

ルーフドレーンから直接道路へ排水される雨水の街渠内の流れへの影響について

日本大学理工学部 正会員○後藤 浩

シビルソフト開発 非会員 山下 三男・岡田 健司

日本下水道事業団 非会員 石川 眞

研究目的 近年、地球規模の気候変動の影響と考えられる降雨イベントの状況変化が認められる。この結果、道路街渠を流下する雨水の量が多くなってきている。その一方、平成18年に制定された国土交通省省令第116号（移動等円滑化のために必要な道路の構造に関する基準）^{1), 2)}により、現在、高齢者や車いす使用者など移動に困難をきたす住民の移動が円滑になるようにバリアフリーの指導がなされ、歩道のタイプが、マウントアップ型からセミフラット型へと改築されてきている。セミフラット型歩道では、街渠底面と歩道面の差が横断歩道部では2cm、それ以外では5cmとなっており、この結果、特に横断歩道部では街渠内の流れが浸入し、浸水する場合がある。道路面に降った雨だけでも、街渠への負荷は大きく、そこに道路沿道に存在する建築物の屋根に降った雨が、ルーフドレーンを通じて直接排水されている状況を散見する場合があるが、その影響については、不明な点が多い。ここでは、ルーフドレーンから、直接街渠へと排出される雨水の状況について現況を確認し、その雨水の街渠内流れに対する負荷について、数値シミュレーションによって明らかにした。また、民地敷地内での貯留・浸透の効果について考察を行った。

研究方法 本研究では、ルーフドレーンからの排水状況の関する現地調査と道路への直接排水の街渠への影響を数値シミュレーションによって検討を行った、以下に概要を述べる。

○**現地調査**：モデルエリアとして、東京都千代田区神田駿河台1～3丁目の一街区を選んだ。その街区を限なく踏査し、ルーフドレーンから直接道路へ排水されているケースについて現地踏査により現状把握を行った。

○**数値シミュレーション**：図1に示すモデル街路を設計し、2次元平面の連続の式および浅水流方程式を用い³⁾、差分法によって近似解を求めた。これによりルーフドレーンからの排水の影響について検討を行った。表1に、シミュレーションの設定条件を示す。計算において採用した雨水樹は、古賀ら⁴⁾が、街渠を流れる雨水の落下率の実験で用いた雨水樹蓋から、現在よく用いられている図2に示す鋼製のもの（C3タイプ）を選んだ。街渠に流れる水は雨水樹から落下するが、流れてきた雨水に対して、どれだけの割合で樹の中に落下するのかについては、古賀らにより複数の雨水樹蓋を用いた水理実験がなされている。数値シミュレーションに、その実験結果を反映させるために、樹上流の水深 h_u から樹に落下する流量 Q_0 が求められるような関係式（1）を事前に検討して用いた（図3参照）。つまり、古賀らの研究で示されたものが、流下流量 Q と落下率との関係であったため、樹直上流の流れが等流であると仮定し、樹直上流水深 h_u と等流水深 h_0 とが等しいものと考え、等流水深 h_0 と落下率との関係を定式化した。その関係から、流量係数 C_d を逆算して数値シミュレーションを実施した。

$$Q_0 = C_d \sqrt{g} B h_u^{\frac{3}{2}} \quad (1)$$

ここに、 g ：重力加速度、 B ：雨水樹の外周長、 Q_0 ：落下流量、 h_u ：雨水樹位置上流における水深である。道路の縦断勾配については、一般的な都市部での道路の勾配5ケースを設定した（表1参照）。雨水樹の設置間隔は、東京都都道の基準の基づき25m⁵⁾の設置間隔で検討することにした。道路形状については、対面交通可能な2車線道路とし、両側に歩道を設置する形とした（図1参

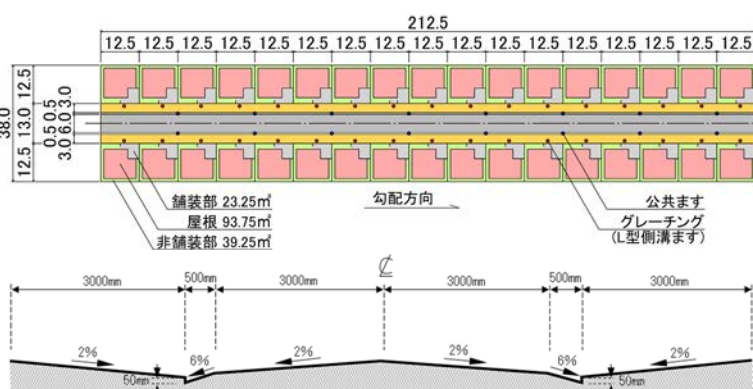


図1 数値シミュレーションで用いたモデル住宅地と街路（上：平面図、下：断面図）

表1 数値シミュレーション計算ケース

雨水樹蓋形状	C3タイプ
道路勾配 i	0.5%, 1.0%, 2.0%, 4.0%, 6.0%
雨水樹の設置間隔	25m
降雨パターン	75mm/hrの一定降雨
粗度係数 n	0.013
流失係数 f	1.0
流出家屋パターン	・家屋屋根からの流出はなし ・上流から7軒目の家屋屋根から全流出 ・上流から7軒目と8軒目の家屋屋根から全流出 ・上流から7軒目の家屋屋根から半流出（つまり、半分貯留 or 浸透） ・上流から7軒目と8軒目の家屋屋根から半流出（つまり、半分貯留 or 浸透）
家屋配置・面積・流出係数	間口12.5m、奥行12.5m、面積156.25㎡ 屋根面積93.75㎡（流出係数0.90） 舗装面積23.25㎡（流出係数0.85） 間地面積39.25㎡（流出係数0.20） 片側17ブロック、計34ブロック

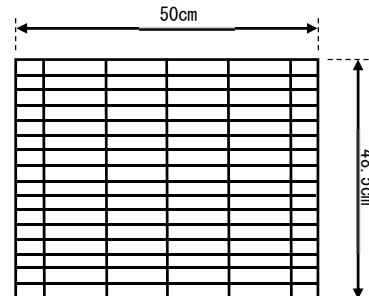


図2 シミュレーションに用いた雨水樹のC3タイプ雨水樹蓋（鋼製）

キーワード：ルーフドレーン・道路排水・都市型洪水・街渠・セミフラット型歩道

連絡先：〒101-8308 東京都千代田区神田駿河台1-8-14, E-mail: gotou.hiroshi@nihon-u.ac.jp

照). 計算領域を三角形要素に分割し, その面積は $0.015 \sim 0.35\text{m}^2$, 要素総数は 108457 とした. 貯留・浸透の効果として, 雨水を全量道路に出す場合と半量出す場合の 2 ケース設定し, 雨水排出家屋は, 流れがおおむね平衡状態に近い上流から 7, 8 軒目の住宅とした. その他, 道路沿道の住宅地等の諸設定条件は, 表 1 に示す通りである.

研究結果 得られた結果を以下に簡潔に示す.

○**現地調査結果**: 踏査し目視にてチェックしたところ, 図 4 のように 60 か所, 住宅および事業所ビルからの道路街渠への直接排水が認められた. 本エリアは, 都市域では一般的な場所と考えられ, 他地域でも, 同じような傾向になるものと考えられる.

○**数値シミュレーションによる検討結果**: 表 1 のように 25 ケースの計算を行った. その結果の一例を図 5 および図 6 に示す ((a) と (c) は 1 軒もしくは 2 軒の屋根から雨水全量が流出する場合の雨水樹直上流および直下流の状況の比較, (b) と (d) は 1 軒もしくは 2 軒の屋根から雨水半量が流出する場合の雨水樹直上流および直下流の状況の比較である).

図 5 および図 6 の (a), (c) のように, 家屋屋根からの流出がない場合と比べると, 流出がある場合, その直下流の雨水樹直上流で水深および流量に大きな差異があることが認められ, 勾配が小さい場合は, 流出があった家屋の直下流の雨水樹において, ほとんどの雨水を捉え下水へ流入させることができることが認められる. しかしながら, 勾配が大きくなるに伴って, 流速も大きくなるため, 図 5 および図 6 (c) のように, 直下流の雨水樹では雨水全量を捉えられず, 次の雨水樹まで流出の影響が認められる. なお, 実際のまち中にある雨水樹の状況を観察すると, ごみ, 落ち葉, 土砂などによって, 一部閉塞されている場合が散見され⁶⁾, 流出の影響がさらに下流に及ぶ可能性がある. 図 5 および図 6 (b), (d) のように, 家屋内で貯留や浸透が行われ半量しか流出してこないとすれば, 街渠内での流れへの負荷が抑えられ, 下流への影響もかなり低減されるが, 図 6 (d) に示されるように, 勾配が大きくなると, やはり直下流の雨水樹だけでは雨水を捉えられず, 次の雨水樹まで影響が生じていることが認められる. このことから, 極力, 宅内の樹に雨水を入れ, 貯留・浸透を適切に行いながら, 下水への流入させることが大切であることが理解される.

まとめ 本研究で得られた知見をまとめると以下ようになる.

- ・調査エリアにおける踏査から, ルーフドレーンから道路街渠への直接排水が多数ある実態を指摘した.
- ・モデル街路を作成し数値シミュレーションを行った結果, ルーフドレーンによって直接排水された雨水が直下流の雨水樹だけでなく, さらに下流の雨水樹まで影響する可能性を指摘した. 実際の街区では, 雨水樹がごみなどで詰まっている個所が散見されるので清掃の重要性についても指摘を行った.

参考文献 1) 財) 国土技術研究センター: 道路の移動等円滑化整備ガイドライン (増補改訂版; 第 5 版), 大成出版社. 2) 国土交通省: 歩道の一般的構造に関する基準の改正について, [http://www.mlit.go.jp/\(2020/03/16 閲覧\)](http://www.mlit.go.jp/(2020/03/16 閲覧)). 3) 国土交通省: 洪水浸水想定区域図作成マニュアル (第 4 版), 国土交通省: 洪水浸水想定区域図作成マニュアル (第 4 版), www.mlit.go.jp/river/shishin-guideline/pdf/manual_kouzuishinsui_1507.pdf (2020/03/19 閲覧). 4) 古賀泰之, 松尾修, 高橋晃浩: 道路排水ますふたの雨水の落下効率に関する実験的検討報告書, 土木研究所資料, 第 3341 号, 1995. 5) 東京都下水道局: 排水設備要綱 第 5 章 私道排水設備, <https://www.gesui.metro.tokyo.lg.jp/business/pdf/kankou/kankou/haisuisetubiyokou/chap05.pdf> (2020/03/19 閲覧) 6) 石川真, 後藤浩, 竹澤三雄: 道路構造の変化に対応した雨水の排除機能に関する考察, 下水道協会誌論文集, 日本下水道協会, 第 56 巻, 第 679 号, pp.88-96, 2019.

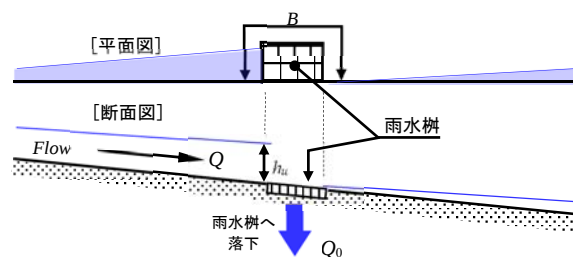


図 3 雨水樹への落下に関する記号の定義

- : 家屋屋根からの流出はなし
- : 上流から 7 軒目の家屋屋根から全流出,
- ◇: 上流から 7 軒目と 8 軒目の家屋屋根から全流出
- ×: 上流から 7 軒目の家屋屋根から半流出
- +: 上流から 7 軒目と 8 軒目の家屋屋根から半流出

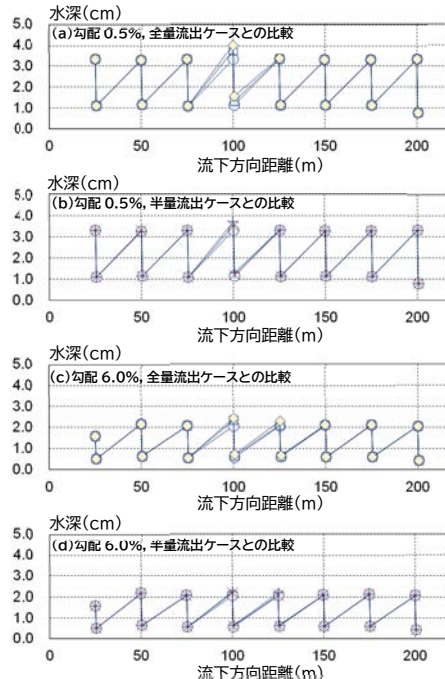


図 5 水深の流下方向への変化

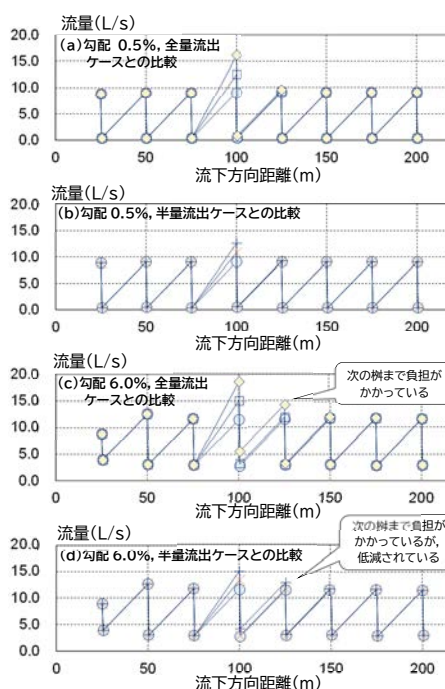


図 6 流量の流下方向への変化 (凡例は図 5 と同一)