






【類型9 シャープ株式会社】技術実証 最終報告サマリー

【技術実証の概要】

対象業務（法令）	建築基準法第7条から第7条の4に基づく中間検査・完了検査							
実証の全体像	<p>法令により建築物の中間検査及び完了検査※¹の実施が定められており、従来、目視確認や手作業による測定で確認が行われているが、配筋の測定には長時間の作業が必要であり課題となっていた。そこで、本実証では、撮影画像から鉄筋径※²と鉄筋間隔※³を自動的に計測することが可能な配筋検査システムを使用することで、配筋検査のデジタル化による業務効率の改善と、非接触な検査による安全性向上を図った。さらに、鉄筋径等の計測結果に基づいて3次元データ（ifc※⁴ファイル）を出力し、BIM※⁵データとの3次元モデルによる比較を可能とすることで、従来検査での図面や数値の比較、対象の目視確認作業を支援し判定が容易となることを目指した。実証においては、従来方法と配筋検査システムの比較による適合性評価、作業時間比較や作業者ヒアリングによる効率性・容易性・安全性等の評価、3次元データ(ifcファイル)の生成・表示状態の確認、及び、ifcファイルとBIMデータ比較による適合性判定への支援効果についての評価を実施した。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div data-bbox="606 768 930 1092" style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 30%;"> <p style="text-align: center;">計測（建設現場）</p>  <p>①配筋検査システムを使用して建設現場にて計測を実施。 ②鉄筋径と鉄筋間隔から3次元データ（ifcファイル）を出力</p> </div> <div data-bbox="937 842 1006 1006" style="text-align: center;"> <p>計測データ</p>  </div> <div data-bbox="1014 768 1337 1092" style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 30%;"> <p style="text-align: center;">比較判定（事務所等） BIMデータ</p>  <p>③ 3次元データ(ifcファイル)とBIMデータを比較する方法により、確認図書等との適合性判定を支援</p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div data-bbox="1345 685 2356 821" style="border: 1px dashed black; padding: 5px; font-size: small;"> <p>※1 施工された建築物の建築基準への適合性を施工段階（中間）及び施工終了（完了）時に検査するもの ※2 鉄筋の直径に基づき定められたJIS規格 ※3 鉄筋と鉄筋の軸間距離 ※4 Industry Foundation Classes：建物を構成するオブジェクトの体系的な表現方法の仕様、データフォーマット ※5 Building Information Modeling：建物の3次元モデルを再現し活用するための仕組み</p> </div> <div data-bbox="1439 835 1796 1096" style="text-align: center;">  <p>配筋検査システムによる計測の様子</p> </div> <div data-bbox="1936 835 2293 1096" style="text-align: center;">  <p>従来の配筋検査の様子</p> </div> </div>							
実施体制	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 30%; background-color: #0056b3; color: white;">事業者名</th> <th style="background-color: #0056b3; color: white;">実施業務・役割</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="background-color: #0056b3; color: white;">シャープ株式会社</td> <td>実証事業の運営、実証技術の仕様策定、実証技術の開発・評価、実証実験の実施</td> </tr> <tr> <td style="background-color: #0056b3; color: white;">清水建設株式会社</td> <td>実証技術の仕様策定、BIMデータの作成、現場適用性の評価、実証実験の実施</td> </tr> </tbody> </table>		事業者名	実施業務・役割	シャープ株式会社	実証事業の運営、実証技術の仕様策定、実証技術の開発・評価、実証実験の実施	清水建設株式会社	実証技術の仕様策定、BIMデータの作成、現場適用性の評価、実証実験の実施
事業者名	実施業務・役割							
シャープ株式会社	実証事業の運営、実証技術の仕様策定、実証技術の開発・評価、実証実験の実施							
清水建設株式会社	実証技術の仕様策定、BIMデータの作成、現場適用性の評価、実証実験の実施							
実施期間	2023年10月26日から2024年1月31日							

【技術実証の詳細】

技術実証の方法

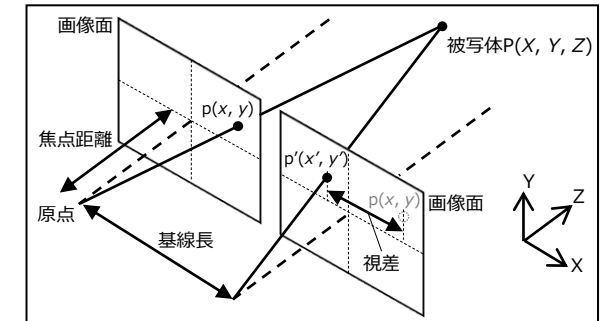
(1) 開発・活用した技術・システムの内容

・配筋検査システム(製品化済※6)

本実証では、シャープ株式会社及び清水建設が開発し製品化されている配筋検査システムを使用して実施した。配筋検査システムは、カメラ3台(ステレオカメラ2組)とタブレットを備えたシステムであり、カメラで撮影した画像から三角測量の原理に基づき被写体を3次元計測※7し、鉄筋径と鉄筋間隔を算出する。



配筋検査システム



ステレオカメラによる3次元計測の概念図

※6 (株)カナモト配筋検査システム「写らく」https://www.kanamoto.co.jp/business/b_rental/product/pdf/3gan-camera.pdf
※7 ステレオカメラの各カメラに写る被写体位置の差(視差)と基線長(カメラ間距離)、焦点距離等のカメラパラメータに基づいて、被写体の3次元計測を行う

・3次元データ(ifcファイル)生成機能(新規開発)

配筋検査システムの計測結果に基づいて、配筋の3次元モデルを表す3次元データをifcフォーマットで生成する機能(プログラム)を新規に開発した。3次元データの生成は、所定の鉄筋位置を基準に、計測結果の鉄筋間隔に基づいた位置に、計測結果の鉄筋規格に基づいたサイズの鉄筋を配置するように、ifcファイルの規定にしたがって行った。

・BIMデータ

3次元データ(ifcファイル)生成機能により生成する3次元データとの比較用に、本実証で撮影実験を実施した研修施設及び建設現場を対象とした配筋について、Autodesk社のソフトウェアRevitを用いてBIMデータを作成した。

【類型9 シャープ株式会社】技術実証 最終報告サマリー

【技術実証の詳細】

技術実証の方法	技術実証項目	実証内容
(2) 実証方法	①配筋検査システムの適合性等の評価	配筋検査システムにより計測した鉄筋本数、鉄筋径及び鉄筋間隔について、従来方法との比較により技術基準への適合性等を評価した。従来方法は、目視による鉄筋本数確認と、ノギスやメジャーにより鉄筋径及び鉄筋間隔の測定を行った。
	②計測結果に基づくifcファイル生成の確認	3次元データ（ifcファイル）生成機能を実行し、配筋検査システムの計測結果に基づいたifcファイルが、所定のフォルダに出力されることを確認した。また、ifcファイルを表示可能なビューワで生成したifcファイルを読み込み、計測結果の鉄筋径、鉄筋間隔に対応した配筋の3次元モデルが表示されることを確認した。
	③BIMデータ比較による判定支援評価	3次元データ（ifcファイル）生成機能により生成された3次元データと、別途作成したBIMデータをそれぞれビューワに表示して比較する方法を評価した。この比較方法により、配筋状態に関する適合性判定を支援可能であるか評価した。また、比較方法に関する課題を抽出した。

【技術実証の詳細】

実証場所① 清水建設（株）研修施設（東京都江東区）

①配筋検査システムの適合性等の評価及び②計測結果に基づくifcファイル生成の確認で使用する配筋の計測データを、清水建設株式会社の研修施設にて配筋モックアップを対象に撮影実験を実施して取得した。なお、3次元データ（ifcファイル）生成機能はシャープ株式会社のオフィスにて開発し、③BIMデータ比較による判定支援評価で使用するBIMデータは清水建設株式会社のオフィスにて作成した。各種データの確認や評価はシャープ株式会社及び清水建設株式会社のオフィスにて実施した。

＜実施内容＞

- ・機材準備、キャリブレーション
- ・配筋検査システムによる撮影（壁、床、梁、柱）
- ・従来方法による測定（メジャー、ノギス）



撮影実験の様子

【技術実証の詳細】

実証場所② 清水建設（株）建設現場（千葉県成田市）

①配筋検査システムの適合性等の評価及び②計測結果に基づくifcファイル生成の確認で使用する配筋の計測データを、清水建設株式会社の建設現場にて、函渠工の配筋を対象に撮影実験を実施して取得した。

＜実施内容＞

- ・機材準備、キャリブレーション
- ・配筋検査システムによる撮影、計測（床）
- ・従来方法による測定（メジャー、ノギス）



撮影実験の様子

【技術実証の詳細】

実施条件

・外部環境

本実証では、屋内及び晴天の条件で撮影実験を実施した。いずれも十分な光量が得られる条件であった。地下や曇天・雨天の条件では、撮影可能な照度が得られるように照明を点灯する必要がある。

・計測対象

配筋検査システムが対象とする主な配筋は、鉄筋間隔が一定以上ある配筋（例：下図の壁配筋）である。複数の鉄筋が隣接して並行配置される場合（例：下図の柱配筋）や、鉄筋が密に配置され鉄筋間隔が狭い場合（例：下図の梁配筋）には、複数本の鉄筋を1本の鉄筋として検出してしまう等の誤差が発生する可能性がある。また、配筋検査システムは2層目までの鉄筋を計測可能であるが、本実証では1層目を計測対象として各評価を実施した。したがって、未評価の2層目については対象外である。



壁配筋



柱配筋



梁配筋

【技術実証の結果】

<p>結果の評価の観点</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・配筋検査システムの適合性や効率性、容易性を評価する。 ・計測結果に基づくifcファイル生成が正常に行われることを確認する。 ・ifcファイルとBIMデータ比較による適合性判定への支援効果を評価する。 										
<p>結果の評価のポイント・方法</p>	<p>① 配筋検査システムの適合性等の評価</p> <p>■ 評価ポイント</p> <ul style="list-style-type: none"> ・配筋検査システムと従来方法の計測結果の比較 ・配筋検査システムと従来方法の作業時間の比較 ・配筋検査システムの使用に慣れていない作業員へのヒアリング <div style="border: 1px dashed gray; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <p>※8 鉄筋検出率及び鉄筋規格判定率の目標値は、清水建設株式会社の技術者及び建設現場担当者からのヒアリングにより、現場で実施するときに許容可能な範囲を考慮して設定した。</p> </div> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 10px;"> <thead> <tr> <th style="background-color: #4a7ebb; color: white;">評価項目</th> <th style="background-color: #4a7ebb; color: white;">評価方法</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="background-color: #d9e1f2;">(ア) 鉄筋本数の評価</td> <td>鉄筋本数の確認は鉄筋検出率で行い、鉄筋検出率は (検出本数) / (全鉄筋本数) により算出した。検出本数は、配筋検査システムで検出された鉄筋本数とし、全鉄筋本数は、計測処理時に指定した計測範囲に含まれる鉄筋を目視にて算出した。鉄筋検出率は90%以上を目標とした (システム推奨撮影条件) ※8。</td> </tr> <tr> <td style="background-color: #d9e1f2;">(イ) 鉄筋径の評価</td> <td>鉄筋径の確認は鉄筋規格判定率で行い、鉄筋規格判定率は (正解鉄筋本数) / (全鉄筋本数) により算出した。正解鉄筋本数は、配筋検査システムで算出された鉄筋規格と、配筋されている鉄筋の鉄筋規格を比較して判定した。鉄筋の鉄筋規格はロールマークまたはノグスにより確認した。鉄筋規格判定率は75%以上を目標とした (システム推奨撮影条件) ※8。ここで、鉄筋規格で定められる節の高さは範囲が設けられており、隣接規格で最大直径の範囲が重複する鉄筋規格が存在するため100%の判定は不可能となっている。</td> </tr> <tr> <td style="background-color: #d9e1f2;">(ウ) 鉄筋間隔の評価</td> <td>鉄筋間隔の確認は鉄筋間隔誤差で行い、鉄筋間隔誤差は配筋検査システムで算出された計測値と、メジャーにより測定した実際の鉄筋間隔との差で算出した。鉄筋間隔誤差は±10mmを目標値とし、±10mm未満の鉄筋間隔の割合が90%以上を目標とした (システム推奨撮影条件)。目標値は、±φ (鉄筋径) が適用されることが多く、現場で頻繁に使用される細い鉄筋であるD10の直径10mmに基づいて設定した※8。</td> </tr> <tr> <td style="background-color: #d9e1f2;">(エ) 効率性及び容易性の評価</td> <td>効率性及び容易性の評価は、作業時間の削減率及びヒアリングにより行った。作業時間は、配筋の計測を配筋検査システムで実施した場合と、従来方法で実施した場合の作業時間を測定した。ヒアリングは、配筋検査システムの使用に慣れていない作業員に配筋検査システムによる計測を実施してもらい、従来の方と比較したときの、配筋検査システムによる作業の容易性等について意見を確かめた。</td> </tr> </tbody> </table>	評価項目	評価方法	(ア) 鉄筋本数の評価	鉄筋本数の確認は鉄筋検出率で行い、鉄筋検出率は (検出本数) / (全鉄筋本数) により算出した。検出本数は、配筋検査システムで検出された鉄筋本数とし、全鉄筋本数は、計測処理時に指定した計測範囲に含まれる鉄筋を目視にて算出した。鉄筋検出率は90%以上を目標とした (システム推奨撮影条件) ※8。	(イ) 鉄筋径の評価	鉄筋径の確認は鉄筋規格判定率で行い、鉄筋規格判定率は (正解鉄筋本数) / (全鉄筋本数) により算出した。正解鉄筋本数は、配筋検査システムで算出された鉄筋規格と、配筋されている鉄筋の鉄筋規格を比較して判定した。鉄筋の鉄筋規格はロールマークまたはノグスにより確認した。鉄筋規格判定率は75%以上を目標とした (システム推奨撮影条件) ※8。ここで、鉄筋規格で定められる節の高さは範囲が設けられており、隣接規格で最大直径の範囲が重複する鉄筋規格が存在するため100%の判定は不可能となっている。	(ウ) 鉄筋間隔の評価	鉄筋間隔の確認は鉄筋間隔誤差で行い、鉄筋間隔誤差は配筋検査システムで算出された計測値と、メジャーにより測定した実際の鉄筋間隔との差で算出した。鉄筋間隔誤差は±10mmを目標値とし、±10mm未満の鉄筋間隔の割合が90%以上を目標とした (システム推奨撮影条件)。目標値は、±φ (鉄筋径) が適用されることが多く、現場で頻繁に使用される細い鉄筋であるD10の直径10mmに基づいて設定した※8。	(エ) 効率性及び容易性の評価	効率性及び容易性の評価は、作業時間の削減率及びヒアリングにより行った。作業時間は、配筋の計測を配筋検査システムで実施した場合と、従来方法で実施した場合の作業時間を測定した。ヒアリングは、配筋検査システムの使用に慣れていない作業員に配筋検査システムによる計測を実施してもらい、従来の方と比較したときの、配筋検査システムによる作業の容易性等について意見を確かめた。
評価項目	評価方法										
(ア) 鉄筋本数の評価	鉄筋本数の確認は鉄筋検出率で行い、鉄筋検出率は (検出本数) / (全鉄筋本数) により算出した。検出本数は、配筋検査システムで検出された鉄筋本数とし、全鉄筋本数は、計測処理時に指定した計測範囲に含まれる鉄筋を目視にて算出した。鉄筋検出率は90%以上を目標とした (システム推奨撮影条件) ※8。										
(イ) 鉄筋径の評価	鉄筋径の確認は鉄筋規格判定率で行い、鉄筋規格判定率は (正解鉄筋本数) / (全鉄筋本数) により算出した。正解鉄筋本数は、配筋検査システムで算出された鉄筋規格と、配筋されている鉄筋の鉄筋規格を比較して判定した。鉄筋の鉄筋規格はロールマークまたはノグスにより確認した。鉄筋規格判定率は75%以上を目標とした (システム推奨撮影条件) ※8。ここで、鉄筋規格で定められる節の高さは範囲が設けられており、隣接規格で最大直径の範囲が重複する鉄筋規格が存在するため100%の判定は不可能となっている。										
(ウ) 鉄筋間隔の評価	鉄筋間隔の確認は鉄筋間隔誤差で行い、鉄筋間隔誤差は配筋検査システムで算出された計測値と、メジャーにより測定した実際の鉄筋間隔との差で算出した。鉄筋間隔誤差は±10mmを目標値とし、±10mm未満の鉄筋間隔の割合が90%以上を目標とした (システム推奨撮影条件)。目標値は、±φ (鉄筋径) が適用されることが多く、現場で頻繁に使用される細い鉄筋であるD10の直径10mmに基づいて設定した※8。										
(エ) 効率性及び容易性の評価	効率性及び容易性の評価は、作業時間の削減率及びヒアリングにより行った。作業時間は、配筋の計測を配筋検査システムで実施した場合と、従来方法で実施した場合の作業時間を測定した。ヒアリングは、配筋検査システムの使用に慣れていない作業員に配筋検査システムによる計測を実施してもらい、従来の方と比較したときの、配筋検査システムによる作業の容易性等について意見を確かめた。										

【技術実証の結果】

結果の評価の ポイント・方法

②計測結果に基づくifcファイル生成の確認

■評価ポイント

- ・新規に開発した3次元データ（ifcファイル）生成機能によるifcファイル生成状態の確認

評価項目	評価方法
（オ）ファイル保管機能の妥当性評価	3次元データ（ifcファイル）生成機能のファイル保管機能の妥当性を評価した。評価は、3次元データ（ifcファイル）生成機能の実行後に、ifcファイルが指定フォルダに正確に保存されるかどうかにより、ファイル出力及び保存機能が所望の動作となっているかを確認して行った。
（カ）3次元データ生成機能の確実性評価	3次元データ（ifcファイル）生成機能のデータ処理の確実性を評価した。評価は、生成したifcファイルをifcファイルを表示可能なビューワで読み込み可能か、また、所望の状態に表示されるかを確認することで行った。所望の状態での表示は、対象の配筋が3次元モデルとして表示できていることを目視で確認した。

③BIMデータ比較による判定支援評価

■評価ポイント

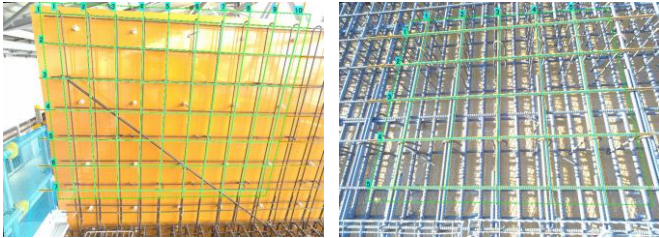
- ・ifcファイルとBIMデータ比較による適合性判定への支援効果の評価

評価項目	評価方法
（キ）適合性判定の支援評価	生成したifcファイル（計測値）とBIMデータ（設計値）をビューワに表示し、鉄筋本数、鉄筋径、鉄筋間隔を直接比較して、適合性を評価した。また、ifcファイルとBIMデータをビューワに表示してディスプレイ上で比較確認する方法が、配筋検査における適合性判定を支援可能か、その有効性や課題について判定者※9が主観で評価した。

※9 判定者は清水建設株式会社の技術者（製品要求仕様策定と現場実証業務を担当し、3次元データの製作や現場での効果的な使い方に関する知見を有する担当者）

【類型9 シャープ株式会社】技術実証 最終報告サマリー

【技術実証の結果】

実証の実施結果	技術実証項目	実証結果																																																											
	<p>○撮影実験</p>	<p>配筋検査システムを用いた撮影実験（事前を含む計4回）により、評価対象の鉄筋本数750、鉄筋間隔625のデータを取得</p> <table border="1" data-bbox="1192 429 2333 625"> <thead> <tr> <th>日付</th> <th>場所</th> <th>対象配筋</th> <th>計測回数</th> <th>鉄筋本数</th> <th>鉄筋間隔数</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2023年10月25日</td> <td>研修施設</td> <td>壁(縦D10,横D10)</td> <td>9</td> <td>131</td> <td>113</td> </tr> <tr> <td>2023年11月15日</td> <td>研修施設</td> <td>壁(縦D10,横D10)</td> <td>24</td> <td>369</td> <td>321</td> </tr> <tr> <td>2023年12月13日</td> <td>建設現場</td> <td>床(縦D22,横D16)</td> <td>10</td> <td>116</td> <td>75</td> </tr> <tr> <td>2023年12月20日</td> <td>研修施設</td> <td>壁(縦D10,横D10)</td> <td>9</td> <td>134</td> <td>116</td> </tr> <tr> <td colspan="3">合計</td> <td>52</td> <td>750</td> <td>625</td> </tr> </tbody> </table>	日付	場所	対象配筋	計測回数	鉄筋本数	鉄筋間隔数	2023年10月25日	研修施設	壁(縦D10,横D10)	9	131	113	2023年11月15日	研修施設	壁(縦D10,横D10)	24	369	321	2023年12月13日	建設現場	床(縦D22,横D16)	10	116	75	2023年12月20日	研修施設	壁(縦D10,横D10)	9	134	116	合計			52	750	625																							
	日付	場所	対象配筋	計測回数	鉄筋本数	鉄筋間隔数																																																							
2023年10月25日	研修施設	壁(縦D10,横D10)	9	131	113																																																								
2023年11月15日	研修施設	壁(縦D10,横D10)	24	369	321																																																								
2023年12月13日	建設現場	床(縦D22,横D16)	10	116	75																																																								
2023年12月20日	研修施設	壁(縦D10,横D10)	9	134	116																																																								
合計			52	750	625																																																								
<p>①配筋検査システムの適合性等の評価</p> <div data-bbox="486 1001 1141 1236">  </div> <p>鉄筋の検出結果</p>	<p>(ア) 鉄筋本数の評価：各撮影実験における鉄筋の検出率は100%</p> <table border="1" data-bbox="1192 811 2333 1006"> <thead> <tr> <th>日付</th> <th>場所</th> <th>鉄筋本数</th> <th>検出本数</th> <th>検出率[%]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2023年10月25日</td> <td>研修施設</td> <td>131</td> <td>131</td> <td>100.0</td> </tr> <tr> <td>2023年11月15日</td> <td>研修施設</td> <td>369</td> <td>369</td> <td>100.0</td> </tr> <tr> <td>2023年12月13日</td> <td>建設現場</td> <td>116</td> <td>116</td> <td>100.0</td> </tr> <tr> <td>2023年12月20日</td> <td>研修施設</td> <td>134</td> <td>134</td> <td>100.0</td> </tr> <tr> <td colspan="2">合計</td> <td>750</td> <td>750</td> <td>100.0</td> </tr> </tbody> </table> <p>(イ) 鉄筋径の評価：撮影実験全体の鉄筋規格判定率は94.5%</p> <table border="1" data-bbox="1192 1125 2333 1320"> <thead> <tr> <th>日付</th> <th>場所</th> <th>鉄筋本数</th> <th>正解数</th> <th>判定率[%]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2023年10月25日</td> <td>研修施設</td> <td>131</td> <td>125</td> <td>95.4</td> </tr> <tr> <td>2023年11月15日</td> <td>研修施設</td> <td>369</td> <td>346</td> <td>93.8</td> </tr> <tr> <td>2023年12月13日</td> <td>建設現場</td> <td>116</td> <td>116</td> <td>100.0</td> </tr> <tr> <td>2023年12月20日</td> <td>研修施設</td> <td>134</td> <td>122</td> <td>91.0</td> </tr> <tr> <td colspan="2">合計</td> <td>750</td> <td>709</td> <td>94.5</td> </tr> </tbody> </table>	日付	場所	鉄筋本数	検出本数	検出率[%]	2023年10月25日	研修施設	131	131	100.0	2023年11月15日	研修施設	369	369	100.0	2023年12月13日	建設現場	116	116	100.0	2023年12月20日	研修施設	134	134	100.0	合計		750	750	100.0	日付	場所	鉄筋本数	正解数	判定率[%]	2023年10月25日	研修施設	131	125	95.4	2023年11月15日	研修施設	369	346	93.8	2023年12月13日	建設現場	116	116	100.0	2023年12月20日	研修施設	134	122	91.0	合計		750	709	94.5
日付	場所	鉄筋本数	検出本数	検出率[%]																																																									
2023年10月25日	研修施設	131	131	100.0																																																									
2023年11月15日	研修施設	369	369	100.0																																																									
2023年12月13日	建設現場	116	116	100.0																																																									
2023年12月20日	研修施設	134	134	100.0																																																									
合計		750	750	100.0																																																									
日付	場所	鉄筋本数	正解数	判定率[%]																																																									
2023年10月25日	研修施設	131	125	95.4																																																									
2023年11月15日	研修施設	369	346	93.8																																																									
2023年12月13日	建設現場	116	116	100.0																																																									
2023年12月20日	研修施設	134	122	91.0																																																									
合計		750	709	94.5																																																									

【類型 9 シャープ株式会社】技術実証 最終報告サマリー



【技術実証の結果】

実証の実施結果	技術実証項目	実証結果																																			
	①配筋検査システムの適合性等の評価	<p>(ウ) 鉄筋間隔の評価：撮影実験全体の鉄筋間隔誤差※10±10mm未満の割合は99.4%、誤差絶対値の平均2.31mm、標準偏差2.19mm</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>日付</th> <th>場所</th> <th>鉄筋間隔数</th> <th>誤差±10mm未満の鉄筋間隔数(割合[%])</th> <th>誤差絶対値の平均[mm]</th> <th>標準偏差[mm]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2023年10月25日</td> <td>研修施設</td> <td>113</td> <td>113 (100.0)</td> <td>2.59</td> <td>1.98</td> </tr> <tr> <td>2023年11月15日</td> <td>研修施設</td> <td>321</td> <td>320 (99.7)</td> <td>2.36</td> <td>2.36</td> </tr> <tr> <td>2023年12月13日</td> <td>建設現場</td> <td>75</td> <td>72 (96.0)</td> <td>3.01</td> <td>2.76</td> </tr> <tr> <td>2023年12月20日</td> <td>研修施設</td> <td>116</td> <td>116 (100.0)</td> <td>1.17</td> <td>1.72</td> </tr> <tr> <td colspan="2">合計</td> <td>625</td> <td>621 (99.4)</td> <td>2.31</td> <td>2.19</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;">鉄筋間隔誤差※10</p>	日付	場所	鉄筋間隔数	誤差±10mm未満の鉄筋間隔数(割合[%])	誤差絶対値の平均[mm]	標準偏差[mm]	2023年10月25日	研修施設	113	113 (100.0)	2.59	1.98	2023年11月15日	研修施設	321	320 (99.7)	2.36	2.36	2023年12月13日	建設現場	75	72 (96.0)	3.01	2.76	2023年12月20日	研修施設	116	116 (100.0)	1.17	1.72	合計		625	621 (99.4)	2.31
日付	場所	鉄筋間隔数	誤差±10mm未満の鉄筋間隔数(割合[%])	誤差絶対値の平均[mm]	標準偏差[mm]																																
2023年10月25日	研修施設	113	113 (100.0)	2.59	1.98																																
2023年11月15日	研修施設	321	320 (99.7)	2.36	2.36																																
2023年12月13日	建設現場	75	72 (96.0)	3.01	2.76																																
2023年12月20日	研修施設	116	116 (100.0)	1.17	1.72																																
合計		625	621 (99.4)	2.31	2.19																																

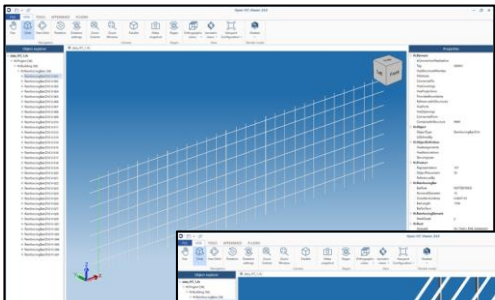
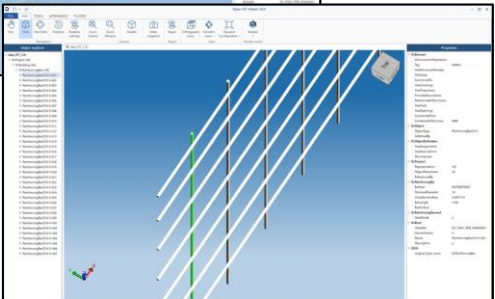
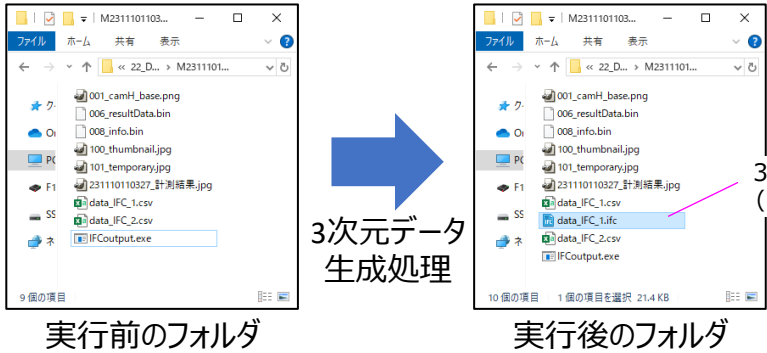
※10 鉄筋間隔誤差は、配筋検査システムの計測値と、メジャーによる手動測定値との差であり、手動測定値にも誤差が含まれる

【類型9 シャープ株式会社】技術実証 最終報告サマリー

【技術実証の結果】

実証の実施結果	技術実証項目	実証結果
	<p>①配筋検査システムの適合性等の評価</p>  <p>配筋検査システムに慣れていない人による計測作業の様子</p>  <p>従来方法の測定作業の様子</p>	<p>(工) 効率性及び容易性の評価</p> <ul style="list-style-type: none"> 配筋検査システムで計測したときの時間は平均108秒、従来方法で測定したときの時間は平均290秒であった。今回の評価では、配筋検査システムの使用により約63%の作業時間を削減可能との結果になった <p>配筋検査システムの作業時間：システムに初めて触れる方9名による計9回の計測について、操作方法の説明から、作業者が計測を実施して結果がタブレット画面に表示されるまでの時間を計測。</p> <p>従来方法の作業時間：清水建設株式会社の配筋検査経験のある担当者による計2回の測定（それぞれ2名で実施）について、配筋へのマーカとメジャーの設置から状態確認、写真撮影、マーカとメジャーの撤収までの時間を計測</p> <ul style="list-style-type: none"> 配筋検査システムの作業者（使用に慣れていない人）にヒアリングを行い下記の意見が得られた。配筋検査システムは1人で作業可能で、従来方法の測定は2人以上での作業が必要であり、作業人数を50%以上削減できることを確認した。マーカやメジャーが不要となり、離れた位置から計測できることで安全性も向上することを確認した。使い勝手が良いという意見により容易性が高いことも確認した <p>＜配筋検査システムに関する意見＞</p> <ul style="list-style-type: none"> 従来2人以上の作業だったが、1人で実施可能で省人化になる マーカ不要になるので、マーカを落とす問題が無くなる メジャーを置かずに離れた位置から計測できるのは良い 操作がシンプルで使い勝手が良い。立会い写真としてそのまま使える 写真と計測結果と出力できるので、立会い写真が必要な場合に良い 帳票作成などの編集も考えると、時短になって良い 帳票作成時に対象の写真がわからなくなり、探す手間がなくなる 中間検査や完了検査以外に自主検査や発注者要望の検査で使える 雨でも計測できるのが良い 電子検尺ロッドが実際の3次元位置に合わせて表示されるのは便利である ネットワークに繋がらない現場もあるため、タブレットのみで処理が完結するのは良い 他のタブレット端末と、配筋検査システムを持ち歩くのは負担が増える

【技術実証の結果】

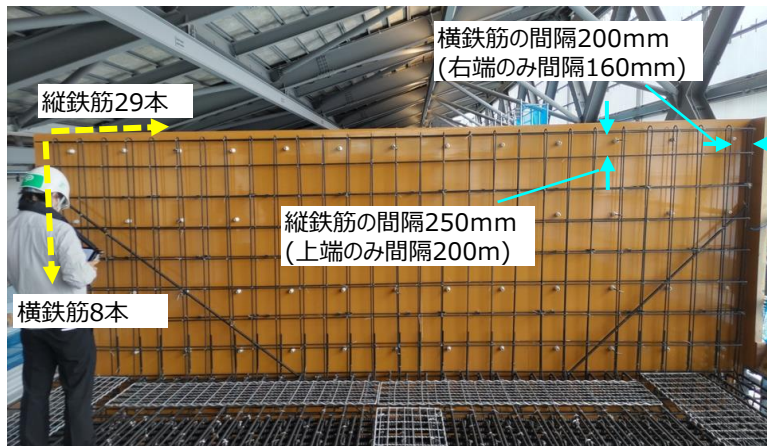
実証の実施結果	技術実証項目	実証結果
  <p data-bbox="672 1282 919 1310">Ifcファイルの表示例</p>	<p data-bbox="491 319 1123 354">②計測結果に基づくifcファイル生成の確認</p>	<p data-bbox="1207 319 2308 534">(オ) ファイル保管機能の妥当性評価 配筋検査システムの計測結果に基づいて、3次元データ（ifcファイル）を生成する機能を開発し動作を検証した。3次元データ生成処理を実行し、配筋検査システムの計測結果が出力されるフォルダと同じ場所にifcファイルが生成され、想定通りの動作となっていることを確認した。</p> <div data-bbox="1347 548 2109 896">  <p data-bbox="1386 858 1607 892">実行前のフォルダ</p> <p data-bbox="1854 858 2076 892">実行後のフォルダ</p> </div> <p data-bbox="1207 962 2323 1176">(カ) 3次元データ生成機能の確実性評価 生成された3次元データ（ifcファイル）が適切な形式で生成されていることを検証した。ifcファイルを読み込み、表示可能なフリーソフトウェアであるOpen IFC Viewerで、生成したifcファイルを読み込み、所望の表示となることを確認した。</p>

【技術実証の結果】

実証の 実施結果

技術実証項目

③BIMデータ比較による判定支援評価



撮影画像（目視及びメジャーによる実測データ）

実証結果

(キ) 適合性判定の支援評価

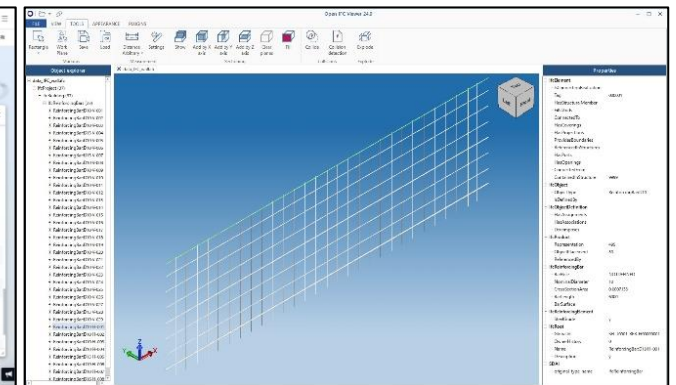
生成されたifcファイルの3次元データとBIMデータを、それぞれビューワに表示して、鉄筋本数、鉄筋径、鉄筋間隔を確認した。BIMデータではD10の縦鉄筋30本が200mm間隔、横鉄筋8本が250mm間隔で配置され、ifcファイルの3次元データでは、D10の縦鉄筋29本が約200mm間隔（右端のみ間隔約160mm）、横鉄筋8本が約250mm間隔（上端のみ間隔約200mm）で配置されており、BIMデータとifcファイルの3次元データで差があることを確認することができた。なお、実際に目視及びメジャーで実測した結果は、ifcファイルで示されている計測結果に近い結果であり、作成したBIMデータと、実際の配筋が異なっている。

縦鉄筋：30本、直径10mm(D10)、間隔200mm
横鉄筋：8本、直径10mm、間隔250mm

縦鉄筋：29本、直径10mm(D10)、間隔約200mm
（右端のみ間隔約160mm）
横鉄筋：8本、直径10mm、間隔約250mm
（上端のみ間隔約200mm）

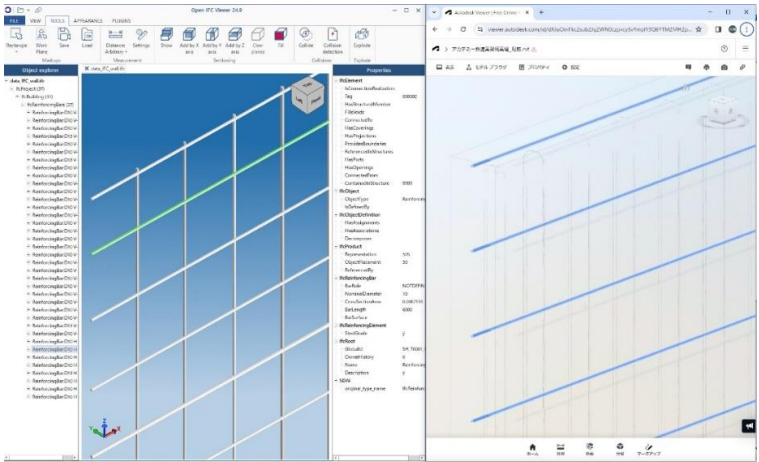


BIMデータ



ifcファイル

【技術実証の結果】

実証の実施結果	技術実証項目	実証結果
	<p>③BIMデータ比較による判定支援評価</p>  <p>3次元データとBIMデータの比較表示（ディスプレイへの表示）</p>	<p>(キ) 適合性判定の支援評価</p> <ul style="list-style-type: none"> • ifcファイルの3次元データとBIMデータをビューフに表示して比較する方法により、配筋検査の適合性判定を支援可能であるか、清水建設株式会社の技術者2名が主観的に評価し、下記の意見が得られた。評価は、3次元データとBIMデータを表示したビューフを並べてディスプレイに表示して行った。 • 当該評価の結果、配筋検査の適合性判定を支援する効果（可能性）があることを確認した。例えば、「発注者とのコミュニケーションに役立つ」との意見があったため、施工者が工事監理者に配筋状態を説明するときにも、配筋施工時の状態をifcファイルの3次元データとBIMデータを使用してディスプレイに表示しながら説明することで、説明がしやすくなるとともに、結果の確認がしやすくなる効果があると考えられる。また、「BIMデータを重ねて差を表示できると、より分かり易くなるかもしれない」との意見があったため、3次元的に配筋を比較することで、設計との比較評価が容易になると考えられる。さらに、ifcファイルへの情報追加、表示方法の改善により、比較評価への支援効果が向上すると考えられる。前述の効率性及び容易性の評価結果の通り、配筋検査システムは容易に使用可能で、効率性が向上し、作業人数を低減できることを確認した。中間検査や完了検査は、工事期間に随時実施される施工者や工事監理者の検査結果に基づいて実施される。施工者や工事監理者の検査は、全ての配筋について鉄筋の本数や径、間隔などの検査が行われるため、膨大な作業量となっている。したがって、これらの検査において配筋検査システムを利用することで、中間検査や完了検査のための検査時間や作業人員を大幅に削減し、業務効率化が可能と言える。また、ifcファイルは発注者への確認や、維持管理目的にも有用であり、中間検査や完了検査以外への活用の可能性もあることを確認した。

【技術実証の結果】

実証の実施結果	技術実証項目	実証結果
	③BIMデータ比較による判定支援評価	<p>＜ifcファイルの3次元データとBIMデータの比較確認方法に関する意見＞</p> <ul style="list-style-type: none"> ・現状の建設現場で鉄筋のBIMデータまで作成されることは少ないが、今試行が始まっている段階。今回の配筋の3次元データによる比較評価方法は、将来的に必要になると考えられる。 ・建築の建設現場では、施工者の自主検査と、工事監理者の検査が随時実施され、それらの検査結果をもって、中間検査や完了検査が行われる。したがって、普段実施されている施工者や工事監理者の検査で、配筋検査システムとifcファイルを活用できる。 ・ifcファイルで鉄筋本数、鉄筋径、鉄筋間隔が分かるが、配筋検査システムの結果を確認できれば、ifcファイルで表示しなくても十分と言える。3次元データを比較する方法の優位性や効果が必要と感じる。 ・今回生成したifcファイルは配筋1層のみとなっている。建築の壁や床が1層であることは少なく、BIMデータ同様に2層目までの3次元データで、奥行き方向の関係性も分かることが必要と考える。 ・重ね継手の情報など、BIMデータで表現されている情報はできる限りifcファイルにも欲しい。 ・ifcファイルとBIMデータを重ねて差を表示できると、より分かり易くなるかもしれない。その際に、原点（位置関係）を合わせる方法が課題になると考えられる。 ・建築の配筋は現場で調整されることも多いが、BIMデータに調整結果が必ず反映されているとは限らない。今回評価した壁面配筋でも、上端や右端の間隔がBIMデータと異なっていたように、現場の施工状況に応じて、全体で問題のない範囲で調整されることが多い。したがって、ifcファイル（施工後の計測結果）とBIMデータに差が発生する可能性があり、直接的に差を評価する場合は注意が必要と考える。 ・ifcファイルにより施工後の3次元データが取得できるため、発注者とのコミュニケーションに役に立つ。実際の施工状態を3次元モデルで確認しながら話ができるのは効果的と考えられる。 ・スリーブ等の設備の設置位置により配筋が調整されるため、施工後の配筋の3次元データは役に立つ。また、補修工事など維持管理にも有用な情報と考えられる。 ・配筋検査システムで撮影された画像を、3次元データに重畳して表示できると、実際の画像も併せて確認できるのでさらに分かり易くなる可能性がある。

【類型 9 シャープ株式会社】技術実証 最終報告サマリー

【技術実証の結果】

実証の 評価結果	技術実証項目	評価結果
	①配筋検査システムの適合性等の評価	<ul style="list-style-type: none"> ・配筋検査システムと従来方法の計測結果を比較し、十分な精度で計測が可能であり、適合性を確認した。 ・配筋検査システムと従来方法の作業時間を比較し、作業時間63%短縮可能であることを確認した。 ・配筋検査システムの使用に慣れていない作業員へのヒアリングにより、作業人数を50%削減可能であり、効率性や安全性が向上し、容易に計測可能であることを確認した。
	②計測結果に基づくifcファイル生成の確認	<ul style="list-style-type: none"> ・新規で開発した3次元データ（ifcファイル）生成機能が正常に動作していることを確認した。想定通りにifcファイルが出力され、ビューワーで所望の表示となることを確認した。
	③BIMデータ比較による判定支援評価	<ul style="list-style-type: none"> ・3次元データ(ifcファイル)とBIMデータを比較確認する方法は、配筋検査の適合性判定を支援する可能性があり将来的に必要となることを確認した。自主検査や中間検査、完了検査へ活用できることを確認した。
実証の 結果分析	<ul style="list-style-type: none"> ・本実証により、配筋検査システムは、従来の目視確認や手作業による測定方法を代替可能であり、初心者でも容易に使用可能で、効率性や安全性が向上することを確認した。 ・本実証で開発した3次元データ(ifcファイル)生成機能により、配筋の3次元データを生成し、BIMデータとの比較確認が可能となった。 ・3次元データ(ifcファイル)とBIMデータを比較確認する方法は、配筋検査の適合性判定を支援する可能性があり将来的に必要となること、自主検査や中間検査、完了検査へ活用できることを確認した。今後、ifcへの情報追加、表示方法の改善により、比較評価への支援効果が向上すると考えられる。また、ifcファイルにより施工後の3次元データを確認できるため、発注者への確認や、維持管理目的にも有用であることを確認した。 	

【技術実証の結果】

実証の 結果分析

(1)対象業務（法令）に係るアナログ規制の見直しに資するか否か

本実証での評価により、鉄筋本数、鉄筋径、鉄筋間隔のそれぞれの計測精度が目標値を達成しており、配筋検査システムの適合性を確認した。さらに、配筋検査システムを使用することが無い作業員による作業時間評価やヒアリングにより、配筋検査の効率性が向上し、容易に計測可能であることを確認した。これらの結果から、従来、目視確認や手作業での測定を行っていた配筋検査を、配筋検査システムによる計測で代替し、デジタル化が可能であることを確認した。また、配筋検査システムの撮影画像や計測結果、3次元データ（ifcファイル）を確認する方法により、現地で行っていた検査時の評価を、遠隔から行うなどの可能性も考えられる。したがって、アナログ規制の見直しに資すると考えられる。

(2)実現場での技術等の活用・導入に当たってのポイント

配筋検査システムは、特定の一か所の検査（抜き取り検査）に用いるのではなく、定常的に実施される検査において活用することで、業務効率の改善効果が大きくなると考えられる。

(3)実証を通じて明らかになった課題や改善の方向性

配筋検査システムは、鉄筋間隔が一定以上ある配筋を対し、複数の鉄筋が隣接して並行配置される場合や、鉄筋が密に配置され鉄筋間隔が狭い場合には、複数本の鉄筋を1本の鉄筋として検出してしまう等の誤差が発生する可能性がある。したがって、本実証では上記に該当し誤差の発生可能性がある配筋は対象外とした。しかしながら、建築の現場には、複数の鉄筋が隣接して並行配置されたり、鉄筋が密に配置されたりする配筋が存在するため、複雑な配筋の3次元データを生成する方法の検討が必要となる。また、配筋検査システムは2層目までの鉄筋を計測可能であるが、本実証では1層目を計測対象として各評価を実施したため、未評価の2層目については対象外とした。清水建設株式会社評価担当者の評価の結果、3次元データ（ifcファイル）には、BIMデータと同様の情報（配筋の2層目等）が必要であることが確認されたため、今後、3次元データ（ifcファイル）生成機能を改善する必要がある。

(4)アナログ規制の見直しにあたり留意すべき点等

配筋検査システムは鉄筋の本数、径（規格）、間隔の計測が可能であり、さらに帳票の出力や、画像上に計測結果を重畳したデータの出力なども可能である。また、本実証により、3次元データ（ifcファイル）の出力も可能となった。しかしながら、従来の配筋検査で実施されていた全ての検査項目を、配筋検査システムの計測により代替できるわけではない点を、留意する必要がある。