# 科学研究費助成事業 研究成果報告書



令和 元年 6月10日現在

機関番号: 12301 研究種目: 挑戦的萌芽研究 研究期間: 2016~2018

課題番号: 16K12852

研究課題名(和文)透水係数の非定常変動という新概念に基づく河川堤防の安全性モニタリング技術の開発

研究課題名(英文)Development of a monitoring sysytem of the bank leakage based on treatment of the unsteady permeability

#### 研究代表者

松本 健作(Matsumoto, Kensaku)

群馬大学・大学院理工学府・助教

研究者番号:90302455

交付決定額(研究期間全体):(直接経費) 2,700,000円

研究成果の概要(和文):河川堤防の安全性を診断する技術は現在までのところ確立されておらず,近年の水災害の頻発を鑑みても,その開発は急務とされている.本研究では,河川堤防の被災要因の1つである堤防基盤漏水をモニタリングするためのシステム構築に向けた基礎的な検討を行うことを目的とするものである.本研究の成果によって,河川堤防の近傍に地下水観測孔を設置し,出水時における孔内水位変動を観測するという簡易な観測によって,観測孔周辺における地盤透水の変動を検出できる可能性があることを,数値解析によって検証することができた.

研究成果の学術的意義や社会的意義 近年,水災害が多発しており,河川堤防の破堤を伴う場合,その被害は極めて激甚なものとなる.しかしながら,河川堤防の安全性を診断できる技術は,現在までのところ確立されておらず,その開発は急務とされている.本研究では,河川堤防の破堤形式の1つである浸透性破堤の要因となることから解明および対策法の確立が急務とされている堤防基盤漏水について,現地実装可能なモニタリングシステムを構築することを最終的な目的とした基礎的取り組みを行った.結果,地下水位を観測するのみという極めて簡便な手法によって,そのリスクを診断できる可能性があることを,現地観測,室内実験および数値解析的検討によって明らかにしたものであ

研究成果の概要(英文): The technology to diagnose the safety of the river levee has not been developed, and its development is considered urgent because of the frequent occurrence of water disasters in recent years. The purpose of this study is to conduct a basic study for the construction of a system for monitoring of the levee base leakage, which is one of the causes of damage to river levees.

The results of this study indicated that it is possible to develoed the monitoring system of the reakage of the river levee base by measured water level fluctuation using the borehole settled in just adjacent to river levee.

研究分野: 河川工学, 防災工学, 地下水工学

キーワード: 河川堤防 基盤漏水 地下水観測孔 孔内水位 出水時応答 地盤透水性 非定常変動 数値解析

## 様 式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19(共通)

### 1.研究開始当初の背景

河川堤防が決壊すると,堤内地に大量の濁水が襲来し激甚な災害をもたらす.集中豪雨の発生頻度が増大する昨今,河川堤防の破堤リスクは増大しているが,堤防の安全性をモニタリングし,その破堤リスクを診断できる技術は確立されていない.

破堤要因には,越流,浸透及び浸食の3 主因があり,このなかで浸透を主因とする破堤は,他の2 形態に比べ最もメカニズム解明が遅れている.越流は河川水位が堤高を超えることで,侵食は河川流が川表側の堤体を侵食することでそれぞれ破堤を引き起こすが,いずれも堤体外部から生じる破壊形態である.これに対して,浸透性破堤は土中の浸透流が引き起こす現象であることから,噴砂痕跡などが発見されることで漏水現象が発生していたことが事後的に確認されているのみであり,その発生が実現象として観察されたのは2012 年の矢部川の事例以外に無く,またその発生過程が現地における実現象としてモニタリングされた事例は世界的に見ても存在していない.

この河川堤防の破堤要因である,基盤漏水に関連する諸現象の解明およびその対策法の確立は喫緊の課題とされているが,依然として達成されていない.基盤漏水現象の解明およびその対策法の確立を困難なものとしている要因の1つは,前述した通り,実現象としては最終的な発生痕跡を事後的に確認できるのみであり,その進行過程が観測できないことにある.

## 2.研究の目的

本研究では,河川堤防の破堤要因の1つである浸透性破堤のリスクとなる基盤漏水を検討対象として,現地実装できるモニタリングシステムを開発することを最終目標とし,そのための基礎的な知見を収集することを目的とするものである.

#### 3.研究の方法

堤防基盤漏水リスクの現地モニタリングシステム構築に際し,本研究では,河川堤防近傍に設置した地下水観測孔の孔内水位の時系列変動特性に着目した.地下水観測孔における孔内水位は,近傍河川の水位変動に対して有意に変動するものと考えられる.また,孔内水位変動は,多くの既往研究によって,その近傍地盤の透水性との間に密接な関連性を有していることが確認されている.このことは,孔内水位変動特性から,観測孔周辺地盤内部における透水性の変動を検出できる可能性があることを示唆している.

また,検討にあたっては,現地観測に加え,数値解析的検討も実施した.現地観測では,仮に実際に地盤透水性が変化していたとしても,それを確認することができない.そのため本研究では,取り組みを大きく2段階に分け,まず実際の観測結果を用いながら,地盤透水性を変化させず,河川水位変動のみから,孔内水位に変動特性を定式化する.その後,主に数値解析的検討によって,地盤透水係数を局所的に非定常変動させた条件を課し.孔内水位変動が示す,孔周辺地盤の局所的降水係数の非定常変化を及ぼす応答性の変化について抽出し,現地実装可能であるかその感度検証を実施した.

### 4. 研究成果

本研究を推進した結果,河川堤防近傍に設置した地下水観測孔における孔内水位は,河川水位の変動に対して有意な変動を示し,河川水位の変動を「総出水時間」および「河川水位ピーク到達時間」という 2 つのパラメータを用いて,「孔内水位ピーク到達時間」を定式化することができた.この定式化により,孔内水位変動を種々の出水条件の関数として一括して取り扱うことが可能となったため,次に地盤の透水性を非定常変動させた場合の孔内水位変動特性を調べると,数時間単位の差異として検出することが可能であり,実際の河川堤防維持管理の現場に実装できる余地のあるモニタリングシステムとして構築できる可能性が高いことを示すことができた.

堤防基盤漏水について,その終局的な地表現象に至る以前に,土中の進行過程をモニタリングできる手法はこれまで開発された事例は存在しないため,本研究の成果は多きな成果といえる.

しかしながら,主要な検討部分が数値解析的検討のみに依存していることから,実際に現地 現象として本モニタリングシステムの有効性が検証されておらず,これについては今後の重要 な検討課題であると考えられる.

また,数値解析的検討においても,本研究では2次元場における検討であること,パイピング伸展過程が未解明であるため,解析条件と実現象とに大きな乖離が存在する可能性が否めないこと,パイピング伸展層を被圧帯水層条件下における完全飽和浸透流解析としたため,負圧地下水流動場を想定した飽和・不飽和浸透流解析となっておらず,汎用性向上にあたっては,飽和・不飽和浸透流解析による検討も必要となる可能性があること,河川水位を,簡素化した水位変動モデルで与えたため,実際の,より複雑な水位変動モデルに対しての適用性を確認する必要があることなど、いくつかの今後の課題が存在することも改めて確認することができた.

## 5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計 3 件)

- 1) <u>松本健作</u>, 小野寺光二, 南雲洋平, 堀込拓野, 小堀圭祐: 高頻度・高密度観測による堤防近 傍伏流水の出水時応答に関する考察, 河川技術論文集, 第24巻, pp.535-540, 2018. 【査読有】
- 2) <u>松本健作</u>, 森勝伸, 下村通誉, 小野寺光二, 南雲洋平: 河川伏流水に生息する地下水生生物の生息実態とその環境因子に関する研究, 土木学会論文集, B1(水工学), Vol. 73, No. 4, I 1117-I 1122, 2017. 【査読有】
- 3) <u>松本健作</u>・小野寺光二:河川堤防近傍における伏流水の電気伝導度の鉛直分布の出水時応 答特性に関する研究,河川技術論文集,第 22 巻, pp.245-250, 2016. 【査読有】

[学会発表](計 2 件)

- 1) <u>K. Matsumoto</u>, K. Onodera, Y. Nagumo and K. Kobori: A STUDY ON AQUATIC ORGANISMS IN UNDERFLOW WATER USING HOTSPOT BOREHOLE ADJACENT TO KIRYU RIVER, Proceedings of 12<sup>th</sup> International Symposium on Ecohydraulics, 2543889, 2018. 【查読無】
- 2) 南雲洋平・<u>松本健作</u>・小野寺光二:河川近傍地下水観測孔における EC の出水時応答特性 に関する研究,第 14 回地盤工学会関東支部発表会, pp.386-389, 2017. 【査読無】

[図書](計 0 件)

〔産業財産権〕 出願状況(計 0 件)

名称: 名明者: 相利者: 種類: 音願所の別:

取得状況(計 0 件)

名称: 発明者: 権利者: 種類: 番号: 取得年: 国内外の別:

〔その他〕 ホームページ等

6. 研究組織

(1)研究分担者 研究分担者氏名: ローマ字氏名: 所属研究機関名: 部局名:

職名:

研究者番号(8桁):

(2)研究協力者

研究協力者氏名:小野寺 光二ローマ字氏名: Onodera Koji

研究協力者氏名:宮崎 基浩 ローマ字氏名: Miyazaki Motohiro

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。