

検査監督業務への新技術導入の研究

大澤 健治 *
○ 相沢 興 **
橋本 敏和 ***

Kenji OHSAWA, Koh AIZAWA, Toshikazu HASHIMOTO

【要旨】

公共土木工事での入札・契約制度の改革、事業量の増大及び合理化に伴う検査・監督人員の不足、及び新技術の活用等、工事を取り巻く環境が変化するなかで、工事目的物の品質確保を図るためには、施工管理技術（計測検査技術、システム技術）の活用・開発を行い、より合理的かつ効率的に検査監督業務を行う必要がある。

ここでは、鉄筋検知器による鉄筋位置確認技術及びIT装置による杭の健全性確認技術の検査監督業務への導入を現場試行結果から検討した結果を報告するものである。

キーワード：検査・監督、新技術開発、品質確保

1. はじめに

公共土木工事での入札・契約制度の改革（一般競争入札の導入、多様な施工実績を有する業者の参入等）、事業量の増大及び合理化に伴う検査・監督人員の不足、現場経験の少ない若手技術者の配置、及びコスト縮減、施工環境の制約等に対応した新技術活用等の流れのなかで、工事目的物の品質の確保を図るためには、より効率的、客観的、厳正な工事検査・監督体制を整備する必要がある。

建設省土木研究所では、検査・監督行為の現状を踏まえ、非破壊検査技術や新計測技術、その他マルチメディア等、より効率的、合理的な施工管理技術（計測検査技術、システム技術）の活用・開発を行うことにより、主に土木構造物の品質向上及び検査・監督職員の業務の効率化を図ることを目的とした調査・研究を行っている。^{1), 2)}

ここでは、鉄筋検知器による鉄筋位置確認技術及びIT装置による杭の健全性確認技術の検査監督業務への導入を現場試行結果から検討した結果を報告するものである。

2. 検査・監督業務の現状

各地方建設局における専任工事検査官は、各地方建設局で2～3名程度となっており、検査が集中するような場合には、十分な検査時間が確保し難い状況にある。また、監督職員についても、地元調整や維持管理等の業務の増大により、工事現場等に臨場し内容を確認する行為に費やす時間が減少する等、検査・監督業務に対する現状は厳しいものとなっている。

検査・監督行為は、①レベル、テープ等による出来形計測、②現場試験、供試体採取、室内試験等の品質管理の臨場、検査、③材料、資料、施工状況の確認、検査等が挙げられる。検査・監督行為の概ね80%は現場での計測・確認関係であり、現場で監督・検査するために費やす時間は、表1のようになっている。現場状況、施工状況を即時に把握することは難しく、また、監督職員の時間的制約により工事工程が左右され、現位置計測・試験の効率化、省人化及び判定の即時性、試験機器の簡素化等が強く望まれている。

* 建設省土木研究所建設マネジメント技術研究センター
建設システム課 課長 Tel. 0298-64-2211

** 同上 施工管理技術係長

*** 元 同上 交流研究員
(現 ㈱大林組 経堂JV工事事務所)

3. 新技術の開発状況

検査・監督と施工管理は主体者が発注者と施工者の違いはあるが、お互いに密接な関連があり、検査・監督においても施工者の施工管理資料に基づき発注者が判断する部分が非常に大きいため、検査・監督業務の高度化を考える時、施工管理技術の高度化が検査監督技術の高度化に寄与する部分が大きいと考えられる。

現状の民間における施工管理・検査技術は、シリーズ調査により、最近の計測技術（センサー技術）の開発、パソコンの普及による計測からデータ管理まで一環して行い省力化・効率化を図った例が多く、工事監督及び検査の項目ごとに一対一で代替するというよりも、種々の管理分野をうまくシステム化した技術が多い（個々の技術の現場における適用を図-1に示す。）ことが分かった。また、検査官、監督職員が施工管理資料に基づく判断をする上で、資料の正確さを担保する技術、計測過程を再現する技術、検査臨場を証明する技術等の開発が必要となると考えられる。

検査・監督業務の現状課題及び新技術の動向を踏まえると、必要となる検査・監督技術の高度化の方向は次のようにまとめることができる。

①省人化を図った計測技術の開発

例：センサーから検査基準の判定まで一括管理できる自動計測技術

②検査監督時間の短縮を図った計測技術の開発

例：非接触型計測機器の利用範囲の拡大

③危険度の少ない計測技術の開発

例：三次元計測システム、GPS等の発展的利用

④簡単な機械による計測技術の開発

例：レーザーメータ等の活用範囲の拡大

また、新技術を活用・普及するためには次のことが必要である。

⑤新技術の信頼性の確認

例：評価、審査、証明、試験フィールド等での積極的な活用等

⑥新技術の利用範囲の拡大

例：既存構造物の品質確認（コンクリート強度、鉄筋位置・サイズ・継ぎ手位置等、鋼構造における強度・疲労度・基礎杭位置等）

各種基準類（監督技術基準（案）、検査技術基準（案）、施工管理基準など）の管理項目、地方建設局や請負業者などの現業サイドのニーズ調査をもとに、検査・監督技術の高度化に適合する有望技術を抽出した。抽出した有望新技術の検討形態は、その完成度から次のように大きく3つに分けられる。

①既存技術の適用（短期的）

②既存技術の応用（中期的）

③新技術の開発（長期的）

有望技術の中から開発検討対象としたのは、非破壊による不可視部分の確認及び工事関係者の業務の効率化などに着目し、①既存技術の適用として、土木研究所コンクリート研究室が日本構造物診断協会と共同研究を実施した「鉄筋検知器」、同じく施工研究室が共同研究を実施した「R I（ラジオイミット）計器」、「I T（インテグリティテスト）装置」、民間で開発された「サウンドアナライザー（打診音解析器）」、「I T V（インダストリアル TV）技術」の5技術、及び、②既存技術の応用として、「トータルステーション（測量システム）」と「デジタルカメラ」の2技術を複合した技術である。

「R I計器」は、試行を通じ現場導入への適用性の確認を行い、盛土の締め固め管理基準（案）を作成、品質管理基準に従来法（砂置換法）とともに併記し、H8年度より運用されている。

「I T V技術」、「サウンドアナライザー技術」並びに

表-1 検査・監督の平均的な臨場

	移動距離	移動時間	頻度	計測時間
監督	26.3 km	0.8 時間	3.0 回/周	1~2 時間
検査	53.2 km	1.9 時間	1.5 回/周	約3 時間

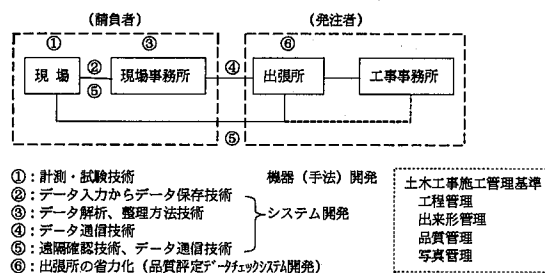


図-1 現場における技術の適用

「トータルステーションとデジタルカメラの複合技術」の3技術については、現場での適用範囲の明確化を図るうえでの、課題・問題点の抽出を現場の意見（検査・監督担当者に対するアンケート結果）も含め、検討を進めているが、技術開発、導入費用等の課題が多い。

4. 現場試行結果

(1) IT装置の試行結果

場所打ちのコンクリート杭の品質管理は、施工後の杭が地中にあることから、監督職員による段階確認及び施工業者の施工管理記録により行うしかない。杭長（掘削深さ）は、支持地盤確認後、目盛り付き検尺テープにより測定しており、杭径（掘削径）は、オールケーシング工法以外の場合、超音波により杭先端まで測定している場合があり、この測定のために現場施工工程が影響を受けることがある。

インテグリティ試験（健全性試験）は、打設された杭の早期の品質管理を目的とし、杭の健全性（杭長、杭体の均一性）を迅速かつ経済的に検証することができる簡便な試験方法であり、支持地盤の根入れ長、杭体の詳細を測定することはできない。

各地方建設局で行った現場試行（26現場、41基、327本）により適用性の評価を行い、表-2に示す適用条件が得られた。³⁾

IT測定長は、基準とする波動伝播速度から算出され、測定結果は、検測テープによる従来の検測長の概ね±3%以内にあり、地盤条件によっては反射波が確認できない場合がある。このため、試験杭によるITの適用及び基準伝播速度の確認をする必要がある。また、測定結果の評価は、各杭の詳細な波形解析よりも相対的な比較評価をもとに行い、非健全と思われる杭（他の杭の波形と異なる杭）があった場合には、測定データだけでなく、コンクリートの打設記録をはじめとする多くの周辺情報をもとに総合的な評価を行うことが必要となる。

したがって、IT測定評価結果だけから、施工不良の是正処置を行わせる判定を行えるまでには至っていないが、測定精度を踏まえて現行の施工管

理における完成杭の品質を補足的に確認することは可能であると考えられる。

以上のことから、IT装置の適用方法としては、図-2に示すような段階的評価フローにより、非健全の可能性がある場合には、載荷試験、杭体の連続コア・ボーリングあるいはボアホールカメラ等による追加試験を実施し、是正処置が必要かどうか詳細な調査から評価を行う方法が適当であると考えられる。

(2) 鉄筋検知器

鉄筋加工組立、型枠加工組立時の鉄筋径、鉄筋間隔、有効高、かぶりの施工管理は、通常、コンクリート標準示方書、道路橋示方書等に基づいて行われ、その出来形等は写真管理基準により整理されている。監督確認については、土木工事監督技術基準により鉄筋組立完了時に、施工状況の適否（設計図との対比、継ぎ手構造、品質等）の確認が行われ、その頻度は一般監督で全体の30%程度、重点監督で60%程度である。

すべての施工状況の監督確認が困難であること、コンクリート打設により鉄筋が移動する恐れがある（スペーサを適切に付けても±5mm程度の移動は免れない。⁴⁾）こと等から、打設後に鉄筋間隔及びかぶりの確認が可能となることは構造物の長期にわたる品質等を確保する上で非常に重要である。

各地方建設局で行った現場試行（9現場、21箇所）により現場への適用性の評価を行った。

鉄筋検知器は、電磁誘導、電磁波反射等により鉄筋位置を非破壊測定するものであり、既存の鉄筋検知器は、既設構造物の維持管理を主な目的として開発されているため、建設技術評価制度の評価を得ている機種であっても、測定値にはある程度の計測誤差（かぶり40mmで±3mm以内、100mmで±10mm以内）を許容しており、測定精度向上のため、供試体もしくは監督確認箇所の測定による偏りの初期校正が必要である。また、測定面から100mm程度までの表面鉄筋が測定対象（適用範囲を表-3に示す。）であるが、鉄筋径は正確には測定できない。したがって、鉄筋検査については鉄筋組立後の段階確認を省略

し、コンクリート打設後の鉄筋検知器の測定検査のみで対応できるまでには至っていないが、測定精度を考慮することにより、現行の施工管理における品質を補足的に確認することが可能であると考えられる。

以上のことから、鉄筋検知器の適用方法としては、未確認箇所やコンクリート打設後の配筋状況（鉄筋間隔及びかぶり）を鉄筋検知器により確認し、極端に不良なものもしくは不良の恐れのあるものは詳細調査（最小限度の破壊確認）により是正処置が必要かどうか判断する方法が適当であると考えられる。

5. 検査・監督業務への新技術導入

不可視部分の確認を行う新技術は、これまでの書面中心の検査から現場で完成した品質を確認する検査へ移行することを目的としている。

鉄筋検知器及びIT装置の試行結果のポイントは、以下の通りである。

- ①現状の機器の測定精度、適用範囲では、新たに出来形管理基準を定められない。
- ②また、監督技術基準として、現行の段階確認の代替にはならない。
- ③完成後の品質を補足確認する手段としての利用は可能である。

したがって、現段階での活用方法としては、請負者の施工記録の確認、未確認箇所の確認、施工不良が心配される場合の確認など完成後の品質確認の手段のひとつ（工事請負契約書第17条及び第31条に規定される「最小限度破壊して検査する」必要があるか否か判断する根拠）として位置づけられる。簡便・簡易試験化の新技術で測定精度があまりよくない場合には、図-3に示すように合否判定を段階化（合格、不合格の中間で怪しい領域を詳細試験で判定する）することが考えられる。

また、新技術導入の形態は、測定実施者により表-4のような3形態が想定され、不可視部分の確認を行う新技術など、新規に項目が追加される場合は、測定者の負担増が課題となる。品質確認の手段として活用する場合には、現場の判断で適宜活用できるよう確認要領を作成するとともに、

表-2 IT装置の適用条件

試験条件	適用条件
気象条件 測定条件	・降雨、降雪時は避ける。 ・機器（SIT、IT-System、PIT）の測定性能に差はない。 ・センサとして加速度計を使用する。 ・通常は小型ハンマで軽打する。
杭条件	・杭種－新設の場所打ち杭を対象とする。 ・杭長－50m程度まで。 （10m以下では測定精度が劣る場合がある。） ・杭径－1500mm程度まで。 （但し、大口径杭では表面波の影響が顕著な場合がある。） ・材令－1週間以上。 ・杭頭－杭頭処理後に試験を行う。 また、コンクリートの浮きがないこと。
地盤条件	・中間層がある場合、または先端地盤が岩の場合は、杭先端からの反射波が明確でないことがある。

表-3 鉄筋検知器の適用範囲

項目	条件
配筋状態	2段以上の配筋の場合、測定面側の鉄筋を対象とする。
測定深度	測定面から100mmまでとする。
鉄筋間隔	検知機の機種によるが100mm～130mm以上の鉄筋間隔が必要。
鉄筋径	D13～D32を対象とする。

ただし、管理基準の許容範囲が鉄筋検知器の誤差の範囲に比べて小さい場合は適用できない。

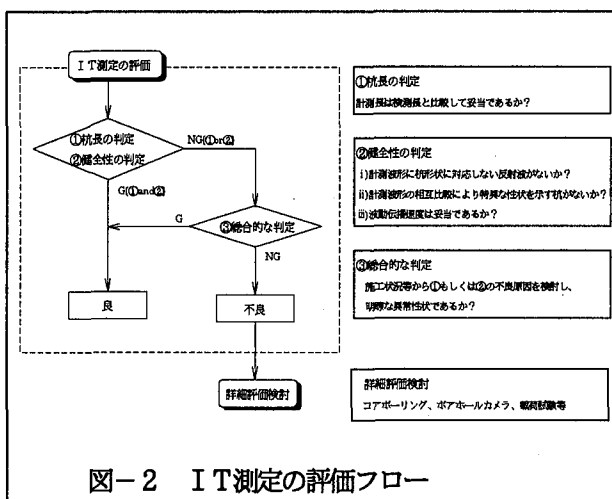


図-2 IT測定の評価フロー

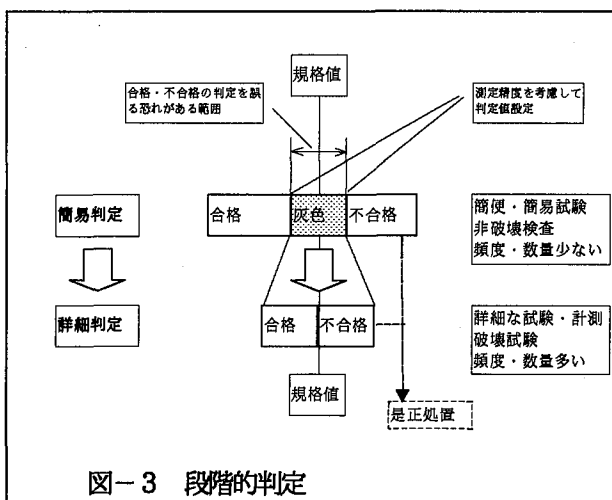


図-3 段階的判定

品質管理基準や特記仕様書で適用を記載することが必要となる。

発注者からすれば、①のように、請負者に対して施工管理の一部として活用してもらい、完成検査時に施工管理時の記録と比較確認することが現実的であると考えられるが、活用結果を蓄積し、安定した評価が可能となれば、段階確認の臨場削減等を考え合わせた監督技術基準、検査技術基準

の修正を行うことも考えられる。

例えば、IT装置の検査・監督への導入案は、表-5に示すように、掘削完了時の確認頻度及び項目を削減し、コンクリート打設後の確認に移行することができるが、鉄筋検知器では、表-6に示すように、コンクリート打設後の確認が追加されるだけとなる。また、段階確認の全ての項目が新技術により代替できない場合、鉄筋加工組立時

表-4 新技術の導入形態

活用形態	①請負者の品質管理として	②監督技術基準の段階確認として	③検査技術基準の実地検査として
実施段階	段階確認時	同左	中間技術検査時 完了検査時
実施者	請負者	監督員	検査官
追加項目	請負者 計測記録	監督員 計測確認	検査官 計測検査
対象工事	全て／重点	全て／重点 (施工不良時の確認)	全て／重点 (施工不良の確認)
活用の課題	・ 請負者の負担増 ・ 費用 ・ 品質管理・監督基準への記載	・ 監督員の負担増 ・ 装置の手配と操作 ・ 監督基準への記載	・ 検査官の負担増 ・ 装置の手配と操作 ・ 監督・検査基準への記載 ・ 検査時間への負荷

表-5 IT装置の検査・監督への導入案

監督及び検査の段階	区分	項 目	検査・監督方法		検査・監督頻度	
			現状	IT 導入	現状	IT 導入
①掘削完了時	監督	支持地盤	臨場	臨場	試験杭＋ 一般：1回／10本 重点：1回／5本	試験杭＋設計杭長が変化する 場合以下を追加 一般：最短・最長杭／基 重要：配列四隅杭／基
		長さ、径 (D/B=杭/掘削径)				試験杭
		基準高(深さ) 偏心率				
②鉄筋組立完了時	監督	施工状況の適否	書面・ 臨場	同左	一般：30%程度 重点：60%程度	同左
		使用材料品質			当初 材料変更時	同左
試験杭完成後	監督	IT適用確認	---	臨場	---	試験杭
③杭頭処理完了時	監督	処理状況の適否	臨場	同左	一般：1回／10本 重点：1回／5本	同左
		鉄筋加工 基準高				
		偏心率、 杭頭部径	---	臨場	---	一般：1回／10本 重点：1回／5本
④完了時	検査	杭軸全性確認	---	臨場	---	全数
		施工状況・品質	書面	同左	検査時	同左
		杭頭部の径、 基準高 偏心率	書面 若しくは 実地	書面 若しくは 実地	1箇所以上／5本	同左
		杭軸全性確認	---	書面 若しくは 実地	---	1箇所以上／5本

■：IT導入による追加、変更項目

の段階確認のように表面鉄筋の配筋状況以外は確認項目が残ってしまうため、監督行為の効率化が図れない場合もある。

6. まとめ

IT装置及び鉄筋検知器の検査監督業務への現状での導入は、現行の施工管理体制の中での補足的な品質の確認として位置付けられるが、将来的には、測定データの蓄積や測定精度の向上を図り、適用範囲の拡大や監督確認行為の省力化を図る必要がある。

検査・監督業務への新技術の導入方法としては、検査・監督のみでなく請負者の工事中の施工管理にも活用し、データを残すことを求め、完成時の抜き取りによる検査結果と施工管理記録とを対比する検査が現実的な活用方法といえる。

現在行っていない検査・監督項目を追加して行う場合には、省力化と逆行することとなるが、品質確保には不可欠であるものについては全体の流れを見直して極力作業量の増加を避けながら導入しなければならない。

これまでの書面中心の検査から現場で完成した品質を確認する検査へ移行するためには、不可視部分の確認を行う新技術が不可欠で、資料の正確さを担保する技術や計測過程・段階確認を再現する技術等の開発が必要となる。

表-6 鉄筋検知器の監督への導入案

作業の流れ	監督 確認	
	現 行	鉄筋検知器併用
鉄筋加工 ・組立	1.鉄筋規格 2.加工寸法 3.配筋状況 ・鉄筋間隔 ・かぶり ・重ね継手 ・圧接継手 (抜取検査)	1.鉄筋規格 2.加工寸法 3.配筋状況 ・鉄筋間隔 ・かぶり ・重ね継手 ・圧接継手 (抜取検査)
型枠組立	1.型枠寸法 (鉄筋かぶり)	1.型枠寸法 (鉄筋かぶり)
コンクリート打設	1.出来形寸法 2.出来映え	1.出来形寸法 2.配筋状況 ・鉄筋間隔 ・かぶり 3.出来映え

(注) 「2.配筋状況」は必要に応じて確認する。

【参考文献】

- 1) 芦田義則、阿部徹、井手統一、大塩俊雄、宇波邦宣：検査・監督技術の高度化について、第14回建設マネジメント問題に関する研究発表・討論会、1996.12。
- 2) 阿部徹、大塩俊雄、井手統一、宇波邦宣：検査・監督技術の開発、土木技術資料、Vol. 39, No.8 (1997)。
- 3) 塚田幸広、市村靖光、森芳徳：インテグリティ試験による場所打ち杭の品質管理に関する調査、土木研究所資料第3531号、1998年3月。
- 4) 小林茂敏、渡辺博志、田村久：かぶりの精度を向上するための方策に関する研究：土木学会第43回年次学術講演会、昭和63年10月。

Study On the of New techniquis To Inspection and Supervision

The environments of the public works have been changed, reformation of the bidding and contract system, increment of the public works, lack of the inspector and supervisor owing to the increment of the works and the rationalization, utilization of the new technology, etc. So, we must inspect, supervise of the public works more rationally and efficiently by using or developing the construction management techniques to securing the quality of the construction.

This paper reports the study on introducing the integrity test device, the reinforcing bars detector to the inspection, supervision of the construction.