排水横主管での合流排水を考慮した排水立て管システムの 排水能力試験法に関する研究

その1 合流排水試験法と管路網モデルの提案・検討

STUDY ON THE TESTING METHOD FOR STACK SYSTEM DRAINAGE PERFORMANCE IN CONSIDERATION OF COMBINED DRAINAGE IN THE HOUSE DRAIN

Part 1 Combined drainage testing method and proposal and discussion of the drainage performance prediction technique using the pipe network model

大塚 雅之*, 鈴木 孝彦**

Masayuki OTSUKA and Takahiko SUZUKI

The study proposed and clarified three points based on the results of the combined drainage experiment using a plural number of single stack systems with JIS - DT fittings. These points are: (1) the proposal of a testing apparatus and evaluation method to measure the influence of combined drainage above the house drain, (2) the proposal of a model for predicting the drainage performance of single stack systems in consideration of the influence of combined drainage and the examination of the models' suitability based on the pipe pressure variation as an index, and (3) as feedback of the piping design the examination of the determination method for the allowable flow rate of the house drain in consideration of combined drainage as well as the discussion about the piping method for arranging the stack system with the horizontal fixture drain branch which is located at the bottom of the system.

Keywords : drainage performance, combined drainage system, single stack system,
prediction of pipe pressure, allowable flow rate for the house drain

排水能力, 合流排水システム, 伸頂通気方式, 管内圧力値の予測, 排水横主管の許容流量

1. はじめに

排水立て管システムの排水能力を把握するための試験法には、空気調和・衛生工学会規格 SHASE-S218-1999「集合住宅の排水立て管システムの排水能力試験法」がある¹⁾。同試験法では、排水立て管と長さ 5[m]程度のストレートの排水横主管で構成されたシステム(以下、排水立て管システム)の排水能力が決定できる。同試験法の策定後、それを用いて実施した数々の排水能力試験が実施されてきた。その結果より、供試排水立て管システムの排水横主管部の通気抵抗が上・中層階に生じる通気抵抗に比べ小さいため、正圧の影響が少なく、システム上・中層階に発生する負圧によって排水能力が決定される場合が非常に多いことが指摘されてきた²⁾³⁾。また、同試験法を適用した場合の伸頂通気方式の排水立て管システムの排水能力予測に関しては、その手法の基本的な考え方は確立され、多様なシステムへの展開を視野に入れ、その信頼性や拡張性を検証する段階に入っている^{2)4)~7)}。

これに対し、実在の集合住宅の排水システムでは、同試験法で用いる程度の長さの排水横主管(以下、一次排水横主管)を有する複数の排水立て管システムが、さらに大きな口径で長さもそれを超える排水横主管(以下、二次排水横主管)にヘッド配管状に接続される場合が多い⁸⁾。このような配管形態では、各系統からの排水が二次排水横主管上で合流するために合流部の通気抵抗が増し、それによって過渡的な正圧変動が下層階に生じる。その結果、排水横枝管

図1 排水立て管システムの排水能力と排水横主管の許容流量値の検討フロー

※) 図中の節、項番号は本報の本文と対応

* 関東学院大学工学部建築学科 教授・工博

** 関東学院大学大学院工学研究科博士前期課程 大学院生

Prof., Dept. of Architecture, College of Engineering, Kanto-gakuin Univ., Dr. Eng.
Graduate Student, Graduate School of Engineering, Kanto-gakuin Univ.

に接続されたトラップの封水が跳ね出す危険性が高まり、排水能力の低下を招くことが指摘されてきた^{9) 10)}。しかし、未だ複数の排水立て管システムからの合流排水を考慮した場合の排水能力試験法と、排水能力予測手法は提案されていない。最近の CIBW062 国際シンポジウムでの研究報告においても、合流排水時等で発生する過渡的な正圧変動の予測手法の提案とその解析に関心が寄せられている。¹¹⁾

そのような背景から、本研究ではまず、複数の伸頂通気方式の排水立て管システムからの排水が二次排水横主管上で合流する場合の合流影響を確認するための試験装置と、排水能力の確認方法の提案を行う。次に、それを用いた場合の排水立て管システムの排水能力に及ぼす影響を予測する管路網モデルを提案し、管内圧力変動を指標にその妥当性を検討する。さらに、配管設計へのフィードバックとして、合流排水を考慮した場合の二次排水横主管の許容流量、排水立て管において最下部の排水横枝管接続位置と二次排水横主管との垂直高さ（以下、最下階排水横枝管接続高さ）についても考察する。

2. 合流排水の影響を考慮した排水能力の予測手法

図 1 に、排水立て管システムの排水能力と排水横主管の許容流量の検討フローを示し、その概要を以下に述べる。

2.1 供試排水システム

実験は、関東学院大学敷地内に建つ建築環境設備シミュレーションタワーを用いて行った。図 2 に、排水横主管での合流排水影響を検討するための供試排水システムを示す。同システムは、排水能力の評価対象となる高層用排水立て管システム（以下、排水立て管[1]）と、それに接続する二次排水横主管、合流を目的とした 2 系統の排水立て管システム（排水立て管[2]、[3]）から構成される。排水立て管[1]のみからの排水（以下、単独排水）に対し、順次排水立て管[2]、[3]からの合流排水を加えていく（以下、2 系統合流、3 系統合流）。排水立て管システムと二次排水横主管の接続位置は、SHASE-S206 に準拠し、各排水立て管の管芯より跳水現象のおさまる 3m 以上の距離を確保した。

各排水立て管は呼び径 100A（実内径 103mm）、一次排水横主管径は呼び径 125A（実内径 131mm、こう配 1/150）とし、二次排水横主管径は 2 系統合流時には呼び径 125A（実内径 131mm、こう配 1/150）、3 系統合流時には呼び径 150A（実内径 155mm、こう配 1/150）の配管を利用する。SHASE-S206 で規定する排水横主管の管径別の最小こう配は、125A では 1/150、150A では 1/200 とされているが、本報では、管径の違いによる管内圧力特性を比較するために、125A に合わせて両者とも 1/150 とした。また、各伸頂通気管頂部には、JIS-B-8330-1981 規格のベルマウスを設置することを標準とした。以降で、通気流量を変化させる実験を実施する場合は、通気抵抗として内径 103mm の伸頂通気管径に対し、3 種類の穴径のオリフィス板を適宜、設定する。それらの穴径は 80mm（通気抵抗係数 $\zeta=4.84$ ）、50mm（ $\zeta=40.58$ ）、30mm（ $\zeta=290.67$ ）とする。

現行の SHASE-S218 では、供試排水立て管システムに接続する最下階排水横枝管と排水横主管との間の垂直高さ、すなわち、最下階排水横枝管高さをタイプ A、B の 2 つの場合を用意し、いずれかの条件で試験を行なっている。タイプ A は、その距離を標準高さ値で $\{(2.6 \sim 3.2\text{m}) + (0.5 \sim 1.5\text{m})\}$ 、タイプ B の同値は、0.5m～1.5m としているので図中に各タイプの最小から最大の範囲も示した。3. の結果および考察で述べる排水立て管システムの排水能力と二次排水横主管の許容流量値

図 2 合流排水用供試排水システム
※) 最下階排水横枝管接続高さ

表 1 排水負荷階と負荷流量パターン

排水立て管系統		1	2	3	1	2	3	1	2	3
排水負荷階		9F	4F	4F	9F	4F	4F	9F	4F	4F
単独排水※)	各系統[L/s]	1.0			1.5			2.0		
	合計[L/s]		1.0		1.5			2.0		
2系統合流	各系統[L/s]	1.0	1.0		1.5	1.5		2.0	2.0	
	合計[L/s]		2.0		3.0			4.0		
3系統合流	各系統[L/s]	1.0	1.0	1.0	1.5	1.5	1.5	2.0	2.0	2.0
	合計[L/s]		3.0		4.5			6.0		7.5

※) 単独排水は、排水負荷階を 9, 8, 7, 6, 5, 4 階まで順次変化させて与える。

は、主にタイプ B の場合を想定して検討する。また、最後に、3. 4 ではタイプ A の場合を考慮し、同様に検討する。

2.2 排水負荷方法

SHASE-S218 に準拠し、決定した排水負荷階と各排水立て管に与える排水負荷流量のパターンを表 1 に示す。単独排水負荷は、排水立て管[1]を用い、負荷階は 9、8、7、6、5、4 階の各階より別々に与える。各階から与える排水負荷の流量は、1.0～2.5[L/s]まで、0.5[L/s]刻みで増加させる。合流排水負荷は、排水立て管[1]には最上階となる 9 階より、他系統の排水立て管[2]、[3]には、最上階となる 4 階より各々与える。

管路網説明図

図3 3系統合流排水時の管路網モデル図

図4 平均圧力を用いた管内圧力分布とその区分の説明図

図5 圧力変動の最大値・最小値を用いた管内圧力分布の説明図

2.3 測定項目・方法および判定条件

測定項目および方法は、伸頂通気管内風速変動 W を熱線風速計で、排水立て管システムの各階圧力変動 P を小型半導体型圧力センサで測定する。計測方法、データ処理方法の詳細は、既報⁽⁴⁾に準拠した。判定条件は、SHASE-S218に準拠し、対象となる排水立て管[1]の排水横枝管に生ずるシステム最大値・システム最小値が $\pm 400\text{Pa}$ 以内であることとする。

2.4 研究方法

図3に、図2の供試排水システムの管路網解析モデルを示す。

(1) 複数系統の排水立て管システムでの通気流量の予測

既報⁽⁴⁾⁽⁵⁾に基づき、各域抵抗 ①_A 域、 ①_S 域、 ②_A 域、 ③_A 域の通気抵抗による圧力損失を式(1)、 ④_A 域の全吸引力を式(3)より算出する。各域の説明は、既報⁽⁴⁾⁽⁵⁾で述べたとおりである。 ①_A 域は、伸頂通気管頂部の局部通気抵抗、 ①_S 域は、直管部の摩擦抵抗を示す。合流排水では、新たに ⑤_A 域の二次排水横主管での合流抵抗を考慮し、各排水立て管系統ごとの通気抵抗係数 $\zeta_{1\text{⑤} \rightarrow 0}$ 、 $\zeta_{2\text{⑤} \rightarrow 0}$ 、 $\zeta_{3\text{⑤} \rightarrow 0}$ を実験結果より式(2)を用いて求める。

$$P_{i(\text{①} \sim \text{③})} = \zeta_{i(\text{①} \sim \text{③})} \times \frac{\rho}{2} \times \left(\frac{Q a_i}{A_s} \right)^2 \quad \text{..... (1)}$$

$$P_{i\text{⑤}} = \zeta_{i\text{⑤} \rightarrow 0} \times \frac{\rho}{2} \times \left(\frac{Q a_i}{A_H} \right)^2 \quad \text{..... (2)}$$

$$\frac{P}{L} = \left(\frac{\Delta P}{\Delta L} \right)_{i\text{④}} \times Z_i \quad \text{..... (3)}$$

各排水立て管の通気流量を $Q a_1$ 、 $Q a_2$ 、 $Q a_3$ とすると変数が3つとなる。

図3中の管路説明図に示すように、排水立て管[1]から二次排水横主管末端[0]に至る管路網の全抵抗と、吸引力のバランス式を式(4)、同様に排水

立て管[2]から[0]、排水立て管[3]から[0]に至る各管路網の場合も式(5)、式(6)とし、それらの連立方程式を逐次近似法を用いて解き、 $Q a_1$ 、 $Q a_2$ 、 $Q a_3$ を求める。

$$f(Q a_1, Q a_2, Q a_3) = 0 \quad \text{..... (4)}$$

$$g(Q a_1, Q a_2, Q a_3) = 0 \quad \text{..... (5)}$$

$$h(Q a_1, Q a_2, Q a_3) = 0 \quad \text{..... (6)}$$

(2) 平均圧力の最小値 $Pave(max)$ と最小値 $Pave(min)$ の予測

図4を用い、排水立て管[1]の各階平均圧力分布 $Pave(k)$ を描き、排水立て管システムに生ずる最大値 $Pave(max)$ 、最小値 $Pave(min)$ を求める。その手順を、以下に述べる。(1)で求めた $Q a_1$ を用い、式(1)、(2)より、 $P_{1\text{①}}$ 、 $P_{1\text{②}}$ 、 $P_{1\text{③}}$ 、 $P_{1\text{④} \rightarrow 0}$ を求める。その圧力損失の合計と、式(3)の Z_i に排水立て管基部から最大負圧の発生する階（本報では、負荷階より一階下層）までの高さ Z_i を、代入した値との差を $P_{1\text{③}}$ を基準に各階の補正值 $P_{1\text{③}(j)}$ を式(7)より求め、各階の平均圧力分布 $Pave(k)$ を求める。式(7)の定数値 a は、後述の図9中に示す。

$$P_{1\text{③}(j)} = e^{-aZ_j} \times P_{1\text{③}} \quad \text{..... (7)}$$

(3) システム最大圧力 $Psmax$ 、最小圧力 $Psmmin$ の予測

既報⁽²⁾⁽⁷⁾でも提案しているとおり、変動成分を含む各階(k)の圧力変動の最大値 $Pmax(k)$ 、最小値 $Pmin(k)$ は、図5を参考に各階の平均圧力 $Pave(k)$ と標準偏差 $\sigma_{1(k)}$ 、 $\sigma_{2(k)}$ を用い、式(8)、(9)より求める。 $N_{1(k)}$ 、 $N_{2(k)}$ は、定数とする。これより、評価対象とした排水立て管[1]でのシステム最大値 $Psmax$ 、最小値 $Psmmin$ を決定する。

$$Pmax(k) = Pave(k) + \sigma_{1(k)} \times N_{1(k)} \quad \text{..... (8)}$$

$$Pmin(k) = Pave(k) + \sigma_{2(k)} \times N_{2(k)} \quad \text{..... (9)}$$

(4) 排水立て管[1]の排水能力 Q_{sc} と二次排水横主管の許容流量値 Q_{hc}

(3)より求めた P_{smin} 、 P_{smax} を指標に、2.3の判定条件下で排水可能となる最大排水負荷流量を、排水立て管[1]の排水能力値 Q_{sc} として求める。また、それを満足し、排水可能な二次排水横主管の許容流量値 Q_{hc} と、最下階排水横枝管接続高さ h_b についても検討する。

3. 結果および考察

3.1 通気流量と平均圧力分布

(1) 各域の通気特性

図3の管路網モデルの計算を行うために必要となる排水立て管[1]の通気流量 Q_{a1} と、②域、③域の通気抵抗 $\zeta_{1②}$ 、 $\zeta_{1③}$ 、吸引力 $(\Delta P/\Delta L)_{1②}$ の関係を図6(1)、(2)、(3)に示す。以下で、排水立て管[2]、[3]の通気流量 Q_{a2} 、 Q_{a3} の計算にも同図を用いる。さらに、同図(4)に、各排水立て管を流下する合計通気流量の合計 Q_a に対する各系統

の通気流量の比である (Q_{a1}/Q_a) 、 (Q_{a2}/Q_a) 、 (Q_{a3}/Q_a) と、合流⑤域の各通気抵抗係数 $\zeta_{1⑤-0}$ 、 $\zeta_{2⑤-0}$ 、 $\zeta_{3⑤-0}$ の関係を示す。同図(1)、(2)、(3)には、単独排水時と合流排水時の各々の結果を載せた。これより、③域の $\zeta_{1③}$ が低流量の排水負荷となる1.0[L/s]の場合に多少ばらつくが、その他の排水負荷流量値は、単独排水と合流排水ともに、各負荷流量毎に同一の回帰式を用いて整理ができるものと見なせる。また、同図(4)より評価対象となる排水立て管[1]において、 $\zeta_{1⑤-0}$ は各系統からの排水流量が1.0~1.5[L/s] (合計負荷流量 $Q_w=3.0\sim4.5$ [L/s])までは10程度、2.0[L/s] ($Q_w=6.0$ [L/s])では25程度となり、合流系統数が2系統、3系統でもその差異は顕著に見られない。しかし、2.5[L/s] ($Q_w=7.5$ [L/s])では合流系統数が多い3系統の方が大きく、両者に差異が見られた。排水立て管[2]、[3]側の通気抵抗係数 $\zeta_{2⑤-0}$ 、 $\zeta_{3⑤-0}$ には、各系統からの排水負荷流量が同じであれば合流系統数と合流位置の違いによる差異は、ほとんど生じなかった。

図6 各域の②、③、合流⑤域の通気抵抗係数と④域の吸引力

※図6(2)、(3)、(4)の凡例記号はすべて(1)と同じ

(2) 各階平均圧力分布と $Pave(min)$ 、 $Pave(max)$ の予測

(1) で述べた各域の通気特性データをもとに、各系統別の通気流量 Q_{a1} 、 Q_{a2} 、 Q_{a3} を算出し、実測値と比較した結果を図 7 (1)、(2) に示す。排水立て管 [2]、[3] において、低流量の排水負荷の場合、先に述べた図 6 (2) の③域でのばらつきも影響するため Q_{a2} 、 Q_{a3} が 10 ~ 15 [L/s] の範囲で実測通気流量と予測値との間に大きな差が生じた。しかし、排水能力値付近の通気流量となる 20 ~ 25 [L/s] の範囲では、各系統ともに計算値と実測値の差はそれより小さくなる。よって、実用上は、この計算データと解析方法は有効であると考えられる。

この計算結果を用いて、2.4 (2) の手順で各階平均圧力分布を描く。その際に、基点となる②域の最大負圧の発生階を特定することが重要である。既報⁵⁾において負荷階の 1 階分下層 (負荷階より 3m 下方) に $Pave(min)$ が発生するものと見なして計算を行ってきたが、正しくは、負荷流量、通気流量の変化や排水立て管システムの種類によってその位置は異なる⁶⁾⁷⁾。よって、図 8 は、排水直下階 (8 階) 以外に $Pave(min)$ が発生した場合の圧力と 8 階の平均圧力 $Pave(8)$ との差の絶対値 $|\Delta Pave(min)|$ を負荷条件ごとに示したものである。

これより、本実験での単独排水や合流排水時の範囲では、 $|\Delta Pave(min)|$ は最大でも 6Pa 程度と非常に小さく、判定基準値の 2% 以下の圧力に当たるため、本実験範囲では、実用計算上は、負荷階の直下階を基準値として各階の平均圧力分布を描いても支障はないものと判断した。また、図 4 の手順で各階の圧力分布を描く場合の補正式 (式 (7)) を用いて図 9 より求め、同図中に示した。その結果をもとに、2 系統、3 系統から合流排水を行った場合の各排水負荷流量の各階平均圧力の実測値と予測値を図 10 (1)、(2) に示し比較した。

図 7 通気流量の実測値と予測値の比較

※) ベルマウス、オリフィスを使用

※) Bs : ベルマウスのみ、o80 : オリフィス径 80mm で各々 2 回実施。
2.0 [L/s]、2.5 [L/s] では、常に 8 階に $Pave(min)$ が生じたので、プロット点はない。

図 8 排水負荷直下階以外の階に $Pave(min)$ が発生したときの圧力差

同図より各階の両値はほぼ一致しており、この中よりピークとなる $Pave(min)$ 、 $Pave(max)$ を読み取り、同様に図 11 (1)、(2) に示した。両値は、±400Pa 以内で良く一致していた。

図 9 $P_{8(2)}/P_{8(1)}$ と Z_j の関係

※) ベルマウス、オリフィスを使用

図 10 管内平均圧力分布 $Pave(8)$ の実測値と予測値の比較

※) ベルマウスのみを使用

図 11 $Pave(max)$ 、 $Pave(min)$ の実測値と予測値の比較

※) ベルマウス、オリフィスを使用

3.2 $P_{min(k)}$, $P_{max(k)}$ の管内圧力分布と Ps_{min} , Ps_{max} の予測

各階の最小圧力 $P_{min(k)}$ と、最大圧力 $P_{max(k)}$ を式(8)、(9)より求める。以下では、標準偏差 $\sigma_{1(k)}$ 、 $\sigma_{2(k)}$ と定数 $N_{1(k)}$ 、 $N_{2(k)}$ について検討する。 $\sigma_{1(k)}$ 、 $\sigma_{2(k)}$ の高さ別(階数別)分布を、図12に示す。これより、排水負荷流量が大きいかほど、また、下層階ほど $\sigma_{1(k)}$ 、 $\sigma_{2(k)}$ は大きくなる傾向にある。また、2系統合流と3系統合流の両者で、各系統での負荷流量が2.0[L/s]までは同一負荷流量で差異は小さいが、2.5[L/s]では3系統合流排水の方が、各階で大きな値となり、変動が激しくなることがわかった。

図13には式(8)、(9)を変形し、 $\sigma_{1(k)}$ 、 $\sigma_{2(k)}$ と $(P_{min(k)} - P_{ave(k)})$ 、 $(P_{max(k)} - P_{ave(k)})$ の関係を示す。図中のプロット点は、各階全ての点を示したもので、回帰式の直線の傾きが $N_{1(k)}$ 、 $N_{2(k)}$ となる。図中の回帰式は、2系統合流の場合と3系統合流の場合で分けて引いた。

図14は、図13に示す2系統、3系統の各合流時の $N_{1(k)}$ 、 $N_{2(k)}$ を用いて、各階の $P_{min(k)}$ 、 $P_{max(k)}$ を求め、実測値と予測値を比較した結果である。これより、 Ps_{min} 、 Ps_{max} を読み取り図11と同様に比較したのが、図15(1)、(2)である。 Ps_{min} は-400Pa以内において実測値と予測値の差は±10%以内にほぼおさまる、よく一致している。しかし、 Ps_{max} は+400Pa～+500Pa付近でばらつきが大きくなる。図13より求めた各階ごとの $N_{1(k)}$ 、 $N_{2(k)}$ は、表2に示すとおりである。 Ps_{min} を求めるための $N_{2(k)}$ は、2系統、3系統の各合流とも-1.96

図12 標準偏差 $\sigma_{1(k)}$ 、 $\sigma_{2(k)}$ と高さ H の関係
※) ベルマウスのみを使用

図13 $\sigma_{1(k)}$ 、 $\sigma_{2(k)}$ と $(P_{min(k)} - P_{ave(k)})$ 、 $(P_{max(k)} - P_{ave(k)})$ の関係
※) ベルマウス、オリフィスを使用

～-2.99と値も小さいため、図13で一律として求めた $N_{2(k)}$ を用いても適用できた。

しかし、 $N_{1(k)}$ は、2系統合流で3.51～4.86、3系統合流で4.27～5.36となり、合流系統数が多いほど上層階と下層階での差が大きいため、ばらつきが大きくなったものと推察できる。

そこで、合流排水時に排水能力を判定する上で、重要となる最下階1階～3階部分の $N_{1(1)} \sim N_{1(3)}$ について、それらの平均値を求め、同様に比較したものを図15(3)に示した。その結果、 $N_{1(k)}$ 値を下層階に限定することで、判定基準値+400Pa以内では、おおよそ±10%以内に誤差はおさまる、実用上有効な精度で算定できた。

2系統	予測値	実測値	1.0[L/s]	1.5[L/s]	2.0[L/s]	2.5[L/s]
3系統	予測値	実測値

図14 各階圧力分布の実測値と予測値の比較

※) ベルマウスのみを使用

(1) 図13の $N_{2(k)}$ 値を適用 (2) 図13の $N_{1(k)}$ 値を適用

(3) 表2の1～3階の $N_{1(1)} \sim N_{1(3)}$ の平均値を適用

図15 Ps_{min} 、 Ps_{max} の実測値と予測値の比較

※) ベルマウス、オリフィスを使用

3.3 排水立て管システムの排水能力 Q_{sc} と二次排水横主管の許容流量値 Q_{hc}

図 16 に、排水立て管[1]の単独排水と、排水立て管[2]、[3]から合流排水を行った場合の合計負荷流量 Q_w と P_{max} 、 P_{min} の関係を示す。同図には予測値と実測値を示したが、両値はよく一致しており、以下では予測値で判断する。これより、排水立て管[1]の単独排水では、負荷階直下となる 8 階に発生する P_{min} 値が判定値 -400Pa を超え、排水能力 Q_{sc} は 2.1 [L/s] と決定され、この値を合流排水時の排水能力との比較対象値とする。合流排水時は、 P_{min} より先に最下階 1 階に生じた P_{max} が判定基準になる +400Pa を超え、排水能力が決定される。その時の Q_w は、2 系統合流では 3.6 [L/s] となり、これを二次排水横主管の許容流量 Q_{hc} とみなせば、SHASE-S206 に規定する管径 125mm の排水横主管（最小こう配 1/150）の許容流量値となる 4.2 [L/s] 未満の値である。2 系統より等流量負荷を与えているので、その時の排水立て管[1]の Q_{sc} を 1/2 とみなせば、1.8 [L/s] となり、単独排水時より 0.3 [L/s] 程度低下することになる。同様に 3 系統合流では、 Q_{hc} は 5.7 [L/s] となり、SHASE-S206 に規定する管径 150mm の排水横主管（こう配 1/150）の許容流量 6.8 [L/s] を下まわる結果となった。その場合の Q_{sc} は 1.9 [L/s] となり、単独排水に比べ 0.2 [L/s] 程度低下する。よって、 Q_{sc} の合流排水時は、単独排水時に比べ、この条件下では、約 10~15% 低下することが確認できた。

3.4 最下階排水横枝管高さ H_b の検討

合流排水では、3.3 で述べたように、 P_{max} 値によって排水能力が決定される。よって、図 14(2) のように Q_w ごとに描いた実測値と予測値を用いた $P_{max(k)}$ の圧力分布に対し、+400Pa を判定条件とし、各 Q_w に対し適用できる H_b を求め、図 17 に両者の関係を示した。

これより、実測値で判断すれば、2 系統合流時では Q_w が 4.0 [L/s] に対し $H_b=3.0$ m、5.0 [L/s] に対し $H_b=7.0$ m となる。この図より、SHASE-S206 (125A, 1/150) に規定する許容流量 4.2 [L/s] を確保するためには、 $H_b=3.7$ m が必要となる。SHASE-S218 によるタイプ A の配管では、図 2 に示すように $H_b=3.1\sim 4.7$ m の範囲となるので、排水可能な Q_w を図中より求めると 4.0~4.4 [L/s] 程度となる。

同様に、3 系統合流排水では Q_w が 6.0 [L/s] に対し $H_b=3.0$ m、7.5 [L/s] に対し $H_b=11.0$ m がそれぞれ必要となる。また、SHASE-S206 (150A, 1/150) の許容流量 6.8 [L/s] を確保するには、 $H_b=7.2$ m が必要となる。タイプ A の配管では、排水可能な Q_w の範囲を逆算すると 6.0~6.3 [L/s] 程度となる。よって、最下階の排水横枝配管をそれより上層の排水横枝管と別系統で配管する場合に、排水可能な Q_w とその時の H_b の関係が把握できた。

4. まとめ

排水横主管での合流排水の影響を考慮した排水立て管システムの排水能力試験法を、確立するための基礎研究を行った。その結果、適用範囲は本実験に限定されるが、JIS-DT 継手使用の伸頂通気方式において、以下の知見が得られた。

- (1) 複数の排水立て管システムを用い、排水横主管上での合流排水を伴う場合の排水立て管システムの排水能力(管内圧力変動を指標)を把握するための試験方法を提案し、その有効性を示せた。
- (2) (1) の装置を用いて排水立て管システムの排水能力を予測するた

表 2 各階ごとの定数 $N_1(k)$ 、 $N_2(k)$

階	2系統合流		3系統合流		階	2系統合流		3系統合流	
	$N_1(k)$	$N_2(k)$	$N_1(k)$	$N_2(k)$		$N_1(k)$	$N_2(k)$	$N_1(k)$	$N_2(k)$
8	3.51	-2.03	4.27	-1.96	4	4.01	-2.86	4.86	-2.57
7	3.76	-2.62	4.40	-2.47	3	4.01	-2.89	5.11	-2.68
6	3.88	-2.88	4.68	-2.52	2	4.44	-2.94	5.14	-2.80
5	3.96	-2.65	4.87	-2.60	1	4.86	-2.99	5.36	-2.87

※) $k=1\sim 8$ (階)

図 16 単独、2、3 系統合流時の排水能力曲線

※) $N_{1(i)}\sim N_{1(i)}$ の平均値を用いて P_{max} を求めた。

図 17 二次排水横主管合計排水流量 Q_w と最下階排水横枝管設置高さ H_b

※) $N_{1(i)}\sim N_{1(i)}$ の平均値を用いて $P_{max(k)}$ を求めた。

※) 図中の縦軸の矢印範囲はタイプ A の配管高さを示す。

めの管路網モデルを提案し、その実用性が確認できた。

- (3) (1)~(2) の結果より、合流排水を考慮した場合の排水横主管の許容流量値を提示し、その値と SHASE-S218 の規定値との比較を行い、両者の差異も定量的に明らかにした。
- (4) SHASE-S218 の管内圧力判定基準に基づき、排水横主管への排水可能な排水負荷流量と排水立て管システムへの最下階設置可能高さとの関係を示せた。

今後は、特殊継手排水システムでも同様の検討を行い、本管路網モデルの妥当性を検討するとともに、特殊継手排水システムの合流排水に対するメリットについても報告する予定である。

参考文献

- 1) SHASE-S 218-1999;「集合住宅の排水立て管システムの排水能力試験法」, 空気調和・衛生工学会規格
- 2) 臼井政夫他; 通気弁排水システムの性能診断手法に関する研究(その1), 空気調和・衛生工学会学術講演会論文集, II巻 P.1141~1144, 2001.9 (京都)
- 3) 武克己他; 排水能力試験のための器具排水の等価定流量の算定, 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集, II巻 P.761~764, 2003.9 (松江)
- 4) 大塚雅之他; 排水システムの性能試験と理論計算体系のための基礎的研究, (第1報) 空気調和・衛生工学会論文集, No.36 P.31~45 (1988.2)
- 5) 大塚雅之他; 排水システムの性能試験と理論計算体系のための基礎的研究 (第2報) 空気調和・衛生工学会論文集, No.38 P.23~32 (1988.10)
- 6) 鄭政利他; 一箇所排水時の排水立て管内平均圧力分布の予測手法 超高層住宅における排水立て管内圧力分布に関する研究 その1, 日本建築学会計画系論文集, No.481 P.81~91 (1996.3)
- 7) 符立偉他; 集合住宅における排水立て管の排水能力予測手法に関する研究, 日本建築学会計画系論文集, No.570 P.53~60 (2003.8)
- 8) 大塚雅之他; 集合住宅の排水システム推定法に関する調査研究 (その1 9階建て高層住宅での排水負荷流量把握), 日本建築学会計画系論文集 No.536, P.63~70 (2000.10)
- 9) 大塚雅之他; 排水システムの性能試験と理論計算体系のための基礎的研究 (その8), 日本建築学会大会学術講演梗概集, P.575~576 (1983.10)
- 10) 本郷智大他; 排水横主管合流による排水立て管システムの排水能力影響に関する基礎的研究, 日本建築学会環境系論文集, No.579, P.53~59 (2004.5)
- 11) Otsuka Masayuki et al; Proposal of the Flow Capacity Prediction Method for Drainage Systems Considering the Influence of Combined Drainage Loads inside House Drains, 30th CIB-W062 International Symposium, 2004.9, France Paris
- 12) Dr L.B. Jackl et al; Identification of potential contamination routes and associated prediction of cross flows in building drainage and ventilation systems, 30th CIB-W062 International Symposium, 2004.9, France Paris
- 13) Suzuki Takahiko et al; Positive Pressure Prediction Method for Drainage System with Special Fittings with Consideration of Combined Drainage Loads inside the House Drain, 32th CIB-W062 International Symposium, 2006.9, Taipei Taiwan
- 14) 鈴木一聡他; 排水横主管における合流性能評価に関する研究その3 特殊継手排水システムの横主管で合流影響, 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集, II巻 pp.761~764, 2006.9 (信州)
- 15) 鈴木孝彦他; 排水横主管における合流性能評価に関する研究その4 特殊継手排水システムの管内圧力分布予測と合流性能評価, 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集 pp.765~768, II巻 2006.9 (信州)
- 16) SHASE-S 206-2000; 給排水衛生設備規程・同解説, 空気調和・衛生工学会規格

本報使用の記号と単位:

i	: 排水立て管系統番号
$P_{l(①\sim③)}$	: 各域 (①~③) の圧力損失[Pa]
$\zeta_{l(①\sim③)}$	: 各域 (①~③) の通気抵抗係数
$P_{l⑤\rightarrow 0}$	: 合流⑤域の圧力損失[Pa]
$\zeta_{l⑤\rightarrow 0}$	: 合流⑤域の通気抵抗係数
Qa_i	: 各系統の通気流量[L/s]
Qa	: 各通気流量の合計流量[L/s]
Q_{sc}	: 排水立て管[1]の排水能力値[L/s]
Q_{hc}	: 排水可能な二次排水横主管の許容流量値[L/s]
H_b	: 最下階排水横枝管接続高さ[m]
Z_l	: 排水立て管[1]での排水横主管から②域最大負圧発生階までの高さ[m]
$\frac{P}{L}$	: 全吸引力[Pa]
$\left(\frac{\Delta P}{\Delta L}\right)_{i④}$	: 各系統の排水立て管1m当たりの吸引力[Pa/m]
A_s	: 排水立て管の断面積[m ²]
A_H	: 排水横主管の断面積[m ²]
k	: 各フロア階数
j	: 負荷階より二階下層以降の階
$P_{l③(i)}$	: 排水立て管[1]での各階平均圧力の補正值[Pa]
$P_{max(k)}$	: 各階最大圧力の最大値[Pa]
$P_{min(k)}$	: 各階最小圧力の最小値[Pa]
$P_{ave(k)}$	: 各階平均圧力[Pa]
$P_{ave(max)}$	: 各階平均圧力の最大値[Pa]
$P_{ave(min)}$	: 各階平均圧力の最小値[Pa]
P_{smax}	: システム最大圧力[Pa]
P_{smin}	: システム最小圧力[Pa]
$\sigma_{l(k)}, \sigma_{2(k)}$	: 各階最大・最小圧力の最大値・最小値の標準偏差[Pa]
$N_{l(k)}, N_{2(k)}$	: 各階最大・最小圧力の最大値・最小値の定数

(2006年3月27日原稿受理, 2007年6月8日採用決定)