

乱流現象の環境問題への応用に関する研究

丸田栄蔵（建築工学科）

1. はじめに

近年、コンピュータ性能の目覚ましい進歩に伴い、建築構造物に作用する建築構造物に作用する風圧力の評価手法が平均値から瞬間値評価に、また静的から動的評価へと要求される中で、計測技術はより一層の高度化が求められてきた。建築物表面に生じる風圧現象は、その建築物によって派生した複雑な乱流を伴う3次元の周辺流れにより生成される。従って、作用風圧の評価に当たっては、まず周辺の3次元的な複雑流れを正確に把握し、次いで建物表面風圧の変動特性と周辺流れの変動の関係を明らかにする必要がある。これまで、建物周辺の3次元流れの計測研究は、計測機器の問題もあり適切な結果を示すに至っていないのが現状である。従来、風洞において用いられている風速計は、熱線風速計、サーミスタ風速計、PIV (Particle Imaging Velocimetry)、2次元 LDA(Laizer Doplor Anemometer)に代表的されるように建物近傍ではセンサーおよびサポートの影響が生じたり、また非接触タイプの前出のレーザにおいても変動計測や3次元計測において多くの難点を有し、3次元複雑乱流を正確に計測することが困難であった。

一方、高層建築物の建設に伴い発生するビル風による風環境障害を始めとし、煙突からの排煙停留問題、さらに都市における空気汚染問題など、風環境問題が深刻化している。特に、都市内および建築物近傍における気流は極めて複雑な乱流であることからこれまで計測技術開発に多くの労力が費やされる現状にあった。また、コンピュータシミュレーションに関しても3次元複雑乱流の基準値を明らかにするものが求められてきた。本研究課題においては、とくに建築物周辺の複雑流れに対する3次元計測に着目していることから、非接触型の流速計で、かつ風洞の高い周波数に対しても追従性を有する計測器として3D-LDAを必要とした。

本年度は、建築物周辺の複雑流れ現象の解明に対する基盤整備として、問題点の抽出と実験装置の開発（製作・組み立て）を行った。

2. 今年度の研究成果

研究テーマの遂行にあたり、問題点の抽出として

- ①長方形断面を有する建物周辺の風速比分布に関する予測として、丸田法ビル風予測のプログラム化。
- ②集合住宅郡内の風環境問題の抽出
- ③建築物に併設される工事用仮設足場およびネットシートに作用する風力係数評価
- ④建築物側壁面の剥離流れによる変動風圧性状の検討

を試み、次いで

⑤3D-LDAを用いた乱流計測のための実験装置（3次元煙風洞）の計画および製作を行った。

2.1 丸田法ビル風予測のプログラム化 (Visual Basic)

本ビル風予測法は、単一長方形建築物の周辺気流として風洞実験に基づいた風速比分布の予測式および作

図法¹⁾を用い、Visual Basicによりプログラム化を試みた。

結果は、図1に示されるように、

- 1) 建設地点の気流、
- 2) 建築物の形状（幅・奥行き・高さ）、
- 3) 地上からの高さ、
- 4) 風向（方位）、

をパラメータとした場合の任意地点の一般風に対する風速比を予測可能としたものである。

本予測は、従来のコンピュータシミュレーションによる予測が数十時間の演算を必要とするのに比べ、データ入力を含め数秒と格段の時間で可能とすることから、建築設計の企画設計段階での対応が可能となった。

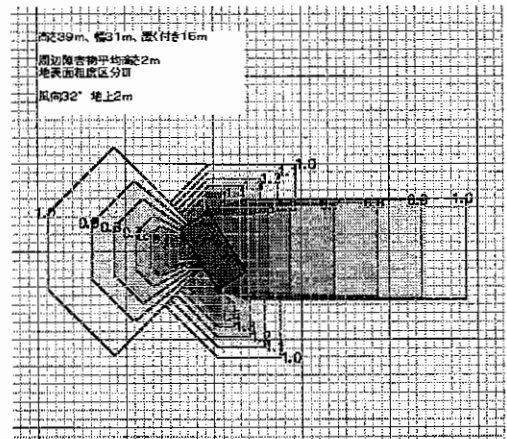


図1 丸田法によるビル風予測のプログラム化

2.2 乱立建物群（集合住宅群）内の風環境問題の検討

現存する建築物群内の複雑流れを捉えるために、汎用のシミュレーションプログラム（Stream）により周辺流れをコンピュータ解析した。対象として選んだ地点は、1）日本大学生産工学部校舎内（研究所棟を中心）と2）千葉市緑区プラザ学園団地内であり、地上付近の複雑周辺流れを解析した。今回のCFD解析は、主に平均流れを把握することを目的とし、平均風速比分布およびベクトル図により複雑流れの性状を調べた。

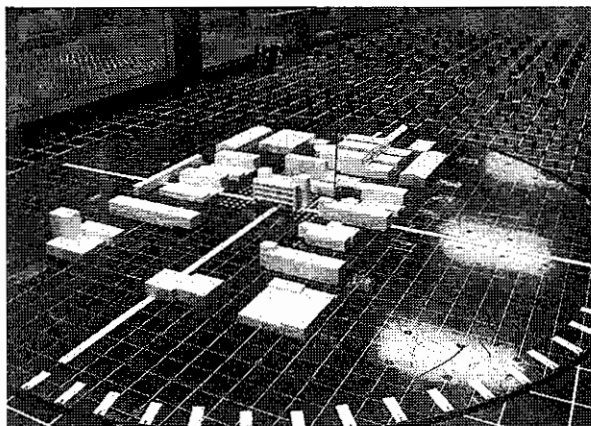


写真1 生産工学部校舎

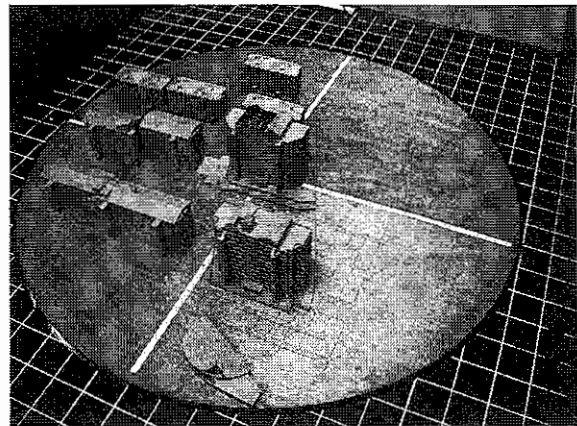


写真2 プラザ学園団地

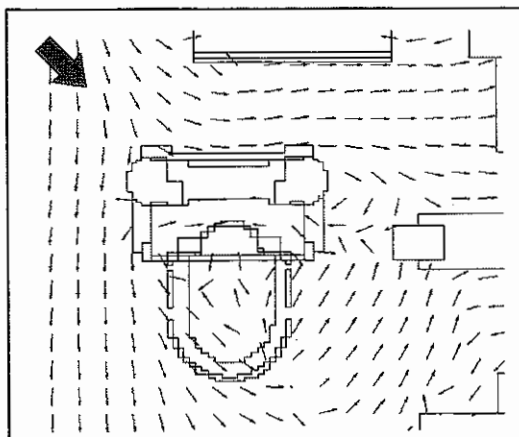


図2 研究所棟周辺の流れ

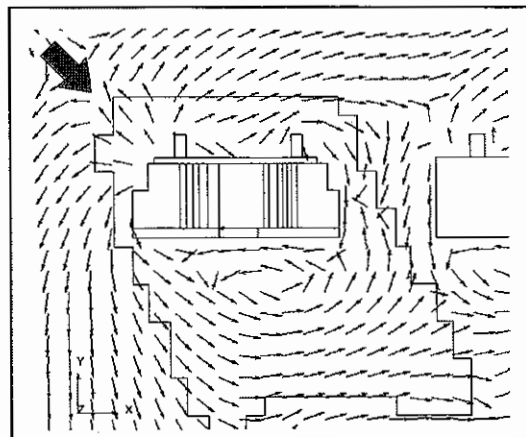


図3 高層1号棟周辺の流れ

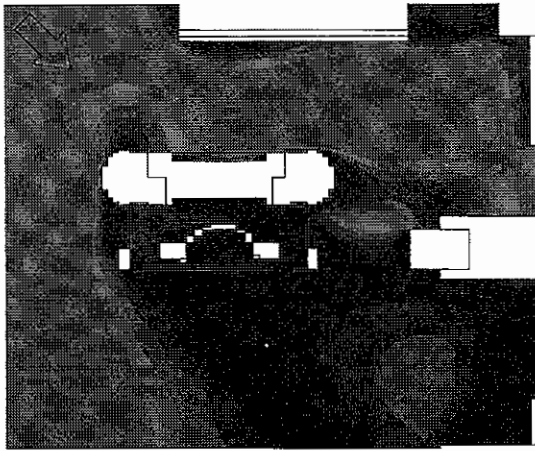


図4 研究所棟周辺の風速比分布

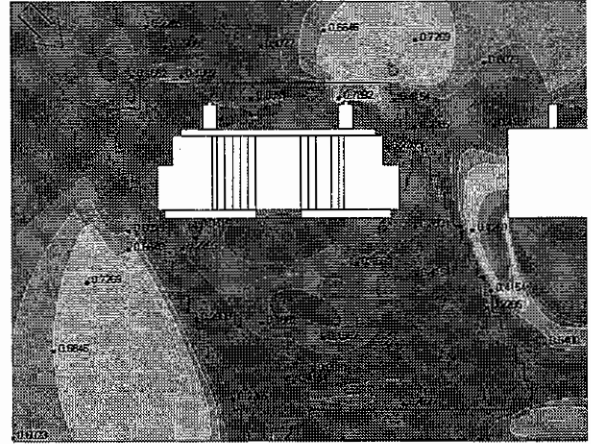


図5 高層1号棟周辺の風速比分布

CFD解析条件については、以下の通りである。

- 1) 計算領域は、 $X: 825\text{m}$ 、 $Y: 875\text{m}$ 、 $Z: 150\text{m}$ 、メッシュ数は、 $X: 162$ 、 $Y: 159$ 、 $Z: 80 = 2,060,640$ メッシュ、地面および建物壁面はノースリップ。
- 2) 標準 $k-\epsilon$ であるが、 $k=0$ 、 $\epsilon=0$ とし、差分スキームとして、移流項は1次精度風上差分とした。
- 3) 使用計算機は、自作DOS/V機、CPU: Pen III 933MHz、メモリ: 1GB
メモリのインターリーブ機能があるためメモリ速度が標準のPC133より1割程度速い。
- 4) 解析時間は、約24時間（実際には6時間程度でほぼ定常状態になっている）。

2.3 建築物に併設される工事用仮設足場およびネットシートに作用する風力係数評価

工事中の建築物には安全上並びに環境保全上、養生としてネットシートが工事足場に取り付けられるが、しばしば強風により飛散する被害が発生している。飛散風速を決定するためには、建物周辺流れとネットの風力係数が必要である。ここでは、ネット充実率に対する2次元抵抗係数を風洞実験により調べた。

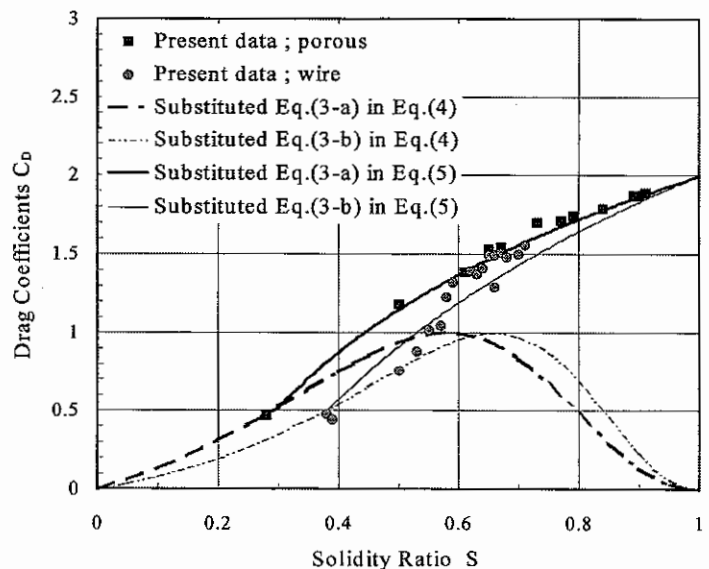
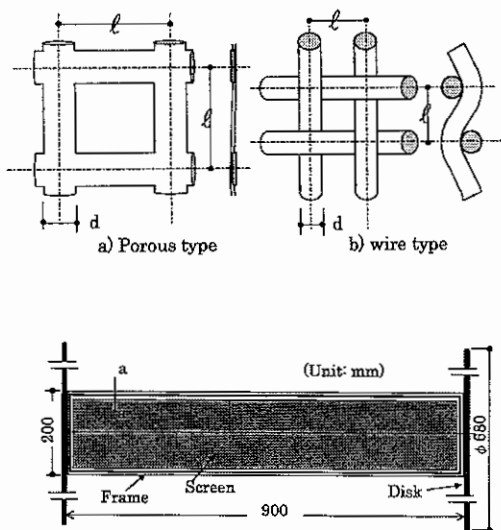


図6 2次元流体場におけるネットシートの風力係数

2.4 建築物側壁面の剥離流れによる変動風圧性状の検討

建築物側壁外装材は、しばしば暴風時において剥離流れの変動により被害を受けてきた。このメカニズムについては剥離流の変動の他、側壁に生じる各種剥離渦が大きな要因とされることから、これらによる変動風圧についてスペクトル性状について考察し、変動風圧定式化へ前進させた。

2.5 3次元煙風洞の計画および製作

風洞製作にあたっては、3D-LDAによる乱流計測を可能とするために流れを一定の煙濃度とすること、建築物近傍流れの変動と表面風圧の変動の相関性を検討する上で風速15m/sを要求した。風洞は、風路断面1.0m×0.8m、フェッチ3.5mの乱流境界層形成を可能としたもので、全長8.533mのエッフェルタイプであるが煙を漏らさないために間仕切りで計測室から隔離した密閉室内を循環する回流型とした。測定部のターンテーブルは直径65cmで厚み8mmの強化ガラスとした。これは、外部に設置したLDAプローブから模型周辺流れの計測を考えたもので、模型についてもガラス製もしくはアクリル製を考えている。風洞送風機は、容量約15m³/secのシロッコファンとした。

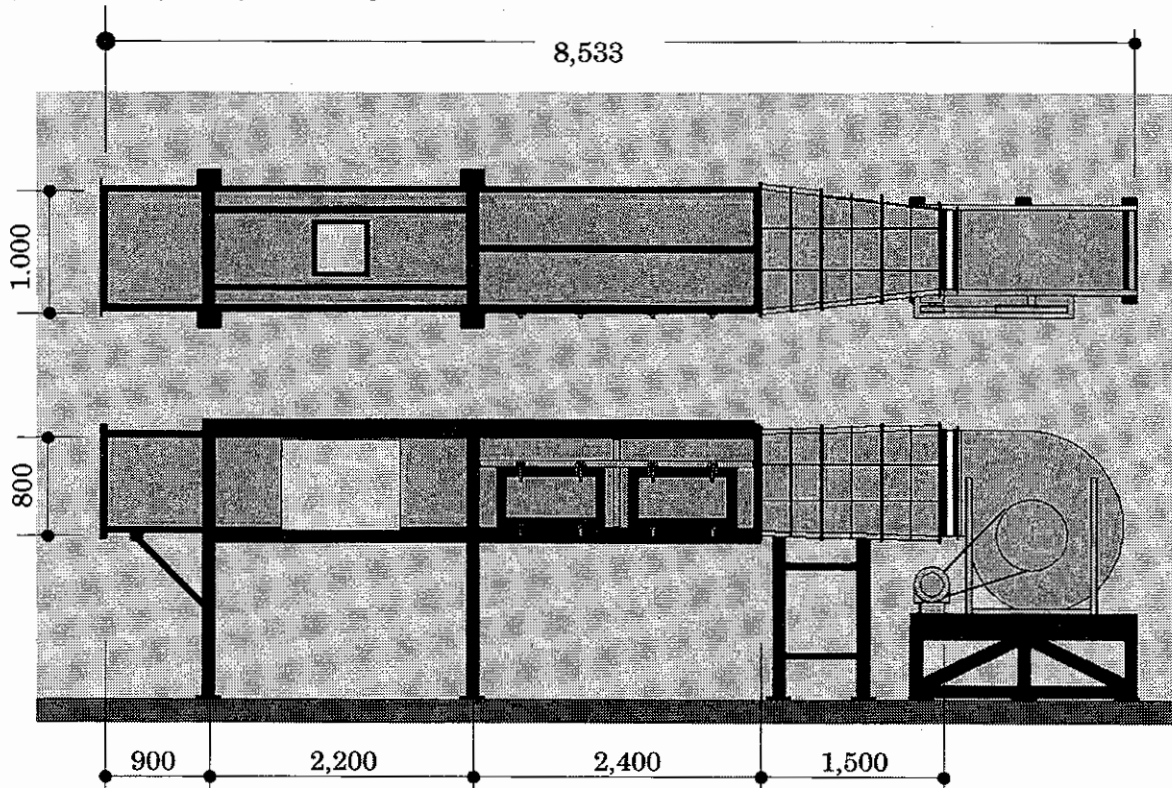


図7 3次元煙風洞装置

3. まとめ

本年度は、初年度ということで、方法論の確立についての基盤整備を目的とし、一応の成果を得たものとする。次年度は、引き続き3次元煙風洞により3D-LDA乱流計測器と従来型の熱戦風速計との比較、並びに単一正四角柱模型周辺の3次元複雑流れの性状について検討を試みる。

参考文献

- 1) 丸田栄蔵、学位論文「建築物周辺に生ずる強風領域に関する研究」昭和59年3月17日