

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 18 日現在

機関番号：33919

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2013～2014

課題番号：25630207

研究課題名(和文) 海洋波に受動応答する越波低減浮体パネルFORROWの開発

研究課題名(英文) Development of Floating panel for wave Overtopping Reduction Responding to Ocean Waves "FORROW"

研究代表者

川崎 浩司 (KAWASAKI, Koji)

名城大学・理工学部・特任教授

研究者番号：20304024

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、景観・親水性・生態系に配慮し、維持管理が容易な越波低減工法として、既設の直立護岸前面に設置する浮体パネルFORROW (Floating panel for wave Overtopping Reduction Responding to Ocean Waves) を提案・開発した。また、水理模型実験と固気液多相乱流モデルによる数値解析を実施することにより、浮体パネルの越波低減性能と作用波圧特性について明らかにした。

研究成果の概要(英文)：The present study proposed a Floating panel for wave Overtopping Reduction Responding to Ocean Waves (FORROW) as the one of the aesthetic, water-attracting, eco-friendly and maintenance-free wave overtopping prevention methods. Wave overtopping function of the panel and wave pressure characteristics acting on the panel were examined by conducting the laboratory experiments and numerical simulations with a solid-gas-liquid multi-phase model.

研究分野：海岸工学，沿岸防災工学

キーワード：越波低減工法 浮体パネル 直立護岸 高潮 高波 多相流モデル 越波低減機能 作用波圧

1. 研究開始当初の背景

(1) 1959年の伊勢湾台風以降、沿岸防災施設の整備が進められてきた今日においても、甚大な高潮・高波被害が発生している。特に2004年は日本への台風上陸数が過去最高の10個で、激甚な災害が各地で多発した。応募者が現地調査した道路護岸周辺では、越波・越流の影響により、地域間の交通網が麻痺した。

(2) 現在、地球温暖化による海面上昇・台風の強化が懸念されており、高潮・高波対策をより一層強化することは人命・財産保護の面から極めて重要である。しかし、国や自治体の財政悪化など社会情勢の変化に伴い、容易に海岸構造物を新設・改修することができない上、建設費の縮減、構造物の老朽化など深刻な課題も多く残っている。

2. 研究の目的

(1) 海洋波に応答する越波低減浮体パネル FORROW ( Floating panel for wave Overtopping Reduction Responding to Ocean Waves) の開発

自然外力である波浪によって上下運動することで越波量を低減させる減災構造物とそのシステムを提案・開発する。具体的には、既設の直立護岸前面に、パネル形式の浮体構造物とその上下運動を可能とするフレームを設置することで、海水が既設護岸を越えて堤内地に流れ込むような高波浪時の越波・越流を防ぐ。一方、静穏時においては、浮体構造物の天端高さが既設護岸の天端を超えないようにすることで、景観を阻害しないといった特徴を有する。また、海域の専有面積が狭いことから、海域環境への影響が小さいといった利点がある。

(2) 越波低減浮体パネル FORROW の性能評価

まず水理模型実験を実施することにより、波作用下における浮体パネルの越波低減性能を明らかにする。また、浮体パネルの動的挙動特性を把握することにより、新たな護岸形式としての浮体パネル設置護岸の有効性を検証する。さらに、これまで著者が開発してきた固相・気相・液相の相互干渉を考慮できる3次元多相乱流数値モデルを改良・活用することにより、数値計算の面からも、越波低減浮体パネルの性能評価と作用波圧特性について検討する。

3. 研究の方法

(1) 詳細な水理模型実験を実施することにより、規則波作用下における浮体パネルの越波低減性能特性を明らかにする。

(2) 浮体パネルの動的挙動を把握することによって、新たな構造形式としての浮体パネル設置護岸の有効性を検証する。

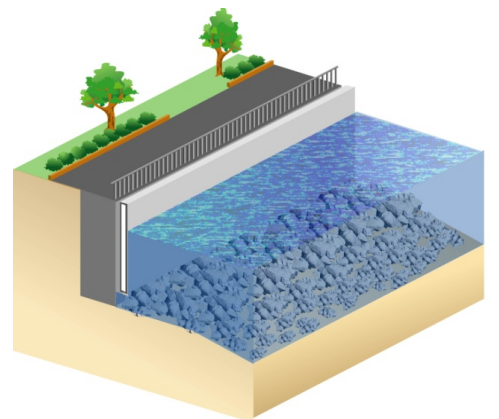
(3) 3次元固気液多相乱流数値モデル DOLPHIN-3D を改良・活用して、波と浮体パネルの相互作用について数値的にも検討する。

(4) より現地に近い水理現象を把握するため、不規則波動場を対象に水理模型実験を行い、規則波動場に関する研究成果と比較・検討する。

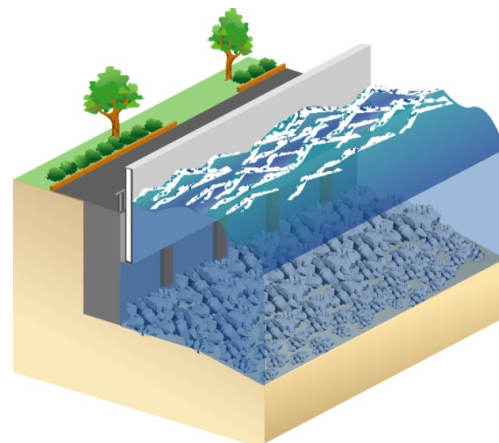
(5) 浮体パネルの実用化に向けて、水理模型実験・数値解析の面だけでなく、理論的な観点からも議論する。

4. 研究成果

(1) 本研究では、景観や親水性に配慮し、減災を目的とした維持管理が容易な構造物として、既設の直立護岸前面に浮体パネルを設置した新たな護岸形式を提案した。具体的には、図-1に示すように、高潮や高波が来襲した際、護岸胸壁に設置された浮体パネルが自然外力である波浪によって上下に動くことで、既設護岸を越えて堤内地に流れ込む海水を低減させる護岸形式である。浮体パネルは水面変動に追随することにより、波が作用する際に護岸天端高の嵩上げと同様の効果が期待でき、大規模な越波・越流に対しても軽減効果が得られると判断される。



(a) 通常時



(b) 高波浪時

図-1 浮体パネル設置直立護岸の概念図

(2) 規則波作用下では、図-2 と図-3 に例示するように、浮体パネルが水位変動に追従して動くことにより、浮体パネル前面で水が堰き止められ、水塊が直立護岸背後へ流入するのを防ぐことで越波流量を低減することができることを確認した。

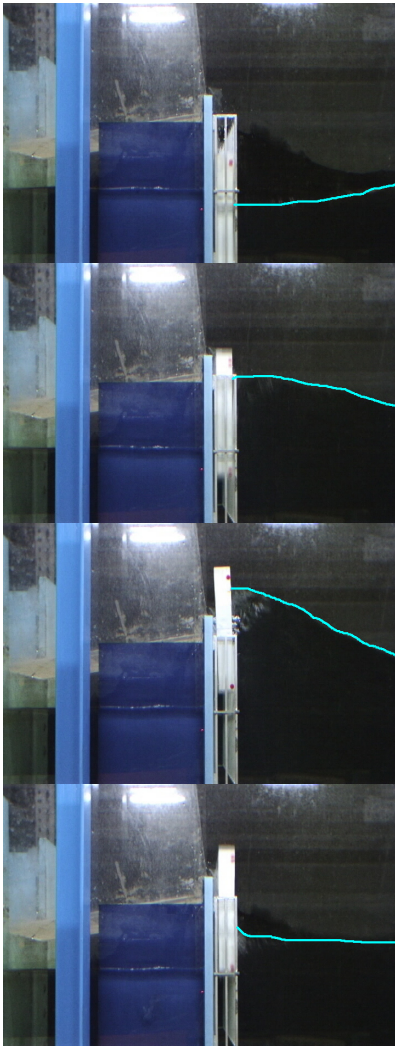
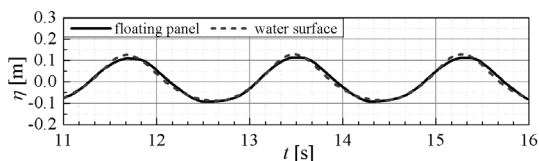


図-2 浮体パネル設置護岸



(a) 浮体パネル周辺の連続写真 (1コマ0.188s で表示)



(b) 浮体パネル挙動・水位変動の時系列変化  
図-3 規則波作用時の浮体パネルの挙動と水面変動 (波の周期  $T=1.79s$ )

(3) 本研究で実施した実験ケースの範囲内においては、図-4 に示すように、直立護岸に浮体パネルを設置することによって、越波流量を約 8 割まで低減可能であることを明らかにした。

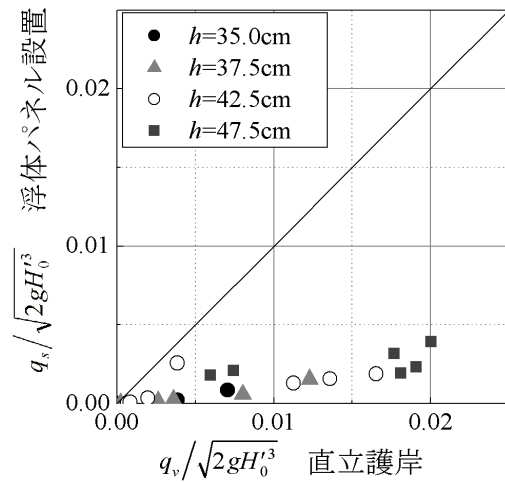
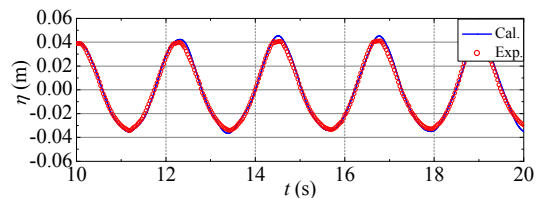
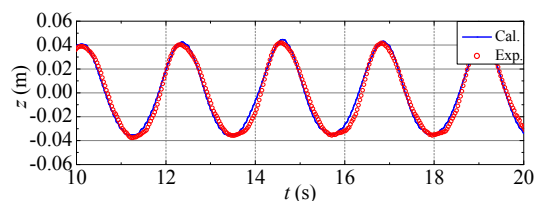


図-4 浮体パネルの有無による無次元越波流量の比較

(4) 本研究では、沿岸域の複雑な現象を解明するために、著者が開発してきた 3次元固気液多相乱流数値モデル DOLPHIN-3D (Dynamic numerical model Of muLti-Phase flow with Hydrodynamic INteractions-3 Dimension version) を、浮体パネルの動的挙動を精微に再現できるように、剛体解析法を改良した。また、図-5 と図-6 に一例を示すように、数値計算と水理模型実験の比較から、DOLPHIN-3D の妥当性・有用性を検証した。



(a) 浮体パネル前面における水面変動



(b) 浮体パネルの動的挙動

図-5 実験と計算結果の比較 (波高 0.04m)

(5) 図-6 に例示するように、DOLPHIN-3D による計算結果を 3次元グラフィックで描画する POV-Ray 用インターフェースシステムを構築した。インターフェースシステムは、計算結果の高度な可視化が可能であり、護岸周辺における水理現象の理解に役立つといえる。



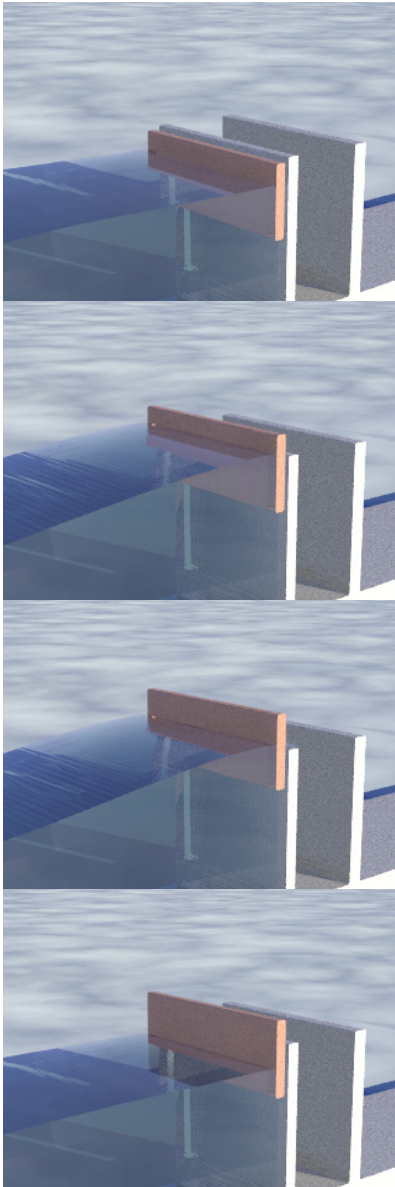


図-6 POV-Rayによる3次元描画

(6)図-7に示すように、浮体パネルに作用する圧力分布は常に静水圧分布と等しくなっていることが判明した。また、水理模型実験との比較から、本研究で構築した3次元多相乱流モデル DOLPHIN-3D は、作用圧力の時間変動に対しても精微に再現できることが明らかとなった。

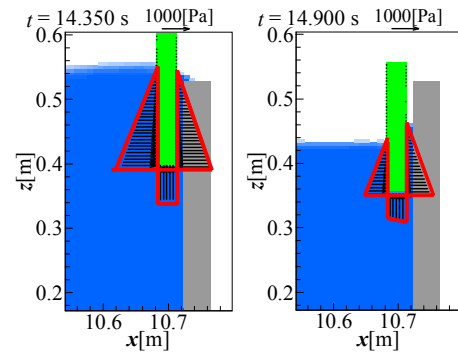
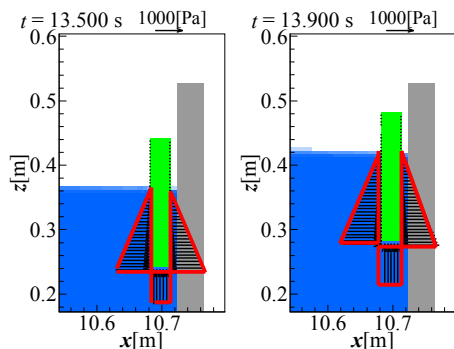


図-7 浮体パネルに作用する圧力分布  
( $H=0.10\text{m}$ ,  $T=2.24\text{s}$ )

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計3件)

- ① 川崎浩司・松野哲弥, 3次元固気液多相乱流数値モデル DOLPHIN-3D への高精度界面捕獲法 THINC/WLIC 法の導入, 土木学会論文集 B2(海岸工学), 査読有, Vol. 70, No. 2, 2014, I\_355-I\_360
- ② 川崎浩司・松野哲弥・坂谷太基・有光 剛, オイラー表記に基づく自由表面単相流・多相流解析モデルの比較検討, 土木学会論文集 B2(海岸工学), 査読有, Vol. 69, No. 2, 2013, I\_026-I\_030
- ③ 川崎浩司・松浦 翔・坂谷太基, 3次元数値流体力学ツール OpenFOAM における自由表面解析手法の妥当性に関する検討, 土木学会論文集 B3(海洋開発), 査読有, Vol. 69, No. 2, 2013, I\_748-I\_753

[学会発表] (計3件)

- ① 坂谷太基・川崎浩司, 遡上津波—構造物衝突問題に対する OpenFOAM の適用性について, 土木学会中部支部研究発表会, 平成 27 年 3 月 6 日, 中部大学(愛知県春日井市)
- ② 川崎浩司・松野哲弥, 段波状津波と構造物の衝突問題に対する自由表面単相流・多相流解析モデルの適用性に関する研究, 第 63 回理論応用力学講演会, 平成 26 年 9 月 27 日, 東京工業大学(東京都目黒区)
- ③ 川崎浩司・松浦 翔・坂谷太基, OpenFOAM を用いた水柱崩壊による段波と構造物の衝突解析, 日本混相流学会混相流シンポジウム 2013, 平成 25 年 8 月 10 日, 信州大学(長野県長野市)

## 6. 研究組織

(1) 研究代表者

川崎 浩司 (KAWASAKI, Koji)  
名城大学・理工学部・特任教授  
研究者番号: 20304024