

駅舎の上家に設置された谷樋の排水機能に関する研究

Study on drainage faculty of gutter installed in roofed railway station

日本大学理工学部土木工学科 正会員 ○安田 陽一
東日本旅客鉄道(株)JR 東日本研究開発センター 尾住 秀樹, 坂本 圭司

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^{1),2),3)}。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。本研究では、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た。実験結果に基づき、排水機能の予測が可能となったのでその点を中心に報告する。

2. 谷樋の排水機能に関する実験

図1に示す17パターンの原型模型を用いて谷樋の排水機能に関する実験を行った。ここでは、100m²当りの上家に10分間に降る降雨量 h_w を変化させ、定流状態で実験を行った(流量 Q (m³/s) = 降雨量 h_w (mm)/6000に対応)。なお、横引き管の内径は100mm、谷樋の幅、高さはそれぞれ500mm、150mmとした。

実験では、各降雨量に対応する谷樋内に貯留された水深を計測し、横引き管内の流況を記録した。

3. 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(写真1(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。

写真1(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。

なお、同一の上家面積に対して谷樋内の排水量を分配するように排水箇所を増やすこと(図1の③-2-1,③-2-2,③-3,⑤-1,⑥-1の場合に対応)によって、排水機能を向上することが可能となる。

例えば、②シリーズの場合、50mmの降雨量では谷樋の水深は11~12cm、60mmの降雨量では14cmとなるのに対し、③-3,⑥-1の場合、50mmの降雨量では4~5cm、60mmの降雨量では谷樋の水深は5cm~7cmとなる。

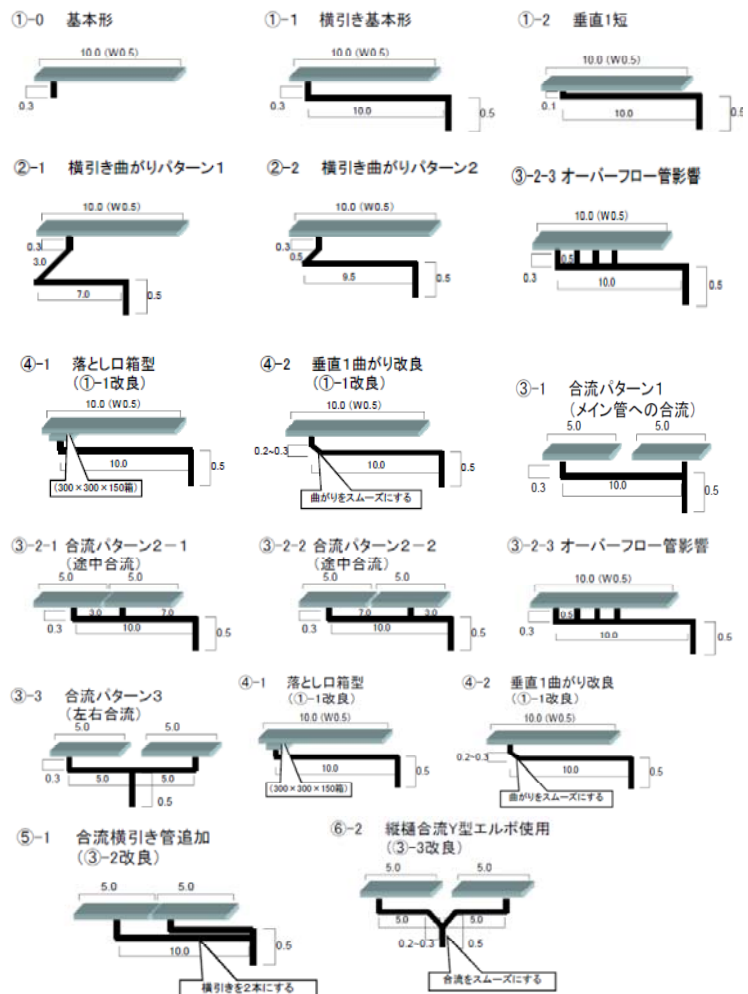


図1 谷樋に接続した様々な横引き管の原型模型

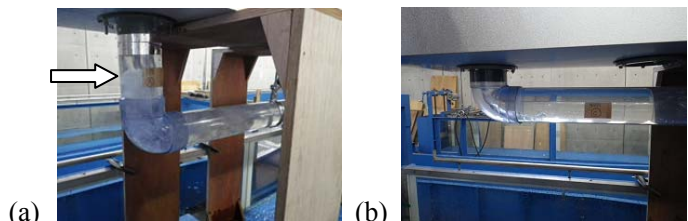


写真1 谷樋に接続する鉛直管内の流況

キーワード 駅舎上家, 谷樋, 横引き管, 満水状態, 排水機能

連絡先〒101-8308 東京都千代田区神田駿河台 1-8, TEL: 03-3259-0409, E-mail: yokyas@civil.cst.nihon-u.ac.jp

4. 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。

図 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。

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(図 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。

5. 排水機能の判定例

図 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。

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

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

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

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 $Q(\text{m}^3/\text{s})$ を 10 分間に 100m^2 に降雨する

雨量 $h_w(\text{mm})$ 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 との関係を図 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 $h_w \geq 60\text{mm}$ 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、 $1 \leq L_3(\text{m}) \leq 3$ 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、 $1 \leq L_3(\text{m}) \leq 3$ 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。

6. まとめ

原型規模の試験体を用いて実験を行った結果、谷樋に接続する鉛直管が長い場合、降水量が大きい状態でも満水状態の水位が鉛直管の途中で留まるようになり、排水能力が維持されることが分かった。また、同一の上家面積に対して谷樋内の排水量を分配するように排水箇所を増やすと排水能力が向上することが分かった。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。

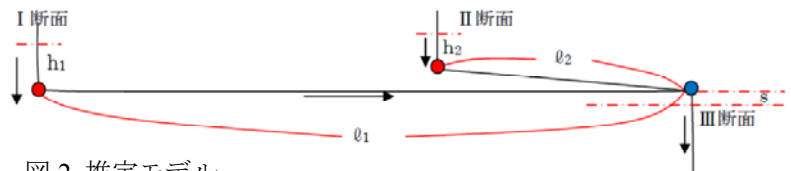


図 2 推定モデル

$$h_1 + s = \frac{V_1^2}{2g} \left(fb + f \frac{h_1 + L_1}{D} \right) + \frac{V^2}{2g} (1 + fb), h_2 + s = \frac{V_2^2}{2g} \left(fb + f \frac{h_2 + L_2}{D} \right) + \frac{V^2}{2g} (1 + fb) \quad (1)$$

曲がりでの損失係数 fb 、マンニングの粗度係数 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。

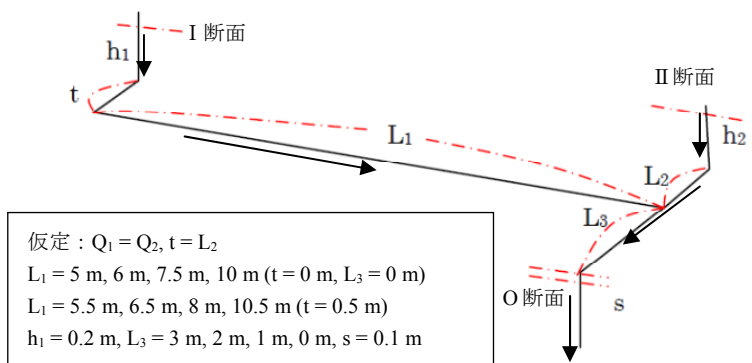


図 3 解析対象の横引き管

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

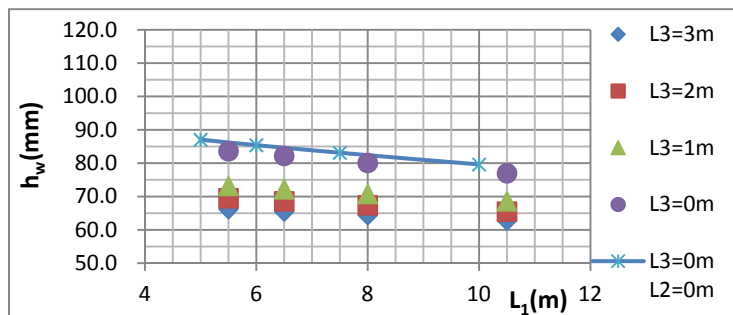


図 4 $h_1 = 0.2$ m の場合の h_w と L_1 との関係