

# Wind Effects

*New Frontier of Education and Research in Wind Engineering*

# News

**Vol.29 February 2012**

Wind Engineering Research Center  
Graduate School of Engineering  
Tokyo Polytechnic University

## INDEX

- Report on "The 8th international Advanced School on Wind Engineering" (IAS8) ..... 1
- JaWEIK6 開催報告 ..... 3
- The 4th International Workshop on Equivalent Static Wind Loading  
開催報告 ..... 5
- 観測と実測に基づく強風被害軽減のための研究集会参加報告 ..... 5
- 2011年11月に鹿児島県徳之島町で発生した突風被害について ..... 6
- Damping based on stick-slip surface model ..... 9
- Baniotopoulos, C.C., Borri, C. & Stathopoulos, T. (editors)  
Environmental Wind Engineering and Design of Wind Energy  
Structures, CISM Vol. 531, Springer, Wien, New York 2011 ..... 13
- グローバル COE オープンセミナー ..... 13

# Report on " The 8th international Advanced School on Wind Engineering" (IAS8)

(Course A: Structural Wind Engineering)

Date: November 14-16, 2011

Venue: Hong Kong Polytechnic University, Hong Kong, China

(Course B: Environmental Wind Engineering)

Date: November 16-18, 2011

Venue: Hong Kong University of Science & Technology, Hong Kong, China

The international Advanced School (IAS) on Wind Engineering is one of the educational activities of Global Center of Excellence (GCOE) Program at Tokyo Polytechnic University (TPU), entitled "New Frontier of Education and Research in Wind Engineering", to provide advanced professional training in the field of wind engineering. The 8th IAS was successfully held in Hong Kong, China, from 14th to 18th November 2011. It was co-hosted by GCOE of Tokyo Polytechnic University, The Hong Kong Polytechnic University (HKPU) and The Hong Kong University of Science & Technology (HKUST) with Prof. Yukio Tamura (TPU), Prof. You-Lin Xu (HKPU), and Prof. Tim Tse (HKUST) as coordinators. The 8th IAS was inaugurated by Prof. Yukio Tamura, President of International Association for Wind Engineering and Professor of TPU, Japan. Prof. Alex P.K. Wai, Vice President of HKPU and Dr. C.M. Koon, Assistant Director of the Hong Kong Building Department are honorable officiating guests and gave opening speeches in the opening ceremony.

The 5 days' IAS8 was divided into two courses with different themes: Structural Wind Engineering and Environmental Wind Engineering. In between the two courses, two technical visits to 1) The Hong Kong Airport Core Programme Exhibition Centre and Hong Kong Bridge Structural Health Monitoring Centre and 2) The CLP Wind/Wave Tunnel Facility (WWTF), HKUST, were organized to further strengthen the courses and to provide relevant demonstrations. 11 worldwide prominent wind experts from 9 different countries all over the world were invited to give excellent lectures. The details of the lectures were as follows:



### Structural Wind Engineering

Prof. You-Lin Xu (The Hong Kong Polytechnic University, Hong Kong)

1. Numerical models for simulating typhoon wind fields in boundary layer.
2. Directional typhoon wind speeds and profiles in Hong Kong.
3. Simulation of directional typhoon wind speeds and profiles over complex terrain

Prof. Richard Flay (The University of Auckland, New Zealand)

1. Bluff body aerodynamics 1.
2. Bluff body aerodynamics 2.
3. Gust factor approach to determine the along-wind dynamic response to turbulence.

Prof. Yukio Tamura (Tokyo Polytechnic University, Japan)

1. East Japan Earthquake and Tsunami Disaster on March 11 2011
2. Damping devices to suppress wind-induced response.
3. Monitoring techniques in wind engineering.

Prof. Chris Baker (University of Birmingham, United Kingdom)

1. Thunderstorms and tornados.
2. Wind effects on trees and crops.
3. Wind effects on vehicles.

Prof. Kenny Kwok (University of Western Sydney, Australia)

1. Wind-induced vibration of structures-with special reference to tall building aerodynamics.
2. Human perception of tall building motions in strong wind environments.

Prof. Ted Stathopoulos (Concordia University, Canada)

1. Understanding wind codes and standards: Fundamentals behind their provisions I.
2. Understanding wind codes and standards: Fundamentals behind their provisions II.
3. Understanding wind codes and standards: Fundamentals behind their provisions III.

### Environmental Wind Engineering

Prof. Chris Baker (University of Birmingham, United Kingdom)

1. Wind effects on people.





Prof. Kenny Kwok (University of Western Sydney, Australia)

1. The role of wind engineering in air ventilation assessment (AVA) for building developments.

Prof Michael Schatzmann (University of Hamburg, Germany)

1. Properties of urban boundary layers.
2. Experiments in field and wind tunnel boundary layers.
3. Emergency response tool for accidental releases.

Prof Qingyan Chen (Purdue University, USA)

1. Wind in building environment design.
2. Models for predicting ventilation performance in buildings.
3. Predictions of room air distribution: Solved and unsolved problems.

Prof Shinsuke Kato (University of Tokyo, Japan)

1. Control of airflow and particle dispersion in hospital rooms by CFD and ventilation effectiveness analysis.
2. Wind induced cross ventilation with single-sided opening.
3. Preferable urban wind related with indoor environment.

Prof Matthew Santamouris (University of Athens, Greece)

1. Passive Cooling of Buildings I.
2. Passive Cooling of Buildings II.
3. Passive Cooling of Buildings III.

Prof Ryuichiro Yoshie (Tokyo Polytechnic University, Japan)

1. Energy conservation effects of hybrid ventilation in

high-rise office buildings.

2. Influence of form of building groups on urban ventilation.
3. Technique for simultaneously measuring fluctuating velocity, temperature and concentration in non-isothermal flow.

The 8th IAS received excellent responses from students, engineers, designers, researchers, scientists and consultants working in the fields of structural and environmental wind engineering. It attracted more than 85 participants, who came from universities, consultant firms, government agents, and other private sectors, such as the Hong Kong Polytechnic University, The Chinese University of Hong Kong, City University of Hong Kong, The University of Hong Kong, Planning Department, Buildings Department, Highways Department, Environmental Protection Department, etc. They are benefited from the two courses via the rigorous discussions between the students and speakers during and after each lecture. The IAS8 was evidently appreciated by the participants, who expressed that more international activities of this kind should be organized to facilitate collaborations and acknowledge exchanges.

Finally the closing ceremony was held on 18th November 2011, for which Prof. Yukio Tamura of TPU, Japan, gave a heart-stirring close speech. The success of the IAS8 was a collective effort of GCOE of TPU, HKPU and HKUST.

## JaWEiK6 開催報告

日時：2011年10月31日

会場：京都大学防災研究所

2011年10月31日に The 6th Korea-Japan Joint Workshop on Wind Engineering (JaWEiK6) が京都大学防災研究所で開催された。本会議は日本風工学会および韓国風工学会との共催で、毎年両国の持ち回りで開催されており(2009年は新型インフルエンザにより中止)、2005年の第1回 JaWEiK から数えて今回が第6回目であった。

会議は日本風工学会の河井宏允会長からの挨拶で始まり、日本と韓国および今回から参加した中国の研究者からそれぞれの国での最近の研究成果、動向などの報告がなされた。以下に講演者と講演タイトルを記す。日本側から7件、韓国側

から8件、中国側から5件の発表があり、活発な討議が行われた。閉会の辞として、韓国風工学会の Prof. Sang-Joon Lee 会長から挨拶があり、次年度からこれまでの日本と韓国に加えて中国も参加することになり、会議の名称を JaWEiK から CJK Workshop on Wind Engineering とし、次回は2012年6月に韓国で開催予定とすることが発表された。

Gi-Nam Kim (Hyundai Eng. & Const. Co., Ltd), Wind-Resistant Design of ULSAN Bridge

Haesung Lee (Seoul National University), Restoration

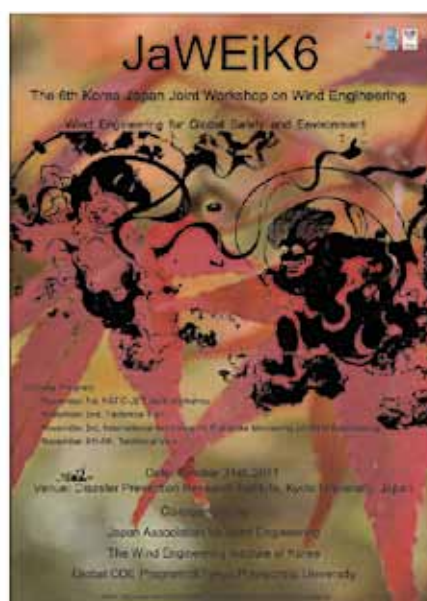


図1 JaWEiK6 のポスター

of causality condition for the convolution integral of aerodynamic force

Ho-Kyung Kim (Seoul National University), Estimation of wake galloping of unparallel cylinders

Hyun-Goo Kim (Korea Institute of Energy Research), Wind Resource Assessment of Building Integrated Wind Turbine by RS, NWP and CFD

Wan-Ho Jeon (CEDIC Co.), Development of Automatic Wind Resource Analysis System by using CFD

Hongjin Kim (Kyungpook National University), Assessment of typhoon behavior and performance of TMD by system identification

Ji Young Kim (Daewoo Institute of Construction Technology), Field measurements of architectural structures and their comparisons with structural analysis

Jongdae Kim (Samsung C&T), CFD estimation of flutter

derivatives for plate girder bridge

Yaojun Ge (Tongji University), Wind Engineering Group in China

Shuyang CAO (Tongji University) Wind Engineering Study in Tongji University

Haili Liao (Southwest Jiaotong University), Wind Engineering Study in SWJTU

Chen Kai (China Academy of Building Research), A new approach for the calculation of wind-induced response: Generalized Coordinate Synthesis method

Qing-Shan Yang (Beijing Jiaotong University), Wind-induced Responses of Long Span Roofs

Tomomi Yagi (Kyoto University), Generation factors of dry-state galloping of stay-cables in consideration of surface conditions

Susumu Fukunaga (Honshu-Shikoku Bridge Expressway Company Limited), Results of field observation for vibration of cables on Tatara Bridge

Yasuo Okuda (Building Research Institute), Damage to buildings in inundation area induced by tsunami -great east Japan earthquake

Masahiro Matsui (Tokyo Polytechnic University), Design tornado for assessing important structures in Japan

Tetsuya Takemi (Kyoto University), High-resolution meteorological modeling of wind extremes associated with weather disturbances

Hiroaki Nishimura (General Building Research Corporation of Japan), Wind damage to metal roof coverings due to typhoons in 2011

Hiromasa Kawai (Kyoto University), Structure of a pair of conical vortices and pressure on a flat roof in smooth and turbulent flows

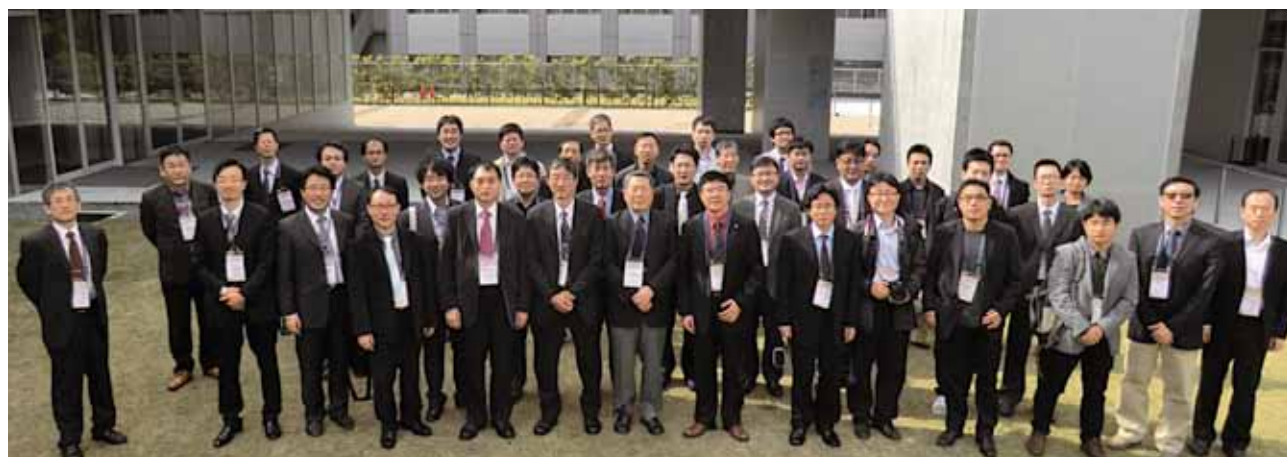


図2 集合写真

## The 4th International Workshop on Equivalent Static Wind Loading 開催報告

日 時：2011 年 11 月 1 日

会 場：京都大学防災研究所

2011 年 11 月 1 日に The 4th International Workshop on Equivalent Static Wind Loading が京都大学防災研究所で開催された。本ワークショップは日本の科学技術振興機構 (JST) および中国の国家自然科学基金委員会 (NSFC) が公募した「日本—中国研究交流 『環境保全及び環境低負荷型社会の構築のための科学技術』の共同研究プロジェクト「都市や社会基盤における強風（又は台風）災害インパクトの評価と緩和技術」に採択された“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”の一環として開催された。本共同研究プロジェクトは

東京工芸大学、同済大学、北京交通大学で進められており、第 1 回目は上海の同済大学、第 2 回目は東京工芸大学、第 3 回目は北京交通大学で解されている。日本側から 4 件、中国側から 9 件の研究発表があり、活発な討議が行われた。次回は 2012 年 6 月に韓国で CJK Wind Workshop に合わせて開催される予定である。また、翌日にはテクニカルツアーを行い、世界最大級の振動台を有する兵庫耐震工学研究センター (E-defense) および明石海峡大橋を見学した。



図 1 会議の様子



図 2 集合写真（明石海峡大橋へのテクニカルツアー）

## 観測と実測に基づく強風被害軽減のための研究集会参加報告

日 時：2011 年 11 月 3 日

会 場：京都大学防災研究所

2011 年 11 月 3 日に観測と実測に基づく強風被害軽減のための研究集会が京都大学防災研究所さだホールで開催された。本研究集会の目的は、台風・竜巻による強風の発生の機構

と実態の解明と強風災害の防止・軽減のため、強風観測や災害調査ならびに自然風中での各種構造物の風力および応答の実測について、気象学、風工学、土木工学、建築学、鉄道、電力



等の各分野の研究者が、最新の結果を含めてこれまでの研究成果を総括し発表し相互の学術技術情報を交換することにより、防災学の発展と強風災害の被害低減に関する有効な方法の開発に寄与することであり、Prof. Ahsan Kareem (University of Nortre Dame), Prof. Yao-jun Ge (Tonji University), Y. L. Xu (The Hong Kong Polytechnic University) の国外から3名の招待講演を含む合計19件の発表があり、活発な討議がなされた。以下に招待講演タイトルを記す。なお、会議終了後に懇親会が開催され、有意義な情報交換が行われていた。



図1 石崎先生の業績を説明する田村幸雄拠点リーダー

Ahsan Kareem (University of Nortre Dame)

Performance of buildings in urban areas under winds

Yao-jun Ge (Tonji University)

Full measurement of dynamic and aerodynamic performance of a long-span suspension bridge

You Lin Xu (The Hong Kong Polytechnic University)

Wind and structural health monitoring of landmark structures



図2 懇親会の様子

## 2011年11月に鹿児島県徳之島町で発生した突風被害について

岡田 玲

11月18日午後19時頃、鹿児島県徳之島町轟木で竜巻と考えられる突風が発生し3名が死亡したほか、自動車が飛ばされたり住家が損壊したりするなどの被害が発生した。このため東京工芸大学風工学研究センタは、京都大学防災研究所と共同で調査団を翌日19日に現地に派遣し、20日21日の両日で現地被害調査を行った。本速報では調査により明らかになったことについてまとめて報告する。

気象庁によれば<sup>1)</sup> 竜巻発生当時前線がユーラシア大陸から九州の西海上にのびていた。奄美地方は前線の南側に

あり、徳之島では南から湿った気流が流入し、大気の状態が不安定となっていた。鹿児島地方気象台と名瀬測候所ではこの突風を、被害発生当時発達した積乱雲が被災地周辺を通過していた、被害分布(後述)が帯状に分布していた、旋回状の被害が見られた(後述)、「ゴーツ」という音が通過していったなどといった証言をもとに竜巻の可能性が高いと判断している。竜巻と思われる突風により被害を受けた地域を図1に示す。



図1 被害発生地域と突風進行方向

この突風は日没後に発生したため、目撃証言などは得られなかったものの、複数の証言などを併せると、丘の中腹で発達して平地でタッチダウンしたのちに山間部に至って消失したと考えられる(図1参照)。図1に示す位置にある徳之島地区消防組合天城分遣所で記録された突風発生当時の風向はほぼ南から南南東であり、島の反対側にある消防署においても風向は同様である。島全体にこの風向で風が吹いていたと考えられ、それに沿って竜巻が移動したと考えられる。

気象庁の発表によればFスケールはF1～F2である。



図2 被害分布

住家1棟と車がそれぞれ100メートル、20メートル飛ばされたことなどが判定の主因となっている。

被害状況は死者3名、全壊住家1棟、部分壊住家1棟、部分壊非住家2棟全壊車両1台、部分壊車両1台、その他飛散物により開口などに被害を受けた住家が数棟見られた。

図2に被害分布を示す。図中で■は被害を受けた構造物、▲は飛散物により被害を受けた構造物、★は構造物から飛散した主要な飛散物、←はサトウキビが倒れた方向を示す。

図2においては、前述した4棟の住家・非住家毎に、建物、飛散物と飛散物により発生した被害色分けした。またサトウキビについても色を分けて示した。以下に建物に関連した被害と作物に関連した被害に分けて報告する。

#### << 建物に関連した被害 >>

前記のとおり、全壊、部分損壊した建物は全部で4棟、うち3棟が部分損壊であった。これら3棟の位置は図1中で紫色、青色、緑色で表記してある。南側から紫色の建物は古い牛舎で、屋根全体のみが吹き飛ばされ、北西方向に10m程度飛ばされた位置に落下したとのことである。次に青色は住家で、南側に張り出した屋根がめくり上がり、建物の北側に迫る山肌に落下していた。また住人によれば、居間の畳が10センチ程度持ちあがって落下した。これは建物基礎部から吹きこんだ气流が居間で吹き上げたものと考えられる。それ以外の顕著な被害は見られなかった。図3にこの住家の写真を示す。



図3 張り出した小屋組みが吹きあげられ飛散

写真にあるように、物干しスペースの確保のために建設用仮設足場部材を使って組んだだけの簡易なものである。しかしながら、写真にも少し見えるが、この建物は山の中腹に建っており、写真の右側および建物の北側には山が迫っており、20メートルを超える樹木が天然の防風林のごとく囲んでいる立地にある。屋根が上方に吹きあがったこと、軒下か



ら強風が室内に吹き込んで畳が捲り上がったことなどから、強風は写真手前の車道からの導入路にそって吹きこんだのではないかと想像される。

残る1棟は上記2棟とは少し離れた被害地域の北側に位置している倉庫で、屋根がめくり上がるとともに、その中にあったと思われるネットが倉庫の北側の通りをはさんだ樹木高さ15m程度の位置の枝に引っかかっていた。

一方、今回の突風被害の大半が全壊した1棟の住家に関連するものである。飛散物は最大で780m先で見つかった。不幸にして飛散した住家のなかにいた3名の方が突風に巻き込まれ1名が建物のあった場所から南南東に160m、2名が240m離れた地点で発見された。ここに心より弔意を表す。図1中に赤色で示した記号群が、建物があった位置、飛散物、飛散物により被害を受けた住家群である。住家の主要な骨格をなしていた部分が南南東方向に100m弱飛散した。図4に建物が元あった地点の写真を示す。これは被害発生の翌日に撮影されたものである。この撮影ののちに残存物は速やかに撤去された。



図4 全壊建物のあった地点（撮影：徳之島地区消防組合）

写真に示すように建物の北側は高さ5メートル程度の崖になっている。写真左部の崖に多くの飛散物が見られるが、周囲の植物などに折損などが比較的軽微であることから、建物のなかにあったものが上空から落下してきたものと思われる。この敷地内には写真内に写っている2台の軽自動車が駐車していた。写真右部の白い軽トラックは元あった場所から10m程度北東にずれたものである。またもう一台は軽車両で、白い軽トラック付近にあったものが、ひとたび浮き上がって写真左の崖の中腹に落下したと思われる。木材片がフロントガラスを突き破るなどひどい損傷を受けていた。

今回のような被害が発生したのは、車などが浮遊したことなども含めもちろん突風による風圧が大きな原因のひとつであるが、もうひとつの挙げられるのが住家の工法にあると考えられる。図5に基礎部分を拡大した写真を示す。



図5 基礎部分の拡大写真（撮影：徳之島地区消防組合）

消防組合の証言によれば、この建物は15年ほど前に既に建設されていた建物をこの場所に移築したもののことで、この地域の建物の多くがそうであるように、地面にコンクリートブロックを並べ、その上に躯体を載せただけのものである。基礎は打たれておらず、アンカーなどもされていなかった。

この住家からは屋根組、柱、畳、給水タンク、車のバンパーなど多種にわたっておおくのものが飛散した。そのなかで一番大きかったのが屋根組である。元あった場所から約510メートルの地点に立っている樹木に引っかかっているところを発見された。その様子を図6に示す。



図6 樹木に引っかかった屋根組（撮影：徳之島地区消防組合）

この屋根組は幅5メートル、長さ10メートルにわたるものであり、重量も相当のものである。樹木から下ろすにあたって、引っかかっていた樹木自体を切り倒すこととなった。

#### << 作物に関連した被害 >>

今回の被災地付近は山間部に挟まれた平野で、その多くがサトウキビ畑に覆われており、その間に住家が点在していた。全壊した住家の周囲にもサトウキビ畑と林が広がっており、人命や住家に対する被害が拡大しなかった点において幸いといえる。しかしながら一帯の作物が倒れるなどの多くの被害が見受けられた。図7に衛星写真を元に起こした図にサトウキビが倒れた方向をそのほか樹木、車輛、住家(A→A')などと併せて示す。

建物が元々あった地点(図7中A地点)の南北両側でサ



図 7 作物等傾斜方向

トウキビが全く逆に倒れていること、車輛等の移動方向からこの付近一帯半径 100 メートルの範囲でに旋回流の跡がみられ、それより外側では作物に被害は見られなかったことからこの地点で竜巻とみられる突風がタッチダウンしたものと考えられる。

謝辞：被災者の方達に心より哀悼の意を表します。またご協力、資料の提供をいただいた住民の皆さま、市役所や消防組合をはじめとする公共機関や新聞社の方々に感謝いたします。

参考文献：1) 気象庁、竜巻等の突風データベース：<http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/data/bosai/tornado/index.html>

## Damping based on stick-slip surface model

Ronwaldo Emmanuel R. Aquino, Yukio Tamura

### 1 INTRODUCTION

The concept of friction surfaces in structures represented as stick-slip models has been de-scribed previously in the literature, for example by Tamura (2006), citing Wyatt (1977), Jeary (1986), and Davenport and Hill-Carroll (1986). Current damping predictor models such as by Jeary (1986, 2007) and that presented by Tamura (2006) consider stick-slip friction as the primary mechanism behind damping and its amplitude-dependency, but each based their models more on databases of full-scale damping measurements instead of on the mechanism itself. Furthermore, as pointed out by Tamura (2006), the total effect on actual structures comes from many different stick-slip surface models with varying properties. At this point, such parameters are not deterministically known and so these should be given a stochastic treatment.

The overall primary objective of the study is to characterize the amplitude-dependency of damping based on a stick-slip surface model. For this present report, results from preliminary numerical simulations of such damping contributions to a simple 1-degree-of-freedom with 1-stick-slip-surface (1DOF+1SSS) system, as well as from a 1DOF+6SSS system considering univariate uniform probability distribution, are discussed.

### 2 MODEL

A 1DOF system with mass  $m$ , stiffness  $k$ , inherent damping  $c$ , and  $N$  stick-slip surfaces each represented by an elastic-perfectly-plastic (EPP) spring stiffness  $k_s$  is considered (Fig. 1a). This system minus the EPP springs has a constant, low inherent damping ratio  $\zeta_0$  of 0.3% and a basic natural frequency  $f_0$  of around 9.8 Hz (at  $k_s = 0$ ), and is assumed to behave linearly. The model also assumes that the EPP spring models represent SSS due to non-structural components only, and that there is no influence of soil-structure interaction on the response.

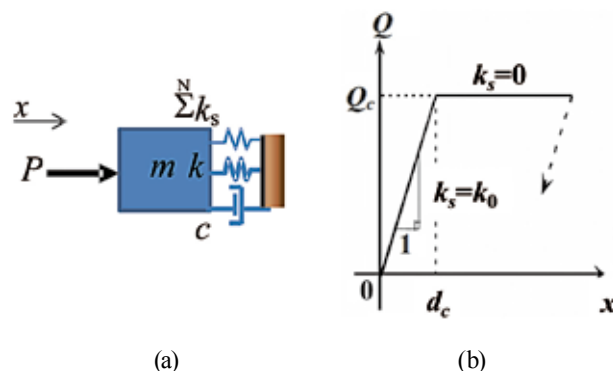


Figure 1. (a) 1DOF schematic; and (b) EPP representation of SSS.

The EPP representation of the SSS is shown schematically in Fig. 1b. For the initial parametric analysis, different combinations of spring capacity  $Q_c$ , trigger displacement  $d_c$ , and initial stiffness  $k_0$  for  $N = 1$  (Table 1) are analyzed one at a time with the same system. This  $N = 1$  system assumes a representation of the mean effects of an  $N \gg 1$  number of SSS with random properties. An aim for this simple exercise with  $N = 1$  is to gain some basic understanding of the mechanism and its effect on the amplitude dependency of damping. Later using Spring Model B (with properties as shown in Table 1), the system damping ratio and natural frequency are changed to 1.0% and 6.7 Hz, respectively, to observe any effect as well.

Finally for this paper, the case  $N = 6$  is analyzed with each individual SSS  $n$  having similar properties (0% variability), and with totals as follows:  $\sum k_{0n} = k_{0B}$ , each  $d_{cn} = d_{cB}$ , and  $\sum Q_{cn} = Q_{cB}$ , where  $k_{0B}$ ,  $d_{cB}$ , and  $Q_{cB}$  are equivalent to the properties of Spring Model B from the  $N = 1$  case (Table 1). The mean of the individual SSS parameters would then be  $k_{0B}/6$ ,  $d_{cB}/6$ , and  $Q_{cB}/6$ .

Since  $k_{0n}$ ,  $d_{cn}$ , and  $Q_{cn}$  at this point are unknown and thus considered random parameters, additional sub-cases are also studied considering different levels of variability from their

mean values and, for now, a uniform probability density. In total for this paper, results from 10 cases (Table 2) are presented. Note again that  $k_0 = Q_c/d_c$  and the summations  $\sum k_{0n}$ ,  $\sum d_{cn}$ , and  $\sum Q_{cn}$  and mean values  $\text{mean}(k_{0n})$ ,  $\text{mean}(d_{cn})$ , and  $\text{mean}(Q_{cn})$  are practically constant for this set of cases.

For all cases, the system is subjected to an impulse load to create free vibration response over a wide range of amplitudes, and then analyzed using a nonlinear time history analysis method with a time step size of around  $T/1000$  for increased accuracy, where  $T$  is the basic natural period of the system without the EPP contribution. Then, the damping ratio is evaluated from the free vibration response history using the logarithmic decrement method. Note then that being results from analysis of a simple, idealized 1DOF representation only, the amplitude levels are to be viewed relatively, not in absolute terms.

### 3 RESULTS

Fig. 2a shows a plot of the damping ratio with the displacement amplitude for one system with ( $N = 1$ ) and without an EPP spring. Although not yet part of the scope of this paper, the amplitude dependency of frequency is also exhibited in Fig. 2b. Fig. 3 shows representative results for damping that illustrate their relationship with the EPP spring parameters. Figs. 4a and 4b show how the change in basic system frequency or damping, respectively, affect the  $N = 1$  case.

Fig. 4c shows a comparison between the  $N = 1$ , and the  $N = 6$  case with 0% variability. Lastly, Fig. 5 shows zoomed-in plots showing where the variability in the different individual SSS properties ( $Q_{cn}$ ,  $d_{cn}$ , and  $k_{0n}$ ) affect the damping most visibly.

Table 1. Properties of different EPP spring models to represent SSS ( $N = 1$  cases)

Spring Model	$k_0$ (kN/m)	$d_c$ ( $\text{m} \times 10^{-4}$ )	$Q_c$ (kN)
A	10,000	6	6
B	60,000	6	36
D	1,667	36	6
E	10,000	36	36
F	60,000	36	216
H	1,667	216	36
I	10,000	216	216

Table 2. Different cases of parameter variations considered for  $N = 6$  and with uniform probability distribution

Case	$k_{0n}$ (% var.)	$d_{cn}$ (% var.)	$Q_{cn}$ (% var.)	range of $k_{0n}$ (kN/m)	range of $d_{cn}$ ( $\text{m} \times 10^{-4}$ )	range of $Q_{cn}$ (kN)
0	0%	0%	0%	10,000	1	1
1	5%	0%	5%	9,400~10,600	1	0.94~1.06
2	19%	0%	19%	7,500~12,500	1	0.75~1.25
3	70%	0%	70%	625~19,375	1	0.0625~1.9375
4	5%	5%	0%	9,375~10,625	0.94~1.07	1
5	19%	19%	0%	7,500~12,500	0.80~1.33	1
6	70%	171%	0%	625~19,375	0.52~1.60	1
7	0%	5%	5%	10,000	0.94~1.06	0.94~1.06
8	0%	19%	19%	10,000	0.75~1.25	0.75~1.25
9	0%	70%	70%	10,000	0.06~1.94	0.06~1.94



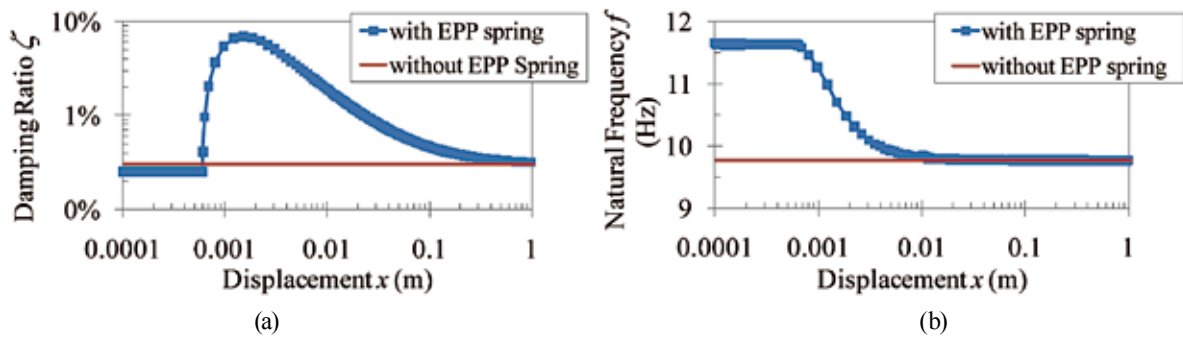


Figure 2. Amplitude dependency of (a) damping ratio  $\zeta$  and (b) natural frequency  $f$ , due to SSS ( $N = 1$ ).

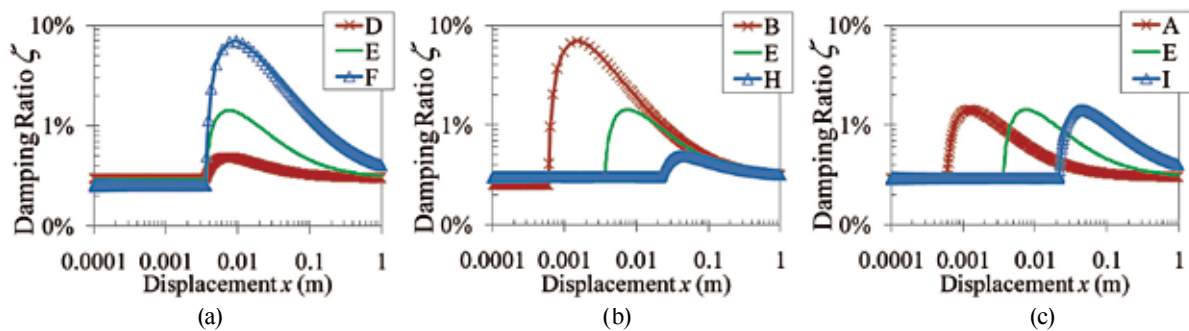


Figure 3. Amplitude versus damping, for (a) constant  $d_c$ , (b) constant  $Q_c$ , and (c) constant  $k_0$ . Refer to Table 1 for properties of spring models A, B, D, E, F, H, and I.

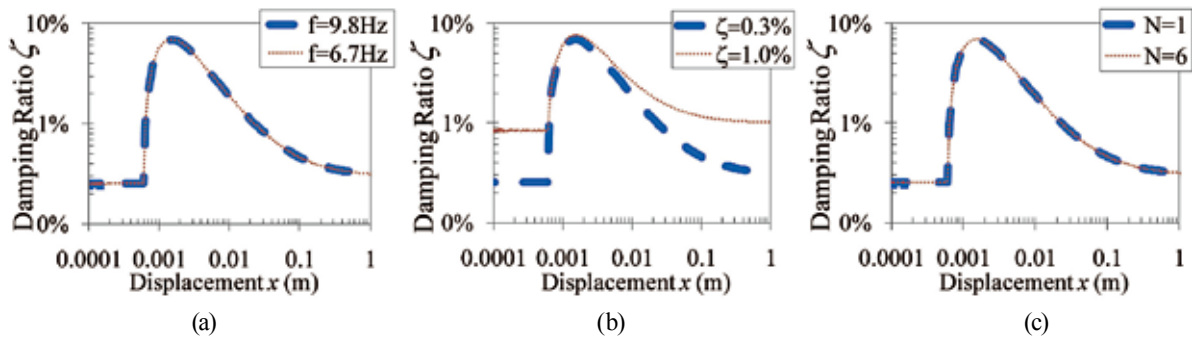


Figure 4. Effect on damping of (a) decrease in  $f_0$ , (b) increase in  $\zeta_0$ , and (c) multiple instead of just one EPP spring.

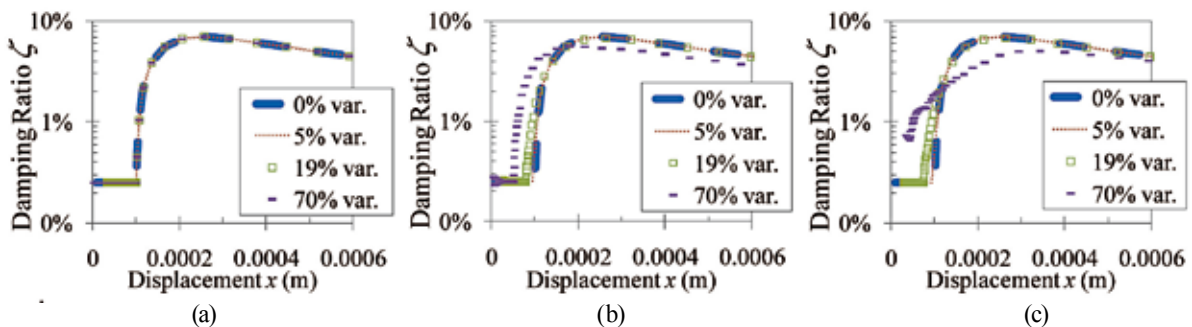


Figure 5. Effect of variability of EPP properties on damping (for  $N = 6$ ). (a) Cases 0, 1, 2, and 3, (b) Cases 0, 4, 5, and 6, and (c) Cases 0, 7, 8, and 9. Refer to Table 2 for description of cases.

#### 4 DISCUSSION

Regarding amplitude dependency, we can see from Fig. 2 that indeed damping starts to increase with amplitude and frequency starts to decrease with amplitude at a certain point, say  $x_l$ , with the frequency dropping back to the basic system frequency  $f_0$  (i.e. equivalent to no SSS). At slightly higher amplitude, say  $x_m$ , the damping starts to decrease with amplitude after reaching a maximum value, say  $\zeta_m$ , then dropping back to the level of  $\zeta_0$ .

When  $x_l$ ,  $x_m$ , and  $\zeta_m$  are determined from the plots in Figs. 3 and 5,  $x_l$  is found to generally tend to shift closer to the lowest  $d_{cn}$  in  $N$ -surface systems, or to the sole  $d_c$  or mean  $d_{cn}$  for 1-spring or 0% variability systems, respectively. Up to a certain level of variability,  $x_m$  appears to be a function of  $d_c$  or the mean  $d_{cn}$  as well, and  $\zeta_m$  a function of  $k_0$ . Furthermore, the spring capacity  $Q_c$  appears to have the least direct effect on the amplitude dependencies.

Based on Figs. 4a and 4b, the damping contribution from the stick-slip component,  $\zeta_{ma}$ , is found to be constant regardless of the system inherent damping  $\zeta_0$  for low variability systems, and thus can be regarded as a “maximum possible damping” associated with the mean properties of the various  $N$  stick-slip surfaces. Damping amplitude dependency is unaffected by a change in system frequency.

The effect of variability becomes imminent only with  $d_{cn}$  variability and even more so with  $k_{0n}$  variability as well, as can be observed from Fig. 5. Significantly large variability particularly for both  $d_{cn}$  and  $k_{0n}$  tends to lower  $\zeta_m$ ,  $x_m$  and  $x_l$ . The variability also creates a more linear relationship between the amplitude and damping for the part where the former increases with the latter.

Based on Fig. 4c, we can postulate that a 1-spring model can be useful in that it may represent an  $N$ -surface system with 0% variability in  $d_{cn}$ .

#### 5 CONCLUSION

The initial work presented in this report involves analysis of a simple, linear 1DOF structural system with contribution from SSS represented by EPP spring models with mean and with randomly varying properties following a uniform probability distribution. It has been found that the amplitude dependency of damping depends highly on the stick-slip surface characteristics, and in the variability of these parameters for multiple surface systems. The results also

show that after an initial increase, the damping contribution from each SSS then decreases with amplitude.

Though these results and conclusions look promising, the authors are carrying out further numerical analyses to add to these initial results and conclusions, including simulations with  $N \gg 6$  and with other probability distributions, and including observations on amplitude dependency of frequency as well. To complement this computational work, the authors are also currently looking at performing scale-model experiments, processing data from full-scale experimental models, and processing data from full-scale actual structures where the damping contribution from actual stick-slip surfaces come into play.

#### 6 REFERENCES

- Davenport, A.G., and Hill-Carroll, P., 1986. Damping in tall buildings: its variability and treatment in design, in: Proceedings of the ASCE Spring Convention, “Building Motion in Wind,” Seattle, Wash., USA, 42-57.
- Jeary, A.P., 1986. Damping in tall buildings – a mechanism and a predictor. *Earthquake Engineering and Structural Dynamics* 14, 733-750.
- Jeary, A.P., 2007. Damping – estimation, measurement and influence on response, in: Proceedings of the 12th International Conference on Wind Engineering, Cairns, Australia, 1255-1262.
- Tamura, Y., 2006. Amplitude dependency of damping in buildings and estimation techniques, in: Proceedings of the 12th AWES Wind Engineering Workshop, Queenstown, New Zealand.
- Wyatt, T.A., 1977. Mechanisms of damping, in: Proceedings of the Symposium on dynamic behavior of bridges, Transport and Road Research Laboratory, Crowthorne, Berkshire, 19 May 1977.

## Baniotopoulos, C.C., Borri, C. & Stathopoulos, T. (editors) Environmental Wind Engineering and Design of Wind Energy Structures, CISM Vol. 531, Springer, Wien, NewYork 2011

(Hardcover, ISBN 978-3-7091-0952-6 (pages 358)).

The book presents a state-of-the-art in environmental aerodynamics and the structural design of wind energy support structures, particularly from a modern computational perspective. Examples include real-life applications dealing with pollutant dispersion in the building environment, pedestrian-level winds, comfort levels, relevant legislation and remedial measures. Design methodologies for wind energy structures include reliability assessment and code frameworks.

Contents: T. Stathopoulos: Introduction to environmental

aerodynamics.- T. Stathopoulos: Applications of environmental aerodynamics.- B. Blocken: Computational wind engineering. Theory and applications.- A. Zasso, P. Schito: Aero-servo-elastic design of wind turbines: numerical and wind tunnel modeling contribution.- P. Schaumann et al.: Support structures of wind energy converters.- C. C. Baniotopoulos et al.: Topics of the design of tubular steel wind turbine towers.- C. Borri, P. Biagnini, E. Marion: Large wind turbines in earthquake areas: structural analyses, design/construction and in-situ testing.

## グローバルCOE オープンセミナー

本グローバル COE プログラムでは、どなたでも参加できるグローバル 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。

第 36 回 日時：2011 年 6 月 8 日（水）15:00-17:00  
場所：東京工芸大学厚木キャンパス本館 6 階大会議室

- 講演者：  
Xueyi Fu (China Construction Design International)  
■ 講演タイトル：  
Design of super-tall buildings and long-span structures



- 講演者：  
Qiusheng Li (City University of Hong Kong)  
■ 講演タイトル：  
Wind Effects on Buildings: Field measurement, Wind tunnel testing and Numerical simulation



第 37 回 日時：2012 年 1 月 28 日（土）13:30-15:00  
場所：東京工芸大学厚木キャンパス本館 011 教室

- 講演者：  
大幢勝利 (労働安全衛生総合研究所)  
■ 講演タイトル：  
仮設足場に作用する風荷重とその安全対策



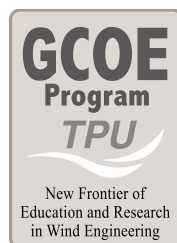
第 38 回 日時：2012 年 1 月 28 日（土）15:00-16:30  
場所：東京工芸大学厚木キャンパス本館 011 教室

- 講演者：  
小林知広 (立命館大学)  
■ 講演タイトル：  
通風気流場を対象とした流体量測定と CFD 解析の精度



グローバル COE オープンセミナーの予定は本学ホームページ (<http://www.wind.arch.t.kougei.ac.jp/>) でご覧いただけます。





---

グローバルCOEプログラム『風工学・教育研究のニューフロンティア』メンバー  
工学研究科 建築学専攻

田村 幸雄 教授(拠点リーダー)	教育研究拠点形成の統括	yukio@arch.t-kougei.ac.jp
Ahsan Kareem 教授	EVO構築に関連する技術開発	kareem@nd.edu
大場 正昭 教授	通風・換気設計法の研究開発	ohba@arch.t-kougei.ac.jp
義江龍一郎 教授	市街地の熱・空気汚染予測・制御	yoshie@arch.t-kougei.ac.jp
水谷 国男 教授	自然通風・放射涼房システムの開発	mizutani@arch.t-kougei.ac.jp
松井 正宏 教授	工学的竜巻シミュレータの開発	matsui@arch.t-kougei.ac.jp
吉田 昭仁 准教授	風応答モニタリング・ネットワークの構築	yoshida@arch.t-kougei.ac.jp
森田 芳朗 准教授	各国の対風構工法の調査研究	morita@arch.t-kougei.ac.jp
大熊 武司 客員教授	耐風設計法の構築	ohkuma@kanagawa-u.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 : 046-242-9658 URL : <http://www.wind.arch.t-kougei.ac.jp/>