



報 告



APCWE VII の報告 Conference Report of APCWE VII

野村卓史^{*1} 今井俊昭^{*2} 植松 康^{*3} 木村吉郎^{*4} 栗田 剛^{*5}
Takashi NOMURA, Toshiaki IMAI, Yasushi UEMATSU, Kichiro KIMURA, Tsuyoshi KURITA
佐々浩司^{*6} 白土博通^{*7} 曹 曙 陽^{*8} 富永禎秀^{*9} 友清衣利子^{*10}
Kouji SASSA, Hiromichi SHIRATO, Shuyang CAO, Yoshihide TOMINAGA, Eriko TOMOKIYO
西村宏昭^{*11} 野田 稔^{*12} 前田潤滋^{*13} 長谷部寛^{*14} 松井正宏^{*15}
Hiroaki NISHIMURA, Minoru NODA, Junji MAEDA, Hiroshi HASEBE, Masahiro MATSUI
山口 敦^{*16} 義江龍一郎^{*17} 吉田昭仁^{*18}
Atsushi YAMAGUCHI, Ryuichiro YOSHIE, Akihito YOSHIDA

1. はじめに

平成21年11月8日から12日にかけて、台北のThe Grand Hotel (圓山大飯店) (Fig.1) で、APCWE VII (Seventh Asia-Pacific Conference on Wind Engineering) が開催された。主催者の報告によれば参加者数は216人であった。日本からは参加国中、最多の55人が参加した。次いで中国の52人、地元台湾の41人が続

く。アメリカやヨーロッパからの参加も20人ほどあった。ただ、中国からの参加予定者で渡航手続きが間に合わなかった方がかなりいたようで、いくつかの発表がキャンセルになったことが残念であった。

当初のプログラムでは、基調講演3件、招待講演5件、一般発表180件が予定されていたが、前述の理由による一般発表のキャンセルに加え、招待講演者

-
- * 1 日本大学理工学部 教授
Professor, College of Science and Technology, Nihon University
 - * 2 財団法人鉄道総合技術研究所 防災技術研究部 主任研究員
Senior Researcher, Disaster Prevention Technology Division, Railway Technical Research Institute
 - * 3 東北大学大学院工学研究科 教授
Professor, Graduate School of Engineering, Tohoku University
 - * 4 九州工業大学工学部 准教授
Associate Professor, Faculty of Engineering, Kyushu Institute of Technology
 - * 5 東京工芸大学大学院 大学院生, 株式会社風技術センター
Graduate student, Tokyo Polytechnic University, Wind Engineering Center Co.
 - * 6 高知大学理学部 教授
Professor, Faculty of Science, Kochi University
 - * 7 京都大学大学院工学研究科 教授
Professor, Graduate School of Engineering, Kyoto University
 - * 8 Professor, State Key Lab for Disaster Reduction in Civil Engineering, Tongji University
 - * 9 新潟工科大学工学部 教授
Professor, Faculty of Engineering, Niigata Institute of Technology
 - * 10 九州大学大学院人間環境学研究院 助教
Assistant Professor, Graduate School of Human Environment Studies, Kyushu University



Fig. 1 The Grand Hotel

1 名が健康上の理由で講演をせず急遽帰国する、というアクシデントがあった。しかし 4 会場の並行セッション構成の会議で、全体としては大変な盛会だった。

会議の議長は Tamkang University の Chii-Ming Cheng 教授(Fig.2)が務めた。開会式では Cheng 教授に続き、同大学の女性学長 Flora Chia-I Chang 教授(Fig.3)から歓迎のあいさつがあったほか、アジア太平洋地域 Regional Coordinator の Kenny Kwok 教授(University of Western Sydney, Australia)と IAWE の田村幸雄会長(東京工芸大学)のあいさつがあった(Fig.3)。

以下、毎朝行われた基調講演・招待講演とセッションの概要を報告する。並行セッションのため、日本人参加者がすべてのセッションを聴講できなかったもので、一部のセッションのみの報告となることをお許しいただきたい。



Fig. 2 Conference Chairman Professor Cheng at Ice Breaking Reception

2. 基調講演・招待講演

1 日目：基調講演

田村幸雄(東京工芸大学)，“Wind-Induced Damage to Building and Disaster Risk Reduction”

報知新聞に 1901 年に掲載された未来予測「100 年後には気象観測が発達し、天災を 1 ヶ月前には予測できる・・・」の引用から始まって、その 100 年後、すなわち現在の世界の強風災害の現状について、多くの事例を紹介しながら取り組むべき問題を提示し、また国連に風災害を認知させる活動を報告した。強風に関係する気象災害が特に深刻なアジア太平洋地域の聴衆にとって意義深い講演であった。

-
- * 11 財団法人日本建築総合試験所耐風試験室 室長
Researcher, Wind Engineering Laboratory, General Building Research Corporation
 - * 12 徳島大学大学院ソシオテクノサイエンス研究部 准教授
Associate Professor, Institute of Technology and Science, The University of Tokushima
 - * 13 九州大学大学院人間環境学研究院 教授
Professor, Graduate School of Human Environment Studies, Kyushu University
 - * 14 日本大学理工学部 助手
Research Assistant, College of Science and Technology, Nihon University
 - * 15 東京工芸大学工学部 教授
Professor, Faculty of Engineering, Tokyo Polytechnic University
 - * 16 東京大学大学院工学系研究科 助教
Research Associate, Graduate School of Engineering, University of Tokyo
 - * 17 東京工芸大学工学部 教授
Professor, Faculty of Engineering, Tokyo Polytechnic University
 - * 18 東京工芸大学工学部 准教授
Associate Professor, Faculty of Engineering, Tokyo Polytechnic University



Fig. 3 President Chang of Tamkang University and
IAWE President Tamura at Opening
Ceremony

1 日目：招待講演

Professor You-Lin Xu (Hong Kong Polytechnic University, Hong Kong), “Wind and Structural Monitoring of Long Span Cable-Supported Bridges with GPS”

長大吊構造橋の対風挙動を GPS を利用してモニタリングするシステムについての報告である。ミリメートルの精度を確保するために、独自の検証用装置を開発し、フィールド実験等で GPS 測定の精度を評価した。その上で、Hong Kong の Tsing Ma 橋のモニタリングシステムによって得られたさまざまな有益な観測データが紹介された。

2 日目：基調講演

Professor Chun-Chieh Wu (National Taiwan University), “Targeted Observation of Tropical Cyclone”

Wu 教授は気象学の専門家で、DOTSTAR（台湾付近の熱帯性低気圧監視のためのドロップゾンデ観測）プロジェクトのリーダーである。2003 年にスタートしたこのプロジェクトの概要と成果が報告された。飛行機を飛ばして台風の中にゾンデを落とす方法で観測した台風は 5 年間で 30 を越える。DOTSTAR が獲得した情報が日本の台風進路予測の重要な役割を担っていることも示された。

2 日目：招待講演

Professor Bernd Leitl (University of Hamburg), “Advances and Challenges in Applied Flow and

Dispersion Modelling”

風による市街地の汚染質拡散問題の最新の研究に関する講演である。屋外観測、風洞実験、数値解析のすべてにわたる内容で、この問題では非定常性が本質であること、上流の条件（数値解析の流入境界条件）が特に重要であることが主張された。また、解析結果を観測や実験の結果と比較するための統計的アプローチの有効性が示された。

3 日目：基調講演

Professor Ahsan Kareem (University of Notre Dame), “The Changing Dynamics of Aerodynamics: New Frontiers”

風工学の新しい課題のキーワードが「非定常性」「不均一性」「非線形性」「非正規性」等にある、という主題の講演である。風工学分野でこれらの性質や挙動を示すさまざまなプロセスやシステムを紹介し、これらを扱う新しいデータ処理法、実験法・解析法に関する研究成果を俯瞰した。また、課題解決のための研究体制もパラダイムが変わりつつあるとして、サイバー空間上のグローバルな仮想研究組織の紹介があった。

3 日目：招待講演

田村哲郎教授（東京工業大学）, “Large Eddy Simulation on Building Aerodynamics”

当初予定されていた招待講演者が帰国したため、登壇日が急に 1 日繰上げとなった講演である。講演者が長年取り組んできた Large Eddy Simulation の最新の研究成果を網羅したもので、取り上げられた解析は、円柱の Drag Crisis とその剥離せん断層における微細なメカニズム、低層正方形平屋根の表面圧力変動から、一転して都市スケールの解析に及び、いずれも実験や測定とのデータとよく一致する質の高い解析が実現されていることが示された。質疑に対する回答「実験や観測と数値的に異なる解が得られても、物理的に妥当な解であれば信頼できる」が印象的であった。

4 日目：招待講演

Dr. John D. Holmes (JDH Consulting), “Development of Codification of Wind Loads in the Asia-Pacific”

最終日の招待講演で、風荷重に関するアジア太平洋地区共通基準を確立しようとする営みにおける哲学や困難な点を非常に分かりやすく提示した。建造物の設計における風荷重の位置づけや基準の変遷、理想的な耐風設計基準の要件から始まり、関係各国の規基準の差異、各国に吹く風の差異などが示され、今後検討すべき課題を鮮明に示した。

3. セッション報告

以下に各セッションの内容を報告する。

セッション **Bridge Aerodynamics (I)** (白土博通)

本セッションでは長大橋のフラッター、ガスト応答に関する 4 件の研究発表があった。Branch Switch of Coupled Flutter (M. Matsumoto, H. Matsumiya, S. Fujiwara) は、ねじれ、たわみ振動数比が 1.0 に近い系のフラッター解析とフラッター発現風速より高い風速域における準定常的フラッター挙動を基に、連成フラッターの鉛直たわみ、ねじれ両分枝のスイッチング挙動が複素固有値解析では正確に表し得ないこと、Step-by-Step 解析法はその難点を克服するものであることを示している。

Dynamic and Aerodynamic Characteristics of New Suspension Bridges with Double Main Spans (Y. Ge, L. Xu, W. Zhang, Z. Zhou) は、4 スパン連続吊橋の構造的、空力的特性について実橋の設計例を基に検討している。通常の 3 スパン吊橋と比較して、横たわみとねじれの各 1 次から 3 次までの固有振動数の増加が顕著であり、フラッター安定性を高めると結論づけている。さらに、部分模型と全橋模型による風洞実験を実施し、フラッター発現風速の対応を調査するとともに、風速の増加と共に連成フラッターモードが 1 次同士から 2 次同士に変化する現象が報告されている。

Spectral Characteristics of Fluctuating Wind Loads on a Separate Twin-Box Deck with Central Slot (L. Zhu, S.

Wen, Q. Ding) は、2 箱桁の変動空気力を一様流中および複数の格子乱流中で計測し、桁自身が生み出す乱れ成分 (signature turbulence, 以下 ST と略記) の影響を上流側、下流側個々の桁について検討している。上流側桁については、接近流の乱れは揚力、抗力の ST 成分を弱めるのに対し、抗力には明確に ST 成分が残ること、下流側桁については、ST 成分がいずれの空気力成分にも顕著に残ること、などが示されている。

On the Unsteady Pressure Characteristics of Modified Rectangular Cylinders (C. Trein, H. Shirato, M. Matsumoto) は、1:20 偏平矩形断面を対象に、両端部に三角形、円形のフェアリングを設置し、さらに鉛直板や中間に gap を有する 2 箱桁形状とした場合の非定常圧力計測を系統的に実施し、非定常圧力の振幅分布と位相差分布それぞれにフェアリング形状によらない相似性を見出し、それぞれ簡単な関数による近似を提案している。さらに、鉛直板や gap 長の影響にも規則性を見出し、より耐フラッター性能に優れた桁形状開発の一助となり得るとしている。

アジア太平洋という限定された地域ではあるものの、中国の長大橋に関する研究の活発さが印象的であった。

特別セッション **Newly Developed Testing Facilities and Techniques for Wind Engineering Applications**

(木村吉郎)

本セッションは、新しい風洞等の施設を用いた実験法に関する発表を取りまとめた特別セッションであるが、オーガナイザーである、Hai-li Liao 教授 (Southwest Jiaotong Univ.) が本会議に参加できなかったことと、それに伴い、関連の 2 件の講演もキャンセルされたことは残念であった。その結果以下の 5 件の講演となった。

Assessment of Wind Storm Facility of ICBSR (Z. Liu, S. Jason, F. Masters and T. Reinhold) では、The Institute for Business & Home Safety (IBHS) のセンターに設置される予定の、Full-scale wind storm simulator について、準備状況が紹介された。この simulator は、実物の 2 階建てまでの大きさの建物の、強風、wind driven rain,

hail or fire の実験を行えるもので、1:10 スケールの模型によって生成される気流特性の改良が検討されている。Simulator では多数のファンを用いて種々の乱流を模擬することとしているが、そのファンのコントロール手法について質疑があり、個々のファンを、乱れ強さと相関を満足するようにコントロールするとの回答があった。

Simulation of the Flow Field Characteristics of Transient Flow(S. Cao, Y. Zhao, H. Ozono, Y. Tamura and A. Kareem)では、99 のアクティブファンにより構成される宮崎大の風洞を用いて、ダウンバースト時に生じる風速プロファイルを風洞で再現するために行った検討結果が示された。ダウンバーストの影響に対する工学的研究を実施するためのツールとすることが目的である。また、風速加速時の transient flow の特性も示された。ファンで生成される主流方向の風速変動特性については、主流方向に 5m 程度は維持されることが質問に対して回答された。一方で、実際のダウンバーストに対応する無次元加速時間を再現することは、最下方の 2 段のファンのみを使用していることもあり、困難であるとのことであった。

Gust Fronts Generated in a Multi-Fan Wind Tunnel(Koji Sassa, Akira Inoue and Hiromori Miyagi)では、上記と同じアクティブファン風洞を用いて、ガストフロントで生じるような流れを、中立流れの元で再現する試みが報告された。一番下段の 1 段のファンのみを使用して、3 種類のファンの回転数の制御方法により生成される流れの特性を検討した。ガストフロントが最大風速をとる高さにおける風速はやや小さめとなるが、概ね 1/1600 のスケールに対応する鉛直プロファイルを再現することができた。吹出し部の 1m 下流では、吹出しに伴う渦の構造を可視化した様子も示された。乱流特性としてはスィープのような構造も観測されたことと、1m よりも上流側では縮流部に近すぎて不自然な流れとなることが、回答された。

A Trial Manufacture of a Fluctuating Wind Direction Tunnel (K. Kimura, K. Kato and Y. Kubo)では、放射状に多数配置した風路のシャッター開閉により風向を変動させる、風向変動風洞の構造と、試作した風向変

動風洞（一つの風路の幅：195mm、高さ：150mm）の構造と、気流の特性について報告された。特に、風向変化時に生じる風速の瞬間的な変動が小さくなるようなシャッタータイミングの検討結果と、0.5 秒程度で風向変化が可能であることが示された。質問に対し、風向急変時に構造物に過渡的に作用する空気力特性の解明や、大型化した場合には拡散問題の厳密な取り扱いに、この装置が役立つと考えていることが回答された。

Design and Characteristics of a Large Boundary-Layer Wind Tunnel with Two Test Sections (Kai Chen, Xin-Yang Jin and Ji-Da Zhao)では、吹出し型で 2 つの測定部を直列に配置したという特性をもつ境界層風洞について紹介された。2 つの測定部の大きさは、それぞれ $4(W) \times 3(H) \times 22(L)m$ と、 $6(W) \times 3.5(H) \times 21(L)m$ で、それぞれ 35.5m/s と 20.5m/s の風速までの実験が可能である。また、拡散胴の拡がりの勾配が 21° と大きかったので、スプリッター板を設けて角度を減らす工夫をしている。2 枚の三角形の板を組み合わせ、その開きの角度を変更できるスパイヤが用いられており、生成される境界層の厚さは、スパイヤの高さ 2m に対して 1.5m であるとの回答があった。

セッション Hazard Assessment (友清衣利子)

本セッションは田村幸雄教授と植松康教授の司会のもと、災害評価に関する 7 題の発表が予定されていたが、1 題がキャンセルされた。セッションの時間は 2 時間で、台風そのもののモデル化や特定の地域での台風の風速場の推定、地域の被害率と個々の建物に及ぼす強風の影響など、強風災害を様々なスケールで評価する研究がまとめられていた。以下にその概要を報告する。

最初の 2 題はともに太平洋北西地域における台風モデルに関する報告であった。Graf 氏は用いた台風モデルと日本の気象官署で観測された気象記録とを比較検証し、将来の地球温暖化の影響を分析した。Yin 氏は日本の気象庁および他国の気象機関が公表する台風のベストトラックデータを利用して台風をモデル化し、モンテカルロシミュレーションを利用して同じ台風によって他の様々な地域で起こりうる

損害を予測した。発表後の質疑では海面温度の設定や台風の初期位置の記録の取り入れ方など、モデルの作成方法について主に討論された。

3 題目の発表はキャンセルされたため、続いて Xiao 氏によって香港における台風被害分析のための強風のモデル化に関する報告が行われた。Xiao 氏は The U.S. Army Corps of Engineers (CE) の風速場モデルと Holland によって改善された圧力プロファイルの変数 B を利用して台風の風速場をモデル化した。発表後の討論では台風モデル化の際には地域性を考慮する必要があるが、Holland のモデルは香港でも適用可能であること、上空風はベキ乗側を利用して求めていることなどが議論された。

次に友清が風速と建物の構造種別の指標と強風被害との相関分析に関する発表を行い、最大瞬間風速や風速の標準偏差、構造種別が住家の被害拡大に影響を及ぼすことを報告した。最大風速と被害率との間には相関関係が示されないのはなぜか、用いた風速記録では適切に強風被害を評価できないのではないか、などの討論が行われた。

次の Lee 氏は韓国済州島の強風ハザードマップ作成に関する報告を行い、台風モデルによる風速場と地表面粗度および地形の影響を考慮したハザードマップを示した。質疑では実際の台風による風速記録との比較検証の必要性が指摘されたほか、地表面粗度や地形の影響で変化する風速プロファイルについても考慮する必要性などが議論された。

最後に Kim 氏が工場建物の台風被害とその脆弱性の評価に関する研究報告を行い、屋根形状や勾配、軒の出などを変えた複数の工場建物モデルについて確率論的な手法で求めたそれぞれの建物の脆弱性の評価を示した。発表後、屋根の耐風性能を評価する際の累積分布曲線の性状に関する質問があった。

セッション Low-Rise Building (西村宏昭)

本セッションでは 6 編の報告があった。

Wind Loads on Low-rise buildings: Upstream Exposure Effect (I. Zisis, T. Stathopoulos, Canada) では、切妻屋根をもつ実大低層建築物の実測と風洞実験結果の平均およびピークの風圧および揚力の比較について報告

があった。接近流は、通常 300-400m の吹送距離の範囲の地表面粗度で決定されるが、実測では地表面粗度の評価に違いがないにも拘らず、鉛直分布指数、乱れ強さ、および粗度長が風向によって大きく変化すると報告された。これは実験建築物に近接する粗い方の地物の影響をより強く受けるためであるという考えが示された。風圧および揚力の実測結果は、ベキ指数の小さい風洞気流での結果の下限値に近い値にほぼ合っていると報告された。

‘Switching’ Phenomenon of Conical Vortices on a Low-Rise Building (H. Nishimura, H. Kawai, Japan) では、低層建築物の屋根上に形成される円錐渦が風下側の側壁から放出される渦とつながっており、後流内の渦の不規則な干渉が屋根上の円錐渦のスイッチングをもたらしていることが、模型の上と背後にスブリッターを配置することによって現れる種々の圧力変動特性から示された。

FEM Analysis of Tile Roofs under Simulated Typhoon Impact (P. Huang, M. Gu, A. Mirmiran, A.G. Chowdhury, China) では、粘土瓦とコンクリート瓦を用いた屋根の風洞試験と物理的な試験結果を用いて、ハリケーン時に作用する屋根の変形量と発生する応力の分布の解析結果について報告があった。千鳥配置のコンクリート瓦の方が直列配置の粘土瓦よりも耐風性能が高いという結論を導いている。会場から、風洞試験では模型が大きいのでブロッケージの影響があるのではないかという疑問が出された。また、瓦下面の圧力は考慮されていなかった。

Extreme-Value Analysis for Field Measured Peak Pressure Coefficients on a Low-Rise Building (Q.S. Li, S.Y. Hu, Y.M. Da, Z.N. Li, Hong Kong) では、移動可能な実験棟の台風時に観測された屋根隅角部付近の圧力の極値解析を行い、タイプ III の極値分布がフィットしたと述べられた。それらの極値分布から推測される最大ピークの上限値は実際に測定されたピーク値よりも 20% 以上も大きいと報告された。

Design of a Gable Frame based on Wind Forces from a Few International Design Wind Codes (N. Agrawal, A.K. Mittal, V.K. Gupta, India) では、インド、日本、オーストラリア／ニュージーランド、香港の基準を適用して

切妻屋根をもつ鉄骨トラス造低層建築物の各部材に作用する風力と必要な鉄骨量の比較が報告された。試算のパラメータには屋根の勾配と開口の有無が選ばれ、荷重の組み合わせが考慮された。

Effects of Architectural Features on Wind Loads in Low-Rise Buildings (A.D. John, M. Kotamrazu, A. Gairola, M. Mukherjee, India)では、軒の出のある切妻屋根をもつ低層建築物の屋根の風圧に与える幅／奥行き比の影響、敷地を囲む塀の建築物からの距離が屋根の風圧に与える効果、および丘の上に建つ建築物の地形の影響について、これまでの研究のレビューが報告された。

Study on Method for Evaluating Wind Performance of Tiled Roof (H. Okada, T. Ohkuma, J. Katagiri, H. Marukawa, Japan)では、切妻屋根をもつ2階建て住宅の実測と風洞試験結果から、F型と呼ばれる連結形式の瓦の耐風性能の評価を報告した。風力を受けたときに生じる瓦の浮き上がり変形量と抵抗力の関係を調べ、瓦間の拘束を考慮した瓦の浮き上がり変形量がこの種の瓦の耐風性能の指標として用いることができるという主張がなされた。

セッション Computational Wind Engineering (1)

(野村卓史)

本セッションでは6件の発表があった。

Simulation of Horizontally Homogeneous Atmosphere Boundary Layer Based on K-E Variant Models Combined with Modified Wall Functions (Q.-S. Yang & J. Zhang, Beijing Jiaotong University) は $k-\epsilon$ モデルによる解析で AIJ の流入風速条件を実現するための修正壁関数の検討であり、3種類の $k-\epsilon$ モデルの解析を実施して風速プロファイルその他の比較を行って、どれも概ね良好の結果が得られていた。

Simulation of Moving Downburst Using CFD (C. Li, Q.S. Li, Y.Q. Xiao & J. P. Ou, Harbin Institute of Technology) は、直方体解析領域の上面に吹き降ろしの円形境界条件を与えてダウンバーストを模擬する解析を行っており、水平風速プロファイルを与えた上で、吹き降ろし境界領域を風下方向に移動させている点が特色である。風速分布・圧力分布の非対称

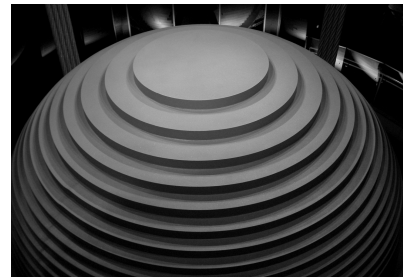


Fig. 4 TAIPEI 101 and the Giant Mass Damper

性が得られ、アメリカの観測データと概ね一致している。

An Attempt of Finite Element Flow Simulation of Tornado Vortices (T. Nomura, S. Miyata & H. Hasebe, Nihon University) は、竜巻風洞を想定して、対流領域と収束領域に相当する2つの円筒領域からなる解析

モデルを用いた解析を行った。円筒側面にスリップ条件を適用している点が特色である。らせん渦を形成させるために竜巻風洞に通常用いられるベーン等を用いなくとも、ある安定してらせん渦が形成されるレイノルズ数範囲が存在することが報告された。

A Numerically Generated Tornado-Like Vortex by Large Eddy Simulation (T. Maruyama, Kyoto University) は、文字らの竜巻風洞を模擬した **Large Eddy Simulation** を実施し、対流領域の直径を種々変えることにより、実験で見られるようなさまざまな竜巻状らせん渦が得られることを示した。マルチセルの形成も認められた。さらに、らせん渦の形成には収束領域の底面のせん断流が欠かせないこと、らせん渦内に建物状模型を配置した解析が可能であることが報告された。

A Numerical Simulation of Flow Fields in a Wind Farm on Complex Terrain (M. Lee, S.H. Lee, N. Hur & C.-K. Choi, Sogang University) は水平スケール 10km 規模の解析対象空間で、起伏のある地形の風況解析を行ったもので、49 本の発電風車を配置した解析を行っているところが特色である。1 本 1 本の風車周りを相当細かくメッシュ分割をし、3 本ブレードを回転させている。セル数 2,200 万個の大規模解析を高レイノルズ数 $k-\epsilon$ モデルで行っている。

Application of Dynamical Statistical Downscaling to Wind Prediction along Railway (Y. Misu, A. Yamaguchi & T. Ishihara, East Japan Railway Company) は、鉄道運行管理に寄与するための風況解析で、力学統計的局所化手法を適用した。瞬間風速分布の頻度分布が、CFD だけでは過大評価となり、風洞実験データを加味することにより妥当な分布が得られるということであった。

セッション **Wind Energy and Applications** (野田稔)

本セッションでは、Richard Flay (Univ. of Auckland) の司会の下、風力発電に関連する 3 件の研究についての報告があった。以下にそれぞれの発表について述べる。

Development of Safe Vertical Axis Wind Turbine for Over Speed Rotation (Noda ら)

本研究は、最近急速に増加傾向にある直線翼垂直軸型風車にとって深刻な問題である過回転現象に注目し、遠心力を利用して回転速度を自律的に制御する風車の開発を目指したもので、翼の角度を遠心力で変化させることで、風車に回転数の上限を与えることができることを風洞実験と屋外試験を通じて示した。この発表に対して、遠心力を使った類似の風車の存在が指摘されたほか、風車のコストや定期メンテナンスの必要性などについて質問があった。この質問に対して安価な風車を目指して現在商品化を進めているが、定期メンテナンスは必要になるとの回答があった。

A Study of Wind-Resistant Safety Design of Wind Turbines Tower System (Chien & Jang)

本研究は、風力発電機のタワーの耐風設計に関する検討結果について報告したものである。設計風速、挫屈荷重、バフエッティングによる応答、渦励振による応答について検討した結果が示された。台湾を対象として 660kw クラスの風車について設計風速を検討したところ、IEC の Class I の設計風速では低すぎる結果となった。日本における同様の取り組みでも IEC の設計風速では低すぎる結果が示されており、台風の影響が強いアジア地域のための風車の設計基準が必要であるとの認識がさらに強められた。

High Resolution LES of Turbulent Airflow over Complex Terrain (Uchida & Ohya)

本研究では、風力発電における発電量が風速の 3 乗で評価され、風速の推定誤差が発電量の予測に深刻な影響を及ぼすことから、発表者らが開発した RIAM-COMPACT を用いた複雑地形上の流れについて、その結果を実験結果と比較し、良い一致が見られたことを示した。この発表に対して、山岳波のような流れの再現性や石原らの開発した MASCOT との違い、実観測結果について質問があった。この質問に対して、大気安定性の影響を取り込むことが可能なため、山岳波などの再現も可能であること、MASCOT とは時刻暦変化が得られる点で異なる手法であること、実観測結果との比較においても大域場の風向変化を考慮すればよい一致が見られたことなどの回答がなされた。

セッション Computational Wind Engineering (2)

(富永禎秀)

本セッションでは7編の発表がプログラムされていたが、キャンセルがあり計5編の発表があった。

概要は以下の通りである。

A. Zhang (Tongji University, China)らは、FLUENTを使った構造物の振動と流体の連成解析結果について報告した。物体が移動してリメッシュする際に、以前のメッシュの速度情報をどのように変換するのかについて質問があったが、やや回答がかみ合わなかった。

C. C. K. Cheng (City University of Hong Kong, China)らは、香港の高層アパートを対象として、住戸の換気性能の向上を目的として建物側面に設ける Recessed Cavities が風速場に及ぼす効果を CFD により検討した。使用している乱流モデル（標準 $k-\epsilon$ モデル）の適否について質問があった。

C. M. Chan (The Hong Kong University of Science and Technology, China) らは、流れ場を RANS（本研究の場合は RSM）で解析し、乱れの成分を統計的に求めることによって圧力変動を求める hybrid stochastic simulation technique を提案し、高層建物モデルに適用した結果を示した。乱れの情報を一般的な境界層のスペクトルから与えているが、RANS で計算されたその場所の k あるいはその他の乱流統計量から与えるべきではないか、との指摘が司会者からあった。

H.-S. Kim (Chungbuk National University, Korea) らは、Chang and Meroney (2003)が行ったストリートキャニオン内の拡散場に関する風洞実験を対象に、Dynamic 型 LES を用いた CFD 解析を行い、実験結果とよく一致したと報告した。建物前面で風圧係数が 1.5 程度になっており、その点への質問があったが、基準風圧の取り方の問題との説明であった。

Y. Tominaga (Niigata Institute of Technology, Japan)らは、建物周辺の飛雪問題に適用する新しい CFD モデルを提案し、実測結果との比較に基づき、従来の著者らのモデルに比べて、予測精度が向上することを示した。雪の堆積状況には風向変動の影響をどのように考えているのかという質問があり、今回の実測は1日分の積雪を対象としており、検証用に風向変

動の影響がない条件を選んでいるが、より長いスケールの変化を扱う場合には重要になるので今後の検討課題であるとの回答があった。

セッション Environment Dispersion (栗田剛)

本セッションは、1件がキャンセルとなり4件の発表が行われた。

はじめに、Experimental Study on Flow and Heat Characteristics of Heated Urban Canopy Layer (T. Kurita, M. Ohba, Tokyo Polytechnic Univ., Japan) と題して、筆者が発表させて頂いた。本論文では、2種類の地表面粗度に関して温度分布と風速分布から地表面パラメータを同定し、運動量輸送や熱輸送について同様の屋外模型実験との比較について報告した。司会者である東京工芸大の義江教授より、風速分布の近似方法について質問があった。続いて、Large-Eddy Simulation of Gaseous Diffusion in Street Canyon with Thermal Stratification (H. Kikumoto, R. Ooka, K. Uehara, Univ. of Tokyo, Japan) と題して菊本氏より、LES によるストリートキャニオン内部の汚染質拡散について報告があった。3種類の大気安定度に関して LES による数値解析を行い、同様の風洞実験の結果と比較がされていた。義江教授よりモデル表面の熱フラックスのモデル化に関する質問と熱フラックスについても実験結果と比較して欲しいとコメントがあった。

後半の2題は台湾からの報告であった。Wind Tunnel Test on the Flow and Dispersion of Airborne Pollutants in the Complex Terrain of Coastal Region of Shiehe Power Plant of Taiwan (B. S. Shiau, B. J. Tsai, National Taiwan Ocean Univ., Taiwan) では、実在の発電所からの汚染質の拡散について、1/1500の地形模型を使用した風洞実験結果が報告された。Hamburg 大学の Leitl 氏から流入気流の特性について質問があった。Experimental Study on the Wind Flow and Dispersion around Hill with Various Slopes (B. S. Shiau, B. J. Tsai, National Taiwan Ocean Univ., Taiwan) では、傾斜角を3種類変化させた丘陵モデル上部の風速分布、濃度分布を風洞実験によって測定し、その変化の傾向が報告された。

セッション **Bluff Body Aerodynamics** (長谷部寛)

本セッションでは5件の発表があった。

Kareem (University of Notre Dame) らの報告は、ダウンバーストやガストフロント状の気流が、立方体模型に衝突した際の影響を、風洞実験と数値流体解析に検討したものであった。ガストフロント状の気流の発生方法はユニークで、風洞内に気流と平行に設置された平板を瞬間的に傾け、傾けた平板と風洞底面との隙間からジェット状の気流を噴出させる仕組みとなっていた。数値流体解析でも同様の方法が用いられた。ガストフロント状の気流が立方体に衝突する瞬間、表面圧力がパルス状に変化すること、ウェーブレット解析により変動の卓越周波数が瞬間的に変化することが示された。

河井 (京都大学) らは、アスペクト比2.7の正四角柱後流を PIV により計測し、角柱の背後の時間平均流れ場とカルマン渦構造について検討した結果を報告した。角柱背後には門型の渦が形成されること、カルマン渦が放出される過程で、角柱背後の渦線がねじれること、渦放出の一周期において渦線がねじれる位置は変わらないことが示された。

Fu (Tamkang university) らは、半球型ドームの表面圧力に対するレイノルズ数依存性を検討し、レイノルズ数 3.0×10^5 未満では剥離位置が変動すること、レイノルズ数 3.0×10^5 を超えると剥離位置が安定し、抗力係数にも変化があることが報告された。

長谷部 (日本大学) らは、タンデム配置した2本の正方形角柱周辺の風速を測定し、位相平均処理を施した結果、角柱間には角柱間を斜めに横切る流れと、角柱間で流れの方向が変化する曲率の大きな流れが交互に形成されることを報告した。

Chen (Chienkuo University of Technology) らは、風を受ける低層建築物の外壁の一部を開放した際の内圧と外圧の変化について、開放箇所と面積を変えて計測し、特に屋根の端部や壁の角部の変化が大きいことを報告した。

本会議は4セッションが並行して実施されたため聴講者が分散する傾向が見受けられたが、本セッションは空席がなくなるほど聴講者が多く、非常に盛況であった。

セッション **Wind Characteristics(1)** (今井俊昭)

本セッションでは、5件の発表があった。

Study on Typhoon Wind Characteristics Based on Field Measurements (Y.Q. Xiao, L.X. Li, L.L. Song) では、2つの台風に関する風観測結果を基に、平均風の特徴(平均風速、風の向き、風の迎え角、およびプロファイル)および乱流風特性(乱れ強度、乱れスケール、ガスト・ファクタ、および乱流運動エネルギー)について解析を行い、季節風下での強風特性と比較して、同一地点の同じ風向、高さにおける平均風速プロファイルのべき指数 α が、一般的な強風時に比較して台風時にはより大きな値となる等の結果が報告された。会場からは風速計による観測方法やプロファイルにおけるコリオリ力の考慮等についての質問がなされた。

Typhoon Wind Field in Atmospheric Boundary Layer (Wen-Feng Huang, You-Lin Xu, Chi-Wai Li and Hong-Jun Liu) では、台風に見舞われる地域の構造物の耐風設計に資する目的で、既存の台風モデルに対して地上からの高度によって圧力を変化させる改良を施した台風モデルを提案し、現地の観測結果ならびに既存モデルの予測結果との比較から、改良モデルの風向風速の予測精度に関する優位性が示された。会場からは、風向の測定方法やポテンシャル気温の計算方法についての質問がなされ、また、地形を考慮すべきとの意見も出された。

An Empirical Joint Probability Density Function of Wind Speed and Direction (Jun Chen and Xiaoqin Zhang) では、観測された風速の度数を風速と風向に関する同時確率密度関数で表現する提案がなされた。風速と風向の度数は周辺分布が Gumbel 分布となる極値分布で定式化された。会場からは、台風、モンスーン、竜巻やダウンバースト等のじょう乱のタイプ別の結果が要望された。

Cross-Correlation of Fluctuating Components of Wind Speed Based on Strong Wind Measurements (Mayumi Fujimura and Junji Maeda)では、送電鉄塔で観測された風向風速データを基に、変動風速の相互相関解析の結果が報告され、無次元クロススペクトルの結果が等方性乱流理論に基づくカルマン式と良く整合する

こと等が示された。会場からは、観測網は鉛直方向に設置されているが、鉛直方向に乱れの強さが違う場合、無次元距離をどう反映したのか等の質問がなされた。

Spatial Correlation and Temporal Fluctuations of Wind Velocities Observed on a Plain Field (Toshiaki Imai, Kenichi Kusunoki, Yoshihiro Hono, Tetsuya Takemi 他)

では、庄内平野に展開された 26 地点の地上気象観測地点で得られた風向風速データを基に、風速の空間変動として 2 地点間の風速相関が、風速の時間変動として風速増加量についての統計解析の結果が報告され、日本の他の強風地に比較して庄内では短時間での大きな風速増加の出現頻度が高いことが示された。会場からは、空間相関の算出の際に風向を考慮してはどうかといったコメントが出された。また、鉄道の強風対策にとって、風速計の最適な空間配置はどの程度の間隔とすべきなのか、本プロジェクトで取り組んでいる数値シミュレーションの計算格子間隔は地上気象観測の空間密度と整合しているのか、等の質問がなされた。

特別セッション **Urban Flow and Dispersion Modeling** (義江龍一郎)

このセッションは都市の風・汚染物質の拡散に関わるスペシャルセッションであり、当日午前に招待講演を行った Hamburg 大学の Bernd Leitl 教授が企画したものである。司会進行は Leitl 教授と EU の COST action 732 で中心的役割を果たした Siegen 大学の Jörg Franke 博士が務めた。

G. Patnaik (U.S. Naval Research Laboratory) は、危険性ガスが都市に撒かれた直後の非定常ガス拡散予測の精度検証を目的として、Hamburg 大学で行われた Oklahoma City のガス拡散実験と LES による数値計算を比較した結果について報告した。LES の流入変動風は、風洞内のスパイヤーやラフネスブロックを忠実に再現して計算されたものであり、実験とよく一致する平均風速や乱流エネルギーの鉛直分布、および空間相関が得られていた。比較の対象としていたのは、点源からパルス的に発生させたトレーサーガス (Puff) が各測定点までに到達する時間である。そ

の到達時間は Puff ごとに異なるため、実験では 200 回、計算では 62 回の puff が放出され、それらの到達時間の確率密度が比較されていた。極めて大規模な LES 計算といい、流入変動風の作成方法といい、puff 到達時間の確率密度といい、極めて興味深い発表であった。

M. Ohba (Tokyo Polytechnic University) らによる研究は、建蔽率や建物高さのばらつき等を変化させた街区内のガス拡散性状を調べたものである。濃度と風速を同時測定することにより、乱流拡散濃度フラックス、移流濃度フラックスの分布についても調べていた。

Jörg Franke (University of Siegen) は、EU の COST action 732 “Quality Assurance of Micro-Scale Meteorological Models” の活動概要について報告した。拡散予測モデル (主として CFD) を検証するために、Hamburg 大学で行われた 2 種類の拡散風洞実験 (MUST case, Oklahoma City case) を対象として、EU の数多くの研究機関がベンチマーク計算を行っている。今回は活動概要を述べるに留め、来年開催される CWE2010 のスペシャルセッションにおいて、COST732 の成果を詳しく報告することであった。

R. Yoshie (Tokyo Polytechnic University) は、日本建築学会「市街地の通風・拡散予測 WG」の活動について紹介を行った。非等温弱風域を対象としたガス拡散・熱拡散の CFD 解析を信頼性の高い風洞実験結果との比較により検証していこうというものである。その第 1 段階として行った非等温不安定流れ場に置かれた角柱後方のガス拡散・熱拡散の風洞実験と CFD 解析についての発表であった。

K. Nakao (The University of Tokyo) は、東京の実在市街地模型内で、ガスをステップアップ状に非定常放出させ、下流の地点における時系列濃度応答を 32 回にわたって測定し平均した結果を報告した。発生源と到達点との間の距離や到達点周辺建物群の形状と濃度 (平均濃度、濃度変動の標準偏差や確率密度) との関係について考察を加えていた。

Jou-Man Huang (The University of Tokyo) らの研究では、丸の内地区を対象として、日射・長波長放射・対流・湿気輸送の連成 CFD 解析を行い、屋上緑化、



Fig. 5 National Palace Museum (国立故宫博物院)

透水性舗装、敷地内の植樹、屋上や歩道の高反射性塗装等のヒートアイランド対策の効果を、MRT や SET*等の指標を用いて定量的に明らかにした。

以上のように本セッションでは、Urban Flow and Dispersion Modeling について意欲的な研究成果が報告され、活発な討議が交わされた。筆者が今回聴講したセッションの中では最も意義深いものであった。

セッション Low Rise Buildings/Wind Loading

(植松康)

このセッションでは、主として低層建物の風荷重に関連する論文 6 編が発表されたが、対象はそれぞれ異なっている。司会は J.J. Xie (RWDI, カナダ) および J.J. Jang (National Taiwan Ocean University, 台湾) が務められた。

J. Ginger & P. Kim (James Cook University, オーストラリア) は、矩形平面を有する低層建物を対象とし、風上壁面に卓越開口がある場合の変動内圧を風洞実験で検討した。内圧変動の相似条件に基づき、模型の内部空間を拡大している。すなわち、模型の下に大きな空気溜めを設けている。卓越開口を有する建物の内圧変動については、既に理論的研究がいくつかなされているが、それを検証したものである。内圧変動は卓越開口の大きさ、内部空間の大きさ、接近流の風速に依存すること、そしてその特性は $S^* = (a_s/U_h)^2(A^{3/2}/V_{ic})$ なる無次元パラメータで表わされることを示した。ここに、 a_s = 音速、 U_h = 接近流の屋根高さ h での平均風速、 A = 卓越開口の面積、 V_{ic} =

内部空間の容積である。

V.T. Trung ら (東京工芸大学, 日本) は、金属製の折板屋根の上に日除け用として設置された多孔板に作用する風荷重を風洞実験により調べた。金属製の折板は工場や倉庫など低層建物の屋根によく用いられるが、日射による温度変化によって折板内およびその取付部に大きな温度応力を受ける。それが疲労損傷の原因になることも多い。このような折板の温度変化を緩和するため、折板の上に多孔板を取り付ける工法が提案された。ここでは、多孔板の開口率を 0~10% に変化させ、多孔板に作用する風力 (上下面に作用する風圧差) への影響を風洞実験により検討した。討議では、多孔板と折板の間の隙間 (模型では 1mm) の影響に関する質問があった。それについては、予備実験で影響のないことを確認した上で決定したとのことである。むしろ、多孔板の厚さが正しくモデル化されておらず、実際の板の 10 倍以上になっており、その影響が大きいのではないかとと思われる。

S. Tanaka (東北大学, 日本) らは、日本で一般的に普及している園芸用パイプハウスの強風被害が多いことより、これを低減する 1 つの手段として、両側壁に意図的に開口を設けること提案し、両側壁の充実率を 0~100% の範囲で変化させ、最も荷重低減効果のある組合せを風洞実験により検討した。充実率は両側壁に多孔板を取り付けることで変化させている。両側壁の充実率が 50% 程度のとき、荷重低減効果が最も大きく、ハウス内部の風速増加もそれほ

ど大きくならないことを示した。討議では、模型の下に空気溜めを設けていないことより、内圧変動の相似性が確保されていないのではないかと質問があった。この模型では両側壁に開口があるので空気の流れが生じるため、風上壁面にのみ卓越開口があるような場合と違い、空気の圧縮性の影響は非常に小さく問題ないと考えられるとの回答であった。

K.M. Chung (National Cheng Kung University, 台湾) らは屋根の上に設置された温水器の風荷重を風洞実験により調べた。温水器の設置角度と上部タンクの有無が実験パラメータであり、それらが温水器に作用する平均揚力係数に及ぼす影響を調べた。討議では、温水器の角度は概ね緯度によって決まるのであるから、実験で対象としている広い範囲の実験は意味がないのではないかと、また、建物の上に設置されるものであるのに建物の影響を考えなくてよいのか、との指摘があった。温水器の耐風設計においては、揚力だけでは不十分で空力モーメントも考慮する必要があると思われる。しかし、その検討は行っていない。また、風向の影響、動的荷重効果をどう考えるのか、といった質問をしたかったが、時間不足でできなかった。なにやら、同じような実験の報告を 25~30 年前に日本の風工学シンポジウムで聞いたような気がする。

最後に F. Takeda (太陽工業, 日本) らは、HP 型独立上屋の風荷重を風洞実験により検討し、設計用風力係数をライズ・スパン比の関数として与えた。HP 型独立上屋では、模型製作上多点風圧測定が困難であるため、板ばねを利用した独自の風力測定装置を製作し、風力(揚力と空力モーメント)を測定した。そして、それらを適当に組み合わせることで最大荷重効果を再現できる風力係数(風上および風下 1/2 領域で一定値)を提案した。討議では、板ばねが屋根の風力に与える影響がないかどうか、抗力が測定されていないがその影響がないのか、との質問があった。いずれについても、必ずしも十分な検証を行ってはいない訳ではないが、既往の研究を参考にすれば、それほど大きな影響はないと考えられるとのことであった。また、風力測定装置の動的応答特性に関する質問もあった。

セッション Wind Characteristics (2) (野田 稔)

本セッションでは、You-Lin Xu (Hong Kong Polytechnic University) と Le-Dong Zhu (Tongji University) の司会の下、強風特性に関連する 5 件の発表があった。以下に各発表について述べる。

Estimation of the Roughness Length (Zo) in Malaysia Using Satellite Image (Ramli ら)

本研究は、衛星画像を使って粗度長の推定を試みたものである。ランドサットのバンド 3 とバンド 4 のデータから植生状況の定量評価をし、その結果を使った粗度長の推定式を提案している。この発表に対して、都市の建物などの評価やガラスの屋根などを正しく評価できるかとの指摘があったが、今回の検討では評価しておらず、今後検討したいとの回答であった。

Measurement on the Wind Flow Characteristics for a Turbulent Boundary Layer Flow Over the Trapezoidal Embankment with Mild Slope (Tsai & Shiau)

本研究は、 15° 以下の緩斜面をもった 2 次元台形状地形周りの流れについて検討したものである。稜線上の流速の変化とパワースペクトルやレイノルズ応力について実験結果を示し、増速率と法面角を関係付けようと試みていたが、増速率に法面の正接が含まれるようなパラメータに変形して法面角との関係を論じていたため、独立なパラメータとなっており、評価としては疑問である。

Screening of Topographic Factor on Wind Speed Estimation with Neural Network Analysis (Nagao ら)

本研究は、地形因子解析にニューラルネットワークを用いた風況推定法について、ニューラルネットワークの学習に用いる教師データの選択方法と地形因子の削減に関する検討をしたものである。ニューラルネットワークの学習に使ったデータが適切かどうかの確認を行ったかとの質問があり、事前に地形因子同士の相関を確認し、相関の高い地形因子が同時に存在しないようにしているとの回答がなされた。

Numerical Analysis of Factors Influencing the Downburst Wind Profile (Qu ら)

本研究は、ダウンバースト状の流れを 2 次元数値流体解析 (RSM) によって解析した結果について述

べたものである。この発表に対して、重力の影響や温度変化を解析上考慮しているのか、との質問がなされ、重力は考慮しているが温度変化までは考慮していないとの回答がなされた。

Research on Random Fourier Wave-Number Spectrum of Fluctuating Wind Speed (Yan ら)

本研究は、せん断流で生じる乱流場の変動風速のパワースペクトルを、速度勾配を使って推定する方法を提案したものである。従来より提案されているパワースペクトルモデルとの比較が示されず、適切な結果かどうかは明らかにされなかった。

セッション Wind Loading (2) (前田潤滋)

本セッションは、風荷重の特性をテーマに、非正規性を考慮した風圧変動のピークファクターの算定法、突風による非定常風力、そしてダウンバーストの数値シミュレーションなどに関する報告が 6 編組まれた。

最初の 2 編は低層建物屋根面の風圧変動の非正規性に着目したもので、まず、Dae-Kun Kwon and Ahsan Kareem: Peak Factor for Non-Gaussian Process Revisited は、低層建物の屋根面の剥離流による風圧変動に見られるような非正規過程の極値予測に用いることができる非正規過程のピークファクターの算定法について報告している。そこでは既に報告している、モーメントベースのエルミート・モデルに基づく非正規過程のピークファクターの表現を修正して、推定値の標準偏差を導いているが、この方法は極値推定に限らず疲労問題などにもそのまま応用できるとしている。続いて、Yong Quan (Tongji University), Ming Gu, Yukio Tamura, Bin Chen: An Extreme-Value Estimating Method of Non-Gaussian Wind Pressure も、非正規過程を風圧力の極値算定法を取り上げているが、ここでは、境界層風洞実験での低層建物モデルの圧力変動が非正規過程であることを示し、通常の極値理論を発展させて非正規過程の風圧係数の極値推定の手法を提案し、通常のピークファクター法と修正ピークファクター法および Sadek-Simiu 法との比較を行って、提案手法が低層建物屋根の非正規過程の風圧係数の極値を 6% の平均誤差比で予測できた

と報告している。続く、Hiromasa Kawai: Importance of Phase Characteristics to Pressure Fluctuation は、実規模建物の実測を行って、発生する大きな負のピーク圧力の発生条件の検討結果を報告している。そこではフーリエ解析とウェーブレット解析を用いて、自然風下で計測した建物モデルの圧力変動の振幅と位相特性を調べ、圧力変動を特徴づけるのは振幅スペクトルではなく、位相スペクトルであることや、非常に大きなピーク圧力が発生する条件として隣接する周波数のフーリエの成分間の位相差が一定であることなどを報告している。

続く 2 編は立ち上がり時間の短いステップ関数的な突風を受ける物体に見られる非定常風力を実験的に調べている。まず、Takashi Takeuchi¹, Junji Maeda, T Hayata and H Kawashita: Effects of Section Size on Aerodynamics Forces on an Elliptic Cylinder Under Short-Rise-Time Gusts は、楕円柱模型の突風作用時に見られるオーバーシュート風力が、揚力と抗力ともに模型断面寸法と突風風速およびその立ち上がり時間で構成する無次元立ち上がり時間によって整理でき、無次元立ち上がり時間がある値より小さい場合にオーバーシュート現象が起きることを特殊な風洞装置を用いて示している。また、数値流体計算による実験再現シミュレーションでもオーバーシュート現象が見られ、実験結果によく対応することを報告している。一方、Hiromichi Shirato, Koji Maeta, Y Kato and Y Takasugi: Transient Drag Force on 2-D Bluff Bodies Under Gusty Wind Condition の報告では、突風を受ける長方形断面のシリンダー表面の圧力波形の変化を風洞実験で検討し、シリンダーの辺長比が大きいほど風速変化による慣性力が無視できないこと、また辺長比が小さい断面では、風洞内静圧ピークと圧力ピークとに時間差が見られ、模型前面と背面の定常圧力に達する時間差が抗力のオーバーシュートを生成していることなどを報告している。最後に Wei-Lian Qu (Wuhan University of Technology) and Bai-Feng Ji: Numerical Simulation of Downburst Wind Loads Using Modified OBV Model は、修正 OBV (Oseguera and Bowles/Vicroy) モデルに基づいたダウンバースト風荷重の数値シミュレーション法について

て報告している。その中で、レーダー観測の実測データを用いて、強度係数と修正 OBV モデルの時間依存性を決める半径について検討し、それらの値を求める方法を示しているが、モデルのパラメーターを正確に定めるためには、さらなる実測データが必要としている。

セッション **Wind Coding Issues** (松井正宏)

本セッションは、主として耐風設計における設計風速や規基準に関する発表である。

Kasperski による“Estimation of the design wind speed based on uncertain parameters of the wind climate”は、設計風速の不確定性の高さを考慮して如何に合理的に設計風速を設定するかという問題に取り組んだ。確率分布を規定するパラメータは、有限の観測記録から推定すると大きな推定誤差は避けられない。その誤差分布がそのまま設計風速のばらつきにつながるように数値的な方法により設計風速の分布を求めた。この分布から Eurocode CEN,2002 を根拠に信頼区間 75%を採用するというものである。会場からの信頼区間 75%の合理性に関する質問に対しては、費用と安全性のトレードオフを考慮して決めることが考えられるが、難しい問題であるとコメントされた。また、提案手法は Eurocode に寄与しているのか等の質問があり、本研究は一提案にすぎないと回答があった。

Matsui による“Evaluation of Temporal Design Wind Speeds Using Typhoon Model and Empirical Wind Characteristics”は、設計風速の時刻歴を台風モデルを援用して決定する方法を提案するものである。司会者から、最大風速の再現期間はどのように決めるのかという質問には、設計で対象とする最大風速となるようにパラメータを調節可能であると回答がなされた。また、この手法でガスト風速の設定は可能かとの質問には、本手法はいわゆるスペクトルギャップより長い周期の変動の生成を目的としているので、ガスト風速は対象外であると回答がなされた。

Hitchcock による“Extreme wind speeds and wind load factors for Hong Kong”は香港の Wanglan 島での観測記録に peaks over threshold 法を用いて設計風速を検

討したものである。また、設計風速の再現期間によって荷重係数をどのように設定するかという問題についても検討した。香港では過去に何度も設計風速が検討されている例がある。また、地形が複雑なので、一地点の評価を他の地点に適用することが難しいこと等が会場とのディスカッションで話題になっていた。さらに、幾つもの異なる機関が観測を実施していて、それを元に設計風速を決めることも一因だと、実務的な状況もコメントされていた。

Aquino による“Recent wind engineering activities in the Philippines”はフィリピンでの最近の耐風設計、強風災害の状況が報告された。フィリピンで建設された超高層建築の制振装置はアウトリガー減衰機構が用いられていることなどが紹介された。

Giang による“Extreme wind climate and a proposal to improve the basic wind map for structural design purpose in Vietnam”では、ベトナムでの設計風速検討例が紹介された。台風のモンテカルロシミュレーションを実施しているが、比較対象とする観測記録がアナログ目盛を目測するもので、評価時間や瞬間値などが均質の記録ではないこと等が問題であると考えられると述べられていた。また、歴史的にロシアの耐風設計を用いていたこと等が現在の風速の評価時間等にも影響していることが発表者からコメントされた。

セッション **Windborne Debris** (佐々浩司)

本セッションは、突風災害で重要な飛散物の挙動に関するもので、Chris Letchford 教授 (Univ. of Tasmania) と Chia Ren Chu 教授 (National Central Univ.) の司会のもとで以下の5件の講演が行われた。なお、講演者や出席者は欧米と日本が大半を占めており、他のセッションと比べてアジア諸国の参加が少ない点が印象的であった。

Impact Dynamics of Rod Type Windborne Debris (P. Richards, K. Pe and I. Milne)では、飛散物として 100×50mm で 4kg の角材を例にとり、それによる衝撃力を 6 自由度の数値解析と検証実験により評価していた。その結果、壁面に衝突する際の角材の向きよりも飛来する方向が衝撃力との相関が大きいことが明らかにされた。また、法線方向に対して飛来方向や角材

の向きが 30 度以内であるときの衝撃力は壁に垂直に飛散物が衝突した場合と同じオーダーであることなどが示された。

The Flight of Wind Borne Debris: An Experimental, Analytical, and Numerical Investigation. Part II (P. Martinez-Vazquez, C. Baker, M. Sterling, A. Quinn and P. Richards)では、シート状の飛散物が一様流中で飛翔する際の挙動が風洞実験によって示された。供試体として 24 個の圧力センサを取り付けた 25mm 厚 1m 角のポリスチレン板を風洞測定部内に自由に回転できるように設置し、風速や仰角を変化させることによって抗力係数や揚力係数が変化する様子や、自己回転の様子などが報告された。

The Flight of Wind Borne Debris: An Experimental, Analytical, and Numerical Investigation. Part III: CFD Simulations (B. Kakimpa, D. Hargreaves and J. Owen)では、2 件目の発表に続き、シート状飛散物の挙動について非定常レイノルズ平均ナビエ・ストークスモデル (URANS) を用いた 2 次元もしくは 3 次元シミュレーションによる解析結果が報告された。発表では自由に飛翔するシート状飛散物の挙動が明快に示されていたが、渦放出やはく離再付着などの効果についてはまだ充分でなく、数値モデルの校正に詳細な実験結果が必要とされるとのことであった。なお、解析的な解を求める Part I については、本セッションにおける発表は無かった。

The Behavior of Windborne Debris Accompanied by A Traveling Tornado (K. Sassa, S. Takemura and K. Yamashita) では、飛散物そのものの挙動ではなく飛散物をもたらす竜巻内の風速場に焦点を当て、静止竜巻と移動竜巻の模擬実験から PIV 計測によって求められた速度場を用いて球状飛散物の挙動が示された。竜巻における気圧低下が飛散物の挙動にどの程度影響するかの質問に対し、模擬実験における気圧変動は微小であり、飛散物の上昇は気流構造に起因していることが回答された。

Response of Cladding to Windborne Debris Impact (U. Frye, J. Ginger and P. Mullins) では、壁面を飛散物から保護する浪板金属被覆システムに 100×50mm の断面をもつ飛散物が衝突したときの弾性応答の様子

が実験的に示された。動的試験において計測された加重は飛散物の衝突イベントの衝撃とは一致せず、遅れて生じることなどが明らかにされた。

セッション Wind-Induced Structural Response (2)

(吉田昭仁)

このセッションでは当初 5 編の発表が予定されていたが、1 編キャンセルがあったため 4 編について発表がなされた。司会はインドの Dr. Achal Kumar Mittal と東京工芸大学の吉田が務めた。Invited Lecture 後の Coffee Break の後であり、会場も地下 1 階と離れていたため、セッション開始直後は参加者が少なかったが、その後だいぶ持ち直した感じであった。以下に 4 題の概要を示す。

Response Analysis of Wind Turbine Support Structures Using Measured Wind Speed と題して東京大学の Jeseong Yoon 氏より風力発電タービンの応答解析に関して発表がなされた。1982 年に岩谷先生により提案された風の時刻歴発生手法を 3 次元のものに拡張し、それを基に応答解析を行い、実測値との比較を行ったところ、従来の手法で得られる最大モーメントと比較して、実測値に近い値を推定する事が可能であることが示された。それに対して、実測において設置してある風速計の位置がブレードの後ろ側であり、ブレードの影響があるのではないかと質問があり、ブレードの影響はあると考えているとの回答がなされた。

Finite Element Analysis of Stay Cable Vibration of the Kao Ping Hsi Bridge と題して Prof. Ming-Yi Liu より台湾の Kao Ping His Bridge の FEM 解析解析結果について講演がなされた。Stay Cable Bridge の FEM 解析を行う場合に One-element cable system (OECS) と Multi-element cable system (MECS) の 2 種類の解析モデルを用いた場合に、固有モード形や固有振動数にどのような違いがあるか、また、応答解析を行った際にどのような違いが見られるかについて講演がなされた。応答解析を行う際に減衰定数をゼロとしていることの妥当性について質問があり、実際にゼロということは有り得ないが、今回は OECS と MECS の比較を行うことが目的なので、結果に影響は無い

との回答があった。また、Stay cable bridge の種々の現象を網羅した FEM 解析が可能と考えているかとの質問に関しては、それは難しいと考えているとの回答がなされた。

続いて Wind-Induced Vibration of Slender Structures with Tapered Circular Cylinders と題して TTU の Delong Zuo 教授より発表がなされた。信号機などの細長くテーパのついた構造物の風応答に関する講演であり、実際に信号機に加速度計を取り付けて、風応答計測を行うなど詳細な検討がなされた。このようなテーパを有するものの無次元風速を求める際の代表長さはどうしているのかという質問に対して、この研究においてはスパンの中間での直径を代表長さとしているとの回答がなされた。

本セッションの最後に Wind Forces Acting on Inflatable Amusement Products and Critical Wind Speeds Causing Accidents と題して東京工芸大学の吉田より発表がなされた。強風によるエア遊具の被害が頻発していることを受け、イベントなどでの運用規定を定めるために、代表的なエア遊具の模型を用いて風力実験を行い、その結果を基に、強風によるエア遊具の被害発生風速の推定を行った。また、実際に荒川区で発生した被害例においても風洞実験を行い、瞬間風速約 10m/s 程度で被害が発生しうることを明らかにした。それを基にしたエア遊具の運用規定についても紹介がなされた。実際のエア遊具の設置状況と風洞実験の状況が異なるという質問に対しては、エア遊具を剛体として実験を行っていることなど、あくまでも運用規定を定めるためのおおまかな風速推定なので、そこまでの精度は求めているとの回答がなされた。

セッション Computational Wind Engineering (4)

(Shuyang Cao)

このセッションに予定されていた 6 編の発表のうち、4 編しか発表されませんでした。Zhang et al による論文は Poisson 方程式の数値解法に関するもので、線形方程式 $Ax=b$ を BiCG 法 (双共役勾配法)、CGS 法 (自乗共役勾配法) と GMRES 法 (一般化最小残差法) など Krylov 空間法で解く場合のアルゴリズム

を紹介しました。計算量の比較は行われたものの、収束の振舞いやモデル問題に対する数値解析結果の説明はありませんでした。Ganapathi et al. は市販ソフト (Fluent) を用い、RANS 乱流モデルにより L 型断面の空力特性を求め、45 度以外の風向角では Modi 先生の実験結果に約 15% 外れたとの解析結果を報告しました。Wei and Ge の論文は Detached Eddy Simulation をチャンネル流れに応用した計算で、ヨーロッパにおける応用が目立っている OpenForm を利用した研究であります。この発表に対して、示された統計時間による乱流統計量の変化は、低すぎた Reynolds 数による乱流の層流化によるものではないかとの指摘がありました。最後の Nozu et al. の論文は、気象モデルと LES モデルを Hybrid する方法による都市部の熱環境に関する数値解析です。実測結果との比較により、数値解析の有効性が明示されました。熱境界条件の設定方法について大いに議論されました。

4. おわりに

会場の The Grand Hotel はかつて迎賓館だったとのことで、小高い小山の上に建ち、Fig.1 のような威容を誇っていた。開催前夜の 8 日夜に同ホテル 10 階大ホールで催された Ice-Breaking Reception は、パイキング形式とはいえ、中華フルメニューの豪勢なものであり、「飲み物と軽いスナック」というよくあるパターンを予想した面々を快く裏切った。3 日目 (11 日) は午後からエクスカージョンで、会議参加者の大半が参加した。まず 4 台のバスに分乗して、市内にそびえ立つ台北 101 タワーを訪れた。あいにく曇りの天気だったが、高さ 508 メートルのビルの 89 階にある展望台まで、エレベータはわずか 40 秒弱で到達する。展望台から見下ろす台北市街の様子は圧巻だったが、日本からの参加者はどうやら重量 660 トンの巨大球形ダンパーの方に興味をそそられているようであった (Fig. 4)。その後、再びバスに乗って、故宮博物院 (Fig. 5) を訪れ、参加者は 2 時間ほどの自由時間の間、中国の工芸品や書画の展示を楽しんだ。とても 2 時間で見切れることができないほどの多くのすばらしい展示物が並んでいた。



Fig. 6 Group Photo at the Hotel Lobby (by courtesy of APCWE-VII Secretariat)

博物館見学を終えた参加者は、そのまま隣接する「故宮晶華」に移動し、そこでパンケットが開催された。Cheng 教授の開会の挨拶、IAWE 田村会長の謝辞ののち、参加者は歓談し、博物院の展示をあしらうなどの趣向が凝らされた中華料理を堪能した。途中、台湾の民族舞踏と歌のアトラクションがあった。

今回の会議は、とてもよく運営されており、いろいろなところに心配りがよくきいていたことが印象的であった。Cheng 教授をはじめとする Tamkang 大学と地元台湾の皆さんのご尽力に心より感謝したい。

なお、2 日目のセッション後、アジア太平洋地区の General Assembly が開催され、次回 2013 年の開催地がインドのチェンナイ（旧・マドラス）に決定した。この決定に関連して、4 日目午前の Holmes 氏の招待講演終了後、IIT Roorkee の Prem Krishna 教授が登壇し、アジア太平洋地区の会議が 1985 年に Roorkee でスタートし、次回再びインドに戻ることに深い感慨を禁じえない、と語られた。たいへん印象深いスピーチであった。