

海外における BIM 活用プロジェクトと 建設 DX のご紹介

木村博之

海外の建設プロジェクトにおいて、BIM の活用や最新の建設 DX テクノロジーを使い従来の課題解決を行い効率的にプロジェクトを進めた事例をご紹介します。一つはノルウェーの高速道路建設において BIM を有効活用して効率化が得られた事例を、もう一つは各ワークプロセスでデータ共有やコミュニケーションの改善を行い、効率化が得られたカナダのダム建設の事例をご紹介します。

キーワード：データ共有化、データ一元化、データの可視化

1. ノルウェー E16 道路拡張工事／ BIM・3D モデルの活用 ～プロジェクトは初日からモデルベースアプローチで始まった～

E16 は、ノルウェーの2つの最大都市オスロとベルゲンの間の幹線道路で、現在各所で改良工事が行われています。新しい Sollihøgda トンネルの追加部分の高さから現場を見渡すと、作業員一人一人が地面の上にピンヘッドのように見えます。大型掘削機が稼働し、設計に従った施工をしています。現在、彼らはルスタンドベッケンに架かるアクセス道路を建設中で、スコグラウンドでは橋の基礎工事が進められています(写真-1)。

Statens Vegvesen は、サンドヴィカとホーネフォス間を結ぶノルウェー国道 E16 の大規模拡張工事の最終段階であるビョルムースカーレ区間を担当しています。初日からモデルベースのアプローチを採用し、計画、設計、建設段階を通して継続しました。



写真-1 スコグラウンドにて Pål Holmefjord Lorentzen (SVV), Mahmoud Timraz (Skanska), Ole Jørgen Braaten (Aas-Jacobsen) Baard Sigmund Eikaas (Marthinsen & Duvholt)。写真：TUM スタジオ

Trimble の BIM ソリューションは、作業を効率的にかつ組織化するための新しく柔軟な方法であると言えます。

「私たちがここで行ったことの多くは画期的なことです」と、請負業者 Marthinsen & Duvholt の BIM マネージャー、Baard Sigmund Eikaas 氏は言う。彼は、E16 Bjørum-Skaret プロジェクトでは、並行計画がさらに一歩進んでいると考えている。Eikaas 氏は、Statens Vegvesen 社のプロジェクトマネージャー Pål Holmefjord Lorentzen 氏、Skanska 社のプロジェクトマネージャー Mahmoud Timraz 氏、コンサルタント Aas-Jacobsen 社のプロジェクトマネージャー Ole Jørgen Braaten 氏とともに、プロジェクトを建設 DX にてデジタルコラボレーションし、重要な役割を果たしている。それぞれの立場から、計画と実施がどのように最適化されたかを語ってくれました。4人にとっても、モデルベースの作業はこれまで以上に大きな恩恵を受けていると言えます。

3D モデルを用いることで、BIM が持つ直感的で効率的な機能により、自由自在な視点、つまり平面、断面、プロファイル、3D で見ることができる。さまざまなツールを併用することで、この事例のように、すべてのプロジェクト参加者、関係者がプロセスの初期段階からこの工事に関わる上で、多くの効率化の利点をもたらされます。

(1) 継続的な対話による設計モデルの開発 (スコグラウンドの 3D モデルと現実)

Skanska Vegvesen 社は、このプロジェクトのゼネラルコンストラクターであり、同社は、このプロジェ

クトにモデルベースの設計開発元であり、作業方法と BIM モデル利用を導入する原動力となりました。設計データの開発元である同社はプロジェクトが始まる前から、E16 の拡張に BIM が使用されることは明らかでした。数週間かけて、コンサルタント、関連する請負業者と建設業者がコミュニケーションを取りながら、概略モデルを作成。そこですべての明確なポイントを検討し、さらに作業計画にも落とし込みました。その後、ロックシャフトの数量とアタックポイントが継続的に追加されるなど、モデルが発展するにつれ、よりモデルの詳細度が向上することで、多くのプロジェクト関係者にとって設計モデルは有用なものになっていきました。

このモデルは、このプロジェクトに関連するさまざまな関係者の継続的な対話によってじゅうぶんに検討、設計開発され、建設現場に参加する専門家グループの数が増えるにつれて次第に共有を経て、活用されるようになりました。プロジェクトが完成する 2025 年には、“as-built”ドキュメンテーションの大部分は完全共有されるモデルベースとなるだろうと予測されています。このようなプロジェクトで BIM モデルを有用な物にするために重要なことは、できるだけ多くの分野の専門家が参加し、調整を重ねることです。この背景には、同様のプロジェクトであったローテンヴァルム間の RV3-25 の建設作業で得た経験が大いに役立ちました。

「このプロジェクトにて私たちが学んだ最も重要なことのひとつは、全員でコーディネーションされたモデルで作業することで得られるものが非常に多かったということです。建設準備に関する全ての情報、作業中の変更とそれに伴う全ての記録など、すべての部門と機能に共有出来るようにしなければなりません」とブラアテンは言います。「設計者と請負業者が共有された同じモデルを見ることで、相互で誤った理解を失ってしまうリスクは大幅に低減されます。作業が進むにつれて更新されてもそれは都度、完全に共有されるので、変更やそれに伴う必要な作業は即座に伝わります」。

(2) コスト管理の改善と品質の向上

デジタル・モデルの変更が最も重要になるのは、計画段階であることが多いと言われます。しかし、E16 Björum-Skaret では、各請負業者が実際の作業に入るより早い段階から参加でき、これにより、初期設計とそのモデルがより正確にダイナミック共有出来るようになりました。また、このモデルを使ったオンライン・

ミーティングも容易になり、誰でも簡単に視覚的にそのモデルを共有することで「全員が共通の認識を持ち、更に理解を深め、より柔軟な対応が可能になりました」とブラアテンは言います。

建設期間中にも、このモデルに関与する専門分野は着実に増えています。これにより、建設中に新たな可能性が広がります。以前は電話や電子メール、図面を通じて管理されていたいくつかの工程が、今では Trimble Connect を通じて誰でも視覚化可能なデジタル・モデル内で直接確認を行い、情報収集出来るようになりました。

「今回の 3D モデルを用いた完全な情報共有は、ほんの数年前にはまったく不可能な事でした」とティムラズはコメントしています。「3D モデルを使った情報共有にでは、以前の方法と比較しても、はるかに早く潜在的な問題を発見できます。建設作業中に、より具体的で創造的な解決策を見出すことができます。さらに、この 3D モデルは建設資材の調達計画においても極めて重要な役割を担います」(写真—2)。更にこのプロジェクトで達成された重要な改善点は、『出来る限りの情報と計画を構造物のモデルに組み込んだことで、構造物の打設作業から所定の打設のための補強材の発注まで、すべてをモデルから簡単に抽出できるようになりました。建設請負業者とコンサルタントが緊密かつ分野横断的に協力することによってのみ達成できることであり、効率的で工業化された生産プロセスへの重要な一歩である』とエイカースは語ります。

(3) 設計変更とその適応のハードルが低くなる

建設現場上空からは、エリア全体がどのような形状で造られていくかを見ることができます。この現場では、ドローンの飛行とキャプチャを進捗ごとに実施し、それらの進捗状況を示すためにモデルに追加しています。「作業員達の立場からするとこれは非常に良



写真—2 実際の現場の様子（左）と Trimble Connect 上で表示される 3D モデル

い手法で、ビジュアル的に理解可能な概観は行った作業に対しての安心を提供してくれます」とLorentzen氏は言います。一方、現場での視覚化にはTrimble SiteVisionが使用され、携帯電話とハンドヘルド、GPS レシーバーを組み合わせてBIMモデルを入力することで建設現場での拡張現実機能が実現します。BIMモデルは、携帯電話に搭載された高解像度カメラ、GPS レシーバーの位置、最新のAR技術の助けを借りて、リアルタイムかつ高精度にその3次元モデルをその場で確認することが出来ます。Trimble SiteVisionを使うことでその出来上がり形状がどのように見えるかを非常に簡単に確認することが出来ました。

計画期間が長いプロジェクトでは、課題の共通を理解を確立させることが特に重要です。通常、橋の建設プロセスでは、設計から建設まで6カ月以上かかることが多いのですが、その間に問題が発生した場合、複数の業種における多くの作業とその計画に大きく影響します。これを早期に3次元で可視化し、それらを即座に共有することの価値は非常に大きいとティムラズは言います。

Braaten氏は、Trimbleの様々なツールにて、設計や作業変更のハードルがこれまでになく低くなったと強調します。「例えば、私たちは橋の設計変更を1日で行い、橋脚部分と全体のすべての補強を行うことができました。ひと昔前のやり方であれば、おそらくその変更に費やす時間は200時間以上必要であったでしょう。変更に対する調整が素早く簡単にできるようになれば、それに必要な時間を節約するだけでなく、確実性により品質を高めたりすることができるようになります」。

(4) 極めて正確な設計計算と積算

BIMの課題は、モデルベースの作業方法を誰もが安心して使えるようにするための努力が必要なことです。課題としては専門分野により、従来のツールに縛

られているところもあります。「場合によっては、図面にとって代わるiPadを持って現場に立つことに慣れるには時間がかかるかもしれません。しかし、これは熟練した職人や作業員であっても、価値を見出すための自然な発展なのです」とエイカースは言います。

それは、すべてがどのようにつながっているかが共通の調整されたモデルで明確になり、分野横断的な側面が強調されます。「情報が豊富なモデルにアクセスできるようになることで、すべての情報を本当に活用できるようになることも重要になります。この点においても、このプロジェクトは、以前よりも増して進歩しました」とブラーテン氏は言います。

数量の算出・積算に関しても、Trimbleのソリューションがいくつかの点で効果を発揮しています。特に、信頼性の高い数量計算結果によって、無駄な予算消化による予算超過を防ぐことができます。より良い計算根拠があればあるほど、無駄な予算消化のリスクは低くなります。その根拠に基づいた資材調達とその材料の利用方法が重要になった例として、最初の橋脚を打設したとき、総量1,670 m³のうち、1.6 m³のコンクリートの材料不足とされる問題がありましたが、結局のところ、BIMによってそれらは設計通りであり材料の過不足が一切無い事が分かりました。このように時間とコストの範囲内で目標を達成できる事が分かり、リスク要因も減り無駄の無いより持続可能な方法で建設できるようになりました。

BIMモデルはますます詳細な情報を得てそれを共有できるようになっていますが、それでも改善点はあると考えています。「その課題としては、今回のプロジェクトにおいて点間距離の測定時に、モデルに表示される情報の一部が欠けていた事です。このような場合、私たちはTrimbleへフィードバックを行い、Trimbleと協力して更にツールを発展させることができたのは大きな収穫でした」とエイカースは指摘します。

将来的には、より多くのサプライヤーや下請け業者をモデルに参加させることが可能になるだろうと更に



写真—3

エイカースはコメントしています。そうすることで、例えば、資材の発注は現在よりも高度に自動化され効率化される事が期待できます。目標は、すべてをモデルベースにすることです。コメントや決定事項など、すべての履歴が同じ場所に集まることで、統制と透明性が増します。大型プロジェクトにとって透明性のあるプロセスは、関係者間の信頼関係の構築にも貢献することは明白です。

着工から1年余り、E16 Bjørum-Skaret の建設はこの BIM における 3D モデルのおかげで順調に進んでいることが画像にて確認できます（写真—4）。建設が進捗する度に、現実の現場の計上は 3D モデルとますます同じ形状と景観になって行っています。

《このプロジェクトで活用された Trimble ツール》

Trimble Connect/Quadri/Tekla, および Novapoint は、建設プロジェクトにおいてデータの共有化と一元化、視覚化により高度な情報共有を行うことの出来るツールです。

Trimble Connect：データや BIM モデルの視覚化、



写真—4 既存の道路をまたぐ高架橋の建設の様子。写真：TUM スタジオ

プロジェクトデータの整理、他者との情報共有を可能にするコラボレーションプラットフォーム（Web ブラウザでの利用が可能です）。

Trimble Quadri：すべてのプランニングに共通の基盤を提供し、すべてのモデルがリアルタイムで更新される共通の調整モデルに集められます。

Trimble Novapoint：設計者は道路／鉄道／トンネル／景観／VA を1つのソフトウェアツールで設計することができます。

Trimble Tekla：関連する補強材を含む構造物のモデリングに利用可能なソフトウェアです。

2. 持続可能なコネクテッドワークフローでクリーンエネルギープロジェクトを推進～現場とオフィス連携、測量エンジニアと重機オペレーターにおけるデータワークフローの改善～

(1) ユーザの紹介

Peace River Hydro Partners は、カナダ・ブリティッシュコロンビア州北東部に位置するサイト C クリーンエネルギープロジェクトにおいて、主要な土木工事を行うために設立された、ACCIONA Infrastructure Canada Inc. と Samsung C&T Canada Ltd. の合弁会社です。

ブリティッシュ・コロンビア州北東部のピース・リバーに、160 億ドルを投じて建設されるサイト C クリーン・エネルギー・プロジェクトは、3 番目のダムと水力発電所です。2025 年に完成すれば、サイト C は 1,100 メガワット (MW) の容量を供給し、年間約 5,100 ギガワット時 (GWh) の電力を生産することになります。



写真—5

(2) トンネル、コファダム、水路の建設から

最初の工事は、ダム建設を可能にする河川迂回トンネルに焦点を当てました。2020年10月、作業員たちは本流を横断するアースフィル・ダムの建設を促進するため、2つの大きな分水トンネルを通してピース・リバーを迂回させることとしました。作業員は直径10.8メートル（内側）のコンクリートで覆われたトンネルを2本建設し、それぞれの長さは実に700～800メートルの規模の物でありました。次に、本流を横断する2つの仮設コファダムを建設することで、ロックフィル式ダムの建設が可能になりました。その耐震性を高めるため、800メートルのローラーコンパクトコンクリート製バットレスも建設されました。その他にも、発電所と放水路のためのコンクリート基礎の建設や、恒久的に利用可能な現場道路網の建設、排水、がれき処理施設などの重要な付帯工事も含まれていました。当時、調査主任だった Prendergast 氏は放水路の掘削作業中に、オフィスと現場間のデータの流れにいくつかの分断とそれによる不効率があることに気づきました。作業がダムコアの掘削に移り、彼の仕事が測量総監督に変わったとき、SITECH Western Canada への効率化への相談と技術関連の要件を伝えました。

(3) 基本的な課題の改善（コミュニケーションとワークフローの改善）

完成したダムコアのその大きさは約900メートル×80メートルの大型です。バルク掘削作業の進捗状況を追跡し、設計要件を満たしていることを確認するため、チームは Trimble TSC7 コントローラーを備えた Trimble SX10 スキャニングトータルステーションを頼りに調査に携わりました。工事開始当初は、各現場作業員がオフィスにデータを提出するために USB メモリなどのメディアを使ってデータ提供を行っていましたが、Windows ベースのコントローラーである TSC7 に SIM カードでのインターネット通信を活用して、その調査で利用していたスキャニングトータルステーションである Trimble SX10 のデータをすぐにインターネット回線を活用してオフィスに転送できるようにしました。この場合、現場作業員は完了したことをメッセージアプリで連絡を取り合い、現場のデータの転送完了を報せ合いました。

一方、オフィスでは Trimble Business Center を使用して、データを分析し、再度検討された掘削設計を再アップロードして、どの部分に効率的に施工を行う必要があるかなどをオペレーターがすぐに伝達し確認

できるようにしました。これは、現場からオフィスへの共同作業を大幅に改善する単純な改善ではありましたが、このアップグレードされたデジタルワークフローは、コミュニケーション改善の始まりに過ぎませんでした。

(4) 水中の視点

サイト C クリーン・エネルギー・プロジェクトに必要なもうひとつの大規模な掘削は、ダム背後の水中作業です。その作業対象面積は約600メートル×200メートルで、放水路からのスムーズな放流を確保するため、最小限のラインまで掘削することを目標としています。川底から取り除かれた余分な原料は、ダムのバットレスを構築するためにも不可欠です。「掘削の最小ラインを確認しなければなりません、この作業を効率的に行うためには、日勤と夜勤で各掘削機の時間を無駄にしない事」と「各オペレーターは、作業交代前の掘削作業者がどこまで掘削したかを知っておく」という事が必要不可欠でした。

各掘削重機には Trimble の勾配制御技術が装備されていました。Prendergast 氏は、「勾配制御技術により、各オペレーターは測量士のように作業するだけで簡単に正確なデータを収集することが出来る事で効率的な水中の測量も行っています」と語り、更に「今までは例え掘削重機に勾配管理技術があったとしても、USB スティックによる手作業でのデータ転送に限られていましたが、Trimble WorksManager を使う事で Trimble SX10 と同様に、そのデータ通信と交換プロセスを合理化してくれました」と語りました。Trimble WorksManager ソフトウェアは、インターネットを介したオフィスから現場への通信を可能にするデータハブシステムでもあり、完全かつシンプルで効率的なテクノロジーを駆使したデジタルワークフローをサポートします。3台の掘削機の勾配制御システムは、1日を通して継続的にその測量データを記録します。1日の作業が終わると、Trimble WorksManager データハブを介して、データのダウンロード



写真—6

ドを自動的に実行し、更にオフィスソフトウェアである Trimble Business Center に自動的に転送してくれます。そして Trimble Business Center 内で、その日に完了した作業を 3D 設計データと即座に比較します(写真一7)。現場ごとに定義された安全係数で勾配以下の公差で完了したことをリアルタイムで確認し、毎朝 Works Manager を通してオペレーターに更新された周辺モデルを送信します。



写真一7

プレnderガストは更にこう続けます。「毎日、前日の掘削作業履歴を含むことで、各作業を開始される時に、すでに勾配まで掘削された区域を手直しすることがなくなりました。そして、オペレーターたちはこれをなくてはならないツールと認識しており、全ての作業進捗は流動的で、作業中止などの事態もなければ、作業すべき内容で迷うこともなくなりました。仮に質問があったり、現場の状況が異なっていたり不都合があったりした場合でも、電話一本の連絡で済みますし、メッセージチャットアプリにてグループで連絡を取り合えば全ては解決します」。Trimble Business Center のレポート機能を使うと、各種レポートと結果にてプロジェクト管理チームに進捗状況などを報告することもできるのは効率的でもあります。

(5) イメージ化された 3D モデルの共有

Prendergast 氏はまた、プロジェクト全体のコミュニケーションをさらに改善するために、古い技術と新しい技術を組み合わせる方法をこの現場にて発見しました。「Trimble TSC3 Controllers のような古いシス

テムは、我々の目的には適していますが、残念ながら 3次元計測などには設計されていません。それでも彼は、3次元地形モデルを 3D で表示できるアプリを探し、そこで Trimble SketchUp を見つけました。彼は大学時代にこの 3D モデリング・ツールを使っていた経験もあり、簡単で楽しかったことを覚えています。また、プロジェクト全体の進捗状況をビジュアル的に伝える橋渡しとしても完璧であることがわかりました」と彼は続けました。この場合、プレnderガストは、特定の作業エリアの複数の 3D デザインをアプリケーションに入れ、クロスハッチングで作業完了、進行中、完了予定であることを示し、それらのデザインを Google Earth の地図に重ねて位置を確認することができるのも非常に興味深く、イメージ共有には最適です。「そして、メッセージチャットアプリを使って、SketchUp 対応のグループチャットは極めて優れています。ビジュアルで現場に進捗状況などを伝えるのに、これ以上完璧な橋渡しはないでしょう」Prendergast 氏は語りました。

(6) コンパクション・コネクション

前述したテクノロジーによってワークフローがより合理化され、コミュニケーションが強化された最新の作業分野のひとつに、ダムコアの転圧締固めもあります。この作業では、50 トンの特注パッカーがブルドーザーやトラクターによって一定のパターンで引き回し作業を行います。一般的な例と分析から、各エリアを 8 回の締固めを行う事で最適な密度が得られることがわかっています。このケースでは、Trimble GCS900 Compaction Control System を搭載したすべてのコンパクターユニットを、Wi-Fi 接続を用いて相互にリンクさせています。オペレーターは運転席のスクリーンに色分けされた転圧マップを見ることができ、マップが緑色になるまで、1 回目のパスは赤色、2 回目は黄色といった具合に表示されます。パッカーは一日中、指定されたエリアがすべて緑色になるまで、移動しま



写真一8

す。次のセクションに進むための承認のために、圧縮進行状況レポートが WorksOS で生成されます（写真—8）。

（7）AR、写真測量などの利用

最近のほとんどの大規模プロジェクトと同様に、サイトCクリーンエネルギープロジェクトチームもドローンデータを進捗管理に統合しているため、プレnderガストは別の接続されたワークフローを確立する必要がありました。「サードパーティのソースから収集された大規模な点群データセットを容易にする Trimble ビジネスセンターの力は、私の仕事を本当に合理化したと思っています」と彼は言いました。「プロジェクトマネージャーは、問題をできるだけ早く解決するために、常にほぼリアルタイムのデータを見て潜在化された問題を顕在化するように努めています」。彼はまた、AR（拡張現実）や写真測量との統合も未来への道であると考えています。このプロジェクトにおけるコネクテッドサイトの価値について尋ねられたとき、それらの価値と可能性は計り知れないと信じていますとコメントしています。「この範囲と規模のプロジェクトで遅れをとるのは良くあることですが、製品間のシームレスな統合は合理化されたワークフロー、ほぼリアルタイムのデータ分析と共有をサポートするために必要不可欠です。今回のプロジェクトでは3D スキャナー、コントローラー、全ての測量機器からのデータが、全てシームレスに統合を通じてリンクされています。つまり全てが繋がっているので

す。データの受信、3モデル化によるイメージ共有、レポートの作成が簡単に行えるため、このプロジェクトを順調に進めることができました」。全てにおいてこの建設プロジェクトは順調に進んでいます。このプロジェクトは、パンデミックによる大きな影響にもかかわらず、現在、承認された2025年の運転開始日に向けて順調に建設を進めています。

《このプロジェクトで活用された Trimble ツール》

Trimble アースワークス：グレードコントロールプラットフォーム

Trimble GCS900：圧縮制御システム

Trimble SCS900：フィールドソフトウェア

Trimble ACCESS：フィールドソフトウェア

Trimble Business Center：オフィスソフトウェア

Trimble SX10：スキャントータルステーション

Trimble ワークスマネージャー：ソフトウェア

Trimble ワークス OS：ソフトウェア

Trimble sketchUp：3D モデル生成ソフトウェア

JCMA

【筆者紹介】

木村 博之（きむら ひろゆき）

㈱ニコン・トリンプル

ジオスペーシャル事業部 マーケティング部

マーケティング課

マネージャー

