学会賞

平成21年度日本風工学会賞等の授賞者選考経過

第17期表彰委員会委員長 山田 均*

Hitoshi YAMADA

平成21年度日本風工学会賞等の候補者は、日本風工学会誌 Vol.34, No.4 (No.121) の会告・案内および学会のホームページに掲載して募集した。その結果、平成22年1月31日の締切日までに、学会賞（功績賞）1件、学会賞（論文賞）3件、ベストペーパー賞1件、研究奨励賞3件、技術開発賞2件の応募があった。これらの応募に関して、平成22年3月2日に日本風工学会表彰委員会を開催し、慎重に審議した結果、学会賞（功績賞）1件、学会賞（論文賞）2件、研究奨励賞1件、技術開発賞1件を候補として理事会に推薦した。推薦結果は、同日開催の理事会に諮られ、下記の通り授賞者を決定した。

日本風工学会賞（功績賞）（1件）

1. 久保喜延（九州工業大学）

功 績 名：橋梁の耐風工学の発展と日本風工学会の活動への貢献

授賞理由：

久保氏は、特に橋梁を中心的な対象として、耐風工学に関わる多くの研究を重ねてこられた。例えば、まず現象把握の基本となる測定手法に関しては、端板の大きさや閉塞率が測定精度に及ぼす影響の解明や比較的簡易かつ高精度な非定常空気力測定手法の開発、現象のメカニズム解明に関しては、扁平な充腹桁において発現する種々の空力振動の特性を、渦配置を発生メカニズムとして捉えることで統一的な理解を可能とする成果をあげた。現象の予測・解析手法としては、吊橋の多自由度非線形応答解析法の提示からはじまり、橋桁部分モデルの応答時刻歴から得られるデータを余すところなく用いて全橋モデル等の応答予測に役立てる「過渡振幅法」を近年開発した。

構造物の耐風安定性向上を目的とした研究では、ローターを用いた境界層のアクティブ制御による充腹断面柱の空力不安定振動の抑制に関する研究（平成4年度日本

風工学会学会賞（論文賞）を受賞）や、剥離流を干渉させる形状とすることで境界層制御と同様な効果をもたらす、「剥離干渉法」を提案した。剥離干渉法は、橋梁の構造部材等の形状や配置を工夫することでも効果を発揮させられるため、フラップ等の空力部材を用いずに耐風性を確保できる場合も多く、経済性・維持管理性の良い設計に寄与するもので、実橋への適用例も多い。剥離干渉法が適用されたPC斜張橋での実測に基づき、 $Re=30000$ 以上の風洞実験のストローハル数は実橋と変わらないと考えられることも示した。また、空力特性に優れた新しい斜張橋ケーブルや五角形断面箱桁等も開発した。これらはいずれも橋梁の対風応答のメカニズムの理解や予測精度の向上ならびに耐風安定性の向上に大きく寄与するもので、高く評価されている。さらに、こうしたご経験を活かして、国内外の数多くの橋梁プロジェクトにも関与され、それらの耐風性確保に大きく貢献されてきた。

日本風工学会では、平成10年から理事を務められ、主として社会貢献分野で、出前講義を実施して風工学に関する社会への啓発活動を行う等、風工学・日本風工学会の存在や役割を、広く社会に認知されること等に多大な貢献を果たされた。また、平成16, 17年度には、表彰委員会委員長も務められ、学会の活動へ貢献されてきた。

このように橋梁の耐風工学の発展に寄与する多大な研究業績と、本学会の活動への貢献において、同氏の果たした功績は大きい。

以上の理由により、久保氏に日本風工学会賞（功績賞）を授賞する。

日本風工学会賞（論文賞）（2件）

1. 丸山 敬（京都大学）

題 目 名：有孔体周りの非定常流れ場の数値解析に関する研究

* 横浜国立大学大学院 教授
Professor, Yokohama National University

- (1) 有孔フェンス周囲の非定常流れ場の数値シミュレーション

掲載誌：日本建築学会構造系論文集，第 74 巻，第 639 号，pp.873-880，2009

- (2) 風速場とネットの変形に関する連成解析

掲載誌：日本風工学会誌，Vol.34，No.2 (No.119)，pp.21-30，2009

授賞理由：

有孔フェンス，いわゆるネットフェンスや網目シートの設置は，ビル風や防風対策，工事現場における飛散や落下防止等の有効な手段の一つとして良く使われるが，強風による破損やシートを支持する足場骨組の崩落事故の要因になることがある。そのため，これらの耐風設計を行うには周辺の流れ場や風圧荷重を見積もる必要があるが，その基礎となる空気力学的特性はその解析方法を含めて不明な点が多く残されている。本研究は，有孔体周りの非定常流れ場を再現する計算手法を新たに提案して，同手法によって有孔体の空力特性を明らかにするとともに，有孔体自体の風応答挙動を予測できる手法を構築したものである。これにより，有孔フェンスやネット等の有孔体を利用する構造物の耐風設計のための情報取得を実用化している。すなわち，本研究が提案する手法は，有孔フェンスやネットの形状，風向や周囲の地形，地表面粗度の影響を含めてその非定常乱流場を明らかにし，防風効果や周囲の風環境の予測とその風圧荷重の算定を可能にしている。さらに，流れ場とネット等の動的挙動とを連成させて解析することも可能にしており，これらの手法は他に例を見ないものとして国内外で高い評価が与えられている。

ネットフェンスや網目シートのような有孔体周りの乱流場の計算では，物体形状と周囲の流れ場のそれぞれの代表スケールが大きく異なるため，物体の形状を直接計算領域内に再現しようとする多くの計算点が必要になって，その大きな計算負荷が実用的な計算を困難にする場合が多い。そのため，論文(1)で，物体形状を計算領域に再現せず，物体の影響を空間平均化された抵抗体として運動方程式中に取り込む有孔体モデルを導入したラージ・エディ・シミュレーションによる計算手法を提案し，有孔フェンスの影響を乱流モデルに取り込むとともに，計算負荷の軽減を実現している。同手法による角柱部材で構成される格子フェンス周辺の乱流場の解析結果が風洞実験結果をよく再現すること，また有孔体モデルを用いない場合に比べて計算時間を約 1/10 に軽減できるなどの特徴が明らかにされている。次に，ネットの動的変形解析を周囲の気流解析と連成させて解く方法を論文(2)

で提案して，有孔体自体の風応答挙動の予測に成功している。そこでは，論文(1)で提案した手法と組み合わせながら，たるみ性ネットの解析手法を用いて有風下に置かれたネットの動的挙動を予測しているが，風洞実験結果と比較してその精度検証を行い，有風下に置かれたネットの動的変形および作用する風力や部材内力の予測・評価に関する提案手法の有効性を確認している。

以上の理由から，丸山氏に日本風工学会賞（論文賞）を授賞する。

2. 八木知己（京都大学）

題目名：斜張橋ケーブルの空力振動現象と空気力評価に関する研究

- (1) Evaluation of aerodynamic forces on inclined cable in consideration of end conditions of model for wind tunnel tests

掲載誌：Proc. of the 8th International Symposium on Cable Dynamics, pp.151-158, 2009

- (2) Karman vortex effects on aerodynamic instabilities of inclined stay-cables

掲載誌：Proc. of the 12th International Conference on Wind Engineering, pp.175-182, 2007

- (3) Cross flow response of circular cylinder influenced by Karman vortex mitigation

掲載誌：Proc. of the 7th International Symposium on Cable Dynamics, pp.323-330, 2007

授賞理由：

斜張橋を設計・維持管理する上で，傾斜ケーブルの空力振動現象への対策が大きな課題となっている。レインパイブレーションやドライステート・ギャロッピングといった振動現象の発生メカニズムについてはある程度知見が蓄えられてきたが未だ不明な点も数多く残されている。更に，ケーブルに作用する空気力が定量的に評価されていないため，各振動現象の応答予測が依然困難な状態にある。

以上のような状況を踏まえて，論文(1)では，斜張橋の傾斜ケーブル周りに作用する非定常空気力の定量的評価を目的として，風洞内に設置された傾斜ケーブル模型周りの 3 次元的な空気力特性を考察している。傾斜ケーブル周りの非定常空気力はスパン方向の 3 次元特性が極めて強く，かつその 3 次元的特性は模型の端部条件に起因したものであることを報告している。その結果，剛体模型全体の空気力を測定するのではなく，断面毎の空気力を測定すべきであること，さらには剛体模型を用いた振動試験では応答が

正確に評価できない可能性があること等を示している。従って本研究では、3次元性が強い傾斜ケーブルの空力特性を風洞実験により解明する上で避けることのできない模型端部の影響に敢えて焦点を当て、端部条件の違いによる傾斜ケーブル全体の空力特性への影響を明らかにし、端部の影響が及ばない範囲を検討するとともに、模型全体ではなく端部の影響が及ばない位置における断面の空力特性を調査することの重要性を示すものであり、傾斜ケーブルを対象とする実験を行う上で極めて重要な情報を示している。その主張点は今後の研究に与える影響も少なくなく、より有効な斜張橋ケーブルの安定化対策の開発や、振動発現の条件を定量的に評価する上で今後の方向性を示す重要な知見ということができる。

また、レインバイブレーションやドライステート・ギャロッピングといった傾斜ケーブルの空力振動現象は、カルマン渦の強弱と密接に関連していることを松本勝会員との研究で明らかにしている。論文(2)では、これらの空力振動現象の要因としては、ケーブル背後の軸方向流れ、上面側水路、臨界レイノルズ数による効果等が挙げられるが、全てカルマン渦放出の抑制に繋がっていることを明らかにした。さらに、論文(3)では、円柱後流域に開口率を変化できるスプリッター板を設置し、カルマン渦強度を種々に変化させた状態における自励振動の発現を議論した。その結果、カルマン渦強度が弱くなるとギャロッピング不安定性が増大することを明らかにし、斜張橋ケーブルにおける各種空力現象もカルマン渦放出の強弱で説明できる可能性を示した。

以上の理由から、八木氏に日本風工学会賞（論文賞）を授賞する。

日本風工学会研究奨励賞（1件）

1. 長谷部 寛（日本大学）

題目名：Logarithmic form により数値安定性を向上させた k - ε モデルによる有限要素乱流解析法と壁関数の適用に関する研究

(1) Finite element analysis of 2D turbulent flows using the logarithmic form of the k - ε model

掲載誌：Wind & Structures, Vol.12 No.1, pp.21-48, 2009

(2) 有限要素法による 3 次元乱流解析における壁関数の具体化

掲載誌：応用力学論文集 Vol.11, pp.97-108, 2008

(3) 有限要素法により具体化した analytical wall function の有効性の検討

掲載誌：応用力学論文集 Vol.10, pp.713-722, 2007

授賞理由：

k - ε モデルと壁関数を用いた乱流解析法は、汎用的な解析コードには必ず含まれる広く普及した方法であり、風工学の様々な対象に数多く用いられている。本研究では、この乱流解析法が有する 2 つの数値解析的問題を検討し、その克服を試みている。

1 つ目の問題は、モデル変数である乱流エネルギー k 、エネルギー散逸率 ε が、定義上は非負の量であるが、数値解析ではそれが保証されないことである。本研究では、これを回避する通常の方法である clipping が原因で解析が破綻する場合があることを、バックステップ流れおよび正方形角柱まわりの流れの解析において示した。その上で本研究では、Illinca が提案した logarithmic form を用いた有限要素法による解析法を新たに構築した。Logarithmic form は、 k 、 ε の自然対数 K 、 E を新たな変数として K 、 E の移送方程式を解き、得られた解を指数変換して k 、 ε を求める方法であり、 k 、 ε の非負性を保証する。しかしこれまで、風工学で重要となる過渡的な流れや非定常流の解析において、logarithmic form の効果を検討した研究例はなかった。本研究では、バックステップ流れおよび正方形角柱まわりの非定常流れの解析を行い、局所的に不当な k 、 ε が生じないこと、および解析の破綻が回避されることを示し、logarithmic form が非定常解析において数値安定性向上効果を有することを明らかにした。この研究成果について論文 (1) に発表した。

2 つ目の問題は、壁関数を用いる場合の固体境界上の参照流速の扱いである。数値流体解析で壁関数を用いるとき、計算上の固体境界の参照流速は、境界接線方向成分を未知数とする 1 自由度として扱われる。しかし、角柱などの鈍い物体の角のように接線方向を一意的に定めることができない境界に対して、参照流速の自由度を規定する方法は提案されていなかった。本研究では、周辺の流況から参照流速の方向を定め、流況の変化にともなう参照流速の方向も変化する方法を提案し正方形角柱まわりの流れの 2 次元解析において提案方法の有効性を示した。論文 (2) では、この提案方法を 3 次元風況解析に適用するための拡張を試みた。具体的には、固体境界上の節点ごとに局所的な接平面を定義し、節点流速の自由度を接平面内の 2 自由度として扱い、その主方向成分を参照流速として壁関数法を適用するものである。この方法を孤立峰まわりの流れの 3 次元有限要素解析に適用し、既往の風洞実験結果と比較して良好な解析結果が得られることを示した。これにより、有限要素乱流解析において壁関数を用いる場合の、計算上の固体境界におけ

る参照流速の方向の決定方法を明確にした。

また、壁関数は流れの対数則に基づき構築された方法であることから、剥離流への適用に限界があることが指摘されている。この問題に対して、論文 (3) で、Craft らにより提案された移流と圧力勾配の影響を考慮した analytical wall function を有限要素解析において具体化する手順を示し、チャンネル乱流およびバックステップ流れにおいて、その有効性を確認した。これにより Analytical wall function を物体まわりの流れ場へ適用することによって、従来の壁関数よりも精度の高い解が得られることが期待できることを示した。

本研究は $k-\varepsilon$ モデルと壁関数を用いた乱流解析法における問題点の克服を試みた研究であり、耐風設計や風況予測への数値流体解析技術の適用を推し進めることに資するものと考えられる。

以上の理由から、長谷部氏に日本風工学会研究奨励賞を授賞する。

日本風工学会技術開発賞（1件）

1. JFE スチール(株), JFE 西日本ジーエス(株), 三田村 浩((独)土木研究所寒地土木研究所), 国土交通省北海道開発局室蘭開発建設部, (株)ドーコン

技 術 名：照明柱・アンテナ柱の耐風対策技術

授賞理由：

近年、照明柱、アンテナ柱をはじめとする鋼管柱構造において、風の変動によって生じる不規則応答（ガスト応答）が問題になる事例が生じている。これは、広域の照度の確保、デザイン性から、高さ 10m を超える照明柱が数多く出現したこと、アンテナ柱などが居住地近くに設置されるようになった社会的背景がある。例えば、供用後の白鳥大橋の照明柱において基部のリブ上端部に損傷が確認され、主原因は冬季の強風が卓越する季節風に起因するガスト応答によって疲労損傷を受けた現象であることが明らかになっている。

本技術は、照明柱の風の変動によって生じる不規則応答（ガスト応答）による疲労損傷、揺れによる利用者への不安感を解決するために開発された、摩擦接合基部構造と鋼球衝撃式制振装置である。

摩擦接合基部構造は、三重管の圧入による摩擦接合構造を考案することによって、応力集中を大幅に低減させている。また、疲労強度を大きく低下させる原因となる溶接をなくすために、薄肉の本体管をベースプレートに溶接しない構造とした。摩擦接合は、厚肉の内管と外管

を約 45 トンでボール本体をはさんで圧入しているが、外管・本体管・内管は完全密着しており、再びジャッキで押しても抜けない構造となっており、供用上問題がなく、疲労強度等級の最高等級である A 等級以上である。従来技術では、リブ形状の変化では疲労等級向上に限界があること、ボール径の拡大では基部架台が大きくなること、コンクリート充填二重鋼管構造ではコンクリートと鋼の境界面のメンテナンスの問題が残ることを勘案すると、非常に合理的構造であると判断される。制振装置に関しては、鋼球衝撃式制振装置（IMD）であり、メンテナンス不要の方式をとっている。特徴はガスト応答に対応するためにクリアランスが従来よりも大きいことであるが、容器形状、容器壁と鋼球との距離（クリアランス）を適切に設定することにより、減衰効果を最大にする工夫が講じられている。本技術の特徴、効果を下記に列挙する。

- (1) 業界の中で際立った性能を示しており、現行技術では設置不可能であった主塔近傍などの極めて特殊な風環境下でも適用可能である。
- (2) 基部構造は、照明柱本体管を厚肉の内管と外管をはさんで圧入する摩擦接合型構造とし、溶接部をなくす工夫を施すことにより、疲労強度等級 A 等級相当以上の性能を実現している。従来技術では、リブ形状の変化では疲労等級向上に限界があること、鋼管径の拡大では基部架台が大きくなること、コンクリート充填二重鋼管構造ではコンクリートと鋼の境界面のメンテナンスの問題が残ることを勘案すると、合理的構造と判断される。
- (3) 制振装置は、メンテナンス不要の鋼球衝撃式制振装置としている。ガスト応答に対応するために、容器構造仕様である容器形状、板厚、鋼球との距離（クリアランス）を適切に設定することで減衰効果を最大にする工夫を講じていることに特徴を有する。
- (4) 制振装置は、照明柱だけでなく、電力アンテナ柱、交通情報用鋼管柱などの他の鋼管柱の耐風対策にも幅広く実機適用されている。

以上の理由から、JFE スチール(株), JFE 西日本ジーエス(株), 三田村氏 ((独)土木研究所寒地土木研究所), 国土交通省北海道開発局室蘭開発建設部, (株)ドーコンに日本風工学会技術開発賞を授賞する。