

第14回 海上技術安全研究所研究発表会

平成26年6月24日

新形式ライザーの挙動推定

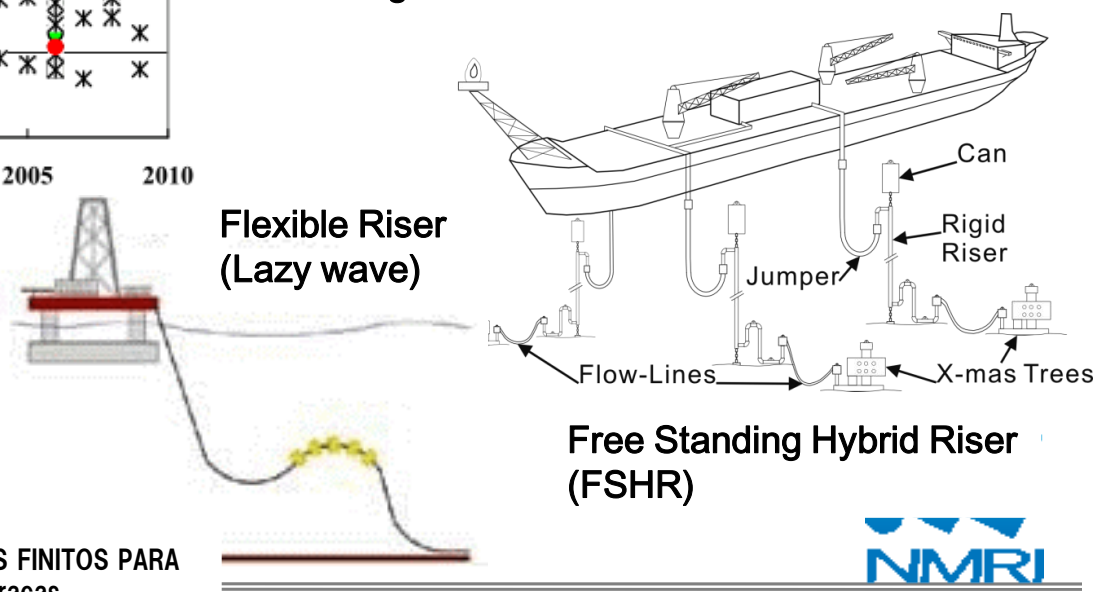
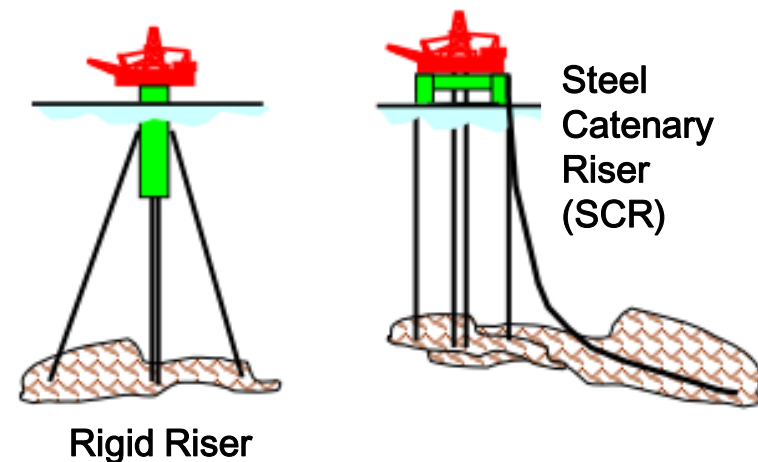
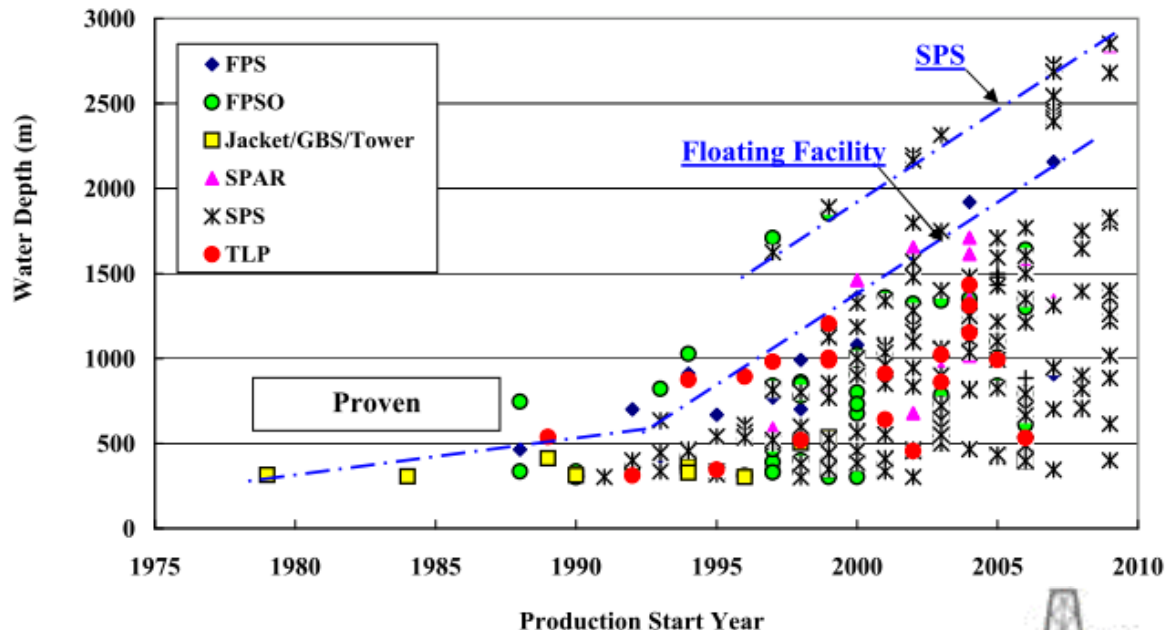
海洋開発系 深海技術研究グループ

藤原 智、高橋 一比古、正信 聡太郎



- 本発表の背景・目的
- 複数本で構成される長大管の挙動及び疲労評価技術
- フレキシブルライザーの剛性、応力及び疲労評価技術
- ライザー模型製作技術
- まとめと今後の課題

■ 近年の海洋開発では、より厳しい海気象条件下、大水深化がトレンドであり、これに対応するために従来の形式とは異なるライザーが用いられることが多くなっている



出典：・海洋工学ハンドブック(第5版)JOGMEC編

・de Souza, J.R.M. et al. (2004) "MODELO TRIDIMENSIONAL DE ELEMENTOS FINITOS PARA EL ANALISIS DE ESFUERZOS DE TUBOS FLEXIBLES", Boletin Tecnico, Caracas.

- 当所では第2期中期計画期間ではライザー管の安全性評価法の開発として、Steel Catenary Riserを含むリジットライザーの安全性評価を実施し、挙動評価、疲労評価が可能となった
- 第3期中期計画期間においては、新形式ライザーのうち、
 - ▶ 複数本で構成される長大管
 - ▶ 管部材・螺旋部材の積層により構成されるフレキシブルライザー
 - ▶ Free Standing Hybrid Riser(FSHR)に関して挙動推定技術ならびに疲労評価技術を確立するための研究を行った

▶ 模型試験

■ 水深: 35m

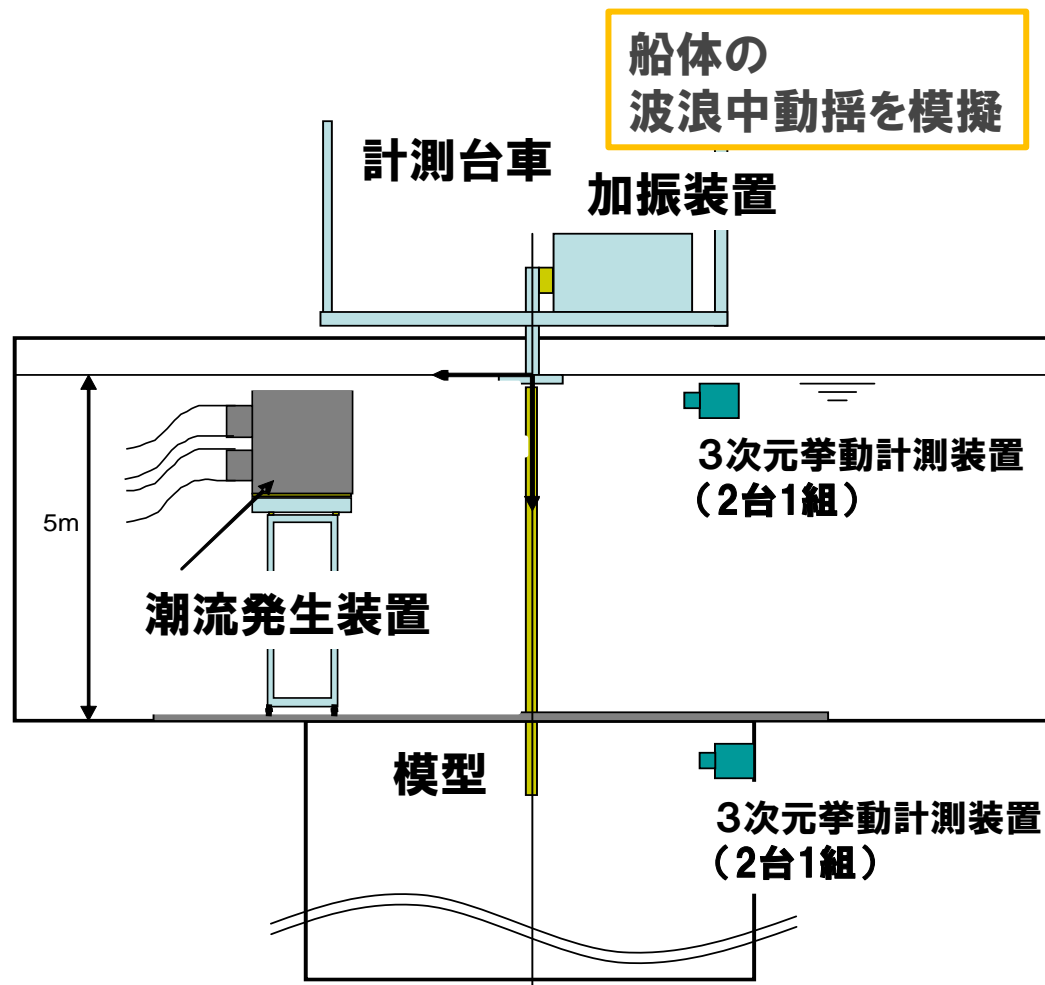
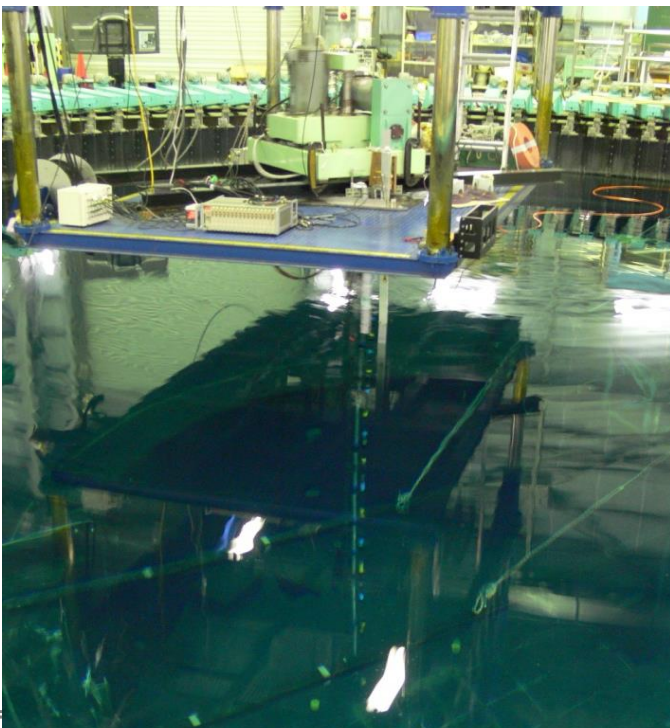
■ 主要装備:

▶ 計測台車

▶ 模型加振装置

▶ 潮流発生装置

▶ 3次元挙動計測装置



▶ 上端加振試験映像



➤ 挙動計算に関する検討 模型試験結果との比較

- 商用コードである「RIFLEX」による計算結果と実験結果を比較・検討
- 構造減衰係数、付加質量係数、抗力係数を検討・修正
- 複数長大管に対応した挙動計算を行うため、円柱後流の流速低下の影響を考慮

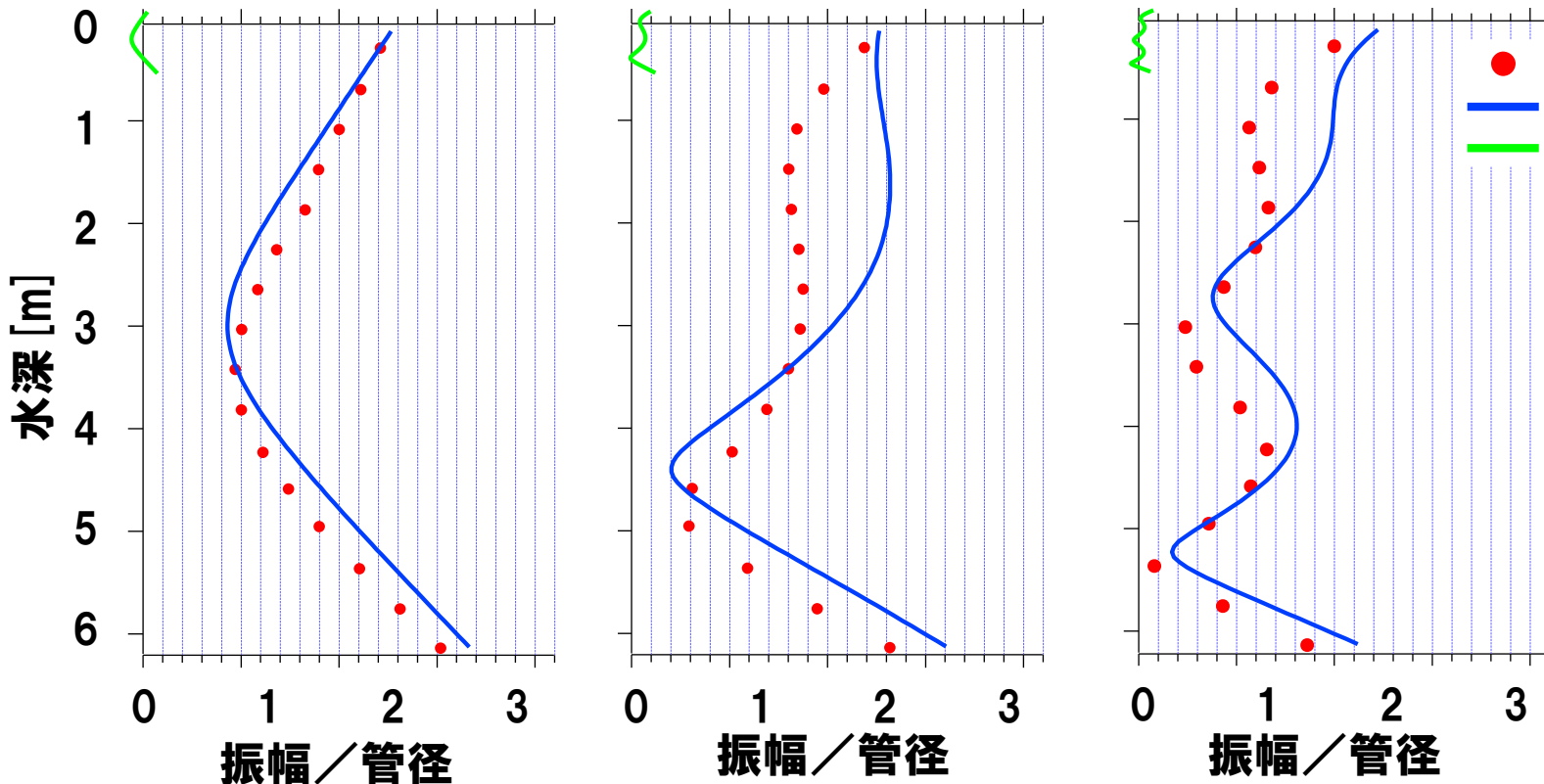


■ 複数本ライザーの波浪中応答について挙動評価が可能となった

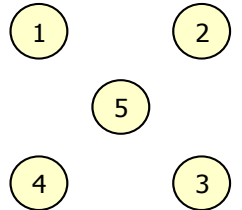
□ 0.19Hz

□ 0.52Hz

□ 1.44Hz

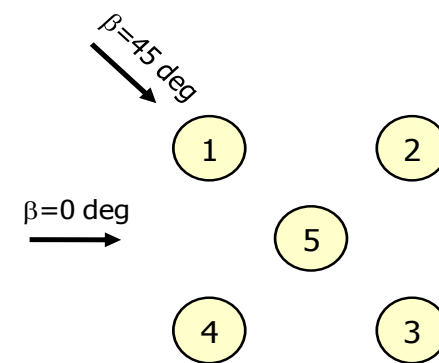
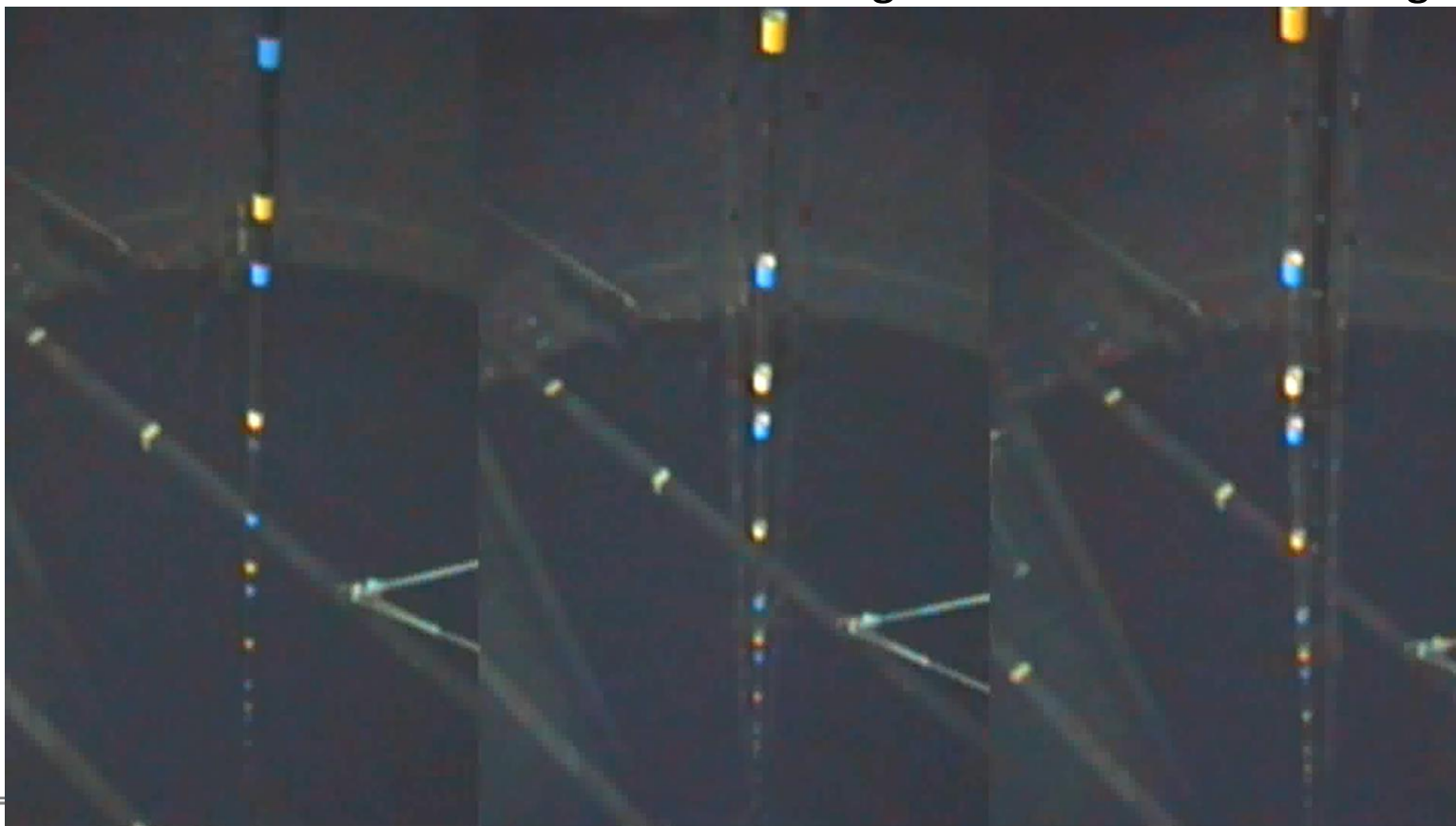


5本組

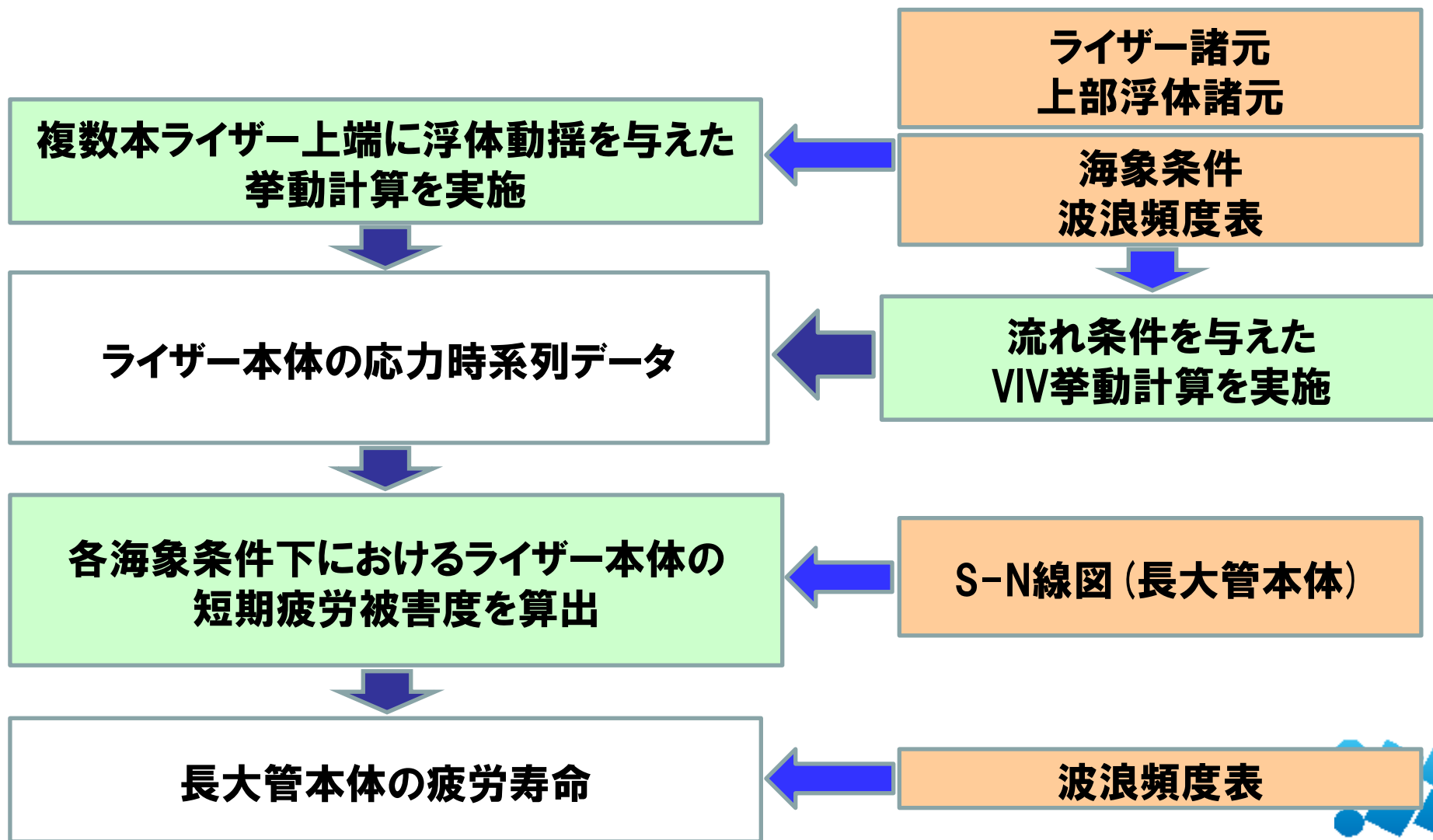


➤ 潮流中VIV試験

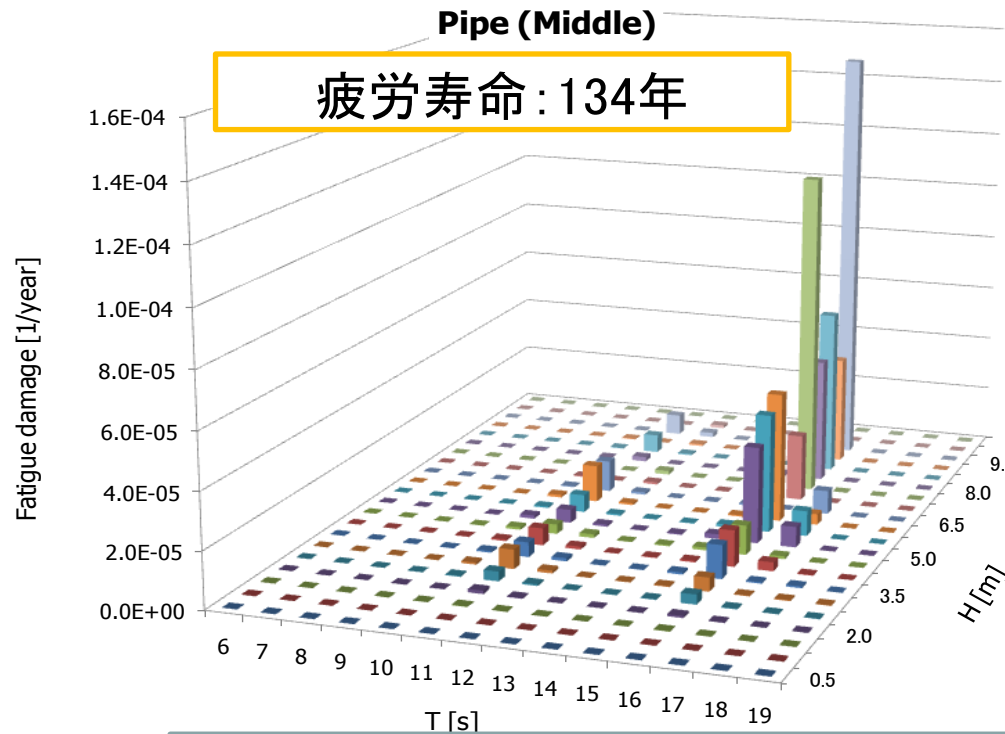
- 前方の管の後流影響による流速低下及びVIVによる抗力増加を考慮して複数管のVIV計算を実施
- 流向に対する下端振幅の傾向は計算と実験で異なるものの、振幅の最大値及び振動周波数はそれぞれで一致する
 - 単管
 - 5本組(0deg)
 - 5本組(45deg)



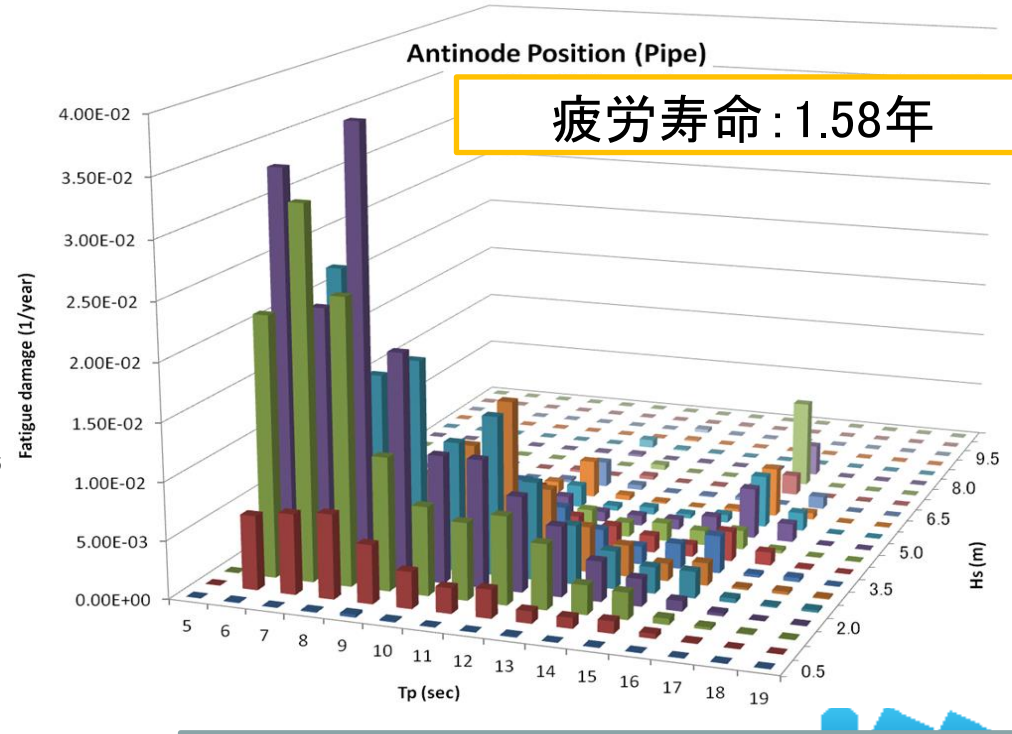
➤ 疲労解析フロー



- 前述の疲労解析フローを用いてライザーの年間疲労被害度を算出
- 複数本のライザーの評価方法を確立した
- サポート部材等の局所疲労の解析が課題

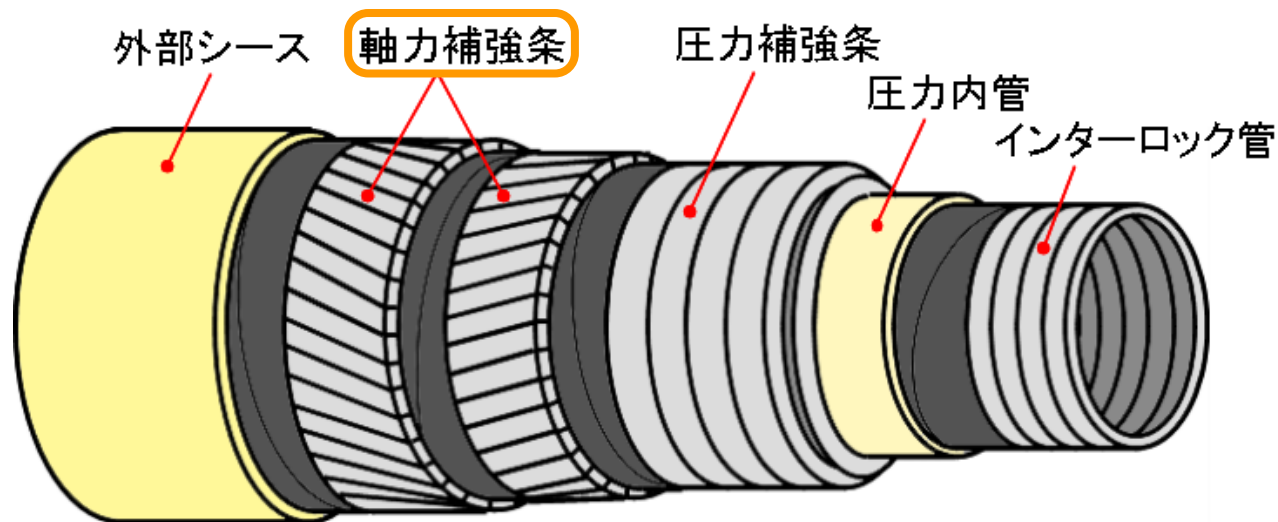


ライザー本体の年間疲労被害度
(VIV影響なし)



ライザー本体の年間疲労被害度
(VIV影響を考慮)

■ 一般的なフレキシブルライザーの積層構造



変動するライザー張力・曲げモーメント

鋼製の軸力補強条に生じる応力を
正確に推定する簡便なツールが不可欠

■ 積層管の剛性・応力・疲労解析プログラム LAYCAL

- ▶ 管部材と螺旋部材の積層により構成される積層管を対象
- ▶ 積層管の剛性や、任意の張力・曲げモーメント・内外圧条件下において各部材に生じる応力および積層管全体の歪・曲率等を計算
- ▶ 鋼部材の疲労寿命を簡便に解析

→ 詳細はポスターセッションにてご紹介しております

データ入力画面

LAYCAL - Data input

FILE RADIUS EI EA GJ Pressure

D:\Flexible_pipe_data.csv

HELICAL LAYERS	1st	2nd	3rd	4th	5th	6th	7th	8th	9th	10th
Inner Diameter (mm)	215	225	235	245	0	0	0	0	0	0
Thickness (mm)	5	5	5	5	0	0	0	0	0	0
Width (mm)	10	10	12	12	0	0	0	0	0	0
Cross-section radius (mm)	4.3031	4.3031	4.2033	4.2033	0	0	0	0	0	0
Lay angle (degree)	85	85	30	30	0	0	0	0	0	0
Tensile / Pressure armor	P	P	T	T						
Young's modulus (MPa)	205800	205800	205800	205800	0	0	0	0	0	0
Poisson's ratio	0.3	0.3	0.3	0.3	0	0	0	0	0	0
Number of helices	1	1	40	42	0	0	0	0	0	0

TUBULAR LAYERS	1st	2nd	3rd	4th	5th	6th	7th	8th	9th	10th
Outer Diameter (mm)	210	300	0	0	0	0	0	0	0	0
Inner Diameter (mm)	200	280	0	0	0	0	0	0	0	0
Wall thickness (mm)	5	10	0	0	0	0	0	0	0	0
Young's modulus (MPa)	300	300	0	0	0	0	0	0	0	0
Poisson's ratio	0.25	0.25	0	0	0	0	0	0	0	0

STIFFNESS CALCULATION

応力計算画面

LAYCAL - Stress calculation

FILE Free-slip bending

D:\Flexible_pipe_data.csv

Tensile load, F (kN) Bending moment, M (kN m) Pressure, P (MPa)

APPLIED LOADS Max: 1000 Min: 500 Max: 2 Min: 0 Int: 20 Ext: 0

stick-slip analysis

HELICAL LAYERS	1st	2nd	3rd	4th
ϵ T due to F & P	0.000E+00	0.000E+00	1.845E-03	1.845E-03
σ T due to F & P (MPa)	0.000E+00	0.000E+00	3.798E+02	3.798E+02
σ b due to F & P	5.955E+00	5.707E+00	-8.111E+00	-7.787E+00
σ T(max) due to F & P (MPa)	5.955E+00	5.707E+00	3.879E+02	3.878E+02
σ T due to P (MPa)	2.307E+02	2.206E+02	1.497E+02	1.495E+02
σ b due to M (MPa)	3.139E-01	3.139E-01	3.352E+01	3.352E+01
τ due to M (MPa)	1.794E+00	1.794E+00	9.678E+00	9.678E+00
σ eq due to M (MPa)	3.123E+00	3.123E+00	3.748E+01	3.748E+01
σ n due to F, P & M (MPa)	6.269E+00	6.020E+00	4.214E+02	4.211E+02

TUBULAR LAYERS	1st	2nd
σ T due to F & P (MPa)	8.192E-01	8.192E-01
σ b due to M (MPa)	5.676E-01	5.676E-01
σ T due to P (MPa)	1.689E+00	2.412E+00
σ n due to F, P & M (MPa)	2.508E+00	3.232E+00

WHOLE STRUCTURE

ϵ T due to F & P 2.731E-03 1.892E-03 Curvature, κ (1/m) 5.301E-02 0.000E+00 Radius of curvature, ρ (m) 1.865E-01 FATIGUE ANALYSIS



- 深海水槽をはじめとした設備を活かす模型を設計・製作出来る技術、ノウハウの蓄積は重要
- ライザー等の模型ではフルード相似則に則って、以下の項目を実機と合わせる
 - ▶ 空中重量(可能であれば水中重量も)
 - ▶ 曲げ剛性
 - ▶ 管直径
 - ▶ 全長(大水深対応のため、部分模型とすることが多い)
- リジットライザーやSteel Catenary Riserの場合、管径、重量に対して曲げ剛性が大きいいため、樹脂管の中に重量調整用ウェイトを入れることで対応できた
- フレキシブルライザー等の管径、重量に対して曲げ剛性の小さいライザーに対応する模型を製作する場合、上述の項目を実機と相似にすることが難しい

■ 従来型ライザー模型

- ▶ ケーシング材が管径の調整と曲げ剛性を担保するため、設計に制約が生じる

■ 新型ライザー模型

- ▶ フレキシブルライザー等曲げ剛性が極端に小さい場合は実機と同様に金属を螺旋状に巻いたフレキシブルホースを使用
- ▶ ジョイント部は芯の担保する剛性に不連続性が発生しないように剛に固定
→ねじ込み式を採用、ホーローセットで緩み止め



- 各部材がそれぞれ担保する項目を分離出来る
→これまでより対象とする実機ライザーに物理的特性に近い縮尺模型を製作可能
- フレキシブルライザーの場合(前頁)
 - ▶ 芯: 曲げ剛性
 - ▶ 鞘: 管径
 - ▶ ウェイト: 重量
- リジットライザーの場合
 - ▶ 芯: 軸剛性
 - ▶ 鞘: 管径と曲げ剛性
 - ▶ ウェイト: 重量
- 今後、海洋開発の大水深化によってライザーの縦振動が問題となる可能性があり、軸剛性を合わせた縮尺模型が必要になる
- 内部流影響を評価するためのフレキシブルチューブ模型も製作



フレキシブルチューブ模型

これまでに確立してきたライザー技術はリジットライザーを対象。新たに、複数本、フレキシブルライザー等を評価できる技術を開発。

■ 複数本ライザーに関して、以下の項目を実施

- ▶ 波浪中応答挙動推定法の構築
- ▶ VIV挙動推定法の構築
- ▶ 浮体の動揺並びにVIVによる疲労評価法の構築

■ フレキシブルライザーに関して、以下の項目を実施

- ▶ 水槽試験ならびに数値計算による挙動推定
- ▶ 積層管に対応した疲労評価の実施
- ▶ FSHRはリジットライザーとフレキシブルライザーの組み合わせなので、今回確立した技術で対応可能(別途、検証済み)

■ ライザー等の水中線状構造物模型の設計・製作に関する水槽試験技術のご紹介

- ▶ 新形式ライザーに対応可能なライザー模型の開発

■ 今後の課題として、

- ▶ ライザー上端に取り付けられるBend Stiffener等の局所解析
- ▶ 超大水深域の開発に対応する試験技術・評価技術の開発

