

SPH 法による津波漂流物の衝突力評価

大成建設（株） 正会員 ○小尾 博俊

1. はじめに

2011年に発生した東北地方太平洋沖地震では、津波そのものによる被害の他に沿岸部にある船舶や自動車等が漂流物となり、それらの衝突による被害が甚大なものとなった。これらの被害対策には、予め漂流物の衝突力を適切に評価することが極めて重要となる。そこで、本稿では粒子法の一つである SPH (Smoothed Particle Hydrodynamics) 法により津波を表現し、構造物に作用する津波漂流物衝突力の評価を試みた。

2. 解析条件

解析ケースは、漂流物として乗用車（長さ 4.7m×幅 1.7m×高さ 1.6m、質量 1.5ton）を想定した A シリーズと大型バス（長さ 11.5m×幅 2.5m×高さ 3.2m、質量 13.0ton）を想定した B シリーズとした。これらの解析領域を図-1に示す。漂流物のモデル化にあたっては、車両は極力単純な形状とし、車両をモデル化したシェル要素の密度を調整することで所定の質量を与えた。津波の粒子間隔は計算時間等を考慮し 200mm 間隔とし、その総数は A シリーズで約 13.5 万粒子、B シリーズで約 20.3 万粒子とした。津波は陸上に遡上した津波を想定し、初速 5.0m/s、水深 3.0m、波先勾配 30°を仮定した。津波粒子の最後部には造波板（剛板）を設け、速度 5.0m/s で強制的に水平移動させている。衝突力を受ける構造物には、漂流物の衝突から建物等を防護する目的で設置する鉄筋コンクリート製の杭（以降、防衛工と記す）を想定した。また、比較のため、津波をモデル化せずに漂流物を直接、防衛工に衝突させた場合を考え、衝突力、防衛工の損傷状況等を比較した。これらの解析ケースを表-1に示す。

3. 解析結果

A, B 両シリーズにおける漂流物の速度履歴を図-2に示す。ケース A-1, B-1 については、漂流物は 0.2 秒付近で津波にさらわれ、その後、徐々に速度を増し、衝突時の速度は A-1 が 7.5m/s、B-1 が 6.9m/s となった。仮定した津波の初速は両ケースとも 5.0m/s であるが、重力の影響により津波先端の速度が増しこのような衝突速度に

至ったものと推察される。一方、津波をモデル化せずに A-1, B-1 で得られた衝突速度を漂流物に与えて計算した

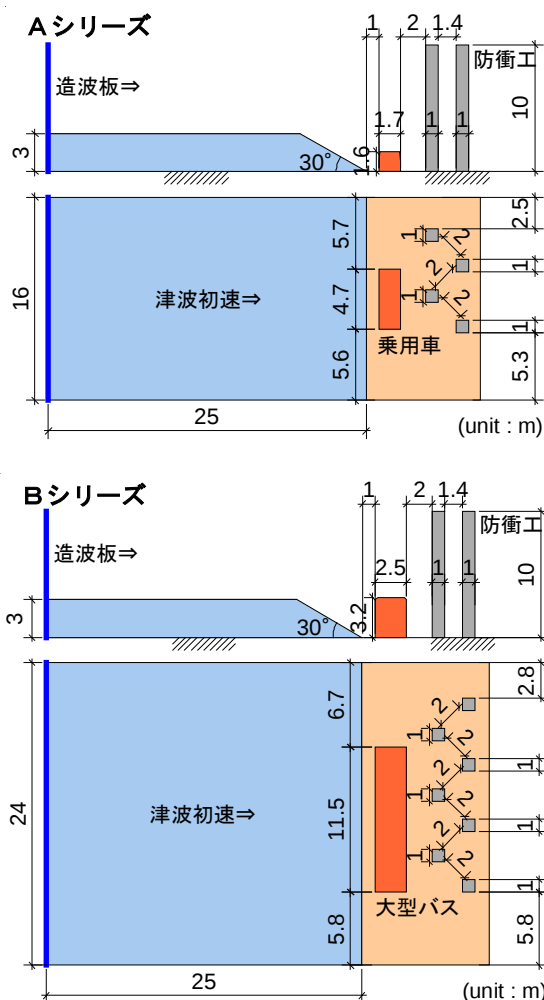


図-1 解析領域

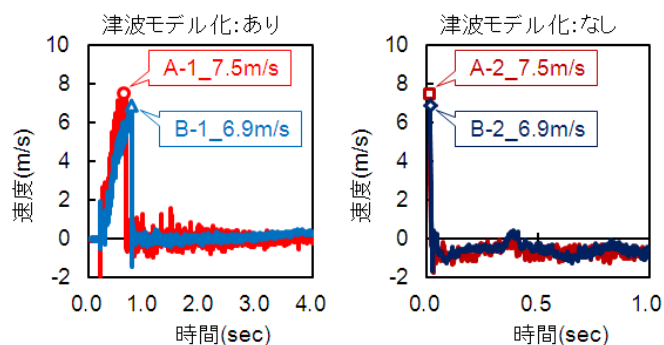
表-1 解析ケース

ケース	漂流物 (ton)	津波モデル化 (SPH 粒子)	津波初速または 漂流物の衝突速度 (m/s)
A-1	乗用車 (1.5)	あり	5.0
A-2		なし	A-1 で得られた 衝突速度(7.5)を付与
B-1	大型バス (13.0)	あり	5.0
B-2		なし	B-1 で得られた 衝突速度(6.9)を付与

キーワード SPH 法, 津波漂流物, 衝突力

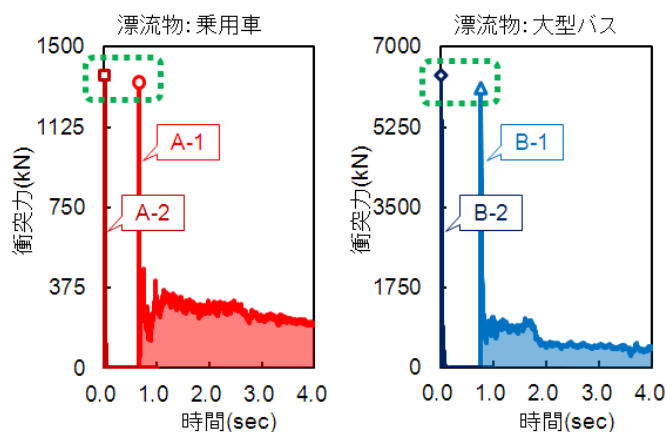
連絡先 〒245-0051 横浜市戸塚区名瀬町 344-1 大成建設(株) 技術センター 土木技術研究所 TEL 045-814-7230

A-2, B-2 については、漂流物は衝突直後に負の速度、すなわち跳ね返りが生じている。



図－2 漂流物の速度時刻歴

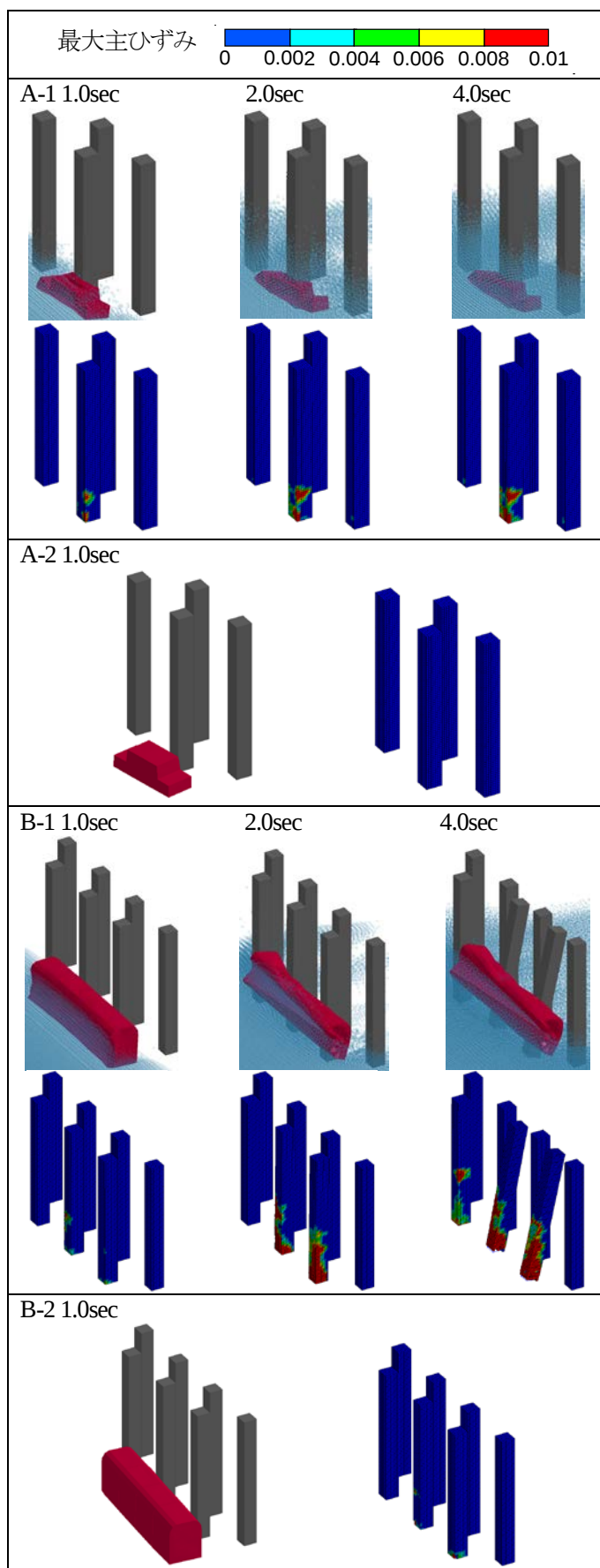
次に、A, B 両シリーズにおける漂流物の衝突力時刻歴を図－3に示す。A-1, A-2 における衝突時のピーク値は1,300～1,400kN となり、B-1, B-2 のピーク値は6,100～6,400kN となった。いずれも衝突時にパルス的な波形を示すが、津波モデル化の有無によらず衝突力のピーク値は概ね一致している。衝突後の履歴を見ると、A-1, B-1 は漂流物が津波に押しつけられるため一定の力が作用し続けるのに対し、A-2, B-2 は上述したように、漂流物が跳ね返るため衝突力は0に戻っている。



図－3 漂流物の衝突力時刻歴

続いて、漂流物、防衛工の損傷状況を図－4に示す。A-1 は漂流物が激しく損傷し、衝突を受けた防衛工にも比較的大きなひずみが生じている。A-2 では漂流物は僅かな損傷であり、防衛工についてはほとんど損傷していない。一方、B-1 は漂流物、防衛工ともに激しく損傷し、衝突を受けた防衛工は下部が破壊され倒れかけている。B-2 では漂流物は僅かな損傷であり、防衛工も衝突を受けた下部に損傷が見られるが杭の傾きなどはほとんど見られない。これらのことから、構造物の損傷には衝突時

のパルス的な衝突力のみならず、衝突後の津波による継続的な荷重が大きく影響しているものと考えられる。



図－4 漂流物・防衛工の損傷状況