

SPACE MODULATOR[®] **REPORT-5**

汐留住友ビル「空・間」が実現した建築

● 日本板硝子



SHIODOME SUMITOMO BLDG.

「空・間」が高機能建築を生み出した

ハイパー・スペック・ビル

概ね終盤を迎えた一連の汐留地区再開発事業の中で、住友生命・住友不動産の共同開発ビル、汐留住友ビルが竣工した。汐留のみならず東京において最大級の競争力のある事業ビルを目指し、国内の大手企業・外資系テナントが望む高度なスペック全てを満足することを試みた。それは、基準階でネット面積3,600もの広さだけでなく、奥行き深く長く一筆書きのように連続し天井も高いオフィス空間を確保すること、同時にオフィス空間での眺望を最大限に確保すること、ディーリングルーム等の高負荷なオフィス対応も可能で情報・セキュリティ・バックアップ設備を完璧に装備すること、また超高層ビルでありながら免震構造の採用によって地震に最も安全なオフィス等々のスペックであり、東京でも近年まれなほど、完全装備を施したアグレッシブな事業ビルとなっている。

利用客のアプローチとして、約6割が地下コンコースを経て、3割が2階デッキを、1割が自動車で来ると想定し、それらの動線が交差する1階にもてなしの空間となる汐留最大のアトリウムを設けた。フロア構成は、「ゆりかもめ」やJR線が前面を通過する状況等を考慮し、低層部に主に夜間利用されるホテル、高層部にオフィスするという逆転の発想を行い、上記のような高機能なオフィス空間を確保した。

フロート板ガラスを徹底したアトリウムのガラスカーテンウォールオフィス・ホテルという複合構成を利用し、中間免震構造を採用することにより、オフィス空間のワン・ベイ25m×12.8mのスパン、それに伴うオフィス間口の最大限の眺望を確保した。またアトリウムの柱を長柱のピン構造として、構成するデザイン要素のシンプルな統合が可能となった。アトリウムの外装カーテンウォールは、強化ガラスは一切使用しておらず、フェースプレートも耐風梁も全てフロート板ガラスだけで構成し、長脚柱と一体となった透明性の高いカーテンウォールとした。

オフィス・ホテル・アトリウムのそれぞれのコンセプトを、直接ファサードに表現し、汐留の景観に参加することを考えた。

ちなみに、国際的なデザイン品質を促進するため、アトリウムの構造設計協力とカーテンウォール設計協力として、ArupJapanに応援を依頼した。

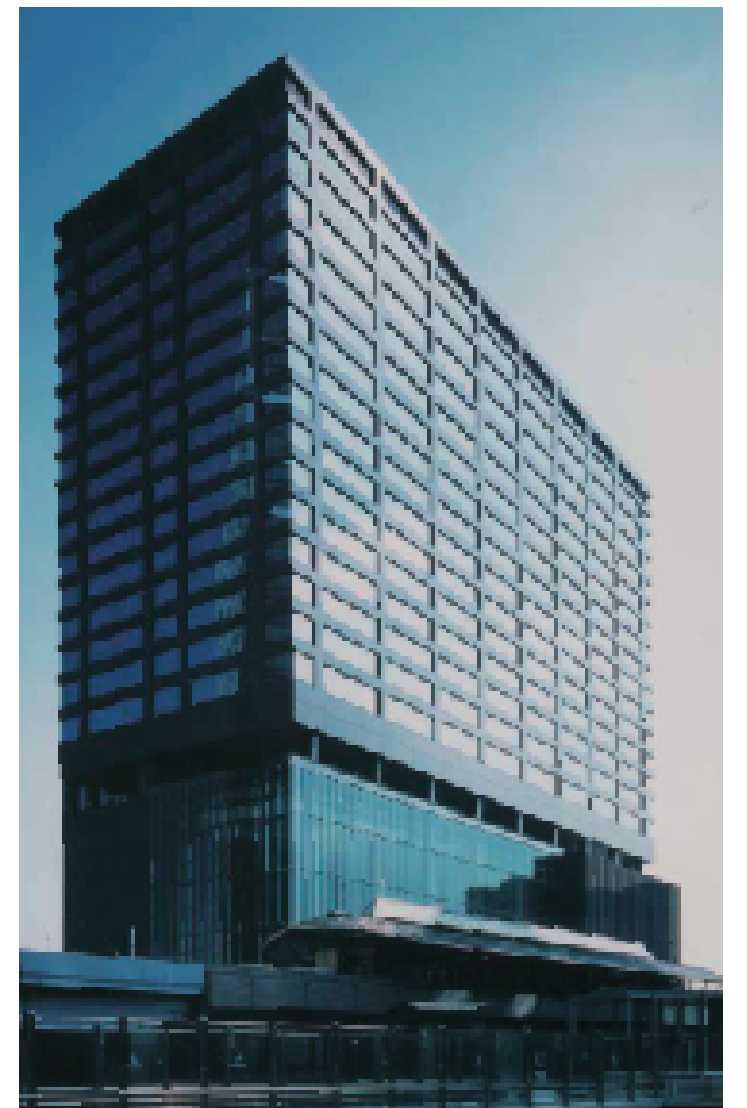
(浜田明彦 / 日建設計)



アトリウムエントランス外観と、そこを通して見えるホテル廊下目隠し用ルーバー。



アトリウムファサード内観見上げ。ガラス耐風梁により透明性の高いファサードを実現。



北西側外観。低層部手前は10層分の高さをもつガラス張りのカーテンウォール。11層目の吹き抜けスペース(免震層)の上にオフィスが載る。建物前には「ゆりかもめ」汐留駅。

汐留住友ビル計画

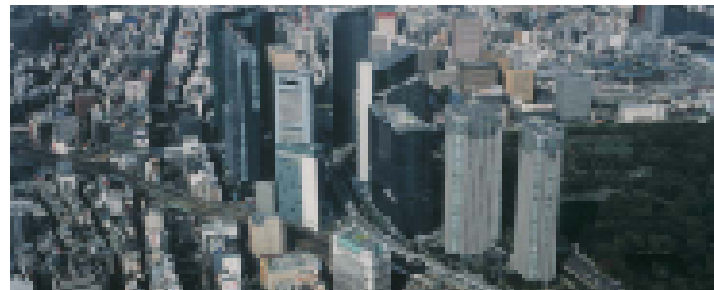
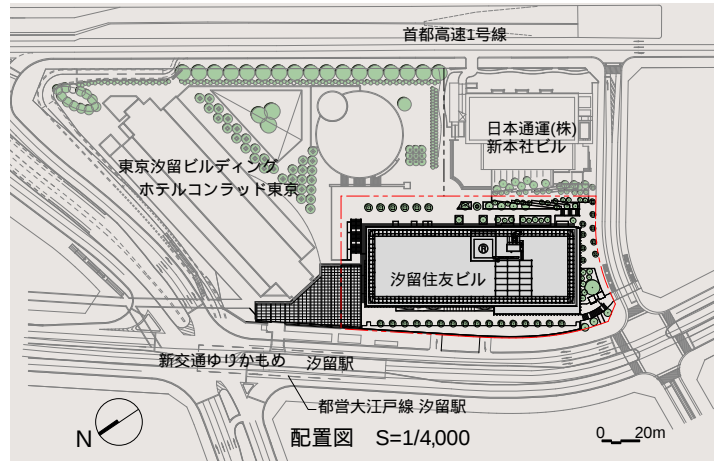
大空間のエントランス

地下鉄大江戸線・汐留駅と直結する汐留地下歩道から地下エントランスを経て、エスカレータで1階アトリウムエントランスに上がるとそこは高さ40mの明るく開放的な大空間である。

このアトリウムエントランスは、ゆりかもめ・汐留駅とつながるデッキエントランスおよびホテルのアトリウムとも一体空間となっており、「つ」の字型の平面形状のホテルとゆりかもめ汐留駅に面したガラスカーテンウォールで構成されている。

このガラスカーテンウォールは、全てフロート板ガラスで構成した透明性を徹底したスクリーンである。自重を内外の吊りワイヤーで支持し、外部の縦リブガラスと内部の水平ガラス梁を支持構造として風荷重を受ける構成となっている。このカーテンウォールは2階レベルから給気し、最上部より排気する自然換気システムを導入している。日射コントロールのために設けられているロールアップスクリーンを引き上げることによりカーテンウォール面の輻射熱を効率良く排気することも可能である。

アトリウムエントランスの環境計画として、空調は、コア側壁面からとガラス側床面から吹出し、居住域のみを効率良く行っている。冬期にはこの空調に加えて、温水型床暖房により底冷えを防止し、2階レベルに設けた温水ヒーターによってガラス面のコールドRAFTを抑える計画となっている。



汐留再開発地域空撮。中央手前の黒い建物が汐留住友ビル。

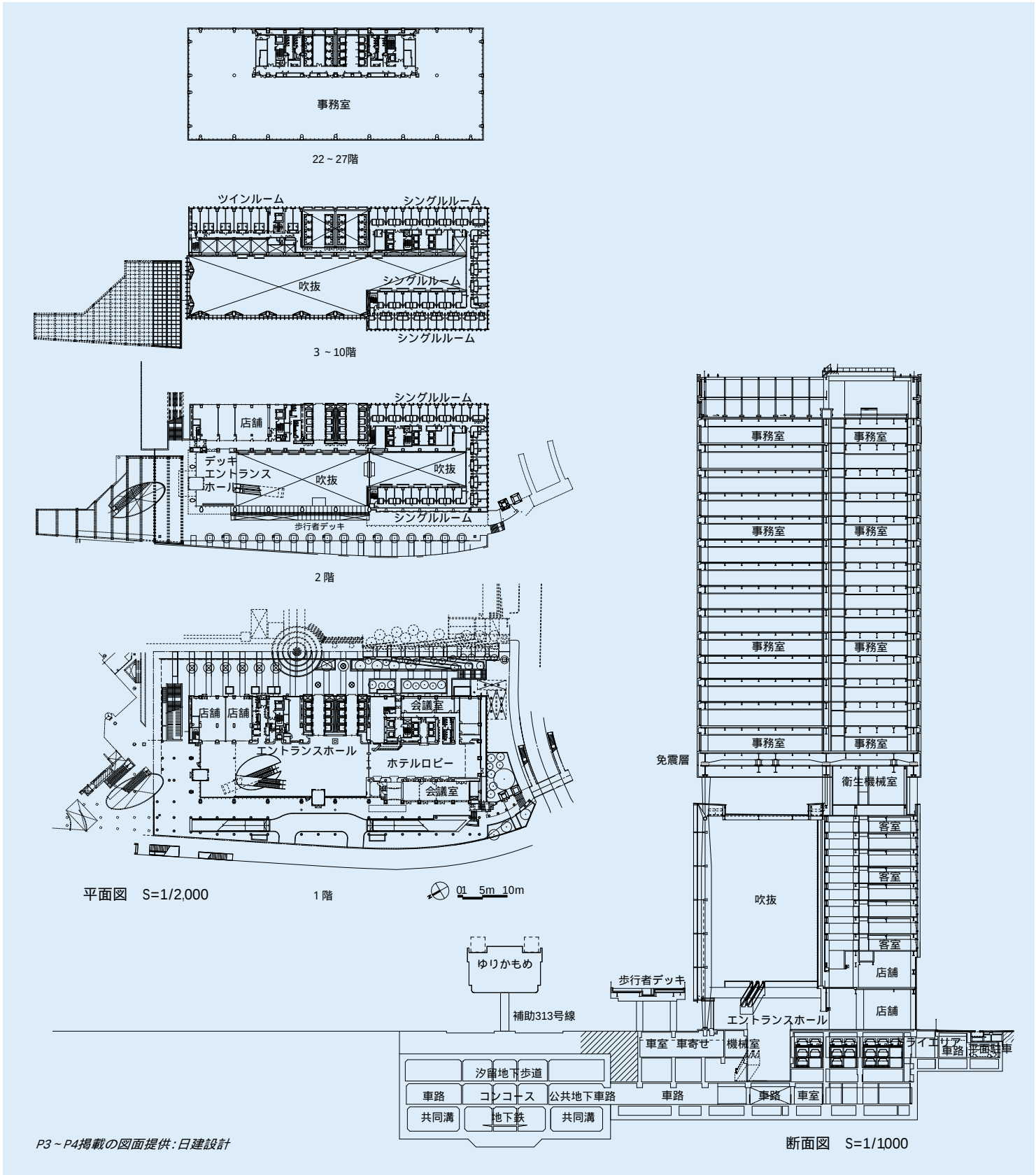
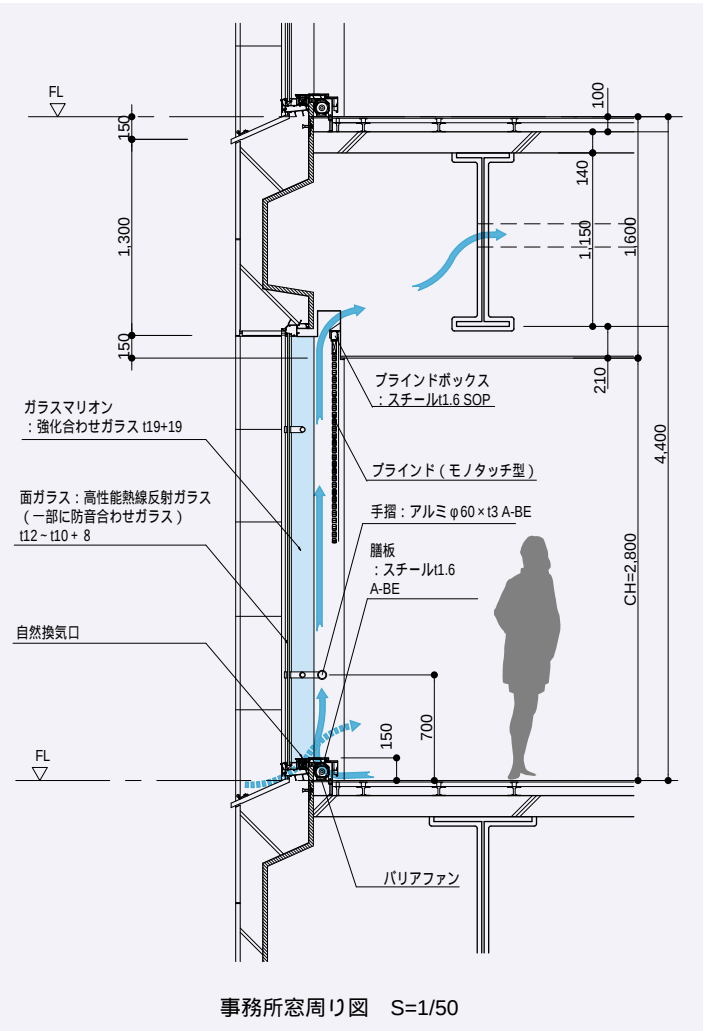
眺望を最大限に確保したオフィス窓

奥行25m、幅110m、約3600 の無柱空間のオフィスは、東側に浜離宮庭園、西側に東京タワーを望むことができる。この眺望を最大限に確保するため、視界の開ける側にオフィススペースを配置し、隣接する建物側をコアとした。

オフィスの窓は眺望を重視し、間口は柱間の約12m、床から天井まで約2.6mと最大限の開口とし、また、縦方立にリブガラスを用いて、ビューが通るよう工夫した。面外の負圧は金物でポイントを押さえ、信頼性を高めた。同時に、恐怖感の解消のため、手摺を設置した。

環境負荷対応のため、高性能熱線反射ガラスを用い日射熱をカットした上で、室内の空気を膳板に組込んだエアバリアファンにより窓ガラスとブラインドの間の空気をブラインドボックスに循環させることによって、窓面の輻射熱を抑える計画としている。また、窓台部分には換気スリットを設け、中間期等の自然換気も可能にしつつ高さを150mmに抑えた。

(木村雅一・高野勝也/日建設計)



P3～P4掲載の図面提供:日建設計

透明なアトリウムを実現する構造とファサードエンジニアリング

このアトリウムは非常に特徴的な建築計画の産物であり、そのアトリウムを成り立たせるための要件と機能を理解するところから私たちの協働はスタートした。我々の協力は、まず、魅力あるエントランスとしてのアトリウムの構造的アイデアを提案することであった。

中間層免震装置の上部である事務所部分の荷重を支える軸力材としての支柱、ガラスの40mに及ぶ外装重量と、そこに暴風時に作用する風圧力、地震時に作用する地震力を支える架構のアイデアを提示した。このアトリウムを貫通する支柱は12.8mの間隔でガラスファサードの内側に位置しており、およそ40mのアトリウムの高さの分はまったくこの柱の座屈を補剛する部材が無い状態である。これに対し、単材、トラス的な組立材、網目のような3次元の組立材などの提案をした。

最終的に、設計者は、クリアなガラスの面を「ゆりかもめ」の駅に対峙させるというコンセプトにより、扁平した多角形断面の単柱の案を選択した。柱は座屈に対して効果的な紡錘型の断面形状を採用し、柱の挙動を明確化するために柱脚にメカニカルな2方向ピンを設けることとした。建物全体の地震時刻歴応答解析の応答値を柱のFEMモデルに入力し、ピン支承部分の挙動のほかガラス部材の設計に必要な詳細な応答データを得た。FEM解析には衝撃応答解析ツール「LS-DYNA」を使用し、ピン支承の浮き上がり・再接触も再現可能なモデルで解析した。

この作業と並行して、このアトリウムは西日をまともに受けるため、その温熱環境の評価、快適性を向上させるための提案、中間期自然換気の可能性の検討、冬季のペリメータ・ゾーン空調の検討などについても協力した。

(彦根 茂 / Arup Japan)



ファサード内観。ガラス耐風梁が柱から伸びたカンチレバーアームに取り付けられている。

私が東京でのワークショップに招かれた時点で、日建設計のデザインコンセプトはファサード外部・内部両面においてガラスのフィンを最大限に活用することにあった。その頃の私はガラスフィンとファサード面ガラスをボルト以外の手法で接合することに興味を抱いており、日建設計の意図するコンセプトには刺激を受けた。そして、これを契機に汐留アトリウムのコンセプトは主に2つの点において発展した。

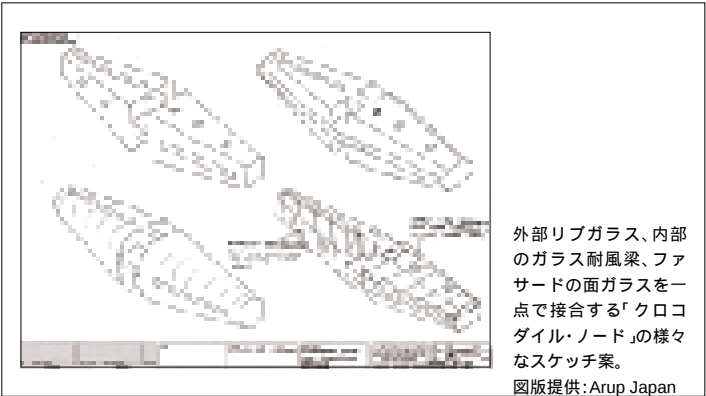
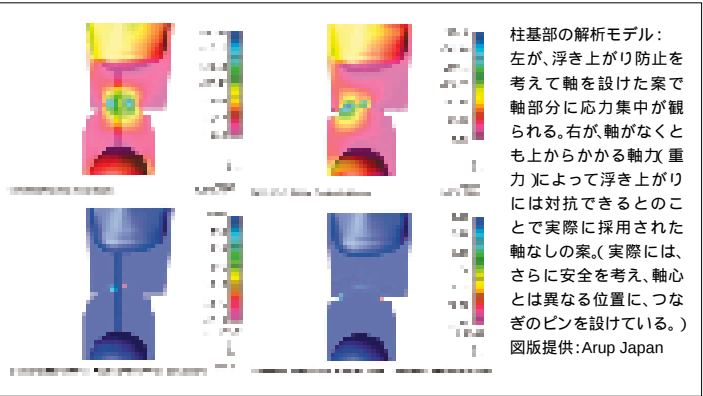
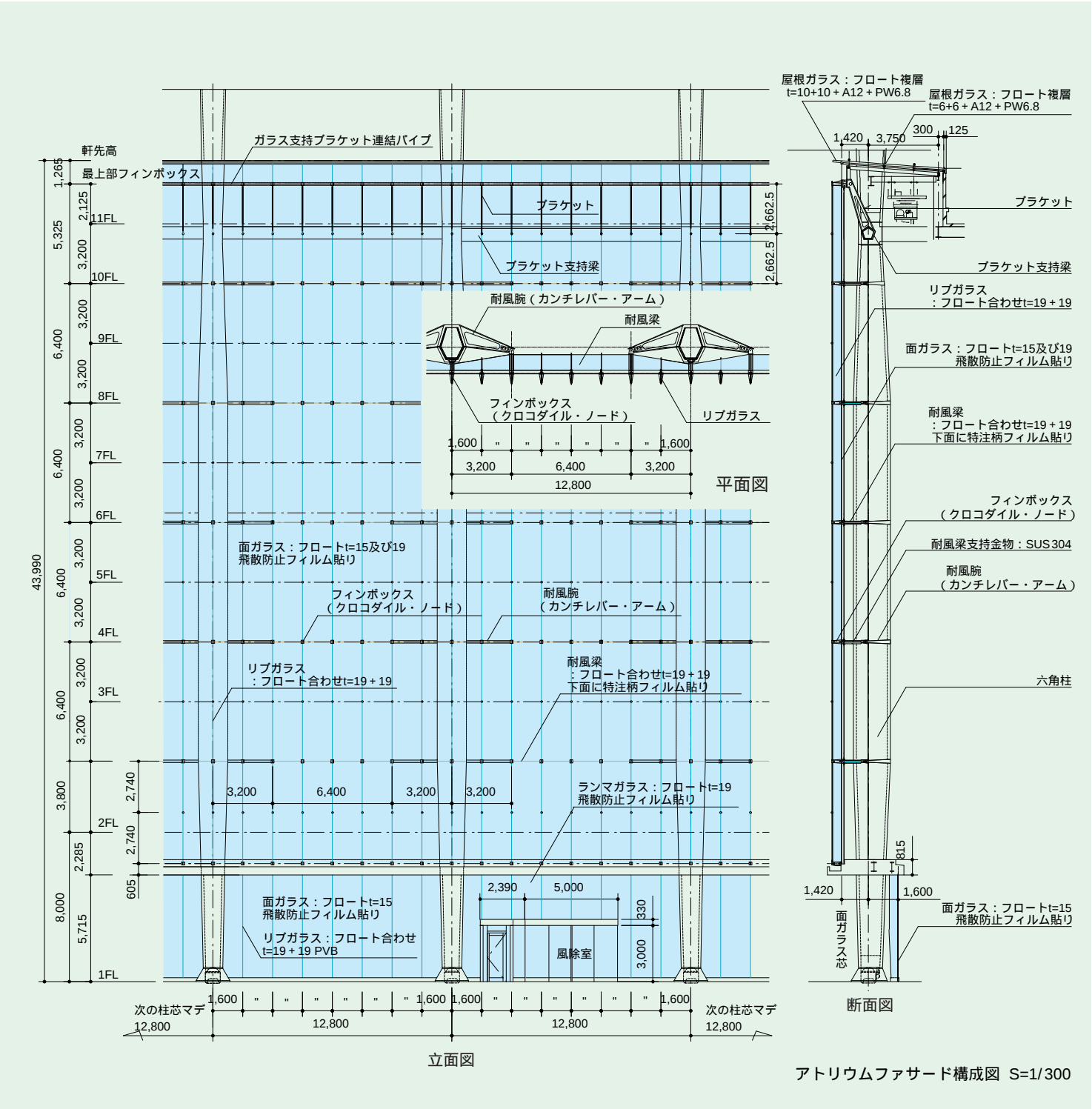
まず、ガラスフィンの耐風梁によって水平方向に12.8mスパンとすること。その一方で構造柱から両側に3.2mのカンチレバーアームを張り出し、実際のガラス耐風梁のスパンは6.4mとした。2つ目として、一点のノードによって外部ガラスフィン、内部のガラス耐風梁、ファサード面ガラスそして鉛直荷重を支持するハンガーケーブルを接合すること。これにより金属部材の点数が最小となり、ファサードの透明性を増すことができた。結果的にこのコンセプトはメタルの「顎」でガラスフィンをくわえ込む「クロコダイル・ノード」へと進化した。私はイギリスからオーストラリアに移動して間もない頃で、同僚たちに野生のワニの話で脅かされていたため影響されたのかも知れない。

カンチレバーアームとクロコダイル・ノードは、いずれも構造柱のジオメトリを踏襲し、小さなスケールで再現することを意図してデザインした。

(Peter Hartigan / Arup Sydney)



アトリウムファサード隅部を通して、汐留再開発地域のビル群を見る。



「空間」を空につなげるために ―― 巨大で透明なアトリウムを実現する技術

斬新な構成と、過酷な条件 ―――
ファサードやガラスを扱う者にとって、この建物は、度肝を抜かれる計画だった。下部に巨大なアトリウムとホテルを持ち、その上に、大型オフィス層が乗るという逆転の計画。ホテル層とオフィス層の間には、風を通すためのスリット層と免震層がある。この計画を見ただけで、「絶対に、何か苦労しそうな大きな課題が潜んでいる」と勘ぐりたくなるような斬新な構成だった。
アトリウムと同じレベルで配されるホテル層の標準的な階高は3.2mということだったので、アトリウムを、その階高に合わせて割り付けた総ガラス張りにするのは一般的には困難ではない。しかし、与えられた過酷な条件は、そんな階高などとは、ほど遠いものであった。アトリウムを支えるのは、1階からアトリウムを突き抜け、オフィス層まで達する長さ40m超の単柱で、しかも12.8mの大スパンで立っているというものだった。

この巨大な空間を“できうる限り透明感の高いものにすべく、できればガラスだけでファサードを作りたい”というのが、設計者の要望であった。それは、「何か苦労しそうな大きな課題が…」などというレベルではない。12.8mのスパンを普通にアルミサッシのカーテンウォールにするだけでも、単純にいくものではない。仮に単純な解決を狙うとしても、耐風梁となりえる、大きな断面の鉄骨を飛ばし、それにアルミサッシを取り付けることになる。しかも、その梁がガラスの重量を支えるとすれば、それ相当の断面性能がないと、大きくたわんでしまう。ましてや、それをガラスで実現しようとするならば、答えはさらに困難となる。

軽快なシステムを求めて ―――
近年、プレーナーフィッティングシステム（DPG構法）が普及する過程で、大スパン空間をできるだけ従来のような構造材を使用しない軽快なシステムが要求されるようになった。これは、サッシレスの構法を利用するからには、その支持構造（サポートシステム）も同様に目立たせないことが、より透明なスキンを作る要素として重要だからである。その解決策の多くは、ラピレットの科学産業博物館

（パリ）以来、ケーブルを使用したテンション構造の利用に求められることが多かった。ガラスを支えるシステムは、ガラスの破損や取替を考慮することが前提となるため、最小でありつつも、その構造的安定性も重要な条件となる。そういった意味ではケーブルを利用したテンション構造は、理想的なシステムではあるが、テンション材では曲げ応力を負担できないため、他の構造であれば発生しないところに大きな引っ張り力が生じることが問題となる。
このアトリウムでも、外装材が受ける荷重の反力を支持する構造は、40m超の柱しかない。その中間部にテンション材を取付けると、長期的・短期的に入ってくる膨大な張力に対応するため、柱は外装材面内方向の曲げ応力を負担することとなり、その構造と意匠をそこなってしまう。
水平ガラス耐風梁の登場 ―――
そこで、透明性を維持できる他の支持構造を検討する中で、水平なガラスの耐風梁の案が浮上した。しかしながら、ガラスで12.8mの大スパンを飛ばすことは容易ではない。そこで、構造柱からアーム（カンチレバー・アーム）を持ち出し、耐風梁となる水平のガラスをある程度の大きさに分割する案に収束することとなった。
そして、柱から持ち出すアームの長さ、ガ

ラスだけとなるアーム～アーム間隔の両方のバランスをスタディしていった。その結果、柱を中心に両脇に3.2mずつのアームを張り出し、このアームの位置でガラスの耐風梁を分割すれば、ちょうど、6.4mずつのバランスで耐風梁を連続的につなげていくことができる。ただし、柱から持ち出したアームにはガラスの重量を負担させないことで、アームの断面を極力小さくすることにした。また、せっかく耐風梁をガラスだけで構成することになったので、その透明性をより強調するために、面ガラスの縦の割付もできるだけ大きくとりたいということになった。
全てフロート板ガラスで
水平ガラス梁・面ガラスやリブガラスに用いるガラスを、強化ガラスにするか、フロート板ガラスにするか、あるいはその混合とするかは難題である。
設計者からは、“強化ガラスは割れても安全だろうが、成分中の異物による自然破損のおそれが残る。このアトリウムではフロート板ガラスに徹底したデザインにしたい”との提示があり、全てをフロート板ガラス（合わせ）とすることに挑戦した。
フロート板ガラスだけを使用することで、
1）ゆがみが最小限の面をつくること
ができる、
2）強化ガラスでは不可能な長さ6.4mも可能となる、



アトリウムエントランスの全景。左はロールアップスクリーンが収納された時。右はロールアップスクリーンが展開された時。



西側歩行者デッキより見るアトリウムファサード。「クロコダイル・ノード」とリブガラスがリズムを刻む。



アトリウムエントランスのファサード内観。上に載るオフィス層を支える紡錘型の柱がファサードも支持する。

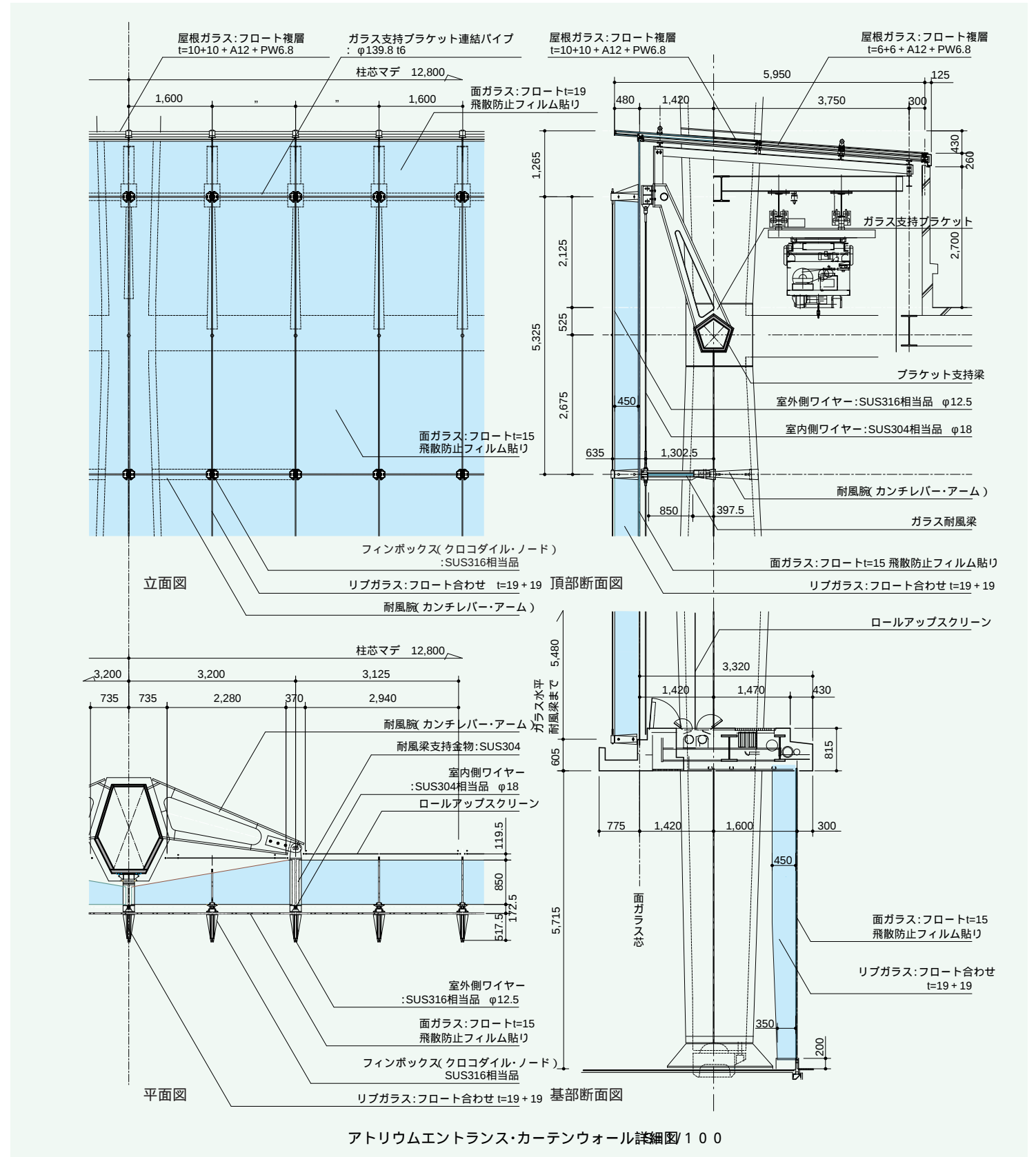


ファサード頂部を見上げる。オフィス層との間には免震層が設けられている。ファサードの自重を吊り下げる鉄骨が見える。

3)水平ガラス耐風梁も2階層ごとにすることが出来て透明性を高められる、4)強化ガラスの良さを活かすならDPG+テンション構法となるが本建築では既に述べた理由により無理がある、5)大面積のカーテンウォールのコストを抑えることができる、というような利点もあった。もちろん、フロート板ガラスを採用すると、低い強度でも安全となるような工夫が必要になる。たとえば、その接合部には、穴をあけたボルト接合などの手法はとっていない。金物による、「挟み込み」「差し込み」「巻き込み」というような方法でつながっている点が、最近のメカニカルな接合方法とは異なる点である。しかも、地震時には柱とガラス面が違った挙動をするため、柱に連なるアームが傾くことになり、ガラス耐風梁や面ガラスに取り付いたリブガラスに大きな曲げ荷重が発生する。それを避けるためには、耐風梁の支え方も柱につながる部分ではピン接合に、アーム先端部分ではローラー接合にしている。こうした接合を実現するには、ガラスの小口部分に加わる支圧力の限界値・許容値を正しく知る必要があり、多くの試験や解析により、その数値を決定している。

なお、面ガラスは、外部側に配したリブガラスをマリオンとして2辺支持され、上下辺は、全て突き合わせシールだけの納まりとなっている。全カーテンウォールをケーブルで吊る。これまでに説明した、面ガラス、リブガラス、ガラスの耐風梁は、いずれも、風圧という面外荷重に対しての要素であり、それらを高さ40mにわたって連続させる方法は、全く別に考えることになった。

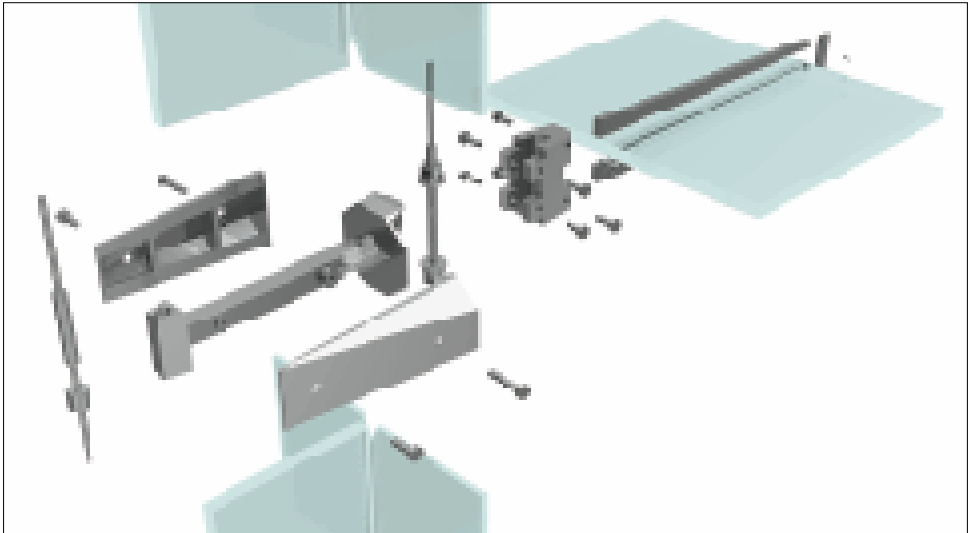
12.8mのスパンの間にあるガラスや金物の重量は、耐風梁:6トン、リブガラス:11トン、面ガラス:15トンという重量であり、この荷重を最小の要素で支持するには、最上部から吊り下げることが最も有効である。よって、アトリウムの最頂部に、ガラスの幅と同じ1.6mピッチで吊り元となる鉄骨を配置し、ここから、ファサードの内側・外側の2本のステンレス・ケーブル(外:18φ、内:12.5φ)で全てのガラスの重量を吊り下げている。なお、水平のガラス耐風梁も、一見アームで支持されているように見えるが、実はその重量は金物(クロコダイル・ノード)を介してケーブルで吊られている。



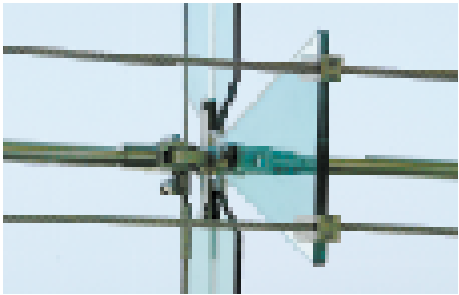
ケーブルは、アトリウムの高さいっぱい1本物で、金物と取り合う位置に、あらかじめ金具が固定されており、ここに、それぞれの部位の金物が取り付けメカニズムとした。これは、全体の張力を崩さずに、金物の高さ方向の位置調整を容易にするというケーブルならではの手法であり、同じ日建設計・浜田氏の設計による青山学院大学・相模原キャンパスで使用した方法をここでも有効に応用した。また、この手法は、ケーブルのジョイントをシンプルにするという効果もある。

ガラスとガラスの間の目地は、全てシーリングによるため、施工にはなんらかの足場が必要となるが、このアトリウム部分全面に足場をかけるとなると、とてつもない量の足場が必要となる。ゼネコンの発案により、MOFSと呼ばれる高さ40mで幅4mの移動式足場を西面と北面に1機ずつ設置し、これを移動させながら施工することで、足場の設置を最小限とすることができた。

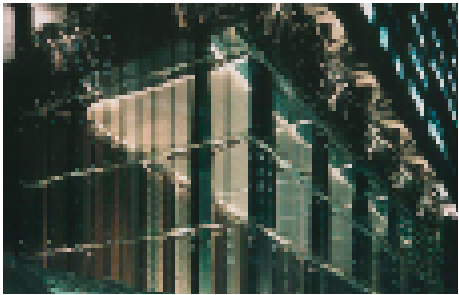
(松延晋 / 日本板硝子ディー・アンド・ジー・システム)



ファサードのジョイント金具「クロコダイル・ノード」の構成図。



青山学院大学・相模原キャンパスのアトリウム部分ファサードに用いられた金具の接合部 Photo by Tsukasa Aoki



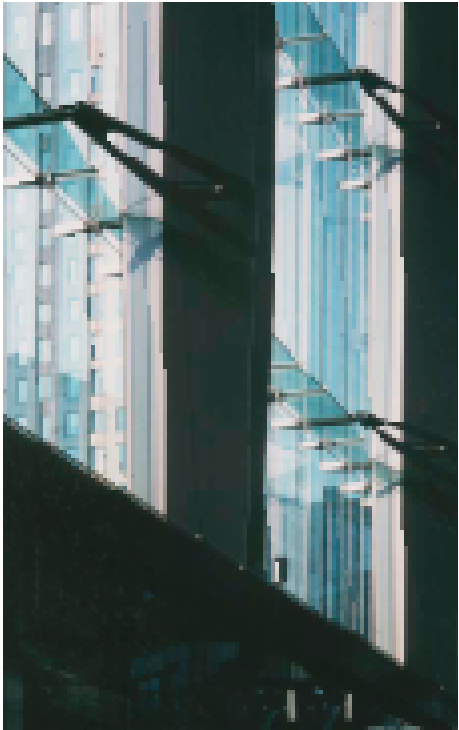
アトリウム上部夜景。ガラスファサードを吊り下げるツノのような梁が光って見える。



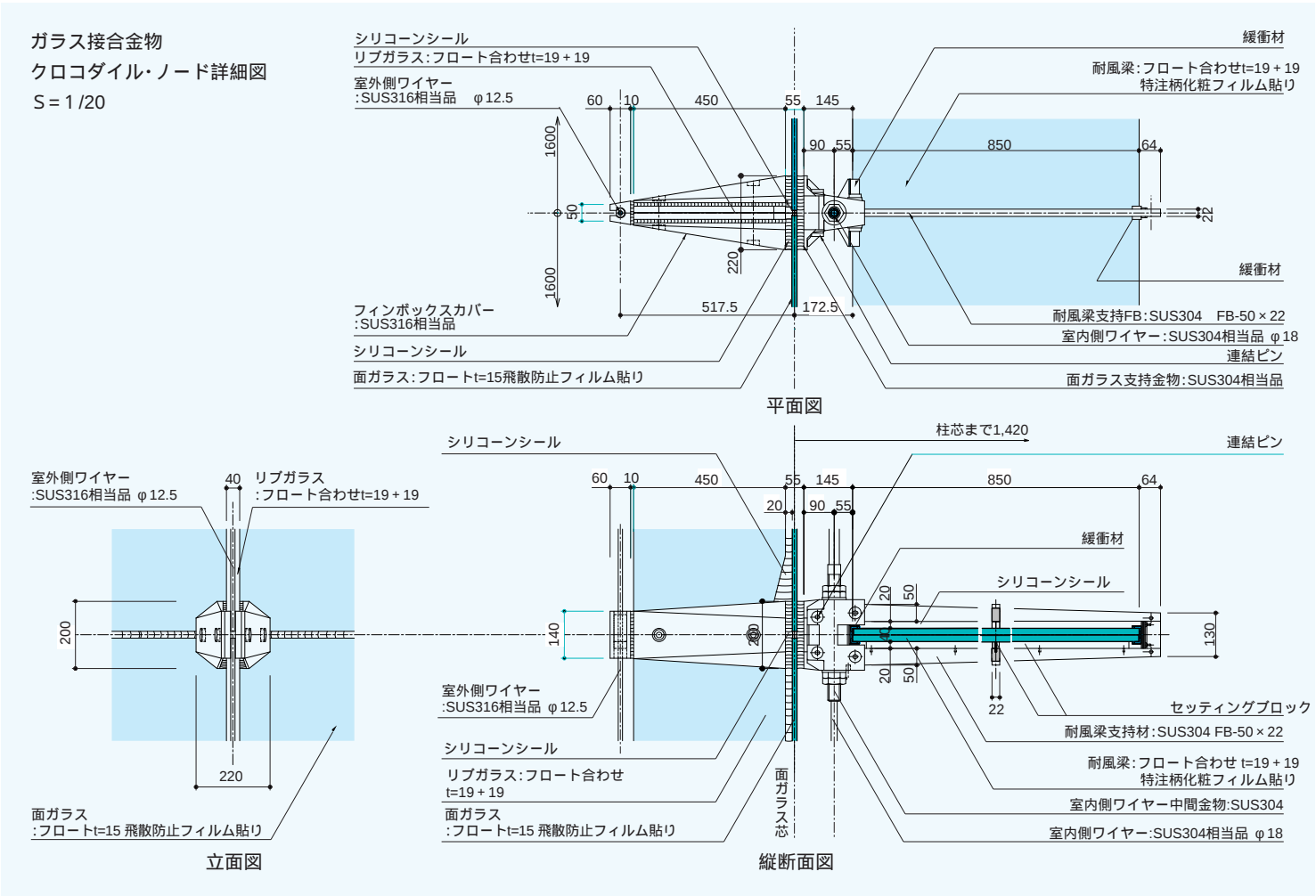
1階西エントランスのガラス庇越しに見るファサード。



歩行者デッキから見るアトリウムファサード夜景。



アトリウムファサードの柱とガラス耐風梁。



ファサードのジョイント金具「クロコダイル・ノード」



照明で浮かび上がる「クロコダイル・ノード」と耐風梁。



ファサード下端部分の「クロコダイル・ノード」

開かれた機能性をつくる—— 多様に活躍するガラス

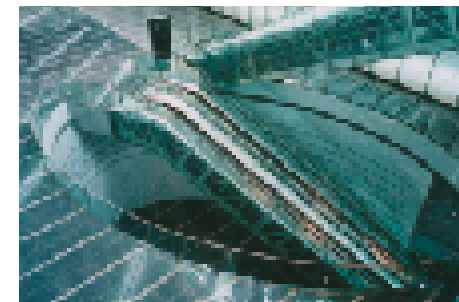
ガラスシェルター

汐留住友ビルと、ゆりかもめ汐留駅との間はブリッジでつながれており、その上にはガラス屋根のシェルターが架けられている。建物にアプローチする人は、この開放的な場で、アトリウムの大空間を予期するのである。ゆるやかに大きなカーブを描くアーチ梁の上に母屋を架け渡し、その上に強化合わせガラスをはめ込んだアルミサッシを取り付けるという構成である。

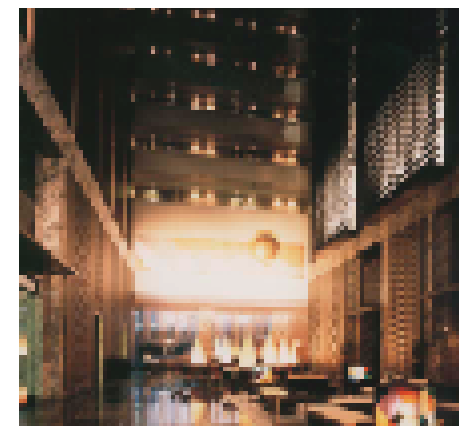
ガラスは、汚れが目立たないようにセラミックス印刷を施した倍強度ガラスを用いた合わせガラス(厚さ12ミリ)が採用されている。

ガラス張りのエスカレーター

アトリウムで地階と1階、1階と2階を結ぶエスカレーターは、その機械部分を囲う面をガラスで仕上げている。アトリウム空間に合わせてメカニカル/システムチックで透明性を高くしているのである。また、地階から上がってくるエスカレーターが取り付けいた吹き抜け部分の手すりも強化ガラスが採用されている。



アトリウムエントランスのエスカレーター。



ガラスシェルターを見上げる。

床から天井まで開口のオフィス部分

オフィスフロアの外壁周りは、12.8mピッチで配置された柱部分以外は全て窓となっている。床から天井までの高さ約2.6mは1枚物の高性能熱線反射ガラス(厚さ12~19ミリ)として、眺望の良さと環境性能を両立させている。さらにサッシの替わりにリブガラス(強化合わせガラス・厚さ38ミリまたは30ミリ)を縦方立てに用いて透明性を高めている。なお、街中で「ゆりかもめ」などの騒音があることに配慮して、低層部分など一部には、防音合わせガラス(厚さ18ミリ)を採用している。



オフィスのコーナー部。隅には柱がなく視界が開ける。

2階デッキのガラス

——プロフィリットガラス
公共空間との関わりを考え、夜間に通行する人々のために、2階デッキに、柔らかく、むらのない光を提供するため、溝型ガラス・プロフィリットがダブル構成で用いられている。また、防火性能が必要とされるアトリウムに面した客室の窓部には、耐熱強化ガラス・パイロクリアが用いられている。



オフィス開口の窓台と手すり。



アトリウムエントランスとオフィスのファサードを見上げる。

建築概要	
名称	汐留住友ビル
所在地	東京都港区東新橋1-9-2
面積	敷地面積:10,077.19 建築面積 = 7,233.21 、延床面積 = 99,913.20
構造	S造(一部コンクリート充填鋼管)、SRC造、RC造、中間層免震構造
階数	地下3階、地上27階、塔屋 2 階
寸法	最高高:128.1m、軒高:119.9m、主なスパン:22.95m × 12.80m
階高	オフィス階:4.4、4.6、4.8m、ホテル階:3.2m
総合監修	住友不動産
設計監理	日建設計
設計協力	アトリウム構造・外装・環境:ArupJapan / アトリウム・外構照明:ライティング・プランナーズ・アソシエーツ
施工	鹿島建設・竹中工務店・西松建設・三井住友建設共同企業体

GLASS DATA 汐留住友ビル

アトリウム

面ガラス	品種:フロート板ガラス・飛散防止フィルム貼り 構成:15ミリ、19ミリ	3,300
水平リブガラス	品種:フロート合わせガラス 構成:38ミリ(19ミリ + 19ミリ)	330
垂直リブガラス	品種:フロート合わせガラス 構成:38ミリ(19ミリ + 19ミリ)	900

ホテル階ファサード

客室ガラス	品種:高性能熱線反射ガラス(レフシャイン)TSL30 構成:10 ~ 19ミリ	2,300
2 階デッキ	品種:プロフィリット L=2,400、L=2,900 構成:ダブル構成	76
一部間仕切り	品種:耐熱強化ガラス(バイロクリア)・飛散防止フィルム貼り 構成: 8 ミリ	350

オフィス階ファサード

面ガラス	品種:高性能熱線反射ガラス(レフシャイン)TSL30 構成:12 ~ 19ミリ	9,700
	品種:防音合わせガラス(ソノガラス) 構成:18ミリ(高性能熱線反射ガラス10ミリ + フロート板ガラス 8 ミリ)	300
垂直リブガラス	品種:強化合わせガラス 構成:38ミリ(19ミリ + 19ミリ)、30ミリ(15ミリ + 15ミリ)	1,000

シェルター

面ガラス	品種:セラミックスプリント倍強度合わせガラス(ラミベーン) 構成:12ミリ(セラミックスプリント倍強度ガラス 6 ミリ + 6 ミリ)	760
------	--	-----

ガラス構法・技術担当	
	榎本貴伸(日本板硝子株式会社 建築硝子部) 城英明・松延晋・渡辺克己(日本板硝子ディー・アンド・ジー・システム株式会社)

日本板硝子株式会社

札幌/011-377-2860
仙台/022-359-8665
東京/03-5443-0132
名古屋/052-962-7089
大阪/06-6222-7534
広島/082-263-3571
福岡/092-451-5594

日本板硝子ディー・アンド・ジー・システム株式会社

東京/03-6403-4702
大阪/06-6222-3567

SPACE MODULATOR REPORT 5

発行日 2005年3月(05・03/05)
発行所 日本板硝子株式会社
SPACE MODULATOR 編集部
福留俊哉
E-mail: Nsg-Archi@mail.nsg.co.jp
URL:http://www.nsg.co.jp/spm/
企画編集 A Z 環境計画研究所
山崎泰孝・大工原潤
制作 小島良平デザイン事務所
小島良平・小島良太
編集協力 住友不動産株式会社
株式会社日建設計
浜田明彦・木村雅一・高野勝也
Arup Japan
彦根 茂
Arup Sydney
Peter Hartigan
写真撮影 篠澤 裕(特記をのぞく)
印刷 大日本印刷株式会社
協力 汐留住友ビル

禁無断転載