

第 3 回国際耐風構造会議の報告

伊 藤 学*

1. 会議の背景

構造物におよぼす風的作用については古くから多くの研究が行なわれ、耐風設計の規範も一応は確立されている。橋梁を例にとれば、これはよく知られている Tay 橋・Tacoma Narrows 橋の落橋事故をはじめとする、多くの尊い経験のうえに築かれたものであった。

さらに近年、材料・施工・解析理論の各面にわたる構造工学の進歩につれて、土木・建築構造物の軽量化、長大化ならびに形状の多様化の傾向が顕著となり、これらに対する風的作用および耐風設計の研究も新たな観点から見直されることが必要となってきた。現に、ここ数年來この分野の研究は世界的に活発化しており、地域的あるいは国内シンポジウムやセミナーの数も著しく増加している。

このような機運を反映して、1963年にイギリス・テディングトンの国立物理研究所において、構造物におよぼす風的作用に関する国際会議(International Conference on Wind Effects on Buildings and Structures)が開催され、日本を含めて世界各国の研究者による研究発表・討議が行なわれた。結果的にはこれが第1回となって、以後4年おきに同題目の国際会議が定期的に開催されることになったのである。次の会合は1967年にカナダのオタワで開かれ、このときは主催者側の都合で人数を大幅に制限し、名称も国際セミナーとした。表-1に、今回の東京会議も含めて、本国際会議の過去の記録をまとめた。オタワにおいても、定期的な国際会議の開催、研究の交流推進と構造物の耐風設計規範確立のための国際協力の必要性が再確認されている。

表-1 本国際会議の記録

| 回 | 年 | 開催地 | 参加国数 | 出席者 | 日本人参加者 | 論文数 |
|---|------|-------------------|------|-----|--------|-----|
| 1 | 1963 | テディングトン (イギリス) | 20 | 291 | 18 | 24 |
| 2 | 1967 | オタワ(カナダ) | 14 | 85 | 7 | 37 |
| 3 | 1971 | 東京(日本) | 23 | 213 | 135 | 114 |

* 正会員 組織委員会幹事, 工博 東京大学助教授
工学部 土木工学科

風の作用を考慮しなければならない構造物は、建築物・橋梁のほか、塔・煙突・架空線・送電鉄塔など、多岐にわたっている。また、風そのものは気象学の知識、空気の流れである風の構造物に及ぼす作用については流体力学の知識も必要であるから、この分野の研究は、まことに多くの部門にまたがる人達の協力と交流が望ましいわけである。しかしながら、この分野にはまだ地震工学などのような国際組織もない。イギリスでの会議のあと非公式な形の国際母体機関 International Study Group for Wind Effects on Buildings and Structures が結成されたのみである。この間の事情は、この種の問題がまだそれだけ新しいことを意味している。

2. 開催に至る経緯

1969年3月、前回の主催者であったカナダグループから、近年日本においてこの分野の研究が活発に行なわれている状況とオタワ会議における日本代表の発言を考慮して、次回の国際会議を日本グループが主催してほしい旨の申出がなされた。日本側では早速、平井 敦・仲 威雄両東大名誉教授を中心とする会合をもち、前2回程度の規模であれば引受ける意志のある旨を返答し、1971年9月開催をめざして準備に着手した。

初期の段階では、約10名程度の関係者による準備会をもち、会議のおおよその計画について討議を重ねた。1970年に入ってバトン は日本学術会議構造研究連絡委員会耐風構造分科会に引継がれ、さらに具体的計画を練ったうえで、出席者と論文数のおおよその規模をつかむために、Preliminary Invitation を内外の関係者に送って予備登録を求めた。会議への参加勧誘は母体機関の意向もあって personal invitation を主体としたが、これは会議の規模をあまり大きくしたくないという、われわれの希望とも合致するものであった。また、会議の名称は前2回には回数が表示されていなかったが、同題目で回を重ねるのはまぎらわしくもあるので、われわれの判断で Third International Conference on Wind Effects on Buildings and Structures (第3回国際耐風構造会議)とした。

1970年8月正式に組織委員会が設置され、平井 敦博士（東大名誉教授・日本学術会議会員）が委員長となった。会議の主催団体は、この問題の關係する部門の広さを反映して、土木学会・日本建築学会・日本気象学会・日本電気学会・日本鋼構造協会の5学協会があたることとなり、日本学術会議はこの国際会議を後援するとともに、新装成った講堂を会場として貸与されることとなった。主催学協会のうちでは、事務局がおかれた日本鋼構造協会に、とくに面倒をおかけた。

会議の具体的計画・運営にあたるための実行委員会が組織委員会の下に設けられ、別に資金面を担当する財務委員会（のちに基金委員会）が仲 威雄東大名誉教授を委員長として発足した。予備登録の結果、参加者は国外から90名程度、国内から150名程度であることが予想されたが、前2回の会議の事情も参考にして、会議の全予算は参加者の登録費も含めて約900万円という、わが国で行なわれるこの規模の国際会議としては、どちらかといえば質素なものとする事とした。それでもなお数百万円の募金を必要とし、日本学術振興会を窓口として、関連産業界からの寄付を仰いだ。関係各位のご協力に対して深く感謝の意を表したい。なお、会議参加者の登録費は40米ドル（または14400円）、同伴夫人については15米ドルで、参加者登録費には、あとで発行されるプロシーディングス代を含んでいるが、会議後の見学旅行の費用は別立てとした。

1971年初頭、最終サーキュラーが送られ、発表論文要旨集はプレプリントとして同年5月出席予定者に配布された。その他の諸準備も、実行委員会の手不足から若干の遅れはあったが、順調に進捗して9月6日の開会を迎えた。今回の会議は論文数が多く、1編あたりの発表時間が十分とれないこと、および日本人出席者が過半を占めることを考慮して、完全論文を前もって提出させ、これをオフセット印刷したものを会議開会時に全出席者に渡すこととした。

3. 会議の経過

会議の目的は、構造空気力学および、これに密接な關係のある分野の研究者と、耐風設計規範の作成・実施にたざさわる工学者が相会して、構造物に及ぼす風的作用に関する知識を交換することにあつた。あらかじめ設定されたテーマは次の5つである。

- ① 強風の特徴
- ② 強風の統計的評価と設計風速
- ③ 突風・乱れの影響を含む風力
- ④ 風的作用を受ける構造物の挙動
- ⑤ 耐風設計の規準および手法

表—2 国別参加状況

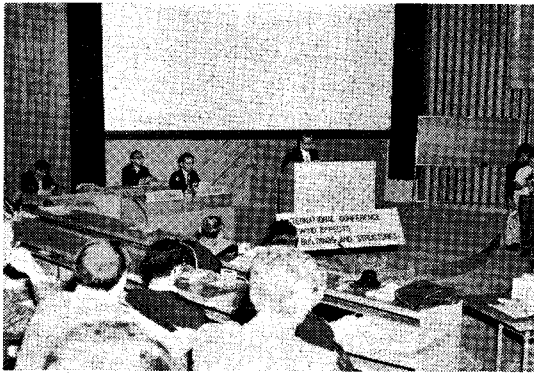
| 国名 | 出席者数* | 論文数 | 国名 | 出席者数* | 論文数 |
|---------|-------|-----|---------|-------|-----|
| カナダ | 12 | 15 | イタリア | 0 | 1 |
| アメリカ合衆国 | 22 | 16 | ルーマニア | 1 | 1 |
| メキシコ | 1 | 0 | ポーランド | 0 | 1 |
| バルバドス | 1 | 0 | ソ連 | 0 | 2 |
| ブラジル | 1 | 1 | イラン | 1 | 1 |
| スウェーデン | 2 | 1 | インド | 2 | 1 |
| デンマーク | 1 | 0 | マレーシア | 1 | 0 |
| オランダ | 3 | 2 | オーストラリア | 6 | 5 |
| イギリス | 8 | 7 | ホンコン | 3 | 3 |
| 西ドイツ | 5 | 2 | 韓国 | 3 | 1 |
| フランス | 4 | 2 | 日本 | 136 | 49 |
| ポルトガル | 1 | 2 | 計 | 214 | 113 |

* 同伴者を除く。

会議参加者の状況は表—2に示すとおりで、国外からの出席者は78人（ほかに同伴夫人15名）であったが論文のみ提出した者を含めて、参加者の国数は23か国に達した。構造物の耐風性に関する研究は、まだ層が薄く、各国ともこれに専念する研究者・技術者の数は必ずしも多くないが、個人招待を原則とした今回の会議で、これだけの参加者数は所期の目標に十分達したものであった。地元として日本からの参加者が非常に多かったがこれは1970年5月に「構造物の耐風性に関する第1回国内シンポジウム」を催して関心を高めたことが原因であるほか、直接には耐風工学を専門としていなくとも、この問題に関連のある一般構造工学関係者の参加もかなり得ることができたためである。国外ではこの分野の研究がとくにさかんなイギリス連邦諸国と、アメリカ合衆国からの参加者が過半を占めた。

今回の会議で何よりも主催者の予想外であったのは、論文数であった。これは表—1における過去2回との比較より明らかである。このためプログラムの編成には非常な苦心を要し、種々の事情を勘案して、口頭発表は国外からの参加者に対して1人1件、日本側は約1/3にしぼった。論文発表および討議は9月6日から9日までの3日半をとり、開会式・閉会式・休憩時間などはできるだけきりつめて、連日朝9時20分から夕方5時半までという非常に密なスケジュールであった。この間、第1日目の夜には歓迎夕食会、第2日目の午後は都内見学（貿易センタービルの観測施設と東京大学の風洞実験設備）、そして第3日目の夜は主要メンバーによる運営委員会が行なわれた。同伴夫人のためにはレディス・プログラムが準備され、そのほか会議終了後には（A）京都地区2日間、（B）関門・瀬戸内海・京都4日間、（C）千葉地区1日の3コースの見学旅行があった。

数少ない実行委員達がみずから労力を提供する一方、参加者の方々の理解ある協力が、かなりの無理を伴ったこの会議を成功させた大きな原動力であった。英仏両国語を公用語としながら通訳を用意しなかったが、出席者



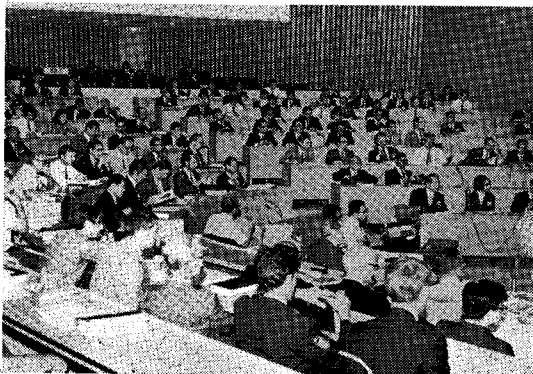
写真一 開会のあいさつをする平井組織委員会代表

が助け合い、これを克服したことなどはその一例であった。

4. 会議の内容——研究発表と討議

論文数が従来より飛躍的に増大したことは、この分野の研究の進展を物語るものといえよう。討議も発言が特定少数の人にかたよりがちではあったが概して活発であり、日本側では若手の人達が発言の意欲を燃やしていたのは心強いことであった。

論文の内容によっては分類しにくいものもあったが、以下、論文集に予定されている部門分けに従って発表の概要を紹介する。



写真二 熱心に討議する参加者

(1) 部門 I (風の特性)

論文数 16 (うち口頭発表 11)

構造物に作用する自然風の特性および構造物のまわりの気流の特性などがその内容で、若干の純理論的な論文を除いては実測あるいは風洞実験結果に基づく報告が大多数であった。風速測定機器の改善により、量的、質的に利用しうる自然風の測定結果が蓄積されつつあることがうかがわれる。過去の観測記録からの再現期待値の予測、複雑な地形における風の特性、風速の鉛直分布、風

速変動のスペクトル、あるいは最近話題になっている建物周辺風の特性などについての報告があった。

(2) 部門 II (風力・風圧)

論文数 20 (うち口頭発表 14)

構造物に作用する風力・風圧がこの部門の論文の内容であるが、最近の傾向として自然風を対象とした変動風圧測定および境界層風洞による実験結果の報告が目立ち理論的な取扱いは、ほとんど見られなかった。

これも、近年すぐれた風圧計が開発され、風洞内で自然風のできるだけ忠実なシミュレーションを行なうことが試みられているためである。ただ、風洞実験については、風洞内での乱れと自然風の乱れをどう関連づけるかは会議の席上たびたび指摘されたところであり、曲面体構造におけるレイノルズ数の相違にしても、それほどの突っこみは見られなかった。一方、実在構造物の強風下における実測が、さかに行なわれるようになったことは今後の研究に有用な資料を提供すると思われるが、いまのところは、測定結果の披露にとどまっているような感じである。

(3) 部門 III (設計規準・風害・構造解析)

論文数 22 (うち口頭発表 13)

この部門でもっとも重要な傾向は、スレンダーなそして長大な構造物がふえるにつれて、風の時間的・空間的変動を考慮したガスト応答が実際の設計規準に取り入れられるようになったことである。その代表例は、ここで発表されたカナダの建築規準である。さらに、このような建築物が風によって振動する場合の人に与える生理的・心理的効果も耐風設計において考慮されるべきことが指摘された。

いまひとつの傾向は、近年、一般の構造物に取り入れられようとしている、設計荷重あるいは安全率に対する統計確率論的アプローチ、信頼性理論の適用である。

それに対して、渦励振・自励振動のような振動問題を対象とする耐風設計規範の確立は未だしの感がある。風害については二、三の報告しかなかったが、現在のところ旋風(たつまき・tornado)は設計規準の相手にはできないようである。

(4) 部門 IV (風の作用を受ける構造物の挙動)

論文数 57 (うち口頭発表 27)

論文数ではこの部門に属するものももっとも多く、とくに日本からの論文は約 2/3 がここに入る。内容は平板・角断面・円筒のような基本断面を対象としたものと建築物・橋その他の実構造物を対象としたものに分けられ、あるいは別の見方からは風洞実験結果を主体としたもの、理論的扱いを主体としたもの、そして実物測定の

報告の3種に分類できる。基本的問題にかかわるテーマで、日本から出された論文のいくつかは理論的裏付けを含めて非常にすぐれたものであった。

実構造物では、前回オタワ会議で比較的目的について送電線を扱った論文は今回は1件にすぎず、橋を対象とするものも前回に引続き国外からの論文は非常に少ない。多くは建築物あるいは塔状構造物を対象としている。

ここでも、やはり風に対する構造物の応答に風の乱れがどのように影響するかがしばしば取上げられ、また未解決の問題を残しながらも、渦励振と自励振動の関連について興味ある討議がなされた。ただ、いわゆる古典的フラッターに関しては、Scanlan教授系統を除いて外国の研究者は、あまり関心を示さなかった。

5. 運営委員会

運営委員会の出席者は次の34名であり、ホンコンのMackey教授が座長をつとめた。

A.G. Argand, D. Sfintesco (以上フランス), J. Blessmann (ブラジル), A.R.J. Borges (ポルトガル), J.E. Cermak, R.D. Marshall, L.E. Robertson, A. Roshko, R.H. Scanlan (以上アメリカ合衆国), J. Clodman, W.A. Dalglish, A.G. Davenport, B. Etkin (以上カナダ), K.J. Eaton, N.C. Helliwell, C. Scruton (以上イギリス), T. Gibbs (バルバドス), K.N. Handa (スウェーデン), P.N. Joubert, W.H. Melbourne (以上オーストラリア), H. van Koten (オランダ), T.N. Krishnaswamy (インド), S. Mackey (ホンコン), H.J. Niemann (西ドイツ), 久田俊彦, 石崎澁雄, 伊藤学, 亀井勇, 小西一郎, 大久保忠良, 塩谷正雄, 鷺津久一郎 (以上日本), 平井敦 (組織委員会代表), 仲威雄 (主催団体代表)

日本側で準備した議題

- ① 会議の正式名称の確認
- ② 次回会議の時期と場所
- ③ 各国グループの連絡先設定
- ④ 国際組織の確立
- ⑤ 将来における国際協力と情報交換

に従って議事がすすみられ、次のような結論に達した。

① 会議の正式名称は、「The Third International Conference on Wind Effects on Buildings and Structures, Tokyo 1971」とする。

② 次回の国際会議開催地についてはアメリカ合衆国のWind Engineering Research Councilから、立候補の意志表示があった。しかし、討議の結果、この国際会議は4年おきに、㊸ ヨーロッパ・アフリカ、㊹ 南北ア

メリカ、㊺ アジア・オーストラリアの3地域もちまわりで開催することとした。そうすると、次回は1975年にヨーロッパのどこかで、ということになる。具体的には東欧・ポーランド・スカンジナビア諸国などを候補として、主催国となりうるかどうかを打診することになった。いずれも無理な場合は、アメリカ合衆国に主催を依頼する。

③ 以上の諸連絡をつかさどるため、前記3地域を代表する幹事として、Newberry (イギリス)・Schriever (カナダ)・伊藤学 (日本) の3人委員会をつくり、伊藤がまとめ役となる。この3人はそれぞれの地域に属する各国の連絡者を定めてInternational Study Groupを再編成する。

④ International Associationのような国際組織は、まだ設立の時期ではない。種々の連絡には前項の新組織があたり、Journal of Industrial Aerodynamic Abstractsをマスメディアとして利用させてもらう。

⑤ 日本グループからの提案により、各国の構造物耐風設計規準をまとめ編集する。このさい、他の荷重との関連、安全率にも配慮すること。

6. あとがき

無事にこの会議を終えたいま、討議をも含めたプロシーディングス編集の作業が進捗中である。1972年早々には公刊・市販されることになろう。

日本グループとしては、本会議を主催した経験および他の種々の事情から、明確な組織と定款をもつ国際組織の設立を熱望したがいれられなかった。しかし、アメリカでもWind Engineeringの名のもとに、新しい学問分野としての位置をきざきつつあり、わが国では現在日本鋼構造協会の風力委員会が各部門共通の場としての活動をしている。

今回の会議をふりかえって、風観測、風圧・応答実測、風洞実験の諸設備が世界各国で整備改善されて、有用な資料が続々と集積されつつあることが感じられた。不規則現象論・統計確率論をもとにした新しい耐風設計手法も現われつつあり、これらの成果をもとに構造物の耐風設計規準も面目を新たにすることであろう。また、構造物の形態が時代とともに変化するにつれて、流体力学的観点も加味しながら、風を受ける構造物の挙動の研究をさらに深化させ、現象の解明に寄与することが望まれる。

おわりに、この国際会議にご協力を賜ったすべての方々に厚く感謝するしだいである。

(1971.10.20・受付)