

神戸市立工業高等専門学校専攻科 学生会員 ○峯浦 亮
 神戸市立工業高等専門学校都市工学科 フェロー 辻本 剛三
 神戸市立工業高等専門学校都市工学科 正会員 柿木 哲哉
 神戸市立工業高等専門学校都市工学科 正会員 宇野 宏司

1. 研究の目的

2011年3月11日に起きた東日本大震災において、津波は東北地域に甚大な被害を生み出した。津波の防災、減災対策として主に堤防が海岸沿いに設置されている海岸もある。しかし、今回の津波の規模は大きく津波の高さは広範囲で10m以上あり、津波は堤防を越流し内陸に海水が流れ込み被害は拡大した。その時、越流にともない堤防が転倒し、津波被害が大きくなった地域があった。津波を越流させないためには堤防を高くする必要があるが、堤防の幅も広げる必要もあり、その為に市街地には不向きである。さらに長い海岸沿いに高さ10m級の堤防を設置するのは、コストや時間を考えると現実的ではない。今後の津波対策としては、越流は許しても、破壊されない粘り強い堤防が必要である。

堤防は越流により水の塊が加速しながら堤防の内側に落下し、砕石や土等を含んだ基礎を洗掘し、その支えを失ったことや流体力(水没による浮力、堤防上部に働く海側からの圧力)が働く事など、複合的な影響を受けて転倒・崩壊したと考えられる。しかし、堤防を越流した流れやそれによる洗掘の機構に不明な点もある。そこで本研究では、堤防を越える水の流れや流れによる洗掘の特性について、実験的に検討することを目的とする。

2. 実験

2.1 実験概要

実験はFig.1のような、2次元開水路に模型堤防を設置し、一定流量の水を流す。模擬堤防は高さ20cm、天端幅2cm、底面幅5cmの片側傾斜型堤防を用いた。水面形はポイントゲージ、流速は電磁流速計で計測した。洗掘実験は下流側水路床に10cmの高さで粒径2mm程度の砂を敷設した。その際の洗掘形状をデジタルカメラで撮影して解析した。

2.2 実験条件

模型堤防の前面の天端から底面までの距離 H_c は10cmと20cmの2種類、流量 Q は0.0018~0.0163m³/sとし、通水時の最大洗掘形状と止水後の水路縦断方向の洗掘形状を測定した。実験に用いた記号をFig.2に示す。

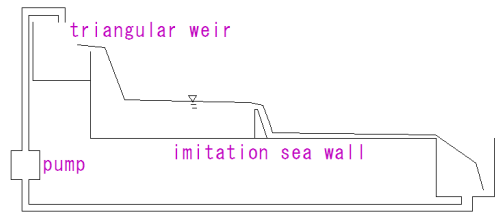


Fig.1 sketch of the experimental channel

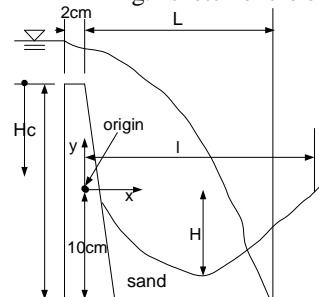


Fig.2 definition sketch for parameters

L : distance of free falling jet, y : vertical distance from origin, x : horizontal distance from origin, l : length of the scour hole, H : maximum depth of the scour hole, H_c : distance from crest to bottom in front of sea wall

3. 実験結果

3.1 各 H_c での Q と L の関係

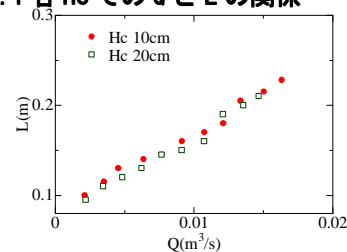


Fig.3 relationship between Q and L



写真-1 剥離現象

Fig.3は各 H_c での Q と L の関係を示したものである。 H_c が10cmの場合の方が L が大きくなるのがわかる。これは同じ流量でも、 H_c が小さい方が越流水深が大きくなり、天端右端からの水流の速度が大きくなるからである。また、 H_c の大きさに関係なく、ある流量までは比例関係にあり、ある流量を超えると傾きが急になり、また元の傾きに戻る。これは観測によれば天端上での剥離現象(写真-1)によるものと考えられる。

3.2 各 H_c での Q と L (実測値と計算値)の関係

Fig.4は各 H_c での Q と L (計算値1,2)の関係を示したものである。計算値は計測した流量から計算した L である。図から、 H_c の値に関係なく、天端での剥離現象が発生しない場合は、越流水深から L の予測が出来ることが確認できる。Fig.4の黒丸は強制的に剥離現象を起こしたもので、 L

は大きくなる。

3.2. 1L (計算値) の算出方法

$$h_R = \alpha * Q^{2/3}$$

$$V_R = \frac{Q}{b * h_R}$$

$$t = \sqrt{\frac{2 * Y_R}{g}}$$

$$L = v_R * t$$

ここに、L:越流水飛距離、V_R:天端右端の流速、t:落下時間、Y_R:h_R+堤防高さ、h_R:天端右端の越流水深、g:重力加速度、b:堤防幅、α:越流水深係数(約 0.8)、Q:流量

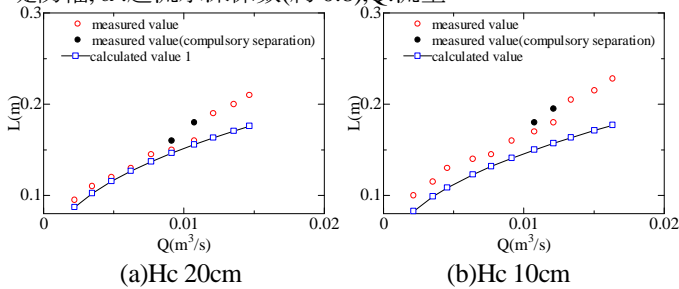


Fig.4 relationship between Q and L

3.3 洗掘形状

Table.1 に各 case の実験条件を示す。

Fig.5 は朝位ら¹⁾と同様に、各 case での洗掘深(y)と最大洗掘深(H),原点からの距離(x)と最大洗掘長(L)でそれぞれ無次元化を行い、各 case での最大洗掘形状を表したものである。流量の増加とともに洗掘形状が異なる。

Fig.6 は Fig.5 と同じ条件で各 case での止水後の洗掘形状を示したものである。流量の増加とともに最大洗掘深が生じる場所が異なる。下流側の伸びる砂の傾斜角度は安息角になる。

写真-2 に case6 の最大洗掘形状と止水後の洗掘形状の写真を示す。

Table.1 Experimental conditions

case	Over flow height(cm)			Flow rate (m3/s)
	Left	Center	Right	
1	1.8	1.4	1.1	0.00182
2	2.5	2.2	1.7	0.00338
3	2.4	2.1	1.7	0.00365
4	3.0	2.65	2.3	0.00503
5	2.9	2.4	2.2	0.00538
6	2.8	2.5	2.0	0.00542

3.4 最大洗掘形状と予想越流水面

Fig.7 は最大洗掘形状と流量から計算した水面の予想線を示したものである。予想線より下流側に最大洗掘深が生じる。これは、堤防内側の pool にできる時計回りの渦による影響だと考えられる。

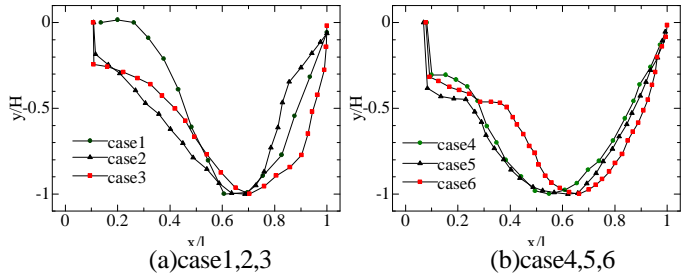


Fig.5 normalized scour profiles

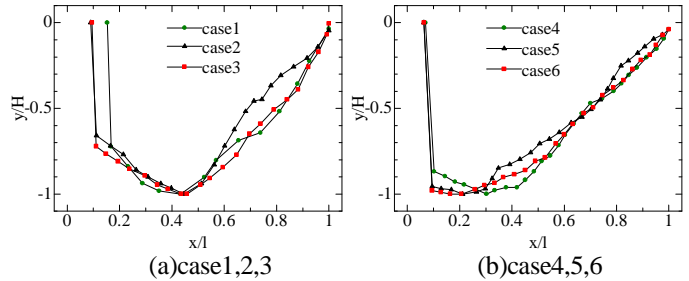


Fig.6 normalized scour profiles

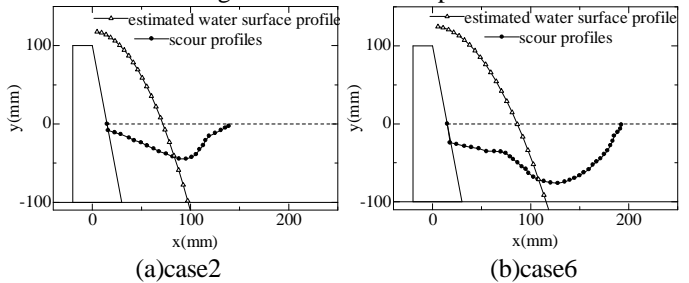


Fig.7 scour profiles and estimated water surface profile



(a) 最大洗掘形状

(b) 止水後の洗掘形状

写真-2 case6 の洗掘形状

4. まとめ

- (1)越水中と止水後の洗掘形状は異なる。
- (2)天端上で剥離現象が起きない場合は、流量から最大洗掘深の位置が推測できる。
- (3)L は大きくなると、最大洗掘深が生じる場所が堤防から遠くなるため、堤防の安定性が高まることが考えられる。

参考文献

- 1)朝位考二・三村幸広・河元信幸『堰からの越流による河床洗掘および堆積に関する実験的研究』山口大学工学部研究報告,2002年