

大水深域非越波型護岸に作用する波圧の特性について

九州大学 学生会員 ○白尾 国貴 古本 裕一
正会員 山城 賢 吉田 明德

1. はじめに

著者らは、大水深域（20～30m）において図-1に示すような曲面を有する断面により、波を冲向きに返し越波を防ぐ非越波型護岸の開発を行っている。この護岸は、波の不規則性による突発的な打上げに対しても有効に機能し、通常用いられる直立護岸に比べて高い越波防止効果を有しているため、天端高を低減することが期待できる。しかしながら、現時点では現地施工を考える際に重要となる波圧特性についての基礎的知見が十分に得られていない。そこで、本研究では非越波型護岸の波圧特性に関する知見を得ることを目的に、水理模型実験を行った。



図-1 非越波型護岸

2. 実験内容

実験には図-2に示すような反射吸収式二次元造波水路を用いた。使用した非越波型護岸の模型を図-3に示す。模型縮尺は 1/45 である。入射波は、修正 Bretschneider-光易型スペクトルを有する不規則波とし、有義波高 $H_{1/3}=10.0\text{cm}$ 、有義周期 $T_{1/3}=1.3\text{s}$ を設定した。これは、現地の水深 15m の海域における有義波高 $H_{1/3}=4.5\text{m}$ 、有義周期 $T_{1/3}=8.7\text{s}$ の波を想定している。天端高 h_c を $h_c/h=0.324$ （水深 $h=33\text{cm}$ ）とし、不規則波が作用する場合の護岸断面に作用する波圧分布を計測した。波圧分布は、5つの波圧センサーを護岸模型の曲線部に取り付け計測した。波圧センサーの設置位置を表-1に示す。入射波については、同一のスペクトルから入射波成分の位相の組み合わせを変えて、造波信号を6種類作成した。実験の際には、図-2に示す波高計により水面変動を計測し、入反射分離推定法により入射波のスペクトルを確認した。それぞれの造波信号について5分間造波し、最初の1分間を除いた4分間で波圧を計測した。したがって、実質の計測時間は24分間であり、これは、入射波に含まれる最低周波数成分（0.4Hz）が560波程度含まれる時間である。サンプリング周波数は1000Hzとした。

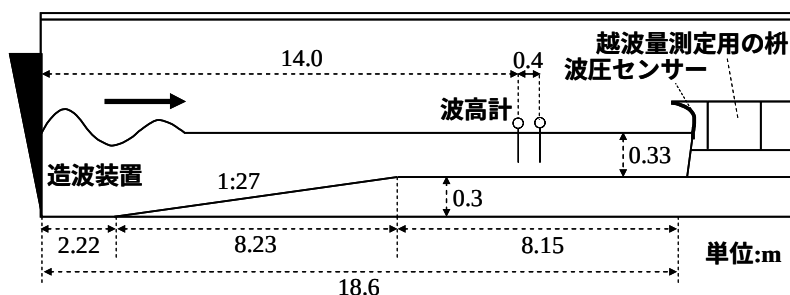


図-2 反射吸収式二次元造波水路

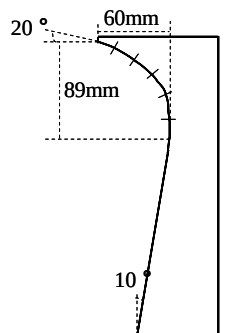


図-3 模型断面

表-1 波圧センサー設置位置

No.	天端高を基準とする高さ (cm)
1	-0.8
2	-1.9
3	-3.3
4	-5.1
5	-7.1

3. 波圧特性

図-4は、6種類あるうちの1つの造波信号において計測した波圧の時系列である。横軸は計測開始からの時刻を、縦軸は波圧を入射波相当の静水圧 $\rho g H$ で無次元化して表示している。計測開始から107s後付近で最大波圧が生じている。図-5にこの部分の拡大図を、図-6にこの波圧が作用した前後の打上げの様子を示す。大水深域では、波の不規則性に起因して突発的に生じる大規模な打上げが問題となり、図-4中の最大波圧はまさに突発的な打上げが生じたときに作用している。

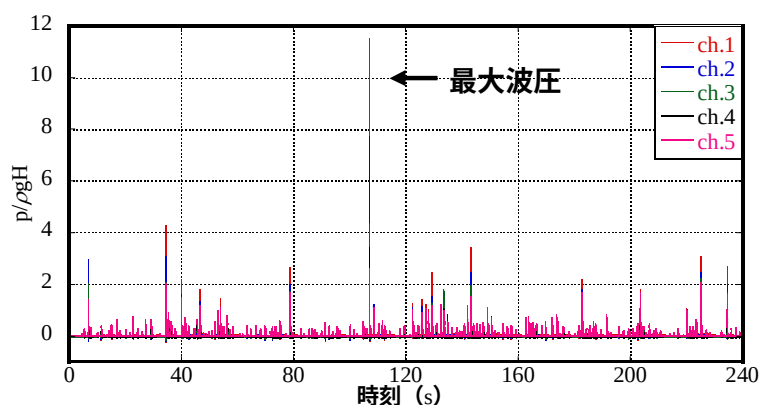


図-4 作用波圧の時系列

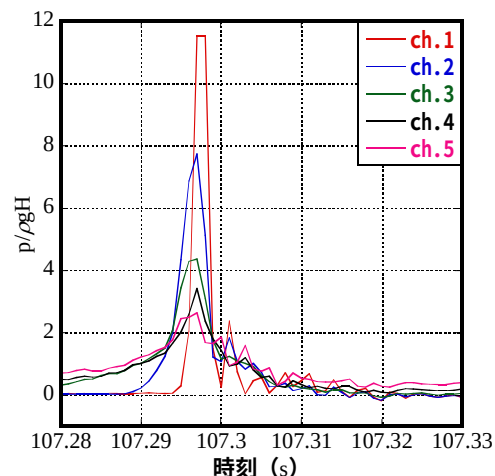


図-5 作用波圧の時系列 (拡大図)

図-5 より、突発的な打ち上げにより護岸に作用する波圧は極めて瞬間的なものであることが分かる。また、図-6 より護岸に作用した波は、ほぼ真上にまで打ち上がっている様子が伺える。

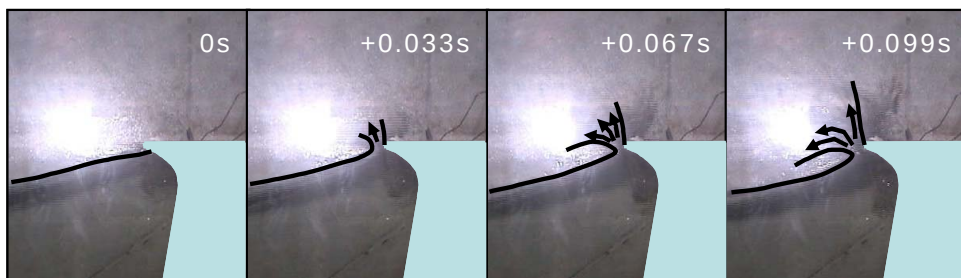


図-6 打ち上げの様子

図-7 に最大波圧分布を示す。横軸は波圧を入射波相当の静水圧 $\rho g H$ で無次元化しており、縦軸は波圧の計測位置 z を入射波の波高 H で無次元化している。図中には、全計測時間である 24 分間について抽出したピーク値、および合田式で算出した直立護岸に作用する波圧の分布も示している。大水深域非越波型護岸は、曲線部で波の向きを冲向きに変えるため、大きな波が作用した場合には、射出部に近い位置ほど波の力を受ける傾向がある。図-7 に示す最大波圧および平均波圧は天端に近いほど大きくなっている。また、最大波圧分布は合田式による波圧分布に比べ、非常に大きな分布となっており、特に天端付近では 10 倍程度大きい。合田式による波圧と本実験で計測した瞬間的な最大波圧を比較することには無理があるが、静水面付近で波圧が大きくなる直立護岸に比べて非越波型護岸は天端付近で大きな波圧を受けることは明らかである。

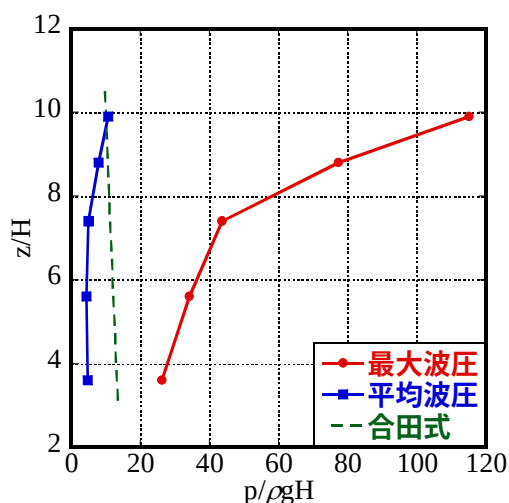


図-7 波圧分布

しかしながら、必ずしも天端に近づくほど大きな値をとるわけではなく、波の衝突の仕方によっては、曲線部の中間付近で大きな波圧が生じる場合もある。さらに断面形状の違いによっても波圧分布は異なることが分かっており、断面形状や護岸前面での水面波形と作用波圧の関連についてはより詳細な検討が必要である。

4. おわりに

非越波型護岸では、断面形状の決定について越波防止効果と作用波圧を勘案する必要がある。したがって、天端高が異なる場合や、断面形状が異なる場合について、越波流量および波圧分布の計測を行う必要がある。また、護岸全体に作用する波力の特性についても明らかにし、現地施工に資する知見を得ることが今後の重要な課題である。