

# 都市下水道管渠網の空気圧縮を伴う豪雨流出解析モデル

(株)荒谷建設コンサルタント 正会員 ○堀江 展弘  
 (株)荒谷建設コンサルタント 正会員 白石 央  
 (株)荒谷建設コンサルタント 丸本 章弘  
 愛媛大学名誉教授 フェロー 渡辺 政広

## 1. はじめに

各地の都市下水道管渠網において、豪雨時、地表面はらんとともに、下水道管渠網内の空気が圧縮されることに起因するマンホール破壊やマンホール蓋飛散を伴う雨水流出現象が、この20数年来、しばしば、発生するようになってきている。こうした下水道管渠網内の空気圧縮を伴う豪雨時の雨水流出をシミュレートできる下水道管渠網流出解析モデル（流れの基礎式）については、既に、提案を行ってきているが、本報告では、その後、下水道管渠模型を用いた流出実験を行って本解析モデルの実流域への適用性について検討を行ったので、この検討結果を報告する。

## 2. 空気圧縮を伴う雨水流出現象の雨水と空気の流れの基礎式とその数値計算法（特性曲線法）

流れの基礎式とその数値計算法（特性曲線法）については、既往の論文<sup>1), 2), 3)</sup>で発表・記述してきており、ここでは、それら論文を紹介するに留める。なお、流出期間中にサーチャージ流れ（圧力流れ）が発生するときの空気の流れの数値計算については、図-1 および図-2 に示すように、空気の流れの特性曲線が時空間的に常に存在するようにするため、圧力流れに変えて、水深が  $0.98 \times$  直径の開水路流れを想定する。また、この圧力流れ区間では、取付管を通して空気の入りはしないものとする。

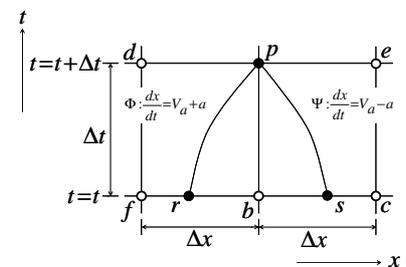


図-1 特性曲線

## 3. 流出実験による適用性の検討

図-3 に示す下水道管渠模型を用いて空気圧縮を伴う流出実験を行い、水深（開水路流れ）、圧力水頭（満管流れ）、空気圧を測定して、空気流動の基礎式とその数値解析法の適用性について、計算値と実測値を対比して検討した。

下水道管渠模型は、透明アクリルパイプ製で、管渠総延長は約 11m、管渠直径は 10cm、こう配は 2/1,000、粗度係数は  $0.010^{-1/3} \cdot S$  である。取付管は、直径 1cm、長さ

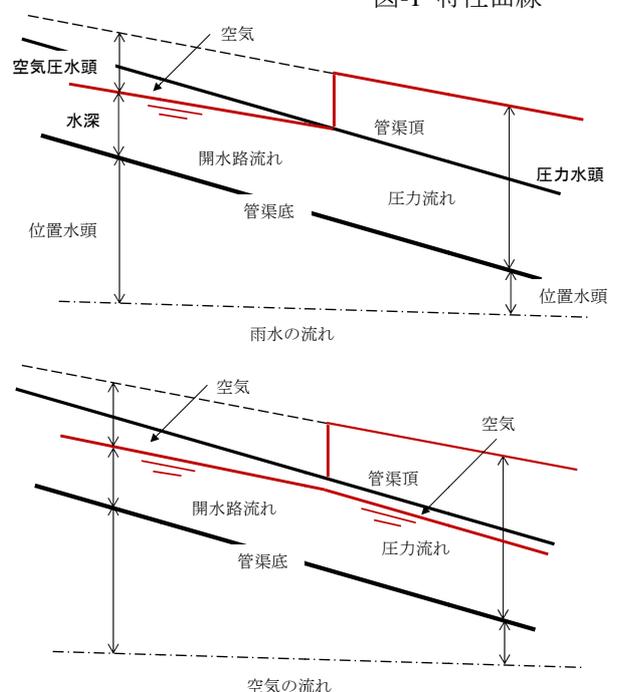


図-2 圧力流れ区間の空気の流れ（全水頭 = 位置水頭 + 水深 + 空気圧水頭）

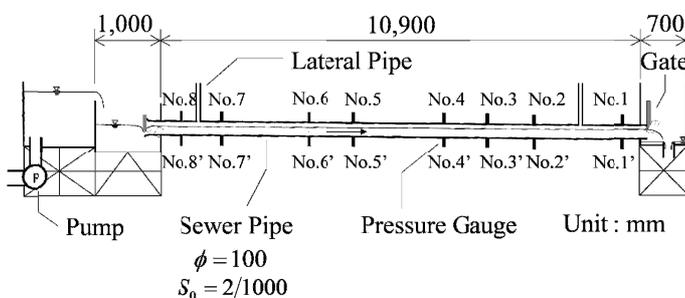


図-3 下水道管渠模型

キーワード 空気圧縮，都市下水道管渠網，豪雨流出解析モデル

連絡先 〒730-0831 広島市中区江波西1丁目25番5号 (株)荒谷建設コンサルタント 水工部 堀江展弘,  
 Tel. : 082-234-5663, Fax : 082-234-4961, E-mail : nobuhiro.horie@aratani.co.jp

1.2mの透明アクリルパイプ製で、2か所に取り付けられている。

はじめに、図-4に示すような、空気圧縮を伴う雨水流出（開水路非定常流）の実験を行った。実験手順（内容、条件）は、①初期の流れは、上流部で跳水を伴うやや複雑な様相を呈している開水路の不等流流れである（ $Q=1.48$  l/s）、② $t=4.2$ sにおいて下流端のゲートを急閉塞（完全閉鎖）する、③サージとバックウォータが、管渠システム内の空気を圧縮しかつ上流へと押しやりながら、上流へと伝播してゆく、④この間、圧縮された管渠システム内の空気は、取付管を通じて大気中へと排気される、⑤サージとバックウォータが管渠システムの上流端に到達するとき（ $t=26.2$ s）、ゲートを急開放（完全開放）する、である。

空気圧ハイドロについて、流出シミュレーション結果と実測結果を対比して、図-5に示す。これより、シミュレートされたハイドログラフは、実用上からは、実測結果に見られる時間的変動の特性（傾向）をよく再現できていることが分かる。

次に、図-6に示すような、流出期間中にサーチャージ流れ（圧力流れ）が出現して、空気圧縮が発生する雨水流出の実験を行った。実験概要は、①初期の流れは、上述した開水路非定常流の場合と同様に、上流部で跳水を伴うやや複雑な様相を呈している開水路不等流流れで、 $Q=3.34$  l/sである、② $t=5.6$ sにおいて下流端のゲートを急閉塞（完全閉鎖）すると、ゲートの直上流では、サーチャージ流れ（圧力流れ）が出現する、③サーチャージ流れとバックウォータが、管渠システム内の空気を圧縮・排除しながら上流へと伝播してゆく、④サーチャージ流れが管渠システムの上流端に到達するとき（ $t=24.3$ s）、ゲートを急開放（完全開放）する、である。

空気圧ハイドロについて、計算結果を実測結果と対比して、図-7に示す。 $t=9.0$ s以降の計算値が実測値を大きく上回っているが、これは、流れは実際にはまだ開水路流れであったが、水深の実測値がサーチャージ流れとなっていたため、シミュレーションでは空気が排除されず、計算値が上昇したためと考えられる。こうした不一致を除けば、全体的には、シミュレートされたハイドログラフは、実測結果に見られる時間的変動の特性（傾向）をよく再現できていることが分かる。

参考文献：1) 堀江展弘・白石 央・渡辺政広：下水道管渠網における空気圧縮・マンホール蓋飛散を伴う豪雨流出解析モデル，第67回（平成27年度）土木学会中国支部研究発表会概要集，pp. II-5-1～II-5-2，2015。2) 東正史，渡辺政広，佐々木悠平，友近榮治：都市下水道管渠網の空気圧縮を伴う雨水流出モデル，土木学会論文集B1，Vol. 70，No. 4，pp. I\_775～I\_780，2014。3) M. Watanabe, E. Tomochika, M. Azuma, Y. Sasaki, S. Sijapati, T. Fukuda：Proceedings of 7th International Conference on Sewer Processes and Networks, pp. 273-280, 2013。

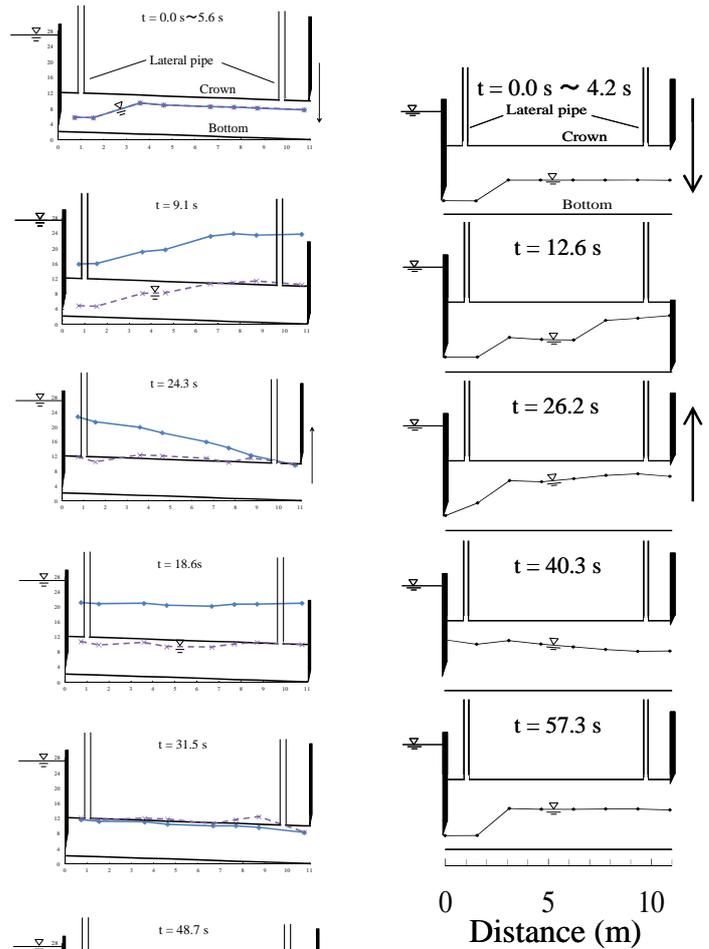


図-4 流出（開水路非定常流）期間中の水面形の時間的変化

図-6 流出（サーチャージ流れを伴う非定常流）期間中の水面形・全水頭の時間的変化

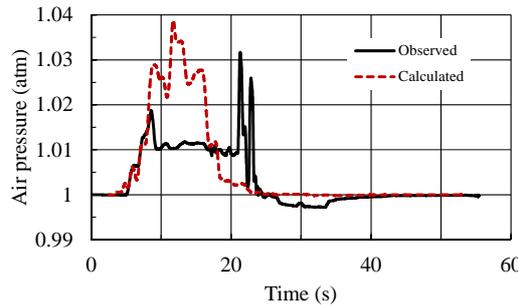


図-7 空気圧ハイドロの比較・No. 8 地点（サーチャージ流れを伴う非定常流）

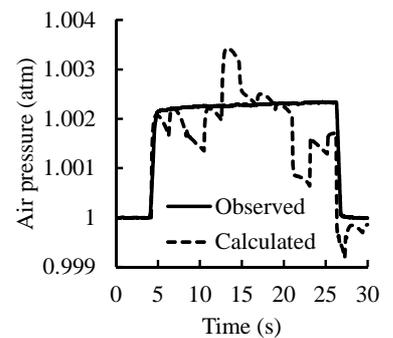


図-5 空気圧ハイドロの比較・No. 6 地点（開水路非定常流）