岡山大学大学院	学生会員	〇田中	龍二
岡山大学大学院	フェロー会員	前野	詩朗
岡山大学大学院	正会員	吉田	圭介
岡山大学大学院	正会員	赤穗	良輔

1. 序論

平成 23 年 3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地 震による津波は,これまでの想定を遙かに超える巨大 津波となり,東北地方沿岸域の海岸堤防を越流した. 越流した津波は堤防裏法尻基礎工周辺の局所洗掘を発 生させて裏法尻保護工や裏法面保護工を破壊し,さら に堤体内の土砂を吸い出すことで堤防の壊滅的な破壊 をもたらした.このように,洪水や津波が堤防を越流 する際には堤防裏法尻で射流場となり高速流が発生す るため,堤体背後の地盤では急激な局所洗掘が生じ, 堤体そのものの安定性を低下させるが,これまでの河 川堤防や海岸堤防の設計では,堤防を越流する流れは 設計外力として想定されていなかった.したがって, 流れが堤防を越流する際の精度良い河床変動予測モデ ルを構築することは,工学的に重要な課題である.

2. 河床変動解析の概要

本研究では、平衡及び非平衡流砂による河床変動を 考慮した鉛直 2 次元解析モデルをそれぞれ構築し、実 験値と比較することで両モデルの特徴を考察した.ま た、平衡流砂モデルでは、浮遊砂と浮遊砂濃度の移流、 噴流による摩擦速度の上昇、浮遊砂濃度によって低下 する粒子の沈降速度の効果が与える影響について考察 を行った.

飯干ら¹⁾は、上述したような堤防の破壊メカニズムを 解明するために模型実験を行い、堤体を越流した高速 流が裏法尻保護工の破壊や堤防背後地盤に急激な河床 洗掘を生じさせることを明らかにした.模型実験は、 図-1 に示したように堤防裏法尻に移動河床を設置して ある.上流(沖側)ではゲートによって水が溜められてお り、ゲートを開けることで模擬的に津波を再現してい る.堤防裏法尻の河床位の時間変化を図-2に示した. 洗掘孔の下り斜面は水中安息角近い勾配で洗掘され, 上り斜面は緩やかな勾配が徐々に急になっていく様子 が分かる.また,初期河床位より高い河床位が見られ ないことから,洗掘された土砂は該当区域より下流に 輸送されていると考えられる.

3. 河床変動解析に関する考察

表-1 に解析ケースを示した.平衡流砂モデルでは, 浮遊砂,浮遊砂濃度による浮遊砂沈降速度の低下,噴 流による摩擦速度の補正を付加し,その効果を考察し た.なお,沈降速度の補正には Maude (1958)の式,噴 流による摩擦速度の補正には斎藤²⁰の摩擦速度の分布 式を用いた.なお,表-2 に数値解析で用いた計算条件 を示した.

図-3 に Case1 から Case3 の最終時刻の河床位を示し







図-1 実験水路の側面図(赤矢印は,流速及び水深計測位置)

キーワード 局所洗掘,鉛直2次元解析モデル,数値解析,平衡及び非平衡の流砂量式 連絡先 〒700-8530 岡山市北区津島中 3-1-1 岡山大学大学院環境生命科学研究科 TEL086-251-8151

た. どのケースも,実験値の洗掘深や洗掘幅の半分以下となっており,土砂輸送が十分に行われていない. また,浮遊砂を考慮した Case2 及び Case3 では,洗掘 孔の洗掘箇所後方において最終河床位が初期河床位を 上回っていることが分かる.浮遊した土砂が下流に流 されずに滞留し,堆積したものと考えられる.

図-4に Case4 の河床位の時間変化を示した.洗掘孔 の摩擦速度を補正したことにより,洗掘孔の下流側で 大きな堆積が初期段階で発生していることが分かる. 特に,模型実験では図-2のように,洗掘孔下流で緩や かな上り斜面が徐々に水中安息角近くまで急になる が,本ケースではそれが再現できていない.また,洗 掘深も4cm程度であることが分かる.これは,初期段 階で急な上り斜面が流下方向に20cm程度形成された ことで,土砂がそれより下流に輸送されにくくなった ことが影響していると考えられる.

図-5 に Case5 の河床位の時間変化を示した.洗掘深 は実験値に近い値となっていることが分かる.しかし, 洗掘速度が速く,6 秒時点で既に最終形状付近まで洗掘 されている.また,8 秒時点では洗掘孔の下流で 2cm 程度の洗掘が約 20cm 幅生じていることが分かる.これ は,洗掘深が大きくなった時に生じる逆流によって大 きな洗掘が生じた.実験でも同様の逆流現象が確認さ れているが,解析値のような洗掘は生じていない.こ れは,本掃流砂モデルや流体計算の再現性にも課題が あると考えられる.

4. 結論

本研究では、平衡及び非平衡流砂による鉛直2次元解析モ デルを構築し、堤体後方の局所洗掘の再現計算を行い、以下 の結論を得た.

- 高速流により生じる局所洗掘において、本解析の平衡流砂 モデルでは洗掘深が実験値を過小評価している.実験結果 と異なり、掃流された砂粒が洗掘箇所下流で堆積している 土砂輸送の低さと、流速や水深が良好に再現できていない 流体計算の再現性に課題がある.
- 2) 非平衡流砂モデルは、洗掘速度が速く、洗掘過程も実験結 果と異なる様子を示したが、最大洗掘深は比較的良好に再 現できた.

以上のことから, 掃流砂量という点では非平衡流砂 モデルの再現性は良好であるが, その他では改善すべ き点が挙げられ, 検討すべき課題といえる.

参考文献

- 飯干富広,前野詩朗,吉田圭介,高田大資:津波越流に よる海岸堤防裏法尻の洗掘に及ぼす裏法被覆工と法尻保 護工形状の影響,土木学会論文集 B2(海岸工学), Vol.70, No.2, pp.966-970, 2014.
- 斎藤隆:水平噴流による洗掘に関する研究,土木学会論 文報告集,第282号,pp.53-63,1979.

表-1 解析ケース

Case		河床変動に関する効果
1		掃流砂
2	亚海	掃流砂+浮遊砂
3	平側	掃流砂+浮遊砂+沈降速度補正
4		掃流砂+浮遊砂+噴流
5	非平衡	掃流砂

表-2 計算条件

解析時間 [s]		17.0
格子幅 [mm]	x方向	10.0~30.0
	z方向	5.0~7.5
平均粒径 [mm]		0.23
水中安息角 [°]		30.0
流体の計算時間間隔 [s]		10-6~
河床変動の計算時間間隔 [s]		10 ⁻⁴ ~



図-3 Case1 から Case3 における最終時刻の河床位

(赤線:実験値, 点線:初期河床位)



図-4 Case4 における河床位の時間変化



図-5 Case5 における河床位の時間変化