

京都大学	博士（工 学）	氏名	與 田 敏 昭
------	---------	----	---------

論文題目	河川堤防の越流侵食のメカニズムに関する研究
------	-----------------------

（論文内容の要旨）

本論文は、耐越水河川堤防の開発に向けて、これまでの堤防強化に関する研究成果を踏まえ、堤防越水実験による越流侵食特性、浸透のメカニズム、堤防強化対策工の効果ならびに非粘着性土質堤防を対象とした越流侵食モデルの構築とその適用性について取りまとめたものである。本論文は、以下のとおり6章からなっている。

第1章は序論であり、本研究の背景と研究目的を述べ、本論文の内容と構成について述べている。

第2章では、河川堤防の越流侵食に関する従来の研究を、実験的研究、解析的研究、越流堤防の導入に関する研究に分類整理し、それぞれをレビューすることで、河川堤防の越流侵食に関する研究の現状と課題を抽出するとともに、本論文の位置づけを明確にしている。

第3章では、堤体の土質条件や外力条件を種々変化させた堤防の越流模型実験を実施し、越流侵食・浸透のメカニズムを検討している。その結果、外力条件（越流水深）を10, 20, 30cmと変化させた堤防越流侵食実験の結果、越流水深が大きいほど侵食進行は速いが、侵食開始場所や侵食進行の形態は越流水深の規模に関係なくほぼ同様であること、堤体の締固め度を90%、85%と変えて越流侵食実験を行った結果、何れの締固め度でも侵食開始場所はほぼ同じであるが、締固め度が緩いほど侵食進行が速いこと、堤体内湿潤条件を変化させた実験を行った結果、堤体内湿潤条件は侵食開始場所、侵食進行パターンおよび侵食進行の速さに大きく影響すること、堤体土質条件や施工条件を厳密に管理して作成した堤防模型を用いた実験では、侵食開始場所や初期侵食段階での侵食量は、複数の実験でほぼ同一の結果となるが、破堤に至る侵食時間や侵食進行過程にはばらつきが生じること、堤体材料に実河川で用いられる粘着性を有する土を用いた実験を行ったが、これらのばらつきは僅かな土質の違いや締固めの僅かな不均一性が影響したものと考えられ、粘着性土の侵食現象をモデル化するに当たり大きな課題であること、などが示されている。

第4章では、不飽和堤体の越流侵食に着眼点を置き、非粘着性土質堤防の越流模型実験を行い、計算モデル構築のための検証データを得るとともに、不飽和状態での浸透および越流の影響を考慮した非粘着性土質堤防の越流侵食モデルの構築を行い、実験結果と計算結果とを比較検討することでモデルの妥当性を検討している。堤防越流侵食解析モデルは、堤体内の浸透流解析モデル、越流水の流れ解析モデル、その流れによる堤体の侵食および堆積の土砂輸送解析モデル、堤体法面のすべり破壊解析モデルの4つの解析モデルを統合したモデルであり、不飽和土のサクションによるせん断抵抗の増加を考慮した侵食速度を組み入れられていて、飽和土および不飽和土の侵食速度式を用いて不飽和堤体の侵食と浸

京都大学

博士 (工 学)

氏名

與田 敏昭

透がほぼ同時に進行する越流侵食プロセスのモデル化を行っている。そして、このモデルによる計算結果では、非粘着性不飽和堤体土砂の粒径が小さいほどサクシジョンの効果が大きいいため侵食速度が大きく軽減され、一方、粒径が大きいほどサクシジョンの効果が小さく、侵食速度が大きくなることが適切に表現されており、実験結果を良好に再現することが示されている。なお、粒径の小さい8号砂では、表法肩の侵食の計算値は実験値より過大になっているが、これには粒径が小さい（砂粒レイノルズ数が小さい）時の無次元限界掃流力の設定値が関係している可能性があり、これを修正すると比較的両者が良く一致することが示されている。また、解析モデルにサクシジョンの効果を入れた場合と入れない場合の解析や飽和透水係数の値の感度分析等が行われ、サクシジョンの効果を入れることで計算結果は実験結果を良く再現できること、飽和透水係数の大きさが侵食速度に大きく影響すること等が示されている。

第5章では、模型堤防に対策工、すなわち人工構造物を設置した場合の越流侵食現象と浸透現象を実験的に検討し、堤防強化を図った場合の越流侵食のメカニズムを明らかにしている。すなわち、表法面遮水工を施した場合の越流対策工としての効果については、表法面からの浸透の抑制により堤体内湿潤面の位置が低くなって、湛水せずに越流侵食させた場合と類似の侵食状況となり、同工法は越流侵食に対して一定の効果を有することが示されている。ついで、堤防天端を強固にした対策工では、裏法面から天端裏法肩まで侵食が到達したのち、天端が侵食されることなく、崖状になって侵食進行が停止したことから、この対策工では裏法面は侵食されるものの、堤体内部にまで侵食が進行することを抑制する効果があることが示されている。さらに、裏法尻にドレーン工を配置した場合では、ドレーン工を設けることで堤体内湿潤面を低くすることができ、越流侵食に対して一定の効果があるものの、ドレーン工と裏法面の境界から侵食が始まり、ドレーン工上部の土砂が流失することから、この境界面やドレーン工上部の盛土は侵食開始場所として弱部になる可能性がある」と指摘している。

第6章は結論であり、本論文で得られた成果について要約するとともに、今後の課題についてとりまとめている。

(論文審査の結果の要旨)

本論文は、耐越水河川堤防の開発に向けて、これまでの堤防強化に関する研究成果を踏まえ、堤防越水実験による越流侵食特性、浸透のメカニズム、堤防強化対策工の効果ならびに非粘着性土質堤防を対象とした越流侵食モデルの構築とその適用性について取りまとめたものであり、得られたおもな成果は次のとおりである。

- (1) 模型堤防を用いた水理実験を、堤体の特性や越流条件等を種々変化させて行った結果、越流水深が大きいほど堤体の侵食進行が速いが、侵食開始場所や侵食形態は越流水深に関わらずほぼ同じであること、締固め度が緩いほど浸透時の堤体内湿潤面が高くなり、堤体の侵食進行が速いことが示されている。また、湿潤条件は堤体の侵食開始場所、侵食進行パターン、侵食進行の速さに大きく影響することが明らかにされ、堤体土質の飽和・不飽和状態と侵食との関係の重要性が指摘されている。
- (2) 浸透現象と越流侵食現象を対象とした堤防強化対策について模型堤防を用いた水理実験を行っている。これより、遮水シートによる対策工は、浸透抑制により堤体内湿潤面が低下することで、越流による侵食進行を遅らせる効果があることが示されている。また、ドレーン工は堤体内湿潤面を低くでき侵食進行過程を若干遅延させる効果が有るものの、ドレーン工自身が弱点になり得ると指摘している。さらに、堤防天端の強化対策により、堤体は崖状に侵食されるものの天端は侵食されずに侵食進行が停止することが示されている。
- (3) 非粘着性土質堤防を対象として、サクシジョンの影響を考慮した新たな越流侵食モデルを提案するとともに、堤体の粒径や形状を種々変化させた水理実験を実施している。その結果、提案したモデルで粒径が小さい堤体ほど侵食進行が遅いという実験結果が良く再現され、サクシジョンを考慮した方が実験結果をより適切に再現し得ること、堤体形状が異なる場合でも堤体の侵食・堆積過程が本モデルで適切に再現されることが示されている。

以上、本論文は、河川堤防の越流侵食のメカニズムについて水理模型実験および数値解析により明らかにしたものであり、学術上、實際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士(工学)の学位論文として価値あるものと認める。また、平成26年8月21日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。