

Level 2 津波に対して局所的に崩壊を許容した津波防波堤の後背地に与える影響に関する実験的研究

金沢工業大学 学生会員 ○松崎 宣彦

金沢工業大学 正会員 有田 守

1. はじめに

2011 年 3 月 11 日に発生した東日本大震災により、東北地方太平洋沿岸の海岸構造物は設計波以上の津波が作用したために大きな被害を受けた。この被災を受け港湾対策が見直されるようになった。国土交通省(2013)の耐津波設計ガイドラインでは、津波を「発生頻度の高い津波(Level 1)」と「最大クラスの津波(Level 2)」の 2 つに定義している。発生頻度の高い津波は、防護目標として、人命の保護、港湾機能の維持・復旧、後背地の経済活動の維持が要求されている。一方、最大クラスの津波は、発生頻度の高い津波の設計に加えて、大きな規模の津波に対して変形は許容するが倒壊しにくい粘り強い構造の提案が要求されるようになった。このガイドラインの制定により粘り強い構造の研究が行われるようになった。粘り強い工法の一つとして腹付け工法がある。腹付け工法は、ケーソン背後のマウンドを嵩上げる工法であり、八木ら(2015)は腹付け工の有無と津波による滑動の関係についての実験的な検討により、腹付け工が施されている場合は無対策の場合と比べて 1.2 倍の津波波力に耐えられていることが報告されている。他にも、鋼杭を用いた工法、被覆ブロックを用いた工法など様々な粘り強い工法が検討されている。

また、小池ら(2017)は設計波以上の津波に対して防波堤のケーソンの安全率を低下させ、設計波に対しては強固で、それ以上の津波に対してケーソンの一部を崩壊させ、2 次的な津波や高波浪に対してできるだけ残存させたケーソンで被害を防ぐ工法について検証した。その結果、安全率を 1.0 に低下させたケーソンを配置することで 1.5 倍程度の津波に対してケーソンの崩壊を軽減できることを実験で示した。しかし、実験では揚圧力が無視されていることや、後背地の評価ができていない点が問題である。

本研究では、小池ら(2017)の実験で考慮しなかった揚圧力と防波堤を局所的に崩壊させることで後背地に与える影響について護岸前の波高を計測し実験的に検証することを目的とする。

2. 実験概要

本研究は、1/200 スケールのモデルを縦 15 m、横 5 m の平面水槽上に作成し、平面造波装置を用いて実験を行った。ケーソンモデルは縦横幅 15 cm を 18 個用意し、造波装置から 9 m の位置にマウンドを設置しケーソンを配置した。実験では造波装置を用いて押し波の孤立波を発生させる。孤立波の波形は図-1 に示す。実験ではケーソンの被災状況の撮影を行い、写真から滑動量を算出する。また、図-2 で示すようにケーソンの背後に護岸を設け 3 か所で波高を計測し後背地の影響も調べることとする。

3. 実験条件

本実験の実験条件は以下の表-1 に示すものとする。実験に使用した波高は、設計波は 2.0 cm と設定して、設計波の 1.5 倍となる 3.0 cm、1.75 倍の 3.5 cm、2 倍波高となる 4.0 cm を発生させた。ケーソンの安全率は 1.2 と 1.0 を用いて、安全率を変更するケーソンについて、2 個変更するときは 9、10 個目のケーソン。4 個の場合は 8~11 個目のケーソン。6 個の場合は 7~12 個目のケーソン。8 個の場合は 6~13 個目のケーソンとする。

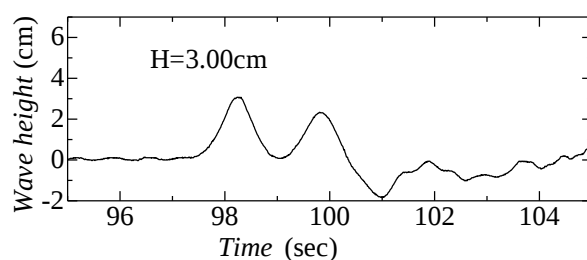


図-1 実験で用いた孤立波

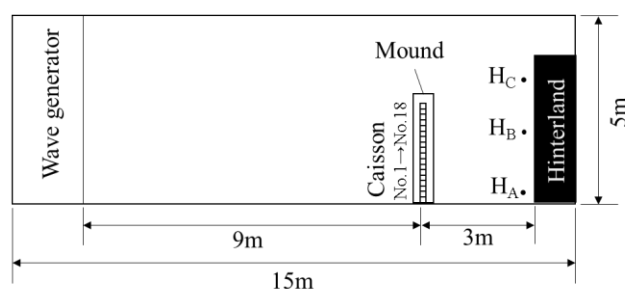


図-2 実験の平面図

表-1 実験条件

	Case1	Case2	Case3	Case4	Case5
波高 H (cm)	3.0, 3.5, 4.0				
安全率を下げたケーソンの数(個)	0	2	4	6	8
安全率(γ)		1.0	1.0	1.0	1.0

4. 実験結果

(1)造波後のケーソンの状態

Case1 では、 $H=3.0, 3.5$ cm の時は大きな滑動はなかった。 $H=4.0$ cm では、全体的に滑動が起き中央部で主に滑動していた。Case2 では、 $H=3.0$ cm の場合安全率を下げたケーソンは少し滑動したが、全体としては大きな滑動しなかった。 $H=3.5$ cm では安全率を下げたケーソンは崩壊したが他のケーソンの滑動は少なかった。 $H=4.0$ cm では安全率を下げたケーソンを含め安全率 1.2 のケーソンの滑動もみられた。Case3 では、 $H=3.0$ cm の時は安全率を下げたケーソン以外の滑動はあまりみられなかった。 $H=3.5, 4.0$ cm の場合は安全率を下げたケーソンは崩壊し他のケーソンの滑動も見られた。Case4 では、 $H=3.0$ cm は安全率を下げたケーソンが少し滑動した。 $H=3.5, 4.0$ cm の場合は安全率を下げたケーソンの崩壊が見られた。Case5 の場合も Case4 と同じく $H=3.5, 4.0$ cm では安全率を下げたケーソンの崩壊が見られた。

(2)ケーソンの移動量の算出

実験で撮影した画像からケーソンの滑動量を算出した。安全率 1.2 の滑動量と比較するため安全率を下げたケーソンの滑動量は除外し総滑動量とケーソン 1 つあたりの滑動量を算出した。図-3 に設計波の 2 倍として設定した $H=4.0$ cm を作用させたケースの

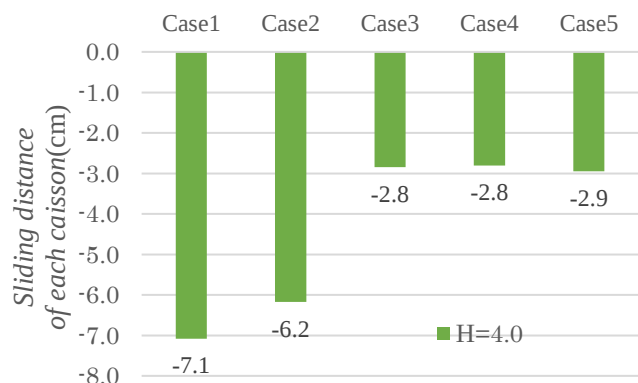
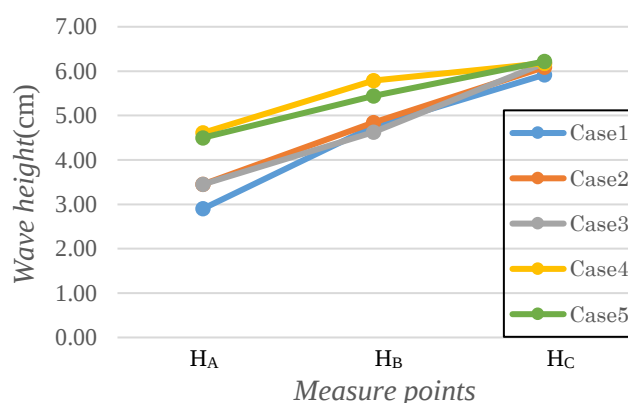


図-3 安全率 1.2 のケーソン 1 個あたりの滑動量

ケーソン 1 個あたりの滑動量を示す。安全率を下げていない Case1 と比べると、安全率を下げたケーソンを配置した Case2 で 1.1 cm, Case3 で 4.3 cm, Case4 で 4.3 cm, Case5 では 4.2 cm ケーソン 1 個あたりの滑動量が抑えられていることが分かった。

(3)後背地の波高分布

後背地の影響については、ケーソンを積極的に崩壊させることで防波堤背後の波高がどのように変わるかを調べた。図-4 に示す図は $H=4.0$ cm の波を発生させたときの後背地前面に作用した波高分布である。Case4, 5 の中央部 6, 8 個を崩壊させた場合は後背地に高い波が作用していることが分かった。

図-4 各ケースの護岸前の波高分布($H=4.0$ cm)

5. まとめ

本実験により以下の知見が得られた。

- 1, 津波波力は主に防波堤中央に作用することと安全率を下げたケーソンが中央部 4, 6 個の配置が滑動量を抑えられていることから揚圧力の考慮によって小池ら(2017)の実験結果と大きな差異は無かった。
- 2, 後背地前面の波高分布からケーソンを 6 個以上崩壊させた場合、後背地に作用する波高が高くなることが確認でき、滑動量と後背地の波高を考慮すると Case3 の中央 4 個の配置が最も効果的であると考えられる。

参考文献

- 1)国土交通省港湾局：防波堤の耐津波設計ガイドライン, pp.1-26, 2013.
- 2)八木ら(他 9 名)：粘り強い構造設計手法及び適用条件, 水産基盤整備調査委託事業報告書, pp.1-46, 2015.
- 3)小池祐太郎, 有田守：設計波以上の津波外力に対して局所的に安全率を変化させた防波堤の耐力に関する実験的研究, 平成 28 年度土木学会中部支部研究発表会講演概要集[CD-ROM], (公)土木学会, 2017.