

タブレット端末を利用した配筋検査支援システム

金子 智 弥 浜 田 耕 史
鈴木 理 史 堀 内 英 行

(本社グローバル ICT 推進室)

Inspection Support Tool for Reinforcing Bar Work

Tomoya Kaneko Koji Hamada
Masashi Suzuki Hideyuki Horiuchi

Abstract

The traceability of rebar inspections, which is ensured by photos and report checks, is given a great deal of importance by inspectors who represent the owner or building officials in Japan. We developed a tool to support inspection of reinforcing bar work using a tablet computer. This tool has the following features. 1) The progress view shows points that need to be inspected, and the captured photos allow easy progress control for field engineers and prevent oversights. 2) On a job site, a handheld computer can be used to see the bar arrangement drawings and record the inspection judgment. 3) Photos can be sorted according to their subjects based on the EXIF information, which is written by a digital camera with the memo function when the photo is taken. 4) A detailed inspection report and an inspection photo album can be created. We applied this tool to the inspection of the construction of a medical building. The results showed that the total duration of the rebar inspection was reduced compared to the usual inspection time.

概 要

鉄筋工事の良否は、鉄筋コンクリート構造物の耐力と耐久性を左右する。また、コンクリート打設後では鉄筋の施工状況の確認は困難であり、不具合が発覚した場合には補修・補強が難しい場合が多い。そこで、検査記録のトレーサビリティ向上と配筋検査業務の工数削減の両立を目的に、2009年にPDA(携帯端末)を利用した配筋検査支援システムを開発し社内の施工現場に適用してきた。また2012年にはPDAよりも操作性の高いタブレット端末を利用し、写真管理の機能追加を行った。開発したシステムは次のような機能を持つ。(1) 検査箇所・写真撮影箇所をあらかじめ明示し、検査の進捗を把握できるようにして検査漏れを防ぐ。(2) 施工現場ではタブレット端末を利用し、必要な図面を参照し検査結果を記録する。(3) 無線通信が可能なカメラを利用し、タブレット端末に写真を転送する。(4) 工事事務所内のデータベースと無線LANを通じてデータと写真を同期する。(5) 検査票・写真帳・是正記録の作成を迅速化する。

1. はじめに

鉄筋工事の良否は、鉄筋コンクリート(以下、RC)構造物の耐力と耐久性を左右する。また、コンクリート打設後では鉄筋の施工状況の確認が困難であり、不具合が生じた場合には補修・補強が難しい場合が多い。したがって墨出しからコンクリート打設までの各工程で、検査を確実に行うことが重要である。本報では、鉄筋が設計図通りに施工されていることを、専門工事会社・工事管理者・設計監理者が確認する業務を配筋検査と呼ぶ。

建築工事における配筋検査の記録は、従来、検査によって不具合を指摘された箇所とその是正結果の記録が中心であった。近年、トレーサビリティの重要性の高まりから、検査で適正だった箇所も含め、全箇所の検査記録が求められている。全箇所の検査記録は、適正な工事と検査実施の証明となる一方で、記録業務の手間を増加させる。

このような背景から、従来よりも詳細な検査業務を効

率よく実施する必要性を大いに感じ、そこで集合住宅の内装工事の検査等を中心に当社で広く利用している携帯端末^{1) 2)} (Personal Digital Assistant : 以下、PDA)を利用して、全箇所検査記録を支援する「配筋検査支援システム」を開発し2009年から実用化してきた^{3) 4)}。また2012年からはPDAよりも操作性の高いタブレット端末を利用し、写真管理等の機能強化を行った。

本報ではまずPDAを利用したシステムの概要と実務適用状況を報告し、次にタブレット端末導入に際して行った機能強化について報告する。

2. PDAを使用したシステムの概要

2.1 システムの機能構成

システムの機能構成をTable 1に示す。本システムは、複数台のパソコン・PDA・デジタルカメラを連携したシステムである。パソコンは、検査結果および工事写真の管理、検査業務の進捗管理、帳票の作成等の主要な機

能のほか、PDAやデジタルカメラとの連携機能を持つ。Fig. 1 はパソコンのメイン画面である。PDAにはパソコンの機能のうち、施工現場で検査に必要な機能のみを備えている。

2.2 システムを利用した業務の流れ

システムを利用した配筋検査の流れを Fig. 2 に示す。図中に示す「1)導入前準備」は施工現場における利用に先立って行い、「6) 変更への対応」は随時行う。したがって、実際の検査はコンクリート打設工区ごとに「2) 検査の準備」から「5)検査のまとめ」を繰り返して進める。

プレキャストコンクリート(以下P C a)の場合、「3)施工現場検査」は、工事管理者がP C a 工場で行う製品検査となる。P C a 工場における製品検査は、コンクリートの養生期間中に複数工区分の部材をまとめて行うことができる。

1) 導入前準備 施工現場における利用に先立って、配筋検査に必要な構造図を登録する。図面は CAD データをイメージデータに変換する、または紙図面をスキャナなどで取り込む。柱や梁等の断面リストは、符号と階で所定の図面を呼出せるように、表形式を指定して取り込む。次に、マスターデータ設定画面で、検査対象とする部位と部位ごとの確認項目を設定する。個々の確認項目については、“検査箇所ごとに写真を撮影する”、“現場で計測した数値を記録する”、などの詳細を設定する。最後に伏図等の平面図の表示画面上に、検査箇所を設定する。

2) 検査の準備 施工現場で検査を行う前に、PDA にデータを送信する。また、デジタルカメラに検査箇所を示すキーワードを転送する。

3) 施工現場での検査 PDA の検査内容確認画面を Fig. 3 に示す。PDA もパソコンと同様に、検査箇所が平面図上のアイコンとして表示される。アイコンを選択すると、当該箇所の検査箇所の構造図が表示される。柱や大梁では平面図上の位置が同じでも階によって鉄筋の径・本数・間隔などが異なる場合がある。このような部位の検査では、上・下階の構造図も参照する必要がある。そこで本システムでは常に上・下階の構造図も表示し、特に上・下階で配筋が違えば“!”記号で注意を促すようにしている。検査結果は、確認項目に、合格・要是正・是正済みを記録するほか、必要であれば数値やメモを記録する。写真撮影は、デジタルカメラで該当箇所を示すキーワードを選択して撮影する(Photo 1)。これによって写真の EXIF 領域に検査箇所の情報が記録される。

4) 検査結果の取込み 施工現場での検査終了後に、PDA とデジタルカメラからパソコンにデータを取り込む。写真は検査箇所に自動的に振り分けられ、Fig. 4 の写真管理画面で確認できる。

5) 検査のまとめ 検査箇所と確認項目の一覧表示画面によって検査および写真撮影の進捗状況を確認する。全ての検査完了後に、工区別管理表・部位別管理表・

Table 1 システムの機能構成
Functions of the tool

機器	機能分類	機能内容
パソコン	配筋検査管理	・検査箇所の設定・変更
		・検査進捗状況の確認
		・検査結果の帳票作成
	施工現場個別設定	・確認項目の設定
		・帳票書式の設定
	工事写真管理	・撮影箇所情報の書出し
・写真の一括自動仕分け		
・写真帳の作成		
PDAとの同期	・PDAへのデータ書出し	
	・PDAからのデータ取込み	
デジタルカメラとの同期	・カメラメモファイル作成	
	・写真の一括取込み	
PDA	配筋確認記録	・検査箇所と検査状況の表示
		・構造図・配筋図の表示
		・配筋確認結果の記録
デジタルカメラ	検査箇所情報付き写真の撮影	・撮影箇所情報の選択
		・撮影箇所情報付き写真の撮影

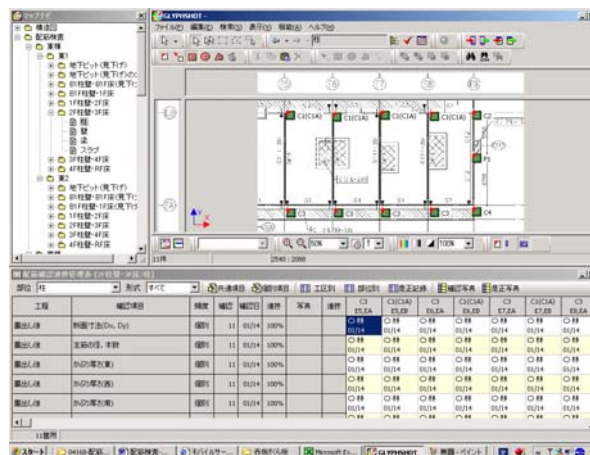


Fig. 1 パソコンの配筋検査進捗管理画面
Inspection Progress Control view of the tool

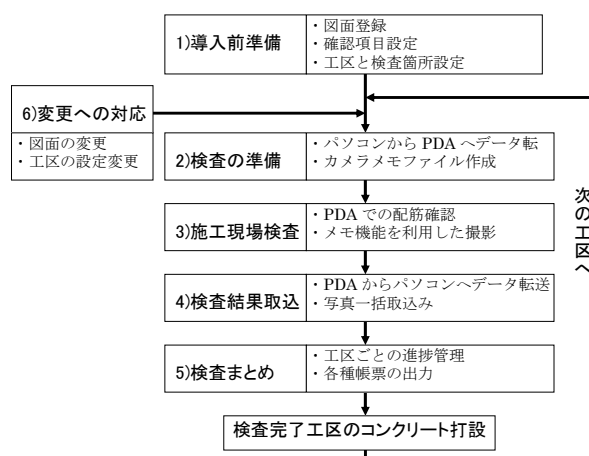


Fig. 2 システムを利用した配筋検査
Inspection work flow using the tool

工事写真帳等の帳票を出力する。P C a の場合は、部材ごとの P C a 部材検査記録を出力する。また、検査で不

具合があった場合は、不具合箇所がキープランで確認できる是正記録表と、是正前後の写真を対比した是正写真帳を出力する。

6) 変更への対応 運用中に計画変更があった場合は、対応する図面を差替える。また、コンクリートの打設範囲が変更になった場合は、工区の変更を行う。これらの変更は2)の検査の準備によってPDAとデジタルカメラに反映する。

3. システムの適用状況

3.1 システム利用の推進体制

建物の構造形式が鉄骨造であっても基礎や地下躯体はRC造であるため、本システムは新築工事の大部分に適用可能である。2010年以降当社では、本システムを配筋検査の標準ツールに位置づけている。社内標準としてシステム導入時の支援を行うため、情報システム部門に施工ICT推進課を置いた。同課では導入時にPDAやソフトウェアの教育を行う。

2.2で示したように、本システムを利用するには、導入前準備が必要である。導入前準備のうち図面データと検査箇所の登録は、工事の規模に応じて膨大になる。そこで、これらの作業を工事事務所から当社の情報系関連会社に委託できる体制を整えた。また、PDAとデジタルカメラは、配筋検査業務の繁忙に応じて台数を増減しやすいように、月単位でリース出来るようにした。

検査結果と写真は工事事務所のファイルサーバに蓄えられるが、不慮の事故で消失することのないように、サーバの情報を常時データセンターに転送し2重化する体制を取っている。

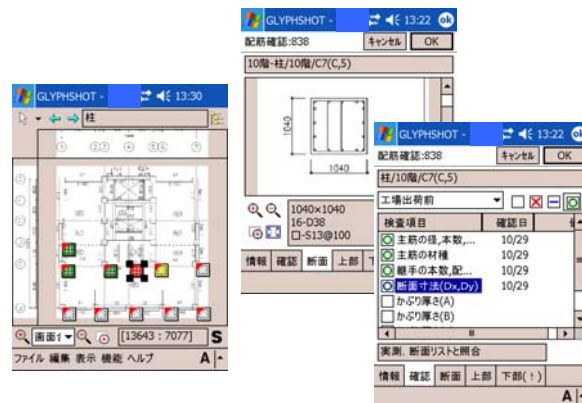
3.2 システムの適用実績

2011年度に本システムを適用した工事のうち比較的規模が大きく、当社の情報系関連会社が導入前準備を支援した工事は104件だった。これらの工事の導入前準備の概要をTable 2に示す。表の各列は次の数値である。

- 1) 図面枚数：システムに登録した構造図の枚数
- 2) 検査画面数：検査箇所の背景となる伏図の枚数
- 3) 断面符号数：部材の断面タイプの数
- 4) 検査箇所数：検査対象の箇所(アイコン)数

いずれも、システムの適用床面積(鉄骨造の場合は基礎や地下躯体のみ)で10,000㎡あたりに補正している。床面積10,000㎡あたりの断面符号数は全体で161.7断面、検査箇所は1,294.1箇所だった。建物用途別では、教育施設・集合住宅・医療施設が断面符号数も検査箇所数も多かった。

1つの検査箇所について平均して約9.2枚のデジタル写真を撮影するので、床面積10,000㎡あたりの写真枚数は11,905.7枚となる。写真1枚のデータサイズを500KBとすると、ファイルサーバには配筋検査だけでなくとも6GBの容量が必要になる。



(a) 平面図表示画面 (b) 断面表示および確認画面
Fig. 3 PDAでの検査内容確認画面
Inspection view of PDA



Photo 1 デジタルカメラでの撮影状況
Taking photos by Digital Camera

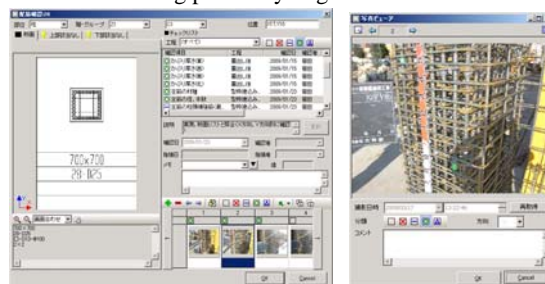


Fig. 4 写真管理画面
Management of Inspection photos

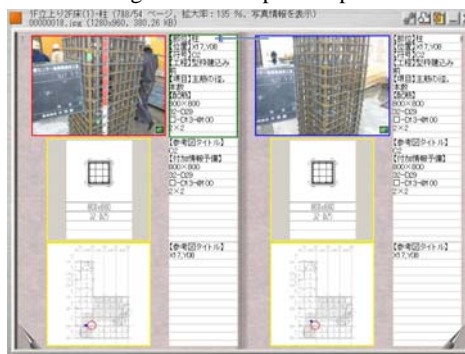


Fig. 5 写真管理ソフトとの連携
Collaborate with album software

4. タブレット端末への対応

4.1 機能追加のねらい

携帯端末としてPDAを採用した理由は、小型パソコンに比べて軽量で可搬性が高く、バッテリー寿命が長く、比較的安価であることだった。一方、2010年にApple社がiPadを発売してから、タブレット端末という新しい形式の携帯端末が施工現場でも利用可能になった。PDAに対するタブレット端末の利点は、次のようになる。

- 1) 画面サイズが約4~9倍と大きく、図面を表示した場合の視認性が高い
- 2) 携帯電話網を通じてインターネットに接続したり、工事事務所の無線LANに接続できる機種がある。
- 3) 工事写真用に十分な解像度を持ったカメラを内蔵した機種がある。

そこで、携帯端末としてタブレット端末を利用できるように、システムの機能追加を行った。タブレット端末としては、カメラを内蔵したApple社のiPad2を採用した。システム開発を効率よく行うため、以下のねらいでシステムを改造した。

- 1) 端末をPDAからタブレット端末に切替えるが、パソコンについては従来のシステムをそのまま扱えるようにする。
- 2) タブレット端末の内蔵カメラを利用し、写真管理機能を強化する。

Fig. 6に、機能追加前後のシステム構成を示す。従来システムとの最大の相違点は、携帯端末とパソコンとのデータ同期にある。従来システムではパソコンからPDA内のファイルを直接更新できたため、Table 1に示したように、パソコンにデータ同期機能を持たせた。一方、今回採用したタブレット端末では、内部ファイルをパソコンから操作できず、メモリーカード等を介したデータ交換もできない。そこで、工事事務所のファイルサーバ内で常時稼働する同期サーバを開発し、タブレット端末側からデータをダウンロード・アップロードできるようにした。

4.2 同期サーバの機能

同期サーバは、ユーザーがログインしなくても常に起動状態にあるプログラム(サービス/デーモン)として実装した。通常は工事事務所内で共有するファイルサーバに設置する。同期サーバとタブレット端末との通信には、HTTP(HyperText Transfer Protocol)を用いた。これは、ファイアーウォール等のセキュリティの下で比較的安定して通信できること、インターネットを介した同期にも容易に対応できるためである。

同期サーバの機能は次の7点である。

- 1) アップロード：タブレット端末による検査結果データおよび撮影した写真ファイルを、タブレット

Table 2 建物用途別検査箇所数(10,000㎡あたり)

Amount of Inspection points				
建物用途	図面枚数	検査画面数	断面符号数	検査箇所数
教育施設	15.9	6.6	154.6	1666.0
集合住宅	16.8	9.4	255.8	1410.5
医療施設	15.8	3.6	140.0	926.7
事務所	11.5	6.2	90.9	795.4
駐車場	22.9	12.2	64.0	533.7
生産施設	15.5	4.4	59.1	488.1
全体	16.3	6.6	161.7	1294.1

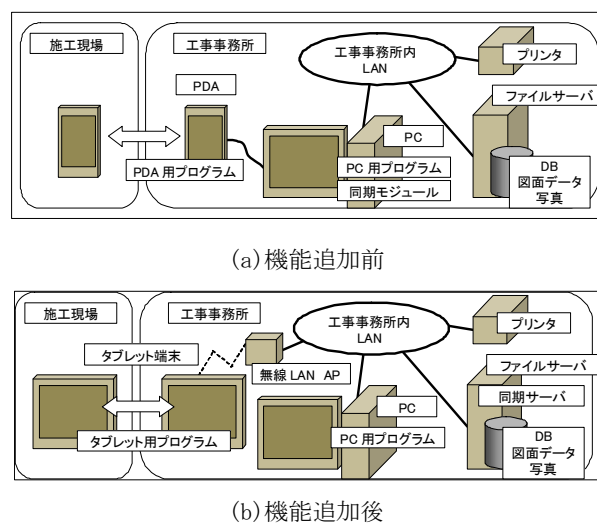


Fig. 6 システム構成の比較
Comparison of system structure

から取り込む。

- 2) ダウンロード：図面・確認項目・検査箇所等のデータおよび、他の異なるタブレット端末による検査結果データと写真ファイルを、タブレットに書き出す。
- 3) 時計合わせ：情報の新旧を判別するために、サーバと端末と時計を一致させる。ただしタブレット端末ではプログラムからの内部時計を操作出来ないため、サーバとの時間差を記憶し、データ更新や写真撮影の際にこの時間差を反映して記録する。
- 4) データベース変換：データベースとして、パソコンではMicrosoft Access用のmdbファイルを、タブレット端末ではSQLite形式を使用している。同期サーバで相互変換を行う。
- 5) 図面データ変換：図面データは、あらかじめ複数の単位イメージに分割することで表示の際のメモリ使用量を最適にする独自フォーマット1)を採用している。その単位イメージは、パソコンではJPEG, PNG, BMPが利用できるが、タブレット用にPNGに変換する。

- 6) サーバ制御機能：工事事務所内 LAN に接続したパソコンから、Web ブラウザでサーバを制御できる(Fig. 7)。
- 7) タブレット端末の接続制御：タブレット端末から同期サーバの IP アドレスを設定して接続を申請し、サーバ制御機能で接続を許可する。

本システムでは、図面・写真・検査結果など、一度に大量の通信が発生する可能性がある。HTTP は、クライアントの要求にサーバが応答する一往復の通信である。一往復の通信では、サーバ内で同期処理が完了するまで端末に応答が返らない。そのため、ユーザーは同期処理の進捗把握ができず、大量の通信が発生すると時間切れ(タイムアウト)になる場合がある。そこで、次の方法で同期処理を行った。

- 1) 同じ端末からのアクセスを、一連の処理として認識できるようにセッション管理を行う。
- 2) 大規模なファイルは、複数ファイルに分割して送受信する。
- 3) 端末との応答と同期処理を別処理として同時に行う(マルチスレッド)。

Fig. 8 に、同期処理のシーケンスを示す。これによってクライアントからの呼出しに2秒以内で応答できるので、時間切れの心配がなく、ユーザーに同期処理の進捗状況を提示できる。

4.3 タブレット端末の効果

タブレット端末用のプログラムは新たに開発した。Fig. 9 にプログラムの画面を示す。PDAの画面(Fig. 3)と比較して平面図表示画面が広いこと、また採用したタブレット端末がカメラを内蔵していることから、次のよ



Fig. 7 同期サーバの管理画面
Administration screen of synchronization server

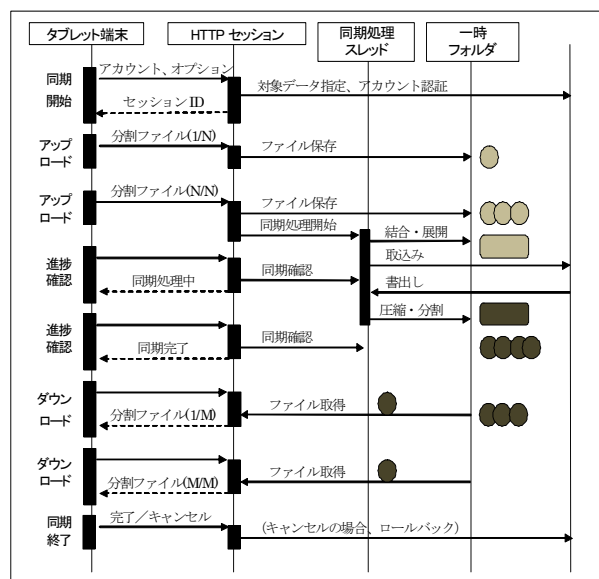


Fig. 8 同期処理のシーケンス
Sequence of data synchronization



(a) 平面図表示画面

(b) 断面表示および確認画面

(c) アノテーション入力画面

Fig. 9 タブレット端末の検査内容確認画面
Screen Image of Tablet computer

うな効果があった。

- 1) 図面の視認性が高まった。また従来PDAでは表示できなかった検査業務の進捗状況を表示できるようになった。断面表示と確認画面を一画面に統合し、操作性が向上した。
- 2) 内蔵カメラで写真を撮影すると、選択中の検査箇所と検査項目に写真が紐づけられる。従来のメモ機能付きカメラが必要なくなった。また、撮影直後に写真内容を高解像度で確認できるので、撮影ミスを発見しやすくなった。
- 3) 写真上の注目箇所を手書きでマークしたりコメントを記入でききるアノテーション機能を追加した。アノテーションのデータは写真ファイルとは別に記録するので、写真ファイルには一切変更を加えない。同期処理を行うと、写真ファイルとともにアノテーションデータもパソコンに送る。写真帳を作成する際は、アノテーションデータをメタファイル(WMF, EMF)に変換し、写真に重ね合わせて表示・印刷する。

4.4 タブレット端末の展開

同期サーバの開発によって施工現場用端末をPDAからタブレット端末にスムーズに移行できたこと、そしてPDAに対するタブレット端末の効果を確認できたことから、その他の工事管理システムでもタブレット端末を利用できることが分かった。当社では、PDAを用いた集合住宅の仕上げ検査システムや設備工事の品質管理システムを利用して、今後順次タブレット端末に移行する計画である。

コンピュータ上に構築した三次元の建物モデルを、建設プロジェクトの関係者間で共有し利用する技術をBuilding Information Modeling(以下、BIM)とよび、近年注目を集めている。Fig. 10は当社の技術研究所再整備におけるBIMの例である。BIMは建築物の企画・設計・施工・運用の各段階で、関係者間の合意形成と生産性向上に応用できると考えられている⁵⁾。タブレット端末には三次元表示機能を備えた機種があり、BIMと連携することで、建設プロジェクトにおいて幅広く利用できる。

当社では2012年8月より、建設現場で施工管理を行う技術職全員にタブレット端末を配布することにした。タブレット端末には施工管理に必要な技術資料や安全資料を標準搭載する。また無線LAN接続により、必要な

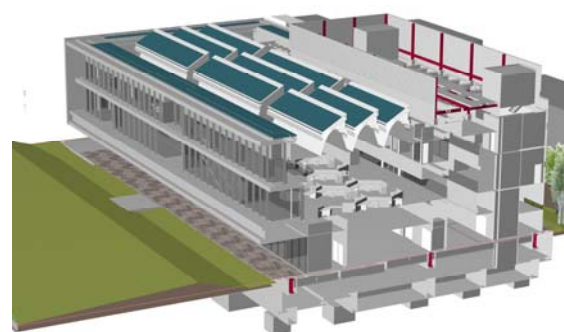


Fig. 10 技術研究所再整備のBIMモデル
Sample of BIM Model

図面などを閲覧する機能を備える。

5. まとめ

全箇所検査記録に対応した配筋検査支援システムを開発し、実際の工事に適用した。その結果、鉄筋工事の品質管理のトレーサビリティを実現すると共に、検査の手間を大幅に削減できることが分かった。また、同期サーバを開発し、最小限の変更でタブレット端末にも対応することができた。今後はその他の工事管理業務にもタブレット端末を展開していく所存である。

参考文献

- 1) 金子智弥, 他: 携帯端末を利用した仕上げ検査システムの開発と適用, 大林組技術研究所報 No.70, (2006)
- 2) 金子智弥, 他: ICタグを利用した排水管通水検査システムの開発と適用, 第6回「最近の計測技術の動向と建築生産の自動化」ワークショップ, 材料施工委員会, 日本建築学会, (2009)
- 3) 金子智弥: 全箇所・全数検査記録に対応した配筋検査支援システムの開発と適用, 建築生産セミナー「施工技術の蓄積・展開・進化(2)」, 建築社会システム委員会, 日本建築学会, (2009)
- 4) 金子智弥, 他: 全箇所全数検査記録に対応した配筋検査支援システムの開発と適用, 大林組研究所報, No74, (2010)
- 5) 金子智弥, 他: 技術研究所再整備におけるBIM利用, 大林組研究所報, No74, (2010)