

津波の戻り流れに対する海岸護岸の安定性に関する実験的研究

東海大学大学院 学生会員 ○成吉 兼二
東海大学大学院 フェロー 山本 吉道

1. 研究目的

近年のインドネシアにおける一連の地震津波、日本における北海道南西沖地震や日本海中部地震による津波など、津波による被害は少なくない。我が国では、津波に対する海岸構造物の安定性に関して様々な研究がなされてきたが、世間のいう津波の安定評価は波が正面から海岸構造物に作用する場合を想定しているため、戻り流れに関しては研究事例が少ない。被害の発生機構が明確になり、正確な被害予測ができれば、効果的な対策が立てられ、その被害を大幅に低減できるようになるだろう。よって、本研究では、津波の戻り流れによる海岸護岸の被害を予測できる手法について研究した。

2. 研究内容

(1) 2004 年インド洋津波などで、津波の戻り流れによる圧力で護岸が倒壊した事例が複数あった。本学の水理模型実験でも、写真-1 に示すように、護岸前面地盤勾配 1/15、背後地盤勾配 1/15、前面水深 8cm、沖側水深 30.8cm、背後地盤より天端を 4cm 突出させたコンクリート板（幅 50cm×高さ 15cm×厚さ 2cm）に周期 5.0s、波高 19cm の津波を作用させる実験を行った結果、入射津波で倒れなかった堤防が、より弱い戻り流れで転倒する場合のあることが確認できた。この原因は、海側に支えてくれる地盤が無いため、対策工として基礎矢板工と控え工を考え、図-1 と図-2 に示すような安定計算モデルを提案し、本実験結果との対比で、本モデルの妥当性も検討した。この検討では、津波力に飯塚・松富¹⁾の算定式を、戻り流れの流速 u_r と水流厚 h_r の算定には式(1)と式(2)を用いた。

$$u_r = \sqrt{\frac{2 \sin \theta}{f}} \sqrt{gh_r} \quad - (1)$$

$$h_r = \frac{\frac{1}{3}(R-Z)f}{f + \sin \theta} \quad - (2)$$

ここで、 θ は陸側斜面の勾配角、 f は地表面の摩擦係数、 Z は堤防の背後地盤高、 R は打ち上げ高で Freeman&LeMehaute²⁾の式を用いる。

本理論式の妥当性を検討するために、写真-1 に示す模型を基本に、波高を変えた複数の実験を行い、理論値と実測値を比較した結果、流速の実測値は理論値の約 80～95%、水流厚は約 65～75%の精度で一致していた。



写真-1 戻り流れに対する護岸の安定性検討実験結果



写真-2 矢板工を設置した場合の護岸の安定性検討実験結果

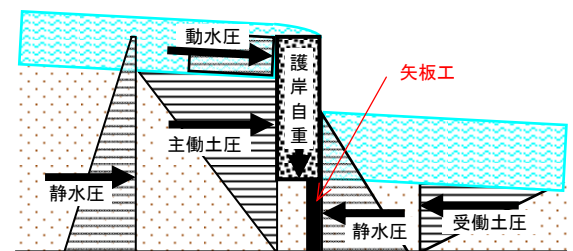


図-1 護岸下に基礎矢板工がある場合

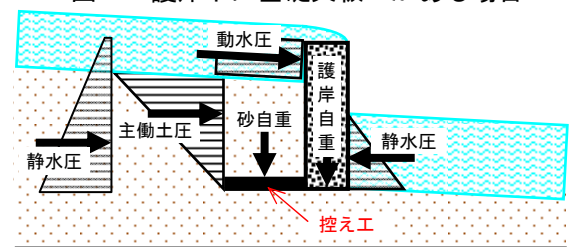


図-2 護岸横に控え工がある場合

キーワード 津波、戻り流れ、被害予測

連絡先 〒259-1292 神奈川県平塚市北金目 1117 東海大学 TEL 0463-58-1211

写真-1 と同様の条件に、矢板工の模型を作成して、周期 5.0s、波高 19cm の津波を作用させる実験を行った結果、写真-2 に示すように、矢板工の長さが不十分な場合 (6cm) は堤防が不安定となり、破堤しないために必要な長さ(12cm)の矢板工を設置した場合は戻り流れに対して護岸が安定しており、破堤していないことが確認できた。なお、控え工を設置した場合 (必要な長さが

20cm 以上) も同様な結果となった。さらに、日本でよく見かける堤防 (高さ 4.5m、厚さ 0.6m、突出高 1.2m) と、前面地盤勾配 1/15、背後地盤勾配 1/15 のモデル海岸において、図-3 に示す、破堤しないために必要な矢板工と控え工の長さの算定図を作成した。本図より、控え工より矢板工の方が有利な結果となった。

(2) 2004 年インド洋津波などで、津波の戻り流れによって砂浜が大幅に洗掘された事例が多数あった。本学の水理模型実験でも、戻り流れによって堤防海側の砂地盤が洗掘されたことにより、堤防が転倒する場合のあることが確認できた。これより、図-4 に示すような、護岸前面を粒径 0.2~0.66mm の混合砂を用いて造成した 1/15 勾配の移動床斜面、背後地盤は堤防天端から続く 1/15 勾配の固定床斜面として、戻り流れの流量を 0.006 m³/s, 0.01 m³/s, 0.015 m³/s、堤防高 d を 7.5 cm, 15cm の計 6 ケースについて実験を行い、戻り流れの流速と水流厚を測定するとともに、堤防海側の洗掘地形および洗掘量を調べた。堤防前面の砂浜地盤高は水面上 5cm の位置に設定した。

最大洗掘深位置 L は、戻り流れが護岸前面の斜面に着地した地点に等しいと仮定し、前述の式(1)を用いて誘導した式(3)から求めることができる。この最大洗掘深位置 L を式(3)から求めた計算値と実測値を比較した結果、図-5 に示すように、実測値は計算値に対して約 25~40%堤防側に近い値になった。これは戻り流れのエネルギー損失が剛体の場合より大きいためと推測される。そして、最大洗掘幅 B 、最大洗掘深 Δh と実験開始からそれらを計測するまでの力積、運動エネルギーの累計値との関係を調べた結果、図-6 と図-7 に示すように、最大洗掘幅と水平方向の累計力積、最大洗掘深と鉛直方向の累計運動エネルギーとの相関が良好であった。

$$L = \frac{2\sqrt{f h_r d \sin \theta}}{f} \cos \theta \quad (3)$$

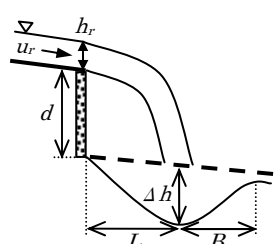


図-4 洗掘地形と諸量の記号

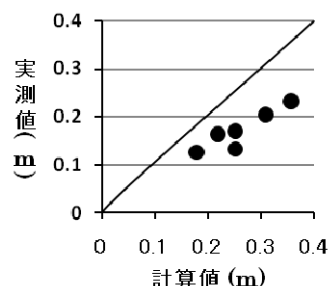


図-5 最大洗掘深位置の計算値と実測値との比較

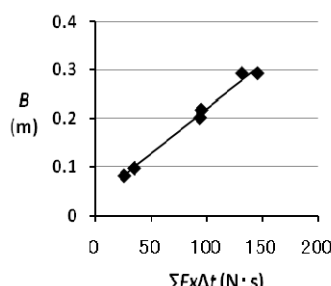


図-6 最大洗掘幅と累計力積の関係

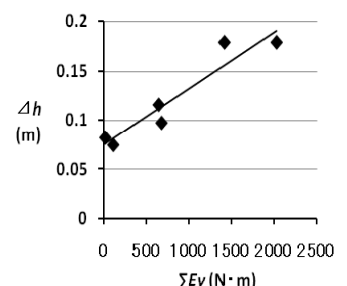


図-7 最大洗掘深と累計運動エネルギーの関係

3. 結論

- (1) 津波の戻り流れによって破堤しないために必要な対策工の長さを決定できる方法を確立した。
- (2) 津波の戻り流れによる海岸護岸海側の洗掘諸量を定量的に表す目途がたった。今後の課題として、砂の粒径を変えた広範な実験を行い、算定式を提案するつもりである。

4. 謝辞：2007 年度卒研生の青木秀文君、孫永拓君、2008 年度卒研生の吉田朋晃君、満生拓也君、笠野裕司君には本研究で多大なる協力を受けた。ここに心から感謝の意を表します。

参考文献

- (1) 飯塚秀則，松富英夫：津波氾濫流の被害想定，海岸工学論文集，第 47 巻，pp.381-385，2000。
- (2) Freeman, J.C. and Mehaute, B.L.: Wave breakers on a beach and surges on a dry bed, *Proc. ASCE*, Vol. 90, No. HY2, pp.187-216, 1964.