除く全ての場合において、構造減衰が大きくなるにつれて共振風速付近の発振領域で応答振幅 η にピークが認められるようになり、渦励振とギャロッピング振動の2つの不安定領域を持つようになる。さらに減衰が大きき場合では、渦励振のみが顕著になる。

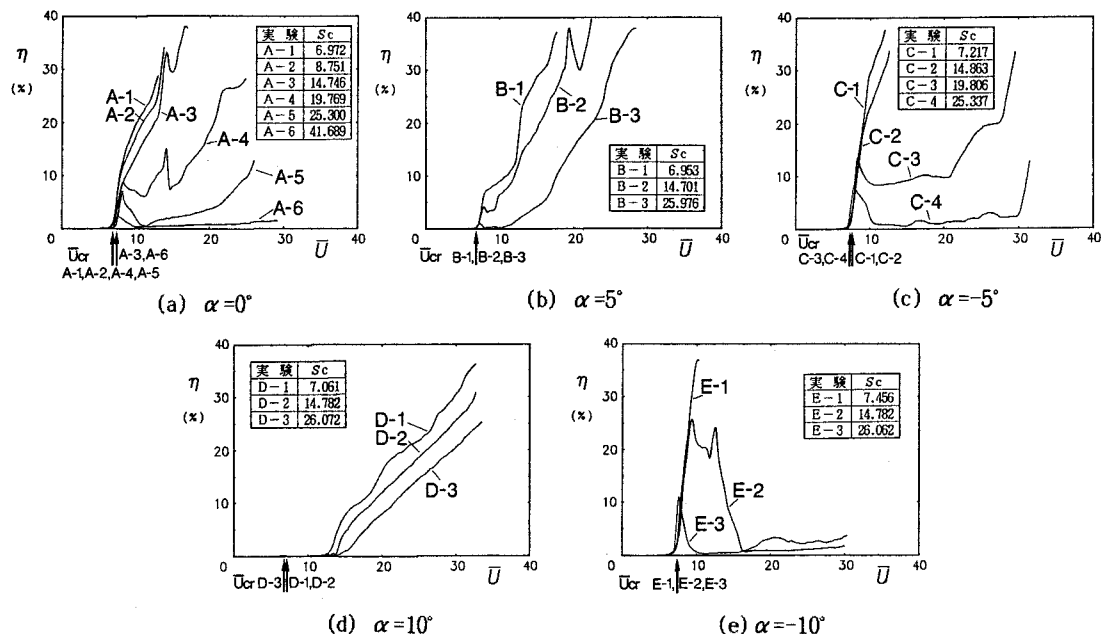


図4. Close配置アングル材の振動応答

3.2 Open配置のアングル材の振動応答: 次に、アングル材模型を図2(b)のように配置した場合を図5に示す。共振風速付近に微小振幅の渦励振が発生、一旦振動は認められなくなるが、再び $\bar{U}=10$ 付近から η が漸増し、ギャロッピング振動が発生する。構造減衰を変化させても η の傾向は同様である。迎え角を $\alpha=-10^\circ \sim +10^\circ$ に変えたが、 $\alpha=+10^\circ$ ($S_c=7.672$) の場合は顕著な振動が認められず、 $\alpha=-5^\circ, -10^\circ$ ($S_c=7.214, 7.074$) の場合には渦励振が生ずる。

4. まとめ

アングル材を流れと直角に配置し風洞にて自由振動実験を行った結果、アングル材の振動挙動は模型の姿勢や構造減衰により様相が異なり、減衰が大きいと応答振幅は著しく減少した。

<参考文献>

- (1) 岡島, 振動する円柱まわりの流れ (実験 & 数値計算), 構造物の耐風性に関する第4回シンポジウム論文集 (1976.12), pp.147.
- (2) Modi, V. J. and Slater, J. E., "Unsteady Aerodynamics and Vortex Induced Aeroelastic Instability of a Structural Angle Section", J. Wind Eng. and Indu. Aerody., 11(1983), pp.321-334.

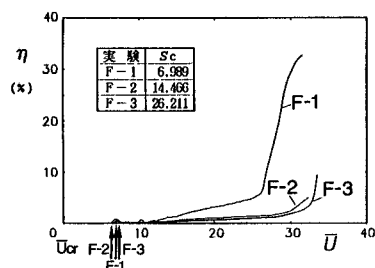


図5. Open配置アングル材の振動応答 ($\alpha=0^\circ$)