

## 船舶と長大斜張橋の衝突解析における橋梁側衝突部のモデル化の違いが 斜張橋の挙動に与える影響

九州大学大学院 学生会員 ○平野 翔也      九州大学大学院 正会員 梶田 幸秀  
 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

### 1. はじめに

平成 23 年東北地方太平洋沖地震では、津波により船舶が漂流し、港湾部の橋梁に衝突する被害が多数確認された。橋梁の地震応答解析においては、はりの曲げ理論に基づいた骨組解析やファイバー要素を用いた解析が主流となっている。ファイバー要素を用いた解析では、地震中の断面力の応答変化や橋梁全体の応答変位などの再現性は良いが、局所的に大変形が起きる箇所に対してはその適用性が未解明である。そこで本研究では、津波により漂流する船舶と長大斜張橋の衝突を想定し、局所的な大変形問題において解析実績の多いシェル要素を用い、衝突部位をファイバー要素でモデル化した場合とシェル要素でモデル化した場合で斜張橋の挙動がどの程度変化するかについて検討した。

### 2. 解析モデル

#### (1) 解析対象橋梁

解析対象橋梁を図-1 に示す。衝突の影響を受ける斜張橋主塔柱部(図-1 (b)において四角で囲った基部から 13.5m の範囲とした)に対し、ファイバー要素を用いたモデルとシェル要素を用いたモデルを使用する。その他の部分は両モデルともにファイバー要素でモデル化を行っている。本解析では、斜張橋は港湾内を横断するように架けられているものとし、衝突力は海側の主塔柱部に対し、橋軸直角方向に与えた。

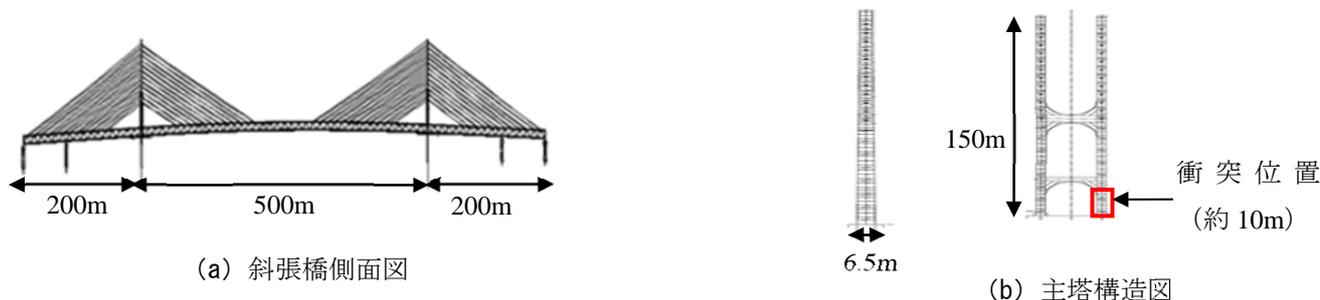


図-1 解析対象橋梁の概略図

#### (2) 衝突荷重の設定と入力位置

衝突力と時間の関係は、文献 1) を参考に作成した。衝突によって大型船舶は完全に停止するものとし、衝突直前の船舶の運動量がすべて衝突力-時間関係により得られる力積に変換されると仮定し、衝突時間 T の半分を最大とする正規分布形とした。ここで大型船舶の質量 m, 船舶の衝突時の速度 v, 衝突継続時間 T, 正規分布における平均値  $\mu$ , 正規分布における標準偏差  $\sigma$  を用いて式 (1) より衝突力 F を定めた。なお、標準偏差は平均値の  $\frac{1}{3}$  とした。

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

本検討では、船舶の質量が 50000 トン (全長約 190m)、衝突直前の船舶の速度が 1.1m/s、衝突継続時間が 1 秒と仮定した場合の結果を示す。作成した衝突力を図-2 に示す。同図に示すように、衝突前の 0.5 秒間と衝突後の 1.5 秒間は衝突力をゼロとし、最大衝突力は 131651kN である。

次に、衝突力を与える位置であるが、図-3 に示す通り斜張橋全体をファイバー要素でモデル化した場合は、

キーワード 衝突解析, シェル要素, ファイバー要素, 斜張橋

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

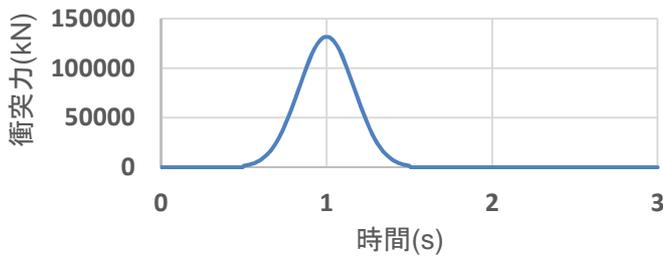


図-2 衝突力波形

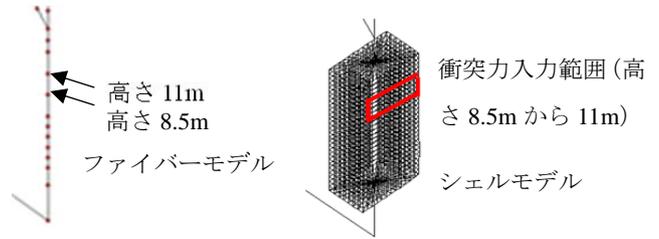


図-3 衝突力の入力位置

基部から高さ 8.5m と 11m の位置にある 2 つの節点に図-2 の衝突力を入力した．衝突部をシェル要素でモデル化した場合は，図-3 の四角で囲った範囲（基部から高さ 8.5m から 11m の節点）に図-2 の衝突力を入力した．

3. 解析結果

図-2 の衝突力波形を入力した際の両モデルのコンター図を図-4 に示す．図-4 ではファイバー要素では鉛直方向の垂直応力を一軸降伏応力で除した値を，シェル要素ではミーゼス応力をミーゼス定数で除した値を表している．また，衝突部と基部において降伏した要素の幅と高さをかけて求めた降伏面積を表-1 に示す．図-4 をみると，シェル要素では局部座屈を確認できるが，ファイバー要素では局部座屈を確認できない．また，シェル要素では衝突部において広い範囲で降伏が発生しているが，ファイバー要素はほとんど降伏していないことがわかる．表-1 よりファイバー要素では主に基部で降伏が発生していることがわかる．局所的な断面変形を考慮できないファイバー要素では，衝突のエネルギーを全体座屈でしか吸収できず，衝突部での降伏範囲はシェル要素を用いた場合の約 7%であった．

また，主桁支間中央部における橋軸直角方向の時刻歴変位応答を図-5 に示す．斜張橋全体をファイバー要素でモデル化した場合は，衝突部をシェル要素でモデル化した場合と比較して，主桁支間中央部において変位差が最大となる 2.6 秒付近では約 2 倍の変位が生じることがわかる．この変位差は，衝突部でのエネルギーの吸収量の差によるものと考えられる．このように断面が局所的に大きく変形する場合は，ファイバー要素とシェル要素で解析結果に大きく差が生じるため，本衝突解析のような局所的に大きな荷重がかかる解析においては衝突部にシェル要素を用いて評価した方が望ましい．

4. 結論

質量 50000 トンの船が対象橋梁に衝突した場合，衝突部にファイバー要素を用いた解析では，局部座屈が考慮できないため，衝突部の降伏範囲においてはシェル要素を用いた場合の約 7%，主桁支間中央部における橋軸直角方向の変位応答においては最大で約 2 倍の差が生じた．したがって，本衝突解析のような局所的に大きな荷重がかかる解析において衝突部や橋全体の挙動を精度よく評価するためには衝突部にシェル要素を用いて評価した方が望ましい．

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．

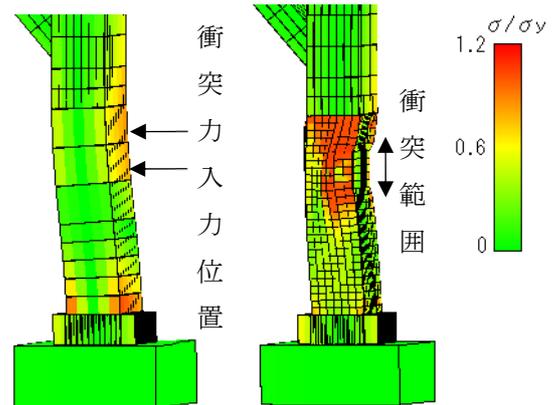


図-4 ファイバー要素 (左) とシェル要素 (右) のコンター図 (変形倍率 15 倍)

表-1 降伏範囲の比較 (単位:m<sup>2</sup>)

	衝突部	基部
ファイバー	3.25	19.62
シェル	45.25	3.25

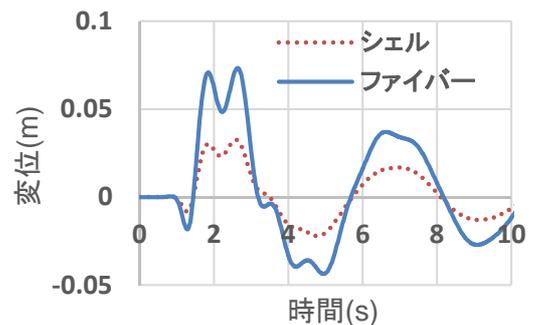


図-5 主桁支間中央部における時刻歴変位応答