

# 近接する並列円柱群の各円柱に作用する空気力の特性

大林組 正員 野村敏雄  
 東京大学 フェロー 藤野陽三

## 1. はじめに

鋼管コンクリート複合構造高橋脚では架設時における鋼管群への風荷重が設計を支配する。そこで、合理的な耐風設計法の確立を目的として、これまでに9～12本で構成される近接する円柱群全体に作用する空気力特性に関する検討<sup>1),2)</sup>を行ってきた。本報告は設計風荷重の載荷方法や風向特性を定める基礎資料を得るために、円柱群を構成する各円柱に作用する風荷重分布や空気力特性を円柱表面の圧力分布を測定して検討を行ったものである。

## 2. 実験条件

図-1に各円柱の空気力の定義と圧力測定位置を示す。また、表-1に実験条件を示す。圧力測定位置は水平偏角が $\beta = 0^\circ$ の時に正対する位置を $\beta = 0^\circ$ として反時計回りに定義した。各円柱の中央部分に圧力測定孔を設置して圧力分布を求め、それらを各円柱ごとに積分して抗力と揚力に換算した。計測時間は30秒で、サンプリング周波数は500Hzである。また、抗力と揚力が各円柱の中心位置に作用するとして、模型全体の回転中心からの距離を乗じて各円柱の空力モーメントを求めた。風圧係数 $C_p$ は次式により定義される。レイノルズ数の影響は乱流中の実験による抗力係数を用いることによりその相違を考慮<sup>1)</sup>した。

$$C_p = (p - p_0) / 0.5 \rho V^2 \dots (1)$$

ここに、 $p$ : 圧力,  $p_0$ : 静圧,  $\rho$ : 空気密度,  $V$ : 風速である。

## 3. 圧力分布

図-2に円柱1の圧力分布を示す。三分力実験<sup>2)</sup>において気流および円柱間隔の相違の影響が顕著に現れる水平偏角 $\beta = 30^\circ$ の状態である。一樣流と乱流を比較すると第一列は測定位置が真下部分となる $\beta = 180 \sim 270^\circ$ において乱流中の方が一樣流中よりも負圧が大きくなる。これは、剥離点が円柱の後方風下側となるために下面の流速が高くなることによると考えられる。第2列では逆に一樣流中の方が $\beta = 180 \sim 270^\circ$ において負圧が大きくなっており、一樣流中では第一列を通過した後に気流が乱流状態となり剥離点に変化していると考えられる。第3列では一樣流および乱流ともに圧力分布に相違はほとんどない。また、円柱間隔の影響は乱流中では第1列、一樣流中では第2列に現れる傾向となった。なお、圧力分布から求めた円柱群全体に作用する三分力は、三分力実験結果<sup>2)</sup>と良好な対応を示していた。

## 4. 抗力係数

図-3に抗力係数と水平偏角の関係を示す。円柱1は水平偏角 $\beta = 0^\circ$ では上流側となるので抗力が大きく作用するが、下流側となる水平偏角 $\beta = 90^\circ$ では減少して負となる場合もある。上流側に位置する場合、各円柱の抗力係数は $C_D = 1.0 \sim 1.5$ の範囲に分布し、単独の場合よりも大きくなる。円柱間隔1.4Dの抗力係数が最も大きく、円柱間隔が拡

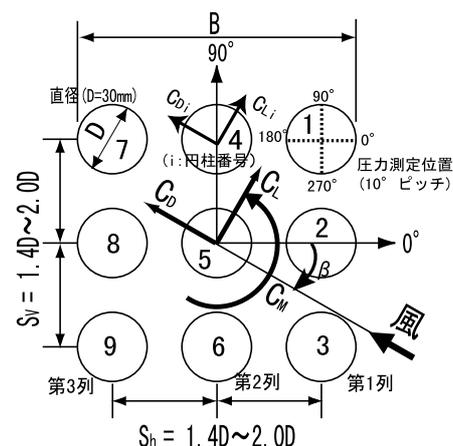


図-1 三分力の定義

表-1 実験条件

模型縮尺	1/50
気流	一樣流, 乱流: $lu=17\%$
風速(V)	7m/s, 14m/s
水平偏角( $\beta$ )	$0^\circ \sim +90^\circ$ , $2^\circ$ ピッチ
円柱間隔( $S_h, S_v$ )	1.4D, 1.6D, 2.0D
模型断面	9本: $3 \times 3$ 断面

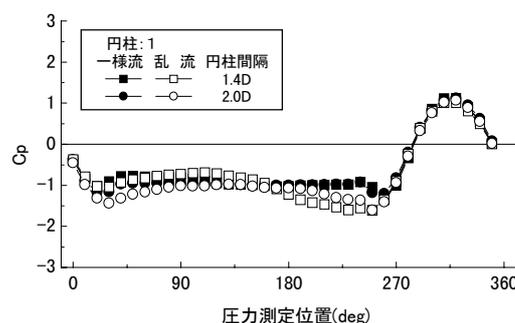


図-2 圧力分布

キーワード: 円柱群, 抗力係数, 三分力係数, 圧力係数, 鋼管コンクリート複合構造

連絡先: 〒204-8558 清瀬市下清戸 4-640 (株)大林組技術研究所 流体研究室, TEL:0424-95-0987, FAX:0424-95-1261

がると減少し、円柱群全体に作用する抗力とは逆の傾向となる。現行設計では上流側と下流側円柱の抗力係数の比が円柱間隔により 1:1 または 1:0.5 としており、実験結果とは異なったものとなっている。円柱群全体の抗力は風向を考慮しても現行設計より概ね小さくなるが水平偏角  $\theta = 0^\circ$  よりもその割合は減少する。また、一様流中の円柱間隔 1.4D では  $\theta = 0^\circ$  近傍で他の場合よりも抗力係数が大きくなるが、円柱 3 では逆に小さくなるが、流れのスイッチングが生じる影響と考えられる。図-4 に円柱 1 および円柱群全体における抗力係数の尖度を示す。一様流中では尖度の大きな変動がみられ、抗力の変動幅が大きくなり流れが不安定となっていると考えられる。また、円柱群全体でも尖度が大きくなる水平偏角では、全体に作用する抗力の変動幅も大きいと考えられる。

### 5. 揚力係数

図-5 に揚力係数と水平偏角の関係を示す。円柱間隔 1.4D と 2.0D では作用方向が逆転する部分があるが、乱流中では上流側の円柱 1 ~ 6 でその水平偏角が異なる。一方、一様流中では円柱 4, 5 のみに逆転現象が見られ、圧力分布と対応した結果となっている。

### 6. 空力モーメント係数

図-6 に空力モーメント係数に対する円柱 3 の寄与分、すなわち、円柱 5 を中心とするモーメントと水平偏角の関係を示す。

一様流と乱流では全体に作用する空力モーメントは大きく異なるが、その影響が顕著に現れるのが最も上流側に位置する円柱 3 であり、次いで円柱 2, 4 にも多少の影響がみられる。円柱間隔の影響は一様流中では小さく、乱流中では間隔が狭いと風向の影響を強く受ける。また、空力モーメントは抗力と揚力に依存するが、抗力係数は円柱間隔の相違による影響は小さく、揚力係数は円柱 1 ~ 6 において相違がみられる。しかし、円柱 1, 6 では水平偏角が  $20 \sim 30^\circ$  の範囲では空力モーメントに対する揚力の寄与が小さく抗力の寄与が卓越するために、円柱間隔や気流の相違による影響が現れにくいものと考えられる。

### 7. おわりに

円柱群を構成する各円柱の空気力特性を検討した。その結果、円柱間隔により変化するが抗力は上流側の各円柱に大きく作用し、現行設計とは異なる分布となること、風向を考慮すると風荷重は増加すること、また、気流や円柱間隔の相違により空力モーメントは大きく変化し、この影響は最も上流側に位置する円柱を含む 3 本程度の円柱の影響が支配的であることがわかった。

#### 参考文献

- 1) 野村, 加藤: 近接する並列円柱群の対風応答に関する一考察, 土木学会年次学術講演会, -B21, 1998.9, pp.42-43
- 2) 野村: 近接する並列円柱群の三分力特性に関する一考察, 土木学会年次学術講演会, -B330, 1999.9, pp.656-657

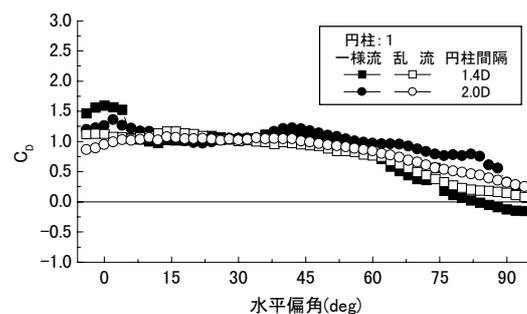


図-3 抗力係数と水平偏角の関係

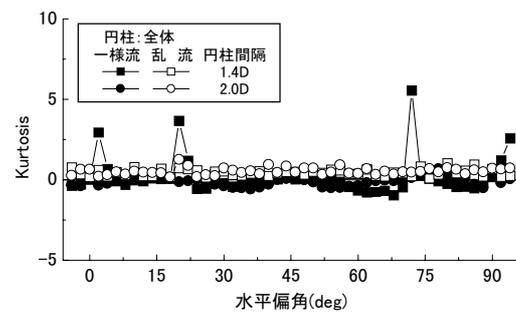
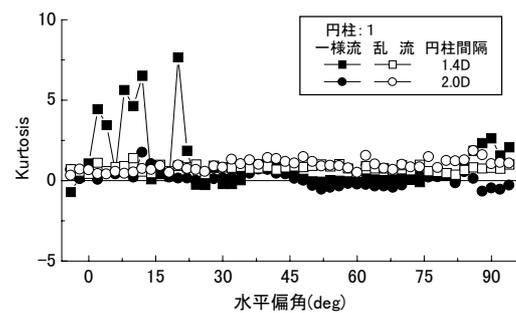


図-4 尖度と水平偏角の関係

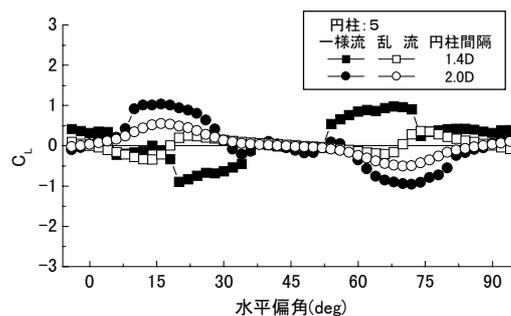


図-5 揚力係数と水平偏角の関係

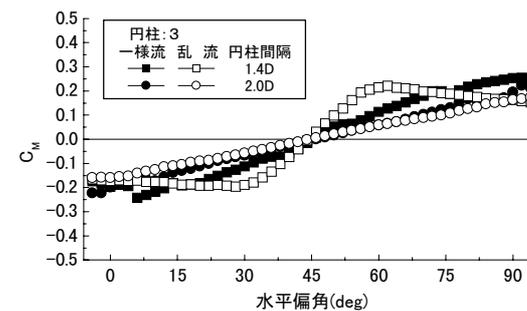


図-6 空力モーメント係数と水平偏角の関係