

地形を考慮した沿線への雨水流入量評価手法の検討

東海旅客鉄道株式会社 正会員 ○加藤 一真
正会員 大木 基裕

1. はじめに

鉄道の降雨対策として、のり面工や排水パイプ等のハード対策や、運転規制等のソフト対策を実施してきた。一方で、近年激甚化している自然外力や沿線の環境変化に適応すべく、周辺環境にも目を向け当社管外からの影響を考慮する必要がある。本稿は、線路沿線外からの集水箇所を特定し、沿線地形や地域特性を考慮した沿線への雨水流入量評価手法を検討したので、その内容について報告する。

2. 流入量解析手法

流入量評価に用いる解析手法は、合成合理式を適用した。合成合理式とは、洪水到達時間 (tc) 毎に合理式 (式1) によるピーク流量を連ねてハイドログラフ (図-1) を作成し、時間による流量の変化を表現するものである。線路沿線への流入量は、土地利用の変化を考慮して算出する必要があるため、土地利用に応じた流出係数を設定し、合理式を適用した。

$$Qr = 1/3.6 \cdot f \cdot r \cdot A \quad (1)$$

Qr : 流量 (m^3/s), f : 流出係数, $r(tc)$: 洪水到達時間内の降雨強度 (mm/hr), A : 集水面積 (km^2)

洪水到達時間はルチーハ式を用いて算出した。ルチーハ式とは、雨水が流域から河道に至る流入時間 (式2) と河道内流下時間 (式3) の和で示される (図-2)。

$$t = \sqrt{(A/2)} \times 30 \quad (2)$$

A : 集水面積 (km^2)

$$T = (1/3600) \times (L/W) \times 60, \quad W = 20 \times (H/L)^{0.6} \quad (3)$$

L : 流域最遠点からの流路長 (m), W : 伝搬速度 (m/s),

H : 最遠点との標高差 (m)

3. 評価モデルの作成

(1) 地形モデルの作成

ある線路沿線の谷渡り盛土を検討対象とし、GIS (地理情報システム) ソフトの ArcGIS を用いて、国土地理院の基盤地図情報 5mDEM (数値標高モデル) を使用した。5mDEM は、より詳細な地形情報が反映された航空レーザー測量のものを使用した。次に、集水範囲を検討するため、作成した 5mDEM より流向ラスタを作成し、流路を抽出した (図-3)。流向ラスタは、最も急な傾斜となる近傍への流向を示している。

(2) 集水範囲の設定

地形モデルより求めた集水範囲及び土地利用状況を確認するため、現地調査を実施した。現地調査にて線路 (盛土) を横過する地点で直径 1.3m 程度の排水設備 (コンクリート管の暗渠) を確認し、流入量評価箇所とした。また、集水範囲内に高速道路の排水設備を確認し、高速道路より上流側からの水は道路に沿って西側へ流下するため、下流側のみを集水範囲と設定した。設定した集水範囲の土地利用状況は、国土地理院公開の空中写真データをもとに、土地利用を区分した図を用いて、現地調査と併せて確認し、主に畑や山林地帯であることがわかった (図-4)。

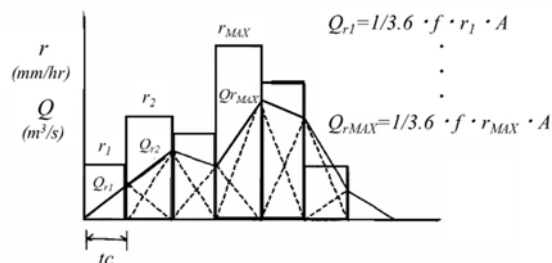


図-1 ハイドログラフ

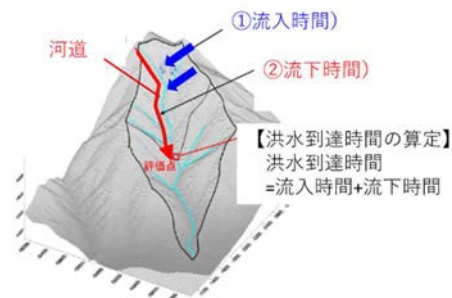


図-2 洪水到達時間の算定

キーワード 降雨, 流入量, 合成合理式, 地形モデル, マニングの公式

連絡先 〒485-0801 愛知県小牧市大山 1545-33 総合技術本部技術開発部 TEL 0568-47-5375

4. 流入量評価

(1) 計算パラメータの設定

流出係数は、中小河川計画の手引き¹⁾に記載の分類及び値を用いた。図-4に示す土地利用区分より、各土地利用面積の割合から加重平均し流出係数を設定した。なお、道路については、地下への浸透はないものと想定し、流出係数1.0に設定した(表-1)。

(2) 雨水流入量算出

流入量算出に用いた降雨は、鉄道構造物等設計標準²⁾に示された作用I(静岡県)の最大1時間雨量150mm、連続雨量400mmの後方集中型とし、算出したところ、ピーク流入量 Q_r は1.211m³/s(図-5)となった。本検討箇所は、1時間雨量最大時に流入量が最大となり、最大となるタイミングが同じであることがわかった。これは、集水範囲が狭く、洪水到達時間が5.1分(表-2)と短いためである。

(3) 流入量評価箇所の流下能力

流入量評価箇所における排水設備の流下能力は、マンニングの公式(式4)より算出し、水深は排水設備の管径の8割とした。

$$Q_m = A \times v, \quad v = 1/n \cdot R^{2/3} \cdot i^{1/2} \quad (4)$$

Q_m : 流下可能流量 (m³/s), A : 通水断面積 1.138 (m²), v : 流速 (m/s), n : 粗度係数 0.013, R : 径深 0.395(m), i : 動水勾配 0.0958

降雨時におけるピーク流入量 Q_r 1.211m³/sに対して、排水設備の流下能力 Q_m が14.59(m³/s)となり、大幅に上回る結果となった。流下能力が大きい排水設備が設置されている理由として、建設当時は、上流部に高速道路などが開発されておらず、広大な集水範囲を考慮していたと考えられる。今後、宅地開発等により、集水範囲、集水箇所が変化する可能性があるため、周辺の環境変化を考慮することが必要である。また、図-4のように排水設備の直上に山林地帯があり、荒れているため、降雨時あるいは日々の点検・検査において排水設備や上流部の状態を着眼点とし、排水設備の排水能力を確保することが重要である。

5. まとめ

沿線周辺からの集水範囲を把握し、流入量を検討した。また、流入箇所にある排水設備の流下能力と比較した。今後、現地にて実際の流入量の検証を実施し、評価手法の妥当性を確認していく。妥当性を確認後、本手法の活用例として、降雨時や降雨後の点検・検査を行う警備箇所や着眼点を整理する。また、将来的に沿線全域の集水箇所を検討し、激甚化する自然外力や環境変化へ備える。

参考文献

- 1) 国土技術研究センター：中小河川計画の手引き，第3章3.6.2，pp.60，1999年9月
- 2) 公益財団法人鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等設計標準・同解説 土構造物，丸善，pp.50~53，2013

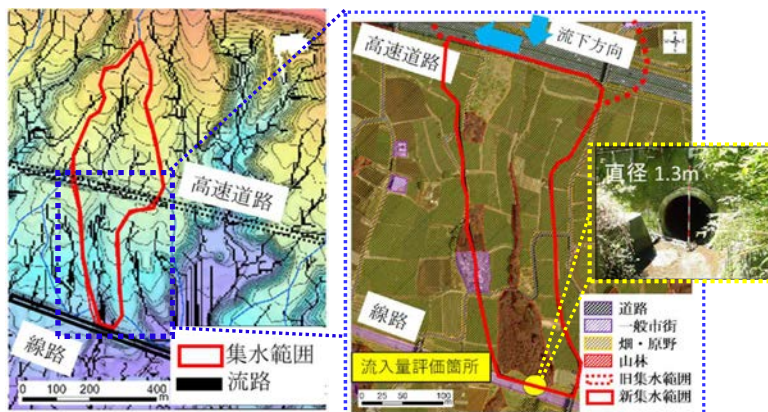


図-3 5mDEM 地形モデル

図-4 集水範囲の設定

表-1 流出係数の算出

土地利用区分	面積 (km ²)	流域面積 (km ²)	割合 (%)	流出係数	加重平均
道路	0.002	0.048	4.7	1.0	0.6
一般市街地	0.001		1.6	0.8	
畑・原野	0.037		76.3	0.6	
山林	0.008		17.4	0.7	

表-2 洪水到達時間の算出

流入時間(分)	流下時間(分)	洪水到達時間(分)
4.0	1.1	5.1

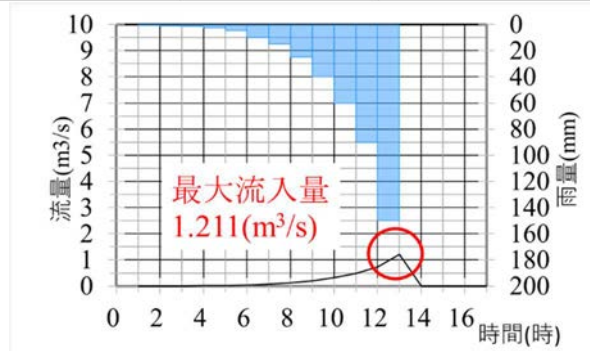


図-5 降雨時における流入量算出