

クレーンシミュレータの評価利用

1. はじめに

当社は、プラント建設工事において、配管用3D CADやレーザーキャンなどの3Dツールを積極的に活用してきたが、最近の土木・建築業界でのBIMの普及やICTやドローン、AIまたはロボット技術などの活用事例に刺激を受けながら、次代の姿を模索している。

それは、プラント設備全体のBIMを構築することで、より効率的で正確なDMU^{*}を実施し、お客様に満足いただける設備を提供することである。

また、操作性や保守性などの設備の完成形に対するレビューだけでなく、BIM上における施工計画や作業者を含む工事関係者によるレビューの実施、従来の3D CADのデータを活用した材料手配からプレファブ、取付け、テストに至る進捗管理をBIM上で確認、取付工事もBIMを介しプレファブ品の保管場所や取付位置等の情報を作業者にタブレット端末でタイムリーに指示、3Dレーザー測定との連携により現場での寸法調整の無い配管サポートの製作、その取付位置や取付後の状態をカメラ画像と3Dモデルをタブレット端末上で重ね合わせて確認するなど、ペーパーレスで効率的な作業の実現もDMUによる達成イメージの一つではないかと考える。

ここでDMUのソフトとして2018年5月にクレーンシミュレータを導入し、実際の工事での検証を開始したところである。今回はこれを紹介したい。

2. クレーンシミュレータの概要

今回導入したクレーンシミュレータの概要は、以下の通りである。

製品名：3次元建機シミュレータ 3D建機ナビ[®]

開発：東電設計株式会社

発表日：2017年7月13日

動作環境：以下のいずれかが必要

Navisworks[®] Simulate,

Navisworks[®] Manage

当社では、2017年12月に1ヶ月間の試用版にて検討を行い、2018年5月2日に導入した。

基本仕様としては、ラフタークレーンが10~70Tonの9種、オールテレーンクレーンが100~400Tonの5種、クローラクレーンが100Ton×9~62mの14種の他、高所作業車4種、ショベルカー1種がある。今後、種類は増えていくとのことである。また、建機を追加する場合は、有償で提供される。

クレーンの基本操作としては、車体の前進と後進、アウトリガーの張出、ブームの旋回、ブームの起伏、ブームの伸縮、フックの巻上げ、巻下げ、フックの掛け・外し、フック（吊荷）の回転ができる。

また、フック位置を座標指定することで、ブームの旋回や起伏が自動調整できる。この座標設定は、3Dオブジェクトを指定するとその中心座標を取得することができるため、瞬時にフックが吊荷の中心位置の真上に来るようにブーム

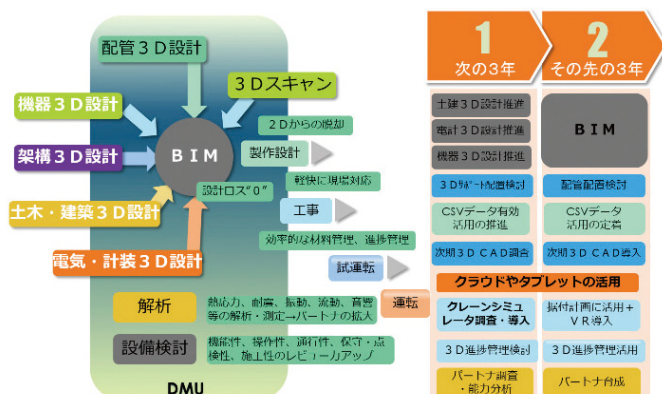


図1 エンジニアリングツールの利用拡大

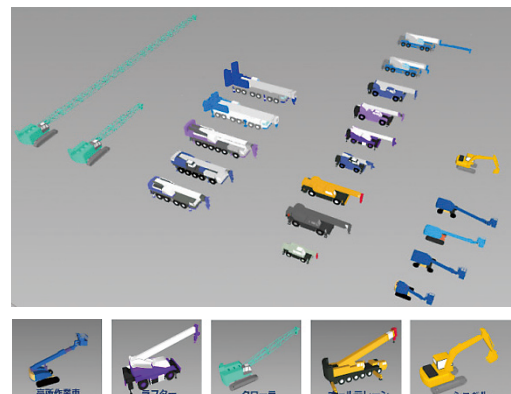


図2 建機の種類

の旋回角度や仰角を調整することができ、非常に効率的な機能である。

レビュー用の機能としては、定格荷重の表示、吊り天秤（ビーム）の表示、シミュレーションとして各操作をアニメーションで記録し再生ができる。また、この記録した各操作の数値を修正することで微調整ができる。動画の作成も可能である。

Navisworks® Manageであれば干渉チェックが自動でできる。

まだリリースされていないが、オプションでクレーン2台による吊上げや建て起こしのシミュレーションができる。

3. 実際のクレーンシミュレータ操作

3D建機ナビ®上のクレーンの操作は非常に簡単である。画面上で操作するブームなどのアイテムを選択し、スライダーバーやボタンで操作すればよい。吊荷は軽々と上がり、すりと移動する。吊荷の重力や慣性力、衝突と反発などの物理現象は働かない。重心がずれていても地切りで吊荷は傾かない。

既設の点群データや、3Dモデルの空間内でクレーン操作を進める中で、干渉してもブームを倒したり、フックを回したりして、その場で回避すればよい。

2D上では、断面図を起こさないと判らないような、ブームとの干渉も一目で判る。

操作を各ポイントで数値による記録ができ、また数値での調整ができるので、計画は短時間で最適化ができる。但し、クレーン本体の位置を変更する必要がある場合は、旋回中心と吊荷の相対位置が変わるため、ブームの旋回角、ブーム長、ブーム角度などの全ての数値が変わる。この場合は数値を調整するより始めから操作をやり直した方が早い。

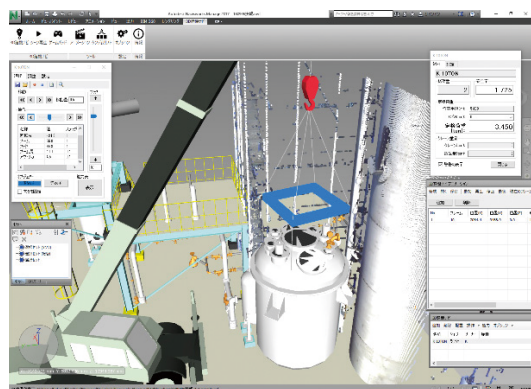


図3 既設点群データとの干渉

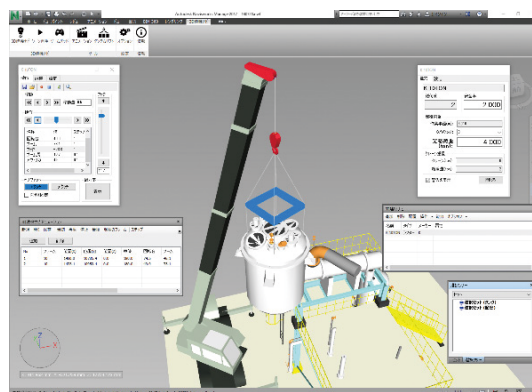


図4 ブームとの干渉

試用版での操作ではクレーン2台での共吊り（相吊り）による吊上げや建て起こしも可能である。吊荷のポイントを2ヶ所設定し、各々にクレーンのフックを掛けて、そのポイントの両方または、片側を選択して、上下や水平方向の移動操作をすれば、クレーンの位置やブームの旋回や起伏が自動的に追従するようになっている。ポイントを両方（2個）選択すれば単純な吊上げ、片方だけ選択すれば建て起こしとなる。これも機能的で簡単な操作である。現在のところ共吊りについてはアニメーションの作成ができない。

4. Navisworks®について

3D建機ナビ®は、Navisworks®のアドインソフトであるが、ここで、Navisworks®について触れる。このソフトは一般に3Dビューアのソフトとして紹介されているが、多機能でありBIM的な活用ができるソフトと捉えている。この機能としては、異なるモデル形式データの統合、干渉チェック、時間、費用を含めた4D/5D施工スケジュール、MTO、点群データの操作、シミュレーションやアニメーションなどがあり、Manageでは干渉チェックができる。モバイル機器に

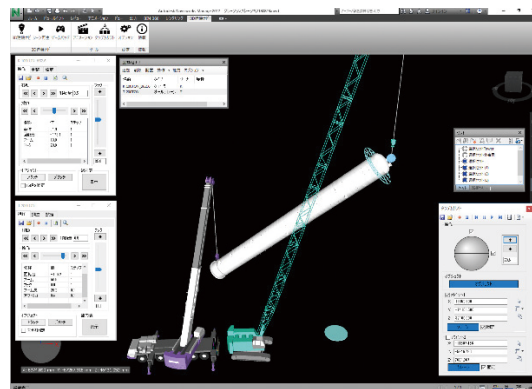


図5 共吊りによる建て起こし

対応するAutodesk® BIM360 Glueとの連携もできる¹⁾。

また、Navisworks® Freedomが無償配布されており客先や工事現場でもモデルレビューが可能である。当社では、1984年から配管設計において3D CADを導入しており、3Dモデルでのレビューや干渉チェック、正確な製作図や材料集計、材料やプレファブ管理システムへのデータ作成などに活用してきた。Navisworks®を2009年に導入し、より効果的な干渉チェックやレビューが可能となった。特に客先レビューでは、実際に設備の運転や整備をされるご担当者も交えて、活発なご意見を戴けるようになり、高い評価を得る設備を提供できるようになった。さらに3Dレーザースキャナを2014年に導入したことにより、既設の点群モデルを重ね合わせることで事前に干渉などの問題点を洗い出し、現場での改造工事を抑えるなど大きな効果を上げている。

5. クレーンシミュレータの問題点や要望点

3D建機ナビ®の検証は、実際の工事を題材として実施しているが、その中で気が付いた要望などをメーカーに連絡している。その主なものを以下に示す。

- ① 建機の位置調整の座標を回転台の中心とする
- ② アウトリガー脚部の接地反力の表示
- ③ クレーンの寸法や定格荷重のカスタマイズ
- ④ アニメーションの逆再生
- ⑤ Navisworks® Freedomでのアニメーションの再生

特に、⑤は工事現場や客先でレビューができることが必須であることから、是非実現していただきたいところである。

6. まとめ

以上のように、ソフトへの要望事項は多少あるが、3Dモデルや既設の点群データと連携するDMUのツールとして、クレーン計画を3D空間で簡単かつ短時間にレビューできる利点は大きく、3Dツールを施工側で活用するきっかけとなる意義は大きい。

また、3Dモデルについては、吊荷となる機器などを3D CADで作成することになるが、既設は3Dレーザースキャナを使用することで正確なモデルが比較的簡単に構築でき



図6 ドローンによる写真データからの3Dモデル構築

る。さらに、3Dレーザースキャナよりも精度は劣るが、デジタルカメラやドローンによる写真データからの3Dモデルの作成が可能であり、より簡易に既設のモデルを構築することができることも併せて社内に発信し展開していきたい。

7. おわりに

筆者の年代は、男性は中学校の技術の授業の中で、T定規や三角定規、コンパスを使った製図から教えられたものであるが、その後は、技術・家庭の男女共修や情報分野が含まれることから技術の履修時間は大幅に削減されている。

最近では、技術職として入社した人でも、ものを製図して材料を切断し、組立を行った経験の無いことが殆どである。それだけでなく2Dの図面から現物をイメージするのは難しく、理解するまで多大な時間を費やしているのが現実である。3D CADでは現物を見るように構造が理解できる。初めから3Dモデルを作成して、2Dの製作図に向き合うと理解が早い。更には、製作図も3Dで作成し3Dで加工指示ができる状態を目指すべきではないかと思う。

3D建機ナビ®は、3D空間の中で、まずはクレーンを置いてみて、操作しながら干渉などの問題をクリアしていくことで、クレーン計画ができる。3D CADや3Dレーザースキャナ等の3Dツールは、今までの設計者は駆使してきたが、工事の技術者にはなかなか浸透しなかった。3D建機ナビ®は、工事関係者の全員に3Dツールの活用を広げる発火点となることは間違いないと思う。

林 茂樹 (技術本部 エンジニアリング部)

用語の説明

- * DMU（デジタルモックアップ，digital mock-up）：
設計段階において，加工物（スケールモデルも含む）を使用しないで，3D CADで作成された設計モデル，またはこれらを仮想的に組み立てて行う設計評価．設計評価には，商品性（例えば，性能，機構，強度，信頼性，コスト），生産性（例えば，加工，組立，検査），製品の使用上の維持管理の容易性（例えば，整備，部品交換，部品供給）などがある²⁾．

参考文献

- 1) エンジニアリングの情報化ツール Autodesk Navisworks 2018, 配管技術, 59(10), p.82 (2017)
- 2) 日本規格協会：JIS B 0060 2015 デジタル製品技術文書情報