

拡張型 Boussinesq 方程式の有明海沿岸域への適用性に関する研究

熊本大学

学生員

○嶋津秀一、正会員

滝川 清、山田文彦

1. はじめに

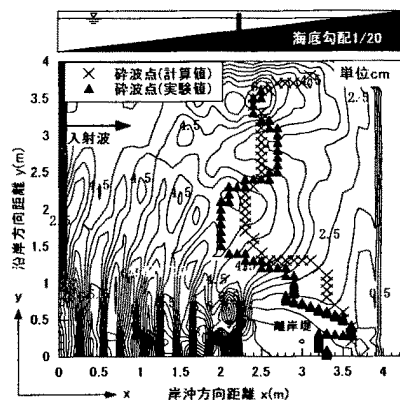
浅海域の波浪変形シミュレーションを行うために開発された Boussinesq モデルは、近年多数の研究者によりその適用性の検討がなされており、斜面や離岸堤などの境界条件を有する領域での計算例が報告されている。しかし、その適用例の検討には多くの場合単純化された海底模型を用いた実験結果が用いられており、複雑な地形を有する実海域におけるモデルの適用性の検討は未だ不十分である。そこで本研究では、分散特性を改善した拡張型 Boussinesq 方程式 (Madsen ら)¹⁾ を有明海沿岸域に適用し、実海域における本モデルの適用性を検討することを目的とし、平成 11 年 9 月 24 日の台風 18 号来襲時の熊本新港周辺域での波浪変形シミュレーションを試みる。

2. 解析手法

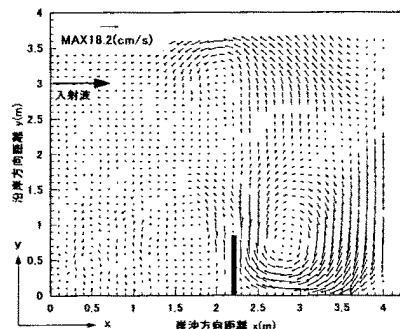
本研究では基礎方程式として Madsen ら¹⁾ が提案した拡張型 Boussinesq 方程式に砕波減衰、摩擦項等を加えたものを用いた。なお、基礎方程式および計算手法の詳細は平山ら²⁾ を参照されたい。

今回、実海域への適用性を検討するにあたって、まず本モデルの基本性能の検証として球面浅瀬地形での屈折、半無限防波堤地形での回折、離岸堤地形(海底勾配の異なる 2 ケース)での波高分布・海浜流の合計 4 ケースについて計算を行い、波高分布や海浜流の実験値や既往の理論との比較により本手法の妥当性を確認した。ここではその 1 例として、海底勾配 1/20 の一様斜面上の離岸堤周辺における波浪場・海浜流場の計算結果を示す。図-1(a)は清水ら(1983)³⁾ の実験条件に対する波高分布の計算値である。計算条件は計算格子間隔 Δx を 10cm ($=L/10$, L は波長)、時間間隔 Δt を 0.33s ($\approx T_i/20$) とし、入射波高 $H_i=4.9$ cm、周期 $T_i=0.87$ s の規則波を y 軸と直角になるように入射した。なお、計算領域の周囲には約 1 波長のエネルギー吸収帯を配置して計算を行っている。今回の計算では流速と波速の比 $u/c=0.45$ を砕波基準とした。この砕波基準を用いた砕波点の計算結果($\times$ 印)は、実験結果($\blacktriangle$ 印)を精度良く再現している。また、波高についても実験結果との比較により離岸堤前面の反射波領域、背後の回折・砕波領域ともに妥当な計算結果が得られていることを確認した。図-1(b)は離岸堤周辺の海浜流場を計算したものである。離岸堤背後で時計回りの循環流が発達しており、計算結果は定性的に実験結果と良く一致している。また、実験結果では最大流速は約 20cm/s であるのに対し、計算結果では 18.2cm/s であり定量的にも実験結果を良く再現している。

本手法の妥当性が確認できたので次に、図-2 に示す熊本新港周辺を対象とした計算を行った。計算領域の周囲に約 2 波長のエネルギー吸収帯を配置し、図中の点線の部分を入射境界とした。入射波は図中の $\star$ 印で示される熊本新港



(a) 離岸堤周辺の波高分布



(b) 離岸堤周辺の海浜流

図-1 計算結果(離岸堤、海底勾配 1/20)

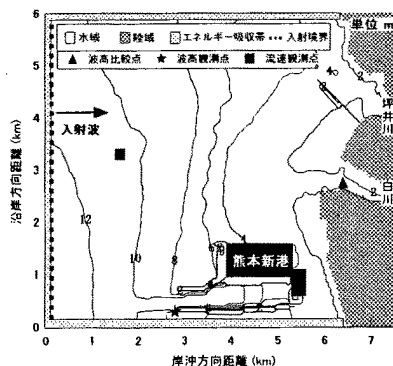
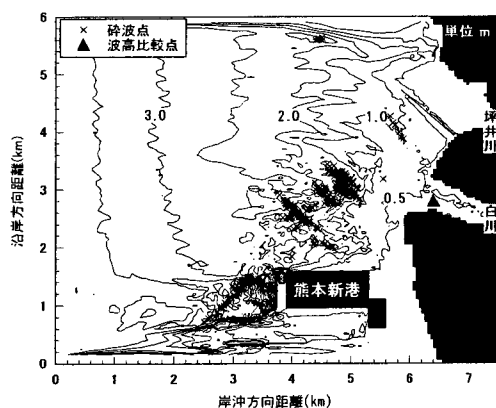


図-2 計算領域(熊本新港周辺)

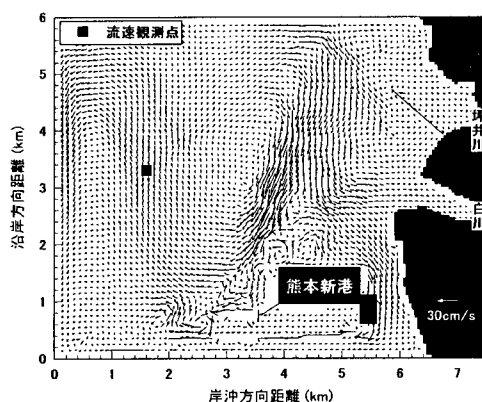
波高観測点で台風来襲時に観測された波高記録から入射波高 $H_i=3.62\text{m}$ 、周期 $T_i=6.6\text{s}$ とした。また、図中の◆印は白川河口における波高比較点であり実測値と計算値の比較を行う。計算条件は計算格子間隔 $\Delta x=10\text{m}$ ($\approx L/6$ 、 L は波長)、時間間隔 $\Delta t=0.33\text{s}$ ($=T_i/20$) とした。なお、計算対象とする時刻は、台風が最も接近した9月24日早朝6時頃であり、当日の熊本新港での満潮時刻が午前8時1分であることから潮位条件をほぼ満潮位であるとして計算を行った。

3. 解析結果

図-3(a)に、熊本新港周辺域での砕波点と波高分布の計算結果を示す。熊本新港による波の反射・回折、また水深変化に伴う波の変形などが定性的に再現出来ている。なお、今回の計算では様々な検討を重ねた結果、 $u/c=0.3$ を砕波基準とした。(a)図中の×印はこの基準を用いた砕波点であるが、水深が急変する箇所や新港前面において砕波が生じていることがわかる。次に、本計算モデルの定量的な精度検証のために、同図中の◆印で示した白川河口の波高比較点における実測値と計算値との平均波高による比較を行った。この点における平均波高の実測値は 0.54m である。それに対し計算結果では約 0.47m となり、実測値に比べ約10%程度小さい値となったが、比較的良好な精度で再現できている。なお、この過小評価の原因としては、空間格子間隔が波長の約 $1/6$ とやや粗いことや河川からの流入量や潮汐流などを考慮していないためと考えられる。図-3(b)は、熊本新港周辺での海浜流場の計算結果である。(a)図中の砕波点付近で南下する大きな流れが生じ、新港付近で沖方向へ向かう流れと、岸方向へ向かう流れとに2分する。南下する流れの最大値は約 55cm/s であり、これは今年度と同図中の■印の点において行った流速の観測で、気象・海象が穏やかな場合での潮汐流の最大流速約 50cm/s と同程度であり、荒天時における海浜流のスケールが無視できないことを示している。また、今回の台風来襲時の潮位は上げ潮状態であり、今年度の観測よると上げ潮時には全体的に北東方向へ向かう流れが卓越し、その最大流速は約 30cm/s である。よって、潮汐流を考慮するとこの時刻における熊本新港周辺の流況はさらに複雑な流れ場を形成していると考えられる。



(a) 熊本新港周辺の砕波点と波高分布



(b) 熊本新港周辺の海浜流

図-3 計算結果(熊本新港周辺)

4. おわりに

今回は、本モデルの基本性能の検証として様々な地形において波浪変形計算を行い、波高分布や海浜流分布の実験値や既往の理論との比較をすることによりその有効性を確認し、実海域への適用を試みた。今後は同条件における潮流計算を行い、海浜流場と潮流場との定性的・定量的な比較を行う予定である。また、波浪計算において流入河川からの流入量、潮位の変化、波向きの変化などを考慮した数値解析も検討しているが、詳細は講演時に発表する予定である。

<参考文献>

- 1) Madsen, P. A. and O. R. Sorensen, 1992: Coastal Eng. Vol.18, pp. 183-204
- 2) 平山ら(1998): 海岸工学論文集、第45巻、pp.161-165
- 3) 清水ら(1983): 海岸工学論文集、第30巻、pp.229-233