

超高層および中層建物を対象とした外装材設計用風圧係数 データベースおよび風荷重算定システムの構築

丸 山 勇 祐

義 江 龍一郎

魏 然

要 旨

今回の建築基準法の改正に伴い、外装材風荷重の算定法には「日本建築学会・建築物荷重指針」の考え方が大幅に取り入れられようとしている。「荷重指針」には風工学の最近の研究成果が盛り込まれており、現状では最も合理的な風荷重算定法といえるが、そこに示されている風圧係数は単純形状建物についてのみであり、実際に設計される複雑形状建物に対する風圧係数は必ずしも十分整備されているとはいえない。そこで技術研究所では、複雑形状を含めた数多くの建物に対して風洞実験に基づいた外装材設計用風圧係数データベースを作成し、これを用いてパソコン上で簡単に外装材風荷重が算定できるシステムを構築した。このシステムを用いると設計者等が簡単な入力を行うだけで、風洞実験データと「荷重指針」算定法に基づく合理的な外装材風荷重を迅速に算定することができる。

キーワード 外装材風荷重／ピーク風圧係数／風圧係数データベース／風荷重算定システム

目 次

- | | |
|--------------|-----------|
| 1. はじめに | 4. 風洞実験結果 |
| 2. 荷重算定システム | 5. まとめ |
| 3. 対象とした建物形状 | |

WIND PRESSURE COEFFICIENTS DATA-BASE AND WIND LOAD CALCULATION SYSTEM FOR DESIGN OF CLADDING OF HIGH AND MIDDLE-RISE BUILDINGS

Yuusuke MARUYAMA Ryuichiro YOSHIE
Ran WEI

Synopsis:

In designing claddings of a building, the "Building Standard Law" or the "Recommendations for Loads of Buildings" generally apply to the calculation of wind loads. Of the two the latter has included the latest research results and is more rational. But it has a defect that only some simple shaped buildings are mentioned in the explanations of wind pressure coefficients and it is not enough to meet all needs of actualities.

In this paper, we have studied the external wind pressure coefficients of building with various shapes experimentally. Based on these wind pressure coefficients and the "Recommendations for Loads of Buildings", a wind load calculation system for Windows95&NT has been developed, which makes the calculation of wind load correct, quick and easy.

1. はじめに

サッシ、ガラス、カーテンウォール等の外装材の風荷重算定においては、従来建設省告示 109 号が用いられることが多かったが、今回の建築基準法の改正に伴い、その算定法には「日本建築学会建築物荷重指針・同解説」¹⁾ (以下荷重指針と略称する)の考え方が大幅に取り入れられることになっている。「荷重指針」には、風工学の最近の研究成果が盛り込まれており、現状では最も合理的な風荷重算定法と考えられる。しかし「荷重指針」に示されている風圧係数は、円形や長方形の基本的な平面形状の建物についてのみであり、中高層建物によく見られる板状建物、L字型、コ字型の平面形状や斜線制限によりセットバックの形状をもつもの、超高層建物によく用いられる隅欠き、隅切りなどを有する建物等の複雑形状に対しては、風圧係数の記載はなく単純形状の風圧係数をもとに算定するしかない。このような算定は、風工学の知識をもった者の判断によるところが多く、一般の設計者が簡単に行うのは困難である。そこで技術研究所では、風洞実験に基づいた風圧係数データベースを整備し、このデータベースと「荷重指針」の考え方に基づく風荷重算定システムを構築した。

本報では、外装材設計用風荷重算定システムの概要を述べるとともに、風圧係数データベース作成に用いた風洞実験結果の例をいくつか紹介する。

2. 荷重算定システムの概要

技術研究所では、風洞実験により様々な形状の建物（建物形状の詳細は3章参照）について外装材用の風圧係数データベースを作成してきた。このデータベースを有効に活用するため、設計者等が簡単に外装材風荷重を算定できるシステムも同時に開発した。このシステムは WINDOWS 上で操作できるようになっており、設計条件を入力するだけでデータベースから自動的に風圧係数データを読み出し、目的とする建物の外装材風荷重が荷重指針の算定方法に基づいて算定されるようになっている。

本章ではこのシステムの概要を簡単に説明する。

2.1 設計条件の入力

当システムを用いて外装材風荷重を算定するためには、設計条件を入力する必要がある。図 2.1 は設計条件を入力するメニュー画面である。ここで、以下の①～⑤に説明する設計パラメータを入力する。

- ①「建物の選択」をクリックし、設計しようとする建物に一番近い平面・立面形状を選択する。
- ②「敷地所在地の選択」をクリックし、建設予定地の市町村名を選択する。このシステムには日本全国各市区町村の基本風速が登録されている。
- ③「周辺建物状況の選択」をクリックし、周辺建物状況を示す5つの写真から当該地域に近いものを選択する。
- ④「風速の再現期間の選択」をクリックし、再現期間を選

択する。

- ⑤「建物軒高さの入力」をクリックし、建物の軒高さを入力する。

①～⑤の各設計パラメータが入力されると、荷重算定に必要な設計風速および設計速度圧が自動的に計算される。

図 2.1 設計条件入力用のメニュー画面

2.2 風荷重算定結果の出力

風荷重算定結果は図 2.2 のように表示される。設計条件入力後、画面（図 2.1）上の「外装材風荷重及び風圧係数の表示」をクリックすると①で選択した形状の建物の平面図が画面上に描かれる。この平面図の壁面線をダブルクリックすると、建物の立面図が画面の右側に表示され、平面図下の「正のピーク風圧係数」、「負のピーク風圧係数」、「正圧による風荷重」、「負圧による風荷重」、「設計用風荷重」、「設計用風荷重に基づくサッシの割付案」をクリックすれば、それぞれの結果が立面図に描かれる。

ここまでの操作は WINDOWS 上のマウス操作と簡単なキー入力のみで行うことができ、外装材風荷重の机上検討を簡単に短時間でできるようになっている。また、このシステムで算定された外装材用設計風荷重は、風洞実験に基づいた風圧係数データベースによるものであり実際に風洞実験を行った結果と同等に扱うことができると考えている。

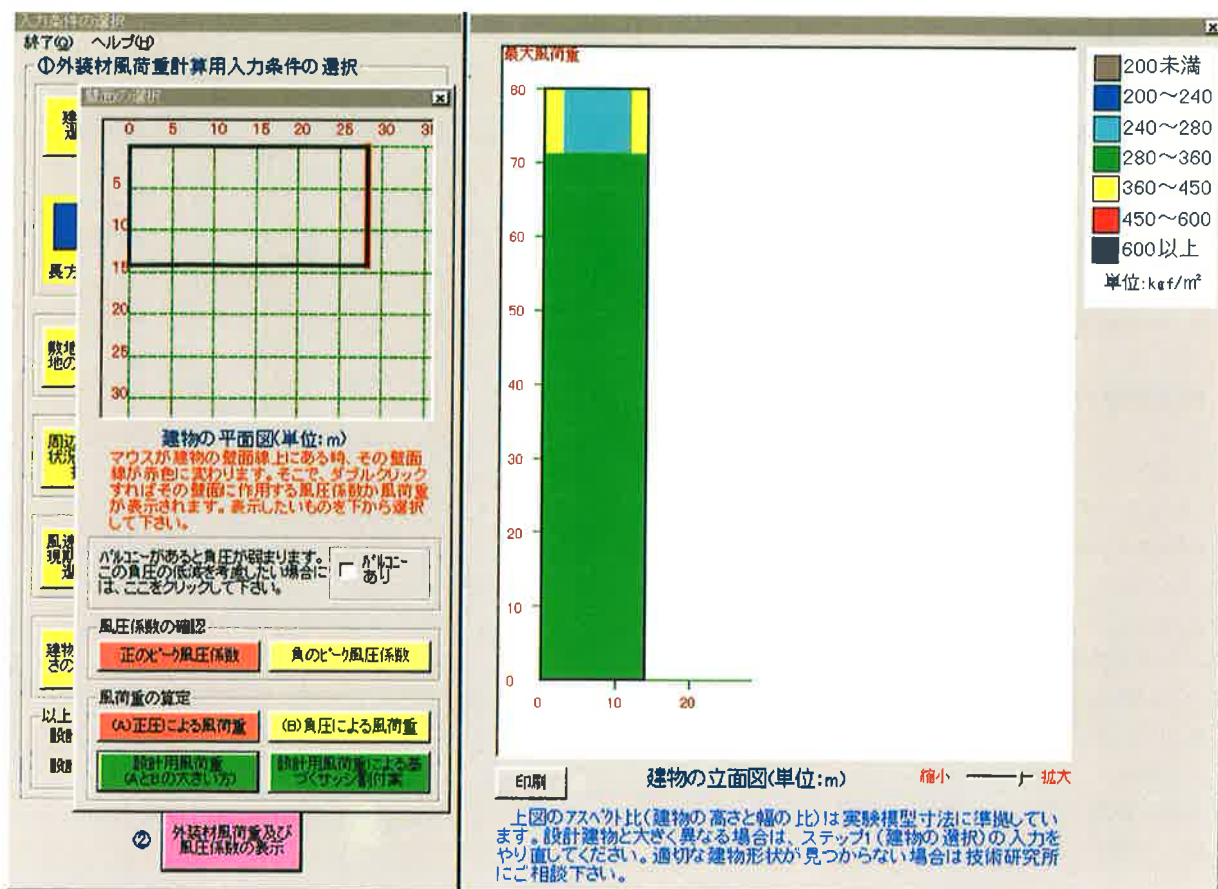


図 2.2 風荷重算定結果

3. 対象とした建物の形状

データベースに登録する建物形状を決定するにあたり、高層建物については過去 15 年間に日本建築センターの高層評定にかかった超高層集合住宅、中層建物については当社において過去 10 年間に建設された中層集合住宅(合計約 300 件)建物形状を調査・分類した。この結果をもとに、約 100 ケースの建物形状について風洞実験(風洞実験の概要は 4 章参照)を行い、風圧係数データベースを作成した。図 3.1～図 3.3 はデータベースに含まれている建物形状の一部を示したものである。

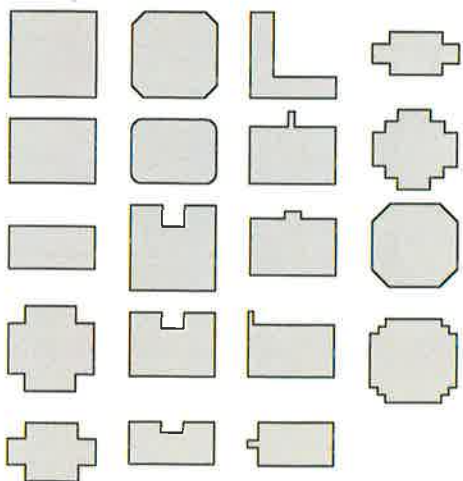


図 3.1 高層集合住宅の平面パターン

図 3.1 に高層建物、図 3.2 に中層建物、図 3.3 に階段状建物の平面形状を示す。

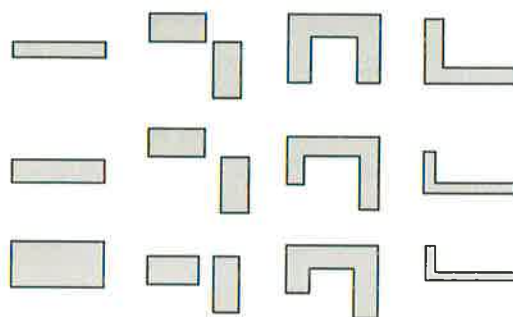


図 3.2 中層集合住宅の平面パターン

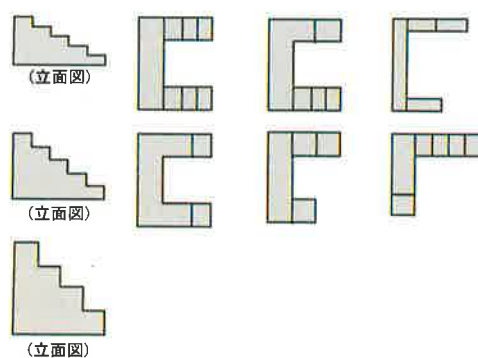


図 3.3 階段状建物の平面パターン

4. 風洞実験結果の例

風圧係数データベース作成にあたっては数多くの模型に対して風洞実験を行っており、実験結果から様々な形状の建物の風圧係数に関する知見が得られている。

本章では、風洞実験の概要について述べるとともに、数多くの風洞実験結果の中から代表的な例をいくつかを紹介する。代表的な例として、既往の研究例が少ない複雑な形状をもつ中層建物のピーク風圧特性を中心に報告する。

4.1 風洞実験の概要

データベース作成用の風洞実験は当社所有の回流型境界層風洞を用いて行った。風洞内に縮尺 1/400 の模型を設置し、5 度ピッチ (72 風向) で 360 度回転させ、壁面に作用する圧力を 625Hz で 26.2 秒間 (16384 個：実時間では 10 分×6 に相当) 測定した。外装材風荷重を算定する際に、必要となるピーク風圧係数は得られた時刻歴波形に、評価時間が実時間換算約 1 秒となるように移動平均を行い、実時間 10 分間におけるピーク値 6 個のアンサンブル平均として求めた。接近流は荷重指針に示されている粗度区分Ⅱ、Ⅲ、Ⅳの流れとし、模型の周りには周辺模型を設けなかった。実験の精度に関しては既往の研究 (例えば文献²⁾等) と比較して確認している。

4.2 様々な平面形状をもつ建物のピーク風圧特性

(1) 長方形平面建物のピーク風圧係数の特性

図 4.1 に長方形平面をもつ模型壁面ピーク風圧係数の最大値 (36 風向中) を辺長比 (B/D) が 1.7, 3.3, 6 の 3 種類について示す。図は①～④の面に相当する点の値を時計回りにプロットしている。最上層 (A 層) では妻側の角部に -4 程度の強い負圧が生じている。この負圧は辺長比の大きなものほど大きくなっている。下層では辺長比が 3 より大きな場合に長辺側の中央部の負圧が弱くなるのが見られる。辺長比 3.3 と 6 については似たような分布を示しており、辺長比 3 以上の平面については同じような傾向になると考えられる。

(2) L 字型平面建物のピーク風圧係数の特性

図 4.2 に L 字型平面模型のピーク風圧係数の最大値を示す。長方形平面同様、妻側壁面角部に強い負圧が生じているが、外側角部 (面③④の交点) ではあまり強い負圧は見られない。面③④の負圧は長方形平面の長辺の負圧よりやや大きくなっている。面③で強い負圧が生じるのは面④に垂直に風が吹く場合であるが、風上面の幅が広い場合に側面での流速が速められるため、負圧が大きくなるのだと考えられる。入り隅部分 (面①⑥) では負圧がかなり弱くなっている。また長方形平面同様に長辺側 (面③④) の中央部で負圧の弱くなる部分が見られる。

(3) コ字型平面建物のピーク風圧係数の特性

図 4.3 にコ字型平面模型の実験結果を示す。長方形

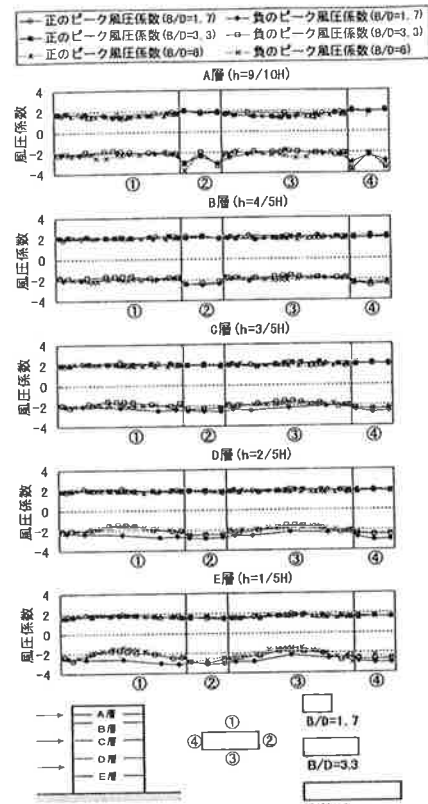


図 4.1 長方形平面のピーク風圧係数 (36 風向内の最大値)

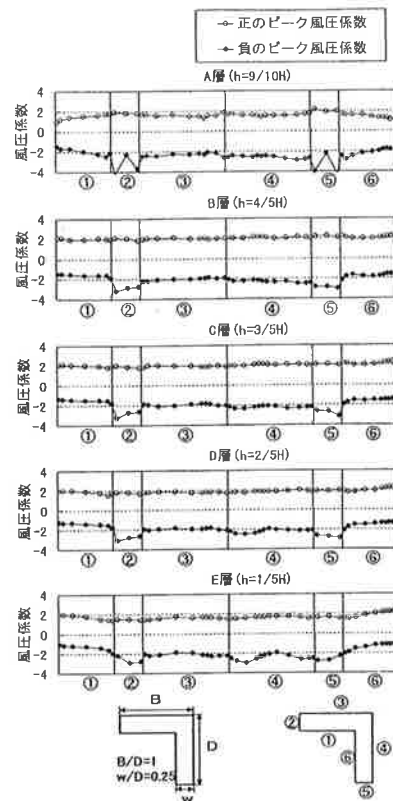


図 4.2 L 字型平面のピーク風圧係数 (36 風向の最大値)

やL字型の場合と異なり、建物の妻の角部にあまり強い負圧が生じていない。凹部では、負圧がかなり弱くなっており、上層部（AB層）では正圧も弱くなるのが見られた。上層では側面側（面①③）角部で、やや強い負圧がみられるが、面②では角部でもあまり強い負圧は見られない。

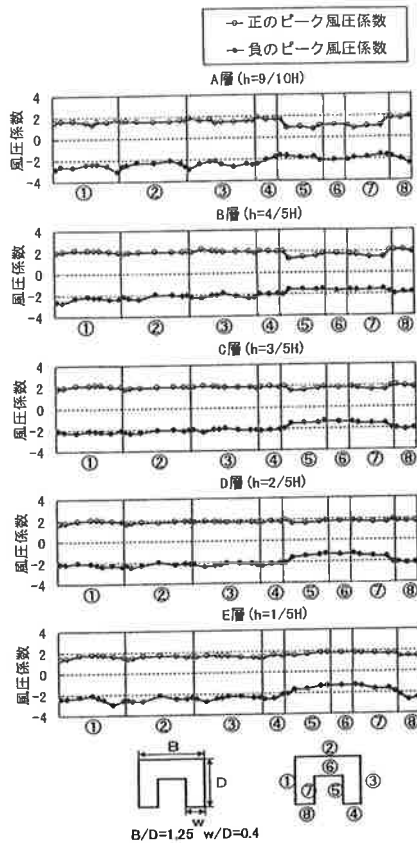


図 4.3 コ字型平面のピーク風圧係数
(36 風向の最大値)

4.3 階段状建物のピーク風圧特性

階段状建物とは図 4.4 に示すような形状のものである。既存の中層建物を調査した結果に基づき、階段の勾配(h/s , h :階高, s :階幅)が 0.25, 0.5, 1.0 の 3 ケース(図 4.4.a)及び図 4.4.b)に示す片側が階段状の L 字平面型の実験結果について報告する。

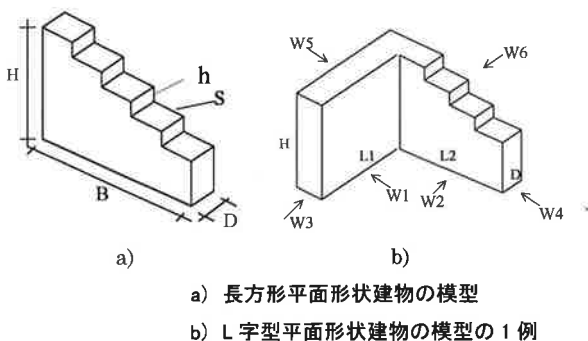


図 4.4 模型の立体図

(1) 階段状建物(平面が長方形)のピーク風圧係数

図 4.5 に階段状建物(勾配 0.5), 図 4.6 は直方体建物の長辺側壁面に作用する負のピーク風圧係数を示す。階段角部の負のピーク風圧は階段の最上部及び最下部が最も大きく、直方体模型の最上層部とほぼ同程度で、 -2 前後であるが、階段の中間部では、風圧が小さくなる傾向がある。勾配 0.5 の建物においても同じ現象が見られた(図省略)。勾配 1.0 の場合はすべての階段角部における負のピーク風圧係数は -2 前後である(図省略)。勾配 1.0 の建物の幅が勾配 0.25 と 0.5 の半分程度しかないこと、また負のピーク風圧の最大値が発生する風向は風が短辺側面に垂直に吹いた風向であることから、平面辺長比が 6 前後のような細長い形状になると、流れの再付着が中間部に作用し、中間部の負圧が低減されると考えられる。階段の角部における正のピーク風圧係数は殆ど 2 以下であり、直方体最上層と同程度かそれ以下となっている(図省略)。

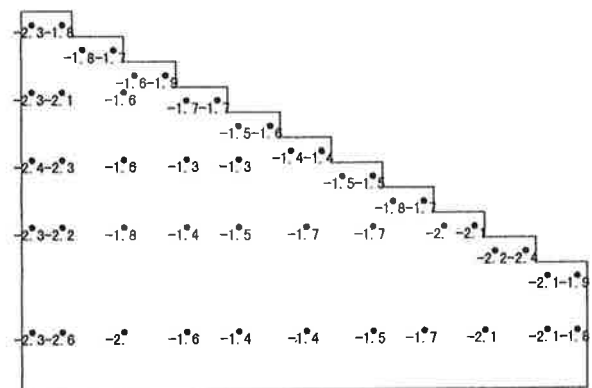


図 4.5 階段型建物に作用する負のピーク風圧係数
(勾配 0.5, 36 風向中の最大値)



図 4.6 直方体建物に作用する負のピーク風圧係数
(36 風向中の最大値)

図 4.7 に階段状及び直方体建物の短辺側に作用する負のピーク風圧係数を示す。直方体の短辺側の最上層角部に -3.8 程度の強い負のピーク風圧が発生した。階段状模型については、勾配 0.25, 0.5 の建物では -2.3 程度、勾配 1.0 の建物では -3 前後となる点もあり、階段の立ち上がりが高くなるにつれて、階段角部の負のピーク風圧が強くなり、直方体最上層角部の値に近づいていた。短辺側の

ピーク風圧に関しては、階段の立ち上がりが特に高くない限り、階段角部における負のピーク風圧は直方体の短辺側面最上層角部ほどの強さにはならないことが分かった。また階段の角部における正のピーク風圧係数は2程度であり、直方体最上層角部のと同程度であった(図省略)。

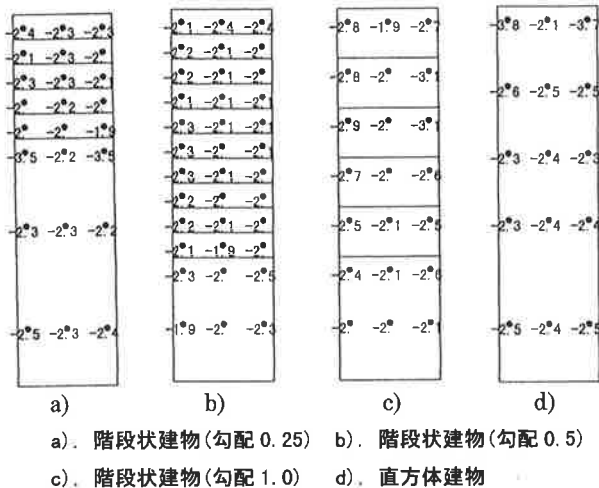


図 4.7 短辺側の壁面に作用する負のピーク風圧係数

(2) L 字型平面形状

図 4.8 は L 字型平面形状建物の各壁面に作用する負のピーク風圧係数を示す。L 字型の内側壁面(W1,W2)に作用する負のピーク風圧は同じ高さの測定点においては、端側の方が強くなる傾向がある。最上層及び端側に近い部分の風圧係数の分布はそれぞれ図 4.5 と図 4.6 に示す負のピーク風圧分布と類似する。しかし、L 字型の外側(W6)の階段部分における負のピーク風圧は長方形平面形状の階段状建物より強くなり、 -3 程度になるところもあった。外側 W5 壁面にも全般的に負のピーク風圧が強くなるのが見られる。W6 及び W5 の壁面における負のピーク風圧の最大値が発生するのはそれぞれ W4 と W6 の壁面に風が垂直に吹く時である。風上面の幅が長方形平面建物に比較して、L 字型建物の方が大きいため、剥離流が速くなり、負圧が強くなったのではないかと考えられる。正圧のピーク風圧については L 字型の階段側における風圧係数の分布は長方形平面形状の階段状建物と同程度であり、直方体側の分布も単体直方体の分布に類似している(図省略)。

5. まとめ

数多くの形状の模型について風洞実験を行い、外装材風荷重設計用の風圧係数データベースを作成し、これを用いた外装材風荷重算定用システムを構築した。このシステムでは、Windows 上の簡単なマウス操作とキー入力だけで、風荷重が算定できるようになっており、設計にあたっては、短時間で最も適切な値が得られるようになっている。このシステムで算定される風荷重はすべて風洞実験に基づくものであり、算定された結果は風洞実験を行った場合と同等に扱うことが可能だと考えられる。

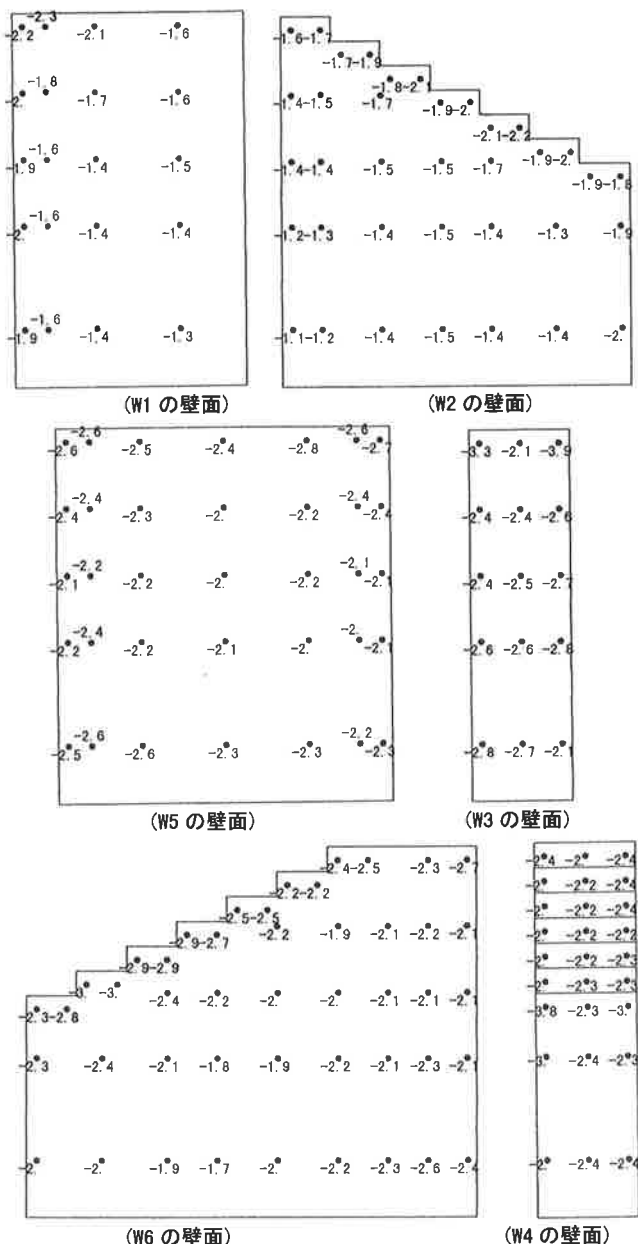


図 4.8 L 字型平面形状模型の側面に作用する負のピーク風圧係数(36 風向中の最大値)

また風洞実験を通じて、今まであまり行われていない複雑形状をもつ建物の風圧特性について意義のある知見が数多く得られた。

今回報告したデータベースおよび算定システムは、現状当社の物件に対して使用している段階であるが、将来的には対外的にもアピールしていき、もっと活用性の高いものにしていく予定である。それに伴い、風洞実験ケースを増やし、より一層データベースを充実させていく所存である。

参考文献

- 1) 日本建築学会編：建築物荷重指針・同解説，日本建築学会，1993
- 2) 浅見，西村ら：高層建物を対象とした変動風圧実験，大会梗概集，1992