

樹脂管工法の水圧試験に及ぼす空気混入の影響と微小漏れ検知に関する考察

Consideration of Impact on Hydraulic Test for XPE , PB pipe system due to Air Trapping and of Micro Leakage Detection

正会員 ○芳賀 陽一 (清水建設) 正会員 横手 幸伸 (清水建設)
 非会員 福本 時雄 (ハジメ) 非会員 梶浦 義一 (ハジメ)
 Yoichi HAGA*¹ Yukinobu YOKOTE*¹ Tokio FUKUMOTO*² Yoshikazu KAJIURA*²

*¹ Shimizu Corp. *² Hajime Corp.

It was clear from the result that an application of hydraulic test was tough to build down the pressure under remaining air in the piping and it was also difficult to detect water leakage. It is very important for making a remarkably accurate test conclusion by an application of hydraulic test to purge air from the pipe as much as possible. Air pressure test, hydraulic test and air pressure-type test equipment were performed to make a comparative study of micro leakage detection.

はじめに

集合住宅の給水・給湯・床暖房配管等で採用される樹脂管(架橋ポリエチレン管、ポリブテン管)・継手類の接続不良確認は水圧試験で行われるのが一般的であり、ほとんどの場合、有効な手段として確立している。しかし、水圧試験を行っていながら、建築仕上材を固定する際に誤って配管に打たれた釘(釘打抜き)やパッキン類のねじれや損傷等による微小漏れを検知出来ないことが稀にある。これは釘打抜きは別として、水圧試験時に配管内の空気抜きが十分でないと、圧力低下率が小さくなる為、漏水判定基準の圧力を上回ってしまうことがあったり、微小漏れを検知する有効な手段がなかったことによると考えられる。漏水事故は二次被害による損失が大きく、その防止は設備技術を考える上で、大きな命題となっている。

1. 従来の漏洩検査方法

1.1 水圧試験方法(工業会資料^{1),2})と課題

初期圧力0.75MPaを基準とした時の合格判定基準を表—1に示す(架橋ポリエチレン管:XPE, ポリブテン管:PB)

表—1 水圧試験判定基準(単位:MPa)

管種	初期圧力	1時間後圧力	判定
XPE	0.75 (5分保持)	0.5以上	合格
PB	0.75	0.55以上	合格

上記圧力が満足出来なかった場合、継手部の漏水を確認する。ポリブテン管では、継手部の漏水がなかった場合、再度初期圧力に上げて、下記内容で水圧試験を行う

管種	初期圧力	1時間後圧力	判定
PB	0.75	0.65以上	合格

初期圧力を変える場合は、1時間後の圧力低下が2割程度を合格の目安としている(ポリブテン管)。

樹脂管は水圧を加えると、時間の経過と共に圧力が下がる性質があることから、水圧試験では1時間後の圧力値(降下量)で漏水判定を行う。管理者がずっと立ち会えない場合、記録や写真で判断することになるが、試験開始時と1時間後の圧力値だけがクローズアップされる傾向が強い。

水圧試験は工程上、また機器や器具側に負担をかけないように、配管末端をプラグ止めして行う場合も多く、末端に入った空気を完全に抜くことは実際には難しいのが現状である。

1.2 空圧試験方法の課題

- ・試験圧力が高いと接続不良箇所があった場合、圧縮空気による暴発等、安全上の心配がある。
- ・水に比べて空気は熱容量が小さい為、温度変化の影響を受けやすい。
- ・微小漏れが生じても圧力降下量が小さく、ゲージを用いた検査での漏洩判定には経験と勘が必要となる。
- ・希釈石鹼水等で接合部等に塗布し、気泡の発生等で漏洩検知を行うが、場所が特定出来ない箇所等では確認が出来ない。

2. 水圧試験に及ぼす空気混入の影響に関する実験

2.1 試験目的

樹脂管の水圧試験方法において、工業会では配管内の空気を十分に抜くことを推奨しているが、実際の現場において、空気を完全に抜くのはなかなか大変な作業である。そこで、配管内の空気残量と圧力低下の関係を明ら

かにする為に、定尺パイプに空気混入量を変化させたサンプルを作り、比較試験を行った（図-1）。

架橋ポリエチレン管
サイズ:13A
管長:50m

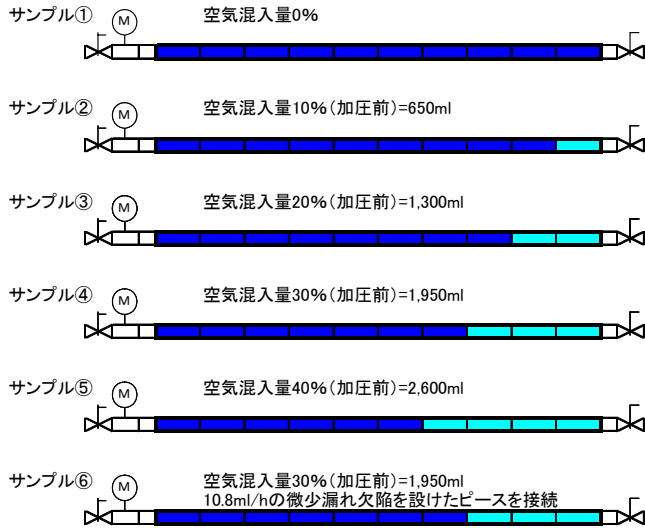


図-1 試験サンプル

2.2 試験方法

各サンプルに1.3MPa（初期圧力）の水圧をかけ、5分間その状態を保持した後、1時間後の圧力を測定し、圧力降下量と圧力降下率（圧力降下量/初期圧力）を算出した。空気混入量はサンプル管を一旦満水にした後、パイプ容積から算出した水量を抜き取り設定した。またサンプル管の一つに空気混入比30%で微小漏れを起こすピースを人為的に設けて（サンプル⑥）、漏れのないサンプルとの圧力降下の比較を行った。

- ・環境温度 27°C（空調された室内）
- ・水温平均 25.7°C（試験時間中はほぼ一定）
- ・圧力センサ キーエンス製 AP-13S

表-2 試験サンプル諸元

サンプル	初期圧力[MPa]	空気混入比[%]	空気混入量[ml]
サンプル①	1.3	0	0
サンプル②	1.3	10	650
サンプル③	1.3	20	1,300
サンプル④	1.3	30	1,950
サンプル⑤	1.3	40	2,600
サンプル⑥	1.3	30	1,950



写真-1 空気混入量の調整（体積換算）



写真-2 試験風景

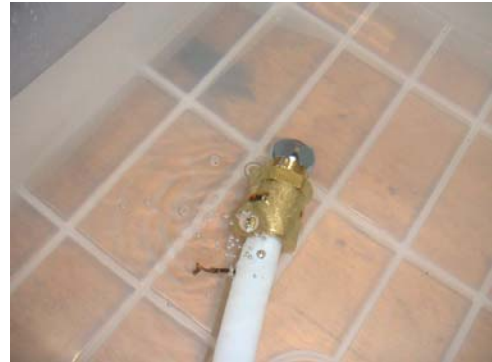


写真-3 ⑥微小漏れピースからの気泡(水没)

2.3 試験結果

表-3 圧力降下、圧力降下率

サンプル	初期圧力[MPa]	空気混入比[%]	1h後圧力[MPa]	圧力降下[MPa]	圧力降下率(圧力降下/初期圧力)
サンプル①	1.301	0	0.950	0.351	0.270
サンプル②	1.300	10	1.015	0.285	0.219
サンプル③	1.302	20	1.059	0.243	0.187
サンプル④	1.300	30	1.093	0.207	0.159
サンプル⑤	1.298	40	1.114	0.184	0.142
サンプル⑥	1.299	30	1.054	0.245	0.189

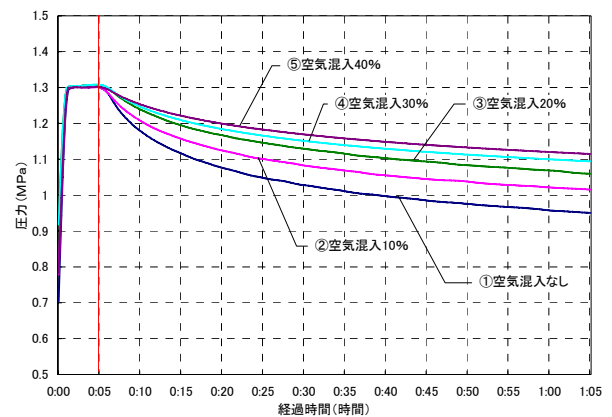


図-2 圧力の経時変化

初期圧力を1.3MPaとしたので、架橋ポリエチレン管工業会技術資料を参考に、1時間後の圧力が0.87MPa（圧力降下率0.33）以上を合格基準（漏れなし）と考え、全てのサンプルで基準値をクリアした結果となった。しかし、配管内に空気が残った場合、残存量によって圧力降下に大きな影響を与えることがわかった。空気の残存量が多いほど、圧力が下がりにくい傾向が見られた。

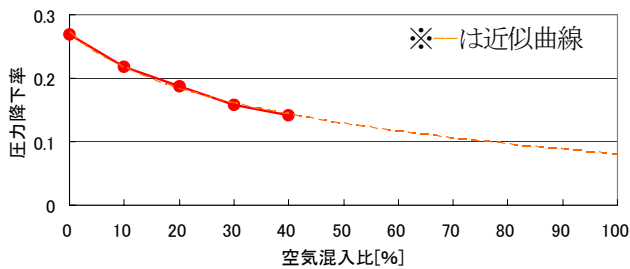


図-3 空気混入比と圧力降下率の関係

空気混入比と圧力降下率を比較すると、非常に良い相関が得られた。

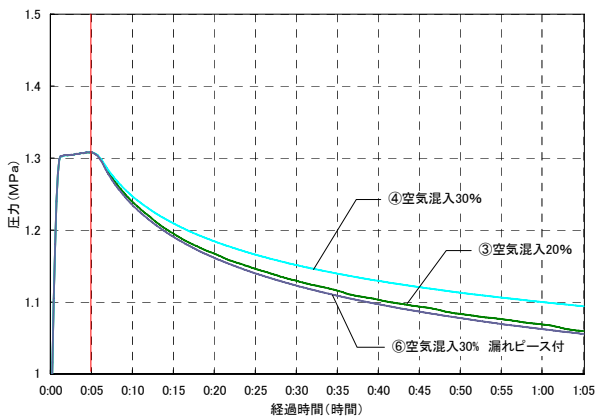


図-4 圧力降下比較 (30%漏れ有、30%、20%)

サンプル⑥ (空気混入 30%、漏れピース付) の圧力降下曲線は、サンプル④ (空気混入 30%、漏れピースなし) と比較して少し下がるが、サンプル③ (空気混入 20%、漏れピースなし) と、ほぼ同様の傾向を示し、基準値を下回らなかった。配管内に空気が多く残った状態で水圧試験を行うと、圧力降下のカーブが緩やかになることによって、微小漏れ検知の上では不利に働くことが確かめられた。

2.4 考察

樹脂配管内に圧力をかけて放置すると徐々に圧力が下がっていくメカニズムは、粘弾性体のいわゆる「応力緩和とクリープ現象」に例えられる。配管内に圧力を加えた瞬間では、ダッシュポットは動いておらず、ばねが伸びることで発生した応力が圧力と釣り合うまで配管は膨張する。時間と共にダッシュポットは伸びていくが、全体の伸びが時間に対して一定の場合は、その分ばねの伸びが戻って、発生応力が小さくなってしまふ (応力緩和現象)。従って、内圧が一定ならば、発生応力が釣り合う為に、更に配管は膨張する (クリープ現象)。しかしながら、この時点で配管の両端が既に封止されている場合、水や空気等の封入媒体は体積膨張により圧力降下が生じる。こうして、「配管側の応力緩和」と「封止媒体の体積膨張に伴う圧力降下」がバランスするまで配管膨張と内圧低下が続いていくと考えられる。

空気については、徐々に配管が膨張することから、理

想気体の等温膨張と見なせば、内圧は内容積に反比例すると言える。例えば、内容積が約 10% 膨張すると仮定すると、内圧は $1/1.1$ になるということになる。一方、水は空気に比べて圧縮性が極めて小さく、体積膨張に伴う圧力降下の度合いが大きい為、漏れがない場合は、配管に空気が多く残っているほど、圧力が落ちにくいと説明できる。

3. 空圧式漏洩検査器の効果検証

3.1 試験目的

従来の空圧試験の課題に対処し、空圧の良い面を利用して考案された空圧試験機 (以下、空圧式漏洩検査器) の性能を明らかにするために、従来の空圧試験及び水圧試験との比較を行った。空圧式漏洩検査器はダイアフラムを用いた構造で、微小漏れを検知すると、機械的にセンサーがランプを点滅させ、漏水判定を行う機構である。

3.2 試験装置

- (1) 架橋ポリエチレン管：サイズ 13A (長さ空圧用 70m、水圧用 20m)
- (2) 釘：以下の 5 種類とする。それぞれの釘打抜きの状態を写真-4 に示す。

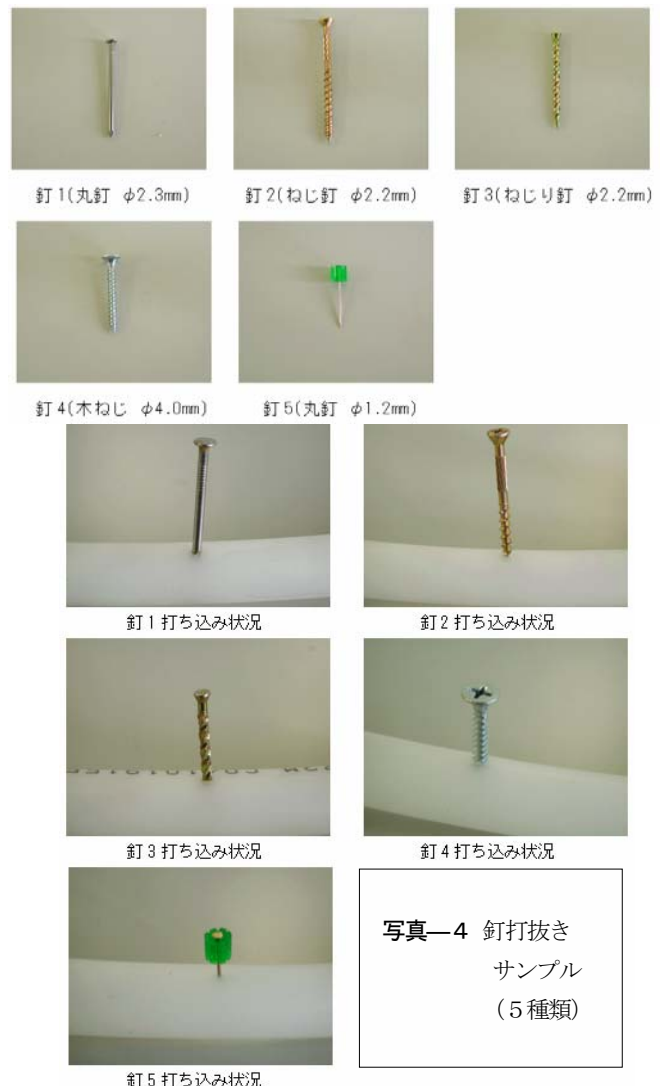


写真-4 釘打抜き
サンプル
(5種類)

試験装置を図-5に示す。また使用した装置は以下の通りである。

- ・空圧式漏洩検査器
- ・圧力センサ キーエンス製 AP-13S
- ・手押しポンプ
- ・エアの供給・・・実験場のエア配管より供給 (レギュレータにて圧力を調整する)

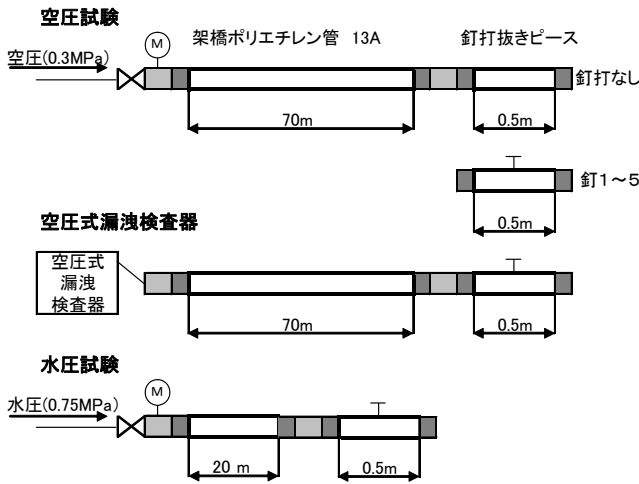


図-5 試験装置概略図

3.3 試験方法

(1) 空圧試験

- 釘打抜きピースにそれぞれの釘(5種類)を打ち込む。
- 架橋ポリエチレン管 13A(空圧用:70m)に釘打抜きピースを取り付け、空気圧 0.3MPa をかけ、30分~1時間放置する。水の入ったバケツに釘打抜きピースを水没させ、漏れ発生の有無を確認する。
- 空気圧の降下が確認できなかったピースについて、空圧式漏洩検査器を用い、漏れを検知するか確認する。
- 釘打抜きピースを取り外し、これに水圧を加え、漏れ量を測定する。

(2) 水圧試験

- 架橋ポリエチレン管 13A(水圧用:20m)に釘打抜きピースを取り付け、水圧 0.75MPa を加える。
- 水圧 0.75MPa の状態を5分間保持した後、1時間放置する。

3.4 試験結果

(1) 空圧試験

試験結果を表-4に示す。釘2では漏れ量が多く、ゲージの読値で圧力降下が確認出来た。

表-4 試験結果

供試品	気泡発生の有無	ゲージによる圧力降下確認	漏水量 (0.5MPa) cc/3分	漏水量 (1.0MPa) cc/3分	空圧式漏洩検査器による検知
釘1	有	不可	1.25	2.7	可能
釘2	有	可能	3.8	6.6	可能
釘3	有	不可	0.1	0.15	可能
釘4	無	不可	0	0	不可
釘5	無	不可	0	0	不可

(2) 水圧試験

水圧試験は空圧試験の結果より、釘2 (漏れ大)、釘3 (漏れ小) について比較を行った。時間ごとの圧力変化を図-6に示す。

工業会の水圧試験基準 (1時間後 0.5MPa 以上) を参考に、数字だけで判断すると (釘打抜き箇所は一般に特定出来ないため)、釘3では微少漏れがあるにも関わらず、合格と判定される可能性が高い。

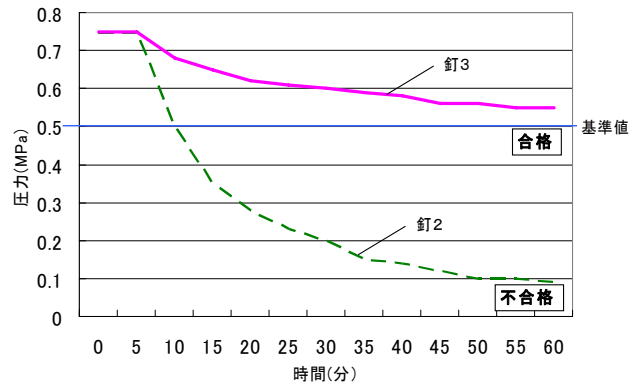


図-6 水圧の変化 (釘2、釘3)

3.5 考察

(1) 空圧試験

ゲージにて圧力降下が確認出来なかった漏れについても、空圧式漏洩検査器では検知できた。釘4、5においては漏れが発生せず、水没させても気泡の発生が確認できず、検出できなかった。

(2) 水圧試験

水圧を用いた試験方法では、漏れがごく少量の場合には、漏水判定が出来ない場合があった。漏れが全くない釘打抜きについては、今回どの方法でも検出できなかった。今後の課題として残る。

まとめ

樹脂管工法における水圧試験では、配管内に空気が残っていると圧力が落ちにくく、微少漏れ検知が難しい場合がある。水圧試験で正確に判定するには、空気を出来るだけ抜いて行うことが重要である。

数種類の釘打抜きサンプルを作成し、空圧試験、水圧試験、空圧式漏洩検査器で微少漏れ検知の比較を行った。

空圧式漏洩検査器では、水圧試験でも漏水判定が難しかった微少漏れ検知の性能を有していることが解った。完全な検知ではない(漏れがゼロの時には判定出来ない)が、釘打抜き等の発見に有効な手段の1つと考えられる。

参考文献

- 1) 架橋ポリエチレン管工業会 技術資料, 2005年2月
- 2) ポリブテンパイプ工業会 技術資料, 2004年4月