

(技術資料)

# 利用者の声をもとに開発 クレーン施工計画支援ソフトウェアK-D2PLANNER<sup>®</sup>

岡本真典\*<sup>1</sup>・岡田 哲\*<sup>1</sup>・高松伸広\*<sup>1</sup>・多々川都央\*<sup>1</sup>

## User-Centered Design of K-D2PLANNER<sup>®</sup> Crane Construction Planning Support Software

Masanori OKAMOTO・Satoshi OKADA・Nobuhiro TAKAMATSU・Hiroo TATAKAWA

### 要旨

2023年4月、国土交通省からBIMの適用方針が示され、ゼネコンなどでは設計、施工、維持管理の全てのプロセスをつなぎ、効率化のための取り組みが加速している。コベルコ建機(株)は、設計、施工のプロセスをつなぐ施工計画プロセスに焦点を当て、その課題解決を目指すクレーン施工計画支援ソフトウェアK-D2PLANNER<sup>®</sup>を利用者の声をもとに開発した。施工プロセスにおけるクレーンと構造物の干渉や、必要なクレーン能力・接地圧の確認、施工手順の共有化により現場の手戻りを防止し、工期の遅延や追加コスト発生を抑制する効果が期待できる。また、モデル作成の効率化による施工計画コスト、最適クレーン選定による施工コスト削減など、生産性向上に寄与するとの評価をいただいた。

### Abstract

In April 2023, the Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism announced its guidelines for the application of Building Information Modeling (BIM). In response, general contractors and others are accelerating their efforts to connect all the processes of design, construction, and maintenance to improve efficiency. Based on user feedback, Kobelco Construction Machinery has developed K-D2PLANNER<sup>®</sup>, software to support crane-construction planning, focusing on connecting the design and construction processes and aiming to solve the challenges of that process. The expected results include preventing interference between cranes and structures during the construction process, confirming the required crane capacity and ground pressure, and commonizing construction procedures to prevent the need for reworking at the site, as well as suppressing construction delays and the incurrence of additional cost. It is also presumed that streamlining model creation can reduce the costs of construction planning, and selecting the optimal crane can reduce execution costs, contributing to increased productivity.

### 検索用キーワード

クレーン施工計画, BIM施工計画, クレーンBIM, 揚重計画

まえがき = 国土交通省は建築分野におけるBIM (Building Information Modeling) の活用推進を図るため、2019年にBIM/CIM推進委員会を設置し、2023年4月より小規模を除く全ての公共事業でBIMの原則適用の方針が示された。建築分野ではBIMの活用が進んでいるが、クレーンを使用した鉄骨建て方の施工計画では、まだBIMの活用は十分とは言えない。こうした中、ゼネコンなどではBIMの活用推進を図るための専門部署を設置し、設計・施工・維持管理の全てのプロセスをつなぎ、さらにこれらプロセスの効率化のための取り組みを加速している。

コベルコ建機(株)は主にクレーンを使った鉄骨建て方において、設計プロセスと施工プロセスをつなぐ施工計画プロセスに焦点を当て、施工計画プロセスの課題を整理し、当該課題の解決を目指したクレーン施工計画支援ソフトウェアK-D2PLANNER<sup>®</sup><sup>注1)</sup>を開発した。本稿では本ソフトウェアの機能と施工計画での効果について紹介する。

脚注1) K-D2PLANNER<sup>®</sup>はコベルコ建機(株)の登録商標である。

## 1. クレーン施工における課題<sup>1)</sup>

BIMは、総合設計事務所などでの設計プロセスでは約80%、施工プロセスでは約50%の割合で導入されている。いっぽう、設計と施工プロセスをつなぐ施工計画においてはBIMの活用が進んでおらず、鉄骨建て方でのクレーン施工では、以下のような課題が生じている。

### 1.1 現場の手戻り

施工プロセスにおいて、例えば、先に構築された鉄骨構造物にクレーンのブームや旋回体が接触することが現場作業途中で判明すると施工が止まり、設置された構造鉄鋼物を一度撤去するなど、大幅な手順の見直しや工期遅延を余儀なくされるといった手戻りが生じる。

また、クレーンの設置場所の地耐力が適切でない場合、建て方作業を止めて敷き鉄板の敷設や地盤補強などの工事を行う必要が生じる。これらの手戻りは、工期遅延や追加コスト発生を引き起こす。

### 1.2 施工計画の効率

施行図面や労働安全衛生法第88条の建設工事計画届

\*<sup>1</sup>コベルコ建機(株) 新事業推進部

などの資料作成は、施工計画プロセスにおいて時間を要する作業の一つである。とくに建設工事計画届においては、クレーン施工計画が必要であり、これらに必要な断面図、能力図などを作成するにあたっては、クレーンに関する仕様や能力などの情報を別途参照する必要がある。これには作業者の知識や経験が求められることに加え、多くの時間が必要となる。

また、現場で施工の手順や注意点を共有、議論する場として、施工検討会などが開催されているが、二次元の図面などによる説明では認識の共有に時間を要し、さらには、参加者の理解に齟齬が生じる可能性がある。

### 1.3 施工計画におけるBIMの導入課題

BIMを施工計画プロセスに活用することにより、前述のような手戻りを抑制できる可能性はあるが、鉄骨構造物の設計に使われる建築CADは、その主目的である設計機能を充実させているいっぽう、必ずしもクレーン施工計画での使い勝手がよいものとはなっていない。施工計画プロセスで建築CADを使用するにあたっては、建築CADや施工計画、施工自体に関する経験や知識、さらにクレーンの仕様や能力などのクレーンの運用に関する知識が求められる。

すなわち、施工計画プロセスでのBIMの活用にあたっては、これらの知識と経験を兼ね備えた人材が必要となるいっぽうで、このような人材の教育には時間を要する。

## 2. K-D2PLANNER<sup>®</sup>の概要

K-D2PLANNER<sup>®</sup>は、建築系3D-CADであるAutodesk社製Revit (Autodesk社の登録商標) にアドインして利用するクレーン施工計画支援ソフトウェアである。クレーンの三次元形状や当該クレーンの仕様、および能力情報を備えたBIMモデル、またクレーンを使った施工計画の効率化を実現するための種々の機能を備えている。

以下に本ソフトウェアの主な機能、特徴について説明する。

### 2.1 直感操作

建築構造物の施工計画には、3Dの施工計画図が用いられる。

3Dでの施工計画図には、建築構造物に加え施工を行うクレーンなどの重機、施工計画に必要なクレーン能力、建物資材重量などの情報が含まれている。

Revit上でクレーンを使った施工計画用3D図面を作成する場合、通常図1に示すクレーンBIMモデルの各パラメータを個別に変更し、クレーンの姿勢を吊り対象の資材に合わせて調整する必要がある。また、当該姿勢の成立性も都度確認する必要がある。作業が煩雑であった。

K-D2PLANNER<sup>®</sup>では、吊りたい資材をRevit上で選択(クリック)するだけで、クレーンの姿勢は自動的に変更される。このとき資材の形状に合わせて玉掛用吊りワイヤーは推奨される吊り角度である60度の状態でフック位置が決定され、資材の上面からフック高さまでの間が干渉エリアとして画面上に表示される(図2)。こ

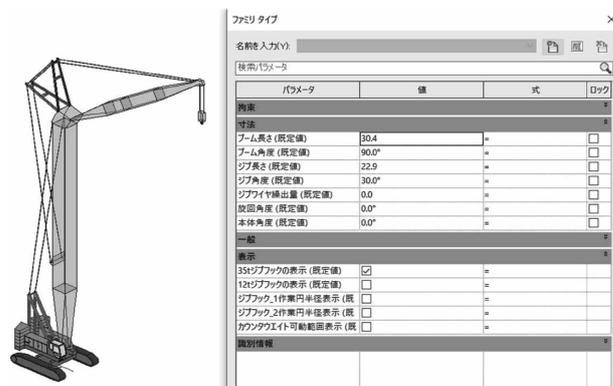


図1 クレーンBIMモデル  
Fig.1 Crane BIM model

れにより、吊り上げ時に資材がほかの構造物などに接触する可能性を視覚的に確認することができる(図3)。

なお、この干渉エリアは、資材が吊り状態で回転した場合の接触の可能性も検討できるよう、資材の中心点から平面視で最も遠い資材の端部を半径とした円柱状での表現もできる(図4)。

また、図5に示すとおり指示されたクレーンの姿勢状態において、作業範囲、最大作業範囲、および最少作業範囲(図中の円、円柱)も視覚的に表示できることに加え、クレーンが構造物の中に入り施工するシーンでの干渉チェックに備え、後端半径の領域(図6の円柱・円)も表示できる。

さらにユーザインタフェースは、機能の認識を促すアイコンや各状態での数値データをクレーンのイメージ図に合わせて表示することで、クレーンの各部の名称などを熟知していない建築CADオペレータでも直感的に操作可能である(図7)。

### 2.2 シミュレーション

施工計画者は、クレーンを使って安全に施工するためにクレーンの負荷率・接地圧の確認およびクレーンと構造物の干渉の確認を行っている。負荷率はクレーンがどの程度の荷重を扱えるかを示す指標で、例えば負荷率を超える荷重を扱った場合にクレーンの転倒など事故が生じる可能性がある。また接地圧はクレーンが地面に与える圧力のことで、地盤に与える圧力が大きすぎる場合、地盤の沈下によるクレーン転倒の可能性もある。

K-D2PLANNER<sup>®</sup>を活用することで、鉄骨BIMモデル上で確認したい資材を選択(クリック)するだけで負荷率や接地圧を自動的に演算し表示できる。これにより施工計画時にクレーンの種類や仕様、また対象資材やその吊り状態など条件を変更しながら、容易にトライアンドエラーを繰り返してその成立性を検討できる。加えてクレーン設置位置の地盤補強や敷き鉄板の厚さなどの検討にも活用でき、能力表や2D-CADを用いた施工計画に比べて大幅な作業の時間の短縮と計画精度の向上が期待できる。

また近年、プレキャストコンクリート資材の活用が増えており、取扱う資材重量が増加している。クレーンは資材重量に応じてクレーンブームにたわみが発生する。クレーンの施工計画において、たわみを考慮せずにクレ

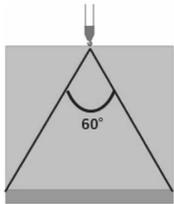


図2 吊ワイヤー範囲  
Fig.2 Area of wire

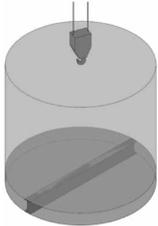


図4 円柱表示  
Fig.4 Cylinder expression

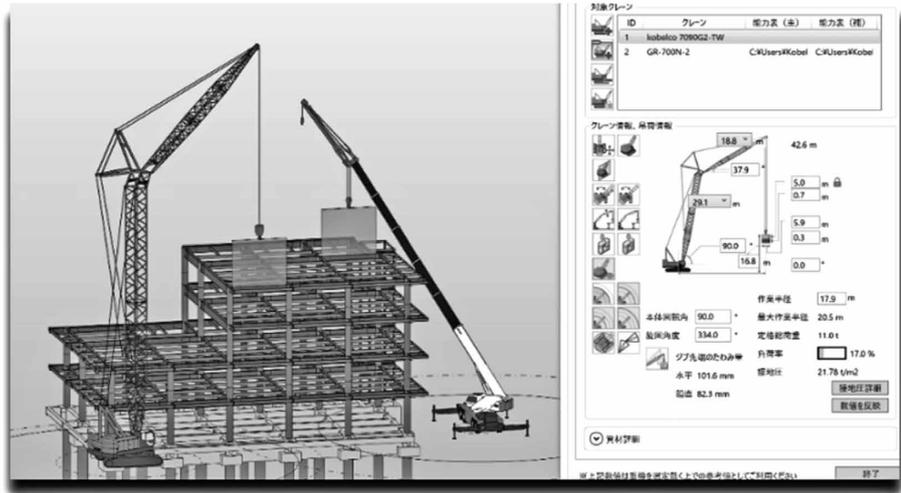


図3 K-D2PLANNER® 動作イメージ  
Fig.3 Lifting image on K-D2PLANNER®

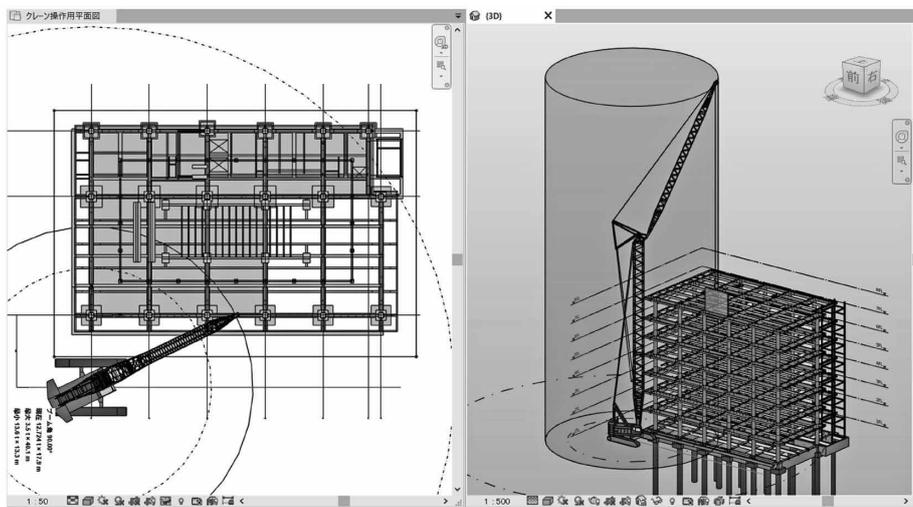


図5 最大・最小作業半径  
Fig.5 Maximum or minimum working radius

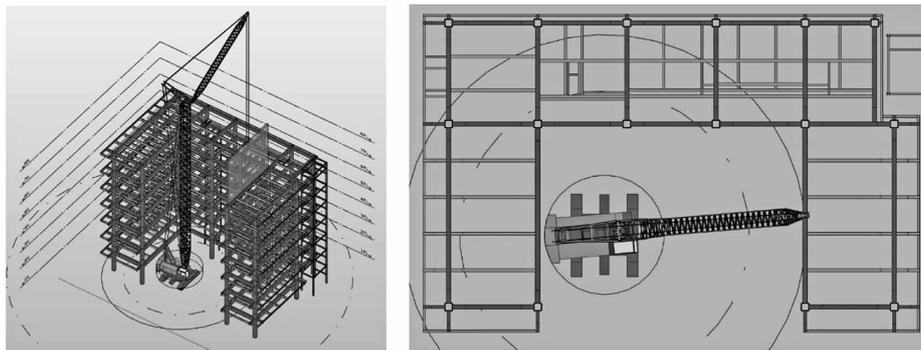


図6 旋回半径領域  
Fig.6 Turning area view

ームと建物を接近させた計画にすると実際に資材を吊り上げた際に発生するたわみによって、クレーンームと構造物が干渉する恐れがある。

K-D2PLANNER®を活用すると吊り上げ資材の荷重に応じたクレーンのたわみを視覚的に表示できる。図8はたわみを考慮したシミュレーションを実施した例で、ジブ先端のたわみが水平方向に1,812.2 mm、鉛直方向に1,693.9 mm発生し、この結果構造物とームおよびジブ

との距離が2,419 mm、3,366 mmに接近することを示している。このように仮設部材である足場とクレーンームの干渉確認・離隔距離の算出を、熟練者の経験に頼ることなくたわみを考慮して行うことができる。

さらに施工ステップごとに時系列に検討内容を登録することで、例えば各施工ステップでの鉄骨構造物の組み上がり状態に対して、鉄骨構造物とクレーンのームや旋回体との干渉の有無を視覚的に確認できる。

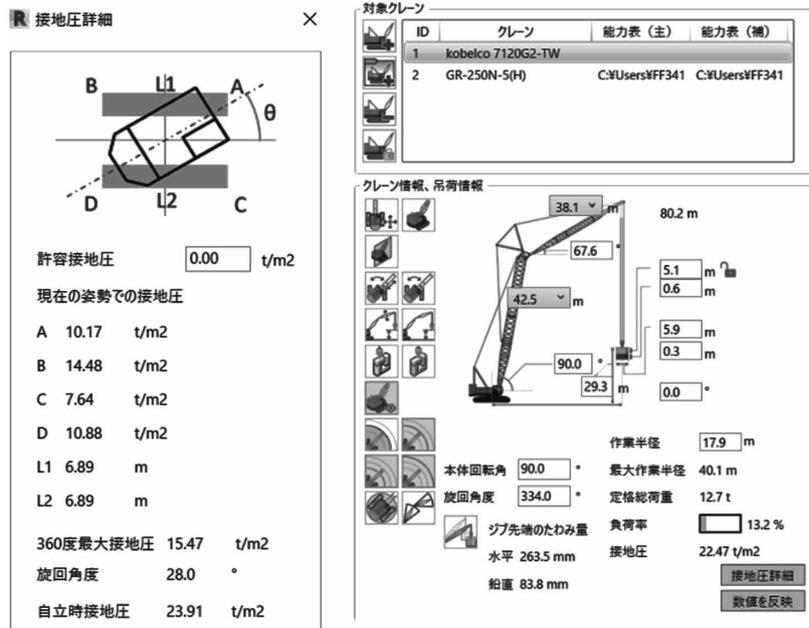


図7 ユーザインタフェース  
Fig.7 User interface

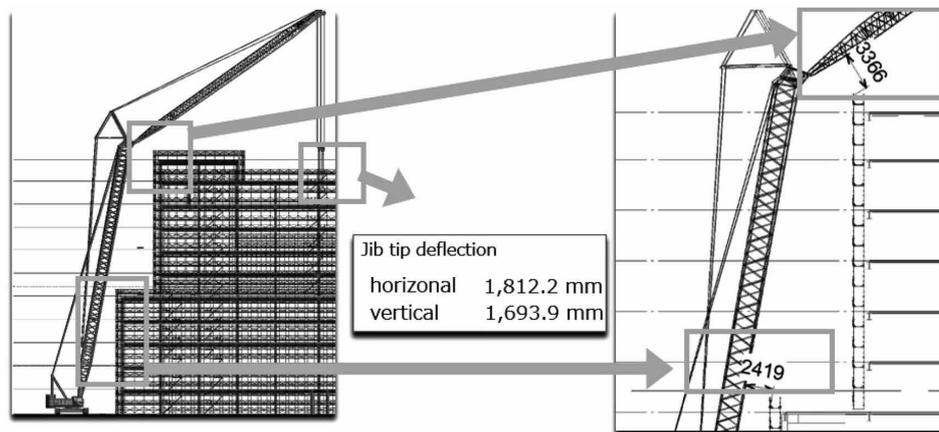


図8 たわみを考慮した干渉チェック  
Fig.8 Interference check with deflection

### 2.3 施工図面の作成

建築施工において施工図は、構造物に対するクレーンの設置位置、ブーム長さや作業半径などの施工に必要な情報が含まれており現場の作業員同士で情報共有し、ミスなくスムーズに工事を行うために重要である。K-D2PLANNER<sup>®</sup>では、吊りたい資材を選択し断面図作成アイコンを押すだけで、クレーンのブーム方向に沿った断面図が自動的に作成できる。さらにクレーンの作動範囲図も重畳表示でき、例えば労働安全衛生法第88条で定められる建設工事計画届などにこれらを活用できる(図9)。

### 2.4 様々なクレーンへの対応

K-D2PLANNER<sup>®</sup>にはコベルコ建機(株)の主なクローラークレーン(50~500tクラス)のクレーンBIMモデル(以下、既登録クレーンBIMモデルという)があらかじめ登録されており(図10)、利用者はこれらの既登録クレーンBIMモデルを本CADソフトウェア上に選択的に読み込んで使用できる。既登録クレーンBIMモデルは能

力情報を有しており、オペレータはとくに意識することなく負荷率の演算結果を知ることができる。

また、(株)タダノのラフテレーンクレーン・オールテレーンクレーン(13~700tクラス)、(株)加藤製作所のラフテレーンクレーン・オールテレーンクレーン(13~400tクラス)、住友重機械建機クレーン(株)のクローラークレーン(55~500tクラス)についても既登録クレーンBIMモデルとして準備されており、日本国内の多くの現場の施工計画に活用できる(図11)。

これら以外のクレーン、例えばタワークレーンなども施工計画には用いられるが、一般社団法人日本建設業連合会の旗振りにより建設機械メーカ各社が用意しているクレーンBIMモデルや、ゼネコンなど施工計画を行う企業が自ら作成したクレーンBIMモデルについても、一部加工が必要ではあるがソフトウェア上に取り込んで使用することができる。ただし、コベルコ建機(株)のクレーンBIMモデル以外については接地圧・たわみの自動計算を行うことはできない。

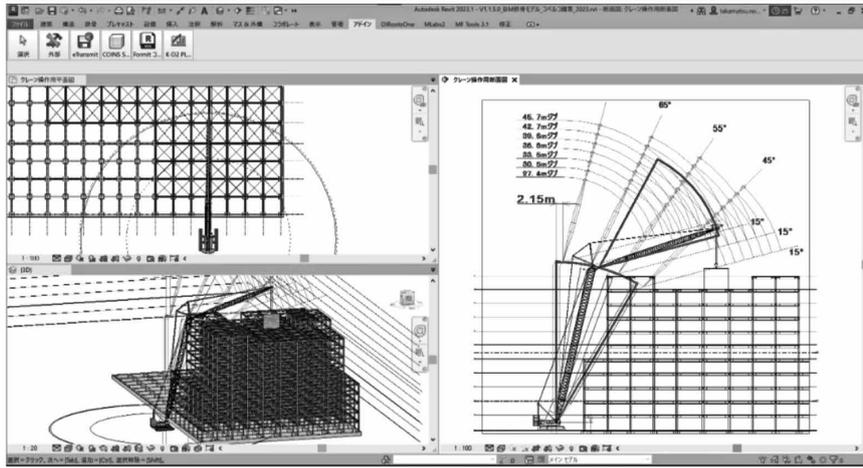


図9 断面図でのクレーン作業範囲図  
Fig.9 Crane operating range on cross-section view



図10 コベルコ建機モデル  
Fig.10 KOBELCO models

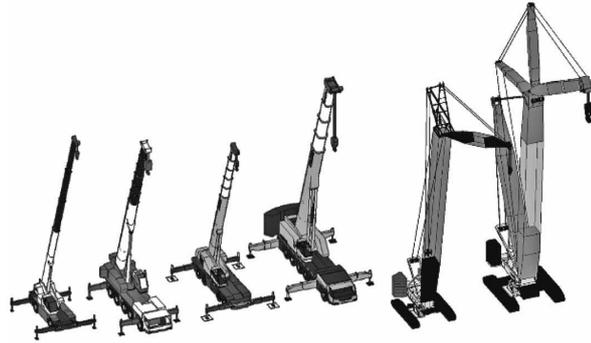


図11 その他クレーンモデル  
Fig.11 Other models

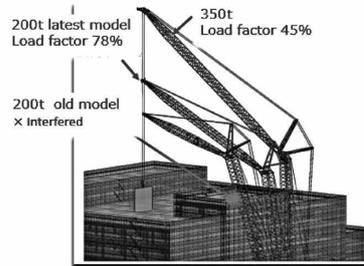
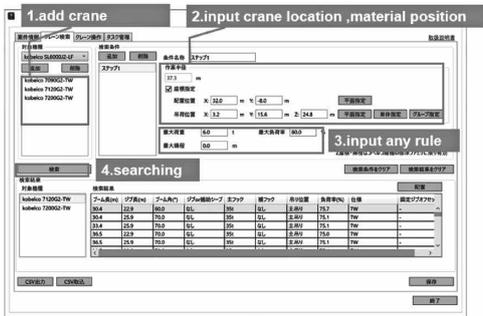


図12 クレーン検索画面と結果  
Fig.12 Crane search interface and result

## 2.5 クレーン選定のサポート

施工にあたり、クレーンの能力が不足すると施工期間中にクレーンの入れ替えが発生し、施工期間に悪影響を及ぼす。また、能力が大きすぎると施工コストが高くなるため適切なクレーンの選定をする必要がある。

Revit上でクレーンの設置位置を定め、吊りたい資材を指定すれば、当該資材の座標情報を読み込んで、この条件で成立するクレーンおよび仕様を検索することができる。なお条件は複数設定することができ、設定した全ての条件で成立するクレーンおよび仕様を検索できる。図12では例として200t旧型、200t新型、350tの三種から選定した際、それぞれの負荷率および構造物とクレーンの干渉の有無が確認できる。このように成立する最適クラスのクレーンを選定でき、設置場所、組み立て分

解に必要な敷地面積の最小化だけでなく施工コストの最少化の検討をサポートする。

## 2.6 プレゼンテーションでの活用

K-D2PLANNER<sup>®</sup>では、3Dの施工計画図を施工ステップごとに並べた時系列情報を加えた四次元情報として登録できる。これを活用することで施工計画の検討結果をいつでも視覚的に再現できる。例えば図13のように、狭小地で建物周辺にクレーンを配置することができず、建物を奥から施工し手前方向に建て逃げするような施工手順を施工検討会などのプレゼンテーションで活用すれば、設計施工計画の情報をクレーン施工計画プロセスで共有でき、情報伝達の効率化と現場の認識不足による手戻り防止が図れる。さらに、Autodesk社製Navisworks (Autodesk社の建築用3D-CADでプロジェクト全体像

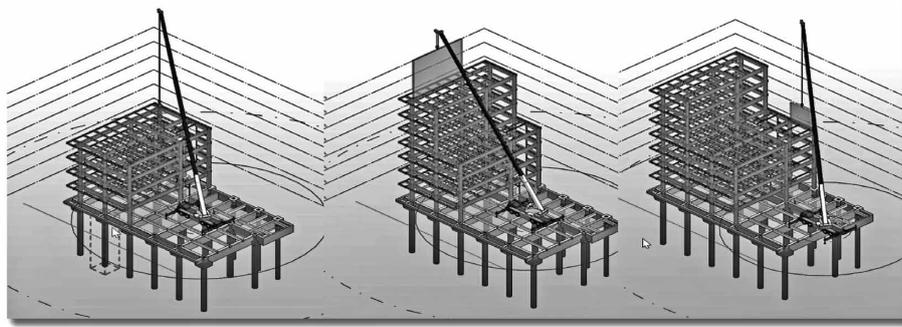


図13 施工ステップ図  
Fig.13 Construction procedure

が見えるビューワー) というビューワーソフトウェアに施工ステップを出力することができ、施工現場で簡単に四次元情報に基づく施工計画を共有できる。

### 3. 施工計画での効果

クレーン施工計画プロセスでの活用を推進するにあたり、一部のゼネコンなどと導入効果を検証し、評価者より以下のような効果が確認できた。

- ・導入効果①：3D-CADでクレーンの施工計画を行うためには、クレーン本体のモデリングが必要になる。これには専門知識が必要であり、モデルの作成にあたっては一機種あたり約20万円程度の費用が必要となる。また新機種や廃番が発生した場合にはメンテナンスも必要となる。これに対してK-D2PLANNER<sup>®</sup>にはコベルコ建機(株)、(株)タダノ、住友重機械建機クレーン(株)、(株)加藤製作所の国内主要建機メーカーから販売されているモデルが登録されており、合計57機種である1,140万円分のモデル作成および維持コストの削減可能である(図14)。

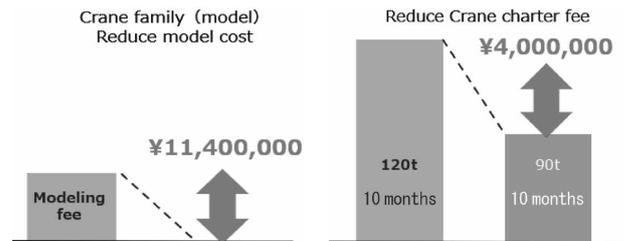


図14 導入効果1  
Fig.14 Benefit 1

図15 導入効果2  
Fig.15 Benefit 2

- ・導入効果②：K-D2PLANNER<sup>®</sup>を使った最適サイズのクレーン選定により、例えば120 tクラスのクレーンが90 tクラスに変更となった場合、移動式クレーンに係るオペレータ付き建設機械賃貸料金のコストは、建築物価2023年2月号より120 t吊り240万円/台・月から90 t吊り200万円/台・月に低減可能となる。10箇月稼働する現場であれば400万円の効果を見込む(図15)。

- ・導入効果③：K-D2PLANNER<sup>®</sup>活用で作業時間はモデリング時間が無くなること、施工検討作業が40%削減され結果として作業時間が66%の削減が見込まれる(図16)。

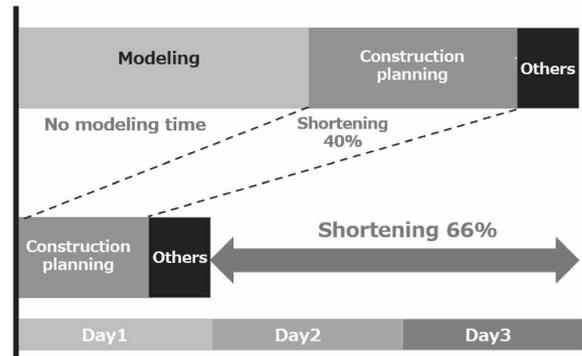


図16 導入効果3  
Fig.16 Benefit 3

さらにこれら以外にも、施工計画者の熟練度に頼ることなく施工計画の品質を検証できることで、施工計画および施工自体の品質向上と手戻り防止によるコスト削減効果に期待が高いという評価を得た。

また、K-D2PLANNER<sup>®</sup>のようなアドインソフトウェアを使うことで施工計画におけるBIMの活用が容易となる。ゼネコンなどではBIMの施工計画プロセスへの導入ハードルが下がり、BIMの活用推進を加速できるとの期待も寄せられている。

むすび = 設計・施工から維持管理までをBIMを活用して行うことで、今後の建築施工は大きく変化していく。

K-D2PLANNER<sup>®</sup>は建築CADを使ったクレーン施工計画を行うにあたり、専門的な知識や経験を過度に必要とせず、直感的な操作性と必要な情報を容易に取得できるようにすることで、設計と施工をよりシームレスにつないでいくことを目指したものである。現在ゼネコンからプラント・橋梁土木など幅広いお客様に導入をいただき、様々な指摘や提案を受け様々な機能に反映している。しかしながら、まだ十分に利用者のニーズに答えられていない面もあり、また利用者の増加に伴い新たな課題が顕在化してくることも予測される。今後改善や機能追加を図るとともに、効果計測基準の研究も継続し、引き続き建設施工におけるBIM活用の促進について貢献していく。

#### 参考文献

- 1) 一般社団法人日本建設機械施工協会. 建設機械施工. 2023, Vol.75, No.1, p.41-44.