

# 「船体構造強度に対するホイッピング影響」 に関する調査研究

【最終報告】

# 目次

1. 事業の目的・目標
2. 研究概要
3. 活動内容
  - 1) 会合開催状況
  - 2) 重畳波疲労試験について
  - 3) 重畳波疲労試験に対する疲労き裂伝播解析について
  - 4) 小振幅荷重を重畳した繰り返し荷重下の疲労き裂伝播解析について
  - 5) 実船計測に基づくホイッピング影響調査について
4. まとめ
5. 課題と今後の展開
6. 付録
  - 1) 重畳波疲労試験について
  - 2) 重畳波疲労試験に対する疲労き裂伝播解析について
  - 3) 小振幅荷重を重畳した繰り返し荷重下の疲労き裂伝播解析について
  - 4) 実船計測に基づくホイッピング影響調査について

# 事業の目的・目標

## 事業の目的

- 船体縦強度及び疲労強度に対するホイッピング影響について、実証的な調査研究を実施し、それに基づく定量的な影響把握を行う。
- 実証性の高いデータを基に得られた知見からIACSの調和CSRに対するIMO GBS検証及びIACSにおける関連タスクでの議論を合理的なものとする。

## 事業の目標

- 重畳成分を負荷した疲労試験及びこれに対応するシミュレーションによる、疲労強度に対するホイッピング影響の調査。
- 実船計測データの分析による、船体縦強度に対するホイッピング影響及びホイッピング発生頻度に関する調査。

# 研究概要

## 研究題目

「船体構造強度に対するホッピング影響」に関する調査研究

## 研究体制

### ➤ 共同研究者

- ・川崎重工業株式会社
- ・ジャパンマリンユナイテッド株式会社
- ・三菱重工業株式会社
- ・独立行政法人 海上技術安全研究所
- ・国立大学法人 九州大学
- ・国立大学法人 横浜国立大学
- ・一般財団法人 日本海事協会

## 研究期間

- ・2013年4月1日～2014年3月31日(1年間)

# 活動内容 1

## 1)会合開催状況

会合	開催日時	開催場所
2012年		
第1回	12月05日 10:00～12:00	NK管理センター
2013年		
第2回	03月15日 13:30～17:00	NK 新紀尾井町ビル
第3回	07月02日 13:30～17:00	NK 管理センター
第4回	11月25日 13:30～17:00	NK管理センター
2014年		
第5回	02月03日 13:30～17:00	NK管理センター
第6回	03月28日 09:30～12:00	NK管理センター

## 活動内容 2

### 2)重畳波疲労試験について

- 重畳応力条件での疲労き裂の伝播挙動に関する実質的なデータを採取するため、低周波成分に重畳する高周波応力成分の振幅を変化させた重畳波条件を設定し、疲労き裂伝播試験を実施した。
- 上記の疲労き裂伝播試験の結果、以下の傾向を確認した。
  - 平均応力と低周波振幅が一定の場合、重畳波の応力範囲が増加すると、き裂進展速度が増加する。
  - 低周波成分に重畳する高周波成分が減衰する場合と、一定の場合を比較すると、減衰しない場合の方がき裂進展速度が増加する。
  - 最大応力振幅が同等な条件で比較した場合、一定振幅低周波の応力範囲が大きい試験結果の方がき裂進展速度が増加する。
  - 各試験におけるき裂長さ:45mmの時点におけるき裂進展速度を、一定振幅低周波のき裂進展速度で除した値を、き裂進展速度比とし、応力振幅の比率との関係を調査した。この結果、応力振幅の比率とき裂進展速度比には一義的な関係が成り立つ事を確認した。

## 活動内容 3

### 3)重畳波疲労試験に対する疲労き裂伝播解析について

- 重畳応力履歴条件下において疲労き裂伝播に有効に寄与する応力履歴の抽出手法を、き裂開閉口挙動を考慮した疲労き裂伝播シミュレーションプログラムに実装した。これを用いて、重畳波疲労試験と同条件での疲労き裂伝播シミュレーションを実施し、試験結果と比較検討した。
- 疲労き裂伝播シミュレーションの結果、以下の傾向が確認された。
  - 一定の低周波成分に高周波成分が重畳する荷重条件では、疲労き裂伝播試験とシミュレーション結果は良好な一致を示した。但し、実船計測を基に設定された荷重条件では、シミュレーションは実験結果よりも伝播がやや遅くなった。
  - 疲労き裂が約10mm進展した時点における、き裂進展に有効に寄与する作用応力履歴を調査した。一定の低周波成分に高周波成分が重畳した荷重条件下では、重畳する高周波成分はほとんど疲労き裂進展に寄与する応力として抽出されていなかった。これより作用応力履歴の包絡波を用いて疲労き裂伝播挙動を評価が可能と考えられる。また、実船計測を基に設定された荷重条件では、高周波重畳成分の影響はその振幅が比較的大きな初期段階に限られていた。

## 活動内容 4

### 4)小振幅荷重を重畳した繰り返し荷重下の疲労き裂伝播解析について

- 一定振幅荷重の負荷または除荷過程に小振幅波を重畳させた荷重条件で、疲労き裂伝播試験及び、対応する数値シミュレーションを実施した。具体的には、基準定振幅波に小振幅荷重を重畳した場合のき裂伝播寿命の低下を2種類の応力比に対して実験的に検討した。
- 疲労き裂伝播試験及び数値シミュレーションの結果、以下の結果が得られた。
  - 実験結果はかなりばらついていたが、小振幅波を負荷過程で重畳させるか、除荷過程で重畳させるかによる明確な差異はみとめられなかった。
  - 平均的な寿命低下は、小振幅波を含め線形被害則で計算した疲労被害度の逆数に近い事が予想される。



## 活動内容 5

### 5)実船計測に基づくホイッピング影響調査について

- コンテナ船3隻のアジア～ヨーロッパ航路における実船計測データを解析し、以下について調査した。
  - 構造応答の統計値性質の把握
  - ホイッピング振動が発生するような海象下での動的荷重及び応答の評価
- 実船計測データを解析した結果、以下の傾向が確認された。
  - 波浪追算データを基に遭遇海象を調べた。今回対象としたコンテナ船は、いずれもアジア～ヨーロッパ航路で航行する船舶であった為、遭遇海象は比較的穏やかであった。この為、いずれのコンテナ船においても遭遇海象の90%強が波高5m以下の穏やかな海象であった。
  - ホイッピングが発生した場合、平均的にはホイッピング影響により2～3割程度応力が増加していた。

# まとめ

## 実船計測データ解析

- 実船計測の結果、コンテナ船において、ホイッピング影響による船体縦曲げ応力の上昇が観察された。船体中央部において、ホイッピングが発生した場合、ホイッピングの影響により平均的には2～3割程度増加していた。

## 重畳成分を負荷した疲労試験及びシミュレーション

- 重畳荷重下のき裂進展速度を、一定振幅荷重下のき裂進展速度で除した値を、重畳応力振幅がき裂進展速度に及ぼす加速効果として定義し、応力振幅の比率との関係を整理した。この結果、重畳波の応力振幅が大きい程、き裂進展速度に及ぼす加速効果が大きくなるとの結果が得られた。
- レインフロー法による累積被害度と上記で定義したき裂進展速度との関係を調査した。この結果、レインフロー法により算出した累積被害度とき裂進展速度の間に強い相関関係が確認された。
- 上記結果より、重畳応力による累積被害度についても、レインフロー法により定性的に評価可能であること事が確認された。

以上