

## II-15 3次元データを用いた施工シミュレーション

### Construction Simulation Models Using 3D data

森谷直彦<sup>1</sup>・長谷場朋一<sup>2</sup>・植田彰<sup>3</sup>

Naohiko MORIYA, Tomokazu HASEBA, Akira UEDA

**抄録**：土木工事において3次元データは土工、舗装工等の工種において計測技術を施工機械の操作に利用した情報化施工で活用されているのに対し、構造物等の施工では、ほとんど活用されていない状況である。3次元の利活用が進まない阻害理由としてソフトの高価格があるが、インターネット上で Google 社が、無償の3次元モデリングソフトを公開したことにより、構造物工事で3次元データを利活用する環境が整いつつある。橋梁下部工の施工計画に Google 社の SketchUp を用いて、線形座標の確認・山留め工・足場工を対象に、施工シミュレーションでの利活用可能性を検証した。

**キーワード**：3次元データ、施工シミュレーション、橋梁下部工、モデリング

**Keywords** : 3D Data, Construction Simulation, Pier, Modeling

### 1. はじめに

土木工事において3次元データは、情報化施工において土工、舗装工で、GNSSやトータルステーションなどの計測技術を用いて施工機械の操作に利用されている。これらは施工機械の位置を3次元で測定し、計画と現位置の高低差を運転席のモニターに表示し、機械の操作をガイダンスすることで、機械操作を正確に行えるようにするもので、高精度の出来形が得られる。また、施工機械の稼働履歴より、敷均し厚み、転圧回数が把握でき、均一で、高品質の施工管理を可能にしている。

構造物の施工における3次元データの利活用は、鋼橋上部工の工場製作段階で、2次元図を3次元データ化し部材製作に利用されているが、橋脚の構築、桁架設での利活用はされていない。

3次元データの利活用が進まない理由のとして、①ソフトの価格が高価である、②データ作成に労力がかかる、③2次元CAD機能で十分である、④発注者より求められていないなどが挙げられる。

2008年に Google 社が無償の3次元モデリングツール「SketchUp」を公開したことで、建築分野では利用が進んでいるが、土木分野での利用は進んでいない状況である。

### 2. 3次元データの作成と検証

3次元モデリングソフト「SketchUp」を用い、橋脚

工事の3次元データを作成し、施工計画における線形座標の確認・山留め工・足場工を対象に、3次元データを用いた施工シミュレーションの利用可能性を検証した。

本研究で使用した橋梁下部工の2次元図の一部を図1に示す。2次元図より、躯体・山留め工・足場工の3次元データを作成した。

#### (1) 作成順序

- ・2次元図に記載されている線形計算より算出された底版隅部・中心の座標をソフトの座標系に変換し、座標をプロットする。
- ・底版、基礎杭、基礎碎石、均しコンクリートの形状をxy面に作図し、z方向にプッシュ/プル機能で長さ、厚みを入力し、3次元形状を作成する。
- ・底版上に脚の立面形状をxz面に作図し、y方向に厚みを入力し、脚を作成する。
- ・山留め工に用いる鋼矢板を作成し、部品化し、連続的に配置し、山留め壁を作成する。
- ・足場に用いる機材（建枠、布枠、筋違等）を作成し、一組の足場材を部品化し足場を作成する。

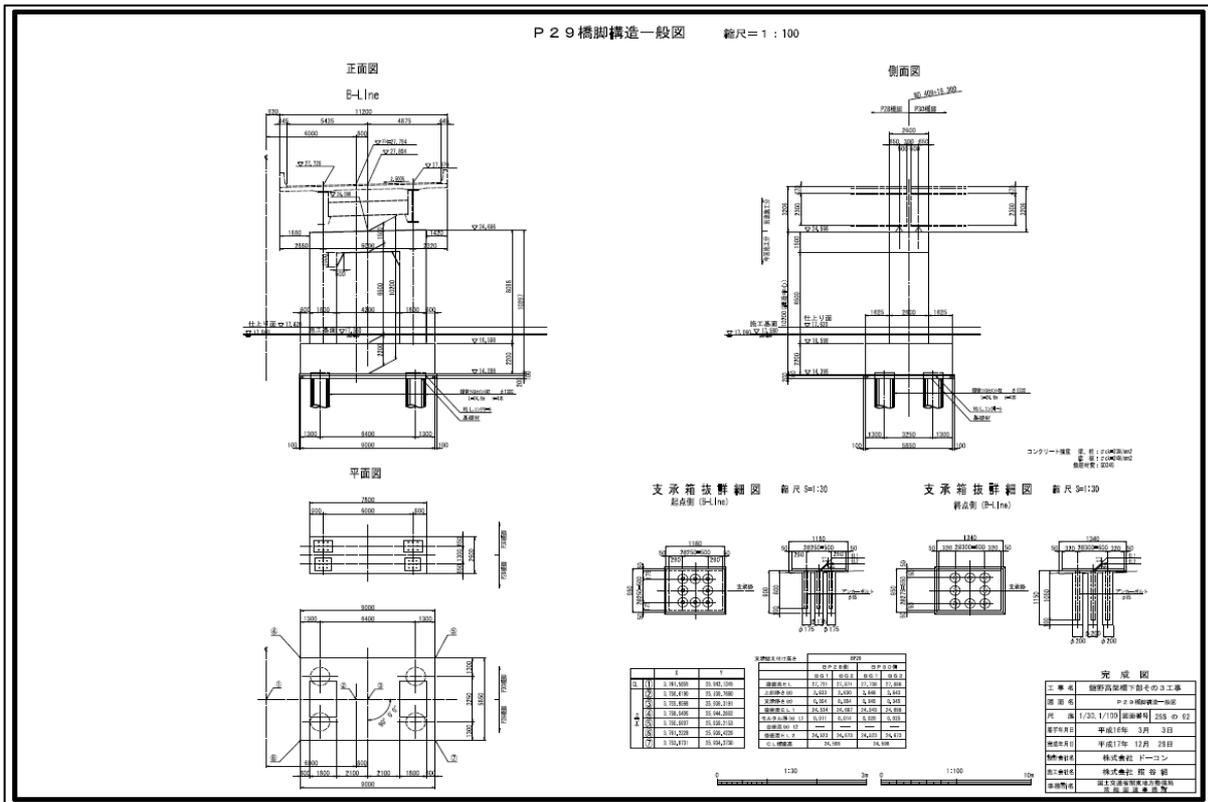
#### (2) 使用機器

- ・使用ソフト：Google SketchUp7
- ・機種：Dell Optiplex755
- ・CPU：Intel (R) Core (TM) 2 Duo CPU E6550 @2.33GHz
- ・メモリ：1.95GB
- ・HDD：150GB
- ・グラフィック機能：Intel (R) GMA-3100、384MB

1：非会員 財団法人 日本建設情報総合センター 建設情報研究所 CALS/EC 部  
(〒107-8416 東京都港区赤坂七丁目10番20, Tel:03-3505-0436, Email:moriya\_n@jacic.or.jp)

2：非会員 財団法人 日本建設情報総合センター 建設情報研究所 CALS/EC 部  
(〒107-8416 東京都港区赤坂七丁目10番20, Tel:03-3505-0436, Email:haseba\_t@jacic.or.jp)

3：正会員 財団法人 日本建設情報総合センター 建設情報研究所 CALS/EC 部  
(〒107-8416 東京都港区赤坂七丁目10番20, Tel:03-3505-0436, Email:ueda\_a@jacic.or.jp)



### (3) 検証

#### a) 線形座標の確認

道路線形より計算された6橋脚の底版隅部，中心の座標を，ソフトの座標系（数値座標）に変換して3次元座標に示し，底版の形状を可視化させることで，線形座標の配置が目視により確認でき，線形計算結果一覧表では確認できなかった座標計算の照査が容易になった。（図-2）

また，各橋脚を3次元可視化し，道路中心線の座標や計画センターの座標を結ぶことで，道路線形形状・縦断形状が視認でき，線形計算結果の正否を確認できた。（図-3）

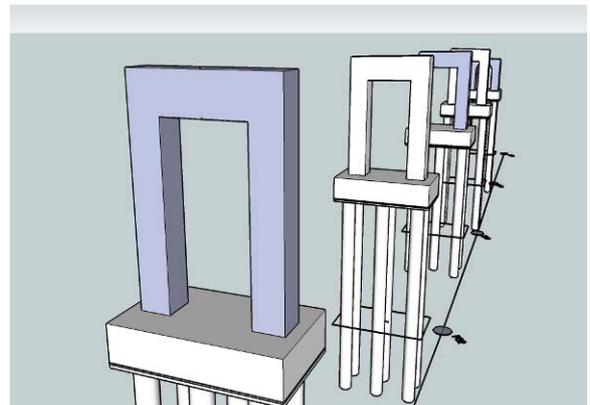


図-3 線形・配置確認

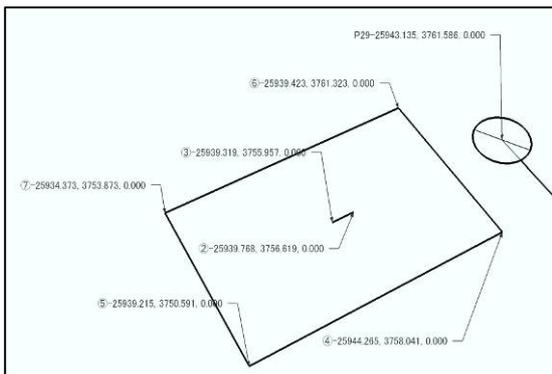


図-2 線形座標の配置

#### b) 山留め工

山留め工に用いる機材—鋼矢板，山留め鋼材は，インターネット上で公開している2次元CADデータを読み込み，長さ情報を加えて，3次元形状を作成した。

鋼矢板，山留め鋼材を，コンポーネント機能を用いて部品化し，山留め壁ライン，山留め支保工位置に配置するだけで山留め壁が作成され，作業時間が短縮された。（図-4）

1段の山留め支保工をグループ化することで，山留め支保工の配置高さを容易に変更できるため，山留め支保工の配置検討において，多数のシミュレーションが短時間で行え，効率化が図れた。（図-5）

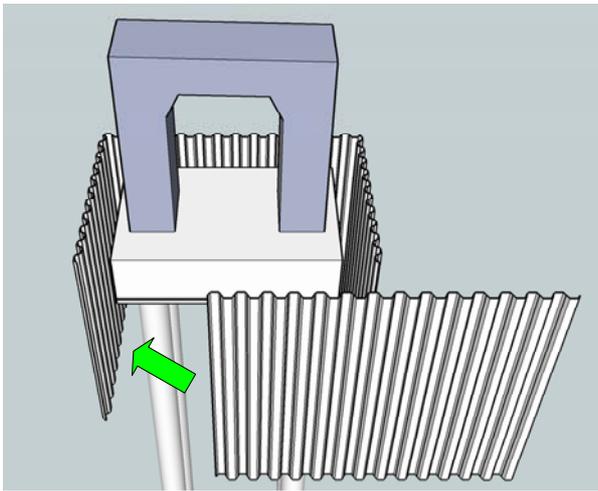


図-4 山留め壁図

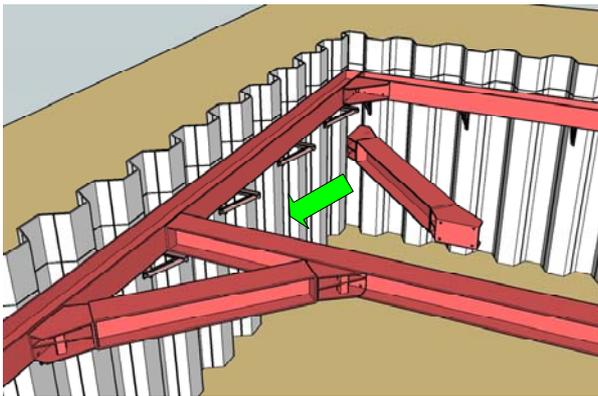


図-5 山留め支保工図

### c) 足場工

足場工に用いる機材は、山留め工と同様に、インターネット上で公開されている「SketchUp」で作成された枠組足場の3次元データ（建枠、布枠、階段枠、筋違、手すり、単管）を用いた。

枠組足場を構成する1組の機材（建枠、布枠、筋違）をコンポーネント機能でユニット化し、連続的に配置させることで、足場モデルが容易に作成できる。

複数のユニットを選択して移動・複製することで、足場段数の変更・追加や位置変更の作業労力が少なくなり、足場工の施工シミュレーションの効率化が図られた。（図-6）

インターネット上で入手した枠組足場のデータは、パイプで構成されている建枠、筋違を正確に表現しているため、足場モデル全体の線分要素数が多くなり、PCへの負荷が大きく、動作が悪くなるなど、操作に影響した。

「SketchUp」では、円を24角形の線分で構成しているため、円形部材を多く利用している足場モデルでは、線分・面の要素数が多くなる。円形部材の角数を6角形、4角形にした場合の要素数の比較を次に示す。

建枠の要素数（角形別 1枠あたり）	
24角形で作成した場合	約750
6角形で作成した場合	約520
4角形で作成した場合	約190
筋違の要素数（角形別 1本あたり）	
24角形で作成した場合	約700
6角形で作成した場合	約380
4角形で作成した場合	約90

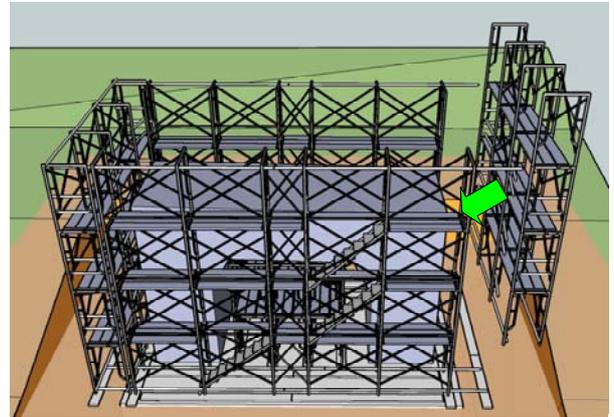


図-6 足場組立図-1

### d) 作成時間

線形座標の3次元配置、躯体の3次元可視化、鋼矢板を用いた山留め工、山留め支保工、足場工の3次元可視化に要した時間を次に示す。

（1橋脚あたり）

・ 線形座標値入力・配置	15min
・ 躯体形状作成	45min
・ 山留め壁 作成	20min
・ 山留め支保工作成	15min
・ 足場工作成	75min

## 3. 考察と課題の整理

### (1) 考察

#### a) 設計照査段階

設計より引き渡された線形座標、躯体図、構造図を3次元可視化することにより、新たに図面を作成すること無く、3次元ビューの視点を変えることにより、2次元では表現されない箇所の寸法の確認や、部材の納まり、干渉状況が視認されることで、2次元図の間違いが発見され、早期に設計へフィードバックされ、設計の修正がなされることで、施工ミスを防止できる。

#### b) 施工段階-施工計画

施工計画では、最適な施工方法を抽出するため、各工種ごとに施工シミュレーションを行っているが、2次元では、平面図、正面図、側面図などの多数の図面

を作成し、細部の詳細図を作成して検討している。

3次元では視点を変えることで表現できるため、多数の図面の作成が不要となる。また、3次元データの作成時に、納まりや干渉の確認が同時に行われるため、図面の不整合や干渉は少なくなる。

施工計画において、土留め壁、土留め支保工、足場工、型枠支保工等の多数の施工シミュレーションが行われる工種では、資機材のコンポーネント機能による部品化や配置により、3次元化の作業時間が低減される。

また、部品群を一塊で配置変更することで、施工シミュレーションが容易になり、作業時間の短縮や効率化が図られる。

### c) 施工段階-安全計画

足場工の作業打ち合わせにおいて、3次元の足場図は、2次元図に比べて、実際の形状で表現されるため、関係者間の認識が一致し、作業手順の理解度の向上が図られる。

足場の干渉チェックはもとより、安全法令上の設備不良箇所を発見しやすく、適切な安全設備を設置する上で有効である。(図-7)

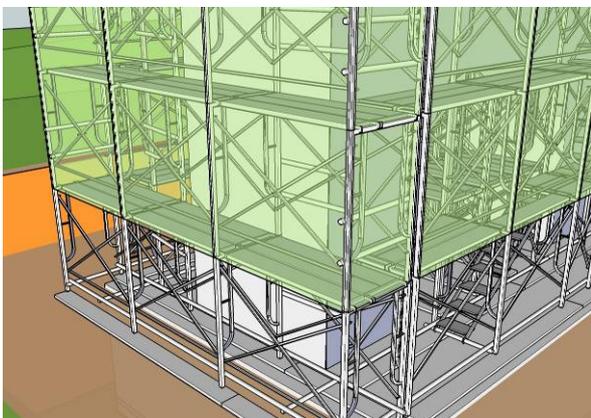


図-7 足場組立

### (2) 課題の整理と提案

3次元モデルを作成し、利活用する上での課題を整理した。

- ① 資機材の3次元部品データが少ない
- ② 3次元データ量が多いため、PCの動作が悪い

課題「①資機材の3次元部品データが少ない」については、2次元の製品データは多数、インターネット上に無償で公開されたり、有料で配布されているが、3次元部品データの流通量が少なく、3次元部品の作成に時間を要している。

都道府県の行政が示す標準構造図やメーカーの二次製品、施工機械等の3次元モデル化が進み、流通が進むと、施工現場での3次元データ利活用は一層推進されると考える。

課題「②3次元データ量が多いため、PCの動作が悪

い」については、利用される資機材に円形の機材が多数あり、正確に表現することでデータ量が多くなり、現場で一般的に用いられているPCのグラフィック性能では動作が悪くなることにある。

現場で「SketchUp」を用いて3次元可視化データを作成・利活用するには、データ量を抑える工夫が必要である。

円形で構成されて部材を四角形で表現すると、データ量を約25%程度に下げることができ、PCへの負荷を抑えられる。また、円形部品の配置に比べ、接点が見だしやすく配置が容易になる等の操作性も向上する。

## 4. おわりに

土木工事における3次元データの利活用は、建築業に比べ大きく遅れとっているが、情報化施工やトータルステーションを用いた品質管理や出来形管理では実績を挙げている。

今回報告した3次元データを用いた施工シミュレーションは、橋梁下部工の施工計画に対し有効に機能することが確認できた。

工事において3次元データの利活用が進むと、施工時のミスの低減、作業の効率化、安全性の向上等多数の場面で効果があり、さらなる生産性の向上に寄与するものと期待される。

**謝辞:** 今回の検証における橋梁下部工のデータ提供に際し、株式会社熊谷組の各位には多大なご協力をいただき、謝意を表します。

### 参考文献

- 1) 国土交通省：「国土交通省 CALS/EC アクションプログラム 2008」, 2009年3月31日
- 2) 国土交通相：「情報化施工推進戦略」, 2008年7月31日
- 3) Google-SketchUp: <http://sketchup.google.com/intl/ja/> (入手 2009.10.)