

場所打ちコンクリート杭を用いた 地中熱利用空調システム —実施物件への適用—

大成建設株式会社
関根賢太郎

平成19年度地中熱利用ヒートポンプシンポジウム

発表内容

- 大成建設のシステムに関して
- 実施物件への適用
 - ① 東京大学柏キャンパス環境棟
 - ② 前川製作所新本社ビル

大成建設のシステムに関して

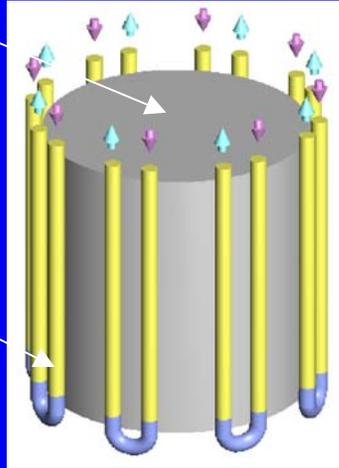
大成建設が目指した方式

- ①日本の都市部で利用できる
- ②都市部で件数の多い事務所ビルで採用できる
 - 都市部への採用の多い場所打ち杭を利用した新たな熱交換方式の提案
 - 事務所ビルの特徴である冷房負荷が多い場合の地中熱利用を含むシステム全体の検討
 - 一般的な空気熱源ヒートポンプと比較
 - 省エネルギー率(電力量削減率)30%
 - 単純投資回収年数10年以内

新たな熱交換方式の提案

場所打ち杭
1500~4000φ

熱交換用配管



- 外周に熱交換用配管を複数設置
- 熱交換用配管は、偏芯防止用のスペーサーに取り付け

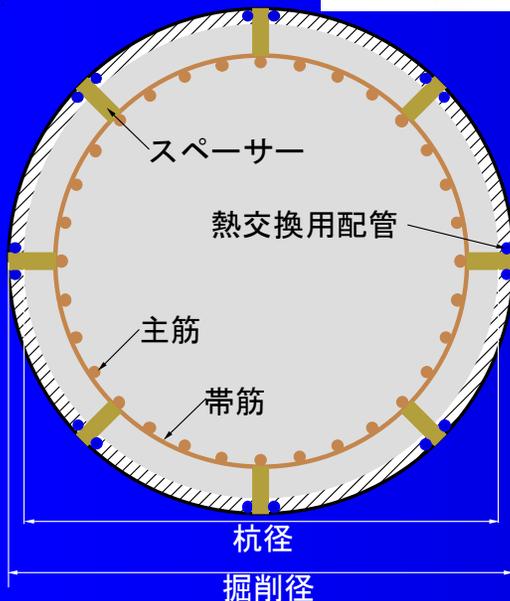
→ 構造設計上の断面欠損を回避

→ 配管同士の熱干渉を抑制

- 配管本数は、杭径と地中採放熱量から最適な本数を選択

- 配管は、樹脂製配管を使用するため半永久的に利用可能

→ 軽量・耐久・耐衝撃・耐薬品性



施工手順

1. 軸部掘削

2. 拡底掘削、底浚い

3. 下段鉄筋かご建込
地中熱交換用配管固定

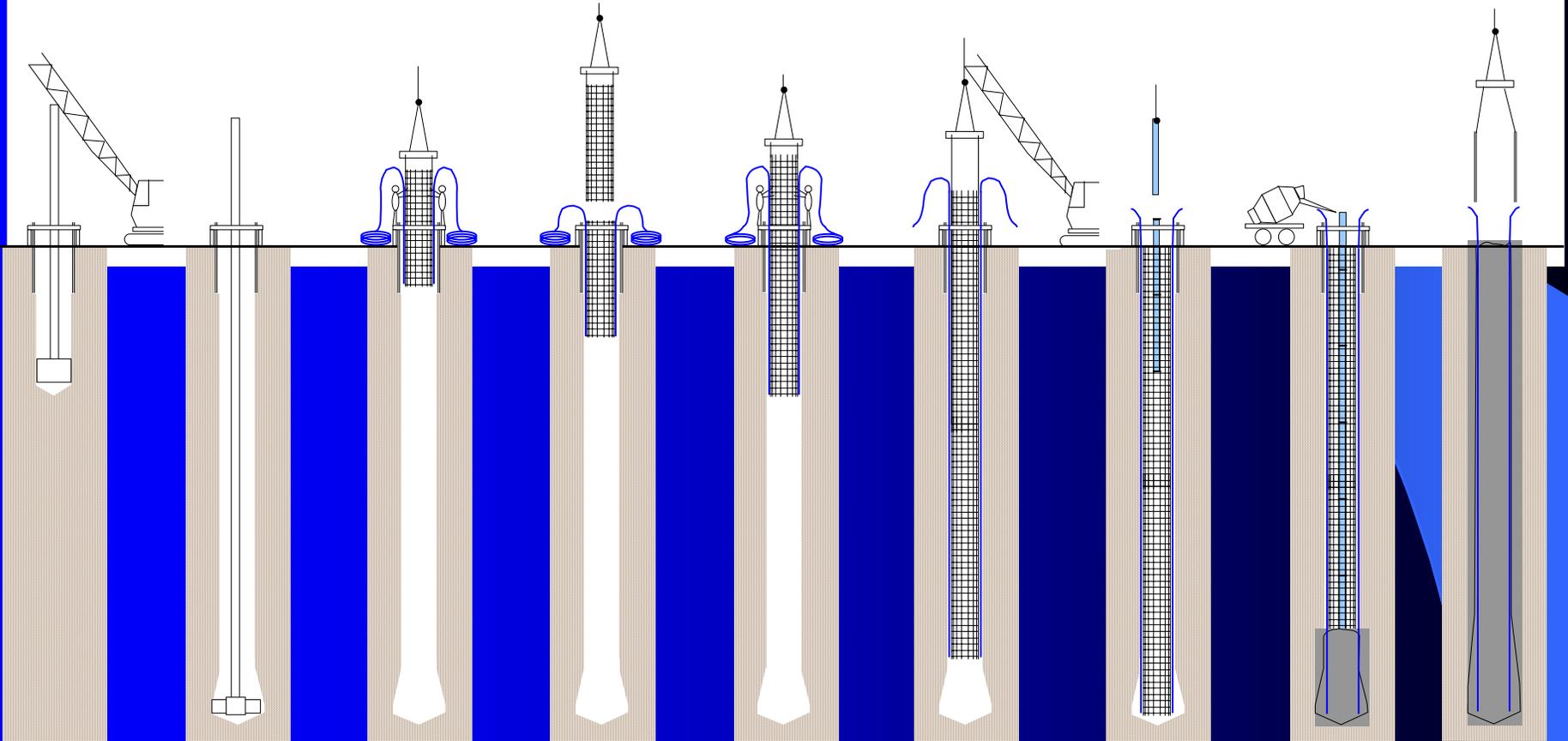
4. 中段鉄筋かご建込
地中熱交換用配管固定

5. 上段鉄筋かご建込
地中熱交換用配管固定

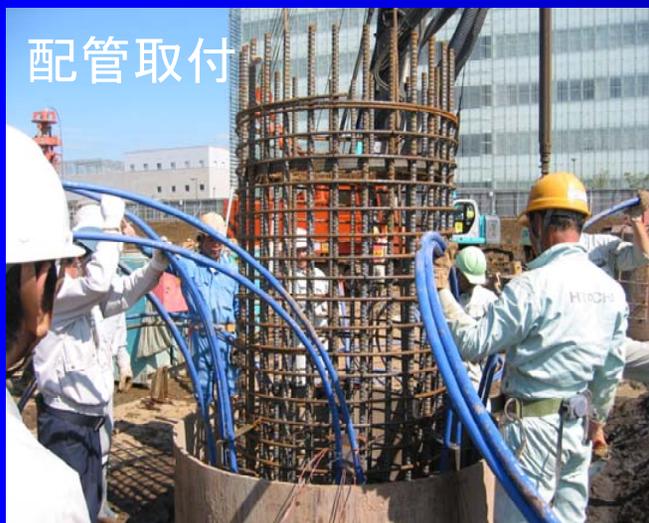
6. トレミー管建込

7. コンクリート打設

8. 完成
スタンドパイプ挿



施工手順



実施物件への適用

東京大学柏キャンパス環境棟



建物外観



建物外観

- 所在地：千葉県柏市柏の葉5-1-5
- 事業者：(株)とうきょうアカデミックサービス
- 計画コンセプト・建築設計ディレクション
：大野秀敏+東京大学大野研究室
- 設計：日本設計・大成建設設計共同企業体
- 監理：株式会社日本設計
- 施工：大成建設(株)千葉支店
/(株)関電工千葉支店
- 階数：地上7階，地下1階，棟屋1階
- 延床面積：21,031.77 m²
- 構造：鉄筋コンクリート造（一部鉄骨造）

システム概要



施工状況

- 自然エネルギー利用技術の一つとして採用
- 1階エントランス部分(約100 m²)の空調に利用
- 直径1.5m × 深さ18mの杭周囲に20A熱交換用配管8対設置
- 総本数90本のうちの1本

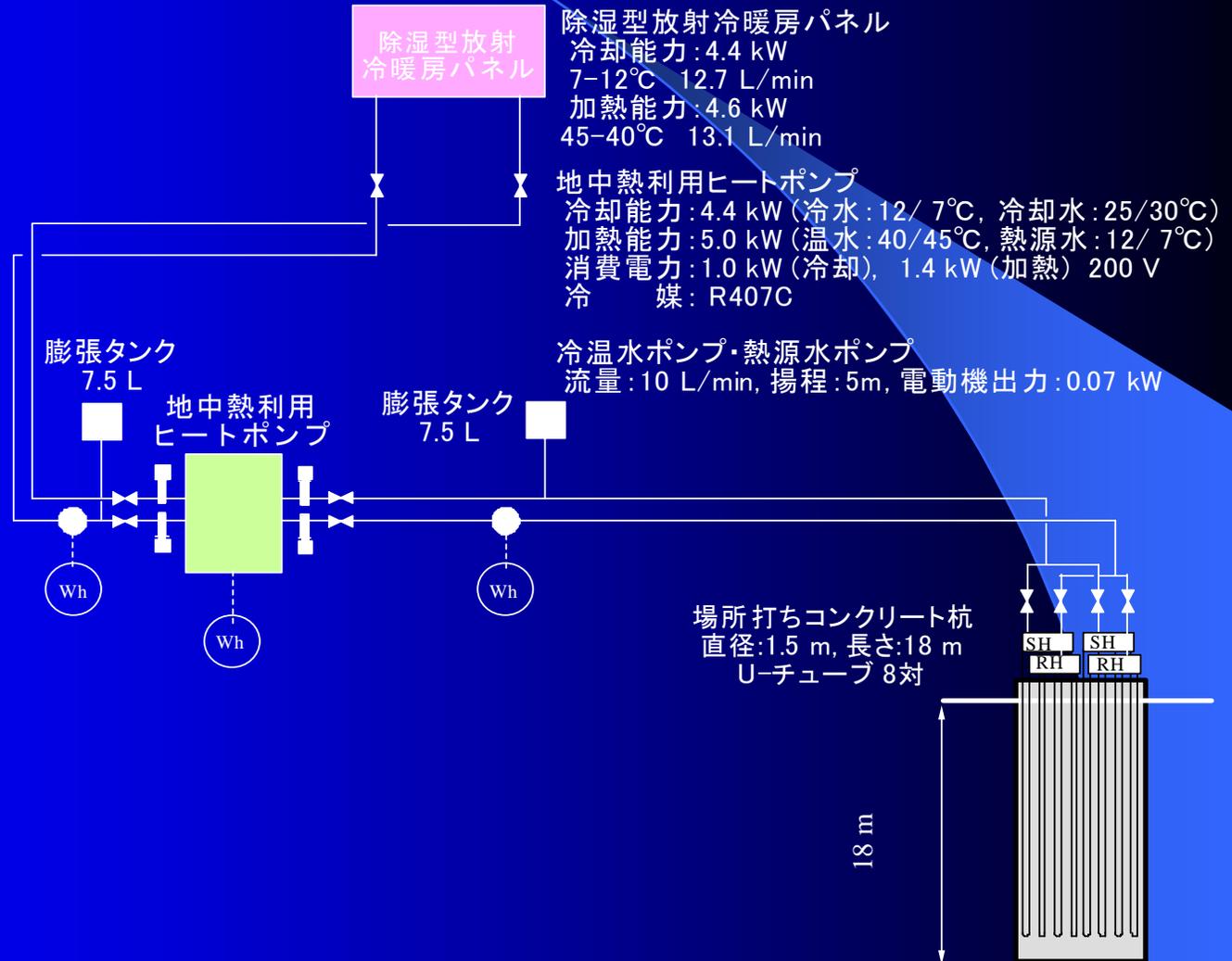
空調システム



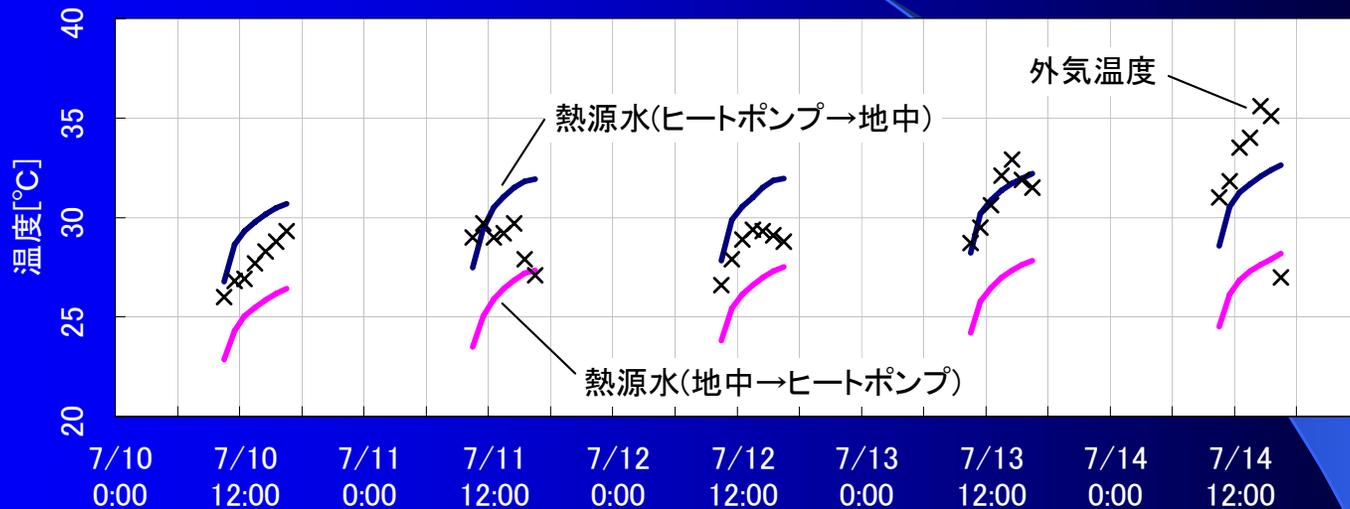
除湿型放射
冷暖房パネル



地中熱利用ヒートポンプ



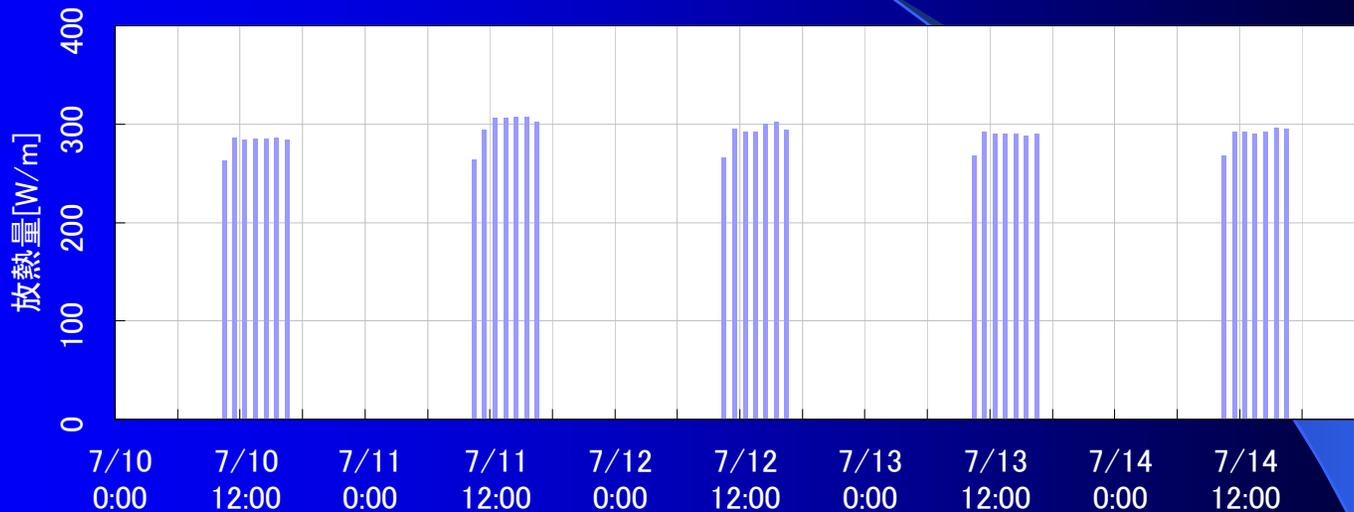
冷房結果(熱源水温度)



- ヒートポンプ→地中 : $26.8 \sim 32.6^{\circ}\text{C}$ (平均 : 30.6°C)
- 地中→ヒートポンプ : $22.9 \sim 28.2^{\circ}\text{C}$ (平均 : 26.2°C)
- 外気温度 : $26.0 \sim 35.6^{\circ}\text{C}$ (平均 : 29.7°C)
- 熱源水(地中→ヒートポンプ) との差は 3.5°C

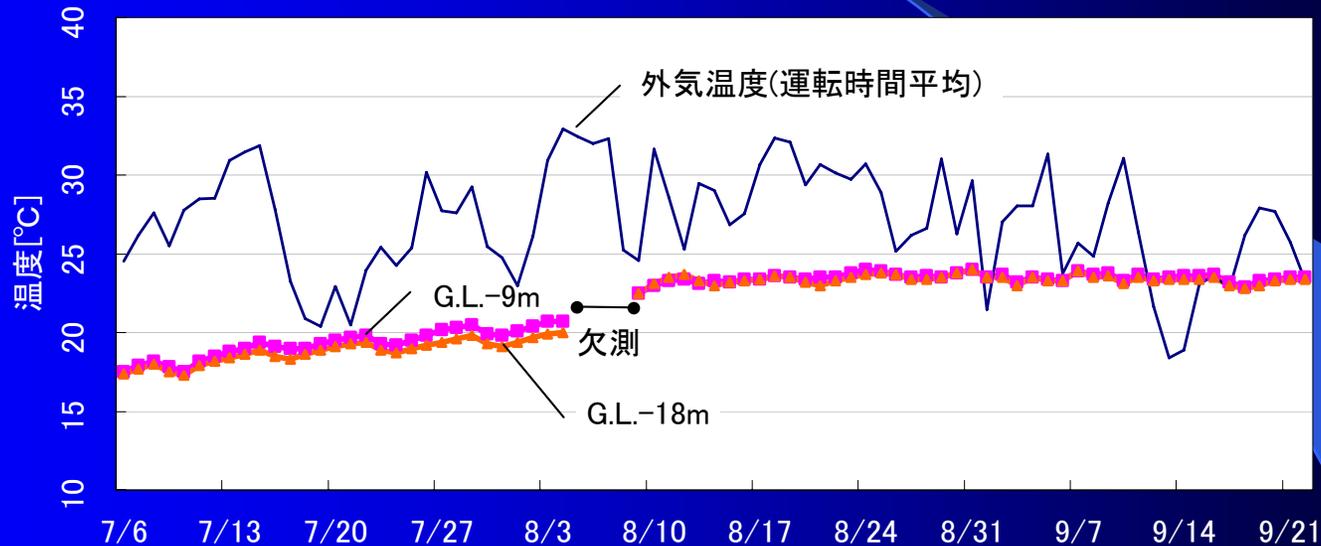
→ 地中熱利用で大気利用よりも効率の高い運転が可能

冷房結果(地中放熱量)



- 放熱量: 264~307 W/m・本, (平均: 290 W/m・本)
- 1対当たり約 36W/m・対
- 負荷熱量: 3.4~4.2kW(平均3.8kW)
- 機器単体COP: 4.31(定格: 4.4)

地中温度変動



- 運転開始時: 7/ 6 17.5°C
 - 運転終了時: 9/21 23.5°C
- 空調排熱の影響で地中温度は約6.0°C上昇
- 空調運転時間の外気温度に比べ、地中温度が低い

イニシャルコストの分析

熱交換杭施工による時間・人工

| | 作業時間 | 配管施工 | 増分 |
|------|-------|------|------|
| 熱交換杭 | 2.0 h | 8人 | 16人h |
| 通常杭 | 0.5 h | — | — |
| 増分 | 1.5 h | — | — |

熱交換杭工事費

| | 単価 | 数量 | 小計 |
|---|-----------|------|-----------|
| 配管費(8対) | 600円/m・対 | 18m | 86,400円 |
| 消耗品雑材 | 配管工費の10% | | 3,520円 |
| 杭部配管工費 | 2,200円/人h | 16人h | 35,200円 |
| 杭工事費(増分) | 91,350円/h | 1.5h | 137,025円 |
| 熱交換杭工事費計 | | | 262,145円 |
| 1m当りの熱交換杭工事費 | | | 14,564円/m |
| 配管工事単価: 2,200円/人h = 17,600円/日 ^{*1} ÷ 8h ^{*4} | | | |
| 杭工事単価: 91,350円/h = 20,300円/m ^{*2} × 36m ^{*3} ÷ 8h ^{*4} | | | |
| ^{*1} 平成16年度公共工事設計労務単価表(東京都) | | | |
| ^{*2} 建設物価 アースドリル工法φ1500×25m(東京) | | | |
| ^{*3} 1日1台の杭打ち機で18m 杭を2本打設(36m) | | | |
| ^{*4} 1日の就労時間: 8h | | | |

- 施工時間・人工などを同径の通常杭と比較
- 通常杭よりも施工時間が1.5h増
- 配管の結束, 支持の人工が8人必要
- 作業時間を加味した総工数は16人h増

ボアホール方式との比較

| 熱交換方式 | ボアホール (Uチューブ1対) | 場所打ち杭 (Uチューブ8対) |
|--------------|--------------------|--------------------|
| 採放熱量 [W/m] | 40 | 290 |
| 掘削コスト [円/m] | 10,000 | — |
| 配管費 [円/m] | 2,000 | — |
| コスト計 [円/m] | 12,000 | 14,564 |
| 採放熱量当り [円/W] | 300 | 50 |

 約1/6

前川製作所新本社ビル



完成予想図

- 東京都江東区牡丹3丁目
- 敷地面積: 2,493.0m²
- 建築面積: 1,255.9m²
- 延床面積: 9,304.0m²
- 階数: 地下なし, 地上8階
- 構造種別: 鉄骨造
- 基礎: 場所打ちコンクリート杭
- 工期: 2006年 11月 1日 ~ 2008年 2月 27日(15.9ヶ月)

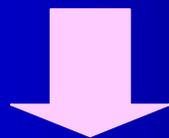
建設地に関して



- 隣接して大横川があり、地下水位が高い
- 地盤がシルト層のため、杭長が37mである
- 住宅が隣接している

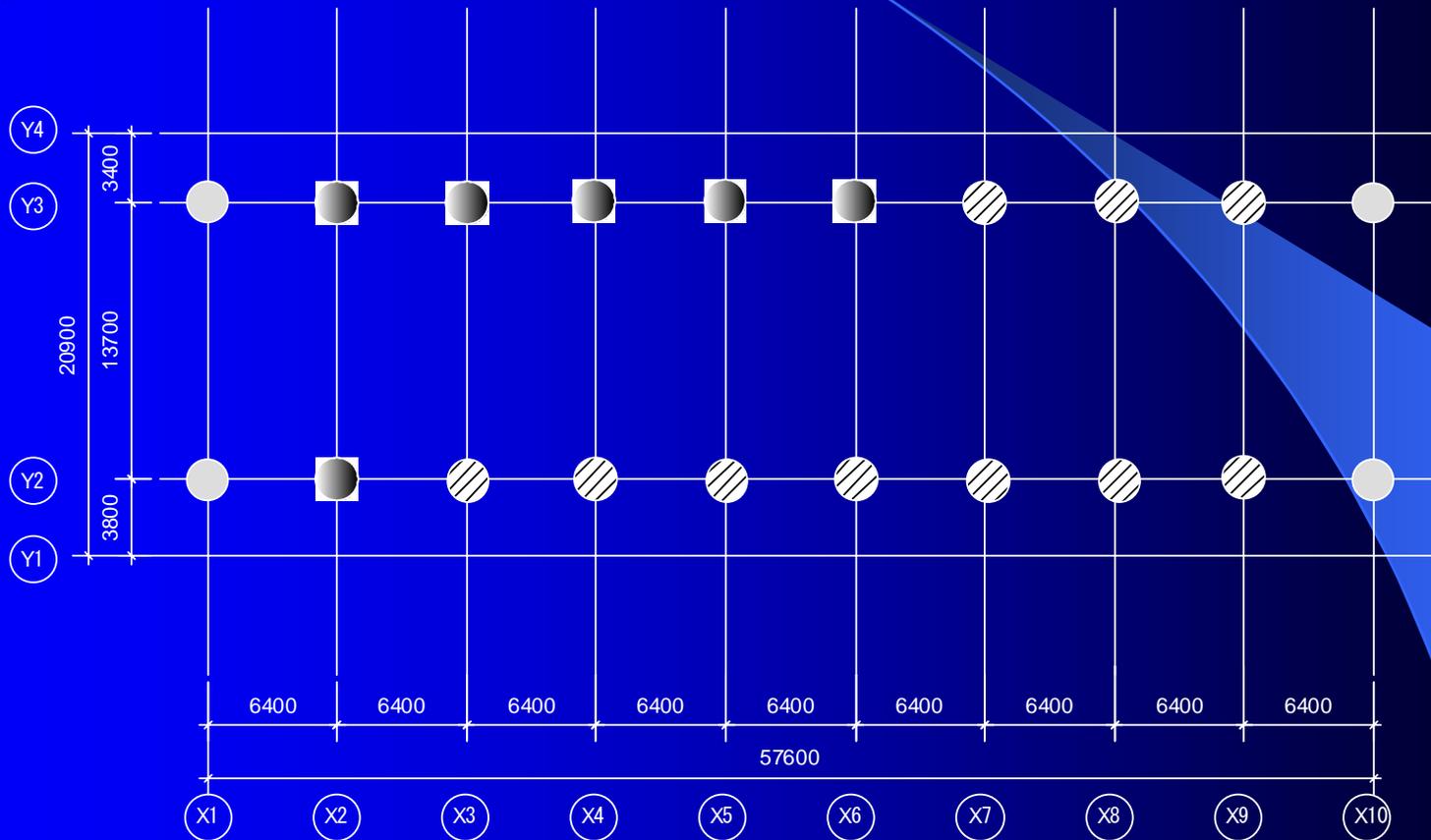
地中熱システムの採用に関して

- 大横川の河川水を利用した場合、川の流速が遅く、川幅も小さいため、川の生態系に対して影響があることが懸念される。
- 川沿いで地下水位が高く、また杭の長さも長いいため、地中熱の利用には有利である。
- 空調排熱を大気に放出しないため、近隣にもやさしい環境技術である。



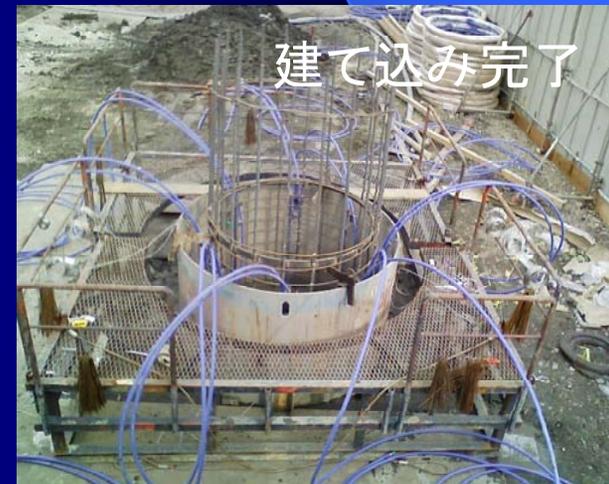
場所打ち杭を利用した地中熱空調システムを採用

地中熱交換杭について



- $\phi 2\text{m} \times$ 長さ37mの杭に熱交換用配管(20A)を8対設置
- 建物全体の20本全てを利用(配管総長: 約6km)

施工状況



地中熱空調システム負荷割合

| 期間 | 負荷 | 全体 | 地中熱 | 比率 |
|----|----------|---------|---------|-----|
| 冷房 | ピーク時 | 333RT | 34RT | 10% |
| | 日合計(12h) | 2,400RT | 408RT | 17% |
| 暖房 | ピーク時 | 1,140kW | 140kW | 12% |
| | 日合計(12h) | 5,500kW | 1,680kW | 31% |

冷房時：日合計負荷の17%

暖房時：日合計負荷の31%

※34RT=102,816kcal/h \div 88,634W 88,634W \div 20本 \div 37m \div 120W/m本

今後の展開

- システム実証データの蓄積
前川製作所新本社ビルにて
- 環境負荷削減技術として積極提案
環境意識の高い企業
官庁施設等PFI事業

ご清聴ありがとうございました