

【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>建築基準法第7条に定める「完了検査」※1・「中間検査」※2については、「平成19年6月20日国土交通省告示第835号 確認審査等に関する指針」において、「目視」や「計測機器等」により確かめることが記載されており、検査員（建築主事等）が建築物等の現場に往訪し、目視等による確認をしなければならない(写真-1)。検査の項目のうち配筋検査は、「中間検査」実施のための日程調整、現場確認や「完了検査」時の(自主)検査記録確認、写真確認等に時間を要している。</p> <p>本実証では、「現場での配筋状態を360°カメラで撮影したデータ」(図-1)と「躯体BIM」※2を重ね合わせる(図-2)ことで、測距可能なデジタルデータを構築し、遠隔地でも配筋検査、配筋写真管理に適用できる(図-3)こと、さらに測距精度や導入容易性などの観点から評価し、監理者・検査員が現場に臨場せずに、配筋検査に係る中間検査・完了検査を実施できることを目指す。</p> <p>主な項目としては、測距精度の目標値設定とその検証、条件の異なる実物件における躯体BIMモデルと撮影データの重ね合わせ、写真帳票を作成し現行手法との比較などを行う。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div data-bbox="512 711 741 1153">  <p>360度カメラにて動画撮影</p> </div> <div data-bbox="759 711 1174 1153">  <p>3Dモデル内のマーカー座標を認識させる</p> </div> <div data-bbox="1192 711 1472 1082">  <p>デジタルメジャー※4。マーカーで写真化</p> </div> <div data-bbox="1490 711 1821 1178">  <p>切出した写真から帳票出力</p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div data-bbox="512 1163 741 1225"> <p>図-1 現場にて360°カメラで撮影</p> </div> <div data-bbox="759 1163 1174 1225"> <p>図-2 座標認識しモデルと重ね合せ</p> </div> <div data-bbox="1192 1163 1472 1225"> <p>図-3 測距・検査記録・写真記録（WEB上で閲覧可能）</p> </div> <div data-bbox="1872 735 2433 1156">  <p>写真-1 監理者・建築主事等の臨場検査</p> </div> </div> <p>※1 施工された建築物の建築基準への適合性を建築主事等が施工終了時（完了）に検査するもの ※2 施工中の建築物の建築基準への適合性を建築主事等が施工段階（中間）に検査するもの ※3 建物の構造体をコンピュータ上に立体モデル化したもの（BIM：Building Information Modeling） ※4 デジタルデータ（3D）モデルの中で距離を計測するもの</p>

【類型9 前田建設工業株式会社】技術実証 最終報告サマリー

【技術実証の概要】

実施体制	事業者名	実施業務・役割
	前田建設工業株式会社	執行管理、現場提供・システム利用、実現性評価、設計監理・他部署との調整、業務・精度要求の整理・討議、報告書作成
	アクセント株式会社 (再委託先)	「(仮称)配筋360システム」構築者としての技術的助言
	ピクシーダストテクノロジーズ株式会社 (再委託先)	要素技術の提供、KOTOWARI※5構築者としての技術的助言、技術検証結果・精度検証結果の提供

※5 空間データを取得/保存/活用することで、空間にある多様な事象をデジタルデータとして取り扱い、統合的に解析する高度なアプリケーションの構築を可能にするソリューション。「(仮称)配筋360システム」に組み込まれている。

実施期間	令和5(2023)年10月26日～令和6(2024)年1月31日
------	----------------------------------

【技術実証の詳細】

技術実証の方法	開発・活用した技術・システム	技術・システムの内容
	1. (仮称) 配筋360システム	<p>建築物の構造体の配筋工事の管理において、主に以下の機能を持つ支援システムである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ① 現場で撮影した動画をアップロードし、撮影範囲やARマーカ位置を記録する。 ② 施工中の現場における配筋状態で、「位置認識するARマーカと共に360°カメラで撮影した動画データ」から、KOTOWARIという要素技術により3D空間を生成する。 ③ ①と「躯体BIMモデル」（配筋BIMモデルではない）とを高精度で重ね合わせる。 ④ 躯体BIMモデルは距離情報を含んでいるため、3D空間で測距する。これにより、鉄筋工事における梁のあばら筋、柱のフープ筋などが所定のピッチで配筋されているかなどを確認することができる。 ⑤ 動画を閲覧しながら画角変更により、検査箇所を確認・記録する。 ⑥ 位置情報や推奨画角から必要な画角を選定後、動画から写真を切り出し、写真帳票を作成する。 ⑦ WEB上で動作するシステムであり、遠隔地でも情報を共有できる。
	2. Insta360 X3	<p>2眼レンズにより、上下左右前後360°の動画を撮影することが出来るカメラ（市販品）。最大5.7kの360°動画撮影が可能。機材本体の外寸が46×116×33.1mmであり、鉄筋間隔に差し込んで籠状の配筋を内部から撮影することができる。動作温度は-20℃～40℃、連続での撮影可能時間は81分となっており、施工記録時の動作環境、動作時間に適合可能である。動画のデータ形式はINSVファイルとなっている。一般的にはオンライン動画共有やソーシャルメディアに掲載するコンテンツ撮影ツールとして利用される。</p>

【技術実証の詳細】

技術実証の方法	技術実証項目	実証内容																																							
	<p>1. 測距確認データの収集</p>	<p>様々な条件下において360°カメラで撮影を実施し、本実証期間において収集した撮影データ数は662ファイルである。具体的な条件は、大きく地下躯体・地上躯体に分類し、基礎・基礎梁、柱・壁、梁・スラブといった対象部材、周辺状況に構台・外部足場・作業員の映り込み有無、晴天・曇天・雨天といった天候、日中・夕暮れといった時間帯の条件で場合分け（図-4）して撮影データを収集した。</p> <p>（データ収集の条件は、実証期間外のものも含む） 実証期間内においては、図-4に示す条件のうち、32パターンの条件下でデータを取得した。その他の条件については、実証期間外も含めてデータ取りを進めている状況である。</p> <div data-bbox="1803 511 2448 796" style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px 0;"> <table border="1"> <thead> <tr> <th>撮影対象</th> <th>基礎</th> <th>周囲の状況</th> <th>天候</th> <th>時刻</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="4">地下躯体</td> <td>基礎</td> <td>天井の有無</td> <td>快晴（影入り）</td> <td>日中</td> </tr> <tr> <td>基礎梁</td> <td>外部足場の有無</td> <td>曇天</td> <td>夕暮れ</td> </tr> <tr> <td>スラブ</td> <td>作業員の映り込みの有無</td> <td>雨天</td> <td></td> </tr> <tr> <td>柱</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td rowspan="4">地上躯体</td> <td>梁</td> <td>外部足場の有無</td> <td>快晴（影入り）</td> <td>日中</td> </tr> <tr> <td>スラブ</td> <td>作業員の映り込みの有無</td> <td>曇天</td> <td>夕暮れ</td> </tr> <tr> <td>柱</td> <td>周辺の建物の映り込みの有無</td> <td>雨天</td> <td></td> </tr> <tr> <td>壁</td> <td>稼働しているTCの有無</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> </div>	撮影対象	基礎	周囲の状況	天候	時刻	地下躯体	基礎	天井の有無	快晴（影入り）	日中	基礎梁	外部足場の有無	曇天	夕暮れ	スラブ	作業員の映り込みの有無	雨天		柱				地上躯体	梁	外部足場の有無	快晴（影入り）	日中	スラブ	作業員の映り込みの有無	曇天	夕暮れ	柱	周辺の建物の映り込みの有無	雨天		壁	稼働しているTCの有無		
撮影対象	基礎	周囲の状況	天候	時刻																																					
地下躯体	基礎	天井の有無	快晴（影入り）	日中																																					
	基礎梁	外部足場の有無	曇天	夕暮れ																																					
	スラブ	作業員の映り込みの有無	雨天																																						
	柱																																								
地上躯体	梁	外部足場の有無	快晴（影入り）	日中																																					
	スラブ	作業員の映り込みの有無	曇天	夕暮れ																																					
	柱	周辺の建物の映り込みの有無	雨天																																						
	壁	稼働しているTCの有無																																							
	<p>2. 測距精度の目標値設定</p>	<p>測距制度の目標設定にあたっては、検査実務に即した目標値を定めるために、令和5年11月15日に国土技術政策総合研究所の室長、同年11月10日に建築研究所の主任研究員へのヒアリングを実施した。</p> <p>システム開発の試行過程で得ていたデータにより検証を行った結果、ある程度の精度が確認出来ていた。実証事業者の考えとして、デジタルデータ上での計測誤差を0にすることは、現状では不可能と思われるが、従来手法の撮影写真と比較した場合、目標精度の誤差の値は、「鉄筋コンクリート造配筋指針・同解説（日本建築学会）」に記載のある誤差（図-5）の範囲内であると考えた（図-6）。その考え方により、目標値としてデジタル空間で計測した全箇所数に対し、98%の箇所において、現物実測値との誤差が±5%以内という精度を提案した。ヒアリングでは、この目標値とした場合、あばら筋・帯筋を一定の長さで計測し、全体本数を確認することによって問題はないとの見解があった。そのため、この目標値を本実証で検証することとした。</p>																																							

図-4 測距確認データ撮影の条件

【技術実証の詳細】

表 8.2 配筋精度

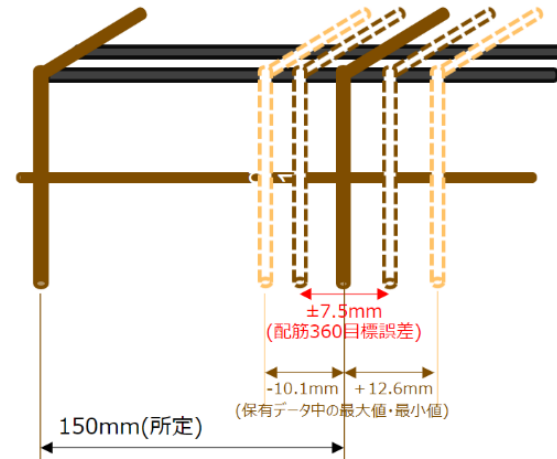
部 位	符号	項 目	許容値 δ または P
柱	a-1	柱の主筋または軸方向筋の上下端間の倒れ	10 mm
	a-2	柱の主筋または軸方向筋の上下端間の曲がり	20 mm
	a-3	帯筋の間隔	所定間隔(ピッチ)の20%以内
梁	b-1	梁筋の柱内法間の上下・左右方向の移動量	10 mm
	b-2	梁筋の柱内法間の上下・左右方向の曲がり	20 mm
	b-3	あばら筋の間隔	所定間隔(ピッチ)の20%以内
スラブ・土圧・水圧壁	c-1	スラブおよび壁の鉄筋間隔	所定間隔(ピッチ)の20%以内
	c-2	スラブおよび壁の板厚方向の鉄筋位置 板厚 30 cm 未満の場合 板厚 30 cm 以上の場合	所定の位置から 10 mm 所定の位置から 20 mm
壁	d-1	壁の鉄筋間隔	所定間隔(ピッチ)の20%以内
	d-2	壁の板厚方向の鉄筋位置 建物の外部側 建物の内部側	10 mm 30 mm
その他	e	a～d以外の鉄筋	上記に準ずる

[注]・配筋間隔は上記規定を満足し、さらに平均間隔を設計値以下とする必要がある。
・倒れや曲がりは上記規定を満足し、さらに所定のかぶり厚さも守る必要がある。

図-5 配筋精度

出展：「鉄筋コンクリート造配筋指針・同解説2021（日本建築学会）」

配筋360では±5%に98%のデータが収まることから、配筋間隔が150mmの場合、±7.5mm以内に98%のデータが収まる。



「鉄筋コンクリート造配筋指針・同解説」によれば、配筋間隔が150mmの場合、±30mm(±20%)までは許容される。

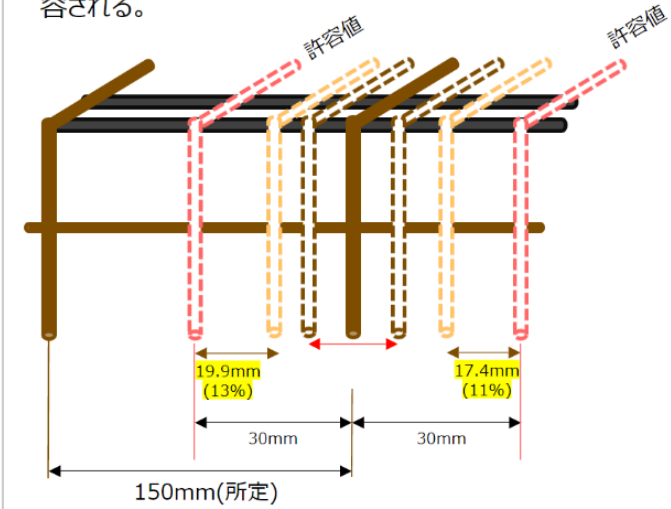


図-6 あばら筋・帯筋のデジタル上での計測による許容差の検討

【類型9 前田建設工業株式会社】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
	3. 測距精度の検証方法	<p>360°カメラ（Insta360X3）により撮影データと躯体BIMモデルとを突合して生成された3D空間が一定以上の精度で生成されていることを確認する。撮影にあたっては、配筋状態または躯体構築後の建築物において、ARマーカを映し込んで実物のメジャーを撮影する。撮影動画とBIMモデルを重ね合わせたデジタルデータ内で画像化されているメジャーを計測し、実物のメジャーで計測した値との誤差を記録する。デジタルデータ内での計測には、距離の計算を行うアルゴリズム処理を適用しているが、誤差のあるデータにおいて要因を分析し改良するという過程を繰り返し、条件の異なる新たなデータを加えて計測の計算処理を実施することで、精度を検証することとした。</p>
	4. 配筋360の活用	<p>配筋360では、躯体BIMデータを投入し、「360°カメラ」で撮影したデータをアップロードする。撮影時に写し込んだ「ARマーカ」の位置を躯体BIMの座標と登録すると、撮影した映像を3Dモデル化して、BIMと重ね合わせたデータが構築される。</p> <p>BIMデータには距離情報が含まれており、配筋360に組み込まれた前述のアルゴリズム処理により測距が可能となる。システム内のデジタルメジャーは、BIMモデルとともに各部材のかぶり厚さ情報を設定することにより、躯体BIMデータから得られる躯体の表面位置を基準にして、配筋の位置にデジタルメジャーが表示される。また構造設計図から伏図や部材図を登録し、撮影の軌跡表示（図-7）が可能になり、該当箇所の部材図を表示することで、撮影映像の配筋との整合が確認できる</p>

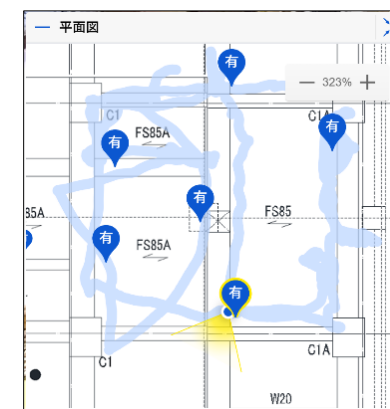
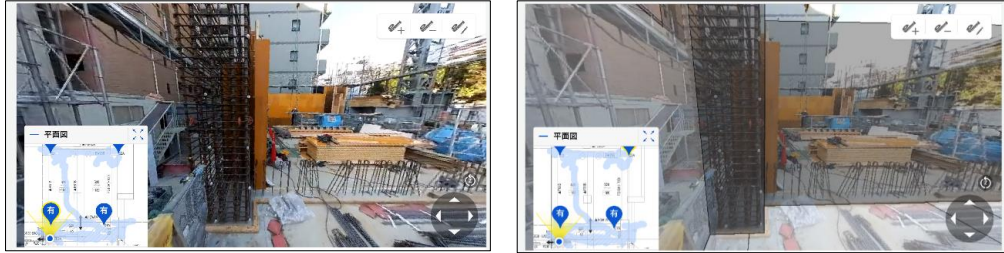





図-7 撮影データの軌跡表示の例

【技術実証の詳細】

技術実証の方法	技術実証項目	実証内容
	5. 躯体BIMモデルと撮影データとの重ね合わせ	<p>360°カメラにより撮影した配筋状態の映像と該当する位置の躯体BIMモデルを、システム上の処理により重ね合わせたデジタルデータを構築した（図-8）。システム上では、動画上で操作した動きに合わせて躯体BIMモデルも追従することにより、現場での配筋位置と躯体形状の食い違いがないかを確認できる。その際、WEB上で動作するシステムの操作に対する反応速度や、画面上の平面図にある画角表示位置と映像の位置が正しく表示されているかといった検証を行った。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;">  </div> <p style="text-align: center;">図-8 撮影データのみ（左）と躯体BIMを重ね合わせた状態（右）</p>
	6. 写真帳票の作成	<p>既存の検査写真と比較し、本実証による写真帳票の出来栄に問題がないことを確認する。配筋360の画面上にある平面図に表示された柱・壁・梁・スラブなどの部材位置をクリックすることで部材を特定すると、撮影すべき画角の候補（正面・俯瞰・上部・側面など）をシステムが自動提示する（図-9）。各部材の写真切り出しが完了した時点で帳票出力操作により、写真台帳が作成・出力されるが、既存の手法による写真台帳と比較（写真-2、3）し、画像品質や記載内容に不備がないかなどの検証を行った。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;">    </div> <p style="display: flex; justify-content: space-around;"> 図-9 撮影データから部材位置・画角を指定 写真-2 既存手法による写真 写真-3 3D映像からの切り出し写真 </p>

【類型9 前田建設工業株式会社】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
	7. 写真帳票についてのヒアリング	RC造集合住宅物件について、実証事業者の設計監理者へのヒアリングを実施した。配筋360システムから出力した写真帳票を既存の手法から出力した帳票との比較を行い、写真の画質・デジタルメジャーにより計測が出来ているか・部材符号についての記載内容に漏れがないかといった点について確認した。対象部位は、当実証期間中に作業を実施した、基礎躯体および地上1階の躯体についての配筋写真とした。

【技術実証の詳細】

物件の選定は、構造・施工工程・周辺状況など、異なる条件の物件を選定した。以下の3つの建築現場で実際に360°カメラでの撮影等を行い、撮影手順やマーカー設置についての課題等を調査し、手順の整理や設置治具の検討などを行った。

実証場所① 反町1丁目M作業所：RC造集合住宅 | 地上10階建て | 所在地：神奈川県横浜市

11月27日～30日：1階柱・壁の撮影、測距精度確認用の現物メジャーの撮影、データ取込処理（写真-4）

12月11日～14日：2階梁・スラブの撮影、データ取込処理

12月22日～26日：2階柱・壁の撮影、データ取込処理

通期：既存手法との工数比較

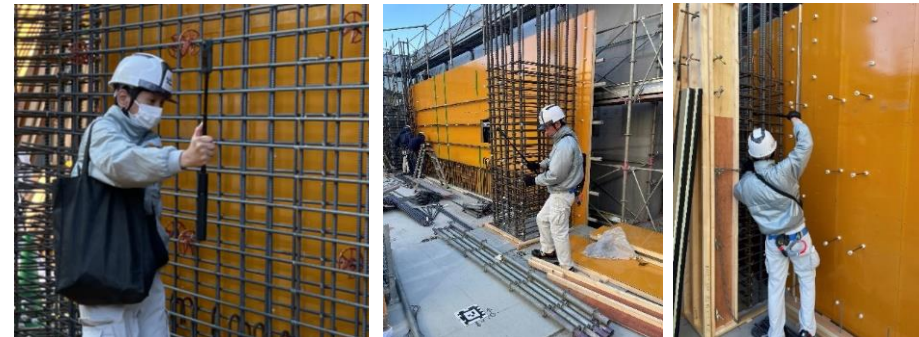


写真-4 撮影の様子

【技術実証の詳細】

実証場所② 新橋5丁目ビル作業所：鉄骨造事務所 | 地上14階建て | 所在地：東京都港区

11月2日：基礎の撮影、測距精度確認用の現物メジャーの撮影（写真-5）、データ取込処理

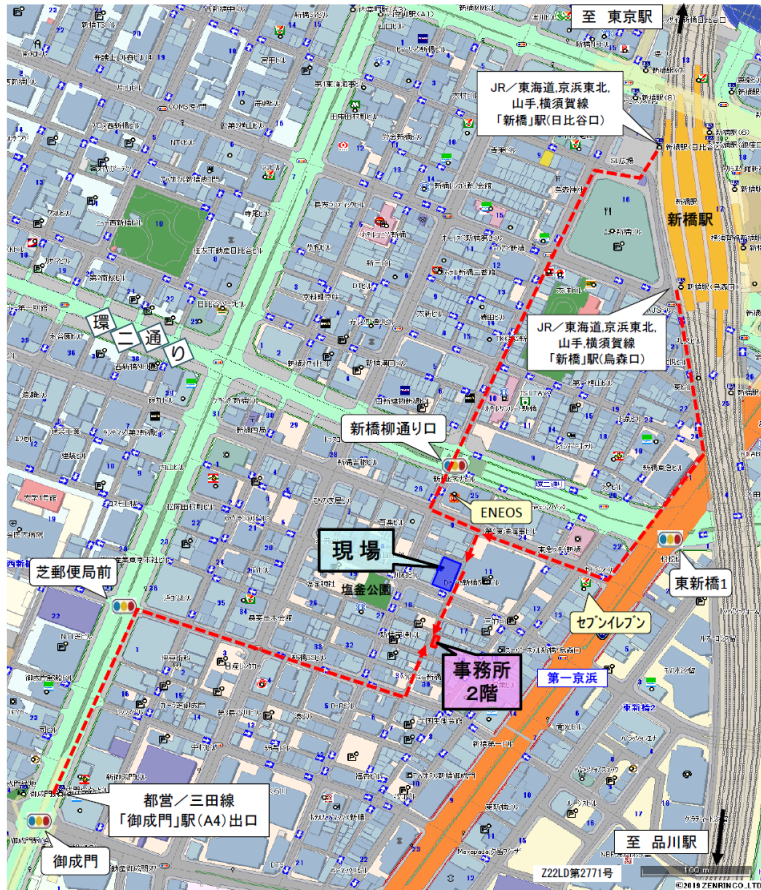


写真-5 実際の撮影の様子・現物メジャーの撮影

【類型9 前田建設工業株式会社】技術実証 最終報告サマリー

【技術実証の詳細】

実証場所③ 館山中学校作業所:RC造学校舎 | 地上4階建て | 所在地:千葉県館山市

11月30日~12月1日: 3階梁・スラブの撮影、測距精度確認用の現物メジャーの撮影 (写真-6)、データ取込処理

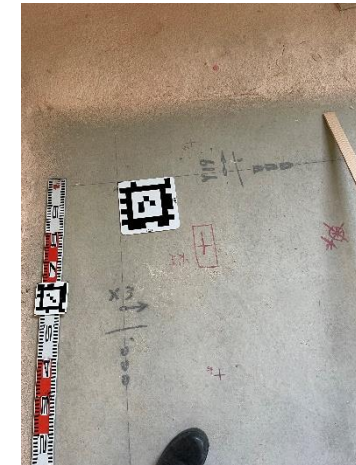


写真-6 実際の撮影の様子・現物メジャーの撮影

【技術実証の詳細】

実施条件

1. ARマーカの設置条件

撮影する範囲を決め、ARマーカの設置範囲を大まかに決める。ARマーカには大（20cm角）と小（10cm角）のサイズがあり、図-10に示すように撮影箇所を囲むように4か所以上で大マーカの設定を行う。現場の基準墨や図面等からxyz座標を判別できる箇所を選択する。また設置の際、3つ以上のARマーカを直線状に配置しない。

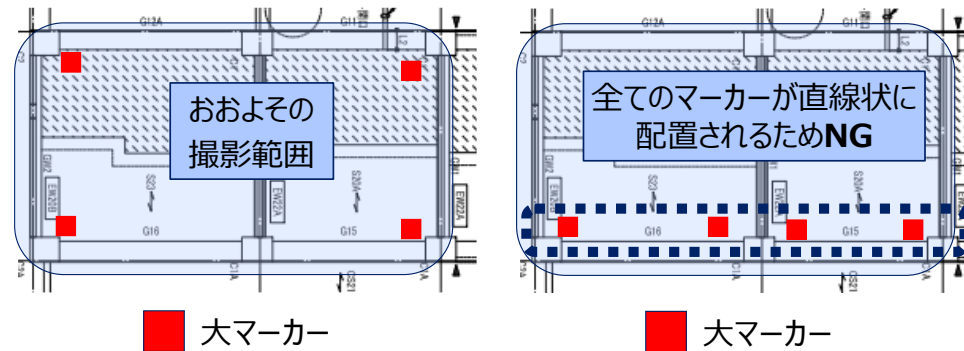


図-10 ARマーカの設置イメージ（左：OKの例、右：NGの例）

2. 天候条件

昼間での撮影を推奨するが、夕刻であっても、ライトが必要ない天空の明るさがあれば撮影が可能である（カメラ設定により対応）。ただし、躯体形状によって、梁底までに距離があり光量が不足する場合は撮影が困難となる。

【技術実証の結果】

結果の評価の観点	省力化の効果やシステムによる出力帳票の信頼性、正確性などの観点で評価
結果の評価のポイント・方法	<p>■ 評価ポイント・方法</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 精度 <p>現状の手法により実施した検査結果と、配筋360で実施した検査結果を比較し、検査対象箇所数のうち98%が寸法誤差5%以下の範囲であることを基準としたい。この基準の妥当性は、技術実証の詳細に示すように、関係する研究機関（国総研、建研）に確認を実施する。精度評価の具体的な手法は、現場に置かれた1mのメジャーが映り込んだ360度動画を配筋360で処理し、電子的に長さを測定した結果と真値（1m）との誤差を定量的に評価する。加えて、入力ミスなどによるARマーカの位置のずれが3Dモデルの精度にどの程度影響を与えるか、ずれ量に応じた数パターンのケースを想定して確認・評価する。</p> 2. 省力化規模 <p>検証対象物件の2Fの躯体工事を対象とし、現行の手法による現場作業（工事写真撮影）と現場外作業（写真帳票作成）に要する時間を算出する。同作業を配筋360で実施した場合に要する時間を算出する。両者の作業時間を比較することで、工数削減が達成されているかを定量的に評価する。</p> <p>また、現行の臨場による方法と比較し、検査員が遠隔により検査を実施した場合、工数削減を達成しているかを定量的に評価する。</p> 3. 改ざん防止 <p>一般社団法人施工管理ソフトウェア産業協会（J-COMSIA）は、建設分野の施工管理に関わるソフトウェアを用いた業務の高度化・効率化を推進する産業団体である。このJ-COMSIAは、建設の施工管理に関するソフトウェアの検定を実施しており、この検定に合格することで、施工管理ソフトウェアとしての信頼性が担保される。本実証においては、配筋360により作成された帳票写真がJ-COMSIAの検定「デジタル工事写真の信憑性確認機能（改ざん検知機能）検定」に合格することで、改ざん防止対策として十分か、国土交通省に確認を取り、評価時に判断する。</p>

【技術実証の結果】

結果の評価の観点	省力化の効果やシステムによる出力帳票の信頼性、正確性などの観点で評価
結果の評価のポイント・方法	<ul style="list-style-type: none"> ■ 評価ポイント・方法 4. 編集不可の原則 配筋360では、映像から写真を切り出すという操作を実施することから、国土交通省の発行する、「デジタル写真管理情報基準」の「6 写真編集等」に記載されている、「写真の信憑性を考慮し、写真編集は認めない」の内容に抵触しないことを確認する必要がある。国土交通省に確認を取り、配筋360により切り出した写真が「編集」に該当しないことを確認・評価する。「デジタル写真管理情報基準」にもファイル形式に動画に関する記載があり、現在日本産業規格に示されるMP4等の動画が記載されている。このことから、動画から写真を切り出すことが編集に該当しないことを意味しており、配筋360で用いる動画ファイル形式（INSV）から切り出した写真についても「編集」に該当しないことを確認する。 5. 写真精度 「4. 編集不可の原則」にも記載の通り配筋360は、国土交通省の定める「デジタル写真管理情報基準」に準拠する必要がある。同基準の「5 ファイル命名規則」「7 有効画素数」に記載された事項についても、国土交通省に確認を取り、配筋360により生成した帳票写真が「写真管理項目」、「ファイル形式」、「ファイル命名規則」、「画素数等」の基準を満たしていることを確認・評価する。また、複数名の設計監理者や当社の施行担当者が、配筋360から生成された写真が現行の手法で撮影された写真と同等の画像品質・画角となっているか定性的に評価する。 6. 導入容易性 現場担当者が撮影から帳票出力まで一連の流れを実施し、操作性などをヒアリング等を通じて評価する。また、撮影条件や導入に必要なコスト、運用コストを確認し、運用に適合するか評価する。加えて、実証事業者の土木部門の施工管理者や、ビルメンテナンス部門の社員など、他部門の関係者にもヒアリングを行い、他分野への展開性を評価する。

【技術実証の結果】

実証の実施結果	技術実証項目	実証結果																									
	1. 精度	<p>精度検証のためのデータとして、各現場に1mのメジャーを設置し、662個の精度検証 データを取得した。各現場のデータの特徴や各現場で取得したデータ数は以下の表-2に示すとおりである。</p> <p style="text-align: center;">表-2 検証を実施した現場概要とサンプル取得数</p> <table border="1" data-bbox="952 442 2333 719"> <thead> <tr> <th>No.</th> <th>現場種別</th> <th>現場略称</th> <th>取得したデータの特徴</th> <th>サンプル取得数</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>RC造集合住宅</td> <td>反町</td> <td>屋外で日当たりが良く、理想的なデータ</td> <td>203</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>鉄骨造事務所</td> <td>新橋</td> <td>地下躯体や構台下など暗い箇所を含むデータ</td> <td>257</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>RC造学校者</td> <td>館山</td> <td>屋内・屋外を同一動画内で行き来するデータ</td> <td>202</td> </tr> <tr> <td colspan="4" style="text-align: right;">合計</td> <td>662</td> </tr> </tbody> </table> <p>現場内に複数置かれた1mの物理メジャー（現物のメジャー）を360°カメラで撮影後、当該映像のシステム処理を行う。処理された3Dモデル内では、物体の測距が可能であり、3Dモデル内で物理メジャーの両端をアノテーションすることで、測距することが可能である（図-11）。モデル内での測距結果をヒストグラムで示す(グラフ-1)。異なる条件の物件別に比較した場合でもヒストグラムに大きな特徴はなく、収集した662サンプルは、99.7%のデータが寸法誤差±50mm (±5%)以下であり、目標値を満たしていることを確認した。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-end;"> <div data-bbox="1421 916 1905 1276" style="text-align: center;"> <p>図-11 アノテーションの方法</p> </div> <div data-bbox="1921 916 2405 1276" style="text-align: center;"> <p>グラフ-1 精度評価データ (全体)</p> </div> </div>	No.	現場種別	現場略称	取得したデータの特徴	サンプル取得数	1	RC造集合住宅	反町	屋外で日当たりが良く、理想的なデータ	203	2	鉄骨造事務所	新橋	地下躯体や構台下など暗い箇所を含むデータ	257	3	RC造学校者	館山	屋内・屋外を同一動画内で行き来するデータ	202	合計				662
No.	現場種別	現場略称	取得したデータの特徴	サンプル取得数																							
1	RC造集合住宅	反町	屋外で日当たりが良く、理想的なデータ	203																							
2	鉄骨造事務所	新橋	地下躯体や構台下など暗い箇所を含むデータ	257																							
3	RC造学校者	館山	屋内・屋外を同一動画内で行き来するデータ	202																							
合計				662																							

【技術実証の結果】

実証の実施結果	技術実証項目	実証結果																																												
	2. 省力化規模	<p>省力化規模は、対象現場（反町）の2Fの躯体工事を対象として検証を行った。同現場は、1フロア約300㎡の集合住宅の現場（図-12）である。現場の状況を写真-7に示す。対象現場の2F梁、床、柱、壁の一連の鉄筋工事の工事写真の帳票作成をiPadで提供されている写真作成アプリを使用した現行の手法と、配筋360による手法を同時並行的に実施し、省力化規模の定量化を実施した。結果を表-4に示す。なお、表中に示す時間は2Fの一連の鉄筋工事の写真帳票作成に要した合計時間である。</p> <p>工事写真の帳票作成のプロセスは、「現場作業」と「現場外作業」に大別できる。「現場作業」を比較すると、配筋360では、大幅に工数の削減が達成できた。一方で、「現場外作業」については、工数が増える結果となった。ただし、「現場作業」と「現場外作業」の合計では、配筋360により工数の削減が実現されていることが確認できた（表-5）。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-start;"> <div data-bbox="817 791 1174 1225"> </div> <div data-bbox="1207 836 1689 1196"> </div> <div data-bbox="1747 743 2397 1110"> <p style="text-align: center;">表-4 省力化規模の結果</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">手順</th> <th colspan="2">現行の手法</th> <th colspan="2">配筋 360</th> </tr> <tr> <th>業務内容</th> <th>時間(分)</th> <th>手順</th> <th>業務内容</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">現場作業</td> <td>準備</td> <td>725</td> <td>準備</td> <td>撮影部位の目視確認、ARマーカーの設置と設置位置のME</td> </tr> <tr> <td>撮影</td> <td>iPad の写真管理アプリで写真撮影</td> <td>383</td> <td>撮影</td> <td>360 度カメラを用いて動画撮影</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">現場外作業</td> <td>帳票作成</td> <td>写真管理アプリにより写真帳票として出力</td> <td>480</td> <td>データアップロード</td> <td>配筋 360 システムからマーカー位置登録、データのアップロード</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td>帳票作成</td> <td>デジタルメジャー等設置の上、写真切り出し</td> </tr> <tr> <td>合計</td> <td></td> <td>1,588</td> <td>合計</td> <td></td> <td>896</td> </tr> </tbody> </table> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 20px;"> <div data-bbox="876 1250 1105 1276"> <p>図-12 反町 2Fの平面図</p> </div> <div data-bbox="1294 1250 1554 1276"> <p>写真-7 反町 2Fの現場状況</p> </div> <div data-bbox="1819 1143 2339 1319"> <p style="text-align: center;">表-5 配筋360を用いた場合の作業毎の工数増減率</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>配筋 360 を用いた場合の工数増減率</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>現場作業</td> <td>-85%</td> </tr> <tr> <td>現場外作業</td> <td>+52%</td> </tr> <tr> <td>トータル</td> <td>-44%</td> </tr> </tbody> </table> </div> </div>	手順	現行の手法		配筋 360		業務内容	時間(分)	手順	業務内容	現場作業	準備	725	準備	撮影部位の目視確認、ARマーカーの設置と設置位置のME	撮影	iPad の写真管理アプリで写真撮影	383	撮影	360 度カメラを用いて動画撮影	現場外作業	帳票作成	写真管理アプリにより写真帳票として出力	480	データアップロード	配筋 360 システムからマーカー位置登録、データのアップロード				帳票作成	デジタルメジャー等設置の上、写真切り出し	合計		1,588	合計		896		配筋 360 を用いた場合の工数増減率	現場作業	-85%	現場外作業	+52%	トータル	-44%
手順	現行の手法			配筋 360																																										
	業務内容	時間(分)	手順	業務内容																																										
現場作業	準備	725	準備	撮影部位の目視確認、ARマーカーの設置と設置位置のME																																										
	撮影	iPad の写真管理アプリで写真撮影	383	撮影	360 度カメラを用いて動画撮影																																									
現場外作業	帳票作成	写真管理アプリにより写真帳票として出力	480	データアップロード	配筋 360 システムからマーカー位置登録、データのアップロード																																									
				帳票作成	デジタルメジャー等設置の上、写真切り出し																																									
合計		1,588	合計		896																																									
	配筋 360 を用いた場合の工数増減率																																													
現場作業	-85%																																													
現場外作業	+52%																																													
トータル	-44%																																													

【類型9 前田建設工業株式会社】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
	3. 改ざん防止	本実証においては、国土交通省に確認を行い、配筋360により動画から切り出された帳票写真においても、従来の工事写真における改ざん対策を証明する、J-COMSIAの検定「デジタル工事写真の信憑性確認機能（改ざん検知機能）検定」に合格することで、改ざん防止対策が十分であるとして判断よい旨、回答を受領した。ただし、2024年1月現在、配筋360はリリースを前提としたシステムとするための開発を進めており、J-COMSIAの提供する検定を実施できる状態ではないため、本実証の期間内において、改ざん防止機能が実装されたことを確認するまでは至っていない。今後は、2024年4月に実施される検定に合格するために開発・機能実装を進めていく。改ざん防止の対策として、具体的には、3Dモデルから適切な画角で切り出し、デジタルメジャー設置やチェックマークを付与した写真を帳票写真として保存する際に、改ざん検知機能として、ハッシュ値（SHA-256）を埋め込む機能を実装する。
	4. 編集不可の原則	本実証においては、動画から写真を切り出す行為が「編集」に該当しないことを示す必要があったが、国土交通省の「デジタル写真管理情報基準」が2023年3月に改訂され、「ファイル形式」に「動画ファイルの記録形式は日本産業規格（JIS）に示されるMP4形式等とする。」ことが明記された。今回使用する動画ファイルは、INSV形式であるが、国土交通省より「ファイル形式については幅広く動画形式を認めることを想定している」との見解が示されたため、今回の実証において、INSV形式の動画を用いた写真の作成が「編集」に該当しないことが確認できたと解される。

【技術実証の結果】

実証の実施結果	技術実証項目	実証結果
	5. 写真の精度	<p>国土交通省の発行する「デジタル写真管理情報基準」に準拠する必要があるため、国土交通省に確認を取り、配筋360により切り出した写真が同基準の「3 写真管理項目」、「4 ファイル形式」、「5 ファイル命名規則」、「7 有効画素数」を満たすことを目指した。本編「3. 改ざん防止」に記載の通り、配筋360は開発中であることから、「3 写真管理項目」、「5 ファイル命名規則」については、実装を目指しているものの、確認・評価ができる状態には至らなかった。「4 ファイル形式」については、本編「4. 編集不可の原則」に記載の通り、広く動画形式が認められるとのことで、INSVについても基準を満たすものと解される。「7 有効画素数等」については、帳票化する写真は、切り出す写真の画素数が100万画素を下回らないようにズームに制限をかける仕様としており、基準を満たす状態でシステム開発を進めている。</p>
	6. 導入容易性・他分野展開性	<p>6.1. 導入容易性</p> <p>①360度動画を撮影する際のカメラの使い勝手を含めた現場作業時の容易性について 写真撮影を担当する事業実施者社員及び、協力会社の計5名に実際にカメラを使用して撮影を実施してもらい、カメラの操作についてヒアリングした。特に画角を気にせずに撮影できる点が好評で、カメラの操作も難なく実施できた。また、ARマーカの設置についても、現場内で置き場に困ったという事例は無く、現場によってはARマーカを必要箇所に設置しておき、事前に測量するといった運用上の工夫を実施した。今回の360°カメラを用いた撮影方法については半日～1日程度で習得することができた。撮影条件に関しては、日中時間帯に撮影作業を行う場合、カメラのパラメータ調整により、明瞭な画像が取得できることが明らかになったため、業務運用に適合するものと考えられる。</p> <p>②配筋360を実際に運用した場合の操作性を含めた現場外作業時の容易性について 現場にて工事写真の撮影を専門とする写真業者の1名に実際にシステムを運用してもらい、導入にあたる懸念点をヒアリングした。写真の画角の調整や、写真タイトルを付与する際の入力で、いずれも工数が増加してしまう指摘があったが、出来上がりの写真については、従来の工事写真と同等の品質を有しているという意見が出た。この指摘に対し、機能の実装を予定しており、改善が見込まれるが、その他の操作性については今後、運用を進めるにつれて現場の写真帳票のデータが蓄積されていくことから、機械学習などにより最適な画角を提案する機能など、導入容易性を改善する余地があると考えられる。</p>

【技術実証の結果】

実証の実施結果	技術実証項目	実証結果																									
	6. 導入容易性・他分野展開性	<p data-bbox="733 347 978 382">6.2. 導入コスト</p> <p data-bbox="733 389 2435 694">本ソリューション導入に必要なコストとしては、カメラ本体やメモリーカードの付属品、ARマーカ―と固定用の治具を準備する必要がある。また、予めBIMデータや検査箇所データを登録する必要があり、準備の工数が一定必要であるが、既存の建設業向けソフトウェアを利用する場合と同等の工数と見込んでいる。加えて、運用に際してはクラウドコンピューティングに関わる費用やソフトウェアの利用料が発生するが、現場での運用に適合するコストであると考え。表-6に現時点で想定される1現場当たりの利用料を記載した。なお、No.4「ソフトウェア利用料」については、反町の現場にて継続的に試行した実績から試算しており、撮影の頻度や動画の処理量によって計算コストが変動すること、またサービスとしての提供方針は検討中であり、課金方式が変更される場合があることに注意されたい。</p> <p data-bbox="1345 715 1753 736">表-6 導入に際して費用が発生する項目と概算</p> <table border="1" data-bbox="1090 746 2053 1246"> <thead> <tr> <th>No</th> <th>物品・サービス名</th> <th>数量等</th> <th>概算価格(円)</th> <th>詳細内容</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>カメラ本体・付属品</td> <td>一式</td> <td>80,000</td> <td>Insta360 X3 カメラ本体、メモリーカード、専用の自撮り棒</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>AR マーカ―</td> <td>大小各 10 枚</td> <td>80,000</td> <td>画像認識しやすい素材で製作しており、特注品であるが、発注量を増やすことによりコストダウン可能と想定</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>AR マーカ―固定用治具</td> <td>4 基</td> <td>100,000</td> <td>床の鉄筋撮影時に AR マーカ―を固定するための専用治具。現在プロトタイプではあるが、発注量を増やすことによりコストダウン可能と想定</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>ソフトウェア利用料</td> <td>月額（未定）</td> <td>300,000 ~500,000</td> <td>クラウド利用料を含む。動画の処理数に応じて変動するため、従量課金式のサービスを想定している。</td> </tr> </tbody> </table>	No	物品・サービス名	数量等	概算価格(円)	詳細内容	1	カメラ本体・付属品	一式	80,000	Insta360 X3 カメラ本体、メモリーカード、専用の自撮り棒	2	AR マーカ―	大小各 10 枚	80,000	画像認識しやすい素材で製作しており、特注品であるが、発注量を増やすことによりコストダウン可能と想定	3	AR マーカ―固定用治具	4 基	100,000	床の鉄筋撮影時に AR マーカ―を固定するための専用治具。現在プロトタイプではあるが、発注量を増やすことによりコストダウン可能と想定	4	ソフトウェア利用料	月額（未定）	300,000 ~500,000	クラウド利用料を含む。動画の処理数に応じて変動するため、従量課金式のサービスを想定している。
No	物品・サービス名	数量等	概算価格(円)	詳細内容																							
1	カメラ本体・付属品	一式	80,000	Insta360 X3 カメラ本体、メモリーカード、専用の自撮り棒																							
2	AR マーカ―	大小各 10 枚	80,000	画像認識しやすい素材で製作しており、特注品であるが、発注量を増やすことによりコストダウン可能と想定																							
3	AR マーカ―固定用治具	4 基	100,000	床の鉄筋撮影時に AR マーカ―を固定するための専用治具。現在プロトタイプではあるが、発注量を増やすことによりコストダウン可能と想定																							
4	ソフトウェア利用料	月額（未定）	300,000 ~500,000	クラウド利用料を含む。動画の処理数に応じて変動するため、従量課金式のサービスを想定している。																							

【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. 精度	<p>1mの物理メジャーを3Dモデル上で測定することを662回繰り返した結果、目標としていた98%を上回る99.7%のデータで、測定精度の誤差が±5%以内に収まった。これにより、3Dモデル上に設置したデジタルメジャーの映り込んだ写真帳票を用いて検査を行った場合でも、鉄筋コンクリートの構造体としての品質を担保することができると考えられる。</p> <p>一方、ARマーカの位置の入力ミスなどは、10cm程度までは精度への影響は小さいものの、それ以上のミスが発生した場合に精度に影響を与えてしまう可能性があり、マーカの位置入力ミスを早期に発見する対策が必要である。現在の配筋360では、マーカの設置位置を平面図上で示し、確認することが可能であるが、明らかに誤りと考えられる値が入力された場合に操作者にアラートを出したり、現場でタブレットを用いて入力することを徹底するなど、システム面とオペレーション面での誤入力防止策の適用を進めていく。</p>
	2. 省力化規模	<p>配筋360を用いることで、現行の写真管理アプリケーションを用いて帳票を作成した場合と比較してトータルで44%の工数削減が見込まれる結果となり、現場の生産性向上や、現場での作業時間の削減による安全性向上に寄与するものと考えられる。また、精度の担保された鉄筋の帳票確認を遠隔で検査することにより監理者などの検査者が現場に出向く必要がなくなるか、回数を削減することが可能であると考えられる。システムを使用した写真の切り出し作業などで、現場外作業は一定増加することが考えられるが、BPO部門の活用や、複数人での並行作業により、帳票作成の現場作業所での負担も作成できる可能性がある。</p>

【類型9 前田建設工業株式会社】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
	3. 改ざん防止	J-COMSIAの提供する「デジタル工事写真の信憑性確認(改ざん検知機能)検定」を受検できればよいという回答をいただけたことと、検定合格に向けた実装ができていたことを確認した。今後配筋360のシステムの完成後に同検定を受検・合格することで、改ざん防止機能の有効性を確認する予定である。
	4. 編集不可の原則	動画から写真を切り出す行為が「編集」に該当しないことを示す必要があったが、確認を進める中で、工事写真はこれまでも動画形式で提出することが認められており「MP4」形式の使用は認められていたが、今回幅広く動画形式を認めるという見解が示されたことから、配筋360で示すINSV形式についても利用可能であり、「編集」に該当しないと解される。
	5. 写真精度	配筋360のシステムを開発するにあたり、「デジタル写真管理情報基準」の「3 写真管理項目」、「5 ファイル命名規則」については、結果を評価するに至らなかった。一方で、「4 ファイル形式」、「7 有効画素数」については、既に「デジタル写真管理情報基準」に則り実装を完了しており、基準を満たしていると評価できる。また、複数名の設計監理者や施工担当者が、配筋360から出力された帳票は、写真帳票として十分な画像品質・画角となっていると評価しており、実運用に用いることができるものと評価できる。
	6. 導入容易性・他分野展開性	現場での撮影作業方法については、建設現場での工事写真を専門とする業者であれば半日～1日程度で習得できるレベルである。また、配筋360から写真を切り出す作業については、写真の画角の調整などに一定の操作の慣れが必要であるものの、数回の操作で十分に品質の良い写真帳票が作成できることが示されたため、建設現場での他のICTツールと同程度の難易度で現場導入が可能と評価される。また、鉄筋工事以外にも、鉄骨ボルトの写真帳票や壁のボードの下地の写真帳票などの作成ツールとしても活用できるとの意見もあり、今後他分野・他工事への展開が期待できると評価できる。

【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
現在開発中の配筋360を活用することにより、システム上からの測距などを通じて、検査官が遠隔にて確認することが可能になることが見込まれる。その理由として、国土技術政策総合研究所及び建築研究所の専門家からの意見を踏まえ、測定精度・導入の容易性・撮影方法の大きく3つの評価が挙げられる。これらを総合的に勘案すると、操作性や導入容易性に特段の支障が無く、関係者が目視によらず遠隔から検査を実施できる準備が整っているといえるためである。この評価から、建築主事等の検査員が目視で現場を確認する現行の規制についての見直しに資するものと考えられる。施工管理においても、写真帳票の作成に関わる現場係員の工数削減や安全性向上にもつながることから、建設業界で抱える人手不足の課題に対しても解決を目指すことができる。
2. 実現場での技術等の活用・導入にあたってのポイント
撮影に際してはカメラやシステムの使用方法などを半日～1日程度かけて習得する必要があり、部位ごとの撮影のポイントなどをマニュアル等により継続して整備していく。また、動画の処理には一定の時間を要するため、急な検査への対応が難しい。工数削減のためには検査時間に余裕を持った工程を検討する必要がある。
3. 実証を通じて明らかになった課題や改善の方向性
遠隔での検査を実施するためには、細部にわたり測距し確認しにくい部分も撮影動画データ上で明示できるように、部材を多方向から撮影するといった作業手順の明確化も必要になる。また、既にコンクリート施工済みの箇所について、振り返って測距するといった場面での確認が可能であるため、品質保証面での効果が期待できるが、システム上での測距に際して一定の精度を担保するためにはデータの入力ミスなどを防止する必要があり、入力ミスを検知するアラート機能等を付加することで、ヒューマンエラーを低減する取組みも継続したい。

【技術実証の結果】

実証の 結果分析

4. アナログ規制の見直しにあたり留意すべき点
実証事業者における設計監理者へのヒアリングを通じて、臨場検査の実施は、その場での現場係員の理解度の確認や、是正指示に対し作業者が即座に施工することで是正確認し、現場係員の是正報告の作業を低減する目的も含まれていた。システム利用により、従来手法と全く同等の臨場検査を実施するには至らないものの、細部の計測については従来手法で確認し、情報共有するなどを組み合わせる事で、遠隔で検査することに対するハードルを下げ、規制緩和へつながると考える。
5. その他
建設現場で配筋360を実運用するためには、現場が受容できるコスト感に抑える必要がある。配筋360は動画の処理を実施する際のコストが、他の建設現場向けアプリケーションやシステムと比較しても高額になると考えられる。しかし、写真帳票の作成に要する工数は削減できることが見込まれており、効果を示しながら少しでもシステム処理量を見直し、システムを安価に提供するための継続的な検討が今後も必要である。