

# 都市内高密度街区における通風・換気特性に関する研究 (その6) 壁面風圧係数及び建物間風速におけるレイノルズ数効果の検討

自然換気 CFD 解析 レイノルズ数

正会員○福山 莞爾<sup>\*1</sup> 同 山中 俊夫<sup>\*2</sup>  
同 Lim Eunsu<sup>\*3</sup> 同 小林 知広<sup>\*4</sup>

## 1. はじめに

前報<sup>1)</sup>では、高密度街区の建物をモデル化した縮小模型を大阪大学構内の風洞に設置して実験を行い、街区周辺の壁面風圧係数及び建物間風速を取得し、模型の縮尺をパラメータとしてレイノルズ数効果の検討を行った。本報ではCFD解析において、風洞実験を再現した条件を対象として風圧係数や風速の結果を取得する。また風洞実験の結果と比較して得られた知見を報告する。

## 2. 風洞実験の概要

街区内気流性状の把握のため風圧係数及び建物間の風速の取得を目的とした風洞実験を行った<sup>1)</sup>。対象建物及び周辺街区を縮尺 1/1000, 1/500, 1/250 のそれぞれで再現し、境界層流下で測定を行った。境界層風速は風洞内に模型を設置しない状態で I 型熱線風速計を用いて 1.0kHz, 60s で測定し、床上 1,000mm のピトー管位置で 10m/s に設定した。また、風洞内基準静圧はピトー管静圧とした。風圧は微差圧計 (Validyne 社, DP45) を用いて各点 500Hz, 60s で測定した。風速は応答性 7 秒の無指向性熱式風速計 (KANOMAX Model 1570) を用いて各点 200Hz, 60s で測定した。

## 3. CFD 解析の概要

### 3.1 LES の解析概要

表 1 に解析手法を示す。風洞実験と比較するため、CFD の LES を用い、風洞及び縮小模型を再現したモデルを対象とした計算を行った。解析は初めに標準 k-ε モデル (SKE) にて定常計算を行い十分に計算を収束させ、その結果を初期条件として LES による計算を行った。LES での計算時間刻みは 0.001s とし、計算開始後 1,000 time step(1.0s) を標準 k-ε モデルからの移行期間として計算結果を破棄し、その後の 5,000 time step(5.0s) を本計算とした。

### 3.2 解析領域

図 1 に Scale:1/1000 条件における LES 解析における流入及び流出境界、街区モデルの配置を示す。鉛直方向の長さは境界層流が十分に発達していること、及び計算負荷を考慮し 1,000mm とし、奥行きは 1,800mm(風洞幅に等しい)

とした。流入境界条件は図 2 に示す、前報にて報告した風洞実験から取得した境界層流の風速・乱流エネルギー・散逸率の鉛直分布を与えた。

### 3.3 解析条件

本報では、模型の縮尺の差異、つまりレイノルズ数の変化が街区周辺の気流場に与える影響を検討対象としている。また最大の関心が街区内の隙間であるため、レイノルズ数は建物間距離  $s$  を代表長さ、各 Case の街区中心の上下 3 点の測定点の風速の平均風速  $U_{AVE}$  を代表風速として Eq.1 で定義される。

$$Re = \frac{U_{AVE} \cdot s}{\nu} \quad (Eq.1)$$

また、風圧係数は実験と同様、各測定点の圧力を建物の軒高の速度圧で除したものとしている。また、風速は風速比として測定点での値を各 Scale での建物軒高のアプローチフローの風速で除したものとした。

## 4. 実験結果及び考察

### (1) 壁面風圧係数

図 3 に、Scale 間で異なる Re 数と実験値及び LES 解析結果の風圧係数の関係を示す。実験では 4 面測定したが、本報では (a) に示すように境界層流の平行な面及び直行する面をそれぞれ代表して 2 面を Surface1,2 として検討し、abc,def それぞれ高さごとの平均で評価する。実験では Re 数が大きいと風圧係数は 0 よりになるが、LES では逆の傾向が見られた。実験と LES の傾向の違いの原因は検討できなかったが、模型の Scale が変わると Re 数の効果で風圧の絶対値に変化があることが分かり、1/1000 と 1/250 で

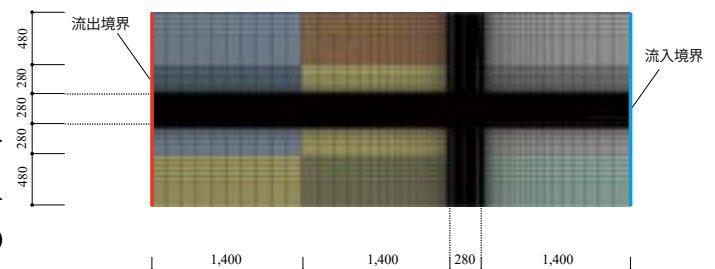


図 1 解析対象領域及びメッシュ (Scale:1/1000)

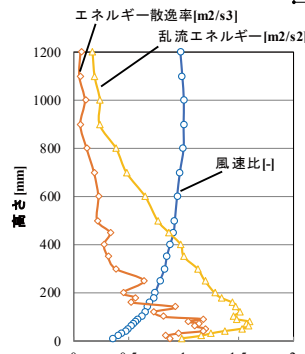


図 2 流入境界プロファイル

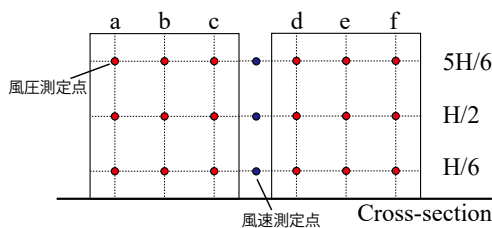
表 1 CFD 解析の概要

CFDコード	Fluent19.2
乱流モデル	Large Eddy Simulation Smagorinsky-Lilly Model(Cs=0.1)
アルゴリズム	SIMPLE
差分スキーム	中央差分
Time Stepサイズ	0.001sec. (1000Hz)
Time Step数	5000
境界条件	Inlet 風速: Profile(Experimental value)
	Outlet ゲージ圧:0(Pa)
	Wall 二層モデル
セル数	1/1000 2,597,400
	1/500 4,374,400
	1/250 4,327,870

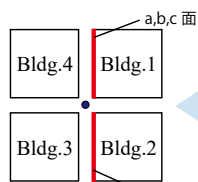
Ventilation of Buildings Located in High Density Block Area of Town

(Part6) Consideration of Reynolds Number Effect for Wind Pressure on Wall and Wind Velocity between Buildings

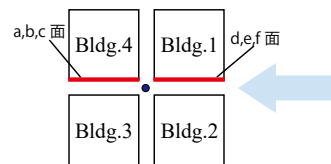
FUKUYAMA Kanji, YAMANAKA Toshio, LIM Eunsu, KOBAYASHI Tomohiro



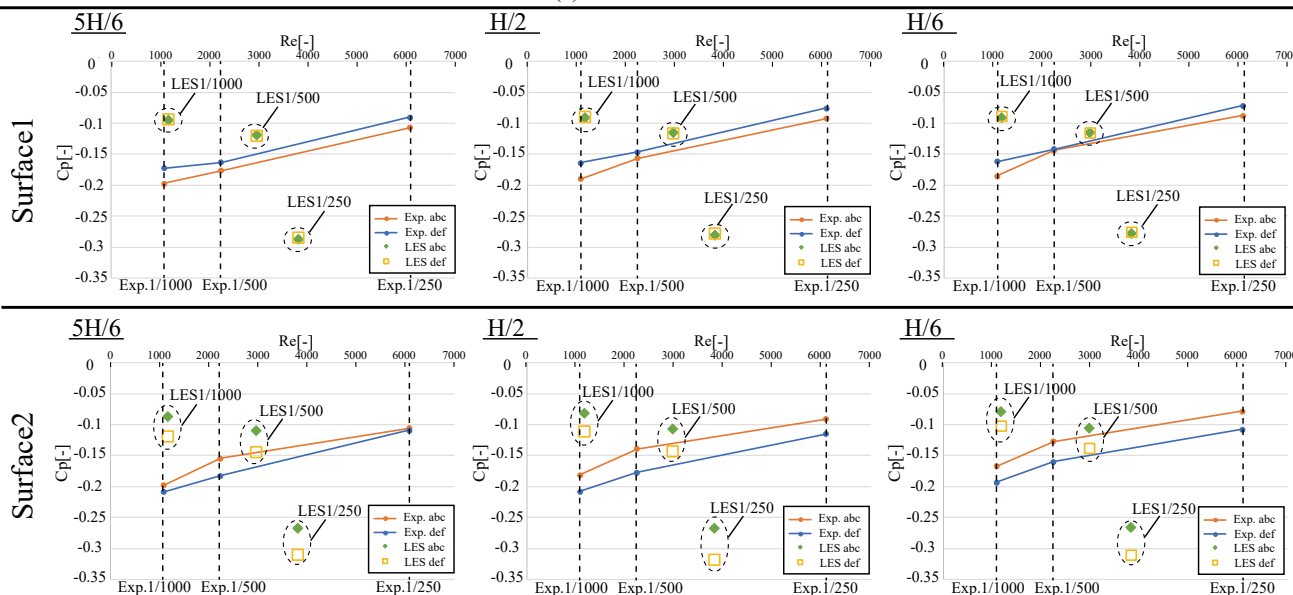
(a) 風圧係数の測定点



Surface1



Surface2



(b) 風洞実験と LES 解析結果の比較  
図 3 Re 数と壁面風圧係数との関係

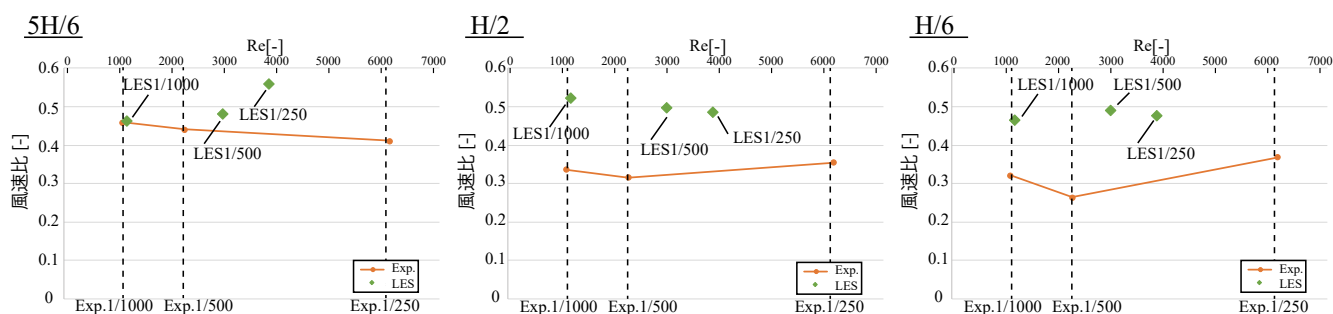


図 4 Re 数と建物間風速との関係

は 50%以上差が見られた。しかし、前報の風洞実験の結果の風圧係数の分布より、Scale が異なっても全体の気流特性（風圧係数の分布）はほぼ同様であることと元々絶対値が小さいことがある。そのため、差圧で計算を行う換気量算定の観点では絶対値の違いは影響が小さいと考えることもできる。

## (2) 建物間風速

図 4 に、Scale 間で異なる Re 数と実験値及び LES 解析結果の風速の関係を示す。風速は図 (a) のように街区の中心の高さ方向 3 点を代表点とする。図 4 の結果より風速はレイノルズ数の依存性があまり見られないことがわかる。しかし、主に低層部 (H/6) において Scale の 1/500 で値の変化が見られた。しかし、LES の 5H/6 の Scale1/250、実験 H/6 の Scale1/500 を除いて、高さ毎のスケール間の風速比の絶対値はほとんど差異がないことがわかる。

## 5. おわりに

本報では風洞実験と LES による解析の結果の比較を通して模型の縮尺と Re 数の関係性を評価した。結果としてレイノルズ数が風圧係数や風速の値に与える影響は全体として無視できる程度ではあることが分かった。今後は LES 解析の結果が実験結果と異なる原因の解明を進めると共に、換気設計の指針を整備する所存である。

### 【記号表】

$U_{ave}$ : 街区中心高さ方向 3 点の平均風速 [m/s],  $Re$ : レイノルズ数 [-],  $\nu$ : 動粘性係数 ( $=1.421 \times 10^{-5}$ ) [ $m^2/s$ ],  $s$ : 街区内建物間距離 [m]

### 【参考文献】

- 1) 福山, 山中, Lim, 小林: 都市内高密度街区における通風・換気特性に関する研究 (その 5) 風洞実験によるレイノルズ数効果の検討, 日本建築学会 2020 年度近畿支部研究報告集

\*1 大阪大学大学院工学研究科地球総合専攻 博士前期過程  
\*2 大阪大学大学院工学研究科地球総合専攻 教授・博士 (工学)  
\*3 東洋大学理工学部建築学科 准教授・博士 (工学)  
\*4 大阪大学大学院工学研究科地球総合専攻 准教授・博士 (工学)

Graduate Student, Division of Global Architecture, School of Engineering, Osaka University.  
Prof., Division of Global Architecture, Graduated School of Engineering, Osaka University, Dr. Eng.  
Associate Prof., Dept. of Architecture, Faculty of Science and Engineering, Toyo University, Dr. Eng.  
Associate Prof., Division of Global Architecture, Graduated School of Engineering, Osaka University, Dr. Eng.