

急勾配を有する横引管に接続するマンホール内の流れが排水機能に与える影響

Effect of Local Flow in Manhole Connected to Drain Pipe with Steep Slope on Drainage Function

日本大学理工学部土木工学科 正会員 安田 陽一

日本大学理工学部土木工学科 学生会員○飯野 稜太

1. はじめに

雨水対策として、河川への放流が困難な場合に雨水幹線へ一時貯留することが取り組まれている¹⁾。また、雨水幹線の設置位置が貯留機能および既存の埋設管を考慮して、通常の雨水管設置位置よりも下方に設置する必要があるため、雨水管から雨水幹線に接続する場合、マンホールからの接続横引管を急勾配にして接続するか、ドロップシャフトを通して接続するかを選択肢となる。雨水管およびマンホール内の水理機能は不明な点が多く、既存の埋設物を回避しながら雨水対策を行っていることから統一した接続構造がないため、有効な排水機能が図れていないのが現状である。安田らはマンホールから雨水幹線に接続する横引管に着目し、排水機能を実験的に検討し、マンホール内の接続構造等の改善で排水機能が向上することを明らかにしている²⁾。ここでは、マンホールに接続する横引き管の接続角度、マンホールから雨水幹線に接続する横引管の勾配、管路長さ、および流量を変化させ、マンホール内に形成される局所流がマンホールに流入する横引き管内の流れに与える影響を実験的に検討した。

2. 実験方法および実験条件

水路幅 0.80 m, 水路高さ 0.60 m, 水路長さ 15 m を有する可変勾配式矩形水路に、横引管およびマンホール模型(高さ 0.3m)を設置し実験を行った(写真1参照)。マンホールに接続する横引管の設置位置(高さ)に管径の半分の段差を設けている(流入口の方が 5.15 cm 上方に位置する)。マンホールに接続する横引き管の接続角度 θ を 90° , 120° , 150° , 180° としている。なお、マンホール底部では流出管の上流端下縁まで、固定部材で空洞をなくし、水平に仕上げている。実験条件を表1に示す。マンホール内の圧力調整のため開放状態と閉塞状態の実験を行った。閉塞状態とする場合、マンホール上部に木版を設置することで閉塞状態としている。実験はフルードの相似則に従う。水深測定については、ポイントゲージを用いて、流入管直上流の水深 h_u を測定した。マンホール内の流況はデジタルカメラで動画および画像で記録した。

3. 流況説明

表1に示す条件で実験を行った結果、図1に示されるように、マンホール下流側の横引管の勾配およびマンホール上部の閉塞の有無によって、同一の横引管路の径、長さ、流量規模でもマンホール内の流況は変化する。特に、 180° を除く他の接続角度の場合、マンホール上部を閉塞することによって、マンホール壁に衝突して回り込む流れが回転力を増す。また、マンホール上部の空間から局所流により取り込まれた気泡が流出口に連行され、空間内の圧力が大気圧より小さくなり、マンホール内の水位が上昇する。このことによって、横引管上流部の水位が低下した。

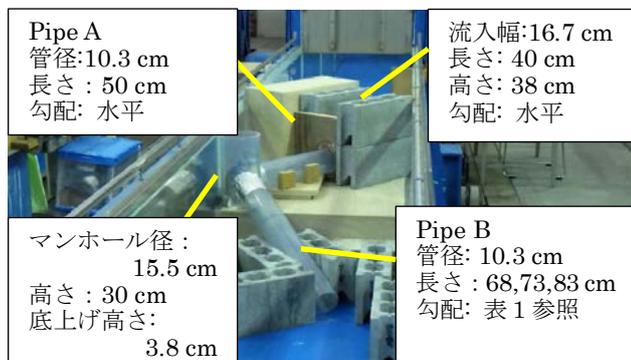


写真1 実験模型の設置状況

表1 実験条件

θ (degree)	Q (m ³ /s)	L_u/D (-)	i_u (‰)	L_d/D (-)	i_d (‰)	開放・閉塞
90	0.00440 ~ 0.01319	4.85	0	8.06	211	開放・閉塞
90	0.00492 ~ 0.01465	4.85	0	6.6	467	閉塞・閉塞
120	0.00586 ~ 0.01504	4.85	0	6.6	242	開放・閉塞
120	0.00590 ~ 0.01651	4.85	0	6.6	470	閉塞・閉塞
150	0.00586 ~ 0.01504	4.85	0	6.6	242	開放・閉塞
150	0.00582 ~ 0.01394	4.85	0	6.6	472	閉塞・閉塞
180	0.00653 ~ 0.01091	4.85	0	6.6	250	開放・閉塞
180	0.00596 ~ 0.01319	4.85	0	6.6	481	開放・閉塞
180	0.00496 ~ 0.01263	4.85	0	7.08	440	開放

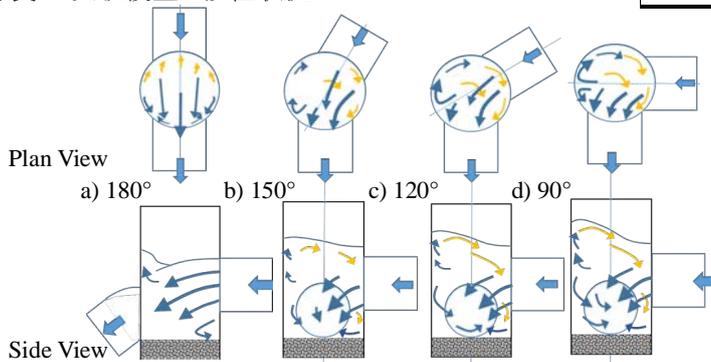


図1 マンホール内の流況イメージ図

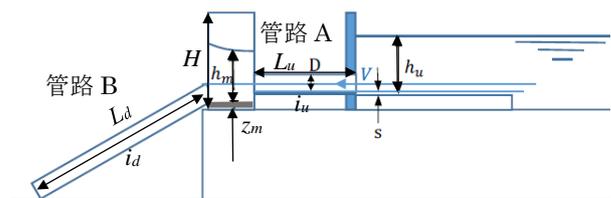
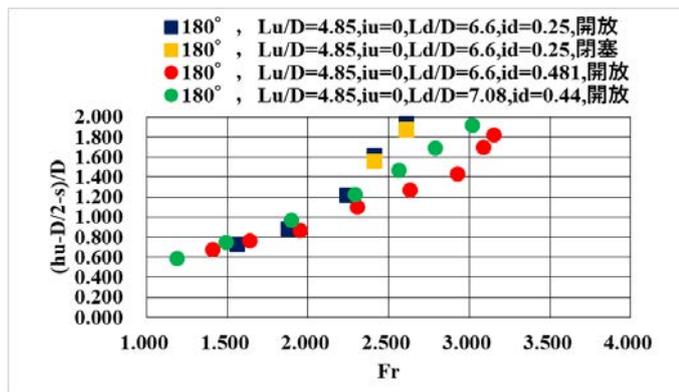


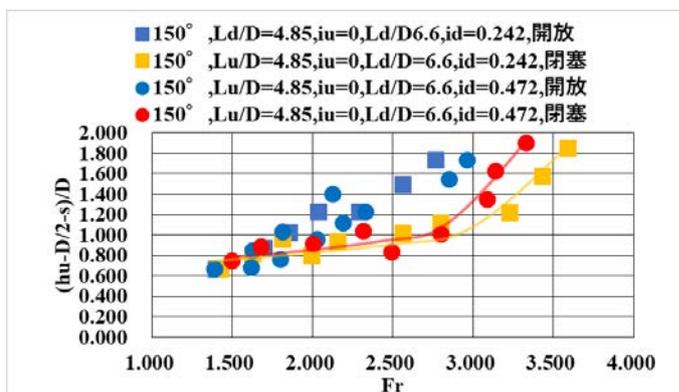
図2 記号定義図

キーワード マンホール, 局所流, 排水機能, 横引管, 雨水対策

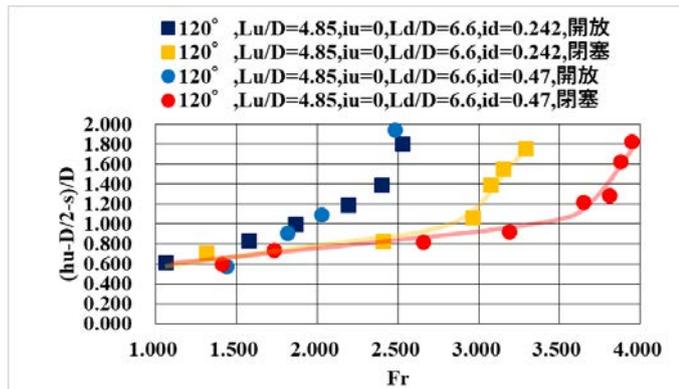
連絡先 東京都千代田区神田駿河台 1-8-14 TEL.03-3529-0409 E-mail: yasuda.youichi@nihon-u.ac.jp



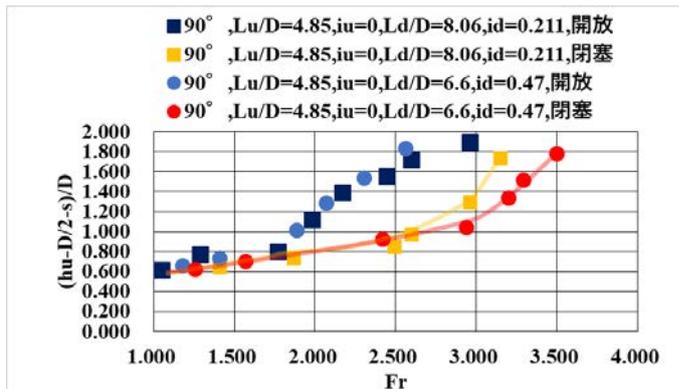
a) 接続角度 180°の場合



b) 接続角度 150°の場合



c) 接続角度 120°の場合



d) 接続角度 90°の場合

図3 接続角度ごとの横引き管直上流の相対水深とフルード数との関係

4. 横引き管直上流の相対水深の変化特性

図2に示す横引き管直上流側の水深について、以下の関係で整理したものを図3に示す。

$$(h_u - D/2 - s)/D = f(Fr, \theta, L_u/D, i_u, L_d/D, i_d, p_o/\rho g(H - z_m)) \quad (1)$$

ここに、 p_o はマンホール上部の圧力であり、開放状態では $p_o=0$ (大気圧)、閉塞状態では $p_o < 0$ の状態を示す。

接続角度が180°の場合、マンホールに流入する流れのほとんどが流出口に流入することから、排水機能に対するマンホール上部の閉塞有無に違いはない。このことから、与えられた横引き管上流部の勾配 i_u 、相対長さ L_u/D 、 L_d/D に対して、相対水深 $(h_u - D/2 - s)/D$ は横引管上流端のフルード数 $Fr (= V/\sqrt{gD/4})$ およびマンホール下流側の横引き管の勾配 i_d によって変化する。また、同一の Fr に対して、勾配 i_d が大きくなると、相対水深は増加しにくくなる。

接続角度が150°の場合、マンホールに流入する横引き管からの流れはマンホールの壁にわずかに衝突するため、排水機能に対するマンホール上部の閉塞有無に違いが生じる。開放状態の場合、与えられた横引き管上流部の勾配 i_u 、相対長さ L_u/D 、 L_d/D に対して、相対水深 $(h_u - D/2 - s)/D$ はマンホール下流側の横引き管の勾配 i_d に関わらず、横引管上流端のフルード数 Fr に影響する。閉塞状態の場合、与えられた横引き管上流部の勾配 i_u 、相対長さ L_u/D 、 L_d/D に対して、相対水深 $(h_u - D/2 - s)/D$ はフルード数 Fr およびマンホール下流側の横引き管の勾配 i_d によって変化する。また、勾配 i_d が小さい方が、横引き管が満水になりやすく、同一の Fr に対して、相対水深は増加しにくくなる。なお、満水状態で下流側の横引き管を流れる場合はきりもみ状態にはならない。

接続角度が120°、90°の場合、マンホールに流入する横引き管からの流れはマンホールの壁に衝突するため、排水機能に対するマンホール上部の閉塞有無による違いが大きくなる。開放状態の場合、与えられた横引き管上流部の勾配 i_u 、相対長さ L_u/D 、 L_d/D に対して、相対水深 $(h_u - D/2 - s)/D$ はマンホール下流側の横引き管の勾配 i_d に関わらず、横引管上流端のフルード数 Fr に影響する。閉塞状態の場合、与えられた横引き管上流部の勾配 i_u 、相対長さ L_u/D 、 L_d/D に対して、相対水深 $(h_u - D/2 - s)/D$ はフルード数 Fr およびマンホール下流側の横引き管の勾配 i_d によって変化する。また、勾配 i_d が大きい方が、同一の Fr に対して、相対水深は増加しにくくなる。なお、満水状態で下流側の横引き管を流れる場合はきりもみ状態になり、勾配が急になっても満水状態になる。接続角度によってマンホール壁に衝突する角度が異なり、120°の方が同一の Fr に対して、相対水深は増加しにくい。

マンホール上部が開放状態では、接続角度に関わらず、相対水深 $(h_u - D/2 - s)/D$ は横引管上流端のフルード数 Fr に影響する。

参考文献

- 1) 坂根良平他 3名: 加勢川第6排水区浸水対策施設の水利現象に関する調査研究 (熊本市), 2020年度下水道新技術研究所年報, pp.27-33, 2020.
- 2) 安田陽一, 石川真, 斎野秀幸: マンホールに接続する横引き管の排水機能に関する実験的検討, 土木学会論文集 A2(応用力学), Vol. 76, No. 2(応用力学論文集 Vol. 23), I_423-I_430, 2020.