

津波による漂流する大型船舶と長大斜張橋主塔の 衝突解析による衝突荷重分布の評価

九州大学大学院 学生会員 ○永原 稔之
阪神高速道路株式会社 正会員 八ツ元 仁

九州大学大学院 正会員 崔 準祐
九州大学大学院 正会員 梶田 幸秀

1. はじめに

2011年東北地方太平洋沖地震では、津波により船舶が漂流し、周辺構造物への衝突などの複合的な被害も多く発生した。津波の発生が危惧されるプレート境界型地震に対しては、橋梁構造物の設計時にこうした船舶等による衝突荷重を適切に考慮する必要があるが、衝突荷重の評価やその設計手法については確立されていない。本研究では、津波により漂流する大型船舶が長大斜張橋の主塔部に衝突することを想定し、数値シミュレーション解析より衝突時の衝突荷重分布について検討した。衝突部の違いによる衝突荷重分布の変化について分析し、正規分布に近似した衝突荷重分布の推定値と解析値を比較した。

2. 解析モデルおよび解析ケース

2.1 解析対象主塔

本解析で想定する主塔の構造概要を図-1に示す。橋長約900mの鋼斜張橋における鋼製主塔（高さ145m）を対象とし、解析ではソリッド要素を用いてモデル化した。また、同図には主塔基部の断面図を示しており、本研究では船舶による衝突荷重分布を精度よく評価するため、船舶が衝突する断面については細かく分割した。

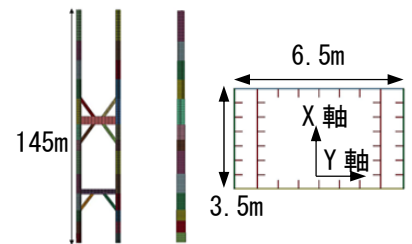


図-1 対象主塔の構造概要

2.2 解析対象船舶

本解析で用いた衝突船舶モデルを図-2に示しており、本研究では、質量15000tのLNG船を対象とした。船体はシェル要素でモデル化し、衝突時の船舶の変形を精度よく評価するため、船体の前方に対しては、内部構造も詳細にモデル化した。

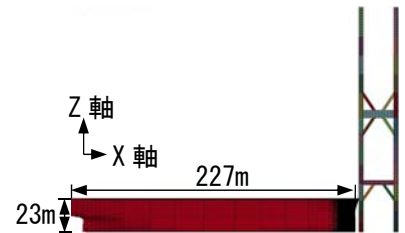


図-2 解析モデル (Case1)

2.3 船舶-主塔衝突解析のモデル化

本解析の検討モデルは、図-2に示すように津波に流される船舶が主塔部に衝突するモデルである。漂流時の船舶は操縦不能状態になり、衝突方向に流速0.6m/sの津波に流される状態を仮定している。また、減衰、重力、衝突部の摩擦については、これらが衝突荷重分布に与える影響が小さいと仮定し、考慮していない。解析ソフトは、LS-DYNA (Ver.971)を用いた。

2.4 解析ケース

本研究では、衝突部の違いによる衝突荷重分布の変化について検討を行った。図-3には、各検討ケースをY軸方向とZ軸方向から示す。Case1, Case2では、形状が違う船首部分とバルブ部分を同じ高さ位置でX軸方向に衝突させた。Case1では、船首部分を主塔と衝突させるため、船舶のバルブ部分の要素を消去している。バルブ部分の質量減量については、船舶全体としてそれほど大きな変化がないことから、考慮していない。

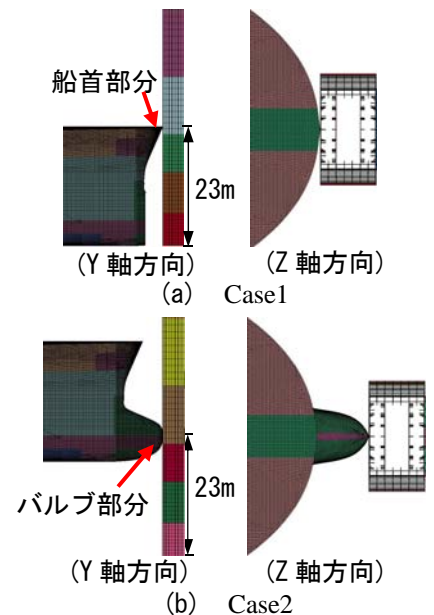


図-3 検討ケース

3. 各ケースの解析結果の比較

解析結果の比較を図-4に示す。Case1の最大衝突力がCase2より約

キーワード 津波, 大型船舶, 長大斜張橋主塔, 衝突荷重分布

連絡先 〒819-0395 福岡市西区元岡 744 TEL: 092(802)3374

600kN 大きくなった。また、衝突時間 1.0 秒付近で Case1 の衝突力が急激に減少しているが、これは図-5 に示すように 1.0 秒付近で船舶が大きく変形したことが原因と考えられる。衝突面積は、船首部分が衝突した場合とバルブ部分の衝突した場合とで異なるため、図-6 に示すように主塔断面の変形に違いがみられた。主塔は、主塔断面が変形することにより、船舶が持っている運動エネルギーを吸収する。しかし、Case1 のように船舶と主塔の衝突面積が大きい場合は、主塔断面が変形しにくい状態になるため、吸収する運動エネルギーが減少し、衝突面にかかる衝突力が大きくなったと考えられる。

4. 衝突荷重分布の推定値と解析値の比較

本検討で用いた衝突荷重分布の推定値は、文献 1) で用いる手法と同様に、船舶は主塔に衝突した後に停止すると仮定し、そのときに失う運動量が正規分布に従った衝突荷重に変わると考えた。衝突荷重を時間 t の関数として式(1)に表す。

$$F(t) = \frac{m v}{\sqrt{2\pi} \cdot \sigma} \cdot e^{-\frac{(t-\mu)^2}{2\sigma^2}} \quad (1)$$

F(t)は衝突荷重分布、m は船舶質量、v は衝突速度、σ は標準偏差、t は時刻、μ は平均値（衝突時間の半分）とする。標準偏差σは、衝突時間の 1/6 とした。

本検討では、Case1, Case2 の解析結果からそれぞれ衝突時間を 4.0 秒、2.7 秒とし、式(1)に代入して衝突荷重 F(t)を求め、解析値と比較した。正規分布より求めた値を推定値とし、解析値と比較を図-7 に示す。最大衝突力においては、解析値が推定値より Case1 が 7074kN、Case2 が 3884kN 大きくなった。これは、解析の場合、船舶が衝突後に停止せず、跳ね返されるかたちとなり、その分衝突荷重が大きくなったことが原因と考えられる。

5. まとめ

本研究では、津波による大型船舶が長大斜張橋に衝突することを想定し、数値シミュレーション解析により、衝突部の違いによる衝突荷重の変化について検討を行った。船舶と主塔の衝突面積が大きくなると、主塔に生じる衝突力は大きくなることがわかった。また、衝突後に本解析では船舶が跳ね返されることまで評価しているため、解析により得られた衝突荷重は正規分布より求めた推定値より高く評価された。今後様々な衝突条件に対して解析を行い、衝突荷重の評価手法の検討を進めていく必要がある。

謝辞

船舶のモデル化に際しては、九州大学大学院の吉川孝男教授ならびに川崎重工業(株)の孝岡祐吉様にご指導いただきました。ここに記して謝意を表します。

参考文献

1) 馬越一也, 葛漢彬, 野中哲也, 原田隆典, 村上啓介: 津波襲来時における大型漂流物の長大橋衝突シミュレーション, 土木学会論文集 B3(海洋開発), Vol.68, No.2, I_222-I_227, 2012

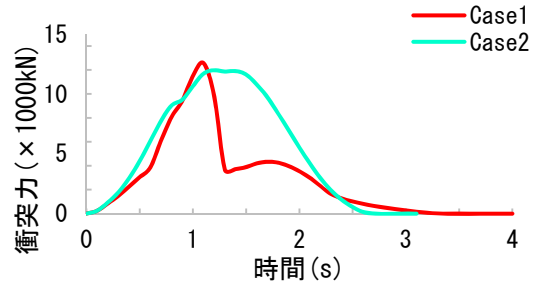


図-4 衝突荷重分布の比較

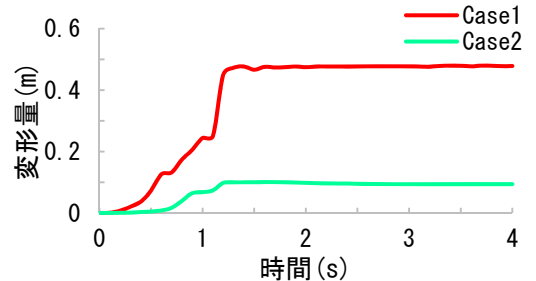
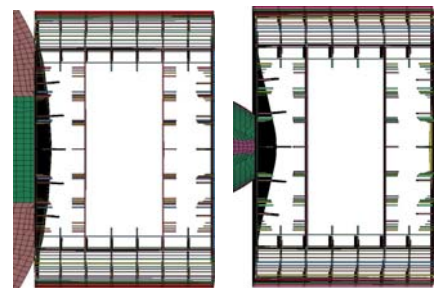
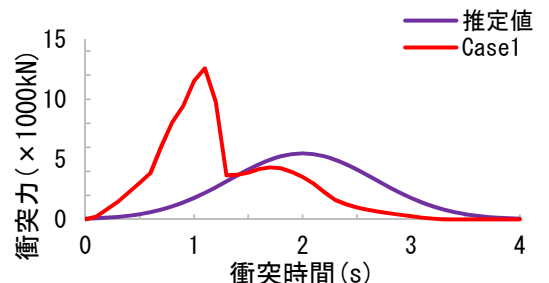


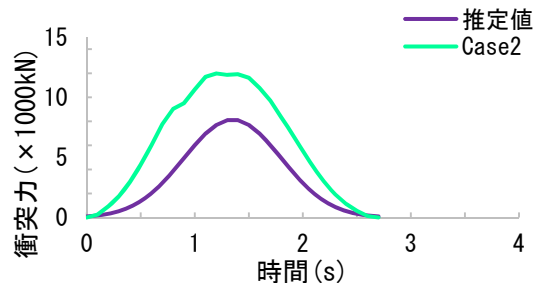
図-5 船舶の変形量



Case1 Case2
図-6 主塔断面の変形図



(a) Case1 との比較



(b) Case2 との比較

図-7 衝突荷重分布の推定値と解析値