

デジタルデータを活用した鉄筋出来形計測の実施要領（案）

令和5年7月

国土交通省 大臣官房技術調査課

目次

1. 総則
 1. 1 目的
 1. 2 適用範囲
 1. 3 受注者による実施項目
 1. 4 監督職員による監督の実施項目
 1. 5 施工計画書

2. 画像計測に使用する機器等
 2. 1 計測機器構成
 2. 2 計測性能及び精度検証
 2. 3 データ処理ソフトウェア
 2. 4 出来形帳票作成ソフトウェア

3. 出来形計測及び出来形管理の実施
 3. 1 設計データの確認
 3. 2 出来形計測方法
 3. 3 出来形計測対象と計測手順
 3. 4 出来形管理方法

4. 出来形管理基準及び規格値等
 4. 1 出来形管理基準及び規格値
 4. 2 出来形管理写真基準

5. 特記仕様書（記載例）

参考資料－1 カメラキャリブレーション及び精度確認試験結果報告書

参考資料－2 画像計測結果の精度検証手順（案）

デジタルデータを活用した鉄筋出来形計測の実施要領（案）

1. 総則

1. 1 目的

「デジタルデータを活用した鉄筋出来形計測の実施要領（案）」（以下、「本要領」という）は、コンクリート構造物の鉄筋組み立て時の段階確認において、所定の性能を有するデジタルカメラ等で撮影した画像を用いた鉄筋出来形計測に適用し、受発注者の作業効率化等を図るために、以下の事項を定めるものである。

- 1) 適用の範囲
- 2) 画像計測に使用する機器等
- 3) 出来形計測、出来形管理の方法と実施手順

1. 2 適用範囲

(1) 概要

本要領は、所定の性能を有するデジタルカメラ等を用いて、コンクリート構造物の鉄筋組み立て時の配筋状況を撮影し、その画像データから鉄筋間隔・鉄筋径等を計測する際に適用する。

鉄筋間隔・鉄筋径等の確認は、「土木工事監督技術基準（案）」により段階確認で実施することとされている。また、鉄筋間隔の出来形管理は、「土木工事施工管理基準及び規格値（案）」の出来形管理基準に定められた規格値、測定基準、測定箇所により実測するものとされている。本要領においては、従来の鉄筋間隔・鉄筋径等の計測に用いられているスケール等による実測方法に換える計測器具として、所定の性能を有するデジタルカメラ等による計測方法について規定したものである。

受注者がデジタルカメラ等で鉄筋間隔・鉄筋径等を撮影し、撮影画像を解析することにより設計図書との対比が確認できれば、従来の準備作業（鉄筋へのマーカー設置等）は準備作業から計測作業までにおいて不要となるため、生産性の向上に寄与する。また、撮影画像（計測結果）は、デジタルデータとして遠隔地から確認することも可能であるため、監督職員の現場臨場を省略し、遠隔地からの出来形確認の自由度が向上することが期待できる。なお、遠隔での確認を行う際には、「建設現場における遠隔臨場に関する実施要領（案）」、及び「建設現場の遠隔臨場に関する監督・検査実施要領（案）」に準拠するものとする。

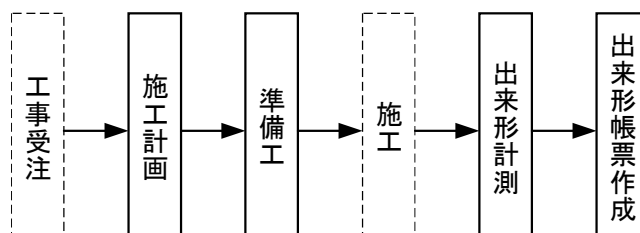


図-1 本要領の対象とする業務範囲

(2) 適用工種

本要領では、適用工種としてコンクリート構造物（場所打ち）の鉄筋組み立てを対象とする。適用工種は、現場打ちコンクリート構造物全般であるが、工種や部位、配筋量、撮影環境等によっては、直接デジタルカメラ等で撮影することが困難な場合や、計測精度が低下する場合もある。このため、事前に監督職員と協議し、計測対象に応じてスケール等の従来方法を用いることも検討しておく必要がある。

これまでの試行から計測が困難であったり、計測精度が低下した具体事例を以下に示す。

- 橋脚の主鉄筋が2段配置されており、奥側の鉄筋が撮影できない
- 床版厚が薄く、上側鉄筋が邪魔になり、下側鉄筋が撮影できない
- 過密配筋の場合、対象鉄筋以外の鉄筋を認識し、対象鉄筋の計測精度が低下する
- トンネル覆工において、円弧状の部分では平面形状に比べて、計測精度が低下する
- 鉄筋径の計測に際しては、異形棒鋼の特性から、1ランク違いの鉄筋径を100%正確に判定することは難しい
- 逆光や暗所部などでは、通常の撮影環境に比べて、計測精度が低下する 等

また、計測システムによっては、適用対象工種が限定される（例えば、特定の構造の床版のみ対象等）場合があるので、事前に各システムの取扱説明書、マニュアル等を参照し、適用対象工種を確認しておく必要がある。

(3) 本要領に記載のない事項

本要領に定められていない事項については、以下の基準によるものとする。

- 1) 土木工事共通仕様書（案）
- 2) 土木工事監督技術基準（案）
- 3) 土木工事施工管理基準及び規格値（案）
- 4) 写真管理基準（案）
- 5) 建設現場における遠隔臨場に関する実施要領（案）
- 6) 建設現場の遠隔臨場に関する監督・検査実施要領（案）
- 7) デジタル工事写真の小黑板情報電子化について
- 8) デジタル写真管理情報基準

1. 3 受注者による実施項目

受注者は、本要領に記載されている画像を用いた鉄筋出来形計測に関して、以下に示す項目を実施しなければならない。

- 1) 施工計画書への記載
- 2) カメラキャリブレーション及び精度確認試験の実施
- 3) 出来形計測の実施
- 4) 出来形管理に係わる「出来形管理図表」の作成・提出
- 5) 出来形管理写真の提出

1. 4 監督職員による監督の実施項目

監督職員は、本要領に記載されている内容を確認及び把握するために立会し、または資料等の提示を請求できるものとし、受注者はこれに協力しなければならない。

受注者は、監督職員による本要領に記載されている内容を確認、把握、及び立会する上で必要な準備、人員及び資機材等の提供並びに写真その他資料の整備をするものとする。

監督職員の実施項目は下記に示すとおりである。

- 1) 施工計画書の受理・記載事項の確認
- 2) カメラキャリブレーション及び精度確認試験結果報告書等の把握
- 3) 出来形計測状況の把握
- 4) 出来形管理に係わる「出来形管理図表」の確認
- 5) 出来形管理写真の確認

1. 5 施工計画書

受注者は、施工計画書に次の事項を記載しなければならない。

(1) 適用範囲

画像による鉄筋間隔・鉄筋径等の出来形計測を行う範囲（対象工種、部位等）を記載する。計測頻度の目安は、「土木工事監督技術基準（案）」に示す通りであるが、具体的な計測箇所・回数等については、監督職員と協議し、事前に施工計画書に記載する。

(2) 出来形管理基準及び規格値・出来形管理写真基準

対象工種に該当する出来形管理基準及び規格値・出来形管理写真基準を記載する。

(3) 使用機器・ソフトウェア

出来形計測を行う機器の計測性能（計測原理、精度検証の方法とその結果）、機器構成及び利用するソフトウェアとその処理プロセス、キャリブレーションの方法（機器の校正方法、現場における計測精度の確認方法）、データ改ざん防止機能等を記載する。現状では、公的な精度確認の仕組みが存在しないことから、計測機器の精度検証には、参考資料-2「画像計測結果の精度検証手順（案）」を参考とすることができる。

(4) 現場における精度確認方法

実現場での計測に際し、現場条件による計測結果のばらつきがないことを確認することが重要である。このため、現場毎に画像計測の精度確認を行う方法を記載する。例えば、従来方法との比較を行う頻度（現場毎に1回以上）や具体的な方法（計測データ数等）を明示する。

2. 画像計測に使用する機器等

2. 1 計測機器構成

本要領で用いる出来形計測のシステムは、以下の機器等で構成されることが一般的である。

1) 機器本体

所定の性能を有するデジタルカメラ等を用いて配筋状況を撮影し、その画像データから「土木工事施工管理基準及び規格値（案）」の出来形管理基準等で定める出来形を計測することができる機器である。

- ・単眼または複眼（2眼、3眼）カメラ。また、鉄筋までの距離や撮影場所を確認するために、TOFカメラ（注1）やマーカ一等を併用する場合がある。
 - ・パソコン、タブレットPC、クラウドサーバ等
 - ・カメラは手持ち撮影が基本であるが、撮影範囲に応じてUAV等を使用する場合もある。
- (※1)Time of flight camera（光を照射して対象物までの距離を計測するカメラ）

2) ソフトウェア

- ・撮影された複数の写真等から鉄筋位置等を認識して計測する、3次元（または2次元）画像計測ソフト
- ・設計値の取り込みから検査帳票の作成までを行う出来形帳票作成ソフト

計測機器や計測データの解析に用いるソフトウェア等については、デジタル工事写真信憑性チェックツールで確認するものとする。また、それらの仕様に関する説明を施工計画書に記載するか関連資料を添付し、監督職員に提出して承諾を得るものとする。

2. 2 計測性能及び精度検証

(1) 概要

配筋画像を撮影するデジタルカメラ等については、従来のスケール等での計測と同等以上の精度を有するものを使用することとする。使用機器の仕様を施工計画書に記載するとともに、事前に機器性能表を監督職員に提出し承諾を得るものとする。1. 5で示したとおり、使用機器の精度検証については、参考資料-2「画像計測結果の精度検証手順（案）」を参考とすることができる。

(2) 現場における計測性能の確認方法

現場条件（構造物の規模、日照等の気象条件等）による計測精度のばらつきを確認するために、現場毎に施工計画書に記載された方法で実施し、その結果を参考資料-1に示す「カメラキャリブレーション及び精度確認試験結果報告書」としてとりまとめ、監督職員に提出する。精度検証方法の一例を以下に示す。

【鉄筋間隔】

- ・寸法が既知の試験体や現場での任意の位置（現場条件や計測部位に応じて適宜設定）のデータが取得できるよう選定する。選定の際には、鉄筋間隔に偏りが無いよう留意する。
- ・画像より得られた計測データと、スケール等の従来手法で実測したデータを比較し、画像による計測値が表-1および2に示す規格値を十分に検知できるかを確認する。

床版工以外の一般構造物については、特定した範囲を対象に計算した鉄筋の平均間隔で評価を行い、上記計測値の差分を鉄筋径（ ϕ ）で除した無次元量で評価し、規格値の $\pm 30\%$

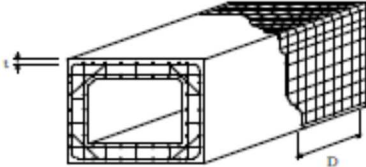
（ $\pm \phi$ は $\pm 100\%$ に相当）に収まっていることを確認する。なお、鉄筋間隔の計測は10本程度を目安とする。なお、撮影距離、角度等の制限から画像計測範囲が10本に満たない場合には、少なくとも1画像につき5本程度は撮影することとする。画像を合成する機能を有する計測システムの場合は、2画像を合成し、10本程度を計測対象とすることが望ましい。仮設物の影響等により、1画像の撮影本数が著しく少なくなる場合は、監督職員と協議し、画像計測ではなく、スケール等の従来手法での計測を行う等の対応が必要である。

床版工については、個々の鉄筋間隔の計測データを比較し、規格値（±20mm）を検知できるかを確認する。本要領では、計測値と実測値の許容誤差として±5mmを目安とする。

【鉄筋径】

- ・現場での任意の位置（現場条件や計測部位に応じて適宜設定）のデータが取得できるよう選定する。選定の際には、当該現場で使用する鉄筋種別（竹ふし、ネジふし）に偏りが無いよう留意する。
- ・画像より得られた計測データと、ロールマークまたはノギス等の従来手法で実測したデータを比較し、鉄筋径の判定結果が正であることを確認する。

表一1 一般的な鉄筋コンクリート構造物（床版工以外）の規格値等（一部抜粋）

工種	測定項目	規格値	測定基準
鉄筋組立て	平均間隔 d	± φ	$d = \frac{D}{n-1}$ <p>D : n 本間の延長 n : 10 本程度とする φ : 鉄筋径</p> <p>工事の規模に応じて、1 リフト、1 ロット当たりに対して各面で一箇所以上測定する</p> 
	かぶり t	± φ かつ 最小かぶり 以上	

表一2 床版工の規格値等（一部抜粋）

工種	測定項目	規格値	測定基準
床版工	鉄筋のかぶり	設計値以上	1 径間当たり 3 断面（両端及び中央）測定。1 断面の測定箇所は断面変化毎 1 ヶ所とする。
	鉄筋の有効高さ	±10	
	鉄筋間隔	±20 （上記、鉄筋の有効高さがマイナスの場合は、±10）	1 径間当たり 3 ヶ所（両端及び中央）測定。 1 ヶ所の測定は、橋軸方向の鉄筋は全数、橋軸直角方向の鉄筋は加工形状毎に 2 m の範囲を測定。

2. 3 データ処理ソフトウェア

施工計画書に計測データの処理手順を記載し、その手順でデータ処理を実施する。

2. 4 出来形帳票作成ソフトウェア

施工計画書に2. 3で処理されたアウトプットデータから出来形帳票を作成する手順を記載し、その手順で処理を実施する。

3. 出来形計測及び出来形管理の実施

3. 1 設計データの確認

受注者は、発注者から貸与された設計図書（構造図、配筋図等）を基に、構造物の諸元を確認する。

3. 2 出来形計測方法

出来形計測は、施工計画書に記載され、精度検証を行った方法に準じて実施する。

3. 3 出来形計測対象と計測手順

- (1) 本要領に基づく画像計測の対象は、鉄筋本数、鉄筋径、鉄筋間隔とする。鉄筋かぶり、重ね継手長、定着長等については、使用する計測機器に応じて、精度検証を行いながら、計測することは妨げない。

【留意事項】

- ① 撮影距離、角度等は、計測システムによって適正な範囲が規定されているので、各システムの取扱説明書、マニュアル等を参照し、適正な範囲で実施すること。
- ② 計測が困難あるいは計測精度が低下する気象条件（特に、日照やそれに伴う影の影響が大きい）について、各計測システムの取扱説明書、マニュアル等で確認するとともに、「(2) 現場における計測性能の確認方法」に基づき実施した精度検証の結果で確認し、日照等の影響が大きいと判断した場合は、画像計測の実施を取りやめ、従来手法の計測を行う等の対応が必要である。
- ③ 鉄筋径の計測に際しては、異形棒鋼の特性から、1ランク違いの鉄筋径を100%正確に判定することは難しいことがこれまでの試行結果からわかっている。このため、画像計測による誤判定リスクを回避する方法として現場毎に1回以上計測対象とする鉄筋のうち、少なくとも1本はロールマークまたはノギス等による実測を用いて、鉄筋径を確認すること。
- ④ 表-1および2に示すように、床版工の鉄筋間隔の規格値は、一般構造物に比べて厳しい規定となっている。このため、画像計測による誤判定リスクを回避するために、表-3に示す方法で計測を行うものとする。
- ⑤ 画像計測結果の精度が確保されない範囲があった場合には、速やかに監督職員と協議し、対象範囲について再度設定する。

表－3 床版工の鉄筋間隔の計測方法

工 種	測定項目	条 件	規格値	計測方法
床版工	鉄筋間隔	鉄筋の有効高さの規格値 (±10) がマイナスではない場合	±20	設計値と画像計測値を比較し、規格値±20に近い <u>差異がある場合(±15程度)は従来計測(スケール等)で確認</u>
		鉄筋の有効高さの規格値 (±10) がマイナスの場合	±10	画像計測の適用外とし、 <u>従来計測(スケール等)で行う</u>

(2) 計測は、「2. 2 計測性能及び精度検証」で実施した手順に準じて行うものとする。

3. 4 出来形管理方法

(1) 計測値の評価方法

計測データと、設計値を比較し、すべてのデータが「土木工事施工管理基準及び規格値案)」に定める規格値(表－1、2参照)を満足することを確認する。

(2) 資料作成

受注者は、作成した出来形管理資料を監督職員に提出すること。出来形管理資料とは、出来形管理図表のみである。測定結果総括表、測定結果一覧表、出来形管理図(工程能力図)、度数表(ヒストグラム)については、出来形管理図表にて代用可能なため不要とする。また、出来形管理に必要な項目が記載されていれば、出来形管理写真も兼ねた計測システムからの出力結果を提出することも可能である。

4. 出来形管理基準及び規格値等

4. 1 出来形管理基準及び規格値

本要領による出来形計測では、従来の出来形管理の計測方法をスケール等からデジタルカメラで撮影した画像計測に変更したものである。

よって、本要領に基づく出来形管理基準及び規格値は、「土木工事施工管理基準及び規格値(案)」に定められたものとし、計測値はすべて規格値を満足しなくてはならない(表－1、表－2参照)。

4. 2 出来形管理写真基準

各技術を用いて取得された画像データを出来形管理写真とすることができ、別途工事写真を撮影することは不要とする。ただし、画像データだけでは検査箇所を特定できない場合は、画像計測と同時に検査箇所が特定できる工事写真の撮影を行うこととする。

本要領に関する出来形管理写真の撮影は以下の通り行う。

1) 写真管理項目(撮影項目、撮影頻度[時期]、提出頻度)

工事写真の撮影管理項目は、「写真管理基準(案)」による。

2) 撮影方法

撮影にあたっては、次の項目を記載した小黒板の文字が判読できるようにすること。

- 1) 工事名
- 2) 工種等
- 3) 出来形計測範囲

5. 特記仕様書（記載例）

1. デジタルデータを活用した鉄筋出来形計測に関する工事

「デジタルデータを活用した鉄筋出来形計測に関する工事（以下、「本工事」という。）」は、受注者における「段階確認に伴う準備作業（鉄筋へのマーカー設置等）、手待ち時間の削減や確認書類の簡素化」や発注者（監督員）における「現場臨場の削減による効率的な時間の活用」等を目指し、段階確認時の配筋の出来形計測をデジタルカメラ等で撮影した画像計測により行うものである。撮影画像（計測結果）は、遠隔地から確認することも可能であり、監督職員の遠隔臨場を実施する場合は、「建設現場における遠隔臨場に関する実施要領（案）」、及び「建設現場の遠隔臨場に関する監督・検査実施要領（案）」に準拠するものとする。

2. 実施内容

(1) 段階確認時の実施内容

段階確認時の配筋間隔の計測において、従来のスケール等による実測とデジタルカメラで撮影した画像計測を併用し、両者の計測値の差を整理するものとする。また、計測時の条件（撮影箇所、撮影距離、気象条件等）は、必ず記録するものとする。

(2) 機器の準備

本工事に要する画像計測機器等は、受注者が手配するものとし、詳細については、監督職員と協議し決定するものとする。

(3) 計測精度の検証

本工事による画像計測の精度検証のため、計測データを監督職員に提出するものとする。

(4) 効果の検証

本工事を通じた効果の検証（生産性向上効果の検証）及び課題の抽出に関するアンケート調査に協力するものとする。詳細は、監督職員の指示による。

(5) 費用

【発注者指定型の場合】

本工事にかかる費用については、技術管理費に積上げ計上とする。

【受注者希望型の場合】

本工事にかかる費用については、全額を受注者の負担とする。

(参考) 発注者指定型における費用の算出方法

本工事にかかる費用は、技術管理費に積上げ計上する。なお、管理費区分は「9：全ての間接費の対象にしない」で計上すること。なお、機器の手配は基本的にリースとし、その賃料等を計上することができるものとする。

〈費用イメージ〉

- ・計測機器等の賃料
- ・機器調達元の人員手配にかかるもの
- ・通信費
- ・その他（ライセンス代、使用料、通信環境の整備等、計測に必要な全ての費用）

【参考資料－1】

カメラキャリブレーション及び精度確認試験結果報告書

提出日： _____

作成者： _____

(1) カメラキャリブレーションの実施記録

項 目	実施記録内容、写真・図表等
1. カメラキャリブレーション 実施年月日	
2. 作業機関名	
3. 実施担当者名	
4. 使用するデジタルカメラ ①メーカー : 製造メーカー名 ②測定装置名称 : 製品名、機種名 ③測定装置の情報 : 製造番号	
5. キャリブレーション手順等 ・手順 ・キャリブレーション結果の確認	

(2) 精度確認試験結果

項 目	写真・図表等
1. 精度確認の対象機器（画像計測） ①メーカー名； ②計測機器名； ③機器の型番等；	
2. 検証機器（従来方法） ①メーカー名； ②計測機器名； ③機器の型番等；	
3. 計測条件 ①計測日時； ②気象条件； ③計測部位等；	
4. 精度確認方法	
5. 精度確認結果 ・ 従来手法での計測結果 ・ 画像計測での計測結果	

【参考資料－1（記載例）】

カメラキャリブレーション及び精度確認試験結果報告書

提出日：令和〇年〇月〇日

作成者：〇〇 〇〇

(1) カメラキャリブレーションの実施記録

項 目	実施記録内容、写真・図表等
1. カメラキャリブレーション 実施年月日	令和〇年〇月〇日
2. 作業機関名	〇〇株式会社
3. 実施担当者名	〇〇 〇〇
4. 使用するデジタルカメラ ①メーカー：製造メーカー名 ②測定装置名称：製品名、機種名 ③測定装置の情報：製造番号	① □□株式会社 ② △△システム ▲▲▲▲ ③ AA-1234
5. キャリブレーション手順等 ・手順 ・キャリブレーション結果の確認	手順 ・既定の〇〇を撮影し、距離や位置を 確認する。 キャリブレーション結果の確認 ・システム校正が完了すると画面に 「校正完了」と表示されることを確 認した。

(2) 精度確認試験結果

項 目	写真・図表等																																																																								
<p>1. 精度確認の対象機器（画像計測）</p> <p>①メーカー名；□□株式会社</p> <p>②計測機器名；△△システム</p> <p>③機器の型番等；AA-1234</p>	<p style="text-align: center;">機器写真等</p>																																																																								
<p>2. 検証機器（従来方法）</p> <p>①メーカー名；○■会社</p> <p>②計測機器名；■●テープ</p> <p>③機器の型番等；bb</p>	<p style="text-align: center;">検証機器写真等</p>																																																																								
<p>3. 計測条件</p> <p>①計測日時；令和○年○月○日</p> <p>②気象条件；晴れ（日射、影の影響なし）</p> <p>③計測部位等；擁壁</p>																																																																									
<p>4. 精度確認方法</p> <p>■●テープを配筋表面に設置し、撮影を行う。撮影の際には配筋計測面と△△システムの距離を○m程度離して撮影を行う。</p>	<p style="text-align: center;">計測機器の画面、 精度確認状況写真等</p>																																																																								
<p>5. 精度確認結果</p> <p>・従来手法での計測結果</p> <table border="1" data-bbox="261 1451 708 1574"> <thead> <tr> <th colspan="3">鉄筋間隔</th> <th colspan="3">鉄筋径</th> </tr> <tr> <th></th> <th>設計値</th> <th>従来計測結果</th> <th></th> <th>設計値</th> <th>従来計測結果</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1-1</td> <td>250mm</td> <td>249mm</td> <td>1</td> <td>D32</td> <td>D32</td> </tr> <tr> <td>1-2</td> <td>250mm</td> <td>246mm</td> <td>2</td> <td>D32</td> <td>D32</td> </tr> <tr> <td>2-1</td> <td>150mm</td> <td>147mm</td> <td>3</td> <td>D32</td> <td>D32</td> </tr> <tr> <td>2-2</td> <td>150mm</td> <td>148mm</td> <td>4</td> <td>D32</td> <td>D32</td> </tr> </tbody> </table> <p>・画像計測での計測結果</p> <table border="1" data-bbox="261 1644 708 1767"> <thead> <tr> <th colspan="3">鉄筋間隔</th> <th colspan="3">鉄筋径</th> </tr> <tr> <th></th> <th>設計値</th> <th>画像計測結果</th> <th></th> <th>設計値</th> <th>画像計測結果</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1-1</td> <td>250mm</td> <td>249.5mm</td> <td>1</td> <td>D32</td> <td>D32</td> </tr> <tr> <td>1-2</td> <td>250mm</td> <td>246.7mm</td> <td>2</td> <td>D32</td> <td>D32</td> </tr> <tr> <td>2-1</td> <td>150mm</td> <td>148.2mm</td> <td>3</td> <td>D32</td> <td>D35</td> </tr> <tr> <td>2-2</td> <td>150mm</td> <td>147.9mm</td> <td>4</td> <td>D32</td> <td>D32</td> </tr> </tbody> </table>	鉄筋間隔			鉄筋径				設計値	従来計測結果		設計値	従来計測結果	1-1	250mm	249mm	1	D32	D32	1-2	250mm	246mm	2	D32	D32	2-1	150mm	147mm	3	D32	D32	2-2	150mm	148mm	4	D32	D32	鉄筋間隔			鉄筋径				設計値	画像計測結果		設計値	画像計測結果	1-1	250mm	249.5mm	1	D32	D32	1-2	250mm	246.7mm	2	D32	D32	2-1	150mm	148.2mm	3	D32	D35	2-2	150mm	147.9mm	4	D32	D32	<p style="text-align: center;">計測機器の画面、 精度確認状況写真等</p>
鉄筋間隔			鉄筋径																																																																						
	設計値	従来計測結果		設計値	従来計測結果																																																																				
1-1	250mm	249mm	1	D32	D32																																																																				
1-2	250mm	246mm	2	D32	D32																																																																				
2-1	150mm	147mm	3	D32	D32																																																																				
2-2	150mm	148mm	4	D32	D32																																																																				
鉄筋間隔			鉄筋径																																																																						
	設計値	画像計測結果		設計値	画像計測結果																																																																				
1-1	250mm	249.5mm	1	D32	D32																																																																				
1-2	250mm	246.7mm	2	D32	D32																																																																				
2-1	150mm	148.2mm	3	D32	D35																																																																				
2-2	150mm	147.9mm	4	D32	D32																																																																				

【参考資料－２】

画像計測結果の精度検証手順（案）

1. 適用の範囲

本手順（案）は、デジタルカメラで撮影した画像から鉄筋間隔・鉄筋径等を計測する技術について、従来方法と同等以上の精度を持っていることを検証するための手順を定めたものである。

現在、鉄筋組み立て時には「土木工事監督技術基準（案）」により、使用材料の確認及び設計図書との対比について段階確認を行うことになっている。鉄筋間隔の出来形管理としては、「土木工事施工管理基準及び規格値（案）」の出来形管理基準に定められた測定項目、測定基準、測定箇所により実測するものとされている。本手順（案）においては、従来の計測に用いられているスケール等に替わる画像計測の精度を検証する際の開発者（建設会社、機器メーカー等）の作成資料等を示している。

2. 画像計測に対する要求事項

画像計測に対する要求事項は、「配置した鉄筋の径を正確に把握できる」、「従来方法と同等以上の精度で鉄筋間隔を計測できる」ことである。

画像計測の要求精度として、鉄筋径は、鉄筋の規格は問わず正確に把握できるものでなければならない。また、鉄筋間隔は「土木工事施工管理基準及び規格値（案）」に規定される規格値を外れたデータを十分に検知することのできるものでなければならない。出来形管理基準および規格値は、表－１に示す通りである。

表－１ 出来形管理基準及び規格値（案）における鉄筋組み立てに関する規定（床版工を除く工種の場合、一部抜粋）

測定項目	規格値	測定基準
平均間隔 d	$\pm \phi$	$d=D/(n-1)$ D：n 本間の延長 n：10 本程度とする ϕ ：鉄筋径

3. 開発者の作成資料

開発者は、「2. 画像計測に対する要求事項」を満足していることが客観的に証明できる以下の資料を作成する必要がある。資料は、計測条件、計測データを統計処理したグラフ等を想定している。

(1) 技術の概要

デジタルデータを活用した鉄筋出来形計測技術の概要（別添 1 に示すフォーマット使用）

(2) 精度検証のための技術的根拠

1) 必要な計測データ数

①鉄筋径

適用を想定する鉄筋の種別（竹ふし、ネジふし等）、鉄筋径（D13～D51）毎に数本の計測データがあることが望ましい。ただし、すべての鉄筋種別、鉄筋径の計測データを収集するにはかなりの時間を要することも勘案し、少なくとも1ランク違いの鉄筋径の判定が可能かどうかを判断できる計測データが必要である。

②鉄筋間隔

適用を想定する工種（橋梁上部工、橋梁下部工、擁壁、ボックスカルバート等）、部位（たて壁、底版等）、鉄筋径（D13～D51）を考慮した計測データ（100データ程度）が必要である。

2) 実現場に適用可能な精度

①鉄筋径

計測対象の鉄筋径を正確に判定することができる精度を示す資料が必要となる（実現場等において、発注者の段階確認時に従来方法と新技術を併用し、両者のデータから統計的に精度検証が十分だと判断できる計測方法であり、上記1)の条件を満たす十分なデータ数であることが必要）。

計測における制約条件は全て明示し、制約条件を考慮した十分なデータ数を確保している必要がある。また、計測時の条件（気象条件等）は明らかにすること。

②鉄筋間隔

「土木工事施工管理基準及び規格値（案）」に規定される規格値を外れたデータを十分に検知することができる精度を示す資料が必要となる（実現場等において、発注者の段階確認時に従来方法と新技術を併用し、両者のデータから統計的に精度検証が十分だと判断できる計測方法であり、上記1)の条件を満たす十分なデータ数であることが必要）。

計測における制約条件は全て明示し、制約条件を考慮した十分なデータ数を確保している必要がある。また、計測時の条件（気象条件等）は明らかにすること。

3) 計測毎にばらつきがないことを確認する方法

実現場での計測に際し、毎回の計測結果にばらつきがないことが重要である。このため、現場毎に画像計測の性能確認を行う方法を示す資料が必要となる。例えば、従来方法との比較を行う頻度（現場毎に1回、段階確認毎に1回、確認部位毎に1回等）、具体的な方法等を明示した資料。

デジタルデータを活用した鉄筋出来形計測技術の概要

1. 会社名・所属

2. 担当者氏名

対象構造物	
技術の概要 (計測原理、計測機器の構成、計測手順、計測範囲、データ種類、データ取得方法等) <u>パンフレット、発表論文等で概要が分かる場合は、添付して下さい</u>	

計測項目	<p>下表の計測可否欄に、凡例に従い記入して下さい。</p> <p>○：自動計測可能 △：画像上で手動計測可能 ×：計測不可能</p> <table border="1" data-bbox="624 389 1235 1115"> <thead> <tr> <th colspan="2">計測項目</th> <th>計測可否</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="2">鉄筋の材質</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2">鉄筋の外観</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2">鉄筋の本数</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2">鉄筋径</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2">鉄筋間隔</td> <td></td> </tr> <tr> <td rowspan="2">鉄筋の定着</td> <td>フックの形状</td> <td></td> </tr> <tr> <td>フック長</td> <td></td> </tr> <tr> <td rowspan="3">鉄筋の重ね 継手</td> <td>継ぎ手の位置</td> <td></td> </tr> <tr> <td>重ね継手長</td> <td></td> </tr> <tr> <td>結束線による緊結</td> <td></td> </tr> <tr> <td rowspan="2">かぶり厚</td> <td>スペーサーの個数</td> <td></td> </tr> <tr> <td>スペーサーの寸法</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	計測項目		計測可否	鉄筋の材質			鉄筋の外観			鉄筋の本数			鉄筋径			鉄筋間隔			鉄筋の定着	フックの形状		フック長		鉄筋の重ね 継手	継ぎ手の位置		重ね継手長		結束線による緊結		かぶり厚	スペーサーの個数		スペーサーの寸法	
計測項目		計測可否																																		
鉄筋の材質																																				
鉄筋の外観																																				
鉄筋の本数																																				
鉄筋径																																				
鉄筋間隔																																				
鉄筋の定着	フックの形状																																			
	フック長																																			
鉄筋の重ね 継手	継ぎ手の位置																																			
	重ね継手長																																			
	結束線による緊結																																			
かぶり厚	スペーサーの個数																																			
	スペーサーの寸法																																			
<p>計測毎にばらつきがないことを確認する方法</p> <p><u>例えば、従来方法との比較を行う頻度（現場毎に1回、段階確認毎に1回、確認部位毎に1回等）</u></p>																																				

計測に必要な準備作業（マーカの設置等）	
計測上の制約条件（気象条件、仮設物が必要等）	
計測結果の表示方法、表示例等	

従来方法に比較
した生産性向上
効果

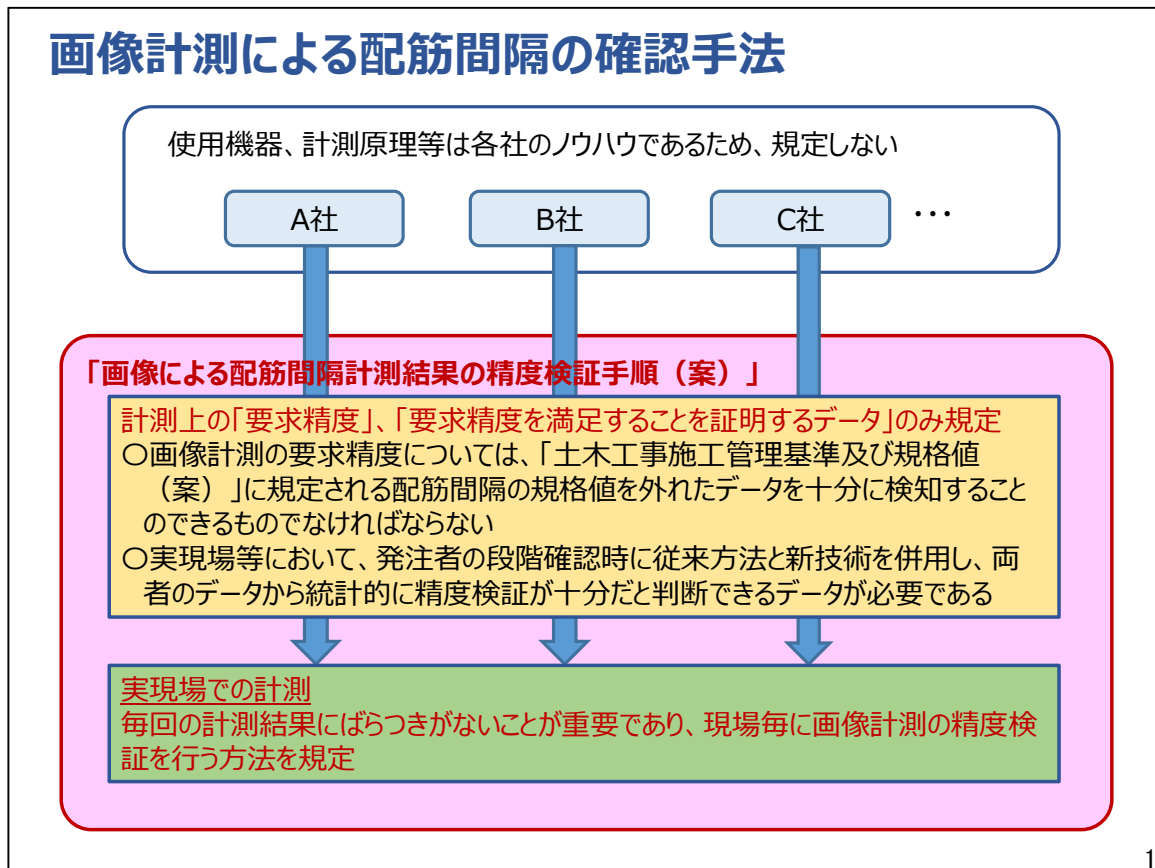
従来方法と画像計測の作業量を記入して下さい。
作業内容は、適宜書き変えて頂いて構いません。
想定した計測条件も記入して下さい。

計測条件（ ）

作業内容	作業量（人・時間）	
	従来方法（ス ケール等）	画像計測
準備作業		
自主検査		
立会確認		
計		

その他留意事項

画像計測による配筋間隔の確認手法



配筋間隔の計測精度の検証に必要なデータ等

1. 計測データに必要な条件

- 実現場等において、発注者の段階確認時に従来方法と新技術を併用し、両者のデータから統計的に精度検証が十分だと判断できるデータが必要**
- ・適用を想定する工種（橋梁上部工、橋梁下部工、擁壁、ボックスカルバート等）、部位（たて壁、底版等）、鉄筋径（D13～D51）を考慮した計測データが必要
 - ・計測における制約条件は全て明示し、制約条件を考慮した十分なデータ数を確保していることが必要

2. 計測データのイメージ

サンプル No.	工種	部位	鉄筋	鉄筋径	鉄筋本数	①メジャー	②システム	②-① (mm)	②-①/鉄筋径 (%)	計測環境
1	橋脚	柱	主鉄筋	25	11	126.0	125.5	-0.5	-2.00	
2	橋脚	柱	主鉄筋	32	10	101.4	103.3	1.9	5.90	弱い逆光
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
200	カルバート	底版	主鉄筋	13	9	116.3	116.6	0.3	1.90	降雨

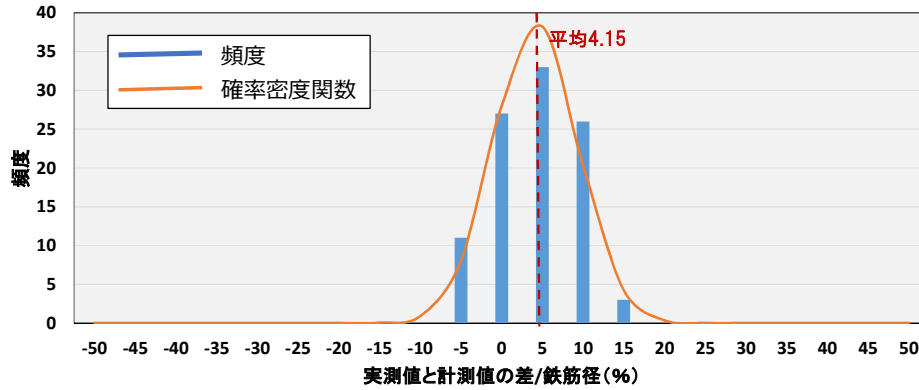
配筋間隔の計測精度の検証に必要なデータ等

3. 計測データの統計処理イメージ

鉄筋間隔の規格値は、 $\pm\phi$ （鉄筋径）であるため、

$$\text{計測誤差 (\%)} = (\text{計測値} - \text{実測値}) / \text{鉄筋径}$$

で表すと、全データが規格値内（ $\pm 100\%$ ）に入っていることが必要



参考:土木工事施工管理基準及び規格値（案）（床版工以外の一般構造物の場合）

測定項目	規格値	測定基準
平均間隔d	$\pm\phi$ （鉄筋径）	$d = D / (n - 1)$ D: n本間の延長、n: 10本程度とする

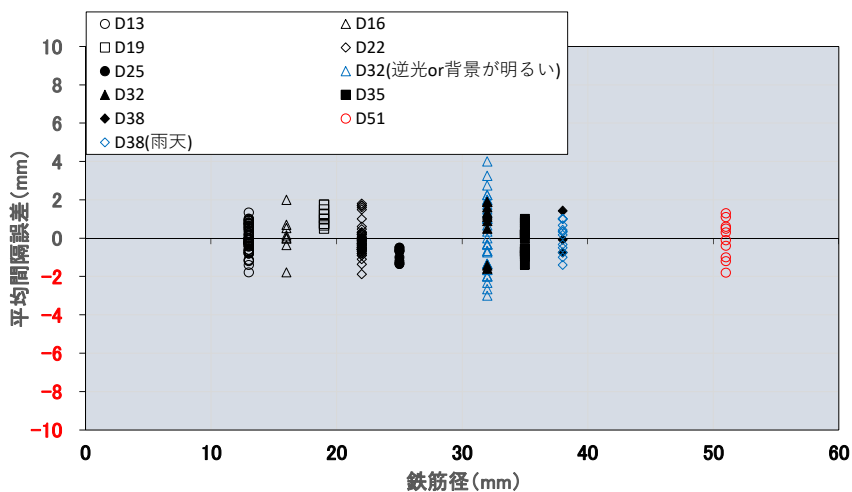
3

配筋間隔の計測精度の検証に必要なデータ等

4. 鉄筋径や計測条件の違いによる影響の確認

鉄筋径、計測条件（天候等）による計測精度の差がないかを確認することが必要

鉄筋径別に計測精度を整理した例



4

配筋間隔の計測精度の検証に必要なデータ等

5. 従来方法との比較を行う頻度

実現場での計測に際し、**毎回の計測結果にはらつきがないことが重要**であり、現場毎に画像計測の性能確認を行う方法を示す資料が必要

例えば、従来方法との比較を行う頻度（現場毎に1回、段階確認毎に1回、確認部位毎に1回等）、具体的な方法等を明示した資料

現場での性能確認方法の例

任意の配筋を対象にデジタルカメラによる計測値とメジャーによる計測値との比較を下記手順にて実施する。確認頻度は現場毎に1回程度とし、雨天や夜間など通常と異なる環境で計測する場合は別途、確認することを原則とする。

- ①デジタルカメラを用いて配筋撮影を実施し、平均鉄筋間隔の計測結果を確認する。
- ②同じ計測領域に対してメジャーを用いて平均鉄筋間隔を計測する。
- ③上記①と②で取得した結果を比較し、「画像による配筋間隔計測結果の精度検証手順（案）」に規定されている「画像計測に対する要求事項」を満足していることを確認する。