

戸田建設技術研究報告第50号刊行記念座談会

完成とともに進化をはじめめる 「TODA BUILDING」





新社屋建設における 技術研究開発の役割とは

新社屋が竣工した2024年は当社にとって記念すべき年です。時を同じくして当社技術研究報告も第50号を刊行することとなりました。技術研究所（技術開発PJ）は「TODA BUILDING」建設において、新社屋をより良い建物にするためにさまざまな技術研究開発に尽力してきました。当然ながら建設には、企画、設計、施工のステップを踏む必要があります。本座談会では各部門の代表から技術研究開発が「TODA BUILDING」建設で果たした役割について話を伺い、創刊50号の節目を迎えたいと思います。



司会・進行
技術研究所 所長
村江 行忠



建築設計統轄部
副統轄部長
濱田 聡



建築設計統轄部
副統轄部長
細川 幸哉



東京支店建築工事3部
工事長
岡田 崇



国内投資開発統轄部
統轄部次長
小林 彩子

村江 「TODA BUILDING」が完成し、さらに本誌の記念号刊行が重なり、皆さんにお集まりいただきました。堅苦しくならず、自由に「TODA BUILDING」と技術研究所の関わりをお話いただければ嬉しいです。

事業サイドから見た、 文化芸術施設と テナントオフィスとしての 「TODA BUILDING」とは

村江 「TODA BUILDING」は本社機能を持つとともに、低層部が文化芸術施設、商業施設です。はじめに小林さんから、事業側として意識されたポイントをお話いただけますか。



外観パース

小林 世の中のデベロッパーが造る超高層のオフィスビルには、免震や制振などの「Sクラスのオフィスビルに求められる性能」が当然のように備わっています。このビルにも同等以上の性能がありますが、今回は「コアウォール免震構造」の採用が決まったので、これをいかに価値あるものとしてテナントに向けて説明するかを意識しました。「コアウォール免震構造」は素晴らしい技術ですが、一般の人にこの技術を説明するのは簡単ではありません。そのため「一般的な超高層オフィスビル」と比較し、地震が終わってからピタッと止まるのが直感的にわかる動画を作ってもらいました。巨大地震に強く、都市再生特別地区制度を活用した防災拠点として、災害時の一時滞在施設でもある安全な施設だということ言葉を説明するだけでなく、一目でコアウォール免震構造に期待感を持ってもらうことがポイントだと考えました。

村江 戸田建設として免震などの高度な技術があるのは当たり前で、それをどう売り込むかに注力されたわけですね。

小林 そうです。免震装置の上に150mの建物を載せるのも、そこにコアウォールという芯柱を通したのもすごくチャレンジングだと思いますが、一般にはそれがどれほどすごいのかは伝わりにくい。高層ビルでは地震の揺れがなかなか取まらないのは一般の人もある程度知っていますよね。後揺れがないだけでも、ものすごいことだと理解していただけたらと思います。



コアウォール

村江 文化芸術施設としての役割や耐震性能、環境性能などは、リーシング上どう捉えられていたのでしょうか。

小林 文化芸術施設としては、3階のギャラリーコンプレックスに4軒の現代アートギャラリーを誘致しました。中には数百万円もする高価な作品を扱うギャラリーもあります。ギャラリーの方からも、以前別のビルで作品が地震で壁から落ちてしまった事案があるので、「TODA BUILDING」はとても安心感があると嬉しいコメントをいただきました。

村江 オフィスやそこにいる人の安全安心に目がいきがちですが、ギャラリーでは作品に対しても建物の高い性能を求めているんですね。作品は絵画以外にもあるのですか。

小林 焼き物などもあります。唯一無二で大変高価なので、作品の価値を守りたいと考えるのは当然のことだと思います。また、ギャラリーのお客様が地震に遭っても怖い思いをしないことも重要で、これらは3階だけでなく6階のミュージアムにも当てはまりま



す。もちろん展示の際に転倒防止などの対策はしていますが、建物の高い安全性なしには果たせません。

岡田 関東地方には東日本大震災の揺れを経験された方がたくさんいるので、その怖さや、またあのクラスの地震のイメージを抱きやすいのでしょうか。最近では南海トラフ地震の可能性も報じられているので、よりニーズが高まっているのかもしれないね。

掲載報文

- ・TODA BUILDINGの構造計画と開発技術の適用
- ・高強度PCa柱を用いたRC造H形立体耐震壁の曲げ特性に関する実験的研究

国内トップレベルの構造技術はいつどのように計画、設計されたのか

村江 「コアウォール免震構造」の採用など、構造計画が固まったのはいつだったのでしょうか。

濱田 当初はコンクリート充填鋼管(CFT)構造をベースに考えていて、隣にある「ミュージアムタワー京橋」を参考にさまざまなケーススタディを行いました。コアウォールは2000年代初頭から検討をはじめ、2012年の後半から併せてアウトリガー架構などの構造システムも含めて考え、最終的に採用が決定したのは基本設計に入る直前の2018年です。

180mクラスの鉄骨造の超高層ビルで免震を考えると、地震の揺れと風の揺れへの対応が一番のポイントになり、多くのビルは上部にマダンパーを乗せるなどの方法で風揺れを制御しています。当社はゼネコンとして2000年台の初期には超高層住宅向けにコアウォールの開発を行っており、この構造形式をオフィスビルで活かしていこうという基本計画になりました。

ゼネコンである以上、設計、施工、技術開発、これらを全部含めて「戸田が手掛けたビルだから実現できた」と

いえるものを盛り込みたいと考えたのです。これまでの研究開発で得た知識と経験、技術研究所との協力で生まれた技術力を活かした新社屋にふさわしい技術、それが「コアウォール免震構造」でした。

けれどもコアウォールを鉄骨造の中に組み入れるのはかなり大変で、岡田工事長を始め施工の方のさまざまな協力のもとに実現に至りました。性能的には、コアウォールで重量も稼げるので風に対しては非常に強くなり、屋上にダンパーなどを設置しなくても十分に抑えられるものができました。なおかつ超高層ビルの免震では、上部が振られて変形も含め加速度がなかなか制御しきれないのですが、芯柱に非常に硬いコアウォールを使用したため免震の効果がより顕著になりました。

他のビルの免震に比べても大きな制御効果を発揮し、その揺れは、震度7の地震でも什器や家具などは転倒せずモニターが揺れる程度の200Galです。上部構造の最大加速度は200Galを目標にしていたのですが、それを震度7でもクリアできるのは、中にいる人の命や建物自体の安全性だけでなく事業継続計画(BCP)や建物の内部にあるものの保護にも十分役立つと確信しています。

村江 評定や実験が必要なものもあったと思いますが、かなりタイトなスケジュールだったのではないのでしょうか。

濱田 開発を絡めて行う必要があったので、基本設計は時間的にも大変でした。コアウォールをはじめ、制振梁、アウトリガー架構、オイルダンパー、高強度鋼材溶接工法、これらすべてが新技術です。

掲載報文

- ・軸方向力に対応したTO-RCSB工法の開発
- ・軸方向力が作用する非埋込み型RC・S複合梁の耐力と変形
- ・低降伏点鋼を用いた制振部材に関する実験的研究
- ・高性能オイルダンパーの開発と適用事例による地震応答解析結果の比較
- ・建築構造用高強度780N/mm²級鋼材の溶接施工法



自己復元型トリガー機構付きオイルダンパー

新技術誕生の鍵となる筑波技術研究所に整備された構造・施工実験棟

村江 筑波技術研究所では2019年に、以前の構造実験棟を大型の実験に対応できるように構造・施工実験棟として再整備しました。この実験施設計画も「TODA BUILDING」への対応を見据えたもので、実験的な部分は技術研究所で担当しています。

濱田 開発された新技術は、技術研究所に施設面や技術面で協力をいただき取り入れることができました。中でもコアウォールは、実験棟が建て替わるタイミングで他社に例を見ないような大規模な実験ができ、非常に大きな技術開発になったと思います。

ほかにも制振梁やアウトリガーに使用する梁の実験など、さまざまな実験を行いました。「TODA BUILDING」にはコア部分にエレベーターシャフトなどの縦穴があり、周囲にはオフィス内の換気を担うエコポイドなどの縦穴もあります。通常は床が建物を固めるのですが、縦穴で床がないため、建物を一体的に動かすには軸力を伝える梁が重要になります。特にRCとSを組み合わせた複合梁が、建物の耐力に大きな影響をもたらしています。



筑波技術研究所構造・施工実験棟

村江 そこがコアウォールを成立させる要になったのですか。

濱田 そうです。軸力を伝えるために施工的にもいろいろ思案し、外側の床もコア周りは特に厚く強度を高くしました。



岡田 コアウォールのコンクリート強度も60 N/mm²級を多用しています。フロアによって強度は違いますが、スラブのコンクリート強度も60 N/mm²で打設する必要があります。床の仕上げは直張りのタイルカーペットですが、高強度のコンクリートだと押さえ仕上げが難しいので施工面では課題でした。

技術研究所の協力のもとに地盤への影響を考慮した綿密な施工計画

村江 施工面での技術研究所の協力についてはいかがですか。

岡田 施工が直接基礎(べた基礎)なので、建物の挙動を予測して施工精度を合わせていくのが特に難しいと感じていました。

今まで担当した超高層ビルでも逆打ち工法を採用したことがありますが、施工段階ではリバウンドや重量をかけた時に建物がどう動いていくのかはわかりませんでした。経験から何mmくらい動くだろうと予測はできますが、実測したことはありません。そのため今回は技術研究所の方にも来てもらい、一般の建物の倍くらいの計測点を設定して動きを常に観測しました。

事前に行った地盤調査や試験結果を基にシミュレーションを行い、これまでのノウハウも反映し、最終的な数値が判断できました。コアウォールによる沈下と上載荷重を受けた鉄骨の縮み代を解明できた例はおそらくないと思います。カーテンウォールも同様で、動いても問題ないように予測に基づいて納まりを決めてから施工を行いました。この辺りは難しい部分でしたが、結果的にはとてもうまくいきました。



細川 純S造とは全然違う挙動を見せるのでしょうか。

岡田 S造はコアウォールがないため中心部は軽いのですが、コアの部分は柱が多いので荷重を受けます。外装がPCカーテンウォールになると、その範囲も荷重がかかり下がりやすくなります。先に施工した1F床躯体で、山留エリアは沈下せず、コア部と外装直下のラインが沈み込むようなイメージです。特に逆打ち工法だと顕著に出ます。動きのコントロールに関しては今回の計測でだいぶ分かるようになったので、今後の逆打ちや大規模現場にも展開できると思います。

村江 技術研究所の計測担当者も、その点は財産になったと言っていますね。

岡田 この辺りの地下には地下鉄やインフラの洞道があり、近接協議も多く、これらへの影響も考える必要がありました。もともとあった土の荷重よりも重たい荷重をかけるため、リバウンド後の押し込みが他の現場よりも大きくなります。それで周りの山留めも押されてしまうので非常に注意しなければならないことですね。

今後の施工技術を見据えた取り組みについて

岡田 施工技術の面でも、技術革新や生産性向上策を取り入れたいと考えています。そのため将来役に立ちそうなことは、工程に影響がでない限りすべて受け入れると決めてスタートしました。これは「TODA BUILDING」の役割でもありますし、今後の技術革新に寄与できるなら今こそその時だと

思いました。

実際にやってみて、これはすぐにも使えるぞと思った技術と逆に将来に向けて今後期待したい技術の2種類がありました。前者の例がディストリビューターです。例えば超高層マンションの真ん中に、計画的にディストリビューターを上げていくのも今後の建築において効果的だと感じました。

タワークレーンの3次元誘導も有効でした。労働基準監督署に報告に行った際も、将来性などを説明したところ比較的スムーズに設置許可をいただけました。

小林 今後期待したい技術というのは何だったのでしょうか。

岡田 自動搬送ですね。自動搬送は、ハンドフォークで乗り越えられる機能以上の動きができないと感じました。専用台車を作る必要があることもコストなどを考えると課題を感じました。

村江 コアウォールの自動昇降式システム型枠についてはどうでしたか。

岡田 私も初めてだったので、2つの



現場を参考にしました。ひとつはPCaを駆使しながら4日でワンフロアずつ上がっていくスピードサイクルの現場で、もうひとつはシステム型枠を使っている土木の橋脚の現場です。橋脚の場合は型枠が口の字に閉じているのですが、RCSB梁の出っ張りがあるのでL字型を組み合わせた型枠にする必要がありました。口の字と違って閉じておらず不安定になるため風の影響を考慮する必要がありました。



また最大で1フロアあたり40トンくらいある鉄筋の工程と両立させて、4.7m ずつ5日サイクルで上げていくが大変でした。

そのため実施設計段階で、エレベーターシャフト側をセットバックして、システム型枠を上げていく外側は壁を一直線になるように変更してもらいました。施工性も考慮したバランスの取れた設計は、ゼネコンならではの設計だと思います。

村江 もう一度やるとしたらいかがですか。

岡田 反省点もたくさんあるのでそれを活かしたいところですが、できればやりたくないです(笑)。ゼロから施工計画を作り込んでいくのは非常に厳しかったです。ただ、設計的に難しいところを技術で乗り越えて耐震性や制振性などの性能を得ることができたのは、施工屋としての技術力向上になり嬉しい限りです。

掲載報文

- ・Fc150N/mm² 級超高強度コンクリートを使用したCFT柱の施工管理結果
- ・クライミング型枠とディストリビューターを用いたコアウォールの施工
- ・鉄骨工事自動化技術の開発と現場適用
- ・本設エレベーター仮設利用技術の開発と現場適用
- ・TODA BUILDING 作業所における垂直・水平自動搬送システムの適用

社会や地球環境に貢献する高い環境性能を有する目的とは

村江 環境性能について伺いたいと思います。

岡田 環境に配慮したエコなビルを実現するために、機能的な部分も含めてさまざまな工夫があると思いますが、設備設計に単独でコージェネレーションを入れ、冷温水で空調を利かせるというシステムを採用したのはどのような背景があったのでしょうか。

細川 かなり以前から、省エネ性能、信頼性、BCP対応など様々な視点から熱源システムの検討を行ってきました。中圧ガスはインフラの安全性・信頼性が高いので、ガスコージェネレーションの採用をベースに電気熱源とのベストミックスを採用しました。ZEBにも貢献していますが、結果的に熱源システムの信頼性を高め、建物のBCP性能のアップに寄与することができました。

岡田 BCPの観点もあったんですね。
細川 東京都との特区に関する協議の中で、災害時に避難する人を受け入れるという地域貢献の目的につながるということも理解いただきました。

岡田 ビル単独で入れるのは珍しいですよ。

細川 地域冷暖房のエリア外であれば、コージェネレーションを導入している建物はあると思います。今回はエネルギーサービス会社との契約により熱源機器コストをオフバランスでき、建設時のインシヤルコストを下げられ

ました。運用面でも電気料金とガス料金をモニタリングしながら、最適運転を目指します。

こうした技術を水平展開しようとする、大規模な「TODA BUILDING」のようなコンセプトの建物ならば可能ですが、一般のオフィスビルでできるかということ、コアウォールもそれに近いかもしれませんが、なかなか展開するのは難しいと思います。

岡田 費用対効果だけを求められると採用されませんか。

細川 社会や地球環境に貢献しているというテーマを立てる必要があると思います。

小林 大企業ほど環境意識が高いので、環境性能が高いことが入居条件にもなっています。

村江 ZEB Readyの取得には苦労されましたか。

細川 この規模の建物での全体認証は日本初となるため、ぜひとも取りたい認証でした。設計チームには相当プレッシャーがあったと思いますが、何百回というケーススタディーを行い、審査機関とも詳細な打合せを行い、ようやく取得できた経緯があります。
村江 感覚的にはよくBEI値0.5を切る数値を達成したなと思いました。
細川 それは粘り強くケーススタディーを行った成果なのではないかと思います。
岡田 意匠設計の外装なども検討したのでしょうか。

細川 はい。ほかにもいろいろと細

かな検討を行いました。その結果は、現在設計部が出しているZEBの設計標準に反映されています。ZEBは「TODA BUILDING」が竣工するころの社会動向も予測し、絶対に取得しなければならないと考えており、BELSの5スターも取得し、ZEB Readyも無事認証されました。他に、CASBEEでも結果的にSランクを取得でき、BEE値も6.8でSランクの中でも高レベルでした。

設計時点ではLEEDやWELLの話はあまり出ていませんでしたが、結局LEEDもGOLDが取れて、WELLも現時点で当社のオフィスフロアにて予備認証を取得しています。2018年当時に設計に反映した企画が、6、7年後の今、目標を達成できることになり良かったです。他の環境配慮建築と比べても環境性能としてはまったく劣っていないと分かります。

環境認証は他にもありますが、実のところ認証を取得するには結構なコストがかかるので、社会発信の効果がどれ程なのか、社会情勢をみながらどのようにアピールするべきかを検討しながら決めていました。

岡田 水素関連技術はそこには関わらなかったのでしょうか。

細川 太陽光発電の余剰電力を水素に変えて貯蔵するプランもありましたが、実装には時期尚早と考慮保留となりました。ただ、スペース的には準備してあるので、当社技術研究所も含めた今後の技術開発状況をみながら考えていきたいです。

村江 この規模の建物に入れるには機が熟していなかったのかもしれませんが。



筑波技術研究所実証棟

技術研究所での実証に基づく技術展開

村江 環境系の技術は筑波技術研究所の環境技術実証棟やグリーンオフィス棟で実証し、「TODA BUILDING」に組み込んでいく流れがいくつかあったと思います。こちらについてはいかがでしょうか。

細川 今のグリーンオフィス棟になる前の環境技術実証棟では3種類の外装に対して実物大で熱性能などの実証を行いました。その結果はデータも含めてたいへん役立ちました。

他には、オフィスに床吹き出し空調を入れたことですね。これだけ大規模なフロアを床吹き出しにしているところは、あまりないと思います。

床吹き出し空調もグリーンオフィス棟で実測を行いました。どのように空気を押し込むか、ガイドをつけるのか、邪魔板をつけて風速を散らすのかなどの実験です。最終的には最適な位置でガイドをつけられたと思います。

村江 最後はスパコンでシミュレーションもしましたね。

細川 床吹き出し空調の制御についてはスマート化技術を併用しながら、どのように動かすかを検証しました。個別のタスク&アンビエントで、席のいたい700~800mmくらいの斜め後ろにタスク用吹き出し口を設けています。さらに自分の好みにあわせてスマートフォンでon/offや調整ができます。環境技術実証棟からグリーンオフィス棟への改修も、設計的な検証をするタイミングとしてはすごく良かったです。

村江 緑化の部分やバルコニーもグ

リーンオフィス棟の考え方ですね。
岡田 南側はバルコニー系で庇形状にして、東西面は縦フィンで日射を遮るというのが一番効果的だというのは、そこからきていますね。ほかに、エコポイドもそうです。構造的にも意匠的にも設備的にもエコに対してチャレンジングな攻めた設計になっていて、それが全部一体化されたビルが「TODA BUILDING」なのだと改めて実感します。

掲載報文

- ・環境技術実証棟における外装熱性能検証
- ・床吹出方式によるタスク&アンビエント空調
- ・タスク用床吹出口の気流性状と温度分布測定および温熱気流解析による予測
- ・オフィスにおける光環境制御に関する研究
- ・その3 空間の明るさとサーカディアンリズムに配慮した調光調色制御に関する被験者実験と居住後評価

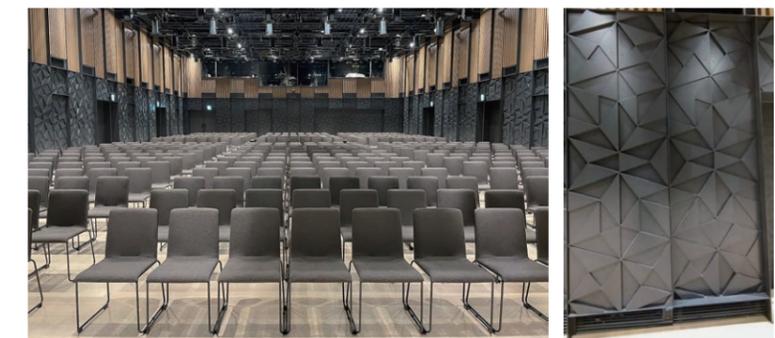
次世代型オフィスとしてのスマート化への取り組み

村江 「TODA BUILDING」はスマートオフィスでもあります。テナントビルとして今後期待することはありますか。

小林 実際に戸田フロアで社員によって、これは非常に使い勝手がいい、生産性が高るといった実証ができれば、テナントにもそれを事例として紹介し導入を促すことはできると思います。

細川 テナントで入居されている方は、フロアでこのような実験をしていることは知っているのでしょうか。

小林 スマートオフィスのリリースは出しているのですが、関心のあるテナントは注目していると思います。これから



4F ホール

音響拡散体 (壁面に使用)

オフィスの内装が進むテナントからは、取り入れてみたいという希望があるかもしれません。ただそれで賃料が上げられるわけではありません。周辺には競合オフィスビルも多いですし、東京駅界隈の開発も活発なので周辺の賃料相場が多分に影響します。ですので、差別化として魅力的なオフィスやサービスを提供することが必要です。

「TODA BUILDING」は低層部が商業施設ではなく芸術文化施設であることが特徴です。商業施設の場合は経済的な視点が重要視されますが、芸術文化施設では多角的に考えて賃料を設定する必要があります。

村江 少し技術の話しましょう。カンファレンスホールでは音響関連の拡散体などを入れています、そのあたりの評判はいかがでしょう。

小林 まだ稼働状況の詳しい結果が届いていませんが、評判はおそらく良いのではないかなと思います。

岡田 9階では木のルーバーも音に結構影響することがわかりました。床は基本材がカーペットになっているとあ

る程度吸音しますが、横の壁だけだと反響して予想よりも吸音しないようです。材質は当然有効ですが、角度なども影響がありますね。木はちょっと変わった反響を持つようで、これからは木系の内装が増えそうなので興味深くみています。

村江 環境配慮材料で、モールド天井とスラググリートを使っていると思いますが、こちらについてはいかがでしょうか。

岡田 スラググリートは地下の耐圧板で使いました。世の中にあまり出回っていないのでまだ試行段階ですが、環境的には必要な技術だと思うので今後に期待しています。

古紙を原材料に不燃加工したモールド天井を、吸音を期待して採用しましたが、今回は梁隠しの意匠性に寄っているかもしれません。吸音効果でいうと耐火被覆材自体にもあるので。

村江 単品の性能は、岩綿吸音板より吸音するデータがありますがいかがでしょう。

岡田 以前担当したオフィスで、天井



モールド材天井

はそのままのデッキを現わして梁だけをケイ酸カルシウム性断熱材による耐火被覆で覆ったことがあるのですが、事務所としては問題なく使えました。予想よりもデッキは反響せず、タイルカーペットと梁の乾式耐火被覆材が効いていました。「TODA BUILDING」ではモールド天井の効果は限定的ですが、広い面積で採用すれば効果が期待できるのではないのでしょうか。

掲載報文

- ・TODA BUILDINGにおけるスマートオフィス化
- ・オフィスのスマート化に向けた開発
- ・ペンローズスタイル型音響パネルの音響拡散性能

- ・古紙を原材料とした環境配慮型不燃天井材の開発
- ・高炉スラグ微粉末を大量使用した低炭素型のコンクリート
- ・「スラググリート®」の現場適用に関する検討

未来に向かう「TODA BUILDING」

村江 私たち技術研究所は「TODA BUILDING」の完成を一つの目標にしてきましたが、今は次のことも考え新たな開発を始めています。最後に皆さんから、今日の感想や今後に向けて一言ずつお願いします。

濱田 テーマも多方面に渡り、実態も振り返りつつ知ることができて、非常に面白く有意義な会になったと思います。

細川 今日ビルの中を歩いてみて、中身のある良い建物が出てきたと改めて実感しました。今後はテナントが入居した後の評判・評価を社会発信していくことも必要だと思います。設計とし



ては運用データの解析、エネルギーサービス会社との協働により最適運用の展開ができるよう動いていきます。

岡田 私個人の意見ではありますが、技術は最終的にはお金につながらないといけないと思っています。それは、施工屋としての技術力を買ってもらえるのはもちろん、設計の意匠や構造などのハードルを乗り越えるための武器として技術力を活かしてもらいたいことです。開発した技術についても、例えばディストリビューターが今後花開いたならば、どのような利益をもたらしたのかなどの結果も知りたいです。

私たちはビルを造る方がメインですが、当然ながらその後運用をするためのビルを造っています。本当の目的はこれからで、良いか悪いかは2、3年後に結果が出るはず。その際に設計や施工で良くない点があれば、改善していくサイクルを回したいと思っています。

小林 このビルはテナントや一般のユーザーにも使っていただくビルなの

で、全部が本社ならば実験的な試行錯誤があってもいいのですが、お客様にはエラーを起こさないよう注意したいですね。

建物は、竣工時の満足度を100%とすると、あとはだんだん下がっていくという一般認識があると思います。けれども今後は、竣工時はたとえ80%の満足度でも、使いながらいろいろと工夫することで満足度を100%、120%に上げていくことが重要になると考えています。ハードの性能を維持向上させつつ、お客様への満足度につながるソフトの活動もきちんと伴走し、両輪で進むことができたら嬉しいです。

村江 今日はいろいろな話が聞けて非常に有意義な会でした。今後の研究開発に向けて設計や工事、戦略事業の皆さんには引き続きご協力いただきたいと思いますのでよろしくをお願いします。本日はありがとうございました。

(2024年10月15日)

