

## 構造物に作用する津波波圧の緩衝材による低減について

弘前大学 フェロー会員  
 パシフィックコンサルタンツ 正会員  
 構造計画研究所 正会員  
 シバタ工業 正会員

○有賀 義明  
 市山 誠  
 渡辺 高志  
 西本 安志

### 1. 概要

沿岸域に位置する構造物・施設に関しては、強震動と津波の双方に対する安全性の確認と確保が求められる。本研究では、合理的な地震・津波対策技術の実用的開発を目的として、免震・免波という発想に基づく対策技術を研究している。ここでは、変形し易い緩衝材を活用した津波波圧の低減の可能性について津波模型実験により検討した。その結果、津波と構造物の間に緩衝材を介在させることによって波圧の大きさを低減させるとともに波圧の分布形状を構造物の安全性に有利なように変化させることが可能であることを示唆する結果を得ることができた。

### 2. 免震・免波構造の概念

免震・免波構造は、図-1 に示したように、剛性の低い緩衝材を活用することによって強震動対策と津波対策を両立させることに特長がある。緩衝材は、強震動に対しては免震材として、津波に対しては免波材としての機能を発揮するように意図したものである。

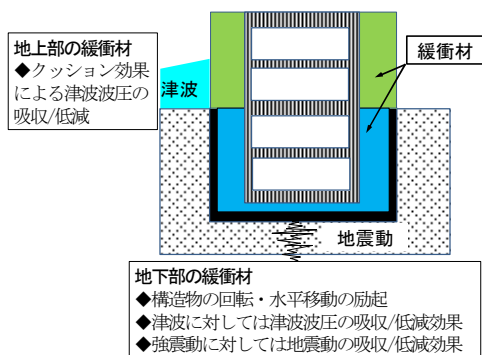


図-1 構造物周囲への緩衝材の配置による地震・津波作用の低減のイメージ

### 3. 津波模型実験

#### (1) 目的

地上構造物に作用する津波波圧に関しては、津波の水深、流速、密度、構造物の平面形状、津波の入射角の影響については研究事例がある。しかし、構造物の剛性、鉛直形状の影響、緩衝材を活用した津波対策等に関しては研究事例が見られない。そこで、ここでは、津波模型実験を行い、緩衝材による津波波圧の低減の可能性について検討した。

#### (2) 実験装置と実験模型

実験では、水路内に設置した構造物模型に流水を作用させ、構造物模型の表面に配置した圧力センサーにより波圧を計測した。実験に用いた二次元水路の縦断面を図-2 に、横断面を図-3 に示す。実験水路は、幅 0.9 m, 側壁高 0.48 m, 水路長 20.8 m である。圧力センサーは、図-4 に示したように、水路床から 4 cm 間隔で 6 個を設置した。実験に用いた構造物模型は合板製であり、幅 20 cm, 高さ 40 cm, 奥行 20 cm の直方体である。

#### (3) 実験ケース

緩衝材による津波波圧の低減効果を検討するために設定した実験ケースを表-1 に示す。緩衝材には EPDM スポンジ（エチレンプロピレンゴムスポンジ）を使用し、厚さは 5 cm と 10 cm の 2 通りを設定した。外力に対し緩衝材は変形し易いので、波圧が緩衝材に均等に作用した場合を検討するために、保護板の有無による比較も行った。構造物と緩衝材と保護板の位置関係は図-5 に示したとおりである。

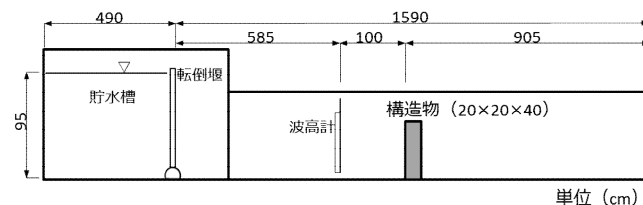


図-2 実験水路の縦断面

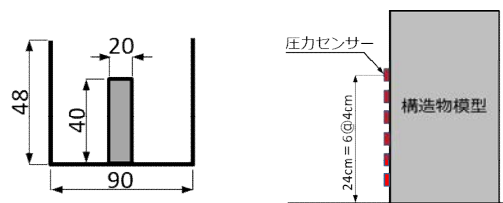


図-3 実験水路の横断面

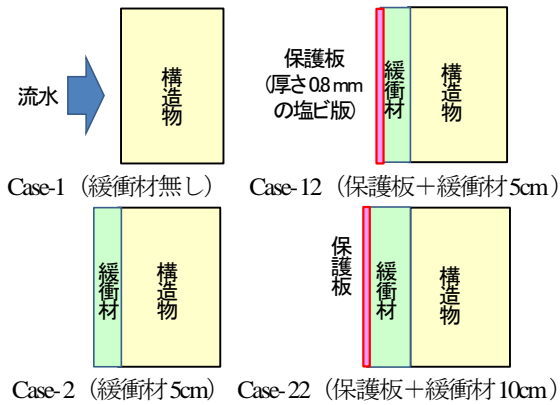
図-4 圧力センサーの配置

表-1 実験ケース

Case	構造物 側面勾配	流水		緩衝材	
		波高	入射角	材質/厚さ	保護板
1	鉛直	25cm	0度 (正面からの入射)	無し	無し
2	鉛直	25cm		EPDM/5cm	無し
12	鉛直	25cm		EPDM/5cm	有り
22	鉛直	25cm		EPDM/10cm	有り

キーワード：免震・免波対策、陸上構造物、津波模型実験、波圧分布形状、緩衝材、低減効果

連絡先：〒036-8561 青森県弘前市文京町3, 弘前大学大学院理工学研究科 Email : y-a-arig@hirosaki-u.ac.jp



(4) 実験結果

4つの実験ケースの結果を図-6 から図-9 に示す。t=0秒は、圧力センサーが流水に反応した瞬間である。構造物に流水が衝突した際、流水は複雑に挙動するため、構造物の表面で計測した波圧の値は計測位置によって不規則に変動する。ここでは、構造物の表面の最大波圧に主眼を置き、t=1.4~1.9秒の時間帯の計測結果に着目し考察した。

a) 波圧の最大値

構造物の中央部での最大波圧は、Case-1 では約 6.8 KPa (t=1.9秒)，Case-2 では約 6.3 KPa (t=1.8秒)，Case-12 では約 5.1 KPa (t=1.6秒)，Case-22 では約 4.0 KPa (t=1.4秒) となった。図-7 と図-8 の比較から、保護板の配置によって計測値の変動幅の縮小、平滑化の傾向が見られる。

b) 波圧の分布形状

構造物に作用した波圧の鉛直分布形状に関しては、Case-1 (図-6) では中央部が膨んだ四角形(樽型)であったが、緩衝材を配置した Case-2 (図-7) と Case-12 (図-8) では五角形に、Case-22 (図-9) では台形、三角形に類似した形に変化した。この結果は、緩衝材の活用による波圧の分布形状の制御の可能性を示唆するものと考察される。

c) 緩衝材の厚さの影響

図-8 と図-9 の比較から、緩衝材の厚さを 5cm から 10cm にしたことによって、波圧の低減と分布形状の平滑化に効果があったものと考えられる。

4. 波圧の分布形状と安全性評価

構造物の安全性評価における波圧の分布形状の影響・関連性を図-10 に示す。波圧の分布形状の設定は、安全性評価の結果に大きな影響を及ぼすので、精度・信頼性の高い評価を行うためには、津波波圧の値とともに分布形状を正確に把握し適切に設定することが必要である。

謝辞：本研究は、JSPS 科研費 JP21K04603 の助成を受けて行いました。本研究に際しては、土木学会「水循環施設の合理的な地震・津波対策研究小委員会 WG1」の方々の協力をいただきました。記して深謝の意を表します。

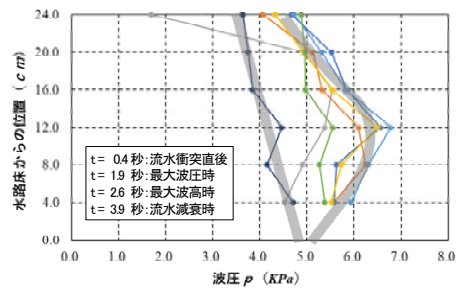


図-6 緩衝材が無い場合の波圧の鉛直分布 (Case-1)

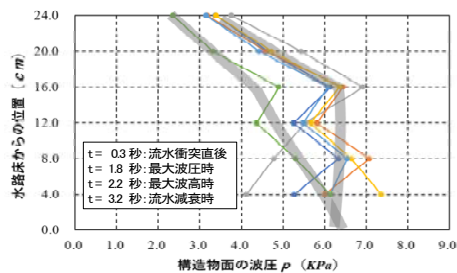


図-7 緩衝材が5cmの場合の波圧の鉛直分布 (Case-2)

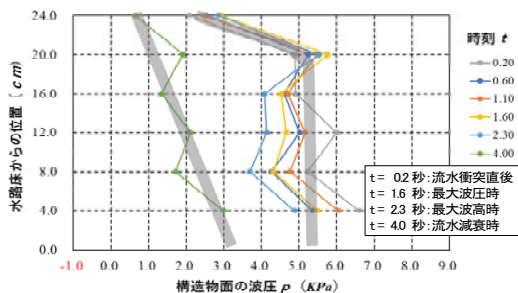


図-8 保護板が有り緩衝材が5cmの場合の波圧の鉛直分布 (Case-12)

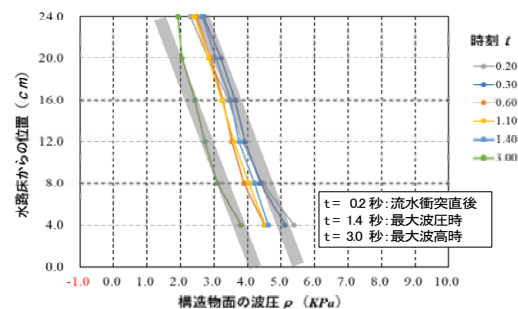
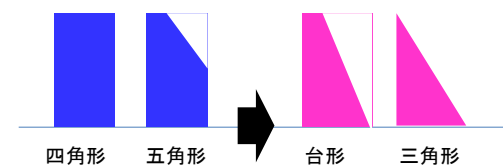


図-9 保護板が有り緩衝材が10cmの場合の波圧の鉛直分布 (Case-22)



- ◆緩衝材によって波圧分布形状を変化させることが可能
  - ・緩衝材が無い場合、波圧分布形状は四角形/五角形
  - ・緩衝材が有る場合、波圧分布形状は三角形/台形
- ◆三角形を設定した安全性評価は危険サイドの評価
  - ・波圧分布形状を三角形にできれば構造物にとって有利

図-10 構造物の津波安全性評価における津波波圧の鉛直分布形状の影響