

免震ピットを利用したクール・ウォームピットの3年間の温湿度測定結果

Measurement of temperature and humidity for 3 years in cool-warm pit utilizing seismic isolation pit

キーワード

地中熱利用, 省エネルギー, ZEB,
免震ピット, 実測, 温湿度

森口 拓生*, 鈴木 泰樹*,
菊田 道宣*, 三田村 輝章**

研究概要

技術センターSOU センター棟においては、免震ピットをクール・ウォームピットとして利用しており、ピット内の温湿度を継続して測定している。その温湿度データから、2022年4月から2025年3月までの3年間について分析した。その結果、ピット温度は外気と比較すると安定しており、温度変動を年周期の単振動で近似すると、振幅は外気の4割程度であり、ピット温度のピークが1ヵ月程度遅れることがわかった。また、測定期間の3年間における温度の長期変動傾向は外気温と同様であった。クール・ウォームピットの効果としては夏期に10℃程度の予冷、冬期で15℃程度の予熱効果が確認できた。一方で、ピットの中央・東側では相対湿度が継続して100%となることが頻発していることがわかった。

1 はじめに

建物の省エネルギー性能の向上や ZEB 化に向けた要素技術の一つとして再生可能エネルギーの活用があり、その中でも、地下ピットをクール・ウォームピットとして地中熱利用を図ることは比較的容易に実現することができる。2022年2月にオープンした当社の技術センターSOU センター棟は Nearly ZEB 認証を取得し、省エネ技術として免震ピットを利用したクール・ウォームピットを採用している。本報では、オープンから3年分のクール・ウォームピットの温湿度測定結果を報告する。



写真-1 建物外観

2 建物概要

センター棟の外観を写真-1に、建物概要を表-1に示す。センター棟は RC 造3階建て、延床面積3,110m²で、Nearly ZEB 認証を取得している。基礎免震構造を採用しており、免震ピットをクール・ウォームピットとして利用し、外調機の外気を取入れを免震ピット経由で行う計画としている¹⁾。

免震ピットの断面図を図-1に、平面図を図-2に、ピット各部の状況を写真-2に示す。平面はほぼ長方形であり、東西の長辺が約55m、南北の短辺が約22m、高さは約2mである。外気は、写真-2(1)に示すように免震ピット西側の免震スカート下部のスリットから導入され、他の3辺のスリットはゴムシートによって塞がれている。外調機は合計5台あり、写真-2(2)に示すように、各階東西の機械室にそ

表-1 建物概要

所在地	茨城県つくば市	建築面積	1,293m ²
用途	オフィス・研修室	延床面積	3,110m ²
構造	RC・基礎免震構造	建物高さ	17.67m
規模	地上3階・塔屋1階	オープン日	2022/2/1
外調機	東3台 西2台	合計取入外気量	2,680~6,680m ³ /h

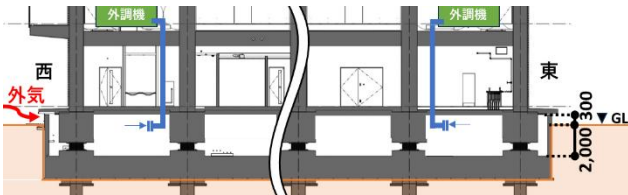


図-1 ピット断面図

* 技術センター 建築研究部, ** 前橋工科大学

それぞれ設置されている機械室直下の免震ピットからダクトにより、外調機に外気を取り入れている。外調機の取入れ外気量は室内のCO₂濃度で制御を行っているため一定ではなく、5台合計で2,680~6,680m³/hの間で変動する。

3 測定概要

外気温湿度およびピット内温湿度の測定概要を表-2に示す。ピット内の温湿度の測定は、東側、中央、西側の3カ所で行い、東側、西側については外調機内で測定している取入れ外気温湿度をBEMS経由で取得した。したがって、外調機停止時にはピットとは異なる環境となるため、外調機稼働時のみのデータを用いた。中央部については、2022年4月に小型温湿度記録計(RTR-53A T&D)を床上0.4mに設置し測定した(写真-2(4))。また、建物屋上で気象データを測定しており、ここから外気の温湿度をBEMS経由で取得した。測定の間隔はいずれも10分間隔である。測定は現在も継続しており、本報では2022年4月1日から2025年3月31日までの3年間のデータを分析した。

4 測定結果

4.1 1日の温度推移

1日の温度変動が比較的大きな日について、夏期及び冬期の1日の温度推移の例を図-3に示す。ピット温度については、夏期及び冬期ともに、中央・東側に比べて西側で外気の影響を大きく受けており、1日の変動幅も大きい。これは、西側の外気取入れ位置が外気導入部に近くファンにより吸気をしていることが要因と考えられる。1日の温度変動幅としては、夏期は外気が11℃変動するのに対し、ピット中央・東側は1℃程度、西側は3℃程度で外気温の変動と比べると非常に安定していると言える。冬期についても同様に、外気が7℃変動するのに対し、中央・東側は1℃程度、西側は3℃程度である。東側と西側を比較すると、夏期は西

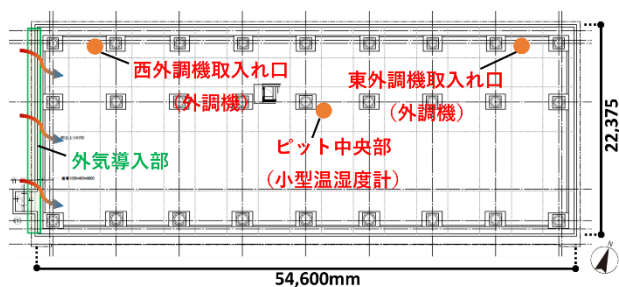


図-2 免震ピット平面図と測定位置

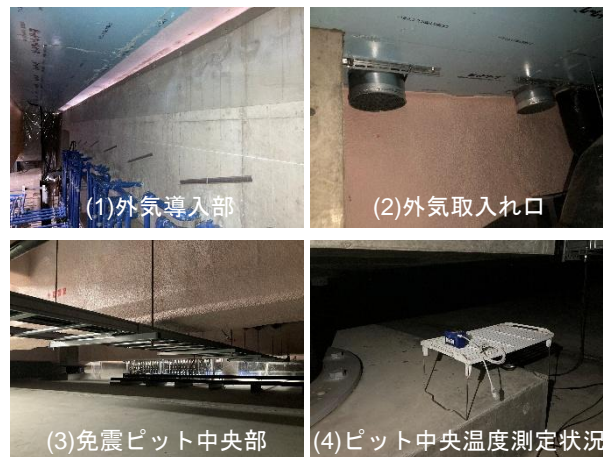
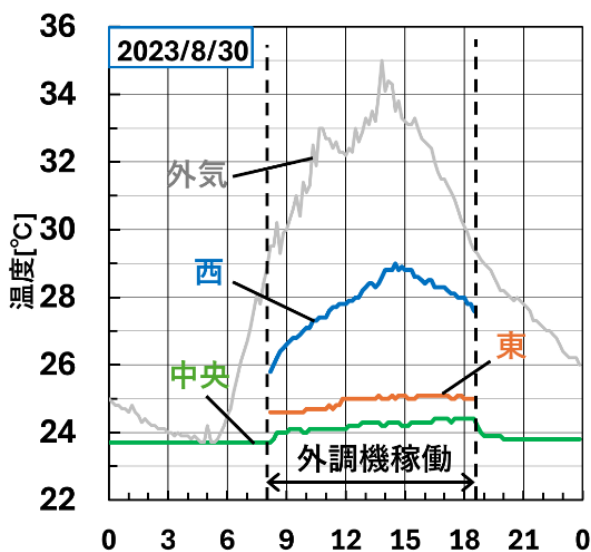


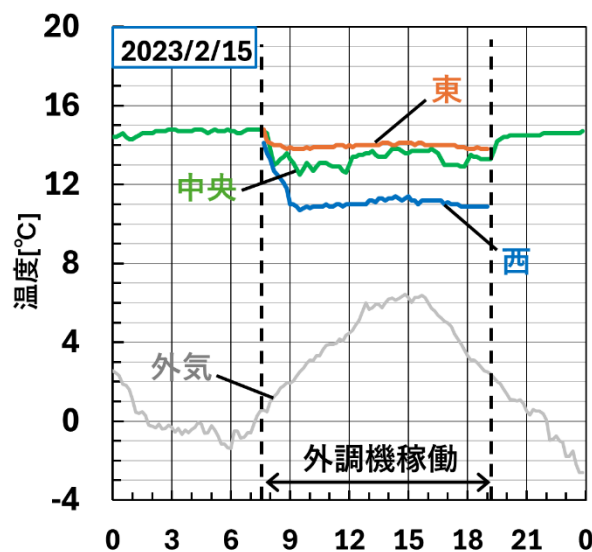
写真-2 ピット各部の状況

表-2 測定概要

測定項目	測定方法	測定期間
外気温湿度	BEMS	2022/2/1～
ピット東側温湿度	BEMS	2022/2/1～
ピット西側温湿度	BEMS	2022/2/1～
ピット中央温湿度	小型温湿度計	2022/4/1～



(1)夏期



(2)冬期

図-3 1日の温度推移の例

側の温度が東側の温度よりも最大4℃高く、冬期は西側の温度が東側よりも3℃低かった。

4.2 3年間の温度推移

最もデータの多いピット中央部について、温度の3年間の推移を外気温とともに図-4に示す。また、外気との振幅差・位相差を調べるため、それぞれを年周期の単振動で近似した結果も併せて示した。温度推移を比較すると、ピット中央温度は、外気温が概ね-5~36℃の範囲で変動しているのに対し、13~25℃の範囲で変動している。また、全平均温度は、外気温が16.0℃に対しピット中央温度は19.2℃であり、高く安定した温度であることが確認できた。

年周期の単振動による近似では、外気温の振幅が±11.5℃に対してピット中央温度は±4.2℃と外気の4割程度に収まり、外気温と比較して安定した温度となっていることが確認できた。また、位相差に着目すると、ピット中央温度は外気温よりもピークが1ヵ月程度遅れることが明らかとなった。

4.3 長期温度変動傾向

実測値から図-4に示した年周期の変動分を除いたものをここではトレンドとする。ピット温度の長期的な温度変動傾向を確認するため、ピット温度および外気温のトレンドを移動平均したものを用いて図-5に示す。短期的な変動を除くため、移動平均区間を前後1日、7日、30日とした場合の結果を示しているが、それぞれについて線形近似を行っても係数に変化がなかったため、30日の結果について分析を行った。

ピット温度のトレンドに着目すると2022年度は比較的温度が低く、特に初夏や秋季の温度が低かった。2023年度では春季の温度が他年度よりも高くなり、2024年度は年間を通じて温度が高くなる傾向がみられた。この傾向は外気のトレンドと同様である。トレンドを線形近似した結果では、ピット温度は年間で約0.47℃、3年間で約1.4℃の温度上昇傾向であったが、外気温の3年間の温度変動も1.2℃の上昇傾向であり、ピット温度の変動は外気温によるもので、地中熱の飽和ではないと考えられる。

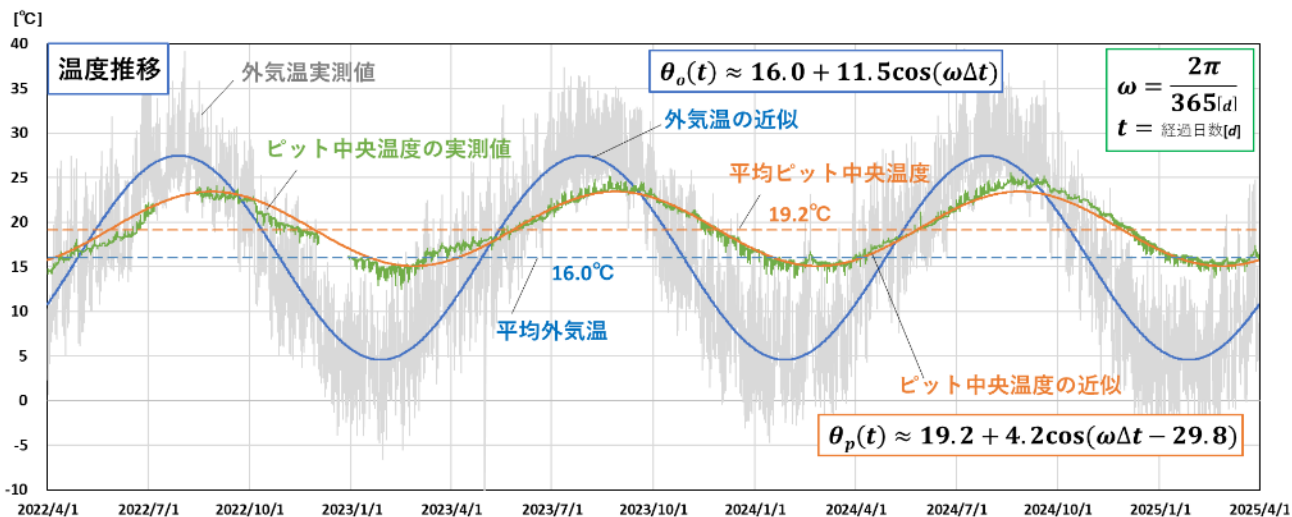


図-4 ピット中央温度と外気温の3年間の推移と年周期の単振動近似

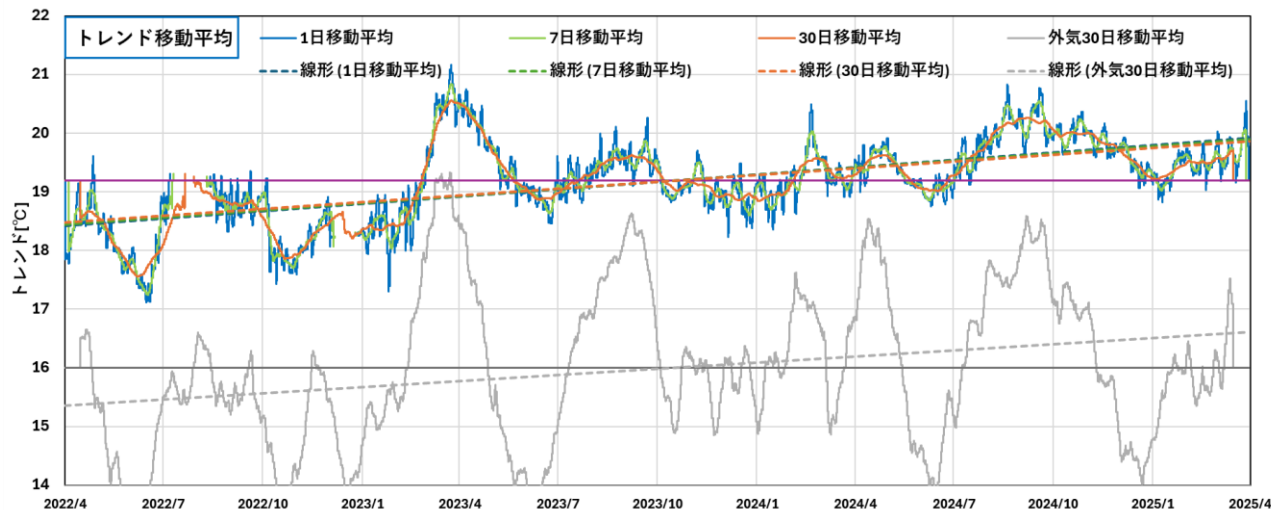


図-5 ピット温度の長期的な変動傾向

4.4 外気との関係

ピットと外気の温湿度の関係を図-6に示す。ここでは、外気、ピット中央も含め、日毎の外調機稼働時間帯の平均値で示している。なお、ピット中央の湿度は2022年9月から2023年9月までのデータに異常がみられたため除いている。

(1)のピット温度は、外気温とよく対応しており、相関も高い。また、外気温が低い場合は場所による温度差は小さいが、外気温が高い場合は場所により最大2℃程度温度差があり、ピット中央部で外気との温度差が最大となっていた。クール・ウォームピットとしては、夏期は最大10℃程度、冬期は最大15℃程度の予冷・予熱効果が確認できた。

(2)のピットの相対湿度は外気に対して非常にばらついており、相対湿度100%に近いデータが中央や東側で多くみられる。グラフのプロットは外調機稼働時間帯の日毎の平均データであるため、日中の大半の時間で高湿度の状態が長時間続いていると言える。

(3)の絶対湿度の比較は、東側・西側では外気とよく対応しているが、中央部では外気よりも低くなることが多く、東側の絶対湿度は外気よりも3g/kg(DA)程度高くなっていた。中央部が西側・東側と異なる結果となった理由としては、外調機の取入れ口が北側に位置しているため、外気がピットの北側を通過している可能性、そして、西側の外気導入部以外の隙間から外気が流入している可能性などが考えられる。

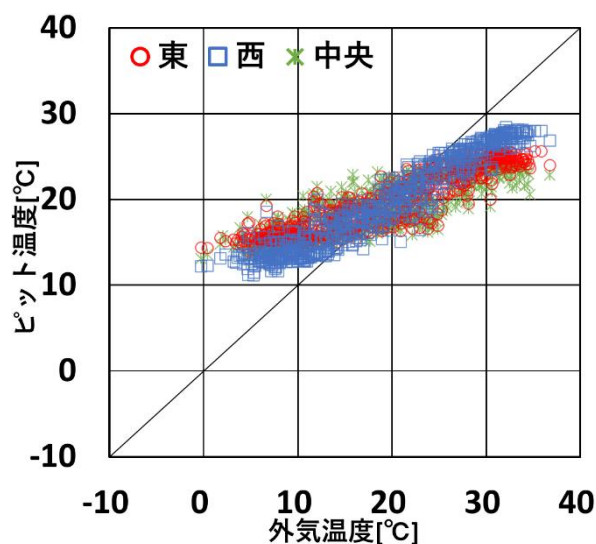
5 まとめ

免震ピットを利用したクール・ウォームピットの温湿度について、3年間のデータを分析した。その結果、ピット温度は外気と比較すると安定しており、変動傾向を年周期の単振動で近似すると振幅が外気の4割程度、位相差はピットのピークが外気よりも1ヵ月程度遅れることを確認した。また、ピット温度の長期変動傾向としては、測定期間である3年間では外気と同様の変動傾向であった。外気との温湿度の関係では夏期で10℃程度の予冷、冬期で15℃程度の予熱効果が確認できた。一方で、外調機稼働時間帯にピットの中央・東側では相対湿度が100%近くになることや、絶対湿度が上昇する状況があり、外気と比べ高湿度となっていた。

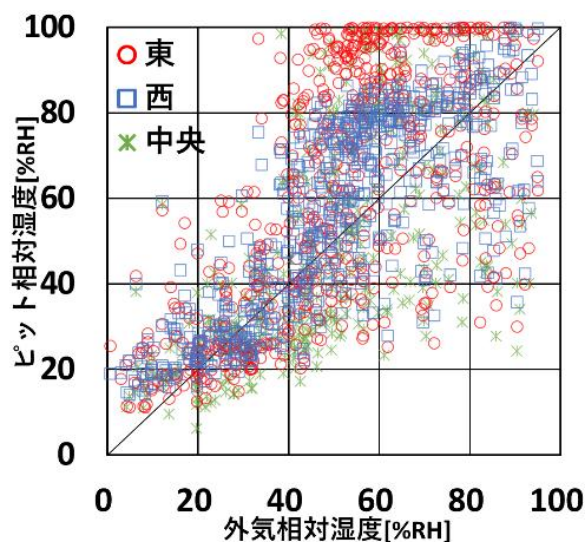
今後の課題としては、ピット内の気流の流れやピット全体の温湿度分布の把握、そして、ピット内の高湿度対策を検討することを考えている。

参考文献

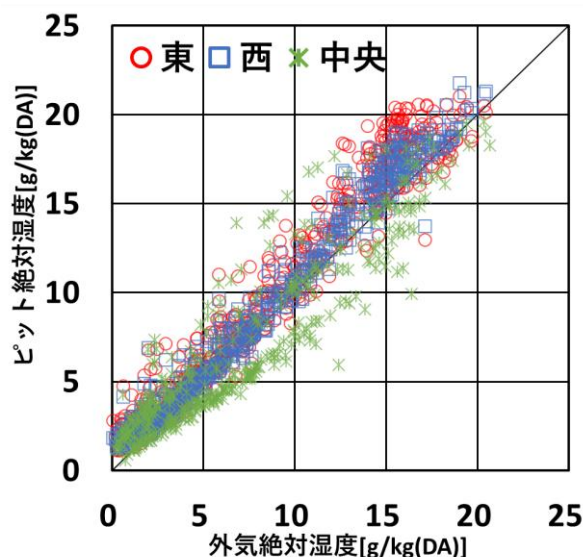
- 1) 菊田道宣, 鈴木泰樹, 野部達夫: TABS を採用した Nearly ZEB 認証建物のエネルギー性能評価に関する研究 (第 1 報) 対象建物の概要とオープン時から 1 年間の実績, 空気調和・衛生工学会学術講演論文集, pp121-124, 2023.9
- 2) 森口拓生, 鈴木泰樹, 菊田道宣, 三田村輝章: 免震ピットを利用したクール・ウォームピットの 2 年間の温湿度測定結果, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp1675-1676, 2025.9



(1)温度



(2)相対湿度



(3)絶対湿度

図-6 外気との相関図