

CFD 解析シミュレーションを用いた形態生成に関する研究

—シロアリ塚の換気システムを参照したオフィスビルの設計—

研究の背景

近年、環境に対する意識が高まり、建築の分野でも環境問題に対応すべきという時代背景がある。現在の建築の環境は機械設備（アクティブシステム）によって制御されているが、設備にできるだけ頼らない、自然や動植物の原理を活用したパッシブシステムを用いることが低炭素社会の今日には有効である。

自然換気システムを導入しているオフィスビルの事例として竹中工務店東京本社新社屋が上げられるが、ガラリから直接室内へと採風を行っているため強風や悪天候の場合、十分に換気できないなどの問題点がある。

一方で、自然界にはエネルギーを効率的に使用している生物が多数存在し、そのシステムを如何に人間の日常生活に応用するかという研究が進んでいる。これらのシステムを建築に応用することは環境問題に配慮した建築を創造する上で十分に有用であるが、事例は少なく、また実現されている建築でもその環境的性能が具体的に評価されている事例は少なく、まだまだ開発の余地がある。

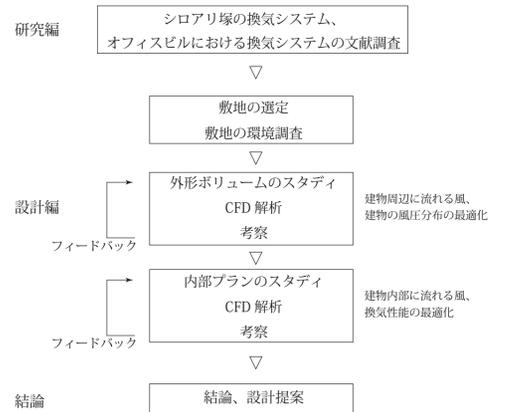
また、コンピューターの普及により様々な解析シミュレーションを行うことができるようになってきた。解析シミュレーションを用いることにより、風や熱や光などの複雑で予想し難い挙動を可視化し把握できる。このことにより、実際に設計された空間が環境的に意図されたものになっているか検証し、その結果をもとに改善することによってより適切な環境を実現することができる。

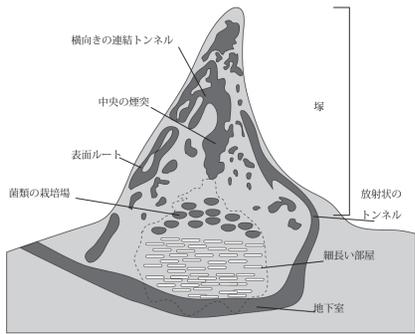
研究の目的

本研究では、シロアリ塚の換気システムを参照しオフィスビルの設計を行う。CFD 解析で検証を行いながら設計を行い、建築内外の風の流れが最適化された形態を導きだし、天候に左右されず、常に安定した換気量を確保できる自然換気システムを構築することを目的とする。

設計のフロー

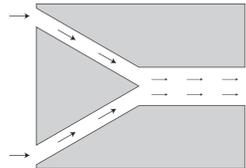
研究編で得られた有用な換気システムを用いながら設計を行っていく。敷地を選定し、敷地に流れる風を調査する。周囲に乱流を起こさない形態、最適な風圧分布を CFD 解析を用いながら検討する。次に、内部に挿入する風の通り道を CFD 解析を行いながら設計していく。





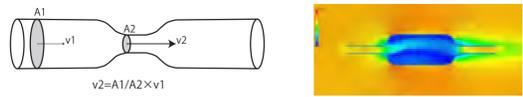
ミカエルセンオオキノコシロアリ塚

ミカエルセンオオキノコシロアリの巣は直径がおおよそ 1.5m から 2.0m の球状の構造で、その約 3 分の 2 が地表より下になるようにできている。巣の上には地上 2.3m に達する大きな円錐状の塚がある。塚には細い管が巣を取り巻くように全体に行き渡っている。巣の側面には一連の放射状のトンネルがあり、下は地下室にまで延びている。巣の真上には、蜂の大きな垂直な煙突が塚を貫いて頂上まで延びている。塚の表面のすぐ内側には、また別の一連の垂直な表面ルートがあり、上は集積室に、下は放射状トンネルにまで延びている。塚の他の部分には、煙突と表面ルートをつなぐ横向きの連結トンネルが網目状に行き渡っている。



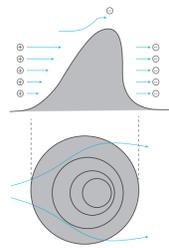
枝分かれする開口管

塚の表面には無数の穴があり中央の煙突へとつながっている。表面付近では毛細管のように枝分かれし、外部からの風を風速を弱めて内部へと取り込んでいる。



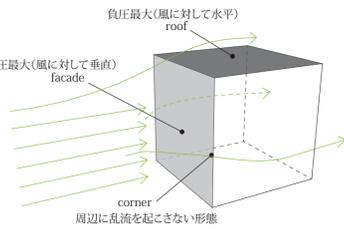
ベンチュリー管

シロアリ塚に見られる、枝分かれする開口管を、ベンチュリー管に変換して考える。ベンチュリー管は、風の通る、断面積が小さいほど風速が速くなり、逆に断面積が大きくなると風速が遅くなる。この原理を用いて、風速を弱めながら内部に風を取り入れる装置をつくる。

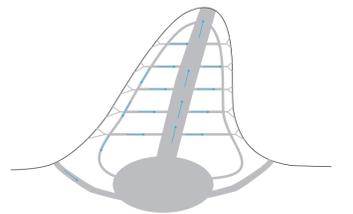


風力換気を高める形態

平面が円形になっているため、どの向きからの風にも対応できるようになっている。また上部にいくにしたがいすぼまることにより開口のある頂部で負圧が最大となり風力換気を高めている。

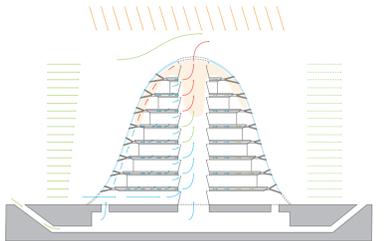


給気を行う建物ファサード部で正圧が最大になるように、排気を行う屋根面を負圧最大になるように CFD 解析を用いながらスタディを行う。

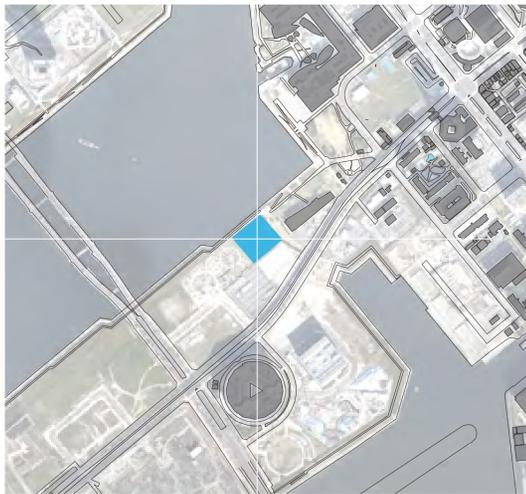


塚の頂部から下部まで連続する管

中央の煙突により暖められた空気は、外壁中に頂部から下部まで連続する細い管によって冷やされながら地下室へと降りて行く。

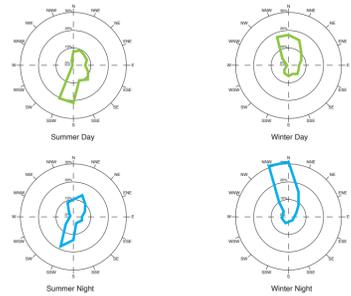


ファサードからボイドへと繋がる管をスラブの中に取りめることによって、天候に左右されず常に微風が流れる状態が作れる。



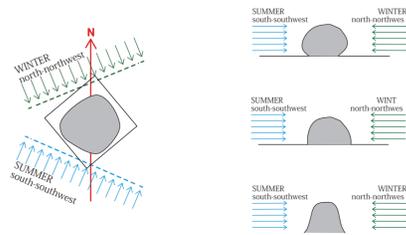
対象敷地

対象敷地を東京都江東区豊洲 6 丁目 1-2 とする。現在の敷地を含む豊洲 6 丁目では東京ガスが中心となり大規模な再開発が行われている。対象敷地ではオフィスビルが建設予定であり敷地周辺には高層マンションが計画されている。将来性を考慮し、敷地周辺に乱流を起こさない形態が求められる。



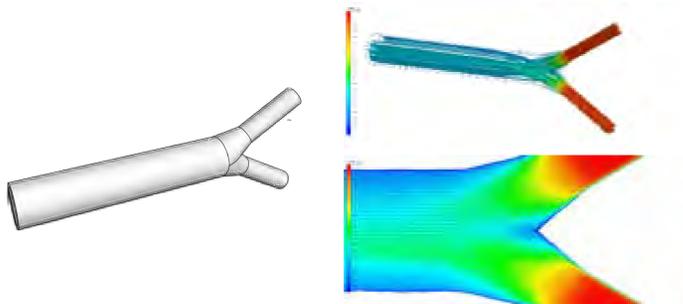
敷地周辺に流れる風

期の昼間、夜間は主に南南西から、冬期の昼間、夜間は主に北北西から風が吹く(図 4.3)。中間期は南南西、北北西から同程度の頻度で風が吹く。これらの風を利用し、夏期の夜間換気、採風、中間期の自然換気、冬期の採風を行う。



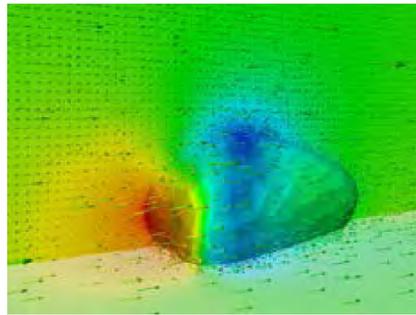
外形ボリュームのスタディ

給気を行うファサード面の最適な正圧分布、排気を行う屋根面で最適な負圧分布、容積率一定、周辺に乱流を起こさないというパラメーターを元に CFD 解析を用いながら形態を決定していく。平面形は夏期の南南西、冬期の北北西からの偏西風に対して垂直とし、複数の断面パターンを検討する。風速 4m/s の風を初期条件として解析を行った。



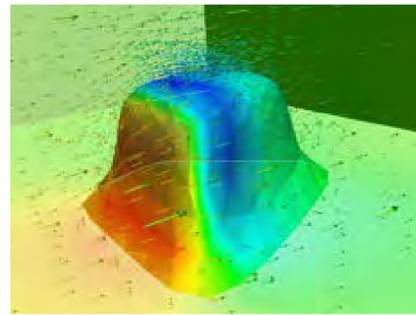
枝分かれする採風管

断面積が小さくなりながら二股に分かれていくパイプを考えた。このモデルに CFD 解析を行った。初期条件として細い部分から風速 4m/s の風が入る設定とした結果、太い部分で風速 0.8m/s まで落とすことができた。このモデルをスラブ内に収め、ファサードとボイドを繋ぐことで、常に微風が流れる状態ができる。



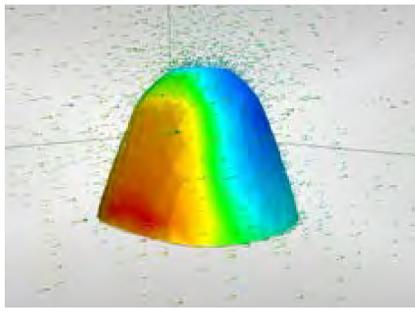
model A

風に対して外側に膨らむ断面形態を考えた。CFD 解析を行った結果、風圧に関しては、局所的に正圧、負圧が高い部分があることがわかった。またファサード面の正圧分布の領域が極端に少ないことがわかった。また、平面と断面の解析を行ったところ、平面、断面共に緩やかな曲線を描いて適度な風速の風が流れていることがわかった。風圧分布は良い結果が得られなかったが、形態の周囲を流れる風に関しては、乱流が見られず、良好な結果が得られた。



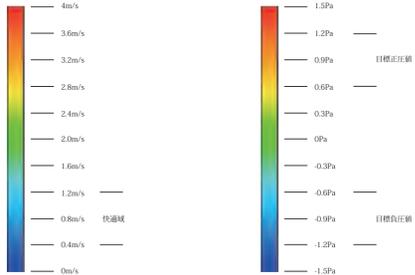
model B

風に対して内側に凹む形態を考えた。この形態に CFD 解析を行ったところ、ファサード面、屋根面共に適度な風圧分布が得られた。また、地上 2m 部分の解析を行ったところ、風下において、上下左右様々な方向の風が確認された。これは、乱流となり建物付近を歩く人々に不快感を与えてしまう。



model C

風に対して上部に細くなっていく断面形態を考えた。この形態に CFD 解析を行ったところ、ファサード面の正圧 (0.6~1.2Pa) の分布が均等になっており、屋根面の負圧の分布も同様な結果が得られた。また、平面、断面の解析を行ったところ、大きな乱流は見られず、適度な風速の風が、緩やかな曲線を描きながら流れていることがわかった。この model C を外形の形態として採用し、設計を行う。

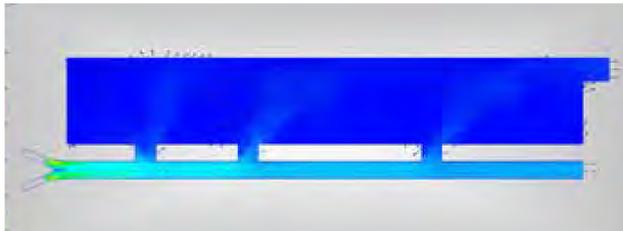


風速について

人は 0.1m/s の風から感じ取り、0.4m/s の風から快適だと感じるようになり、1.2m/s の風が飛ぶ。本章ではオフィス内にも流れる風の風速として、0.4m/s から 1.2m/s を快適域と定義して評価を行う。

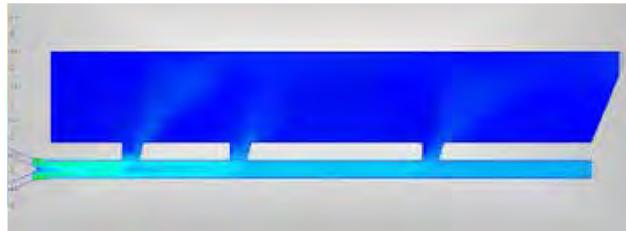
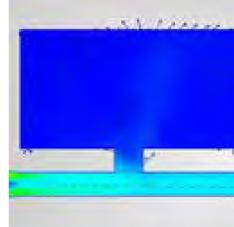
風圧について

風の流入口、流出口をどこにどのように配置するには、建物にかかる風圧係数を予測しておく必要がある。風は通常、正圧が生じている部分から押し込められる力によって流入し、負圧が生じている部分から引っ張られる力によって排出される。しかし、風圧値が大きすぎると様々な弊害が起こる。正圧が集中的に高い部分ではガラスが風によって押し込まれる力に耐えられず破損してしまったり、負圧が高すぎると引っ張られる力により屋根が飛ばされる危険性がある。本章では目標風圧値として、正圧は 0.6~1.2Pa、負圧は -0.6~-1.2Pa と設定し評価を行う。



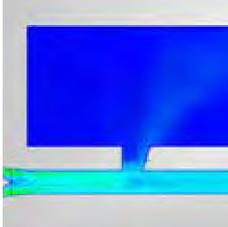
採風管と室内の接続 1

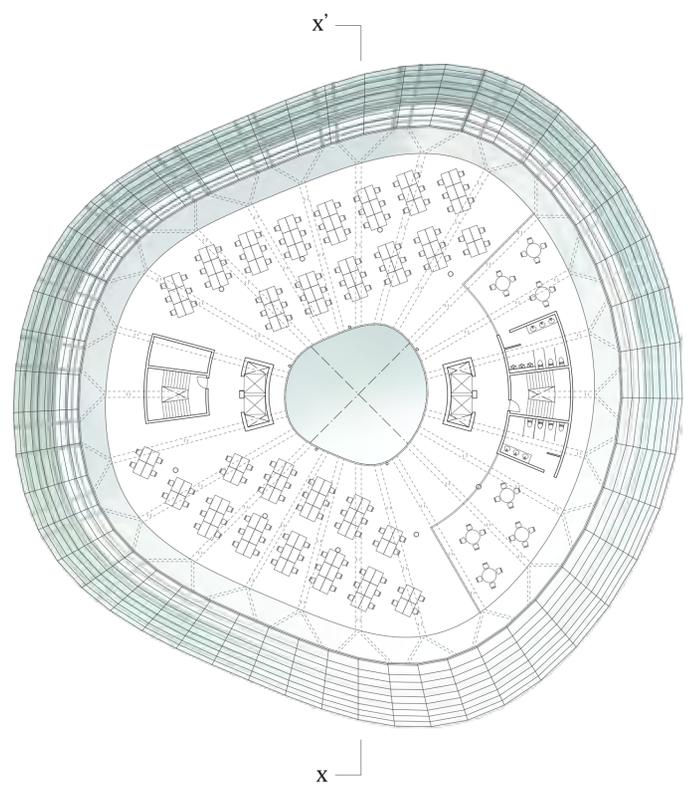
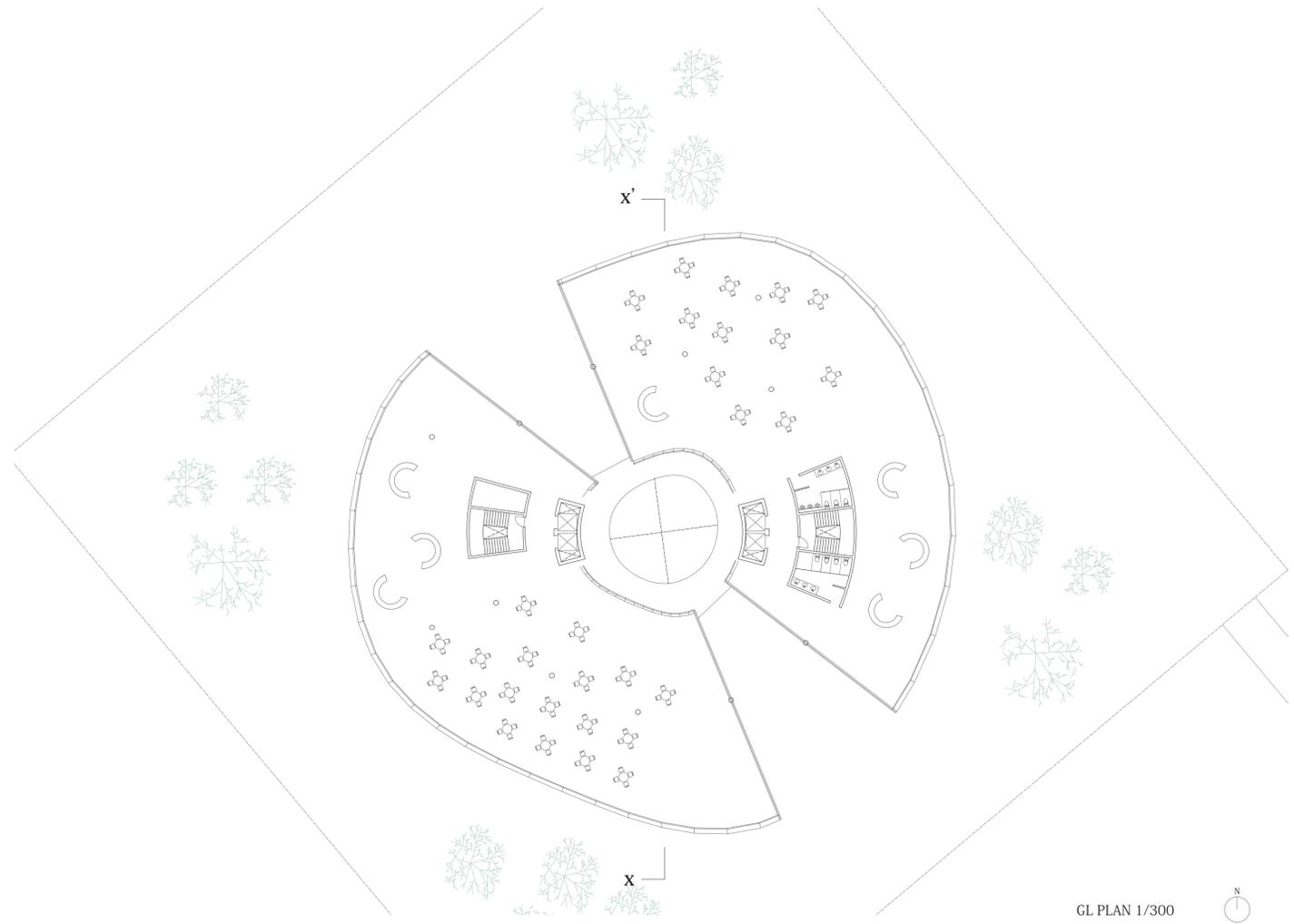
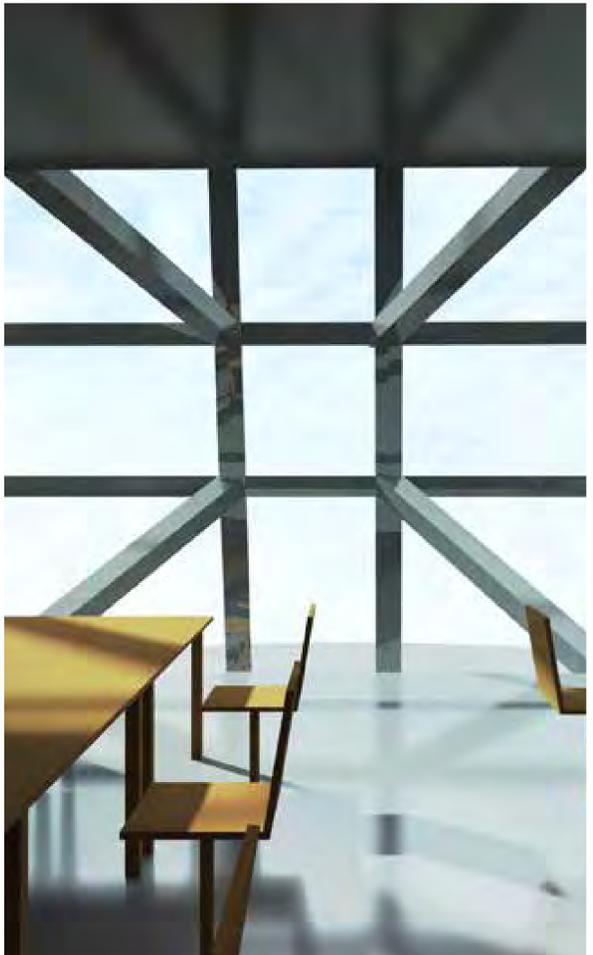
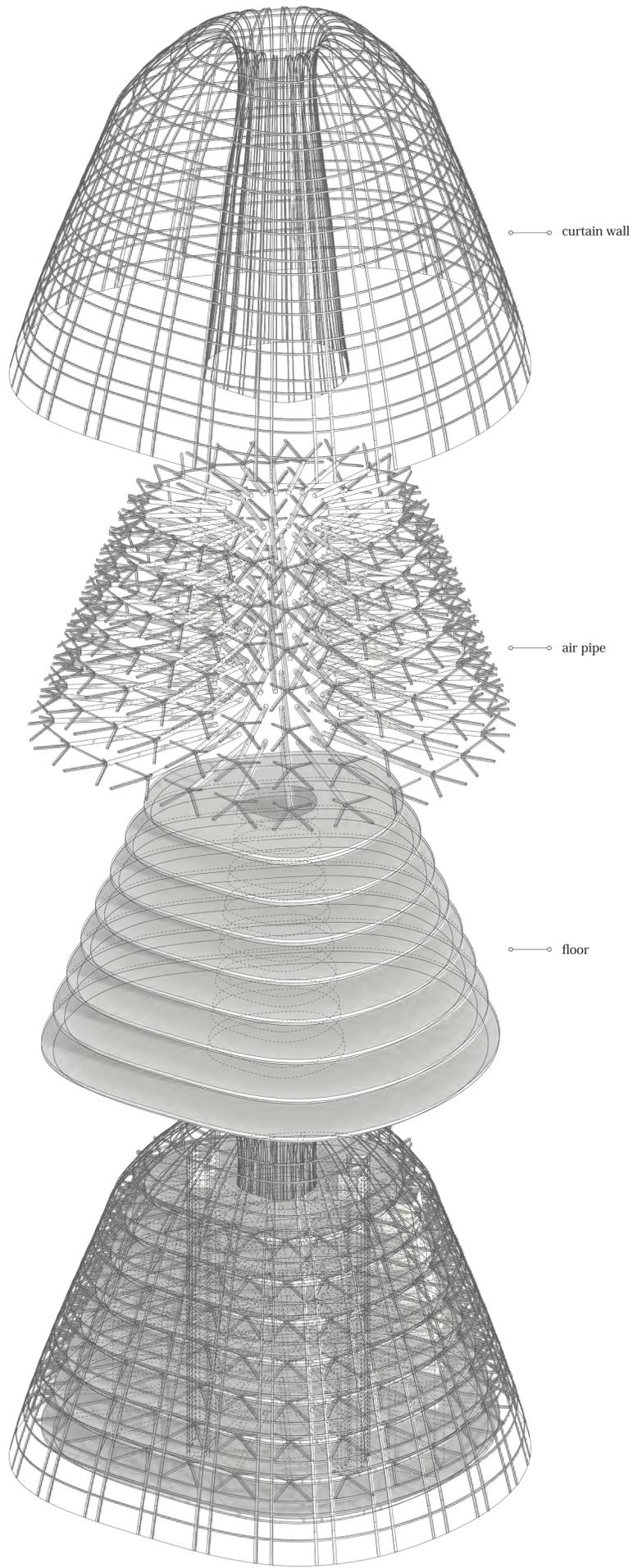
次に実際に採風管と室内を繋ぎ CFD 解析を行った結果、採風管から微風が室内へと入る状態は確認できたが、一部の風が室内で拡散してしまい、ボイドへとうまく流れていないことがわかった。

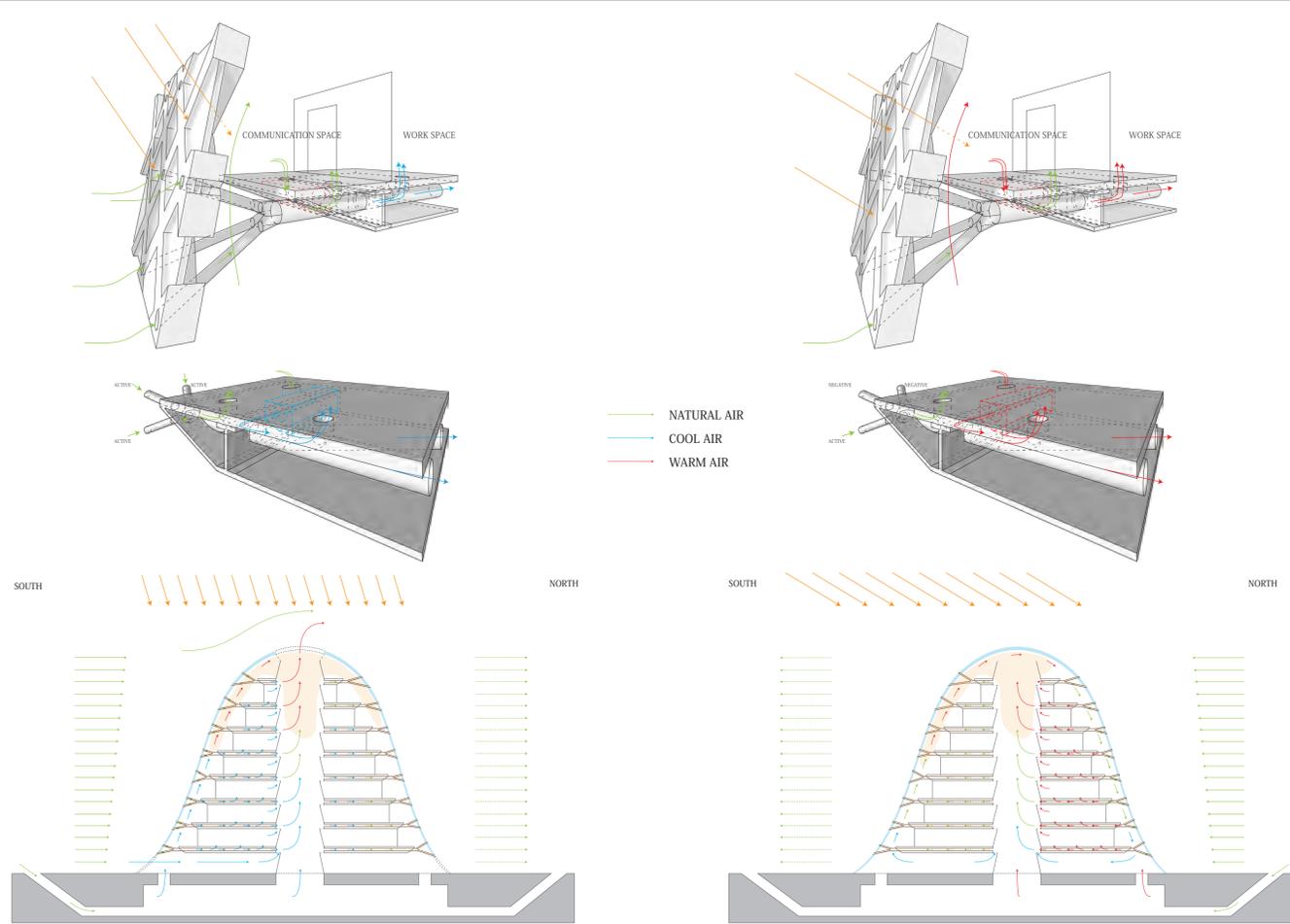


採風管と室内の接続 2

採風管と室内の接続部を風の流れに沿うように斜めにしたところ、0.5m/s から 1.0m/s の適度な風速の風を流すことができた。





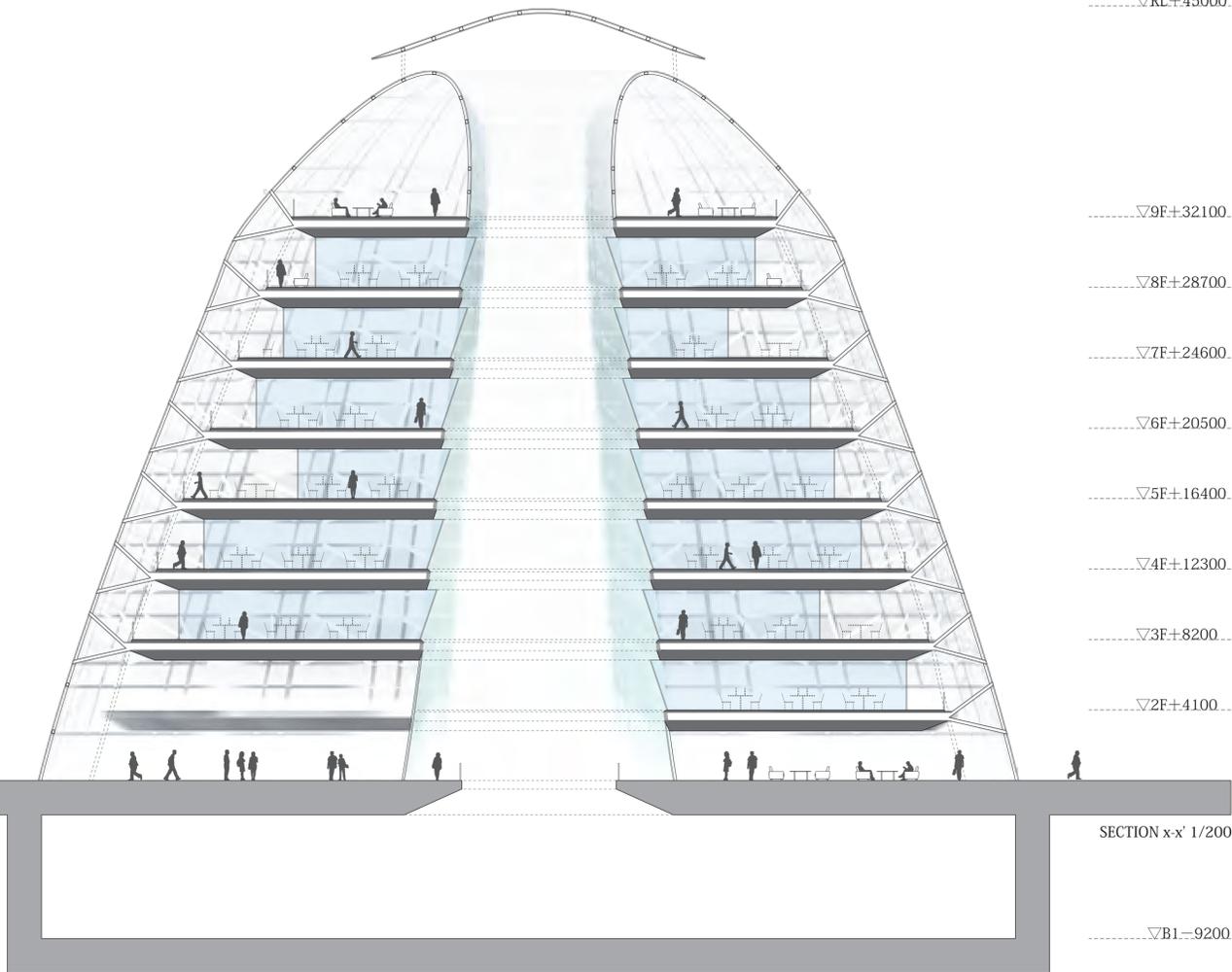


夏期の環境システム

南南西から吹く風を利用し、換気を行う。建物頂部に発生する負圧、反対側に発生する負圧、ソーラーチムニー効果により風が外部へと吸い出される。取り入れた風を駆動力として空調機と併用し、冷やされた空気を全体に循環させる。

冬期の環境システム

北北西から吹く風を採風し、その風を駆動力として暖かい空気を循環させる。ポイドの屋根は閉められ、南側から北側へと暖かい空気が移動し、また冷やされた空気が登っていく気流が生まれる。



SECTION x-x' 1/200