

パシフィックコンサルが 土木設計の生産性改革

ダッソー・システムズ

パシフィックコンサルタンツは、多くの比較検討や修正が求められる土木設計業務の生産性を高めるため、ダッソー・システムズの3DEXPERIENCE CATIAを導入した。構造物の主要な数値を入力するだけでBIM/CIMモデルが作成できる「パラメトリックモデル」を橋梁や砂防堰堤の設計業務に使ったところ、多くの比較検討案を短時間で作れるようになった。今後、対応する構造物を増やし、さらなる土木設計の生産性改革を図っていく方針だ。



CATIAで作成したパラメトリックモデルによって砂防堰堤の比較検討を行った例。本堤の高さを変更すると副堤や水叩きの長さ、側壁護岸の大きさも自動的に変わる

「3日かかった作業が3秒に短縮」

「土木設計業務にCATIAのナレッジテンプレートを活用したパラメトリックモデルを導入したところ、構造物の仕様や位置などを変えながら行う比較検討が、とてもスピーディーに行えるようになりました」と語るのは、パシフィックコンサルタンツ 事業強化推進部 i-Construction推進センター 技術部長の伊東靖氏だ。

土木構造物は建設される場所ごとに、地形や地質の違いによって設計に微妙な違いがあり、それぞれが現場で単品生産される。そのため、2つとして同じものはないと言っても過言ではない。

橋梁の設計段階では最初に10案、20案といった多くの案を出し、構造特性、施工性、経済性、維持管理、環境との整合など総合的な検討をしながら3案、そして最終案へと絞り込んで行く。

「その過程では、荷重などの設計条件や建設場所の変更なども頻繁にあります。微修正を行うときでも、場合によっては一から図面を書き直さなければいけないこともあります」(伊東氏)。

比較設計や設計変更に伴う設計作業を軽減するため、パシフィックコンサルタンツは2019年10月にダッソー・システムズと提携し、BIM/CIMのプラットフォームである3DEXPERIENCEの設計アプリケーションCATIAを本格導入した。その決め手の1つは、土木構造物のBIM/CIMモデルの大きさをパラメーターで表現する「パラメトリックモデル」が使えることだ。



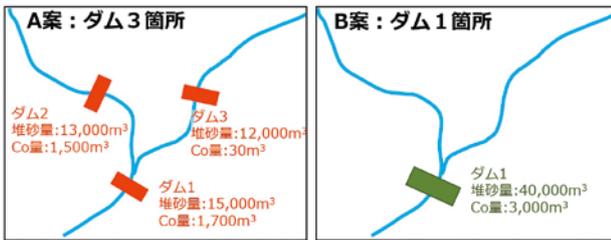
パシフィックコンサルタンツ
事業強化推進部
i-Construction推進センター
技術部長
伊東 靖 氏

「設計条件が変わっても、構造物の主要な寸法や仕様を入力するだけで、付随する部分の設計はCATIAが自動的にしてくれるので、以前なら鉄筋1本から描き直す必要があった仕事も、パラメーターを変えてCATIAを動かすだけです。3日かかった作業が、3秒で済んでしまうこともあります」と伊東氏は語る。

砂防堰堤の堤高と堆砂量が連動

「3日かかった作業が3秒で済む」とは、いったい、どんな感覚なのだろうか。例えば、砂防堰堤の設計作業が、CATIAの導入でどう変わったのかを見てみよう。

砂防堰堤の設計は、堤体の配置計画から始まる。下図のように小さな砂防堰堤を3カ所に造るか、それとも大きな砂防堰堤を1カ所に造るかといった計画の検討だ。流域内で崩壊しそうな土砂量を止めるために、工事費や施工性などからみて最も効率が良い配置案を探るのだ。

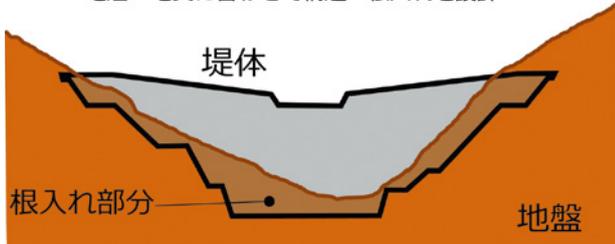


砂防堰堤の配置計画イメージ

配置計画が決まったら、次は砂防堰堤の設計に移る。設計基準にのっとり、堰堤形状や堤高、根入れ深さ、そして流水の勢いを止める「水叩き」と呼ばれる本堤下流側の構造物の長さなどを決めていく。

さらに、砂防堰堤の堤体位置を上流側、下流側に少しずつ変えて、コンクリート量や工事用道路の工事費なども算出する。

地層・地質に合わせて構造・根入れを設計

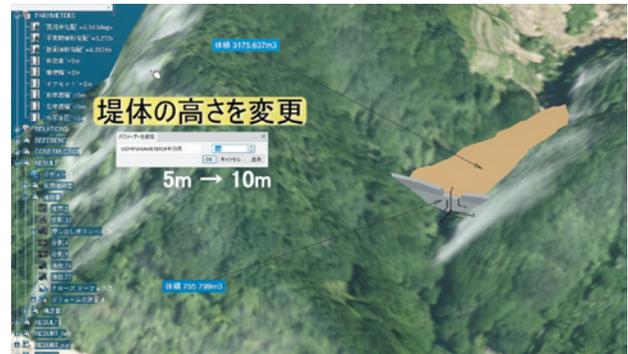


砂防堰堤の断面形状イメージ

「砂防堰堤の計画や設計では、堤高や位置などのパラメーターを少しずつ変えて、堤体のコンクリート量や堆砂量を計算する『トライ・アンド・エラー』による検討の連続です。一つの案に絞り込まれた後に、少し堤高や位置が変わるなどの微修正があると、また一から再計算をしなければなりません」(伊東氏)。

そこでパシフィックコンサルタンツでは、CATIAのナレッジテンプレートを活用することで、砂防堰堤の3Dモデルを、主な寸法だけを入れれば作れるようにパラメトリックモデル化した。

3Dの地形モデル上に砂防堰堤のパラメトリックモデルを配置し、堤高や幅、根入れ深さなどを入力すると、砂防堰堤の本堤や下流側の副堤、水叩きなどが3Dで自動的に設計される。さらに上流側の地形と砂防堰堤の形状から、堆積土砂量も自動計算されるのだ。



砂防堰堤本堤の堤高を5mとして作成した3Dモデル。この堤高を10mに変更する必要がある



堤高を10mに変更すると堤体や堆積土砂量の堆積も自動的に再計算される

「以前は、設計条件などに微修正があると、3日かけて計算をやり直していましたが、CATIAを導入した今は、パラメーターを直せばものの3秒ほどで設計や再計算が完了するようになりました」と、伊東氏はパラメトリックモデルの威力を語る。

同社では過去数十年にわたり、膨大な数の砂防堰堤を設計してきた。しかし、一品生産のため過去の設計を再利用することはできなかった。しかし、ナレッジテンプレートを一度作れば、別の設計業務で再利用することができ、設計効率を高めることができる。さらに、モデルそのものにカスタマイズを加えていくことで、一層高機能なテンプレートとして改良することも可能だ。設計の「ストック」を活用することで、設計の生産性向上は大幅に高まりそうだ。



CATIAのナレッジテンプレートにより、設計業務にも過去の「ストック」が生かせる

橋梁の図面作成を大幅に自動化

多くの図面や計算が必要という点では、橋梁設計も同様だ。橋梁の設計は、「予備設計」→「詳細設計」という手順で進められる。

予備設計では架橋位置にふさわしい橋梁形式や構造、材質などの基本的なことを詰めていく。まず「一次選定」として最初に橋梁の形式、径間の異なる案を10～20案も作成し、それぞれの概略図面と概略工事費を作成する。その中から3案程度に絞り込む。

| 比較案 | 橋梁形式 | 径間 | 側面図 | 上部工断面図 |
|-----|-------|-----|-----|--------|
| 案1 | 連続鋼橋 | 5径間 | | |
| 案2 | 連続RC橋 | 6径間 | | |

橋梁形式や径間の異なる様々な橋梁案

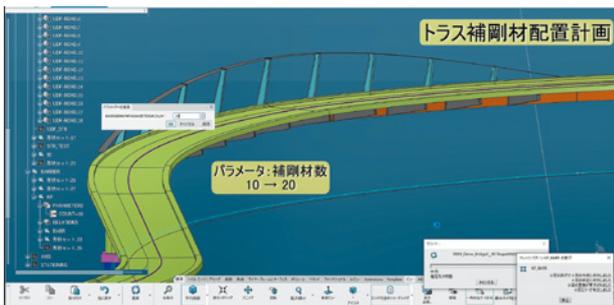
続いて「二次選定」として、各案の構造特性や施工性、経済性、維持管理のしやすさ、周辺環境との整合性の観点から比較し、応力計算や安定計算まで行う。

各案について一般図も作成する。平面図や側面図、上下部工・基礎工の主要断面図などが含まれる。そしてようやく最終案が選定されるのだ。

「これらの設計では、とにかく膨大な数の図面を作成するのに手間がかかります。検討中に設計条件が変わり、図面の修正が必要になることもあります。微修正であっても、図面を一から作成しなければならないこともあります」と伊東氏は説明する。

橋梁の予備設計でも、砂防堰堤と同じように径間数や柱幅などの数値を決めれば、橋の3Dモデルが自動で作成できるパラメトリックモデルを作成した。部材の高さなどはルールをモデルに組み込んでおくことで、自動的に決まるようにした。

その結果、設計条件が変わっても、パラメーターの数値を変えるだけで、瞬時に橋梁の3Dモデルが作れるようになった。



トラス補剛材の数を変えた3Dモデル。パラメーターの数値を変えるだけで自動で作成できる

また、詳細設計段階では、一般的な鋼3径間連続鋼桁橋の場合に約200枚もの図面を描かなくてはならない。図面が詳細なだけあって、道路の高さなどが変更になれば、配筋図面を鉄筋1本ずつから描き直すという膨大な手間が発生する。

さらに、設計変更が生じると、関連する図面すべてに影響するため、一部の図面に修正漏れが発生し、ミスの原因にもなる。

こうした非効率を防ぐため、CATIAによって配筋を自動で作成するパラメトリックモデルを開発した。

手間ひまのかかる配筋図は、コンクリート表面から鉄筋の深さまでの距離「かぶり」や、鉄筋間隔の「ピッチ」を入力すると自動配筋する機能や、鉄筋が交錯する部分を3次元で干渉チェックする機能、フーチングと杭の接続部で鉄筋同士の干渉を避ける機能などを盛り込んだ。

また、コンクリート構造物の寸法を変えると、配筋モデルも追従して変更する機能も設けた。そのため、配筋図を再度、作成する手間がなくなった。



フーチング幅変更前の配筋図



フーチングの幅を変更中の画面



幅が広げられたフーチングに対して、自動的に配筋が追従し、再配筋がされた

もちろん、各種配筋図面は3Dモデルから作成されるため、自動的に整合性は保たれる。

また、砂防堰堤と同様に、一度、作成した橋梁のナレッジテンプレートを、ストックとして以後の同様な設計にも再利用できるというメリットもある。

入社2年目の社員がプログラミング

BIM/CIM用の3Dパーツをナレッジテンプレート化するというと、専門のプログラミング言語などをマスターする必要があるように思えるが、その辺はどうなのだろうか。

パシフィックコンサルタンツ常務取締役の松井弘氏は「プログラミングによって、新たな機能を追加することもできますが、高度なプログラミング技術がなくてもCATIAの基本機能を組み合わせてパラメトリックモデルを構築することもできます。例えば、砂防堰堤のパラメトリックモデルは、入社2年目の社員が1カ月ほどで作成しました」と説明する。

「繰り返し行う設計や計算をコンピューターで自動化するために、これからの30代から40代前半の土木技術者は、土木設計の知識だけでなくプログラミングのスキルを持っていることも当たり前になってくるでしょう」(松井氏)。

土木構造物のBIM/CIMモデルが簡単に作れるのも、ダッソー・システムズが2010年以来、中国・上海の建設コンサルタントSMEDIと提携して、土木専用の「シビルエンジニアリング・アプリケーション」を開発したからだ。

SMEDIはプロジェクトの入札や設計に要する時間を20%削減することを目標として、3Dコンポーネントの

標準化や、迅速な3Dモデル作成手法、3Dモデルから2D図面の作成などをCATIAで効率的に行えるように開発した。

その結果、SMEDIは2014年に初のプロジェクトを実施し、2016年には10件のプロジェクトでこのアプリケーションを活用するまでになった。

パシフィックコンサルタンツでは、このアプリケーションを日本の設計基準に合わせてカスタマイズすることで、様々な構造物に対応したナレッジテンプレートを順次、開発している。

日本では生産年齢人口が今後、数十年にわたって減少を続けていく。トライ・アンド・エラーによる検討や、条件を変えた図面修正の作業などは、コンピューターにどんどん任せることによって、土木技術者一人当たりの労働生産性を上げていかないと、人手不足問題は解決できない。

CATIAのナレッジテンプレートを活用した知的労働の生産性向上は、その一つの答えとして土木分野での活用が進んでいきそうだ。



パシフィックコンサルタンツ
常務取締役
松井 弘 氏