

粒子法によるハイブリッドケーソン前面に作用する波圧の算定

Calculation of wave pressure acting on the front of a hybrid caisson using the particle method

○阿部文哉¹, 船内柊志¹, 田村直輝², 惠藤浩朗³, 西田淳⁴

* Fumiya Abe¹, Shuji Funauchi¹, Naoki Tamura², Hiroaki Eto³, Atsushi Nishida³

Abstract: Hybrid caissons demonstrate greater resistance to sliding and tipping compared to reinforced concrete (RC) caissons, owing to their distinct shapes and materials. Nevertheless, there is currently no precise formula available for calculating the lifting and resisting forces that consider the geometry of the hybrid caisson. Therefore, in the future, we intend to employ the Smoothed Particle Hydrodynamics (SPH) method, a particle-based approach, for computing these pressures. As a preliminary step, we have verified that accurately calculating the pressure acting on the front of the caisson is feasible.

1. はじめに

ハイブリッドケーソン (以下, HBC) は RC ケーソンと異なり, 鋼・コンクリートの複合構造から構成され, 軽量であることからケーソンの長大化が期待でき, 様々な形状にも容易にも対応可能で, コンクリート工事を省力化できるため経済性にも優れたケーソンである. Figure 1 に RC ケーソンと HBC の形状を示す

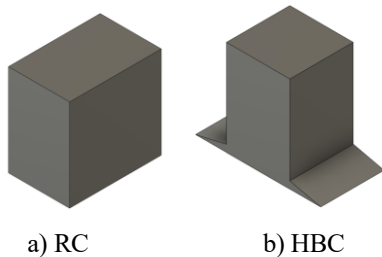


Figure 1 Image of RC caisson and HBC

しかし HBC のフーチング部分に作用する抑圧力と揚圧力の適切な算定方法は確立されておらず, 現在は港湾施設の技術上の基準^[1]に基き RC ケーソンの基準で設計されている. また酒井ら^[2]が提案する抑圧力と揚圧力算定式と, 江崎ら^[3]の水槽実験による結果と比較すると, 実験結果が計算結果より大きな結果で得られたことから提案した算定式の精度に課題を残すと報告されている.

そのため HBC のフーチング部分の断面設計を行うためには, より正確に HBC に作用する水平方向の波圧や抑圧力, 揚圧力の分布を捉えることが重要となる. しかしそれらの圧力を算定する場合, 終局限界状態を想定して HBC の断面設計を行うため, 波の砕波や越波といった複雑な流体の挙動を再現する必要がある.

そこで本研究では, 複雑な挙動を再現することに適している粒子法の中の一つである SPH 法を用い, 抑圧力や揚圧力の算定といったフーチング部分の検討の前段階と

して, ケーソン前面に作用する波圧解析を行い, 解析結果を実験結果^[3]や合田式の値と比較することで, その妥当性の確認を行った.

2. HBC 前面に作用する波圧の解析結果の検証

本研究では抑圧力と揚圧力の計測を行う前段階として, 江崎ら^[3]の水槽実験に対応した数値計算モデルを準備した. Figure 2 に本解析で使用した HBC 形状を含めた計算モデルを示す. また Table 1 に粒子法による解析の諸条件および波条件を示す.

また本研究では, 粒子法の中でも比較的計算効率の良い SPH 法を採用し, SPH 法をもとにした汎用の流体解析ソフトウェア DualSPHysics を用いて解析を行った. ここでは SPH 法による解析結果を実験結果や合田式より算出した波圧と比較することで, 解析精度の確認も行う.

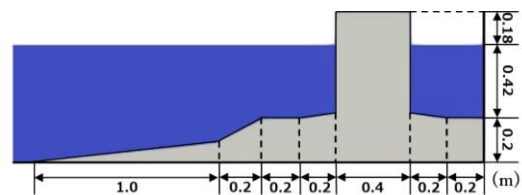


Figure 2 Calculation model composite caisson type breakwater

Table 1 Calculation conditions and wave condition

	Case1	Case2
Significant wave height	0.15m	0.20m
Significant wave period	1.30s	2.50s
Width of water tank	5.40m	
Height of water tank	1.50m	
Particle size	0.005m	
Time step	0.05s	
Simulation time	100s	
Total number of particles	113,000particles	

1:日大理工・学部・海建 2:日大理工・院・(前)海建 3:日大理工・教員・海建 4:日本エンジニアリング株式会社

HBCの前面に作用する波圧については、ケーソン前面を鉛直方向に0.01m間隔で分割し計測点を設けることで、前面に作用する波圧を算出した。また流体解析の特性上、シミュレーション開始時に粒子が静置するまで時間を要するため造波はシミュレーション開始から15秒後から行った。

以降に出力された波の波高と得られたHBCの前面に生じる波圧分布、そして合田式による算定値、江崎ら^[3]の値との比較結果を示す。

Table2 Significant wave height and maximum wave height obtained by SPH method

	Case1	Case2
Significant Wave Height	0.16m	0.18m
Maximum Wave Height	0.30m	0.25m

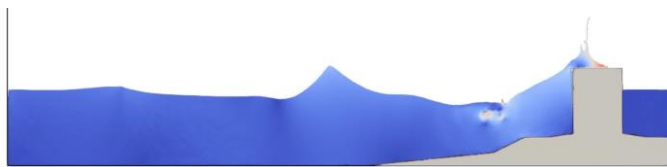


Figure 3 Behavior at maximum wave pressure (Case1)



Figure 4 Behavior at maximum wave pressure (Case2)

Table3 Total wave pressure result

	present calculation	Goda pressure formulae
Case1	0.83kN/m	0.72kN/m
Case2	1.26kN/m	1.33kN/m

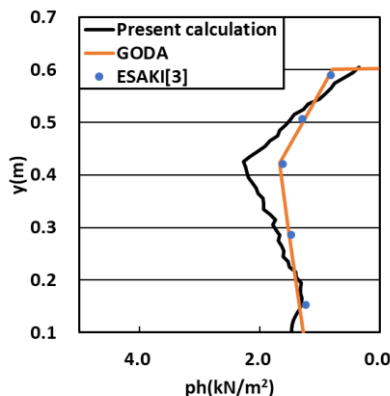


Figure 5 Comparison of maximum wave pressure in Case 1 between present calculation, Goda pressure formulae, and experimental results by Esaki

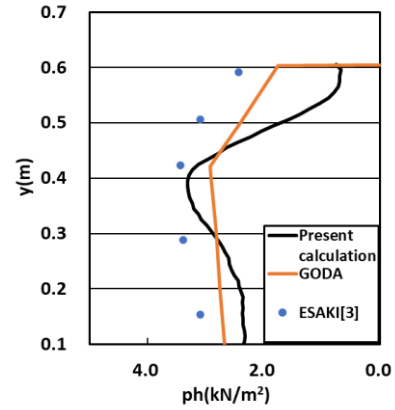


Figure 6 Comparison of maximum wave pressure in Case 2 between present calculation, Goda pressure formulae, and experimental results by Esaki

Figure 3, 4はそれぞれCase1, 2最大波圧時の挙動の瞬間をとらえた図である。このことより粒子法による解析は越波や砕波などの現象を再現できていることから、解析に適していると考えられる。

次に、Figure 5, 6の結果であるが、これよりよりケーソン全面に作用する最大波圧の分布傾向は全てで同様の傾向を確認された。一方で、波圧の部分に関してはTable2に記載されているように波高が入力に近い値で出力されているにも関わらず、合田の結果より特定の部分の波圧が大きい結果として算出された。しかし、Table3に記された最大合計波圧に着目してみた場合、大きな差が見られないことからうまく算定できているのではと考えられ、波圧分布の傾向や合計波圧がとらえられているため妥当性があると考えられる。

3. おわりに

今回の結果よりケーソン前面に作用する圧力分布傾向やマウンドが不透過である現状でも作用する波圧にとっても大きな差はないことから、SPH法による圧力計算に妥当性があると考えられた。

今後実寸大のHBCやマウンド部を透過モデルに置き換え解析を行う事で、合計波圧の精度向上、そして抑圧力や揚圧力の推測を行っていく。

参考文献

- [1] (社)日本港湾協会：港湾施設の技術上の基準・同解説(上巻), 1999.
- [2] 酒井浩二, 井福周介, 大釜達夫, 山崎耕嗣：大水深における重複波を考慮した設計波力算定法, 土木学会海岸工学論文集, 第45巻, pp.746-750, 1998.
- [3] 江崎慶治, 高山知司, 安田誠宏：フーチングを有するケーソン式防波堤に作用する波圧の算定式の検証, 土木学会海洋開発論文集, 第22巻, pp.319-324, 2006.