

「ヨンデビル新館」における建物杭を利用した 地中蓄熱システムの概要と省エネルギー効果

Outline and effect of energy conservation of underground thermal storage system using building piling in "Yonden new building"

(株)安井建築設計事務所 設備部 金 政秀
Yasui Architects and Engineers, INC. Jeongsoo KIM

1. はじめに

ヨンデビル新館は、四国電力の経営課題である電力負荷平準化・省エネルギー・環境負荷軽減を実践する環境共生型オフィスビルとして、従来取り組んできた水蓄熱システムに加え¹⁾、四国電力で初めて「地中蓄熱(土壌蓄熱)」、「フリークーリング」等の自然エネルギーを利用したエネルギー削減施策を採用している。本報では、これらの建築環境計画概要などの報告を行う。

2. 建築概要

高松市のシンボルである玉藻城の濠に近接し、史跡(城跡)を借景とした緑豊かな環境の中に建設されたヨンデビル新館は、隣接する既設本館とともに四国電力本店建物として重要な役割を担う建物である。設計にあたっては下記の点を基本的な考え方とし計画を進めた。

- 1) 本館との調和に配慮しつつ、新たな成長・発展を目指す企業姿勢の建物外観への表出
- 2) 本店建物として必要な諸施設の設置
- 3) セキュリティを確保しながら、人と車両動線へ配慮した本館との一体的な活用
- 4) 柔軟性と快適性を備え、従業員の能力を引き出せるオフィス空間の提供
- 5) 電力平準化、省エネルギー、環境負荷軽減の実践
- 6) 地球環境と調和し良好な市街地形形成への寄与



図1. 建物外観(左:新館、右:本館)

本建物は、既設の本館に隣接した形で建設され中央エントランス棟により一体的に活用出来るように計画された。図1に建物外観を示す。

表-1 建物概要

- ・建築名称 ヨンデビル新館
- ・所在地 高松市丸の内2番5号
- ・延床面積 13,918.88m²
- ・構造 S造 一部SRC造
地業: 場所打ち鉄筋コンクリート拡底杭
- ・高さ 建物高さ(最高): GL+32.15m
- ・階数 地上7階、地下1階、塔屋1階
- ・用途 事務所(駐車場、食堂、ホールあり)
- ・工事期間 2002年8月~2004年3月

3. 設備概要

電力負荷平準化に対する技術要素として、地下ピットを利用した「水蓄熱」、杭基礎を利用した「土壌蓄熱」、床スラブを利用した「躯体蓄熱」と言った3つの蓄熱技術の採用を行った。これらは当然建物に備わるべき基礎、躯体を利用したシステムとし、建築設備と建物構造体とが一体となるシステムとして計画した。

表-2 空調設備概要

- 1) 熱源設備
 - ・丸の内熱供給基地(ヨンデビル本館地下)からの冷水と温水の供給受入れ
 - ・クーリングタワーによるフリークーリング
- 2) 蓄熱
 - ・水蓄熱槽(冷水槽、冷温水槽)
 - ・土壌蓄熱による冬期冷熱利用
 - ・躯体蓄熱(天井内と床下内循環タイプ)
- 3) 空調設備
 - ・空調方式: 各階コパ°外AHU方式(冷温水+土壌蓄熱冷水の四管式)+FCU方式
 - ・床天井吹出切替方式(暖房:床吹出、冷房:天井吹出)(4~6階執務室)
 - ・冷温水式床冷暖房(エントランス)

4) 自動制御・オープンプラネットの自律分散制御による自動制御

・BEMS

5) 換気方式・自然換気、全熱交換器 + CO₂ 濃度による換気風量制御 (一般執務室) CO₂ 濃度による換気風量制御 (地下駐車場)

6) その他・機械排煙設備、厨房換気、個別換気、簡易エアフローウインド

4. 環境計画

地球環境への配慮に焦点を当て、「省資源」、「省エネルギー」型の建物を実現するため、自然の力や資源を最大限に活用する計画とした。

1) 自然エネルギーの利用

- ・フリークーリング (冬期)
- ・外気冷房 / 自然通風 / ナイトパージ (中間期)
- ・昼光利用による照明制御
- ・太陽光発電

2) 負荷の平準化

- ・水蓄熱
- ・土壌蓄熱
- ・躯体蓄熱
- ・貯湯電気温水器 (厨房用)

3) 資源の有効利用、環境負荷の軽減

- ・雨水利用
- ・中水利用
- ・排熱回収 (全熱交換器)
- ・電化厨房

4) 負荷の制御

- ・アルミ庇・簡易アパーによる日射負荷軽減
- ・床吹出・天井吹出切替え空調吹出方式
- ・OPビルコンによる施設の最適運用
- ・人感センサーによる照明制御

OPとは、オープンプラネットの略で、四国電力が開発した遠隔監視制御システム

5. 土壌蓄熱システム実施計画

5.1. 方式

冬期の冷熱を土壌に蓄熱し、夏期の冷房補助熱源として活用する自然エネルギー利用技術である。採用に際しては、蓄放熱手法、本敷地の土壌条件、基礎工法など、条件を総合的に判断し計画を行った。

5.2. 土壌条件

敷地土壌は、表土層から下はGL-12m付近まで緩い砂質地盤が続き、地下水位が高い (GL-1 ~ 2m (平成13年9月ボーリング調査)) ため、地下掘削時の安定対策・湧水対策として山留め・止水壁を設けた。その止水壁および地下の不透水層 (粘性土層) で囲まれた砂質地盤の空間 (約10,000m³) が土壌蓄熱の蓄熱媒体として活用可能と判断した。

5.3. 施工方法

高層部の基礎については、排出土量の低減と効率的な杭体断面により高い支持力が得られる場所打ちコンクリート拡底杭 (軸部径 1.3m、拡底部径 1.5 ~ 2.1m) を64本とした。

さらに、地震時においても基礎構造物としての健全性を保つため、杭頭部を鋼管巻きコンクリートとした。そのため鋼管巻き部の構造用配筋が不要となり、土壌蓄熱用パイプが設置でき、杭体を有効な熱鋼管部材として活用できる。図2、3に杭配置図、土壌蓄熱配管施工方法を示す。

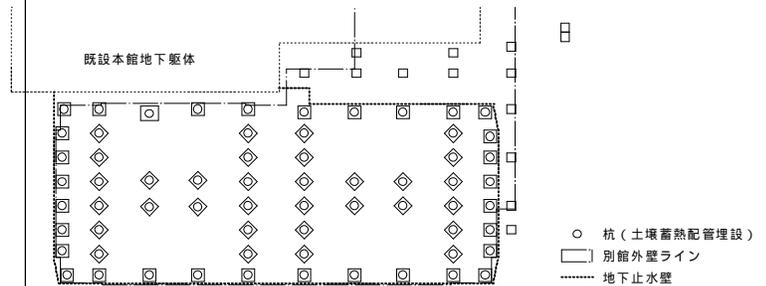


図2. 杭配置図 (64本)

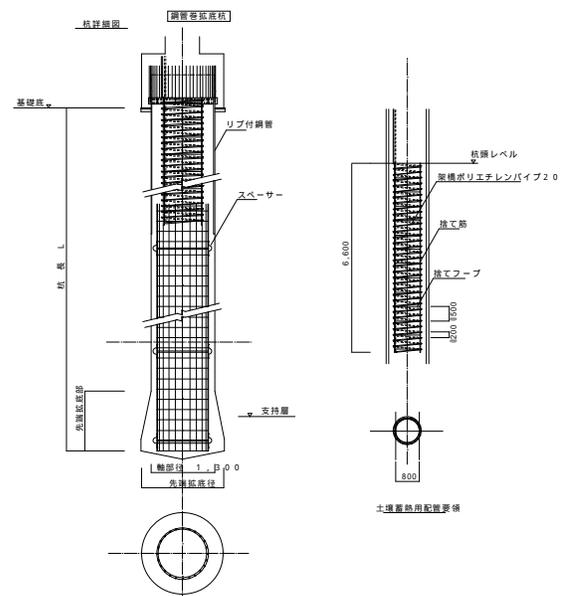


図3. 土壌蓄熱配管施工方法

5.4. 実施計画内容

地下水の塩分濃度が高く、直接取り出した場合、配管及び熱交換器などの腐食が予測されたため、地中熱交換方式を採用した。土壌と熱交換を行う部材としては耐食性に優れた架橋ポリエチレン配管を採用し、20Aのサイズの配管を約12,000m用いた。

蓄熱は冬期（11月～3月）に夜間電力を利用して屋上の冷却塔を用いたフリークーリングにより外気と熱交換した冷水を、杭および建物基礎下部に埋設した架橋ポリエチレン配管へ循環させ土壌を7～11に冷却し、蓄熱する。蓄熱された熱は、夏期（7月～9月）の冷房運転時の補助熱源に利用したあと、20程度で土壌に返す。

6. 土壌蓄熱システム

6.1. 計画概要

土壌蓄熱概念図を下記に示す。冬期に冷却塔によるフリークーリングにて土壌冷却を行い、夏期に冷熱を直接、空調機外気の前処理に利用している。

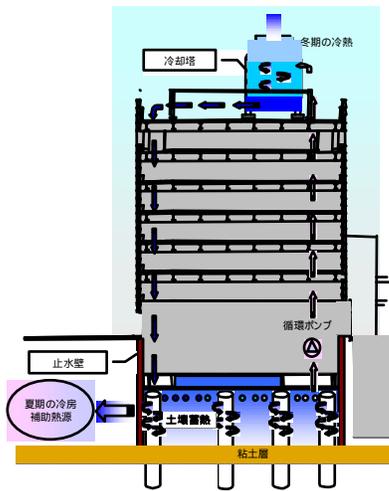


図4. 土壌蓄熱システム概念図

6.2. 制御フローチャート

自動制御フローを図5に示す。外気温度、土壌平均温度（杭内平均温度）、土壌系統出入口温度差などにより判断させた。

6.3. 効果試算

土壌蓄熱により、冬期（11月～3月：5ヶ月間）304GJ蓄熱され、夏期に利用できる熱量は154GJ（自然放熱により蓄熱効果は約50%）と推定され夏期の推定日中冷房負荷3,000GJの約5%が土壌蓄熱で賄える試算となった²⁾。

6.4. 計測計画

土壌内の温度確認としてB1階よりFL-3m、-6m、-9m、平面的に13ヶ所（杭内6、土壌内7ヶ所）計39ヶ所の位置に温度センサーを建築工事施工途中で設置した。自動制御用としては杭内温度を利用している。

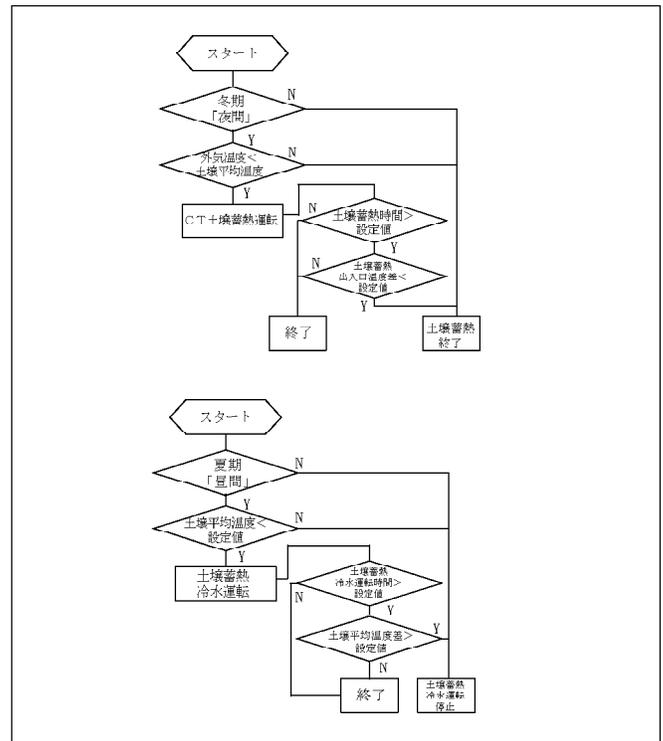


図5. 自動制御フロー（冬期蓄熱時、夏期放熱時）

6.5. 実測結果

杭内温度センサー計18点による杭内平均温度と外気温度の比較を図8に示す。土壌へ積算投入熱量、クーリングタワー（CT）からの積算熱量を図9に示す。また下記に土壌運転時間も併記した。土壌蓄熱開始時は2月2日からとした。2ヶ月間の土壌蓄熱運転で杭内平均温度が2月中で16.7 から11.2に温度低下、3月中で11.2 から12.7に温度上昇した。ここで、3月は杭内平均温度が上昇したが、熱量は66GJ土壌へ投入出来たことから、杭から周辺土壌へ熱拡散したと考えられる。

土壤蓄熱運転時間は2月は404時間、3月は230時間となり、外気温度と杭内平均温度との温度差が均衡してきたため土壤蓄熱運転時間は3月に入って減少したと考えられる。2ヶ月間の蓄熱運転により202GJの蓄熱量相当となった。クーリングタワーからの熱量の97%が土壤へ投入された。

	2月	3月	合計
運転時間	404時間	230時間	634時間
平均温度	16.7	11.2	11.2
投入熱量	136GJ	66GJ	202GJ

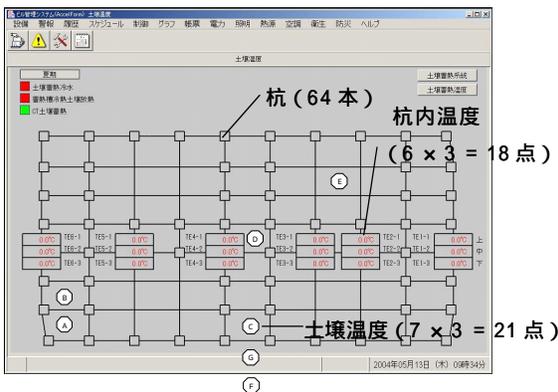


図6 . 計測ポイント(土壤内、杭内)



図7 . 施工状況(上: 杭内部、下: 螺旋配管)

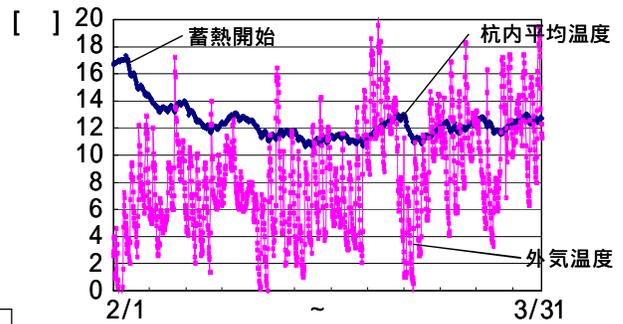


図8 . 杭内平均温度と外気温度(2/1 ~ 3/31)

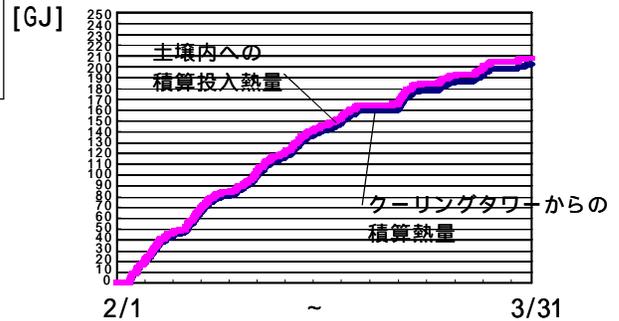


図9 . 土壤への積算投入熱量(2/1 ~ 3/31)

7. まとめ

ヨンデンビル新館における様々な環境計画の概要と共にオフィスビルにおける「土壤蓄熱」についての紹介を実測結果を基に行った。今後も現場実測を継続した上で検証を行う予定としている。

【参考文献】

- 1) 杉本、渡邊ほか：池田電気ビルの空気調和設備、平成8年12月、空気調和・衛生工学第70巻 第12号
- 2) 小林、金ほか：杭基礎を用いた自然エネルギー地中熱利用計画について、空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集(2002 福岡)

「謝辞」

本計測を行うにあたり、四電ビジネス(株)殿をはじめ関係各位に多大なご協力を頂きました。ここに記して謝意を表します。

