

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 4 年 6 月 14 日現在

機関番号：12101

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2019～2021

課題番号：19K04593

研究課題名(和文) 浸透誘導型キャピラリーバリア盛土の豪雨時の水理学・力学的安全性の評価と実装展開

研究課題名(英文) Study on hydraulic and mechanical stability of embankment using crushed shell particles during heavy rain

研究代表者

小林 薫 (KOBAYASHI, KAORU)

茨城大学・理工学研究科(工学野)・教授

研究者番号：80443638

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：1) 限られた実験条件、解析条件ではあるが、盛土斜面の浅層部に設けた破碎貝殻層によって、CB地盤のブレイクスルー後における破碎貝殻層の浸透水流下誘導機能および斜面上を流下する水に対する盛土斜面表層部の浸食抑制機能を発揮し、盛土の安定性に寄与することを明らかにした。

2) 土の粒径組成の特徴に応じて設定される土壌パラメータは、土の透水係数に基づいて概ね推定できることを明らかにした。

3) 土中の不飽和浸透挙動を数値解析等で検討する場合に必要な破碎貝殻の間隙結合パラメータは、計測データを基にHYDRUSを用いて同定し、再現解析と実験結果を比較した結果、同定した間隙結合パラメータの妥当性を確認した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

記録的短時間大雨による堤防決壊等の災害激化に伴い、堤防などの土構造物の安全性確保及びその評価法の需要が高まっている。環境負荷低減にも寄与する堤防法面などの浅層部に敷設した破碎貝殻層は、降雨等浸透水の法尻側への流下誘導機能及び越流時の浸食抑制機能を発揮し、土構造物の安全性を格段に向上できることを見出した。加えて、堤防などの土構造物の安全性を数値計算等で評価・検討する場合に必要なパラメータ(間隙結合パラメータ λ と土壌パラメータ α)の合理的な設定方法を提案した。以上から、防災・減災と環境を両立させる貝殻の活用技術により、気候危機時代における国民の生命と財産を守ることに大いに貢献する。

研究成果の概要(英文)：1) Under limited experimental conditions, the following two conclusions were reached based on the results of crushed shell particles in the shallow layer of the embankment slope. I: effect of infiltration control in the embankment was realized after breakthrough of capillary barriers(CB), II: the soil scour due to surface flow on the slope were prevented.

2) This study focuses on the relationship between the soil parameter(α) and the permeability coefficient, and a good positive correlation is found. The results show that the soil parameter(α) can be estimated based on the proposed relationship when studying the unsaturated permeation behavior of soil.

3) Based on the real-time measurement results of the water movement results of the capillary rise block experiment of CB using crushed shell particles are compared with the analysis results using the pore connectivity coefficient of crushed shell particles, and the validity of identified pore connectivity coefficient is confirmed.

研究分野：地盤工学、不飽和地盤工学、地下水工学

キーワード：キャピラリーバリア 貝殻 堤防 浸食 盛土 間隙結合パラメータ 土壌パラメータ 水分特性曲線

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

気候変動により激甚化する災害対応の中、顕在化すると甚大な被害をもたらす線状降水帯に伴う集中豪雨により発生する土砂災害(人工斜面等)、水害(破堤)への対応は緊急かつ必要性が更に高まっている。斜面防災技術の1つとして、雨水浸透に対する安全性を高めることを目的に、上層に細粒な土、下層に粗粒な土を敷設した層状地盤の傾斜したキャピラリーバリア(CB)が有効であるが、斜面表層部に単粒度の粗粒な土層を構築する必要があり、粘着力の小さい粗粒な土は低拘束圧下ではすべり破壊に対する抵抗力が小さく安定性確保が難しい。このことから、CBを構成する粗粒な土の代替材に破碎貝殻が活用できることおよび試験結果より破碎貝殻は粗粒な土と同等以上の内部摩擦角を持つと共に極低拘束圧下でも粘着力を発揮することを把握している。本研究では、盛土斜面の補強効果が期待できる扁平な破碎貝殻を用いた傾斜CB地盤(図-1)における、集中豪雨時の特異な雨水浸透特性とCB地盤強度の変化を実験・解析の両面より定量的に把握した上で、破碎貝殻の配向性締固め特性を考慮した盛土構造物への適用性を検証し、集中豪雨時の斜面防災・減災の強化を目指す。

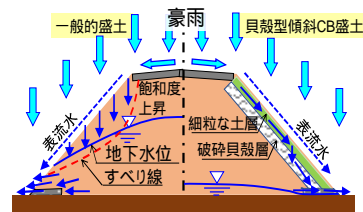


図-1 貝殻型傾斜CB盛土と浸透水挙動

2. 研究の目的

斜面の防災・減災の強化に貢献するための本研究の目的は、以下の(1)~(5)の5項目である。

(1)扁平・配向性破碎貝殻の極低拘束圧下における強度・変形特性、飽和・不飽和浸透特性および破碎性を含めた締固め特性の把握 (2)貝殻型急傾斜CB地盤(以下、貝殻型CB地盤と記す)の集中豪雨・非常時の吸・排水過程での雨水浸透特性の定量的評価 (3)貝殻型CB地盤の降雨時・極低拘束圧下での配向性を考慮した斜面安定性の解明 (4)貝殻型CB地盤の非常におけるブレイクスルー現象と飽和度分布を高精度で予測可能な解析コードの高度化(数値解析時のパラメータ値の正確性や信頼性の向上を含む) (5)実形式・実規模大のフィールド実験により貝殻型CB地盤の長期安定性の評価と施工・品質管理法の確立

3. 研究の方法

研究目的を達成させるための研究方法の具体的内容を簡潔に前記の項目(1)~(5)の順に示す。

- (1)CB地盤を構成する細粒な土としては、実盛土に使用されている試料を準備する。貝殻は、ホタテ貝殻(青森産)を用いる。斜面上での施工を想定し、法面整形用バックホー等で転圧破碎した貝殻を用いて各種試験を実施する。なお、扁平な破碎貝殻の透水性に関する異方性は、立方体供試体(10cm角)を用いて把握する。また、水分特性曲線は土柱法で求める。
- (2)大型土槽を用いた貝殻型CB地盤に集中豪雨も想定した最大降雨強度、降雨継続時間、降雨パターン、総降水量を組合せた条件と、土層勾配を順次組合せた実験を行い、ブレイクスルー後の破碎貝殻層中の浸透挙動を定量的に把握し、屋根瓦に似た機能で浸透水が斜面法尻側に流下・浸透する挙動を把握した上で、数値解析を用いて検証する。
- (3)集中豪雨時の高飽和度分布を示す実験ケースに対して、数値解析的に斜面安定性評価を行う。
- (4)大型土槽実験やフィールド実験で得られた降雨時、長期間の実測データを検証用データとし、貝殻型CB地盤特有の浸透挙動を精度良く再現できる解析コードに高度化を図る。
- (5)早期に社会実装するため、貝殻の転圧破碎法および貝殻型CB地盤の施工・品質管理法を確立する。また、貝殻型CB地盤を含む盛土内飽和度分布、降雨量と斜面の地表面沈下・変状等の実測データを基に長期的な貝殻型CB盛土斜面の安定性を実用に供し得るレベルで検証する。

4. 研究成果

研究成果については、前記の研究目的の項目(2)~(5)に関して具体的内容を以下に簡潔に示す。

- (1)ブレイクスルー後の破碎貝殻層中の浸透挙動(斜面法尻側に流下・浸透する挙動)の定量的評価
大型土槽実験の概要

大型土槽実験は、CB地盤にブレイクスルーが発生しCB効果が失われた後の、破碎貝殻層内の浸透水流下誘導機能を把握する。粗粒な土の代替材として破碎貝殻層を設置した場合、扁平形状の破碎貝殻の配向性等による斜面法尻方向への浸透水流下誘導機能を定量的に評価する。

試料

破碎貝殻は、青森県産のホタテ貝殻を用いた。また、破碎貝殻は、ふるい分けにより粒度調整した9.5~37.5mmを使用した。なお、ホタテ貝殻の粒子密度 $\rho_s = 2.671 \text{ g/cm}^3$ である。

実験手順

図-2に使用した大型土槽と角度調整用油圧ジャッキなどの外観を示す。大型土槽(高さ50cm、奥行き20cm、幅300cm)の底面部には、高さ3cmの仕切り版を10cm間隔に設け、土槽底部側面の流出口からの流出量を10cm間隔で測定可能である。また、小型散水装置は、大型土槽上面に固定し散水装置のタンク内水位を一定に保つことで散水強度を概ね320ml/minに調整した上で(滴下)散水した。



図-2 大型土槽などの外観

破砕貝殻層は、均質かつ所定の乾燥密度 ($\rho_d = 0.909 \text{ g/cm}^3$) になる様に、厚さ 5cm ごとに締め固め用具で軽く締め固めた。これを繰り返し、所定の厚さ (25cm、35cm および 45cm) となる様に破砕貝殻層を作製した。次に、土槽上面部に設置した散水装置で破砕貝殻層の上面に (滴下) 散水し、滴下位置から破砕貝殻層内を斜面下流側へ移動する浸透水の挙動を定量的に観察した。

破砕貝殻層の流下距離については、散水装置の最も下流側の工業用注射針から鉛直真下の土槽下端部位置をゼロ点とした斜距離を流下距離と定義し、10 cm 単位で測定した。実験は、層厚 3 種 (25、35、45cm) と傾斜角度 4 種 (5、7.5、10、15°) を適宜組合せた計 12 ケースとした。

実験結果

図-3 に流下距離と土槽底面流出口からの流出量分布を示す。破砕貝殻層の上面に (滴下) 散水した水は、土槽傾斜角度が 5° から 15° へ大きくなるほど流下距離は土槽斜面の下流側へ浸透誘導されていることが分かる。図-4 には、破砕貝殻層と流出量分布の重心距離 L との関係を示す。各ケースで流出量分布を基に、式(a)より求めた重心までの距離を重心距離とした。

$$L = (a \times q) / q \dots\dots(a)$$

ここで、 L : 重心距離、 a : 流下距離で 0 点からの各斜距離、 q : 各流出口からの流出量である。

図-4 に示す様に、流出量分布の重心距離 L は、破砕貝殻層が厚くなるほど (25 cm から 45 cm)、土槽傾斜角度が大きくなるほど (5° から 15°) 流下距離が長くなる傾向が見られる。

飽和 不飽和浸透流解析による浸透挙動の検討

大型土槽実験の結果を数値シミュレーションによって再現し、破砕貝殻層内を流下する浸透水の挙動を検証する。なお、数値シミュレーションには HYDRUS-2D を用いた。解析モデルは、大型土槽、土槽底面の仕切り板などをモデル化した。節点数 16,365 点、要素数 31,859 要素である。境界条件は、大型土槽実験を想定した破砕貝殻層上面の散水箇所 に 320 ml/min を与えた。また、土槽下端部にある排水ホース位置の流出口は浸出境界とし、それ以外の底面と側面は不透水面境界とした。

水分特性曲線は広く用いられている式(b)の VG モデルを用いて、離散的に得られた試験値に対してフィッティングを試みた。不飽和透水係数 $K(h)$ は式 (c) で求めた (h : 圧力水頭)。

$$Se = (\theta - \theta_r) / (\theta_s - \theta_r) = (1 + |ah|)^{-m} \dots\dots(b)$$

$$K(h) = k_s \times Se^l [1 - (1 - Se^{1/m})^2] \dots\dots(c)$$

ここで、 Se : 有効飽和度、 θ_s : 飽和体積含水率、 θ_r : 残留体積含水率、 k_s : 飽和透水係数 ($= 7.85 \times 10^{-2} \text{ m/s}$)、 l : 不飽和透水係数のパラメータ ($= 8$)、 a 、 n および m ($= 1 - 1/n$): VG 式のフィッティングパラメータを表す。前記の不飽和透水係数 $K(h)$ などを与えて数値解析を行った。

解析結果

図-5 に傾斜角度 10°、層厚 35 cm 時の流出量等の実測値と解析値を比較した。ここで、 K_x : 水平方向透水係数、 $K_y (=k_s)$: 鉛直方向透水係数である。また、水平方向と鉛直方向透水係数の比 K_z は式(d)で示す。

$$K_z = K_x / K_y \dots\dots(d)$$

等方的な $K_z = 1$ ($K_y = K_x$) の解析値は、実測値と流下距離が大きく異なり再現できていない。一方で、 K_z を大きくすることで流出量分布等を再現可能である。

図-6 (a)~(c)より、 $K_z = 1$ の場合には、浸透水は鉛直方向に概ね浸透している。一方、 $K_z = 7, 10$ は、 $K_z = 1$ に比較して浸透水は斜面下流側に大きく流下している。以上より、 K_z を変化させることで破砕貝殻層からの流出量分布の実測値を数値解析で再現できる。また、図-6 (d)、(h)は、一例として $K_z = 10$ 、層厚 45cm で傾斜角度を変えた場合の流下距離を示す。傾斜角度を変化させることで、流下距離は 125 cm と 170 cm と、傾斜角度が大きくなるほど浸透水がより斜面下流側へ浸透している。また、図-6 (e)~(g)は、傾斜角度 15°、層厚 35 cm で、 $K_z = 1, 7, 10$ の流下距離を示す。傾斜角度は異なるが、図-6 (a)~(c)と同様の傾向を示していることが分かる。傾斜角度が大きくなるほど流下距離が大きくなる傾向は、層厚を変化させても同様の傾向を示していることが分かる。これらから、浸透水の流下距離は、傾斜角度、層厚および透水係数比 K_z が大きくなるほど大きくなることを確認することができた。ここで、実測値の流出量と流出量分布を基にして、各実験条件下の実測値を再現できる K_z

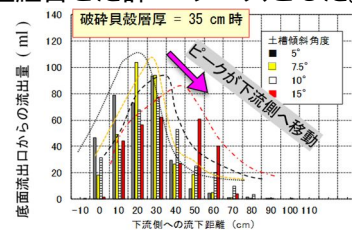


図-3 流下距離と流出量分布の関係

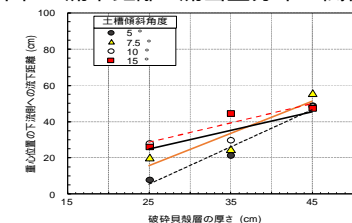


図-4 貝殻層厚と重心距離の関係

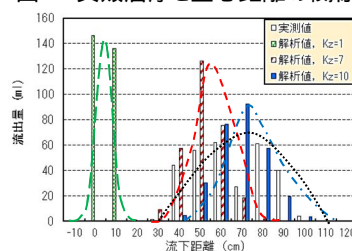


図-5 実測値と各 K_z の解析値の比較

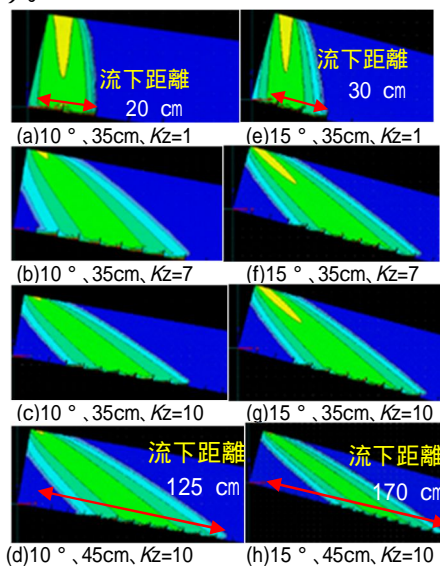


図-6 角度、層厚、 K_z が流下距離に及ぼす影響

を試行錯誤的に算出した結果を表-1 に示す。表-1 の各実験ケースごとに示した K_z は多少ばらつきがあるものの、平均的には透水係数比 K_z は 8.5 程度 (平均) であった。

(2) 数値解析時の破碎貝殻の間隙結合パラメータについて

鉛直 1 次元の不飽和土中の水分移動は、一般的に Richards 式で表される。未解明な点が多い粗粒な土 (破碎貝殻) の間隙結合パラメータ l の同定は、HYDRUS の逆解析機能を用いて行う。HYDRUS には、順解析による数値解析の他に、既知のパラメータと水分移動 (体積含水率 θ) の実測データから任意の未知のパラメータを同定する逆解析機能を有する。HYDRUS に採用されている目的関数 (測定結果と解析結果の残差平方和) を最小にするパラメータの最適化手法は、非線形最小 2 乗法に基づく Levenberg-Marquardt 法 (LM 法) である。間隙結合パラメータ l は、貝殻型 CB 地盤においては上部の細粒な土層と下部の粗粒な土 (破碎貝殻) 層の層境界面における水収支の挙動に関わる重要なパラメータである。図-7 の貝殻型 CB 地盤を構成する細粒な土 (以下、珪砂と記す) と粗粒な土 (以下、破碎貝殻と記す) の層境界面での水分移動を遮断する挙動、およびブレイクスルーの過程を含めた浸透挙動を計測した実測データを用いて逆解析を行うことで、破碎貝殻の適切な間隙結合パラメータ l を同定できるものと考えられる。

図-8 (a), (b) には、貝殻型 CB 地盤内の体積含水率 θ の経時変化 (センサ番号: No.1 ~ No.6) を示す。図の縦軸は体積含水率 θ (cm^3/cm^3)、横軸は実験開始からの経過時間 t (min) で、散水開始時刻を $t=0$ (min) としている。図-8(a) に示す様に、上部の珪砂層と破碎貝殻層の層境界面で CB が生じ、浸透水が層境界面で遮断・貯留され、貯留した浸透水による水位上昇に伴い、土壌水分センサ No.3 (A 点、 $t=10$ min)、No.2 (B 点、 $t=110$ min) および No.1 (C 点、 $t=215$ min) の順に、体積含水率 θ が大きく変化 (上昇) していることが確認できる。また、CB 効果により層境界面の破碎貝殻層上の珪砂層に貯留された浸透水は、やがてブレイクスルーが生じ破碎貝殻層へ流下し、その後さらに下部の珪砂層に浸透し、センサ番号 No.4 ($t=257$ min)、No.5 ($t=266$ min) および No.6 ($t=283$ min) の順に体積含水率 θ がセンサ設置位置の上部から順次変化 (上昇) している (図-8(b))。このことから、散水に伴う貝殻型 CB 地盤内の体積含水率 θ の経時変化は、上部の珪砂層と破碎貝殻層の層境界面での浸透水の遮断・貯留挙動と、その後の破碎貝殻層へのブレイクスルー、そして下部珪砂層への浸透挙動を計測できている。本実験装置を用いた散水浸透実験では、当初想定した貝殻型 CB 地盤内の不飽和浸透挙動を連続的に捉えることができたものと考えられる。

次に、図-8 (a) に示す貝殻型 CB 地盤内の体積含水率 (センサ番号: No.1 ~ No.6) の実験結果を用いて逆解析を行なった。散水 (降雨) 浸透実験に用いた貝殻型 CB 地盤内の珪砂については、本研究では Schaap and Leij が 235 種類の多くの土質材料に対して最も良い適合度を与える値として推奨している -1.0 を用いた。その上で、破碎貝殻の間隙結合パラメータ l を同定した結果、間隙結合パラメータ $l = 1.64$ が得られた。ここで、同定された間隙結合パラメータ $l = 1.64$ を用いて散水浸透実験の順解析を実施し、散水に伴う貝殻型 CB 地盤内の計測点 (土壌水分センサ No.1 ~ No.6 の計 6 点) における体積含水率 θ の経時変化を図-9(a), (b) に示す。図-9 より、解析結果は破碎貝殻層の上面の層境界面で浸透水が貯留され、貯留水の水位面上昇に伴い土壌水分センサ No.3、No.2 および No.1 の順に体積含水率 θ が変化 (上昇) した後、120 ~ 190 分程度で定常状態に移行していることが確認できる。また、No.4 ~ No.6 の体積含水率 θ は、No.4、No.5、No.6 の順に 285 ~ 295 分で変化 (上昇) した後、310 ~ 330 分で概ね一定値を示す定常状態に達している。土壌水分センサ No.1 ~ No.3 (上部の珪砂層) および No.4 ~ No.6 (下部の珪砂層)

表-1 再現解析時の透水係数比 $K_z (=K_x/K_y)$

K_x/K_y	層厚25cm	層厚35cm	層厚45cm
5°	8~9	7~8	12~13
10°	8~9	9~10	9~10
15°	7~8	6~7	6~7

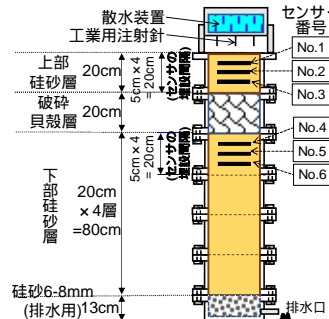
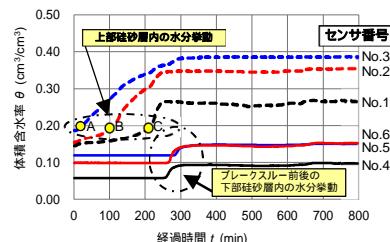
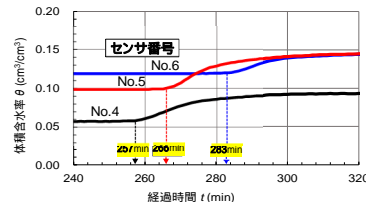


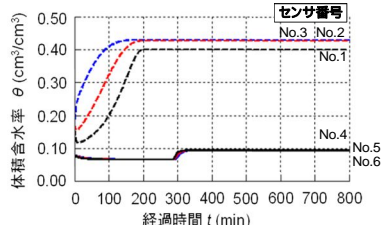
図-7 鉛直一次元円筒実験装置



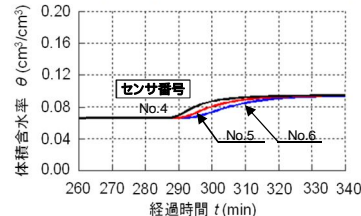
(a) 実験時の貝殻型 CB 土層内水分挙動



(b) ブレイクスルー前後の水分挙動拡大図
図-8 体積含水率の経時変化 (実験結果)



(a) 解析時の貝殻型 CB 土層内水分挙動



(b) ブレイクスルー前後の水分挙動拡大図
図-9 体積含水率の経時変化 (解析結果)

の体積含水率 θ が定常状態に達する時間に着目し実験結果と比較する。図-9(a), (b)の実験結果は、センサ番号 No.3、No.2 および No.1 の順に体積含水率 θ が変化(上昇)した後、250~300分で定常状態に移行している。また、センサ番号 No.4、No.5 および No.6 の順に体積含水率 θ が変化(上昇)した後、300~320分で定常状態に移行している。これらより、上部の硅砂層では、解析結果は実験結果に比較して定常状態に移行する時間がいくぶん早い傾向であるが、下部の硅砂層の解析結果は実験結果を概ね再現できている。同定された間隙結合パラメータ $l = 1.64$ を用いて散水浸透実験の順解析を実施した結果、散水に伴う貝殻型CB地盤内の体積含水率 θ の変化(上昇)に基づく不飽和浸透挙動を概ね再現できているものと考えられる。以上より、限られた実験ケースではあるが、同定した破碎貝殻の間隙結合パラメータ l を用いた解析結果は、実験結果を概ね再現できたことから、土壌水分センサの設置誤差や体積含水率 θ の測定精度 ($\pm 0.02 \text{ m}^3/\text{m}^3$) を考慮すれば、間隙結合パラメータ l は概ね適切な値が得られたものと考えられる。

さらに、半乾燥地を想定した貝殻型CB地盤内のCB効果に伴う水分上昇遮断実験(図-10)による体積含水率 θ の経時変化と、同定された破碎貝殻の間隙結合パラメータ l を用いた体積含水率 θ の経時変化を比較検討し、破碎貝殻の間隙結合パラメータ l の妥当性を検証する。貝殻型CB地盤を模擬した土層供試体の下部の水位を一定に保ち、サクシオンに伴う水分移動を供試体内に設置した複数の土壌水分センサ(EC-5)で計測し、10ヶ月間の比較的長期間に渡り、CB効果に伴う水分上昇遮断挙動を実験的に確認する。なお、供試体内に設置した土壌水分センサ5個の設置高さ(水位面の高さを基準にして示した)と各センサ番号(設置位置が下部よりNo.I~No.V)は図-10に示す通りである。

図-11は、水分上昇遮断実験時の体積含水率 θ の経時変化を示す。鉛直一次元円筒装置内の供試体からの蒸発の影響が見受けられたものの、破碎貝殻層の下面と下部の硅砂層上面の層境界面では、サクシオンに伴う供試体下部からの水分上昇が遮断されており、計測期間の10ヶ月間に渡りCB効果を発揮し続けていたものと考えられる。この結果を基に、HYDRISによるCB効果に伴う水分上昇遮断挙動を数値解析でシミュレーションした。その結果、破碎貝殻層の上部の硅砂層内に埋設した土壌水分センサの番号No.IVとNo.Vの体積含水率は、実験結果の蒸発に伴う経時的な低下挙動は再現されていないものの、サクシオンにより下部の硅砂層を上昇してきた水分が、破碎貝殻層の下面で遮断され、上部の硅砂層まで水分移動している様な挙動は見受けられず、解析結果は実験結果と同様に水分上昇遮断挙動(CB効果)を10ヶ月間に渡って保持(再現)しているものと考えられる。以上より、半乾燥地を想定したCB効果に伴う水分上昇遮断実験の解析結果は、同定した間隙結合パラメータ $l = 1.64$ を用いることで実験結果を概ね再現できており、破碎貝殻の間隙結合パラメータ l の妥当性を検証できたものと考えられる。

(3)実規模大の貝殻型CB盛土実験に基づく施工・品質管理法の確立と貝殻型CB盛土の長期的なCB機能の実験的検証

実規模大の貝殻型CB盛土(天端高さ約2.5m)の施工実験(図-12)における長期計測は、図-13に示す土壌水分センサと降雨計および盛土の変状観察である。図-14は、計測した降雨量と体積含水率 θ の経時変化を示す(一例)。図14(b)に示す様に、降水量が少ない場合には、降雨に伴い覆土層の体積含水率 θ の上昇が見受けられるが(No.12上昇)破碎貝殻層の下部には浸透しておらず(No.13変化なし)実規模大の盛土斜面上への破碎貝殻層の施工により、CB機能とその性能が確実に発揮されていることを検証できた。

実規模大の貝殻型CB盛土斜面(1:2.0)への破碎貝殻の施工は、建設重機を用いて効率よく可能であり、必要とされる品質も十分確保できることを検証できた。加えて、貝殻型CB盛土内の長期計測データを基に、実規模大の貝殻型CB盛土は、CB機能とその性能を十分発揮することをフィールド実験で実証した。最後に、河川堤防や大規模盛土などの防災・減災および気候変動適応策の1つとして有効な、本成果をいち早く社会実装するために、貝殻調達の仕組みを含め試験施工による実現性の検証が必要である。

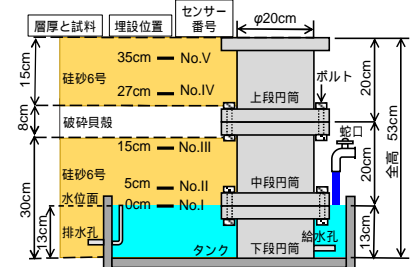


図-10 水分上昇遮断実験の概要

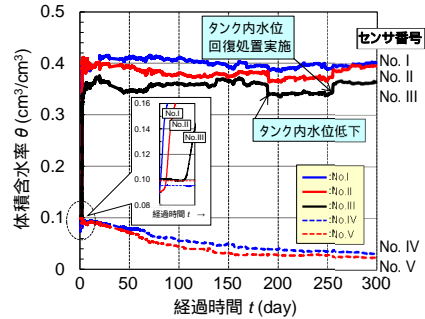


図-11 実験時の体積含水率の経時変化



図-12 斜面上の破碎貝殻と完成盛土状況

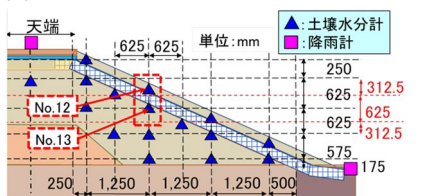
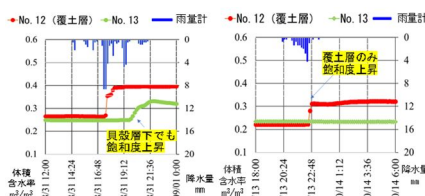


図-13 貝殻型CB盛土のセンサ類設置位置



(a)ブレイクスルー挙動 (b)浸透水の遮断挙動
図-14 盛土内の体積含水率の経時変化

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6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 6件）

1. 著者名 小林 薫、松元和伸、小谷野 陽平、松浦慶弥、森井俊広	4. 巻 78
2. 論文標題 キャピラリーバリア地盤を構成する破碎貝殻の間隙結合パラメータについて	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 土木学会論文集C（地圏工学）	6. 最初と最後の頁 -
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 オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 小林 薫、松元和伸、竹下祐二、森井俊広	4. 巻 17
2. 論文標題 不飽和流れの透水係数に關与する土壤パラメータ の推定について	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 地盤工学ジャーナル	6. 最初と最後の頁 -
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 オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 KOBAYASHI Kaoru, OHNO Asuka, KOYANO Yohei, ASANO Taiga, KAMADO Noriyuki, OHWADA Shigeru, YASUHARA Kazuya	4. 巻 76
2. 論文標題 A STUDY ON EMBANKMENT STABILITY DURING HEAVY RAINFALL BY CRUSHED SHELL PARTICLES PROVIDED IN SHALLOW PART OF SLOPE	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. B3 (Ocean Engineering)	6. 最初と最後の頁 I_1001~I_1006
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.2208/jscejoe.76.2_I_1001	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 大埜 明日香、小林 薫、大和田 繁、釜土則幸、安原一哉	4. 巻 77
2. 論文標題 堤防の越水に対する破碎貝殻を用いた 侵食・吸出し抑制に関する基礎的検討	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. B3 (Ocean Engineering)	6. 最初と最後の頁 I_373-I_378
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.2208/jscejoe.77.2_I_373	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 MATSUURA Keiya, KOBAYASHI Kaoru, MORII Toshihiro	4. 巻 75
2. 論文標題 STUDY ON THE LONG - TERM CAPILLARY INCREASE BLOCKING EFFECT OF CAPILLARY BARRIER GROUND USING CRUSHED SHELLS PARTICLES	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. B3 (Ocean Engineering)	6. 最初と最後の頁 I_181 ~ I_186
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/jscejoe.75.I_181	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 MORIZAKI Ryota, KOBAYASHI Kaoru, HONDA Kenjiro, MIYAZAKI Wataru	4. 巻 75
2. 論文標題 STUDY ON SHEAR STRENGTH CHARACTERISTICS OF SCALLOP SHELL IS A FISHERY BY-PRODUCT AND APPLICATION TO THE GROUND IMPROVEMENT MATERIAL	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. B3 (Ocean Engineering)	6. 最初と最後の頁 I_175 ~ I_180
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/jscejoe.75.I_175	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24件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件)

1. 発表者名 金子卓寛、小林 薫、米山俊一
2. 発表標題 浸出水pHと焼却灰の透水性低下に及ぼす循環水pHの影響
3. 学会等名 第49回土木学会関東支部技術研究発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 小谷野 陽平、小林 薫、松丸 貴樹、松元 和伸
2. 発表標題 盛土斜面に施工した破碎貝殻層の不飽和流れに関する実験的研究
3. 学会等名 第49回土木学会関東支部技術研究発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 後藤聖也、小林薫、大埜明日香
2. 発表標題 越水時の堤防法面浅層部に設けた貝殻層の侵食抑制効果に及ぼす粒子配向の影響
3. 学会等名 第49回土木学会関東支部技術研究発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 小林 薫、米山俊一、安孫子 美里、鈴木明夫、荻野一彦、磯田悠太
2. 発表標題 土の異方透水性を把握する試験装置開発に向けた基礎的実験
3. 学会等名 日本地下水学会 2022年春季講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 大埜 明日香、小林 薫、松元和伸、釜土則幸、大和田 繁
2. 発表標題 粘り強い堤防構築に向けた施工実験と降雨浸透抑制機能の検証
3. 学会等名 地盤工学会 第57回地盤工学研究発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 松丸 貴樹、小林 薫、小谷野 陽平、小島 理央
2. 発表標題 盛土のり面に施工した破碎貝殻層への降雨散水試験の数値シミュレーション
3. 学会等名 地盤工学会 第57回地盤工学研究発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 内村風雅、小林 薫、松丸貴樹、松元和伸、小谷野陽平、大埜明日香
2. 発表標題 貝殻型キャピラリーバリア盛土の品質管理に関する施工実験
3. 学会等名 地盤工学会 第18回地盤工学会関東支部発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 小谷野陽平、小林 薫、松丸貴樹、松元和伸、森井俊広
2. 発表標題 浸透誘導型キャピラリーバリア盛土における破碎貝殻層の浸透特性に関する研究
3. 学会等名 地盤工学会 第18回地盤工学会関東支部発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 浅野太我、小林 薫、金澤浩明
2. 発表標題 土の異方透水性評価装置の開発
3. 学会等名 地盤工学会 第18回地盤工学会関東支部発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 磯田悠太、小林 薫、金澤浩明、浅野太我
2. 発表標題 砂のような粒状体の供試体作製方法が異方透水性に及ぼす影響について
3. 学会等名 地盤工学会 第18回地盤工学会関東支部発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 金子卓寛、小林 薫、米山俊一
2. 発表標題 廃棄物最終処分場の浸出水循環によるpH低下に関する実験的研究
3. 学会等名 地盤工学会 第18回地盤工学会関東支部発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 米山俊一、小林 薫、金子卓寛
2. 発表標題 細粒分が多い土に対するバイオセメンテーションに関する基礎的研究
3. 学会等名 地盤工学会 第18回地盤工学会関東支部発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 後藤聖也、小林 薫、大埜明日香
2. 発表標題 堤体法面に施工した扁平な破碎貝殻の配向方向が堤体の浸食変形に与える影響
3. 学会等名 地盤工学会 第18回地盤工学会関東支部発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 大埜 明日香, 小林 薫, 釜土則幸, 大和田 繁, 安原一哉
2. 発表標題 越水時の堤防裏法面浅層地盤への浸透挙動と堤体の安定性について
3. 学会等名 日本地下水学会 2020年秋季講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 大埜 明日香, 小林 薫, 釜土則幸, 大和田 繁, 安原一哉
2. 発表標題 河川堤防の越水対策に関する基礎的研究
3. 学会等名 地盤工学会 第17回地盤工学会関東支部発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 小谷野 陽平、小林 薫、松浦慶弥、松元和伸
2. 発表標題 室内試験における供試体内水分量に及ぼす端部排水境界の影響について
3. 学会等名 日本地下水学会 2020年秋季講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 小谷野 陽平、小林 薫、松元和伸、森井俊広
2. 発表標題 キャピラリーバリア地盤を構成する破碎貝殻層の浸透特性について
3. 学会等名 地盤工学会 第56回地盤工学研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 大和田 繁、大埜 明日香、小林 薫、釜土則幸、安原一哉
2. 発表標題 堤防の裏法面に設置した碎石層の侵食抑制効果について
3. 学会等名 地盤工学会 第56回地盤工学研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 小島理央、小林 薫、大和田 繁、安原一哉
2. 発表標題 降雨浸透・排水に伴う盛土内の飽和度分布変化とすべり破壊に対する安定性検討
3. 学会等名 日本地下水学会 2020年秋季講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 松浦 慶弥 , 小林 薫, 松元和伸, 森井俊広
2. 発表標題 貝殻型キャピラリーバリアの毛管上昇遮断効果の長期予測に向けた一考察
3. 学会等名 第 16 回地盤工学会関東支部発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小谷野陽平, 小林 薫, 森井俊広, 松元和伸
2. 発表標題 破碎貝殻を用いたキャピラリーバリア盛土におけるブレイクスルー後の浸透水挙動の確認実験
3. 学会等名 第 16 回地盤工学会関東支部発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 大埜 明日香, 浅野太我, 小林 薫, 安原一哉
2. 発表標題 キャピラリーバリア型盛土の斜面浅層部に用いた貝殻層の浸食抵抗に関する基礎的研究
3. 学会等名 第47回土木学会関東支部技術研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 浅野大我, 小林 薫, 豊田浩史, 高田 晋, 森崎亮太
2. 発表標題 扁平な破砕貝殻の一面せん断試験結果について
3. 学会等名 土木学会 第75回年次学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 松丸貴樹, 小林 薫, 森井俊広
2. 発表標題 キャピラリーバリア盛土への扁平材料の適用性に関する解析的検討
3. 学会等名 地盤工学会 第55回地盤工学研究発表会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計1件

産業財産権の名称 堤体の浸食抑制構造およびその構造の構築方法	発明者 小林 薫、釜土則幸、 大和田 繁、大埜明日 香、安原一哉	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2021-104735	出願年 2021年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔その他〕

茨城大学 工学部 都市システム工学科 防災・環境地盤工学研究室ホームページ
<http://wwwgeo.civil.ibaraki.ac.jp/>

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	松丸 貴樹 (MATSUMARU TAKAKI) (00425927)	公益財団法人鉄道総合技術研究所・構造物技術研究部・主任 研究員 (82658)	
研究分担者	森井 俊廣 (MORII TOSHIHIRO) (30231640)	新潟大学・自然科学系・フェロー (13101)	

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