

I - B21

近接する並列円柱群の対風応答に関する一考察

(株)大林組 正員 野村敏雄
正員 加藤敏明

1. はじめに

鋼管コンクリート複合構造高橋脚では一括立ち上げによる急速施工を行う可能性があるが、長い場合には高さ70～100mに及ぶ鋼管群の自立状態が数ヶ月に及ぶことが考えられる。

柱状構造物群が近接する場合、相互作用による複雑な挙動が想定され、低風速においても有害な振動が発生することも予測される。しかし、このような状態に対する耐風設計法は確立されておらず、道路橋示方書¹⁾や本四基準²⁾を参考にして静的な照査のみを行っているのが現状である。

そこで、現状の静的設計方法の安全性を確認するとともに、合理的な静的及び動的設計手法を確立するために、円柱群模型を用いて一様流中及び乱流中における対風応答性状の検討を行った。

2. 実験方法

想定した橋脚断面は三列、三段の九本より構成されており、鋼管径は1.5m、橋脚高さは約75mである。実験に用いた模型は直径30mm(縮尺1/50)のアルミ製パイプ9本で特別な表面処理などは施していない。パイプの間隔は直径の1.4倍である。図-3.1に模型の断面形状を示す。水平偏角は図の状態で右から左に風が吹く状態を0°と定義した。

3. 三分力特性

断面形状が円柱群であることを考慮して、一様流中及び乱流中³⁾において三分力実験を実施した。実験風速は10及び20m/sで実施することを基本としたが、20m/sでは一部の水平偏角で模型に有害な振動が発生したので風速を変更して行った。実験条件を表3.1に示す。

図-2～4に一様流中及び乱流中(IU=8%, 16%)における三分力曲線を示す。各図には抗力係数CD=1.6を示す直線を併記しているが、これは設計時に鋼管群全体に作用する風荷重強度を算定するために用いた値である。

抗力係数(CD)は風速の相違による影響は少なく水平偏角の変化に対して一様流及び乱流中においてほぼ同様の分布性状を示している。また、いずれの風速でも水平偏角が0°における抗力係数はCD=1.6以下であり、設計時に考慮した抗力係数を下回っている。

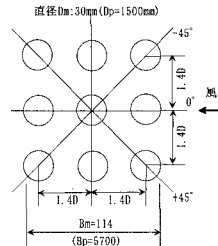


表-1 三分力実験

気流	一様流 乱流 乱れ強さ: IU= 8% 乱れ強さ: IU=16%
風速 (V)	10m/s, 14m/s
水平偏角 (β)	-50° ~ +50° (2°ピッチ)
模型断面	9本円柱 (間隔1.4D)

図-1 模型断面

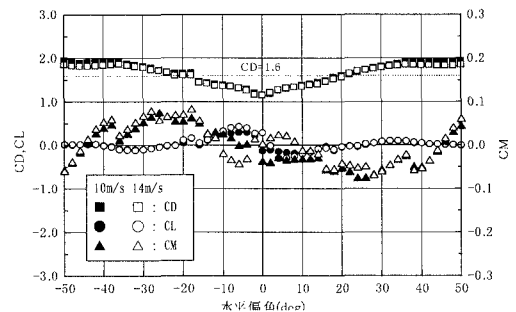


図-2 三分力曲線(一様流)

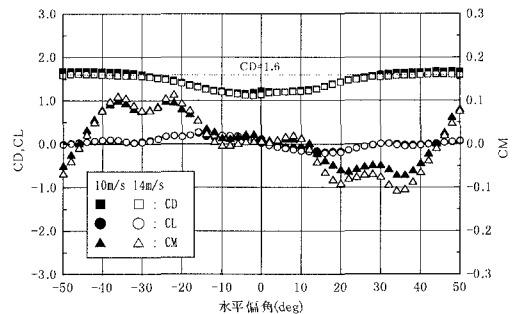


図-3 三分力曲線(IU=8%)

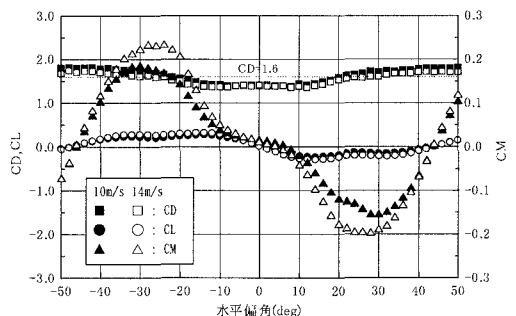


図-4 三分力曲線(IU=16%)

キーワード: 円柱群, 三分力特性, 抗力係数, 渦励振

連絡先: 〒204-0011 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

揚力係数(C_L)は乱れ強さにより水平偏角に対する全体的な分布性状が多少変化する。また、いずれの気流中においても $\beta=0^\circ$ の近傍で揚力勾配が負勾配となっており、空力不安定振動の発現が予想される。

モーメント係数(C_M)は乱れ強さの相違により大きな影響を受ける。I_u=16%では 0° 近傍での負勾配が顕著となり、負勾配領域が $\beta=30^\circ$ まで拡大している。固有値解析によるとたわみ振動と比較してねじれ振動の固有振動数はかなり高いので、振動が発現する可能性は低い、構造の変化によるねじれ振動数の低下には配慮する必要があると考えられる。

図-5は抗力係数と風速の関係を示しているが、高風速域ではいずれの気流中에서도抗力係数は概ね一定値となっている。一般的に単独円柱では一様流の方が乱流中より抗力係数が大きくなると考えられるが、円柱群では逆に乱流中において抗力係数が大きくなる特性を示している。

4. 振動性状

実験は水平偏角をパラメータとした基本的な耐風安定性の調査、発現振幅に対する減衰率の影響を把握し、制振装置の必要性と性能に関する検討及び乱流効果による振幅の低減率の把握を目的として実施した。

固有振動解析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自由度の状態で行った。また、実験は質量減衰パラメータ(Sc数)を一致させて行った。実験条件を表-2に示す。

図-6は水平偏角 $\beta=0^\circ$ における風速と振幅の関係である。Sc=15.1では実験を行った風速域において振動の発現は観察されなかったが、Sc=2.51では風速V=8~10m/sにおいて片振幅40cm程度の渦励振が発現した。また、 $\beta=3^\circ$ 及び 5° でも渦励振の発現が確認されたが、 $\beta=10^\circ$ 以上では渦励振が発現しなかった。

また、乱流中(I_u=8%)では一様流中で発現していた渦励振が発現しなくなっており、気流の乱れによる低減効果が期待できると考えられる。

5. まとめ

近接する円柱群が直径の1.4倍、3列3段に9本配列された場合の対風応答性状を検討した結果、三分力特性と振動性状について次のようなことが分かった。

- (1) 抗力係数は気流の乱れ強さによって異なるが実験を行った風速域では最大でCD=1.4程度であった。揚力勾配は水平偏角 $\beta=0^\circ$ の近傍で負勾配となり、空力不安定振動の発現が予測される。モーメント勾配は乱れ強さI_u=16%の場合に水平偏角 $\beta=0^\circ$ を中心とした広い範囲で負勾配となる。
- (2) 単独円柱では一様流中の方が抗力係数が大き

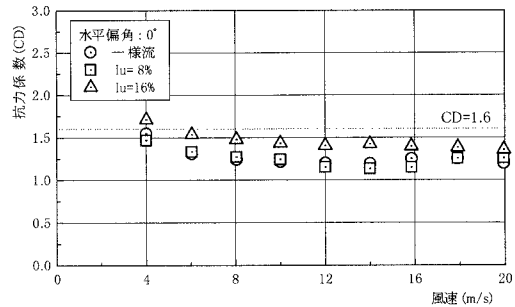


図-5 抗力係数

表-2 バネ支持実験

	実構造物	模型
縮 尺	-	1/50
等価質量	3.331tonf/m	2.159kgf/model
模型重量	-	12.95kgf/model
風速倍率	-	8.4
振 動 数	0.403Hz	2.40Hz
構造減衰	0.015	0.0025, 0.01
Sc 数	2.51	2.51, 15.06

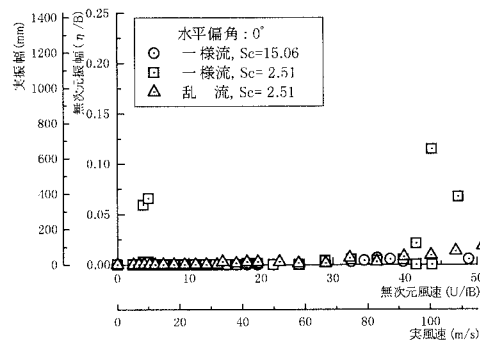


図-6 V-A関係

いが、円柱群では乱流中の方が抗力係数が大きくなる傾向を示した。

- (3) 一様流中では水平偏角が $0\sim5^\circ$ の範囲において渦励振の発現が観測されたが、乱れ強さI_u=8%の乱流中では渦励振が発現しなかった。
- (4) 円柱間隔が変化した場合の挙動については今後さらに検討する必要がある。

参考文献

- 1) 日本道路協会；道路橋耐風設計便覧，1992.7
- 2) 本州四国連絡橋公団；本州四国連絡橋耐風設計基準(1976)，1976.3
- 3) 松崎，牛尾，南条；独立状態の吊橋主塔の渦励振に関する実験的研究，土木学会論文報告集，第339号，1983.11