

杭基礎を利用した自然エネルギーによる土壌蓄熱空調システム

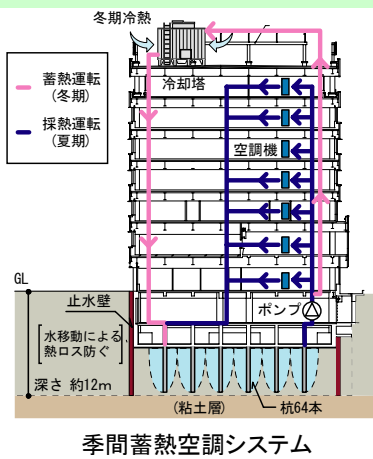
企画・開発: 四国電力株式会社 設計・開発: 株式会社四電技術コンサルタント・株式会社安井建築設計事務所
 研究・開発指導: 吉田治典(京都大学)・宮田征門(日本学術振興会(九州大学), 元京都大学)

概要

- 建物下部の土壌を蓄熱媒体として**自然エネルギー**である冬季冷熱を蓄え、夏季冷房に利用する**新しい季節間蓄熱システム**
- 構造**杭基礎内に熱交換用配管を敷設**することで掘削が不要となり**費用対効果の高いシステム**を実現
- 地盤モデルを組み入れた**空調システムシミュレーション**による**性能検証と運用の最適化**
- 運用3年目で**システム COP7.14**という高効率運転を実現
- 採用地域以外においても土壌蓄熱システムが有効であることをシミュレーションにより確認

システムの特徴

- **地盤による季節間蓄熱システム**
 - ・ 冬季の冷熱を土壌内に蓄熱し、夏季の冷房に利用。
 - ・ 夏季昼間の冷房ピーク負荷を削減
- **建物杭に熱交換用配管を埋設**
 - ・ 熱交換器設置のための新たな掘削が必要なく安価なコストでシステム構築が可能
 - ・ 地下水水質に影響されない
 - ・ 止水壁と粘土層に囲まれた水分移動のない約10,000m³の土壌を季節間の蓄熱槽として利用



季節蓄熱空調システム

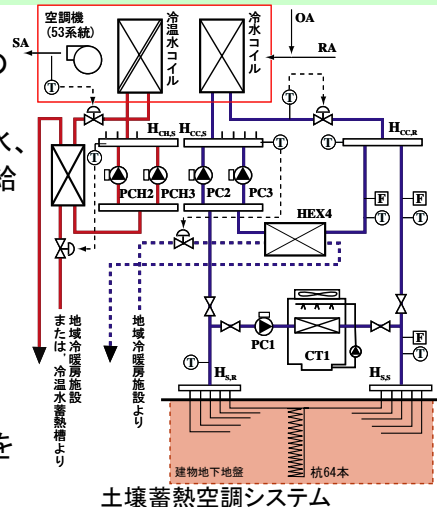
実施物件概要(コンデビル新館)

- ・ 所在地 高松市丸の内2番5号
- ・ 敷地面積 8,074.78m²
- ・ 建築面積 2,438.07m²
- ・ 延床面積 13,922.72m²
- ・ 構造 S造、一部SRC造
- ・ 階数 地上7階、地下1階
- ・ 建物高さ GL+32.15m
- ・ 主用途 事務所(四国電力本社ビル)
- ・ 年間1次エネルギー消費量 1,274MJ/m²年(平成18年度実績)
 (一般事務所ビル: 1,737MJ/m²年と比べて27%削減)



土壌蓄熱空調システム概要

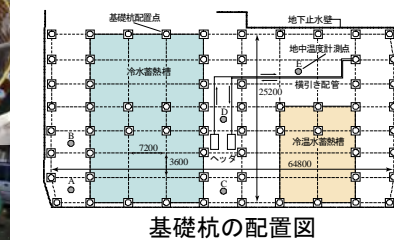
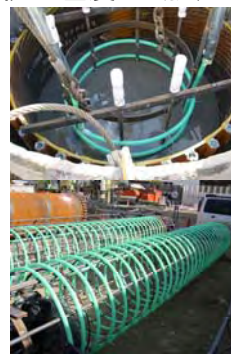
- **空調システム**
 - ・ 各空調機(53台)は冬期冷房対応のダブルコイル方式を採用
 - ・ 夏季は前段コイルに土壌からの冷水、後段コイルに地域冷暖房冷水を供給
- **土壌蓄熱システムの運転方法**
 - 冬季夜間:** 密閉型冷却塔 CT1 とポンプ PC1 を運転して外気と循環水の熱交換を行い土壌に冷熱を貯める(蓄熱運転)
 - 夏季昼間:** ポンプ PC2,3 を運転して貯めた冷熱を取り出す(採熱運転)



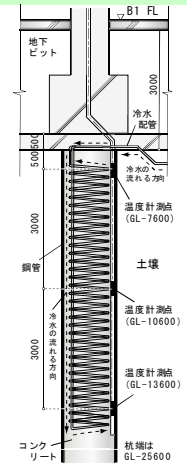
土壌蓄熱空調システム

施工方法と計測計画

- ・ 場所打ちコンクリート杭の上部の鋼管巻きコンクリート部分に20Aポリエチレン配管を埋設
- ・ 杭本数64本(杭径1.3m)、配管総長14,000m
- ・ 杭内温度18点、土壌温度21点を計測



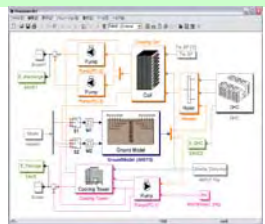
施工写真



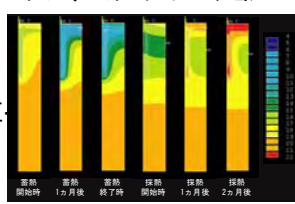
杭の断面図

システムシミュレーションの開発

- **目的**
 - ・ 未利用エネルギーの活用による先進システム
 - 先例が少なく、どのような運転法が最適か不明
 - ・ 運転は1年サイクルのため、実システムでの試行錯誤により最適運転法を見出すことは困難
 - シミュレーションを用いて最適な運転方法を探索する
- **以下のモデルを繋ぎ合わせてシステムシミュレーションを作成**
 - 1) 有限要素法による地盤と杭の非定常伝熱計算
 - 2) 物理現象を基礎とする空調機器モデル(冷却塔、ポンプ、コイル、熱交換器)



システムシミュレーション

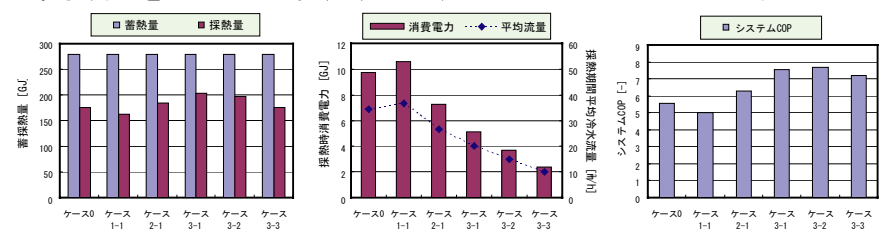


地盤温度計算結果例

シミュレーションによる最適化

- **蓄熱運転の最適化**
 - ・ 冷水流量 30 m³/h、冷却塔ファンインバータ値 50%が最適
- **採熱運転の最適化**
 - ・ コイル出口冷水温度設定や冷水流量設定によるケーススタディ
 - 冷水流量を 15 m³/h に固定すれば、システム COP は 7.71 に向上

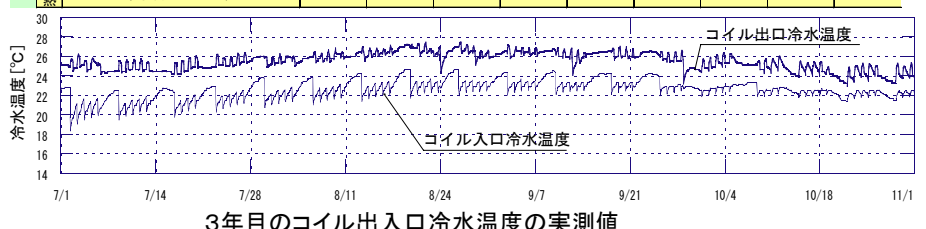
ケース	コイル出口冷水温度 / 冷水流量			
	7月	8月	9月	10月
0	25 °C			
1-1	23 °C	24 °C	25 °C	26 °C
1-2	23.5 °C	24.5 °C	25.5 °C	26.5 °C
2-1	26 °C	27 °C	26 °C	25 °C
2-2	26.5 °C	27.5 °C	26.5 °C	25.5 °C
2-3	27 °C	28 °C	27 °C	26 °C
3-1	20 m ³ /h			
3-2	15 m ³ /h			
3-3	10 m ³ /h			



運転実績

- **1年目の運転**
 - ・ 蓄熱時冷水流量 50 m³/h、採熱時コイル出口温度が 23°C になるように2方弁制御(ポンプインバータ制御)
 - 年間冷房負荷ピークシフト率 5.5%、システム COP=3.61
- **2年目の運転**
 - ・ 蓄熱時冷水流量 45 m³/h、採熱時コイル出口温度が 25°C に変更
 - 蓄熱運転期間が長かったため、年間冷房負荷ピークシフト率 8.6% に向上
 - 蓄熱時 COP は 12% 低下(蓄熱時消費電力の約 50% は冷却塔ファン)
 - 採熱時 COP は 2 倍以上に向上
- **3年目の運転(システムシミュレーションに基づく最適運転)**
 - ・ 蓄熱時の消費電力の低減を図るため、冷却塔ファンにインバータ設置(50%運転)
 - ・ 採熱時冷水流量 15 m³/h 一定運転
 - 前年の実績値に比べて、採熱量はほぼ変わらないが、エネルギー消費量は約 57% 削減し、システムは COP7.14 に向上

運転手法	蓄熱			採熱			システム COP	最大冷房負荷ピークカット率	年間冷房負荷ピークシフト率
	蓄熱量	消費電力	効率	採熱量	消費電力	効率			
設計目標	256 GJ			154 GJ					5.00%
1年目	蓄熱: 冷水流量: 50 m ³ /h, 運転期間: 2ヶ月 213.4 GJ	27.0 GJ	7.9	採熱: コイル冷水出口温度: 23 °C 145.1 GJ	13.2 GJ	11.0	3.61	7.70%	5.50%
2年目	最適化 (1)								
	蓄熱: 冷水流量: 45 m ³ /h, 運転期間: 3ヶ月 374.1 GJ	55.5 GJ	6.7						
	最適化 (2)								
3年目	最適化 (3)								
	蓄熱: 冷水流量: 30 m ³ /h, 冷却塔ファンインバータ値: 50%, 運転期間: 3ヶ月 280.3 GJ	24.0 GJ	11.7						
最適化 (4)									
採熱: 冷水流量: 15 m ³ /h			189.9 GJ	3.75 GJ	50.6	7.14	8.90%	7.87%	



3年目のコイル出入口冷水温度の実測値