

堤防裏法の腹付盛土形状が洗掘量に及ぼす影響

埼玉大学 学生会員 ○小野 友香

埼玉大学大学院 (兼)埼玉大学研究機構レジリエント社会研究センター 正会員 八木澤 順治

埼玉大学大学院 (兼)埼玉大学研究機構レジリエント社会研究センター 正会員 田中 規夫

1. はじめに

2011 年の東日本大震災では、多くの海岸堤防が甚大な被害を受けた。1956 年に「海岸法」が制定されてから現在約 60 年が経過し、堤防の老朽化が問題となっている。この海岸法は 2014 年に改正され、その中で既存の堤防を「粘り強い構造」とすることが重要視されている。そこで、堤防裏法に盛土を腹付けすることで、破堤の原因となる堤防裏法尻付近を守るという方法があるが、どのような盛土形状が粘り強く越流に耐えるのかを明らかにする必要がある。

Yagisawa and Tanaka¹⁾ は、図-1 に示す 4 種類の盛土形状で実験を行い、盛土高が堤防高の 1/2 (Case 3)の時に、盛土の残留体積を大きくし、かつ堤内地側の流体力を最も減少させることを明らかにした。しかし、この研究では越流水深を 2.65cm (堤防高の約 3.3%) に固定して実験を行っており、越流規模の影響が明確ではない。本研究では、越流規模が変化した場合にも、盛土高が堤防高の 1/2 とした盛土形状が盛土の保持、堤内地側の流体力の減少に効果的であるかを把握することを目的とし、越流水深を変化させた実験を行った。

2. 実験方法

(1) 実験施設及び盛土材料

実験には水路長 6.5m、高さ 1.2m、幅 0.5m の開水路内に、高さ 0.8m、長さ 1.7m、天端幅 0.1m、法面勾配 1:2 の木製の堤防モデルを設置し、その堤防裏法上に盛土した。盛土には荒木田土 ($d_{50}=0.011\text{mm}$)を用いた。

(2) 盛土条件および水理条件

盛土は、各ケースで同体積とし、法面勾配が 1:3 となるように設置した。盛土高は図-1 に示すように、堤防高の 1 倍、0.75 倍、0.5 倍、0.25 倍と変

化させた。盛土の締め固め方法としては、約 6.6kg のおもりで各地点を 20 回ずつ締め固めた。なお、各ケースで盛土の厚さが異なるため、すべてのケースで高さ 0.1m ごとに締め固めを行った。越流水深は堤防天端と裏法面の境目で設定し、4.5cm と 6.5cm の 2 通りについて行った。越流時間については、予備実験としてあらかじめ Case 1 と Case 4 の実験を行い、先に洗掘が堤防モデル裏法尻に達した方を越流時間として設定した。その結果、越流水深 4.5cm では 55 秒、越流水深 6.5cm の方では 40 秒を、各越流水深での越流時間として統一した。越流中は全ケースで同じ位置(堤防裏法尻から 2m 下流地点)で水深を計測した。実験後、計測した水深 h をもとに連続式よりその地点の水深平均流速 u を算出し、流体力指標 $u^2 h [m^3/s^2]$ を算出した。

(3) 残留体積の算出方法

各越流水深条件で所定の越流時間が経過後、流下方向、横断方向ともに 0.1m ごとに、堆積および残留している盛土材料の底面からの高さを測定し、4 点の平均高さから各直方体の体積を算出し、それらを足し合わせて全体の残留体積を算出した。

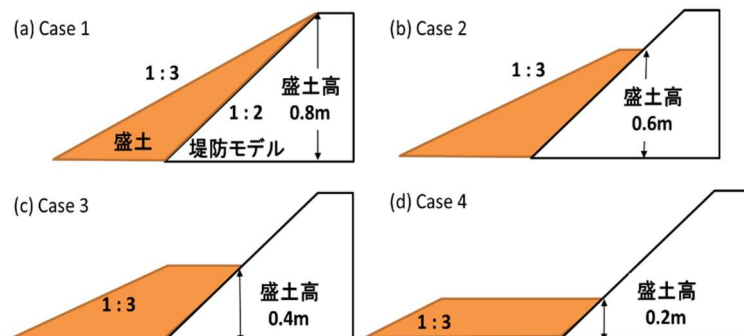


図-1 本研究で設定した盛土形状

3. 結果および考察

(1) 盛土形状による残留体積の変化

図-2 に各ケースの盛土の残留体積比(実験終了後の残留体積を元の盛土体積 $V_0=0.16\text{m}^3$ で除して無次元化したもの)を示す. 越流水深 $h_0=4.5\text{cm}$, 6.5cm のいずれにおいても Case 3 が最も盛土の流出量が少なく, 元の盛土形状を保持できていることがわかる. このような結果になった要因として, Case 1 と Case 2 については堤防上の盛土の厚さが薄いため, 盛土の流出が大きく進行してしまったことが考えられる. Case 3 では落下水脈により堤防モデル付近に大きな洗掘領域が生じるものの, プールが形成されることで, 落下水脈のエネルギーを減少させた状態で流下するため, 盛土の流出が抑えられたと考えられる. Case 4 については盛土の高さが低く, 越流開始地点と盛土天端との間で加速しながら落下する水が流体力を増し, 洗掘が進行したためと考えられる.

(2) 盛土形状によるプール体積と流体力指標

図-2 は各ケースにおける, 流体力指標と盛土の洗掘によって形成されたプール体積を示している. プール体積については越流水深 $h_0=4.5\text{cm}$, 6.5cm のいずれにおいても Case 3 が最も大きくなっている. 流体力指標については, $h_0=4.5\text{cm}$ については Case 3 が最も小さくなったが, $h_0=6.5\text{cm}$ については Case 2 において, 水深測定地点上流で跳水が形成され始めたことが観測されている. すなわち, 跳水によるエネルギー損失の一部も含まれたため, Case 2 の方が流体力指標が小さくなったものと考えられる.

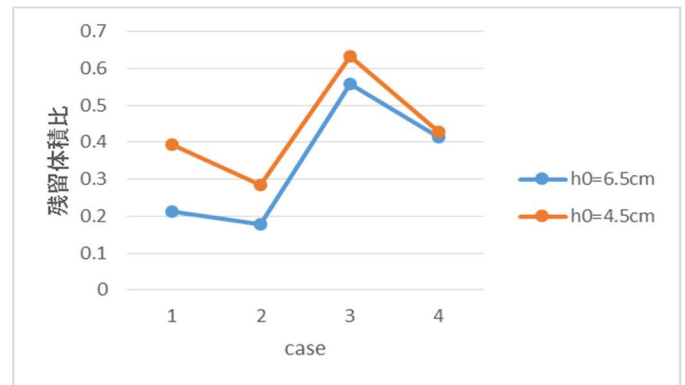


図-2 各盛土形状における残留体積比

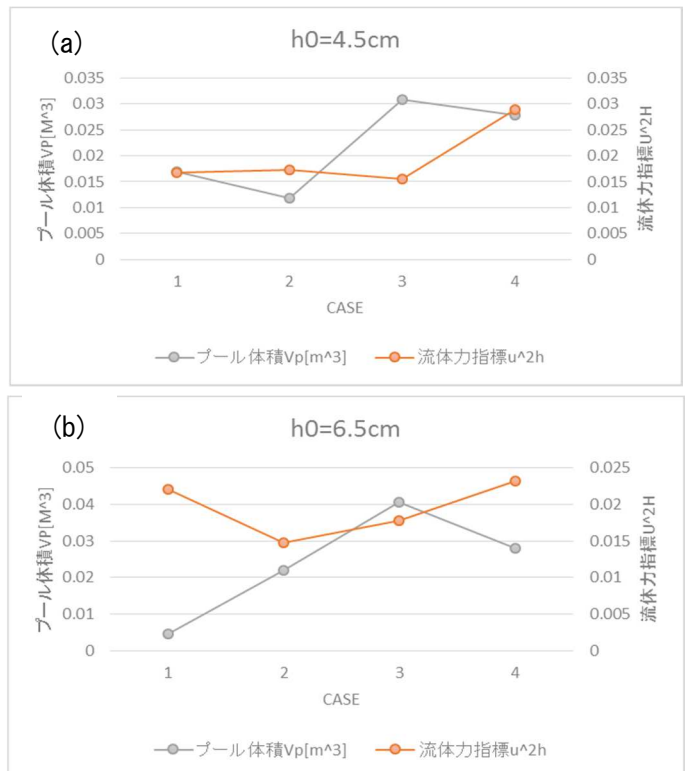


図-3 各盛土形状におけるプール体積と流体力指標

(a) $h_0=4.5\text{cm}$ のケース, (b) $h_0=6.5\text{cm}$ のケース

4. 結論

本研究によって得られた結論を以下に示す.

- 1) 越流水深が変化しても, 盛土高が堤防高の $1/2$ のケース(Case 3)が最も盛土の流出を抑えた.
- 2) 越流水深が上がっても堤防腹付け部に形成された洗掘部においてウォータークッションの効果が表れ, プール体積が大きい Case 3 の時に流体力指標が小さくなった.

以上の結果より, 越流水深が 4.5cm , 6.5cm と大きくなった場合でも, この 4 つの盛土形状のパターンの中では Case 3 が, 盛土を残す面でも, 越流した水の流体力を抑える面でも最も効果的な盛土形状であるといえる.

謝辞: 本研究を行うにあたり, 科学研究費補助金基盤研究 B(No.15H02987, 代表: 田中規夫)の一部を使用した. ここに記して謝意を示す.

参考文献

- 1) Yagisawa, J., Tanaka, N., Effect of configuration of extra fill soil at embankment back slope on scour volume and fluid force in the hinterland, 8th International Perspective on Water Resources and the Environment (CD-ROM), Colombo, Sri Lanka. 2016.