

津波による橋梁の流失シミュレーション

東北学院大学 学生会員 小原聖悟
日本ESI株式会社 奥山佳樹
東北学院大学 正会員 石川雅美

1.はじめに

2011年3月11日発生した東日本大震災において、東北太平洋沿岸を結ぶ主要国道45線に架かるいくつかの橋梁が巨大津波により流出するという甚大な被害を受けた。災害時の救助活動や物資の補給において、輸送路の確保は最重要課題であるが、橋梁そのものが流失するという最悪の事態に至り、救援活動に際しての大きな妨げとなった。現行の橋梁設計においては津波による外力を想定しておらず、従って今回のような橋梁の流出を防ぐことは困難であったとも言えるものの、今後の減災という観点から、ある程度の損傷を許容しつつも、最悪の場合でも流出しないような設計を検討しておくことが必要と考えられる。

そこで、本報告では津波によって橋梁にどのような外力が作用するかを検討するため、SPH(Smoothed Particle Hydrodynamics Method)を用いて実際に流失した橋梁をモデル化し、PamCrash(動的FEM解析ソフト)による数値シミュレーションを行った。解析対象とした歌津大橋は橋長が304mであり、モデルが大きくならざるを得ないため、まず橋梁のモデルとバランスする適切な水粒子の大きさを検討した。次に、大きさを特定した水粒子と橋梁モデルの解析を行い、橋梁支承部に作用する外力を算出した。本解析による結果は今後の設計への検討に際して重要な知見となりうるものと思われる。

2.SPの概要

今回の津波の被害状況から、一部の地点では、津波の流速が非常に早くなっている可能性も考えられる。流速が遅ければ、波高は徐々に増していく、いわゆる「常流」の状態となるが、図-1に示すように、構造物に接触した際に激しい水しぶきをあげている現象も

確認されており、流速がきわめて早く、その衝突エネルギーもかなり大きくなっていることも考えられる。SPHによる解析では、個々の水粒子の速度に応じてその運動エネルギーを評価できることから、津波の流速の違いによって、構造物に与える外力を適切に評価できるものと期待される。SPHでは粒子の一つ一つに図-2に示すカーネル関数を定義する。ある粒子とそれぞれに隣り合う粒子とでカーネル関数の重なり S に応じて粒子同士の反力を確定している。ここで h は粒子の直径、 r は粒子間距離である。

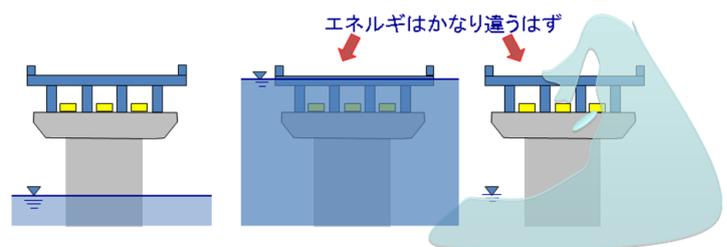


図-1 津波の衝突イメージ

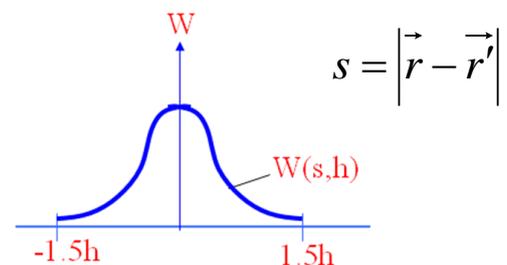


図-2 SPHのカーネル関数

3.水粒子の最適粒径

津波のシミュレーションを実施するための前段階として、水粒子の最適粒径を確認するための計算を実施した。今回の解析対象とする橋梁では、その絶対的大きさから解析モデルも必然的に大きくとらざるを得ないため、水粒子の大きさととのバランスを検討しておく必要がある。すなわち、水粒子の径は、解析時間を

キーワード 津波 橋梁の流失 SPH PamCrash FEM 解析

連絡先 〒985-8537 宮城県多賀城市中央一丁目13番1号 東北学院大学工学部

考えればできるだけ大きくとってく方が有利である。

そこで、まず図-3に示すように、水粒子を流速8m/sでShell要素の壁体に衝突させる解析を行った。ここでは、水粒子の直径を $h = 250\text{mm}$ 、 500mm 、 $1,000\text{mm}$ の3種類とした。なお、SPHのパラメータ設定として、比重は水の比重である1.0を用い、SPHのカーネル関数は図-2に示すように定義した。

図-4は壁体の固定点の反力の合計値($R1+R2+R3+R4$)の時刻歴を示す。この結果から、水粒子の径を1000mmとした場合、グラフの応答値にノイズがあることが確認された。粒径が250mmのものとは500mmのものでは、反力の時刻歴応答は比較的安定している。したがって、今後の解析では水の粒径として500mmを採用することとした。

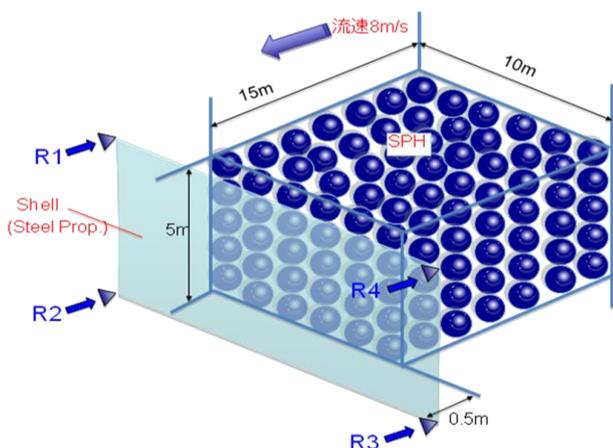


図-3 事前解析のモデル

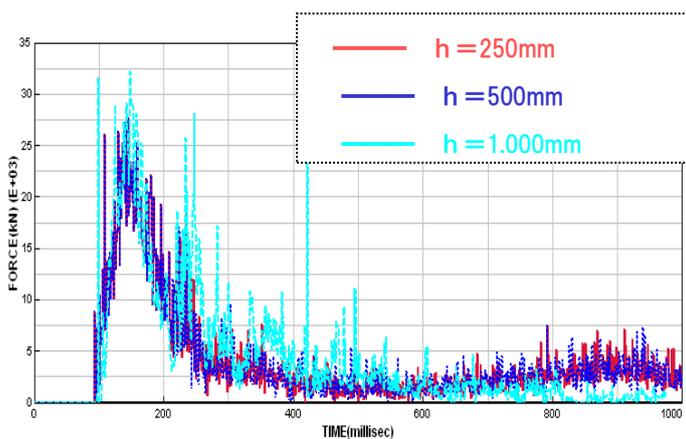


図-4 反力の応答履歴

4. 解析対象

解析対象は宮城県南三陸町の伊里前川と交差する国道45号線上の歌津大橋である。概要を表-1に示す。

表-1

橋長	303.6m
有効幅員	7.5m
上部構造形式	単純PCポストテンションT桁橋7連
下部構造形式	橋台: 逆T式、ラーメン式RC橋台 橋脚: 張出式RC橋脚
竣工年次	1972年 (S47)

5. 解析結果

図-4に歌津大橋の解析モデルを示す。図-5は、P7～P9径間のみ取り出し、かつP8～P9径間のみ流速8m/sで津波を与えた解析結果である。これまでの解析では、津波によって桁が落橋防止用のブラケットに衝突する現象は確認されているものの、浮き上がるような現象は再現されていない。実際の津波の高さや流速などは、今回の解析で仮定したものより、遥かに大きい可能性も考えられる。今後さらに、詳細な検討を続けていきたいと考えている。

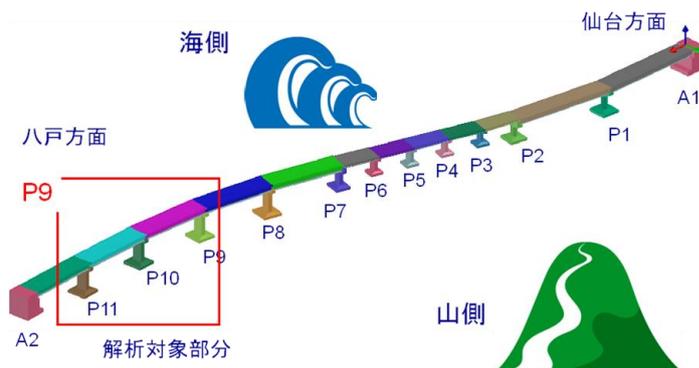


図-4 歌津大橋の解析モデル

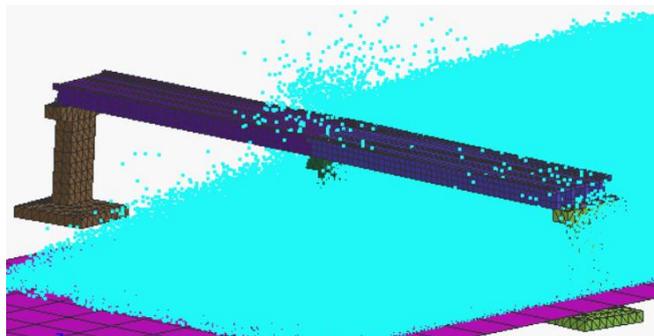


図-5 P7～P9径間の解析性結

参考文献

- [1] (仮称) 東日本大震災による被災橋梁補修検討会
第1回資料 流失橋梁の損傷調査結果【R45 歌津大橋】
平成23年6月29日