多脚型煙突が後流煙突の渦励振応答に及ぼす影響

徳島大学大学院　学生会員　○中村　大地　徳島大学大学院　学生会員　志摩　篤彦
徳島大学大学院　フェロー　長尾　文明

１．はじめに

大規模火力発電所の煙突は、一般的にアスペクト比が大きいため、相対的に固有振動数や減衰定数が小さくなり、渦励振、空力不安定振動等により激しく振動する。この振動は疲労の原因となり、コスト面から見て悪影響が出る。また、火力発電所の煙突同士は隣接する場合が多く、その隣接煙突の影響を受け、振動が変化する。この影響は上流側煙突の形状により異なる。一般的な煙突の形状ではその影響は分かってきているが、多脚型煙突などの特殊な形状のものでは、上流側煙突の及ぼす影響の把握はケース毎に調査されている。本研究では三次元弾性模型を用いての多脚型煙突の後流煙突の応答特性の確認、X 型熱線風速計を用いての多脚型煙突後流の風速分布の確認を目的としている。

２．実験概要

今回研究対象とする煙突は，四国電力株式会社西条発電所に建設予定の高さ 180mの一筒身鉄塔支持型煙突及び隣接する高さ 200m の多脚型煙突である。これをそれぞれ W1、W3 とする。実験はそれぞれ図 1 に示す縮尺 1/150 の三次元弾性模型、図 2 に示す縮尺 1/150 のアクリル製剛性模型を用いて徳島大学多機能境界層風洞試験装置(200 型風洞)にて行う。なお、今回は、鉄塔の影響はほぼないものとし、W1 の鉄塔は外して実験を行った。また、相似則を用いて、W1 模型の質量 0.461kg、固有振動数 4.50Hz、減衰定数 0.17%とした。実験に用いる気流は現地での自然風の条件を満足する、なだらかな地表面に相当する乱流境界層粗度区分Ⅱとした。W1 と W3 の距離、風向角を変化させることによる上流側の W3 の W1 の応答に及す影響を実験により調査した。これは W1 模型頭頂部の応答をレーザー変位計により測定した(図 3)。また、W3 の後流の風速分布、乱れ強さがそれぞれの条件でどのように変化するかを実験により調査した。これは X 型熱線風速計を用い、W1 模型位置で高さ方向(H/4～13H/12@12/H、H=1200mm)、風直交方向(±D/2@D/2、D=40mm)にトラバース装置を用いて動かし、測定した(図 4)。図 5 に W1 と W3 の位置関係を示す。

図 1　W1 模型

図 2　W3 模型

図 3　応答計測状況

図 4　風速分布測定状況

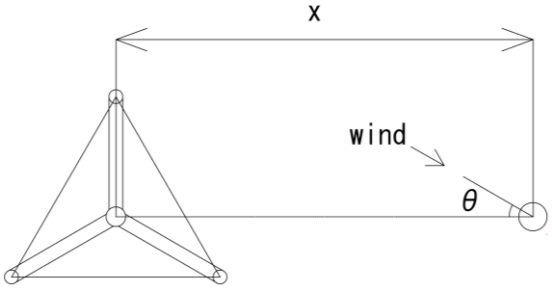

図 5　W1(右)、W3(左)の位置関係

３．多脚型煙突が後流側煙突に及ぼす影響

(1)後流側煙突の応答：図 6 に風向角、距離ごとの風直交方向応答の標準偏差を示す。縦軸は応答の標準偏差を W1 の直径 *D* で除し、無次元化したもの、横軸には W1 と W3 の距離を W1 の直径 *D* で除し、無次元化したものを示している。また、凡例の数字はそれぞれ風向角を示している。Without W3 は W1 単体時の最大応答である。0 度の時は *X*/*D*=14.8 の時に最大となっており、そこから近づくほど、また、遠ざかるほど応答が小さくなっている。5 度、10 度の時は、*X*/*D*=7.4 の時に最大となっており、そこから遠ざかるほど応答が小さくなっている。15 度、20 度の時は、応答の大きさが W1 単体時とほぼ変わらず、20 度に関してはむしろ小さくなっている。また、0 度の *X*/*D*=14.8 の時、5 度の *X*/*D*=7.4 の時は W1 単体時の応答の約 1.5 倍となっており、多脚型煙突が後流煙突に与える影響は非常に大きいといえる。

(2)多脚型煙突後流の風速分布、乱れ強さ：図 7 に主流方向の風速分布、図 8 に主流直交方向の風速分布を示し、図 9 に主流方向の乱れ強さ、図 10 に主流直交方向の乱れ強さを示している。図 7、図 8 は縦軸に測定高さ *Z* を W1 の高さ *H* で除し、無次元化したものを示し、横軸に測定風測を一様流の風速で除し、100 を乗じて%表示にしたものを示している。図 9、図 10 は縦軸に測定高さ *Z* を W1 の高さ *H* で除し、無次元化したものを示し、横軸に乱れ強さを示している。凡例は上から W1 単体、0 度の *X*/*D*=14.8、5 度の *X*/*D*=7.4、20 度の *X*/*D*=7.4 を示している。なお、ここでは、(1)で特に応答が大きかった 0 度の *X*/*D*=14.8、5 度の *X*/*D*=7.4、特に小さかった 20 度の *X*/*D*=7.4、W1 単体時のみ、また風洞中央部のみ言及している。風速分布に着目すると主流方向では応答が小さい、W1 単体時、20 度の *X*/*D*=7.4 時は高さが大きくなるにつれて風速が大きくなっているのに対し、応答が大きい 0 度の *X*/*D*=14.8、5 度の *X*/*D*=7.4 時は高さが大きくなっても風速はほぼ一定で、W3 頭頂部になると急激に風速が大きくなった。主流直交方向に関しては、高さ方向でほぼ変わらないが、応答が大きくなる 0 度の *X*/*D*=14.8、5 度の *X*/*D*=7.4 時は頭頂部付近で風速が大きくなっている。また、乱れ強さに着目すると、主流方向、主流直交方向共に、応答が大きくなる 0 度の *X*/*D*=14.8、5 度の *X*/*D*=7.4 時は乱れ強さが大きく、また、頭頂部直前まで高さ方向で一定であることが分かる。応答が小さくなる W1 単体時、20 度の *X*/*D*=7.4 時は前者に比べて乱れ強さが小さく、また、高さが大きくなるにつれて小さくなる傾向がある。つまり、乱れが大きく、高さ方向でほぼ一定で、主流方向の風速が高さ方向で一定である場合に応答が大きくなる傾向にあるということがいえる。

４．まとめ

多脚型煙突の後流にある煙突の応答と風速分布、乱れ強さの関係を明らかにした。今後は後流の周波数特性等をより詳しく調査していく予定である。

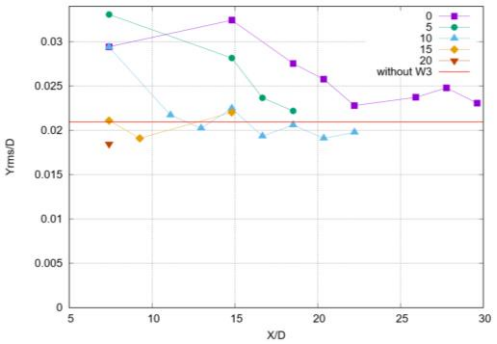

図 6　各風向角の距離別最大応答図

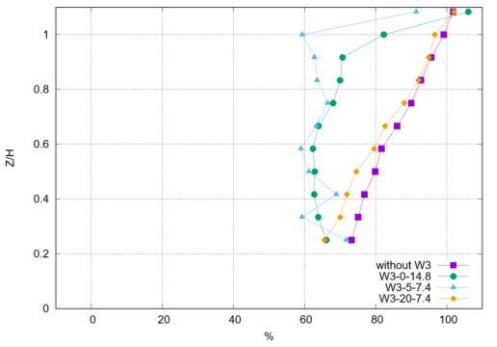

図 7　主流方向の風速分布

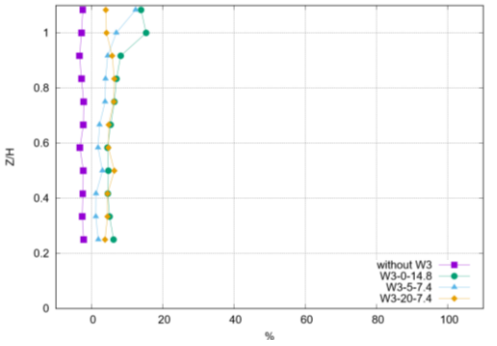

図 8　主流直交方向の風速分布

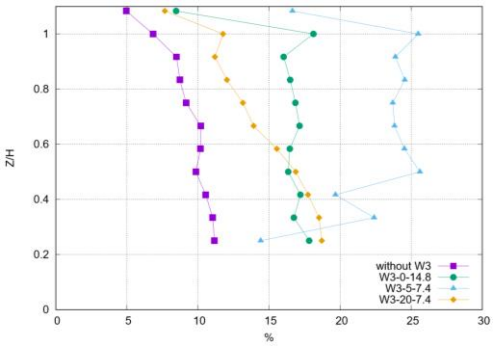

図 9　主流方向の乱れ強さ

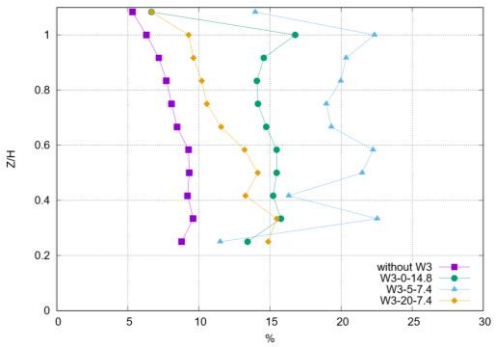

図 10　主流直交方向の乱れ強さ