

長大吊橋の多柱CFT構造主塔の空力特性

日立造船(株) 正員 ○三河 克己 日立造船(株) 正員 植田 利夫
 " 正員 猪原 茂 " 正員 山口 映二
 " 正員 白井 秀治

1. 概要

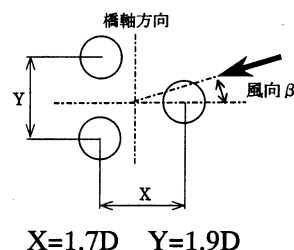
公共事業の建設費削減という背景のなかで、ビッグプロジェクトは大幅な工費削減を達成しなければならない。我々はこれまで長大吊橋、超長大吊橋において耐風性を確保しつつ経済性を高める方法として主桁形状を検討してきたが、今後は主塔に関して経済性と耐風性に優れたものを提案することが重要である。ここでは一案としてコンクリートを充填した複数の鋼製柱(以下、CFT)で構成される多柱CFT主塔を対象として検討した。橋梁モデルは中央支間1,500m、主塔高200mの吊橋を想定した。主塔は2塔柱の門型とし、1塔柱あたりCFTを3本組合わせて構成させている。今回はこの主塔を対象に2次元風洞試験を行い、その耐風性について基礎的なデータの収集を図った。

2. 試験内容

多柱CFT構造主塔は、主柱が並列したCFT材を採用していることが特徴であり、3本のCFTが並列した単柱の空力干渉による振動、さらにその単柱が2本並列した主塔柱の空力干渉による振動、および実機レイルス数領域における挙動の評価が重要な課題である。

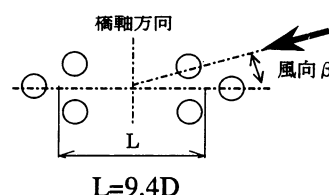
そこで、多柱CFT構造の空力振動の発生状況、およびその発生メカニズムの解明を行うために2次元剛体模型を用いて2次元パネ支持試験を実施した。気流は一様流、および格子乱流($Iu=5\%$ 、 10%)とした。なお、CFT配置および風向 β の定義は図1のとおりである。

供試模型は縮尺1/60(CFT外径50mm)で、単柱でのCFT間隔(X,Y)はほぼ正三角形配置で、主塔での塔柱間隔(L)は塔高65%位置における値を基本とした。CFT断面はレイルス数により空力特性が大きく変化するため、実機で対象となる超臨界域を再現できるように円柱表面に $\delta/D=0.01$ (δ :粗度径、D:CFT外径)となるトリップワイヤタイプの粗度⁽¹⁾をつけて実機レイルス数での応答現象を擬似的に再現した。



X=1.7D Y=1.9D

(a)単柱のCFT配置



L=9.4D

(b)主塔のCFT配置

図1 パイプ配置と風向

3. 2次元パネ支持試験の振動諸元

風洞試験に先立ち、主塔骨組解析モデルにて固有値解析を実施した。対象モデルは主塔独立モデルと塔頂にケーブルパネを付けた完成系モデルの2種類とした。なお、風洞試験では渦励振応答が低風速側で発生すると思われる主塔独立状態を対象にした。

表1 振動諸元

		単位	実橋諸元	試験値
振動数	鉛直たわみ1次	Hz	0.11 (0.11)	1.88 (1.73)
	ねじれ1次	Hz	(0.29)	(4.72)
振動数比	ねじれ/たわみ	—	(2.64)	(2.72)
慣性	重量	t/m	57.9 (115.8)	0.016 (0.032)
	質量慣性モーメント	tf・m ² /m	(20220)	(0.159)
構造減衰率	鉛直たわみ1次	—	0.010 (0.010)	0.0103 (0.0101)
	ねじれ1次	—	(0.010)	(0.0102)

注) ()内は、主塔(CFT 6本)配置の試験ケースの諸元値を示す。

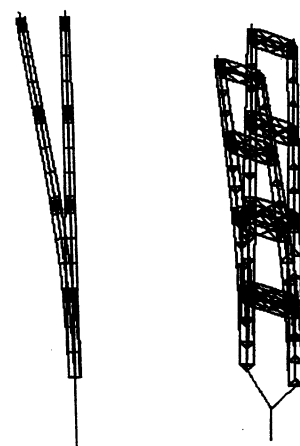


図2 面外曲げ振動モード

キーワード：長大吊橋 CFT構造 主塔制振

〒551-0022 大阪市大正区西船町2-2-11 TEL (06)6551-9239 FAX (06)6551-9841

4. 試験結果

3本CFTの単柱配置と6本CFTの主塔配置によるそれぞれの渦励振応答について以下に示す。なお、高風速域の発散振動は見られなかった。

単柱の一樣流中では風向 $\beta=0^\circ$ で実橋換算振幅84cm(実橋換算風速22m/s)の面外曲げ1次の渦励振が発生した。しかしながらその振動は $\beta=3^\circ$ では現れず、 $\beta=0^\circ$ ではCFT近傍に他の風向とはことなる特異な流れが形成されることによって発現しているものと考えられる。また、その他の風向では $\beta=60, 180^\circ$ で実橋換算振幅3~6cm程度(実橋換算風速約3.5m/s)の振動が見られた。いずれの風向での応答も $I_u=10\%$ の乱流中ではほぼ消滅した。これらの結果からストローハル数を推定すると $\beta=0^\circ$ は0.015、 $\beta=60, 180^\circ$ は0.090であった。

つぎに、主塔の一樣流中では風向 $\beta=0\sim15^\circ$ の範囲で面外曲げ1次、ねじれ1次の渦励振が発生した。面外曲げ振動は実橋換算最大振幅17cm(実橋換算風速4.3m/s)、ねじれ振動は実橋換算最大振幅0.3°(実橋換算風速9.4m/s)であった。風向によって発生する風速域はほとんど変化は見られないが、風向 $\beta=0^\circ$ ではねじれの渦励振は実橋換算風速15.4m/sでもう1つのピーク(実橋換算振幅0.3°)が存在した。 $I_u=10\%$ の乱流中では実橋換算振幅5cm、0.05°以下となり問題となるような応答は発現しなかった。

5. まとめ

試験結果からこのCFT配置の構造主塔の耐風性については問題ないと考えられる。今後、発生メカニズムの解明のため、後流計測(ストローハル数計測)を行う予定である。

<参考文献>

- (1) 植田、与口等「2筒身並列型鋼製煙突の空力特性」第15回風工学シンポジウム 1998

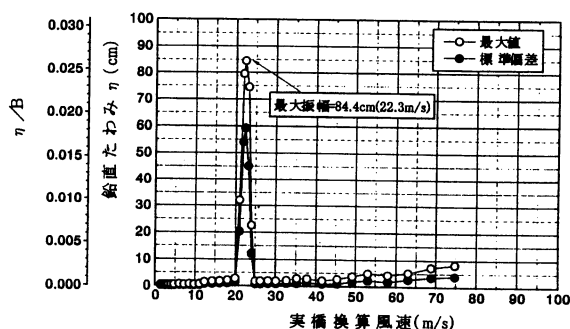


図3 単柱の風速と振幅の関係($\beta=0^\circ$)

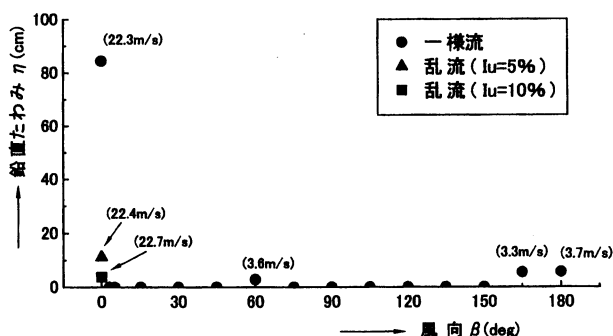


図4 単柱の振幅と風向の関係($\delta=0.01$)

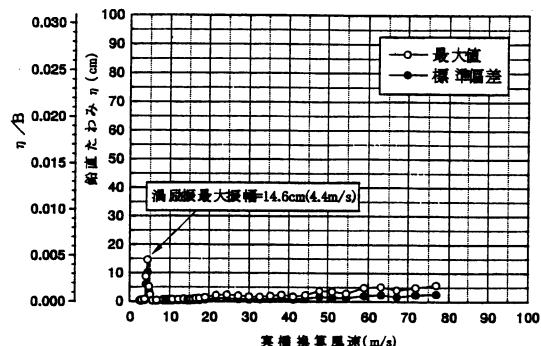


図5 主塔の風速と振幅の関係(一樣流; $\beta=0^\circ$)

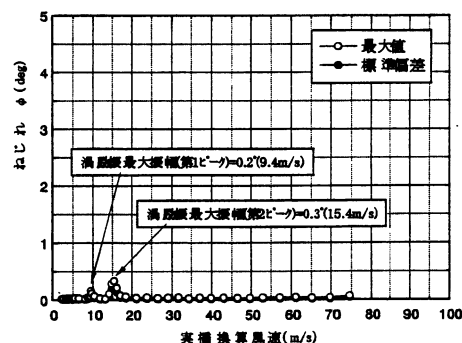


図6 主塔の振幅と風向の関係($\delta=0.01$)

