

I-354 層流および乱流における矩形断面柱のゆがりフラッタ

九州大学応用力学研究所 正員 中村泰治
同 渡辺公孝
九州産業大学工学部 正員 吉村 健

1. まえがき

本研究の目的は、ゆがりフラッタを例にとり、乱れのフラッタにおよぼす影響を系統的に調べることにある。

2. 風洞と模型

使用した風洞の測定部断面は長さ×幅 = $4\text{ m} \times 2\text{ m}$ 。縦横比 d/h と種々としたばね支持二次元矩形断面柱模型（回転中心は断面中央）を用い、自由振動法により実験を行った。 $d/h = 0.3/1 \sim 1.5/1$ ($h = 20\text{ cm}$)、および $3/1 \sim 5/1$ ($d = 40\text{ cm}$)。振幅 $0.5^\circ \sim 1^\circ$ における空力減衰係数 β を計測し、非定常空力モーメントの周波数応答成分の虚部 C_{M0I} を、 $C_{M0I} = 8\pi\nu\beta/\omega^2$ により算出した。ここに、 $\bar{\nu} = \nu/\delta h$ 、 $\nu = I/\rho h^4$ 。また、静止空気中の振動数は $f_0 = 2.5\text{ Hz}$ または 4.5 Hz 。実験は層流（乱れの強さが 0.1% ）および格子乱流（乱れの強さをオビスケールから、たとえば、 $14 \sim 15\%$ および $7 \sim 8\text{ cm}$ ）の下で行われた。ここでは主要な結果のみを記す。

3. 実験結果

3.1 層流

便宜上、最初に層流中のゆがりフラッタを考察する。後述するうす励振を除き、風速範囲を変、任意領域に分ける。高風速域とは、高風速において C_{M0I} の符号がかわる高風速域と指すことにし、それ以下を低風速域と考える。（例之は図6参照）高風速域のゆがりフラッタは剪断層の再付着が関係する。ソフトフラッタは、 $d/h = 3/1$ （剪断層が丁度後縁に再付着）を中心とする d/h の範囲で発生する。 $d/h = 3/1$ 以下で振動は安定であるが、とくに $d/h = 1/1 \sim 3/1$ の範囲ではハードフラッタの特性をもち、振動は小振幅で減衰するものの大振幅を与えると考えられる。 $d/h = 0.75/1$ 以下では、afterbody からの空力モーメントが小さく、したがって振動におよぼす空力の影響もきわめて小さい。一般に風速を低下すると C_{M0I} の符号がかわる。その主要因は流れる流れである。¹⁾ 低風速域では、低風速励振が狭い風速範囲で発生する。図8は、文献(2)に示す通り、低風速励振のピーク (C_{M0I} のピーク) と d/h の関係を示したものである。図より明らかなように、低風速励振はカラムンナによる励振である。

うす励振の存在は、たとえば、振動の beat modulation により認めることができる。Beat modulation が烈しむと、振動波形が $e^{i\omega t}$ より歪み、多くの場合、自由振動法より C_{M0I} を算出することは困難であった。本実験では $d/h = 3/1$ 以下の場合で beat modulation が烈しく、 $d/h = 1/1 \sim 5/1$ では痕跡をほとんど認めることができなかった。うす励振とゆがりフラッタの混在する現象を模式的に示すのは図9のようになる。とくに、ハードフラッタを伴う $d/h = 1/1 \sim 3/1$ では、うす励振とゆがりフラッタの干渉が強くなり、振動の振幅が烈しい。後の議論にとって重要なことは、うす励振が高風速域で発生していることである。それゆえ、たとえば図3において、もしうす励振が存在すれば、 C_{M0I} は矢張り記すように変化するであろう。

3.2 乱流

以上を前提にして、ゆがりフラッタにおよぼす乱流の影響を考察することにしたい。振動実験に先立ち、静止模型の定常断面力分布の測定ならびに毛糸法による流れの視察を行った。たとえば $d/h = 3/1$ では、層流と非再付着型であるが、乱流では再付着型となる。要するに、乱流は剪断層の再付着を促進し、また、再付着により生じる剥離バブルの減少をもたらす。そこで図1～7をみると、高風速域の乱流は明らかにハードフラッタと

ソフト化し(図2~4),ソフトフラッタと弱め(図5,6),ついに抑制する(図7). この傾向はキロピニング(曲がり自由なフラッタ)によって認められたもの³⁾と全く同一であって, その要因は, 乱れによる剪断層進行作用の増大にあると考えられる. 一方, 低風速域における乱れの影響は, 高風速域のそれと異なり, 低風速領域と常に弱める方向に働くことかわかる. その要因として, 乱れによる剪断層の拡散が増大が考えられる. 最後に, うす筋振の発生する領域と考える. 乱れはうす筋振を弱める効果をもつ. このことは $d/h = 2\%$ (乱れにより非再付着より再付着型に移行) とみえは明らかであるが, 一般に, beat modulation が乱れにより著しく減少することから知られる. とくに $d/h = 1\% \sim 2\%$ に注目する. 既述のうす筋, このまはうす筋振とわじりフラッタが混在するが, 乱れによりうす筋振が弱まる一方, ハードフラッタがソフト化するのど, 結果として, 図2~4 のような場合も, 乱流中でのソフトフラッタの発生をみることになる.

4. 総論

以上, わじりフラッタにおよぼす乱れの影響とみえが, 事柄はギョロピニングによって同様であると考える. 目下, その研究を進めることである. 本実験は, 風洞補佐員柏田純夫, 九産大大学院生石田良三両君のほか, 九産大生, 居場聖, 徳重孝一, 丸丸俊昭ほか諸君の熱心な協力によって行われた. こと記して謝意を表する.

文献

- 1) Y. Nakamura; On the aerodynamic mechanism of torsional flutter of bluff structures, J. Sound & Vibration, 67(2), 1979
- 2) S. Komatsu & H. Kobayashi; Vortex-induced oscillations of bluff cylinders, J. Wind Engineering, 6, 1980
- 3) Y. Nakamura & Y. Tomonari; Galloping of rectangular prisms in a smooth & in a turbulent flow, J. Sound & Vibration, 52(2), 1977

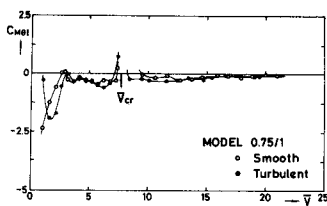


図 1

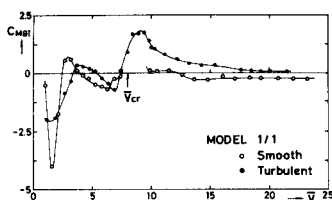


図 2

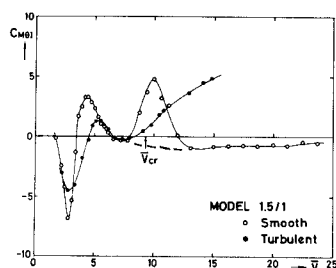


図 3

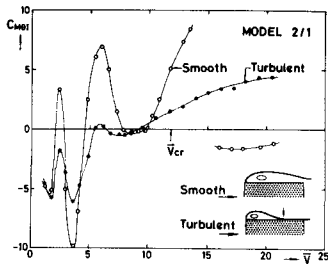


図 4

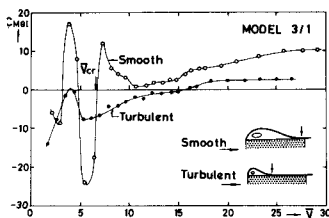


図 5

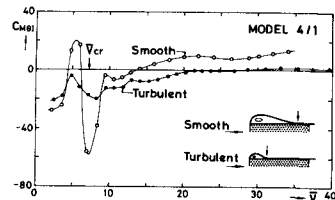


図 6

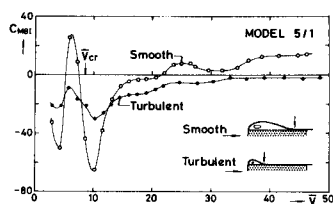


図 7

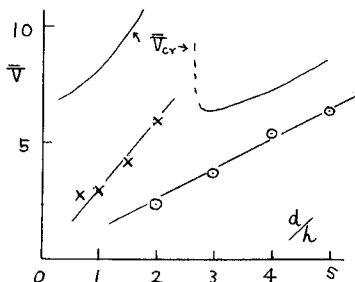


図 8

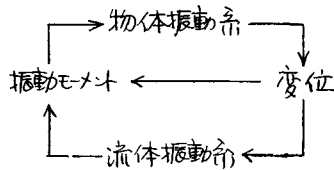


図 9