

半円形ケーソン式防波堤による波高減少効果について

岡田明樹 住友嵩征 中村悠亮 和田拓巳

【概要】

近年、南海トラフ巨大地震の発生が危惧されている。そこで、次世代型防波堤として注目される半円形ケーソン式防波堤のより高い波高減少効果が見込める形状について研究し、防災に役立てることを目的とする。

実験1では、側面を内径155mmの半円形に切断したPVCパイプを用いて4タイプの防波堤モデルを製作し、ハイスピードカメラで波高を測定し、防波堤前後での波高変化を調べる。(図1参照、以下先頭の数字で表す)

波高減少効果は、①では通過前波高によって大きく変化し、②では測定したすべての波に対して比較的一定となり、③と④では一定の効果は得られなかった。

実験2では、実験1の②を元に、穴の大きさ、位置を変え、実験1と同様の方法で調べる。今回は2段目の穴の直径を20mmから30mmに変更した。

実験1の②よりも通過後波高が全体的に下がり、10.0mm以下も測定された。

本研究では参考文献内で述べられている4タイプにおける波高減少効果の違いと穴の大きさによる効果への影響を明らかにすることができたが、試行タイプ数が少ないことが課題であり、効果に影響を与える要因について考察し、試行タイプを増やす必要がある。

Recently, the Nankai Trough Earthquake is predicted to occur. So we decided to research Semi-Circular breakwater.

We looked for the breakwater which have high effect on reducing wave height for solving the problem which is caused by tsunami.

In experiment1, we collected data of wave height of for types of breakwater models. (Diagram-1, after now, we will use model's number)

We found that ② has the most stable reduction effect.

In experiment2, we changed the holes size of second tier.

The improved model type has a better reduction effect than any other model.

It turned out that ② is the best reduction effect and this can be improved the reduction effect by changing hole size.



図1 防波堤のタイプ

【研究動機・目的】

近年、南海トラフ巨大地震の発生が危惧されているので、私たちは防波堤に関することを研究し、防災に役立てたいと考えていた。防波堤に関して検索する中で、半円形ケーソン式防波堤において4つの型が考えられているが、基本型に関する有用性しか述べられていないことが分かった。

そこで、私たちは4つの型でのそれぞれの波高減少効果を調べ、より波高減少効果の見込める形状を模索し、防災に役立てることを目的とする。

【研究の仮説】

半円形ケーソン式防波堤とは、断面が半円形で、内部が空洞になっている防波堤のことであり、軽量で安定すること、圧迫感が少ないため比較的景観に優れること、強度があることの3つがメリットとされている。これらのメリットから次世代型防波堤として、注目されている。

半円形ケーソン式防波堤は、内部の空洞に波の一部が入ることで波自体の水量を減らすことで波高を減少させているという仮説のもと本研究を行う。

【実験装置・観測機器】

・水槽

幅1200mm、奥行き315mm、高さ400mm。本研究は、水を底面から40mm入れて行う。(図2)

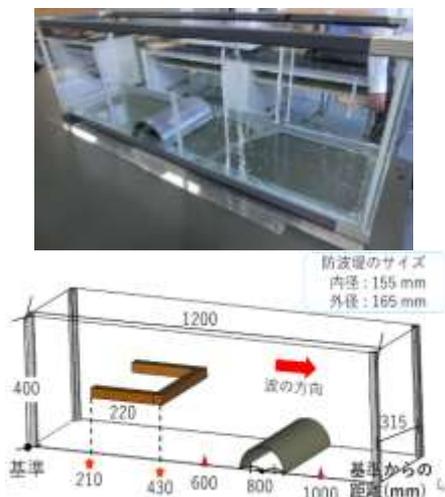


図2 水槽の写真とイメージ

・レール

角材をコの字型になるように設置する。(図3)

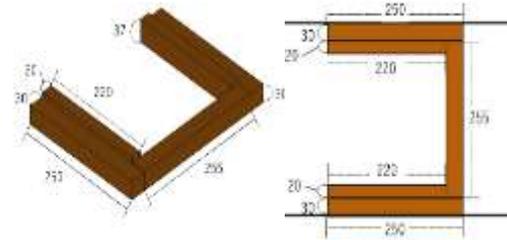


図3 レールのイメージ

・木の平版

持ち手を持ち、レールの端から端まで(200mm)動かし、波を発生させる。(図4)

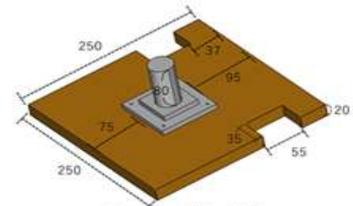


図4 木の平版イメージ

・メジャーテープ

水面を0mmとし、鉛直方向に100mm測定可能なように水槽の一端から600mmと1000mmを観測地点として壁面に張り付ける。また、観測地点を0mmとし、水平方向に左右それぞれ100mm測定可能なように壁面に張り付ける。(図5)



図5 観測地点の様子

・ハイスピードカメラ, iPhone7

【実験方法・結果・考察】

〈実験1〉

参考文献で述べられている防波堤タイプによる波高減少効果の違いを明らかにするために行う。

〈実験方法1〉

防波堤モデルのタイプを変え、最も波高減少効果が高いものを調べる。防波堤モデルのタイプとして、4タイプを使用する。(図1参照)様々な波に防波堤モデルを通過させて、モデル通過前の波と通過後の波を、ハイスピードカメラで撮影する。撮影した映像をもとに防波堤前後の波高を測定する。

防波堤前波高の範囲は、本研究で製作した防波

堤モデルが宮崎港で行われた実証試験で設置された防波堤の1/125サイズであることをもとに、現実には起こりうる波高である40.0mm以上90.0mm以下とする。

〈実験結果 1〉

基本型は、防波堤よりも低い波が防波堤に上ることによって波高が上がったため、低い波に対しては波高減少効果が低かった。比較的高い波では波高減少効果が大きかった。(図6)

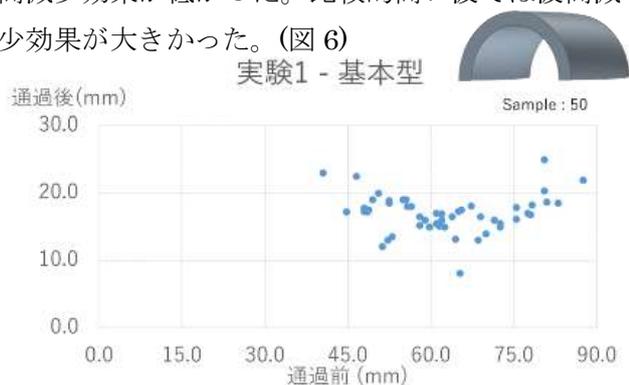


図6 基本型実験結果

前面透過型は、低い波は前面の穴に水が入るため、測定した波すべてに対して波高減少効果が比較的一定になった。(図7)

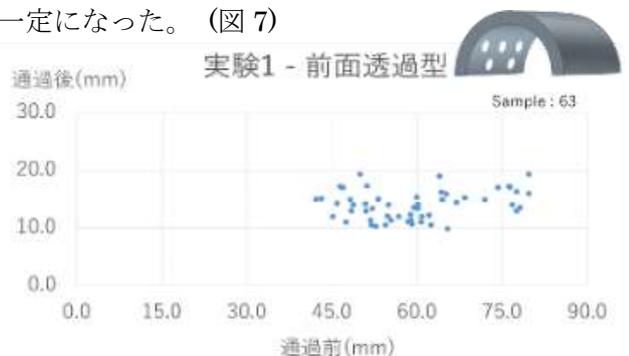


図7 前面透過型実験結果

後面透過型は、穴に水が毎回入らなかったため、安定した波高減少効果がみられなかった。(図8)

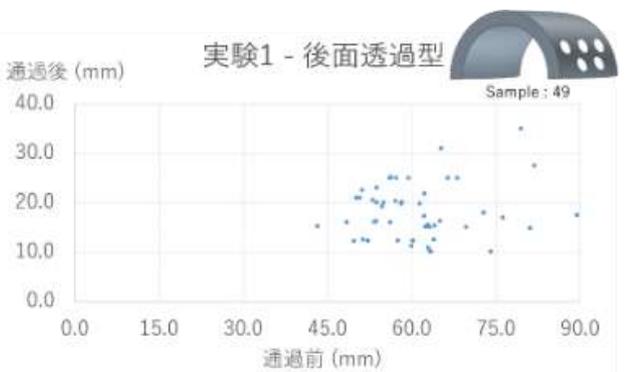


図8 後面透過型実験結果

両面透過型は、防波堤を乗り越えた波と穴をすり抜けた崩れた波とが混ざって波が乱れたため、安定した波高減少効果がみられなかった。(図9)

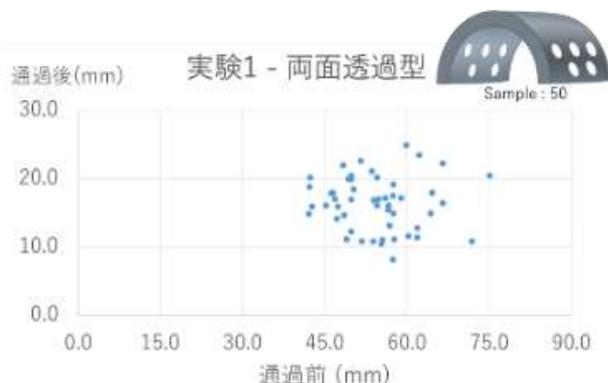


図9 両面透過型実験結果

〈実験 2〉

実験1で最も波高減少効果が安定した前面透過型を改良して、より波高減少効果の安定した防波堤モデルを製作する。

〈実験方法 2〉

実験1の結果と検証の結果を元に前面透過型をどのように改良すればより波高減少効果が増加するかを考察し、新しい防波堤モデルを製作する。実験1と同じ手順で様々な波に、改良した防波堤モデルを通過させて、モデル通過前の波と通過後の波を、ハイスピードカメラを用いて撮影する。撮影した映像をもとに、防波堤前後の波高を測定する。

—検証—

検証では実験2を行う上でモデル作成案の判断材料とするため、前面透過型のどの段の穴に多く水が入っているかを確認した。

—検証方法—

タイツを内側に貼り付けた前面透過型モデルを水槽に固定する。

次に、水深40.0mmになるように水槽に水を入れた後、直径1.0mmの発砲ポリスチレン球を水面が隠れる程度水槽に入れる。

波高の違う波に数回防波堤モデルを通過させ、タイツについての発砲ポリスチレンの量を目視で確認する。また、防波堤モデルに水が入る様子を、ハイスピードカメラを用いて撮影する。

※タイトは防波堤の穴の段の間を発泡ポリスチレンが移動しないように貼り付けており、タイトを貼ったバケツとタイトを貼っていないバケツに水を入れたとき満杯になるまでの時間が同じだったことからタイトによる波への影響はないものとする。



—検証結果—

60° (中段)の穴に多く発砲ポリスチレン球が入っていることが、タイトについての発砲ポリスチレンの量と映像解析の結果から分かった。また、映像解析の結果発砲ポリスチレンによる波への影響が見られなかったため中段の穴に最も水が入っていると考えると考えられる。そこで、私たちは中段の穴を直径 20mm から 30mm に変更することにした。

〈実験結果 2〉

前面透過型では全ての通過後波高が 10.0～20.0mm であったのに対し、改良型モデルでは、全ての通過後波高が 17.0mm 以下と前面透過型より高い波高減少効果が見られた。また、改良したモデルでは実験 1 での 4 タイプでは見られなかった 10.0mm 以下の通過後波高が見られた。

(図 10,11)

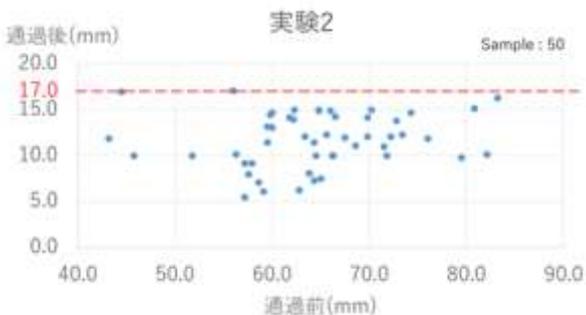


図 10 実験 2 の結果

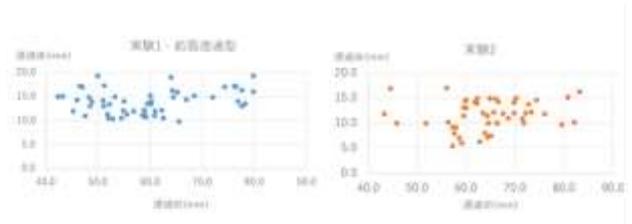


図 11 改良前と改良後の比較

【まとめ】

本研究では、半円形ケーソン式防波堤が参考文献内で述べられている 4 つの型では前面透過型が最も波高減少効果が安定すること、穴の大きさを変えることで波高減少効果が上がるということが分かった。今後は、穴を開ける角度を変えるなどして、新しい防波堤モデルを製作しての波高の観測や、実験 2 で使用した発砲ポリスチレン球を比重がほぼ 1 の吸水性ポリマーなどに変更し、もう一度検証しようと考えている。

【参考文献】

- ・山下廣行・石松欣三・油谷進介・笹山博
「半円形ケーソン式防波堤の現地実証試験」
『コンクリートジャーナル』, 第 33 巻, 第 10 号,
1995 年, 22-29 頁
- ・谷本勝利・滑川伸孝・石松敬純・関本恒浩
「半円形ケーソン堤の水理性特性についての実験的研究」
『港湾技術研究所報告』, 1989 年, 第 28 巻, 第 2 号,
3-32 頁
- ・静岡県立焼津中央高等学校 研究
『効果的に津波の力を軽減させる防波堤の形』,
2012 年