

防護柵前面の津波漂流物の挙動及び衝突力に関する実験

日本パーツセンター 正会員○古路裕子, 中口彰人, 松本光徳
 金沢大学大学院 学生会員 五十嵐美咲
 金沢大学 千葉泰志, 和田卓磨
 金沢大学 正会員 榎田真也, 斎藤武久
 金沢大学名誉教授 フェロー 石田啓

1. はじめに

津波は海水だけでなく様々なものを一緒に遡上するため、破壊力は沿岸地域で特に大きい。港湾や臨海施設にある船舶、コンテナ、車両等は、周辺地域の人的・物的被害を拡大させる要因になるため、想定される津波に備えて適切な漂流物対策を進めることは重要であり、そのために技術的・経済的な課題を克服する必要がある。本研究で対象とする防護柵は、東北地方太平洋沖地震津波によって漂流した船舶、コンテナ、木材などを幾つかの港湾施設で捕捉した¹⁾もので、通常は高波浪時の越波や飛沫拡散の軽減および防風・防塵のために利用される透過性の壁状構造物である。従って、波浪と津波の両方に機能し、コンパクトで汎用性が高い。そこで本研究では、防護柵にかかる津波漂流物（コンテナ）の衝突力、漂流速度や軌道に関する基本特性および防護柵の透過性や断面形状の変化が与える影響を明らかにすることを目的に実験した。

2. 実験の方法及び条件

開水路に防護柵と護岸・背後陸域の模型（縮尺:1/50 程度）を図-1のように設置し、堰板の急開により段波を発生させて実験した。防護柵には次の5種類（B1~B5）を用いた。B1：穴が一樣に開いた遮蔽率70%の柵、B2：柵の上半分は遮蔽率70%で下半分は不透過な柵、B3：B2の下半分にL字型の波返しを接続した柵、B4：不透過な壁、B5：約1mmのワイヤーを鉛直方向に4本並べたもの。高さは全て6cmにした。20ftで満載のコンテナを想定し、模型は護岸先端と防護柵の間に、コンテナの長手方向が波峰線や柵法線に平行になるように配置した。水路上方から200コマ毎秒でビデオ撮影し、画像解析により移動開始から衝突までの漂流軌道や速度を求めた。柵にかかる力および浸水深などの計測方法は榎田ら²⁾を参照されたい。サンプリングは500Hzで行い、同じ条件設定で3回または10回計測を繰り返した。

3. 実験結果及び考察

まず、護岸を乗り越えて進行する遡上波による浸水深の分布とコンテナ・柵の高さや位置関係を把握するために、図-2に柵が無い場合の浸水深 η の分布を貯留水深 h_1 別に示した。直立護岸上の浸水深の範囲はコンテナ高さの約0.5~1.9倍だが、コンテナ設置地点で約75%、柵設置地点で約60%に減少する。障害物が無い場合の柵設置地点の浸水深は柵高さの約0.2~0.9倍であり、B1~B3の柵がある場合は、 $h_1=25$ と30cmの時、柵の天端から越流が生じた。

次に、漂流コンテナの挙動を把握するために、B1防護柵付近の衝突前後の様子を図-3に、移動開始から柵に衝突するまでのコンテナの軌道を図-4に、漂流速度の時間変化を図-5に示す。遡上波の先端部分の到達後、コンテナは陸側に押し出され、先に波の先端が柵に到達した後に、コンテ

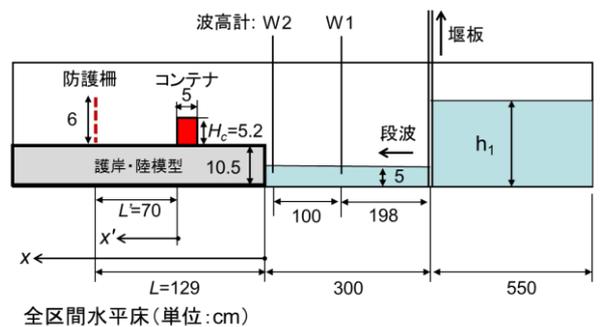


図-1 実験装置及び模型の概略図

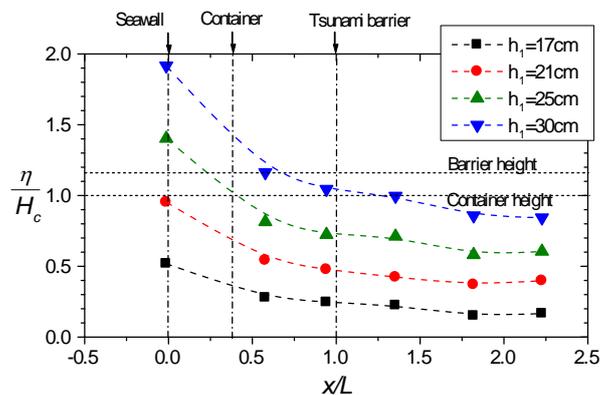


図-2 防護柵が無い場合の浸水深分布 (H_c : コンテナ高, L : 護岸先端から柵までの距離)

ナが少し遅れて衝突する．この間に、波の先端部分は柵で一部海側へ反射して、沖へ移動し始めるため、反射波を形成する水塊はコンテナの柵への衝撃を緩和する作用がある．観測から、比較的低い遡上波に対し、

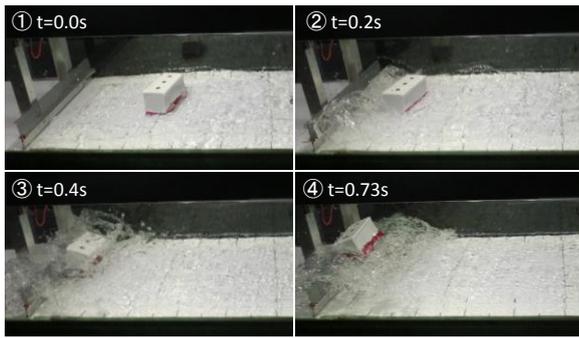


図-3 防護柵に衝突する漂流物 (B1, $h_1=25\text{cm}$)

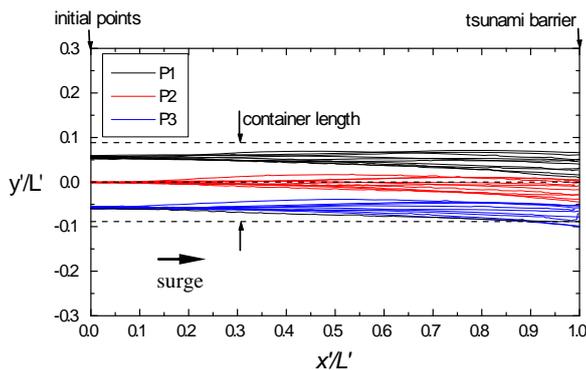


図-4 柵前面の漂流物の軌道 (B1, $h_1=25\text{cm}$)

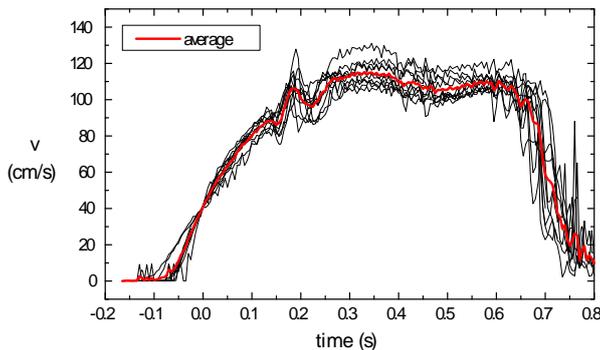


図-5 漂流速度の時間変化 (B1, $h_1=25\text{cm}$)

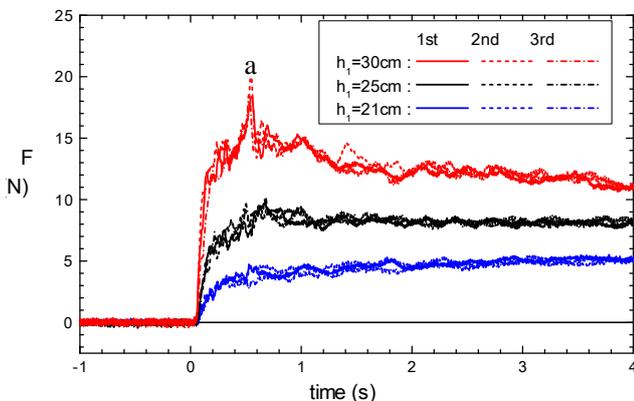


図-6 防護柵に作用する波力の時間変化
(漂流物無し, B1: $h_1=21, 25, 30\text{cm}$, 各3回計測)

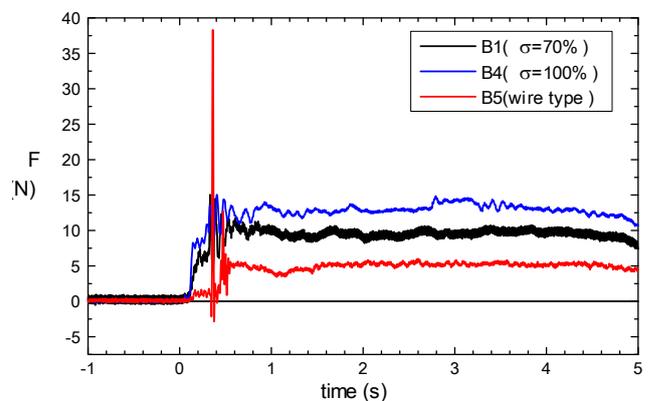


図-7 種々の断面の防護柵に作用する力の時間変化
(漂流物有り, B1, B4, B5: $h_1=25\text{cm}$)

遮蔽率の高い柵を用いる方が緩衝効果が高まる傾向が見られた．図-4 はコンテナの頂部に付けた3つの目印 (P1~P3) のそれぞれ10回分の軌跡を示すが、ややばらつきはあるものの、模型はあまり回転しないでほぼ並進して柵に衝突していることが分かる．3点平均の速度の時間変化は図-5 に示す通りで、移動開始から短時間で最大速度に到達して、その後、速度がほぼ一定となり、柵に衝突する間に速度が幾らか減少して、衝突時に急減する．最大漂流速度は、漂流物無しの状態で別途計測した遡上波の波速や流速と同程度であることが確認された．

最後に、波力と衝突力の基本特性を把握するため、漂流物の無い場合の B1 柵の波力を図-6 に、コンテナ漂流物を伴う場合の B1・B4・B5 柵に作用する力を図-7 に示す．漂流物が無く、波力のみ作用する場合、柵の無い時の浸水深が柵高と同程度の条件 ($h_1=30\text{cm}$) において、波力のピーク (図-6 中の a) が生じるが、それより浸水深が浅い条件では、顕著なピークは無く、波力はほぼ単調増加して一定値に近づく．波力ピークが生じない波の条件で、コンテナが衝突した時の柵の力を測定した結果が図-7 であるが、B5 のワイヤー柵に漂流コンテナによって衝撃的で大きな力が発生していることが分かる．一方、遮蔽率70%の透過性柵や不透過壁には目立った力のピークはない．漂流物による衝撃的な力の発生は前述した反射波による緩衝効果の有無と関係する．漂流物が柵に衝突する前に、遡上波の先端部の水塊の一部を柵前面に蓄えることによって、漂流物による衝突時の力を抑制できることが分かった．

参考文献

- (株)日本パーツセンター：有孔折板の津波漂流物の捕捉状況報告 (オンライン), <http://www.n-parts.jp/>, 参照 2013-12-10.
- 椋田・斎藤・古路・中口・石田, 防波柵による津波浸水流の低減効果及び波力に関する実験的研究, 土木学会論文集 B3 (海洋開発), Vol.69(2), p.1_323-1_328, 2013.