



BIMによる構造設計

オートデスク株式会社
テクニカルスペシャリスト本部
建設ソリューション インダストリースペシャリスト

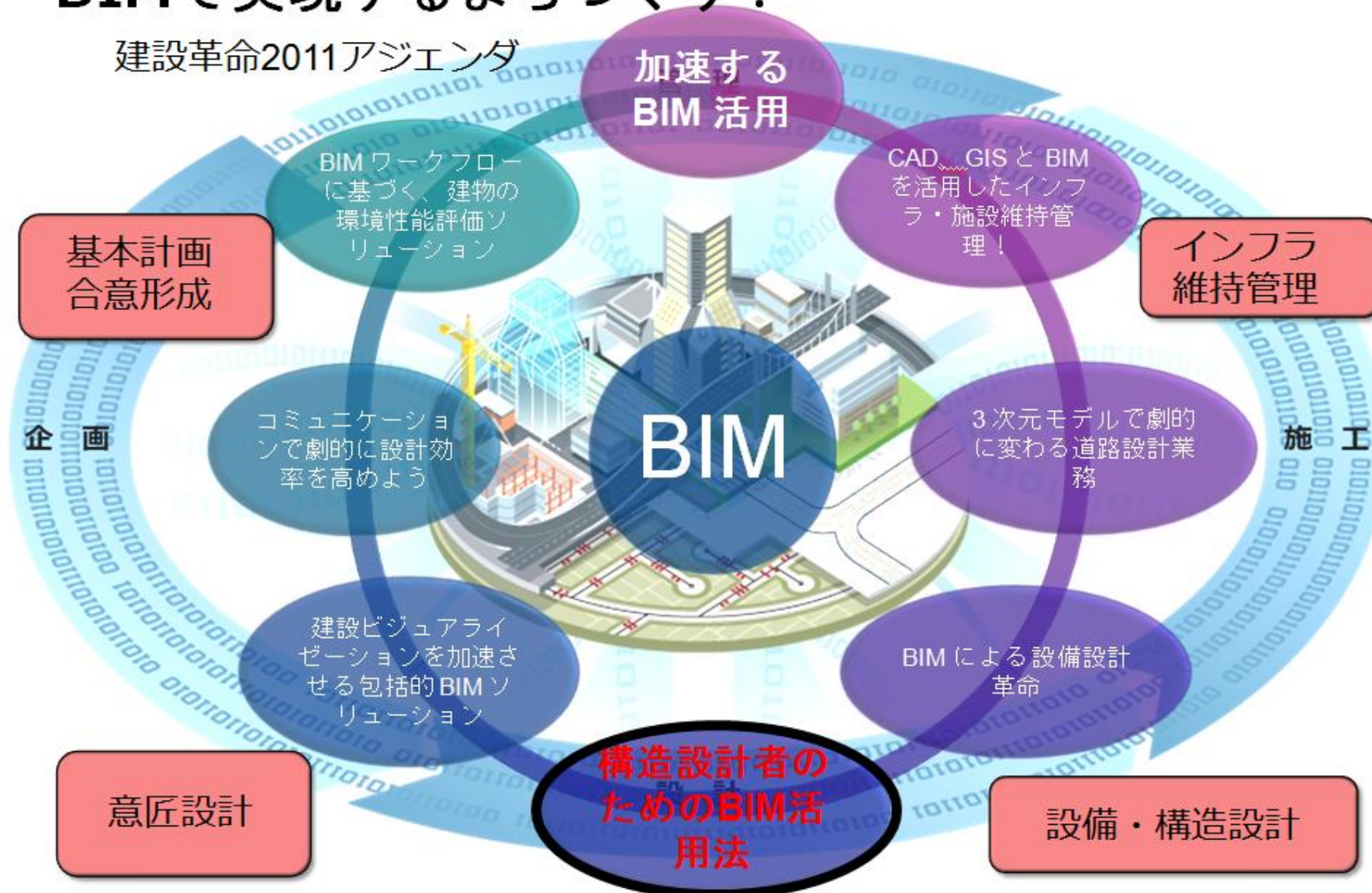
川崎 育将

昨年の建設革命2011では？

- 構造設計者のためのBIM活用法
- ～構造モデリングから構造解析へ～

BIMで実現するまちづくり！

建設革命2011アジェンダ





Autodeskの「BIM」とはプロジェクト情報データベースに連動した3Dモデル技術であり、それらのプロセスを改善していくこと。

構造設計BIM

意匠

構造

設備

業務プロセスの効率化

構造解析

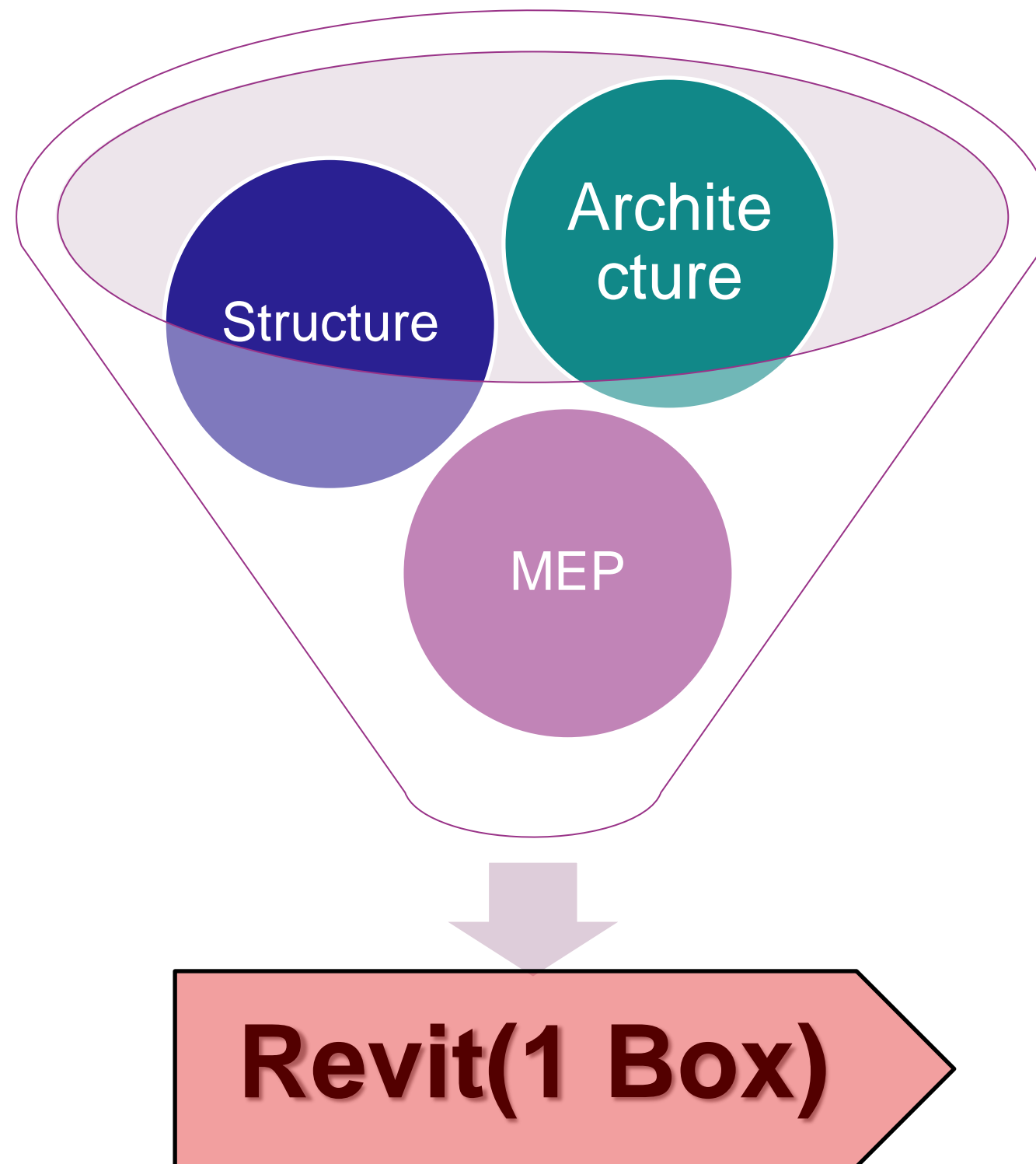
伏図

軸組図

断面図リスト

建設プロセスの
効率化

意匠・構造・設備との連携（Autodesk Revit）



構造設計BIM

意匠

構造

設備

業務プロセスの効率化

構造解析

伏図

軸組図

断面図リスト

建設プロセスの
効率化

構造モデルと解析の連携



Autodesk® 360 Structural Analysis for
Autodesk Revit* (クラウド)



Autodesk Robot Strucual Analysis
Professional (任意解析ソフト：双方向
連携)

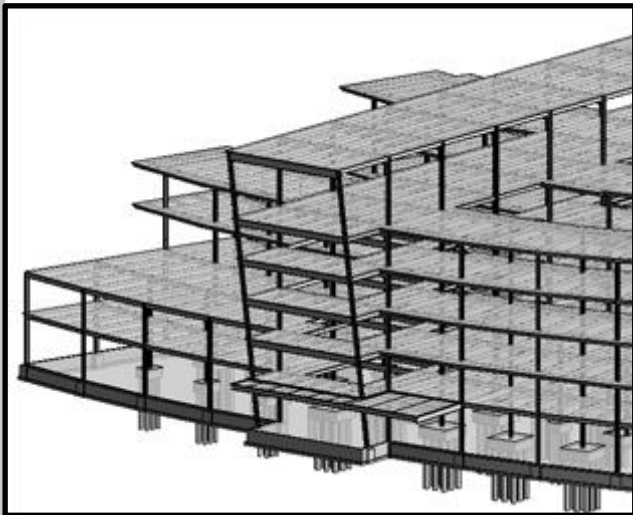


Super Build/SS3 (一貫構造解析)

Early Structural Design and Analysis: Workflow

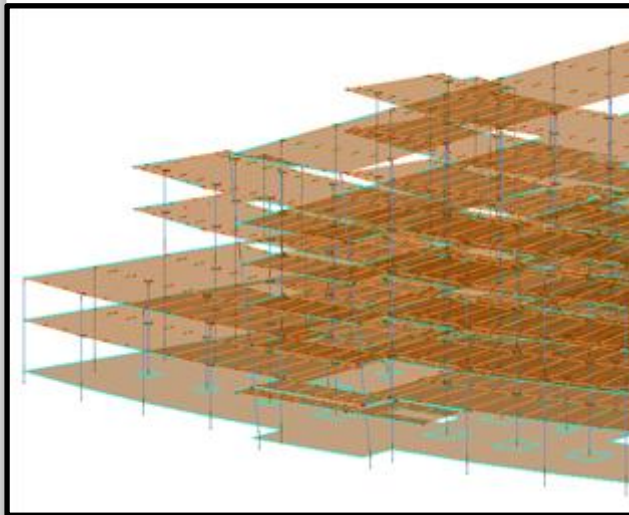


Physical Model



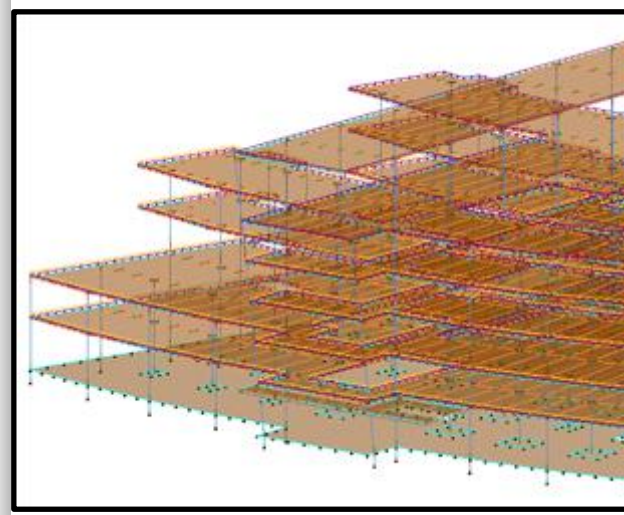
Autodesk Revit

Analytical Model



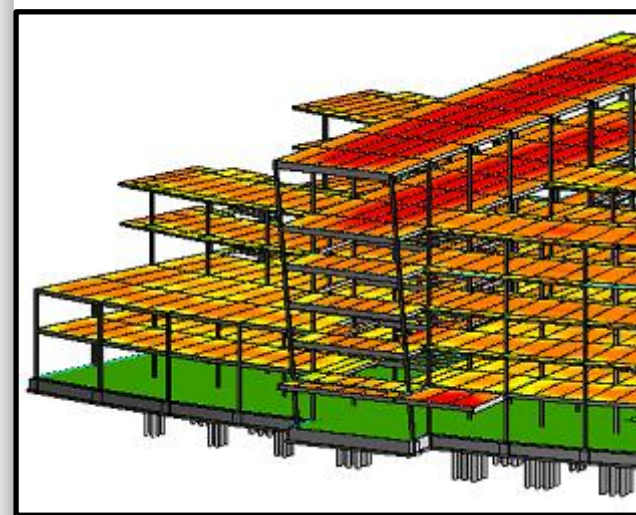
Autodesk Revit

Loads & Boundary Conditions



Autodesk Revit

Analysis

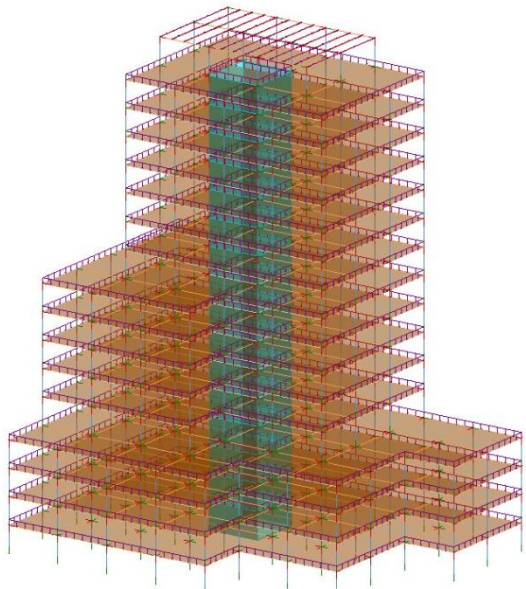


Autodesk 360 Structural
Analysis for Autodesk Revit

Detailed Structural Analysis: Workflow

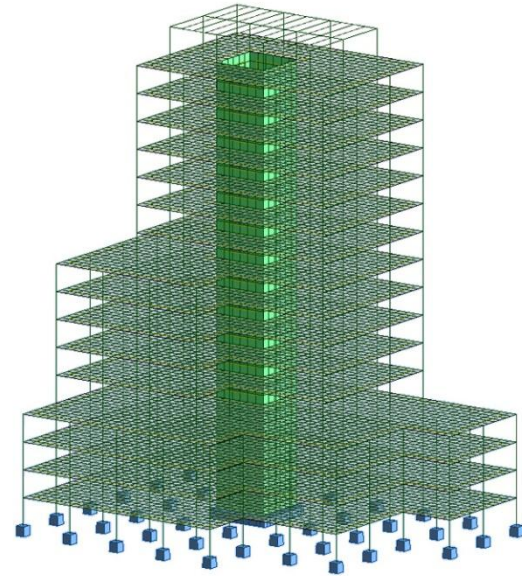


Structural Modeling



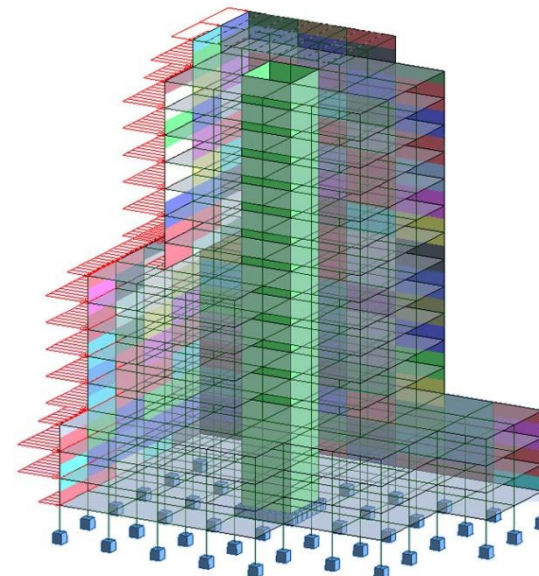
Autodesk Revit

Analytical Adjustment



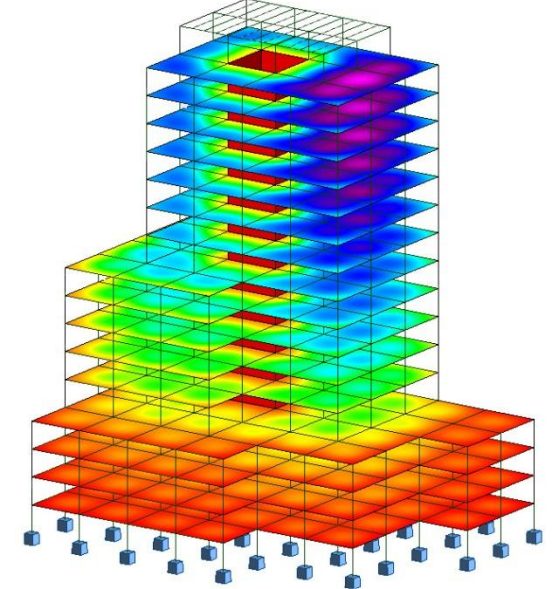
Robot Structural Analysis
Professional

Additional Loads



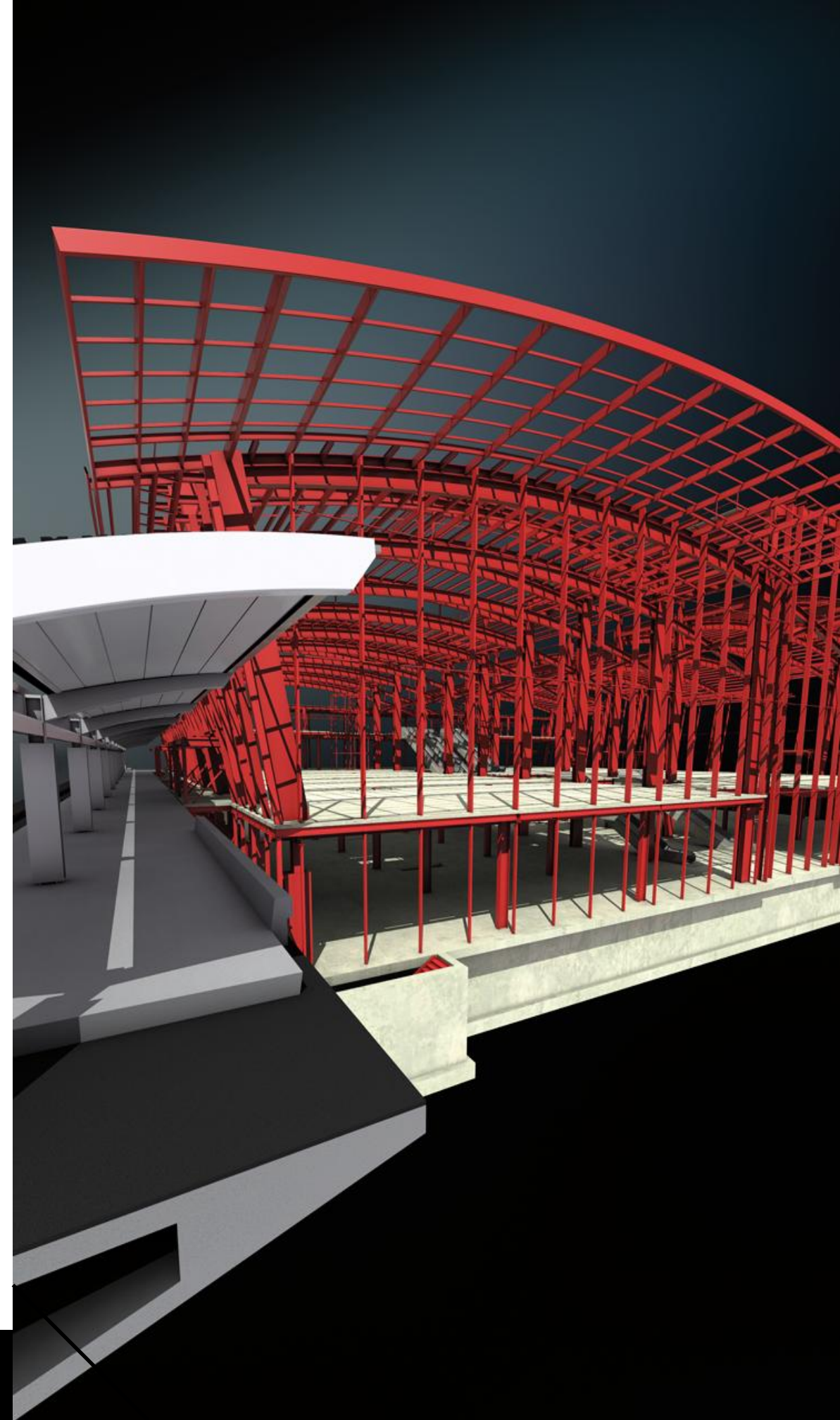
Robot Structural Analysis
Professional

Detailed Analysis



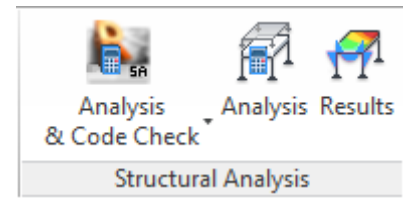
Robot Structural Analysis
Professional

Autodesk® 360 Structural Analysis for Autodesk Revit* (クラウド)



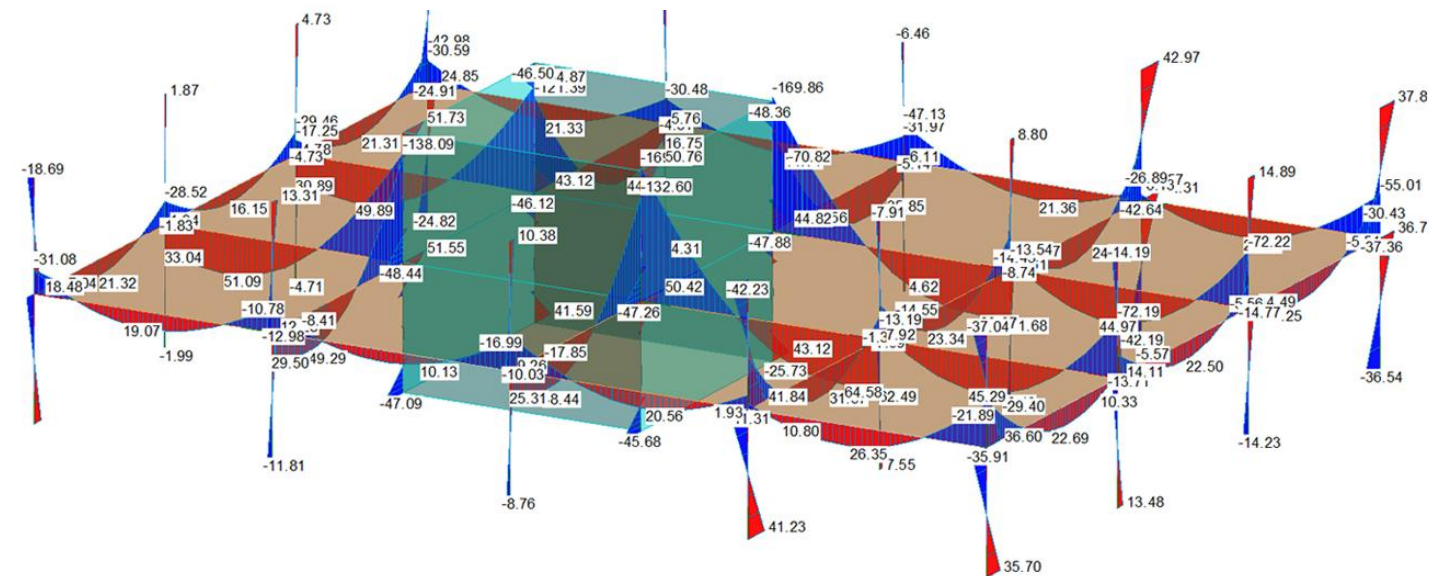
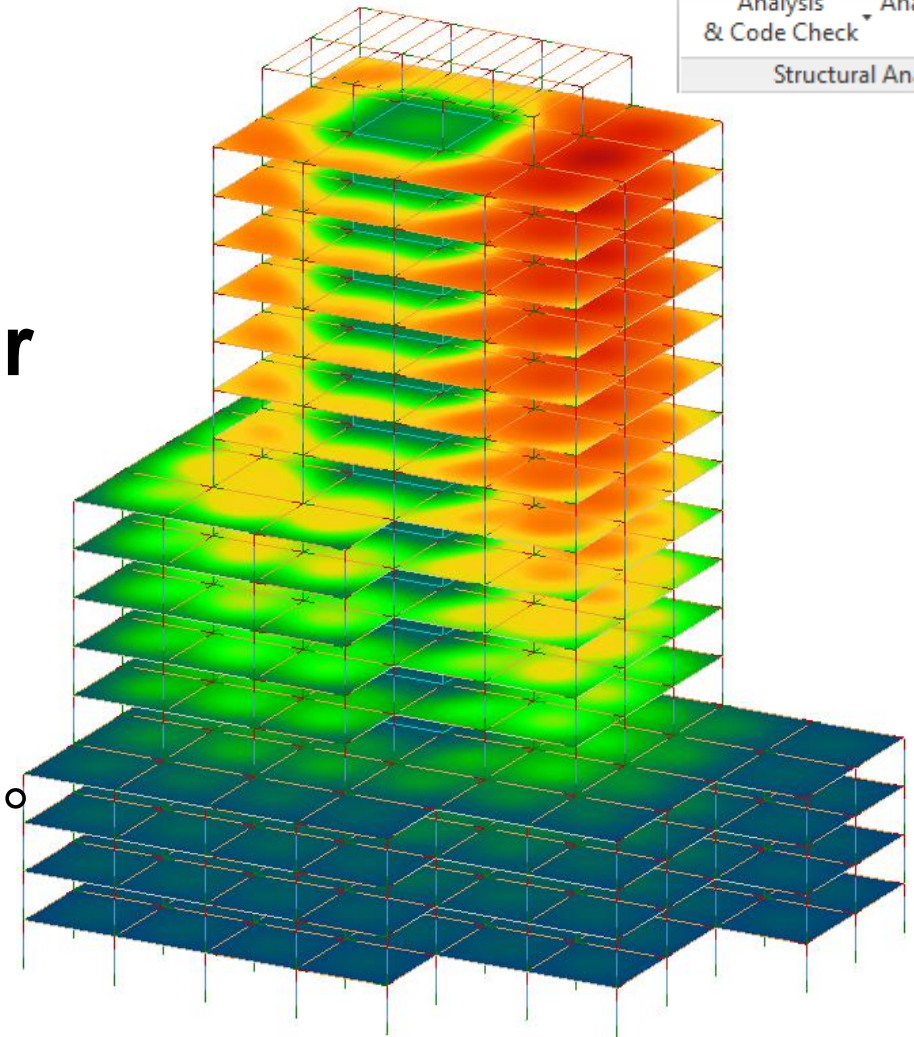
構造設計

Autodesk Revit 2013



Autodesk® 360 Structural Analysis for Autodesk Revit*

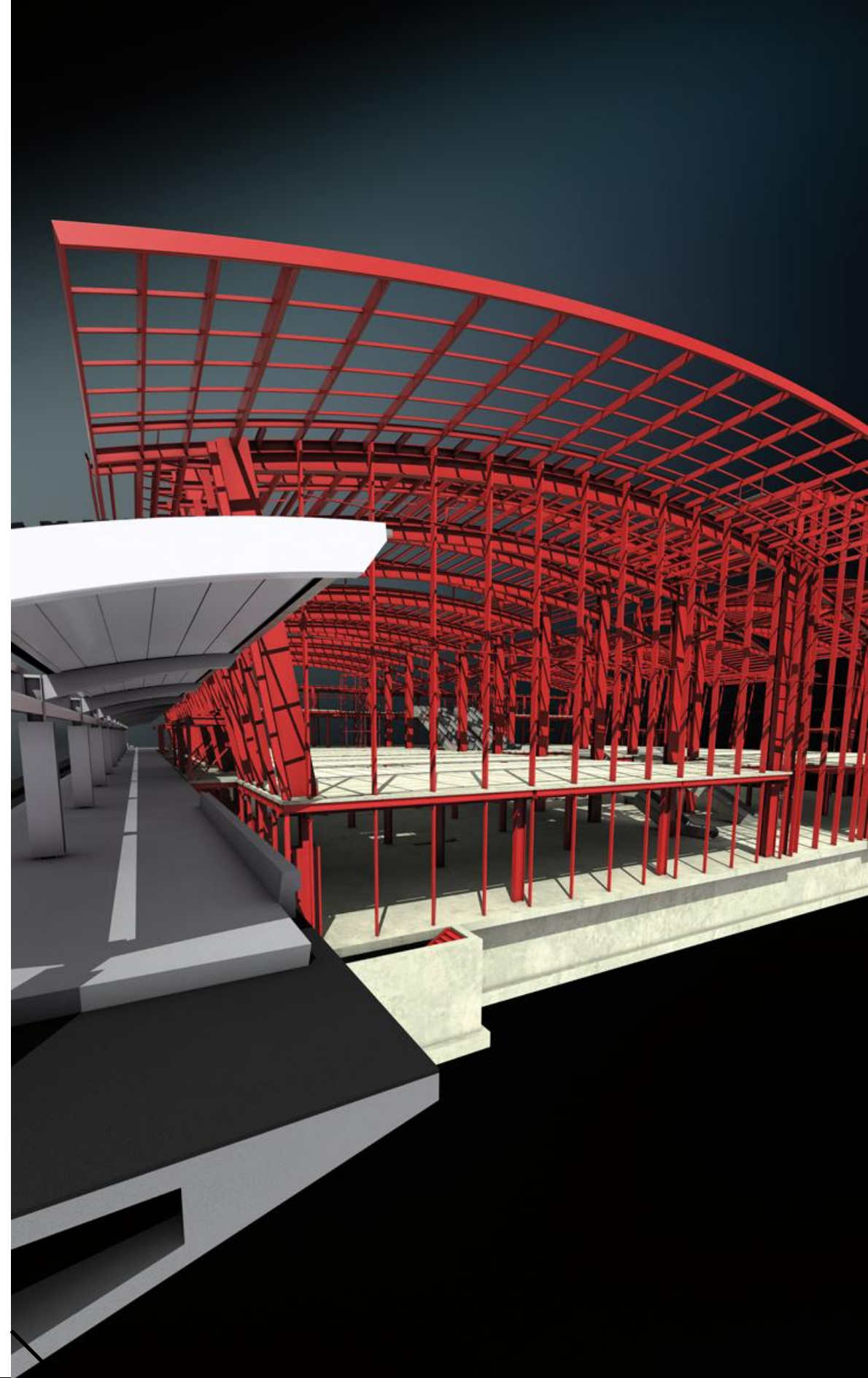
- 設計モデルをクラウドへ。
- クラウド上で3Dフレーム・FEMの静解析。
- 解析結果を可視化して確認。



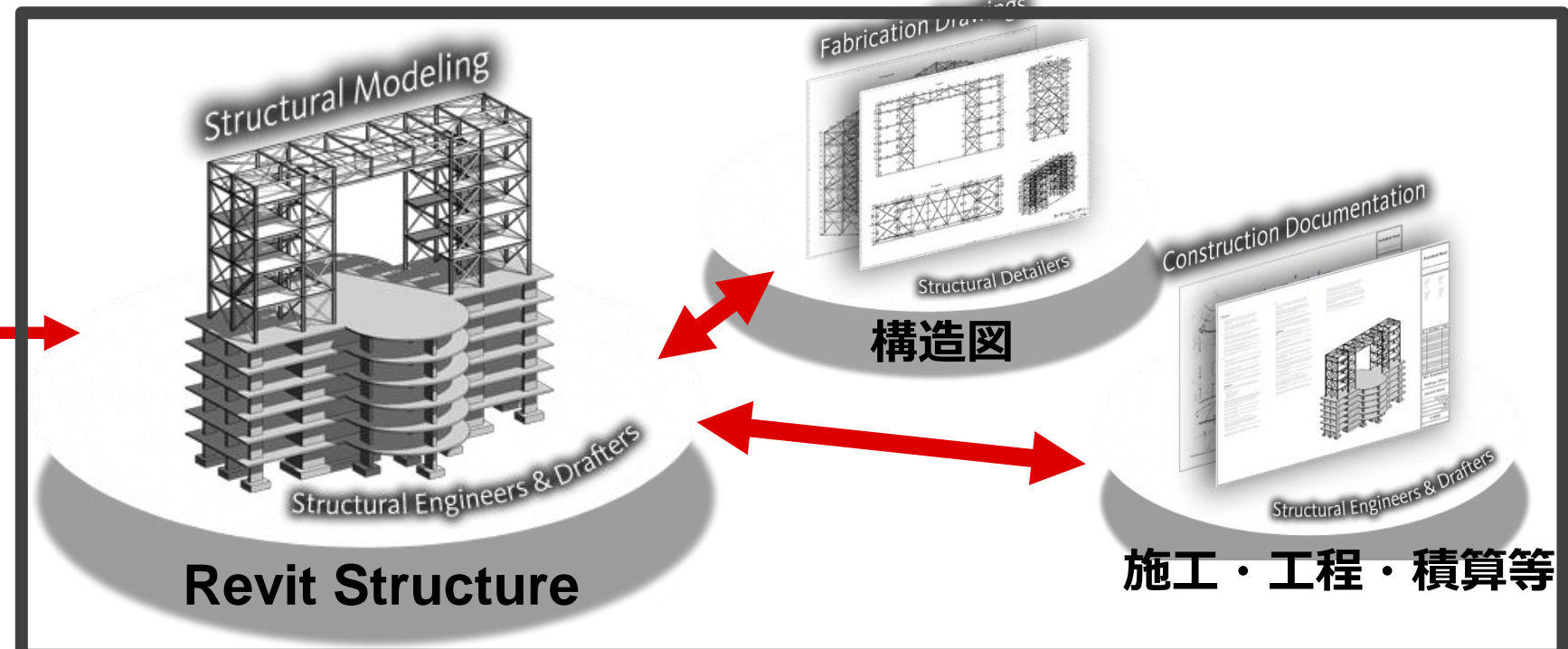
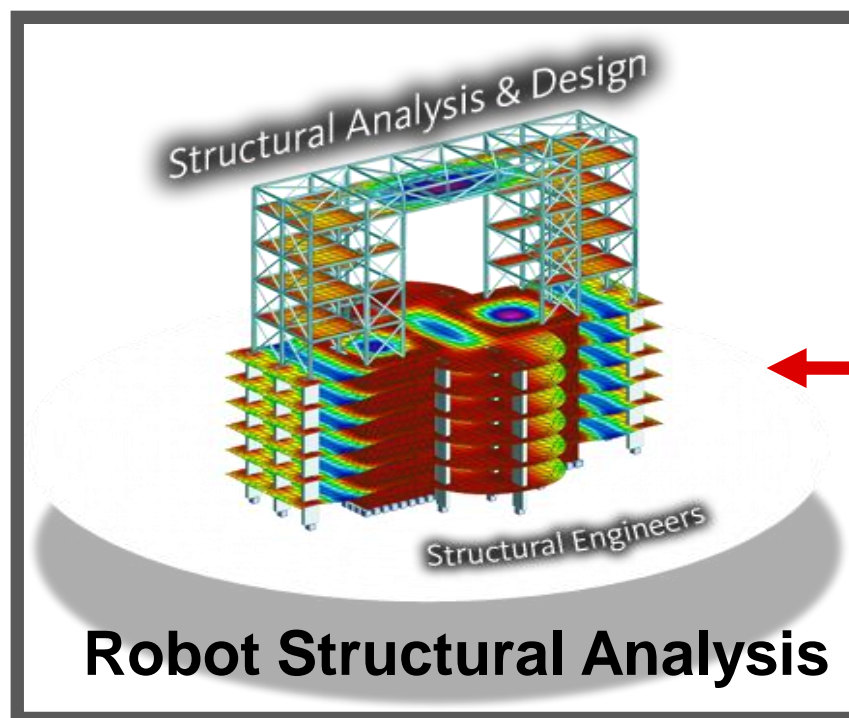
クラウドをベースにし、設計・
解析プロセスを合理化。

*Available to Autodesk Subscription customers of Autodesk Building Design Suite 2013 Premium and Ultimate Editions during the term of their subscription.

Autodesk Robot Structural Analysis(Robot)

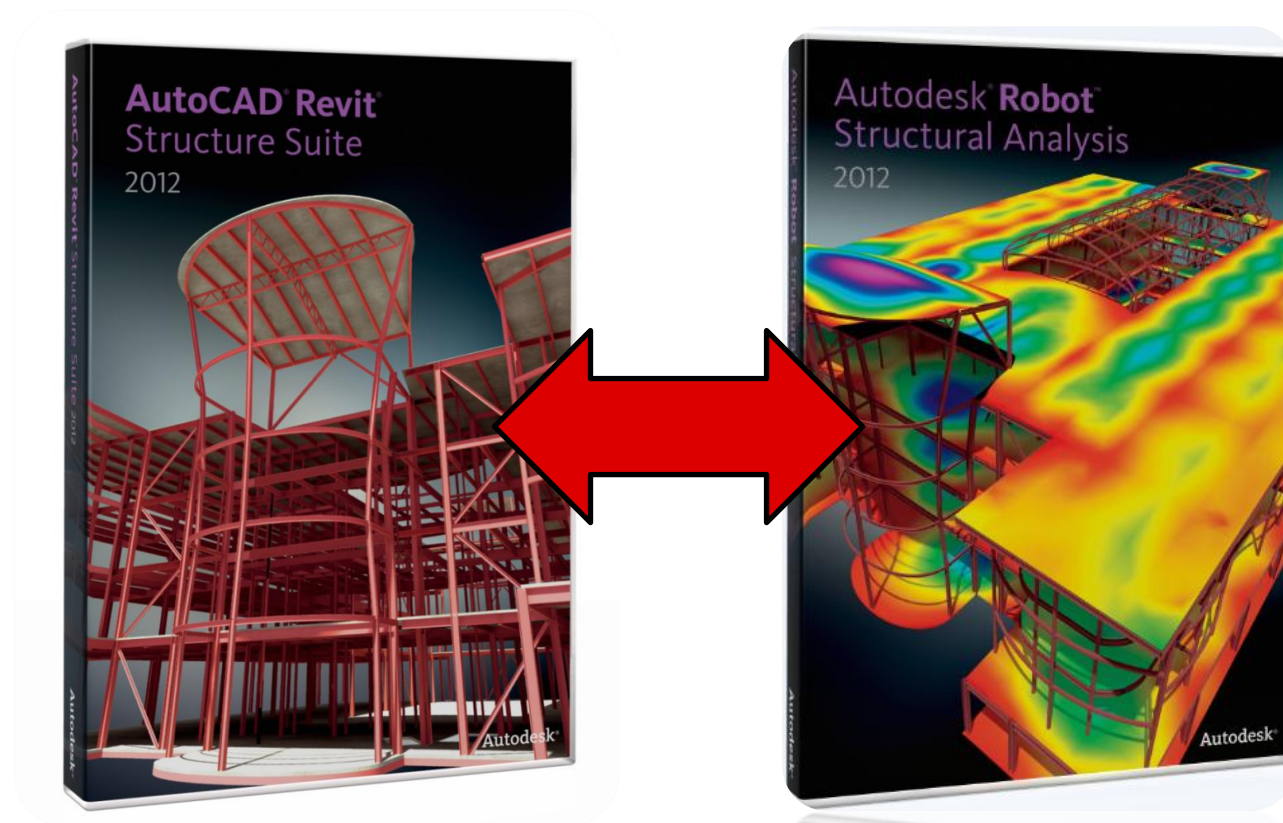


構造設計者ワークフロー

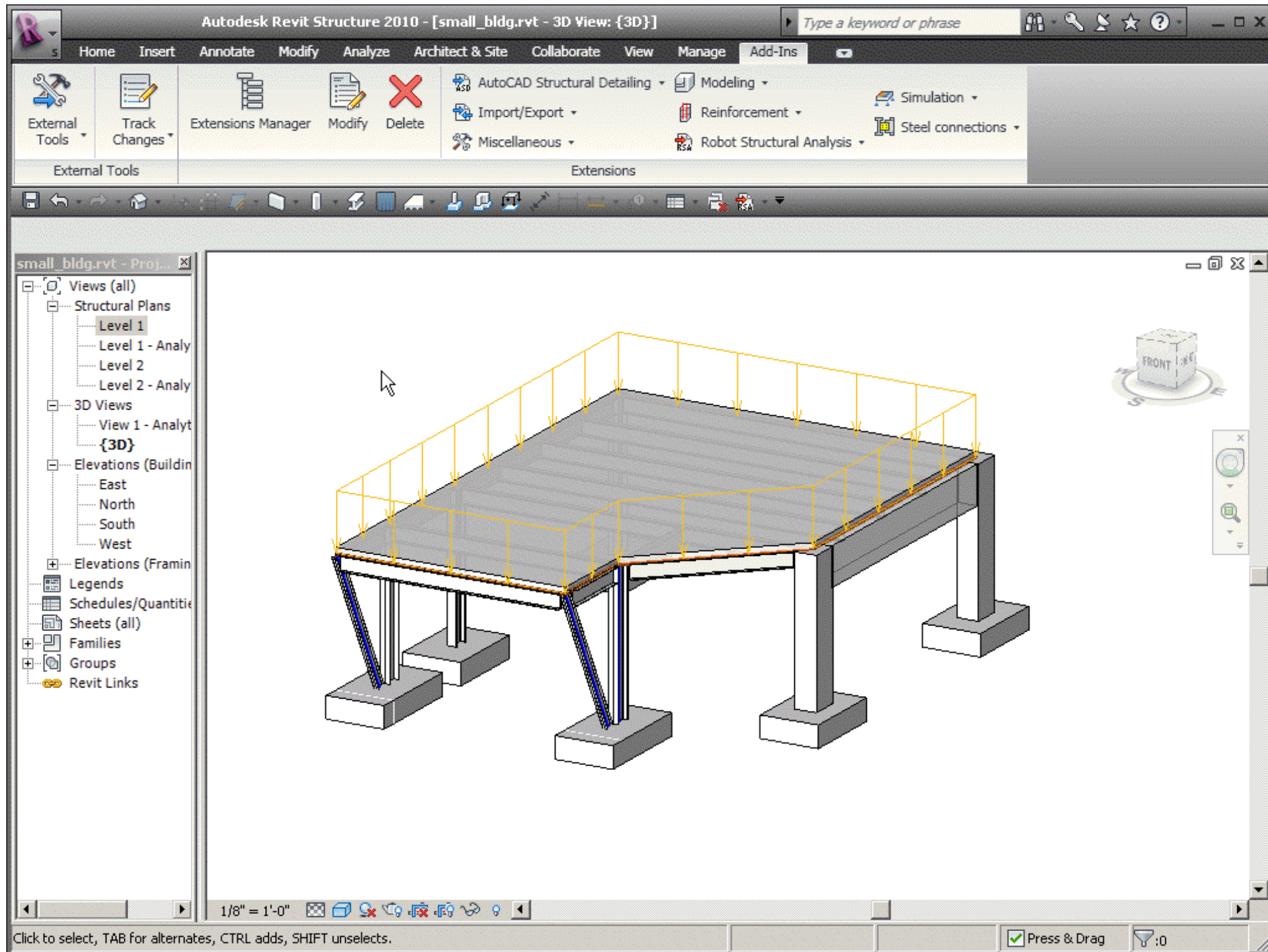


Autodesk Robot Structural Analysis(Robot)とは？

- Robotは、BIM(Building Information Modeling)のコンセプトを取り入れた、建築構造設計と土木構造設計のための構造解析ツールです。Autodesk Robot Structural Analysisは構造モデルの作成から解析実行、解析結果の確認までを単体で完結することができます。また、**Revit Structureで作成したモデルを使用したシームレスな構造解析・構造設計も可能です。**



解析 (Robot) ↔ モデル (Revit Structure) との双方向連携



Autodesk Robot Structural Analysis

Benefits

コラボレーション

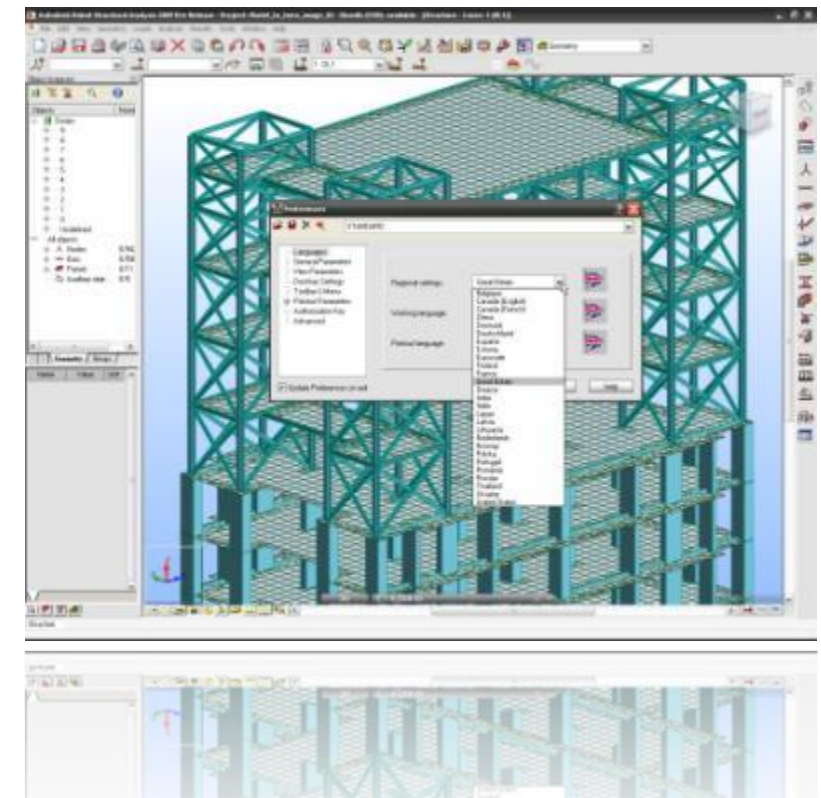
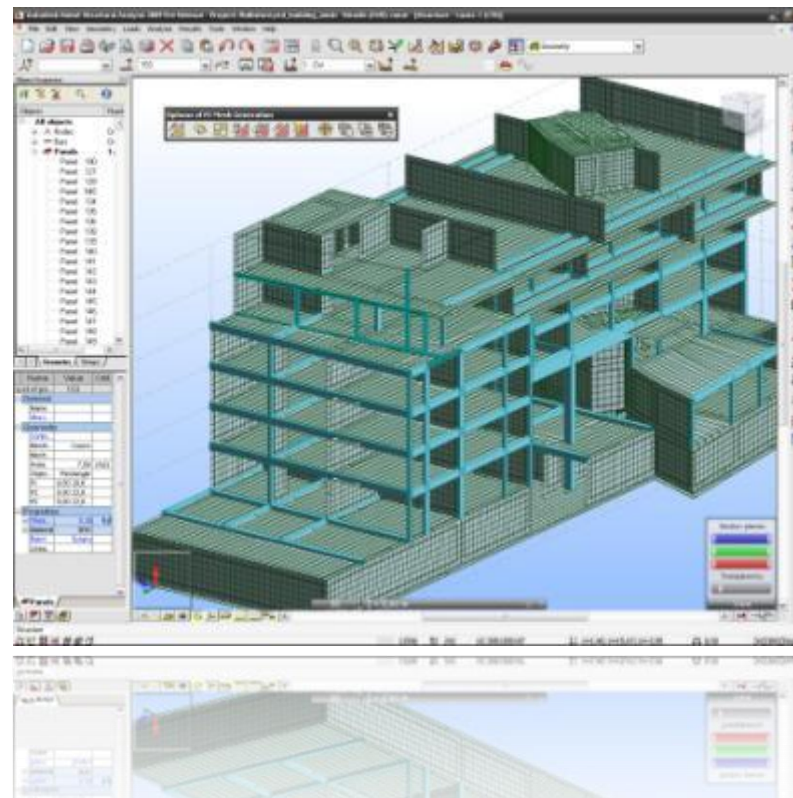
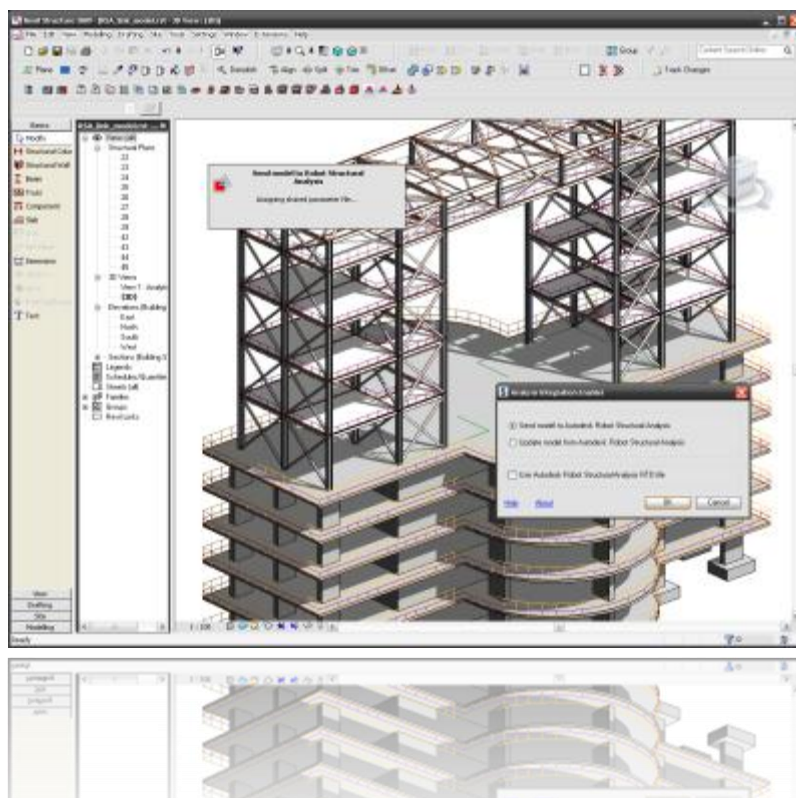
- Revit® Structureとの双方向性リンク

スピード

- 様々な自動メッシュ作成機能による有限要素法での解析

汎用性

- 諸外国の設計コードの利活用



主な解析機能

フレイム解析機能（2D/3D）

静的線形FEM解析

材料非線形解析

幾何学的非線形解析

Pデルタ効果

プッシュオーバー解析（保有耐力計算）

モーダル解析

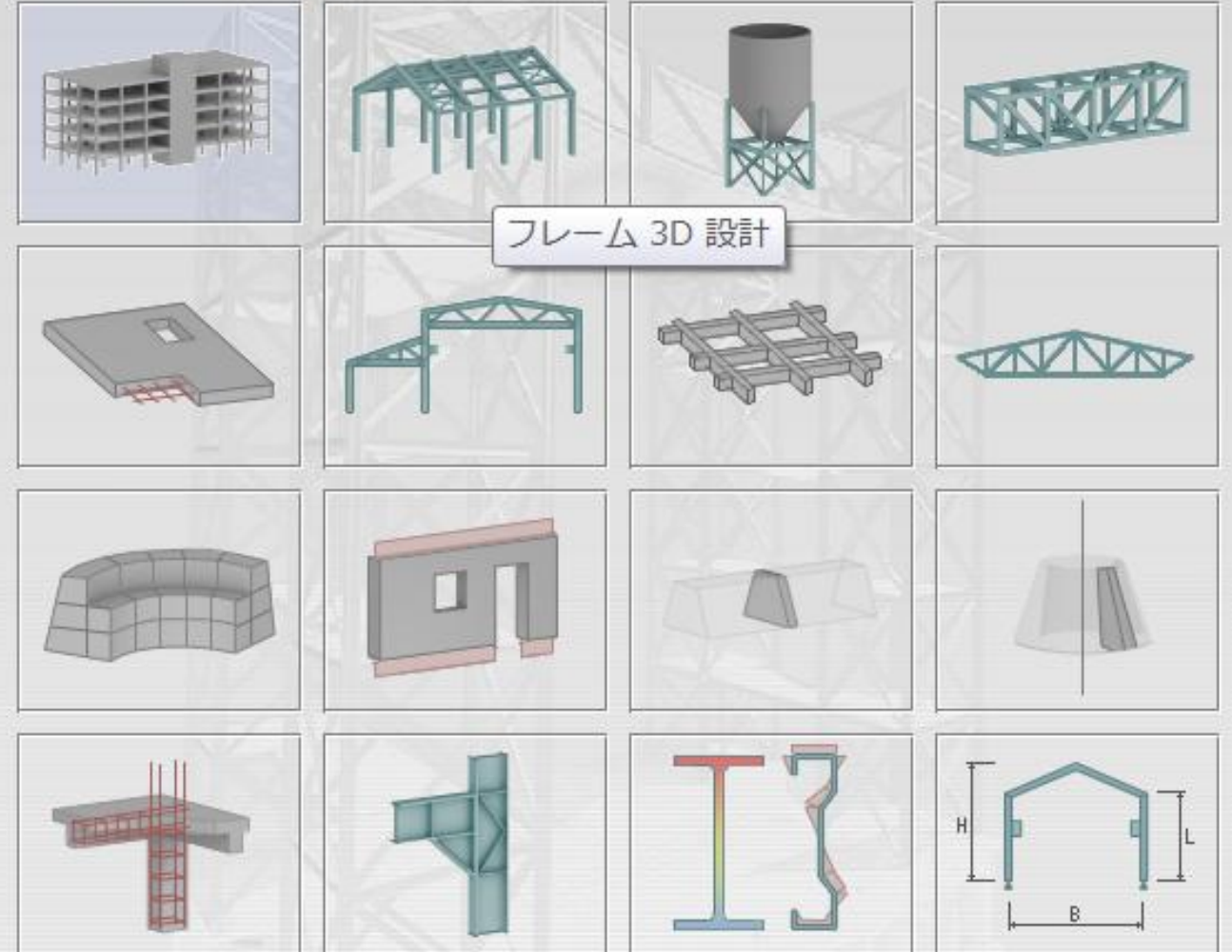
スペクトル応答解析

地震、時刻暦応答解析

周波数応答解析

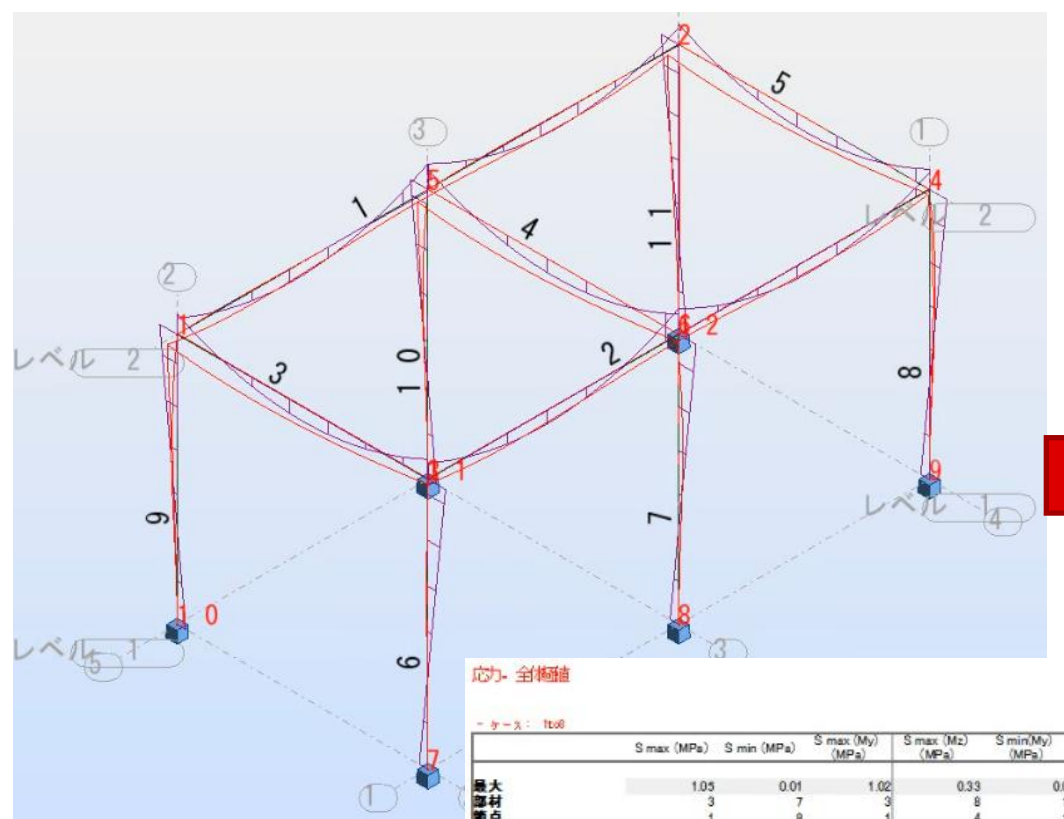
座屈解析

プロジェクト選択:



フレーム2D/3D解析および断面算定

- はり、トラス、ラーメンなどの実際の構造に合わせて、支持条件・荷重条件・部材などの設定を行い、応力解析を行います。2次元機能と3次元機能（立体骨組解析）を搭載しています。さらに、断面形状から断面性能計算を行います。



応力: 全構造

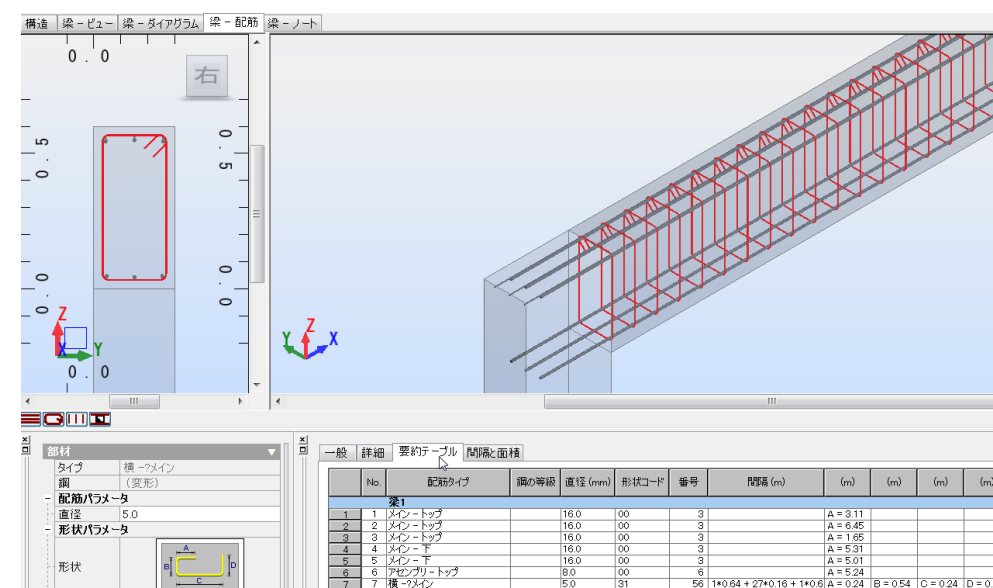
ケース: 1to8

	S max (MPa)	S min (MPa)	S max (My) (MPa)	S max (Mz) (MPa)	S min (My) (MPa)
最大部材 節点	1.05	0.01	1.02	0.33	0.0
ケース	3	7	3	8	1
	1	8	1	4	1
	2	2	2	2	4
最小部材 節点	0.0	-0.99	0.0	-0.00	-1.02
ケース	1	3	1	4	3
	1	1	1	5	1
	4	2	4	2	2

	S min (Mz) (MPa)	Fx/Ax (MPa)
最大部材 節点	0.00	0.17
ケース	4	7
	5	8
	2	2
最小部材 節点	-0.33	-0.00
ケース	8	11
	4	12
	2	3

必要部材配筋

部材	b に沿って必要な配筋 (cm ²)	bに沿った配筋 - 分布	h に沿って必要な配筋 (cm ²)
6	10.88	6f16	7.12
7	11.25	6f16	6.75
8	10.88	6f16	7.12
9	10.88	6f16	7.12
10	11.25	6f16	6.75
11	10.88	6f16	7.12



FEM解析

解析タイプ

No.	名前	解析タイプ
1	DL1	静的-線形
2	DL2	静的-線形
3	LL1	静的-線形
4	LL2	静的-線形
5	風1	静的-線形
6	SN1	静的-線形
7	LL3	静的-線形
8	COMB1	線形組合せ

新規 パラメータ 解析タイプの変更 削除

ケース選択の操作
ケースリスト

パラメータを設定 解析タイプの変更 削除

☒ モデル作成 計算 閉じる ヘルプ

非線形解析のパラメータ

ケース: DL1

☐ 補助ケース

非線形性

☒ 非線形解析

☒ P-delta 解析

パラメータ

OK キャンセル ヘルプ

非線形解析アルゴリズムオプション

手法

☒ 増分

解析の中止基準の追加

☐ 弧長

増分法のパラメータ

荷重増分番号: 5

1回の増分に対する最大イテレーション数: 40

増分長さの低減番号: 3

増分長さの低減係数: 0.5

ラインサーチの最大数: 0

ラインサーチ法のパラメータをコントロール: 0.5

BFGS 補正の最大数: 10

☒ 各細分後マトリクス更新

☐ 各イテレーション後マトリクス更新

☐ 各増分後に結果を保存

残差力に対する相対コードトレランス: 0.0001

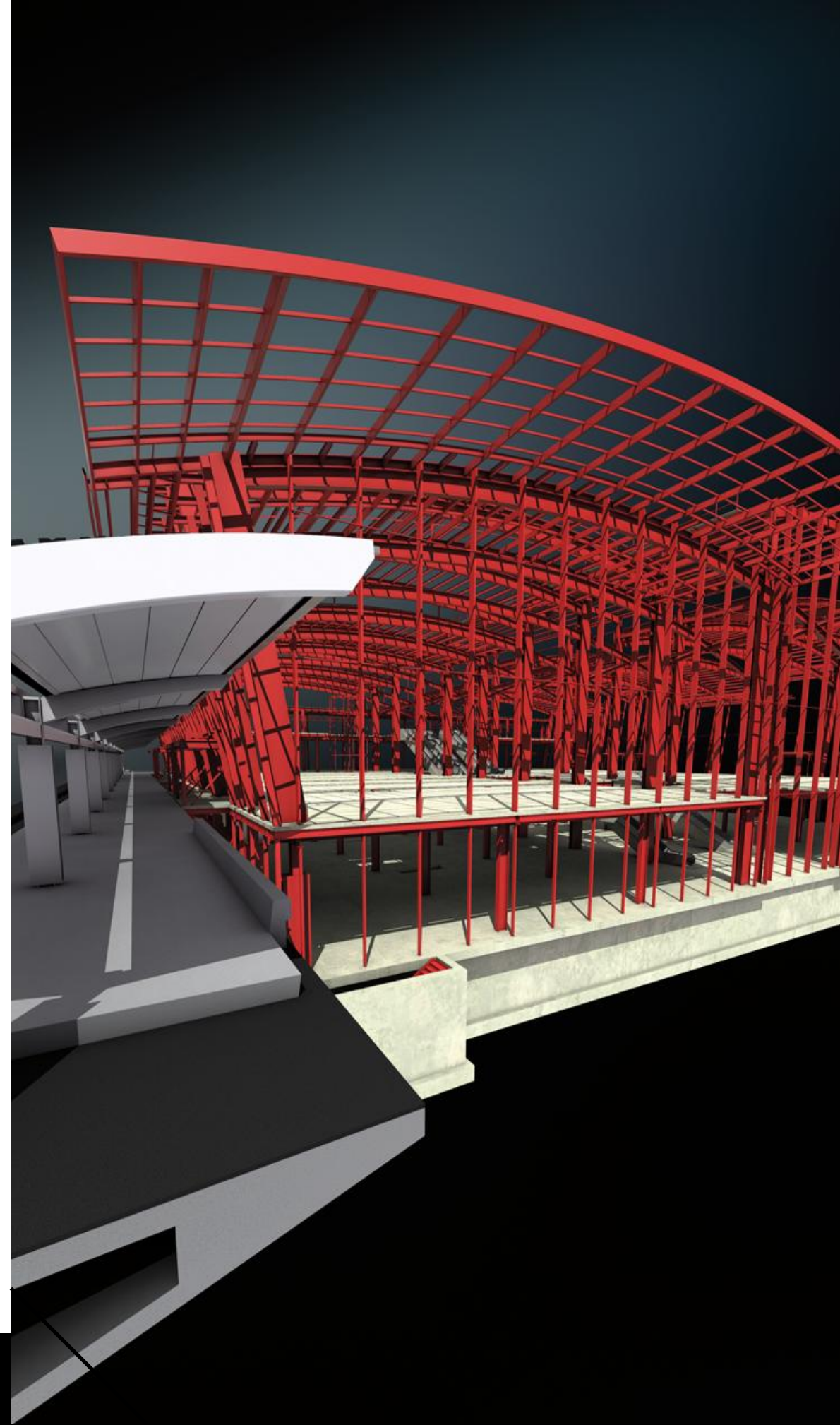
変位に対する相対コードトレランス: 0.0001

設定から値を取得

設定の値を保存

OK キャンセル

SS3との連携



SS3リンク・断面図リスト作成機能

■開発背景

- オートデスクは構造BIMを推進するにあたり、日本の構造解析ソフトウェアと連携することが、建築構造設計者の課題である。よってユニオンシステムの「Super Build／SS3」（以下SS3と称す）の解析結果とRevit Structure（以下RSTと称す）のモデルを連携し、かつその情報から断面図リストの作成を行う機能を開発した。

■



図1 構造解析との連携イメージ図

大梁リスト図 - 1 1:80

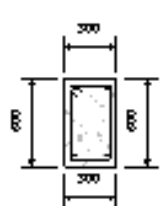
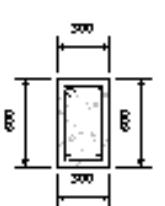
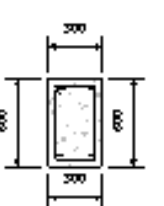
階	柱号 位置	G1		
		端	中央	端
3	断面			
	B×D	300×500	300×500	300×500
	上1	2-D22	2-D22	2-D22
	上2			
	上3			
	下3			
	下2			
	下1	2-D22	2-D22	2-D22
	筋	2-D10@100	2-D10@100	2-D10@100
	筋			
	筋			
	筋			
	筋			
	筋			
	筋			

図2 断面図リスト

注) 今回は柱・梁の連携を作成。

SS3リンク

Super Build／SS3から建物形状データ、柱部材・梁部材の定義／配置情報を抽出し、CSVデータに出力したファイルをAutodesk Revit Structure 2012に取り込むことで、3Dモデルとして柱・大梁を生成することができます。また逆に、Autodesk Revit Structure 2012の構造柱・構造フレーム（大梁）に関する全体のデータを、建物形状データ、柱部材・梁部材の定義／配置情報のデータに変換してCSVファイルで出力し、Super Build／SS3に取り込むことも可能です。

SS3のCSVデータ

```
ファイル(F) 編集(E) 書式(O) 表示(V) ヘルプ(H)
1-2, 2, , 3, ,

name=梁符号配筋, format=num_data, type=RC, floor=1
梁符号No, 梁符号, 主筋左上, 主筋左下, 主筋中央上, 主筋中央下, 主筋右上,
1, 1G1, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 100, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 21.0, 0
2, 1G2, 2D19, 2D19, 2D19, 2D19, 2D19, 2D19, 2, 100, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 21.0, 1
3, 1G3, 4D25, 4D25, 4D25, 4D25, 4D25, 4D25, 2, 100, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 21.0, 5

name=梁符号配筋, format=num_data, type=RC, floor=2
梁符号No, 梁符号, 主筋左上, 主筋左下, 主筋中央上, 主筋中央下, 主筋右上,
1, 2G1, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 100, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 21.0, 0
2, 2G2, 2D19, 2D19, 2D19, 2D19, 2D19, 2D19, 2, 100, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 21.0, 1
3, 2G3, 4D25, 4D25, 4D25, 4D25, 4D25, 4D25, 2, 100, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 21.0, 5

name=梁符号配筋, format=num_data, type=RC, floor=3
梁符号No, 梁符号, 主筋左上, 主筋左下, 主筋中央上, 主筋中央下, 主筋右上,
```

柱・梁のプロパティ情報

ファミリ(F): コンクリート-長方形梁 ロード(L)...

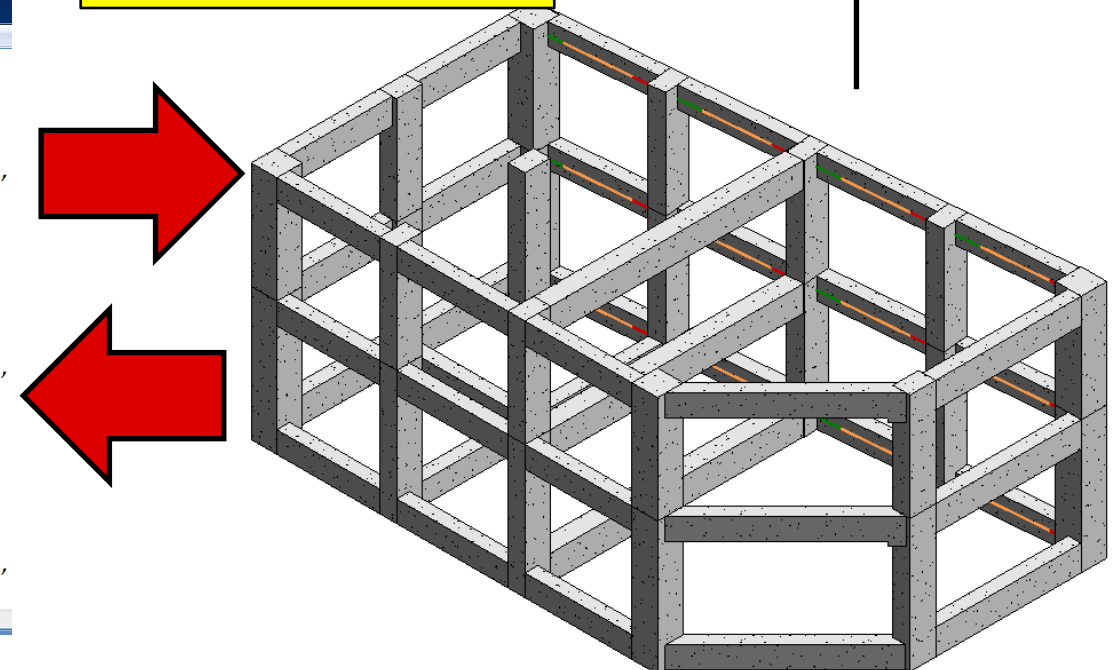
タイプ(T): 3G1 複製(D)...

名前変更(R)...

タイプ パラメータ

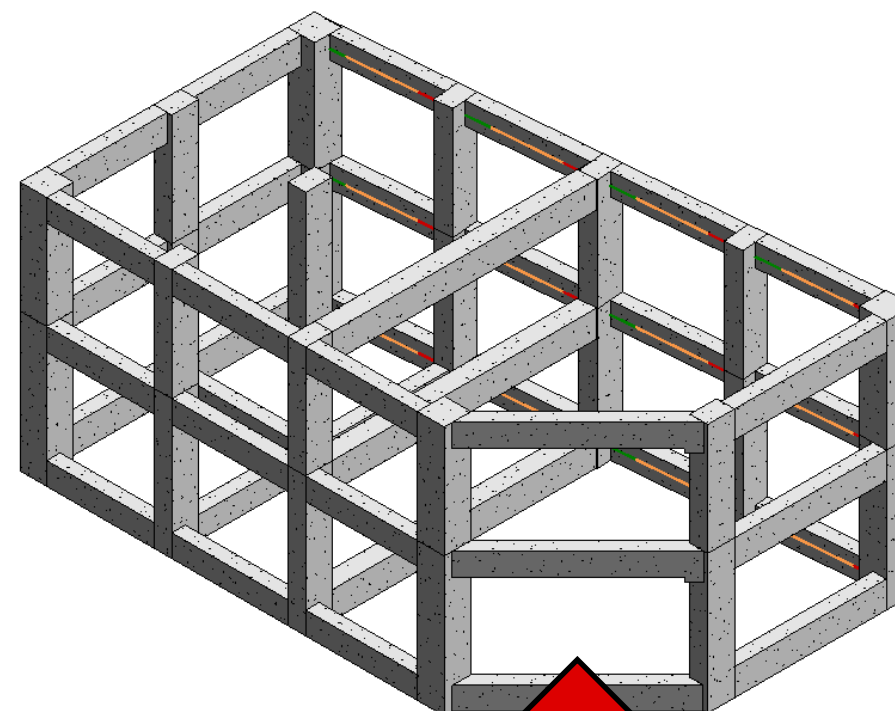
パラメータ	値
寸法	
b	300.0
h	500.0
識別情報	
その他	
RST_腹筋本数	0
RST_腹筋径	
RST_梁符号No	1
RST_梁符号	G1
RST_幅止筋径	
RST_幅止筋ピッチ	0.000000
RST_主筋種別	SD345
RST_主筋中央下細径	なし
	D22

RSTモデル



断面リスト作成機能

- 日本の構造設計業務では、建築確認申請用の図面や柱／大梁などの構造躯体の断面に加え、柱／大梁の寸法などをリスト化した2D図面である断面リスト図が必要です。Autodesk Revit Structure 2012は、Super Build／SS3を通じて、建物モデルと連動した断面リスト図を作図できるため、構造設計業務の大幅な効率化が可能です。



大梁リスト図 - 1 1:30

タイプ プロパティ

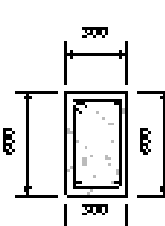
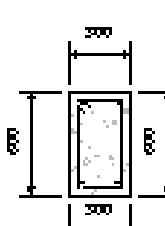
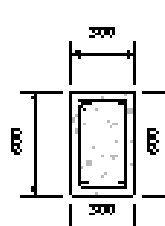
ファミリ(F): 大梁リスト 枠A1シートテンプレート ロード(L)...

タイプ(T): 大梁リスト図 - 1 複製(D)...

名前変更(R)...

タイプ パラメータ

パラメータ	値
寸法	
高さ表題欄	30.0
高さ符号 + 位置	10.0
高さ符号	5.0
高さ位置	5.0
高さリスト項目	5.0
高さ05	50.0
高さ04	50.0
高さ03	50.0
高さ02	50.0

階	柱号 位置	断面		
		端	中央	端
3	断面			
	B×D	300×300	300×300	300×300
	主筋本数	上1	2-D22	2-D22
		上2		
		上3		
		下3		
		下2		
		下1	2-D22	2-D22
	耐震	2-D10@100	2-D10@100	2-D10@100
	配筋			
	補正筋			
	通知1			
	通知2			
	通知3			



★ 一貫構造計算にもBIMの波が！SS3とRevit Structureがデータ連携

2012年04月05日



メリット



一貫構造解析データをBIMモデルへ活用



解析データから自動でモデル生成



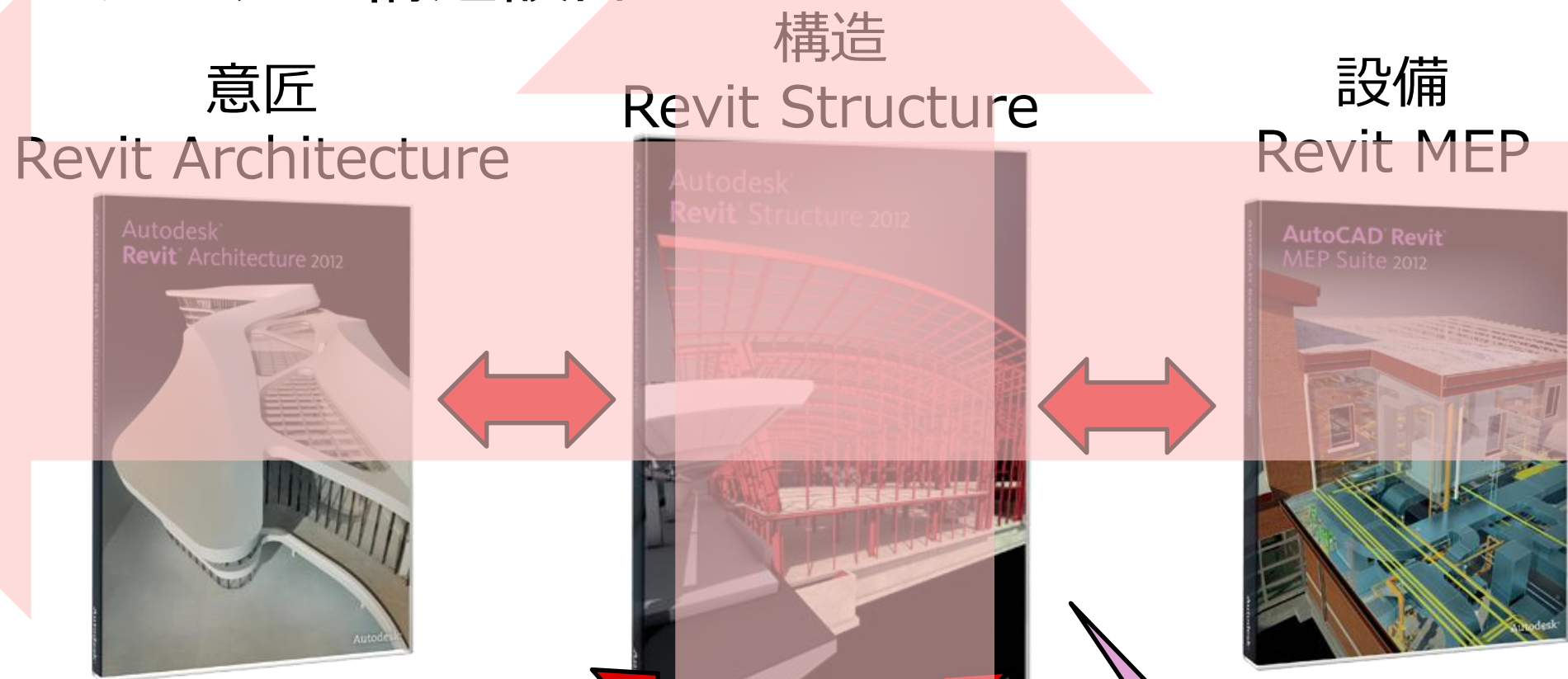
整合性のある断面図リスト作成



BIMモデルから一貫構造解析データへ

まとめ

・オートデスクの構造設計BIM



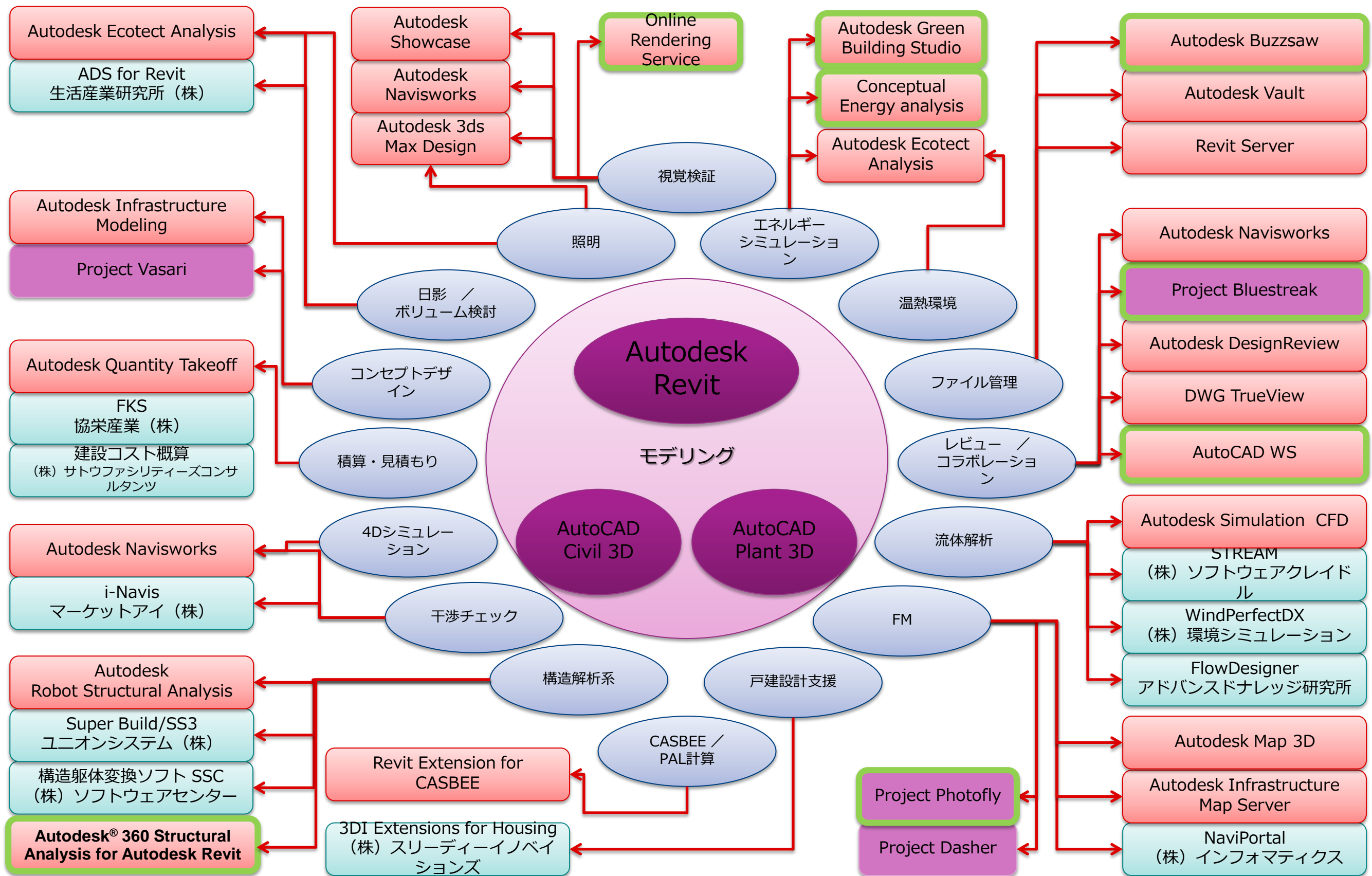
1. Robot Structural Analysis

2. Autodesk® 360 Structural Analysis for Autodesk Revit* (クラウド)

SS3リンク
断面図リス
ト作成機能

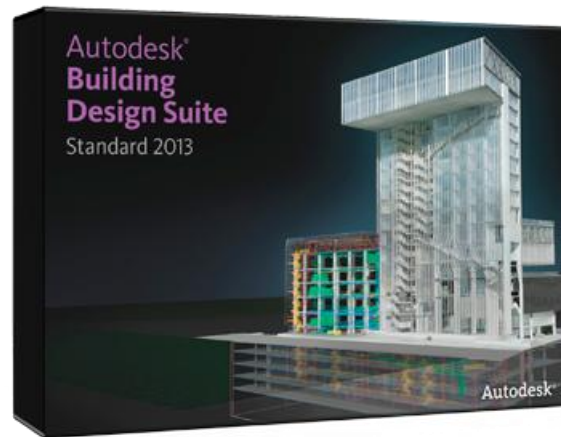
意匠・設備・解析
と連携を図りかつ、
モデリングから作
図までを行う構造
設計者のプラット
フォームを目指し
ます。

オートデスク BIM 概念図

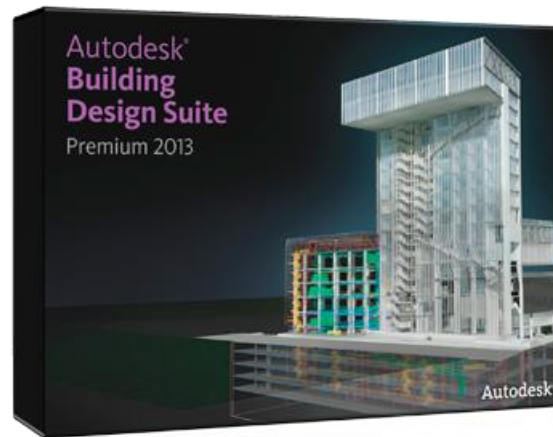


Autodesk Building Design Suite 2013

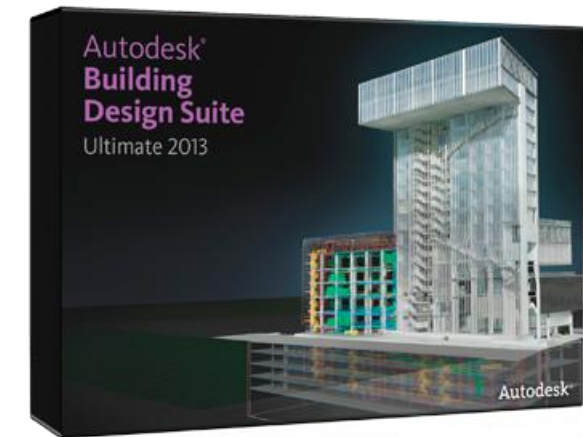
Autodesk® Building Design Suite 2013 は、BIMとCADツールを組み合わせた包括的なソフトウェアソリューションです。より優れた建物のための設計、解析、ビジュアライゼーションを支援します。



Standard



Premium



Ultimate

AutoCAD® 2013
AutoCAD® Architecture 2013
AutoCAD® MEP 2013
AutoCAD® Structural Detailing 2013
Autodesk® Showcase® 2013
Autodesk® SketchBook® Designer 2013

= Building Design Suite 2013で新しく加わった製品

※注：AutoCAD MEPとAutoCAD Structural Detailingは英語版

Ultimateに入るのはNavisworks ManageのみでNavisworks Simulationは入りません

- Autodesk® Revit® 2013*
- Autodesk® 3ds Max® Design 2013
- Autodesk® Navisworks® Simulate 2013
- Autodesk Building Design Suite Standard 2013

- Autodesk® Navisworks® Manage 2013
- Autodesk® Robot® Structural Analysis Professional 2013
- Autodesk® Infrastructure Modeler 2013
- Autodesk® Quantity Takeoff 2013
- Autodesk® Inventor® 2013
- Autodesk® Building Design Suite Premium 2013

Autodesk® 360

すべてのユーザが利用できるサービス

ファイル共有と閲覧

- Autodesk® 360
- Autodesk® Design Review mobile app

DWG™ 編集機能

- AutoCAD® WS

ストレージ: サブスクリプションに契約している 1 シートにつき 25GB

特定の製品およびSuiteのサブスクリプションユーザだけが利用できるサービス

レンダリング

- Autodesk® 360 Rendering

建物全体のエネルギー解析

- Autodesk® 360 Energy Analysis for Autodesk® Revit®
- Autodesk® Green Building Studio®

最適化

- Autodesk® 360 Optimization for Autodesk® Inventor®

コラボレーション

- Autodesk® Buzzsaw®

構造解析

- Autodesk® 360 Structural Analysis for Autodesk® Revit®

Autodesk®

Autodesk, AutoCAD, DWG, Revit and Robot are registered trademarks or trademarks of Autodesk, Inc., and/or its subsidiaries and/or affiliates in the USA and/or other countries. Citrix is a registered trademark and the Citrix Ready logo(s) is a trademark of Citrix Systems, Inc. All other brand names, product names, or trademarks belong to their respective holders. Autodesk reserves the right to alter product and services offerings, and specifications and pricing at any time without notice, and is not responsible for typographical or graphical errors that may appear in this document.

© 2011 Autodesk, Inc. All rights reserved.