

平成 29 年 6 月 1 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2013～2016

課題番号：25289313

研究課題名(和文)海中浮沈装置の流体・構造連成解析

研究課題名(英文) Fluid-structure coupling analysis of the device for underwater flotation and submersion

研究代表者

北澤 大輔 (Kitazawa, Daisuke)

東京大学・生産技術研究所・准教授

研究者番号：30345128

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 10,200,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、海水中を浮沈する高密度ポリエチレンパイプの流体力や曲げ応力を予測するために、水槽模型実験を行うとともに、簡易的な数値解析モデルを構築した。水槽模型実験では、漁網に対して用いられている相似則の力比を考慮した上で、高密度ポリエチレンパイプの剛性比を一致させる手法を提案し、実海域実験のデータを用いて検証を行った。また、高密度ポリエチレンパイプの形状を予測する数値解析モデルは、水槽模型実験と実海域実験で得られた形状を概ね再現した。

研究成果の概要(英文)：Water tank testing and simplified numerical analysis were carried out to predict the hydrodynamic forces and the bending moment of the high density polyethylene pipe floating and sinking in seawater. The bending moment of the pipe for water tank testing was made by considering the rate of force in the similarity law of fishing nets. The results of water tank testing were validated by those of the field testing in the real sea. The simplified numerical model could reproduce the formation of the high density polyethylene pipe obtained by both the water tank testing and the field testing.

研究分野：海洋生態系工学

キーワード：ポリエチレンパイプ 可撓性ホース 曲げ剛性 流体抵抗 自動揚網装置 浮沈式生簀 有限変位理論  
ポテンシャルエネルギー

### 1. 研究開始当初の背景

(1)水中構造物のうち、漁具を浮沈させる方法として、漁具に取り付けた可撓性ホースに給排気を行うことにより浮力、沈力を得る方法や、高密度ポリエチレンパイプ内の空気と海水を置換することによって浮力と沈力を得る方法などが考えられる。しかしながら、海水中において、可撓性ホースや高密度ポリエチレンパイプなどのように、大きく変形する構造物の運動や係留張力の詳細な解析は行われていない。

(2)可撓性ホースを使用する場合は、可撓性ホース内部に空気が注入され、空気は水圧変化を受けて膨張し、空気の体積に応じた浮力が発生する。また、可撓性ホースが膨張することにより、波浪や流れに対する投影面積が変化し、流体力が変化する。高密度ポリエチレンパイプも、形状が大きく変化することから、同様に波浪や流れに対する投影面積が変化する。したがって、可撓性ホースや高密度ポリエチレンパイプの変形やそれに伴う流体力の変化をモデル化し、運動や係留張力を解析する必要がある。

### 2. 研究の目的

(1)本研究では、箱網の自動揚網システムを例として、浮力変化と流体力変化を伴う高密度ポリエチレンパイプの運動、張力を解析する技術を開発する。対象とする箱網の大きさは、120 m x 80 m x 70 m (深さ)とする。まず、水槽模型実験により、流れ場、波浪場における高密度ポリエチレンパイプの運動と係留張力を計測する。水槽模型実験においては、高密度ポリエチレンパイプの模型を相似則にしたがって作成する必要がある。その際、漁網で使用されている相似則で定められる力比を考慮することが求められる。さらに、実海域においても、高密度ポリエチレンパイプの浮上実験を実施し、いくつかの場所に深度計を設置することによって、高密度ポリエチレンパイプの形状を明らかにする。一方、中間フロートを用いて係留し、中間フロートの浮力を変化させることによって鉛直位置を自由に調整できる可変深度型生簀の姿勢や係留張力についても、水槽模型実験によって明らかにする。

(2)高密度ポリエチレンパイプの形状を予測するための数値解析モデルを構築する。高密度ポリエチレンパイプは変形が大きいので、有限変位理論をベースとした数値解析モデルとする。水槽模型実験、および実海域実験で得られたデータを用いて数値解析モデルの検証を行う。可変深度型生簀の姿勢や係留張力については、ポテンシャルエネルギーの最小化をベースとした数値解析モデルを構築し、水槽模型実験によるデータを用いた検証を行う。

### 3. 研究の方法

(1)高密度ポリエチレンパイプ1本について、漁網で用いられる相似則に基づく力比を考慮し、曲げ剛性が概ね相似となる模型を作成した。パイプ模型を定置網模型とともに水槽に設置し、浮上、沈下させたときのパイプ模型の形状を計測した。

(2)複数本の高密度ポリエチレンパイプについても模型を製作し、定置網模型とともに水槽に設置した後、順に浮上、沈下させ、パイプ模型の形状や浮上位置を計測した。各パイプ模型を連結した場合、独立とした場合の実験を行った。

(3)実海域において、高密度ポリエチレンパイプ1本を海底に設置し、定置網が設置されていない状態で、浮上実験を行った。高密度ポリエチレンパイプに深度計を設置し、形状の変化を計測した。

(4)可変深度型生簀について、生簀の姿勢や係留張力を計測するために、水槽模型実験を実施した。可変深度型生簀の枠には高密度ポリエチレンパイプが用いられており、パイプ内部には給排気によって浮力を変化させるための可撓性ホースが挿入されている。

(5)高密度ポリエチレンパイプ模型と実物を長手方向に 10,000 分割し、有限変位理論を用いて浮上時の高密度ポリエチレンパイプの形状を予測した。水槽模型実験と実海域実験で得られたデータを用いて数値解析モデルの検証を行った。

(6)可変深度型生簀の姿勢や係留張力を予測するために、ポテンシャルエネルギー最小化に基づく数値解析モデルを構築した。水槽模型実験で得られたデータを用いて数値解析モデルの検証を行った。

### 4. 研究成果

(1)1本のポリエチレンパイプ模型の浮上実験において、パイプ模型の曲げは、海底を離れるときに最も大きくなり、水中を浮上する間はパイプ模型の変形の変化が少ないことが分かった(図1)。パイプ模型が海面に到達すると、曲げを減じながら、パイプ模型の両端が広がっていく様子が見られた。

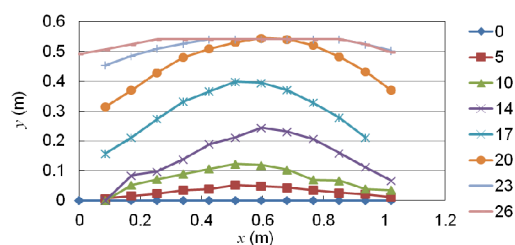


図1 パイプ模型の浮上時の形状変化

(2)複数本の高密度ポリエチレンパイプ模型の浮上実験では、流速を考慮したため、パイプ模型が水平方向に移動する様子が見られた。パイプ模型の重力、浮力は、漁網の相似則に基づいて実物より算出した。したがって、パイプ模型の直径は、長さの縮尺比から想定される直径よりもかなり大きな値であり、流体抵抗も大きくなったと考えられる。一方、パイプ模型同士を連結することによって、パイプ模型の浮上位置が安定化したが、あるパイプ模型を浮上させる場合、他のパイプ模型も同時に引き上げる必要があることから、パイプ模型に過大な浮力が必要となることが分かった。

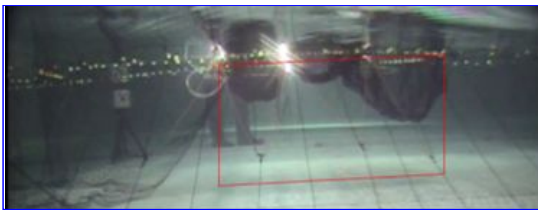


図2 複数本のパイプ模型の浮上実験

(3)実海域実験において、1本の高密度ポリエチレンパイプは、給気を行った中央部(DM-3)から浮上を開始し、概ね左右対称に浮上する様子が見られた(図3)。中央部が海底を離れてから、空気の膨張によって浮上が加速したが、中央部が海面に到達すると、浮上速度が小さくなった。

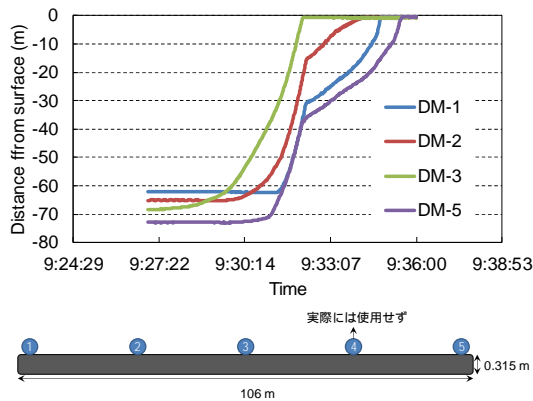


図3 実海域実験におけるパイプの挙動

(4)可変深度型生簀の水槽模型実験において、生簀の姿勢と係留張力を計測したところ、設定した流速と波浪の範囲内では、生簀の着底や中間フロートの水面への到達は見られなかった(図4)。流れに伴う生簀の姿勢と係留張力のデータが得られた。

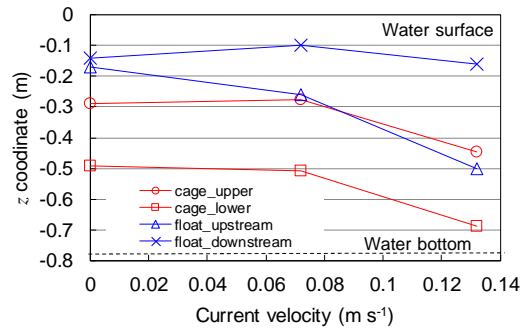


図4 可変深度型生簀と中間フロートの位置

(5)有限変位理論に基づいた数値解析モデルを用いて、水槽模型実験および実海域実験の条件で数値解析を行った。高密度ポリエチレンパイプおよびその模型が水底を離れる際の形状に着目し、数値解析結果との比較を行ったところ、概ね良好な一致が見られた(図5)。

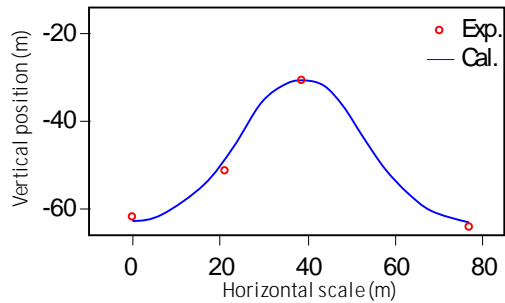


図5 実海域実験と数値解析モデル結果

(6)ポテンシャルエネルギー最小化に基づいた数値解析モデルを構築して、水槽模型実験と同じ条件で数値解析を行った。流速が大きい場合は数値計算結果が安定しなかったが、流速が0.1m/s以下の範囲内では、生簀や中間フロートの位置、生簀の傾斜、係留張力が概ね一致し、数値解析モデルが検証された(図6)。

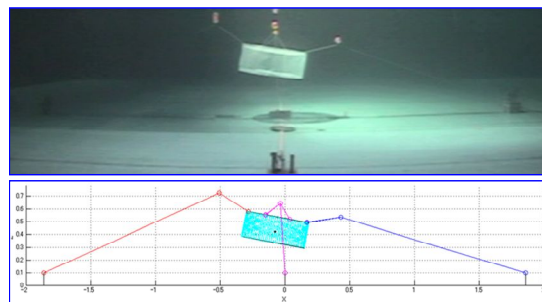


図6 可変深度型生簀の姿勢の比較

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)

土肥真凜、北澤大輔、張俊波、定置漁業におけるポリエチレンパイプを用いた自動揚網システムの有用性の検討、第26回海洋工学シンポジウム講演論文集、査読無、CD-ROM、2017、OES26-057

北澤大輔、清水博紀、水上洋一、藤野正俊、可変深度型生簀の係留システムに関する研究 - 水槽模型実験による解析 -、日本船舶海洋工学論文集、査読有、24、2017、21-30

村田文太郎、北澤大輔、藤野正俊、定置漁業の部分揚網装置の挙動解析、第24回海洋工学シンポジウム講演論文集、査読無、CD-ROM、2014、OES24-090

[学会発表](計8件)

北澤大輔、定置漁業におけるポリエチレンパイプを用いた自動揚網システムの有用性の検討、第26回海洋工学シンポジウム、2017年3月6日、日本大学理工学部駿河台キャンパス1号館(東京都千代田区)

土肥真凜、定置漁業の自動揚網システムにおけるパイプの形状解析、日本船舶海洋工学会平成28年秋季講演会、2016年11月21日、岡山コンベンションセンター(岡山県岡山市)

土肥真凜、Development of an automated net-hauling system using polyethylene pipes for set net fishery、日本船舶海洋工学会平成27年度秋季講演会、2015年11月16日、東京大学生産技術研究所(東京都目黒区)

北澤大輔、高密度ポリエチレンパイプを用いた定置揚網システムに関する水槽模型実験、日本水産工学会学術講演会、2015年5月29日、長崎大学(長崎県長崎市)

Junbo Zhang、Analysis on the motion of flexible hose system for hauling a box chamber net in set net fishery、Program of International Platform on Ocean Energy for Young Researcher、2015年3月16日、佐賀大学海洋エネルギー研究センター(佐賀県伊万里市)

Daisuke Kitazawa、Development of a flexible hose net used for hauling a box chamber net in set net fishery、Workshop on aquacultural technology、2014年10月28日、東京大学生産技術研究所(東京都目黒区)

北澤大輔、定置漁業の部分揚網装置の水槽模型実験と数値解析、平成26年度日本船舶海洋工学会春季講演会、2014年5月26日、仙台国際センター(宮城県仙台市)  
北澤大輔、定置漁業の部分揚網装置の挙

動解析、第24回海洋工学シンポジウム、2014年3月14日、日本大学理工学部駿河台キャンパス1号館(東京都千代田区)

[図書](計0件)

[産業財産権]

出願状況(計0件)

取得状況(計0件)

[その他]

6. 研究組織

(1) 研究代表者

北澤 大輔(KITAZAWA, Daisuke)  
東京大学・生産技術研究所・准教授  
研究者番号: 30345128