

節水化に即した適正配管口径選定に関する研究 Study On Suitable Piping Size Selection By Water-saving

技術フェロー ○松村 佳明 (株)山下設計)

技術フェロー 関 五郎 (住商ビルマネージメント(株))

技術フェロー 仲川 ゆり (東日本旅客鉄道(株))

坂本 武司 (株)タブチ)

技術フェロー 赤井 仁志 (株)ユアテック)

技術フェロー 長谷川 巖 (株)日建設計)

正 会 員 波江野 宏 (清水建設(株))

岡田 大輔 (株)タブチ)

Yoshiaki MATSUMURA*¹ Hitoshi AKAI*² Goro SEKI*³ Iwao HASEGAWA*⁴ Yuri NAKAGAWA*⁵

Hiroshi HAENO*⁶ Takeshi SAKAMOTO*⁷ Daisuke OKADA*⁷

*¹Yamashita Sekkei Inc. *²Yurtec Corporation *³Sumisho Building Management *⁴Nikken Sekkei Inc.

*⁵East Japan Railway Company *⁶Shimizu Kensetsu Corporation *⁷Tabuchi Corporation

This study conducted the fundamental experiment for suitable piping size selection of feed piping and hot water piping. As for the latest sanitary ware, the supply water quantity is decreasing. The piping size corresponding to them is required. The fundamental experiment device was assembled considering the toilet of an office building as a model. Measurement of a flow, hydraulic pressure, and full-of-water time was performed. It was the result of being satisfied with the experiment of a closet in consideration of simultaneous usage factors about a required flow and hydraulic pressure by water supply pressure 0.2MPa.

はじめに

我が国の非住宅系の建築では、大便器にはフラッシュバルブによる洗浄方式の採用事例が多い。海外では、日本とアメリカを除く先進国でのフラッシュバルブ式大便器の採用は稀である。フラッシュバルブ式大便器は流動条件として、必要水压 0.07MPa と瞬時最大給水流量 107ℓ/min を必要とする。また、ロータンク式大便器の流動条件は、必要水压 0.05MPa と瞬時最大給水流量 10~20ℓ/min である。したがって、フラッシュバルブ式大便器を採用することは、ロータンク式大便器を採用した場合に比べ、大きな給水ポンプ能力を必要とすることになる。ロータンク式大便器を採用することで、給水ポンプの瞬時最大流量を削減し、ポンプ揚程も削減することができる。これにより消費電力量や使用水量を削減させ、さらには公共インフラへの負荷削減となり、省エネルギー化・低炭素化が可能になると考えられる。現在、超節水型便器であるロータンク式・タンクレス式便器などの開発が進み、従来に比べ大幅に使用水量が削減している。このことは配管設計法にも影響を与え、従来の配管口径に対する小口径化が十分可能であると考えられる。従来、フラッシュバルブ式大便器が採用される理由として、連続使用可能であることが一因である。しかし、節水化によりロータンクは小型化し給水時間は短縮化され、擬音装置の普及もあり、これら連続使用に対する考え方も見直す時期にあると考えられる。このような背景を踏まえ、超節水型大便器のロータンク式・タンクレス式を採用した小口径配管システム構築のための基礎的研究を実施した。また、超節水大便器のロータンク式・タンクレス式など節水器具を採用した場合の器具同時使用率を含めた給水管径計算法の考え方とその実用性の範囲の検討も視野に入れ、簡易実験とデーターの収集と解析、考察を行ったので報告する。

なお、本実験と解析は(社)空気調和・衛生工学会リノベーション計画と運用での低炭素化技術小委員会(主査:赤井仁、松村佳明)の活動の一環として行った。

1. モデル建築と衛生器具数の設定

衛生器具に接続する配管の小口径化へ向け、その優位性を検証するために、一般的な事務所ビルを想定し試算を行った。また、基準階トイレ器具数の想定は、SHASE-S206-2009 給排水衛生設備基準・同解説により算定を行った。

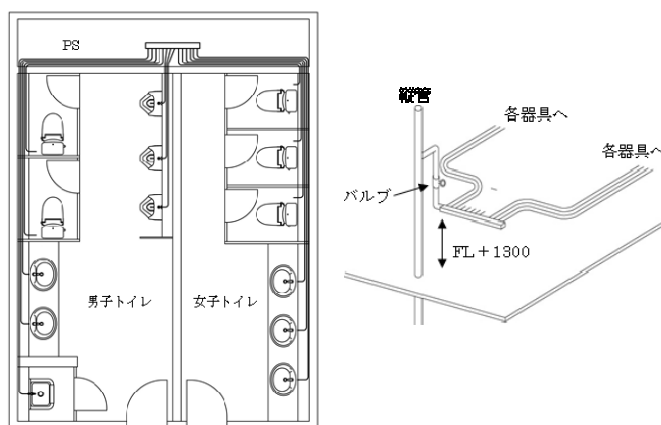


図-1 器具配置図・配管図

[建築概要]

- ・延べ面積 10,000 m²
- ・階数・構造 地上8階 地下1階 S造
- ・基準階床面積 1,200 m²×7階
- ・占有面積 900 m² レンタブル比 75%
- ・1階床面積 専有 400 m² 共用 400 m² 塔屋 50 m²
- ・地階 共用 750 m² (機械室・駐車場他)
- ・階高 1階 5.5m 基準階 4.2m 地階 6.0m

- ・居住人員 基準階の居住人員 男子 54 人 女子 36 人
- ・基準階のトイレ器具数は、事務所の適正器具数算定より「レベル 1」を想定し、男子トイレは大便器 2 個・小便器 3 個・手洗器 2 個、女子トイレは大便器 3 個・手洗器 3 個とした。図-1 に器具配置図・配管図を示す。

2. 給水量及び給水ポンプ能力の試算

近年の給水方式は、高置水槽方式は一部の建物用途に限定され、ポンプ直送方式や直結増圧給水方式の採用事例が増えている。そのため、ポンプの瞬時最大給水量や揚程が直接電力消費に影響を与える。前述したモデル建築による給水ポンプ能力の選定を行い、瞬時最大給水量と消費電力量を想定し比較検討を行う。

2.1 給水量の算定

瞬時最大給水量は SHASE-S206-2009 給排水衛生設備基準・同解説による「新給水負荷単位による方法」により算定を行った。その結果、表-1-1 と表-1-2 により瞬時最大給水量はフラッシュバルブ式大便器の場合 480 ℓ/min、ロータンク式大便器の場合 230 ℓ/min となり、瞬時最大給水量は 50%以上の削減が見込まれる。

表-1-1 瞬時最大給水量（フラッシュバルブ式大便器の場合）

新給水負荷単位	個/階	階	器具計	瞬時最大給水量
男子大便器	5	2	80	480ℓ/min (曲線Cによる)
小便器	3	3	72	
洗面器	1.5	2	24	
女子大便器	8	3	192	
洗面器	1.5	2	24	
計			392	

表-1-2 瞬時最大給水量（ロータンク式大便器の場合）

新給水負荷単位	個/階	階	器具計	瞬時最大給水量
男子大便器	3.5	2	56	230ℓ/min (曲線Bによる)
小便器	3	3	72	
洗面器	1.5	2	24	
女子大便器	5	3	120	
洗面器	1.5	2	24	
計			296	

2.2 給水ポンプ動力（消費電力量）の算定

a. フラッシュバルブ式大便器の場合

- ・ポンプと最上階器具の高低差に相当するヘッド 37.0m
- ・配管の摩擦損失ヘッド（直管・継手・弁類等）
継手・弁類は直管部と等しいと想定する。
 $(0.3\text{kPa/m} \times 50.0\text{m} / 9.81) \times 2 = 3.1\text{m}$
- ・フラッシュバルブ式大便器必要水压に相当するヘッド
 $70\text{ kPa} / 9.81 = 7.1\text{m}$
- ・給水ポンプの揚程
 $37.0\text{m} + 3.1\text{m} + 7.1\text{m} = 47.2\text{m}$
- ・給水ポンプの動力
給水ポンプの効率を 60%、伝動効率を 1.0、余裕率 1.1 とする。
 $(0.163 \times 480\ell/\text{min} \times 47.2\text{m} / 0.6 \times 1.0) \times 1.1 \times 10^{-3}$

$$= 6.2\text{kw}$$

b. ロータンク式大便器の場合

- ・ロータンク式大便器必要圧力に相当するヘッド
 $50\text{kPa} / 9.81 = 5.1\text{m}$
- ・給水ポンプの揚程
 $37.0\text{m} + 3.1\text{m} + 5.1\text{m} = 45.2\text{m}$
- ・給水ポンプの動力
 $(0.163 \times 230\ell/\text{min} \times 45.2\text{m} / 0.6 \times 1.0) \times 1.1 \times 10^{-3}$
 $= 2.8\text{kw}$

フラッシュバルブ式大便器の場合の動力は 6.2kw、ロータンク式大便器の場合の動力は 2.8kw となり、50%以上の電力量の削減が見込まれる。

2.3 配管口径の適正化

従来から、設計実務での衛生器具への接続配管口径は、フラッシュバルブ式大便器は 25mm、ロータンク式大便器、フラッシュバルブ式小便器、手洗器は 20mm が採用されてきた。現在の節水化された衛生器具の瞬時最大給水流量は、ロータンク式大便器 10ℓ/min、フラッシュバルブ式小便器 13ℓ/min、手洗器 2.5ℓ/min である。これらの流量では、器具接続口径は 16mm、13mm まで減径することは可能であると考えられる。小口径化で懸念される事項は、配管内の流速の増加によるウォーターハンマと配管の圧力損失の増加である。ウォーターハンマについては器具側で解消されつつある。配管の圧力損失の内訳は、前述により「ポンプと最上階器具との高低差」と「最上階器具の必要水压に相当する各ヘッド」が、全体のほぼ 9 割以上を占める。主管を従来の設計法による配管口径とすれば、横枝分岐以降の給水管での小口径配管化による圧力損失の増加はわずかである。

3. 実験方法

3.1 実験内容

前述のモデル建築により、衛生器具の同時使用による流量及び圧力値が、給水配管の小口径化により各衛生器具に設定された最低使用条件に適合するかを実験する。配管方式は、小口径化に向けた検討とするため、従来の先分岐方式ではなくヘッダ方式で検討した。図-2 に試験装置の概要図を示す。給水タンクに貯水した水をコンプレッサー・圧力タンク・ポンプにより構成される加圧装置により圧送する方式とした。ヘッダ以降は各衛生器具を想定したロータンク・小便器用フラッシュバルブ・手洗い水栓を 13mm の配管で接続した。供給する給水圧力については 8 パターン（0.10・0.15・0.20・0.30・0.40・0.50・0.60・0.70MPa）とした。計測は、大便器、小便器、手洗器各 1 台ずつの場合について実施した。さらに、大便器 5 台、小便器 3 台、手洗器 5 台の同時使用率を考慮した計測パターンに分け計測を実施した。同時使用率を考慮した計測パターンについては表-2 に示す。計測項目は、各衛生器具直近の流量・動水圧力・ロータンクの満水時間・小便器の通水時間とした。

洋風大便器及び小便器の始動操作は手動により行い、各器具直近に設置した電磁式流量センサーと圧力変換器にて流量と動水圧力を計測し、計測された数値はメモリーハイロガーとデータ記録用ノートPCに記録する方法とした。

3.2 実験器具

ロータンク式とタンクレス式（小型タンク併設型）は、必要水压 0.05MPa と瞬時最大給水流量が 10～13ℓ/min であり、給水特性が近似している。そのため実験用大便器としては、ロータンク式を選定した。その他小便器は必要圧力 0.07MPa ・瞬時最大給水流量 13ℓ/min のものを選定した。その他実験に使用した器具類は下記の通りである。

- ・衛生器具 洋風大便器（ロータンク） 小便器フラッシュバルブ 手洗器
- ・配管材料 アルミ三層管 アルミ三層管継手 青銅鋳物製ヘッダ
- ・配管長さ ヘッダ二次側 5m（全衛生器具への接続配管長さを同一長さに統一）
- ・配管口径 管及び継手 13mm ヘッダ 40mm

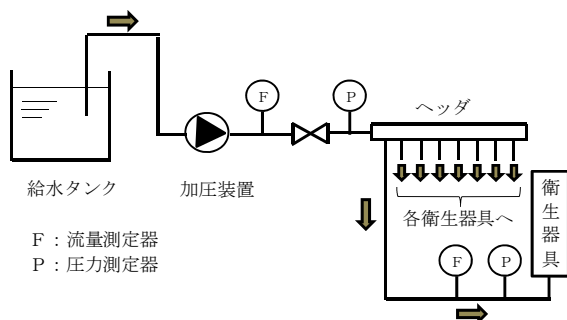


図-2 試験装置概要図

表-2 計測パターン

	大便器 (台)	小便器 (台)	手洗器 (台)	同時使用率 (%)
パターン1	1	0	0	—
パターン2	0	1	0	—
パターン3	0	0	1	—
パターン4	5	3	5	100
パターン5	3	2	3	63
パターン6	2	1	2	43
パターン7	1	1	1	23

4. 実験結果

4.1 ロータンクの満水時間

ロータンクへの給水完了までの時間帯は、大便器を使用することができないと仮定した場合、ロータンクが満水なるまでの時間が、使用者へのサービスレベルに影響を与える。そのため、ロータンクへの給水が完了するまでの時間を計測し、サービスレベルの評価を行った。サービスレベルを評価する目安として利用頻度の高い駅舎ビルの器具利用時間を専用時間とみなし評価した。既報¹⁾の文献調査により駅舎トイレでの男子大便器の器具利用時間は約 266 秒である。表-3にM駅男子トイレにおける器具利用時間を示す。

本実験結果から、大便器の給水時間は給水圧力 0.1MPa の時に最長で約 45 秒であり、サービスレベルの低下には繋がらないと考えられる。

表-3 M駅男子トイレにおける器具利用時間

器具種	設置数 (台)	平均利用時間 (秒)
大便器	4	266
小便器	13	36

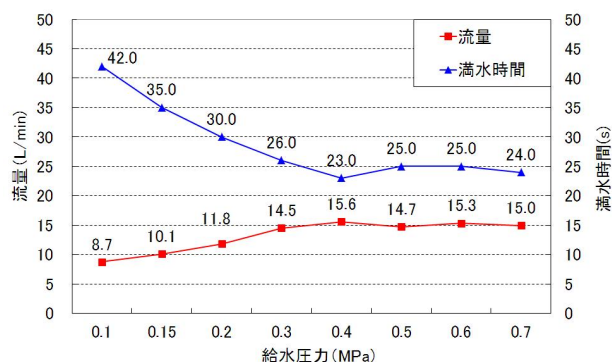


図-3-1 給水圧力と流量・満水時間(パターン1)

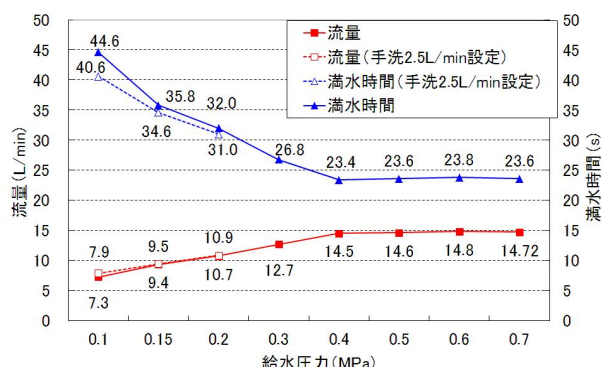


図-3-2 給水圧力と流量・満水時間(パターン4)

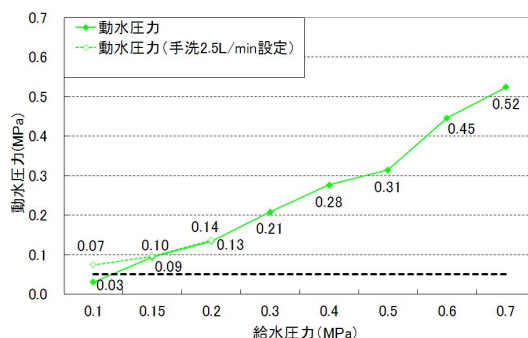


図-3-3 給水圧力と動水圧力(パターン4)

4.2 洋風大便器

図-3-1は計測パターン1の各給水圧力での流量と満水時間の関係を示す。また、図-3-2と図-3-3は計測パターン4の各給水圧力での流量と満水時間及び動水圧力の関係を示す。満水時間は、給水圧力 0.1MPa で最大 2.6 秒の差がでるが、他の給水圧力ではほとんど差がない。また、何

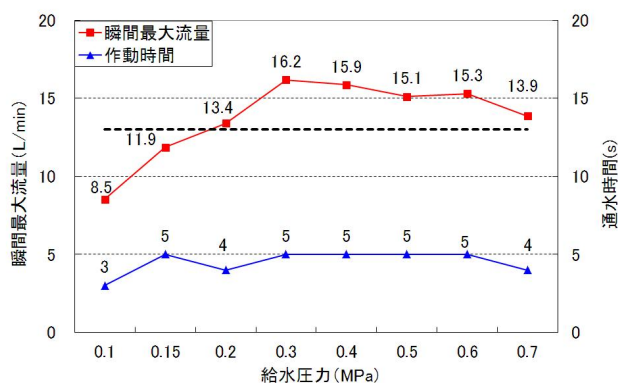


図-4-1 給水圧力と瞬間最大流量・通水時間(パターン1)

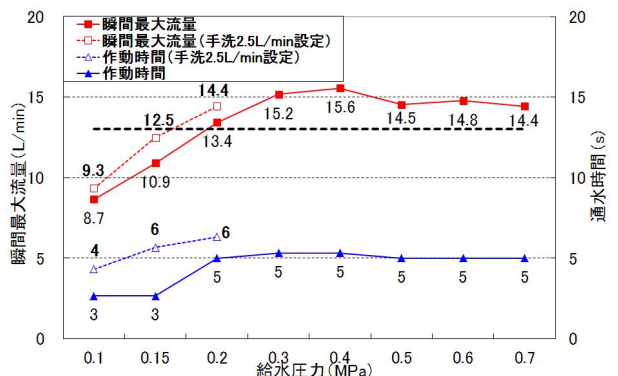


図-4-2 給水圧力と瞬間最大流量・通水時間(パターン4)

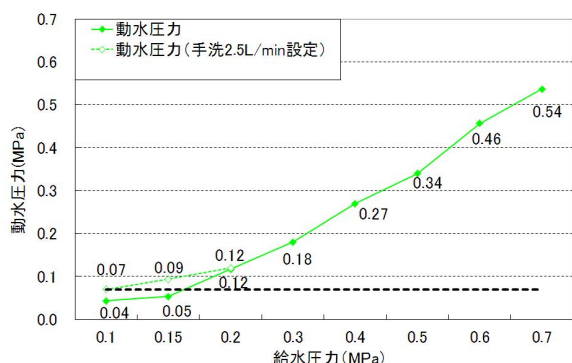


図-4-3 給水圧力と動水圧力(パターン4)

れのパターンにおいても給水圧力 0.4MPa 以上では、ロータックへの流量、満水時間は一定となる傾向を示した。流量 10ℓ/min を満足するのは、計測パターン 1 では、給水圧力 0.15MPa 以上、計測パターン 4 では 0.2MPa 以上であった。また、必要水圧（動水圧力）0.05MPa は、計測パターン 4 では 0.1MPa において不足する結果となった。

4.3 小便器

図-4-1 はパターン 1 の各給水圧力での瞬間最大流量と通水時間の関係を示す。また、図-4-2 と図-4-3 はパターン 4 の各給水圧力での瞬間最大流量と通水時間及び動水圧力の関係を示す。給水圧力 0.15MPa 以下の場合、いずれのパターンにおいて、器具が必要とする流量 13ℓ/min、必要水圧（動水圧力）0.07MPa を満足することができなかった。いずれのパターンにおいても必要流量 13ℓ/min、必要水圧（動水圧力）0.07MPa を満足するためには、給水圧力は

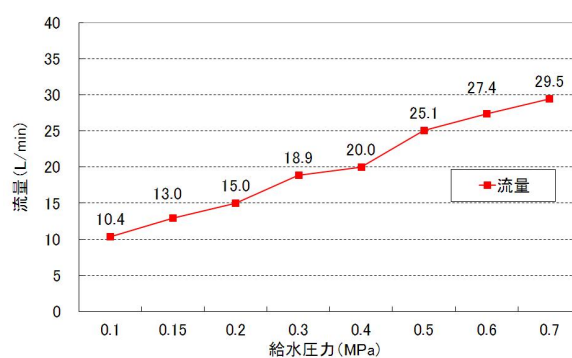


図-5-1 給水圧力と流量(パターン4)

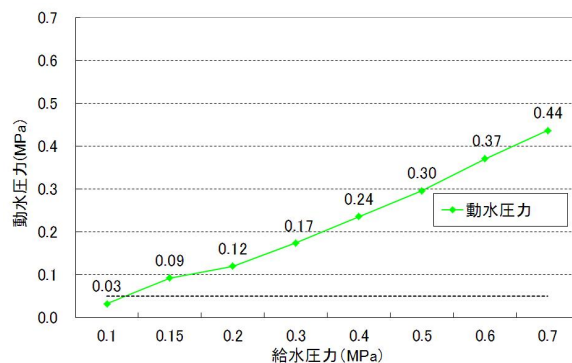


図-5-2 給水圧力と動水圧力(パターン4)

0.2MPa 以上必要とする結果となった。給水圧力が 0.3MPa 以上となると、流量はパターンに関係なく概ね 14～16 ℓ/min で安定した傾向を示す。

4.4 手洗器

図-5-1 と図-5-2 はパターン 4 の各給水圧力での流量及び動水圧力の関係を示す。パターン 4 は、給水圧力 0.1MPa では、器具が必要とする必要水圧（動水圧力）0.05MPa を満足できる結果にはならなかった。

4.5 追加実験

洋風大便器、小便器、手洗器において必要とされる流量・必要水圧が不足する計測パターンがあった。手洗器は、図-5-1 に示すように給水圧力 0.1MPa での流量が多く、給水圧力の上昇とともに流量が増加していることから、手洗い水栓の水量を 2.5 ℓ/min に固定して追加実験を行った。図-3-2 と図-3-3 に示すように洋風大便器は給水圧力 0.1MPa で必要水圧（動水圧力）0.05MPa を満足したが、流量には大きな変化は見られなかった。図-4-2 と図-4-3 の小便器は、動水圧力・流量とも上昇は見られたが、給水圧力 0.1MPa では流量を満足する結果には至らなかった。

参考文献

- 1) 横倉正理、仲川ゆり、石間計夫：駅舎トイレでの利用者の動線について、日本建築学会大会学術講演梗概集（東北）2009 年 8 月
- 2) 関五郎ほか：節水化に即した給水・給湯配管の適正口径選定のための基礎的実験（第 1 報）（第 2 報）、空気調和・衛生工学会東北支部第 1 回学術・技術報告会論文集