

472918

土木技術者のための Dynamo レシピ紹介

植田 祐司

オートデスク株式会社 AEC ソリューション テクニカルスペシャリスト

日下部 達哉

オートデスク株式会社 AEC ソリューション テクニカルスペシャリスト

中村 健太郎

株式会社キタック ITプロモーションセンター 数値解析課・BIM/CIM 推進課 主任

池田 真彦

株式会社キタック ITプロモーションセンター BIM/CIM 推進課 主任

学習の目的

- Dynamo 概要紹介
- 土木構造設計と Dynamo
- ユーザー事例紹介（株式会社キタック）

説明

土木設計の自動化のための Dynamo 活用について、Dynamo が求められる背景や事例を紹介します。その後、株式会社キタック様にご登壇いただき、社内での Dynamo 活用事例をご紹介します。最後に、キタック様を交えて、自動設計や 3D モデル活用に関するディスカッションを行います。実務者の意見を元に、現場に近い声をお届けします。

スピーカーについて

- 植田 祐司 : 鋼コンクリート複合構造の修士課程を修了後、建設コンサルタントにて電力設備の土木構造・地盤の調査・設計・解析業務に従事。その後、建築・土木構造物の **3DFEM** 解析の業務を経験。オートデスク入社後は、土木分野を中心に、**AEC Collection** による **BIM/CIM** ソリューションの提案を行っている。
- 日下部 達哉 : 土木分野を中心に、**"Dynamo"** をはじめとした **BIM/CIM** ソリューションを使った業務効率化の提案に従事。
学生時代は土木工学を専攻し、学士で交通計画、修士でコンクリート材料を研究。修了後はメーカーのインハウスエンジニアとして、プラント設備の建設プロジェクトマネジメント、保全計画に従事。その後、一念発起して **Web** 開発のエンジニアに転職し、プログラミングの基礎を勉強した後、オートデスク株式会社に入社。現在に至る。
- 中村 健太郎 : 宇宙物理学の修士課程を修了後、株式会社キタックに入社。入社後 **3** 年は地質調査業務に従事。その後、**FEM** 解析及び **3D** モデル作成に従事。現在に至る。現在は、社員への **3D** モデル作成方法の伝承が課題である。
- 池田 真彦 : 学生時代は地球科学を専攻し、岩石学・火山学を研究。修士課程を中退し、株式会社キタックに入社。**5** 年間河川・砂防分野の設計・維持管理・減災計画に従事する傍ら、**3D** モデル作成のノウハウを独自に習得。その後 **BIM/CIM** の社内導入が本格化し、**AEC Collection** を中心としたフロー開拓と社員への継承を図っている。

Dynamo 概要紹介

Dynamo とは

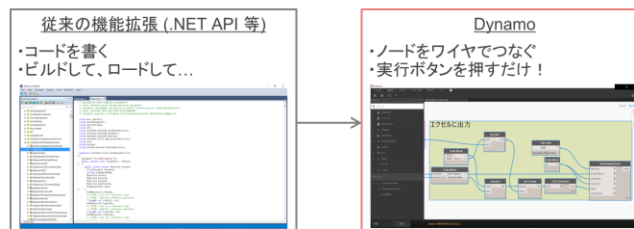
オートデスクでは、建設業界の皆様に向けて様々なソリューションを提供しています。まず、AutoCAD や Civil 3D、Revit を始めとするデスクトップ型ソリューションを、AEC Collection というパッケージとして提供しています。また、BIM 360 を始めとするクラウド型ソリューションも提供しています。さらに、製造業界の皆様に向けて提供しているソリューションを、AEC Collection と組み合わせて使用することもできます。その中で Dynamo は、AEC Collection の中でもよくお使いいただいている Revit や Civil 3D、AutoCAD の機能を、簡単に拡張できるソリューションです。



従来、このようなデスクトップ型ソリューションを拡張するには、プログラミング言語の習得、開発環境の整備など、ソフトウェア開発の専門知識が必要でした。また、逐一プログラムをビルドしてロードしないと実行ができず、やりたいことをパパッと試すにはハードルの高いものでした。そこで登場したのが **Dynamo** です。Dynamo はビジュアルプログラミングツールなので、オートデスクやサードパーティが提供しているノード（関数）を、ワイヤ（線）でつなぐだけで処理を実行できます。また、プログラムを作成した後は、実行ボタンを押すだけでプログラムを実行できます。これにより、ノンプログラマでも手軽に Revit や Civil 3D、AutoCAD の機能を拡張できるようになりました。

Dynamo とは？

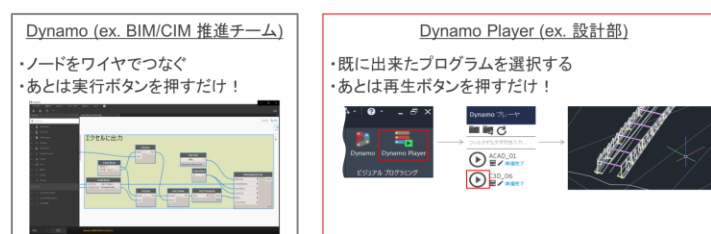
- Autodesk が提供する、ビジュアルプログラミングツール
 - コードを書くのではなく、関数(ノード)を線(ワイヤ)でつないでプログラミング
 - ビルドもロードも必要なく、実行ボタンを押すだけで実行可能
 - 単独で使用したり、Revit や Civil 3D の機能を拡張したり



Dynamo には **Dynamo Player** という機能もあります。これは、すでに出来上がった **Dynamo** のプログラムをワンクリックで実行する機能です。**Dynamo Player** を操作する人は、**Dynamo** のプログラムの中身がどのように組み立てられているか知ることなく、プログラムを実行できます。例えば、**Dynamo** のプログラムを **BIM/CIM 推進チーム** で作成して、**Dynamo Player** を設計部で使ってもらふ、という使い分けが考えられます。実際に、そのような取り組みを進めている企業が出始めていますが、それは後半の「顧客事例紹介」にて紹介します。

Dynamo Player とは？

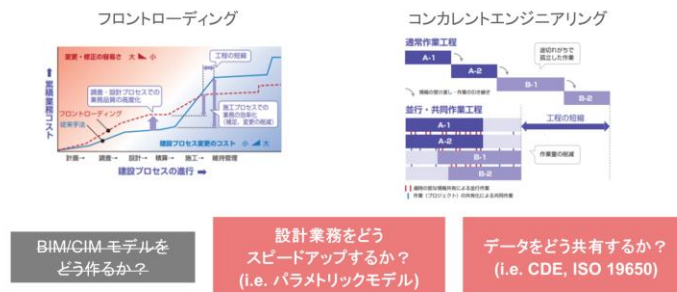
- 誰かが作った **Dynamo** プログラムをワンクリックで実行する機能
 - Dynamo**: ノードをワイヤでつないで、自らプログラムを作成
 - Dynamo Player**: 既に出来たプログラムを再生、中身は知らなくてオケー！



Dynamo 登場の背景

Dynamo のどこに可能性があるのでしょうか？ それを考える前に、**BIM/CIM** の目的から復習します。国土交通省の出している **BIM/CIM 活用ガイドライン** の冒頭に、**BIM/CIM** の目的は「一連の建設生産・管理システム全体の効率化・高度化を図ること」とあります。その「システムの効率化・高度化」の具体例として、設計の初期から設計照査や施工前検討を進める「フロントローディング」、複数の工程を同時に進める「コンカレントエンジニアリング」、などが挙げられています。**BIM/CIM** モデルはあくまでも、「システムの効率化・高度化」を実現するためのツールです。

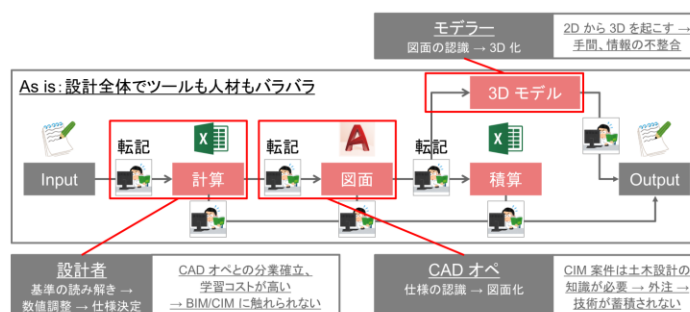
BIM/CIM = “システムの効率化・高度化”



出典: 初めての BIM/CIM
(http://www.nilim.go.jp/lab/qbg/bimcim/bimcim1stGuide_R0109_hidaritojiryomen_0909.pdf)

しかし、現状の BIM/CIM 案件の設計プロセスは「効率的・高度化」が図られているとは言えません。設計者は発注者から資料をもらって、それらを目視で見て転記しながら、様々な計算を行って設計案を固めていきます。次に、それを目視で確認しながら CAD オペレータが二次元の図面を書き、最後にようやく BIM/CIM モデルが立ち上がります。これには幾つかの問題があります。まず、BIM/CIM ツールの学習コストの高さや、設計と作図の分業体制が長く続いたことの影響で、設計者が BIM/CIM モデルに触れる機会がありません。これでは、設計の初期段階から BIM/CIM モデルを活用する「フロントローディング」が実現できません。また、BIM/CIM ツールは人材育成に時間を要するので、BIM/CIM モデルの作成を外注に依頼しがちです。これでは、社内に BIM/CIM ツールに関するノウハウが蓄積されません。加えて、現状では二次元の図面を作成した後に三次元の BIM/CIM モデルを作成することが多いです。これでは、手間も余計にかかり、情報に不整合が生じます。

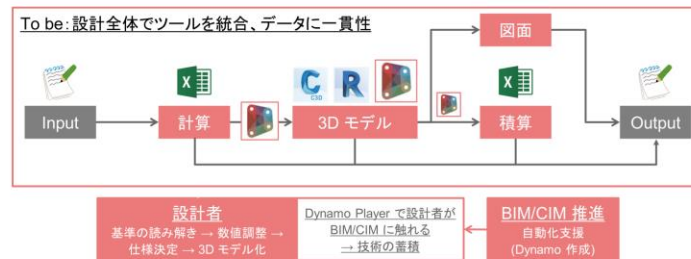
では、今の“システム”は？



Dynamo は、これらの問題に対処します。Dynamo は、Revit, Civil 3D と Excel の間のデータ連携や、Revit, Civil 3D 上での自動モデリングを可能にします。そして、Dynamo Player を介して Dynamo のプログラムを多くの設計者に横展開することができます。これにより、設計の初期段階から BIM/CIM モデルを活用する「フロントローディング」が実現できます。設計の初

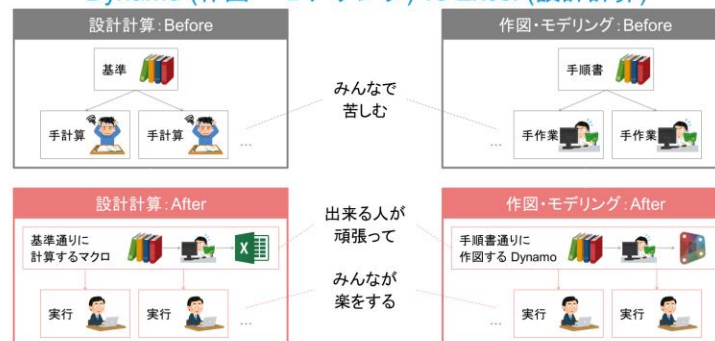
期段階で多用する Excel と BIM/CIM モデルがつながること、BIM/CIM ツールの学習コストが下がること（人材育成が進むこと）、がその理由です。

Dynamo で“システム”はどう改善されるか



このような自動化は、既に計算段階では「Excel マクロ」という形で実現されていることと思います。Excel マクロと土木設計の両方に長けた人材が一人いれば、その人の知見を Excel マクロに集約し、数多くの設計者で使いまわすことができます。私も実務者時代、先輩の作成した Excel マクロで建屋基礎の鉄筋量照査をしていたものです。それを BIM/CIM モデリングに当てはめたものが Dynamo なのです。

Dynamo (作図・モデリング) vs Excel (設計計算)



もちろん、Dynamo は万能な自動化ツールではありません。Revit, Civil 3D, AutoCAD の自動化ツールとしては、Dynamo の他にも、開発環境なしで作成できるマクロ（SharpDevelop, AutoLISP など）や、開発環境を準備して作成するアドイン（ObjectARX, .NET API など）があります。アドインをクラウドサーバで実行する Forge という技術もあります。費用や開発期間、技術的なハードルを考えると、Dynamo は最も手軽な自動化ツール、「今日から部署内でできる業務改善ツール」といえます。ただし、機能や運用規模では制約があるでしょう。

Dynamo vs 他の自動化ツール

	Dynamo (ローコード)	.NET API 等 (アドイン)	Forge Design Automation API
動作環境	デスクトップ	デスクトップ	クラウド
ビルド	不要	必要	必要
開発環境	不要	必要 (Visual Studio)	必要 (Visual Studio)

小 ———— 費用 開発期間 技術的ハードル ———— 大

小 ———— 機能 運用規模 ———— 大

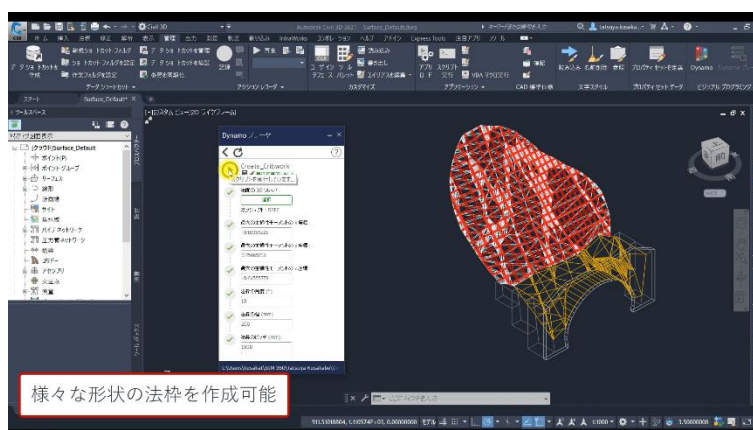
「今日から出来る業務改善」は Dynamo から

自動モデリングの Dynamo 活用

ここからは、Dynamo を活用した自動モデリングの例を、二つお見せします。

Civil 3D で法枠を自動モデリング

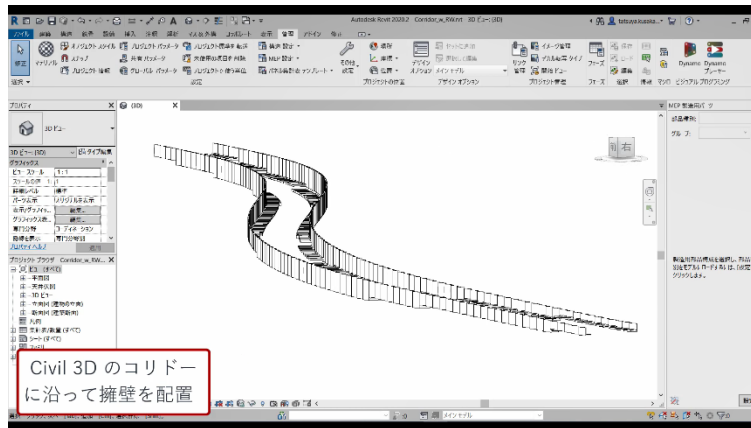
Civil 3D で作成した法面に対して、格子サイズや枠幅をパラメトリックに設定し、自動的に法枠を作成できます。AutoCAD の機能でもモデリングは可能ですが、座標系の変換が必要で、手作業で一つ一つ枠をモデリングする必要があるため、時間も技術も要します。モデルを作り直す際は、手作業では一から作り直して 30 分程度かかりますが、Dynamo ではパラメータを変えて実行し直すだけ。ものの 10 秒足らずで新しいモデルを作成できます。



CIVIL 3D で法枠を自動モデリング

Civil 3D で作成した道路に沿って、Revit でプレキャスト擁壁を自動割付

Civil 3D で作成したコリドー（道路の三次元モデル）の情報を Revit に読み込み、一定の根入れ長を確保しながら、プレキャスト擁壁を割り付けることができます。道路端に沿った割付図を出力することも可能です。従来は、各測点の計画高や地盤高とプレキャスト擁壁の図面を比較しながら、手作業で割付を行う必要がありました。



CIVIL 3D で作成した道路に沿って、REVIT でプレキャスト擁壁を自動割付

土木構造設計と Dynamo

AEC Collection には複数のソフトウェアがあり、それらを組み合わせて活用することが重要です。土木構造設計では特に、土木構造物の BIM/CIM モデルを作成する Revit と、構造解析ソフトの Robot Structural Analysis（以下、RSA）を活用することができます。さらに Dynamo を活用することで、高度なモデル作成や構造解析との連携を行うことができます。

構造物モデル作成への Dynamo 活用

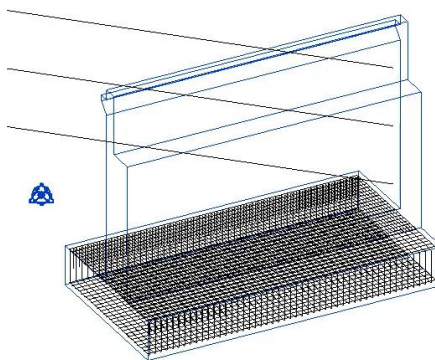
Revit で土木構造物の BIM/CIM モデルを作成する際、Dynamo を活用することでモデリングの自動化や、GUI 入力では難しい複雑なモデルの作成を行うことができます。

Excel の情報を読み込んでパラメータ変更・3D 配筋モデルの自動作成

構造物の形状を決めるために構造計算を行う際、専用ソフトウェアで計算した結果を Excel にまとめている場合や、計算自体を Excel で行っている場合があります。いずれの場合でも、計算結果は Excel に整理されているため、Dynamo を使うことでその情報をモデリングに活用することができます。

鉄筋も同様に、Excel に整理された情報を読み取り、自動で 3D 配筋モデルを作成することができます。3D 配筋を GUI でモデル化するに多くの労力を費やしている場合、Dynamo による自動化で作業を短縮でき、転記・手入力によるミスを削減することができます。

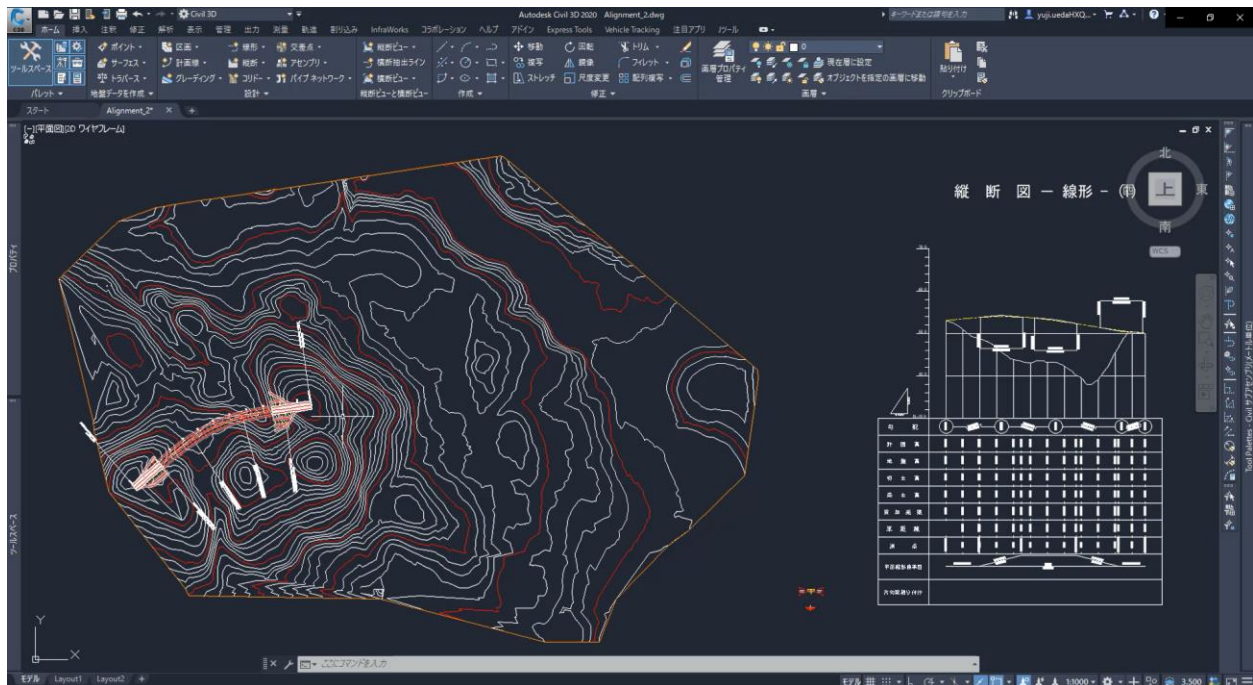
配筋 フーチング	値
主筋 前足 下端 規格	D22
主筋 前足 上端 規格	D16
主筋 前足 下端 かぶり	150
主筋 前足 上端 かぶり	150
主筋 前足 下端 ピッチ	300
主筋 前足 上端 ピッチ	300
主筋 後足 下端 規格	D16
主筋 後足 上端 規格	D25
主筋 後足 下端 かぶり	150
主筋 後足 上端 かぶり	150
主筋 後足 下端 ピッチ	300
主筋 後足 上端 ピッチ	150
配力筋 規格	D13
配力筋 ピッチ	300
スターラップ 規格	D16
スターラップ ピッチ	1500



Excel に整理された鉄筋情報を読み込んで自動配筋

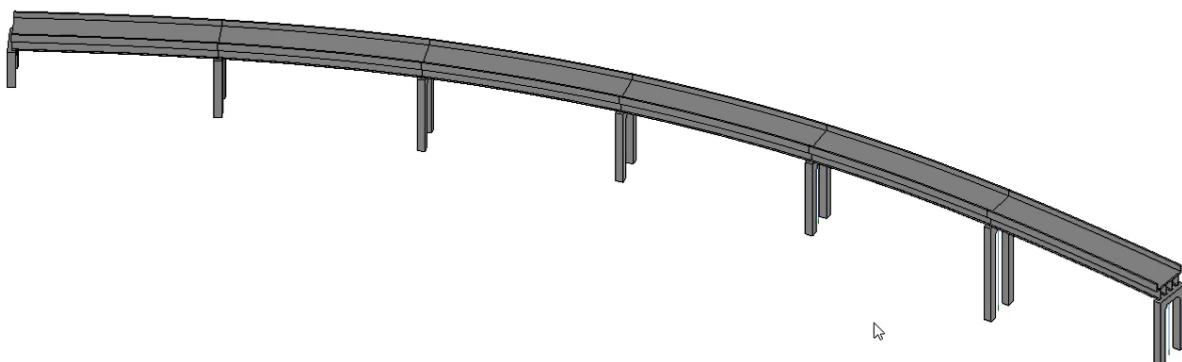
曲線橋梁の自動モデリング

Revitで構造物を作成する際、Civil3Dのデータとの連携も重要です。例えば、橋梁のBIM/CIMモデルを作成するワークフローには、Civil3Dで作成した線形情報が必須です。Civil3Dの線形情報をRevitで活用する方法はいくつかありますが、Dynamoによる連携が効果的です。



CIVIL3Dで作成した道路線形

さらに、曲線橋梁モデリングをGUIで行うには、複雑すぎる場合があります。Dynamoを使えば、Civil3Dの線形に沿った複雑な曲線橋梁モデルを、自動的に作成することができます。また、桁数や桁間隔、対傾構の配置間隔などが設計の過程で変更された場合でも、Dynamo Playerで入力パラメータを変更することで、瞬時に変更を反映することができます。



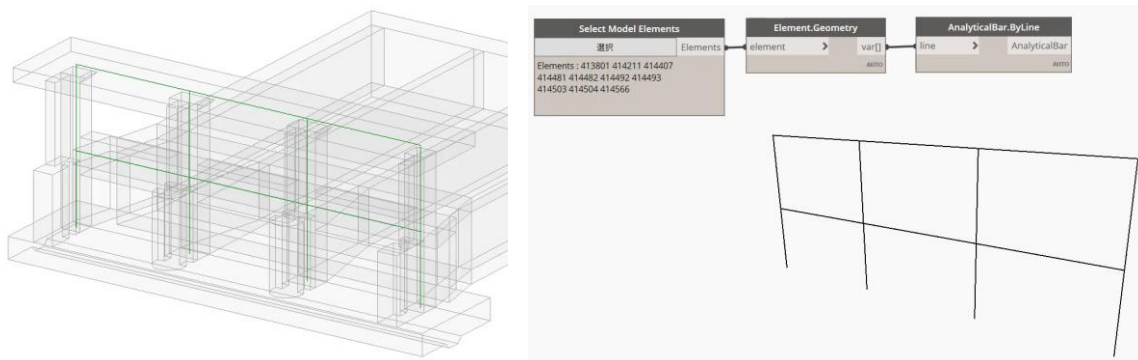
自動作成された橋梁モデル

構造解析の Dynamo 活用

RSA は Revit との相互連携機能を標準搭載しており、Revit で一定の条件を満たしたモデルを作成すれば、RSA で使用する解析モデルが自動的に作成されます。一方で、土木構造物を Revit でモデリングする場合、モデル作成の過程によっては標準機能での連携が難しい場合があります。Dynamo を活用することで、Revit で作成した土木構造物モデルをもとに、RSA で使用できる解析モデルを作成できます。

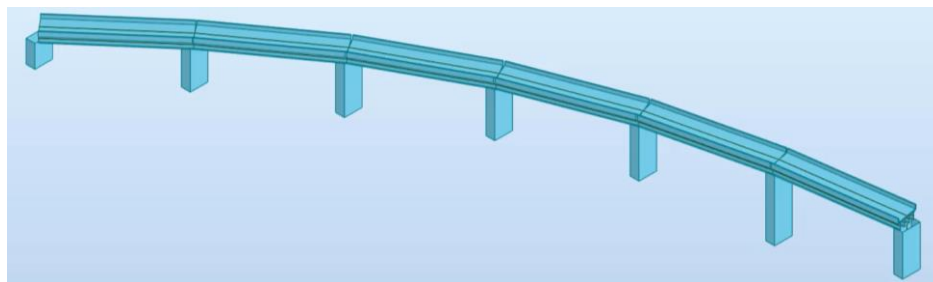
Dynamo を使った解析連携

Revit で作成した土木構造物のうち、一部分だけを構造解析したい場合には、Dynamo を活用してください。例えば、GUI で仮の解析線をモデル線分で作成し、Dynamo を使って RSA の解析モデルとして転送することが可能です。転送した解析モデルは RSA 上で条件設定し、解析を実行することができます。



樋門モデルにモデル線分を作成し、解析線として転送

さらに高度な Dynamo の活用方法として、モデルを自動作成すると同時に解析モデルを作成することが可能です。前述した曲線橋梁を自動作成する Dynamo では、ファミリー配置のための基準線を作っています。ここではその基準線を、解析線分として RSA に転送しています。土木構造物を Dynamo を使って自動配置する場合、点や線の情報をあらかじめ Dynamo 内で作成する事が多いため、RSA の解析モデルとして活用することができます。



自動作成した橋梁モデルをもとに、RSA に解析モデルを転送

ユーザー事例紹介(株式会社キタック)

Dynamo 活用に至った経緯

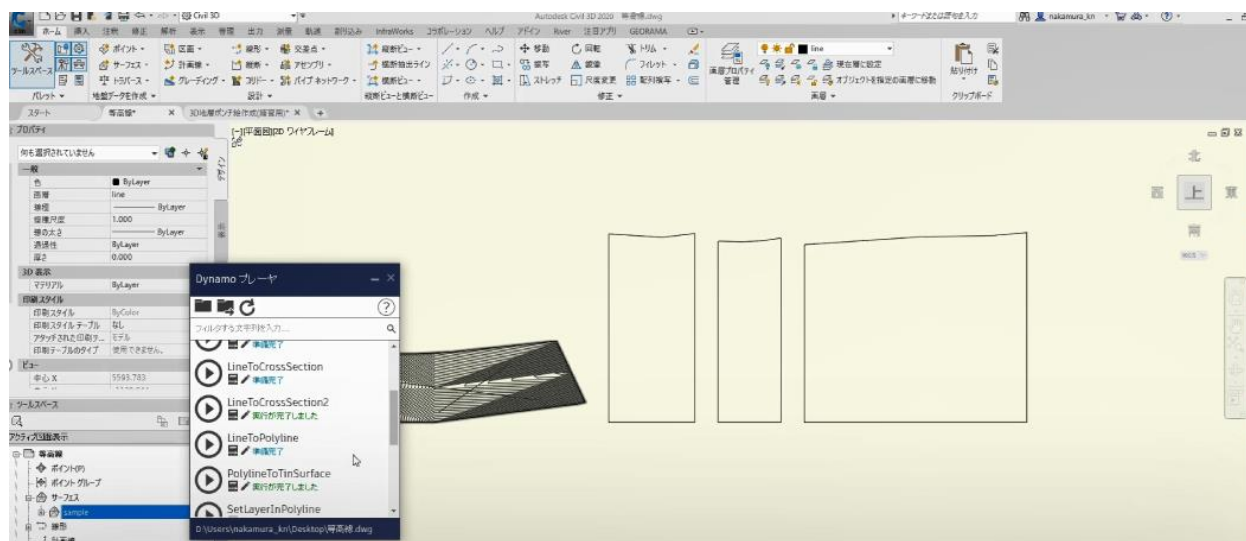
土木業界全体で、設計成果物の 3 次元化が進行しています。それに伴い、地質調査業でも、3 次元化への対応が求められてきています。

一方弊社では、未だに AutoCAD LT を使って線を引いたり、ハッチングをかけたりと従来の作業を継続しており、2 次元の地質断面を作成しているのが現状です。業界全体の 3 次元化への流れに対応すべく、Civil3D を活用して 3 次元地質モデルの作成に取り組み始めたものの、関係する全ての技術者が、すぐに Civil3D の操作方法を習得するのは難しいことが課題になってい

ます。そこで、Dynamo を活用して、Civil3D の操作ができない技術者でも 3 次元地質モデルが作成できるツールを作成することにしました。

作成した Dynamo の使い方

作成した Dynamo は、Civil3D の操作方法がわからない技術者が使えるようになっています。複数の Dynamo を、Dynamo Player で順を追って実行していくことで、3 次元地質モデルが作成できます。また、地層線の作図などの一部作業は、Dynamo の実行に合わせて AutoCAD LT と同様の操作で、技術者が入力していきます。完全にプログラム化できない部分は手作業にすることで、技術者の判断を自動化の中に取り入れることができました。



DYNAMO PLAYER で 3 次元地層モデルを作成していく

Dynamo によって得られた効果

この **Dynamo** を活用することで、これまでは地質断面図を受け取ってから 2 週間～1 ヶ月程度かかっていた作業が、2 日間（残業なし）で作成することができました。加えて、**Civil3D** の操作がわからない技術者でも 3 次元地層モデルが作成できるようになりました。

また、**Dynamo** を使って **Civil3D** の機能を知ったことで、**Civil3D** のトレーニングに参加するなど、積極的にソフトを活用しようとする技術者も出てきました。**Dynamo** によって **Civil3D** の機能を理解することで、ソフト自体への学習意欲の向上にも効果があることもわかりました。

今後 Dynamo によって効率化したい業務内容

上記の 3 次元地質モデル作成の **Dynamo** では、一部で専用ソフトを使っています。しかし、今回の **Dynamo** を開発する中で、その部分も **Dynamo** で行うことが可能だと感じています。すべての作業を **Dynamo** で完結させることが次の目標です。

また、構造物の 3D モデルの作成にも **Dynamo** の活用を考えています。堰提等の 3D モデルを自動作成するための **Dynamo** を開発中です。さらに構造物モデルの作成にあわせて、設計上の空間的な制約条件を生成し、検証まで一連で可能な形として **Dynamo** 開発に取り組んでいます。