

I-299

直列2矩形柱の空力特性(断面辺長比の影響)

金沢大学工学部 正員 岡島 厚

1. まえがき: 矩形柱まわりの流れでは, 断面形状によって, はく離流れ, 周期的再付着, 定常的再付着などの流れのパターン変化が生じ, それに伴い流体力は大きく変化する⁽¹⁾⁽²⁾. さらに物体が流れに複数個配置された場合, 単独物体まわりの流れに比較して一層複雑となる⁽³⁾. 特に, 矩形柱の後流渦形成領域が変化すること⁽⁴⁾から, 直列配置の場合, その断面辺長比の相違によって, 相互干渉の様子は異なるものと予想される. そこで, 本研究では, 断面辺長比を $B/H=0.2\sim5$ の広い範囲に変え, さらにすきま間隔も詳細に変え, 2矩形柱上の静圧分布, 後流のストローハル数, そして抗力係数の変化を調べ, 流体力に及ぼす相互干渉の効果を明らかにする.

2. 実験装置と実験方法: 実験は金沢大学工学部土木建設工学科の風洞装置を使用した. 断面 $0.8\text{m}\times0.8\text{m}\times$ 長さ 4m の測定部に2個の同一断面形状の模型を, 図1のように流れに直列に配置する. それぞれの模型には表面に $\phi 0.5\text{mm}$ の静圧孔を12~20個設け, ビニール管を経て, 切り換えバルブを介し, 微圧変換器によって模型表面上の静圧分布を測定した. 後流渦の周波数はそれぞれの模型後流に挿入した熱線流速計プローブによって検出し, シグナルプロセッサにより周波数解析した. 模型は $H=4$ (または2,3) cm で断面辺長比 $B/H=0.2\sim5$ の合計10種類を前・後縁が直角となるように充分留意してアクリル材で製作した. 2つの同一模型のすきま間隔 S は $S/H=0\sim5$ の範囲で変え, 本実験のレイノルズ数は $Re=3\times 10^4$ および 4×10^4 で, このときの乱れの強さは0.25%以下である⁽⁵⁾.

3. 実験結果: 実験は断面辺長比 $B/H=0.2\sim5$ の10種類の模型について行ったが, そのうち $B/H=0.2, 0.4, 0.6, 1, 2, 5$ の矩形柱を例にして以下説明する.

(a) $B/H=0.2$ 断面柱: 図2,3には, すきま間隔 S/H を変えた時の上流側模型の抗力係数 C_{D1} , 下流側模型の抗力係数 C_{D2} と後流のストローハル数 St を示す. いずれも $S/H=0.8$ 付近で変化が見られ, C_{D2} は $S/H=0.8$ 付近で最小となり, その後は増大し, $S/H\geq 2.2$ で推力(負)から抵抗(正)に変わる. また図4には, 上流側模型の背圧係数 C_{Pb1} , 下流側模型のよどみ圧係数 C_{Pf2} と背圧係数 C_{Pb2} を示す. C_{D2} が負の $S/H<2.2$ では, C_{Pb1} と C_{Pf2} がほぼ一致し, 2つの模型の間は死水域で凝っている. これらの変化は, 平野らの平板による結果⁽⁶⁾と一致している. ただし, この場合 B/H が小さいため C_{D1} , C_{D2} , St いずれも連続的に変化している. 一方, $B/H=0.4$ 断面柱⁽⁵⁾から C_{D1} , C_{D2} の変化にステップ状に急変する S/H の臨界値 $(S/H)_{cr}=3.25$ が現れる.

(b) $B/H=0.6$ 断面柱: $B/H=0.6$ 断面柱の C_{D1} , C_{D2} と St 数の変化を図5, 6に示すが, S/H の臨界値 $(S/H)_{cr}=3.4$ で C_{D1} , C_{D2} 値はステップ状に大きく変わるが, St 値は連続的に変化する.

(c) $B/H=1$ 断面柱: 図7,8に C_{D1} , C_{D2} と St 数の変化を示す. すき間の極端に狭い場合($S/H=0$), C_{D} 値や St 数値は対応する $B/H=2$ 断面柱の値から急激に変化し, さらに $(S/H)_{cr}=2.7$ を境にして, C_{D1} , C_{D2} は $B/H=0.8, 1.67$ 断面柱(それぞれ $(S/H)_{cr}=3.3, 2.33$)⁽⁵⁾と同様に, ステップ状に大きく急変している. $S/H=2.7$ 近傍で, 2種類の St 数値がある. $B/H=0.4, 0.8$ 断面柱同様, 双安定な2種類の流れパターンが入れ替わるためである.

(d) $B/H=2$ 断面柱: 図9,10に C_{D1} , C_{D2} と St 数の変化を示す. この場合 $S/H=1.8$ を境にして, C_{D2} がステップ状に急変するが, $B/H=0.4\sim1.67$ 断面柱⁽⁵⁾に比べ, 変化幅は小さく, その後連続的に漸増する. しかし, C_{D1} には, もはや不連続性が見られない. 図10の St 数変化は, $S/H=0$ では $B/H=4$ 断面柱の St 値0.14を示す⁽²⁾が, $S/H<1.8$ の後流のスペクトル密度分布は, 広帯域な分布形状を呈し, $B/H=5\sim7$ の断面柱後流に類似している. そして 臨界値 $(S/H)_{cr}=1.8$ を境として単一の鋭いピークの卓越 St 数となる.

(e) $B/H=5$ 断面柱: 図11に C_{D1} , C_{D2} の変化を示すがあまり大きな変化はみられない. C_{D1} はほぼ一定値で, C_{D2} は $S/H=0$ 付近でおよそ $C_{D2}=0$ であり, S/H の増加にともない連続的に漸増する. St 数値は $S/H=0$ で単独 $B/H=10$ 断面柱の St 数値を示し, $S/H<1$ では卓越した St 数成分が認められない. $S/H>1$ では, 単一の卓越 St 数

0.108となるが、単独 $B/H=5$ 断面柱の卓越 St 数0.166とは相違している。この場合、直列配置により周期的再付着流れの方になっている。

4. まとめ： $B/H=0.2\sim 5$ の直列2矩形柱において、 C_D や St 数が臨界的に変化するすき間値 $(S/H)_{cr}$ を図12に示す L/H の値にして、まとめて示す。 $B/H=0.4\sim 2$ 断面柱では、 $L/H=3.9$ でほぼ一定で、 $B/H=0.6$ 断面柱の C_D 、 St 数の空力特性に特異性は見られない。極端に B/H の小さい0.2断面柱や流れの再付着の生ずる $B/H\geq 2.5$ 断面柱などでは3.9と異なってくる。

参考文献

- (1)中口・ほか2名,航空誌16-168(1968),1
- (2)岡島・ほか2名,機論49-447 B(昭58),2551
- (3)岡島・ほか2名,機論51-472 B(昭61),3877
- (4)溝田・岡島,土木論312(1981),39
- (5)岡島・ほか2名,機講概集No.867-1(昭61),17
- (6)平野・ほか2名,機論49-447 B(昭58),2363

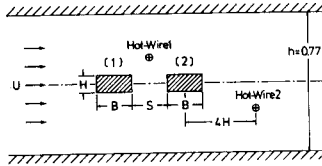


図1,模型配置概略図

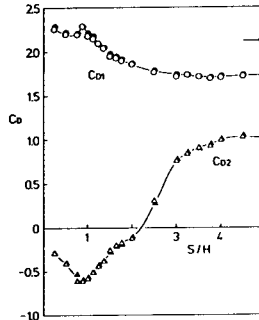


図2,直列 $B/H=0.2$ 断面柱の C_D , $\circ, \triangle: Re=3\times 10^4$, $\bullet, \blacktriangle: Re=4\times 10^4$
→: 単独柱の C_D 値

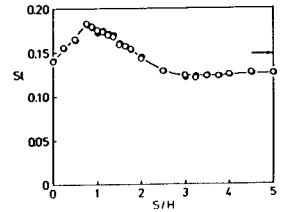


図3,直列 $B/H=0.2$ 断面柱の St 数, $\circ: Re=3\times 10^4$, $\bullet: Re=4\times 10^4$
→: 単独柱の St 値

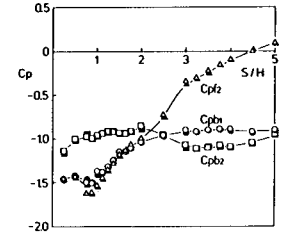


図4,直列 $B/H=0.2$ 断面柱の C_p , $\circ, \triangle: Re=3\times 10^4$, $\bullet, \blacktriangle: Re=4\times 10^4$
→: 単独柱の C_D 値

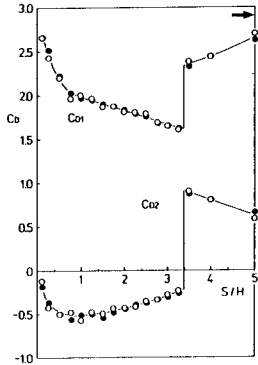


図5,直列 $B/H=0.6$ 断面柱の C_D , $\circ, \triangle: Re=3\times 10^4$, $\bullet, \blacktriangle: Re=4\times 10^4$
→: 単独柱の C_D 値

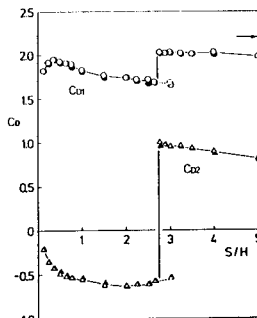


図7,直列 $B/H=1$ 断面柱の C_D , $\circ, \triangle: Re=3\times 10^4$, $\bullet, \blacktriangle: Re=4\times 10^4$
→: 単独柱の C_D 値

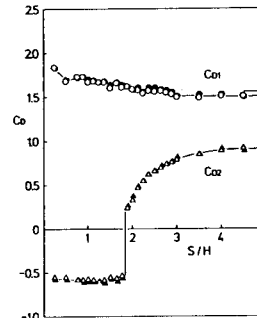


図9,直列 $B/H=2$ 断面柱の C_D , $\circ, \triangle: Re=3\times 10^4$, $\bullet, \blacktriangle: Re=4\times 10^4$
→: 単独柱の C_D 値

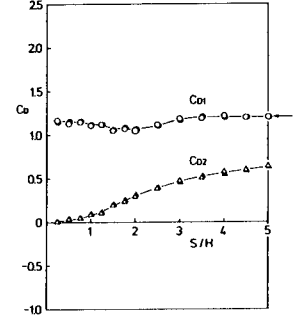


図11,直列 $B/H=5$ 断面柱の C_D , $\circ, \triangle: Re=3\times 10^4$, $\bullet, \blacktriangle: Re=4\times 10^4$
←: 単独柱の C_D 値

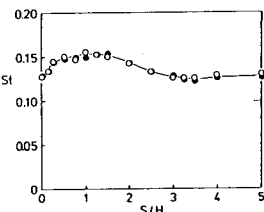


図6,直列 $B/H=0.6$ 断面柱の St 数, $\circ: Re=3\times 10^4$, $\bullet: Re=4\times 10^4$
→: 単独柱の St 値

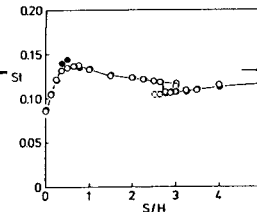


図8,直列 $B/H=1$ 断面柱の St 数, $\circ: Re=3\times 10^4$, $\bullet: Re=4\times 10^4$
→: 単独柱の St 値

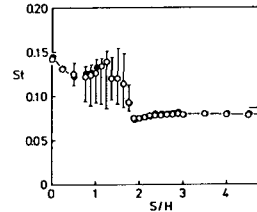


図10,直列 $B/H=2$ 断面柱の St 数, $\circ: Re=3\times 10^4$, $\bullet: Re=4\times 10^4$
→: 単独柱の St 値

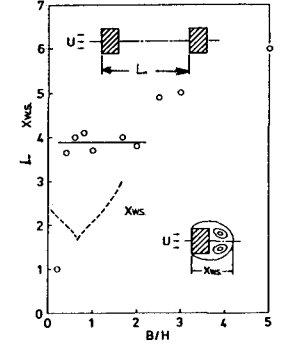


図12, L/H と B/H の関係
 $L/H=(S/H)_{cr}+B/H$