

China Zun Tower の 施工フェーズに BIM テクノロジーを適用



プロジェクトの概要

China Zun Tower は、総投資額 35 億米ドルという、超高層の超巨大プロジェクトです。北京の CBD 地区の中核部に位置し、敷地面積 11,500 平方メートル、建築面積 437,000 平方メートルに及びます（地上 108 階部分で 350,000 平方メートル、地下 7 階部分で 87,000 平方メートル）。この 528 m のビルは、完成すると北京一高い建物として、同市の空にそびえる新たなランドマークとなります。着工は 2013 年 7 月、竣工は 2018 年 10 月の予定です。

プロジェクトの施主は、China International Trust and Investment Corporation (CITIC) グループの主要な子会社である Heye Investment Co. Ltd. です。全般的な設計は Beijing Institute of Architecture Design (BIAD) が担当しています。BIAD は意匠設計で TFP 設計事務所と提携。KFP 社が建築設計アドバイザーとしてプロジェクトを支援し、Arup 社が構造設計アドバイザーを、PB 社が電気機械設計アドバイザーを務めています。ゼネコンは、China State Construction Engineering Corporation Ltd. (CSCEC) と China Construction Third Engineering Bureau Co., Ltd. (CCTEB) の共同チームです。

China Zun Tower は、BIM を適用した巨大な複合プロジェクトのロールモデルです。BIM テクノロジーを導入したことで、500 m を超えるこの超高層ビルの建築期間は 5 年と 2 ヶ月で、同様のプロジェクトと比べると、施工のスピードは 1.4 倍です。

China Zun Tower は、BIM テクノロジーをフルに活用することで、設計情報を共有管理し、施工の手引きとした、中国初のインテリジェントな建設プロジェクトです。効果的に組み込んだ BIM テクノロジーにより、分野が異なるチーム同士で足並みを揃えて連携できるようにし、プロジェクトのライフサイクルをシミュレーションして全体に BIM を適用しました。

プロジェクトの課題

- 烈度 8 (烈度は、震度を示す中国の階級) に対する耐震性が必要な地域に建つ、世界初の超高層ビル

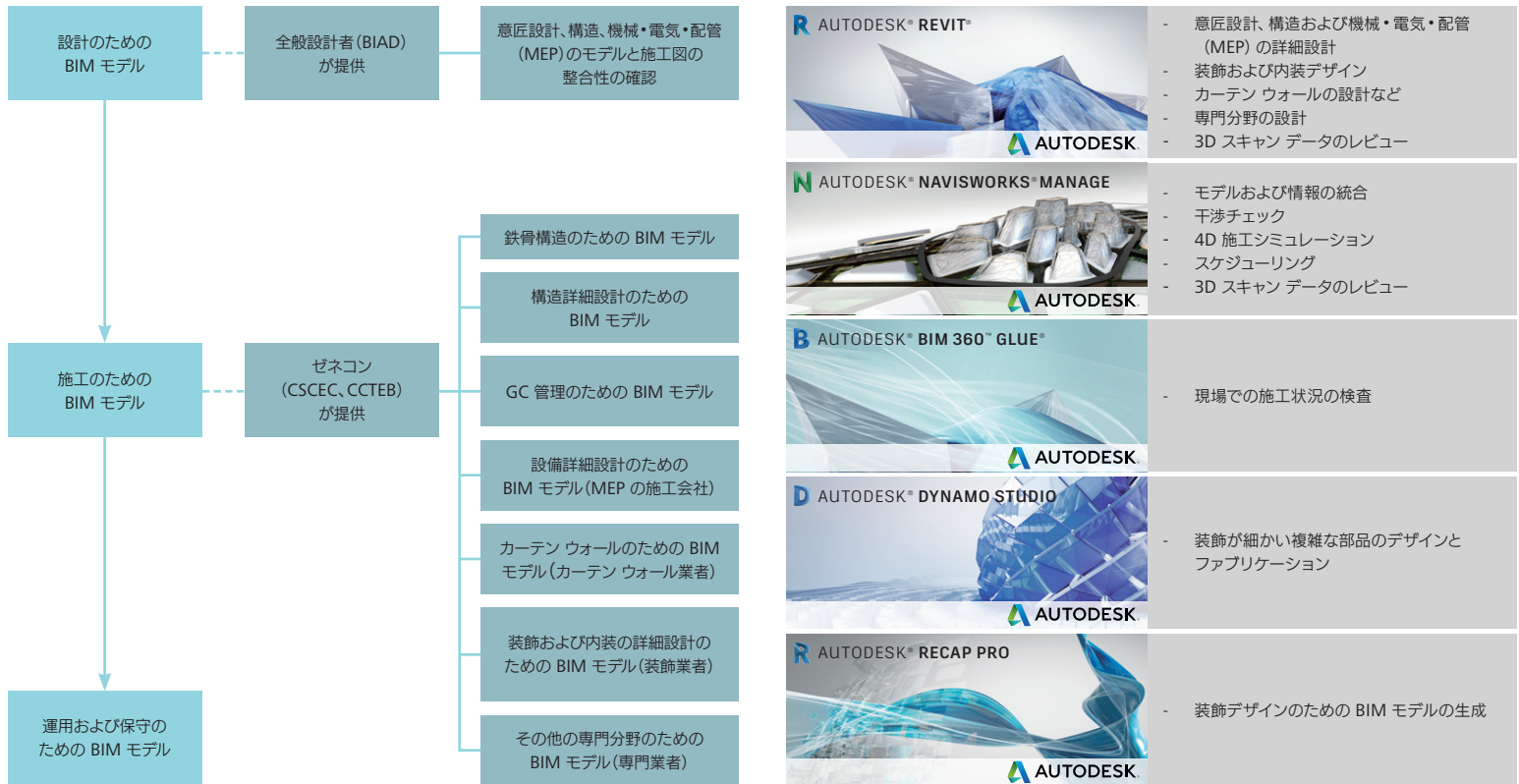
- 500 m を超える超高層ビルでは最短の、5 年 2 ヶ月の施工期間
- 北京の CBD 中心地域に位置するため、建築現場に余分なスペースがほとんどない。ビルの外壁は敷地の境界線ぎりぎり
- 鋼板を張った、世界で最も高い耐震壁構造。高さは 227 m 超。断面積が 64 m² を超える、コンクリートを多数の空洞に流し込んだ巨大な鉄柱を使用
- 厚さ 6.5 m、面積 11,478 m²、コンクリートの総量 62,000 m³ のスーパー マス コンクリート スラブを使用。杭打ちしたラフト基礎に、HRB500 40 mm の鉄筋を使用した初めての例。ピットの深さはほぼ 40 メートル
- 独特のスタイリング、複雑な構造、多種多様な設備システム。さまざまに異なる部材の詳細設計と部品間の調整が難しく、手間がかかる



China Zun Tower のゼネコンとして、当社は技術革新を重視しています。このプロジェクトには 20 以上の新しいテクノロジーを導入し、特に BIM によって先進的な体験がもたらされました。BIM モデルを基に、設計者や施工会社と緊密に連携しています。情報を集約できるという BIM の利点のおかげで、作業の効率と施工の品質が目覚ましく向上しました。今回のようにきわめて複雑なプロジェクトに、チームで対処する力も高まっています。

- Xu Lishan 氏

China Construction Third Engineering Bureau Co., Ltd
China Zun Tower エグゼクティブ チーフ エンジニア兼施工監督



ゼネコンと施工会社は、こうした困難に BIM テクノロジーを使って対処しています。

- 意匠、構造、機械・電気・配管 (MEP) の部材それぞれの詳細設計に BIM を採り入れ、元々の設計を検証します。BIM を詳細設計に利用することで、効率性と採算性が向上しました。時間内に 6,200 以上の欠陥が検出、修正され、現場で変更や修正を施す手間が軽減されました。
- 施工に必要な品質を満たすために、施工会社は BIM を使用し、複雑な鉄骨構造の接続をシミュレーションして最適化しています。この最適化した BIM モデルを基に、モバイル デバイスや 3D スキャンを使って施工作業を確認したり参考にしていきます。
- 施工会社は、鉄筋やカーテン ウォールのプレート、電気系統や機械系統の配管のプレファブリケーションや現場以外でのデジタル処理にも BIM を導入しています。これにより、現場のスペース不足に対処し、施工の工業化を実現しました。
- 施工会社は鉄鋼ブラケットの設計と製作に Revit を、コンクリート流し込みのシミュレーションや最適化に Navisworks を利用しています。その結果、93 時間で 56,000 m³ のコンクリートを流し込むことができました。従来のポンプ方式と比べて 20% の時間節約です。

BIM 適用の概要

プロジェクトの施主である CITIC 中国中信集団は、ライフサイクルを通じた BIM の適用を提唱し、率先して実践していることから、どの設計者と施工会社も BIM の導入を避けて通ることはできません。BIM データは設計チームから、施工、運用、保守を担当するチームに渡されます。関係者全員で検討し話し合った後、データは、「The Guide to BIM Execution in China Zun Tower (中国尊タワーの BIM 実践ガイド)」としてまとめられました。プロジェクトのライフ サイクル中の活動について、関係者全員を対象に指針と基準を定めたガイドです。プロジェクトの進行につれて経験が積み重ねられたら、ガイドを改訂して内容を充実させることができます。

施工フェーズに関わる BIM チームには、28 の部署から集められた 100 人を超えるスタッフがいて、一括請負契約の 9 つのサポート業務をカバーしています。BIM 管理部門は内部の職務間の調整を担い、BIM の適用においてプロジェクトの施主や設計者との接点となります。

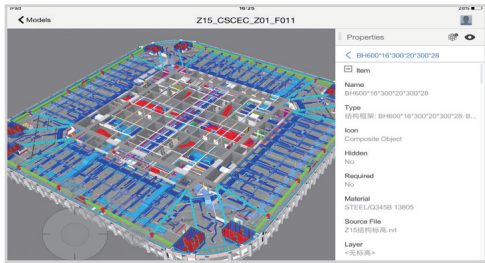
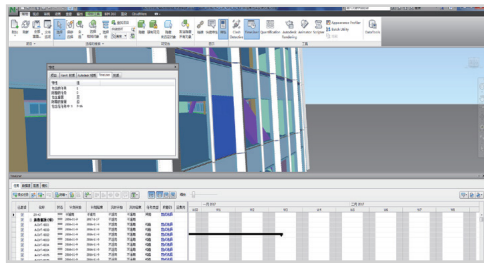
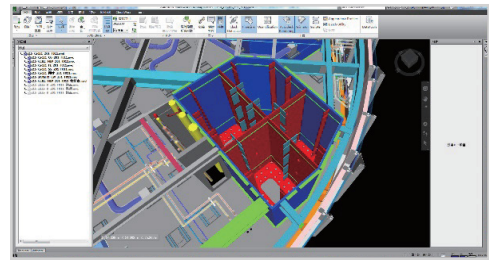
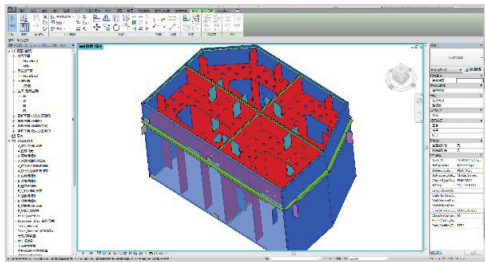
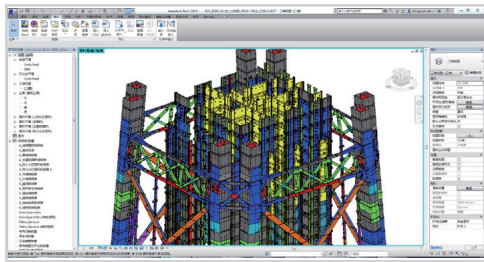
モデルの相互運用とデータ交換を円滑にするため、ゼネコンの BIM 管理部門は、納品するモデルの形式について次の要件を定めました。

- 納品するモデル: 元の形式を保ったモデル、Autodesk Revit 形式のリンク モデル、Autodesk Navisworks にバインドされた閲覧用モデル

- 編集可能なモデル: Autodesk Revit プラットフォームをベースに、別の形式のデータを集約および統合
- 閲覧用モデル: Autodesk Navisworks プラットフォームをベースに、別の形式のデータを統合
- プロジェクトの施主の同意がある場合、Autodesk Navisworks のモデルとともに、他のデータ形式のモデルを元の形式で提供することが可能

一般的な BIM の適用に加え、チームは革新的な取り組みとして、きわめて正確な詳細設計、困難きわまる施工作業のシミュレーション、巨大な構造物のプレファブリケーション、3D レーザー スキャンも採り入れました。

モデルの干渉は、BIM で調整すると 90% 以上を解決できます。作業のやり直しや変更は、従来の方法と比べて 65% 減少します。



BIM による詳細設計を調整と施工の指針に活用

詳細設計チームは、タワーの機能と品質の最適化を目指しています。こうした取り組みをすべて活かせば、建物の品質を高めて、1 億円を超える付加価値を生み出せます。

「The Guide to BIM Execution in China Zun Tower」がまとめられているので、設計の詳細度 (LOD) と専門領域ごとの標準仕様を指定できます。詳細設計プロセスでは、専門チームが 3D モデルと 2D 図面を完全に統合し、高品質の詳細設計ファイルを作成しました。これまでに、プロジェクトで生成された詳細設計図面の数は 10 万点以上。鉄骨構造の正確さ、細かな装飾、カーテンウォールのモデルは、LOD400 を超えています。

2016 年末までの数字をいくつか紹介します

652 : すべての専門領域で作成された詳細設計モデルの数を合わせると、全部で 652 になります。中でも、もっとも割合が高いのが装飾モデルです。

800 : このプロジェクト専用で、800 以上の Revit コンポーネント ファミリーが作成されました。作成したのは電気系統や機械系統、細かな装飾、カーテンウォール、エレベーター、窓の清掃設備をそれぞれ専門とする関連業者 10 社です。

806 : 施工図面のレビューは 806 回行われました。鉄骨構造、電気系統や機械系統、装飾、カーテンウォールとエレベーター、防火設備など、その領域は多岐にわたります。

6,200 : BIM ツールの導入により、プロジェクトでは、さまざまな分野間での調整レビューを 6~7 倍多く実施することができました。設計フェーズで 5,000 以上、施工で 6,200 以上の問題が見つかっています。

7,200 : 窓のファンコイルを短くしたことで、4,200 m² のスペースを節約し、別の目的に当てることができました。さらに 3,000 m² を節約するために、巨大な柱のそばの管井戸内に設置するスタンド管のレイアウトを最適化したところ、使用可能なスペースが合計で 7,200 m² に広がりました。

ゼネコンは高精度の詳細設計モデルを基に、施工会社やコンサルタントを効果的に活用し、ゼネコンがリーダーシップをとれる包括的な調整パターンを作成して関係者全員に参加を呼びかけ、情報を継続的に更新しています。ソフトウェアによる自動計算に、エンジニアによる目視での確認を組み合わせる調整を円滑にし、運用や保守に影響するおそれがある干渉は、ビューポイント付きで修正レポートに保存しました。

モデルの干渉は、調整を何度か繰り返すと 90% 以上に対処できる見込みです。作業のやり直しや変更は、従来の方法と比べると 65% 減少するので、施工の時間とコストを節約できます。

施工中は、BIM 管理者が定期的な現場での検査を計画し、iPad にインストールした Autodesk BIM 360 Glue を使って BIM モデルのコンプライアンスをチェックします。検査ツアーや技術情報の公開、QA/QC などの施工作業には、BIM データをある程度使用しています。不整合が見つかったときは、関係者が修正措置のためのレポートの草案を作成します。モデルと実際の施工の一貫性が向上するので、データの品質が高まり、インテリジェントな運用と保守が可能になります。施工管理の難しさも解消され、ミスが減って時間が節約されるので、プロセスの効率がアップします。

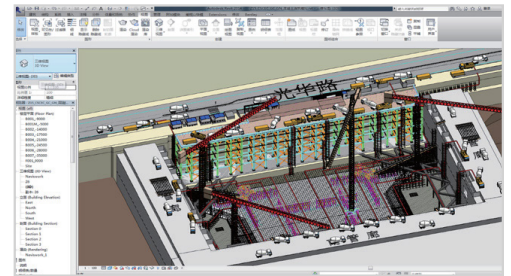
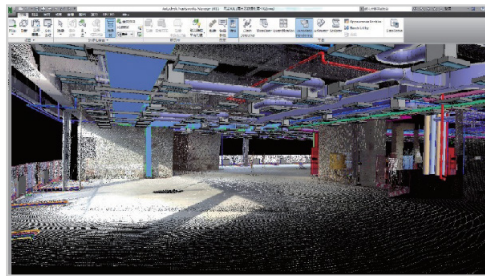
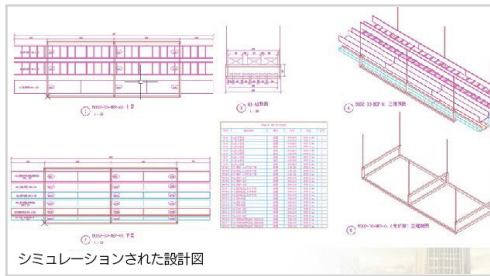
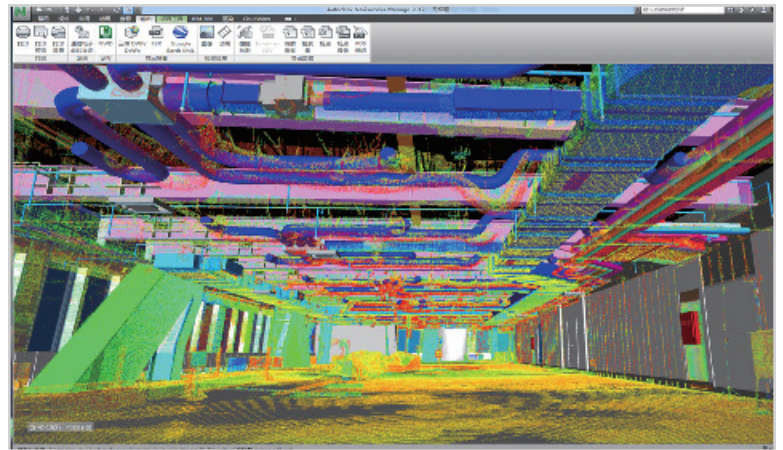
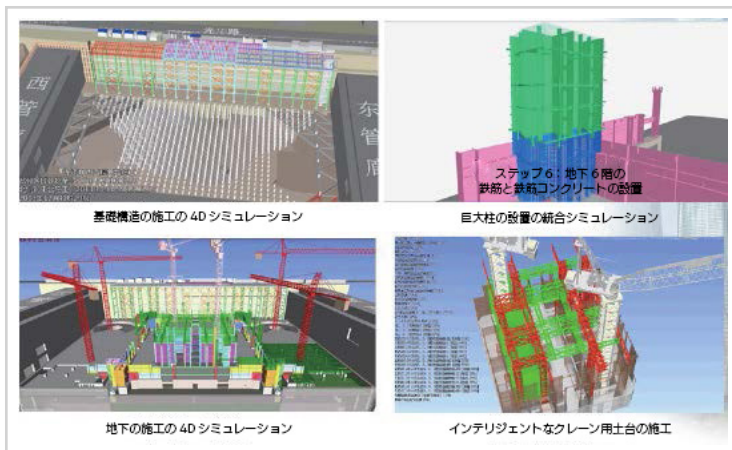
現場での検査に iPad に表示した BIM データを使えるので、施工管理の難しさが解消されます。ミスが減って時間も節約されるので、プロセスの効率がアップします。

BIM による施工シミュレーション

主要な施工計画の作成はすべて、BIM チームが全面的に関わっています。計画を Autodesk Navisworks でシミュレーションすると、空間内の干渉、進捗状況、リソースがはっきりわかります。これにより、施工時に必要な手配やプロセスを最適化し、施工が円滑に進むよう徹底できます。部門を横断したサポートが必要な複雑な節点を持つ部材の場合は、BIM の設定で、その節点を事前に定義し、解析で支援できます。

施工が開始して以降、チームがシミュレーションを行った大規模な計画は 10 以上に上りました。その結果、施工の手法、プロセス、設備の仕様として、以下をシミュレーションしたビデオファイルが大量に作成されました。

- 基礎構造の横断パイプとシュートの設計
- 大量のコンクリートの流し込み
- 巨大柱の設置
- 基礎の複合材の構造建設
- 特殊な設備を組み込んだプラットフォームの設置と接続
- フレームコア鋼板による耐震壁の施工手順
- 大型の機械設備と電気設備の選択と輸送
- カーテンウォールユニットの搬入と設置
- タワーの最上部の設置とタワークレーンの解体



ビデオ ファイルに表われているのは、計画オプションから選択できるという革新的な手法です。施工の手引きとしても使用できます。

作業スケジュールを Autodesk Navisworks に読み込むと、そこからアニメーションが作成され、実際の進捗状況と自動生成されたスケジュールが色別に表示されるので、見比べることができます。これを使えば、作業の進み具合と重要なロードマップを直感的に把握できます。

プレハブ工法とデジタル処理

China Zun Tower プロジェクトでは、省エネとグリーン建築を実現するためにプレハブ工法の利用が盛んに奨励されています。部品のプレファブリケーションを大々的に採り入れれば、エネルギー、コスト、スペースを節約でき、施工の品質とスピードも大幅にアップします。施工中の廃棄物が 90% も削減され、水と電気の消費量は従来のプロジェクトのわずか 20% で済むと試算されています。現場に使えるスペースがほとんどないにも関わらず、施工は順調に進んでいます。

例:

- 7 階から 102 階にかけて、垂直導管の事前組み立て技法を利用。空調、水道システム、防火システムなど、Autodesk Revit で設計、タグ付けした導管 222 セットを事前に組み立てて設置しています。現場での溶接作業が 30% 低減し、必要な労働力が大幅に削減されました。
- 装飾チームも、ロビーやプレミアム オフィスの細かな装飾に使用する不規則な形状の部品にプレハブ工法を用いています。複雑な部品には Autodesk Dynamo を使用し、パラメーターを CNC に読み込んで加工し、仕上がった部品を工場に組み立ててから現場に設置しています。この方法なら、現場のスペースが限られていても作業を滞りなく進め、大量の導管とワイヤーを配線することができます。

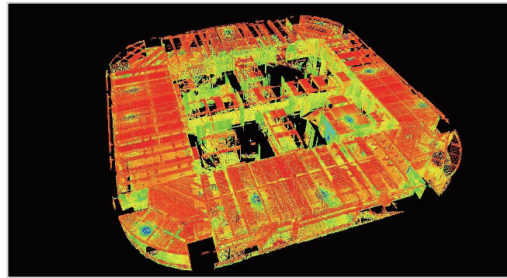
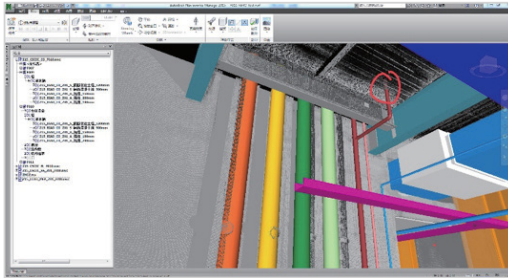
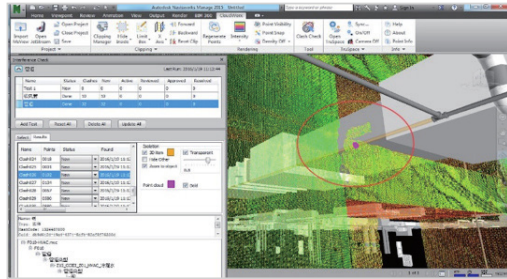
建物内の装飾には、3D スキャンしたデータを Autodesk Recap Pro に読み込み、現況の BIM モデルを生成します。

3D レーザー スキャン

1 つの階が完成すると、BIM チームが高精度の 3D レーザー スキャンを使ってスキャンします。各階にはスキャン用の装置が最大 25 箇所設けられ、スキャン結果が正確かつ包括的で、死角がないように図られています。データの単位は 2 mm にまで強化されました。

プロジェクトでは巨大な点群データが生成されるので、情報とデータの転送が手強い課題です。このプロジェクトは、Jetstream という、すべてのデータを中央のサーバーに格納するデータシステムを使用した中国初の例となりました。データへのリモート アクセスには、プラグイン付きの Autodesk Revit や Autodesk Navisworks を各チーム側にインストールして利用しています。これなら、3D スキャンに誰でも関われます。

3D スキャン データには、施工現場の信頼できる記録が保存されます。プロジェクトの品質管理チームは「実際の」点群データと「仮想の」BIM モデルを比較し、違いをレポートします。こうすれば、品質面で欠陥や問題がある重要なコンポーネントを洗い出せます。必要な期間内に修正を施し、品質を改善するには、この作業が欠かせません。



3D スキャン データを Autodesk Recap Pro に読み込み、現況の BIM モデルを生成すると、内部の装飾のデザインや施工の手引きに利用できます。これにより、施工会社は実際の最新状況を基に作業をもう一度最適化し、プロジェクト モデルが現状に沿って確実に完成するようになります。

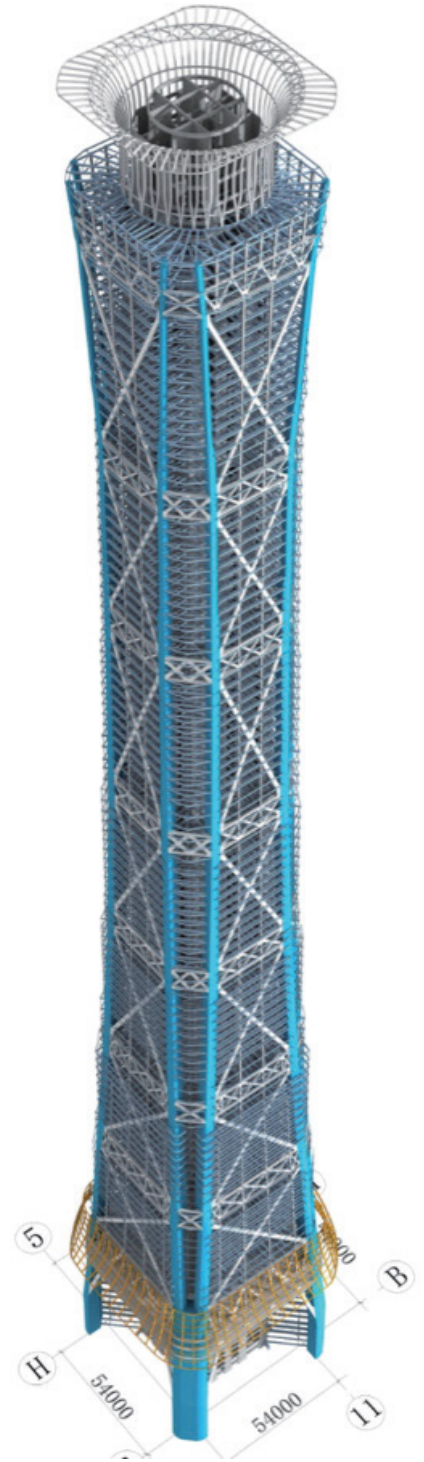
保守に BIM を利用するのも革新的な方法です。施工の完了前に、天井内の機械系統や電気系統の導管と、設備機械室内の設置状況をスキャンし、グラフィックス データと場所の情報を保存して運用や保守に活用します。

まとめ

China Zun Tower の施工チームは、ライフサイクルを BIM で管理する世界初の超高層ビルの建設に全力で取り組んでいます。施工プロセスのカギを握る BIM は、設計から施工までの各段階に広く深く適用されています。さらに重要なのは、BIM が詳細設計、現場管理とグリーン建築、関係者全員の参加、部門の違いを超えた調整作業にも組み込まれていることです。China Zun Tower は、BIM を適用した巨大な複合プロジェクトのロール モデルであり、建築・建設分野に BIM を導入する際の基準になることでしょう。

会社概要

世界のトップ企業 500 社に名を連ねる China State Construction Engineering Corporation Ltd. (CSCEC) は、投資と建設事業で上位にランクインしている中国の企業です。CSCEC の重要な子会社として、武漢に拠点を置く China Construction Third Engineering Bureau Co., Ltd. (CCTEB) は、施工と設置で業界をリードする SOE です。CCTEB の系列会社である Super Project Management Company は、専門のプラットフォームで高度なプロジェクトに一括請負契約と管理サービスを提供しています。同社は、トップクラスの建築プロジェクトで見せる競争上の強みを集約し、一括請負契約の管理手法を広く展開するために設立されました。親会社からの指示により、主に一括請負契約を手がけていますが、PPP や EPC でも存在感を高めています。



Autodesk およびオートデスクのロゴは、米国およびその他の国々における Autodesk, Inc. およびその子会社または関連会社の登録商標または商標です。その他のすべてのブランド名、製品名、または商標は、それぞれの所有者に帰属します。オートデスクは、通知を行うことなくいつでも該当製品およびサービスの提供、機能および価格を変更する権利を留保し、本書中の誤植または図表の誤りについて責任を負いません。

© 2018 Autodesk, Inc. All rights reserved.

Autodesk and the Autodesk logo are registered trademarks or trademarks of Autodesk, Inc., and/or its subsidiaries and/or affiliates in the USA and/or other countries. All other brand names, product names, or trademarks belong to their respective holders. Autodesk reserves the right to alter product and services offerings, and specifications and pricing, at any time without notice, and is not responsible for typographical or graphical errors that may appear in this document.

© 2018 Autodesk, Inc. All rights reserved.