

人の移動等円滑化のために改築される歩道と車道との段差の大きさの妥当性について

日本大学理工学部 正会員○後藤 浩 日本下水道事業団 非会員 石川 眞
日本大学 フェロー会員 竹澤 三雄

〇まえがき 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、各種都市構造に関するバリアフリーの指導がなされている。特に、市街地の歩道の形としては、図 1 のように、マウントアップ型歩道から、車道面と歩道面との高さの差の小さいセミフラット型歩道へ改築されていっている³⁾。歩道と車道との段差部には、L 型側溝が設置されているが、近年、計画降雨より大きい降雨強度を有する異質な降雨イベント⁴⁾ により、段差 2cm の横断歩道部では、過大に浸水する場合が散見され、検討の余地がある。そこで、本研究では、セミフラット型歩道の普及状況に関するヒアリングを行い、セミフラット型歩道の段差の大きさの妥当性を検証するために水理学的な検討を試みた。そして、セミフラット型歩道を設置する場合に考慮すべき注意点を考察した。

〇研究方法

セミフラット型への改築状況のヒアリング調査 歩道の構造（フラット型、セミフラット型、マウントアップ型）に関する設置状況を知るために、都市化されている管理領域が広い東京都および全域が市街化区域である千代田区へのヒアリング調査を行った。

段差の大きさに関する水理学的検討 本来であれば、横から流入のある不等流の基礎式に基づく不等流計算をするべき⁵⁾ ではあるが、実際の現象を雨天時に観察し考察すれば、精緻な計算はあまり意味をなさないと考えた。このため、ここでは、簡易に L 型側溝の流れの水深を算定するために、次の仮定のもと水理計算を行った。①雨水樹直上流の流れを簡易的に等流として取り扱う。②降雨強度分布については、計画降雨の降雨強度 I = 一定とし、半無限時間、図 2 に示す車道路面上に一樣に降雨があるものとし、車線中央部よりその半分の雨水が L 型側溝に流入するものとする。なお、雨水樹の設置間隔は、国の基準である 30m⁶⁾ もしくは市街地における基礎自治体における 20m⁷⁾ とする。③L 型側溝の断面は、図 3 とする。①～③の仮定に基づき、L 型側溝に流入する雨水量の算定については、Rational 式（合理式）(1) 式を用い⁶⁾、等流の基礎式である Manning の式 (2) 式をもとに⁸⁾、図 3 を考慮して (3) 式を誘導して L 型側溝直上流部における等流水深 h_0 を求めた。

$$Q_R = \frac{1}{3.6} fIS \quad (1) \quad Q = \frac{A}{n} R^{\frac{2}{3}} i^{\frac{1}{2}} \quad (2) \quad h_0 = \left\{ \frac{2^{5/3} n Q}{m^{5/3} i^{1/2}} \left(1 + \sqrt{1 + m^2} \right)^{\frac{2}{3}} \right\}^{3/8} \quad (3)$$

ここに、 Q_R ：降雨量（ m^3/s ）、 Q ：L 型側溝を流れる流量（ m^3/s ）、 f ：流出係数、 I ：降雨強度（ mm/hr ）、 S ：集水域（ km^2 ）、 A ：流積（ m^2 ）、 n ：粗度係数、 R ：径深（ m ）、 i ：水路（道路）縦断勾配である。なお、L 型側溝の水路面の粗度係数 n は、滑らかなコンクリート水路の 0.013⁶⁾ を用い、流出係数 f は、アスファルトの場合の 0.8⁶⁾ を用いた。また、降雨が長時間続く場合には、浸透現象が飽和するので、 $f=1.0$ の場合についても検討した。さらに、集水面積 S は、国の基準では、雨水樹の設置間隔の標準が最大 30m 以内である^{6), 9)} 一方、都市化されたエリアでは、雨水樹の設置間隔が概ね 20m 以内である場合もある⁷⁾ ことから、2 車線道路の幅員 7m を考慮して、集水域を $S=3.5 (\text{m}) \times 30 (\text{m}) = 1.05 \times 10^{-4} (\text{km}^2)$ と $S=3.5 (\text{m}) \times 20 (\text{m}) = 7.00 \times 10^{-5} (\text{km}^2)$ の 2 ケースを検討した。L 型側溝の断面勾配 m の値は、国土交通省発行による道路排水工の設計便覧等^{6), 9)} における L 型側溝の形状および既製品の形状¹⁰⁾ より、 $m=10$ として計算した。以上より、(3) 式から得られた水深とそれぞれの段差との大きさを比較し考察することにした。

〇研究結果

セミフラット型への改築状況 千代田区へのヒアリングによるデータに基づけば、区管理の歩道約 57km に対して約 12km の改築（50 ヲ所）が平成 30 年末までに実施されており、改築率は約 20% である。今後も、適宜、

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

キーワード：雨水、排水、バリアフリー、セミフラット型歩道、段差

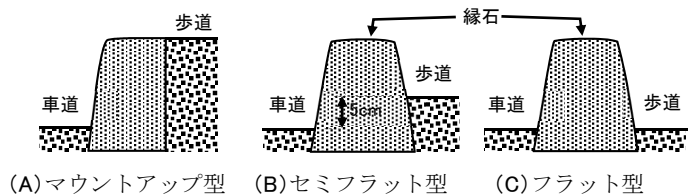


図 1 歩道（断面）の種類

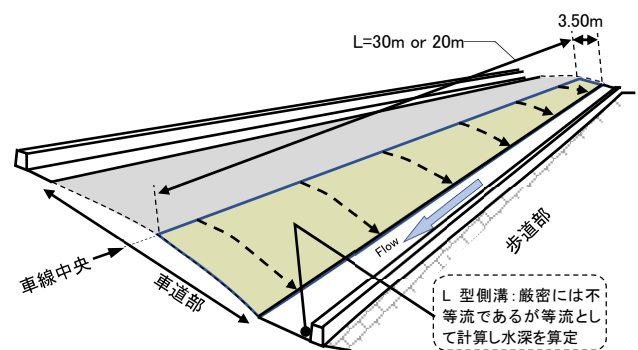


図 2 流出と排水の仮定

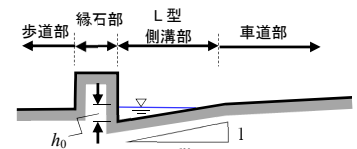


図 3 L 型側溝の断面の仮定

改築を進めていく予定とのことであった。東京都へのヒアリングでは、バリアフリーの観点から道路補修に合わせて、逐次、セミフラット化に努めているとのことであった。なお、セミフラット化により歩道面の高さが変わるので（例えば、既存建物の入り口の高さと合わない場合など）、現場の状況に応じた改築対応（歩道形式）になっているため、歩道形式に合わせたデータ分類はなされておらず、割合までは不明であった。しかしながら、このようなセミフラット型歩道への改築の流れは、全国の都市部では同じ傾向であると推察される。

水理学的検討の結果 (3) 式を用い計算し、 $h_0=F(I, i)$ の関係で整理した一例を図4に示す。図4に示されるように、降雨強度 I が大きくなるほど、また、勾配 i が小さくなるほど水深 h_0 が大きくなり浸水リスクが大きくなることが示される。特に、都市域下水が排除可能な最大降雨強度 $I=50\text{mm/hr}^{11)}$ よりも小さく、頻度の高い降雨強度の場合 ($I<20\text{mm/hr}$) でも、水深は2cmを容易に上回るため、横断歩道部の段差の構造の改良は必要と考えられる。なお、セミフラット型歩道上面の車道面からの高さとなる5cmについては、 $i>1/5000$ の場合、浸水する恐れはほとんどないことが理解されるが、 $i<1/5000$ の場合、大きい降雨強度のとき浸水する可能性が認められる。なお、本計算の仮定では、等流であるが、基本、L型側溝では不等流が発生している。特に、道路縦断勾配が、等流の流れが常流となる緩勾配の場合、L型側溝内では、流下方向に水深が大きくなるM1型の不等流が形成される⁸⁾。また、道路縦断勾配が、等流の流れが射流となる急勾配の場合、L型側溝内では、跳水が形成され、射流から常流に遷移し、流下方向に水深が大きくなるS1型の不等流が形成される⁸⁾。すなわち、さらに浸水リスクが大きくなる可能性があるとし唆される。

セミフラット型歩道設置時の工夫 上記検討より、横断歩道部では、近年、頻繁に起こる降雨強度 20mm/hr 程度の降雨であっても、設置間隔が指針の最大値で設置されている場合、水深が段差2cmを容易に越えてしまうことが推測された。現在、国の雨水桝の設置基準では、道路縦断方向に「最大30m以内に、1つ雨水桝を設置すること」との設計方針^{6), 9)}が示されているのみで、設置間隔以外の雨水桝設置の取り決めはない。また、横浜市の場合、「雨水桝の設置間隔は概ね20m以内とする」との設計指針⁸⁾があり、解説内に設置場所については「横断歩道及び家屋の出入り口に設けないこと」との補足があるが、歩行者のことを考慮したもので雨水の排除を考慮に入れたものではない。したがって、以上の解析等から、「横断歩道部の直上流部に雨水桝の設置をすること」を条件として付加することを推奨したいと考える。これにより、横断歩道部直上流でL型側溝内の雨水が下水へ排除され、横断歩道部でのL型側溝内における水深が大きく減少させることができる。

〇おわりに 以下に、簡潔に結論を列記する。

- ・降雨強度の大きい降雨イベントが起きた場合、セミフラット型の歩道では、横断歩道部で浸水する可能性があることを示唆した。
- ・セミフラット型歩道の利用上、横断歩道部の上流側に雨水桝の設置をしたり、L型側溝隅角部に連続的に集水できる付帯構造物を設置したりすることを義務付けることが望ましいことを指摘した。

謝辞 歩道の改築状況の情報について、東京都建設局道路管理部および千代田区役所環境まちづくり部道路公園課にご協力頂きました。ここに、謝意を表します。

参考文献 1) 国土交通省：省令第116号，<http://www.mlit.go.jp/barrierfree/transport-bf/shinpou/dourokijyun.pdf> (2019/03/22 閲覧)，2) 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，3) 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/> (2019/03/22 閲覧)，4) 気象庁：大雨や猛暑日など（極端現象）のこれまでの変化，<https://www.data.jma.go.jp/> (2019/03/22 閲覧)，5) 本間仁，萩原能男：流量計算法（初版），工学図書，6) 国土交通省近畿地方整備局：設計便覧，第3章道路編 第4章排水，<http://www.kkr.mlit.go.jp/> (2019/03/22 閲覧)，7) 横浜市：横浜下水道設計指針（管きよ編）同解説（平成23年度改訂版）第6章桝及び取付管，横浜市環境創造局，8) 大津岩夫，安田陽一編：水理学，理工図書，9) 日本道路協会：道路土工要綱（平成21年度版），丸善出版株式会社，10) 例えば，日本コンクリート：L型ブロック，<https://www.nippon-c.co.jp/> (2019/03/22 閲覧)，11) 東京都都市整備局・建設局・下水道局：東京都豪雨対策基本方針（改定）について，<http://www.metro.tokyo.jp/> (2019/03/22 閲覧)。

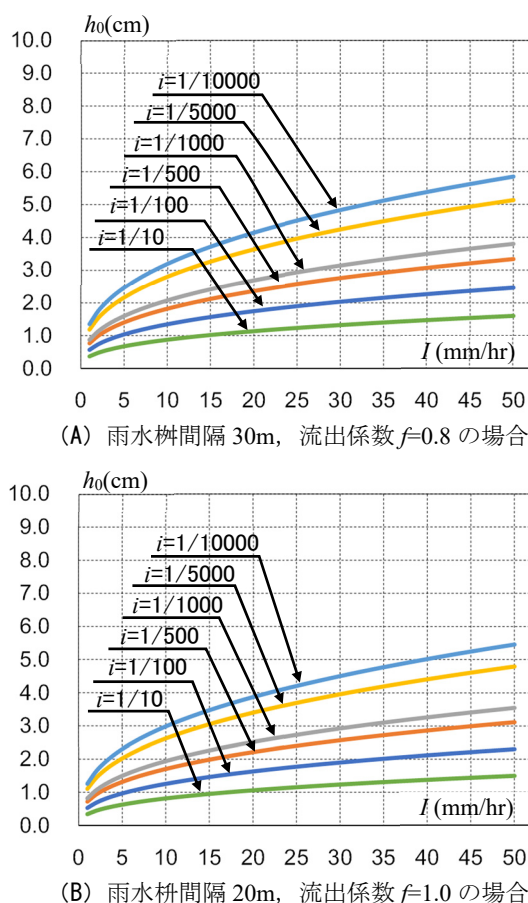


図4 降雨強度と道路縦断勾配に対する水深の変化