

外皮・躯体と設備・機器の総合エネルギーシミュレーションツール「BEST」の開発（その133）
ダブルスキン熱性能値の計算値と実測値の比較

Development of an Integrated Energy Simulation Tool for Buildings and MEP Systems, the BEST (Part 133)
Measured Value and Calculated Value of the Double Skin Thermal Performance

正会員 芝原 崇慶（竹中工務店） 特別会員 村上 周三（建築環境・省エネルギー機構）
技術フェロー 石野 久彌（首都大学東京名誉教授） 技術フェロー 郡 公子（宇都宮大学）
正会員 左 勝旭（竹中工務店）

Takayoshi SHIBAHARA*¹ Shuzo MURAKAMI*² Hisaya ISHINO*³ Kimiko KOHRI*⁴ Katsuaki HIDARI*¹
*¹Takenaka Corporation *²Institute for Building Environment and Energy Conservation
*³Tokyo Metropolitan University *⁴Utsunomiya University

Double Skin facade was applied to the I-Building. SHGC and U-value of the Double Skin facade were measured for short-term. In this paper, measurement value and calculated results of the BEST were compared. As a result, That the measured values and the calculated values match was confirmed.

1.はじめに

Iビル¹⁾の外装には、自然換気のできる全周ダブルスキンを採用し、自然エネルギー利用と外皮負荷のミニマム化を実現している。本報では、Iビルにおけるダブルスキンの熱性能値（日射熱取得率と熱貫流率）の測定結果²⁾と BEST 専門版に組み込まれる予定であるダブルスキンの計算プログラムを用いて算出したダブルスキン熱性能値の計算結果の比較結果を示す。また、Iビルを標準条件としたケーススタディを行った結果についても示す。

2.自然換気のできる全周ダブルスキンオフィスの概要

本ダブルスキン(図1)は、アウトースキンとインナースキンの間隔を約 800 mm確保し、3層(高さ 13.5m)を1区画として、外気の給排気口の高低差を大きくすることで排熱換気の駆動力を高める計画としている。最大の特徴はダブルスキンと自然換気の両立である。自然換気口の開口はトンネル形状とし、ダブルスキンを貫通し自然の風を事務室内に導入する。ダブルスキン内に設置されたブラインドは太陽位置等に応じて自動制御されている。

基準階事務室(図2)は、約 60m×約 60mの正方形で、コア部を除くほぼ全周に、先に示したダブルスキンが配置されている。事務室面積は 2,355 m²、事務室奥行は約 18mである。

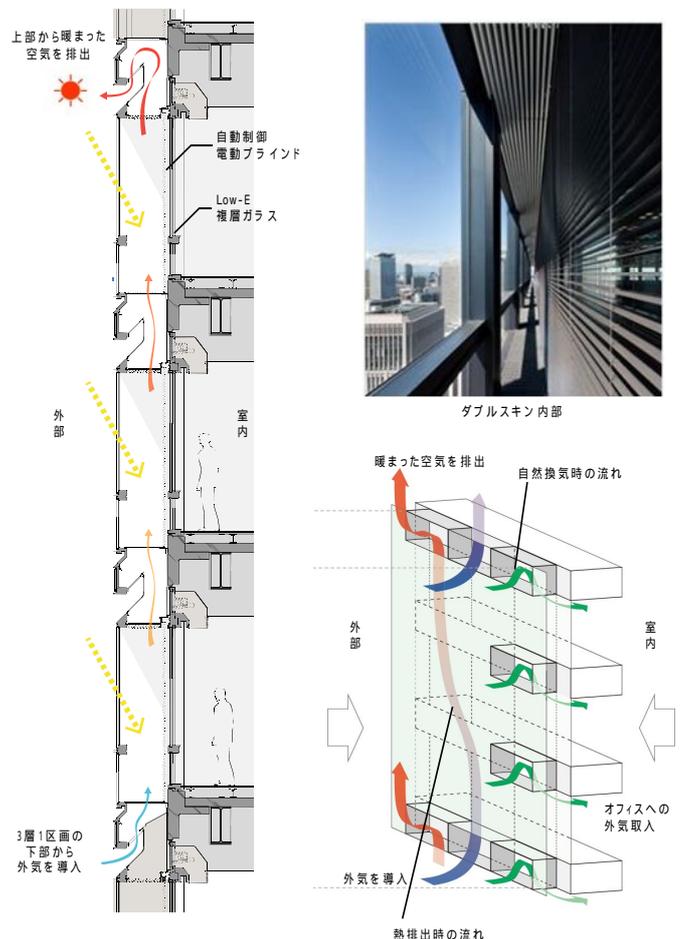


図1. ダブルスキンの構造概念図

3. シミュレーション条件

表 1 にシミュレーション条件を示す。ダブルスキンの形状は、実際の計画(図 1)を模擬した入力とした。

階高 4.5m × 3 層(高さ 13.5m)のダブルスキンであり、ガラスは Low-E 複層ガラス(空気層=12mm)、ブラインドは暗色である。実際の建物では、ブラインドは自動制御されているが、本計算では全閉としてシミュレーションを実施した。

計算時間間隔は 1 時間とし、気象データは拡張アメダス標準年(東京)を使用した。後に示す日射熱取得率および熱貫流率の計算結果は 1 時間毎の計算値を頻度分布や平均値として示している。

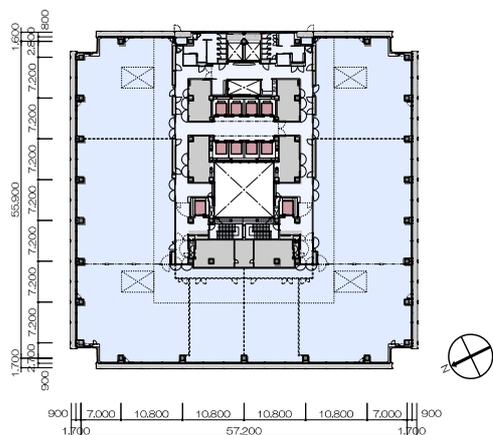


図 2. 基準階平面図

4. ダブルスキン熱性能値の測定概要

本報で示すダブルスキン熱性能値の測定・算定結果は、文献²⁾を参照している。測定期間は 2011 年 8 月 10 日～9 月 19 日(日射熱取得率)と 2011 年 12 月 15 日～12 月 25 日(熱貫流率)である。

熱貫流率は、日射が無く日中の蓄熱の影響が小さい 0～6 時、かつ貫流熱量が安定する室内外温度差が 10 以上、かつ貫流熱量が 15W/m²K 以上となることを満たす測定値を採用して算定されている。

日射熱取得率は、鉛直面日射量が 100W/m² を超える時間帯における測定値から算定されている。

なお、熱貫流率と日射熱取得率は、時刻毎(1 分毎)の計測値を用いて各々計算し、その平均値により算定されている。ブラインドは自動制御を生かした状態での測定である。

5. 計算値と実測値の比較

5.1 ダブルスキン内温度

図 3 に、ダブルスキン内温度の計算値と実測値の比較を示す。実測値は、2011/8/10 16:00 の西面におけるものである。このときの外気温度は 33.2、鉛直面日射量は 578W/m²であった。計算値はこれと類似する太陽位置・気象条件におけるものである。計算値のほうが、上下温度分布が大きくなっているものの、平均温度では実測値と計算値は概ね一致していることが確認された。

5.2 日射熱取得率

図 4 に日射熱取得率の計算値と実測値の比較を示す。方位毎・層毎(今回計画のダブルスキンは 3 層である)にグラフ化しており、計算値については年間の頻度分布と平均値を示している。実測値は南方位・西方位について測定された結果を参考値として併記している。

計算値と実測値は概ね一致している。また、1～3 層に従って日射熱取得率が大きくなる点でも、傾向は一致している。層毎の値の変化は、計算値の方が大きい傾

表 1. シミュレーション条件

項目	計算条件
ダブルスキン	窓高さ: 2.8m、腰壁高さ: 1.7m ダブルスキン奥行: 0.9m 吹抜層数: 3、上下換気口: 0.06 m ² /m ガラス: 透明+Low-E 複層(空気層 12mm) ブラインド: 暗色(常閉) ペリメータ奥行: 5m 腰壁・奥行はインナーガラスと庇形状を考慮して設定した。
内部発熱	照明: 5W/m ² × 75%、コンセント: 10W/m ² × 75% BEMS にて収集した実績値を参考に設定した。 人員: 0.1 人/m ² 、外気量 2.5CMH/m ²
室内温湿度条件	下限: 22 40%、上限: 26 50%
空調運転時間	8～20 時、8～9 時は予冷熱運転(外気カット)
気象条件	拡張アメダス標準年(東京)

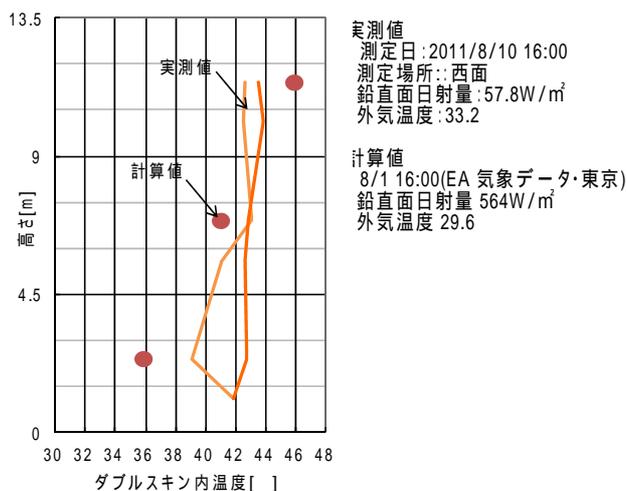


図 3. ダブルスキン内温度の計算値と実測値

向となっているが、先に示したダブルスキン内の上下温度差は計算値の方が大きくなっていることも要因であると考えられる。今回計画ではダブルスキンを貫通する自然換気取入口が設置されている等の理由で、上下温度差が生じにくくなっている可能性もある。上下による熱特性値の差が小さいことは、テナントビルとしては良い方向である。

方位毎の日射熱取得率の計算値に着目すると、日射熱取得率の上下差は方位によらずほぼ一定である。

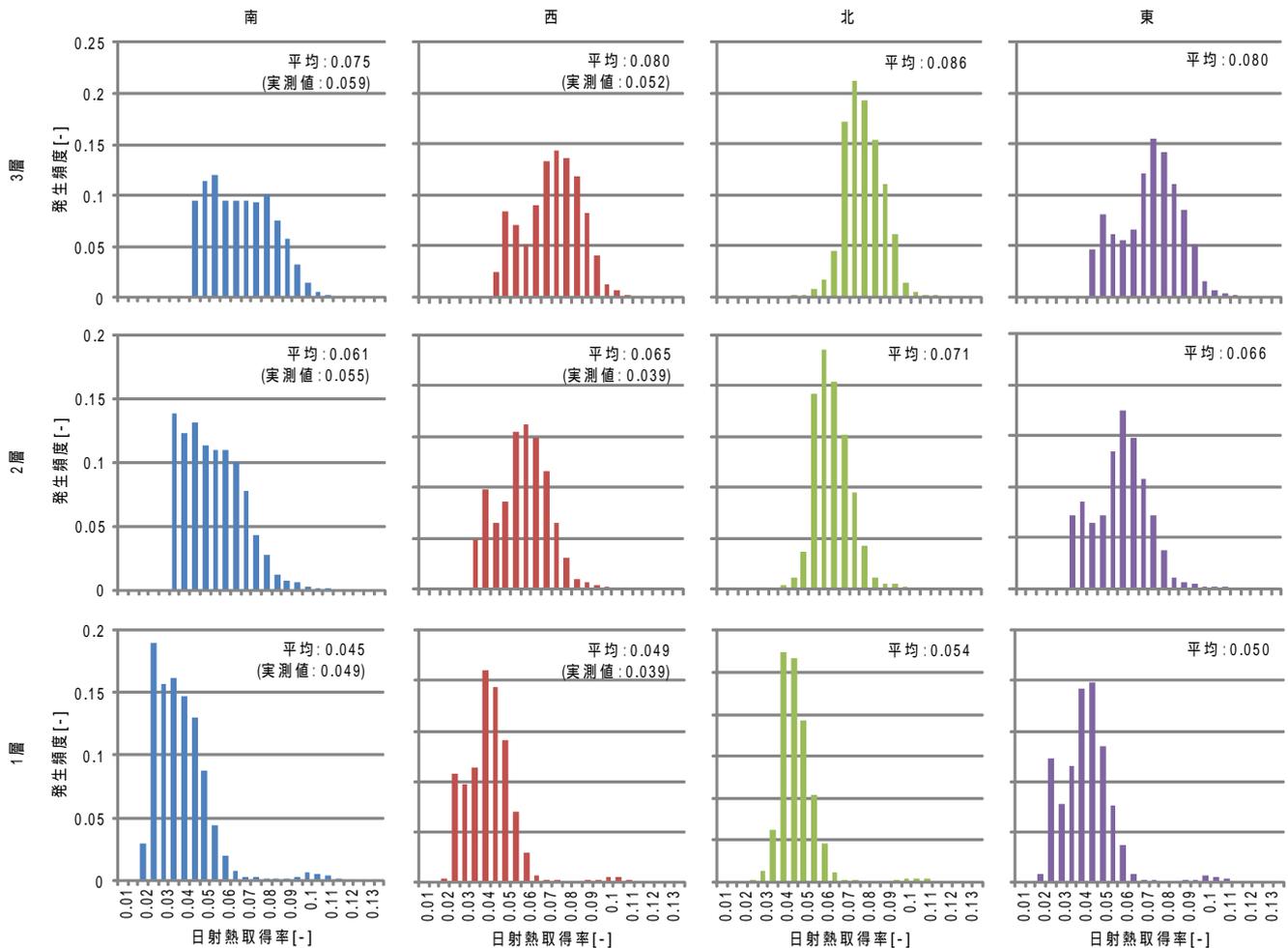


図4. 今回計画ダブルスキンの日射熱取得率計算値(頻度分布)と実測値

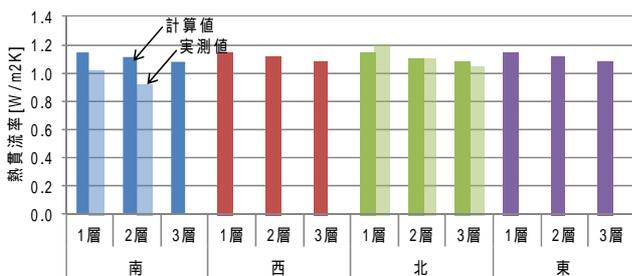


図5. 今回計画ダブルスキンの熱貫流率計算値と実測値

5.3 熱貫流率

図5に熱貫流率の実測値の比較を示す。実測値は南方位・北方位について示している。

計算値と実測値は概ね一致している。また、1~3層に従って熱貫流率が小さくなる点でも傾向は一致している。日射による影響等を排除できている点では、北方位の実測値の方が信頼性があり、計算値との一致程度も良好である。

6. ケーススタディ

図6に、今回計画建物をベースに、ダブルスキンの構成要素を変化させた場合の計算結果を示す。ケーススタ

ディ条件は、表2の通りとした。

Low-Eから透明複層とすると、日射熱取得率は0.065から0.135、熱貫流率は1.11から1.88(西方位・2層)となり、ダブルスキンの熱性能値は大幅に悪化する。ブラインドを中間色、明色とすると、日射熱取得率は、0.071、0.082と若干の変化がある(西方位・2層)。

上下換気口面積を2倍、1/2倍とすると、日射熱取得率は0.065から0.053、0.079となり、熱貫流率は1.11から1.14、1.08となる。今回の計算では上下換気口を常開としてシミュレーションを行ったが、上下換気口の開閉制御を適切に行うことが省エネルギーに繋がるといえる。

7. まとめ

- 1) エビルに導入されているダブルスキンの日射熱取得率・熱貫流率の実測結果とBESTによる計算結果の比較を行った。
- 2) 夏期西面におけるダブルスキン内温度の実測値と計算値を比較すると、計算値の方が上下温度差が若干大きいものの平均温度としては概ね一致することが確認された。

- 3) 南面・西面の日射熱取得率の実測値と計算値を比較すると、1~3層に従って値が大きくなる傾向などが再現されていることが確認された。計算値の方が全般的に小さい値を示しているが、測定値はブラインドスラットが自動制御されているのに対し、計算値では全閉としていることが原因と考えられる。
- 4) 熱貫流率は、実測値と計算値は概ね一致した。
- 5) 実測値と計算値は概ね一致しており、実測により確認された熱性能値の妥当性と、本建物における省エネルギー性の実現が確認された。また、BESTによるシミュレーションの妥当性もあわせて確認された。
- 6) Eビルのダブルスキンを標準条件としてケーススタディを行った結果を示した。室内側ガラス種類・ブラインド種類・上下換気口サイズによる日射熱取得率と熱貫流率の計算結果は、基本計画段階における検討資料として活用できると思われる。

表2. ケーススタディ条件

項目	計算条件
室内側ガラス	今回計画：透明+Low-E複層(空気層12mm) Case1：透明単層ガラス Case2：透明複層ガラス
ブラインド	今回計画：暗色ブラインド Case3：中間色ブラインド Case4：明色ブラインド Case5：ブラインド無し
上下換気口	今回計画：上下共に0.06 m ² /m Case6：今回計画の2倍 Case7：今回計画の1/2倍

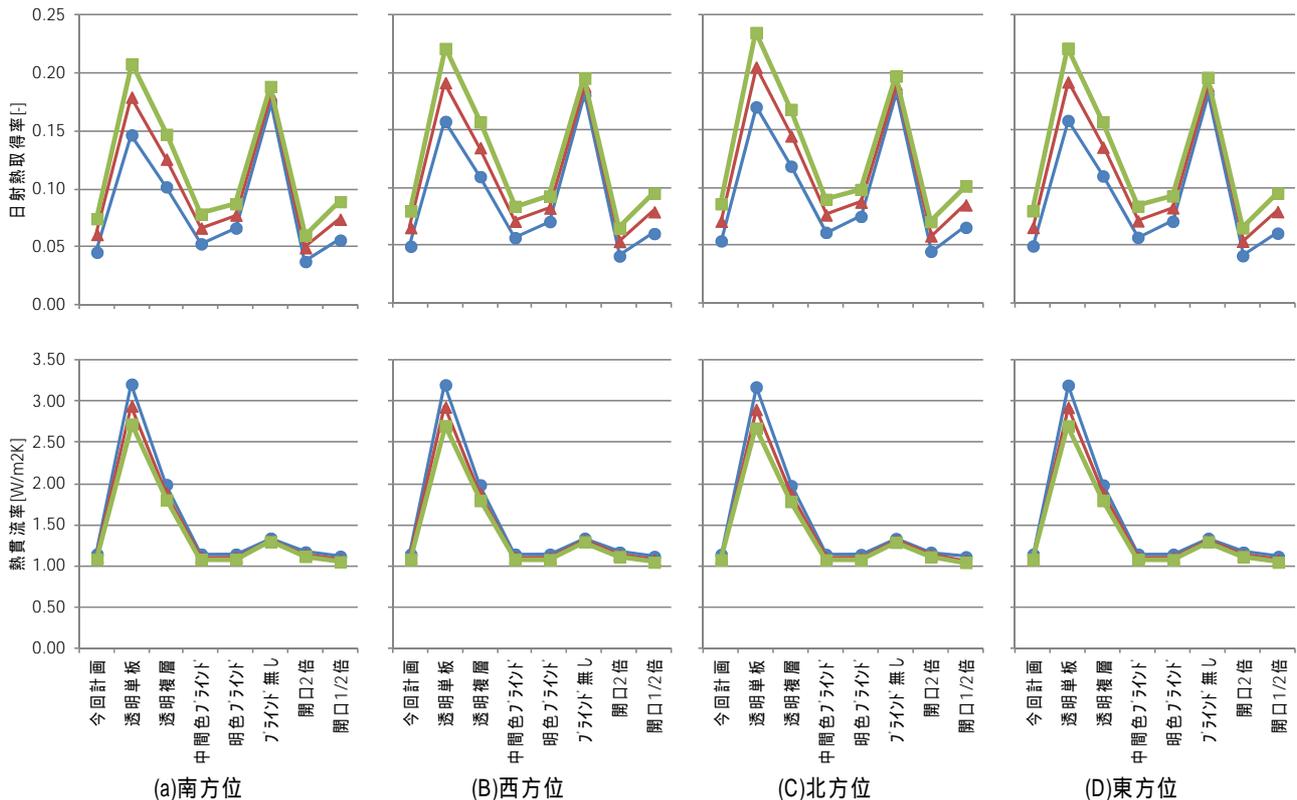


図6. ダブルスキン熱性能値のケーススタディ

【謝辞】

本報は、(財)建築環境・省エネルギー機構内に設置された産官学連携による環境負荷削減のための建築物の総合的なエネルギー消費量算出ツール開発に関する「BEST コンソーシアム」・「BEST 企画委員会(村上周三委員長)」および専門版開発委員会(石野久彌委員長)、統合化 WG(石野久彌主査)の活動成果の一部であり、関係各位に謝意を表するものである。統合化 WG 名簿(順不同) 主査:石野久彌(首都大学東京名誉教授)、委員:内海康雄(宮城工業高等専門学校)、大西晴史(関電工)、木下泰斗(日本板硝子)、工月良太(東京ガス)、郡公子(宇都宮大学)、菰田英晴(鹿島建設)、佐藤誠(佐藤 ER)、芝原崇慶(竹中工務店)、新武康(清水建設)、田中拓也(大成建設)、長井達夫(東京理科大学)、二宮秀與(鹿児島大学)、野瀬暁則(大林組)、野原文男、長谷川巖、滝澤総、二宮博史、丹羽勝巳、久保木真俊(以上、日建設計)、柳井崇、品川浩一、山本佳嗣(以上、日本設計)、事務局:生稲清久、石田真理(建築環境・省エネルギー機構)

【参考文献】

- 1)左、和田、高橋、廣田、武藤、小林、石井、西原、田辺:環境配慮技術を導入した先進的なテナントオフィスにおける執務環境評価(その1)放射空調・パーソナル環境制御の計画、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp.401-402、2013年8月
- 2)菊池、左、和田、田中、山田、堀、直井:ダブルスキンファサードによる日射遮蔽と室内自然通風の一体的な計画と実施(第2報)短期実測による性能評価、空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集、pp.269-272、2012年9月
- 3)郡、石野:熱負荷計算のための窓性能値に関する研究 第3報 ダブルスキン、エアフローウィンドウの熱性能式の提案、日本建築学会環境系論文集 No.682、pp.997-1002、2012年12月