

VII-148

ハイドロリック・パフォーマンス・グラフによる 都市雨水流出系の最大排水能力に関する研究

東京工業大学大学院 学生員 大橋正樹
東京都 園田美幸
芝浦工業大学 正員 守田 優

1. 目的

都市化の進展に伴い、アスファルト等の不透透域の増加により、雨水は地中に浸透しにくくなった。このため雨水の表面流出量は増加し、下水道が普及している地域においても浸水被害が多発するようになった。この被害を防ぐためには下水道の排水能力を大きくする必要がある。

本研究では Yen & Gonzalez の発表した理論である Hydraulic Performance Graph (HPG) の理論を用いて雨水管の最大排水能力を計算し、さらに下水道の排水能力の低い部分であるボトルネックを発見し部分的な改良を施すことで全体の排水能力を増大させる手法について検討した。さらに雨水流出解析手法の一つである、物理モデルの non-inertia モデルを用いて流量計算を行い、HPG で算出した結果と比較し、HPG 法の精度と有効性について調べた。

2. HPG とは

HPG は①Hydraulic Performance Curve (HPC)、②z-line、③n-line、④c-curve の4種類の線で構成される。例を図-1に示す。①は常流状態で流量一定のときの水路の上流端と下流端の水深の関係を示す。既知の下流水深から試算法で上流水深を計算し、始点の下流水深は限界水深である。②は h_u (上流水深) = h_d (下流水深) - S_o (水路勾配) $\times L$ (管長) の直線であり流量ゼロの状態を表す。HPC はこの直線に漸近する。③は $h_u = h_d = h_n$ (等流水深) の等流の状態を表す。④は各 HPC の始点を結んだものである。このグラフは区間内の上流水深、下流水深、流量のうち2つが既知ならば他の1つもグラフから読みとることができる。

3. HPG 法の解析方法

本解析の対象は八王子市多摩ニュータウンに位置する永山流出試験地における雨水管とし、それを主管8区間、側管10区間に分割し、下流から上流の順で番号をつけた。図-2に試験地を、表-1に主管のデータを記す。

- ①主管の各区間における HPG を作成する。
- ②最も下流での流量を指定して、下流から上流へ向かって各区間の水深を計算する。このとき側管から流入してくる流量、集水面積から算出した側方流を考慮する。
- ③流量を増加させて、各区間での管の高さを超える水深が求まるまで②の手順を繰り返す。
- ④最大排出流量決定のグラフ (図-3) を描く。最大排出流量

* 都市雨水流出 ハイドロリック・パフォーマンス・グラフ HPG

〒108 東京都港区芝浦 3-9-14 芝浦工業大学 土木工学科 都市環境工学研究室 TEL 03-5476-3056

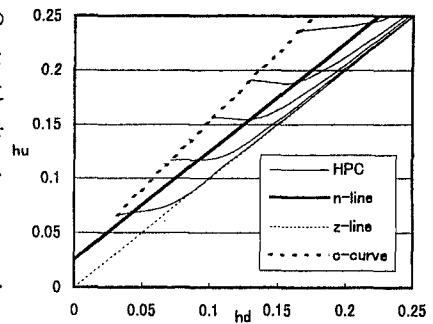


図-1 Hydraulic Performance Graph



図-2 永山流出試験地図

表-1 雨水管のデータ

管番号	管長 (m)	管径 (m)	水路勾配	集水面積 (m ²)	流量比
1	14.0	0.45	0.0050	11285	
2	24.0	0.45	0.0050	9930	0.8799
3	13.8	0.40	0.0050	8735	0.8797
4	24.2	0.40	0.0050	7709	0.8825
5	51.9	0.45	0.0011	5041	0.6539
6	25.7	0.40	0.0011	3455	0.6854
7	27.5	0.35	0.0011	1573	0.4553
8	25.0	0.30	0.0011	456	0.2899

とは雨水管の中で、ある管の水深が最も早く満管状態になるときの出口流量である。

⑤最大排出流量のときの水面形 (図-4) を描く。

⑥最大排出流量のときの Hydraulic Capacity Curve (図-5) を描く。横軸は管の境目での流量、縦軸は出口からの高さである。

⑦④で描いたグラフからボトルネックの管を改良し、再び④から⑥の手順を行う。

⑧改良前と改良後の最大排出流量を比較する。

4. 物理モデルによる HPG 法の検討

物理モデルの1つである non-inertia モデル (diffusion モデル) を用いて HPG 法の結果と流量を比較した。HPG 法では下流から上流へ、non-inertia モデルでは上流から下流へと計算するため、HPG で求めた最上流区間での流量を non-inertia モデルでの計算の出発流量とし、2種類の方法での出口流量を比較した。

5. 解析結果

図-3は各管の満管状態と出口流量の関係を示し、管ごとの水深との交点から最大排出流量がわかる。この結果最上流区間の8の値が最も小さく $0.226\text{m}^3/\text{s}$ であり、これが全体の最大排出流量となる。この箇所がボトルネックである。このため管8の管径および高さを 0.30m から 0.35m に変更して再び解析を行った。この結果、ボトルネックは管8から管7に移り、改良後の最大排出流量は $0.248\text{m}^3/\text{s}$ となり、約11%増加したことになる。図-4は改良前と改良後の最大排出流量のときの水面形を図示し、図-5の Hydraulic Capacity Curve は、各区間での流量と高さの関係を図示したものである。

次に管8の上流端で、HPG と non-inertia モデルでの流量が等しいと仮定して、non-inertia モデルを用いて最下流に存在する管1の下流端での流量を計算し、HPG 法で算出した流量と比較した。その相対誤差を図-6に示した。この図から相対誤差は最大で 0.12 程度と小さい値となった。この結果より HPG 法の手法は有効であることが確認できた。

6. まとめ

本研究から、①下水道の最大排出流量を増大させる場合、全体ではなく一部の管に改良を施すことでも十分な結果が得られること、②物理モデルとの計算結果の比較から、HPG 法は雨水流出系の最大排水能力を検討する手法として有効であることが明らかになった。

参考文献

- 1) B.C.Yen, J.A.Gonzalez(1994): Determination of Boneyard Creek Flow Capacity by Hydraulic Performance Graph, University of Illinois at Urbana-Champaign, WRC Research Report No219

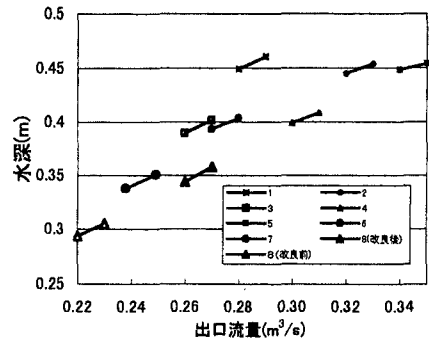


図-3 最大排出流量決定

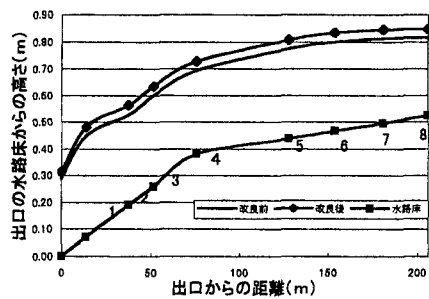


図-4 水面形

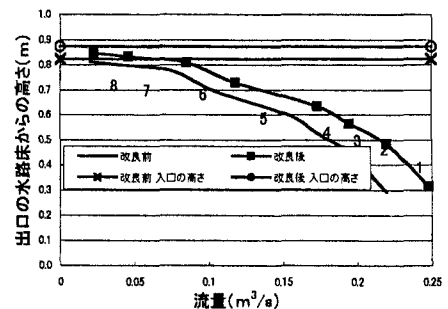


図-5 Hydraulic Capacity Curve

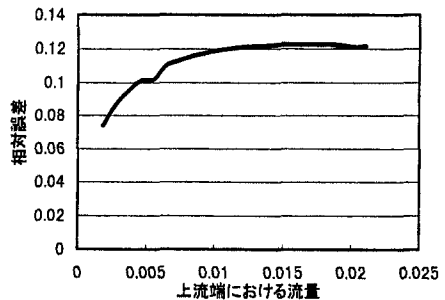


図-6 流量-相対誤差