

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

茨城大学大学院 学生会員 ○小谷野 陽平 茨城大学大学院 正会員 小林 薫
 鉄道総合技術研究所 正会員 松丸 貴樹 飛鳥建設株式会社 正会員 松元 和伸

1. はじめに

近年、短期間大雨に対する盛土安定対策としてキャピラリーバリア型地盤(以下 CB と表記)を利用した降雨浸透誘導技術が検討されている¹⁾。CB の構造は、相対的に細粒な土(砂層)と粗粒な土(礫層)を重ねた自然材料を用いた単純な土層²⁾であり、両層の相対的な保水性の違いにより降雨を遮断する。この CB 構造を盛土のり面に適用し盛土内部への浸透水量を制御することで、盛土安定性に寄与すると考えられる。また、小林ら³⁾により、CB の礫層の代替材として、破碎した貝殻を利用した貝殻型 CB が考案されており、再利用による持続可能社会の構築が期待されている。図-1 に CB のブレイクスルー後(CB 機能喪失後)の礫層と破碎貝殻層の浸透水の挙動のイメージ図を示す。破碎貝殻は礫と比べ扁平な粒子形状であることから透水性に異方性を有する点に着目し、筆者ら⁴⁾は破碎貝殻を用いた大型土槽実験を実施し、CB の浸透誘導効果以上の大雨によりブレイクスルーが生じた後でも、破碎貝殻を用いた場合は礫のように鉛直に流下するのではなく、より下流側に浸透することを示した。しかしながら、破碎貝殻の浸透挙動には未解明な点が多く、貝殻型 CB の浸透誘導機能を評価するに至っていない。また、鉄道や道路等の比較的急勾配(1:1.5 程度)の盛土斜面に破碎貝殻を施工した事例はなく、施工性が確認されていない。そこで、実規模大の盛土斜面上に破碎貝殻層を敷設し、施工性を検証すると共に、敷設した破碎貝殻層の浸透挙動を確認するため散水実験を行った。

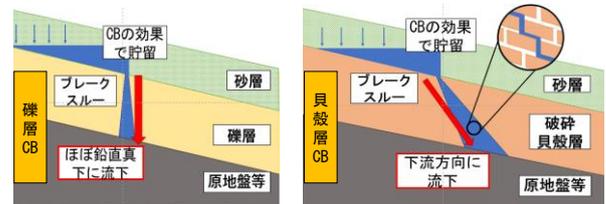


図-1 CB のブレイクスルー後の礫層と破碎貝殻層の浸透水の挙動イメージ

2. 実規模大実験による破碎貝殻層の浸透挙動の把握

2. 1. 実験地の施工手順

本実験は破碎貝殻層の浸透特性の把握が目的であるため、CB の細粒な土(表層)は被覆せず、破碎貝殻層上端部から散水を行い、その挙動を貝殻層下に設置した透水性の高い材料により観測する。表-1 に試料の物理的特性を、図-2 に粒径加積曲線を示す。実験には、ホタテ貝殻と珪砂 6 号を使用した。なお、貝殻は 110°C の炉乾燥で 24 時間乾燥させ、温度が常温になった後に建設重機で踏むことにより破碎した。

表-1 試料の物理特性

	単位	珪砂6号	重機破碎貝殻
土粒子密度	ρ_s g/cm ³	2.733	2.70
50%粒径	D_{50} mm	0.193	12.6
均等係数	U_c -	2.08	4.86
最大乾燥密度	ρ_d g/cm ³	1.54	-
最適含水比	w_{opt} %	12.3	-
最大間隙比	e_{max} -	1.04	-
最小間隙比	e_{min} -	0.638	-
設置時含水比	w %	13.4	0.2

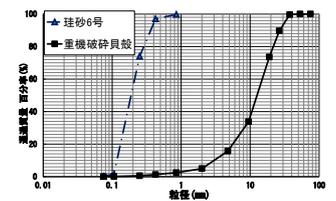


図-2 材料の粒径加積曲線

図-3 に散水実験概略図を示す。試験フィールドでの発生土にて作製した勾配 1 : 1.5、高さ 1.8m の盛土に、幅 30 cm 深さ 15 cm の珪砂 6 号層を $D_c=90\%$ を目標に埋設し、珪砂 6 号層に斜距離 10 cm 間隔で土壌水分計 EC-5(METER 社製)を表面から深さ 3 cm の位置に 27 個(のり面上端部からセンサ番号 No.1~No.27)設置した。次に、破碎した貝殻を盛土のり面にバックホウにて自然落下させ、その後手作業で層厚 15 cm になるように緩く押し付けた。この際、のり面に設定した 15 点(図-4 参照)の高さを破碎貝殻層敷き詰め前後にレベルとスタッフにて測定することで層厚の算定を行った。その後、浸透への影響を及ぼさない不織布⁵⁾を引き、自然条件下における浸食を防止した。散水は農業用散水ホースを 1.2m に切断したものを使用し、散水ホースに接続したバルブで圧力を変えることで散水量を設定した。なお、散水量は毎分 320 mm/min で行い、土壌水分計のデータ観測間隔を 1 分に設定することで飽和度上昇を細かく観測できるようにした。

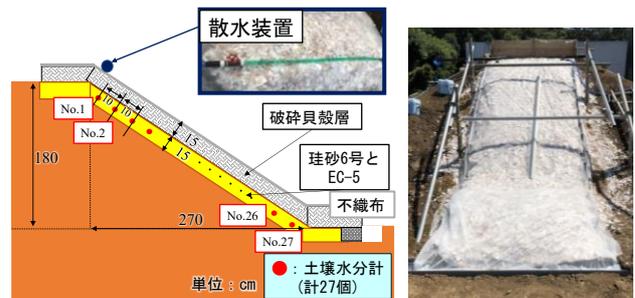


図-3 実験地の構造及び散水実験概要図

2. 2. 実験結果

図-4 に測量実施地点と算出した各地点の層厚を示す。15 点から算出した破碎貝殻層厚は平均 17 cm 程度となっており、目標としていた値とほとんど差異がない層厚となっている。また、図-4 から本実験にて敷き詰めた破碎貝殻層厚はおおむね均一になっている。よって、1:1.5 の比較的急勾配の盛土斜面においても、破碎貝殻は施工中に滑り落ちることなく任意の層厚に敷設することが可能であることが明らかになった。

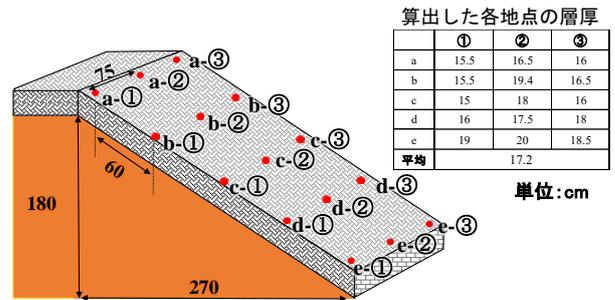


図-4 測量実施地点と算出した各地点の層厚

a) 散水実験結果の整理方法

図-5 に本散水実験の浸透予想図、図-6 に初期反応時間定義の一例を示す。法肩に設置した散水装置が浸透は、①破碎貝殻層を流下するものと②上部破碎貝殻層を浸透し、珪砂 6 号層より流下するものの 2 種類に分類される。破碎貝殻の透水係数は、珪砂 6 号層と比べて非常に大きいため、先に土壤水分計を反応させる浸透は①だと考えられる。そこで、本研究では破碎貝殻の浸透挙動の把握のために、のり面に設置した土壤水分計 No.1~No.27 の初期反応時間に着目して考察を行うこととする。なお、初期反応時間は散水開始からの土壤水分計データで、体積含水率に正の曲率増加の反応が現れる時間と定義する。

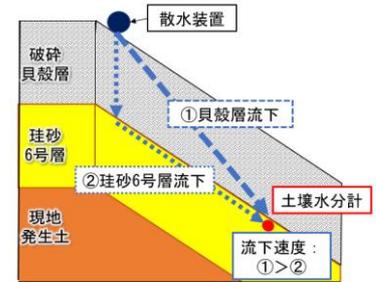


図-5 散水実験の浸透予測図

b) 散水実験結果と考察

図-7 に土壤水分計ごとの初期反応時間を示す。図-7 より、散水装置から最短距離である No.1 の土壤水分計の初期反応時間は 1 時間 42 分後になっており、他の土壤水分計と比べて最短時間ではなかった。一般的な地盤材料の場合、動水勾配が大きく浸透距離の少ない鉛直真下の土壤水分計が真っ先に反応するはずである。そのため、破碎貝殻の浸透挙動は、他の地盤材料と異なる挙動をすることが実フィールドでも確認された。

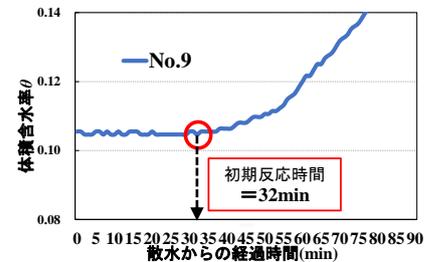


図-6 初期反応時間定義の一例

また、散水開始から真っ先に反応した土壤水分計は散水装置から 4 番目に近い No.4 であった。透水係数は、土壤内部の体積含水率により変化し、飽和状態に近いほど大きくなる。また、土壤水分計 No.1~27 は数値が大きくなるほど、散水装置からの距離が大きくなる。よって、土壤水分計 No.4 より下部に大部分の浸透水が流下していると考えられる。加えて、本実験の破碎貝殻層厚は 17 cm、最終処分場での CB の施工事例として現状使用されている粗粒な層の厚さは 20 cm⁶⁾である。そのため、施工事例と近似する層厚において、破碎貝殻を通過する浸透水は鉛直真下ではなく、より法尻方向へ流下することが明らかになったため、実施工においても効果を発揮すると考えられる。

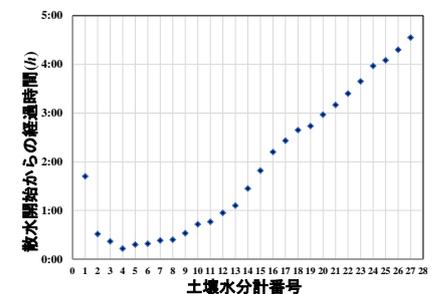


図-7 土壤水分計ごとの初期反応時間

3. まとめ

実規模大の盛土斜面上への破碎貝殻層の敷設と散水実験により以下の知見を得た。

- 1) 1:1.5 の比較的急勾配の盛土斜面においても破碎貝殻は所定の層厚に敷設することが可能である。
- 2) 破碎貝殻層を通過する浸透水は、野外条件下及び 17 cm 層厚という CB の施工事例と近似した厚さにおいても、一般的な地盤材料とは異なり法尻方向へ流下する。

謝辞：本研究における盛土構築に関しては(有)YNS 田口勝夫氏、染谷昇氏、(有)須藤建設工業 須藤康太氏、茨城大学 大埜明日香氏、内村風雅氏、後藤聖也氏に多大なご協力を頂いた。そして、JSPS 科学研究費 19K04593 の援助を頂いた。ここに記して謝意を表す。

参考文献

1)小林 薫, 大埜 明日香, 小谷野 陽平, 釜土典幸, 大和田 繁, 安原一哉: 斜面浅層部に設けた貝殻層による盛土の豪雨時安定性に関する基礎的研究, 土木学会論文集 B3(海洋開発), Vol.76, No.2, pp.1_1001_1006, 2019. 2)森井俊広: 土のキャピラリー・バリア, 地盤工学会誌, Vol. 59, No. 2, pp. 50-51, 2011. 3)小林 薫, 西村友良, 森井俊広, 中房 悟: 水産系副産物(貝殻)のキャピラリーバリアへの有効活用に関する基礎的研究—破碎した貝殻の保水性について—, 地盤工学会誌, Vol. 59, No. 7, pp. 14-17, 2011. 4)小谷野陽平, 小林薫, 森井俊広, 松元和伸: 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挙動の確認実験, 第 16 回地盤工学会関東支部発表会講演集, pp.211-214, 2019. 5)小林薫, 松本和伸, 中房悟, 森井俊広: キャピラリーバリアの限界長に及ぼす不織布敷設の影響, 地盤工学ジャーナル, Vol.8, No.4, pp.611-620, 2012. 6)鈴木正人, 中尾法生, 細野洋一, 斎藤 誠, 宇佐見貞彦, 斎藤正浩: キャピラリーバリア型覆土の適用事例, 土木学会第 58 回年次学術講演会概要集, pp.281~282, 2003.