

学位論文の要旨

氏名

宇都 洋一

学位論文題目

しらす河川堤防における浸透挙動に関する基礎的研究

本論文は、「しらす」を盛土材料とする河川堤防の不飽和浸透挙動に関する研究成果をまとめたものである。南九州のしらす地帯を流下する一級河川川内川では、流域近傍の盛土材の種類や量が限られていることから築堤材料のほとんどがしらすである。しらすは、南九州の特殊土とされており、流水による浸食に対して弱く、これまでも種々の災害が繰返し発生している。このような中、国土交通省九州地方整備局では「シラス地帯の河川・道路土工指針(案)」を定めて堤防の設計・施工を行ってきた。しかし、依然として盛土のり面での災害が絶えないのが実状である。一方、現在、全国的な規模で河川堤防の浸透挙動に対する安全性照査や強化設計、質的整備が進められている。これらは、現地調査及び工学的な検討により堤防の治水安全度を評価し、所定の安全度を満足しない場合には堤防強化対策に基づいた設計・施工を実施することになっている。しかし、これらの評価手法では、土質パラメータの設定等、築堤材料としてのしらすの工学的特性や災害実態を必ずしも反映していないことになっている。本論文は、しらすを築堤材料とする堤防の土質工学的特性を考察し、災害特性や実物大の湛水・浸透実験及び現場締固め実験結果を踏まえて、しらすを築堤材料とする川内川堤防の浸透挙動に関する基礎的研究をとりまとめたものである。

第一章では、研究の背景と目的、論文構成について整理し、本研究の目的、意義や位置付けを明確にした。

第二章では、川内川堤防で築堤材料として使用されているしらすの物理特性、締固め特性、浸透特性、強度特性を整理し、これらの土質工学的特性について検討した。

第三章では、川内川堤防で実施した実物大の湛水・浸透実験結果及び現場締固め試験結果について説明するとともに、実験結果及び数値シミュレーション解析により、しらす堤防の浸透挙動に関して考察した。併せて浸透挙動に影響を及ぼすしらすの締固め特性に関して考察した。

第四章では、第三章の実物大の湛水・浸透実験結果をふまえ、北村・酒匂らの提案する数値力学モデルの適用性について検討を行った。

第五章では、しらすを築堤材料とする堤防の土質工学的特性や災害実態をふまえた堤防の浸透挙動に関する本研究の成果を総括した。

論文審査の要旨

報告番号	理工研 第319号	氏名	宇都 洋一
審査委員	主査	北村 良介	
	副査	河野 健二	安達 貴浩
<p>学位論文題目 しらす河川堤防における浸透挙動に関する基礎的研究 (Infiltration behaviors of levees embanked by Shirasu soil)</p> <p>審査要旨</p> <p>提出された学位論文及び論文目録等を基に学位論文審査を実施した。本論文はしらすを用いた河川堤防の不飽和浸透挙動について述べたもので、全文5章より構成されている。</p> <p>第一章では、研究の背景と目的、論文構成について整理し、本研究の目的、意義や位置付けを明確にしている。</p> <p>第二章では、川内川堤防で築堤材料として使用されているしらすの物理試験結果（土粒子密度、自然含水比、粒径加積曲線、細粒分含有率、乾燥密度、飽和度）、締固め試験結果（最適含水比、最大乾燥密度）、保水・透水試験結果（水分特性曲線、不飽和・飽和透水係数）、強度試験結果（せん断強度パラメータであるc、ϕ）のデータを収集し、それらの土質工学的特性のバラツキに着目した整理を行い、簡易で精度の高い土質パラメータの評価法の必要性を明らかにしている。</p> <p>第三章は、本論文の核となる章である。川内川堤防の改修によって生じた新堤と旧堤を利用し、新たに締切り堤を湛水・浸透試験用に設置し、実物大の湛水・浸透試験を実施した。湛水・浸透試験で計測されたデータ、現場での締固め試験で得られたデータに基いたしらす堤防の浸透挙動に関する考察を加えるとともに、試験結果の一部から得られる土質パラメータを入力し、不飽和・飽和浸透流解析プログラムを用いた数値シミュレーションを行った。そして、数値シミュレーション結果と現地計測データ、室内土質試験データとの比較を行い、数値シミュレーション解析の妥当性を検討した。併せて、しらすの締固め特性がしらす堤防の浸透挙動の経年変化に及ぼす影響についても実験的考察を加えた。</p> <p>第四章では、不飽和土の保水・透水特性を評価するために北村・酒匂らが提案している数値力学モデルを適用している。すなわち、数値シミュレーション結果と不飽和土の保水性試験結果、不飽和透水試験結果との比較・検討を行い、北村・酒匂らが提案している数値力学モデルは、簡単な土の物理試験から得られる入力パラメータを用いて精度良く不飽和土の保水・透水挙動を表現できることを明らかにした。さらに、有限要素プログラムに数値力学モデルを組み込み、第三章に示した実物大の湛水・浸透試験条件で数値シミュレーションを行い、北村・酒匂らが提案している有限要素プログラムの有用性について検討を加えた。</p> <p>第五章では、しらすを築堤材料とする堤防の土質工学的特性や災害実態をふまえた堤防の浸透挙動の最適な評価法に関する本研究の成果を総括した。</p> <p>本論文でのこのような成果は、川内川のみならずしらすを築堤材料とした河川堤防の浸透挙動の解析、さらには、しらす堤防の安全で効率的な管堤防に貢献できるのみならず、全国の河川堤防への適用も可能であり、今後の発展が期待される。</p> <p>よって、審査委員会は博士（工学）の学位論文として合格と判定する。</p>			

最終試験結果の要旨

報告番号	理工研 第319号	氏名	宇都 洋一
審査委員	主査	北村 良介	
	副査	河野 健二	安達 貴浩
<p>平成22年2月4日（木）に論文発表会が開催され、約40分の説明と30分余の活発な質疑応答が発表者と審査委員を含む参加者との間でなされ、発表者からの確かな回答が得られた。</p> <p>主な質疑応答内容を以下に記す。</p> <p>【質問】しらすの乾燥密度の経年変化（密度低下）が生じるのはどのようなメカニズムによるのか。</p> <p>【回答】乾燥密度の低下は、細粒分の流出と言われている。このことを確かめるため、室内土槽試験装置を用いた乾湿繰り返し試験を行ったが、細粒分の流出はほとんどなかった。現時点では、メカニズムはよくわかっていない。解明には長期間（数年～10年）にわたる調査や室内試験が必要と考える。</p> <p>【質問】湛水・浸透試験結果によれば、土羽土が堤体への水の浸透に影響を与えているようである。土羽土の役割について追加説明をお願いしたい。</p> <p>【回答】湛水・浸透試験で土羽土が堤体の安定性に重要な影響を与えていることが明らかになった。試験終了後に締切り堤を開削し、断面を調査した結果、良質土による土羽はほとんど変状が見られず、法尻ドレーン工とともに、浸潤線を低下させる効果のあることが明らかになった。但し、鹿児島県では長いラインとなる堤体の土羽に一定の品質を有する良質土を供給することは困難な状況である。品質の一定したしらす、土羽土の供給が困難であることは、しらす堤防の品質にバラツキがあることを意味し、バラツキの定量的な評価法の開発が望まれている。</p> <p>【質問】本研究の成果を用いて、土羽土の最適な厚さを求めることができるか。</p> <p>【回答】数値解析から最適な土羽土の厚さを決めることは困難である。河川堤防において、土羽土の遮水効果にのみ依存することは問題である。河川堤防の安全で効率的な管理には浸透挙動に与える要因を総合的に考慮する必要がある。</p> <p>【質問】北村・酒匂らの提案しているKita-Sakoモデルを用いた数値シミュレーション結果に関する説明を付け加えて下さい。</p> <p>【回答】採取試料より得られるパラメータをKita-Sakoモデルに入力して得られる不飽和新得特性（水分特性曲線、不飽和・飽和透水係数～体積含水率関係）を用いることによって、「河川堤防の構造検討の手引」等に示されている全国一律の不飽和浸透特性を用いるよりも堤防を安全側で設計・施工することが可能となる。</p> <p>【質問】不飽和・飽和浸透流解析における左右端の境界条件はどのようになっているのか。</p> <p>【回答】一般には、河川や池などの水位の影響が一定と見なせるところまでを解析領域とし、固定境界とします。また、河川堤防の場合は、浸潤線の変化幅を考慮し、堤防高さの10倍程度を解析領域としています。今回の解析では、メッシュ数に制限があるため、右端は新堤から数十メートル離れた水位観測箇所、左端は湛水池中央の水位観測箇所を固定境界としています。</p> <p>【質問】室内土質試験に用いた試料のサンプリング方法を教えて下さい。</p> <p>【回答】既設堤防でのサンプリングは、ボーリングによる不攪乱試料をトリプルチューブサンプリングで行った。また、ブロックサンプリング試料、密度調整をした乱した試料も用いた。</p> <p>以上の結果、3名の審査委員は申請者が大学院博士後期課程修了者として十分な学力と見識を有するものと認め、博士（工学）の学位を与えるに足りる資格を有するものと判定した。</p>			