## 平成16年スマトラ島沖大地震による津波を想定した橋梁の応答特性に関する解析的検討

○独立行政法人土木研究所 正会員 遠藤 和男 独立行政法人土木研究所 正会員 運上 茂樹

#### 1. はじめに

平成16年12月26日に発生したスマトラ島沖地震によるインド洋津波では 橋梁において上部構造が完全に流失する等の甚大な被害を受けた事例が見 られた<sup>1)</sup>(図-1)。また、支承部にせん断キーを有する場合には上部構造の 流失を免れている事例も見られるなど、津波の影響高さにもよるが被害に 支承条件が大きく影響したと考えられる事象も確認されている。一方、今 後発生が想定されている東南海・南海地震等の海洋型地震でも高さ10数m規 模の大津波の発生が懸念されている。緊急輸送路等の重要度の高い路線に架か る橋梁に対しては、津波襲来後もその機能を確保することが重要と考えられる が、現状では津波による橋梁への影響に関しては十分に明らかにされていない。



図-1 インド洋大津波により流失した橋梁

このため、津波による被災メカニズムを明らかにするとともに、津波に対して合理的に橋梁の被害を軽減し、津波襲来後も橋 としての機能を確保できるような対策技術の開発が必要とされている。

そこで、本文では、津波に対する橋梁の被災メカニズム解明の為の基礎的なデータを得ることを目的として、スマトラ島沖 地震によるインド洋津波を想定した橋梁応答のシミュレーション解析を実施し、上部構造の流失被害を再現すると共に、上部 構造に作用する波力に関する評価を実施した内容を報告するものである。

#### 2. 解析概要

解析対象とした橋梁は、橋長 40m程度の単径間鋼鈑桁橋(4 主桁、RC 床版)とした。上部構造の断面図を図-2 に示す。津 波波高は、スマトラ島沖地震において最大波高 34.5m を計測したとの報告<sup>20</sup>があることから 30m と設定した。また、津波流速 は、これまでの実験や現地データより簡便な津波陸上流速推定式(=1.1√(重力加速度×家屋等の全面の浸水深))が提案されて おり<sup>3)</sup>、これを適用して 68km/h(家屋等の全面の浸水浸=30m と仮定)とした。解析ツールには、多粒子の相互作用により流 体運動がシミュレーション可能な、個別要素法による粒状体挙動解析コード(Pratical Flow Code)<sup>40</sup>を用いた。水粒子間(粒子 径:10cm)のばね及び減衰係数は、水柱の崩壊問題に関する既往の実験結果<sup>50</sup>を用いて同定し、減衰係数はゼロ、ばねの構成則 は図-3 のように設定した。解析モデルを図-4 に示す。解析モデルは2 次元として奥行き 1m 分を考慮すると共に、上部構造は 剛体と仮定した。津波の移動は、初速(68km/h)を各水粒子に与え、同じ速度で右短部を強制的に移動させた。解析は、支承



キーワード:スマトラ沖大地震、津波、橋梁、波力、個別要素法 連絡先:〒305-8516 茨城県つくば市南原1番地6 TEL029-879-6773 Fax029-879-6736 部の力学特性を変化させた表-1に示す2ケースを実施した。ケース1は、固定として支承部に作用する波力特性の把握、ケース2は、摩擦による滑動と浮上りを考慮して上部構造流失の再現を目的としたものである。

### 3. 解析結果

ケース1における支承部反力(G1~4)の時刻歴波形を図-6に示す。G1は津波下流側、G4は津波上流側であり、反力の正 負符号は、水平方向は右から左向き、鉛直方向は上から下向きを正方向とする。水平方向反力は、津波衝突時に各支点当たり 105kNの力が作用し、その後30~80kN程度の力が作用した。水平反力は1橋当たり最大で420kN作用したことになり、この 値は、流体の動圧(= ρ v<sup>2</sup>/2、ρ:密度、v:速度)より算出される反力(=428kN, v=68km/h,桁高=2.4m)とほぼ同程度である。一方、 鉛直方向反力は、津波衝突時にG1支点で下向き124kN、G4支点で上向き161kNの力が作用し、その後、反力は小さくなる が、再度、0.65秒付近で津波衝突時と同程度の反力が発生する。この鉛直方向反力は、上部構造下端が水平方向に拘束されて いるため、上部構造に津波による水平反力が左向きに作用すると反時計回りの偶力が発生したことによるものと考えられる。 さらに、0.65秒付近の反力の増加は、上部構造右側に衝突した津波は上部構造上下方向に分離し、0.6sec付近で、図-7に示す ように、再度、上部構造左側上面に衝突したことによるものと推察される。

ケース2における上部構造挙動の時系列変化を図-8に示す。1秒付近から上部構造が水平方向に滑り出し、2.5秒では下部構造から完全に離れ、それ以降は津波のよってほぼ水平方向に流されている状況が確認できた。

以上のように本検討では、個別要素法による粒状体挙動解析コードを用いることにより、津波による衝撃力や上部構造が流 失する挙動を解析的に再現できることがわかった。今後は、解析モデルの3次元化等、解析モデル・手法を高精度化すると共 に、合理的な対策技術の検討を進める必要があると考えられる。



図-8 上部構造挙動の時系列変化 (ケース2)

# 謝辞

本検討は、(社)日本鉄鋼連盟 2005 年度「鋼構造研究・教育助成事業」による先導研究助成を受けた「津波による鋼道路橋の被 害メカニズムに関する研究」の一環として実施したものである。ここに関係各位に謝意を表します。

## 参考文献

- 1) 運上茂樹: 2004年スマトラ沖地震による道路・橋梁の津波被害調査、土木施工、pp.62-66、Vol.46、No.8、2005
- 2) 土木学会:スマトラ島沖地震・インド洋津波被害調査特別委員会報告書 (http://www.jsce.or.jp/committee/2004sumatra/)
- 3) 飯塚秀則、松富英夫:津波氾濫流の被害想定、海岸工学論文集、pp.381-385、Vol.47、2000
- 4) Cundall,P.A. and O.D.L.Strack.: A discrete numerical model for granular assemblies, Geotechnique, pp.47-65, Vol. 29(1), 1979
- 5) Martin, J. C. and Moyce, W. J.: An Experimental Study of the Collapse of Liquid Columns on a Rigid Horizontal Plane, Philos. Trans. R. Soc. London SerA, pp.312-324, Vol. 244, 1952