

地中熱・太陽熱を利用した躯体スラブ蓄熱放射冷暖房の躯体スラブ内部温度分布の検証

建築都市デザイン学科 2280100042-1 鳥羽 大樹
(指導教員 近本智行)

1. はじめに

従来の地中熱・太陽熱利用は、地中から採熱した熱が、空調には不十分であり、ヒートポンプが必要である。これでは地中からの熱を効果的に利用できず、空調負荷の削減は費用対効果が低い。地中熱・太陽熱を利用した躯体スラブ蓄熱放射冷暖房は異なり、熱源機を介さず採熱した熱を直接利用しており、躯体に直接熱を加えている点で国内に事例がなく、ポンプの少ない動力のみで省エネ性と快適性の向上が期待できるシステムである。

本研究では CFD を用いた冷房時・暖房時のシミュレーションを行った。この結果から躯体スラブの冷房時・暖房時の熱特性を明らかにする。また 2 月中旬にはスラブ試験体実験を行い、本報の結果と合わせ異なる設計条件における熱特性の比較を行う。さらに今後は実建物での実測を行い、システムの性能評価を行う事で本システムの普及に向けた設計手法・運用方法を提案していく(図 1)。

2. 地中熱・太陽熱利用躯体スラブ蓄熱放射冷暖房

冷房では地中熱、暖房では太陽熱の利用を切換えて運用する。冷房はボアホール、水平埋設管で年間を通して約 18℃の地中で水を冷却し、躯体スラブ埋設配管に直接循環させ、スラブを冷却し、放射冷房を行う。暖房には屋上押えコンクリート埋設配管で太陽熱を集熱し、温水を循環させスラブを加熱し、放射暖房を行う(図 2)。

3. CFD シミュレーション

3.1 解析概要

実際に本システムが適用されたデッキスラブを再現した(図 3・表 1)。配管が埋設されており、配管の継ぎ手を変更し、通水間隔を変更する(図 4)。垂直断面には上下 200mm ずつ張り出した断熱材を施している。管内対流熱伝達率については流量によって変化するので、水の粘度や流速から求めた(注 1)。その他のスラブ表面の熱伝達率については温度対数則で与えた。本解析では冷暖房時の配管間隔を変更した条件での解析を行った(表 2)。なお本解

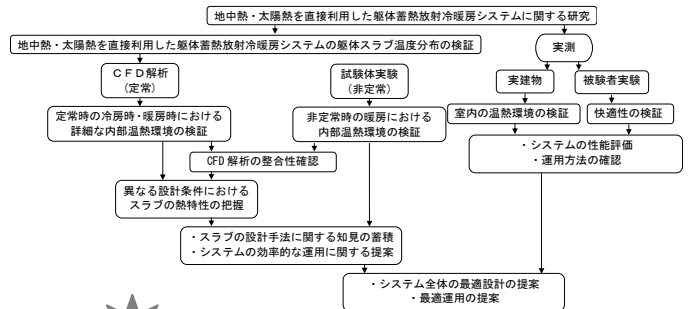


図 1 スラブモデル

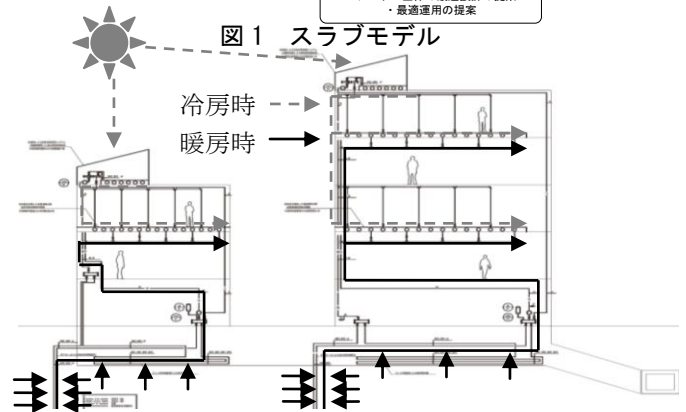


図 2 システム概要

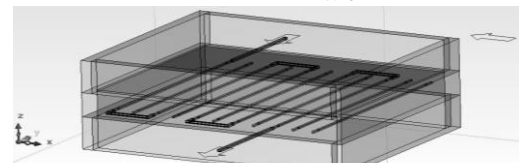


図 3 スラブモデル

表 1 スラブモデル概要

幅×奥行き×高さ	1200×1000×160mm
各配管長さ	1m
材質	コンクリート
流水—管内熱伝達率	5.0L/min: 3335W/m ² ·K 2.8L/min: 2097W/m ² ·K

表 2 解析ケース

運転方法	冷房	暖房	
室温	28℃	22℃	
循環水量	16℃	32℃	
流量	5.0L/min	2.8L/min	
配管間隔	100mm	Case1	Case5
	200mm	Case2	Case6
	300mm	Case3	Case7
	400mm	Case4	Case8

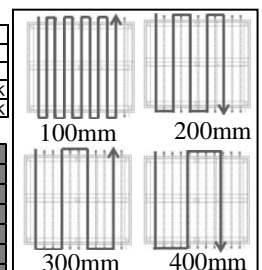


図 4 配管経路

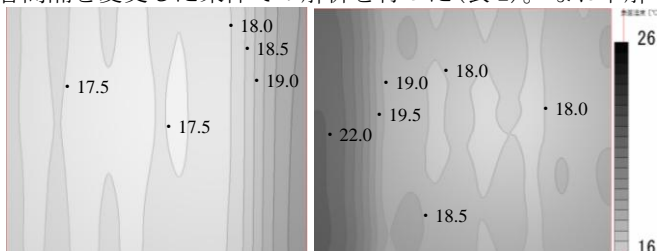


図 5 Case2 表面温度分布 左:床 右:天井

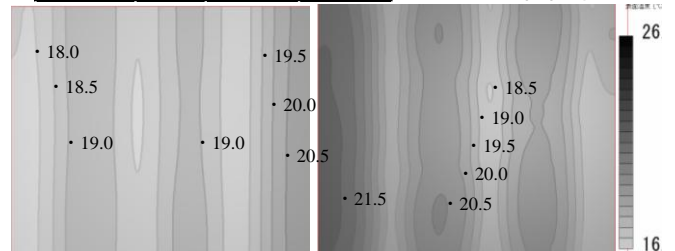


図 6 Case4 表面温度分布 左:床 右:天井

析では温度分布の検証を目的としているため放射解析を行っていない。空気中への放熱は対流のみである。

3.2 温度分布

表面温度スラブ上面を床とし、スラブ下面を天井とする。Case2 では冷気が床付近に溜るため、温度分布は安定し、床面は概ね均一に 17.5℃に冷却された。天井面では冷却された空気が下降し対流が生じたため、天井表面と空気が熱交換を行い、冷却が均一ではなく配管に沿って特に冷却され、平均 18.2℃となった (図 5)。Case4 では冷却効果が小さく、床面は 18.9℃、天井面では 19.5℃となった (図 6)。Case6 では温度ムラは床面で大きく、28.8℃まで加熱され、天井面は 30.6℃まで加熱された (図 7)。この温度分布は対流で生じた下降流によるものである。Case8 では床面は 27.6℃天井面は 29.1℃となった (図 8)。特に暖房では配管と天井面との距離が床面より近いので、概ね配管に沿った温度分布が顕著に表れていた。表面温度分布の乱れは暖房で特に大きい。これは暖房時に冷房時よりも強い対流が生じているためである。冷暖房どちらも配管から同心円状に蓄熱され、配管間隔が大きいと配管の間への蓄熱が小さくなる (図 9)。

3.3 放熱量

蓄熱負荷が小さくなるので、400mm を除き配管間隔が小さいほど 1 本あたりの放熱量は小さい (図 10)。また 300mm を除き配管間隔が小さいほど放熱量が大きくなる (図 11)。この時冷房・暖房での放熱量はほぼ同じである。さらに Case2 の流量を 2.8L/min、Case6 の流量を 5L/min で解析を行った結果、放熱量に変化は殆ど見られなかった。これは定常状態での躯体からの放熱量は微々たるもので、スラブから流水に求められる熱量は非定常時における熱輸送の限界を下回るためである。またスラブ内の各層の平均温度を算出した (図 12)。配管間隔が小さくなるほど蓄熱効果は大きい (図 13)。また 200mm の流量変化時の各部位の温度もほぼ同じであった。これはスラブ温度が水温に近づくほど流水との熱交換が少なくなり、前述したように少流量でも十分に蓄熱できるからである。よって定常時では流量が小さくてもよい。

4 まとめ

配管間隔が小さいほど蓄熱効果は大きく、1 本あたりの放熱量が小さい。表面温度については冷房時の床、暖房時の天井面で温度分布が乱れる。流量は非定常時における熱交換に大きく影響を及ぼし、定常時には影響がほぼ無い。よって定常時は流量を下げて運転できる。

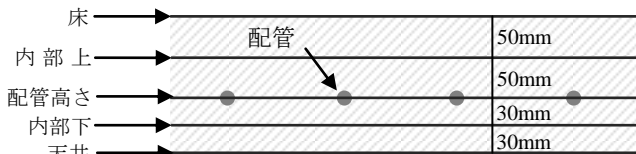


図 12 各層位置

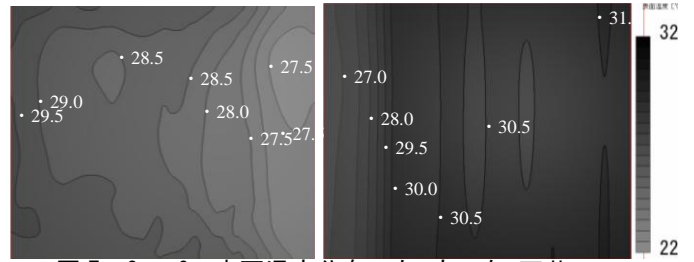


図 7 Case6 表面温度分布 左:床 右:天井

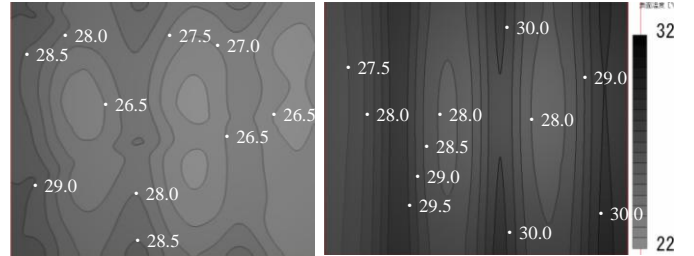


図 8 Case8 表面温度分布 左:床 右:天井

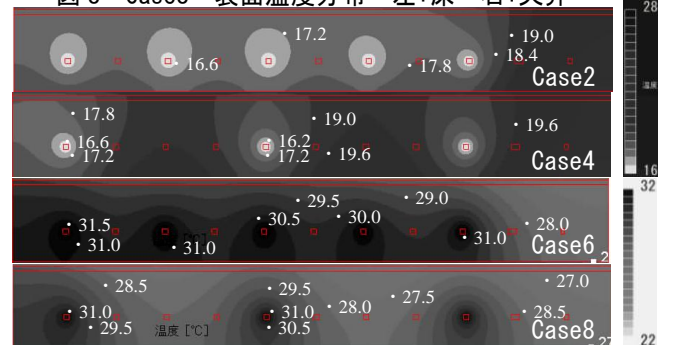


図 9 断面温度分布図

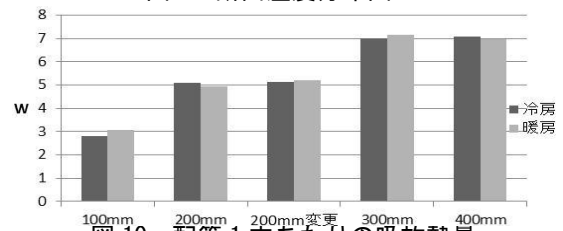


図 10 配管 1 本あたりの吸放熱量

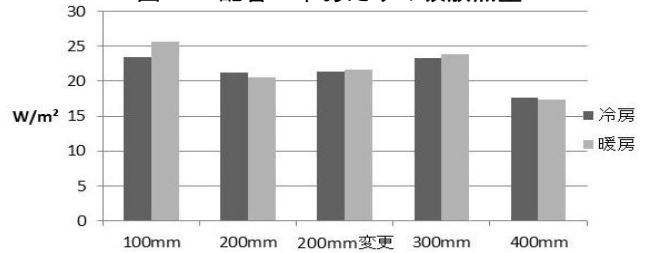


図 11 1m²あたりの放熱量

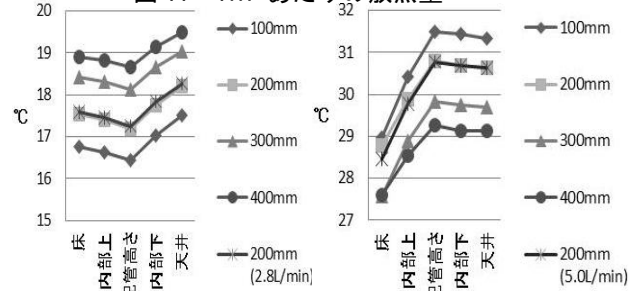


図 13 各層平均温度 左:冷房 右:暖房