

# 平成 25 年度 風工学研究拠点 共同研究成果報告書

研究分野：強風防災

研究期間：H25 ～ H25 [平成 25 年度で終了]

課題番号：133005

研究課題名（和文）：大型冷却塔の空力特性に関する研究

研究課題名（英文）：Wind pressures on large scale cooling towers in transient winds

研究代表者：曹 曙陽

交付決定額（当該年度）： 65万円

※平成 25 年度で終了となる研究課題は最終成果報告書となりますので、下記項目について詳細な報告をお願いします。

※ページ数の制限はありません。

※成果等の説明に図表を使用させていただいて構いません。（カラーも可）

※提出して頂いた成果報告書をホームページでの公開を予定しております。

## 1. 研究の目的

本研究は、竜巻模擬装置と風速変動が制御できる特殊な Multiple-fan 風洞を用い、冷却塔模型周りの風圧分布を計測する。竜巻を受ける冷却塔周りの風圧特性を調べると同時に、冷却塔の基本空力特性に及ぼす乱れ強度の影響を検討する。

## 2. 研究の方法

本研究における竜巻に関する研究内容は中国同济大学が所有する移動式竜巻模擬装置を用い、乱流効果に関する研究内容は宮崎大学が所有する Multiple-fan 制御風洞を利用する。竜巻実験に使われる模型の縮尺比は 1:1200 で、圧力孔が 3 層（層ごとに 12 個の圧力孔がある）で計 36 個である。乱流効果実験に使われる模型の縮尺比は 1:600 で、圧力孔が 8 層（層ごとに 36 個の圧力孔がある）内外計 576 個である。多点風圧同時計測することにより、冷却塔周りの圧力及び空力特性を把握する。設定した異なる竜巻パラメータ及び乱流パラメータで、模型周りの風圧を計測することにより、竜巻の Swirl ratio や進路や並進速度など各パラメータ及び台風時の乱れ強度が冷却塔の空力特性に及ぼす影響を調べる。

同济大学と宮崎大学がそれぞれ所有する二つの施設は、気流模擬において特徴があるが、模型周りの圧力を計測する能力が欠けている。同济大学が多点同時風圧計測装置があるものの、Tube 補正手段がないため、正確な圧力計測ができない恐れがある。また、宮崎大学風洞は多点同時風圧計測装置が装備されていない。そのため、東京工芸大学風工学研究拠点が所有する計測機器を共同利用した。東京工芸大学風工学研究拠点で同济大学の風圧計測に使われていた Tube の補正データを取得し、同济大学の風圧計測データを修正する。また、東京工芸大学風工学研究拠点の多点同時風圧計測装置を借り、宮崎大学風洞で冷却塔模型周りの風圧を計測する。



図 1 竜巻の影響を受ける冷却塔の風圧実験

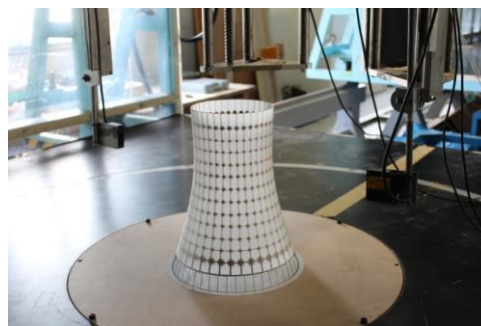


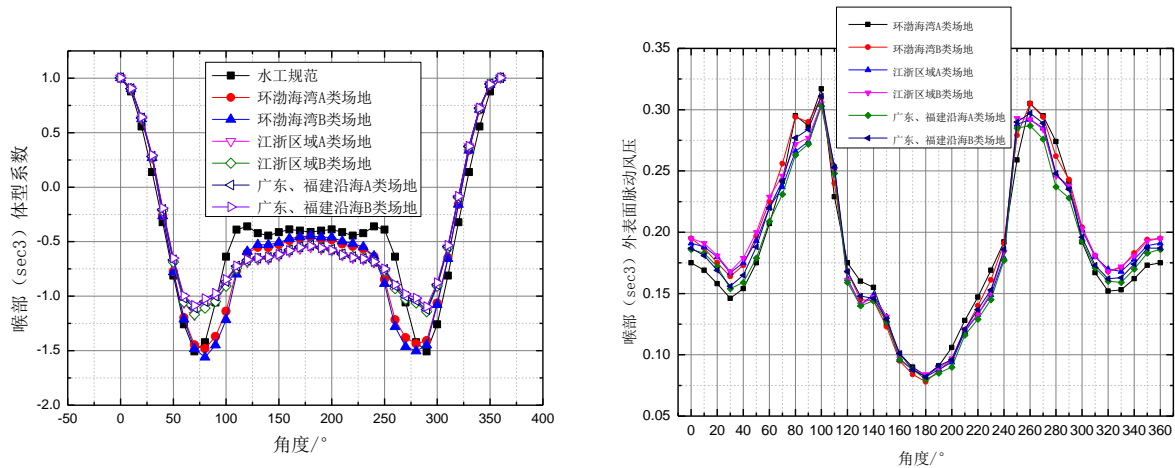
図 2 冷却塔の弾性模型実験

## 3. 研究成果

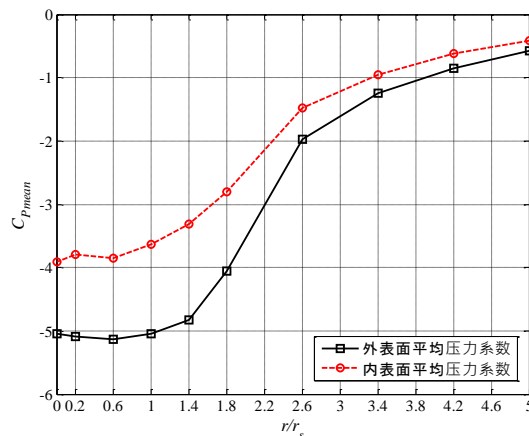
この研究によって、以下の成果が得られた。

- 1) 台風シミュレーションを行うことにより、中国東部沿海地域（広東省、上海市及び遼寧省）に上陸する台風の風速特性を検討した。
- 2) 中国で発生する竜巻の気象学情報及び被害状況を整理した。
- 3) 台風時の風速分布と乱れ強度分布を風洞で模擬し、剛体模型周りの風圧を計測した。普通境界層強風における結果と比較すれば、以下の結果となった：

平均風圧分布はとほぼ一致である；  
 迎風面の変動風圧が大きくなる；  
 平均内圧と変動内圧が大きくなる。



- 4) Swirl ratio、竜巻移動速度及び竜巻と模型の相対位置による模型内外風圧を計測した。普通境界層強風における結果との比較方法を検討中である。



#### 4. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者には下線)

- 1) Shuyang Cao, Jin Wang (2013): Statistical summary and case studies of strong wind damage in China, Journal of Disaster Research, Vol.8, No.6, 1096-1102.
- 2) Shuyang Cao, Qiang Zhou, Zhiyong Zhou (2014): Velocity shear flow over rectangular cylinders with different side ratios, Fluids and Structures, In press.
- 3) Jin Wang, Shuyang Cao, Jinxin Cao (2014): Characteristics of wind loads on a cooling tower exposed to the tornado-like flow, to be presented at AWAS, Korea, August 2014.
- 4) Jin Wang, Shuyang Cao (2013): 竜巻シミュレーターの開発及び性能, 中国風工学年次大会, 2013, 成都

[雑誌論文] (計 2 件)

[学会発表] (計 2 件)

[図書] (計 0 件)

[その他]

産業財産権, ホームページ等  
ない

## 5. 研究組織

### (1) 研究代表者

曹曙陽 (同済大学・土木工程防災国家重点実験室・教授)

### (2) 研究分担者

吉田昭仁 (東京工芸大学・建築学科・準教授)

田村幸雄 (東京工芸大学・建築学科・教授)

松井正宏 (東京工芸大学・建築学科・教授)

小園茂平 (宮崎大学・工学部・教授)

赵 林 (同済大学・土木工程防災国家重点実験室・助教授)

Jinxin Cao (同済大学・土木工程防災国家重点実験室・助手)

Zhibin Ding (同済大学・橋梁学科・ポスドク)

Jing Wang (同済大学・橋梁学科・博士コース学生)

Tong Wang (同済大学・橋梁学科・博士コース学生)

## 6. 研究集会

中国では、高度が 200m を超える大型冷却塔の数が増えている。風荷重について、境界層風洞による風洞実験の蓄積があるが、強台風と竜巻時の風荷重の特性を認識する必要がある。そのため、中国における台風と竜巻の気象学の特性及びそれらの強風を受ける大型冷却塔周りの風圧特性を課題として、下記研究集会を行った。

日にち：2013 年 12 月 2 日 午後 1:30-4:30

場所：同済大学風工程館会議室

参加者：同済大学 (教員 5 名+学生約 15 名)

上海交通大学 (1 名)

浙江大学 (2 名)

北京建築科学研究院 (1 名)

中国核電計画設計研究院 (4 名)

山東省電力設計研究院 (1 名)

講演者：曹曙陽、Chen Xu、Cao Jinxin、Weng XiangYin