

Beaconを利用した排水管通水検査システムの開発

ICT技術を活用した集合住宅竣工前設備性能検査の効率化

交田 量彦*1・宗 永芳*2・塩山 貴士*1

Development of Drainage Pipe Flow Test System Using Beacon

Kazuhiko MAJIT, Nagayoshi SO, Takashi SHIOYAMA

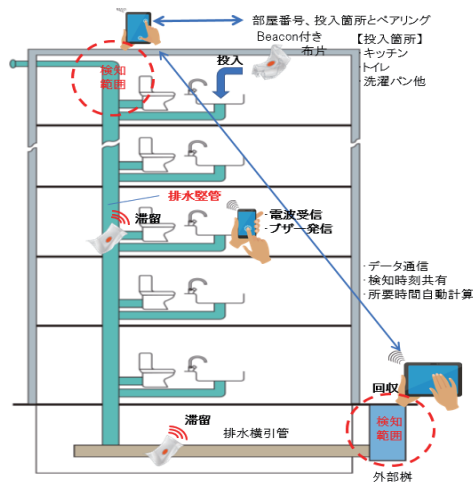


図-1 排水管通水検査システム概念図



図-2 システム概念図

研究の目的

近年職員、作業員が不足する中、ICT技術等を活用し作業所の生産性向上は重要課題となっている。特に集合住宅では多数の品質・性能検査があり、より効率的で信頼性の高い検査方法が望まれている。設備工事の場合、ゼネコンは専門業者の品質管理状況を確認する必要があるため、ゼネコン・専門業者が品質管理状況をお互いに共有できるシステムが望まれていた。そこで集合住宅設備工事で重要な竣工検査である排水管通水検査として、Beaconを活用した「排水管通水検査システム」を開発した。本報では開発したシステムを試行し、実現場における操作性を確認するとともに、その効果について検証した。

技術の説明

Beaconを利用した「排水管通水検査システム」は、当社ICTを活用した建築施工支援システム「TPMm」をプラットフォームとし、検査者や協力会社担当者にあらかじめ使用権限を付与し、タブレット端末を用いてアプリを利用する方式とした。試験体の布片にBeaconを取り付け、固有識別機能を利用して排水管への試験体の投入・回収時刻を記録する。非接触にて瞬時に回収情報が読み取れることから、複数箇所と同時に試験体が投入でき、投入・回収時刻をもとに所要時間を自動計算し、検査記録は、あらかじめ指定した報告書として自動出力できる。また、排水管内に滞留した試験体からの電波を受信することで、その探索が容易にできる。

主な結論

Beaconを利用した「排水管通水検査システム」を実物件で検証した結果、従来方法に比べて以下の効果が確認できた。

- ・ 検査作業時間で約30%短縮された。
- ・ 検査作業工数で約40%削減された。
- ・ 検査記録表作成時間で75%短縮された。
- ・ 配管内に滞留した試験体の探索時間で75%短縮された。

*1 本店 建築事業本部 設備部

*2 本店 建築事業本部 建築技術部

Beaconを利用した排水管通水検査システムの開発

交 田 量 彦*¹ 宗 永 芳*²
塩 山 貴 士*¹

要 旨

排水管通水検査は、集合住宅の重要な竣工検査の一つであり排水配管の接続系統間違い、異物の混入及び施工状態を確認するための検査である。一般的な方法は、住戸排水箇所（キッチン流し、洗濯パン、トイレ等）から試験体を流し、最終枳等にながれ着くまでの時間を確認する検査であり、昨今試験体としてタオル等の布片が利用されている。全住戸で試験を行う必要があるため、検査作業に多くの時間を要している。いくつかの試験体は配管内に滞留することがあるため、検査中の探索作業に多大な労力がかかっている。そこで小型、非接触で固有識別できるBeaconの特性を生かした「排水管通水検査システム」を開発し実現場で試行した。本システムは、住戸内排水箇所からBeaconを取り付けた試験体と水を一緒に配管内に流し、回収地点で識別番号を自動判読す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、結果を自動記録できるシステムである。また、配管内で滞留した試験体を探索するため探査機能も併せて開発した。本報では、Beaconを利用した「排水管通水検査システム」について、システムの概要、試行現場での適用結果について報告する。

目 次

- | | |
|-------------------|----------|
| 1. はじめに | 5. 今後の展開 |
| 2. システム概要 | 6. まとめ |
| 3. 検査方法 | |
| 4. 試行現場でのシステム適用結果 | |

DEVELOPMENT OF DRAINAGE PIPE FLOW TEST SYSTEM USING BEACON

Kazuhiko MAJITA Nagayoshi SO
Takashi SHIOYAMA

Synopsis:

Drainage pipe flow test is one of main tests on multi-dwelling houses, which is to find out any irregularity in drainage pipe connection systems and any foreign objects inside, and to inspect overall conditions of work done and workmanship.

A system we have developed and present here works as follows: a test sample bearing identifiable beacon is washed down into drainage pipes together with water from the inlet, recovered and automatically read the identification number of the beacon at the outlet, which enables automatic processing of drainage time measurement and recording of test results. In addition, we have developed another detective function to search for clogged samples in the pipes.

This report summarizes the system outline and test results on our Drainage Pipe Flow Test System.

* 1 本店 建築事業本部 設備部

* 2 本店 建築事業本部 建築技術部

1. はじめに

排水管通水検査は、集合住宅の重要な竣工検査の一つであり排水配管の接続系統間違い、異物の混入及び施工状態を確認するための検査である。検査方法は、住戸排水箇所（キッチン流し、洗濯パン、トイレ等）から試験体を流し、最終桝等にながれ着くまでの時間を確認する方法がとられており、試験体としてタオル等の布片が利用されている。当該検査は、近年大手デベロッパーにおける竣工時の標準検査項目となっており、多くの工事現場で実施されている。この検査では、排水経路の全系統について実際に試験体の排水を行い、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とともに投入から決められた終端桝に至る経路の時間計測を行う。集合住宅の検査箇所は3～4カ所／戸程度と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、また、滞留した試験体の探索に時間が掛かるため、ICT技術を活用した検査ツールの開発要請が強かった。

そこで、排水管通水検査の作業効率化と試験の信頼性向上を目的とし非接触で固有識別でき、小型で比較的長距離通信が可能な Beacon の特性を利用し、タブレット端末（iPad）を活用した排水管通水検査システムを開発するに至った。本報では、Beacon を利用した「排水管通水検査システム」の概要、実物件での排水管通水検査試行結果、滞留した試験体探索試行結果について報告する。

2. システム概要

2.1 システム開発の目的とねらい

近年職員・作業員が不足する中、ICT 技術等を活用し作業所の生産性向上は重要課題となっている。特に集合住宅では多数の品質・性能検査があり、より効率的で信頼性の高い検査方法が望まれている。設備工事の場合、ゼネコンは専門業者の品質管理状況を確認する必要があるため、ゼネコン・専門業者が品質管理状況をお互いに共有できるシステムが望まれていた。そこで集合住宅設備工事で重要な竣工検査である排水管通水検査に、Beacon を活用した「排水管通水検査システム」を開発した。本システムは、当社 ICT を活用した建築施工支援システム「TPMm」をプラットフォームとし、検査者や協力会社担当者にあらかじめ使用権限を付与し、タブレット端末を用いてアプリを利用する方式とした。本システムの特徴は以下の通りである。

- 1) Beacon の固有識別機能を利用して、試験体の投入・回収時刻を記録できる。
- 2) 非接触にて瞬時に回収情報が読み取れることで、一度に複数箇所から試験体が投入できる。
- 3) 記録した投入・回収時刻をもとに所要時間を自動計算できる。
- 4) 検査記録が指定書式に自動作成できる。
- 5) 検査経過は、Web 環境下であればタブレット端末

（iPad）を介していつでも閲覧できる。

6) Beacon から発する電波を受信し、滞留した試験体の探索ができる。

7) クラウドサーバーを利用し、複数の物件に対応できる。

2.2 システムの構成

システム構成図を下記に記す。

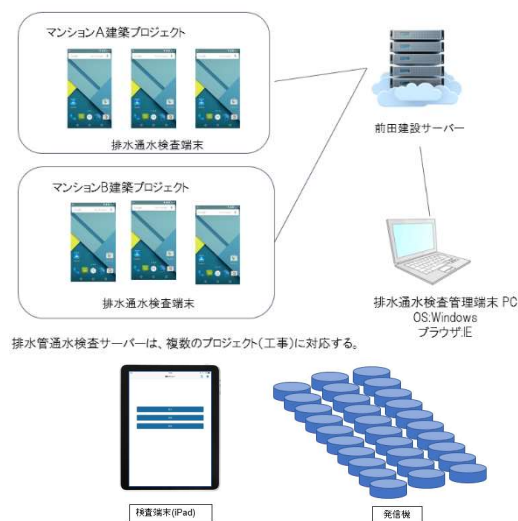


図-1 システム構成図

2.2.1 Beacon の仕様

集合住宅の試験体を利用した排水管通水検査は高層～低層階の住戸すべての排水箇所から行う必要があり、高層階からの落下に堪える耐衝撃性能、水と一緒に排水するため防水性能が要求された。また、住戸内排水管は最小口径 50A（内径：約 50mm）であり大きさの制限も求められた。市販の防水型小型 Beacon にて繰り返し実験を行ったが、防水性能が劣り不具合が発生したため使用を断念し、要求を満たす検査用 Beacon を新たに開発製作することとした。製作した Beacon の仕様を以下に記載する。

表-1 Beacon 仕様

規格認証	周波数帯	使用電源（電池）
BLEモジュール（BVMCN5112）	2402MHz～2480MHz	コイン型リチウム電池（CR1632）
本体サイズ	防水性能	動作保証温度
φ30×10.9(mm) 公差±0.5mm	IPX7相当試験に合格	0～45℃



図-2 Beacon 写真

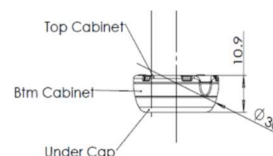


図-3 Beacon 外観図

2.2.2 タブレット端末（iPad）

近年、スマートフォンやタブレット端末など現場で活用する企業が増加しているおり、当社も作業所生産性向上を目的として職員に配布されている。利便性を考え、本端末から利用できるシステムを構築した。アプリ画面は、9.5 インチ及び 12.5 インチ表示を意識した画面構成とした。

2.2.3 試験体（ポケット付き布片）

試験体である布片に 55mmx55mm のポケットを取り付け、Beacon を挿入した。



図-4 iPad(Pro)
2016 年モデル



図-5 試験体（布片）
（ポケット付き）

表-2 今回使用した布片

布サイズ (mm)	投入箇所
300x300	便器
150x150	洗濯パン・キッチン流し

3. 検査方法

3.1 従来の検査手順

配管の上流（以下、投入側）及び下流側（以下、回収側）にそれぞれ検査員を配置する。投入側で投入時刻を記録表に記録し試験体を配管に流し、回収側で試験体を回収した時刻を記録用紙に記録、排水時間の測定と試験結果の判定を行う。

3.1.1 事前準備

試験体を投入する試験箇所の系統名・布番号・試験箇所及び、投入時間・回収時間・到着時間が記録できる検査記録用紙を作成する。連絡手段である投入・回収検査員用のトランシーバー・時計（ストップウォッチ等）を用意し、同時刻（同タイム）であることを確認する。

3.1.2 現場での作業

投入側・回収側に計測係りと記録及び、無線による連絡係りを兼務した検査員を配置し検査を開始。投入・回収記録員は各々担当住戸の投入若しくは、回収時刻を記録する。

3.1.3 検査結果の集計・記録表の出力

投入・回収検査員は、検査終了後に検査記録集計用紙

へ記録時刻を転記する。転記した時刻をもとに所要時間を計算し検査記録表を完成の上印刷する。

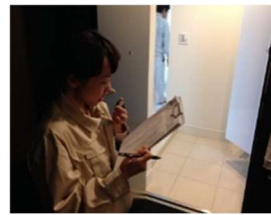


図-6 投入記録員



図-7 時計
（ストップウォッチ）

3.1.4 試験体の探索

投入した試験体の一部は配管内に滞留するため、該当系統の追い水を行い、試験体を回収する。複数回の通水（以下、追い水）を実施するも回収できない場合は、内視鏡等で配管内を探索の上回収する。

3.2 開発システムの検査手順

システムを利用した検査の概念を以下に示す。配管の投入側及び、回収側にそれぞれ検査員を配置し、投入側で投入時刻をタブレット端末（iPad）に記録、Beacon をセットした試験体を水と一緒に配管に流し、回収側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行う。

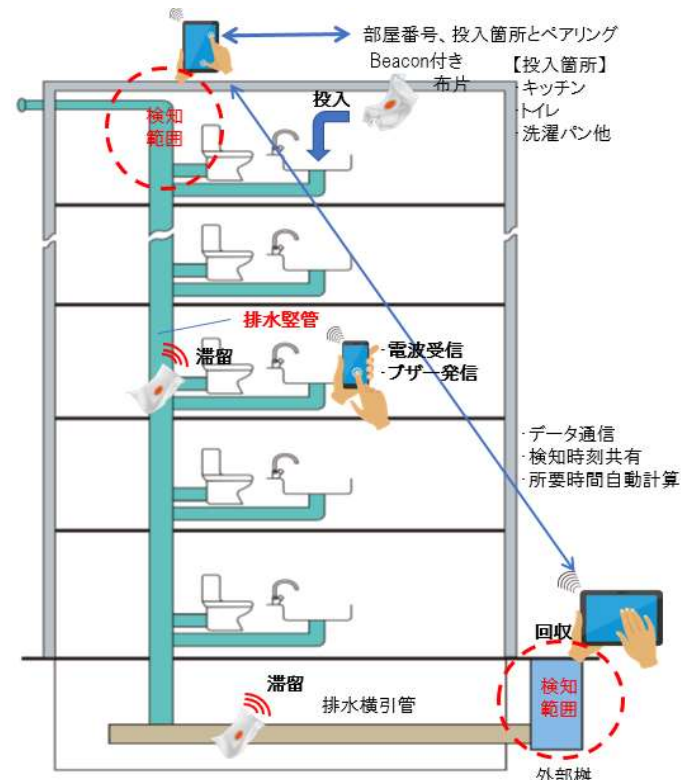


図-8 システム概念図

3.2.1 事前準備

「TPMm」ポータルサイトからログインし「排水管通

水検査システム」にアクセス。該当するプロジェクトを選択する。指定された検査箇所指示書に試験体を投入する試験箇所の系統名、布番号、試験箇所及び、合格所要時間を入力し、CSVにて登録する。登録時には、物件名、立合者と者試験体ごと住戸番号桁数、合格所要時間、布色テーブル、検査日も入力する。読み取った検査箇所指示書にあらかじめ登録したビーコン番号を割り当てる。その際、ビーコン先頭番号を入力する。また、ビーコンの故障も考慮し、予備台数も登録する。

系統名	住戸番号	投入箇所	布	色	合格時刻	検査日	メモ	操作
東側系統	12	1201	大連路	1	黒	0001	2016-12-01	投入時刻
西側系統	12	1201	流道ベン	2	赤	0002	2016-12-01	投入時刻
キッチン系統	12	1201	キッチン	3	緑	0003	2016-12-01	投入時刻
東側系統	12	1202	大連路	4	黒	0004	2016-12-01	投入時刻
西側系統	12	1202	流道ベン	5	赤	0005	2016-12-01	投入時刻
キッチン系統	12	1202	キッチン	6	緑	0006	2016-12-01	投入時刻
東側系統	12	1203	大連路	7	黒	0007	2016-12-01	投入時刻
西側系統	12	1203	流道ベン	8	赤	0008	2016-12-01	投入時刻
キッチン系統	12	1203	キッチン	9	緑	0009	2016-12-01	投入時刻
東側系統	12	1204	大連路	10	黒	0010	2016-12-01	投入時刻

図-9 検査指示書 PC 取り込み状況

専用ポータルサイトよりタブレット端末（iPad）にあらかじめ「排水管通水検査システム」アプリをダウンロードしておく。アプリ起動後、プロジェクトにログインしメイン画面を表示させる。試験に使用するタブレット端末（iPad）は時刻の同期を行う。検査員の指示により絶対時刻、相対時刻（経過時間）のいずれかを選択する。時刻表示モードは、サーバーを経由して同じプロジェクト内の全てのタブレット端末（iPad）に反映される。プロジェクトに設定されている時刻表示に従い、投入時刻と回収時刻が検査結果表に使われる。

図-10 時刻設定（絶対時間 or 相対時間）

3.2.2 現場での作業

投入検査員は住戸詳細画面に **Beacon** をタブレット端末（iPad）上に載せることで投入する試験体を認識し、投入準備が整う。布番号、投入箇所名を確認し投入する。投入は誤投入防止のため、手動にてアイコンをタップすることで投入時刻を自動記録する。発信機電波検知がない場合、

灰色表示となり、グリーンマークが点灯しないため発信機の交換が必要となる。

回収側の検査員はあらかじめ決められた系統終端の排水栓等で待機する。到着した試験体を回収し、iPad に近づけると自動回収ダイアログが表示され、同時に到着時間が記録される。万が一、到着時間が自動記録されない場合は、手動回収ボタンにて手動回収確認画面に遷移し、回収した布番号を入力することで回収時間が記録される。



図-11 投入画面

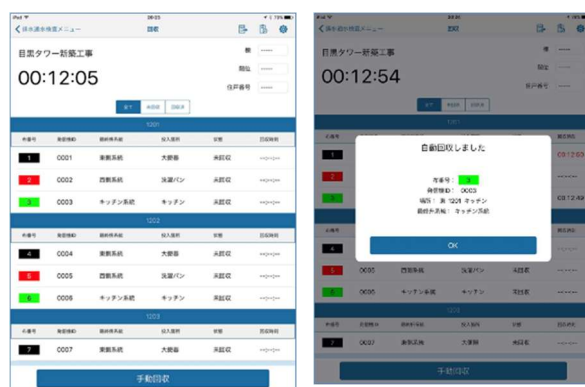


図-12 回収画面



図-13 投入状況



図-14 回収状況

3.2.3 検査結果の確認

回収画面から検査結果表ボタンを選択することにより検査結果（投入時間・回収時間・所要時間・判定）及び、進捗状況が確認できる。

系統名	住戸番号	投入箇所	布	色	合格時刻	検査日	メモ	操作
東側系統	12	1201	大連路	1	黒	0001	2016-12-01	投入時刻
西側系統	12	1201	流道ベン	2	赤	0002	2016-12-01	投入時刻
キッチン系統	12	1201	キッチン	3	緑	0003	2016-12-01	投入時刻
東側系統	12	1202	大連路	4	黒	0004	2016-12-01	投入時刻
西側系統	12	1202	流道ベン	5	赤	0005	2016-12-01	投入時刻
キッチン系統	12	1202	キッチン	6	緑	0006	2016-12-01	投入時刻
東側系統	12	1203	大連路	7	黒	0007	2016-12-01	投入時刻
西側系統	12	1203	流道ベン	8	赤	0008	2016-12-01	投入時刻
キッチン系統	12	1203	キッチン	9	緑	0009	2016-12-01	投入時刻
東側系統	12	1204	大連路	10	黒	0010	2016-12-01	投入時刻

図-15 検査進捗状況

系統名	住戸番号	投入箇所	布	色	合格時刻	検査日	メモ	操作
東側系統	12	1201	大連路	1	黒	0001	2016-12-01	投入時刻
西側系統	12	1201	流道ベン	2	赤	0002	2016-12-01	投入時刻
キッチン系統	12	1201	キッチン	3	緑	0003	2016-12-01	投入時刻
東側系統	12	1202	大連路	4	黒	0004	2016-12-01	投入時刻
西側系統	12	1202	流道ベン	5	赤	0005	2016-12-01	投入時刻
キッチン系統	12	1202	キッチン	6	緑	0006	2016-12-01	投入時刻
東側系統	12	1203	大連路	7	黒	0007	2016-12-01	投入時刻
西側系統	12	1203	流道ベン	8	赤	0008	2016-12-01	投入時刻
キッチン系統	12	1203	キッチン	9	緑	0009	2016-12-01	投入時刻
東側系統	12	1204	大連路	10	黒	0010	2016-12-01	投入時刻

図-16 検査結果一覧

3.2.4 記録表の出力

現場での排水通水検査終了後、パソコン画面より検査結果を PDF データにて出力することができる。

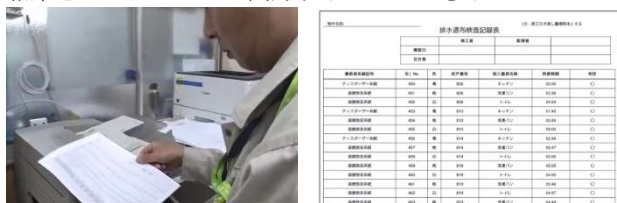
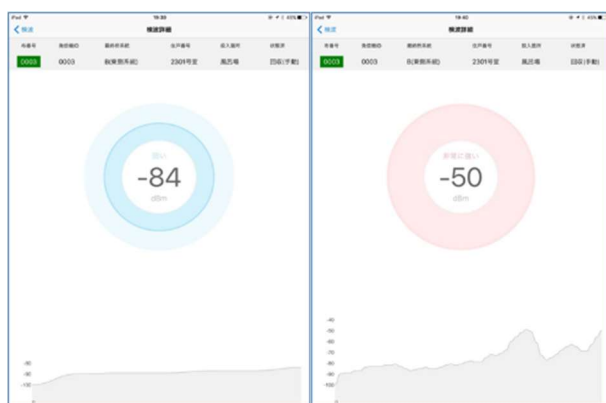


図-17 検査結果

3.2.5 試験体の探索

終端の排水桝等に到達していない試験体は、検波モードにて探索することができる。検波タブを選択することにより、未回収の検査箇所一覧を表示できる。その状態で試験体の滞留が予想される系統の探索を行う。発信機が見つかり、一覧表該当検査箇所文字が、グレイから黒色表示となり受信した電波強度を表示する。表示される数字は電波強度の強さを表し、数値（絶対値）が小さいほど近くに Beacon があることを示す。



弱い（遠い）

非常に強い（近い）

図-18 試験体探索画面

4. 試行現場でのシステム適用結果

4.1 試行現場概要

試行現場概要を表-3 に、今回のシステム構成を表-4 に示す。各住戸検査対象は、便器・洗濯パン・キッチン流しとした。尚、ファミリータイプキッチン流しはディスポージャー水槽にて回収することにした。

表-3 物件概要

建物規模	23 階建		
検査系統	汚水系統 雑排水系統（ディスポージャー）		
住戸数	423 戸		
回収箇所	2 箇所		
検査員	4 名	投入側	2名
		回収側	2名

表-4 本試行でのシステム構成

機器名称	数 量	
Beacon	300 個	
iPad	4 台	投入側 2台
		回収側 2台

4.2 試行結果

4.2.1 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平均作業時間とともに従来方法と比較したものを図-20 に示す。従来方法の平均作業時間は協力会社ヒアリングによる過去実績を参考に算出した。従来の排水管通水検査では、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無線等で連絡を取り合いながら検査箇所ごとに試験体の投入をカウントダウンにて指示し、投入後検査員が記録用紙に投入時間を記録する。回収側は試験体到着後、無線等で検査箇所の試験体が到着したことを投入側へ連絡し、記録用紙に到着時間を記録する。

一方、システムを利用した場合、Beacon を通して投入側と回収側の状況と時間情報を共有できるため、無線等で連絡することなく投入側回収側ともに試験結果が確認できる。また、投入状況が回収側タブレット端末（iPad）で適宜確認できるため、投入時のカウントダウンも必要なくなった。また、投入はタブレット端末（iPad）の台数を増やすだけで同時進行可能で検査期間の大幅な削減となり回収側が混乱することもない。それに対し従来方式は、投入側を増やすと回収側の到着試験体が増え混乱をきたし、回収時刻の記録に支障が生じる。

4.2.2 検査作業時間・工数の比較

従来方法とシステム適用時の作業時間比較を図-19 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、試験体への Beacon のセット・パソコン側へ検査箇所指示書の登録、Beacon の割り当てなどの作業が必要となる。検査箇所数によって試験体への Beacon セット作業時間は異なるが、今回は 1 時間（90 戸分）を要した。検査作業時間（事前

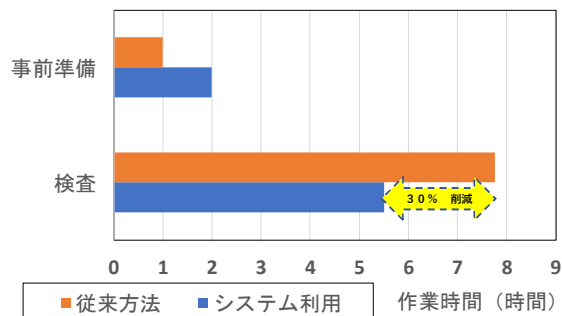


図-19 作業時間の比較

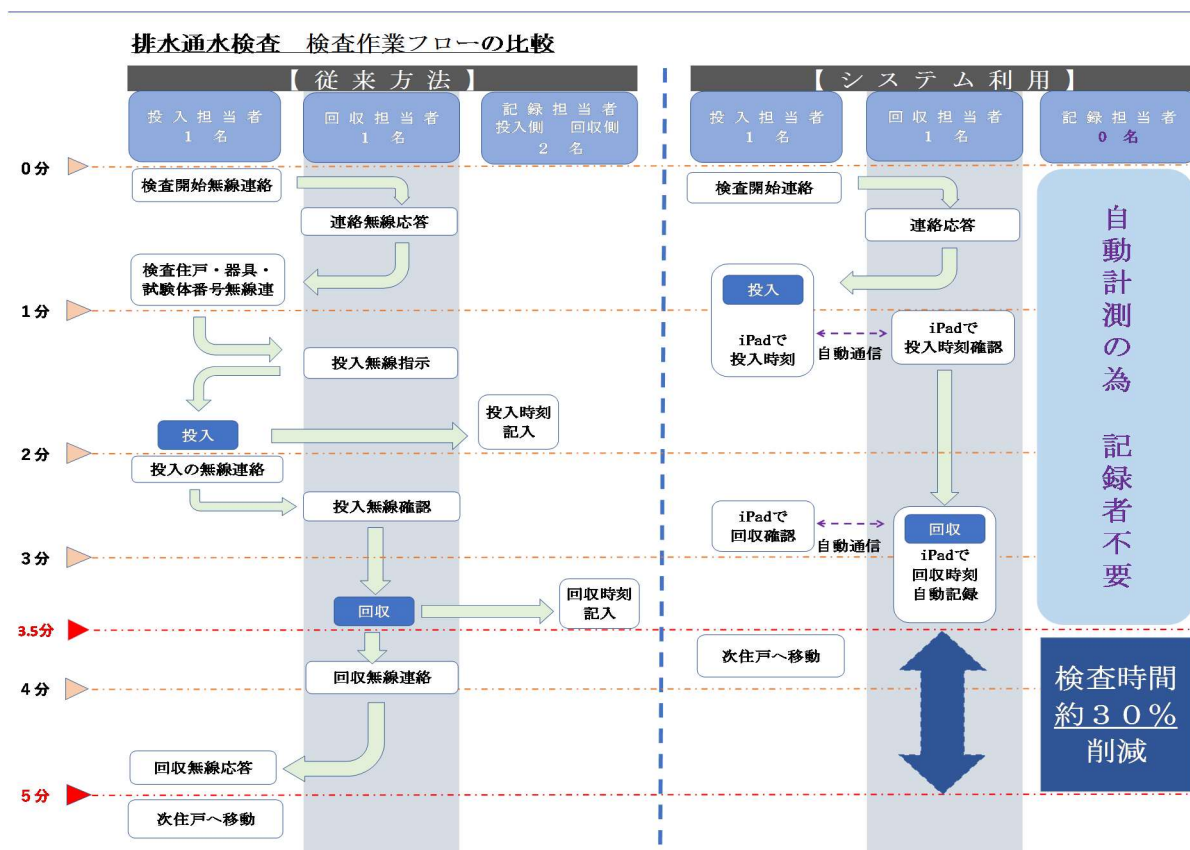


図-20 検査作業工程の比較

準備・報告書作成除く）は、今回の排水管通水検査試行平均 5 時間/90 戸・日となり、従来方法と比較するとおおよそ 30%削減となった。従来方法の時間は協力会社ヒアリングによる過去の実績値を参考にした。

次に、検査作業に要する工数（事前準備と報告書作成業務を除く）を従来方法とシステム適用時で比較した作業工数（検査補助員含む）比較を表-5 に示す。90 戸を比較条件とし、従来方法は作業時間同様に協力会社ヒアリングによる過去実績値を採用した。尚、従来方法の場合 1 日で 90 戸の検査は困難であり（実績より）、2 日分の検査員・検査員補助とし計上した。また、住戸当りの検査作業工数を従来工法と比較したものを図-21 に示す。システム適用により従来方法と比べ 40%の削減となった。

表-5 作業工数の比較

		システム利用 90戸/1日	従来方法 90戸/2日
検査員	投入側	2	2 (1)
	回収側	2	4 (2)
記録員	投入側	-	2 (1)
	回収側	-	4 (2)
検査補助員	投入側	4	4 (2)
	回収側	2	4 (2)
合計		10	20 (10)

※従来工法（）内は一日当たりの人数

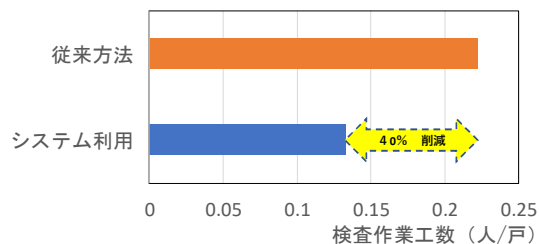


図-21 住戸当り検査作業工数の比較

4.2.3 検査記録表自動作成による効率化

従来方法は、投入側、回収側ともに手書きで時刻を記録し、検査終了後集計、所要時間を計算の上清書し検査記録表としていたが、システムでは自動記録される。投入時刻・回収時刻は、検査毎にタブレット端末（iPad）へ

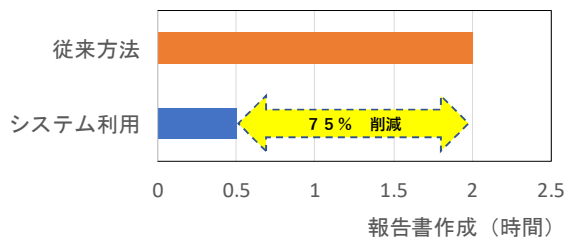


図-22 報告書作成時間の比較

記録され、一定間隔でサーバーと通信することにより所要時間を自動計算し、投入・回収時刻と共にサーバーに自動記録され、タブレット端末（iPad）で適宜結果閲覧できる。また、記録されたデータは、CSV として PC から出力されると共に、指定書式で印刷可能である。

4.2.4 検査結果の信頼性向上

試験箇所の投入・回収時刻は適宜タブレット端末（iPad）を介しサーバーへ記録，所要時間は瞬時自動計算されるため転記ミスや、計算間違いなど人為的なミスは発生しない。また、記録されたデータは修正できないため改ざんもできない。

4.2.5 利便性向上

権限を付与することにより Web 環境化であればタブレット端末（iPad）より検査結果を場所、時間を問わず閲覧することができる。

4.2.6 配管内滞留試験体への対応

検査時の大きな課題として、滞留した試験体の探索があった。過去のデータによると、全試験体のおおよそ 2～3%はなんらかの理由で配管内に滞留し、検査終了後に追加追い水等を行いながら探索している。しかし、どこにどのような状態で滞留しているかわからない状況下での過剰な追い水は多大な労力と時間を要し、本来の検査主旨の阻害要因となっていた。また、どこで滞留している

かわからない試験体を内視鏡カメラ等により探索するのは多大な費用と時間を要していた。本システムの探索アプリでは、滞留箇所の特定が容易にできるため、トータル探索時間は大幅に短くなった。システムを適用した場合の探索作業工程を従来方法と比較したものを図-23 に示す。システム探索アプリ利用による平均作業時間は、従来方法（協力会社ヒアリング）に対し約 75%短縮された。

（図-24）

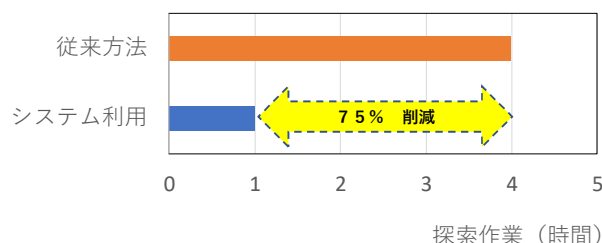


図-24 未回収試験体探索時間

今回の配管内滞留試験体について場所及び配管材料別の Beacon 受信距離及び電波強度について表-6 にまとめた。メンテナンスピット内の塩ビ管は試験体滞留場所周囲 5～6m程で検知（-90dbm）し、さらに近づくとも電波受信強度が強くなることが確認できた。また、付近掃出口から内視鏡で調査の結果、想定位置に試験体の滞留が確認できた。次に、室内床下の塩ビ管に滞留試験体は、周囲 2～3m程で検知し、さらに試験体が滞留していると思われる場所に近づくとも電波強度がさらに強くなることが確認でき、

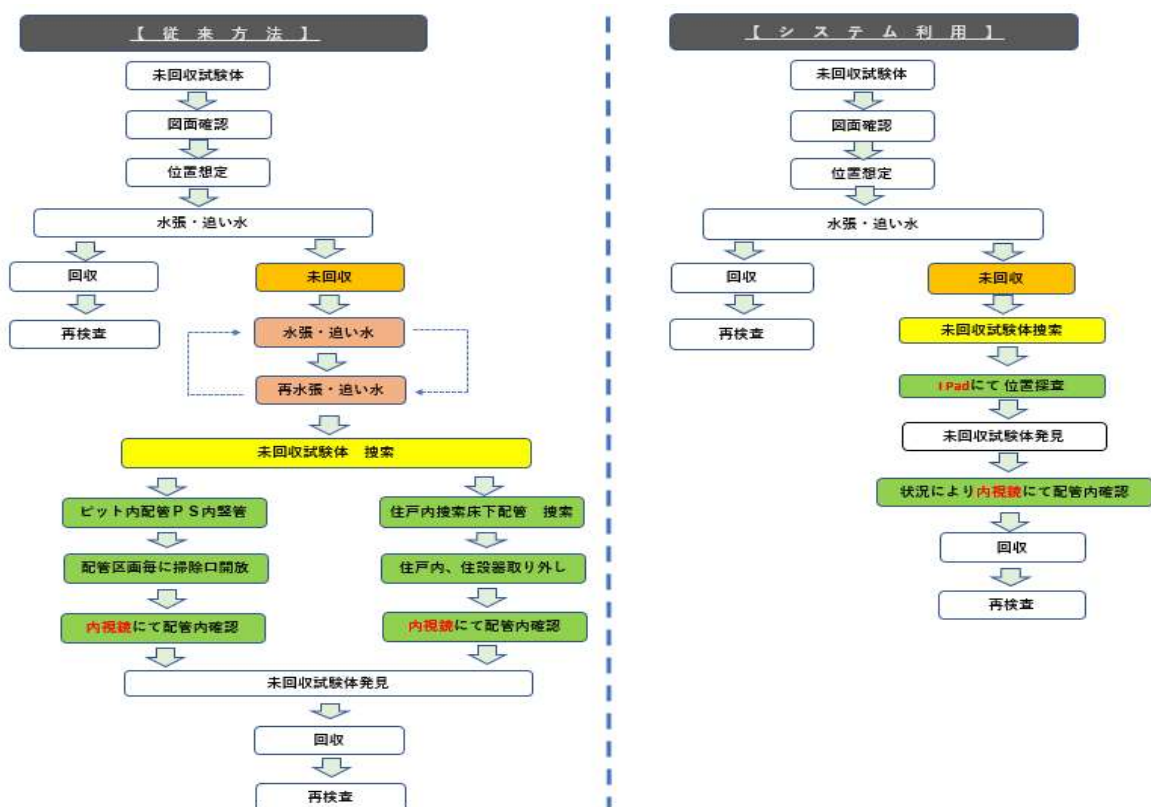


図-23 未回収試験体探索作業工程の比較

表-6 Beacon 電波受信距離

試験体 滞留場所	配管材	受信距離 (m)	受信電波 強度
メンテナンス ピット	塩ビ管	5～6	-90dbm
住戸内床下	塩ビ管	2～3	-80dbm
パイプ スペース	排水用塩ビ ライニング鋼管	2	-90～95dbm

内視鏡での調査の結果、ほぼ予想した場所で発見できた。メンテナンスパイプスペース内の排水用塩ビライニング鋼管内滞留試験体については、滞留が想定される位置から約 2m 程で非常に弱く不安定な電波を受信した。



図-25 アプリを活用した探索作業状況

5. 今後の展開

今回は、排水管通水試験に際し試験住戸の日程制約があったのと、初めての試行現場で不慣れでなこともあり本試験に 6 日間・90 戸/日(max) 投入側 2 班・回収側 2 班を要した。本「排水管通水検査システム」は、システ

ム上投入用タブレット端末 (iPad) を複数台利用することが可能であり、今回の回収側状況を鑑みても投入班は更に「+1」班増やすことが可能なことが分かった。仮に投入班を 3 班とした場合、同規模 (約 430 戸) 集合住宅であれば、4 日で検査が終わることになり、従来方法に比べ検査作業工数は、55%削減、今回試行結果からは更に 25%削減が可能と想定される。

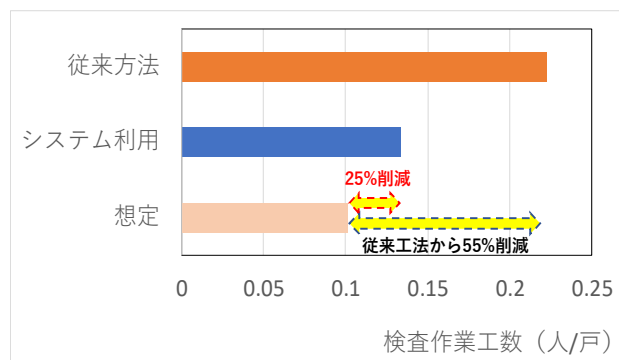


図-26 住戸当りの作業工数の比較 (想定)

6. まとめ

Beacon を利用した「排水管通水検査システム」を実物件で検証した結果、従来方法に比べて以下の効果が確認できた。

- 1) 検査作業時間で約 30%短縮された。
- 2) 検査作業工数で約 40%削減された。
- 3) 検査記録表作成時間で 75%短縮された。
- 4) 配管内に滞留した試験体の探索時間で 75%短縮された。