

高波による海岸堤防吸出しに裏込め材の粒径の違いが及ぼす影響とその予測法の提案

東海大学大学院 学生会員 ○比嘉 了規
東海大学大学院 フェロー 山本 吉道

1. 研究の目的

海岸防災はわが国において極めて重要なテーマである。しかし、未だにその詳細が明らかとなっていない部分もある。台風が来襲したとき、高波によって堤防・護岸が破堤してしまう原因は、堤防・護岸が波力によって直接的に破壊されるのではなく、前面洗掘が進み、矢板下端からの堤体裏込め材の吸出しによると言われている。南・山本(2009)は、堤体裏込め材に粒径 0.2mm と 0.66mm の混合砂、または、中央粒径 1cm の砕石を用いて、不規則波と規則波を入射させた吸出し実験を行ったが、本研究では、裏込め材粒径が間隙水圧に及ぼす影響を、0.2mm~1cm 間で粒径を変えた吸出し実験を行って明らかにし、その予測法を提案する。

2. 研究の内容

本研究では、幅 0.5m×高さ 0.8m×全長 22m の水路部と鉛直二次元の規則波と不規則波を発生できる造波装置の 2 つにより構成された造波水路を用いて、下記の吸出し実験を行った。

- (1) ケース 1: 典型的な高波による災害事例である平成 9 年台風 9 号による静岡市広野海岸堤防の破堤を以下の方法で再現し、その実験法の妥当性を確認した。被災時の最大有義波高 6.91m, 周期 13.9 s の高波に対する本水路の寸法上の制約から模型スケール 1/30 とし、フルード則を用いて開始から 1 時間は有義波高 21.33cm, 周期 2.78 s, 1 時間から 0.72 時間は同, 22.33cm, 2.65 s を, 1.72 時間後から 0.36 時間は 20.67cm, 2.48 s の不規則波を入射させた。砂浜と裏込め材の粒径は、現地海岸の底質粒径が主に 0.5~1.0mm 程度の細粒分と 2~3mm 程度の粗粒分から成り立っており、伊藤の底質に関する相似則(1986)を当てはめると、底質粒径の縮小スケールは 1/3 となるので、0.2mm と 0.66mm の砂を 2:1 で混ぜた混合砂を用いた。また、模型前面に流速計を 1 台設置し、矢板下端に発生する間隙水圧を測定する為に間隙水圧計を冲向きと岸向き方向にそれぞれ設置した。
- (2) ケース 2~5: ケース 1 と同じ模型条件で、ケース 1 における堤体内の吸出し部に、粒径 0.2 mm (ケース 2), また、粒径 0.66 mm (ケース 3) の自然砂では、ケース 1 と同様の不規則波を入射させた。さらに、中央粒径 5 mm (ケース 4), または、中央粒径 10 mm (ケース 5) の自然石を詰め込み、有義波高 22.33 cm, 周期 2.65 s の不規則波を 3.5 時間入射する実験を行った。流速計と間隙水圧計による計測法は、上記と同様である。
- (3) ケース 6・7: ケース 1 と同じ模型条件で、ケース 1 における堤体内の吸出し部に、中央粒径 5 mm (ケース 6), または、中央粒径 10 mm (ケース 7) の砕石を詰め込み、有義波高 22.33 cm, 周期 2.65 s の不規則波を 3.5 時間入射する実験も行った。機器による計測法は、上記と同様である。
- また、各ケース終了後、波高 20cm 程度、周期 4s の規則波を入射させ、規則波における過剰間隙水圧の計測も実施した。

3. 実験結果

- (1) ケース 2・3 に対して: 造波開始後 40 分頃には、前面洗掘が矢板下端まで達し、砂の吸出しが無視できなくなってきた。それにより堤体内部の土砂は矢板下端へと徐々に移動し始め、堤体内部の上部の空洞が大きくなってきた。2 時間後には堤体内の 2/3 程度の砂が吸い出され、例として図-1 の上側に示すように破堤寸前となった。また、波高が大きくなるにつれ、間隙水圧も大きくなった。
- (2) ケース 4~7 に対して: 造波開始後 40 分頃には前面洗掘が矢板下端まで達したものの、中央粒径 5 mm の場合は弱い吸出しが認められ、同 10 mm の場合は全く吸出しが認められず、図-1 の下側に示されるように 3.5 時間波を当て続けても、ケース 2・3 に比べて裏込め材の流出は少ないか、無いであった。

キーワード 海岸堤防, 破壊機構, 過剰間隙水圧, 吸出し

連絡先 〒259-1292 神奈川県平塚市北金目 4 丁目 1 番 1 号 東海大学 TEL0463-50-2170

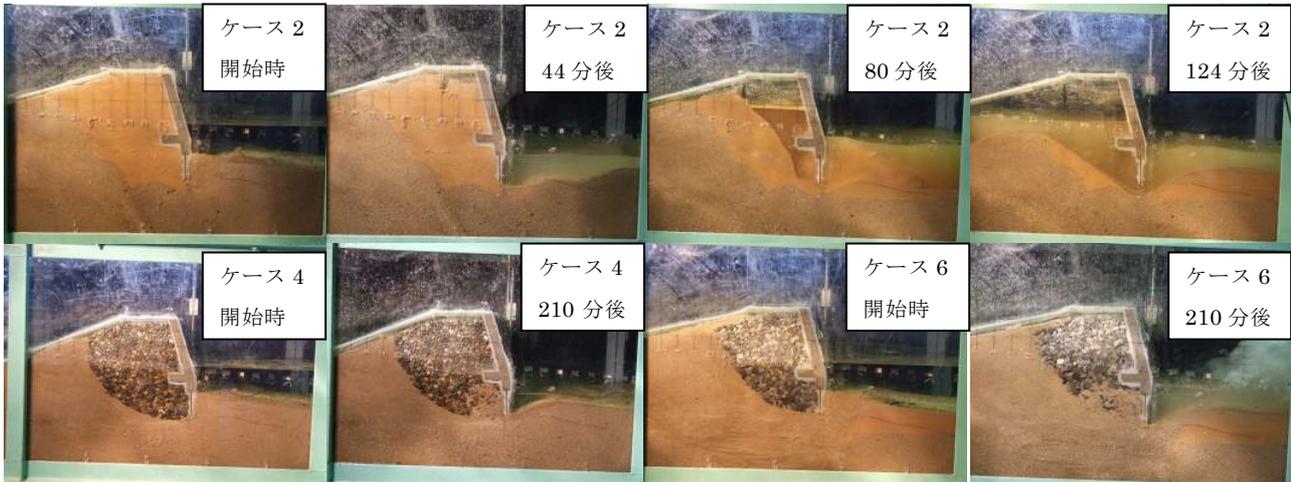


図-1 ケース 2, 4, および, 6 の堤防前面洗掘と堤体内からの吸出しの状況

4. 理論的考察

堤防の吸出しに対する安定判別は、土の破壊基準を用いて、吸出し面での有効せん断抵抗力とせん断力の大小関係で決まると考えた。

$$\text{有効せん断抵抗力} : \tau_r = (\rho_s g d - \rho_w g d - P_o) \tan \phi \qquad \text{せん断力} : \tau_f = 0.5 f \rho_w V^2$$

ここで、 ρ_s は砂層の密度、 ρ_w は海水の密度、 g は重力加速度、 ϕ は内部摩擦角、 f は摩擦係数(=0.05:粗い状態)、 d は前面砂層〔=前面地盤高-矢板下端位置〕、 V は戻り流れの速度で、南・山本(2009)の研究によると次式で求まる。

$$V = \sqrt{\frac{2P_o}{C\rho_w}}, \quad \text{係数 } C = 1.4 \frac{h}{H}$$

戻り流れ時の過剰間隙水圧 P_o を求める式は、実験記録から読み取った数値を整理して作成した下図より次式のようなになった。ただし、 H は堤防前面の進行波高である。また、不規則波を使っているため間隙水圧の数値にばらつきが生じているが、設計上の観点から傾きの最大とその次の値の平均を用いて線を引いた。

粒径 0.2 mm の場合 : $P_o / \rho_w g H = 1.1 \tanh(0.03H/d)$ 粒径 0.66 mm の場合 : $P_o / \rho_w g H = 1.1 \tanh(0.03H/d)$
 中央粒径 5 mm の場合 : $P_o / \rho_w g H = 0.7 \tanh(0.03H/d)$ 中央粒径 10 mm の場合 : $P_o / \rho_w g H = 0.5 \tanh(0.03H/d)$

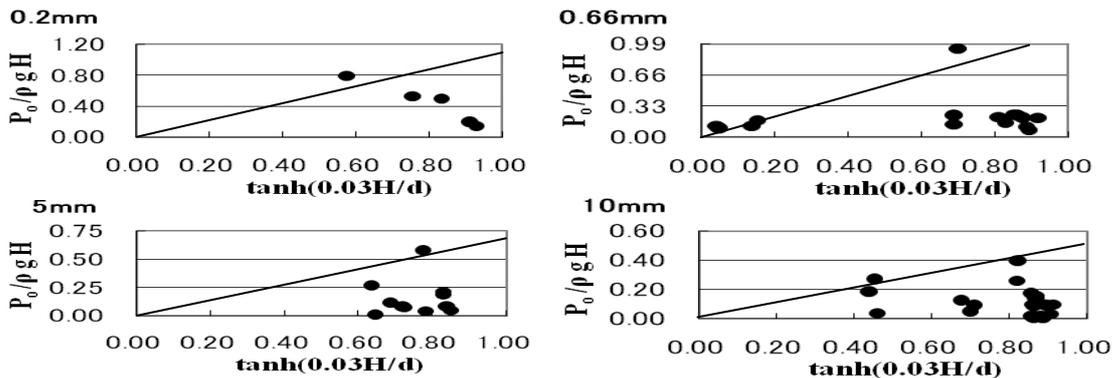


図-2 前面砂層厚の無次元量と戻り流れ時の過剰観劇水圧との関係

5. 結論

様々な粒径の裏込め材の影響を考慮した海岸堤防下端での過剰間隙水圧算定式を提案することができた。ただし、裏込め材の粒径が大きくなってくると、前面洗掘が進んでいない段階でも過剰間隙水圧が相対的に大きい可能性があるので、実験を継続して確かめるつもりである。

参考文献

- 1)伊藤正博：二次元海浜変形の特徴とその相似則に関する研究，京都大学学位論文，1986.
- 2)南宣孝，山本吉道：高波による海岸堤防破壊のメカニズムの研究，pp.189-190，2009.