

大水深域非越波型護岸の越波特性に関する数値実験

九州大学工学部 学生員 ○古本 裕一

正会員 山城 賢 吉田 明徳

1. はじめに

著者らは、大水深域を対象に図-1に示すような曲面により波を効果的に沖方向に返し越波を防ぐ非越波型護岸の開発を行っている¹⁾。この護岸は従来の直立護岸に比べて天端高を低減でき、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する。しかし、現段階では非越波型護岸を設計するための基礎的知見が十分に得られていない。そこで、非越波型護岸の越波特性を把握する一環として、本研究では、まず、のちの検討に利用する数値計算モデルにおける不規則波の造波方法について検討し、次いで、曲線部を円弧とした新たな断面を考案し越波流量について従来検討してきた放物線型との比較を行った。



図-1 非越波型護岸

2. 数値波動水路における不規則波の造波に関する検討

2.1 造波信号の作成

越波流量を計算する数値モデルにはVOF法に基づく数値波動水路(CADMAS-SURF)²⁾を使用した。本数値実験では、不規則波を対象としている。数値波動水路で不規則波を発生させるには、造波位置での水位変動、水粒子速度の鉛直分布を独自に与える必要があり、この際、成分波の線形重ね合わせによって不規則波の入力データを作成する手法が簡便であり通常よく用いられるが、静水面以上の水平流速が過大になるという問題や、波の非線形性を考慮していないために造波時間の経過と共に平均水位が上昇する問題がある。藤原ら³⁾はこれらの問題の対処法を提案しており、その有用性が報告されている。本研究では、造波信号の作成にあたり、平均水位の上昇に対しては藤原ら³⁾の手法を踏襲し、成分波の水平流速から予め質量輸送速度 U を差し引いて流速を与え、静水面以上の過大な水平流速の問題については新たな手法を検討する。

2.2 造波信号の妥当性の検証

作成した造波信号の妥当性を検証するため、一様水深領域における検討を行った。解析領域を図-2のように設け、 $H_{1/3}=0.08\text{m}$ 、 $T_{1/3}=2.0\text{sec}$ の不規則波を200秒間作用させた。静水面以上の流速の補正については現在検討中であるため、ここでは質量輸送速度の効果についてのみ述べる。図-3に造波位置における水面変動の計算値と理論値(目標値)を示す。質量輸送速度を差し引くことで平均水位の上昇が抑えられており、藤原ら³⁾の手法の適用性が確認された。図-4は、規則波および不規則波の伝播の様子を比較したものである。規則波の条件は $H=0.08\text{m}$ 、 $T=2.0\text{sec}$ とし、造波位置および造波位置から30m地点での水面変動を算出した。規則波は想定した波が造波位置から離れても十分に伝播しているのに対し、不規則波は伝播に伴う波高の減少が確認された。このことから、実際に不規則波を使用して計算を行う際には、非越波型護岸の近傍において想定した入射波が造波できていることを確認する必要があるといえる。

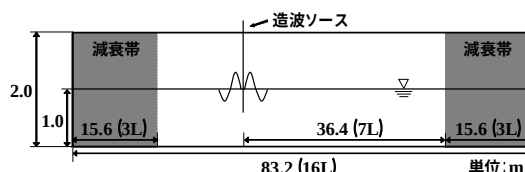


図-2 解析領域

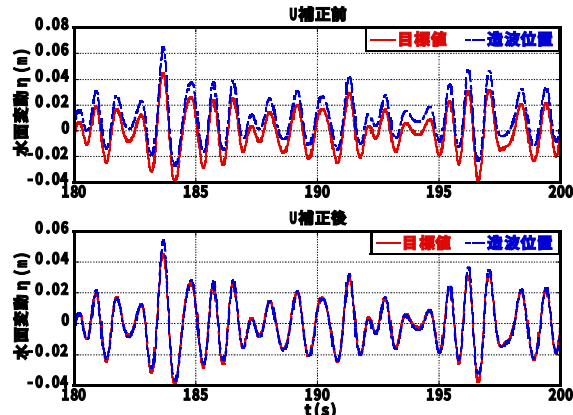


図-3 質量輸送速度の効果の比較

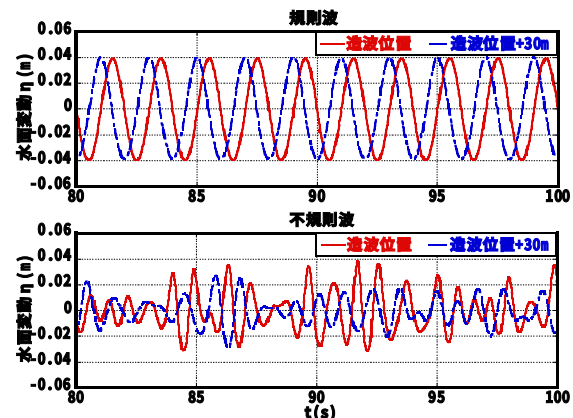


図-4 伝播の様子の比較

3. 非越波型護岸の越波特性の検討

3.1 計算条件の決定

計算条件の設定に際して、非越波型護岸を適用し得る現地条件の一例として玄界灘の水深 10~20m 程度の海域を想定した。入射波は、国土技術政策総合研究所資料⁴⁾を参考に、想定地域の 10 年確率波 ($H=6\text{m}$, $T=11\text{s}$) に基づく規則波とした。計算対象とする護岸断面を図-5 に示す。これまで著者らが検討してきた従来型の放物線型断面は設定する断面パラメータが多く、また、それぞれのパラメータが独立ではないため、各パラメータが越波流量に与える影響を詳細に評価することが困難であった。そこで、放物線部を円弧とし、設定するパラメータも少なく済む円弧型断面を新たに考案した。円弧型は曲率が一定であるため、各断面パラメータの影響の評価や、最適断面の決定が比較的容易となる。また、現地施工の面においても放物型に比べ優れていると思われる。そこでまず、これまでの検討から高い越波防止効果を確認している放物型断面 (b) に近い形状になる円弧断面 (a) を設定し、円弧型と放物型の越波流量を比較することで、円弧型の越波防止効果を検証した。円弧型断面、放物型断面ともに曲線部の高さ $D=4\text{m}$ 、傾斜角 $\theta_1=10^\circ$ 、射出角 $\theta_2=20^\circ$ である。解析領域全体は図-6 に示す通りで、越波流量は、図-7 に示すように、護岸背後に越波水を確保するための柵を設定し、柵内に溜まった水量から算定した。

3.2 計算結果の検証

図-8 は放物線型と円弧型で越波の様子を比較したものである。両者ともに波を曲線部で冲向きに返し、波が引いていく一連の様子を良く表現している。越波流量については、このケースでは円弧型が $q(gH^3)^{1/2}=0.035$ 、放物線型が 0.028 で円弧型の方が若干大きくなったが、これは、円弧型にすることで張り出し幅が短くなったためであり、円弧型断面が十分に越波防止効果を発揮することは確認できた。

4. おわりに

数値実験により、円弧型断面の非越波型護岸としての適用性が確認された。今後は、不規則波の造波方法を改良し、不規則波を用いて円弧型断面の越波特性について断面パラメータの影響を検討する。

参考文献

- 1) 橋本ら(2006): 大水深域非越波型護岸の基本的越波特性について, 海洋開発論文集, vol.22, pp.283-288.
- 2) 財団法人 沿岸開発技術研究センター(2001): 数値波動水路の研究・開発, 沿岸海洋技術ライブラリー, No.12, 296p.
- 3) 藤原ら(2005): 数値波動水路内で線形理論を用いて発生させた不規則波の特性および適用限界に関する一考察, 海岸工学論文集, 第 52 巻, pp.041-045.
- 4) 国土交通省 国土技術政策総合研究所(2003): 国土技術政策総合研究所資料, No88, 我が国の波浪外力の分布, pp.1-7.

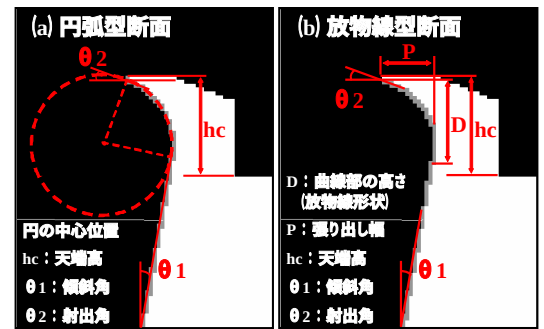


図-5 非越波型護岸の断面パラメータ

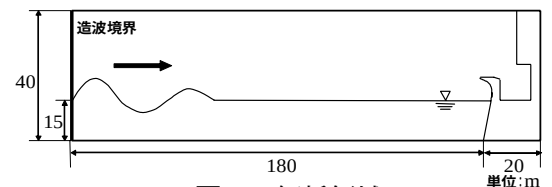
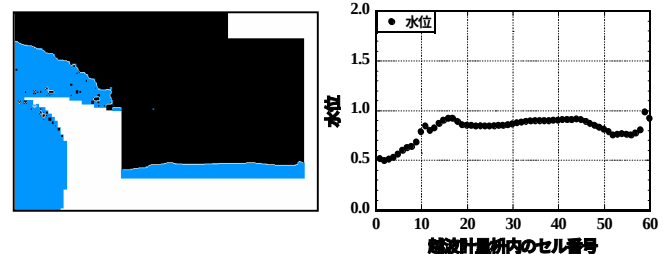


図-6 解析領域



(a) 柵内の越波水の様子

(b) 水位の出力結果

図-7 越波量の算定

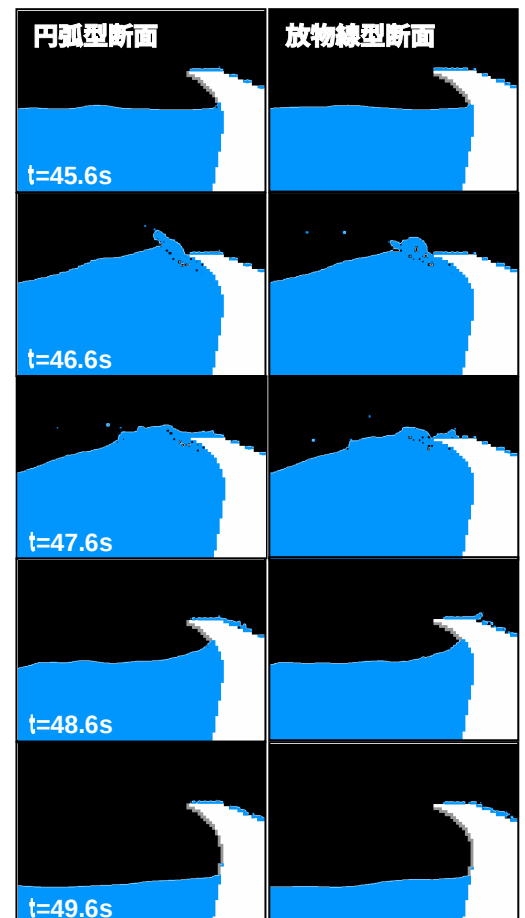


図-8 波を返す様子の比較