

南海トラフ地震により漂流した船舶の衝突が RC 橋脚に与える影響について

阪神高速道路(株) 正会員 ○八ツ元 仁, 鈴木 威
大日本コンサルタント(株) 正会員 田崎 賢治, 奈良崎泰弘

1. はじめに

近い将来、南海トラフ地震が高い確率で発生することが予想されており、このような大規模地震に対する防災・減災対策の必要性が高まっている。東日本大震災での被災例にもあるように、海溝型地震による構造物の被害は地震の揺れによる被害だけでなく津波による被害も多い。その津波による被害については、津波波力に起因するものだけでなく、東日本大震災の被災例でも見られたように漂流物の衝突からくるものもある。阪神高速では南海トラフ地震に対する被災度推定検討を数多く実施してきているが、漂流物の衝突に関する検討はほとんど行ってきておらず、漂流物の衝突が阪神高速橋梁に及ぼす影響については未だ不明な点が多い。そこで、本稿では漂流物の衝突が阪神高速橋梁にどのような影響を与えるか把握することを目的に、数値解析による検討を行った。

2. 衝突解析の概要

阪神高速橋梁への衝突が考えられる漂流物の中で、最も大きな影響を与えると考えられるものは大型船舶である。このため、本検討では大型船舶と阪神高速橋梁の衝突を仮定した衝突解析を実施した。また、この解析における対象橋梁については、水深等も含めた地形条件から船舶が漂流し衝突する可能性のある橋梁を選定した。図-1 に検討対象橋梁とその構造概要を示す。図に示すように、当該橋梁の橋脚高は約 20m と高いため、船舶との衝突は上部構造では生じず、下部構造である RC 橋脚と生じるものとした。本検討における衝突解析は図-2 の解析イメージに示すようにプッシュオーバー解析を基本としているが、その解析で重要となる船舶の衝突外力の設定では、衝突船舶の質量、速度、衝突位置および衝突外力の波形を別途求める必要がある。衝突船舶の速度および衝突高さ位置については南海トラフ地震を想定した津波伝播解析を実施し、図-3 に示すように対象橋脚位置での波高・流速の最大値を用いることとした。なお、本検討では漂流船舶が操縦不能状態であるという限定的な状況を前提としているため、津波伝播解析の結果を漂流船舶の速度としてそのまま用いている。衝突位置を求めるにあたって必要となる喫水深や船舶質量については、文献 1) に示す船

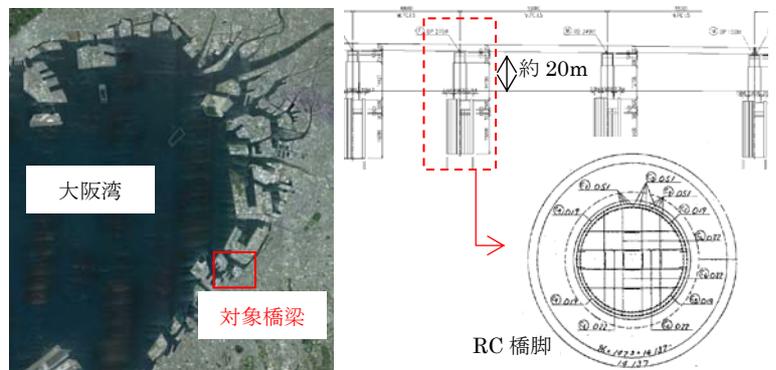


図-1 対象橋脚の位置と構造概要

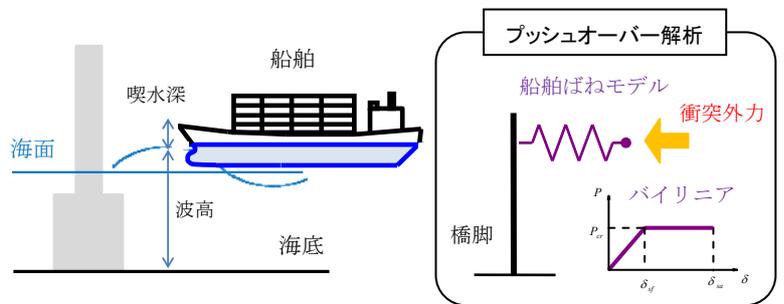


図-2 船舶と橋脚の衝突イメージとそのモデル化

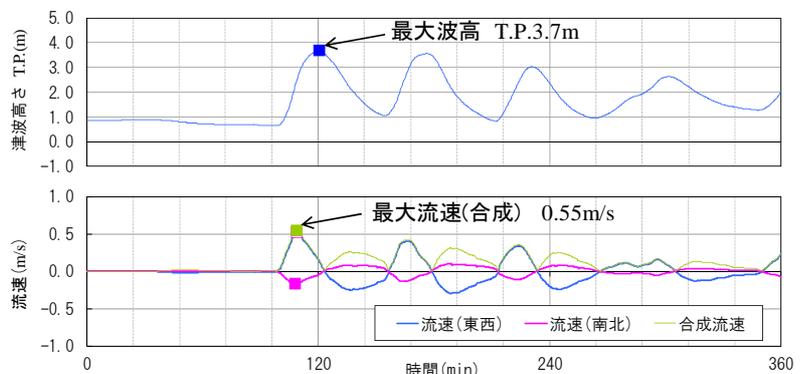


図-3 対象橋脚位置における津波伝播解析結果

キーワード 南海トラフ地震, 漂流船舶, 津波伝播解析, RC 橋脚, 曲げ破壊

連絡先 〒541-0056 大阪市中央区久太郎町 4-1-13 阪神高速道路(株) 技術開発課 TEL06-4963-5790

船全長とそれら項目の関係式を基に算出している。船舶の全長については、大阪湾を航行する船舶の動態調査を行った結果、最大クラスで全長が 300m 程度のものが航行していることがわかった。このため、本検討では全長を 60m から 300m の範囲で変化させ検討を行うこととした。なお、ブッシュオーバー解析で重要な構成要素となる船舶ばねモデルの入力値（剛性、降伏耐力）は、清宮らの研究²⁾を参考に決定している。最後に、衝突外力の波形については、安全側の検討を行うことを考え、船舶が橋梁に衝突した瞬間に完全停止することを仮定し、その時に失う運動量がすべて衝突外力に変換されるものと考えた。また、その衝突外力については、正規分布に従った時刻歴波形を示すと仮定し、式(1)に示すような衝突外力波形を用いることとした。

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

ここで、 $F(t)$ は衝突外力、 m は船舶の質量、 v は津波伝播解析で求めた衝突時における船舶速度、 σ は標準偏差、 t は時刻、 μ は平均値(衝突時間 T の半分)とする。衝突外力 $F(t)$ については衝突時間 T を求めて算出しなければならないが、衝突時間 T は筆者らの研究³⁾で提案する「等加速度運動を仮定して求めた衝突時間」と「力積と運動量の関係を基に求めた衝突時間」が一致するまで収束計算を行うことにより求めた。図-4には、衝突時間 T の算出イメージを示す。

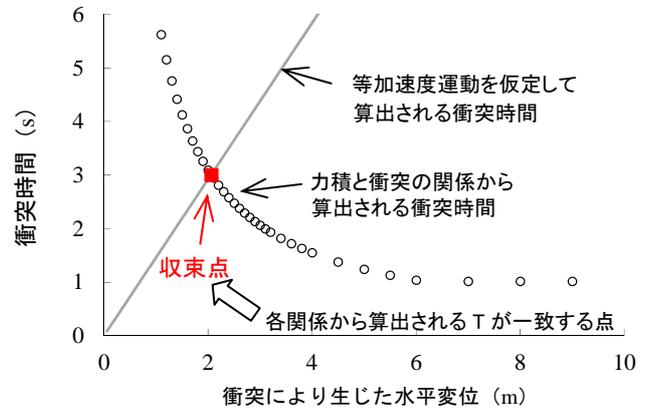


図-4 衝突時間算出の結果の例

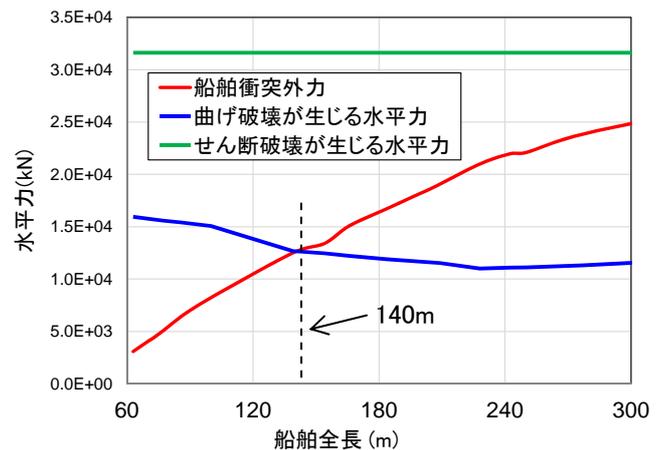


図-5 衝突解析の結果

3. 解析結果

図-5に衝突解析の結果を示す。図中の赤線に示すように、船舶全長が長くなると船舶の質量が大きくなり、その結果、衝突外力が大きくなる。一方で、船舶全長の変化にともない前章で述べた喫水深が変化することで、橋脚に加わる衝突外力の位置が変化する。そのため、船舶全長が大きくなるほど衝突外力の加わる位置が高くなり、図中の青線に示すように橋脚の曲げ破壊に至る水平力が低下する。解析の結果、検討対象の RC 橋脚では船舶の全長が 300m という大きな船舶が衝突してもせん断破壊が生じないが、一方で、全長が 140m 程度の船舶が衝突すると曲げ破壊が生じるということがわかった。

4. まとめ

本検討では、南海トラフ地震発生後に船舶が操縦不能状態に陥ること、船舶が衝突により完全停止状態になること、など極めて限定的な状況を前提とした条件下での数値解析による検討を行い、船舶の衝突が RC 橋脚に与える影響について検証を行った。検討の結果、衝突する船舶がある一定の大きさを超えると RC 橋脚に曲げ破壊を生じることがわかった。しかし、上述したように本検討は極めて限定的な条件下を前提とした検討であるため、本結果が対象橋脚の南海トラフ地震に対する安全面で懸念があることを示唆するものではない。今後は、解析手法の精度向上を図るだけでなく、船舶の漂流という地震発災後に大きな影響を及ぼす現象を事前に抑制する総合的な対策に関する検討を、関係機関と協力して行っていきたいと考えている。

参考文献

- 1) (社) 日本港湾協会：港湾の施設の技術上の基準・同解説，2007.，
- 2) 清宮理ほか：船舶と橋梁の杭式緩衝工との衝突解析，土木学会論文集，No.540/VI-31，49-57，1996.6.，
- 3) 八ツ元ほか：南海トラフ地震による漂流船舶が長大橋に及ぼす影響について，第 16 回性能に基づく橋梁等の耐震設計に関するシンポジウム講演論文集，2013.7.