

遡上津波と胸壁からの反射波によるエプロン上のコンテナの漂流特性に関する一考察

名古屋大学工学部 学生会員 ○ 若松 靖弘  
 名古屋大学高等研究院 正会員 中村 友昭  
 名古屋大学大学院工学研究科 正会員 水谷 法美

**1. はじめに：**コンテナ輸送は物流において大きなウェイトを占めており、日本においても全国に約 60 のコンテナターミナルが存在している。しかし、津波来襲時に漂流したエプロン上のコンテナが背後の港湾施設や家屋等に衝突する二次災害が問題となっており、2010 年チリ地震津波時にもチリ Talcahuano 港において約 680 個のコンテナが漂流する被害が確認されている。そこで、廉ら (2008a) は VOF 法に基づく数値計算モデルにより津波の遡上とそれに伴うコンテナの漂流挙動が予測可能であること、LS-DYNA3D を用いた流体・構造連成解析によりコンテナの衝突力を適切に算定可能であることを明らかにしている。また、廉ら (2008b) はエプロン上に構造物を設置し、遡上した津波とその後の構造物からの反射波に伴うコンテナの漂流挙動についても水理模型実験により検討しているが、コンテナと構造物の設置位置が漂流挙動に与える影響については検討されていない。本研究では、エプロン上に胸壁を設置し、コンテナと胸壁の設置位置を変化させることによって、遡上津波と胸壁からの反射波がコンテナの漂流挙動に与える影響を水理模型実験により考究する。

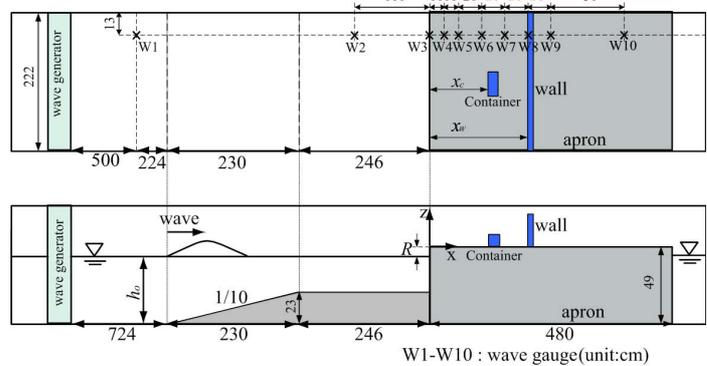


図-1 実験装置の概略図

**2. 水理模型実験：**名古屋大学の造波水槽 (長

さ 25m, 幅 2.22m, 高さ 1m) を用いて実験を行った。模型縮尺は Froude の相似則に基づいて 1/75 とし、エプロン (長さ 4.8m, 高さ 0.49m) とその前面に複合断面の海底地形 (一様水深部 : 長さ 2.46m, 高さ 0.23m ; 一様勾配部 : 法面勾配 1/10) を設置した。また、エプロン上には、引き波によるコンテナの漂流特性を検討するために胸壁 (護岸前面からの距離  $x_w = 0.8, 1.5m$ ) を設置した。入射波は津波をモデル化した押し波のみの長周期波 1 波とし、静水深  $h_0$  を 0.46, 0.48m の 2 種類、造波板を押し出す時間  $T$  (以下、周期と称する) を 6.0~14.0s の 5 種類、波高水深比  $H_0 / h_0$  ( $H_0$  : 沖波波高) を周期  $T$  に応じて 1~3 種類の計 14 種類とした (表-1)。コンテナ模型は 40ft コンテナをモデル化した図-2 に示す形状とし、重量は貨物半載時と満載時を想定したそれぞれ 37.8g と 77.6g の 2 種類とした。コンテナは護岸前面から  $x_c = 0.2 \sim 0.8m$  の位置に護岸に対して平行に設置したケースに加えて、護岸に対して 30, 45, 60, 90 度 (直角) と設置角度を変えた実験も行った。各実験ケースでは、図-1 に示す位置に電気容量式水位計 (KENEK 製 CHT6-30, CHT6-40) 10 台を設置して、水位変動の計測を行った。また、エプロン上方からコンテナの漂流挙動をビデオ撮影した。

表-1 入射波条件

Case No.	$h_0$ (cm)	$T$ (s)	$H_0/h_0$
Case 01	46	6	0.088
Case 02	46	8	0.087
Case 03	46	10	0.088
Case 04	46	12	0.090
Case 05	46	14	0.079
Case 06	46	10	0.067
Case 07	46	10	0.108
Case 08	48	6	0.085
Case 09	48	8	0.088
Case 10	48	10	0.089
Case 11	48	12	0.092
Case 12	48	14	0.083
Case 13	48	10	0.067
Case 14	48	10	0.108

**3. 実験結果及び考察：**コンテナを護岸に対して平行に設置したとき、大きく分けて以下の 4 種類の漂流形態が観察された。写真-1(a)に示すように、遡上波によって胸壁付近まで運ばれた後、反射波によって沖まで流出する場合 (以下、Type 1 と呼ぶ)、写真-1(b)に示すように、遡上波によって胸壁に衝突した後、エ

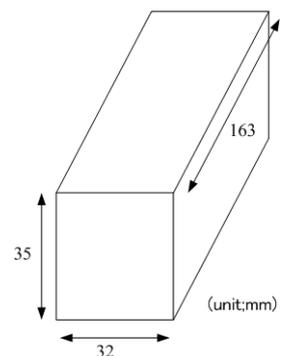


図-2 40ft コンテナの模型形状

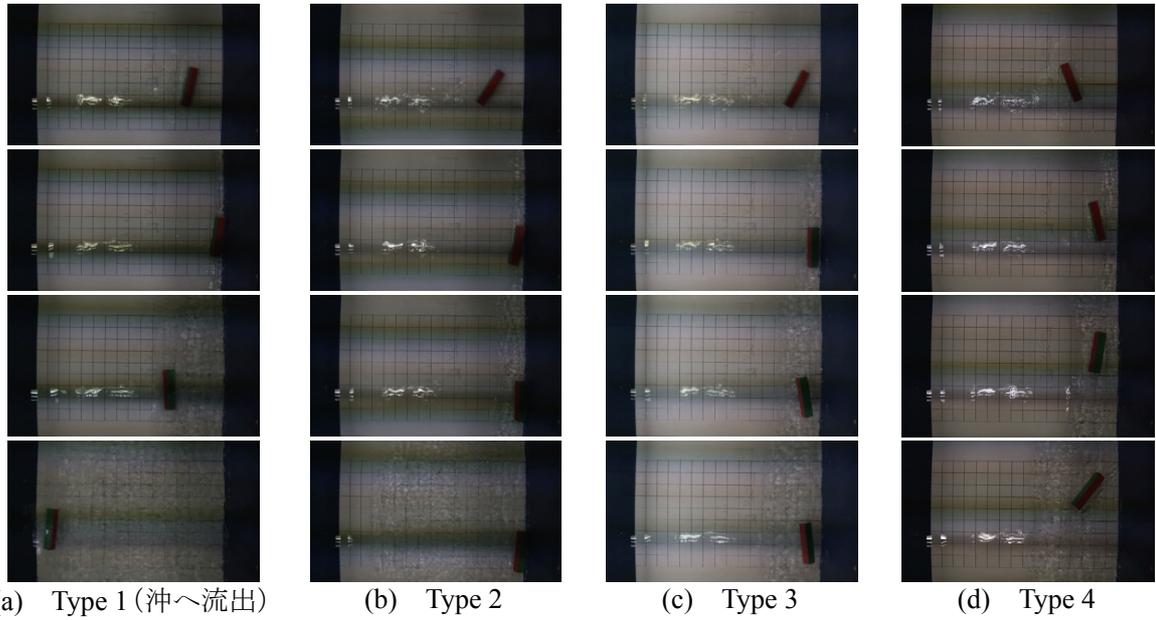


写真-1 コンテナの漂流形態の分類 (左側が沖)

プロン上で動きを止めた場合 (Type 2), 写真-1(c)に示すように, 遡上波によって胸壁の近く ( $(x_c - x_w)/x_w \leq 0.1$ ) まで漂流するものの, 胸壁への衝突は生じることなくエプロン上で動きを止めた場合 (Type 3), 写真-1(d)に示すように, 遡上波によって岸側へ漂流し始めるものの, 胸壁付近の  $(x_c - x_w)/x_w \leq 0.1$  の範囲に達することなくエプロン上で動きを止めた場合 (Type 4) である. なお, エプロン上に遡上した水塊が引き終わる前に造波板からの反射波の遡上が見られたことから, Type 2~4 ではコンテナの岸沖方向の移動が小さくなったときを最終状態として分類した. 写真-2(a)に示すように, 胸壁からの反射波が沖側からの遡上波の上を逆流する現象が見られ, コンテナが沖に流出したケース (Type 1) では, 反射波の先端付近の水面が沖側に大きく傾斜している場所にコンテナが乗り, コンテナが回転しながら沖へ流出する様子が観察された (写真-2(b)).

図-3 にコンテナの漂流形態の出現条件を示す. ここで,  $R$  はエプロンの余裕高,  $L$  は  $T\sqrt{gh_0}$  ( $g$ : 重力加速度) から求めた沖波波長である. 同図より,  $(2H_0 - R)/L$  の増加とともにコンテナが胸壁の近くまで漂流しやすくなる傾向 (Type 2, 3) が認められ, さらに  $(2H_0 - R)/L$  が増加すると沖への流出が生じる (Type 1) ことが分かる. また, 半載時に着目すると,  $(2H_0 - R)/L < 0.004$  において  $(x_w - x_c)/L$  が小さいときに沖への流出が生じたケースが確認できるものの,  $(2H_0 - R)/L$  が 0.004 を上回ると  $(x_w - x_c)/L$  に関係なく沖へ流出する傾向が認められる. さらに, コンテナの重量が軽い半載時には沖へ流出していた条件 (Type 1) でも, 満載時には沖への流出が生じないケース (Type 2) が確認できる.

**4. おわりに:** 本研究では, 遡上津波と胸壁からの反射波がコンテナの漂流挙動に与える影響を水理模型実験により考究し, コンテナの漂流形態とその出現条件を明らかにした. 紙面の都合上, 一部の結果のみしか示せなかったが, コンテナを斜めに設置した場合を含めて, その詳細は講演時に発表する.

**参考文献:** [1] 廉ら (2008a), 海工論文集, 55, pp. 281-285. [2] 廉ら (2008b), 海洋開発論文集, 24, pp. 51-56.

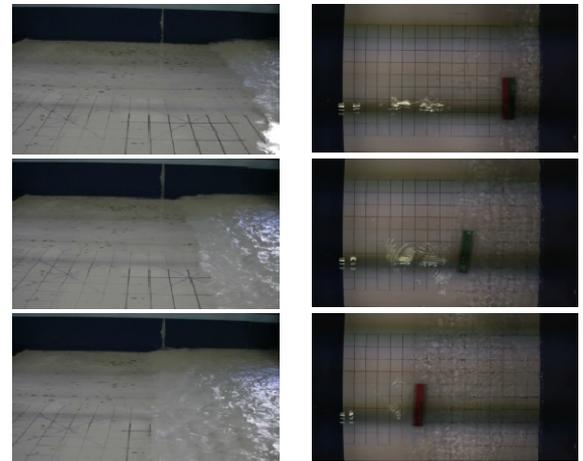


写真-2 Type 1 の様子 (左側が沖)

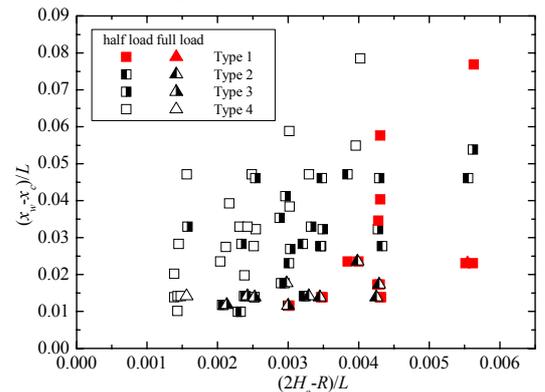


図-3 コンテナの漂流形態