

戦略的国際科学技術協力推進事業（日本－中国研究交流）

1. 研究課題名：「風の影響を受けやすい社会基盤の風災害リスク低減戦略」
2. 研究期間：平成22年1月～平成25年3月
3. 支援額： 総額 20,898,000 円
4. 主な参加研究者名：

日本側（研究代表者を含め6名までを記載）

	氏名	所属	役職
研究代表者	田村幸雄	東京工芸大学 工学部建築学科	教授
研究者	大熊武司	東京工芸大学大学院 建築学専攻	客員教授
研究者	松井正宏	東京工芸大学, 工学部建築学科	教授
研究者	吉田昭仁	東京工芸大学, 工学部建築学科	准教授
研究者	勝村章	(株) 風工学研究所	副所長
研究者	大竹和夫	竹中工務店 技術研究所	主任研究員
参加研究者 のべ 11名			

相手側（研究代表者を含め6名までを記載）

	氏名	所属	役職
研究代表者	Yao-Jun Ge	Tongji University, State Key Laboratory for Disaster Reduction in Civil Engineering (SLDRCE)	Professor Director
研究者	Qing-shan Yang	Beijing Jiaotong University	Professor
研究者	Shu-Yang Cao	Tongji University, SLDRCE	Professor
研究者	Yu-ji Tian	Beijing Jiaotong University	Associate Professor
研究者	Feng-Chan Cao	Tongji University, SLDRCE	Associate Professor
研究者	Zhi-Yong Zhou	Tongji University, SLDRCE	Associate Professor
参加研究者 のべ 14名			

5. 研究・交流の目的

本研究交流の目的は風の影響を受けやすい社会基盤の風災害リスクを低減させるための戦略を見出すことである。中国と日本の自然災害による経済的損失額は米国に次いで世界第2位と第3位を占めており、風災害の占める割合は大きく、社会基盤の風災害リスクの低減は喫緊に取り組むべき課題である。具体的には風荷重評価や風応答評価が特に重要となる超々高層建築物、長大橋、大スパン屋根などのインフラストラクチャーの合理的な耐風設計手法を日中で協力して研究し、提案することである。

6. 研究・交流の成果

6-1 研究の成果

本研究交流では、上述の目的を達成するため、S1～S5の5つのサブプロジェクトを実施した。これらのサブプロジェクトは超々高層建築物、長大橋、大スパン屋根といったインフラストラクチャーの耐風設計法に関する研究であり、これらを効率よく実施、発展させるため日中両国が共同して取り組むものである。従来の耐風設計手法に基づいた基規準類

では、極めて高く、細長い建築物や構造物の複雑な動的挙動を反映することができず、その適用には限界がある。サブプロジェクト S3～S5 では、種々の形状を持つ超々高層建築物、長大橋、大スパン屋根等の構造物を対象にして、ユニバーサルな等価静的風荷重法を発展させ、それらの結果をとりまとめて同手法の特徴を明らかにするとともに、従来のガスト影響係数法に代わるより合理的な耐風設計手法の提案を行った。

日中両国で互いに台風等の気象情報を共有し、かつ、韓国、台湾などの設計風速との調和を考慮したボーダレスの設計風速解析をターゲットとし、従来にない合理的な設計風速の評価を試みた。日中両国で用いられている台風モデルやそれらの予測結果を詳細に比較、検討した。両国における多数の台風データを収集、共有し、相互の最新の知見を供給しあい、モンテカルロ法による確率的台風モデルの改善、発展を図り、台風気圧場のモデルパラメータをより合理的に推定した。

日本側研究代表者らによって創意、提案された「ユニバーサルな等価静的風荷重」評価法は、すべての部材の最大荷重効果を一つの風荷重分布によって見積もることができる画期的な手法であり、本研究交流によってその適用範囲を低層建築物、高層建築物、大スパン屋根など大幅に拡張することに成功した。この成果の、耐風設計手法上の学術的貢献は極めて大きく、従来の平均風荷重分布をベースにしたガスト影響係数法 (GLF 法) に基づく耐風設計手法を大きく改善するもので、この種の等価静的風荷重の研究が中国を中心として極めて活発となってきた。将に、画期的な科学技術の進展が図られ、研究面での新分野が開拓された。将来このユニバーサルな等価静的風荷重分布が整備されることによって、日中両国だけでなく、世界各国の風荷重基規準類が合理化できる。ユニバーサルな等価静的風荷重分布を基規準作りや実設計において、世界各国の研究者、設計者が自由に利用できるように、ユニバーサルな等価静的風荷重分布の解析を種々の建築物について実施し、データベースを構築し、ウェブを通じて広く公開した。これは、東京工芸大学の風グループが進めてきた空力データベースの構築をはじめ、種々のデータベースの構築を通じた「巨大データから知識へ」の転換、つまり Big Data to Knowledge の一環でもあり、知の創造にも繋がるものである。

大スパン屋根等の大規模構造物の動特性同定においても、日本側の提供する FDD 法や MRD 法による解析手法と中国側の提供する応答実測データが結びついて、大きな研究の進展が図られた。種々の建築物の設計用等価静的風荷重として本研究交流で大きく発展したユニバーサルな等価静的風荷重分布が、すでに多くの建物モデルに対してデータベース化されている。今後、日中で協力してデータを蓄積していき、各国の研究者、実務者が自由に利用できるものとしていく予定であり、従来の手法と異なり、全ての部材の最大荷重効果が同時に再現されるため、耐風設計の飛躍的な合理化が図られ、社会的な波及効果は著しい。従来の基規準では対応できない不整形な断面形状を有する超々高層建築物の風力、風圧データについても日中協力して蓄積されており、東京工芸大学の空力データベースとしてウェブで公開されている。この空力データベースは、米国土木学会の設計規準 ASCE7 の次の改訂版で正式にオーソライズされることが決まっており、米国はじめ各国の設計者が頻繁に利用している。当該空力データベースは本研究交流によってさらに充実したものとなり、既に社会へ波及し、大きなインパクトを残しつつある。

## 6-2 人的交流の成果

当初の計画に沿って研究も順調に進捗し、日中両国間での人的な交流も当初計画以上の成果が上がっている。期間中には6回の International Workshop on Equivalent Static Wind Loading を開催し、face to face の研究成果の交換、進捗状況の打ち合わせを行った。また、日本側の東京工芸大学へは中国側から計10名(延べ391日間)が滞在し、中国側の北京交通大学へは日本側から計2名(延べ18日間)が滞在し、風洞実験手法およびデータ解析手法について綿密な打ち合わせを行い、風工学に関する講演を行うなど、積極的な人的交流を図り、若手研究者や学生の育成にも努めた。具体的には、本研究交流の期間中に中国側2大学から計6名が延べ61日間滞在し、サブプロジェクト1の台風シミュレーション、

サブプロジェクト 2 のユニバーサルな等価静的風荷重分布について、進捗状況の確認や打ち合わせを行った。また、中国側 2 大学からの若手研究者や博士課程学生を計 4 名、延べ 330 日間、短期研修員、国際インターンシップ学生として受け入れ、東京工芸大学において、風工学教育を行うとともに、共同研究を実施した。中国出身の博士後期課程の学生も数多く、活発な人材育成活動が行われ、継続的な研究交流の礎が作られている。

中国では、例えば変動風圧実験を行う際に必要なチューブ補正が行われていないなど、データの信頼性にやや問題があった。本研究交流を通じて、中国側にもチューブ補正の重要性が認識され、補正手法やデータ処理法などの詳細な理解により、風洞実験データの質が向上しただけでなく、若手研究者の質の向上にも、大きく貢献することができた。従来から東京工芸大学が中心となり、日本と韓国の風工学会の協力の下、日韓ジョイント風工学ワークショップ (JaWEiK) が開催されていたが、当該事業「日中研究交流」が端緒かつ縁結びとなって、さらに中国が JaWEiK に加わることとなり、2012 年からは日中韓 3 カ国の風工学ジョイントワークショップ (CJK) に発展した。研究交流の輪が地域的にも大きく拡がり、2013 年も 5 月に日中韓ジョイントワークショップが中国の石家荘鉄道大学で開催されることとなっており、既に極めて明確に、持続的発展がなされている。

日本側の研究代表者は相手側の同済大学で顧問教授、北京交通大学では荣誉教授を務めており、毎年それぞれの大学に滞在して講義を行うなど、日常的に研究交流を実施している。また、本共同研究プロジェクト採択後には 2 名の同済大学大学院博士課程学生が東京工芸大学風工学研究センターに 1 年間滞在し耐風工学を学んでおり、研究交流、人材育成は着実に増加し、成果を挙げている。東京工芸大学で博士後期課程を修了し博士号を取得した学生の 1 人が、相手側の北京交通大学の연구원として 2012 年 9 月に着任し、1 人が同済大学の Assistant Professor として 2013 年 4 月より着任しており、持続的研究交流の架け橋的な役割を果たしており、人材育成の成果とも言える。

#### 7. 主な論文発表・特許等 (5 件以内)

相手側との共著論文については、その旨を備考欄にご記載ください。

論文 or 特許	・論文の場合： 著者名、タイトル、掲載誌名、巻、号、ページ、発行年 ・特許の場合： 知的財産権の種類、発明等の名称、出願国、出願日、 出願番号、出願人、発明者等	備考
論文	Yang Q.S., Chen B., Wu Y., Tamura Y. Analysis method of wind- induced response and equivalent static loads of long-span roofs, Journal of Structural Engineering, ASCE, 2013 (登載決定)	相手側との 共著論文
論文	Eswara Kumar Bandi, Yukio Tamura, Akihito Yoshida, Yong Chul Kim, Qing Shan Yang, Experimental investigation on aerodynamic characteristics of various triangular-section high-rise buildings, Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, 2013 (登載決定)	相手側との 共著論文
論文	Yukio Tamura, Shuyang Cao, International Group for Wind-Related Disaster Risk Reduction (IG-WRDRR), Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, 104-106, 3-11., 2012	相手側との 共著論文
論文	Shuyang Cao, Yaojun Ge, Yukio Tamura, Shear effects on flow past a square cylinder at moderate Reynolds numbers, Journal of Engineering Mechanics, ASCE, 138, 116-124., 2012	相手側との 共著論文
論文	Shuyang Cao, Tong Wang, Yaojun Ge, Yukio Tamura, Numerical study on turbulent boundary layers over two-dimensional hills — Effects of surface roughness and slope, Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, Volumes 104–106, pp. 342-349, 2012	相手側との 共著論文