

# デジタル式圧力記録検査器を用いた漏洩検査の実用化に関する考察

## Consideration concerning practical use of leakage inspection with digital pressure record inspection machine

正会員 ○ 後藤 真一郎 (鹿島建設)      正会員    松島 俊久 (鹿島建設)

非会員    大島 吉晶 (鹿島建設)      非会員    福本 時雄 (ハジメ)

非会員    梶浦 義一 (ハジメ)

Shinichiro GOTO\*<sup>1</sup>    Toshihisa MATSUSHIMA\*<sup>1</sup>    Yoshiaki OSHIMA\*<sup>1</sup>    Tokio FUKUMOTO\*<sup>2</sup>

Yoshikazu KAJIURA\*<sup>2</sup>

\*<sup>1</sup> Kajima Corporation    \*<sup>2</sup> HAJIME Corporation

It proposes the empty pressure examination to the leakage of the nail for the practical use of the leakage inspection with a digital pressure record inspection machine and it proposes the execution of the hydrostatic test to the leakage of the apparatus joint.

### 1. はじめに

集合住宅の住戸内給水・給湯配管継手部の接続不良の確認は水圧試験で行われているのが一般的である。しかしながら、水圧試験を実施したにもかかわらず、その漏れ量が微量の為、水圧試験時に確認されず、引渡し後に漏水として顕在化するケースが稀にある。この微量漏れは、従来の試験方法ではなかなか発見しにくく、また他に有効な手段がないのが現状である。一方で、デジタル式圧力記録検査器を用いた空圧試験の有効性に関する報告もなされている。<sup>※1)</sup> しかしながら、配管釘打抜きによる漏洩判定に関しての有効性であり、設備器具接続部からの漏洩判定に関しては、未知数な部分もある。

そこで本報文では、デジタル式圧力記録検査器を用いた漏洩試験の実用化に向けた実験的検証を行ったので報告する。なお、住戸内給水・給湯配管には架橋ポリエチレン管やポリブテン管等の樹脂管が用いられるケースがほとんどであることから、それらの配管に対する漏洩試験方法の実用化を目的とする。

### 2. 配管保有量と漏洩判定限界値の関係

デジタル式圧力記録検査器（以下、検査器）の空圧試験および水圧試験における、配管保有量と漏洩判定限界値の関係を把握するための実験を行った。

検査器はダイヤフラムを用いた構造で、検査時間（10分間）中に600Paの圧力低下が起きると、「漏洩」と判定しセンサーランプの点灯にて表示するものである。

実験は、樹脂配管が膨張により圧力低下することを考慮し、膨張が少ない一般配管用ステンレス配管にて実施した。また、模擬漏洩に再現性を持たせるために、ねじ

シール部の締付け加減により漏洩量を調整した。漏洩量の測定は、空圧試験の場合は漏れピースを水没させ、漏洩空気をメスシリンダーにて計測する、水中置換法とした。水圧試験の場合は、漏洩量が非常に微量であることから、紙製のウェスにて漏洩箇所を拭取り、その荷重を電子天秤（測定限界 0.01g）にて計測することとした。その際、1g≒1ml として漏洩量を代用させた。表-1に実験条件、図-1に実験対象配管、図-2に模擬漏洩部位を示す。

表-1 実験条件

- |   |  |
|---|--|
| ① | 使用する配管は、一般配管用ステンレス配管（呼び径：100Su～150Su）とする |
| ② | 周囲温度変化の影響を考慮し、GW50mmの保温巻とする              |
| ③ | 配管容量は、3, 5, 7, 10, 15, 20Lとする（配管長変更により）  |
| ④ | 漏洩量の再現性を確保するため、ねじシールにより模擬漏洩を再現する         |
| ⑤ | 検査圧力は空圧、水圧共に0.30MPaとする                   |

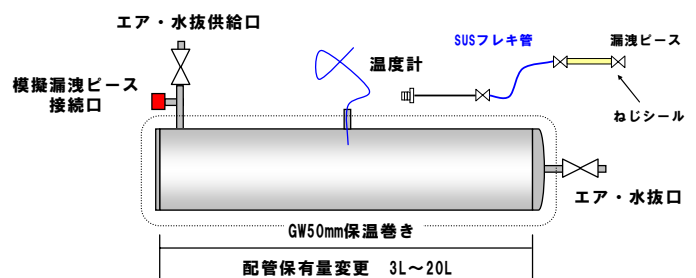


図-1 実験対象配管

実験は、合格、不合格となる境界値に漏れピースの微量漏れ量を調整し、検査時間である 10 分間に限りなく近い段階で漏洩判定を行った際の微量漏れ量を計測した。その結果を、図-2, 3 に示す。空圧試験に関しては、配管保有量と漏洩判定限界値に概ね比例関係が見られた。不合格となる条件は、配管保有量が 20L の場合には、10 分間で 100cc の空気漏れ量が必要となる。しかしながら、水圧試験の場合は、模擬漏洩量の調整に限界があり、その可能模擬漏洩量調整限界であった 0.02g の場合で、配管保有量に関係なく、漏洩判定が行われる結果となった。図-4 に 0.02g の漏洩量の写真を示す。写真を見ても分かる通り、滴下することなく僅かに漏洩している状況である。

実験により得られた結果を検証するために、シミュレーションにより配管保有量と漏洩判定限界漏れ量の関係を示した。計算条件を表-2 に示す。

表-2 計算条件

- |   |            |  |
|---|------------|--|
| ① | 判定基準の圧力低下値 | : 600Pa  |
| ② | 実験検査圧力     | : 0.3MPa   |
| ③ | 算定式        | : $\Delta p = -K \times \Delta V / V$<br>K: 体積弾性率、 $\Delta p$ : 圧力変化値<br>V: 体積、 $\Delta V$ : 体積変化値 |
| ④ | 体積弾性率      | : 空気 $1.5 \times 10^5$ (1 気圧)<br>水 $2.06 \times 10^9$ (1 気圧、20°C)                                  |

空圧試験の場合、計算に用いた体積弾性率は 1 気圧の場合の数値にて代用している。図-5 の結果のように、実験値と計算値はほぼ同様の傾向を示している。実験値の方が若干高めの数値を示しているのは、測定誤差および電子天秤の計量誤差であると考えられる。これにより、空圧試験の場合は配管保有量と試験器の漏洩判定限界量に比例関係が見られ、配管保有量が大きくなると 10 分間という試験時間中では、漏れ量が多くなると漏洩判定が出来ないことを示している。言い換えると、試験時間を延ばせば漏洩判定は可能となる。しかしながら、検査時間が長くなると、温度変化の影響を受ける可能性が高くなること、および昨今の短工期施工現場の実状を勘案すると、できるだけ短時間でかつ確実な漏洩試験が行えるほうが好ましいことは言うまでも無い。

水圧試験の場合は、図-6 の結果のように、実験値と計算値に大きな差異が見られる。これは、先に述べた通り、模擬漏洩量の調整限界が 0.02g の漏洩量であったことが影響している。計算値が示すような極微量漏れの場合の実験的検証を、今後どのように行っていくかは課題として残る。いずれにしても、配管保有量が大きくなっても漏水事故につながることを防ぐための漏洩判定が可能であることを示した結果といえる。

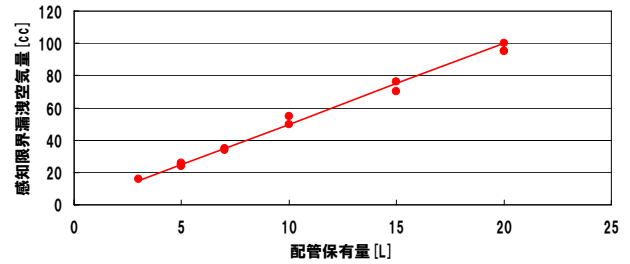


図-2 配管保有量と漏洩感知限界値の関係 (空圧試験)

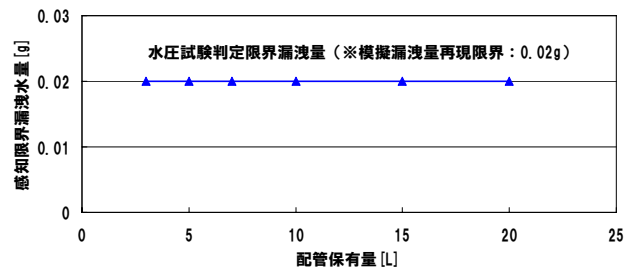


図-3 配管保有量と漏洩感知限界値の関係 (水圧試験)

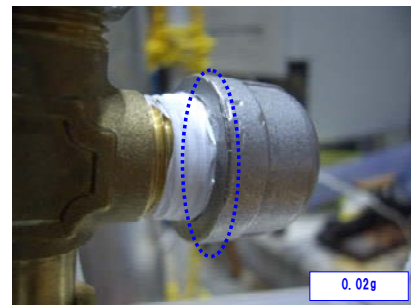


図-4 0.02g の漏洩量 (水圧試験)

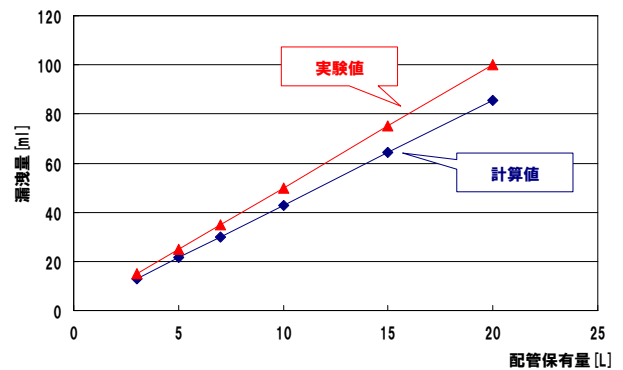


図-5 計算値と実験値の比較 (空圧試験)

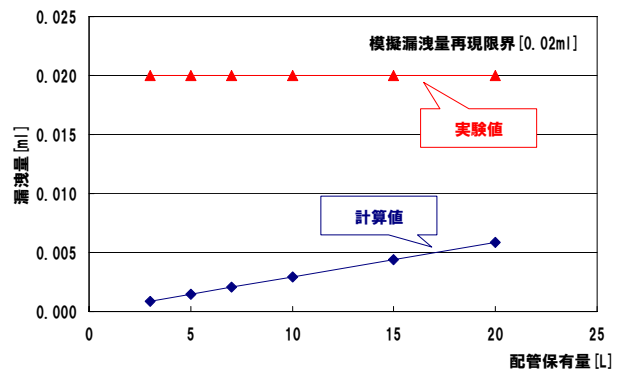


図-6 計算値と実験値の比較 (水圧試験)

空圧試験に使用した模擬漏洩ピースをそのまま用いて、水の漏洩量を計測した。空気漏れ量に対する水の漏れ量の関係を図-7 に示す。配管保有量 20L の場合に、漏洩判定可能な空気漏洩量は 100ml/10min であったことから、同じ模擬漏洩ピースを用いた水の漏洩量は約 0.73ml/10min となった。前述の、水圧試験時の漏洩判定可能漏洩量が 0.02ml であったことと比較すると、この漏洩量は非常に大きいということが分かる。

以上より、配管保有量に影響されることなく、10 分間という短時間で、微量漏れを検知できるのは水圧試験であると考察される。

### 3. 釘抜きによる漏洩判定実験

空圧試験と水圧試験で、釘抜きによる漏洩判定に差異があるかを把握するための実験を行った。実験は標準的な住戸を模擬的に再現するためにポリブテンループ配管（配管保有量：13L）を使用した。表-3 に実験条件、図-8 に実験対象配管を示す。

表-3 実験条件

- |   |   |
|---|---|
| ① | ポリブテンループ配管 ※保有水量 13L<br>(給水 8L、給湯 5L：一般的な 3LDK 住戸を想定)           |
| ② | 漏洩ピースとして、2 種類用意する<br>漏れピース a：ストレート釘からの漏れ<br>漏れピース b：スクリュー釘からの漏れ |
| ③ | 検査圧力は、空圧・水圧共に 0.30MPa とする                                       |

漏れピース a（ストレート釘：図-9）の場合の空圧試験および水圧試験の結果写真を図-11 に示す。空圧試験では微量漏れが継続しているが、その漏れ量が極小の為に漏洩判定は出来なかった。この時の漏洩空気量は 0.28ml/10min であった。前述の空圧試験時の漏洩判定限界量が、配管保有量 10L の場合は 50ml/10min、15L の場合は 75ml/10min であったことから、0.28ml/10min（配管保有量：13L）で漏洩判定が出来なかったことは妥当といえる。また、水圧試験においては、水漏れは確認されず、当然ながら漏水検知もされなかった。

漏れピース b（スクリュー釘：図-10）の場合の空圧試験および水圧試験の結果写真を図-12 に示す。空圧試験では微量漏れが継続しており漏洩検知に至った。この時の漏洩空気量は、66ml/10min であった。しかしながら、水圧試験では釘打ち抜き直後は漏れが確認されたが、その漏れが途中で止まり漏洩検知に至らなかった。これは、樹脂配管の復元特性（弾性）により、釘打ちの状況によっては微量漏れが継続しないためであると推測される。

以上より、釘抜きによる漏洩に有効な試験は、微量ではあるがその漏れが継続する空圧試験であり、水圧試験では漏れが途中で止まってしまうという致命的な問題があることが確認された。

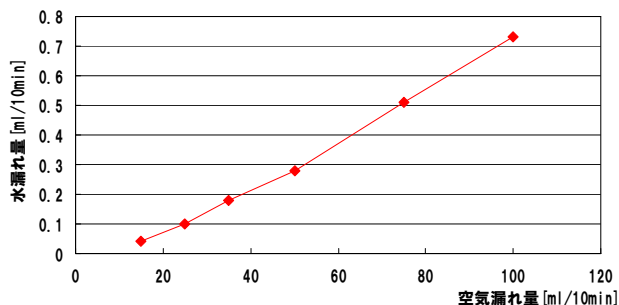


図-7 空気漏れ量と水の漏れ量の関係

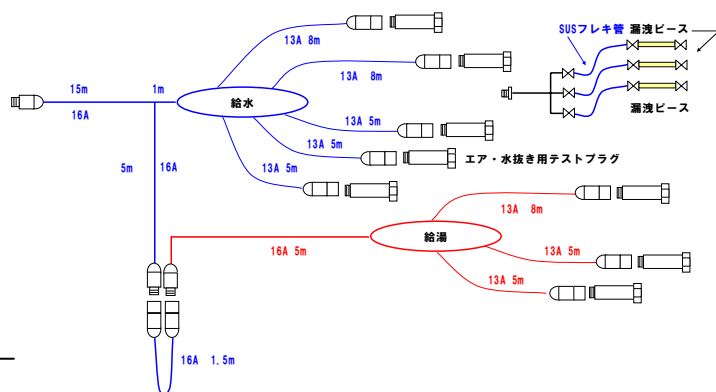


図-8 実験対象配管



図-9 ストレート釘



図-10 スクリュー釘



図-11 漏れピース a の結果写真



図-12 漏れピース b の結果写真

#### 4. 水圧試験における配管膨張停止までの時間

試験時間 10 分間における漏洩判定基準の圧力低下値が 600Pa であるため、水圧試験においては配管加圧から配管膨張による圧力低下が安定するまでの時間が重要となる。配管膨張が停止する前に水圧試験を開始してしまうと、圧力低下が漏洩によるものなのか、配管膨張によるものなのか判断できなくなるためである。そこで、ポリブテン管における配管加圧からの配管内部圧力状態を計測した。その計測結果を図-13, 14 に示す。

現場における水圧試験を勘案し、一般的な常水圧力である 0.25MPa に加圧した。配管内部圧力は、加圧直後は大幅に減少するものの、次第にその変動は落ち着きを見せる。漏洩判定基準の低下圧力値である 600Pa を考慮すると、概ね 300 分間経過後、つまり配管加圧後 5 時間以上保持した後に、試験を開始するのが望ましいと考察される。このことから、実際の工事現場の状況を勘案すると、本設給水設備稼働後に、常水圧（一般的に 0.25MPa 程度）にて試験を行うことで、実工事現場における手間を軽減し漏洩試験制度を向上させることができると考えられる。

#### 5. まとめ

実験により得られた結果を下記に示す。

- ① 空圧試験の場合は、配管保有量によっては判定可能な漏れ量が大きくなり、漏洩判定に時間がかかる場合がある。
- ② 水圧試験の場合は、配管保有量にかかわらず、極微量漏れを判定することが可能となる。
- ③ 釘打ちによる漏洩は、水圧試験では漏洩が継続しないことがあり正確な判定ができない場合がある。
- ④ 釘打ちによる漏洩は、空圧試験の場合には漏洩が継続し、有効な検査方法の一つと考えられる。
- ⑤ 水圧試験を実施する際には、少なくとも試験開始 5 時間前から加圧する必要がある

上記のまとめから、デジタル式圧力記録検査器を用いた住戸内樹脂製給水・給湯配管漏洩検査の実用化ため、以下の試験方法を提案する。

##### 【釘打ちによる漏洩の判定試験】

釘打ちに対する漏洩の判定試験には、空圧試験が有効である。実用化の上でも、施工初期段階に検査を行うため、空圧試験であれば、水圧試験時のように仮設給排水を準備する必要はなくなる。また、エア抜きも必要なくなるため、検査精度も向上する。

##### 【設備器具接続部からの漏洩の判定試験】

器具接続部からの漏洩の判定試験には、配管保有量に関係なく極微量漏れを検知することが可能な水圧試験が有効である。実用化の上でも、施工終盤に実施するため、本設の給排水を利用することが可能である。

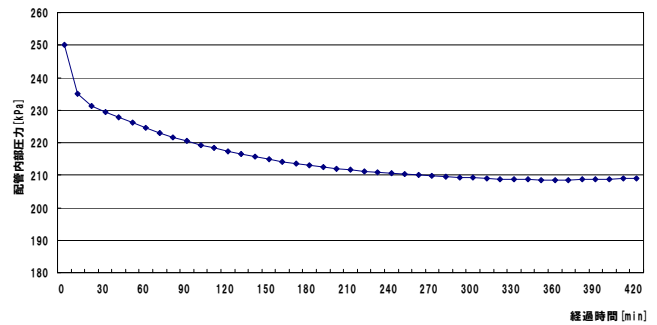


図-13 配管加圧後の時刻毎の配管内部圧力

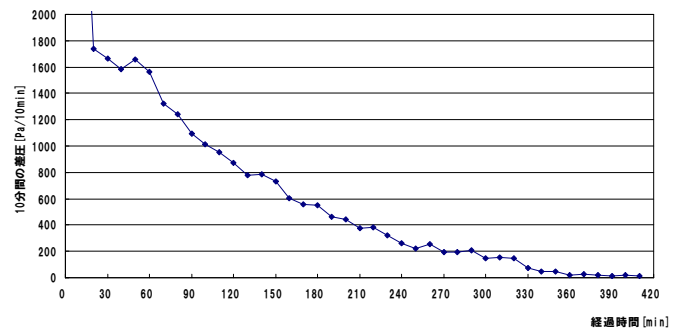


図-14 配管加圧後の時刻毎の 10 分間での圧力低下値

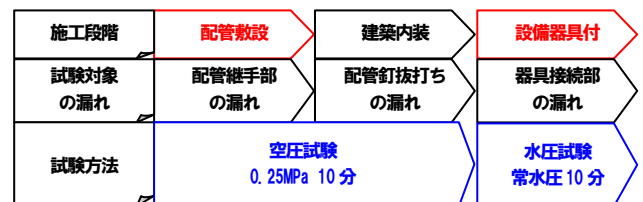


図-15 各工事段階における漏洩試験フロー

本設給水を利用すれば、試験開始前日からの配管加圧が容易に可能となり、配管膨張が安定した上で、確実な検査が実施できる。

以上より、実施工における各工事段階での漏洩試験フローを図-15 にまとめる。配管敷設段階および建築内装段階においては、その主な試験対象が「配管釘打ち抜きによる漏洩」のため、空圧試験を実施する。設備器具付段階においては、その主な試験対象が「設備器具接続部の漏洩」のため、水圧試験を実施する。

これにより、デジタル式圧力記録検査器を用いた住戸内樹脂製給水・給湯配管漏洩検査の実用化の第一歩へとつながるものとする。

#### 【謝辞】

本実験を行うに当たり、御協力を頂いた JFE 継手株式会社の方々に記して感謝致します。

#### 参考文献

- 1) 芳賀、横手 他、樹脂管工法の水圧試験に及ぼす空気混入の影響と微量漏れ検知に関する考察  
(社)空気調和・衛生工学会 学術講演会 (2006. 9)