

将来気候データを用いた豪雨に対する河川堤防の不飽和浸透流解析

九州大学 学○ 後藤 広
九州大学 正 石蔵 良平 F 安福 規之
九州大学大学院 学 長濱 康太

1. はじめに

近年、豪雨や地震などの自然災害によって河川堤防が大きな被害を受けている。さらに、気温、海水温、海水面水位の上昇などの気候システムの温暖化に疑う余地はない事¹⁾や、近年、短時間降雨が増加傾向にある²⁾。このように、今後、気候変動の影響により越水なき破堤など河川堤防の被害が拡大していく可能性がある。以上の事から、災害発生前に河川堤防の弱部をあらかじめ抽出することができれば、事前に対策工事を行うことができ、被害を最小限に抑えることができる。本研究では、筑後川を対象として、豪雨による河川堤防被害に焦点を当て、対象河川の危険度マップを作成することを目的に、河川水位上昇を想定した河川堤防の不飽和浸透流解析を実施した。本文では、筑後川の上流、中流、下流域から堤防断面を抽出し、将来気候データを用いてダウンスケーリングした河川のハイドログラフを外力として、筑後川流域において、将来起こりうる河川堤防の浸透破壊に関する考察を行った。

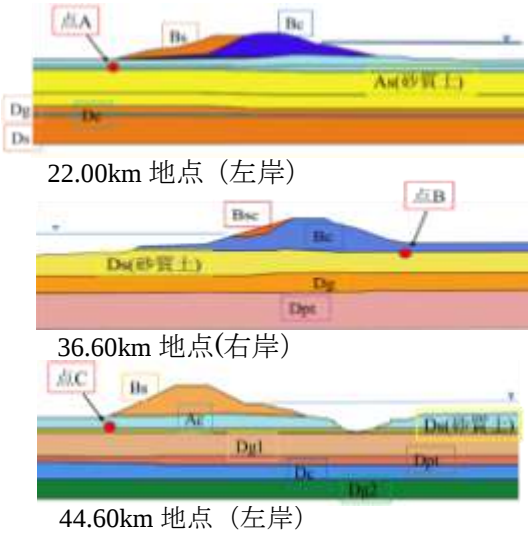
2. 将来の河川水位予想を用いた河川堤防の安全性評価

2.1 解析条件

豪雨に対する現在および将来に対する河川堤防の安全性評価するため、将来気候データを外力（ハイドログラフ）として Plaxis2D を用いて不飽和浸透流解析を行った。Plaxis2D では VanGenuchten モデルを用いており、飽和透水係数、初期間隙比、盛土材分類による係数を入力することで、間隙水圧、流速、飽和度が出力される。境界条件や地盤条件が既知の盛土横断面図を国土交通省から入手し、情報を整理することにより表-1 に示すように入力情報をそろえた。解析を行う断面としては、図-1 に示すように、河口から 22.00km 地点、36.60km 地点、44.60km 地点の 3 か所を抽出した。選定の理由としては、砂層の厚さ、砂層から表層までの距離、堤体高さなどを考慮して断面を選定した。各断面の特徴については表-2 に示す。

また、用いる将来気候データは、今までにない多数のアンサンブルを省ら気候予測されたものであり、産業革命前の気温に比べ 4℃ 上昇したと想定した 20km 解像度の領域実験により得られたものである³⁾。そのうち、筑後川における 48 時間の降雨量が多い上位 5 位までのイベントを解析における外力として用いた。本解析に外力として用いたハイドログラフの一例として、44.60km 地点のものを図-2 に示す。

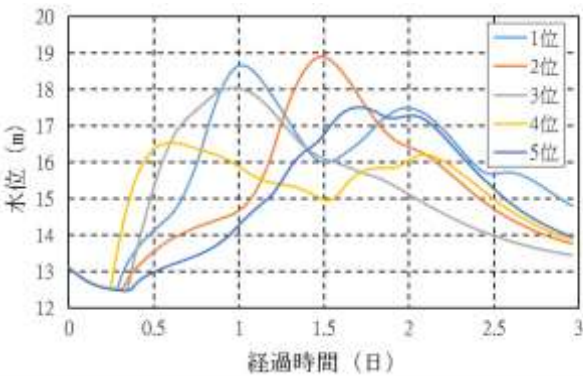
安全性を評価する基準としては G/W を用いる。G は被服土層



図－1 解析対象

表－1 解析入力情報

	単位体積重量 $\gamma(\text{kN/m}^3)$	初期間隙比 e_{int}	土の分類	飽和透水係数 $k^{\text{sat}}(\text{cm/s})$
Ac	18.0	1.06	Clay	1.0×10^{-7}
Dc	18.0	1.06	Clay	1.0×10^{-7}
Bs	18.0	1.06	Sandy loam	6.7×10^{-7}
Dpt	19.0	0.83	Sandy loam	3.3×10^{-7}
Ds	19.0	0.83	Loamy sand	2.0×10^{-5}
Dg	20.0	0.65	Sand	1.7×10^{-3}



図－2 44.60km 地点のハイドログラフ

の重量で、 W は図-1 中の点 A,B,C に示す裏法尻の被覆土層底面に作用する圧力水頭であり、 $G/W < 1$ となるとパイピングを起こす危険性がある。

2.2 最大水位到達時間と G/W 最小値までの時間の比較

ハイドログラフの最大水位までの時間と G/W 最小値までの時間の関係を把握するために、図-2 のハイドログラフを外力として不飽和浸透流解析を行った。解析結果の例として G/W とハイドログラフ (1 位) の関係を図-3 に示す。三断面において、各ハイドログラフを用いて解析を行い、結果から最大水位までの時間と G/W 最小値までの時間の関係として図-4 を得た。図-4 より最大水位到達までの時間が短くなるにつれて、 G/W 最低値までの時間が短くなっていることが確認できる。

2.3 最大水位と G/W 最小値の関係

解析結果から、ハイドログラフの最大水位と G/W 最小値の関係をグラフ化したものを図-5 に示す。図-5 からは、三断面それぞれにおいて、ピーク水位が大きくなるにつれて、 G/W の最小値が小さくなっていることが確認できる。このことから、 G/W の最小値は外力として与える水位の高さに依存していくことが考えられる。しかし、44.60km 地点においては、他の地点に比べ G/W 最小値が小さくなっている。このことから、地盤構成が異なると同様の水位に対しても危険度が異なると考えられる。

2.4 結果・課題

解析結果から得られた知見、課題を以下に示す。

- ✓ G/W が最小となるまでの時間と最高水位に到達する時間は概ね比例している。
- ✓ ハイドログラフの最大水位が高いほど、 G/W の最小値は小さな値をとる。
- ✓ 各堤体の地盤情報の違いと G/W の関係また、地盤情報とハイドログラフの関係については今後、さらにさまざまな境界条件での解析による検証が必要である。

【謝辞】本研究の一部は、気候変動適応技術社会実装プログラム (SI-CAT) の支援を得て実施した。また、ダウンスケーリングしたハイドログラフについては九州大学大学院の田井明准教授に提供いただいた。さらに、河川堤防関係のデータについては、国土交通省 筑後川河川事務所より提供いただいた。ここに記して厚く謝意を表する。

【参考文献】

- 1) 国土交通省気象庁「IPCC 第5次評価報告書 第1作業部会報告書 気象庁訳」,
http://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/ipcc/ar5/ipcc_ar5_wg1_spm_jpn.pdf
- 2) 国土交通省気象庁 <http://www.jma.go.jp/jma/kishou/info/heavyraintrend.html>
- 3) 気候変動適応技術社会実装プログラム <https://si-cat.jp/>

表-2 各断面の特徴

	22.00km 地点	36.60km 地点	44.60km 地点
砂層厚	厚さ (5.45m)	厚い (4.92m)	薄い (0.85m)
砂層から表層 までの距離	短い (2.59m)	短い (2.15m)	短い (2.55m)
堤体の 大きさ	6.30m	6.15m	7.76m
断面の 特徴	河川敷が 広い	河川敷が 狭い	堤外側に 水路

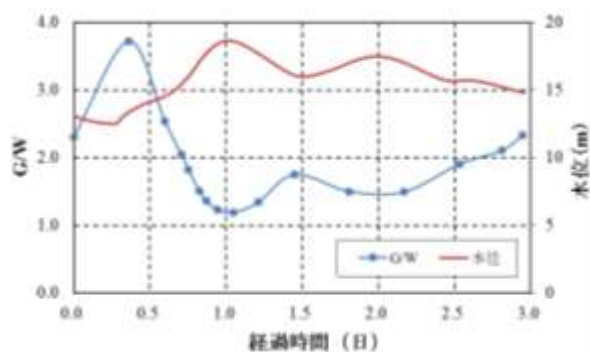


図-3 G/W とハイドログラフの関係

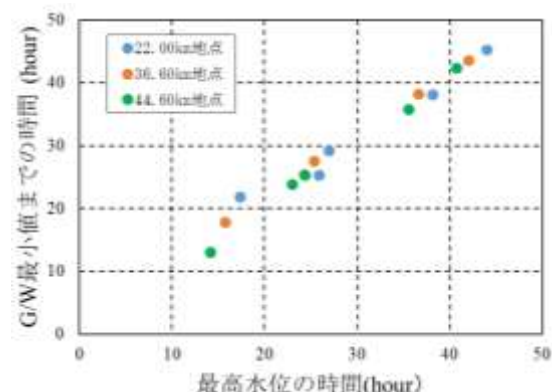


図-4 G/W 最小値までの時間と最高水位の時間との関係

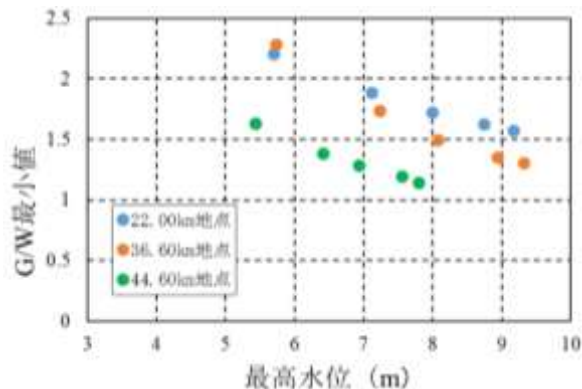


図-5 最高水位と G/W 最小値の関係