

令和 2 年 7 月 7 日現在

機関番号：33919

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2016～2019

課題番号：16H04412

研究課題名(和文) 浸透条件下の盛土構造物の崩壊機構の解明と合理的な設計・照査法の提案

研究課題名(英文) Investigation of failure mechanism of embankment under seepage condition and proposal of rational design and inspection method

研究代表者

小高 猛司 (KODAKA, Takeshi)

名城大学・理工学部・教授

研究者番号：00252271

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,700,000円

研究成果の概要(和文)：浸透条件下の盛土構造物の合理的な設計・照査の提案を目的として研究を実施し、次の成果を得た。浸透条件下において間隙水圧の上昇に伴い有効応力が低下して崩壊する土構造物の照査・設計に資する力学定数決定のための合理的な試験法、すなわち吸水軟化試験を確立した。新たに開発した浸透条件下で実施可能な一面せん断試験装置を用いて、せん断応力～変位関係と、細粒分流失量～変位関係は高い相関があることを示し、せん断変形に起因して細粒分の移動・流失が活発化することを解明した。浸透条件下での斜面崩壊の安全率を精度良く求めるために、飽和・不飽和浸透流解析と剛塑性有限要素解析を連成した FEM 解析コードを開発した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

盛土構造物は時間とともに安定化するとされているが、降雨や洪水による浸透条件下では著しくせん断強度が低下する細粒土材料が存在し、かつ、それが昨今の豪雨時の盛土被災に結びついていることを明らかとした。これは、本研究で開発、提案した吸水軟化試験による成果であり、浸透時に劣化する地盤材料の力学特性を適正に評価可能としたことによる。また、本研究では、特殊な一面せん断試験によって、浸透条件下での土構造物内の細粒分の移動・流失は、せん断変形に起因して活発化することも明らかにした。これは、盛土からの細粒分の流失現象が、より危険な破壊の兆候であることを学術的に示した初めての研究成果である。

研究成果の概要(英文)：By conducting this research which aims to propose the rational design and inspection of embankment under seepage condition, the following results were obtained. 1. A water absorption softening test was newly developed. It can rationally determine the mechanical constants for inspection and design of soil structures that collapse due to a decrease in effective stress under seepage conditions. 2. Using the newly developed direct shear box test apparatus that can be performed under seepage conditions, it was shown that there is a high correlation between the shear stress-displacement relationship and the fine contents loss-displacement relationship, and it was elucidated that movement and washout of fine grains are activated due to shear deformation. 3. In order to accurately determine the safety factor of slope failure under seepage conditions, a FEM analysis code that is coupling saturated-unsaturated seepage flow analysis and rigid-plastic finite element analysis has been developed.

研究分野：地盤工学

キーワード：浸透 盛土 堤防 三軸試験 細粒土 礫質土 崩壊 一面せん断

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

高透水性の砂礫盛土の照査・設計の実務では、一般に三軸試験における CD 試験で得た強度定数が用いられる。しかし、浸透条件下のすべり破壊では、破壊発生時のひずみは小さいため、大ひずみ領域で発揮するダイレイタンスー効果を過大に含む CD 試験の強度定数は、盛土の安定性を危険側に評価する場合がある。一方、ため池盛土の照査・設計に用いられている Newmark-D 法のように、CU 試験の強度定数が推奨されることもある。これは、締固めの効果を十分に見込むためとされているが、正のダイレイタンスーを呈する密詰め砂を完全非排水条件で無理矢理せん断し続けて得られる強度定数は非現実的であり、特に粘着力を過大評価することになる。しかも、砂質土の CU 試験は、乱れなどのわずかな構造の変化によって敏感に最大軸差応力が変わることを研究代表者は数多くの実験的研究事例から明らかとしており、砂質系盛土の強度定数決定に CU 試験を用いることは不適切であるという懸念を示してきていた。以上のように、不合理な試験条件を標準としている設計・照査法が実務で散見されるのが研究開始当初の実情であり、土質力学に立脚した合理的な試験方法を含む設計・照査法の提案が不可欠であった。

一方、洪水時の河川堤防などの浸透条件下におかれる盛土構造物においては、裏法尻に浸出水があり、さらにその浸出水が細粒分の混入によって混濁している場合には、盛土構造物の安定性が著しく損なわれる恐れがあると考えられている。実際に、様々な盛土構造物の被災事例の初期段階において、混濁した浸出水の目撃事例は多い。従来、地盤内から流失する細粒分によって、盛土構造物の間隙比が減少することに伴い、地盤のせん断強度が低下し、結果として構造物全体のせん断変形も進行すると考えられてきていた。そのため、浸透条件下での盛土構造物の安定性を評価する一つの指標として、地盤内から細粒分が流失するトリガーを評価するために、盛土内浸透水の限界流速などに関する研究が主体となってなされてきた。しかし、研究代表者による予備実験により、盛土地盤内の細粒分の流失は、細粒分を含む地盤全体のせん断変形の発生と密接に関係していることを予見しており、地盤の変形を伴わない単純浸透場での細粒分の流失条件のみの検討では、浸透条件下での盛土構造物の安定性評価には不十分であることを示していた。

河川堤防の実務における現状の浸透時のすべり破壊に対する安定性の照査は、飽和 - 不飽和非定常浸透流解析によって設定した降雨・洪水外力に対して発生する堤体内の水位を予測した後、その堤体内水位を用いて、修正フェレニウス法による円弧すべり解析を実施するというものである。河川堤防に限らず、降雨などによる浸潤時の盛土崩壊の予測を弾塑性有限要素変形解析によって実施する試みはなされているが、実務に適用するレベルには至っていない。これは、変形解析では、構造物の安全率を算出するための基準には使えないのに加えて、だからと言って性能設計に適用するほど正確に変形量が予測できるほどの精度には至っていないためである。浸透条件下での盛土崩壊は、流動崩壊を伴う大変形を伴うために、有限要素解析での評価は難しいのが実情であった。

2. 研究の目的

1 に述べた背景を踏まえて、本研究では、浸透条件下の盛土構造物の合理的な設計・照査の提案を目指して、以下の目的を掲げた。

- (1) 力学特性を合理的に評価する試験法の確立：浸透条件下において間隙水圧の上昇に伴い有効応力が低下して崩壊する土構造物の照査・設計に資する力学定数決定のための合理的な試験法を提案し、確立する。
- (2) 盛土変状と細粒分流失との因果関係の解明：浸透条件下で実施可能な一面せん断試験装置を開発して、せん断変形と細粒分流失との因果関係について詳細な検討を行う。
- (3) 浸透条件下のすべり破壊予測解析法の提案：浸透条件下での斜面崩壊の安全率を精度良く求めるための解析法を整備する。

3. 研究の方法

2 に示した(1)~(3)の目的を達成するために、以下の方法で研究を遂行した。

(1) 力学特性を合理的に評価する試験法の確立

浸透条件下において盛土構造物が崩壊に至るのは、浸透に伴い間隙水圧が上昇し、それに伴い有効応力ならびにせん断強度が低下して、結果的に構造物全体の安定性が著しく低下するためである。その崩壊プロセスを忠実に再現する試験法を構築することが重要である。具体的には、三軸試験において、一定の軸差応力を保持して間隙水圧を徐々に上昇させて、低有効応力レベル、ならびに低ひずみレベルにおいて土を破壊に至らしめる吸水軟化試験法の構築を行った。また、実際の河川堤防から採取した各種の堤防土を用いて、吸水軟化試験の適用性について検討を行い、試験手順の整理ならびに実務における試験結果の評価法についての検討を行った。

(2) 盛土変状と細粒分流失との因果関係の解明

地盤内のせん断変形と地盤内からの細粒分流失との力学的な因果関係を詳細に評価することが可能な、浸透条件下で実施可能な一面せん断試験装置を開発した。その試験装置を用いて、応力レベルや動水勾配を系統的に変えた一連の実験を実施し、せん断応力～変位関係、ならびに、細粒分流失量～変位関係等についての検討を行い、細粒分の移動・流失機構の解明を行った。

(3) 浸透条件下のすべり破壊予測解析法の提案

(1)と(2)の知見を反映しつつ、浸透条件下での盛土崩壊の安全率を精度良く求めるための解析法を実務に資するレベルまで整備を行った。現状の実務における河川堤防の安定性照査におい

ては、飽和 - 不飽和非定常浸透流解析によって降雨、洪水によって堤体内に進展する浸潤面を予測し、その浸潤面に基づき、修正フェレニウス法による円弧すべり解析を適用して盛土斜面のすべり破壊に対する安全率を算出する。本研究では、飽和 - 不飽和非定常浸透流解析を用いるまでは同じであるが、その解析と剛塑性有限要素法を連成させる新たな解析法を開発した。従来法とは異なり、浸透流解析と安定解析が一体化していることから、浸透流解析によって地盤内への浸潤に伴って変化する要素毎の間隙水圧に基づき、要素毎の有効応力ならびにせん断強度の推定が可能となるために、盛土構造物全体の浸透条件下での安全率が合理的に算出できる。この手法を、浸透すべり崩壊の模型実験に適用することによって、適用性の検討を行った。

4. 研究成果

(1)力学特性を合理的に評価する試験法の確立

浸透条件下での盛土構造物の安定性評価を行うのにあたり、そのための強度定数を合理的に求めようとする場合には、地盤工学会の試験基準に拘って適切な強度定数を決定することができない。特に、浸透条件下でのすべり破壊は、低有効応力条件において発生するため、特に密詰め砂質土や砂礫土、あるいは過圧密傾向の強い粘性土においては、高い有効応力ならびに大きなせん断ひずみレベルで強度定数を決定することになり、危険側の判定につながる場合があることが本研究の多くの室内試験結果から明らかとなった。その不合理性を解決するために、本研究では新たな試験法である吸水軟化試験法を開発した。

吸水軟化試験は、三軸圧縮試験を基本とするが、浸透条件下での法面付近での浸潤に伴う有効応力低下を模擬する操作を行う試験である。具体的には、排水条件で所定の軸差応力を作用させて異方応力状態にした後、軸差応力を一定に保ちつつ間隙水圧をゆっくりと上昇させて平均有効応力を徐々に低下させていくことによって供試体を破壊に至らしめる。有効応力を精密に制御することによって、対象とする盛土材料土の骨格構造が急激に変化しはじめる有効応力条件を探索し、浸透条件下での破壊条件を正確に把握することができる。なお、この吸水軟化試験においては、平均有効応力を徐々に低下させる過程を詳細に観察しながら試験を進めるが、供試体が破壊に至る直前まで、間隙水圧が大きく上昇していても供試体内への吸水は発生せず、軸ひずみの変化もほとんど発生しない。しかし、ある有効応力状態の閾値に到達した途端に、急激に軸ひずみが発生し、かつ吸水も発生して破壊に至ることが確認された。すなわち、浸透条件下での土の破壊は、崩壊直前までその土の骨格構造はほとんど変化しないことが明らかとなり、それを反映した試験法が必要であることが同時に示された。

実際に出水によって被災した河川堤防の復旧工事現場などで採取した堤防土を用いて、この吸水軟化試験の実務への適用性を検討した結果、吸水軟化試験は通常の砂質堤体土にももちろん適用すべきであるが、特に粘性土や礫質土において大きな威力を発揮することが示された。具体的には、細粒分含有率が卓越した粘性土堤体土に適用すると、浸透時には粘着力が全く期待できない土と、逆に、c 材として評価してよい本当の粘性土を見分けることができることを示した。図 1 は吸水軟化試験による有効応力経路のイメージ図であるが、細粒分が卓越した粘性土堤体土において、浸透時に粘性が期待できない細粒土においては、青線のように最終状態は通常の三軸試験で得られる破壊線付近までしか到達しないが、c 材と評価してよい本当の粘性土は、黒線のように傾き 3 の直線上まで有効応力が到達する。また、礫質土堤体は、ゆる詰めであることが多く、通常の試験法では強度定数は小さく評価されることがあるが、実際の礫質土堤防が法すべりを起こした事例は少なく、試験結果との乖離が大きいことが知られていた。しかし、吸水軟化試験を実施することによって、低有効応力条件下においては、図 1 の黒線 付近まで有効応力が到達することが示され、礫質土固有のせん断強さを評価することが可能となり、礫質土堤防の性能の見直しにつながる知見を得た。

以上のように、学会基準の三軸圧縮試験法とは異なるが、今後の浸透条件下の盛土構造物のすべり破壊を評価するための試験法として手順を確立し、実務へ適用する提案を行った。

(2)盛土変状と細粒分流失との因果関係の解明

浸透条件下での盛土法尻からの漏水現象において、浸出水が濁り、地盤内の細粒分が流失してきた場合には極めて危険性が高いと判断される。本研究では、その細粒分の流出は、地盤内に発生し始めたせん断変形に起因する、あるいは促進される現象と考え、浸透流場でのせん断過程を土粒子レベルで観察することにより、盛土変状と細粒分流失との因果関係の解明を試みた。

本研究では、はじめに浸透条件下で実施可能な一面せん断試験を新たに開発した。図 2 に試験装置の概要を示す。供試体の寸法は、高さ 2cm、縦、横 5cm の直方体であり、上部せん断箱の注水経路から下部せん断箱の排水経路まで、供試体のせん断面付近に一方通行で浸透水を流すことを可能とした。せん断中に供試体への浸透水が外部に漏出しないように、鏡面仕上げの上下せん断箱の接触面をグリスで止水した上で、上部せん断箱を固定する高剛性ボルトに設置したばねで力を調整しながら、上下せん断箱を漏水しない程度に圧着して試験を実施した。また、せん

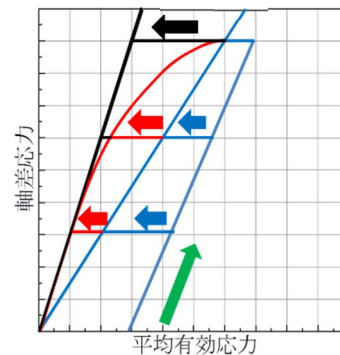


図 1 吸水軟化試験の有効応力経路

断箱前面には透明なアクリルを設置し、マイクロスコブによって、せん断中の土粒子の動きを観察することを可能とした。

垂直応力を 100 ~ 400kPa の範囲で作用させた一連の一面せん断試験の結果、いずれのケースの試験においても、せん断変位 ~ せん断応力関係と、せん断変位 ~ 細粒分流失量関係の曲線形状が一致することが明らかとなった。すなわち、細粒分の流失量は、せん断直後から水平応力とともに増加し、水平応力がピーク値を超えた直後に急激に減少した。この一連の試験結果より、砂質土の中に含まれる細粒分は、通常は様々な大きさの土粒子の中で固定化されているものの、せん断変形が進行し、細粒分を捕捉している粗粒分の構造が変化する際に、細粒分が一気に移動を始めることが示された。

以上より、本研究の成果として、砂質試料からの細粒分流失のメカニズム、すなわち細粒分の顕著な流失は、地盤内のせん断変形が発生した結果として現れるということをはじめて明らかとした。この知見は、浸透条件下での盛土崩壊の予測をする際には、盛土内からの細粒分流失についての過度の検討を行う必要性が低いことを示唆するとともに、骨格構造が大きく変わる前の盛土材料の力学特性を適正に評価する吸水軟化試験法を実務で適用することが妥当であることの裏付けにもつながる研究成果となった。

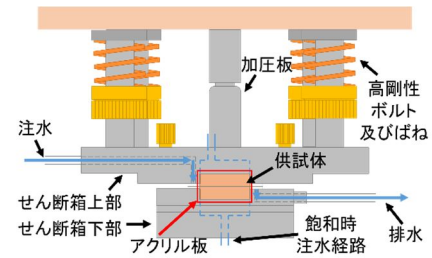


図 2 開発した一面せん断試験装置

(3) 浸透条件下のすべり破壊予測解析法の提案

本研究では、河川堤防をはじめとして、浸透条件下でのすべり破壊の安全性を合理的に評価するために、飽和 - 不飽和非定常浸透流解析と剛塑性有限要素法を連成した解析法を新たに開発した。非定常浸透流解析の結果を堤体内水位としての情報のみに用いるのではなく、間隙水圧分布として直接用いるために、基礎地盤が複雑な地盤構造を有する堤防であっても適正な浸透流場を設定できる。また、崩壊メカニズムを円弧に限定することなく、堤体の塑性流動破壊時の安全率を直接求めることができる利点もある。

剛塑性有限要素法は、極限解析をベースとして塑性加工の大変形解析のために開発された解析手法である。剛塑性有限要素法は、残留応力と非破壊域の応力の計算はできない一方で、応力を増分形で取り扱う弾塑性有限要素法とは異なり、大変形が生じる場合においても応力の誤差の累積はないという利点があり、流動を伴う盛土のすべり破壊の予測に適している。研究代表者は、砂質地盤の浸透破壊や補強土斜面の安定性評価に剛塑性有限要素法を、地盤材料に適するように改良を重ねてきた解析コードをベースとして、飽和 - 不飽和非定常浸透流解析を連成した。

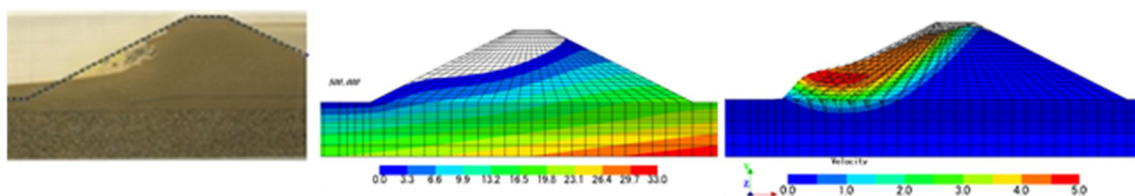
本研究では、浸透条件下での盛土斜面の安定問題に適用するために、具体的に以下のアルゴリズムで解析を行った。洪水外力を想定した飽和 - 不飽和非定常浸透流解析を実施し、ある状態における堤体内の間隙水圧分布を求める。自重解析によって各要素の仮の平均応力を求める。

で求めた平均応力から で求めた間隙水圧を除いて各要素の平均有効応力を求める。各要素の平均有効応力からモール・クーロンの破壊規準を用いて各要素のミーゼス定数を求める。

極限つり合い解析を行って各要素の平均応力を求める。この平均応力が収束した時が、正解であると判断し、その時の安全率と崩壊メカニズム（変位速度ベクトル分布）を求める。

この連成解析を浸透模型実験のシミュレーションに適用した。特に、本解析の優れたところは、複雑な間隙水圧分布を形成するような地盤の安定性を評価できるところにあるため、浸透模型実験は、非常に透水性の高い下部基礎地盤上に、やや透水性が低い上部砂質基礎地盤がある 2 層構造の基礎地盤を有する堤防の浸透模型実験とした。解析の結果、時間の経過とともに堤体内の間隙水圧が上昇するにつれて、剛塑性有限要素法によって求められる安全率は徐々に低下する様子が求められた。さらに、低下した安全率が 1 となる時刻は、浸透模型実験において法尻にてすべり破壊が発生したのとほぼ同時刻であり、シミュレーションの高い再現性が確認できた。図 3 に安全率 1 となった時点でのシミュレーション結果を示す。

本研究で開発された解析法は、河川堤防の実務において従来の円弧すべり解析に代わる手法として考えられており、2019 年に改訂された河川砂防技術基準設計編における河川堤防に関する技術資料においても紹介がなされるに至っている。



(a) 模型実験 (b) 浸透流解析による圧力水頭分布 (c) 剛塑性解析による変位速度場分布

図 3 飽和 - 不飽和非定常浸透流解析連成剛塑性有限要素法による浸透模型実験のシミュレーション（安全率 1 の浸潤状態における解析結果）

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計10件（うち査読付論文 5件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 6件）

1. 著者名 吉川高広, 野田利弘, 小高猛司, 崔 瑛	4. 巻 75
2. 論文標題 堤防の浸透破壊に関する模型実験の空気～水～土連成有限変形シミュレーション	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 土木学会論文集A2 (応用力学)	6. 最初と最後の頁 I_379-I_388
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.2208/jscejam.75.2_I_379	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 小高猛司, 李 圭太, 石原雅規, 久保裕一, 森 智彦, 中山雄人	4. 巻 24
2. 論文標題 高透水性基礎地盤を有する河川堤防の崩壊メカニズムと評価手法に関する研究	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 河川技術論文集	6. 最初と最後の頁 559-564
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Tachibana, I., Moriguchi, S., Takase, S., Terada, K., Aoki, T., Kamiya, K. and Kodaka, T.	4. 巻 57(4)
2. 論文標題 Characterization of transition from Darcy to non-Darcy flow with 3D pore-level simulations	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Soils and Foundations	6. 最初と最後の頁 707-719
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1016/j.sandf.2017.08.003	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 中山雄人, 小高猛司, 李 圭太, 久保裕一, 李 朝暉, 石原雅規	4. 巻 1
2. 論文標題 河川堤防土を適正に強度評価するための室内試験法	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 第31回中部地盤工学シンポジウム論文集	6. 最初と最後の頁 71-74
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 小高猛司, 李 圭太, 久保裕一, 御手洗翔太	4. 巻 1
2. 論文標題 砂質土の浸透条件下における一面せん断試験	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 第30回中部地盤工学シンポジウム論文集	6. 最初と最後の頁 77 - 80
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 小高猛司, 李 圭太, 石原雅規, 久保裕一, 森 智彦, 中山雄人	4. 巻 1
2. 論文標題 河川堤防の浸透破壊のメカニズムと実被災事例	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 第30回中部地盤工学シンポジウム論文集	6. 最初と最後の頁 81-86
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 小高猛司, 李 圭太	4. 巻 22
2. 論文標題 不飽和浸透連成剛塑性有限要素法による河川堤防の安定解析	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 計算工学講演会論文集	6. 最初と最後の頁 F-03-5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計39件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 4件)

1. 発表者名 御手洗翔太
2. 発表標題 砂質土の構造が単調ならびに繰り返し載荷挙動に及ぼす影響
3. 学会等名 第54回地盤工学研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 藤田 薫
2. 発表標題 三軸圧縮ならびに単純せん断による構造的砂質土のせん断挙動の違い
3. 学会等名 第54回地盤工学研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 顧 峻滔
2. 発表標題 河川堤防の現場透水試験と不攪乱試料による室内透水試験
3. 学会等名 第54回地盤工学研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 石原雅規
2. 発表標題 法すべりが生じた犀川堤防における崩壊範囲に係る調査
3. 学会等名 第54回地盤工学研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 李 朝暉
2. 発表標題 浸透すべり評価に用いる礫質堤防土の強度定数の決定法
3. 学会等名 第54回地盤工学研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 李 圭太
2. 発表標題 石混じり砂礫を用いた水中基盤盛土(堤防基礎地盤)の地盤特性に関する考察
3. 学会等名 第54回地盤工学研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中山雄人
2. 発表標題 細粒分が卓越した疑似粘性土堤防の強度評価の注意点
3. 学会等名 第54回地盤工学研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 森 智彦
2. 発表標題 透水性基礎地盤上の河川堤防の排水工の模型実験
3. 学会等名 第54回地盤工学研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 李 圭太
2. 発表標題 石混じり礫盛土による物部川堤防盛土の特性に関する一考察
3. 学会等名 第74回土木学会年次学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中山雄人
2. 発表標題 河川堤防の浸透時のすべり耐性を適切に評価する試験法の提案
3. 学会等名 第74回土木学会年次学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中村宏樹
2. 発表標題 法尻に設置する排水工による河川堤防の浸透すべり破壊の抑制効果
3. 学会等名 第55回地盤工学研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 小高猛司
2. 発表標題 小田川堤防における開削調査時の現場透水試験
3. 学会等名 第55回地盤工学研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 久保裕一
2. 発表標題 室内透水試験による小田川堤防土の透水性の評価
3. 学会等名 第55回地盤工学研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 中山雄人
2. 発表標題 小田川堤防土の浸透時のせん断強度特性
3. 学会等名 第55回地盤工学研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 藤田 薫
2. 発表標題 三軸圧縮並びに単純せん断による構造的砂質土と疑似粘性土の力学特性の検討
3. 学会等名 第55回地盤工学研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 李 朝暉
2. 発表標題 吸水軟化試験による礫質堤防土の強度定数評価
3. 学会等名 第55回地盤工学研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 中村宏樹
2. 発表標題 寸法の異なる堤防模型実験による力学的相似条件の考察
3. 学会等名 第75回土木学会年次学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 久保裕一
2. 発表標題 浸透場一面せん断試験による砂質土のせん断挙動と細粒分移動の関連性の考察
3. 学会等名 第75回土木学会年次学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 李 朝暉
2. 発表標題 吸水軟化試験による密詰め礫質堤防土のせん断強度の評価
3. 学会等名 第75回土木学会年次学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Takeshi Kodaka
2. 発表標題 A consideration of river embankment slip failure caused by seepage-induced foundation ground weakening
3. 学会等名 16th Asian Regional Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yuichi Kubo
2. 発表標題 Shear strength evaluations of river embankment soils under low confinement pressure using water absorption softening test
3. 学会等名 16th Asian Regional Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 森 智彦
2. 発表標題 透水性基礎地盤を有する河川堤防の堤体材料特性が浸透破壊に及ぼす影響
3. 学会等名 第53回地盤工学研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 中山雄人
2. 発表標題 破堤した実堤防土の吸水軟化試験による低応力下の浸透耐性評価
3. 学会等名 第53回地盤工学研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 梅村逸遊
2. 発表標題 越水時に粘りを発揮する礫質堤体土の力学特性
3. 学会等名 第53回地盤工学研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 御手洗翔太
2. 発表標題 砂質土の浸透及びせん断過程における細粒分の移動・流出の観察
3. 学会等名 第53回地盤工学研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 中山雄人
2. 発表標題 破堤箇所で採取した二ツ森川堤防土の力学特性の評価
3. 学会等名 第73回土木学会年次学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 森 智彦
2. 発表標題 高透水性基礎地盤を有する河川堤防の地盤材料特性が浸透破壊に及ぼす影響
3. 学会等名 第73回土木学会年次学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 梅村逸遊
2. 発表標題 礫質堤防土のせん断強度の評価
3. 学会等名 第73回土木学会年次学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Takeshi Kodaka
2. 発表標題 Simplified sampling method for river embankment soils and strength property evaluations of the sampled soils
3. 学会等名 Proc. of ICSMGE (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Takahiro Yoshikawa
2. 発表標題 A consideration of the failure mechanism of river levees due to water seepage based on model tests and soil-water-air coupled finite deformation analysis
3. 学会等名 Proc. of ICSMGE (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 御手洗翔太
2. 発表標題 粒度変化と密度変化が砂質土の力学挙動に及ぼす影響
3. 学会等名 第52回地盤工学研究発表会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 田中貴之
2. 発表標題 吸水軟化試験による細粒分が卓越した堤防土の浸透耐性の評価
3. 学会等名 第52回地盤工学研究発表会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 梅村逸遊
2. 発表標題 河川堤防の礫質基礎地盤土の力学特性の評価
3. 学会等名 第52回地盤工学研究発表会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 小高猛司
2. 発表標題 河川堤防の浸透すべり破壊への剛塑性有限要素法の適用
3. 学会等名 第52回地盤工学研究発表会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 田中貴之
2. 発表標題 中間土堤体土の吸水軟化試験による浸透耐性の評価と供試体作製方法の影響
3. 学会等名 第72回土木学会年次学術講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 久保裕一
2. 発表標題 吸水軟化試験による砂質土の浸透耐性の評価
3. 学会等名 第72回土木学会年次学術講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 御手洗翔太
2. 発表標題 砂質土の供試体作製時における初期含水比の違いが力学挙動に及ぼす影響
3. 学会等名 第72回土木学会年次学術講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 梅村逸遊
2. 発表標題 三軸試験による礫質土の力学特性の評価における供試体密度の影響
3. 学会等名 第72回土木学会年次学術講演会
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 小高猛司, 石原雅規, 李圭太, 阿部知之, 大竹 雄, 岡本弘基, 深田 久, 前田健一, 森 啓年, 渦岡良介, 大林 淳, 岡村未対, 風間基樹, 佐々木哲也, 杉井俊夫, 野田利弘, 鶴野雅明, 中山 修, 齊藤秀樹, 佐古俊介	4. 発行年 2020年
2. 出版社 公益社団法人 地盤工学会	5. 総ページ数 149
3. 書名 河川堤防の調査・検討から維持管理まで	

〔産業財産権〕

〔その他〕

名城大学小高研究室HP http://civil.meijo-u.ac.jp/lab/kodaka/index.htm
--

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	李 圭太 (LEE Kyu-Tae)	日本工営・大阪支店・技師長	

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	石原 雅規 (ISHIHARA Masanori)	国立研究開発法人 土木研究所・つくば中央研究所・主任研究員 (82114)	
研究協力者	久保 裕一 (KUBO Yuichi)	中部土質試験協同組合・技術部・部長	