

矩形断面柱の定常空気力に及ぼす乱れの効果に関する一考察

京都大学 工学部

白石成人

京都大学 工学部

松本 勝

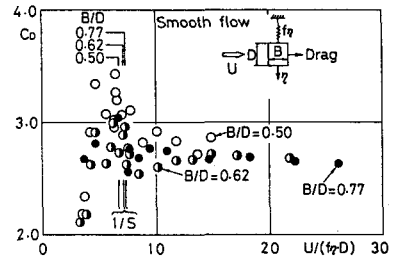
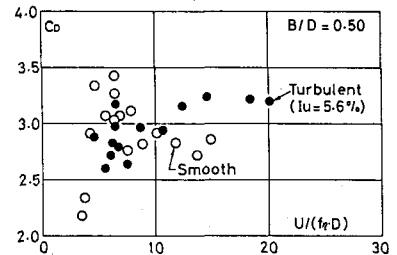
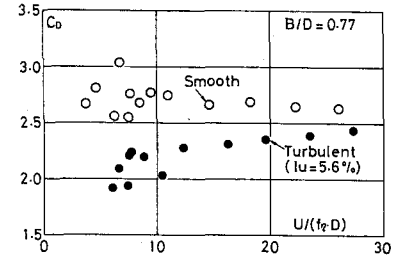
大阪府立工業高等専門学校

○ 岡南博夫

1. まえがき 矩形断面は構造物、あるいは構造部材の基本形状であると共に、渦励振動、ギャロップ振動など空力的振動が容易に発生することに起因して、振動発生メカニズムを明らかにすることなどを目的とした基礎的研究を行う上で広く用いられている。従来の研究によれば、矩形断面の辺長比 B/D (幅/高さ) を変化させると背圧係数および抗力係数が $B/D \approx 0.62$ においてピークをとることが知られており、さらに、この辺長比を境として乱流効果の異なることが認められる。そこで、本研究では、辺長比が 0.62 前後の矩形断面を対象として、振動中の平均抗力係数に及ぼす乱流効果に関して風洞実験的に調べ考察を加えた。

2. 実験方法 三分力検出器 (日章電機 K.K. LMC-3501-as) に固定した板バネに片持支持することにより、振動中の模型の時間平均した抗力の測定を行う。気流の乱れは格子により発生させ、流速変動は熱線流速計 (日本科学工業 K.K.) で L 形熱線プローブで測定する。また、乱れの強さは、熱線流速計の出力を RMS 計 (日本科学工業 K.K.) に入力することによって測定し、後流流速変動のカルマン渦発生振動数の 2 倍成分は、 $\frac{1}{2}$ OCT バンドパスフィルター (NF 回路設計ブロック K.K. E-3201) および RMS 計を使用して測定した。

3. 実験結果および考察 図 1 は一様流中における平均抗力係数の無次元風速に関する変化特性を示すが、各において各模型共に渦励振動状態にある。各結果共に、渦励振動時に抗力係数は大きくなる傾向を示すが、特に、辺長比 $B/D = 0.5$ において顕著となっている。溝田・岡島⁽¹⁾は強制振動させた状態における背圧係数の測定を行っているが、ここで得られたように、カルマン渦発生振動数と同期する付近の振動状態において背圧係数は急激に大きくなりピーク値をとっている。図 2、図 3 は、それぞれ辺長比が 0.5 および 0.77 に対する平均抗力係数の無次元風速変化特性を示すものであり、一様流中と乱流中とにおける比較を行った。図から知られる通り、辺長比 0.5 の結果は、渦励振動風速より高風速領域では、乱流中における C_D は一様流中におけるもの


 図 1 $C_D - U/(f_v D)$ (一様流)

 図 2 $C_D - U/(f_v D)$ (一様流中と乱流中との比較 $B/D = 0.5$)

 図 3 $C_D - U/(f_v D)$ (一様流中と乱流中との比較 $B/D = 0.77$)

Naruhito SHIRAIISHI, Masaru MATSUMOTO and Hiroo OKANAN

より大きく、渦励振状態においては、乱流中における方が小さくなることを示す。一方、辺長比0.77の断面では、全体的に乱流中の方が小さくなっている。著者は⁽²⁾は先に、平均抗力係数の主流方向周期流に関する周波数特性から抗力係数に及ぼす乱流効果を考察した。ここで得られた結果において、物体の運動に起因する相対風速を気流の鉛直方向変動風速成分と対比して考えれば、主流方向変動成分の効果と同様に、変動流に含まれる周波数成分においてカルマン渦に起因する効果、およびそれより高周波数成分に起因する効果が考えられ、辺長比0.5の断面では、カルマン渦に起因する周波数成分の効果によって乱流中の C_D が一樣流中におけるものより大きくなったということが推測される。図4、図5は、それぞれ渦励振時およびその1.2倍の風速における後流軸に沿った流速変動の大きさを示すものであり、そのピーク位置は剥離渦形成領域を表すものと考えられ、一樣流中の結果と比較すれば、渦励振時 $U = U_{cr}$ におけるピーク位置が模型背面側に接近し抗力係数の増大することに対応する。一方、 $U = 1.2 U_{cr}$ においては、ピーク位置は乱流中が一樣流中よりも背面側に近くなり、乱流中の抗力係数が大きいことに対応する。図4は、カルマン渦発生振動数の2倍に相当する変動のRMS値と流速変動のRMS値との比であるが、各ケースのピークを示す位置は大差無く、乱れの強さ $I_u = 15\%$ の乱流中における渦励振時の結果が他の結果と異なり、ピーク値は低下し、さらにピーク位置より下流側の低減が大きい。このことは、カルマン渦が下流側へ移動するに伴って乱れによる干渉を受けるものと考えられ、図7に示す渦励振の応答振幅が乱れの強さ 15% の乱流中において小さくなることと対応しており興味深い。

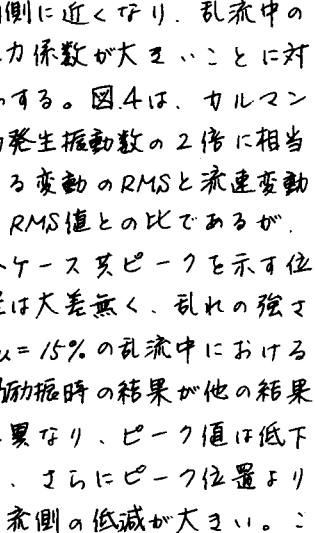


図4 後流軸に沿った流速変動の分布
渦励振時 $U = U_{cr}$

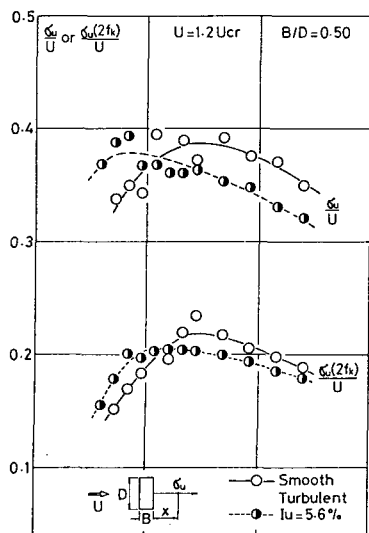


図5 後流軸に沿った流速変動の分布
 $U = 1.2 U_{cr}$

このことは、カルマン渦が下流側へ移動するに伴って乱れによる干渉を受けるものと考えられ、図7に示す渦励振の応答振幅が乱れの強さ 15% の乱流中において小さくなることと対応しており興味深い。

参考文献

- (1) 溝田、岡島：土木学会論文報告集 NO.327 1982-11
- (2) 白石、松本、岡南：オマハ橋構造工学シンポジウム論文集 1983-2

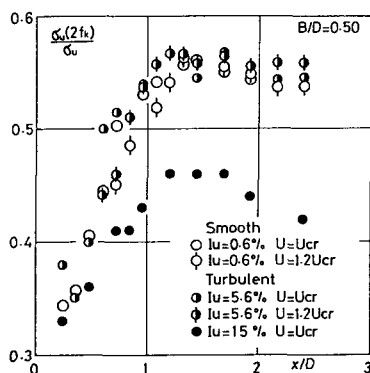


図6 後流軸に沿った流速変動の分布

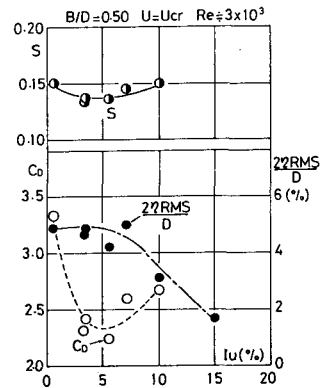


図7 $S - 22RMS/D - I_u$ (渦励振時)