

まえがき 我々は矩形断面柱の空力不安定現象を探る目的で、物体に作用する非定常空気力と物体後流の非定常流れとの間の相互作用に着目した研究を続けている。本報告は一樣流中で流れに直角に並進振動する1:1(正方形)及び1:4断面柱について主として強制振動法により、非定常揚力の特性を明らかにし、さらに後流域の挙動等を調べ、相互の関係を述べるものである。想定した非定常揚力は、高風速域で線型準定常理論と、低風速域では自由振動法による結果と比較した。なお前報では1:2断面柱について報告した。

実験装置 使用した風洞は九大応力研の加振風洞(幅×高さ=700×3000mm)であり、模型は正方形(150×150mm×700mm)、1:4(90×360×700mm)の二種である。空力諸係数等の定義は前報と同一である。

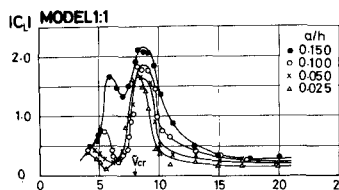
実験結果 まず非定常揚力の周波数応答成分の絶対値 $|C_L|$ を示す(図1-a,b)。正方形模型では二ヶ所の風速で $|C_L|$ に極大値が生じ、加振振幅 g_k を増すと共に、低風速域での極大値は次第に V_{cr} (うおとの共振風速)に近の最大値へと近づく。1:4模型についても二ヶ所で極大値が生ずるが、正方形模型ほど明確ではない。次に非定常揚力の模型の振動変位に対する位相差 ψ を示す(図2-a,b)。正方形模型の場合 ψ は V_{cr} をすぎると急激にほぼ180°変化する。 V_{cr} 以下では $g_k=0.10, 0.15$ の場合には再び激しく変化して位相進み側へ移行した。1:4模型の場合、 ψ は V_{cr} 付近で激しく変化しながら位相進み側を通過する。 V_{cr} 以下の低風速域でも $g_k=0.01$ の場合には、 ψ は再び激しく変化して位相進みを示した。次に非定常揚力の虚部 $C_{Li}(C_L \sin \psi)$ を示す(図3-a,b)。正方形模型の場合には、 V_{cr} をすぎるとすべての風速域で物体不安定($C_{Li}>0$)が示されており、うおど振からGallopingへ連続的に移行している。 V_{cr} 以下の風速でも ψ の結果に対応して、 $g_k=0.10, 0.15$ の場合には、再び $C_{Li}>0$ の現象が現われる。この事実について報告した例はないので確認のために自由振動実験を行った。得られた空力ダンピング係数 k_a を、定義式から C_{Li} 換算し、図3-aに印印で示す。1:4模型における C_{Li} の測定結果は $V=9\sim13$ で不安定、 $g_k=0.01$ の場合には $V=5.5$ で不安定であることを示している。次に高風速域における C_L/g_k の値と線型準定常理論の値と比較して示す(図4-a,b)。両模型とも、 $(2\sim3) \times V_{cr}$ 以上の風速では、準定常値と良く合っている。次に同じく高風速域における ψ を示す(図5-a,b)。両模型とも ψ は、 C_L/g_k に比べさらに高い風速域($V>60$)で準定常値(90°)に達する。次に模型後流の非定常流れの内、模型の振動変位に対する周波数応答成分の位相差 ψ を示す(図6-a,b)。正方形模型の場合、 V_{cr} をすぎるとあたりではほぼ180°激しく変化しており、 ψ (図2-a)とはほぼ対応している。1:4模型の場合には、正方形模型と同じ程度ではないが、 V_{cr} 付近で急激に変化しており、 ψ (図2-b)の変化とはほぼ対応するが、さらに低風速域では必ずしも対応していない。次に、これらの実験に使用した模型の自由振動実験の結果得た応答振幅 g_k を示す(図7-a,b)。図中×印は $C_L=0$ となる振幅-風速を図3-aからプロットしたものであり、両者はほぼ対応している。さらに正方形模型については、 $1/2 V_{cr}$ 付近の空力ダンピング係数 k_a を示す。 $k_a<0$ となることが確認された。

結論 以上の研究の結果、(1)並進振動中の正方形、1:2、1:4角柱に作用する非定常空力特性が比較的広範な風速域で明らかにされた。(2)非定常揚力の虚部(振動速度と同相成分)はうおとの共振風速の2~3倍以上で線型準定常理論と良く合うが、位相はさらに高い風速域で準定常値に達する。(3)うおとの共振風速以下の低風速域(約 $1/2 V_{cr}$)での空力弾性的不安定現象は、正方形、1:2、1:4のいずれの模型でも発生した。(4) V_{cr} 付近のうおど振域では、後流の非定常流れの位相が急激に変化し、それに伴って揚力の位相が激しく変化している。この現象が流体力学的にどのようなメカニズムで発生するかを知らることが、うおど振現象を解く重要な鍵であろう。

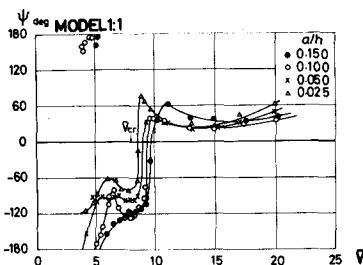
最後に本研究の実験を共に行って下さった渡辺公彦技官に謝意を表します。

文献

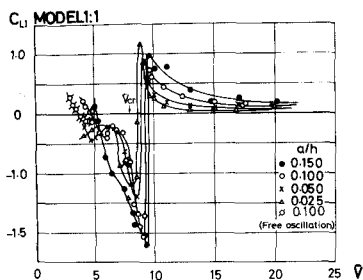
1) 角柱の非定常空気力と後流の速度変動について、溝田武人・中村泰治 第28回年次学術講演会概要集



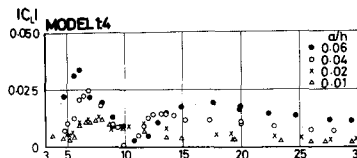
(図1-a) 非定常揚力, 1:1 ($V_{cr} \approx 8$)



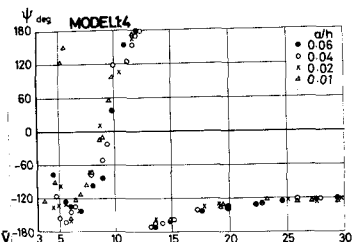
(図2-a) 揚力の位相差, 1:1



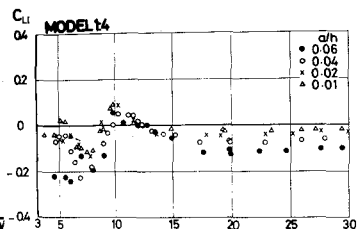
(図3-a) 揚力の虚部, 1:1



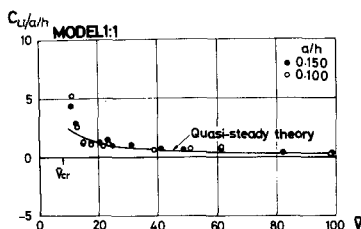
(図1-b) 非定常揚力, 1:4 ($V_{cr} \approx 9$)



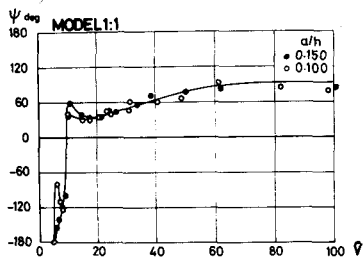
(図2-b) 揚力の位相差, 1:4



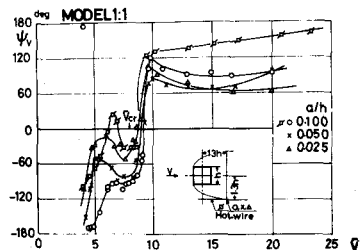
(図3-b) 揚力の虚部, 1:4



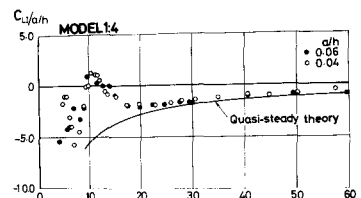
(図4-a) 高風速域の $C_{Li}/q\rho$, 1:1



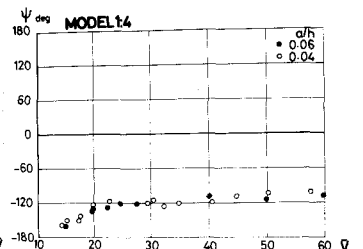
(図5-a) 高風速域の ψ , 1:1



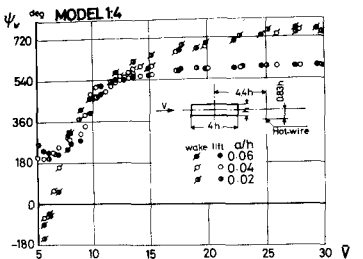
(図6-a) 流れの位相 ψ , 1:1



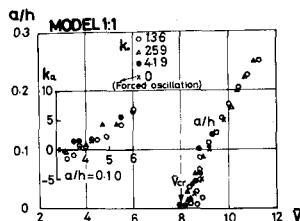
(図4-b) 高風速域の $C_{Li}/q\rho$, 1:4



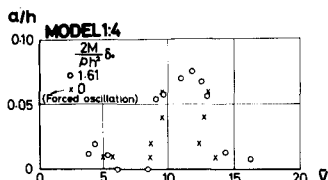
(図5-b) 高風速域の ψ , 1:4



(図6-b) 流れの位相 ψ , 1:4



(図7-a) 応答振幅, 1:1



(図7-b) 応答振幅, 1:4