

ICタグを利用した排水管通水試験システムの開発

近藤 哲 金子 智 弥 内田 茂
浜田 耕 史 宮浦 晋 一 上宮 晃 雄
(本社設備技術部) (本店設備部)

Development of RFID-Based Flow Examination System

Tetsu Kondo Tomoya Kaneko Shigeru Uchida
Koji Hamada Shinichi Miyaura Akio Uemiya

Abstract

Flow examination tests of pipeline drainage systems are carried out at construction sites in Japan. A huge amount of work is required for this, because entire systems must be tested, and conventional test methods are inefficient. The authors have developed an RFID-Based Flow Examination System to improve the efficiency and reliability of the flow tests, and applied it to several construction projects. We have also developed an automated device to pick up and identify the RFID tags to improve operation efficiency at the end of the pipeline. This paper describes the system's features, outlines the automated device, and presents results from actual construction projects.

概 要

排水通水検査は、排水配管の施工状態を確認するための検査で、設備工事における重要な管理項目のひとつである。排水管の全系統に対して試験するため、検査作業に多くの労力を要している。そこで筆者らは、通水試験の業務効率化と試験の信頼性向上を目的とし、非接触で情報を書き込みできるICタグの特徴を活かしたICタグ排水通水試験システムを開発し、複数の工事現場に適用した。配管の上流で検査データをICタグに書込んで水と一緒に配管に流し、回収地点でデータを読み取ることにより、排水時間の測定と試験結果の判定を自動処理し、その場で結果を表示する。また、回収地点での作業を効率化するため、試験体の自動回収装置を開発し、試験体回収およびICタグの読取作業を自動化した。本報では、ICタグ排水通水試験システムについて、システムの概要、自動回収装置の概要、実際のプロジェクトへの適用結果について報告する。

1. はじめに

排水通水検査は、排水配管の施工状態を確認する検査である。設備工事の社内標準として必須の検査項目に定め、原則として全ての工事現場で実施している。この検査では、排水経路の全系統について実際に排水を行い、検査箇所から投入した試験体が所定の排水経路終端に到達することを確認する。特に集合住宅の新築工事では検査箇所が多く、竣工直前の限られた期間の中で検査を行う必要があり、効率化の要請が強かった。そこで、通水試験の作業効率化と試験の信頼性向上を目的とし、情報を書き込みできるICタグの特徴を活かした排水通水試験システムを開発した。

また、検査作業のさらなる効率化を目的として試験体の自動回収装置を開発し、回収作業およびICタグの読取作業を自動化した。

本報では、ICタグ排水通水試験システムの概要、集合住宅新築工事の検査への適用結果、自動回収装置の概要について報告する。

2. システムの概要

2.1 システム開発のねらい

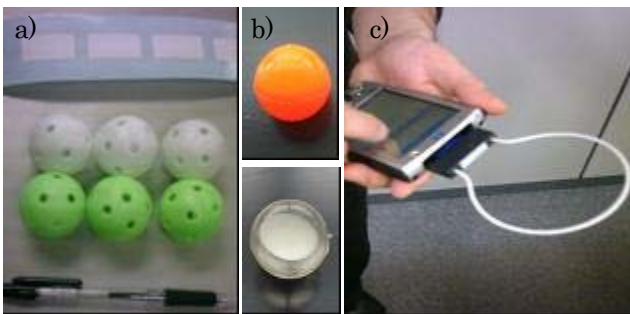
ICタグを利用した排水通水検査システムでは、Photo 1のように、内部にICタグを挿入したボールを試験体として利用する。本システムは、ICタグの特徴を活かし、次のような効果をねらって開発した。

- 1) 情報書き込み機能を利用して、ICタグに試験体の投入時刻と正規の排水経路を書き込む。これによって、排水時間の計測を自動化し、試験体の回収時に経路の整合性を確認できる。
- 2) 小型で情報容量が大きいことを利用して、他の通信インフラを介さずに必要な情報を受け渡す。
- 3) 非接触読取り機能と複数同時読取り機能を利用して、データ読取りの作業性を向上する。
- 4) 固有IDで試験体を区別し、複数箇所の検査を同時に行える。
- 5) 記録表をパソコンで自動作成し、検査結果報告を迅速化する。

Table 1 ICタグの仕様
Specifications of RFID Tags

周波数帯	規格	容量
13.56 MHz	ISO 15693	128 bytes

球の素材	球の外径	ICタグサイズ	最大読取距離
プラスチック球	φ40 mm	28×12 mm	12 cm
スーパーボール	φ26 mm	φ17 mm	7 cm



a) プラスチック球 b) スーパーボール c) PDA

Photo 1 試験体およびR/W付きPDA
Balls with RFID Tags and PDA with RFID R/W

2.2 システムの構成要素

ICタグは、Table 1に示すように、水分の影響を比較的受けにくい13.56MHzの通信周波数帯のパッシブ型を利用した。ICタグを封入する球は、一般的な排水配管の内径に対応できるφ40mmのプラスチック球のほか、ディスプレイなどの器具接続部分にも適用できるφ26mmのスーパーボールを利用した。内部にICタグの情報読取りや書込みには、工事現場での作業性を考慮して、PDA(携帯情報端末)に装着して使用するCFタイプのリーダー/ライター(以下、R/W)を利用した。

2.3 システムによる検査の方法

システムを利用した検査作業の流れをFig. 1に示す。配管の上流(以下、投入側)および下流(以下、回収側)にそれぞれ検査員を配置し、投入側で検査データをICタグに書込んで水と一緒に配管に流し、回収側でデータを読取ることにより、排水時間の測定と試験結果の判定を行う。

2.3.1 事前準備 試験体を投入する試験箇所と正規の回収箇所をリストアップし、あらかじめパソコン側のプログラムに登録する。Fig. 2に示すように、試験体ごとに投入および回収箇所の位置を示すアイコンを図面上に配置し、経路情報、検査概要、検査箇所、器具名、等のデータを入力する。集合住宅におけるアイコン配置は、表形式の画面を利用することによって簡便にデータ登録が可能である。

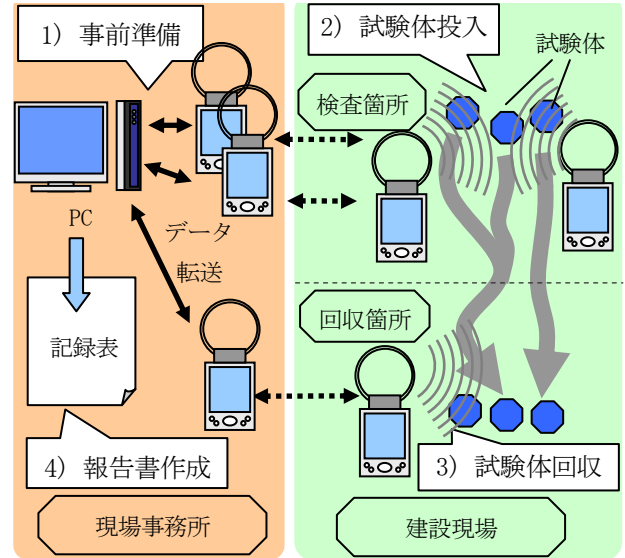
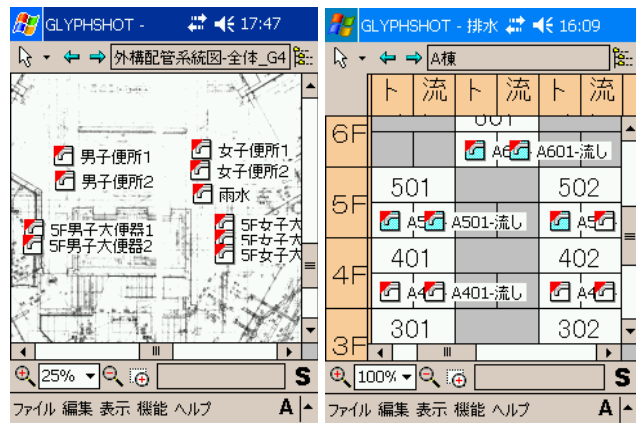


Fig. 1 システムを利用した検査作業の流れ
Workflow of the Flow Examination



a) 平面図形式 b) 表形式

Fig. 2 アイコン配置画面
PDA Screens of Icons Location

次に、試験体の投入側と回収側で使用するPDAに、これらの情報を転送する。

2.3.2 試験体へデータ書込み、投入 投入側の検査員は、PDA側のプログラムで投入箇所を指定して試験体内のICタグに投入時刻と正規の排水経路を書込む(Photo 2)。次に、試験体を試験箇所に投入し、水と一緒に排水する。排水後、検査員は試験体の回収を確認することなく次の試験箇所に移動できる。

投入作業が完了した検査箇所のアイコンは着色され、投入側の検査員は画面で作業の進捗を確認できる。必要に応じて現場でPDAからアイコンを追加したり、同一の検査箇所を複数回検査できる(Fig. 3)。

2.3.3 試験体の回収 回収側の検査員は系統終端の排水桝(Photo 3)で待機する。到着した試験体を回収し(Photo 4)、PDA側のプログラムで試験体内のICタグ

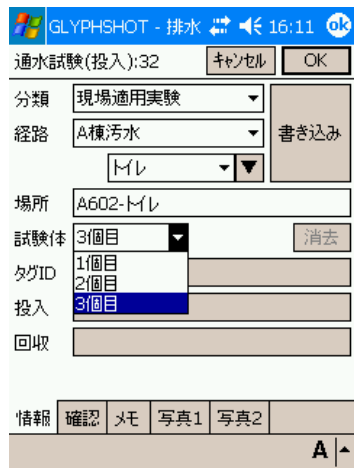


Photo 2 試験体投入状況 Operation at Starting Point Fig. 3 試験体切替画面 PDA Screen of Data Selection



a) φ600 mm b) φ200 mm

Photo 3 排水樹 Catch Basin

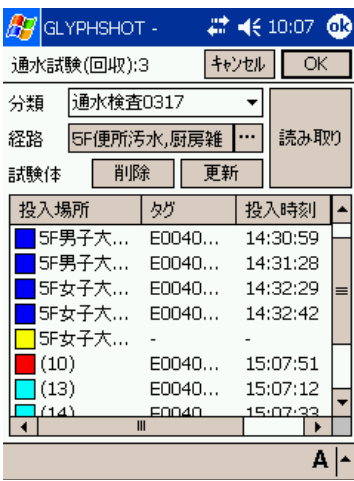


Photo 4 試験体回収状況 Operation at Ending Point Fig. 4 検査結果表示画面 PDA Screen of Test Result

を読取る。PDAにはICタグから読取った投入時刻と正規の排水経路のほか、回収時刻が記録される。また、排水経路の判定結果と排水時間がFig. 4のようにその場でPDAの画面で確認できる。

2.3.4 記録表の出力 施工現場での作業終了後、すべてのPDAからパソコンにデータを転送し、記録表を自動作成する。

Table 2 使用機器一覧
Equipment for Application

機器名称	数量
ノートパソコン	1台
ICタグR/W付きPDA	投入側4, 回収側1
プリンター (帳票出力用)	1台
ICタグ付き試験体 (プラスチック)	150個

Table 3 検査概要
Applied Projects

検査対象	集合住宅A	集合住宅B	集合住宅C
建物規模	7階建 5棟	15階建	12階建 2棟
検査系統	汚水(便所) 雑排水(キッチン)	汚水(便所) 雑排水(洗濯パン)	汚水(便所)
住戸数	204	70	89
検査箇所	408	145	125
回収地点数	5	1	2
検査員	投入 4 回収 1	投入 4 回収 1	投入 3, 4 回収 1

3. システム適用結果

3.1 現場適用の概要

システム適用実績のうち、検査箇所数が比較的多かった集合住宅新築工事3件の結果を報告する。

今回使用した機器をTable 2に、検査概要をTable 3に示す。検査作業は専門工業者が実施した。

各住戸の便器を全数検査したほか、集合住宅Aではキッチンの流し台、集合住宅Bでは洗濯パンの全数を検査対象とした。なお、1住戸に2箇所の便所がある場合は2箇所とも検査対象とした。

3.2 適用結果

3.2.1 検査作業工程の比較 システムを適用した場合の検査作業工程を従来方法と比較したものをFig. 5に示す。

従来の排水通水検査では、ストップウォッチ等で排水時間を計測するため、投入側と回収側の検査員が携帯電話等で連絡を取り合いながら検査箇所ごとに試験体の到達を確認した後に、次の検査箇所から試験体を投入する。このため、検査箇所ごとに排水所要時間分の待ち時間が必要になる。

集合住宅Cにおいて部分的に従来方法の検査作業を実施した結果、検査員4人(投入側2人, 回収側2人)で12住戸

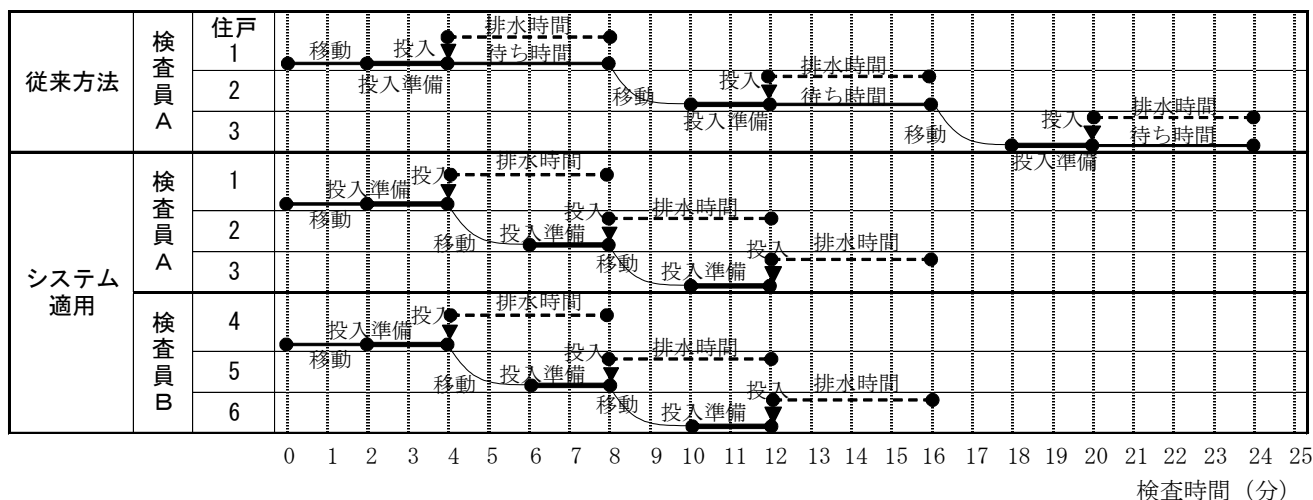


Fig. 5 検査作業工程の比較
Comparison of Work Processes

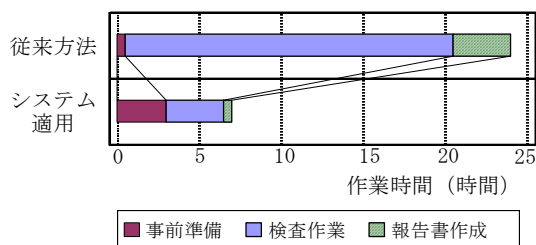


Fig. 6 作業時間の比較
Comparison of Work Time

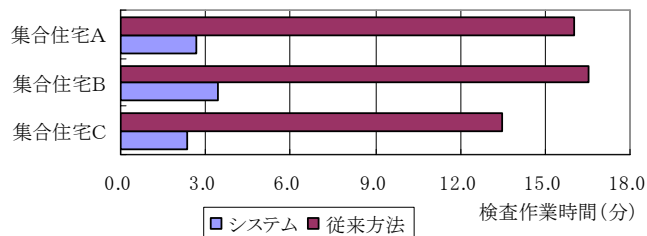


Fig. 7 住戸当り検査作業時間
Average Work Time for Each Dwelling Unit

24箇所の検査に2時間を要した。1住戸あたりの平均検査作業時間は移動時間も含めて約8分であり、平均待ち時間は検査作業時間の約50%であった。

一方、システムを利用した場合、ICタグを介して投入側から回収側へ情報を受け渡すことができるため、携帯電話などの通信インフラを用いることなく試験結果が確認できる。このため、投入側の検査員は図に示すように、待ち時間なしで次の検査箇所へ移動して次々に試験体を投入できる。

また、従来は検査員1組(投入側1人、回収側1人)で順次検査する以外に方法が無かったが、本システムを利用すると投入側の検査員を増員することによって検査時間全体を大幅に短縮できる。この点は、竣工直前で検査期間に余裕がない場合などに特に大きな効果がある。

3.2.2 検査作業の時間短縮 従来方法とシステム適用時との作業時間の比較をFig. 6に示す。従来方法では事前準備にほとんど時間がかからないのに対して、システムを適用する場合は、パソコン側プログラムへの図面の登録、試験箇所の登録作業、PDAへの転送、などの作業が必要である。検査箇所数によって登録作業に必要な時間は異なるが、最も検査箇所の多かった集合住宅Aの場合、約3時間を要した。

一方、報告書作成は、システムを適用することによっ

て業務の大半を自動化できるため、従来方法と比較して大幅に作業時間を短縮できる。従来方法における報告書作成業務に要する時間は定量的に把握できていないため推定値であるが、事前準備に要する時間と報告書作成に要する時間とで、従来方法とシステム適用との差がほぼ相殺されると考えられる。

事前準備と報告書作成業務を除く検査作業に要する時間(以下、検査作業時間)は、システム適用時には、集合住宅Aが9時間、集合住宅Bが4時間、集合住宅Cが3.5時間であった。検査作業時間にはPDA等のシステム操作を説明する段取り時間を含み、昼休み等の休憩時間は含まない。

検査作業時間を住戸数で除して、1住戸あたりの検査作業時間を求めたものをFig. 7に示す。従来方法の検査作業時間は、集合住宅Cにおける測定値を基に算出した。システム適用時の検査作業時間は、従来方法に対して約20%に短縮された。集合住宅Aでは、従来方法による当初の検査計画では1日1棟として5日間の検査期間を予定していたが、システムの適用によって1日で検査を完了した。

3.2.3 検査作業の工数削減 事前準備と報告書作成業務を除く検査作業に要する工数(以下、検査作業工数)を、検査作業員の人数と検査作業に要した時間の積として求

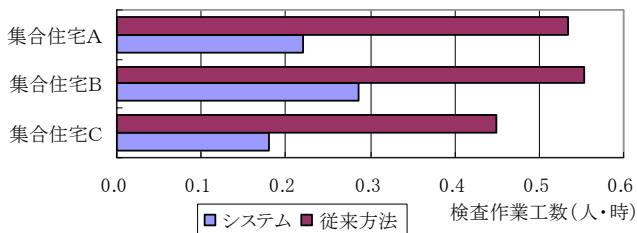


Fig. 8 住戸当り検査作業工数
Average Manhours for Each Dwelling Unit

排水流下・通水検査記録表										NO.	1
工事名称				確認日							
協力会社	名称			検査責任者						印	
	立会者			確認者 (会社責任者)						印	
大棟組	担当者			確認者 (設計責任者)						印	
配管種類 ○排水管、○雑排水管、○空調用ドレン管、○特殊排水管 ()											
判定基準 ・最終排水口、排水会所、排水槽にて対象流下物を確認できる。											
備考											
検査日	No.	系統名称	階・室名称・器具名称		判定	判定者	立会者				
10月12日	1	A階排水	A101トイレ		良						
10月12日	2	A階排水	A102トイレ		良						
10月12日	3	A階排水	A103トイレ		良						
10月12日	4	A階排水	A104トイレ		良						
10月12日	5	A階排水	A105トイレ		良						

Fig. 9 検査報告書
Test Report

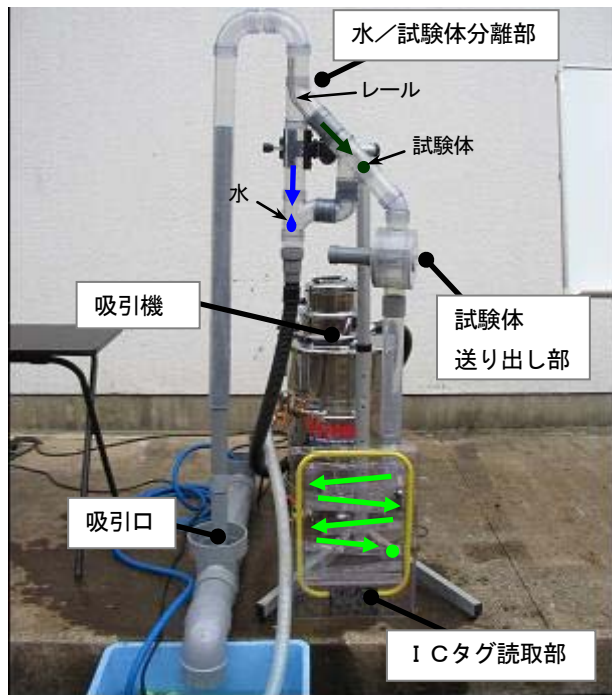


Photo 5 自動回収装置の構成
Configuration of Automated Device

め、従来方法とシステム適用時とで比較した。検査作業時間と同様に、1住戸あたりの検査作業工数をFig. 8に示す。システム適用時の1住戸あたり検査作業工数は、集合住宅Aが0.22人時、集合住宅Bが0.29人時、集合住宅Cが0.18人時であった。集合住宅Cは検査対象箇所が便所のみであるのに対し、集合住宅A、Bはキッチンや洗濯パンも検査対象であるため、掃除口の開閉や追い水の準備等の試験体投入作業に時間が掛かり、作業工数が若干多い。従来方法に対する割合は、それぞれ41.4%、51.7%、40.0%であり、検査作業工数はおおむね40~50%に削減された。

なお、今回は、いずれもシステムを初めて扱う検査員が作業を行っており、PDA等のシステムの操作に習熟すれば、さらなる効率化が期待できる。

3.2.4 記録表自動作成による効率化 PDAで読取ったデータをパソコンに転送し、Fig. 9に示すような試験報告書を自動作成した。従来に比べ、報告書作成業務の大半を自動化できるため、事務的な作業が大幅に削減された。また、検査終了直後に書式の整った記録表を印刷して報告できた。

3.2.5 検査結果の信頼性向上 試験の実施時刻や試験結果がICタグやPDAに適宜記録されるため、実施履歴や試験結果の内容を確実に保管、管理できる。データの記録と集計は自動的に処理されるため、排水時間の計り間違いやチェック忘れ等のミスが無い。また、管理する情報に対し、書き換え不可の属性を適宜設定することにより、試験結果のねつ造や改ざんを防止できる。現場の担当者からも、試験体の投入時刻・回収時刻まで記録されている点で信頼性が高いとの意見を得た。

4. 自動回収装置の開発

4.1 開発の目的

システムの適用により、投入側の検査員を増員すれば検査時間の短縮が可能だが、回収側で試験体の到着が集中すると回収作業が追いつかないことがあった。また、一度に多数の試験体を処理する場合には読み落とし等の人為的なミスが生じる可能性もある。そこで、さらなる効率化と検査の信頼性向上を目的として、試験体の自動回収装置を開発した。

ICタグは非接触で複数のデータの読取りができるため、データ入力自動化に適している。この特徴を活かし、試験体回収、ICタグ読取り、データ処理、という一連の作業を自動化した。

4.2 自動回収装置の概要

Photo 5に示す自動回収装置の構成は以下である。

4.2.1 吸引機 市販の掃除機を利用し、試験体を水と一緒に吸上げる。タンク内に溜まった水を、掃除機に内蔵したポンプで排水桝に戻すことで連続的に稼動する。



Photo 6 自動回収装置の適用状況（満水試験継手）
Application of Automated Device

4.2.2 吸引口 回収地点に到着した試験体を、下流に流れないようにしながら水と一緒に吸上げる。排水桝の形状が複雑な場合には筒先にアタッチメントを取付ける。

4.2.3 水・試験体分離部 水は吸引機へ直進し、試験体はパイプ内のレールに沿って軌道を変え、水と試験体が分離される。

4.2.4 試験体送り出し部 モータ駆動による回転ドラ式の試験体送り出し部である。吸引機を稼動したまま気密性を保持して試験体だけをICタグ読取部へ受け渡す機能を持つ。

4.2.5 ICタグ読取部 据置型のICタグR/Wを利用して試験体内部に挿入されたICタグを読取る。緩やかなスロープを設けて、試験体をアンテナの読取範囲内で転がりながらゆっくり移動させることにより読取率を高めた。

建物内部に排水処理槽が設置されている等、現場の状況によっては、Photo 6 に示すように、水槽の手前に設置した満水試験用の継手等から吸引機を使わずに試験体をICタグ読取部に誘導できる。

R/Wはノートパソコンに接続されており、ICタグから読取った情報から排水経路の判定結果と排水時間をその場で画面表示する。

4.3 期待される効果

自動回収装置の効果を検討するため、現場で試験的に適用した(Photo 7)。自動回収装置を利用した場合、回収地点に装置を設置する作業が必要になるが、回収側の検査員が不要になる。投入側と回収側に検査員を1人ずつ配置した場合と比較して、検査作業全体の工数は40%以上削減される(Fig. 10)。

また、直径150~200mm程度の排水桝では、桝径が小さいために回収用の網の扱いが難しく、試験体の回収が容易ではなかった。このように、回収地点の状況によって作業が困難な場合にも、自動回収装置を利用することで作業効率が改善できる。



a) φ600mmの排水桝 b) φ200mmの小口径桝

Photo 7 自動回収装置の適用状況
Application of Automated Device

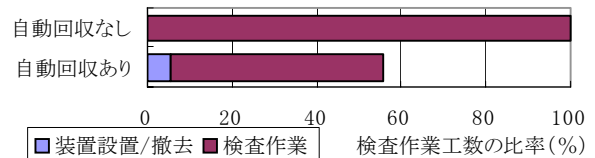


Fig. 10 自動回収装置による検査作業工数の削減
Manhour Reduction by Application of Automated Device

5. まとめ

ICタグ排水通水試験システムを集合住宅新築工事に適用した結果、以下の項目が確認できた。

- 1) 検査作業時間が約80%短縮された。
- 2) 検査作業工数が約50%削減された。
- 3) 記録と集計の自動処理によりミスを防止でき、検査の信頼性が向上した。
- 4) 試験体回収作業の自動化によるさらなる効率化の可能性を確認した。

参考文献

- 1) 近藤哲, 他: ICタグを利用した排水通水試験システムの開発 その1 システムの概要, 日本建築学会 学術講演梗概集, F-1, pp. 1419-1420, (2005)
- 2) 内田茂, 他: ICタグを利用した排水通水試験システムの開発 その2 現場適用実験, 日本建築学会 学術講演梗概集, F-1, pp. 1421-1422 (2005)
- 3) 上宮晃雄, 他: ICタグを利用した排水通水試験システムの開発, 空気調和・衛生工学会 平成17年度大会学術講演論文, A-27, (2005)
- 4) 近藤哲, 他: ICタグを利用した排水通水試験システムの開発, 日本建築学会 第16回建築施工ロボットシンポジウム予稿集, pp. 65~70, (2006)