

### H3-8 駅舎における横引き管の様々な構造に対する排水機能の予測 Prediction for drain ability against several types of structures of drain pipes in rail station

○中村裕美<sup>1</sup>, 益山雄希<sup>1</sup>, 安田陽一<sup>2</sup>

\*Yumi Nakamura<sup>1</sup>, Yuhki Masuyama<sup>1</sup>, Youichi Yasuda<sup>2</sup>

**Abstract:** This report presents prediction for drain ability against complex structures of drain pipes. Recently, systematical experiments reveal that the existence of water surface in vertical pipe connected to drain chute may support drain ability. On the basis of the experimental results, the drain ability against complex structures of pipes can be predicted by using a simple Bernoulli theorem.

#### 1. まえがき

駅旅客上家において、近年、ゲリラ豪雨と呼ばれる集中豪雨により、谷樋からのオーバーフロー等による漏水が発生している。従来、駅舎における集中豪雨対策に関する研究が行われ、原型規模の模型を含む実験を通して、谷樋の排水機能について検討が行われていた<sup>1),2),3)</sup>。ただし、既設の駅舎でみられる横引き管、曲り、および合流部の組み合わせによって排水機能にどのような影響をもたらすのか不明な点が多い。最近、原型規模の試験体を用いて実験を実施し、排水機能に対する横引き、曲り、合流部の影響を検討し、様々な横引き管の組み合わせに対する谷樋の水位と降雨量との関係を明らかにした。ここでは、実験結果に基づき、単純なベルヌーイの定理を用いて、排水能力の推定を可能とした。

#### 2. 谷樋の排水機能の特徴

谷樋に接続する横引き管内全体が満水状態でない場合、谷樋の排水口では巻き込み渦が形成される。また、降雨量の増加に伴い、谷樋内の水深は直線的に変化する。横引き管内全体が満水状態に達すると、降雨量の増加に伴い谷樋内の水深は指数的に増加し、谷樋からオーバーフローしやすくなる。

谷樋内の水深の急激な増加を制御するためには、排水口に接続する鉛直管の長さを確保することが重要である。鉛直管内で満水の水位が存在する場合 (Photo 2(a)), 排水口で形成される巻き込み渦によって管路壁に沿った螺旋流れが形成され、満水の水位変化に対する谷樋内の水深の影響は小さく、横引き管の長さ、曲りの影響は大きい。

Photo 2(b)に示されるように、排水口に接続する鉛直管の長さが小さい場合、満水状態になりやすく排水機能が低下する。この場合、排水口で生じる渦の形成規模は谷樋の水深が大きくなっているため小さい。

これらのことは、Figure 1 に示す Case ①から⑥のどの場合でも共通して生じる現象である。

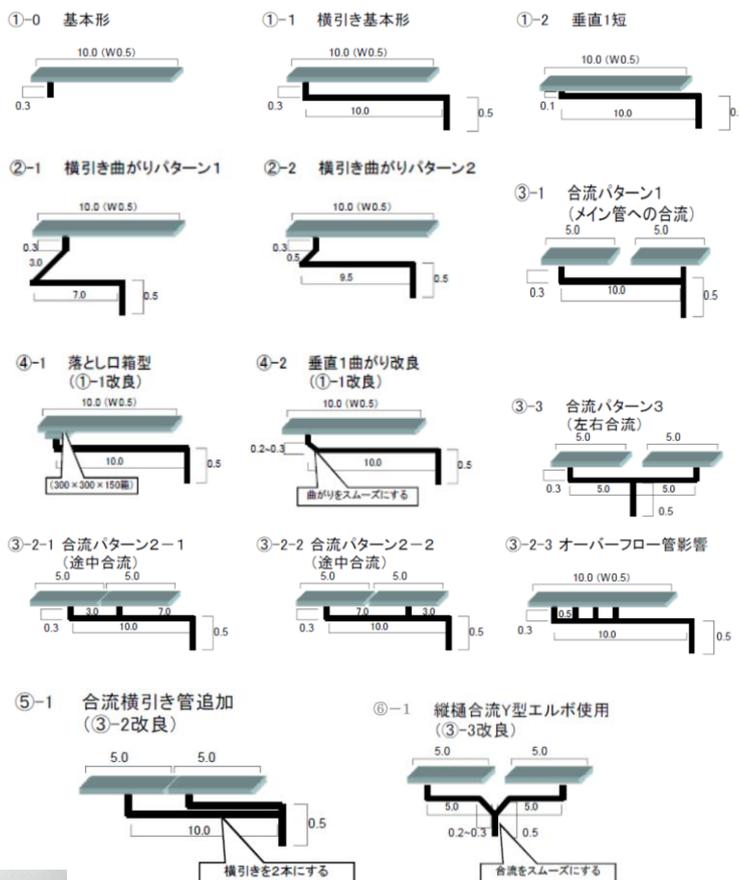


Figure 1 Several types of drain pipe networks

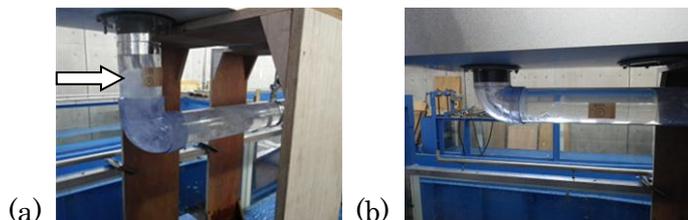


Photo 2 Flow condition in vertical drop connected to drain chute

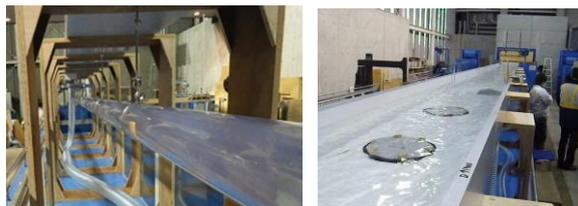


Photo 1 Physical model for drain system network

### 3. 排水機能の判定方法の提案

実験結果にもとづき、排水機能の評価方法を以下に提案する。

突入断面から排水管下流端の曲がりの断面まで管路流となる場合を対象とする。解析では下流端の曲がり部 10 cm 下で自由放流端とみなし、そこでの圧力を大気圧とみなす。Figure 2 に示されるように、解析する現象をできる限り単純化し、排水口につながる鉛直管の長さがどの程度必要であるか、どの程度の降雨量まで排水できるのかを推定する。この推定は実験結果から検証されている。

解析対象区間は突入断面(断面 I または II) から排水管下流端の曲がり部直下 (断面 III) までとし (Figure 2 参照), ベルヌーイの定理を適用すると式(1)が得られる。式中  $V_1$ ,  $V_2$  はそれぞれ I, II 断面からの流入量から算出した断面平均流速である。D は管径である。f は摩擦抵抗係数であり、 $f = (8gn^2)/(D/4)^{1/3}$  である。V は合成流量( $Q = Q_1 + Q_2$ )から算定された断面平均流速である。

### 4. 排水機能の判定例

Figure 3 に示す横引き管を対象にベルヌーイに定理を適用すると次式が得られる。

$$h_1 + s = \frac{V_1^2}{2g} \left( 2fb + f \frac{h_1 + t + L_1}{D} \right) + \frac{V^2}{2g} \left( 1 + 2fb + f \frac{L_3}{D} \right) \quad (2) - 1$$

ここに、 $f = \frac{8gn^2}{(D/4)^{1/3}}$ ,  $V = \frac{Q_1 + Q_2}{\pi D^2/4}$  (2) - 1

$$h_2 + s = \frac{V_2^2}{2g} \left( fb + f \frac{h_2 + L_2}{D} \right) + \frac{V^2}{2g} \left( 1 + 2fb + f \frac{L_3}{D} \right) \quad (2) - 2$$

なお、 $Q_1$  および  $Q_2$  の流量配分は  $Q_1 = 0.5Q$ ,  $Q_2 = 0.5Q$  と仮定している。また、 $fb = 0.3$ ,  $n = 0.010$ ,  $D = 0.1$  m,  $h_1 = 0.2$  m としている。

$t = 0$  m,  $L_3 = L_2 = 0$  m の場合、ベルヌーイの定理は次式のようになる。

$$h_1 + s = \frac{V_1^2}{2g} \left( fb + f \frac{h_1 + L_1}{D} \right) + \frac{V^2}{2g} (1 + fb) \quad (3) - 1$$

$$h_2 + s = \frac{V_2^2}{2g} \left( fb + f \frac{h_2}{D} \right) + \frac{V^2}{2g} (1 + fb) \quad (3) - 2$$

流量  $Q$  ( $m^3/s$ ) を 10 分間に  $100m^2$  に降雨する雨量  $h_w$  (mm) に換算すると、 $h_w = 6000Q$  となる。 $h_1 = 0.2$  m の場合の  $h_w$  と  $L_1$  との関係 Figure 4 に示す。図に示されるように、ここで想定される条件では  $h_w \geq 60$  mm となる。また、 $L_1$  が大きくなるにつれて、摩擦による影響が大きくなり  $h_w$  の値は小さくなる。なお、 $1 \leq L_3$  (m)  $\leq 3$  の範囲では、 $L_3$  による  $h_w$  の違いは小さい。 $L_3 = 0$  m の場合、 $L_1$  の横引き管が鉛直管に直接接続することになることから、曲りおよび摩擦の影響が小さくなり、 $1 \leq L_3$  (m)  $\leq 3$  の  $h_w$  の値より大きくなる。なお、 $h_2$  の大きさは、II 断面から流出口 O 断面までの距離が I 断面から O 断面までの距離と比べて短いため、 $h_1$  より常に小さくなる。

### 5. まとめ

Figure 1 に示す 14 パターンの原型模型実験結果に基づき横引き管の排水機能について検討した。突入断面から排水管下流端の曲がりの断面まで管路流となる場合を対象とし、下流端の曲がり部 10 cm 下で自由放流端とみなし、そこでの圧力を大気圧としてベルヌーイの定理を適用することによって、排水口につながる鉛直管の長さがどの程度必要であるか、どの程度の降雨量まで排水できるのかを推定することが可能となった。

### 参考文献

- 1) 藤井ら他 3 名 (2010), 駅舎における集中豪雨対策に関する研究, 日本建築学会概要集, E-1-5169.
- 2) 尾住ら他 2 名 (2011), 駅舎における集中豪雨対策手法の実証実験, 日本建築学会概要集, 5155, pp.343-344.
- 3) 砂原ら他 5 名 (2011), ホーム旅客上屋樋のオーバーフローに関する研究その 1, 日本建築学会概要集, 1586, pp.1171-1172.
- 4) 安田ら他 2 名 (2012), 駅舎の上家に設置された谷樋の排水機能に関する研究, 土木学会, 第 67 回年次学術講演会, 第 VII 部門, CD-ROM

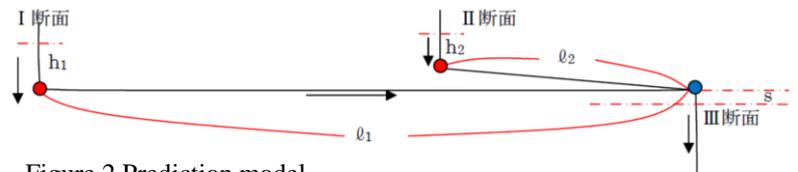
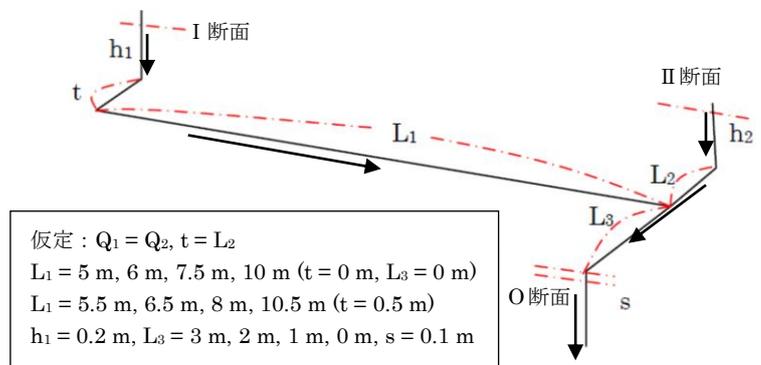


Figure 2 Prediction model

$$h_1 + s = \frac{V_1^2}{2g} \left( fb + f \frac{h_1 + l_1}{D} \right) + \frac{V^2}{2g} (1 + fb), h_2 + s = \frac{V_2^2}{2g} \left( fb + f \frac{h_2 + l_2}{D} \right) + \frac{V^2}{2g} (1 + fb) \quad (1)$$

曲がりでの損失係数 fb, マニングの粗度係数 n については以下のように定めた。排水管の曲がり部は直角にまがっていることがほとんどであることから、fb をここでは 0.3 として定める。粗度係数については実現象が再現できる最適の粗度係数を実験結果から逆算し、 $n = 0.010$  とした。

例えば、与えられた D,  $Q_1$ ,  $Q_2$ ,  $l_1, l_2, s, t$ , に対して、(1)式を用いることによって、 $h_1, h_2$  を推定することが可能となる。



仮定:  $Q_1 = Q_2, t = L_2$   
 $L_1 = 5$  m, 6 m, 7.5 m, 10 m ( $t = 0$  m,  $L_3 = 0$  m)  
 $L_1 = 5.5$  m, 6.5 m, 8 m, 10.5 m ( $t = 0.5$  m)  
 $h_1 = 0.2$  m,  $L_3 = 3$  m, 2 m, 1 m, 0 m,  $s = 0.1$  m

Figure 3 Analysis model

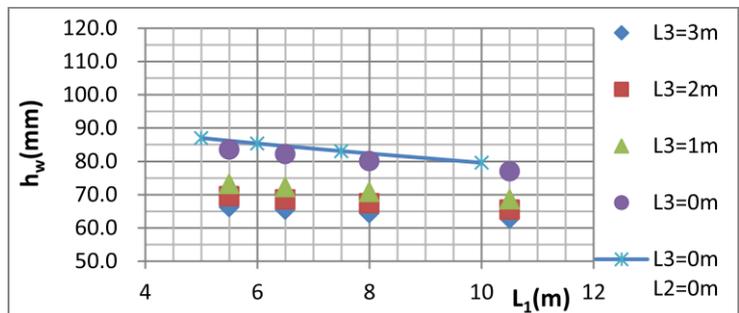


Figure 4 Change of  $h_w$  with  $L_1$  under given  $L_3$  and  $h_1 (= 0.2$  m)