

津波による海岸堤防背後盛土の侵食に与える漂砂パラメータの影響に関する一考察

名古屋大学大学院工学研究科 学生会員 ○ 鈴木 涼太
名古屋大学大学院工学研究科 正会員 中村 友昭
名古屋大学大学院工学研究科 正会員 趙 容垣
名古屋大学大学院工学研究科 フェロー 水谷 法美

1. はじめに： 日本では、地震に伴う津波被害が多く発生している。2011年に発生した東北地方太平洋沖地震では、大規模な津波が発生し、特に岩手、宮城、福島 の 3 県では、海岸堤防約 300 km のうち約 190 km が全壊・半壊する甚大な被害が生じ、建築物など陸上の構造物にも甚大な被害が生じた。これを受けて、堤防を越える津波が来襲した際にも粘り強く効果を発揮する構造が検討されており、数値解析はその評価を行うために有効な手段である。しかし、被災過程の再現性には課題を残している。そこで、本研究では、津波による海岸堤防背後盛土の侵食現象を対象に数値解析を実施し、漂砂パラメータが地形変化に与える影響を調べる。

2. 数値解析モデルの概要： 3次元流体・構造・地形変化・地盤連成数値計算モデル（中村・水谷，2010）を用いて解析を行った。同モデルは、メインソルバーと3つのモジュールから構成されている。メインソルバーは、地形変化の影響を考慮した連続式と Navier-Stokes 方程式に基づく LES（Large-Eddy Simulation）である。LES には、気液界面を追跡する VOF（Volume of Fluid）モジュール、掃流砂と浮遊砂の輸送に伴う地形変化の計算と浮遊砂濃度分布の解析を行う底質輸送モジュールなどが、LES との相互作用を考慮できるように Two-Way カップリング手法で組み込まれている。モデルの詳細は中村・水谷（2010）を参照されたい。

3. 計算条件： 本研究では、犬飼ら（2017）による 1/25 スケールの水理実験のうち、海岸堤防の背後に海岸堤防以上の天端高を持つ盛土を設置したケースを対象に数値解析を行った。計算領域を図-1 に示す。同図に示すように、中央粒径 0.3 mm、空隙率 0.5 の砂地盤上に、天端高 16.0 cm、天端幅 14.8 cm、表法勾配 1:1.5、裏法勾配 1:2 の海岸堤防を設置した。ただし、堤防表法の詳細が分からないため、1:1.5 の一様勾配とした。その岸側には、天端高 29.2 cm、天端幅 16.0 cm、表法勾配 1:2、裏法勾配 1:2 の背後盛土を設置した。地下水面の位置は $z = -13.0$ cm とし、それより下は飽和、上は平衡状態を仮定して van Genuchten の式に沿う飽和度分布とした。変化させたパラメータは、表-1 に示すように、地形変化と関わりのある z 軸方向の格子幅 (dz)、浮遊砂の巻き上げ関数の係数 (C_p)、摩擦速度の計算に用いる接線方向流速の地盤表面からの高さ (dv_{surf})、間隙水圧差による砂粒子への作用力を計算する際に用いる間隙水圧の地盤表面からの深さ (dv_{pre}) とした。このうち、 C_p は水理実験時の地形に近くなるまで増加させた。

表-1 変更したパラメータ

dz (mm)	10	5.0	2.5
C_p	0.00025 ~ +0.00010 毎		
dv_{surf} (mm)	15, 20	10, 15	7.5, 15
dv_{pre} (mm)	0, 0.3, 0.6, 0.9		

4. 各パラメータが地形変化に与える影響： 本稿では、各パラメータが盛土天端高、洗掘、堆積高に与える影響に着目する。図-2 と図-3 に、越流後 30 s における盛土高の最大値 height、盛土背後の最大洗掘深 scouring、洗掘背後の堆積高の最大値 deposition を示す。実験値は、犬飼ら（2017）の実験結果である。ケース名の Case のあとの数字は、図-2 は dz 、 dv_{surf} 、 dv_{pre} を、図-3 は dz 、 C_p 、 dv_{surf} を表す。つまり、図-2 は $dv_{pre} = 0$ mm、図-3 は $dv_{surf} = 15$ mm の同一条件下での結果を示している。また、盛土天

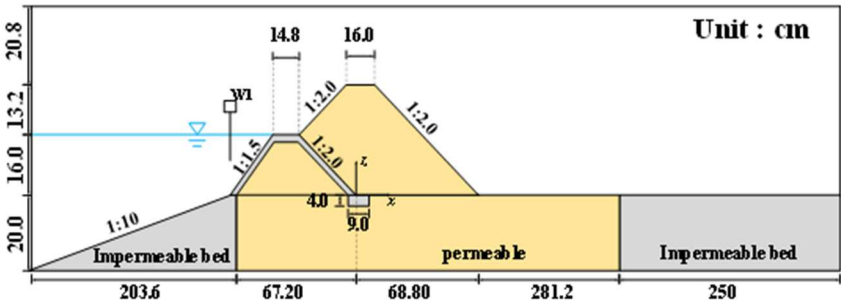


図-1 計算領域の概略図

端高と堆積高が負となった場合や、洗掘が正となった場合は、プロットしなかった。

4.1 浮遊砂の巻き上げ関数, z 軸方向の格子幅, 接線流速の基準高さの影響: まず図-2 に示した盛土天端高 (■印) に対する検討を行う。図-2 より, 各 Case に着目すると, C_p が大きくなるにつれて盛土天端高が低くなり, 実験値に近づいていることが分かる。同図において, C_p が大きくなり盛土天端高が $z=0.2$ m 弱となったところでプロットが途切れているが, この C_p まで本稿では計算を実施した。また, Case-10-15-0 (赤色), Case-5-15-0 (紫色), Case-2.5-15-0 (黄緑色) を比較すると, C_p の値が同じ条件のとき, dz を 10 mm から 5 mm や 2.5 mm に小さくすると盛土天端高が低くなることが分かる。ただし, $dz=5$ mm と $dz=2.5$ mm の差は, $dz=10$ mm との差と比較すると, 顕著ではない。さらに, Case-5-15-0 (紫色) と Case-5-10-0 (水色) を比較すると, C_p の値が同じ条件のとき, dv_{surf} が大きくなると盛土天端高が低くなっている。図-2 に示した盛土天端高は 30 s 時点であるため, dv_{surf} を大きくすると盛土の侵食が早く進むと言える。

続いて, ●で示した洗掘深は, $dz=2.5$ mm の Case-2.5-15-0 (黄緑色) ときはプロットがなく, 洗掘は生じなかった。一方, $dz=5$ mm のときは, C_p が小さいとき以外は盛土天端高のプロットに対応する洗掘深のプロットがないケースがあり, $dz=10$ mm では C_p が大きいときのみ洗掘が生じている。したがって, dz が小さい条件では洗掘が発生しづらくなり, dz が大きくても C_p が大きい条件では洗掘が発生しなくなる可能性があると言える。一方, dv_{surf} の影響に着目すると, プロットがある条件では dv_{surf} による差はほとんど認められない。

最後に, ▲で示した堆積高については, それぞれの Case に着目すると, C_p が大きくなるにつれて堆積高が増加して実験値に近づいていき, さらに大きくなると堆積高が減少することが分かる。また, Case-10-15-0 (赤色), Case-5-15-0 (紫色), Case-2.5-15-0 (黄緑色) を比較すると, C_p の値が同じ条件のとき, dz を小さくすると堆積高が大きくなり, 実験値に近づく傾向が認められる。Case-5-15-0 (紫色) と Case-5-10-0 (水色) を比較すると, C_p の値が同じ条件のとき, dv_{surf} が大きくなると堆積高が若干大きくなる傾向がある。

4.2 圧力差の影響: 図-3 から, 各 Case に着目すると, $dz=10$ mm のとき (赤色) は $dv_{pre}=0.0\sim0.6$ mm, $dz=5$ mm のとき (水色) は $dv_{pre}=0.0\sim0.3$ mm の範囲では, dv_{pre} が盛土天端高, 洗掘深, 堆積高に与える影響は小さいことが分かる。ただし, dv_{pre} がさらに大きくなると, 盛土天端高は低下し, 洗掘深は大きくなり, 堆積は生じなくなっている。一方, $dz=2.5$ mm の条件 (緑色) では, $dv_{pre}=0.3$ mm から 0.6 mm に大きくしても洗掘深の差はほとんど見られないものの, 全体的に dv_{pre} が大きくなると盛土天端高が低下し, 洗掘深が大きくなる傾向がある。ただし, dv_{pre} による堆積高の変化には傾向は認められない。

今後は, 今回得られた様々な地形を利用し, 背後地の構造物への影響の検討を行っていく所存である。

参考文献: [1] 犬飼・栗山・佐藤・加藤・水谷・原田・神保・岩佐・福田 (2017): 土論 B2 (海岸工学), Vol 73, No. 2, pp. I_1057-I_1062. [2] 中村・水谷 (2010): 第 24 回数値流体力学シンポジウム, E10-4, 9 p.

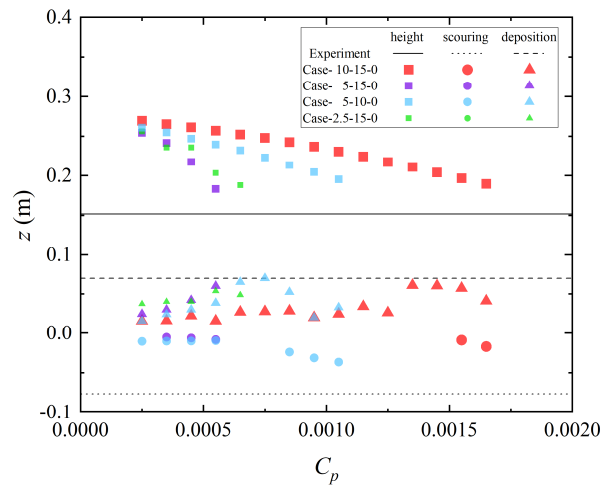


図-2 C_p の変化による地形への影響

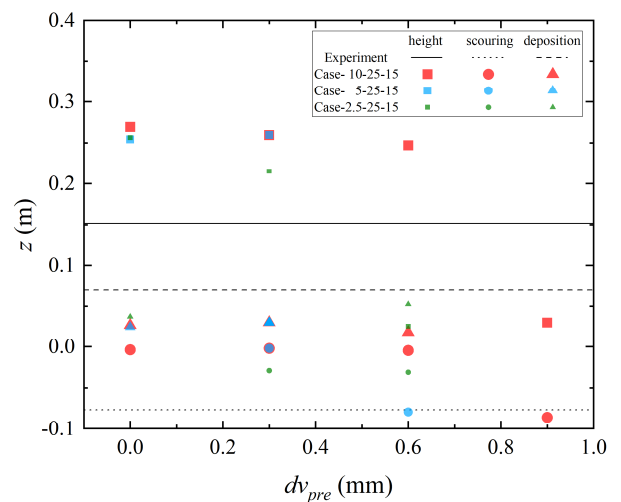


図-3 dv_{pre} の変化による地形への影響