

# 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

茨城大学・学生会員 ○後藤聖也  
 茨城大学大学院・正会員 小林 薫  
 茨城大学大学院・学生会員 大埜 明日香

## 1. はじめに

令和元年度の台風第19号による洪水<sup>1)</sup>では、全国で決壊した142箇所の河川堤防のうち122箇所(約86%)の決壊の主要因が越水と推定されており、越水に対して河川堤防を強化する方策の検討<sup>2)</sup>が必要である。越水を伴う決壊要因<sup>3)</sup>には、降雨浸透による堤体の飽和度上昇による強度低下と堤防裏法面・法尻の越流水による侵食作用が複合的に関与している。そこで大埜ら<sup>3)</sup>は、越水を伴う堤防決壊の対策として、破碎したホタテの貝殻を使用した貝殻型キャピラリーバリア<sup>3)</sup>を裏法面に設置した河川堤防を提案した。堤体法面に貝殻を敷設すると、越水による侵食抑制効果を発揮することが報告されている<sup>4)</sup>。図-1に示すように破碎貝殻の敷設方法によって貝殻粒子の配向が異なり、越流水の浸透挙動も変化することが考えられる。また、越流水に対する侵食抑制効果にも異方性による影響が想定される。本研究の目的は、越水時の法面浅層部に敷設した貝殻層の侵食抑制効果に及ぼす粒子配向の影響を明らかにすることである。室内土槽実験は、亚克力容器を用いて小型土槽を作製し、破碎貝殻の粒子配向を変えて越水実験を行い貝殻層の侵食(変形)挙動を観察し、貝殻層の侵食変形量を比較した。

## 2. 貝殻の粒子配向が越水時の侵食抑制に与える影響確認実験

### 2.1 実験概要

図-2に示す小型土槽を亚克力容器(容器寸法:幅50×高さ30×奥行10(cm))の中に作製した。法面勾配は1:2である。亚克力の厚さが5mmであり、土槽作製時の側壁にかかる土圧により亚克力容器がたわんでしまうため、万力を使って奥行を一定にした。メスシリンダーで流量を調整したホースを表法側に挿入し水を溢れさせることで越水を表現した。堤体にはスタイロフォームを使用した。裏法面に使用した破碎貝殻( $\rho_s = 2.701 \text{ g/cm}^3$ )の粒度分布を図-3に示す。貝殻層の侵食変形挙動を正確に把握するため、表土は設置していない。基礎地盤は侵食されることが無いようにスタイロフォーム、ゴムシート、粘土で作製した。表法面や天端は亚克力板・ゴムシートを設置し、堤防天端-裏法肩一体化工法を用いて越流水を滑らかに流下させた。また、側面境界部は、パテで止水した。側面から定点カメラで撮影し、貝殻層の侵食変形挙動を比較するとともに、図-2赤枠内の越水によって完全に流出した貝殻粒子を実験終了時に回収し、貝殻の流出量を比較した。

### 2.2 実験ケース

実験ケースを表-1に示す。ケース1は水準器を用いて水平に配向していることを確認しながら貝殻を敷設した。

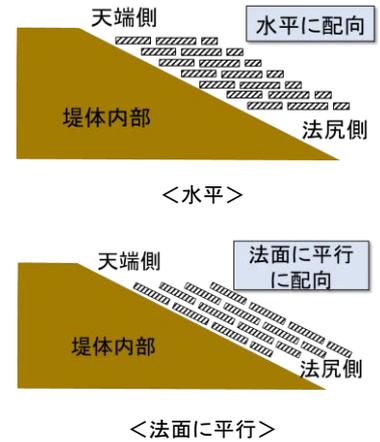


図-1 貝殻粒子の配向イメージの違い

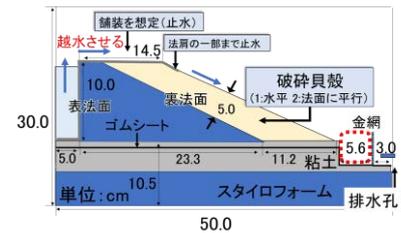


図-2 小型土槽の概要図

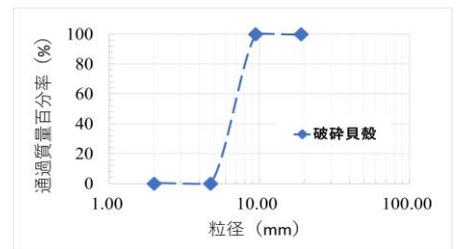


図-3 破碎貝殻の粒径加積曲線

表-1 実験ケース

ケース	貝殻粒子の配向	貝殻層の乾燥密度 $\rho_d$ ( $\text{g/cm}^3$ )
1	水平	1.083
2	法面に平行	1.063

ケース 2 は法面をなぞるように法面に平行に配向していることを確認しながら貝殻を敷設した。越流量は、50 ml/s で 300 秒越流させた後、流量を約 50 ml/s 増やし再度 300 秒越流させ、流量が約 300 ml/s になるまで連続して実験し、計 30 分間越水した。表-2 に実験時に計測したデータを示す。平均流速に関しては、越流量と越流水深から算出した値であり天端を超える越流水の平均流速を示した。実験は各ケース 3 回ずつ行ったが、表-2 には代表して 1 つのケースの値を示した。

2.3 実験結果と考察

越水の 2 段階目までは、越流水が法肩から貝殻層内に浸透していき法尻から流出していく挙動であったが、3 段階目から越流水が浸透する流れだけでなく、表面流が発生するようになった。図-4 にケース毎の越水によって完全に流出した貝殻の流出量を示す。グラフの値は、各ケースの平均値である。水平に配向した場合の方が、法面に平行に配向した場合よりも約 200 g 流出量が少なかった。図-5 にケース毎の各段階の法面変状の様子(抜粋)を示す。側面から撮影しているため、ビデオの死角で生じた現象は収められないが、概ね越水による貝殻層の侵食変形挙動を収めることが出来た。両ケース共に、2 段階目までは、法肩、法尻付近の貝殻が数枚流されたのみであった。ケース 2 では、3~4 段階目で法肩の貝殻粒子が 2 cm 程法面下部方向へ流されたがそこで小さな山を作り完全に流されることは無かった。また、法尻から流出する越流水と共に法尻付近の貝殻も流出した。5~6 段階目になると 3~4 段階目で出来た法肩部の凹部が弱部となり貝殻粒子が流されていった。今度は途中で耐えることは無く、一度流され始めた貝殻粒子は図-2 赤枠内まで、運搬された。一方で、ケース 1 はこの挙動は生じずに貝殻層表面や法尻付近の貝殻が流されたが、貝殻層の侵食変形が内部まで進行する様子ではなかった。一度貝殻粒子が越流水に流されると、貝殻層内の粒子配向が変化した。ケース

1 は、貝殻層の約 9 割が粒子配向を変えずに 30 分間の越水に耐えきった。以上の結果から以下の要因が考えられる。1) 貝殻粒子に作用する力のつり合いから法面下向きに係る力に対する抵抗力が水平に敷設したほうが強い。2) 越流水の浸透挙動は粒子配向によって変化するため、同じ流量で越水しても貝殻粒子が受ける越流水のエネルギーは同等ではない可能性がある。

3. おわりに

今回実施した実験条件において、貝殻層の粒子配向は水平に敷設した方が越水に対する貝殻層の侵食抑制効果を発揮することが明らかになった。

謝辞：本研究は、JSPS 科学研究費 19K04593 の援助を頂いた。ここに記して誠意を表す。

表-2 実験時のデータ

	Q (ml/s)	h (mm)	平均流速 (cm/s) ※	表面流 の有無
1 段階	52.2	6	8.8	無
2 段階	101.6	9	11.3	無
3 段階	151.6	11	13.8	有
4 段階	204.3	14	14.6	有
5 段階	248.4	16	15.5	有
6 段階	300.3	18	15.8	有

※平均流速 = 越流量 Q / (越流水深 h × 奥行)

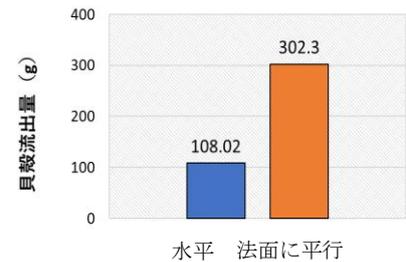


図-4 流出した貝殻の流出量 (平均値)

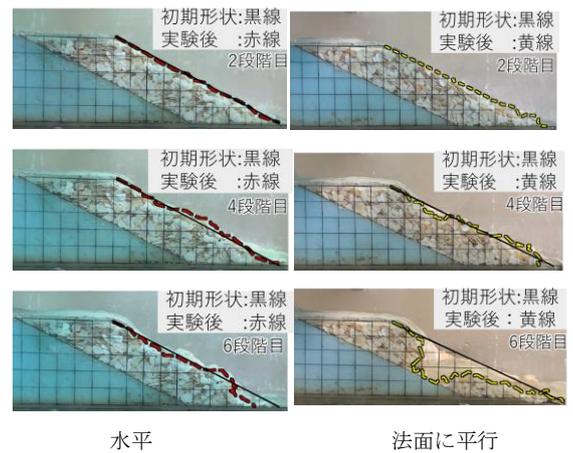


図-5 各ケースの法面変状 (抜粋)

参考文献

1) 国土交通省 第 3 回 令和元年台風第 19 号の被災を踏まえた河川堤防に関する技術検討会 資料, [https://www.mlit.go.jp/river/shinngikai\\_blog/gijutsu\\_kentoukai/dai03kai/index.html](https://www.mlit.go.jp/river/shinngikai_blog/gijutsu_kentoukai/dai03kai/index.html), 2020 2) 中島秀雄:「図説 河川堤防」技法堂出版, pp.77-89, 174-176. 3) 大埜 明日香・小林 薫・大和田繁・釜土則幸・安原一哉: 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研究, 土木学会論文集 B3 (海洋開発) Vol.77, No.2, pp.1 373-1 378, 2021. 4) 大埜 明日香, 小林 薫, 釜土則幸, 大和田 繁, 安原一哉: 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, 日本地下水学会, 秋季講演会講演予稿, pp.122-125, 2020.