

近接する並列円柱群の空力振動に関する一考察

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

山岳橋梁では橋脚施工の大幅な省力化と工期短縮を図るために、鋼管コンクリート複合構造を有する高橋脚の施工が増加している。この場合、施工時に鋼管群が自立状態となり、風の作用が架設時の安全性を支配する。そこで、まず円柱群全体に作用する空気力を円柱間隔や風向を考慮して評価し、静的な耐風設計法を提案^{1),2)}した。また、このような近接する円柱群では風の作用に対して流れのスイッチングや渦形成の相互干渉などによる複雑な振動現象も想定される。しかし、円柱群全体の振動現象を研究対象とした取り扱った例はほとんど見られないので、鋼管自立期間が数ヶ月に及ぶ場合には、施工時に制振対策が必要とされている。

そこで、合理的な動的耐風設計手法を確立することを目的として、一様流中および乱流中において、9～12本で構成される円柱群について基本的な振動性状の検討を行ったのでここに報告する。

2. 実験方法

対象とした鋼管群は、自立時の鋼管長が約74m、鋼管の直径は1500mmであり、実橋で採用される可能性の高い3段3列9本(Type-A)、3段4列10本(Type-B)および12本(Type-C)の鋼管群である。Fig.1に円柱群の配置を示す。Table1に示す実構造物の諸元³⁾はType-Aの場合におけるものである。Type-BとCにおいても幾何学的形状以外の条件を一致させるために、Table1に示す実験条件を用いることとした。また、固有振動解析³⁾によりねじれ振動は発現し難いと考えられたので、たわみ1自由度の状態を実験を実施した。

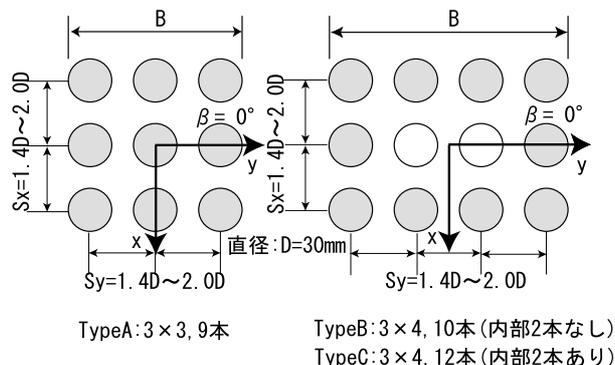


Fig.1 円柱群の配置

Table 1 実験条件

	実構造物	模 型
縮 尺	-	1/50
鋼 管 径 (D)	1500 mm	30mm
模 型 長	-	1620mm
等 価 質 量	3.331 tf/m	2.159 kgf/model
振 動 数 (f)	0.403 Hz	2.43 Hz, 3.28 Hz, 4.46 Hz
風 速 倍 率	-	8.3, 6.1, 4.5
構 造 減 衰 ()	0.015	0.003 ~ 0.02
スクルートン数(Sc)	2.51	2.1 ~ 12.4 (代表幅:B)
水 平 偏 角 ()	-	0 ~ 15度
円柱間隔(Sx, Sy)	-	1.4D ~ 2.0D

Table 2 乱流の特性

格 子 幅 (mm)	75		125	
	2	10	2	10
風 速 (m/s)	2	10	2	10
乱 れ 強 さ (%)	6	8	9	12
乱れスケール(m)	0.09	0.09	0.17	0.16

実験に用いた乱流は、模型の上流3.5mに設置したに設置した乱流格子により発生させた。Table2に乱流の特性を示す。実験パラメータはTable1に示すように気流特性、減衰率、振動数、質量、水平偏角および円柱本数と円柱間隔であり、それらを適宜組み合わせることで実験を行った。

3. 実験結果と考察

Fig.1にType-Aの一様流中における風速と振幅の関係を示す。円柱間隔により渦励振の発現風速が異なり、 $S_x=S_y=1.4D$ では換算風速18程度、 $S_x=S_y=1.6D$ では60程度、 $S_x=S_y=1.8D$ および $2.0D$ では6程度であり、 $S_x=S_y=1.4D$ において最も振幅が大きくなる。円柱間隔が $S_x=S_y=1.4D$ では水平偏角が 0° および 5° ともに渦励振が発現したが、 $S_x=S_y=1.6D$ では 0° のみ、 $S_x=S_y=1.8D$ と $2.0D$ では 5° のみであった。また、 $S_y=1.4D$ に固定して $S_x=1.4D \sim 2.0D$ とし

キーワード: 円柱群, 渦励振, ストロークル数, 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

た場合、 $S_x=1.6D$ 以下では $S_x=S_y=1.4D$ と同様の挙動を、また、 $S_x=1.8$ 以上では $S_x=S_y=2.0D$ と同様の挙動を示し、 $S_x=S_y=1.6D$ における風速域での振動はみられなくなった。

Type-B, CでもType-Aと概ね同様の発現性状を示したが、Type-Aの $S_x=S_y=1.6D$ のような高風速での振動は発現しなかった。

Fig.2はType-Aの乱流中における風速と振幅の関係である。風速2m/s程度で換算風速20に相当し、乱れ強さは約6%である。乱流中で振動が発現するのは $S_x=S_y=1.4D$ のみであり、他の円柱間隔では発現しなかった。発現風速は一樣流中と概ね一致する領域である。なお、乱れ強さを約8%に増加させると $S_x=S_y=1.4D$ においても渦励振は消滅した。

Fig.3はType-Aの $S_x=S_y=1.4D$ における、後流の振動数と風速の関係を示している。振動数の測定位置は模型から10B(B: 模型幅)および3D(D: 円柱径)後方である。10Bの位置では、圧力実験で測定した揚力の振動数から求めたストローハル数(代表幅:B)に一致する渦放出が見られる。渦励振発生域ではロックインしており、この渦励振は円柱群全体から放出される渦によるものと考えられる。

Fig.4は $S_x=S_y=2.0D$ の場合である。 $S_x=S_y=1.4D$ とは異なり、10Bではなく3Dの位置において、揚力の振動数から求めたストローハル数(代表幅:D)と一致する傾向を示した。したがって、この場合は円柱群全体から放出される渦ではなく、個々の円柱より放出される渦により、振動が励起されていると考えられる。

なお、 $S_x=S_y=1.6D$ の場合には、後流渦の発生パターンが $S_x=S_y=1.4D$ や $2.0D$ とは相違しており、後流渦による強制振動とは異なるものとなっている。

4. まとめ

一樣流中および乱流中で振動特性の検討を行った結果、一樣流中では概ね三種類の発生パターンが存在すること、また、乱流中では応答が低減されることがわかった。今後、設計法の確立のために、振動現象の減衰特性などを評価する予定である。

参考文献

- 1)野村敏雄,藤野陽三: 近接する円柱群の三分力特性 - 鋼管コンクリート複合構造橋脚の架設時を対象として -, 風工学論文集, No.85, 2000.10, 41-52
- 2)野村敏雄,藤野陽三,他: 鋼管コンクリート複合構造橋脚の架設時における風荷重評価, 風工学論文集, No.87, 2000.4(印刷中)
- 3)野村敏雄,加藤敏明: 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

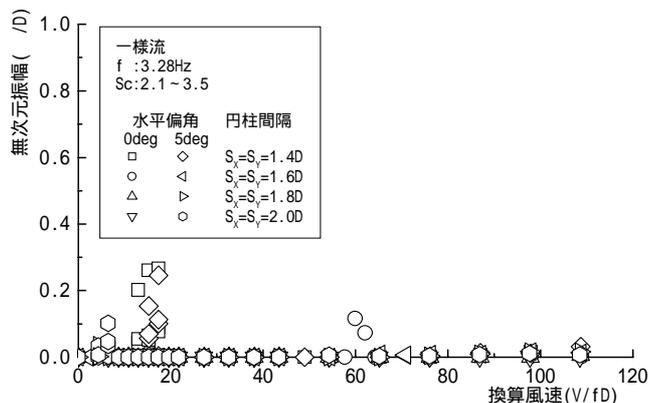


Fig.2 円柱間隔の影響 (一樣流)

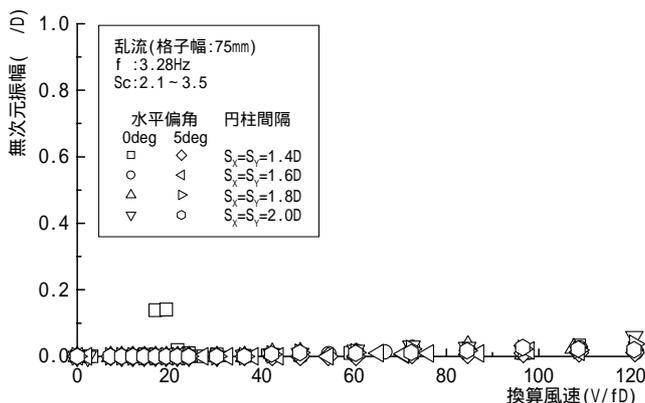


Fig.3 円柱間隔の影響 (乱流)

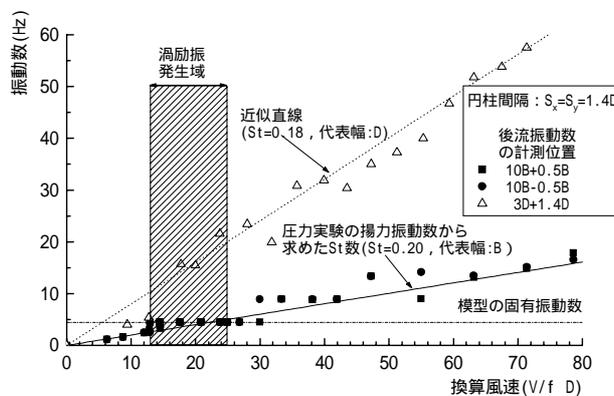


Fig.4 渦励振の特性 ($S_x=S_y=1.4D$)

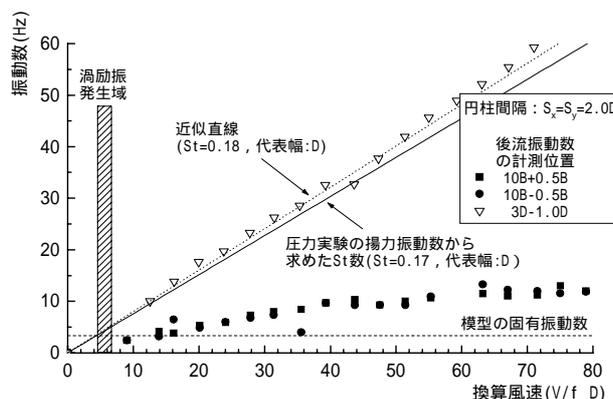


Fig.5 渦励振の特性 ($S_x=S_y=2.0D$)