

令和 3 年 4 月 1 日現在

機関番号：34419

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2020

課題番号：18K04355

研究課題名(和文) 地盤材料に応じた包括的な締固めマネジメント手法の確立

研究課題名(英文) Establishment of comprehensive compaction management method appropriate to geomaterial

研究代表者

河井 克之 (KAWAI, KATSUYUKI)

近畿大学・理工学部・教授

研究者番号：30304132

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)：本研究では、不飽和土の力学体系を用いて土工の一種である「締固め」のメカニズムを明らかにすることを目的としている。特に、実施工で用いられる転圧による締固めに注目し、模型実験と数値解析によって地盤内に生じる締固め度の不均一性について調べた。また、各種計測器を設置した小型盛土において降雨浸透挙動を詳細に調べ、理論との比較を行うとともに、電気比抵抗探査も実施し、既存構造物における非破壊検査の適用性についても検討した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

盛土やアースダムといった陸上の地盤構造は、「締固め」施工によって造られるものの、これまで「締固め」メカニズムについて力学的な説明が十分ではなかったため、実施工では経験的手法を用いざるを得なかった。本研究では、「締固め」の力学的意義を明らかにするとともに、数値計算法を提案しており、設計時の施工シミュレーションの可能性を示している。これによって使用材料に応じた適切な締固め手法を模索することができるようになる。と考える。

研究成果の概要(英文)：The objective of this study is clarifying the mechanism of 'compaction' in the framework of unsaturated soil mechanics. We focus on the roller compaction, which is used for in actual earthmoving construction. Here, nonuniformity of compaction degree within earth structure constructed by roller compaction was investigated through model tests and numerical simulations. Moreover, behavior of infiltrated rainwater in small embankment models monitored by various sensors was compared with unsaturated seepage theory. The electrical prospecting was also conducted on these models to investigate its applicability.

研究分野：地盤工学

キーワード：締固め 不飽和土 転圧 土/水/空気連成解析 模型実験

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

「締固め」は有史以前から人間生活の営みの中で用いられてきた土工技術である。古代に建造された締固め構造物が現存していることから、適切な材料選定、施工がなされれば長期的に品質を保持できることが証明されている。しかしながら、大型重機の導入などにより時代を超えて施工技術は発展してきたものの、比較的新しい構造物が地震や降雨によって崩壊する事例が報告されている。「締固め」によって造成される宅地盛土に関しても、阪神・淡路大震災、中越地震といった歴史的な大災害を経て、品質基準を見直さざるを得ない状況である。これは、「締固め」の力学的意義を問うことよりも、密度試験や CBR 試験といった現場試験から得られる外観的な品質把握を基に、施工性を高めるといった実務からの要求を優先して技術発展がなされてきたことに起因すると考える。また、含水率によって品質が変化する「締固め」を理解するためには、土を忠実に三相混合体として扱う必要があり、その複雑な挙動把握のための要素試験技術が追いついていなかったことも要因であろう。建設発生土のリサイクル利用が促進される現在では、より地盤材料に応じた「締固め」施工が求められている。近年になって、不飽和土の力学体系が整備され、「締固め」を不飽和地盤材料の非排水条件での圧縮・除荷とみなし、得られた不飽和土としての力学特性が締固め品質を表すとして、締固め中のサクシオン変化を詳細に検討した要素試験(図-1: 河井克之, 金銀羅, 流田寛之, 飯塚敦, 本田道識: 不飽和土の力学を用いた締固め土における圧密降伏応力の簡易予測手法, 応用力学論文集, Vol.15, pp.785~792, 2002.)や、土/水/空気連成解析コードを用いた室内締固め試験シミュレーション(図-2: 河井克之, 坂本諭, Phommachanh Viradeth, 飯塚敦: 土/水/空気連成有限要素解析による締固め特性に及ぼす土質定数の影響の検討, 土木学会論文集 A-2(応用力学), Vol.68, No.2, I_299-I_306, 2012.)によるアプローチがとられている。

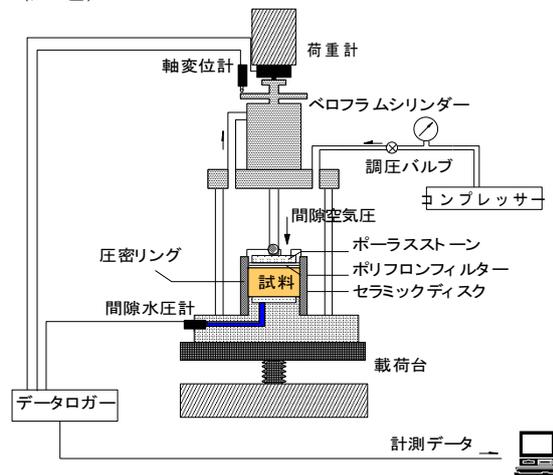


図-1 静的締固め試験機

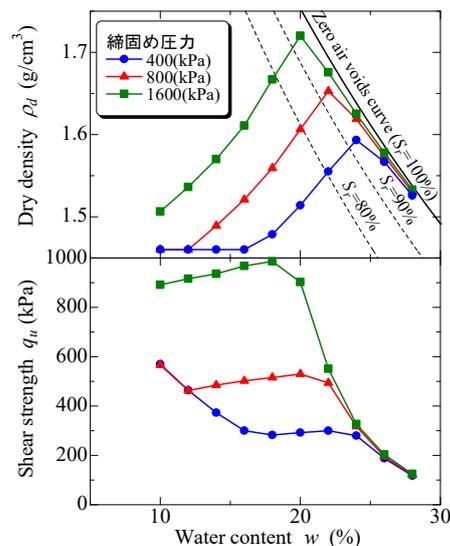


図-2 シミュレーションから得られた締固め曲線およびせん断強度

2. 研究の目的

本研究では、「締固め」の力学メカニズムを明らかにし、精緻なモデルを用いた数値解析を併用することで、実際の締固め構造物の設計から維持管理に至るまでの「締固め」をマネジメントする手法の確立を目的としている。本研究で用いる土/水/空気連成解析コード DACSAR-MP(Sugiyama, Y., K. Kawai and A. Iizuka: Effects of stress conditions on B-value measurement, Soils and Foundations, Vol.56, No.5, pp.848-860, 2016.)では、気体溶解則や気体の状態方程式が適用されており、気相封入の影響が顕著となる高含水比材料の締固めにも適用が可能である。また、物質輸送方程式を適用し、溶解物質との連成も可能となっている。この解析コードを用いて、実地盤構造物における設計・施工・維持管理における包括的な「締固め」マネジメント手法を確立するために、締固め施工を模擬した模型試験、実構造物における詳細なモニタリング、物理探査を併用し、その予測精度の向上を図る。

3. 研究の方法

(1) 転圧模型試験

地盤材料の締固め特性を得る室内試験はランマーを自由落下させて材料に打撃力を加える「突固め」が行われるのに対して、実施工で広範なエリアを迅速に締固める時には、大型重機による「転圧」を行う。「締固め特性」が締固め方法に依存することは明らかであり、室内試験結果を実施工に適用するためには、転圧時の力の作用や材料への伝達について明らかにする必要がある。ここでは、転圧模型試験を行い、地盤内部に生じる締固め度の分布について調べる。写真-1は、本研究で製作した転圧模型試験装置全景である。模型土槽となるアクリル製容器(容積:幅 250mm×



写真-1 転圧模型試験機

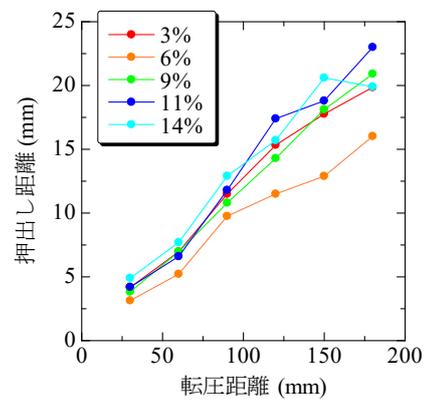


図-4 転圧距離～押し出し距離関係

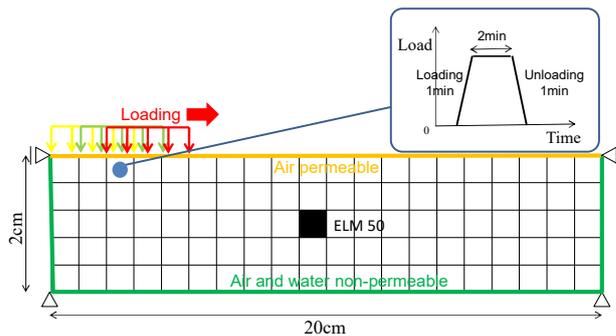


図-3 転圧シミュレーション解析メッシュ及び水理境界条件

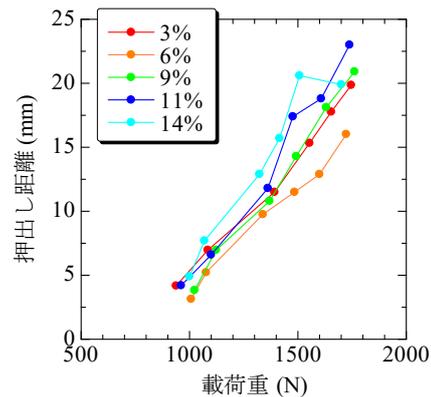


図-5 載荷重～押し出し距離関係

奥行 70mm×深さ 20mm)を、載荷板上に設置、装置下部にあるペロフラムシリンダーに空気圧を与えることで載荷板が上下し、試料に締め荷重が作用する。載荷板とペロフラムシリンダーの間には荷重計が備えられており、試料に作用する締め荷重が計測される。上部には直径 200mm の転圧ローラーが設置されている。転圧ローラーはヒンジで固定されており、転圧時には自由に回転する機構となっている。転圧ローラーを固定しているヒンジ部は手動ハンドルで動かすことができ、ハンドル 1 回転でローラーが 5mm 水平移動する。この水平移動量を転圧距離としている。また、転圧ローラーには傾斜計が取り付けられており、転圧ローラーの回転角を計測している。転圧ローラーの転がり距離は、ローラー径と回転角の積として算出し、転圧距離とのずれは、試料押し出し距離とみなせる。転圧条件がこの試料押し出しに及ぼす影響を検討する。転圧後の模型土槽は X 線 CT スキャナーによって等価画像を得、締め度分布特性を調べる。

(2) 転圧シミュレーション

転圧による地盤内部の応力やひずみの分布を詳細に求めるために転圧シミュレーションを行った。材料定数として一次元静的締めシミュレーション(図-2)と同じものを用いた。図-2 からそれぞれの締め荷重における最適含水比が確認できる。転圧シミュレーションの解析領域および水理境界条件を図-3 に示す。締め荷重を解析領域左端から右端へと移動させる。転圧荷重は 3 要素にまたがるため、一つの要素当たり、図中の枠内に示すような荷重履歴が与えられることになる。また、繰り返し転圧の影響を見るために、左端から右端への転圧後、右端から左端へと復路の転圧を行った。

4. 研究成果

(1) 転圧模型試験

図-4 に供給空気圧 0.2MPa、転圧速度 0.2cm/s 条件で含水比の異なる試料の、転圧距離～押し出し量関係であり、転圧の進行とともに押し出し量が単調増加とすることが見て取れる。この時の押し出し量に及ぼす載荷重の影響を検討しており、載荷重に対して押し出し量が増加し、線形関係にあるのが分かる。転圧時は、試料の圧縮が完了する前に荷重が移動するため、与えた転圧荷重が試料に十分に伝わるわけではない。載荷重はペロフラムシリンダーに与えた空気圧とシリンダー内径の積を最大値となるが、載荷重が大きくなることと圧縮量が大きくなることを等価と考えると、圧縮によって生じた高低差が試料押し出しに影響を及ぼすと考えられる。押し出し量を載荷重で除し、線形関係の傾きを求め、試料押し出し率とすると、試料押し出し率が小さい程、効果的な転圧がなされていると考える。図-6 は、異なる転圧速度における試料押し出し率を含水比に対してプロットしたものである。図から、一定の転圧速度であれば、ある含水比で試料

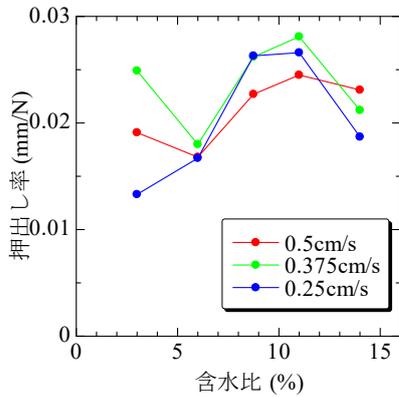


図-6 含水比～押し出し率関係

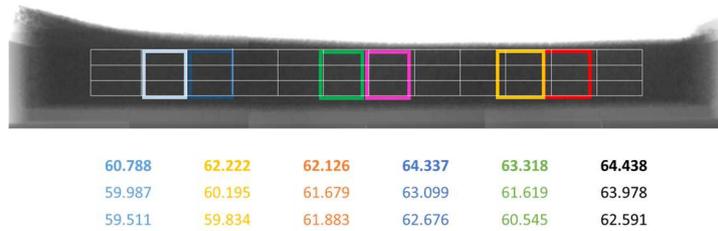


図-7 転圧後の模型土槽 CT 画像及び各解析領域の平均 CT 値

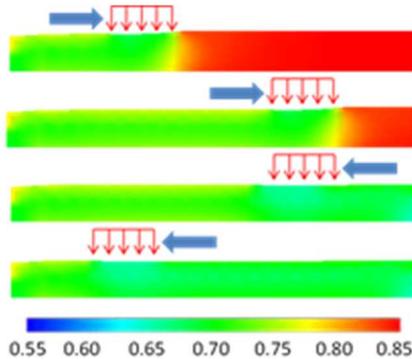


図-8 間隙比分布(18%試料 800kPa 転圧)

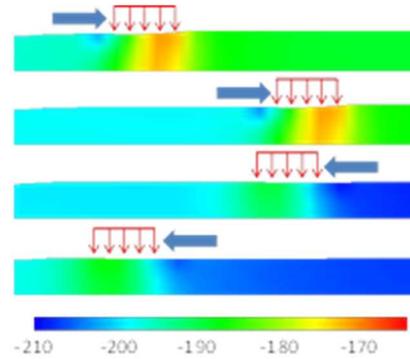


図-9 間隙水圧分布(18%試料 800kPa 転圧)

押し出し率が最大となることが分かる。つまり、この時に含水比で最も試料押し出しの多い、不均一な転圧となっていると考える。この試料押し出し率がピークを迎える含水比が転圧速度の増加とともに大きくなっていることが確認できる。ただし、全体的な試料押し出し率は、転圧速度が増加するにしたがって小さくなっていることも確認できる。図-7 は転圧後の模型土槽の X 線透過画像である。画像濃淡の白っぽい部分ほど、密度が高いことを示す。この濃淡は画像解析により CT 値として表現される。図中の矩形で囲った部分ごとに CT 値を求めたものが表として併記されている。これによると、転圧末になる左方に向かって密度(締固め度)の高い領域が現れるのが分かる。また、転圧面は、左方程、高く圧縮量が小さくなっており、転圧による試料の押し出しが明らかである。

(2) 転圧シミュレーション

転圧模型実験の挙動を表現するために、転圧シミュレーションを実施した。図-8,9 に、含水比 18%、転圧荷重 800kPa の転圧シミュレーションにおける、間隙比分布および間隙水圧分布を示す。図-2 の静的締固め試験シミュレーションより、締固め荷重 800kPa での最適含水比は 22～23%であり、含水比 18%は乾燥側の挙動である。図中赤矢印は転圧荷重の位置を示している。上上 2つは往路転圧時、下段 2つは復路転圧時の分布である。間隙比変化に注目すると荷重位置までは締固めによって間隙比が小さくなっていることが分かる。詳細にみると、荷重直下では圧縮状態にあるため最も間隙比が小さく、荷重通過後は除荷膨張のため、わずかに間隙比は大きくなっている。この時、転圧面近傍の間隙比が大きくなっている。図-2 に示す一次元締固めシミュレーションでは、最適含水比に近い試料では、空気境界となる荷重作用面で最も圧縮される傾向があり、ここで示す 18%含水比では鉛直方向の間隙比の差異はほとんどない。しかしながら、転圧による主応力の回転、せん断力の作用により、この様な鉛直方向に異なる締固め度の分布となることが分かる。しかしながら、復路転圧によってわずかながら鉛直方向の不均一性は解消されている。既往の研究(図-1)より、締固め挙動は内部のサクシオン変化との相関が高いことが分かっている。含水比の高い試料ほど、締固め荷重作用時に大きなサクシオン低下を生じ、最適含水比よりも乾燥側では、このサクシオン低下と圧縮量の増大に相関性があり、湿潤側では、サクシオン低下は生じるものの圧縮量は小さくなる。図-9 に示す通り、転圧荷重前方で最もサクシオンが小さく、過剰間隙水圧が発生している。地盤内の間隙水圧は締固め荷重載荷時に大きくなり、除荷時に小さくなる。一次元圧縮状態では見られなかった、水平方向に水圧の消散が生じるため、荷重載荷中も水圧が小さくなるのが原因となって転圧荷重下でも場所によって水圧が異なる。そのため、転圧荷重通過直後の領域で、最も水圧が小さくなり、この時に発生した過剰間隙水圧もいずれ水平方向に消散する。復路ではこの水圧の不均一性も目立たなくなるため、間隙比の分

布がより均一になるのだと説明できる。この様な挙動は、締め固め含水比によって異なる。図-10に含水比の異なる800kPa荷重の往路転圧後、復路転圧後の間隙比分布を示す。いずれも往路の転圧後に、左端に間隙比の小さいよく締め固まった領域が広がっている。この傾向は含水比が最適含水比に近づくほど顕著になっている。これは、転圧の進行に伴う主応力の変化によるものと考えられる。その後、復路転圧を行うと左右方向の不均一性はやや弱まるものの、依然初期転圧方向の影響が残った左右非対称の間隙比分布であることが分かる。図-10で見られた転圧方向への圧縮領域の発達は、転圧面の形状にも影響を及ぼしている。図-11は、800kPa転圧による転圧による表面の圧縮量を表している。いずれも、転圧初期の左端で最も圧縮しており、転圧末の右端では圧縮が抑制されているため、不等圧縮が生じている。これは転圧模型試験でも見られた挙動である。復路の転圧で左右端の圧縮量の差は小さくなるものの、不整な転圧面が形成されることが分かる。この時、圧縮量の大きい最適含水比に近い試料ほどその傾向が顕著になる。

さらに1往復の転圧を加えたときに、転圧面の中央節点の変位を図-12に示す。図中実線部は往路(左方へ)、破線は復路時(右方へ)の変位である。含水比22%の試料については2回目の往路転圧が終了した時点で、飽和状態に近づき、それ以上の転圧が不可能となっている。1回目の往路転圧における変位量が最も大きく、その際に鉛直方向の圧縮だけでなく転圧進行方向に大きく変位が発生している。復路の転圧によって左方への変位が、2回目の往路でまた右方に変位が発生するが、その移動量は少しずつ収束していくのが分かる。つまり、締め固め初期の転圧方向がその後の締め固め度の分布に大きく影響を及ぼすことが分かる。解析領域左端は水平方向の変位が拘束されているため、解析領域左端は大きく圧縮されることになる。この結果は、擁壁や護岸の裏込め土のような有限な範囲で締め固めを行う場合、初期の転圧方向が構造物の品質に影響を及ぼすことを意味する。

本研究では、転圧模型試験および転圧シミュレーションを通して、転圧が一元締め固めとは異なる締め固め度分布を生じさせることを示した。この様な室内締め固め試験と実施工における締め固め方法の違いを数値解析によって表現することで、設計時に適切な締め固め方法や締め固め管理基準を提案できるものと考えられる。

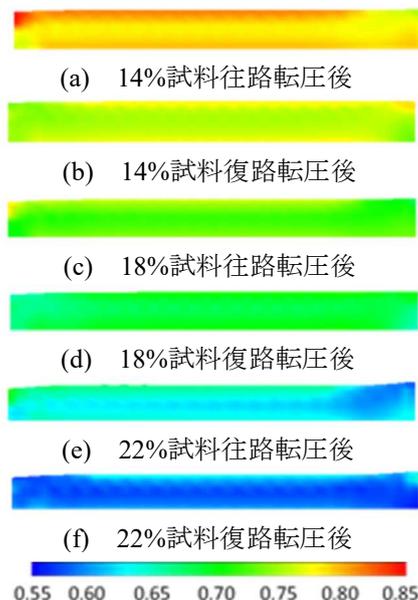


図-10 800kPa 転圧間隙比分布

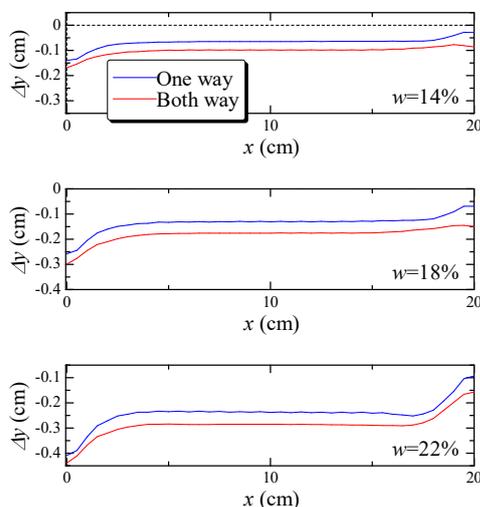


図-11 800kPa 転圧後の転圧面圧縮量

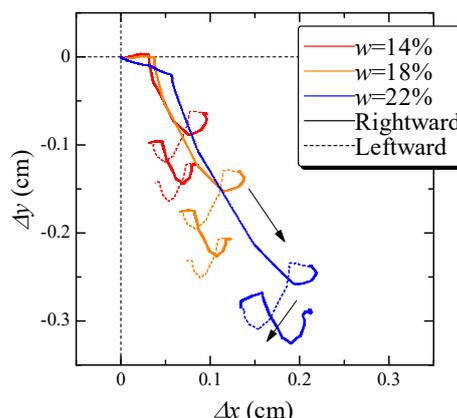


図-12 転圧面中央節点の変位

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5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 4件）

1. 著者名 新清晃, 西村聡, 藤澤和謙, 竹下祐二, 河井克之, 佐古俊介, 森啓年, 山添誠隆, 太田雅之	4. 巻 75
2. 論文標題 河川堤防への降雨浸透と浸潤状態予測に関する一斉解析からの知見	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 土木学会論文集C	6. 最初と最後の頁 398 ~ 414
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/jscejge.75.398	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 Kawai, K., Hamada, R. and Nakashima, K.	4. 巻 18
2. 論文標題 Ground survey based on the distribution of surface wave velocity and electrical resistibility	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Int. J. of GEOMATE	6. 最初と最後の頁 9-15
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.21660/2020.66.5594	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 Nomura Shun, Kawai Katsuyuki, Tachibana Shinya, Iizuka Atsushi	4. 巻 42
2. 論文標題 Solute transfer during consolidation based on a solid-fluid-solute coupling model	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 International Journal for Numerical and Analytical Methods in Geomechanics	6. 最初と最後の頁 1172-1196
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/nag.2787	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 Kawai Katsuyuki	4. 巻 16
2. 論文標題 DENSITY DISTRIBUTIONS WITHIN CERAMIC MATERIALS SATURATED FOR USE IN SUCTION MEASUREMENT	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 International Journal of GEOMATE	6. 最初と最後の頁 103-108
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.21660/2019.54.8165	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 Nakashima, K. and Kawai, K.	4. 巻 20
2. 論文標題 Influences of seepage flow histories on deterioration within embankments	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 International Journal of GEOMATE	6. 最初と最後の頁 42-47
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.21660/2021.79.GX132	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 -

[学会発表] 計25件(うち招待講演 0件/うち国際学会 5件)

1. 発表者名 有西海飛, 河井克之
2. 発表標題 鉄鋼スラグ混合盛土における降雨浸透シミュレーション
3. 学会等名 土木学会関西支部年次学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 河井克之, 山本奨兵, 濱田涼介, 片岡沙都紀
2. 発表標題 鉄鋼スラグ混合土を用いた小型盛土試験における浸透挙動計測
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 谷淵篤樹, 片岡沙都紀, 石原朱莉, 河井克之, 澁谷啓
2. 発表標題 鉄鋼スラグ混合土を用いた小型盛土試験における盛土浸透水のpH挙動
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 有西海飛, 河井克之, 片岡沙都紀
2. 発表標題 鉄鋼スラグ混合盛土における降雨浸透及び物質移動拡散シミュレーション
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 河井克之, 濱田涼介, 山本奨兵, 宮田和, 大島昭彦
2. 発表標題 造成地地盤における表面波伝達速度および電気比抵抗分布
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 遠藤信之, 鍋島康之, 河井克之, 豊福恒平, 南部啓太, 立石亮
2. 発表標題 大規模造成地における常時微動特性
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 豊福恒平, 鳥居宣之, 岡本涼輝, 河井克之
2. 発表標題 2016年熊本地震ならびにその後の降雨による斜面崩壊地の地形的特徴
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 中西典明, 大島昭彦, 河井克之, 鳥居宣之, 深川良一
2. 発表標題 文化財(寺社建物)の位置と災害、ハザードマップとの関係
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 有西海飛, 河井克之, 片岡沙都紀
2. 発表標題 水溶性物質含有盛土の降雨浸透シミュレーション
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 有西海飛, 河井克之, 片岡沙都紀, 中島晃司
2. 発表標題 鉄鋼スラグ混合盛土内の物質移動に着目した降雨浸透解析
3. 学会等名 第1回交通地盤工学シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 鍋島康之, 大島昭彦, 河井克之, 遠藤信之, 福塚健次郎, 豊福恒平
2. 発表標題 和歌山市北部造成地の常時微動特性と造成年代
3. 学会等名 Kansai-Geo-Symposium 2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 宮田和, 河井克之, 立石亮
2. 発表標題 猪名川町大規模盛土の調査事例
3. 学会等名 Kansai-Geo-Symposium 2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 鳥居宣之, 岡本涼輝, 野並賢, 河井克之, 豊福恒平
2. 発表標題 2016年熊本地震およびその後の斜面崩壊地の地形解析
3. 学会等名 Kansai-Geo-Symposium 2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kawai, K., Hamada, R. and Nakashima, K.
2. 発表標題 Ground survey based on the distribution of surface wave velocity and electrical resistibility
3. 学会等名 SEE 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kawai, K., Kijima, Y. and Nakashima, K.
2. 発表標題 Estimation of change in slope stability due to rainfall varied with time, based on unsaturated soil mechanics
3. 学会等名 GEOTEC HANOI (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 川口貴之, 川尻峻三, 平林弘, 河井克之, 田中政典
2. 発表標題 不攪乱粘性土に対する室内ペーンせん断挙動の X 線 CT スキャン観察
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 河井克之, 菊井慎也, 吉川直輝, 麓隆行
2. 発表標題 飽和手法の異なるセラミックの内部密度分布傾向
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 石原朱莉, 山里拓也, 片岡沙都紀, 澁谷啓, 丁經凡, 河井克之
2. 発表標題 水理・変形特性に着目した鉄鋼スラグ混合土盛土の長期挙動 その 1 強度・変形特性
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 山里拓也・石原朱莉・片岡沙都紀・澁谷啓・河井克之・佐藤厚子
2. 発表標題 水理・変形特性に着目した実物大スラグ混合土盛土の長期挙動 その 2 水理特性
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 Kawai, K., S. Kawajiri, T. Kawaguchi and M, Tanaka
2. 発表標題 Expression of stress distribution on vane shear test with soil/water coupled simulation
3. 学会等名 IS-Atlanta (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kawai, K., S. Kikui, N. Yoshikawa and T. Fumoto
2. 発表標題 Density distributions within ceramic materials saturated for use in suction measurement
3. 学会等名 GEOMATE 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 赤木悟・河井克之・中島晃司・安富懸一・大高範寛
2. 発表標題 盛土内浸潤線に及ぼす排水パイプ設置効果
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 滝健太郎・河井克之・中島晃司・片岡沙都紀
2. 発表標題 擁壁背面の鉄鋼スラグ混合土盤への降雨浸透挙動
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 鈴木健太・河井克之・中島晃司
2. 発表標題 大型盛土模型実験における降雨浸透シミュレーション
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 Kawai, K, Arinishi, K., Kataoka, S. and Nakashima, K.
2. 発表標題 Rainfall infiltration simulation on embankment containing soluble material
3. 学会等名 4th European Conference on Unsaturated Soils (国際学会)
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

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	麓 隆行 (FUMOTO TAKAYUKI) (30315981)	近畿大学・理工学部・教授 (34419)	

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
---------	---------