

越波防止板設計用波圧の決定に関する実験について

Experiment concerning pressure for design of wave overtopping prevention board

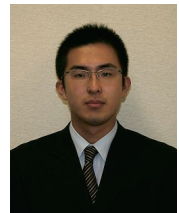
交通事業本部 交通第2部 熊木功治¹⁾
津田将史²⁾
赤泊和幸³⁾



1)



2)



3)

1. はじめに

海岸部に隣接する道路において、供用継続のためには越波対策は非常に重要な課題である。越波は、海水と風ばかりでなく、小石や流木等を含んでいる場合も多く、事実、越波を理由に国道が通行止めとなるケースも見られる。(写真-1.1, 1.2, 1.3) そのため、各地で越波工の設置が行われているが、その設計荷重について明確にオーソライズされたものがないのが現実である。また、設置された越波防止板に設計波圧以上の波圧が作用し倒壊するなどの被害も報告されている。(写真-1.4)

よって今回は、越波工の設計における荷重(波圧)を定めるための実験を実施したので、その内容を報告する。

2. 実験目的

越波防止工の設計には、設計波圧が必要となるが一般的な設計方法は確立されていない。一方、防波堤の設計では作用波圧を推定する手法があるが、これを越波防止工の設計に準用すると実際に越波しているにも関わらず、設計上は波圧が作用しないという結果になる場合がある。そこで、今回はその波圧を実験によって確認する機会を得た。

本実験では現地条件を再現し、図-1.1のフローに従い設計波圧を決定する事を目的とした。



写真-1.1 実験箇所の状況



写真-1.2 越波状況①



写真-1.3 越波状況②



写真-1.4 越波防止板倒壊状況

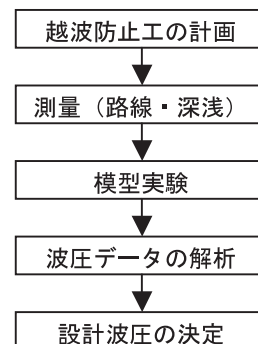


図-1.1 越波防止板設計用波圧の決定フロー

3. 模型実験

3.1 実験の概要

実験目的は、覆道部及び明り部の越波防止板の設計波力を決定することで、独立行政法人寒地土木研究所の第4実験棟 2元造波水路(L28.0m×B0.8m×H1.0m)において縮尺 1/40 による実験を行った。(写真-3.1)



写真-3.1 二次元造波水路（全体図）

3.2 実験方法

模型実験では、現地の条件を実験スケールにおいて忠実に再現する必要がある。実験ケースは、それぞれ条件の異なる覆道部と明り部において実施するが設計波である 50 年確率波※¹（換算沖波 $H_o=8.42m$ ）、周期、水深、護岸高などの現地条件を実験縮尺 1/40 とし、相似則（フルード数）を用いて尺度の変換を行った※²。(表-3.1, 3.2 参照)

次に実験モデルであるが、覆道部（図-3.1）では、写真-3.2 に示すように一部で消波が消失しており、覆道区間であるため消波工の追加設置も困難なことから安全側となる「消波なし」として設定した。

また、明り部（図-3.2）の実験モデルは、消波工が護岸天端付近まで設置されており、消波が流出しても追加設置が容易であることから、「消波工あり」として設定した。

最後に実験波の作用回数および波圧計によるデータ収集数であるが、覆道部、明り部共に 200 波を 10 回計測した。データの収集数は 500Hz(0.002S 毎)として計測を行った。これら波数、データ収集周波数の設定は経験によるところが大きいので、港湾構造物の耐波設計※²によった。

尚、現地の消波工は種々の型式が設置されているがテトラポット模型にて実験を行っている。

表-3.1 実験条件（覆道部）

実験条件	現地スケール	実験スケール
実験縮尺	1/1	1/40
海底勾配	1/15	1/15
実験波数	—	200波(不規則波)
波浪条件	周期(換算沖波)	12.0s
	波高(換算沖波)	8.42m(50年確率波)
実験水深h	2.5m	6.25cm
実験潮位W.L	+1.1m(H. H. W. L.)	+2.75cm
護岸脚部水深	-1.4m	-3.5cm
護岸天端高	+7.4m	+18.5cm
覆道天端高	+14.5m	+38.25cm

表-3.2 実験条件（明り部）

実験条件	現地スケール	実験スケール
実験縮尺	1/1	1/40
海底勾配	1/15	1/15
実験波数	—	200波(不規則波)
波浪条件	周期(換算沖波)	12.0s
	波高(換算沖波)	8.42m(50年確率波)
実験水深h	2.2m	5.5cm
実験潮位W.L	+1.1m(H. H. W. L.)	+2.75cm
護岸脚部水深	-1.1m	-2.75cm
護岸天端高	+7.4m	+18.5cm

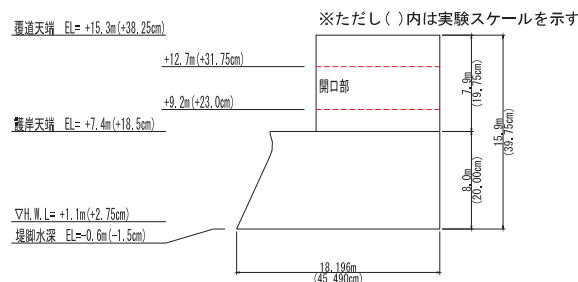


図-3.1 覆道部再現模型

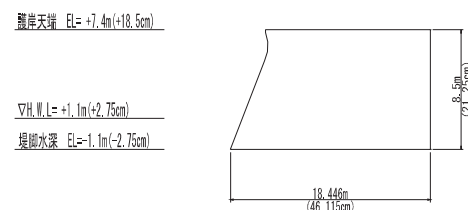


図-3.2 明り部再現模型



写真-3.2 覆道部消波ブロック消失状況

4. 実験結果の概要

4.1 計測データの処理

実験によって計測されたデータは、各ケース 10 回の最大波圧の平均値を設計波圧として用いることとした。ただし、波圧作用時のピークの鋭さ（波圧作用時間の長さ）確認および、ノイズの除去処理を行っている。

波圧作用時のピークの鋭さは、図-4.1、4.2 に示すとおり顕著でなく、波圧作用時間が長く継続的に作用している。よって、最大波圧を設計波圧とすることとした。また、図-4.3、4.4 に示すノイズはデータより除去した。

4.2 設計波圧の決定

実験による計測データの処理を行った結果、護岸部、覆道部、明り部（越波柵）に作用する波圧は表-4.2 のとおりで、実験ケースによる異なる条件を表-4.1 に示す。

覆道の開口部は 3~4ch の位置に相当し、覆道部の越波防止板に作用する設計波圧は約 $60 \sim 150 \text{ kN/m}^2$ と決定した。また、明り部の波圧は柵高を 3.0m 程度とすると約 $20 \sim 60 \text{ kN/m}^2$ を設計波圧とする結果が得られた。これらを設計波圧として越波防止板の設計条件とする。

表-4.1 覆道部と明り部の条件

	覆道部	明り部
①護岸脚部水深	2.5m	2.2m
②護岸からの距離	6.4m	0.6m
③波消ブロック	なし	あり

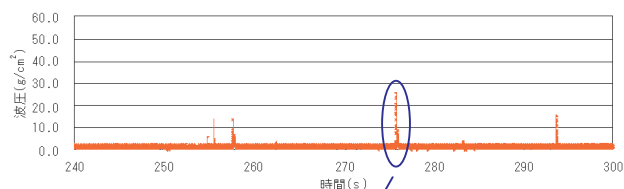


図-4.1 波圧グラフ(1 分間データ)

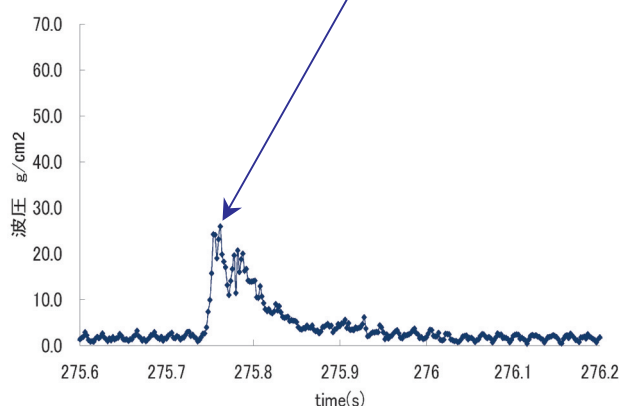


図-4.2 波圧グラフ(ピーク部)

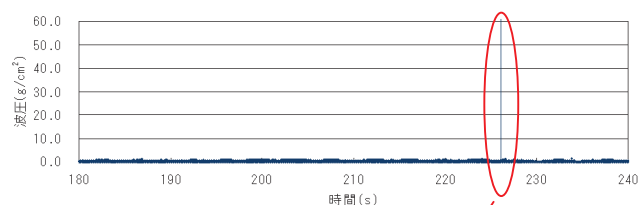


図-4.3 波圧グラフ(1 分間データ)

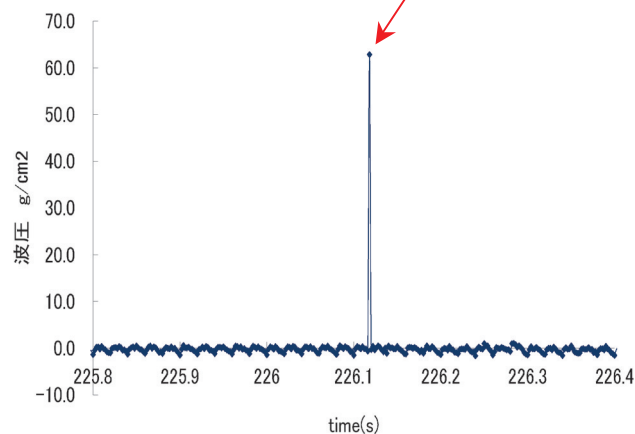


図-4.4 波圧グラフ(ノイズ)



写真-4.1 覆道部波圧作用状況

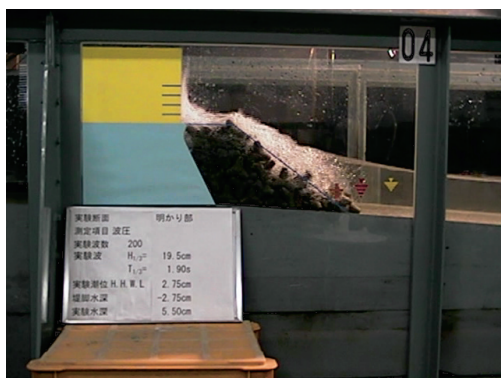


写真-4.2 明り部波圧作用状況

※チャンネル設置箇所
 ● 覆道部設置位置
 ● 明り部設置位置
 ○ 覆道部・明り部共通

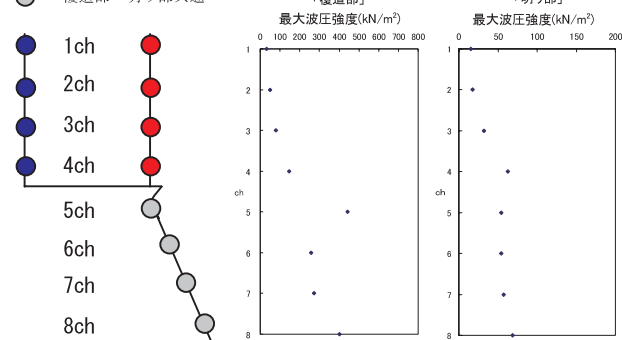


図-4.5 覆道部・明り部 最大作用波圧分布

5. 実験結果と理論値

本実験の実施は、理論値と現地状況に違いがあることに起因するものであり、実験結果と理論値との比較を行った結果を以下に示す。

理論値とは防波堤の設計に使われている計算法で算出した値であり、本実験を行った覆道部では図-5.1 に示す値が得られ、覆道開口部下方付近までしか波圧は作用しないこととなる。

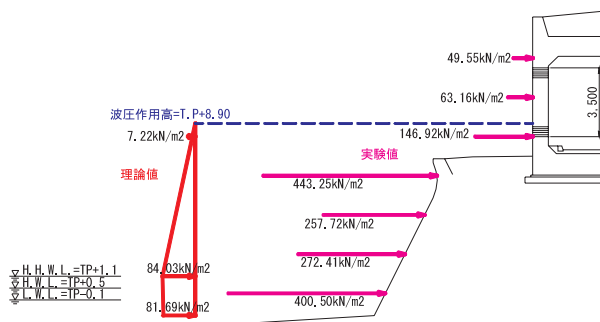


図-5.1 理論値と実験値の波圧分布

実験値と理論値を比較してみると、実験値は理論値の4倍以上の波圧強度となっており、更に波圧作用高は理論値より5m以上高くなっている。

6. 実験結果の考察

実験結果による波圧は、図-4.5 及び表-4.2 に示すとおり、明り部の最大作用波圧が 62.6 kN/m^2 、覆道部の作用波圧が 146.9 kN/m^2 となり、覆道部では明り部の約2.3倍の波圧が作用する結果であった。これは、条件の違いが大きく影響していると考えられる。

また、理論値と実験値の波圧強度は「理論値

表-4.2 作用波圧一覧表

作用位置		作用波圧 (kN/m^2)	
		覆道部	明り部
1ch	覆道 or 明り部	30.941	15.381
2ch		49.552	17.183
3ch		63.164	31.961
4ch		146.92	62.567
5ch	護岸部	443.248	53.998
6ch		257.715	54.517
7ch		272.409	57.194
8ch		400.497	69.046

×4≦実験値」となっており、波圧作用高は理論値より5m以上高くなることも判明した。

したがって、水深が深くなる防波堤の波圧計算式を、水深の浅くなる護岸に作用する波圧計算に用いると過小設計となる危険性が大きいと考えられる。

7. おわりに

以上、越波防止工設計用波圧の決定に関する実験を行い、波圧確定および理論値との比較について述べた。

本実験の成果が今後の越波防止工設計の一助となれば幸いである。

また、本実験および結果をまとめるにあたり有益な御指導および御助言を賜りました室蘭工業大学 木村教授、寒地土木研究所 山本上席研究員、その他関係者の方々にこの場を借りて厚く御礼申し上げます。

8. 参考文献

- *1 北海道開発局 道路設計要領 第1集
- *2 港湾構造物の耐波設計 合田良實