津波襲来時における大型漂流物の長大橋への衝突に関する解析的検討

名城大学大学院	正会員	○馬越	一也	名城大学	正会員	葛	漢彬
(株)地震工学研究開発センター	正会員	野中	哲也	宮崎大学	正会員	原田	隆典
				宮崎大学	正会員	村上	啓介

## 1. はじめに

東北地方太平洋沖地震において、津波襲来時におけるコンテナや船舶などの漂流物の衝突によって、構造物が甚大な被害を受けた.漂流物には大型船舶も含まれていたことから、大型タンカー等が多く入港する日本の主要港湾における、地震津波の漂流物による被害の拡大化が懸念される.本検討では、津波によって漂流した大型船舶が港湾の長大橋へ衝突した場合の被害を、数値シミュレーションによる定量的な評価を試みている.対象橋梁は、大型船舶が入港する大阪湾東側湾岸沿いに架橋していると仮定した、橋長1,000 m(図-1)の長大斜張橋である.

まず、南海トラフの巨大地震モデル検討会<sup>1)</sup>にて提示さ れた津波波源モデルを参考に、4 連動地震の波源モデル (Mw=9.0)を作成し、津波伝播解析を実施した.津波伝播解 析から得られた対象橋梁付近の最大流速と、その時の流向 で、大型船舶が対象橋梁の片側主塔に衝突したことを想定 する.次に、ファイバー要素<sup>2)</sup>でモデル化した橋梁全体系 立体モデルの片側主塔に、想定した衝突力を動的に入力す る弾塑性有限変位解析を実施し、衝突挙動について考察す る.解析モデルに用いたファイバー要素は平面保持の仮定 より局部座屈といった断面変形を伴う座屈を表現すること はできない<sup>3)</sup>.そこで、衝突箇所の片側主塔下柱を抜出し たシェル要素単純支持柱モデルを用いて、衝突時の局所的 な損傷についても確認した.

### 2. 津波伝播解析

非線形長波理論による津波伝播解析の結果から,地震発 生 30 分後の水位変化コンター図を図-2 に示す. 30 分後に は太平洋から大阪湾へ通じる紀伊水道に津波が到達してお り,対象橋梁への第一波は約 90 分後,最大津波高さは 114 分後に記録した.湾内であることから,津波は地形との反 射により複雑な波高分布を示した.地震発生 109 分後に対 象橋梁付近に最大流速 1.1 m/s が発生し,その時の流向は 30.7°(流向の北方向から右回りに正)であった.最大流 速時の水位変化コンター図と着目した対象橋梁付近の流速 ベクトルを図-3 に示す.

## 3. 衝突解析

大型船舶には、大阪湾に入港の可能性がある HandyMax クラスの満載排水量 50,000 t のばら積み貨物船(全長 190 m)





図-3 最大流速時の水位変化コンター図と 対象橋梁付近の流速ベクトル図

キーワード 津波伝播解析,大型漂流物,橋梁全体系,衝突解析,弾塑性有限変位解析 連絡先 〒468-8502 名古屋市天白区塩釜口 1-501 名城大学大学院理工学研究科 TEL 052-838-2342

を想定した. 津波伝播解析によって得られた流向に大型船 舶を配置すると図-4に示すようになり、大型船舶の船首が 主塔基部から 13 m の位置に衝突するものとした. 大型船 船の衝突によって生じる荷重を動的な力(以下,力波形) として解析モデルヘ与える.力波形は、衝突によって大型 船舶は完全に停止して、失った運動量は主塔の力積に等し いと仮定し、衝突時間の半分を最大とする正規分布形(図 -5)とした.ここで、衝突時の接触時間は1秒と仮定した が、大型船舶の衝突位置や衝突後の動きによっては衝突現 象は変化すると考えられる. なお、本解析はファイバー要 素を用いた橋梁全体系の動的弾塑性有限解析である。力波 形を主塔下柱部に作用させる衝突解析を実施したところ, 次のような結果が得られた (図-6). 最大衝突力が発生する 1.5 s の直後に, 主塔面内方向に最大変形 0.09 m が発生し, それから 0.57 s 後に主塔頂部へ波動伝播して、最大変位が 生じている. 衝突位置の圧縮ひずみは降伏ひずみを超過し ており,最大で2,748µ(≒1.12*ε*<sub>v</sub>)であった.

さらに、ファイバーモデルでは平面保持の仮定により衝 突箇所の局部座屈を表現できないため、衝突部材(ここで は主塔下柱部)を抜出してシェル要素でモデル化し、衝突 箇所の損傷状態を確認した.図-7に示すように、衝突箇所 周辺をシェル要素でモデル化した単純支持柱モデルを用い て、橋梁全体系解析で得られた衝突位置の最大変位(0.119 m)となるまでプッシュオーバー解析を実施した.そのとき のミーゼス応力コンター分布と変形図を図-8に示す.荷重 載荷位置の下側では局部座屈が発生し、リブ間で降伏応力 度を越していることがわかる.

### 4. おわりに

津波による大型漂流物が,湾岸沿いに位置する長大橋へ 与える影響を,ファイバー要素を用いた橋梁全体系の数値 シミュレーションによって定量的に評価した.大型漂流物 が衝突した際の衝撃力を動的に与えることにより,衝突後 の波動伝播による振動特性を表現できた.さらに,シェル 要素を用いた単純支持柱モデルで,衝突箇所の局部的な損 傷を確認した.

# 参考文献

- 内閣府(防災):南海トラフの巨大地震モデル検討会, 第7回,2011.12.27.
- Nonaka, T. and Ali, A.: Dynamic Response of Half-Through Steel Arch Bridge Using Fiber Model, Journal of Bridge Engineering, ASCE, Vol.6, pp.482-488, 2001.

3) 宇佐美勉編著:鋼橋の耐震・制震設計ガイドライン,日本鋼構造協会,技報堂出版,2006.



-1228-