

スチールデザイン

No.44

「スチールデザイン」の発行にあたって

当連盟では、現在活躍されている建築家・構造家の方々を編集委員にお迎えし、スチールの優れた性質をデザインに活かした建築物を紹介する雑誌「スチールデザイン」を発行しております。

本誌は、建築設計に携わる方々や建築家を目指す学生の方々に対し、鋼構造建築の素晴らしさを伝えるとともに、設計者の斬新なアイデアや設計に込めた想い、技術的解説をまとめた1冊となっております。

今号においても鋼構造建築の魅力が多くの皆様に伝わり、鋼構造が建築設計に採用いただければ誠に幸甚に存じます。

編集委員

委員長：高梨 晃一（東京大学名誉教授）

委 員：隈 研吾（建築家）

委 員：佐々木睦朗（構造家）

委 員：手塚 貴晴（建築家）

委 員：西沢 立衛（建築家）

委 員：白田 哲男（編集者）

委 員：村上 行夫（JFE スチール）

委 員：澤泉 紳一（日本製鉄）

委 員：吉本 隼（日本製鉄）

委 員：植戸あや香（JFE スチール）

委 員：寺澤 伸治（神戸製鋼所）

委 員：入江 剛（神戸製鋼所）

POWERX FACTORY PROJECT

設計

妹島和世建築設計事務所

構造・設備設計

奥村組西日本支社一級建築士事務所

施工

奥村組広島支店

大きな既存工場を フレームを活かして 柱のない明るい空間に改修

妹島和世 (妹島和世建築設計事務所)
降矢宜幸 (妹島和世建築設計事務所)
舟山勇司 (奥村組西日本支社一級建築士事務所)
植戸あや香 (編集委員・司会)

「POWERX FACTORY PROJECT」は岡山県玉野市の宇野港近くに建つ大型蓄電池製品を生産するための工場。工場として使用されていた建物の鉄骨フレームをそのまま利用し、トラス屋根が架かる45×140mの大空間を洗練された新しい工場に改修。天井全面にスリット状に配したトップライトと、外壁下部にガラスサッシを設けることで、自然光の入る明るい空間を実現している。改修設計にあたった設計者にお話をうかがった。

工場とオフィスが 一体となった働く場所

まずこのプロジェクトの概要からお聞かせいただけますか。

妹島●この建物は岡山県玉野市に建つ蓄電池の組み立て工場です。クライアントであるパワーエックスさんは、再生可能エネルギーの普及を目指して蓄電池事業を展開するために、工場とオフィスが一体となった新しいタイプの働く場所をつくろうと考えられています。従業員の方が東京のオフィスとこちらの工場を行き来したり、また、長



妹島和世氏



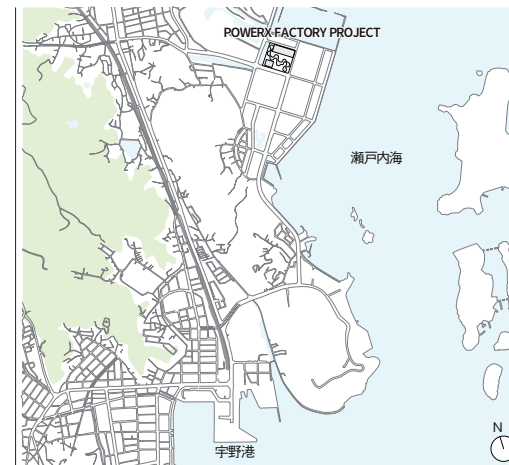
POWERX FACTORY PROJECT全景

期的には、この場所が優秀なエンジニアなどを海外から迎え入れることもできる場所となることをイメージされています。

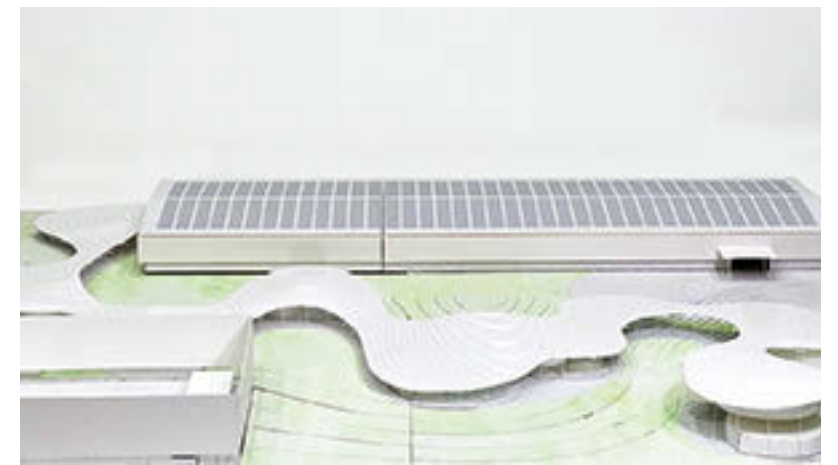
敷地は、工場で作られた製品を船で世界中に運搬できるように港に近い場所を探されました。ここは瀬戸内海を望む立地で、宇野港にも近く、また、

クライアントの方は自然や文化を大切に考えられていて、ここがアートの島として知られる直島に近いことも決め手となったそうです。私たちのところへは、この場所に決めたころ相談に來られました。

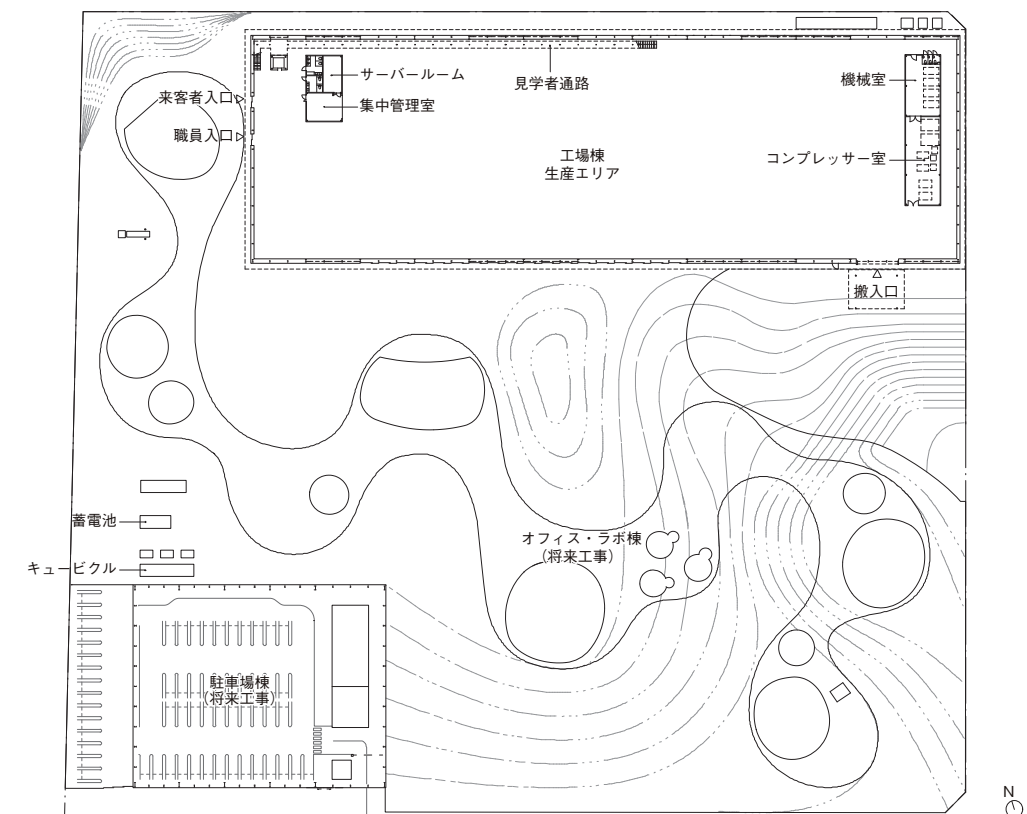
新規事業ということで、少しでも早く工場を稼働させるために、工場とし



配置図 1/50,000



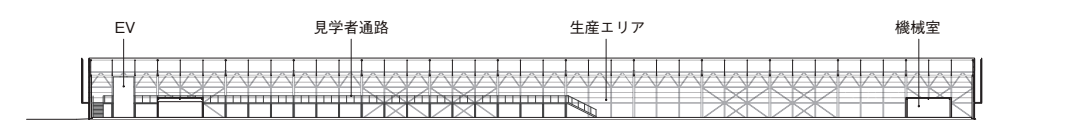
敷地全体模型 工場棟(奥)と2026年竣工予定のオフィス・ラボ棟



1階平面図 1/1,500



短手断面図 1/1,200



長手断面図 1/1,200



工場内部、北側を見る。既存の鉄骨トラスをシルバーに塗装、壁側高さ2,300mmの位置には見学者通路を新設

て使うことができる建物が建っている場所を購入され、既存建物を改修して工場にし、かつ新築のオフィスをつくることを考えられていました。

改修ということですが、どのようなプランを考えたのでしょうか。

妹島●設計は今回の工場（生産エリア）だけではなく、新築するオフィス・ラボ棟も含めて敷地全体をどんな場所にするのがふさわしいかということから打ち合わせが始まりました。約28,000㎡の敷地には、もともと4棟の



降矢宜幸氏

古い工場が建っていました。なるべく壊さないで使うことを考えながら、既存建物と新しい建物をどのように配置し関係付けるか、まず全体計画の検討を行いました。最終的に小さめの2棟を取り壊して、残した2棟の間にオフィス・ラボ棟を建てることにしました。

全体計画段階ではいろいろな案がありました。例えば新築のオフィス・ラボ棟を既存工場の上に浮かせて新旧両立させる案なども考えましたが、そうするとオフィスと工場の関係が対等ではないのではないかと、ということになり、クライアントがイメージしている新しい働く環境とは異なるのではないかとということになりました。特徴がありながらも、やはり工場とオフィスが一体的になるように、それから来訪者が工場を安全に見学できるような配置も意識しながら設計していきました。そうして敷地全体のイメージが決ま

り、今回の工場の改修工事を先に始めました。新築のオフィス・ラボ棟はもう少しで設計が終わるところです。**降矢●**約1年で全体の計画と今回の工場の改修設計を行い、工場の施工期間は7か月でした。**妹島●**既存建物は奥村組さんに施工していただくことが決まっていたので、構造設計と設備設計もお願いしました。

既存架構を活かす

では今回の工場の改修について、具体的にどのようなことをされたのか教えていただけますか。

妹島●既存建物は45×140mの大きさの無柱空間で、鉄骨トラスの架構自体は昔のとても美しい構造でした。ですので一部補強はしていますが、既存の構造をできるだけ活かすように計画を



既存建物内部 1996年に建てられ工場として使われていた



施工風景 外壁を取り外して下部には新たにサッシを設置

進めていきました。

屋根と外壁は一度すべて取り外して躯体のみの状態にしてから張り直しています。屋根には新たにトップライトを設けて室内全体が明るくなるようにし、外壁は下部をサッシにして周囲の風景が見えるようにしました。

きれいな空間にはしたいのですが、昔ながらの工場の雰囲気も残るように、屋根や外壁の材料には既存建物と同じものを採用しています。

トラス架構は既存の構造なのでね。

妹島●はい。1996（平成8）年に建てられた建物ですが、ジョイント部分もとても明解で、無駄のない合理的な構造でした。**舟山●**材料費の方が人件費よりも高く、ほとんどの溶接が手作業だった時代のものです。今ではなかなかつくることのできない架構が残っていました。**妹島●**新しい工場の真ん中には無人搬送ロボット（AGV）が走るレーンをつくるようになっていたので、柱のない空間にする必要があったのですが、現地を見ると前の所有者がトラスの下弦材の下に柱を足されていましたよね。**舟山●**2014（平成26）年に関東地方で雪の影響で建物の屋根が落ちた事故があり、2019（平成31）年に建築基準法に基づく告示が改正されたのです。その時に心配になり柱を建てたようです

が、その柱の下に基礎があるわけではないので構造的には効いていない状態でした。ですからそれは取り外して、柱のない大空間をつくることができました。

鉄骨トラスの補強

架構は一部に補強をしているということですが、どの部分でしょうか。

妹島●前の所有者が敷地内に太陽光パネルを設置していました。その契約があと10年ほど残っていたため、そのパネルをこの建物の屋根の上に載せることにしました。太陽光パネルを載せると屋根が重くなってしまうので、その分補強しています。どこに補強が必要なのかは舟山さんに細かくチェックしていただきました。**舟山●**基本的にトラス構造は作用する荷重に対して軸力で抵抗します。鉄骨部材は引張力には強いのですが、圧縮力に対しては座屈により強度が下がります。構造解析の結果、上・下弦材の一部が圧縮の許容応力度を超えることが分かりました。上・下弦材を取り換えるわけにはいかないので、許容応力度を超える部分に厚さ6mm、高さ80mmのフラットバーを円形鋼管上に溶接して断面積を増やし、発生する圧縮応力度を下げる補強としました。**妹島●**このフラットバーについては、

何度もやり取りしながら決めていきました。

舟山●断面積は我々のほうで計算するのですが、足す部材の形や取り付けの位置については妹島事務所さんから指定がありました。最終的にこのフラットバーは下からは見えません。

建物の長手方向はブレース構造となっています。新たに開口を設けるスパンのブレースは、他のスパンに移動させてブレースの数は元のままです。

写真を見ると弦材が多いので、新たに足した材があるのだと思っていました。

舟山●屋根の架構についてはフラットバーを足しただけです。上・下弦材に発生する軸力の増加により、柱に生じるモーメントが増加するため、柱の外側にCT形鋼を溶接して断面性能の増加を図りました。

妹島●既存の架構の美しさをなるべく損なわない補強の方法を考えました。**舟山●**既存トラスのいちばん細い部材は直径50mmほどの鋼管で、ものすごく細いのです。それでも今の基準を



舟山勇司氏

十分クリアしています。

妹島●トラスはもともと黄緑色でしたが、きれいなシルバーに塗装してもらいました。それによって全体が明るい印象になりました。とても手間がかかったと思いますが、ていねいに仕上げていただきました。

降矢●既存の柱はすべてサッシの内側にあり屋内に入っていますが、ダブルスキンで足している部分の鉄骨は外に露出しているため亜鉛めっきを施しています。

屋根にはトップライトが設けられています。

妹島●床面積がこれだけ大きいので以前は内部が薄暗かったのですが、今回のコンセプトが新しいタイプの働く場所ということもあり、自然光が入る明るい工場になるようにと考えました。屋根はもともと張り替えなくてはならなかったので、既存建物と同じ断面の折板屋根(カラーガルバリウム鋼板)を張り、等間隔で屋根の仕上げを透明ポリカーボネートにしてそのトップライトから採光しています。

降矢●長手方向の柱が3.6m間隔だったので、トップライトはその中心にくるように、450mm幅を3.6mピッチで入れています。その間のガルバリウム鋼板部分に太陽光パネルが載っています。

照明は、10.8m間隔の本柱の中心に取り付けました。昼間は照明を点けなくても十分明るさです。

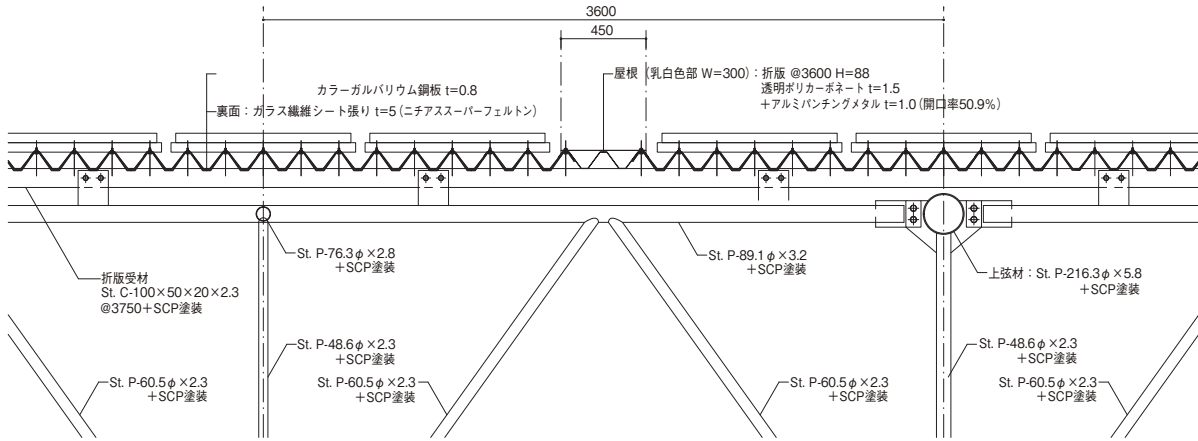
空調機を柱から吊り下げる

外壁も新しく付け直したのですね。

舟山●外壁も一度全部取り外して鉄骨のみの状態にしてから付け直しました。

妹島●外壁は以前は下まで壁でしたが、今回下部2,500mmは4方向既製品のガラスサッシにしています。

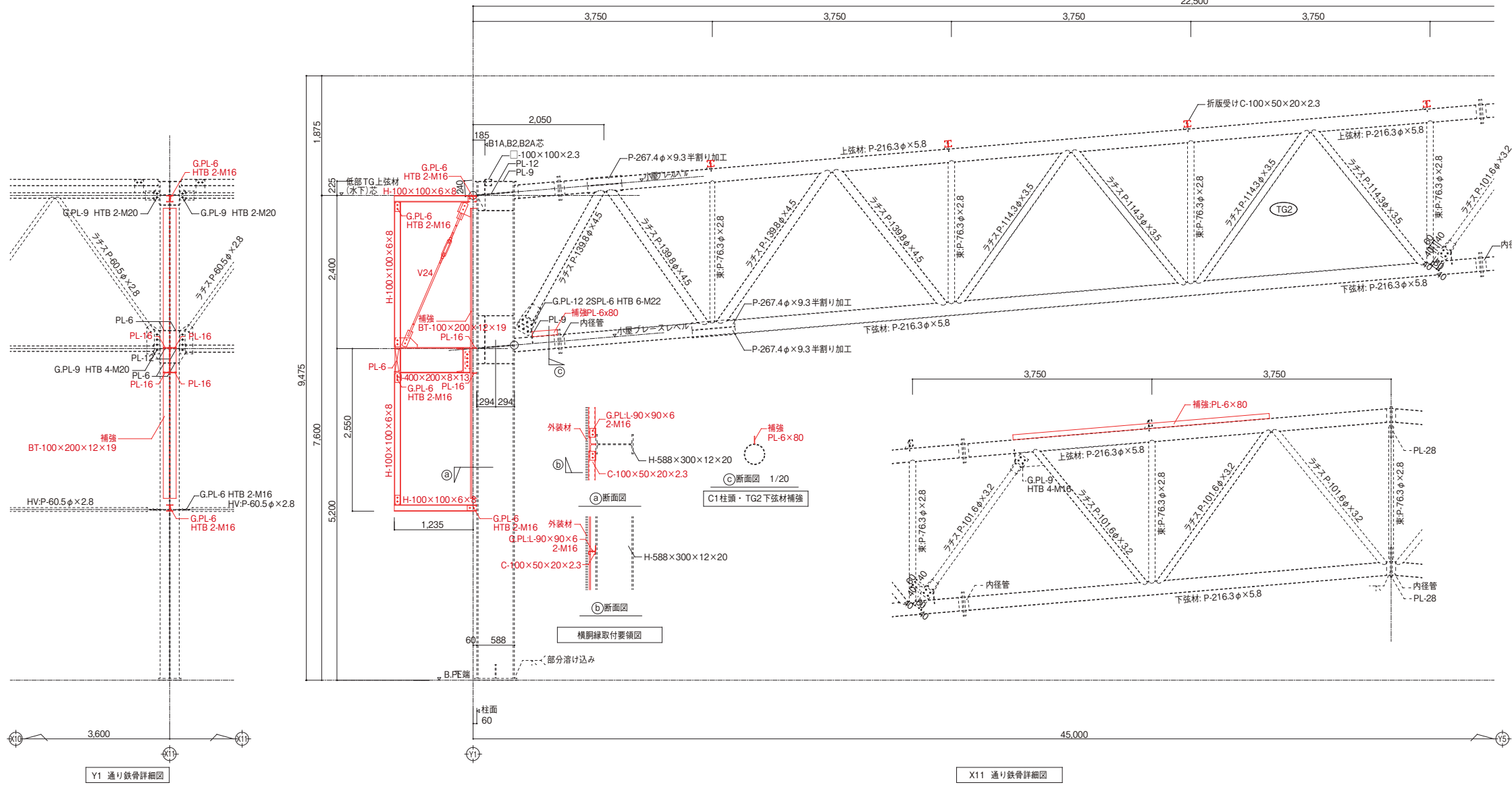
上部の壁にはこちらもほぼ以前と同じ断面の角波鉄板を採用し、外側にも



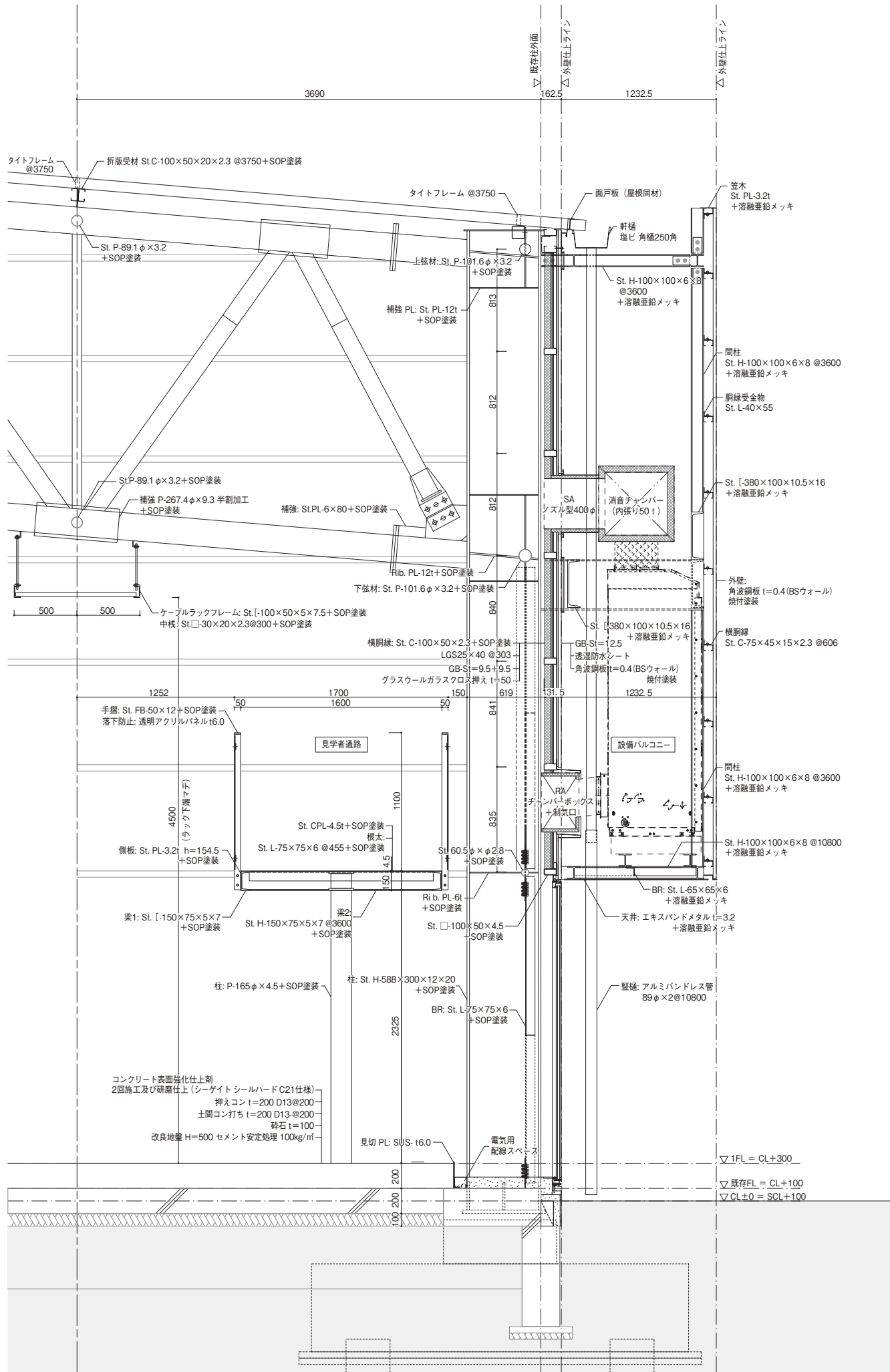
屋根断面詳細図 1/40



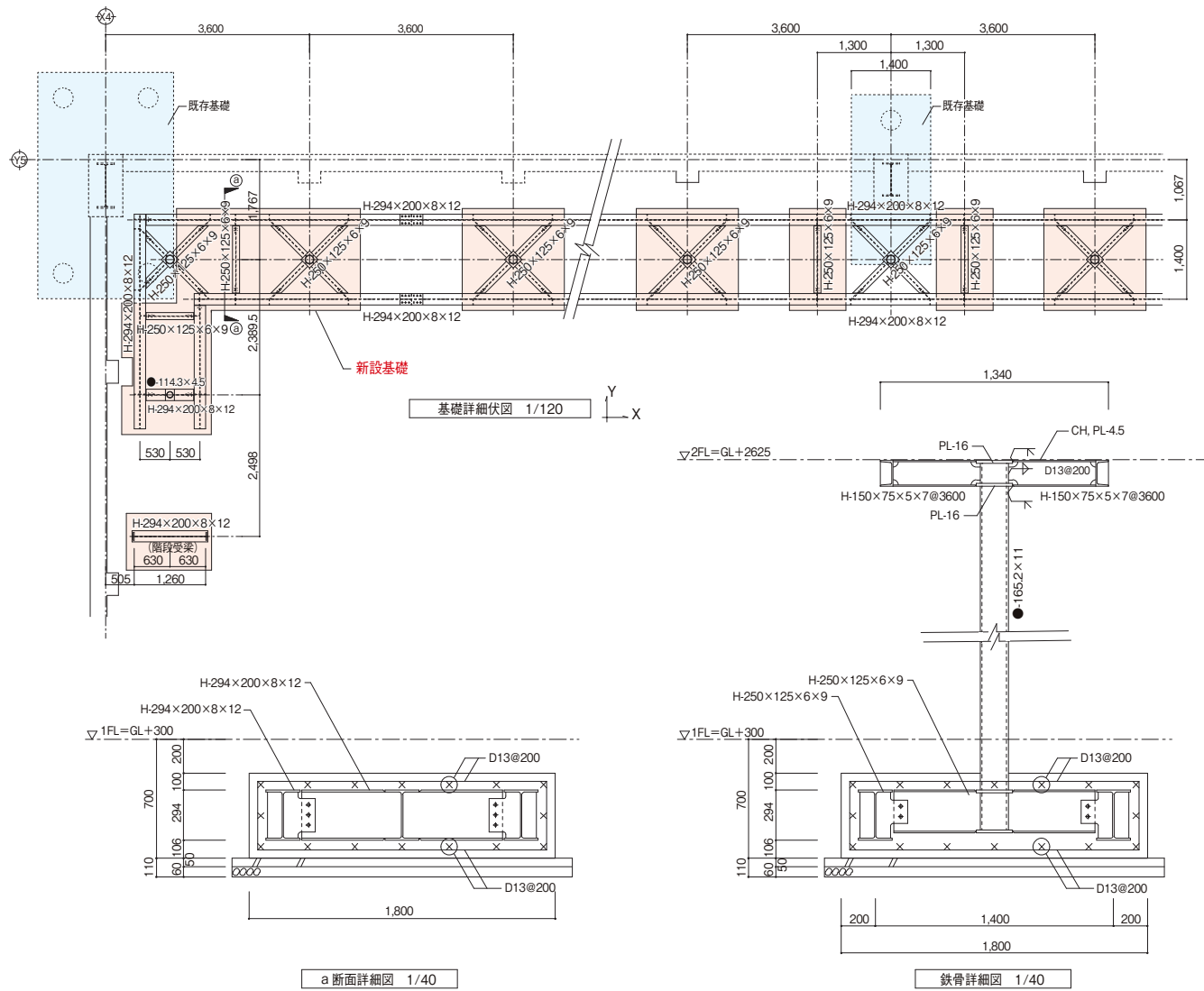
細い材料で構成された既存架構。天井には3.6m間隔でトップライトを設置



鉄骨詳細図 1/80 (赤は新設部分)



断面詳細図 1/40



見学者通路 詳細図

うー重壁をつくりダブルスキンにして、そこに室内機と室外機を取めています。こうすることで工場内に空調機が現れず、中は完全なフリープランにすることができました。

降矢●生産設備を動かすための電源は、天井から何本かケーブルラックが走っていて、天井面から必要なところに落ちてくるかたちで供給しています。**妹島**●外壁には空調機をメンテナンスできるように各スパンごとに点検口を設けています。なるべく目立たないように、扉が折板の凹凸と合うように設計しました。

外側の壁はどのように支持されているのでしょうか。

妹島●上から吊っています。

舟山●昔の建物なので今とちがって鉄骨の精度があまりよくありませんでした。たとえば、水平のスチフナーのレベルが、柱ごとに少し違いました。長手方向については、そのスチフナーの位置に片持ち梁を取り付けて空調機置場を支持する計画としていました。その高さに片持ち梁を取り付けるためには、柱に水平スチフナーを追加する必要がありました。しかし、スチフナーを追加することは避けたいとの要望から、建物の長手方向では柱頭からブレースにより梁の先端を吊り下げる構造としました。

建物の短手方向では、杭基礎により支持された3本の間柱に片持ち梁を取り付けて空調機置場を支持する計画としました。ただし、この間柱は空調機

置場の荷重を負担する必要があるため、従前の間柱と高さ・幅が等しく必要な板厚にしたH形鋼を作成して交換しました。

外壁材はかつてこの建物で使われていたプレス機械がメーカーにかりうじて残っていたため、改修工事のために機械を引っ張り出してつくってもらったと聞いています。

妹島●今だとガルバリウム鋼板などが



ダブルスキンの外壁を施工中



新設した見学者通路から工場内を見る



蓄電池生産設備が設置された工場内部。床はコンクリートを打ち直し、フラットに仕上げた

ありますが、それでは少しハードになりすぎてしまうかなと思い、以前と同じクリーム色の角波鋼板にしました。

それから既存工場は胴縁が見えていました。今回、壁に断熱材と吸音パネルを入れるにあたり、それらを胴縁を隠すように上から施工した方が楽なのですが、胴縁の間に詰め込みました。もし胴縁をすべて隠して真っ白な壁にしたら、工場というよりオフィスのような雰囲気になってしまうのではないかと考え、そうならないように胴縁を全部見せています。

外壁下部 4 面を ガラスサッシに変更

外壁とガラスサッシのバランスが
とてもきれいです。開口部の高さは
どのように決められたのですか。

妹島●開口部の高さは2,500mmです。

この高さも相当迷いました。内部と外部で床の高さが少し違うのですが、内部にいとこの開口部は大きく開いているように感じてもっと低くした方がいいかと思ったり。でも、外から見ると建物が外に対して閉じているように多分見える。

もう少し高さを落としたほうが開口部がスリット状にきれいに見えるのかもしれないのですが、そのあたりは自分たちの感覚で決めました。

降矢●タイバーが開口部から見えないようにしたいという話もあり、そこからもサッシの高さが決まっていきました。

妹島●そのあたりは相当スタディしましたし、現場の方とも確認しながら意見交換をしました。

コンクリート床を 新たに打設

床面もフラットにとてもきれいに
整備されています。こちらについて
も教えてください。

妹島●最初にこの建物を見せていただいた時は、床下がどうなっているのかまったく分からないような状態でした。既存建物は石膏ボード工場で、床の高さはさまざまでしたし、ものもたくさん取り付けられていました。新しい工場では真ん中で自動走行のロボットが動くので、まずはなるべくフラットになるように考えました。

舟山●床の南側半分はアスファルト舗装、北側半分には杭に支持された機械の基礎がたくさんあり、掘られていたり上がっていたり本当に凸凹していました。南側半分のアスファルト舗装は撤去し、北側半分のコンクリート基礎はフラットになるように削り、その上

に新しいコンクリートを打ち直します。コンクリートの切削厚さや打設厚さはコストに直結するため、議論の上コストを抑えてフラットな床を実現しようと思いました。

実際コンクリートは何ミリに決
まったのですか。

舟山●床には各種のロボットや自動ラック倉庫が配置されてAGVが走るため、その基礎となる床はなるべく重く(厚く)したいと考えました。外構レベルとの差を小さくし、かつコストを抑えるため、自動ラック倉庫が配置される南側半分はt=200mmに、北側半分はt=150mmとしました。

妹島●平面が45×140mもあるので相当大きな床なのです。

舟山●ですからコンクリートの厚みが1cm違ったらだいぶ大きくコストに影響します。

妹島●工場のレベルが決まり、それに

よってその周りのGLも決まって、新築のオフィス・ラボ棟の設計にもつながっていきました。

見学者通路を増築

北側の壁の高さに沿って通路が設
けられていますが、これはどのよ
うに使われるものなのでしょうか。

舟山●これは見学者通路で、ここは増築なんです。

降矢●確認申請に出しました。

妹島●時間があまりなかったので確認申請のいらないキャットウォークにしようと思っていましたが、不特定多数の方が歩くことになるので、やはり幅なども含めてきちんとつくることになりました。

舟山●見学者通路の形状は幅、高さ、および柱スパンについて、数種類の原案に対する部材寸法、また柱は既存の位置に合わせることで求められました。

しかし、既存の柱の下には基礎があるため、その上には見学者通路の基礎をつくることはできません。これには非常に悩みました。

構造担当としては、細い柱を2本とすることを希望しましたが、意匠側で模型を作成して検討した結果、1本柱になったと聞いています。

2本だと上下に揺れるので、少々揺れても構造としては心配ありません。しかし、1本だと上を歩いた時に床が左右に揺れやすくなってしまいますので、柱をあまり細くすることができません。また、左右に揺れやすい状態だと変な歩き方をすると共振する危険性もあります。早歩きの時の歩行による荷重の周期は1歩T=0.5秒(f=2Hz)と考え、柱の水平方向の固有周期は1.5倍のf=3Hzを確保するようにしました。

妹島●柱を2本にすると下からガッチリ支えられているような感じになってしまうので、たとえ細くても2本には



南面の夕景　外壁下部には高さ2,500mmの開口部が4面をまわる

したくありませんでした。それよりは上から吊られているような浮いている感じにしたかったので1本にしたいとお願いしました。

既存の基礎とぶつかってしまう部分はどのように解決したのでしょうか。

舟山●既存建物ではトラス架構を支える本柱は杭基礎により支持されていますが、間柱には杭基礎がない構造となっています。見学者通路の柱間隔は既存建物の柱間隔と一致しているため、本柱位置には基礎を設けることができませんでした。そこで、本柱位置では既存の基礎を避けた位置に基礎を設け、2本の地中梁を全ての基礎に連続させました。見学者通路の柱の荷重は、下端のX形状の地中梁と2本の地中梁を介して地盤に伝達させるように工夫しました。ちなみに柱の直径は165mmです。

妹島●この見学者通路は新築なのですが、既存改修だからこういうことに

なったのですよね。このように工夫してくださったので、吊られたような、ぼんと置かれたようなものにすることができました。

産業、文化の拠点として

今回の改修は難しい点も多かったのでしょうか。

妹島●私たちとしては先ほども申し上げましたように既存建物がすごくきれいなフレームだったので、ぜひ使いたいと思いましたし、クライアントも残しながら使いたいとおっしゃっていました。もちろん改修なので設計に制約がありますが、それもととても前向きに取り組みました。

舟山●クライアントも同じ思いでしたね。レガシーという言葉をよく使われていました。

妹島●瀬戸内海沿岸部には、昔盛んだったけれど今は使われていない産業

遺産がいくつもあるので、そういうものを見直せないかということも話しました。その第一歩ということもあり、やはり前につくられたものを大切にしたいということでした。

私たちも太陽光パネルを載せたり、サッシを入れたり、新しい部分も取り入れながらなんとかうまく展開させることができたのでよかったと思っています。

降矢●もともとは今回のこの工場の中で生産を完結させようとしていたのですが、今は周辺の工場も使って生産が始まっています。

妹島●この工場を改修したことで、周りの工場の人々もできることは一緒にやりたい、手伝いたいという動きが起こっているようです。

今後はもう1棟の既存建物や、オフィス・ラボ棟の工事が始まるのでしょうか。

妹島●そうですね。設計している段階でも事業が大きくなりつつあり、もう

ひとつの既存建物も工場として稼働させるかとかいろんな話が起ったりしています。そちらもこの工場と同じような構造なのですが、これよりも高さがありものすごくカッコいいのです。私たちはパルテノン神殿と呼んでいます(笑)。昔の素晴らしいストラクチャーを使いながらうまく活用していきたいように、またあらためて補強など、どのようにしたらよいのか設計しているところです。

既存建物2棟が工場になり、その真ん中にこれからオフィス・ラボ棟を新しくつくります。

新設されるオフィス・ラボ棟はどのような施設になるのでしょうか。

妹島●オフィスとラボ以外にも、見学者用のレストランや従業員の休憩所などが入る予定です。会議室の2階からは直島が見えて、瀬戸内海を見渡すことができます。

周りの工場とも徐々に関係が築けていて、なんとなくこういう場所としてつながってきたところです。オフィス・ラボ棟は自分たちの敷地の真ん中に新設するのですが、今ではこのエリアの真ん中に建つような、そんな風景になるのではないかと感じています。

工場とオフィスだけではなく、外から人を迎え入れるような場所になるんですね。

妹島●そうですね。クライアントは従業員のためにここでパンを作る予定で、それは外の人にも買いに来てもらいたいと考えていらっしゃいます。

宇野港は本州から直島に渡る船が出ている場所で、直島には今も多くの方が訪れています。ゆくゆくは、直島に出かける流れで、この工場にも足を運んでくれる人が現れるかもしれません。その人たちがここでお昼を食べられるようなカフェを考えたりもしています。そして徐々に、この工場だけではなく、瀬戸内に昔からあるいろいろな産業や産業遺産をぐるっと見て回るような動きにつながることを思い描いています。クライアントはレガシーという言葉

を大事にされていますが、アートと産業とそこに流れる文化などが未来につながって広がっていくことをイメージされています。来年瀬戸内トリエンナーレが開催されます。その次の年の2026年に瀬戸内産業芸術祭というものを初めて開催しようとご一緒に計画を進めています。その時にこの場所がひとつの会場になるかもしれません。

エネルギーを吸収する材料に期待

最後に鉄骨造に期待することや、鉄骨材料に望むことなどありましたらご意見をお聞かせください。

舟山●減衰の大きい材料があったらいいですね。塑性変形してエネルギー吸収能力が高いのではなくて、弾性領域でエネルギー吸収をしてくれるようなそんな材料があったらいいと思っています。実は昔考えたことはありますがあまりうまくいきませんでした。

妹島●その材料があるとどういうことができるのですか。

舟山●鉄骨の床は揺れやすいのですが、それが揺れにくくなります。壁なんかに対してもそうですね。精密機械を扱う工場では微振動が問題になりますので、そういう場所でも有効だと思います。

また、超弾性の骨組みを安価に使用することができれば、ダンパーとの組み合わせによっては大地震を受けても塑性変形が生じず弾性域に留まる設計が可能になると思います。

妹島さんはいかがでしょうか。

妹島●これから3Dプリンターが使われるようになると、より鉄骨造で考えられることが広がってくると思っています。

貴重なお話をいただき、ありがとうございました。

(2024年7月4日　妹島和世建築設計事務所)

POWERX FACTORY PROJECT

所在地	岡山県玉野市田井6-9-1
建築主	パワーエックス
主要用途	工場
面積	敷地面積：28,272.67㎡ 建築面積：8,587.09㎡ 延床面積：8,712.39㎡
構造	鉄骨造
階数	地上2階
最高高	9,785mm
軒高	9,267mm
建築設計	妹島和世建築設計事務所
構造設計	奥村組西日本支社一級建築士事務所
施工	奥村組広島支店
設計期間	2022年6月～12月
施工期間	2023年1月～8月
写真提供:	鈴木研一　p.1(表紙) 新建築社写真部　p.2-3(中表紙)、p.6、p.14 パワーエックス　p.4中、p.9 妹島和世建築設計事務所　p.5右上、p.7左上・右上、p.11 Iwan Baan　p.12、p.13

設計者プロフィール

妹島和世 (せじま かずよ)

1956年　茨城県生まれ
1981年　日本女子大学大学院修了
1981年　伊東豊雄建築設計事務所入所
1987年　妹島和世建築設計事務所設立
1995年　西沢立衛とSANNA設立
2001～11年　慶應義塾大学教授
2008年～日本女子大学客員教授
2015年～ミラノ工科大学教授
2016～19年　ウーイン応用美術大学教授
2017～22年　横浜国立大学大学院Y-GSA教授
2019年～大阪芸術大学客員教授
2022年～横浜国立大学名誉教授、東京都庭園美術館館長

降矢宜幸 (ふるや たかゆき)

1983年　東京都生まれ
2009年　慶應義塾大学大学院修了
2009年　妹島和世建築設計事務所・SANAA入所

舟山勇司 (ふなやま ゆうじ)

1964年　広島県生まれ
1989年　東京理科大学大学院修了
1989年　株式会社奥村組入社

アンケートご協力のお願い

本誌のさらなる充実を図るため、皆様より忌憚のないご意見を賜りたく、アンケートへのご協力をよろしくお願い申し上げます。送付先変更・停止・新規申込はこちらへ願います。

https://forms.office.com/r/S6V7L7xBfA





一般社団法人 **日本鉄鋼連盟**
建築委員会

東京都中央区日本橋茅場町 3-2-10
Tel.03-3669-4815 Fax.03-3667-0245
<https://www.jisf.or.jp>
編集協力：株式会社建報社
2024 年 9 月 15 日発行

本書は著作権法上の保護を受けております。
無断で複写、複製することは禁じられています。