

令和 3 年 6 月 3 日現在

機関番号：33910

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2018～2020

課題番号：18K04353

研究課題名（和文）堤防の内部浸食・表面侵食機構に則った耐越流堤防の再提案

研究課題名（英文）Proposal of a overflow river levee based on the internal erosion and surface erosion mechanism

研究代表者

杉井 俊夫 (Sugii, Toshio)

中部大学・工学部・教授

研究者番号：90196709

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：これまで内部浸食の条件となる土粒子の流出や目詰まりの評価は、粒径および粒度分布のみで判断するしかなかった。本研究では、土の間隙径分布を水分特性曲線から得る方法を確立した。また問題となっていた、そこで得られる間隙径分布の物理的意味をKenneyの粒状体フィルターの考えを用いて明確にすることができた。実務においては、出水時に堤防のパイピング危険度の変化を、現場でも堤体の形状と透水係数がわかれば容易に評価することができる手法を提案した。これにより、越水のだけでなく越水なき破堤の危険度もリアルタイムにモニタリングできることにつながり、水防対策、避難指示などの情報としての指標となりうる期待がされる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究で得られた結果の大きな点は2点ある。第1点は、これまでの土中の間隙は平均的な値として取り扱ってきたが、本成果によりその大きさのパラッキを評価できる方法と物理的意味を明らかにすることができた。これにより、堤防の浸透、破壊に関する力学メカニズムの解明、精度の高い予測につながることで、さらには土質力学に粒子レベルの考え方を取り入れ易くした。第2点は、越水なき破堤は、いつ破壊するかわからないのが、現場でも堤体の形状と透水係数がわかれば容易に評価することができる手法を提案できたことで、水防対策、避難指示などの情報としての利用ができ、豪雨災害に対する対応に大きく寄与するものである。

研究成果の概要（英文）： So far, evaluations such as outflow and clogging of soil particles, which are conditions for internal erosion, had to be judged only by particle size and particle size distribution. In this study, we established a method to obtain the pore diameter distribution of soil from the water retention curve. In addition, the physical meaning of the pore size distribution obtained there, which was a problem, could be clarified using the idea of Kenney's granular filter. In practice, we proposed a method that can easily evaluate changes in the piping risk of embankments at the time of flooding if the shape of the embankment and the hydraulic conductivity are known even at the site. This will lead to real-time monitoring of not only flooding but also the risk of levee breakage without flooding, and is expected to serve as an index for information such as flood control measures and evacuation orders.

研究分野：地盤工学

キーワード：堤防 間隙径分布 内部浸食 表面侵食 パイピング

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

頻発する豪雨の対策として耐越流堤防についてはアーマーレビーなどが検討されてきたが、一部を除いて実務化に至っていない。①コストの問題だけでなく、特に越流が問題になるのは未完成堤防であり、土堤がほとんどであることも実用化においての課題である。また、②越流については水理学の分野では多くの現場実験が行われてきたが、堤体および堤体基礎を構成する土の粒度分布、乾燥密度等の土の物性についてのデータ収集は軽視されてきた。

2. 研究の目的

内部浸食・表面侵食のメカニズムの理解と高水時に発生する流速を考慮することで全く新たな発想から既存土堤の耐越流性能を上げる方法（天端高を変えるのではなく法肩形状による流速の調整、侵食箇所の補強、流速に耐え得る粒度と間隙など）および越水なき破堤の原因である内部浸食・パイピングの危険度を測る評価法の提案を目的としている。

3. 研究の方法

本研究では、当初①から③に関する点について検討を予定していた。①の流速の検討を進めるうちに、実務における局所鉛直動水勾配を容易に推定する必要性が出てきたため、2年目より④の点について追加して検討を実施してきた。①と②は密接な関係があり、室内要素試験を実施して地盤材料の粒度分布、乾燥密度が形成する間隙径分布の測定法を確立し評価を行った。③については室内模型実験による検討と現場での盛土材料を判定する方法の提案を、④については定常流解析によるパラメトリックスタディにより推定法を提案している。

- ①流速を用いた内部浸食および表面侵食メカニズムの統一解釈
- ②間隙径分布の計測と移動可能粒子の特定化
- ③河川水と土中水の連成による内部浸食から越流侵食のメカニズム
- ④越水なき破堤の原因である内部浸食・パイピングの危険度を測る評価法

3.1 間隙径分布の計測とその物理的意味 (①②)

内部浸食のトリガーとなる粒子の流失や目詰まりのメカニズムには、地盤材料の土粒子の大きさとそれがつくる間隙径の大きさを知る必要がある。しかし、水銀圧入法や水分特性曲線から得られる細孔径分布または間隙径分布の計測法は、得られた細孔径分布の物理的意味および離散的な保水試験データによる精度の課題があった。本研究では、水分特性曲線 (SWCC: Soil Water Characteristic Curve) から得られる間隙径分布の力学的意味を、Kenney らの粒状性フィルターの内部安定性指標のベースとなる間隙くびれ径との関係が一致することから、SWCC から得られる間隙径分布は間隙くびれ (間隙の細くなる径) であると物理的意味を示すことになった (図1)。また、Kenney らの間隙くびれ径は、粒状性フィルター材を対象としていたために粒径幅が比較的狭い (均等係数が 12 以下) の粒度分布であったことから、粒径幅が広い地盤材料について検討したところ、Kenney らの間隙くびれ径 (粒径の 0.25 倍) よりも小さくなることがわかった (図2)。さらに、乾燥密度が高くなると間隙くびれ径は小さく、径の大きさの範囲も狭くなっていくことが明らかとなった。実務で使用されている堤防の締固め度が 90%以上求められる点

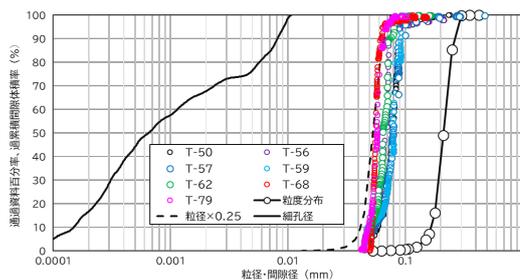


図1 水銀圧入法 (実線) と SWCC による間隙径分布 (○印) と Kenney の間隙くびれ径 (破線)

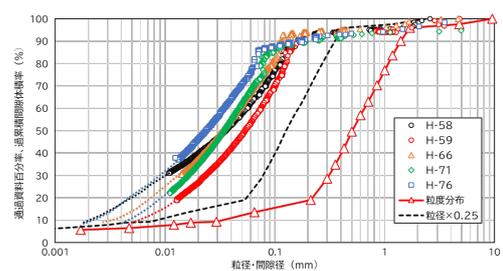


図2 粒径幅が広い (均等係数  $U_c=23.3$ ) 地盤材料の間隙径分布

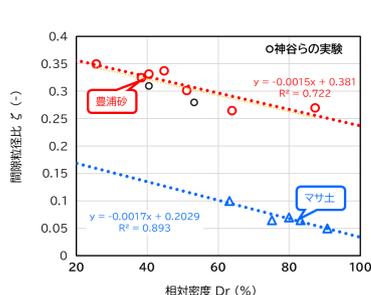


図3 間隙粒径比  $\lambda$  と相対密度の関係

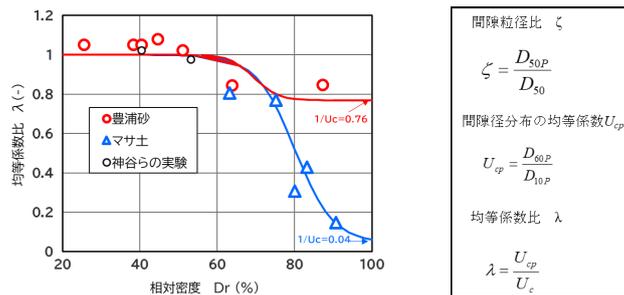


図4 相対密度と均等係数比の関係

が、この結果からも明らかとなった（図 3, 図 4）。

### 3.2 地盤工学の観点からみた越流侵食 (③)

研究代表者の杉井らは、鉛直方向の実流速から多粒子限界流速で内部侵食の判定を行ってきた。その中で、掃流力を示す代表的な岩垣の式と乱流域での値が一致することを得た。このことから、乱流域における越流侵食について地盤工学の観点から検討を試みることにした。

揚力の原理は、ベルヌーイの定理やクッタの条件を満たす循環によって説明される。本研究では、ベルヌーイの定理を使って BB 弾（写真 1）および珪砂 6 号、まき土を用いて模型実験を実施した。その結果、圧力差による揚力は水中重量の約 3 倍程度に達していることがわかった。ただし、BB 弾の流速の精度が粗いためあくまでも参考結果である。珪砂 6 号、まき土については、水中および土中の流速の大きさを算出したところ、実流速で 2000~3000 倍の違いがあった。しかし、揚力は水中重量の約 1.7 倍であったが、粒子の浮き上がりは確認できず、揚力の測定の難しさが明らかとなった。

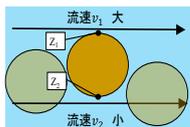


図 5 揚力の考え方

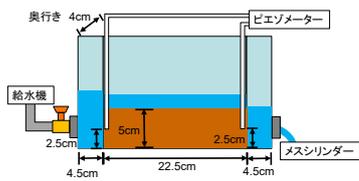


図 6 模型実験図



写真 1 BB 弾粒子の浮き上がり (前・後)

次に地盤材料、粘土含有量による越流侵食の程度を模型実験で調べた（図 1, 図 2）。のり面の摩擦速度は、実験装置に取り付けたスケールによって越流水深を動画で計測をし、本間の完全越流公式を使用し、摩擦速度と粒径加積曲線の関係から各配合での粒径の流出率を算出した。最終侵食幅を定義して評価したところ、珪砂含有率が多くなると侵食幅が大きく一気に侵食されてしまうことが得られた。また摩擦速度も小さく、珪砂 6 号の含有率が多くなると耐侵食性が低下することが明らかとなり（図 7）、粘土分の含有量がある程度必要であり、粘性または土中を浸透する透水性にも影響することが考えられた。土中に珪砂のような粗砂が多いと浸透しやすく、土粒子を流しやすいこと、粘性によるせん断抵抗が増加するとともに、のり面での抵抗が減少することが推察された。岩垣の式を用い、流出する粒径を算出したところ、3.5 mm 以下の粒子の流出が得られ、今回使用した試料の最大粒径 9.5 mm よりも小さな値であり、摩擦速度はすでに小さな粒子の流出が始まっていたと推察された。

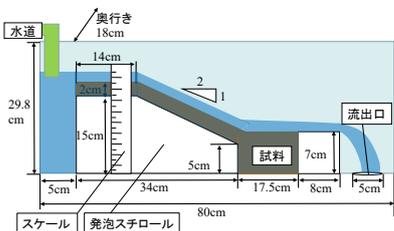


図 5 越流実験モデル図

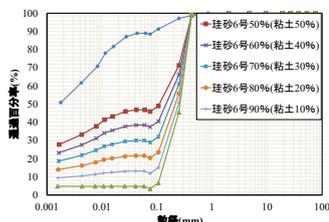


図 6 使用した試料の粒度分布

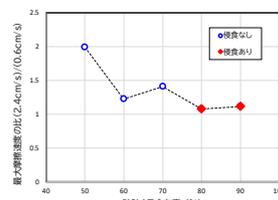


図 7 珪砂含有率と最大越流水深時の最大摩擦速度の比

### 3.3 堤体盛土の判別および可視化 (③)

堤体盛土の構造・物性を評価することに SH 型貫入試験を導入し、そこで得られる鋸歯状型の貫入波形のスペクトル解析という新たな視点から簡易な調査法を提案した。SH 型貫入試験は土研式簡易動的貫入試験と構造は同じであるが、0.1 mm までの貫入量を求めることが可能である。その結果を利用しサンプリングしなくても地層の変化や土質を判別することに利用できないか検討を行ってきた。SH 型貫入試験により、図 8 の鋸歯状の貫入抵抗を得ることができることから、鋸歯状の結果を抵抗波形とみなす。赤線の波形は、細かな波形のブレを示す深度、ブレが少ない深度が認められる。軟らかい地層は貫入量が大きく、硬い地層は貫入量が小さく小刻みで貫入していくために波形のブレが大きくなる。そこで波形の特徴から土質等を特定化するため、高速フーリエ変換によるスペクトル解析を行った。その結果、図 11 と図 12 に示すように、地層の境界の判別、累積スペクトルから同一の土質の区別ができることを得た。

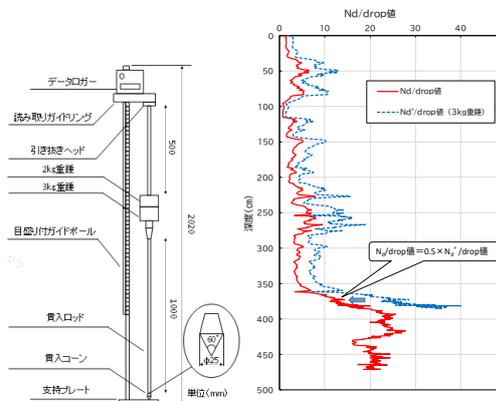


図 8 SH 貫入試験装置と試験結果

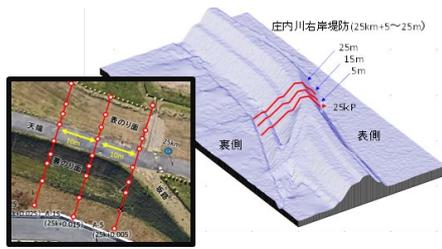


図9 3つの測線

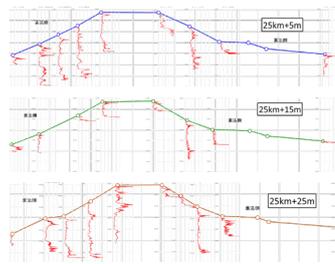


図10 断面におけるSH型貫入試験結果

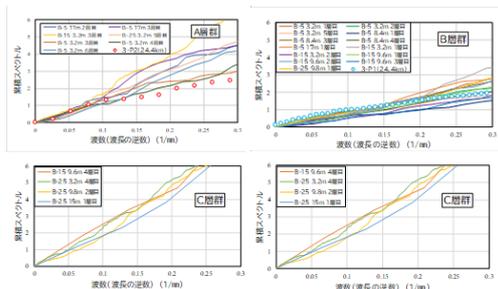


図11 既存柱状図と類似した累積スペクトルによる分類

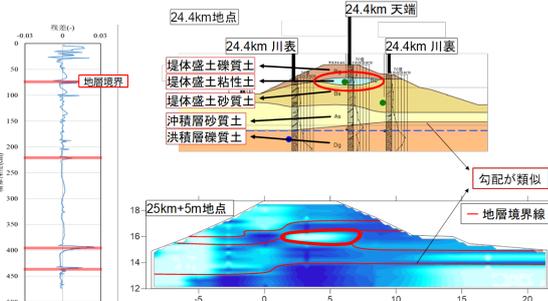


図12 変動係数を利用した層境界の推定

### 3.4 パイピング評価のための簡易な局所鉛直動水勾配の推定 (④)

越流の危険度のリアルタイム予測は現在可能であるが、越水なき破堤の浸透破壊においては水位が変化するときのリアルタイム予測はできていない。本研究では河川水位に対する最も危険側となる定常流解析を用いて、堤体の規模や形状、透水係数のパラメトリックスタディにより局所鉛直動水勾配を容易に推定できる方法をする方法を検討した。

本研究では、堤体の規模や形状を変化させるために、解析メッシュの大きさが変わってくることから、メッシュサイズの違いによる解析結果の違いが懸念される。国土交通省によれば、鉛直方向のメッシュ幅が堤防高の1/10程度以下になると、解析結果がほぼ一定の値を取ることが示されている。本研究ではさらに、複数のメッシュサイズで解析し、原点と回帰線上の最も距離が

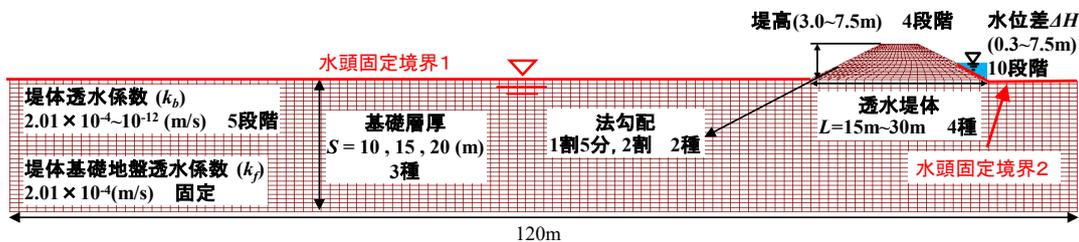


図13 解析モデルの例 (鉛直方向メッシュ幅 0.5m)

近い点での鉛直方向の最大流速として国交省の基準をクリアする中でもこのように対応した。

堤体の透水係数  $2.01 \times 10^{-4}$  m/s、堤体の透水係数 5 ケース、水位差 10 ケース、堤防高 4 ケース (堤体数幅)、基礎層厚 3 ケース、のり勾配 2 ケース、いずれもメッシュサイズ 4 ケースの計 4800 ケースの解析を実施した。堤体表裏の水位差  $\Delta H$ 、堤体幅  $L$  としたとき、平均動水勾配を  $\Delta H/L$  と、裏のり尻直下の局所鉛直動水勾配/堤体基礎の透水係数である  $v_v/k_f$  の関係を求めた。堤防数幅と堤体と基礎の透水係数比による補正係数を使って次式のように局所鉛直動水勾配を推定する式を導いた (図 14)。

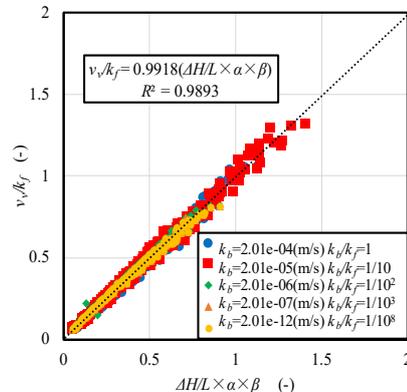


図14 提案簡易推定法による再現結果

平均動水勾配 堤防数幅と基礎層厚による補正係数 堤体と基礎の透水係数比による補正係数

$$\frac{v_v}{k_f} = \frac{\Delta H}{L} \times \alpha(S) \times \beta = \frac{\Delta H}{L} \left\{ 0.0038S^2 \left( \frac{L}{S} - 0.5 \right) + 2.5 \right\} \left\{ 0.5 \left( \frac{k_b}{k_f} \right) + 0.9 \right\}$$

ここに、 $v_v$ : 局所流速の鉛直成分,  $k_f$ : 堤体基礎地盤の透水係数(m/s),  $k_b$ : 堤体の透水係数(m/s),  $\Delta H$ : 堤体基礎からの水位(m),  $L$ : 堤体数幅(m),  $S$ : 基礎層厚(m) である。

また局所鉛直動水勾配の推定式の検証のため、他研究者(吉岡ら)の室内実験および詳細点検データを用いた実堤防の検証を行った。提案する簡易推定法は、吉岡らの解析結果より約 1.1 倍大きい値となっているが、のり勾配やメッシュサイズの大きさを考慮すると、概ね整合しているといえ、同時に破壊時の鉛直一次元モデルの限界動水勾配からも水位 17cm の場合を除いて、妥当であることを得た。さらに詳細点検結果への適用では、概ね本簡易推定法で求めた値以下(45度線右下)に分布している傾向にある。理由

として、第一に詳細点検で算出された局所動水勾配の鉛直成分の算定された位置が側溝の横など不明なデータも多く、値だけを用いていることにも影響しているものと考えられた。第二に詳細点検では、ハイドログラフ、ハイトグラフを用いて非定常流解析として経時的に変化する外力に対して最大値が求められているが、本研究では降雨を考慮せず定常流という水位を固定した際の最大流量時に対しての計算結果を使用していることが影響しているものと考えられた。

(1) 吉岡らの実験での検証 (2) 詳細点検データを用いた実堤防の検証

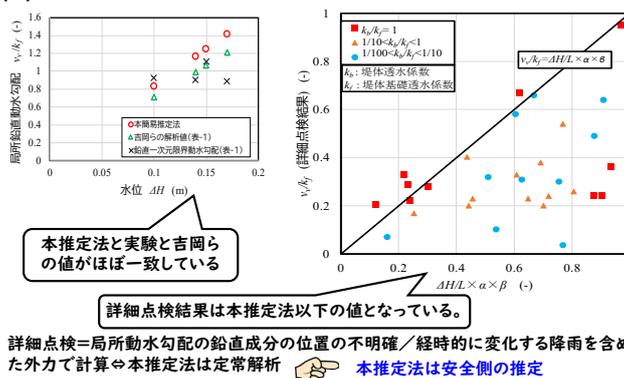


図 15 室内実験及び詳細点検結果を使った検証

#### 4. 研究成果

本研究の結果、得られた知見をまとめると以下のように挙げられる。

- 1) 水分特性曲線から得られる間隙径分布は、Kenney らの「間隙くびれ径」である連続する間隙が細くくびれている径であること、相対密度の増加による間隙径分布の粒径に対する間隙粒径比の減少率は、ほぼ一定である傾向、間隙径分布の均等化等の結果を得た。さらに多くの土質種に対してのデータ蓄積することで粒度と間隙率から間隙径分布の推定や間隙径の分布状態から詳細なメカニズムの説明についても可能になると考えられた。本成果は、堤防の浸透、破壊に関する力学メカニズムの解明、精度の高い予測につながることで、さらには土質力学に粒子レベルの考え方の発展に寄与するものと考えられる。
- 2) まさ土、珪砂 6 号の細かい粒子を使用した場合には、揚力は水中重量の両者とも約 1.7 倍に達していると算出されたが、粒子の浮上は視覚から確認できなかった。さらなる流速差や移動粒子の確認方法を検討する必要があると得られた。耐侵食性には、粘性分が寄与することが明らかとなり、土中の透水性や粘性がせん断抵抗を増加させること、また摩擦抵抗を軽減することなどが考えられた。
- 3) SH 型貫入試験を室内で検証を行うとともに、庄内川堤防での調査を実施、ボーリングデータ、土質データがある場所との比較検証から以下の知見を得ることで新たな堤防調査技術としての有効性を示した。ノイズを除去可能な累積フーリエスペクトルの初期勾配は土質が類似していると等しくなることが明らかとなり、サンプリングせずに土質種が波形から推定できることを得た。本調査法は、容易に実施できることや、0.1mm 単位の貫入を計測できる特徴もあることから解析結果の分解能も高く、現行のボーリング間の補完にも有効であり、堤防盛土の 3 次元構造を可視化できる。
- 4) 数値解析のメッシュの依存性を解決すべく、4 種類のメッシュ幅で解析し、メッシュ幅を無次元化した値と最大流速の回帰式である対数曲線と原点からの距離が最小となる点を定義して統一化をはかり、従来の基準を満たす結果となることを示した。さらに、堤体の基礎層厚に対する堤体敷幅の比、堤体と堤体基礎地盤の透水係数比の双方の補正を行うことによって、裏のり先直下の局所鉛直動水勾配を簡易に推定できる式を導くことができた。これにより、越水なき破堤は、いつ破壊するかわからないのがこれまでであったが、現場でも堤体の形状と透水係数がわかれば容易に評価することができる手法を提案できたことで、水防対策、避難指示などの情報としての利用ができ、豪雨災害に対する対応に大きく寄与するものである。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計8件（うち査読付論文 6件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 T. Sugii, H. Yokawa and M. Ishii	4. 巻 1
2. 論文標題 Measurement of field-hydraulic soil properties using suction infiltrometer for soil-based pavement	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proc. of 7th Asia-Pacific Conference on Unsaturated Soils	6. 最初と最後の頁 84 ~ 89
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3208/jgssp.v07.012	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 杉井俊夫・川部ら	4. 巻 67
2. 論文標題 水分特性曲線を用いた砂の間隙構造の評価	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 地盤工学会誌	6. 最初と最後の頁 12 ~ 15
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 杉井俊夫・余川弘至・寺西剣悟・朱発瑜	4. 巻 第24巻
2. 論文標題 多粒子限界流速を用いた堤防の耐侵食性の評価	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 619-624
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 杉井俊夫・朱発瑜・末松知奈	4. 巻 第66巻, 第7号
2. 論文標題 有効応力から「粒子有効力」へ、間隙率から「間隙径分布」へ	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 地盤工学会誌	6. 最初と最後の頁 14-17
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 森 聖智・寺西剣悟・杉井俊夫	4. 巻 第6巻
2. 論文標題 堤体基礎地盤のパイピング発生条件に関する研究	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 第6回河川堤防技術シンポジウム論文集	6. 最初と最後の頁 17-20
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 -

1. 著者名 杉井俊夫・川部らら	4. 巻 第31巻
2. 論文標題 堤体の浸食メカニズムに関わる砂の間隙構造の評価	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 総合工学	6. 最初と最後の頁 30-37
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 -

1. 著者名 杉井俊夫・寺西剣悟・森瑞樹・金森峻太・橋田将典	4. 巻 26
2. 論文標題 鋸歯状型貫入波形を利用した堤体盛土の可視化	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 河川技術論文集	6. 最初と最後の頁 443-448
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 森聖智・杉井俊夫	4. 巻 27
2. 論文標題 堤体基礎地盤のパイピング評価のための簡易な局所鉛直動水勾配の推定法	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 河川技術論文集	6. 最初と最後の頁 印刷中
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 -

〔学会発表〕 計16件（うち招待講演 1件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 杉井俊夫・川部らら
2. 発表標題 水分特性曲線を用いた間隙径分布の推定
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 石井雅都・杉井俊夫
2. 発表標題 原位置での水分特性曲線の推定
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 杉井俊夫・石川瑛規
2. 発表標題 堤体内液状化の危険性を含む堤体めり込み地点の抽出の試み
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 杉井俊夫・余川弘至・寺西剣悟・森聖智
2. 発表標題 水位差による堤体基礎の局所浸透流の推定に関する研究
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 聖智・杉井 俊夫・余川 弘至・寺西 剣悟
2. 発表標題 堤体基礎の平均動水勾配と鉛直方向の局所動水勾配の関係
3. 学会等名 土木学会全国大会第74回年次学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 寺西 剣悟・杉井 俊夫・余川 弘至・森 聖智
2. 発表標題 堤体の局所浸透流を考慮したパイピング発生条件に関する研究
3. 学会等名 土木学会全国大会第74回年次学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 石井 雅都・杉井 俊夫
2. 発表標題 表層地盤の保水性評価に関する研究
3. 学会等名 土木学会全国大会第74回年次学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 森 聖智・寺西 剣悟・杉井 俊夫
2. 発表標題 堤体基礎の噴砂発生に関する局所動水勾配の推定
3. 学会等名 土木学会第7回 河川堤防技術シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 森 聖智・山田雄大・杉井俊夫
2. 発表標題 堤体基礎地盤の沈下が堤体変状に及ぼす影響
3. 学会等名 土木学会中部支部研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 朱 発瑜・平田 武史・深見 秀隆・平野 浩之・杉井 俊夫
2. 発表標題 天端縦断亀裂による堤体基礎めり込み危険箇所の評価
3. 学会等名 土木学会中部支部研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 浅野貴也・杉井俊夫
2. 発表標題 土粒子が造る間隙くびれ径分布の評価に関する研究
3. 学会等名 土木学会中部支部研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 寺西剣悟・杉井俊夫・浅野憲雄
2. 発表標題 水平流れが卓越する場での多粒子限界流速の適用
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 杉井俊夫・森 瑞樹・金森峻汰
2. 発表標題 サウンディング試験を用いた堤防盛り土内の可視化
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 寺西剣悟・杉井俊夫・余川弘至・浅野憲
2. 発表標題 水平流れが卓越する場合の噴砂発生条件
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 末松 知奈・杉井俊夫
2. 発表標題 水分法を用いた土の間隙構造の評価
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 杉井俊夫
2. 発表標題 安全な河川堤防とは？ - 土からなる遮水構造物の現状と課題 -
3. 学会等名 日本技術士会中部支部（招待講演）
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

杉井研究室/主な研究論文および研究報告  
[https://www3.chubu.ac.jp/faculty/sugii\\_toshio/papers\\_report/](https://www3.chubu.ac.jp/faculty/sugii_toshio/papers_report/)

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
研究分担者	余川 弘至  (Yokawa Hiroshi)  (20736087)	中部大学・工学部・講師    (33910)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------