

配筋の構造細目に対する照査を自動化し、ロス率最小化を目指す！ 清水建設が Revit など配筋施工図の自動作成システムを開発

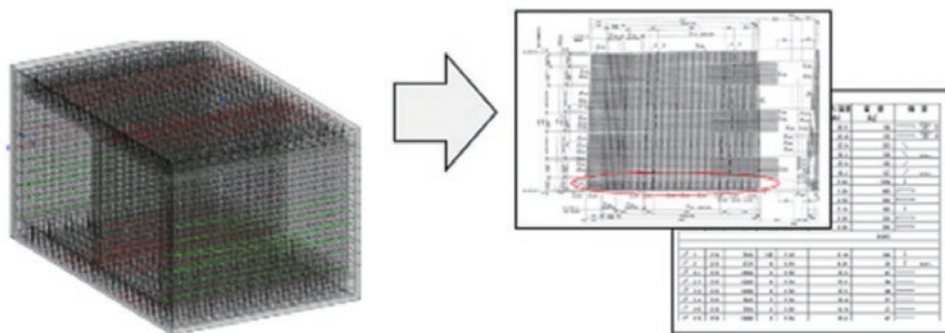
地下鉄駅舎の完成イメージ(海外プロジェクト)
※参考図: 清水建設 報道発表資料から

会社名
清水建設株式会社

本社所在地
東京都中央区

ソフトウェア
Autodesk® Revit®

清水建設はオートデスクのBIM(ビルディング・インフォメーション・モデリング)ソフト「Revit」を中心に様々なツールを活用し、配筋施工図を自動作成するシステム(以下、配筋施工図自動作成システム)を開発した。配筋施工図を自動作成するためには、構造細目の照査等が欠かせず、これを自動化するため、様々なプログラム群を開発した。その結果、施工可能な配筋施工図を効率的に作成、設計変更にもスピーディーに対応できるようになる。さらに定尺鉄筋から最適に設計寸法に応じた「材取り」する機能によって、鉄筋ロス率も最小化できる見込みだ。



半自動作成された展開図や鉄筋集計表(右)

BIMを活用し配筋施工図をスピーディーに作る

清水建設 イノベーション推進部 先端技術グループの松下文哉氏は数年前、ベトナム・ホーチミン市の地下鉄工事現場で働いていた。

地下4階建ての駅舎工事では、本体兼用の鉄筋コンクリート構造の地中連続壁を土留めとして駅舎の施工を行っていたが、しばしば設計の修正に見舞われ、その都度、配筋施工図の描き直し作業を目の当たりにした。

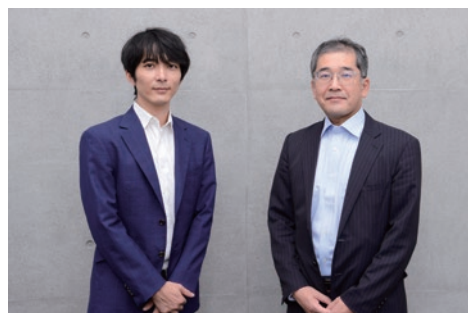
「設計施工案件の大きなプロジェクトになると1万枚近くの施工図や配筋施工図などを描く必要もあり、この作業は非常に大変です。これらを一から作るのは今の時代に合っていないと感じていましたし、この業務は設計業務の効率化を考える上で非常に重要な要素と考えています」と長年、国内外の土木プロジェクトに携わってきた同社土木技術本部 副本部長の荒木尚幸氏は説明する。

そこで荒木氏と松下氏が着目したのが、配筋施工図を容易に作成することが可能な配筋施工図自動作成システムだ。

「配筋分類や構造細目の照査を自動化し、施工に活用可能な配筋 BIM モデルができれば、後は Revit によって施工図、鉄筋集計表を効率的に作れる。配筋 BIM モデルの従来のユースケースは干渉チェック等のみだったが、本当に施工段階で使える BIM モデルになると考えました」と松下氏は語る。

「海外では Revit が BIM ソフトとして使われることが多く、オペレーターも多くいます。また地下鉄工事のうち駅舎部分は壁や床からなる構造物であり、Revit でモデル化するのに向いています。このため使用するソフトは Revit が良いと考えました」と荒木氏は説明する。

こうした技術者としての強い思いや痛い経験が原動力となり、2021年8月に配筋施工図自動作成システムの開発が始まった。



清水建設 イノベーション推進部 先端技術グループの松下文哉氏(左)と土木技術本部 副本部長の荒木尚幸氏(右)

目指すのは、“現場で利用可能な配筋施工図”だ。そのためは、鉄筋同士の干渉がないのはもちろん、鉄筋の重ね継ぎ手長や鉄筋間の「あき」、曲げ半径などが、構造細目に合っているかも照査する必要がある。

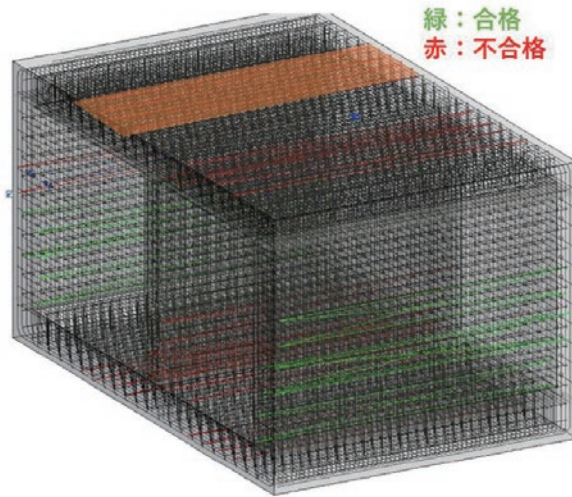
Revit用アドインで構造細目を自動照査

作成された配筋 BIM モデルに対しては、構造細目の照査を行う。この工程では、鉄筋の接続部となる「重ね継ぎ手長」や、最小継ぎ手間隔、鉄筋の「あき」や型枠とのすき間となる「かぶり」、そして鉄筋の曲げ加工など末端部の「フック余長」といった様々な照査が求められる。

「以前から、鉄筋同士の干渉チェック機能はありましたが、設計上の要件、すなわち構造細目の照査も欠かせません。設計上の要件に合致しているかどうかを確かめるため、C#で Revit 用のアドインソフトを開発しました」と松下氏は説明する。

構造細目の照査で不合格となった部分は、Revit 上に色分け表示されるので、その部分の配筋 BIM モデルを修正すると設計条件に合致した配筋 BIM モデルとなる。

こうした照査や修正の作業はこれまで、2次元図面上で行っていたので、大変な手間ひまがかかっていた。それが BIM による自動化で、大幅にスピードアップされ、生産性向上を大きく実現できる見込みだ。



緑：合格
赤：不合格

構造細目の照査機能で照査した結果の例。不合格部分が Revit 上でビジュアルに表示されるので、修正箇所が一目でわかる

鉄筋径 Nominal diameter	直径 Diameter	重ね継ぎ手長 Lap joint length			最小継ぎ手 間隔 Min space of joint
		tension ≧1.3	tension ≧1.7	δ = 25 Φ	
D10	10	-	-	-	
D12	12	550	715	935	
D16	16	750	975	1275	
D20	20	900	1170	1530	
D25	25	1100	1430	1870	
D28	28	1250	1625	2125	
D32	32	1450	1885	2465	
D36	36	1600	2080	2720	
D40	40	1950	2535	3315	
D50	50	2600	3380	4420	

配筋 BIM モデルから図面、集計表を自動作成

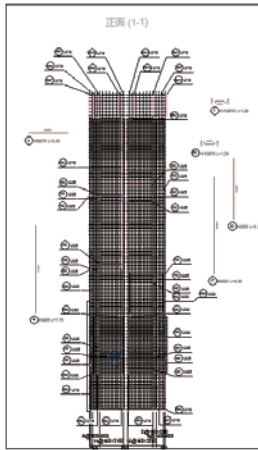
次は現場での施工用に配筋 BIM モデルから配筋展開図や鉄筋加工図、鉄筋集計表を自動作成する。

鉄筋の向きや並びを分析し、「主筋」「配力筋」「せん断補強筋」を自動的に分類する機能を持っている。

この時、活躍するのが、部材の配筋種別を自動分類する機能だ。Revit 用のアドインソフトとして、プログラミング言語「C#」によって開発したもので、

これらの分類情報は、図面内で使われる「旗上げ」や、集計表などに使われる。

展開図・加工図のサンプル

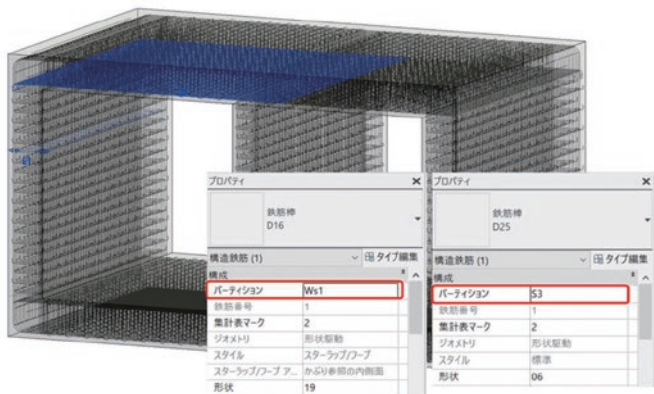


詳細番号	径	a	b	c	d	曲げ径	形状	ISUP/STK As per reqmt	Image	Mark
Ws1	15 950 mm	0 mm	0 mm	0 mm	64	19	22		3	
Ws2	15				64	19	22	Rebar Shape 1	11	
Ws3	15 950 mm	0 mm	0 mm	0 mm	64	19	22		4	
Ws4	15 950 mm	0 mm	0 mm	0 mm	64	19	22		5	
Ws5	20 950 mm	0 mm	0 mm	0 mm	120	19	22		12	
Ws6	20				120	19	22	Rebar Shape 1	16	
Ws7	20 950 mm	0 mm	0 mm	0 mm	120	19	22		13	
Ws8	20 950 mm	0 mm	0 mm	0 mm	120	19	22		14	
Ws9	15 950 mm	0 mm	0 mm	0 mm	64	19	22		6	
Ws10	15 950 mm	0 mm	0 mm	0 mm	64	19	22		7	
Ws11	15 1000 mm	0 mm	0 mm	0 mm	64	19	22		8	
Ws12	15 950 mm	0 mm	0 mm	0 mm	64	19	22		9	
Ws13	15 950 mm	0 mm	0 mm	0 mm	64	19	22		10	

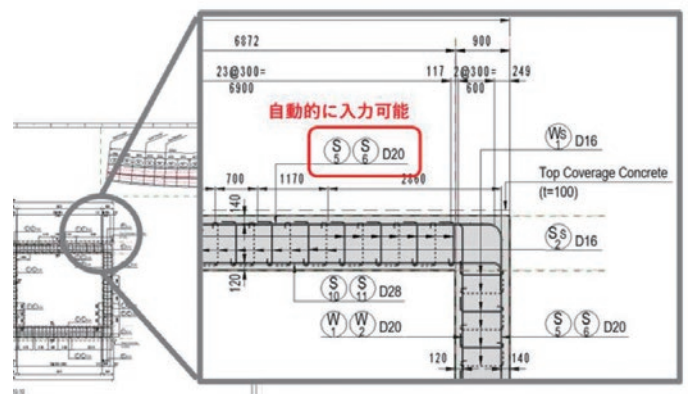
配筋 BIM モデルから自動作成された展開図や加工図

	長さ	数量	重量	
D16	870 mm	704	1,560 kg	1,517 kg
16	1090 mm	894	1,960 kg	1,884 kg
16	1180 mm	1406	1,960 kg	1,843 kg
16	1260 mm	1306	1,960 kg	1,869 kg
16	1430 mm	196	1,960 kg	2,225 kg
16	2260 mm	186	1,960 kg	3,437 kg
16	7820 mm	8	1,960 kg	12,186 kg
16	8720 mm	305	1,960 kg	13,603 kg
16	9620 mm	8	1,960 kg	15,028 kg
19	2040 mm	67	2,250 kg	4,584 kg
19	3190 mm	67	2,250 kg	7,163 kg
19	6060 mm	68	2,250 kg	13,703 kg
19	6320 mm	34	2,250 kg	14,229 kg
19	7140 mm	33	2,250 kg	18,069 kg
19	7240 mm	67	2,250 kg	18,262 kg
19	7970 mm	34	2,250 kg	17,841 kg
19	8790 mm	34	2,250 kg	19,782 kg
25	2310 mm	67	3,960 kg	9,164 kg
25	3740 mm	67	3,960 kg	14,892 kg
25	5920 mm	67	3,960 kg	23,988 kg
25	6460 mm	33	3,960 kg	25,643 kg
25	6630 mm	67	3,960 kg	26,367 kg
25	6870 mm	67	3,960 kg	27,343 kg
25	7280 mm	34	3,960 kg	28,669 kg

自動作成された鉄筋集計表。1本ずつの長さや重量、数量などが自動計算される



Revit アドインとして開発した自動分類機能によって、鉄筋 1 本ずつにつけられた属性情報



鉄筋の自動分類機能で作成した鉄筋情報を、図面の「旗上げ」として活用し、作図作業を効率化した例

鉄筋のロス率削減にも挑戦

様々な長さや形の鉄筋は、定尺鉄筋から切り出し加工する。残った部材はスクラップとして処理されるので、鉄筋ロス率を下げるかが、腕の見せ所だ。

「人間が知恵を絞って定尺鉄筋に対する鉄筋の組み合わせを考える、いわゆる材取りの作業がありますが、これがなかなか難しい作業です。海外現場で実際に私が担当したときには、10%以上のロスを出してしまいました」と松下氏は説明する。

そこで開発したのが、鉄筋の「自動割り付けプログラム」だ。「材取り」を行う際に、最適な鉄筋の組み合わせをはじき出し、鉄筋のロス率を最小限にするものだ。

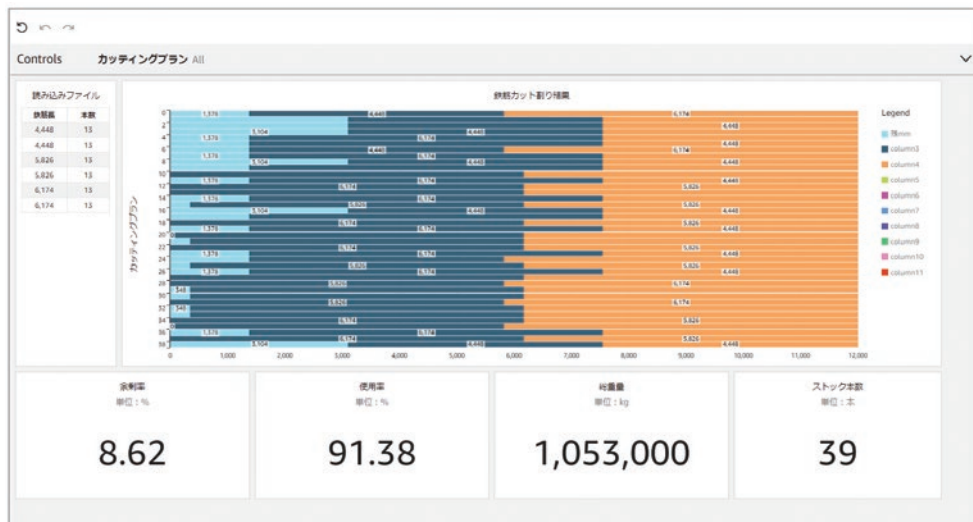
このプログラムの出力データは将来、鉄筋の自動加工機に引き継ぎ、鉄筋の自動生産にも使うことも想定される。今後、鉄筋加工機メーカーなどと連携し、実証を進めたいと考えている。

配筋施工図自動作成システムで期待される生産性向上効果

配筋施工図自動システムの開発により、これまで効率化が難しかった配筋施工図の作成において生産性向上を見込んでいる。その効果の目標値は、設計の照査業務で20%の効率化、鉄筋のロス率は7%台に抑える見込みだ。

このシステムは現在、海外の地下鉄工事で活用するための取り組みを始めている。

「この配筋施工図自動作成システムは、海外工事でのニーズから生まれたものですが、データを国内仕様に差し替えれば、国内工事でも十分に利用できます。今後は国内工事への展開にも力を入れていきたいです」と荒木氏と松下氏は今後の展望を語った。



鉄筋の「自動割り付けプログラム」のイメージ。最適な組み合わせをはじき出し、鉄筋ロス率を最小化する

オートデスク株式会社 www.autodesk.co.jp

〒104-6024 東京都中央区晴海1-8-10 晴海アイランドトリトンスクエア オフィスタワー X 24F
 〒532-0003 大阪府大阪市淀川区宮原3-5-36 新大阪トラストタワー 3F

Autodesk, Autodesk ロゴ, Revit は、米国および/またはその他の国々における、Autodesk, Inc.、その子会社、関連会社の登録商標または商標です。その他のすべてのブランド名、製品名、または商標、および転載による画像は、それぞれの所有者に帰属します。オートデスクは、通知を行うことなくいつでも該当製品およびサービスの提供、機能および価格を変更する権利を留保し、本書中の誤植または図表の誤りについて責任を負いません。本内容および画像の無断転載・無断使用および改変を禁止します。
 © 2023 Autodesk, Inc. All rights reserved.

Autodesk, the Autodesk logo and Revit are registered trademarks or trademarks of Autodesk, Inc., and/or its subsidiaries and/or affiliates in the USA and/or other countries. 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. © 2023 Autodesk, Inc. All rights reserved.

