

最適な防潮堤

2年3組 田中 紬葵 2年3組 井上 真緒 2年3組 大麦 笑舞
2年3組 松浦 美咲 2年4組 牧野 瑞己
指導者 大久 憲一

1 課題設定の理由

政府地震調査委員会によると、令和7年9月26日時点で、今後30年以内に南海トラフ地震が発生する確率は60～90%程度以上と算出されている。また、内閣府が公表した、南海トラフ地震被害想定によると、令和7年3月31時点で、愛媛県の津波による死者数は約16,000人とされている。被害を最小限にするために重要な役割を果たすものは、防潮堤の建設で津波の力を弱めることだと考えた。防潮堤の目的は、当該防潮堤の背後地を波浪、高潮または津波から防護することにある。しかし、高くするだけでは、景観が悪く、建設費が高い。また、漁業をしている地域住民の負担が大きいことが課題とされた。そこで、津波の被害を最小限に抑え、景観と調和し、宇和島市にあった防潮堤の形状を考えることで、1秒でも長く避難する時間を確保できると考え、本研究を行った。

2 最適な形状の定義

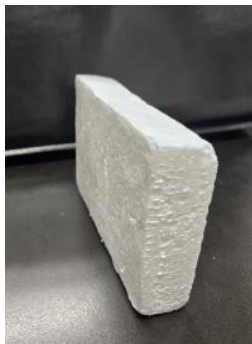
防潮堤を超える水の量が1番少なかった形状を最適な形状と定義した。

3 仮説

- (1) 同じ高さの防潮堤であっても形状を変えることで波を防げるのではないかな。
- (2) 防潮堤が高ければ、高いほど津波を防ぐことができるのではないかな。

4 実験方法

- (1) 防潮堤模型形状Ⅰ・Ⅱ・Ⅲを、発泡スチロールを用いて作成した(図1)。
- (2) 水槽に5リットルの水を注ぎ、水槽左側に板を挿入することで、水位を一時的に高く保つ構造とした(図2)。
- (3) 実際のテトラポットに近づけるため、防潮堤前面に排水溝ネットで包んだ石を設置した。
- (4) 実験中に水が飛散することを防ぐ目的で、水槽上部をラップで覆った。
- (5) 板を一定の高さまで持ち上げた後、速やかに引き抜くことで水槽内に波を発生させた。
- (6) 防潮堤を越えた水は、防潮堤背後に設置した紙パックに回収した。
- (7) 回収した水をメスシリンダーに移し、越水量を体積として測定した。
- (8) 越水量に加え、コストおよび景観への影響も考慮した。



形状Ⅰ



形状Ⅱ



形状Ⅲ

図1 防潮堤模型の形状



図2 実験の様子

5 実験結果

表1 実験結果

形状	防潮堤を超えた水の容積平均 (ml)
形状Ⅰ	43.2
形状Ⅱ	20.0
形状Ⅲ	71.6

形状Ⅱは形状Ⅰの2倍、形状Ⅲの3倍近く越水量を抑えることができる結果となった。

6 3つの形状について

形状Ⅰは、実際の防潮堤に近い条件で調べるため、静岡県浜松市にある、一条堤を参考に直立型を採用した。また、形状Ⅱ・Ⅲについては、階段状の段数による波の弱まり方の違いを調べるため、2段・3段を採用した。

7 コスト計算

3つの形状の模型を比べると、それぞれ体積が異なっている。一般的に、体積が大きい構造物ほど重くなり、波を防ぎやすいと考えられる。そのため、形状による違いだけを比べるには、条件をそろえる必要がある。そこで本研究では、使用する材料の量に関係するコストに着目した。模型を実際の防潮堤の大きさで考えるため、模型の一边を50倍に拡大すると、体積は 1.25×10^5 倍になる。実際の防潮堤にはコンクリートを使用すると考え、コンクリート1 m³あたりの価格を18,000円とした。体積をコストに換算することで、形状の違いによる波の防ぎ方を比較できるようにした。

表2 形状別のコスト計算

形状	体積 (cm ³)	拡大した体積 (m ³)	コスト (万円)
形状Ⅰ	約 3.2×10^2	約 40	約 72
形状Ⅱ	約 5.0×10^2	約 63	約 113
形状Ⅲ	約 6.1×10^2	約 76	約 139

8 考察

宇和島市のような埋立地では、地盤が軟弱で液状化が起こりやすく、防潮堤の基礎部分に負担が集中しやすい。そのため、防潮堤の形状は重要な検討要素である。本実験の結果、形状Ⅰの越水量は平均43.3 mLであった。これに対し、形状Ⅱでは平均20.0 mLと最も少なく、波の勢いを効果的に弱めていると考えられる。一方、形状Ⅲでは平均71.6 mLとなり、形状Ⅰよりも越水量が多かった。この結果から、階段状であっても段数が多ければ越水量が減少するとは限らず、段の構成によっては波が重なり、越水が増える可能性があることが示唆される。特に2段構造は、

波のエネルギーを分散しやすく、越水を抑える形状であると考えられる。以上より、埋立地における防潮堤設計では、高さや剛性だけでなく、地盤条件を考慮した形状の選択が重要であり、階段状防潮堤においても段数や構造の検討が必要である。

9 防潮堤デザイン案

宇和島市では、防潮堤の設置によって、安全性が高まる一方で、海や街並みといった地域の景観が失われるおそれがある。そのため、防潮堤の機能だけでなく、景観への配慮を取り入れたデザインが必要であると考えた。

本研究では、防潮堤の外観を周囲の自然や街並みに調和させることを重視したデザイン案を提案する。具体的には、市民の意見を取り入れた壁画を防潮堤の表面に施すことで、構造物による圧迫感を軽減することができると考えられる。

また、宇和島市の特産品や地域の文化をモチーフとしたデザインを採用することで、防潮堤を防災施設としてだけでなく、地域の魅力を発信する場として活用できる可能性がある。このようなデザインは、防災と景観の両立を図るとともに、市民の地域への愛着を高める効果も期待できる。



図3 防潮堤デザインイメージ（生成AI ChatGPT）

10 他県の事例

静岡県における防潮堤整備の事例として、浜松市沿岸域の「一条堤」は、地域の特性に応じた設計と地域協働によって整備され、津波に対する減災効果や景観配慮の両面で評価されている。防潮堤が完成したことで沿岸部の宅地が浸水する面積が8割減、また木造家屋が倒壊するとされる浸水2mを98%カバーすることが分かった。これらの取り組みは、本研究のような防潮堤の形状比較だけでなく、地域特性に合わせた防潮堤としてとても参考になるものだと考えた。

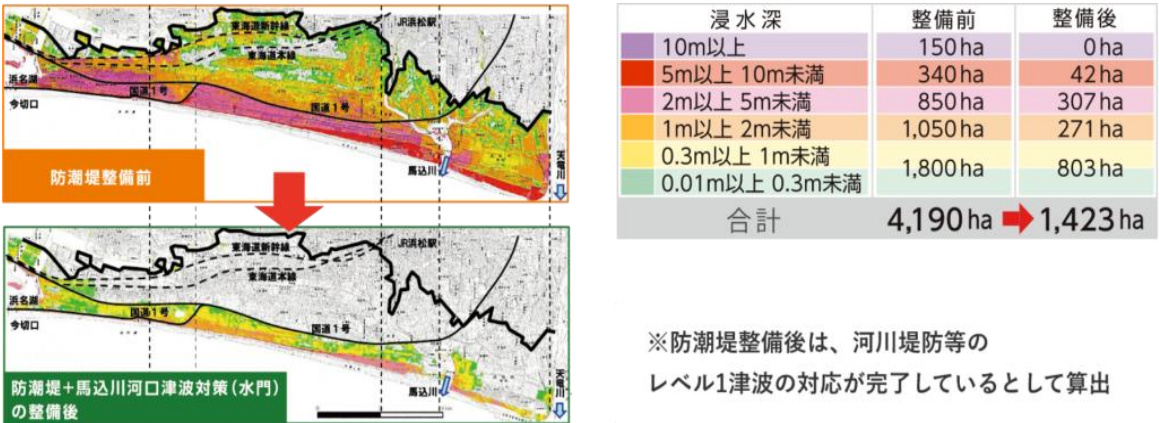


図4 防潮堤整備前後の被害の違い

11 行政機関への聞き取りの結果

本研究では、宇和島市における防潮堤建設の検討状況を把握するため、関係する行政機関への問い合わせを行った。

まず、宇和島市建設課 港湾係に対し、宇和島市における防潮堤建設の検討状況について確認した。その結果、宇和島港海岸を含む愛媛県内の津波対策については、愛媛県が主導して検討しており、詳細については愛媛県南予地方局へ問い合わせるよう案内を受けた。

次に、愛媛県南予地方局 河川港湾課に問い合わせたところ、現時点では、防潮堤建設に関する工事を含めた具体的な事業の進捗について、公表されている情報はないとの回答を得た。

以上のことから、宇和島市周辺における防潮堤建設については、検討は行われているものの、具体的な計画や事業化の段階には至っていないことが明らかとなった。

12 今後の展望

本実験では、形状の異なる3種類の防潮堤を比較した結果、防潮堤を越えた水の量に明らかな違いが見られた。このことから、防潮堤の形状が越水量に影響することが分かった。

しかし、実際の防潮堤整備では、越水量だけで最適な形状を決めることは難しい。建設コストや景観への影響なども考える必要がある。

今後は、東京大学大学院の協力を得て津波シミュレーションを行い、より現実に近い条件で防潮堤の効果を検討する予定である。また、コストや景観についても評価基準を設け、総合的に判断できる方法を考える。これらの研究を通して、宇和島市にとって最も適した防潮堤を提案することを目標とする。

13 謝辞

本研究を進めるにあたり、防潮堤に関する現状について丁寧に対応いただいた宇和島市建設課 港湾係、ならびに愛媛県南予地方局 河川港湾課の皆様、心より感謝いたします。行政の立場からのご説明は、本研究の背景を理解するうえで大変参考になりました。

また、津波シミュレーションに関して専門的な助言をいただいた東京大学大学院の大学院生の方にも、深く感謝いたします。研究を進める中で多くの気づきを得ることができ、本研究の内容を深める大きな助けとなりました。ここに記して、感謝の意を表します。

14 参考文献

- ・ https://www.jishin.go.jp/evaluation/long_term_evaluation/subduction_fault/summary_nankai/
- ・ 13_参考資料3_南海トラフ地震被害想定（R7.3.31 内閣府公表）新旧対照.pdf
- ・ p1001-1003.pdf
- ・ ～産学官民で作り上げた「静岡方式」の先駆け～“防災先進県”ふじのくに静岡の新たなレガシー「一条堤」 - しずおか WELL-BE+