

# Wind Effects

*Wind Effects on Buildings and Urban Environment*

# News

**Vol.10 March 2006**

Wind Engineering Research Center  
Graduate School of Engineering  
Tokyo Polytechnic University

## INDEX

文部科学省による中間評価結果	
田村幸雄.....	1
第2回 自然換気に関する国際ワークショップ開催報告 .....	2
国際ワークショップ“2nd Workshop on Regional Harmonization of Wind Loading and Wind Environmental Specifications in Asia-Pacific Economies (2nd APEC-WW)”開催報告 .....	4
ハリケーン カトリーナによる被害調査報告	
長尾文明.....	5
2005年12月25日から26日にかけて北日本で発生した突風災害	
小林文明.....	6
秋田県大湯村、琴丘町における突風被害調査速報.....	11
大スパン片持ち屋根のユニバーサルな等価静的風荷重に関する研究	
勝村 章.....	12
COE オープンセミナー .....	13
お知らせ.....	14

## 文部科学省による中間評価結果

拠点リーダー 田村幸雄



2005年5月11日に、日本学術振興会において中間評価のためのヒアリングがあり、小林信行学長、大場正昭、義江龍一郎両事業推進者とともに出席した。20名の委員からなる分野別評価部会において、拠点リーダーの小生から15分間の説明を行った。主たる説明内容は、以下のとおりである。

おりである。

まず、「学長による重点的支援」として、以下の点が強調された。

### 東京工芸大学大学院における研究・教育方針

東京工芸大学大学院では、研究センター組織を中心とする、先端的研究グループに特化した研究体制(ハケ岳型)を採用している。これは、国立大学などに見られる学部の上に大学院がそのまま積み上げられる方式と異なり、限られた研究・教育資源を効率的に運用できる利点を有する。大学院に対するこの研究・教育方針の下、風工学研究に関しては、建築学の環境、設備、構造の各分野でのすぐれた風工学研究者を積極的に登用してきたこと、文部科学省私学助成学術フロンティア「風工学研究センター」等の大型研究助成に積極的に応募してきた経緯がある。その結果として、国内外の学会賞受賞などを含む、優れた研究業績が生まれ、さらに今回の21世紀COEプログラムによる拠点形成活動につながっているものと考えられる。

### 東京工芸大学における21世紀COEプログラムへの支援

学長を中心とする円滑な推進、運営を目的に、学内マネジメント体制として「COE管理運営委員会」を組織した。これは、学長(議長)、専務理事、常務理事、工学研究科長、専攻主任、教務部長、COE研究拠点リーダーで構成される管理・運営組織で、COE拠点形成活動の進捗状況確認、大学からの支援内容の検討、COE関連規約の制定等を取り扱う。委員会は3ヶ月ごとに開催され、COEプログラムの推進に大きな役割を果たしている。

また、COEプログラムの事業全体、研究・教育活動内容を評価するため、第三者を含む評価組織として「アドバイザリーボード」を組織した。これは、COEプログラムの拠点形成に関する、外部専門家を中心とする評価組織で、国際風工学会会長、日本風工学会会長など、研究・教育活動全体に対する広い見識を持つ国内外の専門家の意見を聴取し、拠点形成方針の妥当性、将来計画等に役立てることを

目的とする。年1回の開催で、拠点リーダーによるCOE事業の推進状況、事業推進担当者による研究・教育活動の推進状況について討議し、貴重なアドバイスを得ている。

さらに、COEプログラムによる拠点形成事業を活性化する目的で、全学的な支援を実施している。具体的には(A)博士課程の授業料免除(B)APEC諸国強風防災センターの建設(C)COE支援室の設置、専従事務員の雇用等が挙げられる。これらの支援に必要な人材、資金は、大学側が特別予算として提供している。

次に、拠点リーダーが最もアピールできる以下の8点について説明した。

### 将来のCenter-to-Center ベースの研究体制を視野に入れた拠点形成

従来のCenterをベースとする研究は、Center-to-Centerベースの国際的でより組織化された研究体制に移行するものと予測している。このような動向を見据えて、ノッティンガム大学(英国)、同済大学・構造物防災研究センター(中国)等々、合計20機関程度の世界のセンター的存在と、共同研究・ワークショップ、人材交流協定の締結などを積極的に推進し、組織としての交流と結びつきを深めている。また、APEC風工学ネットワークの構築等を通じて、単に世界的レベルの研究拠点形成を意図するのではなく、各国の研究教育拠点や研究センターを結びつけるハブ的存在を意図して活動を続けている。

### 教育の重視、特にアジアに重点を置く若手技術者および若手研究者の育成

アジア地区では、台風やサイクロンの常襲、急激な都市化や人口集中の為、強風防災や空気汚染、エネルギー消費の問題は極めて深刻である。APEC短期研修員制度の実施、博士後期課程学生のインターンシップ、英語での講義などを通じて、国際的な視野に立った研究者、技術者の養成を行っている。

### 国際会議やオープンセミナーの継続的開催と国際交流による教育研究の質の向上

採択後、国際集会等を7回(延べ710人参加、海外109人)、継続的にCOEオープンセミナーを27回、39講演(延べ約700人参加、海外約200人)開催し、延べ約1400人の参加を得ている。最新の研究成果を広く、研究者や学生へ還元すべく努めるとともに、日常的に国内外の著名な研究者と交流できる機会を設け、教育研究の質を向上するとともに

に、若手研究者や技術者の国際化の一助となっている。

#### 第一級の研究成果の発表

高精度型通風量予測モデルの構築(2004年3月)、ユニバーサルな等価静的風荷重分布(2004年7月)、風荷重の組合せに関する研究(2004年7月)などの成果を生み出し、国内外での研究動向に大きな影響を及ぼすだけでなく、国内指針や国際規格等に採用され、社会的に大きな貢献をしている。

#### 風洞実験データ、研究成果、ITコンテンツ等の公開と成果の速やかな教育への反映

実験データや研究資料、災害調査報告は、可能な限り、Web上に公開し、インターネットを通じて全世界で共有できるものとし、News Letter(年4回)や英文 Bulletin(年2回)を通じた絶え間ない情報発信を行っている。また、研究成果は大学院等での講義録に速やかに反映することを心がけている。

#### 企業との連携の重視

企業や他の研究機関との連携は、実務に直結して工学を学び、社会の動向、研究のシーズを発見する上で教育上重要であるとともに、風工学の専門家集団としての社会貢献の一環としても、ポストCOEを睨んだ経済的基盤作りの上でも極めて重要である。企業との長期間の共同研究に関する合意や基本契約締結の試みや、実プロジェクトに関する高度コンサルタント事業を、研究的意義を有することと成果の公表を前提に、積極的に推し進めている。

#### 人類、地球資源、および大気環境に対する愛情に根ざした研究目的とテーマの選択

強風防災が「人類生命に対する愛情」、通風・換気が「地球資源に対する愛情」、空気汚染・風環境が「大気環境に対する愛情」に研究のモチベーションを持っており、

全てが人間、地球に対する「愛情」に根ざしている。これらを強く認識してこそ、高い到達目標が設定され、必ず良いアイデアも生まれ、研究完遂までの努力ができる。これを、風工学教育のモットーとしている。

#### 英語による国際的な外部評価の実施

国際風工学会(IAWE)会長や同アメリカ地区コーディネータなど、世界第一級の研究者を含む7名のメンバーから成るアドバイザリボードによる外部評価会議を毎年3月に開催し、COEプログラムでの研究・教育の進め方、得られた成果、関連事業等に関して、英語による国際的な外部評価を受け、次年度以降の活動にフィードバックしている。

上記の説明の後、15分間の質疑応答があり、分野別評価部会の委員の方々から、構造系と環境系の研究教育活動の有機的連携他に関して質問やコメントを得た。

評価の結果は10月に大学へ通知され、日本学術振興会のホームページ([http://www.jsps.go.jp/j-21coe/05\\_chukan/index.html](http://www.jsps.go.jp/j-21coe/05_chukan/index.html))等でも公表された。本プログラムは、お陰様で総括評価「当初計画は順調に実施に移され、現行の努力を継続することによって目的達成が可能と判断される。」にランクされ、特に顕著な成果を挙げている幾つかの例の一つとして報道されるなど、最も高いレベルの評価を受けた。

今後とも、なお一層の努力をもって、都市・建築物の強風災害、通風換気の問題、汚染物拡散など、気流と都市・建築物に関わる諸問題についての研究教育事業を推進し、世界最高水準の研究教育拠点を形成する所存である。成果を積極的に社会へ還元していくことによって人類・社会へ大きく貢献することが、我々の事業の最終目的である。皆様方の大いなるご協力をお願いしたい。

## 第2回 自然換気に関する国際ワークショップ開催報告

と き：2005年12月1日、2日

ところ：日本建築会館

主催：国土交通省 国土技術総合研究所，独立行政法人 建築研究所，東京工芸大学  
21世紀COEプログラム，東京理科大学

後援：社団法人 日本建築学会，財団法人 建築環境・省エネルギー機構，建築研究  
開発コンソーシアム

2005年12月1日、2日に、日本建築会館・大ホールにて「第2回 自然換気に関する国際ワークショップ」が開催された。このワークショップは、国土交通省国土技術総合研

究所，独立行政法人建築研究所，東京理科大学，東京工芸大学 COE プログラムの4機関の共催によるもので、自然換気・通風分野において情報を共有し、研究・実務の一層

の展開を図ることを目的として開催された。

本ワークショップでは、「風圧・気流性状」「レビュー」「モデリング」「排熱」「単一開口換気」のセッションにおいて、海外からの招待講演者による講演を含め、計16の講演が行われた。また、ワークショップ2日目の午前には、「Natural Ventilation for Passive Cooling and Its Regional Feasibility」と題したパネルディスカッションが行われ、各パネリストから各国の自然換気設計に関する基準や導入例の

紹介が行われたほか、会場からの質問に応じて、自然換気のための開口に関する適切な大きさの設計方法、自然換気に居住者がどのようにかかわるべきかの課題、自然換気のコストを中心に活発な議論が行われた。

海外からの7名と国内からの11名の講演者のほか、一般から延べ196名の参加があり、本ワークショップは非常に盛況のうちに終了した。

(後藤伴延)



一日目の講演



二日目のパネルディスカッション

## Program

(First day)

Keynote speech

Richard Aynsley (Delta T Corporation, USA) Indoor Wind Speed Coefficients For Estimating Summer Comfort

Wind pressure and airflow characteristics

Nigel Wright (University of Nottingham, UK) Unsteady CFD Simulations for Natural Ventilation

Takao Sawachi (National Institute for Land and Infrastructure Management, Japan) Wind Pressure Coefficient for Different Building Configurations with and without an Adjacent Building

Tomoyuki Endo (Tokyo University of Science, Japan) Improvement of Prediction Accuracy for Wind Pressure Distribution and Development of Simulator for Indoor Air Flow Distribution Induced by Cross-Ventilation

State-of-the-art review

Per Heiselberg (Aalborg University, Denmark) Wind Driven Natural Ventilation Evaluation of the Classical Approach

Ted Stathopoulos (Concordia University, Canada) Contribution To Natural Ventilation Design

Modeling

Takashi Kurabuchi (Tokyo University of Science, Japan) A Study on the Effects of Porosity on Discharge Coefficient in Cross-Ventilated Buildings Based on Wind Tunnel Experiment

Hisashi Kotani (Osaka University, Japan) Simultaneous Calculation of Inflow Direction and Flow rate at Cross Ventilated Large Opening

James Axley (Yale University, USA) Mechanical Energy Power Balances for Building Airflow Analysis

Masaaki Ohba (Tokyo Polytechnic University, Japan) Experimental Study on Predicting Wind-Driven Cross-Ventilation Flow Rates and Discharge Coefficients Based on Local Dynamic Similarity Model

(Second day)

Panel discussion "Natural Ventilation for Passive Cooling and Its Regional Feasibility"

Coordinator:

Shuzo Murakami (Keio University, President of AIJ, Japan)

Keynote speech

Martin Liddament (VEETECH Ltd., UK) A Review of Natural and Hybrid Ventilation Case Study Buildings

Short presentations

Katashi Matsunawa (Nikken Sekkei Ltd., Japan) Report on Natural Ventilation Design in Japan

Richard Aynsley (Delta T Corporation, USA) Natural Ventilation in Australia

Ted Stathopoulos (Concordia University, Canada) Report on Natural/Hybrid Ventilation Feasibility in Canada

James W. Axley (Yale University, USA) U.S. Natural & Hybrid Ventilation: Climate Suitability & Case Studies

Yuguo Li (University of Hong Kong, China, Hong Kong) Application of Natural Ventilation in Buildings in China and Hong Kong SAR

Per Heiselberg (Aalborg University, Denmark) Passive and Natural Cooling in Scandinavia

Heat removal

Yuguo Li (University of Hong Kong, China) Thermal Mass Design in Buildings Heavy or Light?

Tatsuo Nagai (Tokyo University of Science, Japan) Windows and HVAC Operation to Reduce Cooling Requirement by Means of Cross-Ventilation

Shigeki Nishizawa (Building Research Institute, Japan) Mixing Property and the Heat Exhaust Effect under Cross Ventilation in a Full-Scale Experimental Model

Single opening

Shinsuke Kato (The University of Tokyo, Japan) Wind Tunnel Experiment on Characteristics of Ventilation with Single-Sided Opening in Uniform Flow

Toshio Yamanaka (Osaka University, Japan) Natural Ventilation of the Room with a Single Opening Wind-forced Ventilation Caused by Turbulence through a Single Opening

## 国際ワークショップ“2nd Workshop on Regional Harmonization of Wind Loading and Wind Environmental Specifications in Asia-Pacific Economies (2nd APEC-WW)”開催報告

**開催日：2005年12月5日、6日**

**会場：香港科技大学 (The Hong Kong University of Science and Technology (HKUST))**

2005年12月5日～6日、「CLP Power Wind/Wave Tunnel Facility of the HKUST」と「東京工芸大学21世紀COE」の共催で、国際ワークショップ“2nd workshop on Regional Harmonization of Wind Loading and Wind Environmental Specifications in Asia-Pacific Economies (2nd APEC-WW)”が香港科技大学にて開催された。第1回のAPEC-WWは、2004年11月に東京工芸大学で開催され、今回はこれに次ぐ第2回目のワークショップである。APEC-WWの目的は、各国における風荷重に関する基準や風環境に関する条例などについて情報を交換し、これを発展させ調和を図ることである。今回はAPECの14の国と地域から28人の代表者を含め、約40人が参加した。日本からの参加者は東京工芸大学の田村幸雄、大場正昭、義江龍一郎の3名である。

12月5日には、まず香港科技大学のKenny C.S. Kwok教授から参加者への歓迎の挨拶があり、風荷重や風環境に関する諸問題の情報交換や基準などに関する協調の意義について説明があった。その後、本ワークショップのコンセプトに基づき、参加14ヶ国における現状について、各国の代表者からカントリーレポートがなされた。この報告を通じて、参加者は各国の現状および類似点・相違点について互いに

理解を深めることができた。

12月6日には、参加者が風荷重と風環境の二つのセッションに別れ、より詳細な議論を行った。風荷重に関するセッションでは、3つの例題(都市に建つ鉄骨造倉庫、熱帯地方の都市に建つ中層オフィスビル、都心に建つ高層ビル)に対し、各国の基準に基づく風荷重を相互比較したが、国によって相当な差異があることが明らかとなった。風環境のセッションでは、香港の都市通風アセスメントシステムや、屋外・室内の空気質に関する各国の基準、風力エネルギーに関する議論が行われた。

この2日間のワークショップの結果、風荷重と風環境に関し、それぞれレゾリューションがまとめられた。また次回は2006年にインドで開催されることが決定したが、21世紀COEプログラムはこの国際ワークショップを引き続きサポートする予定である。その後、香港科技大学「CLP Power Wind/Wave Tunnel Facility」の見学会が開催された。参加者は皆その風洞実験施設の大きさとすばらしさに感嘆していた。なお、ワークショップの状況はCOEのwebサイトに掲載されている([http://www.wwtf.ust.hk/APECWW2005/apecww\\_2005.htm](http://www.wwtf.ust.hk/APECWW2005/apecww_2005.htm))

(義江龍一郎)



Prof. Kenny Kwok



参加者の集合写真

# ハリケーン カトリーナによる被害調査報告

長尾文明 徳島大学工学部建設工学科  
西村宏昭 (財)日本建築総合試験所



## はじめに

Hurricane Katrina は、図 1<sup>1)</sup> に示すコースを辿り、メキシコ湾においてカテゴリー5の最大級のハリケーンに発達した後、ミシシッピ川河口付近にカテゴリー4の強さで上陸した。その後、勢力を弱めながら、New Orleansの東(ルイジアナ州とミシシッピ州の境界付近)をほぼ北に向かって進み、千人以上の尊い生命を奪い、甚大な被害を発生させた。この歴史的な災害の全体像の把握と我が国の台風による被害低減の一助となすことを目的として Katrina の被害調査を New Orleans(ルイジアナ州)、Biloxi(ミシシッピ州)などにおいて実施した。現地調査は、一部、土木学会海岸工学委員会の調査隊(横浜国立大学教授柴山知也隊長他7名)と合同で実施した。

## 調査行程

2005年11月27日から12月4日にかけて図2に示す行程で調査を実施した。なお、11月30日は、土木学会調

査団のミシシッピ州メキシコ湾岸被災地への調査に同行し、FEMA, USACE(陸軍工兵隊)等の案内で立ち入り禁止区域内等における被害調査を実施した。また、11月28日は、テキサス・ルイジアナ州境付近の高速道路(110)周辺の Hurricane Rita による被害を観察した。

## 被害概要

2005年12月末現在の被害として、死者;1,313名、被災者;250万世帯(救済を要求したもの)、ホームレス;527千名、被災商店;71千店以上、失職者;40万人以上、行方不明者;6,644名(避難先が不明)、停電;500万人に影響、その他、森林、農作物、畜産、石油産業施設等も多大な被害を受け、物的な被害額として約2千億ドルが推定されている。高潮被害を受けた地域には、立入り禁止が依然設定されており、市内の8割が浸水被害を受けた New Orleans では、3ヶ月以上経過した12月1日に最後まで立入り禁止となっていた地区への昼間のみの一時帰宅が許可された。しかし、New Orleans 市内では、多くの避難者が帰ることができず、被害にあった建築物や構造物がそのままや簡単な応急処理が施されたままであり、一部で、本格的な修理が始まった状況である。交通信号機も一部は復旧しているが、半数程度は機能しておらず、大勢の警察官が警戒に当たっている状態であった。

## 風による被害

強風による被害は、Katrina の通過したかなり広い領域において、看板や住居の屋根などで確認でき、さらに、Katrina に付随して36個のトルネードがミシシッピ、アラバマ、ジョージア、ヴァージニア、ペンシルバニア州で発生し、被害が報告されている。

写真1に9月3日における New Orleans 市ビジネス区の強



図1 Hurricane Katrina の経路<sup>1)</sup>



図2 Hurricane Katrina 調査行程概要(地図は mapquest<sup>2)</sup>) (小さい矢印は高潮による PC 橋の落橋方向)

風による被害が目立つ高層建築物群の衛星写真を示す<sup>3)</sup>。スーパードームは高さ約 82m、直径約 210 m の構造物で、屋根の防水シートが剥離したが、調査時には既に改修されていた。防水シートが残っている方向(北西方向)から風が作用したとの証言を得ている。写真 2 は、28 階建て RC 造の Hyatt Regency Hotel の窓ガラスの破損被害で、写真の白いパネルは破損した箇所に応急的に嵌め込まれたシートである。被害を受けたのは風上側に位置した北面で、高さによらずその面の約 3/4 に被害が分布している。風向に対して側面と背面にあたる面ではガラスの破損は部分的で被害は少ない。Bu alo 大学の調査<sup>4)</sup>によると、ガラスが割れたいづれの室内でも小石が見つかり、隣接する北側の建物で、屋根ふき材押えに使用した小石が大量に無くなっていたという証言も報告されている。写真 3 は被害の一部を拡大したものであり、応急処置されたシートから風船が突き出されているのが分かる。これは室内を乾燥させるための排気側での流量を調整するために設けたものであろう。なお、3ヶ月を経過しても、市内のいたる所で、大型乾燥機がビルの室内を乾燥させるために稼働しており、直接的な被害ばかりでなく、建物の機能回復のための費用や、その間の営業損失等を含めると被害の衝撃は多大なものになると考えられる。

また、飛来物によると思われる窓ガラスの破損被害は広い範囲のさまざまな建物において観察された。写真 4 は、建物の 2 階で飛来物の痕跡が見られる窓ガラスを示している。比較的小さい衝突痕からひびが延びているが、ガラスは安全フィルム貼りであったため衝撃を受けても脱落しなかったものと思われる。写真 5 は、15 階程度のビルの屋上を隣接ビルの 20 階から撮ったものである。屋上の断熱を目的として設置されたセメント板(屋根スラブの上に敷き並べられ、アンカーや接着剤で固定されないことがある)が、強

風で飛散した形跡が見られる。吹き飛ばされたセメント板は自身の建物や他の建物に危害を加える原因になり、大変危険である。

高層建築物屋上のパネルも写真 6 に示すように、多く被害を受けた。これらのパネルでは、風上側から強風の正圧を受けるとき、その背後に強い負圧が作用するため、同じパネルの背後が室内に面する場合に比べて、2 倍～2.5 倍程度の荷重を受けることを考慮する必要があるだろう。

写真 7、8 に軒天井とキャノピーの被害例を示す。写真 8 の道路側のガラス・キャノピーも強風によって吹き飛ばされていた。軒天井に作用する風荷重は、一般に、小さくないことが多いので注意が必要であるが、軒天井の風荷重は多くの耐風設計基準には示されていないことから、風力係数の例示などの必要があると考えられる。

木造住居等低層構造物の被害は、高潮や波による被害と強風による被害が混在しており区別の付きにくい事例が多数存在していた(写真 9)。強風による被害は、我が国における台風や竜巻による被害と同様で 棟瓦 屋根ふき材(写真 10、軒下に浸水痕跡が見られる)、アンテナ等において顕著であり、倒木による被害も見られた。

#### 高潮による被害

この Hurricane による死者と被害の大半は、最大で 7m を越える高さの高潮に関連している。当然、高潮発生には、Hurricane 周囲の強風特性が密接に関与しており、高潮被害も間接的には強風災害とも言える。例えば、New Orleans 市内には、複数の堤防が決壊(写真 11、12、13)して浸水被害が拡大したが、図 1 に示すように Katrina の進路の前方および右側における南東から東の風によるメキシコ湾から内陸に向かって海水が吹き寄せられ、Hurricane の低気圧による海面上昇と重なり、Lake Borgne を経由して東から New Orleans を襲った高潮



写真 1 New Orleans ビジネス地区<sup>3)</sup>



写真 2 Hyatt Regency Hotel



写真 3 写真 2 の詳細



写真 4 窓ガラス被害例



写真 5 ビル屋上のスレート材の飛散



写真 6 屋上パネルの被害



写真 7 軒天井の被害



写真 8 軒天井とキャノピー被害

と Katrina の進路の左側前方に位置する汽水湖の Lake Pontchartrain(東京湾と同程度の広さ)からの北または北西からの風による北からの高潮によって被害が生じていることがルイジアナ州立大学<sup>5)</sup>等によって示されている。

このことは、湖や湾を横断する多数の PC 橋の流失(落下・移動)方向(図 1)からも明らかである。Katrina の進路の右に位置する Biloxi(写真 14)や Bay St Louis では、北西あるいは北側に橋桁が流されているが、Katrina 進行方向左側に位置する Lake Pontchartrain を横断する橋桁は東側に落下あるいは移動していた。この被害は、高潮と同時に押し寄せる高波の作用あるいは橋桁が完全に高潮の高さ以下(平常時の桁の水面からの高さは 1.5 m ~ 数 m であり、高潮時に水没)であり、高潮発生時の海水の流速(15 分で約 1.5 m 水位が増加したビデオ映像があり、かなりの流速で海水が押し寄せていた。また、現地報道では高潮ではなく「津波」と呼ばれていたそうである)による抗力によるものと考えられる。ルイジアナ州側の I10 の PC 橋(幅 12.2 m 長さ 19.5 m の単純桁)では、最も南岸側の橋台で、橋桁自体は残っていたが、ライナーが支承から抜け出し(写真 15)、

数 m 流されたものも存在しており、高潮発生時に浮き上がったと考えられる。なお、I10 に隣接する写真 16 の 3 径間連続 RC 橋は、一部の落下防止柵に被害が見られるが、橋梁本体は深刻な高潮被害を受けていない。

写真 17 は、Biloxi で海に係留されていた船上カジノが高潮で岸に打ち上げられた被害の様子である。このような被害は複数見られ、別の建築物に衝突して、建築物を破壊した例も見られた。写真 18 は、海岸に面した高床式住宅の被害である。この建物から数 m 離れて砂浜の海岸があり、建物敷地と海面とは 1 m 程度の高さしかなく、堤防もない。湾岸沿いの建物では、高潮を考慮して高床式住宅を施工する基準が適用されており、床下まで高潮が押し寄せることが設計の前提となっている。この建物では、高潮が 2 階床高さを超えて衝撃を受けたか、強風を受けたために構造体が破壊されていた。この家の専用はしけ、階段、囲いなども損失している。この付近では、同様の被害が数多く見られ、ベタ基礎しか残っていない家も多く(写真 19)、壊滅状態であった。



写真 9 高潮と強風による住宅の被害



写真 10 屋根ふき材の被害



写真 11 運河堤防決壊箇所



写真 12 決壊堤防背後の民家



写真 13 流失した民家



写真 14 Biloxi の PC 橋の被害



写真 15 支承のライナーの抜け出し



### おわりに

Hurricane Katrina では高潮による被害が顕著であったが、強風による被害も多く見られた。高層建築物の強風被害では、飛散物によると思われる窓ガラスの破損が目立った。この種の被害を防止するには、飛散物を生み出さないことが最も効果的であり、我が国においても、高層建築物の屋上を点検する必要があると考えられる。

### 謝辞

被害調査隊のメンバー；柴山知也教授(横浜国立大学)、加藤史訓主任研究官(国土技術政策総合研究所)、小島治幸教授(九州共立大学)、田島芳満講師(東京大学)、玉川勝巳研究員(河川環境管理財団)信岡尚道講師(茨城大学)、安田孝志理事(岐阜大学)、安田誠宏助手(京都大学)には調査の協力を頂いた。ルイジアナ州立大学の E.C.English 助教授、S.C.S.Cai 講師、H.S.Mashriqui 講師には被害の概要を説明頂いた。FEMA の John “Bud” Plisich 氏と同スタッフおよび USACE のスタッフには立ち入り禁止区域

にも案内頂いた。また、日本総領事館の坂戸勝総領事と蒔苗義昌副領事には調査の便宜を図って頂いた。日本風工学会風災害研究会の各委員からは有力な情報を頂いた。東京工芸大学の 21 世紀 COE プログラムからは、旅費の援助を頂いた。記して厚く感謝申し上げます。

### 参考文献・資料

- 1) [http://www.srh.weather.gov/shv/Katrina\\_Archive.htm/](http://www.srh.weather.gov/shv/Katrina_Archive.htm/)
- 2) <http://www.mapquest.com/>
- 3) [http://www.digitalglobe.com/katrina\\_gallery.html](http://www.digitalglobe.com/katrina_gallery.html)
- 4) G. Mosqueda and K.A. Porter: Assessing damage to engineered buildings in the wake of Hurricane Katrina, Structural Engineer, Multidisciplinary Center for Earthquake Engineering Research (MCFER) University at Bu alo, 2006.2
- 5) <http://hurricane.lsu.edu/floodprediction>



写真 16 3 径間連続橋



写真 17 カジノ船の陸上への打ち上げ



写真 18 海に面した高床式住宅の被害



写真 19 高潮で洗い流された住居跡

## 2005 年 12 月 25 日から 26 日にかけて北日本で発生した突風災害

小林文明 防衛大学校  
田村幸雄 松井正宏 東京工芸大学



2005 年 12 月 25 日から 26 日にかけて発達した低気圧性の影響で北日本の日本海側では強風が観測された。特に山形県酒田市、秋田県峰浜村では突風による局地的な被害が発生した。

### 当時の気象状況

2005 年 12 月 25 日から 26 日にかけて、寒気の南下に伴い日本海上で低気圧が発達した。25 日 21 時の天気図をみると 990hPa まで発達した低気圧から寒冷前線が山陰にまで延びており、1 日で約 20hPa の気圧降下を示し、急速に

発達したことがわかる。一般に冬季日本周辺で急速に発達する低気圧は“爆弾低気圧”と呼ばれることがある。この寒冷前線付近の対流活動は活発であり、酒田突風被害(25日19時ごろ)は前線の南側で形成された積乱雲列に対応していた(図1左)。一方、秋田突風被害(26日12時ごろ)は寒冷前線通過後の北西季節風場に移行してから発生したことがわかる(図1右)。気象衛星画像からそれぞれ突風災害地域上空には、他と区別できるような雲頂の高い(白い)雲が認められた(図中 印)。レーダーエコー画像をみるとエコー頂が8kmを越え、降水強度が64mm/hを越える冬季としては発達したエコーがそれぞれの突風に対応して確認された(図2)。

酒田突風被害に関して、地上の被害と気象データを対応させてその原因を考えてみる。図3は4日間にわたる現地調査から作成された被害マップであり、約14kmにわたり局地的な被害が直線的に散在していた。図中エリア1では幅数メートルの被害が約500m～600m続き、狭い範囲に被害は限定されていた。エリア2で最も顕著な被害が認められ、長さ約500m、幅100mのなかにF1スケールの被害が幅20m程度で存在したこともわかった。地上被害と周囲の地上風速データ、上空のレーダーエコーと対応させると、突風

災害発生時刻(エリア2で19:08、エリア3で19:14)に関連して、19:10に被害域の南側で発達した積乱雲の強エコーとその周辺における20m/s程度のカスト(突風)が認められた(図4)。19:10前後に観測されたカストは、この強エコーからの下降流の地上発散と考えられる。一方、被害域(エリア1)の至近距離に位置する海岸線(新川)の風速計には他の地点とは風速の絶対値や発生時刻の異なる36.9m/sのカストが19:06に観測された。この風速値は被害をもたらした突風そのものを観測した可能性が高い。一方、図から被害エリア1とエリア2は相対的に弱いエコー域に位置していたことがわかる。この積乱雲エコーは上陸直前に急速に発達を始め、19:10から19:20にかけて最盛期を迎えており、エリア1はエコーの発達期、エリア3は最盛期に対応していたと考えられる。

今回の突風は、天気図スケールで見ると急速に発達した低気圧(爆弾低気圧)に伴う現象であった。両被害域は寒冷前線帯と北西季節風下という環境場の違いがあったが、いずれも発達した積乱雲に伴っていた。酒田突風は地上被害の特徴と気象状態から、発達した積乱雲に伴う竜巻あるいは局所的なダウンバーストと推測される。

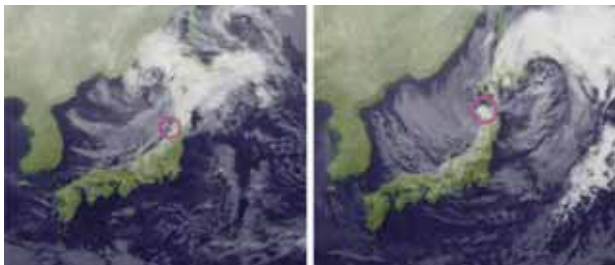


図1 気象衛星赤外画像  
(左:2005年12月25日19時,右:26日12時)

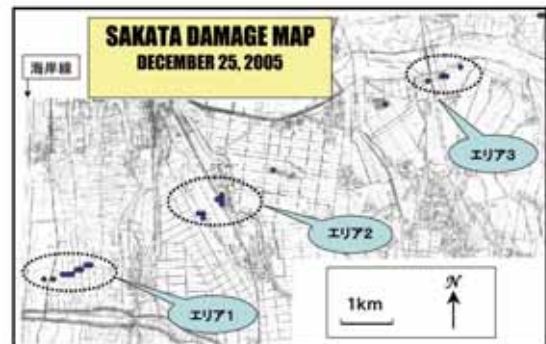


図3 酒田突風災害の被害マップ

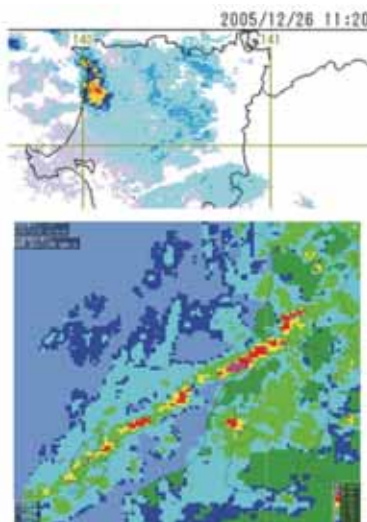


図2 レーダーエコー図 上:26日11時20分  
下:25日19時10分

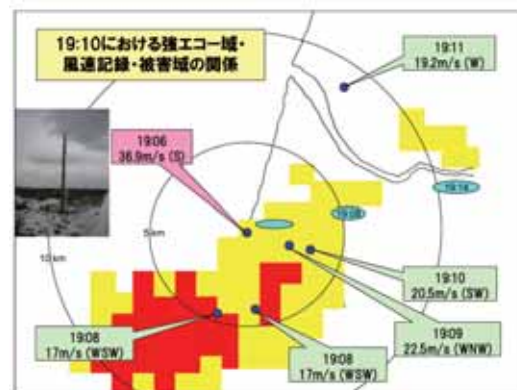


図4 酒田突風災害時(19:10)の強エコー域、風速(カスト)記録、地上被害の関係

## 山形県酒田市周辺における被害

12月25日19:00から19:20にかけて酒田市周辺で突風による被害が発生した。酒田市の酒田測候所では19:12に最大瞬間風速21.6m/s、最大風速10.6m/sを記録しているが、これらは被害が発生するほどの顕著な値ではない。国土交通省河川国道管理事務所による新川海岸における風速計の記録は19:06に36.9m/sの最大瞬間風速を記録している。19:14この突風によると考えられるJR羽越線の脱線事故が発生し、死者5名、負傷者32名の人的被害

が発生した。本COEプログラムによる突風の被害調査は事故処理が着着くのを待って年明け1月2日より開始された。

図に主な被害発生位置を示す。被害は海岸から東北東へ向かって直線状に約12km程度の距離で点在している。現地の地形は平坦で、水田上に積雪が40～50cmあるため、集落や防風林が点在する以外に粗要素は殆どない。JR羽越線の脱線事故現場周辺でも、農業倉庫、ビニルハウス、集落の一部の屋根瓦の飛散などの局所的被害がみられ、突風による影響が強く示唆されている。



2005年12月25日酒田市周辺に発生した突風による主な被害地点 地点1 黒森地区における樹木の被害



地点2 広栄町における防雪柵の被害



地点3 脱線事故付近の農業倉庫被害跡



地点3 榎木地区における棟瓦の被害



同 棟瓦は一続きに針金で結束されていた



地点4 石名坂地区におけるビニルハウスの被害

## 秋田県峰浜村における被害

2005年12月26日11:10～11:20頃、秋田県峰浜村で突風が吹き、木造建築物の倒壊、住宅の屋根飛散、農業施設破損等の被害が発生した。

被害発生地点より7～8km離れたアメダス観測地点における八森、能代における当時の観測記録は11時の風速が最大で8m/s、16m/sと突風を捉えた顕著な記録ではない。図に被害地点を示す。約5kmの直線状に被害が点在している。顕著な被害は、大沢地区における木造2階建事務所の倒壊である。



秋田県峰浜村における突風による主な被害発生地点



大沢地区の木造 2 階建事務所の倒壊  
( 峰浜村役場提供 )



同建物から飛散したと思われる屋根ふき材  
( 峰浜村役場提供 )



戸林地区の農業施設の被害 ( 屋根棟部の損傷 ) 同 , 拡大



### 調査を終えて

JR 羽越線の事故については国土交通省により調査が進められている。当時は発達した低気圧に伴う前線が通過しており、レーダーエコーなどから積乱雲が発達していた。このような気象条件においては非常に局所的なダウンバーストや竜巻などの突風が発生する可能性があるが、その予測は

難しい。また極めて局所的、短時間の現象であるから予め風速計を配置して被害を回避するといった対応をとることは非現実的である。今後、このような局所的現象を対象とした突風に対する現象の理解や被害低減策などの研究を進める必要がある。

## 秋田県大潟村，琴丘町における突風被害調査速報

2005 年 11 月 8 日正午頃，秋田県大潟村から琴丘町にかけて突風が吹き，プレハブ小屋ごと飛ばされた男性の負傷，農業用小屋の倒壊，住宅の屋根飛散，国道防雪柵の破損等の被害が発生した。

当時，日本海側北部では寒冷前線の通過で積乱雲が発達しており，秋田県の日本海側で比較的広い範囲で強風が観測されていた。突風発生地点から南に約 40km 離れた秋田地方気象台（風速計高さ 39.9m）では，12:16 に最大瞬間風速 35.2m/s を，最大風速（10 分間の平均の最大値）は 19.8m/s が記録されている。また大潟村にはアメダス観

測点があるが，風速は 11:50 の 5m/s から 12:00 の 9m/s に増加したものの，竜巻通過と考えられる 12:30 までは 8m/s が続いており，特に顕著な値が記録されていない。図に被害が発生した地点を示す。地点 1 から 6 は大潟村である。この地域は水田が広がっており，風の被害を受ける構造物等が非常に少ない。そのため，上記に示す地点間にも強い風が作用していた可能性がある。また，地点 6 は琴丘町である。町中央には 2 階建程の住宅や店舗が比較的密に建設されており 町を横断する様に被害が分布していた。

( 曹曙陽，松井正宏 )



被害発生地点



地点1 手前農業倉庫倒壊跡，後方へ飛散物が広がっている



地点3と4の間に飛散した建物の骨組が突き刺さっている。人力では抜けなかった。



地点6 琴丘町内の被害。壁面，屋根に損傷を受けている。

## 大スパン片持ち屋根のユニバーサルな等価静的風荷重に関する研究

勝村 章 風工学研究所  
田村幸雄 東京工芸大学



本研究の目的は、構造物のすべての部材の最大荷重効果を時刻歴応答解析によって推定し、それらを同時に満足させるユニバーサルな等価静的風荷重という新しい概念を提案し、これに基づく耐風設計手法を開発することである。

現在、構造骨組用の水平風荷重や屋根風荷重の算定法の1つであるガスト影響係数法は、各国の基・規準類に取り入れられている。ガスト影響係数法のような従来の等価静的風荷重は、ある一つの部材応力や変位など、特定の最大荷重効果に着目し

たものであり、その他の部材や荷重効果に関しては、最大値をもたらす保証がない。風による構造物の応答は時間的にも空間的にも変化しており、構造物を支える各部材に生じる最大荷重効果は必ずしも同時に発生することはない。設計では、これら全ての部材の最大荷重効果を確認しなければならず、従来の方法では無数の等価静的風荷重を与える必要があり、その決定に苦慮してきた。ここでは、大スパン片持ち屋根を例として、すべての部材の最大荷重効果を算定し、これらを同時に再現するユニバーサルな等価静的風荷重について報告する。

屋根風圧モデルは図1に示すような大スパン片持ち屋根を想定した。屋根の構造モデルは、同図に示すように節点

と線要素で構成し、線要素を格子状に配置した。

風洞実験では屋根の表および裏側に合計 96 点の風圧測定点を設け、屋根面の変動風圧をすべて同時に測定した。この変動風圧を屋根構造モデルに作用させて時刻歴解析を行い、すべての部材の準静的な最大荷重効果を算定した。なお、ここでは一例として、スパン直交方向の梁はピン接合とし、最大荷重効果はせん断力に着目した場合について報告する。

最大荷重効果を生じさせる等価静的風荷重をガスト影響係数法により算定し、ユニバーサルな等価静的風荷重と比較する。等価静的風荷重を Figure 2(a) および 3(a) に示す。等価静的風荷重の分布は、いずれ風上側で最も大きな値を示し、風下側に向かって風荷重の絶対値が小さくなる。また、ユニバーサルな等価静的風荷重は、風上側でスパン直交方向に 2 次元性の高い分布を示している。

Figure 2(b) および 3(b) に最大荷重効果の比較を示す。時刻歴解析により求めた真の最大荷重効果は実線で示されており、数値が負から正へと並んでいる。また、図中の印は、等価静的風荷重により算定した最大荷重効果である。ガスト影響係数法では、基本的に 1 つの最大荷重効果にしか着目することができない。ここでは真の最大荷重効果のうち、絶対値の最も大きなものに注目しており、それ以外の最大荷重効果は真の最大荷重効果を再現していない。ユニバーサルな等価静的風荷重による最大荷重効果は、すべての部材の真の最大荷重効果とほぼ一致している。

すべての部材の最大荷重効果を同時に再現させることができるユニバーサルな等価静的風荷重について提案した。今後はいろいろな形状、構造形式に対して適用し本手法の有効性を確認するとともに、指針等に反映させるべくデータベース化を図っていく。

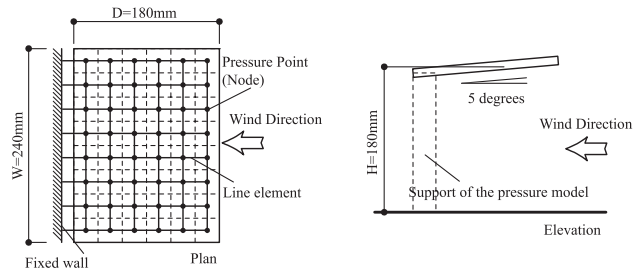


Figure 1 Structural model of cantilevered roof  
(a) ESWL (b) Maximum load effect

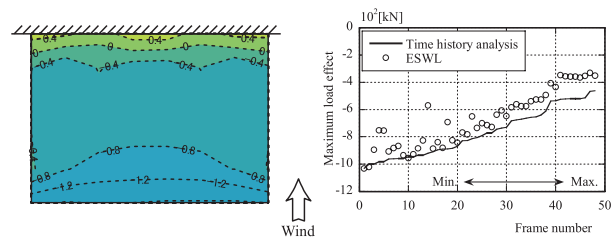


Figure 2 GLF method  
(a) ESWL (b) Maximum load effect

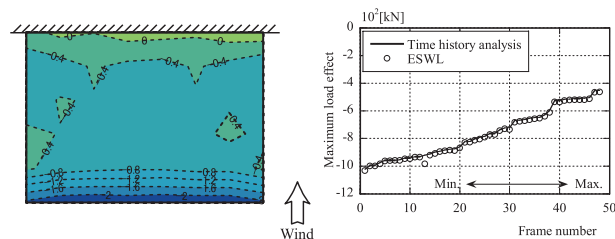


Figure 3 Universal ESWL

## COE オープンセミナー

本 COE プログラムでは、どなたでも参加できる COE オープンセミナーを開催しています。これまでに開催された内容を以下にご紹介します。

日時 2005 年 11 月 26 日 (土) 14:00-16:00  
第36回 場所 東京工芸大学厚木キャンパス  
APEC 強風防災センター 2 階 セミナー室

講演者  
北本 朝展 (国立情報学研究所 情報基盤研究系 助教授)  
講演タイトル  
デジタル台風 網羅的な台風データベースはどう「使える」のか?



日時 2005 年 12 月 3 日 (土) 13:30-16:30  
第37回 場所 東京工芸大学厚木キャンパス APEC 強風防災センター 2 階 セミナー室

講演者  
Nigel Wright (Nottingham 大学 土木工学科 助教授)  
講演タイトル  
CFD for predicting the effects of wind on the built environment



講演者  
James W. Axley (Yale 大学 教授)  
講演タイトル  
Well-Posed Models of Porous Buildings for Macroscopic Ventilation Analysis



日時 2005年12月10日(土) 13:30-15:30  
**第38回** 場所 東京工芸大学厚木キャンパス  
 APEC 強風防災センター 2階 セミナー室

**講演者**

岡本孝司(東京大  
 学大学院 新領域創  
 成科学研究科 教授)  
 講演タイトル  
 最近の PIV 研究



日時 2006年1月28日(土) 11:00-13:00  
**第39回** 場所 東京工芸大学厚木キャンパス  
 APEC 強風防災センター 2階 セミナー室

**講演者**

赤林伸一(新潟大  
 学大学院自然科学  
 研究科 教授)  
 講演タイトル  
 建物における通風  
 性能の定量的評価  
 手法に関する研究



日時 2006年2月18日(土) 13:30-18:00  
**第40回** 場所 東京工芸大学厚木キャンパス  
 APEC 強風防災センター 2階 セミナー室

**講演者**

足永靖信(独立行  
 政法人建築研究所  
 環境研究グループ  
 上席研究員)  
 講演タイトル  
 温度成層風洞による  
 都市熱環境の評価



日時 2006年2月18日(土) 13:30-18:00  
**第40回** 場所 東京工芸大学厚木キャンパス  
 APEC 強風防災センター 2階 セミナー室

**講演者**

肖 鋒(東京工業  
 大学 大学院総合理  
 工学研究科 助教授)  
 講演タイトル  
 CIP マルチモーメ  
 ント有限体積法に  
 よる流体数値シ  
 ミュレーション



日時 2006年3月3日(金) 15:00-17:00  
**第41回** 場所 清水建設技術研究所

**講演者**

Ahsan Kareem  
 (University of  
 Notre Dame 教授)  
 講演タイトル  
 Recent Advances  
 in Coupled Dyna-  
 mic Analysis of  
 Wind-Excited Stru-  
 ctures



日時 2006年3月4日(土) 13:30-15:30  
**第42回** 場所 東京工芸大学厚木キャンパス  
 APEC 強風防災センター 2階 セミナー室

**講演者**

池田耕一(国立保  
 健医療科学院)  
 講演タイトル  
 室内空気汚染の現  
 状と対策



COE オープンセミナーの予定は、本学 COE ホームページ (<http://www.wind.arch.t-kougei.ac.jp/>) でご覧いただけます。  
 また、過去のセミナーの様様も、ストリーミングで視聴することが出来ます。

## お知らせ

# The 4th International Symposium on Computational Wind Engineering (CWE2006)

**開催日** : 2006年7月16日-19日

**会場** : パシフィコ横浜

**主催** : 日本風工学会 (JAWE) ・ 東京工芸大学 COE プログラム

**後援** : International Association for Wind Engineering (IAWE)

詳細は下記アドレスの Web ページをご覧ください。

<http://www.wind.arch.t-kougei.ac.jp/cwe2006/index.html>

### 【主要日程】

4-page Extended Abstracts due

March 31, 2006

Early Registration

May 31, 2006

Symposium

July 16-19, 2006

Notification of Selected Papers

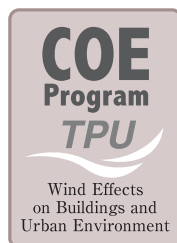
September 30, 2006

Full-papers due (selected papers)

December 31, 2006

### 参加申し込み・問い合わせ先

東京工芸大学 CWE2006 事務局  
 〒 243-0297 神奈川県厚木市飯山 1583  
 Email : [cwe2006@arch.t-kougei.ac.jp](mailto:cwe2006@arch.t-kougei.ac.jp)  
 Tel/Fax : 046-242-9656



---

21世紀COEプログラム『都市・建築物へのウインド・イフェクト』メンバー  
工学研究科 建築学専攻

田村 幸堆	教授 (拠点リーダー)	強風災害低減システムの構築	yukio@arch.t-kougei.ac.jp
大場 正昭	教授	通風設計法の開発	ohba@arch.t-kougei.ac.jp
義江龍一郎	教授	市街地の大気汚染防除	yoshie@arch.t-kougei.ac.jp
大野 隆司	教授	対風構工法の開発	oono@arch.t-kougei.ac.jp
大熊 武司	客員教授	耐風設計法の構築	ohkuma@arch.kanagawa-u.ac.jp
松井 正宏	助教授	強風予測手法の開発	matsui@arch.t-kougei.ac.jp
伊藤 一秀	助教授	室内空気汚染制御	ito@arch.t-kougei.ac.jp

---

東京工芸大学工学研究科 風工学研究センター

〒243-0297 神奈川県厚木市飯山1583

TEL & FAX 046-242-9540 URL: <http://www.arch.t-kougei.ac.jp/COE>

ISBN 4-902713-16-0