

津波による護岸構造物の被害に関する模型実験

徳島大学 学生会員 大住俊揮, 松井雄揮
徳島大学 正会員 上野勝利, 渦岡良介, 鈴木壽

1. 研究の背景と目的

近年増加している大規模な地震の影響を受けて、堤防などの護岸構造物に被害を与えている。そのひとつとして大規模地震によっておこる津波があげられる。今後起こりうる東海、東南海・南海地震などの巨大地震の発生が指摘されている。これらの地震により発生する津波から、港湾内の人命を守り、地震津波直後から被害者支援、緊急復興のために使用される港湾機能を防護する対策が求められている。地震による津波は大きいところで20mにものぼったという。津波の被害は、護岸構造物である堤防の転倒と水の浸透による堤体下の地盤の浸透破壊があげられる。本研究は、防潮堤の安全性を模型実験を行い、実際の地震による津波による護岸構造物の転倒破壊メカニズムの解明する。津波による護岸構造物の被害として考えられる事柄のうち、水位差による力での構造物の破壊や滑動に対するメカニズムと速い流れの力による地盤の浸透破壊の解明を目的とした。

2. 模型地盤作成

模型実験を何度も行うとき模型地盤の再現性が非常に重要視される。そのため今回は標準豊浦砂を用いて均質で再現性の高い模型地盤作成方法を検討する。

それぞれ7個のモールドを用意し、空中落下法でポアリングした際の乾燥密度の変動係数を下の式で示す。

$$V_s = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (\gamma_d(i) - \gamma_{dMEAN})$$

ここで、 N はデータの総数、 $\gamma_d(i)$ は i 番目の γ_d 、 γ_{dMEAN} は γ_d の平均値を示す。この変動係数をそのケースのばらつきの尺度として解釈した。

試験結果を図1に示す。ある目標相対密度 D_r に対して、ばらつき(変動係数)が最も小さくなる h および D の関係を○で示す。加えて、そのときの変動係数を×で示す。この図によって、均質な模型地盤を作成するための最適なポアリング条件が設定される。

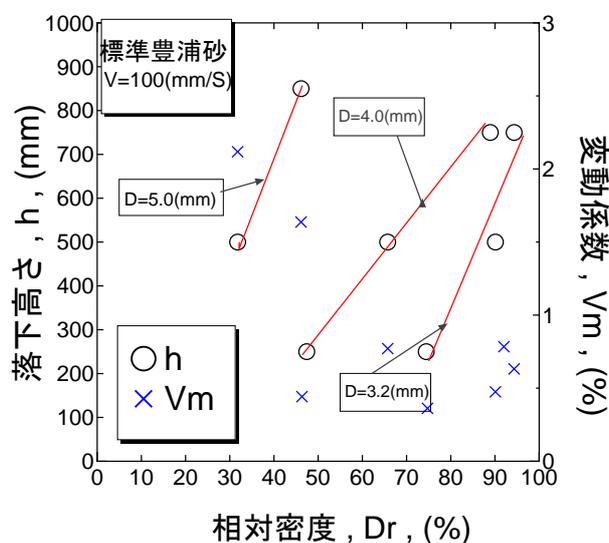


図1 ポアリング条件設定図

3. 模型実験

津波などによる護岸構造物の転倒は被害の状況がつかみにくいので、想定できるパターンを列挙した。津波による護岸構造物の被害として考えられることとして以下の事柄があげられる。

1. 水位差による力での護岸構造物の滑動・破壊
2. 波面の衝突力による護岸構造物の破壊
3. 速い流れの力による地盤の洗掘
4. 速い流れにより越流しての地盤の洗掘

3.1 実験ケース

津波には大きく分けて押し波と引き波の2種類がある。本実験は、繰り返し起こる津波による護岸構造物について実験的に検討することを目的として以下のケースを行った。それらを正確に計測するため、水位の調整を管理して実験を行った。実験ケースとその概要を次の表に示す。実験で用いた模型を図2に示す。

表1 実験ケース一覧

case1	海側の水位を上昇させる
case2	冠水より海側の水位を下降させる

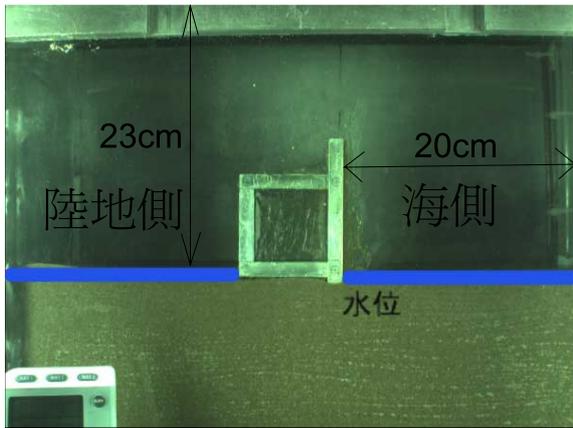


図2 模型の概要

3.2 実験結果

case1 では大きく分けて 2 パターンの変動を記録した。1 つ目は、模型堤体の滑動と転倒である。その様子を図 3 に示す。転倒した模型堤体は初期の状態から 5cm 程度上流方向に一定の速度で地盤そのものと移動し、停止した。海側の水位上昇により、水圧および浮力が生じ、このようなことがおこったと考えられる。2 つ目は模型堤体下の地盤の浸透破壊である。海側の水位を上昇させていくとき、地盤が水圧に対抗できなくなりガラス面に水みちができる。このことによって図 4 に示すような地盤が洗掘した。洗掘する前と比較すると、洗掘された角度はおよそ 35° であることがわかる。

case2 では模型堤体下の浸透破壊が起きた。case1 と同じくガラス面に水みちができる結果になったが、その角度は case1 では 35° 、case2 だけは 20° と差ができた。そして図 4 と図 5 を見てわかるように浸透破壊の方向がそれぞれ陸地側と海側に異なった。寄せ波と引き波では、浸透破壊の方向がことなることで堤体が転倒する方向が変化することが確認できた。

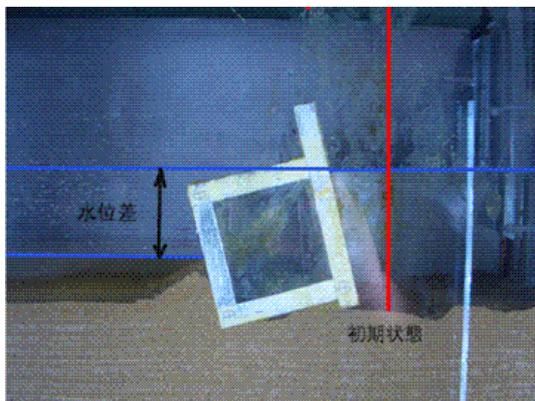


図3 case1 堤体転倒の様子

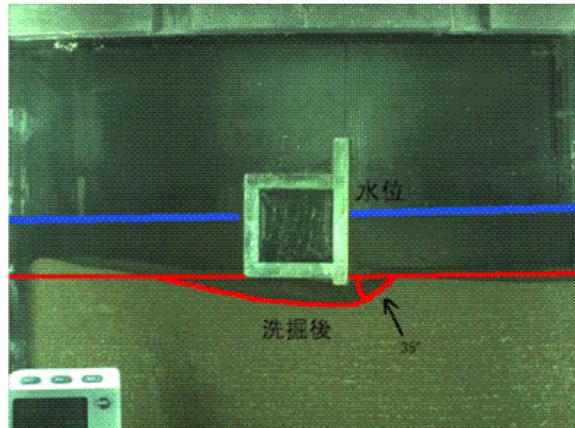


図4 case1 地盤洗掘の様子

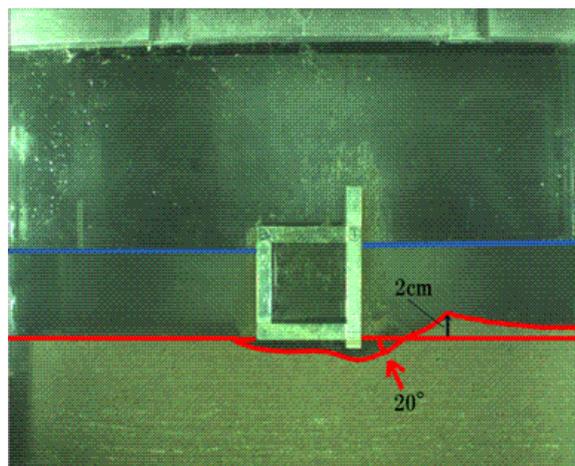


図5 case2 地盤洗掘の様子

4. まとめ

模型地盤の作成方法について述べる。

- 模型地盤の密度を測定するのが困難である場合、地盤内にいくつかのモールドを埋め込み、その密度を測定することで模型地盤の密度を知ることができる。
- 落下高さが高くなると密度は増加していくが、ある程度の高さに達するとおちつく。例えば、標準豊浦砂を用いて $D = 3.0(\text{mm})$ で空中落下法を行った場合、 $h = 750(\text{mm})$ 程度で密度 $1.51(\text{g}/\text{mm}^3)$ に落ち着いた。

次に模型実験について述べる。

- 模型実験によって、構造物の示す挙動は滑動と、堤体下の洗掘があった。
- 同じ条件で case1 を 20 回行ったところ、転倒するパターンが 1 回に対して残り 19 回が浸透破壊をするという結果になった。