

極小径サイホン排水システムに関する研究

(その2) 流量線図とサイホン起動時間

A Study on Characteristics of Siphonic Drainage Systems with Extra Small Diameter Piping

Part 2 A Flow Rate Chart and Starting Time of Siphonage

学生会員 ○木村 香桜里 (明治大学大学院) 技術フェロー 坂上 恭助 (明治大学)
 正会員 岡内 繁和 (鹿島建設) 正会員 光永 威彦 (山下設計)
 学生会員 植村 悠太郎 (明治大学大学院)

Kaori KIMURA*¹ Kyosuke SAKAUE*¹ Shigekazu OKAUCHI*²

Takehiko MITSUNAGA*³ Yutaro UEMURA*¹

*¹Meiji University *²Kajima Corp. *³Yamashita Sekkei Inc.

The use of the siphonic drainage system makes it possible to drain with no slope, and to step over beams. In the previous report, we carried out the experiment on the air conditioning drain using siphonic drainage system. In this paper, we conducted experiments that assume the pipe to step over, and we compared to the result with the theoretical value, and measured the actual time required for the occurrence of siphonic effect.

1. はじめに

一般的に、従来の重力式排水システムによる配管では接続箇所が多く漏水の恐れがあり、勾配を必要とするため設計自由度が低い。そこで、管内を満流にし、生じた負圧を搬送力とするサイホン排水システムの適用が期待されている。サイホン排水システムにおいては、可とう管を利用することにより、接続部を減らすことができ、漏水のリスクを低減できる。また、無勾配で排水が可能のために設計の自由度も向上する。さらに、管径の小さい排水管を用いることにより省スペース化できる。

空調ドレン配管においては、ドレン排水の流量に対応した極小径配管を用いることにより、省スペースで設置でき、他配管などを跨いで配管することも可能である。

既往の研究¹⁾では、水平管長を10m、流水頭を1,500mm、曲がりの数を5箇所とした基本配管および跨ぎ配管モデルを作成し、ドレン排水に適した管径(8A、10A)について調べた。

本研究では、10Aの配管を用いた配管モデル(基本配管・跨ぎ配管)の流れ特性を確認し、理論値との比較と流量線図の作成を行った。また、測定開始からサイホン現象により負圧が生じるまでの時間(以下、サイホン起動時間という)の測定も併せて行った。

2. 実験概要

2.1 実験装置

空調ドレン配管における基本配管モデルの概要を図1に示す。管材は透明塩化ビニルチューブ(10A)とし、水

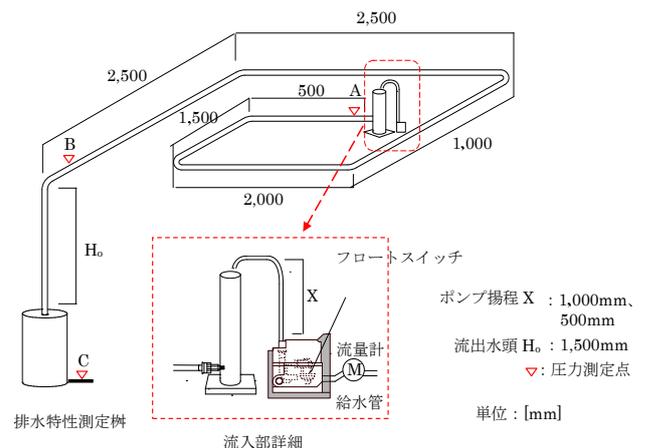


図1 基本配管

表1 ドレンアップポンプの仕様

項目	供試ポンプ A	供試ポンプ B
外観		
適用機種	ルームエアコン 天井埋込形	ルームエアコン 天井埋込形
ドレン 排水流量 [L/min]	0.85	0.40
ポンプ揚程 [mm]	1,500	1,000
ドレン入口 接続管径[A]	20	20

平管長を 10m、流出水頭を 1,500mm、曲りの数を 5 箇所とした。圧力測定点は 3 点とし、流入部、流出部および排水特性測定樹において測定を行った。また、実使用に近い機構とするため流入部にドレンアップポンプを設置した。ドレンアップポンプの仕様を表 1 に示す。なお、給水量 0.85、0.40L/min の 2 種類を用いた。

また、空調ドレン配管の跨ぎ配管モデルの概要を図 2 に示す。水平管長、流出水頭、曲がりの数および圧力測定点は同様とし、流入部から 3m の点に 1 箇所の跨ぎ(写真 1) を設置した。

2.2 実験条件と実験方法

実験条件を表 2 に示す。ドレンアップポンプの給水量を 0.85、0.40L/min の 2 種類、跨ぎの高さを 100、200、300、400mm の 4 種類とした。

また、管内の残水によるサイホン現象の発生への影響を把握するため 2 種類の実験方法を用いた。1 つ目は、測定後の状態のまま次回測定を開始する実験方法(以下、残水ありの場合という) とし、2 つ目は、自転車用ポンプ(写真 2) を使用して管内の水を抜いてから次回測定を行う実験方法(以下、残水なしの場合という) とした。測定時間は、流入筒に給水された時点から 2 分間測定し、測定回数は、各実験条件につき 3 回とした。

2.3 実験結果と考察

(1) 流れの様相

跨ぎの高さ・ドレンアップポンプの給水量および残水の有無に関わらず、すべての条件でサイホン現象が発生した。また、いずれの実験条件においても常に管内に空気が混入した状態でサイホン現象が発生した。ポンプ A を使用した場合は 2 回、ポンプ B を使用した場合は 1 回のサイホン現象が測定時間内で発生した。

(2) サイホン負圧

給水量 0.85L/min のポンプ A を使用した場合の、基本配管と跨ぎ高さ 300mm の跨ぎ配管における管内圧力変動と流速を図 3 に示す。また、給水量 0.40L/min のポンプ B を使用した場合の、基本配管と跨ぎ高さ 300mm の跨ぎ配管における管内圧力変動と流速を図 4 に示す。

図 3 中の①に示すように、強い負圧が発生した後に 10~20 秒ほどの弱いサイホン負圧の発生がみられた。これは流入筒内の水位が下がり、ポンプの給水量とサイホン排水量のバランスがとれた状態と考えられる。給水量の少ないポンプ B においては、同様の現象はみられず、流入筒の水位が下がるとともにサイホン現象が終了している。

表 3 にサイホン負圧の算定式²⁾(以下、P 式という) を示す。管摩擦係数に硬質ポリ塩化ビニル管の値を使用し、P 式より理論値を算出した。残水なしの場合の基本配管および跨ぎ配管におけるサイホン負圧の実測値と理論値の比較結果を図 5 に示す。

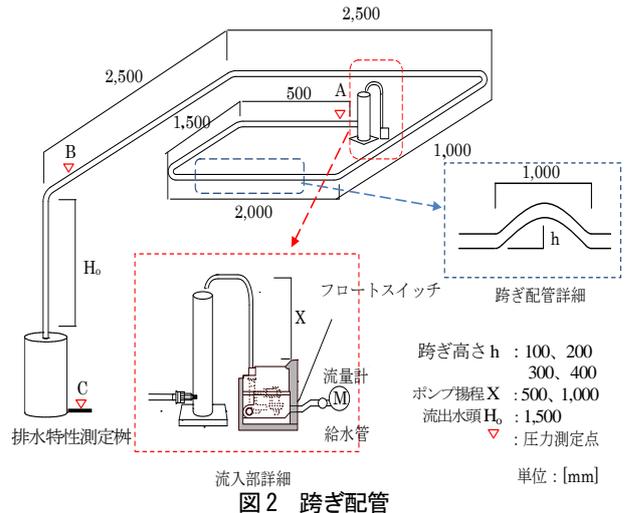


図 2 跨ぎ配管

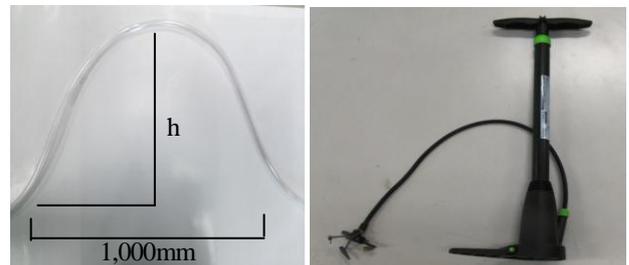


写真 1 跨ぎ配管

写真 2 自転車用ポンプ

表 2 実験条件

給水量 [L/min]	ポンプ揚程 [mm]	跨ぎの高さ h [mm]	残水
0.40	500	0	あり なし
		100	
		200	
		300	
0.85	1000	400	あり なし
		300	
		200	
		100	

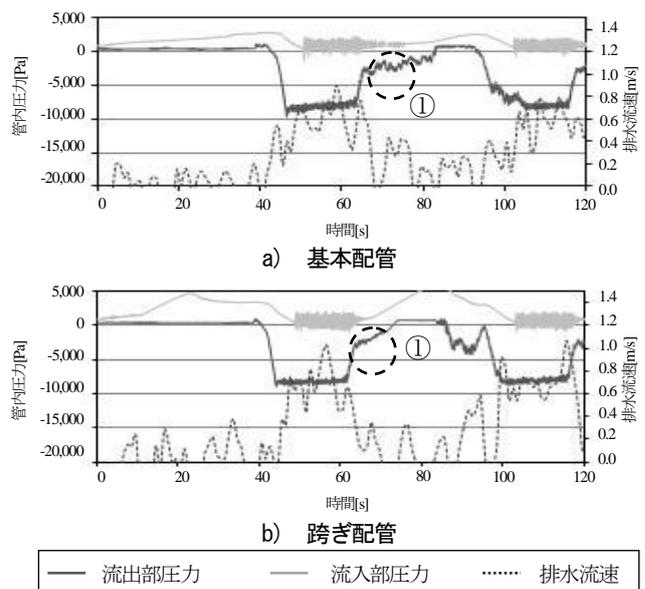


図 3 基本配管と跨ぎ配管における管内圧力変動と流速 (ポンプ A 使用)

いずれの実験条件においても、理論値よりも実験値の負圧が小さくなっており、これは理論値が空気の混入のない満水状態を想定した値であることに対して、実験では空気が混入した疑似満水の状態がサイホン現象が発生しているため、管内の空気が負圧によって膨張しサイホン負圧を吸収したことにより、負圧が小さくなったものと考えられる。

(3) 流速

表4に流速の算定式³⁾(以下、V式という)を示す。管摩擦係数に硬質ポリ塩化ビニル管の値を使用し、V式より理論値を算出した。残水なしの場合の基本配管および跨ぎ配管における流速の実測値および理論値の比較結果を図6に示す。ここで用いられている流速の実測値は、流出部におけるサイホン負圧が最大値となった時間を抽出し、この時間における流速とした。

流速は跨ぎの高さや残水の有無によらず、概ね1.0m/sを示した。いずれの実験条件においても、実測値と理論値はほぼ同程度の値を示した。

(4) 流量線図

流速の実測値と理論値がほぼ同程度の値を示したため、流速の実測値と理論値から流量を算出し、得られた流量と動水勾配の関係より、作成した流量線図を図7に示す。実測値は理論値よりも値が大きくなっており、これは管摩擦係数に硬質ポリ塩化ビニル管の管摩擦係数を使用し

表3 サイホン負圧の算定式

$$P_o = \left\{ \frac{(1 + \lambda \frac{L_m}{d} + \sum^m \zeta)}{(1 + \lambda \frac{L_a}{d} + \sum^a \zeta)} H_s \right\} \rho g \quad \dots\dots(1)$$

ここに、
 P_o : 流出部の圧力[Pa] H_a : 基準面から水面までの高さ[m]
 Z_m : 基準面から流出部の圧力測定点までの高さ[m]
 λ : 管摩擦係数[-] L_m : 流出部の圧力測定点までの管長[m]
 L_a : 管長[m] d : 管径[m] ζ : 局部抵抗係数[-]
 H_s : 流出部末端から水面までの高さ[m]
 ρ : 密度[kg/m³] g : 重力加速度[m/s²]

表4 流速の算定式

$$v = \frac{\sqrt{2gH_s}}{\sqrt{\lambda \frac{l}{d} + \sum \zeta + 1}} \quad \dots\dots(2)$$

相当管長 L_e

動水勾配 $I = H_e/L_e$ と $g = 9.8$ を式(2)に代入すると、

$$v = 4.43\sqrt{I} \quad \dots\dots(3)$$

ここに、
 v : 流速[m/s] g : 重力加速度[m/s²] H_s : サイホン水頭[m]
 λ : 管摩擦係数[-] l : 全管長[m] d : 管の内径[m]
 ζ : 局部抵抗係数[-] L_e : 相当管長[m] I : 動水勾配[-]

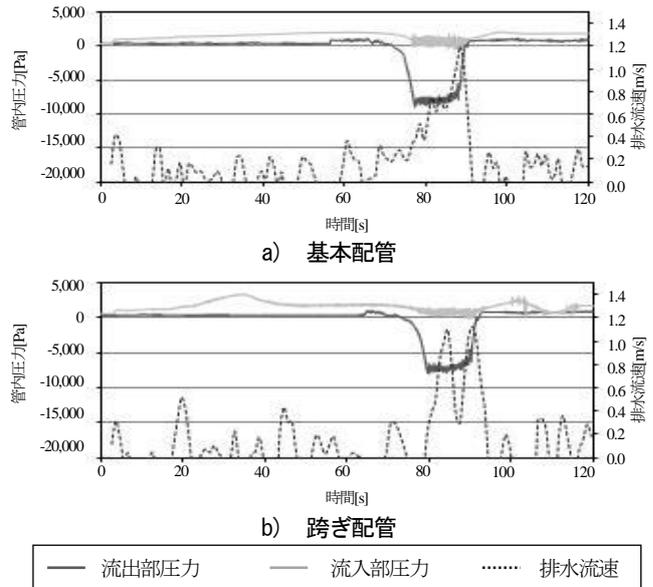


図4 基本配管と跨ぎ配管における管内圧力変動と流速 (ポンプB使用)

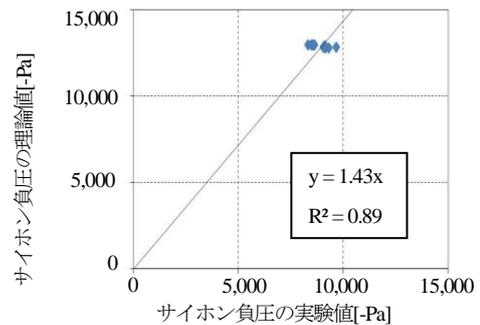


図5 サイホン負圧の実測値と理論値の比較

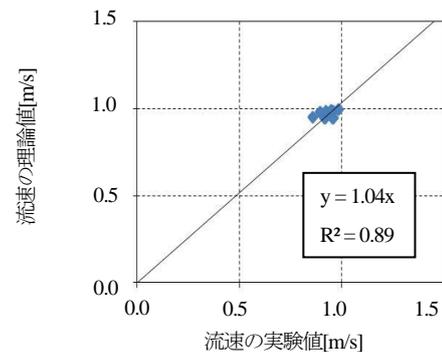


図6 管内流速の実測値と理論値の比較

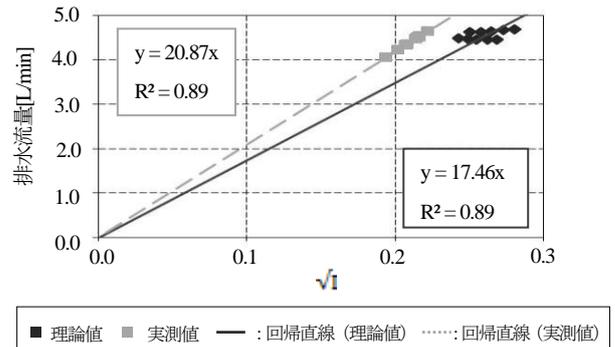


図7 流量線図

たことにより、理論値が小さくなったと考えられる。そのため、今後の課題として塩化ビニルチューブの適当な値の検討が必要である。

(5) サイホン起動時間

跨ぎの高さやポンプの種類に関わらず、測定後は管内に水と空気が混入した状態となり、残水ありの場合においては管内に水と空気が混入した状態のまま測定を開始した。

基本配管を用いた残水なしの場合において、ポンプ A を使用した場合とポンプ B を使用した場合の管内圧力変動の 3 回分の合成と、基本配管を用いた残水ありの場合において、ポンプ A を使用した場合とポンプ B を使用した場合の管内圧力変動の 3 回分の合成をそれぞれ図 8 に示す。残水ありの場合は管内の残水の状況によりランダムにサイホン現象が発生しているが、残水なしの場合のサイホン起動時間はほぼ一致している。よって、残水なしの場合の測定方法がサイホン起動時間を測定するために適した方法と考えられる。

また、ポンプ A とポンプ B それぞれの残水なしの場合におけるサイホン起動時間の 3 回分の測定の平均値と標準偏差を表 5 および表 6 に示す。サイホン起動時間はポンプ A においては 40 秒程度、ポンプ B においては 75 秒程度であった。さらに、跨ぎ高さごとのサイホン起動時間を比較すると、それぞれの差がポンプ A では 3 秒以内であり、ポンプ B で 10 秒以内に収まっていることからサイホン起動時間は、跨ぎ高さに影響しないと考えられる。

3. まとめ

本研究における実験結果を以下に示す。

- 1) 跨ぎの高さ、ドレンアップポンプの給水量および残水の有無に関わらず、すべての条件でサイホン現象の発生が確認された。
- 2) サイホン起動時間は水平管長 10m において、ポンプ A では 40 秒程度、ポンプ B では 75 秒程度を要した。
- 3) サイホン起動時間は、跨ぎの高さに影響しないと考えられる。

今後の課題として、実際の空調ドレンの排水量の実測による検証や、管閉塞時における清掃方法の検討などが挙げられる。

参考文献

- 1) 岡内繁和他：極小径サイホン排水に関する研究-空調ドレン排水のサイホン排水化、空気調和・衛生工学会学術講演論文集, pp. 165-168, 2014
- 2) 田中祐樹他：サイホン排水システムの流れ特性に関する研究(その 7) 立ち上りエルボの排水特性およびサイホン負圧に関する実験、空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集, pp. 751-754, 2010
- 3) 光永威彦他：サイホン排水システムに関する実験的研究(その 5)CFD を用いたサイホン排水配管の流れ特性および流速式の検討、空気調和・衛生工学会学術講演論文集, pp. 1563-1566, 2008

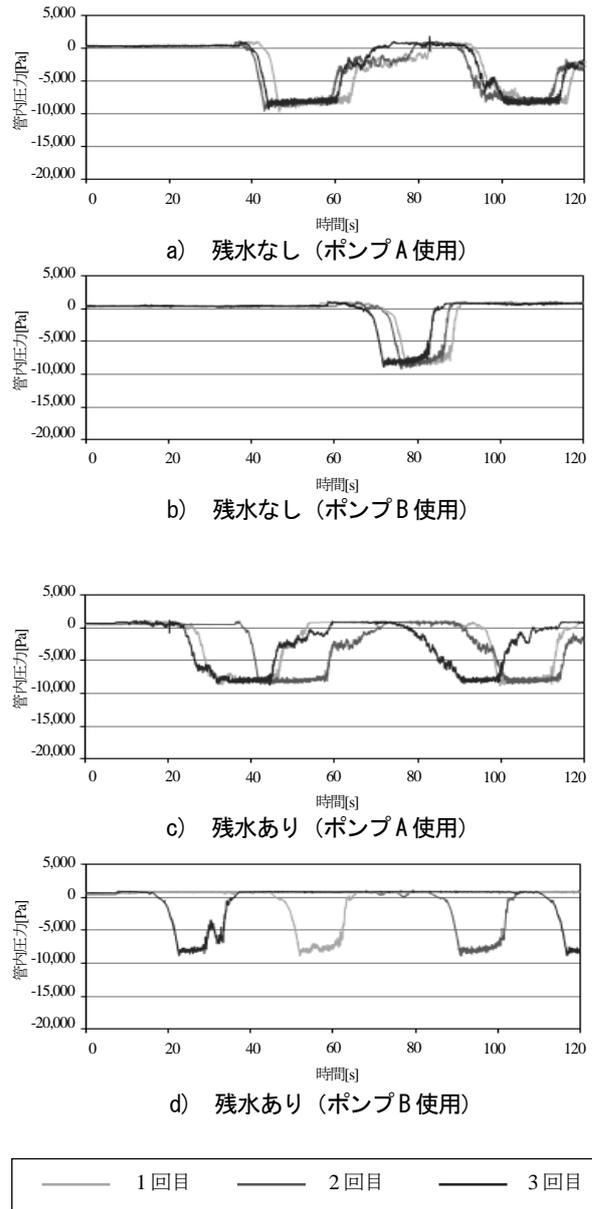


図 8 管内圧力変動の 3 回分の合成 (基本配管)

表 5 サイホン起動時間 (ポンプ A)

跨ぎ高さ[mm]	0	100	200	300	400
平均[s]	41.5	39.5	40.2	41.2	40.9
標準偏差[s]	2.6	1.3	1.2	0.6	2.1

表 6 サイホン起動時間 (ポンプ B)

跨ぎ高さ[mm]	0	100	200	300	400
平均[s]	68.1	77.6	75.8	76.0	78.8
標準偏差[s]	3.0	8.2	7.7	4.9	4.7