

令和 4 年 6 月 16 日現在

機関番号：82627

研究種目：若手研究

研究期間：2019～2021

課題番号：19K15227

研究課題名（和文）リアルタイムハイブリッドシミュレーションを用いた大水深係留模型試験法に関する研究

研究課題名（英文）A study of model experiment for mooring line using real time hybrid simulation

研究代表者

渡邊 充史（watanabe, mitsushi）

国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所・その他部局等・主任研究員

研究者番号：20713788

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：係留ライン模型試験の物理的制限影響を回避するためにラインの任意点にアクチュエータを設置して同点の変位を再現するアクティブ法に焦点を当て、その適用限界を調査することを目的とした。鉛直形状の係留ラインを対象として、全体を再現したFull-lengthモデルとリアルタイムハイブリッドシミュレーションを用いて任意のCut点から上方の一部を再現したTruncatedモデルを用いて1自由度の強制加振試験を実施し、上端張力振幅やCut点の振幅等について比較した。同試験では複数の加振条件やCut点の位置を変更しながら実施した。

研究結果として鉛直形状ラインを対象としたアクティブ法の適用限界等について把握した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

リアルタイムハイブリッドシミュレーションを用いて、シミュレーションと模型試験を融合させた基本的な実験システムを構成した点に学術的意義がある。同システムは係留模型試験以外にも様々な海洋システムの模型試験に流用可能なため、波及効果は大きいと考えられる。また、鉛直ライン形状を対象として、リアルタイムハイブリッドシミュレーションを用いたアクティブ法の適用限界について明らかにした点についても、成果が今後の他ライン形状への適用時に活用出来ると考えられるため、意義があると考えられる。

研究成果の概要（英文）：This research conducted a fundamental study about model experiment for mooring line using an active method. This method reproduces entire mooring forces or behaviors of any point of a mooring line using a number of actuators. The application limitation was investigated by changing the replacement ratio and oscillated environment. Two kinds of one-degree-of-freedom (1DOF) forced oscillation model tests were conducted to determine the limitation: one using a partial mooring line model and the other using a full-length mooring line model to obtain the correct value of the top tension and the motion of the actuator mounted position. From these model test, the limitation of application of the active method in the vertical line were clarified.

研究分野：海洋工学

キーワード：係留 模型試験 リアルタイムハイブリッドシミュレーション

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

近年、海洋での石油・ガス開発は大水深化が進んでいるが、模型試験において係留ラインを模擬する場合は、水槽の面積・深さの制限により、ライン長を短くし、その水平方向静的特性のみを模擬する事が一般的である。しかし、この場合ラインの動的特性を実験上で模擬することは困難となり、正確な評価を実験上で行えない。

2. 研究の目的

このような背景より本研究では、水槽内にて実機の静的特性と動的特性を同時に満足出来る試験方法の開発を目的とし、その中でリアルタイムハイブリッドシミュレーションを用いた方法(アクティブ法)にスコープを当て、カテナリー係留を対象として同法の水槽試験への成立性検討とその適用限界について検討し、今後の広範な実用化に向けた知見を整理する。

3. 研究の方法

先行研究を参考にしながら、提案者の所属する機関で再現可能な鉛直形状の係留ラインを選定した。通常用いられる係留系は複数本の係留ラインにて構成されるが、本研究ではアクティブ法の理解という点に主眼を置き、まずは1本のラインのみを対象とした(図1)。1本のラインに

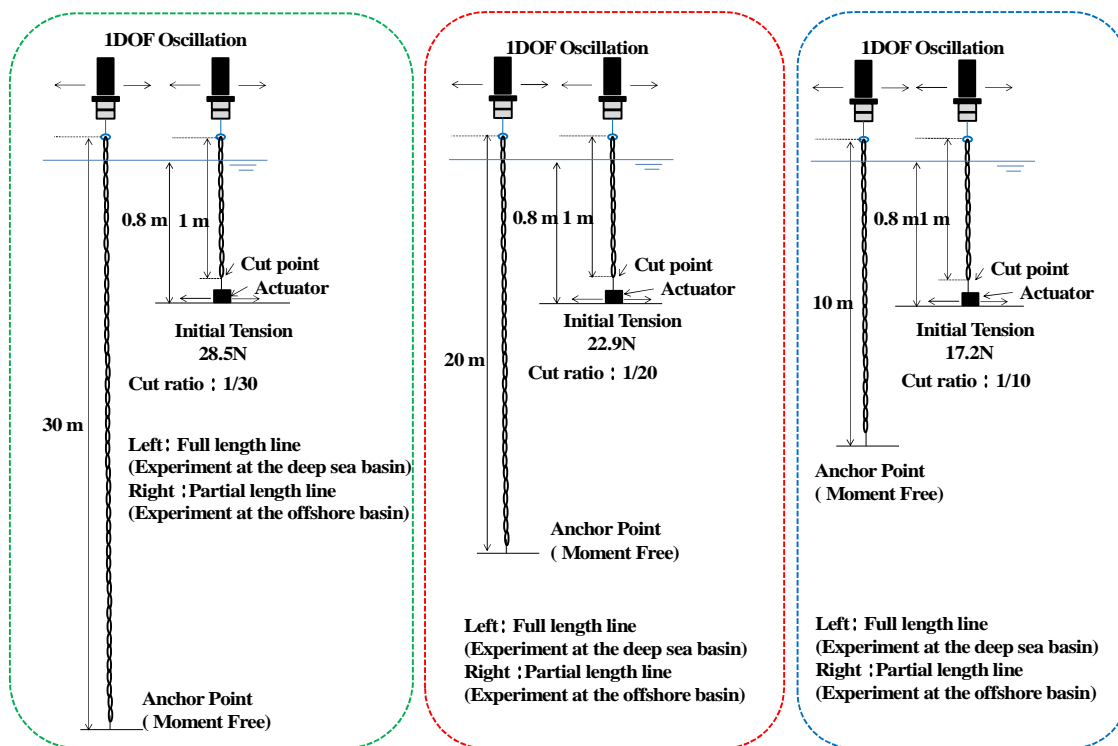


図1 Full-lengthラインとTruncatedライン

ついてライン全体を Full-length ラインとして、任意点にて Cut したライン上方部を Truncated ラインとした。本研究では Truncated ラインの初期張力を調整することにより Cut 点を相対的に3つの比率に調整した(図1)。

選定した Full-length ラインは、提案者の所属する機関にて保有する深海水槽(最大水深 35m)にて再現した。また、Truncated ラインは海洋構造物試験水槽(水深 0.8m)にて再現した(図2、図3)。Cut 点には1自由度の水中用アクチュエータを設置した(図2)。アクチュエータには、リアルタイムハイブリッドシミュレーションを用いてライン上端位置から計算された Cut 点の位置指令信号が逐次送信されるように、実験システムを構築した(図4)。

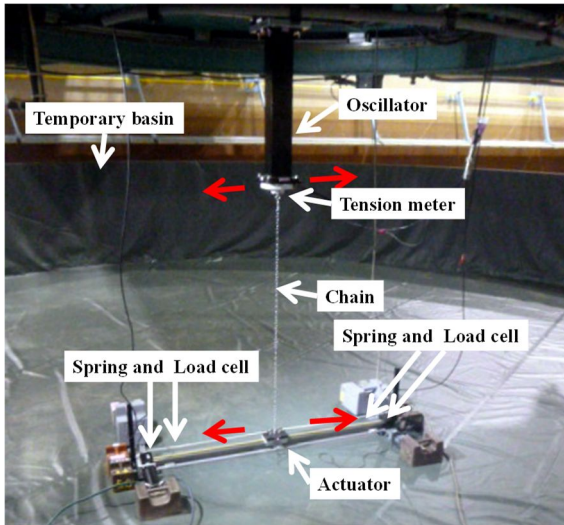


図2 Truncated ライン
強制加振試験配置（注水前）

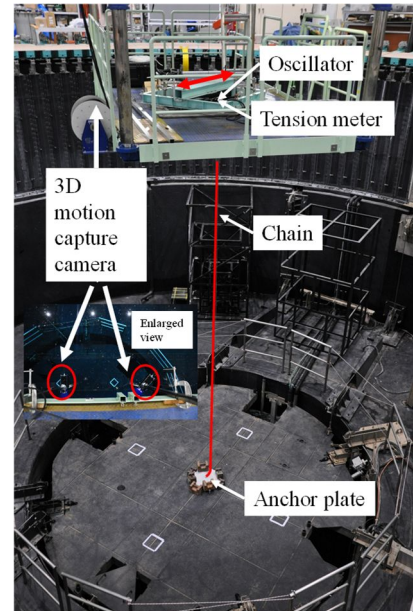


図3 Full-length ライン
強制加振試験配置（注水前）

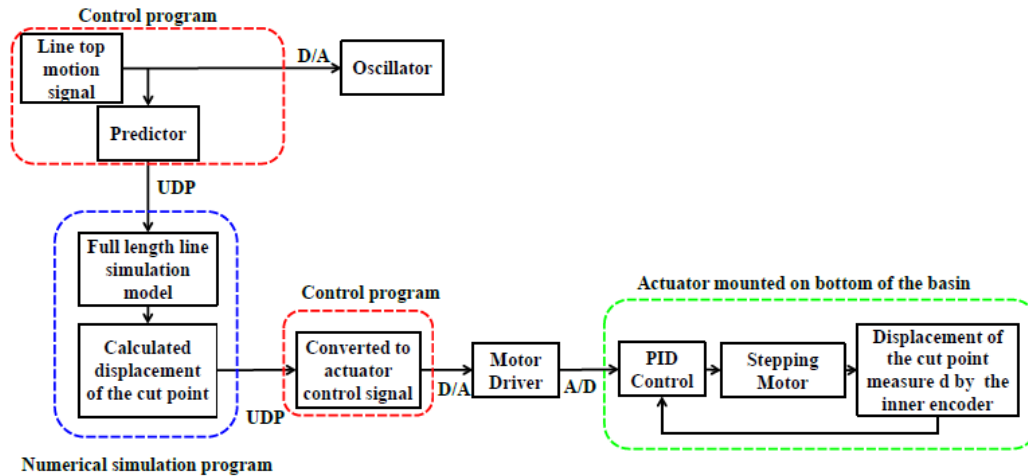


図4 Truncated ライン強制加振試験信号システム

この2種類のラインを用いてライン上端部の強制加振試験を実施した。強制加振振幅・周期は波周期帯と長周期帯の2領域から選定した。波周期帯では振幅を 39 mm、79 mm、98 mm（想定実機換算 2.5 m、5.0 m、6.3 m）として周期を 1.5 sec、2.0 sec、2.5 sec（想定実機換算 12.0 sec、16.0 sec、20.0 sec）とした。長周期帯では振幅を 190 mm（想定実機換算 12.2 m）周期を 22.0 sec、25.0 sec（想定実機換算 176 sec、200 sec）とした。それぞれの組み合わせはアクチュエータの可動範囲や、数値計算モデルの安定性を考慮しながら決定した。また、Truncated ラインの初期張力を 28.5 N、22.9 N、17.2 N と変化させる事により、想定する Full-length ライン長を変化させ、アクチュエータを用いて Cut する点の位置を相対的に変化させた。係留ラインの静的特性については Truncated モデルのライン長を微調整する事により上端部初期張力を Full-length モデルの上端部初期張力と一致させて合わせ込んだ。Truncated ラインを用いた試験の後に、Full-length ライン上端部を同じ条件で強制加振させる試験を実施した。同試験では Full-length ラインの全長を 30 m、20 m、10 m と変化させた。これは Truncated ラインで Cut 点の位置を相対的に変化させたケースに対応させるためである。2つの試験結果の上端張力振幅、アクチュエータを用いて Cut した点の変位振幅、上端点と Cut 点における変位の位相差について比較した。

これと共に、数値計算モデルを用いて Truncated ラインモデルを作成し、応答時間遅れの無い理想的な環境下において Truncation することによる計算精度低下の影響を調査した。更にアクチュエータへの信号伝達時間を変化させ遅れに対する影響を調査した。

4. 研究成果

2つの強制加振試験の結果を比較した所、波周期帯では加振振幅が増加すると共に上端張力の振幅誤差も増加する傾向が見られた。一方長周期帯では Cut 比の増大（Cut 点位置が相対的に深

くなる)と共に上端張力の振幅誤差も増加する傾向が見られ、試験状態におけるアクティブ法の適用限界範囲が明らかになった。また、数値計算による応答時間遅れ等の無い理想的環境下における Truncation による計算精度の低下について、模型試験結果と同じ傾向を示した。このことより、強制加振試験での Truncated ラインモデルの誤差の原因は、計算精度の低下が要因の一つと考えられる。計算精度の低下を克服するためには、Cut 点の自由度を現状の 1 自由度(長手方向)から 2 自由度(長手・上下方向)に増加させれば対応可能と判明したが、上下方向については微小な変位を再現する必要があるため、現実的に困難と考えられる。Truncated ラインモデルのアクチュエータへの信号伝達時間遅れに対する影響では、長周期帯における信号伝達時間遅れに対する上端張力振幅への影響は波周期帯に比べて微小であることが分かった。

本研究を通して構築した、リアルタイムハイブリッドシミュレーションを用いてシミュレーションと模型試験を融合させた基本的な実験システムは、係留模型試験以外にも様々な海洋システムの模型試験に流用可能なため、大きな波及効果を持つと考えられる。また、鉛直ライン形状を対象として、アクティブ法を用いて模型試験法の適用限界について明らかにした点にも意義がある。同成果は今後、他ライン形状への適用時に活用出来ると考えられる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 Mitsushi Watanabe
2. 発表標題 A fundamental study of active method for experiment of mooring line included model
3. 学会等名 The 32nd (2022) International Ocean and Polar Engineering Conference (国際学会)
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>プログラム登録 著作物の題号：浮体式洋上風車用リアルタイムハイブリッドシミュレーション用通信プログラム 登録の目的：創作年月日の登録 登録番号：P第 11225号-1 申請受付年月日：令和4年3月24日</p>
--

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------