

# 鬼怒川中下流部の平成 27 年 9 月大洪水時における 堤防被災と堤防脆弱性指標の関係に関する考察

中央大学大学院 学生会員 ○上村 勇太  
中央大学研究開発機構 フェロー 福岡 捷二  
中央大学研究開発機構 正会員 田端 幸輔

## 1. 序論

鬼怒川下流区間(0~46km)の河床勾配は、中流区間(46~75km)の 1/360 と比較して 1/1700 と緩く、縦断的な河幅の変化が大きい特徴を持つ。既往最大規模となった平成 27 年 9 月洪水時には、下流区間を中心に堤防決壊を含む多くの堤防被災が生じた。

これまで田端ら<sup>1)2)</sup>は、堤防の浸透破壊に対する危険性を示す堤防脆弱性指標を提案し、堤防被災が生じた河川堤防の脆弱性指標が高くなることを確認している。しかし、堤体及び堤体直下に存在する透水性基盤層の土質構造が縦断的に異なる区間における、堤防脆弱性指標と被災箇所、被災規模について、その適合性は十分明らかにされていない。

本研究では、鬼怒川平成 27 年 9 月洪水時に発生した堤体浸透被害を対象に堤防脆弱性指標を算出し、堤体と基盤の土質構造と堤防被災箇所の関係を考察する。

## 2. 鬼怒川平成 27 年 9 月洪水における堤防被災箇所と堤体・基盤の土質構造特性

本論文では、堤体浸透に起因したと考えられる被災を取り扱う。表-1 に左岸堤防の被災箇所を示す。13.07~35.16 km の区間で堤防決壊を含む計 8 箇所の浸透被災が生じており、13.07~20.5 km (①~③) では、水防実施箇所数が多かったことから、被災箇所数が被災地域に占める規模が大きかったものと考えられる。図-1 に、鬼怒川左岸の堤体と堤体直下の透水性基盤の透水係数を、図-2 に堤防前面での最大水深、透水性基盤層厚さの縦断分布を示す。透水性基盤層の厚さは、堤体下端から地下水面までとした。中流区間の、堤体の透水係数は大きく、堤体直下には透水係数が  $10^{-3}\text{m/s}$  程度で厚さ 2~5m の透水性基盤層が存在している(図 3-(a))。下流区間では、堤体の透水係数は縦断的にばらついており、堤体直下には、不透水性基盤が卓越しており透水性基盤層の存在区間も一部ある。被災は、その区間で、生じている(表-1①, ③, ⑤), 被災箇所は図 3-

表-1 堤体浸透に起因したとされる堤防被災箇所(鬼怒川左岸)

|   | 縦断距離[km]   | 土質構造          | 水防工法                |
|---|------------|---------------|---------------------|
| ① | 13.07~13.6 | 堤体:砂質土 基盤:砂質土 | 月の輪工法, 10箇所         |
| ② | 18.5~18.6  | 堤体:砂質土 基盤:粘性土 | 月の輪工法, 3箇所          |
| ③ | 20.15~20.5 | 堤体:砂質土 基盤:砂質土 | 月の輪工法7, 釜段工法3, 10箇所 |
| ④ | 21         | 堤体:砂質土 基盤:砂質土 | —                   |
| ⑤ | 21.5~21.56 | 堤体:砂質土 基盤:砂質土 | 月の輪工法, 1箇所          |
| ⑥ | 22.3~22.34 | 堤体:砂質土 基盤:粘性土 | 釜段工法, 1箇所           |
| ⑦ | 26.5       | 堤体:砂質土 基盤:砂質土 | ブルーシート設置, 3~4m      |
| ⑧ | 35.1~35.16 | 堤体:砂質土 基盤:粘性土 | 月の輪工法, 1箇所          |

■: 堤防決壊箇所 ■: 被災の規模が比較的大きい箇所

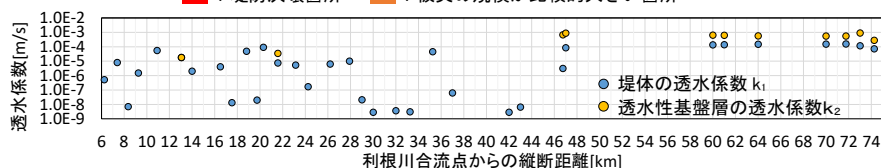


図-1 堤体、堤体直下の透水性基盤の透水係数(鬼怒川左岸)

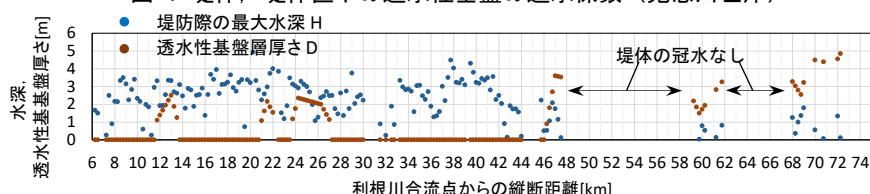
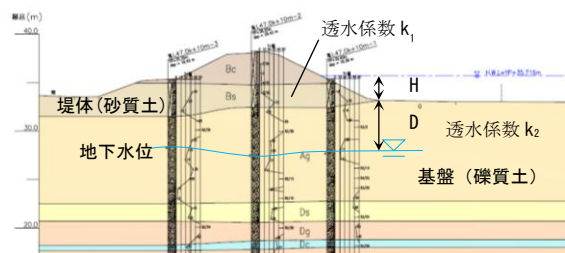
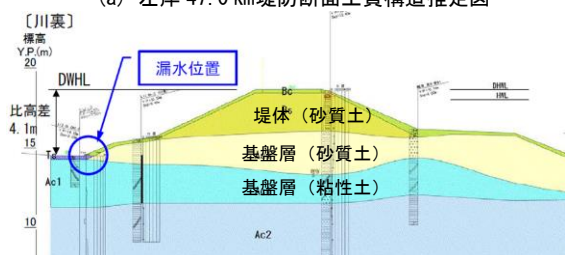


図-2 堤防前面の最大水深、透水性基盤層厚さの縦断分布(鬼怒川左岸)



(a) 左岸 47.0 km 堤防断面土質構造推定図<sup>2)</sup>



(b) 左岸 13.07 km 堤防断面土質構造推定図<sup>3)</sup>

図-3 堤防断面土質構造推定図

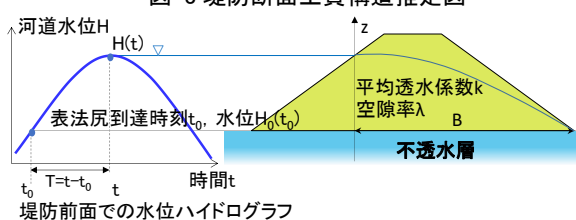


図-4 堤防脆弱性指標に用いる物理変数

キーワード 鬼怒川平成 27 年 9 月洪水, 堤防脆弱性指標, 堤防被災, 堤防土質構造, 堤防基礎地盤

連絡先 〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27-31214 中央大学研究開発機構 TEL 03-3817-1615

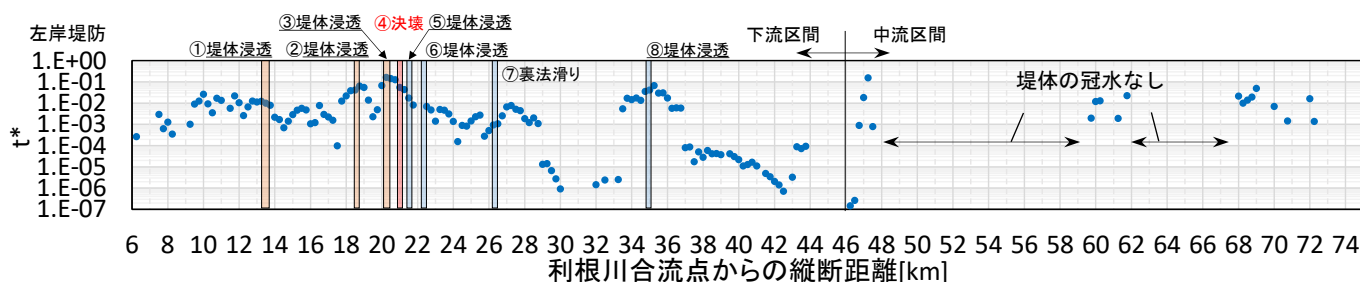


図-5 鬼怒川中下流区間の堤防脆弱性指標の縦断分布と堤防被災（堤体漏水）

(b)の左岸 13.07 km断面の堤防土質構造推定図に示すように、堤体裏法先と透水性基盤層が一体になっている所で生じている。これは、川表側から堤防内部に浸入した水と透水性基盤層に浸入した水が、裏法先で漏水となって現れたものと考えられる。

### 3. 堤防脆弱性指標の検討

不透水性基盤上の堤防脆弱性指標  $t^*$  は、図-4に示す洪水水位  $H$ 、堤防表法の水際から裏法先までの水平距離  $B$ 、洪水継続時間  $t-t_0$ 、堤体の平均透水係数  $k$ 、空隙率  $\lambda$  の組み合わせによって式(1)の無次元形で表される。

$$t^* = \frac{(t-t_0)kH(t)}{\lambda B^2} \quad (1)$$

ここに、 $t_0$ ：堤防が冠水した時の時刻である。堤防直下に透水性基盤層を有する堤体についても、式(1)は浸透破壊危険性の高い側に算定されるため不透水性基盤を仮定し、 $t^*$ を算定した。洪水外力には、観測水面形の時間変化に基づく洪水流・河床変動解析<sup>4)</sup>により得られた水位時系列データを用いた。堤防諸元は、250m間隔で実施された平成24年度河川横断測量を基に設定した。堤体の透水係数は、公開されている平成17年度に実施された堤防詳細点検時のボーリング調査データ<sup>3)</sup>を用いた。

図-5に、鬼怒川左岸堤防における最大水位時の堤防脆弱性指標の縦断分布と堤防被災箇所との対応を示す。下流区間では、比較的被災規模の小さな区間で  $t^*$ の値が小さくなるが、縦断的に被災が連続し、被災規模の大きい区間で  $t^*$ の値が大きく、被災の程度と堤防脆弱性指標とがよく対応している。中流区間では、堤体も基盤もかなりの量の礫を含むことから大きな透水係数を有している。しかし、このような礫堤防区間では、目に見える被害は生じなかった。

図-6は横軸に堤体、縦軸に透水性基盤層の水平浸透流速を示す。浸透流速は、ピーク時の水深  $H$ 、堤防幅  $B$ 、堤体、基盤の透水係数  $k_1$ 、 $k_2$ を用い、ダルシー則により算出した。中流区間では、堤体内に比べて、基盤層内の浸透流速が大きい値を示し、堤体内に浸入した水が、堤体直下の透水性基盤層に抜け出すことで、堤体内の飽和域が減少し、堤体の浸透破壊の危険性は低くなり被災が生じなかったものと推察される。

### 4. 結論と今後の課題

鬼怒川下流区間では、堤防脆弱性指標  $t^*$ は、平成27年9月洪水時の堤防被災箇所と規模をよく説明することを示した。一方で、中流区間の透水性基盤では、不透水性基盤を仮定することによって  $t^*$ の値が高く算出されるが、堤体から透水性の高い基盤層への水の流出により、堤体被害が抑えられることを示した。

#### 参考文献

- 1) 田端幸輔，福岡捷二：堤防破壊確率と堤防脆弱性指標に基づいた堤防危険個所の推定法，第3回地盤工学から見た堤防技術シンポジウム，pp.61-64，2015.12. 2) 福岡捷二，田端幸輔：堤体基礎地盤の透水性・堤防強化対策を考慮した堤体内非定常浸潤線解析法の開発と堤防破壊危険確率の低減効果の見積りに関する研究，河川技術論文集，第22巻，pp.261-266，2016.7. 3) 国土技術政策総合研究所河川研究室 HP，[[http://www.nilim.go.jp/lab/fbg/download/geo\\_download/geo\\_download.html](http://www.nilim.go.jp/lab/fbg/download/geo_download/geo_download.html)]. 4) 鬼怒川堤防調査委員会：堤防における漏水発生箇所の詳細調査報告，2016. 5) 福岡捷二，田端幸輔，出口桂輔：平成27年9月洪水における鬼怒川下流区間の流下能力，河道貯留及び河道安定性の検討，河川技術論文集，第22巻，2016.6.

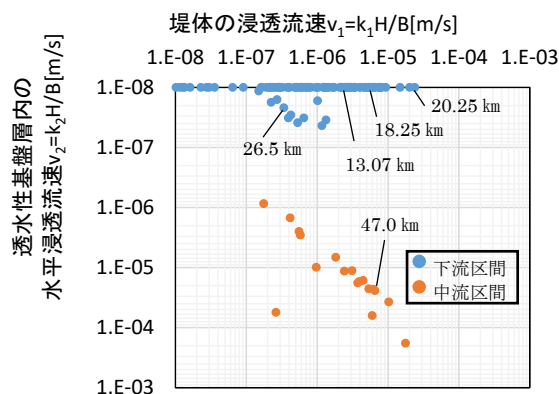


図-6 堤体と基盤層における浸透流速の関係