

革新的技術による新たな監督・検査方法の確立 に向けた調査

市村 靖光¹・鈴木 宏幸²・関 健太郎³

¹非会員 国土交通省国土技術政策総合研究所（〒305-0804 茨城県つくば市旭1）

E-mail: ichimura-y92pi@mlit.go.jp

²正会員 国土交通省国土技術政策総合研究所（〒305-0804 茨城県つくば市旭1）

E-mail: suzuki-h92de@mlit.go.jp

E-mail: seki-k263@mlit.go.jp

建設工事における施工不良や品質偽装等の不正事案が発生している一方、国、地方公共団体の技術系職員の減少により、発注者側の品質管理に関する人員の配置が厳しい状況となっている。

今後も公共工事の品質確保や不正防止を図るためには、監督・検査において、新技術を導入し、現場確認に替わって、計測データや映像等を活用した連続的な電子データによる状況確認への転換を図るとともに、更にAI・ロボット等革新的技術を積極的に導入していく必要がある。

当研究室では、施工件数の多いコンクリート構造物を対象に、会計法及び品確法に基づく監督・検査を代替する新たな監督・検査方法の確立に向けた調査を行っており、鉄筋組み立て時の段階確認における工事受注者の作業実態、課題等を整理したので、その結果を報告する。

Key Words : Innovative technology , Supervision and Inspection , Stage confirmation

1. はじめに

国土交通省の設置した「発注者責任を果たすための今後の建設生産・管理システムのあり方に関する懇談会」の「今後の発注者のあり方に関する中間とりまとめ（平成30年4月）」¹⁾において、「公共工事の品質確保は、受発注者双方に課せられた国民に対する責務であることを改めて認識するとともに、受発注者協働によって、国民から信頼されるよう品質管理システムの改善、関係するデータの保管、新技術の導入等について不断に取り組むべきである」との提言がなされており、特に監督・検査の今後の方向性について、以下のように示されている。

- ①公共工事の品質確保や不正防止のため、監督・検査において、新技術を導入し、現場確認に替わって、計測データや映像等を活用した連続的な電子データによる状況確認への転換を図るとともに、更にAI・ロボット等革新的技術を積極的に導入すべき
- ②受発注者双方において不断に書類等の統一化・簡素化に取り組むとともに、情報共有システム（ASP）等の活用による打合せ書類の削減、3次元データ等による監督・検査業務の効率化・合理化を推進すべき
- 以上に鑑み、国土交通省では、施工の労働生産性向上

や品質管理の高度化等を目指し、平成30年度から「建設現場の生産性を飛躍的に向上するための革新的技術の導入・活用に関するプロジェクト」において技術公募を行い、革新的技術の試行を行っている。

建設工事の監督・検査において、現状の発注者立ち会いによる段階確認から、革新的技術等の活用による全数確認（施工時連続計測データの活用、施工状況遠隔監視等）への転換が可能となれば、工事受注者の待機時間や検査書類等の削減が期待できる。

当研究室では、施工件数の多いコンクリート構造物を対象に、会計法及び品確法に基づく監督・検査を代替する新たな監督・検査方法の確立に向けた研究を行っており、特に鉄筋組み立て時の段階確認の効率化に向け、現場での実態把握（段階確認の頻度、内容、工事受注者の作業実態、課題等）および既往研究・実証実験のレビュー等を行った。

2. 現行基準類による鉄筋組み立て時の段階確認に関する規定

コンクリート構造物の施工、監督・検査に関する基準類を表-1に示しており、革新的技術による新たな監

督・検査方法を現場実装するためには、これら基準類の改定が必要となる。このうち、鉄筋組み立て時の段階確認に関連する現行基準類の規定は、以下に示す通りである。

土木工事監督技術基準(案)では、発注者(監督職員)は鉄筋組み立て完了時に、表-2のように監督(段階確認)を実施することとなっている。確認頻度については目安が示されているだけなので、具体的な回数等は受発注者の協議により決定される。

また、表-2に示す設計図書との対比を行うためには、鉄筋径、鉄筋間隔、鉄筋かぶり等の計測が必要であり、これらの具体的な方法については、土木工事共通仕様書(案)、土木工事施工管理基準及び規格値(案)に基づいている。

土木工事施工管理基準及び規格値(案)では、鉄筋工の出来形管理基準及び規格値を表-3のように定めている。また、「土木工事共通仕様書(案)第1編共通編、第3章 無筋・鉄筋コンクリート」において、鉄筋工に関する留意事項等が示されている。この中で、鉄筋かぶりの確保について、「受注者は、設計図書に特に定めのない限り、鉄筋のかぶりを保つよう、スペーサーを設置するものとし、構造物の側面については1㎡あたり2個以上、構造物の底面については、1㎡あたり4個以上設置し、個数について、鉄筋組立て完了時の段階確認時に確認を受けなければならない。」と定めている。

以上のように、コンクリート構造物の鉄筋組み立て完了時には、発注者(監督職員)が臨場等により設計図書との対比を確認することとなっており、鉄筋径、鉄筋間隔、重ね継手の長さはノギス等で直接計測し、鉄筋かぶりについてはスペーサーの位置、個数の確認で代替している。

また、土木工事写真管理基準(案)では、表-4のように鉄筋組み立て時の写真管理項目を規定しているが、監督職員または現場技術員が臨場して段階確認した箇所は、「出来形管理写真の撮影を省略する」と定めている。実際には、発注者(監督職員)が計測している状況の写真撮影を行う場合が多いようである。

工事受注者からは、段階確認のための準備(計測のための鉄筋へのマーカー設置、調書作成等)や発注者(監督職員)が計測している状況の写真撮影及び写真の整理等で多大な手間と時間を要しているとの意見もある。また、多くの場合は週間工程表の相互確認により、工事受注者の希望する段階確認の日程は調整できているようであるが、現場条件によっては希望通りに臨場ができないことも可能性としては考えられる。

表-1 コンクリート構造物の監督・検査に関する基準類

基準類名称	
1	土木工事共通仕様書(案)(令和元年6月)
2	土木工事施工管理基準及び規格値(案)(平成31年3月)
3	写真管理基準(案)(H31年3月)
4	土木工事監督技術基準(案)(H15年3月)
5	施工者と契約した第三者による品質証明業務運用ガイドライン(案)(令和元年6月)
6	地方整備局土木工事検査技術基準(案)(平成29年3月)
7	地方整備局土木工事技術検査基準(案)(平成18年3月)
8	請負工事成績評定要領(H22年3月)
9	微破壊・非破壊試験によるコンクリート構造物の強度測定要領(H30年3月)
10	非破壊試験によるコンクリート構造物中の配筋状態及びかぶり測定要領(H30年10月)

表-2 鉄筋工の段階確認の内容

確認時期	確認項目	確認頻度
鉄筋組み立て完了時	使用材料、設計図書との対比	一般監督:30%/1構造物 重点監督:60%/1構造物

表-3 鉄筋工の出来形管理基準及び規格値(一部抜粋)

工種	測定項目	規格値	測定基準
鉄筋組み立て	平均間隔d	±φ (鉄筋径)	d=D/(n-1) D:n本間の延長 n:10本程度とする 工場の規模に応じて、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。 注1)重要構造物かつ主鉄筋について適用する。
	かぶりt	±φかつ最小かぶり以上	

表-4 鉄筋工の写真管理項目

工種	撮影項目	撮影頻度
鉄筋組み立て	平均間隔	コンクリート打設毎に1回 (重要構造物かつ主鉄筋について適用)
	かぶり	

3. 現場へのヒアリング結果

実現場における段階確認の頻度、確認内容、工事受注者の準備作業の内容等を把握するため、橋脚工事を行っている発注者、施工者(2社)へのヒアリングを行った。対象工種は2社ともに橋脚1基(高さ10m程度)である。

(1)段階確認の頻度、内容(発注者の回答)

①橋脚工のコンクリート打設ブロック毎(フーチング、柱、梁、沓座)の配筋完了時に段階確認を実施している。

②設計図書との対比は、主鉄筋だけでなく、配力筋等についても、鉄筋の規格、径、本数、定着位置、定着長、フックの掛け方、スペーサー等全般にわたって確認している。

③現場での確認時間は、施工数量によるが概ね1～2時間程度であり、週間工程打合せで事前に予定を把握しているので、ほとんど立ち会いできている。

(2)段階確認の準備作業（施工者の回答）

表-5に段階確認のための準備作業に要する時間を示す。A社、B社ともに1回の段階確認のための準備作業に半日程度を要している。ここで作成した立会調書は、自主管理にも使用している。

(3)3次元スキャナ等による自動計測に関する意見

発注者の現場立ち会いを代替する3次元スキャナ等による自動計測に関して、以下のような意見が挙げられた。

①現場への移動時間は削減できるが、「鉄筋の結束状況、スターラップ等のフックの掛け方、鉄筋の部分的なかぶり内への突出、段取り筋、鉄筋架台、スペーサーの個数・配置、不要な溶接の確認、配筋の全体バランスの確認等」については、現場での臨場確認が必要だと思われる。（発注者）

②設計図とは異なり、段取り筋や架台があったり、過密配筋の部分もあり、目視だから確認できる箇所が多数ある。これらを踏まえたものであれば、生産性は向上すると思われる（A社）。

③橋脚の配筋検査に関しては、せん断補強筋等の内部の鉄筋を全て計測しようとする、現状の方法よりも時間と手間がかかると思われる（B社）。

(4)ヒアリングから得られた知見

配筋状態の確認方法を目視、実測からスキャナ等による自動計測に替える際には、過密配筋時のデータ取得の頻度や、鉄筋径・間隔だけでなくフックの掛け方、スペーサーの配置等の確認方法についても留意しなければならないことがわかった。

4. 既往の関連研究のレビュー

これまでに施工者の配筋検査（自主管理）を効率化する目的の研究、実証実験等がいくつか行われている。

池田ら²⁾は、市販のデジタルカメラで撮影した配筋写真に画像処理技術を応用して配筋状態（鉄筋本数、径、ピッチなど）を自動的に判定できるシステムを開発している。計測用機器として、デジタルカメラ、ステレオカメラ、3次元スキャナの諸性能を比較検証しており、ステレオカメラは工事現場内で使用するには装置が大型化しすぎると判断している。しかしながら、その後、施工管理者が携帯もしくは装着する機器に付いている複数カメラからの映像を、鉄筋の配置まで表現されている

表-5 段階確認のための準備作業に要する時間

	マーカー設置等	出来形計測	立会調書作成
A社	1～2時間	1時間	3時間
B社	0.5時間	2時間	2時間

BIMモデルと重ね合わせることで、現在の位置と見ている鉄筋が図面上のどこの箇所のものかを自動で認識するシステムを開発している³⁾。また、製造業のリバーエンジニアリング向けに開発されたハンディタイプの3次元スキャナでは、得られた3次元点群データから鉄筋のみを抽出した後、細かい計測作業がその場でできずに事務所での後処理となること、赤外線を使用するタイプであると屋外で安定して使用できないこと、配筋検査用の写真を別に撮影しなければならないことなどの理由から、運用は困難であると判断している。この研究は2014年当時のものであることから、その後3次元スキャナの性能、点群処理技術は大幅に向上していることが予想され、工場の配管検査等では実用化されているようなので、配筋検査への適用性については再検証が必要だと思われる。

森本ら⁴⁾は、タブレット端末と連動させたステレオカメラで検査対象を撮影するだけで、鉄筋の径、間隔、本数を自動で計測（判別）できるシステムを開発している。模擬実験により、一定の条件（撮影距離1～2m、撮影角度30°以内等）の下、鉄筋検出・径判別は100%、鉄筋間隔は100mm幅に対して±5mmの精度を実現している。さらに現場実証により、逆光の際の鉄筋検出に課題が残ったが、撮影する配筋の手前に足場の筋交いなどがあっても、計測範囲を設定することで、筋交いを除外し計測すべき鉄筋を正確に検出して計測できることを確認している。

若林ら⁵⁾は、「建設現場の生産性を飛躍的に向上するための革新的技術の導入・活用に関するプロジェクト」の試行工事において、MR（Mixed Reality：複合現実）技術を用いて、配筋データや付属物データをMRデバイスにより現場に投影し、配筋作業や橋梁付属物の位置だし作業をサポートしている。その結果、約20%作業時間を短縮することができたとしている。また、配筋間隔を可視化し現地と工事事務所をリアルタイムに遠隔管理することで、配筋検査の効率化が確認できたとしている。

5. 新たな段階確認方法の提案

既往研究、現場へのヒアリング結果等も参考とし、鉄筋組み立て時の発注者立ち会いによる段階確認を代替する新たな方法として、図-1に示すような「工事受注者が3次元スキャナやカメラ等で鉄筋の組み立て状況を電子データ（点群データ、画像データ等）で取得し、情報共

有システムで取得データの情報共有を受発注者間で行い、工事発注者（監督職員）が、鉄筋の組み立て時における取得データを解析及び設計図書との対比をすることで確認し、速やかにその結果を工事受注者に返すまでの一連の作業を効率よく行うことのできる方法」を提案する。

現在、表-6に示すコンクリート構造物の鉄筋組み立て現場でのデータ取得を実施する際に必要な情報（データ取得方法等）や、データ解析・判別する際の課題点などについて、とりまとめているところである。

特に、過密配筋の構造物ではデータ取得の頻度について留意する必要があると考えている。また、設計図書との整合性については、施工性から鉄筋間隔や定着位置等を随時調整していることが多いことも鑑み、実用的な判断方法を提案したいと考えている。

6. おわりに

今後は、地方整備局等で実施する工事において、工事発注者の現場立ち会いを代替する新たな監督・検査方法の確立に必要な現場データ（教師データ）の取得を予定している。本文での提案は、監督・検査の効率化のみならず、その後の維持管理においても有用な情報を引き継ぐことができるものである。設計データだけではなく、実際の配筋状況を3次元データで保存しておけば、将来的に補修・補強等が必要となったとき、鉄筋のない位置に正確に削孔できる等のメリットもある。

参考文献

- 1) 発注者責任を果たすための今後の建設生産・管理システムのあり方に関する懇談会：今後の発注者のあり方に関する中間とりまとめ，2018
- 2) 池田雄一，坂上 肇，鈴木理史，浜田耕史：配筋自動判定システムの開発と現場検証実験，大林組技術研究所報，No.78，2014



図-1 鉄筋組み立て時の新たな確認方法のイメージ

表-6 現場データ取得に必要な情報

項目	必要な情報
データ取得方法	データの取得方法・頻度・範囲等(現場内〇箇所に定点カメラ設置、ドローン搭載3次元スキャナにより〇方向からスキャン、主鉄筋配筋後にデータ取得等)
	必要なデータの種類(点群データ、画像データ等)
	データの密度(〇m2当たり〇点、画素数等)
取得データの情報共有方法	データの情報共有方法(情報共有システムの種類、特徴等、共有時のデータ容量等)
	データの改ざん防止方法(暗号化の方法等)
取得データを用いた解析・判別の実施において想定される、改訂すべき基準や課題	新たなシステムを適用するために現行基準(表-1に示す10基準)の改定が必要な項目、内容(規格値や確認頻度の変更等)
	工種の違いや現場条件の違いによるデータの取得方法、頻度等に関する留意事項

- 3) 大林組：オープンイノベーションにより次世代型の自動品質検査システムを開発しました https://www.obayashi.co.jp/news/detail/news20180720_1.html
- 4) 森本直樹，後閑淳司，酒匂智彦，早川博久，平 陽兵，吉田裕亮，桑島 奨：ステレオカメラを活用した自動配筋検査システムの実証，令和元年度土木学会全国大会第 74 回年次学術講演会，2019
- 5) 若林良幸，中村定明，保田敬一，平原幸男，新枝秀樹：CIM を活用した橋梁上部工事における施工の効率化について，令和元年度土木学会全国大会第 74 回年次学術講演会，2019

(2019.10.21 受付)

INVESTIGATION FOR THE ESTABLISHMENT OF A NEW SUPERVISION AND INSPECTION METHOD USING INNOVATIVE TECHNOLOGY

Yasumitsu ICHIMURA, Hiroyuki SUZUKI, Kentaro SEKI

Although there are cases of misconduct occurring in construction work, including construction failure and quality falsification, the decline in the number of technical personnel working for the state and local public organizations has meant that the allocation of personnel for quality management on the ordering side is becoming difficult. In order to continue efforts to secure quality and prevent misconduct in public works, it will be necessary to introduce new technologies to the supervision and inspection and to shift from on-site checks to checking the status from continuous electronic data using measurement data and images. It will also be necessary to actively introduce innovative technologies such as AI and robots. At our laboratory, we are focusing on concrete structures, for which the number of construction projects is large, and are conducting study aimed at the establishment of new supervision and inspection methods that could replace the supervision and inspections based on the Public Accounting Act and the Act on Promoting Quality Assurance in Public Works.